

海南省南渡江迈湾水利枢纽工程 环境影响报告书

建设单位：

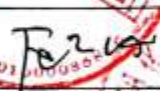
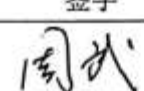

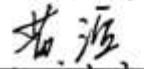
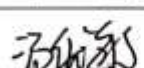
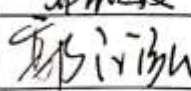
海南省发展控股有限公司

编制单位：

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

二〇一九年八月

编制单位和编制人员情况表

建设项目名称		海南省南渡江迈湾水利枢纽工程	
环境影响评价文件类型		环境影响报告书	
一、建设单位情况			
建设单位（签章）		海南省发展控股有限公司	
法定代表人或主要负责人（签字）			
主管人员及联系电话		黄明娟 13005007009	
二、编制单位情况			
主持编制单位名称（签章）		中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司	
社会信用代码		91330000142920718C	
法定代表人（签字）			
三、编制人员情况			
编制主持人及联系电话		周武 0571-566225645	
1.编制主持人			
姓名	职业资格证书编号	签字	
周武	2017035330350000003512330384		
2.主要编制人员			
姓名	职业资格证书编号	主要编写内容	签字
周武	2017035330350000003512330384	总则、工程概况、工程分析、水生生态相关现状、影响分析和保护措施等，报告统稿	
黄滨	00016700	陆生生态现状、影响及措施、环境管理与环境监测等相关内容	
李冬晓	2017035330352013332704000232	水文情势、水温影响预测等相关内容	
汤优敏	00016191	水质、河口相关环境影响和保护措施等相关内容	
郭江泓	00016715	环境质量、大气和声环境影响、移民安置等相关内容	
郁关明	00016714	自然环境、环境风险、人群健康等相关内容	
张焜	0011656	报告制图等	
四、参与编制单位和人员情况			
1.四川大学脱友才、邓云等参与水温、河口水质影响专题编制工作；			
2.海南师范大学陈玉凯、王力军等参与陆生生态专题编制工作；			
3.中科院水利部水工程生态研究所陈锋、简东等参与水生生态专题编制工作；			
4.海南海沁天诚技术检测服务有限公司文昌分公司、海之源环境科技(海南)有限公司等参与水质、声环境、环境空气、土壤等现状监测工作。			

前 言

南渡江是海南省第一大河流，发源于白沙县南峰山，流经白沙县、儋州市、琼中县、屯昌县、澄迈县、定安县和海口市，于海口市分三支注入琼州海峡（北支为干流，在三联村附近入海）。南渡江干流长 334km，河道平均坡降 0.72‰，总落差 703m，流域形态呈狭长形，平均宽度 21m，下游龙塘站多年平均流量 225m³/s。流域内支流众多，其中流域面积大于 100km²的支流有 20 条，包括 15 条一级支流和 5 条二级支流。

从 20 世纪 50 年代开始，原水利部广州勘测设计院、原水利电力部长沙勘测设计院、原海南水利电力局、水利部能源部天津勘测设计研究院、中国水利水电科学研究院等单位就对南渡江流域进行了大量勘测、规划和设计工作。1995 年，原水利部电力工业部天津勘测设计研究院与海南省水利电力勘测设计院合作完成了《海南省南渡江迈湾水库可行性研究报告》，推荐南渡江中游开发为迈湾水库（正常蓄水位 115m）+谷石滩水库（正常蓄水位 57.5m）方案，上报水利部并获批准。2002 年海南省开展了全省水资源综合规划编制工作，并于 2005 年通过了成果验收。为适应新时期经济社会发展和生态环境保护对水资源可持续利用的要求，中国水利水电科学研究院于 2012 年 5 月编制完成了《南渡江流域综合规划（修编）》，规划的内容包括防洪（潮）、除涝、河道整治、河口整治、岸线利用、水资源节约、水资源配置、水能资源开发、环境保护等，其中干流水能资源开发规划为松涛、迈湾、谷石滩、九龙滩、龙塘等 5 级开发，位于干流的金江水电站列入“十二五”小水电开发。2014 年 8 月，规划（修编）报告通过了海南省水务厅组织的技术审查和省发改委的批复，其中迈湾水利枢纽工程为规划提出的近期实施的重要工程。

在流域综合规划编制过程中，海南省水务厅委托中水珠江规划勘测设计有限公司编制《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》。2014 年 3 月，该规划环评报告通过了原海南省国土环境资源厅的审查。2015 年 6 月，海南省生态环境保护厅出具了审查意见(琼环函[2015]686 号)，审查意见提出了规划环评的深化完善意见。针对该深化完善意见，2016 年 4 月，海南省水务厅委托中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司（以下简称“我院”）开展了流域综合规划补充研究工作。2016 年 8 月，我院编制完成了《南渡江流域综合规划（修编）环境影响补充研究报告》，补充研究以水环境、水生生态和陆生生态为重点，开展了流域开发的回顾性分析和主要规划项目实施后的环境影响预测分析，结合原规划环评成果及审查意见要求，进一步提出了环境保护对策措施。2016 年 10 月，海南省生态环境保护厅在海口召开了补充研究报告的审查会，并通过了专家

审查意见。11月，海南省生态环境保护厅出具了《关于南渡江流域综合规划（修编）环境影响补充研究报告审查意见的函》（琼环函[2016]1677号），提出在规划优化调整和严格落实生态环境保护措施后，规划的实施基本可行。

南渡江干流已建有松涛水库、谷石滩水电站、九龙滩水电站、金江水电站和龙塘水电站，在建的有南渡江引水工程，其中松涛水库总库容 33.45 亿 m^3 ，为多年调节大型水库，基本全部拦蓄了坝址以上流域的来水量；其他已建水库或水电工程无调节性能或仅具有日调节性能，主要利用松涛坝址以下河段的区间来水。

迈湾水利枢纽是南渡江上继松涛水库的另一座控制性水利工程，是《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》和已批复的《南渡江流域综合规划（修编）》中推荐的骨干水源工程，并已列入《全国大型水库建设总体安排意见（2013-2015年）》。开发任务是以供水和防洪为主，兼顾灌溉和发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件。坝址位于澄迈与屯昌两县交界处，上距松涛水库坝址约 55km，下邻谷石滩水电站坝址约 22km，控制流域面积 970 km^2 （扣除松涛坝址以上流域面积），坝址处天然多年平均流量 34.9 m^3/s 。工程正常蓄水位 108m，死水位 76m，总库容 6.15 亿 m^3 ，兴利库容 4.78 亿 m^3 ，防洪库容 2.2 亿 m^3 ，2040 年多年平均供水量 3.05 亿 m^3 。电站总装机容量 40MW，多年平均发电量 6485 万 $kW \cdot h$ 。工程主要由 1 座主坝、7 座副坝、左岸灌区渠首组成，主坝最大坝高 78.5m，7 座副坝最大坝高 23.5m。工程永久征地涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县土地面积共 6.56 万亩，搬迁人口 5503 人。工程静态投资 97.88 亿元。

考虑到城镇用水增长、灌区的配套建设需要一定的时间过程，本工程水库淹没的土地面积较大、移民补偿投资占工程总投资比例较高等因素，工程计划分期实施。近期（2030年）为满足南渡江下游海口市及海口江东新区的供水要求、水库防洪功能、生态用水需求，水库蓄水至 101m，视未来经济社会的发展情况再实施远期正常蓄水位 108m。按照分期实施方案，近期主坝一次建成，副坝及水库移民分两期实施。近期水库正常蓄水位 101m，死水位 76m，汛限水位 96m；兴利库容 2.63 亿 m^3 ，防洪库容 2.62 亿 m^3 。2030 年多年平均供水量 0.47 亿 m^3 ，电站装机容量 40MW。枢纽包括 1 座主坝、4 座副坝、左岸灌区渠首组成，主坝最大坝高 78.5m，4 座副坝最大坝高 23.5m。库区淹没及影响土地总面积 4.30 万亩，搬迁人口 3848 人。工程静态总投资 71.23 亿元。

2013 年 7 月，中水珠江规划勘测设计有限公司编制完成《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程项目建议书》；2015 年 1 月，水利水电规划设计总院基本同意项目建议书（水总

设[2015]42号文)并上报水利部。2016年5月,设计单位中水珠江规划勘测设计有限公司编制完成《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程可行性研究报告》(送审稿)。2016年10月,水利部向国家发展和改革委员会报送本工程可行性研究报告审查意见。同年11月,国家发展和改革委员会委托中国国际工程咨询公司对可行性研究报告开展了咨询评估。2019年5月,工程可行性研究报告(报批稿)提出分期实施方案,8月,国家发展和改革委员会以“发改农经[2019]1401号”批复了本工程可行性研究报告。

受建设单位海南省发展控股有限公司委托(附件1),我院于2016年1月开展迈湾水利枢纽工程环境影响评价工作。接受委托后,我院即派项目组成员赴现场开展踏查、资料收集、环评公示等工作,并组织开展了水环境、水生生态、陆生生态、环境现状监测等专题调查和研究工作。在以上工作基础上,我院结合流域综合规划(修编)环境影响补充研究成果及审查意见对报告书进行了修改,于2016年11月完成了送审稿。2016年11月,由环境保护部环境工程评估中心在北京召开了本报告技术评估会,会后我院根据技术评估会专家组的审查意见,结合水库死水位抬高等工程特征变化,以及过鱼设施数学模型专题、项目水污染防治规划等成果,对报告进行了进一步的修改完善。设计单位根据中国国际工程咨询公司对其可行性研究报告评估、环境影响报告书审查意见情况,2017年3月编制了《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程可行性研究报告补充报告》。2018年5月,环境保护部环境工程评估中心在北京再次组织召开了本报告书技术评估会。随后,本工程建设计划采用分期实施。针对该情况,本报告结合海南省水网规划及规划环评相关要求,分别开展近期、远期实施的水库规模环境影响评价,对报告书开展了针对性的编制工作。

本次环评得到了生态环境部、生态环境部环境工程评估中心、水利水电规划设计总院、海南省生态环境厅及海南省水务厅、国家林业局昆明勘察设计院、多位技术评估专家的精心指导和帮助;四川大学、水利部中科院水工程生态研究所、海南师范大学、海之源环境科技(海南)有限公司等多家单位参与了专题研究和调查工作;建设单位海南省发展控股有限公司、设计单位中水珠江规划勘测设计有限公司提供了多方面的协助和支持;在基础资料收集、现场查勘过程中,得到了各级地方生态环境部门和工程涉及各市县的水利、林业、农业、统计、移民等相关部门的大力协助。在此,一并表示衷心的感谢!

目 录

1	总则	1
1.1	编制目的和指导思想	1
1.2	编制依据	2
1.3	评价标准	7
1.4	环境影响识别及评价重点	8
1.5	评价等级	10
1.6	评价范围	12
1.7	评价时段	14
1.8	环境保护目标和要求	14
1.9	环境影响评价程序	18
2	工程概况	19
2.1	流域概况	19
2.2	流域综合规划及规划环评	30
2.3	海南水网建设规划及规划环评	51
2.4	工程地理位置	56
2.5	工程建设的必要性	56
2.6	工程组成	61
2.7	工程任务、等级、设计标准及建设规模	64
2.8	工程布置及建筑物	86
2.9	施工规划	88
2.10	建设征地及移民安置	99
2.11	工程投资	104
3	工程分析	105
3.1	工程环境合理性分析	105
3.2	工程设计方案环境合理性分析	121
3.3	施工期工程分析	139
3.4	水库征占地及移民安置	147
3.5	运行期工程分析	148
4	环境现状	152

4.1	自然环境	152
4.2	陆生生态	158
4.3	水生生态	193
4.4	工程周边生态敏感区	238
4.5	水土流失现状	239
4.6	社会环境	240
4.7	移民安置区环境现状	249
4.8	环境质量及主要环境问题	250
5	近期方案环境影响预测和评价	277
5.1	流域水资源影响	277
5.2	水文情势影响	302
5.3	地表水环境影响	366
5.4	地下水环境影响	464
5.5	陆生生态影响	466
5.6	水生生态影响	485
5.7	水土流失影响	494
5.8	环境空气影响	498
5.9	声环境影响	500
5.10	固体废物影响	504
5.11	移民环境影响	505
5.12	人群健康影响	515
5.13	土壤环境影响	516
6	远期方案环境影响预测和评价	519
6.1	流域水资源影响	519
6.2	流域水文情势影响	541
6.3	水温影响预测评价	571
6.4	水质影响预测评价	583
6.5	生态影响预测评价	597
6.6	其他环境影响	605
7	环境风险分析	607

7.1	评价目的	607
7.2	风险识别与源项分析	607
7.3	风险评价	608
7.4	环境风险管理	612
8	环境保护对策措施	620
8.1	工程方案优化与设计调整	620
8.2	水环境保护措施	623
8.3	地下水环境保护措施	673
8.4	水生生态保护措施	674
8.5	陆生生态保护措施	734
8.6	环境空气保护措施	753
8.7	声环境保护措施	755
8.8	固体废物处理措施	760
8.9	人群健康保护措施	765
8.10	移民安置区环保措施	769
8.11	土壤环境保护措施	774
9	环境管理与监控计划	775
9.1	环境管理计划	775
9.2	环境监理计划	780
9.3	环境监测计划	784
9.4	环境保护竣工验收	794
10	环境保护投资估算与经济效益分析	798
10.1	编制依据	798
10.2	编制原则	798
10.3	费用构成	798
10.4	环境影响经济效益分析	813
11	结论和建议	815
11.1	工程简况	815
11.2	工程方案合理性分析	815
11.3	环境影响评价与环保对策措施	816

11.4 结论	822
11.5 建议	823

1 总则

1.1 编制目的和指导思想

1.1.1 编制目的

根据海南省南渡江迈湾水利枢纽工程的工程特性、区域和流域环境特点以及国家有关法律法规要求，编制环境影响报告书目的在于：

(1) 调查工程涉及区域的水环境、环境空气、声环境、生态环境和社会环境的现状，掌握区域环境功能区划及其执行标准，了解区域存在的环境问题；

(2) 针对工程所在地环境现状，重点论证工程选址及施工总布置的合理性，从设计角度对工程布置提出优化建议；

(3) 分析工程建设、运行、移民安置等活动的特征，预测工程活动对评价区域环境造成的各种影响，重点评价工程建设与运行对区域生态环境的影响；

(4) 针对工程可能带来的不利影响及区域环境保护要求，制定技术经济可行的环境保护对策措施，对施工期和运行期的污染防治及风险防范措施进行系统考虑，使区域环境质量达到功能区划要求，生态系统、生物多样性得到有效保护，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程区域的可持续发展；

(5) 针对性地制定工程施工期和运行期的环境监测计划，以便掌握工程对环境的实际影响程度，为工程的环境管理提供科学依据；

(6) 制定工程环境管理计划，明确各方的环境保护任务和职责，为环境保护措施的实施提供制度保证；

(7) 综合分析，从环境保护的角度论证工程建设的可行性，从而为工程的方案论证和项目决策提供科学依据。

1.1.2 指导思想

根据评价区环境功能要求，并结合工程建设主要环境敏感目标，本工程环境影响评价指导思想如下：

(1) 符合相关规划与产业政策

工程建设应符合南渡江流域综合规划、海南省国民经济计划发展纲要的总体战略要求和国家相关产业政策要求，合理开发利用水资源，使环境保护与水资源开发协调发展。

(2) 可持续发展原则

工程建设会对当地生态环境产生一定影响，也将占用部分土地资源，但工程建设应

充分考虑到生态环境保护与当地社会经济发展的需要，实现区域社会、经济与环境的可持续发展。

(3) 有利于保护和促进工程涉及区域的生态环境建设

工程建设应避免造成重大的生态环境影响问题，在工程建设过程中应尽量避免和减少工程建设对生态环境造成明显的破坏和影响；切实做好评价区生物多样性的保护，避免影响珍稀濒危物种，保护区域生态系统的完整性和维持河道生态健康。

(4) 合理选择布置施工场地，尽量减少施工期环境影响

结合评价区的环境功能要求，从环境保护角度出发，对各类施工用地选择的环保合理性进行分析评价，并对不合理的施工布置提出优化方案，将施工活动对区域环境的影响及破坏降低到最低程度。高度重视移民安置工作，确保因工程导致的生产移民得到妥善安置。

(5) 环保措施具有针对性和可操作性

施工期产生废水、废气、废渣及噪声等，将对周边环境造成一定程度影响，因此，针对施工期各类污染物的产生及排放情况，结合区域的环境功能要求，提出污染控制和预防措施，降低或减免不利影响程度。环保措施的拟定，应具有针对性和可操作性，做到经济、可靠、实用，便于环保部门进行监督和管理。

(6) 南渡江流域由于开发历史较长，“环保欠账”较多，本报告统筹分析下游水环境、水生生态存在的问题，并考虑按照“以新带老”的原则提出生态环境保护措施。

1.2 编制依据

1.2.1 法律法规

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015年1月1日；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年12月29日；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》，2018年1月1日；
- (4) 《中华人民共和国大气污染防治法》，2016年1月1日；
- (5) 《中华人民共和国环境噪声污染防治法》，2018年12月29日；
- (6) 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2016年11月7日；
- (7) 《中华人民共和国土地管理法》，2004年8月28日；
- (8) 《中华人民共和国水土保持法》，2011年3月1日；
- (9) 《中华人民共和国水法》，2016年7月2日；
- (10) 《中华人民共和国防洪法》，2015年4月24日；

- (11) 《中华人民共和国河道管理条例》，2011年1月8日；
- (12) 《中华人民共和国传染病防治法》，2004年8月28日；
- (13) 《中华人民共和国森林法》，2017年11月4日；
- (14) 《中华人民共和国森林法实施条例》，2018年3月19日；
- (15) 《中华人民共和国野生动物保护法》，2018年10月26日；
- (16) 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》，2013年12月7日；
- (17) 《中华人民共和国野生植物保护条例》，2017年10月7日；
- (18) 《中华人民共和国陆生野生动物保护条例》，2016年2月6日；
- (19) 《中华人民共和国渔业法》，2013年12月28日；
- (20) 《中华人民共和国清洁生产促进法》，2012年2月29日；
- (21) 《建设项目环境保护管理条例》，2017年7月16日；
- (22) 《中华人民共和国文物保护法》，2013年6月29日；
- (23) 《基本农田保护条例》，1999年1月1日；
- (24) 《中共中央国务院关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》，2018年4月11日；
- (25) 《海南省环境保护条例》，2017年11月30日；
- (26) 《海南省自然保护区管理条例》，2014年9月26日；
- (27) 《海南省南渡江生态环境保护规定》，2006年6月5日；
- (28) 《海南经济特区水条例》，2010年3月25日；
- (29) 《海南经济特区林地管理条例》，2009年6月1日；
- (30) 《海南省森林保护管理条例》，2004年9月1日；
- (31) 《海南省沿海防护林建设与保护规定》，2008年3月1日；
- (32) 《海南省松涛水库生态环境保护规定》，2008年1月1日；
- (33) 《海南省生态保护红线管理规定》，2016年9月1日。

1.2.2 规章制度

- (1) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，2018年4月28日；
- (2) 《国家重点保护野生动物名录》，2003年2月1日；
- (3) 《国家重点保护野生植物名录（第一批）》，2001年8月4日；
- (4) 《国务院关于印发全国生态环境建设规划的通知》，国发[1998]36号，1998年11月7日；

- (5) 《全国主体功能区规划》，国发[2010]46号，2010年12月21日；
- (6) 《全国生态功能区划（修编版）》，公告2015年第61号，2015年11月；
- (7) 《全国生态环境保护纲要》，国发[2000]38号，2000年12月20日；
- (8) 《关于加强资源开发生态环境保护监管工作的意见》，环发[2004]24号，2004年2月12日；
- (9) 《水电建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境评价技术指南（试行）》，环评函[2006]4号，2006年1月13日；
- (10) 《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》，环办函[2006]11号，2006年1月9日；
- (11) 《关于进一步加强水生生物资源保护 严格环境影响评价管理的通知》，环发[2013]86号，2013年8月5日；
- (12) 《环境影响评价公众参与办法》，2019年1月1日；
- (13) 《关于切实加强风险防范严格环境影响评价管理的通知》，环发[2012]98号，2012年8月8日；
- (14) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》，环发[2012]77号，2012年7月3日；
- (15) 《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》，国发[2012]3号，2012年2月16日；
- (16) 《关于印发<建设项目环境影响评价政府信息公开指南（试行）>的通知》，环办[2013]103号，2013年11月14日；
- (17) 《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》，国发[2015]17号，2015年5月4日。
- (18) 《海南省人民政府办公厅关于印发海南省实行最严格水资源管理制度考核办法的通知》，琼府办[2014]112号，2014年08月04日；
- (19) 《环境保护部、国家发展改革委关于贯彻实施国家主体功能区环境政策的若干意见》，环发[2015]92号，2015年7月29日；
- (20) 《关于印发环评管理中部分行业建设项目重大变动清单的通知》，环办[2015]52号文，2015年6月4日；
- (21) 《海南省人民政府关于印发海南省城镇内河（湖）水污染治理三年行动方案的通知》，琼府[2015]74号，2015年10月12日；

(22) 《海南省人民政府关于印发海南省水污染防治行动计划实施方案的通知》，琼府[2015]111号，2015年12月21日；

(23) 《海南省人民政府关于划定海南省生态保护红线的通告》，琼府[2016]90号，2016年9月18日；

(24) 《海南省人民政府办公厅关于印发海南省农村生活污水治理工作方案的通知》，琼府办〔2016〕234号，2016年9月20日。

1.2.3 导则、规范、标准

- (1) 《环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)；
- (2) 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)；
- (3) 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)；
- (4) 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)；
- (5) 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)；
- (6) 《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)；
- (7) 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ 169-2018)；
- (8) 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T 88-2003)；
- (9) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)；
- (10) 《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)；
- (11) 《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)；
- (12) 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)；
- (13) 《环境空气质量监测规范(试行)》(国家环保总局公告2007年第4号)，2007年1月19日；
- (14) 《环境噪声监测技术规范 城市声环境常规监测》(HJ 640-2012)；
- (15) 《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173-2010)；
- (16) 《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014)。

1.2.4 相关规划、技术文件

- (1) 《海南国际旅游岛建设发展规划纲要(2010-2020)》，2010年6月；
- (2) 《海南省生态功能区划》，2005年6月；
- (3) 《海南省水资源综合规划(2000-2030)》，中国水利水电科学研究院，2005年1月；
- (4) 《海南省南渡江流域综合规划(修编)》，中国水利水电科学研究院，2012年5

月；

(5) 《海南省发展和改革委员会关于海南省南渡江流域综合规划（修编）的批复》（琼发改农经[2014]1200号），2014年8月8日；

(6) 《海南省文物局 关于提交〈海南迈湾水利枢纽工程建设征地范围内文物影响评估报告〉的函》（琼文物[2012]39号），2012年9月11日；

(7) 《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》，中水珠江规划勘测设计有限公司，2015年6月；

(8) 《海南省生态环境保护厅关于南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书审查意见的函》（琼环函[2015]686号），2015年6月19日；

(9) 《水规总院关于报送海南省南渡江迈湾水利枢纽工程项目建议书审查意见的报告》（水总设[2015]42号），2015年1月12日；

(10) 《南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告》，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司，2016年11月；

(11) 《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程鱼道水力学数模仿真专题研究报告》，中水珠江规划勘测设计有限公司，2017年10月；

(12) 《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司，2017年10月；

(13) 《海南省人民政府关于同意南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划的批复》（琼府函[2017]160号），2017年10月。

(14) 《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程可行性研究报告》(报批稿)，中水珠江规划勘测设计有限公司，2019年5月；

(15) 《海南水网建设规划环境影响报告书》，黄河水资源保护科学研究院\江河水利水电咨询中心\河南江河环境科技有限公司，2019年6月；

(16) 《海南省生态环境厅关于海南水网建设规划环境影响报告书审查意见的函》(琼环函[2019]240号)，2019年6月；

(17) 《海南省澄迈金江水电站鱼道工程初步设计报告》，中水珠江规划勘测设计有限公司，2019年7月；

(18) 《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程热带雨林调查与评价专题报告》，国家林业局昆明勘察设计院，2019年8月。

1.3 评价标准

根据海南省生态环境保护厅出具的《关于海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价标准的复函》（环琼函[2016]1612号）文，确定本工程环境影响评价标准。

1.3.1 水环境

(1) 环境质量标准

根据《海南岛水环境功能区划》（2004年8月），工程坝址及库区位于“松涛水库—九龙滩水坝”干流，该河段地表水执行《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）II类水质标准。南渡江下游“九龙滩水坝—定城镇水源地下1千米”、“美仁坡小学—龙塘坝”执行II类水质标准，“定城镇水源地下1千米—美仁坡小学”、“龙塘坝—新埠村”执行III类水质标准，“新埠村—河口”执行IV类水质标准。

地下水执行《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）III类水质标准。

(2) 排放标准

施工期和运行期污废水禁止排放。主要标准值见表 1.3-1。

水环境评价标准（摘录）

表 1.3-1

单位：mg/L

标准	名称	标准等级	指标及限值	
			指标	II
GB 3838-2002	地表水环境 质量标准	II类	pH	6~9
			DO(≥mg/L)	6
			BOD ₅ (≤mg/L)	3
			高锰酸盐指数(≤mg/L)	4
			COD _{Cr} (≤mg/L)	15
			总氮(≤mg/L)	0.5
			总磷(≤mg/L)	0.1(湖、库 0.025)
			氨氮(≤mg/L)	0.5
			石油类	0.05
			GB/T 14848-2017	地下水质量 标准
总硬度(≤mg/L)	450			
溶解性总固体(≤mg/L)	1000			
硫酸盐(≤mg/L)	250			
氯化物(≤mg/L)	250			

1.3.2 环境空气

(1) 工程所处地区属于农村地区，区域工业发展水平不高，环境空气质量总体较好，

属于一类环境空气质量功能区，执行《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)一级标准。

(2) 工程施工期和运行期大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)无组织排放监控浓度限值。

主要标准值见表 1.3-2。

环境空气评价标准 (摘录)

表 1.3-2

单位: mg/m³

标准类别	标准名称	标准等级		指标		
				TSP	PM ₁₀	NO ₂
环境质量标准	《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)	一级标准	年平均	0.08	0.04	0.04
			24 小时平均	0.12	0.05	0.08
			1 小时平均	/	/	0.2
污染物排放标准	《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)	无组织排放监控浓度限值 (监控点为周界外浓度最高点)		1	/	/

1.3.3 声环境

(1) 工程施工区以及周围声环境质量评价执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008) 1 类功能区标准。

(2) 工程施工期执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011) 标准。运行期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008) 1 类标准。

主要标准值见表 1.3-3。

声环境评价标准 (摘录)

表 1.3-3

单位: dB(A)

标准类别	标准名称	标准等级	指标
环境质量标准	《声环境质量标准》(GB 3096-2008)	1 类	昼间 55、夜间 45
污染物排放标准	《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)	/	昼间 70、夜间 55
	《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)	1 类	昼间 55、夜间 45

1.4 环境影响识别及评价重点

(1) 环境影响识别

在全面、深入开展工程区环境现状调查、发展规划资料搜集等工作基础上，根据工程区环境保护要求和保护目标特点，结合本工程的工程任务、影响范围以及开发方式等

基本情况，并参考国内外同类项目环境影响及环境保护的实践经验，采用矩阵法对工程各环境因素可能产生的影响进行初步识别分析，结果见表 1.4-1。

由表 1.4-1 可见，经筛选、识别确定本项目的主要环境要素是水环境、生态环境。其中主要环境影响因子是水文情势、水温、水质、陆生生态、水生生态；影响较小的环境因子主要是噪声、环境空气、人群健康和土壤环境等。

迈湾水利枢纽工程环境影响识别表

表 1.4-1

环境要素	环境因子	影响源				识别结果
		工程施工	水库淹没	工程运行	移民安置	
地表水环境	水质	-1L	-1L	-3L	-1L	-3L
	水文情势	-1L	-2L	-3L	0	-3L
	水温	0	0	-3L	0	-3L
地下水环境	水质	-1L	-1L	-1L	0	-1L
	地下水位	-1L	-1L	-2L	-1L	-2L
	环境地质	-1L	-2L	-1L	-1L	-2L
声环境	噪声	-1R	0	0	0	-1R
大气环境	环境空气	-1R	0	0	0	-1R
生态环境	水生生态	-1L	-3L	-3L	0	-3L
	陆生生态	-2L	-3L	±1L	-1L	-3L
	水土流失	-2L	0	±1L	-1L	-2L
土壤环境	土壤	-1R	-1L	0	-1R	-1L
社会环境	人群健康	-1L	0	0	0	-1L

注：+、-分别表示有利影响和不利影响；0、1、2、3 分别表示影响的程度忽略不计、小、中、大；R、L 分别表示可逆和不可逆影响。

(2) 评价因子筛选

在全面、深入开展工程区环境现状调查、发展规划资料搜集等工作基础上，根据工程区环境保护要求和保护目标特点，结合本工程的工程任务、影响范围以及开发方式等基本情况，并参考国内外同类项目环境影响及环境保护的实践经验，本项目的主要环境影响因子是水文情势、水质、水温、陆生生态、水生生态；影响较小的环境因子主要是人群健康。根据环境影响识别，本次评价提出了环境影响评价现状评价因子和预测评价因子，详见表 1.4-2。

评价因子一览表

表 1.4-2

环境要素	现状评价因子	预测评价因子
水环境	水质、水温	水资源、水文情势、水质、水温、河口环境
声环境	噪声	噪声
大气环境	环境空气	环境空气
生态环境	陆生生态、水生生态、水土流失	陆生生态、水生生态、水土流失
土壤环境	土壤	土壤潜育化、沼泽化等
社会环境	人群健康	人群健康

(3) 评价重点

本工程建成后基本不产生污染物，但具有工程等级高、影响范围大等特征，对水环境、水生生态、陆生生态等环境要素均会产生一定影响，且影响可能也较为深远，如拦河闸坝建成后破坏河流的连通性、蓄水后库区河段形成河道型水库、水库淹没大量陆地、改变下游河道的水文情势和水环境容量、下泄低温水、退水对水质的影响等。因此，本报告以上述主要环境要素为重点开展评价工作。

1.5 评价等级

1.5.1 水环境

(1) 地表水

工程建成运行后污废水主要为工作人员的生活污水、机组检修时产生的少量油污水和厂房地面冲洗废水，污废水产生量不大，小于 $200\text{m}^3/\text{d}$ ，污染物性质简单；施工期生产废水和生活污水产生量小于 $5000\text{m}^3/\text{d}$ ，污染物性质较简单，主要为 SS、COD 和石油类等。施工期砂石料冲洗废水、混凝土系统废水经处理后回用，生活污水经处理后回用；运行期工程生产废水和生活污水处理后回用，均不外排。本工程水库库容系数为 0.45%/0.25%(远期/近期)，水库具有多年调节能力。工程建成运行后大坝上下游河道水文情势发生重大变化，进而造成水温、水动力、水体污染稀释降解特征等发生改变。因此，根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)，施工期地表水环境影响评价工作等级为三级，运行期评价等级为一级。

(2) 地下水

本工程属于生态影响类项目，工程施工期和运行期生产废水和生活污水均经处理后回用，不会对地下水水质造成污染。本工程对地下水的影响主要为施工期坝址处开挖，运行期水库淹没、渗漏对地下水位的影响，故本项目属《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)中附录 A 地下水环境影响评价行业分类表中的 III 类。按照建设项

目地下水环境影响评价工作等级划分，本工程地下水环境影响评价等级确定为三级。

1.5.2 生态环境

工程建设占地包括水库库区、工程枢纽区和各类施工临时设施占地区，总占地面积近期 31.07km²，远期为 46.17km²，水库 101m 正常蓄水位回水长度为 45.3km，远期 108m 正常蓄水位回水长度为 50.6km；工程直接影响范围内不涉及特殊生态敏感区和重要生态敏感区；工程建设将对河道水文情势产生显著影响，对库区及坝下游河道的水生生物及其生境有一定的影响，根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ 19-2011)评价等级分级依据，确定生态环境影响评价等级为一级。

1.5.3 环境空气

根据水利项目特点，本工程对环境空气的影响时段为施工期，主要大气污染物为 TSP，但其排放量及排放浓度均具有不稳定性，且影响范围主要在施工场界内，根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)，大气环境影响评价等级定为三级。

1.5.4 声环境

本工程噪声主要是施工机械噪声和交通运输噪声，由于本工程建设区属《声环境质量标准》(GB3096-2008)中规定的 1 类区，工程建设产生的噪声集中在施工期，工程建成前后噪声级基本无显著变化，工程 200m 范围内居民点数量较少。因此，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2009)评价等级划分依据，本工程的声环境影响评价工作等级定为二级。

1.5.5 土壤环境

根据本工程影响特征，工程属于生态影响型建设项目；根据行业类别，库容≥1 亿 m³ 的水库属于 I 类建设项目；工程区域位于山区，土壤含盐量<2g/kg，土壤 5.5<pH<8.5，建设项目所在地土壤环境敏感程度为“不敏感”。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)环境影响评价工作等级划分，本工程土壤环境评价等级确定为二级。

各环境要素评价等级及依据见表 1.5-1。

评价等级及依据

表 1.5-1

环境要素	依据	评价等级
地表水环境	施工期污水总排放量<5000m ³ /d, 污水水质简单, 排放水域规模主要为中~大, 地表水水质要求为II类。运行期主要为维护人员生活污水, 污水水质简单, 但工程运行后大坝上下游河道水文情势发生重大变化, 进而造成水温、水动力、水体污染稀释降解特征等发生改变。	一级
地下水环境	本工程为水利枢纽工程, 属于非污染类项目, 工程建设不涉及集中供水源地等地下水敏感保护目标。	三级
声环境	工程建设产生的噪声集中在施工期, 主要为施工机械等产生噪声对周边居民点等声环境敏感对象产生影响。工程运行期不产生噪声。	二级
环境空气	工程建设产生的环境空气污染物集中在施工期, 主要大气污染物为 TSP, 排放量及排放浓度均具有不稳定性, 影响范围相对较小。本工程建成后正常情况下不产生大气污染物。	三级
生态环境	工程总占地面积 31.07km ² (近期), 工程占地区内以园地和林地为主, 不涉及各类特殊生态敏感区和重要生态敏感区。工程淹没河段分布有部分鱼类产卵地。	一级
土壤环境	属于 I 类建设项目, 建设项目所在地土壤环境敏感程度为“不敏感”。	二级

1.6 评价范围

1.6.1 地表水

根据《环境影响评价技术导则 地面水环境》(HJ2.3-2018)中水环境影响评价范围的确定原则, 以及工程环境影响特点, 施工期地表水环境影响重点评价范围为施工区上游 1km 至谷石滩水电站坝址长约 23km 的南渡江干流。

迈湾水库建成前, 考虑到上游具有多年调节能力的松涛水库坝址处补建生态流量泄放设施, 并与同样具有多年调节能力的迈湾水库, 共同影响下, 对流域的水文情势、水温、水质等将产生广泛的影响。因此, 考虑到本工程的特性、与流域已建拦河闸坝的水环境累积影响以及流域鱼类栖息生境保护要求, 运行期地表水环境影响评价范围为松涛水库库区至河口长约 251km 的南渡江干流以及区间主要支流。

1.6.2 地下水

本工程所在区域地下水类型主要为孔隙潜水和裂隙潜水两种。孔隙潜水主要赋存于第四系地层中、裂隙潜水主要赋存于断裂带中。地下水受大气降水补给, 向河流冲沟排泄。

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)中评价范围确定原则, 地下水评价范围应包括工程建设、运行和服务期满后三个阶段地下水位变化影响区域,

本工程对地下水影响主要为工程建设和运行期，其中建设期主要为枢纽区开挖过程中，可能造成局部地下水水位发生变化；工程运行期，主要为迈湾水库渗漏或者浸没影响可能对区域地下水产生影响。

评价范围主要为：建设期主要为枢纽区两侧各 500m 范围内；运行期为迈湾水库淹没区涉及的水文地质单元。

1.6.3 声环境 and 环境空气

根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2009)、《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)，确定本工程声环境和环境空气评价范围为各施工工区及周围 200m 范围。

1.6.4 生态环境

陆生生态：据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ/T19-2011)中评价范围的确定原则，以及工程环境影响特点，确定本工程生态环境评价范围应包括可能受工程建设影响的陆生生态单元，即松涛水库以下至迈湾水利枢纽坝址工程两侧第一重山脊线范围内，以及料场区、弃渣场、施工临时设施占地区、移民安置区周边约 1km 范围。

水生生态：考虑到本工程水温影响、水文情势与下游已建拦河闸坝的累积影响以及流域鱼类栖息生境保护要求，水生生态调查评价范围进行延伸，其中现状调查包括整个流域干流及主要支流，影响分析范围由库尾并适当延伸至河口区，与地表水环境评价范围一致。

1.6.5 土壤环境

工程水库淹没区、施工占地区和移民安置区等受工程影响区域。

上述各环境要素的评价范围如表 1.6-1。

环境影响评价范围一览表

表 1.6-1

环境要素	评价范围	
地表水环境	施工期	重点为施工区上游 1km 至谷石滩水电站坝址长约 23km 的南渡江干流。
	运行期	松涛水库库区至河口长约 251km 的南渡江干流以及区间主要支流。
地下水环境	建设期主要为枢纽区两侧各 500m 范围内；运行期为迈湾水库淹没区涉及的水文地质单元。	
环境空气和声环境	各施工工区及周围 200m 范围，场内临时施工道路中心线两侧 200m 范围内。	

生态环境	陆生生态	包括可能受工程建设影响的陆生生态单元，即松涛水库坝址以下至迈湾水利枢纽坝址工程两侧第一重山脊线范围内，以及土料场区、弃渣场和施工临时设施占地区周边1km范围。
	水生生态	考虑到本工程水温影响、水文情势与下游已建拦河闸坝的累积影响以及流域鱼类栖息生境保护要求，水生生态调查评价范围进行延伸，其中现状调查包括整个流域干流及主要支流，影响分析范围同地表水环境。
土壤环境		工程水库淹没区、施工占地区和移民安置区等受工程影响区域。

1.7 评价时段

1.7.1 现状水平年

本工程环境现状评价水平年为2016年，有关污染源、水环境质量、陆生、水生动物多样性等以现状监测与调查时段为准。

1.7.2 预测水平年

工程设计基准年为2016年，近期设计水平年为2030年，远期设计水平年为2040年。结合工程设计水平年，本项目环评施工期预测水平年为工程施工高峰年，即2022年；运行期预测水平年为工程建成后的近期设计水平年，即2030年。对远期设计水平年（2040年）的环境影响作趋势性分析。

1.8 环境保护目标和要求

1.8.1 环境功能区保护目标

根据工程所在区域的环境现状、环境功能区划要求和环境敏感目标分布，以及工程施工、运行特点，对本次评价的环境保护目标提出相关要求。

(1) 水环境

主要保护目标为工程所涉及南渡江干流及其支流河段，使工程所在的南渡江河段水质满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类标准。加强施工期和运行期各类废水的处理，各种污废水经处理后回用，禁止排放。加强库周污染源管控、受水区污染防治，保护库区和下游影响河段水质。上游松涛水库在本工程蓄水前建成生态流量泄放设施并下泄流量。迈湾水库初期蓄水和运行期，水库需下泄一定的生态流量，保障水库下游的生态环境用水要求。

工程施工期间，采取有效措施防止或减缓工程建设对地下水水位的影响。

(2) 环境空气和声环境

加强施工管理和污染控制，使大气污染物排放强度满足《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）的无组织排放浓度限值，建筑施工场界噪声排放满足《建筑施工场

界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)的排放限值,同时使敏感点和周边的环境空气符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012)一级标准,声环境《声环境质量标准》(GB3096-2008)1类功能区标准。

(3) 生态环境

保护工程所在区域陆生生态系统的完整性,加强施工期管理,避免扰动施工管理区范围外的动植物,尽量避免伤及野生动物。采取工程措施和植物措施,对于水库淹没区的珍稀植物和古树采取移栽保护措施,对各类临时施工场地实施植被恢复。加强对水生生物的保护,运行期保障大坝下游河段内生态环境用水的需要;采取工程措施,减缓工程泄放低温水的影响;对库区腰子河支流栖息地进行生态恢复;采取过鱼设施、鱼类增殖放流等保护措施,恢复该区域特有鱼类资源,维持鱼类种群的稳定和生物多样性。

1.8.2 环境敏感目标

(1) 水环境

南渡江干流有松涛水库、金江、定安、新坡镇和龙塘等5个集中式饮用水水源保护区,其中松涛水库水源保护区位于迈湾水库库尾以上,其他水源保护区均位于迈湾坝址下游。另外,本工程坝址下游现状共有各种取水口8个,拟建和在建的有3个。本工程“以新带老”补建松涛水库生态流量泄放设施涉及松涛水库水源保护区准保护区。

迈湾水库淹没区、工程枢纽区、施工区、移民安置区均不涉及各水源保护区和取水口,但水库建设对南渡江水资源时空分配产生影响,须采取措施对各敏感目标进行保护。

(2) 生态环境

本工程的陆生生态环境敏感目标主要为水库淹没区、施工占地区和移民安置区野生珍稀保护动植物、热带雨林、古树等。水生生态环境敏感目标为生态系统、10种珍稀特有鱼类等。

(3) 环境空气和声环境

根据现场实地调查,声环境和环境空气敏感目标主要为本工程施工区附近的黄岭八队。

(4) 土壤环境

工程所在区域现状无盐化、酸化和碱化等问题,土壤环境不敏感。工程建设区域土壤盐分含量、pH值基本维持现状。

(5) 社会环境

包括建设征地涉及近期搬迁总人口为4048人(近期)、两处文物点等。

工程环境保护目标一览表

表 1.8-1

序号	环境要素	主要环境保护对象	与工程位置关系	保护对象概况	环境保护要求
1	水环境	主要为工程所在的松涛库区~河口之间 251km 南渡江河段	水库淹没南渡江干流以及支流，建坝蓄水后坝前水位抬高约 46.47m，水库长 45.3km(近期)，水库具有年调节性能，改变库区河段水文情势以及水温结构。并对下游河段水文情势、水资源、水质和水温产生影响。	松涛库区长 51km，有一处饮用水水源保护区，补建生态流量泄放设施位于准保护区范围内。迈湾库区干流全长 45.3km(近期)，库区有腰子河、南坤河、加握河等支流。工程所在南渡江河段不涉及饮用水水源保护区，水环境功能区划为 II 类，现状水质为轻度污染。坝下至河口已建成多座水电站，九龙滩以下河段设立了 4 个饮用水水源保护区，11 个已有、在建和拟建取水口。	加强施工期和运行期各类污废水的处理，各种污废水经处理后回用，禁止排放。加强水库周围水污染源管理和控制，保护水库水质，使工程所在的河段水质满足《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) II 类标准。松涛水库补建泄流设施下泄生态流量。迈湾水库初期蓄水和运行期合理调度运行，下泄生态流量，保障水库下游的生态环境用水要求。
2	陆生生态	评价范围内的陆生生态系统，包括永久和临时占地范围内的陆生动物植物，尤其为珍稀保护动植物。	工程占地及水库淹没影响的自然及人工林生态系统，包括植被、植物、珍稀濒危保护动物和栖息生境、古大树等。	工程不涉及自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、森林公园、珍稀濒危野生动植物天然集中分布区等特殊 and 重要生态敏感区。工程区域以人工种植的橡胶林、槟榔林为主，还分布一定面积的次生热带雨林；评价范围内专题调查发现有 9 株重点保护野生植物和 13 株古大树。评价区分布有国家珍稀保护动物 9 种，省级保护动物 36 种，以鸟类为主。	保护工程所在区域陆生生态系统的完整性，加强施工期管理，避免扰动施工管理区范围外的动植物，尽量避免伤及野生动物。严格控制施工占地，尽可能减少植被破坏面积，采取有效、可行的工程措施和植物措施，减少工程建设中新增水土流失量，施工结束后，对各类临时施工场地实施植被恢复。对受影响的珍稀保护植物和古树采取保护措施。
3	水生生态	南渡江流域特有鱼类和珍稀保护鱼类，以及鱼类产卵场和索饵场。	水库建成后，改变库区水文情势，对流水性鱼类栖息生境产生一定影响；水库淹没现有鱼类产卵场；大坝阻隔影响鱼类洄游通道以及种群交流。	南渡江流域珍稀濒危特有鱼类共 10 种，分别为花鳗鲡、小银鲷、海南长臀鲩(亚种)、锯齿海南鲮、海南异鱾(亚种)、台细鳊、青鳉、大鳞鲢、无斑蛇鲷、高体鳊，库区河段有产漂流性卵鱼类产卵场生境条件，支流存在产粘沉性卵鱼类产卵场条件。	加强对水生生物的保护，运行期保障大坝下游河段内生态环境用水的需要；采取工程措施，减缓工程泄放低温水的影响；对库区腰子河支流栖息地进行生态修复；采取过鱼设施、鱼类增殖放流等保护措施，恢复该区域特有鱼类资源，维持鱼类种群的稳定和生物多样性。

工程环境保护目标一览表

续表 1.8-1

序号	环境要素	主要环境保护对象	与工程位置关系	保护对象概况	环境保护要求
4	环境空气和声环境	黄岭八队	与施工道路最近水平距离约 5m，与人工砂石骨料加工系统最近距离 95m。	施工区 200m 范围内黄岭八队约 40 户	加强施工管理和污染控制，同时使敏感点和周边的环境空气符合《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 一级标准，声环境执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)1 类功能区标准。
5	土壤环境	水库影响区域	淹没区、工程占地区及周边	现状无盐化、酸化和碱化等问题	土壤盐分含量、pH 值基本维持现状。
6	社会环境	移民安置	近期方案（正常蓄水位 101m）规划水平年搬迁总人口 4048 人，规划修建居民点 7 个。移民安置专项工程涉及交通工程、通信工程、防护工程等。		保证移民原有居民的生活水平不低于原有标准，并尽可能提高其生活质量。对集中移民安置点污废水处理后进行回用，生活垃圾收集后集中处置，并对安置区进行植物景观绿化。
		文物古迹	工程涉及“番企桥”、“松涛日本桥墩”两个文物点		开展原址加固保护

1.9 环境影响评价程序

按照《建设项目环境保护管理条例》和《环境影响评价技术导则 总纲》的要求，本工程环境影响评价工作分为准备、正式工作、报告书编制三个阶段。环境影响评价程序见图 1.9-1 所示。

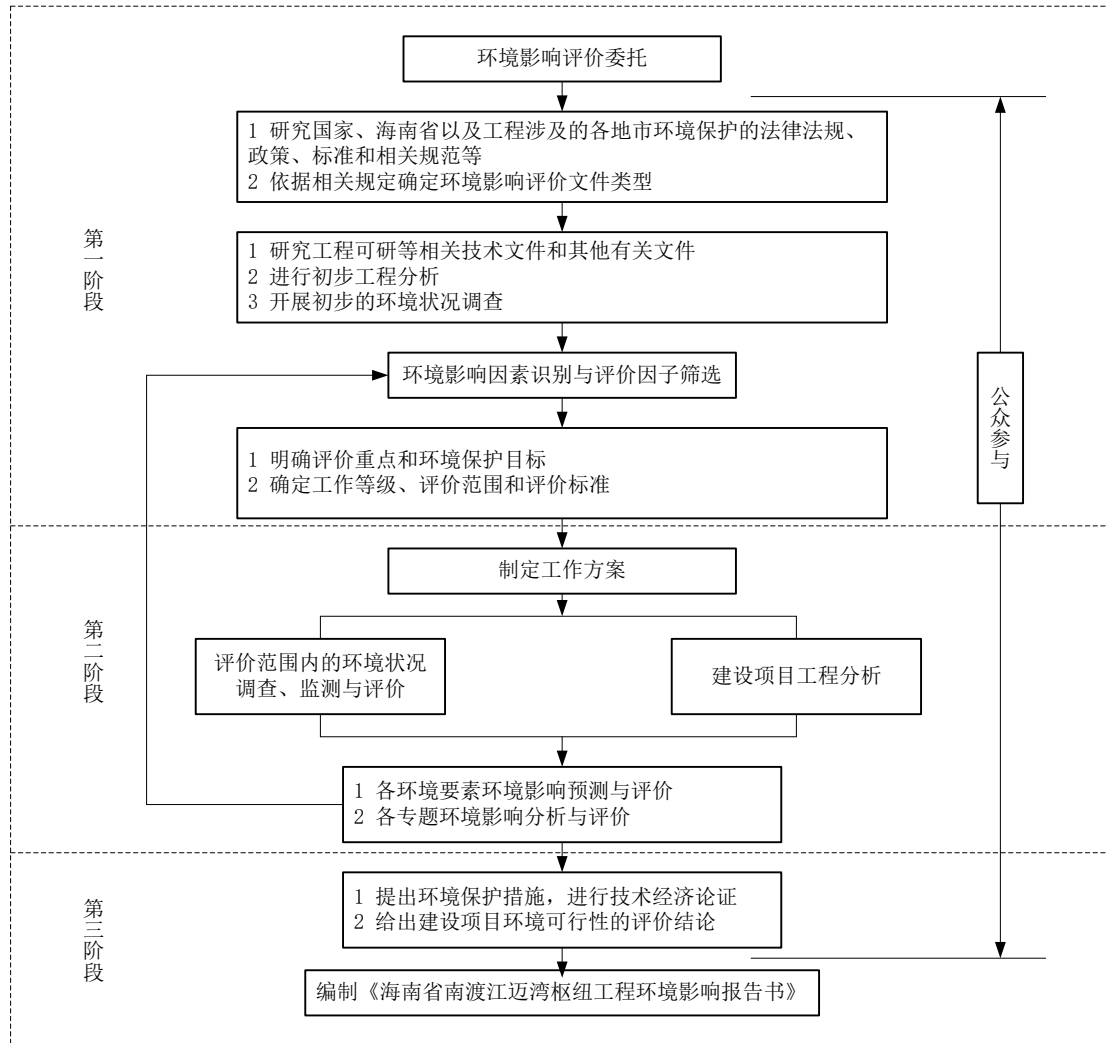


图 1.9-1 本工程环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 流域概况

2.1.1 水系

南渡江流域位于东经 109° 12'~110° 35'、北纬 18° 56'~20° 05'之间，流域面积 7033km²，占海南岛总面积的 20.6%，是海南省第一大河流。发源于白沙县南峰山，流经白沙县、儋州市、琼中市、屯昌县、澄迈县、定安县和海口市，于海口市三联村向北流入琼州海峡。干流全长 337km，落差 703m。南渡江流域形态呈狭长形，河流大体流向为自西南向东北。流域内集水面积大于 100km²的支流有 20 条，包括 15 条一级支流和 5 条二级支流。

松涛水库坝址以上为南渡江上游，河长 137km，为中低山地区，河谷狭窄，坡降大，急滩多，两岸地形陡峻，高程都在 500m 以上，最高点鹦歌岭 1812m。松涛水库坝址以下至九龙滩为南渡江中游，河长 89km，属低山丘陵，南高北低，一般山顶高程 200~500m，最高点黎母岭 1411m，山间谷沟发育，河道迂回弯曲，两岸坡陡。九龙滩以下为南渡江下游，河长 111km，属丘陵台地及滨海平原三角洲，地势南高北低，河道宽阔，坡降平缓，沙洲、小丘及浅滩较多，两岸是平坦的台地，大部分为农田，其中潭口以下为河口段，最下游的梯级龙塘大坝离河口 25.6km。

南渡江干流基本特征表

表 2.1-1

河流 (河段名称)		起迄地点		集水面积 (km ²)	河长 (km)	平均坡降 (‰)
		起	迄			
南渡江		白沙县南峰山	海口市	7033	337	0.72
河段	上游	南峰山	松涛坝址	1496	137	/
	中游	松涛坝址	九龙滩坝址	1520	89	/
	下游	九龙滩坝址	海口市	4017	111	/

流域雨量充沛，多年平均降雨量为 1929mm。降雨量在空间分布上，自上游向下游递减，南部多于北部。流域上游及中游山区的仙婆岭、黎母岭一带，是全岛暴雨中心之一，多年平均降雨量 2000~2400mm；下游的琼北台地及沿海一带多年平均降雨量 1600~2000mm。降雨量年内分配不均，5~11 月为丰水期（雨季），占全年降雨量的 85%，12~4 月为枯水期（旱季）。中、下游地区雨量年际变化较小，变差系数在 0.15~0.25 之间。

南渡江水系除干流以外，水能理论蕴藏量大于 10MW 的支流还有 2 条，即南湾河与龙州河。

南渡江流域集雨面积大于 100km² 支流基本情况表

表 2.1-2

河流名称	河流等级	河流发源地	河流出口	集雨面积 (km ²)	河长 (km)	坡降 (%)
南美河	1	白沙斧头岭	白沙同岭	124	32.4	11.30
南湾河	1	白沙尖头岭	白沙南万岭	184	38.7	5.52
南春河	1	白沙鹦歌岭	白沙罗亲园	105	27.1	10.60
腰子河	1	琼中鸡嘴岭	儋州亲足口下	356	42.3	2.47
南利河	2	琼中三星林岭	琼中阳江农场	108	23.6	12.70
南坤河	1	屯昌黄竹岭	屯昌合水村	133	26.0	5.87
西昌水	1	屯昌雨水岭	澄迈岭脚岭	144	25.7	7.27
绿现水	1	澄迈加东铺村	澄迈谷蛟岭	174	34.0	2.96
大塘河	1	儋州大王岭	澄迈大塘村	601	55.7	1.83
海仔河	1	澄迈山猪岭	澄迈新村港	176	30.0	2.53
汶安河	1	澄迈群番岭	澄迈文安村	165	24.7	1.34
龙州河	1	屯昌黄竹岭	定安溪头坡	1293	107.6	1.11
南淀河	2	屯昌南昌岭	屯昌弯头仔村	134	27.3	3.14
卜南河	2	屯昌长旦岭	定安卜南村	148	29.0	3.89
温村水	1	定安北斗岭	定安仙屯村北	124	24.9	1.82
巡崖河	1	定安黄竹市	定安巡崖村	445	42.3	1.27
永丰水	2	文昌蓬莱	海口水口村	110	28.4	1.85
昌头水	2	文昌蓬莱	海口多历村	157	37.4	1.28
铁炉溪	1	海口文岭	海口旧州	105	28.7	2.03
南面沟溪	1	海口扬南村	海口蛟龙村	120	33.9	1.91

2.1.2 流域开发概况

南渡江干流已建工程有松涛水库、谷石滩水电站、九龙滩水电站、金江水电站和龙塘水电站，在建的有南渡江引水工程。

2.1.2.1 上游

松涛水库位于儋州市，是海南省南渡江流域中开发最早的大型水利枢纽工程，是一座以灌溉为主，兼有发电、防洪、供水等综合效益的大型水库。工程于 1958 年动工，1968 年大坝竣工，1970 年工程验收。

松涛水库控制流域面积 1496km²，多年平均径流量 16.21 亿 m³，总库容 33.45 亿 m³。正常蓄水位 188.23m，相应库容 25.95 亿 m³。死水位 165.0m，相应库容 5.12 亿 m³，水电站装机容量 24.9MW。

松涛灌区位于海南岛北部、西北部，总面积 5866km²，灌区范围包括海口、琼山、儋州三市和澄迈、临高、白沙三县。松涛灌区是以松涛水库为水源，通过骨干渠道，与灌区内的儋州、临高、澄迈、琼山、海口、白沙等市县的多宗中小型水库联结一起，形成大中小、蓄引提相结合的大型水利灌溉系统。整个灌区工程体系包括松涛水库、骨干渠道、中小型引水水库以及支、斗、农渠等三级渠道组成，支、斗、农渠与中小型水库的渠道等下三级渠道总长 3912km。工程设计灌溉面积 205 万亩，目前尚有约 1/3 灌区未建成，现状年总供水量 13 亿 m³。

松涛水库是琼北、琼西北干旱区的重要灌溉水源，也是儋州市城乡和洋浦经济开发区可靠的生活生产用水水源，水库的滞洪作用减轻了下游地区和海口市的防洪压力，对海南的经济、社会、环境建设与发展作出了巨大的贡献，是海南省举足轻重的重要的基础设施。



松涛水库大坝（坝上）

溢洪道

图 2.1-1 松涛水库现状面貌

2.1.2.2 中游

(1) 谷石滩水电站

谷石滩水电站坝址位于海南省澄迈县加乐镇境内的南渡江干流上，距离加乐镇 8km，距离县城金江镇 28km。工程任务为发电，于 2005 年 12 月开工建设，2010 年 6 月完工，2012 年 4 月竣工验收。

谷石滩水电站坝址处集水面积 1136km²(扣除松涛坝址以上)，多年平均径流量 14.68 亿 m³。水库正常蓄水位 52.50m，死水位 52.00m；总库容 3460 万 m³，正常蓄水位库容 2345 万 m³，调节库容 125 万 m³，属中型水库。正常蓄水位相应库区面积 2.31km²，回水长度 15km。

枢纽工程由拦河坝、冲沙闸、厂房及升压站等主要建筑物组成。拦河坝为浆砌石重力坝+翻板坝，自左至右分别为左岸非溢流坝段、溢流坝段、冲沙闸段、厂房段和右岸

非溢流坝段。坝轴线全长 254.6m，最大坝高 14.0m，坝顶高程 56.00m，堰顶高程 48.00m。电站装机 6.4MW（ $2 \times 3.2\text{MW}$ ），多年平均发电量 2339 万 kW h。



谷石滩水电站大坝

库区

图 2.1-2 谷石滩水电站现状面貌

(2) 九龙滩水电站

九龙滩水电站坝址位于海南省澄迈县加乐镇境内的南渡江干流上，距离加乐镇 4.5km，距离县城金江镇 15km。工程任务为发电，1971 年开工建设，1976 年工程竣工。

九龙滩水电站坝址处集水面积 3039km^2 （扣除松涛坝址以上），多年平均径流量 15.07 亿 m^3 ，水库正常蓄水位 40.7m，总库容 2150 万 m^3 。枢纽工程由左岸引水发电系统、拦河坝、右岸引水发电系统等组成。拦河坝为混凝土溢流坝，坝高 14m（不含坝基高 1m），坝顶长度 176m，坝顶高程 40.7m。大坝右岸设有冲砂闸，由于年久失修，已多年未启用。发电厂房分东、西岸布置，总装机容量 5.6MW，其中东岸电站 $4 \times 1\text{MW}$ （2010 年机组改造），西岸电站 $2 \times 0.8\text{MW}$ （尚有 2 台机坑未装机），实际多年平均发电量 2400 万 kW h。



九龙滩大坝

右岸发电厂房

图 2.1-3 九龙滩水电站现状面貌

2.1.2.3 下游

(1) 金江水电站

金江水电站位于海南省澄迈县金江镇城郊的南渡江干流上，距离金江镇城区 2.3km。工程任务以发电为主，兼顾美化环境和农田灌溉等综合利用。于 2010 年 12 月开工建设，

2013 年工程完工，2015 年 7 月工程通过竣工验收。金江水电站属于《南渡江流域综合规划（修编）》“十二五”小水电工程开发项目之一，未纳入干流水能资源开发规划方案。



金江水电站大坝

发电厂房

图 2.1-4 金江水电站现状面貌

金江水电站坝址处集水面积 2226km²（扣除松涛坝址以上），多年平均径流量 23.77 亿 m³。水库正常蓄水位 27.70m，死水位 27.60m；正常蓄水位库容 1620 万 m³，调节库容 43 万 m³。主体工程主要由拦河闸坝、冲砂闸、发电厂房和升压站等设施组成。拦河坝为翻板坝，坝轴线全长 420.0m。电站装机 4×1250kW，多年平均发电量 1738.5 万 kW·h。

(2) 龙塘水电站

龙塘水电站位于海口市龙塘镇境内的南渡江干流下游，距离南渡江河口 26km。工程任务为供水、发电和灌溉，于 1969 年底批准建设，1970 年 2 月动工，1970 年 5 月拦河坝主体工程完成，1971 年进行大坝挑鼻改建和加固。

龙塘水电站坝址处集水面积 5345km²（扣除松涛坝址以上），多年平均径流量 52.56 亿 m³。工程设计正常高水位 7.5m，死水位 2.5m，库容 1750 万 m³。主体工程包括滚水坝、左右岸引水、水轮泵站等部分。滚水坝为浆砌石硬壳坝，坝长 205m，溢流段 142.4m，坝顶水平段宽 2.5m，最大坝高 8m。左岸设有船闸室，但由于年久失修，船闸已废弃。左右两岸各一座水电站，左岸装机 1125kW（4×250kW+1×125kW），右岸装机 5000kW（2×2500kW），实际年均发电量约 2400 万 kW·h。



图 2.1-5 龙塘水电站现状面貌

(3) 南渡江引水工程

南渡江引水工程位于海南省海口市境内，开发任务以城镇生活工业供水和农业灌溉为主，同时改善五源河防洪排涝条件。工程由水源工程、输配水工程、五源河综合整治工程和连通工程组成。迈湾水利枢纽建成前后，工程设计水平年（2030年）多年平均引水量分别为 29760 万 m^3 和 33665 万 m^3 。水源工程包括东山水库、龙塘泵站和玉凤泵站，其中新建东山水库坝址位于南渡江干流河段，上、下游分别距已建的金江水电站、龙塘水电站约 28.5km、42km。

东山水库正常蓄水位 15m，相应库容 497 万 m^3 ，供水死水位 13m，死库容 212 万 m^3 ，无调节性能。工程主要由连接坝、泄水冲砂闸、生态泄水闸、溢流坝组成，坝址上游设东山泵站，设计流量 13.2 m^3/s ，在龙塘水电站坝址上游和玉凤水库分别建设龙塘左、右泵站和玉凤泵站，设计流量分别为 2.4 m^3/s 、3.1 m^3/s 和 0.38 m^3/s 。溢流坝堰顶高程 15.0m，闸顶高程 27m，生态泄水闸孔口设计尺寸 2m \times 5m（宽 \times 高）。输配水工程由 3 条城市供水灌溉干线、黄竹分干及各灌片干管、分干管、支管、泵站等组成。开展五源河整治和永庄水库至沙坡水库连通工程。

拟定的东山闸坝运行调度规则为：当坝址日平均流量小于 14.4 m^3/s 时，库区不取水，

来多少泄多少；当坝址日平均流量大于 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 、小于 $27.6\text{m}^3/\text{s}$ 时，在优先保证生态流量前提下取水，坝位不低于死水位；当坝址日平均流量大于 $27.6\text{m}^3/\text{s}$ 、小于 $387\text{m}^3/\text{s}$ 时，在保证生态流量前提下，按需取水，剩余量全部泄到河道，坝前水位不低于死水位；当坝址日平均流量大于 $387\text{m}^3/\text{s}$ 时，泄水闸敞泄；东山闸坝右岸鱼道采用仿自然旁通设计，进口高程 11.5m ，出口高程 14.0m ，进出口不设闸门，每年 2 月~9 月，坝址水位保持正常蓄水位 15.0m 运行。

南渡江引水工程环评报告已于 2015 年 7 月批复，目前正进行工程施工建设。



主体已建成的东山水库闸坝

鱼道及出口闸门

图 2.1-6 东山水库闸坝建设面貌（2019 年 8 月）

2.1.3 流域水资源状况及开发利用现状

2.1.3.1 南渡江流域水资源状况

根据《南渡江流域综合规划(修编)》，南渡江流域面积 7033km^2 ，1956~2000 年多年平均水资源总量 69.45亿 m^3 。其中地表水资源量 69.07亿 m^3 ，折合径流深 982.1mm ，径流系数 0.51 ，地表水可利用量为 29.67亿 m^3 ，可利用率为 43.0% ；地下水资源与地表水资源不重复量 0.38亿 m^3 。南渡江流域多年平均地下水资源可开采量 15.29亿 m^3 ，其中平原区 6.16亿 m^3 ，山丘区 9.13亿 m^3 。南渡江流域水资源总量分布详见表 2.1-3。

松涛~迈湾坝址区间集水面积 970km^2 ，迈湾坝址处多年平均地表水资源量 10.60亿 m^3 （扣除松涛至迈湾坝址区间耗水量）。

南渡江流域水资源总量行政区划分布一览表

表 2.1-3

分 区		面积(km^2)	多年平均(亿 m^3)		
			水资源总量	地表水资源量	不重复量
行政 分区	海口市	1125	9.51	9.29	0.22
	定安县	1198	9.78	9.76	0.02
	屯昌县	442	11.42	11.42	0.00

	澄迈县	978	13.22	13.09	0.13
	临高县	1458	2.31	2.30	0.01
	儋州市	458	4.36	4.36	0.00
	琼中县	260	6.02	6.02	0.00
	白沙县	1079	12.54	12.54	0.00
	文昌市	35	0.30	0.30	0.00
	南渡江流域	7033	69.45	69.07	0.38

2.1.3.2 南渡江流域水资源开发利用现状

(1) 水利工程现状

南渡江流域现有蓄水工程 722 座,总库容 39.65 亿 m^3 ,占流域地表水资源量 57.39%。其中大中型水库 14 座,总库容 36.96 亿 m^3 ,占流域地表水资源量 53.50%;小型水库 700 多座,总库容 2.69 亿 m^3 ,占流域地表水资源量 3.89%。南渡江流域现状(2014 年)蓄水工程详见表 2.1-4。

南渡江流域现状蓄水工程控制能力统计表

表 2.1-4

水利工程名称	总库容		控制流域面积	
	亿 m^3	占地表水资源量 (%)	km^2	占流域面积*
松涛水库	33.45	48.42	1496	21.27
沙坡水库	0.13	0.19	27.46	0.39
岭北水库	0.14	0.2	16.2	0.23
凤圪水库	0.22	0.32	26.1	0.37
铁炉水库	0.21	0.3	40.77	0.58
南扶水库	0.92	1.33	64.5	0.92
良坡水库	0.12	0.17	19.07	0.27
加乐潭水库	0.15	0.22	11.39	0.16
美亭水库	0.16	0.23	30.88	0.44
促进水库	0.14	0.2	19.11	0.27
南方水库	0.15	0.22	8.715	0.12
加潭水库	0.46	0.67	57.81	0.82
跃进水库	0.54	0.78	69.4	0.99
坡生水库	0.17	0.25	44	0.63
小型水库(总计)	2.69	3.89	—	—
合计	39.65	57.39	—	—

注: *不包括小型水库和塘坝的控制流域面积。

(2) 水资源开发利用现状

2014 年南渡江流域总供水量为 11.42 亿 m^3 。其中地表水源供水量为 10.34 亿 m^3 、

占总供水量 90.5%，地下水供水量为 1.08 亿 m^3 、占总供水量 9.5%。在地表供水量中，蓄水占 51.6%，引水占 36.5%，提水占 11.9%；在地下水源供水量中，浅层水占 40%，深层水占 60%。

2014 年南渡江流域总用水量 11.42 亿 m^3 ，占全省总用水量的 25.4%，其中生活、生产、生态用水分别为 1.58 亿 m^3 、9.81 亿 m^3 、0.03 亿 m^3 。生产用水中，农业、工业用水分别为 7.09 亿 m^3 、2.72 亿 m^3 。

(3) 水能资源开发利用现状

南渡江水系水能理论蕴藏量 199.578MW(平均功率)，规划布置水电站共 76 座，总装机容量 170.725MW。2014 年南渡江流域已建水电站 51 座，装机容量 66.665MW，占规划总装机的 39.05%。

(4) 用耗水现状

2014 年南渡江流域耗水量 5.06 亿 m^3 ，占全省总耗水量的 24.8%。2014 年南渡江流域人均综合用水量为 418 m^3 、万元 GDP 用水量为 95.3 m^3 、万元工业增加值用水量为 85.0 m^3 、水田灌溉亩均用水量为 817 m^3 、农村生活用水定额为 95L/p.d、城镇生活用水定额为 193L/p.d。2014 年南渡江流域现状工业用水重复利用率约 70%，城镇供水管网漏损率达 17%，个别县市超过了 20%，农田灌溉水利用系数约 0.53，与海南省和国内发达地区相比，南渡江流域用水效率还处于较低水平。

(5) 水资源开发利用程度

南渡江流域多年平均地表水资源量为 69.07 亿 m^3 ，2016 年流域地表水源供用水量 10.91 亿 m^3 ，地表水资源开发利用率为 15.8%。

2.1.4 流域环境主要问题

2.1.4.1 上游

(1) 对流域水资源和水环境产生不利影响

松涛水库的建设运行使南渡江上游形成一个水面面积约 144 km^2 、回水长度约 51km 的湖泊型水库。松涛水库大坝无泄水构筑物，坝址以上流量基本全部由经由松涛灌区总干渠供给儋州、临高、屯昌、澄迈、海口等琼北地区的生产和生活用水供水，多年平均减少了流域 12.87 亿 m^3 的地表水资源量，占流域地表水资源总量(69.07 亿 m^3)的 18.6%，是流域水资源量减少的主要因素。

松涛坝址下游河道集水面积减少，南渡江入海口处集水面积由 7033 km^2 减少为 5537 km^2 ，其中龙塘水文站集水面积由 6841 km^2 减少为 5345 km^2 ，多年平均流量由 225 m^3/s

减少为 $173\text{m}^3/\text{s}$ 。松涛水库导致的流量减少致使河口盐水入侵强度增加，河口区域盐度分布发生一定变化，上溯距离仅增加约 0.4km 。

(2) 对生态环境产生影响

松涛水库的建成，营养物质富集，有利于浮游动、植物的生长繁衍，但也导致流水性鱼类生境压缩，基本在库区消失，适应静缓流水体的种类，如鲮、鲢、罗非鱼等在水库中比例较高，总体的物种多样性降低。主要分布于上游的南渡江流域特有物种大鳞鲢由于松涛水库沿岸居民酷渔滥捕、水质污染，以及南渡江修建多处水库，尤其是松涛水库上游建设了南伟水库，使该物种在本流域已频于绝迹。

松涛水库坝下至腰子河汇合口约 3km 干流河段由于无流量下泄，目前已逐步退化为沼泽林地。松涛库周在地方政府的管理下，植被保护较好，已形成较为稳定的动植物群落，库周已建立番加省级自然保护区、蓝洋温泉国家森林公园。

2.1.4.2 中游

(1) 对水资源和水环境的影响

松涛水库将上游水量截流后，中游主要来水主要依靠区间汇流，实际的源头变为支流腰子河，腰子河干流上建有 3 座小水电（其中一座仅建成拦河坝，未运行）。南渡江中游干流已建有谷石滩水电站和九龙滩水电站，两个工程任务均为发电，调节性能差或基本无调节能力，对下游的水文情势影响较小。中游干流两岸无具规模的工农业取水要求，对流域的水资源影响不大。

位于流域中游集镇主要有黎母山镇、昆仑农场、南坤镇等，产生一定的面源污染。

(2) 对生态环境产生影响

中游的几座水库不仅淹没原库区河段分布的产卵场，河库相连的水域生境呈破碎化，导致流水性鱼类呈不连续的片断化分布，基本无长距离洄游性鱼类分布。目前中游具备产漂流性卵鱼类产卵条件的河段主要为松涛坝下 3km 至谷石滩库尾流水河段。

中游水库淹没面积较小，水库淹没对植被的影响损失不大。该河段分布的几座农场建设强度较大，陆生生态受到较强干扰，目前已人工林地、园地为主，原分布的热带雨林已被破坏，仅存的局部区域热带雨林植被均为次生林。

2.1.4.3 下游

(1) 对水资源和水环境的影响

下游干流已建有金江水电站、龙塘水电站，在建的有南渡江引水工程；下游支流包括大塘河、龙州河、巡崖河等，开发历史较久，开发强度也较大。金江水电站与中游的

谷石滩、九龙滩组成一个相互衔接的梯级水库群，库区河段总长约 52km。下游人口分布较密集，工农业较发达，取水量较大，其中龙塘取水口跨流域调出 1.04 亿 m^3 ，减少了南渡江流域 1.04 亿 m^3 的地表水资源量，约占流域地表水资源总量的 1.51%。在建南渡江引水工程 2030 年多年评价供水量 2.83 亿 m^3 (迈湾建成前)，约占流域地表水资源总量的 4.10%。下游河段已建各梯级基本无调节能力，水文情势主要受水资源量减少的影响。

龙塘水电站坝址位于感潮河段，龙塘水电站的建设使河口感潮河段长度控制在约 25.6km 以内。南渡江下游支流受各类污染源影响，水质相对上游和中游较差。

(2) 对生态环境产生影响

下游龙塘水电站拦河坝未建过鱼设施，影响河海洄游性鱼类的上溯；金江水电站未建过鱼设施，也影响鱼类的短距离洄游，两座电站对下游干流产生阻隔影响。两座梯级水库回水对鱼类原产卵生境产生了淹没影响，金江坝下至龙塘库尾流水河段以及部分支流河段仍存在部分流水生境，但在建南渡江引水工程东山水库运行后将进一步压缩流水生境。

下游人类开发强度大，原生的陆生生境基本已经消失，目前以各类人工林、次生林、园地、耕地等为主。

2.1.4.4 小结

(1) 流域梯级开发强度较大，且已改变河流形态

自上游松涛水库至中下游干流河段已建的谷石滩、九龙滩、金江、龙塘 4 个水电工程，使原长 197km 的南渡江连续天然河段被划分为 3 段天然河段及两段河道型水库，库区河段长度总共约 81km，约占南渡江中下游干流总长的 41.1%。松涛水库大坝由于不下泄流量，导致坝下约 3km 河道已退化为沼泽林地。

(2) 流域水资源量显著减少，水文情势发生显著变化，污染风险增加

南渡江流域多年平均地表水资源量为 69.07 亿 m^3 ，2014 年流域地表水源供用水量 10.34 亿 m^3 ，地表水资源开发利用率为 14.97%。上游松涛水库多年平均减少了流域 12.87 亿 m^3 的地表水资源量，占流域地表水资源总量的 18.6%，是流域水资源量减少的主要因素。

松涛水库建设导致坝址下游各断面集水面积减小，中、下游河道流量显著减少，河口盐水入侵强度增加，因已建龙塘水坝而入侵范围有限。同时，由于水资源量减少，中、下游水环境容量也显著减小，污染的风险增加。

(3) 水生生境改变和严重的阻隔影响，导致部分鱼类种群显著减少

松涛水库及下游各梯级建设导致原流水生生境转变为静流、缓流生境，流水性鱼类基本在库区消失，适应静缓流比例增加，总体的物种多样性降低。水库抬升淹没原产漂流性鱼类产卵场，并造成水域生境的破碎化和片段化，进一步影响了流域产漂流性卵鱼类的繁殖条件。目前具备产漂流性卵鱼类产卵条件的河段主要分布江段在松涛库尾以上南开河、松涛坝下至谷石滩库尾流水河段、金江坝下至龙塘库尾流水河段以及部分支流河段。产漂流性卵鱼类产卵条件减少，也使得该类型鱼类资源量显著减少。主要分布于上游的南渡江流域特有物种大鳞鲢由于松涛水库沿岸居民酷渔滥捕、水质污染，以及南渡江修建多处水库，尤其是松涛水库上游建设了南伟水库，使该物种在本流域已频于绝迹。

南渡江流域已建成的松涛、谷石滩、九龙滩、金江和龙塘 5 个梯级均未建过鱼设施。结合现状调查，由于龙塘大坝的阻隔，绝大部分的洄游性和河口鱼类被阻隔于坝下，分布范围在南渡江流域大大缩小。此外，大坝的阻隔也影响各河段鱼类的交流，以及短距离的索饵或生殖洄游。

(4) 上游景观类型显著改变，中、下游受梯级开发的陆生生态影响相对较小

松涛水库淹没面积很大，显著改变了上游的陆生生态景观，由于工程已建设多年，周边已陆续成立番加、鹦哥岭、黎母山等自然保护区以及蓝洋温泉国家森林公园，并形成较为稳定的植物和动物群落。其他如谷石滩、九龙滩、金江、龙塘等水库淹没面积较小，受影响的主要为河岸带植被，总体上对植被和动植物多样性的影响相对较小。

2.2 流域综合规划及规划环评

2.2.1 流域规划情况

2.2.1.1 历史规划及规划修编过程

海南省自 1988 年建省之后，全省经济发展和社会结构的调整对水资源保障提出了更高的要求，大量水利专业规划出台，包括重点城市和地区供水规划、大型灌区配套规划、防洪（潮）规划以及水资源综合利用和河流治理规划。2002~2005 年开展了全省水资源综合规划。

海南省近 20 年开展的大量规划工作主要是适应发展需求，以专项规划和区域性规划为主，缺乏以流域为主体的整体性规划。随着流域经济社会的快速发展、生态系统的演变、水系的变迁以及治水理念的转变，原有的流域规划已不能适应新时期的要求。为了适应新时期经济社会发展和生态环境保护对水资源可持续利用的要求，海南省决定开展《海南省流域综合规划（修编）》工作。2009 年 5 月，受海南省水务厅委托，由中国

水利水电科学研究院承担《南渡江流域综合规划（修编）》报告编制任务。2010年12月，提交报告送审稿征求海南省各相关部门意见，并根据反馈意见，对规划成果报告做了进一步修改。2011年5月10日海南省水务厅组织审议并通过了《南渡江流域综合规划（修编）》。2014年8月，海南省发展和改革委员会对该规划（修编）报告予以批复（琼发改农经[2014]1200号，附件4），其中迈湾水利枢纽工程列为近期重点项目工程。

2.2.1.2 主要规划内容

(1) 防洪（潮）与除涝

根据《防洪标准》，海口市防洪标准为中心区等重点地区防御100~200年一遇洪水，其他各防洪市、县所在城镇的防洪标准为防御20~50年一遇洪水。乡村防护区防洪标准为10~20年，考虑到实际情况，防洪标准适当提高，近期为30年，远期为50年。乡村及城郊治涝标按10年一遇暴雨的一日暴雨量在1~3日内排干标准设计，城区治涝标准按照一年一遇10分钟暴雨历时的雨量设定排涝标准。

南渡江流域防洪工程体系主要采用堤、库结合模式。在各防洪保护区修筑防洪堤防的基础上，流域上中游通过松涛、迈湾等大型水库以及其他一系列中、小型水库的蓄、滞洪作用，可以大大减轻下游的防洪压力。

南渡江流域规划建设或加固江河防洪堤、防潮堤、沟道清淤疏浚、排洪渠工程、兴建小型水利水保工程等措施进行综合治理。

(2) 河道整治与岸线利用

根据各河段险工形成的原因和整治经验采用不同的整治措施，包括建设护岸、护坡、丁坝，对已建堤防工程加高加固，以及设立亲水平台等。为保证防洪安全、河势稳定和满足环保要求为前提，规划河沙禁采区15段、保留区6段、开采区34个。根据河口汉槽的发育现状，规划建设88.16km海堤。根据岸线资源的自然和经济社会功能属性以及不同的要求，将岸线资源划分为为岸线保护区、岸线保留区、岸线控制利用区和岸线开发利用区4类，其中澄迈县山口乡高山朗村至澄迈县文安村划分为岸线保护区，澄迈县文安村至定安县新坡镇包刨村被划分为岸线保留区，定安县新坡镇包刨村至海口市琼山区赵村河段划定为开发利用区，海口市琼山区赵村至入海口段划为开发利用控制区。

(3) 水资源节约、配置及开发利用

① 水资源节约与配置

确定了南渡江流域生活、第二产业、第三产业和农业灌溉定额，并对农业、工业、城市生活及商饮服务业节水措施提出指导性意见。

南渡江水源主要需要支撑沿江区域的城镇用水需求，其中海口市增长量占全流域用水增量的 60% 以上，需要通过迈湾水库、南渡江引（调）水工程联合调度满足并保障下游生态环境和航运要求。南渡江流域 2030 年水资源配置总量为 20.08 亿 m^3 ，当地地表水资源配置量为 18.11 亿 m^3 ，地下水资源配置量为 0.61 亿 m^3 ，再生水配置量 1.36 亿 m^3 ，形成以地表水为主体的供水格局。规划提出重点地区与工程配置方案，包括南渡江流域中游迈湾水利枢纽工程、海口市南渡江引（调）水工程，实现海口地区经济社会用水和南渡江下游河道生态环境及航运的综合用水需求。

② 供水规划

根据用水增长需求，南渡江流域地表大中型蓄水工程规划新（扩）建 4 座。

南渡江流域大中型水库规划方案

表 2.2-1

单位：亿 m^3

水平年	水库名称	行政区	总库容	兴利库容	设计供水能力	备注
2020	迈湾	澄迈县	8.87	3.723	11.05	南渡江干流
	昌旺（扩建）	海口市	0.221	0.186	0.25	
2030	谷石滩	澄迈县	0.799	0.325	0.30	南渡江干流
	猫尾	屯昌县	0.278	0.173	0.46	

③ 水能资源开发

1) 干流规划方案

南渡江干流自上而下共 5 个梯级。分别为松涛水库、迈湾水库、谷石滩水库、九龙滩滚水坝、龙塘滚水坝。

南渡江干流规划开发方案特性表

表 2.2-2

项 目	单位	梯 级 名 称				
		松 涛	迈 湾	谷石滩	九龙滩	龙 塘
距河口距离	km	200	146	125	112	25.6
开发任务		灌溉防洪发电	防洪供水灌溉	供水发电	发电	灌溉供水发电
流域面积	km^2	1496	(970)	(1131)	(1543)	6841(5345)
多年平均来水量	亿 m^3	16.21	(9.33)/9.6	(10.8)	(15.07)	(55.3)
正常蓄水位	m	188.23	115/108.0	57.0	40.7	7.5
坝顶高程	m	195.33	120.5/113.5	62.0	40.7	7.5
最大坝高	m	80.1	72.5/78.5	23.0	15.0	5.5
装机容量	MW	44.85	75.0/40.0	9.6	5.4	6.125
年平均发电量	亿 $kW\cdot h$	1.80	1.169/0.65	0.35	0.23	0.29
建成时间	年	1970	可研	2012	1976	1970

备注：流域面积栏中带括号之数值为扣除松涛水库控制面积后的流域面积；多年平均来水量栏中带括号之数值为扣除松涛水库跨流域引水量以后的来水量；迈湾数据为“规划阶段/可研阶段”。

南渡江水系除干流以外，水能资源理论蕴藏量大于 10MW 的支流还有 2 条，即南湾河与龙州河。南湾河仅有理论蕴藏量，而无技术可开发量。龙州河规划修建 5 座小型引水式水电站，现已建 4 座，规划待建 1 座。

2) “十二五”小水电工程开发规划

综合规划（修编）提出“十二五”期间规划水电建设项目 4 座，装机容量 16850kW，可增加年发电量 4694 万 kW·h。

南渡江流域“十二五”规划小水电工程项目

表 2.2-3

序号	项目名称	所在地点	所在河流	建设性质	装机(kW)	备注
1	南伟坝后	白沙县	南开河	扩建	4800	已建成
2	金江水电站	澄迈县	南渡江	新建	4800	已建成
3	莫好水电站	白沙县	南开河	新建	3500	
4	南兰电站	白沙县	南开河	新建	3750	
合计					16850	

3) 水能资源开发利用要求

A) 满足防洪要求。水能资源的开发利用要满足流域防洪总体布局的要求，符合流域防洪规划；新建电站对开发河段有防洪影响的，需提出消除或弥补影响的对策措施。

B) 满足水资源综合利用要求。水能资源的开发利用要满足流域水资源综合利用的要求。新建电站对开发河段的已有用水户造成影响的，需提出消除或弥补影响的对策措施；新建电站与“流域综合规划”或“水资源综合规划”中确定的水资源综合利用目标相矛盾的，则水电站的建设和调度应服从“流域综合规划”或“水资源综合规划”中确定的水资源综合利用目标。

C) 满足生态环境用水要求。水电站建设不能造成电站下游河道断流，电站的调度应满足“流域综合规划”或“水资源综合规划”中确定的电站下游河道生态环境需水要求。

(4) 水环境及水生态保护

① 地表水保护

南渡江流域水功能区 COD 年入河控制量 2020 年和 2030 年分别为 1.98 万 t 和 1.71 万 t；氨氮年入河控制量 2020 年和 2030 年分别为 780t 和 590t。根据水源地的的重要性和

具体特点有针对性地制定保护工程方案，点源治理中的城镇生活污水处理工程投资在相关规划中解决，企业废水治理工程投资通过水污染控制规划或企业投资解决。

② 地下水资源保护

规划 2020 年全流域地下水开采量控制在 0.67 亿 m^3 ，2030 年全流域地下水开采量控制在 0.61 亿 m^3 。到 2020 年，海南省深层承压水原则上不开采，海口地区在保障深层水不超采及地质环境安全的条件下可适度开采，并将其划分为集中水源地，同时采取地下水监测、地下水保护、地下水修复、地下水管理设施及能力建设等保护措施。

③ 水生态保护

南渡江流域水生态保护目标为流域生物多样性、国家 II 级保护动物花鳗鲡及其栖息地、河道天然形态等。规划提出的保护措施包括：

1) 生物多样性保护及恢复。对于流经南渡江流域自然保护区（位于松涛及其上游）的干支流应满足最小生态流量，对海南特有种类及国家保护种类应积极恢复种群，保证鱼类产卵期、繁殖期等重要时期稳定的生态流量。对鱼类栖息地实行保护措施，维护稳定的鱼类产卵场、索饵场等重要繁殖栖息场所。对于沿江的植被要实行保护政策，禁止乱砍滥伐。

2) 渔业养殖及捕鱼限制。禁止在南渡江的干流、支流投放饲料、使用药物从事渔业养殖。在流域内的水库、湖泊等其他水体从事渔业养殖生产的，应当保护水域生态环境，防止造成水域污染。禁止炸鱼、毒鱼、电鱼。

3) 河道采砂的可持续开采。严格控制河道年度采砂额度，实现可持续开采，编制流域内的河道采砂规划，采砂不得破坏河床、河岸、蓄水河坝、桥梁和流域生态环境。

④ 水土保持

开展南渡江流域小流域综合治理、坡耕地综合治理，主要建设内容包括以封禁治理为主的生态修复、水保林地的更新以及小型水利水保工程措施等。

(5) 综合管理

南渡江流域综合管理实施规划主要集中于从传统的行政区域分割管理向全流域范围的统筹综合管理过渡、行业（部门）以及利益相关方之间涉及流域管理的不同职能的整合、流域规划与管理过程中各利益相关方的积极参与。主要内容包括流域管理与行政区域管理、洪水管理、水资源管理、水功能区管理、水土保持管理、水工程管理、岸线利用管理和水利信息化管理等。

(6) 环保对策措施

水库、水电工程建设期应做好施工期环境保护及蓄水前的库底清理工作，对水库周边应加大水土流失治理力度，水库运行调度期尤其是枯水期应满足坝下生态基流的需要，减少坝下河道水文情势改变对水环境的影响。科学制定水利水电骨干工程的调度方案，满足下游生态流量和工农业用水要求。加强蓄滞洪区等内污染源治理，优化涝区排水口位置，防止退水对受纳河流水环境产生影响。合理规划灌区内进水、排水路线，科学施用化肥；应对灌溉回归水采用人工湿地等方法进行生态处理，减少化肥流失与污染。

水利工程选址时应尽量避开重要的自然保护区、风景名胜区、水源保护区等。在生态脆弱区应适度开发，避免工程对生态的不利影响。加强鱼类栖息地保护，恢复和改良已破坏和退化的水生生态环境；在鱼类繁殖期间，应根据鱼类繁殖需求，建立合理的水利工程调节机制；涉及鱼类密集区、冷水鱼分布区域的水利工程，应详细论证工程对鱼类的影响，提出切实有效的鱼类保护措施。水利工程建设区域内涉及洄游性鱼类时，应设置过鱼设施或采取增殖放流措施，保护洄游性鱼类。

水利工程建设应采取各项水土保持、生态恢复措施，做好迹地复耕和植被绿化。河道整治与岸线利用规划实施过程中，应减少不必要的人工化措施，维护河流健康。

建立完善灌排体系，减少输配水系统的渗漏损失；改良耕作方式，防止土壤次生盐渍化、沼泽化。改变粗放的土地耕作方式，合理开发和利用土地资源。调控流域水资源使用量，保证生态用水量，避免下游的土地沙化。

2.2.1.3 本工程在规划中的功能定位

规划实施意见提出 2008 年~2020 年新建迈湾水利枢纽工程，发挥其防洪、供水、发电及满足下游河道生态环境及航运要求。

(1) 防洪

根据规划报告，迈湾水库是南渡江流域防洪工程体系的重要组成部分，通过建设该水库并发挥其蓄、滞洪作用，可以大大减轻下游的防洪压力。

(2) 供水和灌溉

迈湾水库是南渡江流域规划新（扩）建 4 座大中型蓄水工程中库容最大的水库和重点水源工程，规划供水能力 11.05 亿 m^3 。

(3) 满足下游河道生态环境及航运要求

规划提出重点地区与工程配置方案，通过迈湾水库、南渡江引（调）水工程联合调度满足并保障下游生态环境和航运要求。本阶段经复核，下游龙塘以上已建成多座梯级，仅部分河段通航，工程可研设计中根据实际情况不再考虑通航要求。

(4) 发电

迈湾水利枢纽工程为南渡江干流水能梯级开发规划中的第二个梯级，规划装机容量 75MW，多年平均发电量 1.169 亿 kW h；本工程可研阶段设计装机容量 40MW，近期多年平均发电量 8810 亿 kW h（远期为 6485 亿 kW h）。

2.2.2 流域综合规划环评

2.2.2.1 规划环评工作过程

2013 年 3 月，受海南省水务厅委托，中水珠江规划勘测设计有限公司（原水利部珠江水利委员会勘测设计研究院）和海口市环境科学研究院分别作为规划环境影响评价的主持和协助单位，开展编制《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》相关工作。2014 年 3 月，该规划环评报告通过了原海南省国土环境资源厅的审查。2015 年 6 月，海南省生态环境保护厅出具了审查意见(琼环函[2015]686 号)。

2.2.2.2 规划环评主要结论

规划方案符合产业政策、国家和海南省社会经济发展、水资源保护、生态功能区规划、主体功能区规划、水能开发规划、林地保护、土地利用等规划要求，规划方案不涉及自然保护区。规划方案可以满足流域和区域土地资源、水资源、水环境、大气环境等承载力。

(1) 主要有利环境影响

规划的主要有利影响包括改善流域水资源配置、提高下游城市防洪标准、促进和保障流域经济社会可持续发展。

① 规划实施后，水资源利用效率和效益得到显著提高，流域综合灌溉水利用系数由 0.53 提高到 0.60（2020 年）和 0.63（2030 年），工业水综合重复利用率提高到 73%（2020 年）和 82%（2030 年），水资源综合利用效率明显提高，水环境和水土流失状况显著好转，防洪保障体系将基本完善，水利发展对经济社会用水支持度持续提高，农业用水保障程度大幅提高，流域综合管理水平和科技水平大幅度提高。

② 规划实施后将新增年均发电量 2.38 亿 kW h，可折算为年均节省标煤 9.02 万吨，有利于调整区域能源结构和节能减排。

③ 通过模型计算和综合评价法分析，流域综合规划对经济社会可持续发展影响指数由 2008 年的 0.297 提高到 2030 年的 0.742，与经济社会的保障度指数由 2008 年的 0.7858 提高到 2030 年的 0.9388，流域综合规划对经济社会可持续发展的影响逐渐增强，对流域经济社会可持续发展起到积极的促进和保障作用。

(2) 主要不利环境影响

主要不利影响有规划实施将对南渡江流域水文情势、水环境、陆生生态系统和水生生态系统等。

① 水文情势影响：主要为规划的 4 处引水式小水电坝下河段将产生减脱水影响，迈湾水库建成后将起到蓄丰补枯作用，可以满足下游东山坝址断最小生态流量 $14.4 \text{ m}^3/\text{s}$ 和龙塘断面河道最小生态流量 $22.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

② 水环境影响：主要包括规划实施过程中施工期生产、生活的影响，运行期厂房含油废水的影响等。规划河段涉及多处饮用水源保护区和生活用水取水口，上游及周边生活污水排放可能对取水水质产生不利影响。迈湾水库属于水温分层型水库，工程建设可能产生下泄低温水影响。

③ 陆生生态影响：主要为规划水库建设对陆生动植物多样性、景观体系、生态系统完整性、土地利用等产生一定影响。

④ 水生生态影响：南渡江流域分布有特有种大鳞白鲢、无斑蛇鮕、高体鳊鱼 3 种，国家 II 级保护动物花鳗鲡 1 种，规划的拦河坝建设将阻隔鱼类洄游通道，影响鱼类资源。

(3) 主要环境影响减缓措施

① 规划调整建议中，进一步降低原规划提出的污染物总量控制指标，禁止在新坡和龙塘饮用水源保护区内划定航道，禁止在饮用水源保护区内采砂，调整迈湾坝址下泄最小生态流量为 $4.89 \text{ m}^3/\text{s}$ ，调整永发镇污水处理厂等排污口。南伟水电站、南兰水电站和莫好水电站位于为南渡江源头保护区，应暂缓实施。

② 水资源保护：依法划定水源地，合理开发利用水资源，实施污染物总量控制，流域内市、县、自治县人民政府所在城镇应当建设生活污水处理厂，禁止在南渡江的干流、支流投放饲料、使用药物从事渔业养殖。加强节约用水管理，通过节水工程措施和非工程措施提高用水效率，实现农业节水。

③ 水环境保护：施工生产废水采用沉淀池—消油剂—处理达标循环利用的方法处理，生活废水以综合利用为主。纳污河段布设和排污口布局规划方面，提出排污口规范化建设，生态湿地处理工程，污水处理厂新建、扩建、改造工程，关闭排污口，截流并网入污水处理厂等措施的主要水功能区入河排污口综合整治方案。

④ 生态环境保护措施：在水利工程选址时，应尽量避免重要的自然保护区、风景名胜區、水源保护区等。在生态脆弱区应适度开发，避免工程对生态的不利影响。对陆生生态环境方面，加强现有植被的保护，施工后要尽可能快地进行植被恢复，为野生动

物提供良好的生存与发展的环境。水生生态保护方面，流域内新建大中型水库、水电站等其他蓄水工程应当进行环境影响评价，确定水闸最小下泄流量，建议南渡江龙塘断面生态基流大小为 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ ，东山断面生态基流为 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ ，迈湾坝址断面最小下泄流量不应低于 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 。加强鱼类栖息地保护，恢复和改善已破坏和退化的水生生态环境；在鱼类繁殖期间应建立合理的水利工程调节机制。在南渡江干流上的筑坝工程应要求设置鱼道等过鱼设施，保证鱼类种质资源的交流。迈湾水利枢纽工程拟采用升鱼机为过鱼设施，南渡江引水工程东山闸坝设置永久过鱼通道。

⑤ 水土保持、河砂、景观保护和海水入侵防范措施

规划各个项目在制定水土保持方案时，应采取相应的水土保持措施分区处理设计及管理措施。应编制流域内的河道采砂规划，采砂不得破坏河床、河岸、蓄水河坝、桥梁和流域生态环境，建议南渡江河砂年开采量控制在 80万 m^3 左右；水库区进行合理的规划设计，开发其景观旅游资源；对电站建筑物进行合理的设计和布局、装饰，使枢纽建筑物与周围的景观及色彩相协调；加强道路、施工迹地的景观规划设计和绿化景观恢复；保证龙塘断面河道最小生态流量和下泄量指标，最小生态流量控制为 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ ，以满足河口淡盐水动态平衡；加快海口引（调）水工程实施，减少地下水开采量。

⑥ 社会环境和土地资源保护措施

贯彻开发性移民方针，移民的生产恢复和生活设施配套应全面论证、统筹规划，逐步使移民的生活达到或超过原有水平。建立完善灌排体系，减少输配水系统的渗漏损失；改良耕作方式，防止土壤次生盐渍化、沼泽化。根据土地适应性和适宜性合理安排土地利用，避免土地结构比例失调。防止过度樵采破坏植被，改变粗放的土地耕作方式，合理开发和利用土地资源。

(4) 规划方案主要调整建议

① 规划方案基准年设定为 2008 年，已出现规划内容与实际不符的情况，应根据实际情况进一步完善规划内容。

② 降低原规划提出的污染物总量控制指标、水质达标率，提高龙塘断面最小生态流量至 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ 。

③ 新坡、龙塘饮用水源地取消规划的航道。

④ 将原规划在水源地内的采砂规划部分调整为禁止区。

2.2.2.3 与本工程相关的环保措施及要求

(1) 开发时序和开发方案要求

规划环评提出，迈湾水利枢纽工程运行后，将发挥水资源调度能力，南渡江海口引（调）水工程的取水保证率将会得到提高，同时也能提高流域中下游的防洪工程的防洪标准，同时发电效益显著。因此，迈湾水利枢纽工程应及早建设。

规划环评针对迈湾水库正常蓄水位 115m 和 108m 两个方案进行了环境影响综合比选，推荐采用正常蓄水位 108m 的设计方案。

(2) 水环境保护对策要求

① 为维持下游河道水生生态系统稳定和保障河道纳污能力，迈湾坝址断面最小下泄流量不应低于断面 90% 保证率最枯月的平均流量，即 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 。

② 迈湾水电站等应当尽可能地避免采用下层取水方式发电，以减缓低温水下泄影响。

③ 禁止在南渡江的干流、支流投放饲料、使用药物从事渔业养殖。

④ 施工期生产废水和生活废水须经处理后达标排放或综合利用。蓄水前应进行库底清理。运行期生产废水应经处理后回用于绿化等，废油交由有资质单位处理。

⑤ 库区内禁止布设排污口。

(3) 生态保护对策要求

① 对迈湾库区人工林林下植被进行改良，加强水土流失防治。结合库区周边植被保护，营造适合鸟类栖息的生境。

② 迈湾水库初期蓄水期间通过临时泵站、生态机组进水钢管下泄 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。运行期通过生态小机组和发电机组进水钢管上的旁通管下泄生态流量，并依托水情监测系统对下游生态基流实时监测。

③ 采用升鱼机方案进行过鱼。

④ 为减缓低温水下泄影响，迈湾引水发电系统进水口采取叠梁门分层取水方案。

⑤ 强渔政管理，保护国家 II 级保护动物花鳗鲡，可在南渡江开展人工增殖放流。

(4) 环境监测要求

① 施工期生产废水监测对象为砂石骨料生产废水、混凝土拌和系统废水和基坑废水，生活污水监测主要布置在集中施工生活营地。

在南渡江各梯级电站上下游各设一个水质监测断面，结合各常规监测断面，对南渡江地表水质进行监测。迈湾水库运行后在其坝址下游 100m 处开展水文情势监测。

② 施工期噪声监测点位设置在施工区 200m 范围内的居民点。

③ 按照施工人员总数 10% 的比例对其进行健康监测。

- ④ 在迈湾水库蓄水后第3年、第6年开展水生生物调查。
- ⑤ 对渣场、料场等水土流失潜在场所开展水土流失监测。

2.2.2.4 主要结论和建议

南渡江流域综合规划符合国家、海南省的产业政策和规划目标，实施后将对流域的防洪、发电、水资源开发利用、水资源节约与保护、岸线利用等工程开发起到极大的指导作用。在规划方案实施过程中，不可避免将产生一定的环境影响，但尚未超出流域的资源环境承载力范围，通过采取减缓措施后环境影响可以接受。在采纳规划环评提出的推荐规划方案和规划调整建议后，从环保角度出发，《南渡江流域综合规划（修编）》总体上是可行的。

规划环评报告还提出以下相关建议，包括要处理好流域规划环评与单项工程环评的关系，具体到单个工程项目是应更为深入调查环境敏感问题，提出具体环境保护措施，规划环评已经开展过的工作内容可适当从简；项目环评中要高度重视水土保持问题。占用林地和耕地要严格按照国家《森林法》、《土地管理法》和《基本农田管理条例》的规定，按程序报批后方可动工，要将耕地补偿和林地补偿纳入全省的土地利用规划和林业发展规划；规划实施应严格切实保护水源地，保证流域用水安全，不符合水源地保护要求的项目应该根据本规划环评要求进行调整；应在项目环评时加大用水分配调查力度，一旦发生有饮用、灌溉与发电相冲突的项目，应科学分析，有关利益方或其代表要充分协商，确保居民生活生产用水安全；建立在线监控系统对下泄最小生态流量实施在线监视，确保下泄最小生态流量措施的落实；流域主管部门应开展规划水库联合调度问题的研究；水利工程应设置过鱼设施，保护洄游性鱼类。

2.2.2.5 规划环评审查意见要求

2015年6月，海南省生态环保厅出具了《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》的审查意见（附件5），主要内容包括：

(1) 《南渡江流域综合规划(修编)》符合《海南省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》《海南生态省建设规划纲要(2005年修编)》《海南国际旅游岛建设发展规划纲要(2010-2020)》，基本符合《海南省环境保护十二五规划纲要》等的要求，与流域城市总体规划、土地利用总体规划、生态功能区划、环境保护规划等相关规划基本协调，规划实施对保障流域社会经济发展的供水需求，提高防洪排涝防潮能力和灌溉效率、减轻水土流失、优化水资源配置等具有积极意义。

(2) 《规划》深化和优化调整意见。《规划》实施将导致河流水文情势、水资源配

置发生变化，对饮用水水源、工农业生产、水生生物、陆域生态环境等产生长期性、累积性的影响，对区域地下水也存在一定潜在环境风险。因此，应进一步深化优化规划方案，认真落实各项预防和减轻不良生态环境影响的对策措施，有效防范规划实施可能带来的不良生态环境影响和损害。

① 进一步提高规划完整性。进一步科学审慎确定规划发展目标，结合流域生态系统、环境容量和水资源承载力，补充和完善生态保护规划、流域综合管理规划等有关规划，研究建立流域生态保护机制和水生态补偿机制。加强流域生态保护、恢复、补偿和重建管理，澄迈县山口乡高山朗村以上南渡江河段两岸森林覆盖率高，具有重要的生态价值、旅游资源和城市景观要素，对区域防洪和生态保护有重要作用，因此建议将澄迈县山口乡高山朗村以上相关河段区域划定为岸线保护区。

② 深入论证《规划》中的水资源开发与水源工程。按照保护优先、资源节约原则，在保护改善流域生态环境和强化水资源合理配置、进一步节约用水和深化最优水资源承载力、全面推行节水措施基础上，妥善处理好开发利用与生态保护的关系，在保证资源环境不受破坏的前提下进行水资源合理开发利用，严格控制南渡江水资源利用总量和开发强度，科学审慎确定城乡饮水工程、水资源开发利用工程和跨流域调水工程等建设规模和开发时序，合理开发水电、水运资源，充分发挥水资源综合利用效益。《规划》中的南伟、南兰、莫好水电站位于南渡江上游的生物多样性保护与水源涵养生态功能区，应在进一步研究和深入分析论证的基础上谨慎实施。

③ 切实保护饮用水源保护区。严禁在饮用水水源一级、二级保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目，取消在海口市新坡、龙塘饮用水保护区内规划的 VII 级航道。禁止在饮用水水源保护区内取土、采石、采砂或者其他采矿行为，取消位于海口市龙塘、定安县南渡江、澄迈县金江等饮用水源保护区内规划的采砂保留区和开采区。

④ 认真做好规划实施与区域城市总体规划、土地利用总体规划、林地保护规划等相关规划的协调与衔接工作，对占用基本农田、生态公益林等不符合相关规划的规划项目应暂缓实施或优化调整。

(3) 规划环评报告书在对南渡江流域环境质量现状调查的基础上，分别进行了规划概述与分析、规划环境影响识别与评价指标体系、资源环境承载力分析、环境影响分析与评价、规划方案比选及环境保护对策措施、公众参与等专题的工作。通过识别规划实施的主要环境影响和资源环境制约因素，预测、分析了规划实施可能产生的地表水、地下水、水生生态、社会环境等环境影响和环境风险，对规划目标与任务的环境合理性、

资源和环境支撑能力、与相关规划的相容性等进行了综合论证，提出了规划优化调整建议及环境保护方案。规划环评报告书基础资源丰富，环境保护目标基本正确，评价范围基本合理，提出的规划优化调整建议和减缓不利环境影响的对策措施原则可行。

(4) 规划环评报告书深化完善意见。进一步回顾分析南渡江流域防洪、灌溉、梯级开发等活动对生态系统结构和功能、生态服务功能以及自然保护区等环境敏感目标的影响性质和程度。分析既有环境问题与已实施开发活动的关系、规划区域生态系统健康状况与水资源时空分布变化的联系、现有环境保护措施的有效性及其存在问题。根据流域生态系统整体性和敏感区、重点保护物种、土著和特有物种保护等方面的要求，明确区域、流域生态承载阈值和各重点控制断面的最低下泄生态流量，结合规划重点水库运行调度方式，根据调水及梯级水库工程运行后水文形式变化情况，进一步分析迈湾水库、谷石滩水库、引水工程等多项新建梯级工程对流域水资源时空分布和水文情势的累积影响和规划实施后库区及下游水文情势改变对水生生物多样性、鱼类繁殖等方面的影响。

2.2.3 流域综合规划补充研究

根据流域规划环评审查意见，需深入研究南渡江流域后续开发的环境影响趋势，协调流域开发与生态环境保护的矛盾关系，为后续规划项目环境影响评价提供技术支撑和参考。为此，2016年4月，海南省水务厅委托中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司开展本项补充研究工作。承担该补充研究工作后，我院围绕规划环评审查意见要求，对已开发工程进行回顾性调查和分析，针对受南渡江流域综合规划实施影响较大的水文情势、水质、水温、河口环境、水生生态、陆生生态等环境要素进行深入的补充调查和详细研究，并根据研究成果从流域层面提出环境保护对策措施及布局规划。2016年11月，海南省生态环境保护厅出具了《关于南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告审查意见的函》(琼环函[2016]1677号)。

2.2.3.1 补充研究开展的主要工作

(1) 流域环境保护工作调查

南渡江干流开发历史较长，松涛水库、谷石滩水电站、九龙滩水电站、金江水电站、龙塘水电站5个已建工程中，仅谷石滩水电站和金江水电站开展了环境影响评价工作。目前南渡江尚未成立流域性的环境管理机构，干流各已建梯级业主单位环保管理制度尚不健全。金江水电站环评报告要求建设单位开展运行期水质监测、设置专用的生态流量下泄设施、安装生态流量在线监控设施，金江、谷石滩环评及批复提出修建过鱼设施，均尚未落实。另外，谷石滩水电站、金江水电站分别于2012年5月、2015年7月由水

务部门出具了主体工程竣工验收鉴定函，但两工程均未开展竣工环境保护专项验收工作。

(2) 主要环境要素调查和研究

补充研究对流域水环境现状进行补充调查和完善。收集流域常规断面近 3 年的水质监测资料，并新增部分水质监测断面，对流域污染源进行调查和复核。对已建的松涛水库开展水温原型观测，采用数学模型深入研究了规划实施对流域中下游河道的水温影响。采用一维/平面二维水质预测数学模型深入预测南渡江干流各水利水电工程运行后流域水质变化情况。复核分析了流域各控制断面最小生态流量、分析流域河道内水文情势变化，并采用三维水力学及水质模型研究了龙塘坝址下游河口区域的水文情势、盐度、悬浮物浓度等水环境变化特征。

通过实地调查和收集已有的相关调查研究成果，在流域层面上对南渡江水生生态现状进行了补充调查和完善。选择松涛水库作为主要的回顾对象，分析大型水库建设对流域水生生物和重要生境的影响，并预测流域梯级全部建成后对南渡江流域水生生态的影响。

通过现场调查和资料分析，较系统地掌握了南渡江流域植被、动植物多样性、古树名木等基本情况。通过现状和历史遥感卫片、文献资料等与现状作对比分析，回顾分析已实施规划对流域陆生生态的影响。

2.2.3.2 主要研究成果

(1) 水环境

对松涛水库的回顾性分析表明，松涛水库建成后，南渡江入海口处集水面积由 7033km^2 减少为 5537km^2 ，其中下游龙塘水文站断面多年平均流量由 $225\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $173\text{m}^3/\text{s}$ ，并且减少了南渡江流域地表水资源总量的 18.6% (12.87 亿 m^3)。南渡江干流中下游河段已建各梯级水库调节性能弱，基本不改变南渡江流域的径流时空分布，但各梯级水库导致南渡江连续天然的河道被划分为河库交错的形态，其中库区河段约占南渡江中下游干流总长的 41.1%。

采用水文学、水力学等多种方法，对各梯级水库下泄生态流量进行复核计算，确定龙塘、东山、金江、迈湾坝址处最小下泄流量为 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 和 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 。迈湾水库坝址以上流域面积 (970km^2) 仅占龙塘坝址流域面积 (5345km^2) 的 18.1%，其建成运行后通过水库调度确保下游生态流量，各典型年下游龙塘坝址断面最小来水流量较迈湾水库建成前有所增加。

水温模型计算结果显示，迈湾库区水温呈稳定分层，最大垂向温差近 11.0℃，丰水年 5 月下泄水温较天然情况最大降低 10.0℃，对下游河段的影响范围最远约至大塘河汇口。

南渡江流域水质监测结果表明，干流总体水质一般。迈湾水库建成后，主库 TP 存在超标现象，其他指标可满足 II 类水质要求。枯水年和特枯水年丰水期 9 月下游部分河段 NH₃-N 浓度不满足 II 类水质标准，但仍可满足 III 类水质标准。对河口环境影响方面，迈湾运行前后水位最大影响 0.14m，盐度最大影响 9.0PSU，总体影响不大。

针对规划实施后部分工况条件下局部河段氨氮超标的问题，报告提出了开展流域面源和点源污染治理规划；迈湾梯级采取叠梁门分层取水后，能够显著减缓低温水的影响；各梯级下泄生态流量并加强管理措施等。

(2) 水生生态

结合历史资料，南渡江流域共有 110 种淡水鱼类，其中珍稀濒危特有鱼类共 10 种，如花鳊、大鳞鲢等，但大鳞鲢多年来在南渡江流域已基本没有捕获，花鳊受龙塘电站影响基本阻隔在龙塘坝下。南渡江大部分鱼类为产粘沉性卵鱼类，重要的鱼类生境包括迈湾江段、金江坝下至龙塘库尾江段、龙塘坝下江段等。

通过对比松涛水库库区和上游支流水生生态现状，以回顾松涛水库建成后水生生态的影响。结果表明，松涛水库鱼类的种类丰富度较差，养殖种类和耐受性种类在渔获物中所占比例较高，且有外来鱼类，原河道中的流水性种类在库区基本消失。

南渡江流域综合规划实施后，流域鱼类种类组成不会发生改变，但流水性鱼类和洄游性鱼类的种群规模将显著下降；鱼类生境进一步破碎化，流水性鱼类的生存空间进一步萎缩，而静水性鱼类在迈湾等库区江段将有所增加。

根据河流连通性以及流域各梯级规划实施后的影响特征，补充报告对南渡江中下游河段过鱼设施进行统筹规划，提出谷石滩、九龙滩、金江、龙塘等已建梯级补建过鱼设施，东山水库应根据环评报告要求同步建设仿自然旁通道，未建迈湾梯级建设升鱼机，九龙滩水电站过鱼设施费用纳入本工程。根据流域干、支流梯级规划以及开发现状，对鱼类栖息地保护进行规划，金江以下干流具备流水性鱼类生境条件，作为干流鱼类栖息地保护；将松涛水库库尾以上支流南开河以及下游腰子河、大塘河、龙开河和巡崖河等干支流河段作为流域鱼类栖息地进行保护。在迈湾、东山水库规划各建一座鱼类增殖放流站，统筹开展南渡江流域鱼类增殖放流工作。

(3) 陆生生态

调查结果表明，南渡江流域有自然植被 6 个植被型 17 个群系、维管束植物 115 科 713 种、陆栖脊椎动物 4 纲 28 目 90 科 295 种，其中流域分布古树 91 株、河谷区分布珍稀保护植物 38 株、流域分布珍稀保护动物 127 种。流域内分布有各级自然保护区 6 处，规划各主要梯级工程枢纽占地区及水库淹没区均不涉及自然保护区。

通过回顾分析，表明流域近 10 年景观生态多样性指数和均匀度均有所上升，但是相对优势度指数下降，生态完整性和环境质量一般，没有发生显著变化。已实施的规划对沿线植被面积造成一定的减少，主要为人工植被损失，对陆生植被中的植物组成影响较小；由于已建梯级库区植被恢复、相关自然保护区的建立和动物保护的加强，并没有出现陆生动物显著减少的现象。

规划实施后的生态影响分析结果表明，南渡江流域规划开发梯级大部分位于松涛水库下游，主要涉及到的森林生态系统为人工橡胶林生态系统。对于动植物多样性的影响方面，规划实施压占一定的植物资源，改变部分动物生境，并对库区 10 株珍稀保护植物和古树产生淹没影响。

按照避让、减缓、恢复和重建的思路采取陆生生态保护措施，加强规划项目施工期环境管理，及时采取植被恢复措施，对涉及到的古树和珍稀保护植物采取移栽保护措施等。

(4) 主要研究结论

规划后续工程实施将对流域的水环境、生态环境产生一定影响，建议取消松涛水库上游规划的南兰、莫好两座小水电，禁止在干流建设规划以外的其他拦河闸坝工程，支流的小水电在退役后应及时拆除，并禁止新建小水电；建议采取流域污染源防治、水质保护措施，确保饮用水安全。在落实规划环评和本次研究提出的各项保护措施的基础上，报告认为流域综合规划（修编）总体上可行。

2.2.3.3 补充研究与本工程相关的环保措施和要求

(1) 水环境保护措施

① 施工期生产废水和施工人员生活污水需采取相应的处理措施处理后回用。

② 运行期管理人员生活污水处理后回用，废油由专业单位处理，不得排入附近河道或水库。建议地方政府将迈湾水库库区划定饮用水水源保护区，加强汇水区污染源治理，对迈湾水库局部易产生富营养化的区域设置在线监测系统。为减缓低温水影响，迈湾水库采取叠梁门分层取水。

(2) 水生生态保护措施

① 迈湾坝址处至少下泄 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，鱼类产卵期制造涨水过程，并设置在线监测系统。

② 迈湾库尾腰子河作为鱼类栖息地保留生境，拆除腰子河上已建的小水电。

③ 迈湾坝址处建议建设升鱼机，九龙滩补建过鱼设施费用纳入本工程。

④ 在业主营地附近建设鱼类增殖放流站工程，年放流规模 50 万尾。

⑤ 考虑布置人工鱼巢、加强渔政管理、开展鱼类保护科学研究等。

(3) 陆生生态保护措施

根据避让、减缓、恢复和重建的思路开展陆生植被保护，针对受枢纽工程施工和水库淹没影响的国家级、省重点保护植物采用移植的方式进行迁地保护。

2.2.3.4 补充研究审查意见要求

2016 年 11 月，海南省生态环境保护厅出具了《关于南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告审查意见的函》(琼环函[2016]1677 号，附件 3)。意见指出，《规划》的南渡江干流水资源开发与水源工程包括已建的松涛水库、谷石滩水电站、九龙滩水电站、金江水电站、龙塘水电站和在建的南渡江引水工程以及规划拟建的迈湾水库等。目前已建成的松涛水库等水电与取水工程已对南渡江流域水资源、水文情势以及生态环境等显现出不利影响；经预测分析，《规划》中后续工程实施后将流域生态环境产生一定影响，流域可利用水资源量和流域中下游河道流量将进一步减少；迈湾断面在各典型年水质将超标，定安、新坡和龙塘等饮用水水源保护区水质在特枯年不能满足水功能区划要求，势必部分影响海口市、定安县居民的饮水安全；对南渡江鱼类及其生境产生累积性影响，对流水性鱼类和回游性鱼类的种群规模和生境产生较大影响。根据《补充研究报告》结论及专家审查意见，在《规划》优化调整和严格落实生态环境保护措施后，《规划》的实施基本可行，原则同意新增加迈湾水库建设的修编规划。在后续《规划》实施过程中，应重点做好以下工作：

(1) 科学实施水资源开发和水源工程

在保护改善南渡江流域生态环境、维护生态系统完整性的前提下，结合流域水资源承载力和环境容量，进一步科学论证纳入规划中的水资源开发利用工程建设规模、资源利用总量和开发强度，取消规划中位于生态保护红线区尚未建设的南兰、莫好水资源开发工程；除迈湾水库之外严禁在南渡江干流建设任何拦河闸坝工程以及在南渡江流域支流新建小水电项目，进一步研究制定南渡江流域支流已建成的小水电工程逐步退出计划，在水电工程退役后应及时予以拆除。尽快建立并完善南渡江全流域水资源统一调度

体系，优先保证居民饮用水安全和水功能区达标，确保规划实施后南渡江流域河道水量满足城乡供水和维护河道生态健康安全的最低要求。

(2) 加强南渡江流域水污染防治与综合整治

鉴于规划实施已对流域生态环境产生显著影响，叠加不可预见的因素，流域生态环境恶化态势可能会更严峻，流域四个国控监测断面和饮用水水源地达标考核存在风险。因此，要保证规划顺利实施，必须加大污染防治措施，大力开展流域点源、面源污染综合治理，确保南渡江流域金江、定安、新坡、东山和龙塘等饮用水水源保护区及山口、后黎村、龙塘和儒房等国家控制断面地表水水质满足水质目标要求。要切实做好如下工作：

① 水务厅应尽快组织编制《南渡江流域水资源保护和污染防治规划》，与规划一并报省政府批准后组织实施。《南渡江流域水资源保护和污染防治规划》应有具体的年度计划、目标任务、资金来源等，具有可操作性，落实到相关市县、镇等，责任要清晰，考核问责明确，确保流域国控监测断面和水源地保护区水质达到功能标准要求。否则规划不得实施。

② 全面落实《海南省水污染行动计划实施方案》的相关要求，对工业污染进行清理整治，对农业面源污染制定实用有效的治理措施，对城镇污水截流、收集管网的建设，污水处理厂提标升级改造，入河排污口整治等逐一制定明确进度与要求，确保省政府签订的“水污染防治目标责任书”落实到位。

③ 加强对流域水质水量的监测与预警。建设流域水质监测预警系统，按相关要求开展流域水质水量监测，并向社会公开。流域各相关市县应建设备用水源地，确保居民用水安全。

(3) 落实流域生态保护和恢复措施

鉴于流域现有工程和水文情势改变已对水生生物生境、鱼类洄游和植被造成一定的影响，要按照补充研究报告的要求，对流域现有工程进行改造，确保河道生态流量满足相关功能要求。已建成的谷石滩、九龙滩、金江和龙塘等拦河坝工程要补建仿自然过鱼设施，规划中的迈湾水库要通过叠梁门实施分层取水和修建过鱼措施，将南渡江金江以下干流河段划为鱼类栖息地保护区；要重点开展南渡江流域珍稀特有鱼类、水文情势及河口潮汐改变对水生栖息生境影响等研究，统筹规划建设南渡江流域鱼类增殖放流站，加强南渡江流域河岸植被恢复和重建，尽可能减少对鱼类等水生生物系统和陆生生态系统的影响。

(4) 结合本审查意见及规划环评结论，进一步修改完善规划，并按法律程序完善规划审批相关手续。

2.2.4 流域生态环境保护责任落实情况

南渡江流域综合规划补充研究及审查意见指出，由于开发历史较长，“环保欠账”较多，后续规划实施中应按照“以新带老”的原则，重点统筹解决水环境、水生生态存在的问题和后续规划实施产生的不利影响。建议在政府各相关部门协调和管理下，以规划各项目建设单位为主要责任主体，落实各项环境保护对策措施。

流域规划环评报告、流域规划环境影响补充研究报告及相关审查意见均未明确各项减缓措施的具体实施进度要求，本报告根据规划实施对环境影响及应该采取相应减缓措施的时间节点，提出进度要求。

水环境保护方面，在建南渡江引水工程已开展施工期各项水环境保护措施，迈湾项目已将各项污废水处理措施纳入设计方案，采取了叠梁门设计减缓低温水影响，提出了运行期库区水质保护措施。海南省及地方政府已编制水污染防治行动计划，迈湾已编制水污染防治规划并取得批复，流域已设置常规水质监测断面。推进进度要求在各水库蓄水前完成水质保护措施，迈湾灌区供水前完成库区饮用水源地划分。

生态保护方面，迈湾、南渡江引水工程设计已考虑相关措施，其他梯级未落实；南伟过鱼设施、栖息地保护暂未落实；在建东山水库已同步建设仿自然通道，龙塘已完成过鱼方案设计，迈湾可研设计已考虑升鱼机，并开展了九龙滩过鱼设施方案设计；谷石滩、金江未建过鱼设施。东山鱼类增殖放流站已开展土建施工，迈湾增殖站已纳入工程设计。迈湾设计考虑了设置人工鱼巢和相关科研，海南已实施3-6月禁渔要求。陆生生态相关保护措施在东山、迈湾设计中已考虑。各项措施基本控制在迈湾运行前均要落实。

责任方面，规划各项目建设单位，水务、环保等主管部门监督实施。

南渡江流域环境保护措施落实情况及要求

表 2.2-4

主要环境要素		保护要求	落实情况	进度要求	责任单位
水环境保护	水环境保护	规划实施过程中水质保护、水温减缓措施，项目运行后的生产废水、生活污水、库区漂浮物清理等	在建南渡江引水工程已开展施工期各项水环境保护措施；迈湾已将各项污水处理措施纳入设计方案，采取了叠梁门设计减缓低温水影响，提出了运行期库区水质保护措施	各水库蓄水前完成水质保护措施；迈湾灌区供水前完成库区饮用水源地划分	各规划项目建设单位，水务、环保等主管部门监督实施
	污染治理	划定水源保护区、流域面源和点源污染治理，以及流域固体废物处置、流域层面监测	海南省及地方政府已编制水污染防治行动计划，迈湾已编制水污染防治规划并取得批复，流域已设置常规水质监测断面	地方相关水污染防治计划按照上级单位要求实施；迈湾运行前落实工程水污染防治规划	各规划项目建设单位，水务、环保等主管部门监督实施
水生生态保护	下泄生态流量	迈湾水利枢纽工程利用发电尾水、旁通管下泄；谷石滩、九龙滩、龙塘利用发电尾水下泄；金江、东山根据环评要求设置专用的生态流量下泄通道。所有梯级均要设置流量在线监测系统。	迈湾、南渡江引水工程设计已考虑相关措施，其他梯级未落实	应在迈湾工程蓄水前完成流域生态流量泄放措施	各规划项目建设单位，环保主管部门监督实施
	栖息地保护	取消规划的莫好、南兰 2 座小水电，建设南伟水库过鱼设施，逐步恢复南开河鱼类洄游通道；金江坝址以下至南渡江河口 96km 河段可以规划作为南渡江干流鱼类栖息地保护生境；腰子河、龙州河、大塘河和巡崖河作为支流栖息地开展保护。	补充研究报告审查意见明确取消上游小水电；南伟过鱼设施、栖息地保护暂未落实	迈湾鱼类增殖站运行前落实南伟过鱼、南开河栖息地保护问题；迈湾蓄水前落实干、支流栖息地保护	南伟建设单位落实过鱼设施，相关地方政府落实鱼类栖息地保护要求，渔业及环保主管部门监督实施

	过鱼设施	迈湾、谷石滩、九龙滩、金江、东山、龙塘均设置过鱼设施	在建东山水库已同步建设仿自然通道；龙塘已完成过鱼方案设计；迈湾可研设计已考虑升鱼机，并开展了九龙滩过鱼设施方案设计；谷石滩、金江未建过鱼设施	东山运行前完成龙塘过鱼设施建设；迈湾运行前完成其他各梯级过鱼设施建设	东山、龙塘过鱼设施责任单位为海口市水务局；迈湾、九龙滩过鱼设施责任单位为迈湾建设单位；其他两个梯级责任单位为各自建设单位。海南省政府及环保主管部门监督实施。
	鱼类增殖放流	建设东山、迈湾两座鱼类增殖放流站	东山增殖站已开展土建施工；迈湾增殖站已纳入工程设计	东山、迈湾运行前开展增殖放流	东山、迈湾建设单位负责落实，渔业及环保主管部门监督实施
	其他保护措施	人工鱼巢、渔政管理、相关科研	迈湾设计考虑了设置人工鱼巢和相关科研，海南已实施 3-6 月禁渔要求	迈湾竣工环保验收前落实人工鱼巢和相关科研工作	迈湾建设单位、环保和渔建设单位管部门
陆生生态保护	生态系统和生物多样性保护	优化工程方案布局、开展植被恢复、建设消落带湿地生态系统、建设河库岸带植被、珍稀保护植物和古树移栽保护等	相关措施在东山、迈湾设计中已考虑；其他规划项目已基本实施	工程竣工环保验收前落实	各规划项目建设单位

2.3 海南水网建设规划及规划环评

2.3.1 水网建设规划概况

海南省水务厅根据《海南省总体规划(空间类 2015-2030 年)》的编制要求,于 2016 年 3 月,委托水利部水利水电规划设计总院编制《海南水网建设规划》,同步计划开展规划环评工作。2018 年 9 月,水利部会同海南省人民政府组织相关专家对规划报告进行了审查。2018 年 10 月,水利部办公厅以“办规计[2018]238 号”印送了专家组审查意见。2019 年 7 月,海南省人民政府办公厅以“琼府办[2019]17 号”对规划进行了批复。

2.3.1.1 规划范围和水平年

规划范围:海南岛(不含三沙市)18 个市县,总面积为 3.42 万 km²。

规划水平年:现状基准年 2016 年,近期规划水平年为 2025 年,规划水平年 2035 年,展望 2050 年。

2.3.1.2 规划目标

(1) 防洪除涝:健全防洪(潮)减灾指挥调度体系。城市防洪排涝设施建设明显加强,抗御洪水和规避洪水风险的能力大幅提高,主要海堤达到国家规范标准,海口、三亚城市防洪标准达到 100 年一遇,城镇防洪标准不低于 20 年一遇,农村地区不低于 10 年一遇,逐步建成符合海南岛水情特点并与国际旅游岛经济布局相适应的防洪(潮)除涝体系。

(2) 水资源配置:实施国家节水行动,全面落实最严格水资源管理制度,全面节约和高效利用水资源,构建海南岛水资源安全保障网络体系,全面提升国际旅游岛供水安全保障能力,有效降低干旱风险。坚持节水优先,2035 水平年用水总量控制在 56 亿 m³ 以内,万元工业增加值用水量按 38m³ 以内控制,必要时结合相关规划成果进行适当调整。

(3) 城乡供水:新增城乡供水量 10 亿 m³ 以上,再生水利用率达到 20% 以上,进一步提高城镇供水保证率和应急供水能力;城镇供水水源地水质全面达标,城市供水管网漏损率控制在 10% 以内,推动城镇供水设施向农村延伸,农村自来水普及率和集中式供水工程供水率达到 95% 以上。

(4) 热带高效农业水利保障:全面完成大型、重点中型灌区续建配套和节水改造规划任务,新增农田有效灌溉面积 238 万亩,全省有效灌溉面积达到 802 万亩;全面发展高效节水灌溉面积,农田灌溉水有效利用系数提高到 0.62 以上,斗渠口以上灌溉用水计量率达到 90% 以上。

(5) 水资源水生态保护：全省水功能区水质达标率达到 95%以上，城镇内河（湖）水质达到或优于 IV 类标准的比例为 100%，主要大中型湖库水质优良比例不低于 95%，独流入海中小河流全面消除劣 V 类水质，河湖生态流量得到有效保障，水土流失新增治理率达到 83%以上，年减少土壤流失量 400 万 t，水生态系统稳定性和服务功能全面提升。

(6) 水务改革和管理：水权水价水市场改革取得重要进展，用水权初始分配制度基本建立，水利工程良性运行机制基本形成。依法治水全面强化，水利创新能力明显增强，全面建成水务综合管理体系，实现网络互联和信息实时共享，水务管理水平显著提升，水生态文明制度体系基本建立。

海南水网建设主要指标

表 2.3-1

序号	项目	指标	2025 年	2035 年
1	防洪减灾	防洪标准(年)	海口、三亚 100 年； 主要城镇 20~50 年	
2	水资源配置	用水总量(亿 m ³)	53	56
3		再生水利用率(%)	≥20	
4		万元工业增加值用水量(m ³)	45	38
5		万元 GDP 用水量(m ³)	78	61
6	城乡供排水	新增城乡供水量(亿 m ³)	7	10
7		农村自来水普及率(%)	≥90	≥95
8		农村集中式供水工程供水率(%)	≥90	≥95
9		城市供水管网漏损率(%)	≤11	≤10
10		市、县建成区污水集中处理率(%)	≥90	≥95
11		市、县建成区污水处理厂排放标准	一级 A	
12	农田灌溉	全省有效灌溉面积(万亩)	737	802
13		其中：农田有效灌溉面积	624	683
14		节水灌溉面积(万亩)	616	664
15		其中：高效节水灌溉	162	190
16		灌溉水有效利用系数	>0.6	>0.62
17	水生态水环境	全省水功能区水质达标率(%)	≥95	
18		集中式饮用水水源地水质达标率(%)	100	
19		城镇内河(湖)水质优于 IV 类比例(%)	100	
20		主要河流生态流量保障程度(%)	≥90	
21		水土流失新增治理度(%)	>51	>83
22		年减少土壤流失量(万 t)	300	400
23	改革与管理	城镇和工业用水计量率(%)	90	95
24		灌溉用水计量率(%)	≥85	≥90
25		大中型灌区信息化水平(%)	≥50	≥70
26		基层水利管理服务体系	基本建立	乡镇全覆盖
27		智能互联网+综合应用平台	基本建立	有效应用

2.3.1.3 骨干水网布局

针对海南主要江河流域水系特征，结合“一心两圈四片区”的空间需求特征，遵循空间均衡总体要求，按照“片内连通、区间互济”，“以大带小、以干强支，以多补少、长藤结瓜”的空间布局，以辐射状海岛天然水系为经线，以热带现代农业灌区骨干渠系为纬线，以骨干水源工程为节点，构建“一心两圈四片区，三江六库九渠系，联网联控调丰枯，安全水网保供给”的立体综合水网。

三江：按照“以大带小，以干强支”的思路，以南渡江、万泉河、昌化江三大江河为重要水源地，通过骨干渠系工程，实现对乘坡河、石碌河、南巴河等支流流域及文澜江、春江、珠碧江、文教河、太阳河、望楼河、宁远河等独流入海河流的供水水源补充。

六库：按照“以多补少，长藤结瓜”的思路，以南渡江上的松涛和迈湾、万泉河上的红岭和牛路岭、昌化江上的大广坝和向阳等 6 座水库为骨干水源进行多年调节，通过骨干灌溉渠系工程和供水管道，补给永庄、福山、春江、石碌、陀兴、长茅、大隆、万宁、军田、南塘、竹包、八角、铁炉、湖山、加乐潭、美容、文岭等 17 座水源调配能力不足的水库。

九渠系：按照“片内连通、区间互济”的思路，全面配套建设南渡江引水工程、迈湾水库灌区、松涛水库灌区、大广坝水库灌区、昌化江引大济石工程、昌化江乐亚水资源配置工程、红岭灌区、牛路岭灌区、保陵水库供水工程 9 大骨干渠系工程；同时，通过红岭和牛路岭灌区渠系建设，实现琼北、琼东片区内灌区水源互济；通过琼西北供水工程和昌江县水资源配置工程建设，实现琼北、琼西片区内灌区水源调剂；通过建设昌化江乐亚水资源配置工程，解决琼南、琼西片区内水源供给能力不足问题；通过建设保陵水库供水及引乘济妹等工程，增强琼南地区枯水年及枯水期水资源保障能力，全面构建覆盖全岛的水网格局。

2.3.1.4 规划项目实施意见

根据水网规划任务，提出重大项目和面上项目如下：

(1) 重大工程项目。继续推进已列入 172 项节水供水重大水利工程的迈湾水利枢纽工程、南渡江引水工程、红岭灌区工程、天角潭水利枢纽工程等 4 项工程。新增 9 项重大项目，包括琼西北供水工程，昌化江水资源配置工程，牛路岭灌区，迈湾灌区，保陵水库及供水工程，“三大江河”水生态文明建设及综合治理工程，文昌市防洪防潮治涝综合治理工程，琼西北“五河一湖”水生态文明建设及综合治理工程，海口、三亚城市内河水生态修复及综合整治工程。

(2) 面上项目。开展 6 个方面的面上工程建设，包括防洪（潮）治涝、城乡供水、水资源水生态保护、热带现代农业水利保障建设、城市水务、水务改革与管理。

(3) 2025 年，优先实施已列入海南省水务发展“十三五”规划的项目。优先安排中央、国务院有关文件中明确要求加快推进，符合支持海南全面深化改革开放指导意见、脱贫攻坚、乡村振兴等战略总体要求的项目。优先安排水利基础设施薄弱的少数民族地区，工程建设对精准扶贫和实现全面小康社会具有重大促进作用的地区。不存在环境制约因素，项目的技术经济指标相对较好，建设用地和移民搬迁难度不大，不新增地方政府债务等问题，前期工作比较充分的。

(4) 2035 年前主要全面落实补短板、强基础、惠民生、利长远的重大项目和基本民生保障项目实施，按照“十九大”提出的供给侧结构性改革和国家生态文明试验区建设要求，建设生态型、高智能、高质量、高效益的海岛型水利基础设施网络；迈湾灌区建设可结合迈湾水利枢纽建设情况合理确定；保陵水库及供水工程、引龙补红工程等一批项目，充分考虑生态环境保护要求，结合经济社会发展需要加强前期论证工作。

2.3.2 水网建设规划环评要求

2017 年 3 月，海南省水务厅正式委托黄河水资源保护科学研究院、江河水利水电咨询中心、河南江河环境科技有限公司共同承担《海南水网建设规划环境影响报告书》编制工作。2019 年 5 月，海南省生态环境厅在海口市组织召开该规划环评报告书审查会；6 月，海南省生态环境厅以“琼环函[2019]240 号”文出具了审查意见。

2.3.2.1 规划环评与本工程有关的要求

(1) 迈湾水利枢纽工程建设方案优化

南渡江流域已有水利开发已对水文情势、水资源分配、鱼类及栖息地等产生了较显著的影响。迈湾水利枢纽建设将新增水资源利用，工程实施后进一步加大南渡江阻隔影响，造成南渡江特有土著鱼类栖息生境的萎缩，新增城市及农业供水可能产生一定水污染风险。为减少生态环境影响，建议迈湾水利枢纽工程采用分期建设方案，根据琼北地区资源环境承载力及发展定位，近期 2025 年调整压减城乡供水规模（需能满足南渡江下游海口市及海口江东新区近期新增供水要求），不承担灌溉任务，远期可根据迈湾水利枢纽工程建设实施情况，适时调整优化迈湾灌区新增灌溉面积。按照“以新带老”要求，对下游九龙滩、谷石滩、金江 3 座水电站补建过鱼设施，对松涛水库增设生态流量泄放设施。

(2) 生态流量及水环境保护措施

海南岛主要河流生态流量指标，主要包括生态基流、敏感生态流量、河口生态水量 3 类，采用 Q90 法、Tennant 法、近十年最枯月平均流量法、频率曲线法等多种方法进行综合确定生态基流，采用多年平均流量的 10%-50% 作为敏感期生态流量，以干流 50% 保证率下的年入海水量的 60~80% 作为河口生态需水量。南渡江各控制断面生态流量泄放要求见表 2.3-2 所示。

迈湾水利枢纽工程建成后划定饮用水源地，采取隔离防护的工程措施。

南渡江各控制断面生态流量泄放要求

表 2.3-2

河流	控制断面	生态基流(m ³ /s)		敏感生态流量(m ³ /s)		河口生态需水量(亿 m ³)*
		丰水期(6~10月)	非丰水期(11月~翌年5月)	敏感期	流量要求	
南渡江	松涛水库	15.6	5.2	—	—	—
	迈湾水库	20.5	10.1	6~8月	模拟 1 次涨水过程，持续约 10~15 天，其中涨水过程持续约 4~6 天，峰值流量约为涨水过程平均流量的 1.5 倍。	—
	东山坝	14.4	14.4	—	—	—
	龙塘坝	22.5	22.5	12~翌年2月	维持枯水期小流量过程	35.81

注：多年平均条件下的生态需水量

(3) 陆生生态保护措施

加强琼西北供水工程、迈湾水库工程、天角潭水库工程、红岭灌区工程、琼西北“五河一库”水生态文明建设及综合治理工程、海口城市内河水生态修复及综合整治工程等水网建设工程范围内水库周防护林建设、灌区农田防护林建设、渠道两侧林带建设。

(4) 水生生态保护措施

南渡江流域松涛以下已建、在建、规划梯级均应建设过鱼设施。流域中下游规划共建 2 处鱼类增殖站，分别为迈湾站、东山站，2 个站统筹兼顾松涛水库以下干流上 6 个梯级的增殖、放流、科研任务。南渡江中游迈湾水利枢纽淹没影响较大，中游仅腰子河作为支流栖息地保护，需要特别重视。根据现状开发情况和初步规划的保护范围，对已建腰子河支流 3 个梯级采取拆除措施，以保持河道连通性。同时需加强腰子河流域水质管理、渔业保护管理，并根据长期监测的结果采用栖息地修复措施。

(5) 生态调度措施

在满足南渡江流域生活用水的前提下，优先考虑河流的基本生态用水，合理配置生

产用水。河道外供水优先次序为城乡生活、城镇工业、农业灌溉需求、旅游地产人口需水。

① 中长期生态调度：根据主要控制断面丰水期及非丰水期生态流量要求，南渡江松涛水库下泄生态水量，并联合迈湾水库、东山坝、龙塘坝进行生态调度。

② 短期生态调度：6~8月台风雨期间对南渡江主要水利工程择机进行生态调度，形成持续时间为10~15天的人造脉冲洪峰。松涛水库联合新建的迈湾水库开展生态调度，敏感期生态调度方式详见表2.3-3。

南渡江鱼类敏感时段生态调度方式

表 2.3-3

河流	调度针对产卵场位置	调度时间	持续时间	调度方式
南渡江	金江至龙塘库尾江段	6~8月台风雨期间择机调度	10~15d	迈湾、谷石滩、九龙滩、金江联合调度，东山、龙塘敞泄

2.3.2.2 规划环评审查意见

《海南省生态环境厅关于海南水网建设规划环境影响报告书审查意见的函》(琼环函[2019]240号)提出与本工程相关的意见有：严格控制开发规模和开发时序。按照“确有需要、生态安全、可以持续”原则，优化迈湾水利枢纽工程的建设任务和开发时序，对下游九龙滩、谷石滩、金江3座水电站补建过鱼设施，增设松涛水库生态流量泄放设施，建设水量统一调度体系，细化生态流量调度方案，确保《规划》实施后河道水量、水质满足城乡供水和维护河道生态健康安全的要求。依据国家生态文明试验区建设要求，结合已建水利工程对环境产生的不利影响，提出分期开发建设方案，确保河流生态健康安全和水资源可持续利用。

2.4 工程地理位置

迈湾水利枢纽工程坝址位于澄迈与屯昌两县交界处，右岸为屯昌县境内国营黄岭农场，左岸为澄迈县红岗林场宝岭，坝址距上游已建松涛水库约55km，距下游已建的谷石滩水电站坝址约22km。工程地理位置详见附图2-3。

2.5 工程建设的必要性

(1) 迈湾水利枢纽是保障海口市及中国(海南)自由贸易区(港)集中展示区(海口江东新区)供水安全的不可替代工程

① 供水范围存在的主要供水问题

迈湾水利枢纽位于南渡江中游河段，是南渡江下游地区水资源配置的关键性工程，

其供水范围为海口市、澄迈县和定安县等。

南渡江径流年际变化较大，径流年内分配不均匀，洪枯流量间相差较大。松涛水库以下流域面积为 5345km²，目前在支流上有 11 座中型水库，控制集水面积 364km²，兴利库容 2.13 亿 m³；松涛水库以下南渡江干流上现有 4 座径流式电站，无调节能力。南渡江中下游面积大，径流年际、年内分配不均，现有水利工程库容小，调控能力差，使得南渡江流域丰沛的水资源难以得到有效利用。

海口市现状供水水源主要有南渡江下游龙塘坝取水的儒俊和米铺水厂，取水于海口市永庄水库的永庄水厂，及抽取地下水源的分散型水厂。目前海口市供水量小于需水量，部分地区城镇居民自来水供应存在缺水；由于长期大量开采地下水，已造成地下水水位降低，远期可能导致海水倒灌等严重环境问题，需用地表水源替代过量开采的地下水。

在考虑海口江东新区人口为 100 万情况下，预测海口市 2030 年城镇生活生产需水为 6.05 亿 m³，较现状用水 2.99 亿 m³ 增加 3.06 亿 m³；考虑远期 2040 年海口江东新区人口为 200 万情况下，预测海口市 2040 年城镇生活生产需水为 7.40 亿 m³，较现状用水增加 4.41 亿 m³。为满足海口市未来经济社会用水增长需求，目前正在建设海口市南渡江引水工程，但该工程为径流式闸坝引水工程，无调蓄能力，如不建设迈湾水库，海口江东新区将无水可供。

定安县位于南渡江下游。塔岭水厂是定安县唯一的供水水厂，现状供水规模为 2 万 m³/d。取水口位于定安县南珠村附近，龙洲河汇水口下游约 3.8km，东山闸坝下游约 8.2km。工程建于 1999 年，取水构筑物为棱形箱式取水头部，取水头部设于江心，原水通过进水口至取水头部后，通过两根 DN600 输水管道自流进入取水泵房吸水间，输水管长 100m。近年来，随着河槽演变及上游用水的增加，出现了枯水季节取水口水深仅为 0.35m~1.35m，无法满足取水构筑物 1.5m 水深的设计要求，导致取水口取水不足甚至取不到水的情况，造成枯水季节定安县城缺水问题突出，现正进行塔岭水厂取水口改建。

② 迈湾水利枢纽的作用

迈湾水利枢纽为大（2）型水源工程，坝址多年平均径流量 11.0 亿 m³，远期兴利库容 4.78 亿 m³，主要实现南渡江蓄丰补枯，提高枯水期（年）供水量及供水、灌溉保证率要求，可以在枯水年解决海口市南渡江引水工程无调蓄能力的问题。水库调节计算表明：迈湾水利枢纽建成后，2030 年多年平均城乡供水量 0.44 亿 m³，95% 频率城乡供水量 1.66 亿 m³，可满足海口市、海口江东新区及新增灌区的供水安全。

(2) 迈湾水利枢纽是南渡江流域及海口市防洪工程体系的重要组成部分

① 防洪保护对象存在的主要问题

迈湾水利枢纽工程的防洪保护对象为南渡江下游省会城市海口市及南渡江沿岸的定安、澄迈县城区。南渡江下游省会海口市城区防洪标准为 100 年一遇，定安县和澄迈县城区防洪标准为 50 年一遇。目前，南渡江下游澄迈、定安县城区及海口市现状堤防防洪能力除个别达（50~100）年一遇外，其余为（10~20）年一遇。

根据有关规划和南渡江流域现有水利工程现状，及防洪方案比较，南渡江下游及海口等防洪对象宜采取“上蓄、中调、下排”的防洪体系，即上游依托松涛水库自然滞洪，中游兴建迈湾水库错峰调洪，下游海口、定安、澄迈等城区堤防达标加固建设，入海口河段改建龙塘闸坝挡潮泄洪。利用松涛水库多年未能蓄满的特点，自然滞洪，对上游型洪水有较大的防洪作用，仅松涛水库单库调节，可满足下游防洪断面的防洪要求。但受地理位置限制，当洪水发生在中下游时，起不到防洪作用。

② 迈湾水利枢纽的作用

松涛水库受地理位置在上游限制，水库控制集水面积仅占南渡江流域面积的 21.3%，仅对上游型洪水具有滞洪作用。迈湾水库控制南渡江流域集水面积 970km²，占松涛水库以下集水面积的 17.5%，在设置防洪库容 2.2 亿 m³的前提下，可以采取与下游区间洪水进行错峰的调度方式，结合下游的堤防建设，使南渡江流域形成完善的以泄为主、上蓄下泄、堤库结合的防洪工程体系。迈湾水利枢纽建成后，可将海口市城区防洪标准由 50 年一遇提高到 100 年一遇，可将南渡江下游定安、澄迈县城区防洪标准由 20 年一遇提高到 50 年一遇。根据分析，迈湾水利枢纽建成后，当流域发生 100 年一遇洪水时，可减少海口市洪灾损失 88 亿元；当发生 50 年一遇洪水时，可减少南渡江下游的洪灾损失 35 亿元，防洪效益显著。

(3) 迈湾水利枢纽为南渡江流域发展热带特色高效农业提供水源保障

① 热带农业灌溉发展存在的主要问题

南渡江流域降雨比较丰富和集中，且具有年内时空分布不均和年际变化较大的特点，加上现有水利工程的调蓄能力较弱、灌溉率偏低，以至于定安、澄迈、文昌和屯昌等高台地地区易遭遇旱灾影响，大部分农田至今仍“靠天吃饭”，由于常受冬旱或冬春连旱的影响，本区域的农业产值、种植面积及产量的波动较大。灌区内的文昌、澄迈、琼海和定安是重要的冬季瓜菜种植基地，冬旱或冬春连旱的现象严重影响了冬季瓜菜的效益，很大程度上制约灌区的经济发展。根据《海南省水利志》及近年海南省灾情年报记

载，从建国以来，灌区所属县市常受干旱缺水困扰，区内干旱有冬春连旱，夏秋连旱和一年四季连旱等三种类型，以冬春连旱为主，发生几率最大，是海南省典型的“十年九旱”地区。

迈湾水利枢纽的灌溉服务范围与供水范围相同，都是海口市、定安县和澄迈县。现有灌区水源保证率低，工程不配套，可新发展灌区缺少水源，水利设施薄弱，农业生产效益差，特色热带农业优势未得到发挥。

海口市现有灌溉面积 28.6 万亩，灌溉水源有较多，包括以下几种：一是南渡江取水，其取水位置和城镇供水位置相同，主要位于南渡江干流的龙塘（自流）和东山闸坝（在建，提水）；二是松涛东干渠来水，三是当地蓄水工程和地下水。由于南渡江缺少调蓄工程，和城镇供水问题一样，南渡江灌溉取水保证率低；由于海口市位于松涛东干渠末端，输水线路长（到永庄水库 161km），用水得不到保障；当地蓄水工程调蓄能力差，再加上灌区工程不配套，农业灌溉保证率 30%（年保证率），最大破坏深度为 100%，最大连续破坏时长达到 7 旬，得不到保障。

迈湾水利枢纽拟新发展灌区位于水库下游南渡江干流两岸，可发展灌溉面积 30 万亩，基本上位于澄迈县的中兴、仁兴镇及西达农场，地势高程在 90m~120m 之间。

为了将南渡江中下游宝贵的耕地资源发展为热带特色高效农业，需要研究新的水源工程，根据南渡江现有工程和可能建设的工程情况分析。松涛水库从初期建设、使用现状和未来规划，都属于向南渡江流域外调水的工程，其供水对象主要是松涛灌区范围内的农业灌溉、城镇用水。随着经济社会的发展，松涛水库供水灌溉范围内第二、三产业迅猛发展，城乡供水的任务日益增加。经预测，2040 年随着洋浦经济开发区、海南海花岛、临高金牌港开发区、澄迈老城经济开发区等发展，城乡生活和工业需水总量为 5.36 亿 m^3 ；按原设计灌溉面积 205 万亩估算灌溉需水量约 10.6 亿 m^3 。综上，2040 年松涛灌区需水总量将达到 16 亿 m^3 左右，已超过松涛水库多年平均来水量的 13.49 亿 m^3 。松涛水库已没有能力向海口市新增供水，且面临供水减少的趋势。

② 迈湾水利枢纽的作用

迈湾水利枢纽是南渡江中下游可修建的唯一大型水库工程，在保障海口市及海口江东新区城镇供水的前提下，有潜力为灌溉提供水源。

迈湾供水灌溉范围包括新增灌区和海口市，涉及海口市、澄迈县、定安县、屯昌县、临高县五县市。该区土地资源丰富，开发潜力大，独特的气候条件适宜植物全年生长，且生长速度快、生长周期短，有利于发展热带经济作物、热带水果、冬季瓜菜等，其中

海口、澄迈是海南岛重要的瓜菜基地，海口市和澄迈县冬季瓜菜现状种植面积 36.08 万亩，以椒类、茄类、丝瓜、葫芦瓜、冬瓜、南瓜、等为主，产量 59.3 万 t。目前灌区范围内已修建的中小型水利工程控灌面积少，调节性能差，灌溉保证率低，旱、涝灾害时有发生，致使农业生产得不到保障，常有不同程度的旱情出现，造成灌区大面积减产，现状农田灌溉体系远不能满足热带现代农业基地建设的需要。迈湾水库建成后，将具备条件的中小型水库串联起来，形成长藤结瓜式灌溉系统，向下游补水改善下游灌溉条件，可改善灌溉面积 18.64 万亩，新增灌溉面积 18.93 万亩，置换松涛灌区面积 8.30 万亩，从而充分发挥迈湾水利枢纽工程供水、灌溉的整体效益，改善灌区农业生产条件，提高农田灌溉保证率。

(4) 迈湾水利枢纽为改善南渡江下游河段水生态环境创造条件

南渡江丰枯变化明显，下游经常出现极低小流量，甚至有断流现场。如龙塘站 1973 年 2 月份有实测最小流量为零，1960 年春季连续 34 天流量小于 $10\text{m}^3/\text{s}$ ，1970 年冬春季连续 3 个多月流量小于 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ ，远不能满足河口河段水生态环境保护要求。

通过迈湾水利枢纽的调节，以及“以新带老”松涛水库下泄生态流量，可增加南渡江下游龙塘水文站断面枯期水量，改善南渡江下游及河口区河道的水生态环境（龙塘断面生态基流 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ ）条件，满足龙塘断面取水需求，可改善河道水生态环境。另外迈湾建成后，可增加供水量，替代过量开采的地下水，减轻地下水位持续下降的现状。因此，迈湾水利枢纽对改善海口市的水生态环境有重要作用。

(5) 可为电网提供清洁能源

据预测，2020、2030 年电量分别为 520、1100 亿 kW.h；最大负荷分别为 9300、20000MW。随着海南省经济社会的快速发展，电力需求猛增。迈湾水利枢纽的建设可电网提供 40MW 电力、0.65 亿 kW.h 电量的清洁能源。

综上所述，新建迈湾水利枢纽工程是唯一的调配南渡江水资源时空分配不均的大型水库，是保障海口市和海口江东新区供水安全的不可替代工程，是海口市防洪安全体系的重要组成部分及关键性工程，同时对改善南渡江下游地区水生态环境具有重要作用，是保障南渡江中下游地区经济社会发展和中国（海南）自由贸易区（港）集中展示区（海口江东新区）不可或缺的工程。工程的建设增强了海南基础设施领域补短板力度，进一步完善基础设施和公共服务，提升基础设施供给质量。为海南建设全岛自由贸易试验区和中国特色自由贸易港及海南实施创新驱动发展战略，建设国际旅游消费中心，提供了坚实的水利基础设施保障。因此，新建迈湾水利枢纽工程是十分必要和紧迫的。

2.6 工程组成

迈湾水利枢纽工程由主体枢纽永久工程和临时工程、水库淹没占地以及移民安置等项目组成，不包括灌区工程，详见表 2.6-1。

迈湾水利枢纽工程项目组成一览表

表 2.6-1

工程项目		工程主要组成		
		远期(2040年, 正常蓄水位 108m)	近期(2030年, 正常蓄水位 101m)	
主体枢纽工程	永久工程	挡水建筑物	1座主坝、7座副坝组成, 主坝建筑物为混合坝, 最大坝高 78.5m; 副坝均为均质土石坝, 最大坝高 23.5m。	除 2#、5#、7#共 3 座副坝在远期建设以外, 其余均在近期建设。
		泄洪及消能建筑物	4孔溢流表孔, 堰顶高程 87m, 消能方式为戽流消能。	
		引水建筑物	进水口采用坝式进水口, 单元引水方式, 进水口底坎高程皆为 70m, 压力钢管采用一机一管。	
		灌区渠首	右岸灌区渠首布置在大坝 10#坝段, 采用坝式进水口, 设计引用流量 13.53m ³ /s; 左岸灌区渠首布置在大坝上游 1.2km 处, 设计引用流量 25.78m ³ /s。两座渠首进水口底板高程均选定为 69.0m。	
		发电厂房	坝后式厂房, 装机容量 2×18MW+1×4MW	
		场内交通	场内交通长度共 21.65km, 其中主坝区 15.9km, 副坝区 5.6km, 交通桥 0.15km。	
	临时工程	施工工厂及仓库	砂石加工系统, 混凝土系统, 钢筋加工厂, 木材加工厂、机械修配厂、金结机电拼装厂、综合仓库, 施工供水、供电设施等。	
		生活福利设施和办公区	主坝区施工生活区, 副坝区施工生活办公区。	
水库淹没		水库淹没及影响区永久征收土地面积 6.56 万亩, 淹没区人口 5503 人。	水库淹没及影响区永久征收土地面积 4.30 万亩, 淹没区人口 3848 人。	
移民安置工程		规划水平年搬迁安置 5795 人, 生产安置 610 人, 修建集中居民点 9 个。	规划水平年搬迁安置 4048 人, 生产安置 398 人, 修建集中居民点 7 个。	
环境保护工程	鱼类保护工程	本工程过鱼设施采用升鱼机方案, 并建设鱼类增殖放流站、栖息地保护、人工鱼巢等工程; 下游谷石滩、九龙滩水电站补建过鱼设施费用纳入本工程。	近期实施各项环境保护工程	
	陆生生态保护工程	对石料场、施工临时占地区等实施生态修复工程, 针对古树和重点保护植物实施移栽保护工程。		
	施工污水废水处理工程	包括砂石料和混凝土废水处理系统、含油废水处理系统、生活污水处理系统等。		
	运行期水环境保护工程	厂房设置油水分离装置和成套生活污水处理设备, 库区水质在线监测、污染防治等。		

	下泄流量保证措施	设置 1 个生态泄流小机组，机组进水钢管左侧布置一条旁通管；松涛水库大坝右岸补建 1 处生态流量泄放设施。	
	环境空气和声环境保护工程	配置 1 辆洒水车在无雨日每天洒水 4~5 次。	
	水土保持工程	划分 8 个分区，采取植物、工程等措施分区防治。	
	移民安置环保工程	集中安置点人畜粪便通过化粪池进入无动力一体化设备进行处理；生活垃圾统一收集，定期外运填埋处置。	

2.7 工程任务、等级、设计标准及建设规模

2.7.1 工程任务

迈湾水利枢纽工程为南渡江流域规划的工程之一，其开发任务为以供水和防洪为主，兼顾灌溉和发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件。

(1) 防洪

迈湾水利枢纽工程的建设，可将海口地区的防洪标准整体提高到 100 年一遇，沿岸的澄迈和定安城区提高到 50 年一遇。从而完善流域防洪工程体系，实现下游的防洪目标。

(2) 供水灌溉

迈湾水利枢纽工程位于海南省最大的河流南渡江上，是海南省北部规划的大型水资源配置工程，在海南省琼北地区的供水安全保障地位和作用均非常重要，是保障南渡江下游海口市及澄迈县、定安县、屯昌县、临高县供水和生态用水安全的控制性水源工程。

工程实施后，近期(2030 年)多年平均供水量为 4698 万 m^3 ，能够保障海口市供水；远期(2040 年)多年平均供水量为 30508 万 m^3 ，其中城乡供水为 15799 万 m^3 ，灌溉供水量为 14709 万 m^3 ；新增灌溉面积 18.93 万亩、改善灌溉面积 18.64 万亩、置换松涛灌区面积 8.30 万亩。

(3) 发电

迈湾水利枢纽工程的建设可结合发电，为电网提供 40MW 电力、0.6485 亿 kW h 电量的清洁能源。

(4) 改善枯水年枯期下游水生态环境

迈湾水库运行后，可保障迈湾坝址断面下泄相应的生态用水，经其多年调节及蓄丰补枯作用，枯期(尤其是枯水年和特枯水年)向下游河道补水，可保障下游东山和龙塘坝址断面的生态用水刚性要求。

2.7.2 工程水资源配置方案

2.7.2.1 供水灌溉范围及保证率

(1) 保证率

现状基准年为 2016 年，近期设计水平年为 2030 年，远期设计水平年为 2040 年。

迈湾水利枢纽供水灌溉范围主要涉及海口市、澄迈县、定安县及少量屯昌、临高县范围。按《城市给水工程规划规范》(GB50282-98)，确定生活及第二、三产业供水设计历时保证率为 95%。

海口市、澄迈县和定安县均属南方湿润地区，灌溉范围内设计灌溉面积 73.06 万亩（迈湾灌区片 39.34 万亩，海口片 33.72 万亩），其中水田 34.11 万亩，旱地 34.63 万亩，园地 4.32 万亩。按《灌溉与排水工程设计规范》(GB50288-1999)，灌溉保证率宜取 80%。同时考虑到灌溉范围内南渡江引水工程新增灌溉面积采用微喷带节水灌溉方式，其灌溉保证率仍取 90%。综上，迈湾水利枢纽灌溉保证率为 80%~90%，其中迈湾新增及已有工程灌区为 80%，南渡江引水工程新增灌区为 90%。

(2) 供水灌溉范围及对象

迈湾水利枢纽的供水灌溉范围为海口-松涛、海口-其它、澄迈-迈湾、定安-迈湾、屯昌-迈湾分区。主要涉及到海口市、澄迈县、定安县及少量屯昌、临高县范围，28 个乡镇（含农场），国土面积 2565km²，耕园地 120.33 万亩，供水人口 497.54 万人。

按地理位置可分为海口市和新增灌区，按供水方式可划分为直供、补水和置换。

供水对象主要为海口市主城区和工业园区、羊山地区以及永庄水厂供水，定安县城区的城乡生活供水，新增灌区的 13 个乡镇及农场、澄迈城区生活及工业供水；灌溉对象主要为海口市现有及新增灌溉面积、松涛灌区灌溉面积，新增灌区现有未保灌及新增灌溉面积。



图 2.7-1 迈湾水利枢纽供水灌溉范围图

迈湾水利枢纽供水灌溉范围分区表

表 2.7-1

位置	计算分区		供水方式	包含范围	备注
海口市	主城区	主城 1 区	补水	中西部主城区、狮子岭工业园	南渡江引水工程研究范围
		主城 3 区		松涛白莲东干渠灌区、永庄水厂	
	江东新区	主城 2 区		东部主城区、云龙产业园、	
	南部乡镇	羊山 1 区	置换	松涛白莲东干渠灌区、美安科技新城、玉凤灌片、石山镇	
		羊山 3 区	补水	松涛黄竹分干渠灌区、东山镇、新坡镇	
		羊山 2 区		观澜湖旅游度假区、永兴灌片、永兴镇	
		羊山 4 区		昌旺灌片、龙泉灌片遵谭镇、龙泉镇、	
羊山 5 区	龙塘灌片、龙桥镇、龙塘镇				
定安县城区	定安县城区	定安城区	定安水厂供水范围		
新增灌区 (含澄迈县 城区)	绿现水右片		直供	西达农场、仁兴镇	新增灌区范围
	绿现水左片			西达农场、中兴镇	
	西干渠高片			西达农场、任兴镇、中兴镇	
	西干补水片			中兴镇、金江镇	
	南方水库上片			西昌镇	
	南方水库下片			文儒镇、加乐镇	
	大路东片			新竹镇、瑞溪镇	
	龙州河左片			新竹镇、永发镇	
	南渡江右片			澄迈城区、金江镇、瑞溪镇、永发镇	

2.7.2.2 供水灌溉范围水资源供需平衡分析

(1) 设计水平年需水量预测

江东新区 2030 年按 100 万人、2040 年按 200 万人发展。折算后设计灌溉面积为 39.34 万亩，其中保灌面积 17.49 万亩，改善灌溉面积 2.92 万亩，新增灌溉面积 18.93 万亩。

迈湾水利枢纽供水灌溉范围需水预测总量见表 2.7-3，2030、2040 年迈湾水利枢纽供水灌溉范围多年平均需水总量分别为 109850 万 m³、126064 万 m³，90% 频率总需水量分别为 117250 万 m³、133670 万 m³。

(2) 设计水平年可供水量

根据海口市、定安县城区和新增灌区可供水量预测成果，2030 年迈湾水利枢纽受水区内已现状及规划工程多年平均可供水总量为 76862 万 m³，其中海口市为 73486 万 m³，定安县城区为 2258 万 m³，澄迈县城区为 1118 万 m³。

2040 年迈湾水利枢纽受水区内现状及规划工程多年平均可供水总量为 92503 万 m³，其中海口市为 75759 万 m³，定安县城区为 2558 万 m³，新增灌区（含澄迈县城区）为 14186 万 m³。

(3) 供需平衡分析

根据需水预测及可供水量分析计算成果,进行现状及已有规划续建配套工程情况下的供需平衡分析。经平衡,2030年受水区多年平均需水为82613万 m^3 ,供水76862万 m^3 ,缺水5750万 m^3 。2040年受水区多年平均需水为126064万 m^3 ,供水92503万 m^3 ,缺水33561万 m^3 。

2040年海口市多年平均需水量为91660万 m^3 ,现状及规划工程供水量为75759万 m^3 ,缺水量为15901万 m^3 ;定安县城区多年平均需水量为2607万 m^3 ,现状及规划工程供水量为2558万 m^3 ,缺水量为49万 m^3 ;新增灌区范围多年平均需水量为31797万 m^3 ,现状及规划工程可供水量为14186万 m^3 ,缺水量为17611万 m^3 。

迈湾水利枢纽工程供水灌溉范围需水量预测成果

表 2.7-2

单位：万 m³

分区		水平年	城乡需水			农业灌溉			合计		
			生活	工业	小计	P=90%	P=95%	多年 平均	P=90%	P=95%	多年平均
海口市	主城区	2016	20057	10401	30458	283	300	240	30741	30758	30698
		2030	28188	9626	37814	240	254	204	38053	38068	38018
		2040	30383	10841	41225	226	240	192	41451	41465	41417
	江东新区	2016	1873	747	2620	5154	5451	4371	7774	8071	6991
		2030	9340	2392	11732	4373	4625	3709	16105	16357	15441
		2040	18519	2598	21117	4123	4361	3497	25240	25478	24614
	南部乡镇	2016	3453	780	4233	14213	15630	11928	18445	19863	16161
		2030	5218	5763	10981	17288	18063	14577	28269	29044	25558
		2040	5510	6120	11630	16599	17305	13999	28229	28935	25629
	小计	2016	25383	11928	37311	19649	21380	16540	56960	58691	53851
		2030	42745	17781	60526	21901	22942	18490	82427	83468	79016
		2040	54412	19560	73972	20948	21905	17688	94920	95877	91660
定安县城区	2016	921	0	921	0	0	0	921	921	921	
	2030	2294	0	2294	0	0	0	2294	2294	2294	
	2040	2607	0	2607	0	0	0	2607	2607	2607	
澄迈县城区	2016	331	94	425	0	0	0	425	425	425	
	2030	876	426	1302	0	0	0	1302	1302	1302	
	2040	1224	756	1979	0	0	0	1979	1979	1979	
新增灌区	2016	1504	277	1781	22971	28126	22206	24752	29908	23987	
	2030	2631	1220	3851	27375	28413	23386	31226	32264	27237	
	2040	3361	2059	5420	28743	29754	24397	34164	35174	29818	
合计	2016	28140	12299	40438	42620	49507	38746	83058	89945	79184	
	2030	48546	19428	67974	49276	51355	41876	117250	119329	109850	
	2040	61604	22374	83979	49692	51659	42085	133670	135638	126064	

迈湾水利枢纽供水灌溉范围多年平均可供水量成果表

表 2.7-3

单位：万 m³

水平年	分区		频率	地下水	本地地表水			调水 (松涛)	南渡江引 水(无迈湾)	合计	备注
					蓄水	引提	小计				
2030 年	海口市	主城区	90%	4571	1027	11007	12034	4412	10154	31172	江东新区 100 万人
			95%	5110	938	10013	10951	4150	8537	28748	
			多年平均	5090	881	12832	13713	4282	12808	35893	
		江东新区	90%	0	0	4040	4040	0	9619	13659	
			95%	0	0	4261	4261	0	8121	12382	
			多年平均	0	0	3644	3644	0	11207	14850	
		南部乡镇	90%	6827	2665	2677	5342	4177	6652	22998	
			95%	7839	2583	2606	5189	3945	5648	22621	
			多年平均	6886	2229	2275	4504	3462	7891	22742	
	小计	90%	11399	3692	17724	21416	8589	26425	67829		
		95%	12949	3521	16880	20401	8095	22306	63752		
		多年平均	11976	3110	18751	21861	7744	31905	73486		
	定安县城区	90%	0	0	2255	2255	0	0	2255		
		95%	0	0	1957	1957	0	0	1957		
		多年平均	0	0	2258	2258	0	0	2258		
	新增灌区 (含澄迈县城区)	90%	0	0	750	750	0	0	750		
		95%	0	0	822	822	0	0	822		
		多年平均	0	0	1118	1118	0	0	1118		
合计	90%	11399	3692	20730	24422	8589	26425	70834			
	95%	12949	3521	19659	23180	8095	22306	66531			
	多年平均	11976	3110	22127	25237	7744	31905	76862			
2040 年	海口市	主城区	90%	4606	226	11092	11318	0	12232	28156	工况二（江东 新区 200 万人 +新增灌区灌
			95%	5110	240	10013	10253	0	10359	25722	
			多年平均	5110	192	12883	13075	0	15513	33698	

	江东新区	90%	0	0	3842	3842	0	16255	20097	溉面积 39.34 万亩)	
		95%	0	0	4086	4086	0	13740	17826		
		多年平均	0	0	3440	3440	0	19821	23261		
		南部乡镇	90%	6827	2665	2677	5342	0	6853		19022
			95%	7839	2583	2606	5189	0	5842		18871
			多年平均	6386	1999	2275	4274	0	8140		18800
		小计	90%	11434	2891	17611	20502	0	35340		67275
			95%	12949	2823	16705	19528	0	29941		62419
			多年平均	11496	2191	18598	20789	0	43474		75759
	定安县城	90%	0	0	2537	2537	0	0	2537		
		95%	0	0	2108	2108	0	0	2108		
		多年平均	0	0	2558	2558	0	0	2558		
	新增灌区(含澄迈县城区)	90%	3150	13975	777	14752	0	0	17902		
		95%	3832	13024	487	13511	0	0	17343		
		多年平均	2673	10905	608	11513	0	0	14186		
	合计	90%	14583	16867	20925	37792	0	35340	87714		
		95%	16781	15847	19300	35147	0	29941	81869		
		多年平均	14168	13097	21764	34861	0	43474	92503		

2030 年迈湾水利枢纽受区供需平衡分析成果表(现状及规划工程：江东新区 100 万人)

表 2.7-4

单位：万 m³

分区	频率	需水				供水							缺水量	缺水率 (%)		
		生活	工业	农业	小计	地下水	本地地表水			调水 (松涛)	南渡江引水(无迈湾)	迈湾			小计	
							蓄水	引提	小计							
海口市	主城区	90%	28188	9626	1039	38853	4571	1027	11007	12034	4412	10154	0	31172	7681	19.8
		95%	28188	9626	1102	38916	5110	938	10013	10951	4150	8537	0	28748	10168	26.1
		多年平均	28188	9626	884	38698	5090	881	12832	13713	4282	12808	0	35893	2805	7.2
	江东新区	90%	9340	2392	4373	16105	0	0	4040	4040	0	9619	0	13659	2446	15.2

		95%	9340	2392	4625	16357	0	0	4261	4261	0	8121	0	12382	3974	24.3
		多年平均	9340	2392	3709	15441	0	0	3644	3644	0	11207	0	14850	590	3.8
		南部乡镇	90%	5218	5763	16489	27470	6827	2665	2677	5342	4177	6652	0	22998	4472
	95%		5218	5763	17215	28196	7839	2583	2606	5189	3945	5648	0	22621	5575	19.8
	多年平均		5218	5763	13897	24878	6886	2229	2275	4504	3462	7891	0	22742	2135	8.6
	小计	90%	42745	17781	21901	82427	11399	3692	17724	21416	8589	26425	0	67829	14599	17.7
		95%	42745	17781	22942	83468	12949	3521	16880	20401	8095	22306	0	63752	19717	23.6
		多年平均	42745	17781	18490	79016	11976	3110	18751	21861	7744	31905	0	73486	5530	7
	定安县城区	90%	2294	0	0	2294	0	0	2255	2255	0	0	0	2255	39	1.7
95%		2294	0	0	2294	0	0	1957	1957	0	0	0	1957	337	14.7	
多年平均		2294	0	0	2294	0	0	2258	2258	0	0	0	2258	36	1.6	
新增灌区(含澄迈县城区)	90%	876	426	0	1302	0	0	750	750	0	0	0	750	552	42.4	
	95%	876	426	0	1302	0	0	822	822	0	0	0	822	480	36.9	
	多年平均	876	426	0	1302	0	0	1118	1118	0	0	0	1118	184	14.1	
合计	90%	45915	18207	21901	86024	11399	3692	20730	24422	8589	26425	0	70834	15189	17.7	
	95%	45915	18207	22942	87065	12949	3521	19659	23180	8095	22306	0	66531	20533	23.6	
	多年平均	45915	18207	18490	82613	11976	3110	22127	25237	7744	31905	0	76862	5750	7	

2040 年迈湾水利枢纽受区供需平衡分析成果表（现状及规划工程）

表 2.7-5

单位：万 m³

分区	频率	需水				供水								缺水量	缺水率 (%)	
		生活	工业	农业	小计	地下水	本地地表水			调水 (松涛)	南渡江引水(无迈湾)	迈湾	小计			
							蓄水	引提	小计							
海口市	主城区	90%	30383	10841	226	41451	4606	226	11092	11318	0	12232	0	28156	13295	32.1
		95%	30383	10841	240	41465	5110	240	10013	10253	0	10359	0	25722	15743	38
		多年平均	30383	10841	192	41417	5110	192	12883	13075	0	15513	0	33698	7720	18.6
	江东新区	90%	18519	2598	4123	25240	0	0	3842	3842	0	16255	0	20097	5143	20.4
		95%	18519	2598	4361	25478	0	0	4086	4086	0	13740	0	17826	7652	30

	南部乡镇	多年平均	18519	2598	3497	24614	0	0	3440	3440	0	19821	0	23261	1353	5.5
		90%	5510	6120	16599	28229	6827	2665	2677	5342	0	6853	0	19022	9207	32.6
		95%	5510	6120	17305	28935	7839	2583	2606	5189	0	5842	0	18871	10064	34.8
		多年平均	5510	6120	13999	25629	6386	1999	2275	4274	0	8140	0	18800	6829	26.6
	小计	90%	54412	19560	20948	94920	11434	2891	17611	20502	0	35340	0	67275	27645	29.1
		95%	54412	19560	21905	95877	12949	2823	16705	19528	0	29941	0	62419	33459	34.9
		多年平均	54412	19560	17688	91660	11496	2191	18598	20789	0	43474	0	75759	15901	17.3
定安县城区	90%	2607	0	0	2607	0	0	2537	2537	0	0	0	2537	70	2.7	
	95%	2607	0	0	2607	0	0	2108	2108	0	0	0	2108	499	19.1	
	多年平均	2607	0	0	2607	0	0	2558	2558	0	0	0	2558	49	1.9	
新增灌区（含澄迈县城区）	90%	4585	2815	28743	36143	3150	13975	777	14752	0	0	0	17902	18241	50.5	
	95%	4585	2815	29754	37154	3832	13024	487	13511	0	0	0	17343	19811	53.3	
	多年平均	4585	2815	24397	31797	2673	10905	608	11513	0	0	0	14186	17611	55.4	
合计	90%	61604	22374	49692	133670	14583	16867	20925	37792	0	35340	0	87714	45956	34.4	
	95%	61604	22374	51659	135638	16781	15847	19300	35147	0	29941	0	81869	53769	39.6	
	多年平均	61604	22374	42085	126064	14168	13097	21764	34861	0	43474	0	92503	33561	26.6	

2.7.2.3 工程水资源配置方案

(1) 水资源配置方案及成果

在充分挖掘本地水源、河道生态和现有用户用水优先、地下水限制开发、与南渡江引水工程协调一致的原则下，提出迈湾水利枢纽受水区内的水资源配置方案总体为：1) 海口市一部分通过迈湾水利枢纽调节后向下游河道补水，再由下游已建引提水工程供水灌溉；一部分通过干渠输水至松涛东干渠后自流供水灌溉；2) 定安县城通过迈湾水利枢纽调节后向下游河道补水，再由下游已建引提水工程供水；3) 灌区（含澄迈县城区）通过迈湾水利枢纽新建渠道，直接供水灌溉。

① 海口市

经计算，2040年海口市90%、95%典型年及多年平均需水量分别为94920万 m^3 、95877万 m^3 、91660万 m^3 ，供水量分别为93341万 m^3 、88615万 m^3 、90182万 m^3 ，缺水率分别为1.7%、7.6%、1.6%。

从水资源配置成果来看，多年平均供水量为90182万 m^3 ，其中地下水11496万 m^3 ，本地蓄水工程2191万 m^3 ，本地引提水工程18598万 m^3 ，南渡江引水工程43474万 m^3 ，迈湾14423万 m^3 。

② 定安县城

经计算，2040年定安县城90%、95%典型年及多年平均需水量均为2607万 m^3 ，供水量分别为2607万 m^3 、2499万 m^3 、2586万 m^3 ，缺水率分别为0.0%、4.2%、0.8%。

从水资源配置成果来看，多年平均供水量为2586万 m^3 ，其中本地引提水工程2558万 m^3 ，迈湾28万 m^3 。

③ 新增灌区（含澄迈县城区）

经计算，2040年新增灌区90%、95%典型年及多年平均需水量分别为36143万 m^3 、37154万 m^3 、31797万 m^3 ，供水量分别为33307万 m^3 、30020万 m^3 、30243万 m^3 ，缺水率分别为7.9%、19.2%、4.9%。

从水资源配置成果来看，多年平均供水量为30243万 m^3 ，其中蓄水工程10905万 m^3 ，引提水工程608万 m^3 ，地下水工程2673万 m^3 ，迈湾水库16057万 m^3 。

2030 年迈湾水利枢纽受区供需平衡分析成果表（现状及规划工程+迈湾）

表 2.7-6

单位：万 m³

分区	频率	需水				供水			供水								缺水量	缺水率 (%)	
		生活	工业	农业	小计	生活及工业	农业灌溉	小计	地下水	本地地表水			调水 (松涛)	南渡江引水(无迈湾)	迈湾	小计			
										蓄水	引提	小计							
海口市	主城区	90%	28188	9626	1039	38853	37814	1027	38841	4571	1027	11007	12034	4412	10154	7669	38841	12	0.03
		95%	28188	9626	1102	38916	37799	938	38737	5110	938	10013	10951	4150	8537	9989	38737	178	0.46
		多年平均	28188	9626	884	38698	37814	881	38695	5090	881	12832	13713	4282	12808	2802	38695	3	0.01
	江东新区	90%	9340	2392	4373	16105	11732	4341	16073	0	0	4040	4040	0	9619	2414	16073	32	0.2
		95%	9340	2392	4625	16357	11371	4547	15918	0	0	4261	4261	0	8121	3536	15918	439	2.68
		多年平均	9340	2392	3709	15441	11722	3701	15423	0	0	3644	3644	0	11207	572	15423	18	0.12
	南部乡镇	90%	5218	5763	16489	27470	10743	15405	26148	6827	2665	2677	5342	4177	6652	3150	26148	1322	4.81
		95%	5218	5763	17215	28196	10470	15429	25898	7839	2583	2606	5189	3945	5648	3277	25898	2298	8.15
		多年平均	5218	5763	13897	24878	10502	13359	23861	6886	2229	2275	4504	3462	7891	1118	23861	1017	4.09
	小计	90%	42745	17781	21901	82427	60288	20773	81062	11399	3692	17724	21416	8589	26425	13233	81062	1366	1.66
		95%	42745	17781	22942	83468	59640	20913	80553	12949	3521	16880	20401	8095	22306	16802	80553	2915	3.49
		多年平均	42745	17781	18490	79016	60037	17940	77978	11976	3110	18751	21861	7744	31905	4492	77978	1038	1.31
定安县城区	90%	2294	0	0	2294	2294	0	2294	0	0	2255	2255	0	0	39	2294	0	0	
	95%	2294	0	0	2294	2294	0	2294	0	0	1957	1957	0	0	337	2294	0	0	
	多年平均	2294	0	0	2294	2280	0	2280	0	0	2258	2258	0	0	22	2280	14	0.59	
澄迈县城区	90%	876	426	0	1302	1302	0	1302	0	0	750	750	0	0	552	1302	0	0.01	
	95%	876	426	0	1302	1302	0	1302	0	0	822	822	0	0	480	1302	0	0.01	
	多年平均	876	426	0	1302	1302	0	1302	0	0	1118	1118	0	0	184	1302	0	0.01	
合计	90%	45915	18207	21901	86024	63884	20773	84658	11399	3692	20730	24422	8589	26425	13823	84658	1366	1.59	
	95%	45915	18207	22942	87065	63236	20913	84149	12949	3521	19659	23180	8095	22306	17618	84149	2915	3.35	
	多年平均	45915	18207	18490	82613	63620	17940	81560	11976	3110	22127	25237	7744	31905	4698	81560	1052	1.27	

2040 年迈湾水利枢纽受区供需平衡分析成果表（现状及规划工程+迈湾）

表 2.7-7

单位：万 m³

分区	频率	需水				供水			供水							缺水量	缺水率(%)		
		生活	工业	农业	小计	生活及工业	农业灌溉	小计	地下水	本地地表水			调水(松涛)	南渡江引水(无迈湾)	迈湾			小计	
海口市	主城区	90%	30383	10841	226	41451	41225	226	41451	4606	226	11092	11318	0	12232	13295	41451	0	0
		95%	30383	10841	240	41465	39197	240	39437	5110	240	10013	10253	0	10359	13715	39437	2028	4.89
		多年平均	30383	10841	192	41417	40683	192	40875	5110	192	12883	13075	0	15513	7177	40875	542	1.31
	江东新区	90%	18519	2598	4123	25240	21117	4123	25240	0	0	3842	3842	0	16255	5143	25240	0	0
		95%	18519	2598	4361	25478	20010	4361	24371	0	0	4086	4086	0	13740	6545	24371	1106	4.34
		多年平均	18519	2598	3497	24614	21069	3497	24566	0	0	3440	3440	0	19821	1305	24566	48	0.19
	南部乡镇	90%	5510	6120	16599	28229	11199	15451	26650	6827	2665	2677	5342	0	6853	7628	26650	1579	5.6
		95%	5510	6120	17305	28935	10354	14453	24807	7839	2583	2606	5189	0	5842	5936	24807	4128	14.27
		多年平均	5510	6120	13999	25629	10918	13823	24741	6386	1999	2275	4274	0	8140	5941	24741	888	3.46
	小计	90%	54412	19560	20948	94920	73541	19800	93341	11434	2891	17611	20502	0	35340	26066	93341	1579	1.66
		95%	54412	19560	21905	95877	69561	19054	88615	12949	2823	16705	19528	0	29941	26196	88615	7262	7.57
		多年平均	54412	19560	17688	91660	72670	17512	90182	11496	2191	18598	20789	0	43474	14423	90182	1478	1.61
定安县城区	90%	2607	0	0	2607	2607	0	2607	0	0	2537	2537	0	0	70	2607	0	0	
	95%	2607	0	0	2607	2499	0	2499	0	0	2108	2108	0	0	391	2499	108	4.16	
	多年平均	2607	0	0	2607	2586	0	2586	0	0	2558	2558	0	0	28	2586	21	0.8	
新增灌区(含澄迈县城区)	90%	4585	2815	28743	36143	7400	25908	33307	3150	13975	777	14752	0	0	15405	33307	2836	7.85	
	95%	4585	2815	29754	37154	7400	22620	30020	3832	13024	487	13511	0	0	12677	30020	7134	19.2	
	多年平均	4585	2815	24397	31797	7321	22922	30243	2673	10905	608	11513	0	0	16057	30243	1554	4.89	
合计	90%	61604	22374	49692	133670	83547	45708	129255	14583	16867	20925	37792	0	35340	41541	129255	4415	3.3	
	95%	61604	22374	51659	135638	79459	41674	121133	16781	15847	19300	35147	0	29941	39264	121133	14505	10.69	
	多年平均	61604	22374	42085	126064	82577	40434	123011	14168	13097	21764	34861	0	43474	30508	123011	3053	2.42	

(2) 迈湾水利枢纽多年平均供水量及分布情况

根据本次确定的迈湾供水灌溉范围（海口市、定安县城、新增灌区（含澄迈县城区））、供水对象以及可研评估意见，复核各分区需水，通过供需平衡分析和长系列调算，2030年迈湾水利枢纽多年平均供水量为4698万 m^3 （江东新区100万人），其中城乡供水4424万 m^3 、灌溉274万 m^3 。2040年迈湾水利枢纽（江东新区200万人+新增灌区灌溉面积39.34万亩）多年平均供水量为30508万 m^3 ，其中城乡供水15799万 m^3 、灌溉14709万 m^3 。

迈湾水利枢纽工程供水量统计表

表 2.7-8

单位：万 m^3

分区	频率	2030年（江东新区100万人）			2040年（江东新区200万人+新增灌区灌溉面积39.34万亩）		
		供水	灌溉	小计	供水	灌溉	小计
海口市	90%	11915	1318	13233	20500	5566	26066
	95%	15742	1060	16802	22132	4065	26196
	多年平均	4218	274	4492	9422	5002	14423
定安县城	90%	39	0	39	70	0	70
	95%	337	0	337	391	0	391
	多年平均	22	0	22	28	0	28
新增灌区（含澄迈县城区）	90%	552	0	552	6428	8977	15405
	95%	480	0	480	6428	6249	12677
	多年平均	184	0	184	6349	9707	16057
合计	90%	12505	1318	13823	26998	14543	41541
	95%	16559	1060	17618	28950	10314	39264
	多年平均	4424	274	4698	15799	14709	30508

2.7.3 工程等级、建筑物级别和洪水标准

(1) 工程等别及建筑物级别

枢纽建筑物由挡水坝段、溢流坝段、进水口坝段、发电厂房、过鱼设施、副坝、左岸渠首等组成。本工程等别属II等，工程规模为大(2)型。进水口、挡水坝及其泄洪建筑物均为2级建筑物；电站发电厂房和过鱼设施为3级建筑物；临时建筑物为4级建筑物。

(2) 洪水设计标准

根据已确定的工程等别和建筑物级别，按《防洪标准》（GB50201-2014）和《水利水电工程等级划分及洪水标准》（SL252-2000）规定选取建筑物洪水设计标准。

迈湾水利枢纽工程主要建筑物及洪水标准

表 2.7-9

建筑物名称	级别	设计洪水			校核洪水		
		重现期(年)	入库流量(m^3/s)	下泄流量(m^3/s)	重现期(年)	入库流量(m^3/s)	下泄流量(m^3/s)

混凝土主坝及泄水建筑物、进水口、坝肩边坡	2级	500	11100	9830	2000	12700	10100
土石副坝及坝前边坡	2级	500			5000		
坝下游边坡、厂房边坡和库区边坡	3级						
坝后发电厂房	3级	50	8600	6500	200	10100	9730
消能防冲建筑物及边坡	2级	50	8600	6500			
过鱼设施	3级	50					
次要建筑物	3级	50					

(3) 抗震设计标准

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2001),本工程的地震加速度值为0.1g,地震基本烈度为7度。根据《水工建筑物抗震设计规范》(SL203-97),本工程设防烈度为7度,设计地震加速度值为0.1g。

2.7.4 工程规模和主要特性

2.7.4.1 可行性研究阶段主要调整情况

(1) 建设方案调整

可研早期阶段,本工程的设计方案均为一次性建成。2019年3月,上报国家发展和改革委员会的本工程可行性研究报告提出,考虑到城镇用水增长、灌区的配套建设需要一定的时间过程,本工程水库淹没的土地面积较大、移民补偿投资占工程总投资比例较高等因素,工程采取分期建设方案。近期(2030年)为满足南渡江下游海口市及海口江东新区的供水要求、水库防洪功能、生态用水需求等,水库蓄水至101m,视未来经济社会的发展情况再实施远期正常蓄水位108m。

(2) 死水位调整

2016年11月,本工程可行性研究报告提出水库死水位为72m;同月,国家发展和改革委员会委托中国国际工程咨询公司对工程可行性研究报告进行了评估,评估建议进一步优化迈湾水库死水位。设计单位按照评估意见开展了相关设计优化研究工作,对拟定的72m、74m、76m、78m四个方案进行比较。综合比较分析,各方案兴利库容差别较小,供水量和发电量基本相同,其中78m方案供水保证率不满足要求及破坏深度达到了100%,抽水电费和工程投资随着死水位的抬高而减少,72m方案49年系列中仅1年消落到死水位,有进一步优化的条件。因此,优化后的死水位推荐76m方案。死水位抬高后调节库容相应减少了约900万m³。

(3) 生态流量调整

2016年11月,环评报告提出本工程坝址处泄放4.89m³/s的生态流量;2018年5月,

环评报告优化后提出，在一般用水期迈湾坝址处泄放 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，并在 6~8 月鱼类生态敏感期最小下泄 $10.5\text{m}^3/\text{s}$ ，同时在该时段模拟 2 次涨水过程；本次报告结合《海南省水网建设规划》及其环评报告书要求，考虑尽量减缓松涛、迈湾工程建设所带来的累积影响，参考松涛建成前迈湾坝址处天然最枯月月均流量进一步优化，确定迈湾坝址处在一般用水期 11 月~翌年 5 月最小下泄 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量；6~8 月鱼类生态敏感期最小下泄 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，同时在 6 月、7 月各模拟 1 次涨水过程；丰水期 9~10 月最小下泄生态流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 。上游松涛水库补建生态流量泄放设施，丰水期 6 月~10 月最小下泄 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，非丰水期 11 月~翌年 5 月最小下泄 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。

(4) 供水量调整

2016 年 11 月，可研报告提出 2030 年、2040 年多年平均供水量分别为 31815万 m^3 、 36753万 m^3 ；经死水位抬高、环保要求鱼类生态敏感期增加泄放生态流量过程等因素，2018 年 5 月优化后 2030 年、2040 年多年平均供水量分别降至 28177万 m^3 、 33570万 m^3 ；本次报告考虑下游东山、龙塘生态用水刚性约束要求和工程分期建设方案进一步优化后，2030 年、2040 年多年平均供水量再次降至 4698万 m^3 、 30508万 m^3 。

(5) 运行调度调整

本报告书修改之前，水库运行调度仅考虑防洪和兴利调度，未考虑生态用水刚性约束。本次优化后，补充了以生态流量优先，在满足迈湾、东山及龙塘断面生态流量刚性约束的前提下，进行水库防洪调度及供水、灌溉等兴利调度的调度原则。同时，对各控制断面生态用水刚性约束做了具体要求，详见 2.7.5 节。

2.7.4.2 工程规模

(1) 近期建设规模

迈湾水利枢纽工程正常蓄水位 101m ，回水长度 45.3km ，死水位 76m ，兴利库容 2.63亿 m^3 ，防洪库容 2.2亿 m^3 ，具有多年调节性能。电站总装机容量 40MW ，多年平均发电量 8810万 kW h 。

本工程枢纽主要由 1 座主坝、4 座副坝组成。主坝坝型为混合坝，建筑物自左到右依次为左岸粘土心墙堆石坝、左岸挡水坝段、溢流坝和放空底孔段、引水发电进水口坝段、右岸灌渠渠首进水口、右岸挡水坝段。主坝最大坝高为 78.5m ，坝顶长 376.5m 。7 座副坝最大坝高 23.5m ，总长 566m ，均采用均质土石坝。右岸渠首进水口布置在 10# 坝段，设计引水流量为 $13.53\text{m}^3/\text{s}$ 。左岸灌区渠首进水口布置在大坝上游左岸 1.2km 一个凸岸山体，进水口引用流量为 $25.78\text{m}^3/\text{s}$ 。灌区渠首、引水发电系统进水口均采用 7

层叠梁门分层取水，单节门高 5m。发电厂房布置 3 台容量 40MW 的发电机组。在右岸结合工程管理楼建设 1 座鱼类增殖放流站，放流规模为 50 万尾/年。

工程水库永久占地涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县土地面积共 4.30 万亩，主要为耕园地，淹没总人口 3848 人。工程施工总工期为 46 个月，首台机组发电工期 38 个月。工程总投资 72.56 亿元。

(2) 远期建设规模

迈湾水利枢纽工程正常蓄水位 108m，回水长度 50.6km，死水位 76m，总库容 6.15 亿 m³，兴利调节库容 4.78 亿 m³，防洪库容 2.2 亿 m³，具有多年调节性能。电站总装机容量 40MW，多年平均发电量 6485 万 kW h。

随着水位抬高，枢纽区增加建设 3 座副坝，其余同近期规模。

工程水库永久占地涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县土地面积共 6.56 万亩，主要为耕园地，淹没总人口 5503 人。工程施工总工期为 46 个月，首台机组发电工期 38 个月。工程总投资 97.88 亿元。

2.7.4.3 工程特性

本工程主要特性见表 2.7-10 所示。

迈湾水利枢纽工程主要特性表

表 2.7-10

序号及名称	单位	数量	备注
一、水文			
1.流域面积			
全流域	km ²	7033	
坝址以上	km ²	2466	含松涛
其中：松涛～迈湾区间	km ²	970	不含松涛
2.利用的水文系列年限	年	54	1955 年 6 月～2009 年 5 月
3.多年平均年径流量	亿 m ³	11.0(10.6)	天然(扣除松涛至迈湾区间耗水)
4.代表性流量			
多年平均流量	m ³ /s	34.9(33.6)	天然(扣除松涛至迈湾区间耗水)
	m ³ /s	86.3	天然(含松涛)
实测最大流量	m ³ /s	9300	龙塘站 2000 年 10 月 16 日
实测最小流量	m ³ /s	0	龙塘站 1973 年 2 月 7 日
调查历史最大流量	m ³ /s	14400	龙塘站 1772 年
5.泥沙			
多年平均含沙量	kg/m ³	0.044	
多年平均悬移质输沙量	万 t	5.20	
多年平均总年输沙量	万 t	6.24	

二、工程规模			
1.水库			
校核洪水位	m	110.94	P=0.02%
设计洪水位	m	110.52	P=0.2%
正常蓄水位	m	108.00/101.00	远期/近期
防洪高水位	m	110.51/106.56	远期/近期, P=1%
丰水期限制水位	m	104.50/96.00	远期/近期
死水位	m	76.00	
总库容	亿 m ³	6.15	P=0.02%校核洪水位以下库容
防洪库容	亿 m ³	2.20/2.62	远期/近期, 防洪高水位至丰水期限制水位
兴利库容	亿 m ³	4.78/2.63	远期/近期, 正常蓄水位至死水位
死库容(死水位以下)	亿 m ³	0.18	
正常蓄水位时水库面积	km ²	37.7/23.8	远期/近期
死水位时水库面积	km ²	2.94	
回水长度	km	50.6/45.3	远期/近期
库容系数	%	0.45/0.25	远期/近期
调节特性		多年	
2.供水灌溉			
生活工业供水保证率 P	%	95	历时保证率
农业灌溉设计保证率 P	%	80~90	年保证率
多年平均供水量(2030年)	亿 m ³	0.47	含灌溉
多年平均供水量(2040年)	亿 m ³	3.05	含灌溉
新增灌溉面积	万亩	18.93	远期
改善灌溉面积	万亩	18.64	远期, 含下游海口改善面积
置换面积	万亩	8.30	远期
3.防洪			
保护范围		3 市县城区	海口市、定安县、澄迈县城区
4.发电			
装机容量	MW	40	
多年平均发电量	万 kW h	6485/8810	远期/近期
年利用小时数	h	1621/2202	远期/近期
5.生态流量			
最小生态流量	m ³ /s	5.85/10.5	9月~翌年5月/6~8月
三、淹没损失及工程永久占地			
1.淹没影响土地(P=20%)	万亩	6.56/4.30	远期/近期
其中: 耕田	万亩	0.47/0.28	远期/近期
园地	万亩	3.69/2.56	远期/近期
林地	万亩	1.48/0.91	远期/近期
2.迁移人口(P=5%)	人	5503/3848	远期/近期
3.淹没区房屋	万 m ²	17.64/10.40	远期/近期
4.工程占地	亩	3647.81	

永久征地		2054.56	
临时征用		1593.25	
四、主要建筑物及设备			
1.主坝建筑物			
1)拦河挡水建筑物(主坝)			
型式		混合坝	主要为重力坝, 仅左岸连接段为粘土心墙堆石坝
地震基本烈度		7 度	
设计烈度		7 度	
坝顶高程	m	113.5	
最大坝高	m	78.5	
坝顶长度	m	376.5	其中粘土心墙堆石坝长 95m
2)泄水、放空建筑物			
①泄洪建筑物			
型式		溢流表孔	
堰顶高程	m	87.00	
泄洪孔尺寸		4 孔 13m×21m	孔数×宽×高
设计泄洪流量	m ³ /s	11000	P=0.2%
校核泄洪流量	m ³ /s	11200	P=0.05%
消能方式		戽流消能	
②放空底孔			
型式		放空底孔	
进口底板高程	m	65.50	
底孔尺寸		1 孔 3m×5m	孔数×宽×高
最大设计放空流量	m ³ /s	267.3	水库水位 89m
消能方式		挑流消能	
3)引水建筑物			
①发电引水系统			
设计引用流量	m ³ /s	102.65	
进水口底槛高程	m	70.0	
引水道型式		坝式进水口	
长度	m	29.15	
压力管道型式		坝后背管	
条数		3	
每条管长度	m	62.5	
内径	m	3.8/1.8	大机组管径/小机组管径
②右岸灌区渠首			
设计引用流量	m ³ /s	13.53	
进水口底槛高程	m	69.0	
引水道型式		坝式进水口	
长度	m	88.93	
压力管道型式		坝内穿管	

条数		1	
内径	m	2.2	
4)发电厂房			
型式		坝后式	
主厂房尺寸(长×宽×高)	m×m×m	65.6×46.84×50.0	
水轮机安装高程	m	55.82	
5)过鱼设施			
型式		升鱼机	集鱼系统、承鱼箱、门机等
诱鱼设施位置		发电厂房尾水附近	
2.副坝			
型式		均质土坝	
数量	座	7/4	远期/近期
坝顶高程	m	113.5	
最大坝高	m	23.5	
坝顶长度	m	566	
3.左岸灌区渠首			
设计引用流量	m ³ /s	25.78	
进水口底槛高程	m	69.0	
引水道型式		引水隧洞	
长度	m	991	
压力管道型式		隧洞	
条数	条	1	
内径	m	3.1	
4.主要机电设备			
发电机台数	台	2+1	18MW(大机)4MW(小机)
主变压器数量	台	2	S ₁₁ -40000/110, S ₁₁ -31500/110
5.开关站面积(长×宽)	m×m	28.8×10.6	
6.输电线电压	kV	110	
五、施工			
1.主体工程数量			含导流工程
土石方开挖	万 m ³	560.8	
填筑土方	万 m ³	73.8	
填筑石方	万 m ³	79.0	
碾压混凝土	万 m ³	51.5	
常态混凝土	万 m ³	50.8	
变态混凝土	万 m ³	1.8	
钢筋	t	16583	
帷幕灌浆	m	29941	
固结灌浆	m	59356	
2.主要建筑材料数量			
木材	万 m ³	0.15	

水泥	万 t	23.32	
钢筋	万 t	1.66	
3.所需劳动力			
总工日	万工日	120	
高峰工人数	人	1800	
4.供电	kW	4600	藤寨变电站 13km
5.施工导流			隧洞导流
6.总工期	月	46	
六、环保工程			
1.水环境保护工程			
砂石加工系统废水处理系统		DH 高效净化器	
混凝土系统废水处理系统		二级沉淀工艺	
含油废水处理系统		二级隔油沉淀池 处理工艺	
生活污水处理系统		地理式成套生活 污水处理设施	业主营地(工程管理楼)、主坝和副 坝生活办公区
2.下泄生态流量			
生态小机组	MW	4.0	设计引用流量 10.4m ³ /s
旁通管	型号	DN2200	旁通管布置于 1#大机组进水钢管 右侧
3.水温减缓措施			
分层取水设施	层数	7 层	左岸渠首进水口、右岸渠首及发电 引水进水口均采用 7 层×5m 叠梁 门分层取水
4.过鱼设施			
迈湾过鱼设施	型式	升鱼机系统	在坝区建设 1 座升鱼机系统
5.鱼类增殖放流站	万尾	50	
6.鱼类栖息地保护工程	处	1	腰子河支流栖息地保护
7.珍稀保护植物和古树保护工程	株	25	
8.“以新带老”工程			
松涛生态流量泄放设施		松涛大坝右岸设 生态电站	设计流量 18.34 m ³ /s，建设费用纳 入本工程
谷石滩过鱼设施	型式	鱼道方案	鱼道长 1054.5m
九龙滩过鱼设施	型式		鱼道长 1158.6m
七、经济指标			
1.静态总投资	亿元	97.88/71.23	远期/近期
其中环保投资	亿元	6.35	占近期工程总投资的 8.92%

2.7.5 调度运行方式

2.7.5.1 调度原则

以生态流量优先，在满足迈湾、东山及龙塘断面生态流量刚性约束的前提下，进行水库防洪调度及供水、灌溉等兴利调度。

2.7.5.2 生态调度

(1) 迈湾坝址处一般用水期（11月~翌年5月）保证最小下泄流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ ，鱼类生态敏感期（6~8月）保证最小下泄流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，9~10月最小下泄流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) 洪水调度中，在满足防洪调度要求下，中常洪水尽量按敞泄原则，来多少泄多少。6月、7月迈湾结合来水通过水库调度措施，适时各制造一次涨水过程。

(3) 枯水期12月~4月水库下游水量不低于现状值，即水库下泄流量不小于松涛~迈湾区间来水；在特枯时段或生态用水发生冲突时，迈湾水库结合来水及水库存蓄水量情况，适当增加下泄流量，满足东山、龙塘坝址生态用水刚性需求。

2.7.5.3 防洪调度

根据南渡江下游防洪断面防洪任务，迈湾水库防洪调度拟采用上游入库流量、下游控制站流量作为判别条件，进行分级限泄补偿调节。以控制龙塘断面100年一遇洪水洪峰流量消减到50年一遇洪峰流量及以下，定安和金江断面50年一遇洪峰流量消减到20年一遇洪峰流量及以下。下游防洪断面控制站以定安站作为流量判别控制站，洪水调度规则如下：

(1) 定安站处于涨水段

① 当定安站流量小于或等于 $5200\text{m}^3/\text{s}$ ，并且迈湾坝址来水小于或等于 $6160\text{m}^3/\text{s}$ 时，来多少泄多少，控制水库水位在汛限水位。

② 当定安站流量大于 $5200\text{m}^3/\text{s}$ 或迈湾坝址来水大于 $6160\text{m}^3/\text{s}$ 时，迈湾水库分级限泄：当迈湾水库入库流量小于等于 $2100\text{m}^3/\text{s}$ 时，迈湾水库下泄流量等于来水量；当迈湾水库入库流量大于 $2100\text{m}^3/\text{s}$ 并小于等于 $4300\text{m}^3/\text{s}$ 时，迈湾水库控制下泄 $2100\text{m}^3/\text{s}$ ；当迈湾水库入库流量大于 $4300\text{m}^3/\text{s}$ 并小于等于 $6400\text{m}^3/\text{s}$ ，迈湾水库控制下泄流量 $3300\text{m}^3/\text{s}$ ；当迈湾水库入库流量大于 $6400\text{m}^3/\text{s}$ 并小于等于 $7340\text{m}^3/\text{s}$ ，迈湾水库控制下泄流量 $4500\text{m}^3/\text{s}$ ；当迈湾水库入库流量大于 $7340\text{m}^3/\text{s}$ 并小于 $9380\text{m}^3/\text{s}$ ，迈湾水库控制下泄流量 $6500\text{m}^3/\text{s}$ ；当迈湾水库入库流量大于等于 $9380\text{m}^3/\text{s}$ （100年一遇洪水）或超过防洪高水水位（ 110.51m ），水库敞泄。

(2) 定安站处于退水段

① 迈湾水库尽快泄水，但不应大于迈湾入库洪峰。

② 当水库水位降至汛限水位时，来多少泄多少，维持水库水位为汛限水位；当处于汛末（10月中旬左右），视天气预报及坝址来水情况，迈湾水库维持当前水位，不再加大泄量，以利于水库回蓄至正常蓄水位。

2.7.5.4 兴利调度

(1) 供水灌溉调度

迈湾水库供水总的原则为：先利用各片区内本地水源，当本地水源供水不足时缺口优先考虑区间来水，最后再由迈湾水库进行调节。受水区调度方式如下。

① 近期调度

海口市及澄迈定安县主要包括南渡江下游海口和澄迈定安市县从南渡江取水的用户。首先利用迈湾~龙塘（金江、东山、定安）区间水量进行城镇生活和工业供水，当区间水量满足供水时，迈湾水库除下泄生态流量外，其余水量蓄到水库里；当区间水量满足不了供水时，缺水量反馈至迈湾水库，由迈湾水库进行供水。迈湾水库通过下泄流量由河道对下游进行补水，通过调整机组和旁通阀开度来满足要求水库的下泄流量要求。

② 远期调度

海口市及澄迈定安县：远期该区域调度方式与近期一致。

新建灌区：首先利用该区域范围内当地蓄引提及地下水水源进行供水灌溉，当地水源满足供水时，迈湾水库不向该区供水；当地水源满足不了供水时，缺水量反馈至迈湾水库，由迈湾水库进行供水。迈湾水库通过自流或提水由渠道输水至该区，水量的控制由渠首闸门或泵站调控。

当坝址来水满足上述受水区供水要求时，多余水量蓄到水库里；当坝址来水满足不了受水区供水要求时，由水库库容补充。

对于正常年份（来水丰于 $P=80\%$ ），生活、工业和农业供水按不消减用水进行供水；当遇见一般枯年（来水介于 $P=80\% \sim 95\%$ ），生活工业用水不消减，农业用水按 $60\% \sim 70\%$ 供给；当遇见特枯年（来水枯于 $P=95\%$ ），各业供水根据需求按消减后进行供水，生活工业用水按 70% 供给，农业用水按 50% 供给。供水优先顺序为优先保障海口市及澄迈定安县，其次为新建灌区；受水区内优先满足生活、工业供水，其次再是农业灌溉。

(2) 发电调度

本工程发电结合于供水要求进行，根据下游供水要求下泄的流量及生态流量（生态

流量通过机组发电后下泄)进行发电;水库蓄满后,弃水用于加大发电,直到机组满发为止。

2.8 工程布置及建筑物

2.8.1 主坝挡水建筑物

主坝坝顶总长 376.5m,坝顶宽为 10m,坝顶高程 113.5m,河床建基面高程为 43.5m,河床右岸局部最低建基面高程为 35m,最大坝高 78.5m。主坝共分 12 个坝段,自左至右依次编号为 1#~12#,其中左岸 1#坝段为粘土心墙堆石坝,长 95m,最大坝高为 65.0m;左岸 2#~4#挡水坝段长 69.25m;5#~8#坝段为溢流坝段和放空底孔段,长 86.25m,孔中分缝;9#进水口坝段长 34m;10#坝段为右岸灌渠渠首,长为 36m;右岸 11#~12#挡水坝段长 56m。

2.8.2 主坝泄水建筑物

泄水建筑物为溢流表孔,布置在 5#~8#坝段。溢流表孔共设 4 个,孔口尺寸为 13×21m,堰顶高程 87.0m,每孔设有弧形工作闸门,采用液压机操作,上游设平板检修门。闸墩为宽尾墩式,闸墩顶布置液压启闭机装置。坝顶设有工作桥和交通桥,交通桥宽 6m。溢流坝采用孔中分缝,墩顶上游布置坝顶公路桥梁。戽流消力池底板高程 40m,其后设斜坡消力坎,陡坎高度 8m,戽流消力池总长 54.7m。放空底孔由进口段、孔身、出口和泄槽四部分组成。进口段后设置平板事故门,孔身为 3m×6m,出口明流段采用半径为 25m 的反弧段和下游底流消力池顺畅相连。考虑放空底孔仅在水库水位低于 87m 高程时启用,放空流量为 267.3m³/s,下游水位约为 57.79m,采用挑流消能方式。

2.8.3 引水发电建筑物

(1) 总体布置

引水发电系统包括坝式进水口、坝内压力钢管及发电厂房。发电厂房为坝后式厂房,布置于下坝址右岸,位于 10#进水口坝段下游侧。变电站采用室内 GIS 型式,位于主机间上游副厂房内。电站厂房内装有两大一小三台混流式机组,电站总装机 40MW,其中大机组单机容量 18.0MW,小机组单机容量 4.0MW。副厂房布置在主机间及安装间上游,主变压器布置在主机间上游副厂房上游厂区。

1#大机组进水钢管右侧布置一条旁通管,用于供水及泄放生态基流。旁通管采用 DN2200 钢管,控制阀布置在安装间下部箱体 64.0m 层。厂房尾水管出口底高程为 48.72m,进厂公路布置于右岸,汽车可经由进厂公路直接驶入安装间。

(2) 引水发电系统

水电站大机组单机设计引用流量 $46.17\text{m}^3/\text{s}$ ，小机组单机设计引用流量 $10.4\text{m}^3/\text{s}$ ，总设计引用流量 $102.65\text{m}^3/\text{s}$ 。引水发电系统由坝式进水口和压力钢管组成，单元引水方式，一机一管。

进水口最小淹没深度为 2.7m ，进水口底板高程为 70.0m ，进水口采用叠梁门多层取水方式，布置于重力坝 9#坝段上，进水口顺水流向依次为拦污栅段、叠梁门段、进口段及渐变段。

拦污栅段对应大、小机组，共布置 3 孔耙斗槽和拦污栅槽，拦污栅段底板高程 70.0m 。拦污栅段后接叠梁门段，叠梁门最大挡水高程为 105.0m ，叠梁闸门按每台机 1 孔布置，孔口尺寸为 3.8m （宽） $\times 40\text{m}$ （高）、 1.8m （宽） $\times 40\text{m}$ （高），每扇分成 7 节，每节高度为 5m 。

叠梁门后为进口段，其底板高程 70.0m 。进口段布置一道事故工作门，事故工作门孔口尺寸分别为 $3.8\text{m}\times 5.7\text{m}$ （大机组）、 $1.8\text{m}\times 2.7\text{m}$ （小机组）。

(3) 发电厂房

电站厂房内布置单机装机容量为 18.0MW 的混流式水轮发电机组两台，单机装机容量为 4.0MW 的混流式水轮发电机组一台。厂房前缘总长 65.6m ，其中主机间长 44.6m ，安装间长 21.0m ，顺水流向长为 46.84m 。

(4) 变电站

根据电站在系统中的作用及装机规模，电站输送电压为 110kV 。发电机与主变压器的组合方式采用三机（大机+小机）一变的扩大单元接线。两台主变压器布置在位于主机间上游副厂房上游厂区，高程为 78.0m ，面积为 $27.0\text{m}\times 12\text{m}$ 。主变与重力坝之间有足够宽的主变运输通道。室内开关站 GIS 室，布置在主机间上游副厂房 83.0m 层，面积为 $29.0\text{m}\times 10.0\text{m}$ 。

2.8.4 灌区渠首

2.8.4.1 左岸灌区渠首

左岸灌区渠首进水口布置在大坝上游左岸 1.2km 一个凸岸山体。进水口引用流量为 $25.78\text{m}^3/\text{s}$ 。灌区渠首进水口采用叠梁门分层取水，采用岸塔式进水口，左岸进水塔底板高程为 69.0m ，塔顶高程均为 113.5m ，其塔身尺寸为 $26\text{m}\times 17\text{m}\times 44.5\text{m}$ （顺水流向长度 \times 垂直水流向宽度 \times 深度）。进水口布置有拦污栅、叠梁门、快速事故闸门，由塔顶门机启闭。拦污栅尺寸为 2 孔 $17\text{m}\times 44.5\text{m}$ （宽 \times 高），拦污栅段后接叠梁门段，叠梁门最大挡水高程为 104.0m ，叠梁闸门按每台机 1 孔布置，孔口尺寸为 3.1m （宽） $\times 35\text{m}$ （高），

每扇分成 7 节，每节高度为 5m。

灌区渠首引水隧洞采用圆形断面，洞径为 3.1m，混凝土衬砌厚度 0.4m。左岸灌区渠首引水隧洞纵向长为 991m，引至左岸山体另一侧冲沟出口。目前仅考虑把水库水位无消减水头引至洞出口，因此左岸灌区渠首洞出口不考虑消能措施。

2.8.4.2 右岸灌区渠首

右岸渠首进水口布置在 10#坝段，设计引水流量为 $13.53\text{m}^3/\text{s}$ 。渠首引水系统由坝式进水口和压力钢管组成，一管引水方式。进水口底板高程为 69.0m，进口从上游至下依次设置拦污栅、叠梁门、检修闸门及事故闸门，进口段及渐变段。叠梁门最大挡水高程为 104.0m，叠梁闸门按每台机 1 孔布置，孔口尺寸为 2.2m（宽） \times 35m（高），每扇分成 7 节，每节高度为 5m。

2.8.5 副坝建筑物

副坝由 7 座副坝组成，其中 1#~6#副坝位于宝岭坝址上游右岸 5.5km 处的黄岭农场牛坡园附近，7#副坝位于宝岭坝址上游左岸 700m 处。副坝均为均质土坝，其坝顶宽度为 10m，坝顶高程为 114.5m，防浪墙顶高程 115.7m。迎水侧坡比均为 1:3，背水侧坡比均为 1:2.75，迎水侧坡及背水侧坡当坡高超过 15m 时均在高程 105m 处设 5m 宽的马道。

根据分期建设方案，2#、5#、7#副坝在远期蓄水前建设，其余副坝与主坝同期建设。

2.9 施工规划

2.9.1 交通工程

(1) 永久进场公路

黄岭农场 21 队至坝址 7km 为崎岖山路，需改扩建以满足施工交通的需要。对此段山路进行改建，做为本工程永久进场道路，起点接于黄岭农场西侧的 Y133 乡道，沿原有机耕道路向北走向，途经藤寨乡，在 AK3+400 处开始与副坝址平行走向至牛坡园，然后沿原有乡村道路向西北走向至 AK7+100，最终向北走向，接下坝址管理区。

上主坝道路全长 8.56km，黄岭农场至 1#~7#副坝、1#~7#副坝至下主坝址左岸新村均为单向乡村道路，需要扩建成为双车道混凝土路面，扩建道路长 1.9km，四级道路标准，扩建后路面宽 6.5m。新村至坝顶之间需要新建混凝土路面，新建道路长 6.66km，四级道路标准，路面宽 6.5m。

(2) 场内交通工程

目前工程施工区左岸无对外连接交通道路，坝址右岸有简易乡村道路通过，左右岸交通无法沟通，因此施工期将右岸简易乡村道路改建为四级公路，满足工程施工期间及

运行期对外交通运输要求。

场内主干线路面宽 7.0m，路基宽 8.5m；场内支线公路按满足工程车辆单向运行要求考虑，采用四等级单车道公路设计标准设置，路面宽 4.0m，路基宽 5.5m。

本工程主坝区左岸施工道路 4250m，右岸施工道路 11650m，交通桥一座，长 150m。副坝区施工道路 5600m。

施工区临时施工道路一览表

表 2.9-1

道路编号		公路起止位置	长度(m)	路面宽度(m)	备注	
主坝区	左岸	1#	左岸 7#副坝至左岸灌溉渠首出口	1200	4	新建
		2#	导流隧洞进口至左岸灌溉渠首进口	1000	4	新建
		3#	左岸坝肩 114.5m 至通向左岸桥头 75m	750	7	新建
		4#	左岸坝坡 85m 至左岸桥头 75m	650	7	新建
		5#	左岸基坑 50m 至左岸桥头 75m	650	7	新建
		小计		4250		
	右岸	1#	右岸桥头 75m 至右岸基坑 50m	800	7	新建
		2#	施工布置区至 8#施工道路 110m	700	7	新建
		3#	永久进场公路至右岸桥头 75m	2000	7	新建
		4#	永久生活区至 3#施工道路 110m	600	7	新建
		5#	永久进场公路至右岸上游边坡 158m	300	4	新建
		6#	进场公路 195m 至右岸 230m	850	4	扩建
		7#	右岸桥头 75m 至 8#施工道路 170m	1400	7	新建
		8#	7#施工道路 140m 至 1#渣场内部	600	7	新建
		9#	7#施工道路 140m 至 3#渣场内部	1300	7	扩建
		10#	3#渣场内部	1000	7	新建
		11#	永久进场公路至 I 1 土料场	700	7	扩建
		12#	永久进场公路至施工布置区	1400	7	扩建
		小计		11650		
	交通桥		枢纽下游左右岸交通	150	7	扩建
副坝区	副 1#施工道路	石料场至砂石料加工区	4000	7	扩建	
	副 2#施工道路	骨料加工、毛料运输	800	7	新建	
	副 3#施工道路	3#副坝施工道路	800	7	新建	
	小计		5600			

2.9.2 料场规划

土料场位于坝址上游右岸约 340m 处的尖岭山东坡，长约 2km，宽约 1km~2km，地面高程 100m~200m，地形起伏相对较大，冲沟发育。区内大量种植橡胶树及木薯等。地表见零星碎石。土层主要为浅变质砂岩、炭质粉砂岩风化土，表层有少量残坡积土，

残坡积层厚 0.50m 左右，全风化土厚 10.0m~20.0m，局部稍薄。无用层厚约为 0.50m，有用层平均厚度约为 15.0m，交通条件较差。

石料场位于黄岭农场 8 队东南侧 1.6km 处，料场地形坡度 5°~10°，局部稍陡，地面高程约 140.0m~195.0m，山体北高南低。地表植被发育，根据前期开挖断面及现场钻孔揭露，残坡积层厚度约 0.6m~4.70m，下伏基岩岩性为花岗岩，岩体致密、坚硬、质脆，料场有用层分布范围较广，面积大，有用层厚而稳定，储量丰富。有简易公路通坝址附近，距离坝址约为 7.0km。

料场特性一览表

表 2.9-2

名称	位置	开采方式	开采量		开采高程	占地面积 (hm ²)
			自然方(万 m ³)	实方(万 m ³)		
土料场	位于下坝址上游右岸约 340m 处的尖岭山东坡	露采，顺一面坡自上而下分级开采	11.25	9.56	205m~175m	1.54
石料场	黄岭农场八队南侧，距坝址约 7.0km	露采，顺一面坡自上而下分级开采	138.88	181.93	175m~145m	8.72

2.9.3 施工总布置

2.9.3.1 施工布置分区规划

本工程施工分区主要分主坝区、副坝区两大块。

经环保优化，主坝区施工辅企、生活办公区和仓库等从左岸调整布置在右岸。混凝土拌和系统和水泥仓库布置在右岸，距离右岸坝肩 400m 处。经挖填平整后布置高程 110m~120m。副坝区施工辅企、生活办公区和仓库等布置在 3#副坝上游侧现有道路旁较开阔的平地上，石料场的临时设施与副坝区合并。主坝区与副坝区砂石加工系统共用，砂石加工系统布置在石料场附近。

(1) 砂石骨料加工系统

根据本工程布置特点、料场的选用及现场实际地形情况，结合施工总体布置和料场布置等因素，为减少征地、减少骨料运输距离，有利于砂石骨料加工，加工系统布置在 5#副坝、6#副坝坝前上游库区内，高程 90.0m~100.0m。砂石加工系统占地面积 20000m²。

(2) 混凝土拌和系统

根据地形和交通特征，本工程混凝土拌和系统集中布置在右岸坝肩附近，两岸共用一套混凝土拌和系统，占地面积 10000m²。净料堆场设于混凝土拌和系统附近，净料堆场占地面积 50000m²。

(3) 施工生活区和办公区

经过环保优化调整，根据坝址处地形条件，本工程施工生活区和办公区均布置于坝址右岸下游靠近 1#弃渣场处，布置高程 155m，前期需进行场地平整。生活区占地面积 25000m²，建筑面积为 10000m²；办公区占地面积 13000m²，建筑面积为 4500m²。

(4) 综合加工厂及机修厂

经环保优化调整，钢筋加工厂、木材加工厂、机械修配厂等布置在主坝右岸下游，此处前期需进行场地平整，该处施工布置区占地面积共计约 7100m²。机械设备停放场、机械修配厂位于右岸混凝土拌合系统东侧，前期需进行场地平整，该处施工布置区占地面积共计约 12000m²。金属结构拼装厂、机电设备拼装厂位于右岸临时道路左侧，占地面积共计约 6000m²。

(5) 仓库布置

为方便运输，工程综合仓库靠近加工厂布置，占地面积 2600m²。

坝区施工辅助企业、仓库及生活设施一览表

表 2.9-3

场区	项目	建筑面积(m ²)	占地面积(m ²)	备注
主坝区	施工生活区	10000	25000	均位于右岸
	施工办公区	4500	13000	
	净料堆场		15000	
	混凝土拌合系统	400	10000	
	钢筋加工厂	500	1500	
	木材加工厂	300	1000	
	机械修配厂	200	2000	
	施工机械停放场		10000	
	金结拼装厂	300	3000	
	机电设备拼装厂	300	3000	
	综合仓库	2000	2600	
	施工变电站	50	100	
	供水系统	250	2600	
	空压站	300	600	
	临时转料场		20000	与 1#弃渣场共用
	小计	19100	89400	
副坝区	砂石骨料加工系统	1000	50000	
	施工生活、办公区	1500	5000	
	钢筋加工厂	50	100	
	木材加工厂	50	100	
	施工机械停放场		5000	
	综合仓库	200	500	
	小计	2800	60700	

2.9.3.2 土石方平衡

枢纽工程土石方开挖总量为 743.2 万 m³ (含导流工程、土石料场开采, 实方, 下同), 其中主体工程土方开挖量 337.2 万 m³, 石方开挖量 184.1 万 m³, 导流工程 30.5 万 m³, 土料场开采 9.6 万 m³, 石料场块石开采 27.2 万 m³, 石料场骨料开采 154.8 万 m³。

主体建筑物土石方填筑量 175.8 万 m³, 直接或间接利用开挖料 129.9 万 m³; 导流工程土石方填筑量 32.9 万 m³, 直接或间接利用开挖料 32.9 万 m³; 主体建筑物及导流工程混凝土粗细骨料及级配料 145.6 万 m³。剩余建筑物开挖料 388.9 万 m³ 全部运至 1#~3# 弃渣场。

2.9.3.3 弃渣规划

本工程弃渣规划 3 个弃渣场进行堆放, 弃渣主要为大坝、厂房等水工建筑物基础开挖、导流建筑物开挖等, 本工程总弃渣量弃渣 388.9 万 m³ (折合松方 549.2 万 m³)。

工程设置的 3 个渣场位于坝址下游约 800m 的右岸山坳处, 利用相邻的 3 个山坳弃渣, 堆渣面积共 41.15 万 m², 渣场容量为 575 万 m³。1#渣场占地面积约 9.84 万 m², 堆渣量约 150 万 m³ (松方, 下同); 2#渣场占地面积约 2.15 万 m², 堆渣量约 36 万 m³ (松方); 3#渣场占地面积约 29.2 万 m², 堆渣量约 363 万 m³ (松方)。

各弃渣场布置参数表

表 2.9-4

渣场编号	堆渣面积 (万 m ²)	堆渣量 (万 m ³)	渣场容量 (万 m ³)
右岸 1#弃渣场	9.8	150	160
右岸 2#弃渣场	2.15	36	40
右岸 3#弃渣场	29.2	363	375
合计	41.15	549	575

注: 本表中数据均为松方

2.9.4 施工工厂设施

2.9.4.1 砂石骨料加工系统

本工程需要砂石成品料 145.6 万 t, 其中砂 41.6 万 t, 碎石 104.0 万 t。本工程混凝土所需的骨料全部采用人工骨料, 砂石料计划在料场旁加工, 然后通过汽车运到前方净料堆场。

根据本工程料场位置及特点, 砂石骨料加工系统位于黄岭八队附近, 距石料场开采作业面最近处大于 300m。生产规模按满足高峰月平均混凝土浇筑强度 4.5 万 m³ 设计, 粗骨料每天三班生产, 月工作 450h, 细骨料每天二班生产, 月工作 350h。

2.9.4.2 混凝土拌和系统

本工程拟布置两座拌和楼分别拌制碾压混凝土和常态混凝土，根据施工进度安排，碾压混凝土拌和系统按混凝土高峰月浇筑强度 3.9 万 m^3 设计，月工作 25 天，每天三班生产（20h），系统小时生产混凝土规模 $117\text{m}^3/\text{h}$ 。根据碾压混凝土小时生产规模，拟设置 HL75-3F1000L 拌和楼 2 座，单座小时生产能力分别为 $75\text{m}^3/\text{h}$ 。

2.9.4.3 综合加工厂及机修厂

综合加工系统主要包括钢筋加工厂、木材加工厂、修钎厂等，主要承担工程所需的钢筋的半成品和成品、木模板和细木制品的生产加工任务以及各类工程机械的修配任务。本工程施工工厂经优化调整，全部布置于右岸，通过前期岸坡开挖的弃渣料进行场地回填平整后修建。

2.9.4.4 风、水、电系统

(1) 供风系统

本工程供风点主要有主坝和电站厂房的岸坡和基础石方开挖及石料场开采等，拟在石料场及主坝右岸分别设置空压站一座。

(2) 供水系统

本工程施工期供料加工系统用水、土石副坝填筑用水及生活用水等。主坝和电站厂房施工区采用南渡江水对象主要是主坝、电站厂房的坝基石方开挖用水、混凝土拌和用水、混凝土主坝养护用水、砂石骨河水作为取水水源，副坝工程和砂石料系统附近支流抽取，设计最大供水能力 $1100\text{m}^3/\text{h}$ 。

(3) 供电系统

施工用电总负荷设备总额定容量为 8600kW ，施工电源从藤寨变电站引入引 35kV 线路，送电距离 13km 。另外，为满足工程临时停电应急之用，在拌和楼旁配备 250kW 柴油发电机一台。

2.9.5 施工导流

采用隧洞导流的方式，枯期利用上下游枯期围堰挡水，左岸导流隧洞过流；利用临时坝体挡水，导流隧洞和 5#~9#坝段缺口导流，缺口底高程 60m ，缺口宽度 78m ；二汛利用临时坝体挡水，导流隧洞和 5#~9#坝段缺口导流，缺口底高程 89m ，缺口宽度 64m 。根据已选定的施工导流方式，本工程主坝的具体施工导流程序如下：

施工准备期（第 1 年 11 月~第 2 年 11 月）利用原河床过流，期间主要施工导流隧洞同时完成大坝左右岸常水位以上岸坡土石方开挖和支护，其中汛前（7 月前），计划安

排导流隧洞进出口及洞身土石方开挖，期间利用进出口土石围堰挡水，8月~11月期间利用钢闸门封堵进口，出口全年土石围堰挡水，进行洞身衬砌混凝土施工。

一枯（第2年12月~第3年5月）利用导流隧洞过流，上下游枯期围堰挡水，期间主要完成1#~4#坝段、10#~12#坝段78.4m高程以下混凝土浇筑施工。其中11月底河道截流，12月中旬大坝上、下游枯期围堰形成挡水条件（围堰采用土石围堰），导流隧洞导流，开始进行大坝基坑开挖、基础处理和坝基混凝土浇筑。

一汛（第3年6月~第3年11月）利用临时坝体挡水，导流隧洞和5#~9#坝段缺口导流，缺口底高程60m，缺口宽度78m。期间1#~4#坝段、10#~12#坝段继续进行坝体混凝土浇筑施工。坝后电站厂房丰水期不施工。

二枯（第3年12月~第4年5月）利用导流隧洞导流，坝体挡水，大坝全线施工，其中5#~8#坝段完成89m高程以下混凝土浇筑施工、其余坝段均浇筑至107.5m高程。

二汛（第4年6月~第4年11月）利用导流隧洞和5#~9#坝段缺口导流，缺口底高程89m，缺口宽度64m。二丰水期间主要完成厂房机组安装及调试工作。

三枯（第4年12月~第5年4月）利用导流隧洞导流，临时坝体挡水。2月底前完成大坝全部混凝土浇筑施工并完成溢流坝段弧门安装及调试工作。3月初导流隧洞下闸蓄水，厂房具备发电条件，至第5年8月全部机组发电，工程竣工。

2.9.6 施工方法

2.9.6.1 碾压混凝土重力坝施工

碾压混凝土重力坝施工项目主要包括大坝土石方开挖、基础处理和大坝混凝土浇筑三部分。

大坝土石方明挖分为坝肩开挖和坝基开挖两部分，坝肩土方开挖采用2m³挖掘机挖装，5t自卸汽车出渣运至渣场。石方开挖采用潜孔钻钻孔爆破、开挖轮廓面采用预裂爆破，爆破后的石渣用88kw推土机推至下一层出渣道路，再用2m³挖掘机装渣、15t自卸汽车运至弃渣场。

大坝基础处理的施工程序为从上到下随开挖分层下降，对边坡进行支护处理，在大坝基础完成开挖后，浇筑大坝混凝土，当大坝坝体混凝土浇筑到一定的高度时，采用钻孔法进行有压重固结灌浆和坝肩接触灌浆；在廊道中进行帷幕灌浆和排水系统的施工，可与坝体混凝土浇筑同步。

本工程大坝混凝土碾压混凝土由设在右岸的两座HL75-3F1000L拌和楼生产，每浇筑层用振动碾进行碾压；对超过初凝时间的碾压混凝土临时施工缝采用高压水冲毛机进

行冲毛，碾压混凝土铺筑之前在老混凝土面上洒一层水泥及粉煤灰净浆。常态混凝土采用 20t 自卸汽车直接入仓或结合溜槽直接入仓，通过溜槽或塔式起重机吊卧灌将混凝土垂直输送至混凝土浇筑部位。

2.9.6.2 粘土心墙堆石坝施工

右岸碾压混凝土重力坝段与左岸岸坡混凝土压浆板同时施工→完成左岸岸坡部分帷幕灌浆施工→粘土心墙、坝体堆石料及两侧反滤料填筑施工。

粘土料从土料场开采，采用 2m³ 挖掘机挖装 15t 自卸汽车运至坝体填筑区。坝体堆石料填筑采用分段流水作业，2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车从右岸周转料场运至坝体填筑作业面，88kW 推土机摊铺平料，坝料填筑厚度 35cm~40cm，凸块振动碾碾压压实。骨料由砂石加工系统生产，采用小型移动式混凝土搅拌机拌制，胶轮车运输，人工入仓并用手持式振捣器振捣密实。帷幕灌浆采用 150 型地质钻机自下而上分段灌浆。

2.9.6.3 土石副坝施工

坝基地表土方开挖均采用 2m³ 挖掘机挖装 15t 自卸汽车运往转料场。帷幕灌浆采用 150 型地质钻机自下而上分段灌浆。本工程土石副坝不位于河床段，根据本工程施工导流程序安排，3#副坝需在二汛前完成施工，其余副坝建基面较高，可完全不受施工洪水影响，可全年施工，仅需在导流底孔封堵前完成施工即可。

坝体风化料填筑采用分段流水作业，2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车从主坝区将坝肩开挖料直接运至坝体填筑作业面，132kW 推土机摊铺平料，坝料填筑厚度 35cm~40cm，凸块振动碾碾压压实。堆石排水棱体填筑采用 2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车从石料场运输上坝，采用 74kW 推土机摊铺，14t~18t 自行式振动碾进退错距法压实。碎石、砂垫层及反滤料填筑采用 2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车从砂石加工系统运输上坝，人工摊铺，振动碾压实。坝体护坡面板混凝土浇筑分层施工，待已填筑坝体沉降完成后进行，混凝土由设在副坝施工区的 0.8m³ 混凝土搅拌机拌制，10t 自卸汽车运 1km 至卸料平台，溜槽入仓、滑模浇筑。

2.9.6.4 厂房施工

电站厂房土方开挖采用 2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车出渣运至弃渣场；石方开挖采用手风钻钻孔爆破，2m³ 挖掘机装 15t 自卸汽车运渣至弃渣场。厂房混凝土由设在右岸的 HL75-3F1000L 混凝土拌和系统生产，厂房底板部分混凝土采用 10t 自卸汽车运输，直接入仓。厂房底板上部一期混凝土采用 25t 履带吊配合一台塔机浇筑，塔机布置在尾水渠中，局部门机控制不到的部位采用混凝土泵入仓。混凝土用 6.0m³ 搅拌车运输至仓面，

运距 1.5km。二期混凝土分层浇筑，与机组埋件安装穿插进行，每台机组的二期混凝土尽量安排在厂房封顶之前进行，利用外部设备吊运混凝土入仓，厂房封顶之后，可利用桥吊、混凝土泵或人力推车输送混凝土入仓。

主要的施工机械设备汇总表

表 2.9-5

序号	设备名称	规格型号	单位	数量
1	挖掘机	1m ³ ~2m ³	台	15
2	装载机	2m ³	台	8
3	推土机	74kW、88kW、132kW	台	8
4	潜孔钻	YQ-100 型	台	12
5	手风钻		把	15
6	自卸汽车	10t、15t、20t	辆	63
7	履带吊	25t、50t	台	4
8	塔机	QTS1320	台	3
9	振捣器	22kW 插入式	台	12
10	混凝土泵	20m ³ /h	台	2
11	振动碾	BW202AD	台	3
12	小型振动碾	BW-755	台	3
13	凸块振动碾		辆	4
14	振动碾	14t~18t 自行式	辆	4
15	蛙式夯实机		辆	6
16	洒水车		辆	2
17	地质钻机	150 型	台	20
18	泥浆搅拌机		台	5
19	灌浆泵	中压灰浆	台	15
20	灰浆搅拌机		台	15
21	混凝土拌和楼	HL ₇₅ -3F1000L	座	2
22	混凝土拌和楼	HL ₇₅ -3F1000L	座	2

2.9.7 水库蓄水计划

根据本工程施工进度安排，计划于第 5 年 5 月 1 日开始下闸蓄水。根据初期蓄水时间，采用坝址 1955 年 5 月~2009 年 4 月共 54 年逐旬径流资料进行分析计算。根据坝址年径流设计值，选择 25%、50%、75% 典型年，分别为 2008 年 5 月~2009 年 4 月、1979 年 5 月~1980 年 4 月、2005 年 5 月~2006 年 4 月，并修正典型年逐旬来水过程得设计来水过程。根据设计逐旬来水过程及生态流量要求，计算库水位蓄至不同水位的时间。按水库丰、平、枯不同典型年逐旬入库流量推算，水库水位蓄至死水位（76m）总历时

为 15d~36d；水库水位蓄至死水位后，具备了向下游供水和机组发电条件；水库蓄水至正常蓄水位（101m）总历时为 184d~304d。

坝后电站厂房共 3 台机组，其中大机组单台机额定流量 $46.17\text{m}^3/\text{s}$ ，小机组单台机额定流量 $10.4\text{m}^3/\text{s}$ 。第 5 年 3 月~6 月底，期间通过完建 1 台大机组发电及生态基流电站旁通管下泄来水调蓄上游水位，控制上游水位不超过 88m 高程，如遇洪水，通过 3 孔溢流坝泄洪孔下泄洪水（其中 1 孔在上游检修钢闸门的保护下进行弧门安装施工）。待 3 孔溢流坝泄洪孔弧门安装完成后，可蓄水至正常蓄水位 108m 高程。

下闸蓄水过程及泄水建筑物情况一览表

表 2.9-6

高 程	蓄水量	库容	蓄水历时(d)			蓄至计划水位日期			备注
	(万 m ³)	(万 m ³)	P=25%	P=50%	P=75%	P=25%	P=50%	P=75%	
蓄至生态机组进水口水位 65.5m	186	186	6	7	9	5月6日	5月7日	5月9日	
水位 65.5m 蓄至死水位 76m	1642	1828	9	11	27	5月15日	5月18日	6月5日	
水位 76m 蓄至水位 87m (溢流坝堰顶高程)	5785	7613	24	40	71	6月8日	6月27日	8月15日	
水位 87m 蓄至水位 96m (汛限水位)	10582	18195	37	54	36	7月15日	8月20日	9月20日	
水位 96m 蓄至水位 101m	9966	28161	108	153	161	10月31日	第二年1月20日	第二年2月28日	
合计	28161		184	265	304				

2.9.8 施工总进度及总人数

根据施工总体进度安排，本工程施工总工期为 46 个月，其中施工准备期 11 个月，主体工程施工期 27 个月，工程完建期 8 个月。首台机组发电工期 38 个月。

根据进度和强度安排，本工程施工高峰月人数 1800 人。

2.10 建设征地及移民安置

根据工程建设条件，为降低移民补偿投资，采取分期建设方案，本小节内容以工程近期方案（正常蓄水位 101m）相关数据为主。

2.10.1 工程征占地

2.10.1.1 涉及行政区域

涉及屯昌、澄迈、琼中、儋州 4 个县（市），涉及中坤农场、西达农场、阳江农场 3 个国营农场。

2.10.1.2 实物指标

(1) 土地

工程近期方案（正常蓄水位 101m）水库淹没及影响区永久征收土地总面积 42961.16 亩，按地类划分，其中耕地 2843.34 亩，园地 25623.11 亩，林地 9148.35 亩，其他 5346.36 亩。

远期方案（正常蓄水位 108m）水库淹没及影响区永久征收土地面积 65609.89 亩，其中耕地 4657.09 亩，园地 36873.0 亩，林地 14830.74 亩，草地 1542.67 亩，住宅用地 513.29 亩，交通运输用地 553.42 亩，水域及水利设施用地 5761.72 亩，其他土地 877.96 亩。

(2) 人口

近期方案（正常蓄水位 101m）工程建设征地涉及搬迁现状总人口为 995 户 3848 人，其中农业人口 568 人，非农业人口 3280 人。

远期方案（正常蓄水位 108m）搬迁现状总人口 1441 户 5503 人。

(3) 房屋及专业项目设施

近期方案（正常蓄水位 101m）工程建设征地涉及征收各类房屋面积 103951.39m²。淹没影响四级公路 21.34km，机耕道 13.51km，桥梁 27 座（中型桥梁 2 座，小型桥梁 25 座），建设征地涉及影响通信线路 21.8km，其中影响电信线路 11.11km、移动线路 7.59km、联通线路 3.1km，有线电视网络线路 0.24km，10kV 输电线路 23.67km，中坤水电站（160kW）1 座，石弄花水电站（250kW）1 座，拦河闸坝 1 座，小学 1 所。

远期方案（正常蓄水位 108m）拆迁各类房屋面积 176508m²；淹没影响二级公路 0.51km，四级公路 31.97km，通信线路 29.30km，10kV 输电线路 34.05km 等。

2.10.1.3 枢纽工程建设占地

枢纽工程永久占地 2054.56 亩，其中耕地 64.85 亩，园地 903.45 亩，林地 941.09 亩，草地 39.55 亩，住宅用地 1.69 亩，交通运输用地 37.57 亩，水域及水利设施用地 59.52 亩，其他土地 6.84 亩。拆迁各类房屋 147.34 m²。临时占地 1593.25 亩，其中耕地 71.07 亩，园地 871.77 亩，林地 632.1 亩，荒草地 0.54 亩，交通运输用地 17.77 亩。枢纽工程建设占地涉及澄迈县和屯昌县。

2.10.2 移民安置规划

(1) 生产安置

① 近期方案

规划水平年库区农村生产安置人口为 398 人，安置方式采用调剂土地和货币安置。

规划水平年 3 个国营农场农垦职工生产安置总人数为 1605 人，其中中坤农场 1133 人，西达农场 463 人，阳江农场 9 人。安置方式采用内部调剂耕园地、一次性货币补偿、购买社会养老保险、生产岗位调整等。

库区淹没影响农村移民生产安置规划表

表 2.10-1

县	镇	权 属		规划水平年生产 安置人口（人）	生产安 置方式
		村委会	村民组		
屯昌	南坤	加总村委	合水	185	调剂土地
			荔枝埭	19	货币安置
			小计	204	
		岭坡村委	六社	8	货币安置
			十四社	3	货币安置
			小计	11	
		新风村委	一社	4	货币安置
			二社	4	货币安置
			小计	8	
		石雷村委	一社	4	货币安置
		石岭村委	大埭坡	61	货币安置
分计			288		
琼中	黎母山镇	大木村委	大木	58	货币安置
			山心田	1	货币安置
			小计	59	
		松涛村委	一、二社	41	货币安置
			番企	8	货币安置
			小计	49	
		合救村委	合救	1	货币安置
分计			109		

儋州	兰洋镇	水南村委	水南	1	货币安置
澄迈	交通局	航运公司	六克农场	/	货币安置
合计				398	

农垦职工生产安置规划表

表 2.10-2

权属单位		职工生产安置人数(人)	安置规划	
农垦集团	中坤	农村并场队	627	采取农垦内部调剂耕园地 1500 亩安置
			41	采取一次性货币补偿自行安置
		小计	668	
		农场社区	281	采取一次性货币补偿自行安置
			92	采取购买养老保险安置
		小计	373	
		海胶分公司	92	采取农垦内部调整工作岗位安置
	合计		1133	
	西达	农村并场队	184	采取农垦内部调剂耕园地 450 亩安置
			114	采取一次性货币补偿自行安置
		小计	298	
		农场社区	105	采取一次性货币补偿自行安置
		海胶分公司	60	采取农垦内部调整工作岗位安置
	合计		463	
阳江	海胶分公司	9	采取海胶内部调整工作岗位安置	
总计		1605		

② 远期方案

规划水平年库区农村生产安置人口为 610 人，其中屯昌县南坤镇 448 人、琼中县黎母山镇 159 人、儋州市兰洋镇 3 人。建设征地涉及 3 个国营农场农垦职工生产安置总人数为 2043 人，其中中坤农场 1453 人，西达农场 575 人，阳江农场 15 人。

(2) 搬迁安置

① 近期方案

至规划水平年农村移民搬迁总人口为 94 户 495 人，其中屯昌县南坤镇加总村委会合水小组 73 户 393 人、澄迈县航运开发公司 21 户 102 人。结合生产安置方案，农村搬迁安置人口（规划水平年）495 人。合水村民小组采取集中安置方式、澄迈县航运开发公司采取自行投亲靠友安置方式。修建集中居民点 1 个。

至规划水平年农垦移民搬迁总人口为 911 户 3553 人，其中中坤农场 599 户 2306 人、西达农场 312 户 1247 人。采取集中安置和投亲靠友自行安置 2 种方式，修建居民点 6 个。

农村淹没搬迁人口安置规划表

表 2.10-3

镇	村委	村小组	序号	项目	安置规划
南坤镇	加总	合水	1	安置点名称	加总农场水井沉香园地
				安置地块权属	南坤镇加总农场
				土地现状	沉香、橡胶
				安置对象	南坤镇加总村委合水村小组
				安置方式	集中建房
				安置人口	393 人
				安置点面积	47.16 亩

农垦淹没搬迁人口安置规划表

表 2.10-4

农场	序号	项目	安置规划
中坤	1	安置点名称	机关干部荔枝园
		安置地块权属	中坤农场
		土地现状	荔枝园、槟榔园、橡胶园
		安置对象	中坤 11 队、12 队、19 队、20 队、36 队、37 队、46 队、41 队、40 队、39 队、38 队、侨队、石弄花队以及中坤水电站队共 14 个连队继续从事生产劳动移民
		安置方式	集中建房
		安置人口	202 户 738 人
		安置点占地面积	88.56 亩
	2	安置点名称	中坤场部派出所右侧
		安置地块权属	中坤农场
		土地现状	荒草地（已填土）
		安置对象	中坤 11 队、12 队、19 队、20 队、36 队、37 队、46 队、41 队、40 队、39 队、38 队、侨队、石弄花队以及中坤水电站队共 14 个连队的离退休职工
		安置方式	集中建房
		安置人口	537 人
		安置点占地面积	64.44 亩
	3	安置点名称	牛公岭山脚水塘旁
		安置地块权属	中坤 29 队
		土地现状	槟榔园
		安置对象	石弄花队部分移民
		安置人口	146 人
		安置方式	集中建房
	4	安置点名称	美马桥附近（黄岭胶厂对面）
安置点占地面积		17.52 亩	
黄岭	4	安置点名称	美马桥附近（黄岭胶厂对面）

		安置地块权属	黄岭三队
		土地现状	橡胶园、槟榔
		安置对象	黄岭 23 队、8 队、7 队、6 队、新村大部分
		安置人口	822 人
		安置方式	集中建房
		安置点占地面积	98.64 亩
	5	安置点名称	黄岭 20 队岭排山脚
		安置地块权属	黄岭 20 队
		土地现状	橡胶园
		安置对象	黄岭新村部分受淹人口
		安置人口	63 人
		安置方式	集中建房安置
	西达	6	安置点名称
安置地块权属			西达农场南大队
土地现状			橡胶园
安置对象			西达农场大丘田队、红门队、红旗队、红泉队、加类队、昆仑 26 队
安置方式			集中建房
安置人口			1247 人
安置点占地面积			149.64 亩

② 远期方案

规划水平年搬迁安置人口 5795 人，其中农村部分 935 人，农场部分 4860 人。采取集中安置（建房人数 ≥ 50 人）、就地后靠安置和自行投亲靠友安置 3 种方式。修建居民点 11 个，其中修建集中居民点 9 个，就地后靠建房 2 个；投亲靠友安置 1 个。

2.10.3 专业项目处理

近期建设 101m 方案规划迁改建道路全长 61.66km，其中四级路迁改建 19.16km（包括改造公路 9.71km，新建公路 9.45km），机耕路 42.5km（包括新建道路 42.5km），迁改建桥梁 3 座 204 延长 m，其中，中桥 2 座 172 延长 m，小桥 2 座 32 延长 m；规划新建渡口 20 处。建设征地涉及影响通信线路 29.291km，库区淹没有线电视网络线路 0.243km，建设征地涉及影响 10kV 线路 34.05km，拟进行迁改建；水库淹没涉及中坤水电站（装机容量为 260kW）、石弄滩水电站（装机容量为 250kW）以及西达农场红泉水电站的拦河坝，均规划采用一次性补偿；根据海南省文物局《关于提交〈海南迈湾水利枢纽工程建设征地范围内文物影响评估报告〉的函》琼文物〔2012〕39 号，工程区域存在“番企桥”、“松

涛日本桥墩”两个文物点，规划进行原址加固保护。

远期建设方案影响的公路和高压输电线路长度有所增加，复改建方案及方式、标准与正常蓄水位 101m 时一致。

2.11 工程投资

本工程近期建设静态总投资 71.23 亿元，远期静态总投资为 97.88 亿元

3 工程分析

3.1 工程环境合理性分析

3.1.1 与政策及法律符合性分析

3.1.1.1 与产业政策符合性分析

迈湾水利枢纽为南渡江流域规划的工程之一，其开发任务是以防洪、供水、灌溉为主，兼顾发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件。根据《产业结构调整指导目录（2013年修正版）》，本工程属鼓励类中水利项目第12项“综合利用水利枢纽工程”，其建设符合国家产业政策。

3.1.1.2 与国家水利发展改革政策符合性分析

根据《中共中央国务院关于加强水利改革发展的决定》要求，力争通过5年到10年努力，从根本上扭转水利建设明显滞后的局面。到2020年，基本建成防洪抗旱减灾体系，重点城市和防洪保护区防洪能力明显提高，抗旱能力显著增强。本工程建成后，具有将南渡江下游海口和府城地区的防洪标准由50年一遇提高至100年一遇，将其他主要防护对象的防洪标准由20年一遇提高到50年一遇，防洪能力明显得到提高。工程建设符合国家关于水利改革发展的要求。

3.1.1.3 与国家水利工程建设部署符合性分析

2014年5月，国务院部署加快推进重大水利工程建设，按照统筹谋划、突出重点的要求，在今明年(注：2014年、2015年)和“十三五”期间分步建设纳入规划的172项重大水利工程。迈湾水利枢纽工程是国家确定近期建设的172项重大水利工程之一，其建设符合国家水利工程建设部署。

3.1.1.4 与饮用水水源保护相关法律符合性分析

本工程补建松涛生态流量泄放设施位于松涛大坝右侧，其中进水渠、取水塔、部分隧洞段涉及松涛水库水源保护区准保护区。

根据《中华人民共和国水污染防治法》(2018年1月1日起施行)第六十七条规定，“禁止在饮用水水源准保护区内新建、扩建对水体污染严重的建设项目；改建建设项目，不得增加排污量。”

该设施在运行过程中不产生污染物。施工过程中通过采取措施，对施工污废水处理回用，禁止排放。加强施工管理，保护该饮用水水源水质。工程建设符合相关法律规定。

3.1.1.5 与海南省生态红线及其管理规定的协调性分析

(1) 水库淹没涉及红线区情况

2016年9月18日，海南省人民政府发布《关于划定海南省生态保护红线的通告》（琼府[2016]90号），根据生态红线区内各生态系统组成、结构特征以及主导生态服务功能的保护需求，将海南省级生态红线区划分为I类禁止线区与II类限制红线区。根据叠图分析，本工程不涉及I类禁止线区，但涉及II1海南岛生物多样性保护II类红线区、II2海南岛水源保护与水源涵养II类红线区、II3海南岛防洪调蓄II类红线区、II4海南岛水土保持II类红线区。通过叠图量算，迈湾近期正常蓄水位101m，涉及II类限制红线区面积12.86km²，占南渡江流域II类红线区总面积(500.27km²)的2.57%；迈湾水库远期正常蓄水位108m，涉及II类限制红线区面积16.26km²，占南渡江流域II类红线区总面积(500.27km²)的3.25%。

(2) 与《海南省生态保护红线管理规定》的符合性分析

《海南省生态保护红线管理规定》于2016年7月公布，并自2016年9月1日起施行。该规定第二十条提出，II类生态保护红线区内禁止工业、矿产资源开发、商品房建设、规模化养殖及其它破坏生态和污染环境的建设项目。确需在II类生态保护红线区内进行下列开发建设活动的，应当符合省和市、县、自治县总体规划：（一）经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设；（二）湿地公园、地质公园、森林公园等经依法批准、不破坏生态环境和景观的配套旅游服务设施建设；（三）经依法批准的休闲农业、生态旅游项目及其配套设施建设；（四）经依法批准的河砂、海砂开采活动；（五）军事等特殊用途设施建设；（六）其他经依法批准，与生态环境保护要求不相抵触，资源消耗低、环境影响小的项目建设。

迈湾水利枢纽工程具有防洪、供水、灌溉、发电、生态保护等任务，属于国家和海南省重点项目，该工程涉及II类生态保护红线区，按照规定取得相关政府部门批准的前提下，符合《海南省生态保护红线管理规定》中的“经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设”要求。

3.1.2 与海南省发展政策及相关规划符合性分析

3.1.2.1 与《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》符合性分析

根据《国务院关于推进海南国际旅游岛建设发展的若干意见》（国发[2009]44号），要求加强能源、水利等基础设施建设，包括“加强城镇和主要园区、景区的供水工程建设。加快实施农村饮水安全工程，到2013年全面解决饮水安全问题”。供水是本工程的

主要开发任务之一，因此符合国家对海南省建设发展政策要求。

3.1.2.2 与《海南国际旅游岛建设发展规划纲要》符合性分析

根据《海南国际旅游岛建设发展规划纲要(2010-2020)》，要求强化水资源保障，集中推进重大水利工程建设，构建开源与节流并重、保护与开发相结合的水资源利用体系和监测预报与预警先行、防范与治理为一体的水灾害防治体系。

合理开发利用水资源。严格加强水资源管理，推进节水型社会建设。重点实施一批水源工程、节水灌溉工程，合理规划、有效拦蓄和利用地表水，规范开采地下水，扩大利用海水，增加供水能力，提高用水效率。开工建设红岭水利枢纽，做好灌区工程前期工作，适时开工建设；做好迈湾、天角潭等水库工程的前期准备工作，论证后适时开工建设，基本解决海南岛的工程性缺水问题。

迈湾水利枢纽工程作为该纲要中的重大水利工程，建成后可解决区域和流域工程性缺水问题，因此工程建设符合该纲要的要求。

3.1.2.3 与《海南省总体规划（2015-2030）》符合性分析

根据《海南省总体规划（2015-2030）》设施建设要求，“积极推进已列入国务院 172 项节水供水重大水利工程的红岭灌区工程、海口市南渡江引水工程、迈湾水利枢纽工程和天角潭水利枢纽工程。”可见，本工程已纳入海南省中长期总体发展规划体系中。

3.1.2.4 与《海南生态省建设规划纲要（2005）》符合性分析

根据《海南省总体规划（2015-2030）》，总体目标为“用 20 年左右的时间，在环境质量保持全国领先水平的同时，建立起发达的资源能源节约型生态经济体系，建成布局科学合理、设施配套完善、景观和谐优美的人居环境，形成浓厚的生态文化氛围，使海南成为具有全国一流生活质量、可持续发展能力进入全国先进行列的省份。”“纲要”要求对热带天然林进行封山管护，对已开垦的生态敏感区域实施退耕还林；加强基础设施建设，加强对工业和生活污染的治理，保障河流源头的水量 and 水质。

迈湾水利枢纽工程的开发建设可解决琼北地区的水资源供需矛盾，保护南渡江下游地区的防洪安全，对促进生态保护发展具有积极意义。工程水库淹没、枢纽建筑物占地、大坝阻隔等对生态环境产生一定影响，工程施工及移民安置过程产生污废水和水土流失影响，通过避让、减缓、恢复和重建的保护原则，采取植被修复、建设过鱼设施和鱼类增殖放流设施、污水处理设施、分层取水设施等，可最大程度上减缓对区域和流域环境的影响。

可见，本工程建设符合海南省经济快速发展、琼北地区供水安全及南渡江下游地区

防洪安全需要，有利于海南生态省的建设。

3.1.2.5 与《海南省水资源综合规划》符合性分析

2005年5月中国水利水电科学研究院编制完成了《海南省水资源综合规划》，报告提出，2021年~2030年从工程和调度管理上构建完成全岛现代化的水资源调控体系，重点实施项目包括：完成松涛、大广坝以及红岭三大灌区的续建配套建设；建成迈湾水利枢纽，基本解决南渡江中下游防洪、供水、河道及河口生态保护问题。可见，本工程已纳入海南省水资源综合规划中。

3.1.3 与社会经济及地方相关规划的符合性分析

3.1.3.1 与国民经济和社会发展规划的符合性分析

(1) 与国家社会经济相关规划的符合性

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出，“加快完善水利基础设施网络，推进水资源科学开发、合理调配、节约使用、高效利用，全面提升水安全保障能力”。“科学论证、稳步推进一批重大引调水工程、河湖水系连通骨干工程和重点水源等工程建设，统筹加强中小型水利设施建设，加快构筑多水源互联互通、安全可靠的城乡区域用水保障网。因地制宜实施抗旱水源工程，加强城市应急和备用水源建设。科学开发利用地表水及各类非常规水源，严格控制地下水开采。推进江河流域系统整治，维持基本生态用水需求，增强保水储水能力。”

迈湾水利枢纽工程是海南省重点水源配置工程，科学开展本工程建设对提高下游供水保证率、完善海南省用水保障网具有重要作用。工程建设的同时已考虑下泄生态流量，用于保障下游河道生态用水要求。可见，本工程建设符合我国“十三五”国民经济和社会发展规划纲要。

2012年的《全国“十二五”大型水库建设规划》将迈湾水利枢纽列为近期（2011年~2015年）拟建的重点水库，工程以灌溉、供水、防洪为主，结合发电等综合利用。

(2) 与海南省十三五规划纲要的符合性

《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》提出了优化空间布局，实施以路网、电网、光网、气网、水网“五网”为核心的重大基础设施工程，全面提升城乡公共设施和基础设施现代化水平。实施全省水系连通建设工程，建设红岭灌区、南渡江引水、迈湾水利枢纽、天角潭水利枢纽等工程，做好大广坝灌区、松涛灌区续建配套与节水改造工程，推进昌化江、南渡江、万泉河等重要江河水环境保护与流域综合整治工程。

可见，本工程已经纳入海南省国民经济和社会发展十三五规划。

3.1.3.2 与海南省水资源保护规划的符合性

《海南省水资源保护规划》提出，近期到 2020 年，海南省主要江河湖库水功能区水质明显改善，水功能区水质达标率提高到 87% 以上，城镇供水水源地水质全面达标；地下水超采得到全面遏制，集中式地下水饮用水水源地水质全面达标；主要江河湖泊水生态系统得到基本保护，河湖生态水量得到基本保证；重要生态保护区、水源涵养区、江河源头区和湿地得到有效保护；受损的重要地表水和地下水生态系统得到初步修复，水生态恶化的趋势得到遏制；基本建成水资源保护和河湖健康保障体系。远期到 2030 年，海南岛江河湖库水功能区基本实现达标，水功能区水质达标率提高到 95% 以上，主要污染物入河湖总量控制在水功能区纳污能力的范围之内，水库、湖泊等水体富营养化状况得到显著改善；地下水水质显著改善；主要江河湖泊水生态系统得到全面保护，河湖生态水量得到全面保证；受损的重要地表水和地下水生态系统基本得到修复；建立完善的水资源保护和河湖健康保障体系，保障水资源和水生态系统的良性循环，以水资源的可持续利用支撑经济社会的可持续发展。

本工程建成后，通过库区水质管理，可以防止水体富营养化，维持水库水质达标。通过水库的水量调节并下泄生态流量，可以保障下游地表水生态系统需水要求。工程通过向周边区域供水，为社会经济的可持续发展提供重要的支撑作用。因此，工程建设符合《海南省水资源保护规划》。

3.1.3.3 与相关区划符合性分析

(1) 与主体功能区规划符合性分析

根据《全国主体功能区规划》和《海南省主体功能区划》，本工程位于限制开发区，包括“海南、云南和广东的天然橡胶产业带，海南的热带农产品产业带”以及库尾所涉及的琼中县位于“海南岛中部山区热带雨林生态功能区”，其定位分别为：保障农产品供给安全的重要区域，农村居民安居乐业的美好家园，社会主义新农村建设的示范区；保障国家生态安全的重要区域，人与自然和谐相处的示范区。本工程近期建设方案（正常蓄水位 101m）占用耕地 2843.34 亩，园地 25623.11 亩，林地 9148.35 亩；远期建设方案（正常蓄水位 108m）占用耕地 4721.94 亩，园地 37776.45 亩，林地 15771.83 亩，工程建设对区域农产品有一定影响。

本工程建设符合主体功能区划中能源与资源方面要求，即“浙江、福建、广东、广西及海南岛等沿海地区，要提高水资源调配能力，保障城市化地区用水需求，解决季节性缺水。”工程建成后有利于增强区域和流域的水资源调配，增强本功能区内的热带农

产品产业带提供水资源保障能力。

因此，迈湾水利枢纽工程不涉及禁止开发区域，工程建设对农产品产业有一定影响，但有利于区域、流域的水资源的合理调配，总体上符合《全国主体功能区规划》相关要求。

(2) 与《全国生态功能区划》符合性分析

2015年11月，原环境保护部发布《全国生态功能区划（修编版）》，全国生态功能区划包括生态功能区242个，其中生态调节功能区148个、产品提供功能区63个，人居保障功能区31个。

迈湾水利枢纽工程主要涉及“II-01-27 海南环岛平原台地农产品提供功能区”，该类型区的生态保护主要方向是：严格保护基本农田，培养土壤肥力；加强农田基本建设，增强抗自然灾害的能力；加强水利建设，大力发展节水农业；种养结合，科学施肥；发展无公害农产品、绿色食品和有机食品；调整农业产业和农村经济结构，合理组织农业生产和农村经济活动等。

迈湾水利枢纽工程具有供水、灌溉、防洪等功能，工程建设符合《全国生态功能区划》要求的加强水利建设以及增强抗自然灾害（洪水）能力的要求。

(3) 与《海南省生态功能区划》符合性分析

《海南省生态功能区划》按地貌、水热组合等自然条件划分出海南海岸带生态区(I)；海南环岛台地、平原生态区(II)；海南中部山地生态区(III)；南海海域和南海诸岛岛屿生态区(IV)共4大生态区，并细划为10个生态亚区（表6-2）和38个生态功能区。

迈湾水利枢纽工程主要涉及“II 海南环岛台地、平原生态区”-“II-2 琼北南渡江中下游热带雨林生态亚区”-“II-2-3 定安屯昌台地农牧业发展生态功能区”，其主要生态系统服务功能为社会生产的生态系统产品服务、防洪蓄洪等水文调蓄和水土流失控制，主要产业发展方向为热带高效农业和农产品加工业、淡水养殖业和畜牧业。

本工程主要任务为防洪、供水和灌溉，工程建成后可为下游区域提供防洪蓄洪等水文调蓄服务，符合功能区划的生态系统服务功能要求；通过合理的水资源调配，可为发展热带高效农业和农产品加工业、淡水养殖业和畜牧业等提供必备的条件。可见，本工程的建设符合《海南省生态功能区划》的相关要求。

本工程所涉及的生态功能区划简表

表 3.1-1

生态功能分区单元			所在区域与面积	主要生态	生态环境	主要生态系统服务功能	主要生态保护措施	产业发展
生态区	生态亚区	生态功能区		环境问题	敏感性			方向
II 海南环岛台地、平原生态区	II-2 琼北南渡江中下游热带季雨林生态亚区	II-2-3 定安屯昌台地农牧业发展生态功能区	包括定安南部、屯昌的绝大部分和琼中北部等区域，面积 2232.72km ² 。	生活污水和农业面源污染，地力有所下降	水土流失、土地贫瘠化	社会生产的生态系统产品服务、防洪蓄洪等水文调蓄和水土流失控制	农业面源污染控制，合理利用土地，大力植树造林，治理城镇生活污染	热带高效农业和农产品加工业、淡水养殖业和畜牧业

3.1.4 与流域相关规划的符合性分析

3.1.4.1 与流域综合规划的符合性分析

(1) 与规划对本工程任务定位的符合性及其合理性分析

《南渡江流域综合规划（修编）》报告提出，“迈湾水库至松涛大坝区间集雨面积 970km²，其主要任务是为南渡江中、下游地区提供灌溉、城市生活、工业用水，兼有发电、滞洪等综合效益，能较多地提高下游沿江市镇防洪标准。”

本工程可行性研究阶段提出，工程开发任务为以防洪、供水、灌溉为主，兼顾发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件。

① 防洪任务符合性和环境合理性

1) 任务符合性

规划提出，“在各防洪保护区修筑防洪堤防的基础上，流域上中游通过松涛、迈湾等大型水库以及其他一系列中、小型水库的蓄、滞洪作用，可以大大减轻下游的防洪压力，特别是待建的迈湾水库预留有充足的防洪库容，具有非常强大的洪水调节能力，因此能够大幅度提高其下游河道堤防的防洪标准。”“松涛、迈湾水库联合运行，可使下游海府地区现 50 年的防洪标准提高为 100 年，定城镇现 20 年防洪标准提高为 35 年，金江镇现 20 年防洪标准提高为 50 年。”

可研阶段分期建设方案提出，本工程设置防洪库容 2.62 亿 m³(近期，远期为 2.20 亿 m³)，工程建成后可将海口地区的防洪标准整体提高到 100 年一遇，沿岸的澄迈和定安城区提高到 50 年一遇。从而完善流域防洪工程体系，实现下游的防洪目标。

可见，本工程设计阶段通过设置合理防洪库容，可以实现规划阶段对迈湾水库的任务要求，防洪任务能够满足规划定位要求。

2) 环境合理性

洪水对河流及其栖息生物具有重要的生态学意义，能够促进生物的扩散、水陆物质交流等。工程水库实施洪水调度，对流域的洪水进行拦蓄，在提高防洪标准的同时，也可能带来相应的环境问题。本工程洪水调度提出，对中常洪水尽量按敞泄原则，该调度规则可以显著减少防洪调度对河流生态系统的影响。可见，本工程的防洪功能在环保角度是合理的。

② 供水和灌溉任务符合性

1) 任务符合性

规划阶段提出，为保障南渡江下游地区供水，向澄迈、屯昌、定安、海口地区供水，迈湾水库设置总库容 8.87 亿 m^3 ，其中兴利库容 3.723 亿 m^3 ，设计供水能力 11.05 亿 m^3 。规划报告水资源配置内容中未明确迈湾灌溉任务中具体灌区的划分，但在总体规划方案中提出了“通过松涛水库和新建迈湾水库沿线串、并联各级水库补偿调节向海南岛西北部水资源分区调水，解决海口市、儋州市、临高县和澄迈县等部分流域外区域的缺水问题。”

本工程可研阶段设置总库容 6.15 亿 m^3 ，其中兴利库容 4.78 亿 m^3 ，2030 年设计多年平均供水量 0.47 亿 m^3 。迈湾水利枢纽的供水灌溉范围为海口-松涛、海口-其它、澄迈-迈湾、定安-迈湾、屯昌-迈湾分区。新增灌溉面积 18.93 万亩、改善灌溉面积 18.64 万亩，置换松涛灌区面积 8.30 万亩。

可见，本工程可行性研究阶段结合了琼北地区水资源配置成果，统筹考虑了南渡江流域供水能力和琼北区域水资源需求，减小了总库容，可研阶段的近期设计供水量 0.47 m^3 、远期设计供水量 3.05 亿 m^3 ，低于规划阶段的 11.05 亿 m^3 供水能力，总体上符合规划任务定位要求。

2) 环境合理性

水库供水灌溉将导致流域水资源利用率进一步加大，减少下游水量，可能产生水环境和水生态等问题。本工程已在充分考虑满足下游生态用水刚性约束的前提下进行调水，同时考虑在置换松涛供水的同时，由松涛坝址断面补建生态流量泄放实施；在水库兴利调度过程，优先考虑满足生态用水需求。因此，在本报告提出的保障生态流量前提下，水库供水灌溉功能是合理的。

③ 发电任务符合性

1) 任务符合性

规划阶段，迈湾为干流 5 个水能资源开发梯级中的第二级，规划装机容量 75.0MW，年平均发电量为 1.169 亿 kW h；可研阶段，设计装机容量 40MW，年平均发电量 0.6485 亿 kW h(远期)。装机量和年发电量来看，本阶段低于规划，从任务定位来看是相符的。

2) 环境合理性

本工程不间断下泄生态流量，同时通过河道向补水片供水，在上游来水较多时弃水。充分利用水库的清洁水能资源，可以替代部分化学能源的消耗，减少碳排放，本工程的发电任务是合理的。

④ 改善枯水年枯期下游水生态环境

规划报告提出，“兴建迈湾水库工程可以提高下游河道内生态环境流量需求的保障程度，将龙塘断面最小生态流量需求的月保证率从无迈湾工程时的 74% 提高到 90%；枯水期河流纳污能力增加，减缓了由于需水量增加对河道纳污能力的影响，有利于流域水质的改善。”

本报告通过优化水库调度和生态流量泄放，运行后可保障迈湾坝址断面下泄相应的生态用水，经其多年调节及蓄丰补枯作用向下游河道补水，可改善并满足下游东山和龙塘坝址断面的生态刚性约束要求。

因此，从改善下游水生态环境来看，本工程的任务是符合规划相关要求的。

(2) 与流域规划布置的符合性

规划期间共安排重点水资源开发与水源工程、防洪（潮）与除涝减灾工程、供水安全工程、水资源节约与保护工程、非工程措施、水务改革和管理等六大类规划重点项目。根据规划报告，迈湾水库是南渡江流域防洪工程体系的重要组成部分，通过建设该水库并发挥其蓄、滞洪作用，可以大大减轻下游的防洪压力。迈湾水库是南渡江流域规划新（扩）建 4 座大中型蓄水工程中库容最大的水库和重点水源工程。迈湾水利枢纽工程为南渡江干流水能梯级开发规划中的第二个梯级，规划实施意见提出，在 2008 年~2020 年新建迈湾水利枢纽工程。

(3) 流域联合调度要求的符合性

流域综合规划提出，通过迈湾水库、南渡江引（调）水工程联合调度满足并保障下游生态环境等要求。上游松涛水库建成后基本不向坝址下游泄放流量，本工程“以新带老”提出松涛水库补建生态流量泄放设施，丰水期泄放 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ 、非丰水期泄放 $5.2\text{m}^3/\text{s}$

生态流量；迈湾坝址处 11 月～翌年 5 月泄放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，9 月～10 月不低于 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ ，且在 6～8 月鱼类生态敏感期泄放生态流量增加至 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，并在 6、7 月制造两次涨水过程。迈湾与金江直接还存在谷石滩、九龙滩和金江 3 座调节性能弱的水电站，在鱼类生态敏感期的生态调度需下游 3 座水电站的配合，并建立流域水利水电工程调节机制。建议通过生态环境、水务、电力等单位协调，与各梯级建设单位组建南渡江流域生态调度领导小组，以迈湾水库为龙头，在鱼类生态敏感期开展联合调度，结合流域控制性梯级生态流量在线监测系统的设置，及时跟踪与反馈迈湾及各梯级下泄流量情况。

可见，本工程为流域综合规划（修编）提出于近期实施的重要工程，在流域体系中发挥其防洪、供水、发电等要求，工程建设总体符合流域综合规划（修编）的要求。

3.1.4.2 与流域规划环评及补充研究的符合性分析

2014 年 3 月，中水珠江规划勘测设计有限公司（原水利部珠江水利委员会勘测设计研究院）和海口市环境科学研究院编制完成《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》，并通过海南省国土环境资源厅的审查，2015 年 6 月，海南省生态环保厅出具了审查意见。该报告通过分析规划流域环境现状和实施后环境影响，并提出了相应保护措施，报告结论认为南渡江流域综合规划符合国家、海南省的产业政策 and 规划目标，实施后将流域的防洪、发电、水资源开发利用、水资源节约与保护、岸线利用等工程开发起到极大的指导作用。在规划方案实施过程中，不可避免将产生一定的环境影响，但尚未超出流域的资源环境承载力范围，通过采取减缓措施后环境影响可以接受。建设时序上，应尽早实施迈湾水利枢纽工程。

为深入研究规划实施的环境影响，我院于 2016 年 8 月完成了《南渡江流域综合规划（修编）环境影响补充研究报告》，研究认为目前南渡江松涛、迈湾、谷石滩、九龙滩、龙塘干流 5 级梯级开发，“十二五”小水电金江水电站以及南渡江引水工程的总体布局较合理，规划拟建的迈湾水利枢纽工程不涉及重大环境敏感区，但对流域的水环境、水生生物、陆生生物均产生一定不利影响，应采取相应保护措施。2016 年 11 月，海南省生态环境保护厅出具了补充研究审查意见，提出根据补充研究报告结论及专家审查意见，在规划优化调整和严格落实生态环境保护措施后，规划的实施基本可行……除迈湾水库之外严禁在南渡江干流建设任何拦河闸坝工程以及在南渡江流域支流新建小水电项目。

因此，迈湾水利枢纽工程的建设符合流域规划环境影响评价及补充研究的推荐方

案。

3.1.4.3 本工程对规划、规划环评及补充研究相关要求的响应分析

南渡江流域综合规划、规划环评以及综合规划环境影响补充研究等报告均对迈湾水利枢纽工程提出了相关环境保护要求，本报告需要相应的主要内容及实施进度见表 3.1-2。

从实施内容来看，本项目对各措施要求均有响应，水库生态流量泄放较规划环评阶段仅 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 生态基流要求有了显著的优化，本工程水库调度采取生态调度优先原则，11 月~翌年 5 月泄放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，9 月~10 月不低于 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ ，且在 6~8 月鱼类生态敏感期泄放生态流量增加至 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，并在 6、7 月制造涨水过程，同时提出鱼类生态敏感期联合调度构想。

从实施进度来看，大部分措施应按照“三同时”原则，结合工程建设同步开展或在蓄水前实施。实施的困难主要为工程影响的范围较广，措施涉及的相关利益方较多，需开展大量的协调工作。

本工程对规划、规划环评及补充研究相关要求的响应情况一览表

表 3.1-2

环境要素	流域综合规划	流域综合规划环评	流域综合规划环境影响补充研究	本工程响应情况	实施进度	困难
水环境	做好施工期环境保护及蓄水前的库底清理工作，科学制定水利水电骨干工程的调度方案，满足下游生态流量和工农业用水要求。	施工期生产废水和生活废水须经处理后达标排放或综合利用。蓄水前应进行库底清理。运行期生产废水应经处理后回用于绿化等，废油交由有资质单位处理。迈湾坝址断面最小下泄流量不应低于 4.89m ³ /s，建立最小生态流量在线监控系统；采取叠梁门减缓低温水的影响，库区禁止布设排污口，干支流禁止投放饲料和渔业药物。	开展流域面源和点源污染治理规划；迈湾梯级采取叠梁门分层取水；下泄生态流量并加强管理措施等。	1、施工期和运行期开展各类污废水处理回用，不排放；2、蓄水前开展库底清理；3、水库调度采取生态调度优先原则，11月~翌年5月泄放不小于 10.3m ³ /s 的生态流量，9月~10月不低于 20.5m ³ /s，且在 6~8月鱼类生态敏感期泄放生态流量增加至 25.9m ³ /s，并在 6、7月制造涨水过程；4、采取叠梁门分层取水设施；5、开展水污染治理措施；6、划分饮用水源保护区等。	1、各类污废水处理、库底清理需根据“三同时”原则实施；2、生态流量泄放、叠梁门等相关工程设施结合工程设计同步开展，蓄水后开始运行；3、水污染防治规划在建成运行前完成并实施；4、水库运行后，结合取水口设置和水质要求划分水源保护区。	水污染防治规划由地方政府实施，需要在工程蓄水运行后基本完成治理任务。
水生生态	恢复特有种及保护物种种群，保证鱼类繁殖期等重要时期稳定的生态流量。设置过鱼设施或采取增殖放流措施，对鱼类栖息地实行保护措施，严格渔业管理。	采用升鱼机方案进行过鱼；加强渔政管理，保护国家 II 级保护动物花鳗鲡，在南渡江开展人工增殖放流。	开展栖息地保护、建设鱼类增殖放流站，迈湾梯级建设升鱼机，九龙滩水电站过鱼设施费用纳入迈湾项目投资。	1、开展腰子河支流栖息地保护；2、鱼类繁殖期加大生态流量至 25.9m ³ /s，繁殖期和丰水期模拟涨水；3、建设升鱼机，并将下游谷石滩、九龙滩过鱼设施费用纳入本工程；4、建设放流规模 50 万尾/年的鱼类增殖放流站；5、库区内布置人工	1、蓄水前完成支流栖息地 3 个小水电拆除工作；2、升鱼机、鱼类增殖放流站与主体工程同步建设，蓄水后运行，谷石滩、九龙滩过鱼设施在迈湾运行前建成；3、水库蓄水运行后布置人工鱼巢；4、科学研究应结	渔政管理由地方相关政府部门实施，需要建设单位申请协调；九龙滩水电站与本工程为不同业主，其设置过鱼设施需要地方环保、水

				鱼巢；6、加强渔政管理和鱼类保护科学研究。	合鱼类保护设施建设需要开展。	务等部门协调。
陆生生态	对于沿江的植被要实行保护政策，禁止乱砍滥伐。	对迈湾库区人工林林下植被进行改良，加强水土流失防治。结合库区周边植被保护，营造适合鸟类栖息的生境。	加强规划项目施工期环境管理，及时采取植被恢复措施，对涉及到的古树和珍稀保护植物采取移栽保护措施等。	1、加强施工期管理，结合水库保持开展施工迹地恢复；2、对涉及的古树和珍稀保护植物移栽至业主营地；3、结合水库周边水源涵养林建设，恢复河岸林和动物生境。	陆生生态迹地恢复、植物移栽按照“三同时”原则实施；水库周边水源涵养林由地方林业部门统筹规划实施。	
其他		开展环境监测；流域主管部门应开展规划水库联合调度问题的研究。	开展流域水温监测及其他环境因素的长期监测。	开展环境监测，提出鱼类生态敏感期联合调度构想。	环境监测包括施工期、运行期。	水库联合调度需要协调坝下各梯级业主共同实施。

3.1.4.4 与南渡江流域其他专项规划的符合性分析

(1) 与《海南省南渡江中下游梯级开发规划报告》符合性

1993 年编制了《海南省南渡江中下游梯级开发规划报告》，同年 11 月份海南省人民政府办公厅下发了《关于南渡江中下游梯级开发规划的批复》，报告中明确了南渡江中下游梯级开发的主要任务为城市和工业供水，兼顾灌溉、防洪和发电，经过技术经济比较和综合论证，推荐迈湾（115 m）+谷石滩（57.5 m）方案。其中，迈湾水库供水范围包括海口市及定安、澄迈县，正常蓄水位 115m，死水位 98m，有效库容 7.45 亿 m³。最大可供水量 19.15 亿 m³。电站装机 75MW，年发电量 1.136 亿 kW h，年利用小时 1513h。

本工程任务包括防洪、灌溉和发电，并综合各因素选择了正常蓄水位、装机容量等设计参数，其建设符合流域中下游水能开发要求。

(2) 与《海南省南渡江流域防洪规划报告》符合性

2000 年编制的《海南省南渡江流域防洪规划报告》（简称《防洪规划》）明确南渡江流域的重点防洪保护对象主要位于下游地区，针对海口市的防洪标准为 100 年一遇，而堤防标准只有 50 年一遇，因此规划拟定流域以泄为主，上蓄下泄，堤库结合的防洪工程体系，由下游河段的堤防和上游的松涛水库、中游的迈湾水利枢纽组成。近期防洪任务主要由下游堤防和松涛水库承担，可使海口和府城地区的防洪标准达到 50 年一遇，其它主要防护对象的防洪标准达到 20 年一遇；远期在中游规划建成迈湾水利枢纽，通过设置 5 亿 m³ 的防洪库容，进一步将海口和府城地区的防洪标准提高到 100 年一遇，将其他主要防护对象的防洪标准提高到 50 年一遇。

迈湾水利枢纽工程的建设，可将海口地区的防洪标准整体提高到 100 年一遇，沿岸的澄迈和定安城区提高到 50 年一遇。从而完善流域防洪工程体系，实现下游的防洪目标。因此，工程建设符合流域防洪规划的要求。

3.1.5 与南渡江引水工程的关系

(1) 南渡江引水工程对本工程的要求

南渡江流域综合规划提出，“海口引（调）水工程对南渡江下游水量过程具有较为显著的影响，通过迈湾工程调节可以提高引（调）水工程实施后河道内流量过程对生态和航运流量的保证程度。”其中海口引（调）水工程即南渡江引水工程。可见，在规划层面，已考虑迈湾水库建设后，通过迈湾水库调节增加南渡江引水工程水量保证程度。

本工程水库总库容 6.15 亿 m³，兴利调节库容 4.78 亿 m³；南渡江引水工程死库容 212 万 m³，无调节性能。

根据南渡江引水工程初步设计成果，迈湾水利枢纽建成前，南渡江引水工程 2030 年多年平均供水量 28289 万 m^3 ，95% 频率供水量 18353 万 m^3 ，可极大缓解海口市缺水状况，但供水历时保证率为 89.4%，年保证率只有 18.0%，最大破坏深度为 100%，最大连续破坏时长达到 14 旬；灌溉保证率仅为 30.0%（年保证率），最大破坏深度为 100%，最长连续破坏时长达到 7 旬；多年平均供水量虽有较大的增加，但枯水年供水量较少，供水、灌溉保证率较低，不满足规范要求。迈湾水利枢纽建成后，南渡江引水工程 2030 年比无迈湾水利枢纽增供水量高达 82%。供水年保证率由无迈湾的 18% 提高到 95% 以上，历时保证率由 89% 提高到 99%，最大破坏深度由 100% 降至 30%；灌溉年保证率由 30% 提高至 90% 以上，最大破坏深度由 100% 降至 40%，可满足海口市 2030 年供水、灌溉需水要求。

可见，南渡江引水工程为径流式闸坝引水工程，无调蓄能力，在迈湾未建成前，难以达到其相关工程设计参数，也无法完全实现其城镇生活工业供水和农业灌溉工程任务。迈湾水利枢纽主要通过蓄丰补枯，提高南渡引水工程的供水量及供水、灌溉保证率，是南渡江引水工程的重要水源保障工程。

(2) 工程任务及灌区关系

南渡江引水工程与本工程开发任务均包括了城镇生活工业供水和农业灌溉。南渡江引水工程在东山坝址上游、龙塘水电站坝址上游建设泵站，通过输配水工程向其灌区供水。迈湾水库通过向下游河道泄水，再经南渡江引水工程泵站抽提向补水片供水。为满足南渡江引水工程设计灌溉保证率（90%）要求，迈湾灌区补水片的保证率同样取 90%（直供片和置换片为 80%）。

本工程海口补水片供水对象包括海口市主城区和工业园区、羊山地区以及定安城区的城乡生活及工业供水，该片区位于南渡江引水供水研究范围内，本工程改善该片区灌溉面积 28.64 万亩。

(3) 本工程保障其断面生态流量

南渡江引水工程环境影响报告书提出东山坝址泄放不低于 $14.4m^3/s$ 的生态流量要求，但由于东山无调节能力，该流量无法 100% 保障。本工程调度规则考虑满足东山断面生态用水刚性需求，迈湾运行后通过水库调节，可使东山断面生态流量得到 100% 保障。

(4) 本工程建设对东山坝址断面水量调度的影响

根据本阶段环评计算，迈湾建成后，与迈湾建库前相比，南渡江引水工程东山坝址

处引水水量丰、平、枯、特枯水年和多年平均分别增加 348 万 m^3 、847 万 m^3 、7949 万 m^3 、10528 万 m^3 、3015 万 m^3 。枯水期 12 月~翌年 4 月，丰水年、平水年东山坝址下泄水量分别减少 835 万 m^3 、271 万 m^3 ，枯水年、特枯水年、多年平均下泄水量分别增加 10420 万 m^3 、16558 万 m^3 、3289 万 m^3 。可见，一方面，迈湾建成后提高了引水工程引水量，该叠加影响将导致流域水资源的进一步减少；另一方面，迈湾调度对东山坝址断面枯水期水量改善较明显。

3.1.6 与区域和流域生态保护要求的符合性分析

3.1.6.1 与流域主要断面生态流量要求协调分析

南渡江流域中下游主要控制断面为迈湾、东山和龙塘。根据南渡江流域规划及规划环评、规划补充研究报告，以及南渡江引水工程环境影响报告书及批复要求，结合本项目生态流量分析结果，除迈湾断面外，其他断面均无生态流量过程要求。因此，从时段要求来看，迈湾水库主要满足本工程坝址断面生态流量过程。迈湾在实施生态调度时，下游河段均会受此调度影响，有利于下游河道生态用水。

从水资源调控来看，应保证迈湾、东山、龙塘生态用水刚性约束。迈湾水库调度要求生态优先原则，在特殊情况下也要满足东山、龙塘坝址生态用水刚性需求。总体上，本工程能够与下游各断面水文相衔接，并保障其生态水量要求。

主要断面生态流量要求一览表

表 3.1-3 单位: m^3/s

生态流量泄放要求	松涛	迈湾	东山	龙塘
一般用水期（11 月~翌年 5 月）	5.2	10.3	14.4	22.5
一般用水期（9 月~10 月）	15.6	20.5		
鱼类生态敏感期（6~8 月）			25.9	
人工涨水过程		6 月、7 月两次涨水	无	无

3.1.6.2 与《海南省南渡江生态环境保护规定》符合性分析

根据 2006 年 9 月 1 日起施行的《海南省南渡江生态环境保护规定》第二十四条，“流域蓄水工程应当在保证防汛、抗旱的前提下，兼顾上游下游水质，制定防污调控方案，避免蓄水工程所控制河道中的污水集中下泄。在流域内新建大中型水库、水电站等其他蓄水工程，应当进行环境影响评价，确定水闸最小下泄流量。已经确定的最小下泄流量不得擅自减少。”第二十六条“禁止占用或者征用流域内的生态公益林地，不得随意变更生态公益林地用途。因国家和本省重点工程项目确需占用或者征用的，应当按照国家和本省有关规定办理审批手续。”

本工程可行性研究阶段开展了环境影响评价工作，并对工程施工期和运行期所产生的水环境影响进行了研究和分析，并结合规划和规划环评要求，提出本工程最小生态流量及其泄放要求、水质保护、水库运行调度要求等水环境和水生生态保护措施。本工程属于国家和海南省重点工程，占用的 10420.92 亩生态公益林地，应根据国家和海南省有关规定办理审批手续。

因此，在严格执行上述管理要求并充分落实各项环保措施的前提下，本工程建设符合《海南省南渡江生态环境保护规定》的相关要求。

3.2 工程设计方案环境合理性分析

3.2.1 水资源配置环境合理性

3.2.1.1 最严格水资源管理制度符合性分析

2012 年 1 月，国务院发布了关于实行最严格水资源管理制度的意见（国发[2012]3 号）。2014 年 8 月，海南省发布了《海南省实行最严格水资源管理制度考核办法》。从国家至地方层面，均提出了加强水资源开发利用控制红线管理，严格实行用水总量控制。

(1) 总量符合性分析

根据 2030 年工程供水灌溉范围内水资源配置方案与用水总量控制指标对比情况分析，2030 年本工程涉及行政区的海口市、澄迈县、临高县、定安县和屯昌县的用水量均在所在地区用水总量控制目标范围之内。

(2) 用水效率符合性分析

根据《国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见》要求，至 2030 年，全国农田灌溉水有效利用系数提高到 0.6 以上。根据海南省最严格水资源管理制度的要求，迈湾灌区片涉及的澄迈县、定安县、屯昌县、临高县农田灌溉水有效利用系数控制目标分别为 0.540、0.604、0.606、0.515。迈湾灌区片灌溉方式以传统渠灌为主，现状农田灌溉水有效利用系数为 0.54，设计水平年通过节水改造，灌溉水利用系数至近期设计水平年 2030 年提高至 0.66，可见，本工程确定的灌溉水利用系数高于海南省最严格水资源管理制度的要求，也满足全国 2030 年农田灌溉水有效利用系数提高到 0.60 以上的要求。

本工程迈湾灌区片 2014 年迈湾灌区片城区、乡镇第二产业用水定额分别为 60.0m³/万元、95.0m³/万元。至工程近期设计水平年 2030 年拟定城区、乡镇第二产业用水定额分别为 35.0m³/万元、43.2m³/万元，分别下降 41.6%、54.5%。

本工程均考虑在提高灌溉水有限利用效率、降低工业用水定额的基础上开展工程设计，满足用水效率提高的相关要求。

(3) 水功能区限制纳污符合性分析

根据《海南省水功能区划》(2005年5月),本工程库区所在河段涉及“南渡江中游松涛水库-九龙滩保留区”,水质管理目标为II类;受水区涉及“南渡江下游澄迈-海口开发利用区”,水质管理目标为II~III类。海南省最严格水资源管理制度要求,迈湾水库及灌区片涉及的澄迈县、屯昌县、琼中县和定安县主要江河水库水功能区水质达标率2030年控制目标均为97%,儋州市和临高县为87.5%和80%。

根据水质现状监测结果,南渡江流域部分河段受周边农村和集镇生活污水未经处理直接排放,部分断面存在COD、NH₃-N、TP等超标现象。

针对本工程库区及受水区水污染防治需求,2017年10月,海南省水务厅委托我院编制完成了《海南省迈湾水利枢纽工程水污染防治规划报告》。该规划的目标高于国家《水污染防治行动计划》对海南省各类水体水质考核目标要求。规划报告统筹已发布的海南省及规划涉及各县(市)社会经济发展规划、水务发展规划、水资源保护规划、农业发展规划、生活污水治理规划(统称“上位规划”)等相关水污染防治要求和内容,将“上位规划”的落实情况作为至规划水平年水环境预测、分析的情景之一。综合考虑工业、城乡生活、农业等多方面因素对水环境的影响趋势,结合迈湾水利枢纽工程建设后对水环境的影响程度,补充提出水污染防治规划和具体的污染防治项目,包括水源地保护工程、城镇节水工程、工厂企业污染防治项目、污水处理厂改造项目、畜禽养殖污染控制项目、面源污染防治项目、水域生态保护项目等。经污染物消减和规划水环境目标可达性分析结论,采取各项措施后,水环境质量将保持稳定并有所好转,使得相关水质因子浓度均能达到环境功能要求。因此,通过落实本工程水污染防治规划措施,可以有效控制受水区退水水质状况,减轻对受纳水体的不利影响。

综上所述,本工程建设符合最严格水资源管理制度的相关要求。

3.2.1.2 水资源配置“三先三后”原则符合性

本工程不包括配套的灌区工程,根据规划的水资源配置方案,参考国家要求引调水工程遵守“先节水后调水,先治污后通水,先环保后用水”的“三先三后”原则进行符合性分析。本工程供水灌溉主要分为迈湾灌区片和海口片两部分,本报告主要以迈湾灌区片为代表进行分析。

(1) 先节水后调水原则符合性

迈湾灌区片现状城镇供水管网漏损率在17%左右,水量损失较大,现状农业耗水量偏大,应加快城镇节水器具推广,提高水量利用率;推进灌溉配套设施完善,加大农业

节水力度，推广节水灌溉。《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水资源论证报告书》针对本工程灌区提出的节水措施包括：

生活节水措施包括加强输水管网建设和管理，管网漏损率减至 10% 以下；全面推行节水器具，提高节水效率；通过合理用水，保持现状生活节水水平的基础上，进一步提高污水回用率；进一步强化用水管理，加强节水教育。

工业节水措施包括合理调整工业布局 and 工业结构，严格控制盲目发展高用水和高污染工业项目，严格落实工业项目水资源论证和取水许可制度；加强对现有高用水行业 and 企业的节水技术改造，淘汰落后的工艺和设备；进行水平衡测试，拟订符合工业发展的企业用水定额和节水标准，对企业的用水进行目标管理；推进清洁生产战略，最大限度的减少废污水排放，实施污染物总量控制；通过调整水价和税收优惠等措施，鼓励和支持工业企业进行节水技术改造；鼓励用水水质要求不高的工业积极采用雨水、再生水、微咸水等非常规水资源的合理开发利用。

农业节水措施主要包括加快农业节水设施建设，推广节水灌溉技术，减少农业面源污染、农药化肥排放和农田灌溉能耗；有针对性地实施节水灌溉工程措施，如渠系工程配套与渠系防渗节水措施、管道化输水节水措施、喷灌节水措施和微灌（包括微喷、滴灌）等节水措施；实施田间整理和畦块整理，提高土地平整的程度，划小格田面积，实行小畦灌、细流沟灌、隔沟灌、涌沟灌和覆盖灌等节水地面灌溉技术，避免串灌；推行良种化和平衡施肥；实施少耕深松、免耕栽培、地膜覆盖、秸秆覆盖、应用化学保水剂等蓄水保墒措施；加强农业节水宣传教育，推广科学灌溉。

采取上述措施，提高用水效率，符合先节水后调水的原则。

(2) 先治污后通水原则符合性

南渡江流域综合规划提出，灌区规划实施过程中，应合理规划灌区内进水、排水路线，科学施用化肥，改进施肥方法；应对灌溉回归水采用人工湿地等方法进行生态处理，减少化肥流失与污染，使水功能区水质达标率进一步提高。流域规划环境影响补充研究及其审查意见提出加大污染防治措施，大力开展流域点源、面源污染综合治理，对工业污染进行清理整治，对农业面源污染制定实用有效的治理措施，对城镇污水截流、收集管网的建设，污水处理厂提标升级改造等要求。

本工程涉及的各区域均响应国务院“水十条”要求，开展了地方水污染防治行动计划，实施相关污水治理措施。受水区建设了金江污水处理厂、澄迈老城西区污水处理厂、琼中县营根镇污水处理厂、屯昌污水处理厂、定城污水处理厂、新盈污水处理厂、狮子

岭污水处理厂、海南英利新能源有限公司二期污水处理厂、龙塘污水处理厂和云龙产业园污水处理厂等治污措施。为进一步保护受水区水环境，本环评报告结合水环境影响预测结果，提出迈湾坝址下游南渡江沿岸各城镇污水处理厂确保达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准后排入河道，暂未建设污水处理厂的各集镇加快推进城镇污水处理厂的建设等要求。

本工程也编制了《海南省迈湾水利枢纽工程水污染防治规划报告》，并取得了海南省政府的批复。

因此，在本工程运行前落实地方水污染防治规划提出的各项措施，符合先治污后通水原则。

(3) 先环保后用水原则符合性

在充分考虑了迈湾坝址下游生态用水刚性需求的前提下，本工程提出了迈湾坝址处一般用水期（11 月~翌年 5 月）保证最小下泄流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ ，9 月~10 月最小下泄流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ ，鱼类生态敏感期（6 月~8 月）保证最小下泄流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，松涛水库丰水期下泄流量 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，非丰水期下泄 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 。洪水调度中，在满足防洪调度要求下，中常洪水尽量按敞泄原则，来多少泄多少。6 月、7 月迈湾结合来水情况通过水库调度措施，适时各制造一次涨水过程。在水库建设和运行期间实施各项生态避让、减缓、恢复和补偿措施，尽量降低对减水区域的生态影响，项目符合先环保后用水原则。

3.2.1.3 水污染防治行动计划协调性分析

(1) 水污染防治行动计划要求

2015 年 4 月，《国务院关于印发水污染防治行动计划的通知》（国发[2015]17 号，以下称“水十条”）提出控制用水总量、提高用水效率、科学保护水资源等要求，工程建设要充分考虑水资源、水环境承载能力，以水定城、以水定地、以水定人、以水定产。

本工程供水区主要涉及儋州市、琼中县、澄迈县和屯昌县，受水区主要涉及到澄迈、临高、定安、屯昌、海口等地，各区域均响应国务院“水十条”要求，出台了《儋州市水污染防治行动计划实施方案》、《琼中黎族苗族自治县水污染防治行动计划实施方案》（琼中府办[2016]57 号）、《澄迈县城内河水污染治理三年行动计划》（澄府办[2015]347 号）、《屯昌县主要河流和重点饮用水水源地水污染治理三年行动方案》（屯府办[2015]143 号）、《临高县城内河(湖)水污染治理三年行动方案》（临府[2015]80 号）、《定安县水污染防治行动计划实施方案》（定府办[2016]36 号）、《海口市水污染防治行动计划实施方案》等文件，提出了加强流域和湖库水质、保障饮用水安全、治理生活污染、防治农村

污染源、控制农业种植业面源污染、防治工业污染源等方案和要求。

(2) 供水区及受水区水污染治理情况

供水区和灌区水污染治理方面，澄迈县已于 2009 年建成金江污水处理厂，设计规模 1.5 万 m^3/d ，服务范围是该县金江镇，实际日均处理污水 1.24 万 m^3/d 。2011 年建成了老城西区污水处理厂，污水日处理量为 5 万 m^3/d 。目前正在建的还有金江污水处理厂二期工程（1.5 万 m^3/d ）、福山污水处理厂工程一期工程（0.8 万 m^3/d ）等。

屯昌于 2010 年建成屯昌污水处理厂一期工程，设计规模 1 万 m^3/d ，目前正在建的还有枫木镇污水处理工程，设计规模近期 0.6 万 m^3/d 、远期 0.8 万 m^3/d 。

琼中县已建成的营根镇污水处理厂日处理规模为 0.7 万 m^3/d ，在建的湾岭镇污水处理工程，设计规模 0.5 万 m^3/d 。

定安县于 2009 年建成定城污水处理厂，设计处理能力为 1.50 万 m^3/d ，主体工艺采用 A2/O 处理工艺，日平均处理污水量为 0.62 万 m^3/d 。目前正在建的有龙门镇镇墟生活污水处理工程，处理规模为 0.06 万 m^3/d 。

临高新已建成新盈污水处理厂，一期规模为 0.6 万 m^3/d ，目前计划开展规模为 1.2 万 m^3/d 二期工程建设。

海口市已建成狮子岭污水处理厂、海南英利新能源有限公司二期污水处理厂、龙塘污水处理厂和云龙产业园污水处理厂等 8 个污水处理厂，污水处理能力为 58.7 万 m^3/d 。

(3) 退水新增水污染分析

本工程灌区退水包括城乡供水的退水和灌溉退水，其中前者包括城区和集镇生活集中退水以及农村生活分散退水；灌溉退水主要包括灌溉回归水退水、渠道输水渗漏及灌溉渗漏退水。城乡供水的退水可纳入各受水区已建的污水处理设施处理后达标排放。灌溉回归水退水量较大，污染物主要为总磷、总氮等，排放量与农作物生产期施用化肥、农药量大小有关。从灌区的分布情况来看，大部分退水将主要以面源的形式重新进入南渡江下游，经与现状污染源叠加以及工程建成后下游径流变化综合预测，下游水质部分时段超标。因此，下游受水区域须落实制定的水污染治理相关要求，控制受水区农业种植业面源污染。

(4) 治污需求变化分析

本工程具有供水功能，工程建成后需要划分水源保护区，保证库区水质达标。目前工程库区所在地方水污染防治规划受规划水平年限制，未考虑该情形，因此需要进一步强化库区水质保护和污染治理要求。

综上所述，本工程在受水区已按照国务院“水十条”的要求分别制定相关的行动计划或方案，各受水区均已建污水处理设施，本工程建设基本与“水十条”相协调。后续地方政府应根据本工程建设任务要求，完善库区污染防治措施。

3.2.2 工程远期正常蓄水位方案环境合理性

本工程可行性研究阶段正常蓄水位选择研究过程中，拟定了 107m、108m 和 109m 共 3 个正常蓄水位方案进行比选，不同正常蓄水位方案主要环境要素的比选情况见表 3.2-1。

(1) 水文情势

建库前坝址处多年平均流量 $33.6\text{m}^3/\text{s}$ (不含松涛)，相应天然水位为 51m，建库后库区水位将抬升 56m~58m，水体体积和水面面积均将有所增加，库区内的流速将减缓，库区江段由急流河道转变为河道型水库，从上游至坝前流速逐渐减小。运行期水库水位在正常蓄水位和死水位之间变动，变幅为 31m~33m。正常蓄水位越高，其所带来的水文情势变化越大，包括水位抬升、消落高度、库容等变化均相应增大。

(2) 水温及水质

迈湾坝址天然多年平均年径流量为 11.0 亿 m^3 ，采用 α 法判别迈湾水库水温结构，各正常蓄水位方案的 α 值分别为 1.91、1.65、1.63，均低于 10。因此，各蓄水位方案水库均属于分层型水库，下泄水温可能与天然水温有差别。

工程运行后，水库水体流速较天然水体有所减缓、污染物降解能力及污染物输出能力有所降低，但水库上游水质负荷现状水平较低，从区域负荷及社会发展规划分析，污染负荷近期不会有大的增加，且各蓄水位方案入库污染源基本一致，各方案水库淹没产生的库区和支流库湾污染的可能性基本相同，因此各蓄水方案对水质的影响差别不大。

(3) 生态环境

各蓄水位方案均不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园等生态敏感区域，受工程直接影响的区域主要为淹没区和施工占地区。受影响植被类型均为南渡江中游河段较为常见的植被类型，各蓄水方案水库淹没对植物生物量、区域的陆生生态系统产生一定的影响，但各方案间影响差别很小。水库蓄水后，陆生动物的活动范围有所减小，但陆生动物大多具有活动范围广泛的特点，随着库区水位的抬升，将向周边转移。本工程各方案对鱼类生境及其他水生生物的影响基本相同。

(4) 移民及社会影响

3 个正常蓄水位方案水库淹没均涉及一定数量的移民和专项设施迁复建，其中搬迁

安置移民为 5139~5833 人，随着水位抬高，移民安置人口增加，影响递增；随着正常蓄水位的增加淹没影响土地数量有所增加，增加的土地主要为耕园地和林地；移民安置点不涉及重要环境保护敏感区，移民安置及社会影响也将随正常蓄水位的抬高而增加。

(5) 小结

从上述分析来看可研阶段拟定的 107m、108m 和 109m 三个方案，随着正常蓄水位的增加，水文情势、水温、陆生生态、水库淹没和移民等方面的影响也将增加，水质、鱼类生境及其他水生生物、人群健康等方面的影响基本相同，环境影响不是正常蓄水位选择的限制因素。综合考虑迈湾的作用及其供水要求、水库淹没和经济指标等方面，拟定的 108m 方案是基本合理的。

正常蓄水位方案主要环境要素比选一览表

表 3.2-1

环境要素	项 目	正常蓄水位方案		
		107m	108m	109m
水文	死水位(m)	76	76	76
	最大消落高度(m)	31	32	33
	坝前水位抬升(m)	56	57	58
	防洪库容(亿 m ³)	2.2	2.2	2.2
	兴利库容(亿 m ³)	4.42	4.78	5.15
	总库容(亿 m ³)	5.77	6.15	6.73
	供水量(亿 m ³)	2.87	3.05	3.70
水温	α 值(α - β 法)	1.91	1.65	1.63
水质	总体水质	各方案水库建成后对水质影响基本相同		
	库湾水质	各方案水库淹没产生支流库湾污染的可能性基本相同		
陆生生态	生物量损失	随着水位的抬高，生物量损失有所增加		
	淹没植物种类	基本一致		
	淹没珍稀保护植物	根据调查，淹没区均涉及珍稀保护植物和未登记的古大树		
	陆生保护动物及其栖息地	随着水位的抬高，对野生动物活动区域的压占有所增加		
鱼类		对鱼类的影响差别不明显，对鱼类生境的影响基本一致		
水库淹没和移民	淹没人口(人)	5139	5503	5833
	移民安置环境影响	随着水位抬高，移民安置人口增加，影响递增		
	淹没土地(万亩)	6.23	6.56	7.05
	耕园地面积(万亩)	3.93	4.15	4.49
	耕园地所占比例	63%	63%	64%
	对土地利用的影响	随着正常蓄水位的增加淹没影响土地数量有所增加，增加的土地主要为耕园地和林地		
人群健康		不同方案对人群健康的影响差别不明显		
重大环境敏感对象		均不涉及		

比选结果	环境影响不是正常蓄水位选择的限制因素,综合考虑迈湾的作用及其供水要求、水库淹没和经济指标等方面,拟定的108m方案基本合理。
------	----------------------------------------------------------------

3.2.3 工程分期建设方案环境合理性

3.2.3.1 工程近期建设方案环境影响比选

本工程远期从海口市江东新区的建设,需水量将有较大的增长,迈湾设置较大的兴利库容有利于保障新区用水需求,设计提出设置总库容 6.15 亿 m^3 、兴利库容 4.78 亿 m^3 的水库规模。

然而,城镇用水增长、灌区的配套建设需要一定的时间过程,本工程水库淹没的土地面积较大、移民补偿投资占工程总投资比例较高,因此,设计考虑采取分期建设方案。近期满足南渡江下游海口市及海口江东新区供水、防洪功能、生态用水等要求,远期根据地区经济发展需求再发展灌区。

本工程可行性研究阶段,拟定了 95m、101m、105m、108m 等正常蓄水位方案进行比选,不同正常蓄水位方案主要环境要素的比选情况见表 3.2-2 所示。

从比选结果来看,各正常蓄水位方案均不占用各类生态敏感区、珍稀野生保护植物集中分布区、珍稀保护动物的集中分布区或重要栖息地,不会对生态敏感区内珍稀保护动物、植物产生明显不利影响,各方案均满足下游防洪需求。其中,95m 方案淹没林地、古大树等数量最小,但无法满足供水及生态流量要求;其他 3 个方案均可满足近期防洪、供水及生态用水需求,但随着水位太高,水库淹没林地、动植物个体、对区域和流域生态环境的影响程度总体增加。95m 方案无法满足供水和生态流量要求,从近期满足防洪、供水、生态流量等最低要求来看,101m 方案是合理的。

近期正常蓄水位方案主要工程特性及环境影响比选一览表

表 3.2-2

项目		近期正常蓄水位方案			
		95m	101m	105m	108m
水位库容	正常蓄水位(m)	95	101	105	108
	死水位(m)	76	76	76	76
	防洪库容(亿 m^3)	2.2	2.2	2.2	2.2
	兴利库容(亿 m^3)	1.45	2.63	3.69	4.78
	库容系数 β	0.14	0.25	0.35	0.45
供水量	供水量(亿 m^3)	/	0.47	2.24	3.36
	增量(亿 m^3)	/	/	1.87	1.12
	新增灌溉面积(万亩)	0	0	14.06	27.04
水库淹没	淹没总面积(万亩)	2.7	4.3	5.71	6.56

	耕园地面积(万亩)	1.89	2.85	3.55	4.15
	淹没总人口(人)	1757	3848	4605	5503
经济指标及投资	多年平均发电量(万 kW.h)	4611	5111	6053	6485
	单方兴利库容投资(元/m ³)	37.28	27.71	23.51	20.47
	工程静态总投资(亿元)	54.18	71.23	86.72	97.88
	其中：枢纽工程投资(亿元)	19.15	19.15	19.15	19.18
	淹没补偿投资(亿元)	33.59	52.08	66.13	77.25
生态环境影响	淹没林地(hm ²)	506.21	609.89	771.2	988.72
	淹没热带雨林(hm ²)	104.01	119.55	137.36	169.58
	珍稀保护植物(株)	2	2	2	2
	古大树(株)	4	6	9	9
	淹没影响珍稀保护动物(种)	27	28	28	28
	水库消落带面积(km ²)	10.22	20.86	25.37	34.76
水温	α 值(α - β 法)	2.63	2.02	1.88	1.65
水质	库区水质	库容增加，总体水质趋好			
	坝下水质	调节性能增加，坝下最小流量可相应提高，增加下游河段的水环境容量，有利于保护下游水质			
防洪、供水、生态流量满足情况	完善流域防洪体系	√	√	√	√
	海口市海口江东新区	×	√	√	√
	改善灌区	×	×	√	√
	新增灌区城乡供水	×	×	√	√
	生态流量满足程度	×	√	√	√
方案比选	各方案均不涉及生态敏感区，随着水位太高，水库淹没林地、动植物个体、对区域和流域生态环境的影响程度总体增加。95m 方案无法满足供水和生态流量要求，从近期满足防洪、供水、生态流量等最低要求来看，101m 方案是合理的。				

3.2.3.2 近期正常蓄水位方案环境合理性

(1) 可同时改善中下游防洪、生态用水、供水现状

为解决南渡江中下游的无调洪水库问题，在迈湾水库设置防洪库容 2.2 亿 m³ 的前提下，可以采取与下游区间洪水进行错峰的调度方式，结合下游的堤防建设，使南渡江流域形成完善的以泄为主、上蓄下泄、堤库结合的防洪工程体系。工程建成后，可将海口市城区防洪标准由 50 年一遇提高到 100 年一遇，可将南渡江下游定安、澄迈县城区防洪标准由 20 年一遇提高到 50 年一遇。

南渡江流域径流年际变化大，年内分配也不均匀，洪枯流量相差较大。目前南渡江流域中下游无具有调节性能的大型水库，海口市的供水量小于需水量，部分城镇居民自来水供应存在短缺。在建的南渡江引水工程建成后，因该工程上游缺少水库调节，仍无法达到设计供水保证率。规划建设的中国（海南）自由贸易区（港）海口江东新区亟待建

设新的水源工程，本工程近期建设方案实施后，多年平均年供水量 0.47 亿 m^3 ，配合下游取水工程，能够满足 2030 年江东新区 100 万人的供水需求。

根据水文资料记录分析，下游龙塘站 1973 年实测最小流量为 0，1960 年 3 月 14 日~4 月 16 日连续 34d 出现小于 $10m^3/s$ ，1970 年 1 月~3 月连续 3 个多月出现小于 $22.5m^3/s$ 。本工程提出生态流量泄放方案为，一般用水期 11 月~翌年 5 月生态流量 $10.3m^3/s$ ，9~10 月生态流量 $20.5m^3/s$ ，鱼类生态敏感期 6~8 月生态流量 $25.9m^3/s$ 。经分析，能够满足下游东山坝址 $14.4m^3/s$ 、龙塘坝址 $22.5m^3/s$ 的生态用水刚性需求，有利于改善下游的生态用水需求。

(2) 生态环境保护措施近期一次性建成

本工程近期方案枢纽区主坝、灌区渠首等均一次性建成，仅 3 座副坝在远期建设。本工程配套建设的过鱼设施、鱼类增殖放流站、生态流量泄放设施、水污染防治规划、珍稀动植物保护措施、污废水处理措施等均在近期一次性建成。另外，本工程“以新带老”的松涛水库生态流量泄放设施、九龙滩和谷石滩水电站过鱼设施也在近期蓄水前完成建设。

(3) 符合供水、灌溉等兴利要求长远发展的客观要求

① 城镇用水增长是个缓慢过程，迈湾水利枢纽供水主要对象是海口市主城区及江东新区，规划 2040 年的城镇用水量是现状的 2 倍，水库供水达产时间较长，另外供水增长有较大的不确定性，分期实施可以满足不同水平年的用水需求。

② 灌区的续建配套受资金和农业种植效益较低等因素影响，其发展是一个缓慢的过程，为迈湾水利枢纽分期实施提供可能。比如松涛水库于 1968 建成运行，松涛灌区设计灌溉面积 205 万亩，但至今还有约三分之一的设计灌区面积未配套。

③ 迈湾水利枢纽工程部分投资 19.18 亿元，占工程静态投资的 19.6%。考虑到工程部分投资较小、占比低、分期建设的二期加高处理难度，且水位分期对工程投资影响不明显等因素。主坝按一次建成；副坝考虑到坝口高程等因素，副坝可分期建成。主坝一次建成，还可以起到多拦蓄洪水的作用，为控制下游洪水位，增加洪水调度的安全性及灵活性。

3.2.4 坝址、坝型选择环境合理性

3.2.4.1 坝址选择环境合理性分析

工程可研阶段重点对上、中、下共 3 个坝址方案进行了比选，其中上坝址位于新村处，下坝址位于宝岭，中坝址位于中间，上、中、下坝址两两相距仅 0.8km，上、中、

下坝址按照等效益（等兴利库容）进行坝址比较，上坝址正常蓄水位 108.5m，中、下坝址正常蓄水位 108m。3 个坝址方案环境影响比较见表 3.2-3 所示。

由于上坝址方案较中、下坝址正常蓄水位高 0.5m，因此上坝址水库淹没和建设场地征地及移民人口数量有一定增加，因此移民带来的环境影响也相应增加；各坝址的对外交通公路均连接至黄岭农场或新村，建设方案相差不大，因此对外交通公路的影响基本没有区别；由于占地面积不同，工程建设对植被的破坏及对陆生动物、景观的影响略有差别，各方案对 2 个文物点的影响一致。

上、中、下坝址方案的环境影响区别主要体现在正常蓄水位高程、水库淹没长度以及由于施工布置、施工规模不同引起对施工区的水环境、环境空气、声环境和陆生植物等方面影响的差异。3 个坝址方案在环境敏感目标(如水功能区划、取水口情况)和河道特征等方面一致。从地形、地质方面来看，不稳定山体对上、中坝址挡水坝影响严重，对下坝址挡水坝影响甚微。

上、中、下坝址方案在对陆生生态、水生生态、对社会环境、环境敏感目标等方面环境影响区别不大或者无显著影响，环境影响不是坝址选择的制约因素。从水库淹没影响、地形地质条件、工程枢纽布置、施工布置等工程角度及经济性方面考虑，下坝址方案优于上、中坝址方案。

不同坝址方案环境影响比较一览表

表 3.2-3

项 目		上坝址	中坝址	下坝址	差 异
位 置		新村	与上坝址相距 0.8km	宝岭	相距 0.8km
坝 型		主坝为混凝土重力坝，副坝为土坝	主坝为土石坝，副坝为土坝	主坝为混合坝，副坝为土坝	相 同
坝址以上流域面积(km ²)		962	969	970	相差不大
正常蓄水位(m)		108.5	108	108	上坝址高 0.5m
工程效益	兴利库容(亿 m ³)	4.86	4.83	4.78	相差不大
	装机容量(MW)	38	40	40	上坝址小 2MW
最大坝高(m)		69	63.5	78.5	下坝址>上坝址>中坝址
淹没土地(万亩)	库区	6.66	6.58	6.61	上坝址>下坝址>中坝址
	枢纽区	0.3	0.29	0.32	下坝址>上坝址>中坝址
搬迁人口(人)	库区	5717	5503	5503	上坝址多 214 人
	枢纽区	0		0	相 同
环境影响比较	社会环境	枢纽区无居民点，淹没范围相对上坝址小，影响人口数量、交通设施等相对较少；均涉及番企桥、松涛桥两个文物点			上坝址影响相对略大
	陆生生态	坝址区均未发现珍稀保护植物、珍稀保护动物栖息地和古树名木分布，水土侵蚀类型一致；但由于水库淹没范围不同，上坝址较下坝址影响土地面积 0.09 万亩			水库淹没影响方面，上坝址方案相对较大
	水生生态	为下峡谷水生生态条件，水生生物物种组成、种群结构和区系特征基本一致			基本相同
	水、气、声环境	水环境功能区划相同，受噪声、大气影响的居民点相同			基本相同
环境敏感目标		坝址区均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感目标			基本相同
地质		坝区工程地质条件及水文地质条件复杂，岩性差异较大，存在坝基抗滑稳定问题。坝址上游存在不稳定边坡。两岸开挖边坡有利，整体稳定性好。	坝址两岸全、强风化层深厚，溢洪道右侧开挖易形成高陡边坡，开挖边坡稳定问题较突出。溢洪道消力池需开挖换填处理。	下坝址右岸为斜顺向坡，开挖工程量大，存在基岩开挖边坡稳定问题。下坝址为纵向谷，不易形成不利于坝基稳定的抗滑组合。	不稳定山体对上、中坝址挡水坝影响严重，对下坝址挡水坝影响甚微。

3.2.4.2 坝型选择环境合理性分析

本工程可研阶段对主坝拟定了混合坝（重力坝+粘土心墙堆石坝）和土石坝（粘土心墙石渣坝）两个方案进行比选。

从主要环境影响方面来看，土石坝较混合坝土石方开挖明显增加，工程占地也相对较大。均可以结合大坝布置升鱼机、技术型鱼道、集运鱼系统等不同类型的过鱼设施，布置难易差距不大。因此，环境影响来看，混合坝方案略优于土石坝方案，但不是坝型比选的制约因素；从工程安全、经济性等方面来看，选择混合坝方案是合理的。

不同坝型方案环境影响比较一览表

表 3.2-4

项目	混合坝方案	土石坝方案	主要差异
主坝布置方案	采用左岸粘土心墙堆石坝+河床溢流坝+右岸坝后厂房的布置格局，坝顶长 376.5m，混合坝坝轴线位于土石坝坝轴线下游 100m，坝轴线方向与土石坝偏向下游成 16°夹角，泄流顺利归槽	采用河床土石坝+左岸溢洪道+左岸引水发电系统的布置格局，坝顶长 337m，坝轴线方向与重力坝偏向上游成 16°夹角，坝轴线调整坝的长度减短	混合坝右岸产生高边坡，土石坝左右两岸均产生高边坡，土石坝坝长较短，但各建筑物总开挖量巨大。
工程占地	征收土地面积 6.56 万亩	征收土地面积 6.99 万亩	土石坝枢纽占地较大
土石方开挖	建筑物集中、开挖土石 545 万 m ³ ，弃渣量 431.16 万 m ³	开挖土石方 823.16 万 m ³ ，弃渣量 544.98 万 m ³	土石坝土石方开挖量明显较大
主要过鱼设施	均可以结合大坝布置升鱼机、技术型鱼道、集运鱼系统等方案		布置难易差异不大
运行	耐久性好，运行维护简单，超泄洪水能力强，建筑物布置集中，便于管理。放空底孔能灵活控制分期蓄水和水库放空，运行调度灵活。	建筑物布置分散，运行管理相对复杂。高边坡的失稳对工程安全运行影响小。放空底孔完全结合导流洞，控制分期蓄水和水库放空。	混合坝方案布置较集中，有利于环保设施的管理

3.2.5 施工规划方案环境合理性

(1) 料场选取环境合理性分析

① 料场选取原则

料场选择的原则包括不得压占自然保护区、风景名胜区、森林公园、珍稀动植物集中分布区、文物、水源保护区等环境敏感目标，不压占本区域代表性的热带雨林，尽量不占或少占耕地、林地。

② 料场选取环境合理性分析

本工程料场现状基本都为人工林地，因此料场基本上主要影响人工林地；与临建施工工程布置区相结合的原则，满足粘土料、砂砾料开采质量及储量要求，同时便于运输，减少增加施工便道占地。按上述环境保护、就近开采原则，本工程共布置 1 个土料场，

其位于坝址上游右岸约 340m 处的尖岭山东坡，距坝址约 0.7km。土料场面积约为 1.54hm²，开采高程约 205m~175m。另外设置 1 个石料场，位于黄岭农场八队东南侧 1.6km，距坝址约 7.0km。石料场面积约为 8.72hm²，开采高程约 175m~145m。

本工程所设施的土料场和石料场不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物集中分布区等环境敏感目标，土料场周边 2km 范围内无居民点分布。石料场距离最近的黄岭八队 1.5km，200m 范围内无集中居民点。土石料场均以占用经济林地（槟榔林、橡胶林）为主，未发现珍稀保护植物，料场开挖结束后将进行迹地恢复。综上所述，从环境保护的角度分析，本工程土石料场选址较为合理。

土料运输基本在施工场地内沿施工道路运输，不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物、珍稀动植物集中分布区、集中居民点等敏感目标，运输方案较合理。石料场开采石料后，考虑到运输方式的经济性，拟采用公路运输成品骨料，即从 III₂ 石料场—黄岭八队南侧人工砂石加工系统方案，路线经过黄岭八队，汽车等机械噪声可能对黄岭八队产生一定影响。砂石加工系统加工后的成品骨料由装车仓转自卸汽车经场内道路运输至右岸混凝土拌合系统，沿线不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物集中分布区等环境敏感目标。因此，从环境保护的角度分析，公路运输方案较为合理。由于黄岭八队位于水库淹没区，优先实施移民搬迁、安装通风隔声窗后，运输噪声对其影响较小。

(2) 弃渣场方案环境合理性分析

① 弃渣场方案选择原则

本工程弃渣 388.93 万 m³（折合松方 549.24 万 m³），集中堆放在选定的弃渣场内，渣场面积 63.76hm²。弃渣场方案选择原则同料场的选取，即不得压占自然保护区、风景名胜区、森林公园、珍稀动植物集中分布区、文物、水源保护区等环境敏感目标，不压占本区域代表性的热带雨林，同时考虑地质稳定性及居民点安全、行洪、弃渣运输与利用等因素。

② 弃渣场合理性分析

1) 压占环境敏感目标

根据施工规划，本工程设置 3 个渣场，位于坝址下游约 0.5~1.0km 的右岸山坳处，利用相邻的 3 个山坳弃渣。各弃渣场占地均不涉及自然保护区、风景名胜区、可开发矿产、文物和珍稀动植物集中分布区、集中居民点等环境敏感目标。

2) 占用土地

本工程渣场位于坝址下游，现状地类主要为人工林草地，不涉及热带雨林、原始林等重要的植被类型。

3) 地质稳定性及居民点安全

根据渣场区初步地质勘察分析，渣场地形坡度约 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，覆盖层主要为残坡积层，场地及周边未见明显不良地质现象，其稳定性较好。渣场选址区域不属于泥石流易发区、崩塌滑坡危险区或生态脆弱区。工程各弃渣场 500m 范围内均无居民点分布，因此工程各存/弃渣场建成后均不会对居民点安全构成危险。

4) 行洪

渣场堆放最低处距南渡江河口约 1km，不受南渡江洪水影响。工程设计已考虑采取修建挡渣墙、截排水沟等工程措施来引排各弃渣场上游汇水，以避免对弃渣场稳定构成危险。

5) 弃渣运输与利用

从工程区分区、弃渣流向等方面看，根据各工区的工作面布置、道路布置情况，将弃渣在右岸就近定向堆存，减少弃渣运输距离和渣料倒运。从运距看，渣场位于坝址上下游 0.5~1.0km 范围内，各渣场均规划场内交通道路，施工交通便利，运距适中。同时筹建期工程填筑量全部利用开挖量，无借方，以尽可能减少弃渣量。工程弃渣场的设置与主体工程施工组织紧密结合、统筹合理。

综上所述，从环境保护的角度分析各弃渣场选址较为合理。

弃渣场主要环境特征一览表

表 3.2-5

序号	渣场名称	位置	占地面积 (hm ²)	容渣量 (万 m ³)	居民点分布	植被特征	备注
1	1#弃渣场	坝址下游右岸 0.5km 的冲沟	9.8	160	渣场周边 500m 范围内无居民分布	主要为人工林和草地	水库淹没区外
2	2#弃渣场	坝址下游右岸 0.8km 的冲沟	2.15	40	渣场周边 500m 范围内无居民分布	主要为人工林和草地	水库淹没区外
3	3#弃渣场	坝址下游右岸 1.0km 的冲沟	29.2	375	渣场周边 500m 范围内无居民分布	主要为人工林和草地	水库淹没区外
合计			41.15	575			

(3) 施工工厂布置环境合理性分析

① 施工工厂布置原则

施工工厂除不得压占自然保护区、风景名胜区、森林公园、珍稀动植物集中分布区、文物、水源保护区等环境敏感目标，不压占本区域代表性的热带雨林。

② 施工工厂布置合理性

本工程施工区分为主坝区和副坝区两处，均不涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园等各类生态敏感区。

本工程主坝区两岸均为当地农垦林地，其中右岸有小路可达，广泛种植橡胶、槟榔等经济林；左岸目前不同路，人类干扰相对较少，分布有次生热带雨林。在施工布置优化前，在枢纽区左岸布置了生活区、办公区、综合仓库、金结拼装厂、机械设备停放场、机械修配厂、钢筋加工厂、木材加工厂等，压占涉及次生热带雨林面积约 7.29hm²，施工布置不合理。经与设计单位沟通，将位于左岸的所有施工工厂、生活办公用地调整至右岸，尽量避让次生热带雨林。

施工区实施封闭管理，副坝区附近分布有一处居民点，即黄岭八队。在施工前搬迁后，施工区附近无居民点分布。

因此，从环境保护角度看，优化后的本工程施工工厂布置较为合理。

(4) 加油站布置环境合理性分析

本工程集中设置 1 处加油站，位于枢纽施工区右岸，临近混凝土拌合系统。加油站占地面积 500m²，建筑面积 150m²，加油站储量为 40m³，等级为五级石油库。根据《石油库设计规范》(GB50074-2014)要求，五级油库与居住区及公共建筑物的距离不得小于 50m。本工程加油站周边 500m 内无工矿企业和居住区，符合石油库设计规范要求；该加油站距离南渡江最近约 430m，高差约 65m，距离相对较远，在发生事故情况下油料泄漏大量进入南渡江的可能较小。因此从环境保护角度看，本工程的加油站布置较为合理。

3.2.6 工程运行方式环境合理性

本工程原可行性研究设计调度分为防洪调度和兴利调度，防洪调度拟采用上游入库流量、下游控制站流量作为判别条件，进行分级限泄补偿调节，以控制龙塘断面 100 年一遇洪水洪峰流量消减到 50 年一遇洪峰流量及以下，定安和金江断面 50 年一遇洪峰流量消减到 20 年一遇洪峰流量及以下。兴利调度又包括了供水灌溉调度和发电调度，受水区先利用各片区内本地水源，当本地水源供水不足时缺口优先考虑区间来水，最后再由迈湾水库进行调节。原设计未考虑生态优先原则，也未考虑保障下游东山、龙塘断面生态用水刚性要求，合理性不足。

经进一步优化，调度原则调整为，以生态流量优先，在满足迈湾、东山及龙塘断面生态流量刚性约束的前提下，进行水库防洪调度及供水、灌溉等兴利调度。上游松涛补

建生态流量泄放设施，非丰水期下泄 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 、丰水期下泄 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量；迈湾坝址下泄 $5.85\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，6月~8月生态敏感时期下泄 $10.5\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，并在6月、7月各制造一次涨水过程。洪水调度中，在满足防洪调度要求下，中常洪水尽量按敞泄原则，来多少泄多少。6月、7月迈湾结合来水情况通过水库调度措施，适时各制造一次涨水过程。在特枯时段或生态用水发生冲突时，迈湾水库结合来水及水库存蓄水量情况，适当增加下泄流量，满足东山、龙塘坝址生态用水刚性需求。

经分析，优化调整后的流量可满足下游东山、龙塘断面生态用水刚性要求，本工程调度运行方式合理。

3.2.7 移民安置规划方案环境合理性

水库淹没影响涉及搬迁人口有屯昌县3个村小组、琼中县1个村小组、澄迈县航运开发公司1个、国营中坤农场20个连队、西达农场6个连队，规划水平年迁移安置人口5795人，其中地方部分935人，农场部分4860人。采取集中安置（建房人数 ≥ 50 人）、就地后靠安置和自行投亲靠友安置3种方式，其中修建集中居民点9个；集中安置5264人，就地后靠安置和自行投亲靠友安置共531人。

(1) 环境敏感性

根据实地调查，各移民安置区域不涉及自然保护区、风名胜区等环境敏感区，占地以槟榔、橡胶、荔枝、沉香等人工经济林为主，无敏感或特殊植被类型。安置点选择不存在生态环境方面的限制因素。

(2) 地质和地形条件

中坤石弄花场地地形坡度 $15^\circ\sim 25^\circ$ ，局部最大坡度超过 35° ，现状适宜性较一般；其余规划各安置点场地坡度大部分小于 10° ，环境适宜性较好。应做好放坡和坡面植草或其他坡面护坡措施，在宅基地后缘修筑浆砌片石基础挡墙，并在边坡后缘设置截水沟减少雨水对场地的影响，同时开挖场地内应妥善布置排雨、污水系统。在采取以上工程措施后，场地适宜性可满足要求。

(3) 供水、供电和交通条件

合水村安置点、中坤石弄花安置点、黄岭新村安置点、和西达南大安置点地下水储量较丰富，水质较好，浊度较低，有开采水源的条件，采用深机井供水，并设置蓄水池，以满足安置点供水需求。为保障移民安置点供水，规划扩建高山水厂，扩建规模为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，为高山水厂增加一套净水工艺设施，同时将高山水厂向腾寨方向延伸供水的泵站扩容和增设高位水池，可满足黄岭美马桥安置点、中坤场部安置点、中坤荔枝园安

置点等移民安置点的需水要求。

集中安置点水源选择情况一览表

表 3.2-6

序号	安置点名称	水源	备注
1	黄岭美马桥安置点	高山水厂	管网延伸
2	中坤场部安置点	高山水厂	管网延伸
3	中坤荔枝园安置点	高山水厂	管网延伸
4	中坤石弄花安置点	深机井	水源工程
5	黄岭新村安置点	深机井	水源工程
6	西达南大安置点	深机井	水源工程
7	合水村安置点	深机井	水源工程

集中安置点 10kV 线路可从附近线路 T 接引，在安置点内部新建变压器，供电电压为 0.22/0.4kV，采用三相四线制供电。各安置点道路顺应地形并结合安置区域内部房屋布局合理布置，可满足安置点交通需求。

(4) 污水处理及垃圾处置措施

根据本工程移民安置排水规划，集中居民点采用雨污分流制。污水拟采用“入户沼气池+公共化粪池+回用”的方式对移民生活污水进行处理，出水满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)后回用于农田灌溉，污泥无害化处理后可用作农田施肥。雨水经区内盖板排水沟收集后，经沉砂井后接入市政排水管网或利用地形就近排入附近冲沟、山箐。各居民点规划集中布置垃圾池，并安排专人定时清运至附近乡镇垃圾转运站，再由当地环卫部门定期外运至附近县(市)垃圾处理场最终处置。

(5) 其他环境影响

根据移民安置规划，本工程集中安置点居民均为本村或邻村移民。搬迁后生产生活环境没有发生一定变化，但通过移民安置可以改善其原有的基础设施条件。安置点均按照国家及地方相关法律法规等规定进行规划设计，移民文化、医疗等生活条件均能得到保证。移民安置工程建设过程中不可避免会对周边环境造成一定不利影响，通过采取合理有效的环境保护措施后可以得到减免。

因此，集中居民点不涉及自然保护区等环境敏感目标，水源、电力等有保障。原移民的生活污水主要为无组织排放，居民点将配套建设污水处理、垃圾收集设施、文体娱乐设施等，将改善村庄原来的卫生环境，满足安置点的文化娱乐需求。因此，从环境保护角度，本工程移民安置规划基本合理。

3.3 施工期工程分析

3.3.1 水环境影响源

(1) 生产废水

生产废水主要来源于砂石加工系统、混凝土生产系统、前期及厂房工程混凝土生产系统、机械修配厂、施工机械停放场等，其中砂石料加工系统是最大的污染源。

① 砂石加工系统废水

本工程设砂石骨料加工系统 1 处，位于 5#副坝、6#副坝坝前上游库区内，粗骨料每天三班制生产，细骨料每天二班制生产。设计用水量 $250\text{m}^3/\text{h}$ ，砂石料加工废水来自骨料清洗工序，废水排放量约为 $200\text{m}^3/\text{h}$ 。本工程砂石料源为花岗岩，根据同类项目类比，砂石料加工厂废水主要污染物为 SS，浓度约 $50000\text{mg}/\text{L}$ 。

② 混凝土拌和系统冲洗废水

本工程设置混凝土拌和系统 1 处，布置于坝址右岸坝肩附近，紧邻砂石料加工系统，每天三班制生产，设置 HL75-3F1000L 拌合楼 2 座。参考国内同类型工程混凝土拌和站排水情况，按每班冲洗一次，每座拌和楼一次冲洗量约 6m^3 计算，该系统日产生废水量约 $36\text{m}^3/\text{d}$ 。

拌和楼冲洗废水排放量小，排放具有间断性和分散性的特点，但泥沙悬浮物含量较大，pH 值偏高。但根据同类工程施工监测资料，该类废水悬浮物和 pH 值浓度较高（SS 约为 $5000\text{mg}/\text{L}$ ，pH 约值为 11.6），需处理达标后回用。

③ 含油废水

工程含油废水主要来自机械修配厂机修废水和施工机械设备停放场的洗车废水。由于本工程枢纽工区距屯昌县城约 30km 公路距离，屯昌县城具有较强的修配和加工能力，因此工程机械修配、汽车修配与保养联合设置，机械与汽车的大修任务主要依托屯昌县城的社会修配能力，枢纽工区主坝区内设置中型机械修配及保养厂，达到 2 类汽车保养水平，设备停放场同修配厂相邻布置，同时在副坝区设置 1 处设备停放场。

根据施工组织设计，本工程机械修配厂高峰时含油污水产生量 $10\text{m}^3/\text{d}$ 。主要污染物为石油类和 SS，根据类似工程实测结果，其浓度分别约为 $100\text{mg}/\text{L}$ 和 $1000\text{mg}/\text{L}$ 。

汽车冲洗废水主要来源于施工机械设备停放场，本工程布置 2 处施工机械停放场，1 处紧邻主坝区机械修配厂，1 处位于副坝施工区生活办公区旁。停放场采用高压水枪冲洗汽车，冲洗用水量为 $100\text{L}/\text{辆}\cdot\text{次}$ ，冲洗时间为 $10\text{min}/\text{辆}\cdot\text{次}$ ，每处施工设备停放场设计用水量为 $20\text{m}^3/\text{d}$ ，产污率取 90%，则各设备停放场日废水产生量约为 $18\text{m}^3/\text{d}$ ，高峰

小时废水量约 $4.5\text{m}^3/\text{h}$ 。两处施工设备停放场产生的洗车废水日废水产生总量为 $36\text{m}^3/\text{d}$ ，高峰小时废水量约 $9\text{m}^3/\text{h}$ 。待洗车辆大多为运送土石方及混凝土的大型工程车，洗车废水的泥沙量较大，废水主要污染物为石油类和 SS，其浓度分别约为 30mg/L 和 3000mg/L 。

④ 基坑排水

基坑排水包括初期排水和经常性排水。初期排水包括围堰闭气后基础及围堰渗水、基坑积水等。经常性排水包括施工期降水、基础和围堰渗水、施工弃水等。初期排水水质与河流水质基本相似，经常性排水包含了大量的渗水及降水，导致含有 SS(浓度约 500mg/L)和少量石油类等物质，根据施工组织设计，本工程右岸一期工程基坑经常性排水强度为 $150\text{m}^3/\text{h}$ ，右岸二期工程基坑经常性排水强度为 $100\text{m}^3/\text{h}$ 。

(2) 生活污水

① 生活办公区

本工程施工期间生活污水来自工程建设人员，集中在业主营地、主坝区施工生活区和施工办公区、副坝区施工生活办公区。

根据施工组织设计，本工程施工高峰人数为 1800 人，其中主坝区施工生活区(大坝左岸下游约 700m 处的山丘上)高峰期入住 1400 人，副坝区施工生活、办公区(3#副坝、4#副坝坝前上游库区内)高峰期入住 400 人。业主营地(鱼类增殖站处)工程建设管理人员高峰期入住 300 人。

参考《水电水利工程施工压缩空气、供水、供电系统设计导则》，用水定额取 $0.15\text{m}^3/\text{人}\cdot\text{d}$ ，排放系数按 0.8 计算，则主坝区施工生活区、副坝区施工生活办公区和业主营地生活污水产生量分别为 $168\text{m}^3/\text{d}$ 、 $48\text{m}^3/\text{d}$ 和 $36\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水主要污染物为 BOD_5 、 COD_{Cr} ，根据类似工程监测资料， BOD_5 、 COD_{Cr} 浓度分别约为 200mg/L 、 400mg/L 。

② 加油站

加油站污水主要为站内值班人员生活污水和加油流动人员冲厕污水。加油站位于主坝右岸坝肩，混凝土拌和系统上游侧。根据施工规划，加油站设计用水量为 $15\text{m}^3/\text{d}$ ，若产污率以 80% 计，则产生的污水量为 $12\text{m}^3/\text{d}$ 。生活污水主要污染物是有机物，各种污水混合后，其中 BOD_5 和 COD_{Cr} 浓度分别为 200mg/L 和 400mg/L 左右。

③ 施工区

施工区设置临时厕所，结合施工区当地实际情况，临时厕所采用移动型厕所，不需要水冲，施工人员的粪便由专人负责人工清运至承包商或业主营地一体化生活污水处理设施统一处理。业主营地和承包商营地生活污水量已考虑这部分粪便污水，因此，此处

不再单独考虑。

施工期污废水产生量汇总表

表 3.3-1

污染源	主要污染物	污染源强	污染源位置	产生规律
砂石加工系统废水	SS,50000mg/L	200m ³ /h	砂石料加工系统	点源, 连续产生
混凝土生产系统废水	SS,5000mg/L; pH>10	36m ³ /d	混凝土生产系统	点源, 不连续产生
修配废水	石油类,100mg/L; SS,1000mg/L	10m ³ /d	机械修配厂	点源, 不连续产生
洗车废水	石油类,30mg/L; SS,3000mg/L	36m ³ /d	施工机械停放场	点源, 不连续产生
生活办公区生活污水	BOD,200mg/L; COD,400mg/L	36m ³ /d	业主营地	点源, 不连续产生
		216m ³ /d	承包商营地	
加油站生活污水		12m ³ /d	加油站	点源, 不连续产生

(3) 地下水

工程施工期间, 生产废水和生活污水均经处理后回用, 基本不会对地下水水质造成污染。

本工程不涉及地下工程, 坝址处开挖和导流隧洞开挖对枢纽区局部地段地下水位和地下水渗流场产生一定影响。

3.3.2 声环境影响源

施工噪声主要来自施工开挖、钻孔、爆破、砂石料加工、混凝土拌和、辅助企业生产和交通运输等活动。

(1) 交通运输

交通噪声源强与车辆载重类型、行车速度密切相关。本工程主要采用自卸汽车(20t)运输, 行车速度根据施工规交通噪声源强与运输车辆载重类型、汽车流量和行驶速度密切相关, 本工程噪声强度为 70~90dB(A)。

(2) 爆破作业

本工程需要进行大规模爆破作业的有枢纽施工区和料场, 爆破噪声强度与爆破点岩性、爆破方法及单孔装药量密切相关, 最高爆破噪声强度可达到 125~132dB(A)。类比同类工程, 工程爆破噪声源强将达到 125dB(A)。

(3) 砂石料加工

本工程设有 1 处砂石料加工系统, 为固定、连续式噪声污染源。参照已建工程砂石

料加工设备噪声实测资料，砂石料加工点声源源强均大于 90dB(A)，其中棒磨机和筛分楼噪声高达 115dB(A)。根据施工组织设计，粗骨料三班制生产，细骨料二班生产，因此，夜间细骨料不生产，噪声源强相对较低，为 100dB(A)。

(4) 施工区噪声

施工区施工工厂噪声源主要来自于混凝土拌和系统、木材加工厂、钢筋加工厂、机械修理厂和汽车保养厂等施工工厂企业以及作业区施工机械噪声。

根据对同类工程施工期的实际监测数据，其中机械及汽车修理厂、转轮及金属结构拼装厂等施工工厂噪声源强一般在 70dB(A)以下；噪声源强较大的施工工厂主要为综合加工厂(包括钢筋加工和木板加工)、混凝土生产系统等，其噪声为间歇性点声源，噪声源强在 90~110dB(A)之间。

3.3.3 环境空气影响源

根据目前国内外同类工程施工监测成果，各施工区环境空气污染较大的主要有施工爆破活动、施工机械排放的含 TSP、NO_x、CO、THC 及 SO₂ 的尾气、交通运输扬尘等。根据本工程特点，工程施工期环境空气污染主要来自爆破、施工机械及运输车辆尾气等过程。

(1) 施工爆破及开挖

工程开挖前需进行爆破，爆破过程将产生一定量的粉尘 (TSP)、NO_x、CO 等污染物，均会对施工区环境空气质量产生一定影响。主要产生部位为坝基开挖施工，对工程附近的环境空气质量产生一定影响。类比同类工程，施工期爆破产生的粉尘、NO_x 排放系数分别以 47.49 (kg 粉尘/t 炸药) 和 3.508 (kgNO_x/t 炸药) 计。迈湾水利枢纽工程施工所需炸药共计约 759t，炸药类型主要采用乳化炸药。估算出本工程施工爆破产生的污染物总量见表 3.3-2。

本工程施工爆破产生的污染物总量

表 3.3-2

单位: t

项 目	炸药用量	粉尘	NO ₂
工程消耗总量	800	38	2.5

*注：根据《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2008)模式中相关参数的选取，在计算小时或日平均质量浓度时，可取 $Q(NO_2)/Q(NO_x)=0.9$ ，表中 NO₂ 产生量由 NO_x 折算得出，下同。

(2) 施工机械燃油

工程施工过程中需使用大量的大型燃油机械设备及运输车辆，因此在使用过程中会

产生 NO_x 、 CO 等废气。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。本工程施工期燃料总量为 7506t，主要为柴油。根据《环境保护实用数据手册》，柴油发动机大气污染物排放系数 NO_x 为 21.9g/L、 CO 为 33.3g/L，高峰年施工期燃料用量为 1958t/a，柴油密度按 840g/L，则施工期高峰期燃油产生 NO_x 约 5.83kg/h，产生 CO 约 8.86kg/h。

(3) 交通运输系统

交通运输系统污染源以筹建期及准备期第 1 年道路开挖、填筑、毛路运输时粉尘污染以及泥结石路面的交通粉尘对施工区的空气质量及施工人员影响最为严重。

本处以公路修建完毕后施工交通运输扬尘、尾气中的 CO 、 THC 、 NO_x 等排放污染为分析重点。

① 运输扬尘

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶。根据资料显示，施工过程中车辆行驶产生的扬尘约占施工总扬尘量的 60% 以上。一般情况，车辆行驶产生的扬尘，在同样路面清洁程度条件下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速情况下，路面越脏扬尘量越大。根据施工规划，本工程场内施工道路均为泥结石路面。本工程场内外公路两侧 200m 范围内有存在敏感目标的公路为副 1#施工道路和副 2#施工道路，其他场内公路两侧 200m 范围内均不存在敏感目标。

副 1#施工道路和副 2#施工道路（场内交通段）路面宽 7m，车流量约 30 辆/h，为混凝土路面，在车速为 40km/h 的情况下，类比同类工程泥结石路面场内道路运行期扬尘监测成果，在不考虑洒水降尘等措施的情况下，粉尘排放量约为 0.5kg/km·辆，粉尘产生量约为 15kg/km·h。本工程场内施工道路总长约 14.45km，则施工道路产生粉尘量为 216.75kg/h。

② 运输车辆尾气

施工期运输车辆取大型车，车速取 40km/h，交通量取枢纽工程区施工期最大交通量 30 辆/h。得出迈湾枢纽工程区公路交通运输车辆尾气污染物排放源强见表 3.3-3。

枢纽工程区公路施工期交通运输车辆尾气排放源强

表 3.3-3

污染物	CO	THC	NO ₂
单位公里排放源强(kg/h·km)	0.42	0.17	0.84
排放源强(kg/h)	6.07	2.46	12.14

(4) 砂石料加工

工程砂石料加工系统采用全筛洗的湿法工艺。砂石料加工系统产生的主要污染物为粉尘（TSP），污染源主要有预筛车间、主筛车间、成品骨料胶带机等，骨料露天堆放亦会产生一定扬尘。

本工程混凝土浇筑总量 106.8 万 m³（其中碾压混凝土 48.5 万 m³，变态混凝土 3.9 万 m³，常态混凝土 54.4 万 m³）。需要砂石成品料 149.5 万 t，其中砂为 42.7 万 t，碎石 106.8 万 t。工程采用的砂石料加工系统成品生产能力 300t/h。根据刘天齐主编的《三废处理工程技术手册·废气卷》中给出的参数，结合类比工程资料，确定砂石料加工系统粉尘排放系数以 0.05kg 粉尘/t 产品计算，得到砂石料加工系统粉尘排放总量为 74.75t，根据工程施工期工程分析，砂石加工系统施工高峰期污染物（TSP）排放量为 15kg/h。在采取先进、低尘破碎工艺和环境保护措施的前提下，除尘率将达到 99.9% 以上，则 TSP 排放强度为 0.015kg/h。

3.3.4 固体废物

(1) 生活垃圾

① 生活垃圾成分及特性

生活垃圾成分受生活水平、生活习惯和能源结构等因素的影响，工程施工区生活垃圾成分有其自身的特点。生活垃圾以有机厨余为主，此外塑料包装袋、纸类、草木、砖渣相对含量较高。

② 生活垃圾产生量

根据施工规划，本工程的总工期约 46 个月，平均施工人数 1350 人，高峰施工人数 1800 人，业主营地管理人员平均 200 人，高峰期约 300 人。人均垃圾产生量约 1.0kg/d，估算施工期日平均垃圾产生量 1.55t/d，日最大垃圾产生量 2.1t/d，施工期共产生垃圾 2139t，容重率以 0.45t/m³ 计，共产生垃圾 4753m³。

(2) 建筑垃圾和辅助企业生产垃圾

建筑垃圾主要是临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块、弃土等。这些建

筑垃圾的来源主要是场平、道路铺设和其它施工现场。施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。

(3) 工程弃渣

本工程土石方开挖总量为 743.2 万 m^3 （含导流工程、土石料场开采，实方），除主体工程综合利用外，剩余开挖料 388.9 万 m^3 全部运至工程设置的 3 处弃渣场。

3.3.5 生态影响源

(1) 施工占地、扰动

工程所在区域植被以雨林、灌木林以及人工栽培植被为主，生态环境较为脆弱。工程施工开挖、回填、工程场平、占地等均将扰动占地区植被，本工程扰动原地貌、破坏植被的面积为 200.38 hm^2 。工程占地将使区域植被面积减少，植被面积的减少和各类施工活动干扰影响工程区原有野生动物的正常活动，对其造成一定影响。

(2) 土石方开挖、弃渣

各类施工活动将扰动占地区的地表，损坏部分水土保持设施，增加水土流失强度。工区场地各类建筑材料和土石方堆放，容易引发新的水土流失。

工程总弃渣量弃渣 388.9 万 m^3 ，开挖料运至弃渣场。弃渣和表土堆置将损坏现有植被，雨水冲刷下易造成水土流失。

3.3.6 人群健康影响源

工程施工期间施工人员骤增，居住集中，临时生活区居住环境及卫生设施条件较差，对施工人员及当地居民人群健康可能产生一定的影响。

3.3.7 施工期污染源汇总

综合以上分析，施工期各类污染源、主要污染物、污染源强、污染源位置及排放规律等汇总至表 3.3-4。

施工期污染物排放汇总表

表 3.3-4

类型	污染源	主要污染物	排放源强	污染源位置	排放规律
水污染	砂石料加工系统废水	SS,50000mg/L	2880m ³ /d	副坝施工区	点源, 连续排放
	混凝土拌和废水	SS,5000mg/L;pH>10	36m ³ /d	混凝土拌和废水	点源, 不连续排放
	汽车冲洗废水	SS,3000mg/L;石油类,30mg/L	18m ³ /d	主坝区施工设备停放场	点源, 不连续排放
			18m ³ /d	副坝区施工设备停放场	
	机修废水	SS,1000mg/L;石油类,100mg/L	10m ³ /d	主坝区机修厂和保养厂	点源, 不连续排放
	生活办公区生活污水	BOD,200mg/L; COD,400mg/L;	168m ³ /d	主坝区施工生活区	点源, 不连续排放
			48m ³ /d	副坝区施工生活办公区	
36m ³ /d			业主营地		
加油站生活污水	BOD,200mg/L; COD,400mg/L;	12m ³ /d	主坝右岸坝肩	点源, 不连续排放	
大气污染	施工场地扬尘	粉尘	15kg/h (砂石加工系统)	砂石加工系统破碎车间	无组织排放, 面源
	施工道路	粉尘	216.75kg/h	场内交通段	无组织排放, 线源
		CO、THC、NO ₂	CO 为 0.42kg/h·km, THC 为 0.17kg/h·km, NO ₂ 为 0.84kg/h·km		
	燃油废气	CO 和 NO _x 等废气	NO _x 约 5.83kg/h、 CO 约 8.86kg/h	施工区	无组织排放, 面源
爆破粉尘	TSP	粉尘 38t, NO ₂ 约 2.5t	施工区	无组织排放, 面源	
噪声污染	施工区噪声	L _{Aeq}	90~110dB(A)	施工场地	面源
	交通噪声	L _{Aeq}	70~90dB(A)	进场道路两侧	线源
	施工爆破	L _{Aeq}	125dB(A)	石料场、大坝施工作业区	间歇点源
	砂石料加工	L _{Aeq}	100~115dB(A)	砂石料加工系统	面源
固体废弃物	生活办公区	生活垃圾	平均 1.55t/d, 共 2139t	生活营地	间歇性排放
	主体工程	弃渣	无	导流工程、土石料场开采	/

3.4 水库征占地及移民安置

3.4.1 工程征占地

本工程近期方案（正常蓄水位 101m）水库淹没及影响区永久征收土地总面积 42961.16 亩，远期淹没影响土地 65609.89 亩，枢纽工程永久占地 2054.56 亩，临时占地 1593.25 亩。水库淹没将使部分土地资源永久性丧失，造成一定生物量和动物栖息地的损失，并产生移民，占压部分专项设施。水库淹没及工程占地对当地土地资源造成一定的压力，影响当地居民的生活质量和生活方式。

枢纽工程永久占地将使局部范围内的原有植被和土壤环境彻底丧失或严重受损，受损数量相对较少。临时占地在停止使用后，可逐步得到恢复。

3.4.2 移民安置

(1) 生产安置

本工程近期建设方案规划水平年农村生产安置 398 人，农垦职工生产安置 1605 人。远期建设方案规划水平年库区农村生产安置人口为 610 人，农垦职工生产安置总人数为 2043 人。采用调剂土地、货币安置、购买社会养老保险、生产岗位调整等安置方式，无需新开垦耕地和土地开发整理，可避免对生态环境造成影响。生产安置可能对移民原有经济水平及社会生活产生一定影响。

(2) 搬迁安置

本工程近期建设方案规划水平年搬迁安置 4048 人，其中农村集中安置 393 人（另有 102 人投亲靠友安置），农场集中安置 3553 人。采取集中安置和自行投亲靠友安置方式。规划建设 7 个移民集中安置点，其中农村集中安置点 1 个，农场集中安置点 6 个。远期建设方案规划水平年搬迁安置人口 5795 人，其中农村部分 935 人，农场部分 4860 人，规划建设 9 个移民集中安置点。

移民安置区的房屋以及相关基础设施的建设过程中，需实施土石方工程，土石方的开挖、填筑以及移民房建过程中，将产生扬尘、固废等污染物，并不可避免地扰动地表，存在水土流失的隐患。

移民安置区建成后，农村移民日常生活将产生部分生活污水和生活垃圾，居民生活用水定额按 150L/人·d，污水排放系数 0.9 计，近期建设方案移民集中安置点的日生活污水排放总量为 532.71m³/d。污水成分比较简单，主要为 COD、BOD₅、氨氮和 SS 等，其排放的浓度分别约为：400mg/L、200mg/L、35mg/L、200mg/L。

移民人均日生活垃圾产生量以 1kg/人·d 计算，则近期建设方案移民集中安置点每日

垃圾产生量为 3.95t/d，以容重 0.6t/m³ 计，垃圾产生量移民集中安置点约 6.58m³/d。移民安置点生活污水产生量和生活垃圾产生量见表 3.4-1。

近期建设方案移民集中安置点生活污水及垃圾产生量表

表 3.4-1

序号	安置点	规模	生活污水产生量	生活垃圾产生量	
		(人)	(m ³ /d)	重量(t/d)	容积(m ³ /d)
农村集中安置点					
1	合水村	393	53.06	0.39	0.66
农场集中安置点					
2	中坤荔枝园	738	99.63	0.74	1.23
3	中坤场部	537	72.50	0.54	0.90
4	中坤石弄花	146	19.71	0.15	0.24
5	黄岭美马桥	822	110.97	0.82	1.37
6	黄岭新村	63	8.51	0.06	0.11
7	西达南大	1247	168.35	1.25	2.08
合计		3946	532.71	3.95	6.58

(3) 专业项目复建

迈湾水利枢纽专项复建工程主要包括交通工程、通信工程、有线电视网络线路、输变电设施的复建。专项复建工程以线性工程为主，占地相对较少。专业复建过程中，将产生污废水、扬尘、固废等污染物，并不可避免地扰动地表，对周边生态环境产生一定影响。

3.5 运行期工程分析

3.5.1 水库初期蓄水

根据施工总进度安排，工程计划第 5 年 3 月 1 日导流隧洞下闸封堵，水库开始蓄水。按水库丰、平、枯不同典型年逐旬入库流量推算，水库水位蓄至死水位(76m)总历时为 26d~56d；水库水位蓄至死水位后，具备了向下游供水和机组发电条件；继续蓄水至正常蓄水位(108m)总历时为 258d~431d。初期蓄水期间通过预埋两根 $\phi 600$ 钢管或生态机组旁通管向下游泄放生态基流(10.3m³/s)，此外，下游谷石滩水电站回水与迈湾坝址相衔接，因此，初期蓄水期间坝址下游不会出现脱水现象。水库初期蓄水后将在坝址以上河段形成库区，库区干支流江段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势发生变化。

3.5.2 水库运行调度

迈湾水库运行后，近期方案水库水位在正常蓄水位 101m 和死水位 76m 之间变动，水位最大变幅 25m。远期方案在正常蓄水位 108m 和死水位 76m 之间变动，水位最大变

幅 32m。丰水期 8 月~汛末(10 月中旬左右)水库水位基本控制在防洪限制水位 96m（近期方案）、104.5m（远期方案）运行。迈湾水库具有多年调节性能，多年平均水库水位变化较小，不同来水条件下水库水位年内变化幅度较大，见图 3.5-1。水位变化对库区水文情势、水温、水质等水环境产生一定影响，产生的消落带和消落河段，将对该区域生态环境产生一定影响。

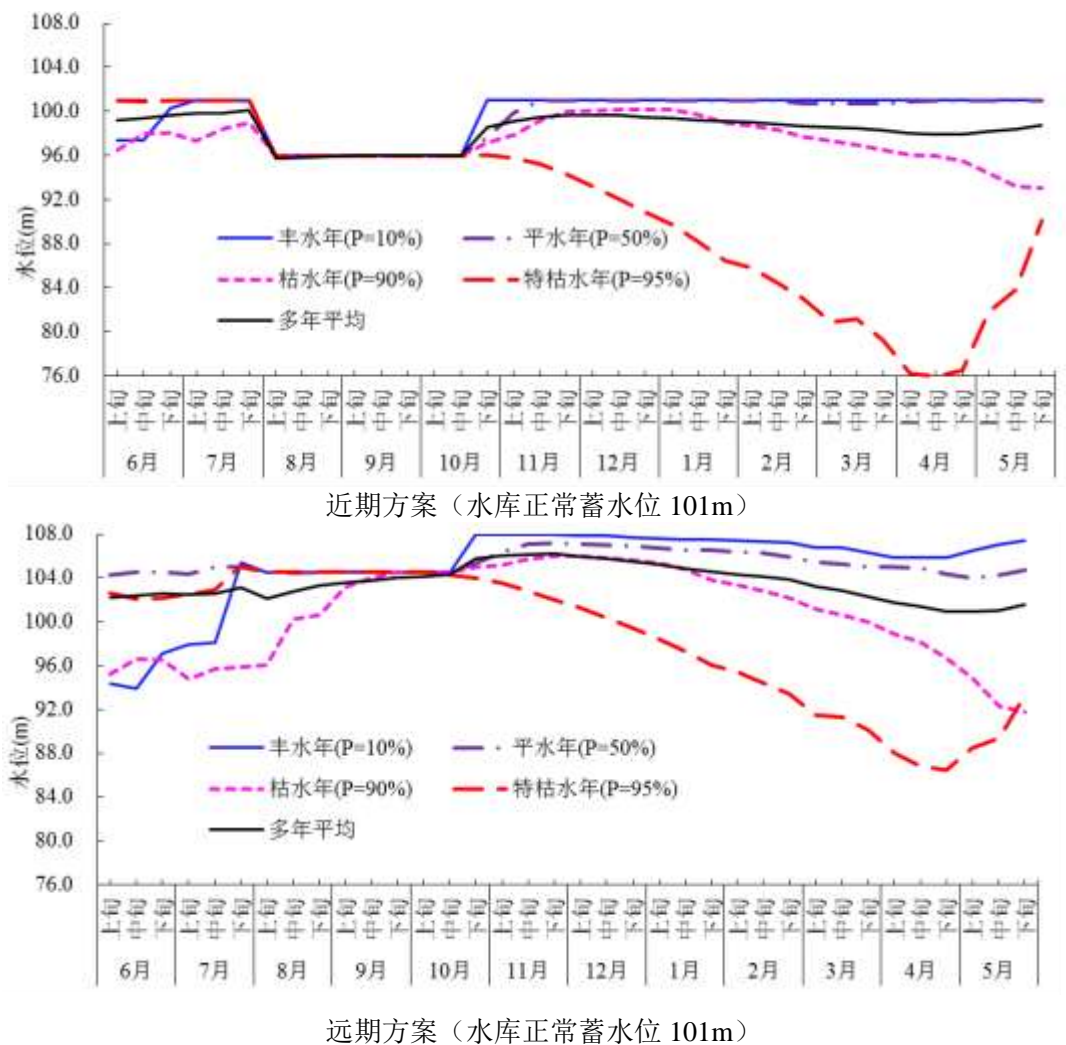


图 3.5-1 各典型年迈湾水库逐旬末水位过程图

3.5.3 水污染源

工程运行期生活污水主要产生于业主营地和发电厂房。运行期按 130 人估算，包括运行管理人员 65 人以及家属、外来人员 65 人，人均日用水量按 150L/d 计算，污水排放系数取 0.8，时变系数取 2.0，则业主营地生活污水排放量约为 15.6m³/d(5694m³/a)，高峰时排放量为 1.3m³/h。生活污水主要污染物为 BOD₅、COD_{Cr}，根据类似工程监测资料，BOD₅、COD_{Cr} 浓度分别约为 200mg/L、400mg/L。

本工程进入南渡江流域的退水主要为远期迈湾灌区片的退水，退水去向主要为绿现

水、西昌水、大塘河和龙州河等主要支流以及大塘河至龙州河区间南渡江干流，主要污染物为 COD、NH₃-N 等。

3.5.4 生态影响

3.5.4.1 陆生生态影响

(1) 景观生态系统影响

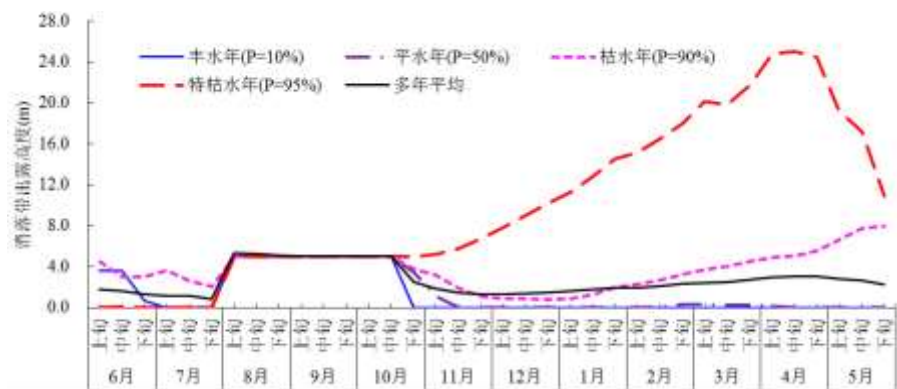
随着水库蓄水淹没，库区生态景观也随之发生变化，景观斑块数量将减少，原生景观斑块的数量将减少，水体景观将增加。迈湾水库规模较大，可能对局地气候、环境地质产生一定影响。随着水库远期建设方案，将导致水库淹没面积从 23.8km² 增加至 37.7km²，影响可能进一步增加。

(2) 水库水位消落影响

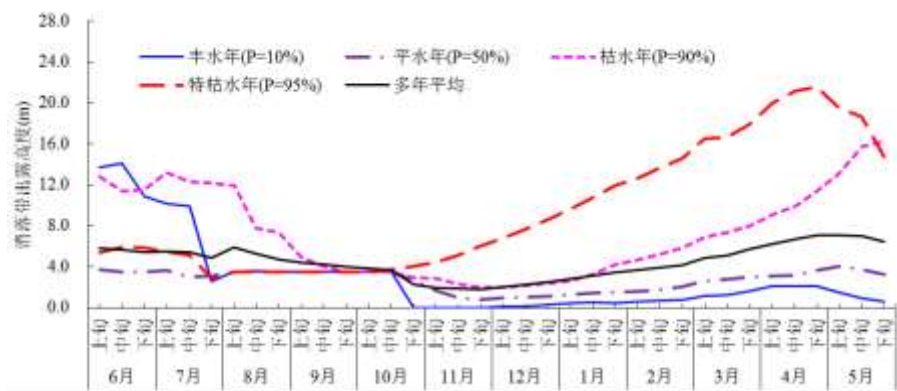
① 消落带影响

本工程受防洪、灌溉、供水、发电等调度运行影响，水库水位理论上在死水位 76m~正常蓄水位 101m（近期），最大消落幅度达 25m，将产生最大面积超过 20.86km² 的消落区；远期将在 76m~108m 之间波动，最大消落幅度达 32m，将产生最大面积超过 34.76km² 的消落区。两个方案间消落区面积至少增加 13.9km²。

为更好地发挥供水、灌溉作用，水库一般维持在较高水位运行，近期、远期方案水库年内水位变幅一般小于 25m、32m，各典型年(丰、平、枯、特枯水年)年内水位变幅近期方案约为 5.0m、5.0m、7.2m、25.0m，远期方案约为 14.1m、3.2m、14.3m 和 18.7m，特枯水年消落带出露相对较多。从特枯水年年内消落带出露过程来看，总体上 6 月~11 月消落带出露较少，12 月~次年 5 月消落带出露较多。



近期方案（水库正常蓄水位 101m）



远期方案（水库正常蓄水位 108m）

图 3.5-1 各典型年迈湾水库消落带出露高度过程图

② 水库不同方案对热带雨林的淹没影响

迈湾水库淹没区内分布一定数量的次生热带雨林，根据遥感卫片解译结果，在近期、远期建设方案（101m）下，淹没次生热带雨林面积分别为 119.55hm²、169.58hm²，随着水库水位的抬高，将对次生热带雨林淹没面积将增加 50.03hm²。

3.5.4.2 水生生态影响

(1) 水资源和水文情势影响

迈湾水利枢纽工程建成后，库区河段水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，河流的水动力学过程将发生较大的变化，淹没改变河道鱼类产卵、栖息条件，可能改变该河段鱼类种类组成。

远期建设方案水库向灌区供水导致下游河道水资源减少，防洪、供水调度改变下游水量和水文情势，可能影响下游河段鱼类生长、繁殖和资源量等。

洪水对于鱼类向下游的散布具有较重要的生态学意义。迈湾水库调节能力强，下游各梯级水库基本没有调节能力，可以考虑一方面利用迈湾水库在鱼类生态敏感期模拟天然情况，制造涨水过程；另一方面，以迈湾为龙头水库，通过实施梯级水库联合生态调度，尽可能满足南渡江下游的生态需水过程要求，以改善南渡江下游河流生态系统。

(2) 水生生境条件变化影响

水库库容较大，库区水温将出现分层现象。水文情势和水温的变化将对库区的水生生境、浮游动植物和底栖动物带来影响。由于大坝的阻隔，鱼类生境的片段化和破碎化，可能导致种群间基因难以交流，使水生生物种群将受到不同程度的影响。

3.5.5 固体废物

工程运行期产生的固体废物主要为管理区的生活垃圾，管理人员共计约 130 人。生活垃圾以每人每天产生垃圾 1.0kg 计，则工程生活办公区日产生生活垃圾约为 130kg/d。

4 环境现状

4.1 自然环境

4.1.1 气候

南渡江流域地处热带北部边缘，气候温和，降雨充沛，台风频繁，干、湿季差别显著。多年平均气温 23.5℃，极端最高气温 41.6℃，极端最低气温-3.1℃；多年平均日照时数 2100h；多年平均相对湿度 85%。

流域内主导风向为东北季风，其次为东风和东南风，8~10 月风速最大。流域多年平均降水量 1900mm，自上游向下游递减，南部多于北部。降水主要集中在 5 月~11 月的丰水期，占全年降水量的 85%。多年平均水面蒸发量 1450mm。

迈湾水利枢纽位于南渡江中游，屯昌县和澄迈县交界处，根据屯昌县气象站资料，工程区多年平均年气温 23.5℃，极端最高气温 41.6℃，极端最低气温-3.1℃，多年平均相对湿度 85%，年平均降水量 2000~2400mm，年平均蒸发量 1450mm，年平均风速 1.5m/s，多年平均最大风速 12.7m/s，50 年最大风速 23.3m/s。

4.1.2 径流、泥沙

(1) 径流

南渡江中下游河段径流由降水形成，径流的时空变化与降水的时空变化基本一致。径流年内分配不均匀，洪枯流量间相差较大。经统计分析，龙塘多年平均天然流量为 225m³/s（松涛~龙塘站区间多年平均天然流量为 173m³/s），丰水期（6 月~11 月）水量占全年水量的 77.8%，枯期（12 月~翌年 5 月）水量占全年水量的 22.2%。

迈湾水利枢纽位于海南省南渡江干流的中游河段，坝址位于澄迈与屯昌两县交界处。坝址距上游已建松涛水库 55km，由于松涛水库基本无放水，龙塘断面实测资料即为松涛~龙塘站区间成果，控制松涛~迈湾区间集水面积 970km²，相应多年平均流量 34.9m³/s。径流年际变幅较大，丰枯水年组交替出现，持续时间较短。根据实测系列统计，龙塘断面最大年流量为 276m³/s(2000 年 6 月~2001 年 5 月)，最小年流量为 64.5m³/s（1959 年 6 月~1960 年 5 月），丰枯比值为 4.3 倍。该站历年实测最小流量为 0m³/s(1973 年 2 月 7 日)。迈湾坝址多年平均天然流量为 86.3m³/s，丰水期（6~11 月）多年平均天然流量为 138m³/s，枯期（12 月~翌年 5 月）多年平均天然流量为 34.6m³/s。

松涛~龙塘区间河段天然径流年内分配见表 4.1-1，考虑松涛水库后，流域天然径流年内分配见表 4.1-2。

南渡江松涛~龙塘区间河段天然径流年内分配过程（扣除松涛）

表 4.1-1

断面	项目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	年
迈湾 坝址	流量 (m ³ /s)	38.8	34.5	51.1	77.4	81.4	36.0	18.3	12.3	12.8	12.3	15.9	26.7	34.9
	水量分配 (%)	9.1	8.4	12.4	18.2	19.8	8.5	4.5	3.0	2.8	3.0	3.7	6.5	100
	汛枯期流量 (m ³ /s)	53.2						16.5						34.9
	汛枯期水量分 配 (%)	76.5						23.5						100
龙塘	流量 (m ³ /s)	192	171	253	384	404	179	90.8	61.2	63.4	61.1	79.0	133	173
	水量分配 (%)	9.1	8.4	12.4	18.2	19.8	8.5	4.5	3.0	2.8	3.0	3.7	6.5	100
	汛枯期流量 (m ³ /s)	264						81.7						173
	汛枯期水量分 配 (%)	76.5						23.5						100

南渡江干流天然径流年内分配过程（含松涛）

表 4.1-2

断面	项目	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	年
松涛坝址	流量 (m ³ /s)	49.3	54.5	82.0	134	137	49.2	25.2	15.7	12.6	10.1	13.8	31.0	51.4
	水量分配 (%)	7.9	9.0	13.6	21.4	22.7	7.9	4.2	2.6	1.9	1.7	2.2	5.1	100
	汛期流量 (m ³ /s)	84.5						18.2						51.4
	汛期水量分配 (%)	82.4						17.6						100
迈湾坝址	流量 (m ³ /s)	88.1	88.9	133	211	219	85.2	43.4	28.0	25.4	22.4	29.7	57.7	86.3
	水量分配 (%)	8.4	8.8	13.1	20.1	21.5	8.1	4.3	2.8	2.3	2.2	2.8	5.7	100
	汛期流量 (m ³ /s)	138						34.6						86.3
	汛期水量分配 (%)	80.0						20.0						100
东山	流量 (m ³ /s)	152	146	217	338	352	144	73.5	48.2	46.3	42.6	55.8	102	144
	水量分配 (%)	8.7	8.6	12.8	19.4	20.8	8.3	4.3	2.9	2.5	2.5	3.2	6.0	100
	汛期流量 (m ³ /s)	225						61.6						144
	汛期水量分配 (%)	78.6						21.4						100
龙塘	流量 (m ³ /s)	242	226	336	518	541	228	116	76.8	76.0	71.2	92.7	164	225
	水量分配 (%)	8.8	8.5	12.7	19.0	20.5	8.3	4.4	2.9	2.6	2.7	3.4	6.2	100
	汛期流量 (m ³ /s)	349						99.8						225
	汛期水量分配 (%)	77.8						22.2						100

(2) 洪水

南渡江的洪水由暴雨所形成。较大和特大洪水又多为热带气旋（特别是台风）系统所产生，个别年份在北方冷空气配合下也会产生较大洪水，或二者兼有。暴雨常发生在4月~11月，一次降雨过程3d左右，最长可达13d，其中暴雨历时1d~3d，最长5d。流域的洪水有来势迅猛、峰高、过程尖瘦等特点。洪水过程线有单峰型，也有复峰型，单峰和复峰出现的频次相当。大洪水和特大洪水多在9月或10月份出现。洪水的年际变化也不稳定，丰、枯水变幅较大。

(3) 泥沙

流域植被良好，水土流失轻微，河流悬移质含量较小。龙塘坝址多年平均悬移质年输沙量直接采用松涛建成后（1970年~2009年）的龙塘站实测成果，为25.8万t，多年平均含沙量为0.044kg/m³。迈湾坝址多年平均悬移质年输沙量依据松涛水库建库后龙塘站成果按年径流量比推算，得迈湾坝址多年平均悬移质年输沙量为5.2万t。

由于无实测资料，推移质按悬移质输沙量的20%计算，算得迈湾坝址多年平均年推移质输沙量1.04万t，迈湾坝址多年平均年总输沙量6.24万t。

4.1.3 地形、地貌

迈湾水利枢纽位于南渡江的中游河段，主要为丘陵、剥蚀波状平原等地貌单元。地势总体呈两山夹一江的态势，南渡江在工程区内总体呈东西向分布，沿河南北两侧多丘陵，丘陵外侧多分布剥蚀平原。南渡江在中流地段基本以下切为主。

南渡江上游河谷高程一般在116m左右，下游坝址区河谷高程一般在58m左右，区内落差约58m，区内坡降约0.97%。南渡江两岸丘陵大面积分布，坝址北侧的宝岭高程274.6m，南侧的尖岭251.3m，距河谷内高差基本都在200m以上，山体坡度一般在25°~35°之间，局部有超过35°的陡峭地形。坝址以上南渡江南北两岸地形发育形式不同，北岸多以深切沟和高陡山体为主，南岸多以波状平原为主，局部发育冲沟，下切深度较小。

迈湾水利枢纽坝址位于黄岭农场二十六队附近河段上，右岸有一山路通向下坝址附近，交通条件差。两岸山体基本对称，属侵蚀剥蚀低山~丘陵区，河谷呈“V”型纵向谷，左岸山体高程274.60m，坡角约30°~40°，右岸山体高程251.30m，坡角约30°~40°。

迈湾水利枢纽下游河面多较宽阔，河床宽约20m~150m，两岸山势陡峻，一般坡度30°~50°，河床常见基岩露头，松散覆盖层厚度不大。



坝址处俯视图



坝址处下游立视图

图 4.1-1 本工程坝址处地形

4.1.4 地质

(1) 地层岩性

区内出露地层有：古生界志留系、石炭系；中生界侏罗系、白垩系；新生界第四系

地层以及侵入花岗岩。工程区内侵入岩以中酸性为主体，出露十分广泛，主要分布在昆仑农场、西达农场、藤寨一带，分属儋县、琼中两大岩基，整体呈 NEE 向展布。坝区河段出露地层主要有石炭系上统石岭群下亚群（C2sha）和第四系松散堆积物（Q）。

（2）地质构造

库区地质构造复杂，主要的构造形迹为褶皱与断裂，北东向褶皱，北西向断裂和东西向断裂构造。王帝殿—南棍园复式向斜是坝址区主体褶皱，由松涛水库向北东沿 $45^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 方向延伸，两翼地层基本对称，西北翼产状 $145^{\circ} \sim 170^{\circ}$ 、 $\angle 40^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ；南东翼产状 $310^{\circ} \sim 335^{\circ}$ 、 $\angle 45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。

（3）地震

工程区位于华南褶皱系五指山拗陷带的琼中隆起北缘，区域褶皱及断裂构造发育，地震活动频率较高，区域构造稳定性较差。根据（GB18306-2001）《中国地震动峰值加速度区划图》，本工程区坝址及库区地震动峰值加速度为 $0.10g$ ，相应地震基本烈度为 VII 度。

（4）水文地质

迈湾水利枢纽坝区布置在南渡江中游干流河段，水库库区两岸山体雄厚，库内库首主要岩层为浅变质细砂岩、硅质板岩、炭质粉砂岩及花岗岩等，为相对隔水层。

库区内大小支流、冲沟均垂直向南渡江排泄，库区河流均为地下水补给河水，库区河谷总体属补给型。两岸大部分山顶高程 $200m \sim 400m$ ，但在库首段黄岭农场八队附近及下坝址上游 $1.10km$ 处左岸一低矮垭口处山体较为单薄，其中一个垭口高程为 $90.25m$ ，低于水库正常蓄水位，其余垭口山顶高程 $108.58m \sim 116.94m$ ，位于水库正常蓄水位附近，残坡积土层渗透系数 $k=8.39 \times 10^{-5}cm/s \sim 1.67 \times 10^{-4}cm/s$ ，属弱~中等透水层，其它库段两岸山顶高程均在 $200m$ 以上，各冲沟地下水位均高于水库正常蓄水位。

地下水主要有松散岩层孔隙潜水和基岩裂隙水两大类。松散岩层孔隙潜水分布于河漫滩和阶地的砂砾石，残坡积土及全风化土之中，水位埋深 $1m \sim 3m$ ，受大气降水和河水影响，水量中等，水化学类型属 HCO_3-Na 和 HCO_3-NaCa 型。基岩裂隙水多赋存在于风化裂隙水中，受大气降水影响，库区外围地下水位均高于正常水位。

4.1.5 土壤

南渡江流域的土壤主要有玄武岩砖红壤、玄武岩赤土地、浅海砖红壤、浅海赤土地、花岗岩砖红壤、砂页岩砖红壤、砂页岩赤红壤、砂页岩黄色赤土地、花岗岩黄色砖红壤、酸性紫色土、火山灰石质土、潴育型水稻土等。

儋州市土壤有砖红壤、水稻土、紫色土、潮沙泥土、沼泽土、石质土等 11 个土类。自然土壤以砖红壤为主体，占全市总面积的 81.77%。琼中县的土壤主要由花岗岩和少量紫色砂岩、砂页岩、安山岩风化而成。土壤类型多样，土深厚肥沃。屯昌境内土壤以砖土壤为主。自然土壤分为四种：松散草原砂壤土；丘陵粘土质松芒箕质砂壤土；丘陵棕色粘壤土；山地灰棕色砂壤土。澄迈县土质主要为红壤土和沙壤土，大部分土地可以引水灌溉，光、热、水等条件优越，十分适宜种植热带作物、冬季瓜菜和发展牧业。

本工程所涉及区域主要属于轻度水力侵蚀为主的南方红壤丘陵区。

4.2 陆生生态

根据本工程所在区域的气候特点及工程涉及范围广的特征，我院委托海南师范大学于 2016 年 1 月~3 月开展了本工程陆生生态专题调查，5 月对南渡江流域进行了更为广泛的调查。2018 年 5 月，开展了植被样方补充调查。2019 年 6 月，国家林业局昆明林业勘察设计院联合海南师范大学开展了本工程评价区热带雨林专题调查研究，本报告热带雨林相关论述主要引用《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程热带雨林调查与评价专题报告》成果。

4.2.1 调查研究内容和方法

植被生态调查的方法是结合已有的资料，进行实地路线调查与样方调查相结合的方法进行。

(1) 实地调查

实地调查中走访屯昌、澄迈、儋州等南渡江所在流域区域的国土资源部门及主要农场，获得所在流域及评价区的基础数据资料、敏感区资料 and 位置范围。路线调查主要是沿河道步行调查两岸的植被，记录植物种类及保护植物的分布点，同时确定不同类型的群落，再选择典型群落在距离河道不同距离布置样方，进行样方调查。乔木样方为 10m×10m，其中热带雨林样方 19 个、村庄周边残次林样方 4 个，主要开展植物种类、生物多样性、森林覆盖率、地上生物量的估算；橡胶林样方 14 个、槟榔园样方 14 个、马占相思林样方 2 个，主要开展林下植物调查和地上生物量估算；自然灌木林样方为 5m×5m，其中河沟灌草丛 5 个、人工林边缘或荒坡周边自然灌木林样方 3 个。室内植物名录整理、组成分析、生物多样性分析及分布区的分析主要依据《海南植物志》和《中国种子植物属的分布区类型》。

采用实地路线调查和访问调查相结合的方法，对评价区内的陆栖脊椎动物进行了调查，采用了估计数量等级方法调查各类动物种类数量的丰富度。



图 4.2-1 现场调查工作

(2) 景观生态学方法

景观生态环境质量状况的评判是通过两个方面进行的，一是空间结构分析；二是功能与稳定性分析。空间结构分析一般通过拼块、生态位、成层及排序状况等来反映。景观生态学认为景观结构与功能是相匹配的，景观的结构是否合理从一定程度上决定了该生态体系功能状况的优劣。对结构的合理性判断是从对模地的判断入手，因为模地的类型与属性对生态体系的动态和完整性起主导作用。判断模地有三个标准，即相对面积大，连通程度高，有动态控制功能。判断模地的标准可选用优势度值（ Dd ），而优势度值由密度（ Rd ）、频率（ Rf ）、和景观比例（ Lp ）三个参数计算得出，其数学表达式如下：

$$\text{密度 } Rd = \frac{\text{拼块 } i \text{ 的数目}}{\text{拼块总数}} \times 100\% ; \quad \text{频度 } Rf = \frac{\text{拼块 } i \text{ 出现的样方数}}{\text{样方总数}} \times 100\%$$

$$\text{景观比例 } Lp = \frac{\text{拼块 } i \text{ 的面积}}{\text{样地总面积}} \times 100\% ; \quad \text{优势度 } Do = \frac{(Rd + Rf) / 2 + Lp}{2} \times 100\%$$

其中，密度与景观比例可综合反映某一类缀块在景观体系中的连通程度，频率可反映某一种拼块在景观体系中分布的均匀程度，景观比例则可反映某一类拼块在景观体系中的相对面积大小。将密度、频率和景观比例 3 个参数一起考虑便可得出优势度值，当

某一类缀块优势度值明显大于其它各类缀块的优势度值时，可以判断此类拼块是景观体系中的模地，进而可以认为景观体系中的生态特征是由此类模地的生态特征所主导，如果某区域的景观体系以绿地为模地，则表明该区域的生态完整性较优。

(3) 生态制图

采用的地理信息数据中遥感卫片来源为：SPOT 影像（分辨率 2.6m 左右，2013 年）和 Google earth 影像（矫正后）（分辨率 0.6m 左右，2015 年），解译方法为现场勘查和目视解译，再结合野外实地考察资料、规划设计资料和相关文献资料，以此对该规划陆生生态环境影响进行定性与定量研究。

4.2.2 植被

选择代表性植被类型进行了 61 个样方的详细调查，并在调查中采用了“3S”综合技术的调查研究方法，用于物种、群落定位，数据资料整编、分析、量化。

(1) 评价区植被概况

评价区的植被由自然植被与人工植被组成，其中自然植被由热带雨林、灌木林等组成；人工植被由橡胶林、槟榔园作物和小部分马占相思林等组成，区内还有小面积的农田作物。从各植被类型和群落类型的分布面积来看，人工植被占比例较大，其中橡胶林为主要群落类型，依次为槟榔园和农田作物。自然植被所占比例较小，群落表现出优势植物种类不多或不显著等特征。

评价区主要植被类型一览表

表 4.2-1

类别	植被型	主要群落类型
I.自然植被	1.热带雨林	(1) 岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系
		(2) 笔管榕+黄桐+大叶山楝群系
		(3) 山麻树+黄桐+翻白叶群系
		(4) 翻白叶+中平树+大果榕群系
		(5) 鸭脚木+黄椿木姜子群系
		(6) 鸭脚木+黄桐群系
		(7) 海南暗罗+鸭脚木群系
	2.灌草丛	(1) 黄毛榕+山黄麻+多花山猪菜群系
		(2) 苦楝+马樱丹+飞机草群系
		(3) 水柳+水竹+斑茅 河滩地群系落
II.人工植被	1.经济林园	(1) 橡胶林
		(2) 槟榔园
	2.用材林	(1) 马占相思林
	3.竹林	(1) 粉单竹林
	4.村庄植被	(1) 榕树+荔枝+波罗蜜 村庄植被
5.农田作物		



岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群落



笔管榕+黄桐+大叶山楝群落



山麻树+黄桐+翻白叶群落



翻白叶+中平树+大果榕群落



鸭脚木+黄桐群落



鸭脚木+黄椿木姜子群落



海南暗罗+鸭脚木群落



苦楝 + 马樱丹+ 飞机草群落

水柳+水竹+斑茅群落

图 4.2-2 评价区主要植被类型群落现状

(2) 植被类型组成、结构及分布特征

评价区自然、半自然植被主要包括 15 个类型，各植被类型及群落类型的组成与结构及分布一定的特点。该地区植物多样性丰富程度中等偏低，多为海南中部地区常见植物，特有植物种类及热带雨林代表性植物较少。植物种类较多的植被类型为热带雨林，其 Shannon-wiener 生物多样性指数约 2.0-3.5 之间，距海南五指山热带雨林的植物多样性指数 5.38 还相差较远，灌草丛的相应数据是 1.5-2.8 之间，人工植被林下植物多样性指数的相应值在 0.5-1.3 之间变化，表现出人类经营程度较高，自然分布的植物种类较少，植物多样性较低的特点。

① 热带雨林

1) 岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群落

这一群落类型为南渡江边较为特色的植被类型，也是由湿润雨林被破坏后自然恢复形成的次生性森林植被类型，正处于恢复阶段。典型的群落主要分布在河流两侧乃至沟谷边缘坡度较陡的小区域或山顶上。群落外貌不连续，结构较稀疏，优势植物主要为岭南酸枣和猫尾木，覆盖率一般为 65-70%，受到破坏的程度较大的生物量约 $80\text{t}/\text{hm}^2$ ，总体平均约 $95\text{-}100\text{ kg}/\text{m}^2$ ，评价区内该植被类型的 Shannon-wiener 生物多样性指数中等，在 2.5-2.8 之间。乔木层树高平均约在 8-10m 之间，常见的植物还有海南菜豆树、滑桃树、大花五桠果、黄桐、倒吊笔、黄毛櫟木、水锦树、山黄麻、对叶榕、银柴、黄牛木、厚皮树、光滑黄皮等演替早期树种或演替中期树种；林下常见的灌木或草本植物主要有买麻藤、鸡矢藤、玉叶金花、马钱等多种，群落外围还分布有大量的多花山猪菜。

2) 笔管榕+黄桐+大叶山楝群系

这一群落类型为常镶嵌分布在人工林中，群落不连续，群落覆盖率约在 70-75%，生物量为 100-105 t/hm²。主要由笔管榕、黄桐、大叶山楝群落构成，但优势种并不明显，在乔木层中各种榕属植物稍占优势，乔木层树高平均约在 7-9 米之间，常见的乔木种类还有黄杞、华楹树、黄椿木姜、破布叶、构树、禾串树、翻白叶等多种。灌木层、草本层及层间植物较为丰富，常见的有九节、光滑黄皮、乌柿、粗叶榕、三叉苦、牛筋藤、多种葡萄科藤本植物、假鹰爪、野牡丹、山麻秆、叶被木、酒饼勒、大萼、玉叶金花、黄藤、多花山猪菜、鱼尾葵、羽叶金合欢等。评价区内该植被类型的 Shannon-wiener 生物多样性指数中等，在 2.8-3.0 之间。

3) 山麻树+黄桐+翻白叶群系

这一群落类型也是热带雨林演替中前期的常见群落类型，较靠近南渡江边，群落覆盖率约在 65-75%，以山麻树、黄桐、翻白叶为主，乔木层还有琼楠、黄毛榕、岭南山竹子、猫尾木、构树和山牡荆等，乔木层树高平均约在 8-10 米之间，灌木层、草本层及层间植物也较丰富，灌木层还分布有厚皮、粗康柴和对叶榕等植物，上层藤本覆盖有多花山猪菜。林内的草本植物主要为蜈蚣藤、鸡矢藤、珍珠茅、粽叶芦、草豆蔻、假益智、华南毛蕨、眼镜豆，其他的林下植物还有鹧鸪麻、山黄麻、三叉苦、破布叶、白饭树、谷木、潺槁木姜、对叶榕等。群落生物量估计 95-100t/hm² 左右，Shannon-wiener 生物多样性指数中等，在 2.5-2.8 之间。

4) 翻白叶+中平树+大果榕群系

这一群落类型由湿润雨林被破坏后自然恢复形成的次生性森林植被类型，但现阶段又在受到较为严重的干扰。总体上，在河流两岸该群落外貌不连续，结构较稀疏，乔木层树高平均约在 6-8 米之间，优势植物主要为翻白叶、中平树、大果榕等，植被覆盖率仅为 65-70%，有的地段只是 30-40%。生物量为 80-85 kg/m²，群落较好的地段 Shannon-wiener 生物多样性指数约为 3.0，总体上该群落的 Shannon-wiener 生物多样性指数最低，约在 2.0-2.2 之间。常见的植物还有黄椿木姜、美叶菜豆树、楝叶吴茱萸、余甘子、龙眼睛、鹧鸪麻、银柴、水锦树、山黄麻、黄毛榕、山乌柏、白楸等演替早期树种或演替中期树种；林下常见的灌木或草本植物主要有玉叶金花、海金沙、草豆蔻、葛藤、锡叶藤、鱼尾葵、多花山猪菜、毛稔等多种。

5) 鸭脚木+黄椿木姜子群系

该植物群落分布范围较广，不仅分布在南渡江边，也是其他丘陵区域的常见的植被类型，群落外貌较连续，群落结构组成较复杂。植被覆盖率一般为 75%，生物量为 105-110

kg/m²，Shannon-wiener 生物多样性指数较高，约为 3.0-3.2 之间。乔木层树高平均约在 8-10 米之间，群落优势种主要为黄椿木姜子、鸭脚木，常见的植物还有山黄麻、白楸、橄榄、岭南山竹子、狭叶泡花树、小果鹧鸪花、白颜、大果榕、对叶榕、假苹婆、海南菜豆树、楝叶吴茱萸、黄牛木、白桐、黄毛榕木等演替早期树种或演替中期树种；常见的草本和藤本植物种类主要有红藤、越南悬钩子、鱼尾葵、藤竹、疏刺花椒、天香藤等多种。

6) 鸭脚木+黄桐群系

该群落类型结构较复杂，物种组成较多样，主要分布在南渡江外海拔较高的区域，主要在加笼坪一带山脉分布、在减水河段和下游河段岸边也有少量分布。该群落植被覆盖率一般为 85-90%，可于分为乔木层和灌木层，乔木层树高平均约在 10-12 米之间，主要植物种类有黄桐、斜脉暗罗、鸭脚木、黄杞、青果榕、白颜树、毛黄肉楠、割舌榕、美叶菜豆树、白颜等；灌木层植物主要有黄牛木、细齿叶柃、越南山矾、粗毛野桐、粗叶榕、海南杨桐、银柴、禾串、异株木犀榄等；林内有一些攀援及缠绕藤本植物，主要少黄藤、鱼尾葵、眼镜豆、白藤、疏刺花椒、买麻藤等。从群落的物种组成和结构看，该类群落属于评价区周边较典型的热带雨林。群落的生物量为 110-115 t/hm²，Shannon-wiener 生物多样性指数最高，在 3.5-3.8 之间。

7) 海南暗罗+鸭脚木群系

该群落类型结构简单，分布在河流岸边较干旱的区域，在减水河段和下游河段岸边均有分布。该群落植被覆盖率一般为 70%，可于分为乔木层和灌木层，乔木层树高平均约在 5-8 米之间，主要植物种类有海南暗罗、鸭脚木、美叶菜豆树、楝叶吴茱萸、厚壳桂、黄牛木、厚皮树、乌墨、沙煲暗罗等；灌木层植物有山石榴、牛筋果、假鹊肾树、刺桑、土蜜树、黑面神等；林内有一些攀援及缠绕藤本植物，草本植物稀少。从群落的物种组成和结构看，该类群落属于典型的天然次生林。群落的生物量为 90-95t/hm²，Shannon-wiener 生物多样性指数中等，在 2.5-2.8 之间。

② 灌草丛

1) 黄毛榕+山黄麻+多花山猪菜 群落

该灌丛类型主要分布于人工林边缘，在荒坡地上自然发育而成，覆盖率约为 60~70%左右，生物量为 10~12kg/m²。灌木植物和小乔木植物发达，以黄毛榕、山黄麻、白楸为优势；群落内常见灌木有潺槁木姜、光滑黄皮、假萍婆、谷木、了哥王、紫毛野牡丹、野牡丹、火索麻、红背山麻杆、银柴、黑面神、锈毛野桐；草本植物有菊科的飞

机草、加拿大蓬、白花地胆头、南美蟛蜞菊、禾本科的斑茅、五节芒、割鸡芒和粽叶芦等多种；常见藤本植物有多花山猪菜、海南海金沙、粪箕笃、苍白秤钩风、小刺槌果藤、锡叶藤、葛藤属多种植物、越南悬钩子、壮丽玉叶金花和白藤等多种藤本植物，表现出较丰富的植物种类。

2) 苦楝+马樱丹+飞机草群落

该群落为非地带性植被类型，常见于人类活动干扰频繁区域。群落组成中常表现为外来种较多，局部甚至由入侵种形成单优群落。群落次生性极强，常从次生裸地自然演替而成，一般地段弃荒几年后便可形成本群落类型。目前该群落主要分布于工程区域内的村庄附近、工程沿线弃荒地、未利用地等。群落外貌黄绿色，100m²样地内约有2~3株乔木，主要种类有构树、苦楝、山黄麻、银合欢等，植被覆盖度较差；灌木呈丛状，盖度为约50%，高度约2m，主要种类有麻疯树、构树、马樱丹、狭叶山黄麻、黄荆、土密树、木薯等；群落草本植物种类较多，并多为外来入侵种，草本层盖度可达40%，高度约1m，常以飞机草为优，此外还有斑茅、类芦、白茅、铺地黍、牛筋草、粽叶芦、大黍、狗尾根、假俭草、鹧鸪草、地毯草等旱生性草本，河涌水沟边则以湿生性草本如蔓生锈竹、水蔗草、粽叶狗尾草、弓果黍、飘拂草等。

3) 水柳+水竹+斑茅河滩地群落

以水柳为优势的灌丛是海南淡水环境的主要植物群落类型，在海南多条江河的河段都有其分布。评价区内该群落的主要伴生种是水竹，水油甘零星分布。本灌丛群落类型主要分布于河道边及小岛上，植被覆盖率约为50~60%，生物量为1-2kg/m²。灌木植物和草本植物以水柳、水竹、斑茅占优势，常见的植物有光荚含羞草、乌毛蕨、凤尾蕨、井边茜、加拿大蓬、金盏银盘、三叶鬼针草、水蔗草、散穗黑莎草、割鸡芒、粗叶耳草、毛排钱草、海南叶下珠等。

③ 人工植被

评价区人工植被覆盖面积大，主要由橡胶和槟榔构成，另有少量分布在路边的马占相思林、竹林等以及小面积的油茶园和农田作物。

1) 橡胶林

工程所在区域属于海南的较宜胶地区，评价区橡胶林树龄约10~15年。橡胶种植株行距多为3×3m，树高为8~10m，胸径为15~20cm，木材蓄积量约48t/hm²。橡胶林林下植物覆盖率的地方较高，有的地方几乎没有林下覆盖植物。有林下植物的橡胶林，常见的橡胶林下植物有飞机草、马樱丹、假马鞭、乌蕊莓、凤尾草、磨盘草、白楸、马

樱丹、飞机草、悬钩子等。

2) 槟榔林

评价区槟榔林沿南渡江两岸均有种植，多为5~15年生，其林下灌丛较为稀疏，而林下草本层覆盖度较高，达50%左右，主要物种为含羞草、野芋、飞机草、地胆头、弓果黍、牛筋草等。

3) 马占相思林

评价区马占相思林分布较少，林龄约4~5年。马占相思种植结构较为紧密，株行距为1m×1.5m，林木胸径为3~6cm，树高为3~5m。上层林木群落覆盖度约为40~45%，林下多为山乌柏小树和酒饼勒、鸦胆子、桃金娘、九节、黄牛木、棒花蒲桃、银柴等灌木，草本植物以禾本科和菊科植物为主，整个群落覆盖率约70%。地上木材蓄积量为 $10.0\text{m}^3/\text{hm}^2\sim 15.0\text{m}^3/\text{hm}^2$ 。

4) 竹林

评价区竹林以粉丹竹为主，也种有少量的青皮竹和麻竹。沿江连片分布，覆盖率达70~75%。粉丹竹发育情况良好，林相整齐，地上竹材蓄积量约为 $20.0\text{m}^3/\text{hm}^2\sim 40.0\text{m}^3/\text{hm}^2$ 不等。林中常见的植物种类有多种禾本科植物和胡椒科植物，另外可见有越南悬钩子、锡叶藤、海金沙、火索麻等。

5) 农田作物

农作物为评价区的主要植被类型之一，主要种植水稻，本区水稻可一年三造；旱地面积也较广，主要种植芝麻、甘蔗、木薯、胡椒等作物，是评价区内各镇主要的农业经济作物，此外还有小面积的蔬菜、花生、番薯等。

6) 村庄植被（榕树+荔枝+波罗蜜 群落）

该群落类型是琼北地区南渡江沿岸村庄有特色的植被类型，受人为及土壤及地形的影响，属半自然状态，面积在 $0.2\sim 2\text{hm}^2$ 左右，常见由几株榕树(高山榕或小叶榕等)为建群种，由人工种植的波罗蜜、荔枝、椰子、海棠果等大树组成群落上层林冠，群落外貌常绿，可较明显地分为乔、灌、草层。调查区域内的植物群落，其结构较为稀疏。但植物群落组成成分较为复杂，近村庄的植物群落优势植物是朴树、铁椏、菠萝蜜、杨桃、量天尺、甲竹、桉树、椰子、苦楝、假蒟、野芋、露兜、华南毛蕨、海芋、飞机草、黑面神、许树、刺竹、海南白桐、榄仁。

(3) 评价区植物生物生产力和生物量现状

根据本工程占地区主要植被的实地样方生物量测定，结合相关资料，以及“3S”技

术的植被类型现状分析计算获得的，估算评价区内主要植被类型的平均净生产力和平均生物量如表 4.2-2。

从结果可见，热带雨林的平均净生产力和平均生物量均最高为 11.41t/hm².a，但所占的比例为 9.62%，较小；研究区本底的平均净生产力为 12.25t/hm².a，自然植被（热带雨林和灌草丛）的平均净生产力为 1.74t/hm².a，与海南岛自然植被净生产力水平 14.8t/hm².a 相差极大。评价区的人工植被（经济林园、用材林等）生产力水平为 10.34t/hm².a，可以认为具有较强的生产力。

评价区植被生产力和生物量分析一览表

表 4.2-2

植被类型	面积(hm ²)	占评价区比例(%)	平均净生产力(g/m ² .a)	平均生物量(t/a)
1.热带雨林	2073.27	9.62	11.41	80
2.灌草丛	1152.16	5.34	8.5	32.3
3.经济林园	15372.73	71.31	14	80.5
4.用材林	616.80	2.86	12.5	64.8
5.竹林	7.27	0.03	8.3	38.1
6.村庄植被	77.83	0.36	12	95
7.农田作物	1006.53	4.67	2.5	8.0
合计	20306.59	94.20	12.25	135.63

(4) 植被分布规律

调查结果表明，评价区植被在垂直分布方面也深受人类活动的影响，植被自然规律已经遭受破坏，主要表现为海拔相对较高的山顶上和海拔较低的沟谷河边仍保留有一些热带雨林，较高山体的坡面上分布有野生香蕉群落，沟谷及河道边缘分布有结构相对稀疏的热带雨林或次生灌木林。评价区大部分山体已经全部种上橡胶林或槟榔园或马占林，没有表现出明显的具有垂直分布规律的现象。

(5) 植被演替动态

该地区的原有植被应是热带低地湿润雨林，但是经过人类强烈的种植活动，目前绝大多数的土地已经种植了橡胶和槟榔，大范围的热带雨林几乎全部消失，特别是热带低地雨林的植物种类分布在本次调查中均没有发现，仅存有一些热带雨林演替初期阶段的植物种类分布，如山乌桕、黄牛木、鸭脚木和重阳木等。现存在沟谷坡度较大的区域的热带雨林也多是热带雨林的初期演替阶段类型，如果要封山育林，该地区的植被会以沟谷的热带雨林为中心，向两侧坡地发展，依据以往的热带森林演替动态研究案例进行类比，该地区要全面自然演替到典型的热带低地雨林类型，可能需要 200 年的时间。

(6) 植被类型质量及存在的问题

该地区植被类型虽然多样，但组成与结构都比较简单，特别是在调查区域内没有发现热带低地湿润雨林的植物个体的分布，这也足以说明该地区受人类种植业的影响程度很高。由于水库淹没区内的植物种类为常见植物，地方特色与重点保护植物海南大风子、母生、重阳木等需要移植，当地目前较有特色的一些古树（榕属）都可采用移植的方式进行保护。因此，水库的建设对当地生物多样性产生的影响不大；水库贮水后，当地生物量会发生较大程度的减少，如果未来还是发展橡胶产业为主，生物量的消失很难恢复，如果发展旅游产业，库区外的热带雨林得到发展，生物量的损失将会得到恢复。

该区虽属热带季风气候区，深受热带季风气候和海洋气候的影响，雨量较充沛，热量充足。该地区属变质岩砖红壤，土壤容易被侵蚀，多年来由于人类活动较为强烈，水土流失严重，绝大多数坡面表土已经不存在，土壤肥力低下，现有的草灌丛和人工林多发育不良，生物量低、生物多样性指数低，群落覆盖率低等。

4.2.3 陆生植物

(1) 评价区陆生植物资源概况

评价区内共调查发现有维管束植物 96 科 560 种，以被子植物占绝对优势，有 88 科 547 种，占总种数的 97.7%，并以双子叶植物为主，共 76 科 424 种，占被子植物的 77.5%。由表 4.2-4~5 的数据可知：较原始的蕨类植物仅 8 科 13 种，占总种数的 2.3%，特别是缺乏裸子植物，野生和栽培的均未见；蕨类植物和被子植物中科内属数和种数为 1 个的和 2~4 个的占主要，蕨类植物仅 1 个属和 1 个种的科，分别占了 87.5% 和 62.5%、被子植物 2~4 属和 2~4 种的科，分别占了 38.6% 和 36.4%。同样，蕨类植物和被子植物中属内种数为 1 个的属占绝大多数，分别占了总各自总属数的 62.5% 和 70.8%，该地区植物种类有 10 个种以上的科有 13 个：如大戟科、蝶形花科、桑科、芸香科、茜草科、菊科、马鞭草、莎草科和禾本科等，其中菊科、莎草科和禾本科为世界分布性最广的科，而大戟科、蝶形花科、桑科、芸香科、茜草科和马鞭草科等为热带亚热带分布科，其种类不仅构成了这一地区的主要种源，也充分说明了该地区植物组成上的特点，然而具有海南热带雨林特色的这些科中的植物种类却很少被发现，调查发现这些科的植物也全部是常见植物。

本区系组成具有较高的属种系统，其属种比约为 1:1.5。此外，本区系栽培和外来植物丰富，有 90 种，占总种数的 16.0%。区系组成的这些特点表明，本工程所涉区域的植被受人为干扰影响严重，植物组成体现出明显的次生性和栽培性。本区系栽培植物种类较多，其中，栽培种类最多的是葫芦科 7 种，依次为蝶形花科有 6 种，含羞草科有 5

种，苏木科、桃金娘科、夹竹桃科和茄科各有 4 种。

评价区陆生维管束植物科的大小统计

表 4.2-3

科内属数		1 属	2~4 属	5~9 属	10~19 属	≥20 属	合计
蕨类植物	科 数	7	1	0	0	0	8
	百分比(%)	87.5	12.5	0	0	0	100
裸子植物	科 数	0	0	0	0	0	0
	百分比(%)	0	0	0	0	0	0
被子植物	科 数	32	34	14	6	2	88
	百分比(%)	36.4	38.6	15.9	6.8	2.3	100
科内种数		1 种	2~4 种	5~9 种	10~19 种	≥20 种	合计
蕨类植物	科 数	5	3	0	0	0	8
	百分比(%)	62.5	37.5	0	0	0	100
裸子植物	科 数	0	0	0	0	0	0
	百分比(%)	0	0	0	0	0	0
被子植物	科 数	19	32	24	7	6	88
	百分比(%)	21.6	36.4	27.3	7.95	6.82	100

评价区维管束植物属的大小统计

表 4.2-4

属内种数		1 种	2~4 种	5~9 种	10~19 种	≥20 种	合计
蕨类植物	属 数	5	3	0	0	0	8
	百分比(%)	62.5	37.5	0	0	0	100
裸子植物	属 数	0	0	0	0	0	0
	百分比(%)	0	0	0	0	0	0
被子植物	属 数	248	91	9	2	0	350
	百分比(%)	70.8	26.0	2.6	0.6	0	100

(2) 植物区系分析

根据吴征镒对中国种子植物属的分布区类型划分，将评价范围内的种子植物各属分为 10 个分布区类型。评价区内植物区系成分混杂，但热带成分占的比重较大，达 90.2%，世界分布和温带分布各自占了 4.9%。尽管该地区属海南热带雨林分布区，雨量充足，但海南热带雨林的植物很少发现（如没有发现龙脑香科植物），其它的代表性植物，如蝴蝶树、海南柿、红椴和鸡毛松等也没有被发现。因此，从植物种类组成上看，该地区原有的自然生态系统已经被人工生态系统取代，大多数植物种类在人类多年的开发活动中，已经从该地区消失。

评价区种子植物属的分布区类型一览表

表 4.2-5

分布区类型	属 数	占总属数(%)
1.世界分布	17	4.9
世界分布(小结)	17	4.9
2.泛热带分布	125	36.1
3.热带亚洲和热带美洲间断分布	28	8.1
4.旧世界热带分布	50	14.4
5.热带亚洲至热带大洋洲分布	32	9.2
6.热带亚洲至热带非洲分布	31	8.9
7.热带亚洲(印度—马来西亚)分布	46	13.3
热带分布(小结)	312	90.2
8.北温带分布	6	1.7
9.东亚和北美洲间断分布	5	1.4
10.旧世界温带分布	6	1.7
11.温带亚洲分布	0	0
温带分布(小结)	17	4.9
12.地中海区、西亚至中亚分布	0	0
13.中亚分布	0	0
中亚、泛地中海分布(小结)	0	0
14.东亚(东喜马拉雅—日本)分布	0	0
15.中国特有	0	0
合 计	346	100

(3) 资源植物

评价区资源植物较为丰富，药用植物如白木香、破布叶、眼镜豆、决明、构树、三叉苦、飞龙掌血、两面针、鸦胆子、五月茶、青葙、积雪草、野甘草、葫芦茶、吐烟花、大青、肾茶、益母草、白花地胆头、丁香罗勒、草豆蔻、闭鞘姜、天门冬、海南龙血树等。

用材树种如各种桉树、大叶相思、马占相思、山楝、木麻黄、降香黄檀等。

观赏植物如大花紫薇、宝巾、马拉巴粟、盆架树、木棉、金凤花、夹竹桃、鸡蛋花、盆架树、基及树、海南菜豆树、假苹婆、九里香、灰莉等。

野生的果树类资源如余甘子、番石榴、桃金娘、番木瓜、野蕉、岭南山竹子、假黄皮等。

其他资源植物如山乌柏、蓖麻、苦苣菜、黄鹤菜、土荆芥、马齿苋、苦瓜、油茶、野漆、小粒咖啡、鸡屎藤等。

(4) 珍稀保护植物和古树

① 珍稀保护植物

在评价区调查发现发现的 560 种高等植物中，野生的国家 II 级保护植物仅有油楠 1 种；

海南省重点保护植物有海南大风子、野荔枝、白桂木、母生（红花天料木）和重阳木共 5 种。被中国物种红色名录和 IUCN 红色名录收录的植物有买麻藤、小叶买麻藤和铁仔冬青 3 种。重点对南渡江河流两侧受影响或海拔 150m 以下区域进行重点调查，涉及的保护植物主要是油楠、海南大风子、野荔枝、白桂木，母生和重阳木 6 种 13 株。

此外，调查中还发现有国家 II 级保护植物有白木香、降香黄檀等，均为苗圃或绿化用地中的人工栽培品种，数量众多，本报告不再逐一统计。

② 古树

目前评价区无登记在册古树，根据海南省古树名木保护管理规定（2013），通过对其胸径和树龄结合判断，评价区内的古树主要有斜叶榕、高山榕、笔管榕、垂叶榕和荔枝。古树胸径均大于 50cm，个别的胸径甚至超过 100cm。根据其位置与坐标特征，位于水库淹没区内 9 株，水库淹没区以外 4 株。另外，南渡江流域特色植物有滑桃树一种，调查到淹没区和工程占地区内共 14 株，胸径在 6~18cm。

评价区野生珍稀保护植物一览表

表 4.2-6

序号	植物种名	保护级别	地点	经纬度	胸径/cm	高度/m	分布高程/m	健康状况	交通条件	现状立地条件	与本工程相对位置关系		
1	油楠	国家Ⅱ级	西达农场红旗队	N19.422828° E109.853821°	10	6	121	一般	距乡村公路 453m	河谷陡坡边	评价范围内（雨林分布区内）水库淹没区外		
2	野荔枝	省级	兰洋镇兰泰农场	N19.326125° E109.706511°	35	7.5	144	良好	距乡村公路 2m	路边	评价范围内水库淹没区外		
3	野荔枝		黄岭农场	N19.428787° E109.915163°	15	7	77	一般	距乡村公路 77m	河谷	水库淹没区 101m 内		
4	海南大风子		南渡江边，靠近迈湾大坝	N19.412694° E109.908036°	5	4.5	86	一般	距乡村公路 1300m	河谷陡坡边，土层较薄	水库淹没区 101m 内		
5	母生		屯昌荔枝埭内	N 19.344167° E 109.896259°	32	13	117	良好	距乡村公路 50m	地势平坦，土层薄	评价范围内水库淹没区外		
6	母生		屯昌荔枝埭内	N 19.344167° E 109.896259°	9.8	5	117	良好	距乡村公路 50m				
7	母生		琼中大木村内	N19.364004° E109.806814°	20	7	114	良好	距乡村公路 60m				
8	母生			N19.364004° E109.806814°	25	7	114	良好	距乡村公路 60m				
9	母生			N19.363934° E109.807502°	20	9	113	良好	距乡村公路 120m				
10	母生			N19.363934° E109.807502°	13	6	114	良好	距乡村公路 120m				
11	母生			N19.363934° E109.807502°	18	8	114	良好	距乡村公路 120m				
12	重阳木			N 19.364045° E 109.807330°	35	8	113	一般	距乡村公路 100m				
13	白桂木		西达农场红旗队	N 19.422785° E 109.853985°	15	7	117	良好	距乡村公路 446m			河谷陡坡边	评价范围内水库淹没区外（雨林分布区内）



海南大风子
N19.412694° , E109.908036°



母生 (2 株)
N 19.344167° , E 109.896259°



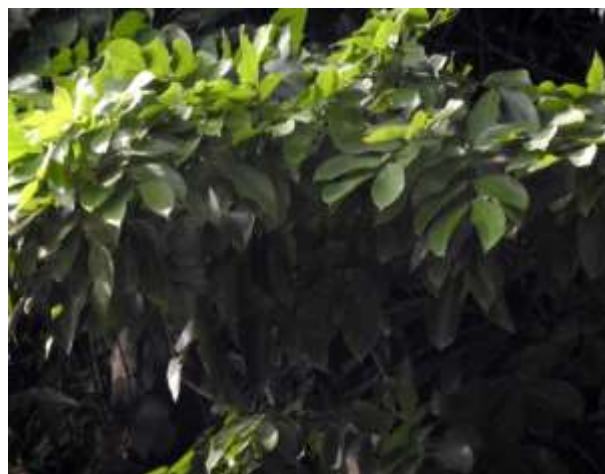
白桂木 (雨林分布区内, 水库淹没区外)
N 19.422785° E 109.853985°



野荔枝 (评价范围内水库淹没区 108m 外)
N19.326125° E109.706511°



重阳木
N 19.364045° , E 109.807330°



油楠 (雨林分布区内, 水库淹没区外)
N19.422828° E109.853821°

图 4.2-3 评价区调查到的野生珍稀保护植物现状

评价区调查到的古树一览表

表 4.2-7

序号	植物种名	位置	经纬度	胸径/cm	高度/m	分布高程/m	健康状况	交通条件	现状立地条件	与本工程相对位置关系
1	笔管榕	屯昌新村内	N19.393456° E109.928707°	260	9	96	良好	距乡村公路 120m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
2	斜叶榕	屯昌新村内	N19.393770° E109.928407°	190	8.5	95	良好	距乡村公路 170m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
3	垂叶榕	屯昌黄岭农场八队	N19.396182° E109.934192°	150	5	103	良好	距乡村公路 65m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
4	垂叶榕	屯昌黄岭农场八队	N19.396182° E109.934192°	70	6	103	良好	距乡村公路 65m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
5	垂叶榕	屯昌黄岭农场八队	N19.396334° E109.933957°	65	6	103	良好	距乡村公路 55m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
6	斜叶榕	屯昌荔枝埭内	N19.344856° E109.896023°	165	7.5	110	良好	距乡村公路 15m	地势平坦，土层薄	评价范围内水库淹没区外
7	荔枝	屯昌加总村内	N19.381851° E 109.901279°	125	9	84	良好	距乡村公路 10m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
8	荔枝	屯昌加总村内	N19.381193° E 109.901300°	150	10	86	良好	距乡村公路 45m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
9	荔枝	屯昌荔枝埭内	N19.344410° E 109.896237°	77	8.5	85	良好	距乡村公路 45m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
10	高山榕	澄迈昆仑农场二十六队	N19.410716° E 109.836030°	200	11	99	良好	距乡村公路 40m	地势平坦，土层薄	水库淹没区内
11	垂叶榕	澄迈加类村	N19.448194° E 109.830674°	75	7	113	良好	距乡村公路 5m	地势平坦，土层薄	评价范围内水库淹没区外
12	垂叶榕	澄迈加类村	N19.448194° E 109.830674°	145	6	113	良好	距乡村公路 5m	地势平坦，土层薄	评价范围内水库淹没区外
13	笔管榕	澄迈加类村	N19.448084° E 109.830997°	135	5.5	112	良好	乡村公路边上	地势平坦，土层薄	评价范围内水库淹没区外



笔管榕（屯昌新村内）
N19.393456°，E109.928707°



斜叶榕（屯昌新村内）
N19.393770°，E109.928407°



垂叶榕（屯昌黄岭农场八队）
N19.396182°，E109.934192°



垂叶榕（屯昌黄岭农场八队）
N19.396182°，E109.934192°



垂叶榕（屯昌黄岭农场八队）
N19.396334°，E109.933957°



斜叶榕（屯昌荔枝埗内）
N19.344856°，E109.896023°



荔枝（屯昌加总村内）
N 19.381851°，E 109.901279°



荔枝（屯昌加总村内）
N 19.381193°，E 109.901300°



荔枝（屯昌荔枝埭内）
N 19.344410°，E 109.896237°



高山榕（澄迈昆仑农场二十六队）
N 19.410716°，E 109.836030°



垂叶榕（澄迈加类村）
N 19.448194°，E 109.830674°



笔管榕（澄迈加类村）
N 19.448084°，E 109.830997°

图 4.2-4 评价区古树现状

(5) 外来入侵植物

外来植物是指在一个特定地域的生态系统中，不是本地自然发生和进化而来，而是后来通过不同的途径从其他地区传播过来的植物。外来植物如果能够在自然状态下获得

生长和繁殖,就构成了外来植物的入侵。根据实地调查统计,评价区内记录有外来入侵植物 22 种,隶属于 10 科,18 属,植物为土荆芥 *Chenopodium ambrosioides*、刺苋 *Amaranthus spinosus*、野苋(皱果苋) *Amaranthus viridis*、赛葵 *Malvastrum coromandelianum*、蓖麻 *Ricinus communis*、光荚含羞草 *Mimosa bimucronata*、巴西含羞草 *Mimosa diplotricha*、含羞草 *Mimosa pudica*、阔叶丰花草 *Borreria latifolia*、鬼针草 *Bidens pilosa*、白花鬼针草 *Bidens alba*、加拿大蓬 *Conyza canadensis*、野筒篙 *Crassocephalum crepidioides*、假臭草 *Praxelis clematidea*、飞机草 *Chromolaena odorata*、金腰箭 *Synedrella nodiflora*、银胶菊 *Parthenium hysterophorus*、羽芒菊 *Tridax procumbens*、五爪金龙 *Ipomoea cairica*、马缨丹 *Lantana camara*、假败酱 *Stachytarpheta jamaicensis*、假高粱 *Sorghum halepense* 等,其中菊科植物种类达 9 种,其次为含羞草科含 3 种。

4.2.4 陆生动物

评价区位于海南岛中北部丘陵地带,该区在动物地理区系上属于海南岛亚区中部山地省及沿海低地省交界地带,海拔高度相对较低、且人为干扰活动较大,基本生境类型为橡胶人工林为主,评价区具有一定低海拔的次生林生境,依据海南省第一次和第二次陆生脊椎调查结果,评价区不存在大型的哺乳动物分布,实际野外调查和走访调查中也未发现大型兽类的足迹、粪便、毛、爪痕等活动痕迹或踪迹。评价区动物群落组成上具有明显的次生林动物群落、人工林动物群落、灌草丛动物群落、湿地动物群落、旱地动物群落、村落动物群落特征。

通过实地动物调查、走访和文献资料查询,评价区共有陆生脊椎动物 4 纲 23 目 62 科 133 种,其中国家 II 级重点保护动物有 9 种,即松雀鹰、鸮、蛇雕、黑翅鸢、游隼、红隼、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮;海南省重点保护陆生脊椎动物 36 种,分别为细刺蛙、大绿蛙、海南溪树蛙、中华鳖等。

(1) 两栖类

① 物种组成

评价区共有两栖动物 1 目 7 科 17 种,占海南两栖动物的 39.5%。本工程位于海南中北部丘陵地带,流域及两侧区域动物生境组成动物生境组成相对复杂多样,具有次生林、人工林、灌草丛及溪流和河流湿地等类型,且该区处于中部山地省和沿海低地省区系交界地带,因此两栖动物组成上具有明显的中部山地省和沿海低地省交错成分。其中细刺蛙、小湍蛙和海南溪树蛙为海南特有种,适应人为干扰能力相对较低。静水类型两栖动物组成具有明显的优势,其中黑眶蟾蜍、泽蛙、沼蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙和饰纹

姬蛙为评价区优势物种。

② 生境类型及习性特征

1) 静水型种类：栖息于河流及边缘浅水湿地或人工林水池附近，主要食物为附近环境中的昆虫或蠕虫类。华南雨蛙、泽蛙、沼蛙、台北蛙、圆舌浮蛙、斑腿泛树蛙、花姬蛙、饰纹姬蛙、花狭口蛙和花细狭口蛙等属于该种类型。

2) 旱地或林下种类：栖息于相对较为干燥的草地或林下的种类，成体多分布于平地或林下潮湿地带，而到繁殖期则进入到附近的静水塘进行繁殖产卵，如黑眶蟾蜍。

3) 流溪型物种：栖息于次生林或人为干扰相对较小的溪流中，水清、具有一定流速和郁闭度及石头分布，成体白天隐蔽于两岸灌丛或石头缝隙，夜晚出来活动，白天遇见率低，如小湍蛙、细刺蛙、大绿蛙、海南溪树蛙属于该类型。

③ 区系组成

评价区内共记录 17 种两栖动物，全部属于东洋界物种，其中东洋型物种 12 种，占 70.6%；南中国型 2 种、占比例为 11.8%，岛屿型特有种 3 种、比例为 17.6%；11 种为中部山地省和沿海低地省共有成分、占比例为 64.7%，6 种中部山地省成分物种、占比例为 35.3%。

评价区两栖动物分布型组成

表 4.2-8

地理分布型		类型及编号	物种数
东洋界	东洋型	热带-南亚热带 Wb	4
		热带-中亚热带 Wc	5
		热带-北亚热带 Wd	2
		热带-温带 We	1
	南中国型	热带-中亚热带 Sc	2
	岛屿型	岛屿型	3
合计			17

(2) 爬行类

① 物种组成

评价区共有爬行动物 2 目 10 科 33 种，占海南爬行动物种类的 28.7%，其中海南睑虎为海南特有种。爬行动物与两栖动物相似，中部山地省和沿海低地省混合成分相对较多，具有一部分适应人为干扰能力较弱的物种，但绝大多数物种对人为干扰适应能力较强。评价区以中国壁虎、疣尾蜥虎、锯尾蜥虎、变色树蜥、长尾南蜥、多线南蜥、南滑

蜥、钩盲蛇、渔游蛇、草腹链蛇、乌游蛇、台湾小头蛇、紫沙蛇、中国水蛇、铅色水蛇、福建竹叶青为优势物种，表现出明显的次生林、人工林、灌草丛和湿地动物群落的特点。

② 生境类型及习性特征

1) 水栖种类

评价区内水环境资源丰富，蛇亚目中的游蛇科中的渔游蛇、中国水蛇、铅色水蛇、乌游蛇和中华鳖属于与水联系较为密切的种类，捕食和隐蔽等很多生命活动都在水中进行，主要吃食水中的一些鱼、蛙和附近的昆虫，白天可见，但夜间活动较为频繁。

2) 陆地种类：爬行类中除上述蛇类外都属于陆生种类。而这些种类大多数是适应人为干扰能力较强的类群，要求生存环境空间资源不是很严格、相对较小。中国壁虎、疣尾蜥虎、锯尾蜥虎等为优势物种。

③ 区系组成

评价区共记录 33 种爬行动物，其中东洋型物种 21 种、占 63.6%，南中国型 10 种、占 30.3%，岛屿型海南特有种 1 种；东洋界物种 32 种、占绝对优势 97.0%；古北界季风型物种 1 种、占 3.0%。其中 5 种为中部山地省成分、占 15.2%，28 种为中部山地省和沿海低地省成分共有种、占 84.8%。

评价区爬行动物分布型

表 4.2-9

地理分布型		类型及编号	物种数
东洋界 32	东洋型 21	热带 Wa	6
		热带-南亚热带 Wb	3
		热带-中亚热带 Wc	8
		热带-温带 We	4
	南中国型 10	热带 Sa	1
		热带-南亚热带 Sb	1
		热带-中亚热带 Sc	6
		热带-北亚热带 Sd	1
		中亚热带 Si	1
	岛屿型 1	J	1
古北界 1	季风型 1	阿穆尔或俄罗斯远东地区 Ea	1

(3) 鸟类

① 物种组成

项目区规划鸟类 15 目 35 科 69 种，占海南鸟类的 17.3%，非雀形目鸟类种类稍多

于雀形目鸟类物种。其中国家Ⅱ级重点保护鸟类有9种，即松雀鹰、鸮、蛇雕、黑翅鸢、游隼、红隼、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮；海南省重点保护陆生脊椎动物20种，分别为白鹭、大白鹭、池鹭、牛背鹭、栗苇开鸟、鹳鹑、白胸苦恶鸟、骨顶鸡、金眶鸻、矶鹬、扇尾沙锥、须浮鸥、珠颈斑鸠、绿嘴地鸲、白头鹎、八哥、丝光椋鸟、乌鸫、蓝矶鸫、褐胸噪鹛，重点保护鸟类占评价区鸟类种类的比例为42.0%。评价区以雀形目鸟类为主要优势类群，并夹杂其他目鸟类优势物种，具有明显的次生林、人工林、湿地动物和村落动物群落的特征。

② 生境类型及习性特征

游禽类：主要生活于南渡江河段及水库区域，小鸕鷀和须浮鸥属于该类群，可以在水面进行游泳和潜水的种类，食物为水中的鱼虾等资源，白天活动。

涉禽类：主要生活于水边、在浅水区域进行取食但不能潜水的种类，如鸻形目鹭科、鹤形目鸻科和鹬科、鹤形目秧鸡科等都属于该类群，白天活动，主要食物为浅水区域的鱼、虾及附近的昆虫等。

陆禽类：以鹤形目珠颈斑鸠和鸡形目鹌鹑为代表，主要活动在林下地面进行取食、繁殖等。

攀禽类：以鸱形目、雨燕目、佛法僧目、夜鹰目、鸢形目的鸟类为代表，足适合在树木上攀缘和栖息，食物种类多样。

猛禽类：以隼形目鹰科、隼科和鸮形目鸱鸺科为代表，性凶猛、食肉。松雀鹰为昼行性猛禽，常分布于橡胶林地，而领角鸮则分布于林地且为夜行性物种，可见于人为干扰林地生境中。而鸮、蛇雕、游隼则多分布于次生林地或水库等人为干扰较小生境中，红隼和黑翅鸢则常取食活动于开阔的人为干扰生境中。但这些猛禽类繁殖都位于干扰较低的山地或林地中。

鸣禽类：以雀形目为代表，种类和栖息环境差异较大，鸣声响亮，食物多样化。

评价区鸟类分布型组成

表 4.2-10

地理分布型		类型及编号	物种数
东洋界 38	东洋型 34	热带 Wa	4
		热带-南亚热带 Wb	3
		热带-中亚热带 Wc	8
		热带-北亚热带 Wd	10
		热带-温带 We	9
	南中国型 4	S	1
		热带-中亚热带 Sc	1
		热带-北亚热带 Sd	2
	古北界 31	广布种 16	O
旧大陆温带、热带或温带-热带 O1			10
环球温带-热带 O2			1
地中海附近-中亚 O3			2
东半球温带-热带 O5			1
全北型 4		中温带 Cf	1
		温带 Cd	2
		欧亚温带-亚热带型 Ch	1
古北型 7		U	1
		寒温带至中温带 Ub	2
		中温带为主 Uf	1
		中温带为主，再延伸至亚热带 Uh	2
		Uo	1
东北型 4		M	2
		Ma	1
		Mf	1

(4) 哺乳类

① 物种组成

评价区共有兽类 5 目 10 科 14 种，占海南陆栖兽类种类的 18.4%。其中棕果蝠、树鼩、豹猫、隐纹花松鼠和赤腹松鼠为省级保护动物，其余种类除蝙蝠类和鼠科外，全部为国家林业局“三有”保护动物。由于评价区处于沿海低地省和中部山地省交界地带，且海拔范围在 90~300m 左右，动物生境类型主要为橡胶等人工林，虽存在一定的次生林生境，但周边人为干扰较大，生境片段化和破碎化较为突出，实地和走访调查中未发现大中型兽类活动痕迹，而海南省第一次和第二次全国陆生脊椎动物普查也未在评价区范围内发现大中型兽类痕迹。因此，评价区相对缺乏对于环境质量要求较高的大、中型兽类，且在物种分布上表现出明显的次生林和人工林动物群落的特点，以臭鼩、大菊头蝠、普通伏翼、隐纹花松鼠、黄胸鼠和黑家鼠为当地优势物种，优势种全部为适应人为

干扰能力较强的物种。

② 生境类型及习性

夜行性类群：臭鼯、小缺齿鼯、棕果蝠、豹猫、黄胸鼠和黑家鼠属于该类群，其中臭鼯、棕果蝠、鼠科都是适应人为干扰能力较强的物种，主要活动时间为夜间。

昼行性类群：隐纹花松鼠、赤腹松鼠属于该类群，食性杂，水果、坚果、昆虫都是其食物来源。

晨昏性类群：蝙蝠类除棕果蝠之外种类、树鼯属于该类群，白天隐蔽，清晨和黄昏进行活动。

③ 区系组成

评价区共记录 14 种兽类，其中东洋型物种 12 种、南中国型 1 种，东洋界物种成分占绝对优势，占 92.9%；古北界季风型 1 种，比例甚低、占 7.1%。全部为中部山地省成分和沿海低地省成分共有种，且充分体现了次生林、人工林、村落动物区系的特征。

评价区哺乳动物分布型

表 4.2-11

地理分布型		类型及编号	物种数
东洋界 13	东洋型 12	热带-南亚热带 Wb	4
		热带-中亚热带 Wc	2
		热带-北亚热带 Wd	1
		热带-温带 We	5
	南中国型 1	热带-中亚热带 Sc	1
古北界 1	季风型 1	Ea	1

(5) 重点保护动物

评价区共记录重点保护动物 45 种，占评价区动物种类的 33.8%。其中国家 II 级重点保护动物有 9 种，即松雀鹰、鸮、蛇雕、黑翅鸢、游隼、红隼、褐翅鸦鹃、小鸦鹃、领角鸮；海南省重点保护陆生脊椎动物 36 种，分别为细刺蛙、大绿蛙、海南溪树蛙、中华鳖、细鳞树蜥、斑飞蜥、海南睑虎、滑鼠蛇、舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、银环蛇、白鹭、大白鹭、池鹭、牛背鹭、栗苇开鸟、鹁鹑、白胸苦恶鸟、骨顶鸡、金眶鸨、矶鹬、扇尾沙锥、须浮鸥、珠颈斑鸠、绿嘴地鸮、白头鹎、八哥、丝光椋鸟、乌鸫、蓝矶鸫、褐胸噪鹛、棕果蝠、树鼯、豹猫、隐纹花松鼠和赤腹松鼠。

评价区重点保护陆栖脊椎动物名录

表 4.2-12

序号	中文名及学名	保护级别	分布生境
1	细刺蛙 <i>Sylvirana spinulosa</i>	海南省级	加笼坪靠近南渡江溪流
2	大绿蛙 <i>Odorrana graminea</i>	海南省级	加笼坪靠近南渡江溪流
3	海南溪树蛙 <i>Rhacophorus oxycephalus</i>	海南省级	南渡江边坡 WP7 位置
4	中华鳖 <i>Trionyx Sinensis</i>	海南省级	南渡江流域
5	细鳞树蜥 <i>Calotes microlepis</i>	海南省级	加笼坪靠近南渡江次生林
6	斑飞蜥 <i>Draco maculatus</i>	海南省级	大木村附近次生林
7	海南睑虎 <i>Goniurosaurus hainanensis</i>	海南省级	蓝洋森林公园观音岩附近林地
8	滑鼠蛇 <i>Ptyas mucosus</i>	海南省级	加总村灌草丛
9	舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	海南省级	WP6 南渡江边缘林地
10	眼镜王蛇 <i>Ophiophagus hannah</i>	海南省级	WP6 南渡江边缘林地
11	银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	海南省级	道殿村附近草丛
12	小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	海南省级	全区水田、河流湿地
13	大白鹭 <i>Egretta alba</i>	海南省级	松涛水库
14	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	海南省级	全区水田、河流湿地
15	牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	海南省级	全区农田旱地及河流
16	栗背开鸟 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	海南省级	WP6 位置南渡江边
17	松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	国家 II 级	全区橡胶林
18	鸮 <i>Pandion haliaetus</i>	国家 II 级	松涛水库
19	蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	国家 II 级	下坝址次生林上空
20	黑翅鸢 <i>Elanus caeruleus</i>	国家 II 级	红旗队旱地
21	游隼 <i>Falco peregrinus</i>	国家 II 级	松涛水库
22	红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	国家 II 级	中坤 20 队林地边缘
23	鹌鹑 <i>Coturnix coturnix</i>	海南省级	新村附近草地
24	白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	海南省级	WP5 副坝附近河流湿地
25	骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	海南省级	WP1 位置湿地
26	金眶鸻 <i>Charadrius dubius</i>	海南省级	全区水田及河流
27	矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	海南省级	全区水田及河流
28	扇尾沙锥 <i>Capella gallinago</i>	海南省级	全区水田及河流
29	须浮鸥 <i>Chlidonias hybrida</i>	海南省级	松涛水库
30	珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	海南省级	全区分布
31	褐翅鸦鹃 <i>Centropus sincnsis</i>	国家 II 级	全区灌丛
32	小鸦鹃 <i>Centropus toulou</i>	国家 II 级	WP17 南渡江边灌丛
33	绿嘴地鸫 <i>Phaenicophaeus tristis</i>	海南省级	加笼坪南渡江附近灌丛
34	领角鸮 <i>Otus bakkamoena</i>	国家 II 级	下坝址附近橡胶林
35	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	海南省级	全区
36	八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	海南省级	全区村落
37	丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>	海南省级	全区村落及人工林
38	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	海南省级	全区村落
39	蓝矶鸫 <i>Monticola solitarius</i>	海南省级	WP6 河流边缘

40	褐胸噪鹛 <i>Garrulax maesi</i>	海南省级	加笼坪南渡江附近灌丛
41	棕果蝠 <i>Rousettus leschenaulti</i>	海南省级	加总村
42	树鼩 <i>Tupaia belangeri</i>	海南省级	加笼坪附近林地
43	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	海南省级	加笼坪南渡江附近林地
44	隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	海南省级	全区
45	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	海南省级	WP7 南渡江边林地



舟山眼镜蛇（海南省级）



鸮（国家Ⅱ级）



黑翅鸢（国家Ⅱ级）



松雀鹰（国家Ⅱ级）



白鹭（海南省级）



小鸦鹛（国家Ⅱ级）



隐纹花松鼠（海南省级）

赤腹松鼠（海南省级）

图 4.2-5 评价区重点保护野生动物(部分)

(6) 陆生脊椎动物多样性

评价区共记录两栖动物 1 目 7 科 17 种，占海南两栖动物的 39.5%，两栖动物多样性指数为 3.4864、均匀性指数为 0.8530，与评价区上游较远处的中部山地省区系黎母山自然保护区两栖动物多样性指数 3.7109 相比（王力军等，2004），两栖动物种类组成相对较低，但其均匀性指数较黎母山自然保护区两栖动物 0.8321 来说较高，说明评价区具有两栖动物种个体数量的分布相对较为均匀。评价区共记录爬行动物 2 目 10 科 33 种，占海南爬行动物种类的 28.7%，爬行动物多样性指数为 4.4129、均匀性指数为 0.8748，由于海南各区无相关爬行动物多样性分析的报告，但从中部山区的黎母山自然保护区爬行动物组成上相比，评价区由于其具有中北部丘陵地带，其爬行动物多样性仍相对较低。评价区记录鸟类 15 目 35 科 69 种，占海南鸟类的 17.3%，其鸟类多样性指数为 5.4179、均匀性指数为 0.5387，评价区鸟类多样性指数分别高于黎母山自然保护区的原生林（1.7674）、次生林（2.2433）、次生林+人工林（1.4520）（杨灿朝等，2009），但较黎母山自然保护区总体鸟类多样性指数 5.4627 相比仍相对较低；对比黎母山自然保护区的原生林（0.9083）、次生林（0.9355）、次生林+人工林（0.9022）均匀度指数，评价区鸟类物种个体数量分布也相对较黎母山自然保护区各林区鸟类分布均匀性差。评价区共记录哺乳动物 5 目 10 科 14 种，占海南陆栖哺乳动物种类的 18.4%，评价区哺乳动物物种多样性指数为 3.0446、均匀性指数为 0.7996，但第一和第二次野生动物普查也未在黎母山自然保护区发现大中型兽类，由于无其他兽类资料对比，但从物种种数丰富度来看，评价区哺乳动物种数明显偏低。

4.2.5 景观和生态系统

(1) 主要景观生态系统组成

评价区面积为 21556.78 hm²，热带雨林植被斑块总面积为 2073.27 hm²。共划分景观

生态类型 9 个、拼块 3011 个，拼块数最少的景观生态类型为竹林景观，仅 10 个拼块，其面积也最小为 7.27 hm²。拼块数最多的林地景观（1271 个），林地景观生态类型多为经济林地，多达 783 个拼块，总面积最大的景观生态类型也是经济林地景观，有 15372.73hm²。因此，评价范围的热带雨林并不是构成区域景观最重要的元素，自然林景观已经被人工经济林园替代。评价区景观生态拼块具体组成情况如表 4.2-13。

景观生态类型面积统计表

表 4.2-13

景观类型名称		斑块数	单个斑块最小面积 (hm ²)	单个斑块最大面积 (hm ²)	斑块总面积 (hm ²)
1.林地景观	①热带雨林	341	0.000001	130.96	2073.27
	②经济林园	783	0.000001	949.2	15372.73
	③用材林	79	0.02	140.11	616.80
	④竹林	10	0.0002	1.5	7.27
	⑤村庄植被	58	0.06	7.26	77.83
林地景观（小结）		1271			18147.91
2.灌草丛景观		692	0.000004	52.08	1152.16
3.农田耕地景观		294	0.00002	89.28	1006.53
4.水域景观		519	0.000001	361.06	861.80
5.建设用地景观		235	0.0002	39.96	388.38
合 计		3011			21556.78

(2) 景观生态类型空间格局分析

由表 4.2-15 可知，林地是评价区面积最大的景观生态类型，它们广泛分布于评价区，呈背景化状态，占总的 84.41%；其中林地景观中又以经济林园的优势度最大，达 58.08%，热带雨林次之，为 15.55%。再是农田耕地景观，达 15.07%。可见经济林园、热带雨林和农田耕地为评价区的模地，同时，目前的热带雨林多是由鸭脚木和黄桐为优势构成的雨林，鸭脚木和黄桐为优势种的群落也是构成海南及华南其他地区热带雨林破坏后形成的次生林植被的主要组成部分，这样的次生林对生境质量调控能力中等偏低，对生境质量调控能力总体上也是较差的。因此，评价区环境质量在经济林园、热带次生雨林和农田耕地的调控下，显示水平较差。

本工程评价区主要景观生态类型的景观指数

表 4.2-14

景观类型		景观密度(%)	景观比例(%)	景观频度(%)	优势度值(重要值)(%)
1.林地景观	①热带雨林	11.34	9.51	31.82	15.55
	②经济林园	25.98	71.34	63.64	58.08
	③用材林	2.61	2.86	13.64	5.49

	④竹林	0.33	0.03	4.55	1.24
	⑤村庄植被	1.92	0.34	13.64	4.06
林地景观（小结）		42.18	84.09	127.27	84.41
2.灌草丛景观		22.91	5.36	22.73	14.09
3.农田耕地景观		9.92	4.72	40.91	15.07
4.水域景观		17.22	4.01	22.73	11.99
5.建设用地景观		7.77	1.82	18.18	7.40

(3) 景观生态系统质量与稳定性分析

① 景观生态系统质量

一般情况之下，以在景观生态系统当中占据重要地位的植被生态系统类型作为分析景观生态质量的基础，因为植被生态系统整体所代表的，不仅是植物群落生长地对植物群落的适宜性程度，也决定了植物群落本身组成和结构方面的健康状态，所以，该区域植被体系的组成成分和结构动态，尤其是它们各自在该区域植被体系中的地位和演替动态过程中的序列位置，往往决定了它们在景观生态质量中的作用和价值。

总体上说，这一地区的自然植被生态系统已经遭受严重的破坏，热带雨林已经退缩到山顶及陡坡区域，极小部分分布在人工林边缘，其面积也较小。景观类型主要为经济林园的橡胶林构成，现存的热带雨林由常见的植物种类组成，生物多样丰富程度偏低，雨林植被类型单一，而且除了群落表征物种鸭脚木、黄桐、翻白叶等，其余伴生的多为白楸、黄牛木、银柴、山乌桕等，较为常见，表出种类组成质量较差的特征；热带雨林外貌不整齐、结构层次杂乱，因此评价范围的景观生态表现出结构不稳定的特点。

② 生态系统稳定性

该地区生态系统由热带雨林生态系统、灌木林生态系统、橡胶林生态系统、槟榔园生态系统和马占人工林生态系统构成，其中以橡胶林生态系统为主，槟榔园次之，马占林主要分布在库区靠近澄迈县境内，而自然热带雨林和灌木林仅分布在一些环境较特殊的区域，如山顶或沟谷坡度大的区域，或镶嵌分布在人工植被边缘，所占面积较小。从植物组成、生物多样性、生物量和植物群落结构特征来看，保留下来的热带雨林也遭受人类活动的破坏，森林高度较低，结构较为简单，大乔木基本被砍伐，仅存有一些榕树类植物的高大个体。绝大多数的植物都是海南常见植物，多为世界或泛热带广布种，特有种较少，表现出很强的次生性，特别是在调查范围内没有发现有热带雨林原始林的代表性植物个体，这是由于该地区森林植被遭受破坏的时间较长，破坏的程度大所致。现有一些有地方特色的植物也是海南中部山区森林演替的初期树种，植物多样性指数和生

物量为中偏低等，自然热带雨林不论从分布面积、组成与结构等都表现出不稳定状态。但是由于雨量充足，台风灾害较小，人工植被却生长良好，表现出较高的稳定性和适宜性。

4.2.6 评价区热带雨林特征

4.2.6.1 中国热带雨林的分布现状

全世界的热带雨林主要分布于赤道两侧(南北回归线之间)的高温多雨地区，如典型的亚马逊热带雨林。中国的热带地区主要分布在西藏的东南部以及云南、广西、广东、台湾的南部和海南岛，这些地区均属于热带亚洲的北部边缘，总体上是属于印度-马来雨林群系的一部分。

中国的热带雨林处于热带北缘的生境中，相比赤道周边典型的热带雨林来说，组成种类中典型的热带种已较少。与世界上热带雨林分布的主要地区相比，如中国西南部的西双版纳等地热量偏低，年降雨量偏少，长期以来许多外国专家都断言这里没有真正的热带雨林，并习惯地认为这些地区的森林应是在热带雨林与季雨林之间的一种过渡类型，或是一种在很多方面与真正热带雨林存在区别的亚热带雨林类型。但是龙脑香科、肉豆蔻科、玉蕊科等科植物的出现，也说明中国雨林与东南亚赤道雨林有密切的关系。

中国的雨林具有东南亚典型雨林结构的一些特征特点，中国的雨林是一种在季风热带气候条件下发育的雨林，有别于赤道热带雨林。在雨林组成种类、结构和生态外貌等方面，都具有其不同的特征，为非典型的但具有热带雨林部分特征的雨林。

据有关数据统计，我国在云南、广西、广东、海南和西藏的部分区域分布热带雨林面积有 707582hm²(不包括港澳台、南海诸岛、西藏印控区)，林木蓄积量约 7332.6 万 m³。但具有最大面积和较典型的热带森林地区却主要分布在云南，从云南西南部到东南部都有分布。

4.2.6.2 海南省热带雨林的分布现状

海南岛的热带雨林包括低地雨林、山地雨林、季雨林、山地云雾矮林、热带针叶林、红树林等森林植被类型。海南的典型热带雨林相比中国云南的典型热带雨林来说，还有一些差异，例如云南西双版纳的龙脑香热带雨林较干旱，但具有较高的树种多样性，也是稳定性较高的群落类型；而海南的龙脑香热带雨林虽然湿生性相对明显，但群落树种多样性较低，建群种单一，优势种分布极不均匀，群落多处于演替阶段的中前期。

海南低地热带雨林最典型类型是以龙脑香科树种为优势的混合青皮林，主要分布在吊罗山、六连岭等 700m 以下的低山地带；山地雨林是海南岛热带森林分布较为集中的

类型，主要分布在吊罗山、五指山、尖峰岭和黎母岭等海拔 700-1300m 的山地；季雨林受湿度影响较大，其主要分布于海南东方县和乐东县的山麓上；山地常绿林仅分布在海拔 1000-1300m 的中山地带，面积较小；山地常绿矮林乔木层矮小，主要分布于海拔 1300m 以上的山顶地段。海南岛天然林主要分布于 6 大主林区，集中在岛中部、西南部和东南部山区。另外，海南有近 1 万公顷的红树林，主要分布在东南、南部及西北沿海区域。热带森林生态系统是在生态环境中长期适应的产物，物种与物种之间、物种与小生态环境之间具有高度专一的生态适应，这证实了热带森林生态系统的高度协同进化。但热带森林生态系统极其脆弱，一旦受到破坏就很难恢复。

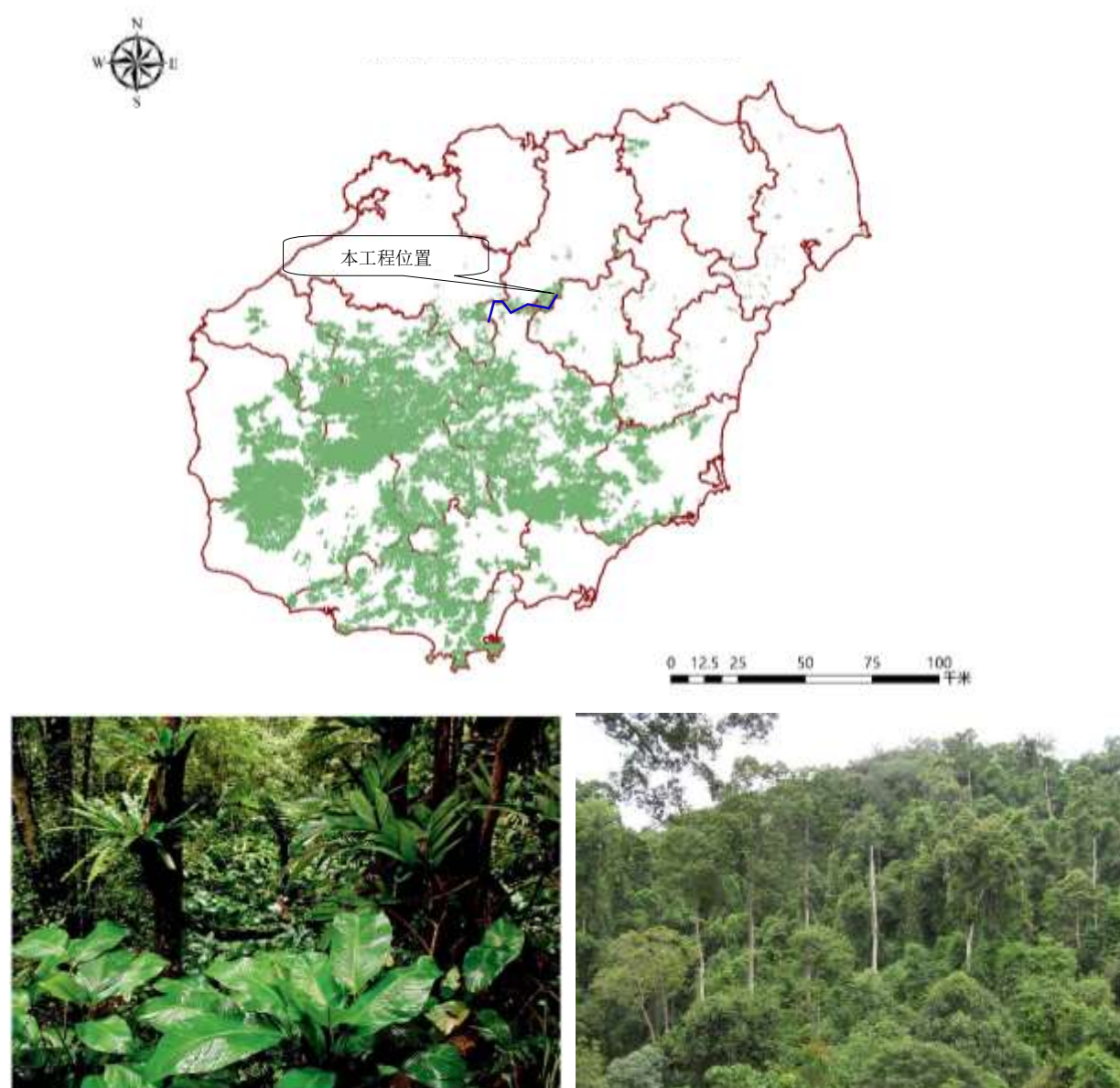


图 4.2-6 海南热带雨林分布和典型群落照片

4.2.6.3 本工程影响区内的热带雨林分布及群落特征

海南典型的低地热带雨林的优势植物种类常以具有龙脑香科的种类为标志，并由桑

科、大戟科、桃金娘科、梧桐科及棕榈科等的种类组成。植物种类丰富多样，植物生长高大、旺盛，个别乔木类型可达 30~60m，主干挺直如圆柱状，胸径一般为 50~60cm，大者为 100~200cm。乔木通层常分化为 3 层结构，上层多呈不连续状，使雨林顶部起伏不平，树干基部普遍有板状根发育。乔木中下层树冠郁闭，使林内光照急剧减弱，经常出现树干和老枝着生花果的茎花现象。雨林中乔木一般具有带滴水叶尖（即尾状突出的叶尖）的中型革质叶片，缺乏同步的生物节律（如老叶更新、花期终始等）。木质藤本植物茎粗 20 厘米以上，穿行于最高层树木之间，如棕榈科省藤属(Calamus)的茎长可达 100m 以上。大量附生的蕨类和有花植物为低地雨林重要特征，它随所在层位局部小环境而有从湿生到旱生的各种生态类型，半附生的绞杀植物尤为特色。林下真正灌木较少。草本植物稀疏，多耐荫湿生类型，有些属于腐生或寄生植物。

海南典型（低地）热带雨林的动物群落主要以中部山地省成分为主，基本以适应人为干扰能力较弱物种及重点保护动物组成，物种多样性丰富、且均匀度较高，多样性指数都在 5.2 以上，均匀性指数一般在 0.9 左右，以黑眉拟啄木、赤红山脚鸟、灰眶雀鹛、黑领噪鹛、丽棘蜥、针毛鼠等中部山地省成分为主要优势物种，省级及国家级重点保护珍稀濒危动物分布较多，且基本为适应人为干扰能力较弱物种，群落分层现象明显，林冠层、下木层、灌木层、草本层动物分布清晰。

迈湾工程影响区内的热带雨林也属于低地热带雨林范畴，目前仅分布在一些环境较特殊的区域，如山顶或河流两岸坡度大的区域，所占面积较小，雨林分布不连续，动植物种类组成简单、结构单一、群落常受入侵，植被发育不典型。

一方面，从植物组成、生物多样性、生物量和植物群落结构特征来看，保留下来的热带雨林已遭受人类活动的破坏，群落已经高度退化，特别是受影响的分布河流两侧第一道山脊线内的植被主要是由演替中前期的雨林植被构成，如岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系、笔管榕+黄桐+大叶山楝群系和山麻树+黄桐+翻白叶群系，这些群系的结构简单、生物多样性指数也较低（2.5-3.0 之间），并受本地入侵植物多花山猪菜的影响较大，如下图。总体上，目前评价范围的雨林群落高度较低，结构较为简单，大乔木基本被砍伐，仅存有一些榕树类植物或演替中前期的高大个体（翻白叶、黄桐、山麻树等）。

另一方面，现存的热带雨林植物种类多为海南常见种，常为世界或泛热带广布种，特有种较少，表现出很强的次生性，特别是在调查范围内没有发现有热带雨林原始林的代表性植物个体，如蝴蝶树、青梅等，这是由于该地区森林植被遭受破坏的时间较长，破坏的程度较大所致；而珍稀保护植物也多为常见的海南省级保护植物，如重阳木、母

生、野荔枝等等，比较有特色的植物是分布在河流边缘的滑桃树，滑桃树在海南主要分布在南渡江沿岸一直延伸到海口入海口附近，其余常见的一些特色的植物（大花五桠果、黄杞、橄榄、阴香、菜豆树属等）也是海南中部山区森林演替的初期树种，植物多样性指数和生物量为偏低等。

动物方面基本与植被上的表现相一致，物种多样性指数和均匀性指数适中，以白头鹎、珠颈斑鸠、黄腹花蜜鸟、暗绿绣眼鸟等次生群落和沿海低地省成分为优势分布；省级及国家级重点保护动物较少，且基本以适应人为干扰能力较强物种常见物种为主；群落分层现象不明显，基本为灌草丛动物组成为优势分布。



图 4.5-7 受多花山猪菜不断蚕食的河岸次生热带雨林

4.2.6.4 评价区热带雨林植被现状小结

该地区热带雨林植被在不同评价区域、海拔的优势植物组成有一定的差异，虽然有 7 个群系，但组成与结构都比较简单，特别是在调查区域内没有发现热带低地湿润雨林的典型植物的个体分布，这也足以说明该地区受人类种植业的影响程度很高。

一方面，除了个别区域如一些地方特色植物的滑桃树与重点保护植物的海南大风子、野荔枝等需要考虑移植外，水库淹没区内多数雨林植物种类为海南甚至是华南其他区域的雨林先锋植物，为演替前期植物，分布广泛，个体数量大。另一方面，受淹没直接影响的河岸现存的热带雨林植被已受本地入侵植物多花山猪菜的影响较大，群落退化严重，已经算不上是真正的热带雨林植被，是受人为和入侵干扰后的一种过渡植被类型，处于次生雨林向灌木林逆向演替的过程。

综上所述，工程影响区现有的雨林植被群落次生性较强，植被不典型，相比海南其他低地典型的热带雨林来说，不具有低地典型雨林植被的特殊性或特殊价值。

评价区热带雨林与典型区热带雨林动、植物群落特征比较一览表

表 4.2-15

比较	海南典型（低地）热带雨林	本工程评价区热带雨林	
植物群落	主要群落类型	青梅+蝴蝶树群落、青梅+荔枝群落、蝴蝶树+细仔龙群落、细刺栲+鸭脚木群落	岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系、笔管榕+黄桐+大叶山楝群系、山麻树+黄桐+翻白叶群系、翻白叶+中平树+大果榕群系、鸭脚木+黄椿木姜子群系、鸭脚木+黄桐群系、海南暗罗+鸭脚木群系
	分布特征	主要分布在海拔 400-900m 地段的各个坡面和山谷中，群落分布连续	分布在环境较特殊的区域，如山顶部或河流两岸坡度较大的区域，海拔在 100-300m 之间，分布不连续，呈斑块状
	群落结构	群落结构复杂，3-6 层。一般都可分为二至三层乔木、二层灌木和一层草本层；上层乔木树种最高者逾 40m。层间植物极为丰富，种类或个体数都占有较高的比例，附生蕨类、兰花和其他有花植物种类丰富	群落结构简单，2-3 层为主。大乔木基本被砍伐或断头，乔木一般仅为一层，高度多在 10m 以内，最高者不超过 20m。层间植物简单，常受单一的多花山猪菜入侵严重，其他藤本植物少见，附生植物偶见
	建群种/优势种	主要由演替中后期的物种组成，以龙脑香科的青梅，梧桐科的蝴蝶树，无患子科的细子龙，柿科的海南柿等为有优势植物构成	主要由演替前期物种组成，以大戟科的中平树、黄桐，梧桐科的山麻树、翻白叶，桑科的榕属（对叶榕、大果榕等）和五加科的鸭脚木等为优势植物构成
	生物量	生物量为 250-300 t/hm ²	生物量为 80-120 t/hm ²
	多样性特征	每公顷植物物种数量在 200-240 种之间，植物 Shannon-Wiener 多样性指数为 5.0 左右	每公顷植物物种数量在 50-80 种之间，植物 Shannon-Wiener 多样性指数为 2.5 左右
	群落稳定性	整个生态系统稳定，生态功能和抗干扰能力强，具有很高的阻抗稳定性和恢复能力	整个生态系统的恢复稳定性一般，淹没区域周边热带雨林表现出不稳定状态，自然恢复能力也比较弱，自我调节能力差，功能不够完善，抗干扰能力低，阻抗稳定性弱；特别是在淹没线 101m 和 108m 以下的群落高度退化，群落稳定性和阻抗稳定性最弱
动物群落	主要物种区系成分	中部山地省成分为主	沿海低地省为主，夹杂少量中部山地省成分
	适应人为干扰能力物种组成	基本以适应人为干扰能力较弱物种及重点保护动物组成	适应人为干扰能力较强的物种和重点保护动物为主
	多样性和均匀性	物种多样性丰富、且均匀度较高，多样性指数都在 5.2 以上，均匀性指数一般在 0.9 左右	物种多样性指数和均匀性指数适中，多样性指数在 4.5 左右，均匀性指数在 0.8 左右
	优势代表性物种	黑眉拟啄木、赤红山脚鸟、灰眶雀鹛、黑领噪鹛、丽棘蜥、针毛鼠等中部山地省成分为主要优势物种	以白头鹇、珠颈斑鸠、黄腹花蜜鸟、暗绿绣眼鸟等次生群落和沿海低地省成分为优势分布
	珍稀保护动物	省级及国家级重点保护珍稀濒危动物分布较多，且基本为适应人为干扰能力较弱物种	省级及国家级重点保护动物较少，且基本以适应人为干扰能力较强物种常见物种为主
	群落物种分层	群落分层现象明显，林冠层、下木层、灌木层、草本层动物分布清晰	群落分层现象不明显，基本为灌草丛动物组成为优势分布

4.3 水生生态

2016年5月,我院委托水利部中国科学院水工程生态研究所对评价区开展了水生生态调查;2018年3月、10月水利部中国科学院水工程生态研究所联合海南省环境科学研究院重点对南渡江干流进行了补充调查。

4.3.1 调查时间、范围和站点

(1) 2016年调查

2016年5月对南渡江流域开展了水生生物采样。水生生物采样断面共计12个,其中干流8个,从上游至下游依次为南开河、松涛库尾、松涛库中、迈湾、九龙滩、金江库中、东山、河口;支流4个,从上游至下游依次为腰子河、大塘河、龙州河、巡崖河。鱼类调查不设固定的采样断面,主要在南开河、松涛水库、迈湾、澄迈、定安、东山、龙塘等6个河段进行。

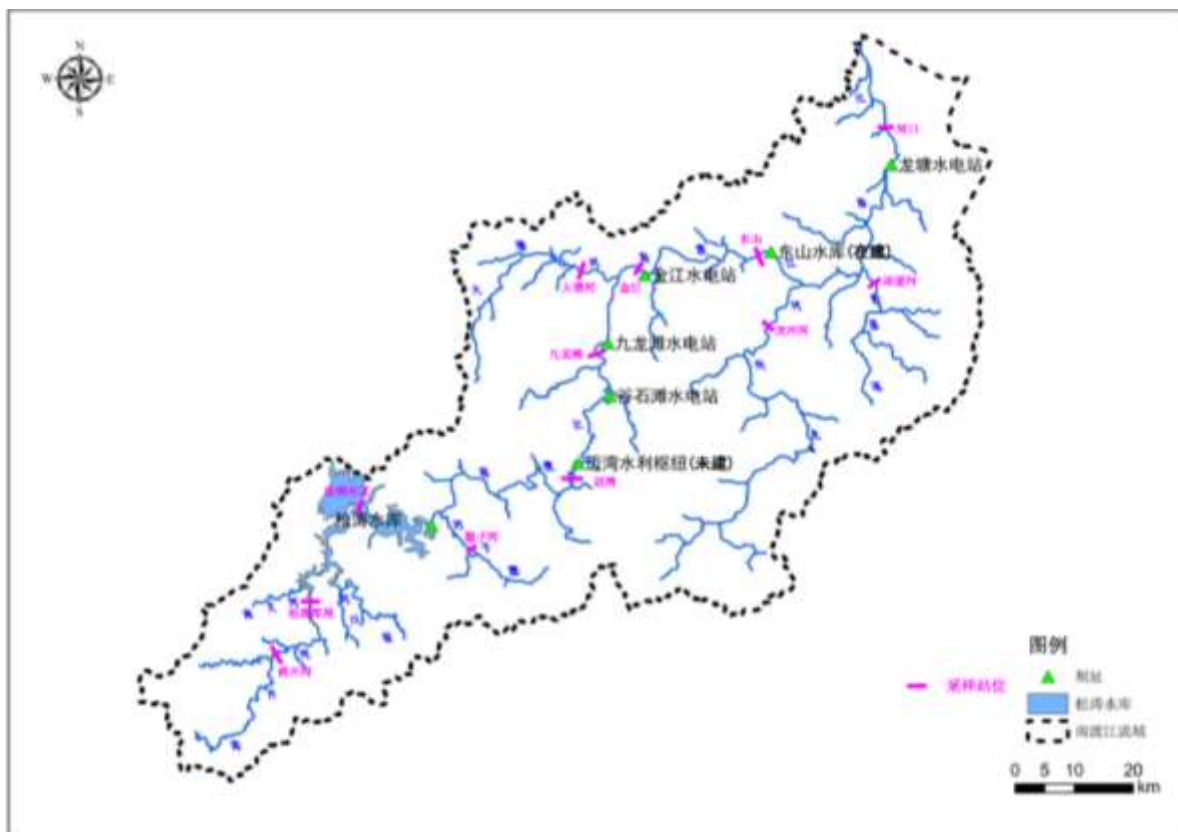


图 4.3-1 2016 年 5 月采样调查站点位置示意图

各采样站点信息一览表

表 4.3-1

序号	采样时间	采样点名称	纬度	经度	海拔 (m)	水温 (°C)
1	5月27日 9:00	南开河	19°09'9.86"	109°29'28.42"	194	25.0
2	5月27日 7:40	松涛库尾	19°14'36.69"	109°28'5.97"	182	29.2
3	5月26日 13:00	松涛库中	19°23'15.52"	109°33'33.91"	177	28.5
4	5月25日 10:10	迈湾	19°22'56.4"	109°53'22.66"	73	26.8
5	5月24日 9:40	九龙滩库中	19°34'35.26"	109°57'30.14"	50	31.0
6	5月23日 8:00	金江库中	19°41'38.98"	109°58'12.36"	26	30.4
7	5月20日 15:50	东山	19°44'34.19"	110°11'46.82"	14	31.0
8	5月18日 14:30	河口	19°58'30.09"	110°24'28.59"	3	32.8
9	5月26日 10:20	腰子河	19°20'38.57"	109°42'9.98"	132	29.0
10	5月23日 9:00	大塘河	19°42'33.56"	109°58'6.03"	32	29.8
11	5月20日 17:30	龙州河	19°37'40.49"	110°13'4.62"	23	31.2
12	5月21日 11:00	巡崖河	19°42'42.65"	110°23'2.7"	15	30.3



南开河：该断面位于白沙县元门乡，当地人称之为南开河，为南渡江源头干流。河面宽约 50m，两岸植被良好，河水清澈，河流为自然山区溪流，蜿蜒曲折，生境多样性高，流速 1-1.5m/s，底质为巨石、砾石、卵石、细砂相间。



松涛库尾：该断面位于白沙县牙叉镇，为松涛水库静水库湾之一，有大量渔船停靠。两岸有村庄、农田。底质为淤泥。采样时水库处于低水位，水体略带土黄色，水面有少量渔船泄露的油污。



松涛库中：该采样断面位于南丰镇南丰村，距岸边约 2km 的水库库中，该处水深约 20m，水质清澈，透明度 2.5m。水库周边山体植被茂盛，但消落区明显，植被稀疏。



迈湾：该断面位于屯昌县南坤镇合水村附近，两岸植被十分茂盛。采样时正是暴雨过后，河水猛涨，水流湍急，流速约 2.5m/s，水体含沙量较高，为土黄色。



九龙滩库中：该断面位于九龙滩坝址以上约 2km，为水库库中静水生境，为河道型水库，宽约 100m。水体透明度较高。两岸植被茂密，有一定的消落带，消落带植被稀疏。底质为淤泥。



金江库中：该断面位于金江坝址以上约 4km，在澄迈县城上游，为水库库中静缓流生境，河面开阔，宽约 800m，周边有采砂船。水质清澈，呈碧绿色。



东山：该断面东山镇上游约 3km。可能是受上游水库调节及降水较小的影响，采样时该断面水量较小，河滩地部分裸露，且河心有彩砂后留下的沙堆，河道生境破坏严重。水质清澈，水流流速约 1m/s。



河口：该采样断面位于南渡江第一大桥下游约 500m。河面开阔，宽约 600m，两岸城镇，岸边有护坡、道路，河滨带水生植物丰茂，底质为细砂，水色浑黄，流速较缓，约 0.2m/s。



腰子河：该断面位于腰子河河口以上约 2km，腰子河最下游一级梯级以上约 100m。两岸植被茂密。采样时刚刚洪水退去，两岸有明显退水后的痕迹。河面宽约 35m，流速 1.2m/s。水体土黄色，底质为淤泥和细砂。



大塘河：该断面距大塘河河口约 2km，河面宽约 60m，两岸植被茂密，特别是左岸水生植被丰富，右岸有段距离的硬质护岸。水体土黄色，流速较缓，约 0.5m/s。



龙州河：该断面距离龙州河河口约 5km，河面宽约 40m。两岸植被茂盛，水体呈碧绿色。流速较缓，几乎为静水。

巡崖河：该断面距巡崖河河口约 4km，河面宽约 50m，两岸植被茂密，有少量农田和村庄。水体碧绿，流速较缓，几乎为静水，约 0.2m/s。

图 4.3-2 采样断面现状图

(2) 2018 年调查

2018 年 3 月、10 月，重点针对南渡江松涛库尾、松涛库中、迈湾、东山库尾、龙塘库尾、灵山等 6 个断面进行了补充调查。



图 4.3-3 2018 年补充调查采样断面位置示意图

4.3.2 调查方法

(1) 浮游生物

浮游植物和浮游动物的定性样品分别用浮游生物网采集，用鲁哥氏液和甲醛溶液固定保存，室内用体视显微镜和显微镜分别检测浮游植物、原生动物、轮虫、枝角类和桡足类种类。

(2) 着生藻类

主要是刮取或剥离水中浸没物诸如石块、木桩、树枝、水草等或硬质底泥等表层藻膜、丝状藻和粘稠状生长物，用鲁哥氏液固定后保存待检。

(3) 水生维管束植物

依据断面长度布设采样点。水生高等植物定量采用 1 m^2 的采样框或 0.1 m^2 的定量采样器采集，现场称取湿重。定性样品整株采集，包括植株的根、茎、叶、花和果实，样品力求完整，按自然状态固定在压榨纸中，压干保存待检。

(4) 底栖动物

底栖动物分三大类。依据断面长度布设采样点，用 Petersen 氏底泥采集器采集定量样品，每个采样点采泥样 2~3 个。将采集的泥样，用 60 目分样筛筛洗，然后装入封口塑料袋中，室内进行挑拣，把底栖动物标本拣入标本瓶中，用 7% 的福尔马林溶液保存待检。软体动物定性样品用 D 形踢网 (kick-net) 进行采集，水生昆虫、寡毛类定性样品采集同定量样品。

(5) 鱼类

① 鱼类区系组成

根据鱼类区系研究方法，在不同河段设置站点，对调查范围内的鱼类资源进行全面调查。采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法，采集鱼类标本、收集资料、做好记录，标本用福尔马林固定保存。通过对标本的分类鉴定，资料的分析整理，编制出鱼类种类组成名录。

② 鱼类资源现状

鱼类资源量的调查采取社会捕捞渔获物统计分析结合现场调查取样进行。采用访问调查和统计表调查方法，调查资源量和渔获量。向渔业主管部门和渔政管理部门及渔民调查了解渔业资源现状以及鱼类资源管理中存在的问题。对渔获物资料进行整理分析，得出各工作站点主要捕捞对象及其在渔获物中所占比重，不同捕捞渔具渔获物的长度和重量组成，以判断鱼类资源状况。

③ 鱼类生物学

鱼类标本尽量现场鉴定，进行生物学基础数据测定，并取鳞片等作为鉴定年龄的材

料。必要时检查性别，取性腺鉴别成熟度。部分标本用 5% 的甲醛溶液固定保存。现场解剖获取食性和性腺样品，食性样品用甲醛溶液固定，性腺样品用波恩氏液固定。

④ 鱼类“三场”

走访沿江居民、渔业部门和主要捕捞人员，并结合沿河鱼类产卵的历史记录，了解不同季节鱼类主要集中地和鱼类种群组成，结合鱼类生物学特性和水文学特征，分析鱼类“三场”分布情况，并通过有经验的捕捞人员进行验证。



图 4.3-4 现场调查照片

4.3.3 浮游植物现状

(1) 2016 年 5 月调查

① 种类组成与分布

调查区域 2016 年调查共检出浮游植物计 7 门 106 种。其中硅藻门 41 种、占检出种类的 38.68%；绿藻门 32 种、占检出种类的 30.19%；蓝藻门 16 种、占检出种类的 15.09%；甲藻门 4 种、占检出种类的 3.77%；金藻门 1 种、占检出种类的 0.94%；隐藻门 3 种、占检出种类的 2.83%；裸藻门 9 种、占检出种类的 8.49%。调查区域浮游植物组成以硅藻门为主，其次为蓝藻门，再次为绿藻门，其它种类偶见。常见种类有钝脆杆藻、针杆

藻、桥弯藻、舟形藻、等片藻等。

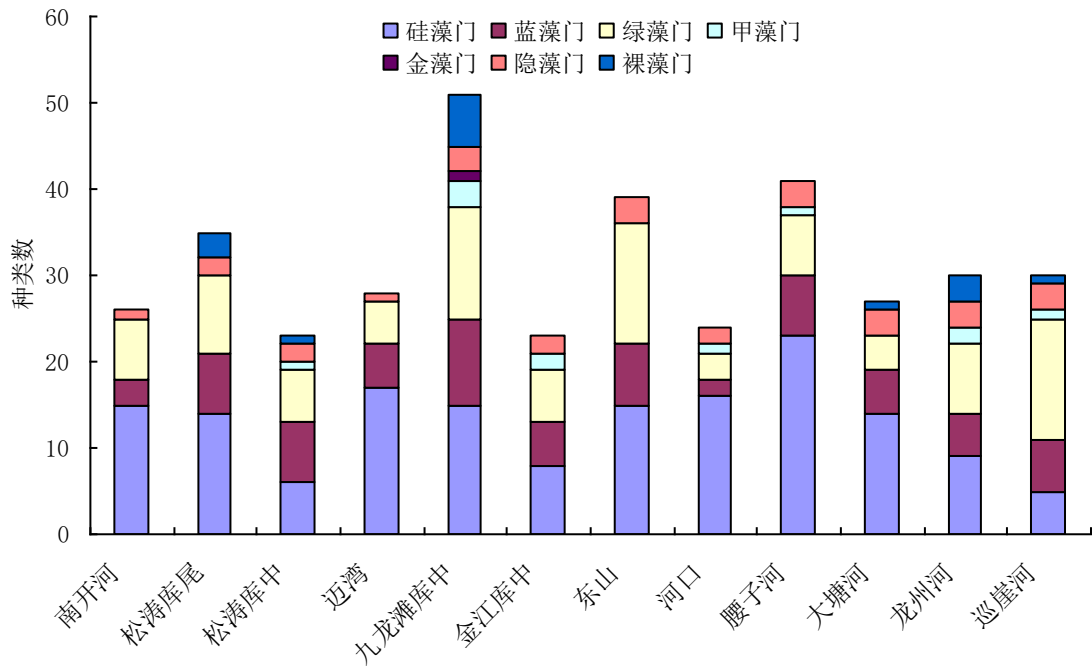


图 4.3-5 调查区浮游植物种类组成及水平分布

调查区浮游植物种类组成

表 4.3-2

种类组成	硅藻门	蓝藻门	绿藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	合计
南开河	15	3	7	0	0	1	0	26
松涛库尾	14	7	9	0	0	2	3	35
松涛库中	6	7	6	1	0	2	1	23
迈湾	17	5	5	0	0	1	0	28
九龙滩库中	15	10	13	3	1	3	6	51
金江库中	8	5	6	2	0	2	0	23
东山	15	7	14	0	0	3	0	39
河口	16	2	3	1	0	2	0	24
腰子河	23	7	7	1	0	3	0	41
大塘河	14	5	4	0	0	3	1	27
龙州河	9	5	8	2	0	3	3	30
巡崖河	5	6	14	1	0	3	1	30

② 现存量

1) 密度

调查流域浮游植物平均密度为 23689163ind./L。其中硅藻门 6.99%；绿藻门占 12.33%；蓝藻门占 74.99%；甲藻门占 0.60%；金藻门占 0.01%；隐藻门占 5.05%；裸

藻门占 0.09%。浮游植物生物量平均为 4.0955mg/L。其中硅藻门 79.74%；绿藻门占 15.93%；蓝藻门占 0.18%；甲藻门占 0.21%；金藻门占 1.94%；隐藻门占 1.58%；裸藻门占 0.04%。

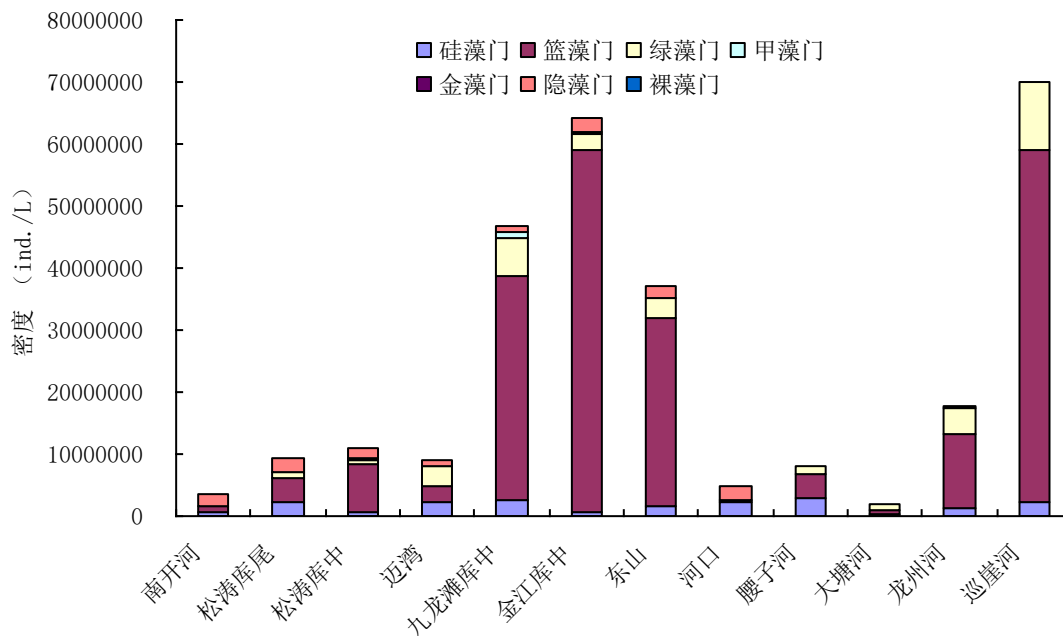


图 4.3-6 调查区域浮游植物密度水平分布

浮游植物密度变化趋势是：巡崖河>金江库中>九龙滩库中>东山>龙洲河>松涛库中>松涛库尾>迈湾>腰子河>河口>南开河>大塘河。

调查区域浮游植物密度组成

表 4.3-3

单位：ind./L

密度组成	硅藻门	篮藻门	绿藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	合计
南开河	713376	905874	90587	0	0	1947629	0	3657466
松涛库尾	2343949	3804671	985138	0	0	2174098	0	9307856
松涛库中	747346	7767870	656759	45294	0	1766454	33970	11017693
迈湾	2140127	2853503	3227176	0	0	815287	67941	9104034
九龙滩库中	2604388	35963199	6205237	996461	22647	1124794	0	46916726
金江库中	543524	58360934	2853503	67941	0	2343949	0	64169851
东山	1494692	30482661	3261146	0	0	2015570	0	37254069
河口	2377919	67941	203822	67941	0	2174098	0	4891720
腰子河	2827837	3819769	1502241	0	0	0	0	8149847
大塘河	475584	509554	1087049	0	0	0	0	2072187
龙州河	1426752	11912243	3963199	317056	0	2	3	17619255
巡崖河	2174098	56730361	11006369	203822	0	0	0	70114650

2) 生物量

调查流域浮游植物平均生物量为 5.9695mg/L。其中硅藻门 29.65%；绿藻门占 21.87%；蓝藻门占 19.57%；甲藻门占 5.79%；金藻门占 0.06%；隐藻门占 17.37%；裸藻门占 5.69%。

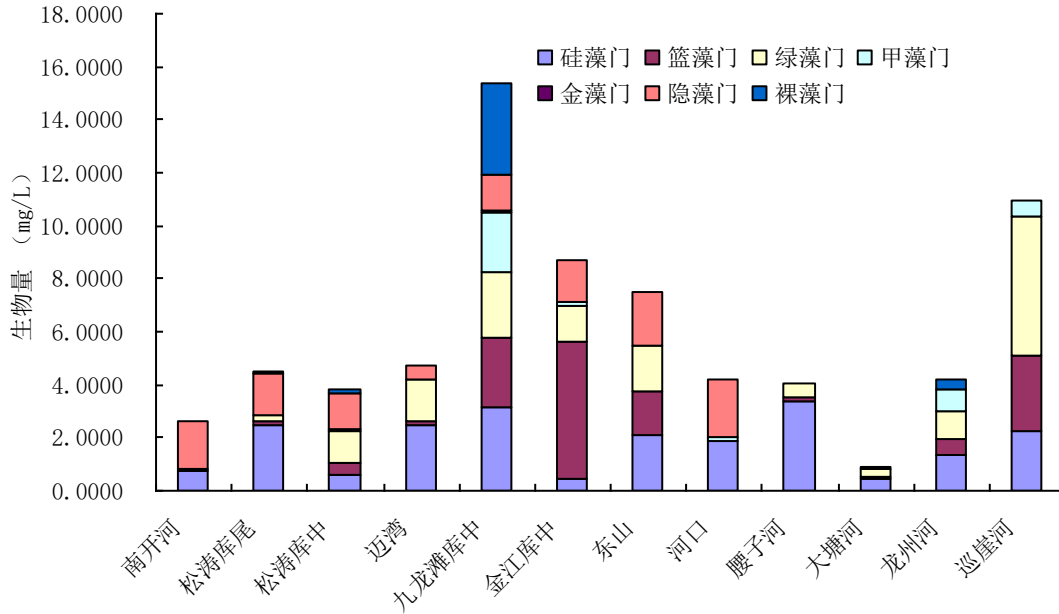


图 4.3-7 调查区域浮游植物生物量水平分布

调查区域浮游植物密度组成

表 4.3-4

单位: mg/L

生物量组成	硅藻门	蓝藻门	绿藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	合计
南开河	0.7304	0.0453	0.0702	0.0000	0.0000	1.7936	0.0000	2.6395
松涛库尾	2.4628	0.1902	0.2174	0.0000	0.0000	1.5626	0.0679	4.5011
松涛库中	0.5888	0.4790	1.1550	0.1359	0.0000	1.3407	0.1132	3.8126
迈湾	2.4968	0.1427	1.5490	0.0000	0.0000	0.5537	0.0000	4.7423
九龙滩库中	3.1479	2.6531	2.4594	2.2420	0.0453	1.4094	3.4423	15.3995
金江库中	0.4586	5.1805	1.3316	0.1359	0.0000	1.6170	0.0000	8.7236
东山	2.0948	1.6487	1.7438	0.0000	0.0000	2.0201	0.0000	7.5074
河口	1.8514	0.0034	0.0408	0.1359	0.0000	2.1469	0.0000	4.1783
腰子河	3.3521	0.2061	0.5179	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	4.0761
大塘河	0.4756	0.0391	0.3125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0679	0.8951
龙州河	1.3192	0.5956	1.0508	0.8832	0.0000	0.0000	0.3850	4.2338
巡崖河	2.2590	2.8365	5.2178	0.6115	0.0000	0.0000	0.0000	10.9248

调查区域浮游植物生物量变化趋势是：九龙滩库中>巡崖河>金江库中>东山 >迈湾>松涛库尾>龙洲河>腰子河>松涛库中>南开河>大塘河。

③ 浮游植物现状评价

调查流域浮游植物种类以硅藻门为主、绿藻门和蓝藻门次之，基本与河流浮游植物种类组成一致。浮游植物密度巡崖河断面最高，金江断面次之，大塘河较低，基本反映了河流营养物质的丰富度以及梯级建设导致水文情势改变，流水生境转变为静缓流生境后浮游植物生物量增加这一基本规律。

藻类生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数公式计算，调查区域各断面浮游植物生物多样性指数见表 4.3-22 所示。从各断面浮游植物的生物多样性指数看各断面浮游植物种类较丰富而且各种类数量均匀。

调查区浮游植物多样性

表 4.3-5

断面	种类数	生物多样性指数
南开河	26	2.06
松涛库尾	35	2.36
松涛库中	23	1.67
迈湾	28	2.42
九龙滩库中	51	2.45
金江库中	23	0.90
东山	39	1.33
河口	24	1.59
腰子河	41	2.63
大塘河	27	1.80
龙州河	30	1.74
巡崖河	30	1.80

(2) 2018 年 3 月、10 月调查

① 种类组成与分布

2018 年南渡江枯水期（3 月份）共鉴定浮游植物 7 门 58 属 98 种，其中蓝藻门 4 属 4 种、硅藻门 24 属 44 种、隐藻门 2 属 3 种、金藻门 1 属 1 种、裸藻门 2 属 2 种、甲藻门 2 属 2 种、绿藻门 22 属 42 种。硅藻门与绿藻门是南渡江枯水期浮游植物群落的主要优势类群，分别占总物种数量的 44.9% 和 42.9%。丰水期（10 月份）共鉴定浮游植物 6 门 60 属 94 种，其中蓝藻门 10 属 13 种、硅藻门 18 属 26 种、隐藻门 2 属 7 种、裸藻门 2 属 3 种、甲藻门 3 属 3 种、绿藻门 25 属 42 种。硅藻门与绿藻门浮游植物依然是主要的优势类群，分别占 27.7% 和 44.7%。但硅藻物种数量在丰水期显著减少，而蓝藻门物种数量由枯水期的 4% 上升到丰水期的 13.8%。

2018 年南渡江枯水期与丰水期浮游植物优势种类差异明显。以浮游植物细胞数量为

依据，枯水期主要优势种类为蓝隐藻 (*Chroomonas* sp.)、劳氏角毛藻 (*Chaetoceros lorenzianus*)、长孢藻 (*Dolichospermum* sp.)；以浮游植物生物量为评价标准则枯水期优势种类为双眉藻 (*Amphora* sp.)、等片藻 (*Diatoma* sp.)、三角四角藻 (*Tetraedron trigonum*)。以浮游植物细胞数量为依据，丰水期主要优势种类为微囊藻 (*Microcystis* sp.)、具尾蓝隐藻 (*Chroomonas caudata*)、小球藻 (*Chlorella* sp.)；以浮游植物生物量为评价标准则丰水期优势种类为膨胀桥弯藻 (*Cymbella pusilla*)、囊裸藻 (*Trachelomonas* sp.)、空球藻 (*Eudorina elegans*)。

② 密度和生物量

2018 年南渡江枯水期、丰水期浮游植物细胞密度分别为 $(1.18 \pm 1.15) \times 10^6$ cell/L 和 $(1.20 \pm 0.90) \times 10^6$ cell/L，生物量分别为 4.19 ± 7.24 mg/L 和 1.37 ± 0.89 mg/L。虽然不同时期浮游植物细胞密度差异不大，但枯水期浮游植物生物量比丰水期高约 3 倍。

枯水期自上游 (2 号) 至下游入海口 (6 号) 细胞密度分别为 1.01、0.57、0.55、0.91、 3.49×10^6 cell/L；浮游植物生物量依次为 0.75、3.58、0.31、0.38、1.38、18.76 mg/L。

丰水期自上游 (2 号) 至下游入海口 (6 号) 细胞密度分别为 0.54、0.27、1.34、1.97、 2.52×10^6 cell/L；浮游植物生物量依次为 0.96、0.41、0.95、0.94、2.31、2.63 mg/L。

③ 生物多样性

2018 年南渡江枯水期与丰水期浮游植物群落整体 Shannon 多样性指数分别为 2.62 ± 0.42 和 2.17 ± 0.35 ，枯水期浮游植物多样性高于丰水期；Pielou 均匀度指数枯水期为 0.76 ± 0.04 ，丰水期为 0.79 ± 0.14 ；Patrick 丰富度指数枯水期为 33，丰水期为 17，枯水期丰富度显著高于丰水期。

4.3.4 浮游动物

(1) 2016 年 5 月调查

① 种类组成与分布

南渡江调查水域共检出浮游动物 61 属 105 种 (附表 3)，其中原生动物 22 属 39 种、占检出总种类数的 37.14%，轮虫 22 属 41 种、占 39.05%，枝角类 6 属 9 种、占 8.57%，桡足类 11 属 16 种、占 15.24%。南渡江干流共检出浮游动物 96 种，其中原生动物 35 种、占 36.46%，轮虫 38 种、占 39.58%，枝角类 9 种、占 9.38%，桡足类 14 种、占 14.58%。浮游动物种类组成在水平分布上出现两次递减趋势，分别是松涛库尾至迈湾逐渐递减，九龙潭库中至河口逐渐递减；松涛库尾和库中、九龙滩库中、金江库中浮游动物种类数高于流水河段。支流检出浮游动物 67 种，原生动物 19 种、占 28.36%，轮虫 30 种、占

44.78%，枝角类 7 种、占 10.45%，桡足类 11 种、占 16.42%。支流巡崖河检出浮游动物种类数最多，依次是腰子河、大塘河，龙州河最少。

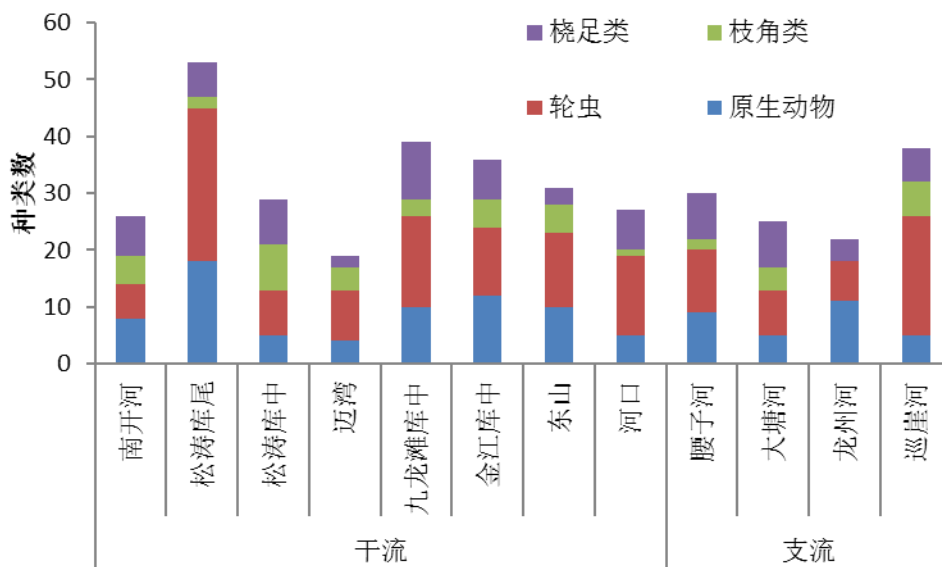


图 4.3-8 南渡江调查水域浮游动物种类组成

南渡江调查水域浮游动物种类组成以轮虫为主，其次是原生动物，枝角类较少。常见种分别是旋回侠盗虫 *Strobilidium gyrans*、小筒壳虫 *Tintinnidium pusillum*、淡水筒壳虫 *T. fluviatile*、角突臂尾轮虫 *Brachionus angularis*、暗小异尾轮虫 *Trichocerca pusilla*、广生多肢轮虫 *Polyarthra vulgaris*、长肢秀体溞 *Diaphanosoma leuchtenbergianum*、长额象鼻溞 *Bosmina longirostris*、大尾真剑水蚤 *Eucyclops macruioides*、小型后剑水蚤 *Metacyclops minutus* 等。

② 现存量

2016 年 5 月南渡江调查水域浮游动物密度在 564.67~9227.07ind./L，平均是 3111.74ind./L。其中原生动物密度最高 1884.26ind./L、占南渡江浮游动物总密度平均的 60.55%，轮虫 1154.63ind./L、占 37.11%，桡足类 63.57ind./L、占 2.01%，枝角类密度最少 10.28ind./L、占 0.33%。生物量在 0.0705~1.9732mg/L 之间，平均是 0.6666mg/L，其中原生动物生物量平均是 0.0236mg/L、占 3.54%，轮虫 0.2928mg/L、占 43.92%，枝角类 0.1028mg/L、占 15.43%，桡足类 0.2474mg/L、占 37.11%。

南渡江干流浮游动物密度平均是 3045.44ind./L，原生动物占 59.52%、轮虫占 37.99%、桡足类占 2.06%、枝角类占 0.44%。干流九龙滩库中至河口浮游动物密度随水流方向逐渐递减，干流浮游动物密度在水平分布上由高到低是：九龙滩库中>松涛库尾>迈湾>金

江库中>东山>南开河>河口>松涛河库中。生物量平均是 0.7563mg/L，其中原生动物占 3.19%、轮虫占 44.72%、枝角类占 17.65%、桡足类占 34.44%。从图 4.3-15 看，干流各库区浮游动物生物量高于流水河段，松涛河库尾至迈湾生物量随水流方向逐渐递减，九龙滩库中至河口逐渐递减。干流浮游动物生物量在水平分布上由高到低是：九龙滩库中>金江库中>松涛库尾>松涛库中>迈湾>东山>河口>南开河。

各调查点位浮游动物密度和生物量

表 4.3-6

采样断面	密度(ind./L)					生物量(mg/L)				
	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计
南开河	1666.67	55.56	5.60	8.40	1736.22	0.0099	0.0325	0.0560	0.0482	0.1466
松涛库尾	2888.89	866.67	25.60	43.20	3824.36	0.0879	0.2578	0.2560	0.2632	0.8649
松涛库中	333.33	133.33	19.20	78.80	564.67	0.0018	0.0262	0.1920	0.2785	0.4986
迈湾	3000.00	83.33	2.40	3.00	3088.73	0.0202	0.3127	0.0240	0.0139	0.3707
九龙滩库中	2666.67	6500.00	6.80	53.60	9227.07	0.0308	1.6576	0.0680	0.2168	1.9732
金江库中	1444.44	516.67	40.00	288.40	2289.51	0.0167	0.1065	0.4000	1.1820	1.7052
东山	1055.56	950.00	4.40	0.40	2010.36	0.0143	0.2067	0.0440	0.0012	0.2662
河口	1444.44	150.00	2.80	25.40	1622.64	0.0116	0.1057	0.0280	0.0800	0.2253
腰子河	2000.00	33.33	1.20	9.20	2043.73	0.0132	0.0147	0.0120	0.0449	0.0848
大塘河	1333.33	133.33	6.80	10.00	1483.47	0.0315	0.0414	0.0680	0.0456	0.1865
龙州河	3777.78	233.33	0.20	0.45	4011.76	0.0324	0.0341	0.0020	0.0020	0.0705
巡崖河	1000.00	4200.00	8.40	230.00	5438.40	0.0133	0.7173	0.0840	0.7926	1.6072

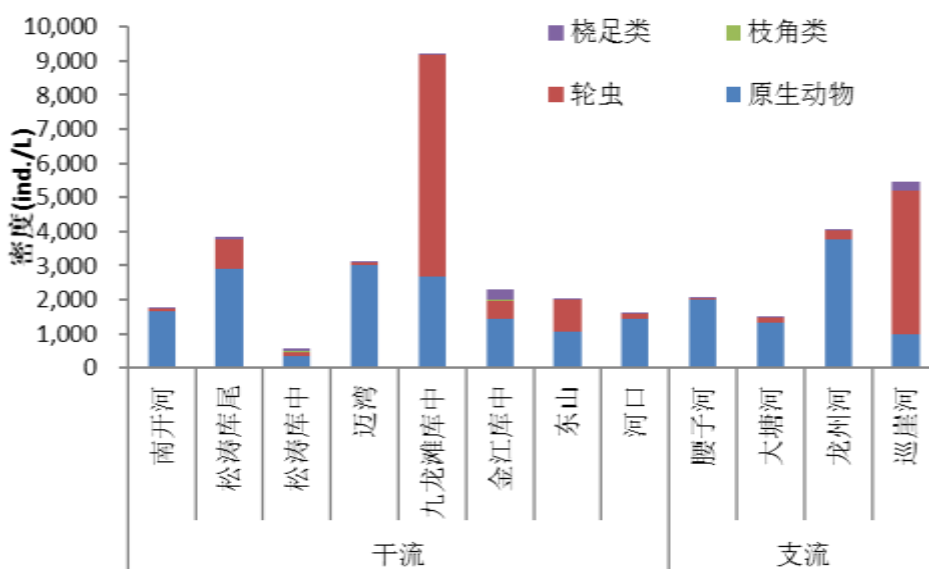


图 4.3-9 各调查点位浮游动物密度组成及水平分布

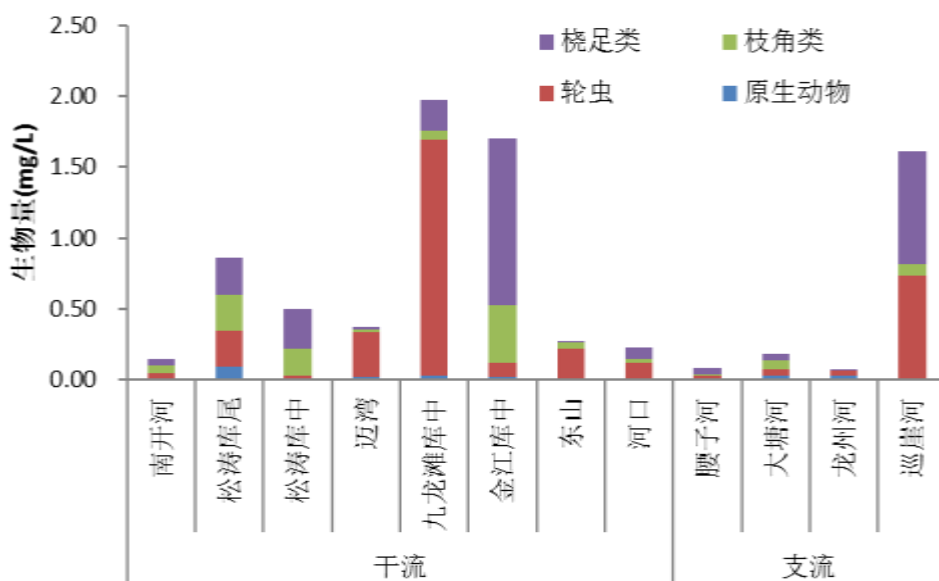


图 4.3-10 各调查点位浮游动物生物量组成及水平分布

南渡江支流浮游动物密度在 1483.47~5438.40ind./L 之间，从图 2 看下游支流浮游动物密度高于上游支流，巡崖河最高、依次是龙州河、腰子河、大塘河；生物量在 0.0705~1.6072mg/L 之间，下游支流巡崖河生物量最高，其次是大塘河、腰子河、龙州河最低。

南渡江调查水域从图 2 看浮游动物密度组成以原生动物为主，库区河段轮虫出现数量较高；从图 3 看生物量组成以轮虫为主，库区河段及下游支流巡崖河枝角类、桡足类生物量较高。库区河段浮游动物优势种相似，分别是：旋回侠盗虫、小筒壳虫、淡水筒壳虫、暗小异尾轮虫、广生多肢轮虫等。

③ 现状评价

浮游动物生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数公式计算，南渡江各断面浮游动物生物多样性指数见下表。从各断面浮游动物的生物多样性指数看，松涛库尾、金江库中、东山、九龙滩库中、松涛库中断面浮游动物多样性指数稍高于上游南开河、迈湾、河口，支流监测点较库区低，说明各库区浮游动物种类较丰富而且各种类数量均匀。

南渡江各监测点浮游动物多样性指数

表 4.3-7

采样断面	Shannon-Wiener	种类数 (定量)
南开河	1.6367	10
松涛库尾	3.7605	23
松涛库中	2.8428	12
迈湾	1.84511	12

九龙滩库中	3.01	27
金江库中	3.7828	19
东山	3.2871	16
河口	1.7981	8
腰子河	1.577	9
大塘河	2.3806	12
龙州河	2.1803	14
巡崖河	2.6961	20

南渡江浮游动物种类轮虫和原生动物种类较多，密度组成中原生动物占优势，生物量组成中轮虫、桡足类所占比重较大。南渡江松涛库区、九龙滩库区、金江库区静缓流区域适宜浮游动物生长，其种类、密度、生物量及多样性指数均高于流水河段南开河、迈湾、河口区域。支流水流缓慢的巡崖河浮游动物种类、密度和生物量高于其它支流。

(2) 2018年3月、10月调查

① 种类组成

在6个样点采样调查，枯水期共采集到浮游动物47种，其中原生动物15种，轮虫19种，枝角类7种和桡足类6种；丰水期共采集到浮游动物25种，其中原生动物9种，轮虫8种，枝角类4种和桡足类4种。原生动物如侠盗虫 *Stribilidium* sp.、砂壳虫 *Diffugia* sp.、似铃壳虫 *Tintinnopsis* sp.，轮虫如针簇多肢轮虫 *Polyartyra trigla* 等，枝角类如长额象鼻溞 *Bosmina longirostris* 等，桡足类如桡足幼体和无节幼体等为浮游动物各类群的优势种。枯水期各样点浮游动物各类群物种丰富度在12-26种之间，平均19.17种；丰水期各样点浮游动物各类群物种丰富度在3-14种之间，平均8.33种，枯水期浮游动物种类数明显多于丰水期种类数量。

② 密度与生物量

南渡江浮游动物的密度各类群、不同样点密度变化。枯水期浮游动物密度显著高于丰水期浮游动物密度。

枯水期原生动物密度在0-73333.33 ind./L之间，平均密度21111.11 ind./L。南渡江3号点未检测到原生动物。轮虫密度在0-40000 ind./L之间，平均密度11111.11 ind./L，南渡江6号点未检测到轮虫。枝角类密度在0-122.05 ind./L之间。桡足类在0-45.53 ind./L之间，NDJ01号点定量检测为0，平均密度10.33 ind./L。

丰水期原生动物密度在0-4250 ind./L之间，平均密度867.78 ind./L。NDJ01号点未检测到原生动物。轮虫密度在0-566.67 ind./L之间，平均密度158.89 ind./L，南渡江2、

南渡江 3、南渡江 4 号点未检测到轮虫。枝角类密度在 0-0.7ind./L 之间,其中 NDJ02 号点定量检测为 0, 平均密度 0.23 ind./L。桡足类在 0.05-0.35ind./L 之间, 平均密度 0.15ind./L。

南渡江枯水期不同采样点的浮游动物生物量在 0.33~50.47 mg/L, 平均 15.01 mg/L。以南渡江 2 号和 6 号的生物量较低, 南渡江 3 号点的生物量最高。在浮游动物四个类群中, 以轮虫的生物量最高, 其次为原生动物, 桡足类生物量总体最低, 其中南渡江 6 号点占比最高。

丰水期不同采样点的浮游动物生物量在 0.009~0.895mg/L, 平均 0.240mg/L。以南渡江 3 号的生物量较低, 南渡江 6 号点的生物量最高。在浮游动物四个类群中, 以轮虫的生物量最高, 其次为原生动物, 桡足类生物量总体最低。各采样点位枯水期生物量显著高于丰水期。

③ 生物多样性

运用 Shannon-wiener 指数 (H') 测算南渡江各采样点浮游动物的群落多样性, 结果表明, H' 值大部分处于 1~3 之间, 处于中度污染水平。

4.3.5 着生藻类

(1) 种类组成

在松涛至谷石滩河段的调查中共检出着生藻类 4 门, 100 种 (属), 见附表 4。其中, 以硅藻门的种类最为丰富, 共有 70 种, 占全部检出种类的 70%; 其次为绿藻门, 为 24 种 (属), 占全部检出种类的 24%; 蓝藻门 5 种, 占全部检出种类的 5%; 金藻门 1 种。

各采样点藻类分具体分布情况为: 谷石滩库区共鉴定出 12 种藻类, 其中硅藻 10 种, 蓝藻 2 种; 加握河共鉴定出 43 种藻类, 其中硅藻 24 种, 绿藻 17 种, 蓝藻 2 种; 腰子河共鉴定出 52 种藻类, 其中硅藻 43 种, 绿藻 7 种, 蓝藻 2 种; 迈湾库区共鉴定出 31 种藻类, 其中硅藻 26 种, 绿藻 2 种, 蓝藻 3 种; 松涛水库共鉴定出 52 种藻类, 其中硅藻 39 种, 绿藻 9 种, 蓝藻 3 种, 金藻 1 种。总体而言, 着生藻类的种类组成以硅藻和绿藻门为主。与南渡江干流库区的站位 (谷石滩、迈湾水库和松涛水库), 流速相对较大的支流 (加握河和腰子河) 的硅藻种类的相对百分比要低。

(2) 密度和生物量

着生藻类细胞密度变化范围为 0.012×10^8 cells/m²~ 2.66×10^8 cells/m², 均值为 0.9×10^6 cells/m²。其中, 谷石滩采样站位着生藻类细胞密度最低, 迈湾水库采样站位着生藻类细胞密度最高, 加握河和松涛水库采样站位着生藻类细胞密度较为接近, 分别为

0.37×10^8 cells/m² 和 0.48×10^8 cells/m²; 腰子河着生藻类细胞密度为 0.998×10^8 cells/m²。各站位着生藻类均以硅藻为最主要类群。

各站位着生藻类的生物量在 2.38~141.31 mg/m² 之间, 均值为 66.26 mg/m²。最大值出现在腰子河, 最小值出现在谷石滩。各站位着生藻类生物量均以硅藻为最主要类群。

4.3.6 水生维管束植物

(1) 种类组成

调查共鉴定水生维管束植物 63 种, 分属 21 科, 53 属。其中禾本科植物鉴定种类最多, 共 14 种, 占所鉴定种类的 22%; 其次为菊科 7 种, 莎草科 6 种, 蓼科 5 种, 玄参科 4 种, 豆科、千屈菜科各 3 种, 茄科、伞形科、十字花科、天南星科、苋科、鸭跖草科、金星蕨科各 2 种。凤尾蕨科、球盖蕨科、茜草科、柳叶菜科、马齿苋科、雨久花科和酢浆草科各鉴定 1 种。其中, 谷石滩鉴定种类 9 种, 加握河鉴定种类 39 种, 腰子河鉴定种类 46 种, 迈湾库区鉴定种类 41 种, 松涛库区鉴定种类 44 种。仅谷石滩断面种类较少, 加握河、腰子河、迈湾库区与松涛库区种类数差异不大。

(2) 典型群落

调查发现不同站位典型水生维管束植物群落种类及生物量差异较大, 其中聚花草是共有优势种类。

谷石滩坝址以水生黍-聚花草-大藻群落为典型群落, 主要包括水生黍、大藻、聚花草, 伴生凤眼蓝、野芋等种类, 其中水生黍、大藻和聚花草为数量优势种类, 但野芋和凤眼蓝种类个体生物量高, 生物量亦较高; 加握河以聚花草群落为典型群落, 以聚花草为绝对优势种, 伴生荻、一本芒、蟛蜞菊、茵草等种类; 腰子河以聚花草-凤眼蓝-大藻群落为典型群落, 主要包括聚花草、凤眼蓝、大藻、荻和狗尾草等种类, 其中聚花草、凤眼蓝和大藻为数量优势种类, 但大藻密度小, 生物量较低; 迈湾库区以大藻群落为典型群落, 该群落以大藻、聚花草为主, 外围伴生紫背菜、积雪草、水生含羞草、含羞草和鳢肠等种类, 其中大藻和聚花草为数量优势种类; 松涛库区以砂质底为主, 种类数量多, 以禾本科-莎草科群落为典型群落, 主要有伞草、台湾雀稗、扁穗莎草、双耳草、狗尾草、旋鳞莎草等。

调查区域生物量较大的种类有大藻、凤眼蓝、野芋、荻、蟛蜞菊、茵草、狗尾草、伞草、台湾雀稗、扁穗莎草、双耳草、旋鳞莎草等种类。

4.3.7 底栖动物

(1) 2016 年 5 月调查

① 种类组成与分布

评价区底栖动物 21 种，软体动物、节肢动物分别有 11、10 种，优势种有铜锈环棱螺、肋蜷、短丝蜉、丝螳、多足摇蚊、前突摇蚊、沼虾、米虾等，底栖动物名录及分布见附表 5。

干流底栖动物 14 种，软体动物、节肢动物分别 8、6 种，主要种类有铜锈环棱螺、肋蜷、前突摇蚊、沼虾、米虾等。干流库区河段底质为淤泥、沙质，水体相对静止，底栖动物共 7 种，主要种类为摇蚊及虾科生物。松涛库中、库尾河段底栖动物 3 种，种类为前突摇蚊、水螟、沼虾；金江库中河段底栖动物 3 种，种类为铜锈环棱、沼虾、米虾；九龙滩库中河段底栖动物 5 种，主要种类为摇蚊及虾科生物。干流流水河段底栖动物 8 种，迈湾河段水流湍急、水体含沙量高，可能是暴雨导致河水急涨原因，底栖动物仅检出 1 种；河口段底质为细砂，水色浑黄，流速较缓，底动物 7 种，主要为软体动物及虾科生物。

支流流速较为缓慢，底质多为泥沙质，底栖动物共 9 种，软体动物、节肢动物分别有 4、5 种，主要种类有铜锈环棱、短丝蜉、丝螳、多足摇蚊、米虾等。支流腰子河、大塘河、龙州河、巡崖河底栖动物种类组成基本相同，种类分别有 5、3、4、5 种。

② 现存量

评价区底栖动物密度 32ind./m²，生物量 7.25g/m²，干流底栖动物密度 29ind./m²，生物量 3.27g/m²，支流底栖动物密度 39ind./m²，生物量 15.20g/m²。

干流库区河段底栖动物密度、生物量分别为 18ind./m²，0.59g/m²，其中松涛水库库尾、库中河段底栖动物现存量较低，密度、生物量均值分别为 10ind./m²、0.42g/m²；九龙滩库中河段底栖动物现存量较高，密度、生物量分别为 33ind./m²，0.86g/m²。干流流水河段底栖动物密度、生物量分别为 39ind./m²、5.96g/m²，其中迈湾河段底栖动物现存量较低，密度、生物量分别为 7ind./m²，0.24g/m²，可能是由于采样期间刚刚发生洪水，给采样带来一定难度，且洪水对底栖动物的冲刷导致其密度暂时性下降；河口段底栖动物现存量较高，密度、生物量分别为 60ind./m²、12.04g/m²。

支流龙州河、巡崖河底栖动物现存量较高，腰子河现存量相对较低。由于软体动物数量分布较多，支流底栖动物密度、生物量整体高于干流。

总体来看，底栖动物密度和生物量流水河段大于库区静水河段。

底栖动物现存量

表 4.3-8

采样断面		密度 (ind./m ²)			生物量 (g/m ²)		
		软体动物	节肢动物	合计	软体动物	节肢动物	合计
干流	南开河	57		57	9.45		9.45
	松涛库尾		13	13		0.83	0.83
	松涛库中		7	7		0.01	0.01
	迈湾		7	7		0.24	0.24
	九龙滩库中		33	33		0.86	0.86
	金江库中	10	10	20	0.38	0.27	0.65
	东山	3	30	33	0.25	1.86	2.11
	河口	43	17	60	11.04	1.00	12.04
支流	腰子河	3	33	37	3.37	0.12	3.49
	大塘河	20	10	30	10.54	0.03	10.57
	龙州河	33	10	43	27.77	0.04	27.81
	巡崖河	27	17	43	18.71	0.22	18.94
干流均值		14	15	29	2.64	0.63	3.27
支流均值		21	18	39	15.10	0.10	15.20
评价区均值		16	16	32	6.79	0.46	7.25

③ 现状评价

评价区底栖动物共检出 21 种，软体动物、节肢动物分别有 11、10 种，优势种有铜锈环棱螺、肋蜷、短丝蜉科、丝螭、多足摇蚊、前突摇蚊、沼虾、米虾等，底栖动物密度、生物量分别为 32ind./m²、7.25g/m²。

南渡江干流底栖动物 14 种，软体动物、节肢动物分别有 8、6 种，主要种类有铜锈环棱螺、肋蜷、前突摇蚊、沼虾、米虾等，底栖动物密度、生物量分别为 29ind./m²、3.27g/m²。干流松涛、九龙滩等水库库区河段底栖动物以摇蚊及虾科生物为主，底栖动物密度、生物量均值分别为 18ind./m²、0.59g/m²；南开河及迈湾等上、中游流水河段底栖动物种类分布少，现存量低，可能是由于采样期间刚刚发生洪水，给采样带来一定难度，且洪水对底栖动物的冲刷导致其密度暂时性下降；下游河口段底栖动物种类相对较多，以软体动物、虾科生物为主，底栖动物现存量较高。

支流水流缓慢，底栖动物 9 种，主要种类有铜锈环棱、短丝蜉、丝螭、多足摇蚊、米虾等，底栖动物密度、生物量分别为 39ind./m²、15.20g/m²。腰子河、大塘河等支流水文情势基本相同，底栖动物种类结构相近，软体动物数量较多，底栖动物密度、生物量整体高于干流。

(2) 2018年3月、10月调查

① 种类组成

枯水期和丰水期调查共采集大型底栖动物 58 个分类单元, 隶属 3 门 7 纲 19 目 37 科 56 属。南渡江底栖动物主要由水生昆虫 (35 种, 占总物种数的 60.3%) 和腹足类 (10 种, 17.2%) 组成, 其次为甲壳类 (5 种, 8.6%)、双壳类 (3 种, 5.2%)、寡毛类 (3 种, 5.2%)、蛭类 (1 种, 1.7%) 和多毛类 (1 种, 1.7%)。南渡江底栖动物的物种数呈现枯水期 (46 种) > 丰水期 (24 种) 的趋势, 分类界元的降低, 差异越显著。其中, 枯水期共采集底栖动物 46 个分类单元, 隶属 3 门 7 纲 17 目 30 科 45 属。丰水期采集底栖动物 24 个分类单元, 隶属 3 门 5 纲 12 目 19 科 22 属。

优势种分析比较表明, 枯水期和丰水期南渡江底栖动物群落结构存在明显差异。其中, 枯水期主由紫云蛤 *Psammobiidae* spp.、海南沟蜷 *Sulcospira hainanensis*、似宽基蜉 *Choroerpides* sp.、长角纹石蛾属 *Macrostemum* sp. 和环尾春蜓 *Lamelligomphus* sp. 组成 (表 4.2)。丰水期的优势种类分别为河蚬 *Corbicula fluminea*、枝长跗摇蚊 *Cladotanytarsus* sp.、倒毛摇蚊 *Microtendipes* sp. 和海南沟蜷构成。

② 密度和生物量

本年度两次调查结果显示, 南渡江的密度和生物量表现出枯水期 > 丰水期, 密度平均值依次分别为 1456.0 和 197.2 ind./m², 生物量平均值分别为 149.0 和 49.9 g/m²。南渡江底栖动物的密度和生物量大体呈现, 从上游至下游递减的趋势。

枯水期, 从上游至下游密度分别为 4192.0、3944.0、152.0、0、32.0 和 336.0 ind./m², 生物量分别为 441.2、316.3、88.0、33.5、7.5 和 7.7 g/m²。丰水期, 从上游至下游密度分别为 527.8、44.4、44.4、155.6、355.6 和 55.6 ind./m², 生物量分别为 66.5、1.8、3.5、123.7、103.9 和 0.1 g/m²。

③ 多样性

枯水期和丰水期调查显示, 南渡江整体的物种丰富度、均匀度、香浓-威纳和辛普森多样性指数存在显著差异, 均呈现枯水期 > 丰水期。此外, 物种丰富度、均匀度、香浓-威纳和辛普森多样性大体呈现从上游至下游递减的趋势。

4.3.8 淡水鱼类

(1) 种类组成

综合各次调查结果和文献资料记载, 南渡江流域目前有淡水鱼类 110 种 (见附表 6), 隶属于 8 目 25 科 80 属。

① 《海南岛淡水及河口鱼类》(1986)

《海南岛淡水及河口鱼类》(1986)共记录南渡江淡水鱼类 90 种,经过整理,对部分种名进行了修订,其中海南石鲃 *Pseudoperilampus hainanensis* 与刺鳍鲃 *Rhodeus spinalis*、广东鲂 *Megalobrama hoffmanni* 与三角鲂 *Megalobrama terminalis*、长鳊 *Mystus elongatus* 与斑鳊 *Mystus guttatus* 为同物异名。因此,《海南岛淡水及河口鱼类》(1986)共记录南渡江淡水鱼类 87 种。

② 《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书水生生态影响专题》(2015 年)

该专题报告提出,南渡江水系共有淡水鱼类 93 种。调查单位于 2014 年 4 月、8 月及 11 月,南渡江干流九龙滩至龙塘江段、一级支流龙州河和巡崖河等开展了鱼类现场调查,采集到鱼类 48 种,渔获物数量上主要种类为鰱、越南鲃等为主。

③ 2016 年 1 月~2 月迈湾河段及周边水域调查成果

中国水产科学研究院珠江水产所 2016 年 1 月 30 日至 2 月 3 日对南渡江干流的谷石滩库区、迈湾库区和松涛水库的三个采样点,以及两条支流加握河和腰子河的两个采样点进行现场调查采样,调查包含松涛水库、迈湾库区、谷石滩库区、腰子河、加握河,共采集鱼类 69 种。

1) 拟建迈湾水利枢纽以上江段(大坝的上游江段)

包括松涛水库和迈湾库区 4 个调查江段,共 64 种鱼类,其中松涛水库 35 种,迈湾库区 32 种,腰子河 27 种、加握河 25 种。

松涛水库主要以流刺网、定置网作业,部分河叉食用吊网。以数量百分比计算,松涛水库的主要捕捞对象为海南似鲮、鰱、银鲷、云斑尖塘鳢、海南红鲷等,主要以中、小型鱼类为主,数量占绝对优势,海南似鲮、鰱和银鲷 3 种占总数量的 70%以上。以渔获重量计算,前 3 位依次为鲮、鲢、银鲷,主要以中大型鱼类为主,其中鲮、鲢和银鲷占总重量的 70%以上。

松涛水库主要渔获物组成

表 4.3-9

种类	数量百分比 (%)	种类	重量百分比 (%)
海南似鱗	36.83	鱒	56.48
鱖	22.41	鲢	7.68
银鲷	10.90	银鲷	6.04
云斑尖塘鱧	9.54	尼罗罗非鱼	6.00
海南红鲷	4.50	鱖	5.88
须鲫	4.33	海南红鲷	4.03
鱒	2.18	鲤	3.22
尼罗罗非鱼	2.06	海南似鱗	2.25
纹唇鱼	1.99	草鱼	2.10
中华花鳅	0.88	鲮	1.78
其他	4.39	其他	4.53

腰子河渔获物中，以数量百分比计算，前 5 位依次为银鲷、马口鱼、南方拟餐、彩虹光唇鱼、鱖，占总数量的 57%，主要以中、小型鱼类为主。以重量百分比计算，前 5 位依次为银鲷、马口鱼、倒刺鲃、彩虹光唇鱼、尼罗罗非鱼，占总重量的 66%，以中、小型鱼类为主。

腰子河主要渔获种类

表 4.3-10

种类	数量百分比 (%)	种类	重量百分比 (%)
银鲷	20.15	银鲷	28.97
马口鱼	17.03	马口鱼	12.43
南方拟餐	8.24	倒刺鲃	11.96
虹彩光唇鱼	6.41	虹彩光唇鱼	8.02
鱖	5.68	尼罗罗非鱼	4.47
嘉积小鰾鮡	3.85	纹唇鱼	3.82
须鲫	3.48	唇鲮	3.38
美丽小条鳅	3.11	越鱖	3.18
越鲇	2.75	南方拟餐	2.73
爬岩鳅	2.56	细尾铲颌鱼	2.26
其他	26.74	其他	18.80

加握河渔获物中，以数量百分比计算，前 5 位依次为马口鱼、爬岩鳅、条纹小鲃、舌鰕虎、中华花鳅，占总数量的 57%，主要以小型鱼类为主。以重量百分比计算，前 5 位依次为马口鱼、条纹小鲃、越鲇、宽鳍鱲、越鱖，占总重量的 53%，以小型鱼类为主。

加握河主要渔获种类

表 4.3-11

种类	数量百分比 (%)	种类	重量百分比 (%)
马口鱼	20.23	马口鱼	18.91
爬岩鳅	10.12	条纹刺鲃	10.38
条纹刺鲃	9.34	越鲂	10.29
舌鰕虎	9.34	宽鳍鱮	6.77
中华花鳅	8.17	越鰕	6.68
横纹条鳅	6.23	中华花鳅	5.72
点纹银鲃	5.06	拟细鲫	5.45
拟细鲫	4.67	南方白甲鱼	3.61
美丽小条鳅	4.28	舌鰕虎	3.25
宽鳍鱮	3.89	爬岩鳅	3.08
其他	27.74	其他	19.80

迈湾库区捕捞作业以定置刺网为主，兼用地笼。以数量百分比计算，迈湾库区捕捞的主要种类为尼罗罗非鱼、餐、蒙古鲃、银鲃、泥鳅等，数量上以中、小型鱼类为主，前3种尼罗罗非鱼、餐、蒙古鲃占总数量的56%。以渔获重量计算，前3位依次为尼罗罗非鱼、鳊、鲢，主要以中、大型鱼类为主，前3为约占总重量的70%。

迈湾库区主要渔获种类

表 4.3-12

种类	数量百分比 (%)	种类	重量百分比 (%)
尼罗罗非鱼	22.76	尼罗罗非鱼	49.40
餐	18.94	鳊	9.74
蒙古鲃	14.62	鲢	7.80
银鲃	7.64	蒙古鲃	4.76
泥鳅	5.15	餐	4.20
胡子鲃	4.15	银鲃	3.89
云斑尖塘鳢	3.99	海南鲃	3.12
海南鲃	2.82	短须鱼芒	1.79
红鳍原鲃	2.49	鲤	1.70
鳊	2.33	草鱼	1.54
其他	15.12	其他	12.07

2) 迈湾水利枢纽下游江段

谷石滩库区34种，谷石滩库区渔获物中，以数量百分比计算，前5位依次为银鲃、餐、尼罗罗非鱼、海南似鲃和东方墨头鱼，占总数量的70%以上，主要以中、小型鱼类为主。以重量百分比计算，前5位依次为尼罗罗非鱼、鳊、蒙古鲃、银鲃、鲢，占总重

量的 70%，以中、大型鱼类为主。

谷石滩库区主要渔获种类

表 4.3-13

种类	数量百分比 (%)	种类	重量百分比 (%)
银鲷	21.13	尼罗罗非鱼	20.74
餐	18.31	鳊	18.39
尼罗罗非鱼	15.49	蒙古鲃	10.79
海南似鲮	11.74	银鲷	9.94
东方墨头鱼	4.69	鲢	9.87
蒙古鲃	3.76	海南鲃	7.10
海南鲃	2.82	鲤鱼	4.18
鳊	2.35	草鱼	4.02
光倒刺鲃	2.35	光倒刺鲃	3.54
鲢	1.88	餐	2.72
其他	15.49	其他	8.72

④ 2016 年 5 月调查成果

2016 年 5 月，在南开河、松涛水库、迈湾、澄迈、金江、定安、龙塘坝下等 7 个江段，通过购买当地渔民渔获物等方式，共采集到鱼类 30233.1g，712 尾、60 种。

1) 南开河

该河段渔获物共计 983.2g、129 尾，经鉴定为 19 种，种类丰富，均为山溪中小型鱼类，且绝大部分为流水性鱼类。其中马口鱼、虹彩光唇鱼、拟细鲫尾数比例较高，分别占 24.81%、16.28%、13.18%。南开河为南渡江上游源头，水电梯级开发较少，植被良好，水质清澈，且支流众多，生境多样性高，鱼类种类丰富。

南开河渔获物统计

表 4.3-14

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体长
1	马口鱼	32	24.81%	131.3	13.35%	45-92	65.6	1.6-13.5	4.1
2	虹彩光唇鱼	21	16.28%	244.6	24.88%	58-105	82.3	3.5-23.3	11.6
3	拟细鲫	17	13.18%	99.1	10.08%	53-78	65.1	2.8-8.4	5.8
4	南方拟鲮	12	9.30%	82.6	8.40%	66-95	78.5	4.8-13.2	6.9
5	似鮡	11	8.53%	71.2	7.24%	70-84	75	4.5-9.4	6.5
6	细尾白甲鱼	11	8.53%	126.8	12.90%	58-116	89	3.4-21.4	11.5
7	美丽小条鳅	5	3.88%	21.9	2.23%	46-67	61.2	1.6-5.7	4.4
8	越南鲇	3	2.33%	49.4	5.02%	123-135	128	13.6-19.2	16.5
9	暗斑银鮡	2	1.55%	5.2	0.53%	20-57	54.5	2.2-3	2.6

10	唇鲮	2	1.55%	53.2	5.41%	125-154	139.5	25.4-27.8	26.6
11	光唇鱼	2	1.55%	2.1	0.21%	30-37	33.5	0.9-1.2	1.1
12	光倒刺鲃	2	1.55%	36.2	3.68%	90-100	95	15.9-20.3	18.1
13	南鳢	2	1.55%	24.9	2.53%	88-95	91.5	11.5-13.4	12.5
14	伍氏华吸鳅	2	1.55%	8.8	0.90%	46-60	53	3-5.8	4.4
15	斑鳢	1	0.78%	2.9	0.29%	60	60	2.9	2.9
16	大刺鳅	1	0.78%	13.5	1.37%	170	170	13.5	13.5
17	横纹南鳅	1	0.78%	2.2	0.22%	51	51	2.2	2.2
18	鲫	1	0.78%	2.8	0.28%	56	56	6.8	6.8
19	疏斑小鲃	1	0.78%	4.5	0.46%	55	55	4.5	4.5
合计		129	100.00%	983.2	100.00%				

2) 松涛水库

松涛水库渔获物 8529.7g、124 尾，经鉴定为 12 种，其中鲮、鳊、须鲫、银鲌、海南鲃等尾数百分比较高，分别占 55.65%、8.87%、7.26%、7.26%、6.45%；重量百分比较高的有海南鲃、鳊、纹唇鱼，重量百分比分别为 37.52%、25.20%、13.66%。渔获物种类组成中全部为静水性鱼类。

松涛水库渔获物统计

表 4.3-15

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体长
1	鲮	69	55.65%	404.8	4.75%	50-170	88.8	1.2-18.6	5.9
2	鳊	11	8.87%	2149.2	25.20%	220-460	268.8	115.3-1092.1	268.7
3	须鲫	9	7.26%	10	0.12%	69-81	75	4.3-5.8	5
4	银鲌	9	7.26%	378.6	4.44%	200-210	205	162.2-216.4	189.3
5	海南鲃	8	6.45%	3200	37.52%	520	520	3200	3200
6	纹唇鱼	8	6.45%	1164.8	13.66%	160-195	176.8	77-136.2	105.9
7	马口鱼	3	2.42%	22.6	0.26%	48-96	73	1.7-14.8	7.5
8	红鳍原鲃	2	1.61%	204.8	2.40%	190	190	204.8	204.8
9	乌塘鳢	2	1.61%	291	3.41%	70-142	92.4	9-35.8	36.4
10	鲤	1	0.81%	108.3	1.27%	110-145	127.5	30.5-77.8	54.2
11	鲢	1	0.81%	373.3	4.38%	85-130	110.3	18-68.3	41.5
12	尼罗罗非鱼	1	0.81%	222.3	2.61%	102-158	119.9	14.7-48.5	24.7
合计		124	100.00%	8529.7	100.00%				

3) 迈湾

该江段渔获物共计 5736.1g、85 尾，经鉴定为 24 种，种类组成较丰富。渔获物中数量比例较高的有蒙古鲃、唇鲮分别占 23.53%、22.35%；重量百分比较高的有蒙古鲃、

须鲫，分别占 23.15%、13.13%。

迈湾江段渔获物统计

表 4.3-16

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体长
1	蒙古鲃	20	23.53%	1328	23.15%	140-222	172.9	33.8-130.1	66.4
2	唇鲮	19	22.35%	661.9	11.54%	110-160	134.2	10.9-78.5	34.8
3	淡水石斑鱼	8	9.41%	338.1	5.89%	80-130	101.4	19-98.3	42.3
4	鲫	6	7.06%	453.1	7.90%	81-150	119.3	17.9-132.3	75.5
5	月鳢	5	5.88%	146.3	2.55%	120-160	137	17.2-41.9	29.3
6	纹唇鱼	4	4.71%	149.9	2.61%	110-125	118.8	34.3-39.8	37.5
7	须鲫	4	4.71%	752.9	13.13%	170-180	177.5	172.4-204.2	188.2
8	东方墨头鱼	2	2.35%	56.2	0.98%	80-130	205	19-37.2	28.1
9	高体鳊	2	2.35%	33.7	0.59%	85-94	89.5	16-17.7	16.9
10	暗斑银鲃	1	1.18%	30.3	0.53%	85-100	92.5	13-17.3	15.2
11	斑鳢	1	1.18%	308.5	5.38%	185	185	308.5	308.5
12	斑鲮	1	1.18%	56.2	0.98%	160	160	56.2	56.2
13	鲮	1	1.18%	48	0.84%	170	170	48	48
14	赤眼鲮	1	1.18%	74.6	1.30%	170	170	74.6	74.6
15	大鳍鱠	1	1.18%	12	0.21%	80	80	12	12
16	倒刺鲃	1	1.18%	540.6	9.42%	300	300	540.6	540.6
17	海南鲃	1	1.18%	48.7	0.85%	175	175	48.7	48.7
18	海南拟鲮	1	1.18%	18.6	0.32%	110	110	18.6	18.6
19	红鳍原鲃	1	1.18%	104.9	1.83%	206	206	104.9	104.9
20	虹彩光唇鱼	1	1.18%	48.3	0.84%	145	145	48.3	48.3
21	黄颡鱼	1	1.18%	1.2	0.02%	20	20	1.2	1.2
22	黄鳍	1	1.18%	156.9	2.74%	520	520	156.9	156.9
23	鲮	1	1.18%	295.4	5.15%	240	240	295.4	295.4
24	乌塘鳢	1	1.18%	71.8	1.25%	120-130	125	32.7-39.1	35.9
合计		85	100.00%	5736.1	100.00%				

4) 澄迈

该区段调查到的渔获物共计 3895.3g、31 尾，经鉴定为 15 种，尾数百分比较高的有，蒙古鲃、鲫，分别占 35.48%、9.68%；重量百分比较高的有黄尾鲮、鲫，分别占 13.8%、8.74%。

澄迈江段渔获物统计

表 4.3-17

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体长
1	蒙古鲃	11	35.48%	318.6	8.18%	125-155	138.5	20.3-39	29
2	鲫	3	9.68%	340.5	8.74%	150-160	153.3	105.1-119.9	113.5
3	海南鲃	2	6.45%	49.3	1.27%	130-140	135	21.5-27.8	24.7
4	黄尾鲷	2	6.45%	537.7	13.80%	230-235	232.5	254.8-282.9	268.9
5	尼罗罗非鱼	2	6.45%	289.1	7.42%	160-165	162.5	141.2-147.9	144.6
6	乌塘鳢	2	6.45%	157.8	4.05%	130-160	145	59.2-98.6	78.9
7	班鳢	1	3.23%	165.9	4.26%	220	220	165.9	165.9
8	大刺鲃	1	3.23%	97.8	2.51%	300	300	97.8	97.8
9	光倒刺鲃	1	3.23%	90.6	2.33%	180	180	90.6	90.6
10	红鳍原鲃	1	3.23%	33.1	0.85%	136	136	33.1	33.1
11	鲤	1	3.23%	986.7	25.33%	360	360	986.7	986.7
12	鲮	1	3.23%	455	11.68%	280	280	455	280
13	鲃	1	3.23%	259.2	6.65%	325	325	259.2	259.2
14	翘嘴鲃	1	3.23%	87.6	2.25%	220	220	87.6	87.6
15	须鲫	1	3.23%	26.4	0.68%	145	145	26.4	26.4
合计		31	100.00%	3895.3	100.00%				

5) 金江

收集了东山镇以上约 3km、永发镇附近江段的渔获物，共计 229.4g、169 尾，经鉴定为 6 种，分别为鲮、尼罗罗非鱼、子陵鰕虎鱼、花鲮、马口鱼、细尾白甲鱼。

该河段受上游金江水电站调节及降水量较少的影响，水量较小，水深较浅，几乎可涉水而过。该江段周边城镇较密集，生活垃圾堆弃在河道边、污水直排如河道现象，河道中挖沙现象也比较严重。该江段渔获物不管是量还是种类都极少，且绝大部分都是鲮、尼罗罗非鱼等静水性且耐受性较强的种类。

金江江段渔获物统计

表 4.3-18

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体重
1	鲮	83	49.11%	49.6	21.62%	35-50	43.3	0.6-1.5	1
2	尼罗罗非鱼	61	36.09%	145.8	63.56%	43-55	45.8	2.7-7.4	2.4
3	子陵鰕虎鱼	20	11.83%	18	7.85%	35-45	40.9	0.5-2.1	0.9
4	花鲮	2	1.18%	3.6	1.57%	50-51	50.5	1.7-1.9	1.8
5	马口鱼	2	1.18%	5.8	2.53%	50-63	56.5	1.8-4	2.9
6	细尾白甲鱼	1	0.59%	6.6	2.88%	70	70	6.6	6.6
合计		169	100.00%	229.4	100.00%				

6) 定安

该区段收集调查到的渔获物共计 9017.8g、125 尾，经鉴定为 29 种，其中鲮、红鳍

原鲮尾数百分比较高，分别占 28.00%、20.80%；重量百分比较高的有鳙、鲮，分别占 26.00%、8.94%。

定安江段渔获物统计

表 4.3-19

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体长
1	鲮	35	28.00%	806.2	8.94%	56-120	84.6	1.6-16.9	23
2	红鳍原鲮	26	20.80%	235.2	2.61%	65-108	93	2.6-15.8	9
3	鲫	8	6.40%	671.9	7.45%	70-190	124.4	9.1-204.2	84
4	中间黄颡鱼	6	4.80%	407.6	4.52%	120-190	156.3	26.9-128.5	67.9
5	淡水石斑鱼	5	4.00%	656.6	7.28%	90-230	147.6	16.1-334.1	131.3
6	黄尾鲮	5	4.00%	662.5	7.35%	170-230	190	90.8-184.9	132.5
7	奥里亚罗非鱼	4	3.20%	81.4	0.90%	75-100	86.5	12.5-35	20.4
8	攀鲈	4	3.20%	310	3.44%	135-140	136.3	69.8-82.1	77.5
9	乌塘鳢	4	3.20%	185.2	2.05%	115-135	127.5	36.5-50.3	46.3
10	纹唇鱼	3	2.40%	77.7	0.86%	65-135	95.3	9.5-56.1	25.9
11	叉尾斗鱼	2	1.60%	8.6	0.10%	38-61	49.5	3-5.6	4.3
12	唇鲮	2	1.60%	212.9	2.36%	150-175	162.5	83.9-129	106.5
13	胡子鲶	2	1.60%	196.6	2.18%	170-218	194	72.5-124.1	98.3
14	南方白甲鱼	2	1.60%	147.7	1.64%	125-168	146.5	38.2-109.5	73.9
15	尼罗罗非鱼	2	1.60%	48.6	0.54%	85-100	92.5	24.7-23.9	24.3
16	七丝鲚	2	1.60%	18.7	0.21%	135-136	135.5	9.2-9.5	9.4
17	斑鳢	1	0.80%	122.6	1.36%	200	200	122.6	122.6
18	赤眼鳟	1	0.80%	141.6	1.57%	190	190	141.6	141.6
19	光倒刺鲃	1	0.80%	47.6	0.53%	135	135	47.6	47.6
20	海南华鳊	1	0.80%	54.9	0.61%	145	145	54.9	54.9
21	海南长臀鲩	1	0.80%	41.4	0.46%	150	150	41.4	41.4
22	黄鳊	1	0.80%	61.2	0.68%	430	430	61.2	61.2
23	鲤	1	0.80%	321.6	3.57%	245	245	321.6	321.6
24	鲮	1	0.80%	505.5	5.61%	265	265	505.5	505.5
25	蒙古鲮	1	0.80%	68.9	0.76%	180	180	68.9	68.9
26	泥鳅	1	0.80%	29.5	0.33%	150	150	29.5	29.5
27	鲇	1	0.80%	184.9	2.05%	275	275	184.9	184.9
28	翘嘴鲮	1	0.80%	366.4	4.06%	325	325	366.4	366.4
29	鳙	1	0.80%	2344.3	26.00%	480	480	2344.3	2344.3
合计		125	100.00%	9017.8	100.00%				

7) 龙塘坝下

在龙塘坝下江段渔获物共计 1752.5g、45 尾，经鉴定为 7 种，分别为海南长臀鲩、短吻栉鰕虎鱼、双舌鰕虎鱼、大刺鳅、胡子鲶、花鳊鲮、攀鲈，为鲇形目、鲈形目、鳊鲮目鱼类，无鲤形目鱼类，且短吻栉鰕虎鱼、双舌鰕虎鱼、攀鲈均为近河口鱼类，花鳊鲮为河海洄游性鱼类。龙塘大坝对河流的阻隔作用较明显，鱼类种类丰富的鲤形目等平

原河流鱼类被阻隔于坝上，河口和洄游性鱼类等被阻隔于坝下。从渔获物统计来看，海南长臀鲩、短吻栉鰕虎鱼在渔获物中的尾数比例较高，分别为 42.22%、33.33%；渔获物重量百分比也是海南长臀鲩占绝对优势，占 73.81%。

龙塘坝下江段渔获物统计

表 4.3-20

序号	种类	尾数	尾数百分比	重量	重量百分比	体长 (mm)		体重 (g)	
						范围	体长	范围	体重
1	海南长臀鲩	19	42.22%	1293.6	73.81%	125-230	160.6	34.3-239.3	63.1
2	短吻栉鰕虎鱼	15	33.33%	111.3	6.35%	60-80	70.3	3.8-12.5	7.4
3	双舌鰕虎鱼	7	15.56%	62.2	3.55%	71-110	81.9	5.9-13.3	8.9
4	大刺鲃	1	2.22%	44.4	2.53%	258	258	44.4	44.4
5	胡子鲇	1	2.22%	45.6	2.60%	160	160	45.6	45.6
6	花鳗鲡	1	2.22%	144.8	8.26%	450	450	144.8	144.8
7	攀鲈	1	2.22%	50.6	2.89%	135	135	50.6	50.6
合计		45	100.00%	1752.5	100.00%				

8) 各江段渔获物鱼类多样性

对各采样点渔获物中鱼类多样性进行了统计，包括 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielon 均匀度指数、种类丰富度指数。结果表明，迈湾、澄迈和定安鱼类多样性水平相对较高。

调查区各采样点鱼类多样性指数

表 4.3-21

序号	采样点	Shannon-Wiener 指数 H'	Pielon 指数 J'	种类丰富度指数 D
1	南开河	2.3386	0.7942	3.7038
2	松涛水库	1.6153	0.6500	2.2820
3	迈湾	2.4996	0.7865	5.1771
4	澄迈	2.2979	0.8486	4.0769
5	金江	1.1050	0.6167	0.9852
6	定安	2.5813	0.7666	5.7991
7	龙塘坝下	1.3581	0.6979	1.5762

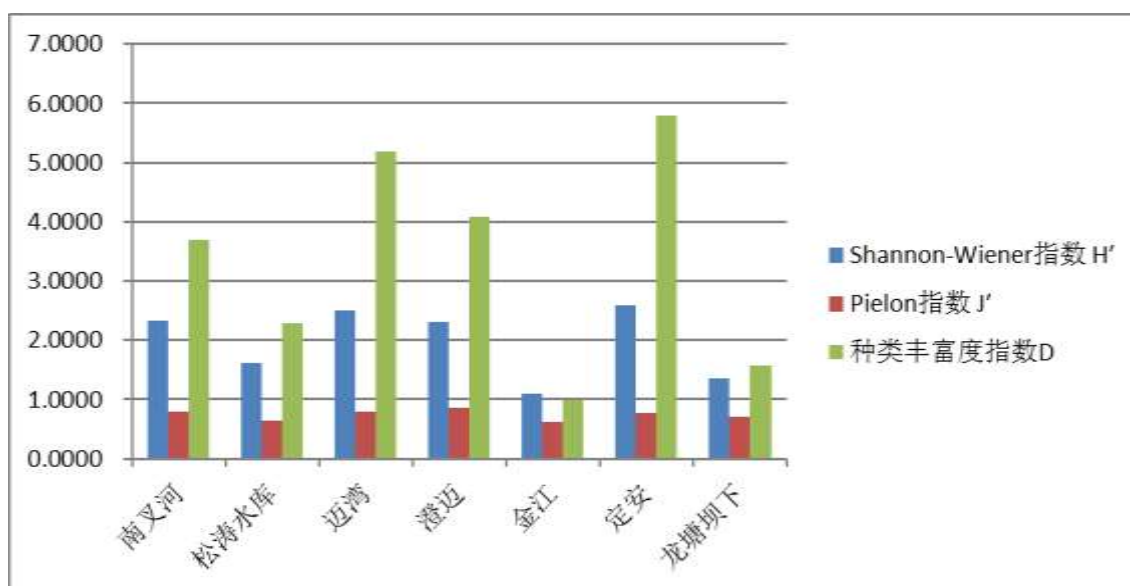


图 4.3-11 南渡江流域各采样江段鱼类多样性指数

⑤ 2018 年补充调查成果

1) 松涛库中调查情况

采集鱼类 53 种，隶属于 6 目 21 科，主要优势种鲤、鲮、南方白甲鱼和海南似鲮，珍稀濒危鱼类有花鳢。其中鲤科鱼类 24 种，为主要优势类群，占总种数 45.28%；鳅科、慈鲷科和鳢科鱼类分别 3 种，分别占 5.6%；攀鲈科、虾虎鱼科和鲈科鱼类分别为 2 种，分别占 3.77%；鲤科、平鳍鳅科、腹吸鳅科、鳅科、慈鲷科、鳢科、攀鲈科、塘鳢科、虾虎鱼科、鳢科、胡子鲈科、甲鲈科、鲈科、长臀鲈科、鮡科、鱮科、胎鱮科、合鳃鱼科、刺鳅科和脂鲤科鱼类分别 2 种，分别占 1.89%。物种丰富度（D）为 2.02，多样性指数（HN）分别为 1.76，均匀度指数（J）分别为 0.36，优势度分别为（ λ ）为 0.16 和相对稀有数（R）分别为 43.46%。

2) 迈湾江段调查情况

采集鱼类 56 种，隶属于 7 目 18 科，主要优势种鲮、鲮、锯齿海南鲮、赤眼鳟和蒙古鲮，其中珍稀濒危鱼类花鳢，极危鱼类锯齿海南鲮。其中鲤科鱼类 30 种，为主要优势类群，占总种数 53.57%；慈鲷科鱼类 4 种，占总种数 7.14%；鳅科、鳢科、攀鲈科、胡子鲈科、鳢科和鲈科分别为鱼类 2 种，占总种数 3.57%；鳢科、塘鳢科、虾虎鱼科、甲鲈科、长臀鲈科、鮡科、鱮科、胎鱮科、合鳃鱼科和刺鳅科鱼类分别 1 种，分别占 1.79%。物种丰富度（D）为 2.32，多样性指数（HN）分别为 1.96，均匀度指数（J）分别为 0.46，优势度分别为（ λ ）为 0.17 和相对稀有数（R）为 49.46%。

3) 东山库尾江段调查情况

采集鱼类 68 种，隶属于 6 目 19 科，主要优势种鳊、鲮和蒙古鲃，珍稀濒危鱼类花鳊。其中鲤科鱼类 33 种，为主要优势类群，占总种数 48.53%；慈鲷科鱼类 5 种，占总种数 7.35%；鳊科鱼类 4 种，占总种数分别为 5.88%；鳅科、胡子鲶科和鳢科鱼类分别为 3 种，占总种数 4.41%；攀鲈科、塘鳢科和鲈科类鱼类分别为 2 种，占总种数 2.94%；鳊科、虾虎鱼科、甲鲈科、长臀鲃科、鮡科、鱮科、胎鱮科、甲鲈科、合鳃鱼科和刺鳅科鱼类分别 1 种，分别占 1.47%。物种丰富度 (D) 为 2.67，多样性指数 (HN) 分别为 2.02，均匀度指数 (J) 分别为 0.47，优势度分别为 (λ) 为 0.15 和相对稀有数 (R) 为 59.46%。

4) 龙塘库尾江段调查情况

采集鱼类 66 种，隶属于 6 目 19 科，主要优势种鲤、鳊、蒙古鲃、黄尾鲮和鲫，珍稀濒危鱼类花鳊。其中鲤科鱼类 32 种，为主要优势类群，占总种数 48.48%；慈鲷科、塘鳢科和虾虎鱼科鱼类 4 种，分别占总种数 6.06%；鳊科鱼类 3 种，分别占总种数 4.55%；攀鲈科、胡子鲶科、鳅科、鲈科和鳢科鱼类分别为 2 种，分别占总种数 3.03%；鳊科、鳃科、甲鲈科、长臀鲃科、鱮科、花鱮科、胎鱮科、合鳃鱼科和刺鳅科鱼类分别 1 种，分别占 1.52%。物种丰富度 (D) 为 2.57，多样性指数 (HN) 分别为 2.00，均匀度指数 (J) 分别为 0.49，优势度分别为 (λ) 为 0.19 和相对稀有数 (R) 为 60.46%。

5) 灵山调查情况

该调查区域属于感潮河段，鱼类种类丰富，以河口和近海鱼类为主，采集鱼类 103 种，隶属于 15 目 46 科，主要优势种中华海鲈、鳊、鲮、细鳞鲮、弹涂鱼、杂食豆齿鳊、长棘银鲈、眶棘双边鱼、紫红笛鲷、金钱鱼，珍稀濒危鱼类花鳊和花鲮。其中虾虎鱼科鱼类 20 种，为主要优势类群，占总种数 19.42%；鳊科鱼类 5 种，占总种数 4.85%；鲈科、鳃科和舌鳎科鱼类分别为 4 种，分别为占总种数 3.88%；鳊科、塘鳢科、鳃科、弹涂鱼科、牙鲆科、鳃科和鲈科鱼类分别为 3 种，分别为占总种数 2.91%；鳊科、蛇鳊科、蠕鳊科、慈鲷科、鳊虾虎鱼科、石首鱼科、鲷科、篮子鱼科、银鲈科、马鲛科和鱮科鱼类分别为 2 种，分别为占总种数 1.94%；鲈科、海鲢科、大海鲢科、遮目鱼科、锯腹鳊科、海鳊科、鳅科、鮡科、鮠科、羊鱼科、鱮科、金钱鱼科、笛鲷科、石鲈科、尖吻鲈科、金梭鱼科、双边鱼科、鸡笼鲷科、三刺鲷科、海鲈科、鳊科、银汉鱼科和鲷科分别为 1 种，分别为占总种数 0.97%。物种丰富度 (D) 为 4.49，多样性指数 (HN) 2.08，均匀度指数 (J) 0.58，优势度分别为 (λ) 为 0.21 和相对稀有数 (R) 为 63.89%。

⑥ 南渡江种类组成小结

综合各次调查结果和文献资料记载,南渡江流域目前有淡水鱼类 110 种,隶属于 8 目 25 科 80 属。其中鲤形目鱼类最多,有 3 科 52 属 69 种,占总种类数的 62.7%;鲈形目次之,有 9 科 13 属 20 种,占 18.2%;鲇形目 7 科 9 属 14 种,占 12.7%;鱗形目 2 科 2 属 2 种;占 1.8%;鳗鲡目 1 科 1 属 2 种,占 1.8%;鲱形目、脂鲤目、合鳃鱼目各 1 种,各占 0.9%。鲤形目鱼类中又以鲤科鱼类为主,有 44 属 61 种,占总种数的 55.5%。

土著鱼类 98 种,种类组成与上述类似,以鲤形目、鲈形目、鲇形目为主,种类数分别为 67、15、11 种,占土著鱼类总种数的 68.4%、15.3%、11.2%。

外来鱼类 12 种,占总种数的 10.8%,分别为麦瑞加拉鲮、露斯塔野鲮、短盖巨脂鲤、革胡子鲇、下口鲇、短须鱼芒、食蚊鱼、莫桑比克罗非鱼、尼罗罗非鱼、奥里亚罗非鱼、淡水石斑鱼、云斑尖塘鳢,大多为养殖鱼、观赏鱼放生或逃逸而进入自然水体。

南渡江鱼类种类组成特点

表 4.3-22

目	科	种	百分比 (%)
鳗鲡目 Anguilliformes	鳗鲡科 Anguillidae	2	1.82%
鲱形目 Clupeiformes	鳀科 Engraulidae	1	0.91%
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	61	56.36%
	鳅科 Cobitidae	4	3.64%
	平鳍鳅科 Homalopteridae	4	3.64%
脂鲤目 Characiformes	锯脂鲤科 Serrasalminidae	1	0.91%
鲇形目 Siluriformes	鲇科 Siluridae	2	1.82%
	胡子鲇科 Clariidae	2	1.82%
	甲鲇科 Loricariidae	1	0.91%
	鲿科 Bagridae	6	5.45%
	长臀鮠科 Cranoglanididae	1	0.91%
	鮡科 Sisoridae	1	0.91%
	鱼芒科 Pangasiidae	1	0.91%
鱗形目 Cyprinodontiformes	胎鱗科 Poeciliidae	1	0.91%
	鱗科 Cyprinodontidae	1	0.91%
合鳃目 Synbranchiformes	合鳃科 Synbranchidae	1	0.91%
鲈形目 Perciformes	鲈科 Serranidae	2	1.82%
	丽鱼科 Cichlidae	3	2.73%
	慈鲷科 Cichlidae	1	0.91%
	塘鳢科 Eleotridae	3	2.73%
	鰕虎鱼科 Gobiidae	5	4.55%
	鳢科 Channidae	3	2.73%
	攀鲈科 Anabantidae	1	0.91%
	斗鱼科 Belontiidae	1	0.91%
	刺鳅科 Mastacembelidae	1	0.91%
合计		110	100.00%

(2) 鱼类区系特征

根据《海南岛淡水及河口鱼类》，海南岛淡水鱼类分布区系属东洋区华南亚区的海南岛分区，由5个区系复合体组成。南渡江是海南岛最大的河流，其淡水鱼类种类数占海南岛淡水鱼类总数的约90%，其鱼类区系特点与海南岛鱼类区系特点一致，也是有5个区系复合体组成，分别为：

① 热带平原区系复合体，为原产于南岭以南的热带、亚热带平原区各水系的鱼类，包括鲤科的鲃亚科、雅罗鱼亚科、鲃亚科的部分种类，鲈形目的鮠科、塘鳢科、鰕虎鱼科等，鲈形目的胡子鲇科、长臀鮠科等。

② 江河平原区系复合体，为第三纪由南热带迁入我国长江、黄河流域平原区，并逐渐演化为许多我国特有的地区性鱼类，包括鲤科雅罗鱼亚科的大部分种类、鲃亚科、鲢亚科、鳊亚科的大部分种类，鮠亚科、鳢科、鮠科的部分种类。

③ 中印山区鱼类区系复合体，为南方热带、亚热带山区急流生活的鱼类，包括鲃亚科的墨头鱼属，鳅科的条鳅亚科，平鳍鳅科，鮡科等。

④ 上第三纪鱼类区系复合体，为第三纪早期在北半球温带地区形成，包括鲤亚科、鮠亚科的麦穗鱼属、鳅科的泥鳅属、鲇科等。

⑤ 北方平原鱼类区系复合体，为北半球北部亚寒带平原地区形成的种类，仅花鳅属鱼类1种。

(3) 国家及省级保护、濒危及特有种类

南渡江干流分布的淡水及洄游性鱼类一共110种，其中被列为国家Ⅱ级保护动物的有花鳃鲃。

列入《中国濒危动物红皮书（鱼类）》的有5种，分别为花鳃鲃、小银鮠、台细鳊、海南长臀鮠（亚种）、锯齿海南鲈。

列入《中国物种红色名录》鱼类有7种，分别为花鳃鲃、小银鮠、海南异鱈（亚种）、台细鳊、长臀鮠、锯齿海南鲈、青鳉。

仅在南渡江流域分布的种类有无斑蛇鮠、高体鳊，另据《中国动物志鲤形目中卷》记载，大鳞鲢分布我国海南岛南渡江及越南红河水系，因此从我国境内来看，大鳞鲢为南渡江特有种。另外，无斑蛇鮠、高体鳊为南渡江所特有。因此南渡江流域特有鱼类共3种，分别为大鳞鲢、无斑蛇鮠、高体鳊。

综上，南渡江流域珍稀濒危特有鱼类共10种，分别为花鳃鲃、小银鮠、海南长臀鮠（亚种）、锯齿海南鲈、海南异鱈（亚种）、台细鳊、青鳉、大鳞鲢、无斑蛇鮠、高体鳊。

南渡江流域分布的保护、濒危、特有鱼类名录

表 4.3-23

类别		种数	种类
国家级保护鱼类	二级	1	花鳢
中国濒危动物红皮书（鱼类）	濒危（E）	2	花鳢、小银鮡
	易危（V）	2	台细鳊、海南长臀鮠（亚种）
	稀有（R）	1	锯齿海南鳅
中国物种红色名录	濒危（EN）	2	花鳢、小银鮡
	易危（VU）	5	海南异鳢（亚种）、台细鳊、海南长臀鮠（亚种）、锯齿海南鳅、青鳉
南渡江特有鱼类		3	大鳞鲢、无斑蛇鮡、高体鳊

(4) 主要经济鱼类

① 迈湾坝址以上江段

坝上江段干流：主要经济鱼类包括鳊、鲢、银鲴、尼罗罗非鱼、蒙古鲃、海南鲃、海南似鲮、餐、云斑尖塘鳢。

坝上江段支流：主要为中小型经济鱼类，但数量较多。包括马口鱼、倒刺鲃、虹彩光唇鱼、条纹小鲃、中华花鳉、宽鳍鳊、越鲃、越鳊。

② 迈湾坝址以下江段

坝下江段主要经济鱼类包括尼罗罗非鱼、银鲴、鳊、鲢、蒙古鲃、鳅、海南似鲮、东方墨头鱼。

(5) 鱼类生态特点

① 栖息习性

根据鱼类的栖息特点及其完成生活史对生境条件的需求，将南渡江流域鱼类分为以下 3 种类群。

1) 流水依赖类群

此类群完全或主要生活在河流的流水环境中，对流水生境的依赖度很高，基本上整个生命史都在流水生境中完成，这些种类一般体长形，体柱状或略侧扁，均呈流线形，游泳能力强，适应于流水生活。该类群种类主要有鲃亚科、野鲮亚科、平鳍鳉科等鱼类。

2) 半流水依赖类群

此类群既能适应流水生境，又能适应宜生活于静缓流水体中，但生命史的部分阶段需要在流水生境中完成，如必须在流水生境中产卵繁殖。这一类群种类包括产漂流性卵的鳊、鲢、草鱼，鮡亚科对流水生境依赖度不是很高的一些小型种类等。

3) 非流水依赖类群

此类群种类对流水生境无依赖度，整个生命史都可在静缓流生境中完成，也可在流水生境中完成。这些种类主要包括鲤、鲫、泥鳅、麦穗鱼、棒花鱼等。

② 食性

南渡江流域鱼类按食性可划分为 5 个类群。

1) 肉食性类群。南渡江肉食性鱼类主要有翘嘴鲌、海南鲌、高体鳊等，这些鱼类口裂大，栖息于水体中上层，以小型鱼类为食。

2) 草食性类群。主要以水生维管束植物等为主要食物的植食性鱼类，如草鱼、赤眼鳟、鳊、鲮类等。

3) 底栖动物食性类群。该类群鱼类的口部常具有发达的触须或肥厚的唇，用以吸取食物。所摄取的食物，除少部分生长在深潭和缓流河段泥沙底质中的摇蚊科幼虫和寡毛类外，多数是急流的砾石河滩石缝间生长的毛翅目和蜉游目昆虫的幼虫或稚虫。这一类群有鮡亚科的犬首鮡、蛇鮡、黄河鮡、北方铜鱼、大鼻吻鮡，裂腹鱼亚科的厚唇裸重唇鱼，鲇形目的鲢科鱼类等。

4) 滤食性类群。该类群主要以鳃耙滤食水体中的浮游生物，这一类群主要是大鳞鲢、鲢、鳙等。

5) 杂食性类群。南渡江大部分种类都是杂食性，此类群部分种类既摄食水生昆虫、虾类、软体动物等动物性饵料，也摄食藻类及植物的碎片、种子，有时还吞食其它鱼类的鱼卵、鱼苗，随所处水域环境的食物组成不同有差异。这一类群有鲤、鲫、泥鳅、高体鳊、棒花鱼等。

③ 繁殖习性

根据亲鱼产卵位置的选择以及受精卵的性质，将南渡江流域鱼类划分为 4 个繁殖生态类群。

1) 产漂流性卵类群。该类鱼一般产卵水温需求较高，在夏季洪峰刺激下产卵，受精卵比重略大于水，吸水膨胀后，出现较大的卵间周隙，但比重仍略大于水，在水流的翻滚作用下，悬浮于水中漂流孵化。主要包括大鳞鲢、青鱼、草鱼、鲢、鳙、赤眼鳟等鱼类。

2) 产粘性卵类群。通常在春季水温上升、河流水位上涨后，鱼类在近岸、静缓流浅水区产卵，卵具粘性，粘附在水草、底质上孵化。这一类型鱼类对产卵场要求不严格，一般在近岸河汊等水草较多的浅水区即可产卵繁殖。主要包括鲤、鲫、麦穗鱼、鳅科鱼

类等。

3) 产粘沉性卵类群。该类型大致又可以分为两类，一类是流水产粘沉性卵鱼类，一般在砂砾底质的缓流水浅滩产卵繁殖，受精卵具弱粘性，粘附与砾石或沉入砾石缝中孵化，有的甚至有在沙石底质上筑巢产卵的习性，受精卵在流水冲刷刺激下孵化，主要包括鲃亚科、野鲮亚科等鱼类；一类是流水或静水产粘沉性卵鱼类，其对产卵场条件要求不高，如鱮科、鲈形目等的一些种类。

4) 其它产卵类群。南渡江其他产卵类群主要是产卵于软体动物外套腔中的鱮亚科等鱼类；叉尾斗鱼繁殖期雄鱼在水草丛中于水面吐泡筑巢，雌鱼产浮性卵于泡沫中；食蚊鱼为卵胎生鱼类。

④ 迁徙类型

根据鱼类迁徙特点，南渡江流域鱼类可划分为河海洄游型、河道洄游型与定居型 3 种类型。

1) 河海洄游型。主要是鳊鲌、花鳊鲌为降海洄游鱼类，其在繁殖期洄游至深海产卵繁重，幼苗上溯至淡水河流中生长。七丝鲚也具有河海洄游习性，繁殖期沿河口上溯洄游产卵。

2) 河道洄游型。由于生命史过程中生殖、索饵、越冬的需求，鱼类在河道中有短距离的洄游习性，一般在春夏季鱼类繁殖期间上溯至上游或浅滩繁殖，仔幼鱼顺水而下觅食生长，冬季时下降至下游深水区越冬。该类群的种类主要有产漂流性卵的鲢、鳙、草鱼等，以及鲃亚科、鮡亚科等的一些种类。

3) 定居型。定居型鱼类主要能够在相对狭窄水域内完成全部生活史的种类。这些种类通常产粘、沉性卵，产卵时的水文条件要求不严格，如鲤、鲫、棒花鱼、麦穗鱼、泥鳅、鲇等。

(6) 调查区域产卵场

南渡江流域的土著鱼类产卵类型主要分为两大类型，一是产粘沉性卵鱼类，如鲤形目野鲮亚科、鲃亚科，鲇形目、鲈形目等鱼类，二是产漂流性卵鱼类，如大鳞鲢、鲢、鳙、草鱼、赤眼鳟、鲃亚科的一些种类等。

① 产粘沉性卵鱼类产卵场

产粘沉性卵鱼类，其受精卵密度大于水，一般粘附于水草和砾石或沉于砾石缝中孵化。总体来讲，产粘沉性卵的鱼类对产卵场要求并不严格，一般在砾石、沙砾底质，流水浅滩处产卵，鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在河流流水的冲动中顺利孵化，有

些种类，如鲮科鱼类在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。符合这些鱼类繁殖的生境条件较为普遍，相应地这些鱼类产卵场也较为分散，一般规模不大。通过生境调查并结合鱼类资源调查结果来看，产粘沉性卵鱼类的产卵场主要分布于流速 0.5~1.5m 的浅滩、支流等处，包括南开河及其支流、腰子河及其河口至谷石滩库尾干流、南坤河、金江坝下至龙塘库尾江段、龙塘坝下江段等，大塘河、龙州河、巡崖河等下游主要支流由于河口高程较低，受干流水位顶托，下游水流为静缓流状态，这些支流的中上游能够满足产粘沉性鱼类的产卵需求。另外，金江至龙塘库尾江段流水、水深、底质等基本上满足产粘沉性鱼类的繁殖要求，但该江段城镇密集，挖沙、过度捕捞等活动频繁，水污染也较严重，且南渡江引水工程在建，对鱼类产卵场破坏较为严重，该江段产卵规模可能较小而且分布比较零散。

南渡江流域产粘沉性卵鱼类产卵场概况

表 4.3-24

序号	产卵河段 (支流)	产卵场范围	生境概况	主要产卵鱼类
1	南开河及其支流	南开乡至元门乡约 20km 南开河干流河段及南美河等支流下游及汇口	山区河流，两岸植被茂密，水质清澈，流速 1-1.5m/s，底质为巨石、砾石、卵石、细砂相间，生境多样性高。	马口鱼、光唇鱼等鲤形目的鲃亚科、野鲮亚科、鮠亚科、鮡亚科，平鳍鳅科、鳅科及鲈形目鳢科、鲇形目鲇科等的小型鱼类
2	腰子河及其河口至谷石滩库尾干流	腰子河最下游一梯级至河口约 1.2km，南渡江腰子河河口以下约 15km	两岸植被茂密，水质清澈，流速 1m/s 左右，底质砾石、细砂。	唇鲮、纹唇鱼、东方墨头鱼、高体鳊、暗斑银鮡、斑鳊、斑鳊等
3	南坤河	河口以上约 6km 河段	山区型溪流，流量较小，水流较平缓，底质以砂砾、细砂质为主。	鳅科、平鳍鳅科、纹唇鱼、东方墨头鱼等底层小型鱼类
4	金江坝下至龙塘库尾江段	定安县新坡镇附近 2km 河段	河谷开阔，水流平缓，水深较浅，底质以卵石、砾石、细砂为主，但该河段挖沙、水污染、过度捕捞情况较严重	黄颡鱼、光倒刺鲃、海南华鲮、海南长臀鲮等
5	大塘河	头龙村附近约 4km 河段	河流蜿蜒曲折，多洲滩，生境多样性高	鲤形目的鲃亚科、野鲮亚科、鮠亚科、鮡亚科，平鳍鳅科、鳅科及鲈形目鳢科、鲇形目鲇科等的小型鱼类
6	龙州河	龙门镇至新竹镇附近约 8km 河段	两岸植被良好，水质清澈，河流蜿蜒曲折，生境多样性高	
7	巡崖河	文策附近约 3km 河段	两岸植被良好，河流蜿蜒曲折，多洲滩	
8	龙塘坝下江段	海口市琼山区龙塘镇下游江东水厂附近约 3km 河段	河谷开阔，多洲滩，水草丰茂，水流平缓，底质以细砂质为主。	海南长臀鲮、鰕虎鱼等河口鱼类

② 产漂流性鱼类产卵场

产漂流性卵鱼类繁殖需要湍急的水流条件，通常在丰水期洪峰发生后在洪水刺激下产卵繁殖，受精卵比重略大于水，但卵膜吸水膨胀后，在水流的外力作用下，鱼卵悬浮在水层中顺水漂流，一般流速要求在 0.2m/s 以上，否则受精卵会沉入水底死亡。因此，产漂流性卵鱼类的产卵场要求比较严格，一是需要有一定的洪峰刺激和较大流量的紊流环境，二是需要有足够长的流水河段提供受精卵的漂流孵化流程。目前南渡江中下游具有较长的流水河段包括迈湾江段和金江至龙塘库尾江段，迈湾江段现状多年平均流量 34.9m³/s，金江到龙塘库尾河段多年平均流量至少有 88.7m³/s，可能满足产漂流性卵鱼类产卵繁殖条件。

南渡江流域产漂流性卵鱼类产卵场概况

表 4.3-25

序号	产卵河段	范围	生境概况	主要产卵鱼类
1	迈湾江段	松涛村至昆仑二十二队之间长约 8km 的河段	两岸山势较陡峭，河道较窄，江心多巨石、洲滩，在洪水期能够形成较大的涨水过程和紊流，适宜产漂流性卵鱼类产卵繁殖	鲢、鳙、草鱼、鮠亚科和鮡亚科的部分种类，并可能有大鳞鲢
2	金江至龙塘库尾江段	福隆村至瑞溪镇约 5.5km 河段	洲滩多，且部分河段狭窄、部分河段开阔，能够形成刺激产漂流性卵鱼类繁殖的紊流条件	鲢、鳙、草鱼、鮠亚科和鮡亚科的部分种类

(7) 索饵场和越冬场

鱼类索饵、育幼是鱼类生活史中一个非常关键的阶段，由于仔幼鱼期间，游泳能力差，主动摄食能力不强，抗逆性弱，因此，适宜的索饵、育幼环境是鱼类种群增长的必要条件。鱼类索饵、育幼场一般分布在宽谷河段，水流较平缓，水草丰茂，营养物质丰富的区域。南渡江干流源头及各支流，植被良好，水流平缓为鱼类索饵、育幼提供了良好的场所。

南渡江流域地处热带北部边缘，具有丰富的雨量、阳光和热能，年平均气温 23.5℃，低温期在 1~2 月，1 月平均气温最低，为 17℃，因此鱼类不存在越冬的问题。

(8) 重要鱼类生物学特点

① 花鳊鲂

花鳊鲂，又名鳊王、学鳊、芦鳊，属鳊鲂目、鳊鲂科、鳊鲂属。花鳊鲂分布较广，在非洲、澳洲、亚洲一些地方有分布。我国长江下游以及疑难的钱塘江、灵江、闽江、台湾到广东、海南及广西等江河。花鳊鲂体园筒形。尾部稍侧扁。腹缘平直，头背缘稍呈弧形，吻端稍平扁，眼较小，眼间隔较宽。口大，前方口裂伸越眼后缘，鳃孔小。紧靠胸鳍基部前下方。体被细鳞。各鳞互相垂直交叉，呈席纹状。埋于皮下，侧线完全，

起点在胸鳍前上方。平直。行于体中侧偏下方。侧线孔间距离较大。胸鳍短，后缘园形。尾鳍末端稍尖，肛门在臀鳍起点前方。体背侧密布黄色斑块和斑点，腹部白色，胸鳍边缘黄色，其余各鳍也有许多蓝绿色斑块。

花鳗鲡是河海洄游鱼类，幼鱼生长于河口、沼泽、河溪、湖、塘、水库内，长成年的花鳗鲡于冬季降河洄游到江河口附近性腺才开始发育，而后进入深海产卵繁殖。南渡江每年 2~4 月幼鳗开始进入河口溯河觅食生长，在河溪中营穴居生活。花鳗鲡最大个体达 2.3m 以上，重 40~50kg，摄食小鱼、虾、贝类，为较凶猛肉食性鱼类。花鳗鲡具有喜暗怕光、昼伏夜出的习性，适应能力很强，当环境不适时，也会离开原来的水域寻找其它水域生活。可利用湿润的皮肤进行呼吸，离水时间较长也不会窒息而死，且溯游可攀越一定高度，涉水进入山溪河谷。花鳗鲡属热带性鱼类，生活温度 10℃~36℃，适应的水温范围较大。

海南岛花鳗苗总的分布趋势是东部沿海河流分布多，西部沿海河流少；南部与北部沿海河流介于两者之间。在南渡江河口到定安县江段为偶见品种，渔获物调查中难以采集到，但在海口市南渡江沿河的餐馆和农贸市场中可以见到，经询问为南渡江捕捞上来的种类。花鳗鲡种群小，而鳗鲡的人工繁殖技术目前尚未攻克，有关花鳗鲡的研究大多停留在调查性与基础研究水平。

本次调查在龙塘坝下采集到花鳗鲡，龙塘坝址以上河段没有采集到，可见目前南渡江已建大坝对花鳗鲡等洄游鱼类产生了一定的阻隔影响。

② 日本鳗鲡

日本鳗鲡为降河洄游种类，海洋出生，淡水成长，最后又回到海洋的出生地繁殖并结束一生。在河流、湖沼、水库淡水水域生活时，白天潜藏于石缝、岩洞和泥土中，夜间出来活动。具有洄游习性，性成熟的亲鱼在秋季降河入海，于深海处生殖，产卵后死亡；受精卵在海洋中孵化，仔鳗脱膜后向大陆方向漂游，并在漂游中变态，靠近河口后溯水进入它们父母曾经生活过的江河湖泊；性凶猛，好动，贪食；喜光照，喜流水，喜温暖；善游泳又善钻洞，常穴居潜藏。具有皮肤、单鳃、冬眠式呼吸等三种特殊的呼吸方式。广盐性，海、淡水均能生活。适宜生长水温 13~30℃，致死水温的下限为 0℃。海南岛的南渡江、万泉河、太阳河等河口十月至翌年三月均有鳗苗出现，高峰期是 12-2 月，时间较广东大陆沿海河口早 1 个月。3 月间鳗苗体长已达 30~60mm。

③ 七丝鲚

七丝鲚为暖水性溯河洄游鱼类，栖息于浅海中上层及河口，也进入江河中下游江段。

食物以甲壳类为主，其中以桡足类最为重要。七丝鲚群体组成以1龄鱼为主，亲鱼当年便成熟怀卵，每年2~4月和8~9月各繁殖1次。繁殖季节成熟个体成群洄游至江河，在沙底水流缓慢处分批产卵。

④ 大鳞鲢

据《中国动物志鲤形目中卷》记载，大鳞鲢分布于我国海南岛南渡江及越南红河水系，因此从我国境内来看，大鳞鲢为南渡江特有种。它具有含脂率高、生长快、肥满度大、躯干部分大等优良经济性状。体呈银白色，背部色稍暗，偶鳍呈白色。大鳞鲢白天栖息于深水阴凉的地方，夜间游于水面觅食。较之其它白鲢，它具有头小、背高、躯干部分大、肥满度大，含脂率高的特点。

大鳞鲢平时多栖息于水流缓慢，水质较肥，浮游生物丰富的开阔水面；进入繁殖季节后，当降雨、水位上涨时，则集群至江河上游做产卵洄游，进行自然繁殖。在生殖季节，当降雨或水涨时，集群上溯产卵，生殖盛期为6月，有时可延至8月中旬。有文献记载，其在南渡江定安附近江段、松涛库区江排附近为其产卵场。根据《松涛水库渔业生产连年滑坡的原因和对策》记录，1970年前，大鳞白鲢在松涛水库年产量10~25万kg，后来由于酷渔滥捕、水质污染、以及上游建设的南伟水库阻隔了大鳞鲢的洄游通道，导致其资源衰竭，目前大鳞鲢在南渡江流域已经难以发现，本次环评调查中也未渔获。根据《海南岛大鳞鲢的调查、引种及其人工繁殖》记录，1975年6月17日即已获得大鳞鲢人工繁殖的首次成功。《淡水渔业》报道，1976年在广东、浙江、湖北、广东等科研院所或水产局引种驯养的大鳞鲢总数近11万尾。

⑤ 海南长臀鲩

属鲇形目，长臀鲩科，长臀鲩属。俗称：骨鱼、枯鱼。体长，侧扁，背鳍起点为体最高处。头平扁，略呈三角形，背面骨粗糙裸露。吻突出，钝圆。口近端位，弧形，上颌略突出。上颌齿带横列，中间有裂缝；下颌齿带明显，分为左右两块；齿绒状。两鼻孔相隔较远；前鼻孔近吻端，呈短管状；后鼻孔有1发达的鼻须，鼻须一般伸达眼后缘，个别略超过或仅至眼中心。上颌须1对，一般伸达胸鳍刺的1/2-4/5，较小个体可达胸鳍刺的末端。下颌须2对，下颏外侧须一般达胸鳍起点，下颏内侧须可达峡凹部。鳃孔大，鳃膜游离。匙骨后端尖形。体无鳞。侧线直线形。背鳍很高，尖刀形，位于体背前部，硬刺的后缘和前缘的上部具弱锯齿；脂鳍短，后端游离；臀鳍甚很长，臀鳍条26-34；胸鳍位低，后伸不达腹鳍；腹鳍位于背鳍基后，伸达臀鳍；尾鳍尖叉状，体背侧橄榄色，腹侧乳白色。鳍灰白，基部黄色。

长臀鮠为亚热带山麓河溪底层鱼类，喜清澈流水环境。善游，性贪食，以虾类、小鱼、底栖水生昆、小型贝类等为主食。长臀鮠为珠江水系特产种，主要分布于广西的左江、右江、红水河、邕江、郁江、黔江、浔江、西江、桂江，广东的北江，贵州的南盘江。海南岛的长臀鮠为另一亚种。

⑥ 台细鳊

台细鳊，体长而侧扁，背缘隆起，自腹鳍基部自肛门之间具腹棱。侧线完全或断续，前半段下弯。生活于缓流或静水水体，数量少。

体呈长棱形，侧扁，头后背不显著隆起，腹鳍基至肛门具棱。头小，尖细。吻短而钝，突出。口亚上位，斜裂。无须。眼大，位于头中央偏前。鳞薄而易脱落。侧线位于体中轴之下，前端微下弯，侧线鳞 45-47。背鳍位后；胸鳍末端尖；腹鳍短；臀鳍条多，基部长；尾鳍深叉状。体背灰色，下侧面和腹部银白，体侧中轴有灰色纵纹，尾鳍灰色，其它鳍微透明。

主要分布在台湾省，此外，在海南岛部分水系、广西钦州（钦江）、广西藤县至云南罗平县的西江中也有分布。近年来由于南方的小河溪受自然和人为因素的作用，造成原有环境条件的改变，使台细鳊的生长、繁殖受到很大的影响。

⑦ 高体鳊

体高而侧扁，背缘弧形隆起，腹缘较平直。体被小鳞，鳃盖及下颊部亦被鳞。侧线完全，与背缘平行。眼大，上侧位，略突出于头背缘，位于头的前半部。口大，前位，斜裂，下颌突出于上颌之前。

⑧ 锯齿海南鲈

锯齿海南鲈，鲤形目鲤科海南属，小型鱼类，体长 58-118mm。稀有种类，仅见于海南省南渡江、万泉河水系。生活史不详，仅知其生活于清澈水体，喜好在水体上层活动。已被列入《中国濒危动物红皮书—鱼类》稀有级别。在南渡江流域已知分布于海口市琼山区龙塘、定安县定城、澄迈县瑞溪、松涛水库、白沙县南仲等。

⑨ 无斑蛇鮠

无斑蛇鮠，体长 68-149mm，江河、溪涧常见鱼类，属于底栖、流水生活的类群，以底栖昆虫、甲壳类动物为食。在海南岛仅见于南渡江流域，已知分布于海口琼山区龙塘、府城、定安县定城、澄迈县瑞溪、金江等地。

⑩ 海南异鱯（亚种）

海南异鱯，鲤形目鲤科异鱯属。体形细长而侧扁，体背略高，头中等大而略尖，体

长 45-72mm。海南异鱾栖息于江河湖泊及山涧溪流的流水中，以浮游生物为食。品种具有高繁殖力，抗逆特性。近年来，由于毒鱼、炸鱼、电鱼等非法活动，其数量不断减少，面临绝种，已被列入《中国濒危动物红皮书—鱼类》易危级别。在南渡江流域已知其分布于白沙县南开河等地。

(9) 鱼类资源现状评价

南渡江为热带河流，营养物质丰富，支流众多、生境多样性高，鱼类多样性高，并有 大鳞鲢、鲮、花鳊、鳊、海南长臀鲃、倒刺鲃、海南鲃等重要经济鱼类，鱼类资源丰富。但是由于梯级开发等人类活动影响，鱼类资源发生了显著变化。

① 鱼类生境变化

随着经济社会的发展，人们对河流的干扰强度增加，破坏了原有的自然河流特征，也严重影响了鱼类赖以生存的环境。梯级开发严重破坏了河流纵向连通性，目前南渡江上游已建松涛水库将坝址以上几乎与下游河段完全隔绝，形成独立水系，不仅破坏河流的连通性，也导致下游来水大幅减少，中下游已建、在建的龙塘、东山、金江、九龙滩、谷石滩等梯级将原本连续的河流生境分隔成独立的、破碎化的生境，严重阻碍了洄游鱼类的洄游通道，同时由于梯级开发导致的水文情势改变，使产漂流性卵鱼类的产卵场缩小、流水性鱼类的适宜生境缩小等。堤防建设等破坏了河岸带使原本水草丰茂的鱼类重要栖息地转变为硬质的水泥岸坡，使鱼类良好的觅食、生长、繁殖、躲避敌害的场所缩小。农业面源、生活污水、工业废水的排放，影响河道水质，对鱼类生长繁殖等也产生一定不利影响。采砂作业严重破坏了河流底质，使水体悬浮物浓度增加，对鱼类觅食、生长、洄游等均产生一定的影响。

② 鱼类种类与分布变化

由于鱼类生境变化的影响，南渡江鱼类种类组成与分布发生了一定变化，主要表现为鱼类多样性下降，一些珍稀濒危特有鱼类濒危程度增加，特别是大鳞鲢等特有鱼类已多年不见踪迹；另外由于阻隔影响，导致河海洄游鱼类及河口鱼类分布范围主要集中于龙塘坝址以下，其分布范围在南渡江流域大大缩小，部分被阻隔于坝上，或者是在洪水期河水漫过大坝后，少量上溯至坝上也仅在部分河段有少量、零星分布，如 5 月调查仅在定安采集到 2 尾七丝鲚，珠江水产所在迈湾库区江段采集到日本鳊；同时由于水文情势的改变，流水性鱼类向库尾及未开发的流水河段集中，而库中静水河段原有的流水性鱼类被静水性种类所替代，特别是调节性能较强的松涛水库，改变了原有的河流水文情势，流水性鱼类生境缩小，其种群退缩于库尾或支流流水河段，而库区江段被静水性

鱼类和养殖品种所替代。生境破碎化导致流水性鱼类呈不连续的片断化分布，目前主要分布江段在松涛库尾以上南开河部分河段、谷石滩库尾至松涛坝下流水河段、龙塘库尾至金江坝下流水河段以及支流的部分流水河段。生境破碎化导致鲢、鳙、草鱼等产漂流性卵的经济鱼类自然条件下完成其生活史较困难，影响其分布及资源量。此外，随着由于养殖逃逸或放生，麦瑞加拉鲮、露斯塔野鲮、淡水石斑鱼、云斑尖塘鳢等外来鱼类逐步进入南渡江流域，也进一步占压了土著鱼类的生存空间。

③ 鱼类资源量变化

由于生境条件的破坏、过度捕捞等，鱼类资源量也发生了较大变化，具体表现为：

1) 鱼类多样性总体较高，但存在下降风险

综合前期调查成果及本次调查情况来看，南渡江流域鱼类种类丰富，多样性较高，虽然每次调查的时间不长、范围也不广，但采集到的种类数均在 60 种以上，占全流域总种类数的 54.1% 以上，可见南渡江鱼类资源现状依然较为丰富。三次调查均未采集到的种类有 9 种，分别为海南异鱾、鳊、黑鳍鲷、盆唇华鲮、海南瓣结鱼、广西华平鳅、琼中拟平鳅、青鳉、舌鰕虎鱼，其中南渡江珍稀濒危特有鱼类有 2 种未采集到，即海南异鱾和青鳉，这两种鱼类均为小型溪流鱼类，且对水质要求较高，可能在河流源头或支流上游有分布。其他 7 种鱼类中除鳊个体较大外，黑鳍鲷、盆唇华鲮、海南瓣结鱼、广西华平鳅、琼中拟平鳅、舌鰕虎鱼鳊等 6 种都是小型中层或底层鱼类，流水产粘沉性卵，在较小范围的流水生境中均能完成生活史，可能由于采样范围和采样强度问题没有采集到，在南渡江流域应该有一定的种群规模。鳊分布极为广泛，在我国自黑龙江至珠江、南渡江等各流域均有分布，其既能适应流水生境，又能适应静水生境，草食性兼杂食性，在流水生境中产卵繁殖，受精卵漂亮孵化，该种类个体较大，具有一定的经济价值。近三次调查均未调查到该种类可能是由于鳊在南渡江种群规模本身不是很大，或梯级建设破坏了其产卵场，抑或过度捕捞导致其种群规模下降。但是该种类由于适应能力强，现状情况下，其种群不至于在南渡江流域消失。

2) 鱼类资源量下降，呈现小型化

南渡江流域为热带山区河流，鱼类种类多，生长快，鱼类资源丰富，但是由于梯级开发阻隔了鱼类洄游通道、破坏了鱼类产卵场，水库形成后水文情势改变导致流水性鱼类生境缩小，以及过度捕捞、河道采砂等问题也十分突出，鱼类资源量显著下降。通过走访当地渔民，普遍反映鱼类资源下降，鱼类小型化明显。

在调查过程中发现，龙塘水电站建成后，坝上鱼类资源显著下降，坝下成为鱼类聚

集区，也是捕捞强度最大的区域，由于过度捕捞，坝下鱼类资源下降也十分显著。沿江部分渔民以捕鱼为生，但是鱼类资源下降，使他们的收入减少，部分渔民被迫转产转业，部分渔民则采用电鱼等非法的捕捞效率较高的渔具渔法，导致鱼类资源进一步下降，形成了恶性循环。除此之外，电鱼现象在南渡江流域十分普遍。

④ 珍稀濒危特有鱼类变化情况

南渡江分布的 10 种珍稀濒危特有鱼类花鳗鲡、小银鮡、海南长臀鮠、锯齿海南鲮、海南异鱾、台细鳊、青鳉、大鳞鲢、无斑蛇鮡、高体鳊，近三次调查中，有 8 种均采集到，其中花鳗鲡、海南长臀鮠在 3 次调查中均采集到，高体鳊在 2 次调查中采集到，说明其种群规模较大，但是花鳗鲡、海南长臀鮠现状主要分布与龙塘坝下，受大坝的阻隔影响较大。另外，花鳗鲡、日本鳗鲡、七丝鲚 3 种洄游性鱼类在近 3 次采样中有采集到，说明南渡江流域仍然存在一定种群，但是其种群主要在龙塘坝下，或被阻隔于部分河段，种群规模也较小。最受关注的种类——南渡江特有鱼类大鳞鲢，也是曾经的重要经济鱼类，其种群规模急剧下降，珠江水资源保护研究所曾记录在河口采集到样本，但是据报道和实地走访调查，目前该种类在南渡江流域已很难捕获到样品。

各类鱼类的历史与现状分布变化情况一览表

表 4.3-26

类别	主要鱼类	历史分布情况	现状分布情况	生活史/生境变化情况
保护物种	花鳗鲡	流域干支流	现状主要分布于龙塘水电站坝址下游	主要受到南渡江流域已建的拦河闸坝影响洄游
珍稀特有种	大鳞鲢、小银鮡、海南长臀鮠（亚种）、锯齿海南鲮、海南异鱾（亚种）、台细鳊、青鳉、无斑蛇鮡、高体鳊	大鳞鲢主要分布于上游，海南长臀鮠主要分布于上游及各支流，其他种类广泛分布于流域干支流	大鳞鲢已难以发现，海南长臀鮠主要分布于龙塘下游，台细鳊较难发现，小银鮡、锯齿海南鲮、海南异鱾（亚种）、台细鳊、青鳉、无斑蛇鮡主要分布于现存的干支流流水江段	主要受到流水生境减少、大坝阻隔等原因导致资源量减少、个体呈小型化
重要经济种	海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鲢、鳙、草鱼、鲤、鲮、倒刺鲃、光倒刺鲃、日本鳗鲡、鲮等	广泛分布于流域干支流	海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鲤等适应静水鱼类分布于各已建水库，产漂流性卵鱼类主要分布于各现存的流水江段	海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鲤、日本鳗鲡所受的主要是捕捞压力，以及大坝阻隔形成的坝上和坝下江段种质资源的隔离。鲢、鳙、草鱼、鲮等产漂流性卵鱼类产卵生境显著减少
外来种	麦瑞加拉鲮、露斯塔野鲮、短盖巨脂鲤、革胡子鲶、尼罗罗非鱼、奥里亚罗非鱼、淡水石斑鱼、云斑尖塘鳢等	历史无分布，后期由于养殖逃逸或放生等方式逐渐进入流域	大部分较适应流域生境，广泛分布于南渡江流域	外来种逐渐压占土著物种的生态空间

4.3.9 南渡江河口海水鱼类

(1) 河口区概况

南渡江在海口市美兰区和东营镇分东、北、西三岔入海，其中东岔为主流。河口区基本已建设防护堤、码头等构筑物，开发利用强度较大，无红树林保护区、鱼类种质资源保护区等生态敏感区分布。据计算，松涛水库建设前，南渡江河口区咸水上溯平均距离约 5.9km，松涛运行后咸水上溯距离约 6.3km。大潮期间海水上溯的最远距离约 26km，但龙塘水电站的建设运行阻隔了海水上溯，感潮河段控制在龙塘坝下 25.6km 范围内。南渡江河口区现状见图 4.3-17 所示。

(2) 河口区鱼类

① 种类

河口鱼类是指栖息于河口区咸淡水水域的鱼类。综合相关历史资料记录，南渡江河口记录有 57 种。根据 2014 年南渡江河口区调查资料，共有鱼类 43 种，其中国家保护种类花鰻鲮 1 种。历史记录南渡江分布有河口洄游性种类有：三线舌鰻、箸鰻、星点东方鲀、鰻鲮、花鰻鲮、李氏鱼衔、眶棘双边鱼、金线鱼、爪氏鰻、短棘银鲈、长棘银鲈、多鳞鱠、鰻鲮，调查在河口可见。在河口上段龙塘镇可见到爪氏鰻、鲮形鰻鰕虎鱼、鰻鲮、花鰻鲮、星点东方鲀、三线舌鰻 6 种洄游性鱼类，在河口上游定安县东山镇附近只可见到溯河能力强的花鰻鲮和日本鰻鲮。



北、西岔交汇处

东岔河口

图 4.3-12 南渡江河口区现状面貌

② 区系特点

1) 河口鱼类以鲈形目的鰻鰕虎鱼亚目占优势。河口鱼类鲈形目最多，此外鲱形目、鰻鲮目、鲚形目、鲾形目等均有一定比例。

2) 绝大部分为暖水性种，具明显的热带性质。暖水性鱼类占河口鱼类的大多数，只有少数种类为暖温性鱼类，没有温水性、冷温性和冷水性鱼类。

3) 海南岛河口鱼类的种类及数量在该岛各江河中不尽相同,南渡江的种类最多,为 57 种,以鲮鱼、棱鲛鱼、三线舌鳎、多鳞鳢、眶棘双边鱼、紫红笛鲷较为常见。

4) 受暖流的支流影响,南渡江河口鱼类与珠江口相同,关系颇为密切,常见的大海鲢、中颌棱鯷、花鳗鲡、鳗鲡、棱鲛等。

(3) 近海区鱼类

根据 2010~2011 年南渡江河口及近海 7 个站点的调查资料,南渡江近海调查站点共有水生生物种类 63 种,其中鱼类 49 种,虾蟹类 10 种,头足类 3 种、贝类 1 种,未采集到国家重点保护水生野生动物种类。调查到的渔获物共计 254.6kg,其中黑鲷、三棘鲷、须鲷、尖嘴鲷、长毛对虾、刺螳螂虾蛄为优势种类。

4.4 工程周边生态敏感区

评价区上游地区分布有黎母山省级自然保护区、番加省级自然保护区等重要敏感区域。

(1) 黎母山省级自然保护区

黎母山国家级自然保护区位于琼中、白沙两县境内,地理坐标为东经 $109^{\circ} 39' 05'' \sim 109^{\circ} 48' 31''$,北纬 $19^{\circ} 07' 22'' \sim 19^{\circ} 14' 03''$,南临五指山国家级自然保护区,西北部是海南最大的水库—松涛水库。保护区总面积为 11701hm^2 ,其中核心区 3405hm^2 ,缓冲区 3039hm^2 ,实验区 5257hm^2 。

该保护区于 2004 年 7 月由海南省人民政府批准建立,主要保护对象是热带雨林生态系统,保护其生物多样性及其环境和现有的原始森林生态系统。区内植被类型主要有热带湿润雨林、热带山地雨林、次生热带雨林、灌丛和草地 5 个植被类型。经调查鉴定区内共有野生维管束植物 190 科 759 属 1490 种,陆栖脊椎动物 262 种。

(2) 番加省级自然保护区

儋州市番加省级自然保护区位于儋州市南部,与松涛水库连成一体。该保护区总面积 4660hm^2 ,其中核心区 969hm^2 ,缓冲区 1194hm^2 ,实验区 2497hm^2 。

该保护区于 1981 年 9 月经原海南行政公署批准建立,1988 年晋升为省级自然保护区。保护对象为海南特有热带雨林及松涛水库水源林。植被主要由人工植被和天然植被两种,人工植被主要由橡胶、木薯、马占相思和水稻等构成;天然植被全为次生类型,由次生半落叶季雨林和次生热带雨林组成。保护区内植物有 309 种,动物有 108 种。

(3) 蓝洋国家森林公园

蓝洋国家森林公园位于南渡江上游蓝洋镇附近,隶属蓝洋国营农场,所辖范围

5660hm²，森林公园四周由莲花岭等数十座形貌奇特的山峦环抱、峰岭起伏、层峦叠嶂、沟谷纵横，公园内森林覆盖率 90% 以上，有热带雨林、次生阔叶林、各类经济林、果木林等植被景观，分布动物 113 余种，生物资源丰富。

(4) 海南热带雨林国家公园

根据中央审议通过的《海南热带雨林国家公园体制试点方案》，通过进一步对海南热带雨林国家公园范围界线进行校核，海南热带雨林国家公园的规划范围涉及五指山、琼中、白沙、东方、陵水、昌江、乐东、保亭、万宁 9 个市县，总面积 4401km²，地处 108°44'32"E~110°04'43"E、18°33'16"N~19°14'16"之间，东起万宁市南桥镇，西至东方市板桥镇，南至保亭黎族苗族自治县毛感乡，北至白沙黎族自治县青松乡。

各自然保护区概况、森林公园均位于迈湾水库库尾上游，其相对位置关系见表 4.4-1。迈湾水利枢纽工程及水库淹没区均不涉及自然保护区、森林公园、国家公园等。

周边自然保护区、森林公园与工程相对位置关系一览表

表 4.4-1

名称	所在市县	面积 hm ²	范围	与迈湾库尾* 直线距离(km)
黎母山省级自然保护区	琼中、白沙两县境内	11701	分布于大黎母岭、小黎母岭一带和三星林岭、头尖岭一带	14.5
番加省级自然保护区	儋州境内	4660	儋州市东南番加地区	4.2
蓝洋国家森林公园	儋州境内	5660	隶属蓝洋农场	4.0
海南热带雨林国家公园	五指山、琼中、白沙、昌江、东方、乐东、保亭、陵水、万宁等 9 个市县	440100	包括五指山、鹦哥岭、尖峰岭、霸王岭、吊罗山等 5 个国家级自然保护区和佳西等 3 个省级自然保护区，黎母山等 4 个国家森林公园、阿陀岭等 6 个省级森林公园及相关的国有林场	约 15

注：指远期方案(正常蓄水位 108m)库尾

4.5 水土流失现状

本工程范围涉及儋州市、澄迈县、琼中县及屯昌县，根据水利部办公厅关于印发《全国水土保持规划国家级水土流失重点预防区和重点治理区复核划分成果》的通知（国办水保[2013]188 号）和海南省人民政府《关于划分水土流失重点防治区的公告》情况，琼中县属国家级水土流失重点预防区、其他不在国家级水土流失重点防治区范围，属海南省水土流失重点监督区。

项目建设区域占用原土地类型主要为水域及水利设施用地、耕地、林地、草地、园地、交通运输用地等，现状水土流失轻微，属于容许侵蚀范畴。本项目建设区范围除耕

地外，植被生长茂盛，植被覆盖率高。项目区现状的水土流失主要为自然侵蚀，土壤侵蚀模数在 $500t/(km^2 a)$ 左右。

4.6 社会环境

4.6.1 行政区划及人口

工程占地和水库淹没主要涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县，各县(市)2014 年行政区划和人口概况见表 4.6-1。

工程涉及县市行政区划和人口统计表

表 4.6-1

县市	单 位	儋州市	琼中县	屯昌县	澄迈县
乡镇	个	16	10	8	11
村(居)委会	个	275	110	119	177
国营农场	个	4	4	2	6
省办农林场	个	0	0	0	3
总人口	万人	95.42	23.39	31.35	58.02
农业人口	万人	61.43	12.51	20.60	38.34
非农业人口	万人	33.99	10.88	10.75	19.68
汉族人口比例	%	93	39.12	90.65	99.50

4.6.2 水源保护区及取用水

(1) 水源保护区

据调查，南渡江干流主要集中式饮用水水源保护区有松涛水库水源保护区、金江饮用水源保护区、定安饮用水源保护区、新坡镇饮用水源保护区和龙塘饮用水源保护区，除松涛水库水源保护区位于迈湾水库库尾以上外，其他水源保护区均位于迈湾坝址下游，迈湾水库淹没区、工程枢纽区、施工区、移民安置区均不涉及各水源保护区。

① 松涛水库水源保护区

松涛水库水源保护区于 2007 批准建立的水源地，包括了一级保护区、二级保护区和准保护区，具体划定如下：

一级保护区：总面积为 $3.9km^2$ ，水域范围为正常水位（190m 等高线）以下，以取水口为圆点，1500m 为半径所划扇形区域包含的水域范围，水质保护目标为 II 类。陆域范围为响应水域范围向陆域纵深 200m 的范围，遇水库大坝以大坝为边界，陆域保护面积 $0.4km^2$ 。

二级保护区：总面积 $89.12km^2$ ，水域范围为正常蓄水位以下，南丰洋除一级保护区水域外覆盖的水域范围，水质保护目标为 II 类。陆域范围为二级保护区水域边界及一级

保护区陆域外边界向陆域纵深至水库保护线的范围，遇水库大坝以大坝为界，陆域保护面积 27.4km²。

准保护区：总面积 155.25km²，水域范围为正常蓄水位以下，除一、二级保护区水域外，松涛水库覆盖的水域范围，水质保护目标为白沙库区III类，其他库区II类。陆域范围为准保护区的水域边界向陆域纵深至水库保护线的范围及二级保护区陆域外边界向陆域纵深 200m 的范围，遇水库大坝以大坝为边界。陆域保护面积 90.0km²。

② 金江饮用水源保护区

根据《海南省人民政府关于划定澄迈县集中饮用水水源保护区的批复》（琼府函[2007]81号），金江饮用水水源保护区划分为一级保护区和二级保护区，总面积 7.26km²。

一级保护区：总面积 0.44km²，水域范围从取水口下游 100m 至上游 1000m 河段，水域面积 0.22km²；陆域范围沿岸长度等于一级保护区水域长度，沿岸纵深与河岸水平距离 100m 范围，陆域面积 0.22km²。水质保护目标为II类。

二级保护区：总面积 6.82km²，水域范围从一级保护区水域上游边界至上游 2000m 的河段和以及保护区水域下游边界向下 200m 河段，水域面积 0.44km²；陆域范围，沿岸长度等于二级保护区水域长度，沿岸纵深与河岸水平距离 1000m 及一级陆域陆侧边界向陆延伸 900m 范围，陆域面积 6.38km²。水质保护目标为III类。

③ 定安饮用水源保护区

定安饮用水源保护区首次设立于 2008 年，根据《关于同意调整定安县南渡江饮用水水源保护区规划的复函》（琼土环资函[2014]474号），调整后的定安县南渡江饮用水水源保护区包括了一级保护区、二级保护区和准保护区，具体划定如下：

一级保护区：面积 1.8619km²，水域范围为干流上边界新取水口上游 1000m 处，下游边界为新取水口下游 100m 处；支流为龙州河上溯 1000m 的水域，水域宽度为干流以规划防洪堤为界，支流为龙州河整个河道宽，水质保护目标为II类。陆域范围由以及保护区水域干流、支流边界线两侧扩展 50m，在 50m 范围内有公路、道路的以公路、道路为界，陆域面积 0.2066km²，周长为 8.566km。

二级保护区：面积 6.7762km²，水域范围为干流由一级水保护区水域上边界向上游水域上溯 2000m，水域的下边界则由一级保护区水域下边界向下游延伸 200m，支流由龙州河一级水保护区水域上边界向上游水域上溯 2000m 的水域。水域宽度干流以规划防洪堤为界，支流为龙州河整个河道宽，水质保护目标为III类。陆域范围为由二级保护区水域干流、支流边界线向两侧陆域各扩展 1000 米，有公路、道路的以公路、道路为界，

陆域面积 5.3772km²，周长为 25.409km。

准保护区：面积 2.8148km²，水域范围为由二级保护区水域上边界向上游延伸 2000m，水域宽度以规划防洪堤为界。陆域范围由准保护区水域边界向两侧扩展 1000m，有公路、道路的以公路、道路为界，陆域面积 2.1505km²，周长为 10.655km。

④ 新坡镇饮用水源保护区

根据《海南省人民政府办公厅关于划定海口市大致坡镇凤潭水库饮用水水源地等 4 个集中式饮用水水源保护区的复函》（琼府办函[2010]326 号），新坡镇地表水饮用水水源保护区划分为一级保护区和二级保护区，总面积 8.056km²，其中水域面积为 1.303km²，陆域面积为 6.753km²。

一级保护区：总面积 0.54km²，水域范围为南渡江干流长 1100m，上边界为取水口上游 1000m 处，下游边界为取水口下游 100m 处，水域宽度为整个河道宽，水质保护目标为 II 类。陆域范围为取水口侧（东岸）由以及保护区水域向陆域纵深 100m 的陆岸，西岸由一级保护区水域向陆域纵深 50m 的陆岸，陆域面积 0.22km²。

二级保护区：总面积 7.516km²，水域范围为以及保护区水域上边界向上游延伸 2000m，以及一级保护区下边界下游 200m，干流保护区水域总长 2200m，水域宽度为整个河道宽，水质保护目标为 III 类。陆域范围为一级保护区陆域边界和二级保护区水域边界向两侧扩展 1000m，在 1000m 范围内有公路的以公路、道路为界，陆域面积 6.533km²。

⑤ 龙塘饮用水源保护区

根据《海南省人民政府办公厅关于同意海口市南渡江龙塘饮用水水源保护区规划修编的复函》（琼府办函[2011]146 号），龙塘饮用水水源保护区具体划分为一级保护区、二级保护区和准保护区，总面积 12.8058km²。

一级保护区：总面积 0.6538km²，水域范围的上边界为取水口上游 1100m 处，下边界为取水口下游 100m 处，水域宽度为 5 年一遇洪水位所淹没的区域，区内水域干流长 1200m，水域面积 0.5232km²，水质保护目标为 II 类。陆域范围为干流两侧扩展 50m，超过上坝公路的以上坝公路为界，超过龙潭镇总体规划中滨江路的以规划道路为界，陆域面积 0.1306km²。

二级保护区：总面积 2.1175km²，水域范围包括以及保护区水域上边界向上游延伸 2000m、一级保护区水域下边界向下游延伸 250m 至龙塘水坝下边界处的干流水域，以及向支流新旧沟上溯 500m 的支流水域；干流水域宽度采用 10 年一遇洪水位淹没的水面

宽，支流水域宽为河道宽，水域面积 1.1897km²，水质保护目标为III类。陆域范围为一级保护区域边界和二级保护区水域保护边界向两侧扩展 200m，在 200m 范围内有公路的以公路或乡村道路为界，其中左岸龙塘圩镇处以临江公路为界，右岸超过临近河道第一重的以山脊线为界。向支流新旧沟两侧扩展 100m 为二级陆域保护区。陆域面积 0.9278km²。

准保护区：总面积 10.0345km²，水域范围包括二级保护区干流水域上边界向上游延伸 7100m 到龙泉镇椰子头村处，水域宽度采用河道多年平均正常水位淹没的水域范围为准保护区干流水域；由支流新旧沟二级保护区水域上边界上溯 1500m、由支流三十六曲溪上延 1000m 的支流水域，水域宽度采用河道多年平均正常水位淹没的水面宽，水域面积 2.9275km²。陆域范围为干流水域边界向两侧扩展 500m，支流水域边界向两侧扩展 200m，超过山脊线的以山脊线为界，陆域面积 7.1070km²。

(2) 取用水概况

经调查，松涛水库坝下至谷石滩坝址河段区间内无水源点，迈湾水库下游现状共有各种取水口 8 个，在谷石滩下游澄迈县、定安县、新坡镇和海口市设有水源地，由于本工程下游无调节性水库，目前正在建的有南渡江引水工程东山水库，迈湾水库下游取水口分布及取水规模情况见表 4.6-2。

迈湾水库下游河道取水口分布及取水规模情况一览表

表 4.6-2

取水口名称	距离迈湾坝址(km)	设计取水规模(m ³ /s)	备注
加乐镇取水口	28.7	0.019	现有，位于九龙滩水库库区
澄迈县城金江取水口	48.5	0.231	现有，金江坝址上游约 3.5km，位于金江水库库区
瑞溪镇取水口	66.3	0.015	现有，金江坝址下游约 14.3km，东山水库回水变动段
永发镇取水口	74.7	0.026	现有，金江坝址下游约 22.7km，位于东山水库库区
东山镇取水口	78.5	0.041	现有，金江坝址下游约 26.5km，位于东山水库库区
东山泵站	78.7	13.2	在建，位于东山水库库区，海口市南渡江引水工程取水口之一
定安县定城拟建取水口	90.3	0.694	拟建，东山坝址下游约 11.6km，龙塘水库淹没线上游
定安县定城现状取水口	93.0	0.231	现有，东山坝址下游约 14.3km，龙塘库区回水变动段
新坡镇水厂取水口	106.0	0.058	现有，东山坝址下游约 27.5km，位于龙塘水库库区
龙塘现有取水口	120.2	3.47	现有，位于龙塘水库库区，东山坝址下游约 41.5km
龙塘泵站	120.2	5.50	在建，位于龙塘水库库区，海口市南渡江引水工程取水口之一

4.6.3 人群健康

2013 年底,儋州市各级各类卫生机构 206 个(不含村卫生所/室),卫生技术人员 4579 人,其中医生 1208 人,床位数 2562 张,每千人 2.67 张;琼中县拥有各级各类卫生机构 215 个(不含村卫生所/室),床位数 1000 张,卫生技术人员 1462 人,其中医生 506 人;屯昌县拥有各级各类卫生机构 80 个(不含村卫生所/室),床位数 1223 张,卫生技术人员 1321 人,其中医生 525 人。2014 年末,澄迈县卫生机构拥有各级各类卫生机构 339 个,其中医院 10 个,卫生院 20 个,社区服务中心 1 个,诊所 76 个,专业卫生技术人员 1780 人,其中医生 492 人,卫生机构床位数 1339 张。

4.6.4 文物和矿产

(1) 文物

工程淹没区涉及屯昌、儋州、澄迈和琼中四个县,淹没区无各级文物保护单位,但存在 2 处文物点,分别为“番企桥”和“松涛日本桥”,均位于琼中县境内。2 处文物点均位于迈湾水库库尾淹没范围以内。

① 番企桥

番企桥位于琼中县黎母山镇松涛村委会番企村西的南渡江上游番企河上,是琼中县境内华侨投资兴建最早的水泥桥,海拔高程 111.9m,桥全长 23m,宽 2.6m,高 2.97m。为单墩双拱桥,东西走向,建成于 1930 年。

② 松涛日本桥旧址

松涛日本桥旧址位于琼中县松涛村委会番基村东 1.2km 的南渡江上,坐标为北纬 $19^{\circ} 23' 49.2''$ 东经 $109^{\circ} 42' 23.7''$,桥墩海拔 111.1m。旧址建在南水北流的南渡江上,两岸都是低矮的小山丘。东 2km 有松涛村委员会,西北 1.2km 有番企村,南 100m 处是乌(石)——那(大)公路松涛大桥,北面都是橡胶。



番企桥



松涛日本桥旧址

图 4.6-1 淹没区两处文物桥

(2) 矿产

南渡江流域矿产资源较丰富，主要分布有锌矿、铅矿、铜矿、水晶矿、钨矿、高岭土矿、煤矿、沸石矿等。根据海南省国土资源厅出具的意见，本工程不涉及矿产。

4.6.5 污染源

考虑本项目评价范围，到针对迈湾水库汇水区以及迈湾坝址至龙塘坝址之间的汇水区域进行了污染源调查，主要分为点源污染以及面源污染。

4.6.5.1 点污染源现状

根据海南省生态环境保护厅 2017 年 9 月统计的工业企业环境统计数据和对镇区排污现状的调查，南渡江流域现状具有排污口 28 处。

评价区点源污染主要来自于镇区的生活污水排放以及淀粉厂、食品厂、糖厂等地方特色产业的工业废水排放。从排污口分布来看，迈湾库尾至龙塘坝址区间流域共有 26 个主要排污口，包括 2 个污水处理厂集中排放口、9 个综合生活污水排放口和 15 个工业废水排放口；从排污口位置区分，迈湾库区回水范围内 2 个，迈湾坝址下游段 24 个。

4.6.5.2 面污染源现状

(1) 农村生活污染源

农村缺乏有效的排水措施，污水下渗而污染物在沟渠中大量累积，在较大的降雨径流冲刷作用下，这些污染物大多进入河流沟渠系统向受纳水体运移。农村生活污水污染主要来自两方面：一是粪便，通常置于旱厕中，用于农田堆肥；二是其它生活废水，一般就地排放，渗入土壤，形成面源污染。

(2) 畜禽养殖污染源

畜禽养殖业的生产经营模式主要有 3 种：集约化规划化养殖、农村专业户养殖、农村分散养殖。经调查，南渡江流域内养殖形式主要是沿岸居民的分散式养殖。流域涉及乡镇(街道办)养殖业畜禽量大，畜禽粪便常堆放于房前屋后，易随降雨形成污染。

(3) 农田径流污染源

农田径流污染主要来源于：1) 农田化肥、农药施用不当，加上不合理的农田灌溉，导致氮、磷污染物流失进入河流水体；2) 流域内以种植业为主，农作物秸秆丰富，除少部分用作牲畜饲草、饲料外，其余存放于房前屋后进行露天沤肥，或在田间地头焚烧，导致土壤中可溶性 TN、TP 和易腐有机质含量增加，并通过水土交换加剧了水环境污染。

根据调查，海口一定安一澄迈南渡江流域共有耕地 466149.49 亩，水田 203246.76 亩，两岸村庄主要种植水稻、香蕉、甜薯等作物，年施用氮肥 11576.95t、钾肥 6374.43t、

磷肥 8740.65t，农药使用量为每年 498.73t。肥料中的氮、磷在农田中并不会造成污染，但其通过农田的地表径流和农田渗漏流入自然水体可能会对南渡江的水质产生不利影响。

(4) 评价河段污染负荷现状

对迈湾库区回水范围及南渡江干流迈湾坝址~龙塘坝址河段的污染负荷现状进行统计，现状水平年流域评价河段污染负荷计算结果见下表。根据统计结果，迈湾库区及下游干流河段的污染负荷呈现以下特点：

① 迈湾库周直接入库的主要污染物负荷总量为：COD614.55t/a，NH₃-N 42.55t/a，TP 11.11t/a，TN 116.29t/a；迈湾坝下至龙塘梯级河段直接进入干流的主要污染物负荷总量为：COD 15624.87t/a，NH₃-N1068.16t/a，TP274.67/a，TN3016.91t/a。

② 除来流(含干流和支流)污染负荷外，评价范围内 69%以上的污染负荷来自于面源污染。从面源的沿程分布来看，高负荷区在主要集中在东山至龙塘梯级之间的海口市區段，其主要原因为该区段人口密度显著大于上游段，经济发展水平相对较高。

③ 点源中废污水量主要来自于各城镇生活污水排放。经过治理，制糖、淀粉、橡胶等当地支柱产业已不再是主要污染源。从点源的沿程分布来看，金江镇区段作为澄迈县经济、政治、文化中心，城镇综合污染负荷和工业负荷在该段内较为集中。

点源污染负荷统计表

表 4.6-3

区段	计算单元	工业					城镇生活				
		废水量	COD	NH3-N	TP	TN	废水量	COD	NH3-N	TP	TN
迈湾库区段	库区干流	54036	12	1.47	0.03	1.60	250719.7	45.13	4.99	0.45	13.54
	加渥河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	南坤河	73600	7.36	0.8	0.60	7.80	614318.18	110.58	12.57	1.11	33.17
	番坡河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	中坤河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
迈湾坝下游段	干流（迈湾-澄迈）	1120842	7.6	0.13	1.80	28.20	733446.97	132.02	15.12	1.32	39.61
	干流（澄迈-后黎）	446905.18	92.93	6.85	3.07	32.45	5238295.45	942.89	97.83	9.43	282.87
	干流（后黎-定安）	27547	0.02	0	0.00	0.00	2483939.39	447.11	48.38	4.47	134.13
	干流（定安-新坡）	43273.45	20.5	1.65	0.22	3.08	1241969.7	223.55	24.19	2.24	67.07
	干流（新坡-龙塘）	-	-	-	-	-	2047310.6	368.52	40.79	3.69	110.55
	西昌水	-	-	-	-	-	887007.57	159.66	18.27	1.60	47.90
	绿现水	121905	36.35	10.21	2.00	22.20	307159.09	55.29	6.29	0.55	16.59
	大塘河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	海仔河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	汶安河	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	龙州河	45118.52	36.35	3.69	0.16	10.40	5952424.24	1071.44	114.11	10.71	321.43
	温村水	-	-	-	-	-	4950757.58	891.14	84.49	8.91	267.34
	巡崖河	29813.9	38.51	0.71	0.15	1.18	1847007.57	332.46	36.57	3.32	99.74
铁炉溪	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
合计		1963041.05	251.62	25.51	8.03	106.91	26554356.04	4779.79	503.6	47.80	1433.94

面源污染负荷统计表

表 4.6-4

区段	计算单元	农村生活				畜禽				农田			
		COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN
迈湾库区 段	库区干流	130.56	8.41	3.48	16.83	104.11	3.78	1.23	11.59	36.31	1.82	0.80	8.93
	加渥河	18.38	1.18	0.49	2.37	15.41	0.56	0.18	1.72	4.05	0.2	0.09	1.00
	南坤河	50.55	3.26	1.35	6.52	42.39	1.54	0.50	4.72	11.14	0.56	0.25	2.74
	番坡河	7.67	0.49	0.20	0.99	7.16	0.26	0.08	0.80	2.21	0.11	0.05	0.54
	中坤河	6.22	0.4	0.17	0.80	1.25	0.05	0.01	0.14	2.07	0.1	0.05	0.51
	干流（迈湾-澄迈）	150.37	9.69	4.01	19.38	109.44	3.97	1.29	12.18	45.43	2.27	1.00	11.18
迈湾坝下 游段	干流（澄迈-后黎）	630.49	40.63	16.81	81.26	993.53	36.08	11.69	110.58	160.59	8.03	3.53	39.51
	干流（后黎-定安）	205.57	13.25	5.48	26.50	86.11	3.13	1.01	9.58	55.66	2.78	1.22	13.69
	干流（定安-新坡）	797.28	51.38	21.26	102.76	341.62	12.41	4.02	38.02	272.31	13.62	5.99	66.99
	干流（新坡-龙塘）	669.97	43.18	17.87	86.35	232.25	8.43	2.73	25.85	226.67	11.33	4.99	55.76
	西昌水	102.84	6.63	2.74	13.25	75.06	2.73	0.88	8.35	24.97	1.25	0.55	6.14
	绿现水	51.37	3.31	1.37	6.62	37.96	1.38	0.45	4.22	21.57	1.08	0.47	5.31
	大塘河	494.29	31.85	13.18	63.71	333.74	12.12	3.93	37.14	238.45	11.92	5.25	58.66
	海仔河	130.01	8.38	3.47	16.76	115.28	4.19	1.36	12.83	29.72	1.49	0.65	7.31
	汶安河	98.38	6.34	2.62	12.68	114.23	4.15	1.34	12.71	23.72	1.19	0.52	5.84
	龙州河	1171.57	75.5	31.24	151.00	965.27	35.05	11.36	107.43	421.47	21.07	9.27	103.68
	温村水	113.19	7.29	3.02	14.59	96.95	3.52	1.14	10.79	44.15	2.21	0.97	10.86
	巡崖河	344.5	22.2	9.19	44.40	304.59	11.06	3.58	33.90	183.16	9.16	4.03	45.06
	铁炉溪	124.15	8	3.31	16.00	65.37	2.37	0.77	7.28	65.28	3.26	1.44	16.06
合计		5297.36	341.37	141.26	682.77	4041.72	146.78	47.57	449.84	1868.93	93.45	41.12	459.76

4.7 移民安置区环境现状

迈湾水利枢纽工程近期共规划 7 个移民集中安置点，其中 1 个农村集中安置点，6 个农场集中安置点。

(1) 农村集中安置点

本工程涉及农村集中建房安置点为合水村安置点。农村集中安置点均不涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。合水村安置点人工植被主要为沉香园和橡胶林。



图 4.4-1 合水村集中安置点环境现状

(2) 农场集中安置点

本工程涉及农场集中建房安置点有 6 个，各农场集中安置点均不涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。安置点植被由自然植被与人工植被组成，其中自然植被由灌木林等组成；人工植被主要为当地经济林。各农场集中安置点主要人工植被见表 4.4-2。



中坤荔枝园安置点现状



中坤场部安置点现状



中坤石弄花安置点现状



黄岭美马桥安置点现状



黄岭新村安置点现状



西达南大安置点现状

图 4.4-2 农场集中安置点环境现状

4.8 环境质量及主要环境问题

4.8.1 环境质量现状评价

4.8.1.1 地表水环境

(1) 水质常规监测数据

① 常规监测断面设置

根据调查和收集相关资料，海南省水文水资源勘测局在南渡江流域布置 18 个常规水质监测断面，其中松涛坝址以下南渡江干流及其主要支流共布置 14 个(干流 8 个，支流 6 个)。2018 年新增了松涛库区水质监测断面，位于儋州市南丰镇。水质断面布置见附图 4-9，各断面位置信息见表 4.8-1。

迈湾水利枢纽地表水水质监测断面一览表

表 4.8-1

水系	河流	断面名称	位置描述	地理位置		监测时间
				东经	北纬	
干流	南渡江	九龙	九龙电站出水口	109°57'46.67"	19°36'45.02"	2016~2018 年
		金江	澄迈县金江镇	110°0'46.0"	19°43'40.3"	
		永发	永发镇南渡江大桥	110°11'43.93"	19°44'33.70"	
		定安	定安县定城镇	110°19'	19°42'	
		西江	美仁坡乡椰子头村	110°23'28.84"	19°49'23.06"	
		龙塘	海口市龙塘镇	110°24'41.4"	19°42'15.4"	
		南渡江大桥	海口市南渡江大桥	110°24'35.80"	19°58'22.04"	
		流水坡(儒房)	流水坡南渡江河堤下	110°22'29.91"	20°02'15.31"	
		松涛水库	儋州市南丰镇	109°33'43.5"	19°28'27.2"	2018 年
支流	大塘河	大塘	山口乡大塘入南渡江口	109°58'36.32"	19°42'43.05"	2016~2018 年
		龙波	临高县皇桐镇龙波村	109°51'05.44"	19°44'54.59"	
		和岭	和岭农场	109°45'17.71"	19°33'20.50"	
	龙州河	三滩	定安县新竹镇三滩村	110°11'	19°36'	
		龙河(温鹅)	定安县龙河镇龙塘桥	110°11'27.80"	19°23'08.06"	
		鹿寨(坡心)	屯昌县南吕镇鹿寨村	110°04'28.32"	19°15'54.88"	

注：表中断面顺序依次为干流从上游至下游，支流从汇入口往上游；常规断面水质监测数据见附表 1。

② 监测因子、数据和频率

各水质监测断面的监测因子为《地表水环境质量标准》基本项目 21 项(除去石油类、总氮、粪大肠菌群)，水源地补充项目 5 项，共 26 项；监测频率为每月 1 次，各常规断面水质监测成果详见附表 1。本次环评收集了工程区 2016 年~2018 年的常规地表水水质监测数据。

③ 流域水质现状评价因子及方法

南渡江流域水质现状评价主要依据《地表水环境质量评价办法(试行)》(2011 年 3 月)进行综合评价(含断面水质评价和流域水系评价)，各监测断面采用单因子评价法。

A 断面水质评价方法

河流断面水质评价采用单因子评价法，即根据评价时段内该断面参评的指标中类别最高的一项来确定。单项水质参数 i 在 j 点的标准指数的计算公式为：

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{Si} \quad 4.8-(1)$$

式中： S_{ij} ——单项水质参数 i 在 j 点的标准指数；

C_{ij} ——评价因子 i 在监测点 j 的浓度值，mg/L；

C_{Si} ——评价因子 i 的地表水质标准限值，mg/L。

pH 值标准指数的计算公式为：

$$S_{pH,j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}} \quad (pH_j \leq 7) \quad 4.8-(2)$$

$$S_{pH,j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0} \quad (pH_j > 7) \quad 4.8-(3)$$

式中： $S_{pH,j}$ ——单项水质参数 pH 在 j 点的标准指数；

pH_j ——水质参数 pH 在 j 点的实测值；

pH_{sd} ——地表水水质标准中规定的 pH 的下限值，mg/L；

pH_{su} ——地表水水质标准中规定的 pH 的上限值，mg/L。

DO 标准指数的计算公式为：

$$S_{DO,j} = \frac{DO_f - DO_j}{DO_f - DO_s} \quad (DO_j \geq DO_s) \quad 4.8-(4)$$

$$S_{DO,j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s} \quad (DO_j < DO_s) \quad 4.8-(5)$$

式中： $S_{DO,j}$ ——单项水质参数 DO 在 j 点的标准指数；

DO_j ——水质参数 DO 在 j 点的浓度，mg/L；

DO_f ——某水温条件下的饱和 DO 浓度，mg/L，其计算公式为：

$$DO_f = 468 / (31.6 + T) \quad 4.5-(6)$$

DO_s ——DO 的地表水水质标准限值，mg/L。

当各项参数的标准指数 ≤ 1 时，表明该水质要素满足规定的水质标准要求；当各项参数的标准指数 > 1 时，则表明该水质要素不能满足水质标准要求。

B 河流(流域)水质综合评价方法

当河流(流域)的断面总数少于 5 个时，计算河流所有断面各评价指标浓度算术平均值，然后按照“断面水质评价”方法评价；当河流(流域)的断面总数在 5 个以上时，采用断面水质类别比例法，即根据评价河流、流域(水系)中各水质类别断面数占河流(流域)所有评价断面总数百分比来评价其水质状况。河流(流域)水质类别比例与水质定型评价分级的对应关系见表 4.8-2。

河流(流域)水质定性评价分级

表 4.8-2

水质类别比例	水质状况	表征颜色
--------	------	------

I ~ III类水质比例 $\geq 90\%$	优	蓝色
$75\% \leq$ I ~ III类水质比例 $< 90\%$	良好	绿色
I ~ III类水质比例 $< 75\%$, 且劣V类比例 $< 20\%$	轻度污染	黄色
I ~ III类水质比例 $< 75\%$, 且 $20\% <$ 劣V类比例 $< 40\%$	中度污染	橙色
I ~ III类水质比例 $< 60\%$, 且劣V类比例 $\geq 40\%$	重度污染	红色

④ 常规监测断面水质现状评价

根据单因子评价法计算得到南渡江流域干支流上各水质监测断面(常规监测断面及环评阶段补充监测断面)的评价指数, 见附表 1。南渡江断面总数大于 5 个, 因此采用断面水质类别比例法评价, 支流监测断面少于 5 个, 因此将各支流断面各评价指标浓度算数平均值, 然后按断面水质评价。

2016 年~2018 年南渡江 I ~ III类水质比例为 100%, 南渡江水质状况为优。

2016 年支流大塘河、龙州河(三滩、龙河断面)满足 II 类水水质标准, 龙州河鹿寨断面不满足 I 类水质标准, 氨氮超标 1.82 倍, 高锰酸盐指数超标 1.2 倍, 总磷超标 7 倍, 溶解氧超标 0.61 倍。

2017 年支流大塘河、龙州河(三滩、龙河断面)满足 II 类水水质标准, 龙州河鹿寨断面不满足 I 类水质标准, 氨氮超标 1.1 倍, 高锰酸盐指数超标 0.85 倍, 总磷超标 8 倍, 溶解氧超标 0.56 倍。

2018 年支流大塘河、龙州河(三滩、龙河断面)满足 II 类水水质标准, 龙州河鹿寨断面不满足 I 类水质标准, 总磷超标 1.5 倍, 溶解氧超标 0.13 倍。松涛水库南丰断面 2018 年除了 2 月份总氮超标 0.04 倍外, 其余月份各项指标均满足地表水 II 类标准。

(2) 补充监测

① 水质监测断面布置

我院在本项目环评阶段和南渡江流域规划环评补充研究阶段委托海南海沁天诚技术检测服务有限公司文昌分公司分别在 2016 年 2 月和 2016 年 6 月对无常规水质监测河段开展了两期水质现状补充监测, 2016 年 2 月枯水期在本工程涉及河段共增设了 13 个水质现状监测断面, 2016 年 6 月丰水期在本工程涉及河段共增设了 5 个监测断面。2019 年 6~7 月丰水期, 我院委托海之源环境科技(海南)有限公司开展了一期水质现状补充监测, 对本工程涉及河段增设了 32 个监测断面, 以全面了解工程涉及河段的水质现状。其中补充监测断面附近有常规水质资料的以常规水质监测成果为准, 不予重复评价。补充监测水质断面布置见附图 4-9 和附图 4-10, 各断面位置信息见表 4.5-1。

迈湾水利枢纽地表水水质监测断面一览表

表 4.8-3

水系	河流	断面名称	位置描述	地理位置		监测因子	监测数据及频率
				东经	北纬		
干流	南渡江	松涛水库库尾 1	松涛水库库尾 1	109°29'08.75"	19°14'54.30"	地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS、叶绿素 a、透明度，共 27 项	2019 年 6~7 月监测 1 期，连续监测 3 天
		松涛水库库尾 2	松涛水库库尾 2	109°32'20.22"	19°13'44.01"		
		松涛水库南丰取水口	松涛水库南丰取水口处	109°33'59.90"	19°24'13.76"		
		松涛水库库中	松涛水库库中	109°36'04.28"	19°19'43.18"		
		松涛坝前	松涛水库坝前	109°40'59.86"	19°19'44.56"		
		加渥河汇口	加渥河汇口下游 1km 处	109°54'35.47"	19°23'35.52"		
		九龙滩水电站	九龙滩水电站坝址处上游附近	109°57'50.88"	19°36'24.67"		
		金江水电站	金江水电站坝址处上游附近	110°01'31.49"	19°42'55.75"		
		东山水电站	东山水电站坝址	110°13'56.78"	19°44'50.34"		
		龙塘水电站	龙塘水电站坝址处上游附近	110°25'21.50"	19°52'55.51"		
	腰子河汇口	腰子河汇口下游 1km 处	109°42'23.2"	19°21'15.3"	2016 年次监测因子：地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS，共 25 项；2019 年次监测因子：地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS、叶绿素 a、透明度，共 27 项	2016 年 2 月监测 1 期，连续监测 3 天；2019 年 6~7 月监测 1 期，连续监测 3 天	
	番企河汇口	番企河汇口下游 1km 处	109°43'27.1"	19°24'22.3"			
	中坤河汇口	中坤河汇口下游 1km 处	109°47'42.5"	19°22'53.9"			
	番坡河汇口	番坡河汇口下游 1km 处	109°51'36.2"	19°24'56.3"			
	南坤河汇口	南坤河汇口下游 1km 处	109°54'00.2"	19°23'06.0"			
	迈湾	迈湾水利枢纽坝址处	109°55'01.9"	19°25'42.4"			
	谷石滩	谷石滩坝址处上游附近	109°58'17.9"	19°31'40.4"			

支流	腰子河	阳江	南利河汇入口下游约 1km	109°45'04.6"	19°17'38.6"	地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS, 共 25 项	2016年2月和6月各监测1期, 连续监测3天; 2019年6~7月监测1期, 连续监测3天
	番企河	番企河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°42'35.5"	19°24'02.4"		2016年2月监测1期(其中南坤河6月还监测了1期), 连续监测3天; 2019年6~7月监测1期, 连续监测3天
	中坤河	中坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°47'46.1"	19°22'10.2"		
	番坡河	番坡河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°51'15.9"	19°25'27.2"		
	南坤河	南坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°53'16.6"	19°22'27.0"		
	加握河	加握河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°55'07.9"	19°23'16.2"		
	西昌水	西昌水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°58'21.08"	19°32'31.33"	地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS、叶绿素 a、透明度, 共 27 项	
	绿现水	绿现水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°57'32.49"	19°34'35.95"		
	大塘水	大塘水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	109°58'51.00"	19°42'38.62"		
	海仔河	海仔河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	110°02'46.62"	19°43'24.29"		
	汶安河	汶安河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	110°09'35.13"	19°45'02.77"		
	龙州河	龙州河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	110°16'52.36"	19°41'53.93"		
	巡崖河	巡崖河支流	定安县卜曾村附近	110° 23' 40"	19° 42' 10"	地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS, 共 25 项	2016年6月监测1期, 连续监测3天; 2019年6~7月监测1期, 连续监测3天
	铁炉溪	铁炉溪支流	汇入南渡江口以上 1km 处	110°23'29.28"	19°45'19.53"	地表水环境质量标准基本项目 24 项及 SS、叶绿素 a、透明度, 共 27 项	2019年6~7月监测1期, 连续监测3天
	三十六曲	三十六曲支流	汇入南渡江口以上 1km 处	110°25'13.12"	19°50'37.73"		

注：表中断面顺序依次为干流从上游至下游，支流从汇入口往上游。

② 监测因子、数据和频率

各水质监测断面的监测因子、数据和频率情况见表 4.8-1，各补充监测断面水质监测成果详见附表 2。

③ 流域水质现状评价因子及方法

南渡江流域水质现状评价主要依据《地表水环境质量评价办法(试行)》(2011 年 3 月)进行综合评价(含断面水质评价和流域水系评价)，各监测断面采用单因子评价法。

A 断面水质评价方法

河流断面水质评价采用单因子评价法，即根据评价时段内该断面参评的指标中类别最高的一项来确定。具体参见常规监测断面的断面水质评价方法。

B 河流(流域)水质综合评价方法

当河流(流域)的断面总数少于 5 个时，计算河流所有断面各评价指标浓度算术平均值，然后按照“断面水质评价”方法评价；当河流(流域)的断面总数在 5 个以上时，采用断面水质类别比例法，即根据评价河流、流域(水系)中各水质类别断面数占河流(流域)所有评价断面总数百分比来评价其水质状况。具体参见常规监测断面的河流(流域)水质综合评价方法。

C 富营养化评价方法

湖泊营养状态评价标准及分级方法见表 4.8-4。

湖泊(水库)营养状态评价标准及分级方法

表 4.8-4

营养状态分级 (EI=营养状态指数)		评价项目赋值 (En)	总磷 (mg/l)	总氮 (mg/l)	叶绿素 a (mg/l)	高锰酸盐指数 (mg/l)	透明度 (m)
贫营养 (0≤EI≤20)		10.000	0.001	0.020	0.001	0.150	10.000
		20.000	0.004	0.050	0.001	0.400	5.000
中营养 (20≤EI≤50)		30.000	0.010	0.100	0.002	1.000	3.000
		40.000	0.025	0.300	0.004	2.000	1.500
		50.000	0.050	0.500	0.010	4.000	1.000
富营养	轻度富营养 (50<EI≤60)	60.000	0.100	1.000	0.026	8.000	0.500
	中度富营养 (60<EI≤80)	70.000	0.200	2.000	0.064	10.000	0.400
		80.000	0.600	6.000	0.160	25.000	0.300
	重度富营养 (80<EI≤100)	90.000	0.900	9.000	0.400	40.000	0.200
		100.000	1.300	16.000	1.000	60.000	0.120

湖库营养状态评价采用指数法，根据表采用指数法进行营养状态评价的具体步骤为：① 采用线性插值法将水质项目浓度值转换为赋值；② 按公式(2.2-7)计算营养状

态指数(EI); ③ 参照表 2.2-2, 根据营养状态指数确定营养状态分级。

④ 水质现状评价

A 断面水质现状评价

根据单因子评价法计算得到南渡江流域干支流上各水质监测断面的评价指数, 见表 4.8-5~表 4.8-9, 南渡江流域各监测断面水质达标情况见表 4.8-10~表 4.8-11, 断面水质定性评价情况见表 4.8-12。

松涛坝址以下干支流河段水质补充监测断面枯水期 2016 年 2 月地表水水质评价指数统计结果一览表

表 4.8-5

序号	断面名称	pH	DO	COD _{Mn}	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Cu	Zn	F ⁻	Se	As	Hg	Cd	Cr ⁶⁺	Pb	CN ⁻	Ar-OH	石油类	LAS	S ²⁻	粪大肠菌群	
1	干流	腰子河汇口	0.35	0.78	0.65	0.73	0.39	0.06	0.43	0.001	0.05	0.17	0.03	0.01	0.61	0.08	0.14	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	1.05
2		番企河汇口	0.35	0.89	0.95	0.67	0.36	0.18	0.90	0.001	0.05	0.19	0.03	0.01	0.46	0.04	0.08	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	2.40
3		中坤河汇口	0.40	0.75	0.65	0.67	0.42	0.06	0.60	0.001	0.05	0.22	0.03	0.01	0.46	0.02	0.10	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	0.65
4		番坡河汇口	0.45	0.86	0.60	0.78	0.43	0.05	0.47	0.001	0.05	0.20	0.03	0.01	0.28	0.08	0.08	0.10	0.08	0.15	0.80	0.25	0.05	1.40
5		南坤河汇口	0.42	1.24	0.90	1.20	0.68	0.05	0.83	0.001	0.05	0.20	0.03	0.01	0.31	0.10	0.10	0.10	0.08	0.15	0.80	0.25	0.05	1.75
6		迈湾坝址	0.41	1.00	0.83	1.09	0.61	0.05	0.77	0.001	0.05	0.21	0.03	0.01	0.27	0.12	0.14	0.10	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.27
7		谷石滩坝址	0.39	0.99	0.83	0.98	0.59	0.06	0.70	0.001	0.05	0.20	0.03	0.01	0.24	0.04	0.10	0.10	0.08	0.15	0.40	0.25	0.05	1.25
8	支流	腰子河	0.40	1.02	0.60	1.02	0.57	0.05	0.53	0.001	0.05	0.18	0.03	0.01	0.23	0.08	0.12	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	1.40
9		番企河	0.71	0.90	0.60	0.87	0.49	0.05	0.37	0.001	0.05	0.63	0.03	0.01	0.27	0.18	0.08	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	1.68
10		中坤河	0.70	0.92	0.80	0.87	0.50	0.06	0.50	0.001	0.05	0.17	0.03	0.01	0.27	0.08	0.08	0.10	0.08	0.15	0.80	0.25	0.05	2.40
11		番坡河	0.56	0.78	0.58	0.98	0.53	0.05	0.47	0.001	0.05	0.20	0.03	0.01	0.27	0.16	0.10	0.10	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	1.30
12		南坤河	0.26	2.23	1.83	1.27	0.83	1.53	2.90	0.001	0.05	0.18	0.03	0.01	0.64	0.16	0.10	0.10	0.08	2.30	1.00	0.45	0.05	7.50
13		加握河	0.33	1.86	0.83	1.24	0.72	0.06	1.03	0.001	0.05	0.18	0.03	0.01	0.64	0.16	0.10	0.10	0.08	0.25	1.00	0.30	0.05	1.48

注：加粗表示超标；低于检出限的按检出限取值，河流不进行总氮评价。

松涛坝址至九龙滩坝址河段水质委托监测断面 2016 年 6 月地表水水质评价指数统计结果一览表

表 4.8-6

序号	断面名称		pH	DO	COD _{Mn}	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Cu	Zn	F ⁻	Se	As	Hg	Cd	Cr ⁶⁺	Pb	CN ⁻	Ar-OH	石油类	LAS	S ²⁻	粪大肠菌群
1	干流	迈湾坝址	0.11	1.29	1.51	1.69	1.54	1.32	0.60	0.01	0.05	0.25	0.03	0.01	0.53	0.02	0.10	0.10	0.08	0.15	0.93	0.33	0.20	1.70
2		谷石滩坝址	0.08	0.77	1.14	1.11	0.74	0.63	0.10	0.01	0.05	0.24	0.03	0.01	0.20	0.02	0.08	0.10	0.08	0.15	0.67	0.73	0.07	1.12
3	支流	腰子河	0.12	0.86	0.92	1.20	0.73	0.14	0.10	0.001	0.05	0.24	0.03	0.03	0.32	0.02	0.08	0.10	0.08	0.15	0.67	0.50	0.16	0.90
4		南坤河	0.01	1.10	1.59	1.38	1.01	0.84	1.93	0.001	0.05	0.19	0.03	0.02	0.33	0.02	0.08	0.10	0.08	0.15	0.20	0.80	0.34	1.10
5		巡崖河	0.22	0.69	0.80	0.67	0.34	0.33	0.43	0.001	0.05	0.18	0.03	0.01	0.48	0.02	0.08	0.10	0.08	0.15	0.40	0.25	0.36	0.43

注：加粗表示超标；低于检出限的按检出限取值，河流不进行总氮评价。

松涛水库富营养状态评价表

表 4.8-7

时间	断面	总磷(mg/L)	总氮(mg/L)	叶绿素 a(mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	透明度 (m)	综合分	营养评价
2019.6~2019.7	松涛水库库尾 1	0.010	0.303	0.002	1.600	0.88	31.633	中营养
	松涛水库库尾 2	0.043	0.707	0.002	1.800	0.70	41.893	中营养
	松涛水库南丰取水口	0.053	0.717	0.003	2.300	0.60	57.708	轻度营养化
	松涛水库库中	0.010	0.303	0.002	1.300	0.90	30.633	中营养
	松涛坝前	0.010	0.133	0.002	1.200	1.04	34.573	中营养
	谷石滩水电站坝前	0.133	2.780	0.099	8.300	0.30	70.086	中度富营养
	九龙滩水电站坝前	0.093	2.890	0.151	7.200	0.48	65.857	中度富营养
	金江水电站坝前	0.167	1.040	0.104	5.600	0.30	67.020	中度富营养
	东山水电站坝址	0.123	1.130	0.002	3.600	0.19	56.843	轻度富营养
龙塘水电站坝前	0.143	0.903	0.004	3.800	0.42	53.769	轻度富营养	

本工程涉及南渡江干流河段水质补充监测断面枯水期 2019 年 6~7 月地表水水质评价指数统计结果一览表

表 4.8-8

序号	断面名称	pH	DO	COD _{Mn}	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Cu	Zn	F ⁻	Se	As	Hg	Cd	Cr ⁶⁺	Pb	CN ⁻	Ar-OH	石油类	LAS	S ²⁻	粪大肠菌群
1	松涛水库库尾 1	0.04	0.43	0.45	0.87	0.78	0.26	0.43	0.01	0.05	0.10	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.09
2	松涛水库库尾 2	0.14	0.84	0.58	0.80	0.67	0.41	0.53	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.53
3	松涛水库南丰取水口	0.26	0.20	0.33	0.51	0.18	0.07	0.10	0.01	0.05	0.06	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.70
4	松涛水库库中	0.26	0.51	0.40	0.53	0.36	0.10	0.10	0.01	0.05	0.07	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.07
5	松涛坝前	0.31	0.34	0.30	0.49	0.22	0.08	0.10	0.01	0.05	0.06	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.39
6	九龙滩水电站	0.45	0.57	1.80	1.27	1.71	0.29	0.93	0.01	0.05	0.07	0.04	0.02	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.08
7	金江水电站	0.49	0.04	1.40	1.60	1.87	0.79	1.67	0.01	0.05	0.09	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.02
8	东山水电站	0.05	0.69	0.90	0.53	0.84	1.04	1.23	0.01	0.05	0.13	0.04	0.00	0.80	0.10	0.54	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.15
9	干流 龙塘水电站	0.24	0.92	0.95	0.78	0.78	1.05	1.43	0.01	0.05	0.10	0.04	0.00	0.80	0.10	0.48	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.18
10	腰子河汇口	0.39	0.75	0.85	0.56	0.38	0.52	0.53	0.01	0.05	0.09	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.40	0.05	0.02
11	番企河汇口	0.29	0.56	0.70	0.49	0.21	0.34	0.53	0.01	0.05	0.10	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.50	0.05	0.57
12	中坤河汇口	0.37	0.55	0.65	0.42	0.26	0.51	0.70	0.01	0.05	0.07	0.04	0.00	0.80	0.10	0.22	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.35
13	番坡河汇口	0.24	0.64	0.73	0.51	0.29	0.24	0.87	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.31
14	南坤河汇口	0.26	1.20	1.45	0.67	0.28	0.85	0.83	0.01	0.05	0.07	0.04	0.00	0.80	0.10	0.12	0.25	0.08	0.20	0.20	0.25	0.05	0.03
15	加渥河汇口	0.22	1.40	1.28	0.71	0.27	0.57	1.23	0.01	0.05	0.06	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.14
16	迈湾坝址	0.18	0.99	1.43	0.51	0.32	0.55	1.23	0.01	0.05	0.05	0.04	0.00	0.80	0.10	0.60	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.63
17	谷石滩坝址	0.61	0.64	2.08	1.42	1.87	0.85	1.33	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	1.40	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.02

注：加粗表示超标；低于检出限的按检出限取值，河流不进行总氮评价。

本工程涉及南渡江支流河段水质补充监测断面枯水期 2019 年 6~7 月地表水水质评价指数统计结果一览表

续表 4.8-9

序号	断面名称	pH	DO	COD _{Mn}	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	Cu	Zn	F	Se	As	Hg	Cd	Cr ⁶⁺	Pb	CN ⁻	Ar-OH	石油类	LAS	S ²⁻	粪大肠菌群
18	腰子河	0.38	0.74	0.73	0.69	0.29	0.52	0.53	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.40	0.05	0.04
19	番企河	0.43	0.59	0.75	0.56	0.31	0.19	0.97	0.01	0.05	0.19	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.13
20	中坤河	0.43	1.36	0.83	0.60	0.32	0.29	0.80	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.13
21	番坡河	0.35	0.95	0.75	0.47	0.28	0.61	0.40	0.01	0.05	0.06	0.04	0.00	0.80	0.10	0.20	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.13
22	南坤河	0.22	0.93	1.60	0.69	0.40	0.57	1.20	0.01	0.05	0.05	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.46
23	加渥河	0.15	2.70	1.53	0.71	0.26	0.47	1.23	0.01	0.05	0.05	0.04	0.00	0.80	0.10	0.62	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.33
24	西昌水支流	0.34	3.65	1.45	0.73	1.30	0.99	0.77	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	2.52
25	支流 绿现水支流	0.65	1.95	0.75	0.76	0.80	0.85	0.63	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.20	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.28
26	大塘水支流	0.36	1.90	0.70	0.56	0.68	0.82	1.00	0.01	0.05	0.07	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	2.22
27	海仔河支流	0.11	1.55	1.43	0.69	0.42	0.93	1.10	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	2.67
28	汶安河支流	0.29	1.55	0.85	0.53	0.49	0.41	1.53	0.01	0.05	0.08	0.04	0.00	0.80	0.10	0.26	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.20
29	龙州河支流	0.09	1.17	1.13	0.71	0.82	0.75	1.40	0.01	0.05	0.13	0.04	0.00	0.80	0.10	0.42	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	1.57
30	巡崖河支流	0.17	2.45	2.05	1.29	0.96	1.77	2.23	0.01	0.05	0.13	0.04	0.00	0.80	0.10	0.48	0.25	0.08	0.15	0.60	0.25	0.05	1.27
31	铁炉溪支流	0.11	2.74	1.28	0.73	0.77	0.63	0.72	0.01	0.05	0.12	0.04	0.00	0.80	0.10	0.08	0.25	0.08	0.15	0.80	0.25	0.05	0.02
32	三十六曲支流	0.12	1.75	1.13	0.58	0.60	0.76	0.97	0.01	0.05	0.10	0.04	0.00	0.80	0.10	0.26	0.25	0.08	0.15	0.20	0.25	0.05	0.07

注：加粗表示超标；低于检出限的按检出限取值，河流不进行总氮评价。

南渡江流域各地表水水质监测断面 2016 年达标情况一览表

表 4.8-10

水系	河流	断面名称	位置描述	监测断面类型及频次	水质目标	水质达标评价	
						达标评价	主要超标项目
干流	南渡江	腰子河汇口	腰子河汇口下游 1km 处	补充监测断面, 2016 年 2 月监测 1 期	II	达标	
		番企河汇口	番企河汇口下游 1km 处		II	达标	
		中坤河汇口	中坤河汇口下游 1km 处		II	达标	
		番坡河汇口	番坡河汇口下游 1km 处		II	达标	
		南坤河汇口	南坤河汇口下游 1km 处		II	不达标	DO(0.24)、COD(0.20)
		迈湾	迈湾水利枢纽坝址处	补充监测断面, 2016 年 2 月和 6 月共 2 期	II	不达标	DO(0.29、50%)、高锰酸指数(0.51、50%)、COD(0.69、100%)、BOD ₅ (0.54、50%)、氨氮(0.32、50%)
	谷石滩	谷石滩坝址处上游附近	II		不达标	高锰酸指数(0.14、50%)、COD(0.11、50%)	
支流	腰子河	腰子河支流	南利河汇入口下游约 1km	补充监测断面, 2016 年 2 月和 6 月共 2 期	II	不达标	DO(0.02、50%)、COD(0.20、100%)
	番企河	番企河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	补充监测断面, 2016 年 2 月监测 1 期	II	达标	
	中坤河	中坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处		II	达标	
	番坡河	番坡河支流	汇入南渡江口以上 1km 处		II	达标	
	南坤河	南坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	补充监测断面, 2016 年 2 月和 6 月共 2 期	II	不达标	DO(1.23、100%)、高锰酸指数(0.83、100%)、COD(0.38、100%)、BOD ₅ (0.01、50%)、氨氮(0.53、50%)、总磷(1.90、100%)
	加握河	加握河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	补充监测断面, 2016 年 2 月监测 1 期	II	不达标	DO(0.86)、COD(0.24)、总磷(0.03)
	巡崖河	巡崖河支流	定安县卜曾村附近	补充监测断面, 2016 年 6 月监测 1 期	II	达标	

注：1、本表达标情况参考《地表水环境质量评价办法（试行）》（2011 年 3 月）提出的除水温、总氮和粪大肠菌群以外的 21 项指标确定；
2、单次监测断面超标因子括号内为超标倍数，多次监测断面超标因子括号内分别为最大超标倍数、超标率。

南渡江流域各地表水水质监测断面 2019 年达标情况一览表

表 4.8-11

水系	河流	断面名称	位置描述	水质目标	水质达标评价	
					达标评价	主要超标项目
干流	南渡江	松涛水库库尾 1	松涛水库库尾 1	II	达标	
		松涛水库库尾 2	松涛水库库尾 2	II	达标	
		松涛水库南丰取水口	松涛水库南丰取水口处	II	达标	
		松涛水库库中	松涛水库库中	II	达标	
		松涛坝前	松涛水库坝前	II	达标	
		加渥河汇口	加渥河汇口下游 1km 处	II	不达标	DO(0.60、100.0%)、总磷(0.40、66.6%)
		九龙滩水电站	九龙滩水电站坝址处上游附近	II	不达标	COD(0.60、100.0%)、BOD ₅ (0.87、100.0%)、总磷(0.20、33.3%)
		金江水电站	金江水电站坝址处上游附近	II	不达标	COD(1.00、100.0%)、BOD ₅ (1.00、100.0%)、氨氮(0.08、33.3%)、总磷(0.90、100.0%)
		东山水电站	东山水电站坝址	II	不达标	氨氮(0.22、66.6%)、总磷(0.60、66.6%)
		龙塘水电站	龙塘水电站坝址处上游附近	II	不达标	氨氮(0.24、66.6%)、总磷(0.70、100.0%)
		腰子河汇口	腰子河汇口下游 1km 处	II	达标	
		番企河汇口	番企河汇口下游 1km 处	II	达标	
		中坤河汇口	中坤河汇口下游 1km 处	II	达标	
		番坡河汇口	番坡河汇口下游 1km 处	II	不达标	总磷(0.60、33.3%)
		南坤河汇口	南坤河汇口下游 1km 处	II	不达标	DO(0.30、66.6%)
			迈湾	迈湾水利枢纽坝址处	II	不达标
	谷石滩	谷石滩坝址处上游附近	II	不达标	COD(0.67、100%)、BOD ₅ (1.00、100%)、总磷(0.50、100.0%)	
支流	腰子河	腰子河支流	南利河汇入口下游约 1km	II	达标	
	番企河	番企河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	达标	
	中坤河	中坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(0.30、33.3%)
	番坡河	番坡河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(0.90、66.6%)、总磷(0.20、33.3%)
	南坤河	南坤河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	总磷(0.20、100%)

加握河	加握河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.80、100.0%)、总磷(0.30、100.0%)
西昌水	西昌水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(3.00、100.0%)、COD(0.27、33.3%)、BOD ₅ (1.10、66.6%)、总磷(0.10、33.3%)
绿现水	绿现水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.05、100.0%)
大塘水	大塘水支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.50、100.0%)、总磷(0.20、33.3%)
海仔河	海仔河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.35、66.6%)、氨氮(0.24、33.3%)、总磷(0.30、66.6%)
汶安河	汶安河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.20、66.6%)、总磷(0.70、33.3%)
龙州河	龙州河支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(0.45、66.6%)、总磷(0.40、100.0%)
巡崖河	巡崖河支流	定安县卜曾村附近	II	不达标	DO(1.95、100.0%)、COD(0.47、100.0%)、BOD ₅ (0.03、33.3%)、氨氮(1.34、100.0%)、总磷(1.70、100.0%)
铁炉溪	铁炉溪支流	汇入南渡江口以上 1km 处	III	不达标	DO(2.16、100.0%)
三十六曲	三十六曲支流	汇入南渡江口以上 1km 处	II	不达标	DO(1.20、100.0%)、总磷(0.20、33.3%)

注：1、本表达标情况参考《地表水环境质量评价办法（试行）》（2011年3月）提出的除水温、总氮和粪大肠菌群以外的21项指标确定；
 2、单次监测断面超标因子括号内为超标倍数，多次监测断面超标因子括号内分别为最大超标倍数、超标率。

南渡江 2019 年水质状况定性评价结果一览表

表 4.8-12

水系	河流	断面名称	位置描述	水质类别	水质状况
干流	南渡江	松涛水库库尾 1	松涛水库库尾 1	II 类水质	I~III 类比例 68%，无劣 V 类，水质状况为轻度污染。
		松涛水库库尾 2	松涛水库库尾 2	II 类水质	
		松涛水库南丰取水口	松涛水库南丰取水口处	II 类水质	
		松涛水库库中	松涛水库库中	II 类水质	
		松涛坝前	松涛水库坝前	II 类水质	
		腰子河汇口	腰子河汇口下游 1km 处	II 类水质	
		番企河汇口	番企河汇口下游 1km 处	II 类水质	
		中坤河汇口	中坤河汇口下游 1km 处	II 类水质	
		番坡河汇口	番坡河汇口下游 1km 处	II 类水质	
		南坤河汇口	南坤河汇口下游 1km 处	III 类水质	
		加渥河汇口	加渥河汇口下游 1km 处	IV 类水质	
		九龙滩水电站	九龙滩水电站坝址处上游附近	IV 类水质	
		金江水电站	金江水电站坝址处上游附近	IV 类水质	
		东山水电站	东山水电站坝址	II 类水质	
		龙塘水电站	龙塘水电站坝址处上游附近	II 类水质	
		迈湾	迈湾水利枢纽坝址处	IV 类水质	
		谷石滩	谷石滩坝址处上游附近	III 类水质	
		九龙	九龙电站出水口	III 类水质	
		金江	澄迈县金江镇	III 类水质	
		永发	永发镇南渡江大桥	IV 类水质	
		定安	定安县定城镇	IV 类水质	
西江	美仁坡乡椰子头村	III 类水质			
龙塘	海口市龙塘镇	III 类水质			
南渡江大桥	海口市南渡江大桥	IV 类水质			
流水坡(儒房)	流水坡南渡江河堤下	IV 类水质			

统计结果表明，2016 年，松涛坝址以下南渡江干流 15 个水质监测断面中(8 个常规水质监测断面和 7 个委托监测断面)，达标断面有 5 个，占总数的 33.33%，超标断面有 10 个，占总数的 66.67%。南坤河汇入口以上南渡江干流河段水质均达标，水质较好。南坤河汇入口以下南渡江干流河段除西江断面(执行 III 类标准)外均出现不同程度的超标现象，超标因子有 DO、高锰酸指数、COD、氨氮、总磷等。其中南坤河汇口至九龙断面南渡江干流出现超标现象主要是受水质较差的南坤河和加握河支流汇入所致，但各超标因子的超标倍数均较小，氨氮最大超标倍数为 0.48，高锰酸指数最大超标倍数为 0.51，该河段基本能达到 III 类水质标准；大塘河汇入口以下干流河段两岸分布澄迈县城、瑞溪

镇、永发镇、东山镇、定安县城、新坡镇、海口市等多个城镇和沿线村庄，根据污染源调查结果，该河段还分布有多个工业企业，此外，区间汇入的大塘河和龙州河支流水质现状超标较为严重，未经处理或者处理不到位的入河污染源较多，故大塘河汇入口以下干流河段水质存在超标现象，但各断面超标率均小于 10%，36 期统计数据中超标次数均不超过 3 次，超标因子最大超标倍数总体较小，该河段水质总体较好。

松涛坝址以下南渡江主要支流共布设 13 个断面(6 个常规水质监测断面和 7 个委托监测断面)，达标断面 4 个，占总数的 30.77%；超标断面 9 个，占总数的 69.23%。番企河、中坤河、番坡河水质达标，水质较好。其余各主要支流大塘河、龙州河、腰子河、南坤河、加握河均存在不同程度的超标现象，超标因子包括 DO、高锰酸指数、COD、氨氮、总磷等，其中腰子河和加握河 DO、COD 等个别指标超标，超标倍数也较小，水质也均能达到 III 类水质；大塘河、龙州河、南坤河水质超标较为严重，DO、高锰酸指数、COD、氨氮、总磷等指标均存在超标现象，氨氮和总磷超标最为明显，大塘河和岭断面氨氮最大超标倍数为 5.22 倍，总磷最大超标倍数为 4.40 倍，龙州河鹿寨断面氨氮最大超标倍数为 8.37 倍，总磷最大超标倍数为 17.5 倍。分析认为以上支流均流经多个集镇和村庄，根据污染调查结果，超标与周边农村和集镇生活污水未经处理直接排放有关。

根据 2019 年 6~7 月监测结果，松涛库尾以下南渡江干流 17 个补充监测水质监测断面中，达标断面有 11 个，占总数的 64.71%，超标断面有 6 个，占总数的 35.29%。南坤河汇入口以上南渡江干流河段水质均达标，水质较好。南坤河汇入口以下南渡江干流河段除东山水电站、龙塘水电站断面(执行 II 类标准)外均出现不同程度的超标现象，超标因子有 DO、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、氨氮、总磷等。其中南坤河汇口至九龙断面南渡江干流出现超标现象主要是受水质较差的南坤河和加握河支流汇入所致，其中，DO 最大超标倍数为 1.80，总磷最大超标倍数为 0.30，该河段基本能达到 III 类水质标准。

松涛坝址以下南渡江主要支流共布设 15 个补充监测水质断面，达标断面 2 个，占总数的 13.33%；超标断面 13 个，占总数的 86.67%。腰子河、番企河水质达标，水质较好。其余各主要支流中坤河、番坡河、南坤河、加握河、西昌水、绿现河、大塘水、海仔河、汶安河、龙州河、巡崖河、铁炉溪、三十六曲等均存在不同程度的超标现象，超标因子包括 DO、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、氨氮、总磷等，其中中坤河、绿现河、大塘水、海仔河、汶安河、龙州河、三十六曲仅个别指标超标，超标倍数也较小，水质均能达到 III 类水质；番坡河、南坤河、加握河、西昌水、巡崖河、铁炉溪水水质超标较为

严重，DO、高锰酸盐指数、COD、BOD₅、氨氮、总磷等指标均存在超标现象，DO、BOD₅、氨氮和总磷超标最为明显，DO最大超标倍数为3.00倍，BOD₅最大超标倍数为1.10倍，氨氮最大超标倍数为1.34倍，总磷最大超标倍数为1.70倍。分析认为以上支流均流经多个集镇和村庄，根据污染调查结果，超标与周边农村和集镇生活污水未经处理直接排放有关。

4.8.1.2 地下水环境

为了解工程所在区域地下水环境质量现状，我院委托海之源环境科技（海南）有限公司于2019年6~7月对工程主坝施工区（坝址左岸、右岸）和黄岭副坝施工区的砂石料加工系统场地区各设至了1处地下水监测点位，监测因子包括地下水监测常规监测因子。

(2) 采样时间、频率及分析方法

海之源环境科技（海南）有限公司于2019年7月中旬进行了1期监测，各采样点监测1天，每天上午、下午各采样1次。分析方法按GB5750《生活饮用水标准检验方法》中有关规定进行。

(3) 监测项目

监测项目按照《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)规定的基本项目并根据本工程特点确定。2019年7月中旬一期监测项目包括：pH、高锰酸盐指数、溶解性总固体、总硬度、硫酸盐、氯化物、铁、锰、锌、硝酸盐、亚硝酸盐、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻等19项。

(4) 监测结果

监测单位对主坝施工区(大坝左岸DX1、大坝右岸DX2)和黄岭副坝施工区的砂石料加工系统场地(DX3)的地下水监测点位分上午和下午各采样1次，监测结果见表4.5-13。采用极值法选出较差的监测数据，用单因子指数法进行分析，分析结果见表4.5-14。

从单因子指数分析结果可知，工程区域的地下水水质均满足III类水水质要求。

地下水监测结果

表 4.8-13

单位：mg/L

检测项目	地下水监测点位					
	DX1		DX2		DX3	
	7月13日第一次	7月13日第二次	7月13日第一次	7月13日第二次	7月13日第一次	7月13日第二次
pH值	6.61	6.52	7.13	7.21	7.33	7.35
硝酸盐氮	0.46	0.45	0.56	0.53	0.49	0.35

亚硝酸盐氮	0.003L	0.003L	0.005	0.006	0.003L	0.003L
耗氧量	0.32	0.36	0.48	0.54	0.38	0.4
Ca ²⁺	16	15.8	45.4	45.9	15.9	16.2
Mg ²⁺	9.68	9.72	10	10	9.35	9.42
总硬度	87.1	85.7	167	169	80.9	84.6
溶解性总固体	292	272	524	536	192	180
铁	0.15	0.15	0.03L	0.03L	0.03L	0.03L
锰	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
锌	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L	0.05L
K ⁺	2.92	2.93	73.8	74.4	3.34	3.32
Na ⁺	35.1	33.5	89.2	84.9	37.1	35.9
氯化物	22	25	132	144	26	26
Cl ⁻	19.5	20.5	108	133	21.4	25.2
硫酸盐	5	4	62	80	4	4
SO ₄ ²⁻	2.22	1.9	51	74.4	2.46	2.13
CO ₃ ²⁻	5L	5L	5L	5L	5L	5L
HCO ₃ ⁻	193	190	136	132	199	195

地下水监测单因子分析结果一览表

表 4.8-14

单位: mg/L

指标	地下水监测点位					
	DX1		DX2		DX3	
	7月13日 第一次	7月13日 第二次	7月13日 第一次	7月13日 第二次	7月13日 第一次	7月13日 第二次
pH	0.78	0.96	0.09	0.14	0.22	0.23
硝酸盐氮	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
亚硝酸盐氮	/	/	0.01	0.01	/	/
耗氧量	0.11	0.12	0.16	0.18	0.13	0.13
总硬度	0.19	0.19	0.37	0.38	0.18	0.19
溶解性总固体	0.29	0.27	0.52	0.54	0.19	0.18
铁	0.50	0.50	/	/	/	/
锰	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
锌	/	/	/	/	/	/
氯化物	0.09	0.10	0.53	0.58	0.10	0.10
硫酸盐	0.02	0.02	0.25	0.32	0.02	0.02

注：“/”表示低于检出限。

4.8.1.3 环境空气

(1) 常规监测数据现状评价

根据《海南省环境空气质量月报》(2019年6月份),2019年6月,按《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及修改单评价,全省空气质量总体优良,优良天数比例为

100%。其中优级天数比例为 99.6%，良级天数比例为 0.4%，无轻度污染、中度污染和重度污染天。与去年同期相比，优级天数比例上升了 4.5%。

按《环境空气质量标准》(GB3095-2012)和《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ663-2013)评价,18个市县优良天数比例均为100%。其中,仅海口市受臭氧影响,出现两天良级天;其余市县优级天数比例均为100%。

与去年同期相比,海口、儋州、琼海、定安、昌江、乐东、陵水、保亭、琼中9个市县优级天数比例持平,其余市县优级天数均有不同程度上升,上升比例介于3.3%~34.5%。

综上,工程所在区域环境空气质量总体优良。

(2) 补充监测数据现状评价

为了解工程所在区域环境空气质量现状,2019年7月上旬,我院委托海之源环境科技(海南)有限公司对工程区进行了监测,共布设2个点位,为坝址附近和黄岭副坝施工区黄岭八队村。监测点位见图册附图4-9,监测结果见表4.5-15。

由监测结果可知,坝址附近和黄岭八队现状PM₁₀和NO₂监测结果均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的一级标准。

工程区环境空气监测结果及现状评价一览表

表 4.8-15

采样点位	检测项目	监测时间	检测结果 (mg/m ³)	标准值 (mg/m ³)	最大浓度 占标率/%	超标率 /%	是否 达标
坝址附近	NO ₂ (时均)	2019.7.7~ 2019.7.13	<0.005~0.005	0.2	2.5	0	达标
	NO ₂ (日均)		<0.003~0.005	0.08	6.3	0	达标
	PM ₁₀ (日均)		0.011~0.020	0.05	40.0	0	达标
黄岭副坝 施工区黄 岭八队村	NO ₂ (时均)		<0.005~0.009	0.2	4.5	0	达标
	NO ₂ (日均)		<0.003~0.006	0.08	7.5	0	达标
	PM ₁₀ (日均)		0.020~0.027	0.05	54.0	0	达标

4.8.1.4 声环境

为了解工程所在区域声环境质量现状,2019年7月上旬,我院委托海之源环境科技(海南)有限公司对工程区进行了监测,共布设2个点位,即黄岭副坝施工区北侧牛坡园村临上坝道路侧和黄岭副坝施工区黄岭八队村。监测点位见图册附图4-9,监测结果见表4.8-16。

由监测结果可知,黄岭副坝施工区北侧牛坡园村临上坝道路侧和副坝施工区北侧黄岭八队现状声环境质量均符合《声环境质量标准》(GB3096-2008)1类标准。

声环境现状监测成果一览表

表 4.8-16 单位: dB(A)

监测点位	监测日期	监测时段	监测结果	1 类标准
黄岭副坝施工区 北侧牛坡园村临 上坝道路侧	2019-7-8	昼间	51.2	55
		夜间	41.9	45
	2019-7-9	昼间	52.2	55
		夜间	41.8	45
	2019-7-10	昼间	51.4	55
		夜间	41.7	45
黄岭副坝施工区 南侧黄岭八队	2019-7-8	昼间	51.3	55
		夜间	41.9	45
	2019-7-9	昼间	51.5	55
		夜间	42.1	45
	2019-7-10	昼间	52.1	55
		夜间	41.9	45

4.8.1.5 土壤环境

为了解工程所在区域土壤环境质量现状, 我院委托海之源环境科技(海南)有限公司于 2019 年 7 月中旬对工程区进行了监测, 共布设 7 个土壤监测点, 其中占地范围内 3 个表层样, 占地范围外 4 个表层样, 均为表层样点。占地范围内点位包括: 坝址 TR1、黄岭八队农用地 TR2、库区支流南坤河汇口附近农用地 TR3。占地范围外点位包括: 坝下谷石滩坝址左岸农用地 TR4、坝下谷石滩坝址右岸农用地 TR5、库尾松涛村农用地 TR6 和库尾番企村建设用地 TR7。

占地范围内所有监测点位和占地范围外建设用地(即坝址、黄岭八队农用地、库区支流南坤河汇口附近农用地和库尾番企村建设用地)监测《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中的 45 个基本项目, 监测结果见表 4.5-21。占地范围外的农用地监测点(即坝下谷石滩坝址左岸农用地、坝下谷石滩坝址右岸农用地、库尾松涛村农用地)监测《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)中的 8 个基本项目, 监测结果见表 4.5-22。监测点位见图册附图 4-9。

(1) 土壤理化特性

迈湾水利枢纽的土壤理化特性见表 4.8-17。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的土壤盐化分级标准, 工程占地范围内的 3 个监测点的土壤含盐量均小于 1, 土壤未盐化。工程占地范围外所有土壤监测点含盐量均小于 1, 土壤未盐化。

工程占地范围内土壤 pH 值为 4.65~5，根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的土壤酸化、碱化分级标准，土壤属于轻度酸化级别。工程占地范围外土壤 pH 值为 3.81~5.01，土壤属于轻度酸化~重度酸化。

因此，工程所在区监测点土壤均未盐化。工程占地区范围内土壤轻度酸化，占地区外土壤轻度~重度酸化。工程区周围工业企业非常少，土壤酸化并非环境污染导致，而是由于工程区土壤以砖红壤为主，本底 pH 值就偏酸性。

迈湾水利枢纽土壤理化特性表

表 4.8-17

检测项目	单位	检测结果							
		占地范围内			占地范围外				
		TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6	TR7	
pH 值	——	5	4.88	4.65	4.09	3.81	4.54	5.01	
机械组成(苏联制)	<0.01mm	%	28.71	28.66	31.42	35.15	34.66	29.54	29.62
	质地	——	壤土	壤土	壤土	壤土	壤土	壤土	壤土
	质地名称	——	轻壤土	轻壤土	中壤土	中壤土	中壤土	轻壤土	轻壤土
渗滤率(渗滤系数、饱和导水率)	mm/min	1.89	2.14	1.76	2.26	2.32	1.76	1.64	
土壤容重	g/cm ³	1.23	1.38	1.34	1.35	1.3	1.26	1.31	
阳离子交换量	cmol(+)/kg	1.2	1.6	1.3	1.4	1.2	1.4	3.5	
氧化还原电位	mV	347	332	370	303	330	313	337	
总孔隙度	体积%	57	58	54	56	59	51	53	
含盐量	g/kg	0.13	0.69	0.07	0.21	0.07	0.15	0.29	

(2) 土壤环境质量现状

① 现状监测结果

工程区范围内的坝址 TR1、黄岭八队农用地 TR2、库区支流南坤河汇口附近农用地 TR3 和工程区范围外的库尾番企村建设用地 TR7，监测了《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)中的 45 个基本项目，监测结果见表 4.5-10(a)。

土壤环境现状监测成果一览表 1

表 4.8-18

检测项目	单位	TR1	TR2	TR3	TR7	最小值	最大值	均值	检出率/%
镉	mg/kg	0.14	0.13	0.06	0.12	0.06	0.14	0.11	100
汞		0.011	0.054	0.018	0.011	0.011	0.054	0.02	100
镍		8.58	10.5	9.94	9.96	8.58	10.5	9.75	100
铅		25.2	72.6	24.9	24.6	24.6	72.6	36.83	100

砷	6.17	3.03	20.4	4.65	3.03	20.4	8.56	100
铜	10.4	12.5	12.5	5.17	5.17	12.5	10.14	100
1,1,1,2-四氯乙烷	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
1,1,1-三氯乙烷	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
1,1,2,2-四氯乙烷	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
1,1,2-三氯乙烷	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
1,1-二氯乙烷	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
1,1-二氯乙烯	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	/	/	/	0
1,2,3-三氯丙烷	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
1,2-二氯苯	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	/	/	/	0
1,2-二氯丙烷	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
1,2-二氯乙烷	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
1,4-二氯苯	<0.0015	<0.0015	<0.0015	<0.0015	/	/	/	0
苯乙烯	<0.0011	<0.0011	<0.0011	<0.0011	/	/	/	0
间+对-二甲苯	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
苯	<0.0019	<0.0019	<0.0019	<0.0019	/	/	/	0
二氯甲烷	0.0111	0.0128	0.0125	<0.0015	<0.0015	0.0128	0.0095	75
反式-1,2-二氯乙烯	<0.0014	<0.0014	<0.0014	<0.0014	/	/	/	0
甲苯	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
邻-二甲苯	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
氯苯	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
氯仿	0.0374	0.0344	0.045	<0.0011	<0.0011	0.045	0.0295	75
氯甲烷	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	/	/	/	0
氯乙烯	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	/	/	/	0
三氯乙烯	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
顺式-1,2-二氯乙烯	<0.0013	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
四氯化碳	0.0024	<0.0013	<0.0013	<0.0013	/	/	/	0
四氯乙烯	<0.0014	<0.0014	<0.0014	<0.0014	/	/	/	0

乙苯	<0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012	/	/	/	0
二苯并 [a,h]蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
苯胺	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	/	/	/	0
苯并(a) 蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
苯并(a) 芘	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
苯并(b) 荧蒽	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	/	/	/	0
苯并(k) 荧蒽	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
萘	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	/	/	/	0
硝基苯	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	/	/	/	0
茚并 [1,2,3-cd] 芘	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	/	/	/	0
2-氯酚	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	/	/	/	0
六价铬	<2	<2	<2	<2	/	/	/	0

注：表中“<”表示该物质检测结果小于检出限，“/”表示未进行统计计算。

占地范围外的农用地监测点（即坝下谷石滩坝址左岸农用地 TR4、坝下谷石滩坝址右岸农用地 TR5、库尾松涛村农用地 TR6）监测《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的 8 个基本项目，监测结果见表 4.8-19(b)。

土壤环境现状监测成果一览表 2

表 4.8-19

检测项目	单位	TR4	TR5	TR6	最小值	最大值	均值	检出率/%
镉	mg/kg	0.06	0.08	0.04	0.04	0.08	0.06	100
汞		0.029	0.05	0.019	0.019	0.05	0.03	100
镍		10.4	20.1	10	10	20.1	13.50	100
铅		15.3	19.6	16.9	15.3	19.6	17.27	100
砷		0.029	14.7	5.29	0.029	14.7	6.67	100
铜		16	33.9	8.94	8.94	33.9	19.61	100
锌		32.6	52.8	25.1	25.1	52.8	36.83	100
总铬		39.8	44.8	10.3	10.3	44.8	31.63	100

② 现状评价结果

工程区土壤环境质量现状采用标准指数法进行评价。工程区范围内的坝址 TR1、黄岭八队农用地 TR2、库区支流南坤河汇口附近农用地 TR3 和工程区范围外的库尾番企村建设用地 TR7 属于第二类用地，按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值进行评价。坝下谷石滩坝址左岸农用地 TR4、坝下谷石滩坝址右岸农用地 TR5、库尾松涛村农用地 TR6 属于农用地或林草地，按《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的筛选值进行评价。评价结果见表 4.8-20。

工程区土壤环境现状评价结果一览表

表 4.8-20(a)

检测项目	TR1	TR2	TR3	TR7	超标率/%
镉	0.0022	0.0020	0.0009	0.0018	0
汞	0.0003	0.0014	0.0005	0.0003	0
镍	0.0095	0.0117	0.0110	0.0111	0
铅	0.0315	0.0908	0.0311	0.0308	0
砷	0.1028	0.0505	0.3400	0.0775	0
铜	0.0006	0.0007	0.0007	0.0003	0
1,1,1,2-四氯乙烷	/	/	/	/	0
1,1,1-三氯乙烷	/	/	/	/	0
1,1,2,2-四氯乙烷	/	/	/	/	0
1,1,2-三氯乙烷	/	/	/	/	0
1,1-二氯乙烷	/	/	/	/	0
1,1-二氯乙烯	/	/	/	/	0
1,2,3-三氯丙烷	/	/	/	/	0
1,2-二氯苯	/	/	/	/	0
1,2-二氯丙烷	/	/	/	/	0
1,2-二氯乙烷	/	/	/	/	0
1,4-二氯苯	/	/	/	/	0
苯乙烯	/	/	/	/	0
间+对-二甲苯	/	/	/	/	0
苯	/	/	/	/	0
二氯甲烷	0.00002	0.00002	0.00002	/	0
反式-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	0
甲苯	/	/	/	/	0
邻-二甲苯	/	/	/	/	0
氯苯	/	/	/	/	0
氯仿	0.042	0.038	0.050	/	0
氯甲烷	/	/	/	/	0
氯乙烯	/	/	/	/	0
三氯乙烯	/	/	/	/	0
顺式-1,2-二氯乙烯	/	/	/	/	0
四氯化碳	/	/	/	/	0
四氯乙烯	/	/	/	/	0
乙苯	/	/	/	/	0
二苯并[a,h]蒽	/	/	/	/	0

检测项目	TR1	TR2	TR3	TR7	超标率/%
蒎	/	/	/	/	0
苯胺	/	/	/	/	0
苯并(a)蒎	/	/	/	/	0
苯并(a)芘	/	/	/	/	0
苯并(b)荧蒎	/	/	/	/	0
苯并(k)荧蒎	/	/	/	/	0
萘	/	/	/	/	0
硝基苯	/	/	/	/	0
茚并[1,2,3-cd]芘	/	/	/	/	0
2-氯酚	/	/	/	/	0
六价铬	/	/	/	/	0

注：“/”表示监测结果低于检测限，未计算评价指数。

工程区土壤环境现状评价结果一览表

表 4.8-20(b)

检测项目	TR4	TR5	TR6	超标率/%
镉	0.20	0.27	0.13	0
汞	0.02	0.04	0.01	0
镍	0.17	0.34	0.17	0
铅	0.22	0.28	0.24	0
砷	0.00	0.37	0.13	0
铜	0.32	0.68	0.18	0
锌	0.16	0.26	0.13	0
总铬	0.27	0.30	0.07	0

注：“/”表示监测结果低于检测限，未计算评价指数。

从表 4.8-20 可以看出，工程区范围内的坝址 TR1、黄岭八队农用地 TR2、库区支流南坤河汇口附近农用地 TR3 和工程区范围外的库尾番企村建设用地 TR7 土壤环境质量均满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的第二类用地筛选值，坝下谷石滩坝址左岸农用地 TR4、坝下谷石滩坝址右岸农用地 TR5、库尾松涛村农用地 TR6 土壤环境质量均满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB15618-2018）中的筛选值，工程区域土壤环境质量良好。

4.8.2 主要环境问题

(1) 水生生物减少、鱼类洄游通道阻断

南渡江水资源丰富，孕育了丰富的水生生物，其中有列为国家 II 级保护的淡水鱼类花鳊。近年来，因捕食过度，山林破坏以及建拦河坝修水库、电站等原因，导致保护级鱼类数量减少，多数经济鱼类也出现不同程度的衰减甚至消失，多种传统经济鱼类难以形成渔汛。

为了开发利用南渡江流域的水资源和水能资源，相关政府和企业分别在南渡江上建成了龙塘梯级、金江梯级、九龙滩梯级、谷石滩梯级和松涛水库，东山梯级目前正在建设。南渡江上游已建的松涛水库为多年调节水库，除遇较大洪水时有少量泄入本流域外，平时将水量跨流域引至琼北地区供松涛灌区使用，因此松涛水库上下游已经分割成了不同的水生态系统。此外，松涛水库下游已建的各梯级均未建设过鱼设施，也对鱼类洄游上溯构成重重障碍，南渡江流域的鱼类洄游通道基本上只到龙塘梯级下游。

(2) 流域水质局部超标

根据松涛坝址以下南渡江流域近3年常规水质监测数据并结合补充监测断面监测结果统计分析，南渡江流域水质状况为轻度污染。南渡江干流水质总体能满足水质目标要求，但局部时段个别水质因子存在超标现象，主要支流大塘河、龙州河、南坤河水质则超标较为严重。

(3) 人为干扰较大，植被结构简单

评价区属热带季风气候区，受热带季风气候和海洋气候的影响，雨量较充沛，热量充足。特定气候特征下形成植被类型较多样，但组成与结构都比较简单，特别是在调查区域内没有发现热带低地湿润雨林的植物个体的分布，主要原因为该地区受人类种植业的影响程度很高。现有的草灌丛和人工林多发育不良，生物量、生物多样性指数、群落覆盖率均呈现较低水平。

(4) 水土流失

该地区属变质岩砖红壤，土壤容易被侵蚀，多年来由于人类活动较为强烈，水土流失严重，绝大多数坡面表土已经不存在，土壤肥力低下，加之生产生活等各方面需要，沿岸群众对沿江森林大量砍伐，造成植被破坏，引起水土流失。

5 近期方案环境影响预测和评价

5.1 流域水资源影响

5.1.1 南渡江流域水资源开发利用率的影响

目前，南渡江干流仅有 1 座大型水库（松涛水库，兴利库容 20.83 亿 m^3 ），4 座径流式电站，在建南渡江引水工程，支流上有 11 座中型水库（兴利库容 2.13 亿 m^3 ）。根据《2016 年海南省水资源公报》，2016 年南渡江流域水资源利用量占流域多年平均地表水资源的 15.8%，供用水量约为 10.91 亿 m^3 。

(2) 本工程运行后流域水资源开发利用率影响

至近期 2030 年，本工程和在建的南渡江引水工程均将投入运行，流域多年平均总供用水量约为 14.57 亿 m^3 ，其中本工程多年平均供水量 4698 万 m^3 ，南渡江引水工程多年平均供水量 31905 万 m^3 （不含迈湾）。2030 年地表水资源开发利用率将由现状（2016 年）的 15.8% 提高到 21.1%，提高了 5.3%，其中本工程的贡献程度为 0.68%，南渡江引水工程贡献 4.62%。

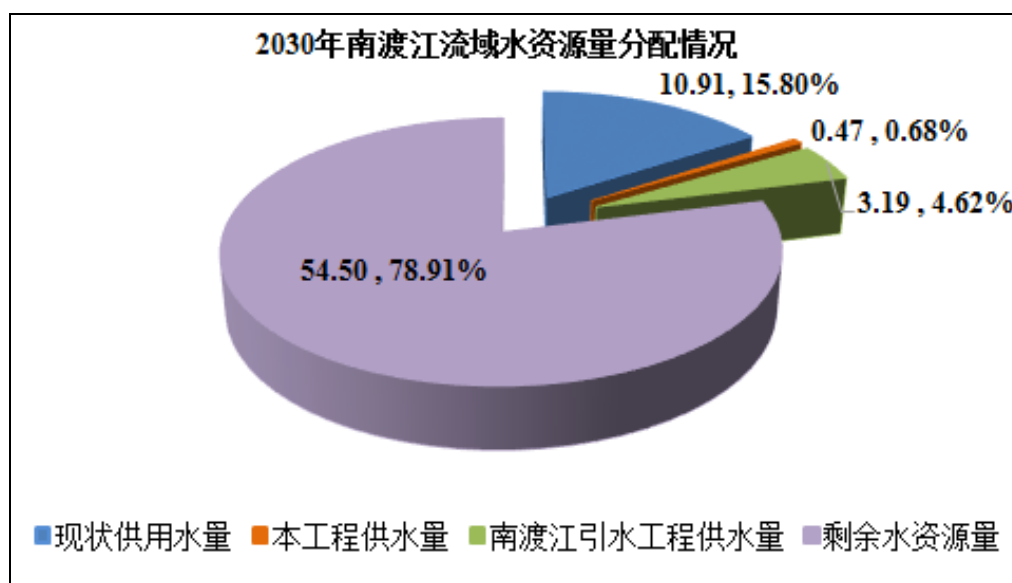


图 5.1-1 2030 年南渡江流域水资源量分配情况 (亿 m^3)

5.1.2 对流域水资源时空分配的影响

近期 2030 年迈湾水库正常蓄水位为 101m，相应库容 2.82 亿 m^3 ，兴利库容 2.63 亿 m^3 ，向下游澄迈县城区、定安城区和海口市进行供水，水库具有多年调节性能，工程实施将改变南渡江水资源的年际年内时空分布。

5.1.2.1 水资源量年际变化

迈湾水库具有多年调节能力，水库建成运行后，规划水平年 2030 年迈湾库区不直接引水，但受水库调节蓄丰补枯向下游供水作用，坝址断面年径流量将发生变化。根据 1960 年 6 月~2009 年 5 月的历年长系列调节计算，迈湾坝址断面年径流量年际变化情况详见表 5.1-1 和图 5.1-2，各年变化量在-25715~22778 万 m³，变化比例为-16%~25.6%。其中，枯水年份利用水库调节库容向下游河道补水，水库下泄水量大于入库来水，比如 1961 年、1968 年、1977 年和 2004 年，坝址下游断面年径流量分别增加 7365 万 m³、22778 万 m³、15897 万 m³、17486 万 m³；丰水年份水库蓄丰补枯，水库下泄水量小于入库来水，比如 1963 年、1970 年、1978 年、2005 年，坝址下游断面年径流量分别减少 14578 万 m³、25715 万 m³、20544 万 m³、15789 万 m³。

迈湾水库运行后，松涛水库每年稳定下泄生态流量 30147 万 m³，该部分水量全部放入迈湾下游河道，同时受水库蒸发和渗漏等损耗作用，迈湾坝址处多年平均年径流量减少 2763 万 m³，减少比例为-2.0%。

2030 年迈湾水库运行后坝址断面年径流量年际变化情况一览表

表 5.1-1

年份	松涛~迈湾区间来水 (万 m ³)	建库后来水(万 m ³)	水库下泄(万 m ³)	变化量(万 m ³)	变化比例(%)
1960	150747	181219	165247	-15972	-8.8
1961	55028	85454	92819	7365	8.6
1962	77566	108015	109752	1737	1.6
1963	118866	149325	134747	-14578	-9.8
1964	140623	171095	165750	-5345	-3.1
1965	74145	104593	111294	6701	6.4
1966	61815	92262	86976	-5285	-5.7
1967	111875	142339	134164	-8175	-5.7
1968	58457	88901	111679	22778	25.6
1969	54889	85310	80425	-4885	-5.7
1970	129918	160381	134666	-25715	-16.0
1971	103904	134367	131395	-2972	-2.2
1972	145471	175943	173264	-2679	-1.5
1973	167808	198280	195092	-3187	-1.6
1974	107000	137463	134583	-2880	-2.1
1975	109287	139750	136813	-2937	-2.1
1976	128501	158964	156039	-2925	-1.8
1977	48887	79319	95696	16377	20.6
1978	173323	203795	183250	-20544	-10.1
1979	84155	114614	122018	7404	6.5

1980	150342	180813	167836	-12977	-7.2
1981	91663	122120	123647	1526	1.2
1982	141838	172310	165010	-7299	-4.2
1983	91948	122405	119442	-2963	-2.4
1984	125490	155953	153238	-2715	-1.7
1985	117093	147556	144757	-2799	-1.9
1986	94681	125138	123036	-2101	-1.7
1987	49741	80192	83015	2823	3.5
1988	126925	157388	148829	-8559	-5.4
1989	136091	166554	163752	-2802	-1.7
1990	139805	170277	167488	-2789	-1.6
1991	68002	98451	96817	-1634	-1.7
1992	61737	92186	93436	1250	1.4
1993	101196	131653	124487	-7166	-5.4
1994	137741	168204	165463	-2741	-1.6
1995	91001	121458	118696	-2762	-2.3
1996	146428	176899	174127	-2773	-1.6
1997	132106	162569	159756	-2813	-1.7
1998	86179	116636	114038	-2598	-2.2
1999	102882	133339	130537	-2802	-2.1
2000	174415	204887	202084	-2802	-1.4
2001	125078	155541	152831	-2710	-1.7
2002	98902	129359	126528	-2832	-2.2
2003	87834	118291	115748	-2543	-2.1
2004	40128	70577	88063	17486	24.8
2005	74767	105224	89435	-15789	-15.0
2006	70095	100544	98804	-1740	-1.7
2007	84272	114729	106859	-7870	-6.9
2008	141921	172392	168035	-4357	-2.5
多年平均	106283	136429	133666	-2763	-2.2

注：1) “-”表示减少；2) 松涛至迈湾坝址区间来水量已扣除耗水量。

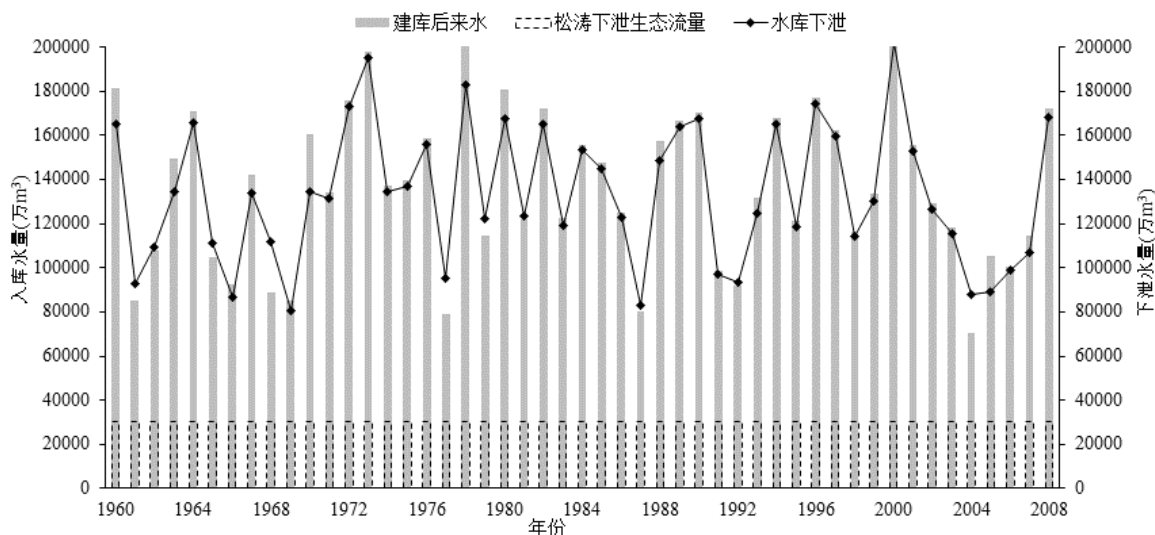


图 5.1-2 迈湾水库运行后迈湾坝址断面年径流量年际变化图

2030 年迈湾坝址断面多年平均年水量平衡情况见图 5.1-3，水库运行后，多年平均入库径流总量为 136429 万 m³，其中松涛-迈湾区间来水 106283 万 m³，松涛水库下泄生态流量 30147 万 m³；坝址处多年平均下泄径流量为 133666 万 m³，较入库减少 2763 万 m³（主要是受迈湾水库蒸发、渗漏等损耗），其中向下游河道多年平均供水 4698 万 m³（澄迈县城区供水 184 万 m³，海口市及定安城区补水 4514 万 m³），仅占坝址处径流量（不含松涛下泄生态流量）的 4.4%；下泄生态流量 54424 万 m³，弃水 74544 万 m³。

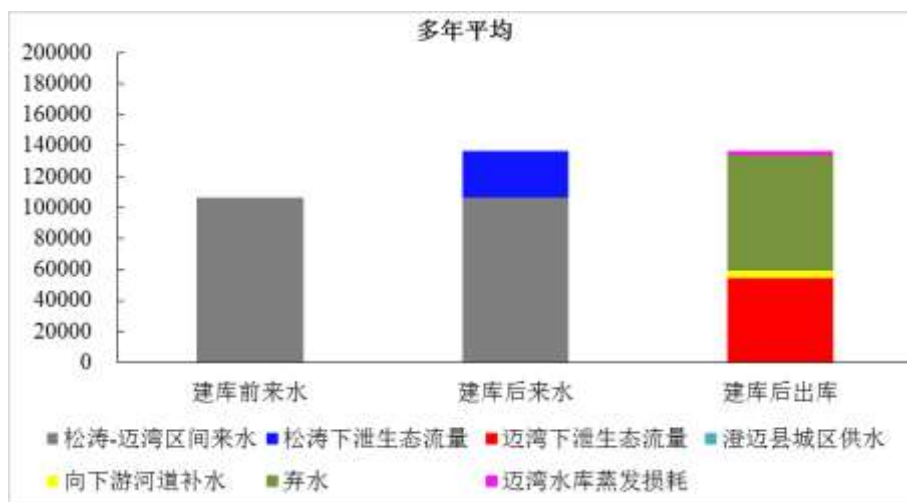


图 5.1-3 2030 年迈湾坝址断面多年平均年均水量平衡图(单位:万 m³)

迈湾坝址断面各典型年年均水量平衡情况见图 5.1-4，各典型年迈湾坝址断面年径流量变化情况见表 5.1-2。受迈湾蓄丰补枯作用，丰水年、平水年坝址处年径流量分别减少 12977 万 m³、2762 万 m³，枯水年、特枯水年坝址处年径流量分别增加 1737 万 m³、16377 万 m³；丰水年、平水年、枯水年、特枯水年迈湾水库分别向下游供水 643 万 m³、

1344 万 m³、13824 万 m³、17565 万 m³，其中迈湾灌区澄迈县城片生活供水分别为 8 万 m³、76 万 m³、552 万 m³、480 万 m³，海口市及定安城区补水 635 万 m³、1268 万 m³、13272 万 m³、17805 万 m³。

近期 2030 年迈湾水库运行后迈湾坝址断面各典型年径流量变化情况一览表

表 5.1-2

时序	水量	丰水年(P=10%, 1980 年)	平水年(P=50%, 1995 年)	枯水年(P=90%, 1962 年)	特枯水年 (P=95%,1977 年)
迈湾建成前	区间来水(万 m ³)	150342	91001	77566	48887
迈湾运行后	来水(含松涛下泄生态流量 30147 万 m ³)	180813	121458	108015	79319
	坝址下泄(万 m ³)	167836	118696	109752	95696
	建库后水量变化(万 m ³)	-12977	-2762	1737	16377
	建库后水量变化比例(%)	-7.2	-2.3	1.6	20.6

注：“-”表示减少。

(2) 东山坝址断面

迈湾水库运行后，2030 年各典型年东山坝址断面年来水、下泄水量变化情况见表 5.1-3。迈湾水库运行后，受迈湾多年调节蓄丰补枯以及向澄迈县城供水、南渡江引水工程东山引水等作用，东山坝址断面年来水量和下泄水量均发生变化。其中枯水年和特枯水年受迈湾水库向下游河道补水作用，东山坝址年来水量均较建库前有所增加，来水分别增加 1597 万 m³、16231 万 m³；丰水年和平水年来水均有所减少，分别减少 12977 万 m³、2774 万 m³。东山坝址下泄水量各典型年除特枯年（下泄水量增加 6913 万 m³）外均有所减少，丰、平、枯水年分别减少 13613 万 m³、3864 万 m³、6468 万 m³。东山坝址处多年平均年来水量有所减少，减少 2808 万 m³（由 306470 万 m³ 减少为 303662 万 m³），减少比例仅约为 0.92%，主要受迈湾水库坝址处年径流量减少（减少 2763 万 m³）和澄迈灌区供水损耗作用（约 37 万 m³）；东山坝址处多年平均年下泄水量有所减少，减少 6108 万 m³，减少比例仅约为 2.1%。

受迈湾多年调节蓄丰补枯向下游海口市供水作用，南渡江引水工程东山坝址处引水量均较迈湾建库前有所增加，多年平均增加 3300 万 m³，各典型年（丰、平、枯、特枯水年）分别增加 635 万 m³、1090 万 m³、8065 万 m³、9318 万 m³。南渡江引水工程东山坝址处引水量变化情况见表 5.1-4。

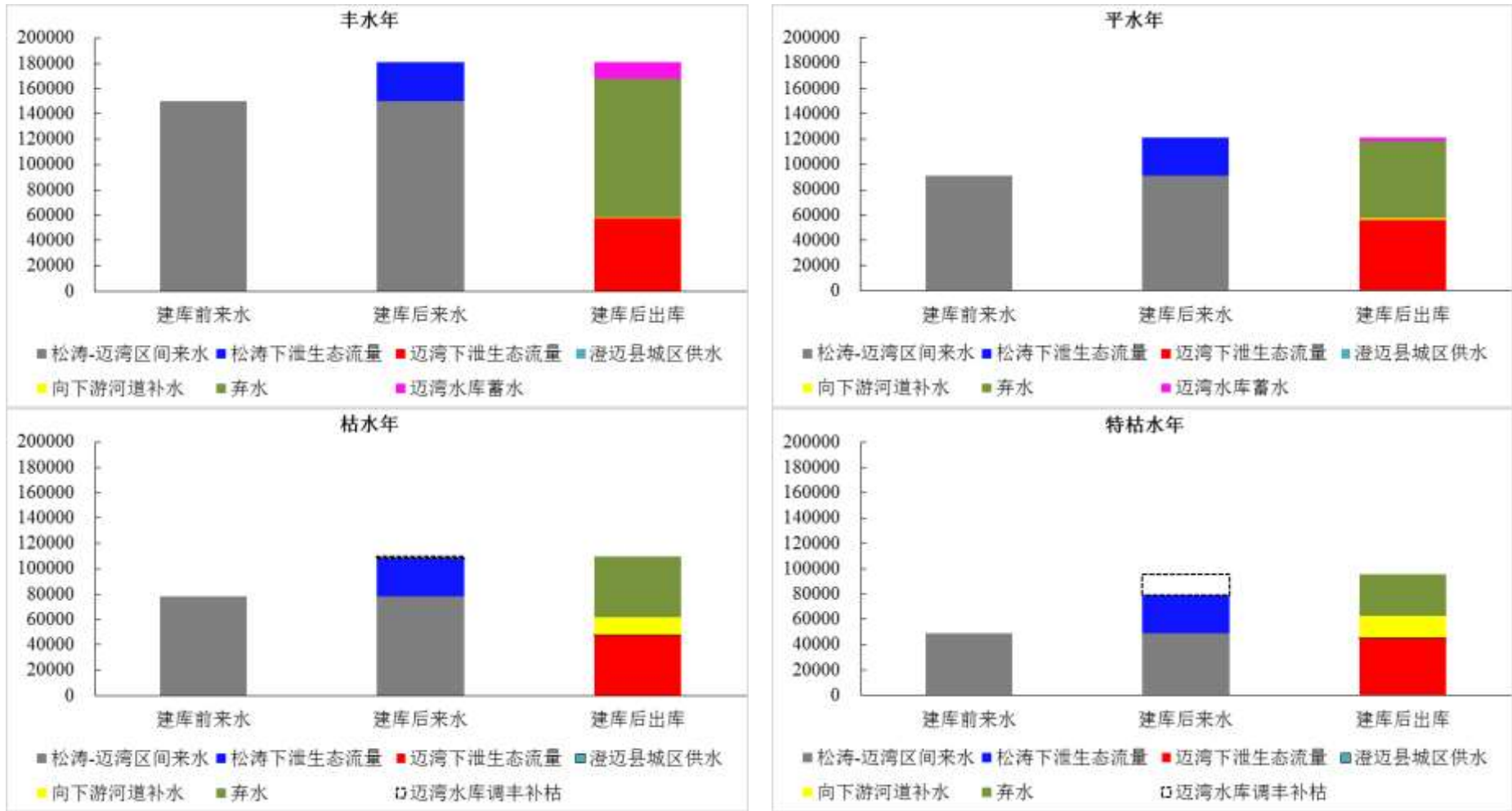


图 5.1-4 近期 2030 年迈湾坝址断面各典型年年均水量平衡图

迈湾运行后 2030 年各典型年东山坝址断面年来水、下泄水量变化情况一览表

表 5.1-3

典型年	来水(万 m ³)			坝址下泄(万 m ³)		
	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水年(P=10%)	417424	404447	-12977	396350	382738	-13613
平水年(P=50%)	266832	264059	-2774	245841	241977	-3864
枯水年(P=90%)	232110	233707	1597	216696	210228	-6468
特枯水年(P=95%)	157885	174116	16231	145080	151993	6913
多年平均	306470	303662	-2808	287349	281241	-6108

迈湾运行后 2030 年南渡江引水工程东山坝址处引水量变化情况一览表

表 5.1-4

单位: 万 m³

典型年	迈湾建库前			迈湾运行后			南渡江引水工程东山引水量变化值
	来水	下泄	南渡江引水工程引水量	来水	下泄	南渡江引水工程引水量	
丰水年(P=10%)	417424	396350	21074	404447	382738	21709	635
平水年(P=50%)	266832	245841	20991	264059	241977	22081	1090
枯水年(P=90%)	232110	216696	15415	233707	210228	23479	8065
特枯水年(P=95%)	157885	145080	12805	174116	151993	22123	9318
多年平均	306470	287349	19121	303662	281241	22421	3300

(3) 龙塘坝址断面

迈湾水库运行后, 2030 年各典型年龙塘坝址断面年来水、下泄水量变化情况见表 5.1-5。东山至龙塘区间本工程不新增灌区和供水, 故龙塘坝址断面年来水量变化情况与东山坝址断面下泄水量变化情况一致, 但受迈湾水库蓄丰补枯向下游海口市供水作用(南渡江引水工程及龙塘现有其他工程新增引水), 龙塘坝址各典型年年下泄水量均较迈湾建库前有所减少, 丰、平、枯、特枯水年分别减少 13613 万 m³、4041 万 m³、11636 万 m³、518 万 m³。除丰水年外, 龙塘坝址处引水水量均较迈湾建库前有所增加, 平、枯、特枯水年和多年平均分别增加 178 万 m³、5168 万 m³、7430 万 m³、1186 万 m³, 其中南渡江引水工程龙塘取水口平、枯、特枯水年和多年平均分别增加 80 万 m³、2501 万 m³、3505 万 m³、559 万 m³, 其他工程平、枯、特枯水年和多年平均分别增加 97 万 m³、2668 万 m³、3925 万 m³、627 万 m³, 龙塘坝址处引水量变化情况见表 5.1-6。

迈湾运行后 2030 年龙塘坝址断面各典型年年来水、下泄水量变化情况一览表

表 5.1-5

典型年	来水(万 m ³)			坝址下泄(万 m ³)		
	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值

丰水年(P=10%)	730435	716822	-13613	703023	689411	-13613
平水年(P=50%)	456770	452907	-3864	428621	424580	-4041
枯水年(P=90%)	391212	384744	-6468	368348	356712	-11636
特枯水年(P=95%)	262026	268938	6913	241885	241367	-518
多年平均	528607	522499	-6108	501702	494408	-7294

迈湾运行后 2030 年龙塘坝址处引水量变化情况一览表

表 5.1-6

单位：万 m³

典型年	迈湾建库前					迈湾运行后					龙塘坝址引水量变化值		
	来水	下泄	龙塘坝址引水量			来水	下泄	龙塘坝址引水量			南渡江引水工程	其他工程	小计
			南渡江引水工程	其他工程	小计			南渡江引水工程	其他工程	小计			
丰水年(P=10%)	730435	703023	13229	14182	27411	716822	689411	13229	14182	27411	0	0	0
平水年(P=50%)	456770	428621	12834	15315	28149	452907	424580	12915	15412	28327	80	97	178
枯水年(P=90%)	391212	368348	11010	11854	22864	384744	356712	13511	14521	28032	2501	2668	5168
特枯水年(P=95%)	262026	241885	9501	10640	20141	268938	241367	13006	14565	27571	3505	3925	7430
多年平均	528607	501702	12784	14121	26905	522499	494408	13343	14748	28091	559	627	1186

5.1.2.2 水资源量年内变化

受迈湾水库多年调节和向下游澄迈县城、定安县城和海口市供水作用，2030年迈湾水库运行后，南渡江干流控制断面各典型年年内水量将发生变化情况。

(1) 迈湾坝址断面

① 年内逐旬水量变化过程

迈湾坝址断面各典型年年内逐旬水量变化见图 5.1-5。迈湾水库运行后，受松涛水库持续稳定下泄生态流量（6~10月 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，11月~翌年5月 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ ）作用，迈湾建库后来水较天然时稳定增加，旬均水量增加 359~1483 万 m^3 。

丰水年来水充足，汛前 6~7 月及汛末 10 月下旬水库蓄水，旬均下泄水量减少明显，10 月下旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量减少 10036 万 m^3 ；8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m，旬均出库水量增加明显（增加 9896 万 m^3 ）；其余时间旬均水量变化较小。

平水年水库水位波动总体较小，8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m，旬均出库水量增加明显（增加 9896 万 m^3 ）；汛末 10 月下旬~11 月中旬水库蓄水，旬均下泄水量减少明显，11 月上旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量减少 4348 万 m^3 ；其余时间旬均水量变化较小。

枯水年和特枯水年迈湾水库利用其调节库容，枯期向下游河道补水从而向定安县城、海口市等地区供水，旬均下泄水量较入库水量增加明显。其中枯水年年内进行蓄丰补枯，丰水期除 8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m 导致旬均出库水量增加明显（增加 5365 万 m^3 ）外，其余时间旬均下泄水量基本处于减少状态，6 月中旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量减少 2809 万 m^3 ；枯期 1~5 月水库向下游供水，旬均下泄水量增加 113~1584 万 m^3 。特枯水年丰水期除 8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m 导致旬均出库水量增加明显（增加 9896 万 m^3 ）外，其余时间维持较高水位稳定运行，下泄较大水量的同时为枯期供水预留足够调节库容，丰水期旬均水量变化总体较小；枯期 11~4 月水库向下游供水，旬均下泄水量增加 72~1460 万 m^3 。

枯水年和特枯水年枯水期（12 月~翌年 5 月）坝址下游断面水量增加明显，该时段逐旬水量变化情况见表 5.1-7。

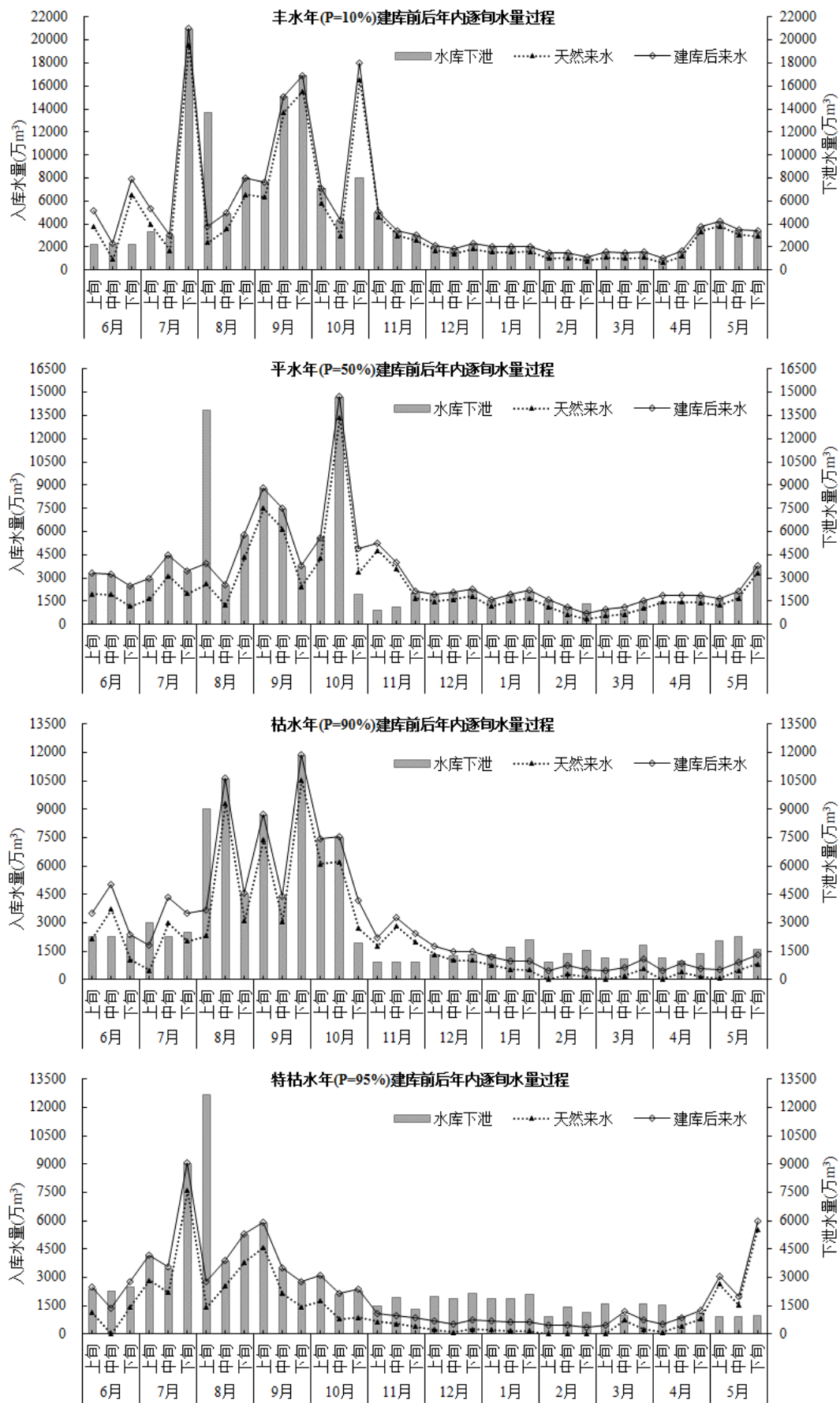


图 5.1-5 迈湾坝址断面各典型年年内水量变化过程

枯水年、特枯水年枯水期（12月~翌年5月）迈湾坝址逐旬水量变化情况一览表

表 5.1-7

典型年	逐旬		来水(万 m ³)			迈湾运行后下泄 (万 m ³)	迈湾坝址水量 变化(万 m ³)
			区间天然	迈湾运行后	变化值		
枯水年	12月	上旬	1331	1780	449	1331	-449
		中旬	1003	1453	449	1233	-220
		下旬	1006	1500	449	1286	-214
	1月	上旬	750	1200	449	1312	113
		中旬	520	969	449	1701	732
		下旬	498	992	449	2100	1108
	2月	上旬	0	449	449	890	440
		中旬	275	724	449	1340	616
		下旬	148	507	449	1520	1013
	3月	上旬	0	449	449	1163	713
		中旬	184	633	449	1106	473
		下旬	565	1059	449	1826	767
	4月	上旬	0	449	449	1149	699
		中旬	398	848	449	994	147
		下旬	145	594	449	1365	771
5月	上旬	52	502	449	2050	1548	
	中旬	483	932	449	2255	1323	
	下旬	804	1298	449	1577	279	
特枯水年	12月	上旬	236	685	449	1969	1284
		中旬	84	533	449	1894	1361
		下旬	254	748	449	2172	1424
	1月	上旬	231	680	449	1861	1181
		中旬	159	608	449	1861	1253
		下旬	164	658	449	2069	1411
	2月	上旬	0	449	449	898	448
		中旬	0	449	449	1424	975
		下旬	0	359	449	1110	751
	3月	上旬	0	449	449	1588	1139
		中旬	729	1178	449	988	-190
		下旬	242	736	449	1602	866
	4月	上旬	70	519	449	1512	993
		中旬	408	857	449	904	47
		下旬	784	1233	449	1059	-174
5月	上旬	2629	3078	449	890	-2188	
	中旬	1538	1988	449	890	-1098	
	下旬	5509	6003	449	979	-5024	

② 年内典型时段水量变化

迈湾坝址断面年内典型时段水量变化见图 5.1-6 和表 5.1-8。

丰水期 6~11 月水库下泄水量除特枯水年外其余各典型年均小于入库水量，丰水年、平水年、枯水年分别减少 11457 万 m³、1252 万 m³、8646 万 m³，减少比例分别为 8.1%、

1.4%和 9.4%，水库年内蓄丰补枯作用对坝址下游的水量削减有一定影响；特枯水年水库通过水库多年调节蓄丰补枯向下游河段补水，丰水期增加水量 11524 万 m³ 以满足下游澄迈县城、定安县城和海口市的供水需求。

枯水期 12 月~翌年 5 月丰水年和平水年水库下泄水量略小于入库水量，水量分别仅减少 1521 万 m³ 和 1510 万 m³，减少比例分别仅约为 3.9%和 4.7%，以平衡水库年际蓄丰补枯作用；枯水年和特枯水年利用水库调节库容向下游河道泄放生态流量和供水，下泄水量均大于水库建成前，分别增加 10383 万 m³ 和 4853 万 m³，增加比例分别为 63.5%和 22.9%，枯水期枯水年和特枯水年坝址下游断面水量增加较为明显。

鱼类生态敏感期 6~8 月丰水年和枯水年下泄水量略有减小，分别仅减少 895 万 m³、909 万 m³，减少比例分别为 1.5%和 2.3%；平水年和特枯水年下泄水量增加明显，分别为 9280 万 m³、10061 万 m³，增加比例为 28.7%和 28.4%。

特枯水期 1~3 月（该时段多年平均径流量之和占年径流的比例小于 10%）丰水年和平水年水库下泄水量略小于入库水量，水量分别仅减少 760 万 m³ 和 27 万 m³，减少比例分别仅约为 5.1%和 0.2%；枯水年和特枯水年利用水库调节库容向下游河道泄放生态流量和供水，下泄水量均大于水库建成前，分别增加 6321 万 m³ 和 8078 万 m³，增加比例分别为 90.5%和 145.1%，特枯水期枯水年和特枯水年坝址下游断面水量增加明显。

迈湾坝址断面各典型时段水量变化情况一览表

表 5.1-8

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			迈湾运行后下泄水量(万 m ³)	迈湾坝址水量变化(万 m ³)
		区间天然	迈湾运行后	变化		
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	120035	142004	21970	130548	-11457
	平水年(P=50%)	67114	89084	21970	87832	-1252
	枯水年(P=90%)	69706	91675	21970	83030	-8646
	特枯水年(P=95%)	36137	58107	21970	69630	11524
	多年平均	83848	105818	21970	103560	-2257
鱼类生态敏感期 6~8 月	丰水年(P=10%)	49001	61401	12400	60506	-895
	平水年(P=50%)	19967	32367	12400	41648	9280
	枯水年(P=90%)	27105	39505	12400	38596	-909
	特枯水年(P=95%)	22983	35383	12400	45444	10061
	多年平均	32583	44983	12400	50656	5673
枯水期 12 月~ 翌年 5 月	丰水年(P=10%)	30632	38809	8177	37288	-1521
	平水年(P=50%)	24198	32374	8177	30865	-1510
	枯水年(P=90%)	8163	16339	8177	26723	10383
	特枯水年(P=95%)	13035	21212	8177	26065	4853
	多年平均	22434	30611	8177	30100	-512
特枯水期 (1~3 月)	丰水年(P=10%)	10730	14773	4044	14013	-760
	平水年(P=50%)	8736	12780	4044	12752	-27

月)	枯水年(P=90%)	2940	6983	4044	13305	6321
	特枯水年(P=95%)	1524	5568	4044	13645	8078
	多年平均	7461	11504	4044	12612	1107

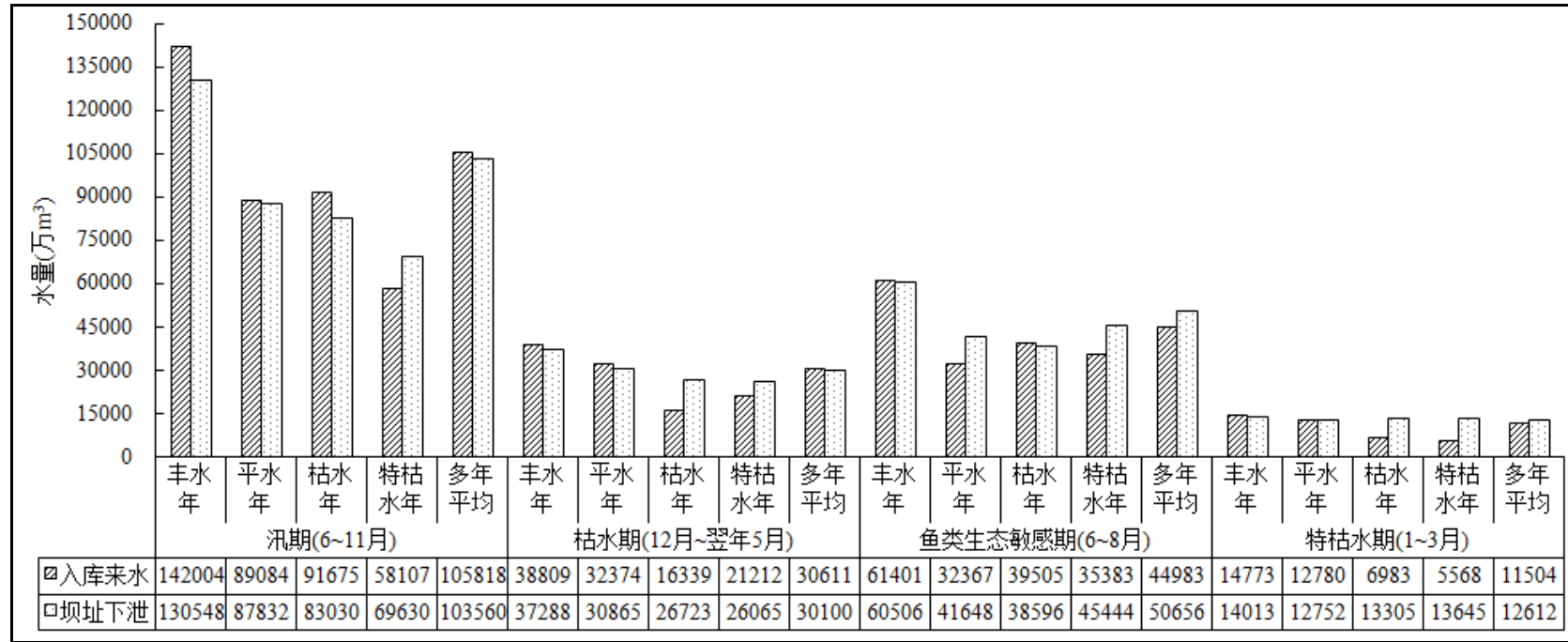


图 5.1-6 迈湾坝址断面各典型年年内典型时段水量变化情况

(2) 东山坝址断面

① 年内逐旬水量变化过程

东山坝址断面各典型年年内逐旬水量变化过程见图 5.1-7。

丰水年和平水年来水充足，南渡江引水工程取水量基本未发生变化，与迈湾建库前相比，东山断面下泄水量变化情况主要受迈湾坝址水库调节影响，与迈湾坝址处下泄水量变化情况基本一致，即：丰水年 10 月下旬和平水年 11 月上旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量分别减少 10036 万 m^3 和 4348 万 m^3 ；8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m，旬均出库水量增加明显（增加 9896 万 m^3 ）；其余时间旬均水量变化较小。

枯水年和特枯水年受迈湾水库利用其调节库容枯期向下游河道补水从而向定安县城、海口市等地区供水作用，迈湾运行后东山坝址旬均下泄水量较迈湾建库前有所增加。其中枯水年年内进行蓄丰补枯，丰水期除 8 月上旬由于迈湾水库水位快速降至丰水期限制水位 96m 导致旬均下泄水量增加明显（增加 5365 万 m^3 ）外，其余时间旬均下泄水量基本处于减少状态，6 月中旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量减少 2809 万 m^3 ；枯期 1~5 月水库向下游供水，旬均下泄水量增加 24~882 万 m^3 。特枯水年与枯水年基本一致，丰水期除 8 月上旬下泄水量增加明显（增加 9896 万 m^3 ）外，其余时间下泄水量总体减少，但变化总体较小；枯期 11~4 月由迈湾水库向下游供水，导致东山坝址旬均下泄水量增加 19~802 万 m^3 。

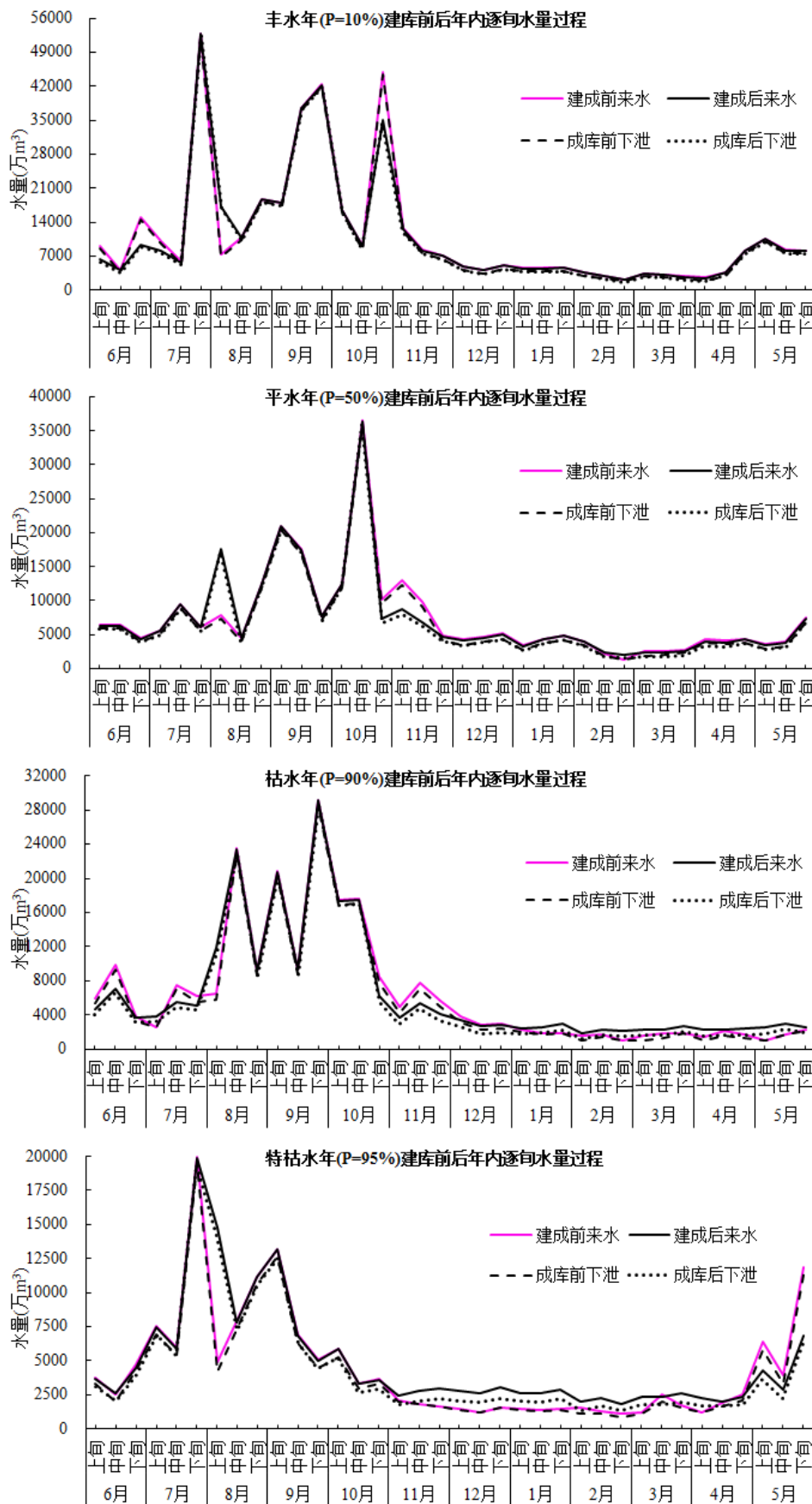


图 5.1-7 迈湾水库运行前后东山坝址断面各典型年年内逐旬水量变化过程

② 年内典型时段水量变化

东山坝址断面年内典型时段来水、下泄水量变化见图 5.1-8 和表 5.1-9。

迈湾运行后，丰水期(6~11 月)来水量各典型年除枯水年外其余均小于迈湾建成前，丰水年、平水年和枯水年来水量分别减少 11457 万 m³、1252 万 m³、8657 万 m³，减少比例分别为 3.47%、0.64%、4.41%；特枯水年来水量增加 11505 万 m³，增加比例 10.26%。丰水期下泄水量各典型年除枯水年外其余均小于迈湾建成前，丰水年、平水年和枯水年分别减少 11457 万 m³、1252 万 m³、9267 万 m³，减少比例分别为 3.58%、0.67%、4.97%；特枯水年下泄水量增加 8755 万 m³，增加比例 8.43%。

迈湾运行后，枯水期 12 月~翌年 5 月受迈湾水库蓄丰补枯作用，丰水年、平水年来水量略小于水库建成前，枯水年和特枯水年来水量均大于迈湾建成前，丰水年、平水年分别减少 1521 万 m³、1522 万 m³，减少比例分别为 1.75%、2.16%，枯水年和特枯水年来水量分别增加 10254 万 m³、4726 万 m³，增加比例分别为 25.67%、10.33%。除枯水年外东山坝址下泄水量较迈湾建成前有所减少，丰水年、平水年和特枯水年分别减少 2156 万 m³、2612 万 m³、1843 万 m³；枯水年增加 2799 万 m³，增加比例为 9.21%。

迈湾运行后，鱼类生态敏感期 6~8 月东山坝址断面来水和下泄水量丰水年、枯水年略小于水库建成前，来水分别减少 895 万 m³、920 万 m³，同时下泄水量分别减少 895 万 m³、1530 万 m³。平水年、特枯水年来水、下泄水量与建库前相比均有所增加，来水量增加 9280 万 m³、9273 万 m³，增加比例分别为 14.65%、13.55%；平水年、特枯水年下泄水量增加 9280 万 m³、9050 万 m³，增加比例分别为 15.87%、14.24%。

迈湾运行后，特枯水期 1 月~3 月受迈湾水库蓄丰补枯作用，丰水年、平水年来水、下泄水量略小于水库建成前，枯水年和特枯水年来水、下泄水量均大于迈湾建成前。其中，丰水年、平水年来水量分别减少 760 万 m³、39 万 m³，减少比例分别为 2.39%、0.14%；丰水年、平水年下泄水量分别减少 1395 万 m³、1129 万 m³，减少比例分别为 5.24%、4.77%。枯水年和特枯水年来水量分别增加 6242 万 m³、7999 万 m³，增加比例分别为 40.00%、59.19%；枯水年和特枯水年下泄水量分别增加 2144 万 m³、4246 万 m³，增加比例分别为 15.77%、36.01%。

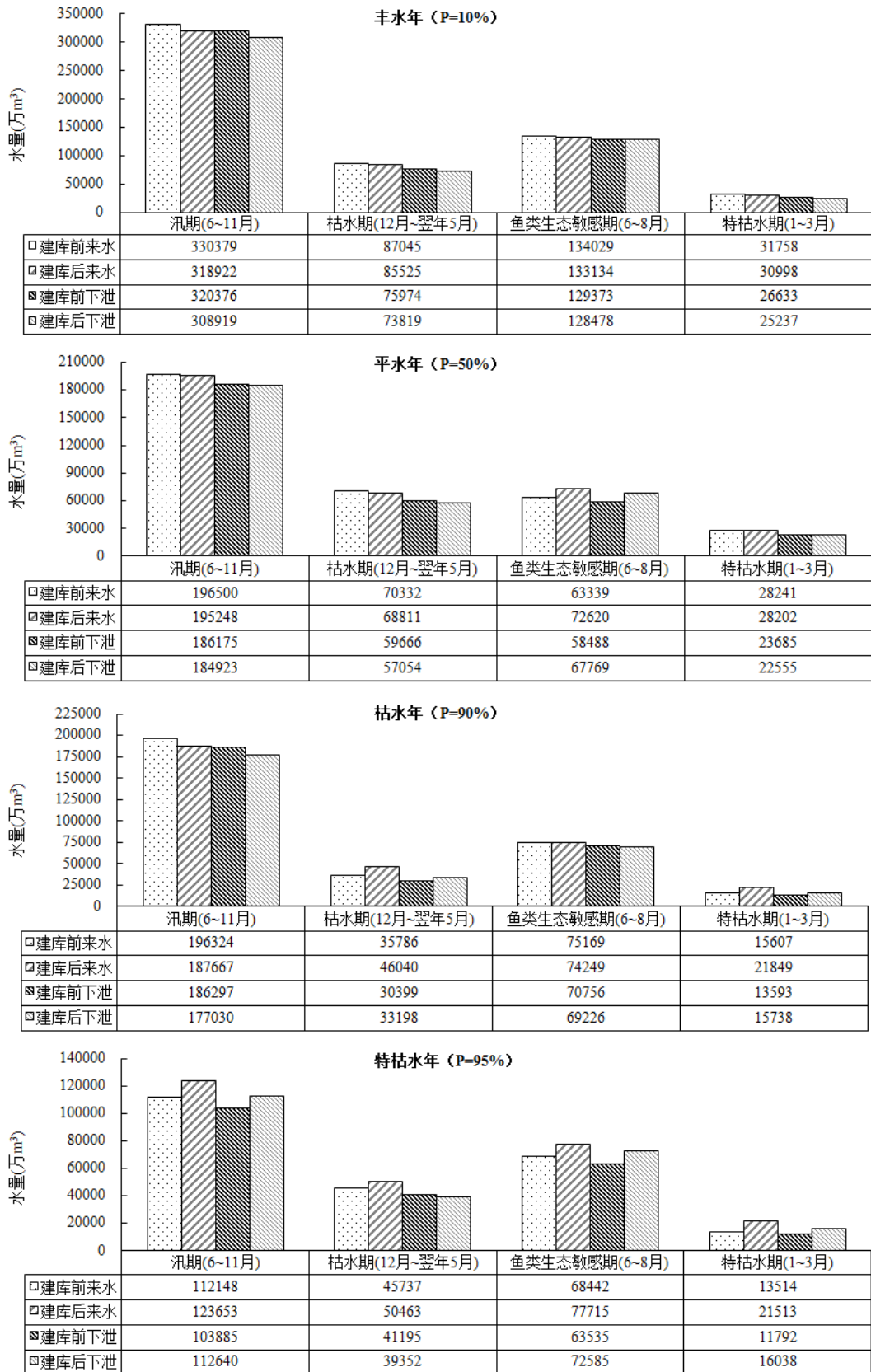


图 5.1-8 迈湾水库运行前后东山坝址断面年内各典型时段来水、下泄水量变化情况

迈湾运行前后年内各典型时段东山坝址来水、下泄水量变化情况一览表

表 5.1-9

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			下泄水量(万 m ³)		
		迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	330379	318922	-11457	320376	308919	-11457
	平水年(P=50%)	196500	195248	-1252	186175	184923	-1252
	枯水年(P=90%)	196324	187667	-8657	186297	177030	-9267
	特枯水年(P=95%)	112148	123653	11505	103885	112640	8755
	多年平均	238829	236569	-2259	228829	226121	-2707
枯水期 12月~ 翌年5 月	丰水年(P=10%)	87045	85525	-1521	75974	73819	-2156
	平水年(P=50%)	70332	68811	-1522	59666	57054	-2612
	枯水年(P=90%)	35786	46040	10254	30399	33198	2799
	特枯水年(P=95%)	45737	50463	4726	41195	39352	-1843
	多年平均	67641	67093	-549	58520	55120	-3400
鱼类生 态敏感 期 6~8 月	丰水年(P=10%)	134029	133134	-895	129373	128478	-895
	平水年(P=50%)	63339	72620	9280	58488	67769	9280
	枯水年(P=90%)	75169	74249	-920	70756	69226	-1530
	特枯水年(P=95%)	68442	77715	9273	63535	72585	9050
	多年平均	94806	100478	5672	90156	95664	5508
特枯水 期(1~3 月)	丰水年(P=10%)	31758	30998	-760	26633	25237	-1395
	平水年(P=50%)	28241	28202	-39	23685	22555	-1129
	枯水年(P=90%)	15607	21849	6242	13593	15738	2144
	特枯水年(P=95%)	13514	21513	7999	11792	16038	4246
	多年平均	25145	26227	1082	21125	20424	-701

③ 龙塘坝址断面

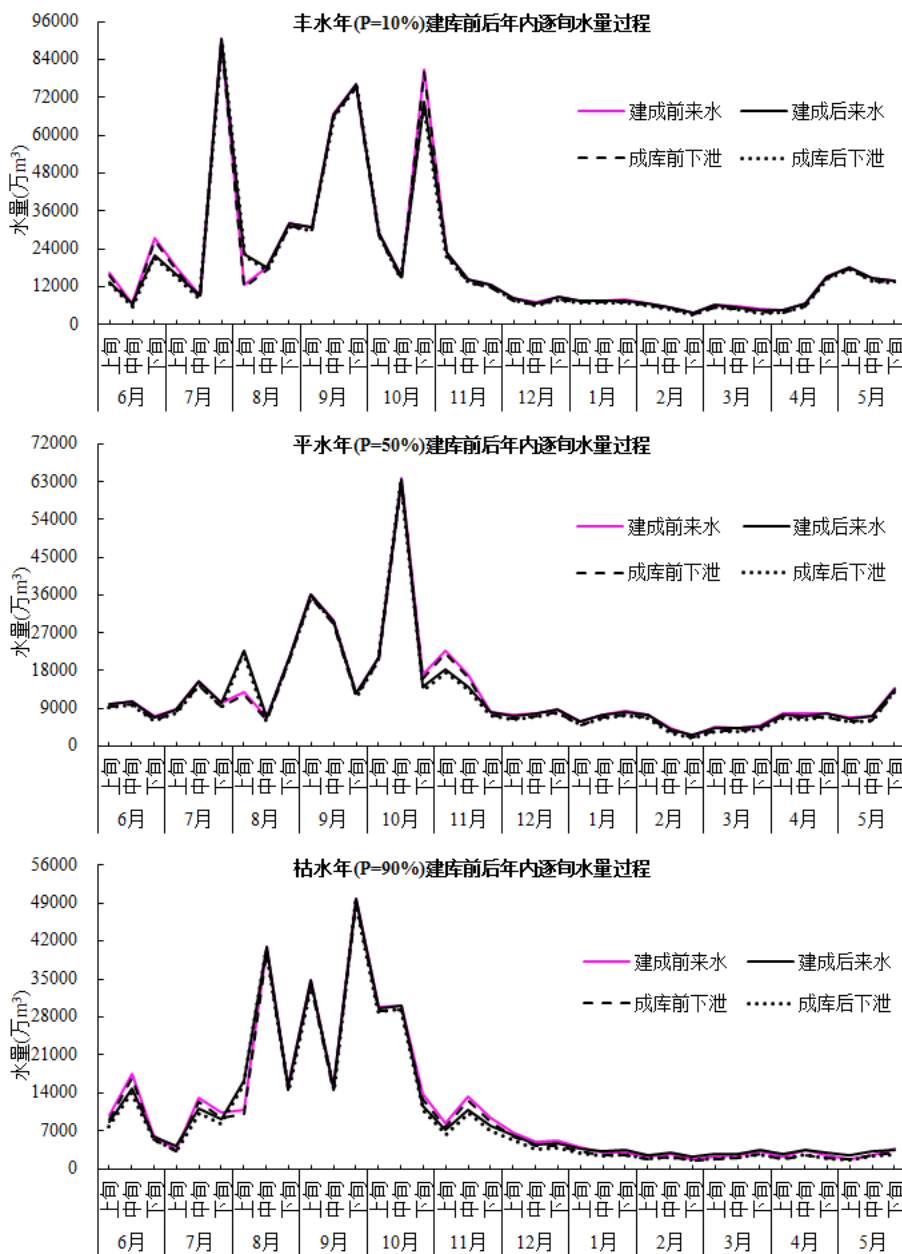
① 年内逐旬水量变化

迈湾坝址流域控制面积(970km², 扣除松涛)仅占龙塘坝址控制流域面积(5345km², 扣除松涛)的 18.14%, 区间来水占主导作用, 龙塘坝址断面来水变化幅度总体较小, 各典型年逐旬水量变化过程见图 5.1-9。

丰水年和平水年来水充足, 南渡江引水工程取水量基本未发生变化, 与迈湾建库前相比, 龙塘断面下泄水量变化情况主要受迈湾坝址水库调节影响, 与迈湾坝址处下泄水量变化情况基本一致, 即: 丰水年 10 月下旬和平水年 11 月上旬减少最为明显, 该旬旬均下泄水量分别减少 10036 万 m³ 和 4348 万 m³; 8 月上旬水库水位快速降至丰水期限制水位 96m, 旬均出库水量增加明显(增加 9896 万 m³); 其余时间旬均水量变化较小。

枯水年和特枯水年受迈湾水库利用其调节库容枯期向下游河道补水从而向定安县城、海口市等地区供水作用, 迈湾运行后龙塘坝址旬均下泄水量较迈湾建库前有所增加。其中枯水年年内进行蓄丰补枯, 丰水期除 8 月上旬由于迈湾水库水位快速降至丰水期限制水位 96m 导致旬均下泄水量增加明显(增加 5365 万 m³)外, 其余时间旬均下泄水量

基本处于减少状态，6月中旬减少最为明显，该旬旬均下泄水量减少 2809 万 m³；枯期 1~5 月水库向下游供水，旬均下泄水量增加 24~50 万 m³。特枯水年与枯水年基本一致，丰水期除 8 月上旬下泄水量增加明显（增加 9896 万 m³）外，其余时间下泄水量总体减少，但变化总体较小；枯期 11~4 月由迈湾水库向下游供水，导致东山坝址旬均下泄水量增加 17~73 万 m³。



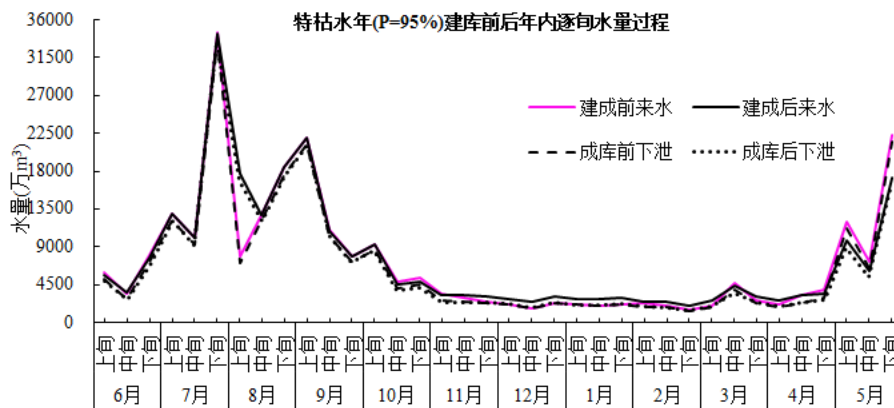


图 5.1-9 迈湾运行前后各典型年龙塘坝址断面年内逐旬来水、下泄水量变化过程

② 年内典型时段水量变化

龙塘坝址年内典型时段水量变化情况见表 5.1-10 和图 5.1-10。

迈湾运行后，丰水期(6~11月)来水量各典型年除枯水年外其余均小于迈湾建成前，丰水年、平水年和枯水年来水量分别减少 11457 万 m³、1252 万 m³、9267 万 m³，减少比例分别为 1.98%、0.38%、2.78%；特枯水年来水量增加 8755 万 m³，增加比例 4.77%。丰水期下泄水量各典型年除枯水年外其余均小于迈湾建成前，丰水年、平水年和枯水年分别减少 11457 万 m³、1252 万 m³、9826 万 m³，减少比例分别为 2.01%、0.39%、3.07%；特枯水年下泄水量增加 7820 万 m³，增加比例 4.60%。

迈湾运行后，枯水期 12 月~翌年 5 月受迈湾水库蓄丰补枯和向海口市供水作用，丰水年、平水年、特枯水年来水量略小于水库建成前，枯水年来水量大于迈湾建成前，丰水年、平水年和特枯水年来水量分别减少 2156 万 m³、2612 万 m³、1843 万 m³，减少比例分别为 1.41%、2.10%、2.35%；枯水年来水量增加 2799 万 m³，增加比例为 4.79%。龙塘坝址下泄水量较迈湾建成前各典型年均有所减少，丰水年、平水年、枯水年和特枯水年分别减少 2156 万 m³、2790 万 m³、1810 万 m³、8838 万 m³。

迈湾运行后，鱼类生态敏感期 6~8 月东山坝址断面来水和下泄水量丰水年、枯水年略小于水库建成前，来水分别减少 895 万 m³、1530 万 m³，同时下泄水量分别减少 895 万 m³、2088 万 m³。平水年、特枯水年来水、下泄水量与建库前相比均有所增加，来水量增加 9280 万 m³、9050 万 m³，增加比例分别为 8.98%、7.93%；平水年、特枯水年下泄水量增加 9280 万 m³、9019 万 m³，增加比例分别为 9.64%、8.44%。

迈湾运行后，特枯水期 1 月~3 月受迈湾水库蓄丰补枯作用，丰水年、平水年来水、下泄水量略小于水库建成前，枯水年和特枯水年来水、下泄水量均大于迈湾建成前。其中，丰水年、平水年来水量分别减少 1395 万 m³、1129 万 m³，减少比例分别为 2.50%、

2.28%；丰水年、平水年下泄水量分别减少 1395 万 m³、1307 万 m³，减少比例分别为 2.85%、3.05%。枯水年和特枯水年来水量分别增加 2144 万 m³、4246 万 m³，增加比例分别为 8.55%、19.84%；枯水年和特枯水年来水量分别减少 198 万 m³和增加 2857 万 m³，变化比例分别为-0.96%、0.54%。

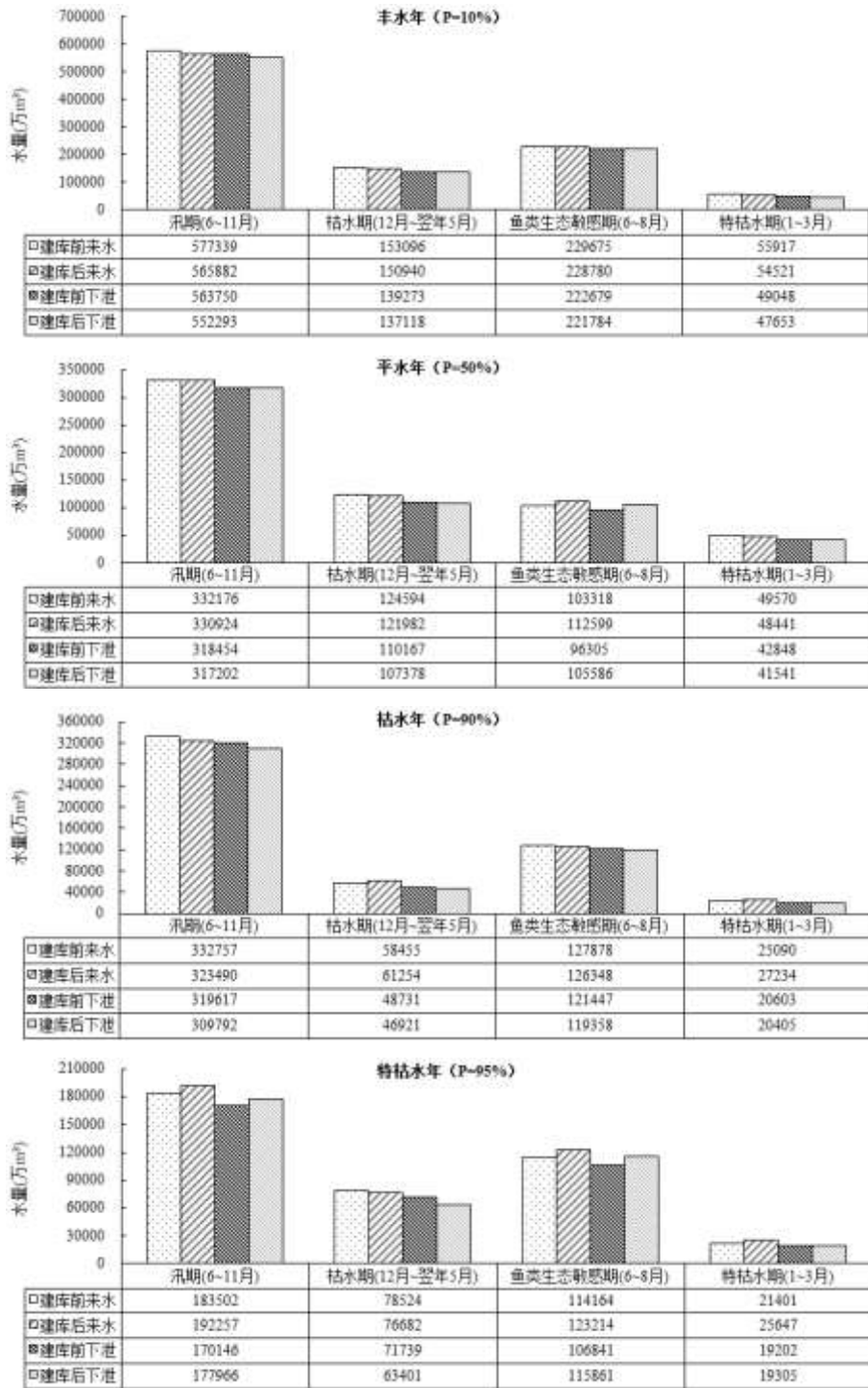


图 5.1-10 迈湾水库运行前后龙塘坝址断面年内各典型时段水量变化情况对比图

迈湾运行后各典型时段龙塘坝址来水、下泄水量变化情况一览表

表 5.1-10

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			下泄水量(万 m ³)		
		迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	577339	565882	-11457	563750	552293	-11457
	平水年(P=50%)	332176	330924	-1252	318454	317202	-1252
	枯水年(P=90%)	332757	323490	-9267	319617	309792	-9826
	特枯水年(P=95%)	183502	192257	8755	170146	177966	7820
	多年平均	410602	407895	-2707	397468	394263	-3205
枯水期 12月~ 翌年5 月	丰水年(P=10%)	153096	150940	-2156	139273	137118	-2156
	平水年(P=50%)	124594	121982	-2612	110167	107378	-2790
	枯水年(P=90%)	58455	61254	2799	48731	46921	-1810
	特枯水年(P=95%)	78524	76682	-1843	71739	63401	-8338
	多年平均	118005	114605	-3400	104234	100145	-4089
鱼类生 态敏感 期 6~8 月	丰水年(P=10%)	229675	228780	-895	222679	221784	-895
	平水年(P=50%)	103318	112599	9280	96305	105586	9280
	枯水年(P=90%)	127878	126348	-1530	121447	119358	-2088
	特枯水年(P=95%)	114164	123214	9050	106841	115861	9019
	多年平均	160036	165544	5508	153328	158583	5254
特枯水 期(1~3 月)	丰水年(P=10%)	55917	54521	-1395	49048	47653	-1395
	平水年(P=50%)	49570	48441	-1129	42848	41541	-1307
	枯水年(P=90%)	25090	27234	2144	20603	20405	-198
	特枯水年(P=95%)	21401	25647	4246	19202	19305	103
	多年平均	43552	42851	-701	37124	36005	-1119

5.1.3 小结

(1) 至规划水平年 2030 年, 南渡江流域多年平均总供用水量为 14.57 亿 m³, 水资源开发利用率将由现状的 15.8% 提高到 21.1%, 其中本工程的贡献程度为 0.68%。

(2) 迈湾水库具有多年调节性能, 总库容 6.15 亿 m³, 2030 年兴利库容 2.63 亿 m³, 向下游澄迈城区、定安城区和海口市进行供水, 工程实施将改变南渡江水资源的年际年内时空分布。迈湾坝址断面受水库多年调节蓄丰补枯作用, 长系列年径流量有增有减, 变化比例为-16%~25.6%。其中, 枯水年份利用水库调节库容向下游河道补水, 水库下泄水量大于入库来水, 比如 1961 年、1968 年、1977 年和 2004 年, 坝址下游断面年径流量分别增加 7365 万 m³、22778 万 m³、15897 万 m³、17486 万 m³; 丰水年份水库蓄丰补枯, 水库下泄水量小于入库来水, 比如 1963 年、1970 年、1978 年、2005 年, 坝址下游断面年径流量分别减少 14578 万 m³、25715 万 m³、20544 万 m³、15789 万 m³。

(3) 水库运行后, 2030 年迈湾坝址处多年平均下泄水量为 133666 万 m³, 较入库减少 2763 万 m³ (主要是受迈湾水库蒸发、渗漏等损耗), 其中迈湾水库向下游多年平均供水 4698 万 m³ (澄迈县城区供水 184 万 m³, 海口市及定安城区补水 4514 万 m³), 仅

占坝址处径流量（不含松涛下泄生态流量）的 4.4%；下泄生态流量 54424 万 m^3 ，弃水 74544 万 m^3 。

(4) 受迈湾多年调节蓄丰补枯向下游海口市供水作用，南渡江引水工程东山坝址处引水水量均较迈湾建库前有所增加，多年平均增加 3300 万 m^3 ，各典型年（丰、平、枯、特枯水年）分别增加 635 万 m^3 、1090 万 m^3 、8065 万 m^3 、9318 万 m^3 ；龙塘坝址处引水水量多年平均增加 1186 万 m^3 （南渡江引水工程龙塘取水口增加 559 万 m^3 ，其他工程取水口增加 627 万 m^3 ），各典型年除丰水年不变外其余年引水水量分别增加 178 万 m^3 、5168 万 m^3 、7430 万 m^3 ，其中南渡江引水工程龙塘取水口平、枯、特枯水年引水量分别增加 80 万 m^3 、2501 万 m^3 、3505 万 m^3 ，龙塘坝址其他工程平、枯、特枯水年引水量分别增加 97 万 m^3 、2668 万 m^3 、3925 万 m^3 。

(5) 迈湾水库运行前后，南渡江干流控制断面各典型年（丰水年、平水年、枯水年和特枯水年）年内水量时空发生较大变化。

① 迈湾水库运行后，丰水期 6~11 月受迈湾蓄丰补枯作用，迈湾、东山、龙塘坝址断面处除特枯水年外其余各典型年下泄水量均小于迈湾建成前，丰水年 3 个控制断面水量均减少 11457 万 m^3 ，平水年 3 个控制断面水量均减少 1252 万 m^3 ，枯水年分别减少 8646 万 m^3 、9267 万 m^3 和 9826 万 m^3 ；特枯水年 3 个控制断面下泄水量均大于迈湾建成前，分别增加 11524 万 m^3 、8755 万 m^3 和 7820 万 m^3 ，3 个控制断面下泄水量增加不一致主要受南渡江引水工程东山坝址和龙塘坝址处引水量均有增加所致。

② 迈湾水库运行后，枯水期 12 月~翌年 5 月受迈湾蓄丰补枯作用，迈湾、东山、龙塘坝址断面下泄水量丰水年和平水年均小于迈湾建成前，丰水年分别减少 1521 m^3 、2156 万 m^3 、2156 万 m^3 ，平水年分别减少 1510 m^3 、2612 万 m^3 、2790 万 m^3 ；枯水年和特枯水年由于向下游河道补水，迈湾下泄水量大于迈湾建成前，分别增加 10383 万 m^3 、4853 万 m^3 ；枯水年和特枯水年受向海口市供水大量增加原因，导致东山、龙塘坝址下泄水量总体略小于迈湾建成前，其中东山坝址断面枯水年和特枯水年下泄水量分别增加 2799 万 m^3 和减少 1843 万 m^3 ，龙塘坝址断面枯水年和特枯水年下泄水量分别减少 8338 万 m^3 和 4089 万 m^3 。

5.2 水文情势影响

5.2.1 水库下泄生态流量及改善程度分析

5.2.1.1 规划环评及审查意见要求生态流量

(1) 南渡江流域规划环评及其批复要求

2015年6月编制完成的《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》及原海南省生态环境保护厅出具的审查意见(琼环函[2015]686号)要求,为了维持下游河道水生生态系统稳定和保障河道纳污能力,根据 Tennant 法和水功能区纳污能力设计流量,综合确定迈湾坝址、东山断面和龙塘断面最小生态流量分别为 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 和 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ 。

2016年11月编制完成的《南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告》及原海南省生态环境保护厅出具的审查意见(琼环函[2016]1677号)要求,经进一步复核,为了维持各梯级下游河道水生生态系统稳定、保障河道纳污能力、工农业生产及生活需水量等用水需求,综合确定迈湾坝址、东山断面和龙塘断面最小生态流量分别为 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 和 $22.5\text{m}^3/\text{s}$,其中迈湾坝址在6~8月鱼类产卵期制造涨水过程。

(2) 海南省水网建设规划环评及其批复要求

2015年9月,为支撑国际旅游岛建设、水资源开发利用与节约保护、严格水生态空间管控等,海南省启动《海南水网建设规划》编制工作。2017年3月启动水网建设规划环评,2019年6月编制完成《海南水网建设规划环境影响报告书》,对南渡江流域的松涛坝址、迈湾坝址、东山和龙塘坝址等4个控制断面提出了生态流量要求,即:松涛坝址处丰水期(6~10月)泄放 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ 、非丰水期(11月~翌年5月)泄放 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流;迈湾坝址处丰水期(6~10月)泄放 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 、非丰水期(11月~翌年5月)泄放 $10.1\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流,并在6~8月模拟1次涨水过程,持续约10~15天,其中涨水过程持续约4~6天,峰值流量约为涨水过程平均流量的1.5倍;东山坝址全年泄放 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流;龙塘坝址全年泄放 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流。2019年6月,海南省生态环境厅以“琼环函[2019]240号文”出具审查意见,同意规划环评提出的生态流量,但同时要求松涛水库增设生态流量泄放设施,细化生态流量调度方案,确保规划实施后河道水量、水质满足城乡供水和维护河道生态健康安全的要求。

5.2.1.2 下泄流量的目的

松涛水库自1970年建成运行至今,除个别年份(1971年、1973年、1978年等)泄洪外,水库基本无下泄流量,坝址下游河道减脱水明显,其中腰子河汇入以上3km河段

为脱水河段，腰子河汇入以下河段为减水河段。随着流域各梯级的建设（各梯级沿程分布情况见图 5.2-1），流域流水生境压缩明显，尤其是迈湾水库建成后，南渡江干流河段仅松涛坝址下游最长约 28.9km 河段（其中回水变动河段约 18.1km）、金江水电站坝址下游长约 15.5km 河段、东山坝址下游长约 13.0km 以及龙塘坝址下游河口区域长约 25.6km 河段具备天然流水河段特征，其余河段均为库区河段，河流形态特征改变明显。

随着海南省打造国家生态文明试验区，提升生态系统质量和稳定性，并满足南渡江下游生态用水刚性约束的要求，从流域水生生态环境系统保护角度以及“以新带老”的环境保护原则，松涛水库需要增设生态流量泄放设施下泄一定流量满足其坝址下游河道生态用水需求。迈湾坝址下游紧邻的谷石滩水电站、九龙滩水电站和金江水电站 3 座水库水位相互衔接，迈湾坝址至金江水电站坝址区间无脱水天然河段，但考虑到迈湾水库具有多年调节能力，将改变其下游河道的径流时空分布，而谷石滩水电站、九龙滩水电站和金江水电站 3 个梯级均为径流式电站，基本无径流调节能力。因此，迈湾水利枢纽工程坝址处需下泄一定的流量满足坝下各梯级下泄最小流量要求和迈湾坝址至龙塘坝址区间河道内用水需求。

综上所述，本次评价重点对松涛和迈湾坝址下泄生态流量进行计算，并对金江坝址、东山坝址和龙塘坝址等 3 个控制断面开展最小下泄流量复核和进一步研究分析。

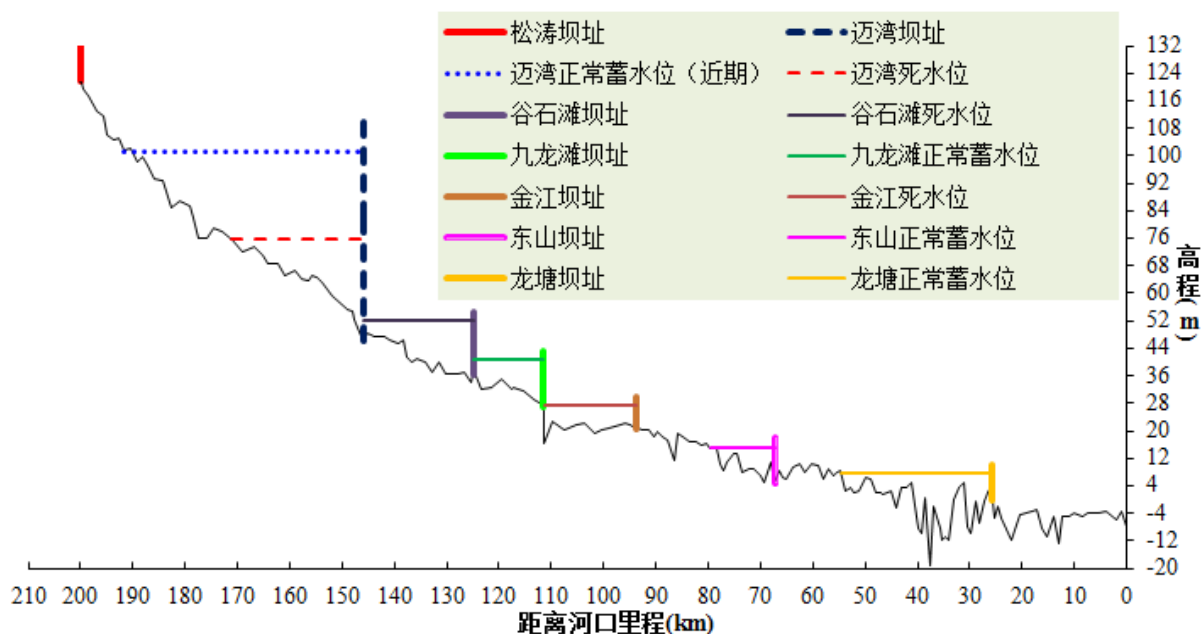


图 5.2-1 南渡江干流河段梯级分布及沿程河床深泓线图

5.2.1.3 各坝址下游河道生态用水需求分析

根据《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会议纪要的

函》(环办函[2006]11号)和《关于印发水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)的函》(环评函[2006]14号),为维护河段水生生态系统稳定,水利水电工程必须下泄一定的生态流量,将其纳入工程水资源综合配置中统筹考虑。生态流量需要考虑以下因素:① 工农业生产及生活需水量;② 维持水生生态系统稳定所需水量;③ 维持河道水质的最小稀释净化水量;④ 维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量;⑤ 水面蒸发量;⑥ 维持地下水动态平衡补给需水;⑦ 航运、景观和水上娱乐环境需水量;⑧ 河道外生态需水量。对于不同的河流,其需水对象的主要功能存在差异,相应生态用水应根据其具体的主要功能而定,其考虑的对象和重点也应有所区别。上述8个方面水量相互重叠、互相补充。根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018),河流生态环境需水包括水生生态需水、水环境需水、湿地需水、景观需水、河口压咸需水、其他需水等,其中其他需水主要包括冲沙需水、河道蒸发和渗漏需水、工农业生产及生活需水等。

(1) 水生生态需水

根据松涛坝址下游河段河床特征和各梯级工程特性可知,迈湾坝址至金江坝址区间河段为库区河段,各梯级回水相互衔接,无脱水天然河段。松涛坝址下游长约29km河段(其中回水变动河段约19km)、金江水电站坝址下游长约15.5km河段、东山坝址下游长约13.0km以及龙塘坝址下游河口区域长约25.6km河段仍然为天然流水河段,而谷石滩、九龙滩、金江水电站、东山水库、龙塘水电站调节能力弱。松涛水库自建成运行以来已改变其下游河道的径流时空分布,迈湾水库具有多年调节能力,将进一步改变其下游河道的径流时空分布。南渡江中下游河段分布有大鳞白鲢、蒙古红鲌、海南红鲌、南方白甲鱼、斑鳊、长臂鮰等南渡江特有鱼类和花鳊国家Ⅱ级保护鱼类。要保证这些鱼类正常的生存、产卵繁殖、休息,就必须提供一定的水量。

因此,松涛、迈湾、金江、东山、龙塘坝址下泄流量需考虑下游河段维持水生生态系统稳定所需水量。

(2) 水环境需水

根据收集海南省水文水资源勘测局在南渡江流域布置的18个常规水质监测断面、国控断面2016~2018年监测成果,并开展了部分断面补充监测。结果表明,除迈湾坝址和谷石滩坝址断面存在溶解氧、化学需氧量、氨氮等指标超标现象外,迈湾坝址下游南渡江干流现状水质达标,各主要支流龙州河、大塘河、腰子河均存在超标现象,干流水质总体好于支流部分断面。迈湾坝址下游河段沿岸分布有澄迈县城、定安县城、永发镇、

东山镇等城镇和一定数量的村庄，存在一定的城镇综合污水和少量的农村生活污染源、畜禽养殖面源等。为了防止迈湾坝址以下河段水质不恶化，需要一定量的流量用于稀释水污染物。而谷石滩、九龙滩、金江水电站、东山水库、龙塘坝址均基本无径流调节能力，因此，松涛、迈湾、金江、东山、龙塘坝址下泄流量需考虑维持下游河段河道水质的最小稀释净化水量。

(3) 湿地需水

南渡江沿岸无湿地分布，河岸植被需水往往通过地表径流、地下水、降水补给。由于南渡江流域降雨充沛，地下水分水岭高出河道正常水位，且河道内具有一定水量维持水生生态系统稳定，河岸相连湿地补给需水也相应得到满足，因此，不考虑湿地需水。

(4) 景观需水

松涛坝址至九龙滩坝址区间河段两岸未分布城镇，没有航运、大型景观和水上娱乐需水项目。九龙滩坝址至金江坝址分布有澄迈县城，两岸为县城防护堤，没有大型水上娱乐用水项目，电站死水位运行时水面开阔，松涛、迈湾坝址下泄一定生态流量后可满足澄迈县城水体景观需求。金江坝址至龙塘坝址河段没有航运需求，区间河段分布有珊瑚溪镇、永发镇、东山镇、定安县城、龙塘镇等多个城镇，没有大型的需水景观项目，且处定安县城外其余各集镇均位于库区河段，水面开阔，可满足城市水体景观需求。龙塘坝址以下南渡江河口区域虽为7级航道，龙塘闸坝处也设有船闸，但该船闸已基本废弃，龙塘坝址下游现状船只通航很少，河口区域为感潮河段，河面开阔，属典型的入海口往复流景观面貌。因此，各梯级不再单独考虑景观和水上娱乐环境需水量。

(5) 河口压咸需水

迈湾坝址距离河口约146km，具有多年调节能力，水库的运行将改变坝址下游河段径流过程，从而可能对河口区的泥沙冲淤平衡造成影响，并影响咸潮上溯距离。根据河口区域水环境影响预测分析(详见5.3.3河口水环境影响预测评价)，迈湾水库调度运行导致龙塘坝址下泄流量的变化，对河口区域的水位、盐度和悬浮物等参数影响总体不大，主要受外海潮汐作用影响。因此，松涛、迈湾、金江、东山、龙塘坝址下泄流量不再单独考虑维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量。

(6) 其他需水

① 工农业生产及生活需水量

根据调查，松涛坝址至龙塘坝址位于南渡江中下游河段。其中松涛坝址至九龙滩坝址为南渡江中游河段，属低山丘陵地带，两岸坡陡，根据调查，该区间河段沿岸无城镇

分布,无取水口分布,沿岸村庄的生活和生产用水大部分取自海拔较高的支沟水或泉水;九龙滩坝址以下河段为南渡江下游,属丘陵台地及滨海平原三角洲,地势南高北低,河道宽阔,坡降平缓,沙洲、小丘及浅滩较多,两岸是平坦的台地,根据调查,该河段分布有澄迈县金江取水口、瑞溪镇取水口、永发镇取水口、东山镇取水口、东山泵站、定城取水口、新坡镇水厂取水口、龙塘泵站等多个已有或规划取水口。松涛坝址下游河段沿岸取水口分布及取水规模情况见表 5.2-1 和图 5.2-2。

因此,松涛坝址下泄流量无需考虑工农业生产及生活需水量,迈湾、金江、东山坝址下泄流量需考虑下游河道的工农业生产及生活需水量。

松涛坝址下游干流河道取水口分布及取水规模情况一览表

表 5.2-1

区间河段	取水口名称	距离迈湾坝址(km)	设计取水规模(m ³ /s)	备注
松涛~迈湾	无	无	无	无
迈湾~金江	加乐镇取水口	28.7	0.019	现有,九龙滩水库库区
	澄迈县城金江取水口	48.5	0.231	现有,金江坝址上游约 3.5km,金江水库库区
金江~东山	瑞溪镇取水口	66.3	0.015	现有,金江坝址下游约 14.3km,东山水库回水变动段
	永发镇取水口	74.7	0.026	现有,金江坝址下游约 22.7km,东山水库库区
	东山镇取水口	78.5	0.041	现有,金江坝址下游约 26.5km,东山水库库区
	东山泵站	78.7	13.2	在建,东山水库库区,南渡江引水工程取水口之一
东山~龙塘	定安县定城拟建取水口	90.3	0.694	拟建,东山坝址下游约 11.6km,龙塘水库淹没线上游
	定安县定城现状取水口	93.0	0.231	现有,东山坝址下游约 14.3km,龙塘库区回水变动段
	新坡镇水厂取水口	106.0	0.058	现有,东山坝址下游约 27.5km,龙塘水库库区
	龙塘现有取水口	120.2	3.47	现有,东山坝址下游约 41.5km,龙塘水库库区
	龙塘泵站	120.2	5.50	在建,龙塘水库库区,南渡江引水工程取水口之一

② 水面蒸发量

本工程所在南渡江中下游河段地处热带湿润季风气候区,气候温和,降雨充沛,加之迈湾坝址下游河段水面较窄,水面蒸发所损耗的水量相对河道水量而言很少,故各梯级下泄流量均不考虑水面蒸发量。

③ 维持地下水位动态平衡补给需水

根据南渡江中下游河段两岸地形地貌和地下水赋存特征,区内地下水主要为松散岩类孔隙水和基岩裂隙水。南渡江为流域地表、地下水最低排泄基准面,为补给性河谷,两岸地下分水岭远高出河道正常水位,且两岸山体雄厚,地形封闭条件良好,因此,各梯级下泄流量均不考虑维持地下水位动态平衡所需要的补给水量。

④ 冲沙需水

南渡江含沙量总体较小，输沙量年内分配不均匀，集中在丰水期，且主要集中在几次洪水过程，枯期的排沙任务很小。因此不单独考虑下游河道的冲沙需水。

(7) 用水需求综合分析

综上所述，松涛水库下游河段生态环境需水量考虑范围主要为水生生态需水和水环境需水等 2 方面需水，迈湾、金江、东山、龙塘等 4 个梯级下游河段生态环境需水量考虑范围主要为水生生态需水、水环境需水和工农业生产及生活需水量等 3 方面需水。

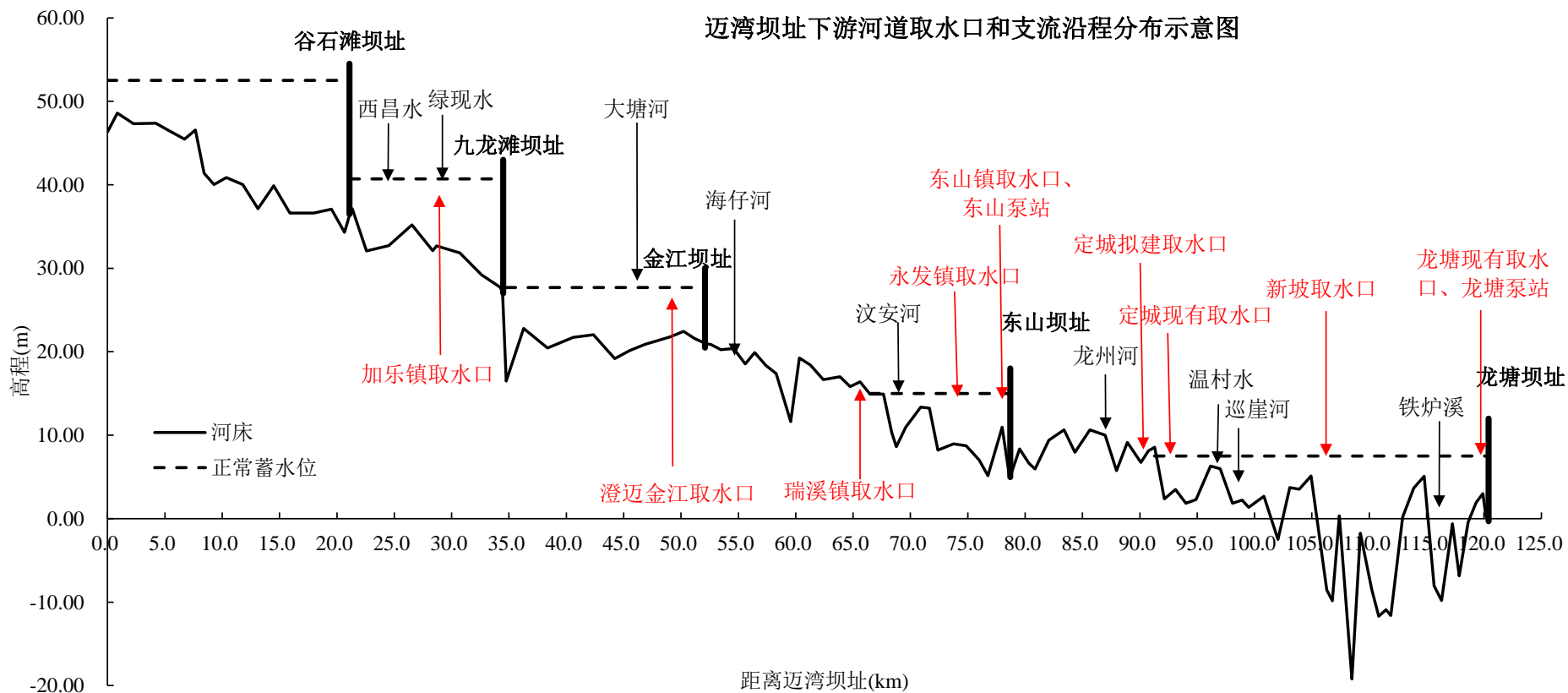


图 5.2-2 迈湾坝址下游取水口及支流沿程分布图

5.2.1.4 各坝址下游主要支流汇入情况

迈湾水利枢纽工程坝址至龙塘坝址区间沿程分布有西昌水、绿现水、大塘河、龙州河等多条支流，支流的汇入对坝址下游流量有一定的补给，坝址下游主要支流情况见表 5.2-2 和图 5.2-2。

松涛坝址下游主要支流情况一览表

表 5.2-2

河流	集水面积(km ²)	河长(km)	平均比降(‰)	多年平均流量(m ³ /s)	90%保证率最枯月流量(m ³ /s)	备注
腰子河	356	42.3	2.47	12.8	2.56	松涛坝下约 3.0km, 距离迈湾约 51.0km
中坤河	72.1	14.8		2.59	0.518	松涛坝下约 22.3km, 距离迈湾约 31.7km
番坡河	56.3	16.9		2.03	0.405	松涛坝下约 35.8km, 距离迈湾约 18.2km
南坤河	133	26.0	5.87	4.79	0.956	松涛坝下约 43.5km, 距离迈湾约 10.5km
加握河	44.9	13.5		1.62	0.323	松涛坝下约 45.6km, 距离迈湾约 8.4km
西昌水	144	25.7	7.27	5.18	0.726	谷石滩坝下约 2.4km, 距离迈湾约 23.5km
绿现水	174	34.0	2.96	6.26	0.877	谷石滩坝下约 7.6km, 距离迈湾约 28.7km
大塘河	601	55.7	1.83	21.6	2.94	金江坝前约 5.3km, 距离迈湾约 46.9km
海仔河	176	30.0	2.53	6.33	0.887	金江坝下约 2.5km, 距离迈湾约 54.6km
汶安河	165	24.7	1.34	5.94	0.832	金江坝下约 16.6km, 距离迈湾约 68.8km
龙州河	1293	107.6	1.11	52.8	6.32	东山坝下约 8.3km, 距离迈湾约 87.0km
温村水	124	24.9	1.82	4.46	0.625	东山坝下约 18.3km, 距离迈湾约 97.0km
巡崖河	445	42.3	1.27	16.0	2.24	东山坝下约 20.2km, 距离迈湾约 98.9km
铁炉溪	105	28.7	2.03	3.78	0.529	龙塘坝前约 4.1km, 距离迈湾约 116.3km

5.2.1.5 东山坝址和龙塘坝址最小生态流量复核

(1) 南渡江引水工程环评及批复要求生态流量

2015 年 7 月编制完成的《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》采用 Tennant 法、生态水力学法、生境模拟法和最小实测流量法综合确定维持东山坝址下游河道水生生态系统稳定的流量为 14.4m³/s, 维持水质所需流量为 7.75m³/s, 最终推荐东山坝址最小下泄流量为 14.4m³/s; Tennant 法和最小实测流量法综合确定龙塘坝址断面生态流量为 22.5m³/s, 维持水质所需流量为 11.8m³/s, 最终推荐龙塘坝址最小下泄流量为 22.5m³/s。2015 年 7 月, 原环境保护部以“环审[2015]163 号文”批复了南渡江引水工程环境影响报告书, 明确东山水库下泄生态流量不低于 14.4m³/s。

(2) 最小下泄流量复核

① 龙塘坝址最小下泄流量复核

龙塘坝址下游为南渡江河口咸水上溯区域,该部分河道受龙塘下泄流量和外海潮汐共同作用,为咸、淡水混合区域。根据调查,龙塘坝下河道内无工农业和生活取水口,无河道外生态需水要求,河口区虽划为七级航道,但龙塘船闸已基本废弃且现状无大型船只通航,水面蒸发损耗水量小,南渡江为流域地表、地下水最低排泄基准面,为补给性河谷,两岸地下分水岭均高出河道正常水位,不存在维持地下水位动态平衡所需的补给水量。因此,龙塘坝址下泄流量主要考虑维持水生生态系统稳定所需水量、维持河道水质的最小稀释净化水量和维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量3方面需水要求。

根据本工程河口区域水环境影响预测分析(详见“5.3.4 河口水环境影响预测”)以及《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》(5.1.1.3 龙塘至河口段水文情势影响评价),河口区域水位、盐度和悬浮物等参数受龙塘坝址下泄流量变化的影响总体不大,主要受外海潮汐作用影响,只要龙塘坝址下泄一定流量满足水生生态系统稳定所需水量便可满足维持河口泥沙冲淤平衡和防止咸潮上溯所需水量。龙塘坝址下游为南渡江河口咸水上溯区域,《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》推荐的水文学法、水力学法、生境模拟法及生态水力学法等方法中 Tennant法(水文学法)较为适合,并结合坝址处实测最小流量综合比较后确定东山坝址下游维持水生生态系统稳定所需水量。水质现状结果表明,河口区域水质达标,采用水功能区纳污能力设计流量可维持河道水质所需水量。

综上所述,以上方法与《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》采用的方法一致,经复核,维持龙塘坝址最小下泄流量为 $22.5\text{m}^3/\text{s}$,占龙塘坝址断面天然多年平均流量的10%,占坝址处不含松涛多年平均流量($173\text{m}^3/\text{s}$)的13.00%。

② 东山坝址最小下泄流量复核

根据调查,东山坝址开工建设至今,其下游河道形态特征、取水口分布、景观通航等河道内外用水需求基本未发生变化,本工程实施后,东山坝址下泄生态流量目的及考虑范围与南渡江引水工程一致,即仍然考虑下游河道的工农业生产及生活需水量、维持水生生态系统稳定所需水量和维持河道水质的最小稀释净化水量3方面用水需求。其中工农业生产及生活需水量由龙州河来水即可满足要求,水功能区纳污力计算设计流量($7.75\text{m}^3/\text{s}$)情况下可维持河道水质所需水量。本次主要对东山坝址下游河道维持水生生态

系统稳定所需水量进行复核计算。

根据《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》，维持水生生态系统稳定所需水量的计算方法主要有水文学法、水力学法、生境模拟法及生态水力学法等。《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》采用水文学法(Tennant 法)、生态水力学法、生境模拟法并结合实测最小流量进行最小生态流量的确定，本次新增水力学法进行复核计算。水力学法中主要有湿周法和 R2-Cross 法，其中湿周法适用于河床形状稳定的宽浅矩形和抛物线型河道，R2-Cross 法适用于非季节性小型河流。东山坝址断面天然多年平均流量 $144\text{m}^3/\text{s}$ （不含松涛多年平均流量为 $88.7\text{m}^3/\text{s}$ ），其下游天然河段为中型河流。综上所述，本次新增采用湿周法对东山坝址下游河道生态流量进行复核计算。

采用湿周法分析时，湿周、流量一般采用相对于多年平均流量下的相对值表示，即：

$$\text{相对流量 } x = 100 \times \text{流量} / \text{多年平均流量}(\%) \quad 5.2-(1)$$

$$\text{相对湿周长 } y = 100 \times \text{湿周长} / \text{多年平均流量下湿周长}(\%) \quad 5.2-(2)$$

湿周法以浅滩断面湿周-流量曲线上的拐点对应的流量作为生态需水量建议值，但由于河流实际断面的湿周-流量曲线往往很少只有一个拐点，多数有多个拐点或者没有明显的拐点，人为确定拐点往往会有较大的偏差。Gippel 等(1998)对湿周法作了改进，采用数学方法来确定流量拐点并提出了两种方式来确定拐点：设定斜率对应点(斜率法)或最大曲率对应点(曲率法)，认为采用斜率法较为合适，一般情况下可选择斜率为 1 的点作为拐点。本报告中采用斜率为 1 法判定。采用斜率法判定时，需先对湿周-流量曲线采用函数曲线方程拟合，一般情况下，湿周-流量曲线方程可采用幂函数形式或对数函数形式。

幂函数形式如下：

$$y = ax^b \quad 5.2-(3)$$

式中， a, b 为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y' = abx^{b-1} \quad 5.2-(4)$$

$$\text{当 } y' = 1 \text{ 时, } x = \left(\frac{1}{ab}\right)^{1/(b-1)} \quad 5.2-(5)$$

对数函数形式如下：

$$y = a \ln(x) + b \quad 5.2-(6)$$

式中， a, b 为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y' = \frac{a}{x} \quad 5.2-(7)$$

$$\text{当 } y'=1 \text{ 时, } x=a \quad 5.2-(8)$$

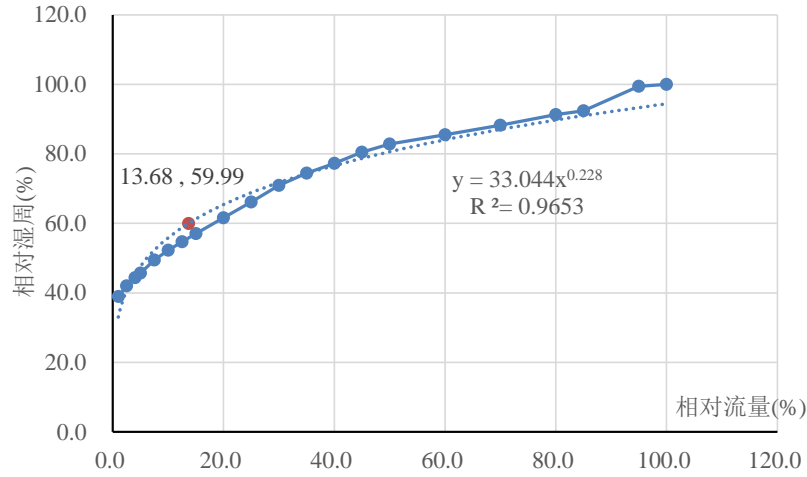
采用一维水动力数学模型计算各流量下的水力参数，绘制坝下河段各断面的湿周与流量关系曲线，根据湿周流量关系图中的转折点确定河道推荐流量值，典型断面相对湿周-相对流量关系线见图 5.2-3。东山坝址以下各断面拐点相对流量及对应坝址所需下泄流量情况见表 5.2-3，考虑支流汇入后，取各断面生态流量对应东山坝址下泄生态流量的最大值(即 13.87m³/s)为湿周法推荐的东山坝址最小下泄生态流量。

综合《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》的计算成果(14.4m³/s)和本次湿周法计算结果(即 13.87m³/s)，经复核，维持东山坝址最小下泄流量为 14.4m³/s，占东山坝址处天然多年平均流量的 10%，占其不含松涛多年平均流量(88.7m³/s)的 16.23%。

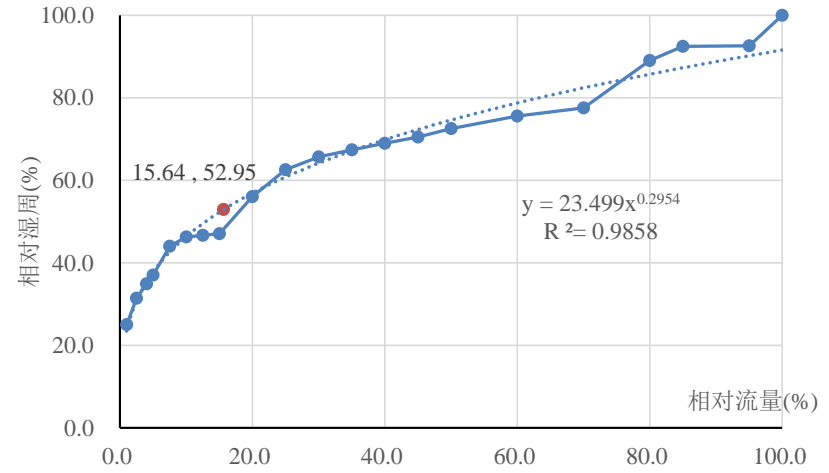
东山坝址下游河段湿周法计算结果表

表 5.2-3

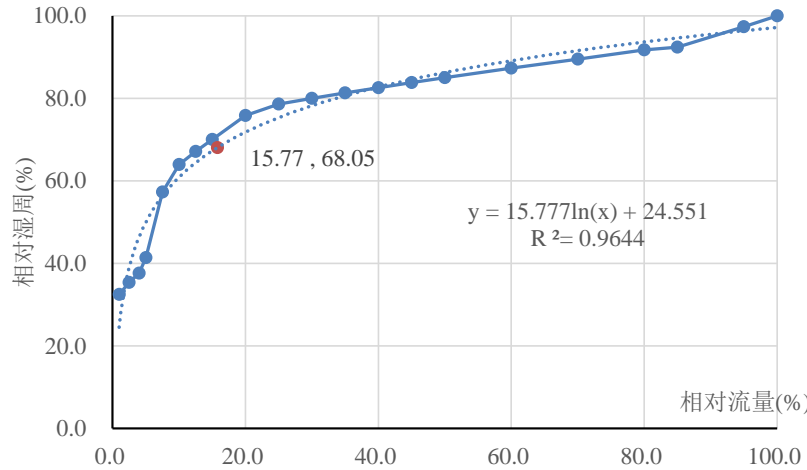
断面序号	距离东山坝址(km)	拐点相对流量(%)	各断面生态流量(m ³ /s)	对应坝址最小下泄流量(m ³ /s)	备注
1	0.10	13.68	12.13	12.13	龙州河汇入口上游，区间基本无支流汇入
2	0.96	10.26	9.10	9.10	
3	1.79	1.10	0.98	0.98	
4	2.31	3.21	2.84	2.84	
5	3.51	15.38	13.64	13.64	
6	5.78	12.27	10.89	10.89	
7	7.10	15.64	13.87	13.87	
8	8.43	15.77	13.99	8.37	龙州河汇入口下游，龙州河 90% 保证率最枯月流量为 6.32m ³ /s，基本无其他支流汇入
9	9.40	1.73	1.53	0	
10	10.36	18.96	16.82	10.50	
11	11.54	16.45	14.59	8.27	
12	12.19	8.92	7.91	1.59	
13	12.73	21.68	19.23	12.91	
最大值		21.68	19.23	13.87	



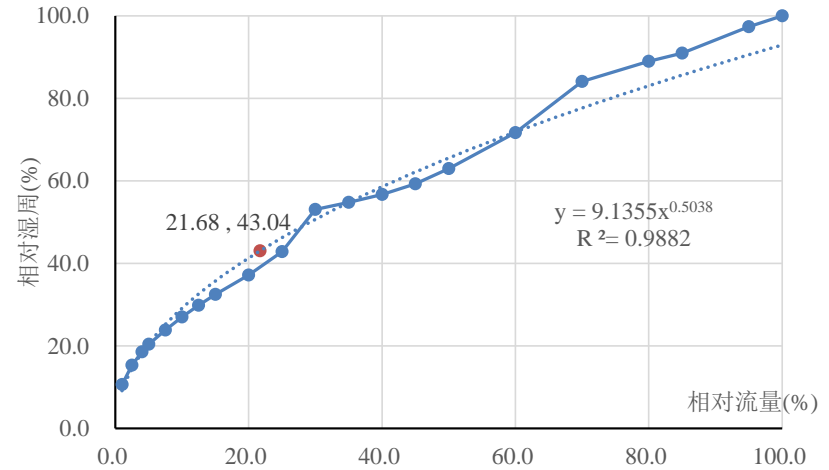
坝址下游 0.10km



坝址下游 7.10km(龙州河汇入口上游附近)



坝址下游 8.43km(龙州河汇入口下游附近)



坝址下游 12.73km

图 5.2-3 东山坝址下游河段各典型断面相对湿周-相对流量关系曲线

5.2.1.6 金江坝址最小生态流量复核

(1) 项目环评及批复要求

《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》及其审查意见未对金江坝址下泄流量提出相应的要求。根据《金江水电站项目环境影响报告书》及其批复(琼土环资审字[2010]229号)要求,金江电站最小下泄生态流量为 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 。

(2) 最小下泄流量复核

金江坝址下游存在长约 15.5km 的天然河道,无通航和大型的景观需水要求,无河道外生态需水要求,水面蒸发损耗水量小,南渡江为流域地表、地下水最低排泄基准面,为补给性河谷,两岸地下分水岭均高出河道正常水位,不存在维持地下水位动态平衡所需的补给水量。因此,金江坝址下泄流量主要考虑工农业生产及生活需水量、维持水生生态系统稳定所需水量和维持河道水质的最小稀释净化水量3方面用水需求。

① 工农业生产及生活需水量

根据调查,金江水电站坝址下游至东山坝址河道内依次分布有瑞溪镇、永发镇和东山镇,各集镇取水口位置及取水规模情况见表5.2-1,区间河段工农业生产及生活需水量约为 $0.082\text{m}^3/\text{s}$ 。考虑到金江坝址下游约 2.5km 为海仔河汇入,海仔河集水面积 176km^2 ,多年平均流量约 $6.33\text{m}^3/\text{s}$,90%保证率最枯月流量约 $0.887\text{m}^3/\text{s}$,以上集镇取水口均在海仔河汇入口下游,海仔河来水便能满足区间各集镇取水口用水需求。此外,东山坝址下游约 16.6km (瑞溪镇下游约 2.3km)处有汶安河(集水面积 165km^2)汇入,因此,金江坝址不再考虑工农业生产及生活需水量。

由于金江水电站基本无径流调节能力,按照来水多少发电多少的方式向下游泄水,不具备能力保证南渡江引水工程东山泵站(设计取水量 $13.2\text{m}^3/\text{s}$)的取水需求。

综上所述,金江坝址下泄流量不考虑下游河段工农业生产及生活需水量。

② 维持河道水质所需水量

金江坝下无重要大型城镇分布。根据《珠江重要河湖泊水功能区纳污力核定和分阶段限制排污总量控制方案》,金江断面下游紧邻的东山坝址断面水功能区纳污力计算设计流量为 $7.75\text{m}^3/\text{s}$,按流域面积推算,金江断面水功能区纳污力计算设计流量约为 $6.82\text{m}^3/\text{s}$,因此,东山坝址需最小下泄 $6.82\text{m}^3/\text{s}$ 的维持河道水质所需水量。

③ 维持水生生态系统稳定所需水量

根据《水电水利建设项目生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》,维持水生生态系统稳定所需水量的计算方法主要有水文学法、水力学法、生境模

拟法及生态水力学法等。综合以上各方法的适用范围及东山坝下河段地形特征，及河段挖沙等活动影响，河床不稳定，水力学法不适合本河段生态流量确定，故选择 Tennant 法(水文学法)和坝址处实测最小流量综合比较后确定金江坝址下游维持水生生态系统稳定所需水量。

结合 Tennant 法标准和本工程所在河段中河特征，并综合考虑《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)的指导意见“维持水生生态系统稳定所需水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10%(当多年平均流量大于 $80\text{m}^3/\text{s}$ 时按 5% 取用)，在生态系统有更多更高需要时应加大流量”，以金江坝址处多年平均流量的 10%(即 $7.54\text{m}^3/\text{s}$)作为坝下河段 Tennant 法推荐的最小下泄生态流量。

根据龙塘水文站 1955 年~2011 年天然流量统计资料，该站历年实测最小流量为 $0\text{m}^3/\text{s}$ (1973 年 2 月 7 日)，实测最小旬均流量为 $8.53\text{m}^3/\text{s}$ (1960 年 3 月下旬)，实测最小月均流量为 $12.0\text{m}^3/\text{s}$ (1960 年 3 月)，按面积和降水量修正推算，得到金江坝址断面历年实测最小月均流量约 $5.44\text{m}^3/\text{s}$ 。因此，以 $5.44\text{m}^3/\text{s}$ 作为金江坝址处实测最小流量法推荐的最小下泄生态流量。

根据 Tennant 法结合坝址处历年实测最小流量，取两者中的最大值(即 $7.54\text{m}^3/\text{s}$)作为金江坝址下游河段维持水生生态系统稳定所需水量的推荐值。

④ 最小下泄流量复核结果分析

根据以上分析，经复核，维持金江坝址最小下泄流量为 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 。

5.2.1.7 迈湾坝址最小下泄生态流量确定

(1) 下泄流量考虑因素

迈湾水利枢纽工程建成后，迈湾坝址下游南渡江干流河段仅金江水电站坝址下游长约 15.5km 河段、东山坝址下游长约 13.0km 以及龙塘坝址下游河口区域长约 25.6km 河段仍然为天然河段，其余河段均为库区河段，其中迈湾坝址至金江坝址河段为水位衔接的库区河段。金江坝址通过最小下泄 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量可满足其坝址下游天然河段的各项用水需求，东山坝址通过最小下泄 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量可满足其坝址下游天然河段的各项用水需求。

根据调查，迈湾坝址至金江坝址河道内无通航要求，无大型的景观用水需求，无河道外生态需水要求，水面蒸发损耗水量小，南渡江为流域地表、地下水最低排泄基准面，为补给性河谷，两岸地下分水岭均高出河道正常水位，不存在维持地下水位动态平衡所

需的补给水量。

因此，迈湾坝址下泄流量主要考虑满足迈湾坝址至东山坝址区间河道各取水口取水需求、维持区间河段水质的最小稀释净化水量和金江坝址及东山坝址下泄生态流量需求 3 方面用水需求。另外，金江水电站坝下至河口为规划的鱼类栖息地，兼顾考虑鱼类产卵时期需求。

(2) 鱼类生态需水时期划分

经调查，本流域分布的草鱼、鲢、鳙、赤眼鳟、鲃亚科一些种类等产漂流性卵鱼类，以及鲤、鲫、麦穗鱼、鳅科鱼类等产粘性卵鱼类，一般产卵期为 4~6 月。南渡江所在流域气温较高，鱼类产卵时期较长，如七丝鲚等部分鱼类在 2~4 月和 8~9 月产卵，特有鱼类大鳞鲢主要产卵时期 6~8 月，甚至有些鱼类可以全年产卵。根据南渡江流域径流过程统计成果，其中 12 月~翌年 5 月一般为枯水期，天然径流一般较小，天然流量波动也相对较小，水位变幅相对较缓；6~10 月一般为丰水期，径流较大，一般有涨水过程，可对部分鱼类产卵产生刺激。迈湾水库建成后，存在低温水影响，也可能推迟下游鱼类的产卵时间。因此，综合确认鱼类生态敏感期为 6~8 月，其他月份为一般用水期。

(3) 最小下泄流量的确定

① 满足迈湾坝址至金江坝址区间取水及金江坝址最小下泄生态流量要求

根据调查，迈湾坝址至金江坝址区间河段分布有加乐镇取水口和澄迈县城金江取水口两个取水口，其中加乐镇取水口位于九龙滩水库库区，取水规模为 $0.019\text{m}^3/\text{s}$ ，金江取水口位于大塘河汇口下游约 2km 处，取水规模为 $0.231\text{m}^3/\text{s}$ 。金江坝址最小下泄生态流量为 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 。迈湾坝址至金江坝址合计需水量为 $7.79\text{m}^3/\text{s}$ 。

迈湾坝址至金江坝址区间河段分布有西昌水、绿现水、大塘河等主要支流，集水面积分别为 144km^2 、 174km^2 、 601km^2 ，多年平均流量分别为 $5.18\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.26\text{m}^3/\text{s}$ 、 $21.6\text{m}^3/\text{s}$ ，90% 保证率最枯月流量分别为 $0.726\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.877\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.94\text{m}^3/\text{s}$ 。

扣除区间各主要支流来水(取 90% 保证率最枯月流量，合计约 $4.54\text{m}^3/\text{s}$)，迈湾坝址需下泄 $3.25\text{m}^3/\text{s}$ 流量迈湾坝址至金江坝址区间取水及金江坝址最小下泄生态流量要求。

② 维持区间河段水质的最小稀释净化水量

根据《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173-2010)，计算河流水域纳污能力应采用 90% 保证率最枯月平均流量。根据水文计算结果，迈湾坝址处 90% 保证率最枯月天然平均流量为 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 。经水质预测分析(详见 5.3.2.4 迈湾坝址至龙塘坝址河段水质预测)，各典型年(丰水年、平水年和枯水年)典型月迈湾坝址下泄 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 流量情况下，迈湾坝

址至龙塘坝址区间河段 COD、NH₃-N 均可满足 II 类水质标准要求。总体来看，迈湾坝址下泄 10.3m³/s 流量可维持区间河道水质的最小稀释净化水量。

因此，为维持区间河道水质的最小稀释净化水量，迈湾坝址需下泄不小于的 10.3m³/s 流量。

③ 天然实测最小流量

迈湾坝址下游紧邻谷石滩库区，且与其死水位想衔接，坝下不会出现脱水河段。但迈湾是以防洪、供水、灌溉为主的多年调节大型水库，从库区直接引水至迈湾新增灌区，而谷石滩库容小、调节能力弱，若迈湾长期不下泄流量，坝下仍将出现脱水现象。为尽可能使迈湾坝址断面流量与天然时出现过的径流一致，因此，迈湾坝址最小下泄流量应不小于天然最小月平均流量。根据 1960 年~2008 年径流资料，迈湾坝址（含松涛）天然最小旬流量 4.15m³/s，最小月流量 5.85m³/s。迈湾水库是年调节大型水库，受其调节后，下泄最小流量应不小于坝址处天然实测最小流量，即迈湾坝址最小下泄流量应不小于 5.85m³/s。

④ 满足迈湾坝址至东山坝址区间取水及东山坝址最小下泄生态流量要求

迈湾坝址至东山坝址区间河段分布有加乐镇取水口、澄迈县城金江取水口、瑞溪镇取水口、永发镇取水口、东山镇取水口、南渡江引水工程东山泵站等多个取水口，除东山泵站外各取水口合计取水量 0.332m³/s，东山泵站设计取水量 13.2m³/s，东山闸坝最小下泄流量为 14.4m³/s。其中东山水库调度运行按照以下方式：坝址来水小于 14.4m³/s 时，库区不取水，按来水下泄；来水大于 14.4m³/s 小于 387m³/s 时，优先保证下泄 14.4m³/s 生态流量后按需取水；来水大于 387m³/s 时，泄水闸畅泄。

根据迈湾水库长系列调度运行计算结果，迈湾水库运行后，按照向坝址下游河段下泄流量不小于 5.85m³/s 的原则进行调算，迈湾下泄流量加上灌区新增退水、区间来水等，可满足东山闸坝最小下泄流量 14.4m³/s 的要求。

因此，迈湾坝址下泄 5.85m³/s 流量可满足东山坝址最小下泄生态流量要求。

⑤ 规划环评要求

《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》及审查意见(琼环函[2015]686 号)要求迈湾坝址断面最小生态流量为 4.89m³/s；《南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告》及审查意见(琼环函[2016]1677 号)要求迈湾坝址断面最小生态流量为 4.89m³/s，其中迈湾坝址在 6~8 月鱼类产卵期制造涨水过程；《海南水网建设规划环境影响报告书》及其审查意见（琼环函[2019]240 号）要求迈湾坝址丰水期（6~10 月）泄放 20.5m³/s、

非丰水期(11月~翌年5月)泄放 $10.1\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流,并在6~8月模拟1次涨水过程,持续约10~15天,其中涨水过程持续约4~6天,峰值流量约为涨水过程平均流量的1.5倍。

⑥ 迈湾最小生态流量的确定

综合以上分析,迈湾坝址下游南渡江干流存在多处流水生境,因此,为满足鱼类生态敏感期生态用水要求,维持下游流水生境一定的水深、水面和流速,确定鱼类生态敏感期6~8月迈湾坝址断面最小生态流量取天然多年平均流量($86.3\text{m}^3/\text{s}$)的30%,即 $25.9\text{m}^3/\text{s}$;一般用水期11月~翌年5月迈湾坝址断面最小生态流量为 $10.3\text{m}^3/\text{s}$,占坝址处天然多年平均流量($86.3\text{m}^3/\text{s}$)的11.9%;一般用水期9~10月为丰水期,尽可能使下游流水河段接近天然时的较大流量,迈湾坝址断面最小生态流量取 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ (占坝址处天然多年平均流量的23.8%)。

⑦ 鱼类生态敏感期特殊需水分析

根据迈湾坝址处天然径流特性和鱼类产卵过程,6~8月需要制造涨水过程。龙塘站近60年(1954~2013年)历史洪水分布情况,6~8月出现最大洪峰流量的概率分别3.33%、10.00%和16.67%。根据迈湾水库调度运行方式,8~10月水库按汛限水位96m进行控制,来水基本全部下泄,该时段天然来水量较大,出现洪水过程的概率较大,迈湾水库调度运行对发生在该时段的洪水峰值和涨水过程影响总体不明显;而6月、7月水库水位相对较低,水库根据来水情况逐步蓄水至汛限水位96m,迈湾水库调度运行对发生在6~7月的中小洪水有一定的消减作用。因此,鱼类生态敏感期6~8月在6月、7月各制造1次涨水过程,刺激鱼类产卵。涨水过程参照迈湾坝址处P=50%实测来水径流过程同期流量涨落情况进行模拟,即持续约10~15天,其中涨水持续约4~6天,峰值流量不小于6月、7月P=50%分期设计洪水的最小值($75.7\text{m}^3/\text{s}$),且峰值流量不小于涨水过程平均流量的1.5倍。典型人造涨水过程见图5.2-4。

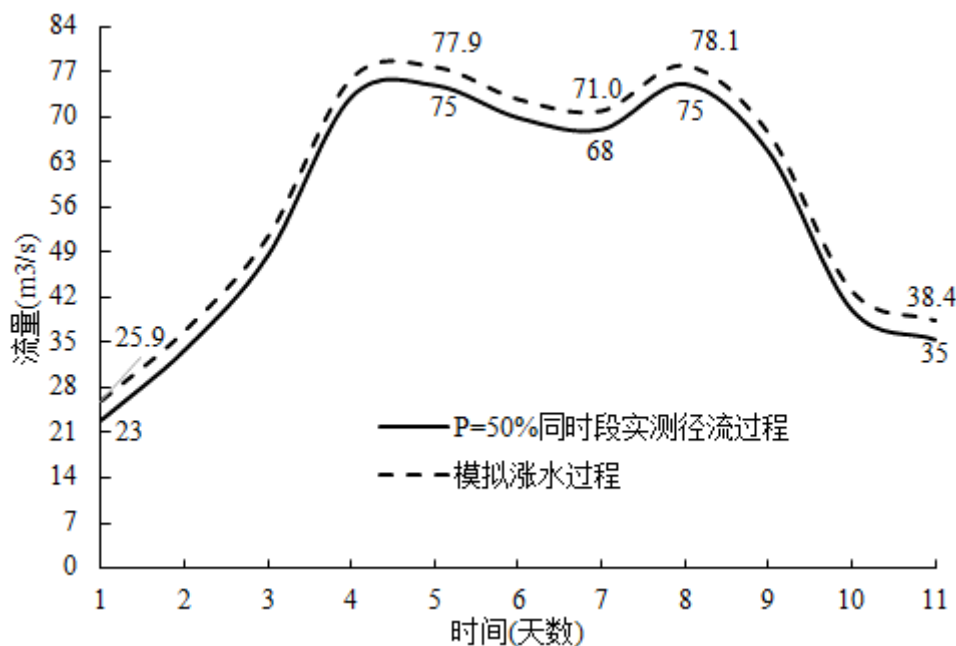


图 5.2-4 迈湾坝址处 6~7 月模拟涨水过程

(4) 迈湾坝址生态需水量的确定

迈湾坝址下游紧邻水位相互衔接的谷石滩水电站、九龙滩水电站、金江水电站 3 个梯级水库群，金江坝址和东山坝址下游存在长约 15.5km 和 13.0km 的天然河段，迈湾坝址下泄流量主要满足金江坝址和东山坝址下泄最小生态流量、迈湾至龙塘坝址区间取水及水环境功能要求。

本次评价在复核了金江和东山坝址最小生态流量的基础上，考虑满足金江坝址和东山坝址下泄最小生态流量及迈湾至龙塘坝址区间水环境功能要求，并统筹上游松涛水库下泄生态流量情况，迈湾坝址生态需水过程见表 5.2-4。

迈湾坝址断面生态需水过程一览表

表 5.2-4

月份	最小生态流量	时期划分	鱼类特殊需水过程	备注
6~7 月	25.9	鱼类生态敏感期	各制造 1 次涨水过程，持续约 10~15 天，其中涨水持续约 4~6 天，峰值流量不小于 75.7m³/s	---
8 月	25.9			该时段发生大洪水的概率合计约 80%，水库维持在汛限水位 96m 运行，来水基本全部下泄，对该时段坝址处洪水过程基本没有影响。
9~10 月	20.5	一般用水期（丰水期）	---	
11 月~翌年 5 月	10.3	一般用水期（非丰水期）	---	---

5.2.1.8 松涛坝址最小下泄流量复核

(1) 下泄生态流量的目的

松涛水库建成至今已近半个世纪,南渡江中下生态系统已在松涛水库不泄放流量的情况下运行多年,坝址下游河道减脱水明显,其中腰子河汇入以上 3km 河段为脱水河段,腰子河汇入以下河段为减水河段。迈湾水库建成后,松涛坝址下游仍存在最长约 28.9km 河段(其中回水变动河段约 18.1km)具备流水生境。随着海南省打造国家生态文明试验区,提升生态系统质量和稳定性,为满足南渡江下游生态用水刚性约束要求,松涛水库需要增设生态流量泄放设施泄放一定生态流量,满足坝址下游流水生境的生态用水需求,并尽可能恢复松涛建成前南渡江中下游河段的流量条件。

(2) 下泄流量考虑因素

松涛坝址至迈湾坝址区间河段属低山丘陵地带,两岸坡陡,根据调查,该区间河段沿岸无城镇分布,无取水口分布,无大型的景观用水需求,无河道外生态需水要求,水面蒸发损耗水量小,南渡江为流域地表、地下水最低排泄基准面,为补给性河谷,两岸地下分水岭均高出河道正常水位,不存在维持地下水动态平衡所需的补给水量。

因此,松涛坝址下泄流量主要考虑满足维持水生生态系统稳定所需水量和维持区间河段水质的最小稀释净化水量两方面生态用水需求。

(3) 维持水生生态系统稳定所需水量

① 研究方法

维持水生生态系统稳定所需水量的计算方法主要有水文学法、水力学法、组合法、生境模拟法、组合法及生态水力学法。

A 水文学法

水文学法又称作标准设定法或快速评价法。它是以历史流量为基础,根据简单的水文指标确定河道生态需水或环境需水,该法虽然没有明确考虑食物、栖息地、水质和水温等因素,但由于这是河流实际存在或发生的情况,故认为该流量能维持现存的生命形式或保障河流的水质。水文学法适合于对河流进行最初目标管理,作为战略性管理方法而使用,一般用于设定河流低流量,没有考虑到对高流量的要求。最常用的代表方法有 Tennant法、NGPRP法、基本流量法(BasicFlow)、 $7Q_{10}$ 法、 Q_p 法、流量历时曲线法、近 10 年最枯月平均流量(水位)法等。水文学方法的最大优点是不需要进行现场测量,在有水文资料和无水文资料的河流都可以应用。但在将水文学方法应用到某个地区时,需

要分析其流量标准是否符合当地河流情况，并结合当地河流管理目标，对流量标准进行调整。根据各常用水文学法的适用性，本次生态环境用水计算采用的水文学法主要包括 Tennant法、 Q_p 法两种。

B 水力学法

水力学法的优点是只需要进行简单的现场测量，不需要详细的物种~生境关系数据，数据容易获得。其缺点是体现不出季节变化因素，通常不能用于确定季节性河流的流量，但它能为其它方法提供水力学依据，所以可与其它方法相结合使用。水力学法中采用的方法为湿周法和 R2-Cross 法。

a 湿周法

湿周法属于栖息地保护类型的标准设定方法。该方法是基于这样的一种假设，即保护好临界区域的水生物栖息地的湿周，也将对非临界区域的栖息地提供足够的保护。采用湿周(见图 5.2-5)作为栖息地的质量指标，通过绘制临界栖息地区域(通常大部分是浅滩)湿周与流量的关系曲线，根据湿周流量关系图中的转折点(见图 5.2-6)确定河道推荐流量值。

湿周法受河道形状影响较大，三角形河道的湿周流量曲线的增长变化点表现不明显，难以判别；而宽浅矩形渠道和抛物线型河道都具有明显的湿周流量关系增长变化点，所以该法适用于这两种河道，同时要求河床形状稳定且不随时间变化，否则没有稳定的湿周流量关系曲线，也没有固定的增长变化点。

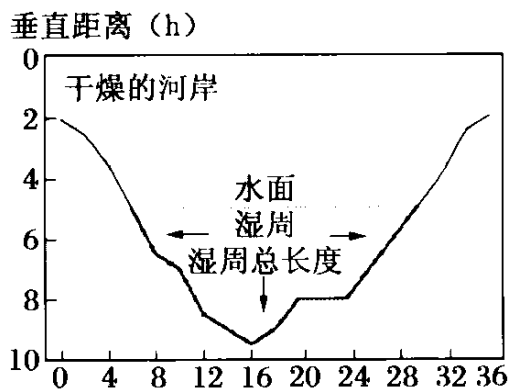


图 5.2-5 湿周的定义

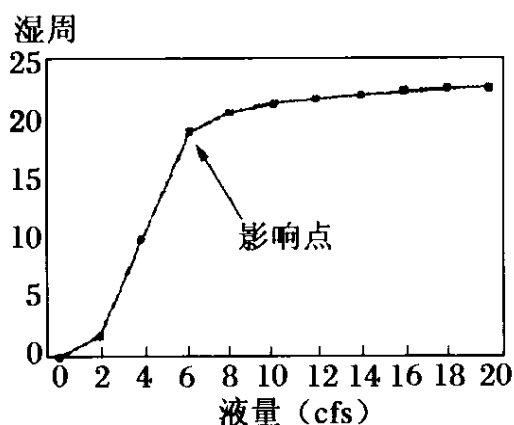


图 5.2-6 湿周流量关系

b R2-Cross 法

R2-Cross 法是以栖息地保持类型的标准设定的模型，由美国科罗拉多州水利局的专家开发应用。R2-Cross 法认为河流流量的主要生态功能是维持河流栖息地，尤其是浅滩栖息地，其采用河流宽度、平均水深、平均流速以及平滩湿周率(湿周长与平滩水位对

应的湿周长的百分比,由于河段平滩流量和平滩湿周长难以确定,国内通常采用多年平均流量下的湿周率来代替平滩湿周率)等指标来评估河流栖息地的保护水平,从而确定河流目标流量。其河流目标流量推荐值是基于这样的假设,即认为浅滩是最临界的河流栖息地类型,如能保护浅滩栖息地也将足以保护其它(如水潭和正常河道处)的水生生境。

开始时,河流流量推荐值是按年控制的,后来,生物学家又根据鱼的生物学需要和河流的季节性变化分季节研究制订相应的标准,见表 5.2-5。

R2-Cross 法是以曼宁方程为基础,根据一个河流断面的实测资料,确定相关参数,并将其代表整条河流。该法比水文学方法相对复杂,但用一个河道断面水力参数代表整条河流,容易产生误差,且适用于非季节性小型河流。松涛坝址下游的南渡江干流属于中型河流,河宽普遍在 30m 以上,因此,本次生态环境用水计算不采用 R2-Cross 法。

采用 R2-Cross 法单断面法确定最小流量的标准

表 5.2-5

河宽(m)	平均水深(m)	湿周率(%)	平均流速(m/s)
0.3~6.3	0.06	50	0.3
6.3~12.3	0.06~0.12	50	0.3
12.3~18.3	0.12~0.18	50~60	0.3
18.3~30.5	0.18~0.3	≥70	0.3

C 组合法(水文—生物分析法)

这种方法是从河流流量与生物量或种群变化关系直接入手,判断生物对河流流量的需求,以及流量变化对生物种群的影响,研究对象通常是鱼、无脊椎动物(昆虫、甲壳纲动物、软体动物等)和大型植物(高等植物)。通常采用多变量回归统计方法,建立初始生物数据(物种生物量或多样性)与环境条件(流量、流速、水深、化学、温度)的关系,代表方法有 RCHARC 法、Basque 法、Stromberg 与 Patten 法、Gregor 与 Friedman 法,但这些方法均是针对具体河流进行研究的结果,不具有很好的推广性,对本工程参考意义不大,故不再介绍。

D 生境模拟法

生境模拟法的基本原理是根据指示物种所需的水力条件的模拟,确定河流流量。假设水深、流速、基质和覆盖物是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要因素。调查分析指示物种对水深、流速等的适宜要求,绘制水深、流速等环境参数与喜好度(被表示为 0~1 之间的值)之间的适宜性曲线。将河道横断面分隔成间隔为 W 的 n 个部分单元,根据适宜性曲线确定每个分隔部分的环境喜好度,即水位喜好度(S_h)、流速喜好度(S_v)、

基质喜好度(S_s)、河面覆盖喜好度(S_c)。根据公式 5.2-(1)计算每个断面、每个指示物种的权重可利用面积(WUA),其中 A_i 为宽度为 w , 长度为两个相邻断面距离的阴影部分的水平面积。计算不同流量下的 WUA, 绘制流量与 WUA 曲线, WUA 越大, 表明生物在该流量下对生境越适宜。生境模拟法适用于主要生态功能为保护某些生物物种的河流。

$$WUA = \sum_{i=1}^n A_i (S_h, S_v, S_s, S_c) \quad 5.2-(1)$$

南渡江干流分布的淡水及洄游性鱼类一共 110 种, 其中珍稀濒危特有鱼类共 10 种, 分别为花鳗鲡、小银鲷、海南长臀鲩(亚种)、锯齿海南鲮、海南异鲮(亚种)、台细鲮、青鲮、大鳞鲢、无斑蛇鲷、高体鳊; 松涛坝址下游干流还分布包括鲮、鲢、银鲷、尼罗罗非鱼、蒙古鲃、海南鲃、海南似鲮、餐、云斑尖塘鳢等多种经济鱼类。由于各物种对水深、流速等环境参数与喜好度之间的适宜性关系现阶段难以准确建立, 故本次生态环境用水计算拟不采用该方法。

E 综合法

综合法从河流生态系统整体出发, 根据专家意见综合研究流量、泥沙运输、河床形状与河岸带群落之间的关系, 以 BBM 法为代表。该方法资源消耗大, 时间长, 一般至少需要 2 年时间, 适用于综合性、大流域生态需水研究。故本次生态环境用水计算拟不采用该方法。

F 生态水力学法

生态水力学法通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量, 属于生境模拟法。假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面的面积、水面面积、水温时流量变化对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数; 急流、缓流、浅滩及深潭是流量变化对物种变化造成影响的主要水力形态。模型分三大块, 一是河道水生生境描述, 该模块调查分析水生生物对水深、流速等水力生境参数的最基本生存要求; 二是河道水力模拟, 利用水力学模型对研究河段进行一维至三维水力模拟, 制定水力生境指标体系; 三是河道水生生态基流量的决策, 由水文水资源、水利、环评、水生生态工作者依据水力生境指标体系, 结合河道的来水过程、当地的社会经济发展状况及政策综合确定河道生态基流量。

生态水力学法确定最小流量的水力生境参数标准见表 5.2-6, 表中指标体系为枯水期指标体系, 即统计不同流量情况下水深、流速、水面面积等水力生境参数以及急流、缓流等水力形态占枯水期多年平均流量情况下的百分比。

生态水力学法适用于大中型河流内的水生生物所需生态流量的计算。松涛坝下南渡

江河段属于中小型河流，本次生态环境用水计算拟不采用该方法。

生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准

表 5.2-6

生境参数指标	最低标准	累计河段长度的百分比/%
最大水深	鱼类体长的 2~3 倍	95
平均水深	≥0.3m	95
平均流速	≥0.3m/s	95
水面宽度	≥30m	95
湿周率	≥50%	95
过水断面面积	≥30m ²	95
水面面积	≥70%	
水温	适宜鱼类生存、繁殖	
生境形态指标	概念界定	
急流	≥1m/s	段数无较大变化，急流、较急流 段累计河段长度减少<20
较急流	0.5~1m/s	
较缓流	0.3~0.5m/s	
缓流	≤0.3m/s	
深潭	最大水深≥10m	个数无较大变化
浅滩	河岸边坡≤10°，5m 范围内水深≤0.5m	

② 计算方法的选择

根据以上所介绍的 6 大类计算方法分析可知，松涛坝址下游减水河段维持水生生态系统稳定所需水量研究分别采用 Tennant 法、 Q_p 法以及湿周法 3 种不同方法进行计算，并结合坝址处天然实测最小流量综合比较后确定减水河段维持水生生态系统稳定所需水量。

③ 计算结果分析

A Tennant法

Tennant法根据水文资料以年平均径流量百分数来描述河道内流量状态，详见表 5.2-7。该法是在对美国东部、西部和中西部许多河流进行广泛现场调查的基础上提出的。保护目标为鱼、水鸟、长毛皮的动物、爬行动物、两栖动物、软体动物、水生无脊动物和相关的与人类争水的生命形式。

该法认为，河道内径流为多年平均河道流量的 10% (即 90% 为河道外耗水)，是大多数水生生物生存所需的最小水量。在这种流量条件下，河宽、水深和流速将显著减少，水生生态环境质量下降，河道或正常湿周近一半露出水面，宽浅滩露出部分将会更多。边槽将大部分干涸，卵石、沙坝也基本干涸无水，作为鱼类及皮毛动物的岸边穴居场所

将有所消失。部分浅水区水深更浅，以至鱼类不能在此活动而一般只能集中于主槽中，岸边植物将会缺水，体型较大的鱼遇到浅滩处将可能存在洄游困难。

法国法律规定河流最低环境流量不应小于多年平均流量的10%，但对于流量较大的河流(多年平均流量大于 $80\text{m}^3/\text{s}$)，可进行调整和重新规定，但不低于多年平均流量的5%。

保护鱼类、野生动物、娱乐和有关环境资源的河流流量状况

表 5.2-7

流量状况描述	推荐的基流(平均流量的分数) (10~3月)/%	推荐的基流(平均流量的分数) (4~9月)/%
泛滥或最大	/	200(48~72/小时)
最佳范围	60~100	60~100
很好	40	60
好	30	50
良好	20	40
一般或较差	10	30
差或最小	10	10
极差	0~10	0~10

由 Tennant 法的标准(表 5.2-6)可以看出，河道内流量小于多年平均流量的 10%时，河流状态为“极差”，但当河道内流量为多年平均流量的 10%时，对应 4~9 月河流水生状况处于“差”的状态，是大多数水生生物生存所需的最小水量，且对于 10 月~次年 3 月河流水生状况可以达到“一般”的状况。

松涛水库坝址下游南渡江干流河段为中型河流，坝址处天然多年平均流量为 $51.4\text{m}^3/\text{s}$ 。结合 Tennant 法标准和松涛坝下南渡江中型河流特征，并综合考虑《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)的指导意见“维持水生生态系统稳定所需水量一般不应小于河道控制断面多年平均流量的 10%(当多年平均流量大于 $80\text{m}^3/\text{s}$ 时按 5%取用)，在生态系统有更多更高需要时应加大流量”，以松涛坝址处天然多年平均流量的 10%(即 $5.14\text{m}^3/\text{s}$)作为松涛坝下减水河段 Tennant 法推荐的最小下泄生态流量。

B Q_p 法

Q_p 法又成不同频率最枯月平均值法，以长系列 ($n \geq 30$) 天然月平均流量或径流量为基础，用每年的最枯月排频，选择不同频率下的最枯月平均流量作为生态环境需水量的最小值。频率根据河流开发程度、规模、来水情况等实际情况确定，宜取 90%或 95%。

南渡江干流的龙塘站 1954 年设立为基本水文站，可研阶段径流系列年限为 1955~2009 年共 54 年的天然径流数据。经计算，每年最枯月 90%和 95%频率下的最枯

月平均流量分别为 $2.63\text{m}^3/\text{s}$ 和 $2.18\text{m}^3/\text{s}$ 。结合松涛坝下南渡江干流中型河流特征，为更好地保护当地环境，采用 90% 频率下的最枯月平均流量 ($2.63\text{m}^3/\text{s}$) 作为 Q_p 法推荐的松涛坝址最小下泄生态流量。

C 湿周法

松涛坝址下游南渡江河道断面形状以呈“V”形的深切河谷为主，但也存在部分呈“U”形的宽浅型河谷。由水力学分析可知，在相同流量情况下，“V”型河道与宽浅型河道达到相同的流速特征时，“V”型河道水面宽、水深比宽浅型河道大得多，换句话说，在满足相同鱼类生境适应性条件下，“V”型河道比宽浅型河道所需水量小。因此，从水生生态保护角度出发，宜选择宽浅型河道断面开展生态基流量计算。因此，湿周法的分析断面一般应选在浅滩断面上。

目前关于深潭、浅滩等河道水流类型尚无明确的分类标准。参考由 Richards(1976) 提出深泓线线性回归法进行深潭、浅滩断面判断的方法，该方法要求沿河道深泓线等间距进行河床高程测量，然后采用线性回归方程对河床高程点进行拟合，根据拟合结果(见图 5.2-8)，河床实测高程高于拟合曲线的为浅滩，低于拟合曲线的为深潭。

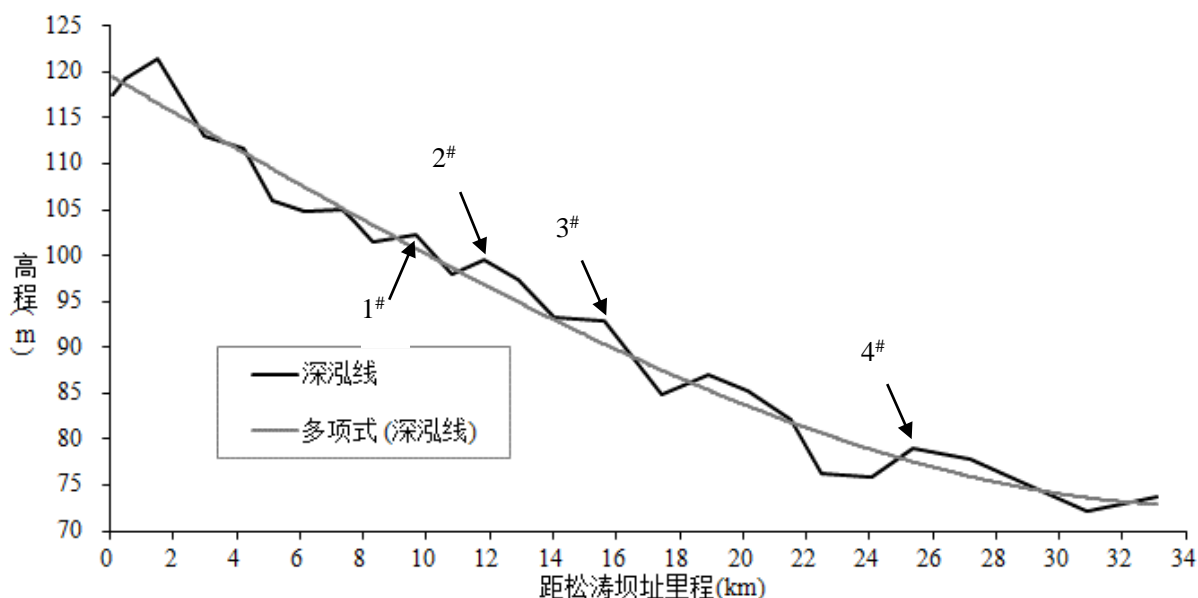
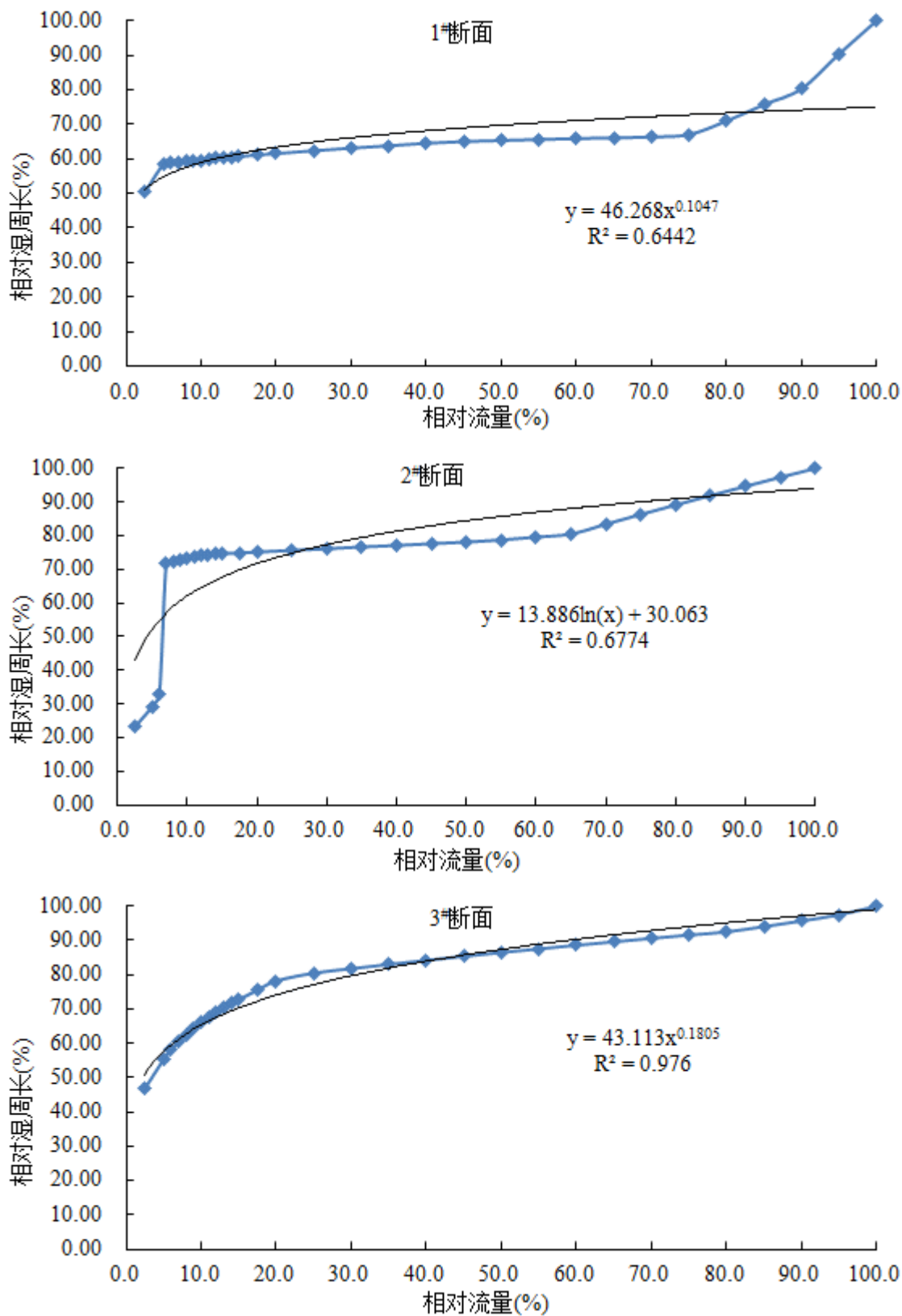


图 5.2-7 松涛坝下减水河段纵向深泓线变化与典型断面位置分布图

根据上述浅滩断面的判定原则，结合拟合线以上河段断面形状(见图 5.2-7)以及区间支流汇入情况，在减水河段内选择 1#、2#、3#及 4#共 4 个断面作为典型断面进行生态需水量的湿周法分析，断面位置和深泓线拟合情况见图 5.2-7。1#、2#、3#及 4#分别坝址约 9.67km、11.84km、15.62km、25.37km。各典型断面的选取综合考虑了浅滩断面、宽浅型断面形状及支流汇入情况，具有较好的代表性。

根据计算结果，1#~4#断面的相对湿周-相对流量关系线见图 5.2-8。采用曲线中斜率为 1 的位置作为拐点判定依据，其对应的流量作为所在断面推荐流量，计算结果见表 5.2-8。



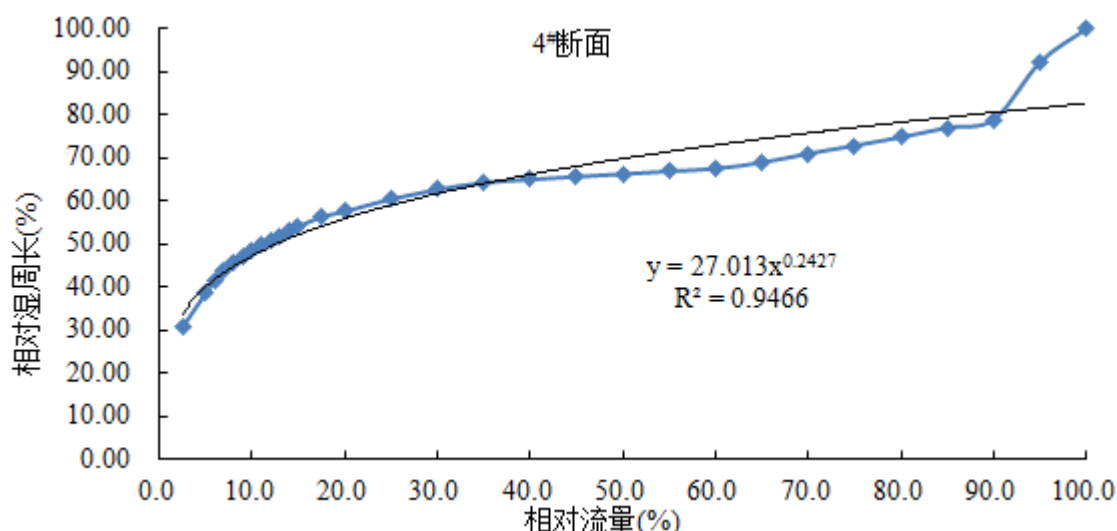


图 5.2-8 松涛坝址下游减水河段各典型断面相对湿周-相对流量关系曲线

从表 5.2-8 可以看出，4 个典型断面所需最小生态流量为 $2.99\text{m}^3/\text{s}$ ~ $7.14\text{m}^3/\text{s}$ ，对应松涛坝址最小下泄流量为 $0.814\text{m}^3/\text{s}$ ~ $4.96\text{m}^3/\text{s}$ ，其中 2#断面要求松涛坝址最小下泄流量值最大，取最大值 $4.96\text{m}^3/\text{s}$ 作为湿周法推荐松涛坝址最小下泄生态流量。

各典型断面湿周法拐点及其对应推荐最小下泄流量成果表

表 5.2-8

断面编号	拐点相对流量 (%)	拐点相对湿周 (%)	拐点对应流量(m^3/s)	对应松涛坝址最小下泄流量(m^3/s)	备注
1#(坝下 9.67km)	5.83	55.64	2.99	0.814	区间主要汇入腰子河，该支流最枯月 95%频率对应值为 $2.18\text{m}^3/\text{s}$
2#(坝下 11.84km)	13.89	66.60	7.14	4.96	
3#(坝下 15.62km)	12.23	67.74	6.29	4.11	
4#(坝下 25.37km)	11.98	49.35	6.16	3.98	

② 维持区间河段水质的最小稀释净化水量

根据《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173-2010)，计算河流水域纳污能力应采用 90%保证率最枯月平均流量。根据水文计算结果，松涛坝址处 90%保证率最枯月天然平均流量为 $3.33\text{m}^3/\text{s}$ 。因此，为维持区间河道水质的最小稀释净化水量，松涛坝址需下泄不小于的 $3.33\text{m}^3/\text{s}$ 流量。

③ 天然实测最小流量

为尽可能使松涛坝址断面流量与天然时出现过的径流一致，因此，其最小下泄流量应不小于天然最小月平均流量。根据 1955 年~2009 年径流资料，松涛坝址天然最小月流量 $0.709\text{m}^3/\text{s}$ (1979 年 3 月)。松涛水库是多年调节大型水库，受其调节后，下泄最小流量应不小于坝址处天然最小流量，即松涛坝址最小下泄流量应不小于 $5.85\text{m}^3/\text{s}$ 。

④ 规划环评要求

《海南水网建设规划环境影响报告书》及其审查意见（琼环函[2019]240号）要求松涛坝址丰水期（6~10月）泄放 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ 、非丰水期（11月~翌年5月）泄放 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ 的生态基流。

⑤ 最小生态流量的确定

综合以上分析，确定松涛坝址丰水期（6~10月）最小生态流量为 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，占坝址处天然多年平均流量的30%，非丰水期（11月~翌年5月）最小生态流量为 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ ，占坝址处天然多年平均流量的10%。

5.2.1.9 各控制断面生态用水改善程度分析

根据1960~2008年长系列径流资料分析，天然径流时迈湾、东山和龙塘坝址断面满足最小生态流量的程度分别为72.11%、97.00%、98.24%。迈湾水库运行前即使松涛水库下泄生态流量（丰水期6~10月 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，非丰水期 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ ）后，东山和龙塘坝址断面的生态流量保证程度有一定提高，分别达到99.50%、99.15%，分别提高了2.6%和0.91%，但仍无法满足下游东山和龙塘坝址断面的生态流量刚性需求。迈湾建成后，迈湾、东山和龙塘坝址断面的生态流量满足率均为100%。

迈湾水库运行前后主要控制断面长系列生态流量满足程度对比

表 5.2-9

控制断面	区间天然流量	迈湾建成前（松涛下泄生态流量）	迈湾运行后	备注
迈湾坝址	72.11%	90.42%	100%	一般用水期11月~翌年5月生态流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ ，9~10月生态流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ ；鱼类生态敏感期6~8月生态流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 。
东山坝址	97.00%	99.60%	100%	全年最小生态流量 $14.4\text{m}^3/\text{s}$
龙塘坝址	98.24%	99.15%	100%	全年最小生态流量 $22.5\text{m}^3/\text{s}$

注：长系列统计年限为1960~2008年。

5.2.2 水文情势影响分析

5.2.2.1 施工期水文情势影响分析

工程施工期采用围堰一次拦断河床、隧洞导流的导流方式维持坝址处上下游水文情势的连续性。

工程计划第2年12月初河床截流，采用单戽堤立堵、右岸占进的方式截流。截流设计标准选用12月10年一遇月平均流量，相应流量 $Q=23.1\text{m}^3/\text{s}$ 。截流期间上游来水由龙口和导流隧洞（进口底高程53.0m）全部下泄，当上游水位低于53.0m，全由龙口泄流，

上游水位超过 53.0m 后, 导流隧洞开始分流。截流期间, 围堰上游水位较截流前抬升约 2m, 且上游来流全部下泄, 故河床截流对坝址上下游河段水文情势影响较小。

工程施工导流程序及主要水力学成果见表 5.2-6, 施工期间来水均通过相应的泄流建筑物全部进入下游河床, 施工建设对坝址上下游河段水文情势影响总体较小。

迈湾水利枢纽工程施工期导流程序

表 5.2-10

导流时段	导流标准	设计流量 (m ³ /s)	挡水建筑物	泄流建筑物			备注
				名称	底高程 (m)	尺寸(m)	
第 1 年 11 月~ 第 2 年 7 月	P=20%	665	导流隧洞进出口围堰	原河床	/	/	导流隧洞施工
第 2 年 8 月~第 2 年 11 月	P=20%	4910	导流隧洞出口围堰	原河床	53.0	5×6	12 月初河床截流
第 2 年 12 月~ 第 3 年 5 月	P=10%	305	枯水围堰	左岸导流隧洞	53.0	5×6	一枯
第 3 年 6 月~第 3 年 11 月	P=5%	7340	临时拦洪度汛坝体	左岸导流隧洞	53.0	5×6	一汛
	P=2%	8600		5#~9#坝段缺口	60.0	宽 78m	
第 3 年 12 月~ 第 4 年 4 月	P=10%	156	枯水围堰	左岸导流隧洞	53.0	5×6	二枯
第 4 年 5 月~第 4 年 11 月	P=2%	8600	临时拦洪度汛坝体	左岸导流隧洞	53.0	5×6	二汛
	P=1%	9380		5#~8#坝段缺口	87.0	宽 64m	
第 4 年 12 月~ 第 5 年 4 月	P=10%	156	完建坝体	左岸导流隧洞	53.0	5×6	三枯

5.2.2.2 初期蓄水对水文情势的影响

根据工程施工进度安排, 计划第 5 年 5 月 1 日开始下闸蓄水。根据初期蓄水时间, 采用坝址 1955 年 5 月~2009 年 4 月共 54 年逐旬径流资料进行分析计算。根据坝址年径流设计值, 选择 25%、50%、75% 典型年, 分别为 2008 年 5 月~2009 年 4 月、1979 年 5 月~1980 年 4 月、2005 年 5 月~2006 年 4 月, 并修正典型年逐旬来水过程得设计来水过程。根据设计逐旬来水过程及生态流量要求, 计算库水位蓄至不同水位的时间。

按水库丰、平、枯不同典型年逐旬入库流量推算, 水库水位蓄至死水位 (76m) 总历时为 15d~36d; 水库水位蓄至死水位后, 具备了向下游供水和机组发电条件, 继续蓄水至正常蓄水位 (101m) 还需历时为 169d~268d; 水库蓄水至正常蓄水位总历时 184d~304d。

坝后电站厂房共 3 台机组, 其中大机组单台机额定流量 46.17m³/s, 小机组单台机额定流量 10.4m³/s。第 5 年 3 月~6 月底, 期间通过完建 1 台大机组发电及生态基流电站旁通管下泄来水调蓄上游水位, 控制上游水位不超过 88m 高程, 如遇洪水, 通过 3 孔溢

流坝泄洪孔下泄洪水（其中 1 孔在上游检修钢闸门的保护下进行弧门安装施工）。待 3 孔溢流坝泄洪孔弧门安装完成后，可蓄水至正常蓄水位 101m 高程。

水库初期蓄水期间，在水库水位蓄至 65.5m(生态机组进口底板高程)之前，通过在导流隧洞进口闸门两侧墩墙预埋的两根 $\phi 600$ 钢管(进口底板高程 54.0m)下放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量；水库水位由 65.5m 蓄至死水位 76m 期间($P=75\%$ 保证率来水持续时间约 29 天)由导流隧洞进口闸门两侧墩墙预埋的两根 $\phi 600$ 钢管和生态机组旁通管(DN2200 钢管，布置在 1#大机组进水钢管右侧，设流量调节阀，控制阀布置在安装间下部箱体 64.0m 层，水库死水位时调节阀过流能力 $10.3\text{m}^3/\text{s}$)下放生态流量；水库蓄至死水位 76m 之后，由生态机组(进口底板高程 65.5m)下放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。水库初期蓄水期间，下游河道流量有所减少，但可满足下游河道生态用水需求。

迈湾水利枢纽工程下闸蓄水过程及泄水建筑物情况一览表

表 5.2-11

蓄水阶段	蓄水量(万 m ³)	生态流量 (m ³ /s)	蓄水历时(d)			蓄至计划水位日期			生态流量泄放建筑物			备注
			P=25%	P=50%	P=75%	P=25%	P=50%	P=75%	名称	进口底高程(m)	尺寸(m)	
蓄至生态机组进水口(65.5m)	186	一般用水期 11月~5月为 10.3, 6月-8月 25.9, 9月-10月 20.5	6	7	9	5月6日	5月7日	5月9日	导流隧洞进口两根钢管	54.0	φ600	导流隧洞计划第5年5月1日下闸, 水库开始蓄水
65.5m 蓄至死水位(76m)	1642		9	11	27	5月15日	5月18日	6月5日	导流隧洞进口两根钢管和生态机组旁通管	/	/	
死水位(76m)蓄至溢流坝堰顶高程(87m)	5785		24	40	71	6月8日	6月27日	8月15日	生态机组旁通管	65.5	DN2200	死水位时泄放能力 10.3m ³ /s
87m 蓄至汛限水位(96m)	10582		37	54	36	7月15日	8月20日	9月20日	生态机组	65.5	/	设计引水能力 10.4m ³ /s
汛限水位(96m)蓄至正常蓄水位(101m)	9966		108	153	161	10月31日	第二年1月20日	第二年2月28日	生态机组或生态机组旁通管	65.5	/	同上

5.2.2.3 运行期迈湾库区河段水文情势影响分析

(1) 预测范围

松涛大坝距离迈湾水利枢纽工程坝址长约 55.4km，其大坝下游到腰子河汇合口约 3km 的干流河道无流量下泄，该河段也不受本工程淹没影响，故库区干流河段水文情势预测范围为腰子河汇口下游(南 36 断面)至坝址(南-1 断面)长约 52.40km 的干流河段。

库区淹没范围内涉及 4 条主要支流，分别为中坤河、番坡河、南坤河和加握河，各支流计算范围为：

中坤河从河口起，至该支流断面支 4-5 止，河段长约 8.8km；

番坡河从河口起，至该支流断面支 3-7 止，河段长约 12.4km；

南坤河从河口起，至该支流断面支 2-6 止，河段长约 11.8km；

加握河从河口起，至该支流断面支 1-5 止，河段长约 8.6km。

库区水文情势预测范围见图 5.2-9。

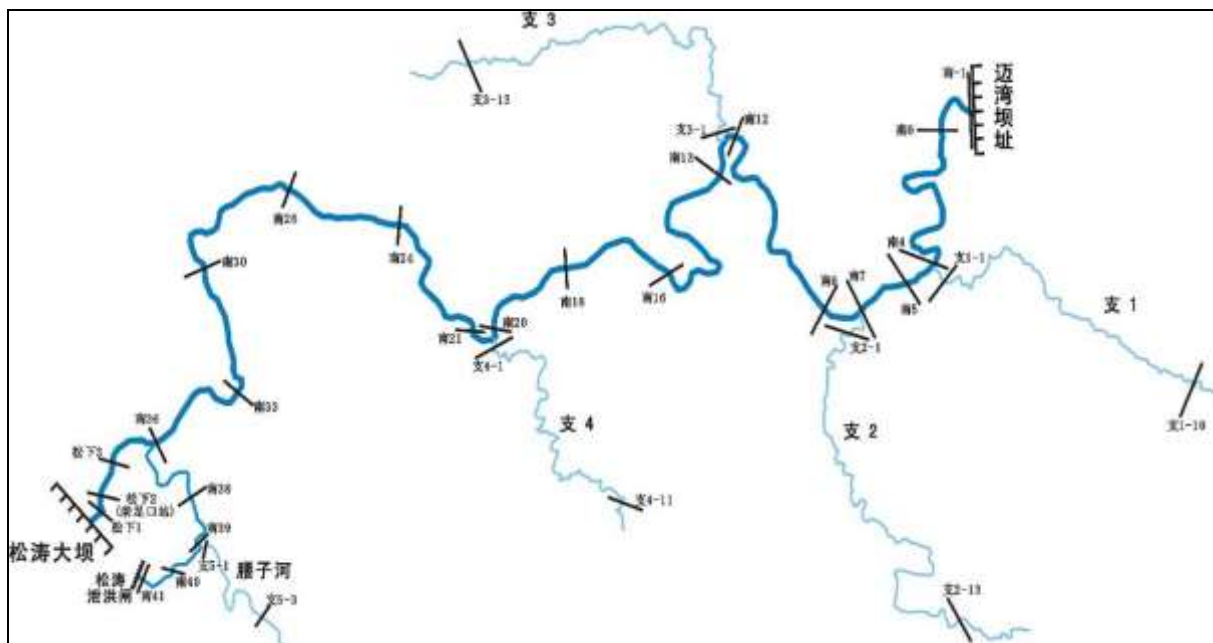


图 5.2-9 迈湾枢纽库区断面位置示意图

(2) 预测方法

采用 HEC-RAS 一维水动力学数学模型预测库区水文情势的变化情况，各断面流量考虑区间干流集水面积的变化和 4 条较大支流汇入。根据上下坝址的水位流量关系以及库区河段 1954 年洪水水位调查资料对研究河段的糙率进行综合率定，库区干流河段糙率变化范围在 0.032~0.061，该糙率为综合糙率，综合反映断面粗糙度以及区间河段弯曲程度等。各支流糙率采用其汇合口处干流河段相应糙率。

(3) 库区干流河段水文情势预测结果分析

① 水库水位年内变化

迈湾水库投入运行后,将改变工程所在河段的水文情势,库区河段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势较天然河段发生较大变化。兴利调节时水库水位在正常蓄水位 101m 和死水位 76m 之间变动,水位最大变幅 25m。由于水库具有年调节性能,水库多年平均水库水位为 98.3m。为更好地发挥供水、灌溉作用,水库一般维持在较高水位运行,水库年内水位变幅一般小于 25m。各典型年(丰、平、枯、特枯水年)年内水位变幅分别为 5.0m、5.0m、7.2m、25.0m。迈湾水库运行后各典型年水库水位变化情况见表 5.2-12 和图 5.2-10。

各典型年迈湾水库库区逐旬旬末水位变化过程一览表

表 5.2-12

典型年		丰水年(P=10%)	平水年(P=50%)	枯水年(P=90%)	特枯水年(P=95%)
月份					
6月	上旬	97.4	101.0	96.5	101.0
	中旬	97.4	101.0	98.0	100.9
	下旬	100.3	101.0	98.0	101.0
7月	上旬	101.0	101.0	97.3	101.0
	中旬	101.0	101.0	98.4	101.0
	下旬	101.0	101.0	99.0	101.0
8月	上旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	中旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	下旬	96.0	96.0	96.0	96.0
9月	上旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	中旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	下旬	96.0	96.0	96.0	96.0
10月	上旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	中旬	96.0	96.0	96.0	96.0
	下旬	101.0	97.6	97.2	96.0
11月	上旬	101.0	99.9	97.9	95.8
	中旬	101.0	101.0	99.1	95.2
	下旬	101.0	101.0	99.9	94.3
12月	上旬	101.0	101.0	100.1	93.2
	中旬	101.0	101.0	100.1	92.0
	下旬	101.0	101.0	100.2	90.8
1月	上旬	101.0	101.0	100.1	89.7
	中旬	101.0	101.0	99.7	88.2
	下旬	101.0	101.0	99.0	86.5
2月	上旬	101.0	101.0	98.7	85.9
	中旬	101.0	100.9	98.3	84.5
	下旬	101.0	100.7	97.7	83.0
3月	上旬	101.0	100.7	97.3	80.9
	中旬	101.0	100.7	97.0	81.2
	下旬	101.0	100.7	96.5	79.3

4月	上旬	101.0	100.9	96.1	76.2
	中旬	101.0	101.0	95.9	76.0
	下旬	101.0	101.0	95.5	76.5
5月	上旬	101.0	101.0	94.4	81.8
	中旬	101.0	101.0	93.2	83.8
	下旬	101.0	101.0	93.0	90.1

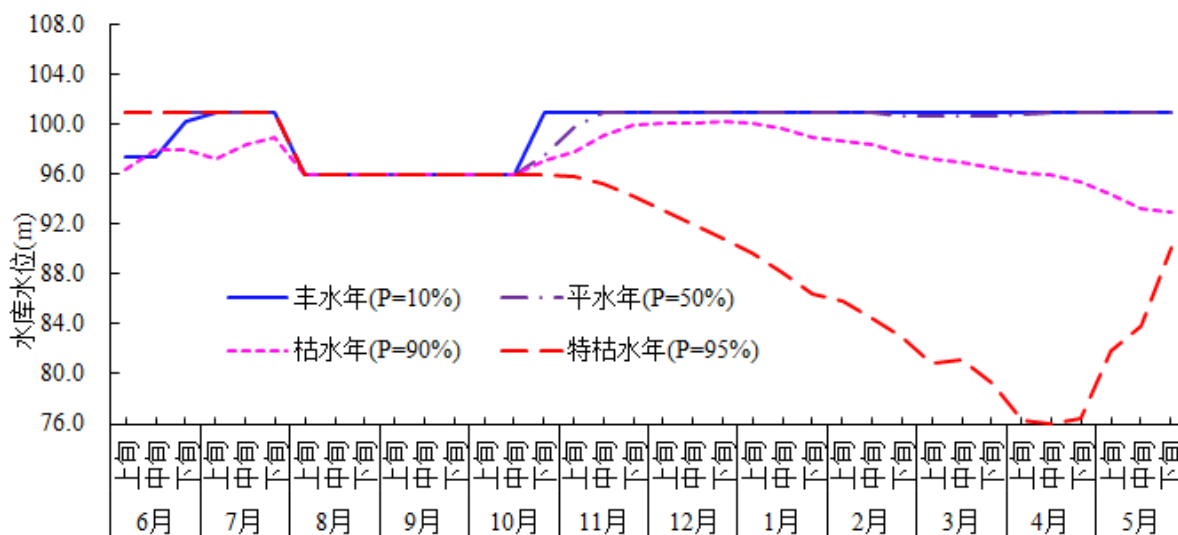


图 5.2-10 迈湾水库运行后各典型年水库水位过程图(逐旬旬末)

② 水力参数沿程变化

迈湾水库运行后，库区河段水位、水深、水面和流速等水力要素较天然发生较大变化，正常蓄水位和死水位运行条件下沿程水位变化情况见图 5.2-11~图 5.2-12，各断面水力要素变化情况见表 5.2-13~表 5.2-14。正常蓄水位 101m 时，水库回水长度约 45.3km(回水末端距离松涛大坝约 10.5km)，死水位时回水长度约 26.1km，水库消落河段最长约 19.2km；库区河段水面面积由天然时的约 0.31km² 增加至正常蓄水位时的 23.8km²，增加了约 75.8 倍，水域面积增加明显；库区水位出现不同程度的抬升，越靠近坝址抬升越明显，正常蓄水位时坝前水位抬升了约 46m，坝前最大水深达 54.69m，是天然时最大水深(8.22m)的 7.1 倍，死水位坝前水深也抬升了约 22m；回水范围内沿程各断面水面宽均有增加，其中坝址上游 8.23km 处增加最明显，正常蓄水位时该断面水面宽达 1220.32m，约是建库前(61.03m)的 21 倍。回水范围内各断面流速均有所减缓，正常蓄水位时库区流速范围从坝址至库尾在 0.01m/s~0.42m/s 逐渐增加，均为缓流状态，而建库前库区河段流速在 0.10m/s~2.77m/s 之间交错出现，流态复杂多样。

总体来说，水库运行使库区水深增加明显，水面宽度和水域面积大幅增加，流速减缓，变化幅度从坝址至库尾呈逐步减小趋势。

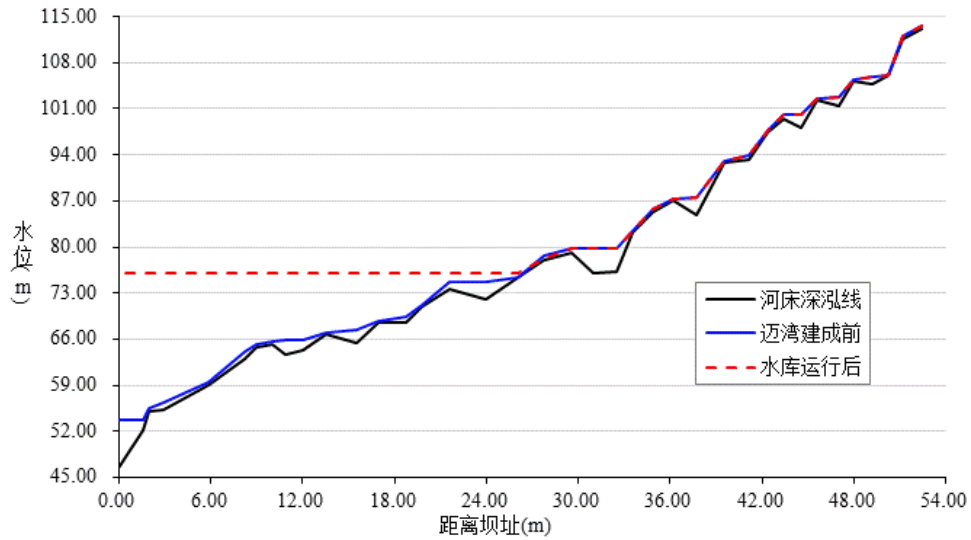


图 5.2-11 死水位 76m 运行时水库运行前后沿程水位变化对比图

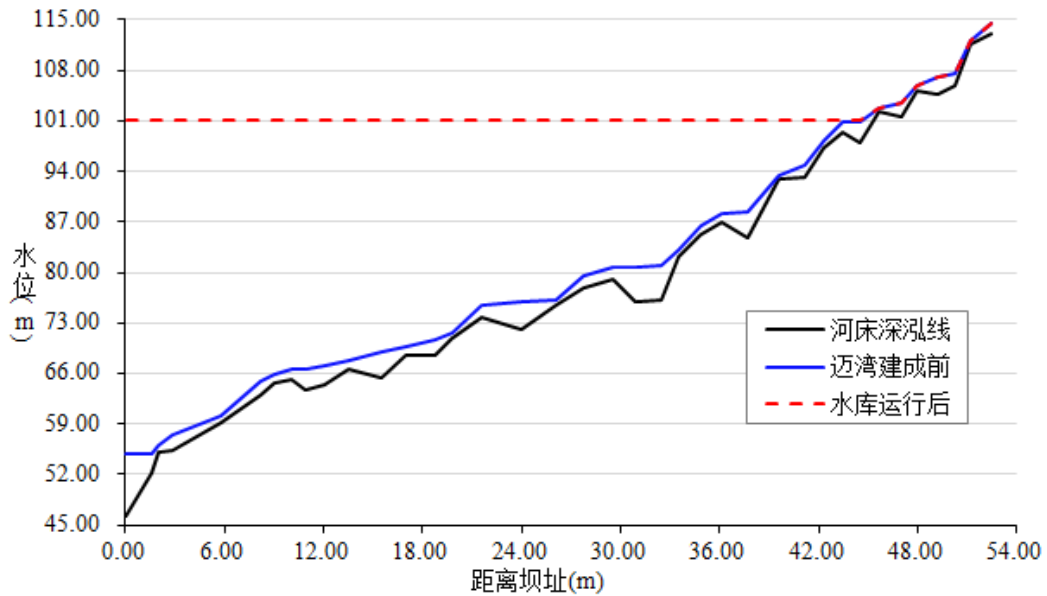


图 5.2-12 正常蓄水位 101m 运行时水库运行前后沿程水位变化对比

死水位 76m 运行时（特枯水年 4 月中旬）沿程各断面水力参数变化表

表 5.2-13

断面名称	距离坝址(km)	最大水深(m)			流速(m/s)			水面宽度(m)		
		建库前	成库后	变化值	建库前	成库后	变化值	建库前	成库后	变化值
南 36	52.40	1.06	1.06	0.00	0.320	0.320	0.00	29.57	29.57	0.00
南 35	51.18	0.42	0.42	0.00	1.360	1.360	0.00	26.78	26.78	0.00
南 34	50.22	1.01	1.01	0.00	0.270	0.270	0.00	38.82	38.82	0.00
南 33	49.18	1.87	1.87	0.00	0.330	0.330	0.00	12.13	12.13	0.00
南 32	47.99	0.53	0.53	0.00	1.650	1.650	0.00	15.71	15.71	0.00
南 31	47.00	1.64	1.64	0.00	0.190	0.190	0.00	37.86	37.86	0.00
南 30	45.63	0.26	0.26	0.00	1.310	1.310	0.00	30.4	30.4	0.00
南 29	44.50	2.59	2.59	0.00	0.050	0.050	0.00	67.94	67.94	0.00
南 28	43.42	1.14	1.14	0.00	0.330	0.330	0.00	45.86	45.86	0.00
南 27	42.33	0.53	0.53	0.00	1.980	1.980	0.00	8.78	8.78	0.00
南 26	41.16	1.2	1.2	0.00	0.390	0.390	0.00	19.42	19.42	0.00
南 25	39.54	0.42	0.42	0.00	1.550	1.550	0.00	18.46	18.46	0.00
南 24	37.71	3.06	3.06	0.00	0.160	0.160	0.00	20.09	20.09	0.00
南 23	36.17	0.78	0.78	0.00	0.810	0.810	0.00	13.64	13.64	0.00
南 22	34.88	0.96	0.96	0.00	0.520	0.520	0.00	26.58	26.58	0.00
南 21	33.52	0.67	0.67	0.00	2.220	2.220	0.00	6.31	6.31	0.00
南 20	32.51	3.94	4.03	0.09	0.130	0.130	0.00	24.01	24.61	0.60
南 19	30.94	4.18	4.26	0.08	0.040	0.040	0.00	67.39	67.7	0.31
南 18	29.58	1.09	1.17	0.08	0.330	0.290	-0.04	35.83	37.4	1.57
南 17	27.76	1.19	1.58	0.39	0.390	0.290	-0.10	26.27	28.02	1.75
南 16	26.05	0.31	0.84	0.53	1.490	0.430	-1.06	24.85	27.27	2.42
南 15	23.96	2.87	3.72	0.85	0.130	0.090	-0.04	35.89	43.43	7.54
南 14	21.61	1.35	2.33	0.98	0.310	0.100	-0.21	48.19	69.55	21.36

南 13	19.82	0.44	5.12	4.68	1.760	0.030	-1.73	15.16	75.75	60.59
南 12	18.71	1.43	7.55	6.12	0.260	0.020	-0.24	37.54	83.98	46.44
南 11	16.96	0.38	7.55	7.17	1.610	0.020	-1.59	20.48	105.5	85.02
南 10	15.50	2.69	10.65	7.96	0.240	0.020	-0.22	26.89	111.99	85.10
南 9	13.50	0.37	9.32	8.95	1.610	0.010	-1.60	20.64	162.51	141.87
南 8	12.03	1.88	11.59	9.71	0.210	0.010	-0.20	42.1	138.26	96.16
南 7	10.88	1.37	11.27	9.90	0.190	0.010	-0.18	67.88	162.21	94.33
南 6	10.07	0.8	10.87	10.07	0.160	0.010	-0.15	91.73	245.47	153.74
南 5	9.02	0.65	11.3	10.65	0.530	0.000	-0.53	42.82	279.24	236.42
南 4	8.23	1.39	13.01	11.62	0.330	0.000	-0.33	44.97	336.27	291.30
南 3	5.83	0.39	16.91	16.52	1.570	0.010	-1.56	25.44	161.94	136.50
南 2	2.90	1.39	20.77	19.38	0.320	0.000	-0.32	38.13	140.7	102.57
南 1	1.98	0.62	20.95	20.33	1.760	0.010	-1.75	18.16	132.71	114.55
南 0(上坝址)	1.58	0.94	23.85	22.91	0.600	0.000	-0.60	28.74	122.78	94.04
南-1(下坝址)	0.00	0.86	29.69	28.83	2.260	0.000	-2.26	8.63	164.27	155.64

正常蓄水位 101m 运行时沿程各断面水力参数变化表

表 5.2-14

断面名称	距离坝址 (km)	最大水深(m)			平均水深(m)			流速(m/s)			水面宽度(m)		
		天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值
南 36	52.40	1.60	1.60	0.00	0.460	0.460	0.00	35.79	35.79	0.00	1.60	1.60	0.00
南 35	51.18	0.59	0.59	0.00	1.660	1.660	0.00	40.03	40.03	0.00	0.59	0.59	0.00
南 34	50.22	1.90	1.90	0.00	0.280	0.280	0.00	45.40	45.40	0.00	1.90	1.90	0.00
南 33	49.18	2.80	2.80	0.00	0.550	0.550	0.00	12.95	12.95	0.00	2.80	2.80	0.00
南 32	47.99	0.77	0.77	0.00	2.030	2.030	0.00	21.69	21.69	0.00	0.77	0.77	0.00
南 31	47.00	2.24	2.24	0.00	0.280	0.280	0.00	57.07	57.07	0.00	2.24	2.24	0.00
南 30	45.63	0.42	0.42	0.00	1.770	1.770	0.00	32.07	32.07	0.00	0.42	0.42	0.00
南 29	44.50	2.99	3.07	0.08	0.110	0.100	-0.01	70.08	70.49	0.41	2.99	3.07	0.08
南 28	43.42	1.51	1.60	0.09	0.470	0.420	-0.05	46.53	46.63	0.10	1.51	1.60	0.09
南 27	42.33	0.89	3.63	2.74	2.500	0.150	-2.35	11.48	70.27	58.79	0.89	3.63	2.74
南 26	41.16	1.83	7.67	5.84	0.570	0.070	-0.50	23.83	54.18	30.35	1.83	7.67	5.84
南 25	39.54	0.63	8.16	7.53	2.050	0.050	-2.00	20.83	75.29	54.46	0.63	8.16	7.53
南 24	37.71	3.70	16.19	12.49	0.32	0.03	-0.29	22.59	62.72	40.13	3.70	16.19	12.49
南 23	36.17	1.28	14.02	12.74	0.96	0.02	-0.94	26.5	101.41	74.91	1.28	14.02	12.74
南 22	34.88	1.37	15.70	14.33	0.720	0.020	-0.70	30.43	77.09	46.66	1.37	15.70	14.33
南 21	33.52	1.12	18.90	17.78	2.770	0.010	-2.76	8.40	130.44	122.04	1.12	18.90	17.78
南 20	32.51	4.86	24.79	19.93	0.230	0.010	-0.22	30.62	105.23	74.61	4.86	24.79	19.93
南 19	30.94	5.08	25.03	19.95	0.100	0.010	-0.09	70.73	135.66	64.93	5.08	25.03	19.95
南 18	29.58	1.97	21.95	19.98	0.450	0.010	-0.44	45.09	203.88	158.79	1.97	21.95	19.98
南 17	27.76	1.77	23.08	21.31	0.740	0.010	-0.73	36.71	158.62	121.91	1.77	23.08	21.31

南 16	26.05	1.29	25.76	24.47	0.880	0.010	-0.87	29.34	218.67	189.33	1.29	25.76	24.47
南 15	23.96	3.75	28.69	24.94	0.280	0.010	-0.27	43.69	486.47	442.78	3.75	28.69	24.94
南 14	21.61	1.96	27.33	25.37	0.450	0.000	-0.45	63.91	517.79	453.88	1.96	27.33	25.37
南 13	19.82	0.83	30.12	29.29	2.320	0.000	-2.32	22.39	493.23	470.84	0.83	30.12	29.29
南 12	18.71	2.28	32.55	30.27	0.420	0.000	-0.42	44.05	316.08	272.03	2.28	32.55	30.27
南 11	16.96	1.49	32.55	31.06	0.83	0.000	-0.83	38.38	545.09	506.71	1.49	32.55	31.06
南 10	15.50	3.84	35.65	31.81	0.400	0.000	-0.40	48.99	367.85	318.86	3.84	35.65	31.81
南 9	13.50	1.35	34.32	32.97	0.850	0.000	-0.85	41.50	360.37	318.87	1.35	34.32	32.97
南 8	12.03	2.72	36.59	33.87	0.360	0.000	-0.36	67.20	475.16	407.96	2.72	36.59	33.87
南 7	10.88	2.08	36.27	34.19	0.320	0.000	-0.32	80.86	600.73	519.87	2.08	36.27	34.19
南 6	10.07	1.49	35.87	34.38	0.260	0.000	-0.26	104.50	777.15	672.65	1.49	35.87	34.38
南 5	9.02	1.39	36.30	34.91	0.670	0.000	-0.67	57.42	616.13	558.71	1.39	36.30	34.91
南 4	8.23	2.06	38.01	35.95	0.570	0.000	-0.57	61.03	1220.32	1159.29	2.06	38.01	35.95
南 3	5.83	1.1	41.91	40.81	1.35	0.000	-1.35	38.94	518.95	480.01	1.1	41.91	40.81
南 2	2.90	2.26	45.77	43.51	0.520	0.010	-0.51	58.71	230.05	171.34	2.26	45.77	43.51
南 1	1.98	1.1	45.95	44.85	2.210	0.010	-2.20	35.65	223.06	187.41	1.1	45.95	44.85
南 0(上坝址)	1.58	1.72	48.85	47.13	0.850	0.010	-0.84	46.37	236.65	190.28	1.72	48.85	47.13
南-1(下坝址)	0.00	1.62	54.69	53.07	3.19	0	-3.19	12.1	260.74	248.64	1.62	54.69	53.07

(4) 库区主要支流河段水文情势预测结果分析

迈湾水库淹没范围内主要有 4 条较大支流，自上往下游分别为中坤河、番坡河、南坤河和加握河，受迈湾水库调度运行影响，各支流库区水文情势发生较大变化。

迈湾库区各主要支流在其正常蓄水位(101m)与死水位(76m)之间的回水情况见表 5.2-15 和图 5.2-13。从表中可以看出，正常蓄水位运行时，库区各主要支流淹没长度 5.6km~11.5km，淹没河长占各支流总长的比例在 44.2%~53.2%；死水位运行时，加握河和南坤河距离迈湾坝址较近，河床高程相对较低，水文情势变化较其他 2 条支流要明显，回水长度分别为 2.0km 和 2.8km，其余 2 条支流处于迈湾水库死水位淹没范围外，水文情势不受影响；南坤河受迈湾水库运行影响范围最长，支库水深、流速等水力参数变化最为明显。

迈湾运行后库区主要支流河段回水情况表

表 5.2-15

序号	库区主要支流	河长 (km)	集水面积 (km ²)	入江口距坝址距离(km)	死水位 76m		正常蓄水位 101m	
					回水长度 (km)	占河长比例 (%)	回水长度 (km)	占河长比例 (%)
1	加握河	13.5	44.9	8.4	2.0	14.8	7.1	52.5
2	南坤河	26.0	133	10.9	2.8	10.8	11.5	44.2
3	番坡河	16.9	56.3	18.8	0	0	9.0	53.2
4	中坤河	14.8	72.1	32.6	0	0	5.6	37.8

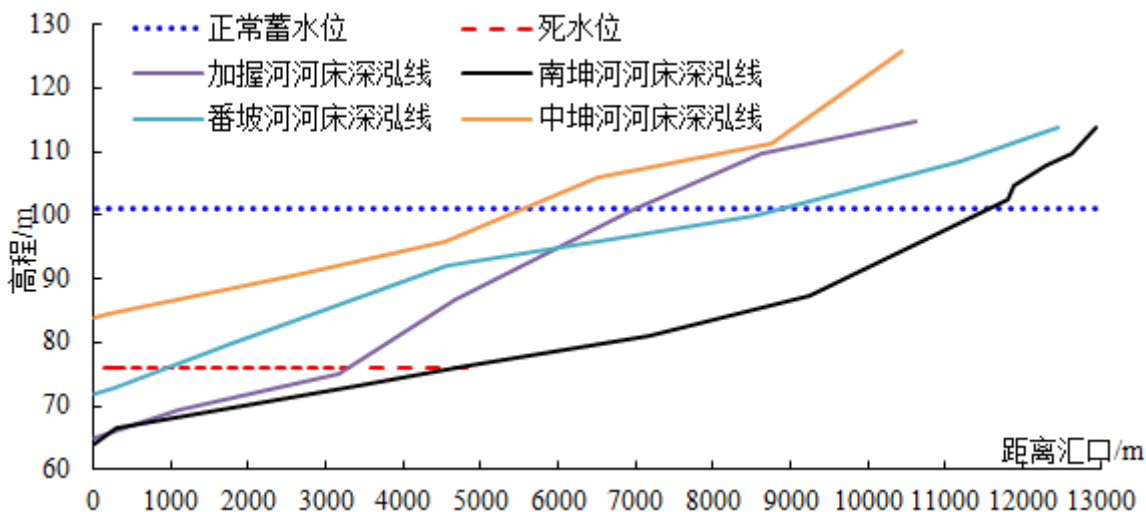


图 5.2-13 迈湾水库运行后库区各主要支流淹没范围分布情况

图 5.2-14~图 5.2-16 分别为迈湾水库运行前后各典型运行水位南坤河支流最大水深、水面宽和流速等水力参数沿程分布变化情况。迈湾水库正常蓄水位 101m 运行时，南坤河支库水深最深处达 34.5m，水面最宽处约 461m，水深和水面宽增加明显，流速减缓明显。

该支库水位最大变幅 25m，库尾消落河段长约 8.7km。

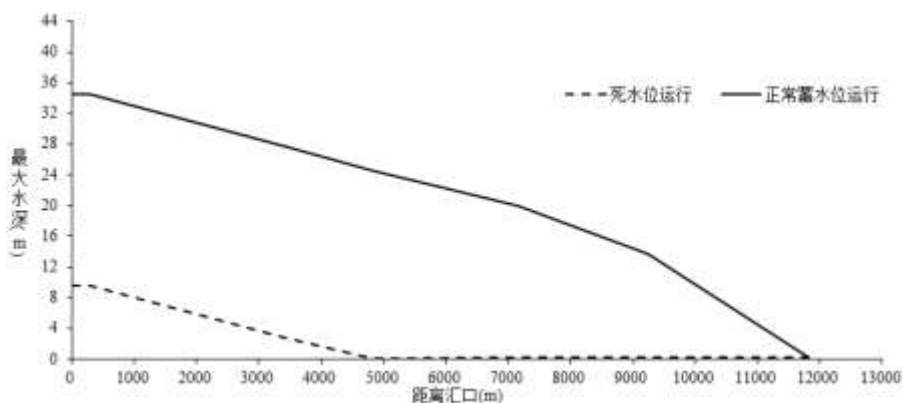


图 5.2-14 迈湾水库运行后南坤河支库各断面最大水深沿程变化图

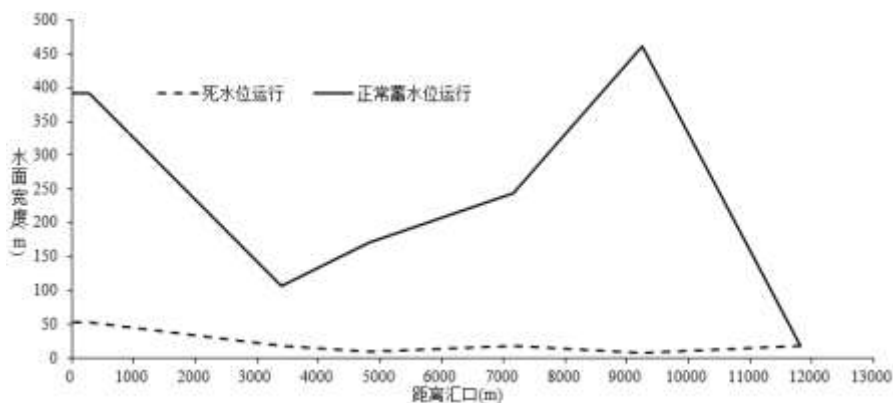


图 5.2-15 迈湾水库运行后南坤河支库各断面水面宽沿程变化图

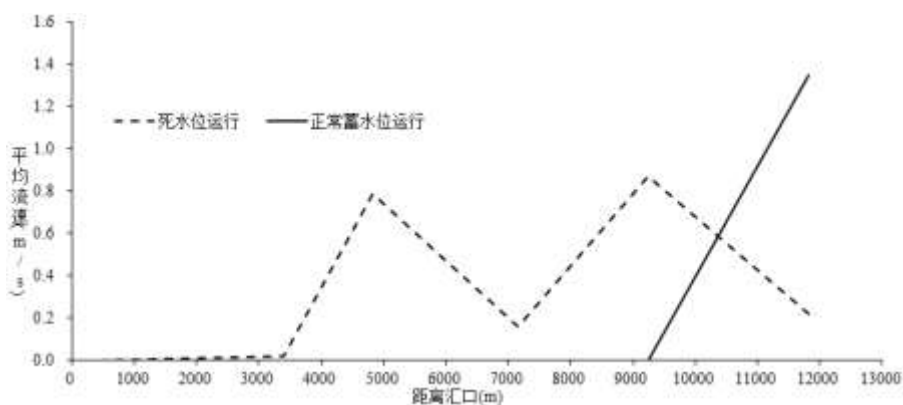


图 5.2-16 迈湾水库运行后南坤河支库各断面平均流速沿程变化图

5.2.2.4 运行期迈湾坝址下游干流河段水文情势影响分析

迈湾水利枢纽工程运行后，迈湾坝址以下南渡江中下游干流河道内径流过程将主要受迈湾水利枢纽工程和海口市南渡江引水工程的调蓄、引水作用，沿程各梯级电站及城

镇水厂取水口取水对河流径流影响总体较小。迈湾坝址以下河道内径流主要控制断面分别为迈湾坝址断面、东山坝址断面和龙塘坝址断面，重点预测分析以上三个主要控制断面的流量过程变化情况。分析迈湾运行其坝下游中小洪水变化情况，以及导致水文情势变化的主要河段分布情况及影响程度。选取丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)四个典型年进行详细的水文情势分析。

(1) 迈湾坝址断面水文情势影响分析

① 流量年际变化

根据长系列调节计算，受迈湾水库蒸发、渗漏等损耗作用，迈湾水库运行后，迈湾坝址断面多年平均年均流量略有所减少，减少 $0.88\text{m}^3/\text{s}$ （由 $43.3\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $42.4\text{m}^3/\text{s}$ ），减少比例仅为 2.0%。各典型年迈湾坝址断面年均流量变化情况见表 5.2-16，其中丰水年和平水年水库蓄水，下泄年均流量较来水有所减少，分别减少 $4.1\text{m}^3/\text{s}$ 和 $0.9\text{m}^3/\text{s}$ ；枯水年和特枯水年受迈湾水库泄放生态流量和补枯作用向下游河道补水，年均流量较建库前有所增加，分别增加 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ 和 $5.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

迈湾水库运行后迈湾坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表 5.2-16

单位： m^3/s

典型年	建库后年均来水	建库后年均下泄	年均流量变化	变化比例
丰水年 (P=10%)	57.3	53.2	-4.1	-7.2%
平水年 (P=50%)	38.5	37.6	-0.9	-2.3%
枯水年 (P=90%)	34.3	34.8	0.5	1.6%
特枯水年 (P=95%)	25.2	30.3	5.1	20.6%

② 流量年内变化

迈湾水库运行后，多年平均出入库流量逐月变化情况见图 5.2-17，各典型年迈湾坝址断面年内流量过程及变化情况详见图 5.2-18 和表 5.2-17。迈湾水库运行后，多年平均条件下，8 月水库由高水位降至丰水期限制水位，下泄流量大于入库流量，多年平均增加 $31.4\text{m}^3/\text{s}$ ，10~11 月水库逐步蓄水，为来年枯期供水提供调节库容，10 月、11 月多年平均流量分别减少 $18.8\text{m}^3/\text{s}$ 、 $9.96\text{m}^3/\text{s}$ ，其余月份变化不明显；枯水年和特枯水年枯水期 12 月~翌年 5 月坝址断面旬均下泄流量普遍均大于水库来水，主要是该时段坝址断面天然来水较少，但通过迈湾水库多年调节确保下泄生态流量，并向下游河道补水用于海口市及定安城区供水。

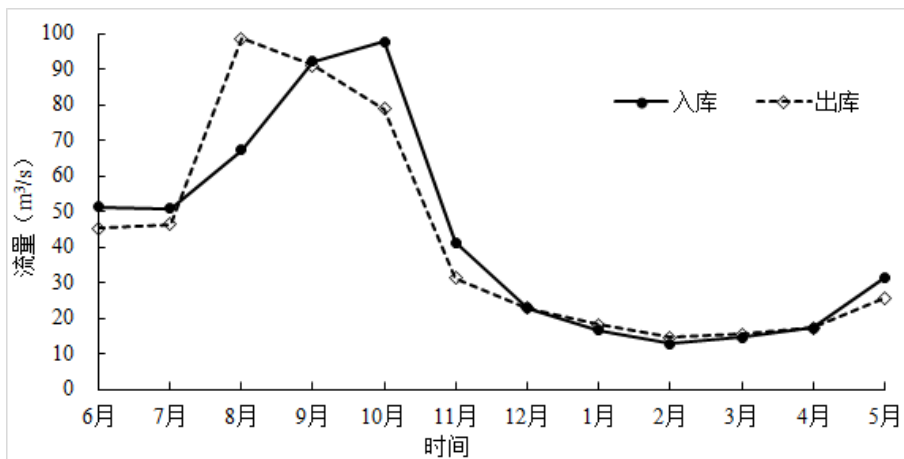
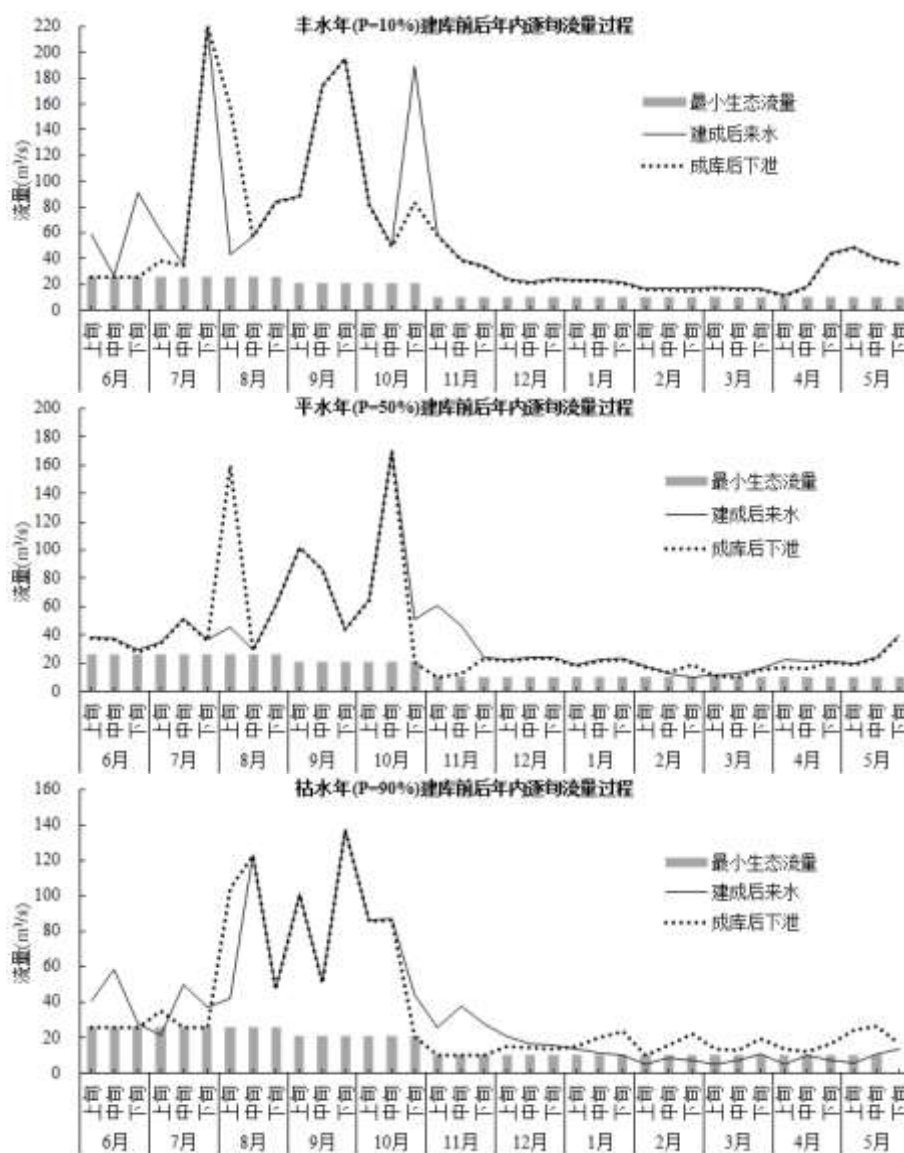


图 5.2-17 迈湾坝址断面多年平均逐月流量变化过程图



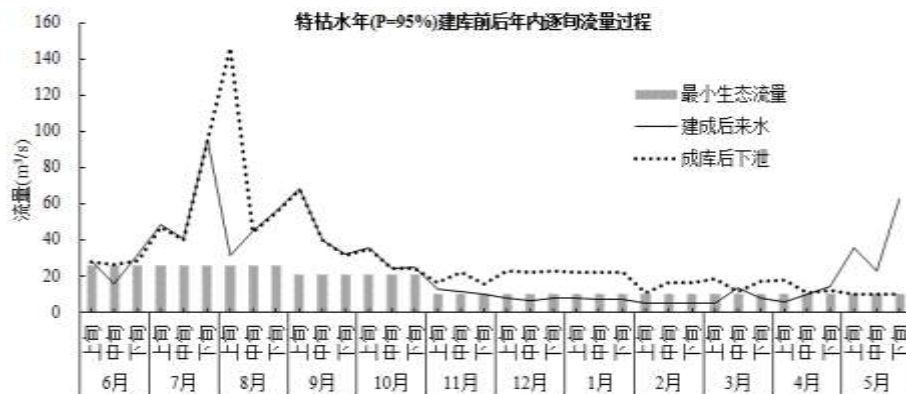


图 5.2-18 迈湾水库运行前后迈湾坝址断面各典型年年内逐旬流量过程对比图

迈湾水库运行后迈湾坝址断面各典型年逐旬流量过程及变化情况一览表

表 5.2-17

典型年		丰水年(P=10%)			平水年(P=50%)			枯水年(P=90%)			特枯水年(P=95%)		
		建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)
6月	上旬	59.1	25.9	-56.2	38.2	37.2	-2.6	40.8	25.9	-36.5	28.6	27.6	-3.4
	中旬	26.4	25.9	-2.0	37.8	36.8	-2.6	58.4	25.9	-55.7	15.6	25.9	66.0
	下旬	91.3	25.9	-71.6	29.2	28.2	-3.4	27.6	25.9	-6.2	32.3	28.8	-10.8
7月	上旬	61.3	38.8	-36.7	34.8	33.8	-2.8	21.2	34.7	63.8	48.5	47.5	-2.0
	中旬	35.4	34.5	-2.8	51.7	50.8	-1.9	50.0	25.9	-48.2	41.1	40.1	-2.4
	下旬	221	220.5	-0.4	36.7	35.8	-2.4	36.9	25.9	-29.8	95.6	94.7	-0.9
8月	上旬	43.3	157.9	264.3	45.6	160.2	251.0	42.4	104.4	146.6	31.8	146.4	359.9
	中旬	57.2	56.6	-1.1	29.7	29.1	-2.1	123.5	122.9	-0.5	45.2	44.6	-1.4
	下旬	84.5	83.9	-0.7	61.1	60.6	-0.9	48.0	47.4	-1.2	55.6	55.0	-1.0
9月	上旬	88.6	88.0	-0.7	102.3	101.6	-0.6	101.4	100.7	-0.6	68.6	67.9	-0.9
	中旬	174	174	-0.4	86.8	86.2	-0.7	51.2	50.5	-1.2	40.4	39.8	-1.6
	下旬	196	195	-0.3	44.0	43.4	-1.4	138	137.1	-0.5	32.3	31.7	-2.0
10月	上旬	82.4	81.7	-0.8	64.9	64.3	-1.0	86.4	85.8	-0.7	35.8	35.2	-1.8
	中旬	49.8	49.2	-1.3	170	170	-0.4	87.4	86.8	-0.7	24.7	24.1	-2.6
	下旬	190	84.0	-55.7	51.2	20.5	-59.9	44.0	20.5	-53.4	24.9	24.1	-3.2
11月	上旬	58.9	58.0	-1.7	60.6	10.3	-83.0	25.5	10.3	-59.7	12.8	16.9	32.1
	中旬	39.7	38.7	-2.5	46.7	12.97	-72.2	37.9	10.3	-72.8	11.4	22.0	93.5
	下旬	34.7	33.7	-2.8	24.5	23.6	-4.0	28.0	10.3	-63.2	9.75	15.3	56.7
12月	上旬	24.9	23.9	-3.9	22.4	21.4	-4.4	20.6	15.4	-25.2	7.93	22.8	187.4
	中旬	21.4	20.4	-4.6	24.1	23.1	-4.1	16.8	14.3	-15.1	6.17	21.9	255.4
	下旬	24.3	23.4	-3.7	24.3	23.4	-3.7	15.8	13.5	-14.3	7.87	22.9	190.3
1月	上旬	23.3	22.3	-4.2	18.6	17.6	-5.3	13.88	15.2	9.4	7.87	21.5	173.6

	中旬	23.3	22.4	-4.2	22.8	21.8	-4.3	11.22	19.7	75.5	7.04	21.5	206.1
	下旬	21.9	21.0	-4.1	23.1	22.2	-3.9	10.44	22.1	111.7	6.92	21.8	214.4
2月	上旬	16.8	15.8	-5.8	18.4	17.4	-5.3	5.20	10.3	98.0	5.20	10.4	99.8
	中旬	17.3	16.3	-5.7	12.6	13.2	4.4	8.38	15.5	85.1	5.20	16.5	217.0
	下旬	16.5	15.2	-7.4	10.2	18.7	83.6	7.34	22.0	199.6	5.20	16.1	208.9
3月	上旬	17.9	17.0	-5.4	11.7	10.3	-12.0	5.20	13.5	158.8	5.20	18.4	253.5
	中旬	16.9	15.9	-5.8	12.8	10.3	-19.7	7.33	12.8	74.8	13.6	11.4	-16.1
	下旬	16.6	15.7	-5.4	15.9	15.22	-4.1	11.2	19.2	72.4	7.74	16.9	117.6
4月	上旬	12.4	11.3	-8.7	22.1	16.86	-23.6	5.20	13.3	155.6	6.01	17.5	191.4
	中旬	19.2	18.2	-5.1	21.7	16.58	-23.6	9.81	11.5	17.3	9.92	10.5	5.5
	下旬	44.0	43.0	-2.2	21.5	20.51	-4.6	6.88	15.8	129.6	14.3	12.3	-14.1
5月	上旬	49.3	48.3	-2.0	19.7	18.69	-5.0	5.80	23.7	308.7	35.6	10.3	-71.1
	中旬	40.7	39.7	-2.4	24.5	23.53	-4.0	10.8	26.1	141.9	23.0	10.3	-55.2
	下旬	36.0	35.1	-2.5	40.2	39.26	-2.2	13.7	16.6	21.5	63.2	10.3	-83.7
年均		57.3	53.2	-7.2	38.5	37.6	-2.3	34.3	34.6	1.1	25.2	30.2	20.0
最小值		12.4	11.3	-71.6	10.2	10.3	-83.0	5.2	10.3	-72.8	5.20	10.3	-83.7

各典型时段(丰水期、枯水期、鱼类生态敏感期、特枯水期)流量变化情况见图 5.2-19 和表 5.2-18。从以上图表中可以看出，受迈湾水库蓄丰补枯调节作用，水库运行后，坝址断面径流的年内分配过程将发生一定改变，主要呈现以下特点：

A 丰水期 6~11 月

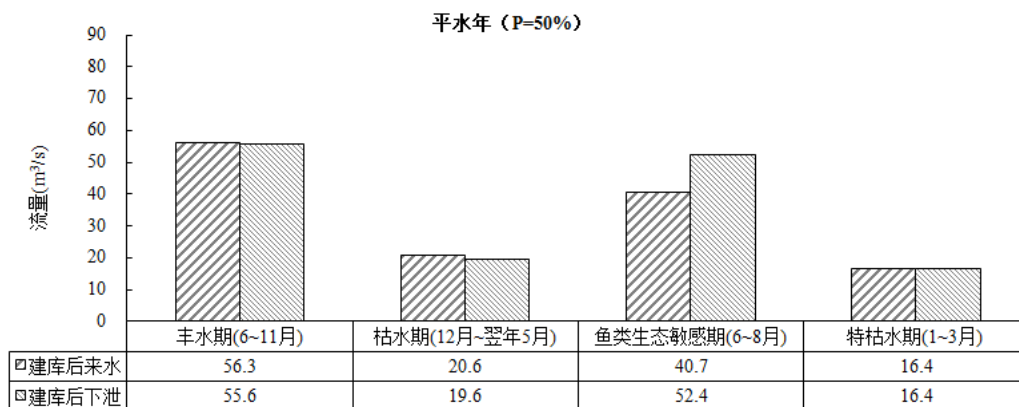
迈湾水库运行后，除特枯水年外各典型年（丰水年、平水年、枯水年）丰水期平均下泄流量均小于水库入库流量，丰水年、平水年、枯水年分别减少 7.25m³/s、0.792m³/s、5.47m³/s，减少比例分别为 8.1%、1.4%、9.4%；特枯水年受迈湾向下游补水作用，丰水期平均下泄流量较水库入库流量增加 7.29m³/s，增加比例为 19.8%。

B 枯水期 12 月~翌年 5 月

迈湾水库运行后，受其蓄丰补枯作用，丰水年、平水年枯水期平均下泄流量小于水库入库流量，分别减少 0.967m³/s、0.960m³/s，减少比例仅分别为 3.9%、4.7%；枯水年和特枯水年迈湾水库向下游河道补水和下泄生态流量，枯水期平均下泄流量大于水库入库，分别增加 6.60m³/s 和 3.09m³/s，增加比例分别为 63.5%、22.9%。

C 鱼类生态敏感期 6~8 月

迈湾水库运行后，丰水年、枯水年鱼类生态敏感期平均下泄流量略小于水库入库流量，分别减少 1.13m³/s、1.14m³/s，减少比例分别为 1.5%、2.3%，平水年和特枯水年分别增加 11.7m³/s、12.7m³/s，增加比例为 28.7%、28.4%。



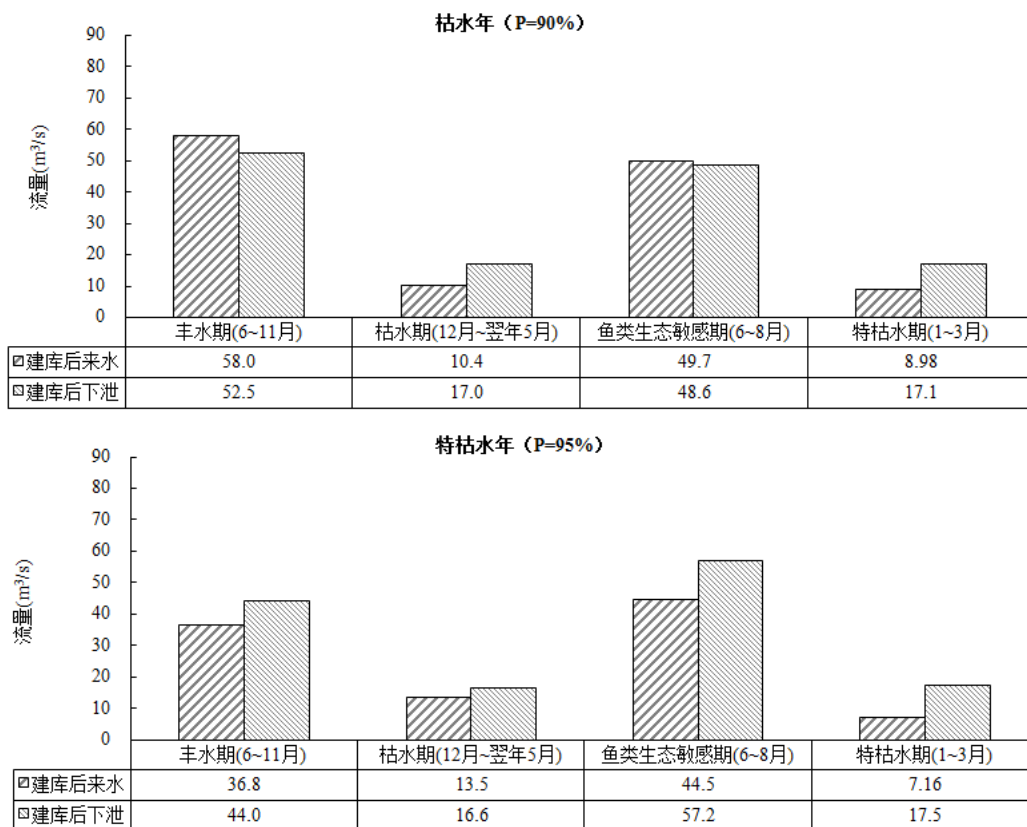


图 5.2-19 迈湾水库运行前后迈湾坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

迈湾水库运行前后迈湾坝址断面典型水期平均流量变化情况一览表

表 5.2-18

典型水期	典型年	天然来水 (m³/s)	建库前来水 (m³/s)	建库后下泄 (m³/s)	建库后流量变化值(%)	与建库前相比(%)
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	75.9	89.8	82.6	-7.25	-8.1
	平水年(P=50%)	42.4	56.3	55.6	-0.79	-1.4
	枯水年(P=90%)	44.1	58.0	52.5	-5.47	-9.4
	特枯水年(P=95%)	22.9	36.8	44.0	7.29	19.8
枯水期 12 月 ~翌年 5 月	丰水年(P=10%)	19.5	24.7	23.7	-0.967	-3.9
	平水年(P=50%)	15.4	20.6	19.6	-0.960	-4.7
	枯水年(P=90%)	5.19	10.4	17.0	6.60	63.5
	特枯水年(P=95%)	8.3	13.5	16.6	3.09	22.9
鱼类生态敏感期 6~8 月	丰水年(P=10%)	61.6	77.2	76.1	-1.13	-1.5
	平水年(P=50%)	25.1	40.7	52.4	11.7	28.7
	枯水年(P=90%)	34.1	49.7	48.6	-1.14	-2.3
	特枯水年(P=95%)	28.9	44.5	57.2	12.7	28.4

注：“-”表示减少，正值表示增加。

(2) 东山坝址断面水文情势影响分析

① 流量年际变化

根据长系列调节计算,受迈湾水库蓄丰补枯多年调节、南渡江引水工程东山引水共同作用,迈湾水库运行后,东山坝址断面年均流量有所减少,多年平均减少 $1.60\text{m}^3/\text{s}$ (由 $90.8\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $89.2\text{m}^3/\text{s}$),减少比例为 1.8%。各典型年东山坝址断面年均流量变化情况见表 5.2-19。

迈湾水库运行后东山坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表 5.2-19

典型年	建库前年均下泄 (m^3/s)	建库后年均下泄 (m^3/s)	年均流量变化 (m^3/s)	变化比例 (%)
丰水年 (P=10%)	125	121	-4.12	-3.3
平水年 (P=50%)	77.8	76.7	-1.03	-1.3
枯水年 (P=90%)	68.3	66.7	-1.66	-2.4
特枯水年 (P=95%)	45.6	48.2	2.60	5.7
多年平均	90.8	89.2	-1.60	-1.8

注：“-”表示减少。

② 年内流量变化

迈湾水库运行后,东山坝址断面流量由迈湾下泄水量、区间支流来水组成,并扣除迈湾坝址至东山断面沿程现有各取水口取水量(含南渡江引水工程东山坝址引水)。

迈湾水库运行后,东山坝址断面各典型年年内流量过程及变化情况详见图 5.2-20 和表 5.2-16,各典型时段(丰水期、枯水期、鱼类生态敏感期、特枯水期)流量变化情况见图 5.2-21。

从以上图表中可以看出,受迈湾水库多年调节和灌区退水共同作用,并与南渡江引水工程叠加影响,一定程度的改变东山坝址断面年内流量分配过程,主要呈现以下特点:

A 丰水期 6~11 月

迈湾建库前,受南渡江引水工程东山取水口引水作用,东山坝址断面各典型年(丰、平、枯、特枯水年)丰水期平均下泄流量分别为 $203\text{m}^3/\text{s}$ 、 $118\text{m}^3/\text{s}$ 、 $118\text{m}^3/\text{s}$ 和 $65.1\text{m}^3/\text{s}$,较坝址来水分别减少 $6.33\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.53\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.34\text{m}^3/\text{s}$ 和 $5.87\text{m}^3/\text{s}$;迈湾水库运行后,受迈湾多年调节和南渡江引水工程引水叠加影响,东山坝址断面丰水期平均下泄流量各典型年均小于坝址来水,丰、平、枯、特枯水年分别减少 $6.33\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.53\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.73\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.96\text{m}^3/\text{s}$,枯水年和特枯水年变化幅度较迈湾建库前有所增加,主要是南渡江引水工程供水增加所致,迈湾水库的蓄丰补枯作用提高了南渡江引水工程的供水保证率。

B 枯水期 12 月~翌年 5 月

迈湾建库前,受南渡江引水工程东山取水口引水作用,东山坝址断面各典型年(丰

水年、平水年、枯水年和特枯水年) 枯水期平均下泄流量分别为 $47.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $37.6\text{m}^3/\text{s}$ 、 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ 和 $26.0\text{m}^3/\text{s}$ ，较坝址来水分别减少 $7.44\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.18\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.20\text{m}^3/\text{s}$ 和 $3.06\text{m}^3/\text{s}$ ；迈湾水库运行后，受迈湾多年调节和南渡江引水工程东山取水口引水叠加影响，东山坝址断面枯水期平均下泄流量各典型年均小于坝址来水，丰、平、枯、特枯水年分别减少 $7.44\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.48\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8.17\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.07\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型年枯水期下泄流量变化幅度较迈湾建库前有所增加，主要是枯水期南渡江引水工程供水增加所致，迈湾水库的蓄丰补枯作用提高了南渡江引水工程的供水保证率。

C 鱼类生态敏感期 6~8 月

迈湾建库前，受南渡江引水工程东山取水口引水作用，东山坝址断面各典型年（丰、平、枯、特枯水年）鱼类生态敏感期平均下泄流量分别为 $163\text{m}^3/\text{s}$ 、 $73.6\text{m}^3/\text{s}$ 、 $89.0\text{m}^3/\text{s}$ 和 $79.7\text{m}^3/\text{s}$ ，较坝址来水分别减少 $5.86\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.10\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5.55\text{m}^3/\text{s}$ 和 $6.35\text{m}^3/\text{s}$ ；迈湾水库运行后，受迈湾多年调节和南渡江引水工程引水叠加影响，东山坝址断面鱼类生态敏感期平均下泄流量各典型年均小于坝址来水，丰、平、枯、特枯水年分别减少 $5.86\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.10\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.32\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.45\text{m}^3/\text{s}$ ，枯水年和特枯水年变化幅度较迈湾建库前略有增加，分别增加 $0.77\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.10\text{m}^3/\text{s}$ ，主要是南渡江引水工程供水略有增加所致。总体来看，鱼类生态敏感期迈湾水库的运行对东山坝址下游断面的流量影响较小。

迈湾水库运行前后各典型年东山坝址断面逐旬流量过程变化情况一览表

表 5.2-20

单位: m³/s

典型年		丰水年(P=10%)					平水年(P=50%)					枯水年(P=90%)					特枯水年(P=95%)				
		建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)
6月	上旬	106.0	72.8	100.2	67.0	-33.2	74.3	73.4	68.3	67.3	-1.4	68.4	53.5	62.4	47.5	-23.8	43.6	42.6	36.7	35.8	-2.7
	中旬	48.9	48.3	42.1	41.6	-1.2	73.7	72.7	67.8	66.8	-1.4	113.8	81.3	108.1	75.6	-30.1	29.2	30.7	23.0	23.6	2.4
	下旬	174.1	108.6	168.6	103.2	-38.8	51.1	50.1	45.0	44.0	-2.2	44.6	42.8	38.4	36.7	-4.5	55.2	51.7	49.1	45.6	-7.1
7月	上旬	117.2	94.7	111.0	88.6	-20.3	65.3	64.3	59.0	58.0	-1.7	30.6	44.37	30.6	37.3	22.1	86.9	85.9	80.7	79.7	-1.2
	中旬	67.1	66.1	61.0	60.0	-1.6	110.2	109.2	104.2	103.2	-0.9	87.4	63.3	81.3	57.2	-29.6	69.0	68.0	63.0	62.0	-1.6
	下旬	556	554.9	551.7	550.8	-0.2	65	63.9	58.5	57.6	-1.5	65.2	54.2	58.9	48.0	-18.6	210.3	209.4	204.8	203.9	-0.4
8月	上旬	86.0	200.5	79.8	194.3	143.6	90.1	204.6	84.1	198.7	136.2	74.9	137.0	67.7	129.8	91.7	56.3	170.8	48.6	163.1	235.7
	中旬	124.5	123.8	117.9	117.3	-0.5	52.0	51.4	45.7	45.0	-1.4	271.7	271	265.8	265.2	-0.2	91.3	90.6	84.5	83.9	-0.7
	下旬	196.6	196.0	190.7	190.2	-0.3	131.9	131.3	126.0	125.4	-0.5	97.3	96.7	90.8	90.2	-0.6	117.6	117.0	111.6	111.1	-0.5
9月	上旬	207.5	206.8	201.2	200.6	-0.3	243.5	242.9	237.4	236.8	-0.3	241.1	240.5	235.0	234.4	-0.3	152.8	152.17	146.0	145.4	-0.4
	中旬	434	433.6	428.9	428.3	-0.1	203	202.1	196.4	195.8	-0.3	109	107.9	101.3	100.7	-0.6	80.2	79.57	73.4	72.8	-0.9
	下旬	490	489.6	485.2	484.6	-0.1	90	89.2	82.5	81.8	-0.8	337	337	331.5	330.9	-0.2	58.8	58.2	51.4	50.7	-1.2
10月	上旬	191.1	190.4	184.1	183.5	-0.3	145.0	144.4	138.5	137.9	-0.5	201.7	201.0	195.4	194.8	-0.3	68.1	67.5	61.3	60.7	-1.0
	中旬	104.5	103.9	97.5	96.9	-0.6	422.3	421.6	416.9	416	-0.2	203.4	202.8	197.1	196.5	-0.3	38.8	38.2	31.6	30.93	-2.0
	下旬	474	368.0	468.5	362.9	-22.5	108	77.0	101.0	70.32	-30.4	88.8	65.3	81.3	57.8	-28.9	38.8	37.98	31.2	30.37	-2.5
11月	上旬	146.4	145.4	138.2	137.2	-0.7	150.6	100.2	142.3	92.02	-35.4	57.9	42.7	48.6	33.4	-31.4	24.2	28.27	20.2	20.2	0.0
	中旬	95.0	94.0	86.6	85.6	-1.1	113.1	79.4	105.3	71.60	-32.0	89.9	62.3	82.0	54.4	-33.7	21.2	32.14	20.2	23.9	18.6
	下旬	82.8	81.8	73.6	72.6	-1.3	55.7	54.8	47.4	46.40	-2.1	64.9	47.2	57.0	39.3	-31.1	19.1	33.91	18.8	25.7	36.8
12月	上旬	56.3	55.4	47.9	46.9	-2.0	49.6	48.6	39.7	38.76	-2.5	44.80	39.6	36.4	31.2	-14.3	16.8	31.92	16.2	23.5	44.8
	中旬	47.2	46.3	38.5	37.5	-2.5	54.0	53.0	45.6	44.61	-2.1	33.4	30.8	24.0	21.5	-10.6	14.3	30.30	13.9	22.2	60.4

	下旬	54.6	53.7	45.6	44.8	-1.9	54.6	53.7	46.1	45.20	-1.9	32.10	29.8	22.7	20.5	-9.9	16.4	31.67	16.2	23.7	46.1
1月	上旬	52.1	51.2	44.6	43.6	-2.2	39.7	38.7	32.0	31.02	-3.1	27.16	28.46	20.2	20.2	0.0	16.8	30.7	16.2	23.4	44.6
	中旬	52.3	51.3	45.3	44.3	-2.2	50.7	49.7	43.2	42.22	-2.3	21.2	30.20	20.2	21.8	7.9	15.6	30.3	15.0	22.9	52.4
	下旬	48.4	47.5	41.6	40.7	-2.1	51.5	50.6	44.6	43.67	-2.0	19.3	32.31	19.2	24.0	25.2	15.1	30.2	14.9	23.3	56.7
	上旬	41.6	40.6	34.3	33.3	-2.9	46.4	45.4	39.4	38.40	-2.5	17.94	22.40	12.6	14.7	16.6	17.7	23.1	12.6	15.7	24.4
2月	中旬	34.5	33.6	26.4	25.4	-3.7	26.4	27.1	20.2	20.17	0.0	19.75	27.24	16.8	19.3	14.8	14.4	26.0	12.6	19.1	51.6
	下旬	31.0	29.7	23.5	22.3	-5.2	20.2	29.1	19.2	22.1	15.3	15.51	30.52	15.3	22.5	47.4	15.7	26.9	12.6	19.7	55.9
	上旬	39.4	38.5	31.9	31.0	-3.1	29.3	28.2	21.9	20.81	-5.0	17.68	26.22	12.6	18.6	47.6	13.7	27.1	12.6	20.1	59.7
3月	中旬	36.8	35.9	29.2	28.2	-3.3	30.5	28.0	22.7	20.21	-11.1	21.18	26.93	15.5	19.4	25.6	29.1	26.9	22.3	20.09	-9.9
	下旬	29.7	28.8	22.4	21.5	-4.0	28.3	27.6	21.1	20.47	-3.1	20.12	28.60	19.7	21.6	9.3	18.1	27.4	16.0	20.8	30.6
	上旬	29.42	28.4	22.2	21.2	-4.4	50.87	45.7	44.0	38.76	-11.8	17.47	25.84	12.6	17.4	37.9	14.2	25.9	13.4	19.0	41.7
4月	中旬	41.5	40.5	34.6	33.6	-2.8	48.9	43.8	42.0	36.88	-12.2	25.15	27.13	18.8	19.1	1.5	22.2	22.91	18.8	19.0	1.2
	下旬	93.7	92.8	87.1	86.2	-1.1	50.1	49.1	42.9	41.95	-2.3	19.73	28.93	14.8	19.7	32.9	29.7	27.6	22.1	20.09	-9.1
	上旬	122.2	121.2	115.4	114.5	-0.8	41.5	40.5	34.3	33.37	-2.8	11.33	29.53	11.3	21.5	90.1	74.5	49.1	67.2	41.92	-37.7
5月	中旬	95.3	94.3	88.5	87.5	-1.1	45.9	44.9	38.5	37.54	-2.5	19.9	35.54	19.7	27.1	37.7	45.5	32.8	38.2	25.48	-33.3
	下旬	85.7	84.8	78.8	77.9	-1.1	78.4	77.6	71.5	70.63	-1.2	24.1	27.06	20.1	20.1	0.0	125.2	72.3	118.8	65.92	-44.5
	年均	132.4	128.2	125.5	121.4	-3.3	84.6	83.7	77.8	76.7	-1.3	73.6	74.1	68.3	66.7	-2.4	50.1	55.2	45.6	48.2	5.7
最小值		29.4	28.4	22.2	21.2	-4.4	20.2	27.1	19.2	20.2	5.2	11.3	22.4	11.3	14.7	29.8	13.7	22.9	12.6	15.7	24.4

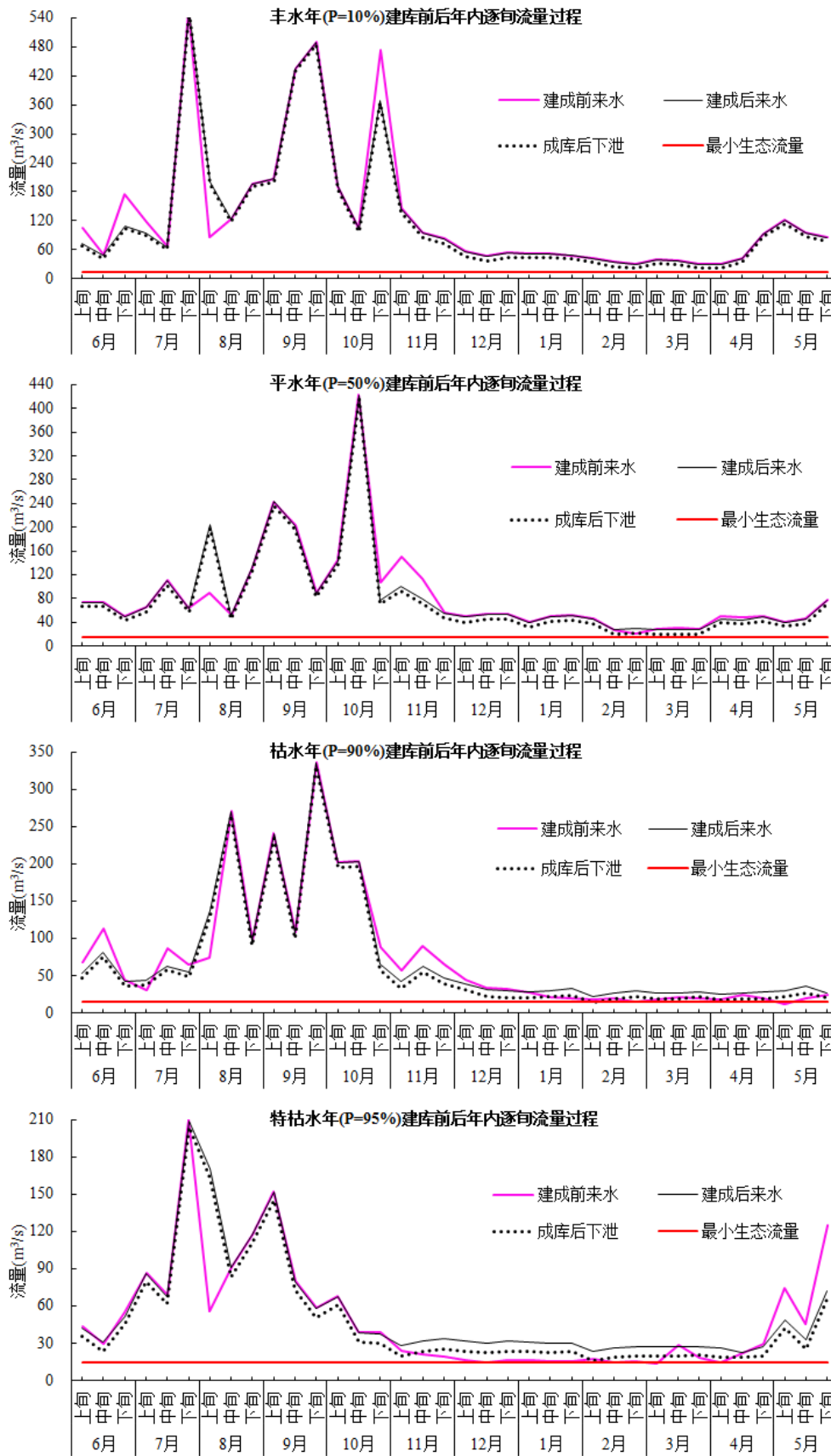


图 5.2-20 迈湾水库运行前后各典型年东山坝址断面年内逐旬流量过程对比图

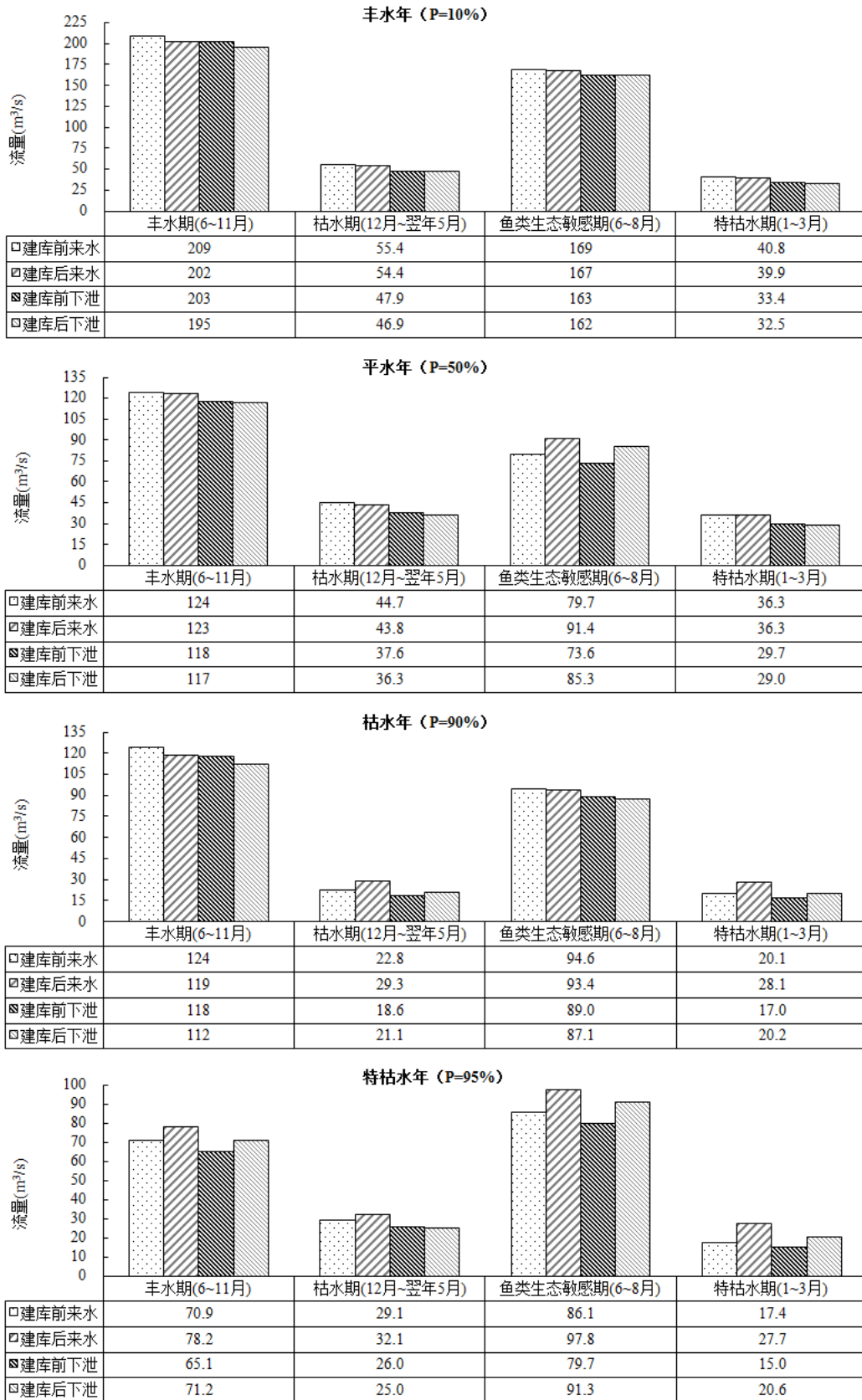


图 5.2-21 迈湾水库运行前后东山坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

(3) 龙塘坝址断面水文情势影响分析

① 流量年际变化

根据长系列调节计算,受迈湾水库蓄丰补枯多年调节、区间来水以及南渡江引水工程共同作用,迈湾水库运行后,龙塘坝址断面年均流量有所减少,多年平均减少 $1.73\text{m}^3/\text{s}$ (由 $165\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $163\text{m}^3/\text{s}$),减少比例为 1.1%。各典型年龙塘坝址断面年均流量变化情况见表 5.2-21。

迈湾水库运行后龙塘坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表 5.2-21

典型年	建库前年均下泄 (m^3/s)	建库后年均下泄 (m^3/s)	年均水量变化 (m^3/s)	变化比例 (%)
丰水年 (P=10%)	229	224	-4.12	-1.8
平水年 (P=50%)	142	141	-1.05	-0.7
枯水年 (P=90%)	122	119	-2.25	-1.9
特枯水年 (P=95%)	80.8	82.6	1.76	2.2
多年平均	165	163	-1.73	-1.1

注:“-”表示减少;表中流量变化值与建库前后流量相减存在差异,主要是流量表达时取值四舍五入有关。

② 流量年内变化

迈湾水库运行后,龙塘坝址断面流量由迈湾下泄水量、区间支流来水、迈湾灌区片退水组成,并扣除迈湾坝址至东山断面沿程现有各取水口取水量(含南渡江引水工程),其中灌区退水主要为澄迈县城片生活供水退水。

迈湾水库运行后,东山坝址断面各典型年年内流量过程及变化情况详见图 5.2-22 和表 5.2-22,各典型时段(枯水期、特枯水期、丰水期、鱼类生态敏感期)流量变化情况见图 5.2-23。

从以上图表中可以看出,受迈湾水库多年调节、澄迈灌区退水共同作用,并与南渡江引水工程引水叠加影响,丰水期、枯水期龙塘坝址断面流量变化过程与东山坝址断面基本一致,受迈湾水库的蓄丰补枯作用提高了南渡江引水工程的供水保证率,枯水年和特枯水年坝址断面流量变化幅度略大于东山坝址断面。由于迈湾至龙塘坝址区间控制流域面积达 4375km^2 ,是迈湾断面控制流域面积(970km^2)的 4.51 倍,迈湾水库的运行对龙塘坝址断面年内流量分配过程影响总体较小,个别时段比如各典型年 8 月上旬下泄流量增加明显,丰、平、特枯水年均增加 $115\text{m}^3/\text{s}$,枯水年,增加 $62\text{m}^3/\text{s}$,根据迈湾水库调度运行方式,该旬水库快速下降至丰水期限水位,导致下游河道各控制断面水量增加明显;丰水年 10 月上旬迈湾坝址下泄流量变化最为明显,减少 $106\text{m}^3/\text{s}$,平水年 11 月上旬变化最为明显,减少 $50.3\text{m}^3/\text{s}$,枯水年 11 月中旬变化最为明显,减少 $27.6\text{m}^3/\text{s}$;其余时段龙塘坝址断面下泄流量变化不明显。

迈湾水库运行前后各典型年下游龙塘坝址断面逐旬流量过程及变化情况一览表

表 5.2-22

单位: m³/s

典型年		丰水年(P=10%)					平水年(P=50%)					枯水年(P=90%)					特枯水年(P=95%)				
		建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)
6月	上旬	187.3	154.0	184.5	151.2	-18.0	117.0	116.1	113.7	112.8	-0.9	115.9	101.0	112.6	97.7	-13.2	68.8	67.8	66.0	65.0	-1.5
	中旬	76.7	76.2	73.3	72.8	-0.7	124.5	123.6	121.5	120.6	-0.8	203.2	170.6	200.1	167.6	-16.2	40.4	41.0	37.2	37.7	1.2
	下旬	318.6	253.1	315.4	250.0	-20.7	81.3	80.3	78.1	77.1	-1.3	71.9	70.2	68.7	66.9	-2.5	92.6	89.0	89.1	85.6	-3.9
7月	上旬	202.8	180.3	199.5	177.0	-11.3	101.5	100.5	98.1	97.2	-1.0	41.7	48.49	40.8	45.3	11.0	150.7	149.7	147.2	146.2	-0.7
	中旬	105.1	104.1	101.8	100.8	-1.0	178.1	177.2	175.0	174.1	-0.6	152.2	128.1	149.1	125.0	-16.2	117.7	116.7	114.2	113.2	-0.9
	下旬	952	950.7	948.2	947.4	-0.1	108	107.1	104.2	103.3	-0.9	108.4	97.5	104.6	93.7	-10.5	362.6	361.7	358.9	358.0	-0.2
8月	上旬	143.1	257.6	140.5	255.1	81.5	149.8	264.3	147.0	261.5	77.9	125.5	187.6	122.7	184.8	50.6	90.2	204.8	86.9	201.5	131.8
	中旬	208.1	207.5	205.2	204.5	-0.3	79.0	78.4	76.4	75.8	-0.8	473.9	473	471.3	470.7	-0.1	147.9	147.3	145.3	144.7	-0.4
	下旬	336.3	335.7	333.5	332.9	-0.2	223.4	222.9	220.9	220.3	-0.3	160.5	159.9	157.9	157.4	-0.4	194.7	194.2	190.9	190.4	-0.3
9月	上旬	355.1	354.5	352.3	351.7	-0.2	419.4	418.8	416.8	416.2	-0.2	401.9	401.3	399.4	398.7	-0.2	254.7	254.03	251.1	250.4	-0.3
	中旬	771	770.4	768.3	767.6	-0.1	346	345.9	343.5	342.9	-0.2	176	175.3	173.0	172.3	-0.4	127.2	126.58	124.0	123.4	-0.5
	下旬	882	881.0	879.1	878.5	-0.1	147	146.4	144.1	143.5	-0.4	577	577	574.3	573.7	-0.1	91.4	90.8	88.6	88.0	-0.7
10月	上旬	335.3	334.7	332.7	332.1	-0.2	244.9	244.3	242.4	241.7	-0.3	344.2	343.6	341.7	341.1	-0.2	108.5	107.8	105.7	105.1	-0.6
	中旬	175.1	174.5	171.8	171.2	-0.4	737.3	736.7	734.2	733.6	-0.1	349.4	348.8	346.3	345.7	-0.2	56.7	56.1	53.3	52.7	-1.2
	下旬	848	742.9	845.6	740.1	-12.5	178	147.8	175.6	144.9	-17.5	145.0	121.4	142.1	118.6	-16.6	56.2	55.42	53.0	52.3	-1.5
11月	上旬	261.9	260.9	259.3	258.3	-0.4	263.3	213.0	260.3	210.0	-19.3	97.9	82.7	94.9	79.7	-16.1	39.5	39.48	36.4	36.4	0.0
	中旬	164.9	164.0	161.8	160.8	-0.6	198.4	164.7	195.6	161.9	-17.2	154.6	127.0	151.8	124.2	-18.2	33.9	37.63	31.9	34.4	7.6
	下旬	145.6	144.6	142.6	141.6	-0.7	95.6	94.6	92.2	91.2	-1.1	110.5	92.8	107.1	89.4	-16.5	28.8	35.74	28.3	32.9	16.3
12月	上旬	95.9	94.9	93.1	92.1	-1.1	84.7	83.7	81.8	80.9	-1.2	76.52	71.3	73.7	68.5	-7.1	25.7	32.93	25.3	30.2	19.3
	中旬	79.9	78.9	76.8	75.8	-1.3	91.2	90.2	88.1	87.1	-1.1	57.0	54.5	53.9	51.4	-4.7	20.4	28.60	20.4	26.0	27.5
	下旬	92.6	91.7	89.4	88.5	-1.0	92.9	92.0	89.7	88.8	-1.0	54.50	52.2	51.3	49.0	-4.4	25.1	32.39	24.8	29.9	20.5
1月	上旬	88.2	87.2	85.4	84.4	-1.1	67.6	66.6	64.4	63.4	-1.5	46.28	46.28	43.0	43.0	0.0	25.7	32.9	25.3	30.1	19.1
	中旬	88.3	87.3	85.1	84.1	-1.1	86.4	85.4	83.6	82.6	-1.2	35.6	37.17	33.2	34.3	3.2	23.6	31.3	23.3	28.6	22.6
	下旬	81.7	80.8	78.9	78.0	-1.1	87.1	86.2	84.3	83.4	-1.1	31.7	36.53	30.3	33.7	11.1	22.2	30.5	22.2	27.9	25.5

2月	上旬	78.3	77.3	75.4	74.4	-1.3	86.9	85.9	84.0	83.0	-1.2	28.02	30.12	25.7	27.2	6.0	26.0	29.0	24.4	26.6	8.9
	中旬	63.4	62.4	60.6	59.6	-1.6	48.7	48.7	45.9	45.9	0.0	31.65	34.13	29.5	31.3	6.1	22.5	28.9	21.8	26.3	20.5
	下旬	54.9	53.7	51.5	50.3	-2.4	34.9	37.8	32.2	34.2	6.2	26.30	33.55	25.4	30.2	18.9	22.2	29.1	21.5	26.2	21.8
3月	上旬	73.5	72.5	69.6	68.6	-1.4	51.9	50.8	47.9	46.8	-2.3	25.31	31.31	23.8	27.7	16.3	22.4	29.8	21.8	26.7	22.5
	中旬	64.8	63.8	61.6	60.7	-1.6	51.2	48.6	48.0	45.4	-5.3	29.52	33.38	27.4	30.2	10.1	54.2	52.0	50.7	48.5	-4.3
	下旬	51.7	50.8	48.7	47.8	-1.8	52.1	51.4	49.4	48.7	-1.3	34.63	36.46	32.5	33.7	3.8	28.2	33.1	26.8	30.2	12.3
4月	上旬	53.51	52.5	50.1	49.1	-2.0	91.60	86.4	87.8	82.6	-5.9	26.46	31.24	24.5	27.6	12.8	25.0	30.6	23.9	27.6	15.6
	中旬	75.4	74.4	71.9	71.0	-1.4	88.7	83.6	84.5	79.4	-6.1	41.72	42.00	37.5	37.7	0.7	37.6	37.86	33.8	34.0	0.6
	下旬	176.9	175.9	173.5	172.5	-0.6	90.8	89.8	86.7	85.7	-1.1	28.95	33.82	26.9	30.0	11.5	44.3	42.3	40.7	38.7	-4.9
5月	上旬	210.2	209.3	207.5	206.5	-0.5	77.5	76.5	73.4	72.5	-1.3	19.82	29.98	19.8	26.3	32.9	139.1	113.8	135.1	109.8	-18.7
	中旬	168.7	167.7	165.9	165.0	-0.6	82.4	81.5	78.3	77.4	-1.2	30.9	38.30	29.9	34.6	15.6	83.9	71.2	80.7	68.0	-15.7
	下旬	147.6	146.8	145.1	144.2	-0.6	144.7	143.8	141.9	141.0	-0.6	40.8	40.80	38.0	38.0	0.0	234.0	181.2	231.5	178.6	-22.8
年均		231.6	227.5	228.6	224.5	-1.8	130.4	129.4	127.6	126.4	-0.9	124.1	122.4	121.5	119.3	-1.9	83.1	85.7	80.8	82.6	2.2
最小值		51.7	50.8	48.7	47.83	-1.8	28.7	31.4	26.6	29.25	-17.23	19.8	29.98	19.8	26.35	32.9	20.4	28.6	20.4	26.02	27.5

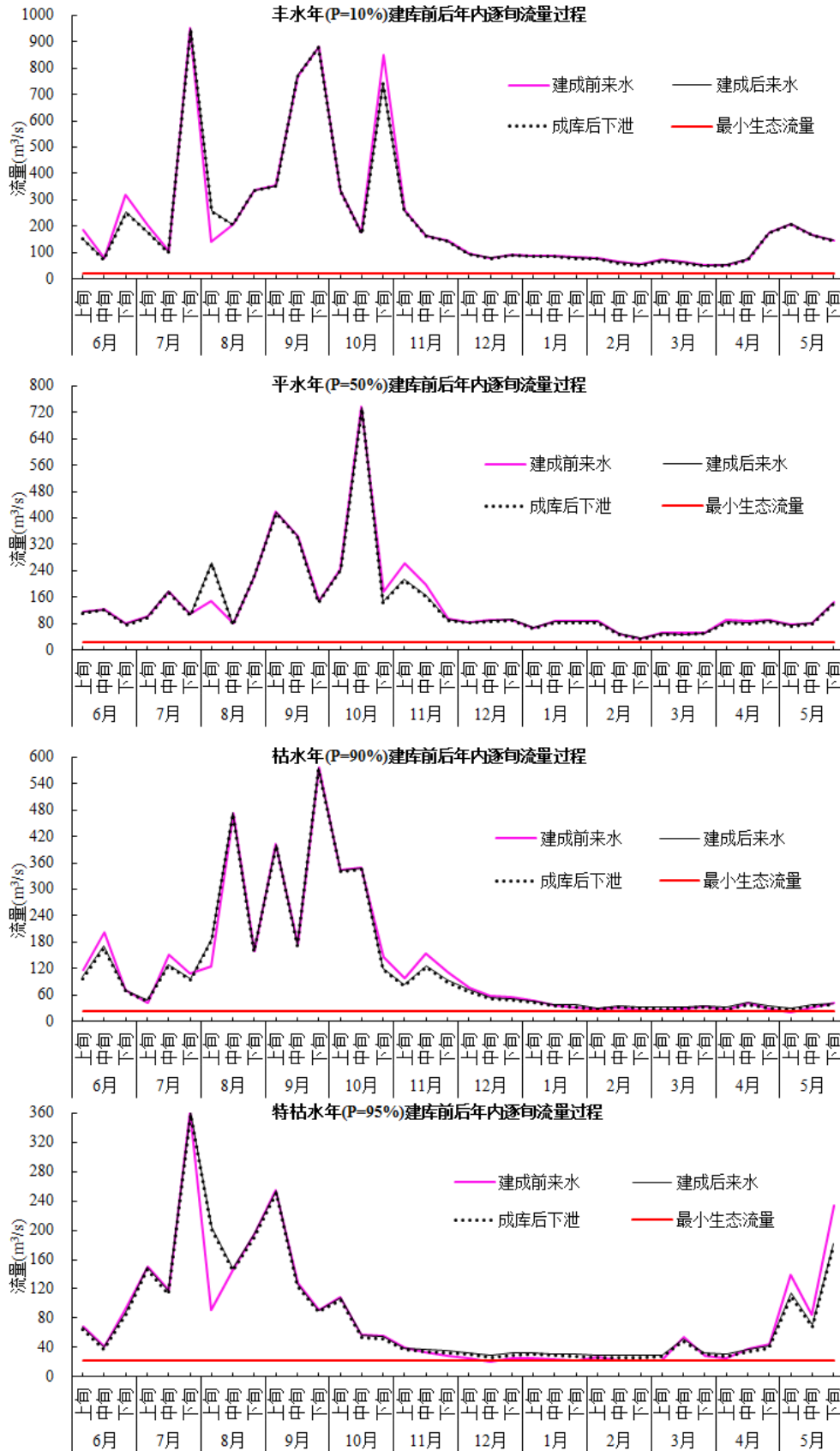


图 5.2-22 迈湾水库运行前后各典型年龙塘坝址断面年内逐旬流量过程对比图

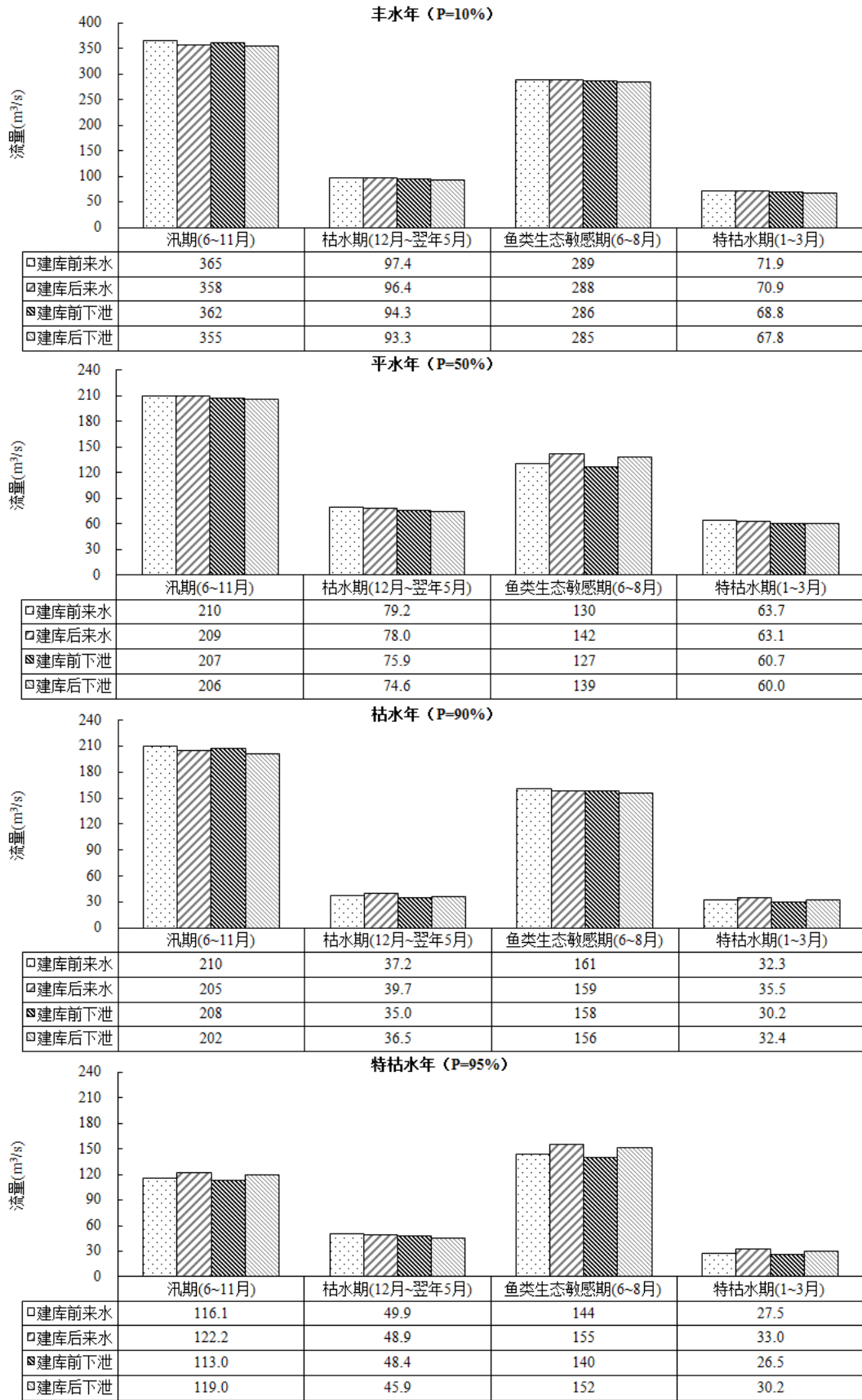


图 5.2-23 迈湾水库运行前后龙塘坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

(4) 迈湾坝址下游河道沿程水文情势变化分析

2030 年迈湾水库多年平均供水量仅为 4698 万 m³，其中澄迈县城区供水 184 万 m³，海口市及定安城区供水 4514 万 m³，迈湾运行对下游河道沿程年均流量影响总体较小。其中迈湾坝址处由于水库蒸发损耗，多年平均流量仅减少 0.88m³/s（由 43.3m³/s 减少为 42.4m³/s），减少比例仅为 2.0%。东山坝址处多年平均下泄流量减少 1.60m³/s（由 90.8m³/s 减少为 89.2m³/s），减少比例仅为 1.65%；龙塘坝址处多年平均下泄流量减少 1.73m³/s（由 165m³/s 减少为 163m³/s），减少比例仅为 1.03%。东山、龙塘坝址下泄流量变化值较迈湾坝址处略有增加，主要是沿程现有各城镇取水口少量引水作用。

叠加南渡江引水工程及龙塘坝址现有工程取水后，东山坝址处多年平均下泄流量较入库来水减少 8.00m³/s（由来水 97.2m³/s 减少为下泄 89.2m³/s），减少比例约为 8.23%；龙塘坝址处多年平均下泄流量较入库来水减少 10.8m³/s（由 168m³/s 减少为 157m³/s），减少比例约为 6.47%。迈湾建成前后，坝址下游河道年均流量沿程流量分布情况见图 5.2-24。

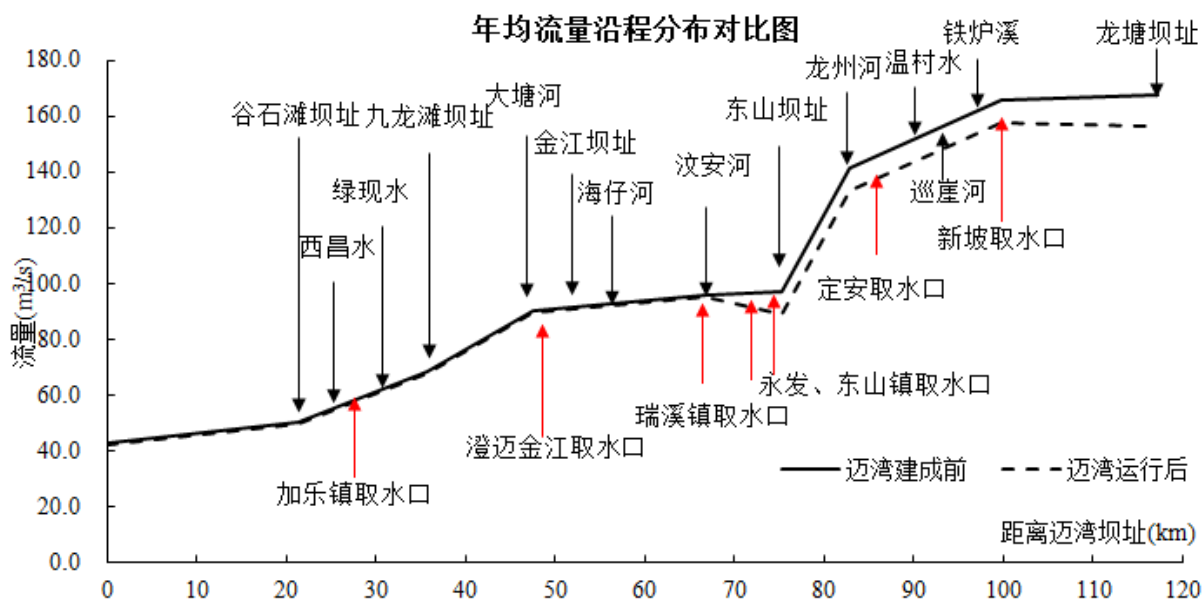


图 5.2-24 迈湾水库运行前后沿程流量变化情况对比图

5.2.2.5 下游取水口影响分析

根据调查，迈湾坝址下游河段取水口分布和取水规模情况见表 4.3-4。

(1) 对加乐镇取水口的影响分析

加乐镇取水口位于九龙滩水库库区，位于西昌水汇口下游，取水规模为 0.019m³/s。西昌水支流集水面积 144km²，90%保证率最枯月流量约 0.726m³/s，西昌水来水便能满足该取水口的取水要求。由于该取水口位于水库库区，取水水位可得到保证，主要受九

龙滩水库水位调度运行影响。

因此，迈湾水库的运行对该取水口的影响较小。

(2) 对澄迈县城金江取水口的影响分析

澄迈县城金江取水口位于金江水库库区，位于迈湾坝址下游约 48.5km，该取水口上游约 2km 处有大塘河汇入，该支流集水面积达 601km²，90% 保证率最枯月流量约 2.94m³/s，大塘河来水便能满足该取水口的取水要求，不需迈湾坝址下泄水量进行补给。即使出现特枯水年(95% 保证率)极端情况下，迈湾水库下泄流量远大于 0.231m³/s。该取水口位于金江库区，取水水位可得到保证，主要受金江水库水位调度作用影响。

因此，本工程运行不会对澄迈县城金江取水口造成影响。

(3) 对金江坝址至东山坝址区间各取水口的影响分析

金江坝址至东山坝址区间河段从上游至下游依次分布有瑞溪镇取水口、永发镇取水口、东山镇取水口和南渡江引水工程东山泵站，除瑞溪镇取水口位于东山水库回水变动段外，其余均位于东山水库死水位回水范围内。金江坝址下游约 2.5km 处(瑞溪镇上游约 11.8km)便有海仔河汇入，该支流集水面积 176km²，90% 保证率最枯月平均流量约 0.887m³/s，海仔河来水便能满足瑞溪镇、永发镇和东山镇 3 个集镇的取用水需求(合计约 0.082m³/s)，不需本工程坝址下泄来水进行补给。

永发镇取水口、东山镇取水口和南渡江引水工程东山泵站均位于东山水库库区，取水水位可得到保证，主要受东山水库水位调度影响。根据前面分析，迈湾下泄流量不小于 5.85m³/s 时，可保障金江坝址下泄流量不小于 7.54m³/s，有利于改善瑞溪镇取水口取水水位。

本工程运行后，可提高东山泵站的供水保证率，且能满足东山坝址最小下泄 14.4m³/s 的生态流量，迈湾水库的运行将改善东山泵站的取水条件。

综上所述，本工程运行后，不会对金江坝址至东山坝址区间河段各集镇取水口造成影响，还将改善南渡江引水工程东山泵站的取水条件。

(4) 对定城拟建和现有取水口、新坡镇水厂取水口和龙塘现有取水口的影响分析

定城拟建和现有取水口、新坡镇水厂取水口和龙塘现有取水口均位于东山坝址下游，距离其分别约 11.6km、14.3km、27.5km 和 41.5km，合计引水量约 4.45m³/s。其中定城拟建取水口位于天然河段(取水口高程为 8.5m)，现有取水口位于龙塘水库回水变动段(取水口高程 9.6m)，新坡镇水厂取水口和龙塘现有取水口均位于龙塘水库库区。东山坝址下游约 8.2km 处有龙州河汇入，该支流集水面积达 1293km²，多年平均流量为

52.8m³/s, 90%保证率最枯月流量为 6.32m³/s, 龙州河来水便能满足以上四个取水口的取水要求, 可以不对东山坝址下泄来水有补给要求。根据《南渡江引水工程环境影响报告书》计算成果, 东山水库只下泄最小生态流量(14.4m³/s)时, 定安县城现有取水口处水位为 9.61m, 拟建取水口处(现有取水口上游约 2.7km)水位高于 8.5m。根据 5.2.2.4 小节各控制断面径流变化情况, 经迈湾水库的多年调节作用, 东山坝址各典型年最小来水流量均大于迈湾水库运行前, 可保障东山坝址下泄 14.4m³/s 生态流量。因此, 迈湾水库的运行有利于改善枯期定城拟建和现有取水口取水水位。新坡镇水厂取水口和龙塘现有取水口取水水位主要受龙塘水库水位调度影响。

综上所述, 本工程运行后, 可保障定城拟建和现有取水口、新坡镇水厂取水口和龙塘现有取水口的取水水量, 并将改善枯期定城拟建和现有取水口取水条件。

(4) 对南渡江引水工程龙塘泵站的影响分析

南渡江引水工程龙塘泵站为龙塘水库库区, 取水水位可得到保证, 主要受龙塘水库水位调度影响。本工程运行后, 可提高龙塘泵站的供水保证率, 且能满足龙塘坝址最小下泄 22.5m³/s 的生态流量。因此, 迈湾水库的运行将改善龙塘泵站的取水条件。

5.2.2.6 中常洪水影响分析

(1) 中常洪水影响

南渡江中、上游地区的洪水由短期暴雨所形成, 南渡江流域暴雨常发生在 4 月~11 月, 较集中的发生时间为 5 月~10 月; 根据水库防洪调度原则, 迈湾坝址来水小于或等于 6160m³/s (P=10%) 时, 来多少泄多少, 控制水库水位在汛限水位。

根据水库防洪调度原则, 迈湾坝址来水小于或等于 6160m³/s (P=10%) 时, 来多少泄多少, 控制水库水位在汛限水位。迈湾坝址处两年一遇 (P=50%) 洪峰流量为 3020m³/s, 24h 洪量达 1.94 亿 m³。根据水库长系列调度计算, 遭遇枯水年或来水更枯年份时, 汛期前两月 6~7 月水库往往高于汛期限水位, 该时段水库仍需要逐步降低至汛期限水位, 此时段入库的中常洪水过程基本受水库拦蓄作用影响。偏枯年及以上来水丰富年份, 水库可蓄水量丰富, 水库水位可调整空间相对较大, 中常洪水基本可按照敞泄原则, 来多少泄多少, 影响总体较小。

(2) 分期中小洪水影响分析

根据迈湾坝址分期洪水设计成果, 5 月~11 月 10 年一遇频率以下分期中小洪水设计成果见表 5.2-23。

迈湾坝址断面分期设计洪水成果一览表

表 5.2-23

单位: m³/s

分期(分月)	各级频率(%)设计值			
	10	20	33.3	50
5月	255	138	75.9	46.6
6月	698	335	153	75.7
7月	737	362	169	83.5
8~10月	6160	4910	3900	3020
11月	757	371	173	85.5

5月~7月分期中小洪水洪峰流量总体较小,根据水库长系列调度计算,由于水库调节库容较大,来水较大,及时遭遇枯水年或来水更枯年份时,汛期前两月6~7月水库往往高于汛限制水位,为保障汛末以后的供水任务,该时段仍需要逐步降低至汛限制水位,基本不会对此时段入库的中小洪水造成削减消减作用。

8~10月洪峰流量大,而8月至汛末(10月中旬左右)水库水位基本控制在汛限水位96m以内运行,水库按照按敞泄原则,来多少泄多少,水库运行基本不会对该时段迈湾坝址断面的洪水造成影响;10月下旬至11月,除特枯水年水库加大出库水量向下游补水外,其余典型年水库由汛限水位96m逐步抬升至正常蓄水位101m左右,因此,迈湾水库调度运行对发生在10月下旬至11月的中小洪水有一定的消减作用,具体削减程度与水库的运行水位和所在年份的入库径流量大小有关。

综合以上分析,迈湾水库的调度运行对发生在汛末10月下旬至11月的中小洪水有一定的削减作用,削减程度与水库的运行水位和所在年份的入库径流量大小有关,对发生在5月~10月中旬的中小洪水基本没有影响。

5.2.2.7 小结

(1) 施工期间来水均通过相应的泄流建筑物全部进入下游河床,施工建设对坝址上下游河段水文情势影响总体较小。

(2) 工程计划第5年5月1日导流隧洞下闸,水库开始蓄水,按水库丰、平、枯不同典型年逐旬入库流量推算,水库蓄水至正常蓄水位总历时184d~304d,其中水库水位蓄至死水位(76m)历时为15d~36d;水库水位蓄至死水位后,具备了向下游供水和机组发电条件,继续蓄水至正常蓄水位(101m)还需历时为169d~268d。水库初期蓄水期间,通过预埋两根钢管或生态机组旁通管向下游泄放最小生态流量(10.3m³/s),可满足下游河道生态用水需求。

(3) 迈湾水利枢纽工程具有多年调节性能,水库投入运行后,将改变工程所在河段

的水文情势。迈湾库区河段的水面变宽增加、水深增加、水域面积增大、流速减缓，水文情势较天然河段发生较大变化。

(4) 由于 2030 年迈湾水库不从库区引水供水，且多年平均供水量仅为 4698 万 m^3 ，坝址处多年平均年均流量变化较小，受水库蒸发渗漏等损耗作用仅减少 $0.88m^3/s$ 。但迈湾水库具有多年调节作用，迈湾坝址断面的年内流量过程将发生改变，各典型年年均流量和丰水期平均流量均小于迈湾建成前，丰水年、平水年的枯水期流量减少，但枯水年、特枯水年枯水期保证下泄最小生态流量和向下游河道补水，坝址断面流量有所增加。由于松涛~迈湾坝址区间流域面积仅 $970km^2$ ，分别仅占东山坝址流域面积($2829km^2$)和龙塘坝址流域面积($5345km^2$)的 34.3%和 18.1%，随着其坝址下游河段各支流(沟)的汇入，迈湾水库的运行对下游东山坝址和龙塘坝址断面径流过程影响总体较小。

(5) 迈湾水库多年调节运行对下游河道的影响范围主要为迈湾坝址至东山坝址区间河道，随着区间汇流进入，迈湾水库运行后导致的流量变化逐步缩小，南渡江最大支流龙州河的汇入对改善迈湾水库导致水量减少的作用非常明显，迈湾至龙塘区间各取水口(除南渡江引水工程外)取水量对改变河道流量的影响较小。

(6) 迈湾水库运行后，通过水库的径流调节作用，各典型年一般用水期最小下泄流量不小于 $10.3m^3/s$ ，鱼类产卵敏感期 6~8 月最小下泄流量不小于 $25.9m^3/s$ ；此外，枯水期(尤其是特枯水期)向下游河道补水，各典型年东山和龙塘坝址断面最小来水流量较迈湾水库建成前均有所增加，可保障该两控制断面下泄最小生态流量，并改善南渡江引水工程东山泵站和龙塘泵站的取水条件。

5.2.3 泥沙情势影响分析

(1) 水库来沙分析

南渡江流域仅龙州河上的三滩水文站和干流的龙塘水文站分别从 1957、1956 年开始观测泥沙，具有较长的泥沙资料。

迈湾坝址多年平均悬移质年输沙量依据松涛水库建库后龙塘站成果按年径流量比推算。经统计分析，迈湾坝址处多年平均悬移质含沙量为 $0.044kg/m^3$ ，多年平均悬移质输沙量约为 5.20 万 t，多年平均推移质输沙量约为 1.04 万 t，多年平均输沙量约为 6.24 万 t。

(2) 库区泥沙淤积影响

根据计算分析，迈湾库区坝前淤积形态为三角洲淤积，库尾不产生翘尾巴淤积问题。水库泥沙淤积计算成果见表 5.2-24，20 年库区淤积总量为 91.2 万 m^3 ，平均淤积厚度仅

约 0.05m，水库淤积分布见图 5.2-25；50 年设计淤积总量为 228 万 m^3 ，坝前淤积高程为 56.06m，水平淤积高程为 66.02m，远低于水库死水位(76m)。因此，泥沙淤积对水库影响很小，水库可长期保持有效库容正常使用。

迈湾水库泥沙淤积计算成果表

表 5.2-24

淤积年限(a)	泥沙淤积量(万 m^3)	坝前淤沙高程(m)	水平淤沙高程(m)
20	91.2	52.16	62.99
30	136.8	53.46	64.66
40	182.4	54.76	65.45
50	228.0	56.06	66.02

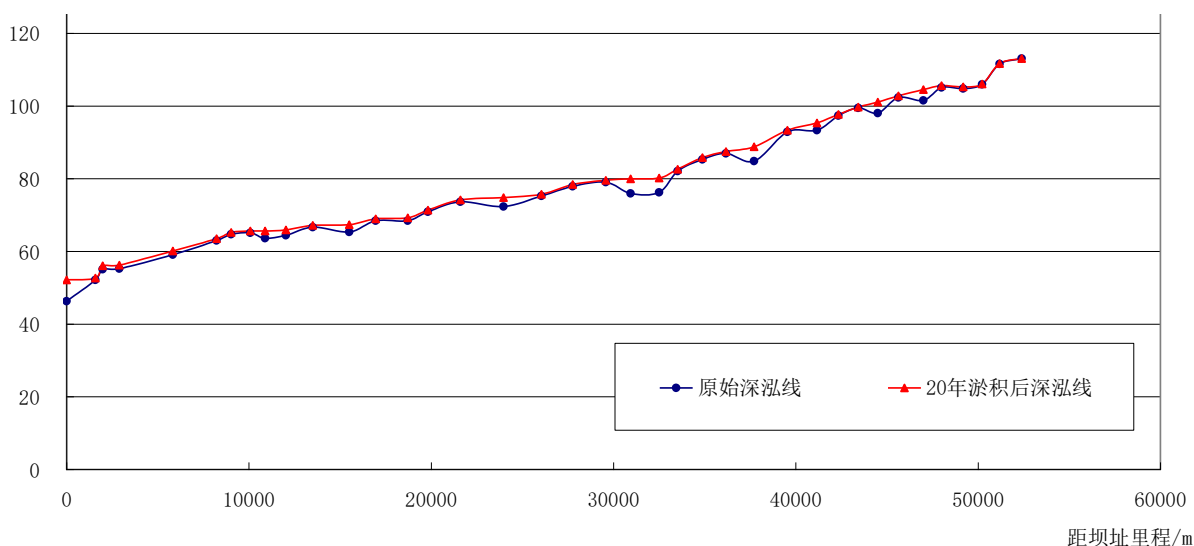


图 5.2-25 迈湾水库 20 年淤积后河道深泓线变化图

迈湾水库进水口底板高程(76m)高于 50 年坝前淤积高程(56.06m)，水库运行后，水库的拦沙效应导致下游河段来沙减少，基本表现为清水下泄。但坝下河段为谷石滩水电站库区，死水位重叠水深达 3.4m，且河床为浅变质砂岩，具有较强的抗冲性，清水下泄基本不会对坝址下游河床的形态造成影响。此外，迈湾水库具有多年调节能力，水库泄洪的几率较小，对下游河床冲刷作用较小。

综上所述，迈湾水库运行后对下游河道的冲刷作用总体较小。

5.3 地表水环境影响

5.3.1 水温影响预测评价

5.3.1.1 水库水温结构判别

(1) α - β 指数法

α - β 指数法计算公式为:

$$\alpha = \frac{w}{v}, \quad \beta = \frac{w_c}{v} \quad 5.3-(1)$$

其中: w 为年均径流量, v 为水库总库容, w_c 为一次入库洪量, α 、 β 为指数, β 用于判断洪水对稳定分层型水库水温的影响。当 $\alpha \leq 10$ 时, 为水温稳定分层型; $\alpha \geq 20$ 时, 为混合型; $10 < \alpha < 20$ 时, 为过渡型。若 $\beta > 1$, 则水库水温为临时混合型; 若 $\beta < 0.5$, 则水库仍为稳定分层型; $0.5 < \beta < 1$, 则洪水的影响介于前二者之间。

迈湾坝址天然年径流量为 $11.0 \times 10^8 \text{m}^3$, 水库总库容为 $6.66 \times 10^8 \text{m}^3$, 5 年一遇一次入库洪量 $3.45 \times 10^8 \text{m}^3$, 计算得到 $\alpha = 1.65$, $\beta = 0.52$, 据此初步判断, 水库的水温结构属于稳定分层型, 但丰水期遇较大洪水时会对水库水温结构造成影响。

(2) 密度佛汝德数法

密度佛汝德数法计算公式为:

$$F_r = 320 \frac{LQ}{HV} \quad 5.3-(2)$$

式中: F_r 为密度佛汝德数; L 为水库长度(m); Q 为入库流量(m^3/s); H 为平均水深(m); V 为蓄水体的体积(m^3); 当 $F_r < 0.1$, 水库为分层型; $0.1 < F_r < 1$ 为过渡型; $F_r > 1$ 水库为混合型。

迈湾水库正常蓄水位时水库全长约 50.6km, 库容为 $4.96 \times 10^8 \text{m}^3$, 平均水深为 30.2m, 多年平均入库流量 $34.9 \text{m}^3/\text{s}$ (不含松涛), 计算得到 $F_r = 0.038$, 据此判断水库水温结构为分层型。

(3) 水库宽深比判别法

水库宽深比判别法公式为:

$$R = B/H \quad 5.3-(3)$$

式中: B 为水库水面平均宽度(m); H 为平均水深(m)。当 $H > 15\text{m}$, $R > 15$ 时, 水库为混合型; $R < 30$ 时水库为分层型。

迈湾水库正常蓄水位时水面平均宽度为 317.5m, 平均水深为 30.2m, 计算得到 $R = 10.5$, 据此判断水库水温结构为分层型。

综上所述, 迈湾水库具有多年调节能力, 经三种经验方法初步判断, 水库水温结构均为分层型, 但丰水期遭遇较大洪水时会对水温分层结构造成影响。实际上, 水库水温是否分层及分层强度, 与水库所处地理位置、地形、径流特性、水深、气候条件、库容、面积等有关。经验公式考虑了水库库容、径流对水温结构的影响, 能一定程度对水温结

构做简单判断,但往往存在一定的失真,而且不能获得水温的时空变化过程。除经验公式法外,数学模型法是目前研究水库水温结构的主要手段和方法,水库水温数学模型基于热量平衡原理建立起来的,在理论上比较严密,综合考虑了气象、水文、地形等因素的影响,更能较好地反映水库水温状况。

5.3.1.2 水库水温预测数学模型

(1) 水库水温数学模型选择及合理性分析

根据《水电水利建设项目河道生态用水、低温水和过鱼设施环境影响评价技术指南(试行)》、《水电工程水温计算规范》(NB/T 35094-2017)和《环境影响评价技术导则地表水环境》(HJ 2.3-2018),对“深水湖库、横向分布差异不明显,存在垂向分层”的水库,垂向水温数学模拟方法主要有垂向一维水温数学模型、立面二维水温模型。垂向一维模型忽略了流速和温度在纵向上的变化,根据经验公式计算入库和出库流速分布,由质量和热量平衡来决定垂向上的对流和热交换。立面二维模型在水库水温预测中较为成熟,模型可将库汊库容和水面面积概化进入主库和主库,可模拟出水库在纵向和垂向上的水温时空分布,而且率定参数少、计算稳定,在垂向上的水温分层的模拟保持较高的精度。迈湾水库正常蓄水位时水库全长约 50.6km,最大坝高 78.5m,水库具有多年调节性能,库水年替换次数为 1.7 次。同时,迈湾库区支流主要有腰子河、加握河、南坤河、番坡河、中坤河等,形成诸多的分岔支库,库区水面平均宽度达 317.5m,最宽处达 1190.7m,迈湾水库整体呈湖泊型分层特征。此外,由于迈湾库尾来流(松涛水库下泄年均流量达到 $9.6\text{m}^3/\text{s}$,天然来流 $16.1\text{m}^3/\text{s}$)占入库总流量的 75%,存在明显的主流特征。因此,采用立面二维模型开展迈湾水库的水温模拟较垂向一维模型更为合适。本项目水温计算采用美国陆军工程兵团水道实验站(WES)开发的宽度平均的 CE-QUAL-W2 立面二维模型,该模型在多个支库耦合、水库选择性取水等处理方面较同类模型具有明显的优势。

CE-QUAL-W2 立面二维水库水温数学模型在不同类型水库水温分层模拟和反演中得到了广泛应用,得到了国内外多个水库水温实测资料的验证,但模型的相关参数与区域气候、水文和水库特征形态相关。迈湾库区地处热带北部边缘,气候温和,降雨充沛,台风频繁,干、湿季差别显著,其水文、气象条件与世界其他地区(包括我国西南、华中等)有很大的不同,这些差异将对水温数学模型参数产生影响。故选用本工程上游紧邻的松涛水库水温实测资料对模型参数进行率定。松涛水库位于海南省儋州市,是南渡江流域开发最早的大型水利枢纽工程,位于本工程上游约 55.4km。松涛水库具有多年调节性能,多年平均径流量 16.22 亿 m^3 ,总库容 33.45 亿 m^3 ,正常蓄水位 190m,其年库

水替换次数为 0.48，为稳定分层型水库。表 5.3-1 为迈湾水库与松涛水库的工程特性对比情况。迈湾水库与松涛水库属于同流域、同气候带，两水库坝址直线相距约 40km，加之其工程特性、水力、热力变化特征相似，因此选用松涛水库实测资料进行模型参数率定及模型验证较为合适。

迈湾水利枢纽工程与松涛水库工程特性对比一览表

表 5.3-1

工程名称	单位	松涛水库	迈湾水库
多年平均径流量	亿 m ³	16.22	11.00
正常蓄水位	m	190	108
总库容	亿 m ³	33.45	6.66
最大坝高	m	80.1	78.5
库水年交换次数	次	0.48	1.70

(2) 水库水温数学模型简介

CE-QUAL-W2 是由美国陆军工程兵团水道实验站 (WES) 开发的宽度平均的立面二维水动力学和水质模型。

① 主要方程

方程基于以下假定：

- 1) 流体为不可压缩流体；
- 2) 满足 Boussinesq 假定：在密度变化不大的流体运动中，密度变化的影响只在重力项中考虑，而在控制方程的其他项中忽略其影响。

此外，模型认为在纵向尺度远大于垂向尺度的情况下，垂向流速远小于纵向流速，假定垂向流速对时间和空间的偏导数和湍流剪应力偏导数均为小量，在忽略时变加速度项、位变加速项和湍流剪应力项后，将 z 方向动量方程简化为静水压力方程。主要方程如下：

连续方程

$$\frac{\partial B u}{\partial x} + \frac{\partial B w}{\partial z} = q B \quad 5.3-(4)$$

动量方程

x 向：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UB}{\partial t} + \frac{\partial UUB}{\partial x} + \frac{\partial WUB}{\partial z} \\ & = gB \sin \alpha + g \cos \alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g \cos \alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xz}}{\partial z} + qBU_x \end{aligned} \quad 5.3-(5)$$

z 向:

$$0 = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} \quad 5.3-(6)$$

状态方程

$$\rho = f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS}) \quad 5.3-(7)$$

自由水面方程

$$B_\eta \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_{\eta}^h B u dz - \int_{\eta}^h q B dz \quad 5.3-(8)$$

热输运方程

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial UB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial WB\Phi}{\partial z} - \frac{\partial \left(BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)}{\partial x} - \frac{\partial \left(BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)}{\partial z} = q_\Phi B + S_\Phi B \quad 5.3-(9)$$

式中, B 为水体宽度, m; u 为纵向流速, m/s; w 为垂向流速, m/s; q 为侧向单位体积净入库流量, 1/s; η 为水位, m; α 为河道倾角, rad; ρ 为水体密度, kg/m³; τ_{xx} 为控制体在 x 面 x 向的湍流剪应力, N/m²; τ_{xz} 为控制体在 z 面 x 向的湍流剪应力, N/m²; u_x 为支流流速的 x 分量; $f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{SS})$ 为密度函数, 为水温、盐度、悬浮物浓度的函数。 B_η 为水面宽度, m; D_x 为纵向离散系数, m²/s; D_z 为垂向离散系数, m²/s; q_Φ 为单元控制体侧向热量 (水质) 出入流的速率, J/m³/s (mg/L/s); S_Φ 为源汇项, J/m³/s (mg/L/s)。

热输运方程源项中考虑了水面热交换和河床热交换两部分。水面热交换主要由辐射、蒸发和传导三部分组成。本次计算中忽略了河床热交换。

② 数值求解方法

采用有限差分法对微分方程进行离散, 采用 ULTIMATE 算法求解差分方程, 水动力方程、温度与水质标量方程耦合求解。计算中先求解自由水面离散方程, 得出自由水面高程, 之后求解 u 、 w , 再求解温度方程。根据新的水面高程更新计算网格往返计算。

③ 模型主要参数

影响水库水温计算结果的参数较多，主要参数设定见下表。其中影响较大且需要率定的参数有垂向涡粘系数、风遮蔽系数和光遮蔽系数。垂向涡粘系数、风遮蔽系数直接影响水动力条件，从而影响热量输运，其他系数直接影响热量输运计算。

CE-QUAL-W2 模型中水温计算主要参数

表 5.3-2

系数	变量名	默认值
垂向涡粘系数	Az	选择计算公式
纵向涡粘系数	Ax	1m ² /s
纵向扩散系数	Dx	1m ² /s
谢才系数	CHEZY	70m ² /s
粗糙高度	Z0	0.001m
表面太阳辐射吸收系数	BETA	0.45
纯水中太阳辐射衰减系数	EXH2O	0.45/m
河床热交换系数	CBHE	0.3W/(m ² ·°C)
风遮蔽系数	WSC	0.0~2.0
动态光遮蔽系数	Dynsh	0.0~1.0

1) 垂向涡粘系数计算

由于纵向上对流输运占主导地位，紊动切应力的影响作用相对较小，因此计算紊动切应力时纵向紊动粘性系数取为常数。而垂向速度较小，水体的对流输运较弱，不宜采用简单的常数模型计算垂向涡粘系数。垂向涡粘系数采用 W2N 公式计算，为：

$$\left\{ \begin{aligned} v_t &= \kappa \left(\frac{l_m^2}{2} \right) \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-2kz} + \tau_{tributary}}{\rho v_t} \right)^2} e^{-CR_i} \\ l_m &= H \left[0.14 - 0.08 \left(1 - \frac{z}{H} \right)^2 - 0.06 \left(1 - \frac{z}{H} \right)^4 \right] \end{aligned} \right. \quad 5.3-(10)$$

式中： v_t 为垂向涡粘系数，m²/s； l_m 为混合长度，m； κ 为范卡门常数； u_* 为剪力速度，m/s； τ_{wy} 为因风而产生的横向剪应力，N/m²； k 为波数； $\tau_{tributary}$ 为因支流入流而产生的横向剪应力，N/m²； Δz_{max} 为垂向网格间距的最大值，m。 ν 为分子粘度，m²/s。

2) 风遮蔽系数取值

风遮蔽系数 (Wind-shelteringcoefficient, WSC) 用于修正测点风速与库区实际风速的差异。以往的实例应用表明，在山区和/或植被茂盛的地区，风遮蔽系数取 0.5~0.9；而在地形开阔地区，风遮蔽系数取 1.0。而在最新的一些实例应用中，风遮蔽系数取值

超过 1.0，以反映陡峭河岸的漏斗效应。

3) 动态光遮蔽系数取值

动态光遮蔽系数 (Dynamic shading coefficient, Dynsh) 用于考虑地形、植被对太阳辐射的遮蔽作用。

④ 水面热交换

水面热交换是水库重要的热量来源，包括辐射、蒸发和热传导三部分，具体表达式如下：

$$H_n = H_s + H_a + H_e + H_c - (H_{sr} + H_{ar} + H_{br}) \quad 5.3-(11)$$

式中： H_n 为水面净热通量， W/m^2 ； H_s 为太阳短波辐射， W/m^2 ； H_a 为大气长波辐射， W/m^2 ； H_e 为蒸发热通量， W/m^2 ； H_c 为热传导通量， W/m^2 ； H_{sr} 为经水面反射的太阳短波辐射， W/m^2 ； H_{ar} 为反射的大气长波辐射， W/m^2 ； H_{br} 为水面长波辐射， W/m^2 。

a. 反射的太阳短波辐射 H_{sr}

$$H_{sr} = H_s \gamma (1 - 0.0065 C^2) \quad 5.3-(12)$$

式中： γ 是水面反射率（一般取 0.03）； C 为云层覆盖率。太阳辐射穿透水体后按朗伯-比尔定律衰减：

$$H_s(z) = (1 - BETA) H_s e^{-EXH20z} \quad 5.3-(13)$$

式中： $H_s(z)$ 为水下 z 米处的太阳辐射值， W/m^2 ； $BETA$ 为水体表层对太阳辐射的吸收率； $EXH20$ 为太阳辐射衰减率， m^{-1} 。

(2) 大气长波辐射 H_a

地球大气会吸收一部分太阳能，并以长波形式向地面辐射，其辐射强度主要跟气温和云量有关，可按 *Stefan-Boltzman* 定律计算：

$$H_a = (1 - \gamma_a) \sigma \varepsilon_a (273.15 + T_a)^4 \quad 5.3-(14)$$

式中： T_a 是水面上 2 m 处的气温， $^{\circ}C$ ； γ_a 是长波反射率，取 0.03； σ 是 *Stefan-Boltzman* 常数，为 $5.67 \times 10^{-8} W / (m^2 K^4)$ ； ε_a 为大气发射率，晴天的大气发射率 ε_{ac} 可用 *Idso* 及 *Jackson* 公式计算得到：

$$\varepsilon_{ac} = 1 - 0.261 \cdot \exp(-0.74 \times 10^{-4} T_a^2) \quad 5.3-(15)$$

在多云天气可用 *Bolz* 公式修正为：

$$\varepsilon_a = \varepsilon_{ac} \cdot (1 + K_c \cdot C_{cloud}^2) \quad 5.3-(16)$$

式中：参数 K_c 取决于云层高度，美国田纳西工程管理局推荐取值为 0.17。

(3) 大气长波返回辐射 H_{ar}

大气长波返回辐射按 *Stefan-Boltzman* 定律计算：

$$H_{an} = \gamma_a \sigma \varepsilon_a (273.15 + T_a)^4 \quad 5.3-(17)$$

(4) 蒸发热损失 H_e

蒸发需要从水中吸收热量，蒸发热损失公式为：

$$H_e = f(W)(e_s - e_a) \quad 5.3-(18)$$

其中 $f(W)$ 为风函数：

$$f(W) = 9.2 + 0.46W^2 \quad 5.3-(19)$$

式中： W 为距离水面 2 m 高处的风速，m/s； e_s 为对应水面温度 T_s 紧邻水面的空气饱和蒸发压力，mmHg； e_a 为水面上方空气蒸发压力，mmHg。

(5) 热传导通量 H_c

当水气间存在温度梯度时，水气交界面上会以传导的方式进行热交换，热传导通量 H_c 跟水气温差成正比：

$$H_c = C_c f(W)(T_s - T_a) \quad 5.3-(20)$$

式中： C_c 是 Bowen 常数，一般取 0.47 mmHg/°C。

(3) 模型验证

四川大学于 2016 年 3 月 2 日、2016 年 4 月 26 日、2016 年 6 月 13 日在本工程上游紧邻的松涛水库库区进行了 4 条库区垂向水温（监测地点分别为南丰洋、小三峡、番加洋和坝前，监测位置见图 5.3-1）以及 2016 年 3 月 2 日~6 月 10 日入库福才水文站、南丰电站尾水水温过程监测。本次收集到观测期间水库调度、气象资料等同步资料，对立面二维水温数学模型进行验证与参数率定。

计算区域及时段：计算区域为松涛水库全库区，模拟起止时间为 2013 年 3 月 2 日~2016 年 6 月 13 日。

网格划分：库区被划分为 164×36（纵向×垂向）个矩形单元网格，单元网格纵向尺寸为 300m~100m（坝前局部加密到 100m），垂向尺寸为 2m，库区网格划分见图 5.3-2。



图 5.3-1 松涛水库垂向水温监测点位

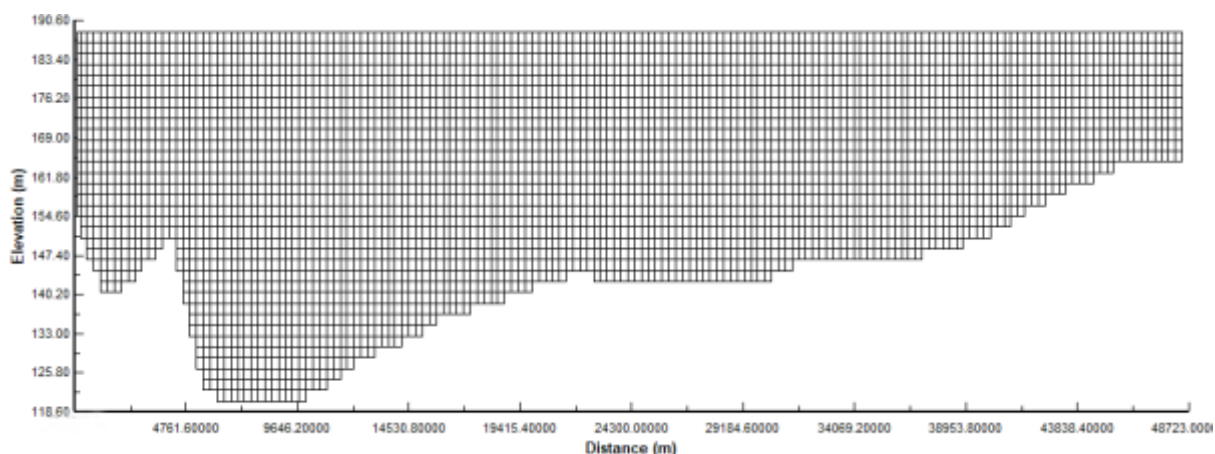


图 5.3-2 松涛库区计算网格

取水建筑物：水库出库取水主要从南丰电站引走，属于库中取水。南丰电站进水口位于原南丰镇分水岭处，主要有进水渠、进水塔和隧洞等组成。进水渠长约 1km，利用天然冲沟开挖而成，上游段渠底高程 160.2m，底宽 3m，边坡 1: 1.5；下游段渠底高程 157m，底宽 5m，边坡 1: 0.35。电站进水口底板高程 158.1m，平板闸门尺寸为 5×5m。

初始条件：依据 2016 年 3 月 2 日在松涛库区所测的各条垂向水温插值后得到计算时间初始时刻的温度场，水位采用 2016 年 3 月 2 日库区水位。

边界条件：影响水库水温时空分布的物理因素有水库的入、出库流量、库区气象条件和入库水温。采用 2016 年 3 月 2 日~2016 年 6 月 13 日的水库调度过程，逐日的入出库流量、水位，及对应时段的入出库水温和气象。



图 5.3-3 南丰电站取水建筑物

主要参数取值：水库水温预测模型的主要参数如表所示。

模型主要参数选取

表 5.3-3

系数	纵向涡流粘滞系数	纵向涡流扩散系数	表面太阳辐射吸收系数	纯水中太阳辐射衰减系数	风遮蔽系数	动态光遮蔽系数
变量名	Ax	Dx	BETA	EXH2O	WSC	Dynsh
默认值	1m ² /s	1m ² /s	0.45	0.50/m	1	1.0

图 5.3-4~图 5.3-5 分别为松涛水库库区 2016 年 4 月 26 日和 6 月 13 日库区垂向水温的模型计算值与实测值的对比情况。4 月~6 月松涛水库库区垂向上出现明显的水温分层现象，其中 4 月在表层 10m 的范围内存在斜温层，温度梯度为 0.85℃/m。6 月份库区表层同温层厚度增大到 3m，平均水温为 31.5℃，水深 5m~15m 的范围内存在一个厚度约为 10m 的斜温层，温度梯度达到 1.0℃/m；底温层水温基本不变，约 19.3℃。模型准确模拟了温跃层的梯度变化和温跃层的厚度及位置，温跃层梯度与实测值基本一致。计算值与实测值的表层水温分别偏低 0.3℃(4 月)和 0.7℃(6 月)，库底水温的计算值与实测值基本一致。对比分析表明，立面二维水温模型可模拟出松涛水库垂向水温的变化及温跃层的发展过程。

图 5.3-6 为松涛水库南丰电站下泄水温计算值与实测值的对比情况，松涛水库实测

平均下泄水温为 24.9℃，模型计算平均水温为 25.0℃，计算下泄水温与实测下泄水温变化趋势相近，二者的差异除气象、水库调度等影响外，可能还受到取水建筑物结构的概化处理影响。

总体看，无论从库区垂线水温结构，还是电站下泄水温过程，该模型较好地反映了南渡江流域气候条件下水库水温的时空演变过程，模型精度较好。

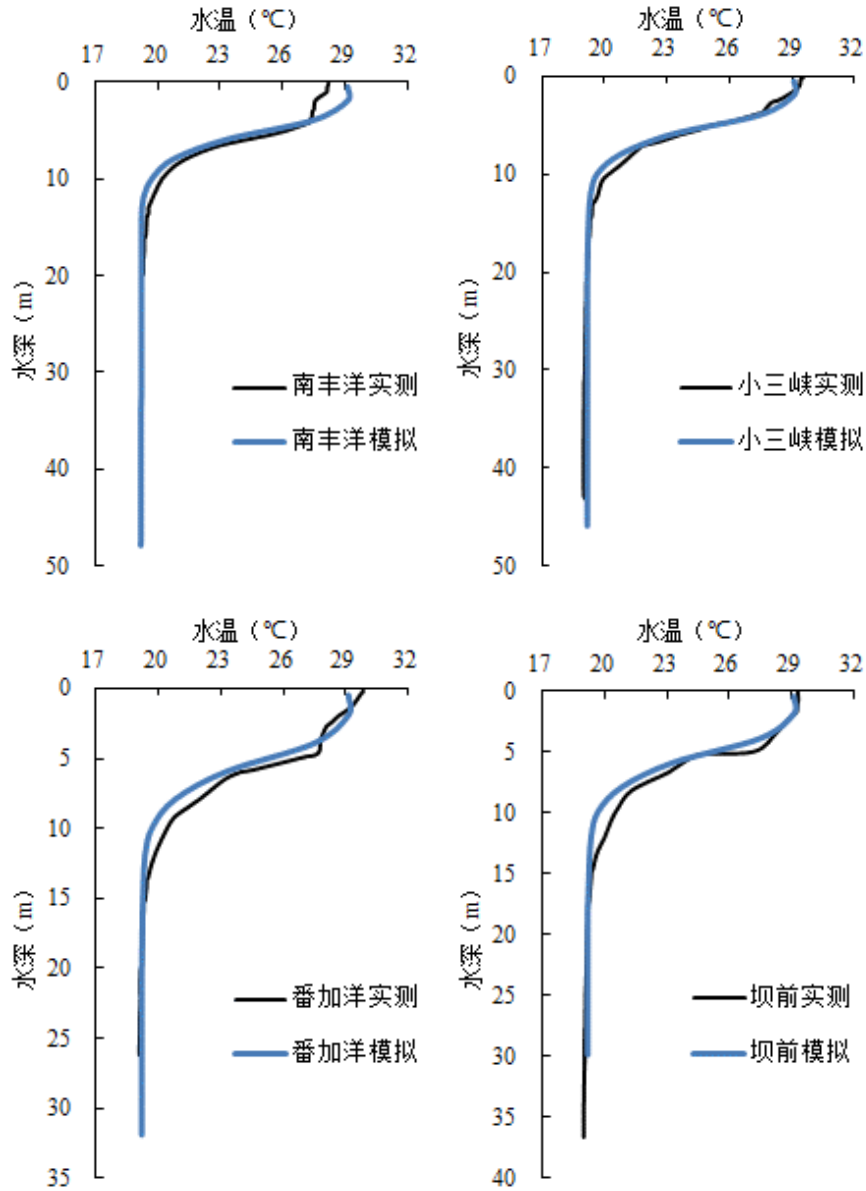


图 5.3-4 松涛水库 2016 年 4 月 26 日垂向水温计算值与实测值对比图

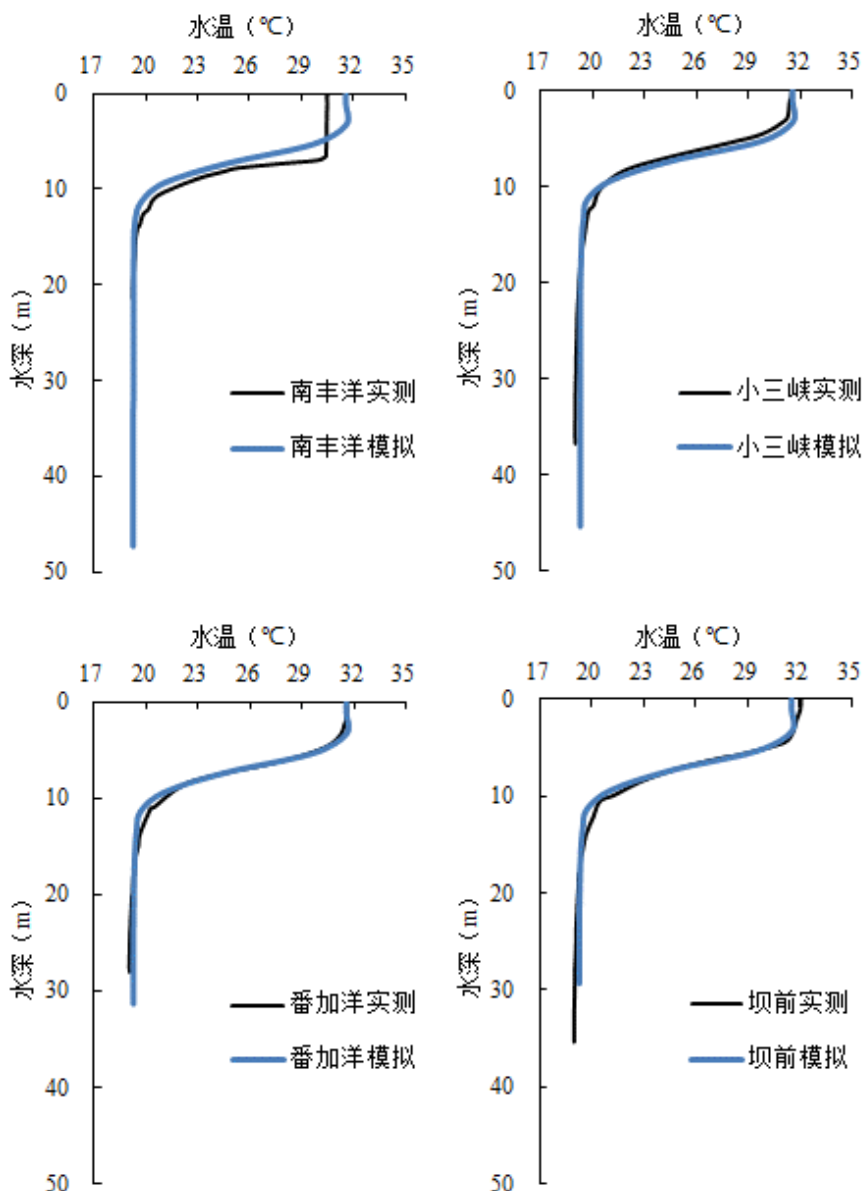


图 5.3-5 松涛水库 2016 年 6 月 13 日垂向水温计算值与实测值对比图

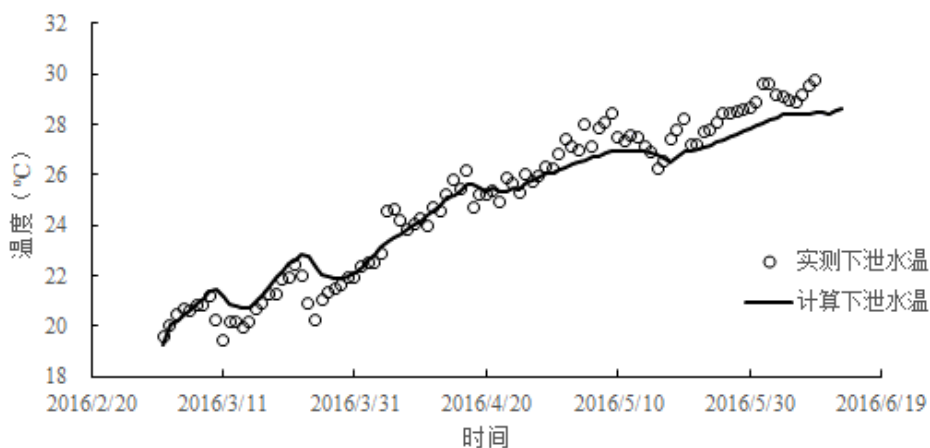


图 5.3-6 南丰电站下泄水温计算值与实测值对比图

本工程规模与松涛水库相似，均为多年调节性能水库，且两水库相邻属于同一流域，气象与入库水温条件基本一致，因此，可类比采用相同的太阳辐射相关参数和垂向扩散系数。

5.3.1.3 迈湾实施后松涛水库水温及下泄水温预测

迈湾实施后，松涛水库将从松涛大坝位置向迈湾水库下泄生态流量（丰水期 6~10 月为 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，非丰水期 11 月~翌年 5 月为 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ ），将改变迈湾水库的入库水温。

(1) 预测工况及边界条件

选择丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、特枯水年(P=95%)三个水库典型运行工况预测迈湾实施后松涛水库水温及下泄水温情况。

松涛水库将由新建的生态流量取水口向下游泄放生态流量，并采用三层取水口设计。图 5.3-7 为松涛水库坝前三层取水口结构剖面图，每个取水口的底板高程如图所示，取水口尺寸为 $2\text{m}\times 2\text{m}$ （宽×高），最小淹没深度为 5m。当水位超过 188m 时，采用表层取水口出流；当水位位于 176m~188m 时，采用中层取水口出流；当水位低于 176m 时，采用底层取水口出流。

模拟中，气温、风速、云量三个要素采用澄迈气象站和屯昌气象站 1981~2010 年累年月均值的平均值，日照时数和云量采用儋州气象站 1981~2010 年累年月均值；考虑到松涛入库处于南渡江上游河段，上游流量较小，区域气候条件相近，采用拟合的迈湾坝址天然水温过程作为入库水温过程。

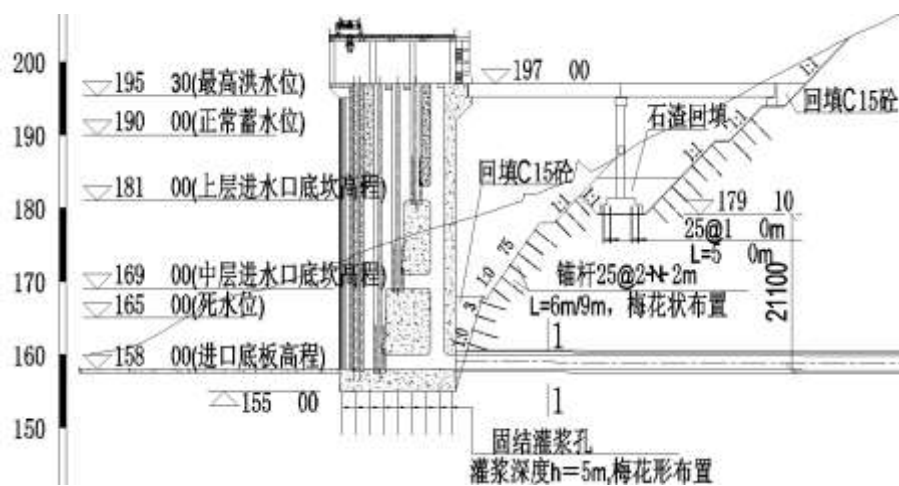


图 5.3-7 松涛坝前生态取水口结构图（图中为海南当地高程）

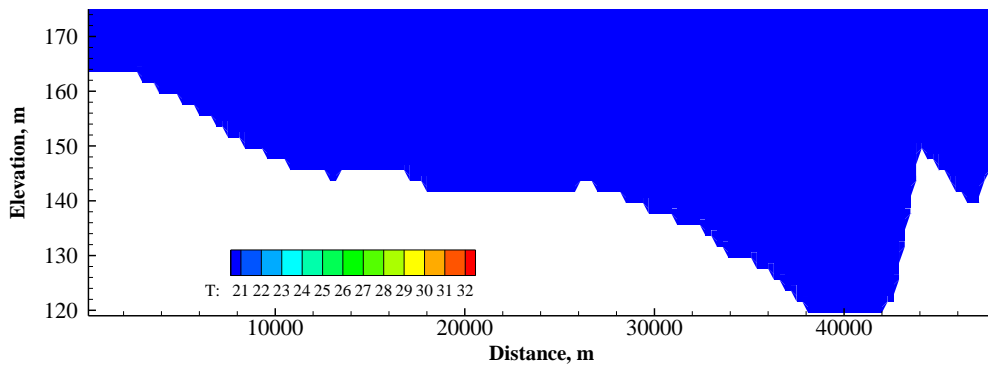
(2) 松涛库区水温预测分析

图 5.3-8 给出了松涛水库平水年各月 15 日的库区二维水温分布结构，图 5.3-9 给出

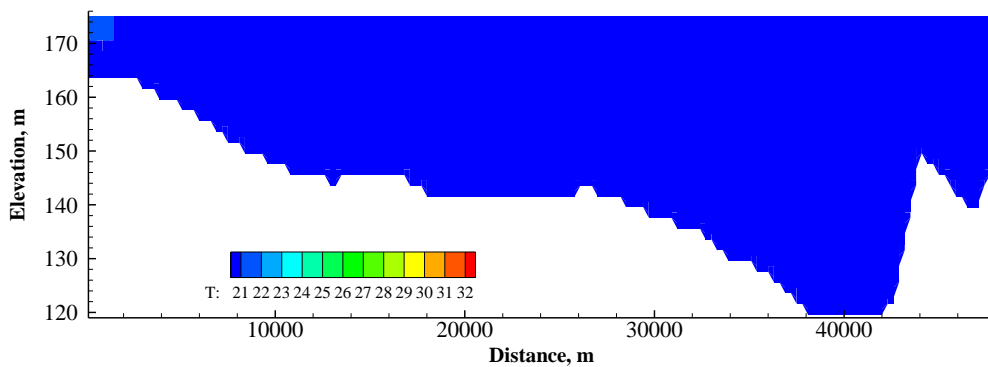
了对应时间的坝前垂向水温分布。

1月~2月坝前垂向断面平均水温为 20.2℃~20.4℃，库区垂向同温。气温和太阳辐射在3月~5月迅速攀升，水库来流高温水由于密度小于库底温度在表层流动，表层水体升温明显，至5月份表层温度已达到 29.5℃，高于2月份 9.3℃，表层温跃层初步形成。6月~8月的入流水温和气温达到年内最高，表层水温进一步升高，在7月份表层水温达到年内最高，为 30.8℃，表层 10m 内存在温度梯度为 1.2℃/m 的温跃层，受温跃层对热量的抑制作用，库底较为稳定，维持在 24.6℃~25.4℃间。9月~10月水位逐渐升高，入流水温和气温也开始较大幅度的下降，表层进入失热状态，水体由于密度变大而下沉，与下层水体对流作用增强，库区上层水体趋于同温。11月~12月，水库表层进一步失热，同时库尾入库冷水逐渐下潜向坝前推进，坝前表底温差逐渐减小，至12月坝前水温处于同温现象。

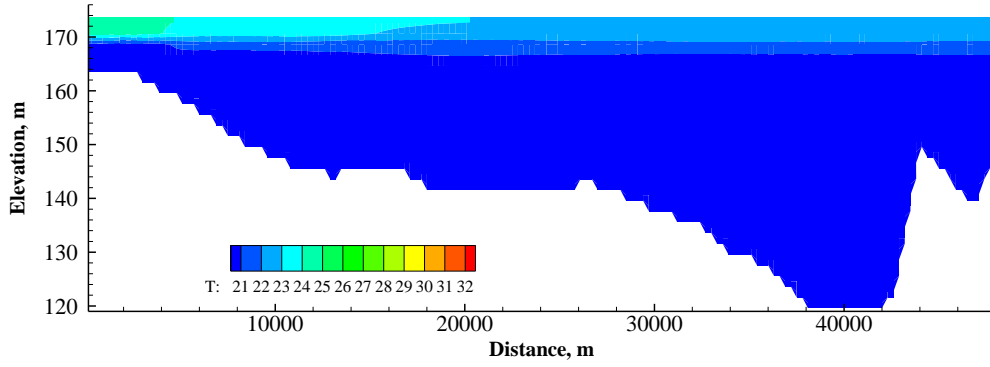
1月



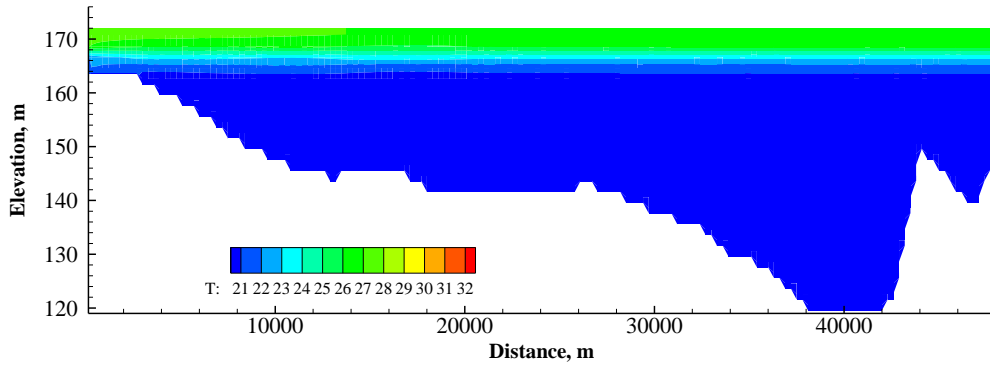
2月



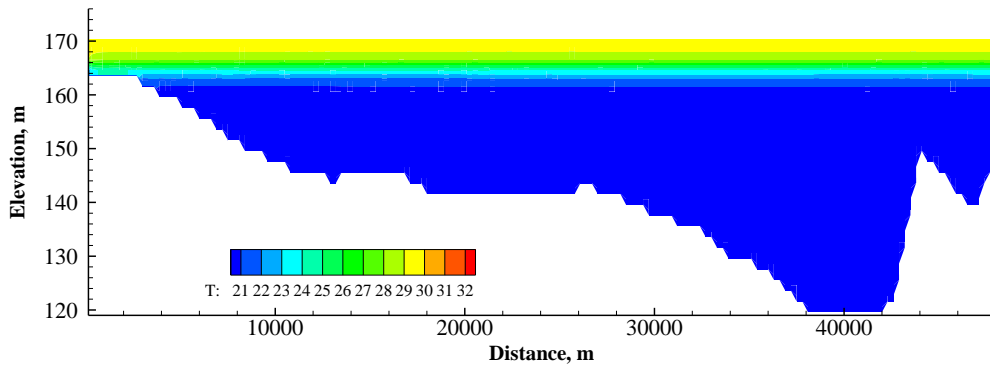
3月



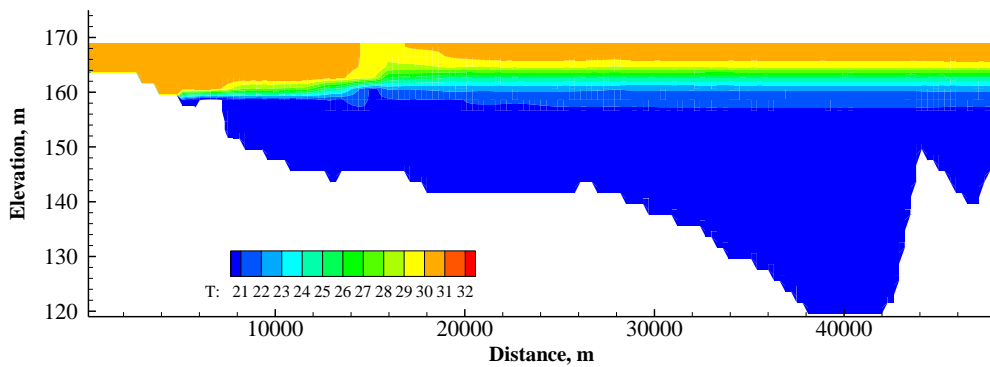
4 月



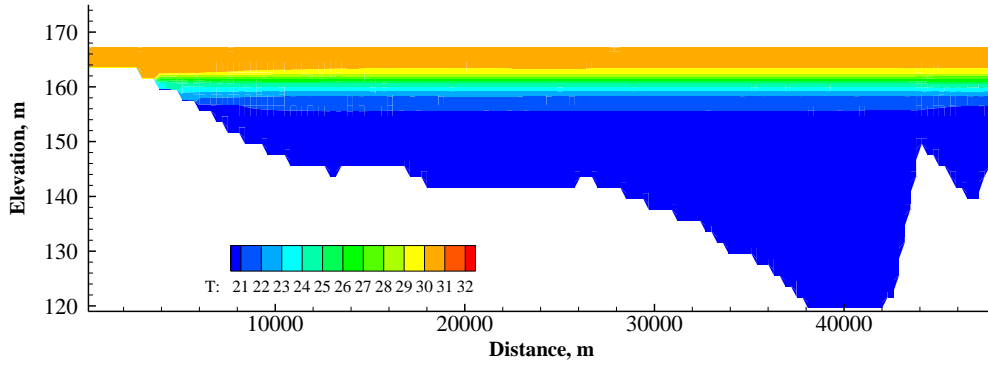
5 月



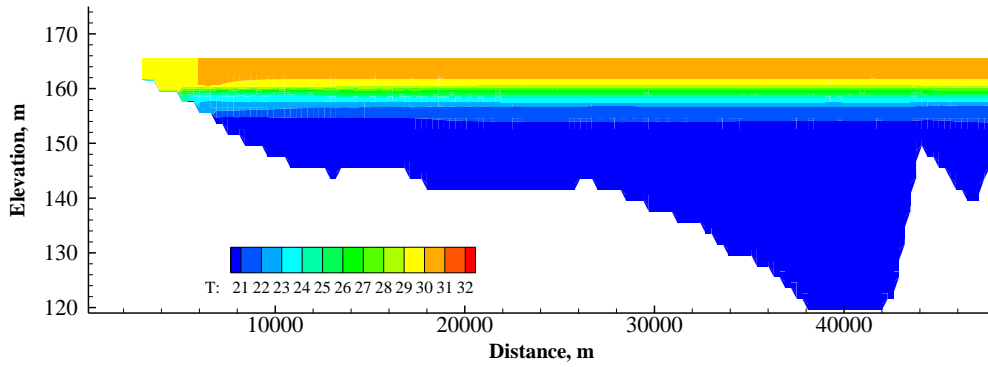
6 月



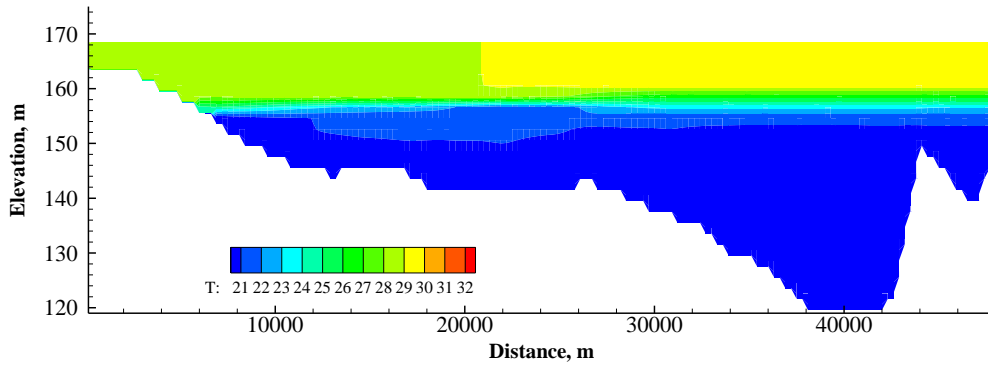
7 月



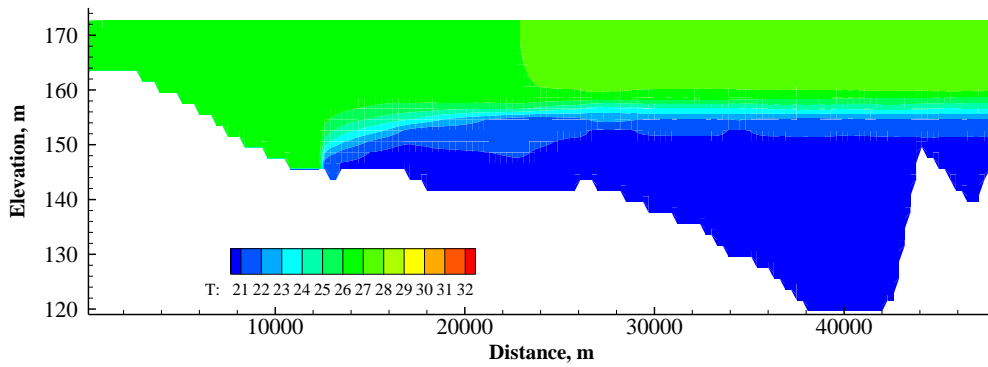
8月



9月



10月



11月

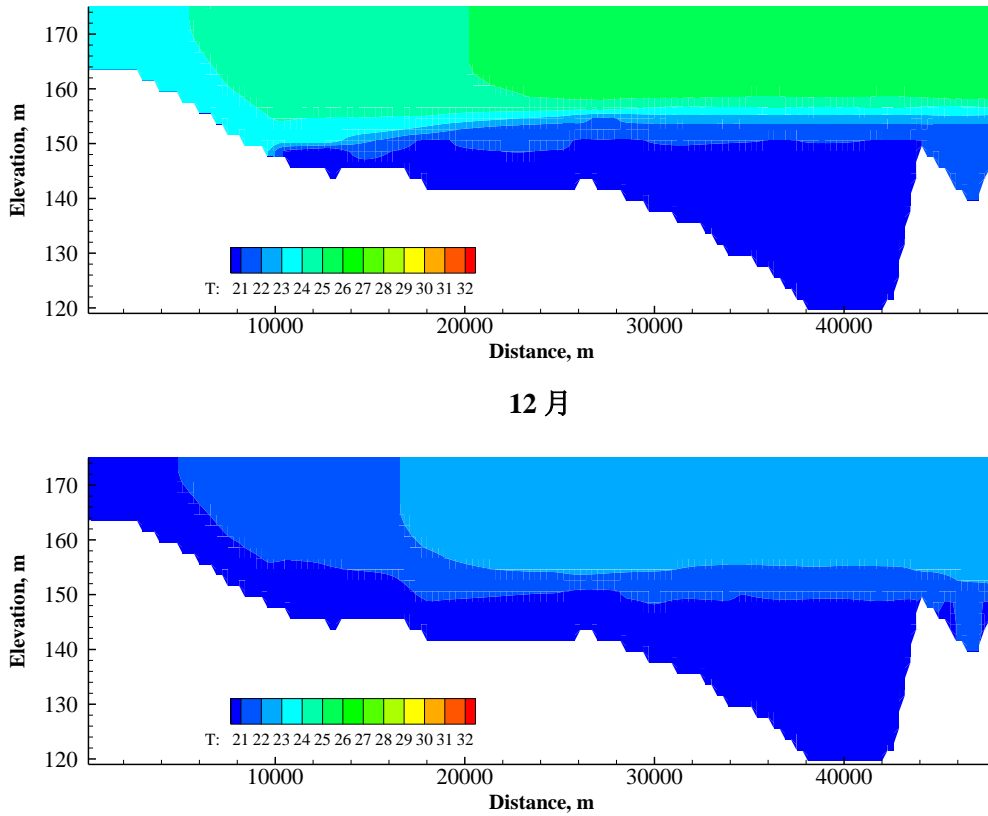


图 5.3-8 松涛水库平水年库区二维水温分布图

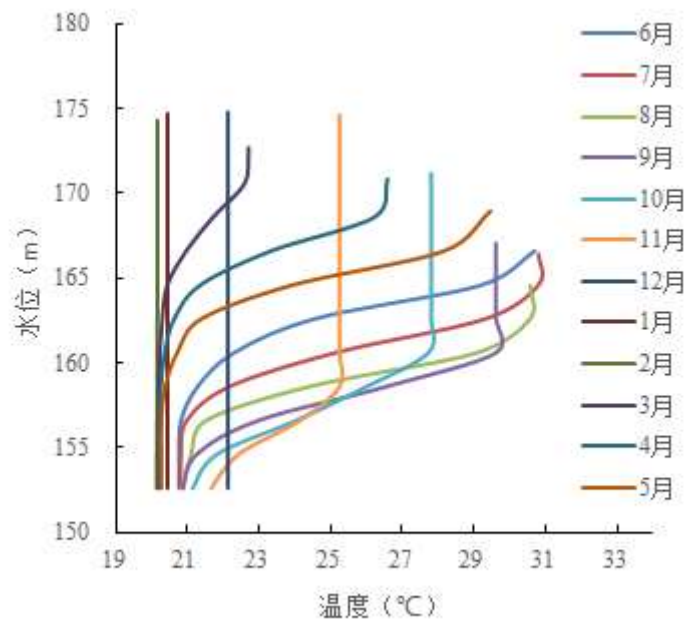


图 5.3-9 松涛水库平水年坝前水温分布

图 5.3-10~图 5.3-11 分别给出了丰水年和特枯水年松涛水库 1 月~12 月各月 15 日坝前垂向水温分布。

丰水年工况：1 月~5 月，丰水年与平水年水温结构类似，表底水温差异较小，垂向

平均水温大体相同，差异为 0.4°C 内。6 月~10 月丰水年水位平均高于平水年 6.6m ，取水深度增加，表层水体受取水口影响减小，表层水体吸收热量而引起垂向对流作用增强，表层同温层深度相比平水年平均增加了 4m ，受水库调度影响引起的库区水温结构变化，丰水年坝前平均水温高于平水年 1.8°C 。11 月~12 月两典型年垂向水温分布相同，由于丰水年水位高，蓄热多，使得 11 月~12 月的坝前垂向平均水温略高于平水年。

特枯水年工况：1 月~2 月水温结构与平水年差异较小，均表现为同温分布；3 月~5 月水位与平水年大体相同，表层、底层及坝前垂向平均水温基本相同；6 月~10 月，特枯水年运行水位平均高于平水年 9.9m ，取水深度增大，表层水体受取水口影响较小，导致表层 8m 内为同温状态，库底水温两典型年基本相同，仅相差 0.1°C ；11 月~12 月，特枯水年底层水温低于平水年 1.1°C ，坝前平均水温低 0.2°C ，主要是因为这两个月水位高于平水年，垂向热传导减弱，引起库底及坝前水温降低。

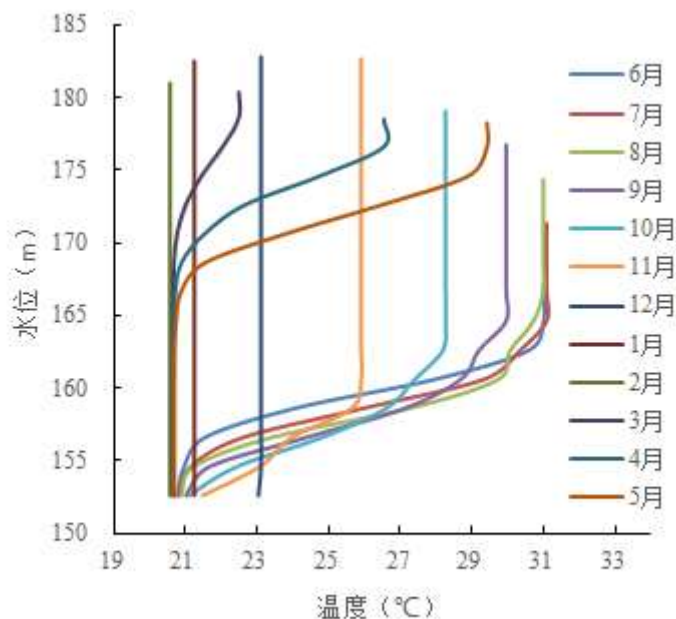


图 5.3-10 松涛水库丰水年坝前水温分布

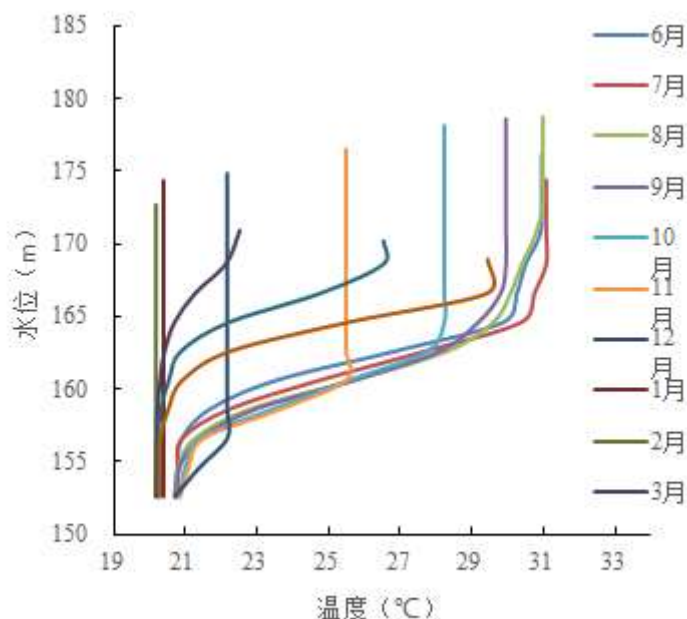


图 5.3-11 松涛水库特枯水年坝前水温分布

(3) 松涛生态取水下放水温预测分析

图 5.3-12 和表 5.3-4 给出了松涛水库各典型年生态取水口下放水温与入库水温的对比。由于松涛坝前采用多层取水口，部分时段由于取水口变化存在下放水温出现较大变化现象。

由于松涛水库水温分层较为显著，多层取水口大的采用减缓了下泄低温水现象，但由于生态取水口淹没深度较大，且不同取水口交替启用带来的水温差异，使得生态取水口下放水温与入库水温存在一定的影响。

平水年年均下放水温为 22.2℃，较入库年均水温偏低 3.7℃，其中 2 月~10 月平均偏低 5.4℃，最低偏低 9.3℃（出现在分层较为明显的 6 月），11 月~1 月较入库平均高 1.5℃，平水年偏低是因为平水年运行水位较低，全年采用底孔出流，所取水体为下层温度较低水体。丰水年年均下泄水温为 24.1℃，较年均入库水温低 1.8℃，其中 2 月~8 月平均偏低 4.6℃，最低偏低 6.9℃，出现在 6 月，9 月~次年 2 月较入库水温平均高 2.1℃，丰水年下泄水温较平水年高主要是因为丰水年 9 月~次年 5 月采用中孔出流，所取水体温度较高。特枯水年年均水温为 24.2℃，其中 2 月~7 月较入库平均偏低 4.8℃，最低偏低 8.8℃，出现在 5 月，5 月最低是因为该月采用底孔出流，导致下泄水温较低，其余月份平均偏高 1.5℃，6 月下泄水温高是因为 6 月采用中孔出流，7 月又采用底孔出流，导致 7 月下泄水温出现跳跃降低的现象。

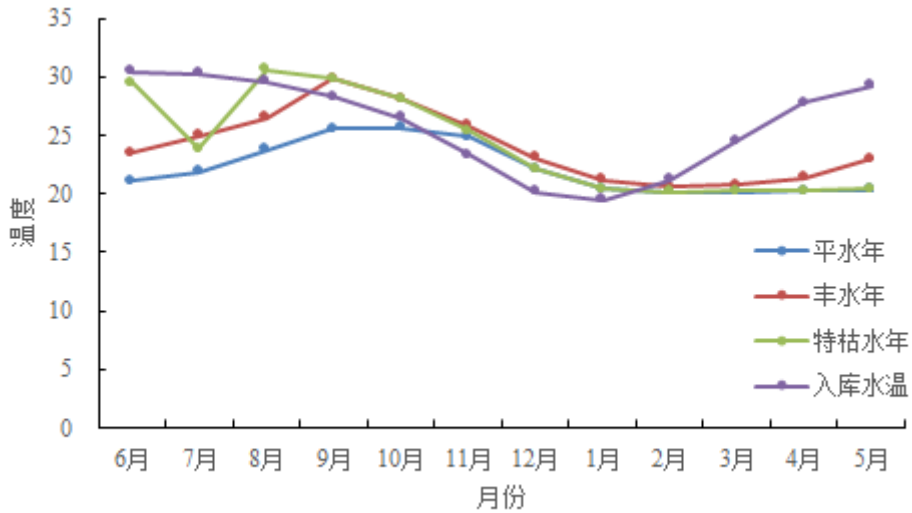


图 5.3-12 松涛下泄水温与入库水温

松涛各典型年下泄水温与入库水温比较

表 5.3-4

月份	入库水温	平水年	丰水年	特枯水年	平水年-入库	丰水年-入库	特枯年-入库
	a	b	c	d	b-a	c-a	d-a
6月	30.4	21.1	23.5	29.5	-9.3	-6.9	-0.9
7月	30.3	21.9	25.0	23.8	-8.4	-5.3	-6.5
8月	29.6	23.8	26.5	30.6	-5.9	-3.1	1.0
9月	28.3	25.6	29.9	29.9	-2.7	1.6	1.6
10月	26.5	25.6	28.2	28.1	-0.9	1.7	1.6
11月	23.3	24.9	25.8	25.4	1.5	2.5	2.1
12月	20.2	22.2	23.1	22.2	2.0	2.9	2.0
1月	19.5	20.5	21.2	20.4	1.0	1.8	0.9
2月	21.2	20.1	20.6	20.1	-1.1	-0.6	-1.1
3月	24.5	20.2	20.8	20.2	-4.3	-3.8	-4.3
4月	27.8	20.2	21.3	20.3	-7.5	-6.4	-7.5
5月	29.3	20.4	23.0	20.5	-8.9	-6.3	-8.8
年均	25.9	22.2	24.1	24.2	-3.7	-1.8	-1.7
min	19.5	20.1	20.6	20.1	-9.3	-6.9	-8.8
max	30.4	25.6	29.9	30.6	2.0	2.9	2.1
幅度	10.9	5.5	9.3	10.4	11.3	9.8	10.9

5.3.1.4 迈湾水库水温及下泄水温预测

(1) 预测工况及边界条件

近期 2030 年开展丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)4 个水库典型运行工况预测迈湾水库水温及下泄水温情况。

迈湾水库实施后入库径流主要由库区支流和松涛下放生态流量两部分组成。迈湾库

区支流汇流分散且流量均较小，各支流水体较快与气温达到热平衡，沿程变化较小，其入库水温采用坝址天然水温。库尾由松涛水库生态多层取水口下放，并与库尾天然干流汇合进入迈湾库区，其入库水温按松涛下放生态流量和库尾干流天然水温（迈湾坝址天然水温）流量加权得到。由于无枯水年对应的松涛泄放生态流量水温过程，采用松涛特枯年的结果。坝址处多年平均水温过程见表 5.3-5。气象条件采用工程附近澄迈、屯昌、儋州气象站(各气象站与迈湾水库相对位置见图 5.3-13)的 1981~2010 年月均气象资料，气温、风速、云量三个要素采用澄迈气象站和屯昌气象站的平均值，日照时数和云量采用儋州气象站的累年月均值，各气象要素边界条件见表 5.3-6。

迈湾水库入库及坝址水温

表 5.3-5

单位：℃

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均
坝址水温	19.6	21.1	24.4	27.7	29.3	30.4	30.3	29.6	28.3	26.5	23.3	20.2	25.9

迈湾水库水温预测月均气象数据

表 5.3-6

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
气温(℃)	17.9	19.4	22.6	25.7	27.2	28.4	28.3	27.6	26.4	24.6	21.6	18.5	24.0
相对湿度(%)	86	86	83	82	83	82	82	85	87	86	85	85	84
云量(成)	6.9	6.8	6.1	6.1	7.1	7.7	7.3	7.7	7.4	7.1	7.0	7.1	7.0
平均风速 m/s)	1.7	1.8	1.9	1.8	1.6	1.5	1.6	1.4	1.5	1.8	1.7	1.6	1.7
日照时数(h)	134.9	114.9	152.7	172.4	196.4	199.4	225.1	204.5	164.1	157.7	134.8	121.1	164.8

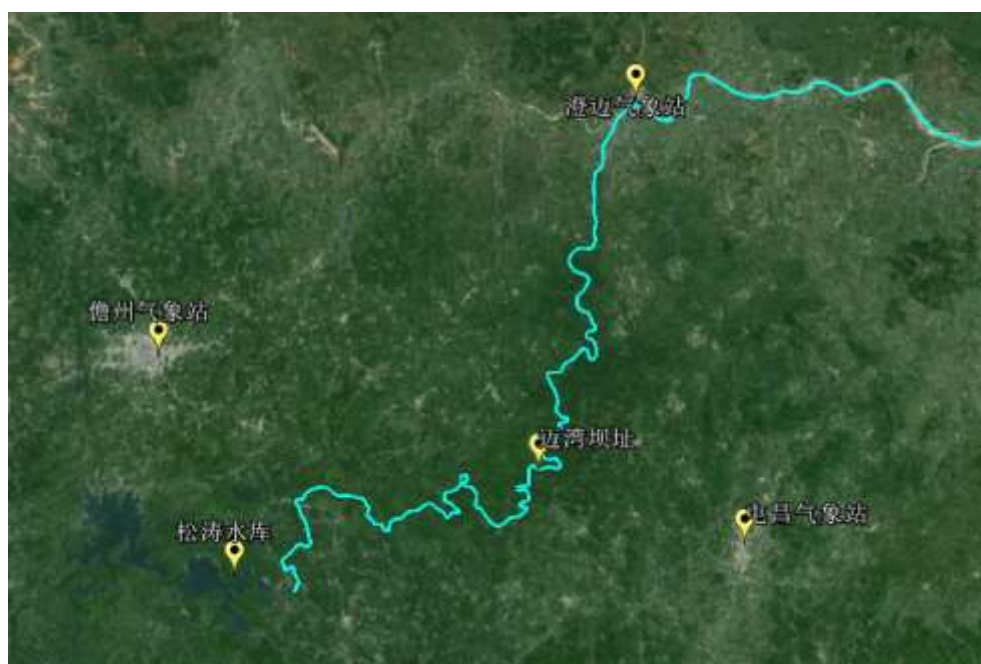


图 5.3-13 迈湾坝址附近气象站相对位置图

(2) 库区水温预测结果分析

图 5.3-14 给出了近期平水年迈湾主库及支库库区二维水温分布,图 5.3-15 和表 5.3-7 分别为平水年(P=50%)、丰水年(P=10%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)四个工况条件下迈湾坝前水温分布情况和坝前断面库表、库底水温过程。根据以上水库水温分布结果可以看出,各典型年水库坝前垂向水温分布特征基本相似,呈现分层特征。

以平水年为例,2月坝前垂向断面上平均水温为 19.5°C ,垂向温差为 0.4°C 。气温和太阳辐射在3~5月迅速攀升,月均气温比2月提高 5.8°C ,水库来流高温水由于密度小于库底温度较低的水体而靠近库表流动,水库表层水体从大气获得的热量也明显增多,5月垂向温差达到 9.5°C ,表层温跃层初步形成。6~7月的入流水温和气温达到年内最高,表层水温进一步升高,垂向热传导和掺混使库区中下层水体温度随之上升,至7月库区坝前垂向断面平均水温达到 26.2°C 。8~10月为主丰水期,8月的气温和入流水温开始小幅降低,月均水位较与7月有所降低,同时上月存在泄洪,发电流量加大,加大会对库区中上层水体的掺混,整体上库区垂向热量传递增大,中下层水体水温增温较快。9~10月入库流量为全年最大,入流水温和气温也开始较大幅度的下降,表层进入失热状态,水体由于密度变大而下沉,与下层水体的对流作用增强,库区垂向温差大幅度减小,并逐渐趋向同温。11~次年1月,水库上层的同温层随垂向对流的加剧进一步扩大,垂向同温,1月中旬平均水温为 19.9°C 。

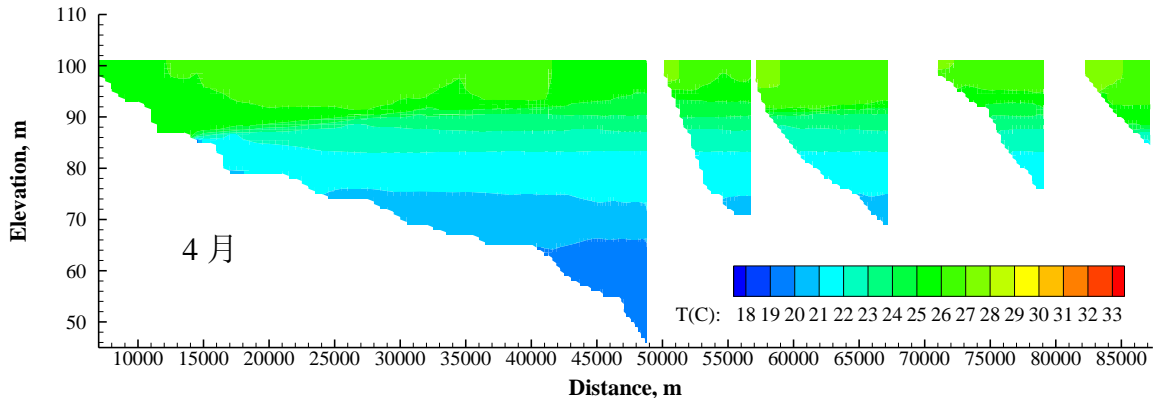
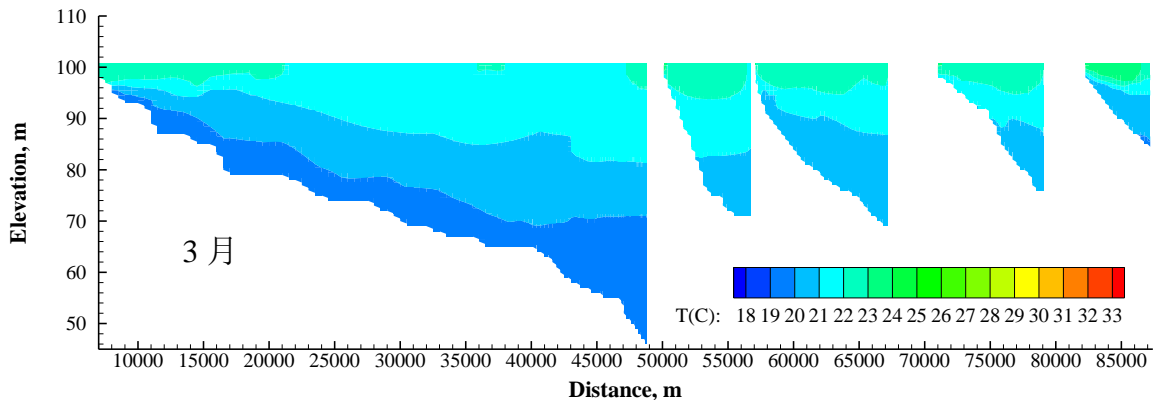
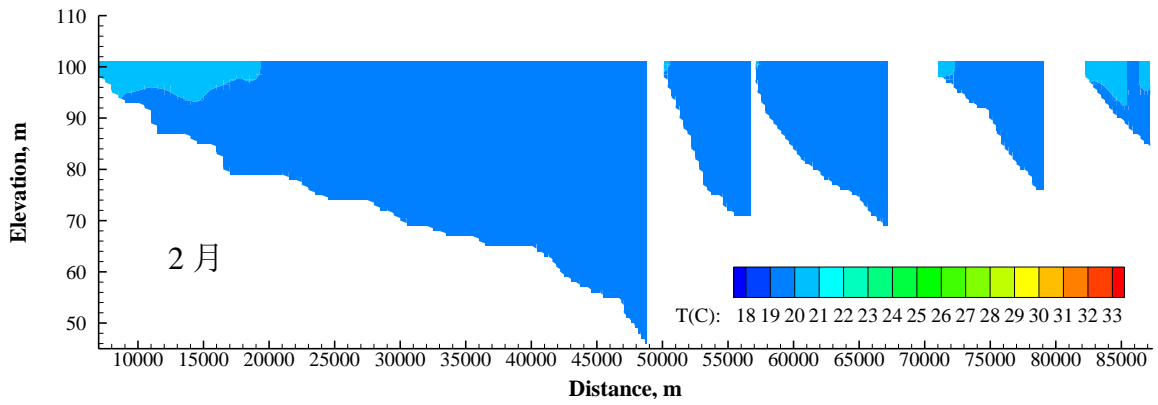
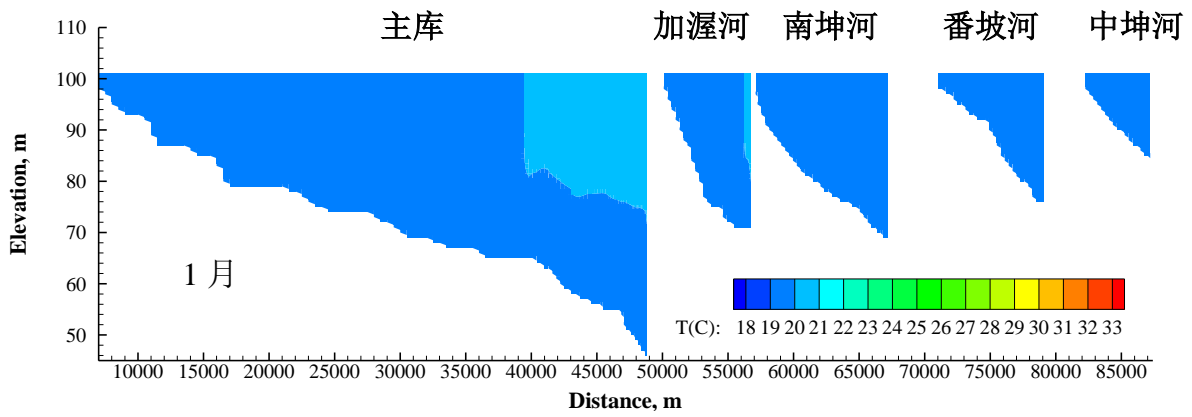
迈湾水库丰水年2~5月的坝前垂向水温分布基本和平水年相似,6月份的库区水位较低,此时随着气温和太阳辐射的增强,整体库区水温升高,坝前平均水温为 25.1°C 。7月库水位较6月抬升了1m,入流流量较小,库区水体流速缓慢,太阳辐射在7月达到最大,中上层水体水温整体升高,库底由于较小的出库流量对其水温扰动弱,底部水温增温较慢。8月的来流较7月入流有所增加,较大出库流量对坝前水温扰动较大,但库底仍存在小部的滞温区,主要垂向温差位于取水口底板高程以下。9月次年1月库区水位同平水年的相近,库区水温结构也相似,其两个工况之间的库表水温差异平均为 1.2°C ,库底水温丰水年在9月、10月差异较大(平均升高 1.4°C),其他月份基本一致。

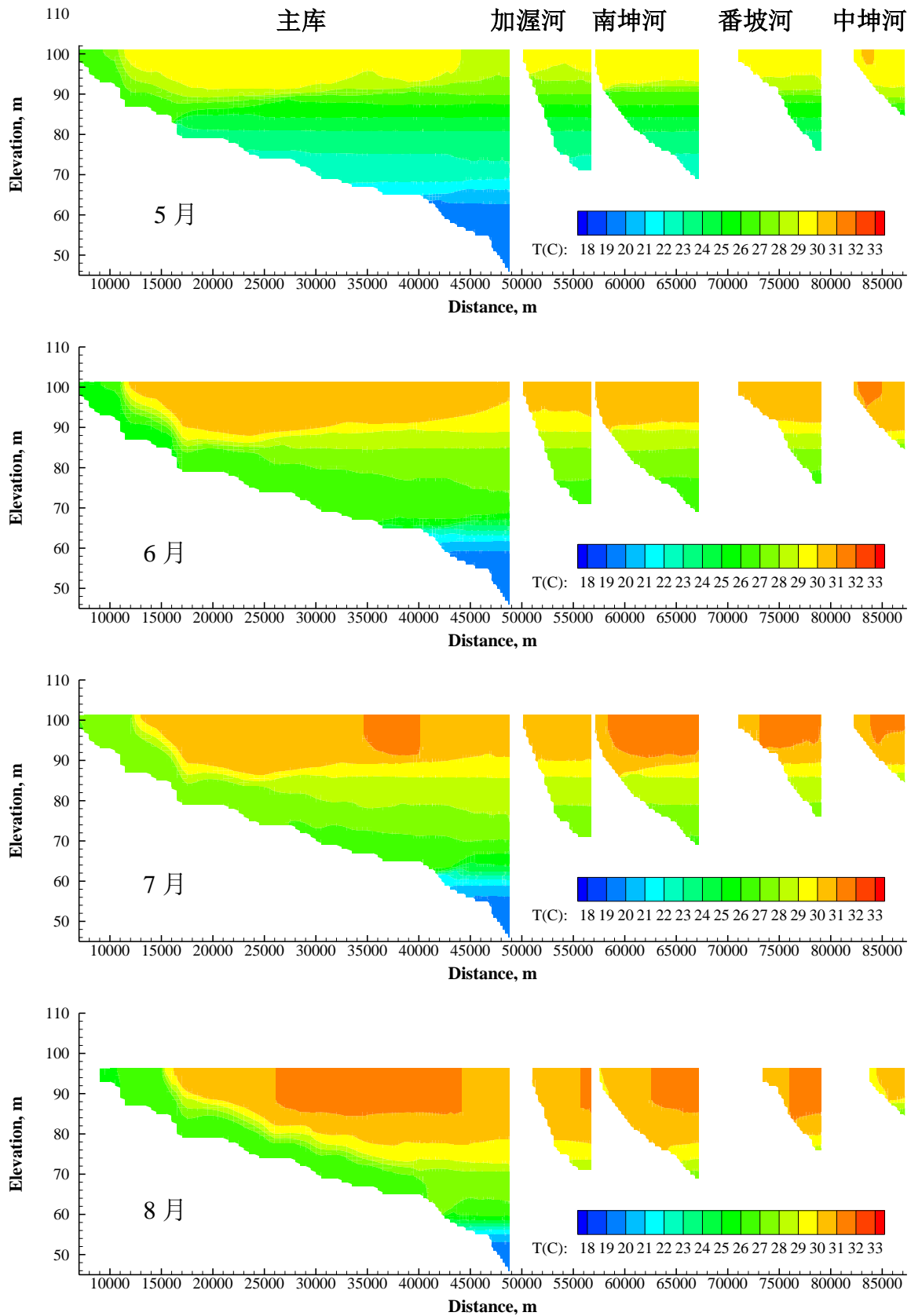
迈湾水库枯水年的工况下,10~次年3月的入库流量和库水位同平水年的相比有所降低,其两个工况之间的库表和库底水温最大相差 0.5°C 。6~8月的水位较低,枯水年出库流量小于平水年,表层水温主要受气温影响差异较小,库底水温因出流较小,其水温高于平水年 0.7°C 。

迈湾水库特枯水年的工况下,6~7月库区水位基本保持不变,而库区水体不断增温。

8月库区出库流量达到年内最大，垂向掺混作用加强，平均水温达到 28.5°C 。9~次年1月，随着库区水位降低，和气温的不断下降，垂向对流增强，库区水温结构趋于同温。3~4月气温逐渐升高，表层水温随之提高，库区开始出现分层现象。5月入库流量显著增大，来流足以替换库区全部水体，库区水体水温整体升高，平均为 24.2°C 。

就各支库水温而言，以平水年为例，1月各支库水温分布与主库类似，基本为同温分布。2月~3月入流水温增加，库尾水温温度升高，来流高温水沿表层流动，各支库初步形成温跃层。4月~5月随着气温和太阳辐射的增强，表层水体增温明显，垂向热传导增强，各支库中下层水体温度升高，库底水温至5月已达到 23.7°C ，比主库平均高 4.3°C ，其中中坤河由于河底高程较高、库容较小，其库底水温较其他三条支流温度平均偏高 3.2°C 。6月~8月太阳辐射达到年内最大值，表层水温升温明显，垂向热传导增强，与主库类似，各支库表层同温层加厚。9月~10月气温和太阳辐射开始降低，表层水体温度开始降低，密度增大，与下层水体不断进行掺混，库底水温升高。11月~12月随着气温及入流水温的降低，低温冷水开始下潜库底向坝前推进，库区水温从库尾段开始逐渐降低。





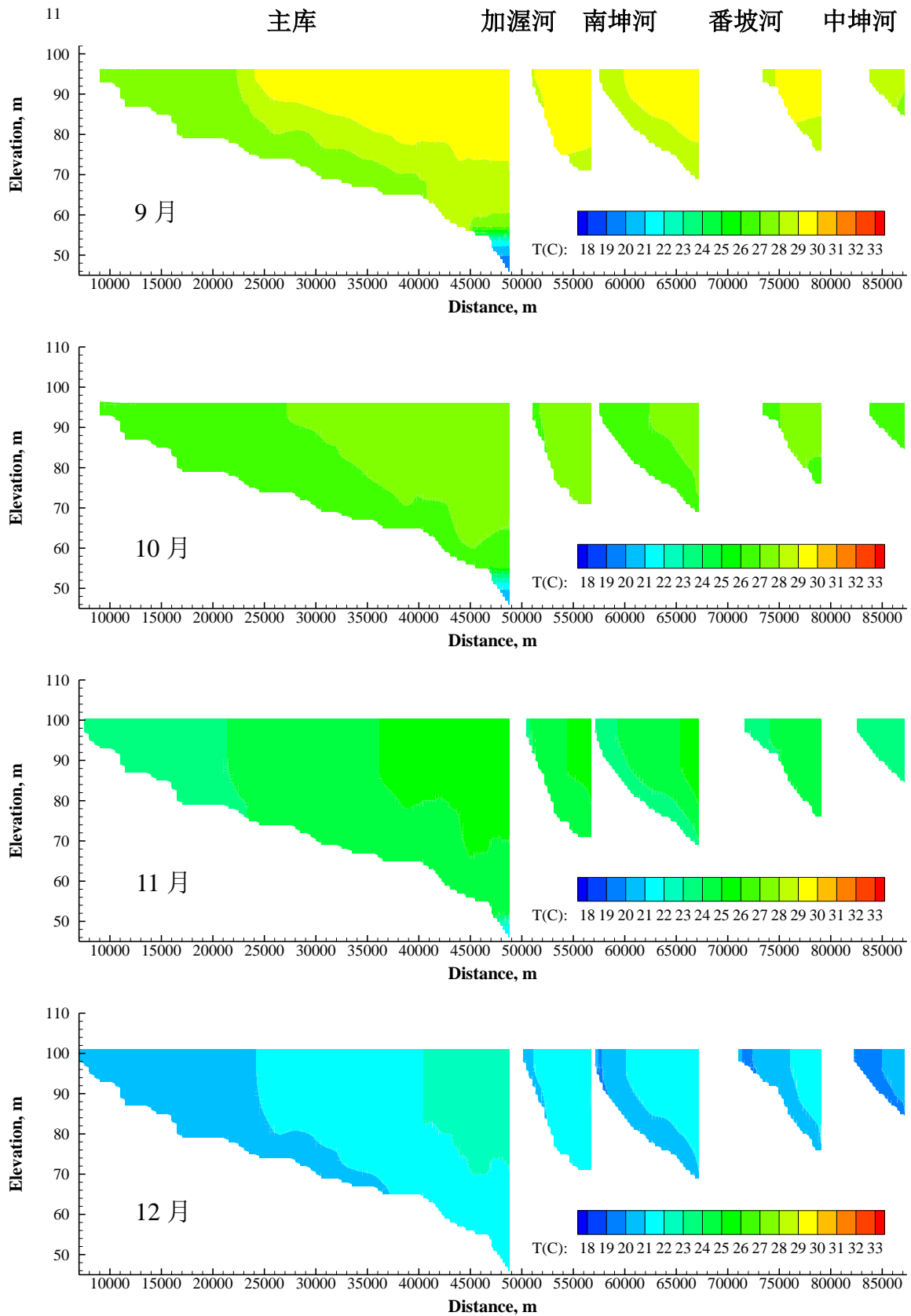


图 5.3-14 2030 年近期平水年迈湾水库及支库库区水温分布图

2030 年近期迈湾水库各典型年坝前月均表层、库底水温过程

表 5.3-7

单位：℃

预测工况	月份	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
平水年	表层水温	30.3	30.6	30.9	29.9	27.9	25.2	22.2	20.1	19.7	22.4	25.6	28.8
	库底水温	19.3	19.3	19.4	19.6	20.3	21.6	21.6	19.7	19.3	19.3	19.3	19.3
	温差	11.0	11.3	11.4	10.3	7.6	3.7	0.6	0.4	0.4	3.1	6.3	9.5
丰水年	表层水温	29.9	30.6	30.8	29.8	27.8	25.3	22.1	20.1	19.7	22.2	25.4	28.9
	库底水温	20.0	20.0	20.2	20.5	22.2	24.8	21.5	19.7	19.2	19.2	19.2	19.2
	温差	9.9	10.5	10.6	9.3	5.6	0.5	0.6	0.4	0.5	3.1	6.2	9.7
枯水年	表层水温	30.2	30.9	30.9	29.9	27.9	25.6	22.3	20.1	19.7	22.3	26.3	29.3
	库底水温	20.0	20.1	20.2	20.5	21.3	22.8	21.9	19.7	19.3	19.3	19.3	19.3
	温差	10.2	10.9	10.7	9.4	6.6	2.8	0.4	0.4	0.4	2.9	6.9	10.0
特枯水年	表层水温	30.0	30.7	31.0	30.0	28.3	25.7	22.1	19.8	19.6	22.1	25.8	29.3
	库底水温	20.0	20.0	20.1	20.4	21.2	22.3	21.7	19.6	19.4	19.5	19.6	19.6
	温差	10.0	10.7	10.9	9.6	7.1	3.4	0.4	0.2	0.2	2.6	6.3	9.7

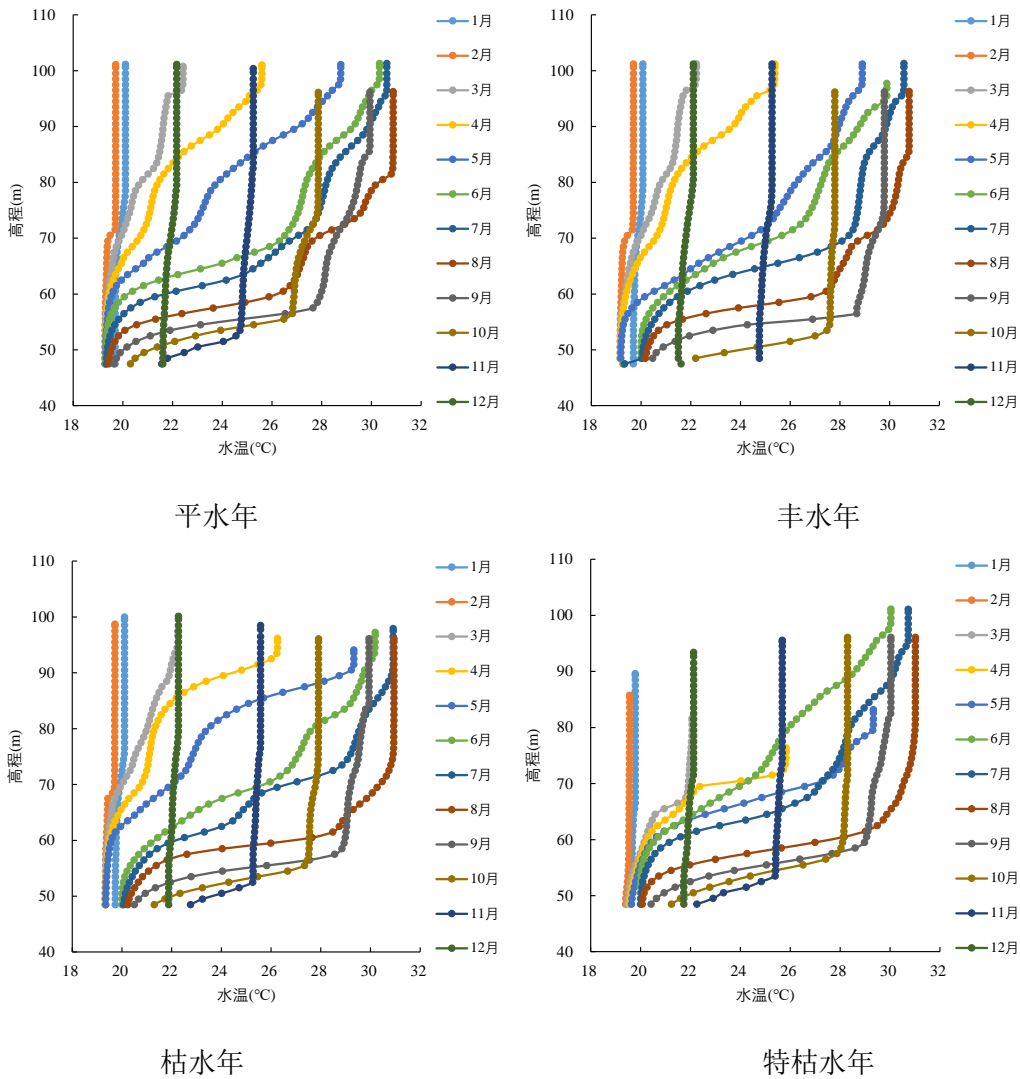


图 5.3-15 近期迈湾水库坝前水温分布情况

表 5.3-8 为迈湾水库不同工况预测表层水温与气温以及南渡江下游龙塘水文站多年平均实测水温(2005 年~2014 年)与气温过程(1981 年~2010)对比情况。

迈湾水库不同典型年预测表层水温范围为 19.6℃~31.0℃，年内平均约为 26.2℃，与库区气温年内过程相比，预测表层水温均有不同程度的升高，各月最大值升高幅度为 0.0℃~4.5℃，6 月~12 月的升高幅度大于 1~5 月的升高幅度。总体上看，迈湾水库预测表层水温全年不同程度地高于对应时段的气温过程。

根据龙塘水文站 2005~2014 年的多年平均水温与气温统计结果，迈湾水库预测水温与气温过程变化关系与其基本一致。龙塘水文站的实测水温与气温过程相比，升高幅度为 0.8℃~2.7℃，然而实测水温过程采用的是早 8:00 统计得到，其值基本为日内最低。由此可以分析，海南热带气候条件下的水温-气温的热力过程有其特异性，也进一步说明模型较好地模拟了表层水温的变化规律及水库预测表层水温的合理性。

迈湾水库坝前预测表层水温、龙塘水文站实测水温与气温的差值对比

表 5.3-8

单位：℃

项目	迈湾表层水温与气温					龙塘水文站多年平均月均水温与气温		
	不同典型年月均表层水温范围		坝址多年 平均气温	差值		多年平均月均水温	多年平均气温	差值
	最大值	最小值		a1-b	a2-b			
	a1	a2	b			c	d	c-d
6 月	30.8	29.9	28.3	2.5	1.6	30.4	28.8	1.6
7 月	31.0	30.6	28.2	2.8	2.4	30.4	28.8	1.6
8 月	31.0	30.8	27.5	3.5	3.3	30.0	28.3	1.7
9 月	30.1	29.8	26.2	3.9	3.6	29.2	27.2	2.0
10 月	28.5	27.8	24.5	4.0	3.3	27.3	25.6	1.7
11 月	26.0	25.2	21.5	4.5	3.7	24.7	22.6	2.1
12 月	22.5	22.1	18.4	4.1	3.7	21.3	18.6	2.7
1 月	20.2	19.8	17.8	2.4	2.0	19.6	18.0	1.6
2 月	19.8	19.6	19.3	0.5	0.3	21.5	19.2	2.3
3 月	22.5	22.1	22.5	0.0	-0.4	23.6	22.5	1.1
4 月	26.6	25.4	25.7	0.9	-0.3	26.7	25.9	0.8
5 月	29.4	28.8	27.2	2.2	1.6	29.1	27.7	1.4
年均	26.5	26.0	23.9	2.6	2.1	26.2	24.4	1.7

注：*迈湾库区气温过程为库周澄迈、屯昌、儋州 1981-2010 三站多年平均值；

⊙ 龙塘水文站水温系早 8:00 实测得到；

△ 龙塘水文站气温过程采用海口市气象站 1981-2010 多年平均值。

(3) 下泄水温预测结果分析

表 5.3-9 和表 5.3-10 为近期 2030 年丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)条件下水库下泄水温与坝址天然水温过程比较情况。从以上表中可以看出，水库建成后下泄水温较坝址处天然水温具有较为明显的改变。

2030年近期迈湾水库各典型年月均下泄水温与坝址天然水温过程对比情况一览表

表 5.3-9

单位: °C

月份	坝址天然水温	丰水年		平水年		枯水年		特枯水年	
		下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差
6月	30.4	25.4	-5.0	26.2	-4.2	25.9	-4.5	24.5	-5.9
7月	30.3	28.6	-1.7	27.1	-3.2	27.4	-2.9	27.6	-2.7
8月	29.6	29.5	-0.1	28.5	-1.1	30.1	0.5	30.4	0.8
9月	28.3	29.2	0.9	28.5	0.2	29.4	1.1	29.5	1.2
10月	26.5	27.5	1.0	27.2	0.7	27.6	1.1	28.2	1.7
11月	23.3	25.0	1.7	25.0	1.7	25.3	2.0	25.6	2.3
12月	20.2	21.8	1.6	21.9	1.7	22.0	1.8	22.1	1.9
1月	19.6	19.9	0.3	20.0	0.4	20.0	0.4	19.8	0.2
2月	21.1	19.7	-1.4	19.8	-1.3	19.8	-1.3	19.7	-1.4
3月	24.4	20.1	-4.3	20.3	-4.1	20.2	-4.2	22.3	-2.1
4月	27.7	20.9	-6.8	21.0	-6.7	20.9	-6.8	24.6	-3.1
5月	29.3	24.8	-4.5	22.7	-6.6	22.4	-6.9	27.1	-2.2
年均	25.9	24.4	-1.5	24.0	-1.9	24.3	-1.6	25.1	-0.8

平水年工况下, 水库下泄水温年均为 24.0°C, 最高水温为 28.5°C(8月、9月), 最低水温为 19.8°C(2月), 年内变幅为 8.7°C。与坝址天然水温相比, 下泄水温在 2~8月出现低温水现象, 平均降低 3.9°C, 而 4~5月最为显著, 平均降低 6.6°C, 最大旬均低温水幅度为 7.2°C出现在 4月下旬; 9月~次年 1月出现弱高温水现象, 月均平均升高 0.9°C, 最大旬均高温水幅度为 2.3°C。

丰水年年均下泄水温为 24.4°C。与坝址天然水温相比, 丰水年在 2~8月出现下泄低温水, 平均降低 3.4°C, 最大旬均低温水幅度为 7.1°C出现在 4月中旬, 在 9月~次年 1月出现弱高温水现象, 月均平均升高 1.1°C。

枯水年年均下泄水温为 24.3°C。与坝址天然水温相比, 枯水年在 2~7月出现下泄低温水, 平均降低 4.4°C, 最大旬均低温水幅度为 7.4°C出现在 4月下旬; 在 8月~次年 1月出现弱高温水现象, 月均平均升高 1.1°C。

特枯水年年均下泄水温为 25.1°C。与坝址天然水温相比, 特枯水年在 2~7月出现下泄低温水, 平均降低 2.9°C, 最大旬均低温水幅度为 6.9°C出现在 6月上旬, 在 8月~次年 1月出现弱高温水现象, 平均升高 1.4°C。

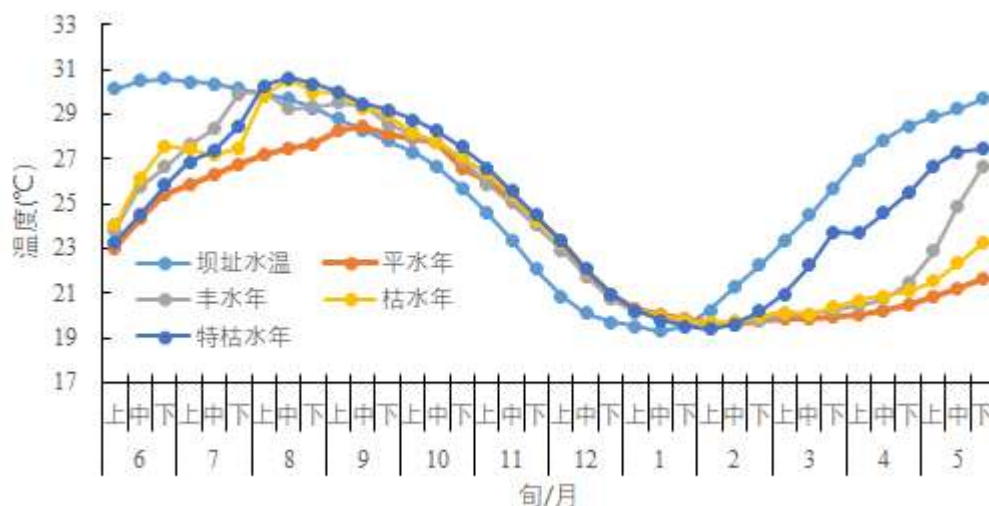


图 5.3-16 近期 2030 年各典型年旬均下泄水温与坝址现状水温对比

2030 年近期迈湾水库各典型年旬均下泄水温与坝址天然水温过程对比情况一览表

表 5.3-10

单位：℃

月份	旬	坝址天然水温	平水年下泄水温	差值	丰水年下泄水温	差值	枯水年下泄水温	差值	特枯水年下泄水温	差值
		A	B	B-A	C	C-A	D	D-A	E	E-A
6	上	30.2	25.6	-4.6	23.8	-6.3	24.0	-6.1	23.3	-6.9
	中	30.5	26.5	-4.0	25.7	-4.7	26.1	-4.4	24.5	-6.0
	下	30.6	26.5	-4.0	26.7	-3.9	27.6	-3.0	25.8	-4.8
7	上	30.5	26.6	-3.8	27.6	-2.8	27.4	-3.0	26.9	-3.6
	中	30.3	27.2	-3.2	28.3	-2.0	27.2	-3.2	27.4	-3.0
	下	30.1	27.5	-2.7	29.9	-0.3	27.5	-2.6	28.5	-1.7
8	上	29.9	29.1	-0.8	30.0	0.1	29.8	-0.1	30.3	0.3
	中	29.7	28.0	-1.7	29.2	-0.4	30.5	0.8	30.6	0.9
	下	29.3	28.5	-0.8	29.3	0.1	30.0	0.7	30.4	1.1
9	上	28.8	28.9	0.1	29.5	0.7	30.0	1.2	30.0	1.2
	中	28.3	28.6	0.3	29.4	1.1	29.3	1.0	29.5	1.2
	下	27.8	28.0	0.2	28.5	0.7	29.0	1.2	29.2	1.4
10	上	27.3	27.7	0.4	28.0	0.7	28.2	0.9	28.7	1.4
	中	26.6	27.5	0.8	27.7	1.1	27.8	1.1	28.2	1.6
	下	25.7	26.5	0.8	26.9	1.2	27.1	1.4	27.5	1.8
11	上	24.6	25.9	1.3	25.9	1.3	26.4	1.8	26.6	2.0
	中	23.4	25.0	1.6	25.0	1.7	25.4	2.0	25.6	2.2
	下	22.1	24.1	2.0	24.1	2.0	24.3	2.2	24.5	2.4
12	上	20.9	23.1	2.3	22.9	2.1	23.3	2.4	23.3	2.5
	中	20.1	21.9	1.8	21.8	1.7	22.0	2.0	22.1	2.0
	下	19.7	20.8	1.1	20.7	1.0	21.0	1.3	21.0	1.3
1	上	19.5	20.2	0.7	20.1	0.6	20.3	0.8	20.2	0.7
	中	19.3	20.0	0.7	19.9	0.6	20.0	0.7	19.8	0.5

	下	19.6	19.8	0.3	19.7	0.2	19.8	0.2	19.5	-0.1
2	上	20.3	19.7	-0.5	19.6	-0.7	19.6	-0.6	19.4	-0.9
	中	21.3	19.8	-1.5	19.6	-1.6	19.7	-1.5	19.6	-1.6
	下	22.3	20.0	-2.3	19.8	-2.5	20.0	-2.3	20.2	-2.1
3	上	23.3	20.2	-3.1	20.0	-3.3	20.1	-3.2	20.9	-2.4
	中	24.5	20.2	-4.2	20.1	-4.4	20.1	-4.4	22.2	-2.2
	下	25.7	20.4	-5.3	20.2	-5.5	20.4	-5.3	23.7	-2.0
4	上	26.9	20.7	-6.3	20.5	-6.5	20.7	-6.3	23.7	-3.3
	中	27.8	20.9	-6.9	20.7	-7.1	20.9	-7.0	24.6	-3.2
	下	28.5	21.3	-7.2	21.5	-7.0	21.1	-7.4	25.5	-3.0
5	上	28.9	21.8	-7.0	22.9	-6.0	21.5	-7.3	26.7	-2.2
	中	29.2	22.6	-6.7	24.9	-4.4	22.4	-6.9	27.3	-1.9
	下	29.7	23.8	-5.8	26.6	-3.0	23.2	-6.4	27.4	-2.2

5.3.1.5 坝址下游河道水温预测

(1) 水温预测模型的选择

迈湾水库修建后，其下泄水温较坝址天然水温过程存在一定的差异，使得下游水温变化规律与原天然情况也有所不同。而坝下研究河段存在谷石滩、九龙滩、金江、东山、龙塘等低坝径流式梯级水库，表 5.3-11 为坝址下游各梯级基本情况，各梯级的库水交换系数均较高，达 42 次~433 次，来流对水库水体交换频繁，而且最大平均水深为 10.1m，各梯级水库库区水温结构呈现混合特征，垂向基本不存在分层现象。

纵向一维模型基于质量、能量守恒定律，并考虑水体内部、外界环境等因素的影响，适用于水温在横向与垂向无明显差异，主要是纵向变化的河流水温模拟。

因此，本项目中迈湾水库下游天然河段及混合性水库水温模拟均采用河道纵向一维模型。

迈湾下游各梯级基本情况

表 5.3-11

工程名称	单位	谷石滩水库	九龙滩水库	金江水库	东山水库	龙塘水库
多年平均径流量	亿 m ³	14.68	15.07	23.77	21.5	52.6
正常蓄水位	m	52.5	40.7	27.7	15.0	7.5
总库容	万 m ³	3460	2150	1620	497	1750
库区平均水深（约）	m	9.9	10.1	4.6	2.1	4.1
库水年交换次数	次	42	70	147	433	301

(2) 纵向一维水温数学模型

① 河道一维水动力学方程

$$Z_i - Z_{i+1} = \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_{i+1}^2} - \frac{1}{A_i^2} \right) + \frac{\Delta s \times Q^2}{2} \left(\frac{1}{K_i^2} + \frac{1}{K_{i+1}^2} \right) \quad 5.3-(21)$$

$$K_i = \frac{1}{n} R_i^{\frac{2}{3}} A_i \quad 5.3-(22)$$

式中， Z_i 、 Z_{i+1} [m]分别为流段上游、下游水位； Q 为流量(m^3/s)； A [m^2]为过水断面面积； K 为断面平均流量模数； n 为糙率； R [m]为水力半径；若已知下游断面的水位 Z_{i+1} ，通过迭代可求出上游水位 Z_i 。由河流水动力学方程计算得到河道水面线。

② 河道水流一维温度对流—扩散方程

$$A \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{\partial(QT)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} (AD_L \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{BS}{\rho C_p} \quad 5.3-(23)$$

式中： D_L [m^2/s]为纵向弥散系数， ρ [kg/m^3]为水的密度， C_p [$cal/(kg \cdot ^\circ C)$]为水的比热， B [m]为河面宽度， S [W/m^2]为单位表面积净热交换通量，表示水流与外界(太大气、河道边界)之间热交换量。本项目中忽略水体与河床之间热交换，水气热交换计算公式与水库水温数学模型相同。

(3) 预测工况及边界条件

水温条件采用各典型年水库下泄水温(近期表 5.3-9 和远期表 5.3-10)，迈湾~龙塘区间有西昌水、绿现水、大塘河、海仔河、汶安河、龙州河、温村水、巡崖河、铁炉溪等主要支流，相关位置关系见表 5.3-12，但均无水温资料。根据推算的迈湾坝址水温过程、龙塘实测多年平均水温，结合河道水文、气象、地形，采用纵向一维水温模型，并假定沿程各支流汇入干流水温一致，推算得到各支流的多年平均水温过程，见表 5.3-13。

迈湾~龙塘区间各支流距迈湾坝址距离

表 5.3-12

典型支流名称	西昌水	绿现水	大塘河	海仔河	汶安河	龙州河	温村水	巡崖河	铁炉溪
距迈湾坝址(km)	23.5	28.7	46.5	54.5	68.5	87.0	97.0	98.9	101.5

迈湾坝址-龙塘各主要支流多年平均水温过程

表 5.3-13

温度： $^\circ C$

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
支流水温	19.5	21.2	24.0	27.2	29.3	30.6	30.5	29.9	29.0	26.9	24.4	20.6

坝下河道水温计算中，由于计算河段较长，分段采用气象数据。其中，迈湾坝址~大塘段，采用澄迈气象站数据；大塘~龙塘段，采用海口气象站数据。各气象要素的月均统计见表 5.3-14。

迈湾坝址下游河道水温预测月均气象数据统计表

表 5.3-14

区域	项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
迈湾坝址至大塘河段	气温(°C)	17.9	19.1	22.2	25.6	27.3	28.3	28.5	27.9	26.6	24.8	21.6	18.3	24.0
	相对湿度(%)	86	87	84	83	84	84	83	86	88	87	86	85	85
	云量(成)	6.9	6.8	6.1	6.1	7.1	7.7	7.3	7.7	7.4	7.1	7.0	7.1	7.0
	平均风速 m/s)	1.9	1.9	1.9	1.7	1.4	1.3	1.4	1.3	1.4	1.7	1.8	1.7	1.6
	日照时数(h)	134.9	114.9	152.7	172.4	196.4	199.4	225.1	204.5	164.1	157.7	134.8	121.1	134.9
大塘至龙塘河段	气温(°C)	18.0	19.2	22.5	25.9	27.7	28.8	28.8	28.3	27.2	25.6	22.6	18.6	24.4
	相对湿度(%)	86	88	86	84	83	82	81	84	84	82	80	81	83
	云量(成)	75	76	71	69	76	80	75	78	72	64	65	68	72
	平均风速(m/s)	2.2	2.3	2.6	2.5	2.2	2.3	2.3	1.9	1.9	2.3	2.3	2.1	2.2
	日照时数(h)	104.2	91.2	127.7	165.2	211.2	218.6	246.3	222.3	187.6	175.1	137.7	118.8	167.1

(4) 下游河道水温影响分析

针对迈湾水库下泄低温水的现象，计算各典型年 2 月~8 月干流水温的沿程变化，并统计迈湾低温水影响范围，假定工程运行后下游某断面水温与天然水温差异在 1°C 以内认为没有影响，统计结果见表 5.3-15。

近期平水年，迈湾坝址对下游河段水温的影响范围为 9km~46km，其中 5 月由于电站低温水幅度较大，下游低温水恢复距离相对最长；近期丰水年，迈湾水温影响范围为 12km~46km，其中 4 月和 5 月由于下泄低温水幅度较大，下泄低温水恢复所需距离相对最长；近期枯水年，水温影响范围为 9km~42km，其中 5 月由于区间汇流流量较小且下泄低温水幅度较大，下泄低温水恢复所需距离相对最长；近期特枯水年，低温水影响范围为 10km~42km，其中 6 月由于迈湾坝址下泄低温水幅度较大，7 月支流流量较小，下泄低温水恢复所需距离相对最长。

远期平水年，低温水影响范围为 12km~40km，其中 6 月由于区间汇流流量较小，下泄低温水恢复所需距离相对最长；远景特枯水年，低温水影响范围为 9km~44km，其中 6 月由于坝址下泄低温水幅度较大，下泄低温水恢复所需距离相对最长，其他月份影

响范围相对较小，恢复相对较快。

各个典型工况下迈湾坝址下泄的低温水恢复到天然水温所需距离

表 5.3-15

单位: km

月份		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
近期	近期平水年	9	22	41	46	40	30	15
	近期丰水年	12	27	46	46	30	29	/
	近期枯水年	9	26	37	42	30	22	/
	近期特枯水年	10	17	23	12	42	42	/
远期	远期平水年	12	23	38	23	40	25	26
	远期特枯水年	9	25	32	15	44	23	/

注：“/”表示没有下泄低温水

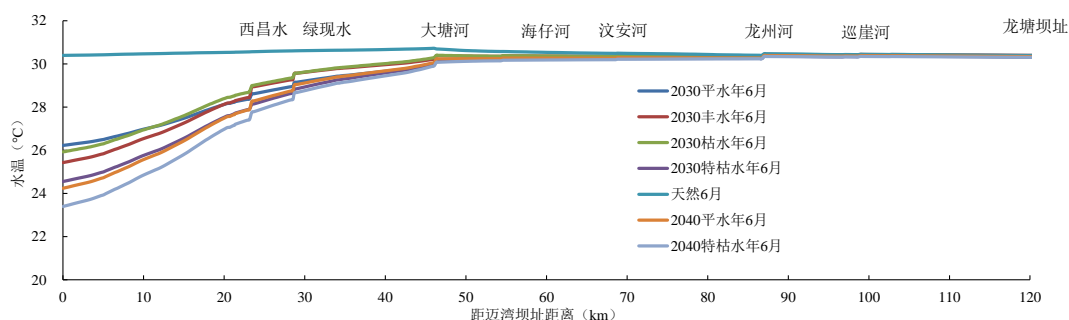


图 5.3-17 各工况 4 月迈湾坝址下游河道沿程水温变化图

5.3.1.6 小结

(1) 水温数学模型预测结果表明：迈湾水库实施后，水库水温呈季节性分层现象，3月~7月水温分层较为明显，7月以后入库流量增加明显，加快水体交换，8月后库区水体已基本完全替换，直至次年2月左右库区垂向水温整体趋于同温，水库水温分层均不明显。

(2) 与迈湾坝址天然水温相比，迈湾水库建成后对下泄水温具有较为明显的改变。水库存在下泄低温水的现象，主要发生在2月~8月。近期2030平水年，水库下泄水温年均降低1.9℃，2~8月平均低3.9℃，5月与6月低温水最为显著，该两月平均降低6.6℃。

(3) 下泄低温水对下游河道水温预测结果表明：近期平水年、丰水年、枯水年、特枯水年下游河道低温水恢复到天然水温（假定工程运行后下游某断面水温与天然水温差异在1℃以内认为没有影响）的距离范围分别为9km~46km、12km~46km、9km~42km、10km~42km。

5.3.2 近期水质影响预测评价

5.3.2.1 近期污染负荷预测

近期2030年水污染负荷预测分为两个情景：情景一为现有措施沿用至2030年不变，

无新增污染防治措施（此情景为对照）；情景二为上位规划中与南渡江流域水污染防治相关的主要措施落实到位（近年来，海南省、各县（市）政府或行业主管部门已发布较多的与水污染防治相关的规划、方案和项目统称“上位规划”）。本节对这两种情景下的 COD、NH₃-N、TP 与 TN 入河量进行预测。

（1）点源污染负荷预测

根据南渡江流域污染源分布特点，流域点源主要为城镇综合污水和工业废水。各主要支流集水范围内的点源污染负荷纳入支流汇入南渡江的来水浓度，不重复计算。

① 工业废水污染负荷预测

按照《海南省城乡发展规划》和《海南省“十二五”西部地区工业发展规划》等相关规划，海口、澄迈、临高和儋州是南渡江流域中的工业发展区，到 2020 年，西部地区工业增加值将再翻一番，达到 1000 亿元。同时根据《南渡江流域综合规划(修编)报告》，南渡江流域工业用水重复利用率将从目前水平提高到 2020 年的 73%，2030 年进一步提高到 82%；第二产业万元增加值取水量到 2020 年降低至 65m³/万元，2030 年进一步降低至 39m³/万元。流域工业以制糖、制胶、食品加工等为主。

由于评价区域未规划有大型的集中工业区，参考各市县社会发展十三五规划，考虑偏不利情况，“情景一”工业废水部分的污染负荷按 5%的工业增加值年均增长率推算至 2030 年。“情景二”中各污染物浓度现状未超标的则按现状给定，现状已超标的则根据《淀粉工业水污染物排放标准》(GB25461-2010)、《制糖工业水污染物排放标准》(GB21909-2008)等相关标准限值给定，再根据 2030 年预测的废水量计算得到工业废水污染负荷。

② 城镇综合污水污染负荷预测

根据《南渡江流域综合规划(修编)报告》及地方各相关规划，预测水平年(2030 年)南渡江流域规划区域内共将新建 9 座污水处理厂。预测水平年达标排放的生活污水部分，按照污水处理厂设计规模 75%及一级 A 的出水标准计算尾水污染物排放负荷；而直排部分，则按规划污水处理率和海南省城镇每人日均排污水量折算未处理水量，污染负荷依据现阶段各生活污水排水口实测平均浓度、并参照《第一次全国污染源普查城镇生活源产排污系数手册》给定。

经计算，污染防治措施落实前后迈湾库区段和坝下游段工业与城镇综合生活污水污染负荷预测结果见表 5.3-16 与 5.3-17。

情景一（未落实污染防治措施）预测水平年(2030年)南渡江流域中下游河段点源污染负荷统计表

表 5.3-16

区段	计算单元	工业					城镇生活				
		废水量(t/a)	COD	NH ₃ -N	TP	TN	废水量(t/a)	COD	NH ₃ -N	TP	TN
迈湾库区段	库尾干流	112340.84	24.95	3.06	0.06	3.33	275791.67	49.64	5.49	0.50	14.89
	加渥河		-	-			-	-	-		
	南坤河	153014.4	15.3	1.66	1.25	16.22	675750.00	121.64	13.83	1.22	36.49
	番坡河		-	-			-	-	-		
	中坤河		-	-			-	-	-		
迈湾坝下游段	干流（迈湾-澄迈）	2330230.52	15.8	0.27	3.75	58.63	806791.67	145.22	16.63	1.45	43.57
	干流（澄迈-后黎）	929115.86	193.19	14.24	6.38	67.46	5762125.00	1037.18	107.61	10.37	311.15
	干流（后黎-定安）	57270.213	0.04	0	0.00	0.00	2732333.33	491.82	53.22	4.92	147.55
	干流（定安-新坡）	89965.50	42.61	3.43	0.44	6.16	1366166.67	245.91	26.61	2.46	73.77
	干流（新坡-龙塘）		-	-			2252041.66	405.37	44.87	4.05	121.61
	西昌水		-	-			975708.33	175.63	20.09	1.76	52.69
	绿现水	253440.49	75.57	21.23	4.16	46.15	337875.00	60.82	6.92	0.61	18.25
	大塘河		-	-	-	-	-	-	-		
	海仔河		-	-	-	-	-	-	-		
	汶安河		-	-	-	-	-	-	-		
	龙州河	93801.40	75.57	7.67	0.32	20.80	6547666.66	1178.58	125.52	11.79	353.57
	温村水		-	-	-	-	5445833.34	980.25	92.94	9.80	294.08
	巡崖河	61983.10	80.06	1.48	0.30	2.36	2031708.33	365.71	40.23	3.66	109.71
铁炉溪		-	-			-	-	-			
合计		4081162.34	523.09	74.27	16.66	221.11	29209791.64	5257.77	553.96	52.58	1577.33

情景二（已落实污染防治措施）预测水平年(2030年)南渡江流域中下游河段点源污染负荷统计表

表 5.3-17

区段	计算单元	工业					城镇生活				
		废水量	COD	NH ₃ -N	TP	TN	废水量	COD	NH ₃ -N	TP	TN
迈湾库区段	库尾干流	112340.84	11.23	1.69	0.11	3.37	275791.67	36.04	4.22	0.36	10.76
	加渥河		0	0			-	-	-	-	-
	南坤河	153014.4	15.3	1.66	0.15	4.42	675750.00	94.43	11.3	0.88	26.35
	番坡河		-	-			-	-	-	-	-
	中坤河		-	-			-	-	-	-	-
迈湾坝下游段	干流(迈湾-澄迈)	2330230.52	6.35	0.27	0.06	33.63	806791.67	114.62	13.77	1.05	31.46
	干流(澄迈-后黎)	929115.87	57.48	5.53	0.28	10.00	5762125.00	717.52	77.77	7.49	224.72
	干流(后黎-定安)	57270.213	0.04	0	0.00	0.00	2732333.33	383	43.06	3.55	106.56
	干流(定安-新坡)	89965.50	6.78	0.75	0.09	1.01	1366166.67	61.59	6.28	1.78	53.28
	干流(新坡-龙塘)		-	-	-	-	2252041.66	118.55	12.08	2.93	87.83
	西昌水		-	-	-	-	975708.33	138.23	16.6	1.27	38.05
	绿现水	253440.50	17.74	2.53	0.17	3.80	337875.00	47.21	5.65	0.44	13.18
	大塘河		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	海仔河		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	汶安河		-	-	-	-	-	-	-	-	-
	龙州河	93801.40	6.2	1.02	0.07	1.25	6547666.66	618.76	88.04	8.51	255.36
	温村水		-	-	-	-	5445833.34	466.49	46.68	7.08	212.39
	巡崖河	61983.10	5.89	0.87	0.11	0.85	2031708.33	210.99	25.24	2.64	79.24
铁炉溪		-	-			-	-	-	-	-	
合计		4081162.34	127.01	14.32	1.04	58.32	29209791.64	3007.43	350.69	37.97	1139.18

(2) 面源污染负荷预测

流域面源主要包括农村散排生活污水、农田径流污染、畜禽养殖污染和部分集中排污口因处于小流量排水沟汇口上游十余公里处，且该排水沟历史水文、水质监测数据均缺乏，故将其纳入面源处理。

① 农村生活污水污染负荷预测

农村散排生活污水污染负荷计算公式如下：

$$W_{i1} = \alpha_1 \times P \times L_1 \times 365 \times 10^{-6} \quad 5.3-(21)$$

式中： i ——代表某种水质参数；

W_{i1} ——农村生活污水污染负荷，t/a；

P ——非集中排水区人口数，人，主要来源于《2014 屯昌统计年鉴》、《2014 儋州市统计年鉴》、《2014 琼中统计年鉴》、《2015 澄迈统计年鉴》及海口市、定安县政府官网等，并依据各县市的 2008-2020 年、2020-2030 年分段人口增长率推算预测年(2030 年)各镇计算区域内农业人口数；

L_1 ——农村人均污染物排放量，g/人 d，主要反映当地人群对生活污水处理状况、饮食营养状况和含磷去污剂的使用状况等，依据《海南省水资源保护规划现状调查成果报告》选取的南渡江流域农村人均生活污水排放系数取值；

α_1 ——农村生活污水入河系数，综合本研究区域人口、经济情况，参考相关资料，农村生活污水入河系数综合取 0.3。

按照不考虑污染防治规划措施的“情景一”与污染防治规划实施到位的“情景二”进行分别预测。

② 农田径流污染负荷预测

农田径流污染负荷计算公式：

$$W_{2i} = \alpha_2 \times A \times L_2 \times 10^{-3} \quad 5.3-(22)$$

式中： i ——代表某种水质参数；

W_{2i} ——农田径流污染负荷，t/a；

A ——耕地面积， hm^2 ，根据各县市的统计年鉴，并按各镇计算汇水面积占该镇总面积的比例，估算得到计算区域内的耕地面积；

L_2 ——单位耕地面积污染物排放量， $\text{kg}/(\text{hm}^2 \text{ a})$ ，根据各县市详查耕地面积以及 2005

年各市县农业种植污染物排放量，结合各市县土壤类型、降雨量、化肥施用情况等对标准农田源强系数进行修正；

α_2 ——农田径流入河系数，参考《全国水环境容量核定技术指南》(中国环境规划院，2003年)，分析确定预测河段农田径流入河系数取0.4。

③ 畜禽养殖污染负荷预测

畜禽养殖污染负荷计算公式如下：

$$W_{3i} = \alpha_3 \times N \times L_3 \times 10^{-3} \quad 5.3-(23)$$

式中： i ——代表某种水质参数；

W_{3i} ——畜禽养殖产生的污染负荷，t/a；

N ——畜禽存栏数，头或只，主要来源于《2014 屯昌统计年鉴》、《2014 儋州市统计年鉴》、《2014 琼中统计年鉴》、《2015 澄迈统计年鉴》及海口市、定安县政府官网等，并依据各县市的2008-2020年、2020-2030年分段畜禽增长率推算预测年(2030年)各镇计算区域内畜禽存栏数，污染负荷计算时将各类畜禽统一折合成猪进行畜禽养殖污染负荷计算，其中，1头牛折合5头猪，3头羊折合1头猪，30只家禽折合1头猪；

L_3 ——单位畜禽的污染物排放量，kg/(头 a)，根据《2010年度普查动态更新——畜禽养殖业产污系数》，各县市单独取值；

α_3 ——畜禽养殖污染物入河系数，考虑区域特点及区间损失，本流域畜禽养殖污染入河系数综合取0.05。

按照不考虑污染防治规划措施的“情景一”与污染防治规划实施到位的“情景二”进行分别预测。

根据以上各类污染负荷的计算，南渡江流域面污染预测年负荷总量见表5.3-18、5.3-19。

情景一（未落实污染防治措施）预测水平年(2030年)南渡江流域中下游河段面源污染负荷统计表

表 5.3-18

区段	计算单元	农村散排				畜禽				农田			
		COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN
迈湾库区 段	库尾干流	143.62	9.26	3.83	18.51	166.57	6.05	1.96	18.54	39.95	2	0.88	9.83
	加渥河	20.22	1.3	0.54	2.61	24.66	0.9	0.29	2.74	4.46	0.22	0.10	1.10
	南坤河	55.61	3.58	1.48	7.17	67.82	2.46	0.80	7.55	12.25	0.61	0.27	3.01
	番坡河	8.44	0.54	0.23	1.09	11.46	0.42	0.13	1.28	2.43	0.12	0.05	0.60
	中坤河	6.84	0.44	0.18	0.88	2	0.07	0.02	0.22	2.28	0.11	0.05	0.56
迈湾坝下 游段	干流（迈湾-澄迈）	165.41	10.66	4.41	21.32	175.1	6.36	2.06	19.49	49.98	2.5	1.10	12.30
	干流（澄迈-后黎）	693.54	44.69	18.49	89.39	1589.65	57.73	18.71	176.92	176.64	8.83	3.89	43.45
	干流（后黎-定安）	226.12	14.57	6.03	29.14	137.77	5	1.62	15.33	61.23	3.06	1.35	15.06
	干流（定安-新坡）	877	56.52	23.39	113.04	546.59	19.85	6.43	60.83	299.54	14.98	6.59	73.69
	干流（新坡-龙塘）	736.97	47.49	19.65	94.99	371.6	13.49	4.37	41.36	249.34	12.47	5.49	61.34
	西昌水	113.12	7.29	3.02	14.58	120.09	4.36	1.41	13.37	27.47	1.37	0.60	6.76
	绿现水	56.5	3.64	1.51	7.28	60.74	2.21	0.71	6.76	23.72	1.19	0.52	5.84
	大塘河	543.72	35.04	14.50	70.08	533.98	19.39	6.28	59.43	262.3	13.11	5.77	64.53
	海仔河	143.01	9.22	3.81	18.43	184.44	6.7	2.17	20.53	32.69	1.63	0.72	8.04
	汶安河	108.22	6.97	2.89	13.95	182.76	6.64	2.15	20.34	26.1	1.3	0.57	6.42
	龙州河	1288.72	83.05	34.37	166.10	1544.43	56.09	18.18	171.89	463.61	23.18	10.20	114.05
	温村水	124.51	8.02	3.32	16.05	155.12	5.63	1.83	17.26	48.57	2.43	1.07	11.95
	巡崖河	378.95	24.42	10.11	48.84	487.34	17.7	5.74	54.24	201.47	10.07	4.43	49.56
铁炉溪	136.56	8.8	3.64	17.60	104.6	3.8	1.23	11.64	71.81	3.59	1.58	17.67	
合计		5491.09	353.87	155.39	751.05	6220.67	225.9	76.10	719.73	1916.41	95.82	45.23	505.74

情景二（已落实污染防治措施）预测水平年(2030年)南渡江流域中下游河段面源污染负荷统计表

表 5.3-19

区段	计算单元	农村散排				畜禽				农田			
		COD	NH3-N	TP	TN	COD	NH3-N	TP	TN	COD	NH3-N	TP	TN
迈湾库区 段	库尾干流	43.09	2.78	1.15	5.55	29.15	1.06	0.34	3.24	27.96	1.4	0.62	6.88
	加渥河	6.07	0.39	0.16	0.78	4.32	0.16	0.05	0.48	3.12	0.16	0.07	0.77
	南坤河	16.68	1.08	0.44	2.15	11.87	0.43	0.14	1.32	8.58	0.43	0.19	2.11
	番坡河	2.53	0.16	0.07	0.33	2.01	0.07	0.02	0.22	1.7	0.08	0.04	0.42
	中坤河	2.05	0.13	0.05	0.26	0.35	0.01	0.00	0.04	1.6	0.08	0.04	0.39
迈湾坝下 游段	干流（迈湾-澄迈）	49.62	3.2	1.32	6.40	30.64	1.11	0.36	3.41	34.98	1.75	0.77	8.61
	干流（澄迈-后黎）	208.06	13.41	5.55	26.82	278.19	10.1	3.27	30.96	123.65	6.18	2.72	30.42
	干流（后黎-定安）	67.84	4.37	1.81	8.74	24.11	0.88	0.28	2.68	42.86	2.14	0.94	10.54
	干流（定安-新坡）	263.1	16.96	7.02	33.91	95.65	3.47	1.13	10.65	209.68	10.48	4.61	51.58
	干流（新坡-龙塘）	221.09	14.25	5.90	28.50	65.03	2.36	0.77	7.24	174.54	8.73	3.84	42.94
	西昌水	33.94	2.19	0.91	4.37	21.02	0.76	0.25	2.34	19.23	0.96	0.42	4.73
	绿现水	16.95	1.09	0.45	2.18	10.63	0.39	0.13	1.18	16.61	0.83	0.37	4.09
	大塘河	163.12	10.51	4.35	21.02	93.45	3.39	1.10	10.40	183.61	9.18	4.04	45.17
	海仔河	42.9	2.76	1.14	5.53	32.28	1.17	0.38	3.59	22.88	1.14	0.50	5.63
	汶安河	32.47	2.09	0.87	4.19	31.98	1.16	0.38	3.56	18.27	0.91	0.40	4.49
	龙州河	386.62	24.92	10.31	49.83	270.27	9.81	3.18	30.08	324.53	16.23	7.14	79.83
	温村水	37.35	2.41	1.00	4.81	27.15	0.99	0.32	3.02	34	1.7	0.75	8.36
	巡崖河	113.68	7.33	3.03	14.65	85.28	3.1	1.00	9.49	141.03	7.05	3.10	34.69
铁炉溪	40.97	2.64	1.09	5.28	18.3	0.66	0.22	2.04	50.27	2.51	1.11	12.37	
合计		1748.13	112.67	46.62	225.31	1131.68	41.08	13.32	125.95	1439.1	71.94	31.66	354.02

(4) 污染负荷小结

未落实流域污染防治措施的情景一条件下，2030 年迈湾库区 COD 总入河量为 780.14t，坝下为 19350.36t；迈湾库区氨氮总入河量为 52.12t，坝下为 1268.00t；迈湾库区 TP 总入河量为 13.84t，坝下为 332.12t；迈湾库区 TN 总入河量为 146.61t，坝下为 3628.34t。

在落实流域污染防治措施后的情景二条件下，2030 年迈湾库区 COD 总入河量削减至为 318.08t，坝下削减至 7135.27t；迈湾库区氨氮总入河量削减至 27.29t，坝下削减至 563.41t；迈湾库区 TP 总入河量削减至 4.88t，坝下削减至 125.73t；迈湾库区 TN 总入河量削减至 69.85t，坝下削减至 1832.94t。

5.3.2.2 水质预测模型

迈湾水库运行本身基本不产生污染物，但迈湾水库运行后，库区形成一个湖泊型水库，各支库汇口等局部区域水流缓慢，水体稀释交换能力减弱，在库周各点源和面源进入库区后，库区水质分布较天然河段发生变化。采用平面二维水质数学模型对库区水质进行预测。

迈湾水库的建设对迈湾坝下水文情势有较大影响，进而影响坝下河流稀释能力，使坝下水环境产生变化。由于区间分布的谷石滩、九龙滩、金江、东山、龙塘等 5 个水库库容均相对较小，水深相对较浅，水体交换频繁，因此采用纵向一维水质数学模型预测迈湾坝址至龙塘坝址河段水质分布情况。

(1) 迈湾库区二维水质模型

① 数学模型

水流连续方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad 5.3-(24)$$

x 方向的动量守恒方程：

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + E_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gun^2}{h^{1/3}} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta v_a^2 \cos \psi - 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad 5.3-(25)$$

y 方向的动量守恒方程：

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hu \frac{\partial v}{\partial x} + hv \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} \left(E_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + E_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + gh \left(\frac{\partial a}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gvn^2}{h^{1/3}} (u^2 + v^2)^{1/2} - \zeta v_a^2 \sin \psi + 2hv\omega \sin \phi = 0 \quad 5.3-(26)$$

式中： h 为水深，m； u 、 v 为 x 方向和 y 方向流速，m/s； ρ 为流体密度， kg/m^3 ； E 为涡动粘滞系数， $\text{kg}/(\text{m s})$ ； g 为重力加速度， m/s^2 ； a 为底高程，m； n 为曼宁糙率系数； ζ 为风应力系数； v_a 为风速，m/s； ψ 为风向； ω 为地球自转角速度； ϕ 为纬度。

水质模型方程为：

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u \frac{\partial c}{\partial x} + v \frac{\partial c}{\partial y} - \frac{\partial}{\partial x} (D_x \frac{\partial c}{\partial x}) - \frac{\partial}{\partial y} (D_y \frac{\partial c}{\partial y}) = 0 \quad 5.3-(27)$$

式中， C (mg/L) 为水质浓度。

富营养化模型：

$$f(C) = (G_p - D_p)C \quad 5.3-(28)$$

$$G_p = \mu_{max} f(T) f(L) f(TP) f(TN) \quad 5.3-(29)$$

式中： C 为叶绿素 a 浓度，mg/l； G_p 为浮游植物生长速率，1/s； D_p 为浮游植物死亡速率，1/s； μ_{max} 为浮游植物最大生长速率，1/d； $f(T)$ 、 $f(L)$ 、 $f(TP)$ 、 $f(TN)$ ——分别为水温、光照、TP、TN 的影响函数。

温度影响：

$$F(T) = \theta^{T-20} \quad 5.3-(30)$$

式中： θ 为温度校正系数，单位 1； T 为水体温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

光照影响：

$$f(L) = e^{-\eta Z} \quad 5.3-(31)$$

式中： Z 为对应计算点水深，单位 m； η 为透光率，单位 1/m；

氮磷对藻类生长速率的影响：

$$f(TP) = TP / (TP + KTP) \quad 5.3-(32)$$

$$f(TN) = TN / (TN + KTN) \quad 5.3-(33)$$

式中： KTP 为 TP 对藻类生长的限制因数，单位 mg/L； KTN 为 TN 对藻类生长的限制因数，单位 mg/L。

② 模型计算网格

迈湾库区二维地形及网格划分见图 5.3-18，计算区域从坝址到回水库尾，总共 8023 个计算节点，12045 个计算单元。

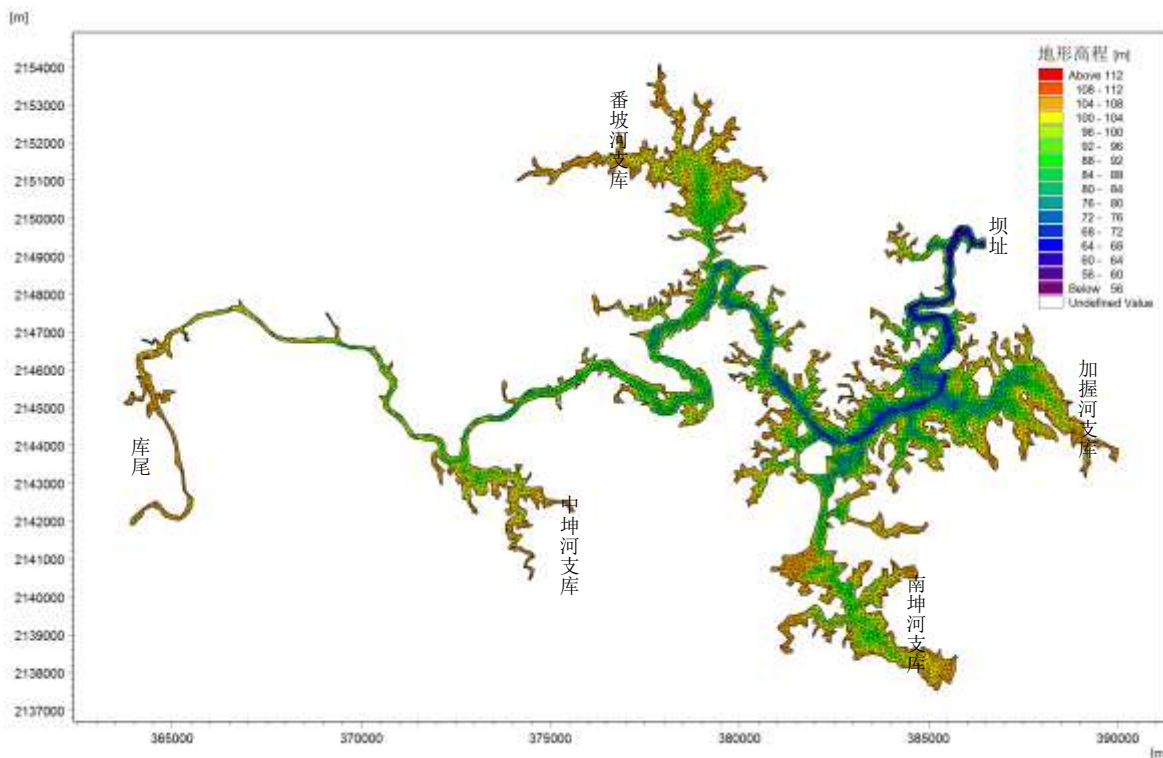


图 5.3-18 迈湾库区二维模型概化图

③ 预测因子

库区水质选择 COD、NH₃-N、TP、TN、Chl-a（叶绿素 a）等 5 个水质因子进行预测分析，富营养化判别因子选择 Chl-a、TP、TN 三个参数进行分析。分别选择丰、平、枯、特枯水年的最丰月与最枯月总共 6 个工况进行预测。

库区预测工况表

表 5.3-20

编号	工况		月份	污染负荷
工况 1	丰水年 10%	最枯月	2	情景一、情景二
工况 2		最丰月	9	情景一、情景二
工况 4	平水年 50%	最枯月	3	情景一、情景二
工况 5		最丰月	10	情景一、情景二
工况 7	枯水年 90%	最枯月	2	情景一、情景二
工况 8		最丰月	9	情景一、情景二

④ 边界条件

a. 水文边界条件

根据丰、平、枯典型年各自的最枯月与最丰月的出入库流量给定。

b. 水质边界

情景一：库区各支流及库尾干流污染物入河量，按照污染防治规划未实施情况下近

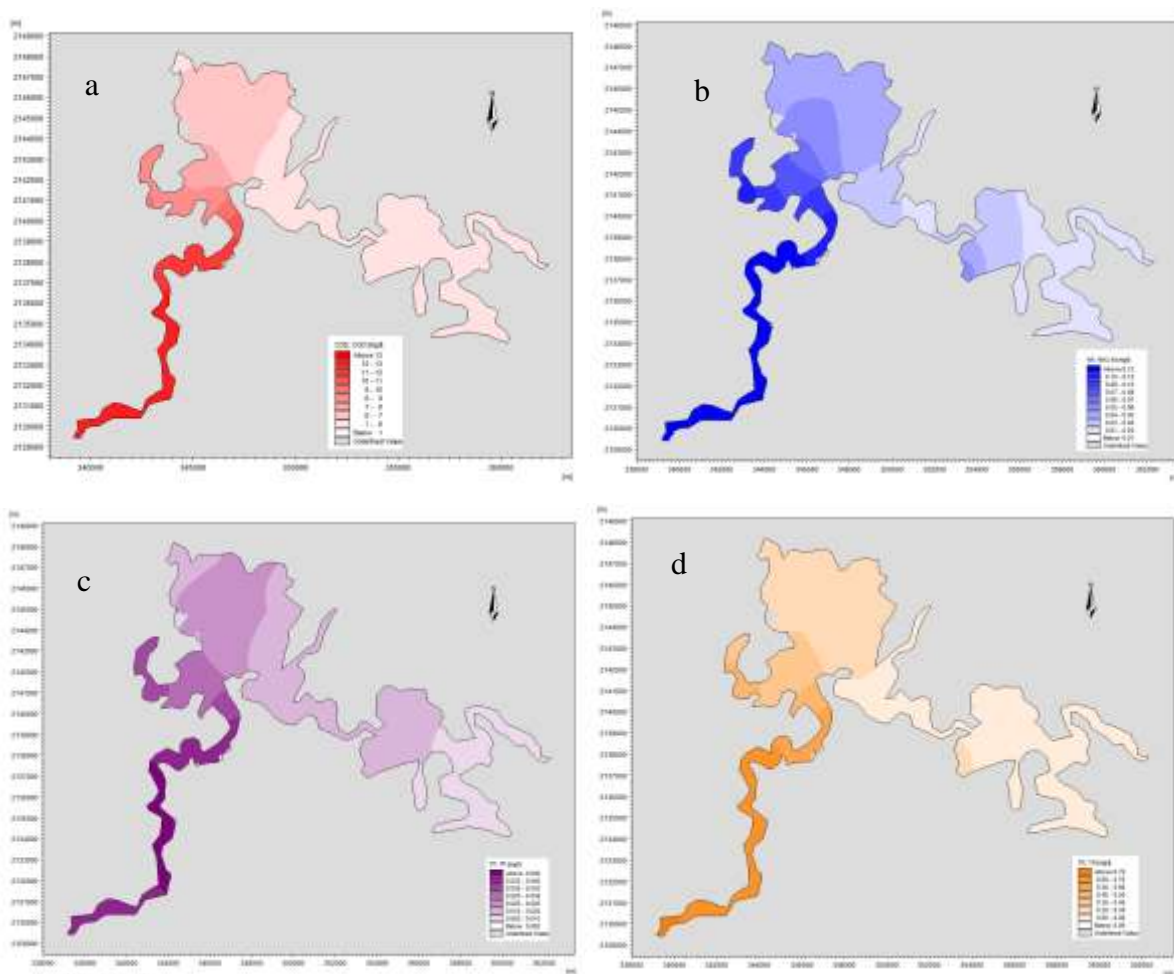
期 2030 年的污染负荷预测量进行计算。

情景二：库区各支流及库尾干流污染物入河量，按照污染防治规划完全落实情况下近期 2030 年的污染负荷预测量进行计算。

⑤ 模型参数选取

水库建库后流速放缓，水深加大，将导致降解能力的减弱。为了获取迈湾水库建设后库区的水质降解系数，以及富营养化模型的主要参数（包括藻类最适生长条件下最大生长速率、最大死亡速率等），针对迈湾水库上游的松涛水库构建了二维水质及富营养化模型。模型利用松涛水库库尾入库溪流的实测水质浓度作为水质边界条件，通过松涛水库库中、坝前以及取水口位置水质模拟结果与实测值的对比，最终率定出水质模型参数。松涛水库水质模拟结果见图 5.3-19。

松涛水库位于迈湾水库上游，地理位置与环境特征相似，利用松涛水库环境监测资料率定出的水质及富营养化模型参数，可直接用于迈湾水库水质预测。



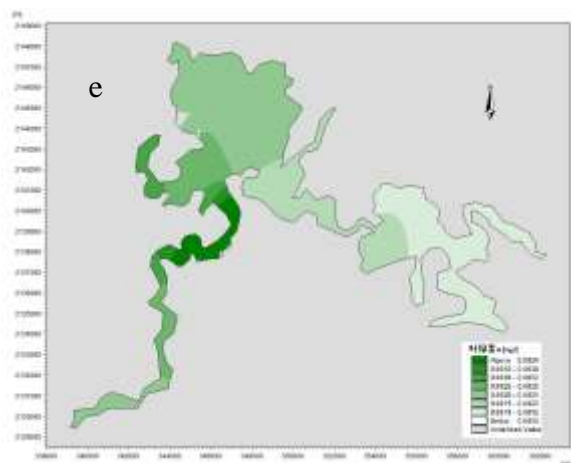


图 5.3-19 松涛水库水质模型（图 a 为 COD 模拟结果、b 为氨氮模拟结果、c 为 TP 模拟结果、d 为 TN 模拟结果、e 为叶绿素 a 模拟结果）

水质及富营养化模型参数率定结果

表 5.3-21

序号	模型	参数	取值
1	水质模型参数	COD 降解系数, k_{COD}	0.0045 1/d
2		NH_3-N 降解系数, k_{NH_3-N}	0.01 1/d
3		TP 降解系数, k_{TP}	0.005 1/d
4		TN 降解系数, k_{TN}	0.008 1/d
5	富营养模型	μ_{max} 浮游植物最大生长速率	0.1 1/d
6		p_{max} 浮游植物最大死亡速	0.03 1/d
7		KTP 总磷对藻类生长的限制因数	0.05 mg/L
8		KTN 总氮对藻类生长的限制因数	0.5 mg/L

(2) 迈湾坝下一维水质模型

① 数学模型

一维非恒定流水质方程为：

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (QC) + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (D_L A \frac{\partial C}{\partial x}) + S_C + F_C \quad 5.3-(34)$$

式中, C (mg/L)为水质浓度; Q (m^3/s)为流量; A (m^2)为过流断面面积; S_C (mg/(L·s))为单位水体内的水质源/汇项, 包括干支流汇入、污染源加入; D_L (m^2/s)为弥散系数; F_C 为生化反应项。工农业及生活污染源排放对河流水质的影响在模型源项中计入。

② 模型边界条件

模型计算区域见图 5.3-20, 构建了迈湾坝址~下游龙塘坝址间的一维水质模型, 由

于迈湾水库建成后库区水文情势变化较大，水力停留时间增加，在迈湾坝址处水质变化较大。为了尽可能准确模拟迈湾坝址下泄的水流水质浓度，将模型的上边界延伸至迈湾水库库尾的腰子河。模型下游边界为龙塘坝址。

水文边界根据丰、平、枯典型年各自的来水条件给定。水质边界根据情景一与情景二计算得到的支流及区间污染物入河量，再根据区间汇流情况，通过线源与点源的形式加入到模型中。



图 5.3-20 坝下水质模型计算区域

② 预测因子与预测工况

坝下水质预测因子包括 COD、NH₃-N、TP，近期预测工况包括 2030 年情景一污染负荷条件下包括有工程和无本工程两种工况，以分析如果不采取流域污染防治措施本工程对迈湾坝下水环境的影响。预测工况还包括情景二污染负荷条件下有迈湾工程的预测工况，以分析采取污染防治措施后迈湾坝下水质达标情况。

库区预测工况表

表 5.3-22

编号	预测水平年	典型年	污染负荷	工程情况
1	2030 年	丰水年 10%	情景一	有工程、无工程
2			情景二	有工程
3		平水年 50%	情景一	有工程、无工程
4			情景二	有工程
5		枯水年 90%	情景一	有工程、无工程
6			情景二	有工程

③ 模型参数

迈湾坝址下游天然河段 COD、NH₃-N、TP 水质因子降解系数参照《南渡江引水工程环评报告书》及《河流中污染物衰减系数影响因素分析》，分别取值为 0.02d⁻¹、0.05d⁻¹ 和 0.048d⁻¹，各梯级坝址库区段 COD、NH₃-N、TP 降解系数按水库水动力学条件分段取值，取值为 0.01~0.02d⁻¹。

上述降解系数取值均指水温为 20℃时各水质组分的降解系数，计算时均按对应时段水温进行温度修正（计算公式： $k_T = k_{20} \times 1.04^{(T-20)}$ ）。

④ 模型验证

采用南渡江评价河段常规实测资料进行水质模型验证。由于常规监测中 COD 均低于检出限（检出限为 15mg/L），故基于委托监测中建立的 COD_{Mn} 与 COD 的定量关系（ $C_{COD} = (C_{COD_{Mn}} - 1.16) / 0.1139$ ， $R^2 = 0.61$ ），由常规监测的同期 COD_{Mn} 浓度值来推求 COD 浓度值用于验证。

总的看来，COD、NH₃-N、TP 浓度验证结果较好，丰水期水质浓度总体高于枯水期，反映了该区域污染负荷以面源为主的基本特征。

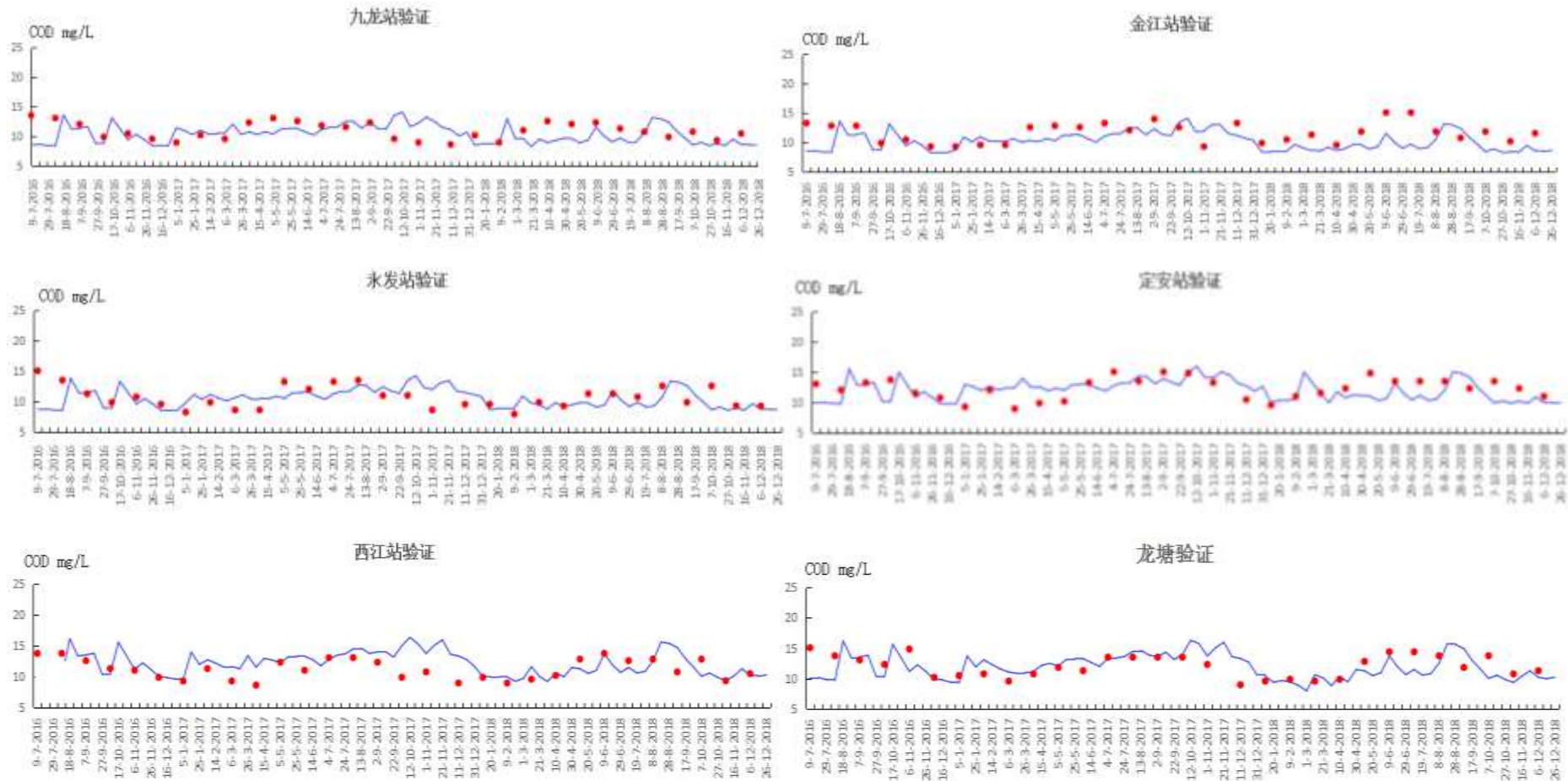


图 5.3-21 常规监测断面 COD 验证结果 (2016~2018 年)

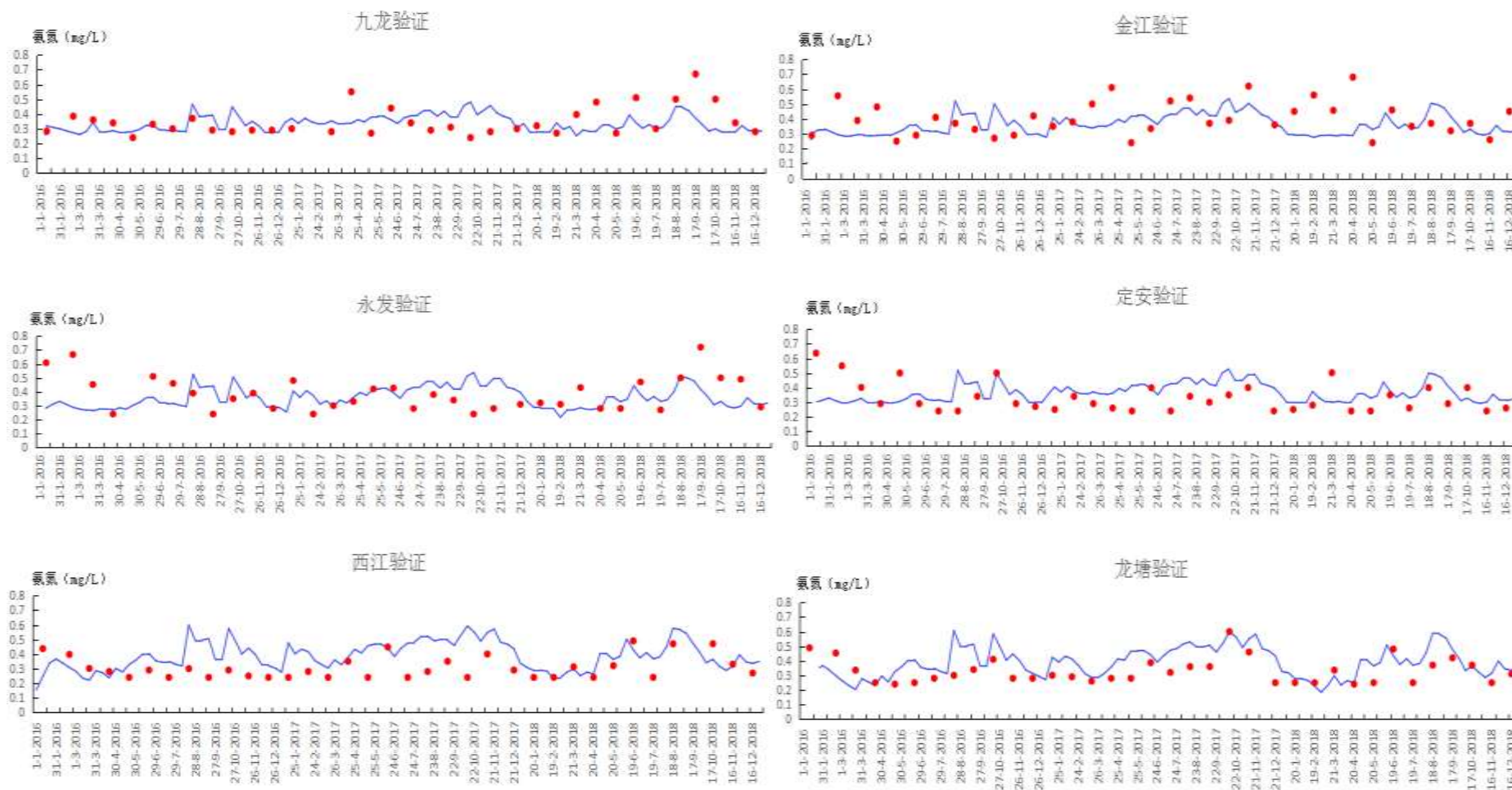


图 5.3-22 常规监测断面氨氮验证结果（2016~2018 年）

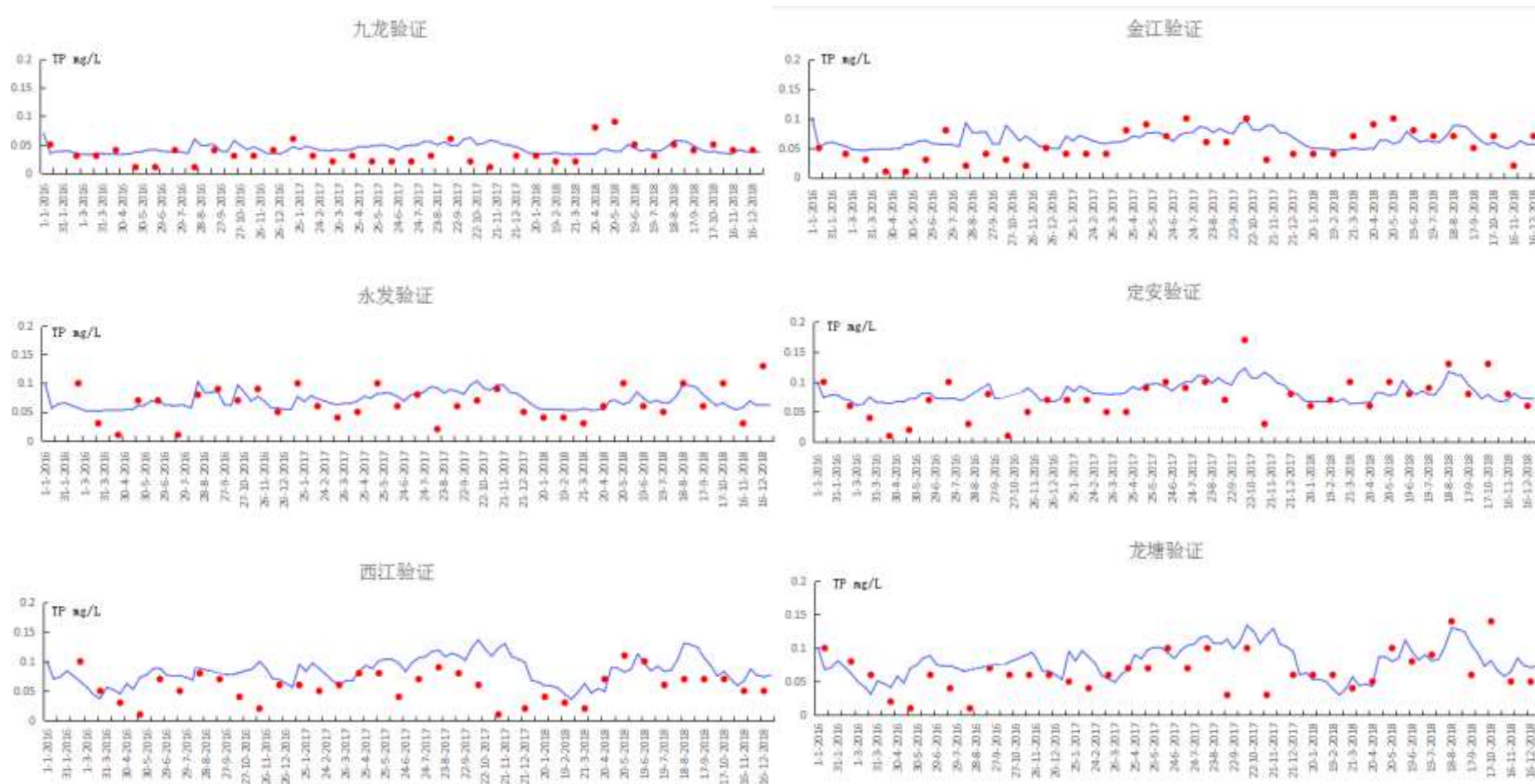


图 5.3-23 常规监测断面 TP 验证结果 (2016~2018 年)

5.3.2.3 近期库区水质预测结果分析

根据近期 2030 年水库蓄水至 101m 水位的运行调度规则，将估算得到的 2030 年库区污染负荷输入到库区二维水质模型中进行水质预测，2030 年库区污染负荷分南渡江流域水污染防治措施未落实（情景一）与流域水污染防治措施落实后（情景二）两种不同情景。

① 情景一库区水质预测

表 5.3-23 为库区未落实流域污染防治措施情况下，预测得到的不同典型年库区水质情况，图 5.3-24 为平水年迈湾水库 COD、氨氮、TP、TN 预测结果。由预测结果可知，总体而言库区枯水月水质优于丰水月。一方面因为库区以面源污染为主，另一方面由于松涛水库补水对枯水期水质有更为明显的改善作用。

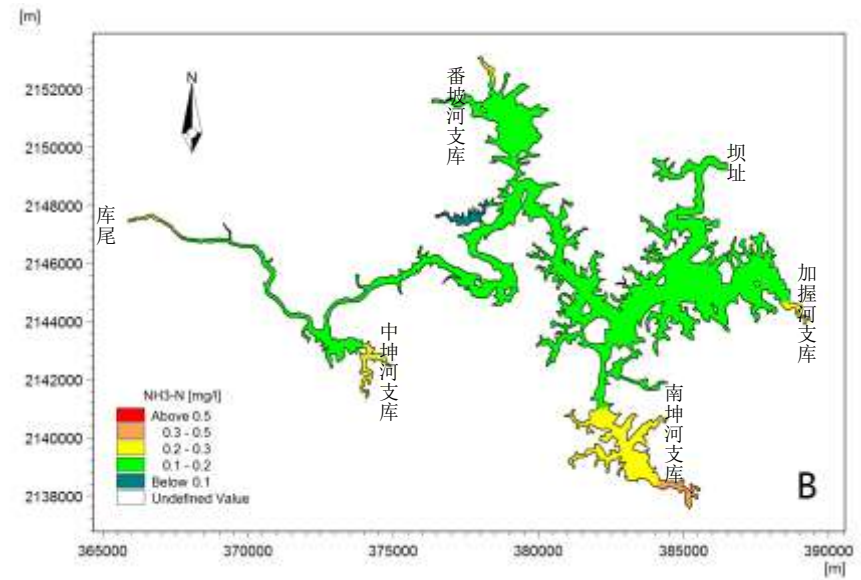
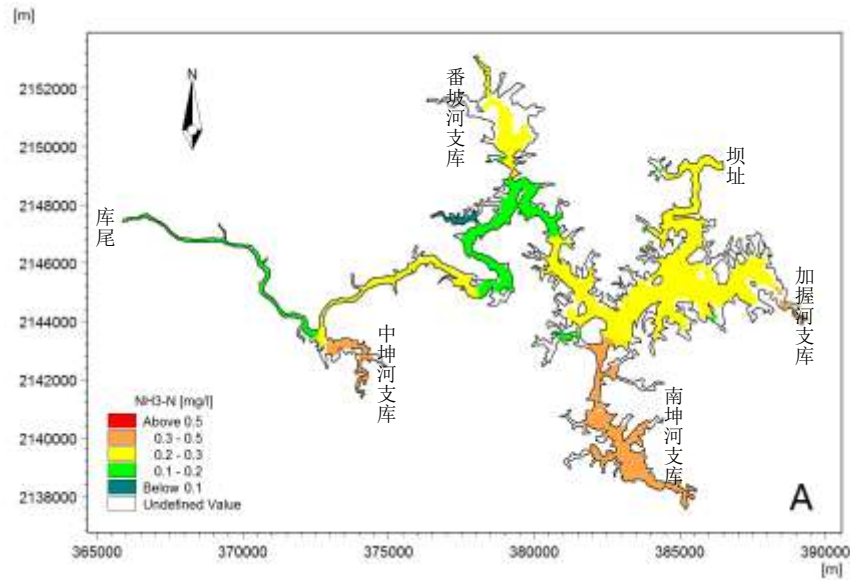
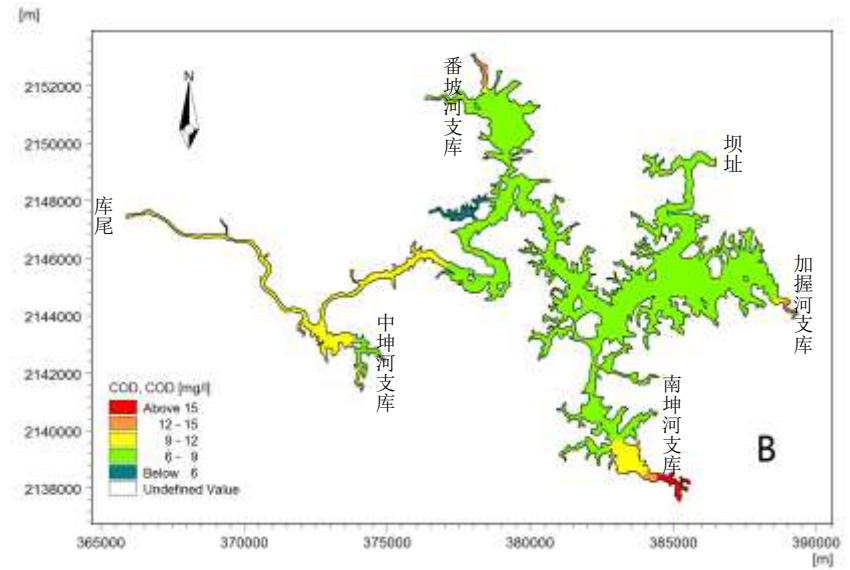
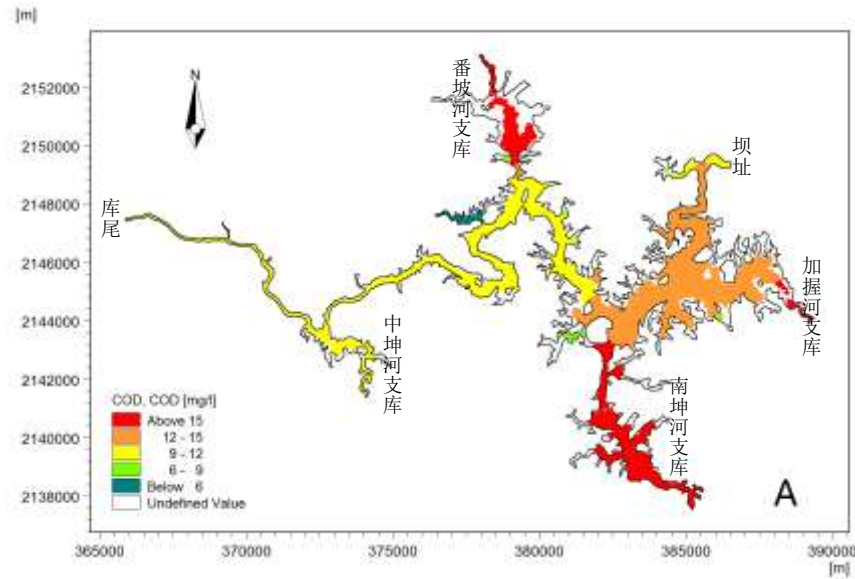
根据 COD 预测结果，南坤河支库在丰、平、枯三个典型年的丰水月 COD 超地表水 II 类水标准，番坡河支库在平、枯典型年的丰水月出现超标，加握河支库与主库库尾在枯水年的丰水月出现水质超标。根据 NH₃-N 预测结果，全库区在各个典型年均能满足地表水 II 类水标准。根据 TP、TN 预测结果，除在库尾处由于松涛水库补水作用 TN 在枯水期能够达标外，其他区域 TP 与 TN 均超过地表水 II 类水标准。

情景一污染负荷条件下 2030 年迈湾库区水质预测结果一览表

表 5.3-23

评价因子	评价时段		库尾	库中	库首	加握河支库	南坤河支库	中坤河支库	番坡河支库
COD (II类水标准: 15mg/L)	丰水年	丰水月	11.13	10.18	10.29	11.68	15.10	8.70	14.00
		枯水月	7.29	6.06	6.27	6.31	7.80	6.39	6.36
	平水年	丰水月	11.20	12.04	12.56	13.27	18.65	10.14	16.42
		枯水月	10.32	6.25	6.28	6.46	8.54	9.31	6.96
	枯水年	丰水月	15.70	14.28	13.38	15.78	22.50	13.03	20.86
		枯水月	8.67	6.28	6.27	6.36	8.51	8.40	6.71
NH ₃ -N (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.24	0.21	0.21	0.21	0.37	0.27	0.20
		枯水月	0.10	0.15	0.18	0.17	0.19	0.11	0.15
	平水年	丰水月	0.20	0.23	0.24	0.25	0.43	0.31	0.23
		枯水月	0.17	0.17	0.18	0.18	0.22	0.16	0.18
	枯水年	丰水月	0.33	0.29	0.24	0.28	0.53	0.41	0.30
		枯水月	0.09	0.18	0.18	0.18	0.21	0.11	0.18
TN (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.93	0.83	0.87	1.09	1.58	1.07	0.96
		枯水月	0.39	0.69	0.84	0.83	0.87	0.42	0.71
	平水年	丰水月	0.62	0.76	0.85	0.98	1.53	0.99	0.88
		枯水月	0.52	0.82	0.84	0.85	0.95	0.52	0.81
	枯水年	丰水月	1.18	1.06	0.94	1.28	2.11	1.45	1.27
		枯水月	0.29	0.83	0.84	0.85	0.98	0.37	0.82
TP	丰水年	丰水月	0.072	0.063	0.070	0.111	0.133	0.042	0.094

(II类水 标准: 0.025mg/ L)		枯水月	0.029	0.076	0.095	0.094	0.086	0.028	0.079
	平水年	丰水月	0.047	0.058	0.072	0.096	0.130	0.038	0.088
		枯水月	0.039	0.093	0.096	0.096	0.099	0.035	0.092
	枯水年	丰水月	0.091	0.080	0.078	0.129	0.178	0.056	0.126
		枯水月	0.022	0.094	0.096	0.096	0.101	0.025	0.093



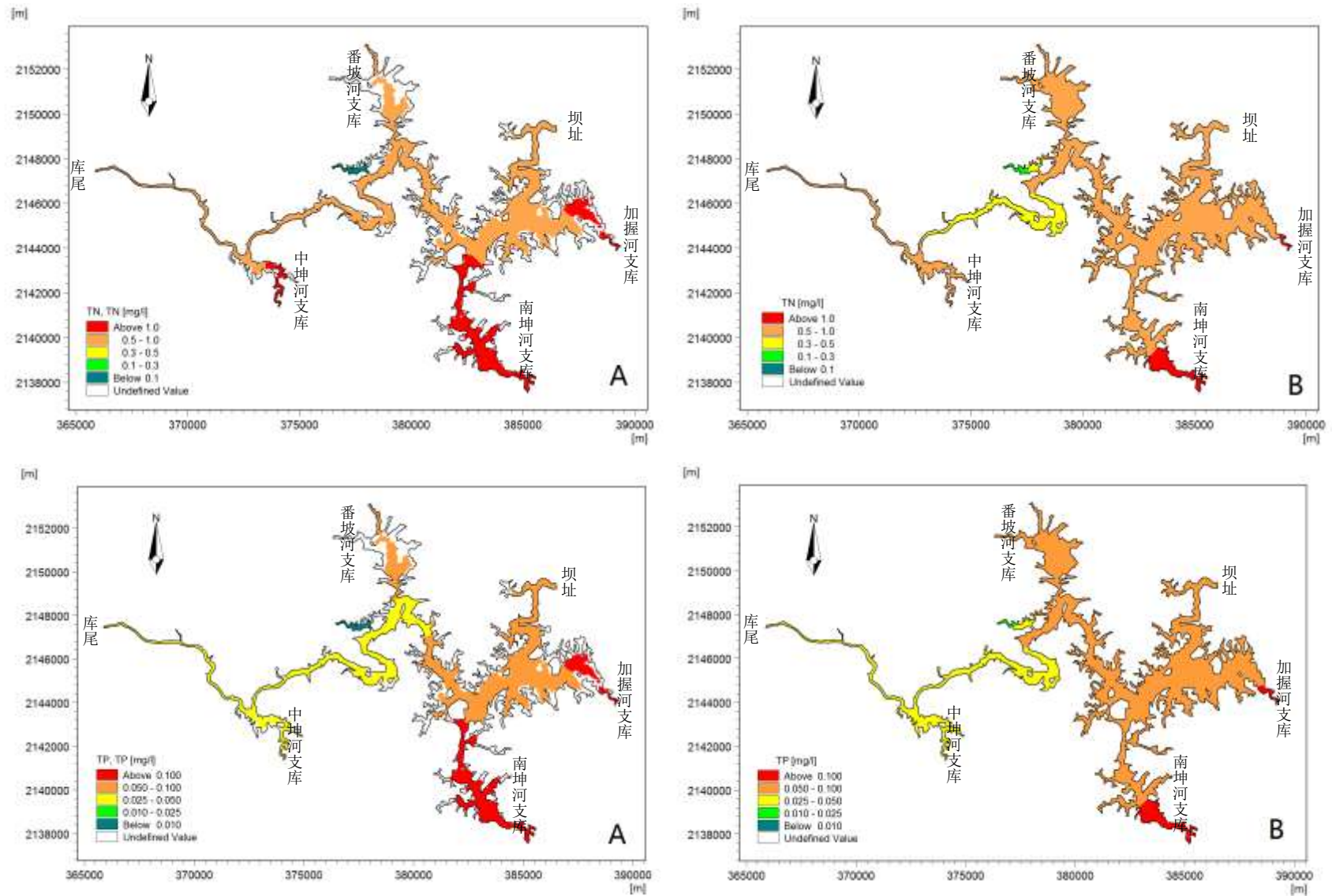


图 5.3-24 情景一，平水年（P=50%），迈湾水库 COD、氨氮、TP、TN 预测结果（图 A 为该典型年丰水月，图 B 为该典型枯水月）

② 情景二库区水质预测

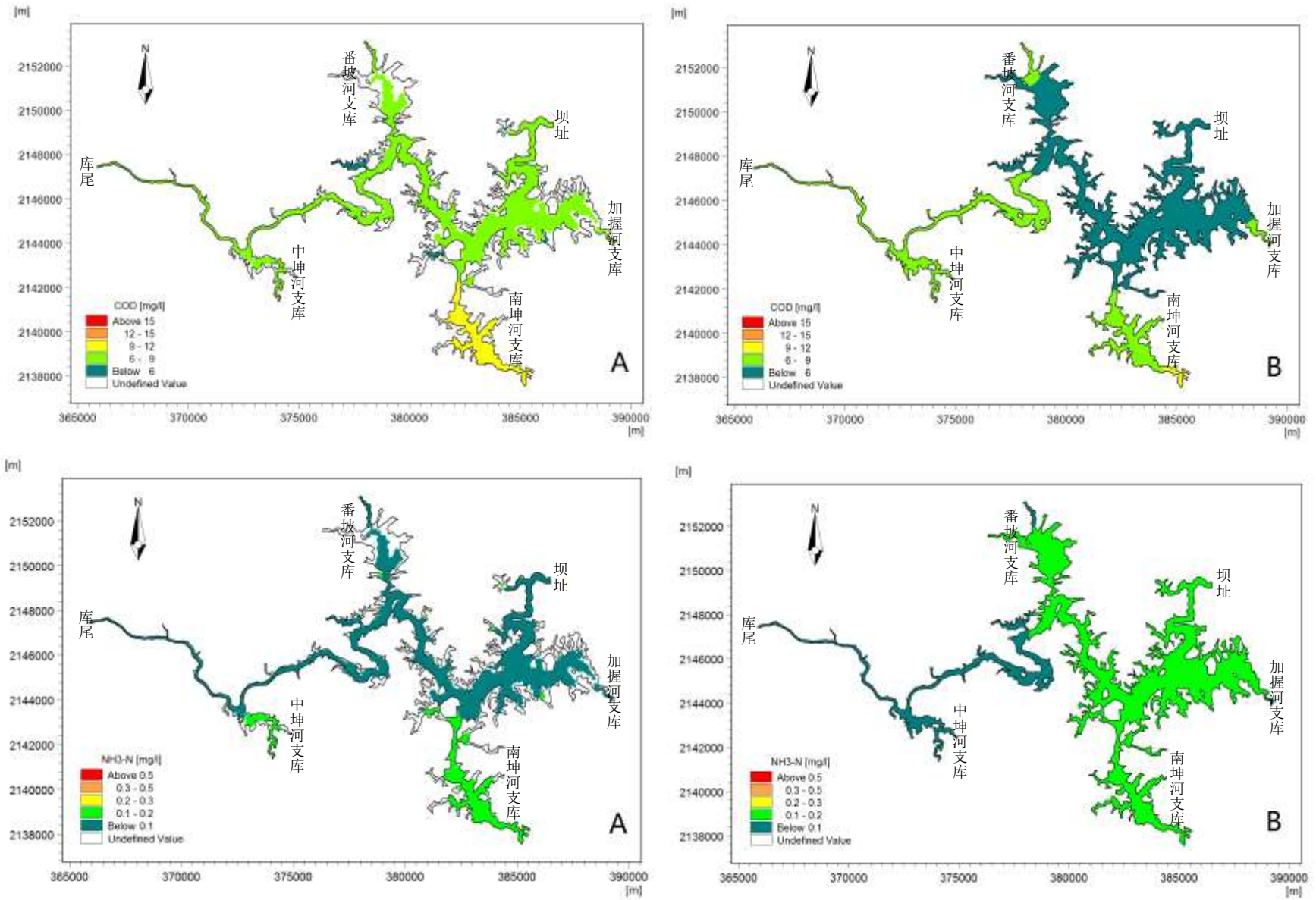
表 5.3-24 为根据库区落实流域污染防治措施后的污染负荷，预测得到的不同典型年库区水质情况，图 5.3-25 为根据库区落实流域污染防治措施后的污染负荷预测得到的平水年迈湾水库 COD、氨氮、TP、TN 预测结果。

由预测结果可知，在污染防治措施落实后库区水质有明显提升。COD 与氨氮在各典型年工况均达标。根据 TN 预测结果，南坤河支库与中坤河支库在枯水年的丰水期出现 TN 超标，其他区域 TN 在各个典型年均达标。根据 TP 预测结果，加握河支库、南坤河支库、番坡河支库在各典型年的丰水月出现 TP 超标，主库的库尾、库中以及库首在枯水年的丰水月出现 TP 超标。

情景二污染负荷条件下 2030 年迈湾库区水质预测结果一览表

表 5.3-24

评价因子	评价时段		库尾	库中	库首	加握河支库	南坤河支库	中坤河支库	番坡河支库
COD (II类水标准: 15mg/L)	丰水年	丰水月	7.37	6.92	6.82	7.07	8.20	7.12	7.89
		枯水月	6.76	5.56	5.71	5.70	6.44	6.21	5.64
	平水年	丰水月	7.83	7.48	7.37	7.50	9.21	7.58	8.45
		枯水月	7.75	5.69	5.72	5.76	6.65	7.22	5.87
	枯水年	丰水月	8.76	8.15	7.81	8.22	10.26	8.67	9.79
		枯水月	7.63	5.71	5.72	5.74	6.77	7.19	5.81
NH ₃ -N (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.08	0.07	0.07	0.07	0.11	0.10	0.06
		枯水月	0.05	0.14	0.18	0.17	0.13	0.04	0.13
	平水年	丰水月	0.07	0.08	0.08	0.09	0.13	0.11	0.07
		枯水月	0.07	0.17	0.18	0.17	0.17	0.07	0.16
	枯水年	丰水月	0.11	0.10	0.09	0.10	0.16	0.15	0.09
		枯水月	0.05	0.18	0.18	0.18	0.18	0.05	0.17
TN (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.32	0.30	0.30	0.36	0.51	0.45	0.32
		枯水月	0.17	0.29	0.35	0.34	0.34	0.18	0.29
	平水年	丰水月	0.25	0.28	0.30	0.34	0.49	0.41	0.29
		枯水月	0.22	0.34	0.35	0.35	0.38	0.22	0.33
	枯水年	丰水月	0.41	0.38	0.34	0.43	0.67	0.60	0.42
		枯水月	0.17	0.34	0.35	0.35	0.40	0.19	0.34
TP (II类水标准: 0.025mg/L)	丰水年	丰水月	0.024	0.021	0.023	0.033	0.040	0.015	0.030
		枯水月	0.013	0.017	0.020	0.020	0.021	0.011	0.018
	平水年	丰水月	0.018	0.020	0.023	0.029	0.040	0.014	0.028
		枯水月	0.016	0.020	0.020	0.020	0.023	0.014	0.020
	枯水年	丰水月	0.030	0.027	0.026	0.039	0.054	0.020	0.040
		枯水月	0.013	0.020	0.020	0.020	0.024	0.013	0.020



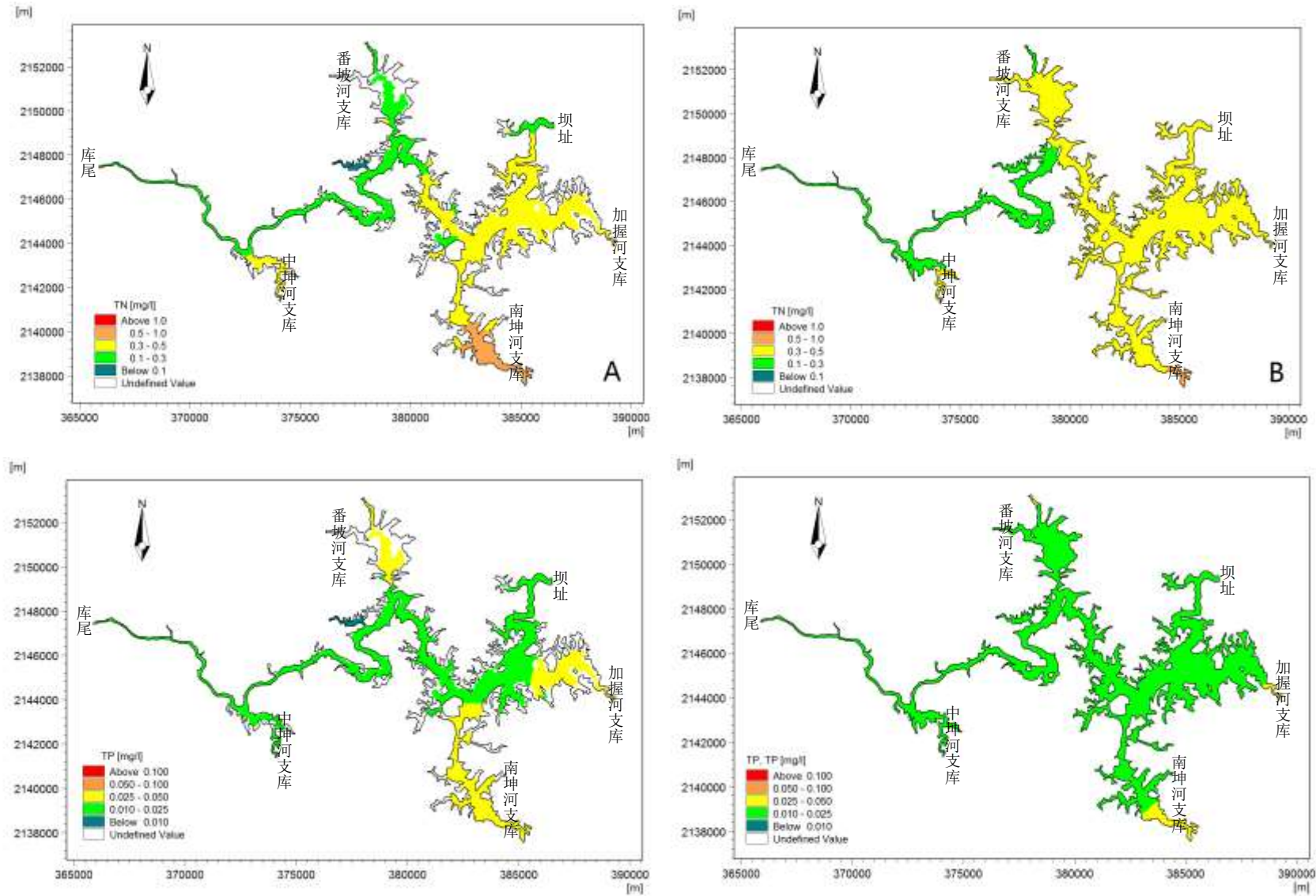


图 5.3-25 情景二，平水年（P=50%），迈湾水库 COD、氨氮、TP、TN 预测结果（图 A 为该典型年丰水月，图 B 为该典型枯水月）

5.3.2.4 近期库区富营养化预测结果分析

(1) 预测方法

研究表明，水体发生富营养化不仅需要充足的营养盐，还需要合适的水文和气象条件，三者缺一不可。由于藻类一般无固氮能力，因此水体中高含量的 N 和 P 在富营养化形成中起着关键作用。从国内外研究来看，温度是引发水体富营养化发生的一个重要因素。在相对稳定藻类种群条件下，总磷、总氮、温度、光照等将成为制约富营养化发生的主要因素。本次评价模型基于生态环境部《环境影响评价技术导则—地表水环境》中的理论公式，对街需电站建设后库区的叶绿素 a 浓度进行了模拟。

根据《地表水环境质量评价办法（试行）》（环办[2011]22 号），采用综合营养状态指数法进行湖库富营养化状况评价。湖泊（水库）富营养化状况评价指标包括：叶绿素 a、TP、TN。

综合营养状态指数计算公式为：

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot TLI_j \quad 5.3-(35)$$

式中：TLI (Σ) 为综合营养状态指数；W_j 为第 j 种参数的营养状态指数的相关权重；TLI (j) 为第 j 种参数的营养状态指数。

中国湖泊（水库）的 chla 与其它参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}² 见表 5.3-25。

中国湖泊（水库）部分参数与叶绿素 a 的相关关系 r_{ij}、r_{ij}² 及权重 W_j

表 5.3-25

参数	chla	TP	TN
r _{ij}	1	0.84	0.82
r _{ij} ²	1	0.7056	0.6724
W _j	0.4205	0.29672	0.2828

营养状态指数计算公式为：

$$TLI(\text{Chl-a}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \text{chl}) \quad 5.3-(36)$$

$$TLI(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \text{TP}) \quad 5.3-(37)$$

$$TLI(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \text{TN}) \quad 5.3-(38)$$

式中：Chl-a 单位为 mg/m³，其它指标单位均为 mg/L。

采用 0~100 的一系列连续数字对湖泊（水库）营养状态进行分级，见表 5.3-26。在同一营养状态下，指数值越高，其营养程度越重。

湖泊（水库）营养状态分级表

表 5.3-26

综合营养状态指数	营养状态分级
$TLI(\Sigma) < 30$	贫营养
$30 \leq TLI(\Sigma) \leq 50$	中营养
$TLI(\Sigma) > 50$	富营养
$50 < TLI(\Sigma) \leq 60$	轻度富营养
$60 < TLI(\Sigma) \leq 70$	中度富营养
$TLI(\Sigma) > 70$	重度富营养

(2) 近期 2030 年预测结果

① 情景一库区富营养化预测

根据情景一的富营养化预测结果，总体而言叶绿素 a 浓度在枯水期大于丰水期，主要原因为枯水期出入库流量较小，库区水力停留时间较长，更利于叶绿素 a 富集。在空间分布上，南坤河支库、加握河支库以及库首叶绿素 a 浓度相对较高，计算得到最高浓度分别为 0.018mg/L、0.015mg/L、0.015mg/L，主要原因为南坤河支库、加握河支库 TN、TP 营养盐浓度相对较高，库首处水质受到加握河支库与番坡河支库水质影响，并且库首处流速相对较小，有利于叶绿素 a 富集。

根据富营养化指数评价结果，在情景一污染负荷条件下除库尾与中坤河支库呈现中营养化外，其他区域呈现出轻度富营养化，富营养化指数在南坤河支库达到最高值 58.97。说明如果不落实污染防治措施，迈湾库区有轻度富营养化的风险。

2040 年迈湾库区富营养化预测结果一览表（情景一）

表 5.3-27

评价因子	评价时段		库尾	库中	库首	加握河支库	南坤河支库	中坤河支库	番坡河支库
叶绿素 a (mg/L)	丰水年	丰水月	0.003	0.003	0.005	0.005	0.007	0.002	0.003
		枯水月	0.003	0.012	0.015	0.015	0.016	0.003	0.012
	平水年	丰水月	0.004	0.004	0.008	0.008	0.011	0.003	0.004
		枯水月	0.003	0.015	0.015	0.015	0.017	0.003	0.014
	枯水年	丰水月	0.003	0.004	0.008	0.009	0.009	0.002	0.004
		枯水月	0.002	0.015	0.015	0.015	0.018	0.003	0.015
富营养化 指数	丰水年	丰水月	46.23	45.32	47.82	50.81	55.23	42.94	47.63
		枯水月	37.17	51.10	54.26	53.92	54.19	37.68	51.41
	平水年	丰水月	45.11	45.54	49.86	51.98	57.01	42.52	48.50
		枯水月	39.98	53.90	54.32	54.26	55.34	40.24	53.54
	枯水年	丰水月	48.42	48.05	50.90	55.47	58.97	45.84	50.92
		枯水月	33.43	54.07	54.33	54.33	56.10	36.09	53.83

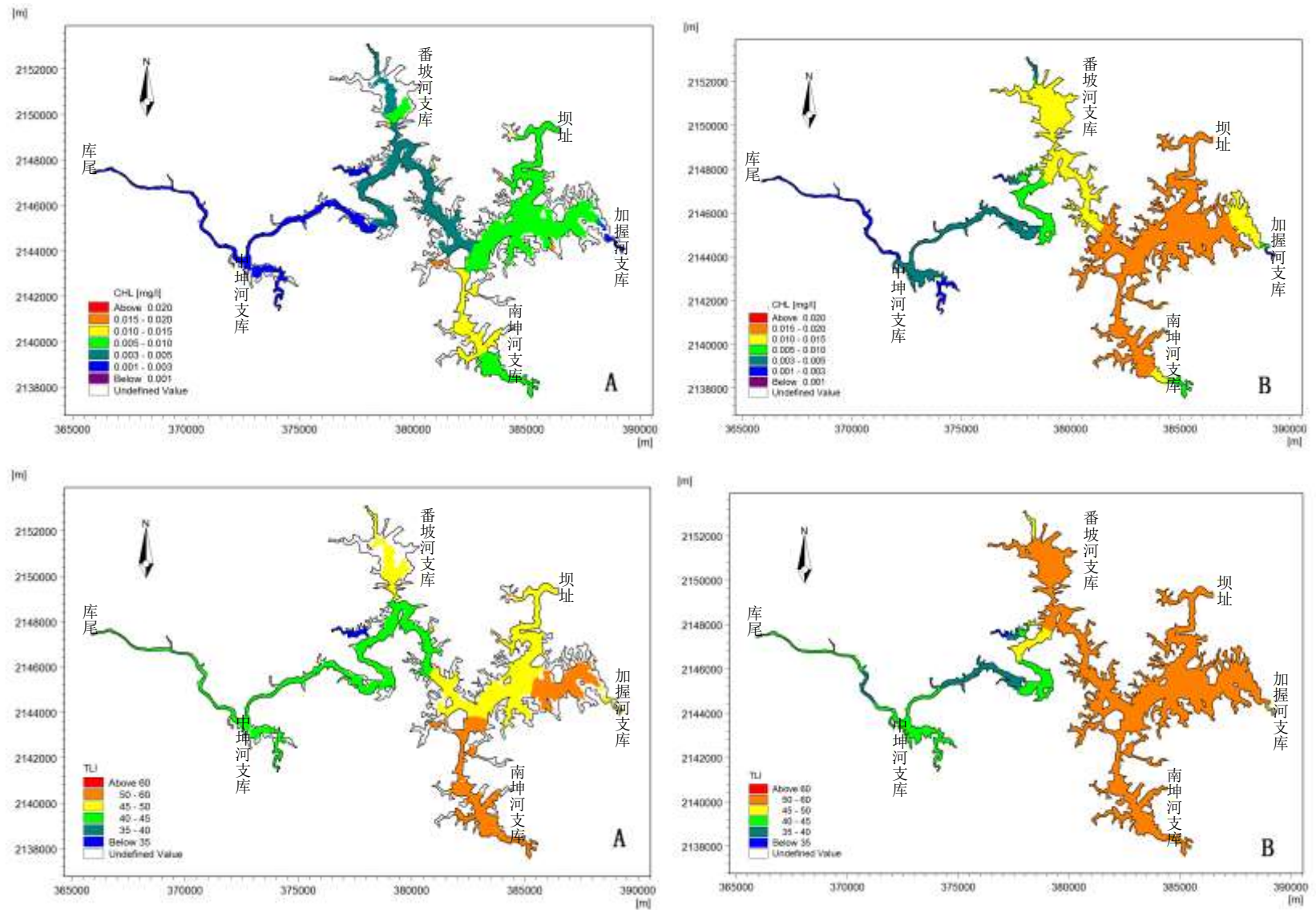


图 5.3-26 情景一平水年 (P=50%)，迈湾水库叶绿素 a 与富营养化指数预测结果 (图 A 为该典型年丰水月，图 B 为该典型枯水月)

② 情景二库区富营养化预测

根据情景二的富营养化预测结果，在库区落实污染防治措施后，由于营养盐入库量明显减少，库区叶绿素 a 浓度也明显降低，叶绿素 a 浓度最高值为 0.007mg/L，出现在南坤河支库。根据富营养化指数评价结果，在情景二污染负荷条件下库区呈现出中营养化，富营养化指数最大值为 46.68，富营养化的风险较小。

2040 年迈湾库区富营养化预测结果一览表

表 5.3-28

评价因子	评价时段		库尾	库中	库首	加握河支库	南坤河支库	中坤河支库	番坡河支库
叶绿素 a (mg/L)	丰水年	丰水月	0.003	0.003	0.004	0.003	0.006	0.002	0.003
		枯水月	0.003	0.003	0.003	0.003	0.005	0.002	0.003
	平水年	丰水月	0.003	0.003	0.004	0.003	0.007	0.002	0.003
		枯水月	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003
	枯水年	丰水月	0.003	0.003	0.004	0.004	0.007	0.002	0.003
		枯水月	0.002	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003
富营养化 指数	丰水年	丰水月	35.80	34.75	35.82	37.05	43.43	33.69	36.56
		枯水月	28.98	32.75	34.85	34.69	37.33	28.02	33.23
	平水年	丰水月	34.01	34.13	36.14	37.06	44.04	32.85	36.09
		枯水月	31.27	34.61	34.89	34.94	37.43	30.28	34.66
	枯水年	丰水月	37.98	37.12	37.62	40.13	46.68	36.55	39.57
		枯水月	28.08	34.73	34.89	34.95	37.96	28.29	34.77

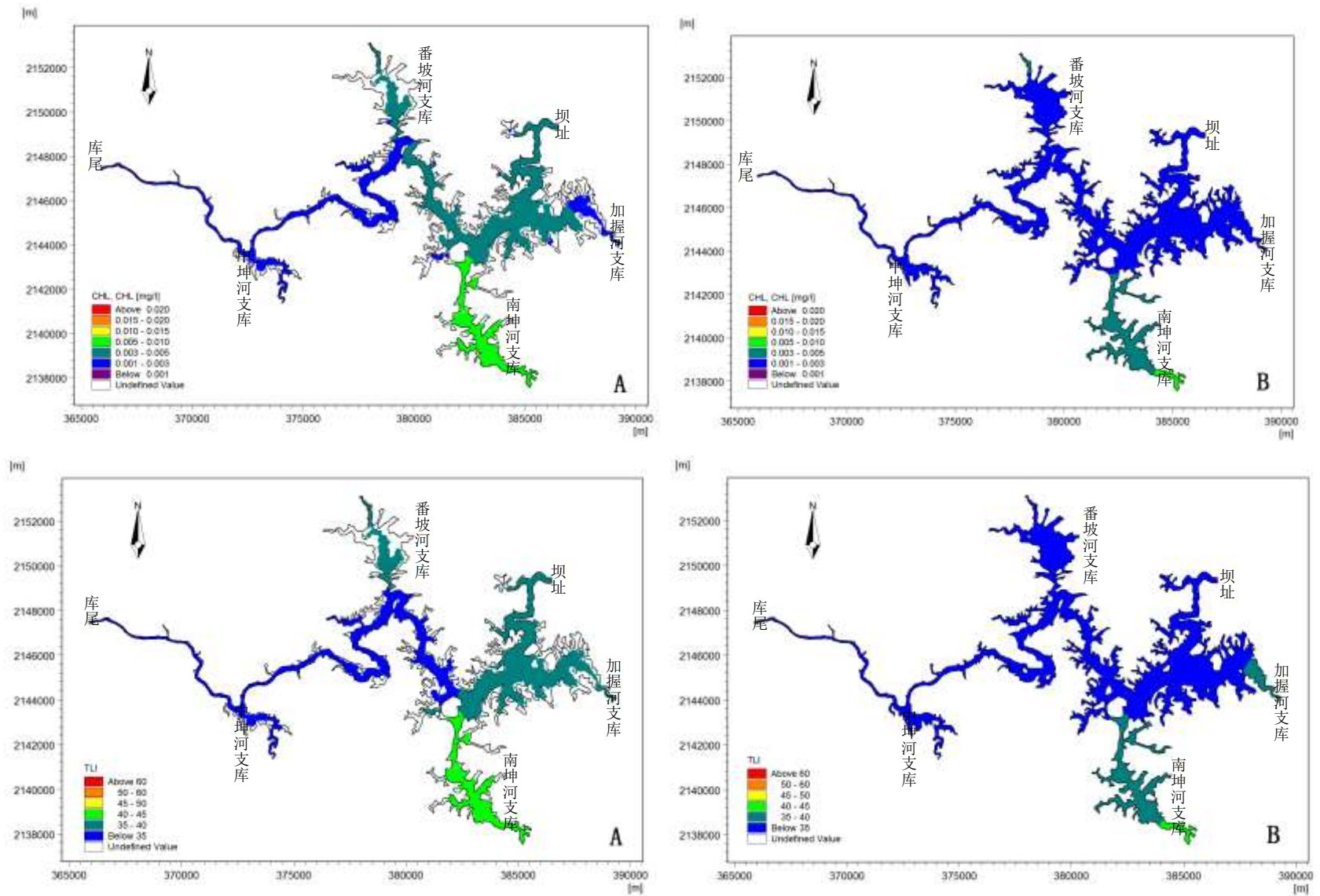


图 5.3-27 情景二平水年 (P=50%)，迈湾水库叶绿素 a 与富营养化指数预测结果 (图 A 为该典型年丰水月，图 B 为该典型枯水月)

5.3.2.5 近期迈湾坝址至龙塘坝址河段水质预测

根据近期 2030 年迈湾水库蓄水至 101m 水位的运行调度规则，将估算得到的 2030 年坝下流域区间污染负荷输入到一维水质模型中对坝下对 COD、氨氮、TP 水质因子进行预测。2030 年坝下污染负荷分南渡江流域水污染防治措施未落实（情景一）与流域水污染防治措施落实后（情景二）两种不同情景。

① 情景一坝下水质预测

情景一采用南渡江流域未落实污染防治措施情况下无算得到的污染负荷。迈湾水库的建设对迈湾坝下水文情势有较大影响，进而影响坝下河流稀释能力，使坝下水环境产生变化。因此在情景一的负荷条件下，分别针对有迈湾水库和无迈湾水库两种工况进行预测，以分析水库建设对坝下河流水环境的影响。

预测结果可知，水库运行后由于对坝下河道的补水作用，对坝下河流水质有一定改善作用，相较于无迈湾工程的情况，坝下河段（特别是在迈湾坝址至龙洲河汇入口区间），在各典型年的丰水月与枯水月水质浓度均有降低。

水库坝下枯水月水质优于丰水月，距离坝址越远水质浓度呈现升高趋势，主要因为南渡江流域以面源污染为主，并且下游污染负荷高于上游。在 2030 年如果未落实流域污染防治措施，工程实施后坝下河道 COD 在山口国控断面至龙塘国控断面之间的河段出现超标，氨氮在绿现水汇入口至龙塘国控断面之间的河段出现超标，TP 在龙塘国控断面附近的河段超标。

根据 COD 预测结果，在无迈湾水库的工况下，丰水年的丰水月 COD 沿程变化范围为 10.8~16.5mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 6.9~10.8mg/L；平水年丰水月 COD 沿程变化范围为 16.8~23.8mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 12.2~17.6mg/L；枯水年丰水月 COD 沿程变化范围 15.0~21.1mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围 13.51~18.3mg/L。在迈湾水库建成运营后，坝下 COD 浓度有一定下降，特别是在坝址至龙洲河汇入口之间的河段浓度下降明显，水库运营后丰水年的丰水月 COD 沿程变化范围为 5.7~16.5mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 4.5~7.9mg/L；平水年丰水月 COD 沿程变化范围为 9.1~23.8mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 11.3~21.51mg/L；枯水年丰水月 COD 沿程变化范围 11.33~21.1mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围 5.3~15.8mg/L。

根据氨氮预测结果，在无迈湾水库的工况下，丰水年的丰水月氨氮沿程变化范围为 0.24~0.68mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.15~0.32mg/L；平水年丰水月氨氮沿程变化范围为 0.38~0.84mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.26~0.52mg/L；枯水年丰水月氨

氮沿程变化范围 0.34~0.61mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围 0.28~0.48mg/L。在迈湾水库建成运营后，坝下氨氮浓度有一定下降，特别是在坝址至龙洲河汇入口之间的河段浓度下降明显，水库运营后丰水年的丰水月氨氮沿程变化范围为 0.11~0.60mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.05~0.32mg/L；平水年丰水月氨氮沿程变化范围为 0.17~0.84mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.05~0.48mg/L；枯水年丰水月氨氮沿程变化范围 0.21~0.72mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围 0.06~0.42mg/L。

根据 TP 预测结果，在无迈湾水库的工况下，丰水年的丰水月 TP 沿程变化范围为 0.08~0.14mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.04~0.07mg/L；平水年丰水月 TP 沿程变化范围为 0.10~0.15mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.06~0.10mg/L；枯水年丰水月 TP 沿程变化范围 0.10~0.14mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围 0.08~0.11mg/L。在迈湾水库建成运营后，坝下 TP 浓度有一定下降，特别是在坝址至龙洲河汇入口之间的河段浓度下降明显，水库运营后丰水年的丰水月 TP 沿程变化范围为 0.03~0.14mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.02~0.07mg/L；平水年丰水月 TP 沿程变化范围为 0.04~0.16mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.04~0.08mg/L；枯水年丰水月 TP 沿程变化范围 0.06~0.15mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围 0.02~0.08mg/L。

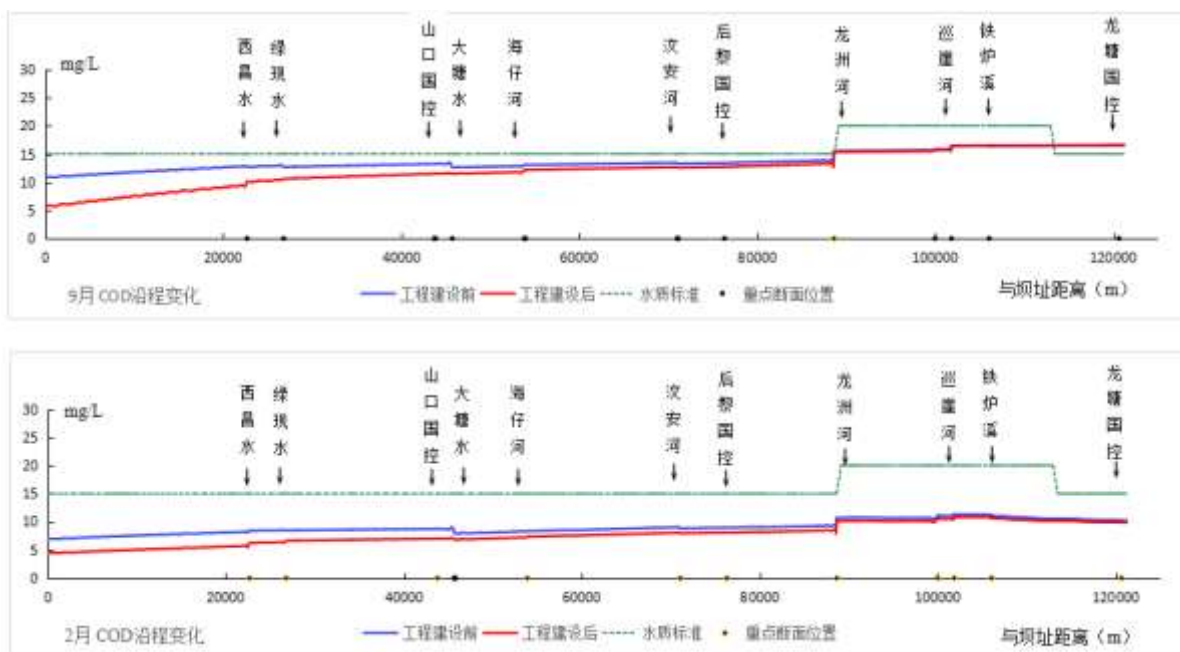


图 5.3-28 情景一负荷条件下坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化图

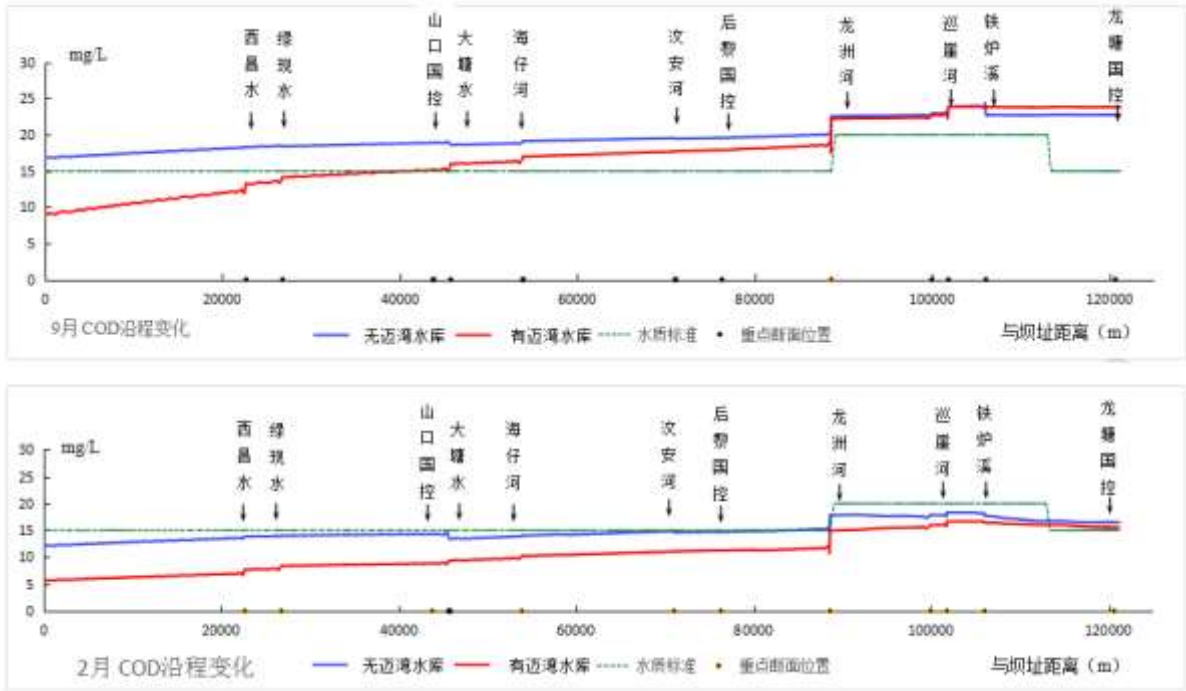


图 5.3-29 情景一负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化图

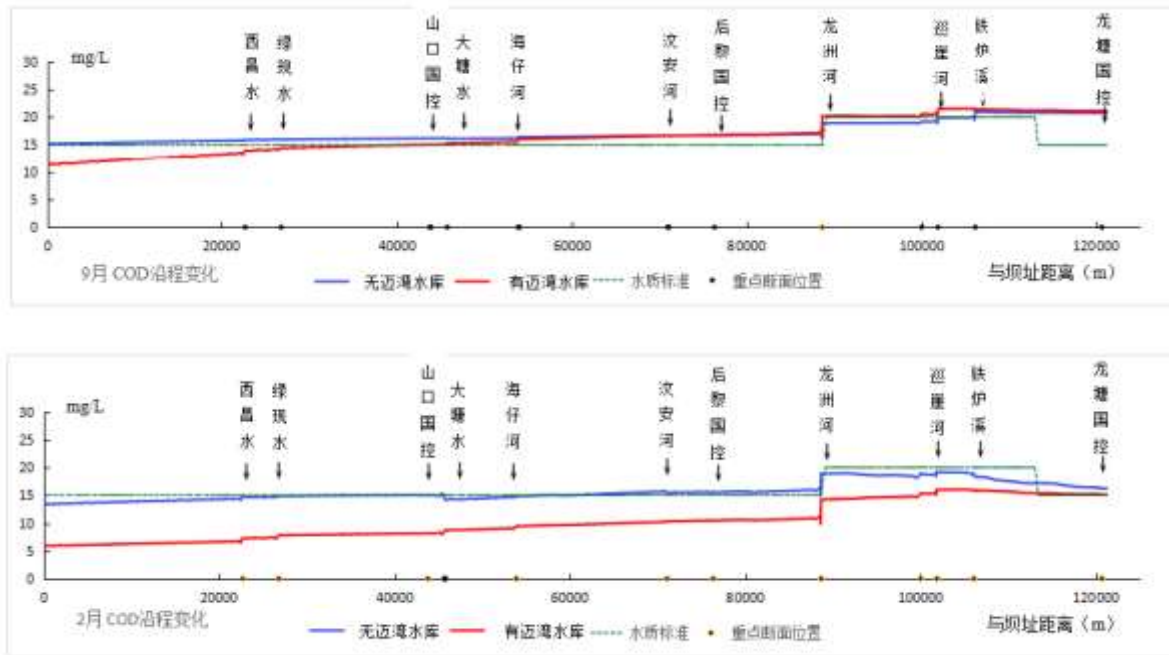


图 5.3-30 情景一负荷条件下坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

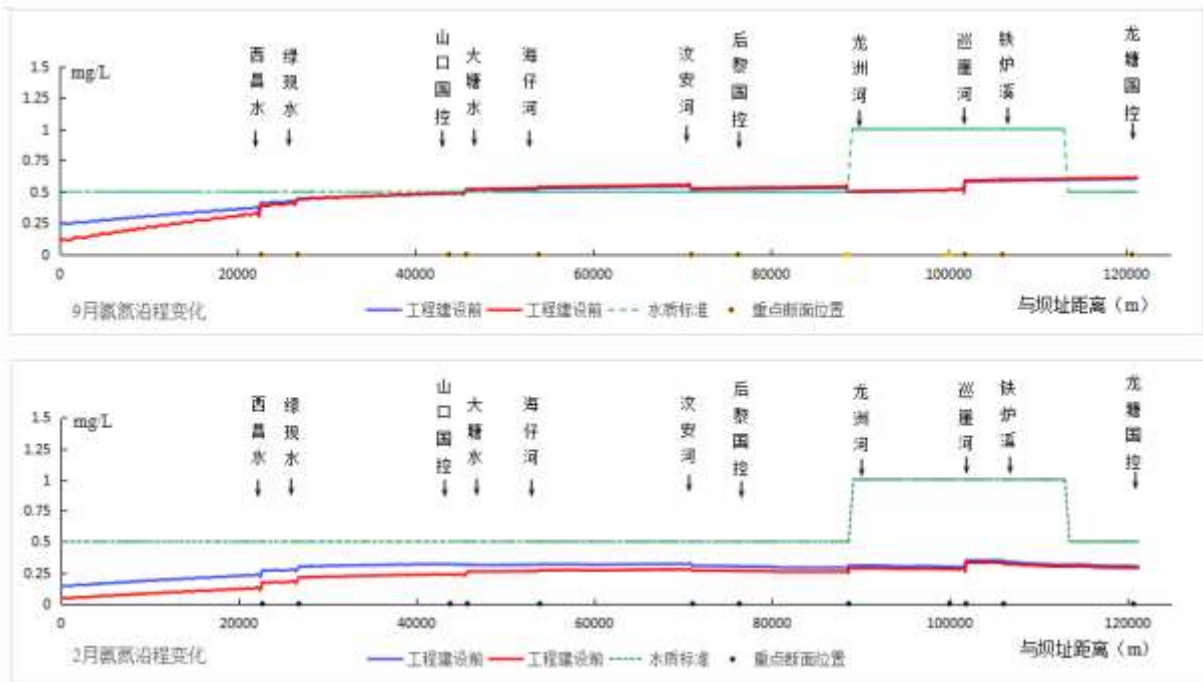


图 5.3-31 情景一负荷条件下坝址下游丰水 (P=10%) 年 9 月与 2 月氨氮沿程变化图

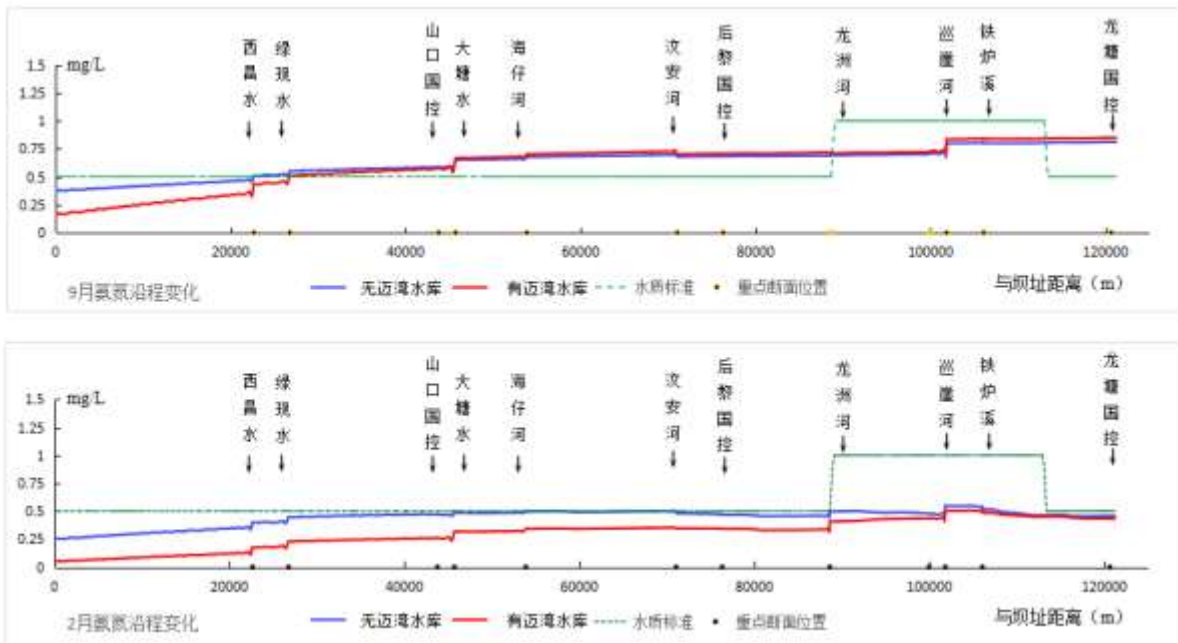


图 5.3-32 情景一负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化图

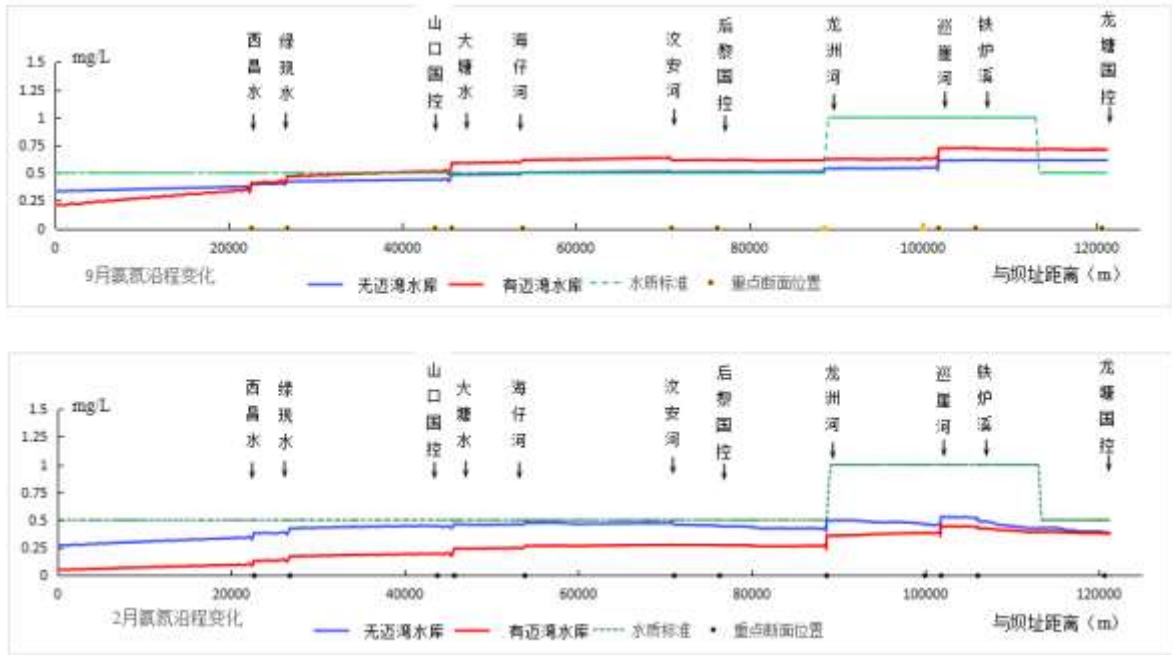


图 5.3-33 情景一负荷条件下坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

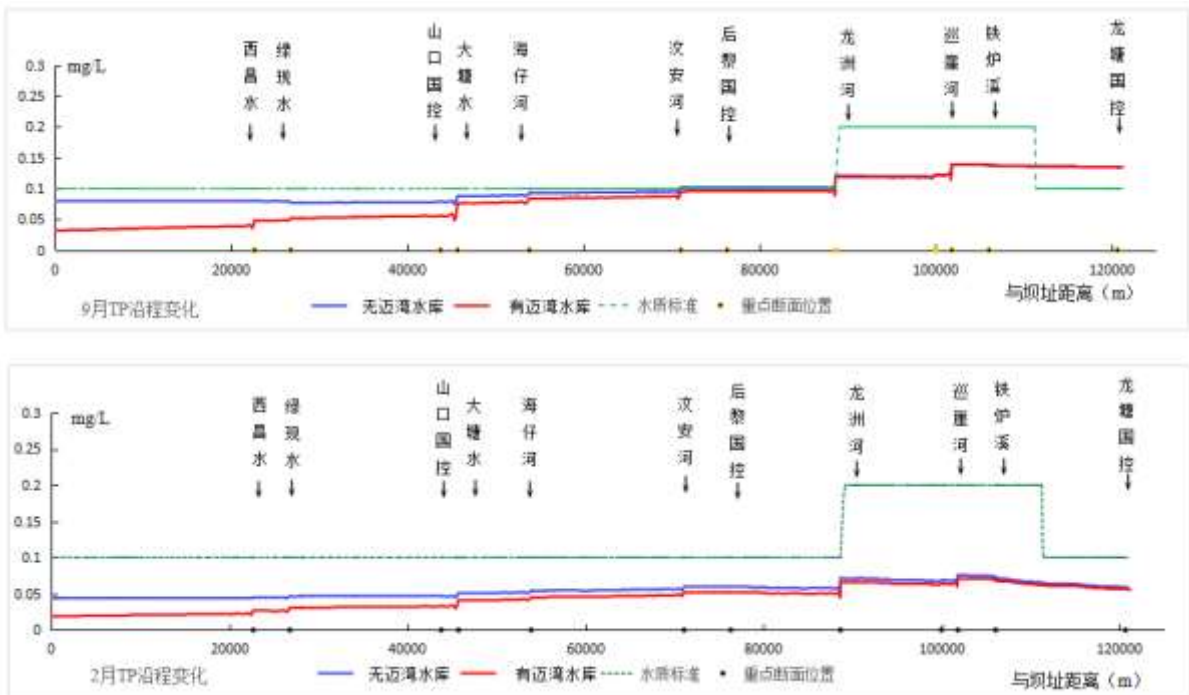


图 5.3-34 情景一负荷条件下坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化图

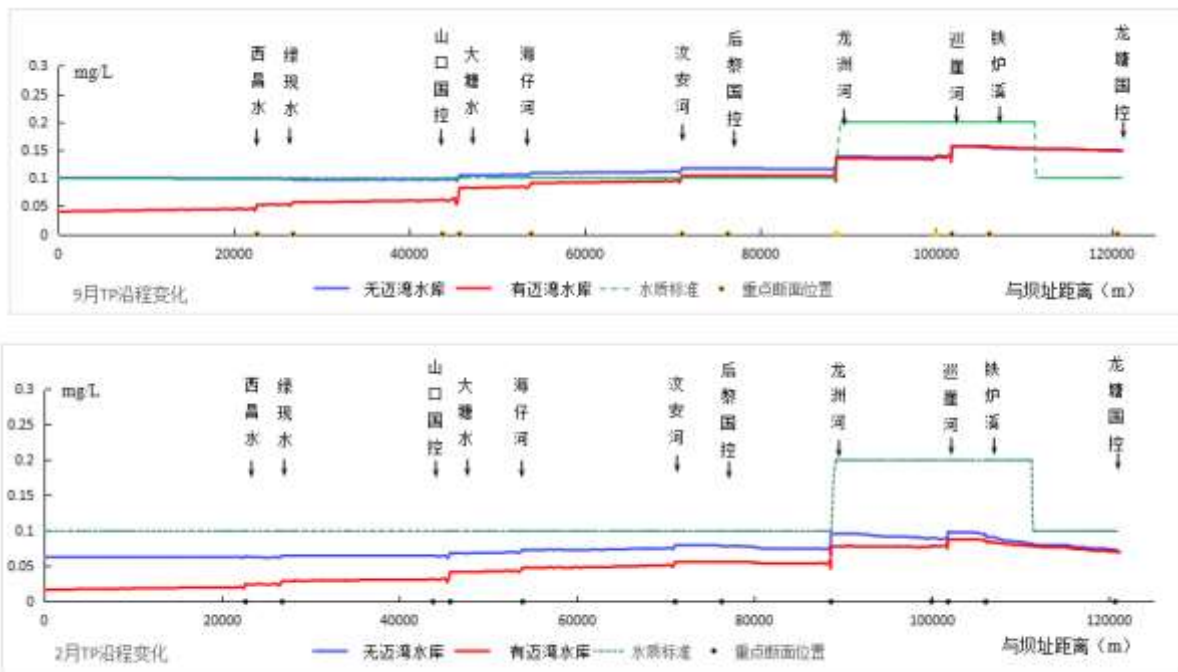


图 5.3-35 情景一负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化图

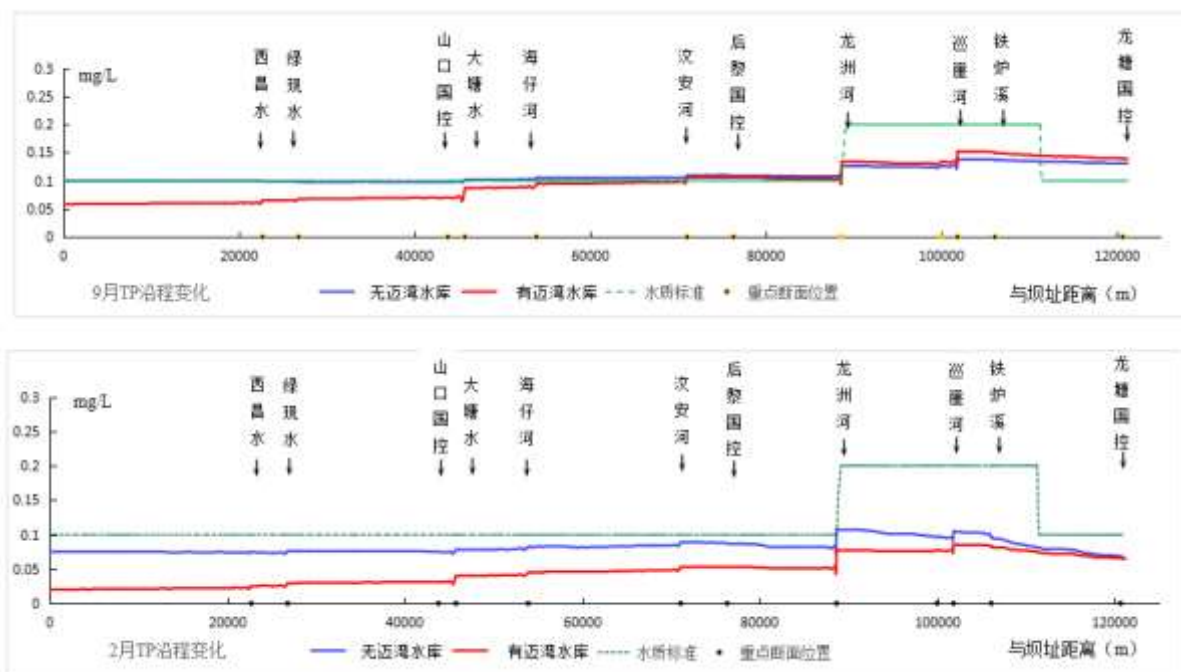


图 5.3-36 情景一负荷条件下坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

② 情景二坝下水质预测

在情景二南渡江流域在污染防治措施落实后，预测得到迈湾水库建设后坝下 COD、氨氮、TP 浓度较情景一污染防治措施未落实的情景有明显降低。根据预测结果，按照水库蓄水至 101m 的调度方案，各水质因子在不同的典型年工况下的丰水月与枯水月均能达到相应水环境功能区的水质要求。

根据污染防治措施落实后的 COD 预测结果，在迈湾水库建设后，丰水年的丰水月 COD 沿程变化范围为 4.97~12.37mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 3.42~9.43mg/L；平水年丰水月 COD 沿程变化范围为 8.05~14.84mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围为 3.44~11.79mg/L；枯水年丰水月 COD 沿程变化范围 7.35~13.88mg/L，枯水月 COD 沿程变化范围 3.55~10.89mg/L。

根据污染防治措施落实后的氨氮预测结果，在迈湾水库建设后，丰水年的丰水月氨氮沿程变化范围为 0.04~0.19mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.04~0.21mg/L；平水年丰水月氨氮沿程变化范围为 0.09~0.29mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围为 0.04~0.18mg/L；枯水年丰水月氨氮沿程变化范围 0.09~0.25mg/L，枯水月氨氮沿程变化范围 0.04~0.17mg/L。

根据污染防治措施落实后的 TP 预测结果，在迈湾水库建设后，丰水年的丰水月 TP 沿程变化范围为 0.01~0.05mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.01~0.02mg/L；平水年丰水月 TP 沿程变化范围为 0.01~0.05mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围为 0.01~0.03mg/L；枯水年丰水月 TP 沿程变化范围 0.02~0.05mg/L，枯水月 TP 沿程变化范围 0.01~0.03mg/L。

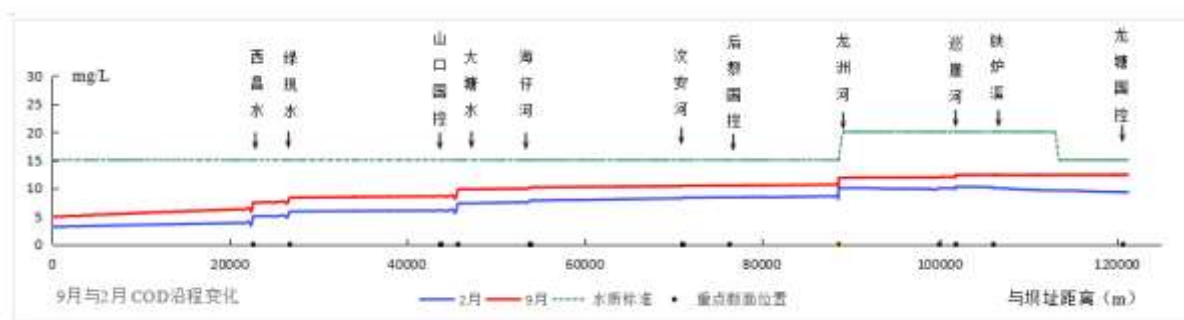


图 5.3-37 情景二负荷条件下坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

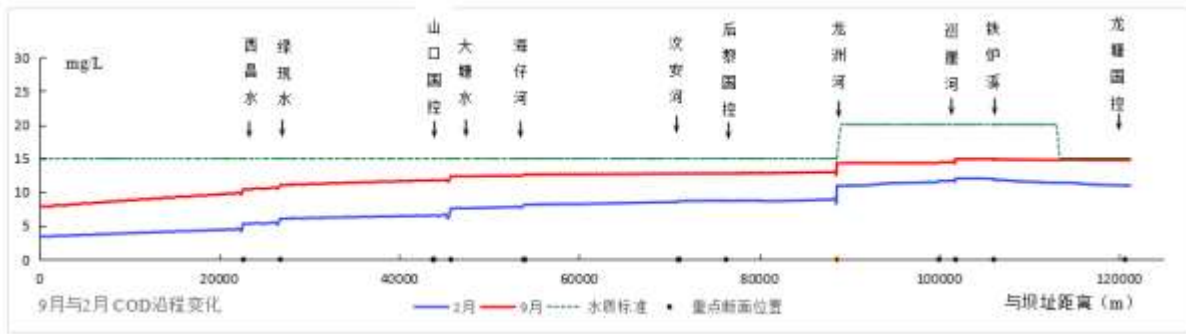


图 5.3-38 情景二负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

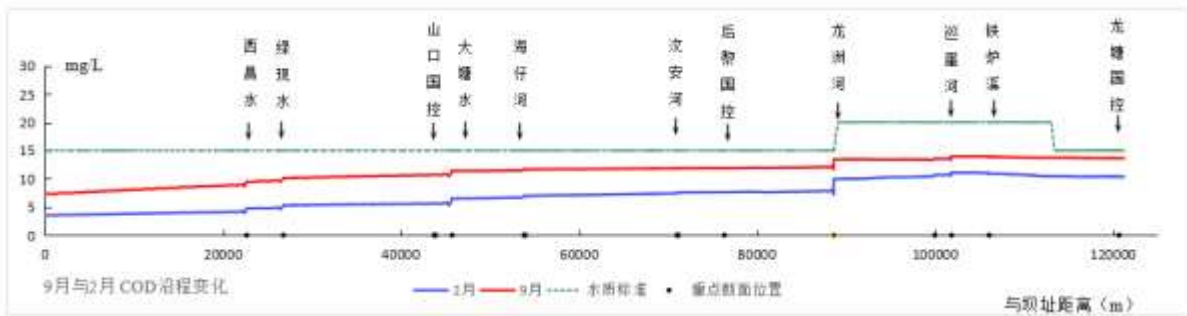


图 5.3-39 情景二负荷条件下坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

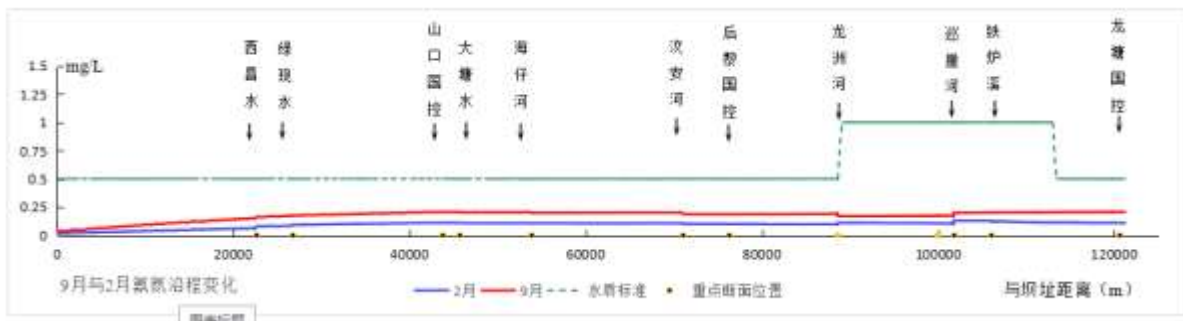


图 5.3-40 情景二负荷条件下坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

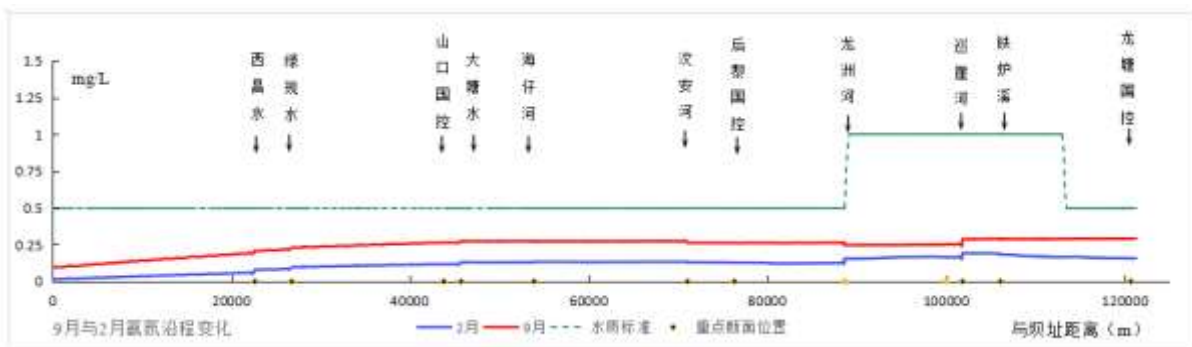


图 5.3-41 情景二负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

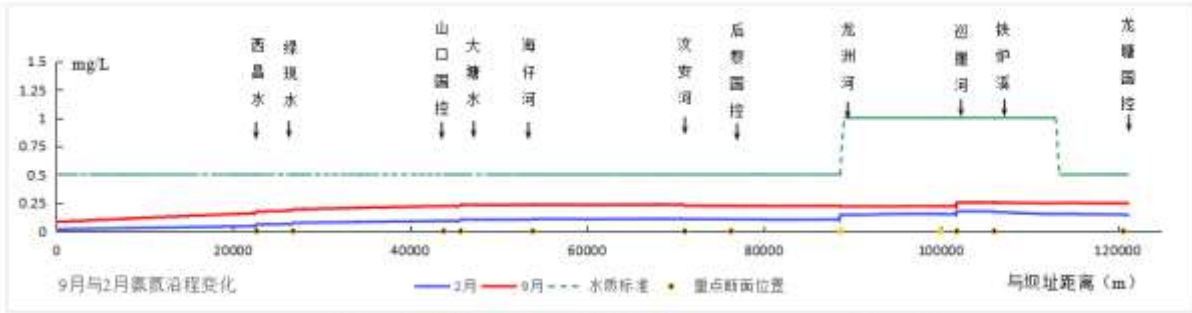


图 5.3-42 情景二负荷条件下坝址下游平水年 (P=90%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

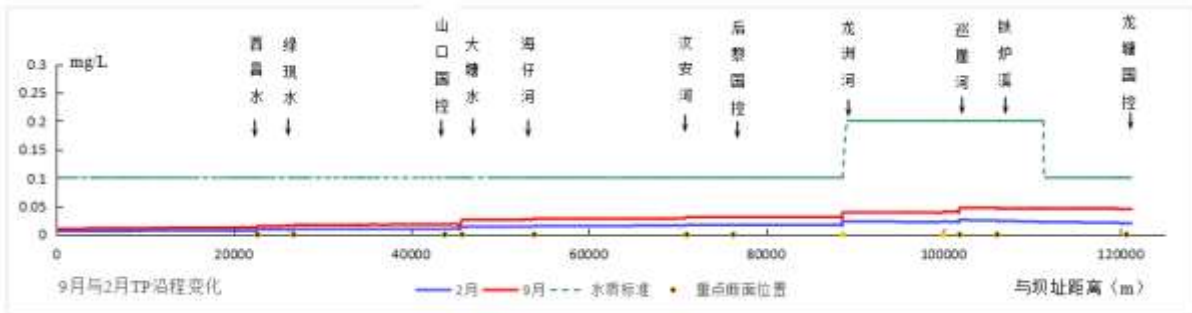


图 5.3-43 情景二负荷条件下坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

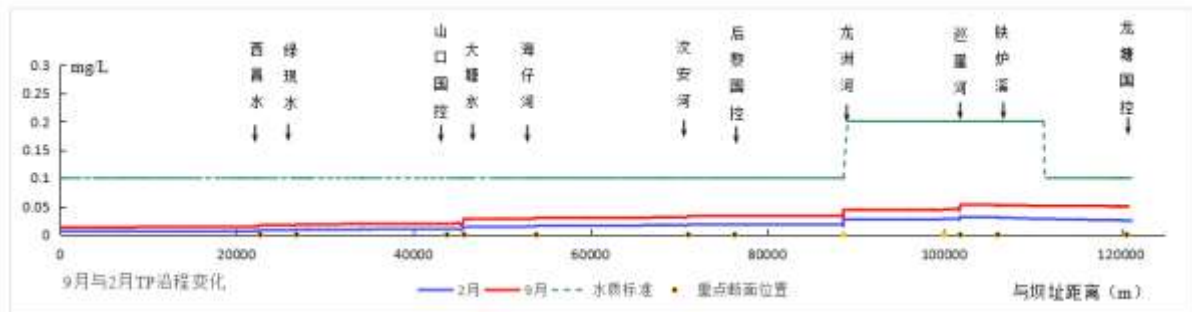


图 5.3-44 情景二负荷条件下坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

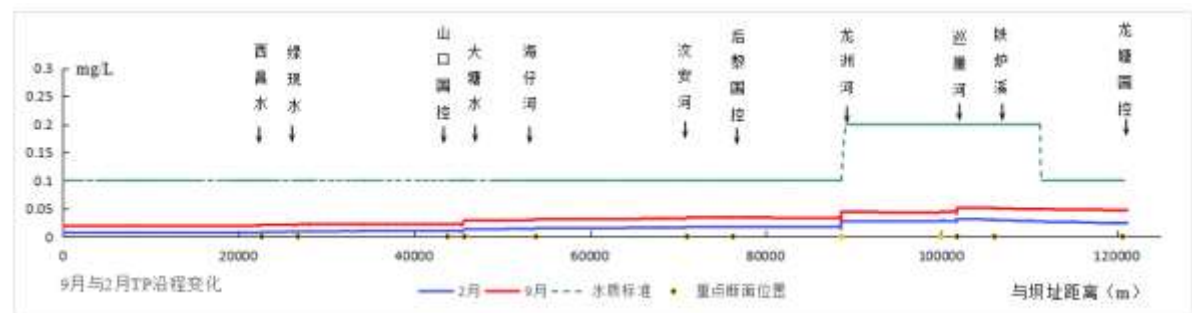


图 5.3-45 情景二负荷条件下坝址下游平水年 (P=90%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

5.3.2.6 小结

经计算，在未落实流域污染防治措施前，近期 2030 年迈湾库区 COD 总入河量为 780.14t，坝下为 19350.36t；迈湾库区氨氮总入河量为 52.12t，坝下为 1268.00t；迈湾库区 TP 总入河量为 13.84t，坝下为 332.12t；迈湾库区 TN 总入河量为 146.61t，坝下为 3628.34t。在落实流域污染防治措施后，2030 年迈湾库区 COD 总入河量削减至为 318.08t，坝下削减至 7135.27t；迈湾库区氨氮总入河量削减至 27.29t，坝下削减至 563.41t；迈湾库区 TP 总入河量削减至 4.88t，坝下削减至 125.73t；迈湾库区 TN 总入河量削减至 69.85t，坝下削减至 1832.94t。

根据 2030 年水库蓄水至 101m 水位的运行调度规则对库区 COD、氨氮、TP、TN 水质因子进行预测，结果显示库区枯水月水质优于丰水月，一方面因为库区以面源污染为主，另一方面由于松涛水库补水对枯水期水质有明显的改善作用。如果在 2030 年库区未落实污染防治措施，库区 COD 在枯水年的丰水月超地表水二类水质标准，TN 与 TP 在各个典型年均出现超标，库区呈现轻度富营养化。如果在 2030 年根据流域污染防治规划落实污染控制措施后，库区水质除 TP 在丰水期略有超标外，其他时期各水质因子均达到地表水二类水质标准，库区总体呈现中营养，富营养化风险较低。

水库运行后由于对坝下河道的补水作用，对坝下河流水质有一定改善作用，特别是在迈湾坝址至龙洲河汇入口之间的河段，在各典型年的丰水月与枯水月均有明显改善。在 2030 年如果未落实流域污染防治措施，坝下河道 COD 在山口国控断面至龙塘国控断面之间的河段出现超标，氨氮在绿现水汇入口至龙塘国控断面之间的河段出现超标，TP 在龙塘国控断面附近的河段超标。在 2030 年如果按照南渡江已制定的流域污染防治措施进行了严格落实，各水质因子在各典型年均能达标。

5.3.3 河口水环境影响预测评价

龙塘坝址下游长约 25.6km 的河口区域水位、流速、盐度和悬浮物等水力参数的分布特征受外海潮汐和龙塘下泄流量共同作用。迈湾水库运行后，将对龙塘坝址下泄流量过程产生影响，从而对河口区域的水位、流速、盐度和悬浮物等要素的沿程分布造成影响。采用三维水力学及水质模型计算分析河口区域水环境影响程度。

5.3.3.1 河口区域水环境预测数学模型及验证

(1) 数学模型介绍

① 水动力学方程组

A 水流连续方程：

$$\frac{\partial}{\partial t}(m\zeta) + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hv) + \frac{\partial}{\partial z^*}(mw^*) = 0 \quad 5.3-(36)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(m\zeta) + \frac{\partial}{\partial x}\left(m_y H \int_0^1 u dz^*\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(m_x H \int_0^1 v dz^*\right) = 0 \quad 5.3-(37)$$

B 动量守恒方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(mHu) + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Huu) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hvu) + \frac{\partial}{\partial z^*}(mw^*u) - \left(mf + v \frac{\partial m_y}{\partial x} - u \frac{\partial m_x}{\partial y}\right)Hu = \\ -m_y H \frac{\partial}{\partial x}(g\zeta + P) - m_y \left(\frac{\partial h}{\partial x} - z^* \frac{\partial H}{\partial x}\right) \frac{\partial P}{\partial z^*} + \frac{\partial}{\partial z^*}\left(mH^{-1}A_v \frac{\partial v}{\partial z^*}\right) + Q_u \end{aligned} \quad 5.3-(38)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(mHv) + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Huv) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hvv) + \frac{\partial}{\partial z^*}(mw^*v) + \left(mf + v \frac{\partial m_y}{\partial x} - u \frac{\partial m_x}{\partial y}\right)Hu = \\ -m_x H \frac{\partial}{\partial y}(g\zeta + P) - m_x \left(\frac{\partial h}{\partial y} - z^* \frac{\partial H}{\partial y}\right) \frac{\partial P}{\partial z^*} + \frac{\partial}{\partial z^*}\left(mH^{-1}A_v \frac{\partial v}{\partial z^*}\right) + Q_v \end{aligned} \quad 5.3-(39)$$

$$\frac{\partial P}{\partial z^*} = -gH(\rho - \rho_0)\rho_0^{-1} = -gHb \quad 5.3-(40)$$

C 状态方程:

$$\rho = \rho(P, S, T) \quad 5.3-(41)$$

② 盐度方程

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(mHS) + \frac{\partial}{\partial x}(m_y HuS) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x HvS) + \frac{\partial}{\partial z^*}(mw^*S) = \\ \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{m_y}{m_x} HA_H \frac{\partial S}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{m_x}{m_y} HA_H \frac{\partial S}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z^*}\left(mH^{-1}A_b \frac{\partial S}{\partial z^*}\right) + Q_s \end{aligned} \quad 5.3-(42)$$

方程中 u 、 v 是曲线正交坐标系下的 x 、 y 方向上的流速分量(m/s); m_x 、 m_y 、 $m=m_x m_y$ 是 Jacobian 曲线正交坐标转换的度量系数。垂向 σ 坐标转换为:

$$z^* = (z + h) / (\zeta + h) \quad 5.3-(43)$$

其中 z 代表 σ 转换前实际垂向物理坐标(m); z^* 代表 σ 转换后的垂向计算坐标, 转换后 z^* 的值在 0 至 1 之间变化, 0 为河床, 1 为水面, 而根据其换算公式, z^* 无量纲; $-h$ 、 ζ 分别是河床和自由水面高程(m)。垂向流速在 σ 坐标下的转换为:

$$w^* = w - z^* \left(\frac{\partial \zeta}{\partial t} + u m_x^{-1} \frac{\partial \zeta}{\partial x} + v m_y^{-1} \frac{\partial \zeta}{\partial y}\right) + (1 - z^*) \left(u m_x^{-1} \frac{\partial h}{\partial x} + v m_y^{-1} \frac{\partial h}{\partial y}\right) \quad 5.3-(44)$$

其中 w^* 是 σ 坐标下垂向流速(m/s), w 为转换前垂向流速(m/s)。总水深 $H=h+\zeta$ 是相对基准面至自由水面和床底的深度之和(m); P 是相对静水压力(m²/s²), $P=gH(1-z^*)$;

f 是 Coriolis 系数; A_v 是垂向紊动粘滞系数(m^2/s); A_b 是垂向紊动扩散系数(m^2/s); A_H 为水平紊动扩散系数(m^2/s) Q_u 、 Q_v 是动量源汇项; 密度 $\rho(kg/m^3)$ 由关于盐度 S 和温度 T 的状态方程确定; 相对浮力 $b=(\rho-\rho_0)/\rho_0$, 无量纲。

③ 垂向扩散及紊动方程

模型采用 Mellor-Yamada2.5 阶湍流闭合模型。垂向涡粘系数 A_v 和垂向紊动扩散系数 A_b 通过求解紊动能量 q^2 和紊动尺度 l 的紊动方程确定:

$$A_v = \phi_v q l = 0.4(1 + 36R_q)^{-1} (1 + 6R_q)^{-1} (1 + 8R_q) q l \quad 5.3-(45)$$

$$A_b = \phi_b q l = 0.5(1 + 36R_q)^{-1} q l \quad 5.3-(46)$$

$$R_q = \frac{gH}{q^2} \frac{\partial b}{\partial z^*} \frac{l^2}{H^2} \quad 5.3-(47)$$

$$b = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0} \quad 5.3-(48)$$

紊动能量 q^2 和紊动尺度 l 输运方程为:

$$\frac{\partial}{\partial t} (mHq^2) + \frac{\partial}{\partial x} (m_y H u q^2) + \frac{\partial}{\partial y} (m_x H v q^2) + \frac{\partial}{\partial z^*} (m w^* q^2) = \quad 5.3-(49)$$

$$\frac{\partial}{\partial z^*} \left(mH^{-1} A_q \frac{\partial}{\partial z^*} q^2 \right) + Q_u + 2mH^{-1} A_v \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z^*} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z^*} \right)^2 \right] + 2mgA_b \frac{\partial b}{\partial z^*} - 2mH (B_1 l)^{-1} q^3$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (mHq^2 l) + \frac{\partial}{\partial x} (m_y H u q^2 l) + \frac{\partial}{\partial y} (m_x H v q^2 l) + \frac{\partial}{\partial z^*} (m w^* q^2 l) = \frac{\partial}{\partial z^*} \left(mH^{-1} A_q \frac{\partial}{\partial z^*} q^2 l \right) + \quad 5.3-(50)$$

$$Q_u + mH^{-1} E_1 l A_v \left[\left(\frac{\partial u}{\partial z^*} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial z^*} \right)^2 \right] + mgE_1 E_3 A_b \frac{\partial b}{\partial z^*} - mH B_1^{-1} q^3 (1 + E_2 (\kappa L)^{-2} l^2)$$

$$L^{-1} = H^{-1} (z^{*-1} + (1 - z^*)^{-1}) \quad 5.3-(51)$$

式中: ϕ_v 、 ϕ_b 分别为垂向密度分层对垂向掺混的一种减弱和增强作用的函数; B_1 、 E_1 、 E_2 、 E_3 为常数; Q_u 、 Q_v 为相应的源汇项; κ 为卡曼常数; 垂向扩散系数 A_q 一般取为等于垂向涡粘系数 A_v 。

在水面和底部($z=0,1$ 时)的边界条件:

$$q_z = B_1^{2/3} |\tau_z| \quad l_z = 0$$

τ_z 为水面和库底的应力向量($z=0,1$)。水表面应力根据设定的风场计算出, 水底应力的给定则需要利用最底层网格的速度分量和设定的库底粗糙高度 Z_0 计算得出。

④ 泥沙(悬浮物)输移扩散方程

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(m_x m_y H C) + \frac{\partial}{\partial x}(m_y H u C) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x H v C) + \frac{\partial}{\partial z^*}(m_x m_y w^* C) - \frac{\partial}{\partial z^*}(m_x m_y w_s C) \\ & = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{m_y}{m_x} H A_H \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{m_x}{m_y} H A_H \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z^*}\left(m_x m_y \frac{A_b}{H} \frac{\partial C}{\partial z^*}\right) + Q_s \end{aligned} \quad 5.3-(52)$$

式中， C 为物质浓度，此处为泥沙(悬浮物)浓度(g/m^3)； u 、 v 为 x 、 y 方向的流速分量(m/s)， A_H 为水平紊动扩散系数(m^2/s)，由 Smagorinsky 公式求解。 Q_s 为外部源汇项。

再悬浮通量 J_r 可表示为：

$$J_r = \frac{d m_e}{d t} \left(\frac{\tau_b - \tau_{ce}}{\tau_{ce}} \right)^\alpha, \tau_b > \tau_{ce} \quad 5.3-(53)$$

式中， $d m_e / d t$ 为床底单位面积的表面侵蚀速率，单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ， τ_{ce} 为再悬浮即表面侵蚀的临界应力， α 为侵蚀指数，这3个参数需率定后设定； τ_b 为底部切应力，由水动力模块计算结果提供。

泥沙沉积通量 J_d 可表示为：

$$\begin{aligned} J_d & = -w_s C_b \left(\frac{\tau_{cd} - \tau_b}{\tau_{cd}} \right), \tau_b \leq \tau_{cd} \\ J_d & = 0, \tau_b > \tau_{cd} \end{aligned} \quad 5.3-(54)$$

式中， $d m_e / d t$ 为床底单位面积的表面侵蚀速率，单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ， τ_{ce} 为再悬浮即表面侵蚀的临界应力(N/m^2)， α 为侵蚀指数，这3个参数需率定后设定； τ_b 为底部切应力(N/m^2)，由水动力模块计算结果提供。

沉降速度 w_s 是非常关键的泥沙输运计算参数，黏性泥沙的沉降与泥沙粒径、水体含沙量、湍流强度以及流速切变等诸多复杂的因素相关，通常需要人为根据研究区域的特点将其参数化。本模型中，沉降速度采用 Hwang 等提出的公式计算沉降速度，如下：

$$w_s = \frac{a S^n}{(S^2 + b^2)^m} \quad 5.3-(55)$$

方程中 a 、 b 、 m 和 n 为4个参数。该方程的曲线是一条抛物线，在低含沙量条件下，沉降速度随着含沙量的降低而减小，在高含沙量条件下，沉降速度随着含沙量的增加而减少。采用这一公式计算沉降速度时， w_s 的单位采用 mm/s ，泥沙浓度 S 的单位采用 g/L 。

(2) 模型计算范围

外海边界计算范围为南渡江入海口所在琼州海峡附近海域，见图 5.3-37，采用贴体正交曲线网格对计算区域进行划分，共 8242 个网格。河口区域计算范围为龙塘坝址至

入海口 25.6km 河段，见图 5.3-46，采用正交曲线网格对计算区域进行划分，共 8569 个网格。

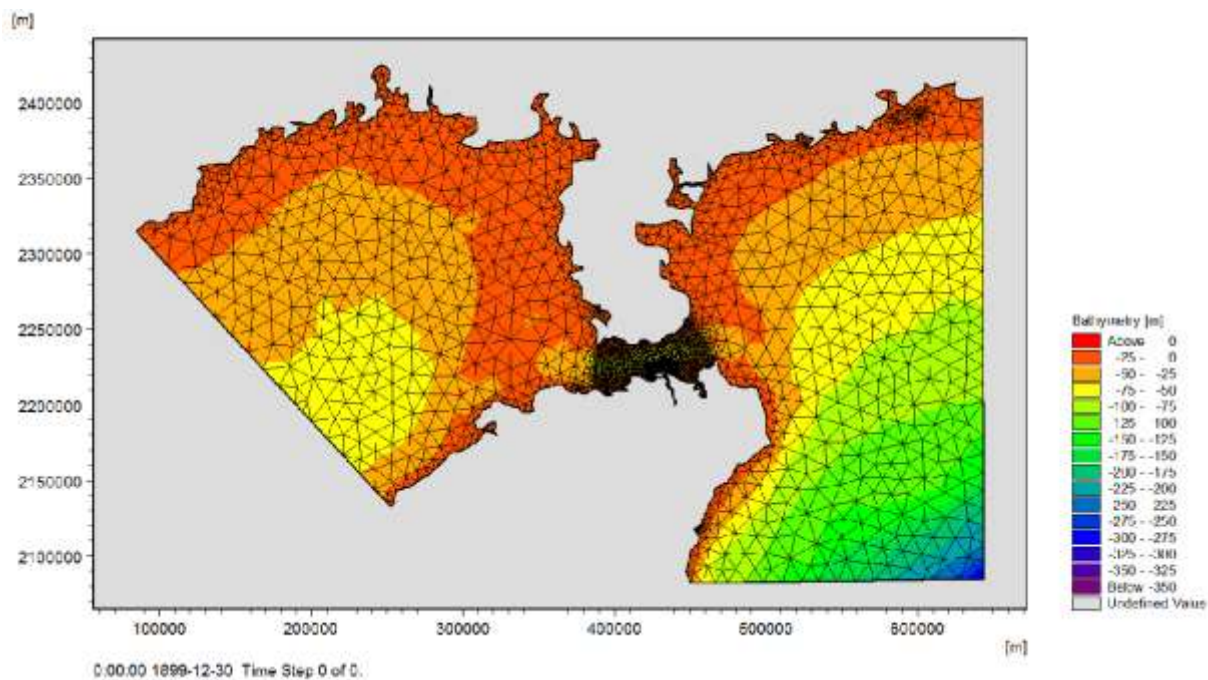


图 5.3-46 外海边界计算范围

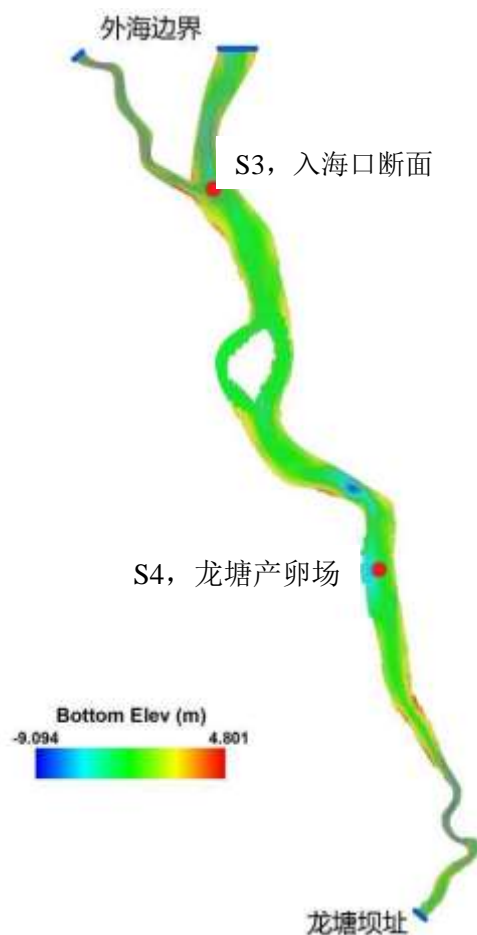


图 5.3-47 河口区域计算范围

(3) 模型验证

① 外海边界计算模型验证

外海边界计算模型验证采用 2016 年 6 月 28 日 12:00~2016 年 7 月 6 日 8:00 逐时实测水位、流速、流向资料作为模型验证资料，其中 S1 测量逐时潮位，S2 测量逐时潮位、流速、流向，各测点位置关系见图 5.3-48。模型验证结果见图 5.3-49、图 5.3-50，S1 和 S2 潮位逐时最大误差分别为 0.10m 和 0.15m，S2 大潮流速逐时最大误差 0.18m/s，小潮流速误差 0.12m/s，S2 流向吻合较好。由此可见，大范围模型水位、流速模拟结果较可信，可用于河口区域模型外海潮位边界中。



图 5.3-48 各观测点位置图

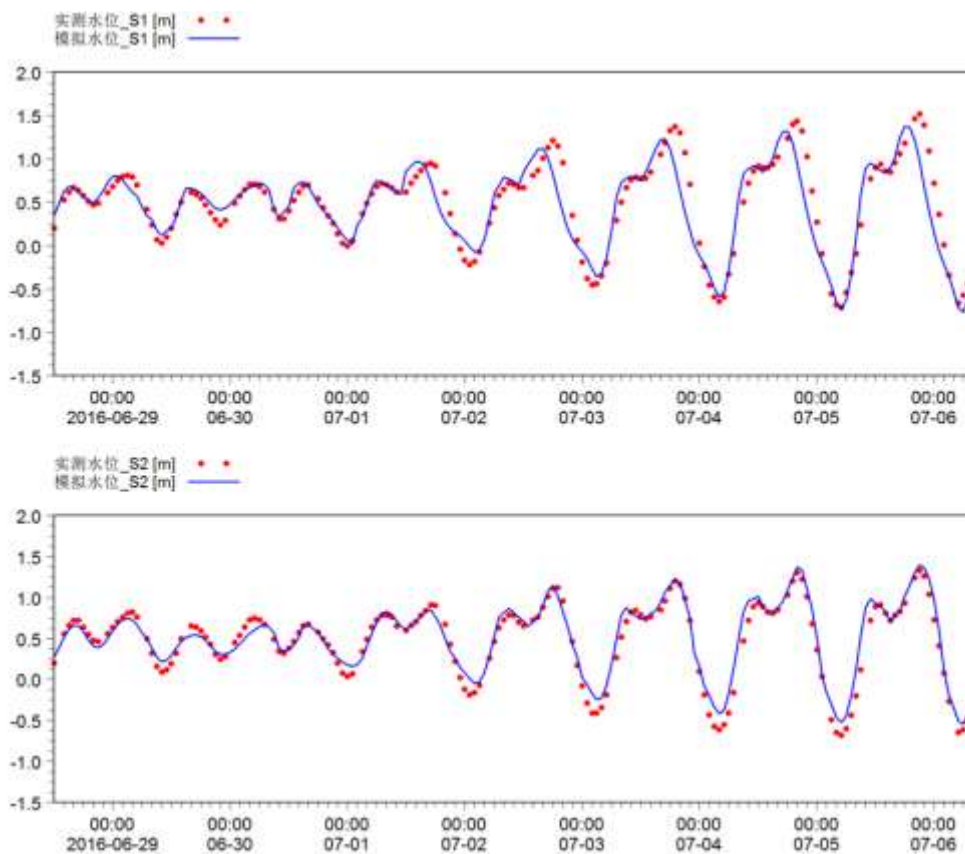


图 5.3-49 大范围外海边界模型水位验证结果图

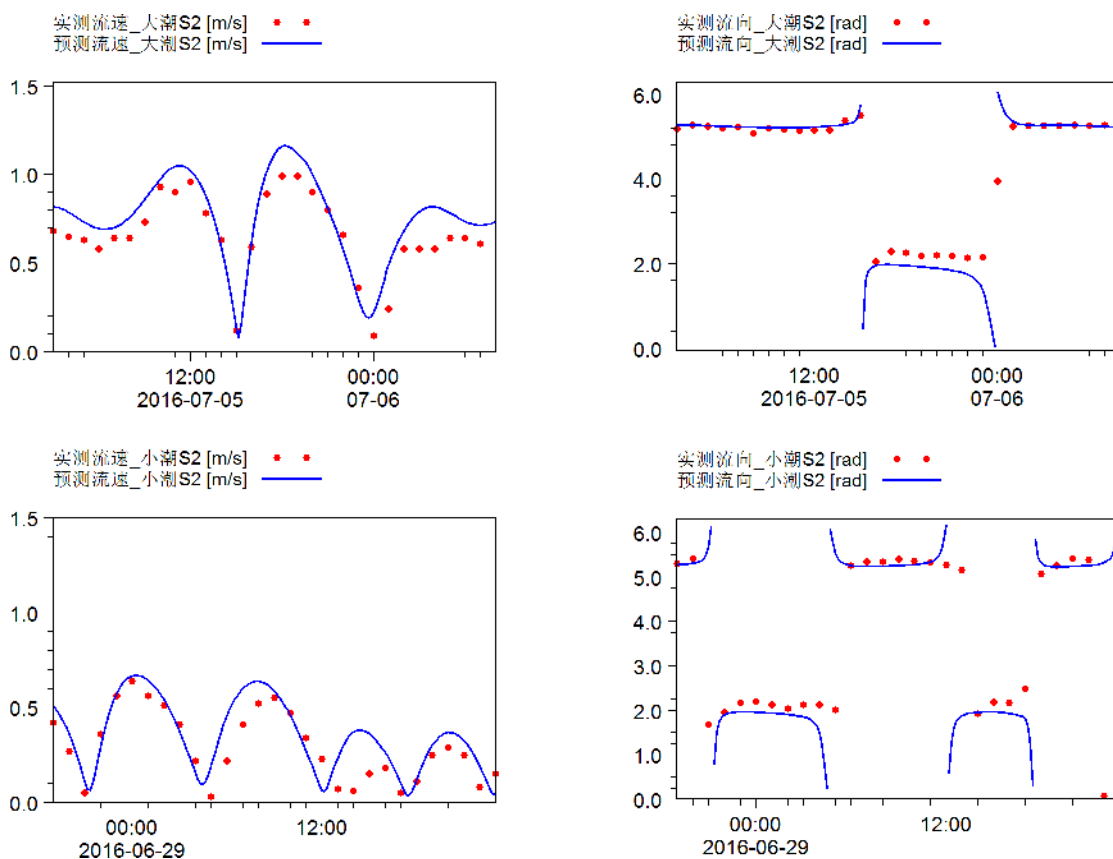


图 5.3-50 大范围外海边界模型流速、流向验证结果图

② 河口区域模型验证

河口区域模型预测内容包括潮位(水位)、流速、盐度和悬浮物浓度，采用 S3 和 S4 观测点处(见图 5.3-51)小潮期(6月28日19:00~6月29日23:00)和大潮期(7月5日3:00~7月6日7:00)的观测资料对河口区域模型进行验证。模型率定时外海边界采用同步观测的 S1 和 S2 测点实测资料。模型验证结果见图 5.3-43~图 5.3-49，其中 S3 观测点潮位最大误差为 0.28m，S4 点在小潮期内的模拟结果较好，在大潮期内的模拟结果出现了一定的偏差，最大偏差为 0.39m；流速和流向模拟结果存在一定的偏差，但模拟出的整体变化趋势与实际情况基本贴合；S3 观测点盐度平均相对误差大潮为 17.86%，小潮为 14.14%，S4 观测点盐度平均相对误差大潮为 37.08%，小潮为 188.91%；S3 观测点悬浮物平均相对误差大潮为 16.30%，小潮为 22.31%，S4 观测点悬浮物平均相对误差大潮为 63.86%，小潮为 56.68%；S3 点的模拟结果吻合较好，S4 点的模拟值出现了较为明显的误差，但考虑到模拟忽略了风、浪等环境因素的影响，可基本反演出该水域盐度及悬浮物浓度场在大、小潮期的时空变化特征。由此可见，河口区域水动力及水质模型可用于河口区域水位、流速、盐度和悬浮物等要素的模拟预测。

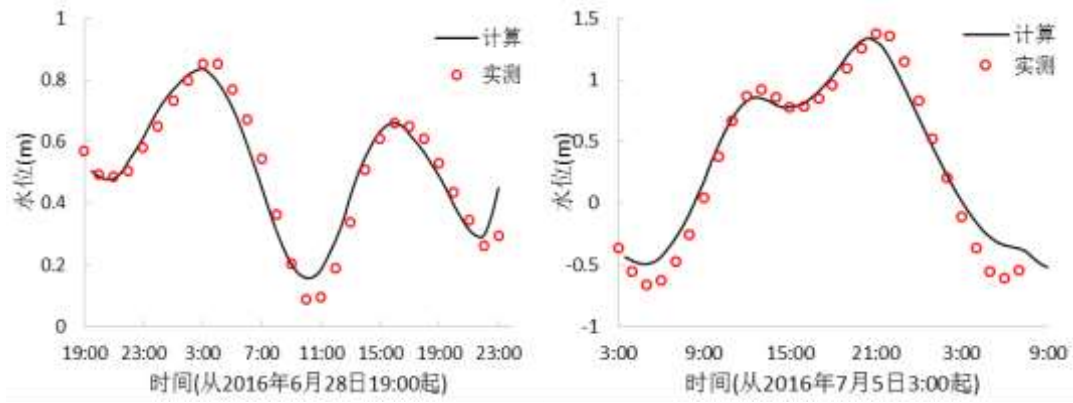


图 5.3-51 S3 观测点水位实测与计算结果对比图

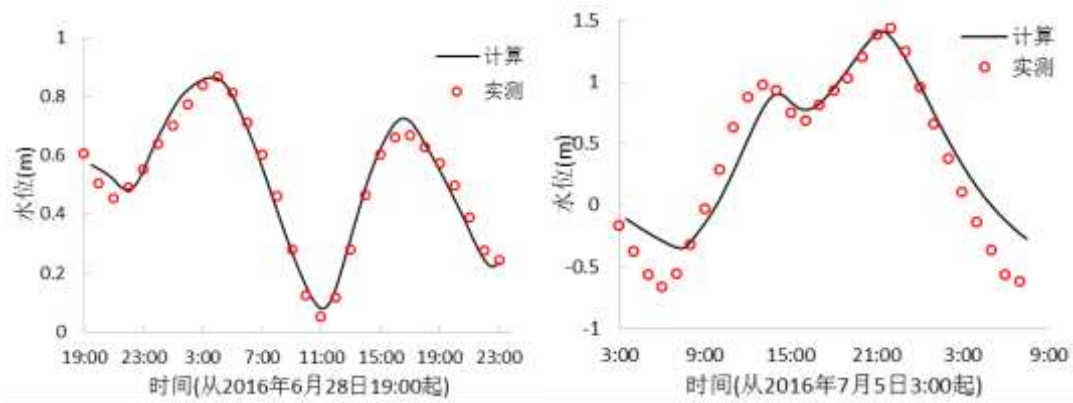


图 5.3-52 S4 观测点水位实测与计算结果对比图

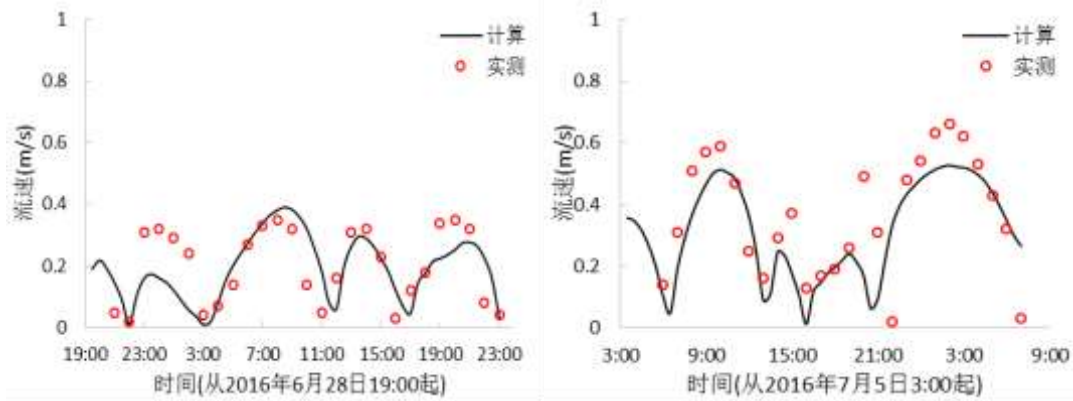


图 5.3-53 S3 观测点流速实测与计算结果对比图

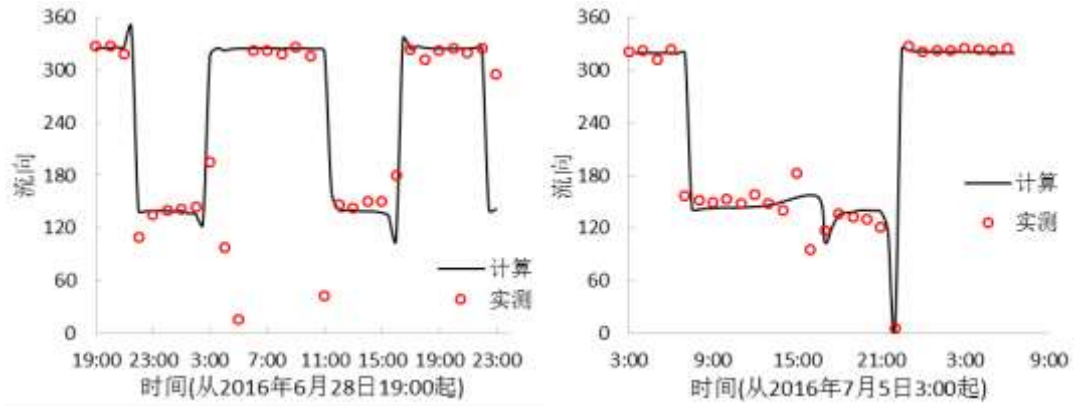


图 5.3-54 S3 观测点流向实测与计算结果对比图

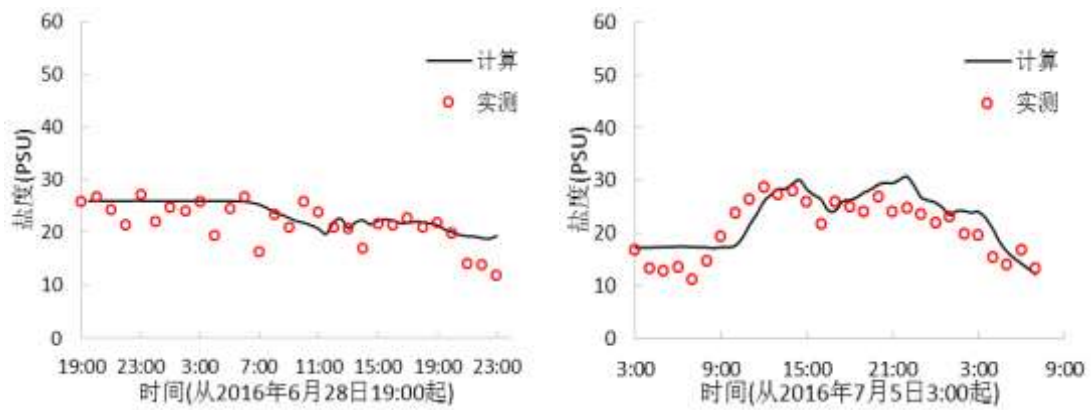


图 5.3-55 S3 观测点盐度实测与计算结果对比图

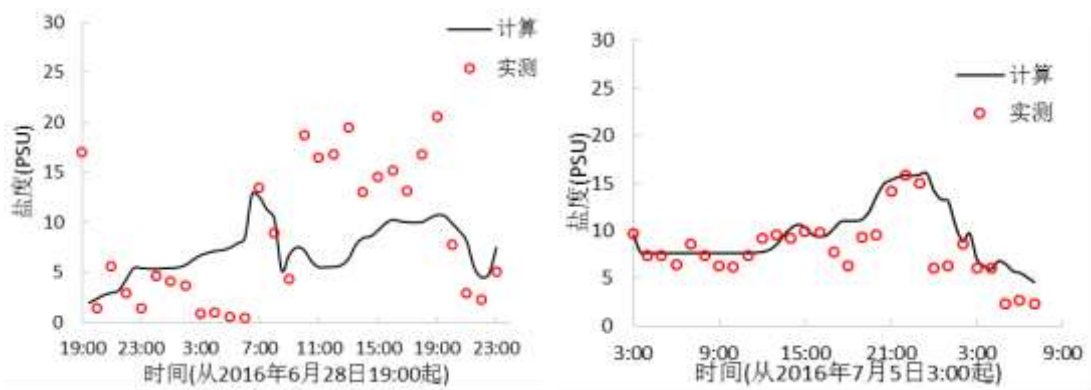


图 5.3-56 S4 观测点盐度实测与计算结果对比图

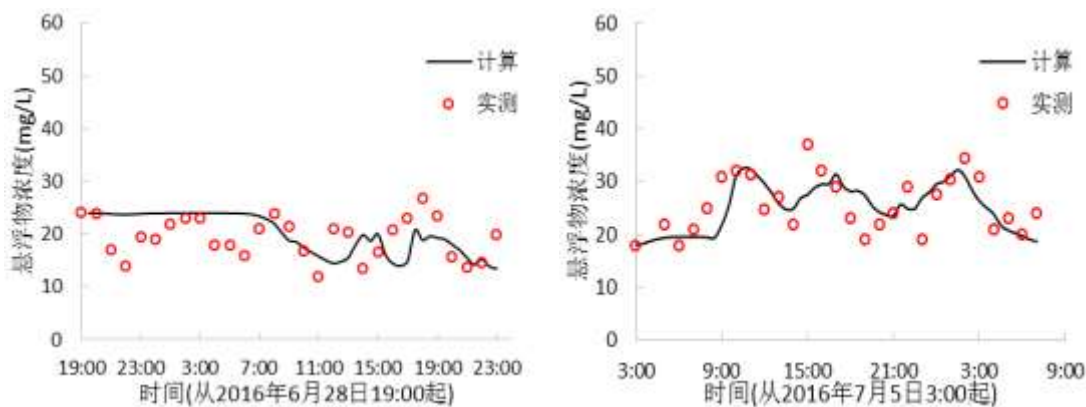


图 5.3-57 S3 观测点悬浮物浓度实测与计算结果对比图

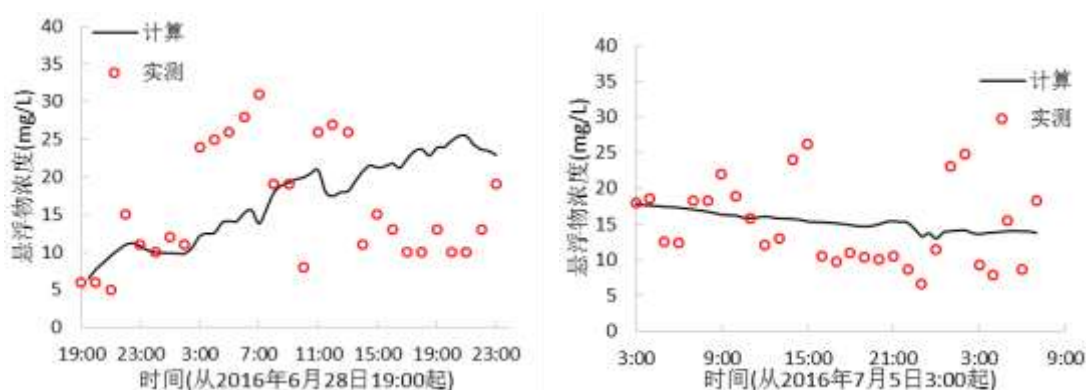


图 5.3-58 S4 观测点悬浮物浓度实测与计算结果对比图

(4) 预测工况

根据迈湾坝址和龙塘坝址断面长序列逐旬调算，在近期 2030 年，各典型年迈湾水库运行前后，龙塘坝址下泄流量最大增幅出现在特枯水年 8 月上旬，增幅为 131.88%，流量由迈湾工程建设前的 $86.9\text{m}^3/\text{s}$ 增加至迈湾运行后的 $201.5\text{m}^3/\text{s}$ ；龙塘坝址下泄流量最大减幅出现在特枯水年 5 月下旬，减幅为 22.85%，流量由迈湾工程建设前的 $231.5\text{m}^3/\text{s}$ 减少至迈湾运行后的 $178.6\text{m}^3/\text{s}$ 。河口水环境影响主要针对龙塘断面流量变幅(增幅和减幅)最明显情况进行分析，此外，开展迈湾水库运行后枯水年逐月盐水上溯距离分布情况预测分析。

水质边界中，由于受龙塘坝址阻隔作用，经龙塘滚水坝下泄的水体不受潮汐影响，其盐度为 0PSU，外海边界盐度采用近岸海水盐度 32PSU。上游龙塘下泄的悬浮物浓度参考《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》中推算的南渡江引水工程建成后情况下的各月份的下泄悬浮物浓度，入海口处悬浮物浓度则根据 2016 年 6、7 月份实测数据以及《海南省海口市南渡江引水工程环境影响报告书》中的预测结果所表现出的季节性规律进行设置。

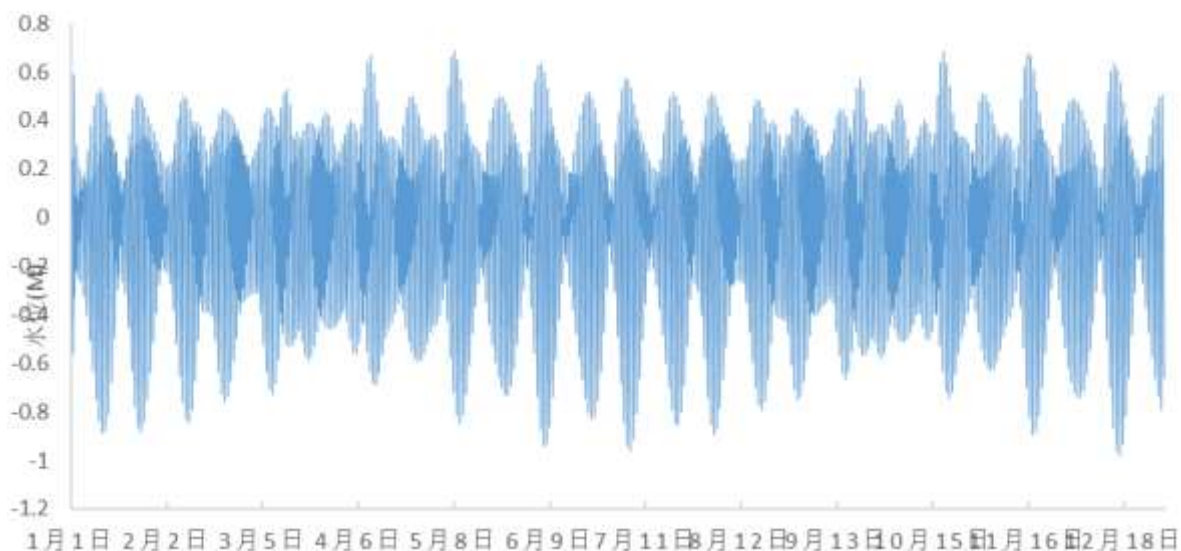


图 5.3-59 工况 4 外海边界潮汐全年过程

5.3.3.2 河口区域水位、流速影响预测分析

选取两个典型断面分析迈湾水库运行前后龙塘下泄流量的变化对河口区域水位、流速的影响程度,一个断面是 S3(入海口上游约 3.7km 分岔口处,龙塘坝址下游约 21.9km),一个断面为产卵场断面(龙塘坝址下游约 10.4km,入海口上游约 15.2km),两断面位置见图 5.3-60。

(1) 迈湾运行前后旬均流量最大增幅工况

经计算分析,迈湾运行前后旬均流量最大增幅工况条件下,上游来流流量从 $86.9\text{m}^3/\text{s}$ 增加到 $201.5\text{m}^3/\text{s}$ 。在此影响下, S3 和龙塘产卵场处的水位平均分别升高 0.07m 和 0.23m 左右。迈湾水库运行前后旬均流量最大增幅工况两典型断面流速变化情况见表 5.3-29, 计算结果表明: 流速受流量增大的影响, 有一定的提高, S3 点处在一个潮期内的平均流速由 0.046m/s 增加至 0.265m/s , 而产卵场处流由 0.020m/s 增加到 0.087m/s 。

旬均流量最大增幅工况 S3 和龙塘产卵场断面逐时流速一览表

表 5.3-29

单位: m/s

时间(h)	S3			龙塘产卵场		
	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量
0	0.008	0.271	0.263	0.024	0.059	0.035
1	0.008	0.416	0.409	0.015	0.041	0.026
2	0.025	0.303	0.279	0.017	0.030	0.013
3	0.033	0.094	0.061	0.020	0.035	0.015
4	0.001	0.204	0.203	0.019	0.083	0.064
5	0.046	0.309	0.263	0.023	0.092	0.069
6	0.052	0.276	0.225	0.026	0.098	0.072
7	0.046	0.154	0.108	0.015	0.091	0.076
8	0.029	0.093	0.064	0.021	0.081	0.060
9	0.027	0.123	0.096	0.026	0.078	0.052
10	0.046	0.227	0.181	0.018	0.085	0.067
11	0.060	0.390	0.330	0.019	0.093	0.074
12	0.067	0.504	0.437	0.020	0.099	0.079
13	0.070	0.317	0.247	0.031	0.102	0.071
14	0.070	0.316	0.245	0.026	0.101	0.075
15	0.070	0.312	0.243	0.027	0.101	0.074
16	0.068	0.308	0.240	0.028	0.102	0.074
17	0.067	0.308	0.242	0.026	0.102	0.076
18	0.064	0.301	0.237	0.009	0.102	0.093
19	0.063	0.306	0.244	0.013	0.102	0.089
20	0.061	0.299	0.238	0.019	0.102	0.083
21	0.058	0.261	0.203	0.009	0.102	0.093
22	0.053	0.165	0.112	0.015	0.101	0.087
23	0.016	0.096	0.080	0.015	0.097	0.082
平均值	0.046	0.265	0.219	0.020	0.087	0.067

图 5.3-60 和图 5.3-61 分别为迈湾运行前后旬均流量最大增幅工况条件下产卵场附近断面流场对比图。涨潮时, 受到海水倒灌影响, 河水向上游上溯流动, 规划迈湾实施前, 产卵场区域有较为明显的感潮流向上回溯, 而工程实施后, 由于上游来流加大与感潮水体冲抵, 在产卵场区域无明显的回溯流动现象, 不过在产卵场处的流速绝对大小变化不大。而退潮时, 河段内水体则顺河道向下游流动, 且主流流速在工程建设后有所增加。

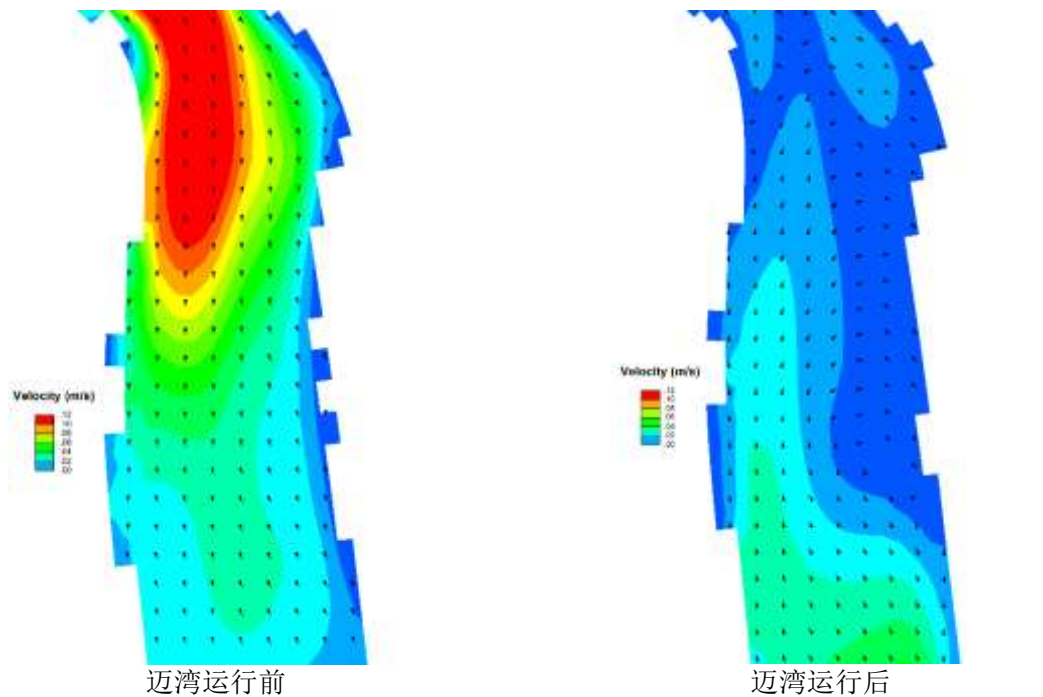


图 5.3-60 涨潮期龙塘坝下产卵场区域流场对比图(旬均流量最大增幅工况)

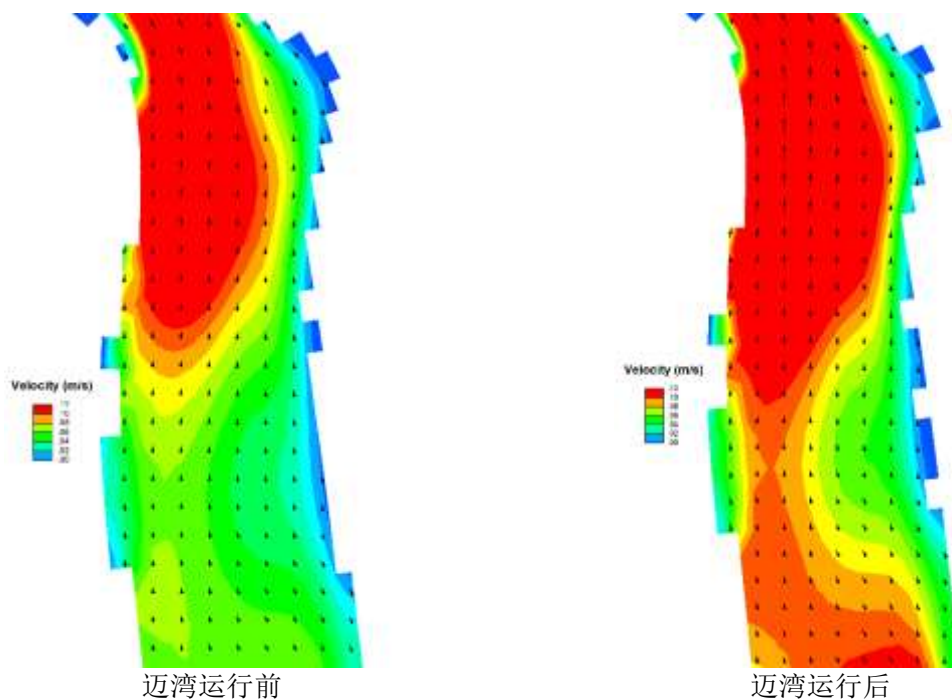


图 5.3-61 退潮期龙塘坝下产卵场区域流场对比图(旬均流量最大增幅工况)

(2) 迈湾运行前后旬均流量最大减幅工况

迈湾运行前后旬均流量最大减幅工况下，龙塘产卵场处的水位在流量减小后有所下降，龙塘产卵场处的水位在流量减小后整体有所下降，一个潮期内最大降低了 0.15m 左右，平均降低 0.03m。而 S3 由于受外海潮汐影响较大，在涨潮时上游流量减小的影响较弱，在迈湾运行前后水位基本一致；而在退潮时，由于上游来流减小，水位较工程运

行前最大仅降低了 0.11m，平均仅降低 0.02m。迈湾水库运行前后旬均流量最大增幅工况两典型断面流速变化情况见表 5.3-30，计算结果表明：两处位置受上游流量减小的影响均较小，一个潮期内流速平均分别仅降低了 0.001m/s 和 0.019m/s。

旬均流量最大减幅工况 S3 和龙塘产卵场断面逐时流速一览表

表 5.3-30

单位：m/s

时间(h)	S3			龙塘产卵场		
	工程前	工程后	变化量	工程前	工程后	变化量
0	0.234	0.271	0.037	0.072	0.042	-0.030
1	0.331	0.373	0.042	0.052	0.033	-0.019
2	0.271	0.293	0.022	0.045	0.024	-0.021
3	0.086	0.153	0.067	0.053	0.028	-0.024
4	0.178	0.137	-0.041	0.083	0.059	-0.024
5	0.353	0.271	-0.082	0.100	0.081	-0.019
6	0.465	0.401	-0.064	0.110	0.092	-0.018
7	0.374	0.377	0.003	0.111	0.096	-0.015
8	0.249	0.220	-0.029	0.107	0.090	-0.017
9	0.149	0.094	-0.055	0.099	0.078	-0.021
10	0.121	0.066	-0.055	0.091	0.068	-0.023
11	0.196	0.141	-0.055	0.092	0.071	-0.021
12	0.241	0.262	0.021	0.097	0.080	-0.018
13	0.276	0.419	0.143	0.102	0.087	-0.015
14	0.304	0.496	0.192	0.106	0.091	-0.015
15	0.318	0.326	0.008	0.109	0.093	-0.016
16	0.327	0.330	0.003	0.110	0.094	-0.017
17	0.324	0.320	-0.005	0.111	0.094	-0.017
18	0.309	0.313	0.004	0.112	0.094	-0.018
19	0.313	0.307	-0.007	0.111	0.094	-0.017
20	0.312	0.292	-0.020	0.112	0.094	-0.018
21	0.295	0.266	-0.030	0.112	0.093	-0.019
22	0.271	0.239	-0.032	0.112	0.092	-0.020
23	0.213	0.168	-0.046	0.111	0.091	-0.020
平均值	0.271	0.272	0.001	0.097	0.077	-0.019

图 5.3-62 和图 5.3-63 分别为迈湾运行前后旬均流量最大减幅工况条件下产卵场附近断面流场对比图。在涨潮时，工程建设前由于龙塘下泄流量较大，外海潮水倒灌对此处的影响并不明显，流场较为平顺；而工程建设后，龙塘下泄流量减小，区域流速整体减小，感潮水流上溯至产卵场下游区域，与来流交汇形成局部回流。而在退潮期，工程建设前后产卵场区域流态基本一致，仅由于流量减少使得整体流速有所下降。

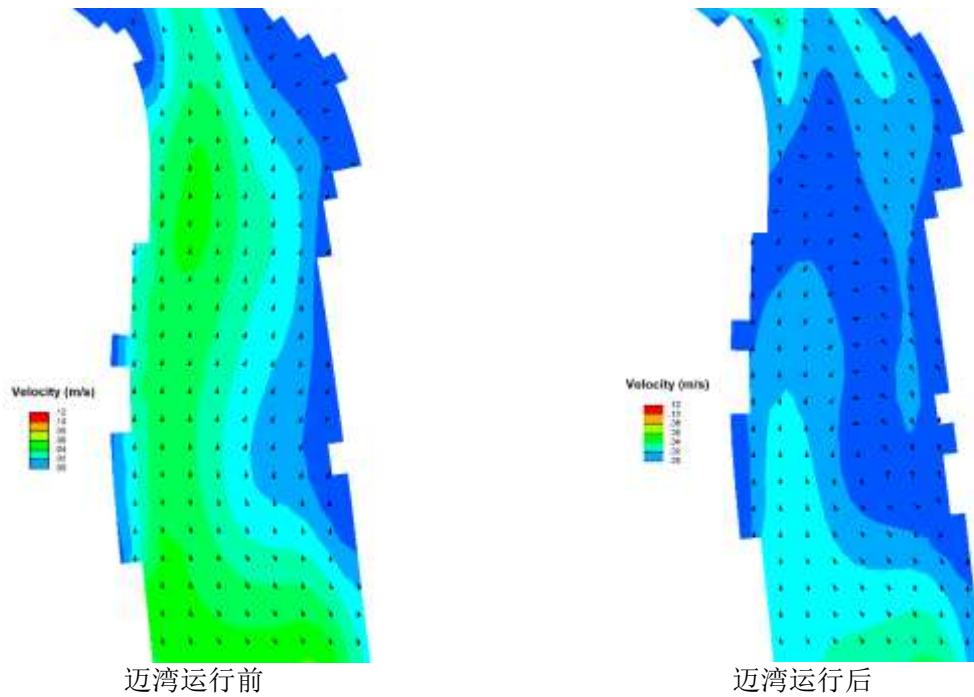


图 5.3-62 涨潮期龙塘坝下产卵场区域流场对比图(旬均流量最大减幅工况)

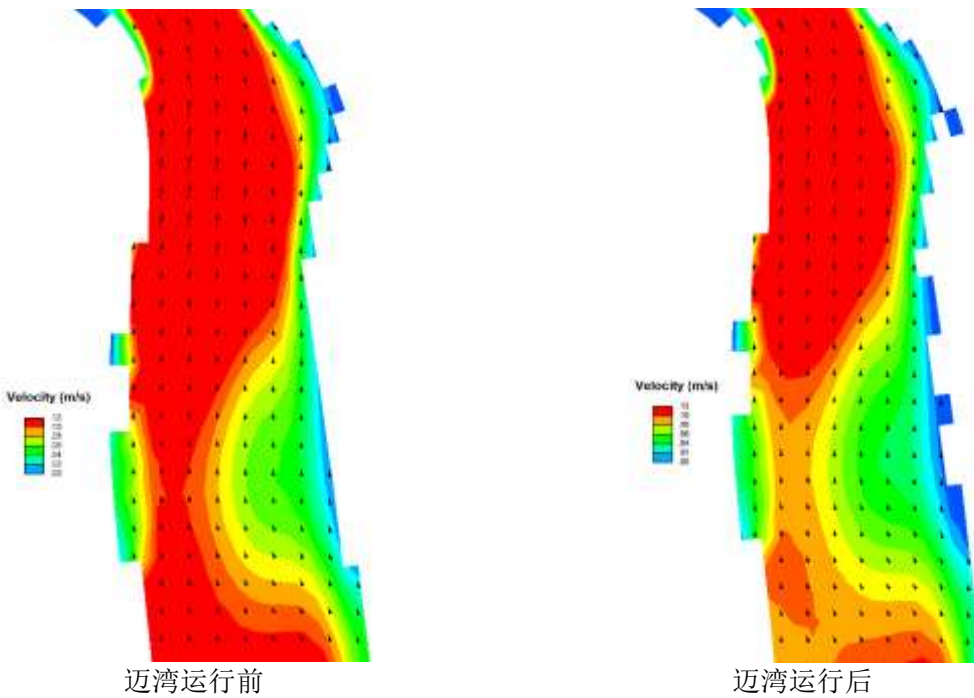


图 5.3-63 退潮期龙塘坝下产卵场区域流场对比图(旬均流量最大减幅工况)

5.3.3.3 河口区域盐度、悬浮物影响预测分析

(1) 迈湾运行前后旬均流量最大增幅工况

图 5.3-64 为迈湾运行前后旬均流量最大增幅工况涨潮时盐水的入侵范围，运行前，盐水最远可达入海口上游约 13km，而工程运行后由于上游流量增加，盐水最远上溯距离缩短至约 5.5km，工程运行前后河口区域沿程盐度变化情况见图 5.3-65。在 S3 处，盐

度受海洋潮汐涨落的影响较为显著，迈湾运行前，涨潮时由于海水入侵，盐度基本保持在近岸海水盐度值 32PSU，而退潮时，受上游淡水替换的影响，盐度稍有降低至 5PSU 左右；在迈湾运行后，涨潮期盐度仍然保持在 32PSU 左右，而当退潮时，由于上游来流流量增大，入海口区域盐度受上游淡水的影响进一步加强，盐度最低为 0PSU。而龙塘产卵场在靠上游的位置，迈湾运行前后咸水均不能上溯到该区域，因此该区域盐度在工程前后均为 0PSU。。

工程运行前后河口区域沿程悬浮物变化情况见图 5.3-66，悬浮物浓度在两处典型断面的变化与盐度较为一致。在 S3 断面处，迈湾运行前，悬浮物浓度最低接近外海边界条件，为 22mg/L，最高为 45.4mg/L，而工程运行后，一个潮期内悬浮物浓度最低仍然为 22mg/L，最高上升至 51.4mg/L。而龙塘产卵场的悬浮物浓度在迈湾运行前后均基本取决于上游来流的悬浮物浓度，即 51.4mg/L。

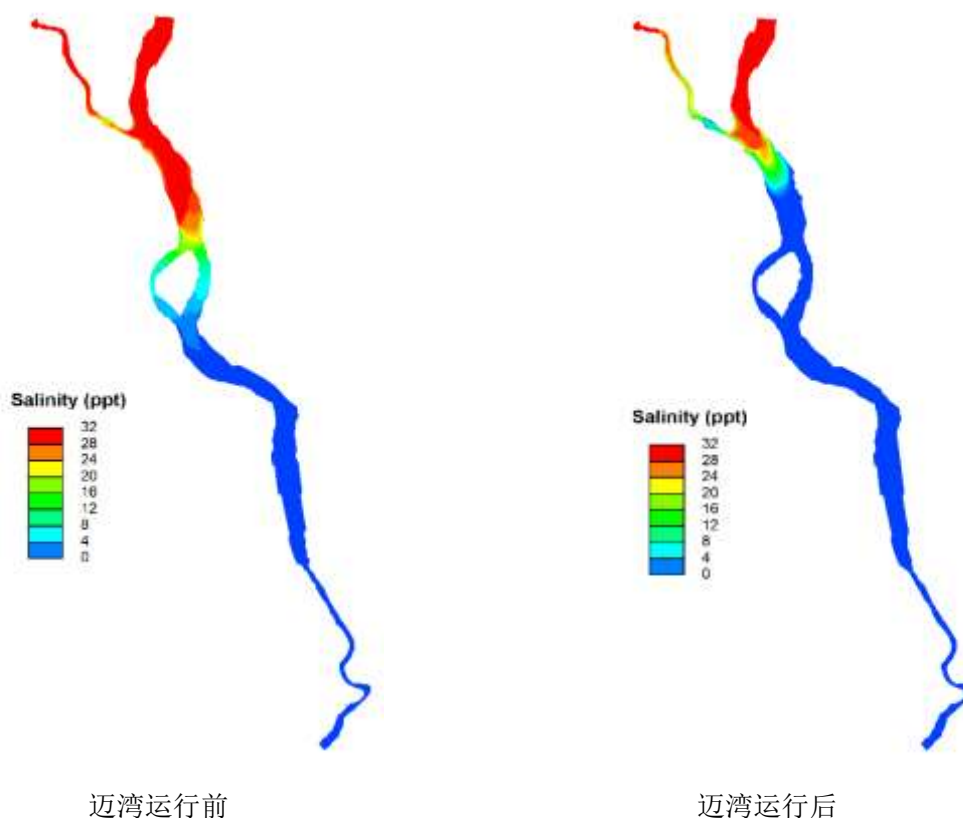


图 5.3-64 涨潮期河口区域盐度分布对比图(旬均流量最大增幅工况)

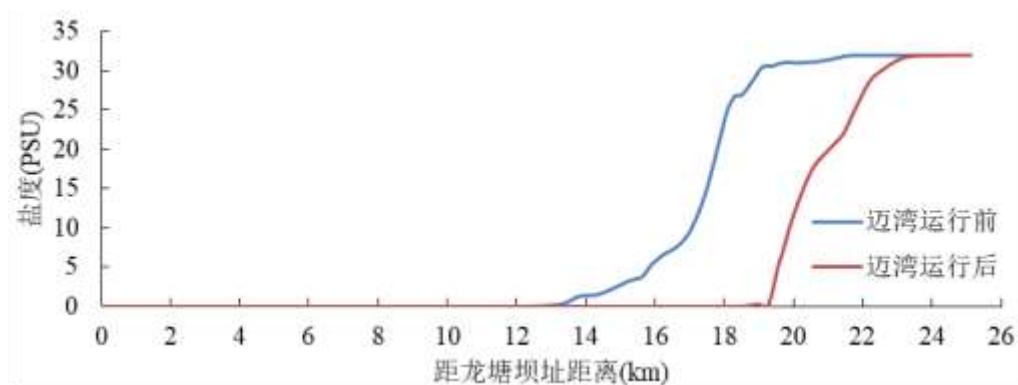


图 5.3-65 涨潮期河口区域盐度沿程分布变化对比图(旬均流量最大增幅工况)

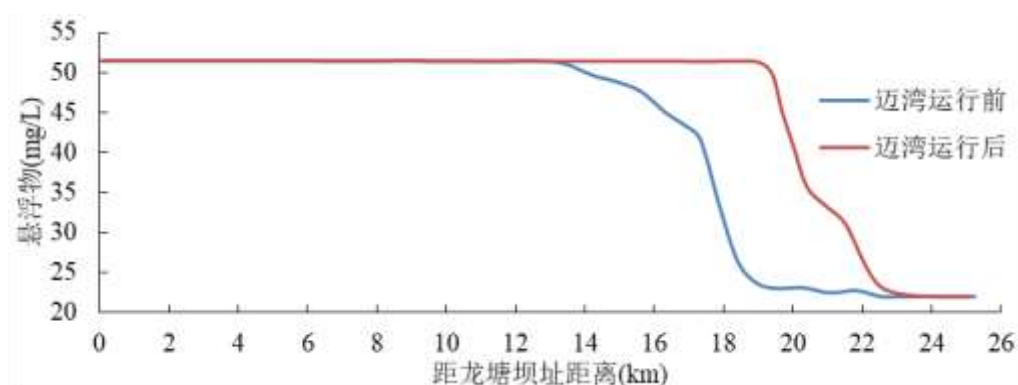


图 5.3-66 涨潮期河口区域悬浮物浓度分布变化对比图(旬均流量最大增幅工况)

(2) 迈湾运行前后旬均流量最大减幅工况

图 5.3-67 为迈湾运行前后旬均流量最大减幅工况涨潮时盐水的入侵范围，运行前盐水最远到达入海口上游约 6km 处，而工程运行后盐水最远上溯距离稍有增加，约为 7km。上游来流的背景流量较大，所以尽管在迈湾运行后流量减小的相对幅度最大，但对 S3 的盐度和悬浮物浓度的影响有限。整体来说，S3 处在迈湾运行后盐度整体升高而悬浮物浓度整体降低，工程运行前，S3 处处于盐水上溯区域的前锋区域，涨潮时盐度为 28PSU 左右，而运行后由于盐水上溯距离增加，S3 处在涨潮时盐度与海水一致为 32PSU；而悬浮物由工程运行前最低 24.1mg/L 降至运行后的最低 22.6mg/L，整体变化程度较小。而龙塘产卵场由于靠近上游的缘故，基本不受海水的盐度和悬浮物浓度影响，基本保持为上游来流的盐度 0PSU 和悬浮物浓度 33.6mg/L 左右。图 5.3-68 和图 5.3-69 分别为迈湾运行前后涨潮时河口区域盐度和悬浮物浓度沿程变化情况。

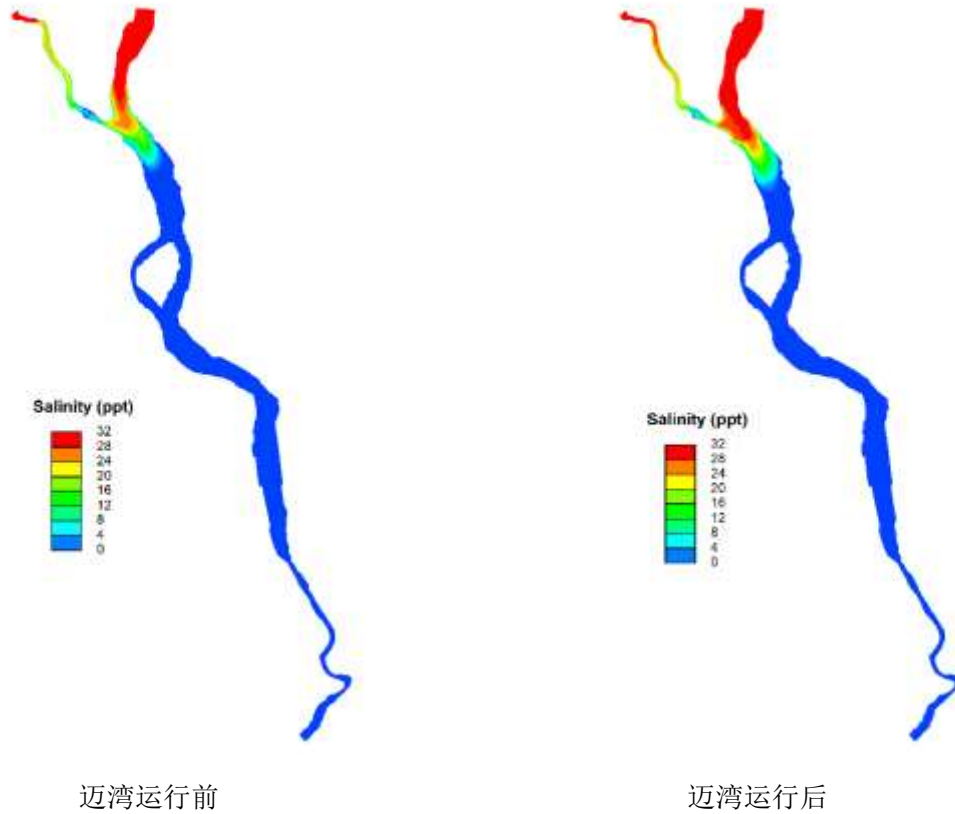


图 5.3-67 涨潮期旬均流量最大减幅工况河口区域盐度分布对比图

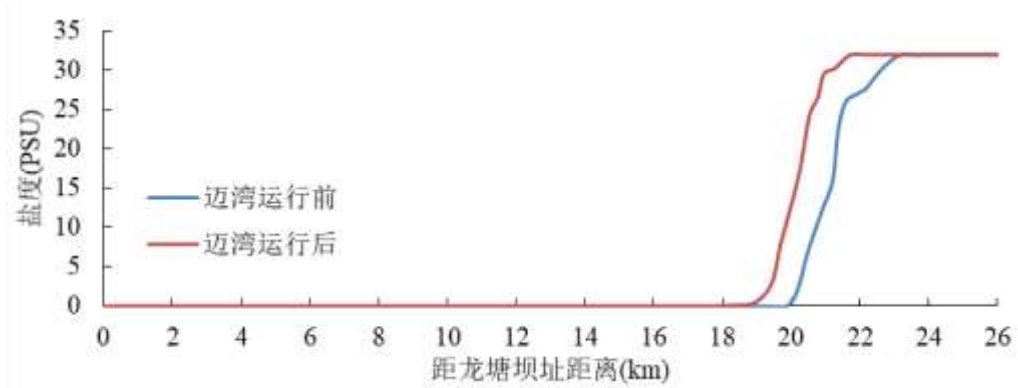


图 5.3-68 涨潮期河口区域盐度沿程分布变化对比图(旬均流量最大减幅工况)

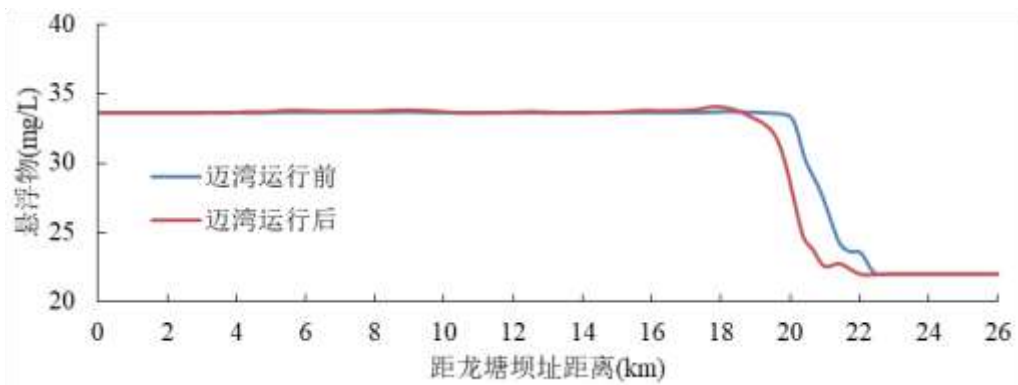


图 5.3-69 涨潮期河口区域悬浮物浓度分布变化对比图(旬均流量最大减幅工况)

5.3.3.4 枯水年盐水上溯距离分析

迈湾水库运行前后，枯水年龙塘坝址下泄流量变化最为典型，年均增加 9.99%，年均增幅介于丰水年和平水年之间，全年仅有 9 月和 11 月有所减少，其余月份均有不同程度的增加。迈湾水库运行后，枯水年龙塘坝址下游盐水上溯距离分布特征较为典型。

以 2 月、9 月和 11 月分别作为枯水年内枯、丰、平水月的代表，图 5.3-70 为涨潮时的盐度分布图。表 5.3-31 为枯水年各月份盐水的最近上溯距离，结果表明：河口盐水上溯距离与龙塘下泄流量具有很好的相关关系。1-5 月，龙塘月均下泄流量在 29.5-36.9m³/s 之间，盐水最大上溯距离则在 17-18km 左右波动，2 月上溯距离全年最大，为 18.2km；6 月至 9 月，龙塘月均下泄流量从 110.8m³/s 逐步涨至 381.6m³/s，而盐水上溯距离也从 13.3km 逐月缩减至 9 月的 2.9km，为全年最小；10 月开始，龙塘下泄流量开始减小，盐水上溯区域则相应开始往上游发展，至 12 月，上溯距离增加至 15.9km。

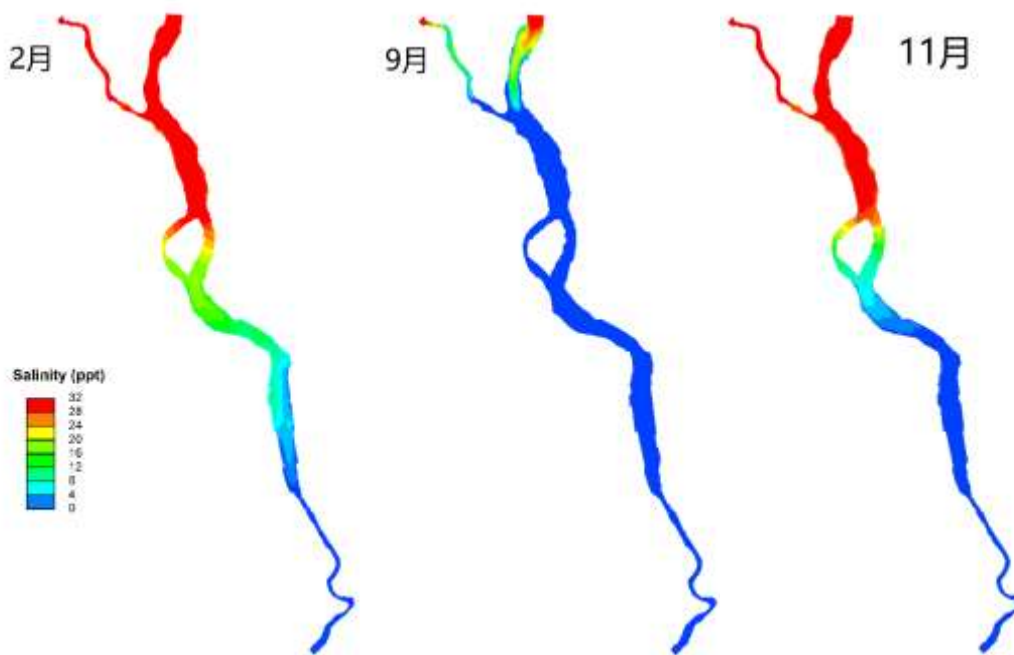


图 5.3-70 涨潮时枯水年 2、9、11 月的盐度分布图

枯水年各月河口盐水上溯距离分布一览表

表 5.3-31

月份	龙塘月均下泄流量(m ³ /s)	盐水上溯距离(km)
1 月	36.9	16.7
2 月	29.5	18.2
3 月	30.6	17.3
4 月	31.8	17.1

5月	33.1	16.9
6月	110.8	13.3
7月	88.1	14.7
8月	267.3	4.9
9月	381.6	2.9
10月	263.6	6.0
11月	97.8	13.1
12月	56.0	15.9

5.3.3.5 小结

(1) 迈湾水库运行后,将对龙塘坝址下泄流量过程产生影响,从而对河口区域的水位、流速、盐度和悬浮物等要素的沿程分布造成影响。采用三维水力学及水质数学模型计算分析河口区域水环境影响程度。对于近期(2030年情景),主要影响预测结果如下:

(2) 经预测,迈湾水库运行后,S3(入海口上游约3.7km分岔口处,龙塘坝址下游约21.9km)和产卵场断面(龙塘坝址下游约10.4km,入海口上游约15.2km)两个典型断面的水位和流速均发生一定程度的变化。其中迈湾运行导致龙塘下泄流量增加情况下,S3和龙塘产卵场处的水位和流速有一定的变化,水位平均偏差均分别为0.07m和0.23m左右,产卵场处潮期内平均值流速受影响较小,仅由0.0280m/s增加到0.087m/s,S3点处潮期内的平均流速则由0.046m/s增加至0.265m/s。迈湾运行导致龙塘下泄流量减少情况下,龙塘产卵场处的水位在流量减小后整体有所下降,一个潮期内最大降低了0.15m左右,平均降低0.03m;S3由于受外海潮汐影响较大,在涨潮时上游流量减小的影响较弱,水位基本一致,在退潮时,最大仅降低了约0.11m,平均仅降低0.02m;两处位置受上游流量减小的影响均较小,一个潮期内流速平均分别仅降低了0.001m/s和0.019m/s。

(3) 除了引起流速较小的变化外,迈湾工程运行整体对河口区域的流态影响不大。仅在流量增幅最大的工况下,产卵场附近会在涨潮时出现局部的回流,其余情形下工程的运行前后流态变化不明显,仅仅会因为流量的变化而引起流速的整体增加或者减小。

(4) 迈湾运行后对河口段盐度和悬浮物浓度存在一定程度的影响。迈湾运行后龙塘坝址下泄流量增幅最大时,S3处的盐度最大下降了5PSU,悬浮物浓度最大上升了6mg/L;龙塘产卵场处的盐度则始终为0PSU,悬浮物浓度始终为51.4mg/L。而迈湾运行后龙塘坝址下泄流量减幅最大时,由于对应时段龙塘下泄流量较大,海水上溯距离有限,所以龙塘产卵场处的盐度和悬浮物浓度在迈湾运行前后均无明显变化,盐度均为0PSU,而悬浮物保持与龙塘下泄水体的悬浮物浓度同一水平;而对于S3处,受上游来

流减小影响，盐度和悬浮物浓度整体分别表现为增加和下降的现象，但变化幅度有限，最大分别增加 4PSU 和减少 1.5mg/L。

(5) 河口区域盐水上溯距离在迈湾运行前后受龙塘下泄流量的改变而有所变化。迈湾运行前后龙塘下泄流量增加最明显时，盐水最远上溯距离为由 13km 缩短至 5.5km；龙塘下泄流量减少最明显时，盐水最远上溯距离为由 6km 增加至 7km，增加不明显。

(6) 经预测分析，枯水年河口区域逐月盐水上溯距离范围在 2.9km~18.2km，盐水上溯距离随龙塘下泄流量的变化而发生变化，具有很好的相关关系。

5.3.4 施工期地表水环境影响

(1) 正常情况

本工程施工污水主要包括施工人员生活污水和施工生产废水等。其中砂石料系统和混凝土系统冲洗废水回用于砂石料系统和道路洒水，机修、汽修废水处理回用于道路和施工场地洒水或绿化，洗车废水处理回用于车辆冲洗。施工区生活污水经处理后回用于绿化和洒水等。因此，本工程施工期正常情况下不会对南渡江及支流加渥河水质造成污染，但若发生事故排放则有可能造成不良影响。

(2) 事故排放

根据对施工期各类情况的分析，其中砂石料加工系统冲洗废水产生量最大，高峰期为 200m³/h。若发生事故排放将对加渥河及南渡江水质产生的不利影响。因此，本处对砂石料加工废水事故排放情况进行分析。

工程砂石料加工系统位于副坝施工区黄岭八队附近，靠近支流加渥河，当砂石料加工系统冲洗废水事故排放至加渥河中，事故排放量按 1h 高峰期废水量计（砂石料冲洗废水 200m³）。

1) 预测因子

砂石料加工系统冲洗废水主要污染因子为 SS，因此预测因子为 SS。

2) 预测工况

预测工况为砂石料冲洗废水处理前、处理后两种工况。

3) 预测模式

由于加渥河现状水质监测为 2 月底，加渥河 3 月份流量约为 0.569m³/s，流量较小，采用河流完全稀释混合模式，砂石料加工冲洗废水与加渥河水完全混合后汇入南渡江，汇入南渡江后在混合过程段采用导则推荐的非持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式，充分混合后为完全混合模式。

完全混合模型公式如下：

$$c = (c_p Q_p + c_h Q_h) / (Q_p + Q_h)$$

式中：c——完全混合后的污染物浓度，mg/L；

c_p ——废水污染物浓度，mg/L；

Q_p ——废水排放量，m³/s；

c_h ——河水污染物浓度，mg/L；

Q_h ——河水流量，m³/s。

非持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式如下：

$$c(x, y) = \exp(-K_1 \frac{x}{86400u}) \left\{ c_h + \frac{c_p Q_p}{H \sqrt{\pi M_y x u}} \left[\exp(-\frac{uy^2}{4M_y x}) + \exp(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}) \right] \right\}$$

式中：c(x, y)——预测点污染物浓度，mg/L；

x, y——预测点 x、y 方向坐标值，m；

u——x 方向平均流速(表示河流中断面平均流速)，m/s；

C_h ——河流本底污染物浓度，mg/L；

C_p ——污染物排放浓度，mg/L；

Q_p ——废水排放量，m³/s；

H——河流平均水深，m；

B——河流宽度，m；

K_1 ——对 SS 而言为沉降系数，1/d；

M_y ——横向混合系数，m²/s；

I——为河流底坡，m/m；

g——取 9.8m/s²。

4) 预测参数

砂石料加工系统附近加渥河 2 月份流量 0.59m³/s，南渡江 2 月份流量为 12.8m³/s，加渥河 SS 浓度根据现状监测值为 20mg/L，南渡江坝址处 SS 浓度现状监测值为 18mg/L。

砂石料加工系统冲洗废水产生量为 200m³/h，即 0.056m³/s。废水中 SS 浓度取 50000mg/L。根据砂石料回用水标准，处理后回用水中取 SS 浓度为 100mg/L。

沉降系数 K_1 ：工程所在河段水流较急，悬浮物不易沉降，保守考虑，SS 沉降系数 K_1 取零。

横向混合系数 M_y : 采用导则推荐的适用于河流的泰勒法确定横向混合系数 M_y , 即

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)\sqrt{gHI}$$

根据上式, 结合施工区所在河段大断面实测结果, 可得枯水期施工区横向混合系数为 $0.048\text{m}^2/\text{s}$ 。

混合过程段长度可由下式估算: $L = \frac{(0.4B - 0.6a)Bu}{M_y}$, 计算得 $L=3190.7\text{m}$ 。

5) 预测结果及评价

施工期砂石料加工系统冲洗废水事故排放对加渥河影响预测结果见表 5.3-32。砂石料加工系统冲洗废水未处理事故排放对南渡江（混合过程段）水质影响预测结果见表 5.3-33, 砂石料加工系统冲洗废水处理后事故排放对南渡江（混合过程段）水质影响预测结果见表 5.3-34, 完全混合后对南渡江水质影响结果见表 5.3-40。

施工期砂石料系统冲洗废水事故排放对加渥河影响计算结果

表 5.3-32

事故排放工况	未 处 理	处 理 后
加渥河枯期流量(m^3/s)	0.59	
水体本底浓度(mg/L)	20	
废水水量(m^3/s)	0.056	
废水浓度(mg/L)	50000	100
混合时浓度(mg/L)	4352.63	26.93
浓度增加值(mg/L)	4332.63	6.93

注: 水体本底浓度按现状监测断面极大值。

施工期砂石料系统废水未处理事故排放对南渡江水质影响（混合过程段）

表 5.3-33

Y(m) X(m)	0	5	10	15	20	25	30
50	1544.50	490.89	32.06	18.04	18.00	18.00	18.00
100	1097.40	618.78	121.59	23.53	18.09	18.00	18.00
200	781.25	587.42	254.44	72.65	25.03	18.50	18.04
300	641.19	530.62	303.32	125.45	45.38	22.76	19.10
400	557.70	484.16	318.39	162.41	69.84	32.27	23.53
500	500.72	447.34	320.08	186.17	92.29	45.33	32.21
600	458.66	417.67	316.19	201.14	111.22	60.04	44.20
700	425.98	393.23	309.99	210.53	126.83	75.08	58.08
800	399.64	372.73	302.96	216.42	139.74	89.70	72.65
900	377.83	355.26	295.84	220.10	150.54	103.48	87.06
1000	359.41	340.20	288.99	222.41	159.70	116.22	100.82
1100	343.60	327.09	282.58	223.86	167.55	127.86	113.65
1200	329.87	315.59	276.67	224.76	174.35	138.41	125.45
1300	317.83	305.46	271.29	225.32	180.28	147.91	136.18
1400	307.18	296.48	266.40	225.66	185.48	156.43	145.88
1500	297.71	288.49	261.99	225.87	190.05	164.06	154.60
1600	289.23	281.36	258.01	225.98	194.09	170.88	162.41
1700	281.62	274.97	254.42	226.02	197.66	176.96	169.40
1800	274.76	269.22	251.17	226.02	200.81	182.37	175.63
1900	268.55	264.04	248.23	225.98	203.59	187.19	181.19
2000	262.91	259.36	245.56	225.91	206.05	191.47	186.13
2100	257.78	255.11	243.13	225.82	208.22	195.28	190.53
2200	253.10	251.25	240.92	225.69	210.13	198.65	194.44
2300	248.81	247.73	238.88	225.54	211.80	201.64	197.91
2400	244.88	244.50	237.01	225.36	213.27	204.28	200.98
2500	241.27	241.54	235.28	225.16	214.54	206.62	203.70
2600	237.94	238.82	233.67	224.94	215.64	208.67	206.10
2700	234.86	236.31	232.17	224.69	216.59	210.48	208.21
2800	232.01	233.98	230.77	224.42	217.40	212.05	210.07
2900	229.36	231.82	229.45	224.13	218.08	213.43	211.70
3000	226.91	229.81	228.21	223.81	218.64	214.62	213.11
3100	224.61	227.93	227.03	223.48	219.10	215.65	214.34
3191	222.67	226.33	226.02	223.16	219.44	216.45	215.31

施工期砂石料系统废水处理事故排放对南渡江水质影响（混合过程段）

表 5.3-34

Y(m) X(m)	0	5	10	15	20	25	30
50	27.44	20.93	18.09	18.00	18.00	18.00	18.00
100	24.68	21.72	18.64	18.03	18.00	18.00	18.00
200	22.72	21.52	19.46	18.34	18.04	18.00	18.00
300	21.86	21.17	19.77	18.66	18.17	18.03	18.01
400	21.34	20.88	19.86	18.89	18.32	18.09	18.03
500	20.99	20.66	19.87	19.04	18.46	18.17	18.09
600	20.73	20.47	19.84	19.13	18.58	18.26	18.16
700	20.52	20.32	19.81	19.19	18.67	18.35	18.25
800	20.36	20.19	19.76	19.23	18.75	18.44	18.34
900	20.23	20.09	19.72	19.25	18.82	18.53	18.43
1000	20.11	19.99	19.68	19.26	18.88	18.61	18.51
1100	20.01	19.91	19.64	19.27	18.93	18.68	18.59
1200	19.93	19.84	19.60	19.28	18.97	18.75	18.66
1300	19.86	19.78	19.57	19.28	19.00	18.80	18.73
1400	19.79	19.72	19.54	19.28	19.04	18.86	18.79
1500	19.73	19.67	19.51	19.29	19.06	18.90	18.85
1600	19.68	19.63	19.49	19.29	19.09	18.95	18.89
1700	19.63	19.59	19.46	19.29	19.11	18.98	18.94
1800	19.59	19.55	19.44	19.29	19.13	19.02	18.98
1900	19.55	19.52	19.42	19.29	19.15	19.05	19.01
2000	19.52	19.49	19.41	19.29	19.16	19.07	19.04
2100	19.48	19.47	19.39	19.29	19.18	19.10	19.07
2200	19.45	19.44	19.38	19.29	19.19	19.12	19.09
2300	19.43	19.42	19.37	19.28	19.20	19.14	19.11
2400	19.40	19.40	19.36	19.28	19.21	19.15	19.13
2500	19.38	19.38	19.34	19.28	19.22	19.17	19.15
2600	19.36	19.37	19.33	19.28	19.22	19.18	19.16
2700	19.34	19.35	19.33	19.28	19.23	19.19	19.18
2800	19.32	19.34	19.32	19.28	19.23	19.20	19.19
2900	19.31	19.32	19.31	19.28	19.24	19.21	19.20
3000	19.29	19.31	19.30	19.27	19.24	19.22	19.21
3100	19.28	19.30	19.29	19.27	19.24	19.22	19.21
3191	19.27	19.29	19.29	19.27	19.25	19.23	19.22

施工期砂石料系统冲洗废水事故排放对南渡江影响计算结果（充分混合后）

表 5.3-35

事故排放工况	未 处 理	处 理 后
南渡江枯期流量 (m ³ /s)	12.8	
水体本底浓度 (mg/L)	18	
废水水量 (m ³ /s)	0.646	
废水浓度 (mg/L)	4352.63	26.93
混合时浓度 (mg/L)	226.25	18.43
浓度增加值 (mg/L)	208.25	0.43

注：水体本底浓度按坝址现状监测断面极大值。

由计算结果可知，砂石料冲洗废水在未做任何处理下事故排放，将造成加渥河水体 SS 浓度大幅度提高，对支流加渥河水体水质产生一定影响；废水经过处理后发生事故排放，对加渥河水体水质影响相较未处理排放较小，但 SS 浓度仍增加 6.93mg/L。

砂石料冲洗废水在未做任何处理下事故排放，将造成南渡江水体 SS 浓度大幅度提高，对南渡江水体水质产生一定影响，完全混合后，SS 浓度增加 208.25 mg/L；废水经过处理后发生事故排放，对南渡江水体水质影响相对较小，完全混合后 SS 浓度仅增加 0.43mg/L。

因此，施工期必须对砂石料冲洗废水进行处理回用，并防止事故排放的发生，以减少对受纳水体的影响。

5.4 地下水环境影响

5.4.1 库区地下水水质现状及地下水污染源

迈湾库区地下水水质现状监测结果表明，工程区域的地下水水质均满足III类水水质要求。工程所在南渡江干流中游峡谷河段，两岸山体雄厚，大部分山顶高程 200m~400m。据调查，区间基本无村庄分布，无工业分布，可耕地总体较少，本工程施工期的生产废水和生活污水均经处理后回用，运行期仅产生少量的生活污水且采取措施处理后回用，工程影响范围地下水污染源分布少。

因此，工程施工和运行期基本不会对地下水水质造成污染。

5.4.2 工程施工及水库运行对地下水位影响

坝址区地下水主要有基岩裂隙水以及孔隙潜水两大类，均接受大气降水补给，并向河流排泄。根据钻孔地下水位，坝址左岸埋深为 4.10m~67.0m，相应高程 51.95m~168.60m；右岸埋深为 6.50m~51.20m，相应高程 52.35m~124.48m。本工程施工期间坝

址处开挖面高程基本在 50m 以下，坝址区两岸地下水位高于开挖面，坝址处开挖会导致局部区域地下水流向基坑，考虑到坝址开挖面总体不大且施工时间不长，故坝址处开挖施工基本不会对地下水位及地下流场造成影响。工程左岸布置 1 条导流隧洞(全线长 650m)，进出口高程分别为 53.0m 和 51.0m，与左岸地下水位最低处基本持平，故导流隧洞施工仅对局部地段地下水位和地下水流场产生影响，总体影响较小。施工期间河流水位抬升不明显，因此工程施工期对地下水水位的影响较小。

水库库区两岸山体雄厚，库区内大小支流、冲沟均垂直向南渡江排泄，库区河流均为地下水补给河水，库区河谷总体属补给型，各冲沟地下水位均高于水库正常蓄水位。库区地下水主要有松散岩层孔隙潜水和基岩裂隙水两大类，松散岩层孔隙潜水分布于河漫滩和阶地的砂砾石，残坡积土及全风化土之中，水位埋深 1m~3m；基岩裂隙水多赋存于风化裂隙水中，受大气降水影响，库区外围地下水位均高于正常水位。迈湾水库蓄水运行后，库区水位大幅抬升，但两岸除一个埡口(高程为 90.25m，通过修建副坝防治水库渗漏)低于水库正常蓄水位外，其它库段两岸山顶高程均在 200m 以上，各冲沟及库区外围地下水位均高于水库正常蓄水位，因此，本工程蓄水运行基本不会对库区地下水位和地下水流场造成影响，依然表现为地下水补给河水。

5.4.3 水库渗漏影响分析

水库库区两岸山体雄厚，库内库首主要岩层为浅变质细砂岩、硅质板岩、炭质粉砂岩及花岗岩等，为相对隔水层。库区河段坝址上游 1.10km 处左岸及库区右岸黄岭农场 8 队附近，共有七个低矮埡口，其中一个埡口高程为 90.25m，低于水库正常蓄水位，其余埡口山顶高程 108.58m~116.94m，位于正常蓄水位附近，埡口山体较为单薄，存在水库渗漏问题，需修建副坝予以解决。其它库段两岸山顶高程均在 200m 以上，无更低的邻谷与之相通，库盆主要为浅变质砂岩、炭质粉砂岩、花岗岩等非可溶性岩类组成，水库不存在永久渗漏问题。

5.4.4 沼泽化和盐渍化影响分析

根据测算，受迈湾水库蓄水产生浸没影响的农田面积较小，因浸没产生沼泽化影响的区域面积也较小，因此迈湾水库蓄水后对区域的沼泽化影响有限。

5.4.5 环境水文地质问题

根据《迈湾水利枢纽工程场地地震安全性评价报告》，工程区位于琼中南隆起区的北部，乐东—黎母山大断裂以西，昌江—琼海大断裂以南的区域，为区域构造相对稳定区。主要断裂活动期在中生代的印支运动，新生代无活动迹象。历史上无破坏性地震记

载,自有仪器监测以来无大于4级以上地震记录,从区域环境上看,基本上不具备诱发地震的地震活动环境。工程区无晚更新世以来有过活动的断裂,因此基本不构成由断裂活动引起水库诱发地震的可能。

从水库规模、库区地震地质条件、构造应力环境及区域地震活动性等条件上分析和概率预测结果看,基本不具备发生水库诱发地震的可能性。但由于水库蓄水后,水体荷载和渗流等多种因素也会引起库区自身构造应力的调整,不能排除发生浅源小震及微震的可能,但其最大震级预计不大于M4.2(里氏ML4.7级),影响到坝区的最高地震烈度不会超过库区地震基本烈度(VII度)。迈湾水库位于南渡江干流中游峡谷河段,河谷总体呈“V”型,库岸岩质岸坡坡度在30°左右,悬崖峭壁地形分布极少,除坝址上游约1730m处存在一不稳定体外,其余地段未发现不良地质现象,岸坡自然边坡基本稳定,水库蓄水后,基本不会产生大规模的边坡失稳现象,局部地段可能因覆盖层或节理裂隙发育形成小规模的山体滑坡现象,尤其水位波动、暴雨、边坡排水失效及地震发生的情况下,库区坝址上游约1730m处的不稳定体发生整体破坏的可能性较大,易形成堰塞湖,因此,水库运行期需要加强对库区库岸的巡视和库区坝址上游约1730m处不稳定体的监测。

5.5 陆生生态影响

5.5.1 对生境条件的影响

(1) 对气候因子的影响

工程建成后,对局地气温、降水、湿度、风会产生明显的不可逆影响。根据近年来有关已建水库气候效应的类比分析,水库建成蓄水后,库岸周边地区冬季平均气温将比建坝前略有增加,夏季平均气温略有下降,气温年际变化量将减少。经过分析,水库蓄水后,库周年平均气温将略有增加;水库建成蓄水后由于下垫面由陆地变为水面,改变局地湿度状况。由于下垫面阻力减小,库岸的风力和风的频率将有所增大。气温和湿度增加有利于库区周围植物的生长。从影响范围来看,本工程建成后对库区及库岸附近局部范围的小气候有一定影响,对区域气候影响较小。

(2) 对土壤因子的影响

土壤是植物生长的基础,在工程建设过程中,由于车辆运输对地表的碾压、施工开挖、地表清理及施工占地等活动,使土壤的自然富集过程受阻,对土壤的结构、肥力及物理性质等将产生一定的负面影响。水库建成后也将加快库区内土壤可溶性物质的溶解与移动,消落区内的土壤在反复淹没及出露过程中丧失肥力,进一步恶化该区域的立地条件,对水库淹没线以上的土壤因子影响不大。

(3) 对地形因子的影响

水库蓄水后,对局地地形地貌,特别是库区岸坡地貌的影响是不利的。以前出露的岸坡岩土体周期性出没于水中,引起水动力条件明显改变,导致地下水和库水共同作用于岸坡表面和岩土介质,对松散堆积物岸坡和基岩岸坡产生不同的影响。库岸地貌动力作用由在基岩风化剥蚀基础上以重力作用为主变为在库水和地下水作用下以蠕动、滑移、崩塌、侵蚀、冲蚀作用等为主,进而引起岸坡变形,使岸坡地貌过程发生一系列变化,岸坡将经历一个地貌改造一再造的长期过程。

5.5.2 对植被的影响

5.5.2.1 施工及枢纽占地影响

本工程施工及枢纽占地面积共 213.69hm^2 ,工程施工期对植被影响主要包括场内交通工程、及施工临时设施等。工程施工期影响植被类型见表 5.5-1 所示,施工期共影响各类植被面积 200.38hm^2 。

工程施工对植被的影响主要来自工程施工占地,施工活动将破坏施工区植被,使其失去原有的自然性和生物生产力,降低了景观的质量与稳定性。工程施工结束后,临时占用的植被类型可采取人工恢复措施进行生态恢复。

施工影响植被类型包括自然植被和人工植被,工程占用自然植被 40.79hm^2 ,占施工区植被总面积的 20.36%,以灌草丛植被为主;另外占用人工植被 159.59hm^2 ,主要为经济林园植被。

施工占用了少量的热带次生雨林植被和灌草丛,主要是人工植被。其中,人工植被林林下分布有野芋、大果榕、华南毛蕨、林仔竹、卷柏、益智、芒箕、假柿叶木姜子、细齿柃、草豆蔻、葛藤等;次生雨林植被主要植物种类有中平树、大果榕、白饭树、海南菜豆树、美叶菜豆树、水翁、野芭蕉、三叉苦、海芋、假柿叶木姜子、鸭脚木、厚皮、假苹婆、猫尾木、岭南山竹子、黄牛木等。热带雨林次生林虽然面积不大,但对维护本地生物多样性和保持水土方面具有非常积极的作用。根据现场调查,受大坝工程占地影响的次生林植被类型及植物种类在评价区均广泛分布,工程施工占地仅使这些植物的数量和分布情况发生变化,不会造成植物种类消失。但由于施工占地所破坏的次生雨林植被、灌丛植物对当地保持水土有非常积极的作用,因此施工期间的植被破坏将会引起水土流失。在施工期间开展水土保持工作,工程完工后对施工临时占地进行植被恢复,可在一定程度上减缓大坝施工占地对植被的不利影响。

工程占用植被面积统计表

表 5.5-1

序号	植被类型		面积(hm ²)	比例(%)
1	自然植被	热带雨林	6.26	3.12
2		灌草丛	34.53	17.23
小计			40.79	20.36
3	人工植被	经济林园	144.29	72.01
4		用材林	0.00	0.00
5		竹林	0.00	0.00
6		村庄植被	0.07	0.03
7		农田作物	15.23	7.60
小计			159.59	79.64
合 计			200.38	100

注：表中未包含住宅用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他土地

5.5.2.2 水库淹没影响

根据本工程水库淹没区（正常蓄水位 101m）遥感解译结果，水库淹没区中共有 7 个植被类型，水库淹没后评价区植被类型、群系纲、群系未发生变化，水库淹没未造成植被类型在评价区内消失，水库淹没前后植被的变化主要表现在植物群系的斑块数量和面积的变化，在 101m 淹没线内水库蓄水淹没了 923 个斑块，淹没植被类型面积 2661.40 hm²，占评价区植被总面积的 13.10%。水库淹没损失各类植被类型面积见表 5.4-2 所示。

本工程评价区和水库淹没区植被类型斑块数、面积统计分析表

表 5.5-2

单位：hm²

植被类型名称	淹没前斑块数	评价区斑块总面积	被淹没斑块数	被淹没斑块总面积
1.热带雨林	341	2081.74	86	119.55
2.灌草丛	692	1152.16	399	445.60
3.经济林园	783	15372.73	286	1883.17
4.用材林	79	616.80	11	53.61
5.竹林	10	7.27	4	2.46
6.村庄植被	58	77.83	16	9.44
7.农田作物	294	1006.53	121	147.57
总 计	2257	20306.59	923	2661.40

注：表中未包含占用的住宅用地、交通运输用地、水域及水利设施用地和其他土地类型。

植被淹没影响主要体现在水库蓄水期和营运期将淹没库区土地，造成植被破坏，同时库区周边道路等工程的修建不可避免地会对占地区热带雨林、河岸植被、灌丛、农作物产生一定的影响，如造成树木砍伐、植被减少等。

(1) 对自然植被的总体影响

水库的建设导致上游水位增加，原来裸露的河岸生境被水淹没，形成新的半静水湿地。水库上游水域由自由流动的河流变成静水，使得水库上游生境类似于湖泊生态系统，改变了自然的侵蚀-运输-沉积过程，新的河床、河岸地貌形成。河流生态系统水文地貌的变化强烈的影响上游河岸植物群落的结构和分布，水库上游形成浅水库湾，河岸带出现较多的湿生物种和耐淹植物。水库初期蓄使得耐淹种类成为优势种，不耐淹物种消失，原陆生生态系统转化为湿生生态系统，植物群落组成和结构与建库前产生明显差异。蓄水后，消落区植物的自然分布将以草本植物为主，乔木和灌木受高水位影响减少或消失。因此，水库建设将导致部分水淹的河岸区域完全被水淹没，导致河岸区域的一些陆地植被减少，其中受影响最大的为本工程水库淹没区内出现的以水翁、猫尾木、黄槿、榕树等为优势的河岸自然植被，其林下植物还有水蓼、水柳、水竹、华南毛蕨、红背山麻秆、锈毛野桐、叶被木、酒饼勒、大菅、土坛树、狭叶蒲桃、闭花木、牛筋藤等。这些河岸植物在水库蓄水后，植物个体将被淹没而减少或死亡，但野外的调查发现这些河岸植被在库区周围是分布较普遍的类型，同时水库淹没线以上及库区周围也发现相似的群落，不存在因局部植被淹没而导致群落内植物种群彻底消失和灭绝。在江中小岛上的由水柳组成的灌丛，该群落在海南淡水区域较为常见，这一河段被水淹没，影响不是很大；在山坡上由于弃荒后形成的由中平树、大果榕和多花山猪菜为优势的灌丛也是海南较为常见的次生灌丛，淹没影响不大。

(2) 对河岸植被生态系统的影响

迈湾水电工程建成后，由于大量占用土地和河岸生境的变化，对河流周边植被造成影响河岸植被生态系统的影响可避免的。依照现场调查，对坝址上游淹没区和下游河段的河岸植被特征进行影响预测分析。

① 对坝址上游淹没区的河岸植被的影响

迈湾工程建设后将导致部分水淹的河岸区域完全被水淹没，导致河岸区域的一些陆地植被减少，受影响最大的是拟建水库淹没区内出现的以水翁、猫尾木、黄槿、榕树等为优势的热带河岸丛林植被。虽然这些河岸植物的植物个体将被淹没而减少或死亡，但野外的调查发现这些河岸植被在库区周围是分布较普遍的类型，同时水库淹没线以上及库区周围也发现相似的群落，不存在因局部植被淹没而导致群落内植物种群彻底消失和灭绝。

② 对下游河段的河岸植被的影响

迈湾下游存在的河道（水库）周边的自然植被主要为热带滨河丛林、竹林等，残存

的次生热带植被类型组成与结构总体上都比较简单，种类组成多为海南常见植物。迈湾水库建成后，将与下游谷石滩、九龙滩、金江水库形成相互衔接的水库群，迈湾泄放生生态流量情况下，该区段水位带主要受各水库调度影响。金江、东山和龙塘 3 个断面下游在迈湾运行后仍存在天然河段，但这些河段均建有堤防，河滩地内不存在典型雨林植被和河岸带植被，迈湾运行导致的水量减少不会对该河段河岸植被产生明显影响。可见，迈湾运行对下游河岸植被不存在显著影响。

(4) 对人工植被的影响

该地区为宜胶区、宜槟榔种植区和人工用材林经营区。水库建设减少现有的人工植被面积，会对农民收入结构有一定影响。

5.5.3 对植物的影响

(1) 陆生植物种类组成的影响

工程建设过程由于占用土地、扰动地表等因素，将破坏部分植物赖以生长的土壤，导致植物在数量和成分上的改变。据实地调查的结果，评价区域的植被主要为人工植被，项目建设对植物物种的影响主要是造成其面积上的减少，但并不会导致物种的消失，不会对区域内植被资源和植物物种多样性产生不良影响，也不会对植物分布造成明显的不利影响。总的来说，工程建设占地会对枢纽区、水库淹没区植被面积造成一定的减少，但绝大部分为人工植被损失，对陆生植物种类组成造成的影响不大。

(2) 对珍稀保护植物的影响

根据陆生生态环境现状调查，本工程评价区内分布的国家Ⅱ级保护植物有油楠 1 种，在工程占地和水库淹没区以外；海南省重点保护植物有海南大风子、野荔枝、白桂木、母生和重阳木 5 种。在水库淹没区内的仅有海南大风子、野荔枝各 1 株将受到淹没的直接影响，蓄水前需采取迁地保护措施。其他珍稀保护植物均位于淹没区以外，基本不会受到工程建设的直接影响。

(3) 对古大树和特色植物的影响

经调查，本工程评价区内分布有未登记的古树 13 株，其中有 9 株位于水库淹没区或工程占地区内，种类包括笔管榕、斜叶榕、垂叶榕、荔枝、高山榕等 5 种。14 株本流域特色植物滑桃树也位于水库淹没区内。以上植物将受到工程建设的直接影响，蓄水前需采取迁地保护措施。

5.5.4 对动物的影响

(1) 施工影响

评价区主要为次生林动物群落、人工林动物群落、湿地动物群落、灌草丛动物群落、农田旱地动物群落及村落动物群落。施工区域包括副坝及相关施工辅企区、生活区、石料厂、道路运输区、移民安置建设区等。施工活动将导致部分动物生境的改变，由于占地、开挖、搭建和施工人员活动等干扰因素以及植被的破坏或噪音的干扰等，这些变化将影响此范围内的陆生动物的活动区域、迁移途径、栖息区域、觅食范围等，从而对动物的分布和活动产生一定的影响，使原来较大面积范围内的连续生境逐渐被分成多个小生境，甚至会引起生境的局部丧失。

对不同动物种类而言，直接影响在于生境的改变和与干扰的直接接触，因此动物更多的表现为直接逃离干扰源，而进入临近安全或干扰较小的生境中，鸟类和哺乳动物活动能力较强，施工期间，会在施工期区有明显的种类减少和种群数量下降现象，而在分布区的临近相似生境中，会出现动物种类增加和种群数量增多的现象，相比而言两栖爬行动物运动能力相对较弱，项目施工的直接干扰，该类动物种类和数量在施工区会出现逐渐的减少。

总体来看，施工期由于干扰的加剧、生境的丧失等原因，对适应人为干扰能力较弱的湿地、次生林和灌草丛中适应人为干扰能力较弱的物种相对影响较大，同时施工会引起分布于直接施工区的昼行性鸟类和兽类明显下降或消失现象的发生，相比而言，夜行性的两栖爬行动物受到影响相对较小。

(2) 水库初期蓄水影响

本工程蓄水时间较长，蓄水过程中水库水位缓慢上升，逐渐淹没周边原有植被及陆生动物栖息地。本工程评价区绝大部分动物具有较强的行动、迁徙能力，在水库淹没过程中会逐渐迁往淹没区以上地带等其它地区。一般来看，处于繁殖期个体及幼体相对于其它成年个体迁移能力较弱，但水面上升速度不快，在加强或做好保护措施的前提下，大部分动物可以向周边迁移。因此在蓄水前应做好相应的清库工作，清理库区树木，提前驱赶鸟类和兽类等。

(3) 水库淹没影响

施工期结束后，在采取的相关植被和生态恢复措施后，各功能区植被和动物生境逐渐进入恢复期，动物群落也进入到恢复期。对于动物群落而言，人工林、村落动物群落主要以适应人为干扰能力较强的物种构成，因此在运行期动物群落得以恢复也较为容易，恢复速度也比较快；次生林、河流湿地和灌草丛既有适应人为干扰能力较强的物种，同时也分布一些适应人为干扰能力较弱的物种。

水库形成后，人工林、灌草丛动物、次生林动物群落和村落动物群落随着生境的丧失，分布区范围的缩小，因此会受到较大的影响。但这些物种绝大多数数量较多，且调查中未发现其重要的繁殖或越冬栖息地，绝大多数在当地处于优势地位的类群。鸟类和兽类分布范围较大，生境局部丧失的环境压力下可以扩展其分布空间和活动范围，两栖爬行动物扩展空间能力相对较弱。随着水面上升，群落中的鸟类和兽类会相对较为迅速的做出反应，向水线上移动和迁移，两栖爬行动物移动速度相对较慢，同时两栖爬行动物在迁移的过程中可能会吸引鸟类和兽类等捕食者在水位线附近分布和活动。同时，随着水面上升和水位上涨，水域面积扩大，湿地动物的分布空间得以扩大，增加了其取食和活动的面积和范围，也可能会增加湿地鸟类种类和数量。

(3) 对重点保护野生动物的影响

评价区及周边共记录重点保护动物 45 种，其中国家 II 级重点保护动物有 9 种，海南省重点保护陆生脊椎动物 36 种。调查表明，两栖爬行动物、褐翅鸦鹃、白头鹎、八哥、隐纹花松鼠在评价区零星繁殖，工程建设会对其产生一定影响；其余重点保护动物在评价区未发现重要的繁殖场所、集中取食或越冬栖息地，处于零散分布或活动，未集结成大的群体，工程建设对其基本无影响。

评价区珍稀保护动物分布与工程影响一览表

表 5.5-3

序号	种名	级别	生境	海拔分布 m	区域关系与影响
1	细刺蛙 <i>Sylvirana spinulosa</i>	省级	次生林溪流	110-118	少见于区域中小部分地区/基本无影响
2	大绿蛙 <i>Odorrana graminea</i>	省级	次生林溪流	110-118	少见于区域中小部分地区/基本无影响
3	海南溪树蛙 <i>Rhacophorus oxycephalus</i>	省级	南渡江河段溪流	75-110	少见于区域中小部分地区/影响较小
4	中华鳖 <i>Trionyx Sinensis</i>	省级	南渡江河段	100-105	少见于区域中小部分地区/影响较小
5	细鳞树蜥 <i>Calotes microlepis</i>	省级	次生林	110-125	少见于区域中小部分地区/基本无影响
6	斑飞蜥 <i>Draco maculatus</i>	省级	次生林	110-125	少见于区域中小部分地区/基本无影响
7	海南睑虎 <i>Goniurosaurus hainanensis</i>	省级	人工林	190	少见于区域外小部分地区/无影响
8	滑鼠蛇 <i>Ptyas mucosus</i>	省级	灌草丛	85-130	少见于区域中小部分地区/影响较小
9	舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	省级	人工林	160-195	少见于区域中小部分地区/影响较小
10	眼镜王蛇 <i>Ophiophagus hannah</i>	省级	人工林	160-195	少见于区域中小部分地区/影响较小

11	银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	省级	草丛	110-130	少见于区域中小部分地区/影响较小
12	小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
13	大白鹭 <i>Egretta alba</i>	省级	松涛水库湿地	180-190	少见于区域外小部分地区/无影响
14	池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
15	牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	省级	河流、水田湿地、旱地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
16	栗苇开鸟 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	少见于区域中小部分地区/影响较小
17	松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	II	人工橡胶林	80-180	多见于区域中大部分地区/具一定影响
18	鵟 <i>Pandion haliaetus</i>	II	松涛水库湿地	180	少见于区域外小部分地区/无影响
19	蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	II	次生林	90-220	少见于区域中小部分地区/具一定影响
20	黑翅鸢 <i>Elanus caeruleus</i>	II	旱地	80-120	少见于区域中小部分地区/影响较小
21	游隼 <i>Falco peregrinus</i>	II	松涛水库湿地	180	少见于区域外小部分地区/无影响
22	红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	II	人工橡胶林	95-130	少见于区域中小部分地区/影响较小
23	鹌鹑 <i>Coturnix coturnix</i>	省级	草地	80-120	少见于区域中小部分地区/具一定影响
24	白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	省级	南渡江河流湿地	80-120	少见于区域中小部分地区/影响较小
25	骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	省级	河流湿地	110-115	少见于区域中小部分地区/影响较小
26	金眶鸪 <i>Charadrius dubius</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
27	矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
28	扇尾沙锥 <i>Capella gallinago</i>	省级	河流、水田湿地	50-140	多见于区域中大部分地区/具一定影响
29	须浮鸥 <i>Chlidonias hybrida</i>	省级	松涛水库湿地	180-190	少见于区域外小部分地区/无影响
30	珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	省级	人工林、次生林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小
31	褐翅鸦鹃 <i>Centropus sincnsis</i>	II	灌草丛	50-220	多见于区域中大部分地区/具一定影响
32	小鸦鹃 <i>Centropus toulou</i>	II	灌草丛	110-120	少见于区域外小部分地区/影响较小
33	绿嘴地鸫 <i>Phaenicophaeus tristis</i>	省级	灌草丛	90-130	少见于区域外小部分地区/影响较小
34	领角鸮 <i>Otus bakkamoena</i>	II	人工林	80-170	少见于区域外小部分地区/具一定影响
35	白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	省级	人工林、次生林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小

36	八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	省级	人工林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小
37	丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>	省级	人工林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小
38	乌鸫 <i>Turdus merula</i>	省级	人工林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小
39	蓝矶鸫 <i>Monticola solitarius</i>	省级	南渡江边缘林地	70-130	少见于区域外小部分地区/影响较小
40	褐胸噪鹛 <i>Garrulax maesi</i>	省级	灌草丛	90-130	少见于区域外小部分地区/影响较小
41	棕果蝠 <i>Rousettus leschenaulti</i>	省级	村落	90-150	少见于区域外小部分地区/影响较小
42	树鼩 <i>Tupaia belangeri</i>	省级	次生林、人工林缘	110-170	少见于区域外小部分地区/影响较小
43	豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	省级	次生林、人工林缘	110-170	少见于区域外小部分地区/基本无影响
44	隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	省级	人工林、次生林、村落	50-220	多见于区域中大部分地区/影响较小
45	赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	省级	次生林、人工林缘	110-170	少见于区域外小部分地区/基本无影响

5.5.5 对景观生态的影响

(1) 生物生产力影响

① 施工占地

工程施工占地损毁了施工占地区内的植被，造成绿地面积的直接减少，导致区域内自然体系生产能力和稳定状况发生改变，对评价区生态完整性产生一定影响。

工程施工占地造成各植被类型损失的生物生产力见表 5.5-1。结果表明，枢纽工程区共征占用各植被面积 200.38hm²，其中热带雨林林地面积 30.51hm²，损失的植被生物生产力约为 494.26t，占评价区生物生产力为 0.15%；灌草丛林地面积 10.28hm²，损失的植被生物生产力约为 87.38t，占评价区生物生产力为 0.06%；人工林（经济林园和农田作物）总面积 159.52hm²，损失的植被生物生产力约为 2149.52t，占评价区生物生产力为 1.44%。

施工区各植被类型损失生物生产力

表 5.5-4

植被类型	面积(hm ²)	平均净生产力(g/m ² .a)	损失生物生产力(t/a)	占施工区生物生产力(%)	占评价区生物生产力(%)
1.热带雨林	30.51	16.2	494.26	18.09	0.15
2.灌草丛	10.28	8.5	87.38	3.20	0.06
3.经济林园	144.29	14	2020.06	73.94	1.35
4.用材林	0.00	12.5	0	0.00	0.00

5.竹林	0.00	8.3	0	0.00	0.00
6.村庄植被	0.07	16.2	1.13	0.04	0.00
7.农田作物	15.23	8.5	129.46	4.74	0.09
合计	200.38	0.12	2732.29	100	1.65

② 水库淹没

从表 5.5-5~6 中可以看出, 水库淹没在 101m 淹没线内, 会占用各植被面积 2661.40hm², 其中热带雨林林地面积 169.58hm², 损失的植被生产力约为 1364.07t, 占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 5.77%、4.17% 和 0.52%; 灌草丛林地面积 445.60hm², 损失的植被生产力约为 3787.60t, 占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 38.68%、11.59% 和 1.46%。虽然工程建设对评价范围的自然生产能力有一定的影响, 但其影响比例并不大。

水库淹没区 (101m) 植被生产力变化统计表

表 5.5-5

类 型	平均生产力 (t/hm ² a)	评价区植被总生产力			被淹没的植被总生产力		
		斑块数	面积(hm ²)	生产力 (t/hm ² a)	斑块数	面积 (hm ²)	生产力 (t/hm ² a)
1.热带雨林	11.41	341	2073.27	23656.01	86	119.55	1364.07
2.灌草丛	8.5	692	1152.16	9793.36	399	445.60	3787.60
3.经济林园	14	783	15372.37	215213.18	286	1883.17	26364.38
4.用材林	12.5	79	616.80	7710.00	11	53.61	670.13
5.竹林	8.3	10	7.27	60.34	4	2.46	20.42
6.村庄植被	12	58	77.83	933.96	16	9.44	113.28
7.农田作物	2.5	294	1006.53	2516.33	121	147.57	368.93
总 计		2257	20306.59	259883.18	923	2661.40	32688.79

水库淹没区植被生产力淹没损失分析表

表 5.5-6

类 型	评价区植被 总生产力	被淹没的植 被总生产力	损失占该类 型的比例	损失占被淹没 的比例	损失占总生产 力的比例
	(t/hm ² a)	(t/hm ² a)	%	%	%
1.热带雨林	23656.01	1364.07	5.77	4.17	0.52
2.灌草丛	9793.36	3787.60	38.68	11.59	1.46
3.经济林园	215213.18	26364.38	12.25	80.65	10.14
4.用材林	7710.00	670.13	8.69	2.05	0.26
5.竹林	60.34	20.42	33.84	0.06	0.01
6.村庄植被	933.96	113.28	12.13	0.35	0.04

7.农田作物	2516.33	368.93	14.66	1.13	0.14
总计	259883.18	32688.79		100.00	12.58

(2) 生态系统稳定性的影响

生态系统的稳定性包括两种特征，即阻抗和恢复，这是从生态系统对干扰因子反应的意义上定义的。阻抗是生态系统在环境变化或潜在干扰时反抗或阻止变化的能力，它是偏离值的倒数，大的偏离意味着阻抗低。而恢复(或回弹)是生态系统被改变后返回原来状态的能力。因此，对生态系统稳定状况的度量要从恢复的稳定性和阻抗的稳定性两个方面来度量和评价。

① 恢复稳定性

自然系统的恢复稳定性，是根据植被净生产力的多少度量的。如果植被净生产力高，则其恢复稳定性强，反之则弱。目前评价区的自然景观大多数已经被人工景观取代，有幸存下来的自然热带雨林植被所分布的环境是相当特殊的，有的分布在坡度较大的山顶上，有的分布在坡度较大的沟谷中，形成多个、分布不连续，面积小的拼块（残留拼块或资源拼块），植物群落完整性较差，景观破碎程度较高，植物种类组成中偏低等，结构复杂性一般，但生产力估算约 $0.81\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$ ，表现较高的生产力水平，如果没有人类的干扰植物群落生态系统较为稳定，恢复稳定性较好；灌草丛拼块也一样破碎，与热带雨林不同之处，它们主要分布在人工植被的边缘，在人工植被边缘的灌草丛受人类干扰程度较大，组成与结构都比较简单，但估算生产力约为 $1.18\text{t}/\text{hm}^2\cdot\text{a}$ ，比河边的灌草丛略高，如果没有人类继续干扰，自然恢复能力较强，河边的灌草丛生产力相对较低，但从物种组成与结构上看，已经处在较为稳定的生态系统，其恢复稳定性比分布在人工植被边缘的灌草丛略强。

从该地区的橡胶林、槟榔园和用材林的经营状态及其生长情况来看，其植物的个体发育良好，产量较高，林下植物多样性适中，林下植被覆盖率适中，不仅便于管理，水土流失也较轻微，而且构成一个较为稳定的生态系统，恢复稳定性较高。特别是橡胶林拼块连续性强、面积大、生长良好，构成了该地区的本底要素，其平均生物量达到 $80.5\text{t}/\text{a}$ ，仅次于热带雨林。总体来看，区域自然系统背景生物恢复稳定性较高。

② 阻抗稳定性

自然系统的阻抗稳定性是由系统中生物组分异质性的 高低决定的。异质性是指一个区域里（景观或生态系统）对一个种或更高级的生物组织的存在起决定作用的资源在空

间或时间上的变异程度。由于异质性的组分具有不同的生态位，给动植物的栖息、移动以及抵御内外干扰提供了复杂和微妙的相应利用关系。另一方面，异质化程度高的自然系统，当某一斑块形成干扰源时，相邻的异质性组分就成为了干扰的阻断，从而达到增强生态系统抵御内外干扰的作用，有利于体系生态稳定性的提高。

评价区内的植被以人工林和热带雨林为主，其中人工组成较单一，不能形成多样性的群落结构，林分质量较差，易受干扰，自我调节能力差等缺陷，功能不够完善；热带雨林由于坡度大，土层较薄，水土流失较容易发生，抗干扰能力低，阻抗稳定性弱；灌草丛主要分布在人工植被边缘，且由于面积小，阻抗稳定性较弱，河两侧的自然护河岸灌草丛面积也很小，其阻抗稳定性一样属于较弱的类型。研究表明，人工林的土壤饱和持水量、土壤肥力都比天然林低，而土壤侵蚀量则大于天然林，因此对生态环境的缓解改善作用是有限的。工程建成和运行后评价区作为模地的经济林园其面积发生较大变化，经济林园减少了 2880.43hm²，其比例占评价范围的 10.65%；而热带雨林和灌草丛的面积虽然也有一定的变化，分别减少了 181.89hm² 和 769.56hm²，但其比例仅占到评价范围的 0.67% 和 2.84%。因此工程实施后对区域自然体系的景观异质化程度和阻抗能力的影响不大。

5.5.6 对生态系统的影响

(1) 对森林生态系统的影响

工程建设对于森林生态系统有不利影响和有利影响两个方面，不利影响体现在工程施工占地和水库淹没引起森林植被面积的减少，造成了植被生物量和生产力的下降。从而也对生活于其中的动物产生不利影响。而由于工程占地和淹没减少林地面积相较于整个森林生态系统所占的比例较小，因此对于森林生态系统的结构和功能的影响不大。此外，植被恢复措施的实施会一定程度上减少区域内水资源和土壤资源的流失，可减缓工程建设对森林生态系统的不良影响。

(2) 对湿地生态系统的影响

本工程不涉及重要湿地，工程建设对于湿地生态系统的影响依然包括不利影响和有利影响两个方面。水库淹没使自然的河漫滩湿地变为水域，原有的河滩植物被淹没，减少了此类植被的分布面积，原有的浅水区域变为了深水区域，也失去了为涉禽提供栖息环境的功能。因此工程对湿地生态系统最直接的影响在于湿地植被面积的减少，从而影响了湿地生态系统提供动植物资源栖息地等功能。

工程建成运行后，由于水域面积增加，库区为游禽提供了更广阔的栖息空间。此外，

借助于水库的拦截以及对水资源的合理调配，湿地生态系统的蓄水补水，调蓄洪水的功能得到加强。

(3) 对农业生态系统的影响

本工程对农业生态环境的影响既有有利的影响，也有不利的影响。工程库区 101m 正常蓄水位淹没影响土地 42961.16 亩，其中其中耕地 2843.34 亩，园地 25623.11 亩，林地 9148.35 亩，其他 5346.36 亩；枢纽工程永久占地 2054.56 亩，其中耕地 64.85 亩，园地 903.45 亩，林地 941.09 亩。工程占地和水库淹没引起耕地和果园面积的减少，但工程的建设也可改善灌区农业生产条件，保障并促进供水区域的农业生产。

(4) 水库消落带的生态影响

迈湾水库具有年调节性能，水库水位在正常蓄水位 101m~死水位 76m 之间变化，最大消落幅度达 25m，消落区面积超过 20.86km²。水库形成后，原消落区的陆生生态系统转变为周期性淹没和出露成陆而形成的干湿交替地带。

由于库区水位周期性消落，消落区受到来自水陆界面影响，成为生态系统中物质、能量输移和转化活跃地带，属典型生态环境敏感区和脆弱区。一方面典型的陆生生态系统无法渡过被水淹时段，另一方面典型的水生生态系统也难以忍受消落干枯期，适合消落区环境的生态系统无论在物种组成上、还是在其功能结构上都将受到极大的限制，成为典型的脆弱生态系统。



图 5.5-1 松涛水库消落带

5.5.7 对热带雨林的影响

5.5.7.1 对热带雨林完整性的影响

(1) 生物生产力影响

① 施工占地影响

工程施工占地造成各热带雨林植被类型损失的生物生产力见表 5.5-7。结果表明，枢纽工程区共征占用各植被面积 6.26hm²，损失的总生物生产力约为 66.36 t，占评价区雨林生物生产力的 0.28%。其中岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系面积损失最大，为 5.89hm²，损失的生物生产力约为 61.85t，占施工区和评价区雨林生物生产力分别为 93.20%和 0.26%；植被发育最好的鸭脚木+黄桐群系未涉及，植被发育相对较好的鸭脚木+黄椿木姜子群系面积损失也较小，为 0.37hm²；另外笔管榕+黄桐+大叶山楝群系，山麻树+黄桐+翻白叶群系和海南暗罗+鸭脚木群系均未涉及。

施工区各热带雨林植被类型损失生物生产力

表 5.5-7

植被类型	面积 (hm ²)	净生产力 (t/hm ² a)	损失生物生产力(t)	占施工区雨林生物生产力 (%)	占评价区雨林生物生产力 (%)
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	5.89	10.5	61.85	93.20	0.26
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	0	11	0.00	0.00	0.00
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	0	10.5	0.00	0.00	0.00
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	0	7.5	0.00	0.00	0.00
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	0.37	12.2	4.51	6.80	0.02
6.鸭脚木+黄桐群系	0	14.2	0.00	0.00	0.00
7.海南暗罗+鸭脚木群系	0	9.5	0.00	0.00	0.00
合计	6.26		66.36	100.00	0.28

② 水库正常蓄水位 101m 淹没影响

水库在 101m 淹没线内占用各雨林植被面积 119.55 hm²，其中鸭脚木+黄椿木姜子群系的淹没面积最大，为 46.88hm²，损失的植被生产力约为 571.94t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 5.92%、42.37%和 2.42%；其次是靠近坝址区域的岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系，受淹没的面积 32.47hm²，损失的植被生产力约为 340.94 t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 9.91%、25.25%和 1.44%。另外，翻白叶+中平树+大果榕群系和海南暗罗+鸭脚木群系受淹没的影响几乎没有。因此，虽然工程建设对评价范围的自然生产能力有一定的影响，但对评价范围的影响总比例并不大（淹没损失总占比 5.71%）。

水库 101m 淹没区热带雨林植被生产力变化统计表

表 5.5-8

类型	平均生产力	评价区植被总生产力			被淹没的植被总生产力		
		斑块	面积	生产力(t)	斑块	面积	生产力

	(t/hm ² a)	数	(hm ²)		数	(hm ²)	(t)
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	10.5	66	327.50	3438.75	16	32.47	340.94
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	11	42	147.21	1619.31	22	27.38	301.18
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	10.5	31	182.12	1912.26	14	12.33	129.47
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	7.5	4	43.56	326.7	0	0.00	0
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	12.2	120	792.43	9667.65	31	46.88	571.94
6.鸭脚木+黄桐群系	14.2	41	251.50	3571.30	3	0.50	7.10
7.海南暗罗+鸭脚木群系	9.5	37	328.95	3125.03	0	0.00	0
总计		341	2073.27	23660.99	86	119.55	1350.62

水库 101m 淹没区热带雨林植被生产力淹没损失分析表

表 5.5-9

类型	评价区植被总生产力(t)	被淹没的植被总生产力(t)	损失占该类型的比例(%)	损失占被淹没的比例(%)	损失占总生产力的比例(%)
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	3438.75	340.94	9.91	25.25	1.44
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	1619.31	301.18	18.60	22.31	1.27
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	1912.26	129.47	6.77	9.59	0.55
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	326.7	0	0.00	0.00	0.00
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	9667.646	571.94	5.92	42.37	2.42
6.鸭脚木+黄桐群系	3571.3	7.10	0.20	0.53	0.03
7.海南暗罗+鸭脚木群系	3125.025	0	0.00	0.00	0.00
总计	23660.991	1350.62	5.71	100.00	5.71

(2) 对热带雨林稳定性影响

该地区的自然景观大多数已经被人工景观取代，有幸存下来的自然热带雨林植被所分布的环境是相当特殊的，有的分布在坡度较大的山顶上，有的分布在坡度较大的沟谷中，形成多个、分布不连续，面积小的拼块（残留拼块或资源拼块），植物群落完整性较差，景观破碎程度较高，植物种类组成中偏低等，结构复杂性一般，但在淹没区外（特别是海拔大于 200m）区域的热带雨林生产力估算约在 14-16t/hm² a，表现较高的生产力水平，如果没有人类的干扰植物群落生态系统较为稳定，这些区域热带雨林的恢复稳定性较好；而在淹没线 101m 以下或周边的近河岸的热带雨林群落更加破碎，与其他分布较高海拔的热带雨林群落不同之处，它们主要分布在河岸灌木丛林或人工植被的边缘。目前在河岸灌木丛林或人工植被边缘的这些退化的次生热带雨林，组成与结构都非常简单，并受多花山猪菜的入侵严重，估算生产力仅 7-8t/hm² a，仅比周边或河边的灌草丛

要高一些，淹没区域周边的这些高度退化的热带雨林不论从分布面积、组成与结构等都表现出不稳定状态，就算没有人类的继续干扰，自然恢复能力也比较弱。目前受淹没影响的这些次生雨林占整个评价范围和热带雨林总面积的比例均较小。因此，总体来看，总体来看，评价区域热带雨林生态系统的生物恢复稳定性一般。

工程建成和运行后评价区内的热带雨林面积虽然也有一定的变化，但其比例均较小。如在 101m 淹没线内分别占用或损失各雨林植被面积 119.55hm^2 ，其比例仅占到评价范围总面积的 5.89%，同时淹没的这些热带雨林的生產力损失占热带雨林总生产力的比例约为 5.71%。因此，工程实施后对区域热带雨林体系的景观异质化程度和阻抗能力有一定的影响，但总体上影响不大。

5.5.7.2 对热带雨林植物和植被的影响

(1) 对热带雨林植物资源的影响

永久占地的建设将占用一定的次生热带雨林，但永久占地的雨林植物中常见和优势的植物主要是猫尾木、野芭蕉、三叉苦、假柿叶木姜子、山油柑、窄叶半枫荷、厚皮、假苹婆、黄牛木、厚皮树、银柴、毛柿、粗糠柴等，这些植物种类本身繁殖力强，分布广泛；选定的坝区用地范围热带雨林植被面积为 6.26hm^2 ；该区域热带雨林次生林平均生物量约为 $80\text{t}/\text{hm}^2$ 。通过计算选定坝区用地范围的热带雨林次生林的生物量损失约为 500t ，损失占整个热带雨林生物量总量的比例为 0.03%。根据现场调查，工程占地影响的植物种类在评价区仍然广泛分布，工程占地仅使这些植物的数量和分布情况发生变化，不会造成植物种类消失。

水库建设后将导致部分水淹的河岸区域完全被水淹没，导致河岸区域的一些次生雨林植物资源的减少。野外调查发现，水库淹没范围的雨林植物中常见和优势的植物主要是以黄桐、鸭脚木、猫尾木、榕属植物、山麻秆、黄椿木姜子、厚皮、破布叶、银柴、窄叶半枫荷、鹧鸪麻、白楸、翻白叶、中平树、大叶山楝、假萍婆、叶被木、酒饼勒、大营、狭叶蒲桃、闭花木、牛筋藤等。虽然这些淹没的雨林植物在水库蓄水后，受高水位的影响，林内的乔灌木植物个体和生物量将被淹没而减少或死亡，但淹没影响的资源量不大，同时野外的调查发现这些雨林植被在库区周围是分布较普遍的类型，同时水库淹没线以上及库区周围也发现相似的群落，不存在因局部植被淹没而导致群落内植物种群彻底消失和灭绝。

总的来说，工程建设占地和淹没会对影响区域的热带雨林植被面积造成一定的减少，但绝大部分为雨林常见或演替先锋植物，对陆生热带雨林植物种类组成造成的影响

在可接受范围内。

(2) 对热带雨林珍稀保护植物的影响

根据现场调查，坝址周边及淹没线内附近分布有省级重点保护植物：海南大风子、野荔枝等的分布。工程建设占地和水库淹没很有可能占用或破坏其生境，这些物种将受到淹没的直接影响，蓄水前需采取保护措施，而国家级保护植物油楠、部分省级保护植物如野荔枝、母生、重阳木、白桂木等位于工程及淹没区外，受到淹没和工程建设的影响不大，但仍应给与关注。总体上，工程建设有可能对少数保护物种产生一定的影响，但不会导致这些物种的灭绝。

(3) 对热带雨林植被的影响

工程施工对热带雨林植被影响主要是枢纽工程永久占地影响。迈湾工程影响的热带雨林植被中，主要占用的是岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系和鸭脚木+黄椿木姜子群系，分别为 5.89hm² 和 0.37hm²。占用的这些区域次生雨林植被群落发育虽然不典型，但对维护本地生物多样性和保持水土方面具有非常积极的作用。

工程占用热带雨林植被面积统计表

表 5.5-10

序号	群落类型	面积(hm ²)		占评价范围该类型 雨林比例(%)	占评价范围总雨林 面积比例%
		永久占地	临时占地		
1	岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	5.89	0	1.80	0.28
2	笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	0	0	0	0
3	山麻树+黄桐+翻白叶群系	0	0	0	0
4	翻白叶+中平树+大果榕群系	0	0	0	0
5	鸭脚木+黄椿木姜子群系	0.37	0	0.05	0.02
6	鸭脚木+黄桐群系	0	0	0	0
7	海南暗罗+鸭脚木群系	0	0	0	0
	合计	6.26		1.85	0.30

根据本工程水库淹没区遥感解译结果，水库淹没区中共涉及有 6 个雨林植被群落类型，水库淹没后评价区植被类型、群系纲、群系未发生变化，水库淹没未造成热带雨林植被类型在评价区内消失，水库淹没前后植被的变化，主要表现在雨林植物群系的斑块数量和面积发生了变化，水库蓄水后，在 101m 淹没线内共淹没了 86 个斑块，淹没雨林植被面积 119.55hm²，占评价区雨林植被总面积的 5.76%，被淹没斑块中占总雨林面积比值最大的是鸭脚木+黄椿木姜子群系为 2.26%，被淹没雨林占该类群系比值最大的是笔管榕+黄桐+大叶山楝群系为 18.60%。

评价区和水库 101m 淹没区热带植被类型斑块数、面积统计分析表

表 5.2-11

单位: hm²

植被类型名称	淹没前 斑块数	评价区斑 块总面积	被淹没 斑块数	被淹没斑块 总面积	被淹没雨林 占总雨林面 积比值	被淹没雨林 占该类群系 比值
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	66	327.50	16	32.47	1.57	9.92
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	42	147.21	22	27.38	1.32	18.60
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	31	182.12	14	12.33	0.59	6.77
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	4	43.56	0	0.00	0.00	0.00
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	120	792.43	31	46.88	2.26	5.92
6.鸭脚木+黄桐群系	41	251.50	3	0.50	0.02	0.20
7.海南暗罗+鸭脚木群系	37	328.95	0	0.00	0.00	0.00
总 计	341	2073.27	86	119.55	5.76	5.89

5.5.7.3 工程运行后对区域（热带雨林）植被分布和演替趋势的影响

(1) 植被分布特征

目前,评价区植被受人类活动的影响明显,区域原生植被的自然分布规律已经遭受破坏,主要表现为小山头的山顶上和沟谷河边仍保留有一些较原生的热带雨林,沟谷及河道边缘分布有结构相当稀疏的次生热带雨林或次生灌草丛;还有许多山体已经全部种上橡胶林或槟榔园,而低山至丘陵地区全部是园地植被分布,以橡胶和槟榔为主,间或有一些水田荒地等;水域主要为一些池塘、河流组成;没有表现出具有垂直分布规律等自然植被的分布特征。

(2) 植被演替特征

植被演变的一般规律为,热带原始林经开发利用后,就会退化为各种次生植被类型(次生密林、次生疏林),进而继续退化为灌丛或草地,最终被人工植被所替代。前一阶段的植被如果被过渡利用就会退化为群落演替低级阶段植被类型;相反,如果实行封山育林和人工营林,低级阶段的植被就会向顶极阶段演替。目前项目评价周边的原生植被主要分布于黎母山等自然保护区内,分布面积小,植被的退化主要与人为的干扰有关系。

该地区的原有植被应是热带低地(湿润)雨林,但是经过人类强烈的种植活动,目前绝大多数的土地已经种植了橡胶和槟榔,原始热带雨林几乎全部消失,或高度退化成次生性较强的疏林甚至外貌上已经接近灌木林,特别是区域热带低地雨林的植物种类分布,如翻白叶、山麻树、厚皮树、黄牛木、鸭脚木等。现存在沟谷坡度较大或山顶区域的热带雨林也多是热带雨林的初期演替阶段类型,如果要封山育林,该地区的植被会以沟谷或山顶上的热带雨林为中心,向两侧坡地发展,依据以往的热带森林演替动态研究案例进行类比,该地区要

全面自然演替到典型的热带低地雨林类型，可能需要 200 年的时间。

(3) 工程运行后植被和生态环境的影响预测

工程运行后将导致上游水位增加，原来裸露的河岸生境被水淹没，形成新的半静水湿地。水库上游水域由自由流动的河流变成静水，使得水库上游生境类似于湖泊生态系统，改变了自然的侵蚀-运输-沉积过程，新的河床、河岸地貌形成。河流生态系统水文地貌的变化强烈的影响上游河岸植物群落的结构和分布，水库上游形成浅水库湾，河岸带出现较多的湿生物种，耐淹植物。水库初期蓄使得耐淹种类成为优势种，不耐淹物种消失，受淹没影响的周边次生热带雨林系统可能退化为滨江灌丛或湿生草地生态系统，植物群落组成和结构与建库前产生明显差异。蓄水后，消落区植物的自然分布将以草本植物为主，乔木和灌木受高水位影响减少或消失。因此，水库建设将导致部分水淹的河岸区域完全被水淹没，导致河岸区域的一些陆地次生雨林植被减少明显或逆向演替。

一方面，由于河流两侧保存相对较好的热带雨林海拔相对较高（200m 以上），随着运营后期淹没水线的上升，仅有一些低海拔分布（海拔 150m 以下）的次生热带植物种类受影响，对较高海拔（200m 以上）的发育较好且相对典型的热带雨林植被群落的影响较小，对山顶的原生雨林植被分布的影响更小；另一方面，目前区域植被已经受人为干扰影响较大，已经失去了植被原有的垂直或水平分布规律等自然植被的分布特征，而项目运行后也仅是对淹没线水面周边的少量雨林植被造成影响，对区域总体上的自然植被的演替规律造成的影响较小。

因此，迈湾水库运行后虽然淹没了一些河岸次生雨林植被（这些现有的河岸次生雨林植被的生态功能已经较低），但具有重要生态功能或较高生产力、生物量的次生雨林植被主要分布在淹没线外的山顶周边，受淹没影响的这些退化的雨林植被对区域整体植被分布、演替趋势、生物多样性产生的影响不大；水库蓄水运行后，当地生物量虽然也发生较大程度的减少，生物量的消失很难恢复，但在库区建设后及时恢复一些热带雨林或自然灌木丛，生物量的损失将会得到补偿。

综上所述，项目运行后对区域植被分布特征、演替和生态环境的总体影响较小。

5.5.7.4 对热带雨林动物的影响

(1) 对次生热带雨林保护动物和生境的影响

次生热带雨林动物群具有一定的适应人为干扰能力较弱的雨林物种组成，但绝大多数适应人为干扰能力较弱的物种和省级以上重点保护动物都分布于 108m 淹没线之上生境中。通过调查和生态影响评价预测，项目施工期对坝区所在永久性和临时性占地涉及

的次生热带雨林生境和动物群以及重点保护动物具有较大的影响，施工期对淹没区分布的热带雨林动物群和重点保护动物影响不大；营运期坝区所涉及的次生热带雨林动物群和重点保护动物在生境修复和恢复后，基本可以恢复到施工前的状态和水平，而淹没区由于淹没生境相对较小，基本不会对淹没区雨林动物群和重点保护动物产生较大的影响。

(2) 对热带次生雨林片区陆生脊椎动物多样性的影响

营运期对项目评价区热带次生雨林的陆生脊椎动物影响主要体现在库区次生雨林会受到项目工程永久性占地的影响，施工前，库区永久性占地区域次生热带雨林陆生脊椎动物多样性指数为 4.6938、均匀性指数为 0.9079；淹没区次生雨林陆生脊椎动物多样性指数为 5.1183、均匀性指数为 0.8499；库区陆生脊椎动物为 36 种，而淹没区次生雨林生境为 65 种；但与典型性热带雨林相比较（尖峰岭 5.4522、吊罗山 5.5372）都明显较低，且中部山地省成分物种比例较少。工程建设直接会导致永久占地次生雨林陆生脊椎动物生境的部分丧失，但库区在营运期随着施工干扰降低或消失，雨林干扰降低，蛇雕、绿翅金鸠等施工期丧失的物种会继续恢复出现在库区存留的次生热带雨林生境，不会本质的降低或减少当地物种多样性或物种数，因此库区和淹没区在营运期热带次生雨林生境陆生脊椎动物物种多样性和均匀性指数基本不会发生较大的改变，物种组成和数量也不会发生本质的变化。

5.6 水生生态影响

迈湾水利枢纽建成后，库区及下游河段水文情势、泥沙、水质、营养元素等水生生境发生改变，必然对浮游动植物、底栖生物、鱼类及其产卵场等产生一定影响。迈湾水库上游为已建成运行的松涛水库，其入库河流南开河与松涛库区的水生生物种群特征差异，可作为本工程建成前后水生生态影响预测的类比参考。

5.6.1 对水生生境的影响

水库蓄水运行后，库区水域生境将由河流型向湖泊型转变，水深、流速、透明度、温度、光照和营养盐类等条件均发生变化。

(1) 库区江段的水文情势变化

水库建成后，库区河段水面面积由天然时的约 0.31km^2 增加至正常蓄水位时的 23.8km^2 ，增加了约 76.8 倍，水体流速明显减缓。库区年内水位波动较大，兴利调节时水库水位在正常蓄水位 101m 和死水位 76m 之间变动，水位最大变幅 25m。正常蓄水位 101m 时坝前水位抬升了 66m，坝前最大水深达 54.69m，是天然时最大水深(8.22m)的 6.9

倍，死水位坝前水深也抬升了约 22m。正常蓄水位时库区流速范围从坝址至库尾在 0.001m/s~0.129m/s 逐渐增加，而天然时库区河段流速在 0.082m/s~2.534m/s 之间随机交错出现，流态分布变化明显。可见，库区江段水域环境从急流河道型向缓流水库型转变。

(2) 库区泥沙及透明度

库区河段流速减缓，泥沙的沉降作用增强，水体透明度会得到一定的改善。水库运行初期对库区泥沙情势会造成影响，运行 50 年设计淤积总量为 228 万 m³。随着水库使用年限的继续增加，水库淤积范围有所增加，但库区冲淤也将趋于稳定，各支库泥沙淤积也将达到一个平衡过程，出入本水库的泥沙特性趋于稳定，届时水库淤积范围基本稳定，库区泥沙情势将呈现基本稳定的状态。建库后水体透明度可增加，同时利于水生生物特别是浮游生物的生长繁殖。

(3) 营养物质

根据对水库进行富营养化的预测分析，现状水质情景下，主库区处于低富营养化状态；达标排放情景下，主库区处于中营养化状态。结合库区水温预测结果，库区适合藻类大量繁殖，在主库和支库库湾(中坤农场、西达农场和阳江农场周边)以及支库汇口等水体流动非常缓慢的局部区域，营养物质相对更丰富。

(4) 水库水温

迈湾水库正常蓄水位为 101m 时库容为 2.82 亿 m³，为季节性分层型水库。根据迈湾水库水温影响预测成果库区水温在全年均出现不同程度的分层现象，特别在春夏季的 3~7 月水温分层较为明显。

(5) 对坝址下游河段水生生境的影响

迈湾水库下游为谷石滩水电站，其回水与迈湾坝址衔接，死水位重叠水深约 3.4m。通过迈湾下泄一定生态流量，可保持下游的流量要求；迈湾水库建成后，下游泥沙含量可能进一步减少；另外，迈湾可能下泄低温水，对下游的水温产生一定影响。

5.6.2 对浮游生物的影响

(1) 对浮游植物的影响

迈湾水利枢纽建成后，形成河道型水库，水库蓄水后，库区江段水面增大、水深增加，流速减缓，库区由河流生境转化为河道型水库生境，库区泥沙沉积，水体透明度增加，水体在库区滞留时间延长，营养物质滞留、累积等，水文情势及水质等生境发生相应变化，使得水体初级生产力提高，将对库区河段浮游植物产生一定的影响。

类比 2016 年 5 月松涛水库库区与入库河流南开河浮游植物的差异，可见南开河、

松涛库尾、松涛库中三个断面分别采集到浮游植物 26、35、23 种，其中南开河断面硅藻门种类最多为 14 种，松涛库尾和松涛库中断面分别为 14 种和 6 种；南开河蓝藻门和绿藻门之和为 10 种，松涛库尾和库中断面分别为 16 种和 13 种，显示出水库形成后，浮游植物种类组成发生了变化，原河流态生境中以硅藻门为主，转变为水库静水中以蓝藻门和绿藻门为主。从生物量上看，无论是硅藻门还是绿藻门和绿藻门，其密度和生物量都有所增加，总的密度和生物量都成倍增加，显示出水库形成后，水流变缓、透明度增加、营养物质富集，有利于浮游植物的生长繁衍。坝下河段浮游植物种类和现存量也将通过下泄而增加，其它评价区影响不大。

松涛水库与南开河浮游植物群落特征比较一览表

表 5.6-1

对比内容	采样点位	硅藻门	蓝藻门	绿藻门	甲藻门	金藻门	隐藻门	裸藻门	合计
种类 (种)	南开河	15	3	7	0	0	1	0	26
	松涛库尾	14	7	9	0	0	2	3	35
	松涛库中	6	7	6	1	0	2	1	23
密度 (ind./L)	南开河	713376	905874	90587	0	0	1947629	0	3657466
	松涛库尾	2343949	3804671	985138	0	0	2174098	0	9307856
	松涛库中	747346	7767870	656759	45294	0	1766454	33970	11017693
生物量 (mg/L)	南开河	0.7304	0.0453	0.0702	0.0000	0.0000	1.7936	0.0000	2.6395
	松涛库尾	2.4628	0.1902	0.2174	0.0000	0.0000	1.5626	0.0679	4.5011
	松涛库中	0.5888	0.4790	1.1550	0.1359	0.0000	1.3407	0.1132	3.8126

(2) 对浮游动物的影响

本工程水库建成运行后，水生生境变化将有利于浮游动物的生长与繁殖。工程建成后，库区浮游动物种类、密度和生物量会有所的增加，库湾、库尾及沿岸带水域增加的比例将大于库中水域。浮游动物种类尤其是大型枝角类、桡足类的增加，将引起浮游动物生物量明显增大。丰水期上游来水量增大，库区流速加快，水体泥沙含量升高，透明度降低，库区类似深水河道，浮游动物与原河流浮游动物种类组成和现存量差异可能相对较小。

水库建成前后浮游动物的演变与浮游植物相似，水库形成后，有利于浮游动物的生长繁衍，其种类有所增加，除库中点位原生动物密度稍低以为，其他类群密度和生物量均成倍增加。坝下近江段浮游动物将主要依靠库区补给，其种类组成与库区相似。

松涛水库与南开河浮游动物群落特征比较一览表

表 5.6-2

对比内容	采样点位	原生动动物	轮虫	枝角类	桡足类	合计
种类(种)	南开河	8	6	5	7	26
	松涛库尾	18	27	2	6	53
	松涛库中	5	8	8	8	29
密度 (ind./L)	南开河	1666.67	55.56	5.60	8.40	1736.22
	松涛库尾	2888.89	866.67	25.60	43.20	3824.36
	松涛库中	333.33	133.33	19.20	78.80	564.67
生物量 (mg/L)	南开河	0.0099	0.0325	0.0560	0.0482	0.1466
	松涛库尾	0.0879	0.2578	0.2560	0.2632	0.8649
	松涛库中	0.0018	0.0262	0.1920	0.2785	0.4986

5.6.3 对底栖动物的影响

迈湾水利枢纽建成后，库区水位线上升，水域拓宽，在库湾浅水区，溶氧充足，饵料丰富，有利于底栖动物的生长。预计水生寡毛类、摇蚊幼虫，甲壳动物中的虾类，软体动物中如萝卜螺、田螺、蚬类等将可能出现。深水区由于库底部溶氧含量低，光照不足等原因，底栖动物种类和生物量较少。库区底栖动物密度、生物量较建坝前明显减少。

通过分析松涛库中、库尾断面与南开河断面底栖动物种群特征的差异，库区较入库河流生物量显著减少，其中松涛库尾断面仅为南开河断面的 8.8%，而松涛库中断面底栖动物极少。由于河流连通性破坏，且清水下泄的冲刷，下游近坝江段底栖生物其种类多样性将下降。

松涛水库底栖动物密度和生物量与南开河比较

表 5.6-3

采样点位	密度 (ind./m ²)			生物量 (g/m ²)		
	软体动物	节肢动物	合计	软体动物	节肢动物	合计
南开河	57		57	9.45		9.45
松涛库尾		13	13		0.83	0.83
松涛库中		7	7		0.01	0.01

5.6.4 对着生藻类和水生维管束植物的影响

水库蓄水后，着生藻类生境将发生不同程度的变化，也将使着生硅藻的生物量和群落结构将发生相应的变化。主要表现为，库区以上河段受水库蓄水的影响不大，着生藻类变化不大；库区回水范围内将受蓄水的影响，原来的沿岸带被淹没，新的沿岸带形成，着生藻类生境发生变化，而且这种改变还将受不同蓄水情况时水文情势变化的影响，水

流速度变低有可能加剧水体富营养化的趋势，特别是一些污染程度较高的支流和库湾，着生藻类生物量和群落结构将发生变化；坝址以下河段水文状况主要受谷石滩水库调节影响，与现状相比变化不大。

水库蓄水后，将导致原来河岸带水生植被丧失，被淹没的主要水生植物有聚花草、凤眼蓝、大藻、荻、伞草、台湾雀稗、扁穗莎草、双耳草、狗尾草等。水库形成后，由于流速降低，库区中淹没的耕地、林地、园地等，也可为挺水植物、沉水植物、浮叶植物、漂浮植物、河漫滩湿生植被提供一定生存条件，但由于水库水位变化等原因，建库后将形成水生、陆生均较为贫乏的消落带。

5.6.5 对鱼类的影响

5.6.5.1 大坝的阻隔影响

南渡江流域目前已建松涛、谷石滩、九龙滩、金江、龙塘等梯级，东山水库也基本建成，开发程度已经较高，严重阻隔了河流连通性，特别是最下游梯级龙塘，对河海洄游性鱼类和河口鱼类的阻隔影响显著。另据相关研究资料显示，松涛水库上游南伟水库的建设，使大鳞鲢、鲮等需要洄游至南开河流水河段产漂流性卵鱼类产卵场丧失，是导致松涛水库大鳞鲢、鲮等鱼类种群急剧下降的主要原因。

迈湾水利枢纽工程建成后，将进一步加重阻隔影响，南渡江干流生境进一步片段化。评价区内多数鱼类在南渡江流域分布较为广泛，但大坝将原来的鱼类种群进一步分为坝上、坝下群体，鱼类上行通道受阻，由于群体间不能进行双向的遗传交流，其遗传多样性将受到不同程度的影响。

5.6.5.2 水文情势变化对鱼类资源的影响

南渡江梯级开发程度较高，目前仅谷石滩库尾以上保留了较长的流水河段，为流水性鱼类提供了较好的栖息生境。迈湾水利枢纽工程建成运行后，库区河段将由原来的河流生境变为水库生境，库区水流变缓、水深增加、流水生境萎缩，河流的水动力学过程发生了显著的变化。水库库尾区域接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，库中及坝前水域水深、面广，水流缓甚至是静水，呈现湖泊水动力学特征。

库区江段水文情势由流水生境转变为缓流生境，原来适应于底栖急流、砾石底质环境生活繁衍的鱼类退缩至库尾或支流，适宜生境将大幅度减少，种群规模将显著下降。库区水体容积及水域面积增大，水生生物及鱼类栖息、活动空间增大，有利于静缓流、浮游生物食性或杂食性鱼类生存，鱼类总资源量将会增加。

本工程调查江段广泛地分布着鲤、海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鳙等，多为产粘草性卵

鱼类。本工程建成后，各典型年(丰、平、枯、特枯水年)年内水位变幅分别为 5m、5m、7.2m、25m，但日变幅较小；坝下为谷石滩库区，其水位受迈湾下泄流量和谷石滩水库日内调度影响，在鱼类产卵季节水位波动较快可能对鱼类产卵产生不利影响。

通常河道内水量减少会导致水体初级生产力降低，鱼类总体资源量可能减少。根据水文情势影响分析，迈湾水库运行后，受迈湾水库蓄丰补枯多年调节、南渡江引水工程东山引水，下游东山坝址、龙塘坝址断面多年平均年均来水流量分别减少 1.8%、1.1%，但随着区间河段各支流(沟)以及沿程灌区退水的汇入，迈湾水库的运行对下游东山、龙塘等断面径流过程影响总体较小。另外考虑到迈湾坝下河段大部分河段已成库区，迈湾下游水量及径流过程变化对鱼类资源量下降影响总体较小。

南渡江流域的较大洪水一般出现在 7~10 月，当仔鱼长成幼鱼时，雨季来临，可以随洪水向下游和干流散布，提高种群的生存机会。本工程建成后，金江水电站坝址下游长约 15.5km 河段、东山坝址下游长约 13.0km 以及龙塘坝址下游河口区域长约 25.6km 河段仍然为天然河段。迈湾坝址至下游天然河段仍存在较多的区间支流，且海南岛的洪水期是台风雨，来势凶猛，洪水期仍存在较大的洪峰过程，迈湾运行后，下游河道在洪水期仍然能够形成较大涨水过程，工程运行对下游鱼类的繁殖影响较小。

5.6.5.3 水质和水温变化对鱼类资源的影响

本工程建成运行后，水文情势变化引起库区透明度升高，水流变缓，营养物质滞留。根据水库水质预测结果，迈湾主库区处于中营养化状态（达标排放条件下）。工程建成后，库区河段水体营养盐浓度会有一定程度的增加，有利于浮游生物的生长，水体生物生产力将提高，有利于仔幼鱼和浮游生物食性鱼类的生长，库区总的鱼类资源量相比现状将有所增加。根据对迈湾下游至龙塘断面的水质预测，在不采取防止措施情况下，坝下水质变化对鱼类资源的有一定影响。

坝下泄水水温变化对鱼类的影响：低温水将直接导致鱼类繁殖季节推迟、当年幼鱼的生长期缩短、生长速度减缓、个体变小等不利影响。迈湾水库库容较大大，具有多年调节能力，库区产生水温分层现象，最大温差为 11.4℃。在 2~8 月迈湾水库低温水下泄，在迈湾单层取水各工况下，平水年下泄低温水对下游河段水温的影响范围为 9km~46km，迈湾坝下至大塘河汇口为谷石滩、九龙滩、金江首尾衔接的库区，迈湾下泄低温水主要对该河段鱼类产生不利影响。

5.6.5.4 饵料基础变化对鱼类资源的影响

迈湾运行后，库区水面变宽，水流变缓，营养物质滞留，透明度升高，有利于浮游

生物的繁衍，浮游植物、浮游动物种类和现存量均会有所增加，水体生物生产力提高，有利于仔幼鱼和缓流或静水性鱼类的生长。库区底栖动物中原有流水性种类减少，静水或微流水的种类和数量将会增加，静水的软体动物也可能会出现，对静水、缓流的底层鱼类生长、发育有利，但流水性鱼类饵料资源会明显下降。库区鱼类的饵料生物基础从原江河流水生境的以底栖动物、着生藻类为主，演变为以浮游生物、游泳生物或有机碎屑为主，库区鱼类饵料结构发生了较大变化。库区以浮游生物、有机碎屑等为食的缓流、静水性鱼类资源会得到发展，以底栖动物和着生藻为食的流水性底栖鱼类资源会明显下降。运行期间，坝下水生生物饵料基础总生物量受库区补给有所增加，因此坝下鱼类资源量将可能有所上升。

5.6.5.5 对鱼类重要生境的影响

迈湾水库运行后，对鱼类产卵场会产生一定影响。其中南坤河和腰子河及松涛坝下干流河段分布有产粘沉性卵鱼类产卵场，水库形成后，正常蓄水位 101m 条件下，南坤河淹没回水长度达 12.4km，将淹没南坤河产粘沉性卵鱼类产卵场，一部分鱼类向南坤河上游退缩，一部分鱼类会向迈湾库尾退缩，寻找新的产卵场。

迈湾水库运行后，主要是对该库区河段产漂流性卵鱼类的产卵场产生较大影响。迈湾水库仅特枯水年有部分月份(4-5 月)水库在低水位运行，库尾存在一定程度的流水河段，可能为产漂流性卵鱼类提供产卵场，但是在丰水年、平水年和枯水年，水库均在高水位运行，库尾流水河段较短，可能难以满足鱼类产卵需求。正常蓄水位下库区主要支流加握河、南坤河、番坡河和中坤河淹没长度均为 47% 以上，剩余的长度难以满足鱼卵漂流条件；目前迈湾库尾以上较大支流腰子河下游已建成运行 2 座小水电，阻隔了鱼类向腰子河上溯产卵的通道。因此，迈湾水库的建设运行对产漂流性鱼类产卵场将产生较大影响，需加强对腰子河的生境修复，使其能满足产漂流性卵鱼类繁殖的需求。

水库建成后，库区水流变缓，透明度升高，营养物质滞留，水体营养负荷增加，浮游生物会增加。由于绝大多数鱼类仔幼鱼食物为浮游动物，水库的形成，无疑为仔幼鱼的索饵、肥育创造了良好条件，库区将成为良好的鱼类育幼场所。同时，库区也为缓流或静水性鱼类索饵肥育提供了宽阔的空间，但流水性鱼类索饵肥育场功能相应萎缩。

5.6.5.6 对河海洄游鱼类的影响

南渡江分布的河海洄游性鱼类包括花鳊、日本鳊、七丝鲚 3 种，其中花鳊、日本鳊为降海洄游鱼类，即幼鱼在淡水生长、性成熟时到海洋产卵繁殖；七丝鲚为溯河洄游鱼类，即在海洋生长，性成熟后到河口或淡水繁殖。

花鳊、日本鳊洄游能力强，在南渡江流域自然分布可至松涛水库江段，但是由于南渡江梯级建设，阻隔了其洄游通道，大部分鳊苗被阻隔于龙塘坝下，仅在洪水期，大水漫过龙塘大坝时有部分可继续向上游洄游，但基本上止步于金江坝下。本工程建成后，对流域纵向连通性产生一定的影响，在迈湾以下各梯级恢复连通性的条件下，迈湾水利枢纽将会对花鳊、日本鳊产生一定的阻隔影响。因此，需从全流域角度考虑河流连通性的恢复。

七丝鲚虽为溯河洄游鱼类，但其洄游距离较短，一般仅限于河口或下游，亲鱼每年产卵 2 次：第一次产卵期为 2~3 月，至四月产卵完毕，以后亲鱼群体向外海转移，至 5 月发现的幼鱼体长已达约 40~50mm，至秋季产卵鱼群再次群集在河口处，于 8~9 月作第二次产卵。据《海南岛淡水及河口鱼类志》记载，七丝鲚在海南岛各河口不常见。根据历次调查情况看，七丝鲚主要分布于龙塘坝址以下及定安河段。因此，迈湾水利枢纽的建设对七丝鲚无阻隔影响。

5.6.5.7 对鱼类组成的影响

水库形成后，库区水文情势将发生很大变化，水位抬高，水流变缓，流水生境萎缩。库区鱼类组成将由流水性鱼类逐渐转变成缓流水和静水鱼类为主。库区江段原来适应于流水环境中生活繁衍的鱼类由于库区没有适宜完成其生活史的水域环境，在库区的数量将减少，甚至消失。适应于缓流或静水环境生活的鱼类如鲤、银鲮、鲮等，由于水库的环境条件适合其生长繁殖，可能发展成库区的优势种。总体上，库区流水性鱼类比例会显著下降，缓流或静水性鱼类比例则明显升高。另外，革胡子鲶、下口鲶、食蚊鱼、罗非鱼等外来鱼类有可能进一步扩张，占压土著鱼类生存空间。

类比 2016 年 5 月松涛水库库区与入库河流南开渔获物组成的差异，南开河共采集到鱼类 19 种，除鲫外的其他种类均为流水性鱼类，且种类丰富；从鱼类生态习性来看，大多数为底层、底栖动物食性鱼类，表层及滤食性鱼类极少。松涛水库共采集到鱼类 12 种，分别为鲮、鲮、须鲫、银鲮、海南鲮、纹唇鱼、马口鱼、红鳍原鲮、乌塘鳢、鲤、鲮、尼罗罗非鱼，均为静水性或静缓流种类，种类丰富度较差，养殖种类鲮、鲮等重量占比较大，耐受性的种类鲮在渔获物种的尾数百分比较高，且有外来鱼类尼罗罗非鱼；从鱼类生态习性来看，松涛水库鱼类以表层和中上层鱼类为主，如鲮、鲮、海南鲮、红鳍原鲮等，食性上以杂食性和滤食性鱼类为主。从生物多样性来看，南开河的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielon 均匀度指数以及种类丰富度指数分别为 2.3386、0.7942、3.7038，松涛水库的 Shannon-Wiener 多样性指数、Pielon 均匀度指数以及种类

丰富度指数分别为 1.6153、0.6500、2.2820，三个指数南开河都显著高于松涛水库。因此，从鱼类种类组成来看，松涛水库形成后，原河道中的流水性种类基本消失，取而代之的是适应静缓流水体的种类，水库形成后，有利于养殖业的发展，鲮、鲢、罗非鱼等在水库中比例较高。从鱼类生态习性来看，原河道生境中，流速较大，底栖动物丰富，鱼类组成以底层、底栖动物为食的种类为主；水库形成后，水深加深，不利于底栖动物的生长，而有利于浮游生物的生长，因此底层、底栖动物食性的鱼类减少，而表层和中上层、滤食性和杂食性鱼类增多。另外松涛水库建成后的早期，大鳞鲢能够在库尾以上南开河产卵繁殖，在水库中索饵育肥，曾是水库中的优势种，但由于南伟电站的建设，阻隔了大鳞鲢的洄游通道，破坏了大鳞鲢的产卵场和产卵繁殖所需的水文条件，加之过度捕捞等原因，大鳞鲢在松涛水库乃至整个南渡江流域已基本消失。

因此，通过分析松涛水库建成后鱼类资源的演变，推测迈湾建成后，鱼类种类组成基本上不会发生变化，但是流水性鱼类生境缩小，向库尾和支流退缩，种群规模下降；库中河段鱼类多样性下降，但资源量将有所增加，以静缓流种类为主，且外来鱼类入侵的风险较高。

5.6.5.8 对重要经济鱼类的影响

评价区重要经济鱼类种类包括海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鲢、鳙、草鱼、鲤、鳊、光倒刺鲃、日本鳊、花鳊、鳊等。其中海南鲃、蒙古鲃、银鲃、鲤所受的主要是捕捞压力，以及大坝阻隔形成的坝上和坝下江段种质资源的隔离。鲢、鳙、草鱼、鳊等产漂流性卵鱼类，其繁殖会受到较大的影响，在库区江段的产卵场将彻底消失。光倒刺鲃对水流速度变化较为敏感，喜水质清澈的流水生境，水库形成后，其种群规模将有所下降。鲤、银鲃、鳊等定居性鱼类本身适应静水水体，且成库后饵料生物增多，其资源量会增加。日本鳊、花鳊将被阻隔在大坝以下的江段，库区的资源量将持续下降。

5.6.5.9 对珍稀特有鱼类的影响

南渡江流域分布的珍稀特有鱼类共 10 种，分别为花鳊、小银鲃、海南长臀鲃（亚种）、锯齿海南鳊、海南异鳊（亚种）、台细鳊、青鳊、大鳞鲢、无斑蛇鲃、高体鳊，大部分是洄游性或流水性鱼类，目前迈湾江段是南渡江仅存的较长自然流水河段，该河段两岸植被良好，周边城镇较少，受人类活动干扰也较少，鱼类资源丰富。

迈湾水库建成运行后，库区江段水文情势发生巨大改变，正常蓄水位 101m 时，水库回水长度约 45.3km(回水末端距离松涛大坝约 9.7km)，死水位时回水长度约 25.1km。流水性鱼类生境将大幅缩小，同样珍稀濒危特有鱼类，除花鳊、大鳞鲢、海南长臀鲃

(亚种)、锯齿海南鲮能适应静水生境外, 其他种类生境大幅缩小, 其种群规模也将显著下降。花鳊鲃由于是降海洄游性鱼类, 需要在海洋中繁殖, 目前在迈湾江段分布的花鳊鲃等河海洄游性鱼类都是下游各梯级建成后被大坝阻隔遗留下的种群, 由于无法在淡水中繁殖, 其种群在该河段可能逐渐消失。根据松涛水库的经验, 大鳞鲢能够适应水库静水生境, 但繁殖期须洄游至流水中繁殖。虽然目前在迈湾库区江段未调查到个体, 但根据生境推测, 自然状态下该江段具有大鳞鲢产卵条件, 迈湾建成运行后, 该河段的流速显著降低, 供大鳞鲢产卵的漂流条件将受到较大影响。海南长臀鲩(亚种)、锯齿海南鲮能够适应静水生境, 迈湾水库形成后, 对其影响可能较小, 但是需要跟踪监测其种群动态, 并适时采取保护措施。

5.6.5.10 对河口区鱼类的影响

龙塘坝下江段存在海南长臀鲩、鰕虎鱼等河口鱼类产卵场, 河口区还分布有三线舌鳎、箬鳎、星点东方鲀、鳊鲃、花鳊鲃、李氏鱼衔、眶棘双边鱼、金线鱼、爪氏鱖、短棘银鲈、长棘银鲈、多鳞鱮、鳊鲃等鱼类, 其中河海洄游鱼类花鳊鲃为国家Ⅱ级重点保护鱼类。

根据水文情势分析结果, 迈湾坝址至龙塘坝址断面区间流域面积 4375km^2 是迈湾坝址以上流域面积 970km^2 的 4.5 倍, 迈湾水库的运行对龙塘坝址断面径流过程影响总体较小。根据河口区域水环境预测数学模型计算结果, 迈湾水利枢纽工程建设前后, 龙塘坝下产卵场断面处由于离坝址较近, 受上游流量变化影响较大。旬均流量最大增幅工况下潮期内产卵场处流速增加了 0.067m/s , 盐水最远上溯距离缩短约 7.5km ; 旬均流量最大减幅工况下一个潮期内流速平均降低了 0.019m/s , 产卵场由于靠近上游的缘故且龙塘下泄流量较大, 基本不受海水的盐度和悬浮物浓度影响。

可见, 迈湾水利枢纽工程对河口区的流速、泥沙、盐度等影响较小, 而河口区鱼类自身对盐度变化的适应性较强, 工程建设运行对河口区鱼类及其产卵生境不会产生显著影响。

5.7 水土流失影响

5.7.1 预测范围和时段

本工程预测范围为项目建设扰动地表范围, 包主体工程区、永久办公生活区、料场区、弃渣场、施工生产生活区、交通道路区、移民安置区和专项设施改建区 8 个分区。

根据水利工程特点, 工程建设对地表的扰动如削坡、开挖、占压地表等主要发生在工程施工期, 自然恢复期内, 水土流失将逐渐减少并渐趋稳定, 因此, 将重点对施工期

进行水土流失预测，预测时段根据工程各工序设计施工年限综合确定。自然恢复期根据项目区气候特点和植被自然恢复的能力，施工扰动结束后未采取措施的条件下，松散裸露面需要 1 年的时间才能够趋于稳定，土壤侵蚀强度接近原背景值，以此确定本工程自然恢复期为 1 年。

5.7.2 水土流失预测结果

本工程枢纽工程占地及移民安置占地共扰动原地貌、破坏土地的面积 of 452.19hm²；应缴纳水土保持设施补偿费的面积为主体工程征地范围损坏水土保持面积，为 243.19hm²。

水土流失量预测包括水土流失总量及新增流失量，经预测本工程建设期水土流失总量约为 18.85 万 t，其中新增水土流失量约为 18.28 万 t。

建设期水土流失量预测表

表 5.7-1

序号	分区	流失面积 (hm ²)	预测时段 (a)	背景侵蚀模数 [t/(km ² a)]	预测侵蚀模数 [t/(km ² a)]	水土流失总量(t)	新增水土流失量(t)
1	主体工程区	115.92	3.5	534	21000	85201	83035
2	永久办公生活区	2.02	0.5	534	18000	182	176
3	料场区	10.26	1.0	534	23000	2360	2305
4	弃渣场区	63.76	3.0	534	25000	47820	46799
5	施工生产生活区	19.15	1.0	534	15000	2873	2770
6	交通道路区	32.08	1.0	534	20000	6416	6256
7	移民安置区	42.10	1.0	534	18000	7578	7353
8	专项设施改建区	166.90	1.0	534	20000	33380	32489
合计		452.19				185809	181172

自然恢复期水土流失量预测表

表 5.7-2

序号	分区	流失面积 (hm ²)	预测时段(a)	背景侵蚀模数 [t/(km ² a)]	预测侵蚀模数 [t/(km ² a)]	水土流失总量 (t)	新增水土流失量(t)
1	主体工程区	15.70	1.0	534	1300	204	120
2	永久办公生活区	0.81	1.0	534	800	6	2
3	料场区	10.26	1.0	534	1500	154	99
4	弃渣场区	63.59	1.0	534	1500	954	614
5	施工生产生活区	19.07	1.0	534	1500	286	184
6	交通道路区	19.66	1.0	534	1200	236	131
7	移民安置区	11.86	1.0	534	800	95	32
8	专项设施改建区	63.31	1.0	534	1200	760	422
合计		204.27				2695	1604

水土流失量预测总表

表 5.7-3

序号	分区	水土流失总量(t)			新增水土流失量(t)		
		施工期	自然恢复期	小计	施工期	自然恢复期	小计
1	主体工程区	85201	204	85405	83035	120	83155
2	永久办公生活区	182	6	188	176	2	179
3	料场区	2360	154	2514	2305	99	2404
4	弃渣场区	47820	954	48774	46799	614	47413
5	施工生产生活区	2873	286	3159	2770	184	2954
6	交通道路区	6416	236	6652	6256	131	6376
7	移民安置区	7578	95	7673	7353	32	7385
8	专项设施改建区	33380	760	34140	32489	422	32910
合计		185809	2695	188504	160301	1604	182776

5.7.3 水土流失分析

5.7.3.1 水土流失因子分析

水土流失主要受降雨、地形、岩性、土壤、植被和人为活动等 6 因子影响。根据水土流失影响因子分析，影响本项目水土流失强度最直接的因素为降雨。在人为扰动破坏原地表的情况下，降雨及其产生的径流是产生水土流失的直接动力，松散堆置的土体则为侵蚀的主要对象。

从地表扰动特点来看，本工程建设内容多，水土流失点多面广，因此应针对不同类型区域采取相应防护措施。

从施工方法和施工时序来看，在一定时期内会产生大量开挖边坡，新鲜的裸露坡面为水土流失产生了条件。同时，堆填面的产生，形成了裸露堆填面，渗透性强，土壤松散，遇水饱和后易产生滑坡、坍塌现象。施工期需做好与外界排水系统的衔接，做好临时拦挡措施，防止水土流失。

从气候条件来看，项目区地处热带季风气候区，区内年降水多，强度大，暴雨集中，在降雨溅蚀和径流冲刷的作用下，施工扰动造成的裸露面，临时堆土及部分建筑材料在雨滴溅蚀和地面径流冲刷的作用下，泥沙将随水而下，淤积排水系统。在雨季，尤其在暴雨天气进行土石方作业很容易造成水土流失，对主体工程施工带来不利影响。

工程施工过程中可能引起水土流失的因素有如下几点：

(1) 扰动地表

工程建设中，挖、填及取料等扰动了原地貌，在施工过程中将造成水土流失。

(2) 土方工程

工程土方工程量大，在土方开挖、调运、堆放和填筑过程中，松散土体在水蚀和风蚀作用下，将产生水土流失。

(3) 临时堆土

工程建设过程中表土临时堆放等松散土方露天堆放，若不及时采取拦挡、排水措施，将造成表土流失。

(4) 施工工序

工程施工时序安排对项目防治效果影响很大，堆土区域应先挡后弃，原则上应先修建排水系统，道路修建应及时采取拦挡和排水措施，局部地段施工完成后，应及时恢复植被。若施工时序安排不当，不能有效预防施工中产生的水土流失，将加大水土流失量。

5.7.3.2 水土流失危害分析

工程建设过程中，由于扰动和破坏了原地貌，加剧了水土流失，尤其在施工期间可能造成的危害较为严重，如不采取有效的水土保持措施，将对工程和当地的水土资源及生态环境带来不利的影响，主要表现在：

(1) 加剧水土流失，增加河道淤积、影响群众生产生活。由于工程建设中破坏了自然地貌和原有水系，植被受损严重，施工裸地增加，同时因扰动原土层和岩层，为各种侵蚀创造了条件。此外，施工中土石方填筑若得不到及时有效的防护治理，在降雨径流作用下，泥沙将直接汇入河流，加大了河道的含沙量，不仅造成南渡江等河道淤积，影响群众生产生活用水和防洪安全，还可能掩埋周边道路和农田，影响附近居民正常的耕作。

(2) 对工程建设及运行的影响。工程建设过程中若不对工程土石方进行很好的处理，大量松散土石方在水力和自身重力作用下很容易形成滑塌，对施工生产生活区造成威胁，影响施工安全和进度；且可能造成大量的水土流失进入下游大面积农田，掩埋农作物，造成工程建设与附近群众之间的矛盾，影响工程建设。工程运行过程中，水土流失可能造成流入河道的泥沙量增加，加大了泥沙的淤积速度，同时，永久建筑物周边水土流失的加剧，有可能破坏护坡、挡土墙类的建筑物，从而影响工程安全稳定运行。

(3) 降低水域功能。伴随着水土流失现象的发生，地表径流夹带进入水体的悬浮物及其他有机污染物数量增加，有利藻类生长而使水中含氧量减少，从而使该水域水体功能下降，对局部生态环境有一定不利影响。

(4) 对项目区及其周边环境景观的影响。工程施工过程中，使项目区内林草遭到破坏，影响生态环境；工程扰动区域地表受到机械、车辆碾压，将使土壤下渗和涵养水分

的能力降低，影响植物生长，同时地表水易形成地表径流，从而加剧局部区域的水土流失，易导致项目区及其周边区域在施工期间环境的恶化；项目建设遗留下来施工迹地及各类挖填坡面与项目区周围翠绿一片的自然景观极不协调，影响环境美观。

5.8 环境空气影响

本工程建设过程中，对环境空气的影响集中在工程施工期，运行期无大气污染物排放。施工期影响范围主要在施工征地范围内，主要污染源为砂石加工系统运行、主体工程开挖时产生的扬尘和施工车辆运输引起的扬尘、尾气等，本工程主要针对砂石加工系统运行，爆破、燃油和交通扬尘等对环境空气的影响进行预测分析。

5.8.1 砂石料加工系统对环境空气影响

(1) 污染源分析

根据工程施工期工程分析，砂石加工系统施工高峰期污染物(TSP)排放量为 15kg/h。在采取先进、低尘破碎工艺和环境保护措施的前提下，除尘率将达到 99.9% 以上，则 TSP 排放强度为 0.015kg/h。

(2) 预测模式

考虑在施工高峰期，在最不利气象条件下，预测砂石加工系统产生的污染物 (TSP) 对下风向区域的影响距离和影响程度，计算参数见表 5.8-1，正常情况 (除尘率 99.9%) 和非正常情况 (未采取措施) 下砂石加工系统对下风向区域的影响距离和影响程度结果见表 5.8-2。

估算模式计算污染物影响范围的计算参数

表 5.8-1

计算参数	单位	TSP
排放源类型	—	面源
排放速率	g/s·m ²	8.3×10 ⁻³ (非正常工况下)；8.3×10 ⁻⁶ (正常工况下)
排放高度	m	3
面源长度	m	100
面源宽度	m	50
接受点高度	m	1.2
城市/乡村环境	-	乡村环境
气象要素	-	选择全部稳定性和风速组合

砂石加工系统对下方向环境影响

表 5.8-2

距源中心下风向距离 D(m)	正常工况下		非正常工况下	
	下风向预测浓度 (mg/m ³)	浓度占标率 (%)	下风向预测浓度 (mg/m ³)	浓度占标率 (%)
10	0.026	7.22	26.35	7319

100	0.052	14.44	51.77	14381
200	0.029	8.06	29.45	8181
300	0.017	4.72	17.38	4828
400	0.011	3.06	11.39	3164
500	0.008	2.22	8.075	2243
1000	0.003	0.83	2.719	755
2000	0.001	0.28	0.950	264
3000	0.0005	0.14	0.530	147
4000	0.0004	0.11	0.358	99
5000	0.0003	0.08	0.264	73
下风向最大浓度 (mg/m ³)	0.054	15.00	54.29	15081
最大浓度处距离(m)	78		78	

根据表 5.8-2 的预测结果，在施工高峰期，不利气象条件下，在采取相应环境保护措施下砂石加工系统作业区域下风向 5km 范围内 TSP 的浓度均小于《环境空气质量标准》(GB3095-2012) 一级标准规定的 24 小时平均浓度限值 (0.120mg/m³)，其最大占标率为 15% (TSP 小时平均浓度取其日平均浓度限值 3 倍，即 0.36mg/m³)，砂石加工系统污染物 (TSP) 排放对大气环境影响较小。黄岭八队距离砂石料加工系统破碎筛分系统最近约 95m (工程移民安置对象)，最远约 350m。在非正常情况下，未采取任何措施的情况下，砂石加工系统产生的粉尘等污染物对作业区域下风向居民的影响较大，对最近居民点影响最大。

5.8.2 施工爆破及燃油废气影响

施工燃油、燃煤及爆破过程中将产生含 NO_x、CO、THC 及 SO₂ 的有害尾气，这些污染源排放具有流动性、间歇性特点，但日排放量不大。

在有风条件下，施工高峰年施工区环境质量在各级大气稳定度等级下均可达一级标准，即施工燃油及爆破产生的废气对工程区环境空气质量影响轻微，空气质量较好。当大气稳定度为 F 时，NO_x 浓度可能超过二级排放标准。但工程所在区域大气稳定度 F 的出现机率很小，因此 NO_x 浓度超标机率很小。总体而言，施工爆破及燃油废气对施工区环境空气质量影响较小。

另外，由于 NO_x 等空气污染物在空气中会发生干沉降及湿沉降及大气扩散迁移，从而使空气中的污染物浓度大大降低，空气质量将转好。

5.8.3 交通运输产生的扬尘及尾气

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶。一般情况，车辆行驶产生的扬尘，在同样路面清洁程度条件下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速情况下，路面越脏扬尘量越大。根据资料，施工过程中车辆行驶产生的扬尘约占施工总扬尘量的 60% 以上，一辆载重

30t 的汽车，在时速小于 60km、不考虑洒水降尘等措施的情况下，粉尘排放量约为 0.5kg/km·辆，粉尘产生量约为 15kg/km·h。本工程场内施工道路总长约 14.45km，则施工道路产生粉尘量为 216.75kg/h。

本工程施工期车流量不大，运输车辆尾气排放源强较小，CO 约为 6.07kg/h、NO₂ 约为 12.14kg/h、THC 约为 2.46kg/h。

本工程道路沿线评价范围内，交通运输扬尘和尾气将对居民点产生一定影响。可通过限制车速、路面洒水等临时措施减轻扬尘不利影响。

5.9 声环境影响

5.9.1 敏感目标声环境影响

工程区地处农村地区，区域内无大的污染源，声环境质量现状较好。根据工程分析，可能对环境敏感目标产生噪声影响的主要为人工砂石骨料加工系统产生的机械生产噪声，副 2#施工道路和副 1#施工道路的交通噪声等。

本工程施工期声环境评价范围内仅 1 处声环境敏感目标，即黄岭八队。黄岭八队全部位于迈湾水库淹没范围内，为本工程移民安置对象。但考虑到移民由地方政府组织，存在施工前黄岭八队尚未移民安置的情况，因此，本报告预测工程施工对未移民安置的黄岭八队的声环境影响。黄岭八队施工期声环境主要受人工砂石骨料加工系统机械噪声和交通噪声的综合叠加影响，因此，对黄岭八队的噪声影响进行综合预测评价。

5.9.1.1 敏感目标及噪声源强

(1) 敏感目标

根据施工总布置，本次声环境影响评价的敏感目标为黄岭八队。主要噪声源包括人工砂石骨料加工系统机械噪声和交通噪声等。

各敏感目标及噪声源情况详见表 5.9-1。

(2) 噪声源强

本工程主要噪声源包括施工工厂和交通噪声等。根据施工实际情况，施工工厂的噪声源主要为人工砂石骨料加工系统机械噪声，人工砂石骨料加工系统噪声主要产生于筛分系统，距离黄岭八队有一定距离，可按照点声源进行预测，交通噪声按照线声源进行预测。人工砂石骨料加工系统两班制生产，每班 7h。副 1#施工道路通过黄岭八队进入砂石骨料加工系统路段夜间无车辆通行，夜间主要为去往施工生活、办公区的车辆，且重型车比例很小。

点声源噪声情况详见表 5.9-2。本工程施工道路大车型比例较高，按 80%比例进行

预测；夜间施工强度较小，昼夜车流量均按照 5:1 计。

声环境敏感目标一览表

表 5.9-1

敏感目标	200m 内户数	噪声类别	产生区域	影响时段	最近居民与场界距离 (m)			1m 处源强 (dB)
					水平	高差	直线	
黄岭八队	约 40 户	施工工厂噪声	人工砂石骨料加工系统	14h	95	0	95	115
		交通噪声	副 2#施工道路	24h	12	0	12	/
			副 1#施工道路	16h	5	1.2	5.1	/

施工道路计算参数一览表

表 5.9-2

道路名称	等级	路宽(m)	路面材料	设计时速(km/h)		车流量(辆/h)	
				昼间	夜间	昼间	夜间
副 2#施工道路	等外路	7	泥结石	40	20	30	6
副 1#施工道路	等外路	7	泥结石	40	20	30	6

5.9.1.2 预测模式

考虑人工砂石骨料系统噪声源距离黄岭八队有一定距离，拟采用点声源模式进行预测；对交通噪声采用线声源进行预测；由于敏感目标受施工作业噪声、施工工厂噪声和交通噪声的综合叠加影响，因此，需对各类噪声贡献值、噪声背景值进行叠加预测。

采用德国 DataKustik 公司编制的声场仿真软件 Cadna/A 对其进行综合叠加影响预测。

(1) 点声源影响预测模式

$$L_A(r) = L_A(r_0) - 20 \lg(r/r_0)$$

式中： $L_p(r)$ ——距离声源 r 处的 A 声级；

$L_p(r_0)$ ——参考位置 r_0 处的 A 声级；

r ——预测点距离声源的距离，m；

r_0 ——参考位置距离声源的距离，m。

(2) 道路交通影响预测模式

① 交通噪声源强

车辆产生的噪声 $L_{m,E}$ 定义为：

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + D_v + D_{stro} + D_{stg}$$

式中： $L_m^{(25)}$ —为自由声场中，距车道中心线水平距离 25m，高度 2.25m 处平均声级；

$L_m^{(25)} = 37.3 + 10 \times \lg[M \times (1 + 0.082 \times p)]$ ，其中： M 为单车道道路小时平均车流量，对于多车道道路，计算最外侧 2 条车道，每条车道流量为 $M/2$ ； p 为 2.8t 以上车辆占有百分比；

D_V —不同车速的声级修正；

D_{stro} —不同道路表面的声级修正；

D_{stg} —不同坡度的声级修正。

② 交通噪声影响声级

计算多车道道路声级，假定最外侧 2 条车道中心线位置、高度 0.5m 处为 2 个线声源，分别计算后叠加得到道路噪声的平均声级 L_m ：

$$L_m = 10 \times \lg \left[10^{0.1 \times L_{m,n}} + 10^{0.1 \times L_{m,f}} \right]$$

式中 $L_{m,n}$ 、 $L_{m,f}$ 分别为距预测点最近、最远车道的平均声级。对于单车道道路最近、最远车道的位置相同。单一车道声级用 $L_{m,i}$ 表示：

$$L_{m,i} = L_{m,E} - D_l + D_s + D_{BM} + D_B$$

式中： $L_{m,E}$ —车辆产生的噪声；

D_l —计算中采用的声源分段长度 l 引起的声级不同， $D_l = 10 \times \lg(l)$ ；

D_s —不同距离及空气吸收引起的声级不同；

$D_s = 11.2 - 20 \times \lg(s) - s/200$ ， s 为声源至受声点的距离；

D_{BM} —不同地面吸收和气象因素引起的声级不同；

$D_{BM} = (h_m / s) \times (34 - 600 / s) - 4.8$ ；

D_B —不同地形，建筑物引起的声级不同。

(3) 综合叠加预测模式

对点声源和线声源的噪声贡献值、噪声背景值进行叠加，计算公式如下：

$$L_{Aeq} = 10 \times \lg \left[\sum_{i=1}^n 10^{0.1 \times L_i} + 10^{0.1 \times L_0} \right]$$

式中： L_{Aeq} —叠加后的综合值；

L_i — 各类噪声影响贡献值；

L_0 — 噪声背景值。

5.9.1.3 预测结果分析

采用德国 DataKustik 公司编制的 Cadna/A 软件对各敏感目标进行综合叠加影响预测。黄岭八队噪声背景值选取 2016 年 2 月 24 日~26 日噪声监测成果中的最大值。本工程黄岭八队位于 1 类功能区。

敏感点噪声预测计算结果见表 5.9-3。

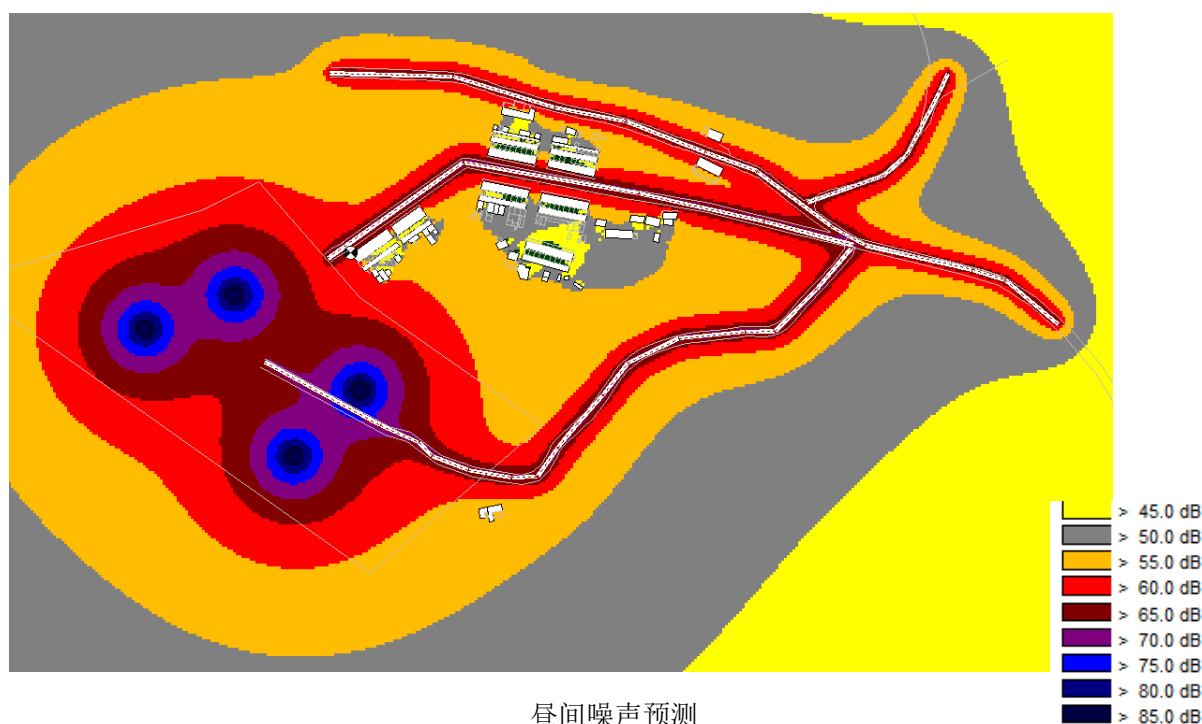
各敏感目标噪声预测结果一览表

表 5.9-3

单位：dB(A)

敏感点	功能区	评价标准		背景值		贡献值		预测值		超标值	
		昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间	昼间	夜间
黄岭八队	1 类	55	45	51.6	42.0	65.5	54.1	65.7	54.4	10.7	9.4

敏感目标的噪声预测结果表明，本工程施工期间，若黄岭八队尚未移民搬迁，人工砂石骨料系统施工机械噪声以及副 1#施工道路和副 2#施工道路的交通噪声的叠加影响，将导致黄岭八队噪声超标，在受噪声影响最大的敏感点处，昼间将超标 10.7dB(A)，夜间由于砂石骨料加工系统不施工，但交通噪声导致居民点超标 9.4dB(A)，超标户数昼间约 20 户，夜间约 4 户。可见，若黄岭八队在工程开工前未搬迁，或不采取相应的噪声防治措施，施工活动将对黄岭八队居民生产生活产生一定影响。



昼间噪声预测



夜间噪声预测

图 5.9-1 噪声预测等声值线图

5.9.2 露天爆破噪声影响分析

本工程石料场开采和坝区施工均需要进行爆破，露天爆破噪声影响范围相对较大。根据施工规划，大坝爆破施工区附近无敏感点，石料场选址避开了人口密集区，距离黄岭八队约 1.6km，周边 200m 范围内无集中居民点。

本工程施工高峰时每次爆破炸药用量约为 2.1t，一般每天爆破 1~3 次。根据相关文献，采用 2t 炸药进行深孔爆破施工时，在距爆破点 200m 处的最大噪声级约为 130dB。本工程周边 200m 无集中居民点，黄岭八队、安置点（黄岭美马桥和黄岭新村安置点）距离本工程石料场较远（直线距离约 3km），本工程爆破噪声不会对居民点声环境产生较大影响。

5.10 固体废物影响

5.10.1 施工期

(1) 生活垃圾影响

根据工程分析，工程施工期高峰日生活垃圾产生量为 2.1t/d，施工期生活垃圾产生总量为 2139t。工程产生的生活垃圾若不及时进行处理，其堆放和垃圾渗滤液的排放，不仅会破坏当地土地资源、植被和景观，还将可能污染当地地表水和地下水，成为流行性疾病的疫源地。

(2) 建筑垃圾

建筑垃圾主要是工程竣工阶段临时工程拆除和地面清理产生的砖瓦、混凝土块及弃土等。这些建筑垃圾若不及时处理，将影响临时用地的恢复和生态重建。

(3) 生产垃圾

对于废物中有用的下脚料，如金属、塑料等可回收物，由指定的物资回收部门定期回收利用。可回收废物包括报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等。这些废弃的材料露天堆放锈蚀、腐烂后不仅造成物资财产的损失，也会对周围土壤、水体等造成污染，故应加强管理、及时回收利用。特别是蓄电池禁止露天堆放，并由专门的单位处理，避免其腐蚀后造成污染影响。

5.10.2 运行期

运行期产生的固体废物主要为管理区的生活垃圾，日产生生活垃圾约为 130kg/d。运行期生活垃圾产生量较少，但若不加以收集和处理，随意弃置，将对本工程周围环境产生一定影响。

5.11 移民环境影响

5.11.1 环境容量分析

各村组通过确定的人均耕园地标准，除加屯昌县总村委会合水村小组和琼中县大木村委会大木村小组的剩余耕园地不能满足生产安置以外，其他村组剩余耕园地资源能满足环境容量的要求。剩余耕园地资源能满足环境容量要求的村组采取货币一次性补偿安置的方式。剩余耕园地资源不能满足环境容量要求的，采取调剂耕园地的安置方式来满足环境容量要求。

各农场连队通过确定的人均耕园地标准，除中坤新村队、中坤中间架队、中坤石弄花队、西达大丘田队以及西达加板队的剩余耕园地不能满足生产安置以外，其他并场连队剩余耕园地资源能满足环境容量的要求。剩余耕园地资源能满足环境容量要求的并场连队采取货币一次性补偿安置的方式。剩余耕园地资源不能满足环境容量要求的，采取调剂耕园地的安置方式来满足环境容量要求。

根据对生产安置区土地资源调查，安置区加总农场现有土地资源达 3255 亩，为国有土地，目前为私人承包种植经济作物。调剂 700 亩土地给合水村小组进行生产安置。安置区琼中县国有后备土地现有土地资源达 7300 亩，为国有土地，目前多为林地和部分周边农民在种植经济作物。库区淹没国有后备土地 1222.19 亩，剩余土地资源达 6077.81 亩，调剂 300 亩土地给大木村委会大木村小组进行生产安置。同样，安置区海

胶公司现有胶园地 93728 亩（海胶中坤分公司 51786 亩、海胶西达分公司 41942 亩），调剂 2505 亩（海胶中坤分公司 1970 亩、海胶西达分公司 535 亩）胶园地给农村并场连队进行生产安置。

通过以上调剂耕园地的方式，各村组和农村并场连队的环境容量均能得到满足。

5.11.2 安置区环境适宜性分析

(1) 安置点基本情况

迈湾水利枢纽工程共设置 7 个集中移民安置区，各移民安置区不涉及自然保护区、风景名胜区、水源保护区、地质灾害区、珍稀动植物集中分布区等环境敏感区域，各移民安置区地质稳定性较好，不良地质现象不发育，植被以槟榔、橡胶、荔枝等人工经济林为主，除中坤石弄花安置点坡度相对较陡外，其余安置点场地坡度大部分小于 10°，环境适宜性较好。中坤石弄花由于场地地形坡度 15°~25°，局部最大坡度超过 35°，现状适宜性较一般。应做好放坡和坡面植草或其他坡面护坡措施，在宅基地后缘修筑浆砌片石基础挡墙，并在边坡后缘设置截水沟减少雨水对场地的影响，同时开挖场地内应妥善布置排雨、污水系统。在采取以上工程措施后，场地适宜性可满足要求。

(2) 指标建立

本工程移民安置点选址时，主要从环境敏感因素、地形地貌、地质条件、植被、水土流失、生产生活条件等方面进行考虑和分析，评价指标体系见表 5.11-1。

移民搬迁安置点环境适宜度评价指标体系表

表 5.11-1

指标体系		环境适宜性等级			
		较适宜	中度适宜	一般适宜	不适宜
敏感因素	珍稀保护动植物集中分布区、自然保护区及风景名胜区	不涉及	不涉及	不涉及	涉及
地形地貌	坡度	0~10°	10°~15°	15°~25°	大于 25°
	土地类型	未利用地、草地	园地	耕地、灌木林地	林地
地质条件	场地稳定性、不良物理地质现象	稳定性较好、不良物理地质现象不发育	稳定性一般、不良物理地质现象不(弱)发育	稳定性较差、不良物理地质现象不(弱)发育	稳定性较差、不良物理地质现象发育
植被	植被类型	灌草丛	农田植被	人工森林	天然阔叶林、针叶林
生产生活条件	水源、供电、电信、交通条件	4 项指标均满足，且有均有保障	4 项指标均满足	满足 3 项指标	其他
水土流失	水土流失强度	轻度	中度	强度	极强度

(3) 评价方法

① 单项指标适宜度评价模型的建立

参照有关土地生态承载力和适宜性的研究成果, 根据上面确定的适宜度评价指标建立模糊函数方程:

I 环境敏感因素的判别

无环境敏感因素为适宜, 其分值为 1, 有环境敏感因素则为不适宜, 分值为 0。

$$f(x_1) = \begin{cases} 1 & \text{无环境敏感因素} \\ 0 & \text{有环境敏感因素} \end{cases}$$

若判别无环境敏感因素后, 再进行下面指标的评价。

II 地形地貌

i 地形坡度

$$f(x_2) = \begin{cases} 1 & x < 10^\circ \\ 0.6 & 10^\circ < x < 15^\circ \\ 0.3 & 15^\circ < x < 25^\circ \\ 0 & x > 25^\circ \end{cases}$$

ii 土地利用类型

$$f(x_3) = \begin{cases} 1 & \text{未利用地、草地} \\ 0.6 & \text{园地} \\ 0.3 & \text{耕地、灌木林地} \\ 0 & \text{疏林地} \end{cases}$$

III 地质条件

$$f(x_8) = \begin{cases} 1 & \text{稳定性较好、不良物理地质现象不发育} \\ 0.6 & \text{稳定性一般、不良物理地质现象不(弱)发育} \\ 0.3 & \text{稳定性较差、不良物理地质现象不(弱)发育} \\ 0 & \text{稳定性较差、不良物理地质现象发育} \end{cases}$$

IV 植被

$$f(x_8) = \begin{cases} 1 & \text{次生灌草丛} \\ 0.6 & \text{农田植被} \\ 0.3 & \text{人工森林} \\ 0 & \text{天然阔叶林或针叶林} \end{cases}$$

V 水土流失

$$f(x_9) = \begin{cases} 1 & \text{轻度水土流失} \\ 0.6 & \text{中度水土流失} \\ 0.3 & \text{强度水土流失} \\ 0 & \text{极强度及以上} \end{cases}$$

② 环境适宜度综合评价模型的建立

I 模型建立

根据适宜度各指标分析，在不存在环境敏感因素的情况下(即 $f(x_i)$ 的分值为 1 的情况)，对区域内的移民生产安置环境适宜度采用等权值进行叠加，计算公式为：

$$f = \sum_{i=2}^6 w_i f_i$$

其中： f 为适宜度总分值； f_i 为各指标的给定分值， w_i 为权重， i 为指标数。

II 模型中因子确定

适宜度分值确定： f_i 为上面建立的模糊方程给定的分值；

权重分值的确定： w_i 的确定根据移民安置点选址对地形坡度、土地利用类型、地质条件、植被和水土流失等指标的重要性来取值。一般用于安置点环境适宜性对上述指标的重要性依次为地质条件、地形坡度、植被、土地利用类型、水土流失。假定总权重值为 1，上述指标的权重分别确定为 0.25、0.25、0.2、0.2、0.1。

各评价指标的权重值见表 5.11-2。

环境适宜性评价指标权重表

表 5.11-2

评价指标	敏感因素	地质条件	地形坡度	土地利用类型	植被	水土流失	Σ
权重	无	0.25	0.25	0.2	0.15	0.15	1.0

III 综合评价分值确定

在无环境敏感因素的前提下，当某地块的计算分值大于 0.70 时，则该地块较适宜用于生产开发；当分值在 0.70~0.60 之间时，该地块中度适宜开发；当分值在 0.60~0.50 之间时，则该地块环境适宜开发程度一般；当分值在 0.5 以下时，则该地块不能用作生产开发用地，为不适宜。

适宜性综合评价表

表 5.11-3

项目	敏感因素	较适宜	中度适宜	一般适宜	不适宜	很不适宜	极不适宜
总分值(f)	无	0.7 以上	0.7~0.6	0.6~0.5	0.5~0.3	0.3~0.1	0.1 以下

(4) 移民安置点环境适宜性总体评价

根据各移民安置点环境现状和实际情况,采用上面的公式计算出各移民安置点开发的环境适宜性结果,对其环境适宜性进行评价,除合水村和中坤石弄花为一般适宜外,其余均较适宜,计算结果见表 5.11-4。

移民安置区选址环境适宜性分析结果一览表

表 5.11-4

序号		1	2	3	4	5	6	7
安置点名称		合水村	中坤荔枝园	中坤场部	中坤石弄花	黄岭美马桥	黄岭新村	西达南大
分布高程	(m)	117~141.5	125~146	141~158	189~220	117~141.5	155~170	120~140
坡度	(°)	15~20	<10	<10	15~25	<10	<10	<10
地质条件	稳定性	较好	较好	较好	较好	较好	较好	较好
	不良地质现象	不发育	不发育	不发育	不发育	不发育	不发育	不发育
植被类型		人工经济林	人工经济林	灌草	人工经济林	人工经济林	人工经济林	人工经济林
占用地类		林地	园地、林地	荒地	林地	林地	林地	林地
适宜性评价		0.58	0.82	1	0.58	0.76	0.76	0.76
适宜性		一般适宜	较适宜	较适宜	一般适宜	较适宜	较适宜	较适宜

5.11.3 对移民生活质量的影响

(1) 对居住条件的影响

根据移民安置规划标准,移民人均建设用地为 80m²,能够满足移民安置规划目标的要求。迈湾水利枢纽建设征地区现状房屋以砖木结构为主,安置区房屋建筑以砖混结构为主。安置区场地比较平整,供水、供电设施经过改建后,可以恢复到原来的水平,村内道路全部实现硬化,安置点对外交通有保证,移民安置点经过重新规划后,道路平整,房屋有序,移民的居住环境大为改善。安置场地距其生产地的距离与原居住地到生产地的距离差不多,但在生活便利上则有很大的改善。且对于现状住房中人均正房补偿低于人均 25m² 正房(砖混结构)补偿费的移民住房困难户进行补足差额部分的补助。

因此，安置后移民住房条件将得到一定改善。

(2) 对人均纯收入的影响

根据移民生产安置效益分析，加总村委会合水村小组通过调剂土地种植槟榔园地 700 亩，总净收入为 262.48 万元，人均纯收入可达 9020 元；中坤新村队通过调剂土地 800 亩种植槟榔，总净收入为 299.98 万元，人均纯收入为 9063 元；中坤中间架队通过调剂土地 420 亩种植槟榔，总净收入为 157.49 万元，人均纯收入为 7464 元；中坤石弄花队通过调剂土地 750 亩种植槟榔，总净收入为 281.23 万元，人均纯收入为 11669 元；西达大丘田队通过调剂土地 395 亩种植槟榔，总净收入为 148.12 万元，人均纯收入为 9200 元；西达加板队通过调剂土地 140 亩种植槟榔，总净收入为 52.5 万元，人均纯收入为 7720 元。以上各村民小组和农村并场连队的人均纯收入均超过了预期正常的生产收入水平。同时，结合紧邻库区的优势，可以在旅游、养殖、种植产业方面发展。

综上所述，通过各项工程的实施和政策的落实，基本可以保证移民的生活水平不降低或高于原有水平。

(3) 对风俗习惯的影响

根据本阶段移民安置规划，本工程移民均在建设征地区附近就近安置。移民的生产生活地点变化不大，不会打乱其传统文化存在的空间和氛围，生活方式变化也不大，移民与原居民素有交流，相处和谐。因此，移民安置对其风俗习惯影响不大。

5.11.4 安置区次生环境影响分析

5.11.4.1 对生态环境的影响

(1) 对动植物的影响

移民点的建设将永久占用部分土地，地表植被将被完全清除，但规划的安置点是受人类活动影响比较强烈的区域，现状植被以人工经济林和灌草丛为主，移民点建设不会对区域植被结构产生明显影响；受影响的植物种类为区域常见种类，区域无国家、海南省保护植物种类分布，不会对区域植物区系和物种数量造成明显影响。

本工程农村移民生产安置方式为调剂耕园地和货币补偿方式；农垦职工生产安置方式为调剂耕园地、货币补偿、购买社会养老保险、生产岗位调整等方式，均不新开垦耕园地。本工程拟选择水土条件较好的区域作为集中安置点用于安置大部分移民，以减轻移民压力，与开垦耕地安置方式相比，移民直接利用调剂出来的成熟的耕园地进行耕作，避免坡耕地垦植、毁林造地等破坏生态环境的行为。

移民安置对陆生动物的影响主要有移民安置活动占地侵占动物栖息地造成生境范

围缩小和人为捕猎活动破坏动物物群而造成动物数量减小两方面。本工程移民集中安置区大部分位于交通便利，占地类型中多为人工灌木林、园地。原生植被和动物分布较少，据调查，集中移民直接影响区域没有发现受国家保护的珍稀野生动物，因此较大程度地避免了移民安置对陆生动物的影响。而且由于移民安置区地域分布连续性较好、空间连通性较高、动物环境的可恢复性较强等优势，只要没有人为捕猎活动等严重的干扰和影响，预计移民安置区动物种群结构不会改变。

(2) 水土流失影响

移民安置需要占用一定的土地，破坏原有植被，会造成一定范围和有限时间的水土流失。

根据同类水利工程移民安置经验，移民安置区水土流失主要发生在“三通一平”时期，移民安置点的房屋建设和各专项设施的复建必然在一定范围挖取松散的表土层，并抛弃不需要的土、石方，如处理不当，不但破坏原有景观地貌，且可能造成废弃物堆体垮塌，加剧水土流失。

为了防止上述水土流失产生，必须统一规范安置区的各项建设活动，对施工弃土弃渣，选择合适的场地集中堆放，并采取相应的工程拦挡、植被恢复措施，通过采取合适的水土保持措施可以消除或降低水土流失风险。

5.11.4.2 对水环境的影响

(1) 地表水环境

① 施工期

施工期对水环境的影响源主要是移民集中安置点的建设排放的施工废水。生产废水中混凝土拌合废水具有悬浮物浓度高、水量小，间隙集中排放的特点，机械冲洗废水石油类污染物质及固体悬浮物浓度较高，由于集中安置点规模不大，生产废水排放量小，基本不会产生径流，且安置点周边也无地表水水体，基本不会对地表水体水质产生影响。施工人员数量很少，且大多租住当地村民住房，不会对周边环境及水体造成不利影响。

② 运行期

移民安置对水环境的影响主要为移民迁入后产生的生活污水。根据工程分析，本工程移民集中安置点日生活污水排放总量为 $532.71\text{m}^3/\text{d}$ ，各安置点生活污水排放量为 $8.51\text{m}^3/\text{d}\sim 168.35\text{m}^3/\text{d}$ 。污水成分比较简单，主要为 COD、BOD₅、氨氮和 SS 等，其排放的浓度分别约为： 400mg/L 、 200mg/L 、 35mg/L 、 200mg/L 。

根据现状调查，本工程建设征地涉及的农村地区生活污水大部分不经处理直接外

排，经地表径流最终进入南渡江。本阶段规划对新建的农村移民安置点生活污水进行收集，处理达标后回用，不外排。农村移民安置点建成后，通过配套污水处理设施的处理，在一定程度上改善当地农村环境卫生，对南渡江及迈湾水库水质有利。

(2) 地下水环境

合水村、石弄花、黄岭新村和西达农场安置点采用深机井方式取水，各安置点取水量见表 5.10-5。场址内的地下水主要为松散岩层孔隙水及基岩裂隙水，均接受大气降水的补给，向冲沟处排泄。地下水位均较高，埋深一般 1.60m~1.80m。

由于采用深机井取水的安置点用水量不大，工程所在地降雨充沛，年平均降水量为 2000~2400mm，地下水主要为降雨补给，因此，采用深机井取水基本不会对安置点地下水的水位和地下水流场产生造成影响。同时，通过加强取水井水源水质的保护，采用深机井取水不会对地下水水质产生影响。

安置点地下水用水量

表 5.11-5

序号	地点	最高日生活用水量 (m ³ /d)	最大时用水量 (m ³ /h)
1	合水村	64.80	6.75
2	石弄花	26.64	2.78
3	黄岭新村	11.34	1.18
4	西达农场	240.84	25.09
合计		343.62	35.80

5.11.4.3 固体废弃物影响

(1) 施工期

施工期固体废弃物主要为施工弃渣和施工人员生活垃圾。施工弃渣主要来自于场地平整和房屋建设，如弃渣处置不当，将会影响土地利用和自然景观，造成水土流失。施工期施工人数较少，大部分居住在附近村庄，施工人员生活垃圾纳入当地垃圾收集和处理系统，不会对安置点周围环境产生较大影响。

(2) 运行期

至规划设计水平年，移民安置区总垃圾日产生量 3.95t (6.58m³)，各安置区垃圾日产生量为 0.06t~1.25t，分散产生于各安置区。垃圾若任意排放或随意堆置，不仅污染生活区的环境空气、影响美观，而且在每年雨季垃圾渗滤液及病菌随地表径流进入地表水体，将污染移民安置区地表水水质，位于库区四周的移民安置点生活垃圾渗滤液随地表径流流入迈湾库区，将影响迈湾水库水质。任意堆放的垃圾容易滋生蚊蝇，引起鼠类大

量繁殖，增加安置区疾病传播机会，影响移民身体健康。

对农村集中安置点建设，需同步设置垃圾收集及清运设施，并结合各安置区所在地现有垃圾处理设施拟定切实可行的处理方案，确保安置点的生活垃圾得到集中收集和最终处置，不因随意堆置而对地表水和人群健康产生危害。

因此，在采取相应措施收集、转运和处置后，移民安置产生的固体废物对周边环境影响不大。

5.11.4.4 大气和声环境影响

安置点施工建设期间在短期内对距离较近居民点等敏感点产生一定的粉尘和噪声污染，安置点规模不大，影响强度较小，且除了中坤场部、中坤荔枝园、黄岭美马桥、大埔坡村安置点附近有少量居民外（各安置点评价范围内均 3~4 户），其余安置点附近 200m 内均无居民点，因此移民安置对大气和声环境的影响较小。

5.11.4.5 人群健康影响

工程施工队伍进驻，可能有外来病源进入工区，加之施工生活设施简陋，卫生条件较差，流行病交叉感染机会增大，容易引起传染病的传播。此外，若施工期和运行期生活污水无序排放，生活垃圾乱堆放，将会使蚊蝇孳生，有可能会使当地一些传染性疾病的发病率增加。因此，必须采取有效措施，对生活污水和生活垃圾进行适当处理和处置。

移民安置工程建成后，安置点房屋和各类基础设施统一规划布置，移民生活用水采用净水厂供水。各移民安置点均规划设置污水处理设施，并设置生活垃圾收集系统。各移民安置点均设置有卫生所，移民搬迁后生活区环境状况和医疗条件将较现状有较大改观，对改善环境卫生、预防疾病和保护人群健康都将具有较大改善作用。

5.11.5 专项设施复建工程的环境影响分析

迈湾水利枢纽专项复建工程主要包括交通工程、通信工程、有线电视网络线路、输变电设施的复建。

5.11.5.1 复建交通工程环境影响分析

(1) 生态环境影响

复建交通工程不涉及自然保护区、风景名胜区等生态环境敏感对象。占用的植被均为农田植被和灌草丛，对陆生植被和生物多样性影响很小。

施工产生的噪音、生产及生活废物等，会使生物栖息的生态环境恶化，可能导致植物种类减少和野生动物迁移，引起区域内的动物种群数量发生变化。由于工程区长期受人为活动干扰严重，野生动植物分布较少，因此工程施工对野生动植物的影响很小。

(2) 水环境影响

复建交通工程施工期对水环境的影响分析主要表现在施工中产生的施工废水及施工人员生活废水。混凝土拌和系统废水排放量很小，废水主要污染物为 pH 和 SS，若随意排放将对周围环境产生一定影响。施工中生活废水为施工人员日常生活所产生，施工人员一般租住在附近村庄，生活污水纳入当地处理，对环境影响较小。

复建交通工程营运期无经常性污水来源，主要水污染源是非经常性污水，即路、桥面径流。影响路、桥面径流水量和水质因素较多，包括降雨量、车流量、两场降雨间隔时间等，其水量和水质变幅较大。根据目前国内对公路路面径流浓度的测试结果，降雨初期到形成路面径流的 30min 内，水中的悬浮物和石油类浓度较高；半个小时后，其浓度随着降雨历时延长而较快下降，降雨历时 40~60min 分钟后，路面基本被冲洗干净，路面径流污染物浓度基本稳定在较低水平。

此外，车辆、船舶在行驶过程中，由于高速或者操作不当，会发生交通事故。尤其是装载危险品的车辆或船舶发生事故时，造成危险品外溢，可能造成南渡江干流及其支沟水体污染。因此需采取相应的风险事故防范措施及应急预案，防患于未然。

(3) 水土流失影响

复建交通工程设置的渣场若不及时进行防护，将产生较大的水土流失，严重的水土流失很容易对区域土地生产力、区域生态环境、河道水质等造成不同程度的危害。

(4) 空气环境影响

复建交通工程在施工期对周围环境空气质量的影响主要是扬尘污染。其中最主要的是运输车辆道路扬尘和施工作业扬尘。

复建的公路通车后，车辆尾气是大气污染物的主要来源，其排放量与交通量、车型构成比及汽车运行情况有关。复建公路等级低、行车量小，汽车尾气排放量也较少，且污染源为流动型、较分散，加之大气扩散作用，道路扬尘和汽车尾气对周边环境空气的影响较小。

(5) 声环境影响

复建交通工程建设施工期间，噪声主要来源于施工机械和运输车辆辐射的噪声。施工前期钻探工作使用钻探机会产生较高的噪声；道路、渡口建设工作期间的打桩机、推土机、平地机、拌合机等将是主要的噪声源。各种机械运行时噪声值较高，最大声级一般在 80dB 以上，但随着距离的增加，噪声逐渐衰减，昼间 80m 距离处除打桩机外其它机械均可达到要求、夜间 300m 距离处可达到《建筑施工场界环境噪声排放标准》

(GB12523-2011)规定的 55dB。复建工程施工期间施工噪声虽然较大,但随着工程的竣工施工噪声影响将不再存在,施工噪声对环境的影响是暂时的、短期的。

拟改复建的道路现有交通量较少,通行车辆基本为小型客车和农用车辆,拟建项目主要是对原有道路的恢复,建成后仍主要承担原有交通量,因此道路交通情况不会发生太大变化,改复建后交通噪声对周边环境的影响较现状不会明显加剧。

(6) 生活垃圾影响

复建交通工程施工人员将产生少量生活垃圾,这些生活垃圾如果处理不当,将对道路沿线和渡口周围环境卫生、景观造成一定的污染,甚至造成疾病传播。

(7) 社会环境影响

复建交通工程开工建设,在施工期可为当地居民提供一部分短期就业机会,从而使参与道路施工的群众增加经济收入。

复建交通工程施工期内,施工产生的扬尘、机械噪声、施工废弃物以及施工运输对当地交通的干扰等,都会对沿线居民的正常生活、生产带来一些负面影响,但这种影响是短时期的,暂时的。随着施工结束,复建交通设施投入运营后,将对所在区域的经济发展、社会文明都将起到重要作用,使该区域人民群众的生活质量逐渐提高。专项设施复建后,将为当地居民的正常生产生活提供保障。

5.11.5.2 其他改复建项目环境影响分析

工程近期建设 101m 方案建设征地涉及影响通信线路 29.3km,库区淹没有线电视网络线路 0.243km,建设征地涉及影响 10kV 线路 34.05km,拟进行迁改建。改复建项目均在工程原址附近择址改复建,上述项目复建过程中不可避免对周边环境产生一定不利环境影响,主要表现为植被占用、水土流失、施工废水、粉尘、噪声及废弃物排放污染等,在其复建之前应单独开展环境影响评价,针对不利影响制定对策措施并加以实施。总体而言,以上专业项目改复建工程量较小,产生的不利环境影响较小。专项设施复建后,将为周边居民的正常生产生活提供保障。

5.12 人群健康影响

(1) 对介水传染病的影响

介水性传染病与居民环境卫生条件和生活习惯相关,特别是与饮用水卫生密切相关。水库蓄水初期将淹没厕所、粪坑、畜圈、坟地等易造成水体污染;移民安置搬迁过程中,搬迁劳累、生活条件不适应、不良生活习惯和饮用水卫生等问题,如果不采取有效的措施,都可能造成介水传染病的流行。施工期大量施工人员进驻施工现场,人口密

度剧增，来自外地的施工人员与当地施工人员和当地居民接触，可能增加传染源或易感人群。如不注意饮用水卫生、粪便管理、垃圾处理和食品卫生管理，很容易造成痢疾、伤寒副伤寒等疾病暴发流行和病毒性肝炎传染流行。

(2) 对虫媒传染病的影响

工程施工期，施工区人口密度剧增，外地施工人员、当地施工人员和当地居民相互成为传染源和易感人群，在虫媒生物的作用下构成了传染病感染的条件，如果不加强对施工人员的检疫工作，有可能在施工人群中造成疟疾传染或流行。库区传播疾病的蚊媒普遍存在，流行因素已经存在，若不采取有效防治措施，结核、流行性出血热、麻疹、痢疾等传染病发病率有可能上升。由于库区各级防疫网络基本健全，建库后只要落实预防接种措施，并注意消灭蚊媒，库区不致因建库而出现结核、流行性出血热、麻疹、痢疾等传染病的扩大或流行。

(3) 对自然疫源性疾病的影响

水库蓄水后水库水位抬升，库区的鼠类将向库周正常蓄水位以上迁移，使库周地区鼠类密度增大，人与鼠的接触机会增加。施工区人员高度密集，产生的生活垃圾增加了鼠类的食物来源，鼠类数量会有所增长，鼠类传播疾病的危险机率也会有所增加。

5.13 土壤环境影响

5.13.1 施工期影响

工程施工期各类污废水处理回用，生活垃圾运至垃圾填埋场处置，危险废物运送至危险废物处置中心处置，在采取上述措施后，施工期各类污染物对工程区土壤环境污染影响很小。

施工期施工作业产生的表土扰动、弃渣等将造成扰动区表层土壤环境的破坏，对其产生不利影响，因此，应对扰动区表土进行收集并单独存放，在施工结束后用于扰动区的植被恢复，减缓施工活动对土壤环境产生的影响。

5.13.2 运行期影响

工程运行期主要污染物为业主营地生活污水和厂房油污水，经处理达标后回用或外排，不会引起土壤的盐化、酸化、碱化。

运行期水库蓄水后可能造成周边土壤的盐化现象，对水库蓄水可能引起的盐化影响采用《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

(1) 土壤盐化综合评分法

采用公示 5.10-1 计算土壤盐化综合评分值(Sa), 具体如下:

$$Sa = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i \quad (5.13-1)$$

式中: n —影响因素指标数目;

Ix_i —影响因素 i 指标评分;

Wx_i —影响因素 i 指标权重。

(2) 土壤盐化影响因素赋值

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018), 土壤盐化影响因素赋值情况见表 5.13-1。

土壤盐化影响因素赋值表

表 5.13-1

影响因素	分值				权重
	0 分	2 分	4 分	6 分	
地下水位埋深(GWD)/(m)	$GWD \geq 2.5$	$1.5 \leq GWD < 2.5$	$1.0 \leq GWD < 1.5$	$GWD < 1.0$	0.35
干燥度(蒸降比值)(EPR)	$EPR < 1.2$	$1.2 \leq EPR < 2.5$	$2.5 \leq EPR < 6$	$EPR \geq 6$	0.25
土壤本底含盐量(SSC)/(g/kg)	$SSC < 1$	$1 \leq SSC < 2$	$2 \leq SSC < 4$	$SSC \geq 4$	0.15
地下水溶解性总固体(TDS)/(g/L)	$TDS < 1$	$1 \leq TDS < 2$	$2 \leq TDS < 5$	$TDS \geq 5$	0.15
土壤质地	黏土	砂土	壤土	砂壤、粉土、砂粉土	0.10

本项目库区地下水位埋深较大, 根据钻孔地下水位, 坝址左岸埋深为 13.50m~26.00m, 相应高程 56.51m~72.00m; 右岸埋深为 10.20m~18.40m, 相应高程 61.17m~94.07m。水库蓄水完成后, 库区内地下水将升高, 水库除近坝库段 7 个埝口较为单薄, 存在水库渗漏问题外, 其余库段均不存在永久渗漏问题。对存在水库渗漏问题的埝口修建副坝予以解决, 不会造成库区两侧土壤地下水水位明显提升, 工程建成后库区两侧地下水埋深仍将大于 2.5m, 土壤盐化影响赋值为 0 分。

工程区域多年平均降水量为 2200mm, 多年平均蒸发量为 1450mm, 干燥度(EPR)为 0.66, 土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据土壤环境质量监测结果, 工程区土壤含盐量为 0.07%, $SSC < 1$, 土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据地下水水质监测结果, 工程区地下水溶解性总固体含量在 0.180~0.536g/L 之间, $TDS < 1$, 土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据土壤理化特性调查结果,工程区域土壤主要为砂土,土壤盐化影响赋值为2分。

(3) 土壤盐化影响预测

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重,本项目的土壤盐化综合评分值 $Sa=2 \times 0.10=0.2 < 1$ 。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的土壤盐化预测表,本项目建成后周边土壤不会发生盐化现象。

6 远期方案环境影响预测和评价

本工程远期方案因水库正常蓄水位从 101m 升高至 108m，多年平均供水量从 0.47 亿 m^3 增加至 3.05 亿 m^3 ，将导致流域水资源配置以及库区和坝下水文情势、水温、水质发生变化；水环境的变化也将导致对水生生态的影响，水面抬高也将淹没更多的植被，影响动植物多样性等。本章以远期方案的上述主要环境要素为重点，开展影响预测和评价。

6.1 流域水资源影响

6.1.1 流域水资源开发利用率影响

至远期 2040 年，南渡江流域规划建设（含正在建设）的南渡江引水工程、迈湾、松涛水库琼西北供水工程等均将投入运行，流域多年平均总供用水量约为 20.36 亿 m^3 ，其中南渡江引水工程多年平均供水量 4.35 亿 m^3 （不含迈湾），迈湾多年平均供水量 3.05 亿 m^3 （置换松涛水库水量 0.84 亿 m^3 ），本地蓄提工程多年平均供水量 3.49 亿 m^3 ，松涛水库多年平均供水量 9.47 亿 m^3 （数据来自《海南省水网建设规划》）。地表水资源开发利用率将提高至 29.5%，较现状（2016 年的 15.8%）提高了 13.7%，较近期 2030 年（21.1%）提高了 8.4%，其中本工程的贡献程度由 2030 年的 0.68% 提高到 4.4%，南渡江引水工程的贡献程度由 2030 年的 4.4% 提高到 6.3%。

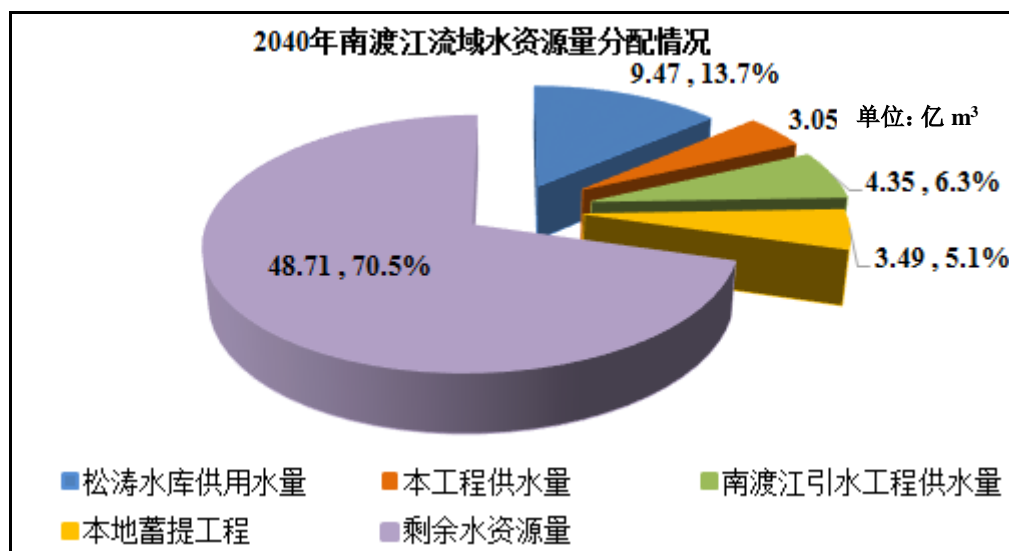


图 6.1-1 2040 年南渡江流域水资源量分配情况

6.1.2 流域水资源时空分配影响

远期 2040 年迈湾水库正常蓄水位为 108m，相应库容 4.96 亿 m^3 ，兴利库容 4.78 亿 m^3 ，较 2030 年兴利库容增加 2.15 亿 m^3 ，水库具有多年调节性能。受迈湾水库多年调节、

新增灌区（含澄迈县城区）库区引水、向下游河道（定安县城区和海口市）补水和提高南渡江引水工程取水保证率共同作用，迈湾水库运行后 2040 年南渡江干流控制断面各典型年年内水量将发生变化情况。工程实施将进一步改变南渡江水资源的年际年内时空分布。

6.1.2.1 迈湾坝址断面水资源量变化

(1) 水资源年际变化

水库建成运行后，2040 年从迈湾库区直接引水向新增灌区供水，并通过水库调节蓄丰补枯向下游海口市和定安县城区供水，坝址断面年径流量将发生变化。根据 1960 年 6 月~2009 年 5 月的历年长系列调节计算，迈湾坝址断面年径流量年际变化情况详见表 6.1-1 和图 6.1-2，各年变化量在-63279~5846 万 m³，变化比例为-37.1%~6.6%，坝址断面下泄年径流量总体减少为主。其中，特枯水年份利用水库多年调节库容向下游河道补水，水库下泄水量大于入库来水，比如 1961 年、1968 年、1979 年，坝址下游断面年径流量分别增加 373 万 m³、5846 万 m³、1890 万 m³；其余年份，坝址下游断面年径流量均小于入库来水，1980 年减少最为明显（-63279 万 m³），减少比例达 35.1%。

迈湾水库运行后，松涛水库每年稳定下泄生态流量 30147 万 m³，该部分水量全部放入迈湾下游河道，同时受水库库区供水引水以及蒸发、渗漏等损耗作用，迈湾坝址处多年平均年径流量减少 28729 万 m³（由 136117 万 m³减少为 107389 万 m³），减少比例为-21.1%，其中库区引水 24411 万 m³，水库蒸发、渗漏等损耗 4318 万 m³。

2040 年迈湾坝址断面年径流量长系列年际变化情况一览表

表 6.1-1

年份	松涛~迈湾区间来水 (万 m ³)	建库后来水(万 m ³)	水库下泄(万 m ³)	变化量(万 m ³)	变化比例(%)
1960	150747	180894	135101	-45793	-25.3%
1961	55028	85175	85548	373	0.4%
1962	77566	107712	84604	-23108	-21.5%
1963	118866	149013	109405	-39608	-26.6%
1964	140623	170770	119411	-51359	-30.1%
1965	74145	104292	102053	-2239	-2.1%
1966	61815	91962	69454	-22508	-24.5%
1967	111875	142021	97008	-45013	-31.7%
1968	58457	88604	94450	5846	6.6%
1969	54889	85035	66829	-18206	-21.4%

1970	129918	160064	101335	-58729	-36.7%
1971	103904	134050	102735	-31315	-23.4%
1972	145471	175618	152994	-22624	-12.9%
1973	167808	197955	162182	-35773	-18.1%
1974	107000	137147	110261	-26886	-19.6%
1975	109287	139433	120770	-18663	-13.4%
1976	128501	158647	123328	-35319	-22.3%
1977	48887	79034	76014	-3020	-3.8%
1978	173323	203470	143174	-60295	-29.6%
1979	84155	114301	116192	1890	1.7%
1980	150342	180488	117209	-63279	-35.1%
1981	91663	121810	114960	-6850	-5.6%
1982	141838	171985	128747	-43237	-25.1%
1983	91948	122095	90050	-32044	-26.2%
1984	125490	155636	133777	-21859	-14.0%
1985	117093	147239	105369	-41871	-28.4%
1986	94681	124828	113366	-11462	-9.2%
1987	49741	79888	60328	-19560	-24.5%
1988	126925	157072	99450	-57622	-36.7%
1989	136091	166238	136933	-29305	-17.6%
1990	139805	169952	143858	-26093	-15.4%
1991	68002	98148	79464	-18684	-19.0%
1992	61737	91884	64513	-27371	-29.8%
1993	101196	131343	83990	-47352	-36.1%
1994	137741	167888	142847	-25040	-14.9%
1995	91001	121148	92320	-28828	-23.8%
1996	146428	176574	134714	-41860	-23.7%
1997	132106	162252	148014	-14238	-8.8%
1998	86179	116326	85030	-31296	-26.9%
1999	102882	133029	95348	-37681	-28.3%
2000	174415	204562	178741	-25820	-12.6%
2001	125078	155225	140205	-15019	-9.7%
2002	98902	129049	102891	-26158	-20.3%
2003	87834	117981	92219	-25761	-21.8%
2004	40128	70274	66983	-3291	-4.7%
2005	74767	104914	66006	-38907	-37.1%

2006	70095	100242	71616	-28626	-28.6%
2007	84272	114419	78835	-35583	-31.1%
2008	141921	172067	121411	-50657	-29.4%
多年平均	105971	136117	107389	-28729	-21.1

注：1) “-”表示减少；2) 松涛至迈湾坝址区间来水量已扣除耗水量。

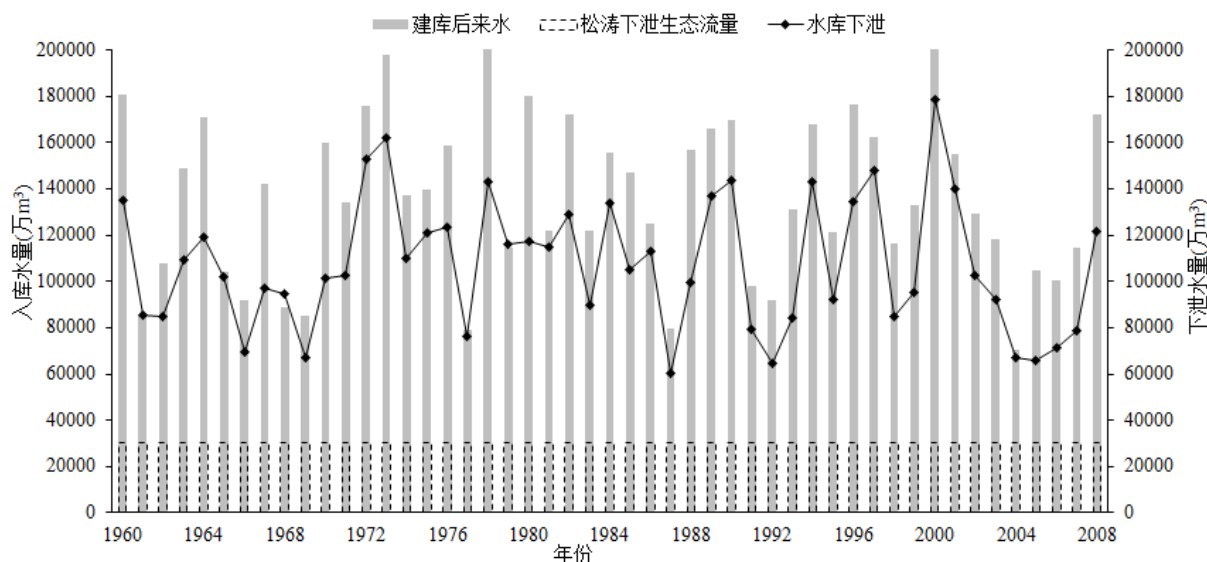


图 6.1-2 2040 年迈湾坝址断面年径流量年际变化图

(2) 水资源量年均变化

2040 年迈湾坝址断面多年平均年均水量平衡情况见图 6.1-3，水库运行后，多年平均入库径流总量为 136117 万 m³，其中松涛-迈湾区间来水 105971 万 m³，松涛水库下泄生态流量 30147 万 m³。坝址处多年平均下泄径流量为 107389 万 m³，较入库减少 28729 万 m³，其中迈湾水库蒸发、渗漏等损耗 4318 万 m³，库区向新增灌区引水 24411 万 m³；向下游河道海口市及定安城区多年平均补水 6090 万 m³；下泄生态流量 54341 万 m³，弃水 46958 万 m³。

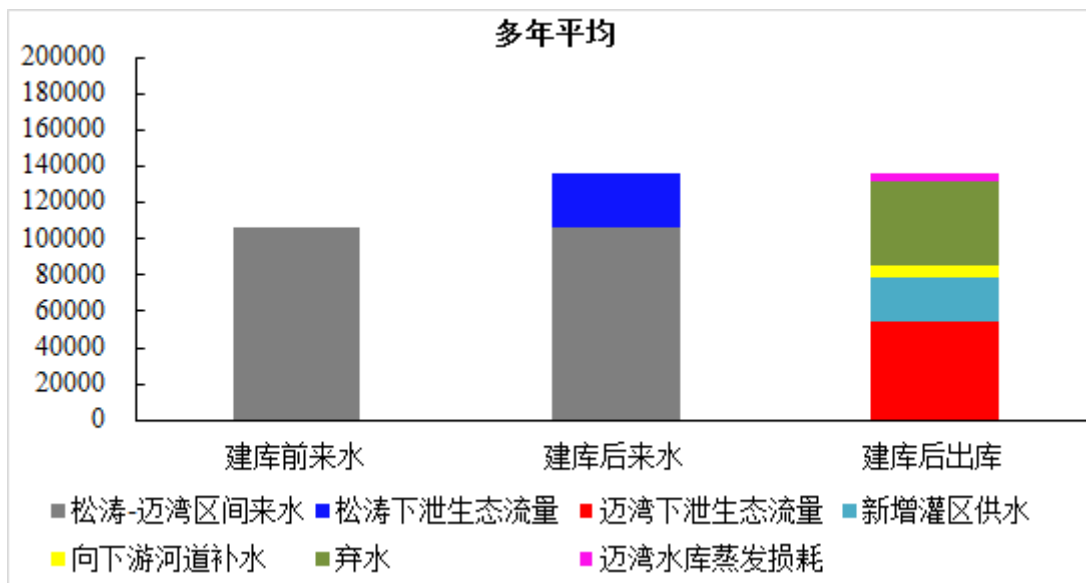


图 6.1-3 2040 年迈湾坝址断面多年平均年均水量平衡图

2040 年迈湾坝址断面各典型年年径流量变化情况见表 6.1-2，2040 年迈湾坝址断面各典型年年均水量平衡情况见图 6.1-4。受迈湾蓄丰补枯及库区向新增灌区引水共同作用，各典型年坝址处下泄年径流量均小于入库来水，分别减少 63279 万 m³、28828 万 m³、23108 万 m³、3020 万 m³；丰水年、平水年、枯水年、特枯水年迈湾水库分别供水 25241 万 m³、24349 万 m³、41541 万 m³、39264 万 m³，其中库区分别向新增灌区供水 24371 万 m³、22636 万 m³、23494 万 m³、19386 万 m³，向下游海口市及定安城区补水 870 万 m³、1713 万 m³、18047 万 m³、19877 万 m³。

2040 年迈湾坝址断面各典型年水量变化及平衡情况一览表

表 6.1-2

内容	典型年	丰水年(P=10%, 1980 年)	平水年(P=50%, 1995 年)	枯水年(P=90%, 1962 年)	特枯水年 (P=95%, 1977 年)
入库水量(万 m ³)	松涛-迈湾区间来水	150342	91001	77566	48887
	松涛下泄生态流量	30147	30147	30147	30147
	小计	180488	121148	107712	79034
坝址下泄(万 m ³)	下泄生态流量	57800	55855	47677	45306
	向下游补水	870	1713	18047	19877
	弃水	58539	34753	18880	10831
	小计	117209	92320	84604	76014
建库后	新增灌区库区引水	-24411	-22636	-23494	-19386

水量变化(万 m ³)	水库蓄丰补枯及损耗	-38908	-6191	386	16366
	小计	-63279	-28828	-23108	-3020

注：“-”表示减少。

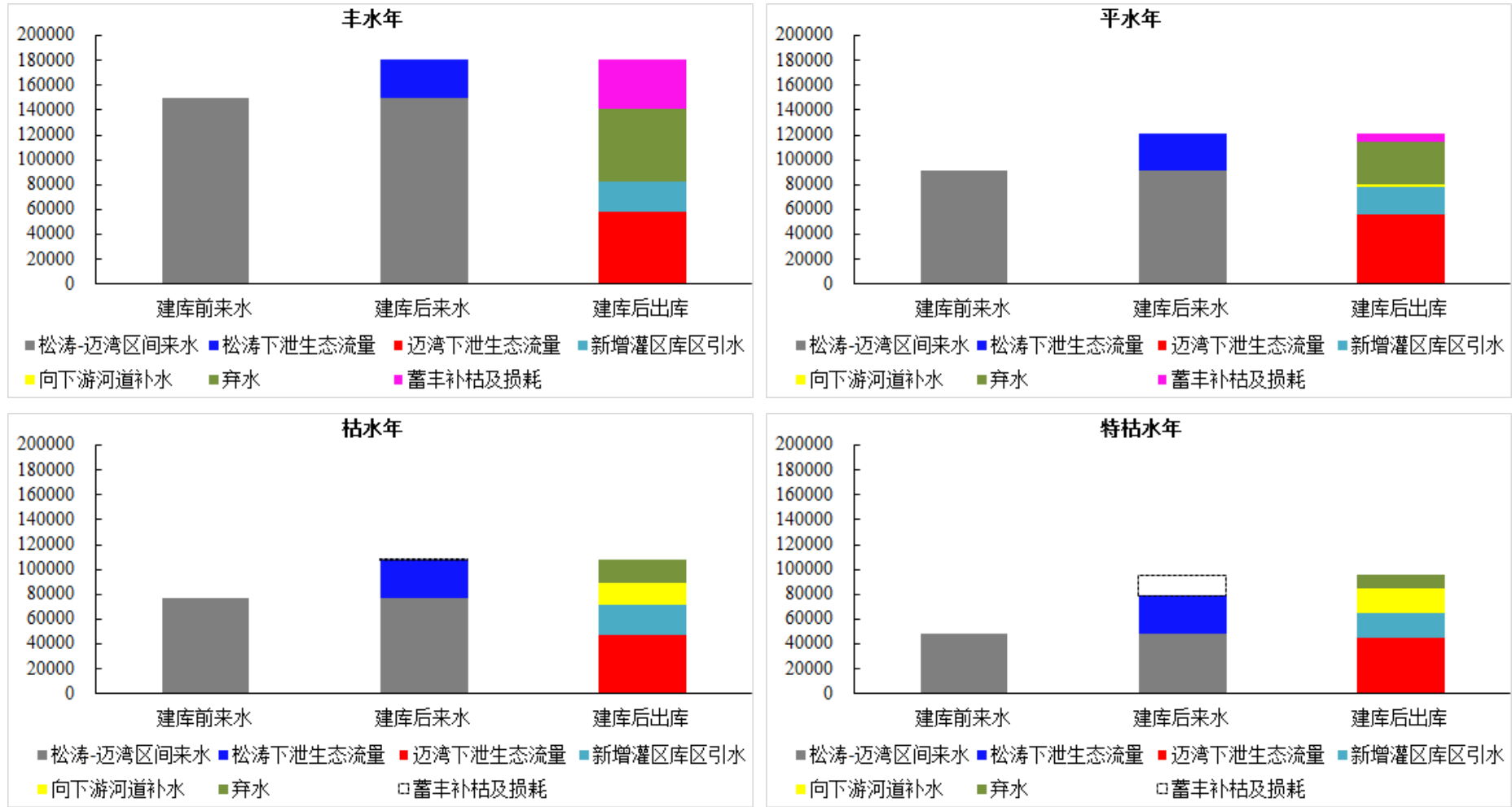


图 6.1-4 2040 年迈湾坝址断面各典型年年均水量平衡图

(3) 年内水资源量变化

① 年内典型时段水量变化

2040 年迈湾坝址断面年内典型时段水量变化见图 6.1-5 和表 6.1-3。

丰水期 6~11 月水库蓄丰补枯以满足新增灌区库区引水和枯期向下游河段补水，该时段多年平均下泄水量较入库来水减少 24340 万 m^3 ，减少比例 23.0%。该时段各典型年水库下泄水量均小于入库水量，丰、平、枯、特枯水年分别减少 49231 万 m^3 、20099 万 m^3 、37504 万 m^3 、9777 万 m^3 ，减少比例分别为 34.7%、22.6%、41.0%、16.9%。其中鱼类生态敏感期 6~8 月下泄水量变化规律与整个丰水期基本一致，各典型年均有所减少，丰、平、枯、特枯水年分别减少 31582 万 m^3 、6481 万 m^3 、17780 万 m^3 、10187 万 m^3 ，减少比例分别为 51.5%、20.1%、45.1%、28.9%。

枯水期 12 月~翌年 5 月丰水年和平水年受新增灌区库区引水作用，该时段水库下泄水量仍小于入库水量，水量分别减少 14049 万 m^3 和 8729 万 m^3 ，减少比例分别 36.3% 和 27.1%；枯水年和特枯水年利用水库多年调节能力除满足新增灌区库区引水外，并向下游河道补水和确保泄放生态流量，下泄水量均大于入库水量，分别增加 14396 万 m^3 和 6758 万 m^3 ，增加比例分别为 88.8% 和 32.0%，枯水期枯水年和特枯水年坝址下游断面水量增加较为明显。其中特枯水期 1~3 月（该时段多年平均径流量之和占年径流的比例小于 10%）丰水年和平水年水库下泄水量仍略小于入库水量，水量分别减少 3247 万 m^3 和 1140 万 m^3 ，减少比例分别约为 22.1% 和 9.0%；枯水年和特枯水年利用水库调节库容向下游河道补水和确保泄放生态流量，坝址下游断面水量增加明显，分别增加 8797 万 m^3 和 9107 万 m^3 ，增加比例分别为 127.1% 和 164.9%。

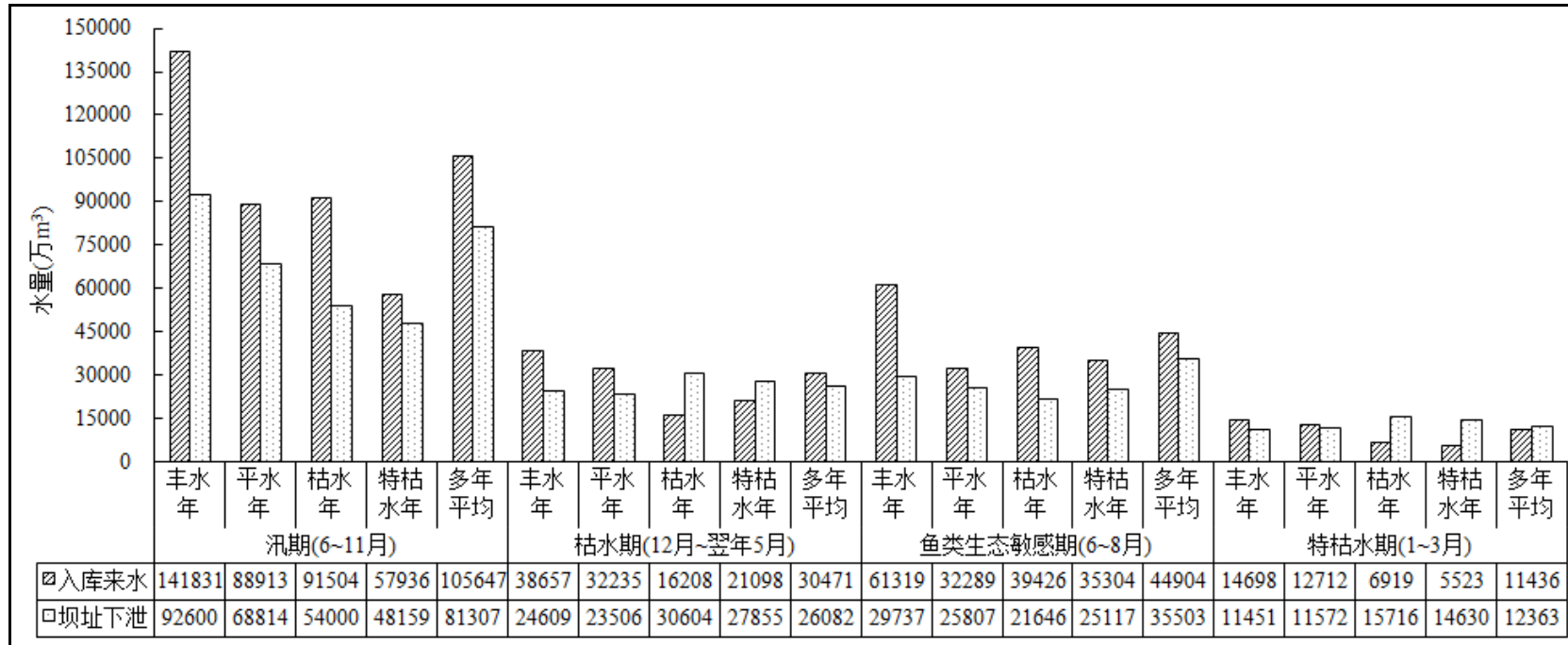


图 6.1-5 2040 年迈湾坝址断面各典型年年内典型时段水量变化情况

2040 年迈湾坝址断面各典型时段水量变化情况一览表

表 6.1-3

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			迈湾运行后下泄水量(万 m ³)	迈湾坝址水量变化(万 m ³)
		区间天然	迈湾运行后	变化		
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	119861	141831	21970	92600	-49231
	平水年(P=50%)	66943	88913	21970	68814	-20099
	枯水年(P=90%)	69535	91504	21970	54000	-37504
	特枯水年(P=95%)	35966	57936	21970	48159	-9777
	多年平均	83677	105647	21970	81307	-24340
鱼类生态敏感 期 6~8 月	丰水年(P=10%)	30480	38657	12400	24609	-14049
	平水年(P=50%)	24058	32235	12400	23506	-8729
	枯水年(P=90%)	8031	16208	12400	30604	14396
	特枯水年(P=95%)	12921	21098	12400	27855	6758
	多年平均	22294	30471	12400	26082	-4389
枯水期 12 月~ 翌年 5 月	丰水年(P=10%)	48919	61319	8177	29737	-31582
	平水年(P=50%)	19889	32289	8177	25807	-6481
	枯水年(P=90%)	27026	39426	8177	21646	-17780
	特枯水年(P=95%)	22904	35304	8177	25117	-10187
	多年平均	32504	44904	8177	35503	-9401
特枯水 期(1~3 月)	丰水年(P=10%)	10654	14698	4044	11451	-3247
	平水年(P=50%)	8668	12712	4044	11572	-1140
	枯水年(P=90%)	2876	6919	4044	15716	8797
	特枯水年(P=95%)	1480	5523	4044	14630	9107
	多年平均	7392	11436	4044	12363	927

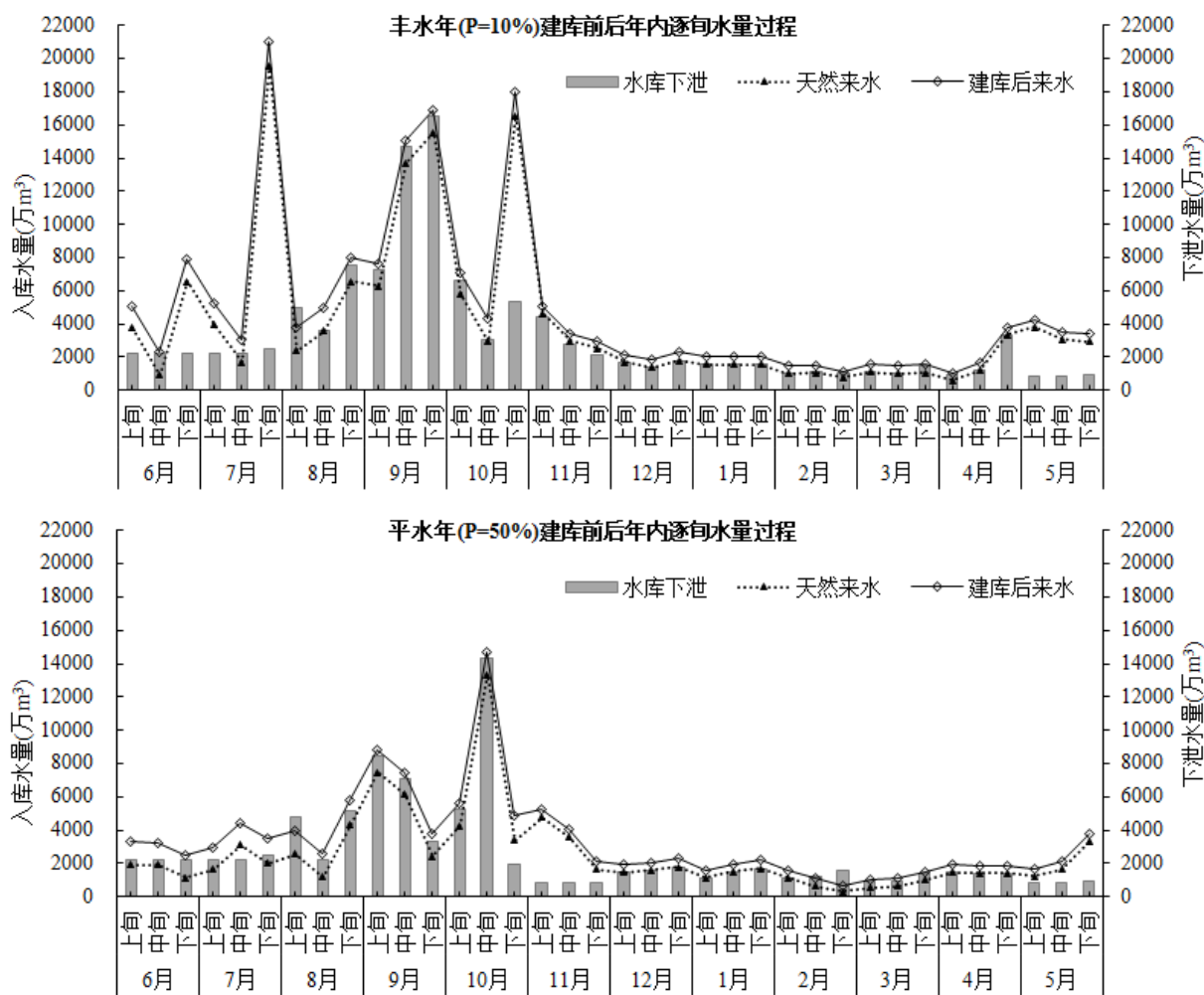
(4) 年内逐旬水量变化过程

2040 年迈湾坝址断面各典型年年内逐旬水量变化见图 6.1-6。

丰水年和平水年流域来水较为充足,工程新增灌区尽可能从库区引水,除个别旬外,旬均出库水量均小于入库来水。其中丰水年仅 8 月上旬旬均下泄水量较入库水量增加

1230 万 m³；平水年仅 8 月上旬、2 月中旬和下旬均下泄水量较入库水量有所增加，分别增加 816 万 m³、134 万 m³、857 万 m³；其余时间下泄旬均水量均小于入库来水。

枯水年和特枯水年迈湾水库利用调节库容蓄丰补枯，枯期向下游河道补水从而向定安县城、海口市等地区供水，旬均下泄水量较入库水量增加明显，丰水期水库蓄水旬均下泄水量小于入库水量。其中枯水年枯期 1~5 月水库向下游供水，与坝址处来水相比，旬均下泄水量增加 229~1897 万 m³；特枯水年枯期 11~4 月水库向下游供水，旬均下泄水量增加 429~1541 万 m³。枯水年和特枯水年枯水期（12 月~翌年 5 月）坝址下游断面逐旬水量变化情况见表 6.1-4。



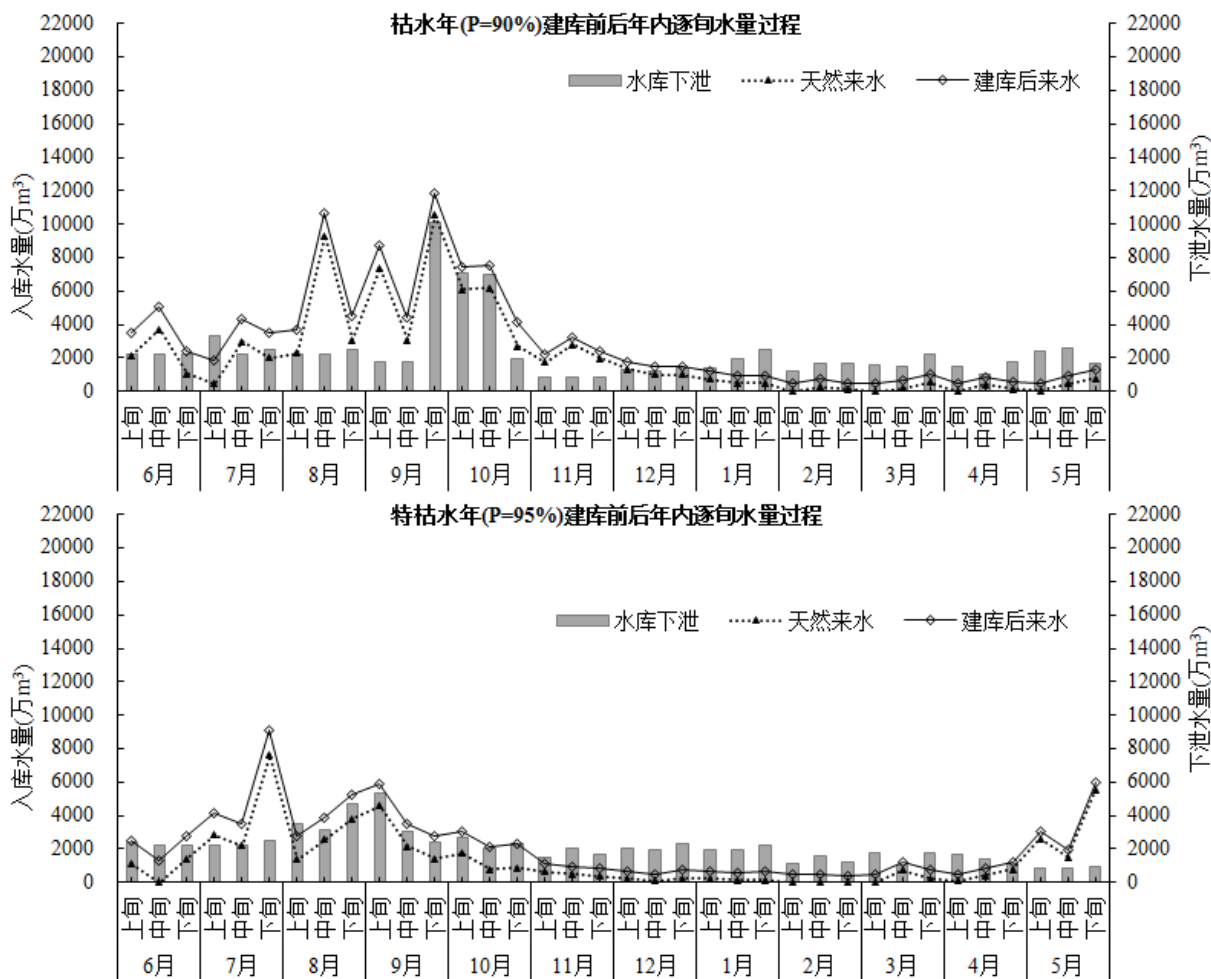


图 6.1-6 2040 年迈湾坝址断面各典型年年内水量变化过程

2040 年枯水年、特枯水年枯水期（12 月~翌年 5 月）迈湾坝址逐旬水量变化情况一览表

表 6.1-4

典型年	逐旬		来水(万 m ³)			迈湾运行后下泄 (万 m ³)	迈湾坝址水量 变化(万 m ³)
			区间天然	迈湾运行后	变化值		
枯水年	12 月	上旬	1320	1769	449	1320	-449
		中旬	993	1442	449	1178	-264
		下旬	995	1490	449	1368	-122
	1 月	上旬	739	1189	449	1391	203
		中旬	509	958	449	1967	1009
		下旬	487	981	449	2499	1518
	2 月	上旬	0	449	449	1201	752
		中旬	266	715	449	1684	968
		下旬	140	499	449	1711	1211

	3月	上旬	0	449	449	1539	1090
		中旬	176	626	449	1512	887
		下旬	558	1052	449	2212	1160
	4月	上旬	0	449	449	1527	1078
		中旬	393	842	449	1072	229
		下旬	141	590	449	1808	1217
	5月	上旬	47	496	449	2393	1897
		中旬	473	922	449	2588	1666
		下旬	794	1288	449	1634	346
特枯水 年	12月	上旬	225	674	449	2065	1391
		中旬	72	522	449	1989	1467
		下旬	243	737	449	2274	1537
	1月	上旬	220	669	449	1956	1287
		中旬	148	597	449	1961	1364
		下旬	153	647	449	2188	1541
	2月	上旬	0	449	449	1155	705
		中旬	0	449	449	1577	1128
		下旬	0	359	449	1243	883
	3月	上旬	0	449	449	1727	1278
		中旬	724	1173	449	1018	-155
		下旬	236	730	449	1806	1076
	4月	上旬	67	516	449	1655	1139
		中旬	405	854	449	1408	554
		下旬	775	1225	449	1076	-149
	5月	上旬	2624	3073	449	890	-2184
		中旬	1531	1980	449	890	-1090
		下旬	5499	5993	449	979	-5014

(5) 与 2030 年水资源变化对比分析

与 2030 年相比，2040 年坝址处多年平均年下泄水量较 2030 年减少 26277 万 m^3 ，其中 2040 年迈湾坝址断面多年平均入库年径流量减少 312 万 m^3 ，主要是 2040 年松涛~迈湾区间增加耗水所致；迈湾水库蒸发、渗漏等增加损耗 1555 万 m^3 ，库区向新增灌区引水 24411 万 m^3 。2040 年与 2030 年迈湾坝址断面各典型年水资源变化情况见表 6.1-5。

2040 年与 2030 年迈湾坝址断面各典型年水资源变化情况一览表

表 6.1-5

典型水期	典型年	松涛~迈湾区间来水(万 m ³)			松涛下泄生态流量(万 m ³)	库区供水(万 m ³)		水库蓄丰补枯及损耗(万 m ³)			坝址下泄(万 m ³)		
		2030 年	2040 年	变化值		2030 年	2040 年	2030 年	2040 年	变化值	2030 年	2040 年	变化值
全年	丰水年	150667	150342	-325	30147	0	-24371	-12978	-38909	-25931	167836	117209	-50627
	平水年	91311	91001	-310	30147	0	-22636	-2762	-6192	-3430	118696	92320	-26376
	枯水年	77868	77566	-302	30147	0	-23494	1737	386	-1351	109752	84604	-25148
	特枯水年	49172	48887	-285	30147	0	-19386	16377	16366	-11	95696	76014	-19682
	多年平均	106283	105971	-312	30147	0	-24411	-2764	-4318	-1554	133666	107389	-26277
丰水期 (6~11 月)	丰水年	120035	119861	-174	21970	0	-10717	-11457	-38514	-27057	130548	92600	-37948
	平水年	67114	66943	-171	21970	0	-7391	-1252	-12707	-11455	87832	68814	-19018
	枯水年	69706	69535	-171	21970	0	-9400	-8646	-28105	-19459	83030	54000	-29030
	特枯水年	36137	35966	-171	21970	0	-10439	11523	661	-10862	69630	48159	-21471
	多年平均	83848	83677	-171	21970	0	-10884	-2258	-13456	-11198	103560	81307	-22253
枯水期 (12 月~翌 年 5 月)	丰水年	30632	30480	-152	8177	0	-13654	-1521	-395	1126	37288	24609	-12679
	平水年	24198	24058	-140	8177	0	-15245	-1510	6516	8026	30865	23506	-7359
	枯水年	8163	8031	-132	8177	0	-14094	10383	28491	18108	26723	30604	3881
	特枯水年	13035	12921	-114	8177	0	-8947	4853	15705	10852	26065	27855	1790
	多年平均	22434	22294	-140	8177	0	-13528	-511	9139	9650	30100	26082	-4018

6.1.2.2 东山坝址断面水资源量变化

(1) 年均水资源量变化

迈湾水库运行后, 2040 年各典型年东山坝址断面年来水、下泄水量变化情况见表 6.1-3。2040 年东山坝址断面多年平均年来水量有所减少, 减少 11611 万 m^3 (由 297213 万 m^3 减少为 285602 万 m^3), 减少比例为 3.9%。各典型年东山坝址断面均来水量变化情况见表 6.1-6。特枯水年受迈湾水库向下游河道补水以及新增灌区的新增退水共同作用, 东山坝址均来水量较建库前有所增加, 增加 8269 万 m^3 , 增加比例为 5.4%, 其中迈湾坝址断面减少 3020 万 m^3 , 但新增退水 11289 万 m^3 (该年新增灌区供水 19386 万 m^3); 其余典型年受迈湾水库库区引水和蓄丰补枯调节作用, 东山坝址断面来水量和下泄水量均有所减少。

受迈湾多年调节蓄丰补枯向下游海口市供水作用, 南渡江引水工程东山坝址处引水量均较迈湾建库前有所增加, 多年平均增加 3928 万 m^3 , 各典型年 (丰、平、枯、特枯水年) 分别增加 870 万 m^3 、1324 万 m^3 、9423 万 m^3 、8781 万 m^3 。南渡江引水工程东山坝址处引水量变化情况见表 6.1-7。

2040 年各典型年东山坝址断面年来水、下泄水量变化情况一览表

表 6.1-6

典型年	来水(万 m^3)			坝址下泄(万 m^3)		
	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水年(P=10%)	405587	362172	-43415	380931	336646	-44285
平水年(P=50%)	257377	245325	-12052	232787	219411	-13376
枯水年(P=90%)	226118	217011	-9106	208427	189898	-18529
特枯水年(P=95%)	153492	161760	8269	138663	138151	-512
多年平均	297213	285602	-11611	275136	259597	-15539

2040 年南渡江引水工程东山坝址处引水量变化情况一览表

表 6.1-7

单位: 万 m^3

典型年	迈湾建库前			迈湾运行后			南渡江引水工程东山引水量变化值
	来水	下泄	南渡江引水工程引水量	来水	下泄	南渡江引水工程引水量	
丰水年(P=10%)	405587	380931	24655	362172	336646	25526	870

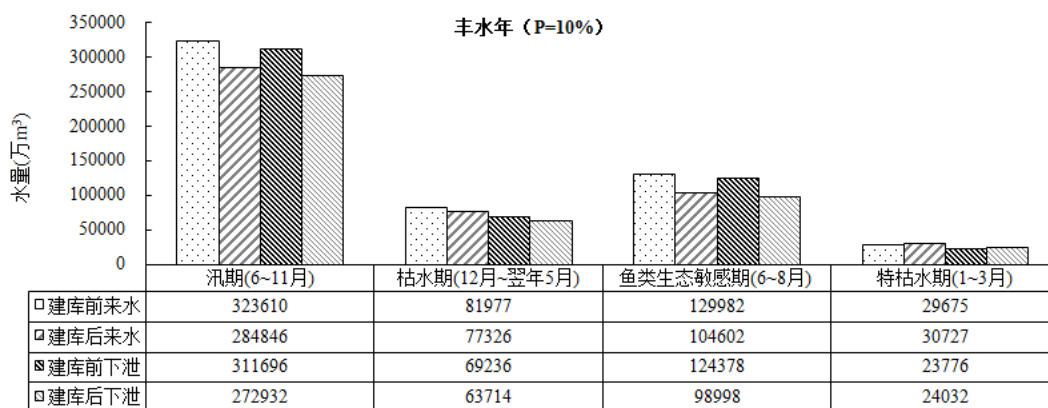
平水年(P=50%)	257377	232787	24590	245325	219411	25913	1324
枯水年(P=90%)	226118	208427	17690	217011	189898	27113	9423
特枯水年(P=95%)	153492	138663	14828	161760	138151	23609	8781
多年平均	297213	275136	22077	285602	259597	26005	3928

(2) 年内水资源变化

2040 年东山坝址断面年内典型时段来水、下泄水量变化见图 6.1-7 和表 6.1-8。

迈湾运行后,丰水期(6~11月)2040年东山坝址断面各典型年来水量均小于迈湾建成前,丰、平、枯、特枯水年来水量分别减少 38763 万 m³、13078 万 m³、29230 万 m³、29230 万 m³、2627 万 m³,减少比例分别为 12.0%、6.8%、15.3%、2.4%;该时段下泄水量各典型年均小于迈湾建成前,由于丰水年、平水年流域来水充足,南渡江引水工程东山坝址处供水不受迈湾影响,下泄水量变化与来水量一致,即分别减少 38763 万 m³、13078 万 m³,枯水年和特枯水年迈湾水库运行后提高了南渡江引水工程东山坝址处供水量,致使东山坝址处下泄水量变化幅度大于来水量变化,分别减少 29980 万 m³、5172 万 m³,枯水年和特枯水年东山坝址引水量分别增加 650 万 m³、2545 万 m³。

迈湾运行后,枯水期 12月~翌年 5月受迈湾水库蓄丰补枯作用,丰水年来水量略小于水库建成前,平水年、枯水年和特枯水年来水量均大于迈湾建成前,丰水年减少 4651 万 m³,减少比例分别为 5.7%,平水年、枯水年和特枯水年来水量分别增加 1026 万 m³、20124 万 m³、10896 万 m³,1.6%、57.6%、24.2%;丰水年、平水年东山坝址下泄水量较迈湾建成前有所减少,分别减少 5522 万 m³、298 万 m³;枯水年和特枯水分别增加 11351 万 m³、4660 万 m³,该时段东山坝址引水量分别增加 870 万 m³、1324 万 m³、8773 万 m³、6236 万 m³。



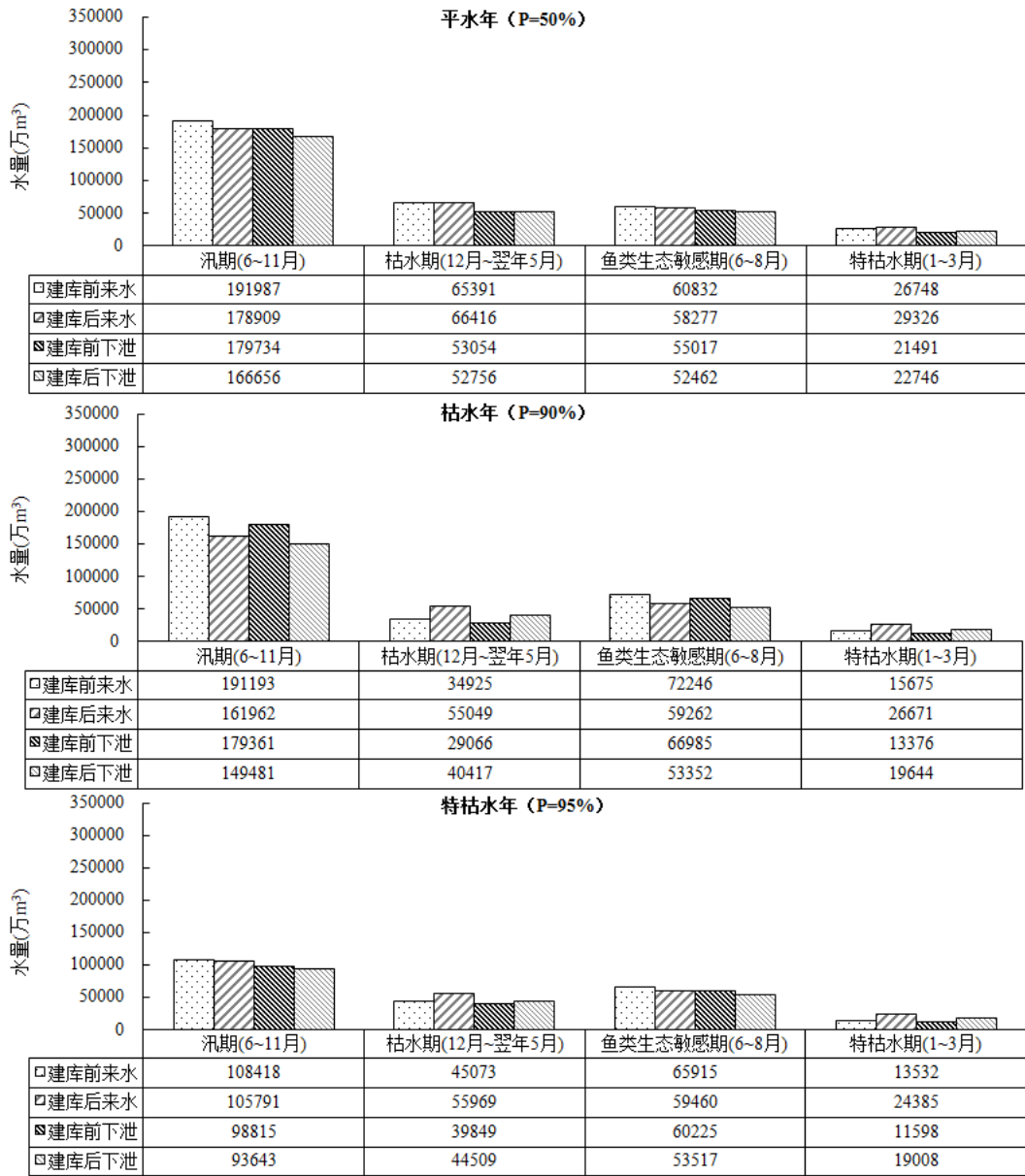


图 6.1-7 2040 年东山坝址断面年内各典型时段来水、下泄水量变化情况

迈湾水库运行前后年内各典型时段东山坝址来水、下泄水量变化情况一览表

表 6.1-8

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			下泄水量(万 m ³)		
		迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	323610	284846	-38763	311696	272932	-38763
	平水年(P=50%)	191987	178909	-13078	179734	166656	-13078
	枯水年(P=90%)	191193	161962	-29230	179361	149481	-29880
	特枯水年(P=95%)	108418	105791	-2627	98815	93643	-5172

	多年平均	232929	217990	-14939	221137	205683	-15455
枯水期 12月~ 翌年5 月	丰水年(P=10%)	81977	77326	-4651	69236	63714	-5522
	平水年(P=50%)	65391	66416	1026	53054	52756	-298
	枯水年(P=90%)	34925	55049	20124	29066	40417	11351
	特枯水年(P=95%)	45073	55969	10896	39849	44509	4660
	多年平均	64284	67611	3327	53998	53914	-84
鱼类生 态敏感 期6~8 月	丰水年(P=10%)	129982	104602	-25380	124378	98998	-25380
	平水年(P=50%)	60832	58277	-2555	55017	52462	-2555
	枯水年(P=90%)	72246	59262	-12984	66985	53352	-13633
	特枯水年(P=95%)	65915	59460	-6455	60225	53517	-6708
	多年平均	91910	87199	-4711	86346	81444	-4902
特枯水 期(1~3 月)	丰水年(P=10%)	29675	30727	1052	23776	24032	256
	平水年(P=50%)	26748	29326	2579	21491	22746	1255
	枯水年(P=90%)	15675	26671	10996	13376	19644	6267
	特枯水年(P=95%)	13532	24385	10853	11598	19008	7410
	多年平均	23937	28156	4219	19407	21506	2099

6.1.2.3 龙塘坝址断面水资源量变化

(1) 年均水资源量变化

迈湾水库运行后，2040年各典型年龙塘坝址断面年来水、下泄水量变化情况见表6.1-9。东山至龙塘区间本工程不新增灌区和供水，故龙塘坝址断面年来水量变化情况与东山坝址断面下泄水量变化情况一致（即丰、平、枯、特枯水年来水量分别减少44285万 m^3 、13376万 m^3 、18529万 m^3 、512万 m^3 ），但受迈湾水库蓄丰补枯向下游补水提高海口市供水保证率（南渡江引水工程及龙塘现有其他工程新增引水）作用，龙塘坝址各典型年年下泄水量均较迈湾建库前有所减少，平、枯、特枯水年分别减少44285万 m^3 、13765万 m^3 、27083万 m^3 。

除丰水年外，龙塘坝址处引水水量均较迈湾建库前有所增加，平、枯、特枯水年和分别增加389万 m^3 、8554万 m^3 、10706万 m^3 ，多年平均增加2134万 m^3 ，其中南渡江引水工程龙塘取水口平、枯、特枯水年和多年平均分别增加234万 m^3 、5247万 m^3 、6530

万 m³、1301 万 m³，其他工程平、枯、特枯水年和多年平均分别增加 156 万 m³、3306 万 m³、4176 万 m³、833 万 m³，龙塘坝址处引水量变化情况见表 6.1-10。

2040 年龙塘坝址断面各典型年年来水、下泄水量变化情况一览表

表 6.1-9

典型年	来水(万 m ³)			坝址下泄(万 m ³)		
	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水年(P=10%)	715026	670741	-44285	678299	634014	-44285
平水年(P=50%)	443823	430447	-13376	406593	392828	-13765
枯水年(P=90%)	383576	365047	-18529	354796	327714	-27083
特枯水年(P=95%)	256092	255580	-512	230976	219758	-11218
多年平均	516631	501092	-15539	481419	463746	-17673

2040 年龙塘坝址处引水量变化情况一览表

表 6.1-10

单位: 万 m³

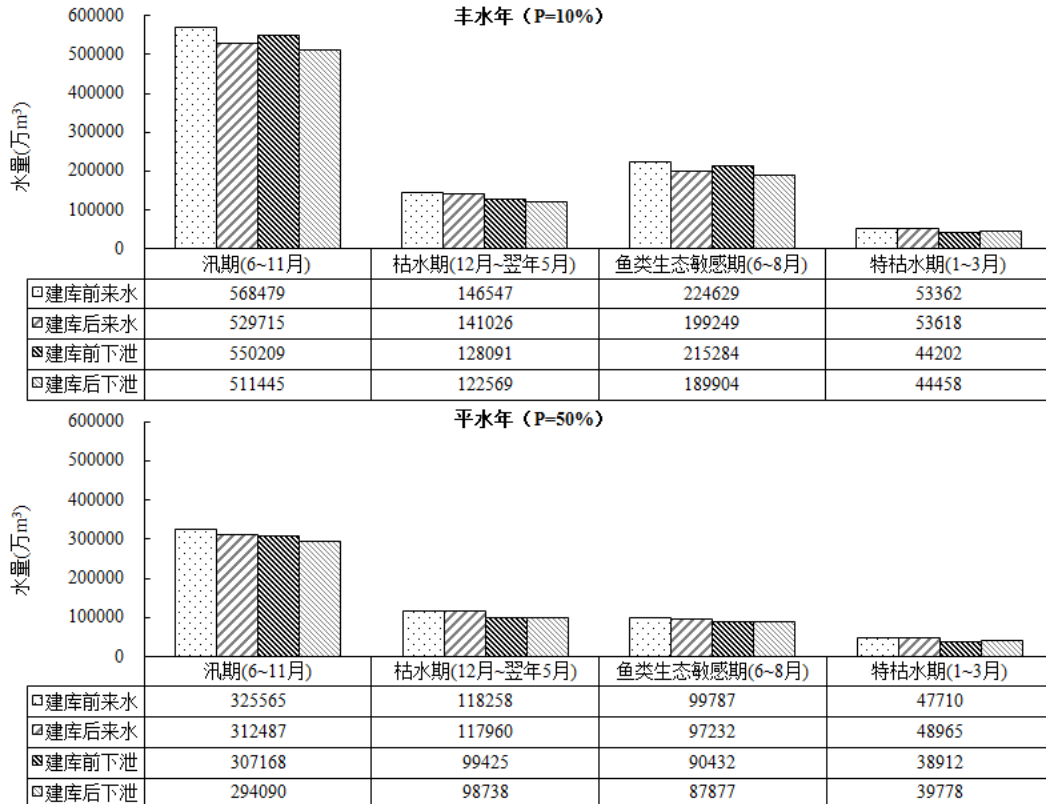
典型年	迈湾建库前					迈湾运行后					龙塘坝址引水量变化值		
	来水	下泄	龙塘坝址引水量			来水	下泄	龙塘坝址引水量			南渡江引水工程	其他工程	小计
			南渡江引水工程	其他工程	小计			南渡江引水工程	其他工程	小计			
丰水年(P=10%)	715026	678299	22614	14112	36727	670741	634014	22614	14112	36727	0	0	0
平水年(P=50%)	443823	406593	22066	15163	37230	430447	392828	22300	15319	37619	234	156	389
枯水年(P=90%)	383576	354796	17649	11131	28780	365047	327714	22897	14437	37333	5247	3306	8554
特枯水年(P=95%)	256092	230976	15113	10003	25116	255580	219758	21643	14180	35822	6530	4176	10706
多年平均	516631	481419	21396	13816	35212	501092	463746	22697	14649	37346	1301	833	2134

(2) 年内典型时段水量变化

2040 年龙塘坝址年内典型时段水量变化情况见表 6.1-11 和图 6.1-8。

迈湾运行后，丰水期(6~11 月)来水量各典型年均小于迈湾建成前，变幅与东山坝址下泄水量变化一致，即丰、平、枯、特枯水年来水量分别减少 38763 万 m³、13078 万 m³、29880 万 m³、5172 万 m³，减少比例分别为 6.8%、4.0%、9.2%、2.9%；该时段丰水年和平水年龙塘坝址处不受迈湾影响新增供水，下泄水量变化趋势与来水量一致，即分别减少 38763 万 m³、13078 万 m³，枯水年和特枯水年分别减少 30705 万 m³、6841 万 m³、9826 万 m³，减少比例分别为 10.0%、4.2%，枯水年和特枯水年龙塘坝址处新增供水水量 825 万 m³ 和 1670 万 m³。

迈湾运行后，枯水期 12 月~翌年 5 月来水量变化趋势与东山坝址下泄水量变化一致（即丰水年、平水年分别减少 5522 万 m³、298 万 m³，枯水年和特枯水分别增加 11351 万 m³、4660 万 m³），但受迈湾水库蓄丰补枯向海口市供水作用（平水年、枯水年和特枯水年分别新增供水 389 万 m³、7729 万 m³、9037 万 m³），龙塘坝址下泄水量较迈湾建成前丰水年、平水年和特枯水年均有所减少，分别减少 5522 万 m³、687 万 m³、2790 万 m³，枯水年增加 3622 万 m³。



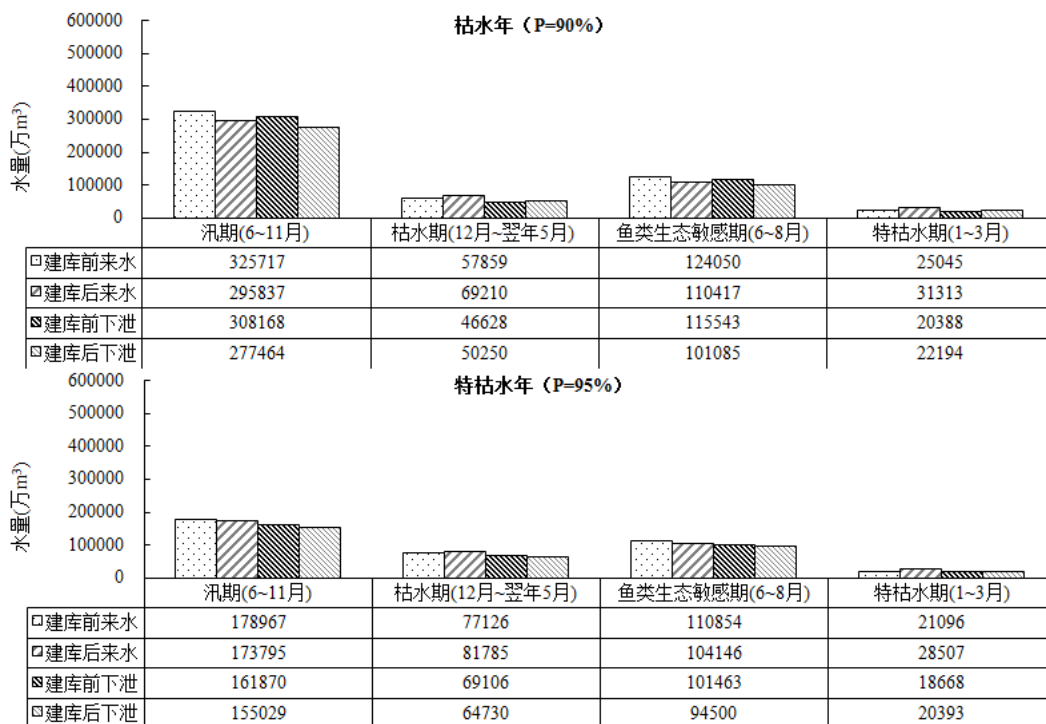


图 6.1-8 2040 年龙塘坝址断面年内各典型时段水量变化情况对比图

2040 年各典型时段龙塘坝址来水、下泄水量变化情况一览表

表 6.1-11

典型时段	典型年	来水(万 m ³)			下泄水量(万 m ³)		
		迈湾建库前	迈湾运行后	变化值	迈湾建库前	迈湾运行后	变化值
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	568479	529715	-38763	550209	511445	-38763
	平水年(P=50%)	325565	312487	-13078	307168	294090	-13078
	枯水年(P=90%)	325717	295837	-29880	308168	277464	-30705
	特枯水年(P=95%)	178967	173795	-5172	161870	155029	-6841
	多年平均	402835	387381	-15455	385422	369094	-16328
枯水期 12月~ 翌年5 月	丰水年(P=10%)	146547	141026	-5522	128091	122569	-5522
	平水年(P=50%)	118258	117960	-298	99425	98738	-687
	枯水年(P=90%)	57859	69210	11351	46628	50250	3622
	特枯水年(P=95%)	77126	81785	4660	69106	64730	-4377
	多年平均	113796	113712	-84	95998	94652	-1345
鱼类生	丰水年(P=10%)	224629	199249	-25380	215284	189904	-25380

态敏感 期 6~8 月	平水年(P=50%)	99787	97232	-2555	90432	87877	-2555
	枯水年(P=90%)	124050	110417	-13633	115543	101085	-14458
	特枯水年(P=95%)	110854	104146	-6708	101463	94500	-6963
	多年平均	156167	151265	-4902	147315	141971	-5344
特枯水 期(1~3 月)	丰水年(P=10%)	53362	53618	256	44202	44458	256
	平水年(P=50%)	47710	48965	1255	38912	39778	866
	枯水年(P=90%)	25045	31313	6267	20388	22194	1805
	特枯水年(P=95%)	21096	28507	7410	18668	20393	1725
	多年平均	42030	44129	2099	33706	35003	1297

6.2 流域水文情势影响

6.2.1 库区河段水文情势影响分析

(1) 库区干流河段水文情势预测结果分析

① 水库水位年内变化

迈湾水库投入运行后,将改变工程所在河段的水文情势,库区河段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势较天然河段发生较大变化。兴利调节时水库水位在正常蓄水位 108m 和死水位 76m 之间变动,水位最大变幅 32m。由于水库具有多年年调节性能,水库多年平均水库水位为 103.4m。为更好地发挥供水、灌溉作用,水库一般维持在较高水位运行,水库年内水位变幅一般小于 32m。各典型年(丰、平、枯、特枯水年)年内水位变幅分别为 14.1m、4m、16.3m、21.6m。迈湾水库各典型年水库水位变化情况见表 6.2-1 和图 6.2-1。

2040 年各典型年迈湾水库库区逐旬旬末水位变化过程一览表

表 6.2-1

月份 \ 典型年		丰水年(P=10%)	平水年(P=50%)	枯水年(P=90%)	特枯水年(P=95%)
6 月	上旬	94.3	104.3	95.2	102.6
	中旬	93.9	104.6	96.6	102.1
	下旬	97.1	104.5	96.5	102.1
7 月	上旬	97.9	104.3	94.8	102.5
	中旬	98.1	105.0	95.7	102.9
	下旬	105.4	105.0	95.8	105.1
8 月	上旬	104.5	104.5	96.1	104.5
	中旬	104.5	104.4	100.2	104.5
	下旬	104.5	104.5	100.6	104.5

9月	上旬	104.5	104.5	103.1	104.5
	中旬	104.5	104.5	104.0	104.5
	下旬	104.5	104.5	104.5	104.5
10月	上旬	104.5	104.5	104.5	104.5
	中旬	104.5	104.5	104.5	104.3
	下旬	108.0	105.3	105.0	104.0
11月	上旬	108.0	106.3	105.2	103.6
	中旬	108.0	107.1	105.7	102.8
	下旬	108.0	107.2	106.0	102.0
12月	上旬	107.9	107.1	106.0	101.2
	中旬	107.8	107.0	105.8	100.4
	下旬	107.7	106.9	105.6	99.4
1月	上旬	107.6	106.7	105.4	98.4
	中旬	107.5	106.6	104.8	97.3
	下旬	107.5	106.5	103.8	96.1
2月	上旬	107.4	106.4	103.3	95.4
	中旬	107.3	106.3	102.8	94.4
	下旬	107.2	105.9	102.2	93.4
3月	上旬	106.8	105.4	101.1	91.5
	中旬	106.8	105.2	100.7	91.3
	下旬	106.4	105.0	100.0	90.1
4月	上旬	105.9	105.0	98.9	88.1
	中旬	105.9	104.9	98.2	86.9
	下旬	105.9	104.4	96.7	86.4
5月	上旬	106.5	104.0	94.9	88.5
	中旬	107.1	104.3	92.3	89.4
	下旬	107.4	104.8	91.7	93.3

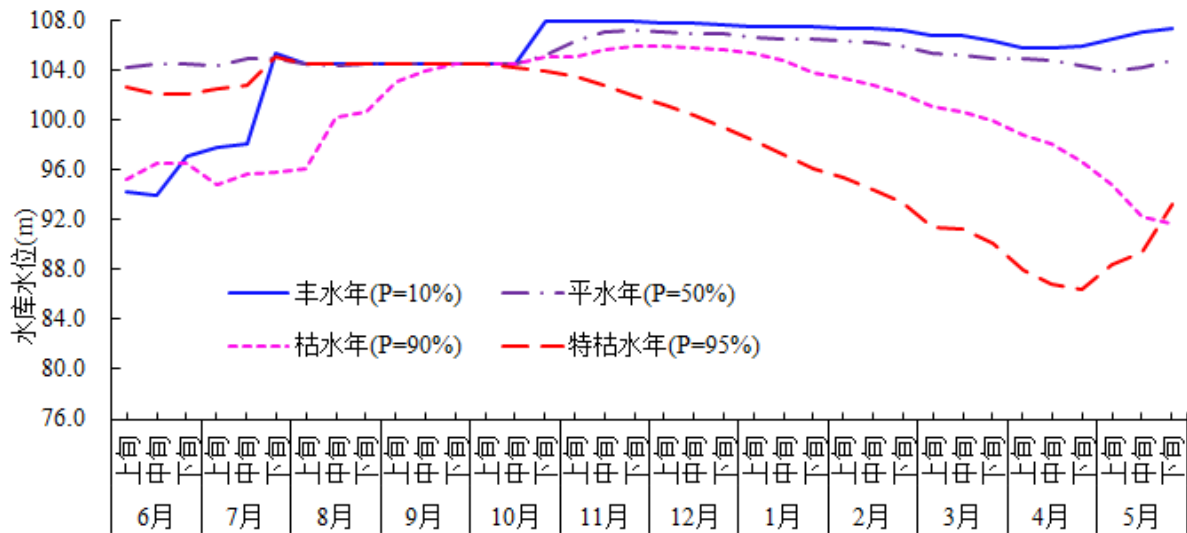


图 6.2-1 2040 年迈湾水库各典型年库区水位过程图(逐旬月末)

② 水力参数沿程变化

迈湾水库运行后，库区河段水位、水深、水面和流速等水力要素较天然发生较大变化，正常蓄水位和死水位运行条件下沿程水位变化情况见图 6.2-2、图 6.2-3，各断面水

力要素变化情况见表 6.2-2~表 6.2-3。正常蓄水位时，水库回水长度约 50.6km(距离松涛大坝约 4.8km)，死水位时回水长度约 26.1km，水库消落河段最长约 24.5km；库区河段水面面积由天然时的约 0.31km² 增加至正常蓄水位时的 37.7km²，增加了约 120.7 倍，水域面积增加明显；库区水位出现不同程度的抬升，越靠近坝址抬升越明显，正常蓄水位时坝前水位抬升了约 53m，坝前最大水深达 61.69m，是天然时最大水深(8.22m)的 7.1 倍，死水位坝前水深也抬升了约 22m；回水范围内沿程各断面水面宽均有增加，其中坝址上游 8.23km 处增加最明显，正常蓄水位时该断面水面宽达 1190.68m，约是天然时(59.81m)的 20 倍。回水范围内各断面流速均有所减缓，正常蓄水位时库区流速范围从坝址至库尾在 0.001m/s~0.324m/s 逐渐增加，均为缓流状态，而天然时库区河段流速在 0.082m/s~2.534m/s 之间交错出现，流态复杂多样。

总体来说，水库运行使库区水深增加明显，水面宽度和水域面积大幅增加，流速减缓，变化幅度从坝址至库尾呈逐步减小趋势。

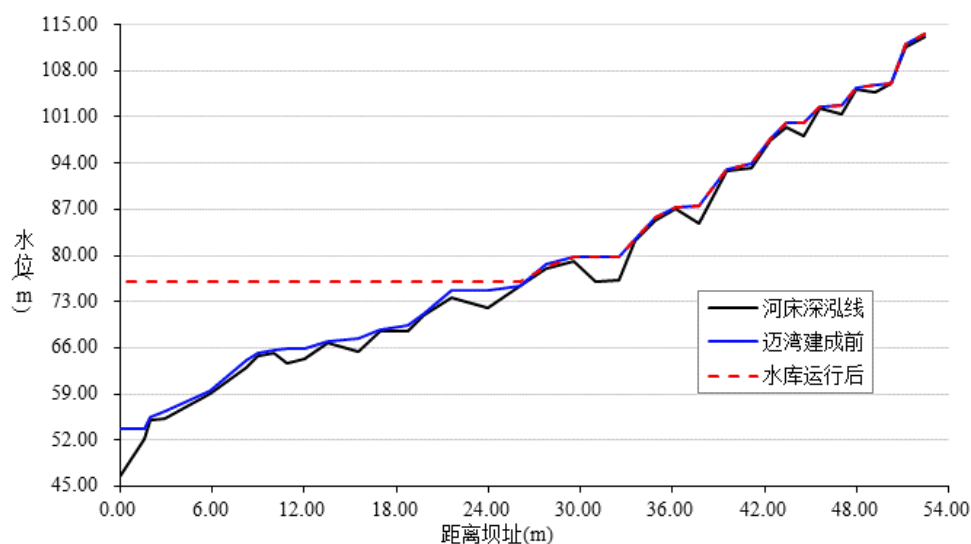


图 6.2-2 死水位 76m 运行时水库运行前后沿程水位变化对比图

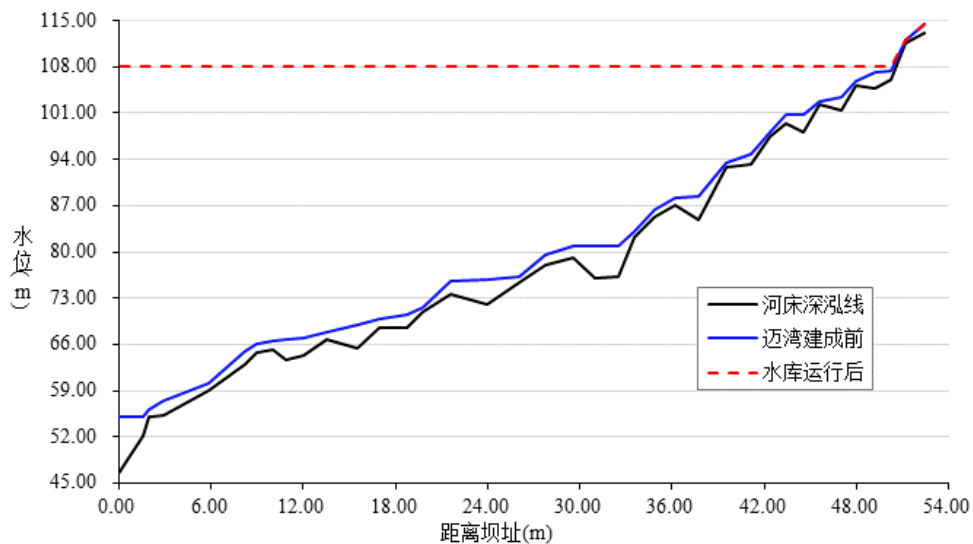


图 6.2-3 正常蓄水位 108m 运行时水库运行前后沿程水位变化对比

死水位 76m 运行时沿程各断面水力参数变化表

表 6.2-2

断面名称	距离坝址(km)	最大水深(m)			流速(m/s)			水面宽度(m)		
		天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值
南 36	52.40	0.49	0.49	0.00	0.250	0.250	0.00	20.33	20.33	0.00
南 35	51.18	0.46	0.46	0.00	0.290	0.290	0.00	29.04	29.04	0.00
南 34	50.22	0.19	0.19	0.00	1.060	1.060	0.00	14.31	14.31	0.00
南 33	49.18	1.06	1.06	0.00	0.150	0.150	0.00	11.43	11.43	0.00
南 32	47.99	0.31	0.31	0.00	1.220	1.220	0.00	9.26	9.26	0.00
南 31	47.00	1.16	1.16	0.00	0.090	0.090	0.00	30.86	30.86	0.00
南 30	45.63	0.15	0.15	0.00	0.830	0.830	0.00	28.91	28.91	0.00
南 29	44.50	2.05	2.05	0.00	0.020	0.020	0.00	65.04	65.04	0.00
南 28	43.42	0.61	0.61	0.00	0.280	0.280	0.00	14.96	14.96	0.00
南 27	42.33	0.24	0.24	0.00	1.370	1.370	0.00	6.6	6.6	0.00
南 26	41.16	0.63	0.63	0.00	0.220	0.220	0.00	15.43	15.43	0.00
南 25	39.54	0.24	0.24	0.00	1.090	1.090	0.00	12.94	12.94	0.00
南 24	37.71	2.6	2.6	0.00	0.050	0.050	0.00	18.21	18.21	0.00
南 23	36.17	0.4	0.4	0.00	0.490	0.490	0.00	12.69	12.69	0.00
南 22	34.88	0.54	0.54	0.00	0.400	0.400	0.00	12.6	12.6	0.00
南 21	33.52	0.3	0.3	0.00	1.540	1.540	0.00	4.63	4.63	0.00
南 20	32.51	3.5	3.65	0.15	0.040	0.040	0.00	20.86	21.92	1.06
南 19	30.94	3.74	3.89	0.15	0.020	0.020	0.00	65.39	66.12	0.73
南 18	29.58	0.66	0.81	0.15	0.260	0.190	-0.07	26.5	30.39	3.89
南 17	27.76	0.23	0.75	0.52	0.290	0.340	0.05	12.66	20.24	7.58
南 16	26.05	0.21	0.77	0.56	0.990	0.180	-0.81	24.39	26.96	2.57
南 15	23.96	2.44	3.7	1.26	0.060	0.030	-0.03	32.02	43.19	11.17
南 14	21.61	1.02	2.33	1.31	0.230	0.040	-0.19	35.7	69.52	33.82

南 13	19.82	0.26	5.12	4.86	1.370	0.010	-1.36	11.83	75.75	63.92
南 12	18.71	1.03	7.55	6.52	0.170	0.010	-0.16	30.45	83.98	53.53
南 11	16.96	0.25	7.55	7.30	1.240	0.010	-1.23	18.33	105.5	87.17
南 10	15.50	2.11	10.65	8.54	0.160	0.010	-0.15	20.15	111.99	91.84
南 9	13.50	0.23	9.32	9.09	1.270	0.000	-1.27	17.03	162.51	145.48
南 8	12.03	1.48	11.59	10.11	0.130	0.000	-0.13	27.79	138.26	110.47
南 7	10.88	1.07	11.27	10.20	0.120	0.000	-0.12	51.53	162.21	110.68
南 6	10.07	0.56	10.87	10.31	0.110	0.000	-0.11	82.49	245.47	162.98
南 5	9.02	0.42	11.3	10.88	0.500	0.000	-0.50	38.34	279.24	240.90
南 4	8.23	1.05	13.01	11.96	0.270	0.000	-0.27	30.9	336.27	305.37
南 3	5.83	0.29	16.91	16.62	1.250	0.000	-1.25	23.5	161.94	138.44
南 2	2.90	1.05	20.77	19.72	0.240	0.000	-0.24	30.72	140.7	109.98
南 1	1.98	0.46	20.95	20.49	1.510	0.000	-1.51	13.37	132.71	119.34
南 0(上坝址)	1.58	1.48	23.85	22.37	0.130	0.000	-0.13	41.32	122.78	81.46
南-1(下坝址)	0.00	7.32	29.69	22.37	0.020	0.000	-0.02	66.13	164.27	98.14

正常蓄水位 108m 运行时沿程各断面水力参数变化表

表 6.2-3

断面名称	距离坝址(km)	最大水深(m)			流速(m/s)			水面宽度(m)		
		天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值	天然	成库后	变化值
南 36	52.40	1.6	1.60	0.01	0.460	0.460	0.00	35.73	35.79	0.06
南 35	51.18	0.59	0.59	0.00	1.660	1.660	0.00	40.03	40.03	0.00
南 34	50.22	1.9	2.31	0.41	0.280	0.220	-0.06	45.34	48.00	2.66
南 33	49.18	2.79	3.32	0.53	0.550	0.450	-0.10	12.94	17.08	4.14

南 32	47.99	0.77	2.91	2.14	2.030	0.160	-1.87	21.69	70.43	48.74
南 31	47.00	2.23	6.48	4.25	0.280	0.050	-0.23	57.05	86.95	29.90
南 30	45.63	0.42	5.69	5.27	1.770	0.040	-1.73	32.07	123.27	91.20
南 29	44.50	2.98	9.95	6.97	0.110	0.020	-0.09	70.02	129.78	59.76
南 28	43.42	1.5	8.52	7.02	0.470	0.030	-0.44	46.52	104.85	58.33
南 27	42.33	0.89	10.63	9.74	2.500	0.030	-2.47	11.48	94.38	82.90
南 26	41.16	1.83	14.67	12.84	0.570	0.020	-0.55	23.8	146.15	122.35
南 25	39.54	0.63	15.16	14.53	2.050	0.020	-2.03	20.83	103.43	82.60
南 24	37.71	3.76	23.19	19.43	0.31	0.02	-0.29	22.8	84.25	61.45
南 23	36.17	1.38	21.02	19.64	0.84	0.01	-0.83	27.39	128.72	101.33
南 22	34.88	1.22	22.70	21.48	0.860	0.010	-0.85	29.45	96.30	66.85
南 21	33.52	1.7	25.90	24.20	1.480	0.010	-1.47	11.08	177.47	166.39
南 20	32.51	1.09	31.79	30.70	2.700	0.010	-2.69	9.09	131.22	122.13
南 19	30.94	5.07	32.03	26.96	0.100	0.010	-0.09	70.70	157.74	87.04
南 18	29.58	1.96	28.95	26.99	0.450	0.010	-0.44	45.06	231.31	186.25
南 17	27.76	1.76	30.08	28.32	0.740	0.010	-0.73	36.53	195.35	158.82
南 16	26.05	1.27	32.76	31.49	0.890	0.010	-0.88	29.27	309.89	280.62
南 15	23.96	3.73	35.69	31.96	0.290	0.000	-0.29	43.50	533.20	489.70
南 14	21.61	1.95	34.33	32.38	0.450	0.000	-0.45	63.80	557.63	493.83
南 13	19.82	0.83	37.12	36.29	2.320	0.000	-2.32	22.39	594.77	572.38
南 12	18.71	2.2	39.55	37.35	0.440	0.000	-0.44	43.42	373.67	330.25
南 11	16.96	1.37	39.55	38.18	0.84	0.000	-0.84	36.39	601.45	565.06
南 10	15.50	3.72	42.65	38.93	0.380	0.000	-0.38	48.45	429.02	380.57
南 9	13.50	1.24	41.32	40.08	0.860	0.000	-0.86	39.68	418.15	378.47
南 8	12.03	2.6	43.59	40.99	0.360	0.000	-0.36	62.69	507.13	444.44

南 7	10.88	1.95	43.27	41.32	0.310	0.000	-0.31	78.58	680.22	601.64
南 6	10.07	1.33	42.87	41.54	0.260	0.000	-0.26	102.00	812.10	710.10
南 5	9.02	1.2	43.30	42.10	0.630	0.000	-0.63	53.77	639.77	586.00
南 4	8.23	1.85	45.01	43.16	0.540	0.000	-0.54	56.88	1250.49	1193.61
南 3	5.83	0.86	48.91	48.05	1.38	0.000	-1.38	34.45	556.91	522.46
南 2	2.90	2.03	52.77	50.74	0.460	0.000	-0.46	56.67	254.25	197.58
南 1	1.98	0.94	52.95	52.01	2.160	0.000	-2.16	28.04	249.86	221.82
南 0(上坝址)	1.58	1.49	55.85	54.36	0.780	0.000	-0.78	41.66	258.04	216.38
南-1(下坝址)	0.00	1.39	61.69	60.30	2.95	0	-2.95	11.02	278.78	267.76

(2) 库区主要支流河段水文情势预测结果分析

迈湾水库淹没范围内主要有 4 条较大支流，自上往下游分别为中坤河、番坡河、南坤河和加握河，受迈湾水库调度运行影响，各支流库区水文情势发生较大变化。

迈湾库区各主要支流在其正常蓄水位(108m)与死水位(76m)之间的回水情况见表 6.2-4 和图 6.2-4。从表中可以看出，正常蓄水位运行时，库区各主要支流淹没长度在 7.4km 以上，淹没河长占各支流总长的比例在 47.7% 以上；死水位运行时，加握河和南坤河距离迈湾坝址较近，河床高程相对较低，水文情势变化较其他 2 条支流要明显，回水长度分别为 2.0km 和 2.8km，其余 2 条支流处于迈湾水库死水位淹没范围外，水文情势不受影响；南坤河受迈湾水库运行影响范围最长，支库水深、流速等水力参数变化最为明显。

迈湾运行后库区主要支流河段回水情况表

表 6.2-4

序号	库区主要支流	河长 (km)	集水面积 (km ²)	入江口距坝址距离(km)	死水位 76m		正常蓄水位 108m	
					回水长度 (km)	占河长比例 (%)	回水长度 (km)	占河长比例 (%)
1	加握河	13.5	44.9	8.4	2.0	14.8	8.3	61.5
2	南坤河	26.0	133	10.9	2.8	10.8	12.4	47.7
3	番坡河	16.9	56.3	18.8	0	0	11.1	65.7
4	中坤河	14.8	72.1	32.6	0	0	7.4	50.0

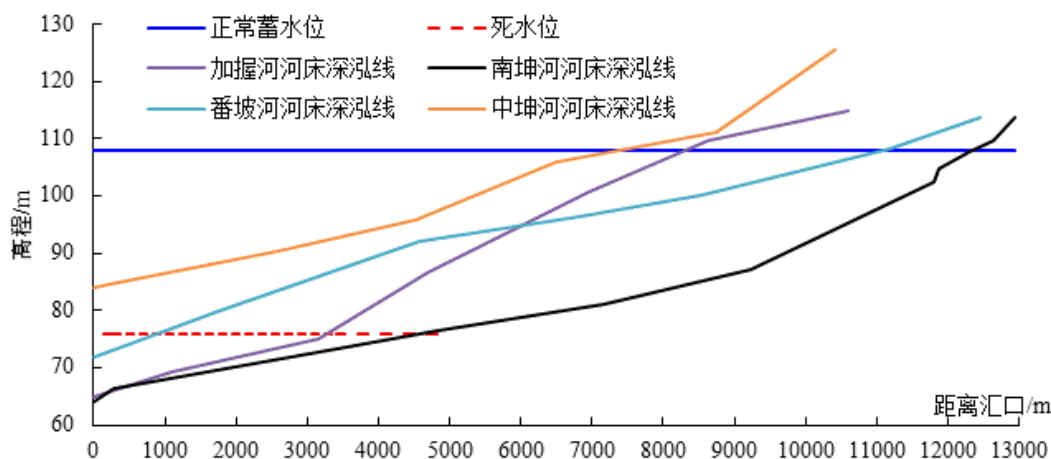


图 6.2-4 迈湾水库运行后库区各主要支流淹没范围分布情况

图 6.2-5~图 6.2-7 分别为迈湾水库运行前后各典型运行水位南坤河支流最大水深、水面宽和流速等水力参数沿程分布变化情况。迈湾水库正常蓄水位 108m 运行时，南坤河支库水深最深处达 41.5m，水面最宽处约 720m，流速大小 0.001m/s~0.008m/s，水深和水面

宽增加明显，流速减缓明显。该支库水位最大变幅 32m，库尾消落河段长约 7.6km。

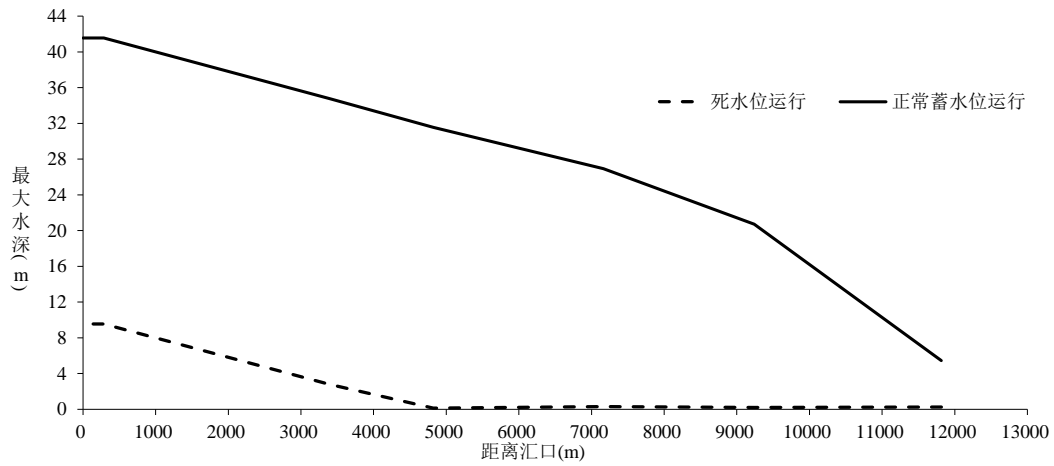


图 6.2-5 迈湾水库运行后南坤河支库各断面最大水深沿程变化图

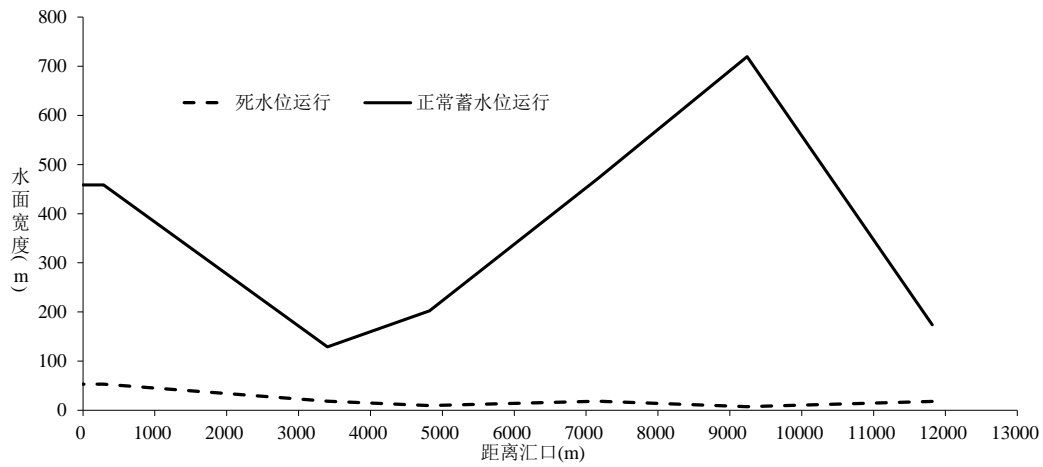


图 6.2-6 迈湾水库运行后南坤河支库各断面水面宽沿程变化图

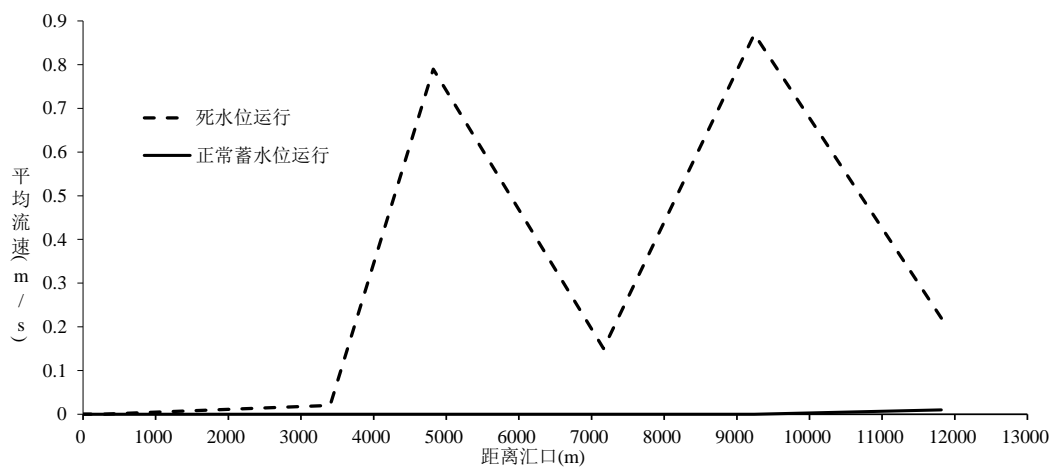


图 6.2-7 迈湾水库运行后南坤河支库各断面平均流速沿程变化图

6.2.2 迈湾坝址下游干流河段水文情势影响分析

迈湾水利枢纽工程运行后，迈湾坝址以下南渡江中下游干流河道内径流过程将主要受迈湾水利枢纽工程和海口市南渡江引水工程的调蓄、引水作用，沿程各梯级电站及城镇水厂取水口取水对河流径流影响总体较小。迈湾坝址以下河道内径流主要控制断面分别为迈湾坝址断面、东山坝址断面和龙塘坝址断面，重点预测分析以上三个主要控制断面的流量过程变化情况。分析迈湾运行其坝下游中小洪水变化情况，以及导致水文情势变化的主要河段分布情况及影响程度。选取丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)四个典型年进行详细的水文情势分析。

6.2.2.1 迈湾坝址断面水文情势影响分析

(1) 流量年际变化

根据长系列调节计算，2040年受新增灌区库区引水以及水库蒸发、渗漏等损耗作用，迈湾水库运行后，迈湾坝址断面多年平均下泄年均流量较入库来水有所减少，减少 $9.11\text{m}^3/\text{s}$ （由 $43.2\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $34.1\text{m}^3/\text{s}$ ），减少比例仅为21.1%，较2030年坝址下泄流量新增减少 $8.23\text{m}^3/\text{s}$ 。2040年各典型年迈湾坝址断面年均下泄流量变化情况见表6.2-5，丰、平、枯、特枯水年下泄年均流量较入库来水均有所减少，分别减少 $20.1\text{m}^3/\text{s}$ 、 $9.14\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.33\text{m}^3/\text{s}$ 和 $0.96\text{m}^3/\text{s}$ ，减少比例分别为35.1%、23.8%、21.5%、3.8%。

2040年迈湾坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表 6.2-5

典型年	建库后年均来水 (m^3/s)	建库后年均下泄 (m^3/s)	年均流量变化 (m^3/s)	变化比例 (%)
丰水年 (P=10%)	57.2	37.2	-20.1	-35.1
平水年 (P=50%)	38.4	29.3	-9.14	-23.8
枯水年 (P=90%)	34.2	26.8	-7.33	-21.5
特枯水年 (P=95%)	25.1	24.1	-0.96	-3.8
多年平均	43.2	34.1	-9.11	-21.1

(2) 流量年内变化

2040年迈湾坝址多年平均逐月流量出入库变化情况见图6.2-8，各典型年迈湾坝址断面年内流量过程及变化情况详见图6.2-9和表6.2-6。迈湾水库运行后，多年平均条件下，除特枯水期1~3月出库流量略大于入库流量外，分别增加 $0.78\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.86\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.00\text{m}^3/\text{s}$ ；其余时间下泄流量均小于入库流量，减少 $0.42\text{m}^3/\text{s}$ ~ $27.4\text{m}^3/\text{s}$ 。与2030年相比，受新增灌区库区引水作用，坝址处下泄流量减少较为明显，尤其是丰水期6~11月，减

少值在 $5.18\text{m}^3/\text{s} \sim 33.6\text{m}^3/\text{s}$ 。

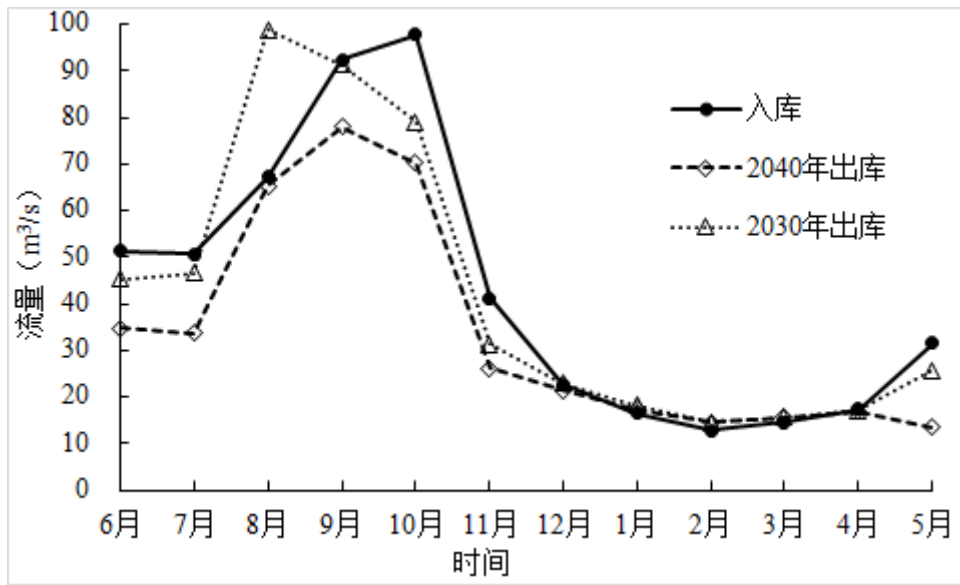
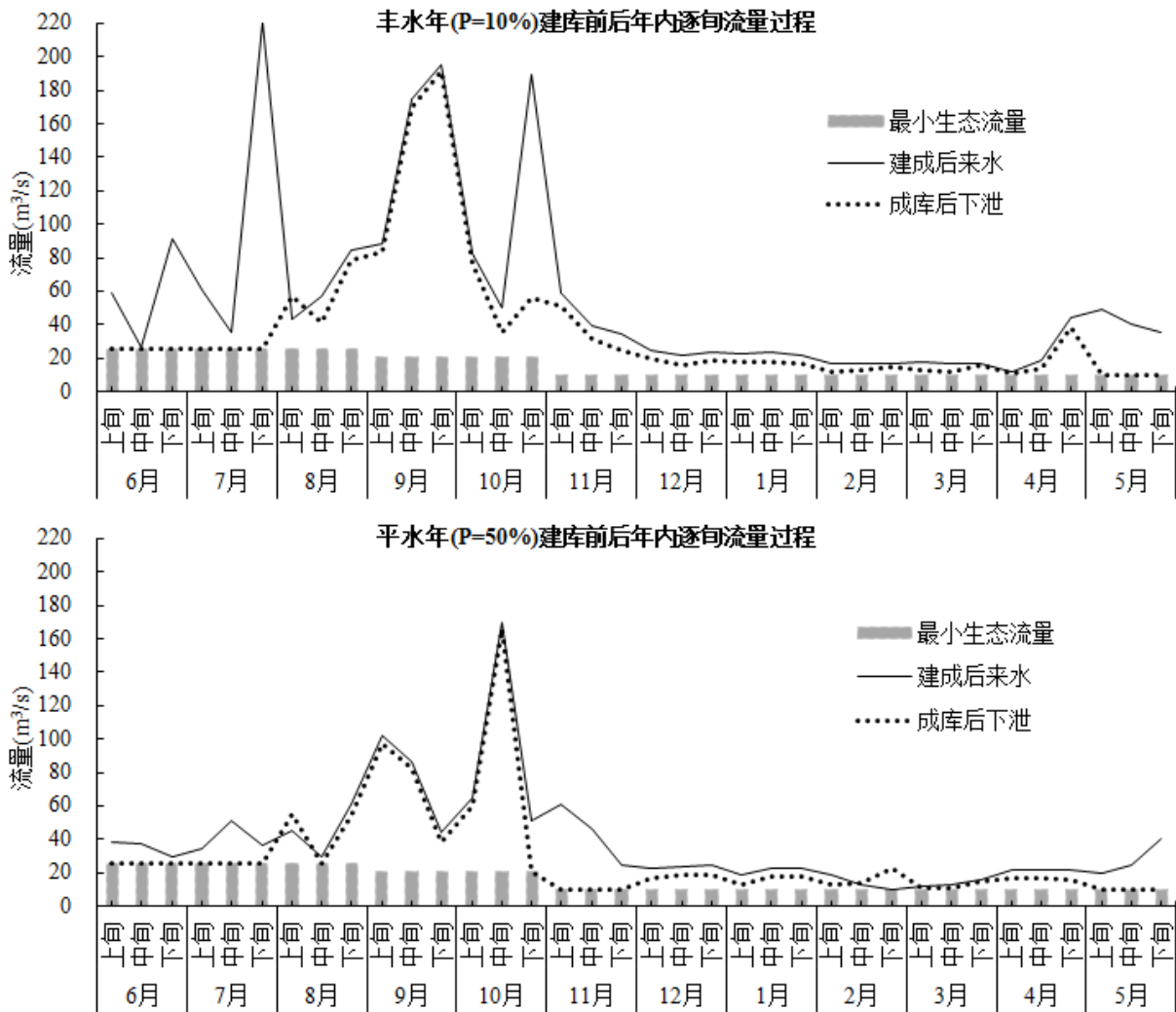


图 6.2-8 迈湾坝址断面多年平均逐月流量变化过程图



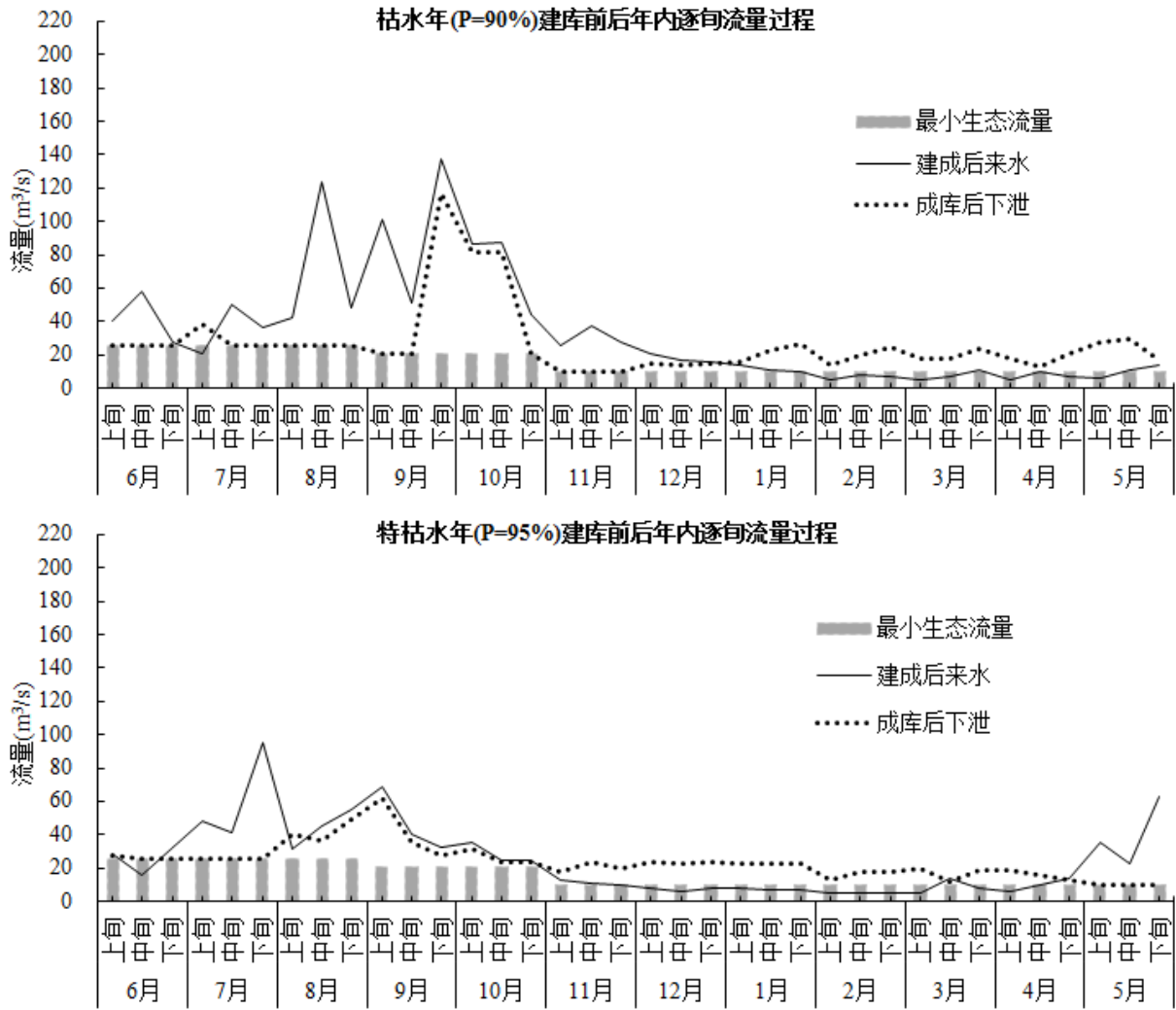


图 6.2-9 2040 年迈湾坝址断面各典型年年内逐旬流量过程对比图

迈湾水库运行后迈湾坝址断面各典型年逐旬流量过程及变化情况一览表

表 6.2-6

典型年		丰水年(P=10%)			平水年(P=50%)			枯水年(P=90%)			特枯水年(P=95%)		
		建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)	建成后来水	成库后下泄	变幅(%)
6月	上旬	59.0	25.9	-56.1	38.1	25.9	-32.0	40.6	25.9	-36.3	28.5	27.5	-3.5
	中旬	26.4	25.9	-1.8	37.8	25.9	-31.5	58.4	25.9	-55.7	15.6	25.9	66.0
	下旬	91.2	25.9	-71.6	29.1	25.9	-11.0	27.5	25.9	-6.0	32.3	25.9	-19.7
7月	上旬	61.2	25.9	-57.7	34.7	25.9	-25.3	21.08	38.1	80.9	48.4	25.9	-46.4
	中旬	35.3	25.9	-26.7	51.6	25.9	-49.8	49.9	25.9	-48.1	41.0	25.9	-36.8
	下旬	221	25.9	-88.3	36.6	25.9	-29.2	36.8	25.9	-29.5	95.5	25.9	-72.9
8月	上旬	43.2	57.5	32.9	45.5	55.0	20.8	42.2	25.9	-38.7	31.7	40.5	27.6
	中旬	57.1	41.8	-26.9	29.6	25.9	-12.6	123.4	25.9	-79.0	45.1	36.2	-19.8
	下旬	84.4	79.1	-6.3	61.0	54.4	-10.8	47.9	25.9	-45.9	55.5	49.5	-10.8
9月	上旬	88.5	84.0	-5.1	102.1	97.6	-4.4	101.2	20.50	-79.7	68.4	62.2	-9.1
	中旬	174	170	-2.6	86.7	82.2	-5.2	51.0	20.50	-59.8	40.3	35.8	-11.2
	下旬	196	191	-2.3	43.9	38.5	-12.4	138	117.1	-14.9	32.2	27.3	-15.2
10月	上旬	82.3	76.9	-6.5	64.8	60.3	-6.9	86.3	81.8	-5.2	35.7	31.2	-12.6
	中旬	49.7	35.7	-28.1	170	166	-2.6	87.3	81.2	-7.0	24.6	23.45	-4.5
	下旬	189	56.1	-70.4	51.1	20.50	-59.9	43.9	20.50	-53.3	24.7	23.96	-3.2
11月	上旬	58.8	51.3	-12.8	60.5	10.30	-83.0	25.4	10.30	-59.5	12.6	17.6	39.2
	中旬	39.6	31.9	-19.4	46.6	10.30	-77.9	37.8	10.30	-72.7	11.2	23.3	107.7
	下旬	34.6	25.1	-27.6	24.4	10.30	-57.8	27.9	10.30	-63.0	9.63	19.4	101.6
12月	上旬	24.8	19.59	-21.0	22.3	17.09	-23.3	20.5	15.28	-25.4	7.80	23.9	206.4
	中旬	21.3	16.1	-24.4	23.9	18.73	-21.7	16.7	13.63	-18.3	6.04	23.0	281.2
	下旬	24.1	18.94	-21.5	24.2	18.99	-21.5	15.7	14.39	-8.2	7.76	23.9	208.5
1月	上旬	23.2	17.98	-22.4	18.5	13.29	-28.1	13.76	16.1	17.0	7.74	22.6	192.4
	中旬	23.2	18.0	-22.4	22.6	17.43	-23.0	11.09	22.8	105.3	6.91	22.7	228.4
	下旬	21.8	16.6	-23.9	23.0	17.77	-22.6	10.33	26.3	154.7	6.81	23.0	238.1
2月	上旬	16.8	11.57	-31.0	18.4	13.21	-28.3	5.20	13.9	167.4	5.20	13.4	157.0
	中旬	17.1	13.28	-22.5	12.50	14.05	12.4	8.28	19.5	135.4	5.20	18.3	251.0

	下旬	16.3	14.64	-10.4	10.09	22.5	123.0	7.23	24.8	242.6	5.20	18.0	245.8
3月	上旬	17.9	12.67	-29.1	11.64	10.96	-5.8	5.20	17.8	242.6	5.20	20.0	284.4
	中旬	16.8	11.60	-31.0	12.75	11.20	-12.1	7.24	17.5	141.7	13.6	11.79	-13.2
	下旬	16.4	15.86	-3.6	15.8	14.77	-6.5	11.07	23.3	110.2	7.68	19.0	147.4
4月	上旬	12.31	11.15	-9.4	22.0	16.81	-23.6	5.20	17.7	240.0	5.97	19.2	220.7
	中旬	19.1	13.93	-27.2	21.6	16.43	-24.0	9.75	12.40	27.2	9.89	16.3	64.8
	下旬	44.0	38.75	-11.8	21.4	16.24	-24.2	6.83	20.9	206.2	14.2	12.45	-12.2
5月	上旬	49.2	10.30	-79.1	19.6	10.30	-47.5	5.74	27.7	382.3	35.6	10.30	-71.0
	中旬	40.6	10.3	-74.6	24.4	10.30	-57.8	10.67	30.0	180.8	22.9	10.30	-55.1
	下旬	35.9	10.3	-71.3	40.0	10.30	-74.3	13.55	17.2	26.9	63.1	10.30	-83.7
年均		57.2	37.2	-35.1	38.4	29.3	-23.8	34.2	26.8	-21.5	25.1	24.1	-3.8
最小值		12.3	10.3	-88.3	10.1	10.3	-83.0	5.20	10.3	-79.7	5.20	10.3	-83.7

各典型时段(丰水期、枯水期、鱼类生态敏感期)流量变化情况见图 6.2-10 和表 6.2-7。从以上图表中可以看出，受迈湾水库蓄丰补枯调节作用，水库运行后，坝址断面径流的年内分配过程将发生一定改变，主要呈现以下特点：

① 丰水期 6~11 月

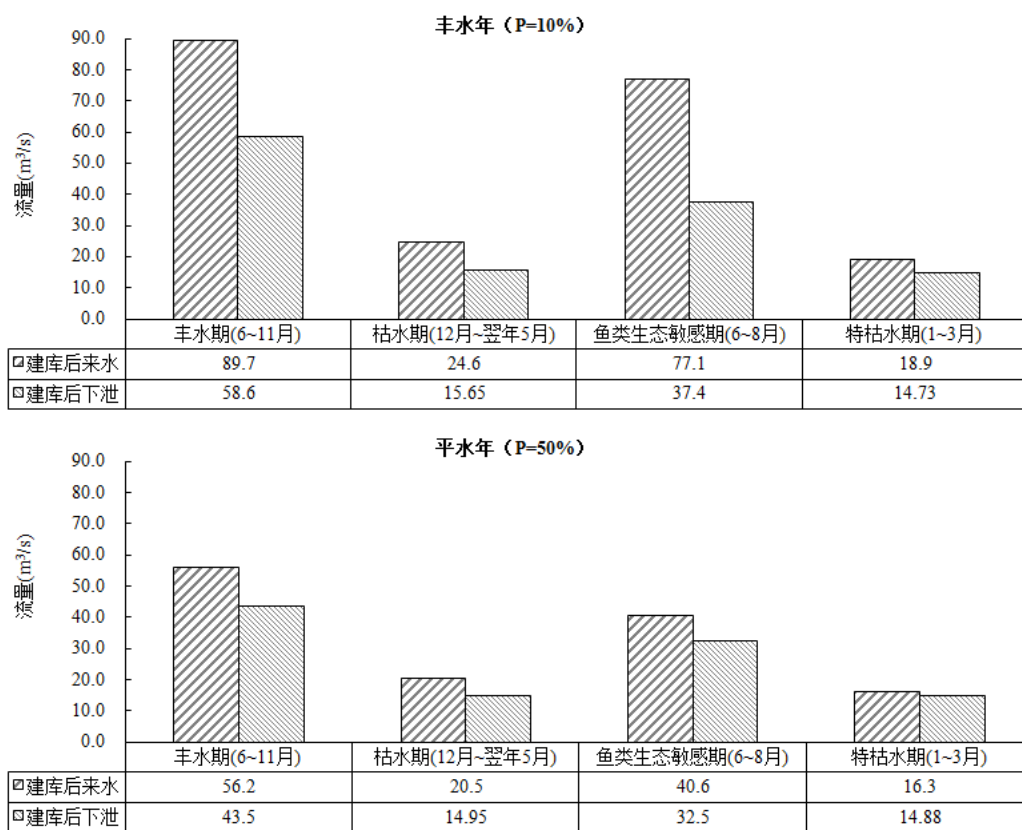
丰水期 6~11 月 2040 年各典型年迈湾坝址平均下泄流量均小于水库入库流量，丰、平、枯、特枯水年分别减少 $31.1\text{m}^3/\text{s}$ 、 $12.7\text{m}^3/\text{s}$ 、 $23.7\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.18\text{m}^3/\text{s}$ ，减少比例分别为 34.7%、22.6%、41.0%、16.9%。

② 枯水期 12 月~翌年 5 月

迈湾水库运行后，受迈湾库区引水和蓄丰补枯作用，丰水年、平水年枯水期平均下泄流量小于水库入库流量，分别减少 $8.93\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5.55\text{m}^3/\text{s}$ ，减少比例分别为 36.3%、27.1%；枯水年和特枯水年迈湾水库向下游河道补水和确保下泄生态流量，枯水期平均下泄流量大于水库入库，分别增加 $9.16\text{m}^3/\text{s}$ 和 $4.30\text{m}^3/\text{s}$ ，增加比例分别为 88.8%、32.0%。

③ 鱼类生态敏感期 6~8 月

迈湾水库运行后，鱼类生态敏感期 6~8 月下泄流量变化趋势与旬期基本一致，即各典型该时段下泄流量均小于入库来水，丰、平、枯、特枯水年分别减少 $39.7\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8.15\text{m}^3/\text{s}$ 、 $22.4\text{m}^3/\text{s}$ 、 $12.8\text{m}^3/\text{s}$ ，减少比例分别为 51.5%、20.1%、45.1%、28.9%。



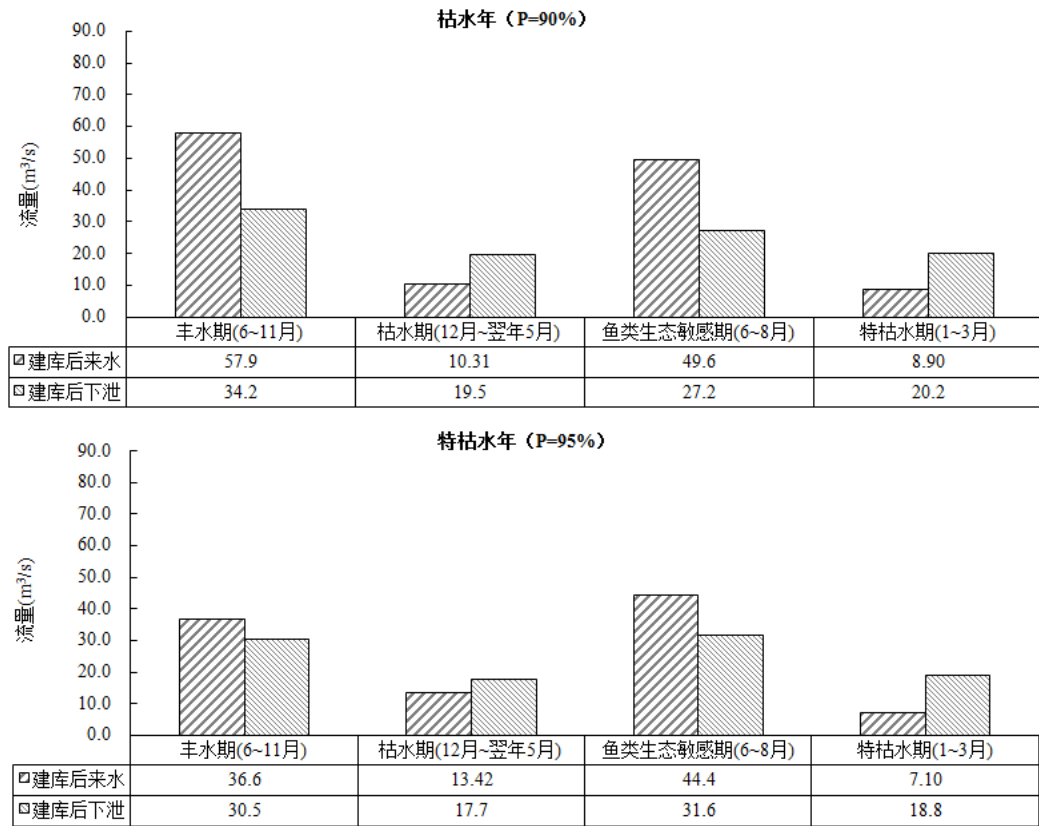


图 6.2-10 2040 年迈湾坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

2040 年迈湾坝址断面典型水期平均流量变化情况一览表

表 6.2-7

典型水期	典型年	天然来水 (m³/s)	建库后来水 (m³/s)	建库后下泄 (m³/s)	建库后流量变化值(%)	与建库前相比(%)
丰水期 6~11 月	丰水年(P=10%)	75.8	89.7	58.6	-31.1	-34.7
	平水年(P=50%)	42.3	56.2	43.5	-12.7	-22.6
	枯水年(P=90%)	44.0	57.9	34.2	-23.7	-41.0
	特枯水年(P=95%)	22.7	36.6	30.5	-6.18	-16.9
枯水期 12 月 ~ 翌年 5 月	丰水年(P=10%)	52.9	66.8	51.4	-15.4	-23.0
	平水年(P=50%)	19.4	24.6	15.65	-8.93	-36.3
	枯水年(P=90%)	15.3	20.5	14.95	-5.55	-27.1
	特枯水年(P=95%)	5.11	10.31	19.5	9.16	88.8
鱼类生态敏感期 6~8 月	丰水年(P=10%)	8.2	13.42	17.7	4.30	32.0
	平水年(P=50%)	14.2	19.4	16.6	-2.79	-14.4

	枯水年(P=90%)	61.5	77.1	37.4	-39.7	-51.5
	特枯水年(P=95%)	25.0	40.6	32.5	-8.15	-20.1

注：“-”表示减少，正值表示增加。

6.2.2.2 东山坝址断面水文情势影响分析

(1) 流量年际变化

根据长系列调节计算，受迈湾水库多年调节蓄丰补枯以及新增灌区耗水作用，2040年东山坝址断面多年平均来水较建库前减少 $3.68\text{m}^3/\text{s}$ （由 $94.2\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $90.6\text{m}^3/\text{s}$ ），减少比例为 3.9%；各典型年除特枯水年外，来水均小于迈湾水库建成前，丰、平、枯水年分别减少 $13.8\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.82\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.89\text{m}^3/\text{s}$ ，特枯水年受迈湾向下游补水作用，东山坝址来水较迈湾水库建成前增加 $2.62\text{m}^3/\text{s}$ 。受迈湾水库提高了南渡江引水工程东山引水保证率作用，迈湾水库运行后东山坝址处引水量均大于迈湾建成前，致使东山坝址断面下泄流量变化值略大于来水变化值，各典型年东山坝址断面年均下泄流量均小于迈湾建成前，丰、平、枯、特枯水年年均下泄流量分别减少 $13.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.18\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5.76\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.03\text{m}^3/\text{s}$ 。2040年东山坝址断面各典型年年均流量变化情况见表 6.2-8。

迈湾水库运行后 2040 年东山坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表 6.2-8

典型年	丰水年 (P=10%)	平水年 (P=50%)	枯水年 (P=90%)	特枯水年 (P=95%)	多年平均
建库前来水	129	81.6	71.7	48.7	94.2
建库后来水	115	77.8	68.8	51.3	90.6
建库前后 来水变化	变化值 -13.8	变化值 -3.82	变化值 -2.89	变化值 2.62	变化值 -3.68
	变化比例 -10.7	变化比例 -4.7	变化比例 -4.0	变化比例 5.4	变化比例 -3.9
建库前下泄	121	73.8	66.0	43.8	87.1
建库后下泄	107	69.6	60.2	43.8	82.3
建库前后 下泄变化	变化值 -13.9	变化值 -4.18	变化值 -5.76	变化值 -0.03	变化值 -4.79
	变化比例 -11.6	变化比例 -5.7	变化比例 -8.7	变化比例 -0.1	变化比例 -5.5

注：“-”表示减少。

(2) 年内流量变化

迈湾水库运行后，东山坝址断面来水流量由迈湾下泄水量、新增灌区退水、区间支流来水组成，扣除迈湾坝址至东山断面沿程现有各取水口取水量以及南渡江引水工程东山坝址引水量后即为东山坝址断面下泄流量。

迈湾水库运行后，东山坝址断面各典型年年内逐旬流量过程见表 6.2-9 和图 6.2-11，各典型时段(丰水期、枯水期)流量变化情况见图 6.2-12。

从以上图表中可以看出，受迈湾水库多年调节和灌区退水共同作用，并与南渡江引水工程叠加影响，一定程度的改变东山坝址断面年内流量分配过程，主要呈现以下特点：

① 丰水期 6~11 月

迈湾建库前，受南渡江引水工程东山取水口引水作用，东山坝址断面各典型年（丰、平、枯、特枯水年）丰水期平均下泄流量分别为 $197\text{m}^3/\text{s}$ 、 $114\text{m}^3/\text{s}$ 、 $113\text{m}^3/\text{s}$ 和 $62.3\text{m}^3/\text{s}$ ，较坝址来水分别减少 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.75\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.48\text{m}^3/\text{s}$ 和 $6.27\text{m}^3/\text{s}$ ；迈湾水库运行后，受迈湾多年调节、新增灌区耗水和提高南渡江引水工程引水量等叠加影响，东山坝址断面丰水期平均下泄流量各典型年均小于迈湾建成前，丰、平、枯、特枯水年分别减少 $24.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8.27\text{m}^3/\text{s}$ 、 $18.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.08\text{m}^3/\text{s}$ 。

② 枯水期 12 月~翌年 5 月

迈湾建库前，受南渡江引水工程东山取水口引水作用，东山坝址断面各典型年（丰水年、平水年、枯水年和特枯水年）枯水期平均下泄流量分别为 $47.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $37.6\text{m}^3/\text{s}$ 、 $18.6\text{m}^3/\text{s}$ 和 $26.0\text{m}^3/\text{s}$ ，较坝址来水分别减少 $7.44\text{m}^3/\text{s}$ 、 $7.18\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.20\text{m}^3/\text{s}$ 和 $3.06\text{m}^3/\text{s}$ ；迈湾水库运行后，受迈湾多年调节蓄丰补枯、新增灌区耗水和南渡江引水工程东山取水口引水叠加影响，东山坝址断面枯水期平均下泄流量丰水年和平水年小于迈湾建成，分别减少 $3.32\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.06\text{m}^3/\text{s}$ ，枯水年和特枯水年平均下泄流量大于迈湾建成前，分别增加 $7.45\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.04\text{m}^3/\text{s}$ 。

迈湾水库运行后 2040 年各典型年东山坝址断面逐旬流量过程变化情况一览表

表 6.2-9

单位: m³/s

典型年		丰水年(P=10%)					平水年(P=50%)					枯水年(P=90%)					特枯水年(P=95%)				
		建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)
6 月	上旬	104.4	74.4	97.3	67.4	-30.8	72.5	63.5	65.2	56.2	-13.8	66.7	55.2	59.5	47.9	-19.4	42.6	46.4	36.3	39.0	7.2
	中旬	48.3	50.3	40.4	42.4	4.8	71.6	62.9	64.4	55.7	-13.5	111.7	82.4	104.8	75.5	-28.0	29.3	37.4	23.0	29.8	29.4
	下旬	171.3	110.8	164.6	104.2	-36.7	49.0	49.0	41.6	41.6	0.0	44.0	44.4	36.7	37.1	1.0	53.4	50.3	46.1	43.0	-6.9
7 月	上旬	103.5	86.3	96.2	78.9	-18.0	60.0	60.1	52.5	52.6	0.2	30.8	52.88	30.4	45.0	47.8	80.5	67.3	73.1	59.9	-18.1
	中旬	64.4	59.5	57.1	52.2	-8.6	107.6	86.0	100.4	78.8	-21.6	83.3	65.9	76.1	58.7	-22.8	67.4	55.5	60.1	48.2	-19.8
	下旬	554	361.5	548.5	356.2	-35.0	57	57.4	49.9	49.9	0.0	60.6	56.6	53.2	49.2	-7.5	204.6	140.0	197.9	133.2	-32.7
8 月	上旬	74.3	105.2	66.9	97.8	46.1	87.9	100.5	80.7	93.3	15.7	67.7	62.0	59.5	53.8	-9.6	52.7	68.2	44.0	59.5	35.3
	中旬	115.2	113.9	107.6	106.3	-1.2	50.1	50.1	42.6	42.6	0.0	265.8	175	258.7	167.7	-35.2	86.0	84.7	78.2	76.9	-1.7
	下旬	194.4	193.2	187.4	186.2	-0.6	129.4	126.7	122.3	119.6	-2.2	90.4	78.2	82.8	70.7	-14.7	114.4	113.2	107.2	106.0	-1.1
9 月	上旬	205.8	204.5	198.3	197.0	-0.7	241.8	240.5	234.4	233.1	-0.6	239.5	161.9	232.1	154.6	-33.4	149.5	148.15	141.5	140.2	-0.9
	中旬	433	431.3	426.1	424.8	-0.3	201	199.7	193.5	192.2	-0.7	107	79.8	98.1	71.3	-27.3	78.4	77.10	70.4	69.1	-1.8
	下旬	489	487.2	482.2	480.9	-0.3	87	85.8	78.5	77.2	-1.7	335	318	328.2	310.9	-5.3	56.9	55.6	48.3	47.0	-2.7
10 月	上旬	188.9	187.6	180.8	179.5	-0.7	143.3	142.0	135.5	134.2	-1.0	200.0	198.7	192.5	191.2	-0.7	66.5	65.2	58.4	57.1	-2.2
	中旬	95.6	94.3	87.4	86.1	-1.5	420.1	418.8	413.5	412	-0.3	200.1	198.8	192.6	191.3	-0.7	36.7	39.9	31.4	32.50	3.4
	下旬	472	341.3	465.2	335.0	-28.0	106	78.1	97.6	70.25	-28.0	84.2	67.6	75.6	58.9	-22.0	36.7	40.21	31.4	32.45	3.2
11 月	上旬	142.5	140.7	133.1	131.4	-1.3	146.2	102.3	136.7	92.84	-32.1	52.3	45.4	41.8	34.9	-16.5	23.0	31.32	20.4	23.6	15.6
	中旬	90.9	89.2	81.4	79.6	-2.1	110.9	77.8	101.9	68.83	-32.4	87.8	63.5	78.6	54.4	-30.9	21.2	36.65	20.1	28.9	44.2
	下旬	77.5	75.8	67.1	65.4	-2.6	51.7	43.4	42.1	33.83	-19.6	62.8	48.4	53.7	39.3	-26.8	19.3	38.01	18.6	30.3	63.2
12 月	上旬	53.1	53.8	43.5	44.1	1.5	46.3	47.6	35.2	36.56	3.9	41.34	41.2	31.7	31.6	-0.3	17.0	35.72	16.1	27.9	73.5
	中旬	44.3	43.7	34.2	33.7	-1.7	50.6	50.6	40.9	40.95	0.0	32.3	34.2	22.8	23.6	3.6	14.5	34.12	13.7	26.6	94.6
	下旬	51.4	52.2	41.3	42.1	2.0	51.3	51.8	41.6	42.09	1.2	29.55	33.3	21.8	22.7	4.1	16.6	34.82	16.0	27.4	71.0
1 月	上旬	48.9	49.5	40.2	40.7	1.5	36.4	37.4	27.5	28.55	3.9	25.35	31.66	21.0	22.2	5.7	17.0	33.9	16.0	27.1	69.8
	中旬	49.1	49.1	40.9	40.9	0.0	47.4	48.6	38.8	40.02	3.3	21.6	36.91	19.9	27.4	37.3	15.8	33.9	14.8	27.0	81.9
	下旬	46.4	44.4	38.3	36.3	-5.2	48.2	48.2	40.1	40.05	0.0	20.5	39.68	19.5	30.3	55.5	15.3	33.9	14.7	27.4	85.9

2月	上旬	38.5	39.3	30.0	30.9	2.8	43.2	43.9	35.0	35.65	1.9	17.74	28.51	12.6	19.6	55.7	17.5	28.0	12.6	20.4	61.5
	中旬	32.5	33.0	23.4	23.6	0.9	25.7	29.4	20.8	21.18	1.6	19.98	33.08	16.6	23.9	43.5	14.8	29.2	12.6	22.5	78.5
	下旬	28.8	31.3	22.6	22.6	0.0	20.5	34.2	19.0	26.0	36.8	16.68	36.01	15.1	26.8	77.1	16.1	30.5	12.6	23.2	83.9
3月	上旬	36.5	39.9	27.8	31.3	12.5	28.5	33.8	20.3	25.25	24.5	17.64	35.26	12.6	26.4	109.7	14.0	32.6	12.6	26.0	106.1
	中旬	33.7	33.7	24.9	24.9	0.0	29.2	31.7	20.7	22.75	10.1	20.99	32.83	15.3	24.1	57.1	27.9	28.7	21.2	21.18	0.0
	下旬	27.5	33.9	22.6	25.4	12.3	27.2	31.1	21.9	22.73	3.6	20.19	34.55	20.0	26.3	31.7	18.2	31.2	15.9	24.7	55.5
4月	上旬	28.49	34.4	20.5	26.0	26.6	47.58	47.6	39.4	39.45	0.0	17.29	33.09	12.6	23.6	86.8	14.4	30.0	13.4	23.5	75.9
	中旬	39.6	37.6	31.5	29.5	-6.4	45.6	45.6	37.4	37.44	0.0	25.12	31.67	18.7	22.6	20.8	22.1	30.36	18.8	23.3	24.3
	下旬	91.8	89.8	84.0	82.0	-2.4	47.0	50.5	38.6	42.20	9.3	18.00	37.42	14.7	27.2	84.7	27.8	29.9	21.2	21.88	3.4
5月	上旬	113.7	86.0	105.8	78.1	-26.2	35.8	38.1	27.4	29.74	8.4	11.21	37.44	11.2	28.5	153.8	71.4	51.2	63.0	42.78	-32.0
	中旬	91.0	66.8	83.0	58.8	-29.1	43.7	33.6	35.1	24.97	-28.9	19.6	44.43	19.5	35.1	80.1	43.6	34.6	35.1	26.00	-25.8
	下旬	78.9	63.4	70.8	55.3	-21.8	67.6	53.4	59.4	45.22	-23.9	23.1	29.37	21.2	21.2	0.0	123.5	74.0	115.9	66.34	-42.8
年均		128.6	114.8	120.7	106.7	-11.6	81.6	77.8	73.8	69.6	-5.7	71.7	68.8	66.0	60.2	-8.7	48.7	51.3	43.8	43.8	-0.1
最小值		27.5	31.3	20.5	22.6	-36.7	20.5	29.4	19.0	21.2	-32.4	11.2	28.5	11.2	19.6	-35.2	14.0	28.0	12.6	20.4	-42.8

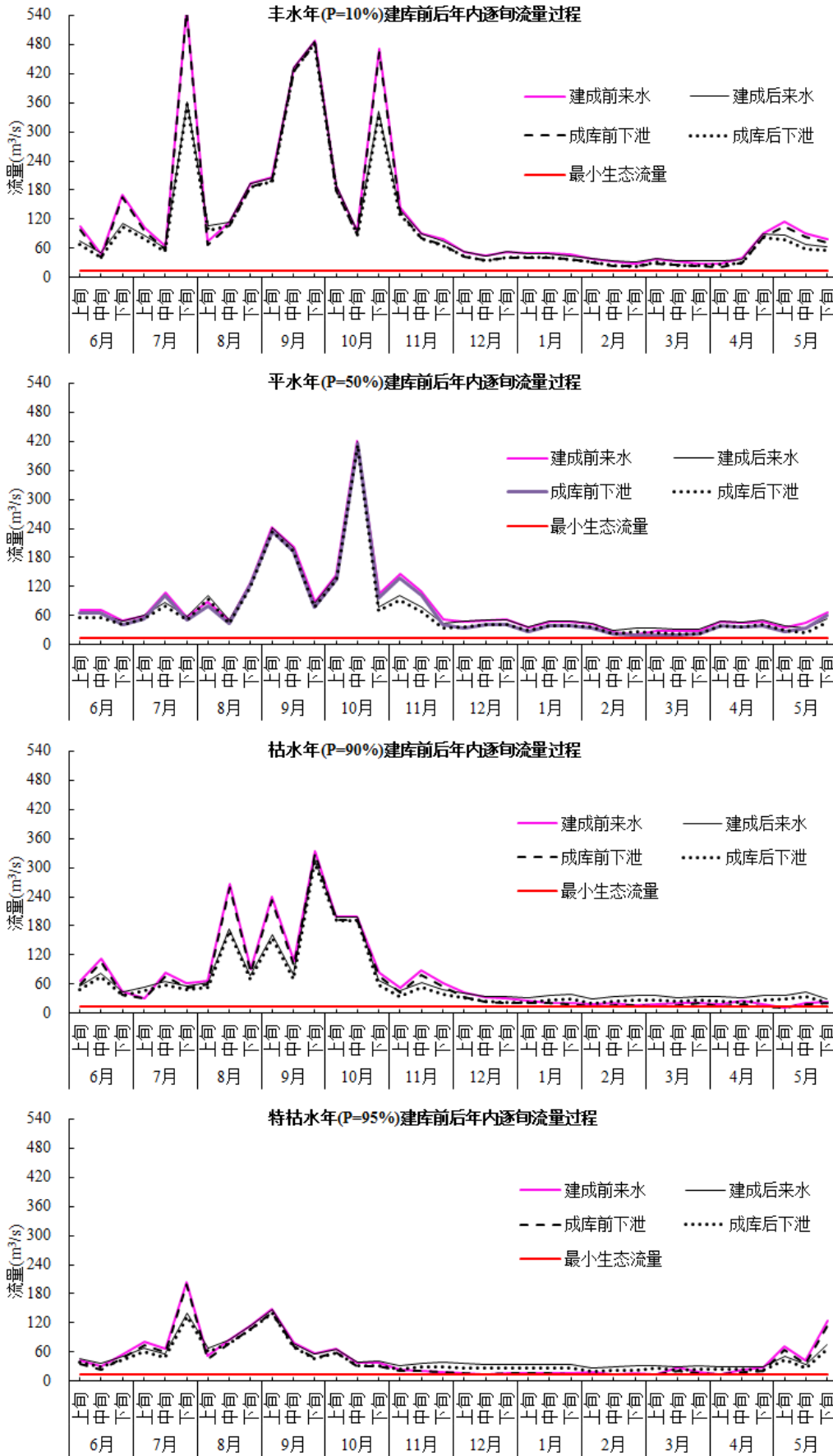


图 6.2-11 迈湾水库运行后 2040 年各典型年东山坝址断面年内逐旬流量过程对比图

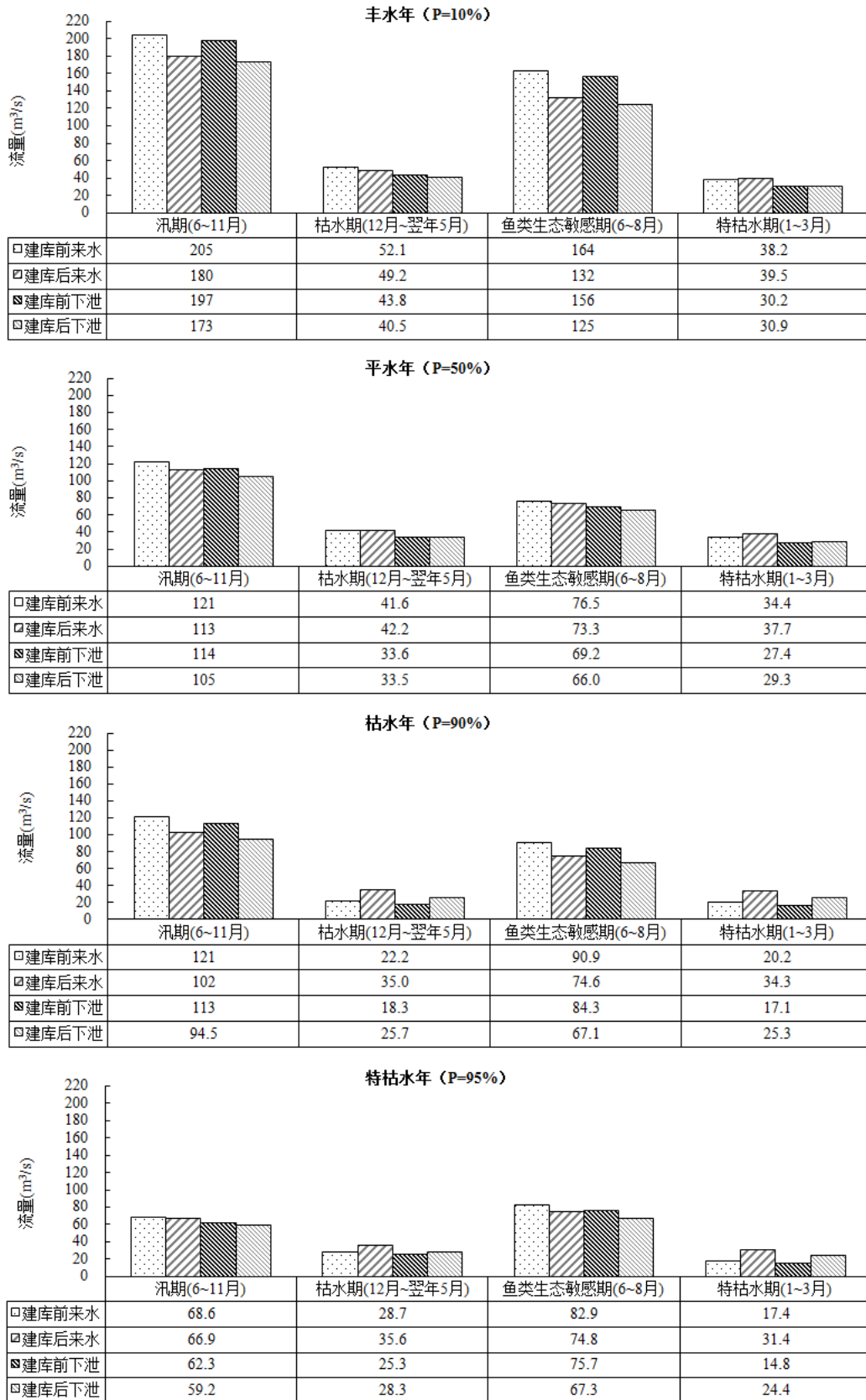


图 6.2-12 2040 年东山坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

6.2.2.3 龙塘坝址断面水文情势影响分析

(1) 流量年际变化

根据长系列调节计算,受迈湾水库多年调节蓄丰补枯、新增灌区耗水以及南渡江引水工程东山坝址供水量增加等共同作用,2040年龙塘坝址断面多年平均来水较建库前减少 $4.79\text{m}^3/\text{s}$ (由 $164\text{m}^3/\text{s}$ 减少为 $159\text{m}^3/\text{s}$),减少比例为2.9%;各典型年来水均小于迈湾水库建成前,丰、平、枯、特枯水年分别减少 $13.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.18\text{m}^3/\text{s}$ 、 $5.77\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.07\text{m}^3/\text{s}$ 。受迈湾水库提高了龙塘坝址南渡江引水工程和现有引水工程引水保证率作用,迈湾水库运行后龙塘坝址处引水量均大于迈湾建成前,致使龙塘坝址断面下泄流量变化值略大于来水变化值,各典型年龙塘坝址断面年均下泄流量均小于迈湾建成前,丰、平、枯、特枯水年年均下泄流量分别减少 $13.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.22\text{m}^3/\text{s}$ 、 $6.71\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.23\text{m}^3/\text{s}$ 。2040年东山坝址断面各典型年年均流量变化情况见表6.2-10。

迈湾水库运行后2040年龙塘坝址断面各典型年年均流量变化情况一览表

表6.2-10

典型年		丰水年 (P=10%)	平水年 (P=50%)	枯水年 (P=90%)	特枯水年 (P=95%)	多年平均
建库前来水		227	141	122	81.2	164
建库后来水		213	137	116	81.1	159
建库前后 来水变化	变化值	-13.9	-4.18	-5.77	-0.07	-4.79
	变化比例	-6.2	-3.0	-4.7	-0.1	-2.9
建库前下泄		223	137	118	78.4	160
建库后下泄		209	132	112	77.1	155
建库前后 下泄变化	变化值	-13.9	-4.22	-6.71	-1.23	-5.02
	变化比例	-6.3	-3.1	-5.7	-1.6	-3.1

注：“-”表示减少。

(2) 年内流量变化

迈湾水库运行后,龙塘坝址断面来水流量由东山坝址下泄水量、新增灌区退水量、东山~龙塘区间支流来水组成,扣除沿程现有各取水口取水量以及龙塘坝址南渡江引水工程和现有引水工程引水量后即为龙塘坝址断面下泄流量。

迈湾水库运行后,龙塘坝址断面各典型年年内逐旬流量过程见表6.2-11和图6.2-13,

各典型时段(丰水期、枯水期)流量变化情况见图 6.2-14。

从以上图表中可以看出,受迈湾水库多年调节和灌区退水共同作用,并与南渡江引水工程叠加影响,一定程度的改变龙塘坝址断面年内流量分配过程,主要呈现以下特点:

① 丰水期 6~11 月

迈湾建库前,受龙塘坝址南渡江引水工程和现有引水工程引水作用,龙塘坝址断面各典型年(丰、平、枯、特枯水年)丰水期平均下泄流量分别为 $356\text{m}^3/\text{s}$ 、 $202\text{m}^3/\text{s}$ 、 $202\text{m}^3/\text{s}$ 和 $109\text{m}^3/\text{s}$,较坝址来水分别减少 $3.99\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.03\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.84\text{m}^3/\text{s}$ 和 $3.85\text{m}^3/\text{s}$;迈湾水库运行后,受迈湾多年调节、新增灌区耗水和提高南渡江引水工程引水量等叠加影响,龙塘坝址断面丰水期平均下泄流量各典型年均小于迈湾建成前,丰、平、枯、特枯水年分别减少 $24.5\text{m}^3/\text{s}$ 、 $8.27\text{m}^3/\text{s}$ 、 $19.1\text{m}^3/\text{s}$ 、 $3.44\text{m}^3/\text{s}$;其中丰水年、平水年该时段来水充足龙塘坝址处该时段未新增引水,枯水年、特枯水年龙塘坝址处分别增加引水 $0.181\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.359\text{m}^3/\text{s}$ 。

② 枯水期 12 月~翌年 5 月

迈湾建库前,受龙塘坝址南渡江引水工程和现有引水工程引水作用,龙塘坝址断面各典型年(丰水年、平水年、枯水年和特枯水年)枯水期平均下泄流量分别为 $89.1\text{m}^3/\text{s}$ 、 $70.9\text{m}^3/\text{s}$ 、 $34.2\text{m}^3/\text{s}$ 和 $47.2\text{m}^3/\text{s}$,较坝址来水分别减少 $4.09\text{m}^3/\text{s}$ 、 $4.29\text{m}^3/\text{s}$ 、 $2.56\text{m}^3/\text{s}$ 和 $1.85\text{m}^3/\text{s}$;迈湾水库运行后,受迈湾多年调节蓄丰补枯、新增灌区耗水和龙塘坝址处各取水口引水叠加影响,龙塘坝址断面枯水期平均下泄流量丰水年和平水年小于迈湾建成,分别减少 $3.32\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.15\text{m}^3/\text{s}$,枯水年和特枯水年平均下泄流量大于迈湾建成前,分别增加 $5.72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $0.99\text{m}^3/\text{s}$;其中丰水年该时段来水较为充足,龙塘坝址处该时段未新增引水,平水年、枯水年、特枯水年龙塘坝址处分别增加引水 $0.085\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.72\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1.97\text{m}^3/\text{s}$ 。

迈湾水库运行后 2040 年各典型年龙塘坝址断面逐旬流量过程变化情况一览表

表 6.2-11

单位: m³/s

典型年		丰水年(P=10%)					平水年(P=50%)					枯水年(P=90%)					特枯水年(P=95%)				
		建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)	建成 前 来 水	建成 后 来 水	成库 前 下 泄	成库 后 下 泄	建库 前 后 变 幅 (%)
6 月	上旬	184.4	154.4	180.6	150.6	-16.6	113.9	104.9	109.5	100.6	-8.2	113.0	101.4	108.6	97.1	-10.6	68.4	71.0	64.5	67.2	4.1
	中旬	75.0	77.0	70.5	72.5	2.8	121.2	112.5	117.2	108.5	-7.4	199.9	170.6	195.9	166.5	-15.0	40.3	47.1	37.1	42.9	15.6
	下旬	314.5	254.0	310.3	249.8	-19.5	77.9	77.9	73.6	73.6	0.0	70.0	70.4	65.8	66.2	0.6	89.4	86.3	85.0	81.8	-3.7
7 月	上旬	187.9	170.6	183.5	166.3	-9.4	95.0	95.1	90.6	90.7	0.1	41.5	56.04	40.6	51.8	27.7	143.0	129.8	138.5	125.3	-9.6
	中旬	101.1	96.3	96.8	91.9	-5.0	174.3	152.7	170.2	148.6	-12.7	146.9	129.5	142.7	125.4	-12.2	114.7	102.8	110.2	98.3	-10.8
	下旬	948	756.0	943.8	751.6	-20.4	99	99.2	94.4	94.4	0.0	102.6	98.6	97.8	93.8	-4.1	355.5	290.9	350.7	286.1	-18.4
8 月	上旬	130.0	160.9	126.5	157.3	24.4	146.1	158.8	142.3	155.0	8.9	117.2	111.5	113.4	107.7	-5.1	85.5	101.0	81.2	96.7	19.1
	中旬	197.8	196.5	193.8	192.5	-0.7	75.8	75.8	72.3	72.3	0.0	466.8	376	463.2	372.2	-19.6	141.4	140.1	137.8	136.5	-0.9
	下旬	332.8	331.7	329.1	327.9	-0.4	219.6	216.8	216.0	213.2	-1.3	152.4	140.3	148.8	136.7	-8.2	190.1	189.0	185.3	184.2	-0.6
9 月	上旬	352.2	350.9	348.3	347.0	-0.4	416.4	415.1	412.8	411.5	-0.3	399.0	321.5	395.4	317.9	-19.6	250.0	248.71	245.4	244.1	-0.5
	中旬	768	766.3	763.8	762.5	-0.2	343	342.2	339.5	338.2	-0.4	173	145.9	168.7	141.9	-15.9	124.1	122.84	119.9	118.6	-1.1
	下旬	879	877.4	875.1	873.8	-0.1	143	141.7	139.0	137.7	-0.9	574	557	569.9	552.6	-3.0	88.3	87.0	84.4	83.1	-1.5
10 月	上旬	331.9	330.6	328.3	327.0	-0.4	241.9	240.6	238.3	237.0	-0.5	341.3	340.0	337.7	336.4	-0.4	105.6	104.3	101.8	100.5	-1.3
	中旬	164.8	163.5	160.5	159.2	-0.8	733.8	732.6	729.7	728.4	-0.2	344.8	343.5	340.6	339.3	-0.4	56.6	57.6	52.1	53.2	2.0
	下旬	845	714.8	841.2	711.0	-15.5	175	147.6	171.1	143.7	-16.0	139.1	122.5	135.2	118.6	-12.3	56.4	57.42	52.2	53.2	1.9
11 月	上旬	256.6	254.9	253.0	251.3	-0.7	257.1	213.2	253.1	209.2	-17.3	91.0	84.1	87.0	80.1	-7.9	39.2	42.34	35.6	38.4	7.8
	中旬	159.5	157.8	155.3	153.6	-1.1	194.8	161.8	191.0	157.9	-17.3	151.2	126.9	147.3	123.1	-16.5	33.9	42.74	31.9	38.7	21.2
	下旬	139.0	137.2	134.9	133.2	-1.3	90.1	81.9	85.7	77.4	-9.6	107.2	92.8	102.7	88.3	-14.0	28.7	40.45	28.2	36.8	30.8
12 月	上旬	91.4	92.0	87.5	88.2	0.7	80.1	81.4	76.2	77.5	1.8	71.75	71.7	67.9	67.8	-0.1	25.6	37.32	25.2	33.8	34.4
	中旬	75.4	74.9	71.4	70.8	-0.8	86.5	86.5	82.3	82.3	0.0	55.7	56.6	51.6	52.4	1.6	20.3	33.04	20.3	29.7	46.4
	下旬	88.1	88.9	83.9	84.7	1.0	88.3	88.8	84.1	84.6	0.6	53.49	54.4	49.2	50.1	1.8	25.0	36.20	24.7	32.9	33.5
1 月	上旬	83.7	84.3	79.9	80.5	0.7	63.0	64.1	58.7	59.8	1.8	46.52	47.71	42.2	43.4	2.8	25.6	36.7	25.1	33.2	31.9
	中旬	83.8	83.8	79.6	79.6	0.0	81.9	83.2	78.0	79.3	1.6	35.7	43.11	33.2	39.2	18.2	23.5	35.5	23.2	32.0	37.9
	下旬	78.4	76.4	74.5	72.5	-2.7	82.6	82.6	78.7	78.7	0.0	31.9	42.67	30.5	38.8	27.2	22.1	34.6	22.1	31.2	41.2

2月	上旬	74.0	74.9	70.1	70.9	1.2	82.5	83.2	78.5	79.2	0.9	27.83	34.85	25.5	30.9	21.1	25.8	33.5	24.3	30.2	24.6
	中旬	60.3	60.5	56.5	56.7	0.4	48.9	49.3	45.1	45.4	0.7	31.28	38.53	29.2	34.7	18.8	22.5	32.3	21.8	28.9	32.5
	下旬	53.9	53.9	49.5	49.5	0.0	34.6	41.6	32.0	37.0	15.8	26.14	37.81	25.2	33.4	32.4	22.3	32.6	21.5	28.9	34.7
3月	上旬	69.1	72.5	64.2	67.6	5.4	50.2	55.1	45.2	50.2	11.0	25.19	39.01	23.7	34.3	45.0	22.5	35.7	21.8	31.8	45.8
	中旬	60.3	60.3	56.2	56.2	0.0	49.0	51.1	44.8	46.9	4.6	28.95	37.54	26.9	33.3	23.7	51.4	51.4	46.9	46.9	0.0
	下旬	51.9	54.6	47.8	50.6	5.8	52.8	53.6	49.1	49.9	1.6	34.98	41.30	32.8	37.5	14.5	27.9	36.8	26.6	33.0	24.0
4月	上旬	51.75	57.2	47.3	52.8	11.5	87.05	87.0	82.2	82.2	0.0	26.31	37.25	24.4	32.6	33.7	24.9	35.0	23.8	31.3	31.4
	中旬	72.2	70.2	67.8	65.7	-3.0	84.1	84.1	78.8	78.8	0.0	41.39	45.29	36.1	40.0	10.8	37.3	41.85	33.5	37.2	10.8
	下旬	173.7	171.7	169.3	167.3	-1.2	86.5	90.0	81.3	84.9	4.4	29.32	41.79	27.1	36.9	36.4	43.3	44.0	38.7	39.4	1.8
5月	上旬	200.6	172.8	196.7	169.0	-14.1	70.4	72.7	65.3	67.6	3.5	19.69	36.86	19.7	32.2	63.5	134.7	114.5	129.7	109.6	-15.6
	中旬	163.1	138.9	159.2	135.1	-15.2	79.0	68.9	73.8	63.7	-13.7	30.7	46.34	29.7	41.6	39.8	80.6	71.6	76.4	67.4	-11.9
	下旬	139.6	124.1	136.0	120.6	-11.3	132.5	118.3	128.7	114.5	-11.0	41.8	41.85	38.1	38.1	0.0	231.1	181.6	227.5	178.0	-21.8
年均		226.7	212.8	222.7	208.7	-6.3	140.7	136.6	136.6	132.4	-3.1	121.6	115.9	118.4	111.7	-5.7	81.2	81.1	78.4	77.1	-1.6
最小值		51.8	53.9	47.3	49.51	-20.4	34.6	41.6	32.0	37.05	-17.3	19.7	34.85	19.7	30.88	-19.6	20.3	32.3	20.3	28.88	-21.8

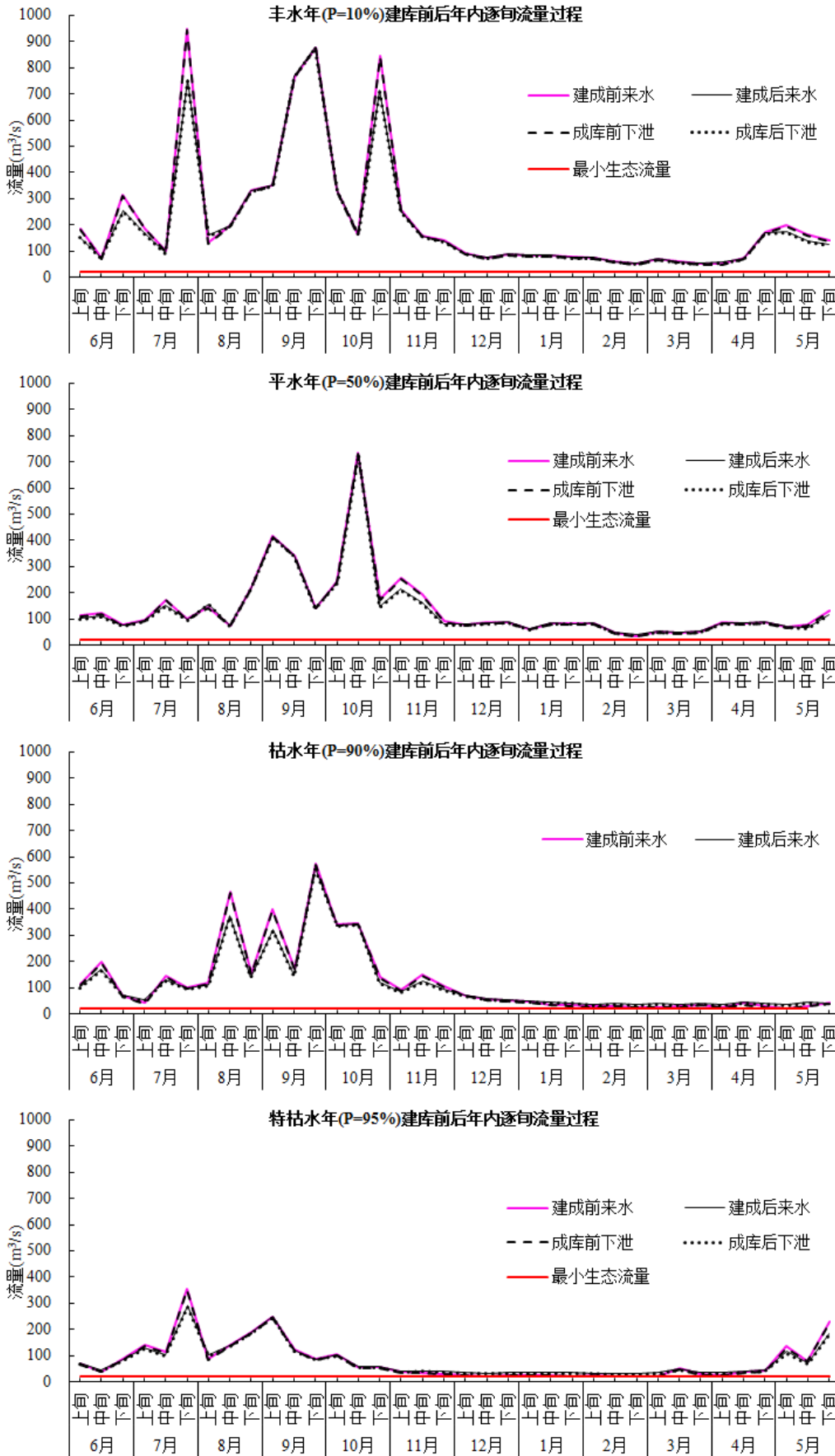


图 6.2-13 迈湾水库运行后 2040 年各典型年龙塘坝址断面年内逐旬流量过程对比图

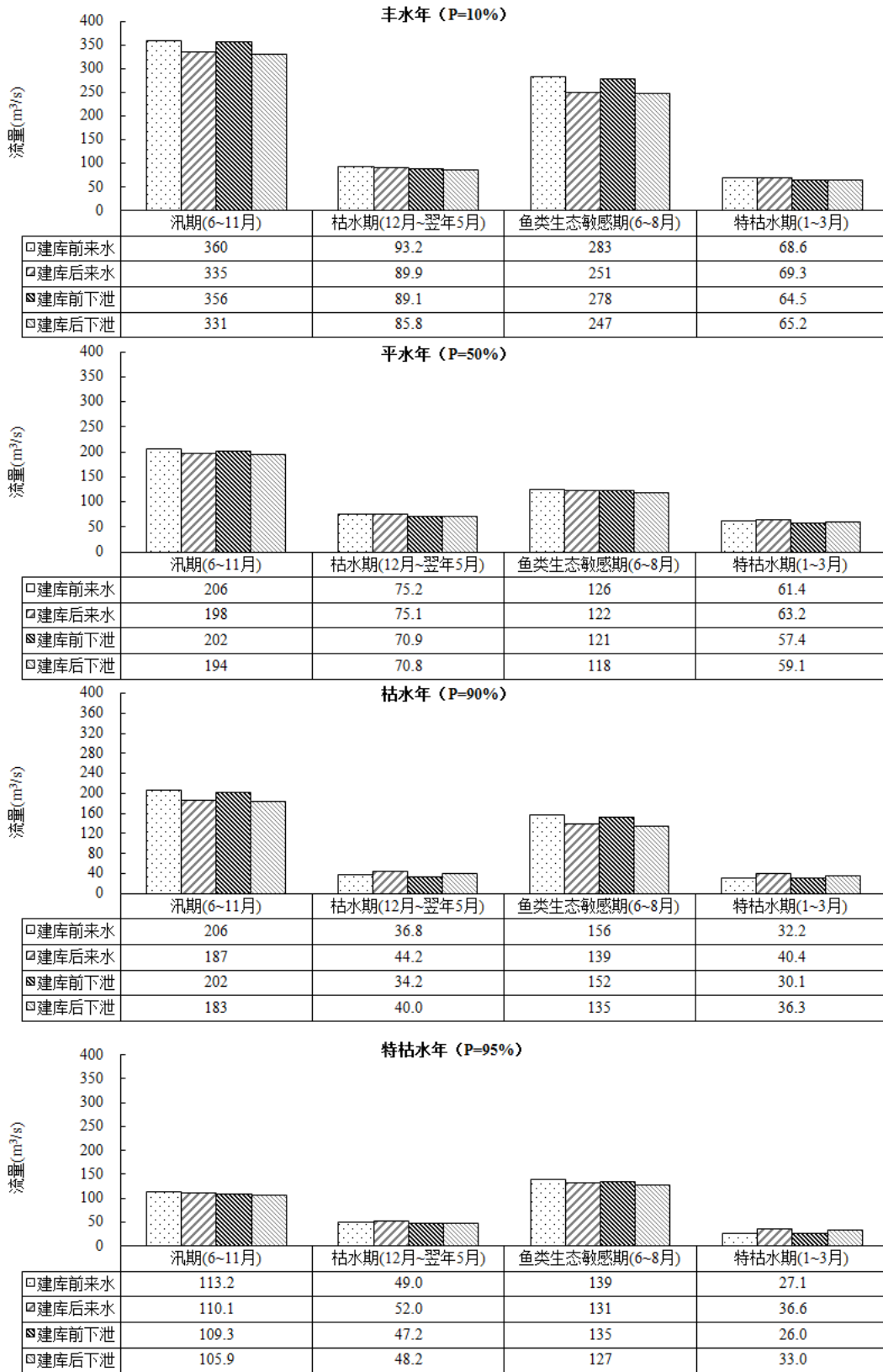


图 6.2-14 2040 年龙塘坝址断面各典型时段流量变化情况对比图

6.2.2.4 迈湾坝址下游河道沿程水文情势变化分析

图 6.2-15~图 6.2-17 为多年平均迈湾水库运行前后坝址下游河道年内流量分布情况对比图，迈湾水库多年调节运行对下游河道的影响范围主要为迈湾坝址至东山坝址区间河道，随着区间汇流和灌区退水的进入，迈湾水库运行后导致下游河道的流量变化逐步缩小，南渡江最大支流龙州河的汇入对改善迈湾水库导致水量减少的作用非常明显，该支流控制集雨面积 1293km²，是迈湾坝址控制流域面积的 1.33 倍，多年平均流量为 52.8m³/s，丰水期和枯水期平均流量分别为 80.6m³/s 和 24.9m³/s。其中迈湾灌区退水主要分布西昌水、绿现水、大塘河和龙州河等支流上，退水量(沿程合计约 3.46m³/s)占区间流量的比例总体较小；除南渡江引水工程外，迈湾至龙塘区间各取水口取水量(详见表 4.3-4)合计约 0.621m³/s，对河道流量改变影响非常小。

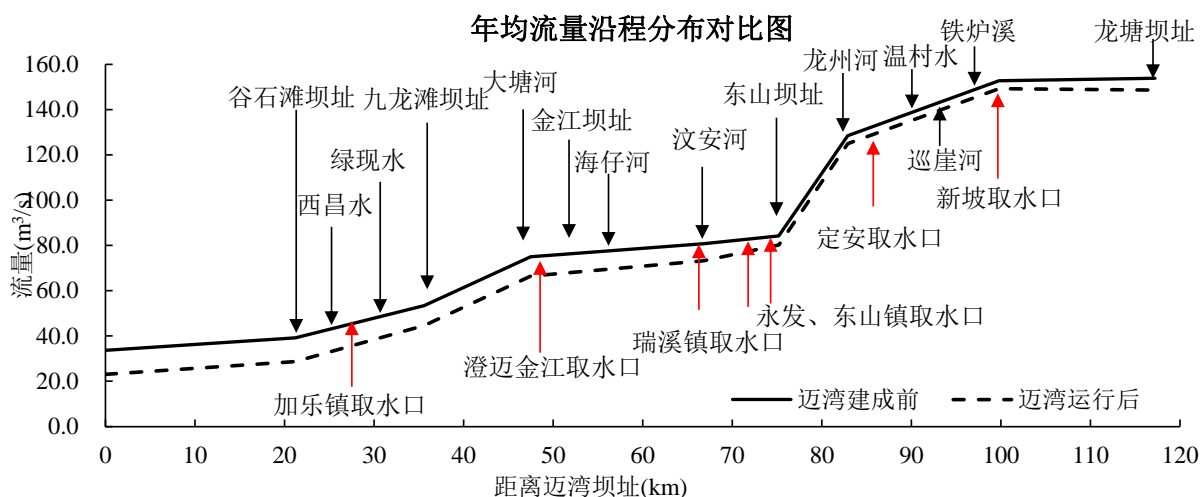


图 6.2-15 迈湾水库运行后坝址下游河道沿程多年平均年均流量变化情况对比图

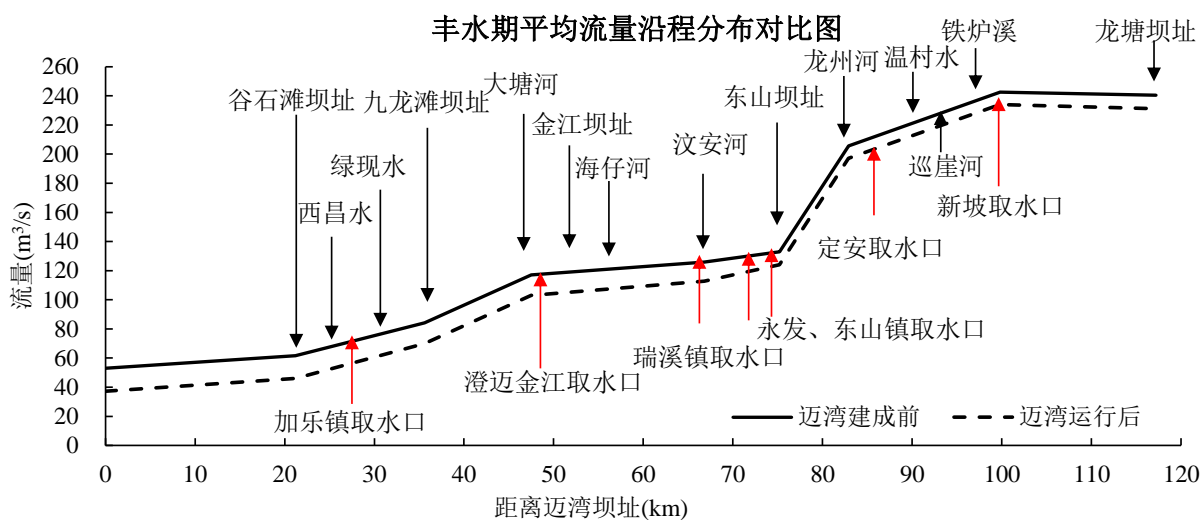


图 6.2-16 迈湾水库运行后坝址下游河道沿程多年平均丰水期流量变化情况对比图

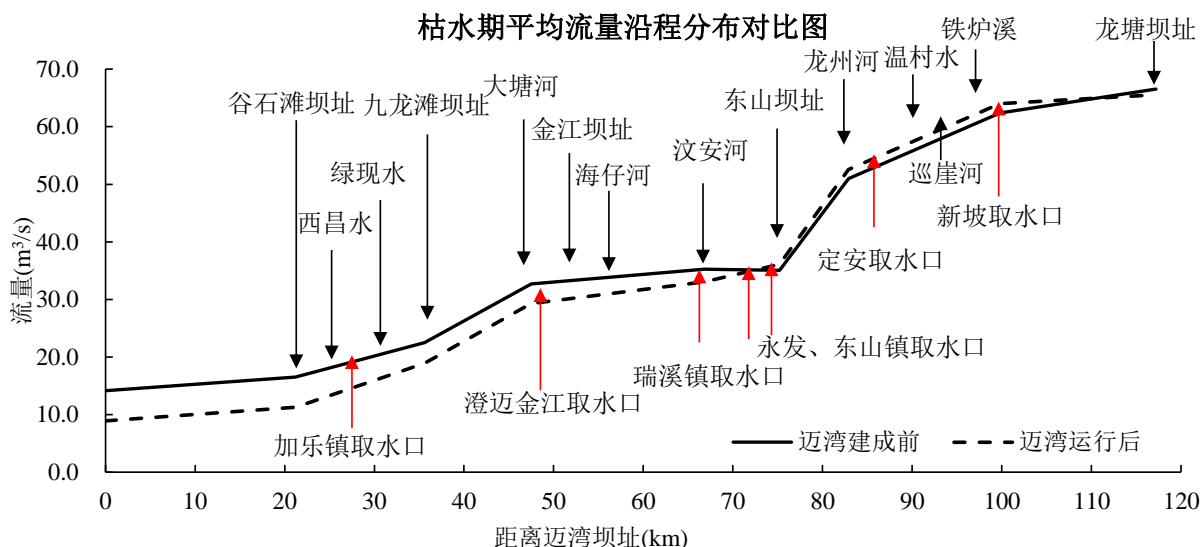


图 6.2-17 迈湾水库运行后坝址下游河道沿程多年平均枯水期流量变化情况对比图

6.2.2.5 中常洪水影响

5月~7月分期中小洪水洪峰流量总体较小，根据水库长系列调度计算，遭遇枯水年或来水更枯年份时，丰水期前两月6~7月水库往往低于丰水期限制水位，为保障汛末以后的供水任务，该时段需要从较低水位蓄水至丰水期限制水位，此时段入库的中小洪水削减比较明显甚至完全拦蓄在库内。因此，迈湾水库调度运行对5月~7月中小洪水有显著的消减作用，削减程度与水库的运行水位和所在年份的入库径流量大小有关。

8~10月洪峰流量大，而8月至汛末(10月中旬左右)水库水位基本控制在汛限水位104.5m以内运行，水库按照按敞泄原则，来多少泄多少，水库运行基本不会对该时段迈湾坝址断面的洪水造成影响；10月下旬至11月，除特枯水年水库加大出库水量向下游补水外，其余典型年水库由汛限水位104.5m逐步抬升至正常蓄水位108m左右，因此，迈湾水库调度运行对发生在10月下旬至11月的中小洪水有一定的消减作用，具体削减程度与水库的运行水位和所在年份的入库径流量大小有关。

综合以上分析，迈湾水库的调度运行对发生在5月~7月和10月下旬至11月的中小洪水有一定的削减作用，削减程度与水库的运行水位和所在年份的入库径流量大小有关，对发生在8月~10月中旬的中小洪水基本没有影响。

6.3 水温影响预测评价

6.3.1 迈湾水库水温及下泄水温

(1) 远期水库水温预测结果分析

图 6.3-1 为远期 2040 年各典型年（丰、平、枯、特枯水年）迈湾库区及四个支库各

月 15 日的库区水温分布, 图 6.3-2 和表 6.3-1 为四个典型年坝前水温分布情况和坝前断面库表、库底水温过程。

1 月~2 月库区水温分布较为均匀, 坝前垂向温差仅为 0.4°C 。3 月起, 气温和太阳辐射逐渐升高, 表层水温吸热升温至 22.5°C , 库底水温为 19.6°C , 水温分层初步形成, 在 $86\text{m}\sim 96\text{m}$ 处形成温度梯度为 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 的温跃层。4 月~5 月来流高温水靠近表层流动, 表层水温逐渐升高, 垂向对流作用增强, 表层 5m 形成同温层, 库底水温有所升高, 至 5 月份坝前垂向平均水温为 23.0°C 。6 月~8 月太阳辐射达到最大, 表层水温达到年内最高值 31.0°C , 库底水温较为稳定, 维持在 $20.7^{\circ}\text{C}\sim 20.8^{\circ}\text{C}$, 表底温差达到年内最大, 平均为 10.1°C 。9 月开始, 气温及太阳辐射逐渐减小, 坝前表层水温降低, 密度逐渐增多, 与下层水体掺混强烈, 同温层增厚, 但库底水温仍旧稳定。10 月~11 月, 气温和太阳辐射的减弱使得同温层厚度处于持续增加的状态, 至 12 月份坝前垂向温差仅为 0.6°C 。

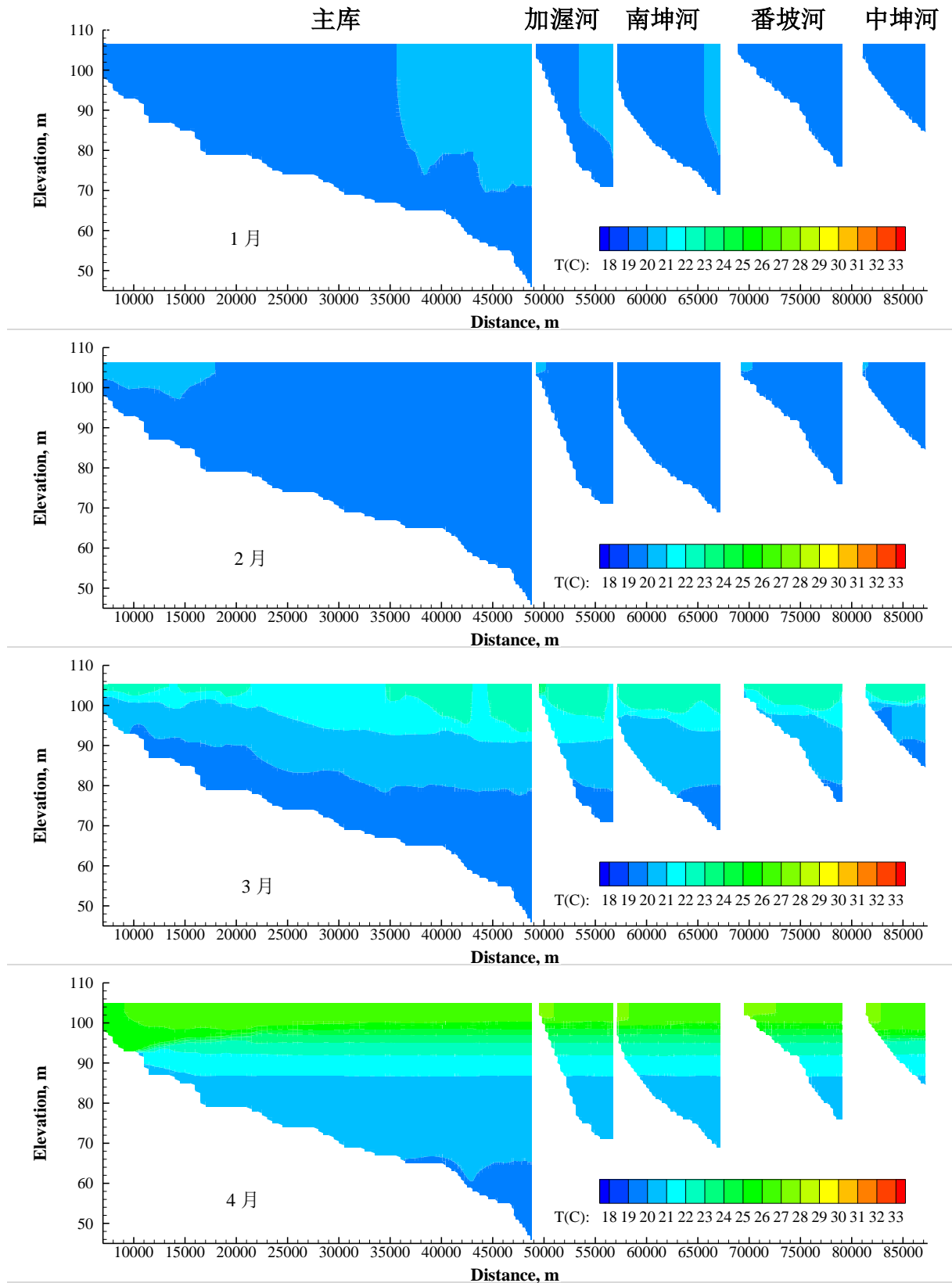
迈湾水库丰水年 1 月~2 月坝前水温分布与平水年类似, 坝前垂向温差较小, 3 月开始形成温跃层。4 月~5 月随着入流水温、气温和太阳辐射的升高, 坝前垂向平均水温升高。6 月~8 月水位逐渐升高, 太阳辐射达到最大, 表层同温层逐渐增厚。9 月~12 月, 随着气温和太阳辐射的降低, 表层水体失热而下层水体掺混, 垂向掺混较为剧烈, 坝前同温层逐渐增厚, 至 12 月份坝前表底温差为 0.6°C 。

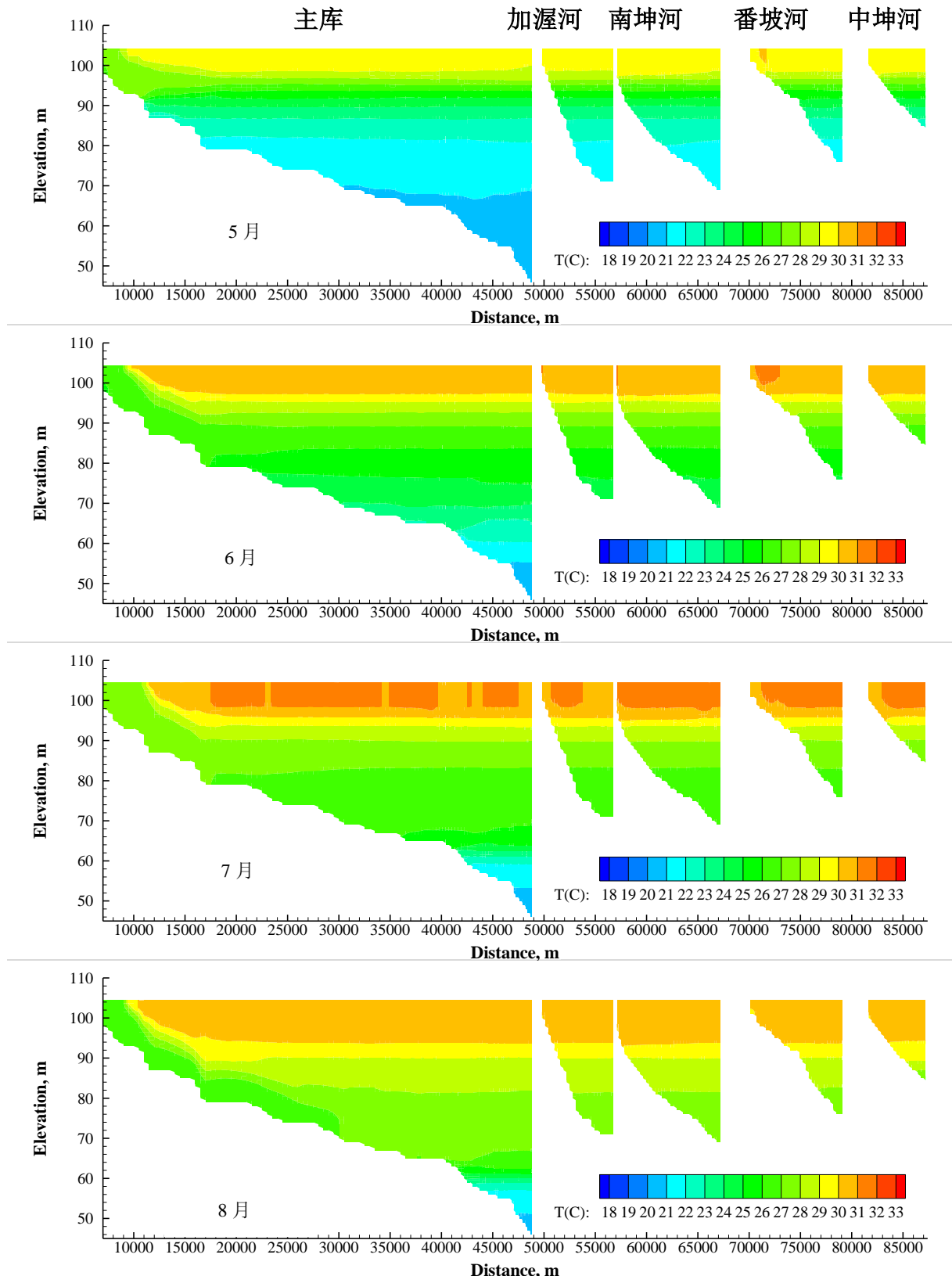
迈湾水库枯水年 1 月~2 月坝前温差较小, 3 月~5 月随着气温和太阳辐射的增强, 温跃层逐渐形成。6 月~8 月太阳辐射达到最大, 表层水温达到最大, 为 31.0°C , 坝前同温层逐渐增厚。9 月~12 月入流水温、气温及太阳辐射的减弱引起表层水体与下层水体掺混, 坝前同温层增厚, $40\text{m}\sim 70\text{m}$ 水位处的温跃层逐渐下移, 温度梯度减弱。

迈湾水库远期特枯水年 1 月~2 月坝前水温分布同平水年类似, 坝前垂向温差较小, 至 3 月起初步形成温跃层。4 月~5 月库区水位达到年内最低值, 此时随着气温和太阳辐射的增强, 整体库区垂向水温升高。7 月~8 月水位升高, 至月末维持稳定水平, 表层同温层开始增厚, 相比平水年增厚 4m, 坝前垂向水温与平水年差异较小。9 月~12 月的垂向水温变化过程与平水年类似, 处于逐渐同温的过程中, 至 12 月份垂向温差仅为 0.5°C 。

就各支库水温而言, 以平水年为例, 1 月主支库水温基本为同温状态, 2 月~3 月随着入流水温和气温的增加, 来流高温水沿表层流动, 支库库区表层水温升高, 垂向热传导增强, 至 3 月份已初步形成温跃层, 表底温差平均为 2.2°C 。4 月~5 月支库库区水温分层趋于稳定, 中下层水体温度升高。6 月~8 月太阳辐射达到年内最大值, 表层水温太阳辐射的影响达到最大值 31.0°C , 中下层水体温度得到提升。升温期和高温期, 支库的

水温分层情况与主库较为相似。9月~10月气温和太阳辐射的减弱引起支库表层水温降低，进而发生垂向密度对流，并与中下层水体掺混，同温层厚度增加。11月~12月支库库区水体进一步降温明显，入流冷水在库尾发生下潜现象，并向坝前推进，各支库降温幅度基本相近，受主库影响，主库下游支库的水温较上游支库水温略有偏高。





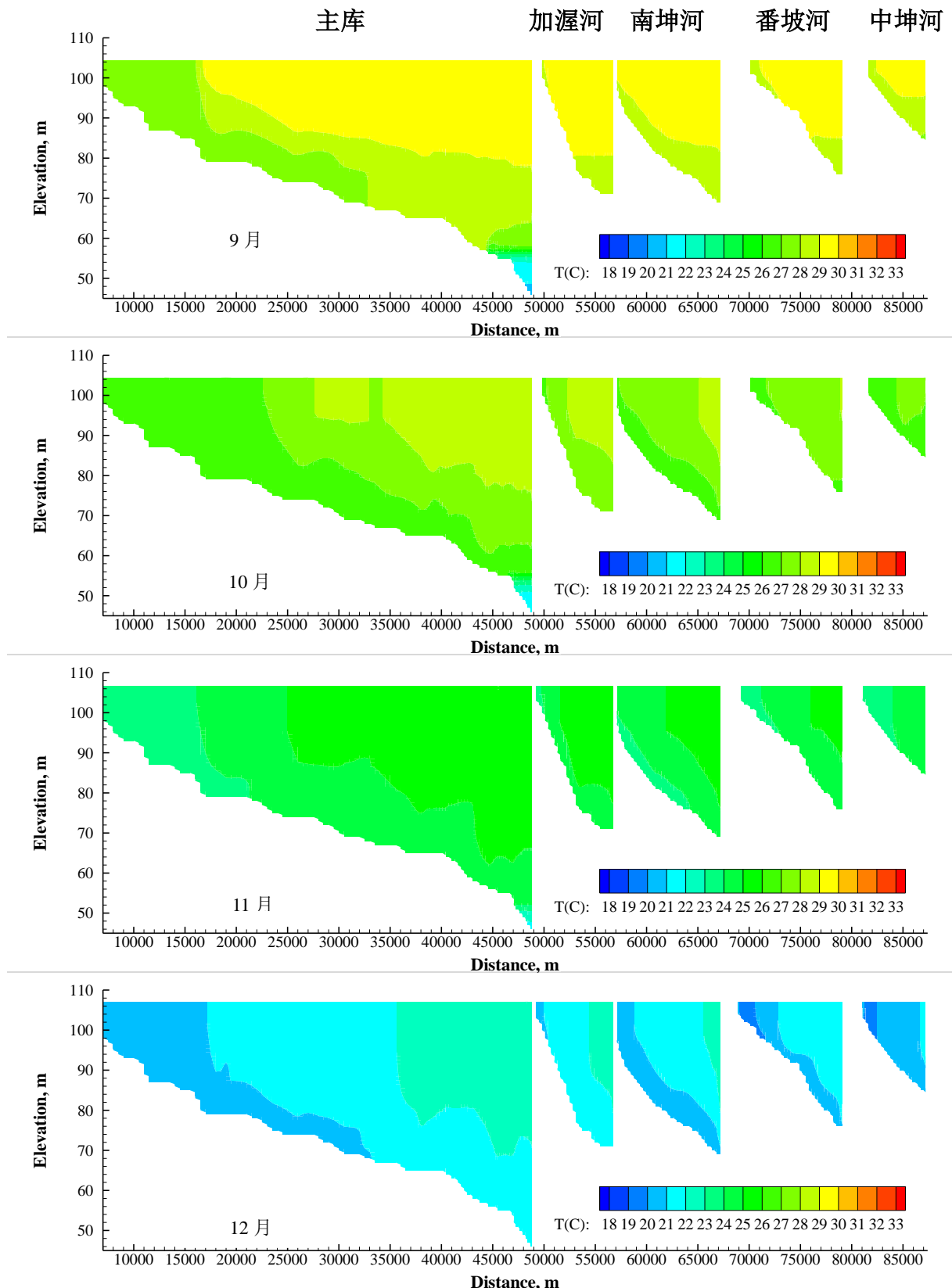


图 6.3-1 远期 2040 年迈湾水库平水年坝前水温分布情况

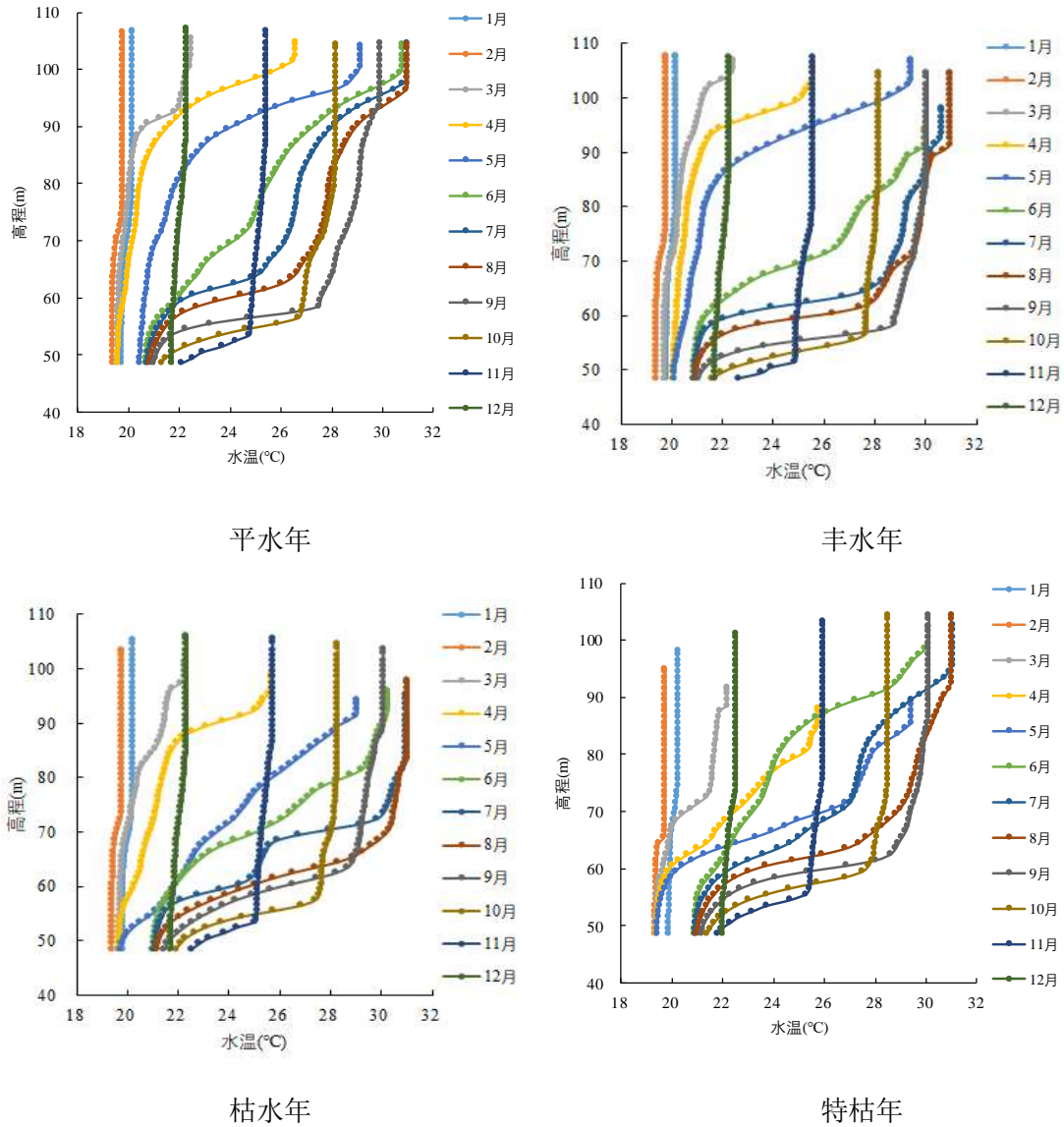


图 6.3-2 远期 2040 迈湾水库坝前水温分布情况

2040 年迈湾水库各典型年坝前月均表层、库底水温过程

表 6.3-1

单位: °C

预测工况	月份	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月
平水年	表层水温	30.8	31	31	29.9	28.2	25.4	22.3	20.2	19.8	22.5	26.6	29.1
	库底水温	20.7	20.7	20.8	21	21.3	22.1	21.7	19.7	19.4	19.6	19.6	20.4
	温差	10.1	10.2	10.1	8.9	6.9	3.4	0.6	0.4	0.4	2.9	7	8.7
丰水年	表层水温	30	30.6	31	30.1	28.2	25.6	22.3	20.2	19.8	22.4	25.6	29.4
	库底水温	20.9	20.9	21	21.1	21.6	22.6	21.7	19.8	19.4	19.7	20	20.1
	温差	9.1	9.7	10	9	6.5	2.9	0.6	0.4	0.4	2.7	5.6	9.3
枯水年	表层水温	30.3	31	31	30.1	28.3	25.7	22.3	20.2	19.8	22.3	25.7	29.1
	库底水温	21	21.1	21.2	21.5	21.9	22.5	21.7	19.8	19.4	19.6	19.7	19.7
	温差	9.3	9.9	9.9	8.6	6.4	3.2	0.6	0.4	0.4	2.6	6	9.3
特枯水年	表层水温	30.1	31	31	30.1	28.5	26	22.5	20.2	19.7	22.2	25.8	29.4
	库底水温	20.9	20.9	21	21.1	21.4	21.8	22	19.9	19.4	19.4	19.4	19.4
	温差	9.2	10.1	10	9	7.1	4.2	0.5	0.3	0.4	2.8	6.4	10

(2) 远期下泄水温预测结果分析

表 6.3-2 为远期 2040 丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)、枯水年(P=90%)、特枯水年(P=95%)8 个工况条件下水库下泄水温与坝址天然水温过程比较情况，图 6.3-3 为远期 2040 各典型年旬均下泄水温对比。从以上图表中可以看出，水库建成后下泄水温较坝址处天然水温过程具有较为明显的改变。

2040 年迈湾水库各典型年月均下泄水温与坝址天然水温过程对比情况一览表

表 6.3-2

单位：℃

月份	坝址天然水温	丰水年		平水年		枯水年		特枯水年	
		下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差
6月	30.4	25.3	-5.1	24.2	-6.2	25.8	-4.6	23.4	-7.0
7月	30.3	28.7	-1.6	26.3	-4.0	28.2	-2.1	26.5	-3.8
8月	29.6	29.4	-0.2	27.5	-2.1	30.0	0.4	29.1	-0.5
9月	28.3	29.4	1.1	28.3	0.0	29.4	1.1	29.6	1.3
10月	26.5	27.7	1.2	27.4	0.9	27.9	1.4	28.3	1.8
11月	23.3	25.2	1.9	25.2	1.9	25.4	2.1	25.7	2.4
12月	20.2	21.9	1.7	22.1	1.9	22.0	1.8	22.3	2.1
1月	19.6	20.0	0.4	20.0	0.4	20.1	0.5	20.2	0.6
2月	21.1	19.7	-1.4	19.7	-1.4	19.8	-1.3	19.8	-1.3
3月	24.4	20.0	-4.4	19.9	-4.5	20.2	-4.2	21.0	-3.4
4月	27.7	20.5	-7.2	20.2	-7.5	21.0	-6.7	23.0	-4.7
5月	29.3	21.0	-8.3	21.2	-8.1	24.1	-5.2	26.3	-3.0
年均	25.9	24.1	-1.8	23.5	-2.4	24.5	-1.4	24.6	-1.3

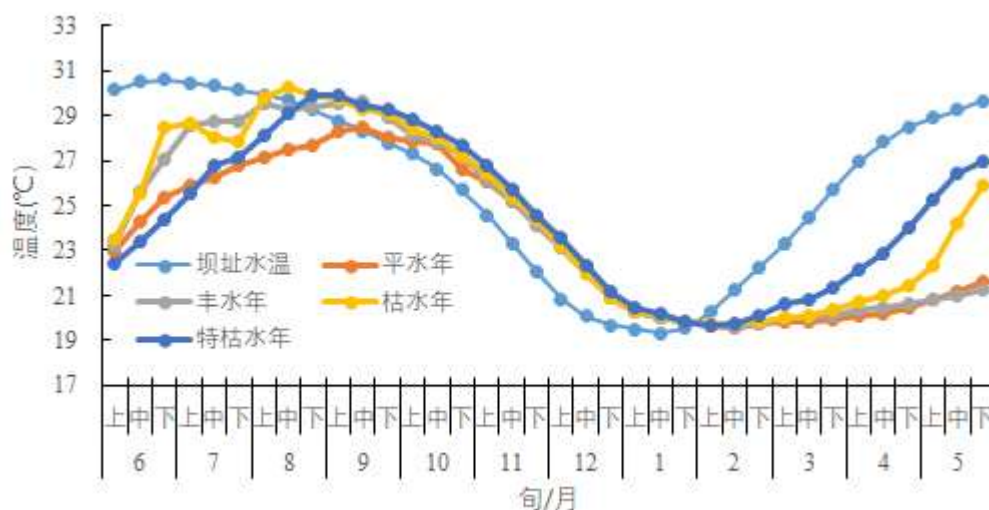


图 6.3-3 远期 2040 年各典型年旬均下泄水温与坝址水温对比

2040 年迈湾水库在平水年的工况下，水库下泄水温年均为 23.5℃，最高水温为 28.3℃(9月)，最低水温为 19.7℃(2月)，年内变幅为 8.6℃。与坝址天然水温相比，下泄

水温在 2~8 月出现低温水现象，平均降低 4.8℃，5 月最为显著，降低 8.1℃；10 月~次年 1 月出现弱高温水现象，平均升高 1.3℃。

丰水年年均下泄水温为 24.1℃。与坝址天然水温相比，2 月~8 月出现下泄低温水，平均降幅 4.0℃，5 月降幅最大为 8.3℃，旬均最大降幅为 8.4℃，出现在 5 月下旬，在 9 月~次年 1 月出现弱高温水现象，月平均高 1.3℃。

枯水年年均下泄水温 24.5℃。与坝址天然水温相比，2 月~7 月出现下泄低温水，平均降幅 4.0℃，4 月降幅最大为 6.7℃，旬均最大降幅为 7.1℃，出现在 4 月下旬，8 月~次年 1 月出现弱高温水现象，月平均升高 1.2℃。

特枯水年年均下泄水温为 24.6℃。与坝址天然水温相比，特枯水年在 2~7 月出现下泄低温水，平均降低 3.4℃，6 月降低幅度最大为 7.0℃，在 9 月~次年 1 月出现弱高温水现象，月均高 1.6℃。

由于水库运行水位的提高，电站下泄水温的影响远期 2040 较近期 2030 增加。平水年，最大低温水幅度由近期的 6.7℃增加至远期的 8.1℃，主要低温水时段 3 月~7 月的平均幅度由近期的 5.0℃增加至远期的 6.0℃，但高温水影响幅度相当，最大高温水幅度在近期为 1.7℃，而远期为 1.9℃。

6.3.2 引水水温对灌溉影响分析

(1) 灌溉供水范围

迈湾水利枢纽供水灌溉范围分为迈湾灌区片和海口片两部分，其中迈湾灌区的范围为北部以南渡江干流为界，东部以红岭灌区范围为界，西部以松涛灌区为界，南部以迈湾坝址以下 160m 高程线为界；海口片供水灌溉范围为海口市主城区、羊山地区(含产业园)及定安城区。

(2) 种植结构及灌溉制度

本工程供水灌区农业生产主要包括粮食作物、蔬菜、水果及其它热作物。粮食作物以水稻为主，主要分布于南渡江干流沿江地势较低的水田地区，实行双季稻、稻-稻-薯和稻-稻-菜的耕作制度，双季稻生育时间为 2 月中旬至 9 月底，一年三熟早晚稻生育期为 3 月中旬至 10 月上旬；蔬菜作物主要为空心菜、小白菜、番茄、茄子、辣椒、苦瓜、南瓜等，种植形式主要为冬季瓜菜，包括水稻轮作菜区和经济作物轮作菜区，主要分布于排水条件较好的水田地区，种植方式为露地栽培，种植时间为 10 月中旬至 2 月上旬；热带果树主要为香蕉、芒果、槟榔、菠萝蜜、龙眼、橄榄、莲雾、木瓜等，主要分布于果园地。

(3) 低温水对灌溉影响分析

左岸灌区渠首进水口布置在大坝上游左岸 1.2km 一个凸岸山体，进水口引用流量为 25.78m³/s，进水塔底板高程为 69m；右岸渠首进水口布置在 11#坝段，设计引水流量为 13.53m³/s，进水口底板高程为 69m。

远期 2040 主要启用灌溉取水口，全年均由灌溉流量泄放，灌溉渠首的取水高程和孔口尺寸与坝址电站下泄建筑物尺寸差异较小，因此各典型年的取水水温过程与之基本一致。迈湾水库各典型年灌溉渠首取水水温过程，详见表 6.3-3。与坝址天然水温相比，以平水年为例，年均降低 4.0℃，其中 2~8 月平均低 4.9℃，4 月~6 月低温水相对显著，该 3 月平均降低 7.3℃。

远期 2040 年迈湾水库各典型年灌溉渠首取水水温与坝址天然水温过程对比

表 6.3-3

单位：℃

月份	坝址天然水温	丰水年		平水年		枯水年		特枯水年	
		下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差	下泄水温	温差
6 月	30.4	24.9	-5.5	24.1	-6.3	25.3	-5.1	23.1	-7.3
7 月	30.3	28.4	-1.9	26.2	-4.1	27.6	-2.7	26.3	-4.0
8 月	29.6	29.2	-0.4	27.4	-2.2	29.8	0.2	28.9	-0.7
9 月	28.3	29.1	0.8	28.2	-0.1	29.3	1.0	29.5	1.2
10 月	26.5	27.7	1.2	27.1	0.6	27.8	1.3	28.2	1.7
11 月	23.3	25.1	1.8	25.0	1.7	25.3	2.0	25.6	2.3
12 月	20.2	21.9	1.7	21.9	1.7	21.9	1.7	22.2	2.0
1 月	19.6	20.0	0.4	20.0	0.4	20.0	0.4	20.1	0.5
2 月	21.1	19.7	-1.4	19.7	-1.4	19.7	-1.4	19.8	-1.3
3 月	24.4	20.0	-4.4	19.8	-4.6	20.1	-4.3	20.7	-3.7
4 月	27.7	20.4	-7.3	20.2	-7.5	21.0	-6.7	22.7	-5.0
5 月	29.3	21.0	-8.3	21.2	-8.1	23.8	-5.5	25.8	-3.5
年均	25.9	19.9	20.9	21.9	-4.0	21.7	22.7	23.7	-2.2

根据低温水在灌溉渠道中的温升规律相关研究成果，本工程取水规模对应的温升率约 0.12~0.15℃/km。以平水年为例，灌溉高峰期且低温水最为显著的 5 月和 6 月，不采取低温水减缓措施情况下，低温水恢复到天然水温所需距离约 64~82km，而迈湾灌区片距离迈湾渠首取水口较近，距离取水口约 6~70km，因此，低温水进入田间会对迈湾灌区水稻等主要粮食作物存在一定的不利影响。海口片区距离迈湾坝址较远(直线距离在 80km 以上)，随着沿程水体温度不断恢复，低温水影响较小。

2040 年迈湾水库各典型年水库下泄水温与坝址天然水温过程对比情况一览表

表 6.3-4

单位：℃

月份	旬	坝址水温	平水年	差值	丰水年	差值	枯水年	差值	特枯水年	差值
----	---	------	-----	----	-----	----	-----	----	------	----

		A	B	B-A	C	C-A	D	D-A	E	E-A
6	上	30.2	22.9	-7.3	22.9	-7.3	23.1	-7.0	22.2	-8.0
	中	30.5	24.1	-6.4	25.1	-5.4	24.9	-5.5	23.1	-7.4
	下	30.6	25.2	-5.4	26.8	-3.8	27.8	-2.8	24.1	-6.5
7	上	30.5	25.7	-4.7	28.1	-2.3	28.1	-2.3	25.3	-5.1
	中	30.3	26.2	-4.1	28.6	-1.7	27.3	-3.1	26.6	-3.8
	下	30.1	26.7	-3.5	28.5	-1.7	27.6	-2.6	27.0	-3.1
8	上	29.9	27.1	-2.8	29.3	-0.7	29.3	-0.6	27.8	-2.1
	中	29.7	27.4	-2.3	29.2	-0.5	30.1	0.4	28.9	-0.8
	下	29.3	27.5	-1.7	29.2	-0.1	29.9	0.6	29.8	0.5
9	上	28.8	28.2	-0.5	29.4	0.6	29.7	1.0	29.9	1.1
	中	28.3	28.3	0.0	29.3	1.0	29.2	0.9	29.4	1.1
	下	27.8	27.9	0.1	28.6	0.8	29.0	1.2	29.2	1.4
10	上	27.3	27.7	0.4	28.1	0.8	28.3	1.0	28.7	1.4
	中	26.6	27.3	0.7	27.9	1.2	27.9	1.3	28.3	1.6
	下	25.7	26.5	0.8	27.1	1.4	27.2	1.5	27.7	2.0
11	上	24.6	25.9	1.4	26.0	1.4	26.4	1.9	26.8	2.2
	中	23.4	25.0	1.7	25.1	1.8	25.3	1.9	25.7	2.3
	下	22.1	24.2	2.1	24.1	2.0	24.3	2.2	24.5	2.4
12	上	20.9	23.1	2.3	23.0	2.2	23.2	2.3	23.5	2.6
	中	20.1	21.9	1.8	21.9	1.8	21.9	1.8	22.2	2.2
	下	19.7	20.8	1.1	20.8	1.1	20.8	1.2	21.1	1.4
1	上	19.5	20.2	0.7	20.2	0.7	20.2	0.7	20.4	0.9
	中	19.3	19.9	0.6	19.9	0.6	20.0	0.7	20.1	0.8
	下	19.6	19.8	0.2	19.8	0.2	19.8	0.3	19.8	0.2
2	上	20.3	19.7	-0.6	19.7	-0.6	19.7	-0.6	19.6	-0.6
	中	21.3	19.6	-1.7	19.6	-1.6	19.6	-1.6	19.7	-1.5
	下	22.3	19.7	-2.5	19.7	-2.5	19.8	-2.5	20.1	-2.2
3	上	23.3	19.8	-3.5	20.0	-3.4	20.0	-3.3	20.3	-3.0
	中	24.5	19.8	-4.7	19.9	-4.5	20.0	-4.5	20.5	-4.0
	下	25.7	19.9	-5.8	20.0	-5.7	20.2	-5.5	21.1	-4.6
4	上	26.9	20.0	-6.9	20.3	-6.7	20.6	-6.3	21.9	-5.0
	中	27.8	20.2	-7.7	20.4	-7.4	20.9	-6.9	22.5	-5.3
	下	28.5	20.4	-8.1	20.6	-7.9	21.3	-7.1	23.6	-4.9
5	上	28.9	20.8	-8.1	20.8	-8.1	22.2	-6.7	24.8	-4.1
	中	29.2	21.1	-8.1	21.0	-8.3	23.9	-5.4	26.0	-3.2
	下	29.7	21.6	-8.1	21.2	-8.5	25.5	-4.2	26.7	-3.0

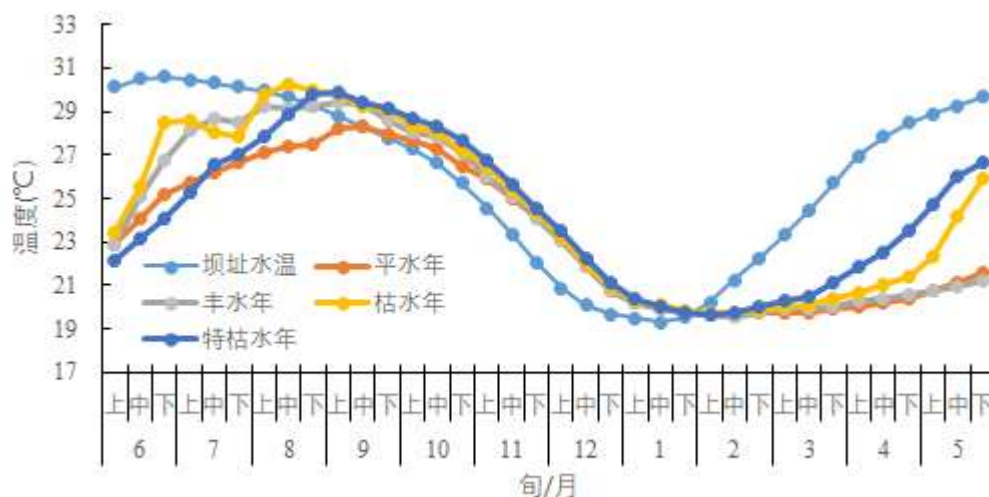


图 6.3-4 远期 2040 年各典型年旬均灌溉水温与坝址水温对比

6.3.3 坝址下游河道水温预测

针对迈湾水库下泄低温水的现象，计算各典型年 2 月~8 月干流水温的沿程变化，并统计迈湾低温水影响范围，假定工程运行后下游某断面水温与天然水温差异在 1℃以内认为没有影响，统计结果见表 6.3-5。远期 2040 年低温水影响范围为 12km~40km，其中 6 月由于区间汇流流量较小，下泄低温水恢复所需距离相对最长；远期丰水年和枯水年，水温影响范围分别为 9km~44km，11km~40km；远期特枯水年，低温水影响范围为 9km~44km，其中 6 月由于坝址下泄低温水幅度较大，下泄低温水恢复所需距离相对最长，其他月份影响范围相对较小，恢复相对较快。

图 6.3-5 分别为远期 2040 年 4 月和 6 月(大部分工况下泄水温温差相对明显、影响范围较远所在月份)迈湾坝址下游河段沿程水温变化图。

各个典型工况下迈湾坝址下泄的低温水恢复到天然水温所需距离

表 6.3-5

单位: km

月份		2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
远期	平水年	12	23	38	23	40	25	26
	丰水年	9	23	44	23	30	11	/
	枯水年	11	29	40	38	30	17	/
	特枯水年	9	25	32	15	44	23	/

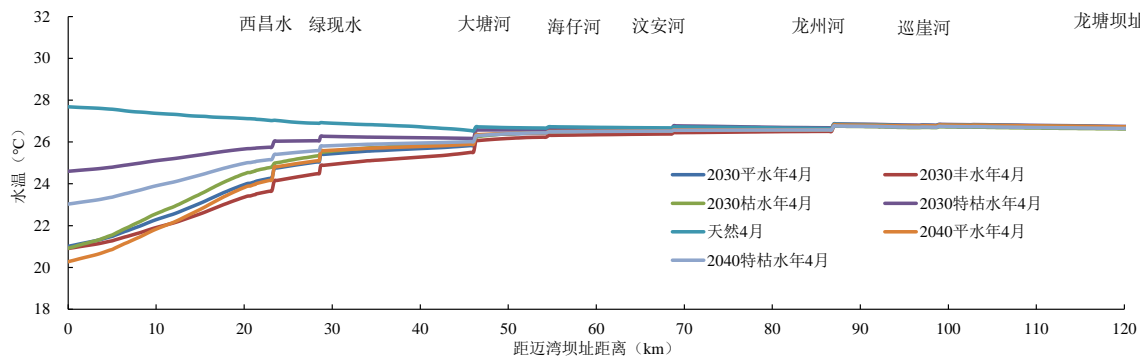


图 6.3-5 各工况 6 月迈湾坝址下游河道沿程水温变化图

6.3.4 小结

(1) 与迈湾坝址天然水温相比，迈湾水库建成后对下泄水温具有较为明显的改变。水库存在下泄低温水的现象，主要发生在 2 月~8 月。远期 2040 平水年，电站下泄水温 2~8 月平均低 4.8℃，5 月低温水最为显著为 8.1℃，灌溉渠首取水水温过程与坝址下泄水温基本一致。与近期 2030 平水年相比，水库下泄水温现象更为明显，其中 2~8 月平均进一步降低 0.9℃（2030 年降低 3.9℃）。

(2) 下泄低温水对下游河道水温预测结果表明：远期平水年、丰水年、枯水年、特枯水年下游河道低温水恢复到天然水温的距离范围分别为 12km~40km、9km~44km、11km~40km、9km~44 km。

(3) 以远期平水年为例，灌溉高峰期且低温水最为显著的 5 月和 6 月，不采取低温水减缓措施情况下，低温水恢复到天然水温所需距离约 64~82km，而迈湾灌区片距离迈湾渠首取水口较近，距离取水口约 6~70km，因此，低温水进入田间会对迈湾灌区水稻等主要粮食作物存在一定的不利影响。海口片区距离迈湾坝址较远(直线距离在 80km 以上)，随着沿程水体温度不断恢复，低温水影响较小。

6.4 水质影响预测评价

6.4.1 远期污染负荷预测

随着污染防治措施得到逐步落实，远期 2040 年库区污染负荷认为与 2030 年情景二的污染负荷相同，不会再增加污染。

远期 2040 年坝下水污染负荷认为在 2030 年情景二污染负荷的基础上增加灌溉与退水污染负荷。迈湾工程退水主要包括城乡供水退水与灌溉退水两部分，退水主要去向包括绿现水、大塘河、西昌水、龙州河以及南渡江干流。

2040 年供水多年平均年退水量 7854 万 m³，主要污染物为 COD、NH³-N、TP、TN

等，污染物浓度与利用方式(回归水源)和处理程度有关。供水退水污染负荷的计算方法与本节中城镇综合污染负荷、农村生活污水污染负荷的相关计算一致。因各受纳水体的现状负荷中已涵盖供水区城乡居民及畜禽养殖的现有排水负荷，因此本节重点计算因供水条件改善而产生的新增负荷。

灌区平均年退水量约 8098.70 万 m³，灌溉退水污染负荷的计算方法与本节中农田径流的相关计算基本一致，计算中所考虑的产污面(耕地面积)包括迈湾建成后南渡江干支流汇水范围内的新增和改善灌区面积。退水污染负荷见表 6.4-1。

迈湾工程因灌溉与供水退水，新增 COD 入河量 4448.47t、氨氮入河量 413.37t、TP 入河量 52.04，TN 入河量 1300.55t。

2040 年南渡江迈湾坝下退水污染负荷统计表

表 6.4-1

序号	供水分区	退水去向	灌溉				供水			
			COD	NH ₃ -N	TP	TN	COD	NH ₃ -N	TP	TN
I	绿现水右片	绿现水	76.96	3.85	1.69	18.93	44.58	4.46	0.45	13.37
II	绿现水左片		85.60	4.28	1.88	21.06	95.00	9.50	0.95	28.50
III	西干渠高片		74.56	3.73	1.64	18.34	336.47	33.65	3.36	100.94
IV	西干补水片	大塘河	36.80	1.84	0.81	9.05	119.94	11.99	1.20	35.98
V	南方水库上片	西昌水	27.84	1.39	0.61	6.85	167.18	16.72	1.67	50.15
VI	南方水库下片		52.48	2.62	1.15	12.91	313.65	31.37	3.14	94.10
VII	大路东片	龙州河	25.12	1.26	0.55	6.18	192.12	19.21	1.92	57.64
VIII	龙州河左片		75.52	3.78	1.66	18.58	213.35	21.33	2.13	64.00
IX	南渡江右片	按面源进入南渡江干流	174.56	8.73	3.84	42.94	2336.74	233.67	23.37	701.02
合计			629.44	31.47	13.85	154.84	3819.03	381.90	38.19	1145.71

6.4.2 远迈湾库区水质预测

根据 2040 年水库蓄水至 108m 水位的运行调度规则，对 2040 年库区水质进行预测分析。表 6.4-2 为库区未落实流域污染防治措施情况下，预测得到的不同典型年库区水质情根据预测结果。

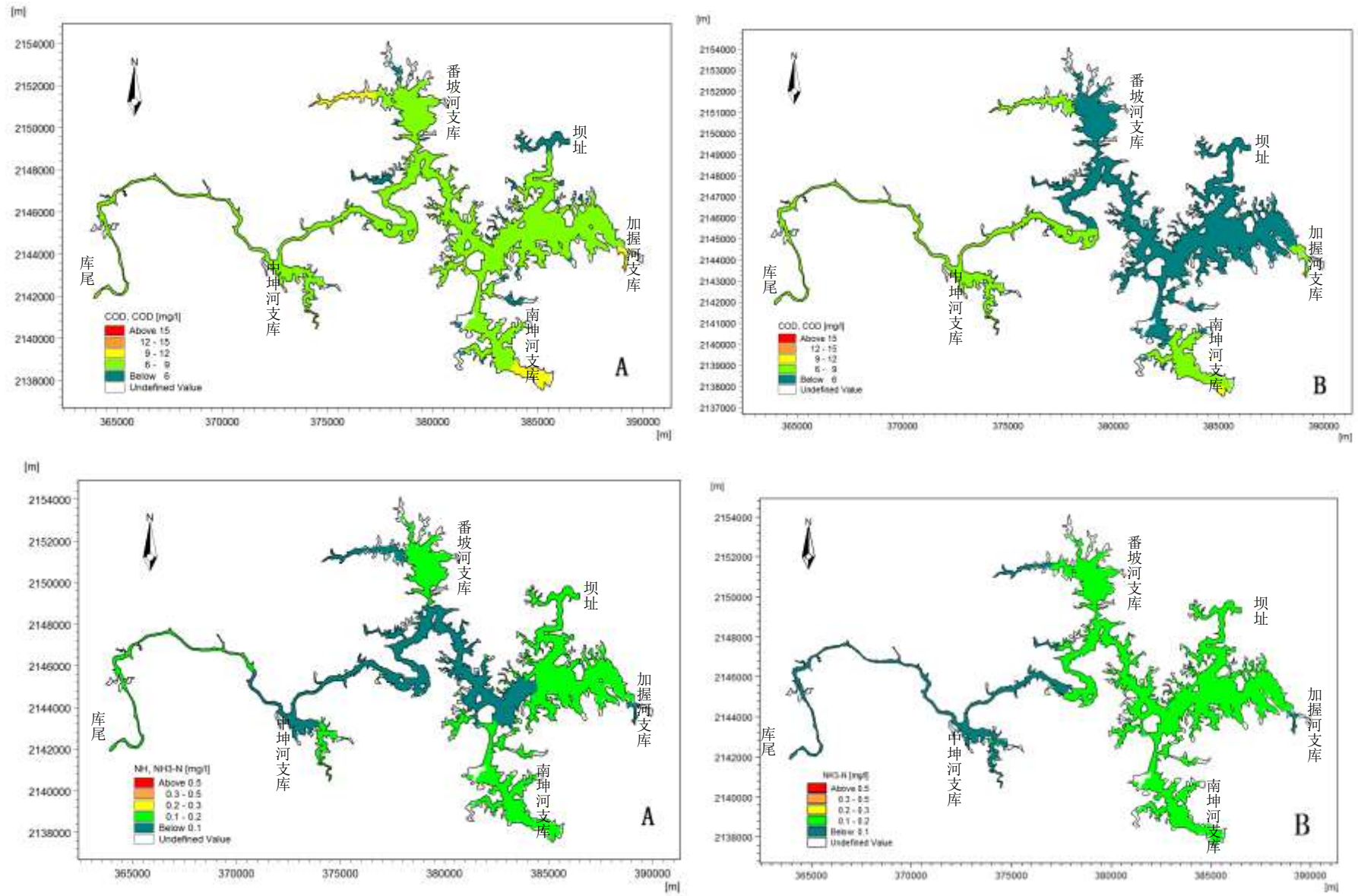
由预测结果可知，远期 2040 年库区 COD 与氨氮在各典型年工况均达标。根据 TN 预测结果，南坤河支库与中坤河支库在枯水年的丰水期出现 TN 超标，其他区域 TN 在各个典型年均达标。根据 TP 预测结果，南坤河支库在各典型年的丰水月出现 TP 超标，库尾、加握河支库、南坤河支库以及番坡河支库在枯水年的丰水月出现 TP 超标。

2040 年迈湾库区水质预测结果一览表

表 6.4-2

评价因子	评价时段	库尾	库中	库首	加握河	南坤河	中坤河	番坡河
------	------	----	----	----	-----	-----	-----	-----

						支库	支库	支库	支库
COD (II类水标准: 15mg/L)	丰水年	丰水月	7.36	6.65	6.08	6.20	7.89	7.06	6.88
		枯水月	6.64	5.66	5.71	5.71	5.98	6.04	5.68
	平水年	丰水月	8.39	7.07	6.07	6.31	8.34	7.56	6.96
		枯水月	7.60	5.70	5.72	5.74	6.02	6.86	5.77
	枯水年	丰水月	8.74	7.41	6.72	6.72	9.69	8.52	7.90
		枯水月	7.50	5.71	5.72	5.73	6.05	6.90	5.74
NH ₃ -N (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.08	0.07	0.07	0.10	0.10	0.09	0.08
		枯水月	0.04	0.17	0.18	0.17	0.16	0.05	0.16
	平水年	丰水月	0.10	0.08	0.13	0.14	0.13	0.08	0.12
		枯水月	0.06	0.18	0.18	0.18	0.18	0.07	0.17
	枯水年	丰水月	0.11	0.08	0.11	0.14	0.15	0.13	0.11
		枯水月	0.05	0.18	0.18	0.18	0.18	0.06	0.18
TN (II类水标准: 0.5mg/L)	丰水年	丰水月	0.32	0.28	0.25	0.31	0.47	0.42	0.29
		枯水月	0.17	0.34	0.35	0.34	0.34	0.18	0.33
	平水年	丰水月	0.34	0.28	0.29	0.32	0.44	0.31	0.31
		枯水月	0.21	0.35	0.35	0.35	0.36	0.21	0.34
	枯水年	丰水月	0.41	0.29	0.32	0.37	0.62	0.54	0.37
		枯水月	0.17	0.35	0.35	0.35	0.36	0.18	0.35
TP (II类水标准: 0.025mg/L)	丰水年	丰水月	0.024	0.020	0.018	0.024	0.038	0.016	0.025
		枯水月	0.012	0.020	0.020	0.020	0.020	0.012	0.019
	平水年	丰水月	0.025	0.020	0.019	0.023	0.035	0.016	0.023
		枯水月	0.016	0.020	0.020	0.020	0.021	0.014	0.020
	枯水年	丰水月	0.030	0.021	0.023	0.028	0.050	0.022	0.031
		枯水月	0.013	0.020	0.020	0.020	0.021	0.013	0.020



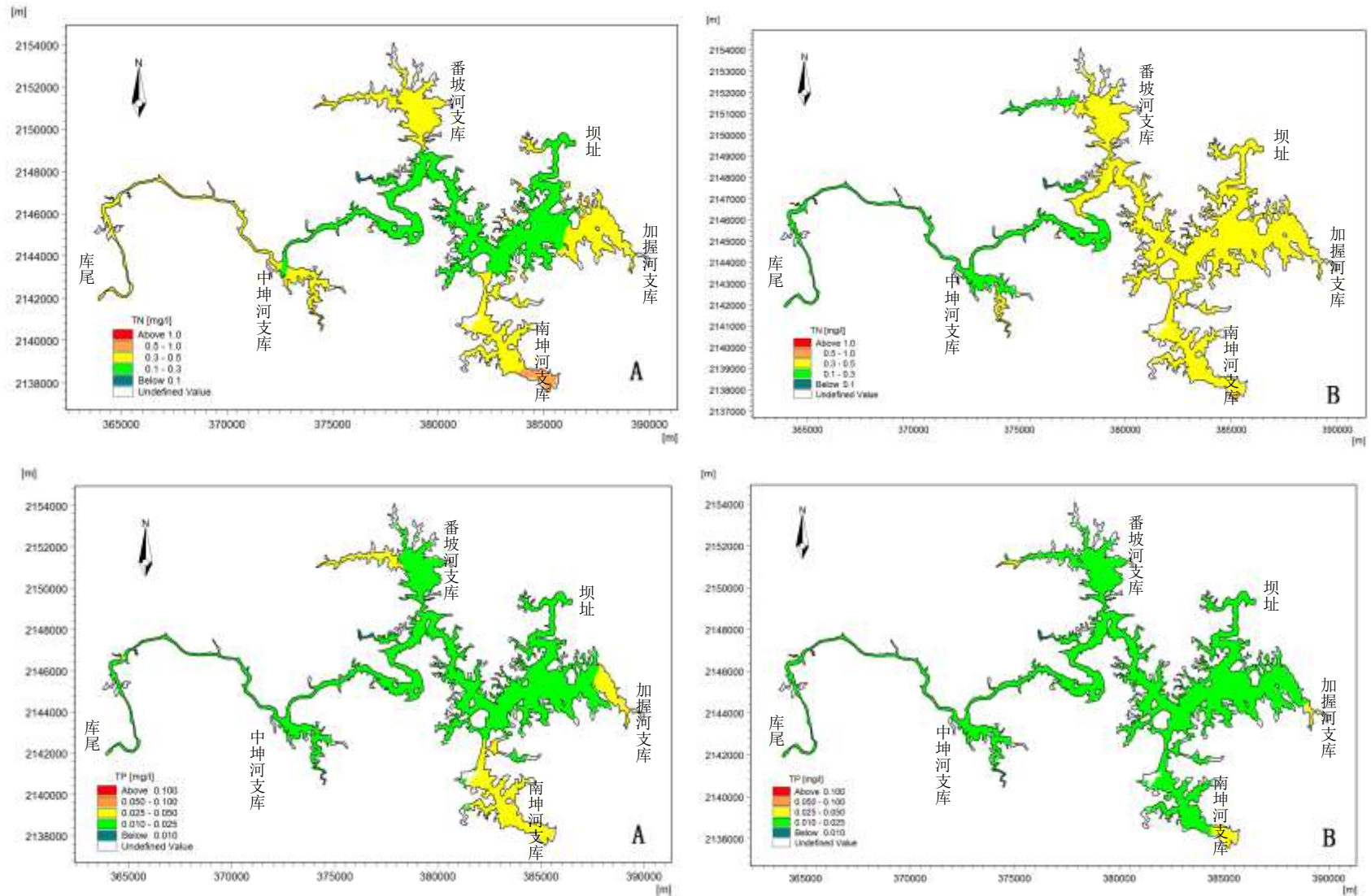


图 6.4-1 远期平水年 (P=50%)，迈湾水库 COD、氨氮、TP、TN 预测结果 (图 A 为该典型年丰水月，图 B 为该典型枯水月)

6.4.3 远迈湾库区富营养化预测

(1) 2040 年库区富营养化预测结果

根据 2040 年水库蓄水至 108m 水位的运行调度规则，对 2040 年库区富营养化进行预测分析，随着污染防治措施得到逐步落实，2040 年库区污染负荷认为与 2030 年情景二的污染负荷基本相同。

在落实污染防治措施后，营养盐的入库量削减明显。根据平水年工况预测结果，叶绿素 a 浓度较低，最大值为 0.008mg/L，出现在南坤河支库。根据富营养化指数评价结果，库区呈现出中营养化，富营养化指数最大值为 46.84，出现在南坤河支库，总体而言库区富营养化的风险较小。

2040 年迈湾库区富营养化预测结果一览表

表 6.4-3

评价因子	评价时段		库尾	库中	库首	加握河支库	南坤河支库	中坤河支库	番坡河支库
叶绿素 a	丰水年	丰水月	0.003	0.003	0.003	0.003	0.007	0.002	0.003
		枯水月	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.002	0.003
	平水年	丰水月	0.003	0.003	0.004	0.004	0.008	0.003	0.004
		枯水月	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003
	枯水年	丰水月	0.003	0.003	0.004	0.003	0.008	0.003	0.004
		枯水月	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003
富营养化指数	丰水年	丰水月	35.79	34.23	33.23	35.09	43.18	33.97	35.24
		枯水月	28.54	34.58	34.87	34.77	35.99	28.23	34.41
	平水年	丰水月	36.34	34.33	34.67	36.40	43.17	32.98	36.33
		枯水月	30.90	34.79	34.89	34.92	35.77	29.69	34.79
	枯水年	丰水月	37.97	34.62	36.13	37.48	46.84	36.92	38.26
		枯水月	27.81	34.86	34.89	34.92	35.93	28.19	34.87

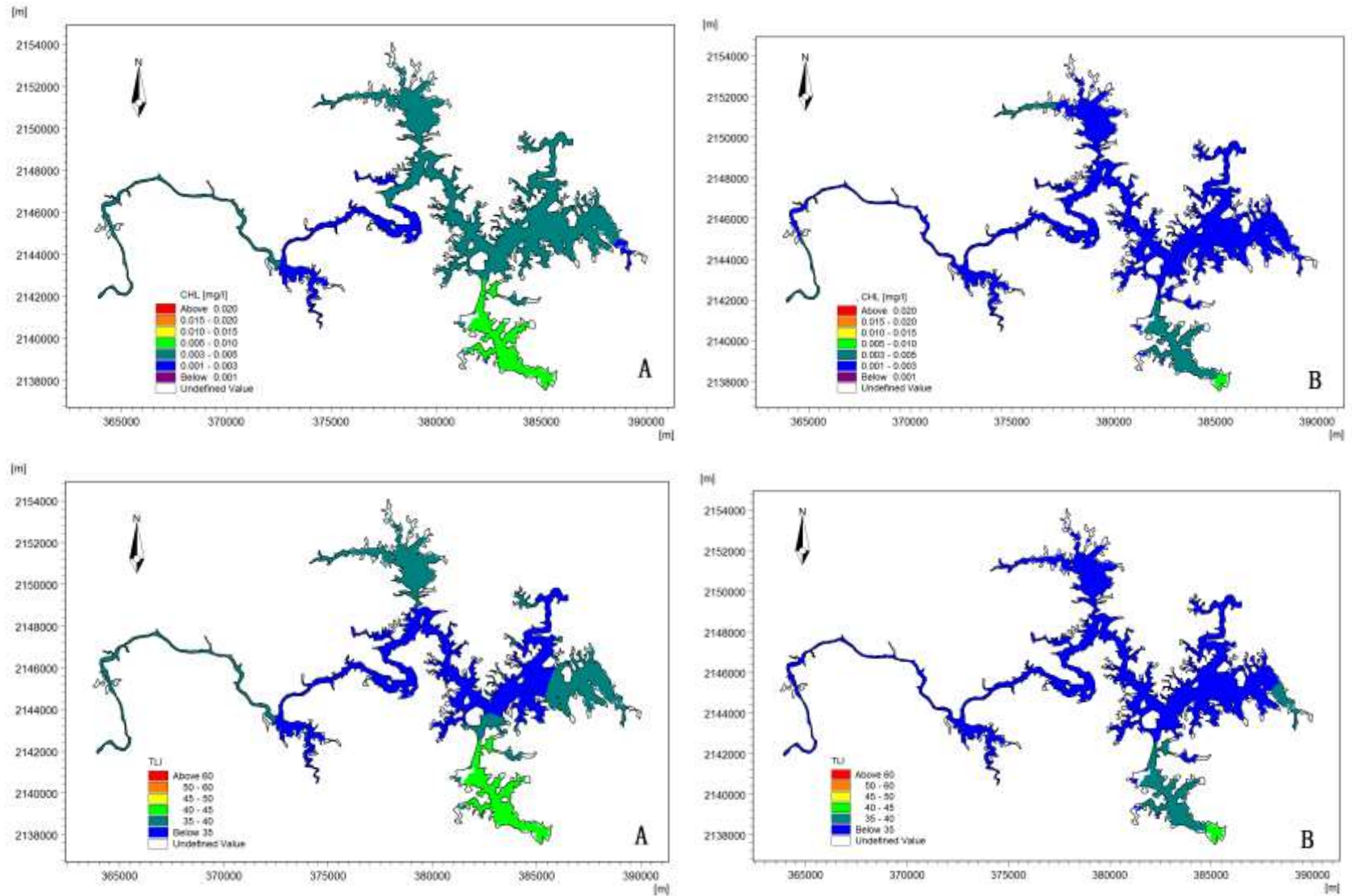


图 6.4-2 远期平水年 (P=50%)，迈湾水库叶绿素 a 与富营养化指数预测结果 (图 A 为该典型年丰水月，图 B 为典型年枯水月)

6.4.4 远迈湾坝下水质预测

根据 2040 年水库蓄水至 108m 水位的运行调度规则，对 2040 年坝下水质进行预测分析，随着污染防治措施得到逐步落实，2040 年坝下至龙塘区间污染负荷认为在 2030 年情景二的污染负荷基础上增加了灌溉与退水污染负荷。预测结果表明在流域污染防治措施落实的情况下，水库按照正常蓄水位 108m 方案调度运行，各水质因子在丰水月与枯水月均能达到各功能区水环境质量标准。

将南渡江干流的山口国控断面、后黎国控断面、龙塘国控断面的远期水质年内变化预测结果与近期预测结果进行了对比分析，结果表明山口国控断面受退水影响相对较小，远期水质较近期变化不大，各水质因子在远期 2040 年各典型年均达到地表水二类水质标准。

后黎国控断面 COD 与氨氮在枯水期较 2030 年有明显升高，COD 最大增加幅度为枯水年的 2 月由 8.9mg/L 升高至 14.5mg/L；氨氮最大增加幅度为枯水年的 2 月由 0.12mg/L 升高至 0.29mg/L；TP 在枯水期略有升高，但总体变化不大。后黎国控断面各水质因子在远期各典型年均达到地表水二类水质标准。

龙塘国控断面各水质因子在枯水期较 2030 年有明显升高，COD 最大增加幅度为枯水年的 2 月由 10.1mg/L 升高至 14.9mg/L；氨氮最大增加幅度为枯水年的 3 月由 0.13mg/L 升高至 0.69mg/L；TP 最大增加幅度为枯水年的 3 月由 0.02mg/L 升高至 0.08mg/L。根据龙塘国控断面各水质因子的远期全年变化预测结果，氨氮在平水期与枯水期的 3 月、5 月出现超标，其他月份均达标，COD 与 TP 在各典型年均达到地表水二类水质标准。

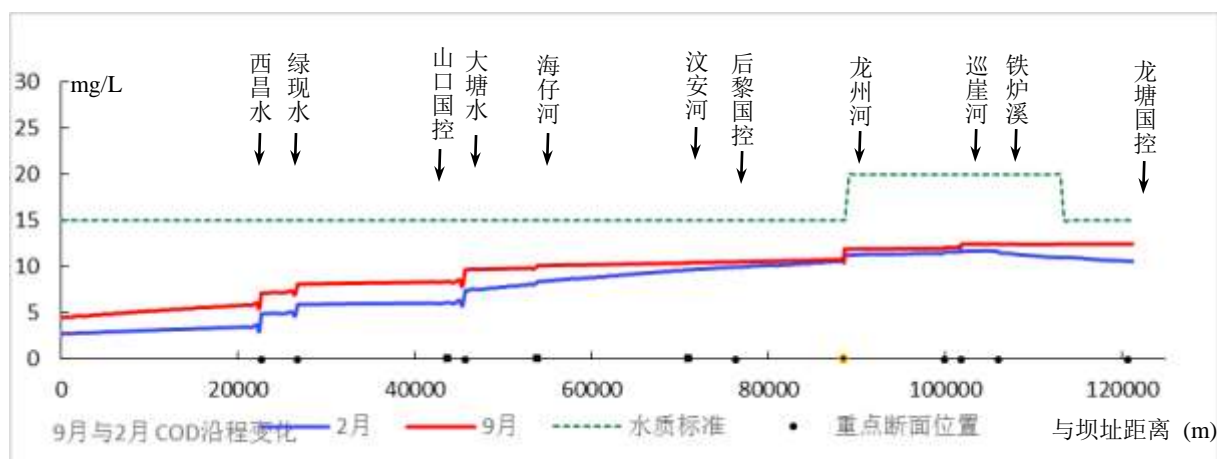


图 6.4-3 远期坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

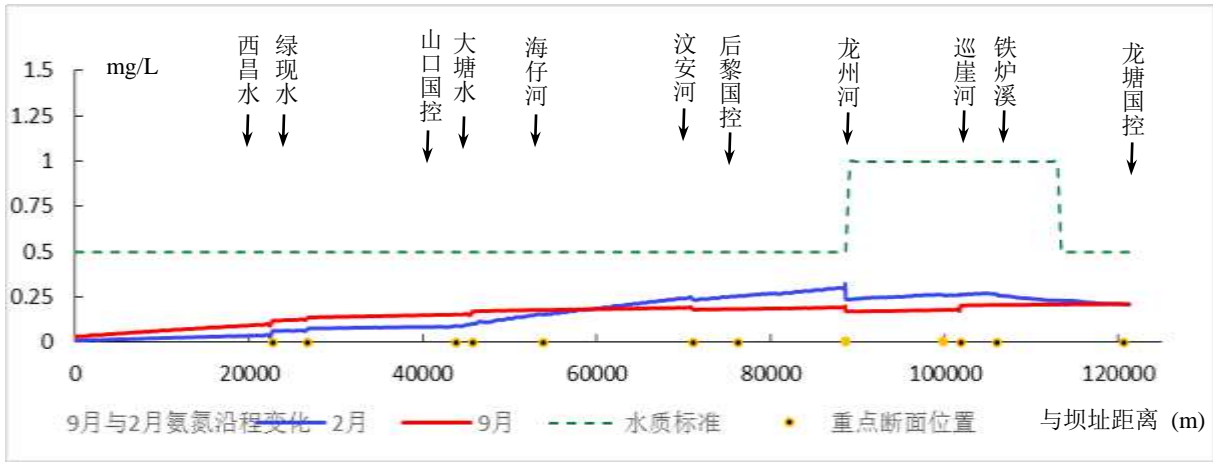


图 6.4-4 远期坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

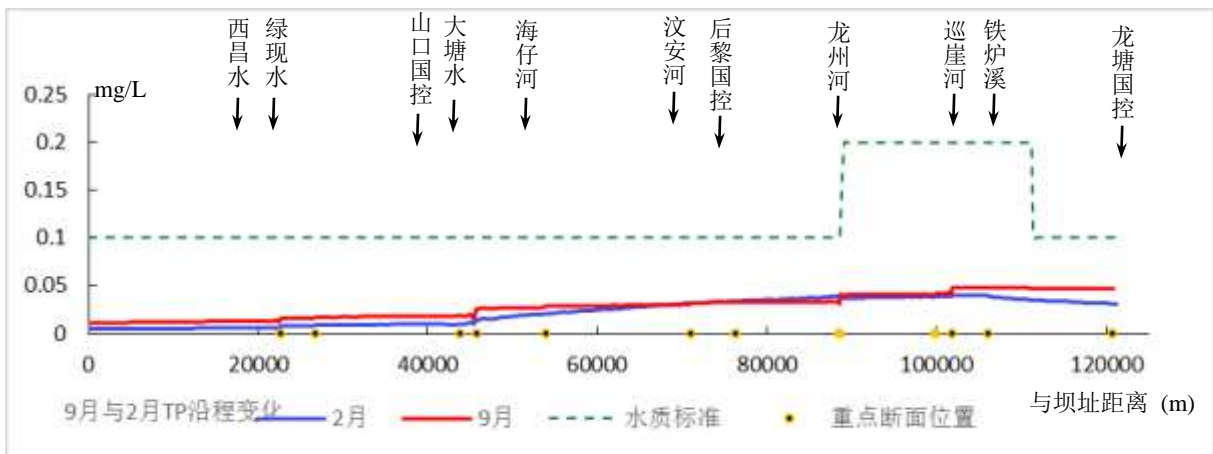


图 6.4-5 远期坝址下游丰水年 (P=10%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

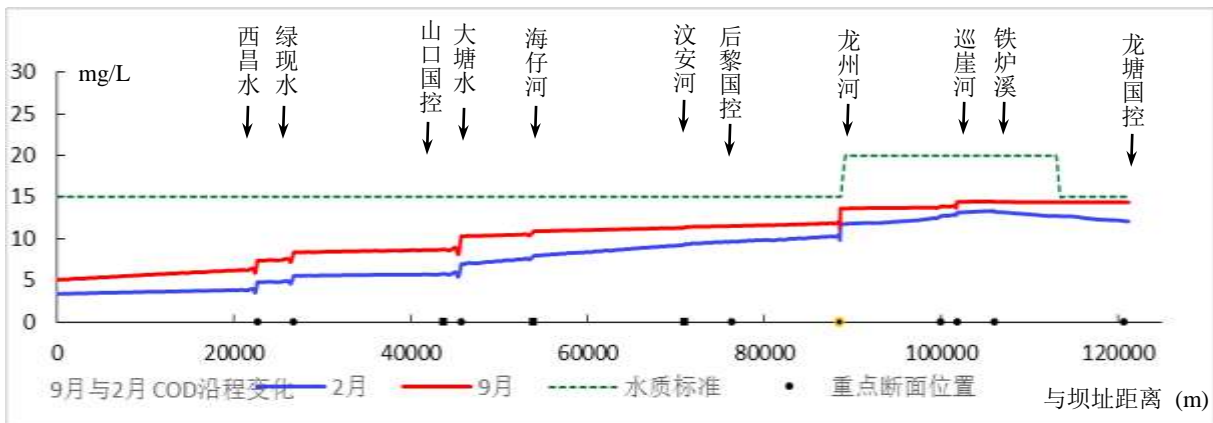


图 6.4-6 远期坝址下游平水年 (P=50%) 9 月与 2 月 COD 沿程变化

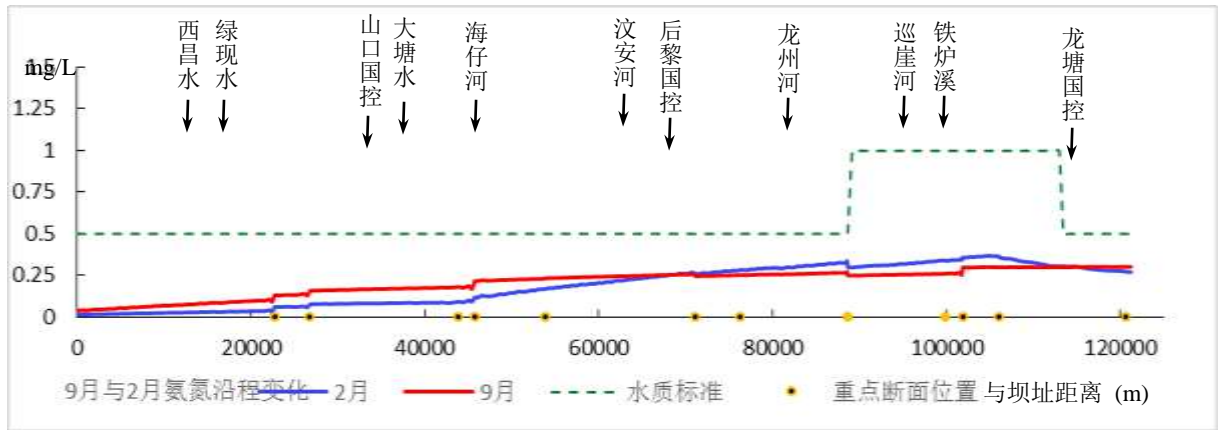


图 6.4-7 远期坝址下游平水年 (P=50%) 9月与2月氨氮沿程变化

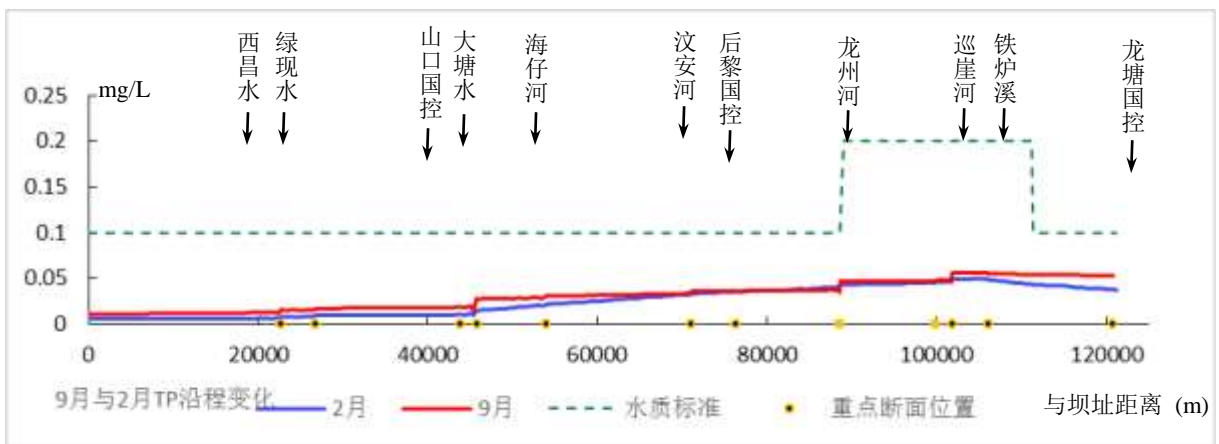


图 6.4-8 远期坝址下游平水年 (P=50%) 9月与2月 TP 沿程变化

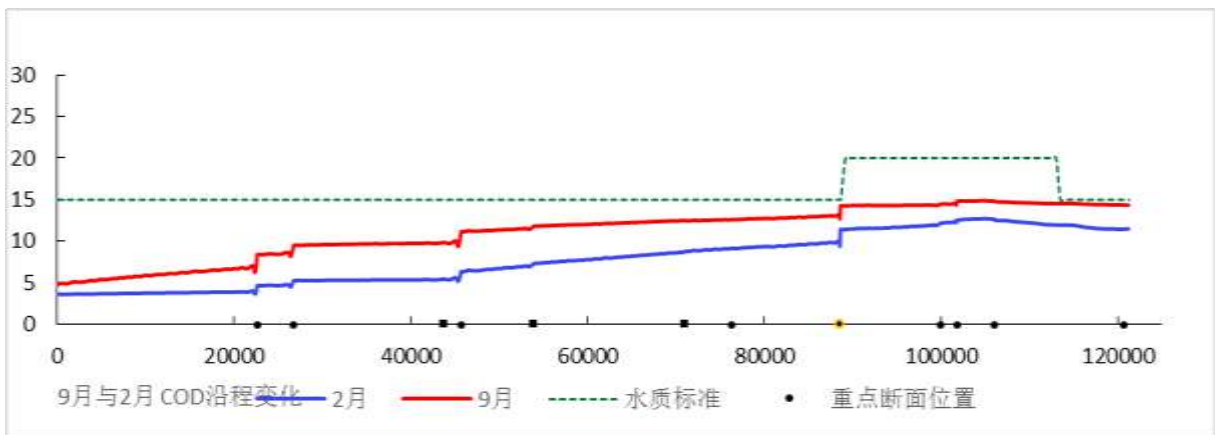
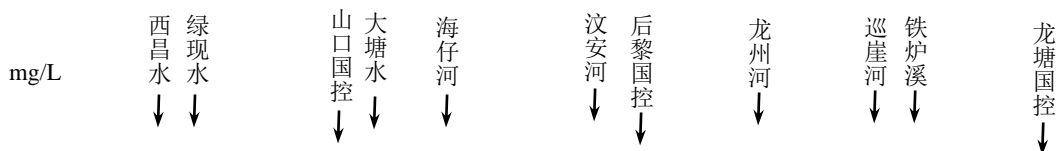


图 6.4-9 远期坝址下游枯水年 (P=90%) 9月与2月 COD 沿程变化



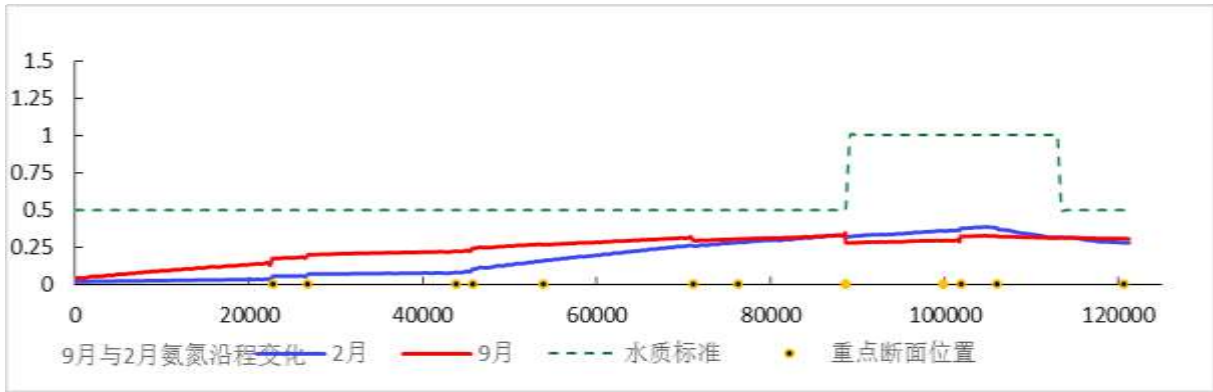


图 6.4-10 远期坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月氨氮沿程变化

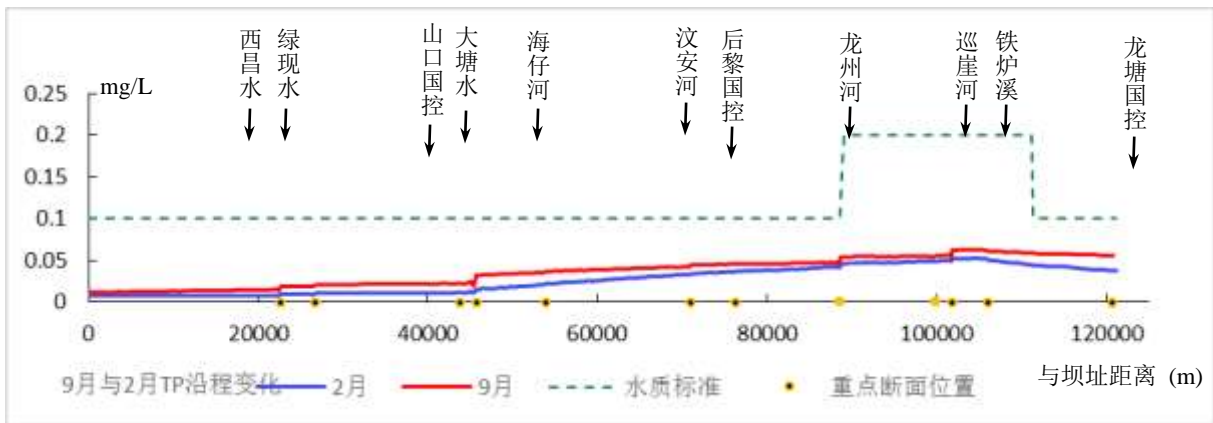


图 6.4-11 远期坝址下游枯水年 (P=90%) 9 月与 2 月 TP 沿程变化

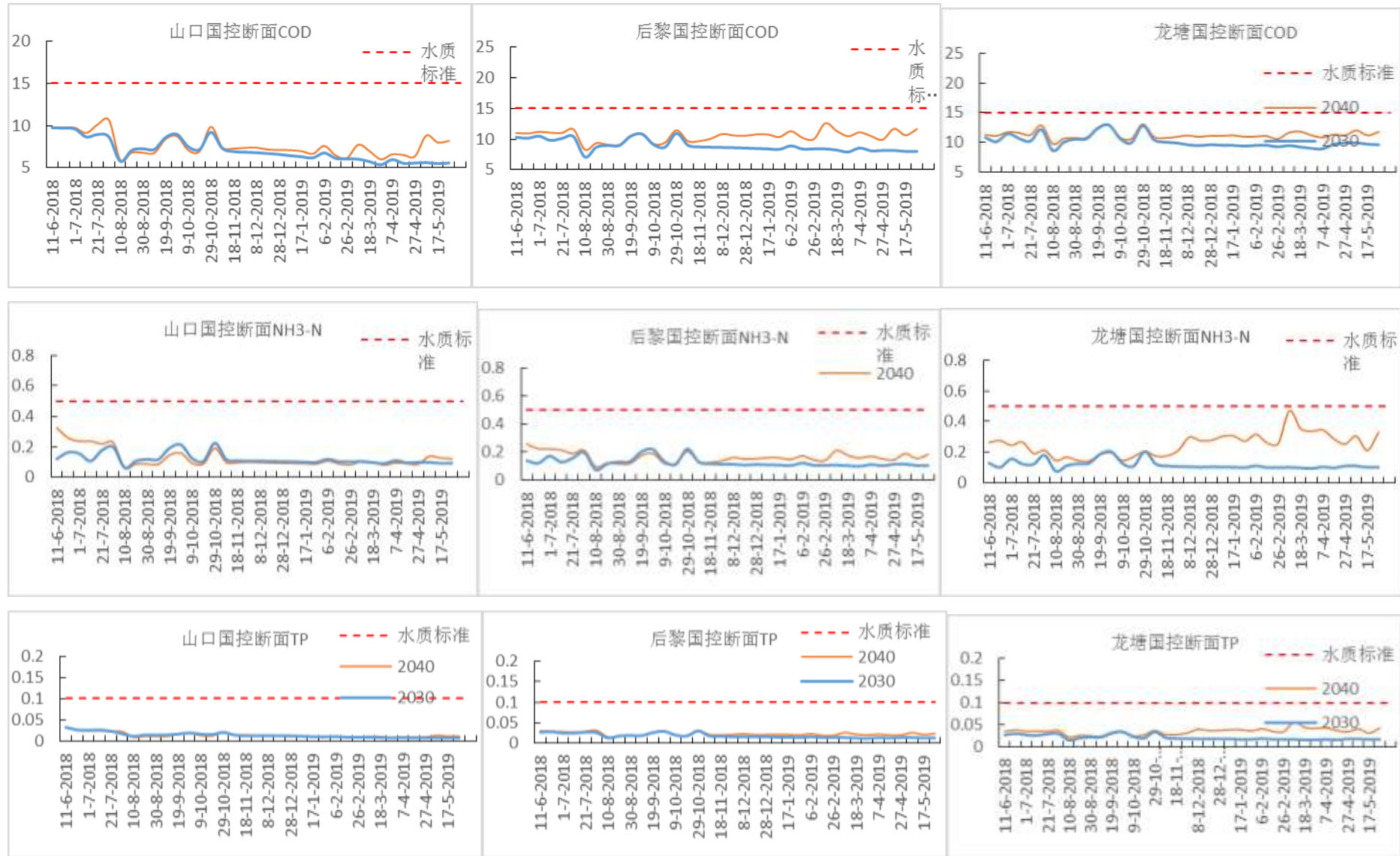


图 6.4-12 坝址下游枯水年 (P=10%) 南渡江各国控断面近期与远期水质变化过程对比

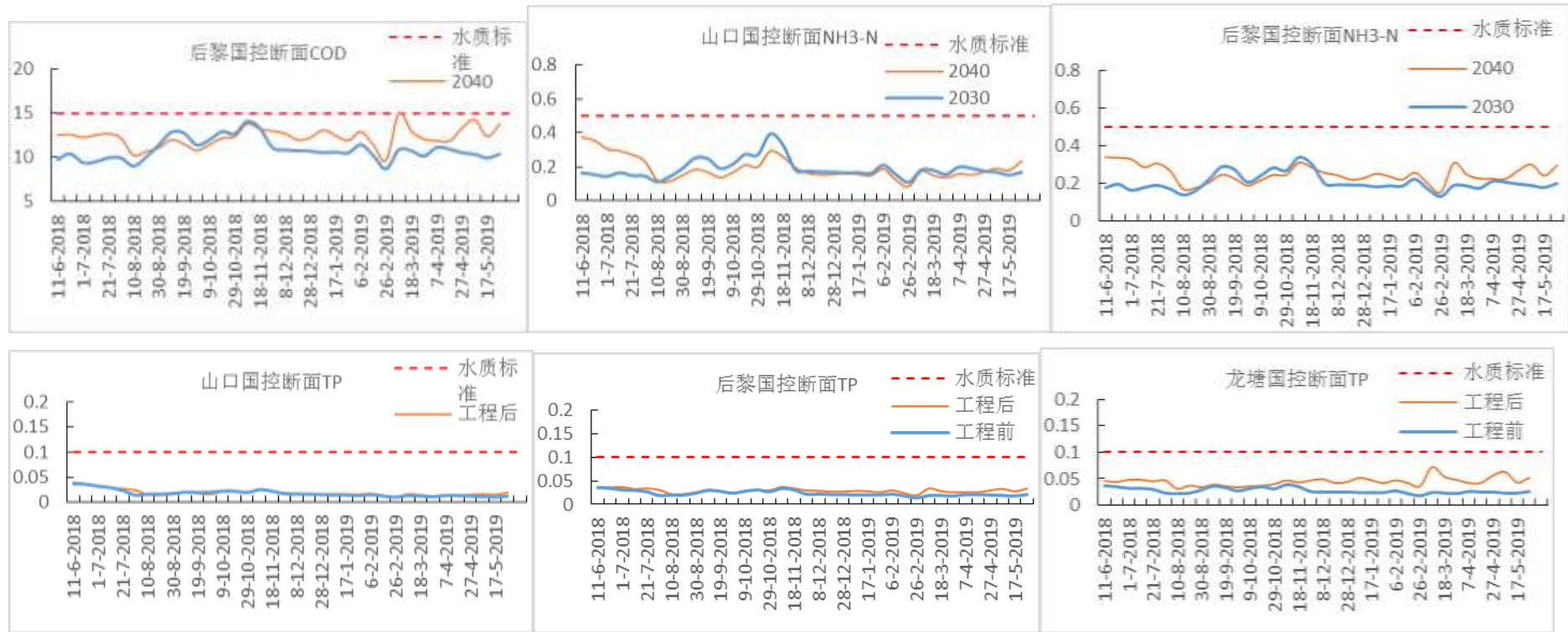


图 6.4-13 坝址下游平水年 (P=50%) 南渡江各国控断面近期与远期水质变化过程对比

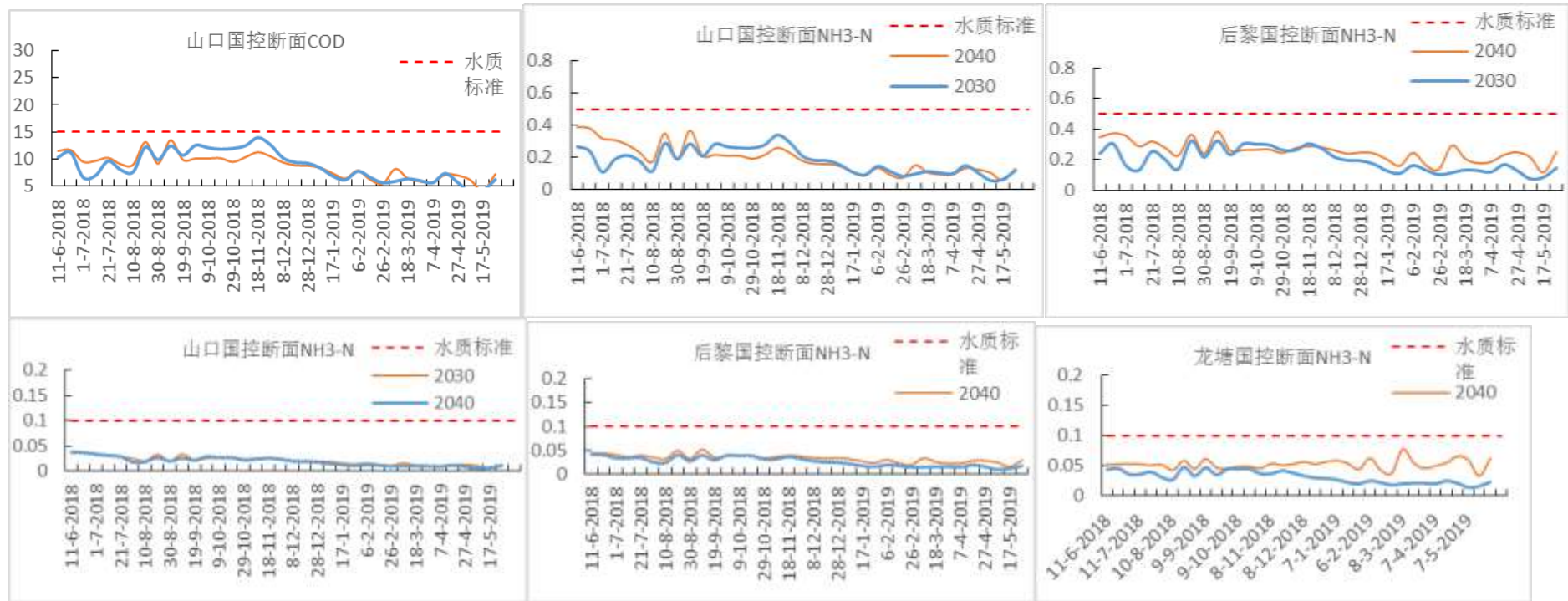


图 6.4-14 坝址下游枯水年 (P=90%) 南渡江各国控断面近期与远期水质变化过程对比

6.4.5 小结

随着污染防治措施得到逐步落实,远期 2040 年库区污染负荷认为与 2030 年污染防治规划实施后情景二的污染负荷基本相同,无显著增加。远期 2040 年坝下水污染负荷认为在 2030 年情景二污染负荷的基础上主要增加灌溉与退水污染负荷,退水主要去向包括绿现水、大塘河、西昌水、龙州河以及南渡江干流。根据计算,迈湾工程因灌溉与供水退水,新增 COD 入河量 4448.47t/a、氨氮入河量 413.37t/a、TP 入河量 52.04t/a, TN 入河量 1300.55t/a。

根据 2040 年水库蓄水至 108m 水位的运行调度规则对库区 COD、氨氮、TP、TN 水质因子进行预测,结果显示库区 COD 与氨氮在各典型年工况均达标;TN 与 TP 在库区大部分区域达到地表水二类水质标准,仅在局部区域和局部时段出现超标。TN 在南坤河支库与中坤河支库枯水年的丰水期出现超标;TP 在南坤河支库各典型年的丰水月出现超标,在库尾、加握河支库、南坤河支库以及番坡河支库枯水年的丰水月出现超标。库区整体呈现中营养,富营养化风险较低。

2040 年坝下至龙塘区间污染负荷认为在 2030 年情景二的污染负荷基础上增加了灌溉与退水污染负荷。根据预典型月沿程变化结果,远期各水质因子在丰水月与枯水月均能达到各功能区水环境质量标准。根据各国控断面典型年浓度变化分析,受退水影响,枯水期水质有一定升高。

6.5 生态影响预测评价

6.5.1 陆生生态影响

6.5.1.1 植被和景观生态影响

(1) 植被影响

在 108m 淹没线内水库蓄水淹没了 1399 个斑块,淹没植被类型面积 4167.88 hm^2 ,占评价区植被总面积的 20.52%。与近期方案相比,淹没的植被斑块数量增加了 476 个,影响斑块面积增加了 1506.48 hm^2 。正常蓄水位水位抬升影响最大的斑块经济林,增加淹没的斑块数量为 224 个,增加淹没面积 1097.05 hm^2 ,占新增淹没植被总面积的 72.82%,这主要跟评价区内植被以经济林园为主有关;热带雨林新增淹没面积为 50.03 hm^2 ,仅占新增淹没植被总面积的 3.32%,说明抬升的区域热带雨林类型相对较少。

另外,从正常蓄水位 101m 增加至 108m 运行后,水库消落最大高度增加 7m,水库消落带面积将由至少 20.86 km^2 增加至 34.76 km^2 ,水库消落带面积增加 13.9 km^2 。新增的消落区将加重对库周生态环境的不利影响。

本工程评价区和水库淹没区（108m）植被类型斑块数、面积统计分析表

表 6.5-1

植被类型名称	淹没前斑块数	评价区斑块总面积(hm ²)	被淹没斑块数	被淹没斑块总面积(hm ²)
1.热带雨林	341	2081.74	116	169.58
2.灌草丛	692	1152.16	515	611.18
3.经济林园	783	15372.73	510	2980.22
4.用材林	79	616.80	15	79.89
5.竹林	10	7.27	8	3.59
6.村庄植被	58	77.83	44	18.31
7.农田作物	294	1006.53	191	305.12
总计	2257	20306.59	1399	4167.88

远期方案受影响植被斑块的新增变化分析

表 6.5-2

植被类型	被淹没斑块数				被淹没斑块总面积(hm ²)			
	101m	108m	变化量 (108m-101m)	占比	101m	108m	变化量 (108m-101m)	占比
1.热带雨林	86	116	30	6.30%	119.55	169.58	50.03	3.32%
2.灌草丛	399	515	116	24.37%	445.6	611.18	165.58	10.99%
3.经济林园	286	510	224	47.06%	1883.17	2980.22	1097.05	72.82%
4.用材林	11	15	4	0.84%	53.61	79.89	26.28	1.74%
5.竹林	4	8	4	0.84%	2.46	3.59	1.13	0.08%
6.村庄植被	16	44	28	5.88%	9.44	18.31	8.87	0.59%
7.农田作物	121	191	70	14.71%	147.57	305.12	157.55	10.46%
总计	923	1399	476	100.00%	2661.4	4167.88	1506.48	100.00%

(2) 景观生态影响

从表 6.5-3~4 中可以看出，水库淹没在 108m 淹没线内，会占用各植被面积 4167.88 hm²，其中热带雨林林地面积 169.58hm²，损失的植被生产力约为 1934.91t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 8.18%、3.80%和 0.74%；灌草丛林地面积 611.18hm²，损失的植被生产力约为 5195.03t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 53.05%、10.21%和 2.00%。工程建设对评价范围的自然生产能力，如对灌草植被有较大的影响，对热带雨林植被的影响相对较小。

从 6.5-5 的分析结果可见，正常蓄水位从 101m 抬升至影响最大的斑块经济林，其损失的植被生产力为 15358.7t/hm²·a，占有新增的淹没的植被总生产力的 84.5%；热带雨林新增损失 570.84 t/hm²·a，占有新增的淹没的植被总生产力的 3.14%，占比较小。总体上，新增生产力损失及比例与新增淹没的各植被类型的面积显著相关。

水库淹没区（108m）植被生产力变化统计表

表 6.5-3

类 型	平均生产力 (t/hm ² a)	评价区植被总生产力			被淹没的植被总生产力		
		斑块数	面积(hm ²)	生产力 (t/hm ² a)	斑块数	面积 (hm ²)	生产力 (t/hm ² a)
1.热带雨林	11.41	341	2073.27	23656.01	116	169.58	1934.91
2.灌草丛	8.5	692	1152.16	9793.36	515	611.18	5195.03
3.经济林园	14	783	15372.37	215213.18	510	2980.22	41723.08
4.用材林	12.5	79	616.80	7710.00	15	79.89	998.63
5.竹林	8.3	10	7.27	60.34	8	3.59	29.80
6.村庄植被	12	58	77.83	933.96	44	18.31	219.72
7.农田作物	2.5	294	1006.53	2516.33	191	305.12	762.80
总 计		2257	20306.59	259883.18	1399	4167.88	50863.96

水库淹没区（108m）植被生产力淹没损失分析表

表 6.5-4

类 型	评价区植被 总生产力	被淹没的植 被总生产力	损失占该类 型的比例	损失占被淹没 的比例	损失占总生产 力的比例
	(t/hm ² a)	(t/hm ² a)	%	%	%
1.热带雨林	23656.01	1934.91	8.18	3.80	0.74
2.灌草丛	9793.36	5195.03	53.05	10.21	2.00
3.经济林园	215213.18	41723.08	19.39	82.03	16.05
4.用材林	7710.00	998.63	12.95	1.96	0.38
5.竹林	60.34	29.80	49.39	0.06	0.01
6.村庄植被	933.96	219.72	23.53	0.43	0.08
7.农田作物	2516.33	762.80	30.31	1.50	0.29
总 计	259883.18	50863.96		100.00	19.57

远期方案受影响植被总生产力的新增变化分析

表 6.5-5

类 型	被淹没的植被总生产力(t/hm ² a)			
	101m	108m	变化量(108m-101m)	所占比例
1.热带雨林	1364.07	1934.91	570.84	3.14%
2.灌草丛	3787.6	5195.03	1407.43	7.74%
3.经济林园	26364.38	41723.08	15358.7	84.50%
4.用材林	670.13	998.63	328.5	1.81%
5.竹林	20.42	29.8	9.38	0.05%
6.村庄植被	113.28	219.72	106.44	0.59%
7.农田作物	368.93	762.8	393.87	2.17%
总 计	32688.79	50863.96	18175.17	100.00%

6.5.1.2 植物、动物多样性影响

(1) 植物多样性影响

水库正常蓄水位从近期的 101m 抬高至远期 108m，由于河岸带植被在水库近期蓄水时，已将河岸带植被水翁、猫尾木、黄槿、榕树等为优势的热带河岸丛林淹没，随后在水库运行过程中产生消落带，因此，水位抬升淹没的主要为河岸以上山地植物。根据现场调查结果，从正常蓄水位 101m 抬升至 108m，未发现新增淹没珍稀保护植物和古树。增加的淹没植被类型主要以人工经济林、灌草丛、农田作物为主，淹没的自然物种也多为常见植物，水位抬升不会导致物种的消失，不会对区域内植被资源和植物物种多样性产生显著的不良影响。考虑到近期和远期方案相差至少 10 年，评价区内植物将自然更新，应在远期蓄水前针对抬升区域再开展一次详细的植物调查。

(2) 动物多样性影响

水库淹没范围增加的区域主要由橡胶人工林、村落、农田旱地和灌草丛生境组成，其中人工林及村落动物群落主要以适应人为干扰能力较强的动物物种及重点保护动物为主，如黑眶蟾蜍、泽蛙、中国壁虎、疣尾蜥、草腹链蛇、小白腰雨燕、白腰雨燕、隐纹花松鼠和黑家鼠等，也包括部分适应人为干扰能力较弱的物种，如白鹭、银环蛇、骨顶鸡等，总体上导致该区域大部分动物生境类型的丧失。部分人工林、灌草丛和村落群落中的适应人为干扰能力较强的物种会随着水面的上升而向水位线上方迁移和扩散，在一定程度上会导致水位线上人工林和灌草丛群落物种数量增多现象的发生，也会发生一部分物种因为资源有限性而发生竞争导致迁移现象的发生，而扩散至邻近淹没区相似生境中。水栖爬行动物和两栖动物而言，亲水性较强，水面的上升增加了水域的面积和生境范围，也扩大了其分布和活动的空间；对于湿地动物群落而言，淹没区水位水线的上升，增加了水域面积和范围。两栖爬行动物被迫随着水线上升，也为很多湿地鸟类和陆地兽类提供了更多暴露食物的机会，受到食物的吸引，水线附近鸟类和兽类分布可能会较为丰富多样。淹没区内部有些海拔高于 108m 区域可能会出现局部的地势较高区域，水位上升至稳定时期，仍处于裸露于水面之上，这些区域基本生态功能仍会保持，生命维持系统仍会正常运转，因此适应干扰能力较强的物种，尤其是鸟类和部分兽类仍会分布其中。综上所述，淹没范围增加对农场和村落区域相对影响较大，丧失动物生境较为明显，而对南渡江流域次生林及灌草丛动物群落相对影响较小。

6.5.1.3 热带雨林影响

(1) 远期方案水库淹没对热带雨林植被和生产力影响

水库在 108m 淹没线内占用各雨林植被面积 169.58hm²，其中鸭脚木+黄椿木姜子群系的淹没面积最大，为 67.75hm²，损失的植被生产力约为 826.55t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 8.55%、42.94%和 3.49%；其次是靠近坝址区域的岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系，受淹没的面积 45.94hm²，损失的植被生产力约为 482.37t，占该类型生产力、被淹没生产力和评价区总生产力分别为 14.03%、25.06%和 2.04%。另外，靠近松涛水库及库周分布的海南暗罗+鸭脚木群系没有受淹没的影响。因此，在 108m 淹没线内，虽然工程建设对评价范围的自然生产能力有一定的影响，但对评价范围影响的总比例并不大（淹没损失总占比 8.14%）。

水库 108m 淹没区热带雨林植被生产力变化统计表

表 6.5-6

类 型	平均生产力 (t/hm ² a)	评价区植被总生产力			被淹没的植被总生产力		
		斑块数	面积 (hm ²)	生产力(t)	斑块数	面积 (hm ²)	生产力(t)
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	10.5	66	327.50	3438.75	21	45.94	482.37
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	11	42	147.21	1619.31	25	36.10	397.10
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	10.5	31	182.12	1912.26	14	16.56	173.88
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	7.5	4	43.56	326.70	2	0.08	0.60
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	12.2	120	792.43	9667.65	45	67.75	826.55
6.鸭脚木+黄桐群系	14.2	41	251.50	3571.30	9	3.14	44.59
7.海南暗罗+鸭脚木群系	9.5	37	328.95	3125.03	0	0.00	0
总 计		341	2073.27	23660.99	116	169.58	1925.09

水库 108m 淹没区热带雨林植被生产力淹没损失分析表

表 6.5-7

类 型	评价区植被总生产力(t)	被淹没的植被总生产力(t)	损失占该类型的比例(%)	损失占被淹没的比例(%)	损失占总生产力的比例(%)
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	3438.75	482.37	14.03	25.06	2.04
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	1619.31	397.10	24.52	20.63	1.68
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	1912.26	173.88	9.09	9.03	0.73
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	326.70	0.60	0.18	0.03	0.00
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	9667.65	826.55	8.55	42.94	3.49
6.鸭脚木+黄桐群系	3571.30	44.59	1.25	2.32	0.19
7.海南暗罗+鸭脚木群系	3125.03	0	0.00	0.00	0.00
总 计	23660.99	1925.09	8.14	100.00	8.14

(2) 远期方案对植被的新增影响

水库正常蓄水位从近期的 101m 抬高至远期 108m，经对比分析，在新增受淹没影

响的群系主要为岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系、笔管榕+黄桐+大叶山楝群系、山麻树+黄桐+翻白叶群系、鸭脚木+黄椿木姜子群系和鸭脚木+黄桐群系共 5 个，对翻白叶+中平树+大果榕群系、海南暗罗+鸭脚木群系 2 个群系没有新增影响。新增淹没热带雨林植被斑块数量 30 个，新增淹没面积 50.03hm²，新增植被生产力损失 574.47t。

新增受影响的群系中，以鸭脚木+黄椿木姜子群系受影响相对较大，受影响的斑块数量、面积和生产力均占到所有群系的 41% 以上；翻白叶+中平树+大果榕群系受影响面积相对最小，仅为 0.08hm²。

根据现场调查结果，新增受影响的热带雨林植物中无珍稀保护植物，也无特色植物。

(3) 远期方案对动物的新增影响

水面的上升和水位的上涨，会伴随着少量雨林生境的丧失，分布区活动范围的局部缩小，因此会受到一定的影响，相对而言鸟类和兽类分布范围较大，生境局部丧失的环境压力下可以缩小其分布空间和活动范围，而两栖爬行动物所需分布空间范围较小，活动取食和繁殖空间也相对较小，容易因为生境丧失而在其他区域生境中得以分布和栖息，伴随着水面上升和水位的上涨，这些次生热带雨林群落中的鸟类和兽类会相对较为迅速的做出反应，向水线上移动和迁移，缩小其分布区，而两栖爬行动物移动速度相对较慢，但水位上升过程相对缓慢，也为其迁移提供了相对足够的时间，同时两栖爬行动物在迁移的过程中会由于迁移而过多的暴露行踪，吸引鸟类和兽类等捕食者在水线附近分布和活动。相反，营运期库区下游可能会出现一定时间的水面减少和水位降低的现象，但次生热带雨林基本都分布于河道两侧相对较高海拔区域。

热带雨林分布的珍稀保护动物共有 22 种，其中国家 II 级重点保护动物有 4 种，全部为鸟类，海南省省级重点保护陆生脊椎动物 18 种。部分珍稀保护物种分布在 108m 淹没线以上区域，可能在 108m 淹没线附近生活的种类有舟山眼镜蛇、眼镜王蛇、蛇雕、珠颈斑鸠、绿翅金鸠、褐翅鸦鹃、绿嘴地鹃、白头鹎、黑喉噪鹛、树鼩等，活动能力较强，可随时水位抬高，向周边区域迁移。

远期方案受影响热带雨林的新增变化分析

表 6.5-8

群系类型	斑块数				面积(hm ²)				生产力(t)			
	101m	108m	变化量 (108m-101m)	所占比例	101m	108m	变化量 (108m-101m)	所占比例	101m	108m	变化量 (108m-101m)	所占比例
1.岭南酸枣+滑桃树+猫尾木群系	16	21	5	16.67%	32.47	45.94	13.47	26.92%	340.94	482.37	141.43	24.62%
2.笔管榕+黄桐+大叶山楝群系	22	25	3	10.00%	27.38	36.1	8.72	17.43%	301.18	397.1	95.92	16.70%
3.山麻树+黄桐+翻白叶群系	14	14	0	0.00%	12.33	16.56	4.23	8.45%	129.47	173.88	44.41	7.73%
4.翻白叶+中平树+大果榕群系	0	2	2	6.67%	0	0.08	0.08	0.16%	0	0.6	0.6	0.10%
5.鸭脚木+黄椿木姜子群系	31	45	14	46.67%	46.88	67.75	20.87	41.71%	571.94	826.55	254.61	44.32%
6.鸭脚木+黄桐群系	3	9	6	20.00%	0.5	3.14	2.64	5.28%	7.1	44.59	37.49	6.53%
7.海南暗罗+鸭脚木群系	0	0	0	0.00%	0	0	0	0.00%	0	0	0	0.00%
合计	86	116	30	100.00%	119.55	169.58	50.03	100.00%	1350.6	1925.1	574.47	100.00%

6.5.2 水生生态影响

(1) 水生生境的变化影响

迈湾水库从正常蓄水位 101m 对应库容 2.82 亿 m^3 ，增加至正常蓄水位 108m 时对应库容 4.96 亿 m^3 ；正常蓄水位对应水库面积由 23.8 km^2 增加至 37.7 km^2 ，水位最大变幅由 25m 增加至 32m，水库回水长度从 45.3km 增加至 50.6km。

迈湾水库水体规模显著增加，经水环境预测分析，库区整体仍为中营养化状态，营养物质相对丰富，有利于浮游生物生长繁殖。水库水温在部分月份的分层现象更加突出。本工程“以新带老”补建松涛水库泄放生态流量，迈湾库尾（松涛水库大坝以下至腰子河口）河段生境逐渐恢复。水库下游河段，总体水量减少，但由于松涛水库及迈湾水库下泄生态流量，正常情况下不再发生河道断流问题，河道生态水量可得到基本的保证。

(2) 对浮游动植物和底栖动物的影响

迈湾水库在远期运行后，河流态生境中浮游植物从以硅藻门为主转变为水库静水中以蓝藻门和绿藻门为主，水体规模增大且营养物质的富集，均有利于浮游植物的生长繁殖，生物量进一步增加。浮游动物的演变趋势也与浮游植物基本一致，其在库区的生物量也将增加。水深增加，将对原在浅水区的底栖生物将因光照、水温、溶氧等条件变得不利而减少，同时在新的淹没区浅水区域形成底栖动物生境，底栖动物的种类组成和生物量将与近期运行工况下相似。

(3) 对鱼类的影响

随着本工程“以新带老”补建九龙滩、谷石滩水电站过鱼设施，南渡江中游的河流连通性将得到一定程度的恢复。本工程远期抬升水位，相对于近期运行工况，不会加剧阻隔影响，但应加强各梯级过鱼设施的运行管理。

库区江段在水库近期蓄水后已形成湖泊水动力学特征，水位抬高后，在松涛大坝泄放生态流量条件下，库尾以上干流天然河段将由 101m 正常蓄水位下的 9.7km 减少至 108m 正常蓄水位下的 4.4km。库区范围适应流水生境的鱼类将主要向库尾支流腰子河迁移，流水性鱼类栖息地面积进一步缩小，种群规模将进一步下降。远期建设方案下，库区水体容积及水域面积进一步增大，水生浮游植物、动物生物量增加，鱼类的栖息、活动空间增大，有利于静缓流、浮游生物食性或杂食性鱼类生存，鱼类总资源量将会增加。

各典型年(丰、平、枯、特枯水年)年内水位变幅约为 14.1m、3.2m、14.3m 和 18.7m，水库的水位消落仍然不利于库区产粘沉性卵鱼类的繁殖。库区产生水温分层现象，远期

平水年低温水影响范围最大约为 42km，相比近期平水年影响范围 46km，略有减少，下泄低温水对鱼类的生长繁殖均存在不利影响。

水库在近期方案下蓄水运行即已淹没库区干、支流河段产粘沉性鱼类产卵场，远期实施后累积影响不大；对产漂流性卵鱼类而言，其漂流流程进一步缩短，但由于热带河流水温较高，受精卵孵化较快，库尾及腰子河可能依然能够满足部分产漂流性卵鱼类产卵的水文需求，但需要加强对腰子河的生境修复，加强相关监测。水库规模增加，仔幼鱼和适应缓流及静水的索饵、肥育条件将更加优良。经河口区水质预测分析，远期方案对河口区鱼类及其产卵生境不会产生显著影响。

6.6 其他环境影响

6.6.1 副坝和移民安置施工期影响分析

本工程枢纽区除 2#、5#、7#副坝在远期蓄水前建设，副坝均为土石坝，工程量相对近期方案的枢纽施工显著较小。相比近期方案，远期方案将新增 2 个移民安置点。副坝和移民安置点施工期工程施工期主要产生废气、噪声和固体废物，以及生产废水和生活污水。因在近期方案实施后本工程枢纽区评价范围内已无居民点，移民安置点施工影响范围较小，其施工过程中所产生的噪声和废气、扬尘影响均较小。各类生产废水和生活污水采取措施后回用，固体废物收集后外运处置，不会对周边水体和生态环境产生显著的不利影响。

6.6.2 水库浸没影响分析

(1) 浸没范围分析

地下水临界埋深是地下水的最低允许埋藏深度，是圈定浸没范围的边界条件。根据《水利水电工程地质勘察规范》(GB50487-2008)，浸没临界地下水位埋深应根据地区具体水文地质条件、农业科研单位的田间实验观测资料和当地生产实践经验确定，也可采用下式计算：

$$H_{cr} = H_k + \Delta H$$

式中： H_{cr} ——浸没临界地下水埋深，m；

H_k ——地下水位以上毛管水上升最大高度，m；

ΔH ——安全超高值，m。对农业区，该值为植物根系层的厚度；城镇和居民区，该值取决于建筑物的基础型式和砌置深度。

根据工程类比，粘性土的毛管水上升高度取值 0.4m~1.2m，本工程覆盖层以粉土为

主，毛管水上升高度取值 1.0m。

库区浸没影响分析安全超高值按农业区和建筑区分别确定，具体见表 6.6-1。

评价区安全超高值汇总表

表 6.6-1

农业区		建筑区		
农作物根系深度(m)		建筑物基础埋置深度(m)		
蔬菜	橡胶、槟榔等果树	土坯房	砖混结构	框架结构
0.6	1.0	0.5~0.8	1.5~2.5	1~3.5

库区黄岭农场阶地现状为农地，农作物为蔬菜及槟榔等，计算得到浸没临界地下水位埋深为 1.6m~2.0m，当地面高程小于 109.6m~110.0m 时，会发生浸没的可能；本工程库区建筑区基础埋置深度取 1.5m，计算得到浸没临界地下水位埋深为 2.5m，当地面高程小于 109.6m~110.5m 时，会发生浸没的可能。

(2) 浸没影响评价

根据前面浸没范围的预测，结合黄岭农场前沿阶地的地形、地层结构及水文特征水库蓄水后正常蓄水位 108.0m 运行时，地面高程在 108.0m~110.5m 之间的地方发生浸没的可能性较大。库区正常蓄水位一带均为低山丘陵区，山坡上没有大片农田及平地，可耕地总体较少，不存在大面积农田浸没问题。根据测算，库区黄岭农场存在少量房屋及耕地的浸没问题，浸没面积约 10000m²，影响民房 2 栋，浸没面积约占库区淹没及影响土地总面积(约 4366 万 m²)的 0.23%，浸没环境影响总体较小。

7 环境风险分析

7.1 评价目的

本工程投资规模较大、涉及范围较广、建设地点较集中、建设内容较多、施工工期较长、影响因素较多，工程实施和运行中可能存在一些不确定的突发性事故风险因素，造成一定的环境风险，诸如由于自然条件恶劣、人为操作失当等原因，可能在工程区域引起火灾、爆炸、污染物未经处理大量排放等风险事故，造成人身伤亡、环境危害等。因此，有必要进行环境风险分析，并采取必要的措施。

本环境风险评价的主要内容为识别工程施工和运行期间，可能发生的风险环节和潜在事故隐患，确定潜在环境风险事故的影响程度，并提出事故防范措施和应急预案，提高风险管理水平，使项目的环境风险影响尽可能降到最低，达到安全施工、运行的目的。

7.2 风险识别与源项分析

7.2.1 风险源概况

(1) 爆炸、火灾及危险品运输事故源

工程建设期间由外界运入并使用大量炸药、油料，工程区进驻大量施工人员，可能发生爆炸、油料泄漏等事故，并引发生态破坏和水质污染等次生灾害。

(2) 污废水事故源

工程施工期间将产生一定的污废水，包括生产废水和生活污水，规划砂石料加工系统废水和混凝土拌和系统冲洗废水处理回用于本系统生产用水，其他生产废水和生活污水处理达标后排入加握河和南渡江。在各处理系统正常运行下，对南渡江水体水质的影响较小，但在事故排放情况下，影响则增加，其中砂石料加工系统冲洗废水水量最大、浓度最高，砂石料加工系统废水产生量均为 $560\text{m}^3/\text{h}$ ，事故排放下 SS 浓度为 50000mg/L 。

(3) 运行期水质和水量风险源

经预测分析，本工程水库建成后库区总磷超标，主库区处于中~富营养化状态。本工程水库有供水任务，水库水体污染及富营养化，对供水水质保障存在一定风险。另外，工程建设导致下游径流量减少，叠加灌区退水影响，下游河道水质可能存在变差的风险。

至规划水平年 2040 年，本工程设计供用水量 3.05亿 m^3 ，取水量较大，因此，本工程取水可能导致下游水量的减少，在特殊干旱年可能对下游生态水量保证存在风险。

(4) 生态风险源

迈湾水利枢纽工程工程将采取生态恢复措施，针对施工迹地、道路及营地区进行绿

化，需种植苗木或撒播草籽。本工程植被恢复过程人工种植的植物种类如有入侵物种，将对区域生态系统产生一定的风险。

7.2.2 物质危险性识别

按《物质危险性标准》、《重大危险源辨别》(GB18218-2000)、《职业性接触毒物危害程度分级》(GB50844-85)的相关规定，以及水利工程施工物资种类特点，工程涉及的危险性物质主要为石油、生态入侵物种等。

7.3 风险评价

工程存在潜在的事故风险和環境风险主要包括施工污废水未经处理直接大量排放和运行期洪水风险等，以及施工期加油站、油库和炸药库发生事故的环境次生风险。本工程周边居民点较少，主要风险源与居民点均相对较远，无特殊生态敏感区和重要生态敏感区。参考《建设项目环境风险评价技术导则》中环境风险评价工作等级划分的规定，据此确定本工程环境风险评价工作等级为二级。

7.3.1 加油站风险

(1) 风险识别

工程施工加油站风险类型主要为油料在装卸过程和加油过程中的泄漏、火灾和爆炸，危害因素主要为静电、电气火花、储罐腐蚀穿孔、储罐冒罐等。

(2) 源项分析

加油站发生事故可能出现的环境危害的风险类型是泄漏、火灾和爆炸。油品在装卸作业时，若流速过大易产生静电，在雷电等条件下可能引发火灾燃烧，或由于操作人员的工作失误导致原油外溢，遇到火源易引发火灾燃烧事故。一旦泄漏或爆炸，对周边居民点和周边水域水质具有潜在危险。

(3) 后果估算

加油点周边无工矿企业和居民点，但临近南渡江，运输过程和事故风险的油料泄漏对周边水体可能产生环境风险。

(4) 风险评价

加油站是工程施工期的安全、消防重点管理区，建立有严格的安全管理制度。根据以往水利工程施工情况，加油点发生事故的可能性较小。

7.3.2 危险品运输事故风险

(1) 风险识别

本工程运输的危险品主要为油料、炸药和雷管，其风险类型为可能存在运输过程中

的油料泄漏和由于交通事故造成炸药、雷管等爆炸或倾倒入周边河道而污染水体。

(2) 源项分析

本工程施工期间危险品运输主要环境危害为油罐车运输油料过程中的油料泄漏和炸药或雷管在运输过程中倾倒入水体污染水质，以及事故发生爆炸引起森林火灾。

(3) 后果估算

本工程位于山区，危险品运输事故如若引发火灾，会对工程区植被造成一定的破坏，甚至可能影响周边野生动物；如油罐车油料泄漏或炸药和雷管在运输过程中倾倒入水体，会对工程所在南渡江水系水质造成一定影响，甚至可能影响下游地表水源保护区水质，对该水源保护区水质造成影响。

(4) 风险评价

本工程施工期间的物资运输相对一般公路而言运输量较小，因此发生事故的概率很小。危险品运输是施工安全管理重点，管理严格，事故防范措施严密，根据其它水利工程施工情况，因交通事故发生爆炸或倾倒入水体的事故的概率很小。

7.3.3 森林火灾风险

(1) 风险识别

工程周围森林植被较好，在非雨季的季节可能发生火灾，因此火灾的主要危害因素是雷电、静电、电气火花、自燃、人为因素等。

(2) 源项分析

引起森林火灾的最主要危害因素为雷电和人为因素，其中雷电为自然不可抗力，人为因素主要是在林区吸烟、野外生活等。另外，工程施工期爆破作业的不规范，也可能引起森林火灾。

(3) 后果估算

工程库周森林植被较好，现有植被多为次生植被和人工植被，材积量较高，因此工程区一旦发生事故引发森林火灾，将造成较大的损失。

(4) 风险评价

工程施工期间，不允许施工人员进入施工区占地范围外的林区，施工炸药库、加油点等为整个施工区的安全、消防管理重点，管理严格，事故防范措施严密，易燃易爆器材使用时也规定了一定的安全防火范围。因此，工程施工的人为行为引起森林火灾的概率也较小。

7.3.4 施工期污水事故排放风险

(1) 风险识别

施工期主要污水为砂石料冲洗废水、混凝土系统冲洗废水、含油废水和施工生活污水等。工程建设期间各类污水均进行处理并回用，在各处理系统正常运行情况下对南渡江及下游水体水质不会造成影响，但施工过程中可能因回用水泵或各污水处理设施故障等情况造成污水处理不及时，而发生事故排放，在丰水期暴雨冲刷施工开挖面和施工场地时，会造成水土流失，从而对水体水质造成影响。

(2) 源项分析

工程建设期间各类污水均进行处理并回用，在各处理系统正常运行情况下对南渡江及下游水质不会造成影响，但在系统事故排放情况下可能对水体水质造成影响。

在暴雨径流期间，施工开挖面和各临时占地的汇流将携带大量的悬浮物，使河道内的悬浮物浓度大幅度提高，进而影响到下游水质。工程建设期间最大的废水来源为砂石料冲洗废水，施工期砂石料系统冲洗废水事故排放的可能原因主要有：

① 设备及电力原因导致的可能性

根据工程环保规划，砂石料冲洗废水处理系统主要的设备如砂水分离器和污水净化器等为单套措施，故障时可能发生系统设备完全瘫痪导致事故排放。系统设有清水回用池，事故排放情况下，可作为临时短期的事故废水贮存池，由于砂石料废水中主要污染物为 SS，其在清水池中停留一定时间后，出水 SS 浓度将有所降低。工程施工期的砂石料系统为施工区主要的用电设施之一，属较重要的供电对象，因此在电力供应和维护上具有较高的保证。

② 进水水质原因导致的可能性

工程环保设计中选择 DH 高效污水净化器脱污泥法对砂石料冲洗废水进行处理，该处理工艺效果好，且施工砂石料来源于同一料源，砂石料加工所需的单位用水量也较为稳定，因此生产废水中 SS 浓度变化不大，即进水水质负荷变化不大。因此，从进水水质角度分析，在设备正常运行的情况下，其导致的事故排放可能性不大。

③ 运行管理原因导致的可能性

工程建设单位将成立专门的施工期环保管理部门，并设置专/兼职和专业人员，开展施工期环境监理，负责和落实环保管理工作，检查环保设施的建设进度、质量及运行、检测情况，处理实施过程中的有关问题。

砂石料冲洗废水处理系统采用的 DH 高效污水净化器脱污泥法有一定的运行维护要

求，因此存在由于运行管理不善而导致污废水事故排放的可能性。

(3) 后果估算

本工程位于Ⅱ类水功能区，一旦发生污废水事故泄漏排放可能对本河段水质和水功能造成不利影响。

(4) 风险评价

根据施工期事故排放预测结果，砂石料系统冲洗废水若未经处理发生事故排放，将对下游河道水质造成较大影响，若经处理后达到回用标准发生事故排放，则对下游河道水质影响相对较小。砂石料系统污染源较大，若发生事故排放可使河道中悬浮物浓度增值较大，施工期间存在一定的事故排放风险。

7.3.5 运行期水质污染和生态用水风险分析

7.3.5.1 水污染风险

本工程库区及下游大部分河段水环境功能要求为Ⅱ类，水质目标较高。经预测分析，2040年迈湾水库建成后108m正常蓄水位方案，枯水年丰水期库区局部总氮、总磷超标，超标的主要原因为库周农村生活污水、畜禽养殖、农田径流等面源随着支库入流影响，平水年和丰水年水质达标。另外根据2040年的水库运行工况进行预测，结果表明在流域污染防治措施落实的情况下各水质因子均能达到各功能区水环境质量标准。

水质风险还包括迈湾坝下区间各支流来水水质变差的情景，如区间存在点源的超标准排放、面源污染控制失效等情况下，对该河段水质可能产生较大风险。

本工程具有供水功能，九龙滩坝址至龙塘坝址还有4处已建立的水源保护区、11个已建或在建的取水口，水质的恶化可能对取用水安全产生不利影响。

7.3.5.2 生态用水风险

龙塘站历年实测最小流量为 $0\text{m}^3/\text{s}$ ，可见在未建本工程前南渡江流域由于未建设调节型水库，在特殊干旱年下游水量难以保证。本工程建成后，一般用水期（11月~翌年5月）保证最小下泄流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ ，鱼类生态敏感期（6~8月）保证最小下泄流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，9~10月最小下泄流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 。经分析，在超标准枯水情况，也可满足下游相应的生态流量要求。

然而，本工程具有供水、灌溉任务，其中远期方案受水区包括直供片、补水片和置换片。本工程设计的供水量考虑了灌区节水措施、灌片水量置换、农业用水保证率等因素，但若受水范围内发生节水措施不到位、超标准供水或超指标水量置换、干旱及特枯时段生态用水冲突等情况，则存在河道中生态用水风险，对水生态和水环境产生不利影

响。

7.3.6 生态风险分析

(1) 生态调查不足风险

本工程评价区内分布有此生热带雨林植被类型，分布范围主要位于水库淹没区的河道两侧、枢纽区左岸等，共计有 7 个群落类型。即使为次生的热带雨林，其物种多样性较周边的橡胶林、槟榔林等经济林及园地、耕地也更为丰富。限于调查难以完全覆盖所有植物，且工程所在区域水热条件较好，物种更新速度较快，可能存在部分珍稀保护物种未被调查到，受到施工及水库淹没等风险。

(2) 生态入侵风险

工程区以人工种植的橡胶林、槟榔林为主要植被类型，组成各植被类型、群落的优势种种类不多，群落稳定性一般，因此生物入侵的主要危害因素为人为带入的外来物种。工程实施景观绿化、植被恢复措施过程中，禁止使用易引起入侵的植物种类，优先选择乡土种、本地种或已被证明无入侵风险的物种；加强管理，不允许任何人将未知种类植物种植于工程区。根据其它类似工程情况，发生生物入侵事故的概率很小。

7.4 环境风险管理

7.4.1 环境风险防范措施

7.4.1.1 加油站风险防范措施

(1) 汽车加油站的储油罐应采用卧式油罐。油罐的设计和建造，应满足油罐在所承受外压作用下的强度要求，并应有良好的防腐蚀性能和导静电性能。钢制油罐所采用钢板标准规格的厚度不应小于 5mm。

(2) 加油站的汽油罐和柴油罐（撬装式加油装置所配置的防火防爆油罐除外）应埋地设置，严禁设在室内或地下室内。

(3) 工程所在南渡江河段水质为 II 类，为防止油品泄漏影响河段水质，加油站应采取防渗漏扩散的保护措施，并应设置渗漏检测设施。

(4) 加油站的油罐宜设带有高液位报警功能的液位计。

(5) 加油站的防雷接地、防静电接地、电气设备的工作接地、保护接地及信息系统的接地等，宜共用接地装置。其接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ 。当各自单独设置接地装置时，油罐的防雷接地装置的接地电阻、配线电缆金属外皮两端和保护钢管两端的接地装置的接地电阻不应大于 $10\ \Omega$ ；保护接地电阻不应大于 $4\ \Omega$ ；地上油品管道始、末端和分支处的接地装置的接地电阻不应大于 $30\ \Omega$ 。

(6) 加油站应设置消火栓箱等灭火设施，包括灭火器、黄沙池等。

(7) 在加油站周围修建截油沟，并根据储油量修建事故油池，用来收集事故情况下泄漏的油料。

7.4.1.2 污水处理系统环境风险防范措施

详见“8.2.5.1 砂石加工系统废水处理”。

7.4.1.3 森林火灾环境风险防范措施

- (1) 严格执行野外用火和爆破的相关报批制度。
- (2) 严禁施工人员私自野外用火，并做好宣教工作。
- (3) 严格控制易燃易爆器材的使用。
- (4) 制定和执行严格的爆破规程，爆破时采取有效隔离措施。

7.4.1.4 运行期水质污染风险防范措施

(1) 结合区域水污染防治行动计划以及编制的《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》，开展库区及下游污染源治理。

(2) 按照水源地管理要求，保护迈湾库区水质。

(3) 在下游出现突发水质污染情况下，迈湾加大下泄流量，保护下游水环境。

7.4.1.5 运行期生态用水风险防范措施

(1) 水务主管部门定期对本工程节水措施、农业用水保证率进行评估，其中节水指标须达到设计要求，农业用水保证率不得超过设计标准。

(2) 建设单位每日向水务主管部门上报供水数据，禁止超标准供水。

(3) 迈湾灌区设计过程中应核实新增、置换灌区面积，禁止超标。

(4) 结合水情预报，合理水量调度，在干旱及特枯时段优先保证生态流量的下泄。同时加强泄水设施的维护，生态流量在线监测数据接入水务、环保主管部门监测系统。

7.4.1.6 生态调查不足风险防范措施

(1) 本工程正式开工之前、蓄水之前应分别开展施工区、库区热带雨林影响专项调查报告编制工作，对各区块热带雨林面积、物种进行复核。

(2) 施工过程中发现前期未调查到的珍稀保护动植物或具有保护价值的热带雨林，应上报环保和林业主管部门，采取保护措施并征求同意后方可动工。

7.4.1.7 生物入侵风险防范措施

为保护工程周边生态系统稳定，须从工程设计和管理工作两个方面着手，防范生物入侵风险：

- (1) 禁止工程的景观绿化、植被措施等设计使用有入侵风险的物种。
- (2) 严禁施工过程中带入外来物种。
- (3) 发现入侵物种应及时向主管部门汇报。

7.4.2 环境风险应急预案

7.4.2.1 事故应急预案的体系定位及应急处置程序

根据国务院《国家突发公共事件总体应急预案》、《海南省人民政府突发公共事件总体应急预案》确定的全国突发公共事件应急预案体系的划分原则，本工程应急预案体系为突发公共事件地方应急预案和环境污染和生态破坏事故应急预案。突发公共事件的应急处理程序主要包括以下 4 个方面：

(1) 信息报告

特别重大或者重大突发公共事件发生后，要立即报告上级应急指挥机构并通报有关地区和部门，最迟不得超过 4 小时。应急处置过程中，要及时续报有关情况。

(2) 先期处置

突发公共事件发生后，在报告特别重大、重大突发公共事件信息的同时，要根据职责和规定的权限启动相关应急预案，及时、有效地进行处置，控制事态。

(3) 应急响应

对于先期处置未能有效控制事态的特别重大突发公共事件，要及时启动相关预案，由上一级应急指挥机构统一指挥或指导有关地区、部门开展处置工作。

现场应急指挥机构负责现场的应急处置工作。

需要多个相关部门共同参与处置的突发公共事件，由该类突发公共事件的业务主管部门牵头，其他部门予以协助。

(4) 应急结束

特别重大突发公共事件应急处置工作结束，或者相关危险因素消除后，现场应急指挥机构予以撤销。

7.4.2.2 危险事故应急预案

本工程的建设必然伴随潜在的危害，如果防范措施水平高，则事故的概率必然会降低，但仍然存在发生事故的可能。一旦发生事故，需要采取上述工程应急防范措施，控制和减小事故危害。并需制订应急预案，实施相关措施。

本工程突发事故主要涉及海南省儋州市、琼中县、澄迈县、屯昌县，根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《海南省人民政府突发公共事件总体应急预案》等相关要求

和说明，本工程事故应急应纳入省突发公共事件应急预案体系中，并据此确定本工程应急预案。

(1) 应急计划区

本工程应急计划区包括爆破材料库区以及环境保护目标区，后者主要是周边居民点和水域。应急事件包括火灾、爆炸事故、地表水体污染等。

(2) 应急组织机构、人员

① 应急领导机构

应急总领导机构为省人民政府突发公共事件应急委员会，作为协调指挥机构，统一领导突发公共事件的应急处置工作。

地方应急领导机构由涉及的儋州市、屯昌县、澄迈县、琼中县的分管环保的市/县长、环保局、环境监测站及其它相关各协作部门负责人组成。

现场应急领导机构由建设单位分管环保的领导、环境保护管理办公室负责人、承包商单位分管环保的领导组成。

② 现场指挥

由应急领导机构指定现场指挥，火灾、爆炸时一般由地方上分管环保的县长担任现场指挥负责指挥应急反应行动的全过程；溢油事故应急行动由分管安全的县长负责指挥。

③ 应急救援人员

应急救援人员包括：**A.** 危险源控制组，主要是负责在紧急状态下的现场抢险作业，及时控制危险源，由建设单位和承包商单位消防、安全部门组成，必要时包括地方专业防护队伍；**B.** 伤员抢救组，负责现场伤员的搜救和紧急处理，并护送伤员到医疗点救治，由事故责任单位和施工区医疗机构负责；**C.** 医疗救护组，负责对受伤人员进行紧急救治并护送重伤人员至医院作进一步治疗，由施工区医疗机构负责，当地医院协作；**D.** 消防组，负责现场灭火、设备容器的冷却、喷水隔爆、抢救伤员及事故后对被污染区域的清洗工作，人员由建设单位、承包商消防人员和当地公安消防队伍组成；**E.** 安全疏散组，负责对现场及周围人员进行防护指导、疏散人员、现场周围物资的转移，由建设单位和承包商安全监督部门、安全保卫人员和当地政府人员组成；**F.** 安全警戒组，负责布置安全警戒，禁止无关人员、车辆进入危险区域，在人员疏散区域进行治安巡逻，由建设单位和承包商安全保卫人员、当地公安部门负责；**H.** 物资供应组，负责组织抢险物资、工器具和后勤生活物资的市场供应，组织运送抢险物资和人员，由建设单位和

当地县区政府负责；I. 环境监测组，负责对大气、水质、土壤等进行环境应急监测，确定影响区域范围和危险物质浓度，对事故造成的环境影响做出正确评估，为指挥人员决策和消除事故污染提供依据，并负责对事故现场危险物质的处置，由建设单位和承包商单位环境保护管理办公室和当地环保局负责；J. 专家咨询组，负责对事故应急救援提出方案和安全措施，现场指导救援工作，参与事故的调查分析并制定防范措施，由建设单位和承包商单位安全监督部门、当地各相关部门技术专家组成，由领导机构负责组织；K. 综合协调组，负责综合协调、信息沟通、事故新闻和应急公告发布，由建设单位、当地宣传部门组成；L. 善后处理组，负责现场处置、伤亡善后工作，由建设单位、当地政府相关部门组成。应急程序见图 6.4-1。

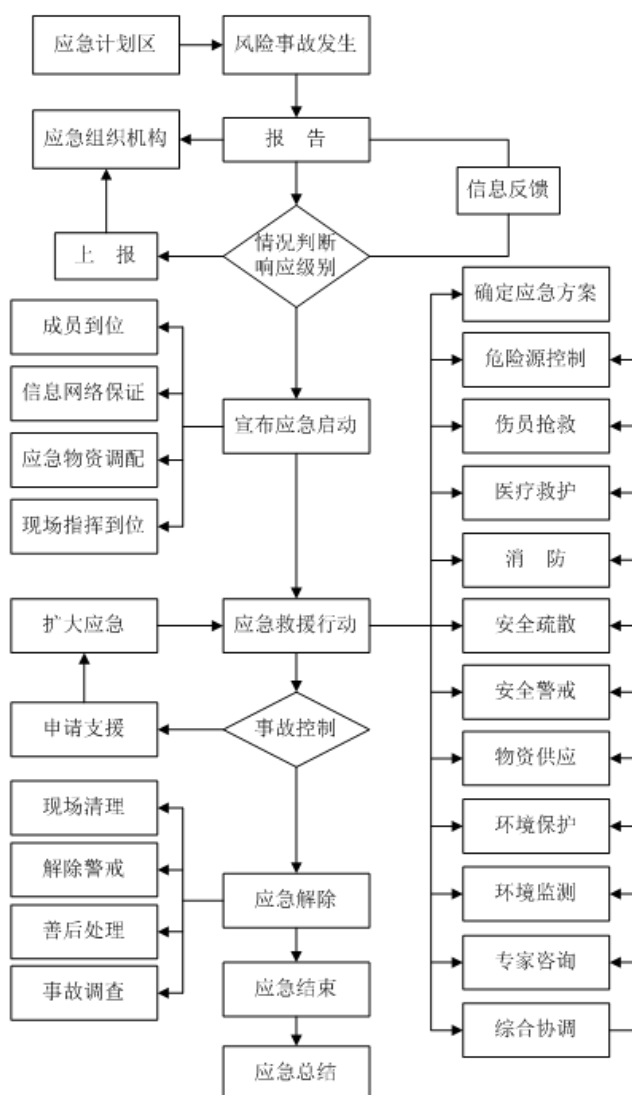


图 7.4-1 事故应急程序图

④ 预案分级响应

事故分为以下 4 个等级：特别重大(I 级)，重大(II 级)，较大(III 级)，一般(IV 级)。

针对不同事故等级，实行分级响应。

事故发生时，立即启动并实施本部门应急预案，I级、II级响应：现场指挥在事故应急领导机构的统一领导下，具体安排组织重、特大事故应急救援预案的组织和实施；组织所有应急力量按照应急救援预案迅速开展抢险救援工作；根据事故险情，对应急工作中发生的争议采取紧急处理措施；根据预案实施过程中存在的问题和险情的变化，及时对预案进行调整、修订、补充和完善，确保人员各尽其职、救援工作灵活开展；根据现场险情，在技术支撑下，科学组织人员和物资疏散工作；现场应急指挥与应急领导机构要保持密切联系，定期通报事故现场的态势，配合上级部门进行事故调查处理工作，做好稳定社会秩序和伤亡人员的善后及安抚工作，适时发布公告，将危机的原因责任及处理决定公布于众，接受社会的监督。III级、IV级响应：各相关职能部门按照各自职责开展应急处置工作，防止事故扩大、蔓延，保证信息渠道畅通，及时向领导机构通报情况。

因环境污染事故存在不可预见、作用时间较长、容易衍生发展的特点，现场指挥可根据现场实际情况随时将响应等级升级或降级。

⑤ 应急救援保障

爆破材料库火灾和爆炸应急设备主要包括消防水池、消火栓、消防车等。

⑥ 报警、通讯联络方式

1) 报警方式：在施工管理区内设置报警电话，设置施工区火灾警报器；当地火警电话119。

2) 应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系；现场指挥与应急救援人员通过对讲机进行联系；应急过程中对讲机均使用一频道(消防频道)；如无线通讯中断，应急领导机构和现场指挥可组织人员进行人工联络。

3) 信息报送程序：发生环境风险事故时，必须及时上报，按程序报建设单位环境保护管理办公室和安全监督部门后，报告应急领导机构和其它相关部门、上级部门，报送方式可采用电话、传真、直接派人、书面文件等。

⑦ 应急监测、救援及控制措施

环境监测组负责人带领环境监测人员及应急查询资料到达现场，对事故原因、性质进行初步分析、取样、送样、并做好样品快速检测工作，及时提供监测数据、污染物种类、性质、控制方法及防护、处理意见，并发布应急监测简报，对事故出现后周围的安全防护距离、应急人员进出现场的要求、群众的疏散范围和路线等提供科学依据，确保群众和救援人员的安全防护。

⑧ 应急防护措施

危险源控制组和消防组对事故现场进行调查取证,对事故类型、发生时间、污染源、主要污染物、影响范围和程度等进行调查分析,形成初步意见,反馈现场指挥和应急领导机构。

安全警戒组在事故区域设置警戒标识,禁止无关人员进入。各小组协作,由专业人员负责,及时控制危险源,切断其传播途径,控制防火、防爆区域,对污染源及时进行处理,防止污染扩散,物资供应组及时提供所需各项物资和设备。

⑨ 人员疏散、撤离组织计划

受灾区域内被围困人员由安全疏散组负责搜救;警戒区域内无关人员由建设单位配合安全疏散组实施紧急疏散。

当事故可能危及周边地区较大范围人员安全时,现场指挥应综合专家组及有关部门的意见,及时向领导小组提出实施群体性人员紧急疏散的建议,建议应当明确疏散的范围、时间与方向。

现场指挥应当及时发布事故信息,经领导小组批准,及时发布周边地区人员紧急疏散的公告;当地政府及各有关部门,应当按照领导小组的指令,及时、有序、全面、安全地实施人员疏散,妥善解决疏散人员的临时生活保障问题。

⑩ 事故应急救援关闭程序与恢复措施

整个应急处置和救援工作完成后,即事件现场得到控制,事件条件已经消除;污染源的泄漏或释放已降至规定限值以内;事件所造成的危害已被彻底消除,无续发可能;事件现场的各种专业应急处置行动已无继续的必要;采取了必要的防护措施已能保证公众免受再次危害,并使事件可能引起的中长期影响趋于合理且尽量低的水平。经现场指挥提议、领导小组批准,由现场指挥宣布解除应急状态,并发布有关信息。

建设单位协同有关部门做好现场清洁与清理,消除危害因素。

善后处理组针对事故对人体、动植物、土壤、水体、空气造成的现实危害和可能的危害,提供处置建议等相关技术支持,并对事故现场和周边环境进行跟踪监测,直至符合国家环境保护标准。做好事故调查处理。

⑪ 应急培训计划

为了确保应急计划的有效性和可操作性,必须预先对计划中所涉及的人员、设备器材进行训练和保养,使参加应急行动的每一个人都能做到应知应会、熟练掌握。

每年定期组织应急人员培训,使受培训人员能掌握使用和维护、保养各种应急设备

和器材，并具有在指挥人员指导下完成应急反应的能力。

定期进行一次应急演习，在模拟的事故状态下，检查应急机构，应急队伍，应急设备和器材，应急通讯等各方面的实战船能力。通过演习，发现工作中薄弱环节，并修改、完善应急计划。

⑫ 公众教育和信息

对可能发生事故的附近区域居民进行宣传教育，并发布相关信息。

7.4.2.3 生态风险事故应急预案

(1) 领导机构

海南省环境保护主管部门、水务主管部门、自然资源主管部门及本工程建设单位共同成立应急小组作为领导机构，在建设单位内设立应急办公室，作为日常办事和执行机构。

(2) 现场处置

重大生态用水、生态风险事故应急处置由应急小组或办公室及有关单位调集人员组成，受应急领导小组和办公室的调度派遣，负责事故现场的指挥、协调、调查等工作。

(3) 信息联络

重大生态用水、生态风险事故应急信息联络由应急办公室负责，开展与现场监理通信联系、保障信息传递畅通、及时将相关信息报告至应急领导小组和应急办公室的领导。

(4) 应急处置

重大生态用水、生态风险事故发生后，应急办公室立即行动，做好汇报及各部门信息联络工作。水质污染发生时应及时通知下游各用水户，迈湾水库及时响应，加大泄放流量；生态用水不足时，需要优先保障河道生态用水；在施工及清库过程中发现珍稀保护动植物或具有保护价值的热带雨林，立即停止相关作业，汇报应急小组领导；发现入侵生物种，及时汇报应急小组领导和自然资源主管部门，采取专业应急措施。

向上级部门汇报的内容主要包括事故类型、发生时间、地点、原因、危害程度和损失情况等。应急结束后，应在 10 个工作日内向上级单位汇报处理结果、采取的措施和效果、潜在的风险、社会影响和有关遗留问题。

8 环境保护对策措施

8.1 工程方案优化与设计调整

8.1.1 水库调度方案调整

本工程原水库调度仅考虑防洪、兴利调度，未将生态调度纳入调度原则。经本次环境影响报告书优化后，本工程调度原则提出，以生态流量优先，在满足迈湾、东山及龙塘断面生态流量刚性约束的前提下，进行水库防洪调度及供水、灌溉等兴利调度。生态调度的内容包括保证坝址处最小生态流量及生态流量过程、特殊情况下生态流量刚性需求等。

8.1.2 生态流量优化调整

(1) 本工程生态流量优化过程

本工程生态流量在工程前期工作阶段，随着对流域生态保护认识的深入以及工程方案研究的加深，对本工程生态流量进行了优化，其过程概述如下：

2016年11月，环评报告提出本工程坝址处泄放 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，并在6~8月鱼类生态敏感期模拟1次涨水过程；2018年5月，环评报告优化后提出，在一般用水期迈湾坝址处泄放 $4.89\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，6~8月鱼类生态敏感期最小下泄 $10.5\text{m}^3/\text{s}$ ，同时在6月、7月人工制造2次涨水过程；进一步优化后，本报告结合海南省水网建设规划，根据上游松涛水库补建生态流量泄放设施，并泄放生态流量（丰水期6~10月 $15.6\text{m}^3/\text{s}$ ，非丰水期11月~翌年5月 $5.2\text{m}^3/\text{s}$ ），综合确定迈湾坝址处在一般用水期11月~翌年5月最小下泄 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，6~8月鱼类生态敏感期最小下泄 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，同时在6月、7月各人工制造1次涨水过程，丰水期9~10月最小下泄 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量。

生态流量历次优化调整情况一览表

表 8.1-1

单位： m^3/s

生态流量泄放要求	2016年11月	2018年5月	本次优化后
一般用水期（9月~翌年5月）	4.89	4.89	20.5（9~10月）/10.3（11月~翌年5月）
鱼类生态敏感期（6~8月）	4.89	10.5	25.9
人工制造涨水过程	6~8月一次涨水	6月、7月各1次涨水	6月、7月各1次涨水
上游松涛泄放生态流量	无	无	15.6（6~10月）/5.2（11月~翌年5月）

(2) 下游河道生态适宜性分析

迈湾水利枢纽工程实施后，迈湾坝址下游南渡江干流河段仅金江水电站坝址下游长约 15.5km 河段、东山坝址下游长约 13.0km 以及龙塘坝址下游河口区域长约 25.6km 河段仍然为天然河段，其余河段均为库区河段。金江、东山、龙塘各断面分别泄放 $7.54\text{m}^3/\text{s}$ 、 $14.4\text{m}^3/\text{s}$ 和 $22.5\text{m}^3/\text{s}$ ，可以维护下游天然河道各项用水需求。

根据生态流量泄放及保障程度分析结果，本工程在进行生态流量泄放后，可以保障下游东山、龙塘 2 个控制断面的生态流量。因此，在本工程深入优化生态流量及相关调度规则的情况下，下游河道生态适应性较好。

8.1.3 供水量优化调整

2016 年 11 月，可研报告提出 2030 年、2040 年多年平均供水量分别为 31815万 m^3 、 36753万 m^3 ；经死水位抬高、环保要求鱼类生态敏感期增加泄放生态流量过程等因素，2018 年 5 月环评报告 2030 年、2040 年多年平均供水量分别降至 28177万 m^3 、 33570万 m^3 ；本次采取分期建设方案，供水量也进一步优化后，2030 年、2040 年多年平均供水量再次降至 4698万 m^3 、 30508万 m^3 。

供水量历次优化调整情况一览表

表 8.1-2

设计水平年	2016 年 11 月	2018 年 5 月			本次修改后		
	多年平均 供水量(m^3)	多年平均 供水量(m^3)	较上阶 段(m^3)	变化 比例	多年平均 供水量(m^3)	较上阶 段(m^3)	减少 比例
2030 年	31815	28177	-3638	-11.43%	4698	-23479	-83.33%
2040 年	36753	33570	-3183	-8.66%	30508	-3062	-9.12%

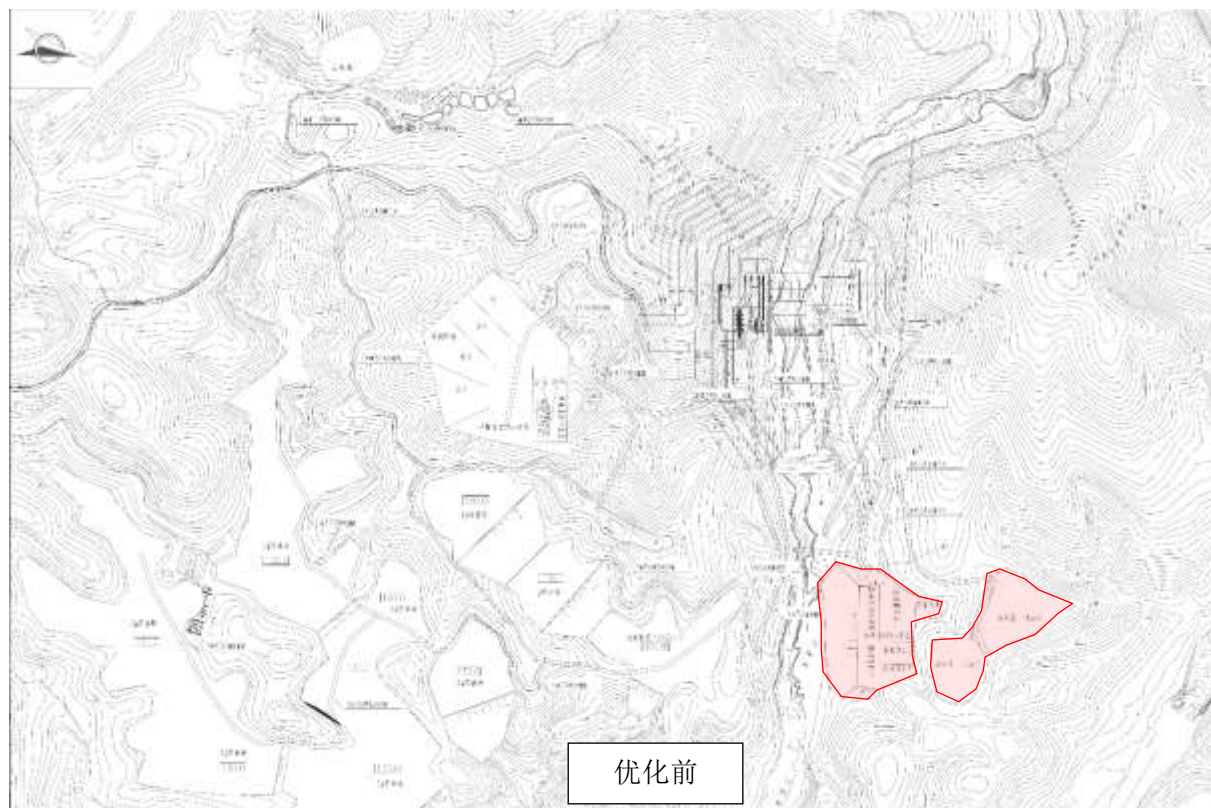
8.1.4 施工场地优化调整

根据本工程原施工设计方案，在枢纽区左岸布置了生活区、办公区、综合仓库、金结拼装厂、机械设备停放场、机械修配厂、钢筋加工厂、木材加工厂等，压占涉及次生热带雨林面积约 7.29hm^2 。本次环评过程中优化了位于左右的施工场地，避让了左岸的次生热带雨林。调整后的施工布置更加紧凑，占用林地基本全部为人工林，有效减缓工程临时占地的生态影响。优化调整方案见表 8.1-3 所示。

本工程施工场地优化调整一览表

表 8.1-3

项目	原方案	调整方案	优化后
施工生活区和办公区	施工生活区布置于坝址左岸下游两处山丘，生活区布置高程 115m，前期需进行场地平整，临时生活区占地面积 20000m ² ；办公区布置高程 120m，临时生活区占地面积 10000m ² 。	施工生活区和办公区均布置于坝址右岸下游靠近 1#弃渣场处，布置高程 155m，前期需进行场地平整。生活区占地面积 25000m ² ；办公区占地面积 13000m ² 。	避让了左岸的次生热带雨林约 7.29hm ² 。调整后的施工布置更加紧凑，占用林地基本全部为人工林。
钢筋加工厂、木材加工厂、综合仓库	布置在坝址左岸下游 1km 处的山头上，通过前期岸坡开挖的弃渣料进行场地回填平整后修建。该处施工布置区占地面积共计约 24000m ²	布置在主坝右岸下游，此处前期需进行场地平整，该处施工布置区占地面积共计约 7100m ² 。	
机械设备停放场、机械修配厂		布置于 1#弃渣场、混凝土拌合系统之间的一处坡地，前期需进行场地平整，占地面积共计约 12000m ² 。	
金属结构拼装厂、机电设备拼装厂		位于右岸临时道路左侧，占地面积共计约 6000m ² 。	



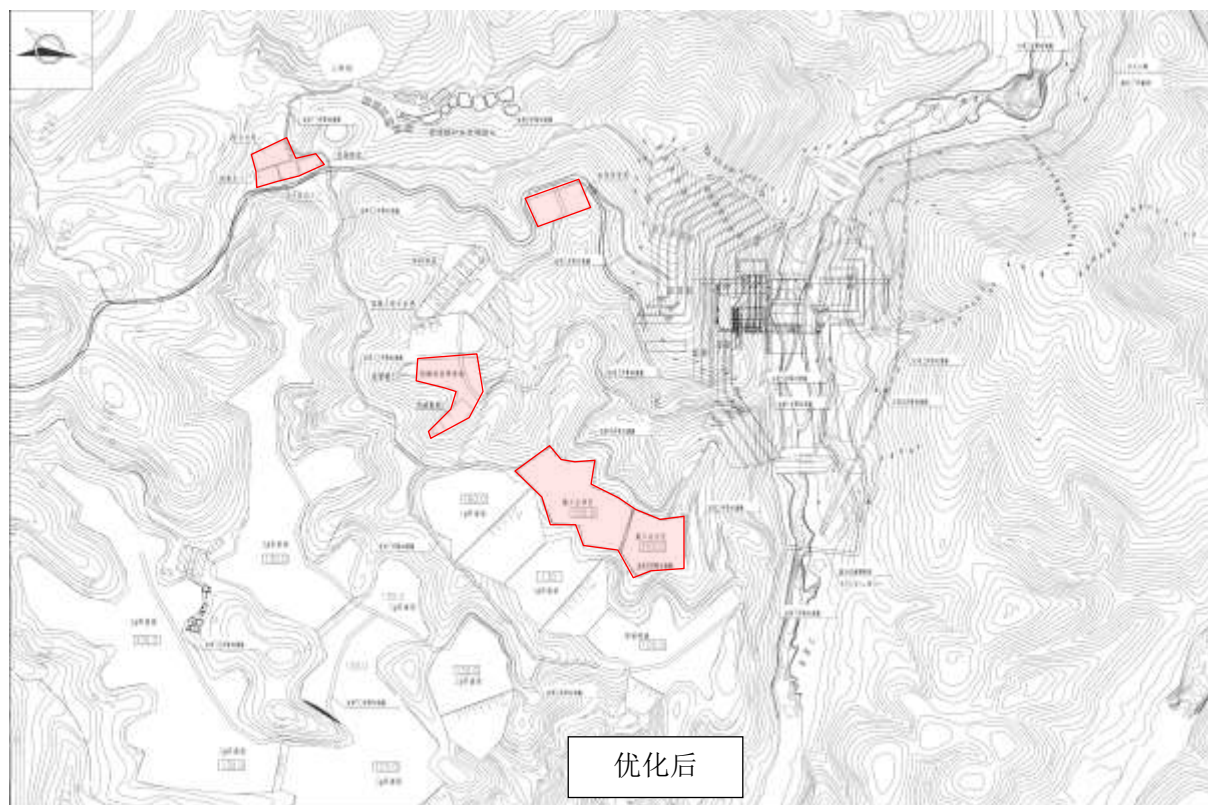


图 8.1-1 优化调整前后施工场地位置示意图（红色标记部分）

8.2 水环境保护措施

8.2.1 生态流量保障措施

8.2.1.1 松涛水库补建生态电站

本工程“以新带老”解决松涛水库坝址处生态流量泄放问题，经工程地质、施工、生态环境等方面综合考虑，采用在松涛大坝右岸处补建一处生态电站，用于泄放生态流量。相关建设费用纳入本工程。

(1) 总平面布置

根据《防洪标准》GB50201-2014、《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252-2017，生态流量引水发电系统中，进水口为独立进水口，按照电站装机容量，进水塔按 5 级建筑物设计，考虑下放生态流量的重要性，建筑物提高 1 级，进水塔、发电厂房等主要建筑物按 4 级建筑物设计。进水塔和电站厂房的设计洪水重现期取 50 年，校核洪水重现期取 100 年。

(2) 结构布置

生态流量引水发电系统布置在主坝右岸，采用两机一洞供水方式，额定引用流量共 $18.34\text{m}^3/\text{s}$ ，由进水渠、取水塔、有压隧洞及发电厂房组成，引水线路总长 492.0m。

① 进水渠

结合地形地质条件，进水渠采用明渠形式，桩号 0+340.00~0+000.00，进口底板高程 157.00m，底宽 7.1m，总长约 340.0m，考虑到水库内水深较深，引渠难以通过围堰封闭形成干地施工，引渠前 300m 采用水下疏浚至 157.0m 高程；后 40.0m 可通过围堰封闭形成干地施工，底板采用 C25 混凝土护底厚 0.5m，两侧边坡采用 C25 混凝土护坡厚 0.3m。

② 取水塔

进水口采用岸塔式，桩号由 0+000.0~0+016.7，顺水流向长 16.7m，宽 7.1m。进口采用分层取水方式，分三层取水，进口底板高程分别为：157.0m、168.0m 和 180.0m。塔身采用 C25 钢筋混凝土结构，进口段设一扇 2.6m×25m 拦污栅，三层进水口各设 2.6m×2.6m 平板工作闸门。考虑进水塔的交通要求，取水塔塔顶高程为 197.0m，上设启闭机室，进水口与岸边采用交通桥连接，交通桥纵坡 5.8%，交通桥宽 4.5m，共分 3 跨，每跨净跨 17m，荷载等级取公路-II 级。

取水塔边坡开挖后形成高约 40.0m 边坡，边坡坡顶靠近现有公路及现有居民建筑物，边坡开挖前先在坡顶预打钢板桩，中间边坡采用抗滑桩支护。边坡采用 C25 混凝土护坡，护坡厚度 0.3m。

③ 有压隧洞

取水塔段后接 492.0m 长的洞身段，桩号由 0+016.70~0+494.19，有压隧洞采用圆形断面，洞径 $D=2.6\text{m}$ ，满发时流速 $V=3.46\text{m/s}$ 。隧洞进口底高程 157.0m，进口后为 20.0m 长平洞，后接斜井段，斜井段与水平面成 30° ，再后接 310.63m 长缓坡段，隧洞底坡为 $i=0.003$ ，再后接 75.0m 长钢衬段，隧洞出口底高程 121.70m。隧洞洞身全长采用“挂网喷护+C25 钢筋混凝土衬砌”支护，喷护厚度 0.1m，衬砌厚 0.4m。衬砌后顶拱 120° 范围内进行回填灌浆，顶拱及边墙均进行固结灌浆，固结灌浆孔距为 $@3\text{m}\times 3\text{m}$ ，深度为 $L=5.0\text{m}$ 。

④ 发电厂房

发电厂房为地面式厂房，厂房顺水流向长 29.0m，垂直水流向宽度 43.05m，其中主机间 32.05m，安装间 11.0m。安装间布置在主机间右侧。副厂房由主机间上游副厂房和安装间上游副厂房组成。变电站位室内开关站，布置在安装间上游侧。厂区地面高程 131.80m，采用水平进厂方式。尾水渠顺水流向长 14.82m，以 1:3.0 的反坡接至原河床高程 123.0m，渠底采用 C25 砼护底。

1) 主厂房

厂房安装两台单机容量为 4.0MW 的卧式混流发电机组，安装高程 125.90m，额定引用流量 9.17m³/s。

主机间垂直水流向宽 32.05m，布置两台卧式混流机组，从左往右依次为 1#、2#机组，机组间距 13.50m，安装高程 125.90m。主机间顺水流长 17.80m，布置一台 25t/5t 双梁桥式起重机用以安装和检修机电设备，跨度 16.0m。桥机轨道通过吊车梁支承在排架柱牛腿上，桥机轨顶高程 140.00m。主机间分两层布置：121.00m 层布置蝶阀、滤水器等；124.50m 层布置发电机组。

尾水管出口底高程 119.80m，一机一孔，尾水管出口设置尾水事故检修闸门，孔口尺寸 5.50×2.10m(宽×高)，尾水检修闸门由布置在下游尾水平台上的固定卷扬机启闭。尾水平台高程 131.80m，顺水流向宽长 3.0m。

安装间布置在主机间右侧，垂直水流向宽 11.0m，顺水流流向长 17.80m，安装场高程 132.00m。

2) 副厂房

副厂房按其位置分为主机间上游副厂房、安装间上游副厂房和安装间下部副厂房。

主机间上游副厂房布置在主机间上游侧，全长 32.05m，宽 8.20m，分四层布置：第一层高程 124.50m，为电缆夹层；第二层高程 127.50m，布置配电室和备用间；第三层高程 132.00m，布置中控室和开关柜室；第四层高程 136.70m，布置高位油箱。

安装间上游副厂房布置在安装间上游，全长 11.0m，宽 8.20m，分三层布置，高程分别为 124.50m，127.50m 和 132.0m，其中 132.0m 层布置主变室。

安装间下部副厂房一层布置，高程为 124.50m，布置有油库和油处理室。

(4) 隧洞支护与衬砌结构

根据地质勘察成果，隧洞进出口段岩体完整性较差，属 V 类围岩。洞身段为弱风化岩石，完整性较好，以 IV 类围岩为主。

开挖：开挖断面采用马蹄形断面，断面尺寸：3.80m×3.60m。

支护：隧洞洞身 V 类围岩采用管棚+超前注浆花管+钢拱架（12.6 号工字钢）和挂网锚喷 C20 砼的临时支护方式，洞顶 180° 范围内设 Φ100 管棚和 Φ42 超前注浆花管，长分别为 6m、4m，间距分别为 0.4m 和 0.3m，搭接长度分别为 2m 和 1m，洞身每隔 0.5m 设置 I12.6 钢拱架一榀，喷锚支护厚 0.2m，Φ25 锚杆长 2.5m，排距 1.0m；洞身 IV 类围岩采用超前注浆花管+钢拱架（12.6 号工字钢）和挂网锚喷 C20 砼的临时支护方式，洞顶 180° 范围内设 Φ42 超前注浆花管，长 4m，间距 0.3m，搭接长度为 1m，洞身每隔

1m 设置 I12.6 钢拱架一榀，喷锚支护厚 0.2m， $\Phi 25$ 锚杆长 2.5m，排距 1.0m。隧洞末端因上覆土层厚度变薄，增加钢衬支护。

衬砌：隧洞洞身采用 C25 钢筋混凝土衬砌，衬砌厚 0.4m。

回填灌浆设计：洞顶 120° 范围内进行回填灌浆，灌浆孔深度以进入围岩 5cm 为标准，灌浆孔排距约为 3m。

固结灌浆设计：本阶段考虑全洞线进行固结灌浆，灌浆孔深 5.0m，孔排距为 3m，呈梅花形布置。

(4) 工程量

松涛水库补建生态流量泄放设施工程量一览表

表 8.2-1

序号	部位	项目	单位	工程量	备注
1	进水口	土方开挖	m ³	20925.40	
		石方开挖	m ³	31388.10	
		回填 C15 砼	m ³	3933.55	
		进水口底板 C25 砼	m ³	148.44	
		进水塔底板 C25 砼	m ³	341.93	
		进水塔塔身 C25 砼	m ³	3348.00	
		进水塔二期 C30 砼	m ³	116.68	
		启闭机 C25 板梁柱	m ³	62.86	
		交通桥 C30 砼	m ³	240.08	
		栏杆	m	239.32	
		钢筋制安	t	350.07	
		固结灌浆	m	126.50	
		边坡喷 C20 砼 (10cm)	m ³	1038.45	
		边坡挂网钢筋	t	40.24	$\Phi 8@2m \times 2m$
		边坡 $\Phi 25$ 锚杆(L=6m)	m	7640.03	
		边坡 $\Phi 25$ 锚杆(L=9m)	m	11460.04	
		底板 $\Phi 25$ 锚杆(L=5m)	m	185.40	
		承台 $\Phi 25$ 锚杆(L=5m)	m	185.40	
		PVC 排水孔及其钻孔	m	4835.11	$\Phi 80PVC$
2	隧洞	石方洞挖	m ³	6836.12	
		止水铜片 (厚 1mm)	m	783.48	
		C25 衬砌 (40cm)	m ³	2717.92	
		喷 C20 砼 (20cm)	m ³	1072.43	
		钢拱架 (12.6 号工字钢)	t	46.00	
		挂网钢筋	t	21.61	$\Phi 8@2m \times 2m$
		管棚	m	9805.60	$\Phi 100, L=6m$, 壁厚 4.5mm
		超前注浆花管	m	13307.60	$\Phi 42, L=4m$, 壁厚 3.0 mm
		管棚、超前花管注浆	m	13307.60	
		回填灌浆	m ³	1400.80	

		固结灌浆	m ³	747.09	灌浆深度 h=5m
		隧洞Φ25 锚杆 (L=2.5m)	m	14008.00	系统、锁脚锚杆
3	钢管	DN1500 钢管	m	200.00	
		C25 砼镇墩	m ³	189.72	
		C20 素砼回填	m ³	149.56	
		钢筋制安	t	9.31	
4	阀室	土方开挖	m ³	250.80	
		石方开挖	m ³	376.20	
		石渣回填	m ³	503.80	
		阀室 C25 砼	m ³	165.24	
		垫层 C15 砼 (10cm)	m ³	9.24	
		阀室装修	m ²	718.04	
5	出水口	钢筋制安	t	3.24	
		出水口底板 C25 砼	m ³	36.75	
		出水口挡墙 C25 砼	m ³	12.18	
6	道路	钢筋制安	t	4.80	
		沥青路面 (4.5m 宽)	m	385.00	

8.2.1.2 初期蓄水期间生态流量泄放措施

迈湾水库工程计划第 5 年 3 月 1 日开始下闸蓄水, 在水库水位蓄至 65.5m(生态机组进口底板高程)之前, 通过在导流隧洞进口闸门两侧墩墙预埋的两根 φ600 钢管(进口底板高程 54.0m)下放不小于 10.3m³/s 的生态流量; 水库水位由 65.5m 蓄至死水位 76m 期间 (P=75% 保证率来水持续时间约 36 天)由导流隧洞进口闸门两侧墩墙预埋的两根 φ600 钢管和生态机组旁通管(DN2200 钢管, 布置在 1#大机组进水钢管右侧, 设流量调节阀, 控制阀布置在安装间下部箱体 64.0m 层)下放不小于 10.3m³/s 生态流量。

预埋的两根钢管顺着导流隧洞埋入导流隧洞底部通出导流隧洞下游出口。钢管控制阀门设在导流隧洞内, 每条管道在导流隧洞桩号导 0+010.0 和导 0+015.0 处分别设置 1 个阀门, 阀门安装在衬砌混凝土中预留的阀门槽里, 阀门槽采用钢板封盖, 在阀门间的管道中设置灌浆孔。下闸蓄水期间可通过控制阀门来控制向下游的放水量以满足下游生态流量的供应。

水库水位由死水位 76.0m 蓄至丰水期限制水位 96m 需持续时间约 107 天(P=75%), 汛限水位(96m)蓄至正常蓄水位(101m)需持续时间约 161 天(P=75%), 水库水位由死水位 76.0m 蓄至正常蓄水位 101m 期间由生态机组(设计引水能力 10.4m³/s)、生态机组旁通管(水库死水位时调节阀过流能力 10.3m³/s)下泄生态流量。

初期蓄水期间各阶段下泄流量不小于 10.3m³/s, 可满足下游河道生态用水需求。

8.2.1.3 运行期生态流量保障措施

本工程开发任务以防洪、供水、灌溉为主，兼顾发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境和灌溉创造条件。工程坝后安装的 40MW 机组(2 台单机容量 18.0MW 大机组和 1 台单机容量 4.0MW 生态机组)在电网中不承担调峰任务，主要利用生态流量、向下游河道供水和丰水期弃水进行发电，其中生态机组承担生态流量发电任务，设计引用流量 $10.4\text{m}^3/\text{s}$ ，满足一般月份最小下泄流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 过流要求；单台大机组设计引用流量 $46.17\text{m}^3/\text{s}$ ，满足鱼类生态敏感期 6~8 最小下泄流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 和一般用水期丰水期 9~10 月 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 过流要求。因此，电站运行时通过生态机组发电方式可以满足下游生态流量要求。当机组全部检修时，利用 1#大机组进水钢管右侧布置的旁通管下放生态流量(设流量调节阀进口底板高程 64.0m，中心线高程 67.05m，可以满足下泄放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量要求。此外，当下游有特殊用水需求时，迈湾坝址通过 3 台机组、大机组旁通管、放空底孔(进口底高程 70m，最大泄放能力 $267.3\text{m}^3/\text{s}$)、溢流表孔(堰顶高程 89.0m)等泄水设施向下游泄放。迈湾水库 6 月、7 月各制造一次涨水过程，可利用的泄水设施包括 3 台机组、大机组旁通管、放空底孔、溢流表孔等。

8.2.1.4 生态流量在线监测系统

迈湾水库工程拟建设水情自动测报系统，在本系统覆盖的范围内建立雨量、水位、流量等水情信息自动采集、传输、接收处理的水情自动测报系统，建立迈湾水库工程中心站，实时整理计算区域雨量、控制断面水位、流量等数据，配置洪水预报方案和枢纽洪水调度软件，实现水文数据自动采集、传输、处理并可迅速进行上下游洪水预报，为工程防洪预报和水库合理调度提供可靠保证。系统由 1 个中心站(迈湾水库中心站)和 14 个遥测站(9 个遥测雨量站、1 个遥测水位雨量站、4 个遥测水文水位站)组成。1 个遥测水位雨量站为迈湾坝上站，为新建站点，监测坝上水位和降雨量，水位监测采用雷达水位计，结构布置简便，精度较高，可省去测井建设；迈湾坝下新建 1 个水文站，位于坝址下游约 1.5km 处，监测流量和水位，由水文站站房、水位测井组成，采用 ADCP 多普勒流速剖面仪及配套设备、流速仪、定位系统等实施流量在线监测。

本工程拟利用工程建设的水情自动测报系统实施坝上水位和坝址下游断面生态流量的在线监测。坝下水文站布置在河道顺直、规整、发电流量和泄水流量集中的位置，可满足生态流量在线监测需求。水库下闸蓄水前，需完成坝下水文站的建设和调试运行工作，具备流量和水位监测能力，并与省生态环境、水利等行业行政主管部门联网，实时了解蓄水期和运行期坝址下游河道的流量情况。6、7 月模拟涨水过程时需加强沿程流

量监测。

8.2.2 水温影响减缓措施

根据迈湾水库近期 2030 年单层取水下泄水温预测结果, 由于单层取水深度较深 (25m 以上), 2~8 月出现下泄低温水现象, 其中平水年 2~8 月平均降低 3.9℃, 4 月与 5 月低温水最为显著, 该两月平均降低 6.6℃, 平均低温水影响范围达 43km; 远期平水年单层取水深度进一步加深, 2~8 月平均降低 4.8℃, 5 月低温水最为显著, 降低幅度约 8.1℃, 尽管坝下流量过程有所减小, 利于水温恢复, 但低温水影响范围最大仍达 40km。鱼类长期生活、栖息在水温偏低环境中, 会使生长发育变慢, 生长期缩短, 繁殖期推迟, 同时, 水温的降低, 也影响饵料生物的生长发育, 使繁殖出的仔稚鱼得不到适口的饵料, 影响鱼类的生长和成活率, 低温水可能对下游河段水生生态系统带来不利影响。此外, 根据估算, 远期 2040 灌溉引用低温水恢复到天然水温所需距离约 64~82km, 低温水对距离迈湾渠首取水口较近(距离取水口约 6~70km)的迈湾灌区片水稻等主要粮食作物存在一定的不利影响。为尽量减缓本工程低温水带来的不利影响, 有必要采取水温减缓措施。

8.2.2.1 进水口取水方案拟定

目前水利水电工程减缓低温水的措施主要为分层取水, 较为常用的型式有叠梁门分层和孔口分层两种, 孔口分层可以采用双层取水口、高低取水口或多层进水口布置。本报告拟定了 2 种进水口方案开展比选。

方案一: 根据死水位及坝前淤积高程, 经计算确定进水口底坎高程为 70.0m。进口设置 7 节叠梁门, 单节高度 5m, 利用闸门控制分层取水。进水口顺水流向依次为拦污栅段、叠梁门段、事故闸门, 进口段及渐变段, 进水口坝顶总长 24.0m。

方案二: 单个机组分别设置上、中、下三个取水口, 底坎高程分别为 93.0m、81.0m、70.0m, 大机组孔口尺寸为 3.8×3.8m, 小机组孔口尺寸为 1.8×1.8m。进水口顺水流向依次为拦污栅段、取水口段、事故闸门, 进口段及渐变段。进水口坝顶总长 29.3m。

叠梁门分层取水方案可根据工程特性采用较为灵活的分层层数, 操作虽较为复杂, 但每层取水范围更小, 在同样的水库水位情况下, 能尽可能地多引用水库表层高温水体, 低温水改善效果较好, 且较多层进水口节约投资。因此, 推荐重点研究叠梁门分层取水方案。

进水口型式综合比选一览表

表 8.2-2

项目	方案一	方案二	主要差异
结构型式	结构简单	结构复杂，实际工程中较少采用	方案一优
调度运行	控制方便	多闸门控制操作复杂，运行、调度不便，系统运行的灵活性较差，电量损失也较大	方案一优
水流流态	高水位运行时水头损失略大	下泄孔口为常规型式，不存在门顶过水工况	方案二略优
水温调节效果	根据需要可分节提起闸门，根据糯扎渡、光照、溪洛渡等水电站叠梁门分层取水方案的经验来看，可保证下泄水温常为上层水，对下游环境影响最小	若水位消落至仅满足取水口临界淹没水深时，必须开启其下一层进水口，此时表层及深层水混合，不能保证下泄水水温为上层水	方案一优
工程投资	±0	+1037.8	方案一节省

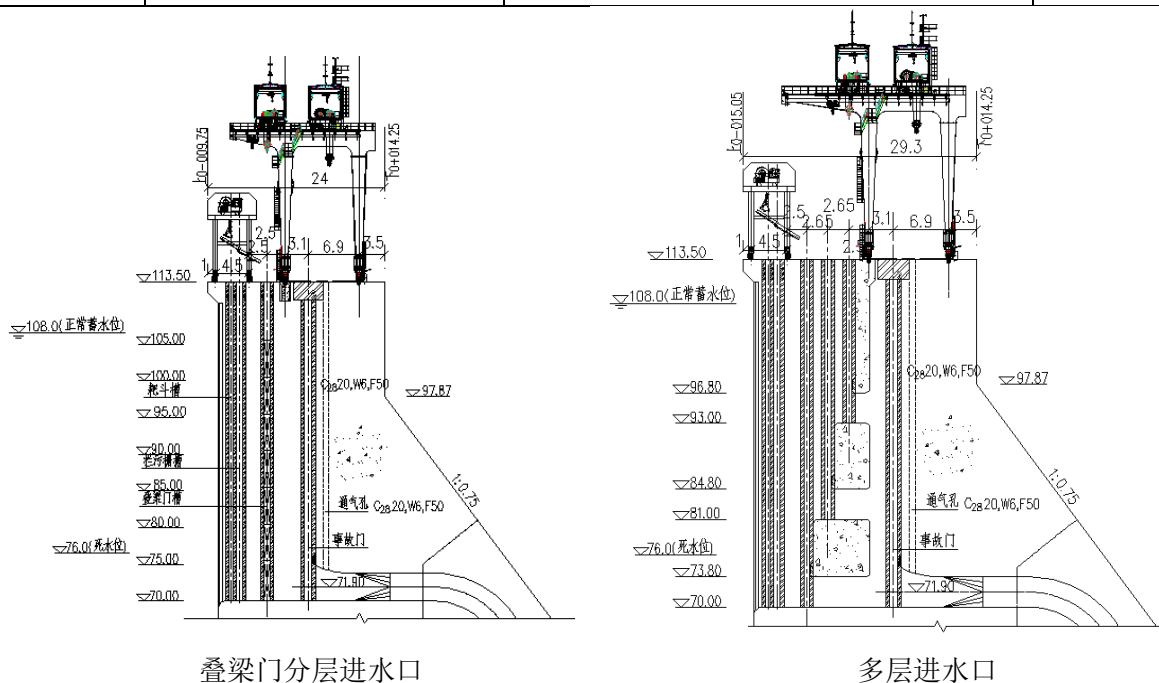


图 8.2-1 两种进水口布置方案剖面图

8.2.2.2 叠梁门分层取水方案选择

迈湾水库远期正常蓄水位 108m，死水位 76m。根据《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程可行性研究报告》，迈湾水库发电进水口取水最小淹没水深为 2.2m，最大挡水高程为 105.0m，发电进水口底板高程均为 70m；灌溉取水口底板高程为 69m，最小淹没水深为 4.1m。因此，根据叠梁门单层高度、层数、淹没水深等参数差异拟定了两种叠梁门分层取水方案，通过低温水改善效果、进水口水流流态、运行管理、工程投资等方面进行综合比选，两方案说明如下：

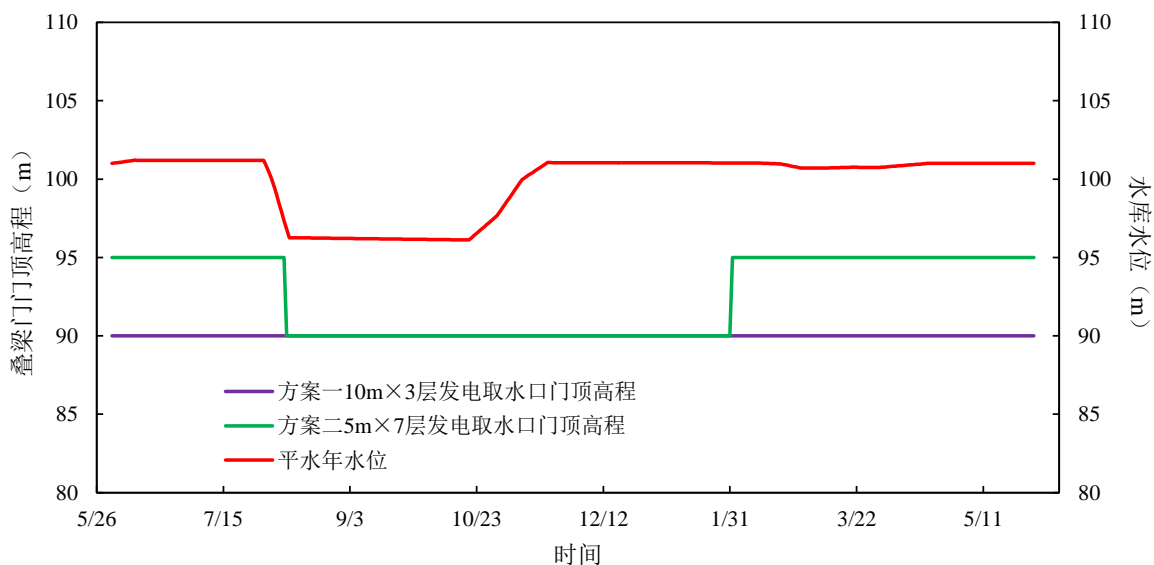
方案一：10m×3层叠梁门，叠梁闸门分成 3 节，单节门高 10m；

方案二：5m×7层叠梁门，叠梁闸门分成7节，单节门高5m。

近期2030年：平水年全年平均水位约99.8m，最高水位为101.2m，最低水位为96.1m。根据叠梁门的调度原则，平水年由于运行水位较高且水位变动较小，方案一全年采用2层10m叠梁门，而方案二全年可采用4~5层5m叠梁门。丰水年，水位范围为96.0m~101.1m，方案一使用了2层10m叠梁门，方案二使用4~5层5m叠梁门。水温敏感时段2月~8月按水位条件运行。为减少叠梁门操作，9月~1月均尽量维持8月末的叠梁门层数，若水位不满足运行条件再进行操作。

远期2040年：平水年的全年平均水位约105.3m，最高水位为107.2m，最低水位为104.0m。根据叠梁门的调度原则，平水年由于运行水位较高且水位变动较小，发电取水口、灌溉取水口在方案一全年可采用3层叠梁门、在方案二全年可采用6层叠梁门，各方案门顶高程一致，即发电取水口叠梁门门顶高程100m，灌溉取水口为99m。

图8.2-2~图8.2-4分别为近期2030平水年、丰水年和远期2040平水年的水位和叠梁门门顶高程变化情况。



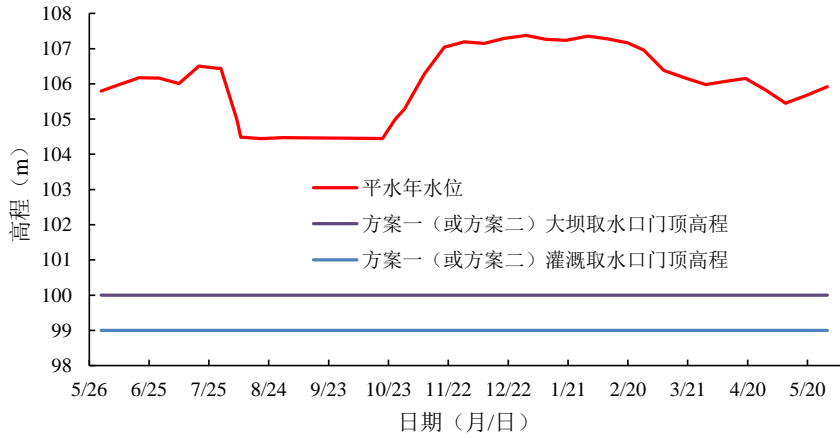


图 8.2-2 近期 2030 年迈湾水库平水年不同取水方案的门顶高程

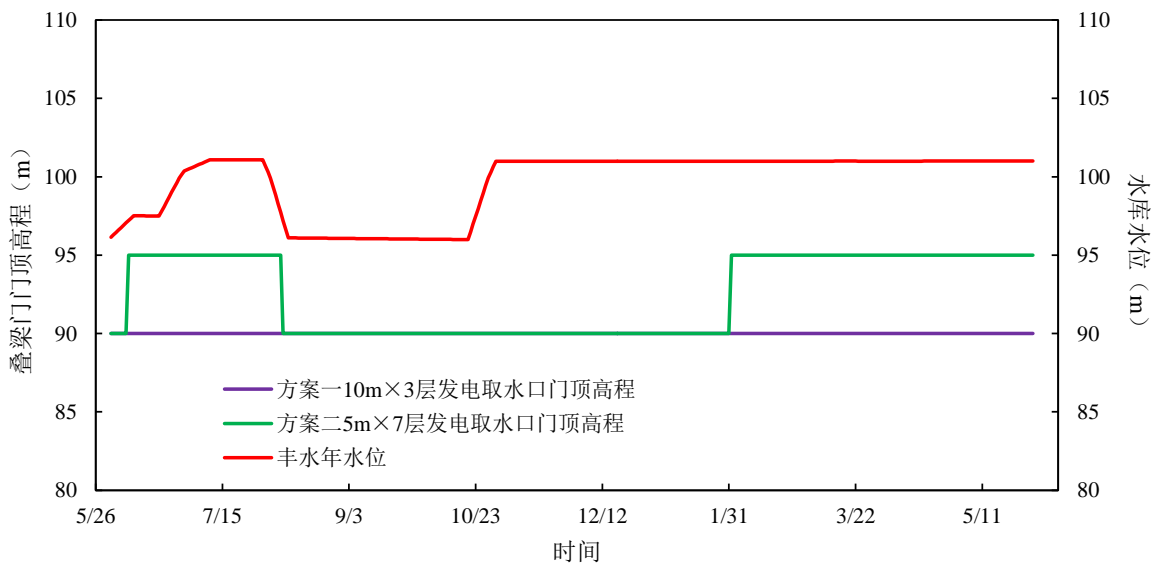


图 8.2-3 近期 2030 年迈湾水库丰水年不同取水方案的门顶高程

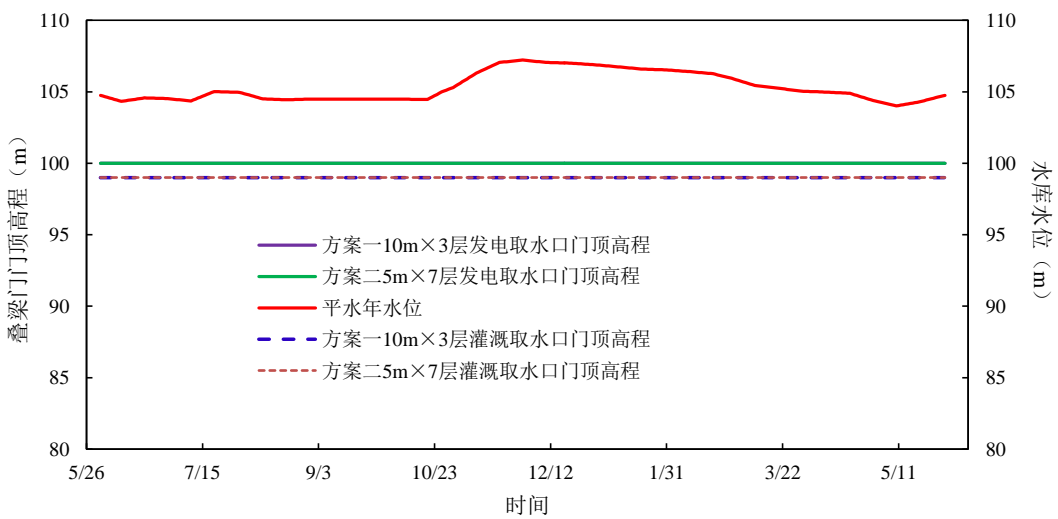


图 8.2-4 远期 2040 年迈湾水库平水年不同取水方案的门顶高程

(2) 方案比较

① 低温水改善效果

1) 坝前垂向水温对比

图 8.2-5 和图 8.2-6 分别为迈湾水库近期 2030 年平水年和丰水年叠梁门分层取水方案的坝前垂向水温分布。采用叠梁门分层取水后，取水底部高程由单层取水的 70.0m 抬升为 100.0m，水库可直接取用表层 7m 以内的水体。由于表层高温水被取走，减少了水体垂向上对坝前中下层水体的掺混，库区垂向水温分布的稳定分层结构更强，与单层取水方案相比，低温水区更大且趋于稳定，表层水温主要受气象条件和入流水温影响，仍具有较大的变幅。两方案的调度运行和叠梁门运行门顶高程无变化，故其坝前垂向也完全相同。总体上看，由于水库坝前全年连续表层取水，水库中下层水体流动较小，库区全年比较稳定。

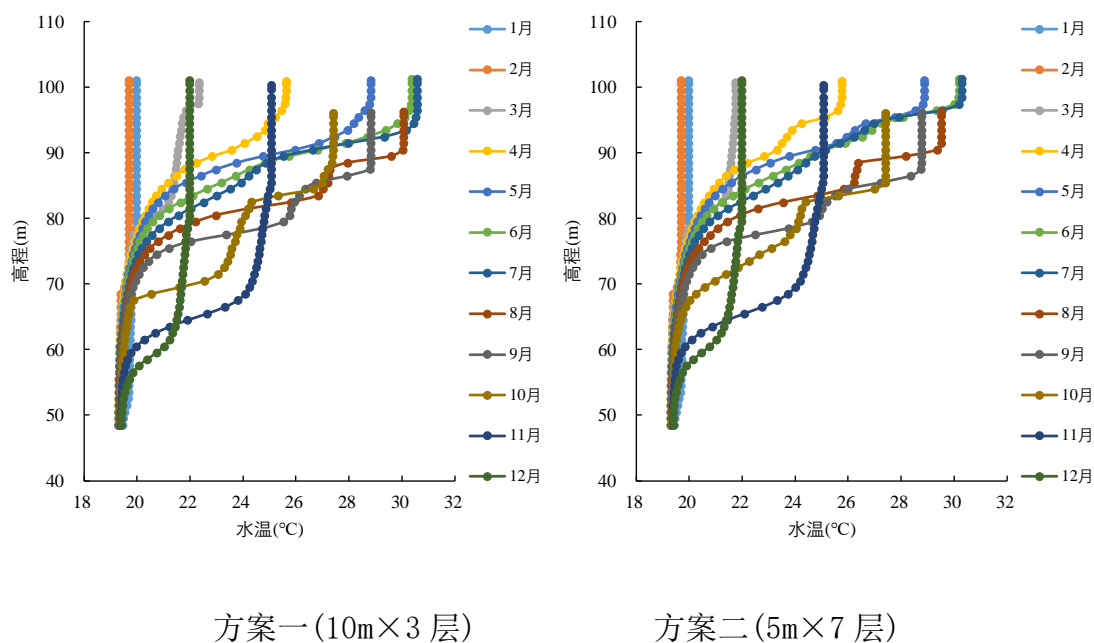


图 8.2-5 近期 2030 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案坝前水温分布

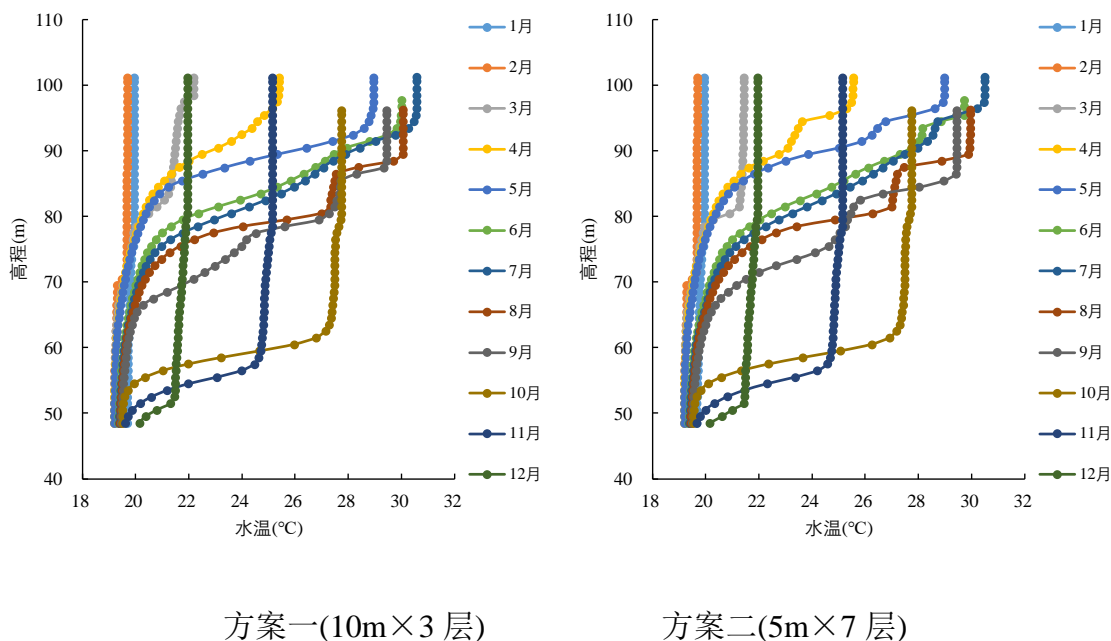


图 8.2-6 近期 2030 丰水年迈湾水库不同叠梁门分层取水方案的坝前水温分布

图 8.2-7 为远期 2040 平水年迈湾水库两种叠梁门分层取水方案的坝前垂向水温分布。根据调度过程，两种叠梁门分层取水方案的门顶高程均为 100m，故坝前水温结构相同，由于叠梁门的运行，抬高了取水高程，减少了水库入出流对库底水温的扰动，坝前库底水温较为稳定，整个垂向结构呈现稳定分层型。

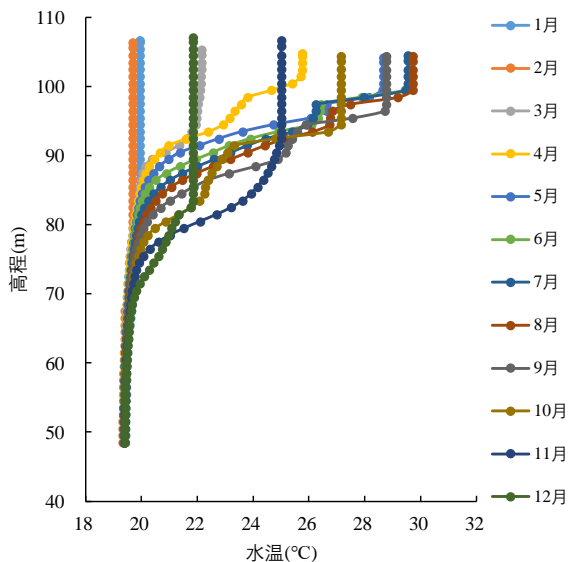


图 8.2-7 远期 2040 迈湾水库平水年叠梁门分层取水方案一(10m×3层)坝前水温分布 (取水方案二(5m×7层)与之相同)

B 水库下泄水温改善效果对比分析

表 8.2-3 和图 8.2-8 为近期 2030 平水年迈湾水库不同叠梁门分层取水方案下的月均下泄水温对比情况。迈湾单层取水时，2 月~8 月出现低温水现象，平均降幅为 3.9℃，最大降幅为 4 月的 6.7℃。采用叠梁门分层取水后，由于可连续取得水库表层温水，与单层取水相比，电站下泄低温水得到明显的改善，2~8 月较单层取水提高了 0.1℃~5.2℃，改善最明显均为 5 月。平水年全年运行水位较高且有所变化，方案二较方案一操作更为灵活，敏感时段叠梁门门顶高程抬高约 5m，低温水改善效果也更为有效，2~7 月进一步改善 1.1℃。

近期 2030 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案下的月均下泄水温对比

表 8.2-3

单位：℃

月份	坝址天然	单层取水		方案一(10m×3 层)			方案二(5m×7 层)		
		下泄水温	与天然温差	下泄水温	与天然温差	改善效果	下泄水温	与天然温差	改善效果
		(a)	(b-a)	(c)	(c-a)	(c-b)	(d)	(d-a)	(d-b)
6 月	30.4	26.2	-4.2	27.8	-2.6	1.6	29.1	-1.3	2.9
7 月	30.3	27.1	-3.2	28.0	-2.3	0.9	29.2	-1.1	2.1
8 月	29.6	28.5	-1.1	28.4	-1.2	0.0	27.9	-1.7	-0.6
9 月	28.3	28.5	0.2	28.1	-0.2	-0.3	28.0	-0.3	-0.5
10 月	26.5	27.2	0.7	27.0	0.5	-0.3	26.9	0.4	-0.3
11 月	23.3	25.0	1.7	25.1	1.8	0.1	25.0	1.7	0.0
12 月	20.2	21.9	1.7	22.0	1.8	0.1	21.9	1.7	0.0
1 月	19.6	20.0	0.4	20.0	0.4	0.0	20.0	0.4	0.0
2 月	21.1	19.8	-1.3	19.8	-1.3	0.0	19.8	-1.3	0.0
3 月	24.4	20.3	-4.1	21.7	-2.7	1.4	21.9	-2.5	1.7
4 月	27.7	21.0	-6.7	23.7	-4.0	2.8	25.2	-2.5	4.2
5 月	29.3	22.7	-6.6	26.5	-2.8	3.7	28.0	-1.3	5.2
年均	25.9	24.0	-1.9	24.8	-1.0	0.8	25.2	-0.7	1.2

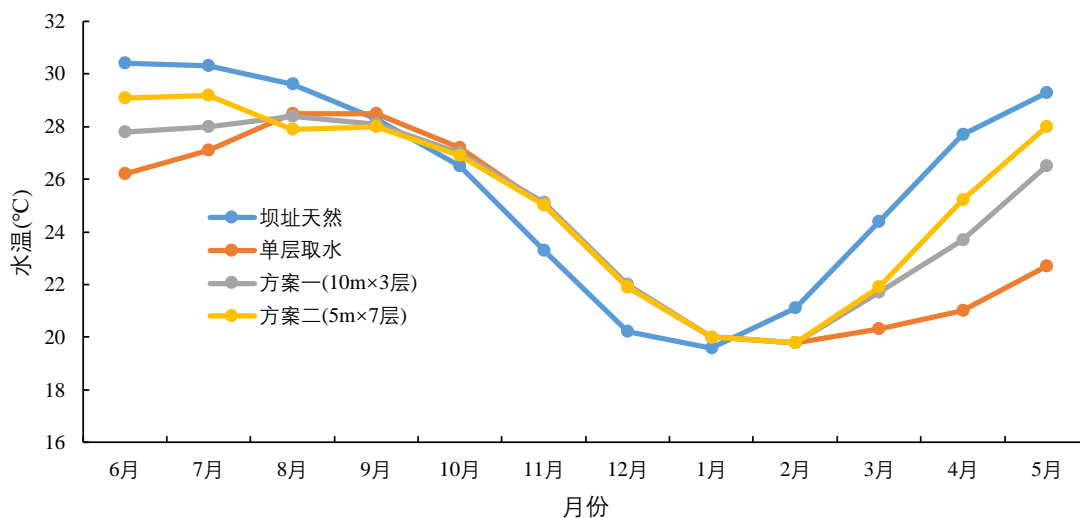


图 8.2-8 2030 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案月均下泄水温对比

表 8.2-4 和图 8.2-9 为近期 2030 迈湾水库丰水年不同叠梁门分层取水方案下的坝址月均出库水温对比情况。迈湾单层取水时，低温水幅度大于 0.5℃的月份主要有 2 月~7 月，最大降幅 6.8℃发生在 4 月。采用叠梁门分层取水后，由于可连续取得水库表层温水，与单层取水相比，电站下泄低温水得到一定程度的改善。方案二较方案一操作更为灵活，敏感时段叠梁门门顶高程抬高约 5m，低温水改善效果相对较好，3~7 月进一步改善 0.7℃。

近期迈湾水库丰水年不同叠梁门分层取水方案下的坝址月均下泄水温对比

表 8.2-4

单位：℃

月份	坝址天然	单层取水		方案一(10m×3层)			方案二(5m×7层)		
		下泄水温	与天然温差	下泄水温	与天然温差	改善效果	下泄水温	与天然温差	改善效果
		(a)	(b-a)	(c)	(c-a)	(c-b)	(d)	(d-a)	(d-b)
6月	30.4	25.4	-5.0	28.6	-1.8	3.2	29.0	-1.4	3.6
7月	30.3	28.6	-1.7	29.3	-1.0	0.7	30.0	-0.3	1.3
8月	29.6	29.5	-0.1	29.0	-0.6	-0.5	29.0	-0.6	-0.5
9月	28.3	29.2	0.9	28.6	0.3	-0.5	28.6	0.3	-0.6
10月	26.5	27.5	1.0	27.5	1.0	0.0	27.5	1.0	0.0
11月	23.3	25.0	1.7	25.1	1.8	0.1	25.1	1.8	0.1
12月	20.2	21.8	1.6	21.9	1.7	0.2	21.9	1.7	0.2
1月	19.6	19.9	0.3	20.0	0.4	0.1	20.0	0.4	0.1
2月	21.1	19.7	-1.4	19.8	-1.3	0.1	19.8	-1.3	0.1
3月	24.4	20.1	-4.3	21.8	-2.6	1.7	22.0	-2.4	1.8
4月	27.7	20.9	-6.8	23.8	-3.9	2.9	25.2	-2.5	4.3
5月	29.3	24.8	-4.5	27.4	-1.9	2.6	28.3	-1.0	3.6
年均	25.9	24.4	-1.5	25.2	-0.7	0.9	25.5	-0.4	1.2

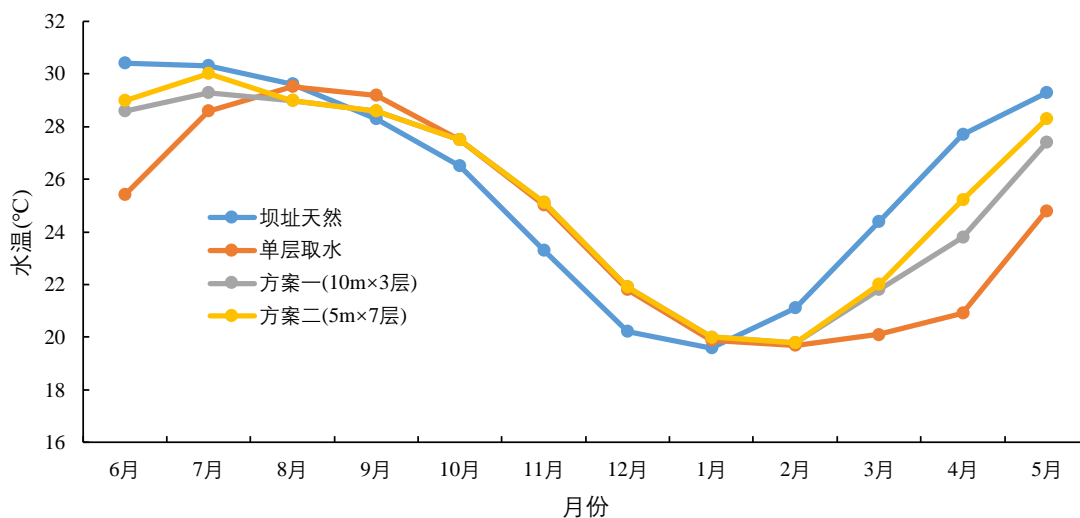


图 8.2-9 2030 迈湾水库丰水年不同叠梁门分层取水方案坝址月均下泄水温对比

表 8.2-6 和图 8.2-10 为远期 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案下的坝址月均下泄水温对比情况。迈湾单层取水时，低温水幅度大于 0.5℃的月份主要有 2 月~8 月，最大降幅 8.1℃发生在 5 月。采用叠梁门分层取水后，由于可连续取得水库表层温水，与单层取水相比，电站下泄低温水得到一定程度的改善。由于两种方案的门顶高程相同，低温水改善也相同，叠梁门方案 3~8 月较单层取水 3.6℃，最大改善幅度为 6.8℃（5 月）。分层取水方案实施后，坝址下泄低温水最大影响幅度为 2.5℃，分层取水改善效果显著。

远期 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案下的坝址月均下泄水温对比

表 8.2-5

单位：℃

月份	坝址天然	单层取水		方案一(10m×3层)			方案二(5m×7层)		
		下泄水温	与天然温差	下泄水温	与天然温差	改善效果	下泄水温	与天然温差	改善效果
	(a)	(b)	(b-a)	(c)	(c-a)	(c-b)	(d)	(d-a)	(d-b)
6月	30.4	24.2	-6.2	28.6	-1.8	4.4	28.6	-1.8	4.4
7月	30.3	26.3	-4.0	28.8	-1.5	2.5	28.8	-1.5	2.5
8月	29.6	27.5	-2.1	28.5	-1.1	1.0	28.5	-1.1	1.0
9月	28.3	28.3	0.0	27.8	-0.5	-0.4	27.8	-0.5	-0.4
10月	26.5	27.4	0.9	26.8	0.3	-0.6	26.8	0.3	-0.6
11月	23.3	25.2	1.9	25.1	1.8	-0.1	25.1	1.8	-0.1
12月	20.2	22.1	1.9	21.9	1.7	-0.1	21.9	1.7	-0.1
1月	19.6	20.0	0.4	20.0	0.4	0.0	20.0	0.4	0.0
2月	21.1	19.7	-1.4	19.8	-1.3	0.1	19.8	-1.3	0.1

3月	24.4	19.9	-4.5	22.0	-2.4	2.1	22.0	-2.4	2.1
4月	27.7	20.2	-7.5	25.2	-2.5	4.9	25.2	-2.5	4.9
5月	29.3	21.2	-8.1	28.0	-1.3	6.8	28.0	-1.3	6.8
年均	25.9	23.5	-2.4	25.2	-0.7	1.7	25.2	-0.7	1.7

图 8.2-11~图 8.2-14 为两种叠梁门取水方案下近期 2030 平水年、丰水年和远期 2040 平水年逐日下泄水温对比结果。与单层取水相比，平水年方案一逐日下泄水温最大提高了 3.9℃，方案二逐日下泄水温最大提高 5.6℃；丰水年方案一逐日下泄水温最大提高了 4.8℃，方案二逐日下泄水温最大提高了 5.3℃。经对比分析，方案二改善逐日低温水效果相对更优。

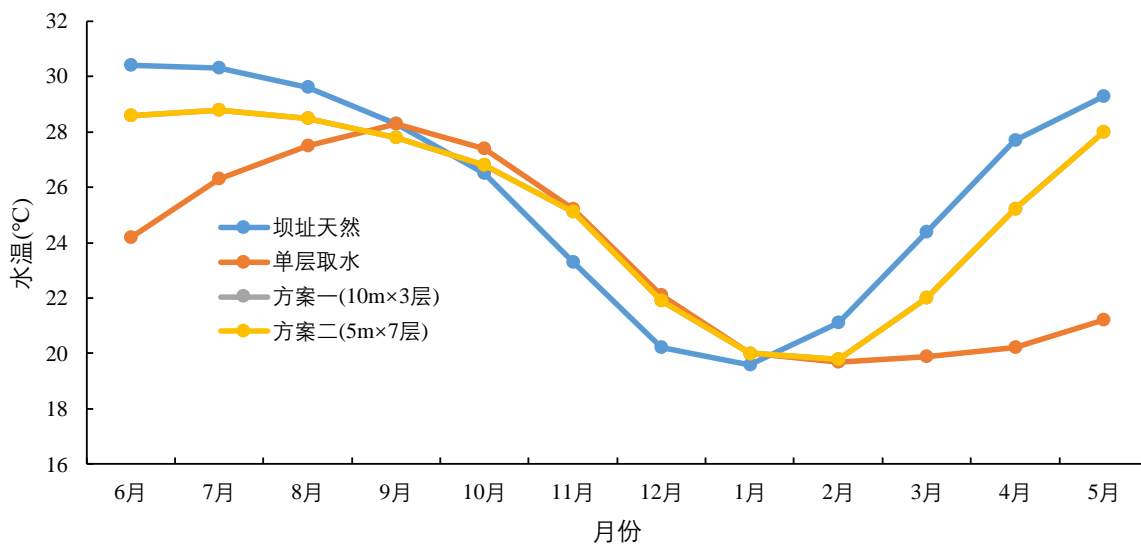


图 8.2-11 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案坝址月均下泄水温对比

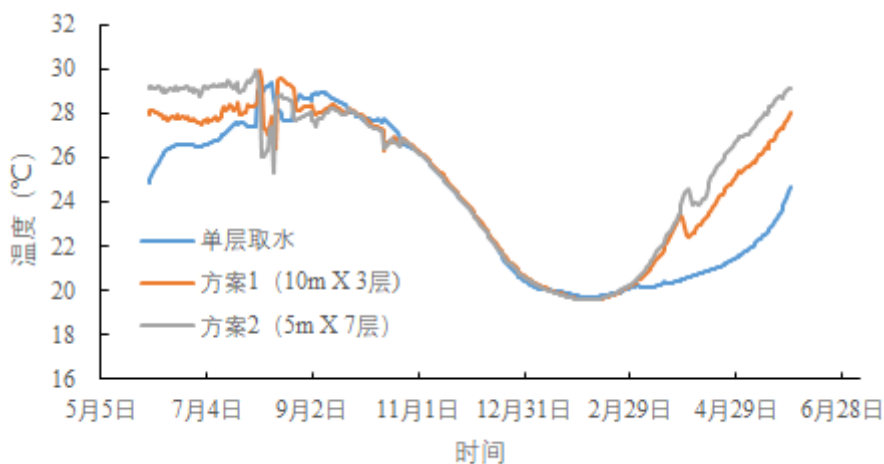


图 8.2-12 2030 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案的逐日下泄水温对比

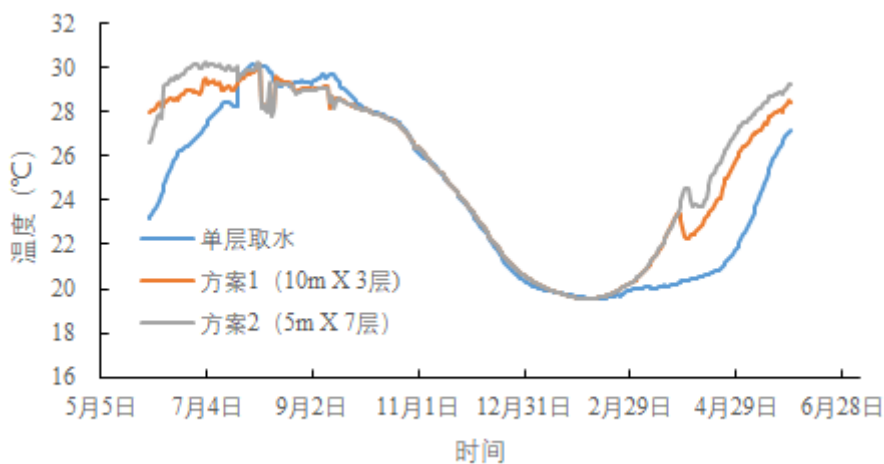


图 8.2-13 2030 迈湾水库丰水年不同叠梁门分层取水方案的逐日下泄水温对比

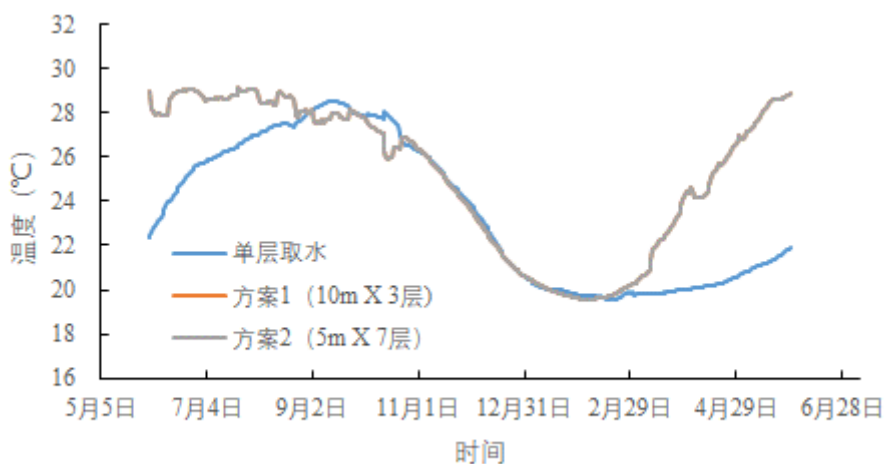


图 8.2-14 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案的逐日下泄水温对比

C 远期 2040 平水年灌溉渠首取水水温改善效果对比分析

表 8.2-7 和图 8.2-15 为远期 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案下的灌溉渠首取水水温对比情况。单层取水时，2 月~9 月出现低温水现象，平均降幅为 4.3℃，最大降幅为 6 月的 8.1℃。采用叠梁门分层取水后，与单层取水相比，灌溉渠首取水低温水现象得到一定程度的改善，全年较单层取水平均提高了 2.4℃，6 月改善效果最明显为 5.5℃。由于平水年全年运行水位较高，两个方案下的叠梁门运行门顶高程一致，故其下泄水温过程也相同。

远期 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案下的灌溉月均取水水温对比

表 8.2-6

单位：℃

月份	坝址天然	单层取水		方案一(10m×3层)			方案二(5m×7层)		
		下泄水温	与天然温差	下泄水温	与天然温差	改善效果	下泄水温	与天然温差	改善效果
		(a)	(b)	(b-a)	(c)	(c-a)	(c-b)	(d)	(d-a)
6月	30.4	24.1	-6.3	28.4	-2.0	4.3	28.4	-2.0	4.3
7月	30.3	26.2	-4.1	27.7	-2.6	1.5	27.7	-2.6	1.5
8月	29.6	27.4	-2.2	28.6	-1.0	1.3	28.6	-1.0	1.3
9月	28.3	28.2	-0.1	28.4	0.1	0.2	28.4	0.1	0.2
10月	26.5	27.1	0.6	27.2	0.7	0.0	27.2	0.7	0.0
11月	23.3	25.0	1.7	25.0	1.7	-0.1	25.0	1.7	-0.1
12月	20.2	21.9	1.7	21.8	1.6	-0.1	21.8	1.6	-0.1
1月	19.6	20.0	0.4	20.0	0.4	0.0	20.0	0.4	0.0
2月	21.1	19.7	-1.4	19.8	-1.3	0.1	19.8	-1.3	0.1
3月	24.4	19.8	-4.6	21.9	-2.5	2.1	21.9	-2.5	2.1
4月	27.7	20.2	-7.5	24.4	-3.3	4.2	24.4	-3.3	4.2
5月	29.3	21.2	-8.1	26.6	-2.7	5.5	26.6	-2.7	5.5
年均	25.9	23.4	-2.5	25.0	-0.9	1.6	25.0	-0.9	1.6

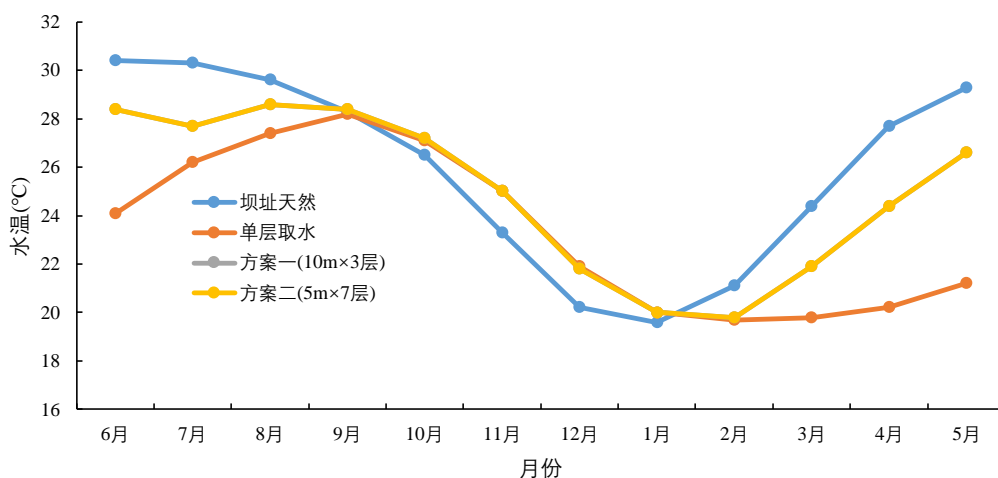


图 8.2-15 远期 2040 迈湾水库平水年不同叠梁门分层取水方案

② 运行管理对比分析

叠梁门由布置在进水口塔顶的双向门式启闭机副钩通过自动抓梁进行操作,在满足水温的要求下,叠梁门分层越少,其操作次数越少。方案一单节叠梁门高度 10m,方案二每节叠梁门高度 5m,在相同运行要求条件下方案一起吊叠梁门数目较少,运行操作较简便,因此从运行方式上比较,方案一具有优势。

③ 比较结论

综合以上分析,方案二对低温水的改善效果更为明显,而方案一单节叠梁门高度 10m,叠梁门数量较少,运行管理较简便。为最大程度改善下泄低温水对坝址下游水生生态和迈湾灌区农业灌溉的不利影响,各进水口叠梁门分层取水方案均推荐采用方案二(5m×7层叠梁门)。

8.2.2.3 叠梁门分层取水方案低温水改善效果分析

迈湾水库采取叠梁门分层取水方案(5m×7层叠梁门)后,近期 2030 平水年月均下泄水温 19.8℃~29.2℃,与天然水温相比,2月~8月仍出现低温水现象,但低温水影响明显减弱,其温差在-1.1℃~-2.5℃之间,较单层取水口下泄水温提高了 1.6℃~5.3℃(3月~7月),平均提高了 3.2℃,其中 5月改善最明显;近期 2030 丰水年 2月~6月仍出现低温水现象,温差在-1.3℃~-2.5℃,但较单层取水均有不同程度的升高,最大改变幅度为 4月的 4.3℃;远期 2040 平水年 2月~8月仍出现低温水现象,温差在-1.1℃~-2.5℃,但较单层取水均有不同程度的升高,最大改变幅度为 5月的 6.8℃。

表 8.2-7 和表 8.2-9 为近期 2030 平水年、丰水年和远期 2040 平水年不同取水方案下迈湾坝址下游河段低温水的影响范围。采取叠梁门分层取水方案(5m×7层叠梁门)后,低温水在近期平水年 2月~8月的影响范围为 3km~24km,近期丰水年 2月~4月、6月的影响范围为 10km~27km,其中 5月、7月和 8月无低温水,远期平水年 2月~8月的影响范围为 5km~23km。与单层取水方案相比,低温水影响范围和影响减缓明显,总体看采取叠梁门后对下游水温影响有限,叠梁门对低温水的改善效果良好。

2030 平水年迈湾坝址下游低温水影响范围分层取水方案对比情况一览表

表 8.2-7

单位: km

月份	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
单层取水	9	22	41	46	40	30	15
分层取水(5m×7层)	9	16	24	11	12	3	34

2030 丰水年迈湾坝址下游低温水影响范围分层取水方案对比情况一览表

表 8.2-8

单位: km

月份	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
单层取水	12	27	46	46	30	29	/
分层取水(5m×7层)	10	19	27	/	10	/	/

2040 平水年迈湾坝址下游低温水影响范围分层取水方案对比情况一览表

表 8.2-9

单位: km

月份	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
单层取水	12	23	38	23	40	25	26
分层取水(5m×7层)	10	17	23	5	16	10	8

8.2.2.4 叠梁门分层取水调度运行方案

根据预测,采用叠梁门分层取水后,下泄低温水的时间为1月~6月,主要为2月~5月,考虑到鱼类产卵时间,农田灌溉(主要是水稻)的耕作时段2月中旬至10月上旬。结合水温预测结果,从保护下游河道水生生态和灌区农田灌溉角度出发,建议叠梁门运行时间为2月~6月,叠梁门运行方案见表8.2-10和表8.2-11。实际运行过程中,应根据库区垂向水温和坝址下游沿程河道、灌区渠道水温监测成果,优化叠梁门运行方式和运行时间。

迈湾水库大坝取水口叠梁门调度运行方案一览表

表 8.2-10

水库水位 H(m)	叠梁门使用层数
$<77.2\text{m}$	0
$77.2\text{m}\leq H<82.2\text{m}$	1
$82.2\text{m}\leq H<87.2\text{m}$	2
$87.2\text{m}\leq H<92.2\text{m}$	3
$92.2\text{m}\leq H<97.2\text{m}$	4
$97.2\text{m}\leq H<102.2\text{m}$	5
$102.2\text{m}\leq H<107.2\text{m}$	6
$H\geq 107.2\text{m}$	7

迈湾水库灌溉取水口叠梁门调度运行方案一览表

表 8.2-11

水库水位 H(m)	叠梁门使用层数
$<78.1\text{m}$	0
$78.1\text{m}\leq H<83.1\text{m}$	1
$83.1\text{m}\leq H<88.1\text{m}$	2

$88.1\text{m} \leq H < 93.1\text{m}$	3
$93.1\text{m} \leq H < 98.1\text{m}$	4
$98.1\text{m} \leq H < 103.1\text{m}$	5
$H \geq 103.1\text{m}$	6

8.2.3 工程水污染防治规划

迈湾水利枢纽工程是实现琼北地区水资源优化配置的关键性工程，水库多年调节运行影响下游河道的水文情势，并影响规划范围内水资源的时空分配，库区和坝下河段水质受水体流动性变化、纳污能力变化、灌区退水等影响，局部河段存在出现水质超标的环境风险。为保护工程涉及区域水资源和水环境，确保工程建成后库区水质及下游各饮用水水源保护区、重要取水口、国控地表水监测断面等水质达标，需要开展工程影响区域水污染防治规划。

迈湾水利枢纽工程建设单位委托我院于 2017 年 9 月编制完成《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》(送审稿)，2017 年 9 月 26 日，海南省水务厅会同省生态环境保护厅在海口市主持召开了《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》技术评审会，2017 年 10 月，经修改完善我院编制完成《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》(报批稿)，2017 年 10 月 26 日海南省人民政府以《海南省人民政府关于同意南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划的批复》(琼府函[2017]160 号)批复同意本工程水污染防治规划的实施。

本节主要结合《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水污染防治规划》相关内容编制，同时初步提出规划实施进度和责任。

8.2.3.1 规划总体布局

(1) 规划范围

本次规划以迈湾水利枢纽工程的影响范围作为水污染防治规划的研究范围，包括水库汇水区、供水灌溉区和坝址下游影响区。工程库区主要涉及琼中县、屯昌县、澄迈县及儋州市，供水灌溉范围主要涉及海口市、澄迈县、定安县及少量屯昌、临高县范围，下游影响区包括澄迈、定安、屯昌和海口市。

(2) 规划时段

迈湾水利枢纽工程设计现状基准年为 2016 年，近期设计水平年为 2030 年。本规划水平年参考迈湾水利枢纽工程近期设计水平年，并结合海南省和规划范围各市（区）已确定的水污染防治行动计划等考核目标时限要求，规划水平年为 2030 年，部分水污染

防治措施在迈湾水库建成前完成。远期可根据社会经济发展和环境保护要求，再进行规划修编。

(3) 规划总体目标

本规划重点关注迈湾水利枢纽工程所在南渡江中下游的重要水环境敏感目标，统筹考虑国家和海南省相关水环境保护上位规划考核要求，确定总体目标为规划范围内地表水控制断面水质达标。通过水污染防治规划的实施，规划范围内产业结构和布局进一步优化，污染治理不断深入，水污染防治水平进一步提高，水污染物排放量持续削减，流域水环境质量保持稳定并有所好转，水生态安全水平逐渐提高。规划目标见表 8.2-12。

规划总体目标一览表

表 8.2-12

类别	指标名称		单位	目标值	属性
				(2030年)	
一、地表水控制断面水质指标	国控断面	澄迈县山口	%	100	约束性
		澄迈县后黎村			
		海口市龙塘			
	集中式饮用水源地	金江	%	100	约束性
		东山			
		定安			
		新坡			
		龙塘			
	取水口	加乐镇取水口	%	100	约束性
		澄迈县城金江取水口			
		瑞溪镇取水口			
		永发镇取水口			
		东山镇取水口			
		东山泵站			
		定安县定城拟建取水口			
		定安县定城现状取水口			
		新坡镇水厂取水口			
		龙塘现有取水口			
		龙塘泵站			
	支流汇合口断面	西昌水	%	≥95	约束性
绿现水					
大塘河					
海仔河					
汶安河					
龙州河					
温村水					
巡崖河					
铁炉溪					
二、污染物总量控制标准	COD		吨	完成省下达任务	约束性
	氨氮		吨		
	总氮		吨		

	总磷	吨			
三、污染防治指标	重点污染源工业废水排放达标率	%	100	预期性	
	生活污水收集率	城市	%	≥95	预期性
		县城	%	≥85	预期性
		乡镇	%	≥70	预期性
	污泥无害化处置率	城市、县城	%	≥85	预期性
		乡镇	%	≥55	预期性
	农村生活污水治理行政村覆盖率	%	≥60	预期性	
	规模化畜禽粪便综合利用率	%	100	约束性	
	农村生活垃圾收集处理率	%	≥90	预期性	
城乡生活垃圾无害化率	%	≥95	预期性		

8.2.3.2 水污染防治措施

近年来，海南省、各县（市）政府或行业主管部门已发布较多的与水污染防治相关的规划、方案和项目（统称“上位规划”）。根据水环境容量计算成果，在现有措施沿用至2030年不变且无新增污染防治措施条件下，大部分河段COD和NH₃-N入河量均将超出水环境容量；在上位规划中与规划范围水污染防治相关的主要措施落实到位情况下，COD和NH₃-N入河量得到大幅度减少，但仍有部分河段出现剩余环境容量为负的情况。在此条件下，需要针对相关污染源进一步提出控制措施。

因此，迈湾水利枢纽工程防治综合分析流域内水环境状况、水污染形势、经济社会发展水平等因素，依据规划目标，统筹规划范围内已公布的相关上位规划措施，以“饮用水源保护—污染物总量削减—水环境综合整治”为主线，主要从饮用水水源保护、强化节水、工业污染防治、城镇污水处理、畜禽养殖废水处理、农业和农村生活面源控制、水域生态体系建设等7个方面布局本项目水污染防治措施。

(1) 现有及上位规划提出的水污染防治措施

① 饮用水源保护

《海南省水资源保护规划》有针对性地提出各城市、各饮用水水源地安全保障措施，在本规划范围内已提出的饮用水源保护项目包括龙塘、金江、定安、良坡水库共计4个水源地保护工程，主要建设内容包括水土保持、隔离防护工程、污染源建设与整治工程、生态工程、管理能力及应急预案建设工程等，总投资约为9363.4万元。

② 工业污染防治

《海南省城镇内河（湖）水污染治理三年行动方案》工业污染防治要求包括：全面取缔库区内其他不符合国家产业政策的“十小”企业，禁止新增工业点源污染。积极推行清洁生产和技术进步，实现工业污染源全面稳定达标排放。《海南省生态环境保护“十

“十三五规划”》出台了推动工业污染源达标管理的相关措施，要求开展排污许可证管理制度改革，推动工业污染源自行监测，并最终实现污染源全达标排放。综合上位规划，主要内容如下：

A、开展排污许可证管理制度改革

到 2020 年，完成覆盖所有固定污染源的排污许可证核发工作，有效运转排污许可证管理信息平台。

B、推动工业污染源自行监测

完善重点排污单位污染排放自动监测与异常报警机制，逐步实现工业污染源排放监测数据统一采集、公开发布，强化社会监督。

C、实现工业污染源全达标排放

自 2018 年起，全省工业污染源达标率年度目标要逐年提高；到 2020 年末，工业污染源全部实现达标排放。

③ 城镇生活污水处理

《海南省城镇污水处理设施建设“十三五”规划》要求力争到 2020 年，全省城镇污水处理基础设施水平与国际旅游岛战略定位需求相适应，污水处理指标达到“水污染防治行动计划”的有关要求，污水处理设施建设达到国内先进水平。

A、进一步提高城镇污水综合治理能力

根据《海南省城镇污水处理设施建设“十三五”规划》，到 2020 年海口市基本实现污水全部收集和处理；儋州市污水集中处理率达到 95% 以上；5 个县城污水集中处理率明显提高，污水集中处理率达到 85%；人口集中、污水产生量大、具备条件的重点镇与建制镇要加快污水处理设施建设，污水集中处理率达到 65% 左右；一般建制镇、农场与林场污水集中处理率得到进一步提高。

B、恢复主要景观河涌水体的生态功能，改善水环境

力争环境敏感区域（重点湖泊、重点水库、近岸海域汇水区域）城镇污水处理设施全面达到一级 A 排放标准。建成区水体水质达不到地表水 IV 类标准的城市，新建城镇污水处理设施要执行一级 A 排放标准。海南省中部水源区、迈湾坝下的县城基本实现污水“全集中、全处理”，风景名胜区、流域源头的城镇实现“全集中、全处理、零排放”。

C、全面加强配套管网建设

有合流制排水系统应加快实施雨污分流改造，难以改造的，应采取截流、调蓄和治理等措施。新建污水处理设施的配套管网应同步设计、同步建设、同步投运。城镇新区

建设均实行雨污分流，有条件的地区要推进初期雨水收集、处理和资源化利用。

D、实现污水与污泥的同步有效处理，并实现污泥的安全处置

根据《海南省城镇污水处理设施建设“十三五”规划》，在2020年之前设市城市、县城污泥无害化处置率达到85%，建制镇污泥无害化处置率达到50%；设市城市、县城污泥资源化处理率达到30%，建制镇污泥资源化处理率达到30%。

E、逐步实现水资源综合利用

全流域再生水利用率达到15%以上，完善再生水利用设施，工业生产、城市绿化、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工以及生态景观等用水，优先使用再生水。

依据上位规划，本次规划范围内涉及到的治理项目包括：新（扩）建污水处理厂42座，新增污水处理能力14.04万m³/d，新增配套管网工程1086.24km，总投资约为385981.36万元。

④ 畜禽养殖废水治理

根据《海南省畜牧业发展规划》可知到2020年年底，完成受水区内畜禽养殖区划分、所有畜禽养殖场（小区）和养殖专业户粪污综合治理，禁养区畜禽养殖场（小区）和养殖专业户全部关停、搬迁或转产，限养区内养殖场（小区）和养殖专业户粪污利用率达到100%，适养区内养殖场（小区）和养殖专业户粪污利用率达到80%。

根据《海南省农业可持续发展规划》到2018年，完成所有限养区畜禽养殖场（小区）和养殖专业户粪污综合治理任务，粪污利用率达到100%。到2020年，完成全省所有畜禽养殖场（小区）和养殖专业户粪污综合治理任务，适养区粪污利用率达到80%，到2030年达到100%。

《海南省2015年度主要污染物总量减排计划》要求严格按照《海南省畜禽养殖污染治理技术到则》中的5种类型减排模式进行畜禽养殖废弃物污染治理改造，努力实现畜禽养殖废弃物资源化综合利用。

⑤ 农田面源污染治理

《海南省农业可持续发展规划（2016-2030）》提出完善农业灌溉等基础设施，避免地面漫灌，灌溉水有效利用系数达0.6；全面加强农业面源污染防治，提高农业投入品使用效率，力争到2030年实现化学农药使用量减少率15%，鼓励使用有机肥、绿肥、生物肥料，化肥使用减少率达15%，农用品废弃物95%以上回收利用；推广建设农田生态沟渠、污水净化塘等设施净化农田排水和地表径流。

《海口市“十三五”农业发展规划》提出到2020年生态循环农业取得明显成效，

全市化肥使用量减少 20%，化学农药使用量减少 30%；规模化畜禽养殖场环保改造全部达标，粪污处理利用率 100%，农业面源污染综合治理率 80%。

⑥ 农村生活面源污染治理

《海南省城乡环境卫生整洁行动方案（2015-2020 年）》要求到 2020 年底农村卫生厕所普及率提高到 85% 以上；乡镇生活垃圾无害化处理率达到 90%；乡镇生活污水处理率提高到 65% 以上（全国目标为较大幅度提高）；对生活垃圾进行处理的行政村提高到 90% 以上；对生活污水进行处理的行政村提高到 15%；农村集中式供水人口比例提高到 95%（全国目标为 85%）；全省国家卫生城市比例提高到 40%，国家卫生乡镇（县城）比例提高到 5%。每个市县要创建不少于 2 个以上的国家卫生乡镇，每个省卫生城市要力争创建为国家卫生城市；省级卫生城市（县城）达到 100%；具备条件的乡道、村道实现“田路分家”、“路宅分家”，路面保持整洁、无杂物，边沟排水通畅，无淤积、堵塞。

《海南省农村生活污水治理工作方案(2016-2020)》中提出到 2020 年全省行政村生活污水处理设施建设覆盖率不少于 50%、行政村辖区生活污水处理率不少于 80%、部分有条件的市县实施农村生活污水设施建设全覆盖；《海南省农业可持续发展规划(2016-2030)》提出 2030 年行政村污水处理设施覆盖率不小于 80%。

规划范围内主要县城乡环境卫生整洁行动方案均对农村生活面源治理提出了相应的处理比例要求。

⑦ 水环境综合整治

《海南省生态环境保护“十三五”规划》全省已明确的 60 个城镇内河（湖）污染水体（64 个断面）进行集中专项治理，制定并实施我省城市黑臭水体整治工作方案。到 2018 年，全省城镇内河及流经城镇河段消除劣 V 类水体，力争达到 IV 类及以上水质，内湖消除劣 V 类水体，实现城镇建成区基本消除黑臭水体，全省城镇内河（湖）水环境质量总体明显改善。

(2) 本工程规划新增提出的水污染防治措施

① 完善水源地保护

A、划分迈湾饮用水水源保护区并实行分级防护

迈湾水库建成后，作为坝址下游的澄迈县、定安县、海口市和临高金牌港经济开发的供水水源地，地方政府应按照国家《中华人民共和国水法》和《中华人民共和国水污染防治法》的相关要求，组织相关部门对水源区进行饮用水水源保护区的划分。根据国家环

境保护部《饮用水水源地保护区划分技术规范》(HJ/T 338-2018), 饮用水水源地都应设置饮用水水源一、二级保护区, 必要时增设准保护区。一级保护区的水质基本项目限值不得超过 GB3838 的相关要求, 二级保护区的水质基本项目限值不得超过 GB3838 的相关要求, 并保证流入一级保护区的水质满足一级保护区水质标准要求, 准保护区的水质应保证流入二级保护区的水质满足二级保护区水质的要求。迈湾水源保护区具体范围如下:

a. 一级保护区

水域范围: 大型水库为取水口半径 500m 范围内的区域。

陆域范围: 大型水库为一级保护区水域外不小于 200m 范围内的陆域, 不超过流域分水岭范围。

b. 二级保护区

水域范围: 大型水库以一级保护区外径向距离不小于 2000m 区域为二级保护区水域面积, 但不超过水面范围。

陆域范围: 大型水库可以划定一级保护区外不小于 3000m 的区域为二级保护区范围, 不超过相应的流域分水岭。

c. 准保护区

按照湖库流域范围、污染源分布及对饮用水水源水质的影响程度, 二级保护区以外的汇水区域可以设定为准保护区。

饮用水水源保护区划分方案获得批准后, 应当按照 HJ/T 433 的要求, 在饮用水水源保护区边界设立界标, 敏感区域设立警示标志, 并制作相应的饮用水水源保护区图件。按照《饮用水水源保护区污染防治管理规定》、《海南省饮用水水源保护条例》法规要求, 切实加强加强监督与管理, 保障饮用水安全。

依据《饮用水水源保护区污染防治管理规定》, 对分级划分的饮用水水源保护区实行分级防护。划定的饮用水水源一级保护区, 应防止水源地附近人类活动对水源的直接污染; 划定的饮用水水源二级保护区, 应足以使所选定的主要污染物在向取水点(或开采井、井群)输移(或运移)过程中, 衰减到所期望的浓度水平。对于已经出现污染的水源地, 根据水源保护区的防护要求和污染物总量控制要求, 限期治理生活污染源; 饮用水水源保护区的设置和污染防应纳入当地的社会经济发展规划和水污染防治规划。

水源地一级保护区内的土地被征用并对水源地一级保护区内的建筑进行拆迁补偿, 制定拆迁、截污和拆除方案; 对工程实施中和实施后的水源保护区严格土地使用管理机

制，控制企业进入，防止污染物排放，一级保护区内的土地只能用于水源地的生态修复保护工程。

B、制定水源保护区环境污染事故应急预案

为保障公众生命安全和身体健康，有效预防、及时控制和消除饮用水源突发事件的危害，必须制定饮用水源保护区环境污染事故应急预案。威胁饮用水水源安全的重点污染源要逐一建立应急预案，建立饮用水水源污染来源预警、水质安全应急处理和水厂应急处理“三位一体”的饮用水水源应急保障体系。县级及以上地方人民政府要制定饮用水水源污染应急预案，加强应急能力建设，提高环境应急能力保障水平。

C、迈湾水源地污染控制工程

a. 水源地立碑定界

界碑、界桩和告示牌是标定保护区范围的重要形式，具有法律意义。对划定的饮用水源保护区范围的地理界线，通过勘测定位使社区干部群众进一步明确了解保护区实际管辖范围，有利用于保护区建设和管理。

隔离工程原则上应沿着保护区的边界建设，同时根据保护区的大小、周边污染情况等因素合理确定隔离工程的范围。

在地表饮用水源保护区边界建设隔离防护工程，特别是人类活动较多的区域，采用钢丝网将一级水源保护区圈围，并设置严禁事项的告示牌，防止人类不合理活动对水源保护区水质造成影响。在二级保护区边界每隔 250m 埋设一支标界桩，钢筋混凝土界桩的规格为 100 支标界桩，钢筋混；在临近村庄、交通要道竖立界址告示牌，在果园、胶林邻近水域的地带建设生物隔离工程如生态林、护岸林进行隔离。

b. 点源污染控制措施

库周黎母山镇、兰洋镇等各乡镇地方政府结合当地乡镇发展规划，推进库周重要集镇污水处理厂的建设，加强对生活污水的收集与处理；对已建设污水处理厂的城镇加强运行监督管理，提高污水处理厂的效率；库周其它小规模乡镇，可结合国家建设新农村等一系列规划要求，积极推进城镇生活污水的收集和处理。

库周所在城镇各级地方政府从保护迈湾库区水环境和长远发展角度引导库周所辖城镇向生态旅游型城镇发展，不宜发展劳动力密集型的现代化工业城镇，不新增工矿企业，并适度控制城镇人口规模，尽量减少生活污染，控制工业污染。

c. 面源污染控制措施

建议由当地农业部门组织引导当地居民在农业生产中重视推广科学的施肥和农药

使用技术，减少农田径流污染。有条件地区可将目前普遍使用的撒施施肥改为深施，农药使用要注意天气变化，根据各种农作物、经济作物、经果林对农药的吸收效果，适当控制和增大降雨、排灌和施药的时间间隔，以提高农药的使用效果。

在农村地区及无条件建设污水处理厂的城镇地区修建化粪池，居民粪便污水经化粪池处理后用于农业施肥或林业灌溉，厨余泔水等收集用于家畜饲养，不直接排放。

以建设社会主义新农村和海南国际旅游岛为契机，加快养殖治污资金投入，优先解决重点地区、环境敏感区域的畜禽养殖污染问题，解决养殖业规模化发展与环境保护的矛盾。有关部门要严格控制新建畜禽养殖场审批，加强管理制度落实，认真总结推广成功的切实可行的经验与做法，推广和应用先进的治污工程设施建设，巩固发展污染防治成果，在管理上、技术上以及工程措施上逐步深化畜禽养殖污染防治工作，加强正常性的养殖环境监测，实行严格监管，并提高养殖户的环境保护意识，控制畜禽粪尿对水环境的污染危害。

d. 禁止水库网箱养殖

本工程作为重要的饮用水水源地，建议库区管理机构禁止网箱养殖。

D、水源地水质自动监测系统建设

目前龙塘水源地已建成水质在线监测系统，在规划区的迈湾、金江、定安、良坡、新坡等饮用水水源保护区迫切需要建立水质自动监测系统，对重点污染源和重要水质断面进行实时监测，以便及时发现、跟踪突发性水污染事故。根据本工程的具体情况，抓住污染环节及因素，筛选污染因子，制定监测方案，确定监测布点及周期。

② 加强节水措施

A、落实最严格水资源管理制度

严格落实水资源开发利用总量、用水效率和水功能区限制纳污总量“三条红线”，实施水资源消耗总量和强度双控行动，健全取水计量、水质监测和供用耗排监控体系。加快制定南渡江流域水量分配方案，全面考核各市县最严格水资源管理制度目标完成、制度建设和措施落实情况，严格控制流域和区域取用水总量。加强最严格水资源管理制度考核工作。

B、强化水资源承载能力刚性约束

严格执行以水定产、以水定城，国民经济和社会发展规划及城市总体规划的编制、重大建设项目布局，应该与当地水资源条件和防洪要求相适应。严格执行建设项目水资源论证和取水许可制度，强化用水定额管理，严格执行重点行业、区域用水定额标准。

严格水功能区监督管理，从严核定水域纳污容量，严格控制入河湖排污总量，对排污量超出水功能区限排总量的地区，限制审批新增取水和入河湖排污口。

C、强化水资源安全风险监测预警

对规划范围内的市、县级行政区，开展水资源承载能力评价，建立水资源安全风险识别和预警机制。继续推进水资源管理系统建设，健全水资源监控体系，完善水资源监测、用水计量与统计等管理制度和相关技术标准体系，加强重要控制断面、水功能区和地下水的水质水量监测能力建设。

D、节水工程措施

a. 生活节水

加快城镇污水、垃圾建设步伐。加大城市供水、和地下配套管网等市政基础设施的建设力度，强化安全监管，确保重大基础设施运行安全。推广预定位检漏技术和精确定点检漏技术；对陈旧管网和不符合国家规定的管材进行改造，减少水的跑、冒、滴、漏，提高水的利用效率；推广应用供水管道连接、防腐等方面的先进施工技术；鼓励开发和应用管网查漏检修决策支持信息化系统。逐步建设城市供水管道的地理信息系统，提高城市供水管道的抢修及时率，减少自来水的漏损率。

节水型用水器具的推广应用，是生活节水的重要技术保障。新建小区全面推广节水型用水器具，发展“节水型住宅”；旧小区通过政策引导，逐步推广节水型器具。推广节水型水龙头，包括非接触自动控制式、延时自闭、停水自闭、脚踏式、陶瓷磨片密封式等节水型水龙头，淘汰建筑内铸铁螺旋升降式水龙头、铸铁螺旋升降式截止阀。推广节水型便器系统，包括两档式便器，小便器推广非接触式控制开关装置，淘汰进水口低于水面的卫生洁具水箱配件、上导向直落式便器水箱配件和冲洗水量大于 9L 的便器及水箱，推广节水型淋浴设施。集中浴室普及使用冷热水混合淋浴装置，推广使用卡式智能、非接触自动控制、延时自闭、脚踏式等淋浴装置，用水量较大的公共建筑推广采用淋浴器限流装置。

b. 工业节水

重点抓好高用水行业节水减排技改以及重复用水工程建设，提高工业用水的循环利用率，严格控制高污染行业发展规模。调整产业结构和工业布局，进行技术改造，淘汰落后的生产工艺、产品，关停高耗水、重污染的企业，推行清洁生产，提高工业用水重复利用率。

本规划范围内的工业主要分布于受水区，针对工业用水节水设施的规划措施包括：

对陈旧管网进行改造，降低漏损率；根据各工业行业和产品结构情况有针对性的进行节水设施建设，提高重复利用率、间接冷却水循环率和工艺水、冷凝水回用率；提高污水回用率，实施系统节水技术改造，最终实现废水“零排放”；采用节水型冷却设备，对冷却水进行循环使用，提高水利用率；积极引导、鼓励各工业企业实施废水循环利用。

c. 农业节水

加快推进迈湾水利枢纽工程灌区节水工程建设，在各个乡(镇)推广田间高效节水灌溉技术，推广稻田浅湿控制灌溉技术，推广覆盖栽培、深耕深松等旱作节水技术，加大节水灌溉面积。

加大农田水利配套设施、排水工程和渠系防渗措施投资，修缮老化失修的农田水利工程，加强农田水利设施的维护和保养工作；进行农业种植结构调整，控制高耗水作物的种植面积并减少用水量，增加经济作物的种植比例，发展高效节水农业；重点进行喷灌、管灌和微灌等高效节水灌溉方式的大范围推广，提高灌溉水利用系数；加快中低产田地改造水利设施建设，通过规划建设水窖、小型水源工程，进行灌排渠系修整，建立机电泵站和水闸，修护配套田间机耕路等，支撑农业生产，保障农业经济的发展以达到节水的目的。

d. 非常规水资源利用

鼓励各市县用水大户、工业企业投资建设中水回用工程，大力推进污水再生循环利用，2030年争取本规划范围内所有的污水处理厂出水再生利用比例达到30%以上。鼓励在面积超过2万m²的物业小区以及重点产业园区开展中水回用工程，新建一批小型集雨水窖等工程，在高档小区、开发区以及工业园区开展雨水收集工程等。

③ 提高工业污染防控水平

A、严格落实减排目标责任

加强污染减排机构队伍建设。污染减排时效性强，技术要求高，必须要有一支素质良好的减排队伍专门负责该项工作。环保部已设置了污染物排放总量控制司，省厅也将原污染控制处改为污染防治与总量控制处，各市县也要从机构和人员方面切实加强减排机构和队伍的建设，保持队伍的基本稳定，确保有高素质的人员负责减排工作。

B、用水总量及排污总量监督管理

全面推行取水许可和水资源论证制度，严格执行工业用水定额体系，推行工业行业用水限额和限排相结合的定额管理制度，做到冷却水全部循环利用，推广废水处理回用。有关部门建立健全区域用水总量控制、计划用水管理、取水许可审批、用水节水计划考

核等节水管理制度，鼓励工业园区内企业之间的多级串联用水。对规划范围内年取水量在 10 万方以上的企业，实行年取水计划申请和取水企业实时监控体系建设，并加强宣传，提高群众的节约用水意识。加强用水效率控制。逐步推行用水户分级管理，从源头控制用水，减少污水排放。严格限制水功能区纳污总量，严格入河湖排污口的监督管理和新增排污口的设置审批，对排污量超出水功能区限排总量的地区，限制或者禁止审批工业入河湖排污口和建设项目新增取水。

C、实施中小企业集中治理

根据前期调查分析可知，迈湾坝下受水区内小企业众多且污染严重。考虑到这些中小企业由于资金、位置等原因无法接入城市污水管网，且自行进行废水处理达不到排放标准。对这些中小企业要求必须配备生产废水处理设施或者搬迁到工业园区。

D、开展重点企业的预处理

在国家及海南省重点监控企业名单内，且超标严重的单位强制接入污水管网，对未执行的企业进行停业整改、关停，而且必须加强企业内部的预处理，严格执行污水处理厂接管标准，提高废水处理后的再利用和排水水质的稳定性，避免对接管的污水处理厂形成冲击负荷，保证集中式污水处理厂的稳定运行。

加强企业内部污水收集系统建设和处理设施的运行管理，做到所有生产废水、生活污水和初期雨水全部得到收集和处理，加强污水处理设施运行状态的监测和监控，提高运行管理水平。

E、建立在线监测系统

对重点直接排入规划区河道内工业企业的排污口安装自动监控装置，与受水区内各市县环保局的污染源监控中心联网，实行实时监控、动态管理，要同时监控污染物排放浓度和总量指标。

④ 推进污水治理设施建设和稳定运营

对于迈湾水利枢纽工程受水区内不符合排放标准已建的云龙产业园污水处理厂、屯昌污水处理厂应进行提标改造工程。澄迈的金江镇、瑞溪镇、永发镇污水厂水大力加强回用设备，达到 95%回用不排；依托 2020 年屯昌县城污水回用经验，重点带动南坤镇污水回用，达到屯昌县城和南坤镇 95%回用不排；定城镇（定安的县城）和雷鸣镇污水厂水因排入温村水，要求其二者污水 95%回用不排，也是依托了 2020 年定安县城污水回用经验，重点带动雷鸣镇污水回用；海口市流域内所有镇都污水 100%回用不排。

加强城镇污水处理工程建设与运营监管，各城镇污水处理厂应安装进出水在线监测

装置，实现污水处理厂进出水的实时监督与管理。

⑤ 强化集约化养殖污染控制

在规划范围内的适养区推进畜禽养殖场（小区）和养殖专业户改进养殖方式和污染治理技术等措施，对畜禽养殖污染物进行生态化处理或制成有机肥进行利用，实现养殖污染“资源化、减量化、无害化”利用的目标。

根据自身养殖场状况，各规模养殖场主要采取 5 种鼓励模式、8 项重要技术中的某种模式和技术对养殖场进行环保升级设施设备建设、改造和完善，主要包括改造完善规模畜禽场基础设施，建设干清粪、固液分离、雨污分流、污水粪便储存棚及输送管网设施；建设有机肥加工中心；配套完善沼气工程，以沼液管网建设为重点，大幅提高沼液利用率；配套相应消纳土地等。

⑥ 深化面源控制

遵循循环经济理念，大力发展节水、节肥、节药农业，以畜禽粪污、秸秆、农膜、病死畜禽等废弃物循环利用为重点，加大农业面源污染治理力度，实现农业资源高效利用，强化农产品产地环境监测能力，提升耕地质量，发展生态循环农业园区，促进农业可持续发展，助力创建生态循环农业示范省。

A、加大农业面源污染治理力度

a. 深化节肥节药的目标

以减施化肥为目标，深化测土配方施肥、水肥一体化、增施有机肥等综合措施。根据气候、地貌、土壤类型、作物品种、耕作制度等差异，合理划分施肥类型区，推广测土施肥技术，建设测土配方施肥体系。建立蔬菜、果树、花卉等作物统防统治示范园区，采用农业防治措施，选用抗耐病品种、适期播种、轮作换茬、加强栽培管理等措施，减轻农作物病虫害危害；推广害虫诱杀技术，安装电子杀虫灯诱杀害虫成虫，配合悬挂诱虫板、性诱剂诱杀大多数害虫，减少化学农药施用量。

b. 推广农业投入品废弃物回收利用

加快实施废旧农膜和农药包装物回收处置试点工作，引导农民采用厚度 0.01mm 以上的地膜；试验示范全生物降解农膜，研究其降解性能、农田适用性等主要功效，选择适宜全省农业生产的全生物降解农膜。建立政府补贴、市场经营、自主运转的回收利用机制，通过大幅度提高残膜、农药包装物等的回收价格，扶持设立农业投入品废弃物收购和加工点，对已建或新建的废旧地膜收购站点或加工厂加强监督与管理和改造提升。

c. 建立病死畜禽无害化监管服务体系

按照“无害化、生态化、资源化”的总体思路，对现有的病死畜禽无害化处理工程进行提升和改造，建立病死畜禽无害化处理体系，采用政府监管、企业运作、财政补贴、保险联动的运行模式，统一、集中处理病死畜禽，在规划区各县市建设病死畜禽无害化处理工程中心，推广高温化制湿法生物处理、炭化等先进处理技术；在各乡镇建立病死畜禽收集点，配套建设冷库、收储运专用车辆等设施设备，加强保险联动，集中收集病死畜禽；建立健全病死畜禽无害化监管服务体系。

B、大力发展节水农业技术

提高节水灌溉技术的科技含量，发展节水农业技术，依靠科学手段来提高滴灌和节水技术效果，在经济条件较好的地方应该大力发展喷灌及微灌技术，不断完善有关政策，以实现节水的硬措施与软措施的有机结合。推广应用高效节水灌溉技术，发展高效节水农业。深化农田水利设施管理体制变革，建立长效运行管护机制，确保工程社会效益。

C、农村环境连片整治工程

以治理农村生活污水、垃圾为重点，深入推进农村环境连片整治。完成部分河道两侧公厕的新建或改造；进行农村生活垃圾分质分类处理试点工程。

D、农业排水污染治理工程

利用现有沟、塘、窖等，配置水生植物群落、格栅和透水坝，建设生态沟渠、污水净化塘、地表径流集蓄池等设施，净化农田排水及地表径流，有效削减农业面源。

⑦ 深入水域生态体系建设

海南省已启动南渡江水生态文明建设及综合整治工程：主要解决南渡江干流及重要支流水生态和防洪除涝问题。涉及重要支流：龙州河、巡崖河、大塘河、海仔河、西昌溪、腰子河、汶安河、铁炉溪、三十六曲溪 9 条河流。其中腰子河、汶安河、铁炉溪、三十六曲溪相关综合整治工程仍不明确，本次规划提出需进一步强化，项目建设内容包括截污工程、清淤工程、河道水生态整治、生态驳岸改造工程、景观提升工程等。

(3) 新增供水污染负荷增加与区域水污染防治规划的衔接建议

迈湾水库建成并正常运行后，由于新增供水量的增加导致部分区域污染负荷的增加。在区域已有的上位规划得到全部落实并有效实施后，仍有部分水功能区的水环境容量为负，具体为澄迈-后黎、后黎-安定、安定-新坡、新坡-龙塘等计算单元，相应的计算单元接纳的主要是澄迈县、定安县、海口市（责任主体）的农村散排、城镇生活、农田径流等面源污染。规划在考虑区域上位规划的基础上，已针对上述污染源在具体的区域提出相应的补充措施。建议上述补充措施由海南省政府及相关部门牵头，结合迈湾水

利枢纽工程建设进度，及时开展相关设施和工程建设，在迈湾运行前完成污染治理。

8.2.3.3 规划水环境目标可达性分析

(1) 规划水平年污染物总量控制可达性分析

按照本工程规划提出的污染控制方案，规划提出的污染控制工程正常实施并发挥效益后，规划范围 2030 年 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 入河量均小于其最大允许入河量，规划年污染物总量控制目标可达。

(2) 水质目标可达性分析

根据坝址至龙塘坝址河段水质预测，污染防治规划实施后，规划范围坝下的 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP、TN 均可达标，规划水环境目标可达。

(3) 管理层次的目标可达性分析

本规划基于水环境功能区划、污染物入河量及当地经济社会发展水平，综合确立得出的各计算单元污染物削减量及削减措施属于技术范畴，削减后可保证水环境目标技术性可达。此外，从污染物的产生和迁移途径的管理角度上看，为实现综合考虑点源和面源污染负荷的削减目标，需要环境保护行政主管部门加强污染源的监管，城市水务、市政部门加快污水处理厂建设、林农业部门的共同配合、完善相应的法律、法规建设等。在规划管理措施落实到位后，水环境目标的可达性增强，能够实现管理层次可达。

8.2.3.4 水污染防治工程实施方案

(1) 工程实施进度

本工程上位规划均提出了具体的进度要求，多数在 2020 年需要完成，包括水源保护、工业污染源达标排放、城镇生活污水达标排放、畜禽养殖污染防治、水环境综合整治等。农业面源及农村生活面源治理延续至 2030 年。

规划提出的新增污染防治措施中，迈湾水源地保护在迈湾建成后实施，下游其他 4 个水源地保护工程、新增工业废水处理工程、新增畜禽养殖污染防治工程应在 2020 年前完成，节水工程、污水厂提标改造工程及其他面源控制工程应在 2030 年前完成。

结合迈湾水利枢纽工程配套灌区的建设进度，以上水污染防治工程实施进度可适度提前。

(2) 工程实施责任

根据海南省政府关于本工程水污染防治规划的批复（琼府函[2017]160 号），迈湾水污染防治规划涉及的海口市、儋州市、琼中县、澄迈县、屯昌县、临高县、定安县政府是规划实施的责任主体，层层分解任务，确保规划目标落到实处。省发改委、财政厅、

生态环境保护厅、工业和信息化厅、农业厅、水务厅等单位按照职能分工，加强工作支持和指导，确保规划顺利实施。

本规划的各项污染防治工程实施过程中，按照海南省政府批复要求，以政府为主导、各建设单位具体负责实施的要求，开展各项工程的建设和运行。

(3) 工程实施保障

应结合国家和海南省落实“水十条”要求，采取宣传动员、政策支持、加强管理、资金争取，利用先进技术，保障规划各项工程的实施。

(4) 工程实施考核

各相关县(市)要根据本地实际情况，结合迈湾水利枢纽工程建设运行及规划提出的地表水控制断面合理确定考核断面，加大对考核断面水质和规划项目建设情况的考核力度。2025 年对规划工程执行情况进行中期评估与考核，根据考核评估情况对规划工程项目进行适当调整，2030 年对规划执行情况进行终期评估与考核。

8.2.4 运行期水环境保护措施

8.2.4.1 库底清理

水库蓄水前，应按照《水利水电工程建设征地移民安置规划设计规范》(SL290-2009)的要求进行库底清理，清理内容包括建(构)筑物的清理、卫生清理、林地清理等一般清理及特殊清理。

一般清理范围为：

卫生清理范围为居民迁移线以下(不含影响区)区域；

建(构)筑物清理范围为居民迁移线以下至死水位以下 3m 区域；

林木清理范围为正常蓄水位(108m)以下的水库淹没区。

特殊清理范围指水库淹没范围内选定的水产养殖场、捕捞场、游泳场、水上运动场、航道、港口、码头、泊位、供水取水口、疗养区等所在地的水域。

(1) 库底清理技术要求

① 卫生清理

1) 居民一般的厕所、粪池、垃圾地、牲畜栏、污水沟的污物通常采用掏出、摊晒处理，其坑穴、迹地一般采用生石灰消毒，用量 $1\text{kg}/\text{m}^2\sim 2\text{kg}/\text{m}^2$ 。如有蛔虫卵，则应用石碳酸液(浓度为 3%)浇洒消毒，用量 $2\text{kg}/\text{m}^2$ ，然后再填埋。

2) 水库蓄水初期，库区的鼠类会向库岸迁移，短期内库岸地带鼠密度猛增，可能导致疾病流行，因此在水库蓄水前应进行灭鼠。灭鼠范围为居民区、集贸市场、仓库、

码头、垃圾场和耕作区。这些地区每 10m^2 投放 0.005% 溴敌隆毒饵 2 堆，每堆 20g；耕作区每亩投放 0.005% 溴敌隆毒饵 20 堆，每堆 20g。投放 5d~7d，及时收集鼠尸和剩余毒饵。

3) 坟墓清理：埋葬 15 年以上的坟墓，根据群众意愿与习惯决定是否迁移；埋葬 15 年以内的坟墓必须清理，清出的尸骨埋葬在卫生防护带以外，墓穴用 $1\text{kg}/\text{m}^2 \sim 2\text{kg}/\text{m}^2$ 漂白粉(浓度为 4%)浇洒消毒，坟墓迁移后，需用净土填平墓穴并夯实。无主坟墓，要将尸体挖出焚烧。

② 建(构)筑物清理

1) 迁移征用线以下的房屋及其附属建筑物应拆除，其墙壁、围墙、排架等应推倒摊平。

2) 公路、输电、电信、工矿企业、水利水电工程设施等地面障碍物必须炸毁，其残留高度不得超过 0.5m；对确实难清理的较大障碍物，需设置明显标志，并在水库地形图上注明其位置与高程，以保安全通航。

3) 水库水位消落区内的水井、水坑、地窖、隧道等地下建筑物，要结合地质情况和库区综合利用要求，并采取填塞、封堵覆盖或其他处理设施。

4) 对有严重污染源的工矿企业、医院等建筑物要进行卫生清理并验收合格后，再行拆除推平。

5) 拆除房屋应有安全防范措施，砖混、砖木、三层以下的砖混结构用人工拆除，高层框架、四层以上的砖混可采用机械与爆破相结合的方式，连片建筑物采用定向爆破拆除。

6) 各种建(构)筑物旧料，尽可能运出库外利用，各种杆线工程拆除的线材、铁制品、杆塔等应回收运出库外，对不能利用又易于漂浮的废旧料就地烧毁或进行防漂浮处理。

③ 林木清理

1) 对正常蓄水位淹没线以下的有林地、疏林地、灌木林、园地、房前屋后的零星果木应全部砍伐，砍伐后，其残留树桩高度不得超过地面 0.3m。砍伐后有用之材要运出库外，不便运出库外的枝桠、梢头、藤条、灌木丛及秸秆等可就地烧毁或采取防漂措施。严禁放火烧林。

2) 对珍贵的树种和经济价值较高的幼树应尽量移栽到库外。

3) 正常蓄水位以上的园地及零星果木可以不清理，一方面可以减少移民的淹没损

失，另一方面也有利于库岸的稳定。

(2) 库底清理环保要求

库区清理要尽可能消除污染水质的因素，保证水质良好，保障库区及其下泄水体的卫生安全，杜绝病原微物的扩散，防止介水传染病的发生、流行或暴发。因此，清库须按照《水利水电工程水库底清理设计规范》(SL644-2014)执行，并参考《长江三峡水库底固体废物清理技术规范》(HJ85-2005)，合理、有效、科学地清理库区废弃物，保证库区水质。

8.2.4.2 运行期污废水处理

(1) 厂房油污水治理

电站机组检修时，为了防治油污染，一方面要加强管理，避免油的泄漏，做到清洁生产；另一方面在四周设置截水沟收集油污水，在排入集水井前通过油水分离器处理。厂房内选用 1 套 DYF-1 型油水分离装置，处理能力为 1m³/h，该分离器处理后的废水含油量可以降至 5mg/L 以下，处理后可回用。

开关站主变压器下设主变油坑，并设置总事故油池，产生的废油由专业单位回收处理。

(2) 管理人员生活污水处理

运行期生活污水主要为工程管理人员排放的生活污水，BOD 浓度在 200mg/L 左右，COD 浓度在 400mg/L 左右。业主营地工作人员生活污水处理利用施工期已建的工程业主营地生活污水处理设施，处理后回用于营地绿化洒水等。

8.2.4.3 富营养化防治措施

水体富营养化是一个复杂的生物、物理、化学相互作用过程，水体发生富营养化不仅需要充足的营养盐，还需要合适的水文和气象条件，三者缺一不可。因此，要防治库区水体富营养化，除控制输入性营养物质外，利用合适的水动力条件去除污水中的营养物质、加快富营养化控制物质的释放和输出等均是防治库区水体富营养化的重要措施。

(1) 控制氮磷等营养性物质输入

① 库周输入性污染源是富营养化控制物质氮、磷的主要来源，除库周输入性污染源控制措施外，当地政府可根据水体功能要求再制定相应的水质氮、磷浓度的允许标准；

② 建议当地政府禁止使用含磷的合成洗涤剂，可有效减少磷排放，降低富营养化水体 TP 含量；

③ 大力推广农业新技术，合理种植农作物，减少土壤侵蚀、水土流失与肥料流失，推广新型复合肥，控制氮、磷肥的使用量，减少营养性物质输入；

④ 迈湾水库建成后，取消库区范围内所有的排污口。

(2) 利用水动力条件防治水体富营养化

① 科学利用自然状态下水域的水动力条件

建议各级地方政府加强库周含排污口项目的审批管理工作，合理论证排污口选址，排污口应尽量安排在流速较大且方向单一的部位，尽可能避开水动力交换弱、自净能力差的区域，科学利用水域的自然水动力条件减少营养盐扩散。

② 利用水利设施的多目标优化调度改善水环境

兼顾改善水环境的闸、坝等水利设施的优化调度也得到了广泛关注。利用太湖湖周水利工程设施优化调度改善湖体水质就是一个成功的例子。通过综合考虑防洪、发电、排涝和水质改善的单目标和多目标优化，用工程调度动态调节进出库水量，加快水体更换速度，调整清出污时机，以有效减少库区污染物。

(3) 加强库区富营养化巡视和管理工作

建议库区管理机构加强库区富营养化的巡查工作，制定富营养化处理应急预案；对有可能发生富营养化的局部区域开展生物生态性措施、物理工程性措施、化学方法等措施的试验研究工作。

8.2.4.4 库区水质在线监测

迈湾主库区(坝址前 26km 范围内)和库区主要支库库湾(中坤农场黄岭分场、西达农场和阳江农场附近)以及各支库汇口由于相对开阔的地形条件，水体流速缓慢，易形成污染带，5~9 月存在发生富营养化的可能性。因此，建议对主库区和库区主要支库库湾(中坤农场黄岭分场、西达农场和阳江农场附近)以及 4 条主要支库汇口实施在线水质监测，以实时掌握其水质动态，发现问题及时采取应对措施，避免发生严重的污染事件。

8.2.5 施工期水环境保护措施

8.2.5.1 砂石加工系统废水处理

(1) 废水概况

本工程设砂石骨料加工系统 1 处，位于 5#副坝、6#副坝坝前上游库区内。根据工程分析，废水排放量约为 200m³/h，主要污染物为 SS，浓度约 50000mg/L。

(2) 处理目标

工程涉及南渡江河段为 II 类水环境功能，废水不得排入南渡江，因此生产废水需进行处理后回用于生产。参考《水电工程施工组织设计规范》(DL/T 5397-2007)中砂石加工、混凝土生产等产生的废水回收利用的规定，结合水电工程砂石料冲洗实际用水状况，

处理目标为 $SS \leq 100\text{mg/L}$ 。

(3) 处理工艺

① 废水处理工艺比选

根据工程实际经验，砂石料废水处理系统预处理推荐采用石粉回收装置，对部分石粉进行回收，提高资源利用率。本次比选从节约占地、投资费用、运行费用和出水稳定等角度考虑，主要对预处理后的主要处理设施进行工艺及其技术经济比较。

a) 方案一：辐流沉淀法

高浓度砂石冲洗废水从筛分楼流出，首先进入石粉回收车间，对废水中的细砂和石粉用石粉回收装置进行回收，出水在辐流沉淀池配水井内投加混凝剂，进入辐流沉淀池沉淀处理，沉淀池底泥经渣浆泵抽送至脱水车间脱水，泥浆脱水前投加混凝剂，经混合器混合均匀，脱水后泥饼运至弃渣场堆放，出水自流进入回收水池，当脱水设备出现故障时，出水流入辐流沉淀池配水井进行循环处理。具体处理工艺流程见图 8.2-16。

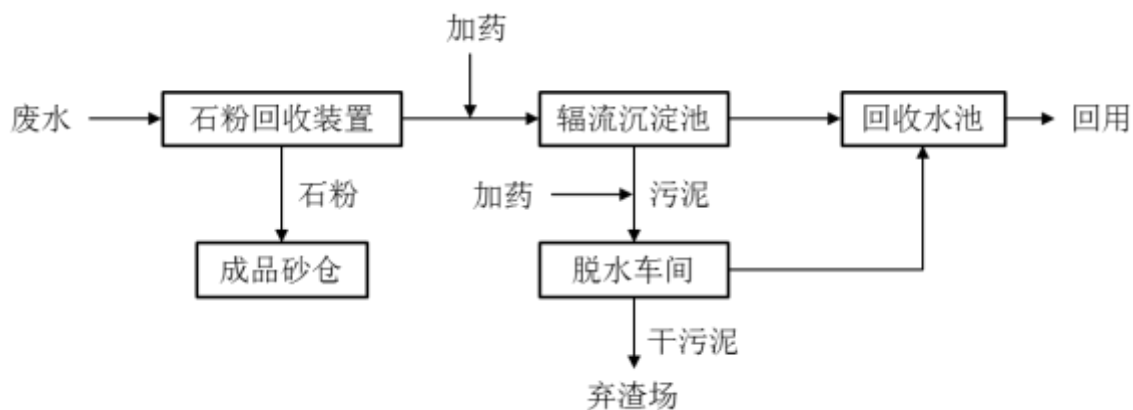


图 8.2-16 辐流沉淀法工艺流程图

b) 方案二：DH 高效净化器法

砂石冲洗废水先经石粉回收装置回收细砂和石粉，分离后的出水进入调节池混合均匀，上清液投加混凝剂后并经混合器混匀后用泵提升至 DH 高效净化器中处理，出水排入清水池回用。高效净化器排出的沉砂及污泥经渣浆泵抽送至脱水车间脱水，泥浆脱水前投加混凝剂，经混合器混合均匀，脱水后泥饼运至弃渣场堆放，出水自流进入回收水池，当脱水设备出现故障时，出水流入调节池进行循环处理。具体处理工艺流程见图 8.2-17。

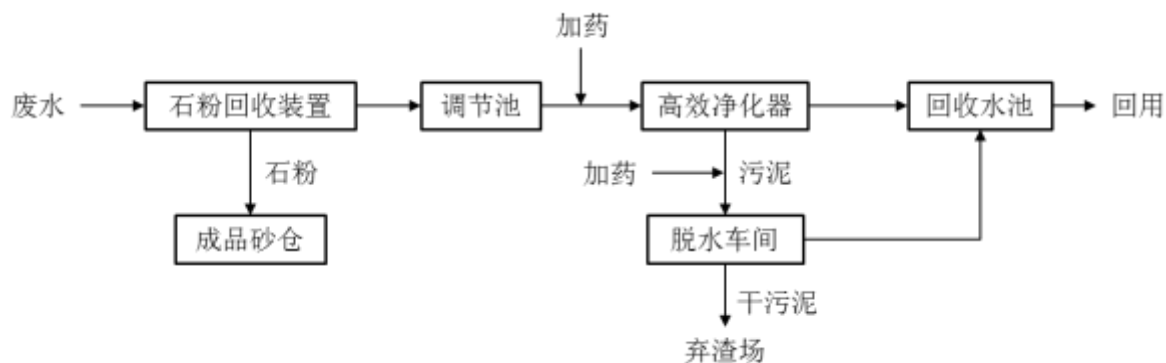


图 8.2-17 DH 高效净化器法工艺流程图

c) 方案比选

辐流沉淀法处理工艺是一种较为成熟的废水处理技术，具有操作简单、处理能力强、效率高、投资省等特点，在砂石加工废水处理中的应用也较广泛。但由于沉淀处理法往往需要较长的水力停留时间才能达到较好的处理效果，占地面积较大，在受场地限制的水利水电中应用受到一定的限制。

采用 DH 高效净化器法处理砂石冲洗废水，其核心设备 DH 高效净化器为成套设备，运行时无需机械搅拌，水力条件好，能快速有效去除废水中的高浓度悬浮物，且占地面积较小。根据向家坝水电站砂石加工废水处理工程实际经验，应用 DH 高效净化器法处理砂石冲洗废水后的出水水质完全能达到排放或回用标准。但 DH 高效净化器投资及运行成本相对较高，对运行维护管理也有较高要求。

在维护管理、投资及运行费用方面，辐流沉淀法较 DH 高效净化器法具有较大的优势；但在占地面积、技术工艺方面，DH 高效净化器法处理效果较好、耐冲击负荷强，总占地面积较辐流沉淀法小。由于本工程施工布置紧凑，砂石料加工系统位置用地紧张，推荐采用 DH 高效净化器法。

② 污泥处理方案比选

由于砂石系统废水量大、SS 浓度高，废水处理后的污泥处理是系统正常运行的关键。水利水电工程砂石加工废水污泥的处理通常采用自然干化和机械干化两种形式。由于本工程砂石料废水量大，自然干化占地面积较大、处理周期长、处理规模小，受气候和季节因素影响较大，因此，本阶段拟定了重力浓缩+重力过滤脱水和机械脱水两种方案进行技术经济比较。

A 方案一：重力浓缩+重力过滤

重力浓缩后可使污泥体积有效减小，再经滤池进一步脱水、干化处理后，可直接外

运至弃渣场。该处理方案处理效率较高，处理费用低，占用场地相对较低，缺点是劳动强度较大，且容易受天气的影响。

B 方案二：机械脱水

机械脱水多采用压滤脱水或离心脱水。压滤脱水机械主要有板框式压滤机、带式压滤机、真空压滤机、陶瓷过滤机等；离心脱水机械主要为转筒式离心机。该方法为将沉淀池内的污泥用泵直接抽至压滤机进行机械脱水，压滤后的干污泥运至弃渣场，滤液可直接回用。该方案占地小，管理方便，污泥脱水后含水率较低，处理效果可以保证，但投资及运行费用较大。

方案一采用先重力浓缩、后重力过滤脱水相结合的方法，重力浓缩后污泥含水率较低，可提高污泥的脱水效率，节约一部分占地。方案二采用机械脱水方法，占地小，处理效果好，但投资费用和运行费用较高。由于本工程施工用地较为有限，方案一占地相对较大，不能满足其要求，且容易受天气等条件限制。方案二处理效率高，管理方便，可节省土建费用和占地面积，且机械设备布置不受地形条件限制，拆装灵活，重复利用率较高。因此，本工程砂石冲洗废水处理系统的污泥处理推荐采用方案二机械脱水方案。

③ 处理工艺

本工程砂石料废水处理系统由于用水量较大，而废水处理系统用地面积紧张，因此本工程在 DH 高效净化器前采用石粉回收装置进行预处理，进一步减少占地，工艺流程见图 8.2-18。

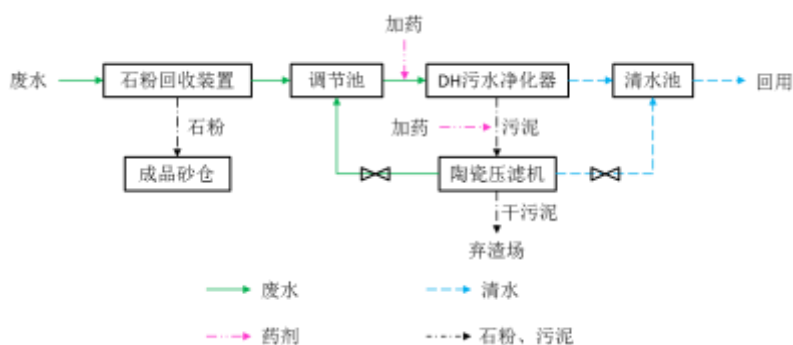


图 8.2-18 砂石料系统废水处理工艺流程图

(4) 工艺设计参数

本工程砂石料废水处理系统工艺设计参数详见表 8.2-13。

砂石冲洗废水处理系统工艺设计参数

表 8.2-13

构筑物名称	主要工艺参数
石粉回收装置	设计去除率 60%

调节池	停留时间约 20min
DH 高效污水净化器	设计去除率 99.8%，停留时间约 0.5h
清水池	停留时间约 1h

(5) 主要构筑物及设备

① 主要构筑物

砂石冲洗废水处理系统主要构筑物详见表 8.2-14。构筑物设计及设备选择时已考虑混凝土拌和系统冲洗废水。

砂石冲洗废水处理系统主要构筑物一览表

表 8.2-14

构筑物名称	数量 (座)	单池净尺寸(m)			结构	占地面积 (m ²)	备注
		长	宽	高			
石粉回收车间	1	10	7.5	4	钢砼	93.5	
清水池	1	22	10	4	钢砼	253	
加压泵站	1	12	5	5	砖混	78	
脱水车间	1	21.8	7.5	5.5	框架	193.8	一层
污泥池	1	8	5	3.5	钢砼	54	
渣浆泵房	1	13	5	6.8	钢砼	84	
调节池	1	10	10	3.5	钢砼	121	
加药间	1	8	5	3.5	砖混	54	

注：水池超高均为 0.3m。

② 主要设备

砂石冲洗废水处理系统主要设备包括石粉回收装置、DH 高效污水净化器、高效混凝混合器、加药系统、污水提升泵等，详见表 8.2-15。

各砂石冲洗废水处理系统主要设备一览表

表 8.2-15

设备名称	型号	单位	数量	单台功率 (kW)	备注
石粉回收装置	VDS512-4	套	3	5.5	每套配置 5 个 10 英寸旋流器， 2 用 1 备
DH 高效污水净化器	DH-SSQ-200	台	4	/	3 用 1 备
高效混凝混合器	DH-HNQ-200	台	4	/	3 用 1 备
加药系统	DHJ-200	套	4	/	3 用 1 备
污水提升泵	100ZM-40	台	4	55	3 用 1 备
陶瓷压滤机	LH-80	台	3	39	2 用 1 备
清水泵	IS150-125-315	台	4	52	3 用 1 备

渣浆泵	100ZD-35	台	4	75	3用1备
电磁流量计	DN200	台	4	/	3用1备

(6) 占地面积

废水处理系统与砂石料加工系统同布置在一块台地上，构筑物利用加工系统附近空地进行布置，废水处理系统总占地面积约 1300m²。

8.2.5.2 混凝土拌和系统冲洗废水处理

(1) 废水概况

本工程设置混凝土拌和系统 1 处，布置于坝址右岸坝肩附近，紧邻砂石料加工系统，每天三班制生产，日产生废水量约 36m³/d。悬浮物和 pH 值浓度较高(SS 约为 5000mg/L，pH 约值为 11.6)，需处理达标后回用。

(2) 处理目标

工程涉及南渡江河段为 II 类水环境功能，施工废水应处理后回用，不外排。根据《水电工程施工组织设计规范》(DL/T5397-2007)规定，处理目标取 SS≤100mg/L，并回用于混凝土拌和系统冲洗。

(3) 处理方案

混凝土废水处理系统选用二级沉淀工艺，处理工艺见图见图 8.2-19。

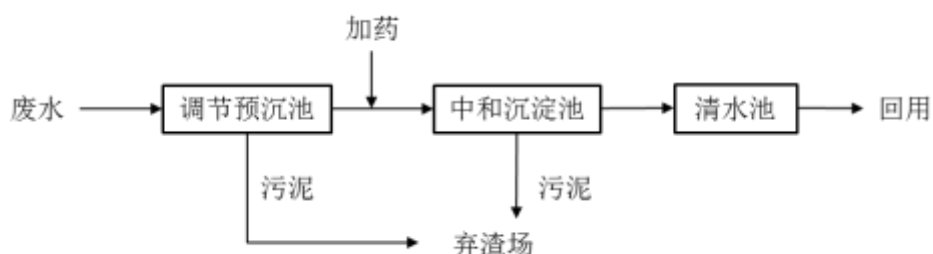


图 8.2-19 混凝土废水处理系统工艺流程示意图

废水先进入调节预沉池，去除大部分悬浮物，再进入中和沉淀池进一步处理，去除悬浮物并加药调节 pH，沉淀池出水进入清水池，回用于混凝土拌和系统冲洗。处理设施采用一体化结构，简称二级沉淀池。预沉池与沉淀池定期人工清理，一起运至弃渣场。

(4) 工艺设计参数

工艺设计参数详见表 8.2-16。

混凝土废水处理系统构筑物设计参数

表 8.2-16

构筑物名称	主要工艺参数
调节预沉池	设计去除率 80%，停留时间 8h，清泥周期 3d
中和沉淀池	设计去除效率为 90%，停留时间 8h，清泥周期 7d
清水池	停留时间 24h

(5) 主要构筑物及设备

① 主要构筑物

混凝土废水处理系统主要构筑物详见表 8.2-17。

混凝土废水处理系统主要构筑物一览表

表 8.2-17

废水处理系统	构筑物名称	数量 (座)	单池净尺寸(m)			结构	占地面积 (m ²)
			长	宽	高		
混凝土废水处理系统	调节预沉池	1	5	2	3.3	钢砼	18
	中和沉淀池	1	5	2	3.3	钢砼	18
	清水池	1	3	2	3.3	钢砼	12

② 主要设备

混凝土废水处理系统主要设备为 2 台 50QW-23-15-2.2 型无堵塞潜污泵，一用一备，单台流量为 23m³/h。

(6) 平面布置

混凝土废水处理系统与混凝土拌和系统同布置在一块台地上，混凝土废水处理系统采用一体化布置，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟规划的平面布置情况，混凝土生产废水处理系统占地面积约 50m²。

8.2.5.3 含油废水处理

(1) 废水概况

机械修配厂布置于坝址左岸下游，根据工程分析内容，机械修理厂高峰废水量约为 10m³/d。废水主要污染物为石油类和 SS，其浓度最大分别约为 100mg/L 和 1000mg/L。

本工程布置 2 处施工机械停放场，1 处紧邻主坝区机械修配厂，1 处位于副坝施工区生活办公区旁，各设备停放场日废水产生量约为 18m³/d。洗车废水的泥沙量较大，废水主要污染物为石油类和 SS，其浓度分别约为 30mg/L 和 3000mg/L。

主坝区的机械修配厂和机械停放场相邻布置，废水收集后合并处理，主坝区含油废水水量为 28m³/d。废水混合后水质较简单，主要污染物为石油类和 SS，浓度约为 50mg/L

和 2500mg/L。

含油废水产生量一览表

表 8.2-18

序号	施工工厂	布置地点	高峰废水产生量		设计废水量 (m ³ /h)	污染物浓度
			m ³ /d	m ³ /h		
1	机械修配厂	主坝区	10	2.5	3	石油类=100mg/L; SS=1000mg/L
2	机械停放场	主坝区	18	4.5	5	石油类=30mg/L; SS=3000mg/L
合并处理			28	7	8	石油类=50mg/L; SS=2500mg/L

(2) 处理目标

废水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)标准，用于道路和施工场地洒水或绿化。同时参考《汽车维修业水污染物排放标准》(GB 26877-2011)排放限值，出水水质需满足石油类≤3mg/L，SS≤20mg/L。

(3) 处理方案

主坝区机械修配厂和机械停放场相邻布置，且废水中主要污染物相似，同为石油类和 SS，因此，拟对其废水统一收集后处理。

含油废水处理工艺流程示意图见图 8.2-20。主坝区混合后的含油废水选用二级隔油沉淀池处理工艺，废水先进入一级隔油沉淀池，隔除含油废水中的浮油并初步沉淀后进入二级隔油沉淀池，进一步处理后进入清水池，回用于车辆冲洗或场地冲洗、道路洒水。隔油池选用较长的停留时间，以同时起到调节的作用。处理后产生的剩余污泥运往弃渣场，浮油收集后交由厂家回收，不能回收的委托有资质单位处理。为维护方便和节约占地，隔油池选用标准隔油沉淀池。

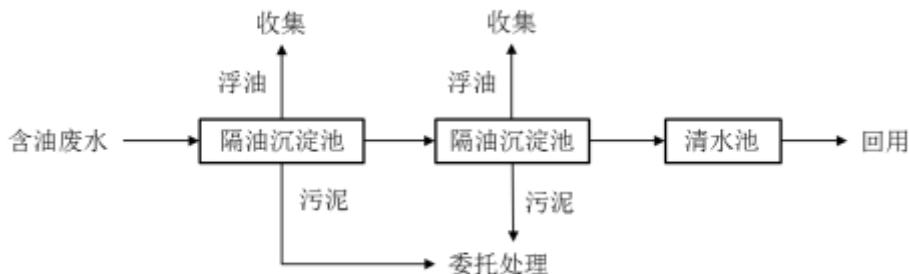


图 8.2-20 含油废水处理工艺流程示意图

(4) 工艺设计参数

含油废水处理系统工艺设计参数详见表 8.2-19。

含油废水处理系统构筑物设计参数

表 8.2-19

构筑物名称	出水水质	主要工艺参数
一级隔油池	石油类 $\leq 10\text{mg/L}$, SS $\leq 500\text{mg/L}$	设计去除率 80%, 停留时间 1h, 清泥周期 7d。
二级隔油池	石油类 $\leq 2\text{mg/L}$, SS $\leq 100\text{mg/L}$	设计去除率 80%, 停留时间 1h, 清泥周期 7d。
清水池	/	停留时间 16h。

(5) 主要构筑物及设备

含油废水处理系统主要构筑物尺寸见表 8.2-20。主要设备为 2 台 IS50-32-125 型清水泵, 1 用 1 备, 单台功率 0.71kW, 用于处理后出水回用。

含油废水处理系统构筑物一览表

表 8.2-20

废水处理系统	构筑物名称	数量 (座)	单池净尺寸 (m)			结构	单池占地面积 (m^2)
			长	宽	高		
含油废水处理系统	GC-2F 隔油沉淀池	2	4	1.2	3	钢砼	11
	清水池	1	3	3	3	钢砼	16

注: 水池超高 30cm。

(6) 占地面积

根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和规划平面布置情况, 含油废水处理系统占地面积约 60m^2 。

8.2.5.4 洗车废水处理

(1) 废水概况

本工程布置 2 处施工机械停放场, 1 处紧邻主坝区机械修配厂, 1 处位于副坝施工区生活办公区旁, 各设备停放场日废水产生量约为 $18\text{m}^3/\text{d}$ 。主坝区施工机械停放场产生的洗车废水与机械修配厂的含油废水合并处理, 具体见章节 7.1.4.3 含油废水处理。

副坝施工机械停放场的洗车废水单独处理, 日废水产生量约为 $18\text{m}^3/\text{d}$, 洗车废水泥沙量较大, 废水主要污染物为石油类和 SS, 其浓度分别约为 30mg/L 和 3000mg/L 。

(2) 处理目标

洗车废水经处理后回用于车辆冲洗, 应满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002) 中车辆冲洗用水要求, 浊度 $\leq 5\text{NTU}$, $\text{BOD}_5\leq 10\text{mg/L}$ 。

(3) 处理工艺

相比修配废水，洗车废水含油量较低，SS 含量较高，选用隔油沉淀池+二级沉淀池的处理工艺。废水经隔油沉淀后投加混凝剂使其形成较大的絮凝体，后接沉淀池进一步沉淀，进入清水池，回用于汽车冲洗，浮油以及含油污泥为危险废物，应委托有资质的单位处理，处理工艺见图 8.2-21。

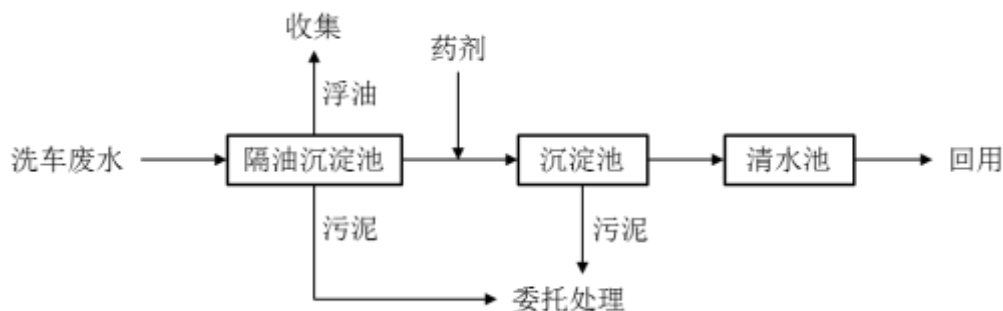


图 8.2-21 汽车冲洗废水处理工艺流程示意图

(4) 主要构筑物及设备

洗车废水处理系统的主要构筑物尺寸见表 8.2-21。洗车废水通过重力自流进行处理，清水池后可通过高压水枪自带的洗车泵进行回用。

洗车废水处理系统构筑物尺寸

表 8.2-21

构筑物名称	数量 (座)	单池净尺寸 (m)			结构	占地面积 (m ²)
		长	宽	高		
GC-2F 隔油沉淀池	1	4.0	1.2	3	钢砼	11
沉淀池	1	4.0	1.2	3	钢砼	11
清水池	1	2.0	2.0	2.3	钢砼	9

注：水池超高均为 0.3m。

(5) 平面布置

洗车废水处理系统布置于机械停放场同一台地，根据处理系统构筑物尺寸、工艺流程和拟设计的平面布置情况，洗车废水处理系统占地面积约 50m²。

8.2.5.5 生活污水处理

(1) 生活办公区

① 污水概况

生活办公区污水主要来源于业主营地和承包商营地产生的食堂废水、洗涤污水、淋浴污水、粪便污水等。生活污水主要污染物是有机物，各种污水混合后，BOD₅ 浓度约 200mg/L、COD_{Cr} 浓度约 400mg/L。考虑生活污水量日变化较大，雨天出水无法回用于

绿化和洒水，设置调节池、清水池停留时间为 10h。各生活办公区规划住宿人数及污水产生量见表 8.2-22，高峰日生活污水产生量约 252m³，时变化系数取 2.3。

施工期生活办公区污水产生情况一览表

表 8.2-22

序号	所在位置	规划人数(人)		污水产生量(m ³ /d)		设计污水量(m ³ /h)
		平均	高峰	平均	高峰	
1	业主营地	200	300	24	36	3
2	主坝区生活办公区	1050	1400	126	168	15
3	副坝区生活办公区	300	400	36	48	5
合计		1550	2100	186	252	23

② 处理目标

废水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2002)标准，出水进入自建的清水池，用于营地内的景观绿化用水、营地内外公路两侧绿化用水。

③ 处理工艺

生活区食堂的污水排放口下游设置隔油池，用于去除部分浮油。根据施工人员宿舍楼的布置情况，设置化粪池，将每幢宿舍楼的粪便污水就近排入化粪池。利用地形高差，食堂、宿舍等各类生活污水自流至污水处理站统一处理，站内设地埋式成套生活污水处理设施，出水至清水池后回用于营地绿化。生活污水处理工艺流程见图 8.2-22，地埋式成套生活污水处理设施采用接触氧化工艺，主要包含接触氧化池、二沉池、污泥消化池和消毒池等。

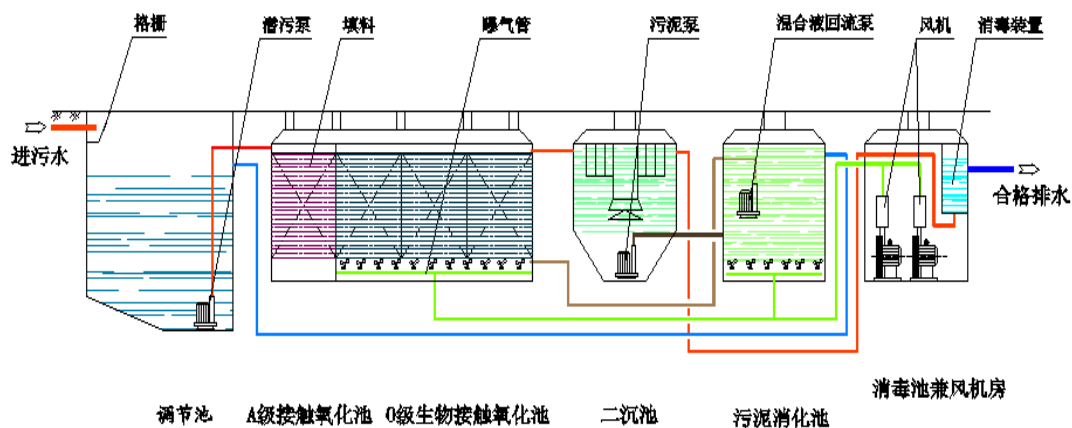


图 8.2-22 生活污水处理工艺流程图

④ 工艺设计参数

工艺设计参数详见表 8.2-23。

生活污水处理系统构筑物设计参数

表 8.2-23

构筑物名称	主要工艺参数
GG 型隔油池	停留时间 30min, 清除周期 7d
标准化粪池	停留时间 24h, 清掏周期 180d
调节池	停留时间 10h, 进口处设置格栅
WSZ 型污水处理设备	清泥周期 180d
清水池	停留时间 10h

⑤ 主要构筑物及设备

各生活污水处理系统主要构筑物详见表 8.2-24, 主要设备详见表 8.2-25。

生活污水处理系统主要构筑物一览表

表 8.2-24

构筑物名称		数量 (座)	单池净尺寸(m)			结构	占地面积 (m ²)
			长	宽	高		
业主 营地	G10-40QF 型化粪池	1	7.88	3.24	3.5	钢砼	35
	GG-1F 型隔油池	1	1.5	1	2.3	钢砼	5
	调节池	1	4	4	2.3	钢砼	25
	清水池	1	4	4	2.3	钢砼	25
主坝区生活 办公区	G10-40QF 型化粪池	5	7.88	3.24	3.5	钢砼	180
	GG-3F 型隔油池	2	2.5	1	2.3	钢砼	7
	调节池	1	7	7	3.5	钢砼	64
	清水池	1	7	7	3.5	钢砼	64
副坝区生活 办公区	G8-25QF 型化粪池	2	6.48	3.24	3.5	钢砼	60
	GG-2F 型隔油池	1	2	1	2.3	钢砼	6
	调节池	1	4	4	3.5	钢砼	25
	清水池	1	4	4	3.5	钢砼	25

注: 水池超高均为 0.3m。

生活污水处理系统主要设备一览表

表 8.2-25

生活污水处理系统	设备名称	型号	数量 (台)	备注
业主营地	成套污水处理设备	WSZ-S-3	1	不锈钢
	潜水无堵塞泵	50QW-25-10-1.5	2	1 用 1 备
主坝区生活办公区	成套污水处理设备	WSZ-FC-15	1	玻璃钢
	潜水无堵塞泵	200QW-500-6-15	2	1 用 1 备
副坝区生活办公区	成套污水处理设备	WSZ-FC-5	1	玻璃钢
	潜水无堵塞泵	150QW-180-6-5.5	2	1 用 1 备

⑥ 平面布置

废水处理系统布置在生活营地地势较低的地方, 构筑物采用地埋式, 根据处理系统

构筑物尺寸、工艺流程和拟设计的平面布置情况，各生活污水处理系统占地面积详见表 8.2-26。

生活污水处理系统占地面积一览表

表 8.2-26

生活污水处理系统	占地面积(m ²)
业主营地	180
主坝区生活办公区	600
副坝区生活办公区	200
合计	980

(2) 加油站生活污水

根据加油站施工用水规划及产污分析，需在加油站内布置 G1-2QF 型化粪池 1 套，污水停留时间 24h，污泥清挖周期 180d，化粪池的平剖面图详见《03S702 钢筋混凝土化粪池》。

由于加油站日废水产生量很少，建议定期由吸粪车将化粪池内生活污水运送至附近营地内生活污水处理装置统一处理，处理后回用于营地内绿化。

(3) 施工临时区粪便污水

根据施工规划，迈湾水利枢纽共分主坝、副坝两个分区，本工程施工区共设置 6 座移动厕所，主坝区设置 3 座移动厕所，副坝区设置 3 座移动厕所，每座厕所配置 2 个蹲位，移动厕所粪便污水定期由吸粪车清运至附近承包商办公生活区的生活污水处理系统处理。

8.2.5.6 基坑排水处理

在大江截留后，右岸一期工程基坑排水初期排水总量约 24.8 万 m³，右岸二期工程基坑排水初期排水总量约 1.4 万 m³，基本为河道江水，通过水泵抽排至下游河道，用于补给降水，但基坑内水量较小时，由于存在人为扰动，SS 含量较高，采用絮凝沉淀的方法沉淀后抽排至河道。

基坑采用干地施工，右岸一期工程经常性排水强度为 150m³/h，右岸二期工程经常性排水强度为 100m³/h。经常性排水为少量地下渗水，多数情况为清水，SS 含量一般较河段自然情况下要低，经收集后用潜水泵抽排；当出现强降雨时，基坑内积水 SS 浓度较高，采用絮凝沉淀后可与河段水质基本一致。

8.3 地下水环境保护措施

(1) 水库渗漏防治

库区河段坝址上游 1.10km 处左岸及库区右岸黄岭农场 8 队附近连续 6 个低矮垭口，共有七个低矮垭口，位于正常蓄水位附近，垭口山体较为单薄，存在水库渗漏问题，需加强帷幕灌浆处理，并通过修建副坝予以解决。其余库段附近无更低的邻谷与之相通，库盆主要为浅变质砂岩、炭质粉砂岩、花岗岩等非可溶性岩类组成，水库不存在永久渗漏问题。

(2) 水库浸没影响对策措施

库区黄岭农场存在少量房屋及耕地的浸没问题，浸没面积约为 10000m²，影响民房 2 栋。根据移民安置处理意见，对浸没影响的土地采取永久占地处理，不进行垫高处理，受影响的 2 栋房屋(均存在负一层)由于负一层地面高程低于房屋迁移线，需对负一层进行一次补偿处理。

(3) 库岸稳定保护措施

除坝址上游 1730m 处存在一不稳地体外，其余地段未发现不良地质现象，岸坡自然边坡基本稳定，据地形地质条件分析，水库蓄水后，不致产生大规模的边坡失稳现象。水库蓄水前需对库区一不稳地体进行加固处理，在正常蓄水位 108m 降至死水位 76m、暴雨、边坡排水时效及地震发生的情况下，加强对该不稳地体的监测和库区库岸巡视。

(4) 污染防范措施

严格管理施工期和运行期的废污水收集、处理系统，处理后均回用，不对地下水水质造成影响，并加强废污水处理系统的风险管理及风险防范措施。

8.4 水生生态保护措施

南渡江流域规划环评审查意见（琼环函[2015]686 号）提出，“严格执行《海南省南渡江生态环境保护规定》，加强南渡江流域特有鱼类和珍稀、濒危鱼类产卵场、栖息地……、湿地的保护，将重要生态保护区、敏感水生态保护目标等划为限制或禁止开发区域给与严格保护。……采取人工放养和增殖放流、设置过鱼通道等措施减少水库、拦河坝工程对鱼类等水生生物资源的影响，避免对流域生态系统产生不利影响。”补充研究审查意见（琼环函[2016]1677 号）提出，“规划中的迈湾水库要通过叠梁门实施分层取水和修建过鱼措施，将南渡江金江以下干流河段划为鱼类栖息地保护区……统筹规划建设南渡江流域鱼类增殖放流站”。

迈湾水利枢纽工程建设和运行对鱼类资源将带来一定的影响，为减缓工程乃至南渡江中下游梯级建设对南渡江鱼类资源的影响，需采取相应的水生生态保护措施。

8.4.1 保护对象的确定

理论上,所有受工程影响的鱼类均应为作为保护对象,但由于工程建设运行后,水域生态环境条件会发生很大的变化,并非所有原有鱼类均有形成自然种群的条件。加上有些鱼类本身资源量和驯养繁殖技术等限制,暂时缺乏保护的现实可能性。因此,需要根据实际情况,坚持统筹兼顾、突出重点的原则,合理确定保护对象和优先保护顺序。从重要性的角度考虑,通常按照以下顺序进行选择:列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入濒危动物红皮书的鱼类、地域性特有鱼类、水域生态系统中的关键物种(如同类食性鱼类少,甚至唯一的种类)、重要经济鱼类;从受工程影响程度考虑,分布区域狭窄、抗逆能力差、生境受损程度高、与工程影响水域生态环境适应性强的鱼类优先选择;依鱼类资源现状考虑,可按濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受胁的顺序选择;从鱼类生活史考虑,生活史复杂、洄游距离长、繁殖条件要求高、生长繁育缓慢、性成熟年龄和繁殖周期、繁殖力低的鱼类优先考虑。

规划环评要求将保护种、特有种种群恢复作为项目保护措施的目标之一。根据水生生态调查结果,评价区有国家Ⅱ级保护鱼类花鳗鲡1种,列入《中国濒危动物红皮书(鱼类)》的有5种,分别为花鳗鲡、小银鮠、台细鳊、海南长臀鲃(亚种)、锯齿海南鲈。列入《中国物种红色名录》鱼类有7种,分别为花鳗鲡、小银鮠、海南异鱈(亚种)、台细鳊、长臀鲃、锯齿海南鲈、青鳉。南渡江流域特有鱼类共3种,分别为大鳞鲢、无斑蛇鮠、高体鳊。

因此,本工程主要保护对象为上述10种南渡江流域珍稀濒危特有鱼类,同时具体的保护措施中也考虑将重要的经济鱼类、洄游鱼类等作为兼顾保护对象。

根据影响预测,本工程运行期对鱼类洄游通道、栖息生境以及鱼类资源产生一定影响,水生生态保护措施主要根据上述影响,开展鱼类栖息地保护,以保留适宜原库区河段鱼类栖息的生境的条件;建设过鱼设施,以减缓工程建设对鱼类洄游交流的影响;通过开展增殖放流,补充受影响的主要珍稀特有或重要经济鱼类的资源量;布置人工鱼巢,以减缓水库淹没对库区产粘沉性卵鱼类产卵场的影响;健全渔政管理、开展水库联合调度,进一步保护库区及坝下鱼类资源,减缓工程建设导致下游水文情势变化的影响。上述措施已广泛运用于我国各流域或区域,可最大程度减少工程建设对珍稀特有鱼类的影响。

8.4.2 施工期保护措施

(1) 加强宣传,制定生态环境保护手册,设置水生生物保护警示牌,增强施工人员

的环保意识。

(2) 建立和完善鱼类资源保护的规章，严禁施工人员下河捕捞。

(3) 加强监管，严格按环保要求施工，生活污水和施工废水按环保要求均回用，防止影响水生生物生境的污染事故发生。

(4) 工程施工期间，禁止施工人员捕捞，严格控制施工炸药，严禁炸鱼；施工期间按照设计施工爆破工艺实施施工爆破，禁止水下施工爆破。

(5) 本工程围堰的建设与拆除等涉水建筑物施工应尽量在枯水期进行，避开6月~8月鱼类生态敏感的月份。

8.4.3 鱼类栖息地保护措施

8.4.3.1 南渡江流域相关鱼类栖息地保护要求

(1) 流域规划环评要求

根据2015年6月编制完成的《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》，其提出：“加强鱼类栖息地保护，恢复和改良已破坏和退化的水生生态环境”，但未对流域整体的栖息地保护提出相对具体的措施要求。

(2) 流域综合规划环境影响补充研究要求

《南渡江流域综合规划环境影响补充研究报告》提出建设南伟水库过鱼设施，逐步恢复南开河鱼类洄游通道，将其作为重要的鱼类栖息地予以保护。取消规划中位于生态保护红线区尚未建设的南兰、莫好水资源开发工程；除迈湾水库之外严禁在南渡江干流建设任何拦河闸坝工程以及在南渡江流域支流新建小水电项目，流域支流已建成的小水电工程退役后应及时予以拆除。在东山及龙塘梯级均建设过鱼通道的前提下，金江枢纽以下南渡江河口干流基本保持河流的连通性，建议作为鱼类栖息地保护范围。另将腰子河、大塘河、龙州河和巡崖河作为支流鱼类栖息地进行保护。

(3) 流域其他已批复项目环评的相关栖息地保护要求

根据南渡江引水工程环评报告，其提出在南渡江干流和支流设置栖息地保护河段。

① 南渡江干流栖息地保护

金江水利枢纽坝址以下至南渡江河口段长达约为96km，河床底质主要为细沙，河道较宽，水流比较缓。其中，金江水利枢纽坝下至东山枢纽河段长约30km，河流底质主要为细沙及鹅卵石，河床较为平坦，也有一些沙洲；除东山水坝7.3km的回水区外，还有22.7km的河段为自然河段，保持自然流态。洪水期，随着流量增大，这些江段流态复杂，可形成漩涡，为产粘沉性卵的鱼类提供产卵场所。东山坝址至龙塘库尾天然河

段约 35km，其间不存在已建（在建）和规划建设的梯级，底质以淤泥和泥沙为主，适宜鱼类栖息繁殖，其间分布有定安鱼类产卵场，坝下河段仍保持流水状态。龙塘坝下河段受潮汐影响明显，每天水位有涨落变化。河口地带咸淡水交汇，是南渡江河海洄游性鱼类重要索饵场所。在洪峰期，流量非常大情况下，河口河面大面积拓展，有利于鱼类的繁殖和索饵；其间分布有龙塘鱼类产卵场，该产卵场江段两岸水草茂盛，河中央分布有一个沙洲，河流一边急流一边缓流，是光倒刺鲃等鱼类繁殖的理想场所。根据海口市政府的相关文件，龙塘闸坝将实施增设鱼道的重建计划，将进一步恢复东山坝下至南渡江河口的河流连通性，对鱼类的洄游产生积极影响。干流优势种类包括鰲、越南鱮、海南鮠、唇鱮、乌塘鳢、银鮠、尼罗罗非鱼等。因此，在东山及龙塘枢纽均建设过鱼通道的前提下，金江枢纽以下至南渡江河口干流基本保持河流的连通性，建议作为鱼类栖息地保护范围。

② 南渡江支流栖息地保护

九龙滩坝址至龙塘坝址之间的支流底质均以细颗粒泥沙为主，且河流类型均为丘陵河流，河段存在一定落差。其中，大塘河、龙州河及巡崖河流域面积较大，河长较长，水量较丰沛，流速条件和可栖息范围均较优越。

大塘河位于澄迈县城上游，与干流汇合口距离东山坝址上游约 30km；河口以上 10km 处有一滚水坝（灌溉引水），坝下至干流具自然河流流态，河流底质以泥沙和砾石为主。下游河口段河流较宽阔，河中分布有大量河滩地，可为鱼类栖息和繁殖提供良好环境。但目前该河流存在采沙活动，河床受到一定程度的影响。大塘河的主要鱼类有海南红鮠、南方波鱼、越南刺鲃、马口鱼、线细鳊、鰲，其中优势种类为鰲、越南刺鲃等。

龙州河位于定安县城上游，与干流汇合口距离东山坝址下游约 7km；河口以上 14km 处有一灌溉引水的滚水坝。坝下为自然河段，河流底质以泥沙和砾石为主。目前该河段生态保护较好，河口段分布有大量河滩地，两岸有水草，可为鱼类的栖息和繁殖提供良好的环境。龙州河的主要鱼类包括半鰲、鰲、银鮠、尼罗罗非鱼、马口鱼、鲮、鲤、鲫、大刺鳅、纹唇鱼、条纹刺鲃、越南鱮等，其中鰲、半鰲是渔获物中的优势种类。

推荐金江枢纽坝址至南渡江河口干流河段（长 96km）、大塘河末端梯级至河口（9.5km）及龙州河末端梯级至河口（11.6km）的河段为鱼类栖息范围，建议不对上述河段进行开发。

③ 相关项目环评批复要求

南渡江引水工程环评批复意见（环审[2015]163 号），“采取鱼类栖息地保护……，

将金江枢纽以下南渡江干流约 96 公里河段，支流大塘河最末梯级以下 11.6 公里及支流龙州河最末梯级以下 9.5 公里河段作为栖息地进行保护。”

8.4.3.2 本工程鱼类相关栖息地保护

(1) 本工程坝址至松涛坝址干流生境保护可行性分析

本工程建成后，与下游谷石滩正常蓄水位条件下库尾相衔接，坝下基本丧失天然河道流水生境。迈湾正常蓄水位 108m 条件下水库回水长度约 50.6km，死水位时回水长度约 21.0km，迈湾坝址距离松涛坝址约 55km，因此库尾理论上有 4.4km(迈湾正常蓄水位)~34km(迈湾死水位)存在流水生境条件的河道特征，根据本工程运行期库区水文情势分析，除特枯水年外，迈湾水库基本保持高水位或较高水位运行，库尾流水生境较短，难以满足产漂流性卵鱼类产卵流程。因此，松涛坝下~迈湾库尾消落河段不适宜作为鱼类栖息地保护生境。

(2) 库区支流栖息地保护可行性分析

① 库区主要支流分布情况

根据调查，迈湾水库库区主要支流有腰子河、南坤河、中坤河、加握河等，其中流域面积大于 100km² 的库区支流仅有腰子河与南坤河，其特征见表 8.4-1 所示。

迈湾库区较大支流基本情况表

表 8.4-1

河流名称	集雨面积(km ²)	河长(km)	坡降(‰)	多年平均流量(m ³ /s)
腰子河	356	42.3	2.47	12.1
南坤河	133	26.0	5.87	5.18

② 迈湾蓄水对库区主要支流的影响

迈湾库区各支流中，加握河、南坤河、中坤河、腰子河距离坝址距离分别约为 7.8km、10.2km、17.8km 和 50.8km。迈湾水库正常蓄水位 108m 条件下回水长度约 50.6km，根据水库淹没线，加握河、南坤河、中坤河 3 条支流受水库淹没影响较大，剩余的源头河段较小且水量少，难以作为支流栖息地进行保护。腰子河河口位于迈湾水库库尾以上约 0.2km 处，迈湾水库蓄水后对其无水位顶托影响。

③ 腰子河作为支流栖息地保护可行性分析

1) 腰子河开发现状

腰子河为南渡江右岸支流，位于儋州市和琼中县交界处，发源自琼中鸡嘴岭，自南向北流经大丰农场、阳江农场、番加农场，在儋州亲足口下附近注入南渡江，全长 42.3km，

流域面积 356km²，河口多年平均流量 12.1m³/s，平均比降 2.47‰。

腰子河与南渡江干流汇合口距离松涛坝址约 3km，距离迈湾坝址约 50.8km。腰子河河口以上约 12.4km 为腰子河干流河段，该河段上已建设 2 座小型水电站，最下游还有 1 座未建成的水坝距离河口仅 1.2km；腰子河上游有 2 条南渡江二级支流，其中左支流上已建 3 座水坝，右支流保持连通。

通过走访水利管理部门及现场调查了解，腰子河未开展过梯级规划。目前干流最上游为阳江农场一级电站，或称为加喜河水电站，1970 年开工建设，1984 年建成，工程任务仅为发电，装机容量 2×425kw，水库坝高约 2m；阳江农场二级电站，或称为十三队电站，1976 年开工建设，1980 年建成发电，工程任务为发电，装机 3×200kw，水库坝高约 8m。最下游位于番雅村附近有一处为未建成同兴水电站的拦河坝，坝高约 3.5m，该水电站目前已处于停建状态。上述小水电水库坝高均较低，开发任务均为引水发电，河段已呈现破碎化特征。

另外，通过现场调查了解，腰子河周边农田园地灌溉及村庄饮用水引自黎母山支沟，基本不从腰子河干流取水。

腰子河干流梯级小水电概况表

表 8.4-2

干流梯级	开工时间	建成年份	工程任务	装机容量 (kw)	水库坝高	坝址距河口 距离
阳江农场一级电站 (加喜河水电站)	1970 年	1984 年	发电	2×425	约 2m	12.4km
阳江农场二级电站 (十三队电站)	1976 年	1980 年	发电	3×200	约 8m	4.5km
同兴水电站	2011 年	未建成	发电	2230*	约 3.5m	1.7km

*该电站尚未建成，为设计装机容量。



图 8.4-2 腰子河干流梯级小水电平面布置示意图



阳江农场一级电站水库



阳江农场一级电站厂房



阳江农场二级电站水库(水面布满水葫芦)



阳江农场二级电站厂房



同兴水电站大坝(未完工)

同兴水电站引水渠(未完工)

图 8.4-3 腰子河干流梯级小水电现状

2) 腰子河水质现状

根据 2016 年 2 月水质现状调查，腰子河总磷、化学需氧量、溶解氧和粪大肠菌群 4 项指标超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准，其余监测指标均符合 II 类标准。水质超标原因主要为上游区段零星分布有一定数量的村落，农村生活污水和农业面源通过雨水等进入河道内。枯水期现场调查也发现干流小水电库区内入侵种水葫芦广泛分布，常覆盖了整个库区水面，对水质也有较大影响。

3) 腰子河水生生物现状

根据对腰子河的两期水生生态调查，2016 年 1 月~2 月腰子河共鉴定出 41 种(属)浮游植物、52 种着生藻类、25 种浮游动物、46 种水生维管束植物、9 种底栖动物，2016 年 5 月腰子河共鉴定出 41 种(属)浮游植物、31 种浮游动物、5 种底栖动物，其饵料生物的种类数均相对较丰富。2016 年 1 月~2 月腰子河渔获物共调查到 27 种，数量百分比前 5 位依次为银鲷、马口鱼、南方拟鲮、彩虹光唇鱼、鲮，占总数量的 57%，主要以中、小型鱼类为主。重量百分比前 5 位依次为银鲷、马口鱼、倒刺鲃、彩虹光唇鱼、尼罗罗非鱼，占总重量的 66%，以中、小型鱼类为主。腰子河现有生境能满足许多小型鱼类如马口鱼、虹彩光唇鱼、条纹小鲃、中华花鳅、宽鳍鱲、越鲃、越鱧等鱼类的产卵要求。

4) 作为支流栖息地保护可行性分析

腰子河流域面积较大、河段较长，整体生境适宜性较好。腰子河干流 3 个梯级小水电之间河道保持原天然形态，河床相对较宽。目前存在问题主要有：A)已建梯级小电站建设年代较久，其水库虽无调节性能，但在上游来流量较小时为保证发电，存在无流量下泄情况；B)各梯级均未建过鱼措施，各梯级大坝阻隔了鱼类上溯通道；C)小水电库区

内水葫芦大量生长繁殖，并影响该河流水质。腰子河流量相对较大，已建的 2 个梯级小水电来水仅用作发电，基本没有其他水资源需求，通过工程和管理措施可以保证生态流量下泄；可以通过增设过鱼措施最大可能的减缓各梯级的阻隔影响；通过流域水质保护，可以改善其水质现状。

综合以上分析，腰子河河流规模相对较大，流水状态河段较长，枯期未发现有脱水现象，河道生境较好；河道内饵料生物和鱼类资源较为丰富，可以采取相关措施恢复适宜水生生境；采取河道连通、增设过鱼设施、保证生态流量、加强水质保护等措施，同时迈湾蓄水运行库区流水生境减少后，腰子河鱼类种类可能将有所增加。因此，将腰子河作为松涛至迈湾江段支流进行鱼类栖息地进行生态修复是可行的。

(3) 腰子河支流栖息地保护方案

① 保护目标及对象

保护目标：充分发挥腰子河流水生境对南渡江中游鱼类的保护作用，并为迈湾库区河段的小型流水性鱼类提供适宜的水生生境。

保护对象：腰子河主要为迈湾库区小型流水生境鱼类提供适宜生境，根据腰子河开发情况及环境现状实施栖息地保护方案。

② 腰子河支流栖息地保护方案比选

腰子河距离汇合口以上约 12.4km 为腰子河干流河段，上游为两条规模较小的二级支流。为改善腰子河现状水生生境，更好的发挥其栖息地保护的作用，本次拟定了 2 个生态修复比选方案，具体如下：

方案一：拆除腰子河干流下游现有未建成的同兴水电站、已建的阳江农场二级电站和阳江农场一级电站，恢复腰子河天然河道生境。

方案二：以保护腰子河 12.4km 干流（即阳江农场一级水电站以下河段）为主，拆除同兴水电站拦水坝和阳江农场二级电站，阳江农场一级电站保证生态流量下泄，同时针对其坝高较小的特征，建设简易鱼坡。

两个方案的实施内容及方案综合比选情况见表 8.4-3。方案一工程投资、沟通协商难度较方案二更大，但后期管理监督较容易，且恢复腰子河干流及上游支流大部分天然河道生境，保护效果更好，因此选择方案一作为腰子河栖息地保护方案。

腰子河栖息地保护方案综合比选一览表

表 8.4-3

项目	方案一	方案二
方案主要	拆除腰子河干流下游现有未建成的同	以保护腰子河 12.4km 干流（即阳江农场一

内容	兴水电站、已建的阳江农场二级水电站和阳江农场一级水电站，恢复腰子河天然河道生境。	级水电站以下河段)为主，拆除同兴水电站拦水坝和阳江农场二级水电站，阳江农场一级水电站保证生态流量下泄，同时针对其坝高较小的特征，建设简易鱼坡。
栖息地适宜性	恢复腰子河干流及上游右支流，该方案可保护腰子河大部分天然河道生境，保护效果最佳。	恢复腰子河干流河道天然生境
阻隔、过鱼难度	最大程度减缓了阻隔影响	可保证干流河道连通性，部分鱼类可通过阳江农场一级水电站坝址处建设的鱼坡进入支流。
投资	拆除 3 个梯级小水电，投资较大。	拆除 2 个梯级小水电，相对方案一较小。
协商难度	沟通至少 3 个梯级小水电业主，沟通协商难度相对较大。	沟通至少 2 个梯级小水电业主，沟通协商难度相对较小。
施工难度	均可实施，差异不大。	
后期管理	方案一拆除 3 个小水电，基本恢复河道大部分天然生境；方案二需加强对阳江农场一级电站生态流量、鱼坡的运行管理和维护。	
比选结果	从恢复河道生境，保护生态环境的角度来看，方案一更优。	

③ 保护方案

1) 恢复河道连通性

通过一次性补偿方式收购同兴水电站、已建的阳江农场二级水电站和阳江农场一级水电站，费用纳入环保投资。在迈湾水库蓄水前完成 3 个小水电的拦河坝的拆除，实现河道连通。

2) 水质保护

上游黎母山镇等地方政府结合当地乡镇发展规划，推进集镇污水处理厂的建设，加强对生活污水的收集与处理。推广科学的施肥和农药使用技术，减少农田径流污染。推广农村居民粪便建设，生活污水经化粪池处理后用于农园地施肥，不直接排放。

④ 保护计划

腰子河流域涉及儋州市和琼中县，为切实落实迈湾水利枢纽工程建成后恢复腰子河河道连通性、加强渔业管理和水质保护等工作，两市（县）政府分别于 2016 年 12 月、2017 年 1 月出具了落实腰子河支流栖息地保护措施的承诺函。

腰子河支流栖息地保护已纳入本工程设计，投资费用纳入工程投资。本报告提出的相关保护方案应在迈湾水库蓄水前落实，其中小水电拆除责任主体为建设单位，须与移民专项工作同步开展；水质保护措施责任主体为地方政府，应与地方水污染防治规划相结合予以实施。

(4) 腰子河支流栖息地保护有效性分析

目前南渡江中下游仅迈湾江段和金江至龙塘江段具有较长的流水生境条件，迈湾水库运行后，主要是对该库区约 50.6km 河段产漂流性卵鱼类的产卵场产生较大影响。迈湾库尾至松涛坝址约 4.4km，但松涛水库基本不下泄流量，干流已无栖息地保护条件。腰子河为迈湾库尾以上较大支流，本工程通过拆除腰子河下游 3 座小水电，即可恢复腰子河干流及右支流共约 42km 河段的连通性，长度约为迈湾水库回水淹没河段长度 (50.6km) 的 83%。恢复连通性的腰子河不仅能为喜流水性鱼类提供保留的生境条件，参考松涛水库在南开河建坝前后的渔获物变化情况分析，腰子河还可在一定程度上为鲢、鳙、草鱼、鮠亚科和鮡亚科的部分种类等产漂流性卵鱼类提供产卵漂流条件，同时还能迈湾江段广泛分布的产粘沉性卵的鲤、海南鮠、蒙古鮠、银鲴、鳊等多为产粘草性卵鱼类提供良好的产卵条件。

8.4.4 增殖放流措施

8.4.4.1 流域鱼类增殖放流要求

(1) 流域规划环评及补充研究要求

南渡江流域规划环评对南渡江引水工程提出了采取增殖放流措施，以补充鱼类资源量的要求，规划环评审查意见进一步明确了规划实施须采取人工放养和增殖放流。

流域规划补充研究报告提出，南渡江流域中下游规划共建 2 处鱼类增殖站，分别为迈湾站、东山站，2 个站统筹兼顾南渡江流域的增殖、放流、科研任务，其中迈湾站负责松涛坝下至金江坝下 105km 干流及支流河段鱼类放流任务，东山站负责金沙坝下至河口段 96km 干流及支流河段鱼类放流任务。放流种类包括广东鲂、鳊、倒刺鲃、光倒刺鲃、斑鳊、大鳍鳊、海南瓣结鱼、赤眼鲮、银鲴、黄尾鲴、大鳞鲢、海南长臀鲢、高体鳊、鲮等 13 种。

(2) 流域已建/在建鱼类增殖站概况

根据南渡江引水工程环评报告，从维持南渡江生物多样性方面考虑，增殖放流种类有广东鲂、鳊、倒刺鲃、光倒刺鲃、斑鳊、大鳍鳊、瓣结鱼、赤眼鲮、银鲴、黄尾鲴、大鳞鲢等。以增殖放流对象的生态习性为基础，放流时间为每年 9~10 月。南渡江引水工程增殖站建设在东山闸坝右岸阶地，每年放流规模为 60 万尾。目前，南渡江引水工程鱼类增殖站已开展专题设计及土建施工，但尚未建成。



图 8.4-4 南渡江引水工程鱼类增殖站场址（2018 年 4 月现场照片）

8.4.4.2 本工程增殖放流措施

南渡江流域尚未建立统一的环保管理机构，本工程下游南渡江引水工程鱼类增殖站规模不能满足迈湾影响河段的鱼类增殖放流要求，南渡江引水工程与迈湾水利枢纽工程不属于同一建设单位，流域合建 1 座鱼类增殖站协调工作和运行管理难度大。因此，综合各方面因素，本工程单独建设一处鱼类增殖站，单独选址进行建设，以满足本工程影响河段鱼类增殖放流要求。

(1) 鱼苗放流方案

① 放流对象

南渡江分布的珍稀濒危特有鱼类共有 10 种，分别为花鳗鲡、小银鮠、海南长臀鲃（亚种）、锯齿海南鲮、海南异鲮（亚种）、台细鳊、青鲮、大鳞鲢、无斑蛇鮠、高体鳊，其中花鳗鲡为河海洄游性种类，其在深海繁殖，鳗苗上溯至河流生长，其种群主要被阻隔于龙塘坝下，主要通过采取恢复河道连通性的措施予以保护。小银鮠、锯齿海南鲮、海南异鲮（亚种）、台细鳊、青鲮、无斑蛇鮠为小型流水性鱼类，其个体较小，性成熟年龄小，世代更替快，主要采取栖息地保护措施后其种群将会很快恢复。大鳞鲢由于目前在南渡江很难发现，通过采取栖息地保护和抢救性保护措施，发现有野外个体应进行救治、驯养；远期根据种群恢复情况、亲本采集情况和人工驯养繁殖情况，适时开展增殖放流。海南长臀鲃、高体鳊是南渡江珍稀濒危特有鱼类，同时也是重要的经济鱼类，目前种群下降明显，梯级开发后，其种群规模可能会进一步下降，因此应作为重点放流对象。另外，南渡江重要经济鱼类还有鲮、倒刺鲃、光倒刺鲃等，工程建成后其种群规模下降明显，应作为放流对象。因此，增殖放流对象确定为 7 种，分别为大鳞鲢（远期）、

海南长臀鮠、高体鳊、鲮、鳊、倒刺鲃、光倒刺鲃。

② 放流标准

放流的幼鱼必须是由野生亲本人工繁殖的子一代。放流苗种必须是无伤残和病害、体格健壮。

③ 放流苗种数量和规格

增殖放流数量的多少一般与增殖放流的目标，放流水体自然环境、水文气候、理化性质、饵料生物资源、鱼类资源现状和种群结构特点以及放流对象生物学特性、规格大小与质量、放流频次和时间等相关联。由于增殖放流数量的确定需要考虑的因素较为复杂，不确定的因素较多，针对开放性的天然水体合理放流数量的确定较为困难。根据水域生产力计算，迈湾鱼类增殖站放流规模 50 万尾/年，鱼类苗种放流数量根据后续鱼类资源动态监测情况可适当调整。

放流苗种的个体大小对放流效果影响很大。放流苗种太小，抵抗风浪等自然环境影响的能力差，活动力弱，易被凶猛性鱼类捕食，因而存活率低，直接影响到放流效果。但放流苗种过大，一方面会增加经济投入，另一方面则可能会使鱼类因长期人工养殖而不适应野外环境。本鱼类增殖站参考已建成的同类水利水电工程鱼类增殖站，放流规格均为当年鱼。

迈湾鱼类增殖站放流鱼类苗种数量和规格

表 8.4-4

放流阶段	放流阶段	放流规格(cm/尾)	放流数量(万尾/年)
近 期	海南长臀鮠	4~6	5
	鲮	4~6	15
	鳊	4~6	10
	倒刺鲃	4~6	10
	光倒刺鲃	4~6	10
远 期	大鳞鲢	近期主要开展驯养与人工繁殖技术研究	
	高体鳊		

④ 大鳞鲢繁殖计划安排

渔业科研单位针对南渡江流域特有鱼类大鳞鲢，在上世纪 70 年代即开展过较多的研究。根据《海南岛大鳞鲢的调查、引种及其人工繁殖》记录，1975 年 6 月 17 日已获得大鳞鲢人工繁殖的首次成功。《淡水渔业》报道，1976 年在广东、浙江、湖北、广东等科研所或水产局引种驯养的大鳞鲢总数近 11 万尾。因此，从繁殖技术来看，并不存在制约性因素。然而，随着松涛水库建设后，大鳞鲢逐渐在南渡江流域消失。目前在流

域内难以找到亲本，可能需要至越南红河水系等其他流域引进、驯养。因此，本项目增殖放流站建议将其列入远期放流，建议在迈湾鱼类增殖站正式运行后 5 年内开展大鳞鲢的繁殖。

(2) 放流期限和效果评估

① 放流期限

迈湾鱼类增殖放流工作从迈湾大坝截流后开始，每年进行放流，放流周期暂按 20 年考虑，20 年以后根据物种资源的恢复情况决定继续或终止放流。

② 放流效果评估

由于目前国内在鱼类增殖放流方面的实际经验尚不足，鱼类增殖放流工作宜做好跟踪调查。由于工程建设周期较长，施工期增殖放流后的第 1 年进行 1 次效果评估；竣工环境保护验收后的第 1、5、10、15、20 年，分别对增殖放流效果进行评估，根据库区及下游河段鱼类种群组成、数量及生长监测结果，对放流鱼类的种类和数量做适时调整，并即时向环境保护和渔业管理部门汇报。

(3) 增殖放流地点和时间

根据南渡江流域综合规划环境影响补充研究报告，本工程鱼类增殖放流站负责松涛坝下至金江水电站坝址 105km 干流及支流河段鱼类放流任务，应采取多点、分散方式放流，放流地点主要选择迈湾库尾、支流腰子河和下游江段附近。放流时间可选择在当年秋季 9~10 月。

(4) 工艺流程

增殖站主要任务包括亲鱼收集购置、亲鱼驯养培育、人工催产和授精、人工孵化、苗种培育、放流、放流效果监测、调整生产规模和方式等。根据技术工艺流程进行管理人员、技术操作工人的配备和培训，以及增殖放流站管理制度的制定。

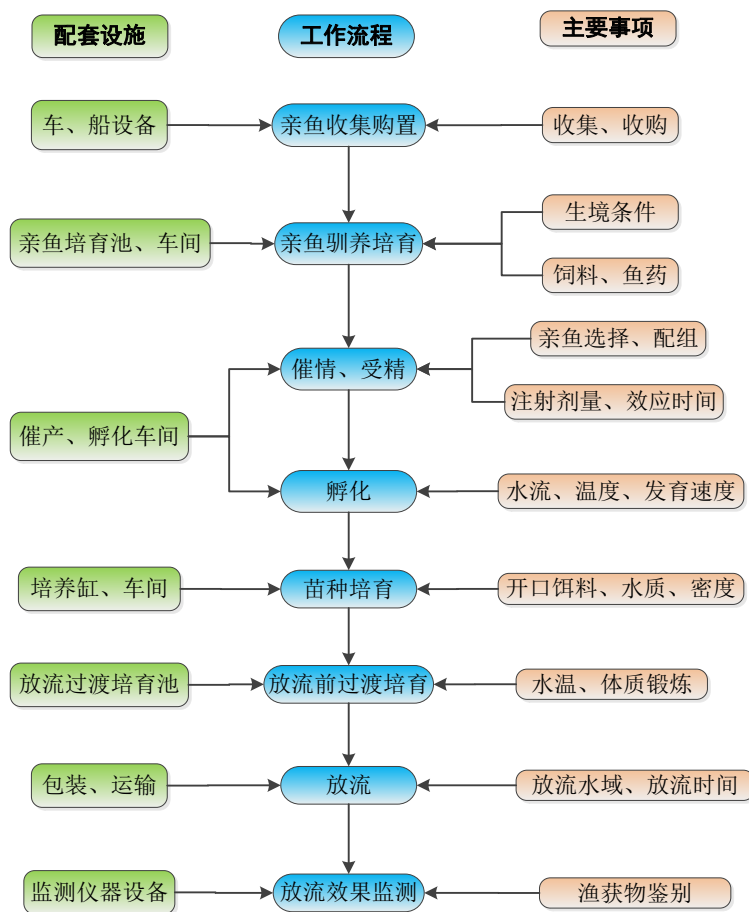


图 8.4-5 增殖放流站技术工作流程线框图

(5) 鱼类增殖放流站设计

① 站址方案

1) 站址选择原则

根据鱼类增殖放流站工程任务和特性，需从水源条件、地质条件、交通条件、运行方便等角度进行考虑，其原则和要求包括：

- A 水源充足，水质清洁，给水及排水方便；
- B 地质条件良好，抗洪能力强，无工业污染；
- C 交通、用电方便；
- D 尽量靠近业主营地，方便管理；
- E 避免产生新的环境问题。

2) 站址比选

根据站址选择原则，结合工程特性，初拟了 2 处增殖站站址进行比选，其中站址 1 位于大坝下游约 200m 处的右岸阶地上，站址 2 位于大坝上游库区右岸距离坝址约 600m 冲沟附近。



图 8.4-6 2 处鱼类增殖站站址位置

通过对 2 处站址水源、地形、交通、运行管理等方面的比选（表 8.4-5），主要考虑到站址 2 场地更为开阔，目前已有交通及水源便利，运行费用相对较低，因此，推荐站址 2 布置本工程鱼类增殖放流站。

本工程鱼类增殖站站址位置比选一览表

表 8.4-5

比选项目	站址 1	站址 2	比选意见
位置	大坝下游约 200m 处的右岸阶地上	大坝上游库区右岸距离坝址约 600m 冲沟附近	距离枢纽区均不远，基本相当
水源	站址所在台地高程高于水库正常蓄水位 5m，需要提水或打井抽水	场地附近现有 1 处冲沟，枯期径流量约为 82m ³	站址 2 较优
地形、地质	边坡较缓，现状为林地，地质条件一般	边坡较缓，现状为建设用地和槟榔林，地质条件较稳定	站址 2 较优
交通、用电	现状无可达公路，须单独设置进场公路；需新架设电线	现状有简易道路，需修整、拓宽；目前已通电，但需改造	站址 2 较优
运行管理	与工程管理区相邻，运行管理较方便；由于需要采取提水或打井抽水，运行费用较高	与工程管理区建设在一处，运行管理方便；利用场地附近现有冲沟引水，运行费用相对较低	站址 2 较优



图 8.4-7 迈湾鱼类增殖站鸟瞰图

② 主要构（建）筑物

本工程鱼池均采用循环水养殖，各类养殖池排水均采用循环水处理后回用，每天补充一定量的新鲜水。初拟通过从冲沟引水至鱼类增殖站，依高程布置 3 处滚水坝引水。为提高供水保障程度，考虑在场内布设 2 口钻孔抽水井。鱼类增殖站主要构筑物包括繁育车间、室外水池、循环水处理车间、配电房等。鱼类增殖站容积率 0.08，绿化率 40%。

1) 繁育车间

在增殖站中部建设一处繁育车间，占地面积约 600m²，车间内布置孵化系统、苗种培育系统、源水系统、增氧系统等。

2) 室外水池

增殖站建设鱼池约 5200m²，设亲鱼池和水花池。鱼苗放养前的准备工作包括休整池塘，清除池底杂草、杂质、平整池塘。清塘消毒主要为土法清塘，即冬季排干水，通过池底干燥和爆晒来清除敌害，改良底质；药物清塘可使用生石灰或漂白粉。塘消毒后，待药物毒性消失，即可住新水，在鱼种放养前 7~10 天，投基肥，培育水质。

3) 循环水处理车间

在增殖站中部，设置循环水处理车间，占地面积约 250m²，用于处理养殖废水。

4) 综合楼

设置综合楼 2 座，建筑面积 600m²，拟设立值班室、实验室、鱼病诊疗室、药物房、饲料房、筛网工具房、工具房、办公室等。

迈湾鱼类增殖站主要构筑物见表 8.4-6。

鱼类增殖站主要构筑物

表 8.4-6

序号	建筑物名称	数量	建筑面积
1	综合楼建筑面积	2	4000
2	工程管理楼	6	5000
3	繁育车间	1	600
4	循环水处理车间	1	250
5	配电房	1	120
6	门卫建筑	1	40
7	室外水池	9	5200

③ 仪器设备

1) 室内循环水处理系统

本工程共设置室内循环水处理系统设置 4 套，室内养殖排水通过隔栅、旋涡颗粒分离器、生物滤池、自动反冲洗沙滤器、紫外线消毒装置等处理工艺，以满足繁育车间养殖用水要求。

2) 实验仪器设备

由于水质的好坏直接关系到鱼类能否存活、生长，特别是在微流水高密度养殖条件下，水质控制至关重要，所以有必要对水质进行监测。另外，在亲鱼的培育、催产时，需要及时了解亲鱼的成熟度及性腺发育情况；在苗种培育阶段，也需要对苗种进行观察，以便及时发现、解决鱼病等问题，所以要配备常用的观察仪器进行监测。

因此，在综合楼中设置小型实验室，配置水质分析仪、显微镜、解剖镜、冷柜、天平和放流标志器械等，以满足日常生产的水质监测、亲鱼和苗种发育观察以及病害诊断和放流标志需要。

3) 交通工具

配备双排客货两用汽车、越野小车各 1 辆和手推车 3 辆，用于收集亲鱼、鱼种放流及饲料等的运输。

4) 其他设备

除培育车间养殖仪器设备外，其余养殖设备包括备用增氧机、各类网具、网箱、饲料加工设备；办公室需配备办公设备，包括会议桌、椅子、计算机、打印机、传真机、

数码相机、摄像机等。

迈湾鱼类增殖放流站需要购置的仪器设备主要有养殖设备、观测实验设备、办公设备、展示厅设备和交通设备等。

(6) 运行管理

① 运行机制

迈湾鱼类增殖放流站属于迈湾水利枢纽工程永久附属设施，各放流鱼类的技术攻关由本鱼类增殖站完成，生产操作由放流站内的固定员工完成。

② 放流苗种数量和成活率保证

迈湾增殖站放流苗种数量按3年达到设计规模，第1年达到50%放流规模，第2年达到75%，第3年达到100%。

本增殖放流站的生产运行应严格按照水产苗种生产规范生产放流苗种，提高苗种的成活率，主要措施包括：

- 1) 选择体质健壮，无病无伤的鱼类。
- 2) 放流鱼种应在放流前7天进行1次拉网锻炼，间隔2天后再锻炼1次。
- 3) 在放流前24h停止投喂。
- 4) 严格按照操作规程，在鱼类增殖放流前对鱼种进行消毒处理。

③ 增殖放流现场操作规程

增殖放流现场操作主要包括亲鱼的采集和驯养、人工繁殖和种苗培育，各环节均应按照各亲鱼的生物学特性有针对性地进行，采用技术成熟的方法和手段，并尽可能保存好亲鱼。

④ 病害防治

本增殖放流站的病害防治坚持预防为主、防治结合的原则，主要措施如下：

- 1) 操作仔细，尽量避免鱼体受伤。
- 2) 生产工具使用前或使用后进行消毒或暴晒。用于消毒的药物有：高锰酸钾100mg/L，浸洗30min；食盐5%，浸洗30min；漂白粉5%，浸洗20min。发病池的用具应单独使用，或经严格消毒后再使用。

- 3) 鱼苗、鱼种下池前进行消毒，常用消毒方法有：1%食盐加1%小苏打水溶液或3%食盐水溶液，浸浴5min~8min；20mg/L~30mg/L聚维酮碘(含有效碘1%)，浸浴10min~20min；5mg/L~10mg/L高锰酸钾，浸浴5min~10min。操作时水温温差应控制在3℃以内。

⑤ 增殖放流效果监测

通过对人工增殖放流鱼苗进行部分标志或标记，结合迈湾水生生态监测计划，建立样本回收及监测网络，掌握鱼类增殖放流的实际效果，评估增殖放流效果，以便根据监测结果适时调整鱼类增殖放流方案。

迈湾鱼类增殖放流效果监测主要通过对相应水域放流鱼类的样本回收，鱼类资源变动的监测等评价区内增殖放流的效果。监测工作从开展鱼类放流前 1 年至首批放流鱼类达到性成熟年龄形成自然繁殖能力止，竣工后 1、5、10、15、20 年开展监测，于每年 4~6 月、9~10 月进行。以后根据增殖放流监测效果再确定下一步监测计划，结合流域内水生生态调查成果，进一步优化调整增殖站放流鱼类种类、数量和比例。

⑥ 人员及编制

根据迈湾鱼类增殖站的规模，结合鱼类增殖放流的生产特点，确定本工程的劳动定员 8 人。增殖站设站长 1 名，负责增殖站科技攻关项目招标管理，监督各项生产任务的执行，财务管理，珍稀保护鱼类的收鱼、捕捞、运输以及放流许可的申报工作等；专业技术人员 1 名，负责亲鱼放流及苗种生产等生产操作的技术指导；常年生产工人 6 人，负责苗种生产的具体操作；辅助人员由业主营地电工兼职；在鱼类繁殖季节工作量较大，季节性用工可采用临聘方式，初拟临聘人员 5 人 3 个月，临聘人员可从业主营地中调配，业主营地人员不够时可从社会上招聘。

(6) 增殖放流站鱼类人工驯养繁育技术研究

① 研究目的

大鳞鲢在 1980 年左右国内开展过人工繁育，但目前在本流域内难以找到亲本，高体鳊繁殖技术尚未见报道。因此，以鱼类增殖放流站为基地，开展大鳞鲢、高体鳊 2 种鱼类的人工繁殖技术和物种保护研究工作，旨在为 2 种鱼类的规模化繁育积累一定的基础数据，形成驯养、人工繁育、苗种培育等相关技术，为鱼类增殖放流站实施远期增殖放流奠定基础。

② 研究内容

本研究以大鳞鲢、高体鳊 2 种鱼类的物种保护为导向，通过开展繁殖生物学的调查、了解其性腺发育的特点、繁殖习性和影响产卵繁殖的生态环境因素，探讨鱼类性腺发育的神经内分泌调节机制，研究池塘养殖条件下几种鱼类的生长发育特点，开展其野生亲本的采集、运输、驯养、人工催产和受精卵人工孵化、仔幼鱼培育和苗种培育技术研究与实践，并建立人工驯养繁殖技术操作规范、标准体系和标准操作手册，实现苗种规模

化生产，形成驯养、人工繁育、苗种培育等相关技术，并为鱼类增殖站运行单位及迈湾水利枢纽工程管理人员提供相关技术培训服务，逐步实行全人工繁殖，建立相应的人工种群，以满足人工增殖放流和资源保护的需要。

③ 研究方法

大鳞鲢、高体鳊 2 种鱼类的人工繁殖技术研究结合了鱼类学、行为生态学、分子生态学生理学和遗传生态学等方法，以人工收集驯养的野生后备亲鱼及亲鱼个体为研究对象，通过养殖条件的调控和特定的人工诱导技术，使野生雄鱼和雌鱼在人工养殖条件下发育到性成熟，并通过人工繁殖获得子一代个体。

8.4.5 过鱼设施

8.4.5.1 采取过鱼措施的必要性

经调查，迈湾水利枢纽工程所在的南渡江流域有洄游鱼类花鳊、鳊等，同时有半洄游性鱼类黄尾鲮、草鱼、赤眼鳟、大鳞鲢、鲮、三角鲂等。评价区部分鱼类完成生命史所需空间相对较大，评价区干流江段存在一定的繁衍栖息的条件，维持种群延续。但由于大坝的阻隔影响，可能造成鱼类种群及其遗传交流受阻，鱼类生境的片段化和破碎化导致形成大小不同的异质种群，种群间基因不能交流，使各个种群将受到不同程度的影响。

根据《中华人民共和国水法》第三章第二十七条规定“在水生生物洄游通道修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施”。《中华人民共和国渔业法》第四章第三十二条规定，“在鱼、虾、蟹洄游通道建闸、筑坝，对渔业资源有严重影响的，建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施”。2006 年 1 月 9 日国家环境保护总局办公厅下发了《关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函》(环办函[2006]11 号)，会议纪要要求“在珍稀保护、特有、具有重要经济价值的鱼类洄游通道建闸、筑坝，须采取过鱼措施。对于拦河闸和水头较低的大坝，宜修建鱼道、鱼闸等永久性的过鱼建筑物；对于高坝大库，宜设置升鱼机，配备鱼泵、过鱼船，以及采取人工网捕过坝措施。同时应重视掌握各种鱼类生态习性和水电水利工程对鱼类影响的研究，加强过鱼措施实际效果的监测，并据此不断修改过鱼设施设计，调整改建过鱼设施，优化运行管理。”因此，根据国家有关法律法规的规定，迈湾水利枢纽工程采取适当过鱼措施是必要的。

8.4.5.2 流域过鱼要求

(1) 流域规划环评相关要求

根据南渡江流域综合规划（修编）环评，其提出在南渡江干流上的筑坝工程应要求设置鱼道等过鱼设施，保证鱼类种质资源的交流。对于迈湾水利枢纽工程，提出拟采取升鱼机的方式开展过鱼。规划环评审查意见也要求设置过鱼通道等措施减少水库、拦河坝工程对鱼类等水生生物资源的影响，避免对流域生态系统产生不利影响。

（2）在建/已建工程相关过鱼要求

目前南渡江流域干流在建南渡江引水工程，其环评批复意见（环审[2015]163号）针对做好水生生态保护工作，提出采取东山水库仿自然旁通道、补建龙塘电站鱼道等补救措施，蓄水前完成各项鱼类保护措施建设；龙塘电站补建鱼道投资纳入南渡江引水工程，下阶段深化仿自然旁通道和鱼道水工模型实验研究，开展专项设计，做好仿自然旁通道防洪设计，与东山水库工程施工同步建设。

① 东山闸坝过鱼设施

根据中水珠江规划勘测设计有限公司2016年11月编制的《海南省海口市南渡江引水工程东山闸坝环保工程变更设计报告》，东山闸坝仿自然旁通道布置于枢纽右岸河滩地上，进口位于溢流坝下游护脚约25m处，进口轴线与岸墙成 60° 相交。进口采用一孔平底宽顶堰型闸室，闸室底板顶高程为11.5m，进口闸设计运行水位为12.5m。旁通道槽身部分连续纵向底坡坡度均为1/100，采用梯形断面，梯形底宽6m，两侧边坡为1:2，采用格宾网石笼护坡和护底并种植水生植物，石笼厚度为0.5m，底部均铺设一层200mm厚砂卵石层，槽身两侧岸边滩地均采用生态混凝土护坡植草保护。槽身采用天然蛮石将鱼道过流断面进行自然分割，形成天然不同流速断面，流速范围为0.8m/s~1.5m/s。设计采用2个出口，分别布置于右岸生态泄水闸坝段上游约70m和100m处，出口与泄水闸坝段上游岸墙相接，并朝向水流主流方向。出口闸室底板顶高程为分别为12.5m和14.0m，闸室净宽10m，设计运行水位分别为闸坝死水位13.0和正常蓄水位15.0m。目前，东山闸坝仿自然旁通道已完成土建工程建设。



出口 进口
图 8.4-8 东山闸坝仿自然旁通道建设面貌（2019 年 8 月照片）

② 龙塘补建鱼道

根据中水珠江规划勘测设计有限公司 2016 年 11 月编制的《海南省海口市龙塘电站补建鱼道工程设计报告》，龙塘补建鱼道位于坝址右岸，进口布置在龙塘电站厂房尾水渠下游右侧，沿厂房尾水渠及上游引水渠右岸布置，垂直堤轴线穿过南渡江堤防，出口布置在电站进水渠群英闸上游 60m 处。鱼道型式为混凝土横隔板式鱼道，总长度 612.5m，坡度 1/75，鱼道宽度 3m。鱼道水池长度 3.6m，设计水深 1.525m。设置 7 个休息池，鱼道进口高程 0.07m，鱼道出口高程 6.85m，鱼道进出口均设检修闸门，在穿过堤防处设挡洪闸门。在桩号鱼 0+216.50~鱼 0+226.50 段设观察室，长 10m，底高程为 2.53m。补建鱼道总投资为 4050.23 万元。

该设计报告对鱼道进口与出口附近的水域流态进行二维数值模拟，并对鱼道内部水力条件进行三维数值模拟。通过典型部位的模拟，整个鱼道最大流速不超过 1.1m/s，处于鱼道设计流速的范围中（0.7m/s~1.2m/s），鱼道进口流速只有 0.2~0.3m/s，需采取一定的措施保证鱼道进口流速。

目前，东山补建鱼道尚未开工建设。



图 8.4-9 鱼道进口三维流速图

(3) 流域综合规划环境影响补充研究提出的过鱼要求

迈湾坝址以下的已建谷石滩、九龙滩、金江、龙塘等梯级均未建设过鱼设施，在建的南渡江引水工程东山闸坝根据其环评批复要求建设仿自然旁通道，龙塘水电站建设鱼道，费用纳入南渡江引水工程投资。迈湾坝址处建设升鱼机；金江水电站环评批复要求设置鱼类洄游通道，保护花鳗鲡等洄游鱼类资源。补充研究报告提出，谷石滩、金江应按照其环评报告或批复要求补建过鱼设施，九龙滩水电站应补建鱼道或仿自然旁通道，费用纳入迈湾水利枢纽工程投资。

(4) 海南水网建设规划环评提出的流域过鱼要求

海南水网建设规划环评报告提出，松涛以下已建、在建、规划梯级均应建设过鱼设施，并提出龙塘建设鱼道，东山建设仿自然旁通道，迈湾建设鱼道或升鱼机，其余各梯级建设鱼道或仿自然旁通道。

8.4.5.3 主要过鱼对象分析

迈湾水利枢纽工程过鱼目标主要是维持大坝上下游各种鱼类种群的基因交流，避免鱼种的单一化和退化。过鱼的对象如过于广泛性，其涉及的工程量很大，投入的人力、物力、财力也很高。因此，需要根据实际情况，坚持统筹兼顾、突出重点的原则，合理确定保护对象和优先保护顺序。

根据水生生态调查结果，从重要性的角度考虑，通常按照以下顺序进行选择：列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入濒危动物红皮书的鱼类、地域性特有鱼类、水

域生态系统中的关键物种（如同类食性鱼类少，甚至唯一的种类）、重要经济鱼类；依鱼类资源现状考虑，可按极危种、濒危、易危、稀有、依赖保护、接近受胁的顺序选择；从鱼类生活史考虑，生活史复杂、洄游距离长、繁殖条件要求高、生长繁育缓慢、性成熟年龄和繁殖周期、繁殖力低的鱼类优先考虑。

根据评价区鱼类资源以及其生物学、生态学特点，确定过鱼对象。南渡江水域鱼类中有国家Ⅱ级保护鱼类花鳗鲡 1 种，其它珍稀鱼类小银鮠、海南长臀鮠（亚种）、锯齿海南鲮、海南异鱾（亚种）、台细鳊、青鳉、大鳞鲢、无斑蛇鮠、高体鳊等 9 种，经济鱼类包括海南红鲂、蒙古红鲂、鳊、鲤、草鱼、光倒刺鲃等。评价区鱼类花鳗鲡、鳗鲡、七丝鲚等具有河海洄游习性，鲢、鳙、草鱼以及鲂亚科、鮠亚科等的一些种类具有河道洄游习性，受工程阻隔影响最大，应作为主要过鱼对象；其它珍稀特有鱼类和经济鱼类可作为兼顾过鱼种类。

8.4.5.4 主要过鱼设施类型分析

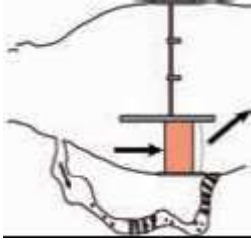
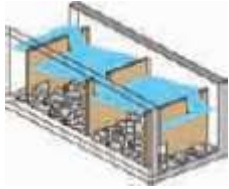

大坝过鱼的措施较多，可采用技术上实用的方法(技术型过鱼设施)或模仿自然的方法(仿自然型过鱼设施)来构造，主要包括仿自然旁通式鱼道、技术型鱼道、鱼闸、升鱼机、集运鱼系统等，过鱼措施方式选择一般受枢纽工程区地形条件、工程特性(枢纽布置、坝型、坝高)、鱼类生物学特性等方面进行综合比选。

综合枢纽工程区地形条件、工程特性以及该河段鱼类生物学特性，各种过鱼措施工作原理、应用范围、过鱼效果以及本工程适应性比较详见表 8.4-7。

本工程位于南渡江中游，河道狭窄，没有航运要求，坝高 78.5m，水头 54m。由表 8.4-7 可见，工程区不具备建设仿自然旁通式鱼道以及鱼闸基本条件，发电厂房位于右岸，但坝址区属右岸地形较陡，总体来看布置鱼道技术难度较大，而升鱼机受地形条件、工程区枢纽布置的影响较小。从流域已建/在建工程过鱼设施选择以及本工程区建设条件来看，本工程过鱼设施考虑对技术型鱼道和升鱼机方案进一步比选。

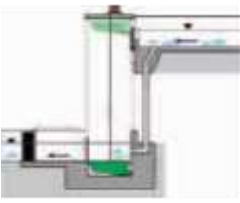
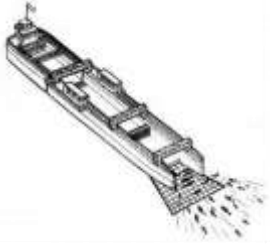
各种过鱼措施应用范围、效果以及本工程适应性

表 8.4-7

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果	本工程适应性
仿自然旁通式鱼道		绕过大坝并呈模仿自然外观，呈现自然形式的鱼道。	适合于所有具有足够空间的障碍，对于现存的坝堰改善特别有用，在上游设计蓄水水位变化较大时不适用。	占地面积大，枢纽区两侧以及上游需具备布置空间，在地面设置深沟，需结合技术型鱼道构造。	可使所有水生动物种类通过(鱼类、饵料生物等)，为流水性水生生物提供栖息空间，是唯一能够绕过大坝且能很好与当地环境结合的鱼道。	本工程坝区河谷狭窄，两岸坡度较陡，两侧没有布置仿自然旁通式鱼道的空间，本工程不具备建设该类型鱼道的地形条件。
技术型鱼道 (狭槽鱼道、水池鱼道、丹尼尔鱼道等)		采用混凝土式通道，内部设有各式隔板、狭槽等，将水槽分隔成一系列互相沟通的水池，有时成阶梯式	采用型式较多，适合于中、低水头大坝，或用于大坝改造增设过鱼设施	难以适应于建设高坝水利水电工程	鱼道型式多样，狭槽型鱼道可通过较大水流，便于形成较好的吸引水流，一般不易堵塞；水池型鱼道所需流量较低，较易堵塞；丹尼尔鱼道需较大的流量，不适宜上游水位变化频繁的区域	迈湾水利枢纽工程最大坝高 78.5m，水头 54m，发电厂房位于右岸，右岸地形较陡，总体来看布置难度大
鱼闸		为凹形通道，上下游两端都有可控制的闸门，通过控制闸门的开关或往通道注水来形成吸引流。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域。	较高的设计和建造技术要求，需要频繁地维护和运行，建造和维修费用高，但对水消耗较低，适用于需要考虑大型鱼类(如鲟鱼类)的地方	主要适用于鲑鳟鱼类以及游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用。	河谷狭窄，鱼闸对枢纽主体工程影响较大。本河段鱼类以中、底层小型鱼类为主，过鱼设施不宜用鱼闸。

各种过鱼措施应用范围、效果以及本工程适应性

续表 8.4-7

类型	示意图	原理	应用范围	优缺点	效果	本工程适应性
升鱼机方案		为配置有运送水槽和机械装置的升降机，通过把鱼从下游吊起送到上游，通过渠道连通上游。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域，尤其适用于如高坝。	需要空间不大，在设计 and 建造上对技术要求较高，需频繁地维护和运行，建造和维修费用高。	对游泳能力弱的鱼类效果较好	大坝较高，且枢纽区空间狭窄，可进行升鱼机配套其它集鱼设施建设
集运鱼系统		与升鱼机作用原理基本相同，通过坝下集鱼设施把鱼收集后，利用陆域运鱼系统将坝下鱼类运至库区放流，达到坝下、坝上鱼类繁殖交流。	适用于高水头，或空间以及水流量有限区域，如高坝，通常与枢纽工程区地形、枢纽工程布置无关联。	需要空间不大，设施布置灵活，但所需集鱼、运鱼设施要求相对较高。其缺点是运行费用大，受诱鱼效果的制约较大，特别是诱集底层鱼类较困难，噪音、振动及油污也影响集鱼效果。	目前国内尚无运行成功先例，过鱼效果有待跟踪研究	本工程库区开阔，库区及坝下水深均较深，集运鱼系统效果难以保证
初步比选意见	综合枢纽工程区地形条件、工程特性以及该河段鱼类生物学特性，工程区不具备建设仿自然旁通式鱼道以及鱼闸的基本地形条件，下游为谷石滩库区，集运鱼系统难以保证，技术型鱼道能沿河道左岸进行布置，升鱼机受地形条件、工程区枢纽布置以及鱼类生物学特性影响较小，具备建设的基本条件。					

8.4.5.5 过鱼方案比选及推荐

(1) 上、下游水位条件

过鱼设施为3级建筑物，进出口按照50年一遇洪水设计。本工程采用分期建设方案，近期水库正常蓄水位101m，远期108m，因此过鱼设施的上游水位正常设计水位须统筹考虑近、远期方案。在各发电尾水工况条件下，下游水位条件为54.04m~56.14m。

发电尾水流量对应尾水位表

表 8.4-8

序号	工况说明	1#机组流量 (m ³ /s)	2#机组流量 (m ³ /s)	3#机组流量 (m ³ /s)	总发电流量 (m ³ /s)	下游水位 (m)
1	1#机组满发	46.17	/	/	46.17	55.19
2	2#机组满发	/	46.17	/	46.17	55.19
3	3#机组满发	/	/	10.40	10.40	54.04
4	1#、3#机组满发	46.17	/	10.40	56.57	55.38
5	2#、3#机组满发	/	46.17	10.40	56.57	55.38
6	1#、2#机组满发	46.17	46.17	/	92.34	56.02
7	1#、2#、3#机组满发	46.17	46.17	10.40	102.74	56.14

(2) 过鱼设施进口条件

根据鱼洄游特性，过鱼设施进口选址应在经常有水流常年下泄、水流平稳顺直，同时要适应下游水位的涨落，保证在过鱼季节中进鱼口有一定水深（1.0m~1.5m以上）的地方。

考虑本工程主坝右岸坝后厂房尾水管常年有水流，适宜诱鱼，通过将鱼类诱集至厂房尾水渠末端两岸，从而至尾水渠起始点两岸岸坡，同时避免至厂房尾水管出口紊流区，因此本工程过鱼设施进口均选在厂房尾水出口两侧岸坡。

(3) 过鱼方案比选

① 升鱼机方案

1) 工作原理及项目组成

升鱼机布置在坝后发电厂房右侧，由引鱼系统、集鱼系统、升鱼系统三大部分组成，主要由进鱼口、集鱼槽、赶鱼栅、集鱼池浮箱、集鱼斗、门机、运鱼车、抗风扶架、坝顶塔式回转吊等金属结构支持运作。鱼类在右岸尾水的吸引下进入1#~3#诱鱼口，进入2#集鱼槽后，再进入1#集鱼槽，利用赶鱼栅将鱼赶至集鱼池浮箱和集鱼斗，通过门机垂直提升集鱼斗至厂区回转平台，再通过运鱼车运输集鱼斗至11#坝段下游，由塔式回转吊进行二次提升，再转运至坝前不受引水发电影响的水域放流，如此反复运行。升鱼机从集鱼到放鱼单程运行时间约40分钟。

2) 整体布局

本工程枢纽建筑物为混合坝，从左岸至右岸依次布置左岸粘土心墙堆石坝段，挡水坝段、溢流坝段、厂房挡水坝段和右岸挡水坝段等建筑物组成。

本方案结合枢纽建筑物进行布置，根据工程枢纽布置以及河段地形条件，将1台升鱼机布置于右岸(厂房挡水坝段和右岸挡水坝段)，便于运行、管理。引鱼系统布置于尾水两侧，集鱼系统布置于坝体及厂房安装间，升鱼系统布置于坝后厂房平台及坝顶平台。共设置有1个集鱼斗、集鱼池浮箱、浮动隔鱼栅、门机、水平运输车、抗风扶架、坝顶塔式回转吊等设备。

3) 升鱼机工程设计

A) 诱鱼口布置设计

诱鱼口布置在坝后厂房尾水出口两侧，设计水位为53.5m~56.14m，为方便集鱼槽及集鱼池浮箱检修，在坝后厂房尾水两侧设置3个诱鱼口，从右至左分别为1#~3#诱鱼口，其中1#诱鱼口位于生态旁通管右侧，2#诱鱼口位于电站厂房1#机组尾水管左侧，3#诱鱼口位于3#机组尾水管和放空底孔右侧闸墩之间。1#诱鱼口为深孔进鱼口，而2#~3#诱鱼口为浅水鱼类诱鱼口。

为了防止鱼类误游到厂房尾水管内，尾水管出口设置拦鱼电栅。

B) 集鱼系统布置设计

集鱼系统包括集鱼槽、集鱼池浮箱、集鱼斗、补水槽、加压泵室、和观鱼室。

a) 集鱼槽

集鱼槽分三段：集鱼池~1#进鱼通道叉口为集鱼槽1段，1#进鱼通道叉口~2#进鱼通道叉口为集鱼槽2段，2#进鱼通道叉口~3#进鱼通道叉口为集鱼槽3段。集鱼槽1、2、3段的宽均为2m，长分别为10.15m、6.54m和33.36m。集鱼槽底板高程为53.00m。

集鱼槽内设置活动赶鱼栅，引鱼时赶鱼栅提到水面以上，以便浅水鱼进入集鱼槽；准备提鱼时，先将赶鱼栅下放到水中，将集鱼槽中的鱼赶至集鱼池中，再提鱼。赶鱼栅为露顶浮动直栅，由尾水集鱼池门机副起升操作。

b) 集鱼池浮箱、补水槽、加压泵室和观鱼室

集鱼斗和集鱼池浮箱采用不锈钢设计。集鱼斗为正方形，尺寸为1.5m×1.5m×1.5m（长×宽×高），在其顶部设有约0.5m高的防逃逸网，防止鱼在吊运过程中跃出。集鱼池浮箱尺寸为5.5m×2.8m×2.5m（长×宽×高）。

集鱼池左端与补水槽相连，补水槽底高程为50.0m，槽宽由2.5m渐变为1.25m，槽

渐变处设消力墩。

在发电厂房安装间底部 50m 高程设置一个加压抽水泵，加压供水至补水槽。加压泵设计流量为 $4.6\text{m}^3/\text{s}$ ，抽水泵进水口布置在生态旁通管底部。进水管直径为 1.8m，管道流速为 2m/s。

观鱼室分别设置在安装间 53.00m、57.5m、64.0m、71m 高程，每层观测室尺寸为 $6\text{m}\times 5\text{m}$ （长 \times 宽）。

c) 运行方式

集鱼池浮箱为水力自浮式结构，平时集鱼池浮箱浮于水面上，集鱼时集鱼斗下放到集鱼池浮箱孔洞中，在重力作用下，集鱼斗和集鱼池浮箱一起下沉，下降至集鱼池浮箱顶与集鱼槽底 52.5m 高程平为止，同时提起浮动隔鱼栅，此时花鳗鲡通过花鳗鲡诱鱼口进入集鱼斗，浅水鱼通过浅水鱼诱鱼口进入集鱼池浮箱；然后关闭花鳗鲡诱鱼口检修闸门，同时利用赶鱼栅将鱼赶至集鱼池内，再缓慢提升集鱼斗，在浮力作用下集鱼池浮箱与集鱼斗同步上升，当集鱼池浮箱上升到水面上时，水从箱底虑水孔流走，浮箱内的浅水鱼沿底部斜坡滑入集鱼斗。

C) 升鱼系统工程设计

升鱼系统包括 1 台门机，水平运输车，1 座抗风扶架，1 台旋转塔吊。

在厂区 78.0m 高程平台上设有 1 台门机作为第一级提升设备，门机主钩将集鱼斗从 52.5m 高程提升至 78.0m 高程平台，再水平移动放在集鱼斗水平运输车上，运输车顺轨道自动运行到 11#坝段下游抗风扶架下。运输车上设有集鱼斗固定装置，在轨道两端充电桩处自动充电。在 78m 高程中间平台与 113.5m 高程坝顶之间设有抗风扶架，防止集鱼斗提升至坝顶过程中受大风干扰。抗风扶架为四柱塔式桁架结构，扶架总高约 35m，内部设有集鱼斗提升导轨装置。

在坝顶 113.5m 高程坝顶外侧设有塔式回转吊做为第二级提升和过坝设备，塔式回转吊起升吊钩将集鱼斗在抗风扶架内从 78.0m 高程提升至坝顶 113.5m 高程以上，然后回转吊运过坝，在大坝上游 100m 高程放鱼点处下放集鱼斗到水中放鱼。

② 鱼道

1) 鱼道结构

鱼道主要有池式、槽式两种。池式鱼道还有阻流式、横隔板式、变形槽式、水池式等几种类型。槽式与池式鱼道的优缺点与适用性见表 8.4-9。

槽式与池式鱼道的优缺点与适用性

表 8.4-9

类型	槽式鱼道	池式鱼道		
	丹尼尔式	溢流堰式	横隔板式	底(潜)孔式
优点	结构简单, 安装建造方便, 并可以预制。	(1) 在相对较低水量下, 可满足大多数鱼类的洄游条件。使用缺口堰、斜坡堰等, 鱼道正常运行的流量可降至 4L/s。(2) 进行适当设计、改进, 可适用于非常小的鱼(长度<20mm)和爬行类物种。	(1) 上游水位在较大范围内变动, 鱼道的流速、紊动都增加不大, 鱼道能正常运行。(2) 水流流速、紊动较小时, 小鱼通行的鱼道坡度可达 1:8。(3) 隔板竖缝一直延伸至槽底, 水池不易被淤积。	(1) 水流的紊动度小, 精心设计的底孔其流速小、孔口流速分布好;(2) 对上游水位变动的适应性好;(3) 为大多数成鱼喜爱, 尤其是中下层鱼类。水流的紊动度小,
缺点	(1) 没有休息区, 鱼类需连续溯流而上, 除非间隔布置休息鱼池。(2) 流速大、水流紊动大、掺气明显, 仅适用于流速高、耐力强的中大鱼类(身长大于 30cm 的洄游鱼类)。	(1) 流量增大时水池水流紊动大, 不能适用上游水位大变动, 除非设计特别的进流控制闸等。(2) 未与潜孔组合时, 水池容易被淤积	不适用于爬行类鱼, 除非在槽底布置一层粗糙的石块。竖缝易被碎屑杂物堵塞, 维护要求高。	(1) 孔口上部水深较小时, 孔口前有立轴漩涡流出现, 有掺气, 不利于过鱼。(2) 不适用于幼鱼、幼鳗等。对爬行鱼类底孔流速偏大
适用性	上、下游水位差较小; 物种: 中大鱼类	上游水位: 变幅小; 物种: 大多数鱼类, 尤其表层鱼和喜跳跃鱼类	上游水位: 变化可较大; 物种: 大多数鱼类, 除了爬行类和需堰流激起跳跃的鱼类	上游水位: 变动可较大; 物种: 中下层鱼类

迈湾过鱼对象范围较宽, 过于对象具有不同习性, 且上游水位变幅较大, 根据几种常见鱼道结构的特点, 鱼道结构初步选用横隔板式。横隔板式鱼道由一系列相连的水池组成, 相连的水池之间的隔壁上由隔板分开, 通过沿程摩阻、水流对冲及扩散来消能, 达到改善流态和降低过鱼竖缝流速的目的。其特点为: 能够同时适应表层和底层鱼类, 更大程度保持生态连通性; 能够适应较广的鱼道内水位变化; 能够防止鱼道内的泥沙淤积。

2) 鱼道工艺设计

A) 鱼道设计流速

根据国内外已有鱼道的设计经验, 本工程鱼道设计竖缝最大流速范围为 0.8m/s~1.5m/s, 考虑鱼道流速应能使鱼类较易上溯, 在鱼道设计中暂将设计竖缝流速控制在 1.2m/s, 鱼道内平均流速为 0.3m/s。

B) 竖缝宽度

隔板竖缝的宽度一般取 0.3m~0.50m, 本工程取为 0.5m。竖缝缝口方向宜与隔板呈 45° 夹角, 竖缝底部宜安装拦槛以稳定流态和控制流量。

C) 鱼道宽度

鱼道净宽尺寸越大, 每级水池内的平均流速就越小, 利于鱼类的中间休息。根据鱼道主要过鱼对象的习性, 设计鱼道槽身断面底宽 3.00m, 两侧边墙高 1.80m, 上接 1: 2 斜坡高 0.70m, 能满足过鱼要求且比较经济。

D) 池室长度

水池净长尺寸越大, 每级水池内的平均流速趋于减小, 利于鱼类的中间休息; 但净长尺寸越大, 鱼道总长度就越长, 鱼道造价也就越高。考虑到所过鱼类的习性, 并参考国内外已建鱼道的经验, 认为水池长取 3.60m (垂直竖缝隔板之间的距离), 能满足过鱼要求且比较经济。

E) 鱼道深度

鱼道水深主要视过鱼对象习性而定, 底层鱼和体型较大的成鱼相应要求水深较深。国内外鱼道水深净深一般为 1.0~3.0m, 本工程鱼道池室深度暂取 2.5m。

F) 休息池

本阶段设计鱼道每隔 20 个池室设一个休息池, 休息池长度为 12m。池内设置一定角度的导向钢丝网, 起到引导鱼类进入低紊流区域休息的作用。同时, 导向钢丝网的另一侧方向略为内倾, 避免鱼类因过度疲劳后被冲向下游。

G) 隔板块数

经计算, 隔板数约为 679 块。

3) 鱼道工程设计

A) 鱼道布置

根据地形条件布置, 鱼道沿着右岸山坡, 向下游地形低洼处盘旋后, 到达大坝下游 1.2km 处的右岸边坡后, 再折返向上游方向盘旋而上, 到达大坝右岸坝顶 1# 出鱼口, 1# 出鱼口后继续沿着坝址右岸向上盘旋, 途经 2#~5# 出鱼口。

B) 鱼道尺寸

鱼道总长 4.31km, 纵坡为 1: 70, 鱼道宽度 3m, 深度 2.5m, 设计水深 2m, 每隔 6.6m 设置一个 C25 竖向隔板。鱼道每隔 120m~150m 设置一个休息池, 休息池长 12m, 共设置了 29 个休息池。

C) 鱼道进口

鱼道进口布置在厂房尾水渠下游右侧。考虑本工程下游水位变幅较大，为 53.5m~73.25m，鱼道进口采用叠梁门，叠梁尺寸为 2m×22m（宽×高），每扇门高 1m。设叠梁门，进口底板高程为 52.5m，墩顶高程 74.5m。由于鱼道内流量在 0.9m³/s 左右，水量较小，水流对于过坝鱼类的吸引能力较小，需设置诱鱼系统，可通过在右岸挡水坝埋设补水管，补水流量为 4.63m³/s，补水诱鱼，并在鱼道进口前形成一定的流场范围，吸引鱼类进入。

D) 鱼道出口

本工程鱼道统筹考虑分期建设情况，共设计 5 个出鱼口，1#出鱼口布置在坝顶，底板高程为 95m，设计水位 96m。鱼道再向上盘旋而上，到达 2#出鱼口，2#出鱼口底板高程为 98m，设计水位 99m。3#~5#出鱼口底板高程分别为 100m、104m 和 107m，设计水位分别为 101m、105m 和 108m。在 5#出鱼口，设置一个补水系统，沿着鱼道，进入集鱼系统，以滴水声诱鱼。1#~5#出鱼口侧面均设置 1#~5#水闸。

E) 拦鱼电栅

为了防止鱼类进入尾水渠，尾水管设置拦鱼电栅。

(3) 过鱼方案选择

① 工程量

升鱼机和鱼道两种过鱼设施型式的工程量汇总见表 8.4-10，比较结果可见，鱼道线路长，鱼道工程量比升鱼机方案的工程量明显大。根据工程量估算投资，鱼道方案总投资约需要 2.73 亿元，升鱼机直接费投资概算大约 0.39 亿元。

工程量比较一览表

表 8.4-10

序号	项目名称	单位	数量	
			升鱼机	鱼道
1	土方开挖	万 m ³		197.24
2	石方开挖	万 m ³		13.99
3	土方填筑	万 m ³		13.99
4	混凝土浇筑	万 m ³	2.10	20.54
5	钢筋制作与安装	t	2141	9452
6	锚杆	万根		1.12
7	草皮护坡	万 m ²		11.43
8	升鱼机	套	1	

② 过鱼效果

升鱼机在国外有运行成功案例，升鱼机方案利用发电尾水的吸引流，同时考虑下游河道流场较为复杂，进口处采用鱼道型式进口，不仅布置灵活，可适应下游不同水位变幅和流速变化要求，能起到较好的过鱼效果。

鱼道技术较为成熟，主要应用于低水头水利水电工程；在中、高水头工程中设计、建设难度大，应用相对较少。本工程鱼道进口位于下游谷石滩库区，进口诱鱼效果有待进一步论证；鱼道长达 4.48km，鱼类通过时间较长，并可能导到过鱼效果下降；或者需要建设较长的休息区便于鱼类体能恢复，但将进一步受到地形的限制并加大投资。

③ 施工条件

升鱼机布置在主坝枢纽内，施工方便，其无需新增施工道路。而鱼道总长度 4.48km，需要新增施工道路和永久运行道路，施工不方便。因此施工条件方面，升鱼机较优。

④ 占地影响

鱼道方案需要在南渡江干流左岸坝址下游开挖人工鱼道，鱼道占地范围现状为林地和农用地，其总面积约 284 亩，不仅须新增占地及移民补偿投资为 1988 万元，且占地范围内植被将被破坏，对陆生生态的影响相对较大。升鱼机方案结合枢纽布置，无新增用地，对陆生植被的破坏较小。其它环境影响方面，两个方案无本质的区别。从环境影响角度分析，升鱼机方案的环境影响略小。

⑤ 运行条件

升鱼机方案通过 1 台门机、运输车和塔式回转吊进行垂直提升和水平提升，运行费用较高，但是升鱼机集中布置在主坝枢纽范围内，运行管理方便。鱼道模拟人工过鱼渠道，运行费用相对较低。

⑥ 工程投资

经计算，鱼道工程直接费投资为 25267 万元，新增工程占地投资为 1988 万元，即鱼道总投资约需要 2.73 亿元；升鱼机直接费投资概算大约 0.39 亿元，升鱼机方案投资较节省。

鱼道和升鱼机方案综合比较一览表

表 8.4-11

项目	升鱼机方案	鱼道方案	比选结果
过鱼设施布置难度	升鱼机需布置于大坝坝身，建设方案相对较为灵活，建设难度相对较小	鱼道根据地形条件沿着右岸山坡盘旋布置，但由于本工程水头高，鱼道总长度布置达到 4.48km，总体来看鱼道布置难度相对较大	各方案均可布置，但鱼道布置难度相对升鱼机方案大。升鱼机方案优。

项目	升鱼机方案	鱼道方案	比选结果
过鱼效果	升鱼机在国外有运行成功案例，本方案采用进口处采用多种方式诱鱼，布置灵活，可适应下游不同水位变幅。	鱼道技术较为成熟，主要应用于低水头水利水电工程；在中、高水头工程中设计、建设难度大，应用相对较少。鱼道总体长达 4.31km，鱼类通过时间较长，并可能导到过鱼效果下降；或者需要建设较长的休息区便于鱼类体能恢复，但将进一步受到地形的限制并加大投资。	升鱼机方案优
施工条件	升鱼机布置在主坝枢纽内，施工方便，其无需新增施工道路。	而鱼道总长度 4.31km，施工不方便，需要新增施工道路和永久运行道路。	升鱼机方案较优
运行管理	通过 1 台门机、运输车和塔式回转吊进行垂直提升和水平提升，运行费用较高。但是升鱼机集中布置在主坝枢纽范围内，能够更好地适应分期蓄水方案，运行管理方便。	鱼道模拟人工过鱼渠道，布置加压泵抽水，运行费用相对较低。因本工程分期蓄水设置 5 个出口，运行调度复杂。	鱼道方案较优
建设成本	0.39 亿元	2.73 亿元(含新增征地费用)	升鱼机方案
综合比选	经综合比选，推荐采用升鱼机方案		升鱼机方案优

⑦ 综合比选结果

根据以上分析，虽然鱼道能够连续过鱼，人为控制因素少，但是鱼道进口布置在下游梯级谷石滩库尾附近，完全靠自身补水诱鱼，集诱鱼效果较差，鱼道长度 4.31km，工程量大，占地大，工程投资远远大于升鱼机方案，因此推荐升鱼机为过鱼设施方案。

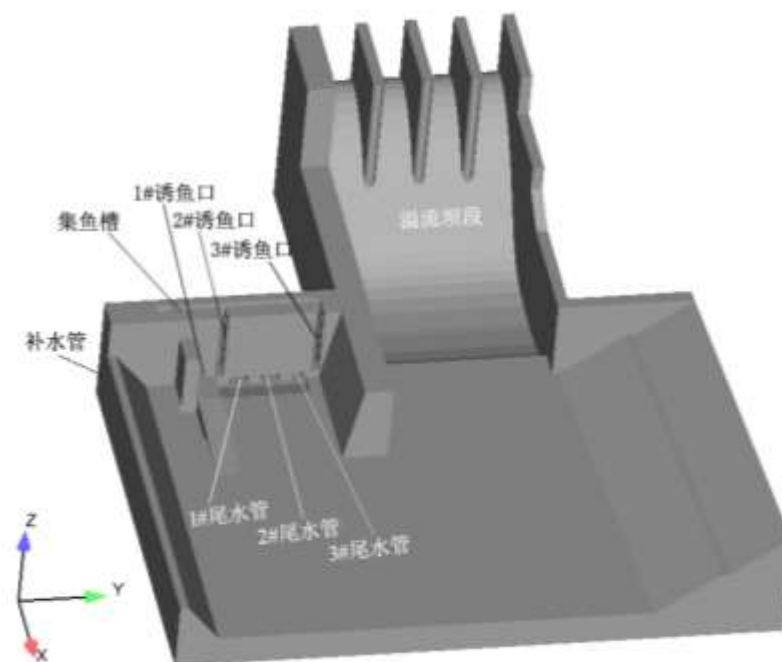
8.4.5.6 集鱼系统三维流场模拟

本工程设计单位于 2017 年 10 月编制了《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程鱼道水力学数值仿真专题研究报告》，该专题采用了 k- ϵ 紊流模型和 VOF 法自由表面追踪，模拟集鱼系统在不同发电机组运行、不同尾水位和不同调度方案下的水力学特征，定量分析了尾水渠、诱鱼口、进鱼通道和集鱼槽的流速、流场的空间分布和紊动能等；通过系统流场的空间分布，分析和评估集鱼系统在枢纽中位置、集鱼系统的结构布置的合理性，并通过大量的试算，验证和反推了集鱼系统的运用和调度制度，分析和评价集鱼系统的诱鱼效果，为过鱼设施的设计、优化、运行和管理提供理论依据和参考。

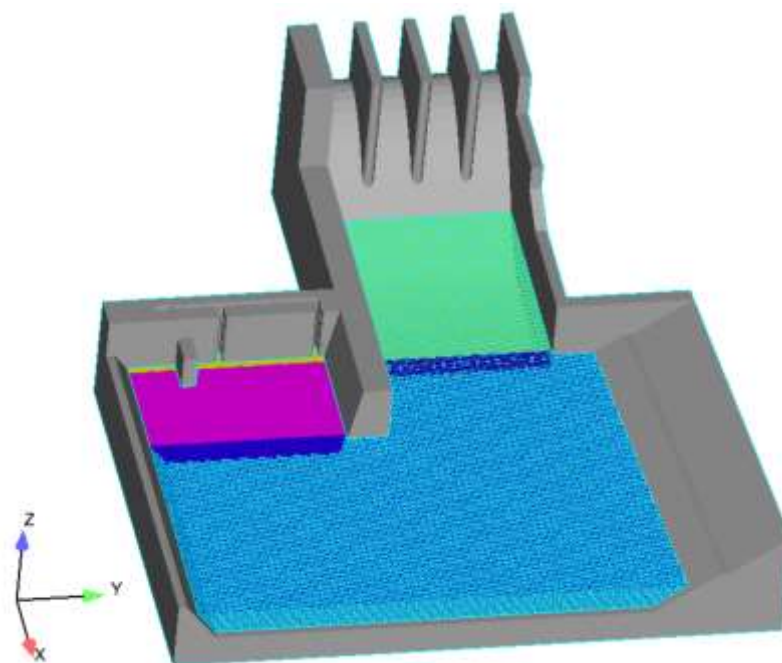
(1) 计算范围

按 1:1 等比例建立“补水系统-集鱼系统-诱鱼系统-发电尾管-尾水渠”三维模型，模型包含鱼道诱鱼口、集鱼系统、补水管、尾水管、消力池、溢流坝段及岸坡等，整个模型长 247.5m，宽 211m，高 73m。在建立的三维模型基础上，共构造了 132 万计算网格。集鱼系统、诱鱼口附近区域和发电尾水口附近区域结构尺寸小，流场复杂，水力变化梯度大，该区网格尺度取 0.1m；其他区域网络分域按梯度进行稀疏，网络尺寸为 0.2~

1.8m。



模型视图



整体网格划分

图 8.4-11 模型计算范围及网格划分

(2) 计算工况

为尽可能满足过鱼流速，并避免流道内流速差过大，须依尾水位和补水流量对诱鱼口过流面积进行控制。在不同尾水位情况下，通过调节补水流量、过鱼设施进口叠梁门数量来控制过鱼流速。通过大量试算，确定了典型条件下集鱼系统的调度方案及计算工况，见表 8.4-12。

典型条件下集鱼系统的调度方案及计算工况

表 8.4-12

工况序号	工况说明	下游水位(m)	1#机组流量(m ³ /s)	2#机组流量(m ³ /s)	3#机组流量(m ³ /s)	总发电流量(m ³ /s)	1#进鱼口	2#进鱼口	3#进鱼口	鱼道补水流量(m ³ /s)	2#叠梁门顶高程(m)	3#叠梁门顶高程(m)
工况 1	1#机组满发	55.19	46.17	/	/	46.17	√	√	×	3.0	/	56.00
工况 2	2#机组满发	55.19	/	46.17	/	46.17	√	√	×	3.0	/	56.00
工况 3	3#机组满发	54.04	/	/	10.40	10.40	√	√	×	1.5	/	56.00
工况 4	1#、3#机组满发	55.38	46.17	/	10.40	56.57	√	√	×	3.0	/	56.00
工况 5	2#、3#机组满发	55.38	/	46.17	10.40	56.57	√	√	×	3.0	/	56.00
工况 6	1#、2#机组满发	56.02	46.17	46.17	/	92.34	√	√	√	4.6	54.00	54.00
工况 7	1#、2#、3#机组满发	56.14	46.17	46.17	10.40	102.74	√	√	√	4.6	54.00	54.00

(3) 模拟结果

根据上述工况条件计算集鱼设施的流场情况，结果见图 8.4-12~图 8.4-18。尾水位不同时，需对补水流量和诱鱼口过流面积进行适当的调节才能满足诱鱼的流速要求。不同水位组合时，根据诱鱼口、集鱼槽的设计流速要求进行大量试算，反推合适的补水流量和对应的诱鱼口叠梁门顶高程，相应流场的水力特征参数见表 8.4-15 所示。经分析，可得出以下结论：

① 鱼类上溯的流速屏障位于发电尾水渠渠首，集鱼系统的诱鱼口设在发电尾水渠渠首两侧。数值仿真分析显示，诱鱼口出水水流与发电尾水较好的衔接和叠加，有利于鱼道诱鱼，表明诱鱼口设在发电尾水渠渠首两侧是合适的。

② 不同尾水位时，通过对补水流量和诱鱼口过水断面的适当控制，鱼道诱鱼口的流速和流态基本满足诱鱼要求，表明诱鱼口的数量、体型和大小基本合适。

③ 集鱼槽 1 段（集鱼池~1#进鱼通道叉口段）的最大流速和平均流速均较大，断面较大区域的流速超过了鱼类的喜好流速或极限流速，鱼类喜好流速区域减小。建议下一阶段对集鱼槽 1 段断面进行适当加大，以降低槽内流速，并采用赶鱼栅进行辅助，以提高集鱼斗的集鱼效率。对 1#、2#进鱼通道与集鱼槽交叉口进行倒角过渡，以改善交叉口的流态。

④ 建议考虑采用声、光、电和诱饵等多措施相结合进行诱鱼，以提高诱鱼、集鱼效果。安装程控自动化系统，根据各诱鱼口流速的动态监测，回馈并调节补水水泵功率，动态调节诱鱼、过鱼流场，满足不同鱼类喜好，以提高诱鱼精度和诱鱼效果。

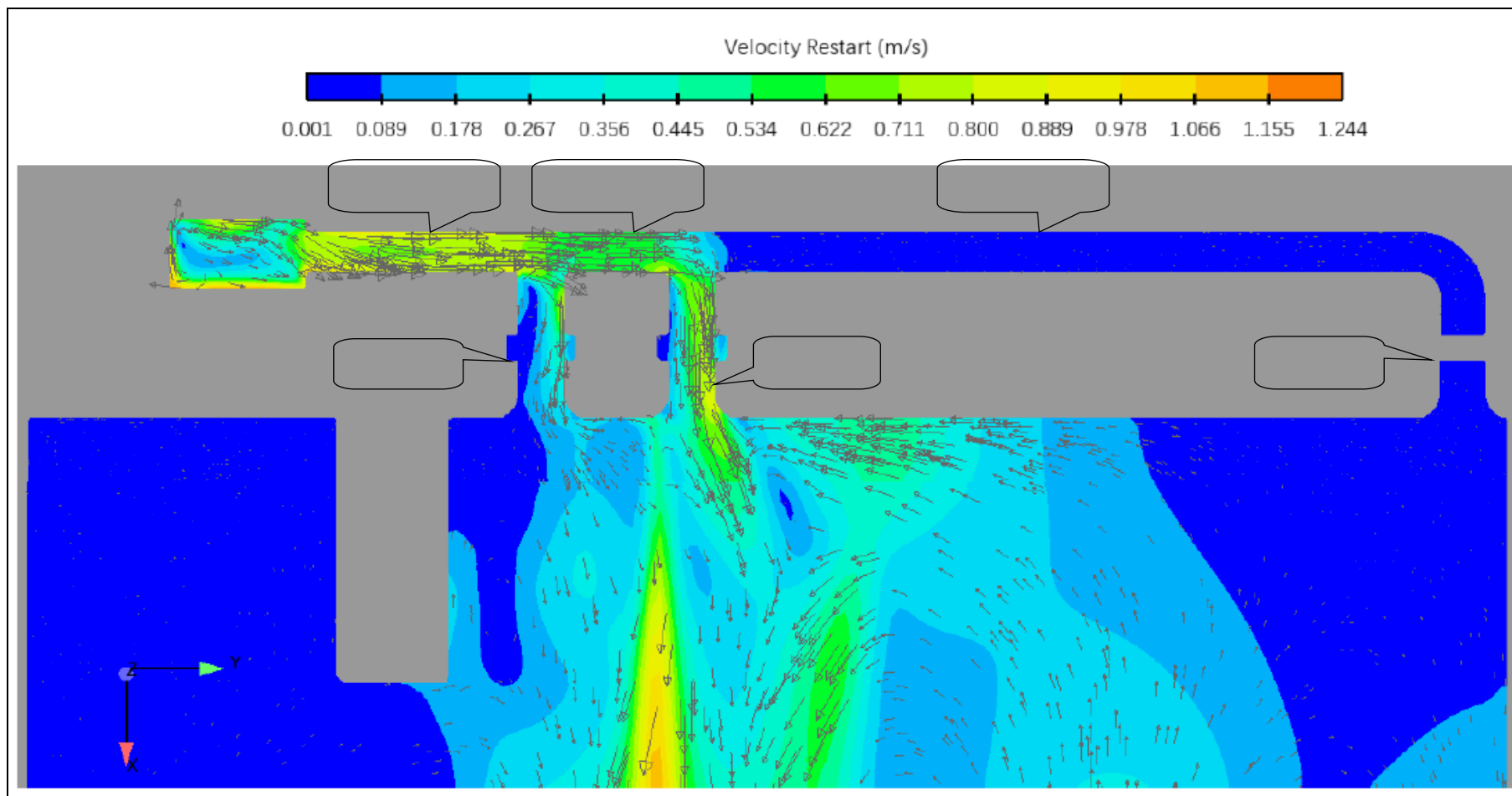


图 8.4-12 工况 1 (1#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

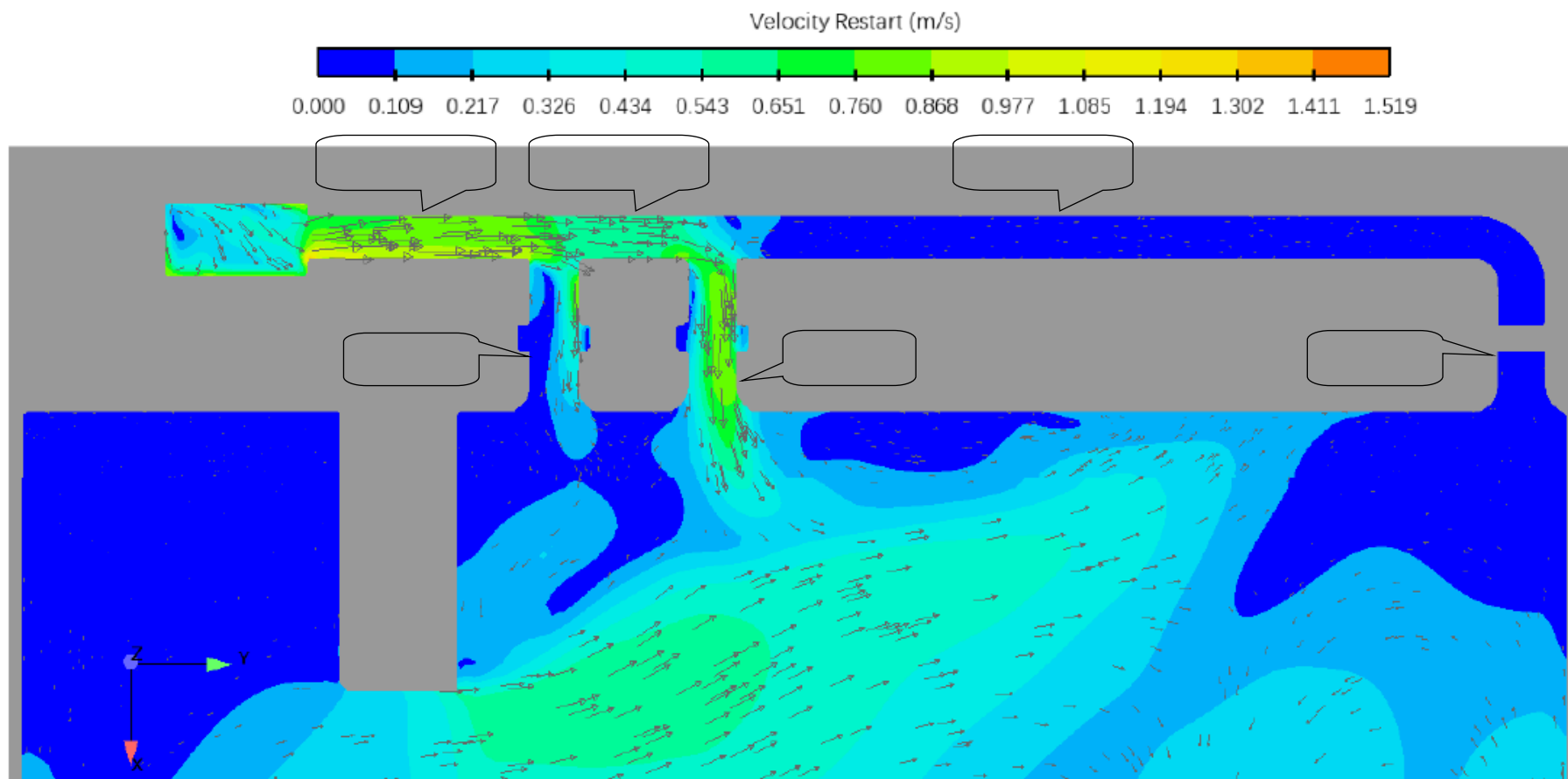


图 8.4-13 工况 2 (2#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

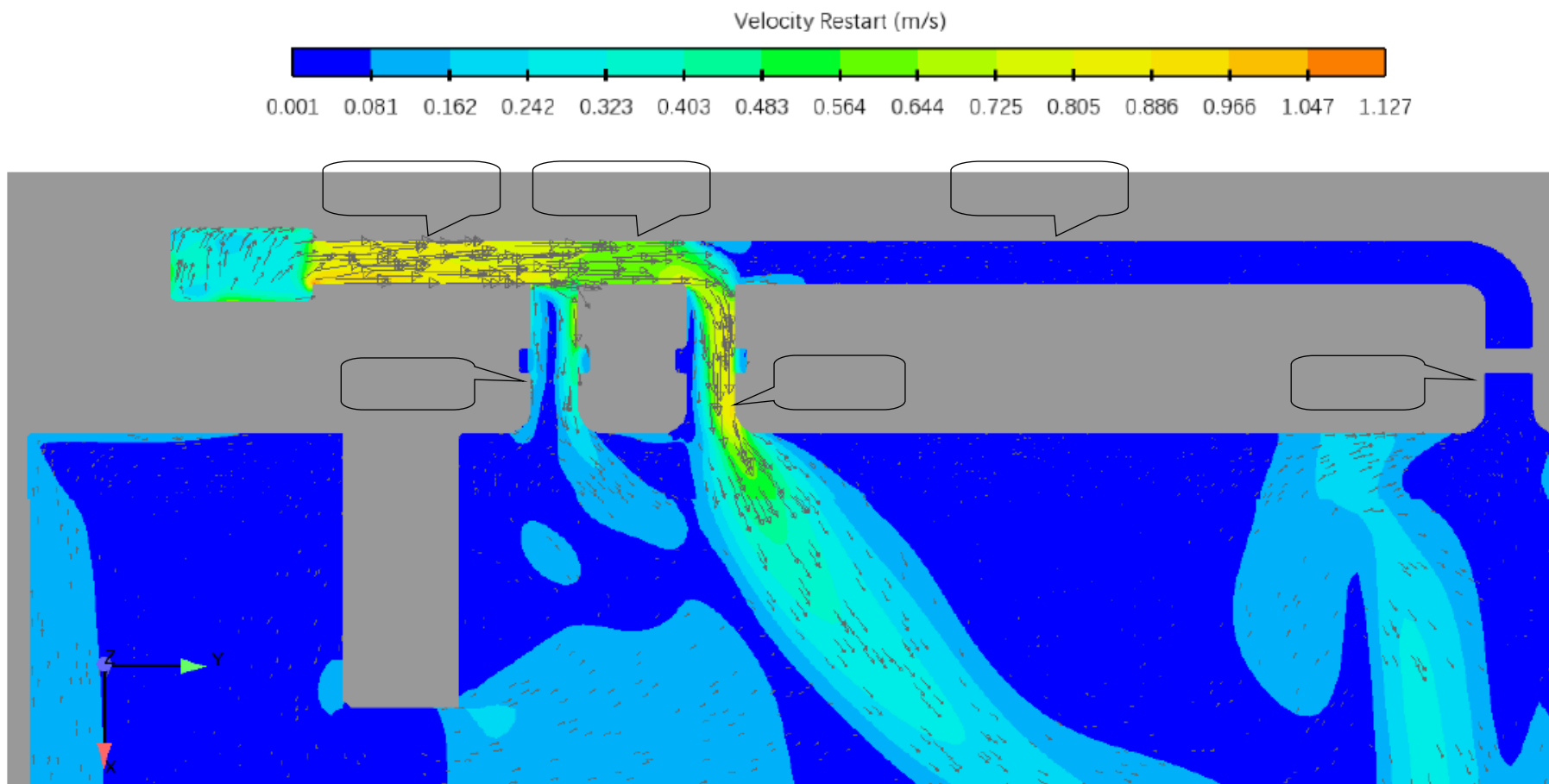


图 8.4-14 工况 3 (3#机组满发条件下) 集鱼系统流道流速平面分布图

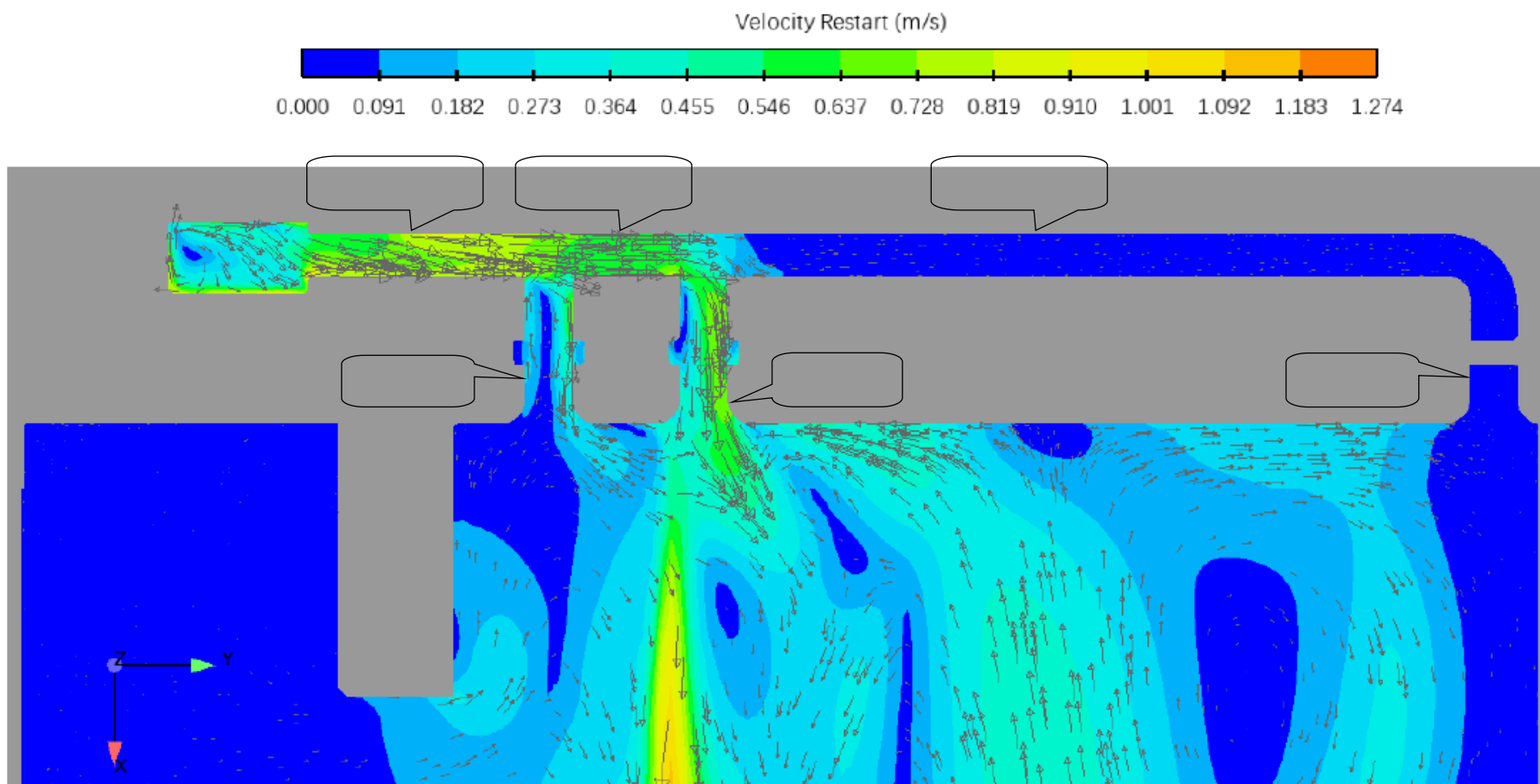


图 8.4-15 工况 4 (1#、3#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

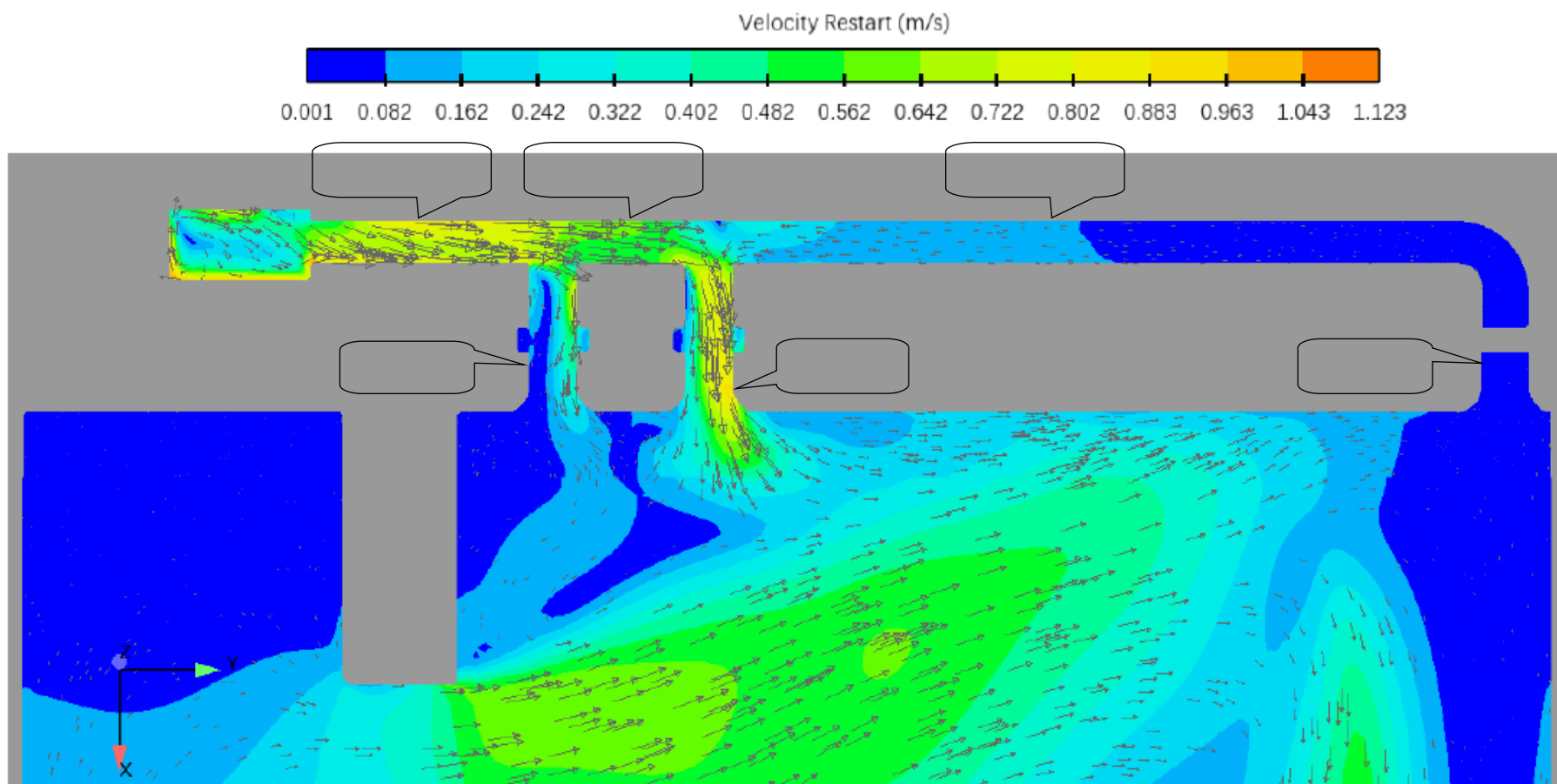


图 8.4-16 工况 5 (2#、3#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

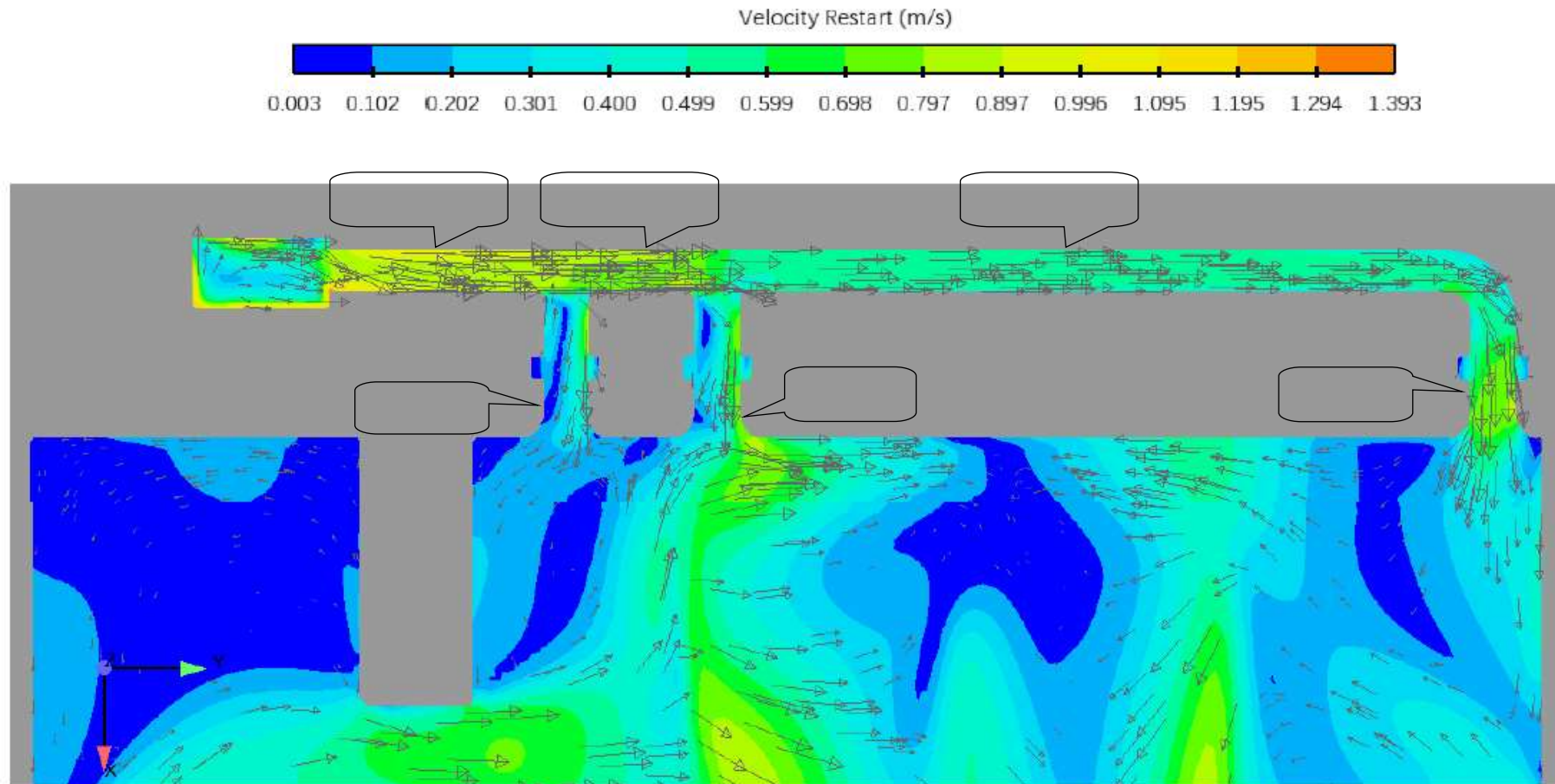


图 8.4-17 工况 6 (1#、2#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

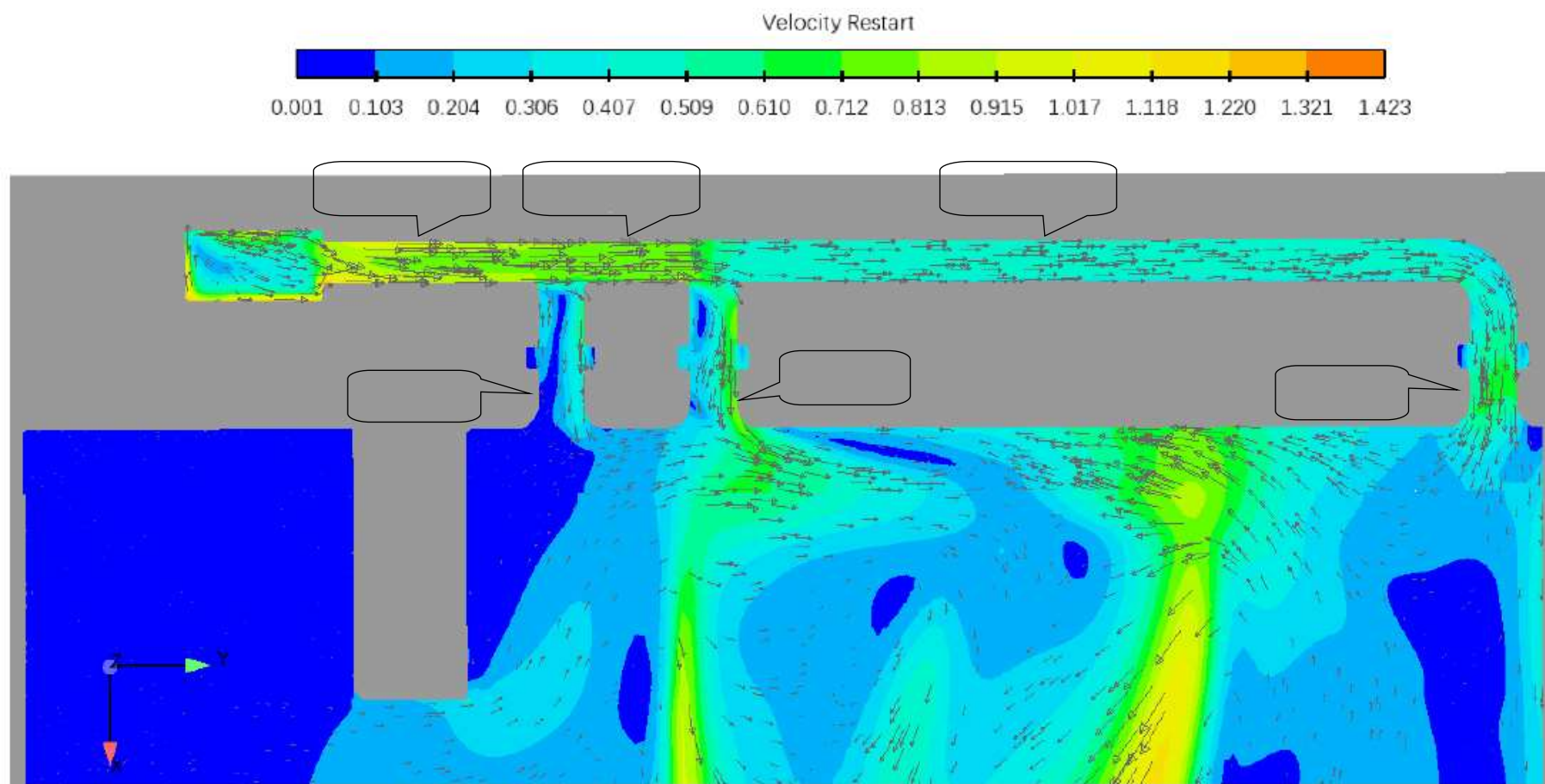


图 8.4-18 工况 7 (1#、2#、3#机组满发) 条件下集鱼系统流道流速平面分布图

各工况诱鱼口及集鱼槽的水力特征

表 8.4-15

工况	补水流量 (m ³ /s)	参数	诱鱼口			集鱼槽		
			1#诱鱼口	2#诱鱼口	3#诱鱼口	集鱼槽 1 段	集鱼槽 2 段	集鱼槽 3 段
工况 1	3.0	流速 (m/s)	-0.03~0.72	0.18~0.91	/	0.21~1.04	0.20~0.89	/
		断面平均流速 m/s)	0.23	0.47	/	0.68	0.47	/
		流量 (m ³ /s)	0.92	2.08	/	3.0	2.08	/
工况 2	3.0	流速 (m/s)	-0.02~0.74	0.15~0.89	/	0.21~0.98	0.20~0.91	/
		断面平均流速 m/s)	0.22	0.48	/	0.68	0.48	/
		流量 (m ³ /s)	0.88	2.12	/	3.0	2.12	/
工况 3	1.5	流速 (m/s)	-0.02~0.45	0.01~0.74	/	0.21~1.02	0.20~0.65	/
		断面平均流速 m/s)	0.20	0.52	/	0.72	0.52	/
		流量 (m ³ /s)	0.42	1.08	/	1.5	1.08	/
工况 4	3.0	流速 (m/s)	-0.02~0.67	0.16~0.87	/	0.22~1.08	0.20~0.89	/
		断面平均流速 m/s)	0.23	0.44	/	0.63	0.44	/
		流量 (m ³ /s)	0.92	2.08	/	3.0	2.32	/
工况 5	3.0	流速 (m/s)	-0.06~0.52	0.19~0.73	/	0.21~1.16	0.20~0.82	/
		断面平均流速 m/s)	0.22	0.45	/	0.63	0.45	/
		流量 (m ³ /s)	0.88	2.12	/	3.0	2.32	/
工况 6	4.6	流速 (m/s)	0.04~0.56	0.08~0.63	0.15~0.81	0.20~1.16	0.13~0.82	0.21~0.63
		断面平均流速 m/s)	0.20	0.23	0.37	0.76	0.63	0.37
		流量 (m ³ /s)	0.81	1.56	2.23	4.6	3.79	2.23
工况 7	4.6	流速 (m/s)	0.06~0.51	0.08~0.65	0.11~0.72	0.21~1.13	0.16~0.87	0.25~0.58
		断面平均流速 m/s)	0.21	0.25	0.35	0.73	0.6	0.35
		流量 (m ³ /s)	0.83	1.56	2.21	4.6	3.79	2.21
设计流速 (m/s)			0.18~0.5	0.2~0.7		0.2~0.7		

8.4.5.7 推荐方案有效性分析

(1) 诱鱼系统有效性

本项目主要过鱼对象为具有河海洄游习性的花鳊、鳊、七丝鲚等，以及具有河道洄游习性鲢、鳙、草鱼以及鲃亚科、鮡亚科等的一些种类。参考《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015)，鲢鱼、草鱼等感应流速约 0.2m/s，偏爱流速为 0.3~0.6m/s，极限流速为 0.7~0.9m/s；鳊苗感应流速为 0.18~0.25m/s，极限流速为 0.45~0.5m/s。根据本过鱼设施开展的进口处三维仿真数模计算成果，1#诱鱼口因考虑鳊类上溯，设计流速 0.18~0.5m/s，数模计算表明其基本流速控制在-0.03~0.74 m/s；2#、3#诱鱼口设计流速 0.2~0.7 m/s，计算结果表明其流速在 0.01~0.91 m/s。总体来看，诱鱼口出水水流与发电尾水较好的衔接和叠加，诱鱼口的流速可以满足主要过鱼对象的感应流速和极限流速需求，有利于鱼道诱鱼。

几种鱼类洄游速度室内试验结果

表 8.4-16

鱼种	体长 cm	感应流速 m/s	偏爱流速 m/s	极限流速 m/s
鲢鱼	10~15	0.2	0.3~0.5	0.7
	23~25	0.2	0.3~0.6	0.9
草鱼	15~18	0.2	0.3~0.5	0.7
	18~20	0.2	0.3~0.6	0.8
鳊苗	5~10	0.18~0.25		0.45~0.5

(2) 国内外应用情况

美国、加拿大、前苏联此类设施较多，通常用缆车起吊盛鱼容器至上游，或用专用运输车转运至上游。美国俄勒冈州的 Round Butte 坝，坝高 134m，采用索道吊罐系统运鱼过坝，运距 182m。加拿大的 Cleveland 坝位于温哥华市附近的 Capilano 河上，坝高约 90m；Baker 坝位于美国华盛顿州，高 87m，采用缆车起吊容器方式过鱼。日本庄川小牧坝（高 79m）及祖山坝升鱼机（高 63m）；前苏联齐姆良升鱼机（高 23.5m），伏尔加格勒升鱼机（高 2.5m）等。升鱼机对于高坝过鱼效果较好，前苏联克拉思诺达尔升鱼机 1974~1978 年统计表明，过鱼品种有鲟、草鱼、鲢、鲤、文鳊等 20 多个，年过鱼量 20~120 万尾，年均过鱼 70 万尾左右。

位于巴西南部的 R.San Francisco 河上的 Funil 大坝，于 2004 年修建了升鱼机。Funil 大坝的水头为 36.5m，两岸为坡地，装机接近 200MW。Funil 升鱼机自 2004 年投入运行，到 2011 年共过 48 种鱼，超过了该流域鱼类种类的 90%，过鱼数量超过 3.5 万尾，过鱼

的尺寸最小为 5.6cm，最大达 100cm，几乎适用于各种规格和类型的鱼类。

Funil 升鱼机的成功建成和运行，在很大程度上为大坝上下游鱼类的交流和完成生活史提供了渠道，为该流域鱼类资源的保护提供了保障。



巴西 Funil 升鱼机全景



输送渠道



鱼类在升鱼机进口的尾水处聚集



实验回捕区域收集的鲑形目鱼类

图 8.4-19 巴西 Funil 升鱼机结构及运行情况

8.4.5.8 九龙滩及谷石滩水电站过鱼设计

九龙滩水电站建设较早，未开展环境影响评价工作，也未建设过鱼设施。谷石滩水电站项目环评报告及批复中未明确建设过鱼设施。为切实保障迈湾水利枢纽工程过鱼设施的有效运行，必须考虑下游同步建设过鱼通道。因上述两座水电站未要求建设过鱼设施，本工程“以新带老”补建两座过鱼通道，相关建设费用纳入本工程。

(1) 过鱼建筑物型式选择

本处过鱼对象、过鱼季节同迈湾一致。九龙滩水电站补建鱼道过鱼季节鱼道出口最低水位为 27.54 m，鱼道进口正常蓄水位为 41.54m，最大水位差 14m。谷石滩水电站补建鱼道过鱼季节鱼道出口最低水位为 39.35m，鱼道进口正常蓄水位为 52.5m，最大水位差 13.15m。

两个工程水头相差不大，主要过鱼对象范围较广，场地较难满足布置仿生态鱼道的

条件，均适合修建技术型鱼道。

(2) 鱼道布置

九龙滩水电站鱼道主进口布置在九龙滩水电站左岸厂房尾水渠下游右侧，利用电厂泄水诱鱼。鱼道沿厂房尾水渠及上游引水渠右岸布置，鱼道出口布置在电站进水渠右侧 80m 处。谷石滩水电站鱼道主进口布置在谷石滩水电站左岸下游侧，鱼道出口布置在水电站左岸上游 40m 处。

(3) 鱼道设计参数

根据我国的一些室内外试验和观测资料及设计规范，隔板设计流速选 0.7m/s~1.2m/s，鱼道槽身断面底宽 3.00m，水池净深 1.5m，水池长 5.0m，竖缝宽度 $s=0.5m$ 。

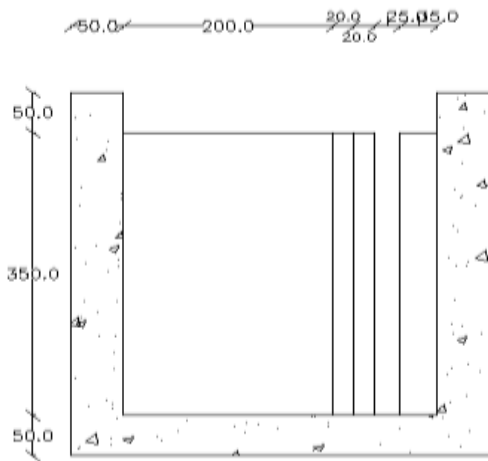
九龙滩鱼道进鱼口设计底高程 26.0m，出鱼口底高程 40.0m，鱼道的底坡 1:70，在转弯段设置了 9 个平底休息池。谷石滩鱼道进鱼口设计底高程 37.85m，出鱼口底高程 51.00m，共设置了 8 个平底休息池。

(4) 鱼道结构设计

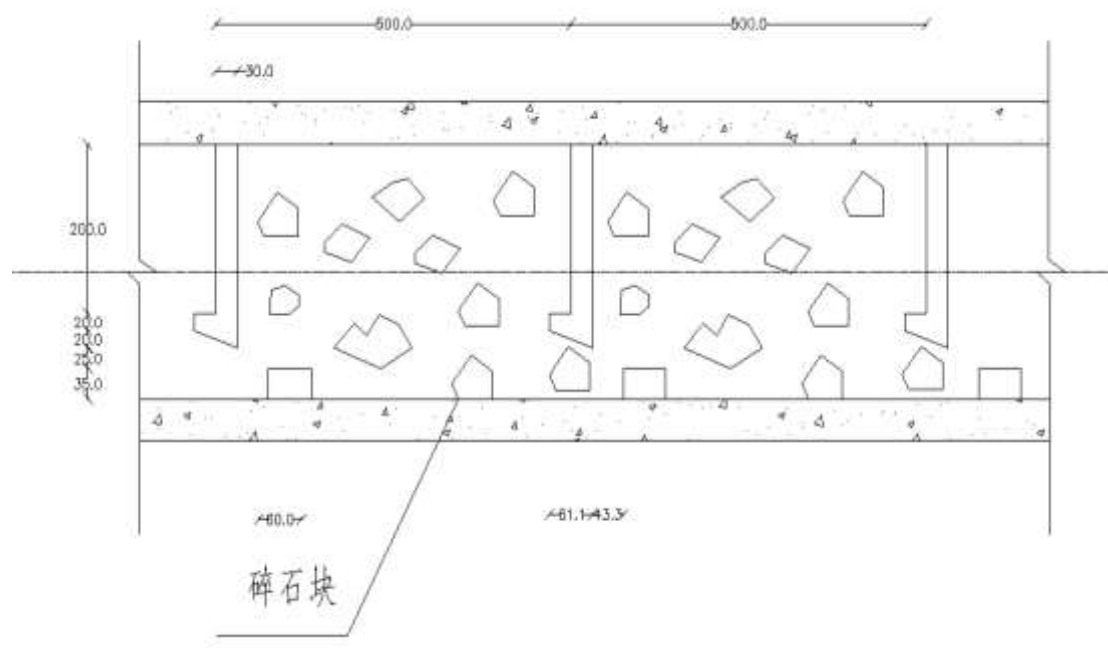
九龙滩鱼道总长度 1158.6m，坡度 1/70，鱼道水池宽度 3m，长度 5m，竖缝宽度 $s=0.5m$ ，设计水深 1.5m。设置 9 个休息池，鱼道进口高程 26.0m，鱼道出口高程 40.0m，鱼道进出口均设检修闸门，在穿土坝处设挡洪闸门。在中间段设观察室，长 12m。

谷石滩鱼道总长度 1054.5m，坡度 1/70，鱼道水池宽度 3m，长度 5m，竖缝宽度 $s=0.5m$ ，设计水深 1.5m。设置 8 个休息池，鱼道进口高程 37.85m，鱼道出口高程 51.00m，鱼道进出口均设检修闸门，在穿土坝处设挡洪闸门。在中间段设观察室，长 12m。

根据鱼道主要过鱼对象（日本鳗鲡、花鳗鲡、七丝鲚及四大家鱼）的习性、水位差和水位变幅等因素综合比较，设计鱼道槽身断面底宽 3m。



a. 隔板断面结构图



b. 鱼道典型区段平面图

图 8.4-20 九龙滩及谷石滩鱼道槽身断面及典型区段平面图

(5) 金属结构设备

为方便鱼道的检修，在九龙滩鱼道和谷石滩鱼道上游出口处设一道检修闸门。九龙滩鱼道检修闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 40.0m，闸门孔口尺寸为 3.0m×1.5m，挡上游最高运行水位。谷石滩鱼道检修闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 51.00m，闸门孔口尺寸为 3.0m×1.5m，挡上游最高运行水位。

为防止泄洪期鱼道参与泄洪冲毁鱼道，在九龙滩鱼道和谷石滩鱼道穿坝处设一道挡洪闸门。九龙滩鱼道挡洪闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 39.6m，闸顶高程 53.0m，闸门孔口尺寸为 3.0m×3.0m，挡上游校核洪水位。谷石滩鱼道挡洪闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 50.77m，闸顶高程 65.0m，闸门孔口尺寸为 3.0m×3.0m，挡上游校核洪水位。

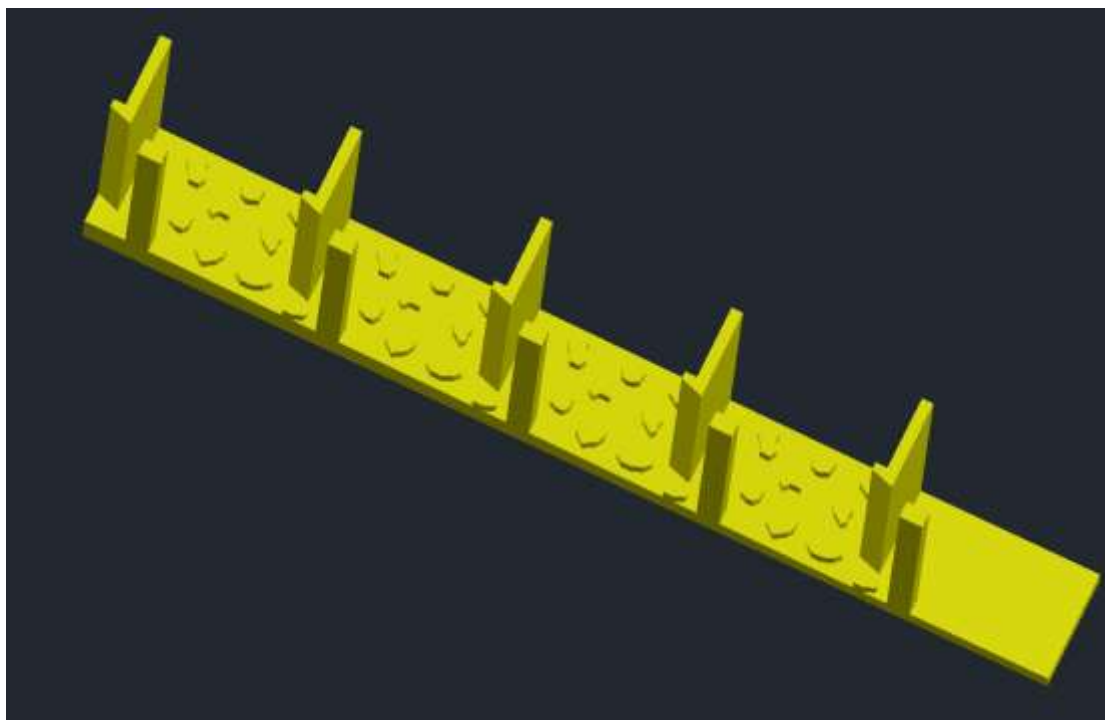
为方便鱼道的检修，在九龙滩鱼道和谷石滩鱼道下游进口处设一道检修闸门。九龙滩鱼道检修闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 26.0m，闸门孔口尺寸为 3.0m×1.5m，挡下游水位 27.542m。谷石滩鱼道检修闸门 1 孔 1 扇，底槛高程 37.85m，闸门孔口尺寸为 3.0m×1.5m，挡下游水位 39.35m。

(6) 数学模型分析

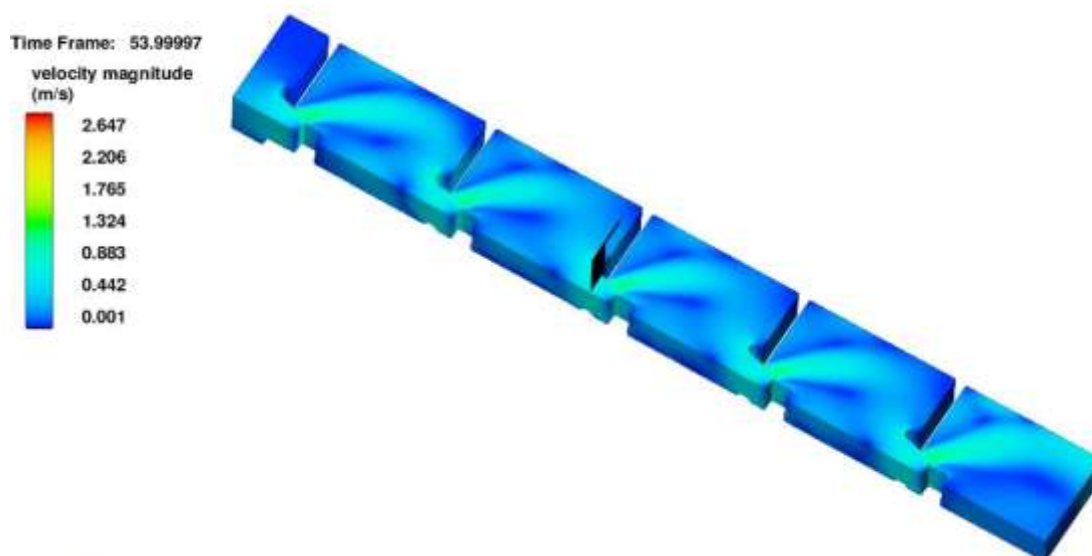
设计单位采用了 FLOW3D 软件对九龙滩电站鱼道及谷石滩电站鱼道典型区段进行建模计算。计算稳定时，通过鱼道流量为 0.64m³/s，表层水体（水深 1.30m 处）在竖缝处的最大流速为 1.10m/s，主流明确，主流区最大流速沿程衰减（1.10~0.60m/s），回流

区面积斜向对称，流速较小，紊动能多小于 $0.13\text{m}^2/\text{s}^2$ ，最大紊动能集中在竖缝处，其余水域紊动能较小，对鱼类不会造成显著影响。通过在鱼道底部抛填蛮石，底部水体（水深 0.10m 处）流速较表层显著减少，主流区最大流速 0.9m/s ，低流速区显著增加，紊动能也显著减少（最大值 $0.03\text{m}^2/\text{s}^2$ ），有利于花鳗鲡或其它底层鱼类上溯。

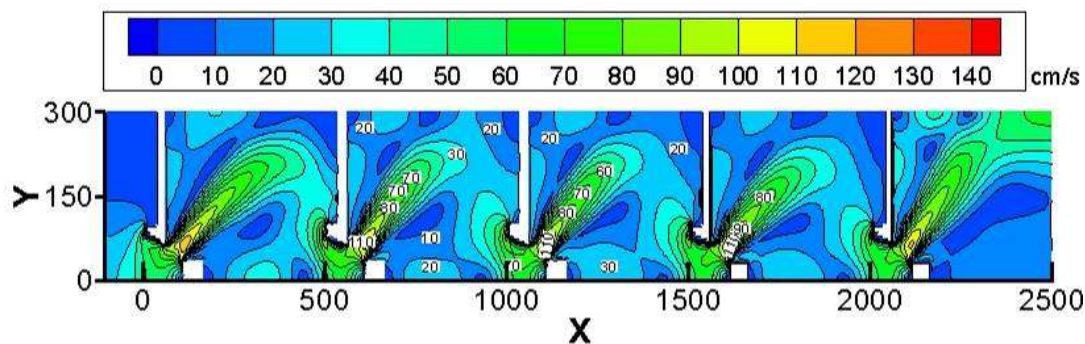
综上所述，鱼道典型断面设计基本合理，满足多种过鱼目标要求，后期将进一步调整结构尺寸，优化流场。



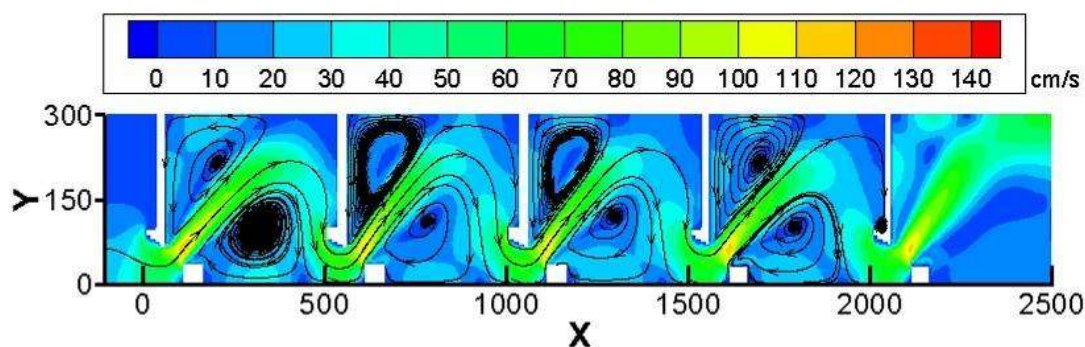
a 典型区段三维模型



b 三维流场图



c 水深 1.40 m 处平面流场分布



d 水深 1.40 m 处流线特征

图 8.4-1 鱼道典型段数学模型分析结果

(7) 工程量

九龙滩及谷石滩鱼道工程量见下表，据此测算投资分别为 7325.85 万元、6579.08 万元。

两处鱼道土建工程量表

表 8.4-16

工程	项目	单位	工程量
九龙滩鱼道	土方开挖(砂砾石)	m ³	37100
	土方回填(砂砾石)	m ³	111619
	石方开挖	m ³	148400
	C25 砼	m ³	37985
	C15 素砼垫层厚 100	m ³	1356
	铜片止水	m	13498
	卵石厚 200	m ³	792
	钢筋	t	1709
	栏杆	m	2640
谷石滩鱼道	土方开挖(砂砾石)	m ³	26756
	土方回填(砂砾石)	m ³	30885
	石方开挖	m ³	107022
	C25 砼	m ³	26938
	C15 素砼垫层厚 100	m ³	1066
	铜片止水	m	11248
	卵石厚 200	m ³	633

	钢筋	t	1212
--	----	---	------

(8) 施工组织设计

本工程位于南渡江干流，对外交通通过九龙滩、谷石滩水电站与澄迈县联系，交通便利。相关建筑材料等物资可由澄迈县供应。计划利用鱼道周边场地和下游河滩地布置施工临时设施及仓库，满足施工期生产和生活需要。

为制造干地施工条件，计划在上游鱼道出口处设置临时土石围堰，围堰采用土石结构，迎水面采用厚 0.8m 抛石防护，堰体采用高喷混凝土防渗墙防水；在下游施工期间预留土埂，满足拦挡外江枯期 10 月~翌年 3 月 5 年一遇水位的要求。

鱼道工程施工采用在上游围堰和下游预留土埂的保护下，安排在枯期 10 月~翌年 3 月施工，其中第一年 10 月填筑上游围堰，11 月开挖出鱼口并进行基础搅拌桩施工，12 月到第二年 1 月进行出鱼口混凝土浇筑，2~3 月进行二期混凝土浇筑及闸门安装，3 月底拆除围堰。下游鱼道进口采用在外江侧预留土埂，在土埂保护下安排 10 月~翌年 3 月进行施工，施工完毕后，拆除预留土埂。中间鱼道、休息池以及交通桥安排在枯期 11 月~3 月进行施工。鱼道施工总工期共 7 个月，其中准备期和完建期各半个月，主体工程施工期 6 个月。

(9) 建设进度要求

两处鱼道均在迈湾水库近期方案蓄水前建成并投入使用。

8.4.5.1 金江水电站过鱼设计

2010 年 8 月 4 日，海南省国土环境资源厅以琼土环资审字[2010]2299 号文对《金江水电站项目环境影响报告书》进行了批复，关于过鱼设施建设的意见为，“应设置鱼类洄游通道，保护好花鳗鲡等洄游鱼类资源”。2019 年 7 月，中水珠江规划勘测设计有限公司受建设单位委托编制完成《海南省澄迈金江水电站鱼道工程初步设计报告》，本小节主要节选该报告相关内容。

(1) 建筑物型式和鱼道布置

对仿生态鱼道、隔板鱼道、槽式鱼道、升鱼机进行对比。结合水位差、地理位置、地形条件、洄游的鱼类，最后选择了常用的隔板式鱼道型式。

鱼道由进出口、隔板段、休息池、观察室四部分组成，总长 574m，纵坡降 1:80。鱼道进口布置在金江水电站右侧电站厂房尾水渠及排涝涵尾端 100m 处，进口底高程为 20.95m，鱼道穿过右岸浆砌石斜坡堤防往岸上走，尾端转 96° 绕过灌溉泵房、电站管理

房，向上游走穿过厂区，鱼道出口布置在水电站上游 280m 处，出口高程为 26.20m。共设有 9 个隔板段，7 个休息池，1 个观察室，进出口均设有闸门对鱼道进行控制，同时也保证堤防防洪体系的完整性。

(2) 鱼道结构及观察室设计

设计鱼道槽身断面底宽 3.00m，两侧边墙高 1.80m，上接 1:2 斜坡高 0.70m，共高 2.5m，鱼道底部铺砂卵石层 20cm。水池长取 3.60m，隔板过鱼孔型式选择一侧垂直竖孔+坡孔、另一侧为溢流堰孔。鱼道净高为 2.50m，最高工作水深取 1.50m，上部预留 1.0m 高度，主要是防止水位波动时鱼道中的水流从鱼道两侧墙溢出。鱼道系统共设置闸门 2 扇，门槽埋件 2 套，螺杆式启闭机 2 台（套）。

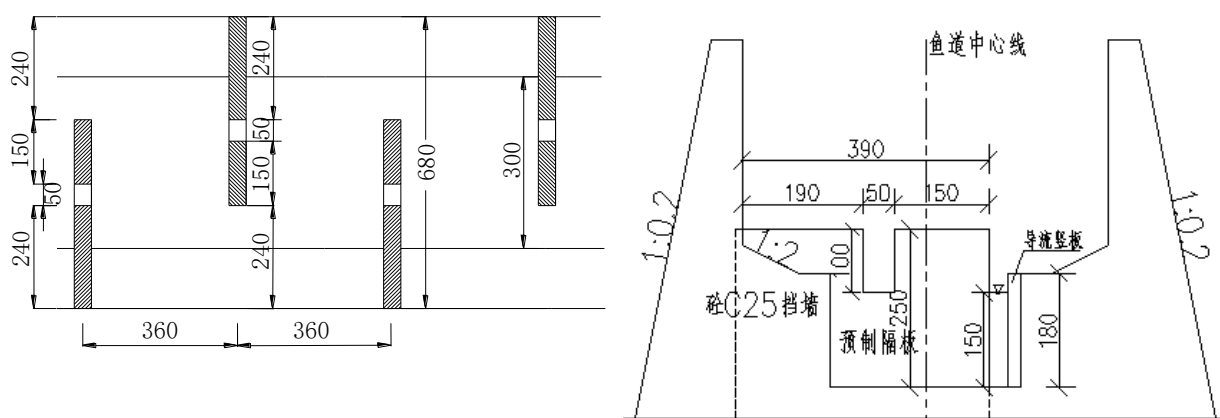


图 8.4-2 金江鱼道隔板型式

本鱼道上游出鱼口附近地形限制，鱼道观测室可布置在鱼道中段便于交通及管理的位置。观测室为二层楼房，底层为鱼道观测室，主要用来放置摄像机、计数器等设备。

(3) 工程施工

导流建筑导流标准采用 5 年一遇 12 月~翌年 4 月分期设计洪水，洪峰流量为 264m³/s。施工道路与现有道路结合，需要修筑临时施工道路，石渣路面，宽 4m，临时施工道路约 667m。施工辅企和生活区集中布置在现有厂区空地。施工工期为 5 个月。

(4) 工程投资

工程总投资 3785.06 万元，其中建筑工程费 2595.67 万元、机电设备及安装工程 21.08 万元、金属结构设备及安装工程 29.44 万元、临时工程费 198.41 万元、独立费用 415.11 万元、预备费 113.58 万元，环境保护费 45.2 万元、水土保持费 95.01 万元、移民及建设征地费 271.56 万元。

8.4.5.2 运行管理及后续研究

本工程过鱼设施建成后，应做好运行管理和后续的研究工作。九龙滩、谷石滩、金

江水电站过鱼设施建成后，由各自水电站运行单位负责过鱼设施的维护管理。

(1) 过鱼设施运行管理

迈湾水利枢纽工程过鱼设施主要为满足江段上下游鱼类种群之间的种质资源交流，为洄游或产卵的鱼类提供上溯的条件，有效减缓坝体阻隔对江段鱼类的影响。本工程过鱼设施既考虑上行需要，同时也考虑下行需要，但在过鱼对象上，需要有所区别，避免上行的个体在下行中大量被带回至下游，降低过鱼设施的作用。因此，有必要对过鱼设施的运行时间进行必要的区别。

根据主要过鱼种类的洄游特征，结合下游拦河闸坝过鱼设施运行季节，本工程过鱼设施运行时间为2至9月。水库按照拟定调度原则，能够保证下泄生态流量，同时考虑到过鱼设施运行时需要人工辅助，除大流量泄洪等不利水文条件下，可全天候过鱼。

过鱼设施由建设单位负责管理和运行，加强业务建设和管理培训等，相关费用由建设单位负责。日常监督工作可由当地渔业行政主管部门或环境保护部门直接负责，同时为了保障过鱼的效果，建议应由地方渔业行政主管部门、环保主管部门对过鱼设施的实施进行全程监督。

(2) 升鱼机系统关键技术研究

① 研究目的

目前国内外升鱼机设计、应用技术仍有待优化完善，国内尚无工程进行长期成功有效应用，本项目升鱼机的设计、制作和运行管理缺少国内可借鉴的成功经验，升鱼机关键设备在国内的研发基础也较薄弱，因此需开展迈湾升鱼机关键技术研究，形成迈湾升鱼机设计技术理论体系和技术依据。

② 研究内容

通过对坝下流场进行实测及模拟计算，以及现场实测分析，优化选择合适的集鱼位置；研究主要过坝鱼种诱鱼方法，包括水流吸引、气泡、光、声等因素诱导、利用生物和物理屏障导拦等，需开展过坝重点鱼类趋向性试验研究等试验科目。升鱼机建成试运行期间，需对升鱼机的过鱼效果进行跟踪监测与评估，以支撑工程环保竣工验收、回顾性评价与后评价等工作。

③ 研究方法

研究方法主要包括资料收集、现场踏勘及实测、数学模拟计算、模型试验等。其中坝下流场数学模拟计算，主要是结合大断面测量数据、现场流场实测数据进行数字模拟，根据模拟计算结果，对枢纽下游河道流态进行分析；过坝重点鱼类趋向性试验研究，建

立模型实验装置，通过调节实验装置的水流、气泡、声、光等条件，采用鱼类实体进行实验；诱鱼试验研究，根据过鱼对象的个体大小确定合理的模型规模，在实验室内建立模型实验装置，对综合诱驱鱼技术的效果进行评价并优化，最终确定最佳的诱鱼方案。

8.4.6 人工鱼巢

南渡江鱼类以产粘沉性卵为主，水库蓄水后将淹没原江段产粘沉性卵鱼类的产卵生境，为减缓工程建设的影响，考虑在库区设置人工鱼巢。

(1) 位置选择

迈湾库区人工鱼巢布设位置，主要考虑库区江段及支库汇口。

库区江段：在迈湾库区中坤、黄岭江段合适位置，两岸各设 1 处人工鱼巢。

支库汇口：南坤河支库汇口、中坤支库汇口、贤水河支库汇口，各设 1 处人工鱼巢。

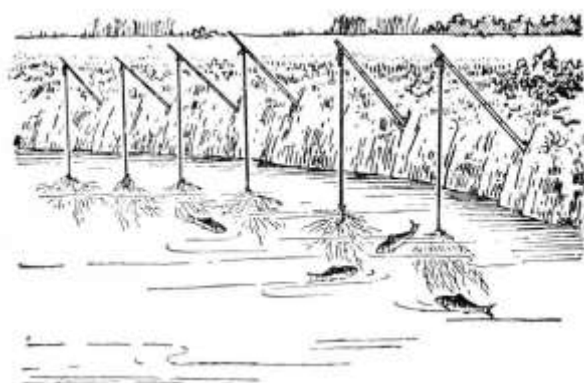


图 8.4-21 人工鱼巢布置位置示意图

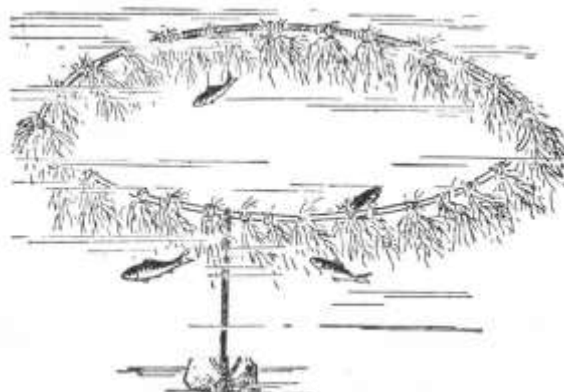
(2) 布置方式及制作

① 人工鱼巢的方式选择

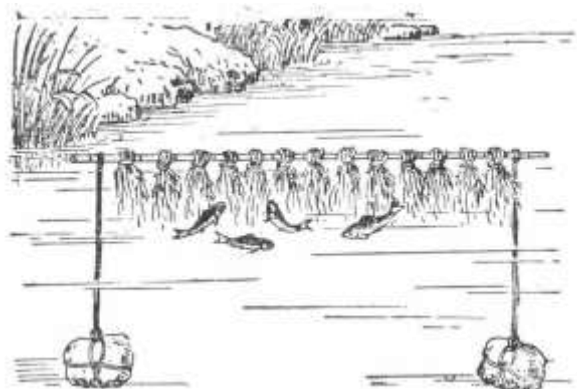
人工鱼巢采用浮性鱼巢与沉性鱼巢相结合，主要方式有三种：一是沿着岸边插一至二圈长短不同、一端悬吊有单个鱼巢的竹竿，令鱼巢浸入水面下；二是将鱼巢按一定距离扎在绳上，按一定宽度扎成适当长度的许多条鱼巢，平行布置于岸边；三是将若干小束鱼巢扎在一根绳子上，再将其连成环状，投放在岸边。三种方式的人工鱼巢见图 8.4-22。



悬吊式人工鱼巢示意图



圆形式人工鱼巢示意图



平列式人工鱼巢示意图



平列式人工鱼巢现场照片

图 8.4-22 三种方式人工鱼巢示意图

由于迈湾库区水位变幅相对较大，平列式人工鱼巢和圆形式人工鱼巢更能适应本工程，同时平列式人工鱼巢和圆形式人工鱼巢的原理基本相同，仅为形式上的差异，从工程实施和维护的难易程度考虑，本工程推荐采用平列式人工鱼巢，局部江段可尝试圆形式人工鱼巢。

② 人工鱼巢的制作

本工程拟采用棕榈皮等天然材料制作人工鱼巢。首先把棕榈皮等原料进行分捡，除去其边沿坚硬的部分，把分剪好的棕榈皮在烫水中煮，煮好后在清水中浸泡至无黄色汁水后，用高锰酸钾溶液消毒(10ppm 的高锰酸钾溶液浸泡 30min)，再用绳子扎紧棕榈皮、芦苇等的上部呈扇状，捆成一大束，作为单个鱼巢；然后把单个鱼巢用绳子联成一串(每串鱼巢长 2m，上端用浮球固定，下端用砖块沉子定型，在绳子上扎 5 个单个鱼巢。

在岸边或水中进行鱼巢框的制作，用镀锌铁丝把龙竹双股捆扎起来，形成若干个小长方形，长方形中的直角处用龙竹捆扎成三角形，以保证鱼巢框不变形，鱼巢框上安装若干浮筒，并在水中用不锈钢绳、大石块抛锚的方法固定鱼巢框。在制作好的鱼巢框上进行鱼巢的安装，确保 $3.1\text{m}^2\sim 3.5\text{m}^2$ 内有一串鱼巢，鱼巢主要分布在离水面 $0.2\text{m}\sim 2.5\text{m}$

的区域内，以确保不同产粘性卵的鱼类所需。人工鱼巢的制作见图 8.4-23。

③ 本工程鱼巢投放规模

本工程库区共设置 5 个人工鱼巢布置点，每个人工鱼巢面积 1 亩，共计 5 亩；鱼巢的大小为 200 串/亩，共计 1000 串。

④ 实施时间和管理

本工程人工鱼巢应在迈湾水库蓄水后 1 年内及时实施，拟计划实施 10 年，10 年后根据库区种群恢复情况决定终止或继续投放人工鱼巢。为了解人工鱼巢的效果，建设单位应负责对库区各人工鱼巢鱼类产卵情况进行的巡视和观测，并视效果进行及时调整。



图 8.4-23 人工鱼巢的制作

⑤ 人工鱼巢的应用和效果

目前，人工鱼巢已在水利水电工程水生生态保护中得到了广泛应用，根据云南功果桥水电站库区清水江 1 处人工鱼巢 2013 年 2 月 23 日、25 日和 4 月 21 日的效果观测，人工鱼巢上鱼卵附着量分别为 6084 粒、9459 粒和 1960000 粒(见图 8.4-24)。因此，人工鱼巢的设置将产粘沉性卵鱼类的保护起到了较好的效果。



图 8.4-24 功果桥水电站人工鱼巢观测照片

8.4.7 健全渔政管理

加强渔政管理是保护鱼类资源的有效手段之一。

(1) 加强渔政队伍建设

建议当地渔政部门建立健全渔政管理机构，加强渔政队伍及其能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传，严格执法，禁止禁渔区内任何渔业生产活动，特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为。

(2) 严格执行禁渔期和禁渔区制度

制定禁渔期和禁渔区，在鱼类集群产卵容易捕捞的时段和河段禁止捕鱼，以为了保护鱼类能够顺利完成生命过程。将鱼类重要栖息地划定为禁渔区，禁渔区内禁止任何形式的渔业活动；将鱼类易捕和重要时段设为禁渔期，禁渔期间整个水域均为禁渔区，特别是鱼类比较集中的河段。工程实施后，鱼类适宜的栖息地和重要生境萎缩，鱼类相对集中，严格执行禁渔期和禁渔区制度，对保护鱼类资源有重要意义。

(3) 加强渔业管理

限制渔具、渔法渔具类型及其规格，保证幼鱼不被捕起。某些渔法如电鱼、炸鱼、毒鱼等，对鱼类资源的破坏往往是毁灭性的，必须严格禁止。同时应加强水污染防治，杜绝水污染事件的发生，保证鱼类良好的生活环境。

8.4.8 水库联合调度措施

根据流域规划要求，应根据鱼类繁殖需求，建立合理的水利工程调节机制。本工程提出 11~翌年 5 月泄放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，9~10 月泄放不小于 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，且在 6~8 月鱼类生态敏感期泄放生态流量增加至 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ ，并在 6 月、7 月制造两次短期涨水过程。迈湾与金江之间还存在谷石滩、九龙滩和金江 3 座调节性能弱的

水电站，因此需根据迈湾下游 3 座水电站运行、监测情况，开展 4 个水利水电工程的生态调度运行研究，优化梯级水库的运行调度方案。

(1) 生态调度目标

通过调整和改变水库的调度方式修复和补偿水库运行对河流生态系统产生的负面影响，在实现水库防洪、供水、灌溉、发电等多种经济社会目标的前提下，兼顾河流生态系统的需求，通过实施梯级水库联合生态调度，尽可能满足南渡江下游的生态需水过程要求，以改善南渡江下游河流生态系统。

(2) 生态调度运行要求

① 生态需水量调度

迈湾、谷石滩、九龙滩和金江联合生态调度，主要为保证金江水电站下泄流量不低于其下游河道生态需水过程，同时兼顾金江坝下河段的实际用水需要。

② 生态水文情势调度

4 个水库联合生态调度，应根据金江下游河段主要鱼类的繁殖生物学特性，结合相应河段的天然水文情势，在 6 月~8 月鱼类生态敏感期通过水库调度，制造适宜鱼类产卵的洪水过程，恢复鱼类产卵水文条件。

(3) 生态调度机制

建议通过海南省生态环境、水务等单位协调，与各梯级建设单位组建南渡江流域生态调度领导小组，以迈湾水库为龙头，下游梯级根据上游来水量发电、泄水，在鱼类繁殖期开展联合调度。结合流域控制性梯级生态流量在线监测系统的设置，及时跟踪与反馈迈湾及各梯级下泄流量情况。

(4) 迈湾水利枢纽工程生态调度研究

① 研究目的

6 月~8 月为满足金江水电站以下河段产漂流性卵鱼类产卵要求，通过增加下泄生态流量并短期内需一定的涨水过程。水库实际运行过程中还受防洪、供水等调度影响，因此，需开展迈湾水利枢纽工程生态调度研究，综合协调防洪、供水和下泄生态流量的关系，优化水库调度，满足下游生态环境的要求。

② 研究内容

研究各种来水条件下出库流量情况，结合下游生态流量过程要求，制定运行期下泄流量生态调度方案，指导水库实际运行过程中的生态流量下放。

③ 研究方法

研究方法主要包括资料收集、数理统计、模拟运行、生态调查等。通过收集坝址处天然流量逐日过程统计流量变化规律，开展金江坝下河段鱼类产卵场分布规律及鱼类产卵规律的生态调查，综合判断坝址下游鱼类产卵刺激与流量变化的相关关系。结合下游谷石滩、九龙滩、金江水电站调度运行规程，优化制定各种来水条件下迈湾水库的生态流量泄放预案，以满足不同时期鱼类产卵需求。在下游水电工程实施连通性后，根据鱼类产卵条件恢复情况，进一步评估各梯级的下泄流量和过程。

8.4.9 流域中下游生态修复建议

(1) 落实干支流栖息地保护措施

迈湾水库建成后，在保障下泄生态流量基础上，下游枯水年枯期生态用水能够得到保障。应结合生态流量保证率的提高，落实金江坝址以下南渡江河口干流鱼类栖息地以及大塘河、龙州河和巡崖河支流鱼类栖息地保护措施，强化渔业管理。相关的保护责任主体为海南省和地方政府。

(2) 修复下游河道采砂及岸坡

南渡江历史上采砂活动频繁，局部采砂河段河道地形受到较显著的破坏，应结合栖息地保护要求，适时开展河道修复工程。此外，下游已建的防洪设施基本为混凝土或浆砌石型式，河岸的生态适宜性较差，在后期修建或修复堤防工程中，应重点考虑生态型边坡，促进河道水陆界面的生态联系。

(3) 修复松涛坝址以下至迈湾库尾河道

本报告提出松涛坝址处向下游泄放流量，应结合该流量的泄放以及远期研究松涛坝址加大泄放流量的可行性，采取林木清理、地形重塑等措施，恢复松涛坝址以下已退化为沼泽林地的河道。相关的修复措施责任主体为松涛水库运行管理单位。

8.5 陆生生态保护措施

根据全国、海南省生态功能区划要求，本工程主要涉及定安屯昌台地农牧业发展生态功能区，主要生态系统服务功能为社会生产的生态系统产品服务、防洪蓄洪等水文调蓄和水土流失控制，主要产业发展方向为热带高效农业和农产品加工业、淡水养殖业和畜牧业。本工程陆生生态保护根据以上生态功能区划要求，结合评价区生态现状和影响特征，提出避让、减缓、恢复和补偿措施。

8.5.1 生态影响避让措施

(1) 陆生植物避让措施

在施工时，施工活动要保证在征地范围内进行，施工便道及临时用地要采取“永临

结合”的方式，尽量缩小范围，减少对林地和农田的占用。

(2) 陆生动物避让措施

① 采用封闭式施工方式，施工活动不得超越征地范围。尽量减少对陆生脊椎动物及其栖息地的破坏，施工中避免破坏野生动物集中栖息的洞穴、窝巢等，对工程建设区域内的各类生物群落予以保护。

② 防止爆破噪声对野生动物的惊扰。根据动物的生物节律安排施工时间和施工方式，施工爆破期尽量避免动物繁殖的春季，同时应做好爆破方式、数量、时间的计划，并力求避免在晨昏、正午等动物休憩时间开山放炮，运输过程中尽可能不鸣笛，减少对动物的惊扰。

8.5.2 生态影响减缓措施

(1) 陆生植物保护及管理措施

① 施工过程中，对物料堆放场应采取临时防风、防雨设施；对施工运输车辆应采取遮挡措施，尽量避免对周围农业土壤和灌溉水体的不利影响；临时道路施工应采取临时防护措施，防止水土流失。临时用地在施工活动完成后应尽快进行植被恢复，边使用，边平整，可以开发为新的农业用地。

② 对施工人员进行环境教育、生物多样性保护教育及有关法律、法规如森林法、土地管理法的宣传教育。让施工人员明确知道生物多样性是受国家法律保护的，破坏生物多样性将要承担相应的法律责任。

③ 在人员活动较多和较集中的施工营地，设置自然保护、环境保护的警示牌，提醒工程人员和周边民众依法保护自然环境和生物多样性。

④ 结合工程及当地环境制定合理的植树造林规划，增加资金和劳力投入，与库区内水源涵养林营造等相结合，减少水土流失损失，保护库区水质。

⑤ 防止外来入侵种的扩散。目前防止外来物种入侵的方法主要有植物检疫、人工方法防治、化学方法防治、生物防治等。结合工程特点，要求加大宣传力度，对外来物种的危害以及传播途径向施工人员进行宣传；对现有的外来种，利用工程施工的机会，对有种子的植物要现场烧毁，以防种子扩散，在临时占地的地方要及时绿化等。

运行期，建设单位应配专人严格监视水库的水面，当水面出现水葫芦、空心莲子草、喜旱莲子草、大藻等外来入侵植物，一经发现应及时组织人工进行打捞或拔除。

(2) 陆生动物保护及管理措施

① 全面贯彻执行国家及海南省野生动物保护法律法规等要求，增强施工人员的环

境保护意识，加强对珍稀动物的保护；对施工人员开展生态保护教育，禁止破坏征地范围以外的动物资源，禁止能在施工期间非法猎捕、炸伤珍稀动物及有益的野生动物。

② 采取有效措施，抑制鼠类危害：保护好鼠类的天敌，如鹰类、蛇类等；在水库蓄水前后均进行灭鼠，因水库蓄水后，会在淹没线以上部分地区，形成鼠类高密度区，灭鼠的目的在于降低鼠类密度，减轻鼠类对农、林业和人类健康危害。

③ 保护水禽及其它鸟类资源：大型水库的形成，将使该地区的水禽资源得到较大增长，应采取有效措施，保护、利用这一资源。同时，大型水库在一定程度上会改善周围环境的水热条件，加之植被恢复等活动将促进库周森林的发展，鸟类的种群数量会得到较大的增长，同时可采取措施，保护、招引有益鸟类。

④ 加强对施工人员和当地居民的宣传教育和监管力度，禁止捕食两栖和爬行动物；强化施工期污染处理，防止对环境造成污染而破坏两栖爬行类动物的生境；工程蓄水时间较长，在蓄水前应落实好清库工作，驱赶两栖类和爬行类迁往水库淹没线以上区域。

本工程评价区内各珍稀保护动物保护措施见表 8.5-1 所示。

评价区珍稀保护动物保护措施一览表

表 8.5-1

物种名称	等级	分布范围	主要特征	保护措施
细刺蛙 <i>Sylvirana spinulosa</i>	省级	分布于海拔 110-118m 之间次生林溪流	栖息于次生林溪流,以昆虫为食,繁殖期为 12~4 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没不会受到影响,但对溪流水质和生境要求质量高,应开展种群监测和繁殖场所的保护。
大绿蛙 <i>Odorrana graminea</i>	省级	分布于海拔 110-118m 之间次生林溪流	栖息于次生林溪流,以昆虫为食,繁殖期为 4~6 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没不会受到影响,但对溪流水质和生境要求质量高,应开展种群监测,严禁非法捕捉和食用。
海南溪树蛙 <i>Rhacophorus oxycephalus</i>	省级	分布于海拔 75-80m 南渡江河段附近	栖息于南渡江河段石头较为丰富的区域,以昆虫为食,繁殖期为 1~4 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没会受到一定影响,导致其向水线上移,对水质和生境要求质量高,应开展种群监测和产卵地监测。
中华鳖 <i>Trionyx Sinensis</i>	省级	分布于南渡江海拔 100-105 河段	栖息于南渡江河段,以鱼虾、软体动物及水生蠕虫等为食,繁殖期为 3~8 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没不会产生负面影响,对水质和生境要求质量高,应开展种群监测,严禁非法捕捉和食用。
细鳞树蜥 <i>Calotes microlepis</i>	省级	分布于海拔 110-125m 次生林	栖息于加笼坪次生林,以昆虫为食,繁殖期为 4-8 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没也不会受到影响,但对生境要求质量高,应开展种群监测,严禁非法捕捉和食用及破坏栖息地行为。
斑飞蜥 <i>Draco maculatus</i>	省级	分布于海拔 110-125m 次生林	栖息于大木村次生林,以昆虫为食,繁殖期为 4-8 月,无冬眠期。	施工区不分布,淹没也不会受到影响,但对生境要求质量高,应开展种群监测,严禁非法捕捉和作为宠物贩卖。
海南睑虎 <i>Goniurosaurus hainanensis</i>	省级	分布于海拔 190m 左右的人工林	栖息于蓝洋橡胶林地,以昆虫为食,夜行性,繁殖期 4-8 月。	施工区不分布,淹没也不会受到影响,属残余分布,严禁非法捕捉和贩卖行为。
滑鼠蛇 <i>Ptyas mucosus</i>	省级	分布于海拔 85-130m 的灌草丛	栖息于灌草丛生境,以蜥蜴、蛙等为食,繁殖期 4-8 月。	施工区不分布,淹没会受到一定影响,分布零散,严禁非法捕捉、贩卖和食用。
舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	省级	分布于海拔 160-195 人工林	栖息于人工林生境,以蜥蜴、蛙或小型蛇类为食,繁殖期为 5-8 月,无冬眠期	施工区不分布,淹没受到影响较小,分布零散,严禁非法捕捉、贩卖和食用。
眼镜王蛇 <i>Ophiophagus hannah</i>	省级	分布于海拔 160-195 人工林	栖息于人工林生境,以蜥蜴、蛙或小型蛇类为食,繁殖期为 5-8 月,无冬眠期	施工区不分布,淹没受到影响较小,分布零散,严禁非法捕捉、贩卖和食用。
银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	省级	分布于海拔 110-130m 草丛	栖息于草丛生境,以蜥蜴、蛙或小型蛇类为食,繁殖期为 5-8 月,无冬眠期	施工区不分布,淹没受到影响较小,分布零散,严禁非法捕捉、贩卖和食用。
小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境,以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食,繁殖期 3-7 月。	施工区分布,施工和淹没都具有一定影响,未见繁殖场所,适应人为干扰能力弱,应进行种群和降低人为干扰,严禁非法捕捉、贩卖和食用。

大白鹭 <i>Egretta alba</i>	省级	分布于 180-190m 松涛水库湿地	栖息于松涛水库湿地，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，海南为冬候鸟，11-3 月为越冬期。	施工及淹没对其无影响，营运期应监测淹没区是否有分布和越冬重要栖息地，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，繁殖期 3-7 月。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，未见繁殖场所，适应人为干扰能力弱，应进行种群监测和降低人为干扰，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，繁殖期 4-7 月。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，未见繁殖场所，适应人为干扰能力弱，应进行种群监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
栗苇开鸟 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，繁殖期 4-7 月。	施工区不分布，淹没都具有一定影响，未见繁殖场所，适应人为干扰能力弱，应进行监测，严禁非法捕捉和食用。
松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	II	分布于海拔 80-180m 人工林	活动于人工橡胶林地，以啮齿类及鸟类蜥蜴为食，繁殖期 5-8 月，未见其巢穴。	施工和淹没具有一定影响，应进行种群监测和繁殖地保护，可建立人工巢箱进行招引，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
鸮 <i>Pandion haliaetus</i>	II	分布于海拔 180m 左右松涛水库	活动取食于松涛水库，以鱼类为食，繁殖期 2-5 月，未见繁殖巢穴。	施工和淹没无影响，运行期对淹没区应进行种群和繁殖地的监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	II	分布于海拔 90-220m 次生林	活动于次生林附近，以蛇类、蜥蜴及啮齿类为食，繁殖期 3-5 月，未见繁殖巢穴	施工和淹没具有一定影响，应进行种群监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
黑翅鸢 <i>Elanus caeruleus</i>	II	分布于海拔 80-120m 旱地	活动于旱地或林缘空旷地带，以啮齿类、蛙、蛇、蜥蜴为食，繁殖期 6-8 月，未见繁殖巢穴。	施工无影响，淹没具一定影响，营运期应对淹没区进行种群和潜在繁殖地监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
游隼 <i>Falco peregrinus</i>	II	见于海拔 180 左右的松涛水库边缘	活动于松涛水库边缘林地，以啮齿类、蛙、蛇、蜥蜴为食，11-3 月为越冬迁徙期。	施工和淹没无影响，淹没区注意监测种群动态变化，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	II	分布于海拔 95-130m 橡胶林	分布于橡胶林地，以啮齿类、蛙、蛇、蜥蜴为食，繁殖期 6-8 月，未见繁殖巢穴。	施工无影响，淹没具一定影响，营运期应对淹没区外围进行种群和潜在繁殖地监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
鹌鹑 <i>Coturnix coturnix</i>	省级	分布于海拔 80-120m 草地	分布于草地，以植物根茎叶种子及无脊椎动物等为食，繁殖期 5-8 月。	施工无影响，淹没具一定影响，营运期应对淹没区外围进行种群及繁殖地监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	省级	分布于南渡江海拔 80-120m 湿地	南渡江河段湿地分布，以鱼虾等无脊椎动物为食，繁殖期 4-7 月。	施工无影响，淹没具一定影响，淹没区进行种群动态监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	省级	分布于海拔 110-115 河流湿地	湿地局部分布，以鱼虾等无脊椎动物为食，11-3 月迁徙冬候越冬期。	施工无影响，淹没具一定影响，淹没区进行种群监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。

金眶鸪 <i>Charadrius dubius</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，越冬期 11-3 月。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力弱，监测越冬栖息地在营运期的区域和范围，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，越冬期 11-3 月。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力弱，监测越冬栖息地在营运期的区域和范围，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
扇尾沙锥 <i>Capella gallinago</i>	省级	分布于海拔 50-140m 河流及水田湿地	栖息于湿地生境，以鱼虾、软体动物及无脊椎动物为食，越冬期 11-3 月。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力弱，应进行营运期越冬栖息地监测，严禁非法捕捉和食用。
须浮鸥 <i>Chlidonias hybrida</i>	省级	分布于海拔 180-190m 松涛水库湿地	见于松涛水库湿地，以鱼类为主要食物，越冬期 11-3 月。	施工和淹没无影响，淹没区注意监测越冬栖息地动态变化，严禁非法捕捉和食用。
珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、次生林及村落	分布于人工林、次生林及村落生境，食性杂，以植物根茎叶种子及无脊椎动物等为食，5-7 月繁殖期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
褐翅鸦鹃 <i>Centropus sinensis</i>	II	分布于海拔 50-220m 灌草丛	分布于灌草丛生境，食性杂，以植物根茎叶种子及无脊椎动物等为食，5-8 月繁殖期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力弱，开展种群监测，严禁非法捕捉和食用；控制车速、防止道路运输碰撞和碾压。
小鸦鹃 <i>Centropus toulou</i>	II	分布于海拔 110-120m 灌丛	灌草丛生境分布，食性杂，以植物根茎叶种子及无脊椎动物等为食，5-8 月繁殖期。	施工无影响，淹没具有一定影响，适应人为干扰能力弱，开展种群监测，严禁非法捕捉和食用；控制车速、防止道路运输碰撞和碾压。
绿嘴地鸫 <i>Phaenicophaeus tristis</i>	省级	分布于海拔 90-130m 灌草丛	灌草丛生境分布，食性杂，以植物根茎叶种子及无脊椎动物等为食，5-8 月繁殖期。	施工无影响，淹没具有一定影响，适应人为干扰能力弱，严禁非法捕捉和食用；防止道路运输碰撞和碾压。
领角鸮 <i>Otus bakkamoena</i>	II	分布于海拔 80-170m 人工林	人工橡胶林分布，以啮齿类为主要食物，繁殖期为 3-6 月。	施工和淹没具有一定影响，未见繁殖巢穴，适应人为干扰能力弱，应进行种群监测，严禁非法捕捉和食用；控制车速、防止道路运输碰撞和碾压。
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、次生林及村落	分布于人工林、次生林及村落生境，食性杂，以植物果实及无脊椎动物等为食，3-8 月繁殖期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，无需保护措施。
八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、村落	分布于人工林、村落生境，食性杂，以植物果实及无脊椎动物等为食，4-8 月繁殖期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，注意监测移民安置区种群动态，严禁非法捕捉、贩卖和宠物贸易。

丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、村落	分布于人工林、村落生境，食性杂，以植物果实及无脊椎动物等为食，4-8 月繁殖期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，严禁非法捕捉、贩卖和宠物贸易。
乌鸫 <i>Turdus merula</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、村落	分布于人工林、村落生境，食性杂，以植物果实及无脊椎动物等为食，11-3 月越冬期。	施工区分布，施工和淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，严禁非法捕捉和贩卖。
蓝矶鸫 <i>Monticola solitarius</i>	省级	分布于海拔 70-130m 南渡江河段林缘	南渡江河段林缘分布，食性杂，以植物果实及无脊椎动物等为食，11-3 月越冬期。	施工无影响，淹没具有一定影响，适应人为干扰能力强，对营运期越冬分布地进行监测，严禁非法捕捉和贩卖。
褐胸噪鹛 <i>Garrulax maesi</i>	省级	分布于海拔 90-130m 灌草丛	灌草丛生境分布，食性杂，以植物枝叶及无脊椎动物等为食，4-8 月为繁殖期。	施工无影响，淹没具有一定影响，适应人为干扰能力弱，严禁非法捕捉和贩卖。
棕果蝠 <i>Rousettus leschenaulti</i>	省级	分布于海拔 90-150m 村落	村落生境分布，食性为果实，3-9 月为繁殖期。	施工无影响，淹没具有一定影响，适应人为干扰能力强，无需特定保护。
树鼩 <i>Tupaia belangeri</i>	省级	分布于海拔 110-170m 次生林及人工林缘	次生林及人工林缘分布，食性杂，以植物果实或无脊椎动物为食，繁殖期为 4-7 月。	施工及淹没基本无影响，适应人为干扰能力弱，应进行种群监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	省级	分布于海拔 110-170m 次生林及人工林缘	次生林及人工林缘分布，食性蛇、蜥蜴和鸟类及啮齿类为食，繁殖期为 1-6 月。	施工及淹没基本无影响，适应人为干扰能力弱，应进行种群和栖息地监测与保护，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	省级	分布于海拔 50-220m 人工林、次生林及村落	人工林、次生林及村落分布，食性杂，以植物果实种子及无脊椎动物为食物，繁殖期为 2-4、8-10 月。	施工及淹没都具有一定影响，适应人为干扰能力强，严禁非法捕捉、贩卖和食用。
赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	省级	分布于海拔 110-170m 次生林及人工林缘	次生林及人工林缘分布，食性杂，以植物果实种子及无脊椎动物为食物，繁殖期为 2-9 月。	施工及淹没基本无影响，适应人为干扰能力弱，应进行种群监测，严禁非法捕捉、贩卖和食用。

8.5.3 生态恢复和补偿措施

8.5.3.1 热带雨林植被修复

本工程对陆生生态的影响主要体现在对陆生植被覆盖率和资源量的影响上，从受影响的各种植被类型来看，主要为次生热带雨林。因此施工结束后，应结合水土保持植物措施，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。

(1) 生态修复原则

① 保护原有生态系统的原则

工程占地区属于热带地区，历史人为活动强烈，稍平坦的河谷阶地或台地上多已被开垦成人工林地，园地和耕种亦较为常见，承受外来因子干扰和冲击的能力较差。

因此植被修复过程中，必须尽量保护施工占地区原有热带雨林体系的生态环境，尽量以热带雨林植被为主体的陆生生态系统。

② 保护生物多样性的原则

植被修复措施不仅考虑植被覆盖率，而且需要在利用当地原有物种的情况下，尽量使物种多样化，避免单一。

(2) 修复方式

枢纽区、业主营地、永久道路景观区主要以该地区园林植物为主，应选择一些适应性强、耐干旱种类。除绿化景观建设需要选择一些适于当地种植的景观植物外，其他区域生态修复建议选择本土植物。

水库淹没对现有的河岸自然植被（次生热带雨林）带来的影响较大，尤其是原先分布于河岸带的水翁+狭叶蒲桃+水柳河边群落、猫尾木+黄槿+榕树河岸群落等，本工程应考虑对该群落进行修复。本工程具有供水功能，地方政府林业主管部门应结合水库水源涵养林建设，减少在水库周边种植人工植被(橡胶林和槟榔园)，参考上游松涛库周植物群落的演替规律，设置沿岸植被缓冲带。库周植物群落修复配置上应选择应具备耐湿耐瘠薄、抗逆性强、速生且适生性广的特点，能短期内达到水土保持的作用，具备较强的自我繁殖和更新能力等，如乔木植物可以考虑选择：潺稿木姜、大叶榄仁、琼崖海棠、小叶榕、鸭脚木、香蒲桃、鹊肾树、岭南山竹子、海南菜豆树、假萍婆、山黄麻等。灌木植物可以考虑选择：余甘子、叶被木、破布叶、银柴、黄牛木、土蜜树、山乌柏、暗罗、野牡丹、九节等。草本植物可以考虑选择：地毯草，酢浆草、落地生根、木槿、淡竹叶、结缕草、牛筋草、香附子、芒、土麦冬等。

(3) 植物群落结构

热带低地雨林植被类型在评价范围和南渡江流域是最广的，可分为原生低地雨林和次生低地雨林，群落结构一般是由乔木层、灌木层、草本层和层间植物构成，生活型谱以高位芽为主，具有明显的优势种类。基于对海南南渡江雨林自然植被群落（如群落结构较复杂的鸭脚木+黄桐群系）调查结果，针对该区域的群落类型特色，模拟区域自然群落的种类组成、结构及对地域气候特点的考虑，可为迈湾评价范围周边或南渡江流域及周边地区的热带雨林及防护林景观建设中群落构建提供模式参照，同时也可为区域地段破坏植被恢复中人工群落构建提供参考。

原生境植被恢复的“近自然群落”构建模型

表 8.5-1

植被类型	郁闭度	植被垂直结构	物种数 (100m ²)	树高和胸径	代表性植物
热带低地雨林(坡度小于 25 度)	0.8-0.9	第一层乔木	10-15 种	高 10-15m, 胸径 18-25cm	鸭脚木、黄桐、榕树、白颜、大叶山楝、猴耳环、狭叶泡花
		第二层乔木	8-11 种	高 6-10m, 胸径 10-15cm	橄榄、山杜英、海南杨桐、降真香、滑桃树、割舌椴、假苹婆、美叶菜豆树
		灌木层	5-8 种	高 1.5-5m, 胸径 1-5cm	银柴、禾串、异株木犀榄、狗骨柴、九节、岭南山竹子、黄牛木、细齿叶柃、越南山矾、土蜜树、山乌柏
		草本层	8-10 种	高 0.1-1.0m	鱼尾葵、山麦冬、羽叶金合欢、毛瓣鸡血藤、单叶新月蕨
热带低地雨林(坡度大于 25 度)	0.7-0.8	第一层乔木	10-12 种	高 10-18m, 胸径 20-80cm	黄桐、黄杞、鸭脚木、青果榕、高山榕、猫尾木
		第二层乔木	8-10 种	高 6-10m, 胸径 15-20cm	黄椿木姜子、海南菜豆树、海南红豆、岭南山竹子、小果鹧鸪花、八角枫、海南山龙眼、海南暗罗
		灌木层	4-6 种	高 1.5-5m, 胸径 1-5cm	山黄麻、白桐、厚皮树、土蜜树、割舌树、火筒树、野牡丹、破布叶、水锦树、筋欏花椒、余甘子、黑面神
		草本层	6-8 种	高 0.1-0.8m	穗花轴榈、草豆蔻、割鸡芒、牛筋果、鱼尾葵、乌毛蕨、蜈蚣藤、疏刺花椒、眼镜豆、肾蕨

(4) 种植技术

在坡度不大的地方进行水平沟整地，坡度较大、地形复杂以及在岩石露出地表较多不宜采用水平沟整地的地段可采用鱼鳞坑整地方式；采用容器育苗的方式避开出苗后的缓慢生长阶段，在雨季定植后充分利用降水迅速生长，提高成活率。播种时间应掌握在乔木苗龄 60d-80d、灌木和草本苗龄 40d-60d 为宜；适时定植苗木，植被定植前，应对立地条件进行修整、改良，部分难以改造的困难地段可采用容器育苗。结合立地土壤条件，可在定植前每株施 100g~200g 钙镁磷肥作底。栽植前，必须对高灌草丛繁茂的地块

进行清理，清除杂灌草丛，尽量避免破坏生态环境。

(5) 苗木和草籽来源

生态修复选定植物的苗木和草籽可通过市场购买和苗圃育苗方式获得。

(6) 生态修复初期养护管理

在植被修复初期(种植初期至幼林郁闭为止)，应定期对林地实施松土、除草以及施肥措施，松土可为植物吸收降水以及土壤微生物的活动创造良好的条件，加速有机质的分解和转化，从而提高土壤的营养水平，有利于幼林的成活和生长。并且在植被修复初期(林分未达到郁闭前)，要严格做好封禁、防火、防病虫害等防护措施，对苗木、幼树个体及其营养器官进行调节和抑制的各种措施，包括间苗、补植以及林下植被管理。

(7) 热带雨林植被恢复费补偿

根据《海南省林地管理办法》(琼府办 2017-194 号)，经依法批准占用、征用林地的单位应当按本办法的规定向被占用、征用林地的单位，或向县级以上林业行政主管部门交纳森林植被恢复费。本工程占用热带雨林植被，应依据相关文件要求补偿植被恢复费。

8.5.3.2 重点保护植物、古树及特色植物的保护

(1) 总体保护思路

迈湾水利枢纽工程水库淹没区范围内的共有 2 株重点保护植物、9 株古树和 14 株特色植物(滑桃树)，须采取移栽保护措施。移栽实施前，还应按照林业主管部门管理规定办理移栽手续。受影响的植物均为适应该地区生态环境的种类，如果移栽方法适当，根据同类项目珍稀保护植物和古树移栽经验，其成活率相对较高。由于古树树龄较大，生长代谢较为缓慢，其在一个环境已生长多年，此时将其移栽到另一个环境，古树容易因环境的差异而死亡，因此移栽地的选择极为重要。为提高移栽古树的成活几率，移栽地的选择一般应遵循不大范围跨越气候带移栽古树，如热带向温带移栽林木；尽量减少向没有该树种自然分布的地区移栽树木；选择与原树木生境大致相同或相近的地区进行移栽，生境包括气候、极端气温、风速、降雨量、土壤、pH 值、海拔高度、人为干扰强度等。

(2) 移栽保护地点

本工程移栽的主要植物为海南大风子、笔管榕、斜叶榕、垂叶榕、荔枝、高山榕等，均为当地乡土种和适生种，适应范围较广，在工程所在区域水平分布和垂直分布均较为广泛。遵循气候、生境相似、可操作和树势平衡原则，拟移栽的古树和珍稀保护植物为

利于保护，考虑移栽至枢纽区业主营地内。

(3) 大树和古树移栽技术

① 移植的前期准备

1) 复壮

移栽当年(早春最佳)在树冠滴水线位置环状开沟施肥，沟宽、深约 30~40cm，每课树施饼肥 10~15 斤，复合肥 3~5 斤，与土壤拌匀后回填并覆土夯实。4~6 月用高压喷雾器对树冠进行叶面施肥，浓度为尿素 0.1%，磷酸二氢钾 0.2%，每半个月一次，交替施用。

2) 树洞清理与填充

部分树木出现主干局部腐烂，根系外露及外梢枯死现象，需要清理及填充。清理树洞时，先扒除尘土，刮除洞内朽木，并用钢丝刷或毛刷进行清理，然后用 0.3%的硫酸铜水溶液喷洒树洞内壁 2 次，间隔 30min，干后在空洞内壁涂水柏油(木焦油)防腐剂或用聚氨酯密封剂修补树体，也可直接用砖石与水泥砂浆填充。

3) 病虫害防治

对一些蛀干的小蠹蛾类或天牛类等害虫可用敌敌畏或 40% 乐果乳油加水 1000 倍进行防治。

4) 探 根

在提交移栽方案并经论证可行后，应对移栽树木进行探根。在每株树木周围四个方位约 8~10m 处各取四个点，共计 16 个点，在每个点打穴探测树木根系，检查该根系的生长范围、粗细大小、生长健康等情况。树木底部探根，可采用先进探根定位仪器探测底部根系范围深度，作好记录，以便以后断根处理。探根分二次探根，第一次对树木毛细根系探根，第二次探测树木主根系方位，并作好标记，为以后的二次断根及树穴范围大小提供依据。

5) 断根缩坨

移栽前 1~2 年着手切根断根处理，在主干相对的两侧，距树木胸径 2~3 倍(100~220cm)处为半径划圆，然后将圆分成四等分，选取相对的两个圆弧处向外开沟挖土，沟深 70~120cm，并在沟的内截面截断粗根，切口修平。对粗大的侧根(5cm 以上)不截断但在内截面处环状剥皮，然后对断根的伤口及环状剥皮处涂抹 0.1%的萘乙酸液，然后回土夯实，使土壤与根系紧密结合，以利新根生长。

6) 平衡修剪及伤口处理

树木移栽成活的基本原理是如何维持地上部与地下部的水分和营养物质供给的平

衡。由于移栽挖掘时根系受到了较严重的损伤，树木所保留的根系与起苗质量有直接关系，通常树木所保留根量仅为原有根系的 10~20%，势必破坏了原来地上与地下植物器官的平衡关系。为了达到新的平衡，需进行地上部分的枝叶修剪，减少部分枝叶量，减少水分和营养物质的消耗，使供给与消费相互平衡，可提高成活率。

因树体较高，平衡修剪应分三次或多次逐步修剪，一次修剪易造成枝干撕裂。锯截粗枝避免拉裂并修平伤口，然后涂上“伤口涂补剂”等。

7) 消毒处理

对截冠、截根的锯口进行涂抹或包扎工作，可以用滋油加少量的汽油调匀，对所有锯口进行涂抹，也可用塑料袋在枝顶部锯口包扎 3~5 cm，起到减少水分蒸发、提高成活率的作用。

8) 支 撑

由于断根可能会影响树木的抗风能力，如遇台风等灾害性天气给其造成致命伤害，因此应在断根时就对移栽树木做好加固处理。

② 主要移植技术

1) 挖掘及缚根

首先需定向，即挖掘前先在树干北侧用红漆做好记号，以便栽植时保持原方向。一般距原切根内截面向外 15~20cm 为半径圆形开沟挖掘。挖掘深度比切根深度深 10~15cm。挖掘前可根据情况适当铲除土球表层无根的浮土。在挖掘过程中，遇粗跟时用手锯锯断，不能硬铲以免拉裂。所有根系切口要修平。树倒后，尽量带宿土(护心土)，然后用草绳或木板包扎。

2) 装运及树干保护

挖好的树木及时用草绳缠绕主干及保留的主枝，并喷湿草绳以保持树体水分尽量不外散，同时防止装运及栽植时树皮的破损。同时要注意：首先装车前要对树体喷施蒸腾抑制剂，减少水分散失；其次，吊带吊扎处要捆扎草绳及麻袋片，并钉上护板，树体重心在下方土球；再次，上车后用沙袋固定土球两侧，用软材料支垫树干与车厢接触面，以防止树皮磨损，并将树干固定在车厢上；最后应注意尽量缩短运输时间。

3) 栽植

栽植穴深度约为土球的高度的 3/4，穴底先施腐熟的基肥。先用“根动力”或“植物活力素”及“根腐灵”对根部和根接触的穴底及周围进行喷施处理(也可用其水溶液作定根水浇灌)。将树放入穴内，根系摆平舒展，然后用栽植土填入树穴。根系空隙处

要特别注意填实。填至一半时，将树干轻轻上提或摇动，使栽植土与根系密接，夯实后浇水。待水完全下渗后再加土，加到高出地面 10~15cm 后，即可围堰灌溉。

4) 支撑

为防止树木风吹摇动，确保树木发根和成活率，树木栽好后，必须用竹木支撑加固树木。

(4) 后期管理

树干保湿：为防止树干水分的蒸发损耗，提高其移栽成活率，应对主干及接近主干的主枝部分进行保湿处理。

浇水和喷水：及时对定植穴浇水，一般定植水后隔 2~3 天可浇第 2 次水，以后定期对种植穴浇水，并且对树冠经常喷水，在移栽当年夏季每天早晚在树冠各喷 1 次。

8.5.3.3 水库消落带治理

迈湾水库蓄水运行后，由于人工调节库容，将产生面积超过 34.76km²（远期方案）的消落带区域，该区域由陆生生态系统转变为周期性的湿地生态系统。由于消落带具有生态脆弱性、变周期性等特点，一方面导致消落带通常植物生长困难，不仅影响库区景观，一定程度上会阻断生态系统之间的能量和物质的流动和循环。另一方面导致其生物修复困难较大，现有研究成果较少，可供参考的成果经验比较有限。本报告根据目前在我国三峡库区消落带和其它库区已开展的相关研究，以及本区域植被特征，提出本工程库区消落带修复区试点方案。下阶段应进一步结合迈湾库区实际开展深入的科研和实践工作。

(1) 消落带概况及治理思路

本工程库区年内水位波动较大，消落区面积超过 34.76km²。消落带具有生态脆弱性、变周期性等特点，一方面导致消落带通常植物生长困难，不仅影响库区景观，一定程度上会阻断生态系统之间的能量和物质的流动和循环。

根据目前同类工程消落带和其它库区已开展的相关研究，以及本区域植被特征，提出本工程库区消落带修复区试点方案。根据工程特点并参考已有相关研究，将库区消落带分为 108m~107m、107m~105m、105m 以下 3 个区段。

① 108m~107m 区段，选择区段水流冲刷强度不大或中等水流强度、土壤侵蚀程度不高的消落区。

② 107m~105m 区段，该区段水深较深，水淹后光线条件较差，植被恢复以灌木、草本为主。

③ 105m 以下区段。该区段以下，光、热、营养等条件差，本工程暂不考虑该水位线以下消落带区域的修复。

(2) 治理原则

① 适应性原则。在植物的选配上要根据不同的立地条件，因地制宜，适地适树(草)，选择的植物物种能适应消落区水位涨落的要求及当地的自然环境条件。

② 乡土植物优先原则。在植物的选配上优先选用当地的乡土植物，以乡土树草种为主，控制外来物种，严禁选用入侵种。

③ 多样性原则。植物种类的选配上考虑多样性原则，根据不同高程生境条件，充分考虑各物种生态位因素，以期合理增加区域生物量，提高生态系统的生产力、复杂性和稳定性。

(3) 主要治理措施

① 消落带治理实验区的选择

根据迈湾库岸的地势条件，优先选择两侧较连续的缓坡地带进行消落带治理区，避开库岸地质不稳定的区域，现状尽量为农田、林地或灌草丛，以提供修复治理所需的土壤条件；同时考虑选取位置需具备交通条件，便于开展植物种植。

按照上述消落带治理实验区的选择思路，初步选择了近黄岭农场、仁兴镇戒毒所附近 2 个区域，其位置、长度和相关现状描述见表 8.5-1 所示。由于本修复带有研究性、实验性特征，先期库区治理消落带的各区域选择库区约 1km 范围，后期根据治理效果再进行推广。



图 8.5-1 迈湾库区消落带治理实验区位置示意图

迈湾库区消落带治理实验区概况一览表

表 8.5-3

治理实验区	长度(m)	坐标	现状描述	各区段面积(m ²)	
黄岭消落带治理实验区	1200	109° 57' E, 19° 22' N	该治理实验区位于黄岭农场场部西侧、加握河左岸，现状土地利用类型以园地为主，坡度总体约 15°以下	108m~107m	1200
				107m~105m	2400
仁兴消落带治理实验区	1100	109° 51' E, 19° 26' N	该治理实验区位于库区北面、仁兴镇西南约 4km，现状土地利用类型为人工林地，坡度基本在 15°以下	108m~107m	1100
				107m~105m	22000

② 消落带治理实验区布局

2 处消落带治理区的植被修复采用以下方式：

1) 108m~107m 区段，修复面积各约 1100m²~1200m²，种植适生耐淹乔木、灌草本等，如湖榕、水瓮、红绒球、朱焦、赤按、铺地黍、白千层等。

2) 107m~105m 区段，修复面积各约 2200m²~2400m²，种植短时耐淹没树种作为优势种，如棕榈、白千层、黄瑾、木芙蓉、李氏禾等。

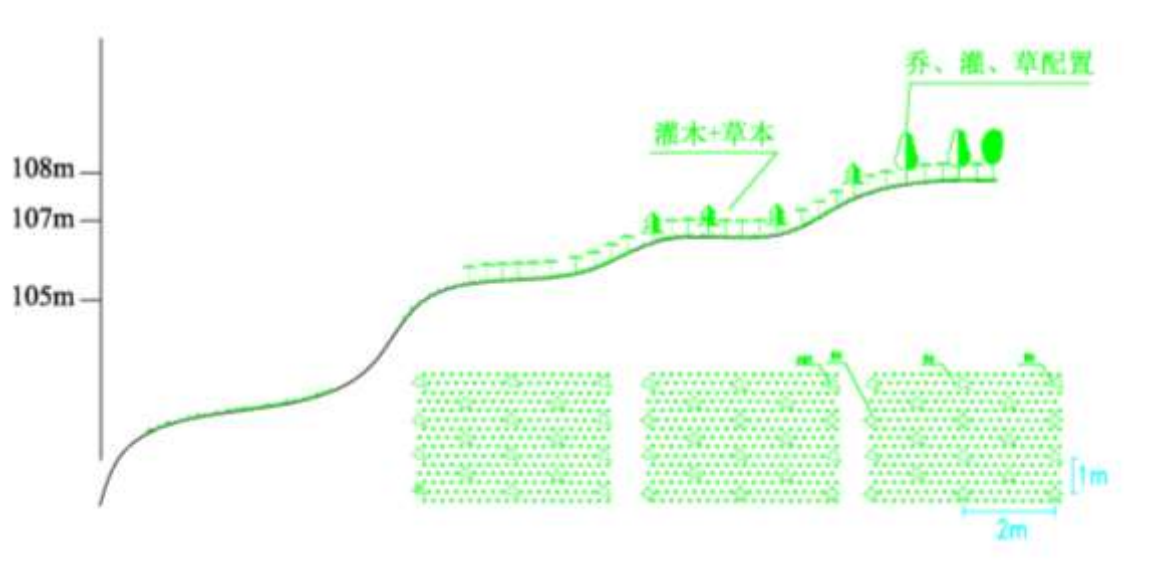


图 8.5-2 消落带治理实验区植物构建平剖面示意图

植被修复前，应对立地条件进行修整、改良，部分难以改造的困难地段可采用容器育苗。结合立地土壤条件，可在定植前每株施 100g~200g 钙镁磷肥作底。

③ 消落带治理的效果

三峡库区水位在正常蓄水位 175m 和死水位 145m 间发生周期性变化，库区由此形成落差达 30m、面积近 400km² 的消落带，重庆陆续在万州、云阳、开县等地开展了多个消落带治理试验示范区。目前在水位线以下 10m 的治理效果已初步显现，见图 8.5-6 所示。因此，在采取选择或培育适生的植物条件下，结合立地条件改良等措施，消落带治理可以起到较为显著的效果。



图 8.5-3 三峡库区(开县)消落带治理现状图

8.5.4 水土保持

本工程水土流失防治措施拟分 8 个分区，各区域采取工程和植物措施进行防治。

(1) 主体工程区

本区占地类型有耕地、林地、草地、园地等，土壤肥力较高，是宝贵的土壤资源，需进行表土剥离，待施工结束后用作本区的绿化覆土。表土剥离厚度平均为 30cm~50cm，拟在占地范围内就近选择拟绿化区域或地势低洼区域堆放、保存，采用编织袋装土临时拦挡。表土堆放在永久占地范围内，根据施工进度安排，大坝施工中间需经过几个雨季，为避免雨水冲蚀造成表土流失，需对表土临时堆置区周边采用编织袋土临时拦挡。该区剥离的表层土拟堆放在永久占地区域内低洼空地或拟绿化区域内，表面采用彩条布进行遮盖。

施工结束后，需对施工迹地进行场地平整，对可绿化区域回填表土，实施园林绿化措施。本区需绿化美化栽植海南蒲桃、无患子、椰树、玉兰、桂花、石楠、红叶李、台湾草。

(2) 永久办公生活区

施工前需进行表土剥离，待施工结束后用作本区的绿化覆土。表土剥离厚度平均为 30cm~50cm，拟在占地范围内就近选择地势低洼区域堆放、保存，采用编织袋装土临时拦挡。表土临时堆置区周边采用编织袋土临时拦挡，挡墙断面采用矩形，高 1.0m、顶宽 0.8m。该区剥离的表层土拟堆放在场地绿化区域一角内，表面采用彩条布进行遮盖。结合永久排水沟布设临时排水沟，在排水沟沟尾设沉沙池，沉沙池为矩形断面，块石砌筑并抹面，内控尺寸长×宽×深为 3.0m×1.5m×1.0m。

施工结束后，需对施工迹地进行场地平整，对可绿化区域回填表土，实施园林绿化措施。本区绿化美化栽植海南蒲、无患子、椰树、玉兰、桂花、石楠、红叶李、台湾草等。

(3) 料场区

在料场开挖前期，于其周边布置好截、排水及拦挡措施。料场开采过程中严格控制边坡，高度每下降 6m~9m 预留 2m~3m 宽的马道，在马道外缘浆砌保坎，保坎内侧覆土，种植藤本攀壁绿化。料场开采结束、清理平整场地后回覆表土层，对料场采取植物措施恢复植被。

施工前需进行表土剥离，待施工结束后用作绿化覆土和复垦。表土剥离厚度平均为 30cm~50cm，选择料场占地范围内坡脚集中堆放、保存，采用编织袋装土临时拦挡。料场下游开采范围坡脚用覆盖层开挖料填筑挡土埂，防止开采过程中水土流失影响下游。采用梯形断面，高度 1.2m，顶宽 0.8m，边坡 1:1.5。料场表土临时堆置区周边采用编织袋土临时拦挡，挡墙断面采用矩形，高 1.0m、顶宽 0.8m。

料场规划采用一面坡开采方式，由于开口线已接近顶高程，上游坡基本无汇水，因此不设截水天沟。由于料场开采高度较大，开采边坡面积较大，为防止坡面径流形成集中冲刷，拟在各级马道内侧设置排水沟，采用砖砌结构，矩形断面，底宽 0.4m、深 0.4m。

施工结束后对开采平台进行平整，恢复植被，为有利于植被恢复，利用原表土对分级开采平台等可绿化区域覆土整治，位于库区淹没区可不再恢复植被。对料场开采后形成的岩壁进行绿化，恢复植被。在开采过程中预留的马道外缘浆砌宽、高 0.50m 的保坎，保坎内侧覆土 30cm~50cm 厚，种植 1 年生藤本，如爬山虎、虻蜞菊等，攀壁绿化，株行距为 0.5m×0.5m。

(4) 弃渣场区

施工前期首先将对位于弃渣场位置占地主要类型为园地、林地等的土地进行表土剥离，集中临时堆放至弃渣场，施工后期待主体工程施工完毕，将临时堆置的表土回填，然后进行复耕或植被恢复，表土回填的区域位于弃渣场渣顶及坡面处。考虑到弃渣场存在坡面汇水，拟在坡面上方距弃渣回填边缘线 5m 以外设置山坡 M7.5 浆砌石截水沟。在截排水沟缓坡段与消力池衔接位置设置陡槽，陡槽依堆渣坡面和两岸地形布置，陡槽断面衔接缓坡段的截排水沟断面。陡槽出口衔接消力池，消力池长度为 10m，宽度为 5m，挖深按根据消能计算结果确定为 1.2m。消力池两侧设 C20 侧墙，C20 侧墙高度依水跃高度计算结果确定为 2.5m，消力池内部设 0.4m 厚 C20 底板，底垫 0.1m 厚碎石层。

施工结束后，对占用原地类为耕、园地的区域需进行复耕，相应的工程量及投资在主体工程建设征占地中计列。对占用原地类为非耕、园地的区域采取植被恢复措施，植被恢复施工前要求施工单位对场地进行清理，利用原剥离表土回填、平整。

1#弃渣场和 3#弃渣场植被恢复用 2 年生 I 级实生苗，按株行距 2m×2m 进行多树种混交造林。种植马占相思、桃金娘、狗牙根草，弃渣场边坡部分绿化采用喷混植生的方式进行；2#渣场占用原地类为园地，施工结束后，需进行复耕，边坡部分绿化采用喷混植生的方式进行。

(5) 施工生产生活区

施工生产生活区主要包括布置砂石料加工系统、混凝土搅拌系统、综合仓库、临时房屋建筑工程及其他施工辅助工程的用地。施工前需进行表土剥离，待施工结束后用作本区的绿化覆土。表土剥离厚度平均为 30cm~50cm，拟在占地范围内就近选择地势低洼区域堆放、保存，采用编织袋装土临时拦挡。

表土临时堆置区周边采用编织袋土临时拦挡，挡墙断面采用矩形，高 1.0m、顶宽

0.8m。施工生产生活区位于缓坡地，施工初期场平时土方临时堆置，遇降雨极易直接入河，淤积阻塞河道，影响行洪，因此考虑在开挖初期采用编织袋土设置临时拦挡，装袋土料直接采用场平开挖料。为防止坡面径流对场地内外冲蚀，需根据地形设置排水沟，并在出口设置沉沙措施，防止淤积河道，影响河道行洪。排水沟采用矩形断面，砖砌结构，底宽 0.4m，沟深 0.4m；沉沙池为矩形断面，块石砌筑并抹面，内控尺寸长×宽×深为 3.00m×1.50m×1.00m。

施工生产生活区主要为临时建筑、机械等占压地表，施工完毕后，拆除临时建筑，清理场地。对原土地利用类型为园地的恢复为园地；原土地利用类型为耕地的恢复为耕地，该部分工程量及投资在征地移民投资中计列。对施工生产生活区其他区域，清理平整后，植树种草绿化。对本区的挖填方部位要求填筑到稳定边坡 1:1.5，采取先挡后填，在下游采用编织袋土挡墙护脚。对场平后形成的填方边坡，拟采用植草护坡的方式，覆盖裸露坡面，防治水土流失。植被恢复根据“适地适树、适地适草”的原则，选择抗逆性强、病虫害少、根蘖性强的优良乡土品种。乔木树种选择马占相思，灌木树种选择桃金娘，在乔灌木下撒播植草。

(6) 交通道路区

交通道路区包括上坝道路、进场道路等永久道路及各施工区之间联络的施工临时道路。

主体工程对道路的挖填边坡采用草皮护坡，道路两侧依地形设置截排水措施，已可以满足水保要求，但尚需补充水保临时措施及绿化美化措施。在永久公路路基开挖前，应在容易产生挖方水土流失影响的敏感地带（如道路、村庄、农田等）设置编织袋土进行拦挡，临时挡墙长度约 300m（可重复利用），按挡墙高 1m，宽度 0.8m。在施工过程中，挖方可能不能及时运至填方处，要集中堆放，并做好临时保护工作。对于上坝公路、进厂公路等永久公路两侧可布置行道树区段进行行道树布设。行道树用乔木树种成行带状布置，可选用观赏树种香樟、大花紫薇、马占相思、羊蹄甲等进行布设。

道路开挖前剥离表土装袋或筑土埂用于沿线填方段临时拦挡，道路施工结束后用于覆土绿化。为防止径流冲蚀，在道路一侧开挖临时排水沟排水。排水沟采用梯形断面，土质结构，底宽 0.4m，沟深 0.4m，内坡比 1:0.5。考虑在施工初期利用排水沟开挖料装袋堆置于填方边坡或道路下游侧做临时拦挡。为维护道路的运行安全，道路施工开挖填筑边坡应进行护坡处理，同时防止水土流失。除开挖边坡开挖到稳定边坡外，需对开挖坡面进行护坡，挖方坡面主要采用攀缘植物护坡，填方边坡主要用植草护坡。

施工结束后,对占用原地类为耕、园地的区域需进行复耕,相应的工程量及投资在主体工程建设征占地中计列。对占用原地类为非耕、园地的区域采取植被恢复措施,植被恢复施工前要求施工单位对施工场地进行清理,拆除地上建筑物及地面砣块,利用原剥离表土回填、平整。植被恢复用2年生I级实生苗,按株行距 $2\text{m}\times 2\text{m}$ 进行多树种混交造林。

(7) 移民安置区

截排水措施应结合规划安置居民点新址的地形情况,在场平竖向设计中统一规划设置截排水系统,截排水沟应先于场地开挖,防止坡面径流冲蚀坡面及场平区。

拦挡措施一般为挡土墙,挡土墙结合规划安置居民点新址的地形情况,在场平竖向设计中统一规划设置,挡土墙应先于场地填筑,防止填方区域水土流失。

移民生活安置点开挖留下的高边坡须进行削坡处理,并采用浆砌石框格植草护坡。为绿化美化安置区和植被恢复,施工前需进行表土剥离,待施工结束后用作绿化覆土。为避免另外征地,剥离的表土应选择永久占地范围内一角临时堆放,并采取拦挡等措施,防止表土流失。

剥离的无用层集中堆放在永久占地区域内需编织袋土临时拦挡,施工结束后利用原表土对安置区可绿化区域覆土整治。在移民安置点四周进行四旁绿化(点状或块状),种植常绿乔木、灌木、花卉、草坪等,包括海南蒲桃、无患子、椰树、玉兰、桂花、石楠、红叶李、台湾草。

(8) 专项设施改建区

在永久公路路基开挖前,应在容易产生挖方水土流失影响的敏感地带(如道路、村庄、农田等)设置编织袋土进行拦挡。在施工过程中,挖方可能不能及时运至填方处,要集中堆放,并做好临时保护工作。准备一些彩条布,遇暴雨及径流时,保护尚没有采取保护措施的开挖边坡、填方边坡以及没有来得及碾压路面,防止水土流失。

对于复建公路两侧可布置行道树区段进行行道树布设。行道树用乔木树种成行带状布置,可选用观赏树种香樟、大花紫薇、马占相思、羊蹄甲等进行布设,用苗苗高 $\geq 2.50\text{m}$ 、胸径 $\geq 4\text{cm}$ 、冠幅约 120cm ,路基两侧单行栽植,株距 3.0m 。

8.6 环境空气保护措施

施工区环境空气污染防治主要从砂石加工系统、混凝土拌和系统产生的扬尘、爆破及施工开挖等产生的粉尘污染、车辆运输产生的扬尘及尾气、机械燃油废气等方面进行防治。

8.6.1 砂石加工系统粉尘防治

砂石料加工系统位于黄岭八队西侧，最近距离 95m，应重点做好砂石加工系统的粉尘防治措施。

(1) 采用封闭措施和湿法破碎的低尘工艺，以减少粉尘的产生，减轻对黄岭八队的影响；常态砂和碾压砂采用全封闭式仓库，避免砂下落过程造成大量粉尘。供料系统旁加装喷淋设施，降低输送过程中的扬尘。

(2) 考虑到砂石料加工系统在卸料、砂石料装车以及场地内汽车行使等过程中会产生粉尘，需在场地内定期洒水，并加强洒水频率，由于砂石加工系统距离黄岭八队较近，洒水时间为晴天每隔 2 小时一次。

(3) 对砂石加工系统封闭装置破损部位进行及时修补，确保封闭装置有效发挥作用。

8.6.2 混凝土拌和系统粉尘防治

(1) 混凝土拌和系统位于坝址附近，附近无敏感点分布，为减轻扬尘对施工人员影响，混凝土生产系统采用全封闭式混凝土搅拌系统，混凝土拌和楼采用装备有除尘装置的拌和楼，除尘装置优先考虑布袋除尘装置，同时配备喷淋系统。若封闭装置发生破损，应及时进行修补。

(2) 水泥装卸作业除要求文明作业外，水泥库实行全封闭作业，加强物料的管理，减少扬尘产生量，混凝土加工系统附近进行定时洒水降尘，晴天每隔 4 小时一次。

8.6.3 爆破开挖、钻孔及其他施工作业面粉尘防治

(1) 工程设计中已考虑采用低尘爆破工艺，石料场开采采用微差挤压爆破；导流隧洞施工中，石方明挖采用梯段微差爆破法，洞身开挖采用光面爆破；坝肩石方开挖采用潜孔钻钻孔爆破、开挖轮廓面采用预裂爆破，坝基开挖采用梯段爆破、履带式液压钻钻孔，建基面采用手风钻钻孔，预裂爆破；厂房石方开挖采用手风钻钻孔爆破。施工阶段应落实以上低尘爆破工艺，爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时可考虑覆盖水袋湿法爆破，减少粉尘的排放量。

(2) 爆破前向预爆体表面洒水，在预爆区钻孔采用高压注水；爆破应尽量采用草袋覆盖爆破面，加强通风，降低废气浓度；各易产生扬尘的施工作业面在非雨日采取洒水措施，加速粉尘沉降，各主要洞线设水幕除尘装置。

(3) 地下洞挖及厂房施工时，钻孔采用湿式作业，减少粉尘浓度，配备通风机，采用压入式通风，向洞内输入新鲜气流，风筒均挂在地面较高的侧墙或顶拱上，排除洞内

烟尘，特别是在次日工作人员进入前加强洞内通风作业。

④ 加强施工人员个人防护，佩戴防尘口罩等。定期对施工人员进行身体检查，提高健康意识，积极有效地强调施工人员的个人自我保护效用，并按照有关劳动保护的规定，加强劳动保护。

8.6.4 交通粉尘削减与控制

(1) 施工车辆途径黄岭八队和施工生活区附近应设置限速标志，防止车速过快产生扬尘污染环境，影响居民及施工人员的健康和正常生活。

(2) 装载多尘物料时，应对物料适当加湿或用篷布遮盖；运送水泥和粉煤灰等细颗粒材料的车辆应采用密封储罐车；装卸、堆放中应防止物料流散并经常清洗运输车辆。

(3) 成立公路养护队伍，对施工道路进行定期养护，保持路面平整。

(4) 在施工道路区非雨日至少洒水 3 次，还应据天气情况酌情增加洒水次数，具体为：在高温燥热时间，施工人群密度较大区域要求一日内路面洒水 4~6 次，其余路面 2~4 次；气候温和时至少每日洒水 2 次。对途径黄岭八队和施工生活营地路段可适当增加洒水次数。

(5) 结合水土保持和生态修复措施，做好公路的绿化，尤其是黄岭八队和施工生活营地附近路段，使栽植的行道树等不但起到美化景观、生态修复的效果，也达到防尘隔离等效果。

(6) 加强施工区道路硬化工程建设，通往砂石加工系统的副 1#施工道路和途径黄岭八队和施工生活营地的路段必须进行硬化。

8.6.5 车辆尾气及燃油机械废气

(1) 施工期间，往来车辆多为燃柴油的大型运输车辆，尾气排放量与污染物含量均比燃汽油车辆高，需安装尾气净化器，保证尾气达标排放。

(2) 确保执行汽车报废标准，推行强制更新报废制度，对于发动机耗油多、效率低、尾气排放严重超标的老、旧车辆，及时更新。

(3) 定期维修、保养机械设备，排污量大的燃油设备需配置尾气净化装置。每年 11 月至次年 4 月，加强对燃油机械废气的削减力度。

8.7 声环境保护措施

8.7.1 敏感点噪声控制措施

(1) 敏感点噪声控制措施

黄岭八队为本工程搬迁移民，根据规划应安置至黄岭美马桥安置点。根据声环境影

响预测，黄岭八队声环境主要受施工区砂石加工系统噪声和附近交通噪声影响，施工期昼间超标 10.7dB(A)、夜间超标 9.4dB(A)。根据施工规划，黄岭八队在施工前移民的可能性较小，因此，需采取以下声环境保护措施：

(1) 优先移民

优先开展黄岭八队的移民工作，将现有黄岭八队居民搬迁安置至黄岭美马桥安置点，减少施工作业对当地黄岭八队居民点声环境影响。

(2) 砂石骨料加工系统

本工程砂石料加工系统距离黄岭八队较近，施工噪声对黄岭八队影响较大，应在施工前优先开展黄岭八队的移民安置工作，在黄岭八队搬迁前，做好砂石骨料加工系统的噪声防护工作。

砂石加工系统运行中噪音主要来源于破碎、筛分及转料等过程，按《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）的要求，为减少对操作人员和周边环境的噪声危害，从降噪声源及阻隔传声途径角度，系统运行降噪主要采用以下几种有效措施：

① 筛分车间

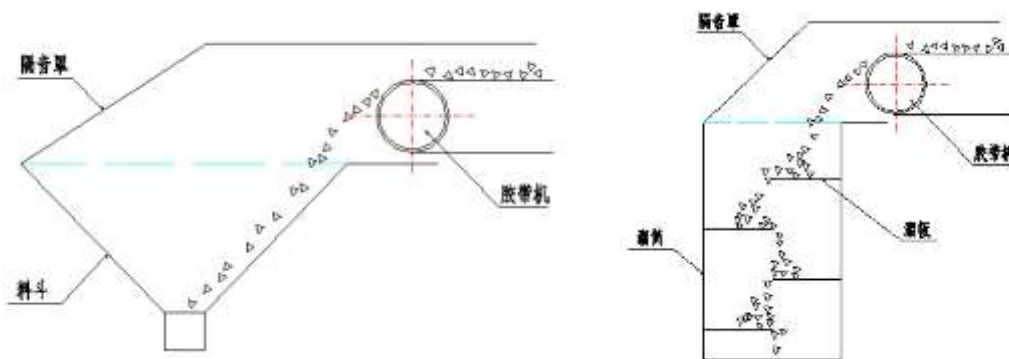
采用高分子聚氨酯筛网代替金属筛分板面，以减少物料筛分过程中产生的筛分噪声；控制落料噪声，在从筛端落入溜槽的槽壁和槽底安装橡胶撞击衬板，并对溜槽结合粉尘防护措施进行封闭；对筛分机结合粉尘防治措施（捕尘罩）内衬设置吸声棉，对筛分过程产生的噪声进行阻隔。在筛分设备和支撑结构之间安装高强度内摩擦的材料作为衬垫，以降低振动传递。

② 棒磨车间

结合棒磨车间粉尘防治措施（捕尘罩）内衬设置吸声棉，对棒磨车间运行过程产生的噪声进行阻隔；在封闭体内设置人工操作休息隔音间。

③ 胶带机系统

在料斗落差较小时，为隔离物料上段噪声，在料斗上段设置隔音罩，并同料斗连成一体；在落差较大时，料筒内设置多级溜板，减小物料落差，安装橡胶撞击衬板，降低撞击噪声。



落差较小时的隔声降噪措施

落差较大时的隔声降噪措施

图 8.7-1 隔声降噪措施示意图

砂石加工系统噪声防护措施工程量表

表 8.7-1

序号	部位	工程措施	材料	备注
1	筛分车间	从筛端落入溜槽的槽壁和槽底安装橡胶撞击衬板	衬板	主体设备已配套
2		溜槽封闭	隔音网	结合防尘措施
3		筛分机捕尘罩	捕尘罩	结合防尘措施
4		捕尘罩内吸声棉	吸音棉	结合防尘措施
5		高强度内摩擦的材料	高分子聚氨酯筛网	主体设备已配套
6		第一筛分车间声屏障	PC 材料或彩钢等	
7		第二筛分车间声屏障		
8	棒磨车间	棒磨车间捕尘罩	无	结合防尘措施
9	棒磨车间	捕尘罩内吸声棉	吸音棉	
10	胶带机	料斗隔音罩	隔音网	结合防尘措施

采取以上措施后，砂石加工系统各车间降噪效果可达到 15~25dB(A)；对场界达标控制而言主要是控制夜间施工作业，禁止夜间 22:00-次日 8:00 时段施工。因此，在采取以上措施实施后，砂石骨料加工系统场界基本能够满足《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011) 的标准控制要求，详见表 8.7-2。

砂石加工系统声源降噪措施及效果分析

表 8.7-2

车间名称	噪声值	主要措施	降噪量 (类比或实测)	最终效果
粗碎及一筛车间	105~114	封闭加衬	15~20dB(A)	降噪约 17~25 dB(A)
		声屏障	5~15 dB(A)	
粗碎车间及二筛车间	95~114	减振降振	3~5 dB(A)	
		声屏障	5~15 dB(A)	
棒磨车间	105~115	封闭加衬	15~20dB(A)	降噪约 15~20 dB(A)
		减振降振	3~5 dB(A)	
胶带机	90~95	衬垫及隔音罩	10~15 dB(A)	降噪约 10~15 dB(A)

(3) 交通噪声防治

① 在交通沿线经黄岭八队路段设立限速标志和禁鸣标志，并注明时速小于20km/h。禁止高音鸣号，尽可能减少夜间车辆行驶。

② 选用低噪的运输汽车。

(4) 居民点隔声措施

目前交通噪声污染治理措施一般采用声源控制、声传播途径控制及受声点的防护三种方式，声源控制公路有采用低噪声路面、设置限速标志等措施，声传播途径控制有设置声屏障、种植绿化林带等措施，受声点的防护有设置隔声窗、环保搬迁等措施。常用降噪措施对比情况见表 8.7-3。

常见噪声防治措施比较一览表

表 8.7-3

措施名称	主要适用范围	效果	优点	缺点	造价	是否采用
改性沥青路面	噪声超标 3~6dB 的敏感点	较普通路面低约 3dB	应用于公路本身，对周围景观不会造成影响	投资较高。	约 1200 元/m ²	不采用
设置限速、禁鸣标志	噪声超标 3dB 以下敏感点	3~5dB	基本不增加投资，同时增加行车安全	适用于噪声超标 3dB (A) 以下的敏感点	约 0.5 万元/处	采用
通风隔声窗	分布分散超标较多的敏感点	15~30dB	效果较好，费用适中，适用性强	相对于声屏障，实施稍难	约 2 万元/户	采用
声屏障	超标较多、距离公路近的集中敏感点	15~20dB	效果较好，易于实施，受益人口多	投资较高，对景观有影响，造成居民生活不便。	约 4000 元/m	不采用
降噪林	超标较少，有植树条件的集中村庄	约 5dB (30m 林带)	同时可净化空气、美化路容，改善生态环境	达到预期效果周期长，投资较高，适用性受到限制	200 元/m ²	不采用
环保拆迁	个别超标较多的居民	很好	完全消除噪声影响	费用较高，对居民生活有影响。	约 1000/m ²	不采用

本工程噪声超标点位于施工临时道路旁，不适宜采用路面降噪措施。本工程施工道路路面较窄、弯道较多，从通行和安全角度不适宜上隔声屏障。沿线房屋距离线路较近，而设置降噪林需较大的林带宽度，不适宜本工程。本工程超标的黄岭八队本身即为本工程移民，受影响时间主要为搬迁前，因此也不适宜实施环保拆迁。

根据沿线村庄的情况和噪声的预测结果，结合各项环保措施的可行性，要求夜间禁

止施工，并对昼间计算值超标的房屋设置通风隔声窗。通风隔声窗结构简单，使用方便，可兼顾通风和降噪，可降噪 15~30dB(A)，适用于高架道路、交通干线、热闹集市、厂矿企业附近的住宅、机关、医院、学校等场所。安装隔声窗居民户数共计 20 户，安装后对各敏感点噪声影响可达到 1 类声功能的要求。

(5) 敏感点噪声达标分析

本工程声环境敏感点为黄岭八队，根据以上噪声防治措施，预计黄岭八队噪声能够满足 1 类声功能要求。采取相应的噪声防治措施后的噪声值和达标分析见表 8.7-4。

预测点噪声达标分析一览表

表 8.7-4

单位：dB(A)

预测点	噪声源	敏感点处噪声预测值		主要噪声防治措施	降噪效果	预计噪声值		是否达标
		昼间	夜间			昼间	夜间	
黄岭八队	砂石料加工系统	65.6	54.5	加工设备和传送机加装隔声罩	降低 15~25dB	50.6	39.5	达标
				居民加装隔声窗	降噪 15~30dB			
	交通噪声			限速，限鸣，减少夜间行车	降低夜间噪声			

8.7.2 其他施工区域

(1) 爆破噪声控制

为减低爆破对环境噪声的影响，采取以下措施：

① 严格控制爆破时间，尽量定时爆破，在昼间 12:30~14:30、夜间 22:00~次日 7:00 禁止爆破。

② 采用先进的爆破技术。如采用微差爆破技术，可使爆破噪声降低 3~10dB(A)。

(2) 大坝施工区

① 迈湾水库大坝施工区合理安排施工时间，夜间（22:00~6:00）应禁止坝基爆破作业、控制行车，尽量避免高噪声施工活动在夜间进行。

② 坝址附近的混凝土拌和系统选用全封闭式的拌和楼，内部应用多孔性吸声材料。如非施工高峰期间，尽量避免夜间进行生产。

8.8 固体废物处理措施

8.8.1 施工期生活垃圾处置

8.8.1.1 生活垃圾产生量

本工程的总工期约 46 个月，平均施工人数 1350 人，高峰月施工人数 1800 人，业业主营地管理人员平均 200 人，高峰期约 300 人。施工期日平均垃圾产生量 1.55t/d，日最大垃圾产生量 2.1t/d，施工期共产生垃圾 2139t，容重率以 0.45t/m³ 计，共产生垃圾 4753m³。

施工区生活垃圾可分为有机物和无机物，有机物主要有竹木、厨余、纸类、塑料、皮革、织物等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。

8.8.1.2 处置方案比选

我国城市生活垃圾无害化处理法主要有卫生填埋法、焚烧法、堆肥法等，其中填埋法占 95% 以上。由于市场有限，堆肥法一直未能成为垃圾的主要方法，采用堆肥法处理的垃圾不到 1%，此法显然不符合本工程施工期生活垃圾处置要求。

根据工程施工期生活垃圾的特性，同时结合垃圾外运方案，对卫生填埋、垃圾外运和焚烧法三种方案进行技术经济比较，推荐适合本工程的生活垃圾处置方法。

(1) 卫生填埋方案

卫生填埋法是一种采取防渗、铺平、压实、覆盖等措施对生活垃圾进行处理和对填埋气体、渗滤液、蝇虫等进行治理的处理方法。填埋场主要由库区、垃圾坝、防渗层、渗滤液处理站、废气收集及其它辅助设施等构成。

垃圾卫生填埋法是最普遍的垃圾处置方法，具有技术可靠、工艺简单、操作性强等优点，但同时也存在一定的局限性，其选址困难，施工作业要求复杂，本工程建成后将作为供水水源地，建垃圾填埋场存在较大风险。

(2) 焚烧方案

焚烧是一种在有控制条件下，通过高温将垃圾中的有机成分和可燃成分燃烧完全，使生活垃圾变成惰性残余物，并对燃烧余热加以利用的处理方法。与其它处理方式相比，具有占地小、场地选择容易、处理时间短、减量化显著(减重一般达 70%~90%)、无害化彻底，以及可回收余热等优点，但设备费用和运行费用较高。由于本工程施工期生活垃圾量较少，小型垃圾焚烧炉的二噁英排放较难达标排放。

(3) 垃圾外运方案

本工程位于屯昌县和澄迈县交界处，屯昌县生活垃圾由屯昌县生活垃圾处理场处

理，澄迈县生活垃圾由海口市生活垃圾焚烧发电厂处理。本工程距离屯昌县生活垃圾处理场运距 42km，距离海口市生活垃圾焚烧发电厂运距约 130km。



图 8.8-1 枢纽施工区至海口市生活垃圾焚烧发电厂运输路线

海口市生活垃圾焚烧发电厂位于海南省澄迈县老城经济开发区颜春岭垃圾填埋场西侧，负责处理海口市和澄迈县的生活垃圾，一期日处理垃圾量 1200t，年处理垃圾量 40 万 t，2011 年 7 月投入整体试运行。由于垃圾量的不断增长，在一期工程基础上进行扩建，扩建工程日处理垃圾量 1200t，年处理垃圾量 40 万 t，目前已处于验收阶段。由于运距较远，本工程施工期生活垃圾不推荐外运至海口市生活垃圾焚烧发电厂。

屯昌县生活垃圾处理场位于屯城镇大洞村牛鼻岭，距县城 9km，占地面积 129 亩。

设计使用年限 12 年，日处理能力近期 72t，远期 90t，渗滤液采用“MBR+反渗透”工艺。自 2010 年 2 月份正式运营以来，各项设施运营正常。目前，拟在二期预留场地上建设 1 座垃圾焚烧发电厂，近期(2020 年)日焚烧处理生活垃圾 300t，年处理生活垃圾 10 万 t，远期(2020~2030 年)日处理生活垃圾 600t，年处理生活垃圾 20 万 t。2015 年底完成了垃圾焚烧发电厂的可行性研究报告，目前尚未开工建设。



图 8.8-2 枢纽施工区至屯昌县生活垃圾处理场运输路线

本工程至屯昌县生活垃圾处理场运距约 42km，可通过县道 390、县道 380、S21、G224、县道 383 至屯昌县生活垃圾处理场，路况较好，沿程居民点较少。施工期生活垃圾可外运至屯昌县生活垃圾填埋场处置，待垃圾焚烧发电厂建成后，可进入垃圾焚烧发电厂处置。

(4) 技术经济比较

根据施工区垃圾特点及工区现状条件，对填埋、外运、焚烧三种处置方式从技术可靠性、占地面积、选址难度、建设工期、环境污染、主要环保措施、投资估算等方面进行综合分析比较，提出最佳处置方案，具体比较见表 8.8-1。

技术经济比较表

表 8.8-1

处置方法	填埋	焚烧	外运
技术可靠性	可靠、常用处理方法	可靠	可靠
选址难度	困难	较困难	无
占地面积	较大	较小	无
建设工期	1~2年	0.5~1年	无
运行管理	一般	较难	简单
稳定化时间	10~15年	1小时	无
处置效果	无害化	减量化、无害化	无害化
环境风险	较高	较高	低
最终处置	卫生填埋本身是一种最终处置方式	飞灰属于危险废物需要进行安全处置	屯昌县生活垃圾处理场处置
地表水污染	需要具备完善的渗沥液处理设施	需要具备完善的渗沥液处理设施	垃圾运输过江事故
地下水污染	场底需有防渗措施,人工衬底投资较大	可能性较小	无
大气污染	有轻微污染,可采用导气、覆盖、隔离带等措施控制	污染较难控制、应加强对酸性气体、重金属和二噁英的控制和治理	无
土壤污染	对填埋场区域有影响	可能性较小	无
主要环保措施	场底防渗、每天覆盖、沼气导排和渗滤液处理	烟气治理、噪声控制、炉渣与灰渣处理、恶臭防治	无
工程是否有已实施	有	有	有
投资	较大	较大	小
综合比选结果	/	/	推荐方案

根据表 8.8-1 的综合分析得知,采用填埋法比较,填埋场具有处理和最终处置生活垃圾的双重功能、是主要处理生活垃圾的处理方式,但填埋场占地较大、建设期长,且工程所在区域降雨充沛,渗滤液产生量较多,本工程水库为供水水源,一旦渗滤液泄漏将污染水库水质,环境风险较高。因此,不推荐采用填埋法处理本工程生活垃圾。

采用焚烧法比较,焚烧具有工作时间灵活、占地较小、建设期短、垃圾减量化、稳定化时间短,工程结束后主要设备还可迁至新工地继续使用等优点,但同时存在选址困难、运行费用高且飞灰、烟气等难以控制等缺点。本工程施工期生活垃圾量较少,小型垃圾焚烧炉二噁英等污染物排放一般难以达标排放。因此,不推荐采用焚烧法处理本工程生活垃圾。

采用外运法相对而言较简单,外运法工作时间灵活、投资小,主要费用为垃圾收集

清运费，管理成本低。该方法可以实现生活垃圾的无害化，环境风险低。从环境影响角度，主要为垃圾运输对沿线居民的恶臭污染，但采用密闭的垃圾运输车，影响很小。而且对整个工程而言无后期遗留环境问题，从最大的程度上保护了区域自然环境，较适于本工程的实际情况。

8.8.1.3 方案设计

(1) 垃圾收集

施工人员生活区、业主营地管理区及施工工厂等区域放置垃圾桶，并派专人负责对垃圾箱区域和整个生活区场地的清扫，以防止垃圾乱堆、乱弃。本工程施工区内共设置大型垃圾桶 40 个，为两箱塑胶流动垃圾桶，采用硬塑料覆盖式，以减少臭气扩散，容积考虑市场常见的 240L，设置于施工区内道路两侧和营地内道路两侧。配置与垃圾桶配套的垃圾收集车 1 辆，对施工场地内垃圾桶内垃圾进行收集并运输至黄岭转运站，垃圾收集车额定质量 3600kg，垃圾收集车采用密闭设计。

(2) 垃圾运输

由于工程所在地环卫系统较为完善，所在黄岭农场已建有黄岭转运站，环卫部门已配备垃圾收集车、垃圾转运车等，但垃圾收集车可能存在数量不足问题，因此，推荐施工期本工程配备 1 辆垃圾收集车，并委托环卫部门对本工程收集的生活垃圾进行外运。外委合同中应要求环卫部门垃圾转运车采用密闭设计，防止运输过程中的“跑、冒、滴、漏”现象，同时可减少恶臭污染。

施工区内垃圾桶做到日产日清，转运站可一周外运一次。垃圾从各施工区垃圾桶收集至转运站后，通过如下路线转运：垃圾转运站——县道 380——S21 省道——G224——县道 383——屯昌县生活垃圾处理场（屯城镇大洞村牛鼻岭），总运距约 42km。

8.8.2 施工期其他垃圾处置

施工辅助企业生产过程中产生的废物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材、蓄电池等可利用部分的经回收后再利用，无法利用的可出售至废品收购站资源化回收，不随意丢弃。剩余一些无回收价值的固体废物，统一运送至屯昌县生活垃圾处理场。

工程弃渣及建筑垃圾如砖瓦、混凝土块、弃土等作为本工程弃渣场，若有剩余可用作复建交通工程道路回填、码头回填料。

施工期机械修配厂、汽车保养站内进行车辆维修和保养产生的废油、含油废纸、废布，以及含油废水处理产生的浮油和含油污泥均为危险废物，应委托有资质单位进行处

理。

8.8.3 运行期生活垃圾处置

运行期固体废物主要为厂房、业主营地的生活垃圾和机组检修等产生的含油废纸、废布等。由于垃圾量较小，利用施工期设置的垃圾桶，集中收集后委托当地环卫部门负责处理。含油废纸、废布等与机组检修收集的废油属于危险废物，须委托有资质的单位处置。

8.9 人群健康保护措施

8.9.1 综合防控措施

传染病的预防与控制的策略是预防为主，加强监测。工程区域相关疾病必须针对传染源、传播途径和易感人群 3 个环节，采取下列综合防治措施：

(1) 工程人员进入施工区和移民迁入安置区时，对生活区和部分作业区进行卫生处理，即采取消毒、杀虫、灭鼠等卫生措施，对饮用水进行消毒。在人群中普及传染病防治知识，动员群众进行经常性的灭蚊、灭蝇和灭鼠等爱国卫生运动，改善环境卫生，加强个人防护。

(2) 施工区、移民安置区集中式供水应使用生活饮用水净化、消毒设施，饮用水必须符合国家生活饮用水卫生标准，确保饮用水安全。分散式供水，必须做好水源的保护，保证饮水安全。移民安置区饮用水水源附近禁止设置污水池、粪堆（坑）、垃圾堆放场等污染源。

(3) 施工区采用成套污水处理设备设施，并对垃圾和粪便进行处置。移民安置区设置沼气池，对人畜粪便进行无害化处置。

(4) 施工区和移民安置区严格执行《中华人民共和国食品卫生法》相应条款。

(5) 所有传染病病人、病原携带者和疑似病人一律不得从事易于使该病传播的职业或工种。

(6) 各级各类医疗、保健机构必须建立、健全消毒隔离制度，完善消毒措施，防止医源性传播。用于预防和治疗的血液制品中不得染有致病因子。

(7) 适龄儿童应当按照国家有关规定，接受预防接种。根据流行病学指征，有计划地对易感人群实施预防接种或预防服药。

(8) 移民安置后，防疫保健工作必须纳入属地同步管理，措施必须落实。在较大的移民安置区应建立卫生室负责防保工作。工程施工期和运行期，应该设立相应的防保机构负责防保工作。

为做好工程的卫生保障工作，对与工程相关的重点疾病必须采取重点的防治措施。

8.9.2 自然疫源性疾病预防

鼠疫、流行性出血热均为鼠类传播的自然疫源性疾病，在工程涉及区域应开展经常性灭鼠工作，蓄水前应加强灭鼠。主要采取以灭鼠、灭蚤为重点的综合性防治措施，具体方法如下：

(1) 灭鼠防鼠

灭鼠应与防鼠紧密结合。搞好环境卫生及卫生整顿，清除鼠类栖息活动的隐蔽场所，综合采用器械灭鼠法、毒饵灭鼠法等方法，在施工生活区和移民安置区开展经常性灭鼠和疫源地针对性灭鼠。

(2) 灭蚤

施工人员的床、地面等要进行灭蚤，对鼠洞、家鼠或家禽窝及其他蚤类孳生场所也分别予以灭蚤，以消灭传播媒介。一般应在蚤类繁殖高峰之前进行，经1次灭蚤后效果可维持3个月之久。药物灭蚤主要使用有机磷和拟除虫菊酯等地面滞留喷洒。野外工地、野外住宿场所，用杀虫剂喷洒，杀灭病媒昆虫。

个人防护要求：不直接用手接触鼠及其排泄物，捕杀的鼠类应焚烧和深埋；野外作业时扎紧裤腿、袖口和腰带，不在草地、草堆上坐、卧，防止蚤、革螨和恙螨叮咬；注意饮食卫生，食物、食具要消毒。

野外工地的预防措施：建立工棚宿营时宜选择高地、干燥向阳，远离旧堤、土丘、坟地、田埂、土坑等鼠洞密集的地方；搭棚前要平整地面，铲除杂草，清除鼠洞，挖防鼠沟(深、宽各2市尺，沟壁垂直光滑)。灭鼠、灭蚤、灭革螨和恙螨；工棚宿舍与粮仓、厨房分开；人睡高铺，铺位不要靠墙，铺下不堆放杂物；开展经常性的以灭鼠、灭蚤、灭革螨和恙螨为主的卫生运动。

8.9.3 虫媒传染病

疟疾预防和控制必须针对疟疾流行特点，因地制宜地采取综合性防制措施。

(1) 库区居民疟疾预防控制

库区各县应加强疟疾的预防控制工作，建立健全农村三级卫生网络建设，实行行政领导、专业队伍和基层卫生人员相结合的工作方针。大力开展卫生运动，以消灭传播媒介(蚊虫)、控制传染源(现症病人和带虫者)、保护易感人群为主线巩固现有的灭疟成果。清除房前屋后杂草、坑洼、排除积水，消灭蚊虫孳生地；对确诊疟疾病例按照正规治疗方案进行根治，控制疟疾传播和流行。

(2) 外来施工人员疟疾预防控制

水库施工期间对进入的外来施工人员要做好疟疾的疫情监测，凡出现不明原因的发热病例，要认真做好疟原虫血检，阳性者给予疟疾正规根治。

开展居室灭蚊，使用杀虫剂浸泡蚊帐，加强个人防护，裸露皮肤涂抹避蚊剂，减少人蚊接触，也可短期服用疟疾预防药物，减少疟疾感染者的产生。具体预防控制措施如下：

① 施工工地应根据工作人员数量配备专职或兼职医务人员，负责医务和卫生防疫工作。

② 在施工人员集中前，应向当地卫生防疫部门了解当地疟疾流行情况，以便搞好工地及周围地区的抗疟工作。工棚搭建地点宜选择地势较高和干燥的地段，室内外用杀虫剂进行喷洒，填平四周坑洼，疏通沟渠，定期清除杂草，减少蚊虫孳生场所。

③ 施工人员进驻工地后，个人必须按规定使用蚊帐，蚊帐用杀虫剂浸泡，以驱蚊防蚊。在高疟区或疟疾流行季节，旬发病率超过 3% 的单位，应进行室内外杀虫剂喷洒和全民预防服药。对疟疾现症病人和带虫者应进行根治。

④ 工程结束后民工转移或遣散前，或者中途离开时，对有疟疾病史的带虫者均应给予根治，卫生防疫部门备案，随访半年，防止疟疾扩散。

⑤ 对流动性较大的施工部门和个人，应采取个人防护为主的措施。清除驻地周围的杂草，使用杀虫剂对工棚内外进行喷洒，浸泡蚊帐，身体裸露部位涂抹避蚊剂，预防服药等。

⑥ 施工区公共娱乐场所采用杀虫剂室内空间、滞留喷洒和室外滞留速效喷洒的办法。清除场地周围的杂草、填平四周坑洼和清除积水。进入公共娱乐场所的人员宜穿长裤、着鞋袜，身体裸露部位涂抹避蚊剂等。

8.9.4 介水传染病

工程涉及区域的介水传染病以细菌性痢疾和甲肝为主，预防措施为：大力开展健康教育，普及卫生防病知识，提高自我保健意识。做到食熟食，喝开水，饭前便后洗净手；开展三管一灭(管水、管粪、管饮食、消灭苍蝇)的综合性防治措施，把好病从口入关；严格执行食品卫生法，对饮食从业人员每年进行食品卫生知识的培训，坚持持证上岗。

(1) 水源的防护

河水取用点应选择在污水、污物排放及船只码头的上游。水库水必须加强卫生防护，禁止污水排放。

(2) 饮用水消毒

饮用水须进行消毒后方可饮用。消毒可采用直接投放漂白粉消毒法或持续消毒法。

(3) 粪便处置

粪便贮存场所应选择在离水源 30m 以外地势相对较低的地方，在建设时应注意底部和侧面的密封性，并加盖。蓄粪场所应定期杀灭蝇蛆，防止苍蝇大量孳生。粪便的收集和运输应有专人负责，定期清理粪便，保持清洁；在运输过程中应注意运输工具的密闭，防止污染环境。粪便收集以后，应做无害化处理，杀灭病原体和寄生虫卵。

(4) 垃圾处置

对于施工区产生的大量生活垃圾，禁止直接向河流中倾倒，采用集中堆放后运往屯昌县垃圾处理厂处理的方法进行处理。施工期间要防止“白色污染”，禁止随意抛弃包装用的塑料膜、塑料袋和一次性塑料餐具等。

8.9.5 人群管理

水库蓄水淹没、运行时水位消落等将使鼠类、蚊虫等媒介生物的生境和分布范围发生改变，也将使人类与其接触的机会发生改变。工程施工期，由于居住较为集中，人口流动性较强，施工人员劳动强度大；且施工区易形成积水坑和卫生死角，利于蚊蝇滋生，加之临时生活区条件较差，容易引发各类疾病，势必对施工人员和当地居民健康产生一定影响，因此对工程涉及区域人群应予以管理。移民安置区的人群管理由当地乡镇或村卫生室医务人员负责，施工区则要确立相应部门确定相关人员承担传染病预防工作。

(1) 传染病病人、病原携带者和疑似传染病病人不得从事易使传染病扩散的工作。

(2) 对适龄儿童实行有计划的预防接种制度。有条件的地区，可在易感人群中开展免疫接种工作。如甲肝疫苗、伤寒疫苗、流感疫苗等疫苗的注射。

(3) 在当地居民和施工人员中开展卫生知识宣传，普及常见传染病的相关知识。教育群众养成喝开水，食熟食，饭前便后洗净手，不随地吐痰和大小便的良好卫生习惯。

(4) 提高群众的保健和防病意识，出现相关症状后要早就医，早治疗。

8.9.6 食品卫生管理

工程建设将涉及原居住人口的迁移、大量外来施工和服务人员的迁入，易造成食物中毒和其他急性食源性疾病。

定期对公共餐饮场所进行卫生清理和卫生检查。发生食物中毒时应及时报告当地的卫生行政部门，对病人采取紧急处理，对中毒食品控制处理。

8.9.7 建立和健全医疗卫生机构

由于施工区距离屯昌县城或澄迈县城相对较远，在施工区设置一处医疗机构（可利用现有生活营地），配置必要的医疗设备、药品和一定数量的医护人员，负责对施工人员进行常见疾病的诊治、人群健康体检、预防接种和健康宣传教育，开展传染病的监测疫情报告和应急处理工作。

8.10 移民安置区环保措施

8.10.1 移民安置区环境保护措施

8.10.1.1 生活污水处理

(1) 饮用水水源保护措施

本工程安置点主要采用高山水厂、深机井、阳江农场管网作为水源，高山水厂目前处理水量不够用，管网漏失率较高。为保障移民安置点供水，规划扩建高山水厂，扩建规模为 $1000\text{m}^3/\text{d}$ ，为高山水厂增加一套净水工艺设施，同时将高山水厂向腾寨方向延伸供水的泵站扩容和增设高位水池，可满足黄岭美马桥安置点、中坤场部安置点、中坤荔枝园安置点、大埔坡等移民安置点的需水要求。

采用深机井作为水源的安置点，同时设置蓄水池进行调节。所有取水水源点设置 100m 范围的取水点卫生防护带，禁止堆放垃圾、粪便、废渣，不准修建渗水坑、渗水厕所，不准铺设污水管道等；蓄水池及高位水池周围 10m 以内不得有渗水坑和堆放和垃圾等污染源。在取水点和集水池附近设置警示标志。

(2) 生活污水处理措施

① 集中安置点

针对农村移民生产生活需求、经济及技术现状等，本阶段结合移民安置规划设计，安置人数较少的安置点初拟采用“入户沼气池+公共化粪池+回用”的方式对移民生活污水进行处理。安置人数相对较多的安置点初拟采用“入户沼气池+地理式无动力生活污水处理装置+回用”的方式对移民生活污水进行处理。出水满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)后回用于农田灌溉，污泥无害化处理后可用作农田施肥。

1) 入户沼气池

人畜粪便和农村生活垃圾中有机垃圾通过进料口放进沼气厌氧发酵间，在已培育的厌氧菌作用下将高分子有机物厌氧降解，产生沼气直接送入农户沼气灶，沼液可用于农田灌溉，残留的固渣亦是优良的农用肥。对安置点移民住宅每户配置一个，共配置 1295 个，本阶段推荐选用 8m^3 点盖式圆筒形沼气池。

2) 公共化粪池

化粪池是将生活污水分格沉淀，及对污泥进行厌氧消化的小型处理构筑物，化粪池上层清水回用于农田灌溉，清掏污泥无害化后作为农家肥。化粪池采用砖砌化粪池，水利停留时间 24h，污泥清掏周期 180d，根据《砖砌化粪池》(02S701)标准设计图集，大垌坡村安置点选用 Z5-12QF 型砖砌化粪池，有效容积 12m³；黄岭新村安置点选用 Z4-9QF 型砖砌化粪池，有效容积 9m³；中坤石弄花安置点选用 Z7-20QF 型砖砌化粪池，有效容积 20m³。

3) 地埋式成套设备

为减少安置点生活污水处理的运行费用，可选择地埋式无动力生活污水处理设备，该设备不耗能，不需专人维护，运行成本很低，清掏周期 3 年以上，埋地设置，上部可覆土、绿化等，无恶臭气体泄漏，不影响周围环境。

移民安置点生活污水高峰小时系数取 2.3，生活污水处理后回用于农田灌溉。地埋式无动力生活污水处理设备处理能力和设备型号见表 8.10-1。

地埋式无动力生活污水处理设备一览表

表 8.10-1

序号	安置点	规模(人)	生活污水产生量(m ³ /d)	单台处理能力(m ³ /h)	数量(套)	型号
1	合水村	393	53.06	5	1	DWT60
2	大木村	348	46.98	5	1	DWT50
3	中坤荔枝园	1141	154.04	15	1	DWT150
4	中坤场部	537	72.5	7	1	DWT80
5	黄岭美马桥	1218	164.43	15	1	DWT180
6	西达南大	1338	180.63	18	1	DWT180
合计		4971	671.1	65	6	

② 分散安置点

本工程涉及的分散安置点位于农村地区，生活污水简单，主要为粪便，当地有用作肥料的传统，加上其耕地距离安置点不远。从既有利于降低处理费用又能提高土壤肥力等多方面考虑，对各安置点的生活污水拟采取沼气池处理后，用于农田灌溉的方式。

8.10.1.2 固体废物处理

(1) 垃圾的来源和组成

运营期的固体废物主要为各安置点的生活垃圾，主要以有机厨余为主，此外塑料包装袋、纸类等相对含量较高。

(2) 垃圾收运系统

生活垃圾中有机垃圾进入户用沼气池内，无机垃圾分可回收和不可回收纳入公共垃圾箱。可回收垃圾收集后由回收机构进行回收，不可回收垃圾收集后由村里组织清运，生活垃圾全部实施袋装化和密闭式垃圾车的收集清运方式，由环卫车辆将垃圾从垃圾桶收集至附近乡镇垃圾转运站，垃圾转运站的生活垃圾由当地环卫部门定期外运至附近县(市)垃圾处理场最终处置。

公共垃圾箱设置间隔符合下列规定：

商业、金融业街道：50m~100m；主干路、次干路、有辅道的快速路：100m~200m；支路、有人行道的快速路：200m~400m。垃圾桶容量为常见的 240L。

(3) 垃圾处置

根据涉及各乡镇现有设施及垃圾处理措施现状情况，本阶段推荐新建移民安置点的生活垃圾处理采用“村收集+乡(镇)转运+县(市)处理”的方式，利用乡镇现有垃圾处理体系，集中收集后清运至所属县(市)垃圾处理场最终处置。

根据本阶段安置点及集镇迁建规划，生活垃圾配套收运设施见表 8.10-2。

移民安置生活垃圾处理措施一览表

表 8.10-2

序号	安置点	规模 (人)	生活垃圾 重量 (t/d)	生活垃圾 容积 (m ³ /d)	垃圾桶 (个)	垃圾收集 点(个)	垃圾收集 车(辆)
1	合水村	393	0.39	0.66	20	1	1
2	大埇坡村	80	0.08	0.13	4	1	1
3	大木村	348	0.35	0.58	16	1	1
4	中坤荔枝园	1141	1.11	1.85	56	2	2
5	中坤场部	537	0.54	0.90	28	1	1
6	中坤石弄花	146	0.15	0.24	8	1	1
7	黄岭美马桥	1218	1.18	1.97	60	2	2
8	黄岭新村	63	0.06	0.11	4	1	1
9	西达南大	1338	0.74	1.24	38	2	2
合计		5260	5.27	8.77	270	12	12

8.10.1.3 生态环境保护措施

根据本工程移民安置区的特点，对移民安置区的生态环境保护措施，采取工程措施与生物措施相结合的原则，合理利用土地资源。具体包括以下方面：

(1) 植被保护措施

① 移民安置区开发土地，新修公路、开挖宅基地、园地、耕地时，禁止毁林开荒，禁止在 25° 以上的陡坡地和水土流失严重、政府明令禁止开垦的地区开荒造地；土石方要进行合理的堆放，以减少对环境影响的范围和程度。

② 对于移民安置中新开垦耕地、移民新村的建设，以及配套建设的水利工程、交通道路等，均需要在工程设计中同时考虑水土保持措施；对不可避免要破坏天然植被的区域在工程结束后应结合水土保持方案进行植被恢复。

③ 移民安置搬迁期，要防止少数就地后靠移民在未经过规划审批许可的情况下毁林开荒，特别是防止周围民众趁水库库底清理时对水库周边森林植被进行滥砍滥伐。应在移民安置工程实施期间对整个水库区域加强管护，对植被较差的局部地区和安置区的水源林区要实行封山育林、育草。

(2) 陆生动植物保护措施

在移民安置点建设过程中、移民迁入后大力开展生态环境保护宣传活动；严格在安置点建设征地范围内施工，禁止占用、破坏施工征地红线外植被。在安置点建设过程中充分利用淹没区的建筑、木材等资源和原有旧料，对淹没区木材资源按归属进行合理调配，减轻由于移民建房和能源需要而产生的对森林资源的压力。

根据场地布置，在集中安置点内的空地、道路两侧、房前屋后进行绿化。植物群落结构以乔木、灌木、草坪相结合为主，街道两侧宜种植行道树，行道树以乡土乔木树种为主。

8.10.1.4 大气污染防治

(1) 优化施工方法、施工技术等进行减粉降尘；优先采用湿式作业，最大限度地减少粉尘的产生量。加强施工的科学化调度，提高车辆的工作效率。在物资运输过程中注意防止空气污染，经常清洗运输车辆。

(2) 施工期应加强对施工机械的科学管理，采用先进的施工方案，合理安排施工时间。

(3) 各移民安置点配置手推式洒水车 2 辆，对于规划安置人口数较多(大于 1000 人)的安置点另配置 1 辆机动洒水车。在开挖、灰土搅拌站等施工区域进行洒水，非雨日每天洒水 3 次~5 次；对道路进行洒水降尘，非雨日每天洒水不少于 5 次。

(4) 施工作业人员应加强劳动安全和卫生保护，在环境空气受影响大的区域，工作人员必须配戴防尘口罩等个人防护用品。

8.10.1.5 噪声防治措施

- (1) 选用较为先进的低噪声设备,给高噪声源旁的施工人员配戴防噪耳塞、耳罩等。
- (2) 合理布局,使高噪声设备尽量远离各安置点所在地原有居民。
- (3) 控制施工时间,禁止夜间施工。合理安排施工物料的运输时间。

8.10.1.6 人群健康保护措施

(1) 移民迁入安置区时,对生活区进行卫生处理,即采取消毒、杀虫、灭鼠等卫生措施,动员群众进行经常性的灭蚊、灭蝇和灭鼠等卫生运动;

(2) 对规划的移民新村饮用水水源进行分析化验,确保水质达到《生活饮用水水质卫生规范》,集中供水设施应定期消毒;另外,水库蓄水前,严格按《水库库底清理办法》的要求做好水库淹没区卫生清理工作,特别是对厕所、粪坑、坟墓等污染源,必须根据具体情况进行消毒、深埋、焚烧或迁出库区,一方面保护库区及下游河道水质,同时减少传染病病源的传播。

8.10.2 专项设施环境保护措施

本工程区专业项目建设主要包括交通设施和电力、电信设施的改复建工程。专业项目将单独立项进行设计,单独进行环评文件编制,目前很多这些专项设施尚未完成规划设计工作,因此本报告书无法将其环评结论和措施纳入,仅提出原则性的措施要求。

(1) 交通设施规划设计中,路线方案应避免生态敏感区和脆弱区,尽可能少占耕地和自然植被,并与村庄居民点保持适当的噪声防护距离,做好土石方平衡,尽量做到挖填平衡以减少弃渣量,弃渣应妥善堆置,做好拦挡和排水措施,施工中做好临时防护措施,施工结束后及时进行生态恢复。工程施工中应采用低尘、低噪工艺以降低粉尘和噪声对施工工人的影响,同时施工人员应配备必要的劳动卫生防护用品。

合理安排好桥梁施工时间,所涉桥梁尽量安排在枯水季施工。桥梁基础开挖、钻桩等建设过程中产生的泥浆均在护筒内,钻孔和清孔过程中泥浆钻渣输送至布置在桥梁附近的泥浆池、沉淀池中,无法回用的泥浆经沉淀后上清液回用于绿化或路面洒水,沉渣利用沉淀池进行固化后运至弃渣场堆置防护,严禁将泥浆直接排入河道。跨河大桥施工作业中的残、废油应分别存放并回收,对保养机具的油抹布应单独收集,并请有资质的单位处理。

各隧道施工废水设置隔油池和沉淀池处理达标后排放或回用于施工用水。控制施工注浆使用的水泥泄漏,并对进入隧道排水系统的注浆废液做净化达标处理,避免浆液污染洞外居民的生产、生活用水。

施工期施工人员尽量租用附近村庄民房，充分利用现有污水处理设施；距离村庄较远的施工场地，采用旱厕或化粪池对生活污水进行处理，并定期清运用于肥田。施工期含油废水设置隔油沉淀池，经沉淀池沉淀后上清液回用，不外排，浮油交给有资质的单位处理，严禁在施工场地任意冲洗车辆和机械。

(2) 电力、电信设施的改复建工程，应按相关要求选址，避免对生态造成大的影响，同时尽量利用开挖料回填基础，减少弃渣。

(3) 根据《海南迈湾枢纽文物影响评价报告》，拟对水库淹没区番企桥、松涛日本桥2处文物点采取原址加固保护措施。

8.11 土壤环境保护措施

8.11.1 源头控制措施

(1) 施工期及运行期各类污废水、固体废物应按“8.2 水环境保护措施”和“8.8 固体废物处置措施”进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

(2) 对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用于后期植被恢复。

(3) 加强施工机械设备的维护保养，减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

(4) 运行期地方政府应需加强库周环境管理，确保水库库区良好的水质，避免因水质污染而造成土壤的酸化、碱化和盐化现象。

(5) 采用防渗帷幕对坝基及坝肩进行防渗处理，减小坝址处的水量渗漏。

8.11.2 过程防控措施

加强运行期库区周边土壤含盐量和地下水水位的监测，若出现因本项目建设造成的土壤盐化现象($SSC \geq 1$)时，应采取排水排盐或降低地下水位的措施。对于排水排盐措施，可通过设置暗管进行排水排盐，配合种植盐分吸收植物改良土壤；对于降低地下水位措施，可适当抽取地下水降低地下水水位。

9 环境管理与监控计划

9.1 环境管理计划

9.1.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。迈湾水利枢纽工程环境管理目的在于保证内工程各项环境保护措施的顺利实施，使工程施工和运行产生的不利环境影响得到减免，以实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

9.1.2 环境管理原则

(1) 预防为主、防治结合的原则

迈湾水利枢纽工程在施工和运行过程中，环境管理要预先采取防范措施，防止环境污染和生态破坏的现象发生，并把预防作为环境管理的重要原则。

(2) 分级管理原则

工程建设和运行应接受各级环境保护行政主管部门的监督，而在内部则实行分级管理制，层层负责，责任明确。

(3) 相对独立性原则

环境管理是工程管理的一部分，需要满足整个工程管理的要求。但同时环境管理又具有一定的独立性，必须依据我国现行环境保护法律法规体系，从环境保护的角度对工程进行监督管理，协调工程建设与环境保护的关系。

(4) 针对性原则

工程建设的不同时期和不同区域可能会出现不同的环境问题，应通过建立合理的环境管理结构和管理制度，针对性地解决出现的问题。

9.1.3 环境管理目标

(1) 保证各项环境保护措施按照工程环境影响报告书及其批复、环境保护设计的要求实施，使各项环境保护设施正常、有效运行。

(2) 预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放、合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气和声环境质量达到环境功能区划要求的标准。

(3) 水土流失和生态破坏得到有效控制，并通过采取措施恢复原有的水土保持功能和生态环境质量。

(4) 做好施工区卫生防疫工作，完善疫情管理体系，控制施工人群传染病发病率，避免传染病爆发和蔓延。

(5) 理清工程建设与环境保护的关系，保障工程建设的顺利进行，促进工区环境美化，争创环保优秀工程。

9.1.4 环境管理体系

迈湾水利枢纽工程环境管理分为外部管理和内部管理两大部分，并纳入整个迈湾水利枢纽工程环境管理体系之中。

(1) 外部管理

指国家及地方环境保护行政主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及环境保护竣工验收等活动。

本工程外部环境管理体系由海南省生态环境保护厅和儋州市、澄迈县、琼中县、屯昌县环保局组成。

(2) 内部管理

指建设单位、施工单位和工程运行管理单位执行国家和地方有关环境保护的法律、法规、政策，贯彻环境保护标准，落实环境保护措施，并对工程的建设过程和活动按环保要求进行管理。

内部管理分为工程施工期和运行期。工程施工期及运行期由建设单位负责组织实施，对工程环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家和地方对建设项目环境保护的要求。内部环境管理体系由建设单位和施工单位分级管理，分别成立专/兼职环境管理机构。

9.1.5 环境管理机构设置及其职责

建设单位须设立环境管理机构，负责确定其环保方针、审查项目环境目标和指标、审批环保项目立项和投资投入报告、审批环保项目实施方案和管理方案、检查环境管理业绩、培养职工环境保护意识等工作。

环境管理机构主要职责如下：

(1) 宣传、贯彻、执行国家和地方有关环境保护的政策、法律、法规，熟悉相关技术标准，确定工程环境保护方针和环境保护目标，制定环境保护管理办法；

(2) 负责落实环保经费，按照审批的设计文件要求和施工现场实际，按计划落实工程项目建设全过程的生态与环境保护工作，主要包括生态与环境保护工作计划的编制、环境监测与保护措施的落实、专题调查与研究、环境信息统计以及各阶段验收和专项验收等。

(3) 协调处理并配合国家、地方各级环境保护行政主管部门环境保护监督检查，协调处理各有关部门的环保工作，指导、检查、考核各施工承包单位环境保护管理机构的建设运行及施工期和运行期环保设施的实施、运行情况等；

(4) 及时处理施工和运行过程中出现的环境问题，建立建设单位内部、外部环境保护信息定期、不定期报送制度。

9.1.6 环境管理制度

(1) 环境保护责任制

在环境保护管理体系中，建立环境保护责任制，明确各环境管理机构的环境保护责任。

(2) 分级管理制度

建立由各参建单位分工负责的环境保护分级管理制度。在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治和生态保护设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，建设单位环境保护办公室负责定期检查，并将检查结果上报建设单位，对检查中所发现的问题通报监理部门，由监理部门督促施工单位整改。在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治和生态保护设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，环境监理联合工程监理进行日常监督检查，建设单位环境保护中心负责定期检查，对检查中所发现的问题通报监理部门，由监理部门督促施工单位整改。

(3) 监测和报告制度

环境监测是环境管理部门获取施工区环境质量信息的重要手段，是进行环境管理的主要依据。委托具备相应监测资质的机构，按环境监测计划要求对工程区域及周围的环境质量进行定期监测，及时提交监测成果，并根据环境监测结果，适时优化调整环境保护措施。

(4) “三同时”验收制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治及其他公害的措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。有关“三同时”项目必须按合同规定经有关部门验收合格后才能正式投入运行。防治污染的设施不得擅自拆除或闲置。

(5) 制定突发事件的处理措施

工程施工期间，如发生污染事故及其它突发性环境事件，除应立即采取补救措施外，施工单位还要及时通报可能受到影响的地区和居民，并报建设单位环保部门与地方环境

保护行政主管部门接受调查处理。同时，要调查事故原因、责任单位和责任人，对有关单位和个人给予行政或经济处罚，触犯国家有关法律者，移交司法部门处理。

(6) 宣传、培训制度

为增强工程建设者(包括管理人员和施工人员)的环境保护意识，建设单位环境管理机构应经常采取广播、宣传栏、专题讲座等方法对工程参建人员进行环境保护宣传，提高环保意识，使其都能自觉地参与环境保护工作，让环境保护从单纯的行政干预和法律约束变成人们的自觉行为。

对环境保护专业技术人员应定期进行业务培训，同时组织考察学习，以提高其业务水平。

9.1.7 主要管理任务

本工程建设主要管理任务及其实施要求、实施时间、责任单位、业主责任等详见表 8.1-1。

施工及运行阶段环境管理任务一览表

表 9.1-1

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
水环境	砂石加工系统 废水处理	处理后回用	三同时	承包商	负责有关事务安排， 拟定协议，支付费用， 监督设施运行
	混凝土拌和系 统废水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
	施工工厂区废 水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
	生活污水处理	处理后回用	三同时	承包商、 业主	负责承包商营地有关 事务安排，拟定协议， 支付费用，监督设施 运行；业主营地措施 的落实。
	分层取水	结合大坝枢纽建设叠梁门分 层取水设施	运行期	业主	运行、监测
	水质保护	划分保护区	运行期	政府、业 主	配合实施和管理
陆生生态	陆生生态修复	结合水土保持植物措施，进行 陆生生态修复。	整个施工期	承包商	根据工程进度及时实 施生态修复
	珍稀植物保护	聘用专业技术人员，对施工区 范围内进行地毯式调查，对新 发现的珍稀植物进行就地保	施工及水库 蓄水前	承包商、 业主	监督实施和管理

		护或移植保护			
	野生动物保护	加强生态保护宣传教育,施工前对地块进行调查确认,发现动物的卵和幼体应进行保护,并报告野生动物保护部门。	施工期	业主、承包商	督促管理,制定制度
水生生态	生境保护与修复	开展栖息地保护	施工期、初期蓄水期、运行期	业主及地方渔业主管部门	委托专业机构进行设计,实施时拨付经费
	过鱼设施	在迈湾坝址上下游设置过鱼设施,谷石滩、九龙滩水电站补建过鱼设施	初期蓄水、运行期	业主	委托专业机构进行设计,实施时拨付经费
	下泄生态流量	一般时期下泄最小流量10.3m ³ /s,鱼类生态敏感期泄放25.9m ³ /s,9~10月最小下泄20.5m ³ /s,6、7月制造两次涨水过程;松涛最小下泄5.2m ³ /s、15.6 m ³ /s生态流量	初期蓄水、运行期	业主	委托专业机构进行设计,实施时拨付经费
	鱼类增殖放流	建设鱼类增殖站,进行鱼苗放流	工程截流前及以后	业主	委托专业机构进行设计,实施时拨付经费
	其它鱼类保护措施	加强渔政管理、人工鱼巢	施工期及以后	地方渔政部门、业主	配合地方政府开展相关工作
	环境空气	砂石料与混凝土系统粉尘削减与控制	黄岭八队提前搬迁;湿法工艺、除尘设备、洒水	三同时	承包商
交通粉尘削减与控制		道路清扫、洒水	施工期	承包商	拟定管理要求和质量标准,监督进行情况
施工现场扬尘控制		道路清洁、洒水,易起尘堆料覆盖	施工期	承包商	拟定管理要求和质量标准,监督进行情况
声环境	交通噪声控制	黄岭八队提前搬迁,未搬迁前安装通风隔声窗;在交通沿线敏感区设立限速标志和禁鸣标志;选用低噪声车辆;禁止鸣放高音喇叭。	进场时和运行中	承包商	拟定管理要求和质量标准,监督进行情况
	偶发噪声控制	控制爆破规模和爆破时间	施工期	承包商	提出控制性要求
	固定噪声源控制	选用低噪声机械设备和工艺;安装吸声、消声、隔声装置降噪;加强施工设备的维护和保养;合理安排生产时间,控制夜间生产;实行封闭施工。	施工机械设备投入运行之前/之时	承包商	拟定管理要求和质量标准,监督进行情况,监测实施效果。
固体废物	生活垃圾处置	分类收集,外运至屯昌县垃圾处理厂处置	人员进入营地后即实施	承包商或业主	监督检查

	施工区废物处置	分拣, 金属、木材、纸张、塑料等回收, 土石类送弃渣场	整个建设期	承包商	监督检查
人群健康	病原生物管理	消灭传播媒介, 清除积污水	人员进入营地时及以后	承包商	定期检查
	饮用水管理	水源保护、消毒	施工期	业主、承包商	制定保护办法, 实施水质净化, 监测饮用水和水源水质
	环境卫生	设立临时厕所; 生活区修建化粪池, 定期清理。	人员进入营地时及以后	承包商	负责有关事务安排, 支付费用, 监督检查。
	人员健康	定期体检	同上	承包商或业主	审查体检进度, 监督后续医疗
	饮食卫生	营地食堂卫生定期检查	同上	承包商或业主	定期向卫生部门工作人员咨询
	工伤预防与救护	爆破、高空作业	生产活动中	承包商	检查, 在施工区设置一处医疗机构
移民安置	生活污水处理	沼气池、化粪池、地理式成套设备	三同时	移民安置办	监督、检查
	生活垃圾处置	垃圾房、外运	三同时	移民安置办	监督、检查
	生态保护	宣教, 绿化、水保措施	安置点建设及之后	移民安置办	监督、检查
	人群健康保护	水源保护和消毒、杀灭传播媒介、粪便和垃圾无害化处置	安置点建设及之后	移民安置办	监督、检查

9.1.8 环境保护宣传和培训计划

对环境保护管理和专业技术人员应定期邀请环保专家进行讲学、培训, 同时组织考察学习, 以提高其业务水平。

为了提高广大施工人员的生态环境保护意识, 利用各种机会和场合进行环境保护宣传活动。

9.2 环境监理计划

9.2.1 环境监理目的

为保证工程环境保护措施(包括水保措施)得以全面落实和达到预期效果, 本工程需单独实施环境监理。全面监督和检查各施工单位环境保护措施的实施和效果, 及时处理和解决施工过程中出现的环境问题。使环境管理工作融入整个工程实施过程中, 变事后管理为过程管理, 变单纯的强制性管理为强制性和指导性相结合, 从而使环境保护由被动治理污染和破坏变为主动预防和过程治理。

9.2.2 环境监理作用

迈湾水利枢纽工程施工期环境监理的作用主要有：

(1) 预防功能：预测工程实施过程中可能出现的环境问题，预先采取措施进行防范，以达到减少环境污染、保护生态环境的目的。

(2) 制约功能：工程建设涉及的环境保护工作受到各种因素的影响，对此需要对各单位、各环节的工作进行及时检查、牵制和调节，以保证整个过程的平衡协调。

(3) 参与功能：环境监理单位作为经济独立的、公正的第三方，参与工程建设全过程的环保工作。对与工程有关的重大环境问题参与决策。

(4) 反馈功能：监理单位在对监理对象的监督、检查过程中可以及时发现被监理单位 and 被监理事项中存在的问题，收集大量的信息，并随时对信息进行反馈，为有关单位提供改进工作的科学依据。

(5) 促进功能：环境监理的约束机制不仅有限制功能，而且有促进功能，可以促进环保工作向规范化方向发展，更好地完成防治环境污染和生态破坏的任务。

9.2.3 环境监理与工程其他单位的关系

(1) 环境监理与工程监理的关系

环境监理是工程监理的一个组成部分，但又具有相对的独立性。环境监理工作实行环境监理总工程师负责制，环境监理工程师对承包商违反环保条款的行为提出书面处理意见，经环境监理总工程师签发后下发承包商执行。具体由各标中的环保人员负责监督执行，并将结果反馈给环境监理总工程师。但对施工过程中出现的重大环境问题，特别是与工程进度有直接关系的环境事件，须与工程监理相协调。

(2) 环境监理与业主、承包商的关系

环境监理是业主和承包商之外的经济独立第三方。它严格按照合同条款独立、公正地开展工作，即在维护业主利益的同时，也必须维护承包商的合法权益。业主与环境监理的关系是经济法律关系中的委托协作关系，业主与承包商间的关系只是一种经济合同关系。业主与承包商就环保方面的联系必须通过环境监理工程师，以保证命令依据的唯一性。环境监理与承包商的关系是一种工作关系，即工程施工环保工作中的监理与被监理关系。环境监理的存在构成业主、监理、承包商三方相互制约的环境管理格局。

(3) 环境监理与环境监测的关系

环境监理与环境监测是一种互为补充的关系，在环境管理中两者缺一不可。环境监测是工程区环境要素状况的动态反映，是环境管理与环境监理工作的重要依据。监测数

据服务于监理，监理工程师可以根据施工进度提出监测方案调整意见，并通过业主反馈给环境监测单位。

9.2.4 环境监理工作依据

- (1) 环境监理合同；
- (2) 发包人与施工承包人签订的正式合同或协议；
- (3) 工程的施工图纸与文件；
- (4) 水利工程施工监理规范；
- (5) 国家的法律、行政法规、水利工程建设监理及水利建设的部门规章和技术标准及工程所在地的地方法规；
- (6) 国家或国家授权部门与机构批准的工程项目建设文件；
- (7) 发包人指定使用的与本工程的有关制度、办法和规定；
- (8) 生态环境部批复的《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响报告书》，水利部批复的《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程水土保持方案报告书》。

9.2.5 环境监理目标

- (1) 进度目标：环保措施制定与执行进度保持与工程进度同步。
- (2) 质量目标：环保工程措施质量满足设计要求，
- (3) 投资目标：工程措施的费用控制在施工合同规定的相应额度内，环保措施费的使用按业主的有关规定执行。
- (4) 环境保护目标：污染治理、生态保护、环境质量达到经国家生态环境部批复的《海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响报告书》的相关要求。

9.2.6 环境监理机构设置和工作方式

根据本工程规模和施工规划，结合主体工程施工规划要求，在工程现场设置专门的环境监理机构，环境监理部设置专职监理人员。环境监理人员常驻工地，对施工区环境保护工作进行动态管理。监理方式以现场监督管理为主，并随时检查各项环境监测数据，发现问题后，立即要求承包商限期处理，并以公文函件确认。对于限期处理的环境问题，按期进行检查验收，将检查结果形成纪要下发承包商。

9.2.7 环境监理工作方法和程序

(1) 工作方法

主要有：① 进行日常的监理巡视检查；② 出现异常现象时，由建设单位委托环境监测单位进行必要的监测；③ 下发指令性文件，如整改通知等；④ 组织召开环境

例会；⑤ 提交工程环境监理季报、环境监理年报及其他报告；⑥ 审查承包商环境保护工作季报和考评承包商的环境保护工作等。

(2) 环境监理工作程序

工程环境监理是工程监理的重要组成部分，与工程监理地位相同，其工作程序见图 8.2-1。

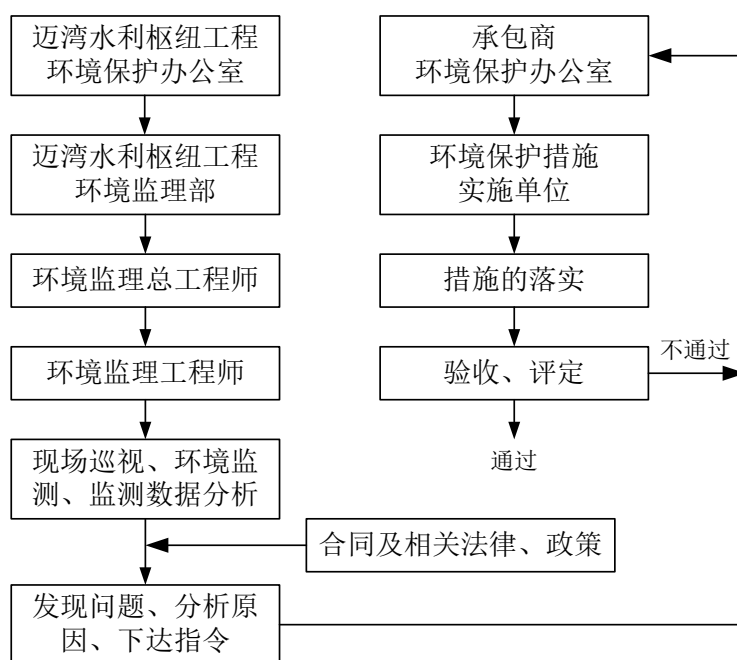


图 8.2-1 迈湾水利枢纽工程环境监理工作程序图

9.2.8 环境监理工作范围和职责

(1) 工作范围

环境监理工作范围包括所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域，包括工程枢纽区、施工场地、生活营地、场内外公路、水库淹没区、渣料场、移民安置区等所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域。

(2) 职责

① 依照国家环境保护法律、法规及标准要求，以经过审批的工程环境影响报告书、环境保护设计及施工合同中环境保护相关条款为依据，监督、检查承包商或环保措施实施单位对工程区环保措施的费用、实施进度、质量及效果。

② 指导、检查、督促各施工承包单位环境保护办公室的设立和正常运行。

③ 根据实际情况，就承包商提出的施工组织设计、施工技术方案和施工进度计划

提出清洁生产等环保方面的改进意见，以保证方案满足环保要求。

④ 审查承包商提出的环境保护措施的工艺流程、施工方法、设备清单及各项环保指标。

⑤ 加强现场的监控，重点监督检查生产废水收集和处理系统、水土保持措施的施工质量、运行情况。对在监理过程中发现的环境问题，以书面形式通知责任单位进行限期处理改进。

⑥ 对承包商施工过程及施工结束后的现场，依据环境保护要求进行检查和质量评定。

9.2.9 环境监理工作制度

(1) 工作记录制度

环境监理工程师每天根据工作情况做出工作记录(监理日志)，重点描述现场环境保护工作的巡视检查情况，当时发生的主要环境问题，问题发生的责任单位，分析产生问题的主要原因，以及监理工程师对问题的处理意见。

(2) 报告制度

监理部每月向工程建设环保管理办公室提交一份环境监理月报，概述该月的环境监理工作情况，说明施工区的环境状况，指出主要的环境问题，提出处理意见，检查与监督处理结果。每半年提交阶段性评估报告，对半年的环境监理工作进行总结。

(3) 函件来往制度

环境监理工程师与承包商双方需要办理的事宜都是通过函件进行传递或确认的。监理工程师在现场检查过程中发现的环境问题，都是通过下发问题通知单的形式，通知承包商需要采取的纠正或处理措施。

(4) 环境例会制度

环境监理部定期会同工程建设环保管理办公室、设计单位、承包商环境保护管理办公室召开环境例会。通过环境例会，承包商对本标的环境保护工作进行回顾总结，监理工程师对该月各标的环境保护工作进行全面评议，肯定工作中的成绩，提出存在问题及整改要求。每次会议都需形成会议纪要。

9.3 环境监测计划

9.3.1 水环境监测计划

(1) 监测目的

了解工程建设及运行中水污染源强、污废水处理设施和水温减缓措施的效果，以及

工程施工和建成运行对水环境的实际影响。

(2) 监测位置、项目及时间

① 施工期

工程水环境监测包括南渡江干流地表水水质监测、污废水水质监测和生活饮用水水源水质监测，以及地下水监测，并结合工程布置，其监测断面/点的布设、监测项目、监测周期、时段和频率见表 8.3-1。

工程施工期水环境监测位置、项目及时间一览表

表 8.3-1

监测类型	编号	监测断面/点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
南渡江干流地表水水质监测	SS1	施工区背景断面，坝址上游 1km	水温、pH、石油类、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、总磷、氨氮、粪大肠菌群及硫化物等 11 项	施工期每年丰、枯期各监测 1 次。
	SS2	施工区控制断面，枢纽施工区		
	SS3	施工区下游控制断面，枢纽施工区下游 500m		
污废水水质监测	WF1	砂石料加工系统废水处理末端	pH、SS、废水流量	每半年监测进水、出水水质，并记录处理水量。
	WF2	副坝生活办公区生活污水排放口	pH、悬浮物、动植物油、化学需氧量、五日生化需氧量、总磷、氨氮、粪大肠菌群、污水流量	施工期每半年监测 1 期，每期监测 2 天，每天监测 2 次(上、下午各 1 次)
	WF3	主坝生活办公区生活污水处理设施排放口		
饮用水源监测	YY1	施工区供水站水池	《生活饮用水水源水质标准》中基本项目	施工期每年 1 次
地下水监测	DX1	左坝肩	水位观测	施工期每月观测 1 次，直至观测孔废止
	DX2	右坝肩		

② 运行期

1) 运行期水质监测

运行期水环境监测点位包括迈湾水库库尾、番企河与南渡江汇合口以下约 1km 处、尾水渠下游 1km 处、中坤河与南渡江汇合口下游约 1km 处及业主营地生活污水处理末端，具体监测项目、监测周期等见表 8.3-2 所示。

运行期水环境监测位置、项目及时间一览表

表 8.3-2

编号	监测点位	监测项目	监测周期	监测时段及频率
YX1	迈湾水库库尾	水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮、氟化物、镉、六价铬、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、汞、砷、铁、锰、悬浮物共 23 项	初期蓄水监测 1 次，竣工环境保护验收监测 1 次	每年 3 期，丰、平、枯各 1 期
YX2	番企河与南渡江汇合口以下约 1km 处			
YX3	中坤河与南渡江汇合口下游约 1km 处			
YX4	坝址处			
YX5	业主营地生活污水 处理末端	化学需氧量、五日生化需氧量、粪大肠菌群、总磷、阴离子表面活性剂，污水流量	竣工环境保护验收监测 1 次，3 天	

2) 运行期水温监测

为掌握迈湾水库运行后水文情势的改变对河流水温的影响，布置 11 个表层水温和 2 个垂向水温观测断面，水温观测断面位置和监测技术要求见表 8.3-3。

水温观测系统新增布设及技术要求情况一览表

表 8.3-3

序号	站名	位置	监测参数	监测频率及时间
1	腰子河	腰子河汇口上游约 500m	表层水温	迈湾下闸蓄水至运行后共 5 年，每日 8:00 观测 1 次
2	迈湾库中	南渡江南坤河汇口下游约 200m	垂向水温	垂向每隔 2m 布置 1 个测点，每月 1 次
3	坝址上游 1km	南渡江	垂向水温	
4	谷石滩坝前	坝址上游 1000m	表层水温	迈湾下闸蓄水至运行后共 5 年，每日 8:00 观测 1 次
5	谷石滩坝下	发电尾水出水口	表层水温	
6	九龙滩坝前	坝址上游 1000m	表层水温	
7	九龙滩坝下	左右岸发电尾水汇合口	表层水温	
8	大塘河	大塘河汇口上游约 1000m	表层水温	
9	金江库中	南渡江大塘河汇口下游约 200m	表层水温	
10	金江坝下	发电尾水出水口	表层水温	
11	东山坝前	坝址上游 1000m	表层水温	
12	东山坝下	生态流量泄放出水口	表层水温	
13	龙塘库尾	南渡江巡崖河汇口下游附近	表层水温	

(3) 采样及分析方法

各监测断面/点的采样点布设、采样及分析方法，均按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)、《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)、《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2011)等有关规定执行。

(4) 监测单位

建议采用合同管理方式，委托当地具有相应监测或测量资质的单位承担。

9.3.2 环境空气监测计划

(1) 监测目的

了解工程施工期大气污染源强及其对环境空气质量的实际影响。

(2) 监测点位布设及监测技术要求

环境空气质量监测点位及监测项目、监测周期、监测时段和监测频率详见表 8.3-4。

(3) 监测分析方法

按照《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T193-2005)和《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ/T194-2005)中规定的有关方法执行。

(4) 资料整编及保存

按《环境监测技术规范》的相关规定执行。原始监测资料及整编成果 3 份交迈湾水利枢纽工程筹备组存档备查。

(5) 监测人员及仪器设备

建议采用合同管理方式，委托当地具有相应监测资质的单位承担。

环境空气监测点位及监测技术要求一览表

表 8.3-4

编号	环境要素	监测点位	监测项目	监测周期	监测时段及频率
SQ1	居民点	黄岭八队	TSP、PM ₁₀ 和 NO ₂	施工期	每年监测 1 次， 取春季代表性的 5 天有效数据，连 续 24h 监测
SQ2	施工区	坝址下游左岸生活区			

9.3.3 声环境监测计划

(1) 监测目的

掌握工程施工噪声源强及其对声环境的实际影响。

(2) 监测点位布设及监测技术要求

噪声监测点及监测项目、监测周期、监测时段和监测频率详见表 8.3-5。

声环境监测点位及监测技术要求一览表

表 8.3-5

编号	环境要素	监测点位	监测项目	监测周期	监测时段及频率
ZS1	居民点	黄岭八队	LAeq	施工期	LAeq 每年每季监测 1 天， 每天昼、夜各监测 1 次
ZS2	施工区	坝址下游左岸生活区			

(2) 监测分析方法

监测方法按照《声环境质量标准》(GB3096-2008)和《建筑施工场界噪声测量方法》(GB12524-90)中规定的有关方法执行。

(3) 资料整编及保存

按《环境监测技术规范》的相关规定执行。原始监测资料及整编成果 3 份交迈湾水利枢纽工程筹备组存档备查。

(4) 监测人员及仪器设备

建议采用合同管理方式，委托当地具有相应监测资质的单位承担。

9.3.4 陆生生态监测计划

(1) 监测范围

以本工程淹没区、施工区为重点，兼顾南渡江流域其他梯级电站建设直接影响、累积影响和因局地气候等环境因素变化而影响的区域。

(2) 监测站网布设

① 流域生态系统完整性监测站网，南渡江流域生态系统完整性监测包括整个干流河段的流域范围，为一个大尺度、宏观的监测区域，设置 1 处生态监测基本站。建议该基本站结合流域国家公园或自然保护区生态观测站建设。

② 生态系统监测小站

建立本工程淹没区及周边热带雨林生态系统监测小站，对流域内若干个小尺度、微观区域热带雨林进行定量监测，包括热带雨林生物多样性样带和样地。在本工程评价范围设置监测小站 3~5 处，并在其他生境较好、保护动植物分布较多的区域各设 1 处，对陆生动植物情况进行监测。

具体监测小站的数量和位置设置应考虑本研究区域不同位置植被特征（包括消落区）、局地气候监测站网设置等要求。

(3) 监测内容

① 生态监测基本站主要监测内容

- 1) 对整个监测范围内的植被、土壤、地表特征等进行遥感监测；
- 2) 以遥感技术为基础，对区域内的陆地生产力进行监测；
- 3) 以遥感技术为基础，对区域内植被群落生境质量进行监测；
- 4) 以遥感技术为基础，对区域内水土流失和土地生态质量进行监测。

② 生态系统监测小站主要监测内容

1) 主要雨林植物物种、典型雨林群落的现存面积、分布状况，包括监测区域的主要雨林物种组成、海拔、坡度、坡向、坡位、地貌、主要物种的数量或盖度；主要雨林资源植物的种类及分布状况；主要珍稀、濒危植物及特有植物的种类、生长状况等；

2) 陆生动物的种类、分布、生境状况；

3) 主要雨林珍稀濒危动物种类和生境调查，以及重要物种的数量分布状况；

4) 物候观测：除常见的、分布较广的雨林动植物外，还应对根据区域特点选定的、对当地雨林或森林有指示意义的关键性种类进行观测。

5) 监测小站所在区域气候要素/物候气象要素的观测，与附近已有气象测站或局地气候观测计划中所确定的站网的观测内容相结合。

(3) 监测时间和频次

本工程水库蓄水前调查 1 次；蓄水后，以 3 年为 1 个监测周期，进行 3 次监测，每次监测时在一个年度内分别进行夏季和秋季 2 期监测，物候观测则考虑春、夏、秋季各 1 期；重点关注的珍稀保护物种每年观测 1 次。

(4) 监测方法

① 遥感监测：利用 ArcGIS Engine 技术和 Visual Basic 开发平台，以基础地理信息、生态专业数据和属性信息为基础建立数据库，依托 GIS 的空间分析性能进行监测，得到生物丰度指数、植物盖度指数、景观多样性值和优势度值等，来判断植物和植被的变化。

② 植物监测：样方调查和样线调查相结合。乔木样方 20m×50m，灌木样方 5m×5m。根据植物分布情况，选择样地内固定样线 2~3 条调查，着重调查雨林植物的垂直和水平分布、植物物种。此外，监测过程中应密切关注本地危害或外来入侵种的种类、数量、入侵速度。

③ 动物监测

两栖爬行动物：采用抓捕法、访问法调查两栖类和爬行类动物种类、数量、分布特征等。

鸟类：采用观测法、访问法调查鸟类种类、数量、分布特征等。

兽类样方：采用痕迹法、铗日法、访问法调查兽类动物种类、数量、分布特征等。

9.3.5 水生生态监测计划

9.3.5.1 监测方案

(1) 过鱼设施效果监测

水库蓄水后应开展过鱼设施效果监测评估，包括集鱼效果、过鱼效果、放流效果监测评估等。

① 集鱼效果监测

主要内容有：

- 1) 监测评估在各种运行情况和尾水条件下，鱼类是否都能聚集进入集鱼池。
- 2) 进口的光、色、水流条件和影响鱼类寻找进口的其它因素。
- 3) 下游水位涨落对进口水流条件和鱼类寻找进口的影响。
- 4) 记录最有利的进鱼条件、进口水流、水深、光色，进鱼量最大的时间和季节。
- 5) 进行标志投鱼试验，估算正常运行情况下的进鱼比例。

② 过鱼效果监测评估

主要内容有：

- 1) 过鱼能力的监测；
- 2) 鱼类损伤情况监测；
- 3) 升鱼系统与集鱼系统及放鱼系统之间的衔接程度监测，是否存在改进之处。

③ 放鱼效果监测评估

主要内容有：

- 1) 不同放鱼地点对鱼类上溯能力影响的评估；
- 2) 不同鱼类其最佳放流生境的监测。

(2) 增殖放流效果监测

① 调查点位

为调查迈湾水利枢纽工程增殖放流活动对恢复水生生态环境的效果，结合鱼类增殖站的标志放流工作，对迈湾水库蓄水前后的水生生态环境变化进行监测，共设 4 个监测断面，分别为松涛坝下、迈湾库区、迈湾下游谷石滩库区，各断面可根据具体情况适当调整。

② 调查内容

- 1) 环境要素监测：水温、pH、溶解氧、COD、BOD₅、悬浮物、总磷、总氮、氨氮。

其中部分要素的监测可结合水环境监测计划进行。

2) 水生生物监测：叶绿素 a 含量、浮游生物、底栖动物、水生维管束植物的种类、分布密度、生物量。

3) 鱼类集合和种群动态：鱼类的种类组成、种群结构、资源量，重点监测珍稀保护及濒危鱼类、特有鱼类以及主要经济鱼类的种群动态及组成变化。进行水库蓄水前后的对比，反映增殖放流后对本工程上下游的鱼类种类和资源量的改善作用。

4) 鱼类种质与遗传多样性：主要保护对象花鳗鲡等天然种群的形态学、生物学、生物化学、分子生物学等种质指标及遗传结构。

5) 鱼类产卵场与繁殖生态：鱼类种类、早期资源组成与比例、时空分布、繁殖量、水文要素(温度、流速、水位)、产卵场的分布与规模、繁殖时间和频次。

③ 调查方法

按照《内陆水域渔业自然资源调查规范》等有关要求进行。

(3) 人工鱼巢效果监测

包括 5 个人工鱼巢投放点，对每处人工鱼巢采用抽查的方式，随机抽出 10 串，计算其鱼卵附着情况。再随机采集部分鱼卵带回室内孵化、鉴定，计算受精率；继续人工培育，待鱼苗进一步成长后，鉴定主要产卵种类。

(4) 栖息地保护效果监测

① 河道水文监测，包括典型断面的流量、水深、流速、泥沙、水温、河床变化情况等等。

② 河道水质监测，将结合库区水质环境监测实施方案。

③ 水生生态监测，包括浮游植物、浮游动物、底栖动物、维管束植物、鱼类区系组成、鱼类资源量及分布情况、鱼类“三场”情况。

(5) 水生生态影响监测

在腰子河、本工程库尾段、库区、谷石滩库区各设置 1 个监测点，监测内容包括各水文要素、浮游植物、浮游动物、底栖动物、维管束植物，鱼类鱼卵、仔、稚鱼种类组成、数量分布、渔获物种类组成、优势种、数量分布以及重要水生动物等。

9.3.5.2 调查监测计划

本项目水生生态监测主要包括过鱼设施效果监测、增殖放流效果监测、人工鱼巢效果监测、栖息地保护效果监测和水生生态影响监测；监测时段分为施工期、蓄水前、竣工验收前和运行期；监测时间主要为鱼类产卵期及鱼类生态敏感期。具体监测计划见表

8.3-8 所示。

施工期、蓄水前、竣工验收前监测费用纳入本工程环境保护投资（见 9.3.4 节），运行期费用纳入工程运行费用。

本项目水生生态相关监测计划一览表

表 8.3-8

监测方案		施工期	蓄水前	竣工验收前	运行期
过鱼设施效果监测	次数	/	/	1 次	过鱼设施运行期间持续监测
	时间	/	/	4~8 月	
增殖放流效果监测	次数	/	/	1 次	前 4 年监测 2 次，4 年后每 3 年 1 次
	时间	/	/	4~8 月	
人工鱼巢效果监测	次数	/	/	1 次	前 3 年每年监测 1 次，3 年后每 3 年 1 次
	时间	/	/	4~8 月	
栖息地保护效果监测	次数	/	1 次	1 次	前 3 年每年监测 1 次，3 年每 3 年 1 次
	时间	/	4~8 月		
水生生态影响监测	次数	3 次	1 次	1 次	前 3 年每年监测 1 次，3 年后每 3 年 1 次
	时间	4~8 月			

9.3.5.3 调查单位

由业主委托具有相应技术实力的科研调查单位共同承担。

9.3.6 人群健康调查计划

(1) 调查目的

掌握施工人群的健康状况，以便及时采取人群健康保护对策。

(2) 调查内容、时间

人群健康调查仅施工期，每年对施工人员进行抽样检疫 1 次，检疫人数为施工区总人数的 10%；每年对食堂工作人员进行定期检查。结合工程区域近年主要传染病和地方病流行状况，重点检疫疾病为鼠疫、细菌性痢疾、甲型肝炎和疟疾等。

每年定期调查疾病媒介生物，如蚊、鼠、苍蝇、蟑螂、螨、跳蚤和虱子等。

(3) 调查单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的卫生防疫部门承担。

9.3.7 移民安置区环境监测计划

(1) 生活污水水质监测计划

① 监测目的

掌握迈湾移民安置区生活饮用水水质及污水处理设施出水水质，保证饮用水水质、集中居民点污水处理设施出水水质满足相应卫生、环保要求。

② 监测点布设

在移民安置区水源、污水处理设施出水口各布设 1 个监测点。

③ 监测频率及时间

在移民安置区建成投产后连续监测 3 年，每年监测 1 次。

④ 监测方法

按《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)要求执行。监测项目为 pH、SS、COD、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群共 7 项。

⑤ 监测单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的环境监测单位承担。

(2) 人群健康调查计划

① 调查目的

掌握移民的主要传染病发病情况，制定并采取及时的传染病防治计划，减免移民搬迁可能带来的人群健康影响，降低移民安置区传染病发病率，提高移民人群健康质量。

② 调查内容、时间

移民人群健康调查分为普查和定点跟踪调查。在移民搬迁安置前，对所有的移民进行 1 次普查；移民安置后，对本工程移民安置区移民进行定点跟踪调查，人数为该移民安置区总人数的 30%，连续调查 2 年，每年在 5 月份左右进行 1 次。

重点检疫疾病为水痘、腮腺炎、鼠疫、细菌性痢疾等。

同期调查疾病媒介生物，如苍蝇、鼠、蟑螂、螨、跳蚤和虱子等。

③ 调查单位

建议采用合同管理方式，委托当地具备相应资质的卫生防疫部门承担。

9.3.8 土壤环境监测计划

(1) 调查目的

了解施工期及运行期土壤环境受影响情况，以便及时采取土壤防控措施。

(2) 监测位置、项目及时间

工程施工期及运行期监测点位、监测项目、监测周期、时段和频率分别见表 8.3-9 和表 8.3-10。

工程施工期土壤环境监测计划一览表

表 8.3-9

编号	监测点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
TR1	迈湾坝址	pH 值、盐度、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍	施工高峰期监测 1 次
TR2	黄岭八队农用地		
TR3	库尾番企村建设用地	pH 值、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌	
TR4	坝下谷石滩坝址右岸农用地	pH 值、盐度、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌	
TR5	库尾松涛村农用地		

工程运行期土壤环境监测计划一览表

表 8.3-10

编号	监测点位置	监测项目	监测周期、时段及频率
TR1	迈湾坝址	pH 值、盐度、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍	pH 值、盐度每 5 年监测 1 次,其余指标竣工环境保护验收监测 1 次
TR2	黄岭八队农用地		
TR3	库尾番企村建设用地	pH 值、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌	竣工环境保护验收监测 1 次
TR4	坝下谷石滩坝址右岸农用地	pH 值、盐度、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌	
TR5	库尾松涛村农用地		

(3) 采样及分析方法

工程施工期及运行期各点位土壤取样均取表层样点,在 0~0.2m 取样,表层样监测点的土壤监测取样方法参照 HJ/T 166 执行。监测项目监测方法按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)中要求的方法进行监测。

(4) 监测单位

建议采用合同管理方式,委托具有相应监测资质的单位承担。

9.4 环境保护竣工验收

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》中的有关要求,工程建设过程中的污染防治措施必须与建设项目同时设计、同时施工、同时投入运行。结合表 8.4-1 分阶段环境保护工程实施要求,迈湾水利枢纽工程环境保护工程验收计划如下:

(1) 蓄水阶段验收

① 施工期部分环境保护工程土建工程验收

施工期阶段环境保护工程验收主要是针对施工期内须开展建设的环境保护工程进行验收，以落实和督促其按要求及时建设。

② 施工期环境保护工程运行阶段验收

主要是针对施工期间已实施的环境保护工程的运行情况进行阶段验收，如施工废水处理系统运行情况验收、生活营地污水处理设施运行情况验收、施工迹地临时修复措施验收、垃圾收集和清运情况验收等。

③ 验收重点

水库蓄水及运行期下泄流量环保调度方案、生态泄水设施、叠梁门分层取水设施、过鱼设施、鱼类增殖放流站及移民专项环评应作为主要验收内容。

(2) 竣工环保验收

主要是工程竣工后的环境保护工程验收，按照有关规定实施，验收内容包括迈湾工程各阶段各项环境保护设施，如污废水处理系统和监测、生态修复和监测措施等。项目竣工后，应按规定程序完成竣工环境保护验收。

若工程或环保措施发生重大变更必须重新报批环境影响报告书。工程自批复之日起5年内未开工建设，本批复文件自动失效，建设单位需重新报审环评文件。项目建成竣工环保验收运行3~5年，应开展环境影响后评价工作。

“三同时”环境保护验收一览表

表 8.4-1

阶段	环境要素		环保措施	验收内容及重点	验收要求
蓄水验收	地表水	生产废水	砂石料冲洗废水处理	废水处理设施建成情况，废水处理设施、运行情况以及处理效果	满足设计要求，能够正常投运，处理回用于本系统，不排放 处理后用于施工区洒水
			混凝土拌合系统废水处理		
			含油废水处理		
	地下水	地下水监测	施工前开展地下水监测	监测报告	满足本报告提出监测内容要求
		生态环境	土壤	对施工场地的表土进行剥离	表土堆存场的使用情况
	陆生动植物		施工期环境管理	管理措施实施情况	对陆生动植物不产生明显影响
			植物移栽	水库淹没区珍稀保护植物和古树移栽保护情况	移栽植物成活
	水生生态		设置鱼类增殖站	鱼类增殖站建成	开展增殖放流工作。
			升鱼机	升鱼机建成、运行情况及过鱼效果；九龙滩、谷石滩补建成鱼道	满足设计要求，能够正常投运，实现过鱼目的
			设置生态流量泄放设施	检查生态流量泄放设施设置情况；松涛补建生态流量泄放设施	满足设计，并能够实现下泄流量过程要求
	库底清理		按照相关规范要求库底清理	清理设计以及实施情况	满足规范要求

“三同时”环境保护一览表

续表 8.4-1

阶段	环境要素		环保措施	验收内容及重点	验收要求
蓄水阶段	噪声	施工噪声	管理和控制措施	管理措施实施情况	满足区域环境功能要求
	大气	施工场地	洒水降尘等	洒水降尘设施、洒水频率以及效果	满足区域环境功能要求
	固体废物		工程弃渣堆放至指定弃渣场；生活垃圾进行统一收集，外运填埋处置	弃渣堆放情况；垃圾箱、垃圾池设置情况，垃圾外运处置情况	弃渣按要求堆放；生活垃圾无害化处理
竣工验收	地表水	业主营地生活污水	一体化设备处理	污水处理设施、影响调查及运行情况	处理后用于绿化
	固体废物		生活垃圾进行统一收集，外运填埋处置	垃圾箱、垃圾池设置情况，垃圾外运日常管理	外运处置
	生态环境	施工迹地植被恢复	各施工迹地清理后开展植被恢复或复垦	植被恢复效果以及影响	满足水保方案和本报告植被恢复要求
		鱼类资源量	鱼类增殖放流站	鱼类增殖站建设、运行情况	满足鱼类增殖放流规模要求
		鱼类栖息地	腰子河鱼类栖息地保护	拆除 3 座小水电	满足鱼类栖息生境要求
		鱼类洄游通道	修建迈湾、补建九龙滩和谷石滩过鱼设施	过鱼设施的建设情况和运行效果	满足鱼类上行和下行的要求
	移民安置区	生活污水	化粪池处理，处理后的污水用于农、林灌	污水处理设施建设、运行情况	排放去向落实
		生活垃圾	集中收集后外运处理	垃圾收集设施会以及外运情况	无害化处理

10 环境保护投资估算与经济损益分析

10.1 编制依据

- (1) 水利部《水利水电工程环境保护概估算编制规程》(SL359-2006)。
- (2) 国家经济贸易委员会公告 2002 第 78 号文件公布的《水电工程设计概算编制办法及计算标准》(2002 年版)(以下简称“编制办法”)。
- (3) 国家计委投资〔1999〕1340 号“关于加强对基本建设大中型项目概算中价差预备费管理有关问题的通知”
- (4) 农村移民安置区参照水库概算相关标准及定额进行编制。
- (5) 建筑工程执行《水力发电建筑工程概算定额》；施工机械台时费执行《水力发电工程施工机械台时费定额》。
- (6) 现行有关定额和费用标准及当地询价。
- (7) 涉及材料基础单价与主体工程相同。

10.2 编制原则

- (1) 环境保护作为工程建设的一项重要内容，其概算依据、价格水平年与主体工程一致；
- (2) 枢纽工程本身具有的环境保护功能设施的费用列入枢纽工程概算，本概算不再重复计列；
- (3) 主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致。

10.3 费用构成

工程环境保护投资估算按措施内容划分，包括水土保持工程费用、水环境保护工程费用、环境空气保护工程费用、声环境保护工程费用、陆生动植物保护工程费用、生活垃圾处置工程费用、人群健康保护费用、环境监测费用和运行费用。按照项目划分，又可分为枢纽建筑物、建设征地移民安置、独立费用等部分。

迈湾水利枢纽工程环境保护投资费用概算见表 10.3-1，总投资费用 63521.06 万元，其中枢纽建筑工程环保投资 22040.12 万元，建设征地移民安置环境保护投资 783.26 万元，流域“流域“以新带老”工程”投资 29729.83 万元。

迈湾水利枢纽工程环境保护投资概算表

表 10.3-1

单位：万元

序号	项 目	费用(万元)	备注
第一部分：枢纽建筑环境保护投资		22040.12	
一	水土保持	3035.76	
1	工程措施	2034	
2	植物措施	698.31	
3	施工辅助措施	303.45	
二	水环境保护措施	3550.61	
1	施工期水环境保护措施	3445.27	
1.1	砂石料冲洗废水处理系统	2367.16	
1.2	混凝土拌和系统废水处理系统	63.04	
1.3	含油废水处理系统	70.38	
1.4	洗车废水处理系统	40.62	
1.5	业主营地生活污水处理系统	147.18	
1.6	主坝区营地生活污水处理系统	450.24	
1.7	副坝区营地生活污水处理系统	182.27	
1.8	加油站生活污水处理系统	37.44	
1.9	施工区粪便污水处理系统	69.78	
1.10	基坑废水处理系统	17.16	
2	运行期水环境保护措施	105.34	
2.1	厂房生活污水处理系统	15.84	
2.2	厂房含油废水处理系统	48.00	
2.3	库区水质保护措施	41.50	
三	大气环境保护工程	341.60	
1	砂石和混凝土系统除尘	152.00	
2	道路洒水、清扫	189.60	
四	声环境保护工程	51.50	
1	限速禁鸣标志	1.50	
2	砂石料加工系统降噪	30.00	
3	通风隔声窗	20	
五	生活垃圾处理工程	106.58	
1	垃圾收集设施	26.80	
2	垃圾运输处置费	79.78	
六	生态环境保护措施	13730.00	
1	陆生生态保护措施	513.14	
1.1	陆生生态修复	0.00	
1.2	陆生植物保护	273.14	
1.3	陆生生态保护宣传等	240.00	
2	水生生态保护措施	13216.86	
2.1	鱼类栖息生境	3000.00	
2.2	过鱼设施	5527.26	

2.3	鱼类增殖放流站	4439.60	
2.4	人工鱼巢	100.00	
2.5	渔政管理	150.00	
七	人群健康保护工程	100.74	
1	卫生清理	14.00	
2	卫生检疫和健康检查	26.74	
3	卫生防疫站	60.00	
八	环境监测和调查工程	1123.32	
1	水土保持监测	215.22	
2	水环境监测	77.90	
3	大气环境监测	9.60	
4	声环境监测	1.60	
5	陆生生态调查	140.00	含观测站点费
6	水生生态调查	600.00	
7	人群健康监测	72.00	
8	土壤监测	7.00	
第二部分：建设征地迁移人口安置		783.26	
一	迁移人口安置区环保投资	760.02	
1	生活污水处理	641.60	
2	生活垃圾处置	77.40	
3	生态环境保护措施	3.00	
4	环境空气和声环境保护措施	27.00	
5	人群健康保护	10.52	
6	环境监测	0.50	
二	专业项目处理环保投资	23.24	
1	水环境保护	3.00	
2	生活垃圾处理	0.54	
3	生态环境保护措施	3.00	
4	环境空气和声环境保护措施	12.00	
5	环境监测	4.70	
第三部分：流域“以新带老”工程		29729.83	
1	松涛水库生态流量泄放工程	14729.48	
2	谷石滩鱼道	7902.98	
3	九龙滩鱼道	7097.38	
第四部分：独立费用		9722.34	
一	项目建设管理费	4729.79	
1	建设管理费	1418.94	按第一至三部分的 2.70%
2	环境监理费	1208.72	按第一至三部分的 2.3%
3	咨询服务费	1313.83	按第一至三部分总和的 2.5%
4	项目技术经济评估审查费	262.77	按第一至三部分总和的 0.5%
5	项目验收	525.53	按第一至三部分总和的 1%
二	科研勘察设计费	4992.55	

1	施工科研试验费	788.30	按第一至三部分的 1.5%
2	勘察设计费	4204.26	按第一至三部分的 8%
	基本预备费	1245.51	按一~四部分总和的 2%
	静态总投资	63521.06	

10.3.1 水土保持投资费用

本水土保持工程估算投资为 3035.76 万元，其中水土保持工程措施投资 2034 万元，植物措施投资 698.31 万元，施工临时工程投资 303.45 万元。

10.3.2 水环境保护措施投资费用

本工程污水处理费用主要包括砂石料冲洗废水处理系统、混凝土拌和楼冲洗废水处理系统、含油废水处理系统、承包商营地生活污水处理系统、业主营地生活污水处理系统、运行期厂房含油废水处理系统及运行期厂房生活污水处理系统，合计 3445.27 万元。

施工期污、废水处理工程投资概算表

表 10.3-2

序号	工程或费用名称	单位	单价（元）		数量	费用（万元）	备注
			设备费	建安费			
—	砂石料冲洗废水处理系统					2367.16	
1	土建费					214.45	
1.1	土方开挖	m ³		20.40	2729.87	5.57	
1.2	石方开挖	m ³		57.89	682.47	3.95	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	1024.95	2.66	
1.4	混凝土	m ³		646.79	803.77	51.99	
1.5	钢筋	t		8508.00	96.45	82.06	
1.6	砖砌	m ³		400.00	1072.49	42.90	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	981.79	25.33	
2	设备及安装费					1046.34	
2.1	管道及安装	项				68.58	
2.1.1	铸铁管	t		15000	20.10	30.14	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	10.05	20.09	
2.1.3	钢管	t		7150	14.07	10.06	
2.1.4	钢管件	t		9750	7.04	6.86	
2.1.5	不锈钢栏杆	m		201.96	71.00	1.43	
2.2	设备及安装					977.76	
2.2.1	砂水分离器	套	200000	40000	3	72.00	
2.2.2	DH 高效旋流净化器	套	715000	143000	4	343.20	
2.2.3	高效混凝混合器	套	27000	5400	4	12.96	

2.2.4	加药装置	套	50000	10000	4	24.00	
2.2.5	污水提升泵	套	12000	2400	4	5.76	
2.2.6	陶瓷压滤机	套	1400000	280000	3	504.00	
2.2.7	清水泵	套	5000	1000	4	2.40	
2.2.8	渣浆泵	套	25000	5000	4	12.00	
2.2.9	电磁流量计	套	3000	600	4	1.44	
3	运行费					1106.37	
3.1	消耗性材料费	t		3000	449.35	134.80	
3.2	检修维护费	年		126880	4	50.75	
3.3	动力费	年		1837350	4	734.94	
3.4	人工费					96.00	
3.4.1	负责人	人.年		60000.00	4	24.00	1人
3.4.2	普通工人	人.年		30000.00	24	72.00	6人
3.5	污泥处置费	t		10.00	89869.57	89.87	
二	混凝土拌和系统废水处理系统					63.04	
1	土建费					14.06	
1.1	土方开挖	m ³		20.40	158.76	0.32	
1.2	石方开挖	m ³		57.89	39.70	0.23	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	79.66	0.21	
1.4	混凝土	m ³		646.79	74.00	4.79	
1.5	钢筋	t		8508.00	8.88	7.56	
1.6	浆砌块石	m ³		257.96	37.00	0.95	
2	设备及安装费					26.38	
2.1	管道及安装	项				20.38	
2.1.1	铸铁管	t		15000	5.80	8.69	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	2.90	5.80	
2.1.3	钢管	t		7150	4.06	2.90	
2.1.4	钢管件	t		9750	2.03	1.98	
2.1.5	不锈钢栏杆	m		201.96	50.00	1.01	
2.2	设备及安装					6.00	
2.2.1	回用水泵	套	25000	5000	2	6.00	
3	运行费					22.61	
3.1	消耗性材料费	t		3000	31.62	9.49	
3.2	检修维护费	年		714	4	0.29	
3.3	动力费	年		1569	4	0.63	
3.4	人工费	人.年				12.00	
3.4.1	普通工人	人.年		30000	4	12.00	
3.5	污泥处置费	t		10	210.12	0.21	

三	含油废水处理系统					70.38	
1	土建费					13.57	
1.1	土方开挖	m ³		20.40	127.98	0.26	
1.2	石方开挖	m ³		57.89	31.99	0.19	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	45.49	0.12	
1.4	混凝土	m ³		646.79	66.66	4.31	
1.5	钢筋	t		8508.00	8.00	6.81	
1.6	砖砌	m ³		400.00	21.18	0.85	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	40.48	1.04	
2	设备及安装费					30.68	
2.1	管道及安装	项				27.80	
2.1.1	铸铁管	t		15000	4.86	7.29	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	2.43	4.86	
2.1.3	钢管	t		7150	3.40	2.43	
2.1.4	钢管件	t		9750	13.56	13.22	
2.2	设备及安装					2.88	
2.2.1	潜污泵	套	12000	2400	2	2.88	
3	运行费					26.13	
3.1	检修维护费	年		2400	4	0.96	
3.2	动力费	年		2489	4	1.00	
3.3	人工费	人.年				24.00	
3.3.1	普通工人	人.年		30000	8	24.00	
3.4	污泥处置费	t		10	170.32	0.17	
四	洗车废水处理系统					40.62	
1	土建费					12.20	
1.1	土方开挖	m ³		22.99	113.84	0.26	
1.2	石方开挖	m ³		57.85	28.46	0.16	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	54.25	0.14	
1.4	混凝土	m ³		646.79	64.76	4.19	
1.5	钢筋	t		8508.00	7.77	6.61	
1.6	浆砌块石	m ³		257.96	32.38	0.84	
2	设备及安装费					11.54	
2.1	管道及安装	项				8.66	
2.1.1	铸铁管	t		15000	2.59	3.89	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	1.30	2.59	
2.1.3	钢管	t		7150	1.81	1.30	
2.1.4	钢管件	t		9750	0.91	0.88	
2.2	设备及安装					2.88	
2.2.1	潜污泵	套	12000	2400	2	2.88	
3	运行费					16.88	

3.1	消耗性材料费	t		3000	9.26	2.78	
3.2	检修维护费	年		2400	4.00	0.96	
3.3	动力费	年		2743	4.00	1.10	
3.4	人工费					12.00	
3.4.1	普通工人	人.年		30000	4.00	12.00	
3.5	污泥处置费	t		10	47.60	0.05	
五	业主营地生活污水 处理系统					147.18	
1	土建费					41.12	
1.1	土方开挖	m ³		22.99	487.68	1.12	
1.2	石方开挖	m ³		57.85	121.92	0.71	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	215.47	0.56	
1.4	混凝土	m ³		646.79	213.71	13.82	
1.5	钢筋	t		8508.00	25.65	21.82	
1.6	砖砌	m ³		400.00	4.05	0.16	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	113.60	2.93	
2	设备及安装费					56.71	
2.1	管道及安装	项				29.11	
2.1.1	铸铁管	t		15000	8.71	13.07	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	4.36	8.71	
2.1.3	钢管	t		7150	6.10	4.36	
2.1.4	钢管件	t		9750	3.05	2.97	
2.2	设备及安装					27.60	
2.2.1	成套污水处理设备	套	200000	40000	1	24.00	
2.2.2	潜水无堵塞泵	套	15000	3000	2	3.60	
3	运行费					49.35	
3.1	消耗性材料费	t		3000	8.58	2.58	
3.2	检修维护费	年		21500	4.00	8.60	
3.3	动力费	年		3551	4.00	1.42	
3.4	人工费	人.年				36.00	
3.4.1	负责人	人.年		60000	4.00	24.00	
3.4.2	普通工人	人.年		30000	4.00	12.00	
3.5	污泥处置费	t		50	151.09	0.76	
六	主坝区营地生活污 水处理系统					450.24	
1	土建费					182.67	
1.1	土方开挖	m ³		22.99	2349.90	5.40	
1.2	石方开挖	m ³		57.85	587.48	3.40	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	886.01	2.30	
1.4	混凝土	m ³		646.79	945.54	61.16	

1.5	钢筋	t		8508.00	113.46	96.54	
1.6	砖砌	m ³		400.00	20.25	0.81	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	506.52	13.07	
2	设备及安装费					180.22	
2.1	管道及安装	项				129.10	
2.1.1	铸铁管	t		15000	38.63	57.95	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	19.32	38.63	
2.1.3	钢管	t		7150	27.04	19.34	
2.1.4	钢管件	t		9750	13.52	13.18	
2.2	设备及安装					51.12	
2.2.1	成套污水处理设备	套	400000	80000	1	48.00	
2.2.2	潜水无堵塞泵	套	13000	2600	2	3.12	
3	运行费					87.35	
3.1	消耗性材料费	t		3000	47.69	14.31	
3.2	检修维护费	年		41300	4	16.52	
3.3	动力费	年		8200	4	3.28	
3.4	人工费	人.年				48.00	
3.4.1	负责人	人.年		60000	4	24.00	
3.4.2	普通工人	人.年		30000	8	24.00	
3.5	污泥处置费	t		50	1049.16	5.25	
七	副坝区营地生活污水 处理系统					182.27	
1	土建费					59.79	
1.1	土方开挖	m ³		22.99	720.12	1.66	
1.2	石方开挖	m ³		57.85	180.03	1.04	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	323.45	0.84	
1.4	混凝土	m ³		646.79	309.96	20.05	
1.5	钢筋	t		8508.00	37.20	31.65	
1.6	砖砌	m ³		400.00	6.75	0.27	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	166.23	4.29	
2	设备及安装费					80.97	
2.1	管道及安装	项				42.33	
2.1.1	铸铁管	t		15000	12.67	19.00	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	6.33	12.67	
2.1.3	钢管	t		7150	8.87	6.34	
2.1.4	钢管件	t		9750	4.43	4.32	
2.2	设备及安装					38.64	
2.2.1	成套污水处理设备	套	300000	60000	1	36.00	
2.2.2	潜水无堵塞泵	套	11000	2200	2	2.64	
3	运行费					41.50	

3.1	消耗性材料费	t		3000	7.15	2.15	
3.2	检修维护费	年		31100	4.00	12.44	
3.3	动力费	年		5327	4.00	2.13	
3.4	人工费					24.00	
3.4.1	普通工人	人.年		30000	8.00	24.00	
3.5	污泥处置费	t		50	157.39	0.79	
八	加油站生活污水处 理系统					37.44	
1	土建费					1.81	
1.1	土方开挖	m ³		22.99	36.55	0.08	
1.2	石方开挖	m ³		57.85	9.14	0.05	
1.3	土石方回填	m ³		25.96	27.90	0.07	
1.4	混凝土	m ³		646.79	8.44	0.55	
1.5	钢筋	t		8508.00	1.01	0.86	
1.6	砖砌	m ³		400.00	1.08	0.04	
1.7	浆砌块石	m ³		257.96	6.02	0.16	
2	设备及安装费					17.59	
2.1	管道及安装	项				1.27	
2.1.1	铸铁管	t		15000	0.38	0.57	
2.1.2	铸铁管件	t		20000	0.19	0.38	
2.1.3	钢管	t		7150	0.27	0.19	
2.1.4	钢管件	t		9750	0.13	0.13	
2.2	设备及安装					16.32	
2.2.1	成套污水处理设备	套	120000	24000	1	14.40	
2.2.2	潜水无堵塞泵	套	8000	1600	2	1.92	
3	运行费					18.03	
3.1	消耗性材料费	t		3000	1.23	0.37	
3.2	检修维护费	年		12800	4.00	5.12	
3.3	动力费	年		1023	4.00	0.41	
3.4	人工费					12.00	
3.4.1	普通工人	人.年		30000	4.00	12.00	
3.5	污泥处置费	t		50	26.98	0.13	
九	施工区粪便污水处 理系统					69.78	
1	设备及安装费					43.20	
1.1	生态厕所	座	60000	12000	6	43.20	
2	运行费					26.58	每个厕所 1 个 月 4 桶
2.1	消耗性材料费					0.18	按设备的 10%
2.1.1	发泡剂	桶		75	24	0.18	
2.2	检修维护费	年		6000	4	2.40	

2.3	人工费					24.00	
2.3.1	普通工人	人.年		30000	8	24.00	
十	基坑废水处理系统					17.16	
1	运行费					17.16	
1.1	消耗性材料费	t		3000	12	3.60	
1.2	动力费	年		2400	4	0.96	
1.3	人工费	人.年		30000	4	12.00	
1.4	污泥处置费	t		50	120	0.60	
	合计					3445.27	

运行期污、废水处理及库区水质保护工程投资概算表

表 10.3-3

序号	工程或费用名称	单位	单价(元)		数量	费用(万元)	备注
			设备费	建安费			
一	厂房生活污水处理系统					15.84	
1	设备及安装费					15.84	
1.1	化粪池	座	12000	2400	1	1.44	5-12A2 型
1.2	成套污水处理设备	套	120000	24000	1	14.40	DW2-1
2	运行费					0.00	纳入工程运行费
二	厂房含油废水处理系统					48.00	
1	设备及安装费					48.00	
1.1	油水分离设备	套	400000	80000	1	48.00	
2	运行费					0.00	纳入工程运行费
三	库区水质保护措施					41.50	
1	水源保护标识	处	1000	500	20	3.00	
2	库区水质在线监测系统	套	50000	5000	7	38.50	
	合计					105.34	

10.3.3 环境空气和声环境保护措施投资费用

本工程施工区大气污染防治费用包括砂石料、混凝土、渣场、各个施工区域及交通粉尘消减与控制措施，费用合计 341.60 万元，具体详见表 10.3-4。

施工期环境空气保护投资概算表

表 10.3-4

序号	处理措施	单位	数量	单价(元)	总计(万元)	备注
一	砂石和混凝土系统除尘				152.0	
1	设备费	套	2	600000	120	除尘设备
2	运行费用	年	4	80000	32	
二	道路洒水、清扫				189.6	
1	洒水车	辆	2	300000	60	

2	司机人工费	人·年	8	40000	32	
3	车辆维护保养费	辆·年	4	50000	20	
4	车辆油耗	辆·年	4	50000	20	
5	清扫工人	人·年	16	36000	57.6	4名清扫工
三	施工场地洒水				/	由承包商定期人工洒水
四	道路两侧绿化				/	纳入工程投资
合计					341.6	

声环境保护投资主要包括设立限速、隔振减振器等费用，共 51.50 万元，具体见表 10.3-5。机械防振底座的安装、维护等费用列入工程费用中，不再计算。

施工期声环境保护投资概算表

表 10.3-5

序号	项目	单位	数量	单价(元)	小计(万元)
1	限速禁鸣标志	处	3	5000	1.5
2	砂石料加工系统降噪	处	1	300000	30
3	通风隔声窗	户	20	10000	20
合计					51.5

10.3.4 生态保护费用

10.3.4.1 陆生生态保护

陆生生态修复费用包括苗木、场地整理、覆土、植被种植、灌溉系统建设、管护、技术服务等，该部分投资纳入水土保持费用，不重复计算。本工程陆生生态保护费用主要包括珍稀保护植物和古树移栽及陆生动物保护费，共计 513.14 万元。

(1) 陆生植物保护

陆生植物保护主要为珍稀保护植物和古树移栽保护，费用合计 273.14 万元。

珍稀保护植物与古树移栽保护投资一览表

表 10.3-6

序号	工程或费用名称	经济技术指标				大树数量(株)	合计(万元)
		单位	单价(元)	数量	大树规格		
1	截枝						2.98
1.1	人工费	工日	200	5	胸径: <70cm	17	1.70
			200	8	胸径: ≥70cm	8	1.28
2	挖根						62.02
2.1	机械设备	台班	8000	2	胸径: <70cm	17	27.20
			10000	4	胸径: ≥70cm	8	32.00
2.2	人工费	工日	200	5	胸径: <70cm	17	1.70
			200	7	胸径: ≥70cm	8	1.12
3	吊装						62.02
3.1	机械设备	台班	8000	2	胸径: <70cm	17	27.20
			10000	4	胸径: ≥70cm	8	32.00

3.2	人工费	工日	200	5	胸径: <70cm	17	1.70
			200	7	胸径: ≥70cm	8	1.12
4	运输						29.60
4.1	机械设备	台班	4000	2	胸径: <70cm	17	13.60
			5000	4	胸径: ≥70cm	8	16.00
5	支撑						1.30
5.1	木杆	根	80	6	胸径: <70cm	17	0.82
			100	6	胸径: ≥70cm	8	0.48
6	定植打窝						62.02
6.1	机械设备	台班	8000	2	胸径: <70cm	17	27.20
			10000	4	胸径: ≥70cm	8	32.00
6.2	人工费	工日	200	5	胸径: <70cm	17	1.70
			200	7	胸径: ≥70cm	8	1.12
7	辅助材料						26.60
7.1	材料费	套	10000	1	胸径: <70cm	17	17.00
			12000	1	胸径: ≥70cm	8	9.60
8	后期管理						26.60
8.1	养护	年	10000	1	胸径: <70cm	17	17.00
			12000	1	胸径: ≥70cm	8	9.60
合计							273.14

(2) 陆生动物保护

陆生动物保护及宣传教育费用主要为对施工人员进行保护野生动物和自然植被的宣传教育, 合计 240 万元。

陆生动物保护及宣传教育投资概算表

表 10.3-7

编号	工程或费用名称	单位	单价(万元)	数量	费用(万元)
1	宣传费	次	2	40	80
2	宣传标识牌	个	2	60	120
3	动物救治费	项	1	40	40
4	合计				240

10.3.4.2 水生生态保护

(1) 过鱼设施工程

① 本工程过鱼设施投资

工程拟结合工程枢纽布置, 建设升鱼机方案, 投资 3914.63 万元, 其中金属结构与安装工程 744.26 万元, 工程建筑投资 3170.36 万元。

金属结构与安装工程投资概算表

表 10.3-8

编号	项目名称	单位	数量	单价(元)		合计(万元)	
				设备	安装	设备	安装

一	闸门等设备及其安装工程				0.00	88.40	35.38
1	进鱼闸门 (7t/扇)	t	21	12000	3743.60	25.20	7.86
2	补水槽闸门 (1t/扇)	t	3	12000	3743.60	3.60	1.12
3	集鱼槽闸门 (5t/扇)	t	5	12000	3743.60	6.00	1.87
4	承鱼箱闸门 (2t/扇)	t	4	12000	3743.60	4.80	1.50
5	闸门埋件 ($\leq 5t$ /扇)	t	25	11500	6786.68	28.75	16.97
6	赶鱼栅	t	1	10500	1610.60	1.05	0.16
7	赶鱼栅埋件	t	1	10000	6125.25	1.00	0.61
8	集鱼斗	t	15	12000	3522.39	18.00	5.28
9	小计					123.78	0.00
10	综合运杂费用 (7.19%)					8.90	0.00
二	启闭设备及其安装工程				0.00	306.80	58.52
1	2x125kN-8/50m 双向门机 (60t/台)	台	2	1200000	180000.00	240.00	36.00
2	100KN 移动式直联启闭机 (4t/台)	台	1	88000	13200.00	8.80	1.32
3	50KN 手拉葫芦	台	3	12000	1800.00	3.60	0.54
4	100KN 直联启闭机 (2t/台)	台	1	44000	6600.00	4.40	0.66
5	防风扶架	台	1	500000	200000.00	50.00	20.00
6	小计					365.32	0.00
7	综合运杂费用 (7.19%)					26.27	
三	鱼梯 (提升高度 40m)	台	1	2000000	200000.00	200.00	20.00
合计						744.26	

工程建筑投资概算表

表 10.3-9

编号	项目名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (元)
1	C25 砼底板墙	m ³	13094.4	669.07	876.11
2	C25 砼板、梁、柱	m ³	5940	573.13	340.44
3	C25 砼鱼道底板侧墙	m ³	1742.4	547.45	95.39
4	二期砼 C30	m ³	189.6	859.58	16.30
5	模板	m ²	23739.6	69.62	165.28
6	钢筋制安	t	2140.8	7240.10	1549.96
7	混凝土温控	m ³	20966.4	30.00	62.90
8	细部结构工程	m ³	20966.4	30.52	63.98
合计					3170.36

(2) 鱼类增殖放流站工程

迈湾鱼类增殖放流站工程总投资 4439.6 万元，见表 10.3-10 所示。

鱼类增殖放流站工程建筑投资概算表

表 10.3-10

序号	工程项目及名称	单位	工程量	单价(元)	合价	备注
					(万元)	
	第一部分施工辅助工程				725.6	取建筑工程的 40%

第二部分建筑工程					1814	
一	房屋建筑工程				1481	
1	繁育车间	m ²	600	3500	210	
2	亲鱼池	m ²	2900	2000	580	
3	水花池	m ²	1700	2400	408	
4	循环水车间	m ²	250	2200	55	
5	综合楼	m ²	600	3800	228	
二	场内道路工程	m	1500	800	120	
三	给排水工程	项	1	1500000	150	
四	围墙及大门工程				0	纳入业主营地投资
五	景观绿化工程				0	
六	其他工程				63	
第三部分机电设备安装工程					1900	
一	生产系统				700	
二	办公设施、设备				400	
三	供配电设备及安装工程				300	
四	金属结构及安装工程				500	
工程静态投资合计					4439.6	

(3) 鱼类栖息地、人工鱼巢和渔政管理

鱼类栖息地主要投资费用为腰子河 3 座小水电的补偿和拆除费用，暂列 3000 万元。

人工鱼巢考虑每个投放点 20 万元，合计 100 万元。渔政管理暂列 150 万元。

10.3.5 生活垃圾处置费用

工程生活垃圾拟考虑采用外运至屯昌县垃圾填埋场处置，外运处置包括输运费用及垃圾填埋场处置费等，费用共计 106.58 万元。

生活垃圾处置概算表

表 10.3-11

序号	项目	单位	数量	单价(元)	总价(万元)	备注
一	垃圾收集设施				26.80	
1	大型垃圾桶	个	40	450	1.8	
2	5m ³ 收集车	辆	1	250000	25	
二	垃圾运输处置费				79.78	
1	垃圾收集费	t	2139	250	53.48	含收集人员工资
2	垃圾外运费	km t	89838	1.5	13.48	距屯昌垃圾处理场 42km
3	垃圾最终处置费	t	2139	60	12.83	
合计					106.58	

10.3.6 移民安置环保措施费用

建设征地移民安置环境保护措施费用概算合计 783.26 万元，其中移民安置环保投资

为 760.02 万元，专业项目处理环保投资为 23.24 万元。

移民安置环境保护措施投资概算表

表 10.3-12

项 目	单位	数量	单价(元)	费用(万元)	备 注
一	移民安置区环保投资			760.02	
1	生活污水处理			641.60	
1.1	化粪池	座	3	12000	纳入移民投资
1.2	沼气池	座	1295	4000	
1.3	污水处理设施	套	6	200000	地理式污水处理设备
2	生活垃圾处置			77.40	不含运行费
2.1	公共垃圾桶	个	270	200	
2.2	垃圾房	座	12	10000	
2.3	垃圾收集车	辆	12	50000	
3	生态环境保护措施			3.00	
3.1	预防保护措施			3.00	宣传教育、标牌、动物救护等费用，暂列
3.2	安置区生态修复			0.00	纳入水保投资
4	环境空气和声环境保护措施			27.00	
4.1	机动洒水车	辆	3	50000	
4.2	手推式洒水车	辆	9	10000	
4.3	噪声防治	项	1	30000	
5	人群健康保护	人	526	200	集中安置人口的 10%
6	环境监测			0.50	
6.1	污水水质监测	次	1	5000	
6.2	人群健康调查	/	/	/	纳入人群健康保护
6.3	水土保持监测	/	/	/	纳入水土保持费用
二	专业项目处理环保投资			23.24	
1	水环境保护措施			3.00	
1.1	生产废水处理	座	2	15000	
1.2	施工人员生活污水			/	租住在附近村庄
2	生活垃圾处理	个	12	450	垃圾桶
3	生态环境保护措施			3.00	
4	环境空气和声环境保护措施			12	
5	环境监测工程费			4.7	
	合 计			783.26	

10.3.7 环境监测和调查费用

环境监测和调查费用包括地表水、大气和声环境监测、陆生生态、水生生态、人群

健康、水土保持监测工程等，共计 1123.32 万元。

环境监测和调查费用概算表

表 10.3-13

序号	监测类型	点位/项	次数	单价	投资	备注
1	陆生生态				140.00	
1.1	陆生生态监测	1	2	40	80.00	
1.2	站点建设费	6		10	60.00	
2	水生生态	1	10	60	600.00	运行期监测费用纳入工程运行费
3	水环境				77.90	
3.1	施工期				52.40	
3.1.1	干流地表水水质监测	3	8	0.5	12.00	
3.1.2	污废水水质监测	3	32	0.3	28.80	
3.1.3	地下水监测	2	46	0.1	9.20	
3.1.4	饮用水水质监测	1	4	0.6	2.40	
3.2	运行期				25.5	
3.2.1	干流地表水水质监测	4	12	0.5	24.00	
3.2.2	污废水水质监测	1	3	0.5	1.50	
4	环境空气	2	4	1.2	9.60	
5	声环境	2	16	0.05	1.60	
6	人群健康	180	4	0.1	72.00	
7	水土保持监测				215.22	
8	土壤监测	7	1	1	7.00	
合 计					1123.32	

10.4 环境影响经济损益分析

10.4.1 效益

10.4.1.1 经济效益

工程主要任务为防洪、供水和灌溉，其中防洪效益不直接生产实物产品，而是为社会经济发展提供保障服务，提高防洪标准，节省了洪水年用于修堤抢险的劳动力和其他资金，减少国家和地方防汛救灾的财政负担。按频率曲线法计算，迈湾水库将澄迈、定安两县城防洪标准从 20 年一遇提高到 50 年一遇，将海口市南渡江右岸防洪保护区的防洪标准从 50 年一遇提高到 100 年一遇，左岸防洪保护区的防洪标准从 50 年一遇提高到 100 年一遇，将下游海口市其它堤防保护区防洪标准从 20 年一遇提高到 50 年一遇，其多年平均防洪效益为 14388.10 万元。

供水为当地经济发展提供一定的保障作用，灌溉功能将可保障、促进配套灌区的农业生产，发电功能将为有利于可给屯昌县、澄迈县等带来大量的财政税收，为地区经济

发展提供可靠的能源保障。初步计算，2030年供水效益为28352.85万元，灌溉效益为17360.16万元。

10.4.1.2 社会效益

随着迈湾水利枢纽工程建设资金的投入等，将为区域经济发展创造良好的机遇。建设期间大量施工人员的生活需求将主要有当地产品及服务满足。消费需求的大幅增长，将促进当地农业、餐饮业和其它服务业的发展，利于地方产业结构调整 and 第三产业快速发展。

随着海南国际旅游岛建设战略的深入实施，海南经济和旅游人口将出现跨越式增长，对水资源量的需求将急剧增加，同时，对全岛供水安全的保障能力的要求越来越高。因此，迈湾枢纽的建设除满足南渡江中下游地区的用水要求外，还可作为海南省北部或东北部地区的调配水源，为地区经济社会发展作出更大的贡献。

10.4.1.3 环境效益

工程建成后年发电量6485万kW·h，替代火电减少排污负荷所带来的环境经济效益显著。为保证工程涉及河段内鱼类生物量，水生生态保护措施提出建设鱼类增殖站，通过人工手段增殖鱼类资源，其建立可为部分重点保护鱼类和经济鱼类的人工繁殖技术的研究和发展提供良好的条件。另外，本工程通过“以新带老”解决松涛水库泄放生态流量、九龙滩和谷石滩补建鱼道等，可进一步优化南渡江流域的生态环境保护。

10.4.1.4 环境影响损失

根据本工程及工程区域环境特点，为减免、恢复或补偿不利环境影响所采取的环境保护措施主要包括以下内容：施工期生产废水及生活污水处理、大气及噪声污染控制措施、固体废弃物处理措施、人群健康保护措施、陆生生物与水生生物保护措施、建设期环境监测、环境管理及环境监理等，在技术经济分析或多方案比选的基础上，提出了各项措施推荐方案及费用概算。工程环境保护措施总费用63521.06万元，作为本工程可货币化环境损失。

10.4.2 环境影响损益分析

根据以上分析，迈湾水利枢纽工程具有较好的经济、社会效益，为避免不利环境影响所采取的环保措施总费用为63521.06万元，在各项环保措施得到落实的情况下，其费用产生的环境效果较为明显，可较大程度的减免因工程建设产生的环境损失。因此，从环境损益及环境经济角度分析，工程的建设是可行的。

11 结论和建议

11.1 工程简况

南渡江流域位于东经 $109^{\circ}12' \sim 110^{\circ}35'$ 、北纬 $18^{\circ}56' \sim 20^{\circ}05'$ 之间，流域面积 7033km^2 ，占海南岛总面积的 20.6%，是海南省第一大河流。发源于白沙县南峰山，流经白沙县、儋州市、琼中市、屯昌县、澄迈县、定安县和海口市，于海口市三联村向北流入琼州海峡。干流全长 337km ，落差 703m ，流域形态呈狭长形，河流大体流向为自西南向东北。流域内集水面积大于 100km^2 的支流有 20 条，包括 15 条一级支流和 5 条二级支流。

迈湾水利枢纽工程坝址位于南渡江中游干流、澄迈与屯昌两县交界处，右岸为屯昌县境内国营黄岭农场，左岸为澄迈县红岗林场宝岭，坝址距上游已建松涛水库约 55km ，距下游已建谷石滩水电站坝址约 22km 。工程开发任务为以防洪、供水、灌溉为主，兼顾发电，并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件。

迈湾水利枢纽工程正常蓄水位 108m ，死水位 76m ，总库容 6.15亿 m^3 ，兴利调节库容 4.78亿 m^3 ，防洪库容 2.2亿 m^3 ，电站总装机容量 40MW ，多年平均发电量 $6485\text{万 kW}\cdot\text{h}$ 。工程主要由 1 座主坝、7 座副坝和左岸灌区组成，主坝建筑物自左到右依次为左岸粘土心墙堆石坝、左岸挡水坝段、溢流坝和放空底孔段、引水发电进水口坝段、右岸灌渠渠首进水口、右岸挡水坝段。主坝最大坝高为 78.5m ，坝顶长 376.5m ，工程等别属 II 等，工程规模为大（2）型。7 座副坝最大坝高 23.5m ，总长 566m ，均采用均质土石坝。右岸渠首进水口布置在 10#坝段，设计引水流量为 $13.53\text{m}^3/\text{s}$ 。左岸灌区渠首进水口布置在大坝上游左岸 1.2km 处，进水口引用流量为 $25.78\text{m}^3/\text{s}$ 。工程永久征地涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县土地面积共 6.56万亩 ，淹没总人口 5503人 。工程施工总工期为 46 个月，首台机组发电工期 38 个月。工程总投资 97.88亿元 。

为降低水库淹没投资，工程计划分期实施，近期（2030 年）为满足南渡江下游海口市及海口江东新区的供水要求、水库防洪功能考虑，水库蓄水至 101m ，近期主坝、左岸灌区渠首、环保设施一次建成，副坝及水库移民分两期实施。库区淹没及影响土地总面积 4.30万亩 ，搬迁人口 3848人 。近期工程静态总投资 71.23亿元 。

11.2 工程方案合理性分析

(1) 严格执行流域管理要求并充分落实各项环保措施的前提下，工程建设符合《海南省南渡江生态环境保护规定》的相关要求。

迈湾水利枢纽工程涉及海南省 II 类生态红线区，按照规定取得相关政府部门批准的前提下，符合《海南省生态保护红线管理规定》中的“经依法批准的国家和省重大基础设施、重大民生项目、生态保护与修复类项目建设”要求。

(2) 本工程已纳入《海南省国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》、《海南省总体规划（2015-2030）》、《海南省水资源综合规划》、《海南国际旅游岛建设发展规划纲要》等社会和区域规划。

工程建设符合《海南省南渡江中下游梯级开发规划报告》、《海南省南渡江流域防洪规划报告》、《南渡江流域综合规划（修编）》、《海南水网建设规划》等流域相关规划的要求。

工程建设符合《海南生态省建设规划纲要（2005）》、《海南省生态功能区划》、《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》、《南渡江流域综合规划（修编）环境影响补充研究报告》、《海南水网建设规划环境影响报告书》等相关要求。

(3) 本工程属《产业结构调整指导目录（2013 年修正版）》中的鼓励类中水利项目第 12 项“综合利用水利枢纽工程”，符合国家产业政策。迈湾水利枢纽工程是国家确定近期建设的 172 项重大水利工程之一，其建设符合国家水利工程建设部署。《全国“十二五”大型水库建设规划》将迈湾水利枢纽列为近期（2011 年~2015 年）拟建的重点水库。

(4) 本工程各类施工占地均不涉及自然保护区、风景名胜区等环境敏感目标；施工布置考虑充分利用弃渣及水库淹没区等有限土地资源，尽量减少了占地和对地表扰动，本工程布置总体上较合理。

11.3 环境影响评价与环保对策措施

11.3.1 水环境

(1) 水环境现状及保护目标

工程所在南渡江干流执行《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) II 类水质标准，根据水质现状监测成果，工程评价河段部分断面水质超标因子主要为 DO、COD、BOD₅、氨氮、总磷等，超标原因主要为工程上下游区段农村面源污染。工程库区所在河段生产生活用水取自周边的支流支沟，干流无具规模的取用水要求，也无直接开采地下水的要求。南渡江下游有金江、东山泵站、定安、新坡镇、龙塘等取水口。

(2) 主要环境影响

本工程建设和运行期间将产生一定的污废水，工程砂石料冲洗废水及混凝土系统冲

洗废水计划处理后回用，洗车废水、施工工厂废水及生活污水处理达标后回用，均不直接排入南渡江，正常运行情况下对南渡江水质不会造成影响。以工程枯水期砂石料冲洗废水为代表预测分析可知，在砂石料冲洗废水事故排放情况下对南渡江水质影响较小。

至近期设计水平年 2030 年，本工程和在建的南渡江引水工程均将投入运行，流域多年平均总供用水量约为 14.57 亿 m^3 ，地表水资源开发利用将由现状（2016 年）的 15.8% 提高到 21.1%，提高了 5.3%，其中本工程的贡献程度为 0.68%。本工程“以新带老”提出松涛水库补建生态流量泄放设施，非丰水期和丰水期分别泄放 $5.2m^3/s$ 、 $15.6m^3/s$ 的生态流量。迈湾水库运行阶段，下游各控制断面与现状比下泄水量均增加（因松涛下泄），在不考虑松涛下泄水量的情况下（仅考虑中下游区间来水），各控制断面大部分典型年下泄水量减少。

水文情势影响分析结果显示，迈湾水库多年调节运行对下游河道的影响范围主要为迈湾坝址至东山坝址区间河道，随着区间汇流进入，迈湾水库运行后导致的流量变化逐步缩小，南渡江最大支流龙州河的汇入对改善迈湾水库导致水量减少的作用非常明显，迈湾至龙塘区间各取水口（除南渡江引水工程外）取水量对改变河道流量的影响较小。

采用立面二维水温模型开展了松涛水库、迈湾水库垂向水温和下泄水温预测，并利用松涛水库原型观测成果对水温数学模型进行验证与参数率定。结果表明，迈湾库区水温呈季节性分层，最大文成 $11.4^{\circ}C$ 。水库存在下泄低温水的现象，主要发生在 2 月~8 月。近期 2030 平水年，水库下泄水温年均降低 $1.9^{\circ}C$ ，2~8 月平均低 $3.9^{\circ}C$ ，5 月与 6 月低温水最为显著，该两月平均降低 $6.6^{\circ}C$ 。低温水对下游河段的最大影响范围约 46km。

通过平面二维数学模型预测工程建成后中下游水质变化特征，在各计算工况下，各取水口及典型断面 COD，均满足 II 类水质标准，在污染防治规划完全落实后水质有一定程度的改善。污染防治规划未实施下的特枯水年工况，东山、后黎国控断面、定安、新坡、龙塘取水口及龙塘国控断面年内部分时段（大部分在丰水期） NH_3-N 超 II 类水质标准。对于 TP 和 TN，污染防治规划未实施下的特枯水年工况，下游重要断面及取水口均出现年内部分时段超标，而在污染防治规划完全落实后的重要断面及取水口全达标。

采用三维水力学及水质模型计算分析河口区域水环境影响，结果表明，迈湾运行后龙塘坝址下泄流量增幅最大时，S3 处（入海口上游约 3.7km 分岔口处）的盐度最大下降了 5PSU，悬浮物浓度最大上升了 $6mg/L$ ；龙塘产卵场处（入海口上游约 15.2km）的盐度则始终为 0PSU，悬浮物浓度始终为 $51.4mg/L$ ；盐水最远上溯距离为由 13km 缩短至 5.5km。迈湾运行后龙塘坝址下泄流量减幅最大时，龙塘产卵场处的盐度和悬浮物浓度在迈湾运

行前后均无明显变化，盐度均为 0PSU；S3 处盐度和悬浮物最大分别增加 4PSU 和减少 1.5mg/L；盐水最远上溯距离为由 6km 增加至 7km。

本工程水库蓄水后正常蓄水位 108.0m 运行时，地面高程在 108.0m~110.5m 之间可产生浸没影响，但影响土地面积小，工程建设对环境水文地质影响总体较小。

(3) 水环境保护措施

采用“沉淀+调节+DH 高效净化器法”对砂石料冲洗废水进行处理，处理后回用于砂石料系统生产用水，混凝土系统冲洗废水纳入砂石料冲洗废水处理系统中统一处理；汽车冲洗废水、施工工厂废水等含油废水采用隔油沉淀法处理，处理后用于绿化或道路洒水；承包商营地和业主营地生活污水采用地埋式一体化设备处理，出水回用于营地绿化用水及道路浇洒。

本工程一般用水期 11 月~翌年 5 月生态流量 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ ，9~10 月生态流量 $20.5\text{m}^3/\text{s}$ ；鱼类生态敏感期 6~8 月生态流量 $25.9\text{m}^3/\text{s}$ 。初期蓄水期间通过导流隧洞进口闸门两侧墩墙预埋的钢管、生态机组旁通管及生态机组下放不小于 $10.3\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，运行期利用机组发电、旁通管等方式满足下游生态流量要求。利用工程建设的水情自动测报系统实施坝上水位和坝址下游生态流量的在线监测。采取 7 层×5m 叠梁门分层取水方案减缓低温水影响，由于可连续取得水库表层水。采取叠梁门分层取水后，下泄低温水平均约需 11km 便能恢复到天然水温。

工程建成后，在库区划分饮用水水源地、开展水污染防治、控制水库富营养化、安装库区水质在线监测系统、确保最小下泄生态流量、建立并完善南渡江全流域水资源统一调度体系等措施，以保护水库及下游河段水质。

11.3.2 生态环境

(1) 生态环境现状与保护目标

评价区的植被由自然植被与人工植被组成，其中自然植被由热带雨林、灌木林等组成，人工植被由橡胶林、槟榔园作物和小部分马占相思林等组成，区内还有小面积的农田作物。评价区内共有维管束植物 96 科 560 种，以被子植物占绝对优势，调查中共发现各级珍稀保护植物共 9 株，其中 1 株位于水库淹没区内，其余 8 株位于水库淹没区以外。古树主要有斜叶榕、高山榕、笔管榕、垂叶榕、荔枝以及江边特色植物滑桃树共计 13 株，位于水库淹没区内 9 株，水库淹没区以外 4 株。评价区共有陆生脊椎动物 4 纲 23 目 62 科 133 种，其中国家 II 级重点保护动物有 9 种，海南省重点保护陆生脊椎动物 36 种。

南渡江流域至少有浮游植物 7 门 106 种、浮游动物 61 属 105 种、底栖动物 21 种。在南渡江流域分布 110 种淡水鱼类中，以鲤形目鱼类为主，外来鱼类占总种数的 10.8%，各类珍稀濒危特有鱼类共 10 种。南渡江大部分鱼类为产粘沉性卵鱼类，具有河海洄游特性的鱼类有 3 种。南渡江流域目前重要的产漂流性鱼类产卵场主要位于迈湾库区江段和金江坝下至龙塘库尾江段，产粘沉性卵鱼类产卵场位于龙塘坝下江段以及支流南开河、腰子河、南坤河、大塘河、巡崖河、龙州河等。南渡江河口区鱼类有 57 种，近海区水生生物种类 63 种。

(2) 主要生态环境影响

① 陆生生态影响

本工程施工及枢纽占地共影响各类植被面积 200.38hm²，其中主要为经济林园植被。水库淹没区中共有 7 个植被类型，近期、远期淹没植被类型面积分别为 2661.4hm²，4167.88hm²，占评价区植被总面积的 13.10%、20.52%。在淹没影响天然植被中，损失最多的植被类型主要是灌草丛，河岸区域的一些陆地植被减少，但评价区不会因植被淹没而导致特定植物种群消失。水库建设减少现有的人工植被面积，可能会对农民收入结构有一定影响。评价区内 2 株重点保护植物、9 株古树和 14 株特色植物将受到水库淹没影响，蓄水前需采取保护措施。工程建设造成鸟类和兽类栖息生境有所减少，评价区内未发现珍稀保护动物重要的繁殖场所、集中取食或越冬栖息地，对珍稀保护动物的影响总体较小。

② 水生生态影响

工程建成后，库尾至坝前水文情势发生变化，浮游植物种类和现存量均会增加，其他门种类也可能出现；浮游动物种类和生物量会有所的增加，坝下近江段浮游动物将主要依靠库区补给，其种类组成与库区相似；库区底栖动物种类、生物量较原河流可能减少；着生藻类因生境发生不同程度的变化，使其生物量和群落结构将发生相应的变化；水生维管束植物生境将减少。

南渡江流域目前梯级开发程度已经较高，目前已建松涛、谷石滩、九龙滩、金江、龙塘等梯级，东山水库也在建设中，这些已建梯级严重阻隔了河流连通性，工程建设将进一步加重阻隔影响。水库的形成导致喜流水生境鲃亚科、野鲮亚科、平鳍鳅科等鱼类种群在库区江段数量显著减少，栖息空间缩小，种群数量下降。喜静水、摄食浮游生物鱼类种群数量增加。库区现有的库尾 1 处产漂流性卵鱼类产卵场以及南坤河 1 处产粘沉性卵鱼类产卵场将由于生境的改变消失。

(3) 生态环境保护措施

① 陆生生态保护措施

本工程陆生生态保护减缓措施包括优化工程施工布置方案、表层土收集等，尽量减少工程扰动范围和面积，减缓工程建设对区域生态环境的影响。施工结束后对占地区进行陆生生态修复。加强施工管理和宣教，建立生态破坏惩罚制度，严禁捕猎野生动物。对受到水库淹没影响的 25 株植物移栽至业主营地予以保护。

② 水生生态保护措施

本报告提出将腰子河支流作为鱼类生境进行保护，拆除腰子河干流现有小水电，恢复腰子河天然河道生境，并进行长期的水质、鱼类和水生生物等生态环境监测。建设鱼类增殖放流站，增殖放流海南长臀鲃、鲮、鳊、倒刺鲃、光倒刺鲃、大鳞鲢、高体鳊等鱼类，放流规模 50 万尾/年。根据本工程枢纽区建设条件、环境影响、建设成本等综合比选，选择升鱼机方案进行过鱼。下游九龙滩、谷石滩水电站补建过鱼设施，相关费用纳入本工程投资。库区江段及支库汇口布置人工鱼巢，加强渔政管理，在鱼类生态敏感时期开展水库联合调度，以进一步减缓工程建设对鱼类产卵的影响。

11.3.3 移民安置环境

迈湾水利枢纽工程近期共搬迁安置 3848 人，规划 7 个移民集中安置点，其中 1 个农村集中安置点，6 个农场集中安置点。各安置点均不涉及自然保护区、风景名胜区等生态敏感区。安置点植被由自然植被与人工植被组成，其中自然植被由灌木林等组成；人工植被主要为当地经济林。

移民安置点的建设将永久占用部分土地，地表植被将被清除，但规划的安置点是受人类活动影响比较强烈的区域，移民点建设不会对区域植被、植物区系和物种数量造成明显影响。移民安置后生产、生活质量有所保证，移民安置对周边环境的影响有限。

结合移民安置规划设计，采用“入户沼气池+公共化粪池+回用”和“入户沼气池+地埋式无动力生活污水处理装置+回用”的方式对移民生活污水进行处理后回用。生活垃圾集中收集后清运至所属县(市)垃圾处理场所最终处置。

11.3.4 声环境与大气环境

(1) 环境现状与保护目标

工程地区无工业及交通噪声源，现状 PM₁₀、NO₂ 和 SO₂ 监测结果均满足《环境空气质量标准》(GB3095-2012)中的一级标准，声环境质量均符合《声环境质量标准》(GB3096-2008) 1 类标准。

(2) 主要环境影响

① 声环境影响

本工程施工期声环境评价范围内仅 1 处声环境敏感目标，即黄岭八队。可能对环境敏感目标产生噪声影响的主要为人工砂石骨料加工系统产生的机械生产噪声，副 2#施工道路和副 1#施工道路的交通噪声等。本工程施工期间，若黄岭八队尚未移民搬迁，人工砂石骨料系统施工机械噪声以及副 1#施工道路和副 2#施工道路的交通噪声的叠加影响，将导致黄岭八队噪声超标，在受噪声影响最大的敏感点处，其中昼间将超标 10.7dB(A)，超标户数约 20 户；夜间超标 9.4dB(A)，超标户数约 4 户。

② 环境空气

施工期对环境空气的影响主要为扬尘，包括施工区砂石料加工系统运行、施工道路交通扬尘等。黄岭八队距离砂石料加工系统破碎筛分系统最近约 95m，最远约 350m。在非正常情况下，未采取任何措施的情况下，砂石加工系统产生的粉尘等污染物对作业区域下风向居民的影响较大。

(3) 声环境及环境空气保护措施

应在施工前优先开展黄岭八队的移民安置工作，同时对各类施工机械等采取降噪措施，超标住户安置通风隔声窗。砂石料加工系统采用封闭措施和湿法破碎的低尘工艺、采用全封闭式混凝土搅拌系统、定时洒水降尘、做好运输车辆的密封和车辆保洁等方式保护环境空气。

11.3.5 其他环境影响及保护措施

(1) 人群健康

工程人员进入施工区和移民迁入安置区时，对生活区和部分作业区进行卫生处理，对饮用水进行消毒。

(2) 固体废弃物

本工程施工期共产生生活垃圾约 2139t，工程弃渣约 388.9 万 m³，运行期也将产生一定量生活垃圾。本工程距离屯昌县生活垃圾处理场运距 42km，工程施工期产生的生活垃圾拟运往屯昌县垃圾填埋场进行集中填埋处置。工程弃渣及建筑垃圾如砖瓦、混凝土块、弃土运至弃渣场。废油、含油废纸、废布，以及含油废水处理产生的浮油和含油污泥均为危险废物，委托有资质单位进行处理。

(3) 社会环境

工程的兴建，将推动澄迈县、屯昌县、儋州市和琼中县尤其是工程所在乡镇社会经

济的快速发展，工程建设对评价区土地利用类型有一定影响。

(4) 环境风险

工程建设和运行期间，存在潜在的事故风险和环境风险，主要包括加油站事故风险、森林火灾风险、污废水事故排放风险、生态用水风险等，发生事故风险时会对周边环境带来一定的不利影响，须采取相应的事故防范措施和风险应急预案。

(5) 环境管理与监测

建设单位须设立环境管理机构，建立分级管理制度、环境监测和报告制度、“三同时”验收制度、环境保护培训制度、制定突发事件的处理措施等环境管理制度，并开展工程环境监理工作。落实水环境监测、环境空气监测、声环境监测、陆生生态调查、水土保持监测、迁移人口安置区环境监测等监测计划，并及时反馈到工程建设中。

11.3.6 公众参与

本项目公众参与主要以公示、座谈会和问卷调查的方式进行。2016年1月以海南省水务厅网站和现场张贴公示的方式进行环境影响评价公众参与第一次公示。报告书编制期间在工程受影响的地区举办了2场座谈会，征求公众对本项目环境保护方面的意见。在本次报告书征求意见稿完成后，2019年8月在《海南日报》公示了相关信息，并在当地公告栏上粘贴了环境影响报告书征求意见稿公示信息，在海南省水务厅网站公示了报告书全本。信息公示期内未收到反映该项目环境保护措施方面的来电、来函，仅1位公众提出了关于九龙滩水电站相关工程参数的描述建议。

11.4 结论

综上所述，迈湾水利枢纽工程是国家确定近期建设的172项重大水利工程之一，其建设符合国家水利发展政策、南渡江流域综合规划和规划环评、海南水网建设规划及规划环评相关要求，工程建设有利于保障海口市及中国（海南）自由贸易区（港）集中展示区（海口江东新区）供水安全，完善南渡江流域及海口市防洪体系，发展热带特色高效农业，改善南渡江下游河段水生态环境，为电网提供清洁能源，社会效益、经济效益和环境效益显著。本工程环境影响报告书在全面分析了工程建设的环境影响，并统筹考虑在流域水生态保护和修复的基础上，提出了针对性的环境保护措施。在落实报告书提出的各项保护措施和要求后，工程建设的不利环境影响可以消除或减缓，从环境保护角度分析，本工程的建设是可行的。

11.5 建议

(1) 建议尽快开展本工程过鱼设施水工模型试验，编制专题研究报告。统筹落实迈湾下游 5 个梯级的过鱼设施建设并加强运行管理，以便恢复南渡江中下游河道鱼类洄游通道，有利于迈湾过鱼设施及时发挥作用。及时开展实施鱼类增殖放流、栖息地保护和过鱼设施的跟踪监测和效果评估，以便及时调整鱼类保护计划。

(2) 建议在本工程水污染防治规划基础上编制工程的实施方案，进一步明确项目水资源利用和污水排放责任落实和推进要求。

(3) 移民专项工程涉及面较广，建议在各移民专项工程建设前，单独编制相应的环评文件，报送相关生态环境主管部门审查。

附件 1 环评委托函

海南省发展控股有限公司

海控函〔2016〕138号

海南省发展控股有限公司 关于委托开展海南省南渡江迈湾水利枢纽 工程环境影响报告书编制的函

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司：

迈湾水利枢纽工程坝址位于海南省澄迈与屯昌两县交界处，工程规模为大（2）型。工程正常蓄水位 108.0 米，总库容 6.27 亿 m³。工程淹没涉及儋州市、琼中县、屯昌县和澄迈县土地面积共 6.61 万亩，淹没总人口 5503 人。工程总投资 72.71 亿元。

目前该项目可行性研究报告已编制完成，根据工程研究进展情况及建设需要，现委托贵公司编制海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响报告书，为工程建设提供必要的环评依据和系统资料，恳请贵公司尽快组织力量认真开展该项报告书编制工作。

特致此函。



海南省发展控股有限公司
2016年1月22日

附件 2 环评标准确认函

海南省生态环境保护厅

琼环函〔2016〕1612号

海南省生态环境保护厅 关于海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响 评价标准的复函

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司：

你公司报来的《关于提请确认海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价标准的函》（环生迈湾函〔2016〕04号）收悉。经研究，现函复如下：

一、环境质量标准

（一）环境空气质量评价，工程所在区域环境空气质量执行《环境空气质量标准》（GB3095-2012）一级标准。

（二）地表水质量评价，工程所在区域南渡江河段地表水环境质量执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类标准。

（三）地下水质量评价，工程所在区域地下水水质执行《地下水质量标准》（GB/T14848-93）中的III类标准。

（四）声环境质量评价，工程所在区域声环境质量执行《声环境质量标准》（GB3096-2008）1类标准。

（五）土壤环境质量评价，工程所在区域土壤环境质量执行

《土壤环境质量标准》(GB15618-1995) 二级标准。

二、污染物排放标准

(一)大气污染物排放,施工场地的大气污染物排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996)中的表2无组织排放监控浓度限值。

(二)施工期、运营期禁止水污染物排放。

(三)噪声排放,施工期施工场界环境噪声排放执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523—2011),运营期噪声排放执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008) 1类标准。



(此件主动公开)

附件3 海南省生态环境保护厅关于南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书审查意见的函

海南省生态环境保护厅

琼环函〔2015〕686号

海南省生态环境保护厅 关于南渡江流域综合规划（修编）环境影响 报告书审查意见的函

省水务厅：

你厅报送的《关于报请审查南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书的函》（琼水规计函〔2015〕159号）及有关材料收悉。根据《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》（以下简称《报告书》）专家审查会审查意见，经研究，现对你厅委托中水珠江规划勘测设计有限公司、海口市环境科学研究院编制的《南渡江流域综合规划（修编）环境影响报告书》提出如下审查意见：

一、《南渡江流域综合规划》（修编）（以下简称《规划》）符合《海南省国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》《海南生态省建设规划纲要（2005年修编）》《海南国际旅游岛建设发展规划纲要（2010-2020）》，基本符合《海南省环境保护十二五规划纲要》等的要求，与流域城市总体规划、土地利用总体规划、生态功能区划、环境保护规划等相关规划基本协调，规

划实施对保障流域社会经济发展的供水需求,提高防洪排涝防潮能力和灌溉效率、减轻水土流失、优化水资源配置等具有积极意义。

二、《规划》深化和优化调整意见。《规划》实施将导致河流水文情势、水资源配置发生变化,对饮用水水源、工农业生产、水生生物、陆域生态环境等产生长期性、累积性的影响,对区域地下水也存在一定潜在环境风险。因此,应进一步深化优化规划方案,认真落实各项预防或减缓不良生态环境影响的对策措施,有效防范规划实施可能带来的不良生态环境影响和损害。

(一)进一步提高规划完整性。进一步科学审慎确定规划发展目标,结合流域生态系统、环境容量和水资源承载力,补充和完善生态保护规划、流域综合管理规划等有关规划,研究建立流域生态保护机制和水生态补偿机制。加强流域生态保护、恢复、补偿和重建管理,澄迈县山口乡高山朗村以上南渡江河段两岸森林覆盖率高,具有重要的生态价值、旅游资源和城市景观要素,对区域防洪和生态保护有重要作用,因此建议将澄迈县山口乡高山朗村以上相关河段区域划定为岸线保护区。

(二)深入论证《规划》中的水资源开发与水源工程。按照保护优先、资源节约原则,在保护改善流域生态环境和强化水资源合理配置、进一步节约用水和深化最优水资源承载力、全面推行节水措施基础上,妥善处理开发利用与生态保护的关系,在保证资源环境不受破坏的前提下进行水资源合理开发利用,严格

控制南渡江水资源利用总量和开发强度，科学审慎确定城乡饮水工程、水资源开发利用工程和跨流域调水工程等建设规模和开发时序，合理开发水电、水运资源，充分发挥水资源综合利用效益。

《规划》中的南伟、南兰、莫好水电站位于南渡江上游的生物多样性保护与水源涵养生态功能区，应在进一步研究和深入分析论证的基础上谨慎实施。

（三）切实保护饮用水源保护区。严禁在饮用水水源一级、二级保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目，取消在海口市新坡、龙塘饮用水源保护区内规划的 VII 级航道。禁止在饮用水水源保护区内取土、采石、采砂或者其他采矿行为，取消位于海口市龙塘、定安县南渡江、澄迈县金江等饮用水源保护区内规划的采砂保留区和开采区。

（四）认真做好规划实施与区域城市总体规划、土地利用总体规划、林地保护规划等相关规划的协调与衔接工作，对占用基本农田、生态公益林地等不符合相关规划的规划项目应暂缓实施或优化调整。

三、《报告书》在对南渡江流域环境质量现状调查的基础上，分别进行了规划概述与分析、规划环境影响识别与评价指标体系、资源环境承载力分析、环境影响分析与评价、规划方案比选及环境保护对策措施、公众参与等专题的工作。通过识别规划实施的主要环境影响和资源环境制约因素，预测、分析了规划实施可能产生的地表水、地下水、水生生态、社会环境等环境影响和

环境风险，对规划目标与任务的环境合理性、资源和环境支撑能力、与相关规划的相容性等进行了综合论证，提出了规划优化调整建议及环境保护方案。《报告书》基础资料丰富，环境保护目标基本正确，评价范围基本合理，提出的《规划》优化调整建议和减缓不利环境影响的对策措施原则可行。

四、《报告书》深化完善意见。进一步回顾分析南渡江流域防洪、灌溉、梯级开发等活动对生态系统结构和功能、生态服务功能以及自然保护区等环境敏感目标的影响性质和程度，分析既有环境问题与已实施开发建设活动的关系、规划区域生态系统健康状况与水资源时空分布变化的联系、现有环境保护措施的有效性及其存在问题。

根据流域生态系统整体性和敏感区、重点保护物种、土著和特有物种保护等方面的要求，明确区域、流域生态承载阈值和各重点控制断面的最低下泄生态流量，结合规划重点水库运行调度方式，根据调水及梯级水库工程运行后水文形势变化情况，进一步分析迈湾水库、古石滩水库、引水工程等多项新建梯级工程对流域水资源时空分布和水文情势的累积影响和规划实施后库区及下游水文情势改变对水生生物多样性、鱼类繁殖等方面的影响。

五、规划实施过程中应重点做好以下工作

(一)严格执行《海南省南渡江生态环境保护规定》，加强南渡江流域特有鱼类和珍稀、濒危鱼类产卵场、栖息地、重要生

态保护区、水源涵养区、干支流源头区、湿地的保护，将重要生态保护区、敏感水生态保护目标等划为限制或禁止开发区域给予严格保护。强化河岸、库边水源涵养和生态防护林带的保护与建设，防止乱砍滥伐林木、损毁湿地和捕杀野生动物等违法行为发生。在饮用水水源保护区禁止非更新性、非抚育性砍伐和其他破坏饮用水水源涵养林、护岸林及其他植被的行为。建立和完善流域水量、水质和生态与环境监测体系，科学合理确定水库、拦河坝水资源生态调度，保障南渡江干支流河道基本生态环境用水量 and 水质安全，采取人工放养和增殖放流、设置过鱼通道等措施减少水库、拦河坝工程对鱼类等水生生物资源的影响，避免对流域生态系统产生不利影响。

（二）实行最严格的水资源管理制度。建设和完善南渡江全流域水量统一调度体系，增强流域水资源优化配置能力，科学优化流域内水库、拦河坝等的运营调度管理方式，确保流域水库、拦河坝等重点断面满足最小下泄生态流量，尽可能减少断流河段。建立完善地下水监测体系，实施节水、跨流域调水及其他替代水源措施，严格控制地下水的开采规模。强化城镇生活和农业、工业节约用水，应在优先保证居民饮用水安全的前提下，积极推行和实施生活用水节水措施，大力推进农业大中型灌区续建与节水改造和新建灌溉工程，调整流域产业结构，优先发展低水耗行业，提高流域生活用水、农业和工业用水的资源利用率。

（三）加强南渡江流域现有环境问题的规划整治。严格流域

新增入河排放口设置，开展流域入河排放口清理整治，强化流域入河排放口规范管理。对在河岸滩、水源涵养林、水源保护地等重要生态功能区进行农业种植与养殖等活动开展清理整治和生态恢复。加快完善流域内居民集中居住区污水管网、污水处理设施和生活垃圾收集储存、中转设施，提高城镇生活污水收集与处理率，避免可能发生的水环境污染事故。

（四）切实做好流域水污染防治工作。加快流域规划污水处理厂和污水截流、收集管网的建设，强化入河水污染物排放浓度、总量控制，确保流域地表水水功能区水质目标达标。加强流域农业面源的污染控制，禁止在南渡江的干流和支流投放饲料、使用药物从事渔业养殖，在流域内的水库、湖泊等其他水体从事渔业养殖生产的，应控制养殖总量并配套水污染防治措施，防止水体富营养化。建立和完善流域居民生活垃圾收集、贮存、运输、综合利用和处理、处置管理体系，对生活垃圾进行分类收集、回收利用，实现生活垃圾的减量化和资源化，不能回收利用的生活垃圾及时运往垃圾处理厂处理。严禁向流域内水体倾倒垃圾，禁止在河道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡堆放、填埋垃圾。

（五）防洪治涝防潮工程实施应尽量避让河滩地和有保护价值的湿地，并确保不影响河道的泄洪功能。强化南渡江河砂开采管理，要结合流域河道整治、疏浚进一步优化调整采砂河段和采砂总量，规范河沙开发利用规模和总量，避免引发河岸侵蚀、海水入侵和生态破坏。

(六) 建立健全流域环境风险防控和应急管理体系。积极推行流域水利、水电工程施工期环境监理工作,防止施工期大面积开挖土地和破坏植被可能引发的生态风险。完善跨越主要河流桥梁和涵洞路面的雨排水收集系统和安全护栏,按规范设置危险化学品运输车辆的限行、限速、限时段等安全警示牌,落实交通事故环境风险防范措施。按照“属地为主、分级响应、区域联动”的原则,制定流域突发环境事故应急预案,健全突发水事事件预警和应急管理机制,实现地方政府和相关管理部门在突发环境事故应急预案上的有效衔接。

(七) 重视移民安置工作。妥善实施工程建设中被搬迁居民和单位的拆迁安置工作,制定环境可行的移民安置方案,落实被搬迁居民和单位的安置和补偿,维护被搬迁居民和单位的合法权益。依照国家有关法规政策,落实工程建设中占用耕地和林地的补偿措施。

(八) 强化规划实施中的环境监测监督管理。要落实《报告书》提出的环境监控计划,开展流域河流、水库、湖泊地表水、生态环境长期动态跟踪监测和调查,发现问题及时向当地环保、水务部门报告并及时采取有效处理措施。

六、规划实施后,每隔五年左右应对规划实施进行一次环境影响跟踪评价,及时改进和提出针对性环保对策措施,优化《规划》实施。规划修编时,应重新开展规划环境影响评价。

七、规划区内的建设项目须另行办理环境影响评价审批手续。在开展建设项目环境影响评价时，应重点开展工程分析、水环境影响预测评价、生态环境影响分析评价，以及生态保护和污染治理措施的可行性论证。



海南省生态环境保护厅

2015年6月19日

(此件主动公开)

抄送：南渡江流域各市县国土环境资源局、住房和城乡建设局、水务局，
中水珠江规划勘测设计有限公司，海口市环境科学研究院。

附表 1 调查区浮游植物种类名录

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
硅藻门	长刺根管藻	<i>Rhizosolenia longiseta</i>						+						
	扎卡四棘藻	<i>Attheya zachariasi</i>	+											
	颗粒直链藻	<i>Melosira granulata</i>		+										
	颗粒直链藻最窄变种	<i>Melosira granulata var. angustissima</i>		+			+	+	+	+	+			+
	螺旋颗粒直链藻	<i>Melosira granulata var. angustissima f. spiralis</i>	+	+		+	+	+	+	+	+		+	+
	模糊直链藻	<i>Melosira ambigua</i>		+		+	+	+			+		+	
	变异直链藻	<i>Melosira varians</i>								+	+	+		+
	海链藻	<i>Thalassiosira sp.</i>						+						
	水链藻	<i>Hydrosera sp.</i>									+			
	小环藻	<i>Cyclotella sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	弧形娥眉藻	<i>Ceratoneis arcus</i>				+					+			
	奇异杆状藻	<i>Bacillaria paradoxa</i>	+											
	美丽星杆藻	<i>Asterionella formosa</i>										+		
	脆杆藻	<i>Fragilaria sp.</i>	+	+		+	+			+	+	+	+	
	克洛脆杆藻	<i>Fragilaria crotoneisis</i>					+							
	肘状脆杆藻	<i>Fragilaria ulna</i>	+				+		+	+	+	+		
	连结脆杆藻	<i>Fragilaria construens</i>							+	+	+			
	尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	布纹藻	<i>Gyrosigma sp.</i>		+		+								
	细布纹藻	<i>Gyrosigma kiitzingii</i>					+		+		+			

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
	舟形藻	<i>Navicula</i> sp.	+											
	隐头舟形藻	<i>Navicula cryptocephala</i>	+	+	+	+			+	+	+	+	+	
	双头舟形藻	<i>Navicula dicephala</i>									+			
	瞳孔舟形藻	<i>Navicula pupula</i>		+										
	放射舟形藻	<i>Navicula radiosa</i>	+			+					+	+		
	羽纹藻	<i>Pinnularia</i> sp.				+				+	+			
	桥弯藻	<i>Cymbella</i> sp.	+											
	近缘桥弯藻	<i>Cymbella affinis</i>							+	+		+		
	细小桥弯藻	<i>Cymbella pusilla</i>				+			+			+		
		<i>Cymbella minuta</i>	+		+	+	+			+	+	+		
	异极藻	<i>Gomphonema</i> spp.	+			+								
	中间异极藻	<i>Gomphonema intricatum</i>									+			
	曲壳藻	<i>Achnanthes</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	菱形藻	<i>Nitzschia</i> sp.								+	+			
	谷皮菱形藻	<i>Nitzschia palea</i>		+	+	+	+		+			+	+	
	泉生菱形藻	<i>Nitzschia fruticosa</i>		+			+							
		<i>Nitzschia intermedia</i>		+						+	+		+	
	双菱藻	<i>Surirella</i> sp.				+						+		
	粗壮双菱藻	<i>Surirella robusta</i>	+			+	+		+	+	+			
	线形双菱藻	<i>Surirella linearis</i>							+		+			
	卵形双菱藻	<i>Surirella ovata</i>					+		+					
甲藻门	飞燕角甲藻	<i>Ceratium hirundinella</i>						+			+			
	多甲藻	<i>Peridinium</i> sp.					+						+	+
	薄甲藻	<i>Glenodinium</i> sp.					+	+		+			+	

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
	裸甲藻	<i>Gymnodinium sp.</i>			+		+							
金藻门	长锥形锥囊藻	<i>Dinobryon bavaricum</i>					+							
隐藻门	尖尾蓝隐藻	<i>Chroomonas acuta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	卵形隐藻	<i>Cryptomonas ovata</i>					+		+		+	+	+	+
	啮蚀隐藻	<i>Cryptomonas erosa</i>		+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
裸藻门	裸藻	<i>Euglena sp.</i>			+									
	尾裸藻	<i>Euglena caudata</i>					+							
	尖尾裸藻	<i>Euglena oxyuris</i>											+	
	梭形裸藻	<i>Euglena acus</i>		+										
	囊裸藻	<i>Trachelomonas sp</i>		+			+					+	+	
	旋转囊裸藻	<i>Trachelomonas volvocina</i>					+							
	扁裸藻	<i>Phacus sp.</i>					+						+	
	长尾扁裸藻	<i>Phacus longicauda</i>					+							
	陀螺藻	<i>Strombomonas sp.</i>		+			+							+
蓝藻门	铜绿微囊藻	<i>Microcystis aeruginosa</i>			+		+	+					+	+
	微囊藻	<i>Microcystis sp.</i>		+	+	+	+				+	+	+	+
	具缘微囊藻	<i>Microcystis marginata</i>		+	+	+			+	+				
	平裂藻	<i>Merismopedia sp.</i>	+	+			+		+		+		+	+
	色球藻	<i>Chroococcus sp.</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	螺旋藻	<i>spirulina sp.</i>										+		
	鱼腥藻	<i>Anabaena sp.</i>			+		+	+			+	+		
	水华鱼腥藻	<i>Anabaenaflos aquae</i>					+							

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河	
绿藻门	席藻	<i>Phormidium</i> sp.									+				
	小席藻	<i>Phormidium tenue</i>	+	+	+	+	+		+		+	+		+	
	颤藻	<i>Oscillatoria</i> sp.							+						
	小颤藻	<i>Oscillatoria tenuis</i>		+	+	+			+		+			+	
	尖细颤藻	<i>Oscillatoria acuminata</i>						+							
	细小隐球藻	<i>Aphanocapsa elacjista</i>					+	+							
	鞘丝藻	<i>Lyngbya</i> sp.	+	+			+		+				+		
	束丝藻	<i>Aphanizomenon</i> sp.					+								
	衣藻	<i>Chlamydomonas</i> sp.					+		+		+				
	尖角翼膜藻	<i>Pteromonas aculeata</i>		+											
	空球藻	<i>Eudorina elegans</i>		+		+			+	+				+	
	小球藻	<i>Chlorella vulgaris</i>					+								
	水溪绿球藻	<i>Chlorococcum infusionum</i>					+								
	微芒藻	<i>Micractinium pusillum</i>												+	
	镰形纤维藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+												
	狭形纤维藻	<i>Ankistrodesmus angustus</i>	+				+	+	+		+			+	
	粗刺四刺藻	<i>Treubaria crassispina</i>												+	+
	胶网藻	<i>Dictyosphaerium</i> sp.												+	
	卵囊藻	<i>Oocystis</i> sp.			+		+		+		+	+		+	
月牙藻	<i>Selenastrum bibraianum</i>												+	+	

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
	微小四角藻	<i>Tetra ätron minimum</i>		+	+		+							+
	十字藻	<i>Crucigenia apiculata</i>			+	+	+	+	+		+	+	+	+
	并联藻	<i>Quadrigula chodatii</i>			+								+	+
	小空星藻	<i>Coelastrum microporum</i>		+			+							
	网状空星藻	<i>Coelastrum reticulatum</i>		+				+	+					+
	集星藻	<i>Actinastrum hantzschii</i>							+					
	单角盘星藻具孔变种	<i>Pediastrum simplex var. duodenarium</i>	+	+			+	+						
	二角盘星藻	<i>Pediastrum duplex</i>											+	
	二角盘星藻纤细变种	<i>Pediastrum duplex var. gracillimum</i>	+	+										
	四角盘星藻	<i>Pediastrum tetras</i>					+		+					
	短棘盘星藻	<i>Pediastrum boryanurn</i>				+		+	+					+
	栅藻	<i>Scenedesmus sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i>		+						+			+	+
	二形栅藻	<i>Scenedesmus dimorphus</i>	+						+					+
	齿牙栅藻	<i>Scenedesmus denticulatus</i>							+					
	新月藻	<i>Closterium sp.</i>							+		+			
	鼓藻	<i>Cosmarium sp.</i>					+				+	+		
	圆鼓藻	<i>Cosmarium circulare</i>							+					
	角星鼓藻	<i>Staurastrum sp.</i>			+	+								

门	学名	拉丁文名	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
	具齿角星鼓藻	<i>Staurastrum indentatum</i>	+				+							
合计			26	35	23	28	51	24	40	25	41	27	31	30

附表 2 调查区浮游动物种类名录

种类	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
原生动物	8	18	5	4	10	12	10	5	9	5	11	5
珊瑚囊变形虫	<i>Saccamoeba gongornia</i>	+									+	
半圆表壳虫	<i>Arcella hemisphaerica</i>	+										
盘状表壳虫	<i>A. discoides</i>					+		+	+			
球砂壳虫	<i>Diffugia globulosa</i>	+	+	+		+						
橡子砂壳虫	<i>D. glans</i>	+				+	+		+		+	
叉口砂壳虫	<i>D. gramen</i>			+								
巧砂壳虫	<i>D. elegans</i>		+				+					
长圆砂壳虫	<i>D. oblonga</i>							+				
瓶砂壳虫	<i>D. urceolata</i>					+	+					
乳头砂壳虫	<i>D. mammillaris</i>		+									
棘瘤砂壳虫	<i>D. tuberspinifera</i>			+		+	+				+	
针棘匣壳虫	<i>Centropyxis aculeata</i>		+						+		+	
无棘匣壳虫	<i>C. ecornis</i>	+										
压缩匣壳虫	<i>C. constricta</i>		+									
透明坛状曲颈虫	<i>Cyphoderia ampulla vitraria</i>	+										
放射太阳虫	<i>Actinophrys sol</i>	+										
巧刺日虫	<i>Raphidiophrys elegans</i>					+						
筒裸口虫	<i>Holophrya simplex</i>					+			+			
腔裸口虫	<i>H. atra</i>		+							+		
天鹅长吻虫	<i>Lacrymaria olor</i>		+				+					
长吻虫	<i>L. sp.</i>				+							
纺锤斜吻虫	<i>Enchelydium fusidens</i>					+						

种类		南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
小单环带毛虫	<i>Didinium balbianii nanum</i>		+				+	+	+				+
单环带毛虫	<i>D. balbianii</i>		+			+							
吻单环带毛虫	<i>D. balbianii rostratum</i>		+									+	
双环带毛虫	<i>D. nasutum</i>												+
睥睨虫	<i>Askenasia</i> sp.		+										
睫杵虫	<i>Ophryolena</i> sp.									+			
草履虫	<i>Paramecium</i> sp.									+			
钟虫	<i>Vorticella</i> sp.		+				+	+			+		
浮游累枝虫	<i>Epistylis rotans</i>						+	+		+	+	+	+
鞘纤虫	<i>Cothurnia</i> sp.											+	
旋回侠盗虫	<i>Strobilidium gyrans</i>		+		+	+	+	+	+		+	+	+
弹跳虫	<i>Halteria</i> sp.						+						
小筒壳虫	<i>Tintinnidium pusillum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
淡水筒壳虫	<i>T. fluviatile</i>	+	+	+	+	+	+	+		+		+	
王氏似铃壳虫	<i>Tintinnopsis wangi</i>		+			+							
东方似铃壳虫	<i>Tintinnopsis lacutris</i>							+				+	
似铃壳虫	<i>Tintinnopsis</i> sp.		+										
轮虫		6	27	8	9	16	12	13	14	11	8	7	21
长足轮虫	<i>Rotaria neptunia</i>		+						+				+
旋轮虫	<i>Philodina</i> sp.		+							+			
月形腔轮虫	<i>Lecane luna</i>										+		
尖趾腔轮虫	<i>L. closterocerca</i>												+
囊形腔轮虫	<i>L. bulla</i>		+								+		
爪趾腔轮虫	<i>L. unguitata</i>		+										
凹顶腔轮虫	<i>L. papuana</i>		+										

种类		南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
蹄形腔轮虫	<i>L. ungulata</i>								+		+		
晶囊轮虫	<i>Asplanchna sp.</i>		+		+	+		+		+			+
蓴花臂尾轮虫	<i>Brachionus califlorus</i>		+						+	+		+	+
裂足臂尾轮虫	<i>B. diversicornis Daday</i>		+							+			+
角突臂尾轮虫	<i>B. angularis</i>		+			+	+	+	+	+	+	+	+
剪形臂尾轮虫	<i>B. forficula</i>			+		+	+		+	+			
蒲达臂尾轮虫	<i>B. budapestiensis</i>		+					+	+	+			+
方形臂尾轮虫	<i>B. capsuliflorus</i>								+				+
壶状臂尾轮虫	<i>B. urceus</i>		+		+								+
镰状臂尾轮虫	<i>B. falcatus</i>		+		+	+		+	+			+	+
螺形龟甲轮虫	<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+	+	+	+					+
曲腿龟甲轮虫	<i>K. valga</i>	+	+		+	+	+	+		+			+
尖削叶轮虫	<i>Notholca acuminata</i>	+											
裂痕龟纹轮虫	<i>Anuraeopsis fissa</i>		+	+		+	+	+	+				+
十指平甲轮虫	<i>Plalyias militaris</i>		+		+								+
平甲轮虫	<i>P. sp.</i>			+		+							
方块鬼轮虫	<i>Trichotria tetractis</i>		+								+		
水轮虫	<i>Epiphanes sp.</i>		+										+
前翼轮虫	<i>Proales sp.</i>					+							+
小巨头轮虫	<i>Cephalodella exigna</i>		+										+
凸背巨头轮虫	<i>C. gibba</i>		+										
等棘异尾轮虫	<i>Trichocerca similis</i>		+			+	+	+				+	+
圆筒异尾轮虫	<i>T. cylindrica</i>			+		+							+
暗小异尾轮虫	<i>T. pusilla</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
田奈异尾轮虫	<i>T. dixon-nuttalli</i>					+							

种类		南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
疣毛轮虫	<i>Synchaeta sp.</i>	+	+		+	+		+	+	+	+		
广生多肢轮虫	<i>Polyarthra vulgaris</i>	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+
沟痕泡轮虫	<i>Pompholyx sulcata</i>						+		+				
盘镜轮虫	<i>Testudinella patina</i>		+					+					
巨腕轮虫	<i>Pedalla sp.</i>	+		+		+	+	+		+			
小三肢轮虫	<i>Filinia minuta</i>											+	
顶生三肢轮虫	<i>F. terminalis</i>		+				+		+				
胶鞘轮虫	<i>Collotheca sp.</i>			+									
独角聚花轮虫	<i>Conochilus unicornis</i>		+				+						
枝角类		5	2	8	4	3	5	5	1	2	4	0	6
长肢秀体溇	<i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	+		+	+	+	+	+			+		+
兴凯秀体溇	<i>D. chankensis</i>	+		+		+	+	+			+		+
僧帽溇	<i>Daphnia cucullata</i>			+									
筒弧象鼻溇	<i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+			+				+		+
长额象鼻溇	<i>B. longirostris</i>	+	+	+			+	+	+		+		+
脆弱象鼻溇	<i>B. fatalis</i>			+	+	+		+					+
老年低额溇	<i>Simocephalus vetulus</i>	+		+	+		+	+		+			+
点滴尖额溇	<i>Alona guttata</i>			+									
东方宽额溇	<i>Euryalona orientalis</i>				+					+			
桡足类		7	6	8	2	10	7	3	7	8	8	4	6
汤匙华哲水蚤	<i>Sinocalanus dorrii</i>	+						+	+				
薄片明镖水蚤	<i>Heliodiaptomus lamellatus</i>	+	+	+		+							
舌状叶镖水蚤	<i>Phyllodiaptomus tunguidus</i>										+		
指状许水蚤	<i>Schmackeria inopinus</i>	+				+			+				

种类		南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
球状许水蚤	<i>S. forbesi</i>					+	+						
大尾真剑水蚤	<i>Eucyclops macruroides</i>		+	+		+	+		+	+	+	+	+
英勇剑水蚤	<i>Cyclops strenuus</i>								+	+	+	+	+
近邻剑水蚤	<i>C. vicinus</i>	+	+			+	+			+		+	
拉达克剑水蚤	<i>C. ladakanus</i>			+	+						+		+
微红小剑水蚤	<i>Microcyclops rubellus</i>						+			+			+
爪哇小剑水蚤	<i>M. javanus</i>			+		+				+	+		
广布中剑水蚤	<i>Mesocyclops leuckarti</i>	+		+		+							
北碚中剑水蚤	<i>M. pehpeiensis</i>		+	+		+	+		+	+	+		
小型后剑水蚤	<i>Metacyclops minutus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
台湾温剑水蚤	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>												+
无节幼体	<i>Nauplius</i>	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+
合计		26	53	29	19	39	36	31	27	30	25	22	38

附表 3 调查区着生藻类种类名录

类别	中文名	拉丁名
硅藻	近缘曲壳藻	<i>Achnanthes affinis</i>
	两头曲壳藻	<i>Achnanthes amphicephala</i>
	短小曲壳藻	<i>Achnanthes exigua</i>
	披针曲壳藻椭圆变种	<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>elloptica</i>
	线形曲壳藻	<i>Achnanthes linearis</i>
	咖啡形双眉藻	<i>Amphora coffaeiformis</i>
	卵圆双眉藻	<i>Amphora ovalis</i>
	双眉藻	<i>Amphora</i> sp.
	颗粒直链藻	<i>Aulacoseira granulata</i>
	颗粒直链藻弯曲变种	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>curvata</i>
	意大利直链藻	<i>Aulacoseira italica</i>
	意大利直链藻微小变种	<i>Aulacoseira italica</i> var. <i>tenuissima</i>
	美丽美壁藻	<i>Caloneis pulchra</i>
	舒曼美壁藻矛形变种	<i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>lancettula</i>
	美壁藻	<i>Caloneis</i> sp.
	美壁藻 1	<i>Caloneis</i> sp1
	偏肿美壁藻	<i>Caloneis ventricosa</i>
	扁圆卵形藻	<i>Cocconeis placentula</i>
	卵形藻	<i>Cocconeis</i> sp.
	扭曲小环藻	<i>Cyclotella comta</i>
	梅尼小环藻	<i>Cyclotella meneghiniana</i>
	小环藻	<i>Cyclotella</i> sp.
	草鞋形波缘藻	<i>Cymatopleura solea</i>
	近缘桥弯藻	<i>Cymbella affinis</i>
	纤细桥弯藻	<i>Cymbella gracillis</i>
	桥弯藻	<i>Cymbella</i> sp.
	偏肿桥弯藻	<i>Cymbella ventricosa</i>
	普通等片藻	<i>Diatoma tenue</i>
	短线脆杆藻	<i>Fragilaria brevistriata</i>
	脆杆藻	<i>Fragilaria</i> sp.
	尖细异极藻花冠变种	<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>coronatum</i>
	尖端异极藻	<i>Gomphonema apicatum</i>
	尖顶异极藻	<i>Gomphonema augur</i>
	近棒形异极藻	<i>Gomphonema subclavatum</i>
	尖布纹藻	<i>Gyrosigma acuminatum</i>
	布纹藻	<i>Gyrosigma</i> sp.
	两尖菱板藻长命变种	<i>Hantzschia amphioxys</i> var. <i>vivax</i>
	短小楔形藻	<i>Licmophora abbreviata</i>
	罗兹直链藻	<i>Melosira roeseana</i>
	变异直链藻	<i>Melosira varians</i>
	布鲁克曼舟形藻波缘变种	<i>Navicula brockmanni</i> var. <i>undulata</i>
	隐头舟形藻	<i>Navicula cryptocephala</i>
尖头舟形藻	<i>Navicula cuspidata</i>	
双头舟形藻	<i>Navicula dicephala</i>	
披针舟形藻	<i>Navicula lanceolata</i>	
显喙舟形藻	<i>Navicula perrostrata</i>	

	小胎座舟形藻喙头变型	<i>Navicula placentula f. rostrata</i>
	微小舟形藻	<i>Navicula pusilla</i>
	舟形藻	<i>Navicula sp.</i>
	小舟形藻	<i>Navicula subminuscula</i>
	转换舟形藻	<i>Navicula transitans</i>
	腹面舟形藻简单变种	<i>Navicula ventralis var. simplex</i>
	淡绿舟形藻头端变型	<i>Navicula viridula f. capitata</i>
	针状菱形藻	<i>Nitzschia acicularis</i>
	新月菱形藻	<i>Nitzschia closterium</i>
	洛伦菱形藻细弱变种	<i>Nitzschia lorenziana var. subtilis</i>
	谷皮菱形藻	<i>Nitzschia palea</i>
	琴状菱形藻	<i>Nitzschia panduriformis</i>
	奇异菱形藻	<i>Nitzschia paradoxa</i>
	类 S 状菱形藻	<i>Nitzschia sigmoides</i>
	菱形藻	<i>Nitzschia sp.</i>
	近线形菱形藻	<i>Nitzschia sublinearis</i>
	卡普龙双菱藻	<i>Surirella capronii</i>
	双菱藻	<i>Surirella sp.</i>
	尖针杆藻	<i>Synedra acus</i>
	尖针杆藻极狭变种	<i>Synedra acus var. angustissima</i>
	爆裂针杆藻相近变种	<i>Synedra rumpens var. familiaris</i>
	针杆藻	<i>Synedra sp</i>
	肘状针杆藻狭细变种	<i>Synedra ulna var. contracta</i>
	窗格平板藻	<i>Tabellaria fenestrata</i>
绿藻	狭形纤维藻	<i>Ankistrodesmus angustus</i>
	镰形纤维藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
	莱布新月藻	<i>Closterium leibleinii</i>
	鼓藻	<i>Cosmarium sp.</i>
	四角十字藻	<i>Crucigenia quadrata</i>
	奇异单针藻	<i>Monoraphidium mirabile</i>
	二角盘星藻纤细变种	<i>Pediastrum duplex var. gracillimum</i>
	四角盘星藻	<i>Pediastrum tetras</i>
	浮游辐球藻	<i>Radiococcus planktonicus</i>
	尖细栅藻	<i>Scenedesmus acuminatus</i>
	弯曲栅藻	<i>Scenedesmus arcuatus</i>
	被甲栅藻	<i>Scenedesmus armatus</i>
	被甲栅藻博格变种双尾变型	<i>Scenedesmus armatus var. boglariensis f. bicaudatus</i>
	被甲栅藻柯氏变种	<i>Scenedesmus armatus var. chodatii</i>
	双尾栅藻	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>
	二形栅藻	<i>Scenedesmus dimorphus</i>
	爪哇栅藻	<i>Scenedesmus javaensis</i>
	四尾栅藻	<i>Scenedesmus quadricauda</i>
	索伊栅藻	<i>Scenedesmus sooi</i>
	栅藻	<i>Scenedesmus sp.</i>
	纤细角星鼓藻	<i>Staurastrum gracile</i>
	微小四角藻	<i>Tetra ðron minimum</i>
	平滑四星藻	<i>Tetrastrum glabrum</i>
	细丝藻	<i>Ulothrix tenerrima</i>
蓝藻	银灰平裂藻	<i>Merismopedia glauca</i>

	微小平裂藻	<i>Merismopedia tenuissima</i>
	绿色颤藻	<i>Oscillatoria chlorina</i>
	断裂颤藻	<i>Oscillatoria fraga</i>
	泥污颤藻	<i>Oscillatoria limosa</i>
金藻	圆桶形锥囊藻	<i>Dinobryon cylindricum</i>

附表 4 调查区底栖动物名录

种类	南开河	松涛库尾	松涛库中	迈湾	九龙滩库中	金江库中	东山	河口	腰子河	大塘河	龙州河	巡崖河
软体动物												
铜锈环棱螺						+			+	+		+
梨形环棱螺												+
纵带滩栖螺											+	
齿舌拟蛭螺								+				
渔舟蛭螺								+				
肋蜷科											+	
肋蜷科								+				
肋蜷科								+				
斜肋齿蜷								+				
球河螺	+											
淡水壳菜							+					
节肢动物												
短丝蜉科									+	+		+
丝螳科									+	+		+
隐摇蚊属					+							
多足摇蚊属									+		+	
小摇蚊属					+							
前突摇蚊属			+		+							
菱跗摇蚊属									+			
水螳属			+									
沼虾属		+		+	+	+	+	+				
米虾属					+	+					+	+

目	科	亚科	属	种名	《海南岛淡水及河口鱼类》记录	2016年1-2月调查	2014年4-8月调查	2016年5月调查	栖息习性			繁殖习性					食性					
									流水依赖型	半流水依赖型	非流水依赖型	漂流性卵	粘性卵	粘沉性卵	浮性卵	其它	肉食性	草食性	底栖动物食性	虑食性	杂食性	
			华鳊属 <i>Sinibrama</i>	海南华鳊 <i>Sinibrama melrosei</i>	√	√	√	√			+			+								+
			海南鳊属 <i>Hainania</i>	(R)(VU)锯齿海南鳊 <i>Hainania serrata</i>	√		√				+			+								+
			细鳊属 <i>Rasborinus</i>	细鳊 <i>Rasborinus lineatus</i>	√		√				+			+								+
				(V)(VU)台细鳊 <i>Rasborinus formosae</i>	√	√					+			+								+
			似鲮属 <i>Toxabramis</i>	海南似鲮 <i>Toxabramis houdemeri</i>	√	√	√				+			+								+
			鳊属 <i>Hmiculter</i>	鳊 <i>Hmiculter leucisculus</i>	√	√	√	√			+			+								+
			鳊属 <i>Parabramis</i>	鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	√						+			+			+					
			原鲃属 <i>Cultrichthys</i>	红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	√	√	√	√			+			+								+
		鮡亚科 <i>Gobioninae</i>	属 <i>Hemibarbus</i>	花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>				√			+			+								+
				唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	√	√	√	√			+			+								+
			麦穗鱼属 <i>Pseudorasbora</i>	麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	√	√					+			+								+
			鲮属 <i>Sarcocheilichthys</i>	黑鳍鲮 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	√						+			+								+
			银鮡属 <i>Squalidus</i>	点纹银鮡 <i>Squalidus wolterstorffi</i>	√	√	√				+			+								+
				暗斑银鮡 <i>Squalidus atromaculatus</i>				√			+			+								+
				(E)(EN)小银鮡 <i>Squalidus minor</i>	√		√				+			+								+
			似鮡属 <i>Pseudogobio</i>	似鮡 <i>Pseudogobio vaillanti</i>	√		√	√			+			+								+
			小鰾鮡属 <i>Microphysogobio</i>	嘉积小鰾鮡 <i>Microphysogobio kachekensis</i>	√	√					+			+								+

目	科	亚科	属	种名	《海南岛淡水及河口鱼类》记录	2016年1-2月调查	2014年4-8月调查	2016年5月调查	栖息习性			繁殖习性					食性				
									流水依赖型	半流水依赖型	非流水依赖型	漂流性卵	粘性卵	粘沉性卵	浮性卵	其它	肉食性	草食性	底栖动物食性	虑食性	杂食性
				鲇 <i>Silurus asotus</i>	√		√	√			+			+						+	
	胡子鲇科 Clariidae		胡子鲇属 <i>Clarias</i>	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	√	√	√	√			+			+							+
				*革胡子鲇 <i>Clarias bariachus</i>	√	√	√				+			+							+
	甲鲇科 Loricariidae		下口鲇属 <i>Hypostomus</i>	*下口鲇 <i>Hypostomus plecostomus</i>		√					+			+							+
	鲮科 Bagridae		鲮 <i>Mystus</i>	斑鲮 <i>Mystus guttatus</i>	√		√	√			+			+							+
				越鲮 <i>Mystus pluriradiatus</i>		√					+			+							+
			鲮属 <i>Leiocassis</i>	条纹鲮 <i>Leiocassis virgatus</i>	√		√				+			+							+
			黄颡鱼属 <i>Pelteobagrus</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>				√			+			+							+
				瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	√	√	√				+			+							+
				中间黄颡鱼 <i>Pelteobagrus intermedius</i>	√	√		√			+			+							+
	长臀鲃科 Cranoglanididae		长臀鲃属 <i>Cranoglanis</i>	(V)(VU)海南长臀鲃 <i>Cranoglanis boudierius multiradiatus</i>	√	√	√	√			+			+							+
	鲃科 Sisoridae		纹胸鲃属 <i>Glyptothorax</i>	海南纹胸鲃 <i>Glyptothorax fukiensis hainanensis</i>	√	√					+			+							+
	鱼芒科 Pangasiidae		鱼芒属 <i>Pseudolais</i>	*短须鱼芒 <i>Pseudolais micronemus</i>		√					+			+							+
鲿形目 Cyprinodontiformes	胎鲿科 Poeciliidae		食蚊鱼属 <i>Cambusia</i>	*食蚊鱼 <i>Cambusia affinis</i>	√	√					+								+		+
	鲿科 Cyprinod		青鲿属 <i>Oryzias</i>	(VU)青鲿 <i>Oryzias latipes</i>	√						+			+							+

目	科	亚科	属	种名	《海南岛淡水及河口鱼类》记录	2016年1-2月调查	2014年4-8月调查	2016年5月调查	栖息习性			繁殖习性					食性						
									流水依赖型	半流水依赖型	非流水依赖型	漂流性卵	粘性卵	粘沉性卵	浮性卵	其它	肉食性	草食性	底栖动物食性	虑食性	杂食性		
				<i>cervicosquamus</i>																			
	鳢科 Channidae		鳢属 <i>Channa</i>	斑鳢 <i>Channa maculata</i>	√	√	√	√		+					+		+						
				南鳢 <i>Channa gachua</i>	√			√		+					+		+						
				月鳢 <i>Channa asiatica</i>	√	√	√	√		+					+		+						
	攀鲈科 Anabantidae		攀鲈属 <i>Anabas</i>	攀鲈 <i>Anabas testudineus</i>	√	√	√	√			+			+									+
	斗鱼科 Belontiidae		斗鱼属 <i>Macropodus</i>	叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>	√	√		√			+				+								+
	刺鲃科 Mastacembelidae		刺鲃属 <i>Mastacembelus</i>	大刺鲃 <i>Mastacembelus armatus</i>	√	√	√	√			+			+									+
					87	69	62	59	4	45	61	6	3	90	5	6	1/1	3	10	3	8/3		

注：▲为国家二级保护动物，△为南渡江特有鱼类，E、V、R 分别表示《中国濒危动物红皮书（鱼类）》中所列的濒危、易危、稀有种类，EN、VU 分别表示《中国物种红色名录》中所列的濒危、易危种类，*为外来种

附表 6 评价区典型植被样方调查表

样地号: P1 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.23 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水翁+狭叶蒲桃+水柳 群落							
GPS: N 19°24'46.90" E 109°54'32.17"							
海拔(m): 86 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	水翁	水柳		野牡丹	九节	牛筋藤	乔木总盖度: 30 灌木总盖度: 20
高度(m)	10	7		2	1.5		
盖度(%)	15	15		10	10	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	水翁	15	5		21	白背算盘子	5.5	6				
2	水翁	10	5		22	筋欐花椒	6	6				
3	水翁	15	5		23	疏刺花椒	4	4				
4	水翁	12	5		24	黄毛楸木	6	4				
5	狭叶蒲桃	3	3		25	潺槁木姜	5	5				
6	狭叶蒲桃	4	3		26	竹节树	4	5				
7	狭叶蒲桃	4	3		27	石岩枫	5	4				
8	水柳	10	3		28	厚皮树	5	5				
9	水柳	5	2		29	厚皮树	5	5				
10	水柳	14	3.5		30							
11	闭花木	5	5		灌草							
12	闭花木	5	4		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	黄椿木姜	6	4		1	野牡丹	2	10	9	雾水葛	0.5	3
14	构树	7	4.5		2	九节	1.5	10	10	粗叶耳草	0.3	5
15	大果榕	7	5.5		3	大萼	1.5	3	11	磨盘草	0.6	3
16	白饭树	3	3		4	牛筋藤		5	12	越南叶下珠	0.5	3
17	乌柏	3	4		5	坡柳	2	3	13	龙眼睛	1.2	5
18	银柴	4	4		6	黄花稔	0.8	3	14			
19	禾串树	5	5		7	梵天花	0.5	3	15			
20	白桐树	5	5		8	水油甘	0.2	2	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P2 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.23 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS: N 19°25'51.84" E 109°54'50.70"							
海拔(m): 85 坡度(°): 10 坡向: 南							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.0							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	大果榕	猫尾木	破布叶	黑叶谷木	铁芒萁	乔木总盖度: 45
高度(m)	6	5	6	4	3.5	0.5	灌木总盖度: 25
盖度(%)	20	15	10	8	5	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	中平树	5	5.5		21	粗糠柴	4	5				
2	中平树	5	5.5		22	白楸	4	5				
3	中平树	4	5		23	木棉	3.5	5				
4	中平树	6	6		24	假柿木姜子	3	4				
5	黄毛榕	7	6		25	潺槁木姜	4	4				
6	白楸	9	7		26	细基丸	4	4.5				
7	大果榕	5	5		27	黑叶谷木	3	3.5				
8	大果榕	6	5		28	岭南山竹子	5	5				
9	倒吊笔	4	3		29	破布叶	3.5	4				
10	对叶榕	9	7		30							
11	构树	5.5	5		灌草							
12	构树	5.5	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	海南血桐	4	4		1	毛稔	3.5	5	9	锡叶藤		5
14	海南血桐	6	6		2	白花酸藤		2	10	刺柃	0.8	5
15	黄牛木	2	3		3	山乌柏	0.5	5	11	越南悬钩子		5
16	黄桐	9	7		4	细齿柃	3	10	12	裂叶悬钩子		5
17	猫尾木	5.5	6		5	鸭脚木	3	5	13	藤槐		5
18	猫尾木	6	6		6	鱼尾葵	2	5	14	伞房花耳草	0.5	5
19	山黄麻	4	5		7	粽叶芦	1	8	15	鸡屎藤		3
20	假苹婆	5	5.5		8	铁芒萁	0.5	10	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P3 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.23 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS：N 19°22'42.04" E 109°52'37.57"							
海拔(m)：115 坡度(°)：0 坡向：无							
地貌类型：平原 土壤类型：红壤 表土厚度(cm)：1.5							
生境条件及人为干扰：中							
群落外貌特征及演替趋势：群落外貌不连续，结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	大果榕	黄毛榕	三叉苦	白背算盘子	海芋	乔木总盖度：30 灌木总盖度：20
高度(m)	5	5.5	7	4	4.5	1	
盖度(%)	15	10	10	8	8	10	

注：坡向采用8级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无5级；T1、T2、T3表示乔木第1、2、3层；S1、S2表示灌木第1、2层；G表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	中平树	5	5.5		21	郎伞木	3	3				
2	中平树	4	5		22	乌柿	4	4				
3	大果榕	5	6		23	光滑黄皮	4	4				
4	大果榕	5	5.5		24	三叉苦	4.5	4				
5	大果榕	6	6		25	粗叶榕	3	3				
6	黄毛榕	7	7		26	斜叶榕	5	3				
7	黄毛榕	6.5	6		27	禾串树	5	5				
8	黄毛榕	6	5		28	白背算盘子	4	4.5				
9	倒掉笔	7	5.5		灌草							
10	岭南山竹子	5.5	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
11	山黄麻	5	5		1	倒掉笔	1.5	8	9	毛瓣鸡血藤		5
12	筋欏花椒	3	4		2	翻白叶	2	8	10	芭蕉	3	5
13	楝叶吴茱萸	4	5		3	构树	3	5	11	粗叶耳草	0.5	3
14	乌桕	5	4		4	海芋	1	10	12	菝葜		3
15	假萍婆	4.5	4		5	黄毛榕木	1.5	5	13	山菅兰	0.3	3
16	越南山矾	5	4		6	九节	1.5	5	14	假益智	0.8	3
17	鲫鱼胆	4.5	5		7	岭南山竹子	2	5	15	海南龙船花	0.6	3
18	罗伞树	3	3.5		8	鱼尾葵	1.2	5	16			

注：胸径指离地1.3m处的树木直径(DBH)，注：只记录H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P4 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.24 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS：N 19°25'7.44" E109°54'38.50"							
海拔(m)：109 坡度(°)：15 坡向：西							
地貌类型：丘陵 土壤类型：红壤 表土厚度(cm)：1.5							
生境条件及人为干扰：强							
群落外貌特征及演替趋势：群落外貌不连续，结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	大果榕	假苹婆	猫尾木	水东哥	水锦树	芭蕉	乔木总盖度：30 灌木总盖度：25
高度(m)	5	5	6	4	4	2	
盖度(%)	15	15	10	8	8	5	

注：坡向采用8级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无5级；T1、T2、T3表示乔木第1、2、3层；S1、S2表示灌木第1、2层；G表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	大果榕	10	5		21	枝花木奶果	8	6				
2	大果榕	8	6		22	枝花木奶果	9	6				
3	大叶山楝	10	6		23	海南菜豆树	4	4				
4	鸭脚木	5	5		24	柳叶密花树	4	3				
5	对叶榕	5	4		25	越南山矾	3	3				
6	对叶榕	9	5.5		26	顶花杜茎山	3	3				
7	构树	4	5		27	郎伞木	4	3.5				
8	构树	5	5		28	杜虹花	2.5	3				
9	黄椿木姜子	5	5		29	野漆	5	5				
10	黄毛榕	9	6		30	伞序臭黄荆	5	5.5				
11	假苹婆	5	5		灌草							
12	假苹婆	5	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	假苹婆	5	5		1	水东哥	4	8	9	粉叶菝葜		3
14	猫尾木	7	5		2	水锦树	4	8	10	海芋	0.8	3
15	猫尾木	8	6		3	五月茶	3	5	11	黄藤		5
16	猫尾木	7	5.5		4	银柴	3.5	5	12	露兜草	0.4	3
17	猫尾木	6	5		5	白楸	2	5	13	割鸡芒	0.3	4
18	青果榕	12	7		6	芭蕉	2	5	14	玉叶金花		3
19	中平树	3	3		7	伞花马钱		3	15	茄叶斑鸠菊		3
20	中平树	3	3		8	草豆蔻	1.2	5	16			

注：胸径指离地1.3m处的树木直径(DBH)，注：只记录H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P5 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.24 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS: N 19°25'39.08" E 109°55'19.66"							
海拔(m): 70 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	对叶榕	鸭脚木	破布叶	白楸	毛瓣鸡血藤	乔木总盖度: 40
高度(m)	6	5.5	5	2.5	4		灌木总盖度: 20
盖度(%)	20	10	10	8	8	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	中平树	8	6		21	楝叶吴茱萸	4	4				
2	中平树	7	5.5		22	楝叶吴茱萸	5	5				
3	中平树	7	6		23	乌柿	4	3				
4	中平树	7	6		24	黄毛楸木	4	4				
5	苹果榕	5	5		25	厚皮树	5	5				
6	对叶榕	7	5		26	三叉苦	3	3.5				
7	对叶榕	7	6		27	山桔树	4	4.5				
8	构树	6	5		28	柳叶密花树	4	4				
9	构树	6	5		29							
10	海南菜豆树	7	5		灌草							
11	山麻树	5	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
12	山麻树	6	5.5		1	破布叶	2.5	8	9	芭蕉	2	5
13	假黄皮	4	4		2	白楸	4	8	10	毛瓣鸡血藤		5
14	大果榕	5	5		3	山黄麻	5.5	5	11	海芋	1	3
15	大果榕	5	5		4	假苹婆	4	5	12	鱼尾葵	2	5
16	鸭脚木	6	5		5	土蜜树	2	3	13	露兜草	0.4	3
17	鸭脚木	6	5		6	筋欖花椒	3	5	14	仙茅	0.2	2
18	水锦	3	4		7	白饭树	3	5	15	闭花耳草	0.2	2
19	水锦	3	4		8	黄牛木	3.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P6 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.24 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS: N 19°24'49.65" E 109°54'12.58"							
海拔(m): 84 坡度(°): 10 坡向: 西南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	大果榕	鸭脚木	白楸	白桐	潺槁木姜	粽叶芦	乔木总盖度: 35
高度(m)	5	5.5	6	4	3	1	灌木总盖度: 30
盖度(%)	15	10	10	8	5	8	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	大果榕	6.5	5		21	中平树	3	4				
2	大果榕	6	4.5		22	中平树	3.5	4				
3	大果榕	10	5.5		23	光滑黄皮	4	4				
4	鸭脚木	5	5.5		24	筋欐花椒	4	4.5				
5	鸭脚木	5	5.5		25	斜叶榕	4	4				
6	鸭脚木	4	5		26	三叉苦	3.5	3.5				
7	大叶山楝	5	5		27	粗叶榕	5	5				
8	大叶山楝	5	6		28	禾串树	5	4				
9	大叶山楝	10	5.5		29	白桐树	4.5	4.5				
10	白楸	6	6		30	翻白叶树	4	4				
11	白楸	6	6		灌草							
12	白楸	6	5.5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	白楸	5	5		1	白桐	4	8	9	眼镜豆		5
14	白楸	5	5		2	潺槁木姜	3	5	10	粽叶芦	1	8
15	对叶榕	8	6		3	粗丝木	3	3	11	牛筋果		3
16	白楸	5	5		4	翻白叶	2	3	12	飞龙掌血		3
17	黄毛榕	4	5		5	禾串树	4	3	13	白藤		3
18	黄毛榕	10	6		6	破布叶	3	3	14	露兜草	0.2	3
19	黄毛榕	8	6		7	山黄麻	3	3	15	穿鞘菝葜		2
20	黄毛榕	8	5		8	鱼尾葵	2	3	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P7 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.24 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS：N 19°24'55.75" E 109°54'42.88"							
海拔(m)：127 坡度(°)：10 坡向：西							
地貌类型：丘陵 土壤类型：红壤 表土厚度(cm)：1.5							
生境条件及人为干扰：强							
群落外貌特征及演替趋势：群落外貌不连续，结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	大果榕	鸭脚木	中平树	白楸	山黄麻	牛筋果	乔木总盖度：35
高度(m)	5	6	6	6	3	3	灌木总盖度：30
盖度(%)	15	15	8	8	5	15	

注：坡向采用8级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无5级；T1、T2、T3表示乔木第1、2、3层；S1、S2表示灌木第1、2层；G表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	大果榕	6.5	5		21	盐肤木	4	4				
2	大果榕	6	4.5		22	黄毛楸木	4	4.5				
3	鸭脚木	5	5.5		23	柳叶密花树	4	5				
4	鸭脚木	8	7		24	十棱山矾	4	5				
5	鸭脚木	7	8		25	倒吊笔	4	4				
6	中平树	5	5		26	猪肚木	3	3.5				
7	中平树	6	6		27	海南水团花	3	2.5				
8	白楸	6	6		28	山牡荆	4	4				
9	白楸	6	6		29	荊竹	3	4				
10	大叶山楝	5	5		30	三叉苦	3	3.5				
11	大叶山楝	4	4		灌草							
12	黄毛榕	8	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	翻白叶	2	3		1	牛筋果	3	15	9	鱼尾葵	0.8	5
14	翻白叶	2	3		2	海芋	1	10	10	穗花轴桐	1.2	5
15	禾串树	4	3		3	小花山姜	0.5	5	11	海南割鸡芒	0.6	5
16	禾串树	4	3		4	眼镜豆		5	12	凹脉丁公藤		5
17	山黄麻	3	3		5	粽叶芦	1	10	13	粗叶耳草	0.3	5
18	山黄麻	3	3		6	白藤		5	14	玉叶金花		5
19	山桔树	3	2.5		7	仙茅	0.2	3	15			
20	山桔树	3	2.5		8	土麦冬	0.1	2	16			

注：胸径指离地1.3m处的树木直径(DBH)，注：只记录H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P8 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.24 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 中平树+大果榕+鸭脚木群落							
GPS: N 19°25'50.02" E 109°54'45.95"							
海拔(m): 68 坡度(°): 10 坡向: 东南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	大叶山楝	大果榕	白楸	山黄麻	猪肚木	粽叶芦	乔木总盖度: 35
高度(m)	5.5	5	6	3	3	1	灌木总盖度: 30
盖度(%)	10	10	10	8	5	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	大叶山楝	5	5		21	土坛树	3.5	3				
2	大叶山楝	5	6		22	野漆	4	4.5				
3	大叶山楝	10	5.5		23	大管	4	3.5				
4	白楸	6	6		24	三叶藤桔	4	3				
5	白楸	6	6		25	假黄皮	4	5				
6	鸭脚木	4	5		26	细叶裸实	3.5	3				
7	黄毛榕木	4	5		27	伞花冬青	5	6				
8	黄毛榕	10	6		28	笔管榕	6	5				
9	大果榕	6	4.5		29	构树	5	4.5				
10	大果榕	10	5.5		30	构树	5	4.5				
11	白桐	4	8		灌草							
12	潺槁木姜	3	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	中平树	3	4		1	粗丝木	3	3	9	眼镜豆		5
14	中平树	3.5	4		2	禾串树	4	3	10	粽叶芦	1	10
15	翻白叶	2	3		3	破布叶	3	3	11	黄藤		3
16	翻白叶	2	3		4	鱼尾葵	2	3	12	小露兜	0.4	3
17	山黄麻	3	3		5	草豆蔻	0.8	5	13	大叶仙茅	0.2	3
18	山黄麻	3	3		6	假益智	0.5	5	14	刺轴榈	0.6	3
19	猪肚木	3	3		7	菝葜		3	15	野芋	0.4	3
20	猪肚木	3	3		8	蜈蚣藤		3	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P9 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 黄毛榕+山黄麻+多花山猪菜 群落							
GPS: N19°22'42.59" E109°52'40.67"							
海拔(m): 115 坡度(°): 5 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.0							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	黄毛榕			山黄麻	白楸	多花山猪菜	乔木总盖度: 10
高度(m)	4			4	4		灌木总盖度: 50
盖度(%)	10			20	15	20	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	黄毛榕	5	5		21							
2	黄毛榕	4	4		22							
3	黄毛榕	4	4		23							
4	山黄麻	5	4		24							
5	山黄麻	4	4		25							
6	山黄麻	4	4		26							
7	白楸	4	4		27							
8	白楸	3	4		28							
9	白楸	3	4		29							
10	海南血桐	2	3		30							
11	海南血桐	2	3		灌草							
12	海南血桐	2	3		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	构树	4	4		1	破布叶	3	5	9	白背叶	1	5
14	构树	4	4		2	潺槁木姜	1	3	10			
15	构树	4	4		3	光滑黄皮	1	3	11			
16	黄毛楸木	3	3		4	假萍婆	3	3	12			
17					5	谷木	1.8	3	13			
18					6	草豆蔻	1.2	10	14			
19					7	毛瓣鸡血藤		5	15			
20					8	多花山猪菜		20	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P10 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 黄毛榕+山黄麻+多花山猪菜 群落							
GPS: N 19°23'48.86" E 109°55'52.45"							
海拔(m): 93 坡度(°): 5 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.0							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	黄毛榕			山黄麻	白楸	多花山猪菜	乔木总盖度: 10 灌木总盖度: 50
高度(m)	4			3	3		
盖度(%)	10			20	15	15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	黄毛榕	8.5	4		21							
2	黄毛榕	8.5	4		22							
3	黄毛榕	8.5	4		23							
4	山黄麻	4	4		24							
5	山黄麻	3	3		25							
6	山黄麻	3	3		26							
7	山黄麻	3	3		27							
8	白楸	3	3		28							
9	白楸	3	3		29							
10	白楸	3	3		30							
11	粉单竹	2	5		灌草							
12	猫尾木	2	1.5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	弯管花	2	1.5		1	毛稔	1.5	5	9	鸦胆子	0.8	3
14	鸡屎树	2	1		2	多花山猪菜		15	10	异木患	0.8	3
15	毛柿	3	2.5		3	乌莓		2	11	赤才	0.8	3
16	鲫鱼胆	3	2.5		4	掌叶山猪菜		2	12			
17	柳叶密花树	3	2		5	粽叶芦	0.8	10	13			
18					6	南美蜚蜞菊		10	14			
19					7	野芋	0.8	5	15			
20					8	牛筋果		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P11 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水柳+水竹+斑茅 河滩地群落							
GPS: N 19°24'48.00" E 109°54'24.45"							
海拔(m): 78 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				水柳	水竹	牛筋藤	乔木总盖度: 灌木总盖度: 60
高度(m)				3	1		
盖度(%)				25	25	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	水柳	3	10	9	含羞草	0.1	3
14					2	水柳	3.5	10	10	光荚含羞草	0.8	5
15					3	水柳	3.5	5	11	裂叶悬钩子		3
16					4	水竹	1	20	12	水油甘	0.2	3
17					5	斑茅	1	10	13	蓖麻	0.5	0.8
18					6	野牡丹	1	5	14	千根草	0.1	3
19					7	九节	0.6	5	15	白桐树	1.2	3
20					8	牛筋藤		5	16	黑面神	0.2	3

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P12 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水柳+水竹+斑茅 河滩地群落							
GPS: N 19°21'27.80" E 109°42'14.42"							
海拔(m): 120 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				水竹		斑茅	乔木总盖度: 灌木总盖度: 55
高度(m)				1		1	
盖度(%)				20		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11	灌草											
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	水竹	1	20	9	水蔗草		10
14					2	九节	1.5	5	10	类芦		10
15					3	毛排钱草	1	5	11	乌苡莓		3
16					4	光荚含羞草	1.5	10	12	白粉藤		3
17					5	斑茅	1	15	13	越南野葛		3
18					6	割鸡芒		5	14	猪屎豆	0.4	3
19					7	海南叶下珠		10	15	双花耳花	0.2	2
20					8	散穗黑莎草		10	16	粗叶耳草	0.2	2

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P13 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水柳+水竹+斑茅 河滩地群落							
GPS: N 19°21'10.27" E 109°42'1.48"							
海拔(m): 120 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				水竹		类芦	乔木总盖度:
高度(m)				1.5		1	灌木总盖度: 55
盖度(%)				20		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11	灌草											
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	水竹	1.5	20	9	水蔗草	0.8	8
14					2	九节	1.5	5	10	棕叶狗尾草	0.5	8
15					3	类芦	1.5	10	11	散穗黑莎草	0.5	10
16					4	三稔蒨	0.8	3	12	香根草	0.3	3
17					5	斑茅	1	10	13	野甘草	0.2	3
18					6	海南叶下珠	1	5	14			
19					7	越南叶下珠	0.8	3	15			
20					8	长柄野扁豆	0.8	3	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P14 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水柳+水竹+斑茅 河滩地群落							
GPS: N 19°19'2.48" E 109°41'44.45"							
海拔(m): 168 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				水柳	水竹	斑茅	乔木总盖度: 灌木总盖度: 55
高度(m)				2	1	1	
盖度(%)				30	15	15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	水柳	2	10	9	牛筋藤		3
14					2	水柳	2.5	10	10	类芦	1	5
15					3	水柳	1.5	10	11	类芦	0.5	5
16					4	水竹	1	5	12	斑茅	1	15
17					5	水竹	1.5	5	13	海南叶下珠	0.5	5
18					6	水竹	0.5	5	14	粉葛		5
19					7	九节	1	5	15	大花老鸦嘴		3
20					8	九节	0.8	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P15 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水柳+水竹+斑茅 河滩地群落							
GPS: N 19°19'37.51" E 109°42'37.45"							
海拔(m): 135 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				细叶裸实		水蔗草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 55
高度(m)				1.2		1	
盖度(%)				15		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11	灌草											
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	斑茅	1	8	9	水蔗草	1	10
14					2	水柳	1.5	10	10	牛筋藤		5
15					3	类芦	1	5	11	对叶榕	1	5
16					4	类芦	0.5	5	12	构树	1	5
17					5	类芦	1.5	10	13	狭叶山黄麻	1.2	5
18					6	细叶裸实	1	5	14	灰叶	0.5	3
19					7	细叶裸实	1.5	10	15	苎麻	0.5	3
20					8	散穗黑莎草		10	16	雾水葛	0.2	3

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P16 面积: 5m×5m 调查日期: 2016.2.25 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 黄毛榕+山黄麻+多花山猪菜 群落

GPS: N 19°22'32.75" E 109°47'21.35"

海拔(m): 99 坡度(°): 0 坡向: 河沟边

地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5

生境条件及人为干扰: 中

群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏

分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				黄毛榕		多花山猪菜	乔木总盖度: 灌木总盖度: 55
高度(m)				4			
盖度(%)				20		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	黄毛榕	8.5	4		21							
2	黄毛榕	8.5	4		22							
3	黄毛榕	8.5	4		23							
4	细叶裸实	3	2.5		24							
5	细叶裸实	3	2.5		25							
6	假黄皮	4	3		26							
7	假黄皮	3	3		27							
8	山黄麻	4	4		28							
9	山黄麻	3	3		29							
10	白楸	3	3		30							
11	白楸	3	3		灌草							
12	厚皮树	2	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	厚皮树	2.5	3		1	毛稔	1.5	5	9	玉叶金花	0.5	5
14					2	多花山猪菜		15	10	飞机草	0.8	5
15					3	乌苡莓	0.2	2	11	田基黄	0.3	5
16					4	顶花杜茎山	0.8	2	12	金腰箭	0.2	5
17					5	粽叶芦	0.8	10	13	羽芒菊	0.2	5
18					6	扭肚藤		10	14	少花龙葵	0.8	3
19					7	丰花草	0.8	5	15	假杜鹃	0.2	3
20					8	白花蛇舌草	0.4	5	16	孩儿草	0.2	5

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P17 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 橡胶林							
GPS: N 19°20'52.01" E 109°52'36.73"							
海拔(m): 98 坡度(°): 5 坡向: 东							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				光滑黄皮		羊蹄藤	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.5	
盖度(%)				8		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	羊蹄藤	0.5	10	9	假臭草	0.8	5
14					2	锡叶藤	1	5	10			
15					3	钩枝藤	0.1	5	11			
16					4	光滑黄皮	1	8	12			
17					5	九节	0.5	5	13			
18					6	弓果黍		3	14			
19					7	银柴	1.5	5	15			
20					8	飞机草	1.2	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P18 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 橡胶林							
GPS: N 19°23'54.61" E 109°55'53.14"							
海拔(m): 99 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.8							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				疏刺花椒		棕叶狗尾草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 20
高度(m)				0.5		0.6	
盖度(%)				15		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

0	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11	灌草											
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	千斤拔	0.8	3	9	夜香牛	0.1	5
14					2	草露兜	0.8	10	10			
15					3	棕叶狗尾草	0.6	15	11			
16					4	乌毛蕨	0.7	5	12			
17					5	海芋	1	10	13			
18					6	新月蕨	0.2	10	14			
19					7	疏刺花椒	0.5	15	15			
20					8	金腰箭	0.2	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P19 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 橡胶林							
GPS: N 19°23'28.94" E 109°55'43.11"							
海拔(m): 106 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				对叶榕		淡竹叶	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.15	
盖度(%)				15		20	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	对叶榕	1	15	9	海南茄	0.5	5
14					2	苦楝	0.6	5	10			
15					3	吊球草	0.6	5	11			
16					4	华南毛蕨	0.3	10	12			
17					5	淡竹叶	0.15	20	13			
18					6	火炭母	0.1	10	14			
19					7	飞机草	0.8	10	15			
20					8	羽芒菊	0.3	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P20 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°19'8.92" E 109°41'30.64"							
海拔(m): 205 坡度(°): 5 坡向: 东北							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				马缨丹		吊球草	乔木总盖度:
高度(m)				1.2		0.2	灌木总盖度: 25
盖度(%)				15		20	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	马缨丹	1.2	15	9	小牵牛		5
14					2	苦楝	0.6	5	10	菊芹	0.2	5
15					3	大青	0.6	5	11			
16					4	华南毛蕨	0.3	10	12			
17					5	吊球草	0.2	20	13			
18					6	虬子草	0.1	10	14			
19					7	飞机草	0.8	10	15			
20					8	蜂巢草			16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P21 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°20'50.62" E 109°41'47.02"							
海拔(m): 139 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				倒吊笔		香花藤	乔木总盖度:
高度(m)				0.6		0.8	灌木总盖度: 25
盖度(%)				15		10	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	香花藤	0.8	10	9	蔓草虫豆	0.1	5
14					2	倒吊笔	0.6	15	10	链荚豆		5
15					3	吊球草	0.6	5	11			
16					4	华南毛蕨	0.3	10	12			
17					5	鸦胆子	0.3	5	13			
18					6	构树	0.5	10	14			
19					7	牛筋藤	0.8	10	15			
20					8	越南野葛		5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P22 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°21'19.53" E 109°42'13.13"							
海拔(m): 128 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				破布叶		假蒟	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				0.8		0.1	
盖度(%)				15		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	对叶榕	0.8	10	9	梵天花		5
14					2	破布叶	0.8	15	10	飞机草	0.8	10
15					3	黄花稔	0.6	5	11			
16					4	铁苋菜	0.3	10	12			
17					5	淡竹叶	0.1	10	13			
18					6	黑面神	0.1	10	14			
19					7	假蒟	0.1	15	15			
20					8	越南悬钩子		10	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P23 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°23'50.74" E 109°42'26.54"							
海拔(m): 118 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				三稔蒟		假鹰爪	乔木总盖度:
高度(m)				0.5		0.5	灌木总盖度: 25
盖度(%)				15		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	假鹰爪	0.5	15	9	飞扬草	0.2	5
14					2	暗罗	0.8	10	10	相思子		3
15					3	土牛膝	0.6	5	11			
16					4	谷木	0.3	10	12			
17					5	三稔蒟	0.5	15	13			
18					6	黑面神	0.1	10	14			
19					7	龙眼睛	0.8	10	15			
20					8	山乌柏	1	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P24 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°23'56.54" E 109°42'41.01"							
海拔(m): 119 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				鹊肾树		华南毛蕨	乔木总盖度:
高度(m)				0.8		0.3	灌木总盖度: 25
盖度(%)				20		20	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	排钱草	1	15	9	酒饼勒	0.8	3
14					2	山黄麻	0.6	5	10	大管	0.5	3
15					3	吊球草	0.6	5	11	华南毛蕨	0.3	20
16					4	鸦胆子	0.5	3	12			
17					5	鹊肾树	0.8	20	13			
18					6	火炭母	0.1	10	14			
19					7	假地豆	0.8	10	15			
20					8	毛蔓豆	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P25 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°18'16.80" E 109°40'21.05"							
海拔(m): 124 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				破布叶		假蒟	乔木总盖度: 灌木总盖度: 35
高度(m)				1		0.2	
盖度(%)				15		20	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	破布叶	1	15	9	酒饼勒	0.8	3
14					2	锡叶藤		8	10	磨盘草	0.5	3
15					3	粪箕笃	0.6	5	11	假蒟	0.2	20
16					4	鸦胆子	0.5	3	12	留萼木	0.5	5
17					5	野苋	0.8	5	13			
18					6	火炭母	0.1	10	14			
19					7	龙珠果		5	15			
20					8	毛蔓豆	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P26 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°24'9.83" E 109°44'23.62"							
海拔(m): 123 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				酒饼勒		丰花草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.8	
盖度(%)				15		10	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	酒饼勒	1	15	9	丰花草	0.8	10
14					2	三叉苦	0.6	5	10	大管	0.5	3
15					3	大管	0.6	5	11	黄毛櫨木	0.3	20
16					4	鸦胆子	0.5	3	12			
17					5	赤才	0.8	5	13			
18					6	灰叶	0.1	5	14			
19					7	香花藤	0.8	5	15			
20					8	广花耳草	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P27 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°23'44.51" E 109°45'47.27"							
海拔(m): 117 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				大管		蟛蜞菊	乔木总盖度: 灌木总盖度: 30
高度(m)				1		0.1	
盖度(%)				15		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11	灌草											
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	大管	1	15	9	裸花紫珠	1.5	5
14					2	山黄麻	0.8	10	10	鳢肠	0.3	5
15					3	猪菜藤		5	11	鹅不食草	0.3	5
16					4	鸦胆子	0.5	3	12			
17					5	鹊肾树	0.8	5	13			
18					6	蟛蜞菊	0.1	15	14			
19					7	假地豆	0.5	5	15			
20					8	野甘草	0.3	3	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P28 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°21'40.41" E 109°47'18.07"							
海拔(m): 118 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				排钱草		蜂巢草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.3	
盖度(%)				15		10	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	排钱草	1	15	9	马缨丹	0.8	3
14					2	山牡荆	0.6	5	10	大管	0.5	3
15					3	吊球草	0.6	5	11	蜂巢草	0.3	10
16					4	广防风	0.5	3	12			
17					5	大青	0.8	8	13			
18					6	扭肚藤		5	14			
19					7	银胶菊	0.5	5	15			
20					8	假地豆	0.5	8	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P29 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°26'18.39" E 109°47'3.10"							
海拔(m): 121 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				土密树		毛蕨	乔木总盖度: 灌木总盖度: 30
高度(m)				1.5		0.3	
盖度(%)				15		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	土密树	1.5	15	9	野葛		5
14					2	山黄麻	0.8	5	10	大管	0.5	3
15					3	吊球草	0.8	5	11	毛蕨	0.3	15
16					4	巴西含羞草	0.3	5	12			
17					5	蓖麻	0.8	10	13			
18					6	牛筋藤	0.1	10	14			
19					7	千斤拔	0.5	10	15			
20					8	链荚豆	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P30 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：橡胶林							
GPS: N 19°27'23.65" E 109°51'5.41"							
海拔(m): 120 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.2							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				火索麻		华南毛蕨	乔木总盖度:
高度(m)				0.8		0.3	灌木总盖度: 30
盖度(%)				15		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

0	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	鸦胆子	0.8	12	9	大管	0.5	3
14					2	火索麻	0.8	15	10	华南毛蕨	0.3	15
15					3	梵天花	0.3	5	11			
16					4	酒饼勒	0.5	3	12			
17					5	黄花稔	0.6	10	13			
18					6	山麻杆	0.5	10	14			
19					7	黑面神	0.3	5	15			
20					8	飞扬草	0.2	3	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P31 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°22'58.39" E 109°55'16.80"							
海拔(m): 120 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				黄牛木		凤尾蕨	乔木总盖度: 灌木总盖度: 35
高度(m)				1.2		0.15	
盖度(%)				5		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	九节	0.5	3	9			
14					2	狗尾草	0.1	5	10			
15					3	银柴	0.5	3	11			
16					4	九节	0.5	5	12			
17					5	凤尾蕨	0.15	10	13			
18					6	鸭脚木	1	3	14			
19					7	黄牛木	1.2	5	15			
20					8	狭叶半枫荷	0.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P32 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°19'49.43" E 109°54'9.02"							
海拔(m): 111 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				九节		弓果黍	乔木总盖度:
高度(m)				1		0.1	灌木总盖度: 30
盖度(%)				5		8	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	细叶藤	0.3	5	9	弓果黍	0.1	8
14					2	九节	1	5	10	翻白叶	0.3	5
15					3	地胆头	0.5	3	11			
16					4	白背菝契	0.5	3	12			
17					5	光滑黄皮	0.8	5	13			
18					6	牛筋草	0.3	8	14			
19					7	光荚含羞草	0.5	5	15			
20					8	玉叶金花	0.1	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P33 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°23'34.26" E 109°55'38.41"							
海拔(m): 103 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				九节		飞机草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.5	
盖度(%)				5		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	白背菝契	0.5	5	9	含羞草	0.1	5
14					2	九节	1	5	10	野芋	0.8	5
15					3	地胆头	0.5	8	11			
16					4	弓果黍	0.3	15	12			
17					5	钩枝藤	1	3	13			
18					6	光滑黄皮	0.3	3	14			
19					7	银柴	1	3	15			
20					8	飞机草	0.5	15	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P34 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°23'36.33" E 109°51'49.29"							
海拔(m): 111 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				柳叶密花树		弓果黍	乔木总盖度:
高度(m)				0.5		0.3	灌木总盖度: 20
盖度(%)				5		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	柳叶密花树	0.5	5	9	番薯	0.1	5
14					2	九节	1	5	10	地胆头	0.8	5
15					3	鸡屎藤	0.5	8	11	银胶菊		
16					4	弓果黍	0.3	15	12			
17					5	少花龙葵	1	3	13			
18					6	金腰箭	0.3	3	14			
19					7	咸虾花	1	3	15			
20					8	飞机草	0.5	15	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P35 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°22'44.84" E 109°52'32.76"							
海拔(m): 99 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				山牡荆		弓果黍	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1		0.3	
盖度(%)				5		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	山牡荆	1	5	9	鱼尾葵	0.1	5
14					2	丁香罗勒	1	5	10	露兜草	0.8	5
15					3	菝葜	0.5	8	11			
16					4	弓果黍	0.3	15	12			
17					5	钩枝藤	1	3	13			
18					6	仙茅	0.3	3	14			
19					7	野芋	1	3	15			
20					8	飞机草	0.5	15	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P36 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°22'22.97" E 109°53'10.96"							
海拔(m): 88 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				山黄麻		牛筋草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 30
高度(m)				1.5		0.5	
盖度(%)				15		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	赤才	0.5	10	9	含羞草	0.1	5
14					2	马缨丹	1	5	10	竹节草	0.5	5
15					3	心叶稷	0.2	8	11			
16					4	牛筋草	0.5	15	12			
17					5	牛筋藤	0.5	3	13			
18					6	光滑黄皮	1.2	3	14			
19					7	千斤拔	0.5	3	15			
20					8	山黄麻	1.5	15	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P37 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°24'7.08" E 109°50'22.08"							
海拔(m): 152 坡度(°): 5 坡向: 西							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				红背山麻杆		飞机草	乔木总盖度:
高度(m)				1		0.5	灌木总盖度: 30
盖度(%)				10		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	假蓝靛	0.5	5	9	含羞草	0.1	5
14					2	排钱草	0.5	5	10	九节	1	5
15					3	千斤拔	0.5	8	11	蓖麻	0.8	5
16					4	飞机草	0.5	10	12			
17					5	钩枝藤	0.5	3	13			
18					6	金钱草	0.3	3	14			
19					7	山乌柏	1	3	15			
20					8	红背山麻杆	1	10	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P38 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°23'8.10" E 109°50'21.54"							
海拔(m): 114 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				银柴		飞机草	乔木总盖度: 灌木总盖度: 25
高度(m)				1.5		0.8	
盖度(%)				10		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	银柴	1.5	10	9	毛稔	0.8	5
14					2	黑面神	0.5	5	10			
15					3	白桐树	1.5	8	11			
16					4	野芋	0.8	5	12			
17					5	土牛膝	0.5	3	13			
18					6	白背叶	0.8	3	14			
19					7	山芝麻	0.6	3	15			
20					8	飞机草	0.8	10	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5

单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P39 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°22'10.97" E 109°43'10.34"							
海拔(m): 115 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				了哥王		弓果黍	乔木总盖度:
高度(m)				0.5		0.3	灌木总盖度: 25
盖度(%)				5		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	了哥王	0.5	15	9	黄细心	0.1	5
14					2	九节	0.8	10	10	雁婆麻	0.8	5
15					3	鸡屎藤	0.5	8	11			
16					4	弓果黍	0.3	15	12			
17					5	少花龙葵	1	3	13			
18					6	金腰箭	0.3	3	14			
19					7	绞股蓝	0.2	3	15			
20					8	铁苋菜	0.5	8	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P40 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°23'17.61" E 109°42'41.21"							
海拔(m): 109 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				破布叶	山芝麻	积雪草	乔木总盖度:
高度(m)				1.2	0.8	0.2	灌木总盖度: 30
盖度(%)				15	10	8	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	破布叶	1.2	15	9	三稔蒟	0.8	5
14					2	山芝麻	0.8	10	10	乌毛蕨	0.5	5
15					3	假鹰爪	0.5	8	11	蜈蚣草	0.3	5
16					4	粪箕笃	0.3	5	12			
17					5	少花龙葵	0.8	3	13			
18					6	积雪草	0.2	8	14			
19					7	咸虾花	0.5	3	15			
20					8	飞机草	0.8	8	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P41 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°24'17.14" E 109°43'0.03"							
海拔(m): 115 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				倒吊笔		指叶山猪菜	乔木总盖度:
高度(m)				1.5		0.3	灌木总盖度: 30
盖度(%)				15		10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	倒吊笔	1.5	15	9	扭肚藤	0.1	5
14					2	九节	1	8	10	马缨丹	0.8	5
15					3	鸡屎藤	0.5	3	11	长春花	0.2	3
16					4	指叶山猪菜	0.3	10	12			
17					5	少花龙葵	0.8	3	13			
18					6	金腰箭	0.3	3	14			
19					7	钟花草	0.3	5	15			
20					8	一点红	0.5	10	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P42 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°23'41.58" E 109°49'34.91"							
海拔(m): 117 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				大青		弓果黍	乔木总盖度:
高度(m)				0.8		0.3	灌木总盖度: 35
盖度(%)				20		15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	大青	0.8	20	9	黄鹌菜	0.1	3
14					2	吊球草	0.8	5	10	夜香牛	0.3	3
15					3	乌苡莓	0.3	8	11	天门冬		3
16					4	弓果黍	0.3	15	12			
17					5	益母草	0.5	5	13			
18					6	野芋	0.8	5	14			
19					7	光滑黄皮	1	3	15			
20					8	疏刺花椒	0.5	3	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P43 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 槟榔园							
GPS: N 19°26'46.90" E 109°50'33.98"							
海拔(m): 119 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				山黄麻		野葛	乔木总盖度:
高度(m)				1.5		0.3	灌木总盖度: 30
盖度(%)				15		15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	山黄麻	1.5	15	9	刺柃	0.5	5
14					2	排钱草	1	5	10	龙珠果	0.2	5
15					3	野葛	0.3	15	11			
16					4	蓖麻	0.3	5	12			
17					5	少花龙葵	0.5	3	13			
18					6	土密树	0.8	5	14			
19					7	银胶菊	0.5	5	15			
20					8	黑面神	0.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P44 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：槟榔园							
GPS: N 19°26'25.71" E 109°47'35.83"							
海拔(m): 120 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				银柴		黑面神	乔木总盖度:
高度(m)				1.5		0.5	灌木总盖度: 30
盖度(%)				15		8	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	银柴	1.5	15	9	白桐树	0.8	5
14					2	黄花稔	0.8	15	10	白花菜	0.3	5
15					3	黑面神	0.5	8	11	土荆芥	0.4	3
16					4	甜麻	0.3	5	12			
17					5	龙珠果		5	13			
18					6	金腰箭	0.3	5	14			
19					7	土牛膝	0.5	5	15			
20					8	刺苋	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P45 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.27 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：马占相思林							
GPS：N19°24'30.44" E109°50'19.57"							
海拔(m)：118 坡度(°)：10 坡向：东							
地貌类型：平原 土壤类型：红壤 表土厚度(cm)：1.0							
生境条件及人为干扰：中							
群落外貌特征及演替趋势：群落外貌较连续，结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				黄牛木		梵天花	乔木总盖度： 灌木总盖度：40
高度(m)				1.2		0.3	
盖度(%)				10		8	

注：坡向采用8级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无5级；T1、T2、T3表示乔木第1、2、3层；S1、S2表示灌木第1、2层；G表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	潺槁木姜子	0.9	5	9	山黄麻	0.8	5
14					2	厚皮树	1.2	8	10	假杜鹃	0.1	5
15					3	毛柿	0.4	5	11	山芝麻	0.8	5
16					4	银柴	0.8	5	12	梵天花	0.3	8
17					5	黄牛木	1.2	10	13			
18					6	玉叶金花		2	14			
19					7	刺茉莉	0.5	5	15			
20					8	牛眼马钱	1.5	5	16			

注：胸径指离地1.3m处的树木直径(DBH)，注：只记录H>1.5

单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号：P46 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.27 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：马占相思林							
GPS: N 19°26'15.17" E 109°51'5.09"							
海拔(m): 104 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.0							
生境条件及人为干扰: 中							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称				九节	黄牛木	梵天花	乔木总盖度: 灌木总盖度: 40
高度(m)				1.2	1.5	0.3	
盖度(%)				10	5	8	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1					21							
2					22							
3					23							
4					24							
5					25							
6					26							
7					27							
8					28							
9					29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	暗罗	0.9	5	9	野牡丹	0.8	5
14					2	土密树	1.2	8	10	黄牛木	1.5	5
15					3	倒吊笔	0.8	5	11	三叉苦	0.8	5
16					4	粗糠柴	1.2	5	12	梵天花	0.3	8
17					5	九节	1.2	10	13	越南悬钩子		5
18					6	山黄麻	1.5	2	14			
19					7	假杜鹃	0.4	5	15			
20					8	山芝麻	0.8	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P47 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 村庄植被 (榕树+荔枝+波罗蜜 群落)							
GPS: N 19°22'28.91" E 109°42'51.50"							
海拔(m): 122 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	荔枝	榕树				海芋	乔木总盖度: 40
高度(m)	5	6				0.8	灌木总盖度: 15
盖度(%)	25	15				10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	荔枝	25	5		21							
2	荔枝	25	5		22							
3	荔枝	30	5.5		23							
4	荔枝	25	5		24							
5	荔枝	35	5.5		25							
6	榕树	35	6		26							
7	榕树	35	6		27							
8	榕树	40	6		28							
9	榕树	35	6		29							
10	波罗蜜	30	6		30							
11	波罗蜜	30	6		灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	海芋	0.8	10	9	火筒树	0.8	5
14					2	九节	1	5	10	假柿木姜	1	5
15					3	鸟巢蕨	0.5	3	11			
16					4	桢桐	0.8	5	12			
17					5	少花龙葵	0.5	3	13			
18					6	金腰箭	0.3	3	14			
19					7	假蒟	0.2	5	15			
20					8	飞机草	0.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P48 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 村庄植被 (榕树+荔枝+波罗蜜 群落)							
GPS: N 19°26'39.14" E 109°49'59.19"							
海拔(m): 125 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	荔枝	波罗蜜				海芋	乔木总盖度: 40 灌木总盖度: 15
高度(m)	5	6				1	
盖度(%)	25	15				15	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	荔枝	20	5		21							
2	荔枝	20	4.5		22							
3	荔枝	30	5.5		23							
4	波罗蜜	40	6		24							
5	波罗蜜	35	6		25							
6	对叶榕	30	6		26							
7	龙眼	30	4		27							
8	番木瓜	10	5		28							
9	榕树	25	5		29							
10	槟榔	10	7		30							
11	槟榔	10	7		灌草							
12	槟榔	8	7		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	槟榔	8	7		1	海芋	1	15	9			
14					2	九节	1	5	10			
15					3	崖姜蕨	0.5	3	11			
16					4	露兜	0.8	10	12			
17					5	地胆草	0.5	5	13			
18					6	金腰箭	0.3	5	14			
19					7	假蒟	0.2	8	15			
20					8	番石榴	1.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P49 面积: 10m×10m 调查日期: 2016.2.26 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 村庄植被(榕树+荔枝+波罗蜜 群落)							
GPS: N 19°22'43.87" E 109°57'24.13"							
海拔(m): 128 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	榕树	波罗蜜				露兜	乔木总盖度: 45
高度(m)	5	5.5				1	灌木总盖度: 15
盖度(%)	25	20				10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	榕树	25	5		21							
2	榕树	25	5		22							
3	榕树	20	4.5		23							
4	波罗蜜	25	5		24							
5	波罗蜜	35	5.5		25							
6	波罗蜜	35	6		26							
7	波罗蜜	35	6		27							
8	对叶榕	20	5		28							
9	对叶榕	15	4.5		29							
10	番木瓜	12	6		30							
11	红厚壳	30	6		灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	露兜	1	15	9	金腰箭	0.3	5
14					2	桢桐	1	5	10	梵天花	0.3	3
15					3	半边旗	0.5	8	11			
16					4	华南毛蕨	0.3	5	12			
17					5	毛蕨	0.3	5	13			
18					6	抱树莲		5	14			
19					7	土牛膝	0.5	5	15			
20					8	了哥王	0.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5
单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P50 面积：10m×10m 调查日期：2016.2.26 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：村庄植被（榕树+荔枝+波罗蜜 群落）							
GPS: N 19°22'51.10" E 109°53'58.94"							
海拔(m): 129 坡度(°): 0 坡向: 无							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 0.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌较连续, 结构稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	榕树	波罗蜜				海芋	乔木总盖度: 45
高度(m)	5	5.5				1	灌木总盖度: 15
盖度(%)	25	20				15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	榕树	25	5		21							
2	榕树	25	5		22							
3	榕树	20	4.5		23							
4	波罗蜜	25	5		24							
5	波罗蜜	35	5.5		25							
6	波罗蜜	35	6		26							
7	木瓜	15	6		27							
8	荔枝	20	5		28							
9	荔枝	15	4.5		29							
10					30							
11					灌草							
12					编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13					1	海芋	1	15	9	飞机草	0.5	5
14					2	银胶菊	0.5	5	10	梵天花	0.3	3
15					3	地胆草	0.5	8	11			
16					4	崖姜蕨	0.3	5	12			
17					5	番石榴	1.5	15	13			
18					6	抱树莲		5	14			
19					7	假蒟	0.2	5	15			
20					8	了哥王	0.5	5	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5
单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P51 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 美叶菜豆树+大果榕+猫尾木 群落							
GPS: N 19°24'20.19" E 109°54'23.72"							
海拔(m): 122 坡度(°): 5 坡向: 东北							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	美叶菜豆树	大果榕		穗花轴榈	破布叶	锡叶藤	乔木总盖度: 30
高度(m)	8	6		1.5	0.8		灌木总盖度: 30
盖度(%)	25	10		25	15	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	美叶菜豆树	35	10		21	小果鸚喙花	18	7				
2	美叶菜豆树	20	8		22	黄牛木	6	5				
3	美叶菜豆树	25	9		23	海南菜豆树	7	6				
4	美叶菜豆树	18	8		24	构树	5	5				
5	美叶菜豆树	7	6		25	山麻树	5	5				
6	美叶菜豆树	6	6.5		26							
7	大果榕	8	7.5		27							
8	大果榕	7	5		28							
9	大果榕	15	6		29							
10	大果榕	12	6		30							
11	猫尾木	5	5		灌草							
12	猫尾木	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	猫尾木	15	7		1	穗花轴榈	1.5	25	9	玉叶金花	0.8	3
14	水东哥	8	7		2	破布叶	0.8	15	10	银柴	2	5
15	水东哥	7	7		3	大萼	0.5	5	11	海金沙		5
16	水东哥	6	5		4	异株木樨榄	0.8	3	12	草豆蔻	1	3
17	碎叶蒲桃	30	10		5	锡叶藤	0.3	10	13			
18	水锦树	6	6.5		6	鱼尾葵	2.2	3	14			
19	水锦树	4	5		7	鸭脚木	1	5	15			
20	黄椿木姜	15	6.5		8	白藤		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P52 面积：10m×10m 调查日期：2018.5.22 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：美叶菜豆树+大果榕+猫尾木 群落							
GPS: N 19°23'18.67" E 109°53'20.83"							
海拔(m): 105 坡度(°): 10 坡向: 东南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	美叶菜豆树	大果榕		海南菜豆树	黄牛木	锡叶藤	乔木总盖度: 40
高度(m)	10	8		0.5	0.8		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		15	10	15	

注：坡向采用 8 级分类；人为干扰分为：极强、强、中、弱、无 5 级；T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层；S1、S2 表示灌木第 1、2 层；G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	美叶菜豆树	20	10		21	野漆	7	6				
2	美叶菜豆树	18	8		22	黄毛榕	6	6.5				
3	美叶菜豆树	7	6		23	黄毛榕	8	7.5				
4	大果榕	18	7		24	岭南山竹	7	5				
5	大果榕	15	8		25	白楸	15	6				
6	大果榕	12	6		26	白楸	12	6				
7	大果榕	15	8		27	猫尾木	7	6				
8	假平婆	5	5		28	猫尾木	7	6				
9	假平婆	5	5		29							
10	假平婆	5	5		30							
11	假平婆	5	5		灌草							
12	假平婆	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	小果鸚喙花	15	7		1	海南菜豆树	0.5	15	9	黑面神	1.5	5
14	碎叶蒲桃	8	7		2	异株木樨榄	0.8	3	10	九节	1.6	3
15	大叶山楝	7	7		3	锡叶藤		15	11	箭欏花椒	2.5	3
16	潺槁木姜子	6	5		4	鱼尾葵	2.2	3	12	白桐	0.3	1
17	碎叶蒲桃	30	10		5	毛稔	1	5	13	魔芋	0.8	3
18	小叶胭脂	6	6.5		6	白藤		5	14			
19	小叶胭脂	4	5		7	穗花轴榈	1.5	5	15			
20	小果鸚喙花	15	6.5		8	黄牛木	0.8	10	16			

注：胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH)，注：只记录 H>1.5 单位：胸径-cm，高度-m，盖度-%。

样地号: P53 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 美叶菜豆树+大果榕+猫尾木 群落							
GPS: N 19°23'31.96" E 109°52'27.79"							
海拔(m): 115 坡度(°): 10 坡向: 西南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	美叶菜豆树	大果榕		水东哥	毛稔	乌毛蕨	乔木总盖度: 35 灌木总盖度: 25
高度(m)	10	6		1.5	1.2		
盖度(%)	20	15		25	10	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	黄桐	15	6		21	岭南山竹	7	5				
2	大叶山楝	7	5		22	黄桐	35	10				
3	大叶山楝	9	6		23	野荔枝	20	8				
4	美叶菜豆树	20	10		24	假柿木姜	8	5				
5	美叶菜豆树	20	10		25	细基丸	7	5				
6	美叶菜豆树	20	10		26							
7	美叶菜豆树	20	10		27							
8	美叶菜豆树	20	10		28							
9	白楸	15	6		29							
10	白楸	12	6		30							
11	大果榕	5	5		灌草							
12	大果榕	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	大果榕	15	7		1	水东哥	1.5	25	9	海芋	0.8	3
14	大果榕	8	7		2	黄椿木姜	0.8	5	10	野葛		5
15	大叶山楝	7	7		3	构树	0.5	5	11	狭叶蒲桃	1.6	3
16	潺槁木姜子	6	5		4	山乌柏	0.8	3	12	箭欏花椒	2.5	3
17	碎叶蒲桃	30	10		5	毛稔	1.2	10	13	乌毛蕨	0.6	5
18	小叶胭脂	6	6.5		6	鱼尾葵	2.2	3	14			
19	小叶胭脂	4	5		7	白桐	1	5	15			
20	小果鹧鸪花	15	6.5		8	黄藤		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P54 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 中平树+山黄麻+白楸 群落							
GPS: N 19° 24'28.30" E 109° 51'56.61"							
海拔(m): 111 坡度(°): 10 坡向: 西南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	山黄麻		火筒树	嘉赐树	假鹰爪	乔木总盖度: 40
高度(m)	8	7		1.5	1.0		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		10	10	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	中平树	18	8		21	异株木樨榄	10	5				
2	中平树	10	5		22	黄果厚壳桂	8	6				
3	中平树	15	7		23	黄椿木姜子	8	6				
4	中平树	18	8		24	割舌树	5	5				
5	中平树	7	6		25							
6	山黄麻	15	7		26							
7	山黄麻	8	7		27							
8	山黄麻	7	7		28							
9	山黄麻	6	5		29							
10	山黄麻	12	6		30							
11	白楸	5	5		灌草							
12	白楸	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	白楸	15	7		1	火筒树	1.5	10	9	野牡丹	0.8	3
14	白楸	8	7		2	黄牛木	0.8	5	10	山蒲桃	3.5	5
15	白楸	7	7		3	海南山龙眼	0.5	5	11	海南菜豆树	1.6	3
16	潺槁木姜子	6	5		4	箭欏花椒	0.8	3	12	蜈蚣藤	2.5	3
17	大果榕	30	10		5	假鹰爪	0.3	10	13	假蒺	0.1	2
18	楝叶吴茱萸	6	6.5		6	鱼尾葵	2.2	3	14			
19	楝叶吴茱萸	4	5		7	嘉赐树	1	10	15			
20	异株木樨榄	12	6		8	白藤		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P55 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 中平树+山黄麻+白楸 群落							
GPS: N 19° 25'30.20" E 109° 51'7.48"							
海拔(m): 114 坡度(°): 10 坡向: 南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	山黄麻		白桐	黄牛木	粽叶芦	乔木总盖度: 30
高度(m)	7	6		2.5	0.8		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		15	5	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	中平树	15	7		21	鸭脚木	10	5				
2	中平树	8	6		22	香港大沙叶	8	6				
3	中平树	12	5		23	海南山黄皮	7	6				
4	中平树	8	7		24	楝叶吴茱萸	7	6				
5	中平树	7	7		25	楝叶吴茱萸	7	6				
6	白楸	6	6.5		26							
7	白楸	8	7.5		27							
8	白楸	7	5		28							
9	白楸	15	6		29							
10	山黄麻	12	6		30							
11	山黄麻	5	5		灌草							
12	山黄麻	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	山黄麻	15	7		1	白桐	2.5	15	9	乌毛蕨	0.8	3
14	山黄麻	8	7		2	黄牛木	0.8	5	10	猪肚木	3.5	5
15	黄毛楸木	7	7		3	土蜜树	0.5	5	11	碎叶蒲桃	1.6	3
16	黄毛楸木	6	5		4	杜虹花	0.8	3	12	疏刺花椒	2.5	3
17	黄毛楸木	10	6		5	粽叶芦	0.3	10	13	草豆蔻	0.3	1
18	斜叶榕	15	6.5		6	新月蕨	0.2	5	14	毛蕨		
19	榕树	4	5		7	鸭脚木	1	5	15			
20	鸭脚木	15	6.5		8	野葛		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P56 面积：10m×10m 调查日期：2018.5.22 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：中平树+山黄麻+白楸 群落							
GPS: N 19° 24'13.14" E109° 50'9.65"							
海拔(m): 82 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	中平树	山黄麻		对叶榕	海南菜豆树	蜈蚣藤	乔木总盖度: 40
高度(m)	7	7		3.5	2.5		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		15	15	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	白楸	8	5		21	苹果榕	15	7				
2	白楸	9	5.5		22	假鹊肾	8	5				
3	白楸	8	5		23	乌墨	12	6				
4	白楸	12	8		24	黄毛楸木	5	5				
5	野漆	7	6		25	叶轮木	8	7				
6	中平树	6	6.5		26							
7	中平树	8	7.5		27							
8	中平树	7	5		28							
9	中平树	15	6		29							
10	中平树	12	6		30							
11	假平婆	5	5		灌草							
12	假平婆	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	小果鹧鸪花	15	7		1	对叶榕	3.5	15	9	蜈蚣藤	0.8	5
14	山麻树	8	7		2	海南菜豆树	2.5	15	10	山龙眼	3.5	5
15	山黄麻	7	7		3	草豆蔻	2	5	11	方枝蒲桃	1.6	3
16	山黄麻	6	5		4	闭花木	1.8	8	12	箭欏花椒	2.5	3
17	山黄麻	20	10		5	黑面神	0.3	5	13	假鹰爪	0.3	1
18	山黄麻	6	6.5		6	野牡丹	2.2	8	14			
19	笔管榕	4	5		7	鸭脚木	1	5	15			
20	笔管榕	15	6.5		8	白藤		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P57 面积：10m×10m 调查日期：2018.5.22 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：白楸+黄牛木+厚皮树 群落							
GPS: N 19° 23'53.81" E109° 49'23.75"							
海拔(m): 98 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	白楸	黄牛木		匙萼木	了哥王	华南毛蕨	乔木总盖度: 50
高度(m)	7	7		1.5	2.2		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		10	10	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	白楸	8	6		21	海南榄仁	12	6				
2	白楸	8	6		22	海南榄仁	12	6				
3	白楸	15	8		23	叶轮木	10	6				
4	白楸	12	7		24	叶轮木	5	5				
5	白楸	9	6		25	锈毛野桐	8	7				
6	黄牛木	11	7		26							
7	黄牛木	8	6		27							
8	黄牛木	7	5		28							
9	黄牛木	5	4		29							
10	黄牛木	12	7		30							
11	厚皮树	6	6.5		灌草							
12	厚皮树	4	5		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	厚皮树	15	7		1	匙萼木	1.5	10	9	华南毛蕨	0.5	5
14	厚皮树	8	7		2	刺桑	0.8	5	10	羽脉山麻秆	2.5	3
15	厚皮树	7	7		3	牛筋果	0.5	5	11			
16	八角枫	6	5		4	白背叶	0.8	3	12			
17	碎叶蒲桃	10	6		5	印度栲	2	5	13			
18	潺槁木姜子	6	6.5		6	了哥王	2.2	10	14			
19	枫香	4	5		7	鸭脚木	1	5	15			
20	枫香	15	6.5		8	丁公藤	0.5	5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P58 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 白楸+黄牛木+厚皮树 群落							
GPS: N 19° 23'0.08" E 109° 47'24.65"							
海拔(m): 117 坡度(°): 5 坡向: 西南							
地貌类型: 丘陵 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	白楸	黄牛木		猪肚木	白背叶	鱼尾葵	乔木总盖度: 50
高度(m)	7	7		1.5	1		灌木总盖度: 20
盖度(%)	20	15		15	10	10	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	枫香	8	5		21	构树	8	6				
2	枫香	10	6		22	构树	8	6				
3	枫香	12	7		23	构树	8	6				
4	白楸	8	7		24							
5	白楸	7	7		25							
6	白楸	6	5		26							
7	白楸	8	7.5		27							
8	白楸	7	5		28							
9	黄牛木	15	7		29							
10	黄牛木	12	7		30							
11	黄牛木	5	5		灌草							
12	厚皮树	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	厚皮树	9	9		1	猪肚木	1.5	15	9	假杜鹃	2.5	3
14	厚皮树	8	7		2	基及树	0.8	5	10	山牡荆	0.3	1
15	厚皮树	7	7		3	海南菜豆树	0.5	5	11	鱼尾葵	2.2	10
16	乌墨	6	5		4	异株木樨榄	0.8	3	12	鸭脚木	1	5
17	乌墨	5	5		5	白背叶	1	10	13			
18	乌墨	6	4.5		6	鸡屎藤	2.5	3	14			
19	大果榕	8	5		7	茄叶斑鸠菊	0.3	1	15			
20	银柴	8	5.5		8	方枝蒲桃	1.6	3	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号: P59 面积: 10m×10m 调查日期: 2018.5.22 调查人: 陈玉凯 记录人: 林柳

群落名称: 水翁+狭叶蒲桃+水柳 群落							
GPS: N 19° 23'44.92" E 109° 46'9.70"							
海拔(m): 109 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	水翁	乌墨	狭叶蒲桃	锈毛野桐	酒饼勒	假鹰爪	乔木总盖度: 40
高度(m)	6	7	7	2	0.3		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	10	15	25	5	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	乌墨	12	8		21	闭花木	8	6				
2	乌墨	7	6		22	楹树	6	5				
3	乌墨	6	6.5		23	膜叶嘉赐树	7	7				
4	水翁	6	6.5		24							
5	水翁	4	5		25							
6	水翁	15	6.5		26							
7	水翁	6	6.5		27							
8	构树	7	5		28							
9	构树	15	6		29							
10	构树	12	6		30							
11	构树	5	5		灌草							
12	狭叶蒲桃	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	狭叶蒲桃	8	7		1	锈毛野桐	2	25	9	粽叶芦	0.8	3
14	狭叶蒲桃	8	7		2	野牡丹	0.8	5	10	假鹰爪	1.5	5
15	狭叶蒲桃	7	7		3	越南野葛	0.5	5	11	土坛树	1.6	3
16	黄椿木姜	6	5		4	叶被木	0.8	3	12	破布叶	2.5	3
17	黄椿木姜	8	5		5	酒饼勒	0.3	10	13	箭欏花椒	0.3	1
18	黄椿木姜	6	6.5		6	大萼	2.2	3	14			
19	大果榕	4	5		7	牛筋藤	1	5	15			
20	大果榕	8	6.5		8	红背山麻秆		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P60 面积：10m×10m 调查日期：2018.5.22 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：猫尾木+黄槿+榕树 群落							
GPS: N 19° 24'37.10" E 109° 43'55.29"							
海拔(m): 108 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	榕树	猫尾木		龙眼睛	异株木樨榄	钩枝藤	乔木总盖度: 40 灌木总盖度: 20
高度(m)	9	7		1.5	1.5		
盖度(%)	25	15		25	10	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	榕树	25	9		21	厚皮	8	5				
2	榕树	20	8		22	鱼尾葵	9	8				
3	榕树	25	9		23	黄椿木姜	7	6				
4	榕树	18	8		24	黄椿木姜	7	6				
5	榕树	7	6		25	菲律宾合欢	8	7				
6	榕树	6	6.5		26	菲律宾合欢	8	7				
7	猫尾木	8	7.5		27							
8	猫尾木	7	5		28							
9	猫尾木	15	6		29							
10	猫尾木	12	6		30							
11	土坛树	5	5		灌草							
12	土坛树	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	土坛树	15	7		1	龙眼睛	1.5	25	9	水柳	0.8	5
14	土坛树	8	7		2	丁公藤	0.8	5	10	假鹰爪		3
15	粗康柴	7	7		3	使君子	1.6	3	11	华南毛蕨		3
16	粗康柴	6	5		4	异株木樨榄	2.5	10	12	破布叶	2.5	3
17	粗康柴	30	10		5	葡番	0.3	1	13	山牡荆	1.3	5
18	对叶榕	6	6.5		6	刺桑	2.2	3	14			
19	对叶榕	4	5		7	眼镜豆	1	5	15			
20	对叶榕	8	6.5		8	钩枝藤		5	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

样地号：P61 面积：10m×10m 调查日期：2018.5.22 调查人：陈玉凯 记录人：林柳

群落名称：猫尾木+黄槿+榕树 群落							
GPS: N 19° 23'21.19" E 109° 42'30.96"							
海拔(m): 123 坡度(°): 0 坡向: 无(沟边)							
地貌类型: 平原 土壤类型: 红壤 表土厚度(cm): 1.5							
生境条件及人为干扰: 强							
群落外貌特征及演替趋势: 群落外貌不连续, 结构较稀疏							
分层	T1	T2	T3	S1	S2	G	备注
优势种名称	榕树	猫尾木		叶被木	鸭脚木	牛筋果	乔木总盖度: 40
高度(m)	8	7		1.5	0.8		灌木总盖度: 20
盖度(%)	15	15		10	10	5	

注: 坡向采用 8 级分类; 人为干扰分为: 极强、强、中、弱、无 5 级; T1、T2、T3 表示乔木第 1、2、3 层; S1、S2 表示灌木第 1、2 层; G 表示草本层。

植物信息记录

编号	植物名称	胸径	高度	备注	编号	植物名称	胸径	高度	备注			
1	大叶山楝	6	6.5		21	小果鸚喙花	18	7				
2	大叶山楝	20	8		22							
3	小叶胭脂	25	9		23							
4	小叶胭脂	18	8		24							
5	猫尾木	7	6		25							
6	猫尾木	6	6.5		26							
7	猫尾木	8	7.5		27							
8	黄槿	7	5		28							
9	黄槿	15	6		29							
10	黄槿	12	6		30							
11	榕树	20	10		灌草							
12	榕树	7	6		编号	名称	高度	盖度	编号	名称	高度	盖度
13	榕树	15	7		1	叶被木	1.5	25	9	八角枫	0.3	1
14	海南菜豆树	8	7		2	水竹	0.8	5	10			
15	异株木樨榄	7	7		3	鱼尾葵	0.5	5	11			
16	海南菜豆树	6	5		4	鸭脚木	0.8	10	12			
17	簕欓花椒	30	10		5	狭叶蒲桃	1.6	3	13			
18	簕欓花椒	6	6.5		6	裸花紫珠	2.2	3	14			
19	小果鸚喙花	4	5		7	牛筋果	1	5	15			
20	八角枫	15	6.5		8	海芋	0.8	3	16			

注: 胸径指离地 1.3m 处的树木直径(DBH), 注: 只记录 H>1.5 单位: 胸径-cm, 高度-m, 盖度-%。

附表 7 评价区陆生植物名录

序号	植物	外来/栽培	属区系成分
I. 蕨类植物门 PTERIDOPHYTA			
一、海金沙科 Lygodiaceae			
1	掌叶海金沙 <i>Lygodium digitatum</i> Preel.		
2	海金沙 <i>L. japoicum</i> (Thunb.) Sw.		
3	狭叶海金沙 <i>L. microstachyum</i> Desv.		
二、里白科 Gleicheniaceae			
4	铁芒萁 <i>Dicranopteris lineais</i> (Burm. f.) Underw.		
三、陵齿蕨科 Lindsaeaceae			
5	乌蕨 <i>Stenoloma chusanun</i> (L.) Chig		
四、骨碎补科 Davalliaceae			
6	肾蕨 <i>Nephrolepis cordifolia</i> (Linn.) Presl.		
五、凤尾蕨科 Pteridaceae			
7	井边茜 <i>Pteris ensiformis</i> Barm. f. Fl.		
8	半边旗 <i>P. semipinnata</i> L.		
9	蜈蚣草 <i>P. vittata</i> Linn		
六、金星蕨科 Thelypteridaceae			
10	华南毛蕨 <i>Cyclosorus parasiticus</i> (Linn.		
11	毛蕨 <i>C. gongyiodes</i> Farwell		
七、乌毛蕨科 Blechnaceae			
12	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i> Linn.		
八、水龙骨科 Polypodiaceae			
13	抱树莲 <i>Drymoglossum piloselloides</i> Presl		
II. 种子植物门 SPERMATOPHYTA			
被子植物亚门 ANGIOSPERMAE			
双子叶植物纲 DICOTYLEDONEAE			
一、番荔枝科 Annonaceae			
1	番荔枝 <i>Annona squamosa</i> Linn		热带亚洲至热带大洋洲分布
2	假鹰爪 <i>Desmos chinensis</i> Lour.		热带亚洲至热带大洋洲分布
3	白背瓜馥木 <i>Fissistigma glaucescens</i> (Hance) Merr.		旧世界热带分布
4	细基丸 <i>Polyalthia cerasoides</i> (Roxb.) Benth. et Hook. f. ex Bedd.		旧世界热带分布
5	暗罗 <i>P. suberosa</i> (Roxb.) Thw.		
6	紫玉盘 <i>Uvaria microcarpa</i> Champ. ex Benth.		旧世界热带分布
二、樟科 Lauraceae			
7	无根藤 <i>Cassytha filiformis</i> Linn. Sp. Pl.		旧世界热带分布
8	潺槁木姜 <i>Litsea glutinosa</i> (Lour.) C. B. Rob.		热带亚洲和热带美洲间断分布
9	假柿木姜子 <i>L. monopetala</i> (Roxb.) Pers.		
三、睡莲科 Nymphaeaceae			
10	莲 <i>Nymphaea nucifera</i> Gaertn.		世界分布
四、防己科 Menispermaceae			
11	毛叶轮环藤 <i>Cyclea barbata</i> Miers		热带亚洲分布
12	密花轮环藤 <i>C. glaciillima</i> Diels		

13	粉叶轮环藤 <i>C. hypoglauca</i> (Schauer) Diels		
14	苍白秤钩风 <i>Diploclisia glaucescens</i> (Bl.) Diels		热带亚洲分布
15	粪箕笃 <i>Stephania longa</i> Lour.		旧世界热带分布
	五、 胡椒科 Piperaceae		
16	华南蒟 <i>Piper austrosinense</i> Tseng		泛热带分布
17	海南蒟 <i>P. hainanense</i> Hemsl.		
18	山蒟 <i>P. hancei</i> Maxim.		
19	假蒟 <i>P. sarmentosum</i> Roxb.		
20	斜叶蒟 <i>P. senporeiense</i> Yamamoto		
	六、 白花菜科 Capparidaceae		
21	曲枝槌果藤 <i>Capparis sepiaria</i> Linn		泛热带分布
22	槌果藤 <i>C.hastigera</i> Linn		
23	白花菜 <i>Cleome gynandra</i> Linn		泛热带分布
24	臭矢菜 <i>C. viscosa</i> Linn		
	七、 十字花科 Cruciferae		
25	芥兰 <i>Brassica capitata</i> L	栽培	北温带分布
26	青菜 <i>B.chinensis</i> Linn	栽培	
27	苦芥 <i>B.integrifolia</i> (west)O.E.Schulz	栽培	
28	芥菜 <i>B.Juncea</i> (Linn.)Czern.et Coss	栽培	
29	花椰菜 <i>B. oleracea</i> L. var. botvytis L	栽培	
30	椰菜 <i>B.oleracea</i> Linn.var.capitata Linn	栽培	
31	菜心 <i>B. Parachinensis</i> L.H.Bailey	栽培	
32	白菜 <i>B. pekinensis</i> (Lour) Rupr	栽培	
	八、 景天科 Crassulaceae		
33	落地生根 <i>Kalanchoe pinnata</i> (Linn.f.)Oken		泛热带分布
34	伽蓝菜 <i>K. lacinizta</i> DC		
	九、 粟米草科 Molluginaceae		
35	粟米草 <i>Mollugo peutaphyia</i> Linn		泛热带分布
	十、 马齿苋科 Portulacaceae		
36	马齿苋 <i>Portulaca oleracea</i> Linn		泛热带分布
	十一、 蓼科 Polygonaceae		
37	毛蓼 <i>Polygonum barbatum</i> Linn.		世界分布
38	火炭母 <i>P. chinense</i> Linn.		
39	光蓼 <i>P. glabrum</i> Willd.		
40	辣蓼 <i>P. hydropiper</i> Linn. var. flaccidum (Meissn.) Steward		
41	粗毛蓼 <i>P. hydropiper</i> Linn. var. hispidum (Hook. f.) Steward		
	十二、 藜科 Chenopodiaceae		
42	土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i> Linn	外来入侵	世界分布
43	菠菜 <i>Spinacia deracea</i> Linn	栽培	泛热带分布
	十三、 苋科 Amaranthaceae		
44	土牛膝 <i>Achyranthes aspera</i> L.		泛热带分布
45	牛膝 <i>A. bidentata</i> Blume		
46	莲子草 <i>Alternanthera sessilis</i> DC		泛热带分布
47	白花苋 <i>Aerva sanguinolenta</i> (Linn.) Blume		热带亚洲至热带非 洲分布
48	刺苋 <i>Amaranthus spinosus</i> Linn.	外来入侵	世界分布
49	野苋 <i>A. viridis</i> L.	外来入侵	

50	青葙 <i>Celosia argentea</i> Linn.		泛热带分布
	十四、 酢浆草科 Oxalidaceae		
51	杨桃 <i>Averrhoa carambola</i> Linn	栽培	热带亚洲分布
52	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i> Linn.		世界分布
	十五、 千屈菜科		
53	大花紫薇 <i>Lagerstroemia speciosa</i> L	栽培	热带亚洲至热带大洋洲分布
	十六、 安石榴科 Punicaceae		
54	安石榴 <i>Punica granatum</i> Linn	栽培	旧世界热带分布
	十七、 柳叶菜科 Onagraceae		
55	水龙 <i>Ludwigia adscendens</i> (L.) Hara		泛热带分布
56	草龙 <i>L. hyssopifolia</i> (G. Don) Exell. ex A. et R. Fernades		
57	毛草龙 <i>L. octovalvis</i> (Jacq.) Raven subsp. <i>Sessiliflora</i> (Mich.) Raven		
	十八、 瑞香科 Thymelaeaceae		
58	白木香 <i>Aquilaria sinensis</i> Gilg	栽培	热带亚洲分布
59	了哥王 <i>Wikstroemia indica</i> (Linn.) C. A. Mey.		热带亚洲至热带大洋洲分布
	十九、 紫茉莉科 Nyctaginaceae		
60	华黄细心 <i>Boerhavia chinensis</i> Aschers.& Schweinf		泛热带分布
61	黄细心 <i>B. diffusa</i> Linn		
62	宝巾 <i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
63	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i> Linn	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
	二十、 五桠果科 Dilleniaceae		
64	锡叶藤 <i>Tetracera sarmentosa</i> (Linn.) Vahl		泛热带分布
	二十一、 大风子科 Flacourtiaceae		
65	刺篱木 <i>Flacourtia indica</i> (Burm. f.) Merr.		热带亚洲至热带非洲分布
66	海南大风子 <i>Hydnocarpus hainanensis</i> Sleum		热带亚洲分布
67	刺柊 <i>Scolopia chinensis</i> (Lour.) Clos		旧世界热带分布
68	广东刺柊 <i>S. saeva</i> (Hance) Hance		
	二十二、 西番莲科 Passifloraceae		
69	龙珠果 <i>Passiflora foetida</i> Linn.		泛热带分布
	二十三、 葫芦科 Cucurbitaceae		
70	冬瓜 <i>Benincasa hispida</i> Cogn	栽培	热带亚洲分布
71	西瓜 <i>Citrullus vulgaris</i> Mats.& Nakai	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
72	红瓜 <i>Coccinia sativus</i> Voigt	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
73	黄瓜 <i>Cucumis sativus</i> Linn	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
74	南瓜 <i>Cucurbita moschata</i> Duch	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
75	毒瓜 <i>Diplocyclos palmatus</i> (Linn.) C. Jeffr.		热带亚洲至热带非洲分布
76	丝瓜 <i>Luffa cylindrioides</i> Roem	栽培	泛热带分布
77	苦瓜 <i>Momordica charantia</i> Linn	栽培	旧世界热带分布

78	三叶绞股蓝 <i>Gynostemma laxum</i> (Wall.) Cogn.		热带亚洲分布
79	糙点栝楼 <i>Trichosanthes dunniana</i> Le'vl.		热带亚洲至热带大洋洲分布
80	长萼栝楼 <i>T. laceribracter</i> Hayata 二十四、番木瓜科 Caricaceae		
81	番木瓜 <i>Carica papaya</i> Linn.	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
	二十五、仙人掌科 Cactaceae		
82	量天尺 <i>Hylocereus undatus</i> Britt et Rose		热带亚洲和热带美洲间断分布
83	仙人掌 <i>Opuntia dillenii</i> Haw	外来入侵种	热带亚洲和热带美洲间断分布
	二十六、山茶科 Theaceae		
84	糙果油茶 <i>Camellia furfuracea</i> Cohen-Stuart		热带亚洲分布
85	油茶 <i>C.oleifera</i> Abel	栽培	
	二十七、桃金娘科 Myrtaceae		
86	水翁 <i>Cleistocalyx operculatus</i> (Roxb.) Merr. et Perry		热带亚洲至热带大洋洲分布
87	窿椴 <i>Eucalyptus exserta</i> F.v.Muell	栽培	热带亚洲至热带大洋洲分布
88	尾叶椴 <i>E. urophylla</i> S.T. Blake	栽培	
89	椴 <i>E. robusta</i> Smith	栽培	
90	番石榴 <i>Psidium guajava</i> Linn	外来逸生种	热带亚洲和热带美洲间断分布
91	桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i> Hassk		热带亚洲至热带大洋洲分布
	二十八、野牡丹科 Melastomataceae		
92	野牡丹 <i>Melastoma candidum</i> D.Don		热带亚洲至热带大洋洲分布
93	毛稔 <i>M. sanguineum</i> Sims		
94	谷木 <i>Memecylon ligustrifolium</i> Champ. ex Benth.		旧世界热带分布
95	黑叶谷木 <i>M. nigreseens</i> Hook. et Arn.		
	二十九、使君子科 Combretaceae		
96	风车子 <i>Combretum pilosum</i> Roxb.		泛热带分布
97	使君子 <i>Quisqualis indica</i> Linn		热带亚洲至热带非洲分布
98	榄仁树 <i>Terminalia catappa</i> Linn		泛热带分布
99	小叶榄仁 <i>T. neotaliala</i> Capuron	栽培	
	三十、红树科 Rhizophoraceae		
100	竹节树 <i>Carallia brachiata</i> Merr		旧世界热带分布
	三十一、金丝桃科 Hypericaceae		
101	黄牛木 <i>Cratoxylum cochinchinense</i> (Lour.) Bl.		热带亚洲分布
102	田基黄 <i>Hypericum japonicum</i> Thunb.ex Murray		世界分布
	三十二、藤黄科 Guttiferae		
103	红厚壳 <i>Calophyllum inophyllum</i> Linn		泛热带分布
104	岭南山竹子 <i>Garcinia oblongifolia</i> Champ		热带亚洲至热带非洲分布
	三十三、椴树科 Tiliaceae		
105	甜麻 <i>Corchorus aestuans</i> Linn.		泛热带分布
106	同色扁担杆 <i>Grewia concolor</i> Merr.		旧世界热带分布

107	毛果扁担杆 <i>G. eriocarpa</i> Juss.		
108	稔叶扁担杆 <i>G. urenaefolia</i> (Pierre) Gagnep.		
109	破布叶 <i>Microcos paniculata</i> Linn.		热带亚洲分布
	三十四、 梧桐科 Sterculiaceae		
110	山芝麻 <i>Helicteres angustifolia</i> Linn.		热带亚洲和热带美洲间断分布
111	雁婆麻 <i>H. hirsuta</i> Lour.		
112	火索麻 <i>H. isora</i> Linn.		
113	剑叶山芝麻 <i>H. lanceolata</i> DC.		
114	翻白叶树 <i>Pterospermum heterophyllum</i> Hance		热带亚洲分布
115	窄叶半枫荷 <i>P. lanceaefolium</i> Roxb.		
116	假苹婆 <i>Sterculia lanceolata</i> Cav.		泛热带分布
	三十五、 木棉科 Bombacaceae		
117	木棉 <i>Bombax ceiba</i> Linn.		热带亚洲至热带非洲分布
118	马拉巴栗 <i>Pachira macrocarpa</i> Schl	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
	三十六、 锦葵科 Malvaceae		
119	磨盘草 <i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet		泛热带分布
120	黄槿 <i>Hibiscus tiliacetus</i> Linn.		泛热带分布
121	黄花稔 <i>Sida acuta</i> Burm. f.		泛热带分布
122	肖梵天花 <i>Urena lobata</i> Linn.		泛热带分布
123	梵天花 <i>U. procumbens</i> Linn.		
	三十七、 大戟科 Euphorbiaceae		
124	铁苋菜 <i>Acalypha australis</i> L.		泛热带分布
125	三稔蒴 <i>Alchornea rugosa</i> (Lour.) Muell.		泛热带分布
126	红背山麻杆 <i>A. trewioides</i> (Benth.) Muell.		
127	五月茶 <i>A. bunius</i> (Linn.) Spreng.		
128	银柴 <i>Aporosa dioica</i> Muell.—Arg.		热带亚洲分布
129	重阳木 <i>Bischoffia javanica</i> Bl.		热带亚洲分布
130	留萼木 <i>Blachia pentzii</i> (Muell.—Arg.) Benth.		热带亚洲分布
131	黑面神 <i>Breynia fruticosa</i> (Linn.) Hook. f.		热带亚洲至热带大洋洲分布
132	禾串树 <i>Bridelia balansae</i> Tutch.		热带亚洲至热带非洲分布
133	土密树 <i>B. tomentosa</i> Bl.		
134	白桐树 <i>Claoxylon indicum</i> Hasskarl		旧世界热带分布
135	飞扬草 <i>Euphorbia hirta</i> L.		泛热带分布
136	千根草 <i>E. thymifolia</i> Linn.		
137	白背算盘子 <i>G. wrightii</i> Benth		
138	水柳 <i>Homonoia riparia</i> Lour.		热带亚洲分布
139	白背叶 <i>Mallotus apelta</i> (Lour.) Muell.—Arg.		旧世界热带分布
140	白楸 <i>M. paniculatus</i> (Lam.) Muell.—Arg.		
141	粗糠柴 <i>M. philippinensis</i> (Lam.) Maell.—Arg.		
142	石岩枫 <i>M. repandus</i> (Willd.) Muell.—Arg		
143	木薯 <i>Manihot esculenta</i> Crantz	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
144	越南叶下珠 <i>Phyllanthus cochinchinensis</i> Spreng.		泛热带分布
145	余甘子 <i>P. embalica</i> Linn.		

146	水油甘 <i>P. parvifolius</i> Buch.—Ham.		
147	龙眼睛 <i>P. reticulatus</i> Poir.		
148	蓖麻 <i>Ricinus communis</i> Linn.	外来归化种	热带亚洲至热带非洲分布
149	山乌柏 <i>Sapium discolor</i> Muell.—Arg.		泛热带分布
	三十八、蔷薇科 Rosaceae		
150	越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i> Tratt		世界分布
151	海南悬钩子 <i>R. hainanensis</i> Merr		
152	裂叶悬钩子 <i>R. howii</i> Merr. & Chun		
	三十九、含羞草科 Mimosaceae		
153	大叶相思 <i>A. auriculiformis</i> A. cunn. ex Benth	栽培	
154	马占相思 <i>A. mangium</i> De Willd	栽培	
155	楹树 <i>Albizia chinensis</i> (Osbeck) Merr.		旧世界热带分布
156	眼镜豆 <i>Entada phaseoloides</i> (Roxb.) Benth		泛热带分布
157	银合欢 <i>Leucaena glauca</i> (Lam.) de Wit		泛热带分布
158	含羞草 <i>Mimosa pudica</i> Linn	外来入侵种	泛热带分布
159	巴西含羞草 <i>M. invisa</i> Mart. ex Colla	外来逸生种	
160	光荚含羞草 <i>M. sepiaria</i> Benth.	外来入侵种	
	四十、苏木科 Caesalpiniaceae		
161	红花羊蹄甲 <i>B. blakeana</i> Dunn	栽培	
162	刺果苏木 <i>Caesalpinia crista</i> (Linn.) Roxb		泛热带分布
163	金凤花 <i>C. pulcherrima</i> (Linn.) Sw	栽培	
164	含羞草决明 <i>Cassia mimosoides</i> Linn		泛热带分布
165	望江南 <i>C. occidentalis</i> Linn		
166	决明 <i>C. tora</i> Linn		
167	酸豆 <i>Tamarindus indica</i> Linn	栽培	旧世界热带分布
	四十一、蝶形花科 Papilionaceae		
168	相思子 <i>Abrus precatorius</i> Linn		泛热带分布
169	合萌 <i>Aeschynomene indica</i> Linn		泛热带分布
170	链荚豆 <i>Alysicarpus vaginalis</i> DC		旧世界热带分布
171	落花生 <i>Arachis hypogaea</i> Linn		热带亚洲和热带美洲间断分布
172	蔓草虫豆 <i>Atylosia scarabaeoides</i> Benth		热带亚洲和热带美洲间断分布
173	藤槐 <i>Bowringia callicarpa</i> Champ		热带亚洲至热带非洲分布
174	木豆 <i>Cajanus flavus</i> Millsp	外来逸生种	旧世界热带分布
175	毛蔓豆 <i>Calopogonium mucunoides</i> Desv		热带亚洲和热带美洲间断分布
176	海刀豆 <i>Canavalia maritima</i> Thou		泛热带分布
177	距瓣豆 <i>Centrosema pubescens</i> Benth	外来逸生种	热带亚洲和热带美洲间断分布
178	猪屎豆 <i>Crotalaria pallida</i> Ait		泛热带分布
179	两广檀 <i>Dalbergia benthami</i> Prain		泛热带分布
180	降香黄檀 <i>D. odorifera</i> T. Chen	栽培	
181	鱼藤 <i>Derris trifoliata</i> Lour		泛热带分布
182	假地豆 <i>Desmodium heterocarpon</i> DC		东亚和北美洲间断分布
183	异叶山绿豆 <i>D. heterophyllum</i> DC		

184	金钱草 <i>D.styracifolium</i> Merr		
185	三点金草 <i>D.triflorum</i> DC		
186	绒毛山绿豆 <i>D.velutinum</i> DC		
187	长柄野扁豆 <i>Dunbaria podocarpa</i> Miq		热带亚洲至热带大洋洲分布
188	刺桐 <i>Erythrina indica</i> Linn		泛热带分布
189	假大青蓝 <i>Indigofera galegoides</i> DC		泛热带分布
190	假蓝靛 <i>I. suffruticosa</i> Mill		
191	亮叶鸡血藤 <i>Millettia nitida</i> Benth		泛热带分布
192	印度鸡血藤 <i>M. pulchra</i> Kurz		
193	千斤拔 <i>Moghania macrophylla</i> L		旧世界热带分布
194	豆薯 <i>Pachyrhizus erosus</i> Urb	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
195	毛排钱草 <i>Phyllodium elegans</i> Desv		热带亚洲分布
196	排钱草 <i>P. pulchellum</i> Desv		
197	碗豆 <i>Pisum sativum</i> Linn	栽培	泛热带分布
198	水黄皮 <i>Pongamia pinnata</i> Merr		热带亚洲至热带大洋洲分布
199	四棱豆 <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> DC	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
200	越南野葛 <i>Pueraria montana</i> Merr		热带亚洲分布
201	三裂叶野葛 <i>P. Phaseoloides</i> Benth		
202	粉葛 <i>P. Thomsoni</i> Benth		
203	柱花草 <i>Stylosanthes guianensis</i>		泛热带分布
204	葫芦茶 <i>Tadehagi triquetrum</i> (L.) Ohashi		热带亚洲分布
205	灰叶 <i>Tephrosia purpurea</i> Pers.		泛热带分布
206	蚕豆 <i>Vicia raba</i> Linn	栽培	北温带分布
207	豇豆 <i>Vigna Sinensis</i> Walp	栽培	泛热带分布
	四十二、木麻黄科 Casuarinaceae		
208	木麻黄 <i>C.equisetifolia</i> Linn	栽培	
	四十三、榆科 Ulmaceae		
209	假玉桂 <i>Celtis cinnamomea</i> Linndl.ex Planch		泛热带分布
210	铁灵花 <i>C. wightii</i> planch.Craib		
211	朴树 <i>C.sinensis</i> Pers		
212	狭叶山黄麻 <i>Trema angustifolia</i> Blume		泛热带分布
213	光叶山黄麻 <i>T.cannabina</i> Lour		
214	山黄麻 <i>T.orientalis</i> Blume		
	四十四、桑科 Moraceae		
215	构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> (Linn.) L'Herit. ex Vent.		热带亚洲分布
216	高山榕 <i>Ficus altissima</i> Bl.		泛热带分布
217	大果榕 <i>F. auriculata</i> Lour.		
218	垂叶榕 <i>F. benjamina</i> Linn.		
219	黄毛榕 <i>F. fulva</i> Reinw		
220	斜叶榕 <i>F. gibbosa</i> Bl.		
221	粗叶榕 <i>F. hirta</i> Vahl		
222	对叶榕 <i>F. hispida</i> Linn. f.		
223	榕树 <i>F. microcarpa</i> Linn. f.		
224	变叶榕 <i>F. variolosa</i> Lindl. ex Benth.		

225	笔管榕 <i>F. virens</i> Ait.		
226	牛筋藤 <i>Malaisia scandens</i> (Lour.) Planch.		热带亚洲至热带大洋洲分布
227	叶被木 <i>Phyllochlamys taxoides</i> (Heyne) Koord.		热带亚洲分布
228	鹊肾树 <i>Streblus asper</i> Lour.		热带亚洲分布
	四十五、 荨麻科 Urticaceae		
229	苎麻 <i>Boehmeria nivea</i> Gaud		热带亚洲分布
230	吐烟花 <i>Pellionia repens</i> Merr		热带亚洲分布
231	小叶冷水花 <i>Pilea microphylla</i> Liebm		泛热带分布
232	海南冷水花 <i>P.tsiangianan</i> Metc		
233	雾水葛 <i>Pouzolzia zeyianica</i> Benn		泛热带分布
	四十六、 冬青科 Aquifoliaceae		
234	伞花冬青 <i>Ilex godajam</i> Wall.ex Hook.f		泛热带分布
	四十七、 卫矛科 Celastraceae		
235	细叶裸实 <i>Gymnosporia diversifolia</i> Maxim		旧世界热带分布
	四十八、 刺茉莉科 Salvadoraceae		
236	刺茉莉 <i>Azima sarmentosa</i> Benth.et Hook.f		热带亚洲至热带非洲分布
	四十九、 鼠李科 Rhamnaceae		
237	多花勾儿茶 <i>Berchemia floribunda</i> (Wall.) Brongn.		东亚和北美洲间断分布
	五十、 葡萄科 Vitaceae		
238	乌葭莓 <i>Cayratia japonica</i> Gagnep		旧世界热带分布
239	车索麻 <i>C. japonica</i> Gagnep.var.pubifolia Merr		
240	海南乌葭莓 <i>C. papillata</i> Merr.& Chun		
241	白粉藤 <i>Cissus repens</i> Lam		泛热带分布
242	翅茎白粉藤 <i>C.hexangularis</i> Thorel ex Planch		
	五十一、 芸香科 Rutaceae		
243	酒饼勒 <i>Atalantia buxifolia</i> Oliv		热带亚洲至热带大洋洲分布
244	柚 <i>Citrus grandis</i> Osb	栽培	热带亚洲分布
245	黄皮 <i>Clausena lansium</i> Skeels	栽培	旧世界热带分布
246	假黄皮 <i>C.excavata</i> Burm.f		
247	光滑黄皮 <i>C. lenis</i> Drake		
248	三叉苦 <i>Euodia leptota</i> Merr		旧世界热带分布
249	楝叶吴茱萸 <i>E.meliaefolia</i> Benth		
250	山桔树 <i>Glycosmis Cochinchinensis</i> Pierre ex Engl		热带亚洲分布
251	海南山小桔 <i>G. Hainanensis</i> Pierre		
252	三叶藤桔 <i>G. scandens</i> Buch.-Ham		
253	大管 <i>Micromelum faicatum</i> Tanaka		热带亚洲至热带大洋洲分布
254	九里香 <i>Murraya exotica</i> Linn	栽培	热带亚洲至热带大洋洲分布
255	小叶九里香 <i>M. microphylla</i> Swingle	栽培	
256	千里香 <i>M. paniculata</i> Jack		
257	飞龙掌血 <i>Toddalia asiatica</i> Lam		热带亚洲至热带非洲分布
258	箬欏花椒 <i>Zanthoxylum avicennae</i> DC		泛热带分布
259	两面针 <i>Z.nitidum</i> DC		

260	大叶臭椒 <i>Z. rhesoides</i> Drake		
261	疏刺花椒 <i>Z. nitidum</i> DC. Var. <i>fastuosum</i> How ex Huang		
	五十二、苦木科 Simarubaceae		
262	鸦胆子 <i>Brucea javanica</i> Linn		旧世界热带分布
263	牛筋果 <i>Harrisonia perforata</i> Merr		旧世界热带分布
	五十三、楝科 Meliaceae		
264	山楝 <i>Aphanamixs polystachya</i> (Wall.)R.N.Parker		热带亚洲分布
265	非洲楝 <i>Khaya senegalensis</i> A.Juss	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
266	苦楝 <i>Melia azedarach</i> Linn		热带亚洲分布
	五十四、无患子科 Sapindaceae		
267	异木患 <i>Allophylus virida</i> Radlk		热带亚洲分布
268	龙眼 <i>Dimocarpus longau</i> Lour	栽培	热带亚洲分布
269	坡柳 <i>Dodonaea viscosa</i> Jacq		泛热带分布
270	赤才 <i>Erioglossum rubiginosum</i> Bl		热带亚洲至热带大洋洲分布
271	荔枝 <i>Litchi chinensis</i> Sonn	栽培	热带亚洲分布
	五十五、漆树科 Anacardiaceae		
272	厚皮树 <i>Lannea coromandelica</i> Merr		热带亚洲至热带非洲分布
273	芒果 <i>Mangifera indica</i> Linn	栽培	热带亚洲分布
274	盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> Mill		北温带分布
275	野漆 <i>Toxicodendron succedaneum</i> O.Kuntze		东亚和北美洲间断分布
	五十六、八角枫科 Alangiaceae		
276	土坛树 <i>Alangium salviifolium</i> (Linn. f.) Wanger.		旧世界热带分布
	五十七、五加科 Araliaceae		
277	黄毛楸木 <i>Aralia decaisneana</i> Hance		东亚和北美洲间断分布
278	幌伞枫 <i>Heteropanax fragrans</i> (Roxb.) Seem.	栽培	热带亚洲分布
279	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms		泛热带分布
	五十八、伞形花科 Umbelliferae		
280	芹菜 <i>Apium graveolens</i> Linn	栽培	世界分布
281	积雪草 <i>Centella asiatica</i> Urban		泛热带分布
282	芫荽 <i>Coriandrum cativum</i> Linn	栽培	泛热带分布
283	刺芫荽 <i>Eryngium foetidum</i> Linn		泛热带分布
284	珊瑚菜 <i>Glehnia littoralis</i> F.Schmidt ex Miq		东亚和北美洲间断分布
285	水芹 <i>Oenanthe javanica</i> DC	栽培	旧世界温带分布
	五十九、柿科 Ebenaceae		
286	乌柿 <i>Diospyros erisntha</i> Champ.ex Benth		泛热带分布
287	毛柿 <i>D. strigosa</i> Hemsl		
	六十、山榄科 Sapotaceae		
288	人心果 <i>Manilkara zapota</i> (Linn.)	栽培	热带亚洲分布
	六十一、紫金牛科 Myrsinaceae		
289	郎伞木 <i>Ardisia elegans</i> Mez		泛热带分布
290	罗伞树 <i>A. quinquegona</i> Bl		
291	顶花杜茎山 <i>Maesa balaneae</i> Mez		旧世界热带分布

292	鲫鱼胆 <i>M. perlaria</i> (Lour.) Merr.		
293	柳叶密花树 <i>Rapanea linearis</i> S.Moore		泛热带分布
	六十二、山矾科 Symplocaceae		
294	十棱山矾 <i>Symplocos chunii</i> Merr		泛热带分布
295	越南山矾 <i>S.cochinchinensis</i> (Lour) Moore		
	六十三、马钱科 Loganiaceae		
296	灰莉木 <i>Fagraea ceilanica</i> Thunb		热带亚洲至热带大洋洲分布
297	三脉马钱 <i>Strychnos angustiflora</i> Benth		热带亚洲至热带大洋洲分布
298	伞花马钱 <i>S.umbellata</i> Merr		
	六十四、木犀科 Oleaceae		
299	扭肚藤 <i>Jasminum elongatum</i> Willd		泛热带分布
300	凹叶女贞 <i>Ligustrum retusum</i> Merr		旧世界温带分布
	六十五、夹竹桃科 Apocynaceae		
301	香花藤 <i>Aganosma acuminata</i> G.Don		热带亚洲分布
302	软枝黄蝉 <i>Allemanda cathartica</i> Linn		热带亚洲和热带美洲间断分布
303	长春花 <i>Catharanthus roseus</i> G.Don	栽培	旧世界热带分布
304	白长春花 <i>C.roseus</i> (Linn.) G.Don cv.Albus	栽培	
305	海芒果 <i>Cerbera manghas</i> Linn		热带亚洲至热带大洋洲分布
306	海南狗牙花 <i>Ervatamia hainanensis</i> Tsiang		旧世界热带分布
307	夹竹桃 <i>Nerium indicum</i> Mill.		旧世界温带分布
308	鸡蛋花 <i>Plumeria rubra</i> Linn.cv.Acutifolia	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
309	黄花夹竹桃 <i>Thevetia peruviana</i> K.Schum	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
310	盆架树 <i>Winchia calopaylla</i> A.DC	栽培	热带亚洲分布
311	倒吊笔 <i>Wrightia Pubescens</i> R.Br		旧世界热带分布
	六十六、萝藦科 Asclepiadaceae		
312	眼树莲 <i>Dischidia chinensis</i> Champ. ex Benth.		热带亚洲至热带大洋洲分布
313	小叶眼树莲 <i>D. minor</i> (Vahl) Merr.		
	六十七、茜草科 Rubiaceae		
314	海南水团花 <i>Adina hainanensis</i> How		热带亚洲至热带非洲分布
315	粗叶丰花草 <i>Borreria articularis</i> F.N.Will		泛热带分布
316	二萼丰花草 <i>B.repens</i> DC		
317	丰花草 <i>B.strieta</i> G.F.W.Wey		
318	猪肚木 <i>Canthium horridum</i> Bl		旧世界热带分布
319	弯管花 <i>Chassalia curviflora</i> Thwaites		旧世界热带分布
320	小粒咖啡 <i>Coffea Arabica</i> Linn	栽培	旧世界热带分布
321	大粒咖啡 <i>C.liberica</i> Bull ex hiern	栽培	
322	爱地草 <i>Geophila herbacea</i> Kuntze		泛热带分布
323	耳草 <i>Hedyotis auricalia</i> Linn		泛热带分布
324	双花耳花 <i>H.biflora</i> Lam		
325	白花蛇舌草 <i>H.diffusa</i> Willd		
326	闭花耳草 <i>H.cryptantha</i> Dunn		

327	细叶亚婆草 <i>H. auriculcria</i> Linn.var.mina Ko		
328	伞房花耳草 <i>H. corymbose</i> Lam		
329	广花耳草 <i>H.ampliflora</i> Hance		
330	脉耳草 <i>H.costata</i> Kurz		
331	海南耳草 <i>H. hainanensis</i> Ko		
332	粗叶耳草 <i>H. hispida</i> Lam		
333	松叶耳草 <i>H. pinifolia</i> Wall.ex Hook.f		
334	中华耳草 <i>H.coathayana</i> Ko		
335	白花龙船花 <i>Ixora henryi</i> Levl		热带亚洲至热带非洲分布
336	海南龙船花 <i>I.hainanensis</i> Merr		
337	大叶龙船花 <i>I.chinensis</i> Lam		
338	鸡屎树 <i>Lasianthus cyanocarpus</i> Jack		泛热带分布
339	玉叶金花 <i>Massacnda pubcsens</i> Ait.f		旧世界热带分布
340	鸡屎藤 <i>Paederia scandens</i> Merr		热带亚洲分布
341	毛鸡屎藤 <i>P.tomentosa</i> Bl		
	六十八、 菊科 Compositae		
342	鳢肠 <i>Eclipta prostrata</i> Linn		泛热带分布
343	地胆头 <i>Elephantopus scaber</i> Linn		泛热带分布
344	白花地胆头 <i>E.tomenosa</i> Linn		
345	一点红 <i>Emilia sonchifolia</i> DC		旧世界热带分布
346	鹅不食草 <i>Epaltes australis</i> Less		泛热带分布
347	菊苣 <i>E.valerianaefolia</i> DC		
348	飞机草 <i>Eupatorium odoratum</i> L	外来入侵种	泛热带分布
349	鼠麦草 <i>Gnaphalium affine</i> D.Don		世界分布
350	田基黄 <i>Grangea maderaspetan</i> Poir		热带亚洲至热带非洲分布
351	白子菜 <i>Gynura divaricata</i> DC		热带亚洲至热带非洲分布
352	黄花苦苣菜 <i>Ixeris versicolor</i> DC.var <i>chrysantha</i> Freyn		热带亚洲分布
353	野苣荬 <i>Lactuca brevirotis</i> Linn		旧世界温带分布
354	蔓茎栓果菊 <i>Launaea sarmentoea</i> Merr		旧世界温带分布
355	银胶菊 <i>Parthenium hysterophorus</i> Linn	外来入侵种	热带亚洲和热带美洲间断分布
356	阔包菊 <i>Pluchea indica</i> Less		泛热带分布
357	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i> Linn		北温带分布
358	金腰箭 <i>Synedrella nodiflora</i> Gaertn		泛热带分布
359	羽芒菊 <i>Tridax procumbens</i> Linn		热带亚洲和热带美洲间断分布
360	茄叶斑鸠菊 <i>Vernonia solanifolia</i> Benth		泛热带分布
361	夜香牛 <i>V. cinerea</i> Less		
362	咸虾花 <i>V. patula</i> Merr		
363	孪花虻蜴菊 <i>Wedelia biflora</i> DC		泛热带分布
364	黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i> DC		旧世界热带分布
	六十九、 紫草科 Boraginaceae		
365	基及树 <i>Carmona microphylla</i> G.Don		热带亚洲分布
366	大尾摇 <i>Heliotropium indicum</i> Linn		泛热带分布
	七十、 茄科 Solanaceae		

367	辣椒 <i>Capsicum annuum</i> Linn	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
368	指天椒 <i>C. annuum</i> Linn.var.conoides Irish	栽培	
369	白花曼陀罗 <i>Datura metel</i> Linn		泛热带分布
370	番茄 <i>Lycopersicon asculentum</i> Mill	栽培	热带亚洲和热带美洲间断分布
371	小酸浆果 <i>Physalis minima</i> Linn		世界分布
372	刺天茄 <i>Solanum indicum</i> Linn		世界分布
373	茄 <i>S. melongena</i> Linn	栽培	
374	山茄 <i>S.macaonense</i> Dundal		
375	颠茄 <i>S. surattense</i> Burn.f		
376	水茄 <i>S. torvum</i> Swartz		
377	海南茄 <i>S.procumbens</i> Lour		
378	少花龙葵 <i>S.photeinocarpum</i> Nakamura et Odashima		
379	毛茄 <i>S.ferox</i> Linn		
380	假烟叶 <i>S.verbascifolium</i> Linn	外来归化种	
七十一、旋花科 Convolvulaceae			
381	白鹤藤 <i>Argyreia acuta</i> Lour		热带亚洲至热带大洋洲分布
382	黄毛白鹤藤 <i>A.Obtusifolia</i> Lour.		
383	凹脉丁公藤 <i>Erycibe elliptilimba</i> Merr.et Chun		热带亚洲至热带大洋洲分布
384	土丁桂 <i>Evoloulus alsinoides</i> Linn		泛热带分布
385	猪菜藤 <i>Hewittia sublobata</i> O.Ktze		热带亚洲至热带非洲分布
386	蕹菜 <i>Ipomoea aqvatica</i> Forsk	栽培	热带亚洲至热带大洋洲分布
387	番薯 <i>I. batatas</i> Lam	栽培	
388	五瓜金龙 <i>I. cairica</i> Sweet	外来逸生种	
389	厚藤 <i>I.pes-caprae</i> Sweet		
390	虎脚牵牛 <i>I.pestigridis</i> Linn		
391	紫心牵牛 <i>I.obscura</i> Ker.-Gawl		
392	小牵牛 <i>Jacquemontia paniculata</i> Hall.f		泛热带分布
393	指叶山猪菜 <i>Merremia quinata</i> V.Ooststr		泛热带分布
七十二、玄参科 Scrophulariaceae			
394	母草 <i>Lindernia crustacea</i> (Linn.) F. Muell.		泛热带分布
395	野甘草 <i>Scoparia olulcia</i> Linn		热带亚洲和热带美洲间断分布
七十三、紫葳科 Bignoniaceae			
396	猫尾木 <i>Dolichandrone caudafelina</i> (Hance) Benth. et Hook. f.		旧世界热带分布
397	美叶菜豆树 <i>Radermachera frondosa</i> Chun et How		热带亚洲分布
398	海南菜豆树 <i>R. hainanensis</i> Merr.		
七十四、爵床科 Acanthaceae			
399	鸭嘴花 <i>Adhatoda Vasica</i> Nees		热带亚洲至热带非洲分布
400	假杜鹃 <i>Barleria cristata</i> Linn		泛热带分布
401	钟花草 <i>Codonacanthus pauciflonus</i> Nees		热带亚洲分布
402	海康钩粉草 <i>Pseuderanthemum haikangense</i> C.Y.Wu & H.S.Lo		泛热带分布

403	孩儿草 <i>Rungia pectinata</i> Nees		热带亚洲至热带非洲分布
404	叉柱花 <i>Staurogyne stenophylla</i> Merr.& Chun		泛热带分布
405	海南老鸦嘴 <i>Thunbergia hainanensis</i> C.Y.Wu & H.S.Lo		旧世界热带分布
406	大花老鸦嘴 <i>T. grandiflora</i> Roxb		
七十五、 马鞭草科 <i>Verbenaceae</i>			
407	杜虹花 <i>Callicarpa formosana</i> Rolfe		泛热带分布
408	裸花紫珠 <i>C.nudiflora</i> Hook.et Arn		
409	大青 <i>Clerodendrum cyrtophyllum</i> Turcz		泛热带分布
410	白花灯笼 <i>C.fortunatum</i> Linn		
411	马缨丹 <i>Lantana camara</i> Linn		泛热带分布
412	伞序臭黄荆 <i>Premna corymbosa</i> Rottl.et Willd		热带亚洲至热带非洲分布
413	假马鞭 <i>Stachytarpheta jamaicensis</i> Vahl		热带亚洲和热带美洲间断分布
414	马鞭草 <i>Verbena officinalis</i> Linn		泛热带分布
415	山牡荆 <i>Vitex quinata</i> Will		泛热带分布
七十六、 唇形科 <i>Labiatae</i>			
416	肾茶 <i>Clerodendranthus spicatus</i> C.Y.Wu & H.W.Li		热带亚洲分布
417	广防风 <i>Epimeredi indica</i> Rothm		热带亚洲至热带大洋洲分布
418	吊球草 <i>Hyptis rhomboidea</i> Mart.et Gal		热带亚洲和热带美洲间断分布
419	山香 <i>H. suaveolens</i> Poir		
420	益母草 <i>Lconurus hoterophyllus</i> S.Y.Hu		旧世界温带分布
421	蜂巢草 <i>Leucas aspera</i> Link		泛热带分布
422	丁香罗勒 <i>Ocimum gratissimum</i> Linn.var.suve Hook.f		泛热带分布
423	疏毛罗勒 <i>O.basilicum</i> Linn.var.pilosum Benth		
424	圣罗勒 <i>O.Sanctum</i> Linn		
单子叶植物纲 <i>MONOCOTYLEDONEAE</i>			
一、 芭蕉科 <i>Musaceae</i>			
1	野蕉 <i>Musa balbisiana</i> Colla		旧世界热带分布
二、 姜科 <i>Zingiberaceae</i>			
2	小花山姜 <i>Alpinia brevis</i> T. L. Wu & Senjen		旧世界热带分布
3	草豆蔻 <i>A. katsumadai</i> Hayata		
4	假益智 <i>A. maclurei</i> Merr.		
5	高良姜 <i>A. officinarum</i> Hance		
6	闭鞘姜 <i>Costus speciosus</i> (Koen.) Smith		泛热带分布
7	光叶闭鞘姜 <i>C. tonkinensis</i> Gagnep.		
三、 百合科 <i>Liliaceae</i>			
8	芦荟 <i>Aloe vera</i> L.var. <i>ehinensis</i> Berg	栽培	热带亚洲至热带非洲分布
9	天门冬 <i>Asparagus ocaineninensis</i> Merr		旧世界热带分布
10	山菅兰 <i>Dianella ensifolia</i> Linn		热带亚洲至热带大洋洲分布
11	土麦冬 <i>Liriope graminifolia</i> Lour		旧世界热带分布
12	沿阶草 <i>Ophiopogon japonicus</i> Ker-Gawe		旧世界热带分布
四、 雨久花科			

13	凤眼兰 <i>Eichhornia crassipes</i> Solms		热带亚洲和热带美洲间断分布
	五、 菝葜科 Smilacaceae		
14	菝葜 <i>Smilax china</i> L		泛热带分布
15	粉叶菝葜 <i>S.corbulara</i> Kunth		
16	大果菝葜 <i>S.macrocarpa</i> Bl		
17	穿鞘菝葜 <i>S.perfoliata</i> Lour		
	六、 天南星科 Araceae		
18	海芋 <i>Alocasia macrorrhiza</i> (L.)Schott		热带亚洲分布
19	野芋 <i>Colocasia antiquorum</i> Schott		热带亚洲分布
20	芋 <i>C. esculenta</i> Schott		
21	大漂 <i>Pistia stratiotes</i> Linn		泛热带分布
22	石柑子 <i>Pothos chinensis</i> Merr		热带亚洲分布
23	蜈蚣藤 <i>P. repens</i> Druce		
	七、 龙舌兰科 Agave		
24	海南龙血树 <i>Dracaena angustifolia</i> Roxb.Fl.	栽培	旧世界热带分布
	八、 棕榈科 Palmae		
25	槟榔 <i>Areca catechu</i> Linn	栽培	热带亚洲至热带大洋洲分布
26	大白藤 <i>Calamus faberii</i> Becc		旧世界热带分布
27	白藤 <i>C. tetradactylus</i> Hance		
28	鱼尾葵 <i>Caryota maxima</i> Lour		热带亚洲至热带大洋洲分布
29	椰子 <i>Cocos nucifera</i> Linn		泛热带分布
30	黄藤 <i>Daemonorops margaritae</i> Becc		热带亚洲分布
31	红藤 <i>D. jankinsianus</i> Mart		
32	油棕 <i>Eiaeis guineensis</i> Jacq		泛热带分布
33	穗花轴榈 <i>Licuala forkiana</i> Becc		热带亚洲至热带大洋洲分布
34	刺轴榈 <i>L.spinosa</i> Wurm		
	九、 露兜树科 Pandanaceae		
35	露兜草 <i>Pandanus austrosinensis</i> T. L. Wu		旧世界热带分布
36	小露兜 <i>P. gressittii</i> Stone		
	十、 仙茅科 Hypoxidaceae		
37	大叶仙茅 <i>Curculigo capitulata</i> (Lour.) O. Kuntze		泛热带分布
38	仙茅 <i>C. orchiioides</i> Gaertn.		
	十一、 莎草科 Cyperaceae		
39	球柱草 <i>Bulbostylis barbata</i> (Rottb.)Clarke		泛热带分布
40	扁茎苔草 <i>Carex planiscapa</i> Chun & How		世界分布
41	多穗莎草 <i>Cyperus diffuses</i> var. <i>multispicatus</i> S.M.huang		世界分布
42	疏颖莎草 <i>C. distans</i> Linn		
43	畦畔莎草 <i>C.haspan</i> Linn		
44	迭穗莎草 <i>C. imbricatus</i> Retz		
45	碎米莎草 <i>C. iria</i> Linn		
46	茳芏 <i>C. malaccensis</i> Lam		
47	香附子 <i>C. rotundus</i> Linn		
48	粗根茎莎草 <i>C. stoloniferus</i> Retz		
49	钝棱荸荠 <i>Eleocharis acutangula</i> (Roxb.)Schult		世界分布

50	野荸荠 <i>E. plantagineiformis</i> Tang et Wang	
51	两歧飘拂草 <i>Fimbristylis diehotoma</i> (Linn.)Vahl	泛热带分布
52	褐穗飘拂草 <i>F.fusca</i> (Nees) Clarke	
53	水虱草 <i>F.miliacea</i> (Linn.)Vahl	
54	绢毛飘拂草 <i>F.sericea</i> (Poir.) R.Br	
55	海南割鸡芒 <i>Hypolytrum hainanense</i> (Merr.) Tang&Wang	泛热带分布
56	割鸡芒 <i>H. nemorm</i> (Vahl)Spreng	
57	水蜈蚣 <i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb	泛热带分布
58	砖子苗 <i>Mariscus crperoides</i> Urb	泛热带分布
59	多穗扁莎 <i>Pycreus polystachyos</i> (Rottb.) P.Beauv	泛热带分布
60	海滨莎 <i>Remirea maritima</i> Aubl	泛热带分布
	十二、禾本科	
61	凤头黍 <i>Acroceras tonkinense</i> (Balansa.) Henr	热带亚洲至热带非洲分布
62	臭虫草 <i>Alloteropsis cimicina</i> (Linn.)stapf	热带亚洲至热带非洲分布
63	毛颖草 <i>A. semialata</i> (R.Br.)Hitc	
64	水蔗草 <i>Apluda mutica</i> Linn	旧世界热带分布
65	芦竹 <i>Arundo donex</i> Linn	泛热带分布
66	地毯草 <i>Axonopus compressus</i> (Sw.)Beauv	热带亚洲和热带美洲间断分布
67	竹节草 <i>Chrysopogon acieulatus</i> L	泛热带分布
68	多枝臂形草 <i>Brachiaria ramose</i> (Linn.)Stapf	泛热带分布
69	四生臂形草 <i>B.subquadripara</i> (Trin.)Hitc	
70	台湾虎尾草 <i>Chloris formosana</i> (Honda.)Keng	泛热带分布
71	弓果黍 <i>Cyrtococcum patens</i> (Linn.)A.Camus	旧世界热带分布
72	散穗弓果黍 <i>C. patens</i> var. <i>latifolium</i> (Handa.)Ohwi	
73	龙爪草 <i>Dactyloctenium aegyptium</i> (Linn.)Beauv	泛热带分布
74	粒状马唐 <i>Digitaria abludens</i> Roem.et Schult	世界分布
75	毛马唐 <i>D.chrysoblephara</i> Fig.et De Not	
76	升马唐 <i>D.ciliaris</i> (Retz.)Koel	
77	无毛细马唐 <i>D.pertenuis</i> Buse var. <i>glabra</i> Ohwi	
78	紫马唐 <i>D.violascens</i> Link	
79	光头稗 <i>Echinochloa colonum</i> (Linn.)Link	北温带分布
80	稗 <i>E.crusgalli</i> (Linn.)Beauv	
81	水稗 <i>E.phyllopogon</i> (Stepf)Koss	
82	牛筋草 <i>Eleusine indica</i> (Linn.) Gaertn	泛热带分布
83	宿根画眉草 <i>Eragrostis perennans</i> Keng	北温带分布
84	画眉草 <i>E.pilosa</i> (Linn.)P.Beauv	
85	鲫鱼草 <i>E.tenella</i> (Linn.)P.Beauv	
86	牛虱草 <i>E.unioides</i> (Retz.)Nees et Mey	
87	蜈蚣草 <i>Eremochloa ciliaris</i> (Linn.)Merr	热带亚洲至热带大洋洲分布
88	鹧鸪草 <i>Eriachne pallescens</i> R.Br	热带亚洲至热带大洋洲分布
89	金茅 <i>Eulalia speciosa</i> (Debeaux)Kuntze	旧世界热带分布
90	球穗草 <i>Hackelochloa granularis</i> (Linn.) Kuntze	泛热带分布
91	膜稗草 <i>Hymenachne acutigluma</i> (Stued.)Gill	泛热带分布

92	长耳膜稗草 <i>H.insulicola</i> (Steud.)L.Liou		
93	距花黍 <i>Ichnanthus vicinus</i> (F.M.Bailey)Merr		泛热带分布
94	白茅 <i>Imperata cylindrical</i> var. <i>major</i> (Nees) C.E.Hubb.		泛热带分布
95	芒穗鸭嘴草 <i>Ischaemum aristatum</i> Linn		泛热带分布
96	毛穗鸭嘴草 <i>I.barbatum</i> Retz		
97	海南鸭嘴草 <i>I.crassipes</i> (Steud.)Thell.var. <i>hainanense</i> Keng		
98	纤毛鸭嘴草 <i>I.indicum</i> (Houtt.)Merr		
99	田间鸭嘴草 <i>I.rugosum</i> Salib var. <i>segetum</i> (Trin.)Hack		
100	千金子 <i>Leptochloa chinensis</i> (Linn.)Ness		泛热带分布
101	虬子草 <i>L.panicea</i> (Retz.)Ohwi		
102	淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> Brongn		热带亚洲至热带大洋洲分布
103	芒 <i>Miscanthus sinensis</i> Andress		热带亚洲至热带非洲分布
104	类芦 <i>Neyraudia reynaudiana</i> (Kunth)Keng		热带亚洲至热带非洲分布
105	竹叶草 <i>Oplismenus compositus</i> (Linn.)Beauv		泛热带分布
106	稻 <i>Oryza sativa</i> Linn	栽培	泛热带分布
107	大罗网草 <i>Panicum cambogiense</i> Balansa		世界分布
108	心叶稷 <i>P.notatum</i> Retz		
109	雀稗 <i>Paspalum commersonii</i> Lam		泛热带分布
110	两耳草 <i>P.conjugatum</i> Berg		
111	水竹 <i>Phragmites karka</i> (Retz.)Trin.ex Steud		世界分布
112	班茅 <i>Saccharum arundinaceum</i> Retz		泛热带分布
113	甘蔗 <i>S.officinarum</i> Linn	栽培	
114	棕叶狗尾草 <i>Setaria palmaefolia</i> (Koen.)Stapf		泛热带分布
115	鼠尾黍 <i>Sporobolus fertilis</i> (Steud.)W.D.Clay		泛热带分布
116	香根草 <i>Vetiveria zizanioides</i> (Lonn.)Nash		旧世界热带分布
117	薊竹 <i>Bambusa bambos</i> Retz		泛热带分布
118	粉单竹 <i>B.Chungii</i> McCl		
119	青皮竹 <i>B. textiles</i> McCl		
120	甲竹 <i>B. austro-sinensis</i> McCl		
121	麻竹 <i>Dendrocalamus latiflorus</i> McCl		热带亚洲至热带非洲分布
122	毛藤竹 <i>Dinochloa puberla</i> McCl		热带亚洲分布
123	山竹仔 <i>Semiarundinaria shapoensis</i> McCl		旧世界热带分布

注：栽培种指目前没有在本区域野生分布的本地栽培和外来栽培种；逸生种指原为本地和外来引入的栽培种而后部分从栽培逃逸为野生状态的植物；归化种指外来植物转入本地后直接正常繁育后代，并大量繁衍成野生状态的植物；外来入侵种指外来植物进入本地区后大量繁殖并给本地区的生态系统等造成较严重损害或影响的植物

附表 8 评价区陆生动物名录

中文名及学名	生境类型	数量	濒危等级	保护级别	区系	
					分布型	分布区
两栖纲 AMPHIBIANS						
无尾目 ANURA						
蟾蜍科 Bufonidae						
黑眶蟾蜍 <i>Duttaphrynus melanostictus</i>	全区	+++	LC	*	Wc	S\SW\C
雨蛙科 Hylidae						
华南雨蛙 <i>Hyla simplex</i>	大木村橡胶林	++	LC	*	Wd	S\SW\C
叉舌蛙科 Dicroglossidae						
泽蛙 <i>Fejervarya multistriata</i>	全区	+++	LC	*	We	N\S\SW\C
蛙科 Ranidae						
沼蛙 <i>Boulengerana guentheri</i>	全区静水	+++	LC	*	Sc	S\SW\C
台北蛙 <i>Hylarana taipehensis</i>	加总村沼泽湿地	++	NT	*	Wb	C\S
细刺蛙 <i>Sylvirana spinulosa</i>	加笼坪靠近南渡江溪流	+	NT	海南省级	J	S
小湍蛙 <i>Amolops torrentis</i>	加笼坪靠近南渡江溪流	++	LC	*	J	S
大绿蛙 <i>Odorrana graminea</i>	加笼坪靠近南渡江溪流	++	LC	海南省级	Wc	C\S
浮蛙科 Occidozygidae						
圆舌浮蛙 <i>Phrynoglossus martensii</i>	沼泽湿地	++	NT	*	Wb	S
树蛙科 Rhacophoridae						
斑腿泛树蛙 <i>Polypedates megacephalus</i>	全区静水及村落水塘	+++	LC	*	Wd	S\SW\C
无声囊泛树蛙 <i>Polypedates mutus</i>	加笼坪靠近南渡江溪流	+	LC	*	Sc	C\S
海南溪树蛙 <i>Rhacophorus oxycephalus</i>	南渡江边河段 WP7 位置	++	NT	海南省级	J	S
姬蛙科 Microhylidae						
花姬蛙 <i>Microhyla pulchra</i>	全区	+++	LC	*	Wc	C\S
饰纹姬蛙 <i>Microhyla ornata</i>	水田湿地	+++	LC	*	Wc	S\SW\C
小弧斑姬蛙 <i>Microhyla heymonsi</i>	南渡江边次生林边缘	+	LC	*	Wc	S\SW\C
花狭口蛙 <i>Kaloula pulchra</i>	申坤 20 队橡胶林	++	LC	*	Wb	S
花细狭口蛙 <i>Kalophrynus interlineatus</i>	石弄滩橡胶林	+	NT	*	Wb	S
爬行纲 REPTILIA						
龟鳖目 CHELONIA						

鳖科 Trionychidae						
中华鳖 <i>Trionyx Sinensis</i>	南渡江流域	+	VU	海南省级	Ea	NE\N\MX\S\SW\C
有鳞目 SQUAMATA						
蜥蜴亚目 SAURIA						
壁虎科 Gekkonidae						
中国壁虎 <i>Gekko chinensis</i>	村落	+++	LC	*	Sb	C\S
疣尾蜥虎 <i>Hemidactylus frenatus</i>	全区	+++	LC	*	Wb	S
锯尾蜥虎 <i>Hemidactylus garnotii</i>	流域次生林地	+++	LC	*	Wa	S
截趾虎 <i>Gehyra mutilata</i>	红旗队	+	LC	*	Wa	S
鬣蜥科 Agamidae						
变色树蜥 <i>Calotes versicolor</i>	全区分布	+++	LC	*	Wb	S
细鳞树蜥 <i>Calotes microlepis</i>	加笼坪靠近南渡江次生林	+	LC	海南省级	Wa	C\S
丽棘蜥 <i>Acanthosaura lepidogaster</i>	加笼坪靠近南渡江次生林	+	LC	*	Wc	C\S
斑飞蜥 <i>Draco maculatus</i>	大木村附近次生林	+	LC	海南省级	Wa	SW\S
睑虎科 Eublepharidae						
海南睑虎 <i>Goniurosaurus hainanensis</i>	蓝洋森林公园观音岩附近林地	++	NT	海南省级	J	S
石龙子科 Scincidae						
长尾南蜥 <i>Mabuya longicaudata</i>	全区林地边缘	+++	LC	*	Wa	S
多线南蜥 <i>Mabuya multifasciata</i>	全区村落及灌草丛边缘	+++	LC	*	Wa	S
南滑蜥 <i>Scincella reevesii</i>	全区林地	+++	LC	*	We	SW\S
中国石龙子 <i>Eumeces chinensis</i>	南渡江边草丛	+	LC	*	Sa	C\S
蜥蜴科 Lacertidae						
台湾地蜥 <i>Platyplacopus kuehnei</i>	中间架附近草坡地	++	LC	*	Si	C\S
蛇亚目 SERPENTES						
盲蛇科 Typhlopidae						
钩盲蛇 <i>Ramphotyphlops braminus</i>	全区旱地分布	+++	LC	*	Wc	C\S
游蛇科 Colubridae						
渔游蛇 <i>Xenochrophis piscator</i>	全区水环境	+++	LC	*	Wc	SW\C\S
草腹链蛇 <i>Amphiesma stolata</i>	全区灌草丛	+++	LC	*	We	C\S
坡普腹链蛇 <i>Amphiesma popei</i>	南渡江边缘次生林地	++	LC	*	Sc	C\S
繁花林蛇 <i>Boiga multomaculata</i>	南渡江边缘次生林地	+	LC	*	Wc	C\S
红脖颈槽蛇 <i>Rhabdophis subminiatus</i>	新村灌草丛	+	LC	*	We	N\SW\C\S

乌游蛇 <i>Sinonatrix percarinata</i>	全区河流及水库	+++	LC	*	Sd	SW\C\S
台湾小头蛇 <i>Oligodon formosanus</i>	全区灌草丛	+++	LC	*	Sc	C\S
中国小头蛇 <i>Oligodon chinensis</i>	南渡江边缘次生林地	++	LC	*	Sc	C\S
崇安斜鳞蛇 <i>Pseudoxenodon karlschmidti</i>	蓝洋森林公园橡胶林	++	LC	*	Sc	C\S
滑鼠蛇 <i>Ptyas mucosus</i>	加总村灌草丛	+	VU	海南省级	Wc	SW\C\S
中国水蛇 <i>Enhydris chinensis</i>	全区流域	+++	NT	*	Sc	C\S
铅色水蛇 <i>Enhydris plumbea</i>	村落水田	+++	NT	*	Wc	C\S
紫沙蛇 <i>Psammodynastes pulverulentus</i>	南渡江边缘次生林地	+++	LC	*	Wc	C\S
眼镜蛇科 Elapidae						
舟山眼镜蛇 <i>Naja atra</i>	WP6 南渡江边缘林地	+	VU	海南省级	Wc	SW\C\S
眼镜王蛇 <i>Ophiophagus hannah</i>	WP6 南渡江边缘林地	+	EN	海南省级	Wb	SW\C\S
银环蛇 <i>Bungarus multicinctus</i>	道殿村附近草丛	+	VU	海南省级	Sc	SW\C\S
蝰蛇科 Viperidae						
福建竹叶青 <i>Trimeresurus stejnegeri</i>	全区林地	+++	LC	*	We	SW\C\S
鸟纲 AVES						
鸮鹞目 PODICIPEDIFORMES						
鸮鹞科 Podicipedidae						
小鸮鹞 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	松涛水库	++	LC	*	We	NE\N\MX\SW\C\S
鸻形目 GICONIIFORMES						
鹭科 Ardeidae						
小白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	全区水田、河流湿地	+++	LC	海南省级	Wd	SW\C\S
大白鹭 <i>Egretta alba</i>	松涛水库	+	LC	海南省级	O2	NE\MX\SW\C\S
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	全区水田、河流湿地	+++	LC	海南省级	We	NE\N\QZ\SW\C\S
牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	全区农田旱地及河流	+++	LC	海南省级	Wd	QZ\SW\C\S
栗苇开鸟 <i>Ixobrychus cinnamomeus</i>	WP6 位置南渡江边	+	LC	海南省级	We	N\SW\C\S
隼形目 FALCONIFORMES						
鹰科 Accipitridae						
松雀鹰 <i>Accipiter virgatus</i>	全区橡胶林	+++	LC	国家II级	We	NE\N\SW\C\S
鸮 <i>Pandion haliaetus</i>	松涛水库	+	LC	国家II级	Cd	NE\MX\QZ\SW
蛇雕 <i>Spilornis cheela</i>	下坝址次生林上空	+	LC	国家II级	We	SW\C\S
黑翅鸢 <i>Elanus caeruleus</i>	红旗队旱地	+	LC	国家II级	Wc	C\S
隼科 Falconidae						

游隼 <i>Falco peregrinus</i>	松涛水库	+	LC	国家Ⅱ级	Cd	NE\N\SW\C\S
红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	中坤 20 队林地边缘	+	LC	国家Ⅱ级	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸡形目 Galliformes						
雉科 Phasianidae						
鹌鹑 <i>Coturnix coturnix</i>	新村附近草地	+	LC	海南省级	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鹤形目 GRUIFORMES						
秧鸡科 Rallidae						
白胸苦恶鸟 <i>Amaurornis phoenicurus</i>	WP5 副坝附近河流湿地	+	LC	海南省级	Wc	C\S
骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	WP1 位置湿地	+	LC	海南省级	O5	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸨形目 CHARADRIIFORMES						
鸨科 Charadriidae						
金眶鸨 <i>Charadrius dubius</i>	全区水田及河流	+++	LC	海南省级	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鹬科 Scolopacidae						
矶鹬 <i>Actitis hypoleucos</i>	全区水田及河流	+++	LC	海南省级	Cf	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
扇尾沙锥 <i>Capella gallinago</i>	全区水田及河流	+++	LC	海南省级	Ub	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸻形目 LARIFORMES						
鸻科 Laridae						
须浮鸥 <i>Chlidonias hybrida</i>	松涛水库	++	LC	海南省级	Uh	NE\N\C\S
鸽形目 COLUMBIFORMES						
鸠鸽科 Columbidae						
珠颈斑鸠 <i>Streptopelia chinensis</i>	全区分布	+++	LC	海南省级	We	N\SW\C\S
鸻形目 CUCULIFORMES						
杜鹃科 Cuculidae						
褐翅鸦鹃 <i>Centropus sincnsis</i>	全区灌丛	+++	NT	国家Ⅱ级	Wb	C\S
小鸦鹃 <i>Centropus toulou</i>	WP17 南渡江边灌丛	+	NT	国家Ⅱ级	Wc	SW\C\S
绿嘴地鸻 <i>Phaenicophaeus tristis</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	+	LC	海南省级	Wb	SW\C\S
鸻形目 STRIGIFORMES						

鸱鸃科 Strigidae						
领角鸱 <i>Otus bakkamoena</i>	下坝址附近橡胶林	+	LC	国家Ⅱ级	We	NE\N\SW\C\S
夜鹰目 CAPRIMULGIFORMES						
夜鹰科 Caprimulgidae						
普通夜鹰 <i>Caprimulgus indicus</i>	全区橡胶林	+++	LC	*	We	NE\N\SW\C\S
雨燕目 APODIFORMES						
雨燕科 Apodidae						
小白腰雨燕 <i>Apus affinis</i>	全区	+++	LC	*	O1	SW\C\S
白腰雨燕 <i>Apus pacificus</i>	红门队上空	++	LC	*	M	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
佛法僧目 CORACIIFORMES						
翠鸟科 Alcedinidae						
白胸翡翠 <i>Halcyon snyderensis</i>	全区水环境及早地	+++	LC	*	O1	C\S
普通翠鸟 <i>Alcedo atthis</i>	全区水环境	+++	LC	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
斑鱼狗 <i>Ceryle rudis</i>	副坝附近湿地	+	LC	*	O1	C\S
戴胜科 Upupidae						
戴胜 <i>Upupa epops</i>	全区灌丛	+++	LC	*	O	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
鸢形目 PICIFORMES						
须鸢科 Capitonidae						
黑眉拟啄木鸟 <i>Megalaima oorti</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	+	LC	*	Wa	C\S
雀形目 PASSERIFORMES						
鹑科 Motacillidae						
白鹑鹁 <i>Motacilla alba</i>	全区河流及早地	+++	LC	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
灰鹑鹁 <i>Motacilla cinerea</i>	全区草地及村落	+++	LC	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
黄鹑鹁 <i>Motacilla flava</i>	石弄滩附近水田	++	LC	*	Ub	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
田鸫 <i>Anthus richardi</i>	加总村草地	++	LC	*	Mf	NE\N\MX\QZ\C\S
树鸫 <i>Anthus hodgsoni</i>	大木村草地	++	LC	*	M	MX
燕科 Hirundinidae						

家燕 <i>Hirundo rustica</i>	全区	+++	LC	*	Ch	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
山椒鸟科 Campephagidae						
赤红山椒鸟 <i>Pericrocotus flammeus</i>	WP7 南渡江次生林地	++	LC	*	Wc	SW\C\S
灰喉山椒鸟 <i>Pericrocotus solaris</i>	WP7 南渡江次生林地	++	LC	*	Wc	C\S
鹎科 Pycnonotidae						
白头鹎 <i>Pycnonotus sinensis</i>	全区	+++	LC	海南省级	Sd	SW\C\S
黑短脚鹎 <i>Hypsipetes madagascariensis</i>	加总村林地	++	LC	*	Wd	SW\C\S
绿翅短脚鹎 <i>Hypsipetes mcclllandii</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	++	LC	*	Wc	SW\C\S
伯劳科 Laniidae						
棕背伯劳 <i>Lanius schach</i>	全区分布	+++	LC	*	Wd	SW\C\S
红尾伯劳 <i>Lanius cristatus</i>	新村灌丛	+	LC	*	Uf	NE\N\SW\C\S
卷尾科 Dicruridae						
黑卷尾 <i>Dicrurus macrocercus</i>	全区灌丛	+++	LC	*	We	NE\N\SW\C\S
椋鸟科 Sturnidae						
八哥 <i>Acridotheres cristatellus</i>	全区村落	+++	LC	海南省级	Wd	C\S
丝光椋鸟 <i>Sturnus sericeus</i>	全区村落及人工林	+++	LC	海南省级	Sd	SW\C\S
鸫科 Turdidae						
鹊鸲 <i>Copsychus saularis</i>	全区	+++	LC	*	Wd	SW\C\S
黑喉石即鸟 <i>Saxicola torquata</i>	全区灌草丛	+++	LC	*	O1	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
乌鸫 <i>Turdus merula</i>	全区村落	+++	LC	海南省级	O3	MX\QZ\SW\C\S
蓝矶鸫 <i>Monticola solitarius</i>	WP6 河流边缘	+	LC	海南省级	O3	NE\N\QZ\SW\C\S
白冠燕尾 <i>Enicurus leschenaulti</i>	加笼坪南渡江附近溪流	+	LC	*	Wd	SW\C\S
画眉科 Timaliidae						
褐胸噪鹛 <i>Garrulax maesi</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	++	LC	海南省级	Sc	SW\C\S
棕颈钩嘴鹛 <i>Pomatorhinus ruficollis</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	++	LC	*	Wa	SW\C\S
灰眶雀鹛 <i>Alcippe morrisonia</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	+++	LC	*	Wd	SW\C\S
莺科 Sylviinae						
黄眉柳莺 <i>Phylloscopus inoratus</i>	全区分布	+++	LC	*	Uo	NE\N\MX\QZ\SW\C\S
黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus</i>	南渡江边林地	+	LC	*	U	NE\N\QZ\SW\C\S

鹁科 Muscipidae							
北灰鹁 <i>Muscicapa latirostris</i>	全区村落人工林	+++	LC	*	Ma	NE\N\MX\SW\C\S	
黑枕王鹁 <i>Hypothymis azurea</i>	加笼坪南渡江附近灌丛	++	LC	*	Wc	SW\C\S	
扇尾莺科 Cisticolidae							
黄腹鹁莺 <i>Prinia flaviventris</i>	全区灌草丛	+++	LC	*	Wa	C\S	
纯色鹁莺 <i>Prinia inornata</i>	全区灌草丛	+++	LC	*	Wd	SW\C\S	
山雀科 Paridae							
大山雀 <i>Parus major</i>	全区林地	+++	LC	*	O	NE\N\QZ\SW\C\S	
啄花鸟科 Dicaeidae							
朱背啄花鸟 <i>Dicaeum cruentatum</i>	全区河流两侧林地	+++	LC	*	Wb	C\S	
太阳鸟科 Nectariniidae							
黄腹花蜜鸟 <i>Nectarinia jugularis</i>	全区村落及林地	+++	LC	*	Wa	S	
绣眼鸟科 Zosteropidae							
暗绿绣眼鸟 <i>Zosterops japonica</i>	全区林地	+++	LC	*	S	N\SW\C\S	
文鸟科 Ploceidae							
斑文鸟 <i>Lonchura punctulata</i>	全区林地	+++	LC	*	Wc	SW\C\S	
白腰文鸟 <i>Lonchura striata</i>	加笼坪南渡江附近灌草丛	+++	LC	*	Wd	SW\C\S	
麻雀科 Passeridae							
麻雀 <i>Passer montanus</i>	红门队林地边缘	++	NT	*	Uh	NE\N\MX\QZ\SW\C\S	
哺乳纲 MAMMALIA							
食虫目 INSECTIVORA							
鼯鼠科 Soricidae							
臭鼯 <i>Suncus murinus</i>	全区	+++	LC	*	Wd	SW\C\S	
鼯鼠科 Talpidae							
小缺齿鼯 <i>Mogera insularis</i>	加总农场旱地	+	LC	*	Sc	SW\C\S	
翼手目 CHIROPTERA							
狐蝠科 Pteropidae							
棕果蝠 <i>Rousettus leschenaulti</i>	加总村	++	LC	海南省级	Wb	NE\N\MX	
菊头蝠科 Rhinolophidae							
大菊头蝠 <i>Rhinolophus luctus</i>	全区村落	+++	NT		Wb	SW\C\S	
蹄蝠科 Hipposideridae							

双色蹄蝠 <i>Hipposideros bicolor</i>	大木村村落	+	NT		Wc	C\S
蝙蝠科 Vespertilionidae						
普通伏翼 <i>Pipistrellus abramus</i>	全区村落	+++	LC		Ea	NE\N\SW\C\S
南长翼蝠 <i>Miniopterus pusillus</i>	中间架村落	++	VU		We	S
小黄蝠 <i>Scotophilus kuhli</i>	新村村落	++	LC		Wb	C\S
树鼯目 SCANDENTIA						
树鼯科 Tapaiidae						
树鼯 <i>Tupaia belangeri</i>	加笼坪附近林地	+	LC	海南省级	Wb	SW\C\S
食肉目 CARNIVORA						
猫科 Felidae						
豹猫 <i>Prionailurus bengalensis</i>	加笼坪南渡江附近林地	+	VU	海南省级	We	NE\N\QZ\SW\C\S
啮齿目 RODENTIA						
松鼠科 Sciuridae						
隐纹花松鼠 <i>Tamiops swinhoei</i>	全区	+++	LC	海南省级	We	N\SW\C\S
赤腹松鼠 <i>Callosciurus erythraeus</i>	WP7 南渡江边林地	++	LC	海南省级	Wc	SW\C\S
鼠科 Muridae						
黄胸鼠 <i>Rattus flavipectus</i>	全区	+++	LC		We	N\MX\SW\C\S
黑家鼠 <i>Rattus rattus</i>	村落	+++	LC		We	N\SW\C\S

注：1) +++优势种，10 只以上；++普通种，5-10 只；+少见种，5 只以下。

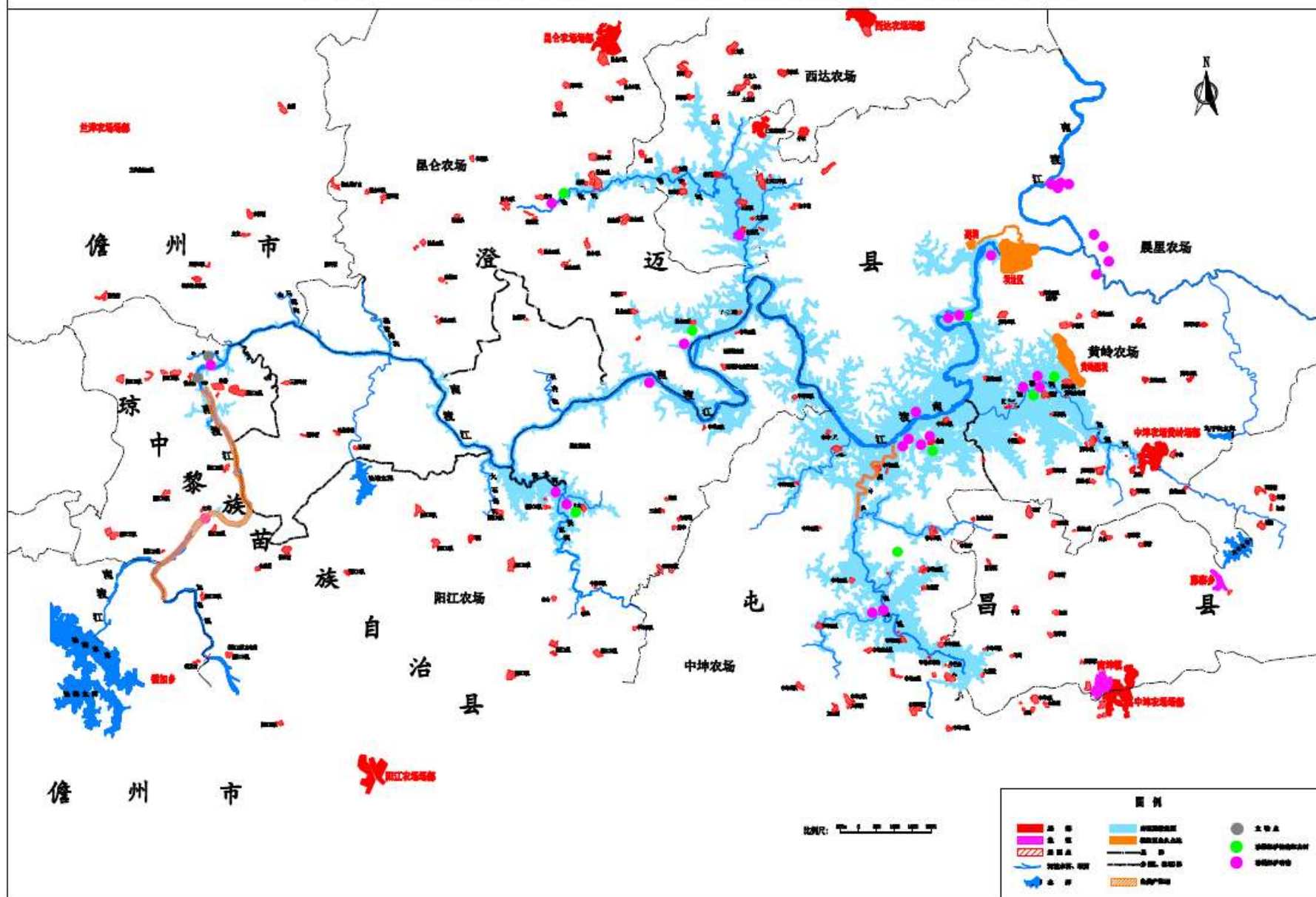
2) *“三有保护动物”：即国家林业局颁布的国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物名录（国家林业局令第 7 号）

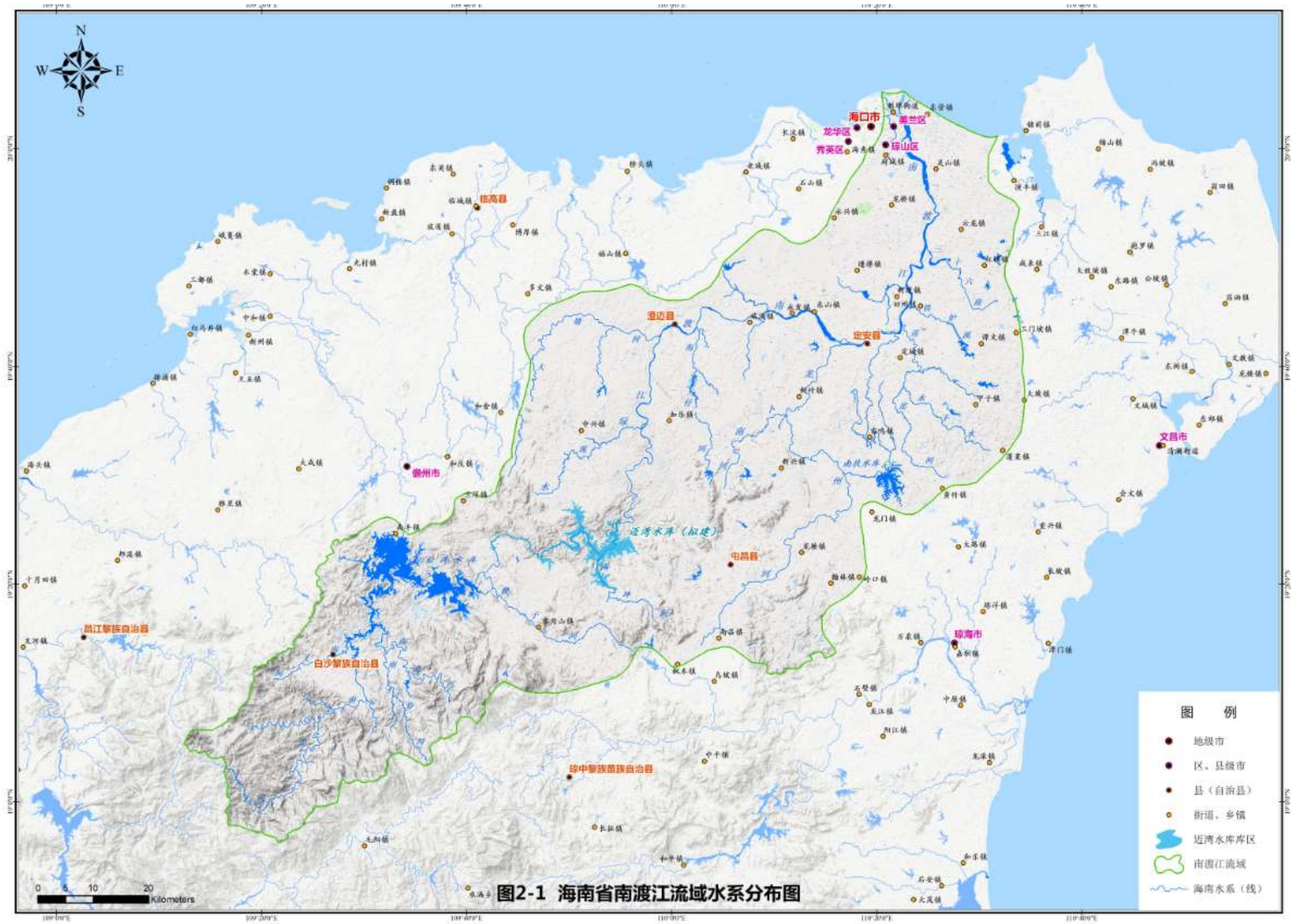
3) <http://www.chinalawedu.com/news/1200/22016/22026/22259/2007/3/li0172374611213700220116-0.htm>

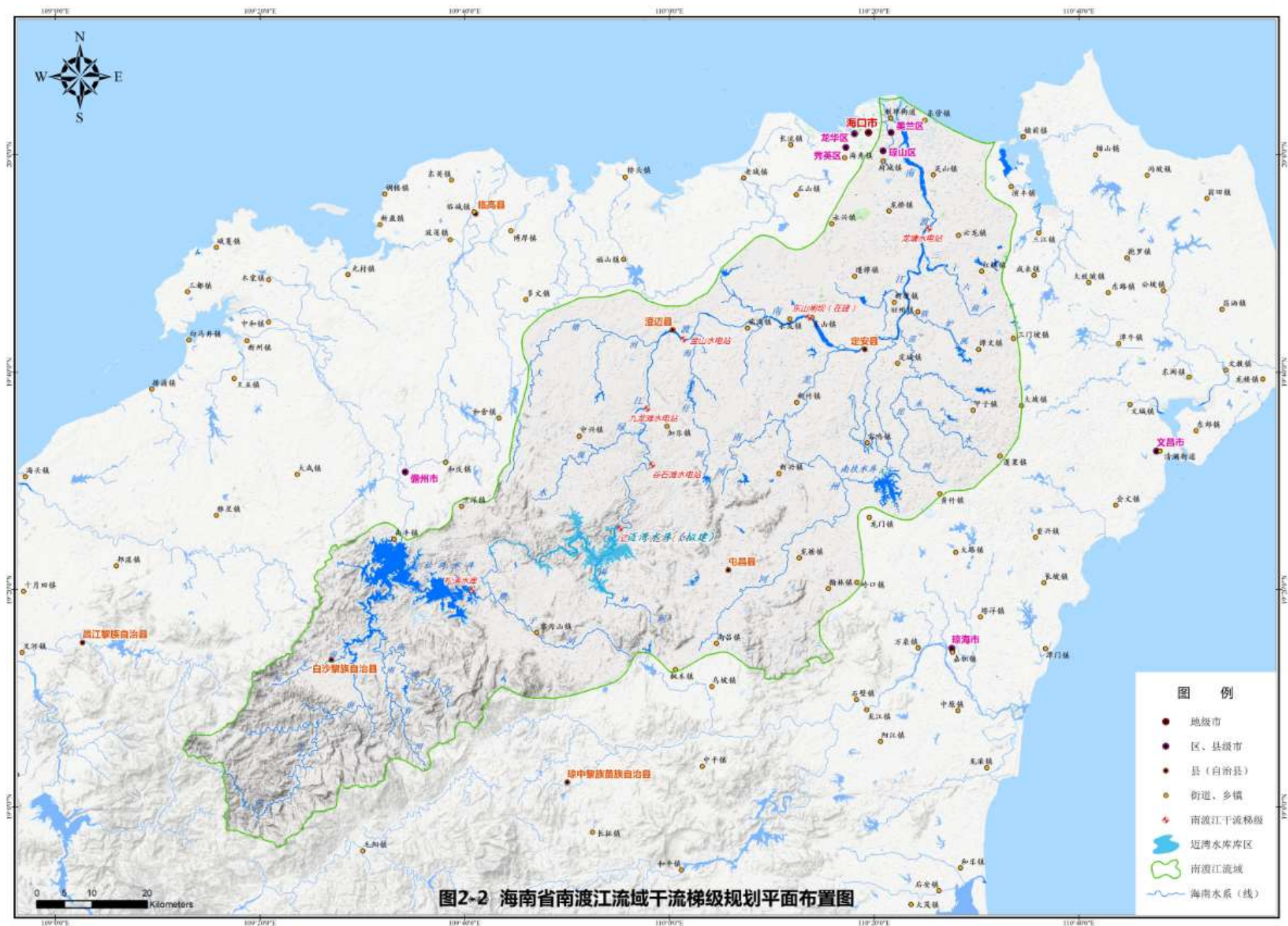
4) 濒危等级：IUCN 红色名录、LC 无危；NT 近危；VU 易危

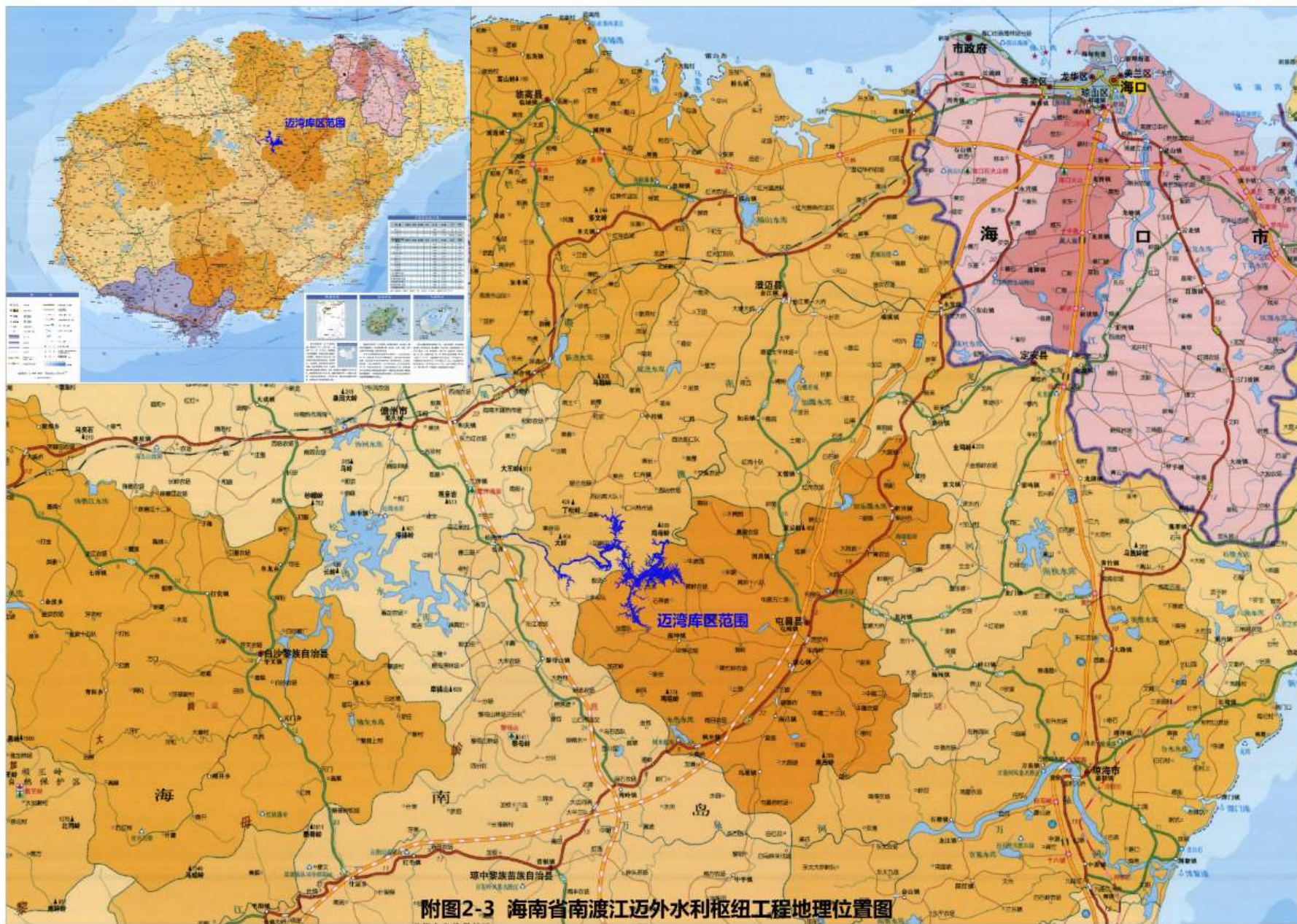
5) 区系分布型和分布区：参考张荣祖，1999. 中国动物地理. 科学出版社. NE 东北区；N 华北区；MX 蒙新区；QZ 青藏区；SW 西南区；C 华中区；S 华南区

附图1-1 迈湾水利枢纽工程水库淹没区外环境关系图

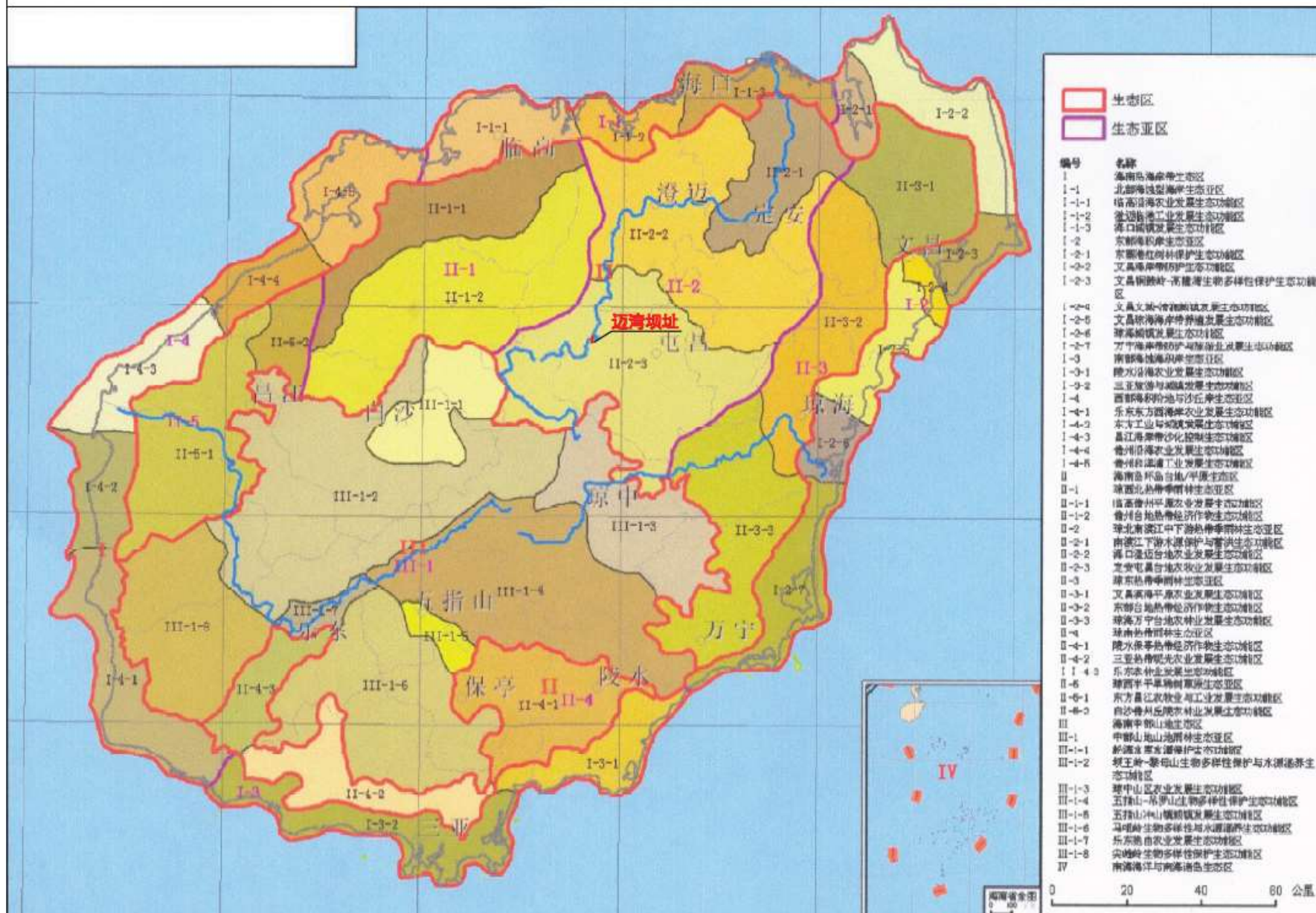








附图3-1 本工程与海南省生态功能区划相对位置关系图



建设项目环评审批基础信息表

建设单位(盖章)		海南省发展控股有限公司				填表人(签字):		周武		建设单位联系人(签字):		夏梦雪		
建设 项目	项目名称		海南省南渡江迈湾水利枢纽工程				建设内容、规模		建设内容: 海南省南渡江迈湾水利枢纽工程 建设规模: 主要由1座主坝和7座副坝组成, 工程规模为大型(2)型, 正常蓄水位108m, 总库容6.15亿m ³ , 兴利库容4.78亿m ³ , 防洪库容2.2亿m ³ , 装机容量40MW。近期正常蓄水位101m, 兴利库容2.63亿m ³ 。					
	项目代码 ¹		2016-000052-76-01-000982											
	建设地点 ¹⁰		海南省澄迈县											
	项目建设周期(月)		46.0				计划开工时间		2019年12月					
	环境影响评价行业类别		A1水库				预计投产时间		2023年10月					
	建设性质		新建(迁建)				国民经济行业类型 ²		N762					
	现有工程排污许可证编号(改、扩建项目)						项目申请类别		新申项目					
	规划环评开展情况		已开展并通过审查				规划环评文件名		《南渡江流域综合规划(修编)环境影响报告书》、《南渡江流域综合规划(修编)环境影响补充研究报告》					
	规划环评审查机关		海南省生态环境保护厅				规划环评审查意见文号		琼环函[2015]686号、琼环函[2016]1677号					
	建设地点中心坐标 ³ (非线性工程)		经度	109.828333		纬度	19.395000		环境影响评价文件类别		环境影响报告书			
建设地点坐标(线性工程)		起点经度			起点纬度			终点经度			终点纬度			
总投资(万元)		712336.00				环保投资(万元)		63521.06		环保投资比例	8.92%			
建设 单位	单位名称		海南省发展控股有限公司		法人代表		顾刚		评价 单位		单位名称		中国电建集团 华东勘测设计研究院有限公司	
	统一社会信用代码(组织机构代码)		914600007674746907		技术负责人		黄明娟				环评文件项目负责人		周武	
	通讯地址		海口市国兴大道西路9号		联系电话		13005007009				通讯地址		杭州市潮王路22号	
污 染 物 排 放 量	污染物		现有工程 (已建+在建)		本工程 (拟建或调整变更)		总体工程 (已建+在建+拟建或调整变更)				排放方式			
			①实际排放量 (吨/年)	②许可排放量 (吨/年)	③预测排放量 (吨/年)	④“以新带老”削减量 (吨/年)	⑤区域平衡替代本工程 削减量 ⁴ (吨/年)	⑥预测排放总量 (吨/年) ⁵	⑦排放增减量 (吨/年) ⁵					
	废水	废水量(万吨/年)							0.000	0.000		<input checked="" type="radio"/> 不排放 <input type="radio"/> 间接排放: <input type="checkbox"/> 市政管网 <input type="checkbox"/> 集中式工业污水处理厂 <input type="radio"/> 直接排放: 受纳水体		
		COD							0.000	0.000				
		氨氮							0.000	0.000				
		总磷							0.000	0.000				
		总氮							0.000	0.000				
	废气	废气体积(万立方米/年)							0.000	0.000		/		
		二氧化硫							0.000	0.000		/		
		氮氧化物							0.000	0.000		/		
颗粒物							0.000	0.000		/				
挥发性有机物							0.000	0.000		/				
项目涉及保护区 与风景名胜区的 情况	影响及主要措施		名称		级别	主要保护对象 (目标)		工程影响情况		是否占用	占用面积 (公顷)	生态防护措施		
	生态保护目标		自然保护区									<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)		
	自然保护区		饮用水水源保护区(地表)		省级	/		准保护区	是		0.50	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)		
	自然保护区		饮用水水源保护区(地下)			/						<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)		
	自然保护区		风景名胜区			/						<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建(多选)		

注: 1、同级经济部门审批核发的唯一项目代码
 2、分类依据: 国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)
 3、对多点项目仅提供主体工程中心坐标
 4、指该项目所在区域通过“区域平衡”专为本工程替代削减的量
 5、⑦=③-④-⑤; ⑧=②-④+③, 当②=0时, ⑧=①-④+③

海南省南渡江迈湾水利枢纽工程
环境影响报告书
(公众参与本)

建设单位：海南省发展控股有限公司

二〇一九年八月



目 录

1 概述.....	1
2 首次环境影响评价信息公开情况.....	1
2.1 公开内容及日期.....	1
2.2 公开方式.....	1
2.3 公众意见情况.....	3
3 征求意见稿公示情况.....	4
3.1 公示内容及时限.....	4
3.2 公示方式.....	4
3.3 查阅情况.....	11
3.4 公众提出意见情况.....	12
4 其他公众参与情况.....	13
4.1 公众参与方式.....	13
4.2 公众提出意见情况.....	14
5 公众意见处理情况.....	15
5.1 公众意见概述和分析.....	15
5.2 公众意见采纳情况.....	15
5.3 公众意见未采纳情况.....	15
6 其他.....	16
6.1 存档备查情况.....	16
6.2 其他需要说明的内容.....	16
7 诚信承诺.....	17

1 概述

为了解本工程涉及区域民众对迈湾水利枢纽工程的态度和意见，以及工程可能造成环境影响的看法，增强公众的环境保护意识，通过向公众介绍项目的类型、规模和同项目有关的环境问题，让公众真正了解项目的实情，同时了解公众对项目建设的态度、以及环境保护方面的意见和要求，可更有效地了解区域环境特点和可能引起的环境影响，提高环境影响评价质量，采取相应的措施更好地做好工程的环境保护工作。通过公众参与，在工程建设单位、设计单位、环境保护部门和工程所在地区民众及社会各界人士之间架起沟通的桥梁，有利于取得各方面的配合和支持，充分发挥公众对环境保护工作的参与和监督作用，尽量把业主与相关民众之间的矛盾在项目实施之前解决或缓和，实现评价方与公众之间的双向交流。

本项目公众参与采取问卷调查、网络公示、报纸公示、张贴公示相结合的形式进行。问卷调查对象主要为受本工程建设影响及对工程建设关心的团体和个体。本项目枢纽施工区和水库淹没区涉及儋州市、琼中县、澄迈县和屯昌县，与工程具有较大相关程度的为工程周边村镇团体。部分单位和个人对工程建设较为关注和感兴趣，也可能受工程建设间接影响，也作为本次公众参与调查的对象。

由于本项目环境影响评价工作在《环境影响评价公众参与办法》颁布之前已委托确定环评单位，因此，第一次信息公开按原《环境影响评价公众参与暂行办法》要求执行，征求意见稿根据新颁布的《环境影响评价公众参与办法》要求进行公示。

2 首次环境影响评价信息公开情况

2.1 公开内容及日期

建设单位在2016年1月25日至2月5日进行了工程的首次环境影响评价信息公示，公示内容包括工程基本情况、建设单位名称和联系方式、环境影响报告书编制单位名称和联系方式、环境影响评价的工作程序和主要工作内容、征求公众意见的主要事项以及公众提出意见的主要反馈方式等，公开内容及日期满足《环境影响评价公众参与暂行办法》的相关要求。

2.2 公开方式

建设单位通过网络公示、现场公示的方式，在海南省水务厅网站上对工程环境影响评价信息进行公开，在工程涉及的各乡镇向公众张贴了关于迈湾水利枢纽建设项目及其环境影响评价相关信息公告，公开方式满足《环境影响评价公众参与暂行办法》的相关要求，详见图 2.2-1。



图 2.1-1 海南省水务厅官方网站公示



兰洋镇



黎母山镇



南坤镇



松涛林场



西达农场



阳江农场



中坤农场

图 2.1-2 现场张贴公示

2.3 公众意见情况

首次环境影响评价信息公开期间，建设单位未收到公众对本工程提出关于环保方面的意见和建议。

3 征求意见稿公示情况

3.1 公示内容及时限

建设单位在 2019 年 8 月 9 日起进行了工程环境影响报告书征求意见稿公示，公示内容包括环境影响报告书征求意见稿全文的网络链接及查阅纸质报告书的方式和途径、征求意见的公众范围、公众意见表的网络链接、公众提出意见的方式和途径、公众提出意见的起止时间等，公示期限不少于 10 个工作日，公示内容及时限满足《环境影响评价公众参与办法》的相关要求。

3.2 公示方式

3.2.1 网络

本次网络公示在 2019 年 8 月 9 日起于海南省水务厅网站上进行了环境影响报告书征求意见稿的公示，并在网站公示中附上了建设项目环境影响评价公众意见表及环境影响报告书（征求意见稿）全文，网址为 <http://swt.hainan.gov.cn/sswt/xxgk/xxgk.shtml>，公示期限不少于 10 个工作日。环境影响报告书征求意见稿网站公示截图见图 3.2-1。网络公示满足《环境影响评价公众参与办法》的相关要求。

首页 > 部门文件

索引号:	主题分类:
发文机关:	成文日期:
标题: 海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价二次公示	发布日期: 2019-08-09 16:13
文号:	

受海南省发展控股有限公司的委托,中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司对海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价工作。目前,环境影响报告书征求意见稿已编制完成,根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》、《环境影响评价公众参与办法》(部令 第4号)等相关法规要求,现将海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价征求意见稿予以公示,征求社会公众对本工程建设在环境影响方面的意见和建议。

一、建设项目概况

迈湾水利枢纽工程位于海南省澄迈与屯昌两县交界处南渡江上,坝址距上游已建松涛水库约55km,距下游已建谷石滩址约22km。迈湾水利枢纽正常蓄水位(近期101m、远期108m),死水位76m,总库容6.15亿m³,电站总装机容量40MW,规划水平年搬迁安置4048人,生产安置398人,修建集中居民点7个。

二、环境影响评价主要结论

南渡江水利枢纽工程是国家确定近期建设的172项重大水利工程之一,其建设符合国家水利发展政策和南渡江流域综合环评要求,工程建设有利于保障南渡江下游地区防洪安全和琼北地区供水安全,有利于琼北地区农业基础设施建设和农业(电)网提供清洁能源,并为改善枯水年枯期下游水生态环境创造条件,社会效益、经济效益和环境效益显著。本工程报告书在全面分析了工程建设的环境影响,并统筹考虑在流域水生态保护和修复的基础上,提出了针对性的环境保护措施,报告书提出的各项保护措施和要求后,工程建设的不利环境影响可以消除或减缓,从环境保护角度分析,本工程的建设是可行的。工程环境影响评价征求意见稿见附件1,纸质报告书可联系并前往建设单位处查阅。

三、建设单位及联系方式

建设单位名称:海南省发展控股有限公司
联系人:夏工
联系电话:0898-65728037
传真:0898-66526503
地址:海口市美兰区琼山大道省三防指挥中心504
邮箱:714458436@qq.com
邮编:570102

四、评价单位及联系方式

评价单位名称:中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司
联系人:郝工
联系电话:0571-56625594
传真:0571-56738100-4586
地址:杭州市余杭区高教路201号
邮箱:yu_gm2@ecidi.com
邮编:311122

五、公众意见表的网络链接

本次公示主要征求社会公众和团体对海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价和环境保护措施等方面的相关意见和建议见附件2。

六、提交公众意见的方式和途径

本次公示的时限为自公示之日起10个工作日。

公示期间,公众可通过发送电子邮件、电话、传真、写信等方式发表关于该项目建设及环境影响评价工作的意见看法和评价单位的联系方式见上。

- 附件1: 附件1 海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价报告书 征求意见稿
- 附件2: 附件2 公众参与意见表

海南省发展控
201



【TOP】 【打印页面】



图 3.2-1 本工程环境影响评价报告书征求意见稿网络公示

3.2.2 报纸

本次报纸公示选择在工程所在地报纸《海南日报》进行了公示，在征求意见稿公示期间内开展了2次报纸公示，于2019年8月12日及8月19日分别进行了登报公示，报纸扫描版详见图 3.2-2。另外，海南日报的网站上也有相关报纸的数字版，海南日报网站截图见图 3.2-3。

报纸公示满足《环境影响评价公众参与办法》的相关要求。





2019年08月12日 星期一 报料热线：966123

搜索



上一篇 下一篇 放大 缩小 默认 朗读

海南省南渡江迈湾水利枢纽工程环境影响评价

公众参与第二次公告

迈湾水利枢纽工程位于海南省澄迈与屯昌两县交界处南渡江上，坝址距上游已建松涛水库约55km，距下游已建谷石滩水电站坝址约22km。迈湾水利枢纽正常蓄水位近期101m、远期108m，死水位76m，总库容6.15亿m³，电站总装机容量40MW。近期规划水平年搬迁安置4048人，生产安置398人，修建集中居民点7个。工程建设单位为海南省发展控股有限公司，环评单位为中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司。

即日起，社会各界可登陆建设单位网站，查询、下载环境影响报告书征求意见稿全文、公众意见表，网址：<http://swt.hainan.gov.cn/sswt/xxgk/xxgk.shtml>。纸质报告书可联系并前往建设单位处查阅。同时，可通过以下方式提出环保相关意见和建议。

建设单位：夏工，0898-65728037，714458436@qq.com

评价单位：郁工，0571-56625594，yu_gm2@ecidi.com

公示时间：2019年8月12日

当前版：011版 上一版 下一版 上一期 下一期

上一篇 下一篇 分享到 QQ空间 新浪微博 人人网 腾讯微博 豆瓣

3.2.3 张贴

本次张贴公示选择在工程沿线的乡镇公告栏上粘贴了环境影响报告书征求意见稿公示信息，张贴公示时间自 2019 年 8 月 9 日至 8 月 23 日，见图 3.2-4。张贴公示满足《环境影响评价公众参与办法》的相关要求。



澄迈县人民政府



澄迈县金江镇大塘村委会



海口市东山热作场



琼中县黎母山镇番企村委会



儋州市兰洋镇人民政府



琼中县黎母山镇腰仔居委会



屯昌县南坤镇人民政府



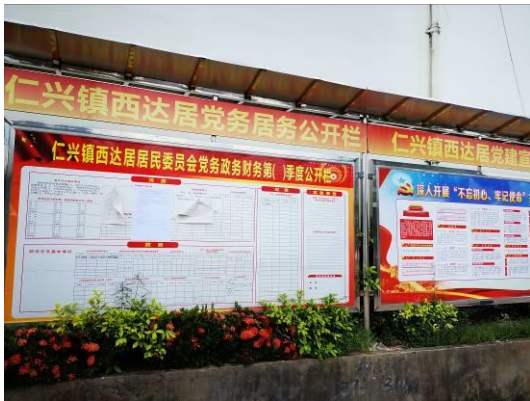
澄迈县仁兴镇人民政府



松涛一队



松涛林场



澄迈县仁兴镇西达居民委员会



澄迈县中兴镇政府

图 3.2-4 本工程环境影响报告书征求意见稿张贴公示

3.2.4 其他

本次征求意见稿公示未采取其他方式公示。

3.3 查阅情况

本次征求意见稿纸质版在公示期间的查阅场所设置在建设单位，征求意见稿公示期间无公众对环境影响报告书征求意见稿纸质版进行查阅。

3.4 公众提出意见情况

征求意见稿公示期间，环评单位收到了海南澄迈九龙水电站有限公司张先生通过电子邮件反馈的公众参与意见表，意见表中针对本次环境影响报告书征求意见稿中对九龙潭水电站的一些介绍信息提出了修改建议，未提出环保方面的意见。公众参与意见表中建议本次提出的意见及法人信息不予公开，因此，本公参说明不公开海南澄迈九龙水电站有限公司张先生提出的具体的修改意见和法人信息。

4 其他公众参与情况

4.1 公众参与方式

2016年7月份，在建设单位的协助配合下，先后在中坤农场、西达农场开展了公众参与调查座谈会。中坤农场现场座谈会情况详见图 4.1-1，西达农场现场座谈会情况见图 4.1-2。



图 4.1-1 中坤农场公参座谈会



图 4.1-2 西达农场公参座谈会

4.2 公众提出意见情况

公参座谈会期间，中坤农场、西达农场均表示支持本工程建设，建设单位未收到公众对本工程提出关于环保方面的意见和建议。

5 公众意见处理情况

5.1 公众意见概述和分析

在首次环境影响评价信息公开和征求意见稿公示期间，建设单位、环评单位均未收到公众对本工程提出关于环保方面的意见和建议。征求意见稿公示期间仅 1 位公众通过电子邮件形式反馈了环境影响报告书征求意见稿中关于九龙滩水电站工程参数的描述方面的一些建议。

5.2 公众意见采纳情况

本次公众参与过程中，公众未提出与环境保护相关的意见。海南澄迈九龙水电站有限公司张先生反映的环境影响报告书征求意见稿中关于九龙滩水电站描述方面修改建议，环评单位已采纳，已修改了环境影响报告书中关于九龙滩水电站的描述。

5.3 公众意见未采纳情况

本次公众参与过程中公众意见均采纳，没有未采纳情况。

6 其他

6.1 存档备查情况

本次公众参与相关资料已由建设单位进行存档。

6.2 其他需要说明的内容

无。

7 诚信承诺

我单位已按照《环境影响评价公众参与办法》要求，在迈湾水利枢纽环境影响报告书编制阶段开展了公众参与工作，在环境影响报告书中充分采纳了公众提出的与环境影响相关的合理意见，对未采纳的意见按要求进行了说明，并按照规定编制了公众参与说明。

我单位承诺，本次提交的《海南省南渡江迈湾水利枢纽环境影响评价公众参与说明》内容客观、真实，未包含依法不得公开的国家秘密、商业秘密、个人隐私。如存在弄虚作假、隐瞒欺骗等情况及由此导致的一切后果由海南省发展控股有限公司承担全部责任。

承诺单位：海南省发展控股有限公司

承诺时间：2019年8月27日