



中国电建
POWERCHINA

金沙江上游奔子栏水电站

环境影响报告书

建设单位：国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司

编制单位：中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

2025 年 6 月

编制单位和编制人员情况表

项目编号	e31607		
建设项目名称	金沙江上游奔子栏水电站		
建设项目类别	41—088水力发电		
环境影响评价文件类型	报告书		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司		
统一社会信用代码	91533422M A 6N 1B602P		<div>军朱 印益</div>
法定代表人（签章）	朱益军		
主要负责人（签字）	陈思钊		
直接负责的主管人员（签字）	罗俊华		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司		
统一社会信用代码	91430000444885356Q		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
颜剑波	12354343511430064	BH 016353	颜剑波
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
颜剑波	总则、环境影响预测与评价、评价结论与建议	BH 016353	颜剑波
胡佳伟	环境管理与监测计划	BH 053623	胡佳伟
冯婧	环境现状调查与评价	BH 038657	冯婧
叶爱民	水文情势影响预测与评价、生态流量保障措施、生态调度方案	BH 060734	叶爱民

谢汶龙	水温影响预测与评价、水温影响减缓措施	BH 054375	谢汶龙
周鹏	工程分析、环境风险评价	BH 038654	周鹏
熊鹰	鱼类栖息地保护方案、过鱼设施	BH 038653	熊鹰
徐曼	环境保护投资概算及环境经济损益分析	BH 038376	徐曼
范泽宇	鱼类增殖放流方案	BH 059012	范泽宇
杨文正	概述、工程概况、环境保护措施	BH 049646	杨文正

目 录

概 述	1
一、项目背景和工程特点	1
二、环境影响评价工作过程	2
三、分析判定相关情况	3
四、关注的主要环境问题与环境影响	4
五、主要评价结论	6
六、致谢	7
1 总则	8
1.1 编制目的	8
1.2 编制原则	8
1.3 编制依据	9
1.4 评价标准	16
1.5 环境影响识别与评价因子筛选	22
1.6 评价范围与评价等级	26
1.7 环境保护目标	30
1.8 评价水平年	37
1.9 评价工作程序	37
2 工程概况	38
2.1 流域规划及其开发利用情况	38
2.2 地理位置	75
2.3 工程任务及特性	75
2.4 工程项目组成	82
2.5 枢纽布置及主要建筑物	83
2.6 施工组织设计	85
2.7 建设征地与移民安置	104
2.8 工程投资	108
2.9 水库与电站运行方式	109

3 工程分析	111
3.1 工程建设必要性分析	111
3.2 工程符合性与协调性分析	115
3.3 工程方案环境合理性分析	134
3.4 环境影响因素分析	151
4 环境现状调查与评价	161
4.1 自然环境概况	161
4.2 水环境	164
4.3 水生生态	173
4.4 陆生生态	247
4.5 生态敏感区	331
4.6 大气环境	349
4.7 声环境	351
4.8 土壤环境	354
4.9 电磁环境	358
4.10 社会环境	358
4.11 主要环境问题和环境制约因素	364
5 环境影响预测与评价	366
5.1 水环境影响预测与评价	366
5.2 水生生态影响预测与评价	527
5.3 陆生生态影响预测与评价	545
5.4 生态敏感区影响预测与评价	561
5.5 大气污染影响	577
5.6 噪声污染影响	579
5.7 固体废物环境影响	582
5.8 移民安置和专项设施复建环境影响分析	583
5.9 其他环境影响分析	586
6 环境保护措施	599
6.1 地表水环境保护措施	599

6.2 水生生态保护措施	640
6.3 陆生生态保护措施	728
6.4 生态敏感区影响减缓对策措施	742
6.5 大气环境保护措施	748
6.6 声环境保护措施	749
6.7 固体废物收集处理措施	750
6.8 移民安置和专项设施复建环境保护措施	752
6.9 其他环境保护措施	757
7 环境风险评价	762
7.1 评价目的	762
7.2 风险识别	762
7.3 环境风险潜势初判	762
7.4 环境风险评价等级	764
7.5 风险评价及防范措施	764
8 环境管理与监测计划	770
8.1 环境管理	770
8.2 环境监理	776
8.3 环境监测	779
8.4 环境保护验收	794
8.5 环境影响后评价	797
9 环境保护投资概算及环境经济损益分析	798
9.1 环境保护投资概算	798
9.2 环境影响经济损益分析	830
10 评价结论与建议	833
10.1 工程概况	833
10.2 工程分析	835
10.3 环境现状	836
10.4 主要环境影响	839
10.5 环境保护措施	844

10.6 环境风险评价	849
10.7 环境管理与监测计划	849
10.8 公众参与	849
10.9 综合评价结论	850
10.10 建议	850

附表：

- 附表 1 地表水环境自查表
- 附表 2 大气环境自查表
- 附表 3 声环境自查表
- 附表 4 土壤环境自查表
- 附表 5 生态影响评价自查表

附件：

- 附件 1 《关于委托开展金沙江奔子栏水电站工程环境影响评价工作的函》
(国能金奔〔2023〕3 号)

附图：

- 附图 1 金沙江奔子栏水电站地理位置图
- 附图 2 金沙江奔子栏水电站评价范围水系图

概 述

一、项目背景和工程特点

金沙江为长江上游河段，发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹东雪山西南侧，从河源至宜宾干流全长 3479km，天然落差约 5100m，流域面积约 47.32 万 km²，多年平均流量 4920m³/s，多年平均径流量 1550 亿 m³，是全国水能资源最富集的河流，为国家能源规划战略布局中最大的水电基地，水能资源蕴藏量达 1.21 亿 kW，约占全国的 17%。金沙江上游河段长 984km，落差约 1715m，河道平均比降 1.75‰，石鼓水文站处集雨面积 21.42 万 km²，多年平均径流量 419 亿 m³，多年平均流量 1330m³/s。区间左岸主要支流有赠曲、欧曲、玛曲、定曲等，右岸主要支流有藏曲、热曲、丹达曲等。

2003 年 11 月，国家发展改革委正式批准立项开展金沙江上游水电规划工作。2010 年 10 月，原中国水电顾问集团成都勘测设计研究院(以下简称“成都院”)编制完成《金沙江上游水电规划环境影响报告书》(以下简称《金上规划环评》)，并取得审查意见(环审〔2011〕243 号)，审查意见提出“建议对波罗、昌波 2 个梯级继续深入论证，提出有效可行的生态环境影响减缓措施，充分论证可行后实施。同意《报告书》提出的将西绒、晒拉、果通、岩比、奔子栏等 5 个梯级不列入本轮规划的实施方案。”2012 年 7 月，国家发展和改革委员会办公厅批复了《金沙江上游水电规划报告》(发改办能源〔2012〕2008 号)，采纳了规划环评审查意见的要求，并提出：“结合云南省、四川省经济社会发展需要，综合考虑滇中引水、虎跳峡河段开发方式、生态环境保护要求，进一步论证奔子栏梯级的可行性”。

近年来，因“碳减排、碳达峰”目标和能源结构战略调整需要，国家已将奔子栏水电站列入了“十四五”规划 102 项重大工程项目、“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目、2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议推荐的重大基础设施建设项目。《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)要求“积极推动金沙江岗托、奔子栏……等水电站前期工作”，《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)要求“积极推进水电基地建设……深入开展奔子栏、龙盘、古学等水电站前期论证。”

同时，奔子栏水电站建设面临的外部制约因素已发生重大变化，2025 年 5 月

9~10 日，生态环境部环境影响评价与排放管理司组织在云南省德钦县召开《金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书》(以下简称《金上规划调整环评》)审查会，《金上规划调整环评》顺利通过审查并取得审查意见(环审〔2025〕58 号)。2025 年 5 月 13~14 日，水电水利规划设计总院(以下简称水电总院)在北京召开《金沙江上游水电规划实施方案调整》审查会，《金上规划调整》顺利通过技术审查，“同意将奔子栏水电站调整纳入金沙江上游水电规划实施方案，尽快开发。……基本同意奔子栏水电站正常蓄水位维持原规划的 2148m，装机容量由原规划的 1880MW 调整至 2600MW”。

奔子栏水电站位于云南省德钦县与四川省得荣县境内，主要开发任务是发电。坝址位于奔子栏镇上游金沙江峡谷河段，上距金沙江一级支流定曲河口 8km，下距德钦县奔子栏镇 12km，控制流域面积 20.32 万 km²，多年平均流量 1160m³/s。库尾与在建的旭龙水电站坝址相衔接，回水长度 63.29km；一级支流定曲上回水长度 21.19km；二级支流(定曲支流)硕曲(许曲)上回水长度 8.39km。水库正常蓄水位 2148.00m，相应库容 13.20 亿 m³；死水位 2138.00m，相应库容 10.74 亿 m³；调节库容 2.46 亿 m³，具有日调节能力。大坝采用碾压混凝土重力坝，坝顶高程 2153m，最大坝高 183m，坝顶长度 316m。电站装机容量 2600MW，在右岸地下式布置 4 台单机容量 650MW 的混流式水轮发电机组；与岗托、叶巴滩、拉哇联合运行时，电站多年平均年电量 103.81 亿 kW·h，装机年利用小时 3993h。工程筹建期约为 2 年；从正式开工到第 1 台机组发电工期为 7.5 年，总工期为 8 年(不含筹建期)。至规划水平年(2033 年)，电站生产安置人口 2186 人，搬迁安置人口 1646 人，采用集中建房和分散后靠结合的方式进行安置。

二、环境影响评价工作过程

奔子栏水电站勘测设计工作始于 2004 年。2017 年 7 月，中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司(以下简称“中南院”)编制完成《金沙江上游奔子栏水电站预可行性研究报告》；同年 8 月水电总院组织了奔子栏水电站预可行性研究报告审查会议，并以“水电规规〔2017〕129 号”文印发了《金沙江上游奔子栏水电站预可行性研究报告审查意见》。2024 年 7 月，我公司编制完成《金沙江上游奔子栏水电站可行性研究报告》；同月，水电总院组织了奔子栏水电站可行性研究报告审查会议。

奔子栏水电站勘测设计工作历时 19 年，我公司始终坚持生态优先理念，环境影响评价全过程介入设计工作，对各阶段工程重大方案从环境保护角度提出了优化调整意见，从源头减轻了生态环境影响。按照国家及云南省、四川省各项生态环境保护法律法规、政策及技术规范要求，我公司组织开展了多次资料收集、现场踏勘、生态调查和环境监测工作，并对工程设计方案提出了很多优化调整建议。工程设计已采纳的建议包括：放弃地质条件和经济指标更优但会直接影响金沙江第一湾的下坝址方案，选择环境影响相对较小的中坝址(阿洛共)方案；将正常蓄水位由预可行性研究阶段的 2150m 优化为规划阶段的 2148m；将部分施工场地布置于弃渣场顶部以减少施工占地；控制施工场地、弃渣场范围和高程以尽可能避让云南白马雪山国家级自然保护区；调整移民安置点选址以避让四川下拥省级自然保护区、太阳谷省级风景名胜区等。

在奔子栏水电站设计与环境影响评价工作过程中，我公司联合相关单位开展了一系列的专题研究工作，委托水利部中国科学院水工程生态研究所(以下简称“水工所”)开展了水生生态现状调查和影响评价工作，委托云南大学开展了陆生生态现状调查和影响评价工作，委托云南华测检测认证有限公司(以下简称“华测公司”)、四川省川环源创检测科技有限公司(以下简称“川环源创公司”)开展了环境现状质量监测工作；委托四川大学开展了总溶解气体过饱和影响研究工作。针对工程建设对优化整合前生态环境敏感区的影响，联合四川省城乡规划研究院编制了《金沙江奔子栏水电站对太阳谷风景名胜区影响评估论证报告》，委托国家林业和草原局中南调查规划设计院编制了《金沙江奔子栏水电站对云南白马雪山国家级自然保护区生物多样性影响评价报告》，委托中国科学院成都生物所编制了《金沙江奔子栏水电站对四川下拥省级自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价专题报告》；委托云南金帆林业有限公司编制了《金沙江奔子栏水电站工程对三江并流世界自然遗产地影响评价报告》；梳理了工程建设运行的重点环境问题，开展了溶解性气体过饱和、水温影响、生态需水量及水文情势影响变化分析、过鱼措施、增殖放流等相关研究、设计工作。在上述工作基础上，我公司于 2025 年 6 月编制完成《金沙江上游奔子栏水电站环境影响报告书》。

三、分析判定相关情况

根据《迪庆州自然资源和规划局关于金沙江奔子栏水电站与三线成果意见的回

复》、《甘孜州自然资源和规划局关于〈关于给予查询确认金沙江上游奔子栏水电站与四川甘孜“三区三线”位置关系的函〉的复函》，奔子栏水电站建设用地范围不涉及云南省、四川省生态保护红线范围。奔子栏水电站建设用地范围涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，根据《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》以及《全国自然保护区整合优化方案》(公示成果)，奔子栏水电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区及太阳谷风景名胜区，不涉及三江并流世界自然遗产地，涉及其缓冲区。

电站建设及其开发任务符合相关法律法规、规章、政策规定，符合国家和地方“十四五”规划、能源行业发展规划、国土空间规划、流域规划及规划环评要求，符合国家及云南、四川两省生态环境保护相关规划和生态环境分区管控要求。

四、关注的主要环境问题与环境影响

奔子栏水电站是金沙江上游河段规划的最后一级电站，上游梯级为旭龙水电站，下游梯级为龙盘水电站。本工程在回顾流域水电开发环境影响、总结环境保护措施落实情况及效果的基础上，叠加下游龙盘水电站运行影响，分析奔子栏水电站建设对区域水文情势、水生生态、水环境等产生的累积影响，制定和完善环境保护措施体系，协调好水电开发与生态环保的关系。本项目环境影响评价关注的主要环境问题有：

a) 回顾金沙江上游在建和已建梯级对区域水文情势、水环境、水生生态、陆生生态等造成的实际影响，并对目前已采取的环境保护措施、生态恢复等措施的实施效果进行评估，分析现有环保措施的有效性，总结已取得的环境保护相关经验，以科学指导后续梯级开发建设。

根据回顾性评价章节，已建、在建各梯级基本落实了原规划环评及审查意见、项目环评及其批复要求的环境保护措施和管理要求，规划实施至今，流域水环境、水生生态、陆生生态状况发生缓慢变化，变化趋势与原规划环评预测结论基本一致，规划实施对生态环境的影响范围和程度处于可接受水平。

b) 奔子栏水电站具有日调节性能，电站建成后，受上游梯级调度和影响下游龙盘水电站库区淹没和顶托影响，下游水文情势发生一定程度变化。龙盘水电站正常

蓄水位 2010m 与奔子栏坝下 5km 处天然水位接近，大部分年份年内消落水位约为 1965.00m 与奔子栏坝下 38km(冈曲河口下游 11km)处天然水位接近，死水位时库区水位与奔子栏坝下 62km(支巴洛河上游 14km)处天然水位接近。据调查奔子栏坝下分布有裂腹鱼类和中华金沙鳅产卵场，工程采取最小下泄流量为 $275\text{m}^3/\text{s}$ ，3~4 月内每个月进行一次持续不少于 15 天的不调峰运行，为裂腹鱼类提供产卵条件；6~9 月内每个月进行一次持续不少于 10 天的不调峰运行，此 4 个月内其他时间进行部分调峰以控制下游流量和水位变幅。通过以上措施，可以有效环境工程建设对水生生态造成的不利影响。

c) 奔子栏水电站建成后，将对工程河段水生生境进一步造成阻隔影响，支流定曲下游 21.19km 河段将变为库区河段，定曲下游的 1 个鮡科鱼类产卵场及 2 个裂腹鱼类产卵场将被水库蓄水淹没，为减缓工程建设对水生生态造成的不利影响，工程采取了栖息地保护、过鱼设施、增殖放流等措施，有效缓解工程建设对水生生态造成的不利影响。

d) 通过优化设计等工作，奔子栏水电站的施工占地和弃渣进行了减量化。建设期间，施工占地、开挖、场平、运输、出渣等施工活动会直接破坏工程区内原有植被，影响部分动物的生存环境，也对陆生动物将产生一定的干扰，影响动物的正常活动。工程施工占地影响的植被类型虽有差异，但均是评价区的常见类型；工程建设虽会减少植被生物量，但不会对区域内植被多样性等造成影响。评价区内分布多种重点保护的野生植物，整体上工程施工建设不会对保护植物产生直接侵占影响，库区淹没可能会对部分植株造成影响。工程区附近分布有多种珍稀保护动物，珍稀保护鸟类的飞行能力较强，工程建设仅对其在该区域的活动有所影响，但不会导致其在该区域种群数量显著减少，其它保护动物行动敏捷，受施工干扰会主动迁往附近具有同样生境的地区，受本工程建设影响不大。为进一步减缓波对陆生动植物的影响，开展了陆生动植物保护措施方案的设计，措施包括评价区珍稀濒危、保护物种种质资源进行收集，对重点保护植物进行迁地/就地保护，建设野生动物扩散通道和饮水点，修建动物救护站保护珍稀物种等。

e) 本工程建设征地与水库淹没涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区，临近四川太阳谷省级谷风景名胜区、生态保护红线；经查询复核后，

工程已不再涉及优化整合后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区。奔子栏水电站涉及三江并流自然遗产地缓冲区，对遗产地的突出普遍价值不形成直接损害，仅存在间接较小影响；涉及白马雪山国家级自然保护区以及四川下拥省级自然保护区实验区，靠近但不占用优化调整后的自然保护区，不涉及其主要保护对象滇金丝猴和麝鹿的栖息生境，对保护区结构和功能影响较小；不涉及生态保护红线和太阳谷省级风景名胜区，对其影响均较轻微。

五、主要评价结论

奔子栏水电站符合金沙江上游水电规划实施方案调整及其环评要求，已列入属于国家“十四五”规划 102 项重大工程、国家“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目和 2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议的推荐重大基础设施建设项目范围，属于《国务院关于印发扎实稳住经济的一揽子政策措施的通知》(国发〔2022〕12 号) 范围，已纳入《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)、《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)，是国家能源局加快推进的五个重大水电项目之一。奔子栏水电站的建设有利于增加我国清洁能源供应，保障能源安全，改善能源结构，符合国家能源发展战略，将有效促进地方经济社会发展。

电站建设及其开发任务符合相关法律法规、规章、政策规定，符合国家和地方“十四五”规划、能源行业发展规划、国土空间规划、流域规划及规划环评要求，符合国家及云南、四川两省生态环境保护相关规划和生态环境分区管控要求。工程建设不涉及生态保护红线、整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区和太阳谷风景名胜区、饮用水水源保护区；不涉及三江并流世界自然遗产地。工程建设不存在环境制约因素。

本工程建设运行对生态环境不利影响表现为：工程占地和水库淹没对陆生生态及生态敏感区的影响；运行期库区及坝下水文情势变化、回水淹没鱼类重要生境对区域水生生态的影响，大坝阻隔将进一步加剧鱼类阻隔影响，使鱼类生境片段化，降低鱼类种群间遗传基因交流机会；施工期“三废一噪”的影响以及移民安置和专项设施复建对区域生态环境承载力造成的影响。水电站工程方案设计过程中，考虑工程周边环境敏感因素对工程布置进行了优化调整；制定了水库初期蓄水期及运行期生态流量下泄方案及全过程生态调度方案；采取了改进型前置挡墙作为低温水减

缓措施；规划丹达曲+定曲作为鱼类栖息地保护河段，设计了多进口双向过鱼设施方案和针对性的珍稀保护鱼类增殖放流站，能确保鱼类完成全部生活史、维持物种多样性和种群规模；实施植被保护和恢复、种质资源收集保护、珍稀保护植物种植和移栽、野生动物救护、建设野生动物扩散通道和饮水点、加强管理和宣传教育等措施有效减缓对自然保护区及陆生动植物的影响；提出了绿色施工污染防控体系及绿色建造全过程管理要求，制定了完善的生态环境综合监测方案，并规划开展多项科学研究。以上措施能有效缓解工程建设运行对区域环境质量、生态系统及生物多样性的影响。

综上，从环境保护角度分析，在严格落实报告书提出的各项环保措施和要求的前提下，奔子栏水电站建设对生态环境的不利影响处于可接受水平，工程建设是可行的。

六、致谢

本报告书编制过程中，得到了生态环境部、生态环境部环境工程评估中心，云南和四川两省生态环境厅、自然资源厅、农业农村厅、能源局、林业和草原局，四川省甘孜藏族自治州、云南省迪庆藏族自治州的生态环境局、林业和草原局，得荣县人民政府、德钦县人民政府、水电水利规划设计总院等部门的协助，在此表示诚挚的感谢！

1 总则

1.1 编制目的

a) 对项目建设的环境合理性、与环保政策法规和相关规划的符合性，特别是与生态环境分区管控、环境敏感区等管控要求的符合性进行论证。

b) 对工程区的环境现状进行调查和评价，对项目实施可能产生的环境污染和生态影响进行预测和评价。

c) 针对项目实施可能产生的不利环境影响，提出可行的方案调整建议和减缓对策措施，将不利影响降到可接受水平以内，实现工程经济效益、社会效益和环境效益的协调。

d) 为工程的环境保护设计和环境管理工作提供科学依据，为生态环境主管部门对工程建设实施监督管理提供技术支持。

1.2 编制原则

a) 依法依规原则

根据环境保护法律法规、产业政策、相关规划以及环境保护标准、环境影响评价技术导则和规范的规定，进行本项目的环境合理性论证和环境影响分析。

b) 生态优先原则

将生态保护和恢复包括对水生生态系统、鱼类资源和陆生生态的保护和恢复放在最重要位置，确保不对环境保护对象产生大的影响，避免对工程所在区域的生物多样性造成破坏。

c) 突出重点原则

根据本工程的建设内容和区域环境特征，根据规划环境影响评价结论和审查意见，重点分析工程建设和运行的主要环境影响，提出针对性的生态环境保护对策措施。

d) 早期介入原则

我公司环境影响评价环评专业技术人员全程参与本工程预可行性研究、可行性研究阶段的设计工作，从环保角度对工程提出了优化调整建议和环保措施要求，尽可能协调工程经济效益与环境效益的关系。

1.3 编制依据

1.3.1 法律

《中华人民共和国环境保护法》(2015 年 1 月 1 日施行)
《中华人民共和国环境影响评价法》(2018 年 12 月 29 日修订)
《中华人民共和国水污染防治法》(2018 年 1 月 1 日施行)
《中华人民共和国大气污染防治法》(2018 年 10 月 26 日修订)
《中华人民共和国噪声污染防治法》(2022 年 6 月 5 日施行)
《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》(2020 年 9 月 1 日施行)
《中华人民共和国土地管理法》(2020 年 1 月 1 日施行)
《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月 1 日施行)
《中华人民共和国水法》(2016 年 9 月 1 日施行)
《中华人民共和国森林法》(2020 年 7 月 1 日施行)
《中华人民共和国野生动物保护法》(2023 年 5 月 1 日施行)
《中华人民共和国渔业法》(2014 年 3 月 1 日施行)
《中华人民共和国土壤污染防治法》(2019 年 1 月 1 日施行)
《中华人民共和国草原法》(2021 年 4 月 29 日修订)
《中华人民共和国防洪法》(2016 年 9 月 1 日施行)
《中华人民共和国长江保护法》(2021 年 3 月 1 日施行)
《中华人民共和国湿地保护法》(2022 年 6 月 1 日施行)
《中华人民共和国青藏高原生态保护法》(2023 年 9 月 1 日施行)
《中华人民共和国农业法》(2012 年 12 月 28 日修正)
《中华人民共和国文物保护法》(2017 年 11 月 4 日修正)
《中华人民共和国矿产资源法》(2009 年 8 月 27 日修正)
《中华人民共和国传染病防治法》(2013 年 6 月 29 日修正)
《中华人民共和国突发事件应对法》(2024 年 6 月 28 日修订)

1.3.2 法规

《建设项目环境保护管理条例》(国务院令第 682 号, 2017 年 7 月修正)
《中华人民共和国河道管理条例》(国务院令第 3 号, 2018 年 3 月修正)
《土地复垦条例》(国务院令第 592 号, 2011 年 3 月)

- 《中华人民共和国水生野生动物保护实施条例》(2013 年 12 月修订)
- 《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》(2016 年 2 月修订)
- 《中华人民共和国野生植物保护条例》(2017 年 10 月修订)
- 《中华人民共和国森林法实施条例》(2018 年 3 月修订)
- 《中华人民共和国自然保护区条例》(2017 年 10 月修订)
- 《风景名胜区条例》(2016 年 2 月修订)
- 《地下水管理条例》(国务院令 第 748 号, 2021 年 10 月)
- 《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令 第 4 号, 2019 年 1 月)
- 《云南省环境保护条例》(2004 年 6 月修正)
- 《云南省林地管理条例》(2010 年 10 月)
- 《云南省生物多样性保护条例》(2019 年 1 月)
- 《云南省自然保护区管理条例》(2021 年 9 月修正)
- 《云南省陆生野生动物保护条例》(2014 年 7 月修正)
- 《实施世界遗产公约操作指南》(2019 年 7 月)
- 《云南省三江并流世界自然遗产地保护条例》(2005 年 7 月)
- 《云南省迪庆藏族自治州白马雪山国家级自然保护区管理条例》(2022 年 5 月)
- 《云南省生态环境保护条例》(2024 年 11 月 1 日起施行)
- 《云南省风景名胜区条例》(2012 年 1 月 1 日)
- 《云南省迪庆藏族自治州白马雪山国家级自然保护区管理条例实施细则》(2014 年 11 月)
- 《四川省环境保护条例》(2004 年 12 月)
- 《四川省野生植物保护条例》(2014 年 11 月)
- 《四川省〈中华人民共和国野生动物保护法〉实施办法》(2023 年 9 月修订)
- 《四川省自然保护区管理条例》(2018 年 9 月修正)
- 《四川省风景名胜区条例》(2010 年 5 月)
- 《四川省自然保护区管理条例》(2018 年修正)
- 《四川省〈中华人民共和国野生动物保护法〉实施办法》(2012 年修订)
- 《四川省〈中华人民共和国渔业法〉实施办法》(2016 年 11 月 30 日)

1.3.3 规章、规范性文件

《国家重点保护野生动物名录》(国家林业和草原局 农业农村部公告, 2021 年第 3 号)

《国家重点保护野生植物名录》(国家林业和草原局 农业农村部公告 2021 年第 15 号)

《国家林业和草原局公告(2023 年第 23 号)(陆生野生动物重要栖息地名录(第一批))》

《国家重点保护水生野生动物重要栖息地名录(第一批)》(农业部公告 2017 年第 2619 号)

《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》(国家林业和草原局公告 2023 年第 17 号)

《建设项目使用林地审核审批管理办法》(2016 年 9 月, 修正国家林业局令第 42 号)

《国家级公益林管理办法》(2017 年 4 月, 林资发〔2017〕34 号)

《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》(中办发〔2019〕42 号)

《自然资源部 国家林业和草原局关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函》(自然资函〔2020〕71 号)

《关于全国自然保护地整合优化调整情况的公示》(国家林业和草原局、自然资源部, 2024 年 10 月 15 日)

《国家林业和草原局关于进一步做好林草要素保障工作的通知》(林办发〔2024〕64 号)

《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2024 年版)

《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》(国发〔2013〕37 号)

《国务院关于水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17 号)

《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》(国发〔2016〕31 号)

《关于在国土空间规划中统筹划定落实三条控制线的指导意见》(厅字〔2019〕48 号)

《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》(厅字〔2017〕2 号)

《自然资源部 生态环境部 国家林业和草原局关于加强生态保护红线管理的通

知(试行)》(自然资发〔2022〕142号)

《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》(中办发〔2019〕42号)

《关于加强水电建设环境保护工作的通知》(环发〔2005〕13号)

《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)

《关于印发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)的函》(环评函〔2006〕4号,原国家环保总局)

《关于加强西部地区环境影响评价工作的通知》(环发〔2011〕150号,环境保护部)

《关于进一步加强水电建设环境保护工作的通知》(环办〔2012〕4号文)

《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)

《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)

《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)

《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)

《关于加强规划环境影响评价与建设项目环境影响评价联动工作的意见》(环发〔2015〕178号)

《国家发展改革委关于加强流域水电管理有关问题的通知》(发改能源〔2016〕280号)

《长江保护修复攻坚战行动计划》(环水体〔2018〕181号)

水利部 国家发展改革委 生态环境部 国家能源局《关于开展长江经济带小水电清理整改工作的意见》(水电〔2018〕312号)

《长江经济带小水电无序开发环境影响评价管理专项清理整顿工作方案》(生态环境部办公厅,2018年5月)

《关于开展长江经济带小水电排查工作的通知》(发改办能源〔2018〕606号)

《农业农村部 财政部 人力资源和社会保障部关于印发〈长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案〉的通知》(农长渔发〔2019〕1号)

《在国家级自然保护区修筑设施审批管理暂行办法》(2018年3月,国家林业

局令第 50 号)

《四川省人民政府<关于公布四川省重点保护野生植物名录的通知>》(川府函〔2016〕27 号)

《四川省人民政府<关于进一步加强和规范水电建设管理的意见>》(川府发〔2016〕47 号)

《云南省重点保护野生植物名录》(2023 年 12 月)

《云南省重点保护陆生野生动物名录》(2023 年 12 月)

《云南省极小种群野生植物拯救保护规划(2021—2030 年)》

《云南省极小种群野生植物保护名录(2022 版)》

《四川省重点保护野生动物名录》(2024 年 8 月)

《四川省重点保护野生植物名录》(2024 年 8 月)

《云南省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(云政发〔2020〕29 号)

《云南省自然资源厅办公室关于正式应用“三区三线”划定成果数据作为报批建设项目用地依据的通知》(云自然资办便笺〔2022〕1054 号)

《云南省人民政府关于印发云南省加强三江并流世界自然遗产地保护管理若干规定的通知》(云政发〔2018〕35 号)

《四川省人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》(川府发〔2020〕9 号)

《四川省生态环境厅关于公布四川省生态环境分区管控动态更新成果(2023 年版)的通知》(川环函〔2024〕409 号)

《云南省生态环境分区管控动态更新方案(2023 年)》

《迪庆藏族自治州生态环境分区管控动态更新调整方案(2023 年)(2024 年 7 月 8 日印发)》

1.3.4 相关规划和区划

《全国国土空间规划纲要(2021-2035 年)》

《长江经济带—长江流域国土空间规划(2021-2035 年)》及国务院批复(国函〔2024〕26 号)

《全国主体功能区规划》(国发〔2010〕46 号)

- 《全国生态功能区划(修编版)》(环保部 2015 年第 61 号公告, 2015 年 11 月)
- 《长江经济带生态环境保护规划》(环规财〔2017〕88 号, 2017 年 7 月)
- 《全国重要江河湖泊水功能区划(2011~2030)》(国函〔2011〕167 号)
- 《云南省主体功能区规划》(云南省人民政府, 2014 年 1 月)
- 《云南省水功能区划》(2014 年修订)
- 《云南省生物多样性保护战略与行动计划(2012-2030 年)》(云环通〔2013〕73 号, 2013 年 5 月)
- 《云南省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- 《四川省生态功能区划》(2013 年 2 月)
- 《四川省主体功能区规划》(2013 年 4 月)
- 《四川省国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》
- 《四川省水功能区划》(2008 年长流规修编、2010 年 3 月复核)
- 《四川省生物多样性保护战略与行动计划(2012-2030 年)》(2011 年 12 月)
- 《四川省长江经济带发展实施规划》

1.3.5 技术导则、规范和标准

- 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)
- 《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)
- 《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)
- 《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)
- 《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)
- 《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)
- 《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)
- 《环境影响评价技术导则 输变电》(HJ24-2020)
- 《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T88-2003)
- 《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)
- 《水电工程环境保护设计规范》(NB/T10504-2021)
- 《水电工程环境影响评价规范》(NB/T 10347-2019)
- 《地下水环境监测技术规范》(HJ/T 164-2004)
- 《地表水环境质量监测技术规范》(HJ 91.2-2022)

- 《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173-2010)
- 《水电工程环境保护专项投资编制细则》(NB/T 35033-2014)
- 《水电工程设计概算编制规定》(NB/T 11408-2023)
- 《水电工程费用构成及概(估)算费用标准》(NB/T 11409-2023)
- 《水电工程投资估算编制有关规定(试行)》(可再生定额〔2011〕36号)
- 《水电工程水温计算规范》(NB/T 35094-2017)
- 《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T 35037-2014)
- 《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015)
- 《水电工程过鱼效果评估技术规程》NB/T 11739-2024
- 《水电工程升鱼机设计规范》(NB/T 10863-2021)
- 《水电工程集运鱼系统设计规范》(NB/T 10862-2021)
- 《水电工程生态流量计算规范》(NB/T 35091-2016)
- 《水电工程环境监测技术规范》(NB/T 11179-2023)
- 《水电工程建设征地移民安置综合设计规范》(NB/T 10484-2021)
- 《河流水生生物栖息地保护技术规范》(NB/T 10485-2021)
- 《水电工程生态流量实时监测系统技术规范》(NB/T 10385-2020)
- 《水电工程移民安置环境保护设计规范》(NB/T 35060-2015)
- 《水电工程陆生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10080-2018)
- 《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10079-2018)
- 《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)
- 《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ681-2013)

1.3.6 相关技术文件

- 《金沙江上游水电规划报告》(2011年11月)
- 《金沙江上游水电规划环境影响报告书》(2011年7月)
- 《金沙江上游旭龙水电站环境影响报告书》(2020年6月)
- 《滇中引水工程环境影响报告书》(2016年5月)
- 《金沙江奔子栏水电站预可行性研究报告》(2017年9月)
- 《金沙江上游奔子栏水电站陆生生态影响评价报告》(2024年10月)
- 《金沙江上游奔子栏水电站水生态环境影响评价报告》(2024年10月)

《金沙江上游奔子栏水电站可行性研究报告》(2025 年 3 月)

《金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书》(2025 年 5 月)及其批复(环审〔2025〕58 号)

《金沙江上游水电规划实施方案调整》(2025 年 5 月)

《金沙江奔子栏水电站总溶解气体过饱和影响研究》(四川大学 2025 年 5 月)

《金沙江奔子栏水电站对云南白马雪山国家级自然保护区生物多样性影响评价报告》(国家林业和草原局中南调查规划院 2022 年)

《金沙江奔子栏水电站对四川下拥省级自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价专题报告》(中国科学院成都生物研究所 2019 年 9 月)

《金沙江奔子栏水电站对太阳谷风景名胜区影响评估论证报告》(四川省城乡规划设计研究院 2018 年)及其批复(川建景园发〔2018〕1002 号)

《金沙江奔子栏水电站工程对三江并流世界自然遗产地影响评价报告》(云南金帆林业有限公司 2025 年)

《金沙江上游奔子栏水电站对虎跳峡景观影响及对策措施研究专题报告》(2025 年 5 月)

1.4 评价标准

1.4.1 环境功能区划

a) 地表水

根据《全国重要江河湖泊水功能区划手册》：金沙江干流川青省界—香格里拉江东长度 704.0km 河段为金沙江川藏滇缓冲区，水质目标为 II 类；香格里拉江东—丽江石鼓长度 174.0km 河段为金沙江香格里拉、丽江保留区，水质目标为 II 类；二级支流许曲所有河段，包括得荣县境内的毛屋—入定曲河口长度 20.0km 河段(许曲河得荣保留区)的水质目标均为 II 类；未对一级支流定曲的功能区划作出规定。

根据《云南省水功能区划》(2014 年修订)，金沙江干流巴塘中心绒至香格里拉江东河段的水环境功能为金沙江川藏滇缓冲区，执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 II 类标准；未对一级支流定曲的功能区划作出规定。

《四川省水功能区划》未对金沙江干流水功能区划做出规定。根据《四川省水功能区划》，松麦河(即定曲)从斯闸至河口之间 65km 河段属松麦河得荣保留区，水质目标要求不低于现状(现状为 II 类)；许曲从毛屋至河口之间 25km 河段属许曲河得

荣保留区，水质执行 GB3838-2002 的II类标准。

综合上述规定，按从严原则，奔子栏水电站所涉金沙江干流以及定曲、许曲等支流水质执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的II类标准。

b) 生态功能区划

1) 《全国生态功能区划(修订版)》

根据《全国生态功能区划(修订版)》，工程区涉及“I生态调节功能区—I-01 水源涵养功能区—I-01-31 川西北水源涵养与生物多样性保护功能区”和“I生态调节功能区—I-02 生物多样性保护功能区—I-02-26 滇西北高原生物多样性保护与水源涵养功能区”。《区划》对水源涵养功能区、生物多样性保护功能区的主要生态问题识别结果及提出的生态保护主要方向见表 1.4.1-1。

表 1.4.1-1 工程涉及生态功能区主要生态问题及生态保护主要方向

生态功能区类型	主要生态问题	生态保护主要方向
水源涵养功能区	人类活动干扰强度大；生态系统结构单一，生态系统质量低，水源涵养功能衰退；森林资源过度开发、天然草原过度放牧等导致植被破坏、水土流失与土地沙化严重；湿地萎缩、面积减少；冰川后退，雪线上升。	(1) 对重要水源涵养区建立生态功能保护区，加强对水源涵养区的保护与管理，严格保护具有重要水源涵养功能的自然植被，限制或禁止各种损害生态系统水源涵养功能的经济社会活动和生产方式，如无序采矿、毁林开荒、湿地和草地开垦、过度放牧、道路建设等。 (2) 继续加强生态保护与恢复，恢复与重建水源涵养区森林、草地、湿地等生态系统，提高生态系统的水源涵养能力。坚持自然恢复为主，严格限制在水源涵养区大规模人工造林。 (3) 控制水污染，减轻水污染负荷，禁止导致水体污染的产业发展，开展生态清洁小流域的建设。 (4) 严格控制载畜量，实行以草定畜，在农牧交错区提倡农牧结合，发展生态产业，培育替代产业，减轻区内畜牧业对水源和生态系统的压力。
生物多样性保护功能区	人口增加以及农业和城镇扩张，交通、水电水利设施建设、矿产资源开发，过度放牧、生物资源过度利用，外来物种入侵等，导致生物资源退化，以及森林、草原、湿地等自然栖息地遭到破坏，栖息地破碎化严重；生物多样性受到严重威胁，部分野生动植物物种濒临灭绝。	(1) 开展生物多样性资源调查与监测，评估生物多样性保护状况、受威胁原因。 (2) 禁止对野生动植物进行滥捕、乱采、乱猎。 (3) 保护自然生态系统与重要物种栖息地，限制或禁止各种损害栖息地的经济社会活动和生产方式，如无序采矿、毁林开荒、湿地和草地开垦、道路建设等。防止生态建设导致栖息环境的改变。 (4) 加强对外来物种入侵的控制，禁止在生物多样性保护功能区引进外来物种。 (5) 实施国家生物多样性保护重大工程，以生物多样性重要功能区为基础，完善自然保护区体系与保护区群的建设。

2) 《云南省生态功能区划》

根据《云南省生态功能区划》，工程区所在金沙江河段右岸区域属“青藏高原东南缘寒温性针叶林、草甸生态区(V)—德钦、香格里拉高山高原寒温性针叶林、高寒灌丛草甸生态亚区(V1)—怒山、云岭高山峡谷生物多样性保护生态功能区(V1-1)”。该区相关特征及保护要求见表 1.4.1-2。

表 1.4.1-2 怒山、云岭高山峡谷生物多样性保护生态功能区相关特征及保护要求

生态功能分区单元			所在区域 与面积	主要生态特征	主要生态 环境问题	生态 环境 敏感性	主要生态 系统服务 功能	保护措施与发 展方向
生态区	生态亚区	生态 功能区						
青藏高原 东南缘寒 温性针叶 林、草甸 生态区(V)	德钦、香 格里拉高 山高原寒 温性针叶 林、高寒 灌丛草甸 生态亚区(V1)	怒山、云 岭高山峡 谷生物多 样性保护 生态功能 区(V1-1)	德钦县、贡山、 维西、香格里 拉县部分地 区，面积 10189.41km ²	以高山峡谷地貌为 主，年降雨河谷地区 仅为 500~700mm，山 顶地区可达到 1200mm，植被以寒温 性针叶林为主，山地 植被和土壤垂直带显著	旅游带 来的环 境污染	生境极 度和高 度敏感	三江并流 地区生物 多样性和 高山峡谷 景观保护	保护三江并流 的自然景观， 削减矿业开 发、水电建设 和旅游业带来 的环境污染和 景观破坏

3) 《四川省生态功能区划》

根据《四川省生态功能区划》，工程区所在金沙江河段右岸区域属“III 川西高山亚热带-温带-寒温带生态区—III3 大雪山-沙鲁里山云杉冷杉林-高山灌丛-高山草甸生态亚区—III3-4 金沙江上游林牧业与水源涵养生态功能区”。该区相关特征及保护要求见表 1.4.1-3。

表 1.4.1-3 金沙江上游林牧业与水源涵养生态功能区相关特征及保护要求

生态功能分区单元			所在区域 与面积	主要生态特征	主要生态 环境问题	生态 环境 敏感性	主要生态 系统服务 功能	保护措施与发 展方向
生态区	生态亚区	生态功 能区						
III 川西 高山亚 热带-温 带-寒温 带生态 区	III3 大雪 山-沙鲁 里山云杉 冷杉林- 高山灌丛 -高山草 甸生态亚 区	III3-4 金 沙江上游 林牧业与 水源涵养 生态功能 区	在四川西 部边缘， 涉及甘孜 州的 5 个 县，面积 1.5 万 km ²	高山峡谷地貌，现代冰 川发育。年均气温 7.8~14.4℃，≥10℃活动 积温 1891~4397℃，年 均降水量 324.4~ 549.7mm。 河流属金沙江水系。植 被为高山高原草甸、高 山灌丛及亚高山针叶 林。生物多样性、矿产 资源和水资源丰富。	泥石流滑 坡强烈发 育，水土 流失严重 ，泥沙入 江量大， 草场超载 过牧严重 ，存在荒 漠化现象	土壤侵蚀 极敏感， 野生动物 生境高度 敏感，沙 漠化高度 敏感	牧业发展 功能，水 源涵养功 能，水土 保持功能 ，沙漠化 控制功能 ，生物多 样性保护 功能	保护森林和草原植 被，保护生物多样 性；巩固长江上游防 护林建设、天然林保 护和退耕还林成果。 加强水土流失和山地 灾害的治理；科学发 展林业、牧业，加强 草场基本建设，改良 牧草，监理人工饲草 基地，防治草场退 化、沙化；规范和严 格管理水电、 矿产业。

1.4.2 环境质量标准

a) 地表水：奔子栏水电站所涉金沙江干流以及定曲、许曲等支流水质执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 II 类标准。

b) 环境空气：自然保护区内执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及 2018 年修改单的一级标准，其他区域执行《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及 2018 年修改单二级标准。

c) 声环境：项目区位于乡村地区，但附近有国道 G215 通过，工程运行期有开

关站运行，电站的施工和运行属于大型工业企业，因此区域声环境执行《声环境质量标准(GB3096-2008)2类标准》，其中交通干线(G214、G215)两侧35m内区域声环境执行4a类标准。

d) 地下水：执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)III类标准。

e) 土壤环境：农用地(耕地(旱地)、园地、草地)执行《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)，建设用地(交通设施、居民点、电站枢纽工程建设用地等)执行《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)表1中第二类用地的土壤污染风险筛选值和管制值。

f) 生态环境：生态环境以不减少区域内濒危珍稀动植物种类和不会对生态系统造成毁灭性不利影响为目标；水土流失以不加剧土壤侵蚀强度为标准。

g) 电磁环境：根据《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)，公众暴露的电场、磁场、电磁场(1Hz~300GHz)，50Hz频率下，工频电场以4000V/m作为公众暴露控制值评价标准，工频磁感应强度以100 μ T作为公众暴露控制值评价标准。

表 1.4.2-1 环境质量标准表

项目	执行范围	环境质量标准名称	标准等级/类别	主要评价因子及其标准限值
地表水	奔子栏水电站所涉金沙江干流以及定曲、许曲等支流	《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)	II类标准	pH6~9、DO \geq 6mg/L、CODCr \leq 15mg/L、BOD ₅ \leq 3mg/L、TP \leq 0.1mg/L、NH ₃ -N \leq 0.5mg/L
环境空气	全部	《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及2018年修改单	一级、二级标准	NO ₂ \leq 0.08mg/m ³ 、TSP \leq 0.30mg/m ³ 、PM ₁₀ \leq 0.15mg/m ³
声环境	交通干线(G214、G215国道)两侧35m	《声环境质量标准》(GB3096-2008)	4a类标准	昼间 \leq 70dB，夜间 \leq 55dB
	其他		2类标准	昼间 \leq 60dB，夜间 \leq 50dB
地下水	全部	《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)	III类标准	pH6.5~8.5、高锰酸盐指数 \leq 3.0mg/L、总硬度 \leq 450mg/L、溶解性总固体 \leq 1000mg/L、氨氮 \leq 0.2mg/L、铁 \leq 0.3mg/L
土壤环境	农用地	《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)	风险筛选值和管制值	详见表 1.4.1-2
	建设用地	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)	第二类用地的风险筛选值和管制值	详见表 1.4.1-3

表 1.4.2-1(续)

项目	执行范围	环境质量标准名称	标准等级/类别	主要评价因子及其标准限值
电磁环境	工程主变洞、500kV 地面开关站及电缆线路	《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)	50Hz 频率下, 工频电场以 4000V/m 作为公众曝露控制值评价标准, 工频磁感应强度以 100 μ T 作为公众曝露控制值评价标准	

表 1.4.2-2 农用地(旱地)土壤污染风险筛选值

单位: mg/kg

序号	项目类别	项目		风险			
				pH≤5.5	5.5<pH≤6.5	6.5<pH≤7.5	pH>7.5
1	基本项目	镉	筛选值	0.3	0.3	0.3	0.6
			管制值	1.5	2.0	3.0	4.0
2		汞	筛选值	1.3	1.8	2.4	3.4
			管制值	2.0	2.5	4.0	6.0
3		砷	筛选值	40	40	30	25
			管制值	200	150	120	100
4		铅	筛选值	70	90	120	170
			管制值	400	500	700	1000
5		铬	筛选值	150	150	200	250
			管制值	800	850	1000	1300
6	基本项目	铜		50	50	100	100
镍		60	70	100	190		
8		锌		200	200	250	300
9	其他项目	六六六总量		0.10			
10		滴滴涕总量		0.10			
11		苯并[a]芘		0.55			

表 1.4.2-3 建设用地土壤污染风险筛选和管控标准

单位: mg/kg

序号	污染物项目	CAS 编号	筛选值		管制值	
			第一类 用地	第二类 用地	第一类 用地	第二类 用地
重金属和无机物						
1	砷	7440-38-2	20 ^①	60 ^①	120	140
2	镉	7440-43-9	20	65	47	172
3	铬(六价)	18540-29-9	3.0	5.7	30	78
4	铜	7440-50-8	2000	18000	8000	36000
5	铅	7439-92-1	400	800	800	2500
6	汞	7439-97-6	8	38	33	82
7	镍	7440-02-0	150	900	600	2000

注：①具体地块土壤中污染物检测含量超过筛选值，但等于或者低于土壤环境背景值水平的，不纳入污染地块管理。

1.4.3 污染物排放标准

a) 废污水：禁止向金沙江干流和定曲河道内排放，生活污水经处理后回用执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)相应标准，禁止外排；砂石加工系统废水、混凝土冲洗废水处理后回用执行《水利水电工程施工组织设计规范》(SL 303-2017)的要求。云南侧移民安置点执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB53/T 953-2019)标准；四川侧移民安置执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB51/2626-2019)标准。

b) 大气污染物：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)二级标准，施工期无组织排放执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表 2 中无组织排放监控浓度限值，四川侧执行《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)。

c) 噪声：施工期间噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)。运营期噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2 类标准，其中交通干线(G215 国道)两侧 35m 内区域声环境执行 4a 类标准。

d) 固体废物：一般工业固体废物执行《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)，危险废物贮存执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB 18597-2023)，生活垃圾按照国家有关规定进行收集处置。自然保护区内禁止设置固体废物贮存、转运、处置设施。

表 1.4.2-1 污染物排放标准表

项目	区域	污染物排放、回用标准	主要评价因子及其标准限值
废污水	枢纽工程施工区	处理后回用，出水执行《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2020)的冲厕、道路清扫、建筑施工等杂用水水质标准；	pH=6~9，浊度/NTU≤5mg/L(冲厕)/10 mg/L(道路清扫)/20 mg/L(建筑施工)，溶解性总固体≤1500 mg/L，BOD ₅ ≤10mg/L(冲厕)/15mg/L(道路清扫、建筑施工)，氨氮≤10mg/L(冲厕、道路清扫)、20mg/L(建筑施工)，阴离子表面活性剂≤1.0 mg/L，溶解氧≤1.0 mg/L，总大肠菌群≤3 个/L
	电站运行期污水处理设施、古学乡集镇迁建新址(污水处理设施)	云南侧移民安置点执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB53/T 953-2019)标准；	pH=6~9，COD≤60mg/L；SS≤20mg/L；氨氮≤8mg/L；总氮≤20mg/L；总磷≤1mg/L；动植物油≤3mg/L。
		四川侧移民安置执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB51/2626-2019)标准。	pH=6~9，COD≤60mg/L；SS≤20mg/L；氨氮≤8mg/L；总氮≤20mg/L；总磷≤1.5mg/L；动植物油≤3mg/L。

表 1.4.2-1(续)

项目		区域	污染物排放、回用标准	主要评价因子及其标准限值
大气污 染物		全部	《大气污染物综合排放标 准》(GB16297-1996)表 2 的 无组织排放监控浓度限值； 执行《大气污染物综合排放 标准》(GB16297-1996)二级 标准，施工期无组织排放执 行《大气污染物综合排放标 准》(GB16297-1996)表 2 中 无组织排放监控浓度限值， 四川侧执行《四川省施工场 地扬尘排放标准》 (DB512682-2020)。	TSP≤1.0mg/m³； SO₂≤0.4mg/m³； NO₂≤ 0.12mg/m³； PM₁₀≤1.0mg/m³
噪 声	施 工 期	工程区及 周边	《建筑施工现场界环境噪声排 放标准》(GB 12523-2011)	昼间≤70dB，夜间≤55dB
	运 营 期	交通干线(G214、 G215 国道)两侧 35m 内	《工业企业厂界环境噪声排 放标准》(GB12348-2008)的 4a 类标准	昼间≤70dB，夜间≤55dB
		其他	GB12348-2008 的 2 类 标准	昼间≤60dB，夜间≤50dB
固 体 废 物		全部	一般工业固体废物：《一般 工业固体废物贮存和填埋污 染控制标准》(GB18599- 2020)》； 危险废物：《危 险废物贮存污染控制标准》 (GB 18597-2023)；生活垃 圾：按照国家有关规定进行 收集处置。	-
电 磁 环 境		工程主变洞、 500kV 地面开关站 及电缆线路	《电磁环境控制限值》 (GB8702-2014)	50Hz 频率下，工频电场以 4000V/m 作为公众 曝露控制值评价标准，工频磁感应强度以 100μT 作为公众曝露控制值评价标准

1.5 环境影响识别与评价因子筛选

1.5.1 环境影响因素识别

a) 环境评价系统识别

根据奔子栏水电站建设和运行的特点，结合工程影响区域环境影响因子的重要性和可能受影响的程度，采用矩阵法对本工程的环境影响因子进行识别。本工程影响的主要环境要素为：

自然环境系统：地表水环境(水文情势、水温、水质)、陆生生态、水生生态、大气环境、声环境、固体废弃物、局地气候、地下水和土壤环境等；

社会环境系统：社会经济，文物古迹，旅游资源，矿产资源，少数民族文化与宗教，人群健康等。

b) 影响性质识别

有利影响：电站建成后，可提供大量清洁电能，有利于推动云南省、四川省藏区经济社会跨越式发展，带动民族地区经济发展和社会稳定。水库蓄水后水面扩大，蒸发量加大，增加空气湿度，可改善库区干暖河谷小气候，有利于库区生态环境的改善。水库淹没区经济基础薄弱，人民生活水平较低，电站兴建后，通过搬迁和实行开发性移民政策等，可改善基础设施，带动相关产业的发展。工程的经济效益、社会效益和环境效益显著。

不利影响：工程施工将产生废污水、粉尘、废气、噪声、固体废弃物等，对周围环境产生污染，对野生动物造成惊扰；水库淹没和工程施工将会占用和破坏地表植被，挤占野生动物生境；水库蓄水后，库区水流变缓、水深变深，水文情势发生变化，可能出现水温分层和低温水下泄，水质也可能受到一定影响；大坝阻隔、水文情势和水温变化，将对金沙江上游水生生物和鱼类资源产生一定不利影响。水库淹没对耕地资源将产生不可逆影响。移民安置对环境也将产生一定影响。

不可逆影响：水库淹没、工程永久占地将造成土地资源的永久损失，为不可逆影响。

可逆影响：工程临时占地、移民安置对环境的影响可采取措施予以减缓，为可逆影响。

长期影响：工程建设运行对社会经济、水环境、水生生态、陆生生态的影响等。

短期影响：工程施工对水质、大气环境、声环境的影响、固体废物环境影响等。

c) 影响程度识别

工程对各环境因子的影响程度见表 1.5.1。

表 1.5.1 奔子栏水电站环境影响识别表

环境要素	因子	工程施工					淹没、占地		移民安置		工程运行	
		主体工程 工程施工	施工辅助 企业生产 运行	施工人员 日常生活	料场开 采、施 工弃渣	施工交 通运输	水库淹没 和永久 占地	临时 占地	移民 安置	复建 工程	水库初 期蓄水	运 行
水环境	水温情势										±1L	+1L
	水温											-1L
	水质	-2R	-1R	-2R					-2R	-3R		±1R
生态	陆生生态	陆生植物	-3R			-3R	-2R	-1R	-3R	-3R	-3R	
		陆生动物	-2R			-3R	-3R	-2R	-3R	-3R	-3R	
	水生生态	水生植物	-3R	-3R	-3R			±2R				±2R
		浮游动物	-3R	-3R	-3R			±2R				±2R
		底栖动物	-3R	-3R	-3R			±3R				±2R

表 1.5.1(续)

环境要素	因子	工程施工					淹没、占地		移民安置		工程运行	
		主体工程 工程施工	施工辅助 企业生产 运行	施工人 员日常 生活	料场开 采、施 工弃渣	施工交 通运输	水库淹没 和永久 占地	临时 占地	移民 安置	复建 工程	水库初 期蓄水	运行
生态	水生 生态	鱼类	-3R	-3R	-3R		-1R				-1R	-1R
		水生生态敏 感区	-1R			-1R	-2R				-3R	-3R
	生态 敏感区	“三江并流” 世界自然遗 产地	-1R	-1R	-1R		-1R		-1R			
		白马雪山国 家级自然保 护区	-1R		-1R				-1R			
		下拥省级自 然保护区			-1R							
		太阳谷省级 风景名胜 区	-1R		-1R							
		生态保护红 线	-1R		-1R							
环境空气	TSP	TSP	-2R	-3R		-2R	-2R		-3R	-3R		
		NO ₂	-2R			-2R	-2R		-3R	-3R		
		SO ₂	-2R			-2R	-2R		-3R	-3R	-2R	
声环境	LAeq	-2R	-2R		-2R	-2R			-2R	-3R		
固体废物	工程弃渣	-1R			-1R	-3R			-2R	-2R		
	生活垃圾			-2R					-2R			
人群健康	传染病源	-1R										
景观	景观资源	-1R					-1R				-3R	-3R
	景观视觉	-1R				-1R	-1R				-3R	-3R

注：(1)+、-分别表示有利和不利影响；(2)1、2、3 表示影响的程度为大、中、小；(3)R、L 分别表示可逆和不可逆影响。

1.5.2 评价因子筛选

结合奔子栏水电站工程特性、区域环境状况以及环境保护相关要求，筛选确定本工程评价因子，详见表 1.5.2。

表 1.5.2 奔子栏水电站环境影响评价因子汇总表

环境要素	评价时段	评价因子
地表水环境	现状评价	水文：流量、水位、流速
		泥沙：悬移质、输沙量
		水温：水温
		水质：SS、总磷、总氮、氨氮、COD _{Cr} 、BOD ₅ 、高锰酸盐指数、叶绿素 a、透明度等

表 1.5.2(续)

环境要素	评价时段		评价因子
地表水环境	预测评价	施工期	水文：流量、水位、流速
			水质：废水量、pH、SS、BOD ₅ 、COD _{Cr} 、石油类等
		运行期	水文：流量、水位、沿程水文情势变化等
			泥沙：水库泥沙淤积量
			水温：库区水温结构与分布、下泄水温、沿程水温
			溶解性气体过饱和
			水质：SS、BOD ₅ 、COD _{Cr} 、氨氮、TP、TN 等
地下水环境	现状评价		地下水赋存条件、水位、径流补排条件
	预测评价	施工期	施工隧洞、地下厂房周边水位变化情况、施工期污水对地下水水质的影响
		运行期	库区地下水补给、运移及排泄总体规律
声环境	现状评价		昼间与夜间等效连续 A 声级(Leq)
	预测评价	施工期	噪声源强与衰减量、环境敏感对象等效连续 A 声级(Leq)
环境空气	现状评价		TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、NO ₂ 等
	预测评价	施工期	颗粒物
固体废物	预测评价	施工期	生活垃圾产生量、弃渣量、危险废物等
生态环境	现状评价		自然条件：地形地貌、气候气象
			陆生生态：植被类型、珍稀动植物及其重要栖息生境、景观生态体系
			水生生态：水生生境、水生生物、鱼类及其“三场”
			环境敏感区
	预测评价	施工期	陆生生态：施工占地区植被类型与面积、珍稀动植物及其重要栖息生境
			水生生态：水生生境、水生生物、鱼类资源
			环境敏感区
		运行期	陆生生态：植被类型与覆盖度、珍稀动植物及其重要栖息生境、景观生态体系
			水生生态：水生生境、水生生物、鱼类及其“三场”
			其他：泄洪雾化、过饱和气体
环境敏感区			
社会环境	现状评价		人口、经济、文物、景观等
	预测评价	施工期	社会经济、文物、景观
移民安置	预测评价	施工期	集中安置点及专项设施建设施工环境影响
		运行期	集中安置点运行期生活污水、生活垃圾排放环境影响
环境风险	施工期		油库事故风险、施工危险品运输事故风险、河流水质污染风险等
	运行期		库区水质污染风险、外来物种入侵风险、物种灭绝风险

1.6 评价范围与评价等级

表 1.6 评价范围和等级确定结果一览表

环境要素		评价等级	评 价 范 围
地表水环境		施工期： 三级 B 运行期： 一级	从上游旭龙水电站坝址断面至硕多岗河之间金沙江干流河段，一级支流定曲、冈曲、支巴洛河、丹达曲，二级支流许曲、玛曲等。 重点评价区：金沙江干流奔子栏库尾～坝址下游约 193km 处的滇中引水工程石鼓取水口断面(总长约 255km)，一级支流定曲汇合口以上约 30km(至古学水电站坝下)、二级支流许曲汇合口以上约 12km(至去学水电站坝下)。
生态环境	水生生态	一级	金沙江干流旭龙水电站坝址至硕多岗河汇口下江河段，以及库区支流定曲及其支流茨巫曲、许曲、玛曲，库尾以上支流丹达曲，坝下主要支流冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河。
	陆生生态	一级	奔子栏水电站坝址下游 10km 至干流、各支流库尾上游 2km 两岸第一重山脊线以下区域(已包含枢纽工程区、料场、弃渣场、施工场地、营地、施工道路等占地区和移民安置区等工程占地区边界外延 500m，涉及生态敏感区的外延 1000m 的区域)。经地理信息系统工具量算，评价区总面积 931.86km ² 。
大气环境		三级	枢纽工程施工区(含施工场地、施工工厂、仓库、油库、营地、料场、渣场等全部区域)、施工道路、复建道路和移民安置点边界以外 500m 范围内，重点为甲学村、森恩等居民点。
声环境		二级	枢纽工程施工区及周围 300m，施工道路和复建道路中心线两侧 200m，移民安置点及周围 200m，重点为甲学村、森恩等居民点。
地下水环境		三级	地下水评价范围主要为库区、枢纽工程区水文地质单元。
土壤环境		二级	工程水库淹没区、施工占地区和移民安置点等受工程影响区域。

1.6.1 地表水环境

a) 评价等级

施工期：根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)，工程施工期水环境影响为水污染影响型，但施工废水和生活污水均需处理后回用，不会直接排放，施工期地表水环境影响评价等级为三级 B。

运行期：运行期属于水文要素影响型，用库水交换系数法(参数 α - β 判别法)对水温结构进行判别， $\alpha=26.51 \geq 20$ ，经模型计算，电站属于过渡型，水温评价等级为二级；兴利库容与年径流量百分比 $\beta=0.0068 < 2$ ，水库为日调节水库，评价等级为三级；工程影响范围涉及定曲鱼类栖息地保护河段和产卵场，评价等级应不低于二级；水库淹没金沙江干流水域面积约 5.04km²，枢纽工程扰动水底面积 A2 为 0.24km²，评价等级为一级。综上，确定运行期地表水环境影响评价等级为一级。

b) 评价范围

从上游旭龙水电站坝址断面至硕多岗河之间金沙江干流河段，一级支流定曲、冈曲、支巴洛河、丹达曲，二级支流许曲、玛曲等。

重点评价区：金沙江干流奔子栏库尾～坝址下游约 193km 处的滇中引水工程石鼓取水口断面(总长约 255km)，一级支流定曲汇合口以上约 30km(至古学水电站坝下)、二级支流许曲汇合口以上约 12km(至去学水电站坝下)。

1.6.2 地下水环境

a) 评价等级

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610—2016)，水库建设工程属于Ⅲ类建设项目。工程影响区域内不涉及集中式地下水饮用水源保护区等地下水环境敏感区，无热水、矿泉水和温泉等保护区。考虑工程库区周边有温泉分布，地下水敏感程度判别为“较敏感”。根据地下水环境影响评价工作分级原则，奔子栏水电工程地下水环境影响评价工作等级确定为三级。

b) 评价范围

工程对地下水影响主要为工程建设和运行期，主要为导流隧洞、引水隧洞、地下厂房等地下工程开挖施工，以及水库蓄水后造成库周区域地下水水位变化。本工程地下水评价范围主要为库区、枢纽工程区水文地质单元。

1.6.3 生态环境

a) 评价等级

陆生生态：工程占地共 3135.49hm²(包括水库淹没区 2596.52hm²，枢纽工程占地面积 538.97hm²)，涉及自然保护地优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区、三江并流世界自然遗产地缓冲区、国家公益林。依据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)中评价等级确定原则，确定本工程陆生生态影响评价工作等级为一级。

水生生态：工程枢纽占地和水库淹没总面积为 24.60km²，大于 20km²，回水长度 63.29km，小于 100km。工程建成后，拦河筑坝明显改变水文情势，对库区及坝下游河道的水生生物及其生境影响明显；涉及定曲栖息地保护河段，涉及产卵场。按照《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)评价等级分级原则，确定本工程生态环境影响评价工作等级为一级。

b) 评价范围

1) 陆生生态

奔子栏水电站建设用地范围涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区。根据《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》《迪庆州自然资源和规划局关于金沙江奔子栏水电站与三线成果意见的回复》《甘孜州自然资源和规划局关于〈关于给予查询确认金沙江上游奔子栏水电站与四川甘孜“三区三线”位置关系的函〉的复函》以及《全国自然保护区整合优化方案》(公示成果),奔子栏水电站建设用地范围已不再涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区,也不涉及四川太阳谷省级风景名胜區、生态保护红线,不涉及三江并流世界自然遗产地,但仍涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区。

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)中生态环境影响评价范围的有关规定,考虑工程建设对生态系统及土地利用的可能影响,以及生态因子之间相互影响和相互依存的关系,陆生生态评价范围:奔子栏水电站坝址下游 10km 至干流、各支流库尾上游 2km 两岸第一重山脊线以下区域(已包含枢纽工程区、料场、弃渣场、施工场地、营地、施工道路等占地区和移民安置区等工程占地区边界外延 500m,涉及生态敏感区的外延 1000m 的区域)。经地理信息系统工具量算,评价区总面积 931.86km²。

2) 水生生态

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)中评价等级判定及评价范围确定的要求,结合工程实际,奔子栏为金沙江上游最后一级电站,相应的水文情势的影响可能涉及坝下至硕多岗河汇口下,所以干流调查范围从旭龙坝址至硕多岗河汇口下,以及库区支流定曲干流、支流茨巫曲、玛曲、许曲,坝下支流冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河;丹达曲是旭龙库区支流,也是《金沙江上游规划调整环境影响评价报告》中指定的保护支流,而奔子栏属于金沙江上游规划环评最后一个梯级,故纳入该项目评价范围。

1.6.4 大气环境

a) 评价等级

工程大气环境影响源主要是施工期的爆破开挖、施工机械运作和交通车辆的行驶等，工程施工产生的大气污染物主要是粉尘和飘尘，且多为临时性的无组织排放，影响主要集中在枢纽建筑物施工区范围内及运输道路两侧，且规模较小、时间短；工程运行期无污染物排放。根据本工程规模及类似工程实际施工经验，施工期大气污染主要是粉尘污染，主要污染源是砂石料加工系统，采用《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ 2.2-2018)中推荐模式清单中的估算模式，预测污染源为矩形面源，预测 TSP 最大地面空气质量浓度占标率 P_{\max} 为 0.56%，小于 1%，根据导则有关评价等级判断标准，确定本工程大气环境影响评价等级为三级。

b) 评价范围

枢纽工程施工区(含施工场地、施工工厂、仓库、油库、营地、渣场等全部区域)、施工道路、复建道路和移民安置点边界以外 500m 范围内，重点为甲学村、森恩等居民点。

1.6.5 声环境

a) 评价等级

工程区附近的村庄声环境质量执行《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2 类标准，交通干线(G214、G215 国道等)两侧 35m 内区域声环境执行 4a 类标准。本工程电站厂房位于地下，运行期间基本不会对外环境产生噪声污染，噪声影响主要表现为施工期间爆破开挖、施工机械和交通车辆的运行等，且工程结束后影响随即消失。工程建设前后噪声级增加量较小(噪声级增高量在 3~5 dB(A))，受影响人口数量增加很少。依据导则评价工作级别划分标准，确定本工程声环境影响评价等级为二级。

b) 评价范围

枢纽工程施工区及周围 300m，施工道路和复建道路中心线两侧 200m，移民安置点及周围 200m，重点为甲学村、森恩等居民点。

1.6.6 土壤环境

a) 评价等级

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ 964-2018)中“附录 A 土壤环境影响评价项目类别”，本工程施工区影响源主要为机修场地、砂石加工系统、混凝土拌和系统等，为 IV 类建设项目；库区影响属于生态影响型，行业类别为 II 类建设项目。本工程土壤环境影响类型主要为生态影响型。按照生态影响型评价等级判

定依据，工程区域位于山区，项目所在地土壤含盐量 $<2\text{g/kg}$ ，土壤 pH 值 8.59~8.89，建设项目所在地土壤环境敏感程度为“较敏感”，评价等级为二级。

b) 评价范围

工程水库淹没区、施工占地区和移民安置点等受工程影响区域。

1.6.7 电磁环境

根据《环境影响评价技术导则输变电工程》(HJ24-2020)：本工程 500kV 主变洞为地下式，平行布置于主厂房下游侧，垂直埋深 70m~110m；500kV 开关站布置于主变洞顶层，为户内式；输电线路位于电缆洞内，为地下电缆，电磁环境评价等级为二级。

由于本阶段接入系统尚未开展设计，出线方向暂时未确定，开关站位于主变洞顶层，因此以开关站、主变洞、出线平台为整体界定场界，本项目的评价范围为：开关站、主变洞及出线平台整体场界外 50m 范围。

1.6.8 环境风险

本工程施工区油库存储量 3000t。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)环境风险评价工作等级划分的规定，查阅其附录 B 重点关注的危险物质及临界量，本工程涉及的突发环境事件风险物质分别为：序号 381 的“油类物质(矿物油类，如石油、汽油、柴油等；生物柴油等)”，临界量为 2500t。

根据附录 C，油库危险物质数量与临界量比值 Q 为 1.2($1 \leq Q < 10$)，行业及生产工艺 $M=5$ (以 $M4$ 表示)，危险物质及工艺系数危险性(P)分级为 P4。

本项目施工期危险物质在事故情形下的环境影响途径主要为大气、地表水和地下水，风险潜势均为 I，运行期主要为外来生物入侵的风险。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)，本工程环境风险进行简要分析。

1.7 环境保护目标

本工程建设征地与水库淹没涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区，临近四川太阳谷省级谷风景名胜区、生态保护红线；经查询复核后，工程已不再涉及优化整合后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区。工程建设影响河段内分布的珍稀保护鱼类有戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂

腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅等。工程建设影响河段(库区及坝下)执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的Ⅱ类标准保护要求较高。施工噪声、粉尘、废气等可能对施工区周围居民造成影响。工程枢纽施工和水库淹没涉及部分搬迁安置移民和生产安置移民，将对其生活造成一定影响。

工程主要环境保护目标见表 1.7。

表 1.7 环境保护目标一览表

环境要素	保护目标	规模及特性	区位关系	主要影响源	保护要求
水环境	金沙江奔子栏库尾~坝址下游石鼓，总长约 255km 干流河段	坝址多年平均流量 1160m³/s，多年平均径流量 362.7 亿 m³；金沙江干流上游巴塘中心绒至香格里拉江东之间为金沙江川藏滇缓冲区，执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II类标准	为电站施工、水库淹没和运行期水库调度影响河段。	施工废污水排放，水库蓄水，水库调度运行及对下泄流量的控制	水质满足相应标准要求，保障生态流量下泄
	定曲：从定曲河口至库尾之间 21.19km 河段	平均流量 32.55m³/s，水环境功能为保留区，水质执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)II类标准。	为水库淹没和运行期水库调度影响河段。	水库蓄水、水库运行调度	水质满足II类标准要求
	许曲：从汇入定曲的河口至库尾之间 8.39km 河段	水环境功能为保留区，水质执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)II类标准。			
	滇中引水工程	滇中引水工程拟从云南省丽江市石鼓镇金沙江中游干流河段右岸无坝取水，向昆明、丽江、玉溪、大理、红河及楚雄等 6 个市(州)35 个县(市、区)的 34 个受水小区供水，2030 年拟引水 27.04 亿 m³，2040 年拟引水 34.03 亿 m³。	取水口位于本工程坝址下游约 180km 处	水库调度运行及对下泄流量的控制	满足滇中引水工程取水要求
	集中式取水口	奔子栏水电站坝址至石鼓段金沙江干流共设有 20 处取水设施，总取水量约 6.31 m³/s。	取水口位于坝址至石鼓断面	水库调度运行及对下泄流量的控制	满足取水口取水要求
生态环境	云南省三江并流世界自然遗产地	三江并流世界遗产地及缓冲区面积为 177.65 万 hm²，其中遗产地面积为 96.01 万 hm²，缓冲区面积 81.64 万 hm²(含生物廊道 21.50 万 hm²)，分为白马—梅里雪山片区、哈巴雪山片区、老君山片区等 8 个独立片区	工程不涉及三江并流遗产地，但涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区面积 1021.0652hm²	/	减少工程对遗产地沿线景观、生态、地质地貌的影响
	云南白马雪山国家级自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地	位于云南省迪庆州德钦和维西县境内，范围为 27°25'~28°36'N、98°47'~99°21'E 之间，调整后总面积为 282106hm²，其中核心区面积为 115663.46hm²，缓冲区为 47958.02hm²，实验区为 118484.52hm²。自然保护地整合优化后总面积 281699.85hm²，其中核心保护区 187976.11hm²，一般控制区 93723.74hm²。主要保护对象为国家一级保护动物滇金丝猴及其栖息地——多种冷杉属树种为优势的寒温性针叶林生态系统。栖息地范围同保护区范围一致。	根据 2018 年国务院批复保护区范围，工程涉及保护区实验区 996.88hm²，占保护区总面积的 0.34%，其中永久占地 971.89 hm²、临时用地 24.99 hm²；工程不涉及整合优化后的白马雪山自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地，枢纽工程与其区界最近直线距离 0.04km，淹没线与边界最近距离 0.16km	/	控制施工范围，避免影响保护区内的生态系统稳定性和生物多样性

表 1.7(续)

环境要素	保护目标	规模及特性	区位关系	主要影响源	保护要求
生态环境	四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地	位于四川省甘孜州得荣县境内、金沙江左岸，总面积为 23693hm ² ，其中核心区 11670.80hm ² ，缓冲区 7387.20hm ² ，实验区 4635.00hm ² 。整合优化后保护区总面积 22492.01hm ² ，其中核心保护区 18110.59hm ² ，一般控制区 4381.42hm ² 。该保护区属生态公益性自然保护区，主要保护对象是森林生态系统和林麝、岩羊等偶蹄类珍稀动物。栖息地范围同保护区范围一致。	电站坝址不涉及该保护区，运营期尾水将淹没部分四川下拥省级自然保护区实验区(82.74hm ²)，复建道路部分穿越保护区实验区(26.8hm ²)；工程不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地，工程布置与其区界最近直线距离 0.15km。	/	
生态环境	四川太阳谷省级风景名胜区	位于四川省甘孜州得荣县，风景区总面积 428.14 平方公里，地理坐标介于东经 99°15'43.234"-99°34'14.333"，北纬 28°21'41.325"-28°46'22.619"之间，涉及得荣县古学乡、奔都乡、八日乡。风景区核心景区总面积 174.79 平方公里，占风景区总面积的 40.83%。	工程不涉及太阳谷风景名胜區，工程布置与其最近直线距离为 61m。	/	控制施工范围
	生态保护红线	/	工程不涉及生态保护红线，工程复建道路与生态保护红线最近距离为 4.73m	/	控制施工范围
	重要景点	重要景点有金沙江第一湾、“三壁夹两江”、毛屋大峡谷、罗尼神山等；金沙江干流上库尾河段左岸徐龙乡宗绒村境内有宗绒温泉；下游有虎跳峡峡谷。	工程坝址位于罗尼神山处，库区涉及“三壁夹两江”，下泄流量影响虎跳峡峡谷观感	水文情势变化	控制施工范围、保障生态流量下泄
	永久基本农田	工程共占用永久基本农田 74.69hm ² ，其中占用迪庆州 68.83hm ² ，占用甘孜州 5.86hm ²	工程占地范围	工程占用	补划基本农田，确保永久基本农田补足补优

表 1.7(续)

环境要素	保护目标		规模及特性	区位关系	主要影响源	保护要求
生态环境	珍稀保护鱼类	细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤 2 种	国家二级保护鱼类	在工程河段及支流有分布	大坝阻隔、水文情势变化、水质、水温变化等	保持一定的种群数量，避免在工程河段绝迹
		硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡 3 种	四川省保护鱼类			
		细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、黄石爬鮡、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中甸叶须鱼 8 种	列入《中国生物多样性红色名录》的鱼类			
		戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼 14 种	长江上游特有鱼类			
生态环境	鱼类重要生境	裂腹鱼类产卵场	干流奔子栏至冈曲汇口长约 16km、干流支巴洛河汇口江段、其宗~石鼓江段；支流波密乡上游 1.5km、白兰斗村上游 3km、定波乡下游 9.6km、正斗乡下游 19km、得荣汇口以上支流、古学、许曲汇口，冈曲汇口以上支流共 11 个	奔子栏水电站与上、下游梯级联合调度运行影响	水文情势、水温等变化对生境条件产生影响	保护鱼类产卵繁殖基本的生境条件
		鮡科鱼类产卵场	干流冈曲汇口江段、支流定曲亭子村下游 2.8km、定曲河口共 3 个。			
		产漂流性卵鱼类产卵场(中华金沙鳅)	黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村共 4 个			
	栖息地保护河段		定曲干流 98km 河段(得荣段)			

表 1.7(续)

环境要素	保护目标			规模及特性	区位关系	主要影响源	保护要求
生态环境	珍稀保护陆生动物	鸟类	金雕、秃鹫、胡兀鹫、斑尾榛鸡、黄喉雉鹑 5 种	国家一级保护动物	栖息地主要位于海拔较高处森林中，但活动范围可能涉及施工区和淹没区	施工干扰、水库淹没压缩鸟类活动范围水库淹没	避免影响其栖息、繁殖，减缓对其飞行、觅食的影响
			普通鵟、红隼、灰背隼、白马鸡等 15 种	国家二级保护动物			
		哺乳类	林麝、大灵猫、金钱豹、云豹、豺 5 种	国家一级保护动物	水库淹没少量适宜珍稀保护动物活动的栖息地	施工干扰、水库淹没对其影响	尽可能避免种群数量减少
			猕猴、豺、水獭、小熊猫、岩羊等 14 种	国家二级保护动物			
			赤鹿、果子狸、猪獾、狗獾 4 种	云南省级重点保护野生动物			
		爬行类	金江壁虎	局域分布种			
	珍稀保护植物	西藏红豆杉		国家一级保护植物	距淹没区>1km	不受水库淹没和工程施工影响	避免施工涉及其生境
		金铁锁、光核桃、圣地红景天、冬麻豆、西南手参、独蒜兰、疙瘩七、滇牡丹、金荞麦 9 种		国家二级保护植物	主要分布于工程河段两岸海拔 2700m~3100m 之间	基本不受水库淹没和工程施工影响	避免施工涉及其生境
		异叶薯蓣、三角叶薯蓣、滇西山楂等 21 种		红色名录	主要分布于工程河段两岸海拔 2700m~3100m 之间	基本不受水库淹没和工程施工影响	避免施工涉及其生境
	重要植物	胡桃 4 株		古树	下拥村、必拥村、瓦卡镇	与工程距离分别为 0.65km、0.35km、15km	避免施工影响
		错枝榄仁和川犀草 2 种		区域分布植物	分布于淹没区外	受水库淹没和工程施工影响	避免施工影响

表 1.7(续)

环境要素	保护目标	规模及特性	区位关系	主要影响源	保护要求
大气和声环境	曲支村、阿洛共、甲学、森恩居民点	曲支村、阿洛共居民点、甲学居民点均需搬迁	阿洛共位于阿洛共综合场平东面 100~300m 之间，甲学位于金沙江大桥附近的河道左岸、甲学弃合场平场区及周围 300m 内；森恩位于①号施工生活办公营地及水厂对岸 500m 内、场内交通主干道 G215 北面	施工噪声、粉尘，电站运行噪声	大气和声环境质量满足相应标准要求
社会环境	搬迁安置移民	规划水平年搬迁安置人口 1646 人，生产安置人口 2186 人	部分受枢纽工程区建设征地和水库淹没影响，需实施搬迁；工程建设将征占用部分耕地、林地	水库淹没和枢纽工程建设征地引起的征地拆迁	收入和生活水平不低于现状水平
	生产安置移民				
	古学水电站	位于金沙江一级支流定曲上，为引水式电站，坝址位于藏色桥上游约 1.52km 处，厂址位于定曲左岸卡日贡村上游 350m 处一级阶地上，正常蓄水位 2270.00m，相应库容 19.5 万 m ³ ，电站装机容量 90MW，多年平均年发电量 3.88 亿 kW·h；水电站厂房尾水常水位 2114m。	定曲上回水末端位于古学水电站厂房和坝址之间	电站厂房将被淹没	按相关政策和文件协商处理
	去学水电站	位于金沙江一级支流定曲上，为引水式电站，坝址位于藏色桥上游约 1.52km 处，厂址位于定曲左岸卡日贡村上游 350m 处一级阶地上，正常蓄水位 2270.00m，相应库容 19.5 万 m ³ ，电站装机容量 90MW，多年平均年发电量 3.88 亿 kW·h；水电站厂房尾水常水位 2114m。	许曲河上回水末端位于去学水电站厂房和坝址之间		

1.8 评价水平年

现状评价水平年为 2023 年~2025 年，并注重对历史资料及近期调查资料的利用；施工期环境影响预测水平年为施工高峰年，运行期评价水平年为运行期的第三年。

1.9 评价工作程序

本工程环境影响评价工作程序见图 1.9。

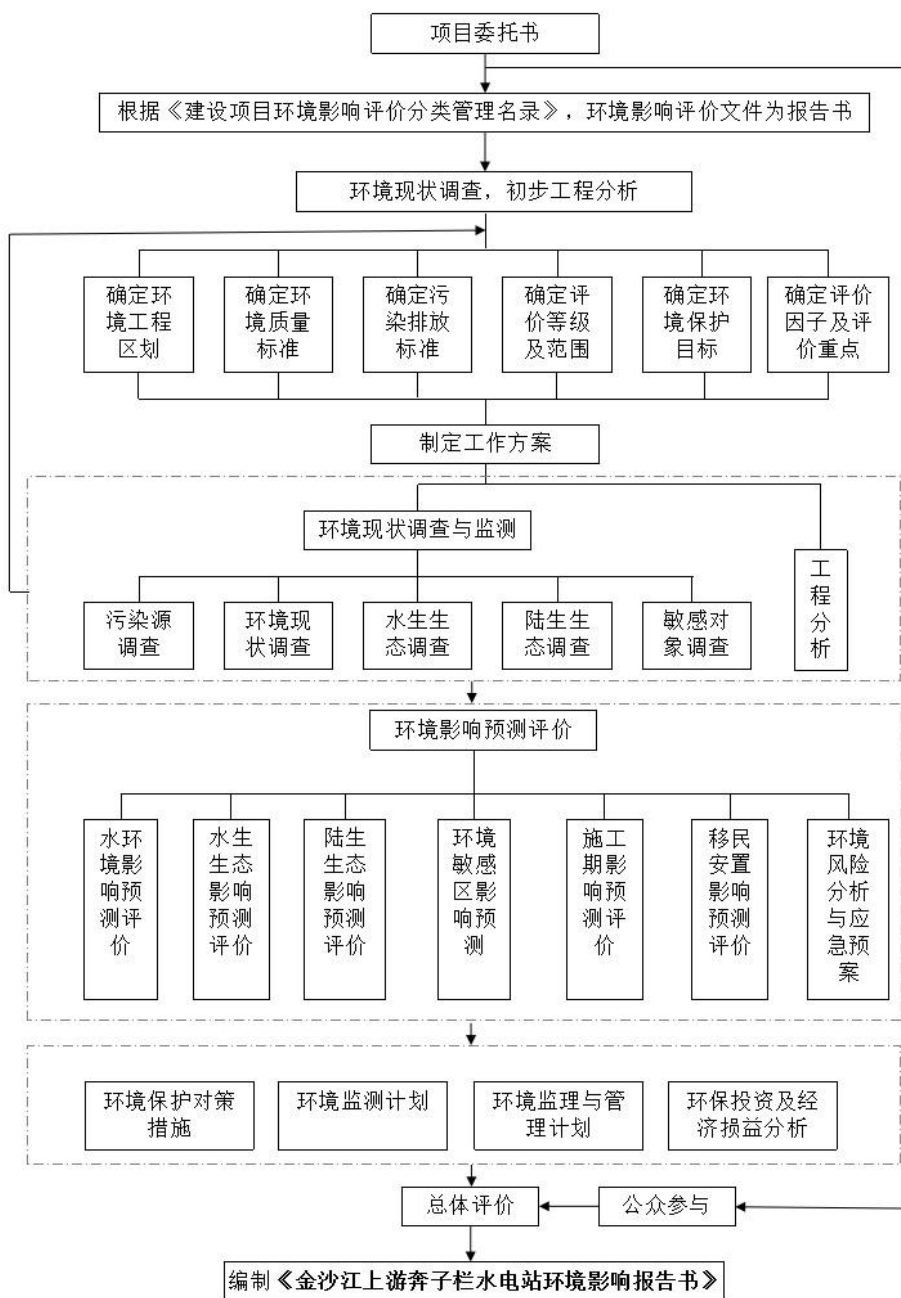


图 1.9 金沙江上游奔子栏水电站环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 流域规划及其开发利用情况

2.1.1 流域概况

金沙江为长江上游河段，其主源沱沱河发源于青藏高原唐古拉山脉主峰各拉丹东雪山西南侧。沱沱河由南向北出唐古拉山后折向东流，右岸汇入当曲后称通天河。通天河流至青海玉树附近汇入巴塘河后称金沙江。金沙江流经青、藏、川、滇四省(区)至四川宜宾与岷江汇合后始称长江。

金沙江流经青、藏、川、滇 4 省(区)，流域形状为自西北流向东南的狭长条形，从河源至宜宾全长 3479km，天然落差 5100m；宜宾以上流域面积 47.32 万 km²，约占长江流域面积的 26%；多年平均流量 4920m³/s，多年平均径流量 1550 亿 m³，约占长江宜昌站来水量的 1/3。

金沙江干流玉树至宜宾河段全长 2326km，落差 3280m，习惯上将其分为上、中、下 3 段。玉树(巴塘河口)至石鼓为上游河段，石鼓至雅砻江口(渡口)为中游河段，雅砻江口至宜宾为下游河段。金沙江上游河段流域面积 7.65 万 km²，河段长 974km，落差约 1715m，河道平均比降 1.76‰，主要支流左岸有赠曲、欧曲、玛曲、定曲，右岸有藏曲、热曲、丹达曲等。金沙江上段流域水系见附图 2。

2.1.2 长江流域综合规划概述

2012 年 12 月，国务院以国函〔2012〕220 号文批复了《长江流域综合规划(2012~2030 年)》(以下简称《长流规》)，《长流规》提出长江干流治理开发与保护的任为防洪、供水与灌溉、发电、航运、水资源保护、水生态环境保护、河道治理、岸线利用和洲滩及江砂控制利用等，金沙江河段治理开发与保护的主要任为发电、供水与灌溉、防洪、航运、水资源保护、水生态环境保护和水土保持。金沙江上游河段开发方案为西绒(东就拉)—晒拉—果通—岗托(俄南)—岩比(白丘)—波罗—叶巴滩(降曲河口)—拉哇—巴塘—苏洼龙(王大龙)—昌波—旭龙—奔子栏等 13 级。《长流规》要求：“下阶段应在协调好开发与保护关系的前提下，进一步研究落实梯级电站建设方案。结合云南省、四川省经济社会发展需要，综合考虑滇中引水、虎跳峡河段开发方式、生态环境保护要求，进一步论证奔子栏梯级的可行性。”

国函〔2012〕220 号文要求：“规划实施要以邓小平理论、‘三个代表’重要思

想、科学发展观为指导，认真贯彻落实《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》(中发〔2011〕220号)精神，以完善流域防洪减灾、水资源综合利用、水资源与水生态环境保护、流域综合管理体系为目标，坚持全面规划、统筹兼顾、标本兼治、综合治理，注重科学治水、依法治水，处理好兴利与除害、开发与保护、上下游、左右岸、干支流等关系，充分发挥长江的多种功能和综合利用效益，为实现经济持续健康发展和社会和谐稳定提供有力支撑。加强以三峡水库为核心的干支流控制性水利水电工程联合调度，协调好防洪与水资源综合利用、水生态环境保护的关系，提高流域抗御特大洪水灾害的能力。在保护生态环境和移民合法权益的前提下，合理有序开发水能资源。大力发展航运，完善现代化长江水运格局。”

2.1.3 流域水电规划及开发利用情况

2.1.3.1 金沙江上游水电规划

2011年11月，国家发展改革委在北京召开了金沙江上游水电规划报告审查会，审查同意以岗托为龙头水库的13级电站作为流域梯级布局及资源规划方案，自上而下依次为西绒、晒拉、果通、岗托、岩比、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙、奔子栏，2012年7月，国家发展和改革委员会办公厅以“发改办能源〔2012〕2008号”文批复了该规划报告。

《金沙江上游水电规划报告审查意见》要求：“西绒、晒拉、果通、岩比、奔子栏等5个电站，应根据当地经济社会发展需要，依法适时开展有关研究论证工作。”“结合云南省、四川省经济社会发展需要，综合考虑滇中引水、虎跳峡河段开发方式、生态环境保护要求，进一步论证奔子栏梯级的可行性”。《国家发展改革委办公厅关于金沙江上游水电规划报告的批复》(发改办能源〔2012〕2008号)提出：“同意金沙江上游‘一库十三级’梯级布局及资源规划方案，即西绒、晒拉、果通、岩比、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙、奔子栏，规划总装机容量1392万千瓦，年均发电量642亿千瓦时；同意岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙作为规划实施方案；岗托、叶巴滩、拉哇、苏洼龙、巴塘、旭龙等6个电站为近期工程，深入研究波罗、昌波2个电站的环境影响及减免不利影响的对策措施，开展波罗、昌波电站前期工作，充分论证可行后实施。”“要统筹做好开发与保护的各项工作，将减少生态环境不利影响，促进流域生态建设作为水电开发的重要目标，继续深入论证并落实审查意见提出的相关要求，提出切实

可行的环保措施。”

《金上规划环评》提出：“奔子栏梯级涉及四川省下拥自然保护区实验区、云南白马雪山国家级自然保护区叶日、达日缓冲区和滇中调水水源方案比选，今后进一步论证，暂不纳入实施方案。”“西绒、晒拉、果通、奔子栏、岩比 5 个梯级由于涉及敏感生态问题暂不纳入实施方案，未来应根据国家能源发展战略要求，在充分论证其开发必要性和环境合理性的前提下确定是否开发。”《关于〈金沙江上游水电规划环境影响报告书〉的审查意见》提出：“建议对波罗、昌波 2 个梯级继续深入论证，提出有效可行的生态环境影响减缓措施，充分论证可行后实施。”“同意《报告书》提出的将西绒、晒拉、果通、岩比、奔子栏等 5 个梯级不列入本轮规划的实施方案。”“在规划实施过程中，应根据对流域生态环境的监测监控结果，适时进行环境影响跟踪评价，进一步提出规划实施方案的优化建议，进一步完善生态环境保护的对策措施，并在规划实施过程中落实。”

2.1.3.2 波罗、昌波梯级深入论证

2021 年 4 月，水电总院编制完成《波罗、昌波论证报告》，同月生态环境部环境工程评估中心在北京组织召开《波罗、昌波论证报告》咨询会。7 月，生态环境部环境影响评价与排放管理司以环评函〔2021〕89 号文出具了《关于金沙江上游规划实施波罗、昌波水电梯级流域环境影响重要问题深入论证报告有关意见的函》。提出“从环境影响角度，原则同意将波罗、昌波水电站纳入金沙江上游水电规划实施方案。”

2.1.3.3 规划实施方案调整

2023 年 10 月，国家能源局印发《国家能源局综合司关于开展金沙江上游水电规划实施方案调整论证工作的复函》，要求云南省能源局组织项目单位抓紧开展金沙江上游水电规划实施方案调整论证工作，重点开展环境影响评价相关研究。受云南省能源局委托，水电总院牵头组织开展规划实施方案调整论证及环境影响评价相关工作。

a) 规划实施方案调整

2025 年 5 月 13~14 日，水电总院在北京召开《金沙江上游水电规划实施方案调整》技术审查会，《金上规划调整》通过技术审查。

《金上规划调整》提出“从环境保护、水能资源合理利用、建设条件和工程经济

性等方面综合分析，奔子栏水电站工程方案可行，经济指标优越，环境制约因素已经解除，且已获得国家相关政策规划支持，推荐纳入金沙江上游水电规划实施方案。奔子栏梯级仍推荐中坝址，正常蓄水位 2148m，与规划阶段保持一致；死水位从规划阶段的 2100m 抬高至 2138m，装机容量增大至 2600MW；水库调节库容相应从 10.07 亿 m^3 减小至 2.46 亿 m^3 ，调节性能从季调节变为日调节。”

技术审查意见“同意奔子栏水电站纳入规划实施方案。原规划未纳入实施方案的 5 座水电站中，奔子栏水电站建设面临的环境法律制约因素已解除，工程建设方案可行，经济指标优越，社会经济效益显著，电站建设符合国家相关法律法规、能源政策和发展规划，同意将奔子栏水电站调整纳入金沙江上游水电规划实施方案，尽快开发。……基本同意奔子栏水电站正常蓄水位维持原规划的 2148m，装机容量由原规划的 1880MW 调整至 2600MW”。

b) 规划实施方案调整环评

2025 年 5 月 9~10 日，生态环境部环境影响评价与排放管理司组织在云南省德钦县召开《金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书》审查会，《金上规划调整环评》顺利通过审查并取得审查意见(环审〔2025〕58 号)。

《金上规划调整环评》提出：“随着自然保护地整合优化基本完成、滇中引水工程开工和虎跳峡河段开发方案确定，奔子栏水电站面临的外部制约因素已经解除；奔子栏水电站是国家“十四五”规划 102 项重大工程项目、国家“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目、2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议推荐的重大基础设施建设项目，对国家实现“双碳”目标和新型电力系统建设的支撑作用明显，有必要调整纳入规划实施方案。”并对奔子栏项目环评提出明确“1) 深入开展工程规模、工程布置方案比选及环境合理性论证工作。重视并深化坝址比选、水库特征水位选择、装机容量选择、施工总布置方案、水库淹没生态影响评价等内容。2) 深入分析论证调节性能变化和装机容量增大带来的水文情势、水温影响变化，以及对鱼类及其重要生境的影响变化。3) 深入开展分层取水设施改进研究，尽可能提升水温影响减缓效果。4) 以定曲干流、旭龙库区的丹达曲为重点，研究制定鱼类栖息地保护措施。5) 专题论证电站下泄不稳定流对虎跳峡景观流量的不利影响，完善和细化生态流量及过程。6) 鉴于目前自然保护地整合优化调整尚未获得国务院批复，项目环评阶段应进一步分析与《中华人民共和国自然保护区条例》等的

相符性；应当深入论证项目建设对周边生态敏感区及其保护对象可能产生的影响。7) 应将坝址处年内生态流量过程要求、水温影响减缓、水库生态调度、鱼类栖息地保护、增殖放流、过鱼设施等措施作为项目环境影响评价的刚性约束条件。”

《关于<金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书>的审查意见》(环审〔2025〕58号)明确“《规划实施方案调整》在维持原规划岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙等8个梯级的基础上，新增奔子栏梯级纳入规划实施方案……与原规划相比，奔子栏梯级死水位由2100米抬升至2138米，总库容复核为13.2亿立方米，调节库容由10.07亿立方米减少至2.46亿立方米，调节性能由季调节变为日调节，装机容量由1880兆瓦增加至2600兆瓦。”并对后续实施项目环评要求“《规划实施方案调整》所包含的建设项目在开展环境影响评价时，应符合并落实规划环评要求，结合后续生态环境本底调查和生态环境相关专题研究进展，在落实流域系统性、整体性保护、治理、修复要求基础上，深入论证项目建设可能产生的水文情势、水生生态、陆生生态、生态环境敏感区、珍稀濒危保护和特有物种及其生境的影响，专题论证对虎跳峡景观的不利影响，完善和细化生态流量及泄放过程。探索开展水电开发温室气体排放核算和适应气候变化评价，研究进一步优化工程方案，严格生态环境转入要求，制定切实可行的生态保护、补偿方案，预防或者减轻项目实施可能产生的不利环境影响。规划符合性分析等内容可适当简化。”

2.1.3.4 金沙江上游水电开发现状

根据《金上规划环评》、《金上波罗、昌波论证报告》、环审〔2011〕243号文、环评函〔2021〕89号文，纳入金沙江上游水电规划实施方案的8个梯级电站中，苏洼龙水电站已建成，叶巴滩、拉哇、巴塘、昌波、旭龙等5个梯级电站正在建设，岗托、波罗正在开展可研阶段设计工作。除旭龙水电站由国家能源集团金沙江旭龙水电有限公司(以下简称国能旭龙公司)负责建设外，其余梯级均由华电金上公司负责建设。

表 2.1.3-1 金沙江上游水电规划梯级建设情况一览表

序号	名称	工程进展情况
1	岗托	正在可研设计
2	波罗	2024年8月项目环评取得批复

表 2.1.3-1 （续）

3	叶巴滩	2016 年 4 月环评批复，2016 年 11 月核准；2017 年 6 月开工，2019 年 3 月截流，计划 2026 年机组全部投产发电
4	拉哇	2017 年 11 月环评批复，2019 年 1 月核准；2020 年 1 月开工，2021 年 11 月截流，计划 2028 年机组全部投产发电
5	巴塘	2017 年 3 月环评批复，2017 年 10 月核准；2018 年 3 月开工，2020 年 12 月截流，2023 年 11 月完成蓄水阶段环保验收，计划 2025 年全部机组投运
6	苏洼龙	2015 年 3 月环评批复，2015 年 11 月核准；2016 年 4 月开工，2017 年 11 月截流，2021 年 9 月蓄水，2022 年 11 月机组全部投产发电，2023 年 12 月完成竣工环境保护验收
7	昌波	2022 年 9 月环评批复，2023 年 5 月核准；2023 年 9 月开工
8	旭龙	2020 年 8 月环评批复，2022 年 6 月核准；2022 年 9 月开工，2023 年 11 月截流

a) 岗托水电站

岗托水电站为金沙江上游水电规划推荐实施方案的龙头水库，具有水库库容大、控制性好的特点，可对金沙江上游河段径流进行较好调节。岗托水电站坝址距德格色曲河口约 9km，左岸为四川省德格县，右岸为西藏自治区江达县。电站正常蓄水位 3215m，水库具有年调节性能，开发方式为坝式开发，坝高 229m，规划阶段装机容量 1100MW。2018 年 12 月，岗托水电站预可行性研究报告通过水电总院组织的技术审查。目前，电站正处于可研阶段。

b) 波罗水电站

波罗水电站坝址左岸为四川省甘孜藏族自治州白玉县，右岸为西藏自治区昌都市江达县。电站开发任务以发电为主，并促进地方经济社会发展。电站采用坝式开发，总装机容量 960MW，联合运行时的多年平均年发电量 44.01 亿 kW·h。工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等组成。挡水建筑物为碾压混凝土重力坝，最大坝高 134m。水库正常蓄水位 2989m，对应库容 6.22 亿 m³，死水位 2984m，具有日调节性能。2018 年 10 月，波罗水电站预可行性研究报告通过水电总院组织的技术审查；2024 年 8 月，生态环境部以环审〔2024〕82 号文批复了波罗水电站环境影响报告书。

c) 叶巴滩水电站

叶巴滩水电站坝址左岸为四川省甘孜藏族自治州白玉县，右岸为西藏自治区昌都市江达县，上游距规划的岗托水电站约 183km，下游距规划的拉哇水电站约 87km。电站坝址处控制流域面积 173484km²，多年平均流量 847m³/s。工程开发任务以发电为主，总装机容量 2300MW(4×525MW+1×200MW)，联合运行时，多年平

均年发电量 102.98 亿 kW·h。工程采用堤坝式开发，最大坝高 217m，枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统和过鱼设施等组成。挡水建筑物为混凝土双曲拱坝，泄水建筑物包括泄洪表孔、深孔和生态泄水设施等。上游岗托水电站建成前，水库正常蓄水位 2889m，死水位 2855m，正常蓄水位库容 10.8 亿 m³，调节库容 5.37 亿 m³，具有季调节性能；岗托水电站建成后，水库联合运行低水位为 2884m，按日、周调节方式运行。

2016 年 4 月，原环境保护部以环审〔2016〕56 号文批复了叶巴滩水电站环境影响报告书。2016 年 11 月，国家发展改革委以发改能源〔2016〕2368 号文核准叶巴滩水电站。电站于 2017 年 6 月开工建设，2019 年 3 月实现大江截流，计划 2025 年首台机组投产发电，2026 年机组全部投产发电，2026 年工程竣工。

d) 拉哇水电站

拉哇水电站坝址位于四川省甘孜州巴塘县拉哇乡拉哇沟以上 400m 处，左岸为四川省甘孜州，右岸为西藏自治区昌都市。电站为一等大(1)型工程，开发任务以发电为主，并促进地方社会经济发展。采用堤坝式开发，坝址控制流域面积 176027km²，多年平均流量 878m³/s。工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等组成。挡水建筑物为混凝土面板堆石坝，最大坝高 234m。水库校核洪水位为 2706.82m，总库容为 24.67 亿 m³；设计洪水与正常蓄水位均为 2702.00m，相应库容 23.14 亿 m³；死水位 2672.00m，相应库容为 14.9 亿 m³；调节库容 8.24 亿 m³，具有季调节能力。安装 4 台单机 500MW 混流式水轮发电机组，总装机容量 2000MW，多年平均年发电量 84.24/90.89 亿 kW·h(岗托投入前/后)，年发电利用小时 4212h/4545h(岗托投入前/后)。其上游岗托水电站建成后，拉哇水电站按照日调节方式运行，联合运行低水位为 2697m，水库月均水位基本维持在 2699.5m。

2017 年 11 月，原环境保护部以环审〔2017〕162 号文批复了拉哇水电站环境影响报告书。2019 年 1 月，国家发展改革委以发改能源〔2019〕20 号文核准拉哇水电站。电站主体工程于 2020 年 1 月开工建设，2021 年 11 月大江截流，计划 2028 年 1 月首台机组投产发电，2028 年 6 月年机组全部投产发电，2028 年底工程竣工。

e) 巴塘水电站

巴塘水电站坝址位于四川省甘孜州巴塘县巴楚河口上游 0.66km 处，左岸为四川省甘孜州，右岸为西藏自治区昌都市。电站为二等大(2)型工程，开发任务以发电为

主，采用堤坝式开发，装机容量 750MW。工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统等组成。挡水建筑物为沥青混凝土心墙堆石坝，最大坝高 69m。水库正常蓄水位 2545m，对应库容 1.28 亿 m^3 ，死水位 2540m，总库容 1.41 亿 m^3 ，调节库容 0.2125 亿 m^3 ，具有日调节性能。

2017 年 3 月，原环境保护部以环审〔2017〕28 号文批复了巴塘水电站环境影响报告书。2017 年 10 月，国家发展改革委以发改能源〔2017〕1837 号文核准巴塘水电站。电站主体工程于 2018 年 3 月正式开工建设，2020 年 12 月大江截流，2023 年 11 月导流洞下闸，同月通过蓄水阶段环境保护验收，2024 年 5 月正式蓄水，2025 年 5 月首台机组发电。

f) 苏洼龙水电站

苏洼龙水电站坝址左岸为四川省甘孜藏族自治州巴塘县，右岸为西藏自治区昌都市芒康县，上游距规划的巴塘水电站约 65km，下游距规划的昌波水电站约 17km。坝址处控制流域面积 183825 km^2 ，多年平均流量 938 m^3/s 。工程开发任务以发电为主，总装机容量 1200MW，多年平均年发电量 54.26 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。工程采用堤坝式开发，水库正常蓄水位 2475m，相应库容 6.38 亿 m^3 ，死水位 2471m，调节库容 0.72 亿 m^3 ，具有日调节能力。工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统和过鱼设施等组成。挡水建筑物为沥青混凝土心墙堆石坝，最大坝高 112m，泄水建筑物包括溢洪道、泄洪洞和生态泄水设施等。采用鱼道+升鱼机上行和集运鱼系统下行过鱼方案；新建 1 座鱼类增殖放流站，主要服务于巴塘、苏洼龙、昌波 3 个梯级。

2015 年 3 月，原环境保护部以环审〔2015〕77 号文批复了苏洼龙水电站环境影响报告书。2015 年 11 月，国家发展改革委以发改能源〔2015〕2571 号文核准苏洼龙水电站。电站于 2016 年 4 月开工建设，2017 年 11 月大江截流，2021 年 9 月下闸蓄水，2022 年 7 月首台机组发电，2022 年 11 月底机组全部投产发电。2023 年 12 月，通过竣工环境保护验收。

g) 昌波水电站

昌波水电站坝址位于巴塘县苏洼龙乡王大龙村上游约 2.5km 处，电站开发任务以发电为主，并促进地区经济社会发展。工程采用混合式开发，坝址处控制流域面积 184436 km^2 ，多年平均流量为 948 m^3/s ，水库正常蓄水位 2387.00m，相应库容

0.167 亿 m^3 ，调节库容 0.081 亿 m^3 ，为径流式电站，减水河段长约 12.5km。电站装机容量 826MW(其中引水式电站 740MW，河床式电站 86MW)，年发电量(联合运行)44.68 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ (其中引水式电站装机 41.45 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，河床式电站 3.23 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$)。昌波水电站枢纽布局为王大龙坝址首部枢纽(左岸河床式厂房+左岸鱼道+泄洪闸+右岸非溢流坝段+右岸非常泄洪洞)+左岸引水发电系统(岸塔式进水口+引水隧洞+独立布置调压室+莫曲河口地下厂房)。混凝土闸坝坝顶高程 2390.00m，最大坝高 38m，属二等大(2)型工程。

2022 年 9 月，生态环境部以环审〔2022〕151 号文批复了昌波水电站环境影响报告书。2023 年 5 月，昌波水电站项目取得国家发展和改革委员会核准批复。电站于 2023 年 9 月开工建设。

h) 旭龙水电站

旭龙水电站坝址左岸为四川省得荣县徐龙乡，右岸为云南省德钦县羊拉乡。工程开发任务以发电为主，并促进地区经济社会发展。坝址多年平均流量 $990\text{m}^3/\text{s}$ ，多年平均径流量 313 亿 m^3 。水库正常蓄水位 2302m，相应库容 7.81 亿 m^3 ，死水位 2294m，调节库容 1.26 亿 m^3 ，总库容 8.47 亿 m^3 ，具有日调节能力；水库正常蓄水位回水长度 62.36km，回水至莫曲河口昌波梯级引水式发电厂房处。装机容量 2400MW，联合运行时多年平均年发电量约 103.19 亿 kWh ，水库调节性能为日调节。枢纽工程由混凝土双曲拱坝、泄水建筑物、右岸地下引水发电系统、过鱼设施以及水温减缓设施等组成，混凝土双曲拱坝最大坝高 213m。采用升鱼机系统过鱼方案，新建 1 座鱼类增殖放流站。

2020 年 8 月，生态环境部以环审〔2020〕98 号文批复了旭龙水电站环境影响报告书。2022 年 6 月，国家发展改革委以发改能源〔2022〕869 号文核准旭龙水电站。电站于 2022 年 9 月开工建设，2023 年 11 月大江截流。

2.1.3.5 主要支流水电开发现状

奔子栏水电站评价区内的主要支流有：定曲、冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河和丹达曲。

a) 定曲

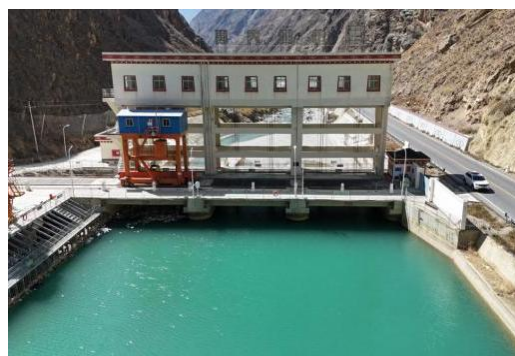
定曲是金沙江上段左岸一级支流，发源于理塘县沙鲁里山主峰格聂山西麓，自北向南流，经理塘、巴塘、乡城、得荣四县，在得荣县奔都桥左纳玛依河，于古学

大桥与最大支流许曲河汇合，在古学以下汇入金沙江。定曲流经得荣县城松麦镇，故又称松麦河，其河道全长约 226km，流域面积 12213km²。支流主要位于左岸，较大的有玛曲、许曲等。2004 年 12 月，四川省内江水利电力建筑勘察设计研究院编制了《四川省定曲河干流乡城、得荣段水电规划报告》，推荐规划河段采用 8 级(乡城 3 级、得荣 5 级)开发，梯级电站自上而下依次为松多、正斗、水若、门扎、扎杂、得荣、奔都、古学，利用落差 1026m，总装机容量 273MW，年发电量 13.65 亿 kW·h。目前，定曲已建成鱼根电站(装机 1.1MW)和古学水电站(装机 90MW)。

定曲支流许曲(即硕曲)。2005 年 3 月，四川省发展改革委、水利厅以川发改能源〔2005〕147 号文批复了《四川省许曲河干流乡城、得荣段水电规划报告(修订本)》，同意许曲乡城、得荣段以“一库六级”进行开发，其中乡城境内从上至下规划有古瓦、娘拥、乡城、洞松、格龙五个梯级，总装机容量 477MW，多年平均年发电量 23.26 亿 kW·h(联合运行)；得荣县河段规划一级去学电站，装机 120MW，年发电量 6.07 亿 kWh。许曲已建有古瓦、娘拥、乡城、洞松、去学 5 个水电站。

定曲支流玛曲(玛依河)。玛曲德荣段规划有两座小水电，上游梯级为指导电站(未建)，河口附近为通仁电站。通仁电站 2008 年 1 月 1 日建成投产，装机 6.4MW，采用低坝径流引水式开发，坝址距离玛曲出口处约 2km，经右岸引水至下游厂房，厂房位于定曲河和玛依河交汇口上游约 300m 的玛依河右岸。电站以发电为主，兼顾下游生态环境用水要求，无调节性能。

定曲已建成鱼根电站和古学水电站，鱼根目前已废弃。



古学电站



鱼根电站

b) 冈曲

冈曲又名交界河，发源于格咱乡冈波亚雪山西坡。上游称翁水河，流经翁水、永满，到纳格拉始称冈曲河，再经巴拉、水庄，至尼西乡上桥往南从左岸汇入金沙江。河长 98km，流域面积 2664km²。多年平均流量 43.7m³/s，水能理论蕴藏量达 62.95 万 KW。河流上游位于巴拉格宗景区内，生态环境良好。河流除下游建有小型引水电站格咱河电站外，基本处于未开发状态。格咱河电站由于 2013 年地震破坏，目前已废弃。已建有冈曲一级电站，为引水式电站，电站装机 60MW。



格咱河水电站

c) 支巴洛河

金沙江右岸支流，又名朱巴洛河，位于云南省德钦县。发源于白马雪山国家级自然保护区，向南流经拖顶乡转东，汇入金沙江。流域西隔云岭山脉与澜沧江相邻。流域面积 1880km²，河长 104.7m，落差 3127m，多年平均径流量 9.53 亿 m³。该支流是调查区域内较大支流，河流落差大，水量充沛，水流较急。河流已建有洛它、霞若、采贡、拖顶四个梯级，其中霞若水电站，为滚水坝、引水式开发。

d) 腊普河

金沙江右岸支流，位于云南省维西傈僳族自治县，地处三江并流区，西邻澜沧江。腊普河发源于永春乡犁地坪山，南北流向，于塔城向东汇入金沙江。流域面积 867km²，河长 74.2km，平均比降 14.2‰。在塔城乡设有塔城水文站，控制集水面积 724km²，测验河道水面宽 16.2~27.1m，实测多年平均流量 16.7m³/s。

据《维西县腊普河流域水能资源开发规划报告》，腊普河流域规划为七级开发，分别是锅底塘电站 1MW、双加马电站(4MW)、牙塘电站(6.4MW)、格登电站(12.6MW)、牙塘电站(14MW)、加母壳电站(12.6MW)、小河口电站(8MW)。腊普河上游在建拉多阁水库，已建有锅底塘、格登电站。

e) 冲江河

金沙江右岸支流，位于云南省玉龙纳西族自治县。冲江河发源于石头乡西南部，于石鼓镇东入金沙江。流域面积 1001km²，源地高程 4200m，河口高程 1820m，河长 53.6km。在石鼓镇设有来远桥水文站，距河口 3.2km，控制流域面积 995km²，测验河道水面宽 17.4~40.5m，实测多年平均流量 12.0m³/s。

在河流上游有石头水电站，为引水式开发，2009 年停产，废弃状态，厂房、管道等设施未拆除；中游河岸有池塘养殖，养殖品种有虹鳟等；下游石鼓镇附近有护坡护岸工程和修建滚水坝。

f) 硕多岗河

金沙江左岸支流，位于东经 99°39′~100°07′，北纬 27°10′~28°00′之间，发源于云南省迪庆藏族自治州香格里拉县的楚力措，流经属都、当持卡、坡谷、双桥、阿热、给那、宗丝、小中甸、吉沙、上桥头、螺丝湾等地，在香格里拉县虎跳峡镇下游汇入金沙江。河流全长 153.32km，流域面积 1966.2km²，河口多年平均流量 30.4m³/s，总落差 2100m，平均比降 13.7‰。水能理论蕴藏量 35.2 万 KW。其中吉沙至河口河段长约 50km，落差 1300m，平均比降 26‰，是落差最为集中的河段。

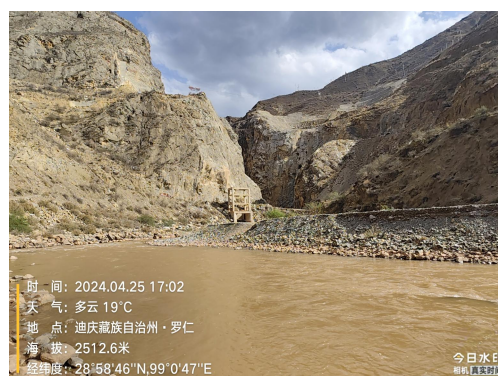
截至目前，硕多岗河已建电站有东坡厂、螺丝河、冲江河一级、冲江河二级、花椒坡、俄迪一级、二级、吉沙坝等，均为引水式开发。中游建有小中甸水利枢纽。

f) 丹达曲

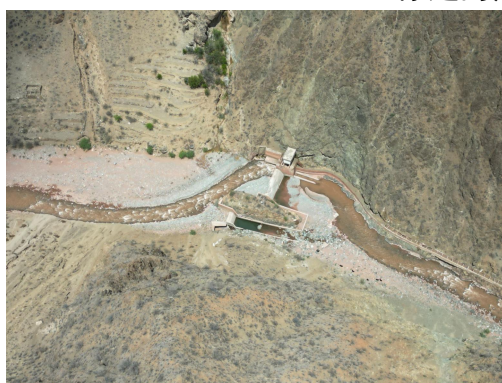
丹达曲上中游位于西藏昌都市芒康县境内，又名嘎托河，下游位于云南省迪庆州德钦县境内，于旭龙库区汇入金沙江，流域面积 1540km²，干流全长 144km，河

口多年平均流量 $32.55\text{m}^3/\text{s}$ 。西藏芒康县境内丹达曲源头区建有扎仓嘎水库，水库紧邻芒康县城北面，沥青心墙砂砾石坝最大坝高 46.5m ，总库容 1905.87万 m^3 ，正常蓄水位相应库容 1726.7万 m^3 ，死库容 602.2万 m^3 ，为Ⅲ等中型工程，功能为灌溉、供水。西藏自治区水利厅已批复嘎托河(西藏)综合规划，规划萨麦、卡布、门巴3级开发方案，均为无坝引水的径流式电站，由于河段靠近萨麦，涉及芒康滇金丝猴国家级自然保护区，规划期内均不安排开发。丹达曲在云南省境内规划有丹达河水电站，由云南省发展和改革委员会以《关于迪庆州德钦县丹达河水电站项目核准的批复》(云发改能源〔2008〕2428号)文批复建设。

丹达河水电站位于德钦县羊拉乡境内，为引水式电站，设计装机 100MW ；电站2009年开工建设，2013年已停建。此外，丹达曲下游段已建老丹达河电站，该电站坝址距河口约 15km ，引水渠长约 2km 。根据《迪庆州小水电清理整改电站清单》，老丹达河水电站属于退出类。截至2025年5月，老丹达河水电站坝址尚未拆除。



停建的丹达河电站



老丹达河电站

2.1.3.6 滇中引水工程建设进展

2015年4月，国家发展改革委以发改农经〔2015〕642号批复了《滇中引水

工程项目建议书》。2016 年 2 月，水利部审定《滇中引水工程可行性研究报告》，并以水规计〔2016〕65 号文向国家发展改革委报送了滇中引水工程可行性研究报告审查意见；同年 8 月，原环境保护部以环审〔2016〕115 号批复了滇中引水工程环境影响报告书；2017 年 4 月，国家发展改革委以发改农经〔2017〕687 号批复了《滇中引水工程可行性研究报告》。2017 年 12 月，滇中引水工程初步设计报告通过水利总院审查；2018 年 3 月，水利部以水许可决〔2018〕20 号批复了《滇中引水工程初步设计报告》。

根据《滇中引水工程初步设计报告》提出的主要指标为：本报告提出的滇中引水工程主要指标为：受水区包括丽江、大理、楚雄、昆明、玉溪及红河的 35 个县(市、区)，总面积 3.69 万 km²；工程多年平均引水量 34.03 亿 m³；石鼓泵站水泵最大提水净扬程 219.16m，装机 12 台(其中 2 台备用)，总装机功率为 480MW；输水工程石鼓渠首设计水位 2035m，渠首设计流量 135m³/s，总干渠自石鼓至红河新坡背总长 664km；工程建设总工期 96 个月，静态总投资 795.15 亿元(按 2017 年 2 季度价格水平估算)。

2017 年 8 月，滇中引水工程开工。水源工程中，已完成水源工程开挖、各类隧洞开挖 22.12km，转入混凝土浇筑和机电设备安装阶段；衬砌 9.14km，占衬砌总长的 61.63%。输水工程中，输水建筑物累计掘进 571.09km，占总长的 86.00%；衬砌 359.64km，占总长 54.16%。

2.1.4 流域水电开发环境影响回顾性评价

2.1.4.1 金上各梯级环评批复要求

表 2.1.4-1 金沙江上游已建、在建水电站主要环保措施要求一览表

措施分类	主要措施	规划环评要求	规划环评审查意见要求	波罗环评批复要求	叶巴滩环评批复	拉哇环评批复要求	巴塘环评批复要求	苏哇龙环评批复要求	昌波环评批复要求	旭龙环评批复要求
水环境	废污水处理	废水处理循环利用，禁止排向金沙江及附近支流	(1) 进一步完善生态流量、生态监测和生物多样性保护等对策措施，落实环境保护的相关要求；(2) 适时进行环境影响跟踪评价，进一步提出规划实施方案的优化建议，进一步完善生态环境保护的对策措施，并在规划实施过程中落实；(3) 《规划》中所包含的近期建设项目，在开展环境影响评价时，应遵循《报告书》提出的主要结论和生态环境保护对策措施。在明确建设项目生态环境保护目标的基础上，加强受水电开发项目影响的生态环境现状调查。重点评价项目实施产生的生态、社会等影响，深入评价对生态环境敏感区域的影响方式、范围、历时和程度。切实落实过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量等保护措施。	施工期污(废)水处理后综合利用，不得外排。	工程生产废水、生活污水应经收集处理后循环利用或回用，不得外排。	污废水达到相关标准后进行回用、综合利用或者排放。	废(污)水经处理后优先回用或综合利用，确需排放的应满足相关标准。	工程生产废水、生活污水应经收集处理后循环利用或回用，不得外排。	严格落实水环境保护措施。	严格落实水环境保护措施。
	下泄低温水减缓	岗托(高)、叶巴滩、拉哇及奔子栏梯级采取分层取水措施		在进水口前缘设置前置挡墙取水，下阶段进行水温模型试验，进一步优化水温影响减缓措施，设置库区、坝前及坝下水温在线监测系统。	落实水库水温分层取水工程措施，下阶段需细化叠梁门分层取水专项设计，进行水温模型试验，优化门高和叠梁门层数。	采用 12 层叠梁门分层取水方案，减缓低温水不利影响。	/	/		结合水工模型实验，进一步优化前置挡墙设计。
	气体过饱和	波罗、叶巴滩、拉哇等采取底孔泄洪、底流消能、梯级联合调度、生态调度等措施		/			/	/		/
	生态流量泄放	上游日调节电站分别泄放至少 22.4m³/s 和 42.5m³/s 生态流量，下阶段进一步确定生态流量，并落实保障措施		项目每年 10 月至翌年 2 月下泄生态流量不低于 104.9m³/s，鱼类繁殖期 3 月至 9 月下泄生态流量不低于 209.7m³/s，天然来流量不满足时，按照天然来流量下泄。在每年的 3 月、4 月、8 月和 9 月各开展一次不少于连续 15 天的生态调度，调度期间电站不进行日内调峰运行，按天然来流量下泄。	工程下泄生态流量不低于 132m³/s；在鱼类产卵期 3 月至 4 月、8 月至 9 月下泄流量分别不低于 272m³/s 和 405m³/s，期间每月各进行一次为期 10 天的生态调度过程，期间电站不进行日内调峰，按不低于上游来流量泄流。	初期蓄水保障下泄不低于 134m³/s 的生态流量。运行期，正常情况下通过电站承担基荷方式保障下游生态用水需求；在 3 月至 4 月、8 月至 9 月鱼类产卵繁殖高峰期，与上下游梯级每月开展一次为期 10 天的联合生态调度；	水电站在初期蓄水及运行期，下泄生态流量不低于 138m³/s，在 3 月至 5 月、8 月至 9 月，水电站对上游梯级电站进行反调节，日内不调峰。其中，在鱼类集中产卵的 3 月至 4 月和 8 月至 9 月，分别下泄生态流量不低于 277m³/s 和 413m³/s，且每月开展一次至少持续 10 天的生态调度	工程下泄生态流量不低于 152m³/s，初期蓄水通过导流洞和泄洪设施下泄生态流量,运行期正常工况下通过机组发电下泄生态流量，机组停运等情况下通过生态泄水设施下泄生态流量。其中，3 月中旬至 4 月、9 月分别进行 2 次、1 次为期 7 至 10 天的生态调度过程，期间按天然来流量泄流。	工程运行期，坝址每年 10 月至次年 2 月、5 月至 7 月下泄生态流量不低于 15m³/s；3 月至 4 月、8 月至 9 月下泄生态流量不低于 189.6m³/s。本工程与上游苏洼龙水电站实施联合生态调度，3 月中旬至 4 月实施 2 次生态调度，坝址下泄流量不低于入库流量的 60%，最小下泄流量不得低于 330.6m³/s；9 月实施 1 次生态调度，坝址下泄流量不低于入库流量的 50%，最小下泄流量不低于 379.2m³/s。	工程运行期，每年 10 月至次年 2 月下泄流量不低于 210m³/s，3 月至 4 月下泄流量不低于 317m³/s，当上游来流不足时按来流下泄；5 月至 7 月下泄流量不低于 280m³/s，8 月至 9 月下泄流量不低于 453m³/s；其中 3 月至 4 月、8 月至 9 月每月与上游电站联合开展一次至少持续 10 天的生态调度。

表 2.1.4-1(续)

措施分类	主要措施	规划环评要求	规划环评审查意见要求	波罗环评批复要求	叶巴滩环评批复	拉哇环评批复要求	巴塘环评批复要求	苏洼龙环评批复要求	昌波环评批复要求	旭龙环评批复要求
水生生态	栖息地保护	洛须保留河段＋支流赠曲下游河段＋支流藏曲下游河段＋巴塘保留河段＋支流定曲下游河段作为栖息地进行保护，晒拉、岩比梯级不纳入实施方案	(1) 进一步完善生态流量、生态监测和生物多样性保护等对策措施，落实环境保护的相关要求；(2) 适时进行环境影响跟踪评价，进一步提出规划实施方案的优化建议，进一步完善生态环境保护的对策措施，并在规划实施过程中落实；(3) 《规划》中所包含的近期建设项目，在开展环境影响评价时，应遵循《报告书》提出的主要结论和生态环境保护目标的基础上，加强受水电开发项目影响的生态环境现状调查。重点评价项目实施产生的生态、社会等影响，深入评价对生态环境敏感区域的影响方式、范围、历时和程度。切实落实过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量等保护措施。	将金沙江干流岩比河段(33.6 公里)、波罗坝下至叶巴滩库尾河段(3.5 公里)、支流藏曲全流域、支流丁曲全流域、支流赠曲下游河段(53 公里)划为鱼类栖息地保护河段。配合地方政府在工程蓄水前拆除藏曲流域的独曲河水电站、江达一级水电站，对相关河段实施生态修复。协调相关方面对丁曲流域的多普沟水电站、赠曲流域的瓦其拉水电站补建过鱼设施以恢复河流连通性。	针对电站建设和运行对鱼类的影响，采取升鱼机过鱼、鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护等补救措施。蓄水前完成过鱼和栖息地保护措施建设，下阶段需进行必要的实验生态学和水工模型实验研究，开展升鱼机过鱼系统专项设计，过鱼设施与主体工程同步建成；将藏曲下游约 53 公里河段作为支流栖息地进行保护，不再开发；在降曲河火龙沟省级自然保护区与降曲河支库间约 8 公里河段建立鱼类野化驯养基地，做好该河段水生生态保护工作。截流前在业主营地旁建成鱼类增殖放流站，形成运行管理和技术能力，放流对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼。开展增殖放流标志跟踪监测和评估，根据长期监测结果调整增殖放流对象及规模。	将库区支流斜曲河口以上河段作为鱼类栖息地予以保护，不再进行水电开发。拆除已建木协水电站，恢复河流连通；采取有效措施，对部分河段进行生态修复。	将金沙江干流巴塘坝址至苏洼龙库尾 12 公里河段以及支流巴楚河河口以上 11 公里河段划为鱼类栖息地。	将苏洼龙库尾至巴塘坝址 12 公里的规划保留河段作为干流栖息地进行保护，将玛曲规划的巴塘电站厂址至河口 11 公里河段、西曲上的西曲二级电站厂址至河口 23 公里河段作为支流栖息地进行保护,不再开发。	统筹做好金沙江上游干支流鱼类栖息地保护工作，将金沙江干流昌波坝厂址间 12.5 公里减水河段、支流莫曲全部 95 公里河段划为鱼类栖息地保护河段。配合地方政府在 2022 年 12 月底前拆除莫曲上的中咱、纳交西、昌波二级水电站，对相关河段实施生态修复。	制定鱼类栖息地保护规划，应协同地方政府将得荣县境内定曲河干流约 98 公里河段划为栖息地保护河段，进行生态修复与保护，原则上不再建设拦河建筑物，在鱼根水电站和古学水电站补建过鱼设施，恢复河流连通性。
	过鱼	梯级实施过程中参考国外已有或国内其它水系过鱼设施的经验，进一步研究合理有效的过鱼措施		严格落实过鱼措施，采取大坝左岸鱼道和右岸进鱼口过鱼方案，下阶段开展鱼道专项设计和相关水工模型试验。		上行过鱼采用轨道式升鱼机方案，下行过鱼采用集运鱼系统。	在坝址下游干流布置拦导鱼设施，在支流巴楚河建设由明渠段和隧洞段组成的技术型鱼道。	采取鱼道+升鱼机上行过鱼和集运鱼系统下行过鱼、鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护等补救措施，蓄水前完成各项鱼类保护措施建设。	采取竖缝式鱼道过鱼方案。	采取过鱼措施。
	鱼类增殖放流	建设 3 座鱼类增殖放流站。洛须增殖放流站服务于岗托以上梯级，波罗增殖放流站服务于波罗、叶巴滩和拉哇梯级，巴塘增殖放流站服务于巴塘以下梯级		依托已建的叶巴滩鱼类增殖站建设二期工程实施增殖放流，蓄水前形成增殖能力并成功运转，增殖放流对象为长丝裂腹鱼等 9 种鱼类，放流规模为 38 万尾/年。设置专项资金用于技术攻关，力争投产发电前取得黄石爬鲃、青石爬鲃、中华鲃以及姚氏高原鳅人工繁育技术突破。		拉哇水电站依托叶巴滩水电站鱼类增殖站实施增殖放流，主要放流长丝裂腹鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鲃等鱼类。	依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流，近期主要增殖放流短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼和四川裂腹鱼，远期增殖放流软刺裸裂尻鱼、青石爬鲃、黄石爬鲃和硬刺松潘裸鲤，总放流规模 15 万尾/年。	工程截流前在业主营地旁建成鱼类增殖放流站，放流对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、青石爬鲃、黄石爬鲃。	严格落实增殖放流措施，依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流，放流规模为 15 万尾每年。苏洼龙鱼类增殖放流站应抓紧开展软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤的育苗培育，尽快取得黄石爬鲃人工繁育技术突破。	落实增殖放流措施，工程蓄水前在业主营地内建成鱼类增殖放流站，放流规模为 52 万尾/年。加快狭孔金线鲃人工繁育技术研究，确保蓄水前取得突破。
	科学研究	人工驯养和养殖技术研究、梯级电站建设和运行对鱼类资源影响的累积效应研究、干支流流水江段的生态功能及微生境改造技术研究、水生生态补偿研究								
陆生生态	陆生植物	珍稀保护植物异地移栽，生态修复		开工前在业主营地预留野生植物移栽场地，用于水库淹没区典型植被及珍稀保护野生植物的迁地保护。蓄水前建成野生动物救护站和观测站，落实四川沙鲁里山国家森林公园景观与生态修复	重点保护野生植物采取移栽等保护措施	对发现的珍稀保护植物采取保护措施，施工前对野生动物进行驱赶，对发现受伤的野生动物及时救助。开展干旱河谷区植被恢复技术研究。	结合当地景观特征，开展枢纽区景观设计和局部河段生态景观修复。	对施工涉及的 5 株核桃树实施就地保护，受淹没影响的 8 株核桃树移栽至业主营地和鱼类增殖放流站。	对施工涉及的 8 株核桃树实施就地保护，将受施工占地影响的 2 株核桃古树移栽至索多西业主营地，蓄水前建成野生动物救护站和观测站，开展矮岩羊和小爪水獭以及其他野生动物专项观测。	蓄水前建成种质资源园和野生动物救护站，对受影响的金荞麦、错枝榄仁、冬麻豆等重点保护和特有植物进行移栽或采取采种繁育措施。
	陆生动物	在解装沟汇入金沙江沟口下游河段修建白唇鹿过江通道								

2.1.4.2 金上梯级环境保护措施落实及效果分析

a) 环境保护措施落实情况

根据现场调查、走访成果，结合各已建、在建电站和滇中引水工程的环境影响报告书及批复、《金上规划调整环评》，梳理了各项目自项目环评阶段以来对环保措施要求的落实情况，分析了相关环保措施的效果。

目前波罗水电站暂未开工，金沙江上游已建、在建水电站及滇中引水工程主要环保措施落实情况见表 2.1.4-2。

表 2.1.4-2 金沙江上游已建、在建水电站及滇中引水工程主要环保措施落实情况一览表

序号	名称	项目情况	生态流量泄放和生态调度	水温影响减缓措施	鱼类栖息地保护措施	鱼类增殖放流	过鱼设施	陆生生态保护措施
1	岗托	待建	/	/	/	/	/	/
2	波罗	环评已批复，待核准动工	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求	项目环评提出了进水口前缘设置前置挡墙取水等要求	项目环评将金沙江干流岩比河段(33.6km)、波罗坝下至叶巴滩库尾河段(3.5km)、支流藏曲全流域、支流丁曲全流域、支流赠曲下游河段(53km)划为鱼类栖息地保护河段。	项目环评要求依托已建的叶巴滩鱼类增殖站建设二期工程实施增殖放流	项目环评批复要求采取大坝左岸鱼道和右岸进鱼口过鱼方案，目前正在进行方案设计	项目环评提出了施工管理、植被恢复、建设野生动物救护站和观测站等措施，将在施工期间落实
3	叶巴滩	在建	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求；截流期间下泄生态流量满足要求	项目环评要求采用 6 层(2×3m+4×6m)叠梁门分层取水方案，正按“三同时”要求与主体工程同步实施	根据项目环评要求选取藏曲为栖息地保护河段，已编制完成栖息地保护规划，目前栖息地生境状况良好	根据项目环评要求，已建成叶巴滩鱼类增殖放流站(一期)工程，2019~2023 年共计放流 5 次、106 万尾	项目环评要求采用轨道式升鱼机方案。过鱼设施正在建设中	结合淹没区树木移栽保护措施修建了适生植物园试验园
4	拉哇	在建	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求；截流期间下泄生态流量满足要求	项目环评要求采用 12 层×3m 叠梁门分层取水方案。分层取水设施按“三同时”要求与主体工程同步实施	根据项目环评要求，将斜曲作为栖息地保护河段，西藏自治区发展改革委印发了《关于同意昌都市斜曲不再进行水电开发的批复》(藏发改能源〔2017〕602 号)，正在完善并推进实施栖息地保护规划方案	和叶巴滩合建 1 座鱼类增殖放流站进行增殖放流。按要求完成各年度放流任务，且每年开展了增殖放流效果监测	项目环评批复要求上行过鱼采用轨道式升鱼机方案，下行过鱼采用集运鱼系统。过鱼设施正在建设中。	大力开展了植被恢复工作，在相关区域进行了边坡治理、覆土绿化、密目网苫盖等工作；落实了宣传教育、动物救护等措施
5	巴塘	在建，已完成蓄水阶段环保验收	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求；截流期间下泄生态流量满足要求；生态流量泄放设施及在线监测系统已经建成	混合型水库	根据项目环评要求，将巴塘坝址至苏洼龙库尾金沙江干流 12km 河段、巴楚河汇口上游 11km 支流河段划为鱼类栖息地，目前已完成巴楚河栖息地保护专题设计并通过水电总院评审	依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流。截至 2023 年年底，共计放流 8 次、约 47.08 万尾	项目环评要求采用巴楚河天然河道+技术型鱼道过鱼方案。目前已基本完成鱼道土建工程施工，处于设备安装调试阶段	落实了项目环评要求的施工管理、施工作业前对野生动物进行驱赶等措施，开展了景观设计并与主体工程同步实施
6	苏洼龙	已投产	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施要求；生态流量泄放设施及在线监测系统已经建成；已按环评要求进行生态流量下泄和生态调度	混合型水库，实测未出现水温分层	根据项目环评要求并与巴塘电站协调，金沙江干流巴塘坝址至苏洼龙库尾 12km 河段以及支流巴楚河河口(玛曲)以上 11km 河段的栖息地保护规划任务由巴塘水电站承担，西曲河栖息地保护规划任务由苏洼龙水电站承担。目前支流西曲生境修复工作已完成	工程截流前在业主营地旁建成鱼类增殖放流站。截至 2022 年，已开展 9 次阶段性放流工作，共计放流 273.5 万尾；2023 年增殖放流 58 万尾	项目环评要求采用鱼道+升鱼机上行过鱼和集运鱼系统下行过鱼方案。2022 年 8 月上行过鱼设施投入试运行，2023 年运行正常，上行共过鱼 3820 尾，下行共集鱼 10504 尾	根据项目环评要求，已完成植被恢复工作，效果较好；进行了核桃树移栽；已建成野生动物观测站，多次观测到矮岩羊种群活动；进行了小爪水獭、矮岩羊保护措施研究
7	昌波	在建	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求；截流期间下泄生态流量满足要求	混合型水库	根据项目环评批复要求，将金沙江干流昌波坝厂址间 12.5km 减水河段、支流莫曲全部 95km 河段划为鱼类栖息地保护河段，并已拆除曲上的中咱、纳交西、昌波二级等 3 座水电站。	项目环评要求依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流，增殖站应在工程蓄水前完成升级改造。目前增殖站升级改造正在进行中	项目环评要求采取竖缝式鱼道过鱼方案，正在与主体工程同步进行设计	正在按项目环评要求落实生态修复、景观恢复、核桃树移栽、建设重点保护野生动物救护站、野生动物观测站等措施
8	旭龙	在建	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施、生态调度等要求；截流期间下泄生态流量满足要求	项目环评要求抬高取水口底板高程，增设前置挡墙，构建坝前水温垂线监测系统。分层取水设施按“三同时”要求与主体工程同步实施	根据项目环评批复要求，将得荣县境内定曲河干流约 98km 河段划为栖息地保护河段，进行了鱼根、古学水电站过鱼设施方案设计，正在推进实施	项目环评要求建设旭龙水电站鱼类增殖站。增殖站同步设计中	项目环评要求采用升鱼机系统过鱼方案，正在与主体工程同步进行设计	正在按项目环评要求落实建设种质资源园和野生动物救护站，重点保护和特有植物移栽或采种繁育，建设野生动物救护站，加强宣传教育等措施
9	滇中引水	在建	项目环评明确了生态流量泄放过程和泄放措施；下泄生态流量满足要求	无水库	项目环评批复要求将取水口下游支流冲江河及河口划为鱼类重要栖息地，并采取生态护岸等河道生境修复措施	根据项目环评要求正在建设鱼类增殖放流站	不建坝	正在按项目环评要求落实各项措施

目前流域内已建、在建梯级电站施工过程中均按照环评报告及批复要求开展了水环境、水生生态、陆生生态、环境空气、噪声等各要素的环境保护工作。

1) 施工期污染防治措施落实情况

在建梯级电站所在的金沙江干流河段水污染源相对较少，水电站为非污染生态类项目，水环境保护措施主要集中在施工期。目前流域内已建、在建梯级电站均配置有污(废)水处理设施，污(废)水经处理后能做到综合利用回用。针对交通扬尘，全面开展施工区公共道路日常清扫、无雨日洒水、排水沟维护等工作；针对砂石加工系统，生产过程中尽量采取湿法加工作业，控制砂石生产扬尘，混凝土拌和系统的拌和车间实行封闭加工；开挖扬尘采取洒水降尘措施；施工过程中严格要求作业人员佩戴口罩等防护用具。各梯级建设过程采用振动、噪声较小的机械设备，施工期严禁夜间爆破，合理安排施工时间，尽可能安排在昼间进行，设置限速、禁鸣标志牌等声环境保护措施。在建梯级电站施工弃渣均运至指定弃渣场集中堆放，无随意弃渣情况；生活垃圾统一交由收集并转运进行处理；危险废物通过设置危废暂存间、签订危废处置转运协议得到了有效管理。

根据各梯级施工期环境现状监测数据，施工污水经处理后出水水质浓度基本满足回用标准，施工区及附近敏感点大气及噪声监测结果均达标，各项固废均得到了有效处置及管理，未对周围环境产生影响。

滇中引水工程：建设单位和云南省政府、有关部门对环境保护工作高度重视。2017年5月12日，云南省人民政府以云政复〔2017〕27号文批复了《滇中引水工程受退水区水污染防治规划》。建设单位印发了《滇中引水工程环境影响应急处置管理办法(试行)》、《滇中引水工程建设期环境保护管理办法(试行)》及《滇中引水工程建设期水土保持管理办法(试行)》，定期对工程的废水排放治理、施工降尘和渣场防护等环保、水保工作进行检查，对发现的问题及时督促整改到位。



苏洼龙辐流沉淀池



旭龙三级沉淀池



巴塘生活污水处理厂



拉哇砂石加工系统废水处理设施



旭龙高线砂石系统废水处理设施



旭龙危废暂存间

2) 水环境保护措施

叶巴滩水电站：目前电站在建，电站截流期间下泄生态流量满足要求，下游没有出现脱水情况。项目环评要求采用 6 层($2\times 3\text{m}+4\times 6\text{m}$)叠梁门分层取水方案，正在按“三同时”要求与主体工程同步实施。

拉哇水电站：拉哇水电站目前在建，截流期间下泄生态流量满足要求，下游没有出现脱水情况。项目环评要求采用 12 层($12\times 3\text{m}$)叠梁门分层取水方案，正在按“三同时”要求与主体工程同步实施。

巴塘水电站：巴塘水电站目前在建，生态流量泄放设施及在线监测系统已经建成，截流期间下泄生态流量满足要求。

苏洼龙水电站：工程施工期间通过导流隧洞过流，坝址下游水文情势与上游来水状态基本无异，水库各蓄水阶段生态流量下泄均满足批复要求；目前生态流量在线监测系统已建成；电站运行期间，最小出库流量为 $222\text{ m}^3/\text{s}$ ，满足环评批复要求；已按照批复要求开展了生态调度。

昌波水电站：昌波水电站于 2023 年 9 月正式开工建设，目前正在开展“三通一平”工作，后续将结合枢纽建设和工程运行落实生态流量下泄措施。

旭龙水电站：旭龙水电站于 2023 年 11 月 11 日实现大江截流，目前处于主体工程施工初期；截流期间，上游来水通过“高、低”两个导流洞过流，保证了下游生态流量泄放。已结合水工模型实验进一步优化前置挡墙设计，与主体工程同步设计，已将前置挡墙纳入引水发电系统及过鱼设施工程同步招标实施；已完成库区、坝前及坝下水温监测设计工作，通过招标确定由河海大学负责环境水体监测及评估分析工作，监测断面包括大坝上游金沙江干流麦曲、丹达曲、坝前及坝址下游 10km、坝址下游 20km、坝址下游 50km、定曲汇口上游断面及定曲汇口下游。



苏洼龙生态流量监控设施



苏洼龙水电站生态调度

3) 水生生态保护措施

叶巴滩水电站：叶巴滩电站栖息地保护专题设计已通过水电总院评审，相关保护方案正在按设计报告落实；升鱼机过鱼设施已开工建设，正在开展土建施工；2019 年 3 月，叶巴滩鱼类增殖放流站(一期)工程建成运行，截至 2024 年 9 月，已开展放流 6 次，涉及短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼和四川裂腹鱼共计 130 余万尾，满足年度 24 万尾的目标要求。

拉哇水电站：目前正在完善并推进实施栖息地保护规划方案，正在研究拆除斜曲上的木斜电站。已组织编制完成过鱼设施专项设计并通过水电总院审查，正在进行过鱼设施建设。截至 2024 年 9 月，已按要求完成了近期的年度增殖放流任务。

巴塘水电站：目前已完成巴楚河栖息地保护专题设计并通过水电总院评审，正在按计划有序落实相关保护方案。已基本完成鱼道土建工程施工，处于设备安装调试阶段，待运行。截至 2024 年 9 月，已实施 10 次人工增殖放流，累计放流短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤鱼苗约 61.08 万尾。

苏洼龙水电站：目前，支流西曲河口的生境修复工作已完成，且沿河树立了多个保护标识牌。2022 年 6 月，集运鱼系统下行过鱼设施投入试运行；2022 年 8 月，

鱼道+升鱼机上行过鱼设施投入试运行；2023年苏洼龙水电站过鱼系统运行正常，上行共过鱼3820尾，下行共集鱼10504尾。2017年11月，苏洼龙鱼类增殖放流站(一期)工程建成投产。2018年9月~2021年9月，共计放流181.5万尾；2022年6月~2024年9月，开展7次放流工作，共计放流193.6万尾。同步开展了增殖放流效果监测，监测结果显示鱼类增殖放流工作对该江段鱼类资源保护产生了一定效果。

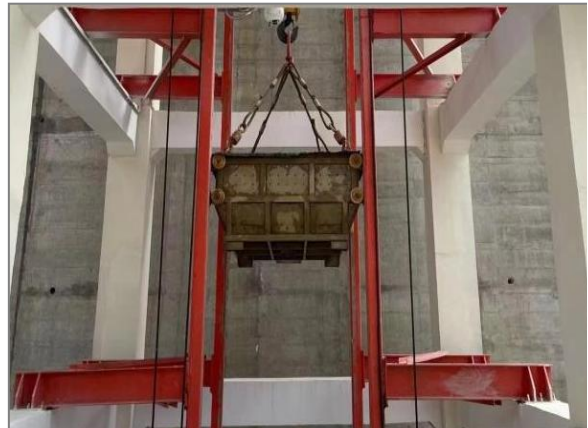
昌波水电站：昌波水电站于2023年9月开工建设，目前正在开展“四通一平”工作，后续将根据“三同时”要求，与主体工程建设同步落实各项水生生态保护措施和相关要求。

旭龙水电站：旭龙水电站于2022年9月正式开工建设，2023年11月实现大江截流，目前正在开展大坝主体施工工作。已开展施工期鱼类保护宣传、施工期水生生态监测和鱼类栖息地保护专项研究；正计划开展鱼类增殖站运行管理、过鱼设施建设等招标工作；后续将根据工程进度陆续落实鱼类增殖放流及效果监测、鱼类栖息地保护方案等措施。

滇中引水工程：滇中引水工程已于2017年8月开工建设，设计总工期为96个月，目前已开展水生生态监测、鱼类增殖站建设、引水口拦鱼电栅的施工与安装等工作；后期将进一步落实鱼类栖息地保护、外来物种防控、生态护岸建设等措施。



苏洼龙西曲栖息地生境修复



苏洼龙上行升鱼机



苏洼龙鱼类增殖站



苏洼龙下行集鱼船



叶巴滩鱼类增殖站



巴塘坝下 12km 栖息地保护河段



巴塘鱼道



巴塘鱼类增殖站



拉哇增殖放流活动



拉哇增殖放流活动

4) 陆生生态保护措施

叶巴滩水电站：施工期针对施工迹地开展植被恢复工作，对于施工中造成的边坡植被扰动，具备绿化条件后立即采取挂网、覆土植草的措施。2018年初，建设单位委托成都院编制完成了《金沙江上游叶巴滩水电站工程2018年植被恢复工作策划》，依据该策划2019年~2020年已启动了业主营地绿化，后续开展了适生植物园试验园、鱼类增殖放流站、进场公路等植被恢复科研和专项绿化工作，以及绿化灌溉系统建设，同时结合施工进度及时对具备条件部位实施临时绿化，目前施工区生态恢复措施取得一定效果。结合淹没区树木移栽保护措施修建了适生植物园试验园，一方面保护淹没区乔木资源，同时适生植物园试验园也为后续全面绿化植物选择提供可靠依据。

拉哇水电站：大力开展了植被恢复工作，进行了边坡治理、覆土绿化、密目网苫盖等工作，在B场地安全体验馆种植了成年柳树，矩形万年青球，在巴拉路、5#路沿线种植槽覆土和灌木丛，成活率较高。加强生态环境保护管理和宣传，全面贯彻执行《中华人民共和国野生植物保护法》，在人员活动较多的较集中的施工营地，粘贴和设置自然保护、环境保护的警示牌，加强重点保护植物的保护工作，采取有效措施预防森林火灾，针对陆生动物、爬行动物和鸟类的不同习性开展有针对性的保护措施。

巴塘水电站：施工期严格控制施工范围，强化施工红线意识，禁止破坏施工红线外生态环境；对野生动物施工作业前采取了驱赶措施。施工期强化环境管理，禁止广大参建人员捕杀野生动物、下河捕鱼、采伐野生植物等行为，避免人为对生态

产生破坏。完成了主体工程及相关临时工程区如道路工程、边坡等区域的植被恢复工作。施工期加强环保宣传和环保水保培训，在工区竖立了环境保护宣传标牌，提升参建人员保护环境意识。已完成工程区景观设计专题报告编制，并通过了总院组织的审查，目前正在根据相关审查意见对设计方案进行修改完善。

苏洼龙水电站：苏洼龙水电站进行了景观总体规划设计，根据规划对电站进行分区域、分阶段实施绿化。设计并建设了适生植物园试验园，在电站施工区开展了边坡、业主营地绿化试验项目，找出了植被恢复最佳品种，并开展了花、草、木植物种植试验。目前业主营地和鱼类增殖放流站景观绿化工程已实施，植物长势良好。施工期规范表土剥离，并将剥离后的表土用于绿化复垦。针对施工区的 5 株核桃古树采取就地保护措施，另外 8 棵大核桃树已于 2018 年移栽至业主营地及鱼类增殖站内，并由专人抚育管护。

施工期加强宣传教育，严禁非法偷猎、捕杀野生动物。建设单位于 2020 年 6 月委托武汉中科瑞华科技有限公司开展野生动物观测站建设和观测、小爪水獭保护措施研究和矮岩羊保护措施研究。2020 年 9 月参建单位进场开展观测站建设，目前已建设完成，设在苏洼龙坝址上游左岸、与竹巴龙保护区较为接近且远离施工区的岸边，建有一个观察房，并配备望远镜、红外摄影机等观测设备。2020 年~2022 年连续开展野生动物观测工作，并于 2023 年 3 月编写完成《金沙江上游苏洼龙水电站野生动物观测及小爪水獭、矮岩羊保护方案研究项目阶段性总结报告》、《小爪水獭保护方案研究报告》、《矮岩羊保护方案研究报告》，对近两年野生动物观测及小爪水獭、矮岩羊保护工作进行了总结并提出了建议，落实了设置矮岩羊舔盐点的要求。

昌波水电站：昌波水电站目前正在开展“三通一平”工作，后续将根据工程进度陆续落实各项陆生生态保护措施和相关要求。

旭龙水电站：施工过程中，通过印发生态环境保护宣传手册、开展环保专项交底培训等加强对施工人员的生态环境保护教育，强化施工生态保护要求，严禁随意破坏植被和捕杀野生动物。施工图设计阶段，通过优化施工布置，严格控制工程占地和施工活动范围，创新施工方法和工艺，尽量减少地表开挖和扰动，减少对植被的占用和对动物生境的破坏。旭龙水电站在施工阶段根据现场实际情况优化设计方案，同时开展弃渣综合利用，可研阶段规划的 4 个弃渣场实际只需启用 2 个，通过

设计优化从源头上减小工程建设扰动范围，减少工程弃渣量。

针对已完工或具备恢复条件的施工迹地，及时实施生态修复，已完成旭龙水电站水土保持综合治理一期工程招标设计，计划 2024 年完成旭龙水电站前期工程施工迹地生态修复施工，进一步提升施工区生态环境面貌，打造绿色示范工区，并开展相关生态修复科研试验，为后期施工迹地恢复提供技术支撑。

滇中引水工程：目前工程正在施工，施工期相继进行了工程优化、植被恢复等保护措施，后续将根据“三同时”要求逐步落实其他保护措施。



叶巴滩适生植物园试验园局部试验种植区



叶巴滩弃渣场区植被恢复



拉哇必英沟表土堆存场冲沟修复



拉哇必英沟表土堆存场植被恢复



巴塘现场环保标识标牌



巴塘现场边坡绿化



苏洼龙核桃树移栽



苏洼龙野生动物定点观测及观测站

b) 措施效果分析

1) 水环境保护措施

在建梯级电站严格执行“三同时”制度，采取“预防为主、防治结合”的水环境保护措施，施工期加强预防保护措施，从源头控制，减少对水环境的破坏。

在建梯级中截流期间下泄生态流量满足要求，下游均未出现脱水情况。各水电站施工产生的废水严格按照环评批复要求处理，建设期未对水环境造成不利影响。已建的苏洼龙水电站目前生态流量在线监测系统已建成；电站运行期间下泄最小流量满足环评批复要求且已按照批复要求开展了生态调度。苏洼龙水电站施工废水已全部回用，施工期和运行期生活污水均处理后回用，满足环保零排放要求。

总体上，各梯级电站施工期和运行期水环境保护措施执行及效果较好，项目建设运行对水环境没有造成明显不利影响。

2) 水生生态保护措施

规划环评阶段提出了鱼类栖息地保护、鱼类增殖放流、过鱼以及科学研究等多项保护措施，昌波、波罗梯级深入论证阶段对栖息地保护、增殖放流等措施进行了提升；各已建、在建电站项目环评和实施过程中，鱼类保护要求进一步提高，保护措施进一步优化完善。

鱼类栖息地保护方面，各已建、在建电站均制定了栖息地保护范围和保护措施并逐步实施，流域鱼类栖息地保护方案覆盖的干支流河段长度逐步增加，对土著鱼类保护的覆盖程度逐步增大。鱼类增殖放流方面，苏洼龙、叶巴滩鱼类增殖放流站先后在截流前建成投运，苏洼龙、叶巴滩、巴塘水电站均已按项目环评要求实施放流工作，对鱼类资源保护产生了一定效果。过鱼设施方面，各电站均提出了过鱼方案，苏洼龙水电站过鱼设施已经投产且过鱼效果良好，巴塘水电站鱼道已经完工，

其他电站正在开展过鱼设施设计和相关科研工作。

总体上，各梯级电站施工期和运行期水生生态保护措施落实情况较好，对水生生态系统和生物多样性保护具有较好效果。

3) 陆生生态保护措施

各已建、在建梯级电站严格执行“三同时”制度，较好实施了植被恢复和珍稀植物保护工作，有效减缓了工程建设早晨规定植被破坏和水土流失。苏洼龙水电站已建成野生动物观测站并开展了野生动物观测和相关科学研究，并落实了小爪水獭保护、设置矮岩羊舔盐点等措施。各电站重视生态环境保护管理和宣传教育工作，有效提高了施工人员的环境保护意识。

总体上，各梯级电站施工期环境保护措施总体执行较好，对陆生生态系统和生物多样性保护具有较好效果。

2.1.4.3 环境影响回顾分析

目前，金沙江上游规划的 13 个梯级中，苏洼龙梯级已建成运行，叶巴滩、拉哇、巴塘、昌波、旭龙 5 个梯级正在建设，波罗、岗托、奔子栏 3 个梯级正在开展可研阶段设计工作。以已建的苏洼龙水电站为主要代表、兼顾在建其他梯级进行环境影响回顾评价。

a) 水环境影响

水文情势影响：根据规划环评，金沙江上游河道金流年内分配主要受“龙头”岗托水电站影响，其次为叶巴滩、拉哇等季调节水库，苏洼龙作为日调节水库，对径流年内分配几乎无影响。梯级水库形成后水库面积、坝前水位及水深将发生显著改变，库区河段水面宽、水深明显增大，库区水流速度变缓，越接近库尾段流速越大，水库在低水位运行时库区流速大于在正常蓄水位运行时的流速。根据《金上规划调整环评》回顾的结果，苏洼龙运行后仅对下游日内流量过程有影响，对年内径流分配无影响。水库蓄水后库区水文情势较原河流发生较大变化，与规划结论一致。

水温影响：根据苏洼龙的实测资料，水库水温结构为混合型，水库下泄水温与天然情况类似，实测水库水温结构与规划环评结论一致。

水质影响：根据 2024 年 4 月、7 月对金沙江干流水质的补充监测结果，叶巴滩、拉哇、巴塘、昌波断面，朱巴笼(苏洼龙库中断面)，以及研究河段最下游的石

鼓断面实测水质都满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类标准。故叶巴滩、拉哇、巴塘、昌波和旭龙的建设均没有对金沙江上游河段水质造成长期影响，苏洼龙的运行也未对金沙江上游河段水质造成不利影响。与规划环评结论一致。

b) 水生生态影响

《金上规划调整环评》回顾的结果，规划阶段和规划实施调整阶段两阶段对比，流域浮游植物种类、分布情况变化较大，但硅藻门为优势种的格局尚未改变；苏洼龙水电站建库后浮游植物密度高于建库前，与环评预测的结论基本一致。苏洼龙。建库后浮游动物密度与建库前相当，与规划环评预测的库区河段种群密度有较大增加有所出入；建库后底栖动物的分布格局发生变化，种类组成及群落结构较建库前发生明显改变；着生藻种类组成及密度均要低于建库前。

叶巴滩、拉哇、巴塘等在建水电站影响较小，鱼类样本整体上与环评阶段差异较小，主要分布的裂腹鱼以短须裂腹鱼、四川裂腹鱼和长丝裂腹鱼为主，渔获物组成结构差异性较小。苏洼龙水电站运行后，对该河段的土著鱼类尚未产生大的不利影响，现阶段仍以裂腹鱼类为优势类群，其次为高原鳅和条鳅类，鮡科鱼类仍有适宜的生存境存在。各梯级截流以后，阻隔影响即开始显现，坝下鱼类上溯至坝上流水河段参与自然繁殖的概率降低。鮡科鱼类、高原鳅等为定居性鱼类，其繁殖受阻隔影响轻微；裂腹鱼类为短距离迁移鱼类，但从调查结果来看，裂腹鱼在各河段坝上、坝下的分布并无明显差异，可知其并未受到明显影响。苏洼龙和巴塘水库蓄水以后，库区产卵场被淹没，鱼类产卵生境被压缩。苏洼龙、巴塘水库均为水温混合型水库，未发生低温水影响鱼类繁殖的情况。

规划阶段，调查发现金沙江干流洛须宽谷河段、岗托坝址附近、赠曲河口至波罗河段、玛曲汇口河段是裂腹鱼类比较集中的产卵场和索饵场；奔达、岗托水文站、河坡、波罗上坝址河段是鮡科鱼类的产卵场、索饵场和越冬场。

叶巴滩以上江段现阶段暂未进行开发，干支流鱼类重要生境基本无变化。苏洼龙水库蓄水后，库区河段原有的西曲河汇口至苏洼龙坝址的多处产卵场被淹没。水库蓄水形成大水面、深水区，为裂腹鱼类的越冬创造了有利条件；但库区着生藻类不易富集，这对以刮食为主的裂腹鱼类的索饵不利，较蓄水前的流水生境，裂腹鱼类索饵场所被一定程度的压缩或替代。高原鳅类对生境条件要求不高，故水库蓄水对高原鳅类的重要生境影响不大。对于喜急流水的鮡科鱼类来说，蓄水后其适宜生

境被压缩，苏洼龙库区段的鮡科鱼类往上游 12km 栖息地保护河段或支流河口等流水处迁移。苏洼龙水电站运行后，坝下江段在昌波水电站蓄水前仍维持流水生境，坝下产卵场得以保留；但受电站日内调峰影响，坝下河段水位频繁变动(苏洼龙坝址下游 3.3km、20.3km 处，最大小时水位变幅分别为 1.65m、0.77m)，易导致产粘沉性卵鱼类产卵场内的受精卵频繁暴露于空气中以致死亡，仔稚鱼因游泳能力较弱而搁浅死亡，其产卵场的功能发挥受到较大影响。苏洼龙水电站在鱼类主要繁殖期开展生态调度，在一定程度上缓解了对坝下鱼类产卵场的影响。

c) 陆生生态影响

规划环评影响预测认为：规划实施后，淹没损失的区域植被多为低质植被，其生物量相对不大。对于整个上游河段而言，乔木林地等重要植被组分所受的影响很小，区域分布的自然保护区较多，森林面积很大，连通程度较高，缓冲作用也大，自然植被受淹没影响份额对区域具有动态控制能力的植被组分的变化影响不大。工程影响只压缩了部分生境和减少了一些植物种群的数量，不会影响区域植物的种类、区系成分性质、分布方式等，也不会造成物种消亡。

已建、在建电站施工建设和水库淹没造成的植被面积减少和生物量损失有限，涉及的主要为河谷灌丛、草丛植被，群落结构相对简单，未造成区域植被类型、植物种类、重点保护和特有植物的消失。电站施工造成在河谷活动的两栖动物、爬行动物、小型鸟兽栖息地面积减少、质量下降，苏洼龙水库淹没使得库区河段流水生境转变为静缓流生境，未导致区域动物种类及其生境的消失，对区域动物及其正常栖息和觅食影响较小。

2.1.5 本工程对规划环评、实施方案调整环评环保要求的响应

奔子栏水电站对规划环评、规划实施方案调整环评阶段相关意见和要求的落实情况详见表 2.1.4-1。

表 2.1.4-1 水电规划环评对奔子栏梯级环保要求落实情况一览表

项目	规划环评对奔子栏相关要求	规划实施方案调整环评对奔子栏相关要求	奔子栏水电站落实情况
水环境	/	严格落实生态流量下泄措施。奔子栏水电站下泄生态流量需求值为 275~476m³/s，3 月~12 月根据下游需求增大下泄；上游来水流量不足时按来水下泄。水库初期蓄水前建成生态流量实时监测系统并与主管部门联网。初拟采用改进型前置挡墙；建成后开展效果评估和适应性研究。建立包含施工废污水处理、库底卫生清理、水环境监测与管理的水质综合保护体系。加强对气体过饱和影响的研究，并探索从优化泄洪设施和泄洪调度等方面采取措施。	设置 1 个专门的生态泄水孔。生态放水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄水建筑物最左侧⑦坝段，设计泄放流量能满足泄放要求。水温减缓措施采用了改进型前置挡墙方案。
栖息地保护	“洛须保留河段+支流赠曲下游河段+支流藏曲下游河段+巴塘保留河段+支流定曲下游河段”为鱼类栖息地保护河段	按照“以新带老”“上大压小”的原则，将丹达曲芒康县城以下干流 130km、定曲干流巴塘~乡城段 128km 补划为栖息地保护河段；在定曲拆除鱼根水电站，奔子栏水电站建成前研究落实古学水电站退出，进行生态修复，并研究在定曲营造中华金沙鳅适宜生境的可行性；在丹达曲拆除已建的老丹达河水电站和停建的丹达河水电站，恢复河流连通性。	奔子栏水电站拟将定曲干流 128km 河段(巴塘~乡城段)和干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)作为栖息地保护河段。奔子栏水电站截流前，拆除鱼根电站、丹达河和老丹达河电站，恢复河流连通性；在旭龙水电站蓄水前研究并制定古学水电站退出方案，奔子栏水电站建成前完成退出；加强河道管理、降低沿线各种生产生活活动对河道的影响，加强河段水生生态监测工作。
过鱼设施	升鱼机和集运鱼船都是可行的过鱼设施	建议奔子栏采用上行升鱼机+下行集运鱼系统，根据项目特征选择有效的诱鱼、集鱼方案，研究采用全时段智慧过鱼方案。初拟奔子栏过鱼设施的主要过鱼对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤，兼顾过鱼对象为中华金沙鳅、黄石爬鮡、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅。	工程采用上行升鱼机+下行集运鱼作为过鱼设施，研究采用全时段智慧过鱼方案。主要过鱼对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤，兼顾过鱼对象为中华金沙鳅、黄石爬鮡、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅。
鱼类增殖放流	洛须、波罗和巴塘分别修建鱼类人工增殖放流站	建议奔子栏水电站的增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅和黄石爬鮡。奔子栏水电站需依托旭龙增殖站，提前开展中华金沙鳅、黄石爬鮡的亲鱼储备、人工繁育、增殖放流技术研究，蓄水前具备放流能力。奔子栏水电站还应平行开展金沙江上游其他梯级放流对象中的中华鮡、青石爬鮡人工繁育技术研究。	在旭龙业主营地建设鱼类增殖放流站，奔子栏梯级年放流苗种 35 万尾，增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡 7 种特有珍稀种类。提前开展中华金沙鳅、黄石爬鮡的亲鱼储备、人工繁育、增殖放流技术研究，蓄水前具备放流能力。

表 2.1.4-1(续)

项目	规划环评对奔子栏相关要求	规划实施方案调整环评对奔子栏相关要求	奔子栏水电站落实情况
生态调度	根据珍稀特有鱼类及其他珍稀濒危动物的生物学特征和河流形态特征，进一步研究确定生态流量，并落实下泄保障措施；参照天然水文节律特点，尽可能优化电站调度运行方式，营造鱼类繁殖的水文条件	每年的3月、4月各开展一次为期15天的生态调度，每年的6~9月每月开展一次为期10天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的6~9月内除生态调度以外的时段全部进行反调节调度，部分调峰以降低下游河道水位变幅。	每年的3月、4月各开展一次为期15天的生态调度，每年的6~9月每月开展一次为期10天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的3~9月内除生态调度以外的时段，奔子栏水电站泄放流量在满足生态流量泄放要求的基础上，水电站部分调峰，控制非泄洪期日内水位变幅（奔子栏水文站日内降幅不超过0.5m）。生态调度时段原则上与上游梯级衔接，超出时段动用奔子栏水库调节库容实现均匀下泄。
陆生生态保护	/	各梯级电站施工期应根据设计方案划定并严格控制施工范围，减少对施工区周围活动的野生动物及其生境的干扰。禁止夜间爆破，减少夜间、清晨和黄昏时段进行高噪声施工，对施工机械、车辆噪声、爆破噪声采取控制措施，减缓施工噪声对野生动物的影响。加强对施工人员的管理和宣传教育，设置生态保护宣传牌、警示牌，禁止捕猎、食用野生动物特别是珍稀保护动物。	实施植被保护和恢复，选用乡土物种恢复破坏的植被。对评价区珍稀濒危、保护物种种质资源进行收集，保存后用于本区域的植被恢复；对占地范围内的8株重点保护植物进行迁地保护，影响范围内的4株进行就地保护。
	/	水库下闸蓄水应尽量避免河谷区珍稀保护动物的冬眠期，放缓蓄水速度以为穴居动物、行动缓慢的两栖爬行类动物提供逃离时间，蓄水前应组织开展野生动物统一搜救行动。拟在奔子栏坝址附近建立保护野生动物救护站。针对岩羊，建议奔子栏水电站采取建设扩散通道、设置警示标志、投放人工盐砖等措施。	加强施工管理，建设野生动物扩散通道和饮水点，建设扩散通道、设置警示标志、投放人工盐砖等措施，保护库周重点保护野生兽类饮水和觅食；修建动物救护站保护珍稀物种；
对环境敏感区	/	奔子栏水电站应严格控制活动范围，工程施工、蓄水前清库不得进入白马雪山自然保护区、太阳谷风景名胜区内，禁止在自然保护区内排放废污水、抛洒或丢弃固体废物，采取措施减缓噪声、振动对自然保护区、风景名胜区的的影响。在施工区与自然保护区相邻的野生动物出没地带预留动物通道，建设野生动物保护设施。加强电站景观规划设计，使其与自然保护区、风景名胜区景观尽量协调，降低视觉冲击。加强对自然保护区的生态监测和监控	报告提出施工过程应严格控制活动范围，禁止在自然保护区内排放废污水、抛洒或丢弃固体废物，采取措施减缓噪声、振动对自然保护区、风景名胜区的的影响。建设野生动物扩散通道，进行了电站景观规划设计，对白马雪山国家级自然保护区和下拥自然保护区提出长期监测方案

表 2.1.4-1(续)

项目	规划环评对奔子栏相关要求	规划实施方案调整环评对奔子栏相关要求	奔子栏水电站落实情况
生态科学研究	/	从气候、水环境、水生生态、陆生生态、环境管理等方面提出了后续需要开展的一批重大科研课题。	奔子栏水电站提出科研项目主要包括：梯级水电开发水温累积影响极限研究，水电开发水温影响减缓措施新技术研究，梯级水电站气体过饱和影响及风险防控技术研究，珍稀特有植物分布及保护措施研究，珍稀濒危动物生物学和生态习性研究，水库消落带生态修复技术研究，水獭生境营造技术研究，野外动物一体化智能观测设备研发，重要鱼类行为学和生态习性研究，鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究，多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究，重要鱼类增殖放流关键技术研究，水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究，流域生态环境智慧监管、监测及预警关键技术研究，流域生态环境管理机制创新和法规体系研究，绿色水电生态补偿及生态价值产品实现机制研究，基于干支流协同保护的小水电退出补偿机制研究，云川段新型电力系统开发环境影响及对策研究，全球气候变化背景下金沙江水资源变化趋势及其对流域梯级发电和生态环境的影响研究，水库局地气候变化及对生物多样性影响及适应性研究。

2.1.6 上下梯级基本情况

电站大坝建成后，坝址以上将形成狭长水库：干流上库尾与规划的旭龙梯级衔接，回水长度 63.29km；一级支流定曲上回水长度 21.19km，淹没古学水电站厂房，库尾上距古学水电站坝址约 5.3km；二级支流许曲河上回水长度 8.39km，淹没去学水电站厂房，库尾上距去学水电站坝址约 5km。

奔子栏水电站上游梯级为旭龙水电站，下游梯级为龙盘水电站。

2.1.6.1 旭龙

a) 基本情况

旭龙水电站位于云南省德钦县与四川省得荣县交界的金沙江干流上游河段，水库总库容 8.47 亿 m^3 ，电站总装机容量 2400MW，最大坝高 213m，于 2022 年核准开工建设，2023 年汛后截流，预计 2028 年下闸蓄水。旭龙水电站开发任务以发电为主，并促进地区经济社会发展。

b) 主要环境影响

根据《金沙江上游旭龙水电站环境影响报告书》(以下简称《旭龙环评》)及其批复(环审〔2020〕98号)，电站主要承担基荷和腰荷，可根据电力系统需求进行适度调峰运行，在控制下游水位变幅、满足最小下泄流量要求的前提下，水库水位在正常蓄水位 2302m 至死水位 2294m 之间波动，当入库流量超过装机满发流量时，水库一般在正常蓄水位附近运行。项目建设的主要生态环境影响包括水文情势、水生生态影响等。

1) 坝下水文情势影响

(1) 下泄流量变化

4 月，建库前日间上游最小来流 $215\text{m}^3/\text{s}$ ，19 点下泄流量达 $1618\text{m}^3/\text{s}$ ，日内流量差值达 $1403\text{m}^3/\text{s}$ 。旭龙水电站建成运行后，流量在 $280\sim355\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化，流量变幅仅 $75\text{m}^3/\text{s}$ 。6 月，旭龙建库前，坝址来流量在 $238\sim1641\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化，日内流量差值达 $1403\text{m}^3/\text{s}$ 。旭龙水电站建成运行后，流量在 $750\sim1138\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化，流量变幅 $388\text{m}^3/\text{s}$ 。9 月，旭龙建库前，坝址来流量在 $248\sim1651\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化，日内流量差值达 $1403\text{m}^3/\text{s}$ 。旭龙水电站建成运行后，流量在 $933\sim1446\text{m}^3/\text{s}$ 之间变化，流量变幅 $513\text{m}^3/\text{s}$ 。从旭龙水电站建库前后坝址下泄流量情况来看，坝下游径流过程发生显著的坦化作用。

(2) 水位变化

旭龙水电站建库后，对苏洼龙水电站下泄过程起到一定程度的坦化作用，因此下游水位变幅相对建库前均有所减小。各典型日，坝址下游断面日变幅有建库前的 1.69m 减小至建库后的 0.81m；坝下游奔子栏水文站水位日变幅由建库前的 1.58m 降低至 0.47m。

(3) 流速变化

电站建成运行后，坝下河段依然保持天然河道属性，坝下河段最大流速略有减小，低流量状态下的流速相对建库前略有增加，河段流速基本在 1m/s 以上，旭龙水电站河段依然为急流河段。

2) 对滇中引水、长江第一湾及虎跳峡江段影响

旭龙水电站及上游叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙联合运行后，基本可满足下游区间用水以及滇中引水工程用水需求，满足石鼓断面生态流量泄放要求，对虎跳峡江段水文情势影响不大。

3) 水生生态影响

电站的建设将使河流的连续性受到影响，对鱼类的上溯交流有很强的阻隔效应，调查水域无长距离洄游鱼类，旭龙水电站阻隔对鱼类洄游的影响较小，但对上下游物种的基因交流会产生较大影响。

库区江段水文情势由“河流相”向“湖泊相”转化，相应的库区江段鱼类种类组成也将由“河流相”逐步演变成为“湖泊相”。对库区江段原来适应于底栖急流、砾石、洞穴、岩盘底质环境中生活繁衍的鱼类如裂腹鱼亚科急流种、黄石爬鮡、部分高原鳅属的种类，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但繁殖规模将会下降，最终将导致库区江段的资源量减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为库区的优势物种。

水库形成后，水体生物生产力提高，浮游生物种类和现存量均会有所增加，有利于仔幼鱼育幼和缓流或静水性鱼类的生长，库区鱼类资源和渔产量将提高。水体营养负荷提高，有利于周丛生物的繁衍，为刮食性鱼类提供了丰富的饵料资源。底栖生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、沙生的软体动物也可能出现，对静水、缓流的底层鱼类生长有利，但流水性鱼类饵料

资源会明显下降。

旭龙水电站 3~8 月下泄水温偏低，达到鱼类产卵繁殖水温的时间推迟，从而导致鱼类繁殖期推迟。从下泄水温预测分析判断，受下泄低温水影响坝下江段鱼类繁殖可能推迟 1 个月左右，并导致当年鱼类生长期缩短。

旭龙水电站各泄洪条件下，坝下均出现总溶解气体过饱和现象，但考虑到电站泄洪产生的过饱和影响发生频率极小，且仅局限在汛期极短的泄洪时段内，坝下江段平均水深均能满足补偿深度要求，下泄水 TDG 过饱和对鱼类的影响较为有限。

旭龙水电站建设不涉及金沙江上游 5 个主要的鱼类产卵场与索饵育幼场，但库区原河道中零散分布的适合裂腹鱼类产卵育肥的心滩、卵石滩、将被彻底淹没消失，旭龙库尾流水性鱼类繁殖空间将明显萎缩，苏洼龙至王大龙峡谷河口宽谷河段产卵场主要受上游苏洼龙水电站日调峰运行影响，该水域的功能发挥会受到严重削弱，库区土著鱼类繁殖将主要依赖麦曲河、丹达曲等流水域。奔子栏至冈曲汇口宽谷河段，旭龙水电站建成前，该河段的水文情势、水温等已发生较大变化；旭龙水电站建成运行后，电站调蓄缓解了下流水位变幅；其宗至虎跳峡江段距旭龙坝址约 160km，对该产卵场的影响主要是低温水下泄影响，尤其是上游梯级开发后低温水累计效应，导致鱼类繁殖期推迟，生长期缩短。

电站运行后，库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼种类、黄石爬鮡等，有可能退缩至干流库尾上游或进入麦曲河、丹达曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等适应于缓流或静水环境生活的鱼类，水库形成后存在其繁殖条件，种类数量将上升，并可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群获得发展。

c) 水位衔接情况

奔子栏水电站尾水与旭龙电站衔接。

2.1.6.2 龙盘

a) 基本情况

龙盘水电站为金沙江中游龙头水库，坝址位于虎跳峡上峡口以下 4km，左岸为云南省迪庆藏族自治州香格里拉市，右岸为丽江市玉龙县，目前开展可研阶段勘测设计工作。根据《金沙江中游龙盘水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》，龙盘水电站正常蓄水位 2010m，死水位 1939m，总库容 395.6 亿 m^3 ，调节库

容 222 亿 m^3 ，回水长度 257km，电站装机 4200MW。龙盘水电站开发任务为发电，并发挥重大综合利用效益，实现金沙江清洁能源基地提质增效，保障长江流域水安全与生态安全，促进长江经济带和云南省经济社会发展及库区移民致富，兼顾供水、防洪、改善金沙江中下游和长江干流通航条件。

b) 水位衔接情况

龙盘水电站运行后，多年平均流量情况下，正常蓄水位 2010m 与奔子栏坝下 5km 处天然水位接近，大部分年份龙盘库区年内消落水位约为 1965.00m，此时库区水位与奔子栏坝下 38km 处天然水位接近，特枯年份或连续枯水年根据来水情况有所降低，但不低于死水位 1939.00m，死水位时库区水位与奔子栏坝下 62km 处天然水位接近。

2.1.7 项目勘测设计工作过程

2.1.7.1 预可行性研究阶段主要成果及相关要求

2004 年 3 月我公司对奔子栏水电站进行勘察，并于 2015 年底完成了预可行性研究报告。通过综合技术经济比较，预可阶段奔子栏水电站推荐阿洛共坝址为代表坝址，初选代表坝型为碾压混凝土重力坝、初选正常蓄水位 2150m，初选电站装机容量 2200MW。

2016 年 11 月，水电总院对奔子栏水电站预可行性研究阶段重大技术问题进行了咨询。2017 年 8 月，水电总院对奔子栏水电站预可行性研究报告进行了审查，审查意见认为，工程建设涉及白马雪山国家级自然保护区调整后的实验区，涉及四川下拥省级自然保护区实验区、四川太阳谷省级风景名胜区的下拥景区及外围保护地带等环境敏感区域，要求下阶段开展工程建设环境影响专题研究，进一步论证奔子栏梯级的环境可行性，协调处理好工程建设和环境保护的关系，衔接好工程建设与四川太阳谷省级风景名胜区等的规划符合性，并取得相关行政主管部门同意工程建设的意见。

2.1.7.2 可行性研究报告工程规模设计内容和主要成果

2024 年 7 月，我公司编制完成了《金沙江上游奔子栏水电站可行性研究报告》，同月，水电总院在昆明主持召开了金沙江上游奔子栏水电站可行性研究报告审查会议。2025 年 4 月，以《水电咨水工〔2025〕40 号》签发了审查意见。审查意见认为，推荐水库正常蓄水位 2148.00m 方案是合适的，同意电站装机容量

2600MW。工程涉及整合优化前的四川下拥省级自然保护区实验区、云南白马雪山国家级自然保护区实验区。四川省林业和草原局先后以“川林审批函〔2021〕323号”文和“川林护函〔2024〕158号”文同意在四川下拥省级自然保护区实验区内实施奔子栏水电站;国家林业和草原局 2024 年 10 月公示的《全国自然保护地整合优化方案》显示,奔子栏水电站不再涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区。根据《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》(2025 年 2 月 19 日),工程不再涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区,不涉及三江并流世界自然遗产地,涉及缓冲区。

2.2 地理位置

奔子栏水电站位于金沙江上游、云南省德钦县与四川省得荣县交界处、奔子栏镇上游峡谷河段,坝址上距金沙江一级支流定曲河口 8km,下距奔子栏镇 12km。坝址中心点地理坐标为 28°18'13"N, 99°16'07"E。

2.3 工程任务及特性

2.3.1 工程开发任务

根据《长江流域综合利用规划(2012~2030 年)》、《金沙江干流综合规划报告》和《金上规划调整》,奔子栏水电站的开发任务为:以发电为主,并促进地区经济社会发展。

2.3.2 工程规模和主要特性

奔子栏水电站坝址控制流域面积 20.32 万 km²,多年平均流量 1160m³/s。水库正常蓄水位 2148m,死水位为 2138m,调节库容 2.46 亿 m³,为日调节水库,电站装机容量 2600MW。

奔子栏水电站属一等大(1)型工程,枢纽主要建筑物由挡/泄水建筑物、输水发电系统等组成。主要建筑物按 1 级建筑物设计,永久性次要建筑物按 3 级建筑物设计。本工程挡水、泄水建筑物按 1000 年一遇洪水设计,5000 年一遇洪水校核;电站厂房按 200 年一遇洪水设计,1000 年一遇洪水校核。

表 2.3-1 奔子栏水电站主要工程特性表(推荐方案)

序 号 及 名 称	单 位	数 量	备 注
一、水文泥沙			
1.流域面积			
全流域面积	km ²	21.42*104	金沙江河段 (石鼓以上)
工程坝址以上控制流域面积	km ²	20.32*104	
2.利用的水文系列年限	年	1953~2022 年	
3.多年平均年径流量	亿 m ³	365.8	
4.代表流量			碾压混凝土重力坝
多年平均流量	m ³ /s	1160	
实测最大流量	m ³ /s	6900(2005 年 8 月)	
实测最小流量	m ³ /s	240(1994 年 12 月)	
调查历史最大流量		7340(1905 年)	
设计洪水洪峰流量(P=0.1%)	m ³ /s	11200	
校核洪水洪峰流量(P=0.02%)	m ³ /s	12700	
5.洪量			
7 天实测最大洪量	亿 m ³	37.5	
7 天设计洪水洪量(P=0.1%)	亿 m ³	59.2	
7 天校核洪水洪量(P=0.02%)	亿 m ³	67.3	
6.泥 沙			
多年平均悬移质年输沙量	万 t	2300	
多年平均含沙量	kg/m ³	0.63	
多年平均输沙率	kg/s	731	
多年平均推移质年输沙量	万 t	115	
7. 气温			
多年平均气温	°C	14.8	
极端最高/最低气温	°C	39.4/-8.9	
8. 天然水位			
多年平均水位	m	2001.15	奔子栏水文站
(相应流量)	m ³ /s	1160	
实测最低水位	m	1998.59	奔子栏水文站
(相应流量)	m ³ /s	240	
实测最高水位	m	2009.5	奔子栏水文站
(相应流量)	m ³ /s	6900	
二、水 库			

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数 量	备 注
1. 水库水位			
校核洪水位	m	2150.6	
设计洪水位	m	2150.14	
正常蓄水位	m	2148	
死水位	m	2138	
2. 正常蓄水位时水库面积	km ²	26.1	
3. 回水长度	km	63.29	
4. 水库库容			
总库容	亿 m ³	13.89	
正常蓄水位以下库容	亿 m ³	13.2	
调洪库容	亿 m ³	0	
调节库容	亿 m ³	2.46	
死库容	亿 m ³	10.74	
5. 库容系数	%	0.67	
6. 调节性能		日调节	
7. 水量利用系数	%	90.94/93.79	岗托建成前/岗托建 成后, 下同
三、下泄流量及相应下游水位			
1. 设计洪水位时最大泄量	m ³ /s	11149	
相应下游水位	m	2035.94	
2. 校核洪水位时最大泄量	m ³ /s	12335	
相应下游水位	m	2037.13	
3. 电站额定流量	m ³ /s	2393.2	厂址
相应下游水位	m	2020.63	
4. 最小流量	m ³ /s	275	
相应下游水位	m	2013.39	
四、工程效益指标			
1. 发电效益			
装机容量(单机容量×机组台数)	MW	650MW×4 台	
保证出力(P=95%)	MW	406.3/617.9	
多年平均年发电量	亿 kW·h	100.35/103.81	
装机发电年利用小时数	h	3860/3993	
五、主要建筑物及金属结构设备			
1. 挡水建筑物(坝、闸)型式			
地震基本烈度/设防烈度	度	VIII/IX	
坝顶高程	m	2153	

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数 量	备 注
最大坝高	m	183	
坝顶长度	m	316	
上/下游坝坡坡比		1:0.25/1:0.78	
2. 泄水建筑物			
2.1 表孔			
堰顶高程	m	2127	
孔数及尺寸	m	3 表孔-15×21	
单宽流量	m ³ /(s·m)	232	
最大流速	m/s	42.39	
消能方式		挑流消能	
设计泄洪流量	m ³ /s	10153	
校核泄洪流量	m ³ /s	10473	
2.2 底孔			
进口底板高程	m	2068	
孔数及尺寸	m	1 表孔-7.0×8.0	
单宽流量	m ³ /(s·m)	267	
最大流速	m/s	34.58	
消能方式		挑流消能	
设计泄洪流量	m ³ /s	1868	
校核泄洪流量	m ³ /s	1874	
3. 输水建筑物			
额定流量	m ³ /s	598.30	
最大流量	m ³ /s	598.30	
3.1 进水口			
进水口型式、个数		岸塔式、4 个	
底板高程	m	2108.5	
拦污栅型式(数量、尺寸)		4×5 孔×5m×44.5m	
闸门型式		事故闸门	
闸门孔口数量、尺寸		4×10m×13m	
启闭机型式(数量、容量)		门机 1- 2×2800kN/1000kN	
3.2 尾水出口			
出水口型式、个数		岸塔式、4 个	
底板高程	m	1988	
闸门型式		检修门	
闸门孔口数量、尺寸		4×12m×20m	

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数 量	备 注
启闭机型式(数量、容量)		门机 1-2×2000kN	
3.3 引水隧洞			
型式、数量		圆形有压洞, 4 条	
引水隧洞长度	m	340.916m~ 536.896m	
断面尺寸	m	直径 11.9	
衬砌型式		混凝土衬砌	
最大设计水头	m	70	
3.4 调压井			
调压井型式		引水阻抗式调压室	
主要尺寸	m	直径 17m-22m	
3.5 压力管道			
压力管道型式、数量		圆形, 4 条	
隧洞长度	m	229.597m~ 316.862m	
断面尺寸	m×m	直径 11.9/10.8m	
最大设计内水压力水头	m	175	
最大 HD 值	m ³	1952	
3.6 尾水隧洞			
型式、数量		门洞, 4 条	
隧洞长度	m	75.218m~ 93.873m	
断面尺寸	m×m	12×20	
4. 发电厂房			
厂房型式		地下厂房	
主厂房尺寸(长×宽×高)	m	216.6×31.1×77.3	
水轮机安装高程	m	2005.00	
主变室/主变洞尺寸(长×宽×高)	m	175.25×20.0×21.50	
5. 开关站(换流站、变电站)			
型式		地面 GIS	
面积(长×宽)/层数	m×m/层	86.00×24.0/2	
六、主要机电设备			
1. 水轮机			
型式、型号		HL-LJ-780	
台数	台	4	
转轮直径	m	7.8	
额定水头	m	121	

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数量	备 注
最大水头	m	133.95	
最小水头	m	114.11	
额定流量	m ³ /s	598.3	
2. 发电机			
型式		650MW, 20kV COSΦ=0.9, n=100r/min	
台数	台	4	
额定容量	MW	650	
额定电压	kV	20	
3. 调速器			
型号		DWT-200-6.3	
台数	台	4	
4. 进水阀		/	
型号		/	
台数	台	/	
5. 主变压器			
型号		DSP -250000/500	
台数	台	13	
额定容量	MVA	250	
变比		$550/\sqrt{3}-2\times 2.5\%$ /20kV	
6. 高压配电装置			
型式		GIS	
间隔数	个	11	
额定电压	kV	550	
7. 高压引出线			
型式		高压电缆	
回路数	回	4	
电压等级	kV	500	
8. 输电线路			
输电电压	kV	500	
回路数	回	3(初拟)	
七、施工组织设计			
1. 主体工程量			
土石明挖	万 m ³	743.32	
石方洞挖	万 m ³	166.45	

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数量	备 注
混凝土和钢筋混凝土	万 m ³	402.36	
喷混凝土	万	10.19	
金属结构安装	t	14614	
帷幕灌浆	m	13.96	
固结灌浆	m	34.28	
回填灌浆	M ²	8.52	
2. 主要建筑材料			
木材	万 t	0.52	
水泥	万 t	114.91	
粉煤灰	万 t	36.77	
钢筋钢材	万 t	14.71	
3. 所需劳动力			
总工日	万工日	1200	
平均高峰人数	人	4500	
高峰人数	人	6000	
4. 施工临时房屋	万 m ²	17.03	
5. 施工动力及来源		110kV 瓦卡 变电站	
供电	kW	32294	
其他动力设备	kW	2197	
6. 施工交通运输			
公路(香格里拉-坝址)		G214、G215	
等级		二级	
距离	km	123	
场内交通主干道(公路、桥梁、 隧道)			
等级		场内二级、三级	
长度	km	59.97	
7. 施工导流			
导流方式		一次拦挡河床、 隧洞导流	
导流流量(p=20%)	m ³ /s	7200	
度汛流量(P=1%)	m ³ /s	8910	
型式		土石围堰	
最大高度	m	51.5	
防渗型式		混凝土防渗墙+ 复合土工膜	

表 2.3-1(续)

序 号 及 名 称	单 位	数 量	备 注
型式		城门洞型	
长度	m	1520.37/1685.97	
尺寸	m	13.50×17.50	
8. 料源			
混凝土骨料	万 m ³	525.99	
9. 施工工期			
准备工期	月	24	
第一台机组发电工期	月	90	
总工期	月	96	
八、建设征地移民安置			
耕地	亩	1342.49	
园地	亩	2031.76	
林地	亩	4672.12	
搬迁安置人口	人	1515	基期年
生产安置人口	人	2009	基期年
房屋	万 m ²	26.08	
九、经济指标			
1.工程总投资(设计概算)	万元	3441753.11	100%
工程静态投资	万元	2800302.48	81.36
价差预备费	万元	157581.37	4.58
建设期利息	万元	483869.26	14.06
2. 经济指标			
单位 kW 投资(静态)	元/kW	10770	
单位电度投资(静态)	元/kWh	2.70	

2.4 工程项目组成

奔子栏水电站由枢纽工程、施工辅助工程、建设征地和移民安置工程、环境保护工程 4 部分组成，详见表 2.4-1。

表 2.4-1 奔子栏水电站项目组成一览表

工程项目		工程组成
枢纽工程	挡水建筑物	碾压混凝土重力坝，最大坝高 183m，坝顶最大长度 316m。
	泄洪及消能建筑物	3 孔溢流表孔、1 孔泄洪底孔，采用挑流消能，1 孔生态泄流孔，
	输水发电建筑物	发电输水系统主要建筑物主要包括进水口、引水隧洞(包括上平段、竖井段、下平段)、尾水支洞、尾水调压室、尾水主洞和尾水出口等。

表 2.4-1(续)

工程项目		工程组成
施工辅助工程	导流工程	导流建筑物包括上、下游围堰和 2 条导流隧洞，围堰为土石不过水围堰。
	场内交通工程	本工程总共设置场内道路 56.97km，其中左岸道路 40024m、右岸道路 16053m、桥梁 5 座共计 895.00m。
	施工企业	2 处砂石加工系统，2 套混凝土拌和系统，2 处综合加工厂，2 处机械修理厂，施工供水、供电、供风设施等。
施工辅助工程	施工及业主营地	3 处施工营地、1 处业主营地(业主营地用地范围采用出让形式，不纳入工程用地范围)。
	其他	2 处仓库，3 处渣场(主体 1 处，移民 2 处)，2 处表土堆存场，1 处油库。
建设征地移民安置工程	农村移民安置	规划水平年搬迁安置人口 1646 人，生产安置人口 2186 人，四川省规划搬迁安置人口搬迁安置 614 人，其中规划瓦卡居民点集中安置 287 人、古学集镇集中安置 203 人、分散安置 124 人；云南省规划搬迁安置人口 1025 人，其中规划达拉、达日、角玛、色拉通 4 个居民点集中安置移民 977 人，分散安置移民 48 人。
	专项设施复建	包括交通工程、电力工程、通信工程等
环境保护工程	鱼类保护工程	<p>鱼类增殖放流：在旭龙业主营地扩建鱼类增殖放流站，奔子栏梯级年放流苗种 35 万尾，放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡。</p> <p>鱼类栖息地保护：定曲干流 128km 河段(巴塘-乡城段)和丹达曲干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)，对古学水电站连通恢复措施。拆除鱼根电站、丹达河和老丹达河电站，恢复河流连通性。</p> <p>过鱼设施：采用上行升鱼机+下行集运鱼作为过鱼设施，上行升鱼机由集鱼设施、提升设施、放流设施和辅助设施组成，下行集运鱼由集鱼设施、放流设施组成。</p> <p>生态调度：与上游同步开展生态调度。</p>
环境保护工程	下泄流量保证措施	设置 1 个专门的生态泄水孔，生态放水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄水建筑物最左侧⑦坝段，设计泄放流量 485m ³ /s。安装生态流量在线监测系统。
	陆生生态保护措施	对弃渣场、表土堆存场、施工临时占地区等实施生态修复工程；对占地范围内的重要植物进行迁地保护，工程临近区域的重要植物就地保护。
	废污水处理工程	施工期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，运行期厂房生活污水处理、含油废水处理等。

2.5 枢纽布置及主要建筑物

奔子栏水电站开发任务以发电为主，枢纽主要建筑物由碾压混凝土重力坝、输水发电系统等组成。泄洪坝段布置于河床中部，输水发电系统布置在右岸，发电厂房采用地下式布置。

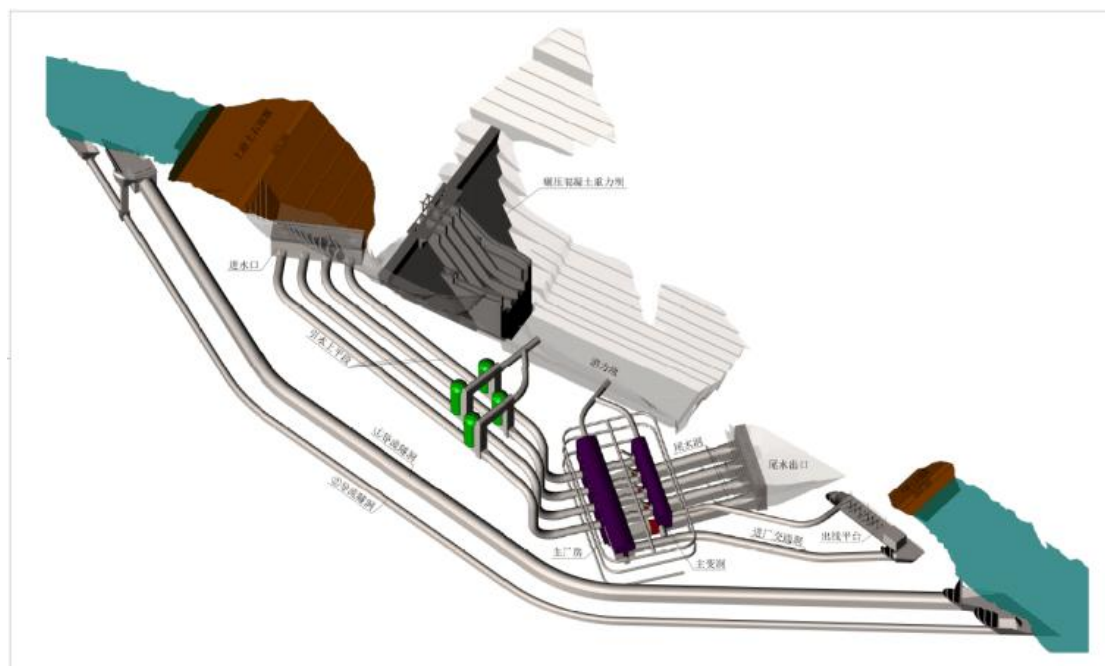


图 2.5-1 奔子栏水电站枢纽布置示意图

2.5.1 挡水及泄水建筑物布置

拦河大坝为碾压混凝土重力坝。坝顶高程 2153.00m，坝底高程 1970.00m，最大坝高 183.00m(溢流坝段)。坝顶宽 15.00m，坝底最大宽度 160.24m。坝顶最大长度 316.00m，坝轴线方位 N14.063°E。溢流坝段布置在河床，设 3 个表孔和 1 个底孔，表孔堰顶高程 2127.00m，每孔净宽 15.00m，底孔进口高程 2068.00m，采用长有压底孔型式，出口尺寸为 7.00m×8.00m(宽×高)，表孔和底孔均采用挑流消能。

根据环境保护泄放生态流量要求，水电站运行期间通过发电机组泄放流量，可满足生态需求。设置 1 个专门的生态泄水孔，检修期间采用生态泄水孔进行生态流量下泄。生态放水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄水建筑物最左侧⑦坝段，进水口底板高程 2122.50m，有压段出口控制断面底板高程 2120.00m，孔口尺寸 7m×5m(宽×高)，出口底板高程 2045.00m，设计泄放流量 485m³/s，能满足泄放要求。

2.5.2 输水发电建筑物

输水建筑物由 4 个连为一体的岸塔式进水口、4 条圆形有压引水隧洞、4 个圆形引水调压室、4 条压力管道，4 条尾水隧洞、4 个连为一体的尾水出口等组成。进水口底板高程 2110.50m，单个进水口宽 33.00m，设置 6 孔拦污栅，1 道检修闸门和 1 道事故闸门，检修闸门和事故闸门孔口尺寸为 9.00m×13.00m(宽×高)。

尾水洞断面为 12.00m×19.00m(宽×高) 的城门洞, 钢筋混凝土衬砌。尾水出口底板高程 1989.00m, 尾水出口顶部平台高程 2038.00m, 每个出水口设置 1 孔 12.00m×19.00m(宽×高) 的闸门。

主厂房与主变开关站两大洞室平行布置。主厂房开挖尺寸 216.60m×31.10m×77.30m(长×宽×高), 厂内布置 4 台单机容量为 650MW 的水轮发电机组。主变开关站洞开挖尺寸 147.90m×20.00m×35.00m(长×宽×高)。

2.5.3 过鱼设施

奔子栏水电站过鱼设施包括上行升鱼机和下行集运鱼系统, 上行升鱼机由集鱼系统、过坝升鱼机转运系统和放流系统组成。下行集运鱼系统由集鱼设施和运鱼设施组成。

上行升鱼机集鱼系统集鱼站布置于电站 4 个尾水出口和潜坝下游右侧, 尾水出口处利用电站尾水集中目标鱼类, 潜坝处采用小流量水幕诱鱼。当集鱼池内的目标鱼类达到一定数量后, 通过提升集鱼池内的提升箱, 将目标鱼类捕获, 通过溜槽将捕获的鱼类转至下游转运平台处的分拣观察室。分拣后, 将目标鱼类转移至运鱼箱, 通过轨道运鱼车由专用提升竖井隧洞将集鱼箱运输至上游码头, 由运鱼船运输至放流地点通过放鱼溜槽放流。

下行集运鱼集鱼设施包括卵苗采集系统、集运鱼船。在灯光诱鱼系统(夜晚开启)的辅助下, 在定曲河口, 许曲河口和库尾采集鱼卵和鱼苗。待鱼卵鱼苗达到一定密度后, 将鱼卵鱼苗转移至运鱼箱, 由运鱼船将运鱼箱运至岸边码头。起重设备(汽车吊)将运鱼箱吊转入运鱼车上的活鱼暂养箱, 利用现有的公路转运至坝下冈曲河口, 通过放流滑道进行放流。

2.6 施工组织设计

2.6.1 施工总布置

根据工程枢纽布置及施工特点, 结合施工场地条件, 通过分析比较, 施工总布置采取分散与集中相结合的布置方案, 规划了 2 个施工分区, 分别为大坝施工区、森恩施工区。

大坝施工区: 仅永临结合利用出线平台场地布置前期导流洞及岸坡开挖工程临时施工场地; 大坝下游左岸阿洛共沟口两岸台地作为 1#混凝土系统(供应大坝工程)布置场地; 下游围堰左岸河滩地作为 2#混凝土系统(前期供应导流洞前期工程, 后

期供应输水发电系统)布置场地；利用甲学沟下游及 G215 国道内侧的零星场地布置前方的 2#、3#施工营地及施工水厂，2#施工营地场区后期作为运行期物管用房以及永久机电设备仓库；另外利用枢纽区阿洛共沟、甲学沟回填形成场地，东竹林沟内两侧平缓坡地布置输水发电工程综合加工厂、施工机械修配厂及停放场，阿洛共沟综合场平顶部布置大坝工程综合加工厂、金属结构拼装场及表土堆存场，甲学沟场平及其上游岸坡缓坡地布置 1#砂石加工系统，场平区沟内布置转料场；左岸分别利用阿洛共沟沟内和坝址下游 1#道路内侧坡地布置炸药库和施工变电站，右岸炸药库采用地下洞室型式，布置于金沙江大桥下游。

森恩施工区：森恩区集中作为综合仓储区，布置有钢管瓦片堆放场、转轮加工厂、施工期机电设备库、输水发电工程综合加工厂及仓库、大坝工程综合仓库、大坝工程施工机械修配厂及停放场等设施。森恩施工区背后为滑坡体，局部稳定性较差，在场地平整期间布置钢筋石笼挡墙护脚，并仅作为施工仓储及加工区。森恩右岸前期利用作为前期工程砂石加工系统(2#砂石系统)及骨料暂存场。

另外在瓦卡镇布置业主营地。

在大坝坝址上游，曲支村主要布置 1#施工营地，在拥夺村布置有前期工程道路标施工场地。

2.6.2 施工交通

2.6.2.1 对外交通运输

奔子栏水电站为金沙江上游梯级开发方案中的最后一级，坝址位于四川省甘孜藏族自治州得荣县瓦卡镇阿洛共村，目前对外交通有瓦卡镇至得荣县国道 G215 从坝址左岸经过，距坝址下游约 24km 有国道 G214 与国道 G215 在得荣县伏龙桥相接，电站对外交通条件相对较好。

2.6.2.2 场内交通运输

场内交通规划结合永久交通要求，以有利施工、方便管理、节约投资、安全可靠为原则，左、右岸共布置 32 条主干道路，其中左岸分别为：1#左岸过坝道路(G215 复建枢纽段)、1-1#新老国道 G215 临时连接路、1-2#G215 施工便道、3#左岸上坝道路、3-1#左岸上游高低线连接路、5#左岸大坝中线施工道路-1、7#左岸大坝中线施工道路-2、9#左岸大坝低线施工道路、11#左岸垃圾处理站连接道路、11-1#左岸缆机平台连接道路、11-2#左岸阿洛共炸药库道路、13#施工变电站连接道路、

13-1#甲学沟综合场平施工道路、15#甲学村施工营地连接道路、17#曲支村施工营地连接道路、19#1#索桥左岸连接道路、21#绒丁渣场连接道路、23#生产安置造地区连接道路；右岸分别为：2#右岸上坝道路、4#右岸大坝中线施工道路-1、6#右岸大坝中线施工道路-2、8#右岸低线施工道路、8-1#导流洞出口施工道路、8-2#右岸炸药库连接路、10#上游右岸中线施工道路、12#右岸大坝上游下基坑道路、12-1#导流洞进口施工道路、14#奔曲路、14-1#奔曲路(过坝隧洞)、14-2#右岸缆机平台连接道路、14-3#右岸上游坝顶连接道路、16#东竹林施工场地连接道路。场内道路主要特性汇总见表 2.6.2-1。

金沙江上游奔子栏水电站环境影响报告书															
表 2.6.2-1 场内道路主要特性汇总表															
部位	编号	道路名称	道路等级	长度 m				起点 高程	终点 高程	起点位置	终点位置	路面 宽度	路基 宽度	路面结构	用地 性质
				总长度	明线	桥梁	隧道	m	m			m	m		
左岸	1#	左岸过坝道路(G215 复建枢纽段)	二级	13600	8178	840	4582	2044.10	2180.70	国道 G215	国道 G215	7	8.5	混凝土	永久
	1-1#	新老国道 G215 临时连接路	二级	3339	2820	0	519	2090.00	2085.00	1#道路	国道 G215	7	8.5	混凝土	临时
	1-2#	G215 施工便道	三级	1166	1166	0	0	2180.69	2120.40	1#道路	国道 G215	6.5	7.5	混凝土	临时
	3#	左岸上坝道路	二级/三级	1477	1477	0	0	2217.39	2147.00	1#道路	1#道路	7/6.5	8/7.5	混凝土	永久
	3-1#	左岸上游高低线连接路	三级	780	0	0	780	2155.00	2120.00	3#道路	国道 G215	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	5#	左岸大坝中线施工道路-1	二级	302	302	0	0	2095.00	2107.00	国道 G215	国道 G215	7	8	碾压混凝土	临时
	7#	左岸大坝中线施工道路-2	二级	744	744	0	0	2075.00	2045.00	国道 G215	大坝左岸边坡	7	8	碾压混凝土	临时
	9#	左岸大坝低线施工道路	二级	1067	1067	0	0	2045.00	1997.00	7#道路	大坝基坑	7	8	碾压混凝土	临时
	11#	左岸垃圾处理站连接道路	三级	803	803	0	0	2146.34	2190.00	3#道路	垃圾处理站	6.5	7.5	混凝土	永久
	11-1#	左岸缆机平台连接道路	三级	1003	49	0	954	2180.00	2215.00	11#道路	左岸缆机平台	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	11-2#	左岸阿洛共炸药库道路	三级	625	625	0	0	2190.00	2260.00	11#道路	左岸炸药库	3.5	4.5	碾压混凝土	临时
	13#	施工变电站连接道路	三级	1058	1058	0	0	2081.70	2150.00	1#道路	施工变电站	7	8	混凝土	永久
	13-1#	甲学沟综合场平施工道路	二级	1045	1045	0	0	2100.00	2140.00	13#道路	甲学沟综合场平区	7	8	碾压混凝土	临时
	15#	甲学村施工营地连接道路	三级	581	581	0	0	2043.60	2080.00	国道 G215	2#施工营地	6.5	7.5	混凝土	永久
	17#	曲支村施工营地连接道路	三级	1034	1034	0	0	2045.00	2140.00	国道 G215	1-2#道路	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	19#	1#索桥左岸连接道路	三级	659	659	0	0	2112.70	2066.74	国道 G215	1#索桥	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	21#	绒丁渣场连接道路	二级	2241	2241	0	0	2114.85	2164.00	羊拉路	绒丁渣场	7	8	碾压混凝土	临时
	23#	生产安置造地区连接道路	三级	8500	8500	0	0			国道 G215	生产安置造地区	6.5	7.5	混凝土	临时
	小 计			40024	32349	840	6836								
右岸	2#	右岸上坝道路	二级	2194	5	0	2189	2044.00	2153.00	金沙江大桥右岸	右坝肩	8	9	混凝土	永久
	4#	右岸大坝中线施工道路-1	二级	1337	418	0	919	2115.00	2125.00	2#道路	10#道路	7	8	碾压混凝土	临时
	6#	右岸大坝中线施工道路-2	二级	405	254	0	151	2100.00	2067.00	4#道路	大坝右岸边坡	7	8	碾压混凝土	临时
	8#	右岸低线施工道路	二级	1765	1765	0	0	2044.00	2045.00	金沙江大桥右岸	厂顶通风洞洞口	8	9	混凝土	永久
	8-1#	导流洞出口施工道路	三级	360	360	0	0	2040.00	2012.00	8#道路	导流洞出口底板	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	8-2#	右岸炸药库连接路	三级	436	219	0	216	2044.00	2050.00	8#道路	右岸炸药库	3.5	4.5	碾压混凝土	临时
	10#	上游右岸中线施工道路	二级	3071	2289	0	782	2148.00	2120.00	2#道路	东竹林沟场地	7	8	碾压混凝土	临时
	12#	右岸大坝上游下基坑道路	二级	1663	1133	0	530	2090.00	1997.00	10#道路	大坝基坑	7	8	碾压混凝土	临时
	12-1#	导流洞进口施工道路	二级	536	536	0	0	2060.00	2015.00	12#道路	导流洞进口	7	8	碾压混凝土	临时
	14#	奔曲路										6.5	7.5		
	14-1#	奔曲路(过坝隧洞)	二级	1604	231	0	1373	2259.53	2245.31	奔曲路	奔曲路	6.5	7.5	混凝土	永久
	14-2#	右岸缆机平台连接道路	三级	481	481	0	0	2250.00	2215.00	奔曲路	右岸缆机平台	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	14-3#	右岸上游坝顶连接道路	三级	1233	393	0	840	2217.39	2153.00	奔曲路	右坝头	6.5	7.5	混凝土	永久
	16#	东竹林施工场地连接道路	三级	968	968	0	0	2192.00	2130.00	奔曲路	东竹林沟	6.5	7.5	碾压混凝土	临时
	小 计			16053	9053		6999								

表 2.6.2-1(续)

部位	编号	道路名称	道路等级	长度 m				起点 高程	终点 高程	起点位置	终点位置	路面 宽度	路基 宽度	路面结构	用地 性质
				总长度	明线	桥梁	隧道	m	m			m	m		
跨金沙江桥		金沙江大桥		195		195		高程 2044.000m，桥长 195m，宽 12m。荷载等级：汽车-60，挂 300t，公路I级							永久
		跨金沙江 1#索桥		200		200		高程 2065.000m，桥长 200m，宽 6.5m。荷载等级：汽车-60							临时
		跨金沙江 2#索桥		140		140		高程 2045.000m，桥长 140m，宽 6.5m。荷载等级：汽车-60							临时
		跨金沙江 3#钢栈桥		200		200		高程 2044.000m，桥长 200m，宽 6.5m。荷载等级：汽车-60							临时
		跨金沙江 4#钢栈桥		160		160		高程 2070.000m，桥长 160m，宽 6.5m。荷载等级：汽车-60							临时
		小计		895		895									
总 计				56972	41402	1735	13835								

2.6.3 料场规划

本阶段暂不考虑采用天然砂砾石料作为工程混凝土骨料，工程建筑物开挖料以板岩和灰岩为主，其中弱风化及其以下灰岩可作为混凝土骨料。工程开挖可利用作为混凝土骨料量明挖约 332.07 万 m^3 ，石方洞挖约 194.36 万 m^3 ，共计 526.43 万 m^3 。工程开挖可利用料满足设计需要量，不满足规划开采量，仍需补充混凝土骨料规划开采量 82.38 万 m^3 。

选择了中坝址上游左岸曲岗丁石料场作为可供选择的备用料场，储量与质量均能满足本工程混凝土骨料的要求。

曲岗丁石料场位于坝址上游左岸淹没线以下，可提供有用料约为 110 万 m^3 。曲岗丁底平台沿河侧开挖长度约 188.00m，开采底板高程 2020.00m，底平台最小宽度 90.00m，最大宽度约 170.00m；底平台平均宽度约 135.00m，边坡开挖顶高程 2148.00m，最大边坡高度 128.00m。开挖坡比为 1:0.30，每 15.00m 设置马道宽度约 2.00m。

2.6.4 土石方平衡及渣场规划

2.6.4.1 土石方平衡

本工程土石方挖填总量为 4230.61 万 m^3 ，挖方 2741.45 万 m^3 (含表土剥离/收集量 81.28 万 m^3)，填方 1489.16 万 m^3 (含表土回覆 81.28 万 m^3)，骨料等建筑材料利用方 721.46 万 m^3 ，借方 7.04 万 m^3 ，最终废弃方 537.87 万 m^3 ，折合松方 699.23 万 m^3 (土石方松方系数取 1.30)。有用料堆存在砂石骨料暂存场和绒丁沟转存料场；弃渣堆存在绒丁沟弃渣场、因归弃渣场和曲雅贡弃渣场。

土石方平衡规划见表 2.6.4-1。

表 2.6.4-1 土石方平衡规划表

单位：万 m³

序号	分区	部位	开挖				回填				骨料等 建材 利用	借方		调入				调出				弃方及去向				备注(表土转存 调运)	
			表土	一般 土方	石方	小计	表土	一般 土方	石方	小计		数量	数量	来源	一般 土方	石方	小计	来源	一般 土方	石方	小计	去向	合计	绒丁弃 渣场	曲雅贡 弃渣场	因归弃 渣场	转存量
(1)	枢纽工程区	大坝工程	0.00	25.62	263.91	289.53	1.39	0.00	14.56	15.95	132.57	0.00	-	0.00	14.56	14.56	(9)	25.62	60.64	86.26	(35)	70.70	70.70	0.00	0.00	0.00	1.39
(2)		不良地质体处理	3.86	33.10	18.56	55.52	1.93	0.00	0.00	1.93		0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	15.75	18.56	34.31	(8):20.90、 (30):6.41、(35):7.00	17.35	17.35	0.00	0.00	3.86	1.93
(3)		下游消能区	0.00	76.37	112.81	189.18	0.17	0.00	0.00	0.17	7.57	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	38.34	56.10	94.44	(35):76.67、 (25):17.77	87.18	87.18	0.00	0.00	0.00	0.17
(4)		输水建筑物	0.00	12.26	295.70	307.96	0.13	0.00	0.00	0.13	243.51	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	28.99	28.99	(35)	35.46	35.46	0.00	0.00	0.00	0.13
(5)		发电厂房	0.00	0.00	71.45	71.45	0.00	0.00	0.00	0.00	60.90	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-			0.00	-	10.55	10.55	0.00	0.00	0.00	0.00
(6)		导流工程(不含围堰 填筑及拆除)	0.00	21.20	134.67	155.87	0.01	0.00	0.00	0.01	74.91	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	21.20	59.76	80.96	(8)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
(7)		施工支洞	0.00	0.10	18.68	18.78	0.00	0.00	0.00	0.00	6.98	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	11.80	11.80	0.00	0.00	0.00	0.00
(8)		围堰填筑	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.95	71.91	101.86	0.00	0.00	-	29.95	71.91	101.86	(2):20.90、 (6):80.96	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(9)		围堰拆除	0.00	12.06	28.15	40.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	14.56	14.56	(1)	25.65	25.65	0.00	0.00	0.00	0.00
(10)		绒丁沟排水	0.00	1.02	1.02	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	2.04	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00
(11)		阿洛共沟排水	0.00	0.79	4.29	5.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.79	4.29	5.08	(25)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(12)		甲学沟排水	0.00	0.49	1.85	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.49	1.85	2.34	(25)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(13)		混凝土加工损耗	0.00	0.00	101.47	101.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-			0.00	-	101.47	101.47	0.00	0.00	0.00	0.00
(14)		小计	3.86	183.02	1052.56	1239.43	3.63	29.95	86.47	120.05	526.43	0.00	-	29.95	86.47	116.42	-	102.19	244.75	346.94	-	362.20	362.19	0.00	0.00	3.86	3.63
(15)	弃渣场区		3.30	0.00	0.00	3.30	5.70			5.70		0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0	3.30	5.70
(16)	有用料转存场区		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00		0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(17)	交通设施区	左岸场内道路	3.49	101.61	151.44	256.54	8.48	48.19	80.08	136.75	17.94	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	53.42	53.42	106.84	(26):45.62、 (27):61.22	0.00	0.00	0.00	0.00	3.49	8.48
(18)		右岸场内道路	3.30	42.91	151.15	197.36	6.77	22.91	103.59	133.27	27.55	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	20.01	20.01	40.01	(35)	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30	6.77
(19)		小计	6.79	144.52	302.59	453.90	15.25	71.10	183.67	270.02	45.49	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	73.43	73.43	146.85		0.00	0.00	0.00	0.00	6.79	15.25
(20)	施工生产 生活区	业主营地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26			0.26	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-			0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26
(21)		1#砂石加工系统	1.15	17.79	41.52	60.47	4.12	8.81	41.52	54.46	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	8.98	0.00	8.98	(30)	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	4.12
(22)		1#混凝土系统	0.88	7.03	7.03	14.93	1.77	7.03	7.03	15.82	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	1.77
(23)		2#混凝土系统	0.84	2.89	0.00	3.73	2.34	2.89		5.23	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	2.34
(24)		长距离带式输送机	0.00	6.36	9.54	15.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	6.36	9.54	15.89	(30)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(25)		其他施工临建工程	4.46	0.00	0.00	4.46	9.58	1.28	23.91	34.77	0.00	0.00	-	1.28	23.91	25.19	(3):17.77、 (11):5.08、 (12):2.34	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	4.46	9.58
(26)		前期临建及道路 工程	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.04	7.04	外购	0.00	0.00	0.00	25.19	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(27)		阿洛共综合场平	0.00	0.00	0.00	0.00		22.81	22.81	45.62	0.00	0.00	-	22.81	22.81	45.62	(17)	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(28)		甲学综合场平区	0.00	0.00	0.00	0.00		30.61	30.61	61.22	0.00	0.00	-	30.61	30.61	61.22	(17)	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(29)		甲学综合场平区回采	0.00	30.61	30.61	61.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				0.00		0.00	0.00	0.00	-	61.22	61.22	0.00	0.00	0.00	0.00
(30)		森恩综合场平区	0.00	0.00	0.00	0.00		15.34	15.95	31.28	0.00	0.00	-	15.34	15.95	31.28	(2):6.41、 (21):8.98、 (24):15.89	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(31)		小计	7.33	64.68	88.69	160.70	18.07	88.77	141.82	248.66	7.04	7.04	-	70.04	93.28	163.31	-	15.34	9.54	24.87	-	61.22	61.22	0.00	0.00	7.33	18.07

表 2.6.4-1(续)

序号	分区	部位	开挖				回填				骨料等 建材 利用	借方		调入				调出				弃方及去向				备注(表土转存 调运)	
			表土	一般土 方	石方	小计	表土	一般 土方	石方	小计	数量	数量	来源	一般 土方	石方	小计	来源	一般 土方	石方	小计	去向	合计	绒丁弃 渣场	曲雅贡 弃渣场	因归弃 渣场	转存量	回采量
(32)	水库淹没区		37.61	0.00	0.00	37.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	18.47	0.00
(33)	合计		58.89	392.22	1443.84	1894.94	42.65	189.82	411.96	644.43	578.96	7.04	-	99.99	179.75	279.73	-	190.96	327.72	518.66	-	423.42	423.41	0.00	0.00	39.75	42.65
(34)		其他生产安置区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.69	0.00	2.69	0.00	0.00	-	2.69	0.00	2.69	(37)	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(35)	移民生产 安置区	瓦卡土地开发区 1 号	0.00	0.00	0.00	0.00	15.75	114.04	167.81	297.59	0.00	0.00	-	114.04	167.81	281.84	(1):86.26、 (2):7.00、 (3):76.67、 (4):28.99、 (18):40.01、 (37):29.70、 (43):4.23、 (47):8.98	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(36)		小计	0.00	0.00	0.00	0.00	15.75	116.73	167.81	300.28	0.00	0.00	0.00	116.73	167.81	284.53	-	0.00	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00		
(37)	农村集中居民点		1.97	53.40	39.60	94.97	1.97	4.90	28.66	35.53	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-	48.50	10.94	59.44	(34):2.69、 (35):29.70、 (49):27.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(38)	集镇迁建区		0.51	12.96	9.03	22.50	0.51	3.56	9.03	13.10	0.00	0.00	-	0.00	0.00	0.00	-			0.00	-	9.40	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00
(39)	G215 得荣县复建工程区		3.67	21.17	72.33	97.17	3.67	11.59	12.31	27.57	33.60	0.00	-			0.00	-		6.74	6.74	(40)	29.26	0.00	0.00	29.26	0.00	0.00
(40)	S461 得荣县复建工程区		1.69	14.41	39.01	55.11	1.69	14.41	21.59	37.69	24.16	0.00	-		6.74	6.74	(39)			0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(41)	桥梁工程区		0.46	2.21	5.16	7.83	0.46	0.00	0.39	0.85	0.00	0.00	-			0.00				0.00	-	6.98	0.00	0.00	6.98	0.00	0.00
(42)	绒丁隧道工程区		1.02	23.39	78.24	102.65	1.02	8.55	5.40	14.97	31.84	0.00	-			0.00		0.00	2.02	2.02	(43)	53.82	0.00	38.93	14.89	0.00	0.00
(43)	四川省其他库周交通区		3.33	43.85	82.12	129.30	3.82	41.65	31.22	76.69	35.90	0.00	-		2.02	2.02	(42)	2.64	1.59	4.23	(35)	14.99	0.00	14.99	0.00	0.00	0.00
(44)	羊拉公路复建工程区		5.07	32.65	115.36	153.08	5.07	21.95	38.56	65.58	0.00	0.00	-			0.00		10.70	76.80	87.50	(45):5.5、 (49):82.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(45)	曲达公路区		2.36	17.27	76.44	96.07	2.36	18.21	81.20	101.77	2.00	0.00	-	0.94	6.76	7.70	(44):5.5、(46):2.20			0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(46)	云南省其他库周交通区		2.30	10.43	56.00	68.73	2.30	11.43	37.80	51.53	15.00	0.00	-			0.00		0.94	1.26	2.20	(45):2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(47)	复建水电水利工程区		0.01	6.47	12.42	18.90	0.01	7.74	0.26	8.01	0.00	0.00	-			0.00		3.58	7.31	10.89	(35):8.98、 (49):1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(48)	复建电力通讯线路区		0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	-			0.00				0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(49)	岸坡防治 工程区	玛木顶防护区	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.66	71.30	110.96	0.00	0.00	-	39.66	71.30	110.96	(37):27.05、 (44):82.00、 (47):1.91			0.00	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(50)	合计		22.39	238.40	585.71	846.51	38.63	300.58	505.53	844.73	142.50	0.00	-	157.33	254.63	411.95	-	66.36	106.66	173.02	-	114.45	0.00	63.32	51.13	0.00	0.00
(51)	总计		81.28	630.62	2029.55	2741.45	81.28	490.40	917.49	1489.16	721.46	7.04	-	257.32	434.38	691.68	-	257.32	434.38	691.68	-	537.87	423.41	63.32	51.13	39.75	42.65

备注：调入调出来源或去向列中括号内代表部位，后面数字代表数量。

2.6.4.2 渣场规划布置

本工程主要利用阿洛共沟、甲学沟、绒丁沟及大坝下游进行渣料堆弃、转存及施工场地场平回填。

a) 阿洛共沟综合利用

阿洛共沟规划布置施工场地场平回填区，场平回填区顶部高程 2140.00m，回填弃渣容量 50.13 万 m³，场平回填坡度 1:2.0，每隔 15.00m 高度设置 1 级马道，马道宽度 2.00m。场平顶部作为大坝工程综合加工厂、金属结构堆放及加工厂等施工场地。

b) 甲学沟综合利用

甲学沟规划布置施工场地场平回填区，场平回填区顶部高程 2115.00m，回填弃渣容量 59.70 万 m³，场平回填坡度 1:2.0，每隔 15.00m 高度设置 1 级马道，马道宽度 2.00m。场平顶部作为①砂石加工系统的布置场地。

c) 绒丁沟综合利用

绒丁沟规划有弃渣场，上游侧台地布置有表土堆存场，其中弃渣场顶高程 2360m，最大填筑高度 180.00m，弃渣量为 560.0 万 m³。表土堆存场，布置在上游侧台地上，堆存范围 2175.00m~2190.00m，最大堆存高度 15.00m，规划转存容量约 16 万 m³。

主要渣场、转料场及回填场平区特性见表 2.6.4-2。

表 2.6.4-2 主要渣场及中转场特性表

名称	类型	位 置	堆渣高程 m	容量 万 m ³	弃渣量 (松方) 万 m ³	高峰 转存量 (松方) 万 m ³	场平回 填量 (压实方) 万 m ³
绒丁沟 弃渣场	弃渣场	绒丁沟	2180.00~ 2360.00	560	553	-	-
	转存场		2310.00~ 2360.00	150		141	
	表土 堆存场		2175.00~ 2190.00	14	-	14	-
工程区 表土场	表土 堆存场	导流洞出口 对岸滩地	2040.00~ 2060.00	8	-	8	-
砂石骨料 暂存场	转存场	大坝下游	1975.00~ 2036.00	202	-	182	-

2.6.5 施工导流

2.6.5.1 导流方式

本工程施工导流采用围堰一次拦断河床的隧洞导流方式，上游围堰采用全年挡水土石不过水围堰，下游围堰采用混凝土防渗心墙土石坝。

2.6.5.2 导流建筑物

a) 导流隧洞

本次导流采用右岸双洞等断面导流隧洞布置。2条导流隧洞进口位于上游围堰上游坡脚约30m~170m范围内，进口错开平行进洞；出口位于尾水出口下游，距下游围堰下游坡脚约140m~280m，平行错位出洞；洞身轴线平行布置，轴线间距50m，导流隧洞左侧距地下厂房右侧墙最小距离约80m。

b) 围堰

本工程上、下游围堰采用土石围堰结构型式，上游围堰下游坡脚与大坝基坑上游开口线距离约38m，下游围堰布置于出线平台处，下游围堰距导流隧洞出口约180m。围堰运行期结构设计洪水标准采用全年20年一遇，洪峰流量 $7200\text{m}^3/\text{s}$ 。经调洪演算，导流隧洞最大下泄流量为 $6967\text{m}^3/\text{s}$ ，相应的上游围堰设计挡水水位2057.50m、下游围堰设计挡水水位2028.57m。

1) 上游围堰

上游围堰结构型式：堰顶高程2059.50m，堰顶长度192.93m，堰顶宽度15.00m，最大堰高51.50m。

2) 下游围堰

下游围堰结构型式：堰顶高程2030.00m，堰顶宽度20.00m，最大堰高26.00m。

2.6.5.3 截流

据施工总进度安排，截流时段为第2年11月。截流标准采用11月份10年一遇月平均流量 $1010\text{m}^3/\text{s}$ (苏洼龙2台机引用流量+苏洼龙至奔子栏坝址区间11月10%频率的月平均流量)，相应导流洞过流时的上游水位为2023.86m，戗堤顶高程2028.00m。

截流时，前期开挖料可以堆存于右岸，截流方式采用由右岸向左岸单向单戗堤立堵截流，其中右岸可提前进行部分预进占。

2.6.5.4 下闸蓄水及下游供水

根据施工总进度安排，导流隧洞于第7年11月初下闸，第8年4月底完成导流隧洞封堵，第8年6月底首台机组发电。为降低导流隧洞封堵期间闸门挡水水头，并尽量避免在枯水期蓄水，减小对下游河道生态用流的影响，水库初期蓄水分2阶段进行，具体程序如下：

第1阶段：第7年11月初，打开坝身供水底孔闸门，按要求泄放生态流量，余水存续。依次下闸2条导流隧洞4扇闸门，待2条导流隧洞闸门全部下闸后，根据上游水位控制弧门开度下泄生态流量，上游水位上升至坝身永久底孔最低供水水位2076.68m后，关闭坝身供水底孔弧门，并下放上游平板闸门，由永久泄洪底孔泄流，至此，第1阶段蓄水完成。

第2阶段：根据施工总进度安排，导流隧洞封堵灌浆在第8年4月完成，第2阶段蓄水开始时间推荐为第8年5月初，第2阶段蓄水直至2148.00m。该阶段利用泄洪底孔弧门按要求泄放生态流量。

奔子栏50%和75%保证率对应的初期蓄水过程见表2.6.5-1和表2.6.5-2。

表 2.6.5-1 奔子栏水库初期蓄水成果表(P=50%)

阶段	时段	入库流量 m ³ /s	出库流量 m ³ /s	末库容 亿 m ³	时段末水位 m	蓄水时间 d
第一阶段	-	-	-	0	2020.00	
	11 月上*	870	357	1.80	2078.33	4.1
	11 月上	870	357	1.80	2078.33	5.9
第二阶段	5 月上	684	361	4.60	2104.63	10.0
	5 月中	658	361	7.16	2120.71	10.0
	5 月下*	833	361	10.74	2138.00	8.8
	5 月下	833	361	11.23	2140.08	1.2
	6 月上*	1030	357	13.20	2148.00	3.4

表 2.6.5-2 奔子栏水库初期蓄水成果表(P=75%)

阶段	时段	入库流量 m ³ /s	出库流量 m ³ /s	末库容 亿 m ³	时段末水位 m	蓄水时间 d
第一阶段	-	-	-	-	2020.00	
	11 月上*	757	357	1.80	2078.33	5.2
	11 月上	757	357	1.80	2078.33	4.8
第二阶段	5 月上	590	361	3.78	2098.35	10.0
	5 月中	643	361	6.22	2115.33	10.0
	5 月下	665	361	8.85	2129.39	10.0

表 2.6.5-2(续)

阶段	时段	入库流量 m ³ /s	出库流量 m ³ /s	末库容 亿 m ³	时段末水位 m	蓄水时间 d
第二阶段	6 月上*	750	357	10.74	2138.00	5.6
	6 月上	750	357	12.23	2144.22	4.4
	6 月中	971	357	13.20	2148.00	1.8

2.6.5.5 导流程序

工程施工导流程序见表 2.6.5-3。

表 2.6.5-3 施工导流程序表

导流时段	导流标准	洪峰流量 m ³ /s	泄水建筑物	挡水建筑物	上游水位 m	下游水位 m	下泄流量 m ³ /s	挡水建筑物高程 m	备注
第 1 年 1 月~ 第 2 年 11 月	时段 P=20%	1360	原河床	导流隧洞进出口围堰和洞内围堰	2019.719	2017.250	1360	2021.500	导流洞施工
第 2 年 11 月	P=10% 月平均	1010	导流洞	截流戗堤	2023.861	2016.281	1010	2028.000	11 月初截流
第 2 年 11 月~ 第 3 年 4 月	时段 P=5%	1860	导流洞	防渗墙施工平台	2028.286	2018.547	1860	2030.000	围堰填筑及防渗墙施工
第 3 年 5 月~ 第 6 年 10 月	全年 P=5%	7200	导流洞	围堰	2057.500	2028.569	6967	2059.500	初期导流阶段
第 6 年 11 月~ 第 7 年 5 月	时段 P=1%	1910	导流洞	大坝	2028.533	2018.667	1910	2059.500	中期导流阶段
第 7 年 6 月~ 第 7 年 10 月	全年 P=1%	8910	导流洞	大坝	2071.770	2030.598	8436	2107.000	中期导流阶段
第 7 年 11 月	P=10% 月平均	1080	导流洞	大坝	2024.257	2016.500	1080	2137.000	11 月初导流洞下闸
第 7 年 11 月~ 第 8 年 5 月	时段 P=0.5%	2110	大坝底孔	大坝	2124.550	2017.680	1512	2153.000	大坝枯期度汛
第 8 年 6 月~ 第 8 年 12 月	全年 P=0.1%	11200	底孔+溢流表孔	大坝	2148.320	2037.630	11200	2153.000	大坝建成正常运行

2.6.6 主要施工工厂设施和施工营地

2.6.6.1 砂石加工系统规划布置

本工程主体及导流工程混凝土(含喷混凝土)总量 458.25 万 m³，其中大坝工程

280.56 万 m^3 ，下游消能区 22.62 万 m^3 ，输水系统 51.14 万 m^3 ，厂房工程 23.59 万 m^3 ，不良地质体处理工程 32.68 万 m^3 ，导流工程 42.64 万 m^3 (含导流支洞堵头)，施工支洞工程 5.02 万 m^3 ，共需混凝土骨料 1008.85 万 t，其中粗骨料 605.31 万 t，细骨料 403.54 万 t。

根据选定的料源开采方案，结合施工总体布置规划，并考虑本阶段工程施工方案初步研究成果，确定主体工程建设阶段在甲学沟设置 1 套砂石加工系统，即①砂石加工系统，承担主体工程大坝、输水系统、厂房、地质缺陷处理等工程混凝土骨料生产任务。混凝土总量为 403.08 万 m^3 ，共需混凝土骨料 886.776 万 t，其中粗骨料 532.06 万 t，细骨料 354.71 万 t。按每日两班制生产，确定砂石加工系统的生产规模：设计处理能力 1500t/h，设计生产能力 1200t/h。①砂石系统总需水量 800 m^3 /h，其中废水回收水量 560 m^3 /h，补充水量 240 m^3 /h，采用水泵供水至系统高位水池。各生产车间采用两级除尘方式，第一级为旋风式除尘器，第二级为布袋式除尘器，回收的石粉储存在石粉罐内，并通过散装物料罐车运至弃渣场。

在右岸下游距离坝轴线直线距离约 5.5km 的森恩施工区设置一前期临建工程砂石加工系统即②砂石加工系统。①砂石加工系统负责供应大坝工程 RCC 混凝土所需粗细骨料，以及负责供应全部主体工程常态混凝土粗细骨料；②砂石加工系统负责供应前期临建工程及导流洞工程混凝土粗细骨料。前期工程混凝土总量为 42.34 万 m^3 ，共需混凝土骨料 93.15 万 t，其中粗骨料 55.89 万 t，细骨料 37.26 万 t。按每日两班制生产，短期三班制，确定砂石加工系统的生产规模：设计处理能力 350t/h，设计生产能 280t/h。

2.6.6.2 混凝土生产系统规划布置

主体工程设置 2 套混凝土生产系统，分别为①混凝土生产系统和②混凝土生产系统；①混凝土系统主要供应大坝工程、地质缺陷处理混凝土，②混凝土生产系统主要供应导流工程及输水发电系统工程混凝土。

①混凝土生产系统主要承担大坝工程和地质缺陷处理的混凝土生产任务，混凝土生产总量约 297.42 万 m^3 (其中碾压混凝土约 216.23 万 m^3 ，常态混凝土约 81.19 万 m^3 ，不含喷混凝土)，以三级配和二级配混凝土为主，无四级配混凝土。

②混凝土生产系统主要承担导流工程、厂房工程、施工支洞以及①混凝土系统建成前地质缺陷处理混凝土生产任务，混凝土生产总量约 132.62 万 m^3 ，以二级配

为主，有少量三级配混凝土。

①混凝土生产系统所需混凝土骨料，由左岸下游的①砂石加工系统供应。②混凝土生产系统前期由②砂石加工系统供应，导流工程标完成后②混凝土生产系统移交给输水发电标，混凝土骨料由①砂石加工系统供应。

各混凝土生产系统均采用散装水泥和掺合料，散装水泥和掺合料采用专用罐车直接运至各混凝土生产系统。

2.6.6.3 供气、供水及供电系统

a) 施工供气

工程分为 6 个施工供气区，拟设置 6 座压气站，总供气量为 $610\text{m}^3/\text{min}$ 。

b) 施工供水系统

施工期采用主体工程区左、右岸统一供水，曲支村①号施工营地单独供水，瓦卡镇业主营地单独供水，森恩施工区单独供水；运行期永久机电设备库单独供水，开关站单独供水。

c) 施工供电

施工电源电压等级采用 110kV，拟从 110kV 瓦卡变电站接两回 110kV 输电线路至施工区变电站，线路长度约为 34km，导线采用架空架设方式，架空导线型号为 JL/G1A-150/25。另外从 35kV 子庚变电站接 1 回 35kV 线路，在施工期建设一座 35kV 箱式变电站进行施工期临时供电，线路长度约为 9km，导线采用架空架设方式，架空导线型号为 JL/G1A-95/20。

施工供电电压选择为 10kV 和 0.4 kV 两个电压等级。根据本工程施工用电负荷分布特点以及供电线路走向，拟在大坝工程施工场地下游侧修建 1 座 110kV 施工中心变电站，作为主要施工电源点。

2.6.6.4 综合加工及机械修配厂

a) 综合加工厂

综合加工厂包括钢筋加工厂、木材加工厂和混凝土预制件厂。

1) 钢筋加工厂

奔子栏水电站主体及导流工程混凝土浇筑和边坡开挖支护钢筋总用量约 17.52 万 t。结合工程初拟分标方案，工程设置 4 座钢筋加工厂。

各工区的钢筋加工厂主要技术指标见表 2.6.6-1。

表 2.6.6-1 钢筋加工厂主要技术指标表

名称	生产规模	生产班制	劳动定员	装机功率	用水量	建筑面积	占地面积
	t/班	班/日	人/班	kW	m ³ /h	m ²	m ²
大坝工程钢筋加工厂	80	2	130	1800	8	1900	11200
输水工程钢筋加工厂	50	2	80	1000	6	1500	9000
厂房及尾水工程钢筋加工厂	30	2	40	800	4	1000	5000
导流洞工程钢筋加工厂	80	2	100	1200	7	1500	10000
合计	220		350	4800	25	5900	35200

2) 木材加工厂

由于木材消耗量较少，全工程设置 3 座木材加工厂。

各工区的木材加工厂主要技术指标见表 2.6.6-2。

表 2.6.6-2 木材加工厂主要技术指标表

名称	生产规模	生产班制	劳动定员	装机功率	用水量	建筑面积	占地面积
	m ³ /班	班/日	人/班	kW	m ³ /h	m ²	m ²
导流工程木材加工厂	8	2	15	75	6	350	4800
大坝工程木材加工厂	30	2	50	190	20	1000	10000
引水发电工程木材加工厂	12	2	20	90	10	500	6500
合计	50		85	355	36	1850	21300

3) 混凝土预制件厂

奔子栏水电站混凝土预制件总量约 0.54 万 m³。由于混凝土预制件总量较少，全工程集中设置 1 座引水发电工程混凝土预制件厂混凝土预制件厂主要技术指标见表 2.6.6-3。

表 2.6.6-3 混凝土预制件厂主要技术指标表

名称	生产规模	生产班制	劳动定员	装机功率	用水量	建筑面积	占地面积
	m ³ /d	班/日	人/班	kW	m ³ /h	m ²	m ²
引水发电工程混凝土预制件厂	15	1	12	30	1	300	3000

b) 机械修配厂及汽车保养站

由于奔子栏工程施工使用的大型机械设备和各类运输车辆较多，且工程工期较长，坝址距四川得荣县城约 54km，距离云南香格里拉约 88km，距离主要城市较

远，因此，本工程现场需设置日常维修的施工机械修配厂和汽车保养站，难度较大的维修可考虑利用社会资源。

根据工程初拟分标方案及施工准备和主体工程施工期施工机械修配要求，为提高机械维修和加工设备利用率，同时也是为了方便各型施工机械设备维修，机械修配和汽车保养、维修宜相对集中设置。

1) 机械修配厂

施工机械修配厂主要承担本工程施工机械的保养、小修、零部件更换和部分非标准件加工的任务，同时开挖机械的修钎工作亦可在厂内完成。根据检修要求，各厂按每日 2 班制考虑。

结合工程初拟分标方案，共设置 2 座施工机械修配厂，具体情况如下：

(1) 输水发电工程施工机械修配厂

主要施工机械约 100 台(套)，年计划保修劳动量约 16.0 万工时，保修持续时间 7.5 年。将其设在距离坝址右岸上游 1.8km 的东竹林沟内场平上，布置高程 2145.00m。

(2) 大坝工程施工机械修配厂

主要施工机械约 120 台(套)，年计划保修劳动量约 20.0 万工时，保修持续时间 6.5 年。将其设在森恩综合场平区，布置高程 2050.00m～高程 2080.00m。

施工机械修配厂的生产工人年平均工作时间取 2000h，各生产车间建筑面积按 20m²/人，占地面积按建筑面积的 4～6 倍取值。

施工机械修配厂主要技术指标见表 2.6.6-4。

表 2.6.6-4 施工机械修配厂主要技术指标表

名称	生产规模 万工时/年	生产班制 班/日	劳动定员 人/班	装机 功率 kW	用水 量 m ³ /h	建筑面 积 m ²	占地 面积 m ²
输水发电工程施工机械修配厂	16.0	2	80	250	6	1400	6500
大坝工程施工机械修配厂	20.0	2	100	375	10	1600	9000

2) 汽车保养站

汽车保养站主要承担本工程运输车辆的保养、小修、零部件更换等生产任务，工作班制取 2 班/日。各类汽车大修可利用瓦卡镇或奔子栏镇当地汽车修理企业承担。

汽车保养站结合机械修配厂结合布置。汽车保养站主要技术指标见表 2.6.6-5。

表 2.6.6-5 汽车保养站主要技术指标表

名称	生产规模 标准台	生产班制 班/日	劳动定 员人/班	装机功率 kW	用水量 m ³ /h	建筑 面积 m ²	占地 面积 m ²
输水发电工程 汽车保养站	200	2	80	275	6	2000	-
大坝工程 汽车保养站	300	2	120	350	10	3000	-

3) 金结拼装厂

本工程集中设置 1 个金结拼装厂(含金属结构堆放场地)，布置在阿洛共综合场平区，高程 2150.00m。

表 2.6.6-6 金结拼装厂主要技术指标表

名称	生产规模 t/班	生产班制 班/日	劳动定 员人/班	装机功率 kW	用水量 m ³ /h	建筑 面积 m ²	占地 面积 m ²
大坝工程金结 拼装厂	30	2	40	350	10	3000	15000

4) 转轮加工厂

本工程厂房内布置 4 台单机容量为 650MW 的水轮发电机组，水轮机组结构尺寸大，需采用散件运输至坝区，再现场加工的方式，因此在工程区附近需设置转轮加工厂。转轮加工厂技术指标表见表 2.6.6-7。

表 2.6.6-7 转轮加工厂主要技术指标表

名称	生产规模 台/年	生产班制 班/日	劳动定 员人/班	装机功率 kW	用水量 m ³ /h	建筑 面积 m ²	占地 面积 m ²
输水发电工程 转轮加工厂	2	2	100	1800	8	3200	13000

2.6.6.5 生产、生活营地规划布置

业主营地布置在瓦卡镇镇政府北侧，满足约 200 人使用需要，营地建筑面积约 1.7 万 m²，占地面积约 1.5 万 m²。业主营地用地范围采用出让形式，不纳入工程用地范围。

施工营地规划选址考虑应选择相对独立，干扰较少的区域，并且便于生产生活，对于有条件的地区可集中布置。本工程考虑分三块区域规划施工营地，分别为曲支村①施工营地、永久金沙江大桥左岸下游约 1km 国道 G215 内侧坡地布置的②施工营地、③施工营地，其规划选址为相对独立区域，且方便生产管理。根据施工

强度分析，本工程高峰期劳动人数约 6000 人。本阶段结合初拟分标方案，高峰期主要土建标有砂石加工系统标、输水发电系统工程标、大坝工程标，各标高峰劳动人数分别为 500、2500、3500 人。

① 施工营地规划布置于曲支村，满足 2400 人使用需要，营地建筑面积 2.4 万 m²，占地面积 7.3 万 m²。初拟考虑大坝工程标 2400 人居住。

② 施工营地规划布置于永久金沙江大桥左岸下游约 1km 国道 G215 内侧坡地，满足 1300 人使用需要，营地建筑面积 1.3 万 m²，占地面积 2.0 万 m²。初拟考虑输水发电系统工程标 1300 人居住。2#施工营地后期作为电站运行期前方物管、消防及安保用房。

③ 施工营地规划布置于甲学沟下游，满足 2000 人使用需要，营地建筑面积 2.0 万 m²，占地面积约 7 万 m²。初拟考虑大坝工程标 400 人、输水发电系统工程标 1200 人、砂石加工系统及混凝土生产系统标 400 人居住。

不足部分由承包人自行在工程区征地范围内规划或从地方租用。

2.6.6.6 其他

油库布置在甲学沟下游、国道 G215 道路内侧。

考虑工程区处在四川与云南交界处，本阶段考虑设置 2 座炸药库，左岸布置在阿洛共沟上游，右岸炸药库布置在永久金沙江大桥下游约 600.00m 的地下洞库内，两岸炸药库均远离主要施工区和居民点。

2.6.7 施工用地

根据施工征地范围，奔子栏水电站枢纽工程建设区右岸涉及云南省迪庆藏族自治州德钦县的奔子栏镇，枢纽工程建设区左岸涉及四川省得荣县的瓦卡镇。

枢纽工程区规划征地面积共计 6694.72 亩，其中永久征收 3162.01 亩(含与水库淹没区重叠的 230.10 亩)，施工临时征用 3532.71 亩(含与水库淹没区重叠的 1151.69 亩)，枢纽工程建设区与水库淹没区重叠部分面积 1381.79 亩纳入水库淹没区。枢纽工程建设区与水库淹没区重叠部分，按用地时序要求归入枢纽工程建设区先行处理。

2.6.8 施工进度安排

a) 施工总进度

工程施工期划分为工程筹建期、工程准备期、主体工程施工期和工程完建期四个施工阶段。

工程筹建期指正式开工前为承包商进场施工创造条件所需时间段。工程准备期指准备工程开工至关键线路上的主体工程开工前时段，部分主体工程施工与准备工程工作交错进行。主体工程施工期指从大江截流至首批机组发电时段。工程完建期指首批机组投入运行至工程竣工为止的时段。

根据枢纽布置特点、工程规模及工程量，经分析，安排本工程的施工总工期 8 年(96 个月)，其中准备工期 1 年 10 个月(22 个月)，主体工程施工期 5 年 8 个月(68)，第 1 批(2 台)机组发电工期 7.5 年(90 个月)，工程完建工期 6 个月。

工程筹建期安排 2 年。

b) 施工关键线路

在本工程众多施工项目中，以导流洞施工、截流、基坑闭气防渗抽水、大坝地基开挖及地基处理、坝体混凝土浇筑及坝顶弧门安装处在控制发电工期的关键线路上，地下厂房的施工和机组安装为控制工期的次关键线路，控制工期的总关键线路为：导流洞施工→截流→大坝岸坡开挖支护及围堰防渗、基坑抽水→坝基开挖及处理→坝体混凝土浇筑→导流洞下闸、封堵(坝顶弧门安装)→下闸蓄水、首批(2 台)机组发电→其余机组安装投产。导流洞开挖至围堰截流工期 22 个月，围堰截流至首批(2 台)机组发电工期 68 个月，其余机组安装工期 6 个月，施工总工期为 96 个月。对关键线路上的施工项目，应全力以赴，配备足够的人员和施工机械，以确保电站按期完建。

表 2.6.8-1 施工强度指标表

单位：万 m³/月

项目		单位	土石明挖	石方洞挖	混凝土 (含喷混凝土)
主体及导流工程总量		万 m ³	799.10	285.33	458.25
高峰年	完成工程量	万 m ³	251.36	69.99	160.19
	出现时间	年	第 3 年	第 3 年	第 6 年
高峰时段	月平均强度	万 m ³	28.38	10.64	15.19
	出现时间	年.月	第 3 年 1 月～ 2 月	第 1 年 1 月～10 月	第 6 年 8 月

c) 移民搬迁总进度

根据工程施工总体节点计划，枢纽区及库区移民搬迁计划如下：

- 1) 工程筹建期第 1 年 6 月底前，枢纽区征地移民搬迁全部完成；
- 2) 工程正式开工后第 2 年 10 月底前，围堰挡水回水位以下库区淹没范围内库底清理、移民搬迁全部完成；

3) 第7年12月底前,水库永久淹没范围内库底清理、移民搬迁全部完成。

2.7 建设征地与移民安置

2.7.1 建设征地实物指标

奔子栏水电站建设征地涉及云南省迪庆藏族自治州德钦县和四川省甘孜藏族自治州得荣县共7个乡(镇)31个行政村。

a) 云南部分

奔子栏水电站云南部分建设征地涉及云南省1个州、1个县、2个乡(镇)、5个行政村、24个村民小组。

奔子栏水电站云南部分涉及主要实物指标成果为:涉及搬迁人口152户940人,均为农村人口;涉及各类房屋总面积137925.90 m²。涉及零星树木18436株,土地总面积17662.01亩,其中耕地688.35亩,园地1093.12亩,林地2995.58亩,其他各类土地12884.96亩。涉及临时简易房屋面积约15万m²。

涉及专业项目中,包括等级公路38.00km/2条,农村道路23.88km/47条,跨江桥梁为曲宗大桥,147.5m/1座;涉及110kV电力线路38.60km,10kV电力线路57.61km,6.3kV电力线路0.02km,10kV变压器3380kVA/14台,变电站设备3台;通信光缆线路628.10km、通信杆路51.7km、通信管道0.8km、通信基站9座,通信基站外部电源线2条0.8km;广播站8个;涉及个体工商户及农民专业合作社49家,其中个体工商户37家,农民专业合作社12家;影响文物古迹9处,其中地面文物点5处,地下文物4处。国家二级水准点17个。压覆探矿权1个,压覆国家规划区域2个。

涉及企业2家。

b) 四川部分

奔子栏水电站四川部分建设征地涉及四川省甘孜藏族自治州得荣县5个乡镇26个行政村。

涉及搬迁人口112户575人,其中农村人口570人,城镇人口5人;涉及房屋总面积122866.57m²;涉及土地总面积为27996.77亩,其中耕地654.14亩,园地938.64亩,林地1676.54亩,草地17233.43亩,其他各类土地7494.02亩;涉及零星树木23937株。淹没涉及城(集)镇1个,为全部淹没集镇。

涉及主要专业项目包括公路45.59km/4条,其中二级公路31.68km/1条,三级

公路 6.76km/1 条，四级公路 7.15km/2 条，农村道路 42.86km/42 条，其中四级公路(I类)3.12km/3 条，四级公路(II类)31.07km/20 条，机耕道 8.67km/19 条，独立桥梁 777.5m/7 座，溜索 135m/1 处，道班房屋 194.14m²/1 处；管(渠)道 9.08km，水电站 2 座，泵站 13 座，闸坝 2 处；35kV 电力线路 19.30km，10kV 电力线路 32.40km，10kV 变压器 675kVA/11 台；通信光缆 626.1km，通信杆路 108.7km，通信管道 2.8km，通信基站 11 座，汇聚机房 1 座，广播站 4 个；文物古迹 27 处，国家二等水准点 7 个，水文站 2 座，国家地质环境监测设备 6 套，地震台 1 座，未压覆重要矿产资源。

涉及机关和企事业单位 13 家，其中机关 3 家，企业 8 家，事业单位 2 家。

2.7.2 生产安置规划

至规划设计水平年，奔子栏水电站生产安置总人口 2186 人，其中复合安置 1050 人，逐年货币补偿安置 1049 人，自行安置 87 人。其中：云南部分生产安置人口 1357 人，其中复合安置 557 人，逐年货币补偿安置 770 人，自行安置 30 人；四川部分生产安置人口 829 人，其中复合安置 493 人，逐年货币补偿安置 279 人，自行安置 57 人。

2.7.3 搬迁安置规划

至规划设计水平年，奔子栏水电站搬迁安置总人口为 1646 人(农村部分 1639 人，集镇部分 7 人)。按搬迁安置方式划分，集中安置 1470 人，分散安置 176 人。其中：

云南部分搬迁安置人口 1025 人，规划集中安置 977 人，分散安置 48 人。

四川部分搬迁安置人口 621 人，其中农村部分搬迁安置人口 614 人，规划集中安置 490 人(进入瓦卡居民点安置 287 人，古学集镇迁建新址安置 203 人)，分散安置 124 人；城镇安置的移民搬迁安置人口 7 人(集中安置 3 人，分散安置 4 人)。

2.7.4 专业项目处理

a) 四川省

1) 交通运输工程

奔子栏水电站交通运输工程规划复建等级公路共 62.394km/4 条，规划复建农村道路 5.010km/4 条，规划复建其他库周交通道路 22.060km/5 条，规划复建独立跨江(河)桥梁共 1034m/4 座，规划新建绒丁隧道，为四级公路，含隧道 4740m/1 座，连

接路 8.517km/2 条，规划新建集镇和居民点对外连接道路共 21.99km/5 条，规划新建机耕道 22.026km/2 条。

云南部分规划复建三级公路 39.762km/2 条；规划复建农村道路 5.010km/4 条，其中四级公路(Ⅰ类)0.828km/1 条，四级公路(Ⅱ类)1.169km/1 条，机耕道 3.013km/2 条；规划新建居民点对外连接道路 8.669km/3 条，单车道四级公路 7.892km/2 条，四级公路(Ⅱ类)0.777km/1 条；规划新建机耕道 20.319km/1 条。

四川部分规划复建等级公路共 22.632km/2 条段，其中二级公路 16.223km/1 条，三级公路 6.409km/1 条；规划复建其他库周交通道路 22.060km/5 条；规划独立跨江(河)桥梁 1034m/4 座。规划新建集镇和居民点对外连接公路 13.321km/2 条，均为四级公路；规划新建绒丁隧道，为四级公路，含隧道 4740m/1 座，连接路 8.517km/2 条；新建瓦卡居民点至土地开发区 2 号机耕道 1.701km/1 条。

2) 水电水利工程

奔子栏水电站水电水利工程共规划供水工程 4 处，复建灌溉引水工程 3 处，规划复建光伏提灌泵站 11 座，一次性补偿光伏提灌泵站 2 座；去学水电站 35kV 施工中心变电站采取就近抬高复建处理；古学水电站采取抬高复建处理。其中：

云南部分规划新建供水工程 2 处，为达拉及达日安置点供水工程和色拉通居民点供水工程。

四川部分规划新建古学集镇供水工程 1 处，瓦卡安置点供水工程 1 处。规划复建灌溉引水工程 3 处，其中瓦卡集镇引水工程 2 处，仁学至绒学村引水工程 1 处。规划复建光伏提灌泵站 11 座，装机 1715.52kW，一次性补偿光伏提灌泵站 2 座，装机 131.4kW。规划去学水电站 35kV 施工中心变电站采取就近抬高复建处理，业主营地采取另行选址复建，复建选址下一步应结合周边用地条件、权属单位和地方政府意见进一步落实。规划古学水电站规划采取抬高复建处理，根据各方协商意见，下一步相关费用暂纳入奔子栏水电站移民安置规划，实施阶段由奔子栏公司与古学水电站权属单位进一步协商落实。

3) 防护工程

奔子栏水电站云南部分规划防护工程 1 处。

4) 电力工程

奔子栏水电站电力工程共复建 110kV 及以上输电线路 59.1km；复建 35kV 输电

线路 25.60km；复建 10kV 变压器 580kVA/8 台和 10kV 配电线路 124.4 km；新建城镇和居民点外部 10kV 连接线路 5.1km。其中：

云南部分复建 110kV 及以上输电线路 2 回 7 段 59.1km、10kV 变压器 430kVA/5 台和 10kV 配电线路 3 回 22 段 73.8km，新建居民点外部 10kV 连接线路 4 条 2.6km。

四川部分规划复建 35kV 输电线路 3 回 4 段 25.60km、10kV 变压器 150kVA/ 3 座和 10kV 配电线路 6 条 50.60km，新建城镇和居民点外部 10kV 连接线路 2 条 2.50km。

5) 电信工程

奔子栏水电站电信工程共复建共建共享通信杆路 38 条 138.2km、通信光缆 166 条 1382.5km、通信管道 1 条 2.9km、基站 20 座、汇聚机房 1 座、基站外部电源线 1.8km；规划新建集镇迁建新址和居民点外部接入共建共享杆路共 4 条 7.4km、外部接入光缆共 6 条 12.7km，新建居民点基站进线光缆 2 条共 7.0km、新建居民点基站 3 座。其中：

云南部分复建共建共享通信杆路 16 条 53km、通信光缆 79 条 739.8km，搬迁复建通信基站 9 座，复建基站外部电源线 1.2km；规划新建居民点外部接入共建共享杆路 2 条共 2.9km，新建居民点外部接入光缆 4 条共 5.7km。

四川部分规划复建通信光缆 87 条 642.7km、共建共享通信杆路 22 条 85.2km、通信管道 1 条 2.9km、基站 11 座、汇聚机房 1 座、基站外部电源线 5 处；规划新建集镇迁建新址和居民点外部接入共建共享杆路 2 条共 4.5km、外部接入电信光缆 2 条共 7.0km、新建居民点基站进线光缆 2 条共 7.0km、新建居民点基站 3 座。

6) 广播电视工程

奔子栏水电站共规划搬迁复建广播转播站设备 12 套；新建广播转播站设备 1 套。其中：云南部分规划搬迁广播转播站设备 8 套；四川部分规划搬迁复建广播转播站设备 4 套；新建广播转播站设备 1 套。

7) 文物古迹

奔子栏水电站建设征地范围内共涉及文物点 36 处，其中地面文物点 20 处，地下文物点 16 处。其中：

云南部分建设征地范围内涉及文物点 9 处，其中地面文物点 5 处，地下文物点

4 处。规划对曲赤通摩崖石刻 1 号点采取原址保护，2、3 号点采取迁移保护；曲赤通普公摩崖石刻迁移保护；茂顶河藏文摩崖石刻 1 号点采取原址保护，2 至 10 号点采取迁移保护，迁移保护 2 处地面文物古迹(格拉碉楼与色贡通碉楼)，发掘保护 4 处地下文物古迹。

四川部分建设征地范围内涉及文物点 27 处，其中地面文物点 15 处，地下文物点 12 处。规划对 15 处地面文物点采取资料提取处理措施，对 10 处地下文物采取抢救性考古发掘处理措施，对 2 处地下文物点采取工程避让措施。

8) 矿产资源

云南部分压覆一个已注销探矿权(金矿)并已在迪庆州自然资源和规划局进行备案。压覆国家规划区域 2 个，为云南省德钦县茂顶铜多金属矿普查(2013 年度地勘基金申报项目)，项目法人已向迪庆州自然资源和规划局出具《压覆国家规划区承诺书》作出承诺。

四川部分建设征地范围内不压覆已查明的重要矿产资源。

9) 其他专业项目

奔子栏水电站其他专业项目规划迁建国家二级水准点共 24 个，迁建处理水文站 2 座、地震台 1 座等，迁建自然资源部门的监测预警设备若干套，一次性补偿处理公示牌 42 个、界碑 2 个以及公安部门的监控设备若干套等。其中：

云南部分规划迁建国家二级水准点 17 个、自然资源部门的监测预警设备若干套。一次性补偿公示牌 42 个、界碑 2 个以及公安部门的监控设备若干套。

四川部分规划迁建处理国家二等水准点 7 个，水文站 2 座，地震台 1 座，雪亮摄像头 11 个；规划一次性补偿处理国家地质环境监测设备 6 套。

10) 机关和企事业单位

奔子栏水电站共涉及 15 家机关和企事业单位，规划迁建处理 10 家，一次性补偿 5 家。其中：云南部分建设征地涉及 2 家企业，规划迁建处理企业 1 家，一次性补偿处理企业 1 家；四川部分建设征地涉及机关和企事业单位 13 家，规划迁建处理机关和企事业单位 9 家，其中机关单位 3 家，事业单位 2 家，企业 4 家；一次性补偿处理企业 4 家。

2.8 工程投资

工程静态投资 2814781.83 万元，其中枢纽工程静态投资 1904222.79 万元，建设

征地移民安置补偿静态投资 910559.04 万元。工程总投资 3469634.01 万元，其中价差预备费 166904.33 万元，建设期利息 487947.85 万元。单位千瓦静态投资 10826 元。

2.9 水库与电站运行方式

2.9.1 水库运行方式

电站主要承担基荷和腰荷，可根据电力系统需求进行适度调峰运行，在控制下游水位变幅、满足最小下泄流量要求的前提下，水库水位在正常蓄水位 2138m 至死水位 2148m 之间波动，当入库流量超过装机满发流量时，水库一般在正常蓄水位附近运行。

2.9.2 电站运行方式

a) 发电调度

奔子栏水电站为金沙江上游水电规划的最末梯级，其上游叶巴滩、拉哇水电站具备季调节能力，现已开工建设；龙头梯级岗托正在开展可行性研究设计。奔子栏水电站入库径流受上游梯级调蓄。奔子栏水电站为日调节电站，日内可根据电力系统需求灵活调度运行。根据设计水平年云南电网负荷特性拟奔子栏水电站日内调度运行方式如下：

奔子栏水电站根据电网需求，在云南电网负荷高峰时段充分发挥容量效益。云南电网晚高峰电充分发挥容量效益，尽可能顶峰运行。一般来水情况下，水库需放水。在云南电网负荷低谷时段，奔子栏降低出力，一般来水情况下水库蓄水。

b) 洪水调度

奔子栏水电站一般情况下尽可能高水位运行，以获取最大发电效益。其泄水消能建筑物由 3 个表孔和 1 个底孔组成。

遭遇洪水时，若库水位达正常蓄水位，则开启表孔按来流泄洪，直至敞泄后水位自然雍高；当洪水流量大于 1000 年一遇洪水洪峰流量($11200\text{m}^3/\text{s}$)时，开启底孔参与泄洪；洪峰过后尽快回复至正常蓄水位附近运行。为避免产生人为洪水，洪水调度过程中控制下泄流量不大于本场洪水最大入库流量。

c) 生态调度

工程运行期年内各月生态流量按要求下泄，当上游来流不足时按来流下泄。一般情况下通过机组发电泄放生态流量；当来水极枯，无法通过机组发电泄流时，通

过生态放流管，按来流泄放。鱼类产卵季，结合金沙江上游各电站已批复生态调度方案，从流域联合调度角度考虑，充分考虑奔子栏坝下鱼类敏感期需求，奔子栏水电站生态调度方案如下：每年的3月、4月各开展一次为期15天的生态调度，每年的6~9月每月开展一次为期10天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的3~9月内除生态调度以外的时段，奔子栏水电站泄放流量在满足生态流量泄放要求的基础上，水电站部分调峰，控制下泄流量日内变幅，以降低下游河道水位变幅。生态调度时段原则上与上游梯级衔接，超出时段动用奔子栏水库调节库容实现均匀下泄。

3 工程分析

3.1 工程建设必要性分析

a) 是保障国家能源安全，构建现代能源体系的需要

能源是支撑国民经济和社会发展的重大战略物资，能源问题是关系国家经济社会发展的全局性、战略性问题，对国家繁荣发展、人民生活改善、社会长治久安至关重要。当今世界，百年未有之大变局加速演进，全球气候治理呈现新局面，大力发展可再生能源已经成为各国构建现代能源体系、保障国家能源安全的重大战略方向。

2021 年发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》明确提出构建现代能源体系，“推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，提高能源供给保障能力。加快发展非化石能源，坚持集中式和分布式并举，大力提升风电、光伏发电规模，加快发展东中部分布式能源，有序发展海上风电，加快西南水电基地建设，安全稳妥推动沿海核电建设，建设一批多能互补的清洁能源基地，非化石能源占能源消费总量比重提高到 20% 左右。”提出建设金沙江上下游等大型清洁能源基地。2022 年印发的《“十四五”现代能源体系规划》提出加快能源绿色低碳转型，因地制宜开发水电，积极推动水电基地建设，推动西南地区水电与风电、太阳能发电协同互补，并明确奔子栏为能源绿色低碳转型工程。《“十四五”可再生能源发展规划》提出统筹推进水风光综合基地一体化开发，科学有序推进大型水电基地建设，要求做好金沙江中上游等主要河流战略性工程和控制性水库勘测设计工作，积极推进奔子栏、龙盘等水电站前期工作。2022 年《扎实稳住经济的一揽子政策措施》提出抓紧推动实施一批能源项目，积极稳妥推进金沙江奔子栏等水电项目前期论证和设计优化工作。

金沙江水能资源丰富，位居我国十四大水电基地之首，是我国规划的最大水电基地和“西电东送”战略基地。奔子栏水电站是金沙江上游梯级开发中的最后一级，电站的开发不仅可以提供稳定可靠的绿色能源，还能促进流域梯级水电与风电、光伏等新能源协同优化运行，助力金沙江多能互补清洁能源基地建设。开发金沙江上游水电符合“十四五”规划要求，是构建现代能源体系，推进可再生能源发展，保障我国能源供应和能源安全的需要。建设奔子栏水电站是我国加快发展可再

生能源、推进能源革命和构建现代能源体系、落实生态文明建设要求、践行应对气候变化自主贡献承诺的重要抓手，符合我国能源发展战略，是保障我国能源安全的有力支撑。

b) 是满足云南省电力增长需求，实现可持续发展的动力

云南省近年来经济发展迅速，“十三五”时期云南省经济社会取得跨越式发展，经济年均增长 7.8%，“十三五”后期以来，云南省规模化布局绿色铝硅等载能产业，省内电力电量需求激增，预计“十四五”期间省内全社会用电量年均增长率将达 12.6%，最大负荷年均增长率将达 11.3%。至 2030 年，云南省内全社会用电量约 4000 亿 kWh，最大负荷达 64800MW，2035 年省内全社会用电量预计将达到 4500 亿 kWh，最大负荷 73000MW。另一方面，伴随东部地区能源结构转型和能耗“双控”压力增大，广东等省区对云南省电力的需求也将持续增加。因此，在持续服务国家“西电东送”战略的背景下，云南电网电力保供应压力持续增大。2023 年，云南省电力系统面临电力电量调峰“三缺”局面，叠加火电电煤供应保障、新能源投产、大工业用户用电需求等诸多不确定因素，电力供需形势复杂多变。从云南省当前的电源发展规划和各类能源资源开发潜力看，受“双碳”目标愿景推动，火电持续新增规模的可能性较小，未来主要承担基础保供电源，且极有可能逐步退出电力系统，水电大规模开发期已逐步结束，剩余可开发资源有限，且部分资源开发不确定性较大，未来云南省主要的补充电源来源为新能源和剩余可开发水电。

经济的高质量发展需要强大的能源电力支撑，奔子栏作为云南省境内为数不多的可开发优质水电，装机容量大、电能质量优，年发电量 103.81 亿 kWh，并且供电范围为云南电网，可有效缓解云南省对电量的迫切需求。

c) 是资源优势转化为经济优势，促进地方经济社会发展的抓手

2020 年 5 月，中共中央、国务院发布的《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》指出，新时代继续做好西部大开发工作，对于增强防范化解各类风险能力，促进区域协调发展，决胜全面建成小康社会，开启全面建设社会主义现代化国家新征程，具有重要现实意义和深远历史意义。意见提出加强可再生能源开发利用，培育一批清洁能源基地；加快风电、光伏发电就地消纳；继续加大西电东送等跨省区重点输电通道建设，提升清洁电力输送能力等优化能源供需结构的要求。

奔子栏水电站地处川、滇两省交界的藏区，基础设施较薄弱，经济社会发展相

对滞后。奔子栏水电站是国家“十四五”支持四省涉藏州县经济发展重大项目实施方案的开工建设项目，是云南、四川两省“十四五”开工建设项目。工程静态总投资 277.93 亿元，电站建设期及建成后电站的运营将对当地税收作出较大的贡献。奔子栏水电站的建设将带动当地公路、电力、通信等基础设施的建设，促进当地交通运输、物流仓储、商贸服务业的发展，加快新型城镇化进程。电站建设需要的大量建筑材料和劳务，可为当地建筑、建材、冶金、机械制造等相关行业的发展提供良好的机遇，也可当地提供大量的就业机会。工程建设期间大量施工人员将拉动当地消费需求，进而带动农产品加工、商业、餐饮服务、酒店娱乐等相关产业的发展。建设期间和运行期电站所缴纳的税费可有效增加地方财政收入，使当地政府有更多的资金投入到基础设施建设、文化、教育、医疗、卫生等民生工程上来，提高当地社会福利保障水平和人民生活质量。电站建成后当地交通、电力、通信等基础设施将大为改善，可以从整体上改善当地的投资环境，为当地经济社会可持续发展提供保障。

d) 是云南省发展新能源、构建新型电力系统的支撑

我国风电和光伏发电技术持续进步、竞争力不断提升，全面进入跃升发展新时期，成为满足我国电力增量需求及实现可再生能源替代的主要电源。由于风电、太阳能等新能源具有随机性、间歇性和波动性等特点，既可能在电网用电高峰时段发电出力较小，也可能在电网用电低谷时段发电出力较大，造成受电区负荷高峰时段新能源支撑能力不足，负荷低谷时段新能源出力消纳困难，需要容量可靠的灵活调节电源予以配合互补运行。

随着新能源大规模高比例发展，电力供需形势更加复杂多变，电力供应的不确定性持续增大，日内可能同时出现风光大发时段弃风弃光和负荷高峰时段电力短缺问题，云南电网亟需具有灵活调节性能的支撑性电源。奔子栏水电站装机容量大，并具有日调节能力，拥有容量可靠、调节灵活等优点，可满足电网调峰、新能源配合运行等需求；初步测算，设计水平年电站可提高云南电网风光消纳率约 1.27 个百分点，有效减少弃风弃光。奔子栏水电站建成后将为云南省新型电力系统构建提供可靠、稳定、持续的保障和支撑，成为坚固云南省经济发展的能源保障。

e) 是推进绿色低碳发展，助力碳达峰、碳中和目标实现的需要

2020 年 9 月，习近平总书记在第七十五届联合国大会上宣布我国将提高国家自

主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争 2030 年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。2020 年 12 月，习近平总书记在气候雄心峰会上进一步提出到 2030 年，我国单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到 25%左右。“双碳目标”已成为我国能源发展的重大战略决策和目标。2020 年 10 月 29 日通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出，要加快推动绿色低碳发展，推动能源清洁低碳安全高效利用，降低碳排放强度，支持有条件的地方率先达到碳排放峰值，制定 2030 年前碳排放达峰行动方案。

在我国能源的品种构成中，优质能源比例很低。减少燃煤产生的污染，特别是二氧化碳的排放，已成为国际共识和各国不可回避的义务。水电作为优质清洁的可再生能源，在“双碳目标”实现中有着更加重要的地位，是助推实现碳达峰、碳中和目标的重要途径。

奔子栏水电站位于金沙江上游川滇段，开发利用条件好，装机容量大，其开发建设可提供可靠、稳定、持续的绿色电力保障，可以加快促进国家能源绿色低碳发展，为如期实现“双碳”目标提供支撑，电站装机容量 2600MW，年发电量 103.81 亿 kWh，每年可节约标准煤约 346 万 t，减少 CO₂ 年排放量约 866 万 t，对我国构建现代能源体系及促进实现“碳中和”目标具有重要意义，减碳效果显著。建设奔子栏水电站是我国加快发展可再生能源、推进能源革命和构建现代能源体系、落实生态文明建设要求、践行应对气候变化自主贡献承诺的重要抓手，将为受电端提供大规模优质的清洁能源，是助力云南省实现“双碳目标”的有利举措，是全国“双碳目标”实现的重要支撑。

f) 工程建设技术可行，不存在环境制约因素，经济指标优越

奔子栏水电站对外交通便利，水库移民和淹没损失及工程占地小，坝址区及库区耕地人口分布极少，不存在重要的淹没敏感对象，移民搬迁安置规模小。工程不涉及环境敏感因素，对生态环境的影响小。

奔子栏水电站装机容量 2600MW，年发电量 103.81 亿 kWh，动能经济指标好。奔子栏水电站工程静态总投资为 280.03 亿元，电站单位千瓦投资和单位电度投资分别为 10770 元/kW、2.70 元/kWh，是国内待开发的经济性最好的大型水电站之一。奔子栏水电站建设条件较优，技术可行，经济指标较好，是能源开发利用的理想电

源点。

综上，建设奔子栏水电站符合国家能源发展战略及形势，是保障国家能源安全、构建现代能源体系的需要。奔子栏水电站作为金沙江上游清洁能源基地的重要组成部分，建成后将带动新能源开发和消纳，加快形成水光互补梯级开发格局，服务国家构建新型电力系统，有利于发展低碳经济、节能减排，支撑“双碳目标”实现。奔子栏电站建成后，将持续不断地为云南社会经济发展输送稳定优质的清洁能源，将能源资源优势转化为产业优势和经济优势，是促进云南经济社会可持续发展的有力保障。工程建设无重大制约因素，技术经济指标较优。因此，建设奔子栏水电站是十分必要的。

3.2 工程符合性与协调性分析

3.2.1 与产业政策符合性分析

根据国家发展和改革委员会发布的《产业结构调整指导目录(2024 年本)》，大中型水力发电属于该目录中鼓励类的电力项目，奔子栏水电站属于大型水电站，其建设符合国家产业政策要求。

3.2.2 与环保法律、法规、规章、政策的符合性分析

3.2.2.1 与《中华人民共和国长江保护法》的符合性

《中华人民共和国长江保护法》第二十三条第一款规定：“国家加强对长江流域水能资源开发利用的管理。因国家发展战略和国计民生需要，在长江流域新建大中型水电工程，应当经科学论证，并报国务院或者国务院授权的部门批准。”奔子栏水电站是《金上规划》提出的金沙江上游“一库 13 级”水电规划的最末一级，《金上规划调整》审查意见明确“同意奔子栏水电站纳入规划实施方案”。国家已将奔子栏水电站列入了“十四五”规划 102 项重大工程项目、“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目、2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议推荐的重大基础设施建设项目；项目已纳入《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)和《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)，是国家能源局加快推进的五个重大水电项目之一，电站建设对于实现国家“碳达峰、碳中和”目标、发展地方经济、提高人民生活水平具有重要意义，属于“因国家发展战略和国计民生需要，在长江流域新建大中型水电工程”的范畴，在按相关规定进行科学论证，报国家相关部门批准以后，符合该款规定。

《中华人民共和国长江保护法》第三十一条第三款规定：“长江干流、重要支流和重要湖泊上游的水利水电、航运枢纽等工程应当将生态用水调度纳入日常运行调度规程，建立常规生态调度机制，保证河湖生态流量；其下泄流量不符合生态流量泄放要求的，由县级以上人民政府水行政主管部门提出整改措施并监督实施。”奔子栏水电站工程设计方案充分考虑生态用水需求，将会按规定将生态用水调度纳入日常运行调度规程，建立常规生态调度机制，保证河湖生态流量，符合该款规定。

《中华人民共和国长江保护法》第五章第五十九条规定：“对鱼类等水生生物洄游产生阻隔的涉水工程应当结合实际采取建设过鱼设施、河湖连通、生态调度、灌江纳苗、基因保存、增殖放流、人工繁育等多种措施，充分满足水生生物的生态需求。”奔子栏水电站工程设计方案充分考虑了鱼类等水生生物洄游需求，拟采取建设过鱼设施、增殖放流站并进行生态调度等措施，充分满足水生生物的生态需求，符合该款规定。

综上所述，奔子栏水电站工程的建设符合《中华人民共和国长江保护法》相关规定。

3.2.2.2 与《青藏高原生态保护法》的符合性

《青藏高原生态保护法》第二十二条提出：“青藏高原水资源开发利用，应当符合流域综合规划，坚持科学开发、合理利用，统筹各类用水需求，兼顾上下游、干支流、左右岸利益，充分发挥水资源的综合效益，保障用水安全和生态安全。”奔子栏水电站工程符合流域规划要求，设计方案考虑生态流量下泄，提出了严格的生态保护要求，符合该款规定。

《青藏高原生态保护法》第三十八条提出：“重大工程建设可能造成生态和地质环境影响的，建设单位应当根据工程沿线生态和地质环境敏感脆弱区域状况，制定沿线生态和地质环境监测方案，开展生态和地质环境影响的全生命周期监测，包括工程开工前的本底监测、工程建设中的生态和地质环境影响监测、工程运营期的生态和地质环境变化与保护修复跟踪监测。重大工程建设应当避让野生动物重要栖息地、迁徙洄游通道和国家重点保护野生植物的天然集中分布区；无法避让的，应当采取修建野生动物通道、迁地保护等措施，避免或者减少对自然生态系统与野生动植物的影响。”奔子栏水电站不涉及野生动物重要栖息地、迁徙洄游通道和国家重点保护野生植物的天然集中分布区；提出了生态流量保障、鱼类栖息地保护、实

施生态调度、建设过鱼设施、实施增殖放流、植被恢复、迁地保护、野生动物救护保护措施，提出了开展全要素、全生命周期监测的要求。因此，在切实做好生态环境保护的前提下，工程建设符合该款规定。

3.2.2.3 与自然保护地相关法规、政策和规划的符合性分析

工程涉及整合优化前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，不涉及整合优化后的自然保护区，工程建设符合《中华人民共和国自然保护区条例》《云南省自然保护区管理条例》《四川省自然保护区管理条例》《国家林业和草原局关于进一步做好林草要素保障工作的通知》（林办发〔2024〕64号）等法规、规章和政策。

a) 云南白马雪山国家级自然保护区

根据国家林业局《在国家级自然保护区修筑设施审批管理暂行办法》，在取得行政许可后，水电工程允许占用自然保护区实验区；2021年1月，国家林业和草原局发布公告，将工程建设占用林地以及在森林和野生动物类型国家级自然保护区修筑设施审批事项委托各省林业和草原主管部门实施，委托时间为两年；2023年2月，国家林业和草原局发布第3号公告，将此项委托延续至《中华人民共和国自然保护区条例》修订后实施之日止。

我公司委托国家林业和草原局中南调查规划设计院、生态环境部南京环境科学研究所，编制了《金沙江奔子栏水电站对云南白马雪山国家级自然保护区生物多样性影响评价报告》，2022年9月13日国家林业和草原局办公室印发了《国家林业和草原局办公室关于金沙江上游奔子栏水电站项目涉林审批有关事项的函》（办保字〔2022〕103号），复函指出“为支持国家重大项目落地实施，对暂不具备受理条件的国家重大项目，先行开展相关论证材料技术审查工作，待立项批复后，加快涉及自然保护区事项的审核审批工作”；2022年11月24日云南省林业和草原局印发了《云南省林业和草原局关于反馈金沙江奔子栏水电站建设项目涉及云南白马雪山国家级自然保护区实验区意见的函》，函件指出“金沙江奔子栏水电站建设项目符合在自然保护区实验区修筑设施的有关规定。为支持国家重大项目落地实施，可先行开展相关论证材料技术审查工作，待项目立项后，……依法依规加快涉及保护区的行政许可事项审查审批工作”。

国家林业和草原局2024年10月公示的《全国自然保护地整合优化方案》显示，

奔子栏水电站不再涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区；根据2025年2月19日云南省林业和草原局印发的《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》，函件明确“根据云南省自然保护地整合优化后矢量界线(2023年上报省人民政府版)，奔子栏水电站“枢纽临时用地”“枢纽永久用地”“永久用地”均不涉及白马雪山国家级自然保护区及其他自然保护地。”

b) 四川下拥省级自然保护区

我公司委托中国科学院成都生物所编制了《金沙江奔子栏水电站对四川下拥省级自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价专题报告》。四川省林业和草原局于2019年6~9月组织专家进行了函审，于2021年6月印发了《四川省林业和草原局关于金沙江奔子栏水电站工程进入四川下拥省级自然保护区实验区的批复》(川林审批函〔2021〕323号)，2024年，四川省林业和草原局印发了《四川省林业和草原局关于同意金沙江奔子栏水电站工程进入四川下拥省级自然保护区实验区行政许可延期的函》(川林护函〔2024〕158号)。根据《四川省林业和草原局关于奔子栏水电站工程与四川下拥自然保护区关系的函》(川林护函〔2025〕330号)，奔子栏水电站不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区。

奔子栏水电站已不涉及整合优化后的自然保护区，工程建设符合自然保护区相关法规、规章和政策。

表 3.2.2-1 与自然保护区相关法规、规章、政策的符合性分析

序号	文件名称	相关条文	符合性分析	分析结论
1	《中华人民共和国自然保护区条例》	第二十六条：禁止在自然保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动；但是，法律、行政法规另有规定的除外。	奔子栏水电站不涉及云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区，未在保护区内设置料场、渣场，不涉及在保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动。	符合
		第三十二条第一款：在自然保护区的核心区和缓冲区内，不得建设任何生产设施。在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。	奔子栏水电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区和四川下拥省级自然保护区。	符合
2	《四川省自然保护区管理条例》	第二十四条第一款：在自然保护区的核心区和缓冲区内，不得建设任何生产设施。在自然保护区的实验区内，不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施；建设其他项目，其污染物排放不得超过国家和地方规定的污染物排放标准。	电站不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区。	符合

表 3.2.2-1(续)

序号	文件名称	相关条文	符合性分析	分析结论
3	《云南省自然保护区管理条例》	第十四条：自然保护区可以分为核心区、缓冲区和实验区。核心区禁止任何单位和个人进入。因科学研究确需进入的，应当依法获得批准；不得建设任何生产设施。核心区内原有居民确有必要迁出的，由自然保护区所在地的县级以上人民政府予以妥善安置。 缓冲区经自然保护区管理机构批准可以进入从事科学研究观测活动；不得建设任何生产设施。 实验区不得建设污染环境、破坏资源或者景观的生产设施。开展参观、旅游活动的，由自然保护区管理机构编制方案，方案应当符合自然保护区管理目标，不得开设与自然保护区保护方向不一致的参观、旅游项目。 自然保护区内部未分区的，依照核心区和缓冲区的规定管理。	电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区和四川下拥省级自然保护区	符合
4	《云南省迪庆藏族自治州白马雪山国家级自然保护区管理条例》	第十三条第一款：禁止在保护区内进行砍伐、放牧、狩猎、捕捞、采药、开垦、烧荒、开矿、采石、挖沙等活动；但是，法律、行政法规另有规定的除外。	电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区	符合
5	《在国家级自然保护区修筑设施审批管理暂行办法》	第四条 严格限制在国家级自然保护区修筑设施。必须修筑设施的，应当严格控制建设区域、面积和方式，并采取有效措施保护生态环境，确保不对主要保护对象产生重大影响，确保不改变自然生态系统基本特征和结构完整性，最大限度减少对国家级自然保护区的不利影响。 禁止在国家级自然保护区修筑以下设施： (一) 光伏发电、风力发电、火力发电等项目的设施。 (二) 高尔夫球场开发、房地产开发、会所建设等项目的设施。 (三) 社会资金进行商业性探矿勘查，以及不属于国家紧缺矿种资源的基础地质调查和矿产公益性远景调查的设施。 (四) 污染环境、破坏自然资源或者自然景观的设施。 (五) 国家禁止修筑的其他设施。	奔子栏水电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区。	符合
6	《国家林业和草原局关于规范在森林和野生动物类型国家级自然保护区修筑设施审批管理的通知》(林保规〔2023〕1号)	二、分类管控建设项目 (一) 允许修筑以下设施： 1. 保护、监测、科研、教育、生态修复等项目，必要的生态旅游设施等。 2. 在不对自然保护区生态系统和保护对象产生影响的前提下，确实无法避让的重大基础设施、民生、国防建设、公共事业项目。 (二) 原则上不允许新建以下设施： 1. 开垦、开矿、采石、挖沙等活动相关设施。 2. 开发区建设、房地产开发、度假村、宾馆饭店、会所、高尔夫球场、风电和光伏电站建设、火力发电、索道建设等不符合自然保护区主体功能定位的建设项目。 3. 倾倒有毒有害物质、废弃物、垃圾的项目等。 4. 污染环境、破坏自然资源或自然景观、对自然保护区主要保护对象产生重大影响的设施。 5. 法律法规和规章禁止修筑的其他设施。	奔子栏水电站不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区	符合

3.2.2.4 与三江并流世界自然遗产地相关法规、规章的符合性分析

根据《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三

江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》，奔子栏水电站不涉及三江并流世界自然遗产地，涉及其缓冲区 1021.06hm²。根据迪庆州林草原局组织修改完善后的《金沙江奔子栏水电站工程对三江并流世界自然遗产地影响评价报告》(以下简称《评价报告》)，通过对三江并流世界自然遗产地美学价值、地质地貌价值、生态过程价值、生物多样性价值等突出普遍价值及其真实性、完整性进行分析，工程对三江并流世界自然遗产载体边界无影响，对沿线景观、地质地貌、动植物等有较小影响，但在采取保护和减缓措施后，影响将控制在较小程度。

表 3.2.2-2 与“三江并流”世界自然遗产地相关法规、规章的符合性分析

法规/规章名称	相关条文	符合性分析	分析结论
《实施世界遗产公约操作指南》(2023 年)	172.如《公约》缔约国将在受《公约》保护地区开展或批准开展有可能影响到遗产突出的普遍价值的大规模修复或建设工程，世界遗产委员会促请缔约国通过秘书处向委员会转达该意图。缔约国必须尽快(例如，在起草具体工程的基本文件之前)且在做出任何难以逆转的决定之前发布通告，以便委员会及时帮助寻找合适的解决办法，保证遗产的突出的普遍价值得以维护。	奔子栏水电站不涉及世界遗产地，工程建设运行对遗产地突出普遍价值及完整性没有直接损害。	符合
《世界自然遗产、自然与文化双遗产申报和保护管理办法(试行)》(建城〔2015〕190 号)	第二十五条：世界遗产地内的建设项目，应当依法履行有关审批程序。在世界遗产地及其缓冲区范围拟建设缆车、索道、高等级公路、铁路、大型水库等对遗产地突出价值可能造成较大影响的重大建设工程项目的，应当依据《世界遗产公约操作指南》第 172 条的要求，至少在项目批准建设前 6 个月将项目选址方案、环境影响评价等材料经住房城乡建设部按程序告联合国教科文组织世界遗产中心。	奔子栏水库为大型水库，工程建设不涉及世界遗产地，工程建设运行对遗产地突出普遍价值及完整性没有影响，不属于“对遗产地突出价值可能造成较大影响的重大建设工程项目”。	符合
《云南省三江并流世界自然遗产地保护条例》	第七条：三江并流遗产地范围内的土地、矿藏、地质遗迹、森林、草原、河流、湖泊、湿地、野生动植物、种质资源、文物古迹、民俗民居、旅游资源、自然保护区、风景名胜区的等，由有关行政主管部门依照相关的法律、法规进行管理，涉及保护、利用的重大事项，有关行政主管部门应当征求省人民政府三江并流管理机构的意见。	奔子栏水电站不涉及遗产地范围内的土地、河流、野生动植物以及云南白马雪山国家级自然保护区。	符合
	第十九条第一款：三江并流遗产地内的建设项目，应当通过环境影响评价，符合三江并流遗产地规划要求。建设项目应当与环境相协调，民居建筑应当保持当地民族传统风貌。	奔子栏水电站将依法进行环境影响评价；项目不属民居建筑，工程设计方案已考虑与环境相协调，建筑物已考虑与当地民族传统风貌相符合。	符合
《云南省加强三江并流世界自然遗产地保护管理若干规定》(云政发〔2018〕35 号)	第六条：严禁在三江并流遗产地内进行开山采石、挖砂取土、毁林开荒、围湖造田、建墓立碑、勘查开采矿产资源等破坏自然遗产资源和环境的活动。	奔子栏水电站不在遗产地内设置采石场、取土场等，不涉及在遗产地内进行开山采石、挖砂取土、毁林开荒、围湖造田、建墓立碑、勘查开采矿产资源等破坏自然遗产资源和环境的活动。	符合
	第十条：三江并流遗产地严格执行《云南省三江并流世界自然遗产地保护条例》规定，涉及风景名胜区的建设项目必须按照《风景名胜区条例》《云南省风景名胜区条例》规定，依法依规按照程序履行有关手续；涉及自然保护区的建设项目必须按照《中华人民共和国自然保护区条例》《云南省自然保护区管理条例》规定，依法依规按照程序履行有关手续。	奔子栏水电站不涉及三江并流遗产地；不涉及三江并流国家级风景名胜区；不涉及白马雪山国家级自然保护区。	符合

3.2.3 与相关规划的符合性分析

3.2.3.1 与《长江流域综合规划》的符合性

《长流规》提出：“金沙江上游规划了 13 级开发方案，其中岗托、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙和旭龙等 6 个梯级已通过规划环评，可优先开发，其余 7 个梯级应继续做好环境影响研究，如有环境制约因素，可适时调整规划方案。”奔子栏水电站建设面临的外部制约因素已发生重大变化，经国家能源局函复同意，云南省能源局于 2023 年 11 月委托水电总院牵头开展金沙江上游水电规划实施方案调整及环境影响评价工作。2025 年 5 月 9~10 日，生态环境部环境影响评价与排放管理司组织在云南省德钦县召开《金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书》审查会，《金上规划调整环评》顺利通过审查。2025 年 5 月 13~14 日，水电总院在北京召开《金沙江上游水电规划实施方案调整》审查会，《金上规划调整》顺利通过审查。

因此，奔子栏水电站的建设符合《长江流域综合规划(2012~2030)》相关要求。

3.2.3.2 与水电规划及规划环评的符合性

规划阶段，奔子栏水电站因涉及云南白马雪山国家级自然保护区缓冲区、四川下拥省级自然保护区实验区以及滇中引水水源方案比选而未能列入规划实施方案。

近年，奔子栏水电站涉及的上述环境制约因素均已经发生重大变化。根据最新的《全国自然保护地整合优化方案》(公示成果)，奔子栏水电站用地范围已从白马雪山自然保护区和四川下拥省级自然保护区范围内调出；2015 年 4 月，国家发改委批复了滇中引水工程项目建议书(发改农经〔2015〕642 号)，滇中引水工程取水口确定为奔子栏下游石鼓镇，不再受到奔子栏水电站建设的影响；2023 年 12 月《四川省人民政府关于崇州九龙沟等 19 个省级风景名胜区总体规划的批复》(川府函〔2023〕302 号)批复了《太阳谷风景名胜区总体规划(2023—2035 年)》，根据该规划，工程不再涉及太阳谷风景名胜区。

经国家能源局函复同意，云南省能源局于 2023 年 11 月委托水电总院牵头开展金沙江上游水电规划实施方案调整及环境影响评价工作。2025 年 5 月 9~10 日，《金上规划调整环评》顺利通过审查，审查意见明确“随着自然保护地整合优化基本完成、滇中引水工程开工和虎跳峡河段开发方案确定，奔子栏水电站面临的外部制约因素已经解除；奔子栏水电站是国家“十四五”规划 102 项重大工程项目、国

家“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目、2022年4月中央财经委员会第十一次会议推荐的重大基础设施建设项目，对国家实现“双碳”目标和新型电力系统建设的支撑作用明显，有必要调整纳入规划实施方案。”。2025年5月13~14日，《金上规划调整》顺利通过审查，审查意见明确“同意奔子栏水电站纳入规划实施方案。原规划未纳入实施方案的5座水电站中，奔子栏水电站建设面临的环境法律制约因素已解除，工程建设方案可行，经济指标优越，社会经济效益显著，电站建设符合国家相关法律法规、能源政策和发展规划，同意将奔子栏水电站调整纳入金沙江上游水电规划实施方案，尽快开发。……基本同意奔子栏水电站正常蓄水位维持原规划的2148m，装机容量由原规划的1880MW调整至2600MW”。

因此，奔子栏项目符合金沙江上游水电规划实施方案调整、金沙江上游水电规划实施方案调整环评及其审查意见要求。

3.2.3.3 与生态功能区划的符合性分析

根据《全国生态功能区划》、《云南省生态功能区划》和《四川省生态功能区划》，奔子栏水电站工程评价范围主要涉及国家层面重要生态功能区—川西北水源涵养与生物多样性重要保护区、滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区，省级层面为怒江、云岭高山峡谷生物多样性保护生态功能区、川滇森林及生物多样性生态功能区，详见表3.2.3-1。

奔子栏水电站工程建设过程中将采取陆生生态保护、水土流失治理、植被恢复等措施，可有效减缓因工程建设对生态系统服务功能带来的不利影响。因此本工程建设和所采取的环保措施总体符合国家、云南省、四川省生态功能区划有关要求。

表 3.2.3-1 评价范围涉及生态功能区划

级别	生态功能区	主要生态问题	生态保护主要措施
国家级	川西北水源涵养与生物多样性重要保护区	大规模水电开发导致的生态破坏加剧，湿地疏干垦殖和过度放牧导致的沼泽萎缩、草甸退化和草地沙化问题突出。	合理开发水电资源，强化水电开发与运行中的生态保护，严格控制支流小水电的无序开发。加大牧业生产设施建设力度，逐步改变牧业粗放经营和过度放牧，加强草地恢复，加大草地沙化和鼠虫害防治力度，严禁沼泽湿地疏干改造，退牧还沼，恢复湿地，加大天然草地、沼泽湿地和生物多样性的保护力度。发展生态旅游、观光旅游和科学考察服务的第三产业，开发具有地方特色的畜产品产业，走生态经济型发展道路。

表 3.2.3-1(续)

级别	生态功能区	主要生态问题	生态保护主要措施
国家级	滇西北高原生物多样性保护与水源涵养重要区	森林资源过度利用，原始森林面积锐减，次生低效林面积大，生物多样性受到不同程度的威胁，水土流失和地质灾害严重。	加快自然保护区建设和管理力度；加强封山育林，恢复自然植被；开展小流域生态综合整治，防止地质灾害；提高水源涵养林等生态公益林的比例；调整农业结构，发展生态农业，继续实施退耕还林还草，适度发展牧业；在山区实施生态移民。
省级层面	怒江、云岭高山峡谷生物多样性保护生态功能区	森林资源过度利用，原始森林面积锐减，次生低效林面积大，生物多样性受到不同程度的威胁，水土流失和地质灾害严重。	加快自然保护区建设和管理力度；加强封山育林，恢复自然植被；开展小流域生态综合整治，防止地质灾害；提高水源涵养林等生态公益林的比例；调整农业结构，发展生态农业，继续实施退耕还林还草，适度发展牧业；在山区实施生态移民。
省级层面	川滇森林及生物多样性生态功能区	森林资源过度利用，原始森林面积锐减，次生低效林面积大，生物多样性受到不同程度的威胁，水土流失和地质灾害严重。	加快自然保护区建设和管理力度；加强封山育林，恢复自然植被；开展小流域生态综合整治，防止地质灾害；提高水源涵养林等生态公益林的比例；调整农业结构，发展生态农业，继续实施退耕还林还草，适度发展牧业；在山区实施生态移民。

3.2.3.4 与青藏高原区域生态建设与环境保护规划的符合性(表格)

根据《青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011-2030 年)》，奔子栏水电站工程建设区位于川滇森林区森林及生物多样性生态功能区。

该功能区重点保护区域丰富的生物多样性和珍稀野生动植物，实施天然林保护，巩固退耕还林成果，加强水土流失治理和地质灾害综合防治，加强河流两侧山体生态防护林建设，在保护生态的前提下合理有序开发水能资源。

奔子栏水电站水库淹没、施工占地及移民安置过程将损坏或扰动部分动植物，对区域生态环境造成一定程度影响，但不会改变整个评价区生态系统的结构和稳定性，建设过程中通过采取优化施工方案、生态恢复措施、动植物保护措施和水土保持措施等维持了区域生物多样性保护功能、恢复水源涵养、控制水土流失。因此奔子栏水电站的建设符合青藏高原区域生态建设与环境保护规划的相关要求。

3.2.3.5 与长江经济带生态环境保护规划的符合性分析

2017 年 7 月，原环境保护部以环规财〔2017〕88 号文印发了《长江经济带生态

环境保护规划》，奔子栏水电站在生态流量制定的过程中，从保障坝下减水河段的生态需水出发，提出了不低于 $275\text{m}^3/\text{s}$ 下泄生态流量要求，水电站运行对坝下河段流量不产生影响，不会影响奔子栏、石鼓断面生态流量控制要求；报告对水电开发对生物多样性的影响进行了科学评估，并提出了严格的生态保护措施、环境监测和跟踪评价计划。综上，从本工程建设符合《长江经济带生态环境保护规划》要求。

表 3.2.3-2 规划实施方案调整与《长江经济带生态环境保护规划》符合性分析

序号	相关条文	符合性分析	分析结论
1	深化水资源统一调度。按照“兴利服从防洪”“电调服从水调”的原则，实施长江流域水库群联合调度。优化水资源配置，优先保障生活用水，切实保障基本生态用水需求，合理配置生产用水。统筹防洪、供水、灌溉、生态、航运、发电等调度需求，优化水库群蓄泄过程，充分发挥三峡、溪洛渡、向家坝、瀑布沟、二滩、构皮滩、亭子口等大型水电设施的防洪、供水和生态综合效益。	奔子栏水电站调度遵循“兴利服从防洪”“电调服从水调”的原则，确保生态流量下泄。	符合
2	优先保障枯水期供水和生态水量。协调好上下游、干支流关系，深化河湖水系连通运行管理和优化调度，增加枯水期下泄流量，保障生活和生产用水的同时，促进长江干流、鄱阳湖及洞庭湖生态系统平稳恢复。保障长江干支流 58 个主要控制节点生态基流占多年平均流量比例在 15% 左右，其中干流在 20% 以上。长江大通断面非汛期生态环境需水量不低于 1171 亿立方米。在长江中下游持续异常干旱、大通站流量在 1 万立方米/秒以下时，应采取相应措施，缓解咸潮入侵影响。	奔子栏水电站提出了不低于 $275\text{m}^3/\text{s}$ 下泄生态流量要求，生态基流应符合《长流规》的规定。	符合
3	加大物种生境的保护力度。重点加强长江干流和支流珍稀濒危及特有鱼类资源产卵场、索饵场、越冬场、洄游通道等重要生境的保护，通过实施水生生物洄游通道恢复、微生境修复等措施，修复珍稀、濒危、特有等重要水生生物栖息地。对大熊猫、金丝猴等珍稀濒危野生动物栖息地实施抢救性保护工程，建设繁育中心和基因库。加强兰科植物等珍稀濒危植物及极小种群野生植物生境恢复和人工拯救。全面实施更严格的禁渔制度，逐年压减捕捞强度。科学评估涉水新建项目对生物多样性的影响。加大长江干支流河漫滩、洲滩、湖泊、库湾、岸线、河口滩涂等生物多样性保护与恢复。	本报告对奔子栏水电开发对生物多样性的影响进行了科学评估，并提出了栖息地保护、生态调度、过鱼措施、增殖放流等水生生态保护措施和植被恢复、重要植物保护、野生动物救护、饮水点建设等陆生生态保护措施。	符合
4	科学调度长江上游梯级水库。流域梯级水库开发应符合流域综合规划和防洪规划。对已建的长江上游梯级水库，要科学地进行联合调度，在保障防洪安全和供水安全的前提下尽量发挥水库的生态效益；对新建水库加强评估，降低生态风险。持续观测评估河湖水位、水量变化对水生生物多样性、重要物种栖息地以及泥沙量的影响，加强特有生境长期定位监测，严防重大生态风险。	本报告经分析评估认为，工程实施的生态风险可控；提出了生态调度的要求，以及生态环境监测和跟踪评价计划。	符合

3.2.3.6 与“十四五”生态环境保护规划的符合性分析

《云南省“十四五”生态环境保护规划》提出：大力发展可再生能源，加快开发

建设大江干流大型水电项目，持续打造金沙江、澜沧江两大国家清洁能源基地。

《四川省“十四五”生态环境保护规划》提出：推动建设攀枝花、甘孜、阿坝、凉山等地风光水一体化可再生能源综合开发基地。推进金沙江、雅砻江、大渡河“三江”水电基地建设。

奔子栏水电站是《金上规划》提出的金沙江上游“一库 13 级”水电规划的最末一级，已列入《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)、《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)、《国务院关于印发扎实稳住经济的一揽子政策措施的通知》(国发〔2022〕12 号)，属于国家“十四五”规划 102 项重大工程和中央财经委员会第十一次会议的推荐重大基础设施建设项目范围，是国家能源局加快推进的五个重大水电项目之一，电站建设对于实现国家“碳达峰、碳中和”目标、发展地方经济、提高人民生活水平具有重要意义，属于“因国家发展战略和国计民生需要，在长江流域新建大中型水电工程”的范畴，在按相关规定进行科学论证，报国家相关部门批准以后，符合《云南省“十四五”生态环境保护规划》《四川省“十四五”生态环境保护规划》要求。

3.2.3.7 与川滇两省生物多样性保护战略与行动计划符合性分析

a) 与《中国生物多样性保护战略与行动计划》符合性分析

根据《中国生物多样性保护战略与行动计划(2023-2030 年)》，“在国家有关部门确定的重大水利水电工程、交通运输工程、矿产资源开发项目等重大工程环境影响评价工作中，按照相关技术导则和标准开展生物多样性影响评价，并提出针对性的保护和修复措施，助力重大工程高质量建设和生物多样性高水平保护。”本报告按照相关技术导则和标准开展了生物多样性影响评价，并提出了针对性的保护和修复措施，符合中国生物多样性保护战略与行动计划要求。

b) 与《云南省生物多样性保护战略与行动计划》符合性分析

根据《云南省生物多样性保护战略与行动计划(2024—2030 年)》，提出“推动建立完善国土空间开发和保护管理法规政策体系，加强生物多样性国土空间保护，严守生态保护红线和自然生态安全边界”，“加快推进三江并流区，金沙江干热河谷区，滇中高原湖泊，滇西北、横断山南缘和滇西南生物多样性保护区，以及滇东南、滇东北和滇中石漠化区重要生态系统保护修复。”“规范九大高原湖泊、金沙江、珠江、澜沧江和红河等重点水域水生生物增殖放流，长期开展增殖放流效

果评估”，奔子栏水电站不涉及生态保护红线，符合国土空间规划要求，采取了健全的生态环境保护措施，采取增殖放流措施并将对增殖放流效果进行评估，符合云南省生物多样性保护规划要求。

c) 与《四川省生物多样性保护战略与行动计划》符合性分析

根据《四川省生物多样性保护战略与行动计划》，工程下拥省级自然保护区，不涉及四川省生物多样性保护优先区，工程建设符合四川省生物多样性保护战略与行动计划要求。

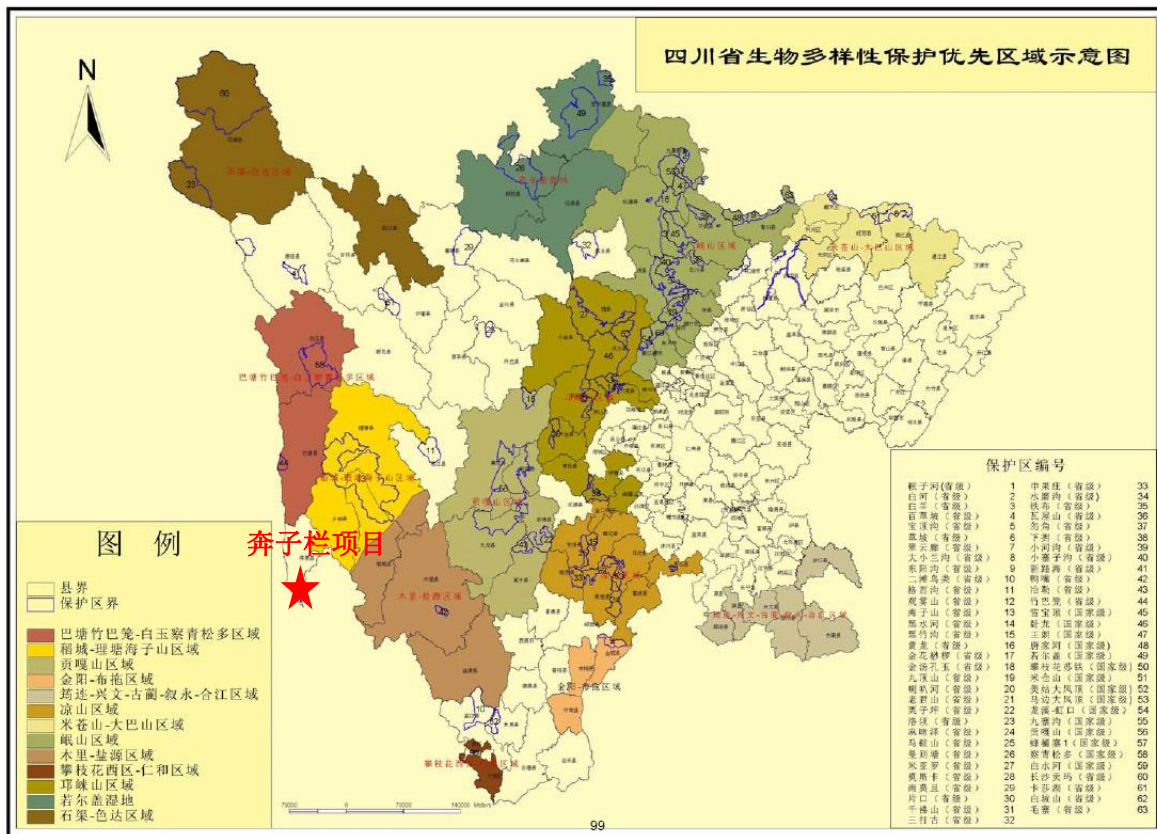


图 3.2.3-1 工程与四川省生物多样性保护优先区位置关系图

3.2.3.8 与《“十四五”可再生能源发展规划》的符合性分析

《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445号)提出：科学有序推进大型水电基地建设。积极推动金沙江岗托、奔子栏……等水电站前期工作。奔子栏已列入该规划，符合《“十四五”可再生能源发展规划》要求。

3.2.3.9 与《“十四五”现代能源体系规划》的符合性分析

《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210号)提出：积极推进水电基地建设……深入开展奔子栏、龙盘、古学等水电站前期论证。奔子栏已列入该规划，符合《“十四五”现代能源体系规划》要求。

3.2.3.10 与国土空间规划的符合性分析

根据《全国国土空间规划纲要(2021-2035年)》《长江经济带—长江流域国土空间规划(2021-2035年)》(2024年2月9日国务院批复),本节对涉及的云南、四川2省区国土空间规划及批复的符合性进行分析。

国务院关于《长江经济带—长江流域国土空间规划(2021—2035年)》的批复要求“将《规划》确定的目标指标、重点任务等纳入有关地方各级国土空间规划”;国务院关于《云南省国土空间规划(2021—2035年)》的批复要求“推进大型水电站和风光电基地等绿色电力开发”,云南省政府关于《迪庆藏族自治州国土空间总体规划(2021—2035年)》的批复要求“优先保障有色金属、绿色能源和旅游等重点产业空间”;《四川省国土空间规划(2021-2035年)》提出“科学有序推进水能资源开发”、“积极建设清洁能源基地”、“重点建设金沙江、雅袭江、大渡河‘三江’水电基地大中型水电站”,国务院批复要求“科学统筹水能等清洁能源开发”。

奔子栏水电站纳入了四川、云南省各级国土空间规划,符合国土空间规划要求。

3.2.4 与林地保护要求的符合性分析

《国家级公益林管理办法》要求:“禁止在国家级公益林地开垦、采石、采沙、取土,严格控制勘查、开采矿藏和工程建设征收、征用、占用国家级公益林地。除国务院有关部门和省级人民政府批准的基础设施建设项目外,不得征收、征用、占用一级国家级公益林地。”“……严格控制勘查、开采矿藏和工程建设使用国家级公益林地。确需使用的,严格按照《建设项目使用林地审核审批管理办法》有关规定办理使用林地手续。涉及林木采伐的,按相关规定依法办理林木采伐手续。经审核审批同意使用的国家级公益林地,可按照本办法第十八条、第十九条的规定实行占补平衡,并按本办法第二十三条的规定报告国家林业和草原局和财政部。”

《建设项目使用林地审核审批管理办法》规定,建设项目应当不占或者少占林地,必须使用林地的,应当符合林地保护利用规划,合理和集约利用林地。占用和临时占用林地的建设项目应当遵守林地分级管理的规定:(一)各类建设项目不得使用Ⅰ级保护林地;(二)国务院批准、同意的建设项目,国务院有关部门和省级人民政府及其有关部门批准的基础设施、公共事业、民生建设项目,可以使用Ⅱ级及其以下保护林地……(八)公路、铁路、通讯、电力、油气管线等线性工程和水利水电、

航道工程等建设项目配套的采石(沙)场、取土场使用林地按照主体建设项目使用林地范围执行,但不得使用Ⅱ级保护林地中的有林地。

依照《国家林业和草原局关于印发<建设项目使用林地审核审批管理规范>的通知》(林资规〔2021〕5号)、《云南省林业和草原局关于进一步规范县级林地保护利用规划、林地“一张图”调整有关事项的通知》(云林资源〔2019〕4号)和《LY/T1955-2022 林地保护利用规划林地落界技术规程》,“列入省级以上国民经济和社会发展规划的重大建设项目,……确需使用林地但不符合林地保护利用规划的,先调整林地保护利用规划,再办理建设项目使用林地手续。”“确因林地保护利用规划和林地“一张图”存在错误需要纠正的基础性建设项目,按纠错原则,查清原因、落实责任后,个别局部调整。调整由县级林草部门逐级上报至省林草局审核同意后,由县级人民政府进行审批。”

项目无法避免占用Ⅰ级保护林地(其全部为国家一级公益林),目前已编制《关于奔子栏水电站云南侧无法避让一级保护林地的说明》,并委托国家林业和草原局中南调查规划院编制了《金沙江奔子栏水电站项目涉及德钦县林地“一张图”Ⅰ级保护林地调整可行性研究报告》(简称《林地可研报告》),将项目涉及的Ⅰ级保护林地调整为Ⅱ级保护林地,在林地保护等级调整后,其国家级公益林保护等级由国家一级公益林调整为国家二级公益林。后续将由德钦县林业和草原局将Ⅰ级保护林地调整申请和《林地可研报告》上报至云南省林业和草原局,待批复后再办理项目相关用林手续。

3.2.5 与生态环境分区管控要求的符合性

3.2.5.1 生态保护红线

根据《迪庆州自然资源和规划局关于金沙江奔子栏水电站与三线成果意见的回复》和《甘孜州自然资源和规划局关于<关于给予查询确认金沙江上游奔子栏水电站与四川甘孜“三区三线”位置关系的函>的复函》,项目用地范围不涉及云南省和四川省生态保护红线。

3.2.5.2 环境质量底线

现有生态环境分区管控成果中的环境质量底线包括水环境、大气环境和土壤环境质量底线。

水电工程不属污染类项目,运行期基本没有生产废水、废气等污染物排放,少量生活污水、生活垃圾将会妥善处理,在保证生态流量下泄、做好库周环境管理及

施工期污染防治的前提下，库区水质不会变差，不会突破环境质量底线。

3.2.5.3 资源利用上线

现有生态环境分区管控成果中的资源利用上线包括水资源、土地资源和能源利用上线。奔子栏水电站建设将协调与相关规划的关系，办理建设项目用地审批手续，确保符合土地资源利用上线要求；电站运行不消耗水资源，生产清洁能源，不会突破水资源和能源利用上线。

3.2.5.4 环境管控单元和生态环境准入清单

根据《四川省生态环境厅关于公布四川省生态环境分区管控动态更新成果(2023年版)的通知》(川环函〔2024〕409号)、《云南省生态环境分区管控动态更新方案(2023年)》(2024年11月19日)和《迪庆藏族自治州生态环境分区管控动态更新调整方案(2023年)》(2024年7月8日印发)中四川、云南两省生态环境分区管控成果中的环境管控单元图，电站建设征地范围在两省境内均涉及优先保护单元和一般管控单元。根据国家和两省相关规定，一般管控单元执行生态环境保护基本要求，重点分析电站建设与两省生态环境分区管控中的总体管控要求以及优先保护单元管控要求的符合性。经分析，奔子栏与两省区生态环境分区管控方案中的总体管控要求以及优先保护单元管控要求都是相符的。

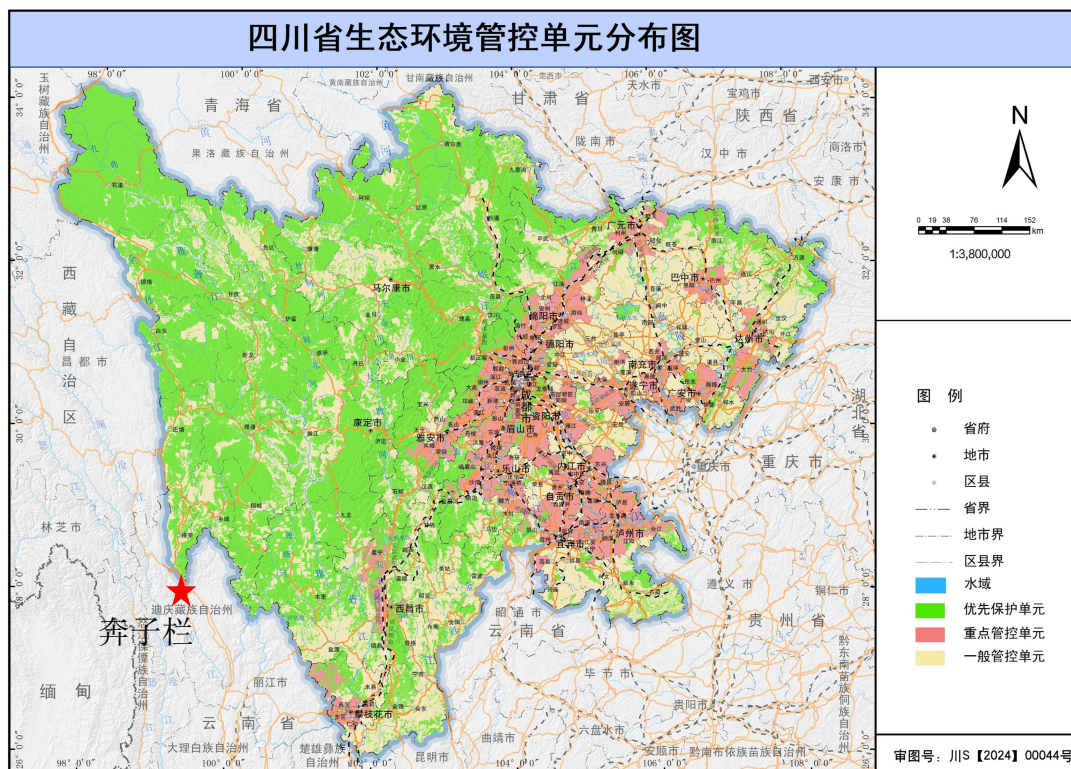


图 3.2.4-1 奔子栏与四川省生态环境管控单元位置关系图

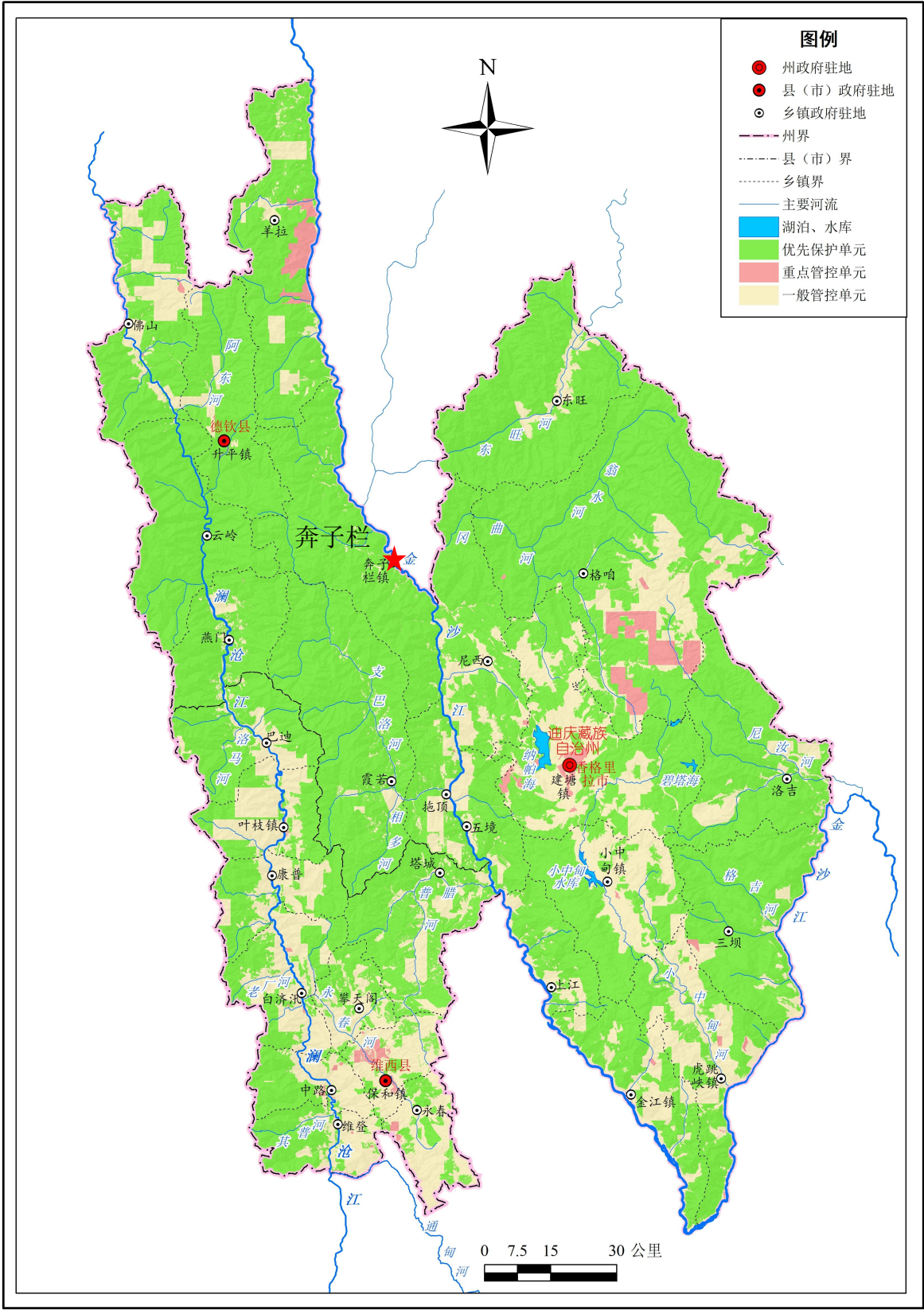


图 3.2.4-2 奔子栏与迪庆州生态环境综合管控分区位置关系图

表 3.2.4-1 奔子栏与生态环境准入清单管控总体要求符合性分析

序号	文件名称	相关条文	符合性分析	分析结论
1	《迪庆藏族自治州生态环境分区管控动态更新调整方案(2023年)(2024年7月8日印发)》	保护优良水体和饮用水源，整治不达标水体，统筹推进水污染防治、水生态保护和水资源管理，全面改善水环境质量。	奔子栏工程河段水质优良，下游滇中引水工程将为相关地区提供水源，奔子栏水电站建设运行不会影响河段水质。	符合
		严守资源利用上线，实行能源和水资源消耗、建设用地等总量和强度双控，实施工业节能增效，加快发展清洁能源和新能源。	奔子栏水电站属于清洁能源。	符合
		生态保护红线优先保护单元按照国家生态保护红线有关要求进行管控。 一般生态空间优先保护单元以保护和修复生态环境、提供生态产品为首要任务，参照主体功能区中重点生态功能区的开发和管制原则进行管控，加强资源环境承载力控制，防止过度垦殖、放牧、采伐、取水、渔猎、旅游等对生态功能造成损害，确保自然生态系统稳定。涉及占用一般生态空间的开发活动应符合法律法规规定，没有明确规定的，加强论证和管理。	奔子栏水电站在云南境内用地区域从生态保护红线范围调出后，可能被划入一般生态空间，在按要求加强论证和管理、取得相关部门行政许可的前提下，不违背其管控原则。	符合
2	《四川省生态环境厅关于公布四川省生态环境分区管控动态更新成果(2023年版)的通知》(川环函〔2024〕409号))	优先保护单元中，应以生态环境保护优先为原则，严格执行相关法律、法规要求，严守生态环境质量底线，确保生态环境功能不降低。	依法依规进行电站建设，严格落实各项生态环境保护措施和管理要求，不会突破生态环境质量底线，不会导致生态环境功能降低。	符合
		川西北生态示范区： 限制工业开发等明显破坏生态环境的活动，严控“小水电”开发，合理控制水电、旅游、采矿、交通等建设活动，引导发展生态经济。 保障区域重要生态功能和水源涵养功能。 加强生态保护与修复，强化山水林田湖草系统保护与治理。	奔子栏为按规划实施的大型水电工程，不属于明显破坏生态环境的活动，不会损害区域重要生态功能和水源涵养功能；本报告提出了严格的生态保护与修复要求。	符合

表 3.2.4-2 奔子栏水电站与各县(市)环境管控单元管控要求符合性分析

环境管控单元编码	环境管控单元名称	环境管控单元类别	是否涉及	生态环境准入及管控要求	符合性分析
ZH53342210002	德钦县一般生态空间优先保护单元	优先保护单元	涉及	<p>(一) 空间布局约束</p> <p>1.遵循《迪庆州生态环境分区分管控动态更新生态环境准入清单总体管控要求》。</p> <p>2.原则上按限制开发区进行管理，严格限制大规模的开发性、生产性建设活动；以保护和修复生态环境、提供生态产品为首要任务，因地制宜地发展不影响主体功能定位的产业。</p> <p>3.严控生态空间转为城镇空间和农业空间；严禁过度放牧、无序采矿、毁林开荒、开垦草甸和陡坡地开垦等；严格按照林地性质分类开展林下种养、林下采集、生态旅游等开发活动，禁止盲目无序扩张。</p> <p>4.严格控制新增建设项目，符合准入条件的建设项目，按有关法律法规规定办理。</p> <p>5.不符合主体功能定位的产业应转产或搬迁；不符合《长江经济带发展负面清单指南(试行)》《国家重点生态功能区各县产业准入负面清单》《云南省长江经济带发展负面清单指南实施细则(试行)》等政策文件的开发活动和产业应退出。</p> <p>6.持续开展天然林、公益林、基本草原和天然湿地保护，巩固退耕还林和天然林保护成果，提高区域生物多样性维持、水源涵养、水土保持等主导生态功能。</p> <p>7.鼓励城镇空间和符合国家生态退耕条件的农业空间转为生态空间，因地制宜促进生态空间内建设用地逐步有序退出。</p> <p>8.推进以电代柴、节柴灶改造等。</p> <p>9.“三江并流”国家级风景名胜区按照《风景名胜区条例》《云南省风景名胜区管理条例》相关要求执行。</p> <p>10.德钦祖数通省级重要湿地依照《中华人民共和国湿地保护法》《云南省湿地保护条例》相关要求执行。</p> <p>11.公益林按照《国家级公益林管理办法》《云南省公益林管理办法》相关要求执行。</p> <p>12.生态空间中的饮用水源地按照《饮用水水源保护区污染防治管理规定》相关要求执行。</p> <p>(二) 污染物排放管控</p> <p>——</p> <p>(三) 环境风险防控</p> <p>——</p> <p>(四) 资源开发效率要求</p> <p>——</p>	项目不涉及“三江并流”国家级风景名胜区、德钦祖数通省级重要湿地和饮用水水源保护区，涉及公益林，可按云南有关规定办理林地占用审核审批手续，因此符合管控要求。

表 3.2.4-2(续)

环境管控单元编码	环境管控单元名称	环境管控单元类别	是否涉及	生态环境准入及管控要求	符合性分析
ZH53342230001	德钦县一般管控单元	一般管控单元	涉及	<p>(一) 空间布局约束 基本农田中的开发利用活动按照《基本农田保护条例》执行。</p> <p>(二) 污染物排放管控 1. 推进农村环境综合整治，控制农村农业面源污染。 2. 加强易地搬迁安置点配套环境基础设施建设。 3. 严格控制金沙江和澜沧江沿岸及附近排污口设置，保证水体不受污染。 4. 加强水土流失治理、泥石流、滑坡等生态灾害防治。 5. 农业生产禁止使用高毒、高风险、高残留农药，规范、限制使用抗生素等化学药品，规范回收利用处置地膜。 6. 规模化养殖场应配备粪污处理设施，提高粪污综合利用率，减少废水排放。 7. 开展废旧物资再利用、固体废物处置、生活垃圾处理等周边土壤监测。 8. 认真组织开展历史遗留矿山或退出类等废弃矿山环境影响调查评估，制定恢复治理方案，加大治理力度，改善矿区环境。</p> <p>(三) 环境风险防控 1. 加强金沙江和澜沧江沿岸医疗、电站和汽修店等危险废物排放管控，严防危险废物排入金沙江和澜沧江水体。 2. 开展重金属污染防治，严格管控涉重企业，完善环境风险防控体系，不得污染周边水环境和土壤。</p> <p>(四) 资源开发效率要求 对水资源依法实行取水许可制度和有偿使用制度；开发、利用水资源，应当兼顾生态环境用水需要。</p>	项目污废水经处理后回用，不设置排污口，不会对水体造成污染；
ZH51333810001	四川省优先保护单元	优先保护单元	涉及	<p>优先保护单元中，生态保护红线原则上按照禁止开发区域的要求进行管理，其中自然保护区核心保护区原则上禁止人为活动，其他区域严格禁止开发性生产性建设活动，在符合现行法律法规前提下，除国家重大战略项目外，仅允许对生态功能不造成破坏的有限人为活动；</p> <p>一般生态空间按限制开发区域的要求进行管理原则上不再新建各类开发区和扩大现有工业园区面积，已有的工业开发区要逐步改造成为低能耗、可循环、“零污染”的生态型工业区，鼓励发展“飞地经济”；</p>	项目不涉及生态保护红线、不涉及整合优化后的自然保护区，符合法律法规要求

3.3 工程方案环境合理性分析

3.3.1 坝址比选环境合理性分析

3.3.1.1 坝址比选情况

a) 规划阶段选坝河段的选择

金沙江第一湾河段水位与下游梯级衔接较好；其下游晚更新世—全新世活动断裂沿江分布，建坝条件变差；而且奔子栏镇及瓦卡镇居住人口集中，移民搬迁人口较多，安置难度较大，故选坝河段下界选择在金沙江第一湾。定曲河口河段水位与下游梯级基本衔接，若考虑其上游建坝，其上游一定范围河段发育有晚更新世活动断裂，且多以板岩为主，不良地质体发育，建坝条件差，无较好的可选坝址，故选坝河段上界选择在定曲河口。

因此选坝河段确定为定曲河口至金沙江第一湾之间的河段。并拟定了定曲河口、阿洛共、金沙江第一湾多个坝址进行比较。



图 3.3.1-1 坝址选坝河段

b) 坝址选择考虑关键因素

1) 地形地质条件

由于金沙江河谷深切，河谷狭窄，两岸河滩阶地少有分布；工程场地地震烈度较高(地震基本烈度为VIII度)；不良地质体分布较广；基本不具备同时满足建坝及大型地面厂房的布置条件。因此从地形地质条件分析，该区域河段坝址选择的首要考虑因素：选择有良好的建坝和修建地下洞室的岩体，同时尽量避开大型不良地质体

的影响。

2) 河段规划梯级衔接及水能利用分析

奔子栏梯级为金沙江上游河段水电规划最后一级电站，其上游衔接电站为旭龙电站，旭龙电站坝址多年平均流量 $990\text{m}^3/\text{s}$ ，水库正常蓄水位 2302m^3 ；奔子栏电站下游衔接电站为龙盘电站，为金沙江中游河段的龙头电站，其正常蓄水位为 2010.00m 。

定曲河口至金沙江第一湾河段金沙江常年河水位 $2025\text{m}\sim 2006\text{m}$ ，水深一般在 10m 左右。金沙江第一湾常年河水位为 2008.5m ，与下游龙盘水电站正常蓄水位 2010m 基本衔接。奔子栏水电站与上游梯级之间的河段内有定曲河，定曲河属金沙江一级支流，全长 222.5km ，流域面积 2055km^2 ，平均流量约 $170\text{m}^3/\text{s}$ 。

奔子栏水电站工程开发任务为以发电为主，并促进地方经济社会发展，因此梯级衔接及水能充分利用也是本河段坝址选择的关键考虑因素。

c) 定曲河口上游建坝可行性分析

1) 地形地质条件分析

该河段金沙江呈“S”形，总体流向为自西北流向东南，选坝河段地处高山峡谷，山体雄厚，河谷一般呈狭窄的“V”形，两岸地形陡峻，两岸地形坡度 $35^\circ\sim 60^\circ$ 。该河段金沙江常年河水位 $2025\text{m}\sim 2050\text{m}$ ，水面宽度多 60m 左右，局部宽阔段约 110m 。



图 3.3.1-2 定曲河口地形地貌

该河段河床覆盖层厚度推测为 30m 左右，由砂卵砾石夹崩块石组成，均一性较差。基岩地层主要为二叠系上统冈达概组(P2g)和石炭系(C)。二叠系上统冈达概组(P2g)：厚度 630m，为灰色或灰黑色、灰绿色薄层状(绢)云母片岩、炭质石英片岩夹薄至中厚层状灰岩，含薄煤层或煤线。石炭系 C)：与上覆下二迭统具沉积间断，为假整合接触关系，主要岩性为灰绿色、深灰色板岩。

定曲河口上游约 3.0km 处发育有区域断裂—金沙江断裂，该断裂呈 SN 向，与金沙江小角度相交，最新活动时代为晚更新世晚期，属于晚第四纪活动断裂，与该河段与金沙江断裂的距离小于 5.0km，属于工程场址区。按照《水电工程区域构造稳定性勘察规程》(NB/T 35098-2017)，5km 以内有活断层，并有 $M \geq 5$ 级的发震构造，工程场址区区域构造稳定性分级为稳定性差。

该河段发育有 8 处崩塌堆积体和 12 处倾倒变形体，总方量约 1410 万 m^3 ，天然状态下整体基本稳定，蓄水后会发生前缘塌滑。

2) 建坝条件分析

该河段地层以二叠系上统冈达概组(P2g)和石炭系(C)板岩为主，仅定曲河口处分布少量灰岩透镜体，强风化板岩饱和抗压强度为 5.0MPa，弱风化板岩饱和抗压强度为 5.0MPa~20.0MPa，微风化板岩饱和抗压强度为 20.0MPa~30.0MPa，均属于软质岩。两岸岩体风化和卸荷作用强烈，强风化和强卸荷深度大，且坝址两岸多有堆积体分布。根据周边板岩地层平洞洞壁地震波平均纵波速度：强风化岩体为 2337m/s、弱风化岩体为 2902m/s、微新岩体为 3840m/s；钻孔平均 RQD 指标：弱风化岩体为 19.03%、微新岩体为 36.56%。强风化岩体为 V 类，弱风化岩体主要为 IV2 类、微新岩体为 IV1 类。

该河段建混凝土坝的适应性差，工程区附近防渗土料匮乏，虽然可布置混凝土面板堆石坝，但由于板岩属于软质岩，且为薄层状结构，地下洞室成洞条件差，本工程地下厂房跨度近 30m，在软岩内建设如此巨大跨度地下洞室工程，国内外鲜有先例，因此可认为不具备修建大型洞室的地质条件；定曲河口处分布的灰岩透镜体规模较小，也不具备修建大型洞室的布置条件。此外，岸坡岩体风化和卸荷强烈，强风化和卸荷深度大，泄洪建筑物布置导致开挖边坡不仅高度大，边坡稳定性差、处理难度大；两岸多分布有堆积体，由块碎土组成、均一性差，坝基开挖工程量较大；两岸浅部岩体倾倒变形明显，边坡稳定性差。

综合而言，就地质条件而言，该河段不具备坝址选择的条件。

3) 河段规划梯级衔接和水能利用分析

定曲河口至金沙江第一湾河段金沙江常年河水位 2025m~2006m，水深一般在 10m 左右。金沙江第一湾常年河水位为 2006m，与下游龙盘水电站正常蓄水位 2010m 基本衔接。定曲河口常年河水位为 2025m，与龙盘水电站正常蓄水位落差约 15m，损失小部分梯级水头。

定曲河口上游 10km 河段金沙江常年河水位 2025m~2050m，与龙盘水电站正常蓄水位落差约 15m~40m，梯级水头损失越来越大，相对阿洛共坝址，水头利用减少约 8%~26%。奔子栏水电站与上游梯级之间的河段内有定曲河，定曲河属金沙江一级支流，全长 222.5km，流域面积 2055km²，平均流量约 170m³/s，阿洛共坝址平均流量为 1160 m³/s，故相对阿洛共坝址，水量利用减少约 17%。

对本电站而言，水头及水量的减少，年平均发电量将减少 22%以上，经济性变差，市场竞争力变弱。

综上所述，定曲河口上游河段建坝从技术性不可行，经济性较差，不符合金沙江水电规划，因此仍推荐奔子栏水电站选择在阿洛共坝址建坝，对淹没定曲河口具有不可避让性。

d) 相关咨询/审查意见

根据金沙江上游奔子栏水电站可行性研究阶段《坝址、坝型、坝线及枢纽布置选择专题报告》咨询意见：根据梯级规划方案，考虑上下游梯级电站的水位衔接、规划河段内的地形地质条件以及充分利用定曲水量，同时避免淹没奔子栏镇及瓦卡镇，以定曲河口以下至金沙江第一湾之间的河段作为选坝河段是合适的。选坝河段属峡谷地形，出露的基岩主要为板岩、灰岩、片岩和玄武岩，河段内分布有崩塌堆积体和滑坡体，考虑尽量避开规模较大的地质构造和不良地质体，同时考虑尽量利用岩石强度相对较高的灰岩、玄武岩布置主要建筑物，设计拟定了上、中、下三个坝址是合适的。

根据金沙江上游奔子栏水电站可行性研究阶段报告审查意见：同意中坝址为选定坝址。

3.3.1.2 坝址比选环境合理性分析

本阶段参选的上(定曲河口)、中(阿洛共)、下(月亮弯)三个坝址均采用正常蓄水

位 2148.00m 进行比较研究，经主体工程比选以后选取上坝址混凝土重力坝、中坝址混凝土重力坝、下坝址混凝土面板堆石坝为代表性方案作进一步比选。

a) 对自然保护地和生态保护红线的影响

本项目不同坝址方案均不涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区、三江并流世界自然遗产地、生态保护红线、太阳谷风景名胜區。

b) 对重要景点的影响

“三壁夹两江”景点：上坝址靠近“三壁夹两江”景点，大坝将对该处景点造成直接遮挡，坝体靠近景点形成较大的视觉冲击，水库蓄水使得景点处水位上升，流态发生变化；中、下坝址对“三壁夹两江”景点的影响相同，均表现为水库淹没引起景点处水位上升。

月亮弯(金沙江第一湾)景点：上坝址位于月亮弯上游 14km，中坝址位于月亮弯上游 6km，在确保景观流量下泄的前提下，此两坝址方案对月亮弯景点基本无影响。下坝址位于月亮弯中部，大坝将月亮弯分为上下两段，坝前水位上升成为湖泊，大坝与厂房尾水出口之间出现长约 1.5km 减水河段，将会明显改变该景点的自然特性和景观效果；因月亮弯景点的景观价值重大且位于交通要道附近，选择月亮弯坝址还可能引起社会舆论的广泛关注。



图 3.3.1-3 各坝址方案与月亮弯、“三壁夹两江”景点区位关系示意图

综上，上坝址方案在确保景观流量的前提下对月亮弯景点无明显影响，但对

“三壁夹两江”景点影响较大；中坝址方案在确保景观流量的前提下对月亮弯景点无明显影响，对“三壁夹两江”景点影响较小；下坝址方案对月亮弯景点影响重大，对“三壁夹两江”景点影响较小。

c) 河段开发及生态环境影响

原规划报告将金沙江上游水电规划开发任务统一表述为“以发电为主，协调供水、环境保护、水土保持”。奔子栏水电站坝址比选对河段开发强度影响一致；三个坝址均采用正常蓄水位 2148.00m 进行比较研究，水库淹没影响不变，水位消落对陆生生态和景观的影响基本一致；三个坝址均不涉及金沙江上游 5 个主要的鱼类产卵场与索饵育幼场，上坝址选择在支流定曲汇口下游 380m，三坝址都将涉及重要鱼类栖息地保护支流--定曲，定曲河口以上部分重要水生生境将被水库回水淹没。

d) 工程施工环境影响

下坝址面板堆石坝方案土石方工程量较大，土石方开挖、回填造成的生态破坏、水土流失以及粉尘、噪声等环境污染较大，中坝址重力坝方案影响相对较小。下坝址方案混凝土用量明显小于上、中坝址方案，混凝土生产产生的废水、粉尘和噪声等影响相对较小。上坝址重力坝方案的场内道路长度最短，中坝址重力坝方案次之，下坝址面板堆石坝方案最长，道路建设、运营的环境影响从上至下依次增大。中、下坝址重力坝方案弃渣量较小，弃渣运输过程中产生的废气、噪声污染较小。三坝址方案枢纽工程建设区征占地面积、涉及遗产地缓冲区的面积从上至下依次增加，增加幅度较小；对水土流失的影响略有增加。三坝址方案施工工期相同，环境影响持续的时间相同。

e) 建设征地环境影响

各坝址方案涉及的灌木林地面从上至下依次略增，涉及草地面积从小到大依次为上、下、中坝址方案，但坝址河段分布的植物均属广布种，征地范围内暂未发现珍稀保护植物分布，各坝址方案破坏植被、挤占野生动物生境方面差别较小。

f) 移民安置环境影响

从上至下，各坝址方案水库淹没区和施工占地区涉及人口数量、房屋面积、耕地面积依次增大，但区别较小；安置人数差别不大，安置方式基本相同，因集中安置点建设引起的生态破坏和水土流失差别不大。

g) 电站运行环境影响

各坝址方案形成水库的水温结构均为混合型或过渡型，可能出现季节性水温分层，初步判断各方案之间无明显差别；各坝址相距不远，水文条件、现状水质和上游污染物排放情况差别不明显，对水库水质的影响均较小，彼此之间差别很小。

h) 小结

综上，从环境保护角度分析，在避让自然保护区和生态保护红线的情况下，上、中坝址方案对环境的影响相对较小，具有可行性；下坝址方案环境影响相对较大，特别是对金沙江第一湾(月亮湾)景点产生直接影响，对方案可行性形成一定制约。

3.3.2 正常蓄水位比选环境合理性分析

奔子栏水电站正常蓄水位选择河段位于金沙江一级支流定曲河口和奔子栏镇之间，长约 20km。本阶段参选正常蓄水位方案均采用中坝址混凝土重力坝进行比较研究，选取 2146m、2148m、2150m 和 2152m 四个正常蓄水位方案进行比选。

a) 环境敏感区和生态保护红线影响

工程不涉及整合优化后云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区、不涉及三江并流世界自然遗产地和两省生态保护红线。各正常蓄水位方案水库淹没对各环境敏感区的面积随正常蓄水位的提高而增加，但增加幅度均较小。

b) 工程施工的环境影响

各正常蓄水位方案的施工布置方案相同，工程量差别较小，施工工期相同，施工作业对水环境、大气环境、生态环境、声环境等的影响性质、范围基本相同；由于土石方、混凝土等主要工程量随正常蓄水位的抬升而略有增大，影响程度随之略有增大。

水库淹没与移民安置的环境影响：随着正常蓄水位的提高，对林地、草地的淹没面积依次增大，随着正常蓄水位的变化，项目区产生水土流失的面积略有变化，但变化幅度较小，各方案对水土流失影响差别较小。各正常蓄水位方案涉及移民人口、房屋面积、耕地面积相同，移民安置方案相同，由此引起的环境影响相同。

水库运行的环境影响：各正常蓄水位相应的水库调节库容差别不大，水库调度运行对下游河段水文情势的影响较小且不存在明显差别。不同正常蓄水位下，水库水温结构均为呈季节性分层的过渡型水温结构，水库水质亦不存在明显差别。各正常蓄水位方案在金沙江干流上的库尾均与上游规划的旭龙梯级衔接，支流定曲、硕许曲河上的回水长度随正常蓄水位升高而略有增加。

c) 环保措施及投资

各方案需采取的环境保护措施内容基本相同，随正常蓄水位升高，废污水处理设施、生态保护和水土保持等措施的工程量略有增大，环保投资相应略有增加。

综上，从环境保护角度分析，较低正常蓄水位方案相对较优，但方案间差别较小，不制约正常蓄水位方案选择。

3.3.3 装机容量比选

奔子栏水电站是《金上规划》确定的金沙江上游“一库十三级”中的最末梯级，规划阶段初拟正常蓄水位 2148m、死水位 2100m、电站装机容量 1880MW。本阶段正常蓄水位(2148m)与规划阶段一致，死水位从规划阶段的 2100m 调整至 2138m，装机容量从 1880MW 调整至 2600MW。

a) 金上规划调整环评分析结论

《金上规划调整环评》对奔子栏水电站死水位(调节库容)和装机容量调整的必要性进行了分析。

1) 死水位(调节库容)调整的必要性和可行性

(1) 结合上下游工程相关工作进展，电站宜按日调节运行

奔子栏水电站的开发任务以发电为主，不承担防洪、灌溉等综合开发任务。奔子栏为金沙江上游规划的最末梯级电站，其上游岗托水库(年调节，控制奔子栏 72.52%的流域面积)、叶巴滩及拉哇水库(季调节，分别控制奔子栏 85.33%、86.58%的流域面积)的调节作用使奔子栏入库径流趋于均匀，与调节水量相比，电站水头价值更高，从发电效益方面考虑，水库消落深度不宜过大。

奔子栏库区为峡谷河道，消落 10m 获得的调节库容约 1.61 亿 $\text{m}^3 \sim 2.46$ 亿 m^3 ，仅占多年平均径流量的 0.44%~0.67%，加大水位消落能够增加的调节库容相对有限。规划阶段，滇中引水工程有可能在奔子栏库区取水，下游虎跳峡河段开发方案也未明确，因此奔子栏初拟死水位 2100m，为滇中引水工程和下游梯级预留一定的调节库容。目前，滇中引水已明确从下游石鼓取水并已开工建设，奔子栏水电站已无必要为供水保留较大调节库容；下游衔接梯级已明确为具备多年调节能力的金沙江中游龙头水库龙盘水电站，可承担金沙江中下游梯级补偿调节的任务。因此，从金沙江干流规划布置的梯级开发方案、奔子栏在梯级电站中所处的位置、水能资源的合理利用及水库库容条件等方面综合考虑，奔子栏水电站宜调整为日调节运行，

水库设置调节库容不宜过大，死水位应较规划阶段抬升。

(2)调整后调节库容能够满足电站生态调度和反调节、发电、调峰、储能和备用等功能需求

奔子栏水电站调节库容兼具多重功能：一方面为云南电网提供稳定容量电量支撑，兼顾储能与备用需求；另一方面在鱼类主要繁殖期发挥生态调度和反调节作用，通过调节发电流量控制下游流量过程和水位变幅。

水生生态评价范围内奔子栏以下河段可能受下泄不稳定流影响的土著鱼类主要有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等裂腹鱼类、黄石爬鮡、中华金沙鳅等。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼的主要繁殖期为3~5月，需要较小流量的流水刺激，一般在汛期来临前完成产卵行为，期间对生态调度和反调节的要求为减小日内流量和水位波动，无需人造洪峰过程。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡的主要繁殖期为6~7月，需要相对稳定的水位和流速；中华金沙鳅的主要繁殖期为6~8月，需要短期内大流量过程刺激产卵，受精卵需要一定距离的漂流过程方能发育完全。6~8月为丰水期，大部分时段电站满发运行，日内不调峰或调峰幅度很小，下泄流量较大且变化过程与天然过程接近，并可通过细化、优化日内调度过程，为中华金沙鳅繁殖营造更为有利的流量过程。综上，从鱼类繁殖习性考虑，生态调度和反调节的主要目的在于日内调峰而非人造洪峰过程，对调节库容的需求较为有限。

根据奔子栏长系列径流情况，考虑奔子栏在晚高峰时段满发下泄以及在上游梯级调峰满发时段奔子栏生态调度控制均匀下泄两种情景，经测算，调峰发电及生态调度所需最大调节库容为4067万 m^3 (对应最低消落水位2146.44m)。进一步考虑未来云南省以新能源为主体的新型电力系统情景下，奔子栏承担一定的储能和备用功能以应对极端天气下新能源出力大幅降低的情况，所需调节库容约为2.5亿 m^3 。因此规划阶段预留调节库容10.07亿 m^3 与奔子栏电站的实际功能需求已不相符，电站死水位宜较规划阶段抬升。本阶段将死水位调整至2138m，对应调节库容2.46亿 m^3 ，已能满足电站生态调度和反调节、发电、调峰、储能和备用等需求。

(3)死水位抬高可减缓不利环境影响

奔子栏水电站进水口位于大坝右岸上游约65m的陡崖处，因进水口前缘地形陡峭，死水位越低，相应边坡开挖工程量越大，征地范围和弃渣量也越大。死水位从

规划阶段 2100m 抬升至 2138m，可以削减开挖工程量，缩减建设征地范围，减少工程弃渣，从而减缓工程建设过程对陆生生态和水土流失的影响。

死水位抬升以后，水库消落带范围减小，对陆生动植物、景观效果的不利影响有所减小，水位消落造成近岸区域鱼卵、幼鱼搁浅的影响也会减小；水库调节能力降低以后，不再对年内水文情势产生影响；进水口底板高程上升，下泄低温水、高温水的影响均略有减缓。

2) 装机容量调整的必要性

对比规划阶段，奔子栏水电站基础资料及工程设计边界较规划阶段已有较大变化，新型电力系统需求和新能源发展也对奔子栏水电站的调度运行提出了更高要求，规划阶段奔子栏水电站 1880MW 装机已不适应资源利用、过流协调及电力系统需求，有必要对奔子栏水电站装机容量进行调整。

(2)消落深度减小、径流量增加，增大装机容量是合理利用水力资源的需要

河流规划阶段，初拟奔子栏死水位为 2100m，水库调节库容 10.07 亿 m^3 ，为季调节水库。根据最新的外部边界，虎跳峡河段开发方式和滇中引水水源确定后，奔子栏水电站已无需综合利用库容，按日调节设计，死水位 2138m，调节库容 2.46 亿 m^3 。消落深度减少 38m，发电水头增加，额定水头从规划阶段 100m 增加到 121m，增幅 21%。规划阶段，采用 1953 年~2003 年径流系列，多年平均流量为 1110 m^3/s ；可研阶段，系列延长至 2022 年，坝址处流量为 1160 m^3/s ；较规划阶段提高 4.5%。

水电站可利用水能资源与径流量、水头正相关。根据最新设计成果，奔子栏水电站坝址径流较规划阶段增加 4.5%，水头增加 21%。相较规划阶段，可利用的水能资源同比增加 26%，需要增大装机规模以合理利用水能资源。

(3)上游梯级装机容量增加，增大装机容量是梯级过流能力协调的需要

奔子栏水电站上游衔接梯级为旭龙水电站，随着旭龙装机容量较规划阶段增大等影响，旭龙满发流量由规划阶段 1734 m^3/s 增加到 1866 m^3/s 。旭龙~奔子栏区间有支流定曲河汇入，规划阶段区间流量为 126 m^3/s 。从梯级流量协调来看，上游满发时，相应流量较规划阶段增加 245 m^3/s 。规划阶段奔子栏水电站安装 4 台机组，单机额定流量 525 m^3/s 。考虑与上游发电流量协调，则奔子栏水电站需相应增加过流能力。若在规划阶段满发流量 2100 m^3/s 的基础上增加 245 m^3/s ，则相应装机规模约为 2600MW(2392 m^3/s)。

(3)云南电网电力供需紧张，增加装机容量是云南电网容量支撑的需要

河流规划阶段，初步考虑金沙江上游电站的电力主要外送。现阶段根据最新研究成果，奔子栏水电站供电云南电网，而云南电网电力供需形势已由“丰平枯紧”到“丰枯均缺”，尤其晚高峰缺乏容量支撑。据测算，云南电网丰枯期均存在电能缺口。奔子栏水电站装机容量从 1880MW 增加到 2600MW 后，调峰容量增加 38%，发电量增加 25%，可为云南电网提供可靠支撑，缓解供需紧张形势。

(4)流域、区域新能源资源丰富，增加装机容量是助力双碳目标、推进可再生能源发展、构建新型电力系统的需要

金沙江上游川滇段风电、光伏资源丰富，增大奔子栏装机容量，可提高日内日际灵活调节能力，可有效促进新能源开发及上网消纳。奔子栏水电站装机容量由 1880MW 提高到 2600MW 后，可提高云南电网风光消纳率近 0.4 个百分点，为系统增加 28.7 亿 kWh 清洁电力，节约系统标煤约 86 万 t，减少 CO₂ 排放约 246 万 t。

b)装机容量调整环境合理性分析

死水位抬升以后，水库调节库容减小，调节性能变为日调节，电站运行不会对流域径流年内分配产生影响，年内下泄流量过程更接近天然状态，库区水位变幅由 48m 降低为 10m，库区消落深度减小 38m，消落带面积由 13.63km² 缩小至 2.96km²。消落带面积减少，对环境影响更少。

随电站装机容量增大，满发流量由 2100m³/s 增加至 2392m³/s，叠加调节性能变化影响，流量日内变幅增加，基本呈现日均入库流量越大，流量日内变幅增加越小的趋势。每年 3 月和 5 月，奔子栏按完全调峰运行，丰、平水年来水量满足电站晚高峰满发需求，3 月典型日日内流量变幅约为 750m³/s~1310m³/s，5 月典型日日内流量变幅可达 1276m³/s~2031m³/s，至石鼓水文站水位日变幅已降低至 1.50m 以下。7 月和 9 月期间为减小下游水位变幅，电站按不完全调峰运行，日内流量变幅小于 400m³/s，至其宗村水位日变幅基本控制在 0.80m 以下，至石鼓水文站水位日变幅已基本控制在 0.30m 以下。死水位和装机容量调整后，坝下河道水位日变幅影响很小，对水生生态影响没有明显增加。

死水位抬升对水库水温结构影响有限，不影响水温结构，对下泄水温的影响基本不变，低温水影响月份仍为 3~8 月，升温期低温降幅有小幅扩大，冬季高温水升幅有小幅缩窄，各典型年最大低温水影响增加程度未超过 0.3℃，低温水现象最明显

的丰水年，低温水影响未增加。

总体而言，与规划阶段相比，死水位抬升、装机容量增加后，坝下水温及水文情势影响未明显增加，消落带面积减少，从生态环境保护角度分析，装机容量、死水位、调节性能调整是可行的。

3.3.4 工程施工规划环境合理性分析

左岸布置的各类施工场地、营地均不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区、太阳谷风景名胜区；右岸各类场地均不涉及整合优化后的白马雪山自然保护区；不涉及三江并流世界自然遗产地。

河段两岸森林植被(针叶林)一般位于海拔 3000.00m 以上，最低不低于 2800.00m。各类施工场地、营地均位于河谷地带，除左岸 DY1 堆积体处理区最高海拔接近 2600.00m、DY2、DL1 堆积体处理区最高海拔为 2700.00m 左右以外，施工征地范围高程一般在 2400.00m 以下，最高处约 2430.00m，涉及的植被均为河谷低矮灌丛，不涉及森林植被。施工区及周边无各级保护植物分布。

3.3.4.1 施工总体布局的合理性分析

本工程施工布置右岸不涉及整合优化后的云南白马雪山自然保护区，左岸不涉及整合优化后的四川下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区。征地范围内发现部分重要植物，可采取避让、移栽等手段予以保护。工程施工结合枢纽布置、施工导流的特点，各生产生活设施按左、右岸分区，并相对集中布置的方式，本着“保护环境、节约资源”的原则，充分利用地形，减少场地平整工程量、减少扰动开挖，尽量利用弃渣场顶部作为工程施工场地使用，以减少征地面积。主要施工粉尘和噪声污染源尽量远离施工营地和居民点。同时施工场地尽可能地充分利用缓坡、平台，降低了水土保持工程实施的难度。从环境保护和水土保持的角度，本工程施工总体布局基本合理。

3.3.4.2 弃渣(转存)场规划环境合理性分析

a) 弃渣场

本工程枢纽工程区设置 1 个弃渣场，为绒丁沟弃渣场。移民安置区规划 2 处弃渣场，分别为因归弃渣场和曲雅贡弃渣场。绒丁沟弃渣场渣料主要源于枢纽工程区和场平开挖渣料等，因归弃渣场渣料主要来自四川省复建交通工程，曲雅贡弃渣场渣料主要来自古学集镇场平、四川省复建交通工程和羊拉公路复建工程区，回填渣料岩性主要为板岩。

绒丁沟弃渣场选址不涉及滑坡、崩塌危险区，泥石流沟，弃渣场底部坡面马道平台结合路基规划布置绒丁隧道连接道路(农村公路)，未设置在对公共设施、基础设施、工业企业、居民点等有重大影响区域；因归弃渣场选址不涉及滑坡、崩塌危险区，泥石流沟，下游无工业企业，居民点等；曲雅贡弃渣场选址不涉及滑坡、崩塌危险区，泥石流沟，弃渣场下游 760m 涉及现状金沙江左岸绒丁至工地沿江公路-绒丁至因都段(农村公路)，主体已设计修建棚洞防护，弃渣场未设置在对公共设施、基础设施、工业企业、居民点等有重大影响区域。

三个弃渣场不涉及湖泊和建成水库管理范围内，渣场堆渣范围不涉及河道管理范围和工程规划的水库淹没区，不占用基本农田，均不涉及白马雪山国家级自然保护区和三江并流世界自然遗产地(云南侧)，不涉及四川省生态保护红线、四川太阳谷省级风景名胜区和四川下拥省级自然保护区等环境敏感区，不涉及一级保护林地。目前已取得得荣县自然资源局、林业和草原局、水利局和生态环境局弃渣场选址确认的回复函，选址具有环境合理性。

b) 转存场

工程设置 2 个转存料场，分别为砂石骨料暂存场和绒丁沟转存料场。

砂石骨料暂存场位于规划水垫塘两侧河道开挖边坡、大坝填筑体和下游围堰围合的区域，暂存场顶部高程与下游围堰顶部高程一致，平面布置上堆料边界受外围水工和导流建筑物限制，垂直分布上也低于四周枢纽建筑物高程，下游无居民点，基础设施、公共设施。

绒丁沟转存料场与绒丁沟弃渣场结合布置，绒丁沟转存料场下游 900m 涉及光伏板(位于项目水库淹没范围，已考虑征收补偿)，绒丁沟转料场下游 200m 的绒丁沟弃渣场底部坡面马道平台结合路基规划布置绒丁隧道连接道路(农村公路)，下游无工业企业，居民点等。

2 个转存料场选址不涉及生态红线、基本农田、公益林范围、一级和二级保护林地、自然保护区、世界遗产地、风景名胜区、森林公园、重要湿地和饮用水水源保护区范围。目前已取得德钦县人民政府、得荣县人民政府、得荣县自然资源局、林业和草原局、水利局和生态环境局弃渣场选址确认的回复函，选址具有环境合理性。

c) 表土堆存场

工程共规划 2 处表土堆存场，均属于临时堆土场，工程区表土堆存场位于金沙江左岸临河侧，堆土高程为 2030.00m~2060.00m，最大填筑高度 30m，坡比控制为 1:2.5，挡墙以上边坡坡面隔 10m 设置一条宽 2m 的马道；绒丁表土堆存场布置于绒丁沟右岸缓坡地，堆土高程为 2173.00m~2190.00m，最大填筑高度 17m，边坡坡比控制为 1:2.5，边坡坡面隔 10m 设置一条宽 2m 的马道。

表土堆存场未涉及河道管理范围，下游不涉及公共设施、基础设施、工业企业和居民点，不涉及生态红线、基本农田、公益林范围、一级和二级保护林地、自然保护区、世界遗产地、风景名胜區、森林公园、重要湿地和饮用水水源保护区范围，选址具有环境合理性。

3.3.4.3 砂石加工系统布置的环境合理性分析

本工程推荐方案共布置 2 处主体工程砂石加工系统。

利用甲学沟综合利用附近设置①砂石加工系统，位于金沙江左岸、甲学场平区高程 2115.000m 平台及其上游坡地处，不涉及下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区。该处砂石加工系统有两种布置方案，两种方案占地范围和面积差别很小，生产废水都可以回用；根据环保专业建议，场区内及周边的甲学居民点居民将全部搬迁，两种方案对周边环境的影响及环保投资无明显差别。因此，①砂石加工系统的选址及布置方案环境合理。

在右岸下游距离坝轴线直线距离约 5.5km 的森恩施工区设置一前期临建工程砂石加工系统即②砂石加工系统。②砂石加工系统规模较小，位于金沙江右岸，不涉及三江并流世界自然遗产地，靠近下游施工围堰，利用主体工程出线平台场地，采用永临结合，节约施工场地。施工布置选址合理。

推荐方案通过优化施工布置，减少了一处砂石加工系统，将曲支村场地作为①施工营地，从环境保护角度来说显然更为合理。

3.3.4.4 混凝土生产系统布置的环境合理性分析

本工程共布置 2 处主体工程混凝土生产系统(①、②)混凝土生产系统。

①混凝土生产系统布置于坝址左岸下游距坝轴线直线距离 110.00m~560.00m 的国道 G215 内侧。混凝土生产系统位于坝轴线下游约 260.00m 处左岸阿洛共沟两侧，不涉及下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区。场地靠近 G215 国道，紧邻大坝施工区，距①砂石加工系统运距也较近，交通方便，运输引起的噪声、粉尘影响集

中于坝址上下游区域。场地多为基岩裸露，植被稀少，场地周边的几户居民将会搬迁。从环境保护角度分析，①混凝土生产系统选址基本合理。

②混凝土生产系统布置在下游围堰附近，布置高程 2034.000。不涉及各类敏感区。系统位于大坝施工区和②砂石加工系统之间，运距较近，运输引起的噪声、粉尘影响范围较小。场地多为基岩裸露，植被稀少。场区周边没有居民点分布。从环境保护角度分析，②混凝土生产系统选址合理。

3.3.4.5 油库和炸药库布置的环境合理性分析

油库布置在甲学沟下游、国道 G215 道路内侧，不涉及下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区，油库距离③施工营地约 82.00m，符合 GB 50074-2014《石油库设计规范》关于石油库与居民区安全距离的要求；靠近国道 G215，通过合理布局，可使储油库符合 GB 50074-2014 关于石油库与道路安全距离的要求(甲、乙类三级库、四级库的安全距离为 15.00m 或 20.00m)。因此，油库选址环境合理。

考虑工程区处在四川与云南交界处，本阶段考虑设置 2 座炸药库，左岸布置在阿洛共沟上游，右岸炸药库布置在永久金沙江大桥下游约 600.00m 的地下洞库内，两岸炸药库均远离主要施工区和居民点。因此，炸药库选址环境合理。

3.3.4.6 场内道路布置的合理性分析

本工程总共设置场内道路 56972m，其中左岸道路 40024m、右岸道路 16053m、桥梁 5 座共计 895.00m。主体工程设计时，结合工程所处的位置地形地质条件、施工总布置的特点和过境交通的需要，场内交通分左右两岸布置，并以金沙江大桥、跨金沙江①、②索桥和 3#、4#钢栈桥连接两岸。主体工程设计时，结合工程所处的位置地形地质条件、施工总布置的特点和过境交通的需要，场内交通分左右两岸布置，并以金沙江大桥、跨金沙江①、②索桥连接两岸。施工道路涉及植被主要为低矮灌丛，不涉及森林植被；右岸②、⑩、⑫、⑫-1、⑫-2 等接近罗尼神山中部的道路采用隧洞穿越，尽可能减小了对神山以及白马雪山自然保护区的影响。区内居民较少，大部分将会搬迁，施工期交通运输对居民生活影响较小。从环境保护的角度，施工道路布局基本合理。

场内道路布置不存在水土保持制约因素。场内道路水土流失主要发生在路基开挖施工期，高填、深挖路段采用了桥梁、隧道，总长度 23.246km，占场内道路总长度的 40.82%，可有效减少水土流失。道路产生的弃渣将及时运到就近的弃渣场堆

置，临时性道路施工完毕后，及时种植乔灌木，恢复植被，防止水土流失。

从环境保护和水土保持角度分析，场内道路布局和选线基本合理。

3.3.4.7 施工营地布局的合理性分析

限于工程区可用场地较少，本工程布置了3处施工营地。分别在曲支村布置1#施工营地、永久金沙江大桥左岸下游约1km国道G215内侧坡地布置2#施工营地、甲学沟下游布置3#施工营地，所有营地都布置在左岸四川境内，避开了云南白马雪山自然保护区，也不涉及四川下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区。受限于客观条件，三处施工营地均靠近国道G215。

① 施工营地规划布置于曲支村，满足2400人使用需要，营地建筑面积2.4万 m^2 ，占地面积7.3 hm^2 。距离其他施工场地较远，较少受到施工噪声、粉尘的影响；距离G215国道约60m，可通过优化营地布局(住宿楼尽量远离国道)、采取必要防护措施避免交通噪声影响。比选方案在该处场地布置了砂石加工系统，砂石加工系统对周边环境的影响明显大于施工营地。

② 施工营地规划布置于永久金沙江大桥左岸下游约1km国道G215内侧坡地，满足1300人使用需要，占地面积2.0 hm^2 。北面距油库约530.00m，周边地面无其他施工场地和居民点；西面靠近国道G215(最近距离约11.00m)，可能受到交通运输噪声影响，建议将住宿楼、办公楼布置在场地东部远离国道区域。

③ 施工营地规划布置于甲学沟下游，满足2000人使用需要，占地面积约7万 m^2 。营地北面距离油库约82m，符合GB 50074-2014《石油库设计规范》关于石油库与居民区安全距离的要求，并可通过优化营地布局(住宿楼尽量远离油库)进一步降低风险。北面距①砂石加工系统约130m，有山体及拟建水厂部分阻挡，仍需对砂石加工系统采取严格的围挡措施，以减缓砂石加工作业噪声对营地的影响。西面紧邻国道G215(距离5.00m左右)，可能受到交通运输噪声影响，建议将住宿楼、办公楼布置在场地东部远离国道区域。总体而言，住宿楼宜尽量在场地东南部布置。

业主营地布置在瓦卡镇政府北侧，满足约200人使用需要，占地面积约1.5万 m^2 ，交通方便，生活环境较好。

综上，从环境保护角度考虑，①施工营地和业主营地选址和布局合理，②、③施工营地选址和布局基本合理。

3.3.4.8 施工工艺和方法的合理性分析

环境保护方面，主要考虑土石方开挖工艺及砂石料加工工艺。

a) 土石方开挖工艺

大坝坝基开挖、近岸库岸处理的土石方开挖及支护按自上而下顺序分层进行，岩石开挖采用潜孔钻钻孔，手风钻辅助，建基面采用保护层或预裂爆破开挖方式，覆盖层及爆破石渣均采用 3m³ 挖掘机装 20t~32t 自卸汽车出渣。厂房系统(排水廊道除外)土石方开挖采用三臂台车钻孔+光面爆破或液压履带钻钻垂直孔+台阶爆破，采用 3m³ 侧卸式装载机配 20t 自卸汽车出渣；排水廊道采用手风钻钻孔，周边光面爆破，洞内采用矿用扒渣机配人工装渣、小型动力翻斗车出渣，洞外采用 3m³ 装载机装 20t 自卸车运渣。

上述爆破技术均为主流爆破技术，深孔梯段微差挤压爆破、预裂爆破为较先进的爆破施工工艺，产尘量相对较少；建议视现场扬尘产生情况辅以水袋爆破，进一步降尘。目前施工方案未说明爆破采用的炸药类型，从环境保护角度建议采用乳化炸药。

b) 砂石料加工工艺

金沙江奔子栏河段水质执行 II 类标准，不允许废污水排放。本工程施工规划的砂石加工系统均采用湿法生产工艺，不产生粉尘污染；废水产生量分别为 640m³/h 和 170m³/h，经废水处理设施处理后由本系统回收利用，最终无废水外排。因此，砂石加工系统生产工艺环境合理。

3.3.4.9 移民安置和专项设施复建方案的环境合理性分析

a) 移民安置

至规划设计水平年，奔子栏水电站生产安置总人口 2186 人，搬迁安置总人口为 1646 人，其中云南部分搬迁安置人口 1025 人，四川部分搬迁安置人口 621 人，共规划新建 5 个农村居民点，迁建 1 个集镇。其中云南部分搬迁安置人口规划 4 个农村居民点，分别为达拉居民点、达日居民点、角玛居民点和色拉通居民点；四川农村部分搬迁安置规划 1 个瓦卡居民点，迁建 1 个古学集镇。

移民生产安置和搬迁安置方案与移民意愿基本符合，移民安置规划充分考虑了移民意愿。

集中式安置点不涉及生态保护红线，整合优化后白马雪山国家级自然保护区、下拥省级自然保护区和太阳谷风景名胜区，不涉及三江并流世界自然遗产地，云南

侧两处移民集中安置点结合原缓冲区内居民点就近安置，不可避免涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区。奔子栏水电站总体移民数量相对较少，安置过程对生态环境影响轻微。因此，移民安置方案基本环境合理。

b) 专业项目迁复建

奔子栏水电站涉及相关专业项目迁复建，专业项目复建选线综合考虑了地质稳定性问题和环境敏感区问题，以少占耕地，尽可能利用荒沟、荒滩，同时方便施工、不造成新的水土流失为原则，同时考虑沿线居民点出行的交通方便，以及尽力减少施工噪声和运行后过往车辆噪声对居民的影响。专业项目迁复建选线从环境角度分析基本合理。

3.4 环境影响因素分析

3.4.1 工程施工

3.4.1.1 水环境影响源

工程施工对水环境的影响主要表现为施工生产废水、生活污水造成水质污染。施工生产废水主要来自砂石料加工系统、混凝土拌和系统、洞室开挖、机械和汽车维修等；施工含油废水主要来自施工机械漏油、运输车辆漏油，含油废水随雨水的漫流会对附近水域水质造成影响，生活污水主要来源于施工人员。

a) 砂石料加工废水

本工程共设置 2 套砂石加工系统。其中主体工程集中布置 1 套砂石加工系统，①砂石加工系统布置于甲学沟综合场平区及其上游坡地，砂石加工系统废水产生量约为 $640\text{m}^3/\text{h}$ ；前期导流及岸坡工程在出线平台布置 1 套砂石加工系统，②砂石加工系统废水产生量约为 $170\text{m}^3/\text{h}$ 。根据相关研究成果，砂石料加工废水主要污染物为悬浮物，浓度一般在 $20000\text{mg/L}\sim 100000\text{mg/L}$ 之间。

b) 修配系统废水处理

水电工程含油废水来自于施工区油污染，施工区机械设备与运输车辆运行、维修过程中产生的滴漏以及停放、维修场地的清洗产生油污。本工程含油废水主要来源于修配厂内机械保养站。根据施工布置，本工程推荐方案集中在东竹林沟场平区和森恩综合场平区布置了 2 座施工机械修配厂及汽车保养站，用水量分别为 $12\text{m}^3/\text{h}$ 、 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，高峰期污水产生量分别为 $151.2\text{m}^3/\text{d}$ 、 $252\text{m}^3/\text{d}$ 。根据相关研究成果，修配系统废水主要污染物为石油类、 COD_{Cr} 和悬浮物，浓度一般分别为

10mg/L~30mg/L、25mg/L~200mg/L 和 500mg/L~2000mg/L。

c) 混凝土拌和系统废水处理

根据相关研究成果，混凝土拌和系统废水一般呈碱性，悬浮物为主要污染物，浓度一般在 1500mg/L~2500mg/L 之间；骨料二次冲洗废水主要污染物为悬浮物，浓度一般在 20000mg/L~90000mg/L 之间。

本工程共布置 2 处主体工程混凝土生产系统(①、②)，混凝土系统每班末冲洗时间为 20 min，冲洗流量取 0.0083 m³/s，则单次系统冲洗量为 10 m³，按每天冲洗 4 次计，每个混凝土系统废水产生量为 40 m³/d。

d) 基坑排水处理

本工程施工过程中，水库将形成基坑。由于库坝址截流流量小，围堰下除有部分渗水外，基本没有积水，不需要进行初期排水，只需根据降雨汇水情况进行排水。根据相关研究成果，基坑排水主要污染物为悬浮物，浓度一般在 500mg/L~3000mg/L 之间。

e) 洞室排水处理

洞室废水主要是导流洞、泄洪洞、引水隧洞、进厂交通洞及多条隧道开挖面产生的涌水，其产生量与工程地质条件、地下水含量等因素有关。地下厂房施工过程中，洞室爆破所用炸药为乳化炸药，炸药成分主要是硝酸铵等无机盐水溶液和蜡、油等碳氢化合物，炸药成分占洞室废水的比例很低，根据相关研究成果，洞室排水主要污染物为石油类和悬浮物，浓度一般分别为 2mg/L~10mg/L 和 1500mg/L~3000mg/L。根据各洞室隧道的长度和断面估算各洞室的排水量，考虑各洞室排水强度以及施工时序确定排水处理设计规模，东竹林排水洞、阿洛共堆积体排水洞、阿洛共沟排水洞、甲学沟排水洞、①导流洞、②导流洞、1#(包括 1#-1)、2#、14#隧道最大产生量分别约 30m³/d、30m³/d、40 m³/d、200m³/d、500m³/d、130m³/d、100m³/d、40m³/d。

f) 生活污水处理

根据推荐方案施工布置，工程布置 3 处施工营地和一处业主监理设代营地，其中业主营地建设用地采用出让形式，不纳入项目施工用地范围，不对其废水进行考虑。施工营地用水量按 150L/(人·d)，排污系数 0.9 计，①施工营地生活污水排放量高峰期约为 648m³/d，②施工营地生活污水排放量高峰期约为 351m³/d，③施工营地生活污水排放量高峰期约为 540m³/d。生活污水主要含有 COD、BOD₅、SS、TP、

TN、油类等。

施工期生产生活废(污)水源强情况见表 3.4.1-1。

表 3.4.1-1 施工期主要水污染源一览表

污染源类型	产污特性	排放点位置	排放强度	主要污染物排放浓度
砂石料加工废水	连续	2 处砂石加工系统	700m ³ /h、 200m ³ /h	SS: 20000~90000mg/L
修配系统废水	间歇	2 处机修厂及汽车保养站	151.2m ³ /d、 252m ³ /d	石油类: 10mg/L~30mg/L SS: 500mg/L~2000mg/L
混凝土拌和系统废水	间歇	2 处混凝土系统	40m ³ /d、 40m ³ /d	SS: 500mg/L~2500mg/L
洞室排水	连续	12 条隧洞	1625m ³ /d	石油类: 2mg/L~10mg/L SS: 500mg/L~3000mg/L
生活污水	连续	曲支村①施工营地	648m ³ /d	BOD ₅ : 200mg/L COD: 400mg/L
		国道 G215 内侧坡地布置的②施工营地	351m ³ /d	
		③施工营地	540m ³ /d	

3.4.1.2 环境空气影响源

施工期对环境空气质量产生影响的污染源主要有燃油机械设备、炸药爆破作业、砂石加工系统、交通运输系统、施工作业面等，排放的主要污染物为粉尘、废气和扬尘。

a) 机械燃油废气

施工废气主要产生于各类施工机械燃油，主要的污染物为 NO₂、SO₂ 等。机械燃油废气属于连续、无组织排放源，污染物呈面源分布。

b) 爆破粉尘

炸药爆破时会产生粉尘和 NO₂ 等污染物，污染源主要集中在洞室进出口爆破施工、坝基开挖。爆破属于瞬间源，其粉尘、废气的影响范围主要集中在爆破源附近。

c) 砂石加工系统及混凝土系统粉尘

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分等过程中均会产生粉尘扬尘，由于②砂石加工系统和③混凝土生产系统规模较小且运行时间短，此处主要考虑①砂石加工系统、②混凝土生产系统，距离砂石加工系统和混凝土生产系统最近的居民点为甲学村。根据《环境影响评价技术手册 水利水电工程》(中国环境科学出版社，2009 年 4 月第 1 版)中的技术资料，砂石料加工细资

料，砂石料加工细破筛分粉尘产生量为 0.77kg/t 产品。因此本工程 1#、2#砂石加工系统粉尘排放强度分别为 395.27g/s、123.2g/s。在生产过程中采取布袋除尘工艺，除尘效率按照 99.9%进行考虑，则 1#、2#砂石加工系统粉尘排放强度分别为 0.40g/s、0.12g/s。根据各工序实际生产能力，污染物产生及排放源强具体见表 3.4.1-2。

表 3.4.1-2 砂石料加工及混凝土系统粉尘排放强度一览表

项目	生产能力(t/h)	粉尘产生量(g/s)	除尘效率	排放强度(g/s)
①混凝土系统	1848	395.27	99.9%	0.40
②混凝土系统	576	123.2	99.9%	0.12

d) 交通运输扬尘

根据施工规划，左岸①道路、③道路、⑦道路、⑨道路均邻近甲学村等居民点，最近距离约 10m，施工期由于施工运输车辆的投入使用，该公路行车密度增大，进一步增加扬尘排放量，按照汽车扬尘量 0.78kg/km·辆计算，该敏感路段粉尘排放速率计算结果见表 3.4.1-3。

表 3.4.1-3 近敏感点各路段扬尘排放量一览表

施工道路	路面材料	路面宽度(m)	高峰车流量(辆/h)	排放因子(kg/km·辆)	粉尘排放速率(kg/km.h)
①道路	混凝土路面，永久	9	81	0.78	63.18
③道路	混凝土路面，永久	9	81	0.78	63.18
⑦道路	混凝土路面，临时	9	27	0.78	21.06
⑨道路	混凝土路面，临时	9	52	0.78	40.56

e) 施工作业面扬尘

施工作业面扬尘主要产生于裸露地面如渣场、开挖面等，在干燥的天气情况下，特别在大风时容易产生扬尘。粉尘产生量与施工方法、作业面大小、施工机械、施工方法、天气状况及洒水频率等有关。

3.4.1.3 声环境影响源

工程噪声污染源主要来自施工爆破噪声、砂石料加工系统噪声、施工工厂生产噪声、交通噪声及其他施工机械噪声。

a) 施工爆破噪声

本工程的爆破噪声主要来源于坝基开挖及洞室施工爆破等。爆破噪声与爆破方式、单响装药量等有关。爆破噪声具有间歇性，相对于连续作业的固定声源和流动

声源，其影响时间段短。类比其它工程露天爆破实测资料，爆破噪声值一般在 90dB(A)~140dB(A)之间。本工程由于爆破点与居民点距离较远，且爆破噪声为瞬时点声源，爆破时间基本在昼间，因此爆破对周围居民点的影响是有限和短暂的。

b) 砂石料加工系统噪声

砂石料加工系统为连续点声源，参照类似工程砂石加工设备噪声实测资料，所有设备同时运行声源叠加后作为砂石加工厂的源强，本工程砂石料加工系统 1m 处噪声值在 95dB(A)~115dB(A)之间。

c) 施工工厂生产噪声

本工程汽车机械修理厂等施工工厂噪声源强一般在 70dB(A)以下；噪声影响较大的施工工厂主要为综合加工厂(包括机电金结拼装场)、混凝土生产系统等，其噪声为间歇性点声源，噪声源强在 90dB(A)~110dB(A)之间。

d) 交通噪声

本工程的交通噪声主要来源于车辆运输。交通噪声属于流动声源，其源强大小与车流量、车速以及路况等因素有关。施工区主要来往车辆为载重量 15~20t 级自卸汽车，以大型车为主，公路设计时速为 20~30km/h，交通运输噪声在 85dB(A)~94dB(A)之间。

场内道路沿线敏感点为森恩施工区等居民点，主要受左岸①道路、③道路、⑦道路、⑨道路交通噪声影响，高峰期最大车流量为 81 辆/h，主要车速为 20~30km/h。

e) 施工作业噪声

施工机械噪声源主要来自于开挖、出渣、倒渣、土石料回采等机械施工活动，主要位于施工工厂、弃渣场、表土堆存场等施工作业面。大坝施工区作业面噪声值一般在 80dB(A)~110dB(A)之间，弃渣场作业面噪声值一般为 70dB(A)~90dB(A)。

3.4.1.4 固体废物污染源

a) 施工弃渣

本工程土石方挖填总量为 4230.61 万 m³，挖方 2741.45 万 m³(含表土剥离/收集量 81.28 万 m³)，填方 1489.16 万 m³(含表土回覆 81.28 万 m³)，骨料等建筑材料利用方 721.46 万 m³，借方 7.04 万 m³，最终废弃方 537.87 万 m³，折合松方 699.23 万 m³(土石方松方系数取 1.30)。有用料堆存在砂石骨料暂存场和绒丁沟转

存料场；弃渣堆存在绒丁沟弃渣场、因归弃渣场和曲雅贡弃渣场。

b) 生活垃圾

根据施工组织设计，奔子栏水电站工程区高峰年 6000 人，平均人数 5210 人，考虑流动人口 20%后按人均 0.8kg/人.d 计算，奔子栏水电站施工期垃圾产生量为 11882t，体积 23765 m³，施工期日最大处理规模约为 6.8t/d。

c) 危险废物

施工营地废弃的铅蓄电池、镉镍电池、废电路板、废油桶等，工程施工修配厂运行过程中和运行期机组检修过程中将产生一定量的含油废水和废机油及施工期废炸药均属于危险废物，需委托有危险废物处置资质的单位进行处置不得与普通生活垃圾混合收集。

3.4.1.5 生态影响源

a) 水生生态影响源

工程开挖和占压，将改变原有地貌，损坏或压埋原有地表植被和景观，在一定时段和范围内产生新的水土流失和生态破坏。工程围堰施工、大坝截流等将造成水体泥沙、悬浮物含量增加，影响河段水质，可能对水生生物和鱼类生活造成不利影响；大坝截流后，随着过流面积的减小，流速增大，可能会对河段内的浮游动植物和底栖动物、短距离洄游鱼类的上溯产生一定影响。施工期至水库蓄水前上游来水从导流洞内下泄，下游水文情势无明显发生变化，对水生生物和鱼类影响较小。

b) 陆生生态影响源

1) 施工占地、扰动

工程占地影响乔木林地 53082.67hm²、灌木林地 32483.75hm²、荒草地 17253.36hm²、耕地 3355.17hm²。工程施工开挖、回填、弃渣、工程场平、占地等都将扰动占地区植被，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。

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；工程建设对陆生脊椎动物的影响包括：施工占地使栖息地面积缩小、施工期污染使栖息地环境质量下降、各类建筑物和道路等阻碍或中断动物个体日常运动(觅食、饮水、保卫巢区)和扩散(生殖或寻找新的栖息地)、人工活动增加。

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。

本工程土石方开挖运至弃渣场的最终弃渣量为 537.87 万 m^3 (自然方)，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。

3.4.1.6 社会环境

施工期间对社会环境的影响主要来源于工程建设对人力、材料等资源的需求，工程资金的投入，基础设施的建设以及施工占地等方面。具体体现在工程建设需要的大量人力，一定程度上可解决当地人员就业问题；需要大量的物资，将成为当地经济强有力的推动力，刺激当地经济的发展；工程巨大资金的投入对区域经济发展有巨大推动作用；施工占地可在短时间内影响农业经济的增长，施工期间大量工程物资的运输对当地交通造成一定的压力，但这部分影响只是暂时的。

3.4.2 工程运行

3.4.2.1 水文情势影响源

a) 初期蓄水

根据施工总进度安排，导流隧洞于第 7 年 11 月初下闸，第 8 年 4 月底完成导流隧洞封堵，第 8 年 6 月底首台机组发电。为降低导流隧洞封堵期间闸门挡水水头，并尽量避免在枯水期蓄水，减小对下游河道生态用流的影响，水库初期蓄水分 2 阶段进行。

初期蓄水期间，库区水位逐渐抬升，坝前水深逐渐增加，水面宽度随水位抬升逐渐增加，流速逐渐降低，坝下河段受蓄水影响，汛期流量大幅减小，下游河道水位、流速将明显降低，非汛期流量受影响较小。本工程初期蓄水期间，泄放生态流量兼顾下游河道生态用水、滇中引水及区间用水等要求，当入库流量小于生态流量时，按入库流量下泄。

根据推荐的下闸蓄水方案，按满足下游生态及生产生活用水及施工要求，进行奔子栏水库初期蓄水历时计算。经计算，50%保证率下奔子栏初期蓄水可于第 8 年 5 月 28 日蓄至死水位 2138m，6 月 3 日蓄至正常蓄水位 2148m；75%保证率下奔子栏初期蓄水可于第 8 年 6 月 5 日蓄至死水位 2138m，6 月 11 日蓄至正常蓄水位 2148m。首台机组投产时间为 6 月底，按蓄至死水位时间点计，首台机机组调试时间约 25 日左右，略显紧张。上游旭龙水电站调节库容 1.26 亿 m^3 ，建议必要时

协调上游旭龙适当补水。

奔子栏水电站初期蓄水期间需考虑下游生态环境用水要求。水库蓄水后将使库区江段的水位、水面面积、流速、水深等水文情势发生变化。

b) 调度运行

奔子栏水电站日运行方式为：根据电网日负荷变化或新能源出力补偿要求调节自身出力；在系统负荷高峰时段，承担调峰任务；在系统负荷低谷时段，将视系统需要调整电站出力，并满足最小下泄流量 $275\text{m}^3/\text{s}$ 的要求，水库水位在正常蓄水位 2148m 至死水位 2138m 之间波动，丰水时期尽量维持在高水位运行。

奔子栏水电站为日调节性能，评价河段涉及的鱼类主要为粘沉性卵鱼类，产粘沉性卵鱼类繁殖期需要相对稳定的水文过程，结合江段鱼类产卵孵化时间对水位变幅提出了适宜的调度要求。

3.4.2.2 水环境影响源

a) 水质

1) 水库水质

电站运行基本没有生产废水排放，仅机组检修时产生少量含油废水，在无法收集的情况下可能进入河道，对库区及下游水质影响较小。运行期电站值班人员较少，生活污水产量小，经处理达标后回用于绿化用水，不排入金沙江，不会对库区及下游水质产生影响。局部水域可能出现漂浮物堆积现象，对局部水质造成不利影响，可通过及时打捞处理予以减缓。

2) 坝下水质

水库初期蓄水阶段，坝址处下泄的流量有较大幅度的降低，下泄水量减少对坝址下游河段的水质将有一定的影响，但坝下河段居民人数较少，在下放生态流量后坝下河段水质变化甚微。

b) 水温

奔子栏水库正常蓄水位 2148.00m 时，相应库容为 13.2亿 m^3 ，奔子栏电站多年平均流量为 $1160\text{m}^3/\text{s}$ ，折合径流量为 365.8亿 m^3 ，算得 α 值为 26.3 ，大于 20 ；但因 α 值与 20 接近，且水库狭长，坝前水深达 $130\sim 150\text{m}$ ，坝址上游 25km 处仍有 80m 左右，且上游水文、气候条件类似的旭龙水电站水库经模型计算表明 3~8 月下泄水温低于天然水温，初步判断奔子栏水库为过渡型水温结构。

3.4.2.3 大气和噪声污染源

工程建成后运行期不产生大气污染物，对环境空气无影响。运行期主要噪声源为地面开关站、发电厂房内的发电(水轮机)机组，河床式厂房位于闸坝下游，地面开关站和厂房周边 200m 范围内无声环境敏感点，不影响周围声环境质量。

3.4.2.4 固体废物污染源

电站运行期产生的固体废物主要为电站生活办公区的生活垃圾，生活垃圾产生量 1kg/人·天计，则电站生活办公区最大日产生固体废物量为 0.2t/d。

运行期发电厂房机组运行过程产生少量的废机油、废透平油废油，属于危险废物。通过类比分析，单台机组每年产生量约 0.6t，考虑一定不确定性(取 1.5 倍)，电站共产生危废 5.4t/a。

3.4.2.5 地下水影响源

金沙江为评价区地表水、地下水的最低排泄基准面。区内河谷深切，岸坡陡峻，岩体透水性总体较差，地下水主要来源于大气降水补给，通过裂隙网络向金沙江运移和排泄。库区及施工区居民，没有地下水取水需求。工程主要地下工程包括导流洞以及基坑、地下厂房工程，工程施工对地下水位将产生一定影响。运行期需预测水库蓄水对库区地下水流场形态的影响，是否会改变库区地下水补给、运移及排泄的总体规律等。

3.4.2.6 生态环境影响源

a) 陆生生态

奔子栏水电站运行后，水库淹没造成区域植被损失，对评价区自然体系、景观多样性指数产生影响，水库淹没前后自然植被的景观优势度将会发生轻微变化。

建库后，岸边、河谷地带现有的野生动物生境将被淹没，将使得陆生动物的栖息地相对缩小。工程蓄水后，部分动物的通道或被切断，由于原分布区被部分破坏，导致这些动物的生活区向上迁移，而以低海拔动物为食的动物又会受到如食物分布等的间接影响。

b) 水生生态

奔子栏水电站建成后，库区水流变缓、水深增加、急流生境萎缩，水文情势将发生较大的变化。水库库尾接近原天然河流，具有河流水文水动力学特征，坝前水域呈现湖泊水动力学特征，水库中间河段间于河流段和湖泊段，属于过渡段。水文

情势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。电站建成运行后，部分季节低温水下泄以及大坝泄洪产生的气体过饱和对鱼类生境也将产生一定影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，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，使各水生生物种群将受到不同程度的影响。

3.4.2.7 局地气候

奔子栏水电站建库后改变了原有下垫面的性质，由于水库长度长、面积大，对于整个库区及周边地区的局地气候将产生一定的影响。

水库蓄水后在各个季节库区附近大多数地区的近地面相对湿度会增加。主要原因是因为水库蓄水后水面面积扩大，使得局地的蒸发量增加，除丰水年2月份相对湿度增幅最大为2.5%外，其余增幅均小于1%，水库蓄水对近地面相对湿度影响的程度及范围都十分小，可以忽略。

水库蓄水后在夏季对库区附近降水量有一定影响，水库右岸降水量呈减少趋势，而水库左岸降水量则呈增加趋势，除7月份降水量变化相对较大(可达10mm数量级)外，2、5、10月降水量的变化较小，不超过2毫米。

3.4.2.8 电磁环境

本工程500kV开关站(含开关站)运行期间周边电磁环境将小于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)规定的公众曝露控制限值(4000V/m, 100 μ T)，本工程附近的监测断面工频电磁场的衰减也将呈现类似的衰减趋势，对环境的影响较小。

3.4.3 移民安置和专项设施复建

本工程施工总布置方案涉及生产安置人口为2186人，其中云南部分1357人，四川部分829人；搬迁安置总人口1646人，云南部分1025人，四川部分621人。生活用水定额为150L/人·d，生活污水按人均用水量的90%计，为222.21m³/d，其中四川省得荣县83.84m³/d，云南省德钦县138.37m³/d。

人均垃圾排放量本阶段按人均日垃圾产量1.20kg/人·d计算，清运率根据安置区和时间不同分别取值75%~90%，四川省库区生活垃圾处理工程服务人口按700人考虑。计算得到日处理规模0.7t；云南省库区生活垃圾处理工程服务人口按1200人考虑，计算得到日处理规模1.2t。

4 环境现状调查与评价

4.1 自然环境概况

4.1.1 地形地貌

金沙江从定曲河口上游以东西向流入选坝河段后总体上自西北流向东南，在甲学附近河流凸向左岸，而在下坝址发育一河湾，凸向右岸，左岸河湾地块呈马蹄形。河谷两岸分水岭高程在 4000m 以上，右岸最高峰——白马雪峰顶高程 4958m，最大相对高差近 3000m；东竹林沟至奔子栏镇的右岸为相对孤立的日尼共卡山，峰顶高程 3642m，相对高差约 1600m。坝址河段属高山地貌，山体雄厚，河谷一般呈狭窄的“V”形，两岸地形陡峻，呈峡谷地形。

自森恩至曲宗桥河段金沙江河水水位 2006m~2025m，水面宽度一般为 50m~100m，水深一般在 10m 左右。设计正常蓄水位 2148.00m 时，相应谷宽一般为 270m~420m。上游左岸的金沙江一级支流一定曲，发源于理塘县哈日拉山，与金沙江近平行发育，全长 226km，二级支流主要有许曲和玛曲，总流域面积约 12000km²。该河段发育的冲沟，左岸主要有阿洛共沟、甲学沟，右岸主要有日用沟、东竹林沟，均与金沙江流向近于垂直；其中东竹林沟发源于白茫雪山垭口，长度约 26km，总体流向南东，出口段流向北东；两岸发育的其它冲沟一般较短小。

区内属典型的干暖干旱河谷，降雨量极少，植被主要分布在高程 3000.00m 以上，该高程以下植被稀少，岸坡岩土体绝大部分裸露于地表。河谷地貌主要受岩性控制，巨厚层灰岩及火山岩地层多形成陡坡或陡崖，相对软弱的板岩、片岩地层则呈相对平缓的缓坡地形。

工程区属峡谷地形，阶地发育残缺不全，仅局部河段有 I 级阶地零星分布，阶面宽度小。

4.1.2 地质条件

a) 区域地质与地震

工程区位于松潘—甘孜褶皱系的西部，区域地质构造背景较复杂。外围断裂构造较发育，区域性断裂构造主要有金沙江断裂和德钦—中甸断裂，金沙江断裂呈近南北向发育于右岸，从上游至下游逐渐远离金沙江，距工程区的最小距离约 2km(上坝址)；德钦—中甸断裂呈 NW 向展布，从右岸分水岭——白茫雪山垭口处向东南延伸

至奔子栏镇过金沙江向下游延伸，工程区从上游至下游逐渐靠近该断裂，距选坝河段河床的最小距离约 1.8km(下坝址)。

工程区外围，东面发育有孜根向斜，西面发育有绒丁向斜，轴向均呈 NNW 向，初步分析选坝河段处于一背斜的轴部附近，轴向 NNW。区内断层较发育，泥盆系与三叠系、泥盆系与二叠系地层均呈断层接触，II 级及以上结构面主要有：甲学断层、古学断层、 f_{203} 、 f_{301} 和 f_{302} ；其它规模较小的断层各区段均有发育。

工程区域位于鲜水河—滇东地震带、滇西南地震带和藏中地震带的交汇地区，其中大部分位于鲜水河—滇东地震带。历史地震主要集中在区域的中部至东南部，其它地区相对稀疏；历史地震对工程坝址的最大影响烈度为 VII 度根据历史地震记录，工程外围区强震活动主要在中甸和巴塘一带。

工程区位于中甸和得荣 2 个 7.5 级潜在震源区的结合部位，场地地震危险性受近场潜源的影响。工程场地地震危险性研究成果表明：坝址区(中坝址)50 年超越概率 10%基岩水平地震动峰值加速度为 200gal，地震动反应谱特征周期为 0.45s；100 年超越概率 2%基岩水平地震动峰值加速度为 445gal，地震动反应谱特征周期为 0.55s；100 年超越概率 1%基岩水平向加速度峰值为 535gal，地震动反应谱特征周期为 0.60s。

b) 库区地质

库区西侧有澜沧江低邻谷存在，经初步分析，金沙江与澜沧江之间的地表分水岭高程均在 4000m 以上，有不透水地层呈近南北向顺河流方向展布，两江之间无大的横向构造带相沟通，且河间地块地下水分水岭高程远高于水库正常蓄水位，因此，水库不存在向澜沧江产生集中渗漏的问题，亦不存在沿可溶岩及断层破碎带向下游河道的集中渗漏问题。

库区以纵向谷为主，多高山峡谷，岸坡陡峻，以陡倾的板岩居多，植被不发育，岩体风化、卸荷较强烈。岸坡变形破坏分为 3 种类型：滑坡堆积体、崩塌堆积体和倾倒变形体。库区共发育滑坡体 10 处；崩塌堆积体 26 处；倾倒变形体处 17，主要分布在曲宗桥～申达约 25km 库段。近坝库区均未见大型滑坡发育，岸坡总体上稳定性较好。

库区处于高山峡谷区，属河道型水库，两岸阶地不发育，人烟稀少，不存在浸没问题。库区共发育泥石流沟 45 条，涉及流域面积 408.09km²；库区泥石流多为古

泥石流，现代泥石流不甚发育，对水库淤积的影响小。

c) 枢纽区地质

奔子栏水电站枢纽区河谷出露的基岩地层主要有：板岩、片岩、灰岩和安山岩，板岩和片岩多呈薄层状，强度相对较低，属软岩～中硬岩，工程地质特性相对较差；灰岩和安山岩属中硬岩～坚硬岩，厚至巨厚层状灰岩和块状安山岩工程地质特性较好。

上、中、下坝址枢纽工程区均无区域性活动断裂发育，坝区外围区域性断裂主要有金沙江断裂和德钦～中甸断裂。综合分析比较，上坝址较差；中、下坝址各有优缺点，工程地质条件总体相当，均具有修建高坝和大型地下洞室的地形地质条件。中坝址的主要优点：①距离区域性断裂构造相对较远，②两岸多基岩裸露、坝址区无大型堆积体发育；主要缺点：部分枢纽建筑物布置区为板岩地层，属软岩～中硬岩。下坝址的主要优点：①枢纽工程布置区均安山岩，属中硬岩～坚硬岩，岩性均一性较好，②坝址下游左岸地形较开阔，有利于施工场地布置；主要缺点：①距离区域性断裂构造相对较近，②坝址河湾下游段发育有 3 处大型堆积体，对输水发电系统布置有一定影响。

4.1.3 水系

奔子栏水电站坝址位于金沙江上游峡谷河段，控制流域面积 20.32 万 km²，多年平均流量 1160m³/s，库尾与在建的旭龙水电站坝址相衔接，回水长度 63.29km；奔子栏库区较大支流为左岸定曲，定曲河口距奔子栏坝址 8km。其河道全长约 226km，流域面积 12213km²，定曲上回水长度 21.19km，淹没古学水电站厂房，库尾上距古学水电站坝址约 5.3km；二级支流许曲河上回水长度 8.39km，淹没去学水电站厂房，库尾上距去学水电站坝址约 5km。坝下主要支流有冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河等。

4.1.4 气象

奔子栏坝址处无气象观测台(站)，离坝址最近的气象站是得荣气象站，观测场高程 2242.9m，得荣县属亚热带干旱河谷气候区，与奔子栏坝址区气候一致。为收集奔子栏坝址处气象资料，我公司于 2015 年 6 月下旬在奔子栏水电站坝址下游约 8km 的瓦卡镇设立了专用自动气象站(站址地面海拔高程约 2086m)，观测降水、气温、风速、风向及湿度等要素。2017 年 6 月，我公司对奔子栏气象站进行了搬迁，

新址位于瓦卡镇曲支村，下距奔子栏水电站坝址直线距离约 4km(站址地面海拔高程约 2111m)。

根据德荣气象站、奔子栏水电站坝址气象站观测资料，工程区属干热河谷气候，多年平均降水量 339.2mm，多年平均蒸发量 2353.3mm，平均气温 14.8℃，平均相对湿度 45%，坝址气象特征见表 4.1.4-1。

表 4.1.4-1 奔子栏水电站坝址气象特征值表

项 目	月 份												年	年 限
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
平均降水量 mm	0.9	2.3	3.5	7.9	15.7	40.8	115.3	100.6	38	10.5	3.2	0.5	339.2	1960~1966 年、 1971~2022 年
最大日降水量 mm	26.1	8.3	13.4	21.6	27.7	35.1	46.1	42.5	29	24.7	23.5	6.2	46.1	
平均气温 ℃	5.9	8.5	11.8	15.2	19.6	22.7	21.7	20.4	19.6	15.9	10.3	6.3	14.8	1960~1966 年、 1971~2022 年
多年平均 最高气温 ℃	14.7	16.8	19.6	22.7	26.8	29.7	28.5	27.3	26.6	23.9	19.2	15.4	22.6	
极端最高气温 ℃	25.1	26.2	29.7	31.8	34.5	37.3	36	35.1	33.7	39.4	27.1	23	39.4	
极端最低气温 ℃	-8.9	-5.7	-3.6	-0.1	3.6	8.3	6.6	3.2	0.9	1.3	-5.2	-7.7	-8.9	
平均风速 m/s	1.5	2.3	2.7	2.6	3.1	3.1	1.9	1.5	1.7	1.8	1.4	1.2	2.1	1971~2022 年
平均最大风速 m/s	8.3	9.1	9.6	9	8.6	8.3	7.8	7.5	7.3	7.5	7.2	7.3	10.5	1981~ 2022 年
最大风速 m/s	17	14	15	13	13	14	12	14	12	11	12	11	17	
蒸发量 mm	124.4	153.4	208.5	233.3	295	300.4	228.5	185.2	187.3	182.9	140.4	114	2353.3	1980~ 2013 年
平均地面温度 ℃	6.2	10.1	14.6	19.2	24.5	27.5	25	23.5	22.5	18.5	11.4	6.2	17.4	1962~1966 年、 1980~2022 年
平均相对湿度 %	34	34	35	39	40	46	60	65	58	48	40	36	45	1960~1966 年、 1971~2022 年
日照时数 h	175.3	163.1	180.9	169.9	178.8	156.7	130.2	128.1	129.9	164	171.1	173.7	1921.8	1961~1966 年、 1971~2022 年

4.2 水环境

4.2.1 水文情势

4.2.1.1 径流

a) 坝址径流

奔子栏水文站位于坝址下游约 11km，控制流域面积为 203320km²，自 1959 年开始观测水位，本阶段径流采用长江勘测规划设计研究院提供的奔子栏水文站 1953~2018 年月、年径流系列成果(奔子栏水文站 1953 年~1958 年流量通过与石鼓站相关插补而得，1959 年~1984 年缺测流量资料依据邻近年份的水位流量关系，由日平均

水位插补而得)，并在此基础上将径流系列延长至 2022 年。

根据 1953 年 6 月～2022 年 5 月经流系列统计，奔子栏坝址多年平均流量 $1160\text{m}^3/\text{s}$ ，相应年径流量 365.8 亿 m^3 。年内径流主要集中在 6 月～10 月，占年总径流量的 75.8%，其中以 7 月～9 月最多，占 55.2%。12 月～次年 4 月经流相对较少，占 13.7%。各月多年平均流量及年内分配见表 4.2.1-1。

表 4.2.1-1 坝址各月平均流量及年内分配表

单位： m^3/s

项目	月份												年
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
流量	1450	2570	2630	2420	1400	733	460	355	324	327	453	740	1160
%	10.3	18.8	19.3	17.1	10.3	5.19	3.37	2.6	2.14	2.39	3.21	5.42	100

根据奔子栏水文站年径流频率计算成果，在实测资料中选择年平均流量和枯水期平均流量与设计值较为接近的特丰(10%)、丰(25%)、平(50%)、枯(75%)、特枯(90%)的年份，即 1989～1990 年、1970～1971 年、1975～1976 年、1978～1979 年、1984～1985 年作为典型。奔子栏坝址典型年各月平均流量见表 4.2.1-2。

表 4.2.1-2 奔子栏坝址典型年月设计值

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	年平均
特丰年 (P=10%)	2510	3310	2800	2990	1900	894	532	411	370	355	421	917	1460
丰水年 (P=25%)	1340	3550	3590	1680	1460	820	548	443	403	416	531	764	1300
平水年 (P=50%)	1240	2760	2390	2330	1390	754	457	374	344	341	421	774	1130
枯水年 (P=75%)	1700	1950	2210	1770	1090	651	431	337	308	301	475	629	991
特枯年 (P=90%)	1080	2760	1740	1220	778	517	354	286	263	284	397	673	868
5 个典型平均	1570	2870	2550	2000	1320	727	464	370	338	339	449	751	1150
长系列平均	1450	2570	2630	2420	1400	733	460	355	324	327	453	740	1160

b) 支流径流特征和流量

奔子栏水电站评价区内的主要支流有：定曲、冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河和丹达曲等。

1) 定曲：金沙江上段左岸一级支流，河道全长约 226km，流域面积 12213km^2 ，河口多年平均流量 $150\text{m}^3/\text{s}$ 。支流主要位于左岸，较大的有玛曲、许曲等。玛曲河道总长 159km，乡城境内河道长 123km，平均比降为 5‰；许曲河河段长 122.1km，天然落差 881.3m，河道平均比降 7.18‰，支流面积较小，有 6 条集雨

面积 100~250km² 的支流汇入。

2) 冈曲：又名交界河，河长 98km，流域面积 2664km²，多年平均流量 43.7m³/s。

3) 支巴洛河：金沙江右岸支流，又名朱巴洛河，流域面积 1880km²，河长 104.7m，落差 3127m，多年平均径流量 9.53 亿 m³。

4) 腊普河：金沙江右岸支流，流域面积 867km²，河长 74.2km，平均比降 14.2‰。在塔城乡设有塔城水文站，控制集水面积 724km²，测验河道水面宽 16.2~27.1m，实测多年平均流量 16.7m³/s。

5) 冲江河：金沙江右岸支流，流域面积 1001km²，河口高程 1820m，河长 53.6km。在石鼓镇设有来远桥水文站，距河口 3.2km，控制流域面积 995km²，测验河道水面宽 17.4~40.5m，实测多年平均流量 12.0m³/s。

6) 金庄河：主河道长 50.92km，年平均径流量 4.577 亿 m³，平均枯季流量 3.14m³/s，集水面积 932km²，年产水量 4.58 亿方 m³。

7) 硕多岗河：金沙江左岸支流，河流全长 153.32km，流域面积 1966.2km²，河口多年平均流量 30.4m³/s，总落差 2100m，平均比降 13.7‰。

8) 丹达曲全长 144km，流域多年平均降水量 600~1000mm，流域多年平均流量 32.55m³/s，近河口河段河底平均坡降约 2.7%，河道平均比降 15.5‰，流域面积 2608km²。

4.2.1.2 洪水

奔子栏水文站与坝址集水面积相差甚微，故坝址设计洪水直接采用奔子栏水文站分析计算成果。可行性研究阶段，为了保持金沙江上游川藏、川滇段各梯级水电站坝址设计洪水的一致性，水电总院于 2020 年 9 月 17 日在北京召开了金沙江上游旭龙水电站及上游梯级水文成果协调会。本次奔子栏坝址设计洪水采用《金沙江上游旭龙水电站及上游梯级水文成果协调意见》中推荐成果。预可行性研究阶段，奔子栏水文站洪水系列至 2015 年，三大专题阶段系列至 2018 年，本阶段根据收集的实测洪水资料将系列延长至 2022 年。

金沙江干流的洪水，由融雪(冰)洪水和暴雨洪水组合形成。每年 6 月~10 月，受西南暖湿气流的作用，降雨集中，往往在上游由气温升高而形成的融雪(冰)洪水的基础上，形成暴雨洪水。坝址设计洪水见表 4.2.1-3。

表 4.2.1-3 奔子栏水文站年最大洪峰流量及各时段洪量设计成果表

项 目	各频率(%)洪峰流量、时段洪量											
	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	3.33	5	10	20
Q_m m ³ /s	13400	12700	11900	11200	10500	9610	8910	8190	7650	7200	6420	5590
W_{1d} 亿 m ³	11.2	10.7	9.95	9.39	8.82	8.06	7.47	6.87	6.41	6.04	5.38	4.68
W_{3d} 亿 m ³	32.5	30.9	28.8	27.1	25.5	23.3	21.6	19.8	18.5	17.5	15.6	13.5
W_{7d} 亿 m ³	70.8	67.3	62.7	59.2	55.6	50.8	47.1	43.3	40.4	38.1	33.9	29.5
W_{15d} 亿 m ³	136	129	120	114	107	97.6	90.4	83.1	77.6	73.1	65.2	56.7
W_{30d} 亿 m ³	248	236	220	208	195	178	165	152	142	134	119	104

4.2.1.3 泥沙

奔子栏坝址无泥沙观测资料，坝址上游设有巴塘水文站，于 1963 年 5 月开始施测悬移质泥沙测验，下游约 210km 设有石鼓水文站，于 1955 年开始悬移质泥沙测验，两站均有较长的不连续悬移质泥沙资料系列，为本次奔子栏水电站坝址泥沙分析计算的设计依据站。预可研阶段，巴塘、石鼓站泥沙系列至 2015 年，三大专题阶段系列至 2018 年，本阶段将泥沙系列延长至 2022 年。

奔子栏坝址多年平均含沙量为 0.63kg/m³，多年平均推移质输沙量为 115 万 t。

表 4.2.1-4 奔子栏坝址泥沙成果表

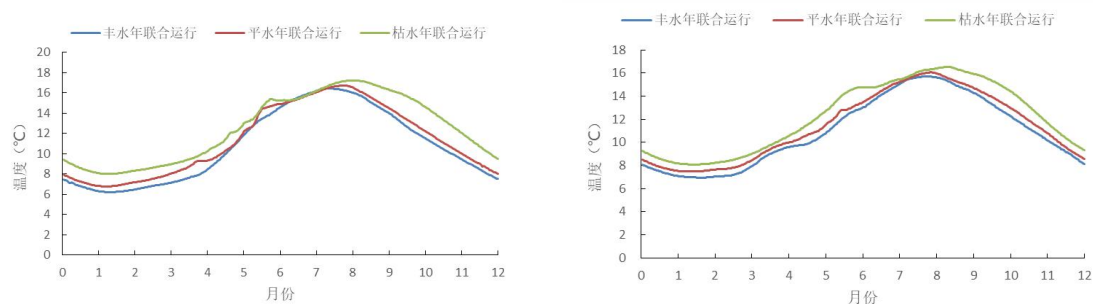
悬移质输沙量 (万 t)	悬移质含沙量 (kg/m ³)	推悬比	推移质输沙量 (万 t)	输沙总量 (万 t)
2300	0.63	0.05	115	2415

4.2.2 水温

奔子栏电站上游所处的金沙江流域分布有旭龙水电站(上游约 60km)，将《金上规划调整环评》中预测计算得到的旭龙水电站下泄逐日水温叠加区间汇流作为奔子栏水电站的入库水温。阿洛贡水文站水温实测数据，作为奔子栏坝址处的天然水温。

表 4.2.2-1 奔子栏坝址天然水温月均值（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
天然水温(℃)	3.6	5.4	8.2	11	13.7	15.6	16.6	16.5	14.8	11.4	6.9	4.1



旭龙水电站下泄水温数据(岗托前)

旭龙水电站下泄水温数据(岗托后)

图 4.2.2-1 旭龙水电站下泄水温数据

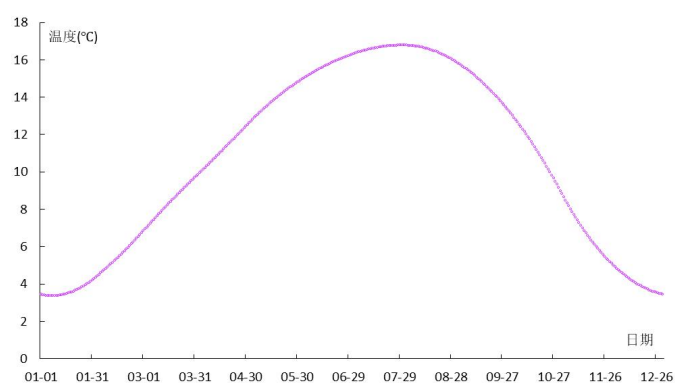


图 4.2.2-2 奔子栏坝址天然逐日水温数据

4.2.3 地表水水质

4.2.3.1 水污染源现状

我公司对奔子栏水电站施工区、库区及坝下污染源开展了现场调查，调查范围包括工程涉及德钦和得荣县的 6 个乡镇。

a) 工业污染源程河段沿岸人口较少，库区经济以农牧业为主，无工业企业和大的集镇，该工程所处江段基本无工业污染源分布。

b) 农业污染源

农业污染源主要是金沙江两岸耕地氮、磷含量较丰富的表层土的流失。依据《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》，农业种植业氨氮、总氮、总磷排放量采用产污系数法核算。根据四川省和云南省统计年鉴和《农业源产排污系数手册》，四川省及云南省四川省用于种植业化肥的单位面积使用量和种植业氮磷排放系数见表 4.2.3-1 和 4.2.3-2。

表 4.2.3-1 四川省及云南省种植业化肥的单位面积使用量 单位: kg/hm²

地区	含氮化肥的单位面积使用量		含磷化肥的单位面积使用量	
	2017 年	现状水平年	2017 年	现状水平年
四川省	218.7	225.4	114.8	114.8
云南省	249.6	202.7	135.4	140.1

表 4.2.3-2 四川省及云南省种植业氮磷排放系数 单位: kg/hm²

地区	耕地排放系数			园地排放系数		
	NH ₃ -N	TN	TP	NH ₃ -N	TN	TP
四川省	0.336	3.402	0.373	0.309	3.359	0.3
云南省	0.431	6.387	0.509	0.205	3.087	0.335

经农业污染源污染物排放计算公式计算得到奔子栏河段农业污染源各主要污染物排放量, 现状水平年奔子栏河段农业污染源 NH₃-N 排放量为 0.34t/a, TN 排放量为 4.10t/a, TP 排放量为 0.43t/a, 详见表 4.2.3-3。

表 4.2.3-3 工程河段农业污染源污染物排放量

省市	乡镇名	耕地(hm ²)	园地(hm ²)	污染物排放量(t/a)		
				NH ₃ -N	TN	TP
云南省迪庆藏族自治州	奔子栏镇	217.85	139.07	0.10	1.48	0.14
	羊拉乡	49.11	25.93	0.02	0.32	0.03
四川省甘孜藏族自治州	奔都乡	27.85	39.96	0.02	0.24	0.03
	古学乡	128.46	184.33	0.10	1.09	0.13
	日雨镇	84.25	120.89	0.07	0.71	0.08
	瓦卡镇	30.52	43.79	0.02	0.26	0.03
合计		538.04	553.98	0.34	4.10	0.43

c) 农村生活污染源

本区域人烟稀少, 居民点较为分散, 生活污水排放量少而面广, 生活污染源污染物排放量较小。依据《生活源产排污系数手册》, 迪庆藏族自治州及甘孜藏族自治州各污染物的产污系数及综合去除率见表 4.2.3-4。

表 4.2.3-4 工程河段农村生活污染物的产污系数及综合去除率

省市	产污强度(g/人·天)				综合去除率(%)			
	COD	NH ₃ -N	TN	TP	COD	NH ₃ -N	TN	TP
云南省迪庆藏族自治州	19.4	0.56	1.23	0.12	64	53	46	47
四川省甘孜藏族自治州	20.32	0.72	1.48	0.13	64	53	46	47

经计算, 现状水平年工程河段农村生活污染源 COD 排放量为 20.44t/a, NH₃-N

排放量为 0.87t/a，TN 排放量为 2.11t/a，TP 排放量为 0.19t/a。

表 4.2.3-5 各乡镇农村生活污染源各污染物排放量

省市	乡镇名	人口数	污染物排放量(t/a)			
			COD	NH ₃ -N	TN	TP
云南省迪庆藏族自治州	奔子栏镇	2865	139.07	0.10	1.48	0.14
	羊拉乡	414	25.93	0.02	0.32	0.03
四川省甘孜藏族自治州	奔都乡	469	39.96	0.02	0.24	0.03
	古学乡	2011	184.33	0.10	1.09	0.13
	日雨镇	1657	120.89	0.07	0.71	0.08
	瓦卡镇	386	43.79	0.02	0.26	0.03
合计		7802	20.44	0.87	2.11	0.19

4.2.3.2 地表水水质现状

a) 常规监测结果

根据国家地表水水质自动监测实时数据发布系统发布的云南奔子栏镇境内金沙江贺龙桥、新华国控断面监测数据，该河段目前水质优良。根据生态环境部官方网站公布《全国地表水水质月报》，2023 年 1 月至 12 月奔子栏河段水质为优。

表 4.2.3-6 2023 年贺龙桥、新华国控断面监测数据

时间	水质目标	贺龙桥	新华
2023.01	II 类	I 类	I 类
2023.02	II 类	I 类	I 类
2023.03	II 类	I 类	I 类
2023.04	II 类	I 类	I 类
2023.05	II 类	I 类	I 类
2023.06	II 类	I 类	I 类
2023.07	II 类	II 类	III 类(COD)
2023.08	II 类	II 类	II 类
2023.09	II 类	II 类	II 类
2023.10	II 类	I 类	I 类
2023.11	II 类	I 类	I 类
2023.12	II 类	I 类	I 类

注：括号内为超标项目指标。

b) 补充监测和结果评价

为了解项目所在地地表水水质状况，我公司委托川环源创公司对工程建设影响

河段的地表水水质进行监测。

监测断面：奔子栏库尾铁索桥、定曲汇口、奔子栏阿洛共坝址、瓦卡桥、许曲河公路桥、去学水电站坝下、古学水电站坝前、鱼根村公路桥、定曲，共计 9 个。

监测项目：水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、总氮(TN)、铜(Cu)、锌(Zn)、氟化物、汞(Hg)、砷(As)、硒(Se)、镉(Cd)、六价铬(Cr⁶⁺)、铅(Pb)、氰化物、挥发酚、石油类、硫化物、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群、悬浮物、叶绿素 a、硫酸盐、氯化物、硝酸盐、铁、锰等 32 项。

监测时间和频次：监测 3 期，2024 年 4 月 3 日~6 日、5 月 23 日~25 日和 7 月 13 日~15 日，每天采样一次。

监测结果：工程区地表水水质较好，满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的 II 类标准。详见附件 15-2。

4.2.4 地下水环境

4.2.4.1 水文地质条件

金沙江是区内地表水及地下水的最低排泄基准面，地下水主要接受大气降水补给，向溪沟和金沙江排泄。地下水类型按埋藏条件及赋存介质分为裂隙潜水及孔隙水，裂隙潜水赋存于基岩裂隙中，孔隙水赋存于第四系松散堆积物中。选坝河段内虽有灰岩地层分布，其夹于透水性弱的板岩、片岩地层之间，且该区域地壳抬升较快，地下水循环交替条件差、强度小，据地面地质调查和钻孔、平洞勘探，岩溶不发育，为弱岩溶化地层。从钻孔压水资料分析，区内基岩主要为弱透水至微透水。

根据水质分析成果，坝区地表水和地下水均为淡水，PH 值为 7.6~8.75，为弱碱性水，水化学类型主要为重碳酸钙型水。根据 GB50287-2006《水力发电工程地质勘察规范》环境水对混凝土腐蚀性判别标准，坝区地表水和地下水对混凝土均无腐蚀性。

4.2.4.2 地下水水位

水库地形封闭条件好，不存在低矮垭口。库区西侧为澜沧江低邻谷，金沙江与澜沧江之间河间地块的最小宽度约 30km，地形分水岭最低处——白茫雪山垭口高程 4292m，有弱透水地层呈近南北向顺河流方向展布，两江之间无大的横向构造带相沟通。从库区两岸主要冲沟水流情况、泉水出露情况初步分析，两岸地下水分水岭

高程高于水库正常蓄水位。

坝址灰岩地层夹于弱透水的板岩地层之间、地下水循环交替条件较差，且工程区处于青藏高原快速隆起区，岩溶不发育，地表和勘探平洞均未见较大规模的溶洞发育，钻孔亦未发现明显掉钻现象，为弱岩溶化地层。坝址区河床基岩面以下 70m，最低高程 1900m 左右；两岸地下水位埋深大，高程 2148m 时，左岸水平埋深约 200m，右岸水平埋深约 150m。面板堆石坝方案，相对隔水层顶板埋深($q \leq 1Lu$)：河床基岩面以下 70m，最低高程 1910m 左右；两岸地下水位埋深大，高程 2148m 时，左岸水平埋深约 350m，右岸水平埋深约 310m。根据坝址区已有钻孔成果坝址左岸地下水位随着季节变化在 2014.1~2144.8m 之间变动，右岸地下水位随着季节变化在 2014.5~2024.1m 之间变动，地下水水位季节性变化明显，变幅多在 7m 以上，变幅平均值大于 10m。

4.2.4.3 地下水水质

为了解工程区地下水环境现状，我公司委托华测公司对工程建设影响河段的地表水水质进行监测。于 2023 年 2 月监测一期，连续监测 2 天。共设置 5 个监测点，分别为阿洛共村、古学乡集镇、宗绒温泉(得荣县徐龙乡宗绒村)、茂达水温泉(德钦县羊拉乡茂顶村)、甲学村。共监测 27 项：水位；钾、钠、钙、镁、碳酸根、碳酸氢根、氯化物、硫酸盐；pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发酚、氰化物、砷、汞、六价铬、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、总大肠菌群、细菌总数。

根据监测结果，除茂达水温泉、甲学村 pH 超标，古学乡集镇、宗绒温泉、茂达水温泉菌落总数超标，宗绒温泉、茂达水温泉总大肠菌群超标，宗绒温泉硫酸盐超标外，其余检测项目均满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)III类标准限值要求。超标采样点均为人群聚集村落，超标原因可能为人活活动导致地下水水质污染。详见附件 17-2。

4.2.4.4 地下水化学类型

地下水化学类型分析采用舒卡列夫分类法，分别对监测点位阿洛共村、古学乡集镇、宗绒温泉、茂达水温泉、甲学村的八大离子的毫克当量、毫克当量百分比、矿化度进行统计分析，由分析结果可知监测点位阿洛共村、古学乡集镇、茂达水温泉、甲学村地下水点位对应的地下水化学类型均为为矿化度小于 1g/L 的 HCO_3^- —

Ca²⁺型水，宗绒温泉监测点对应的地下水化学类型均为矿化度小于 1g/L 的 HCO₃⁻+SO₄²⁻—Ca²⁺型水。

4.3 水生生态

4.3.1 调查工作情况

4.3.1.1 现场调查情况

为深入调查和准确评价奔子栏水电站水生生态环境现状，在旭龙坝址至硕多岗河汇口下干流段，一级支流丹达曲、定曲、冈曲、支巴洛河、腊普河、硕多岗河，二级支流玛曲、茨巫曲、许曲开展了鱼类专项调查。

表 4.3.1-1 奔子栏水电站水生生态调查情况一览表

水生生物调查 (包含鱼类)	调查时间与调查单位	调查点位
	2017 年 6 月 5 日~7 月 1 日(水工所)	干流 7 个：旭龙坝址、绒学、奔子栏、冈曲河口下、其宗、石鼓、硕多岗河汇口下；
	2017 年 9 月 4 日~23 日(水工所)	支流 5 个：定曲设定曲上游、定曲下游、定曲支流玛曲、许曲、冈曲。 共 12 个点位。
	2019 年 4~5 月 (水工所)	干流 7 个：旭龙坝址、绒学、奔子栏、冈曲河口下、其宗、石鼓、硕多岗河汇口下； 支流定曲 10 个：定波、麻通、扎杂、奔都、古学库中、古学减水河段、定曲河口、支流茨巫曲、玛曲、许曲； 支流冈曲设置 2 个：冈曲上游、冈曲下游。 共 19 个点位。
	2023 年 4 月 (武汉大学)	干流 6 个：旭龙、绒学、奔子栏、冈曲汇口下、其宗、硕多岗河汇口下； 支流 5 个：定曲、冈曲、支巴洛河、腊普河、硕多岗河。 共 11 个点位。
	2024 年 4~5 月 (规划实施方案调整项目组联合云南大学和四川农业大学)	干流 6 个：旭龙坝址、奔子栏坝址、冈曲汇口下、其宗、石鼓、硕多岗河汇口下； 支流丹达曲 2 个：丹达曲河上、丹达曲河下； 支流定曲布设 12 个采样断面：达休阔、波密、定波、正斗、水若、白松、奔都乡、古学段、定曲河口、支流茨巫曲、支流玛曲、支流许曲； 支流冈曲布设 2 个采样点：冈曲上游、冈曲下游； 支流支巴洛河 2 个采样点：支巴洛河上游、支巴洛河下游； 支流腊普河布设 2 个采样点：腊普河上游、腊普河下游； 支流冲江河布设 2 个采样点：冲江河上游、冲江河下游； 支流硕多岗河布设 2 格采样点：硕多岗河上游、硕多岗河下游。共 30 个点位。
	2024 年 7~8 月 (规划实施方案调整项目组联合云南大学和四川农业大学)	
早期资源	2017 年 6 月 23~26 日 (水工所)	石鼓
	2019 年 7 月 (水工所)	石鼓

4.3.1.2 调查评价技术方法

按照技术标准及规范性文件进行采样和检测。具体方法如下：

a) 资料收集

从涉及江段的相关主管部门收集调查流域自然环境、社会经济发展、水生态环境以及渔业发展现状资料，调研集成以往的流域性调查成果资料、已建成或已经进行规划环评的水利水电工程环评资料。采取实地踏勘、走访等方式，获取第一手资料。

b) 水生生境

现场踏勘记录河流形态、河面宽、底质、流速、河流连通性、两岸集雨区植被、土地开发等情况，测量采样断面的水体理化性质等。

c) 浮游生物

浮游植物和浮游动物的定性样品分别用 25#和 13#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。

浮游植物定量样品用 2500ml 有机玻璃采水器取上、中、下层水样，混合后取 2000ml 用鲁哥氏液固定，室内沉淀 24 小时，浓缩后保存待检。

室内先将样品定量为 30ml，摇匀后吸取 0.1ml 样品置于 0.1ml 计数框内，在显微镜下按视野法计数，数量特别少时全片计数，每个样品计数 2 次，取其平均值，每次计数结果与平均值之差应在 15%以内，否则增加计数次数。

每升水样中浮游植物数量的计算公式如下：

$$N = \frac{C_s}{F_s \times F_n} \times \frac{V}{v} \times P_n$$

式中：N —— 一升水样中浮游植物的数量(ind./L)；

Cs —— 计数框的面积(mm²)；

Fs —— 视野面积(mm²)；

Fn —— 每片计数过的视野数；

V —— 一升水样经浓缩后的体积(ml)；

v —— 计数框的容积(ml)；

Pn —— 计数所得个数(ind.)。

浮游植物生物量的计算采用体积换算法。根据浮游植物的体形，按最近似的几

何形测量其体积，形状特殊的种类分解为几个部分测量，然后结果相加。

浮游动物定量样品用采水器取上、中、下层混合水样 20L，用 13#浮游生物网过滤后，甲醛溶液固定待检。

浮游动物的计数分为原生动物、轮虫和枝角类与桡足类的计数。原生动物和轮虫利用浮游植物定量样品进行计数，原生动物计数是从浓缩的 30ml 样品中取 0.1ml，置于 0.1ml 的计数框中，全片计数，每个样品计数 2 片；轮虫则是从浓缩的 30ml 样品中取 1ml，置于 1ml 的计数框中，全片计数，每个样品计数 2 片。同一样品的计数结果与均值之差不得高于 15%，否则增加计数次数。枝角类和桡足类的计数是用 1ml 计数框，将 20L 过滤出的浮游动物定量样品分若干次全部计数。

单位水体浮游动物数量的计算公式如下：

$$N = \frac{nv}{CV}$$

式中：N —— 一升水样中浮游动物的数量(ind./L)；

v —— 样品浓缩后的体积(L)；

V —— 采样体积(L)；

C —— 计数样品体积(ml)；

n —— 计数所获得的个数(ind.)。

显微镜下检测各类浮游动物的种类、数量、大小，分别计算其密度、生物量，浮游动物现存量根据各类浮游动物现存量之和求得。

d) 着生藻类

使用自制的采样框(9cm² 或 16cm²) 在基质上随机取样，取样面积在 100cm² 以上，将生长其上的着生藻类用刀片或硬刷刮或刷进盛有蒸馏水的样品瓶中，再将基质冲洗干净，冲洗液亦装入样品瓶中，同时记录下刮取所基质的面积。样品用鲁哥氏液固定，用量为水样体积的 1-1.5%，沉淀 24h，吸去上清液，定容至 30 或 50mL。

观察时，将样品充分摇晃均匀后静置 5-10s，用移液枪吸取液体中间略偏下位置的样品 0.1ml 置于浮游生物计数框中，制成临时装片鉴定、计数。藻类样品的分析、计算参考已发布的浮游植物测定标准。

根据鉴定、计数结果，按照下式计算原基质单位面积上着生藻类个体数量：

$$N_i = \frac{n_i \times V_1}{V_2 \times S}$$

式中： N_i —— i 种密度，即单位面积个体数量(cells/cm²)；

n_i —— i 种计数个体数(cells)；

V_1 ——样品定容体积(ml)；

V_2 ——样品镜检观察体积(ml)；

S ——采样面积(cm²)。

e) 底栖动物

底栖动物分三大类：水生昆虫、寡毛类、软体动物。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。

室内用解剖镜和显微镜对底栖动物定性样品进行分类鉴定；定量样品按不同种类统计个体数，根据采泥器面积计算种群数量，样品用滤纸吸去多余水分后用扭力天平称出湿重，计算底栖动物的数量和生物量。

f) 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 1m² 的采样框或 0.1m² 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。

g) 鱼类

1) 鱼类种类组成

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，采集鱼类标本和收集资料，并做好记录，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，编制鱼类种类组成名录。

2) 鱼类资源现状

鱼类资源量调查通过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，调查鱼类资源量和渔获量。向沿江各市县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，分析各调查站点渔获物种类及其在渔获物中所占比重，以及不同捕捞渔具渔获物的体长分布和重量组成，以判断鱼类资源状况。

h) 水生生物现状分析

描述调查范围内各调查(采样)点水生生物调查工作情况(包括图示调查路线、调查点位置及主要调查成果)；以调查成果为基础，评价调查水域浮游植物、着生藻类、浮游动物、底栖生物、水生维管束植物的种类(附名录)和分布特点、生活环境、区系组成、生物量与生产力、数量和密度、生物指示种对水体污染程度的表征情况、在不同水域的分布特点和规律等，并评价和比较不同河段各类饵料生物的种类特点，计算各类群的生物多样性指数，进行多样性评价；根据调查成果，分析调查范围内鱼类区系和种类(附名录)组成、分布和生活史特点，说明是否存在国家级和省级保护的、列入《中国生物多样性红色名录》的珍稀物种和特有物种，以及主要的经济物种；分析鱼类分布情况、生态类群划分(急流、缓流和静水等)、资源量、鱼类“三场”分布(索饵场、产卵场和越冬场)、渔获物组成、鱼类资源保护和利用现状与发展趋势、流域分布特点、生物学特性等；用可持续发展的观点评价渔业自然资源现状、发展趋势和承受干扰的能力以及影响渔业资源的主要原因。

4.3.2 水生生境

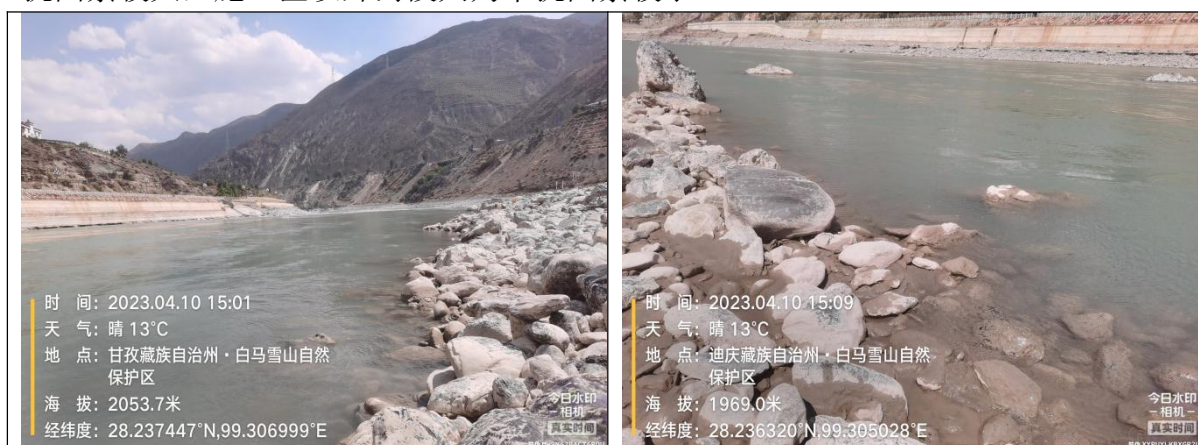
a) 干流生境特征

旭龙坝址至硕多岗河汇口河段位于金沙江上游，至金沙江上游与中游的衔接点，横跨川滇两省。该江段在建旭龙水电站，拟建奔子栏水电站，奔子栏至硕多岗河汇口是金沙江大拐弯与深切峡谷的过渡区，目前河流处于天然状态。根据河流生境特征可分为4个河段。旭龙坝址至奔子栏坝址(奔子栏库区河段)、奔子栏坝址至冈曲汇口(河谷较为宽阔)、冈曲河口至其宗(河道收窄)、其宗至硕多河岗河汇口(河道宽阔)。具体水生生境现状见图4.3.2-1。



图 4.3.2-1 评价范围干流水生生境现状示意图

旭龙坝址~奔子栏坝址河段：该段属于拟建工程奔子栏库区河段，典型的“V”型河谷，河道海拔 2009~2150m；江面狭窄，水面宽一般在 100m 以内；水流湍急，流速在 1.4~4.5m/s 之间；河道底质以块石、碎石、卵石为主；两岸植被零星分布，以灌木、草本为主；旭龙水电站属于在建工程，坝址附近人类活动较多，受人为干扰因素较大，施工区以外河段人为干扰因素较小。



奔子栏至冈曲汇口：河谷相对开阔，奔子栏镇上游河谷呈“V”型，在甲学附近河流凸向左岸，而下游发育一河湾，凸向右岸，左岸河湾地块呈马蹄形；奔子栏镇至冈曲河口段河谷较宽，在河流蜿蜒的凸面多形成边滩。该河段河道海拔在 1979~2009m；河宽 50~150m；流速 1.0~4.0m/s；底质以卵石、砾石、砂粒为主；两

岸分布乡镇、村庄较多，高山植被稀疏，以灌木、草本为主，乔木较少；奔子栏、瓦卡镇河道已建防护河堤，人为干扰因素较大；乡镇下游至冈曲汇口村庄较少，人为干扰程度较小。



冈曲汇口至其宗河段：在冈曲汇口下游河道收窄，水流湍急；在支流汇口托顶(支巴洛河汇口)、其宗(腊普河汇口)水面相对开阔，形成冲积扇。该河道海拔在1902~1979m之间，河宽50~240m，流速0.8~4.5m/s；底质卵石、砾石、泥沙等；该河段随海拔降低，植被增加，在其宗附近两岸乔木、灌木茂密。冈曲汇口至托顶段两岸村庄相对较少，人为干扰较少；托顶至其宗河谷变宽，两岸村庄、农田较多，人为干扰较大。



其宗至硕多岗河汇口段：峡谷-宽谷复合型河流，河流在石鼓镇附近发生近180°的急转弯(由南向急转为东北向)，形成“Ω”河曲。河道海拔在1806~1902m；河谷开阔，江流平顺，河宽在100~1000m，石鼓一带最宽处可达1000m左右，心滩和边滩发育；流速0.8~4.5m/s；底质卵石、砾石、砂粒为主；沿岸带植物和一些耐水灌木生长茂盛；两岸交通便利，村庄密集，人口较多，人为干扰因素较大。



b) 支流生境特征

奔子栏水电站评价范围属于深切峡谷区，右岸较大支流有丹达曲、支巴洛河、腊普河、冲江河；左岸较大支流有定曲、冈曲、硕多岗河。各支流具体水生生境现状如下：

丹达曲：金沙江右岸一级支流，源于西藏自治区芒康县嘎托镇境内的麦巴若巴牛场附近，在云南德钦县羊拉乡境内汇入金沙江。河长 144km，流域面积 1540km²，流域多年平均流量 32.55m³/s，近河口河底平均坡降约 2.7%，河道平均比降 15.5‰。流域上游河谷较宽阔，水流平缓；中、下游河段河谷狭窄、水流湍急。底质以卵石、泥沙、块石为主。流域上游地区植被以高山草甸为主，草场发育；中、下游植被以灌木为主，由小面积森林分布，植被覆盖率较高。丹达曲芒康县城上游已建扎仓嘎水库；芒康县城段两岸渠化；下游河段已建老丹曲水电站 1 座，装机容量为 75kW，目前处于废弃状态；在建丹达曲水电站目前处于停工状态，村庄零星分布。



枯水期



丰水期

定曲：金沙江左岸一级支流，发源于四川省甘孜藏族自治州理塘县，于得荣县古学乡以南 9km 处汇入金沙江。河长 226km，流域面积 12213km²，河口处多年平

均流量 $179\text{m}^3/\text{s}$ 。河流行进于高原区，河谷宽阔，谷坡相对平缓，河道曲折，谷底宽一般为 100m 左右，谷坡倾角 $30^\circ\sim 50^\circ$ ，相对高差一般为 $1000\sim 1500\text{m}$ 。底质以卵石、砾石为主。较大支流有玛曲、许曲、茨巫曲等。定曲两岸乔木、灌木茂密。定曲河流总落差 2750m ，干流已建鱼根、古学水电站，支流玛曲、许曲、茨巫曲水电站较多。



枯水期



丰水期

冈曲：金沙江左岸支流，位于云南省香格里拉县北部。发源于香格里拉县中部，向北流经格咱乡，右纳瓮水河后向西转南，汇入金沙江。河长 98km ，流域面积 2664km^2 。多年平均流量 $43.7\text{m}^3/\text{s}$ 。河道水面宽 $35\sim 46\text{m}$ ；枯水期水体清澈，丰水期带有少量泥沙；底质以砾石、卵石、块石为主。两岸乔木、灌木茂密。格咱乡翁水村碧融峡谷始，至尼西乡上桥头村，为巴拉格宗大峡谷，生态环境良好。冈曲建有冈曲河一级电站，为引水式开发。



枯水期



丰水期

支巴洛河：金沙江右岸支流，位于云南省德钦县。发源于白马雪山国家级自然保护区，向南流经拖顶乡转东，汇入金沙江。流域面积 1880km^2 ，河长 104.7m ，落差 3127m ，多年平均径流量 9.53 亿 m^3 。支巴洛河地处横断山北段，以雄伟陡峭的高山与峡谷为主。河流深切，河床狭窄，沿河多有巨大的石砾堆积。有集水面积大

于 100km² 的支流 4 条，均分布于右岸。下游霞若乡和拖顶乡沿河有小型的带状侵蚀宽谷。河流落差大，水量充沛，水流较急。河流两岸植被丰茂，村庄、农田较少，且沿岸居民以藏族为主，渔民极少。河流中游建有洛它、霞若水电站，为滚水坝、引水式开发。支巴洛河支流开发强度高。



枯水期



丰水期

腊普河：金沙江右岸支流，位于云南省维西傈僳族自治县，地处三江并流区，西邻澜沧江。腊普河发源于永春乡犁地坪山，南北流向，于塔城向东汇入金沙江。流域面积 867km²，河长 74.2km，平均比降 14.2‰。在塔城乡设有塔城水文站，控制集水面积 724km²，测验河道水面宽 16.2~27.1m，实测多年平均流量 16.7m³/s。腊普河流域位于横断山脉南段，沟壑纵横，两岸植被茂盛，以松树为主。河流上游有滇金丝猴保护区，生态环境良好。腊普河上游在建拉多阁水库；已建成格登电站，引水式开发。



枯水期



丰水期

冲江河：金沙江右岸支流，位于云南省玉龙纳西族自治县。冲江河发源于石头乡西南部，于石鼓镇东入金沙江。流域面积 1001km²，源地高程 4200m，河口高程 1820m，河长 53.6km。在石鼓镇设有来远桥水文站，距河口 3.2km，控制流域面积

995km²，测验河道水面宽 17.4~40.5m，实测多年平均流量 12.0m³/s。枯水期流量较小，水深仅 0.5m 左右。该支流处于宽谷，落差较小，水流平缓。河谷宽阔，两岸多村庄和农田，植被丰茂。在河流上游有石头水电站，为引水式开发。中游河岸有池塘养殖，养殖品种有虹鳟等。下游石鼓镇附近有护坡护岸工程和修建滚水坝。



枯水期



丰水期

硕多岗河：金沙江左岸支流，位于云南省迪庆藏族自治州香格里拉县境内。硕多岗河发源于香格里拉县格咱乡宗都雪山东侧，北部与格咱河相邻。流域面积 1954km²，河长 147km，落差 2344m，多年平均年径流量 10.17 亿 m³。该支流上游平缓，中下游为峡谷型河流，水流湍急，两岸植被丰茂。河流梯级开发程度较高，已建电站有东坡厂、螺丝河、冲江河一级、冲江河二级、花椒坡、俄迪一级、二级、吉沙坝等，均为引水式开发，枯水期减水河段几近断流。中游建有小中甸水利枢纽。在下游和河口虎跳峡镇附近，有大量护坡护岸工程，并大量侵占河道，水生生态系统破坏较严重。



枯水期



丰水期

c) 采样点生境特征

评价区各采样点生境概况及图片见表 4.3.2-1。

表 4.3.2-1 评价江段调查点位水体理化指标及生境特点一览表




流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片
干流	1	旭龙坝址	N28°44'33.89"; E99°07'42.97"; H2109	河宽约 90m, 高山峡谷河道, “S”型蜿蜒, 底质礁石、碎石、沙砾等。4 月水温 11.1℃, 透明度 80cm, 岸边流速 1.6m/s。	
	2	绒学桥	N28°29'25.53"; E99°11'14.19"; H2075	河宽约 90m, 峡谷型河道、“S”形弯转, 卵石河滩较宽, 底质块石、卵石、细沙等。4 月水温 10.7℃, 透明度 60cm, 流速 1.4m/s。	
	3	奔子栏	N28°14'09"; E99°18'19"; H2007	河宽约 100m, 河道蜿蜒、两岸为乡镇, 人口密集, 两岸人工护堤, 底质石块、细沙、卵石。4 月水温 11.6℃, 透明度 60cm, 流速 1.4m/s。	
	4	冈曲汇口下	N28°08'53.49"; E99°24'04.34"; H1989	河宽约 100m, 两岸, 河道蜿蜒, 右岸有水文站设施, 植被稀少。底质块石、碎石、沙砾等。4 月水温 11.9℃、透明度 60cm, 流速 1, 6m/s。	

表 4.3.2-1(续)

流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片
干流	5	其宗	N27°34'03.36"; E99°31'50.38"; H1941	河宽约 120m, 河道宽阔, 两岸乡镇, 两岸沙滩, 底质泥沙、巨石和砾石。4 月水温 14.1°C, 透明度 75cm, 流速 1m/s。	
	6	石鼓	N26°53'02.32"; E99°57'57.85"; H1827	河宽约 200m, 河道宽阔, 左岸护坡、浅滩、渡口; 右岸水文站, 下游滇中引水施工现场。底质卵石、泥沙。4 月水温 14.9°C, 透明度 60cm, 流速 1m/s。	
	7	硕多岗 河汇口 下	N27° 10'25.9151"; E100° 05'48.9020";	河宽约 200m, 水流湍急、河道蜿蜒, 水体清澈, 透明度 80cm, 底质以卵石、泥沙为主。上游小中甸河汇口形成冲击的沙洲, 下游有洲滩分布, 生境良好。	

表 4.3.2-1(续)


流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片	
丹达曲	1	上游	N29°12'32.68"; E98°50'35.35"	水面宽约 20m, 两植被稀少, 底质卵石、泥沙。4 月水温 9.5℃, 透明度 10cm, 流速 0.6m/s		
	2	下游	N28°58'56.16"; E99°7'5.04";	水面宽约 20m, 两岸植被稀少, 底质块石、卵石等。4 月水温 14℃, 透明度 15cm, 流速 0.4m/s。		
定曲	1	达休阔	N29°54'19.29"; E99°E25'27.69"; H3885.3	水面宽 20~30m, 河道宽阔, 蜿蜒、洲滩较多; 两岸高山草甸; 底质卵石为主。水温 3℃, 透明度见底(25cm), 流速 1.1m/s。		

表 4.3.2-1(续)







流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片	
定曲	2	波密	N29°39'03.44"; E99°25'35.48"; H3435	水面宽约 20m, 河道蜿蜒, 洲滩较多, 左右两岸高山灌木、乔木; 底质卵石、砾石等。4 月水温 7°C, 透明度见底 (20cm), 流速 0.9m/s。		
	3	定波 (定曲上)	N29°16'44.28"; E99°32'55.34"; H2930.1	水面宽 30~50m, 上游宽谷生境, 洲滩边滩较多, 分汊河道, 下游两岸灌木、乔木茂密; 底质卵石、泥沙。水温 11.5°C, 透明度见底 (30m), 流速 0.9m/s。		
	4	正斗	N29°07'56.80"; E99°32'54.03"; H2763	水面宽阔, 水体清澈见底, 流速湍急; 两岸乔木、灌木茂密; 底质卵石。水温 11.8°C, 透明度见底, 流速 0.891m/s。		

表 4.3.2-1(续)









流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片	
定曲	5	水若	N29°04'14.19"; E99°27'10.61" H2723	水面宽约 30m, “U”行河道, 水体清澈见底, 流速湍急; 两岸乔木、灌木茂密; 底质卵石。水温 11.8℃, 透明度见底(35cm), 流速 1.2m/s。		
	6	白松	N28°50'44.36"; E99°19'29.12" H2512	水面宽 25m, 水体清澈, 流速湍急; 两岸高山峡谷; 底质块石、卵石。水温 10.8℃, 透明度 60cm, 流速 2.3m/s。		
	7	奔都乡	N28°38'57.42"; E99°16'39.24" H2264	水面宽 25m, “U”形河道, 左岸村庄, 右岸国道; 底质卵石、块石, 附着着生藻。水温 10.8℃, 透明度见底(50cm), 流速 1.6m/s。		
	8	古学段	N28°29'36.61"; E99°15'01.41" H2100m	水面宽 15-20m, 水体清澈, 两岸高山, 植被稀少, 底质块石, 附着青苔。水温 12.8℃, 透明度见底(约 50cm), 流速 1.3m/s。		

表 4.3.2-1(续)

流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片
定曲	9	定曲河口(定曲下)	N28°24'01.56"; E99°15'06.98"; H2046	水面宽 40m, 水体清澈; 两岸高山, 植被较少; 底质卵石、块石。水温 12.9°C, 透明度 70cm, 流速 0.8m/s。	
	10	茨巫曲	N28°51'16.48"; E99°18'34.89"; H2490	水面宽 3m, 峡谷型河道, 流速湍急; 两岸灌木、乔木茂密; 底质卵石。水温 8.5°C, 透明度见底(15cm), 流速 1.0m/s。	
	11	玛曲	N28°36'47.79"; E99°18'06.41"; H2240	水面宽 20m, 水体清澈; 两岸村庄; 底质卵石、块石。水温 10.6°C, 透明度 50cm, 流速 0.6m/s。	

表 4.3.2-1(续)









流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片
定曲	12	许曲	N28°25'34.33"; E99°16'00.54"; H2056	水面宽 25m, 水体清澈; 两岸高山; 底质块石、碎石。水温 13.3°C, 透明度见底 (50cm), 流速 1.2m/s。	 
冈曲	1	上游	N28°16'45.8749"; E99°25'51.3171"	水面宽 20m, 高山峡谷河道, 水量较小; 两岸少许灌木; 底质卵石、泥沙。水温 9.6°C, 透明度见底(20cm), 流速 1.2m/s。	 
	2	下游	N28°10'18.1457"; E99°23'46.0273"	水面宽 20m, 高山峡谷河道, 两岸少许草本植物, 植被较为稀少; 底质卵石、泥沙等。水温 12.7°C, 透明度(25cm), 流速 1.4m/s。	 
支巴洛河	1	上游	N27° 58'44.6150"; E99° 15'03.6611"	河宽较窄, 50m 左右, 河流形态为“V”型峡谷形态, 河道存在河汉, 整体较顺直, 水体较透明, 透明度高, 河床底质为卵石、砾石混合细沙。	 

表 4.3.2-1(续)






流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片	
腊普河	1	上游	N27°28'57.5527"; E99°21'23.6352"	河宽较窄, 约 20m, 河道整体较顺直, 河道渠化现象较为明显; 透明度见底; 底质卵石为主, 其次是粗沙。		
	2	下游	N27°34'42.9510"; E99°28'38.7581"	河宽较窄, 约 20m, 河道渠化现象较为明显; 透明度见底; 底质卵石为主。		
冲江河	1	上游	N26° 48'22.6076" E99° 52'26.4071"	河流较浅, 中心水深 30cm 左右。水体透明度较高, 底质为砾石混合粗砂, 砾石直径在 5-20cm 之间。附近居民生活污水排入此河中, 故水质较差, 有轻度异味。		

表 4.3.2-1(续)

流域	序号	采样点	GPS(N, E) 高程(m)	生境概况	生境照片
冲江河	2	下游	E99° 57'15.6333" N26° 51'53.2912"	河道宽 23m, 河道属于“V”型, 河道弯曲; 底质碎石、卵石等, 两岸为水泥浇筑的堤坝人类干扰大。	
硕多岗河	1	上游	N27° 19'03.9757"; E99° 59'17.0574"	减水河段, 水流较小, 底质碎石、卵石。两岸渠化。	
	2	下游	N27° 10'12.16"; 100° 03'29.86"	河道宽 110m, 河道属于“U”型; 底质碎石、鹅卵石、大石、少部分为细沙等。	

4.3.3 水生生物

4.3.3.1 浮游植物

a) 种类组成

评价区 2017 年 6 月、9 月，2019 年 4 月，2023 年 4 月和 2024 年 4~5 月、7~8 月检出浮游植物在 50~129 种之间。从表 4.4.3-1 看，从时间分布上看，2023 年浮游植物种类最多，2019 年浮游植物种类偏少；从种类组成上看，硅藻门占多数，常见种相似有普通等片藻、脆杆藻、舟形藻、尖针杆藻等。

表 4.3.3-1 评价区浮游植物种类组成一览表

时间	2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
硅藻门	48	40	109	66
绿藻门	3	2	10	9
蓝藻门	5	6	6	10
金藻门	2	0	2	0
裸藻门	0	0	1	1
甲藻门	2	0	0	1
隐藻门	3	2	1	2
合计	63	50	129	89

b) 密度

评价区浮游植物平均密度在 $0.715\sim126.3694\times10^5\text{cells/L}$ 之间，平均为 $25.2711\times10^5\text{cells/L}$ 。从以上调查结果看，干流浮游植物密度高于支流。

2017 年 6 月、9 月评价区浮游植物平均密度为 $59.9977\times10^5\text{cells/L}$ ，其中硅藻门占 99.68%，蓝藻门占 0.10%，金藻门占 0.01%，甲藻门占 0.02%，隐藻门占 0.19%。在水平分布上，干流出现两次波动旭龙坝址~奔子栏坝址逐渐递减，冈曲汇口下~石鼓逐渐递减，石鼓~硕多岗河汇口下稍有增加；支流定曲最高，定曲支流许曲偏少。

2019 年 4 月评价区浮游植物平均密度为 $26.0176\times10^5\text{cells/L}$ ；其中硅藻门占 97.25%、蓝藻门占 2.73%、隐藻门占 0.02%。在水平分布上，干流旭龙坝址最高，其宗偏低；支流定曲最高，冈曲偏低。

2023 年 4 月评价区浮游植物平均密度为 $5.1055\times10^5\text{cells/L}$ 。在水平分布上，干流奔子栏坝址最高，绒学偏低；支流腊普河最高，冈曲偏低。

2024 年 4~5 月、7~8 月评价区浮游植物平均密度为 $9.9638\times10^5\text{cells/L}$ 。在水平

分布上干流旭龙坝址最高，其宗偏低；支流定曲最高，冲江河偏低。

从以上调查结果看，评价区干、支流浮游植物密度在时间分布上，2017 年、2019 年较高；在空间分布上，干流旭龙坝址较高，支流定曲较高。

表 4.3.3-2 评价区不同时段浮游植物密度组成

单位： $\times 10^5$ cells/L

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	106.327	30.9333	1.94	7.2182
	绒学	102.8393	22.9333	0.715	/
	奔子栏	60.92	27.2	6.3636	4.982
	冈曲汇口下	126.3694	24.5333	4.2545	2.562
	其宗	74.0552	21.3333	6.2727	2.4
	石鼓	56.3907	22.9333	/	2.55
	硕多岗河汇口下	57.1154	17.0667	1.74	2.418
支流	丹达曲	/	/	/	52.3412
	定曲	37.5711	51.6	13.3006	21.7119
	定曲支流玛曲	14.5393	31.8333	/	/
	定曲支流许曲	11.8217	30.3333	/	/
	冈曲	12.0255	5.4933	2.1927	3.4045
	支巴洛河	/	/	2.9864	12.1425
	腊普河	/	/	15.9704	11.824
	冲江河	/	/	2.19	2.135
	硕多岗河	/	/	3.34	3.84
评价区平均		59.9977	26.0176	5.1055	9.9638

c) 生物量

评价区浮游植物平均生物量在 0.0710~16.0617mg/L 之间，平均为 2.5067mg/L。

2017 年 6 月、9 月评价区浮游植物平均生物量为 2.1282mg/L，其中硅藻门占 99.45%，蓝藻门占 0.01%，金藻门占 0.02%，甲藻门占 0.29%，隐藻门占 0.22%。在水平分布上与密度相似，干流出现两次波动旭龙坝址~奔子栏坝址逐渐递减，冈曲汇口下~石鼓逐渐递减；支流定曲最高，玛曲偏少。

2019 年 4 月评价区浮游植物平均生物量为 0.6731mg/L，其中硅藻门占 99.77%、蓝藻门占 0.17%、隐藻门占 0.06%。在水平分布上，即干流奔子栏坝址最高，石鼓偏低；支流定曲最高，冈曲偏低。

2023 年 4 月评价区浮游植物平均生物量为 1.0002mg/L。在水平分布上，奔子栏坝址最高，绒学偏低；支流腊普河最高，冈曲偏低。

2024 年 4-5 月、7-8 月评价区浮游植物平均生物量为 2.8629mg/L，其中，硅藻

门占 97.14%、绿藻门占 0.07%、蓝藻门占 0.92%、裸藻门占 0.67%、甲藻门占 1.13%、隐藻门占 0.06%。在水平分布上旭龙坝址最高，其宗冈曲汇口下偏低；支流丹达曲最高，腊普河偏低。

从以上调查结果看，历次调查浮游植物生物量组成均以硅藻门为主；在时间分布上，2024 年浮游植物平均密度最高，2019 年偏低干流。在空间分布上，干流旭龙坝址较高；支流丹达曲、许曲 2024 年浮游植物生物量明显高于其他样点。

表 4.3.3-3 评价区不同时段浮游植物生物量

单位：mg/L

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	5.233	0.8749	0.5228	1.4144
	绒学	2.815	0.5867	0.1243	/
	奔子栏	1.687	0.9339	1.5491	0.071
	冈曲汇口下	4.842	0.6027	0.7047	0.2013
	其宗	2.351	0.6136	1.018	0.2672
	石鼓	1.771	0.4026	/	0.5138
	硕多岗河汇口下	2.020	0.352	0.4817	0.5884
支流	丹达曲	/	/	/	16.0617
	定曲	1.280	1.1957	1.4264	3.5819
	定曲支流玛曲	0.434	0.9401	/	2.095
	定曲支流许曲	0.667	0.7834	/	13.468
	冈曲	0.313	0.11845	0.3625	0.3654
	支巴洛河	/	/	0.2416	2.6196
	腊普河	/	/	1.864	0.4541
	冲江河	/	/	0.3674	0.6607
	硕多岗河	/	/	3.34	0.5806
评价区平均		2.1281	0.6731	1.0002	2.8629

注：“/”未采样。

d) 生物多样性

生物多样性是生态系统中生物物种组成结构的重要指标，它不仅反应生物群落组织化水平，而且可以通过结构和功能的关系反映群落的本质属性。生物多样性指数在生态学意义上主要反应生态系统中生物物种的丰富度和均匀度。

浮游植物生物多样性采用 Shannon-Wiener 指数公式计算，2017 年两次调查浮游植物生物多样性的平均指数为 1.1356~2.2070，除干流的旭龙坝址断面外，调查区域其他各断面的浮游植物平均多样性指数均不超过 2.0，整体水平较低，说明调查区域各断面浮游植物种类较贫乏。

2019 年评价区浮游植物的生物多样性指数为 1.4190~1.8590，平均 1.6659，不足 2.0。总体上，干支流段浮游植物多样性指数差异不大。

2023 年评价区浮游植物 Shannon Wiener 指数为 2.5348~4.0241，其中最大值出现在冈曲，最小值出现在旭龙坝址。

2024 年评价区各样点浮游植物生物多样性指数范围为 0.4356~3.4494，平均为 2.4182，干流段除奔子栏坝址、冈曲汇口下外，评价区其他样点浮游植物生物多样性指数均大于 2.0，说明浮游植物种类较丰富且分布均匀。支流除许曲、腊普河、冲江河外，评价区其他支流浮游植物生物多样性指数均大于 2.0，其浮游植物种类较丰富且分布均匀。

综合以上调查结果，2023 年浮游植物 Shannon-Wiener 指数最高，2017 年、2019 年偏低。在水平分布上，干流旭龙坝址、其宗、石鼓高于绒学~冈曲汇口下，支流定曲、冈曲、支巴洛河、腊普河高于其他支流。

表 4.3.3-4 不同时段浮游植物 Shannon-Wiener 指数一览表

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	2.207	1.419	2.5348	3.4494
	绒学	1.731	1.512	2.6962	/
	奔子栏坝址	1.731	1.756	3.3001	0.4356
	冈曲汇口下	1.8475	1.854	3.5601	1.5802
	其宗	1.7395	1.796	3.7305	2.2152
	石鼓	1.662	1.859	/	2.9551
	硕多岗河汇口下	1.8285	1.523	2.648	2.5095
支流	丹达曲	/	/	/	3.3469
	定曲	1.5215	1.7535	2.8335	2.5312
	定曲支流玛曲	1.1356	1.496	/	2.7216
	定曲支流许曲	1.7695	1.814	/	1.3143
	冈曲	1.5397	1.542	4.0241	2.2393
	支巴洛河	/	/	3.569	2.05
	腊普河	/	/	3.5419	1.888
	冲江河	/	/	/	1.7276
	硕多岗河	/	/	2.6	2.3697
评价区平均		1.7012	1.6659	3.1853	2.2222

e) 现状评价

从浮游植物种类变化来看，2023 年浮游植物种类明显高于 2017 年、2019 年。

从浮游植物密度变化来看，不同时间段内评价区的浮游植物密度存在显著差异。2017 年浮游植物密度相对较高，而 2023 年和 2024 年则相对较低。在水平分布上，旭龙坝址较高，这可能与旭龙处于施工期人类干扰较大、水体营养盐含量较高有关。支流间的浮游植物密度也存在差异，丹达曲水浅、采样期间透明度较高，利于植物进行光合作用，密度较高。

浮游植物生物量的变化与密度相似。2017 年干流浮游植物生物量明显高于其他时间段；2024 年丹达曲、许曲大个体浮游植物较多，生物量偏高。

浮游植物生物多样性的分析结果显示，评价区各样点的浮游植物生物多样性指数在不同年份间存在差异。2023 年浮游植物 Shannon-Wiener 指数最高，说明该年份浮游植物种类较丰富且分布均匀；而 2017 年和 2019 年多样性指数偏低，种类单一。

评价区调查水域中干流和支流检出的浮游植物种类、密度、生物量组成均以硅藻门占绝对优势，其次为蓝藻门，其它种类偶见。干流和支流调查河段检出的浮游植物种类、密度、生物量组成较一致。

4.3.3.2 着生藻类

a) 种类组成

2019 年 4~5 月调查共检出着生硅藻 65 种，以曲壳藻属、桥弯藻属、脆杆藻属、舟形藻属、菱形藻属等检出种类较多。各断面常见种为极小曲壳藻、细端菱形藻、内丝藻属等。

2023 年 4 月调查水域共观察到着生藻类 55 种。其中，硅藻门在种类组成中占据了绝对优势，占该江段着生藻类种类总数的 87.27%；蓝藻门 4 种，占种类总数 7.27%；绿藻门 2 种，占种类总数 3.64%；金藻门 1 种，占总种类数的 1.82。

2024 年 4~5 月、7~8 月调查检出着生藻类共计 102 种。常见种有曲壳藻、桥弯藻、等片藻、脆杆藻等。

综合以上调查结果，从种类数量上看，2024 年采集的支流位点较多种类丰富，且水体清澈，利于光合作用；从种类组成上看，各时间段均以硅藻门为主。

b) 密度

2019 年 4 月调查区域着生硅藻密度平均为 $19.3411 \times 10^5 \text{cells/cm}^2$ 。干流着生硅藻密度的水平分布以其宗显著高于其他断面，绒学断面最低；支流冈曲最高；定曲稍低。

2023 年 4 月着生藻类的平均密度为 $6.6118 \times 10^5 \text{cells/cm}^2$ 。干流旭龙坝址最高，绒学最低；支流支巴洛河最高，定曲偏低。

2024 年 4-5 月、7-8 月着生藻类密度平均为 $27.5559 \times 10^5 \text{cells/cm}^2$ 。干流其宗最高，冈曲汇口下最低；支流硕多岗河最高，腊普河偏低。

评价区着生藻密度，从种类组成看以硅藻门为主；从时间分布上看，2024 年最高，2023 年偏低；水平分布上，干流其宗较高，支流硕多岗河最高。

表 4.3.3-5 调查水域各样点着生藻类密度分布

单位： $\times 10^5 \text{cells/cm}^2$

样点	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0.1625	2.3930
	绒学	0.0583	0.6380
	奔子栏坝址	8.3750	1.5890
	冈曲汇口下	25.7292	1.5010
	其宗	105.6250	2.0170
	石鼓	7.4449	/
	硕多岗河汇口下	/	1.6403
支流	丹达曲	/	/
	定曲	6.3907	0.0710
	定曲支流玛曲	11.9802	/
	定曲支流许曲	8.1783	/
	冈曲	19.4668	19.2710
	支巴洛河	/	45.5420
	腊普河	/	4.3790
	冲江河	/	0.2100
	硕多岗河	/	0.0897
评价区平均		19.3411	6.6118
			27.5559

c) 生物量

2023 年 4 月评价区着生藻类平均生物量为 0.2010mg/cm^2 。干流硕多岗河汇口下最高，绒学最低；支流支巴洛河生物量最高，定曲偏低。2024 年 4~5 月、7~8 月评价区着生藻类生物量平均 8.6928mg/cm^2 ，干流其宗较高，旭龙坝址较低；支流丹达曲最高，支巴洛河较低。

表 4.3.3-6 评价区各样点着生藻类生物量

单位: mg/cm^2

样点		2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0.0177	0.0247
	绒学	0.0055	/
	奔子栏坝址	0.0181	0.4713
	冈曲汇口下	0.0121	0.1527
	其宗	0.0185	3.1532
	石鼓	/	2.0915
	硕多岗河汇口下	0.3664	1.2141
支流	丹达曲	/	63.0893
	定曲	0.0094	4.567
	定曲支流玛曲	/	/
	定曲支流许曲	/	/
	冈曲	0.1376	3.0189
	支巴洛河	1.0137	5.9406
	腊普河	0.5909	0.8161
	冲江河	/	18.7122
	硕多岗河	0.0206	9.7548
评价区平均		0.2010	8.6928

d) 生物多样性

2019 年 4 月调查区域着生硅藻的 Shannon-Wiener 生物指数多样性指数范围为 0.574~2.107, 调查流域着生硅藻生物多样性指数平均 1.7072, 不足 2.0。

2023 年 4 月调查水域着生藻类 Shannon-Wiener 指数空间变化范围为 3.2822~3.9022, 平均为 3.3693。定曲最高, 旭龙最低。

2024 年 4~5 月、7~8 月着生藻类 Shannon-Wiener 指数在 2.095~3.576, 平均为 2.6490。评价区干支流样点着生藻类生物多样性指数均大于 2.0, 种类较丰富且分布均匀。

表 4.3.3-7 评价区各样点着生藻类多样性指数组成表

样点		2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	1.826	3.282	3.151
	绒学	2.107	3.619	/
	奔子栏坝址	1.983	3.586	2.477
	冈曲汇口下	2.066	3.488	2.083
	其宗	1.476	3.753	2.562
	石鼓	2.024	/	2.398

表 4.3.3-7(续)

样点		2019 年	2023 年	2024 年
支流	丹达曲	/	/	3.187
	定曲	1.172	3.902	3.576
	定曲支流玛曲	1.385	/	2.456
	定曲支流许曲	1.935	/	3.300
	冈曲	0.739	3.548	2.335
	支巴洛河	/	3.353	2.095
	腊普河	/	3.414	2.491
	冲江河	/	/	2.326
评价区平均		1.6713	3.5494	2.6490

e) 现状评价

调查区域 2024 年、2019 年着生藻种类数较 2023 年丰富，三次调查种类组成均以硅藻门为主。2019 年、2023 年、2024 年着生藻密度在水平分布上，干流奔子栏以下江段高于旭龙江段；支流水浅且透明度高的河流光合作用强，着生藻密度和生物量较高，如丹达曲、冲江河等。从多样性指数上看，2023 年、2024 年着生藻种类丰富且物种分布均匀。

4.3.3.3 浮游动物

a) 种类组成

调查水域 2017 年 6 月、9 月，2019 年 4 月，2023 年 4 月和 2024 年 4~5 月、7~8 月共检出浮游动物 74 种，原生动物、轮虫、枝角类和桡足类分别占 37.84%、47.30%、9.40%和 5.41%。不同年份浮游动物种类数在 30 种~35 种之间；从浮游动物种类组成看，以原生动物、轮虫为主，常见种相似无棘匣壳虫、旋轮虫、前翼轮虫等。

表 4.3.3-8 评价区不同时间段浮游动物种类组成

项目	2017 年		2019 年		2023 年		2024 年	
	种类	百分比	种类	百分比	种类	百分比	种类	百分比
原生动物	5	16.67	17	48.57	13	43.33	17	48.57
轮虫	20	66.67	13	37.14	11	36.67	15	42.86
枝角类	3	10.00	1	2.85	5	16.67	1	2.86
桡足类	2	6.67	4	11.42	1	3.33	2	5.71
合计	30	100	35	100	30	100	35	100

b) 密度

评价范围浮游动物密度平均密度为 106.68ind./L。

浮游动物密度 2019 年密度最高，其次是 2017 年，2024 年密度偏低，2023 年密度最低；从浮游动物密度组成上看，均以原生动物为主。

干流浮游动物密度在 0~1111ind./L 之间，在水平分布上，奔子栏坝址较高，绒学偏低；在时间分布上 2024 年浮游动物密度较高。

支流丹达曲浮游动物平均密度为 79.13ind./L，定曲平均密度为 118.28ind./L，定曲支流玛曲浮游动物平均密度为 123.33ind./L，定曲支流许曲平均密度为 491.36ind./L，冈曲平均密度为 106.95ind./L，支巴洛河平均密度为 94.08ind./L，腊普河平均密度为 44.38ind./L，冲江河浮游动物平均密度为 88.88ind./L。在空间分布上，定曲支流许曲最高，腊普河较低。

表 4.3.3-9 评价区不同时间段浮游动物密度类组成

项目	2017 年		2019 年		2023 年		2024 年	
	密度 (ind./L)	百分比 (%)	密度 (ind./L)	百分比 (%)	密度 (ind./L)	百分比 (%)	密度 (ind./L)	百分比 (%)
原生动物	100.85	89.69	220.46	98.40	/	/	71.88	83.49
轮虫	11.54	10.26	3.54	1.58	/	/	14.12	16.40
枝角类	0.04	0.04	0	0.00	/	/	0	0.00
桡足类	0.01	0.01	0.04	0.02	/	/	0.09	0.10
合计	112.44	100	224.04	100	4.16	100	86.09	100

表 4.3.3-10 评价区不同时间段支流浮游动物密度类分布

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0	0	13.75	18.91
	绒学	0	0	7.5	/
	奔子栏坝址	1111	0	1	150.00
	冈曲汇口下	0	0	2	175.30
	其宗	0	0.025	1.8	125.30
	石鼓	0	0.05		100.30
	硕多岗河汇口下	0	0.05	0	50
支流	丹达曲	/	/	/	79.13
	定曲	110.19	333.40	1.75	27.79
	玛曲	20.38	333.38	/	16.25
	许曲	10.00	1366.72	/	97.38
	冈曲	15.25	273.39	1.50	137.65

表 4.3.3-10(续)

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
支流	支巴洛河	/	/	0.67	187.50
	腊普河	/	/	1.25	87.50
	冲江河	/	/	2.75	175.00
	硕多岗河	/	/	16	187.5
平均		115.16	209.73	4.16	107.70

c) 生物量

评价范围浮游动物生物量平均为 0.8352mg/L。从浮游动物生物量上看，2023 年、2024 年大个体浮游动物密度较高导致生物量较高，2019 年以小个体原生动物数量较多生物量较低。

干流在水平分布上，旭龙坝址~奔子栏坝址较高，硕多岗河汇口下偏低，这一结果可能与旭龙处于施工期，输入水体营养盐相对丰富有关。支巴洛河、冲江河段浮游动物密度高于丹达曲、玛曲。

表 4.3.3-11 评价区不同时段浮游动物生物量组成

项目	2017 年		2019 年		2023 年		2024 年	
	生物量 (mg/L)	百分比 (%)	生物量 (mg/L)	百分比 (%)	生物量 (mg/L)	百分比 (%)	生物量 (mg/L)	百分比 (%)
原生动物	0.0069	46.62	0.0046	77.97	/	/	0.0033	83.49
轮虫	0.0075	50.68	0.0005	8.47	/	/	0.0162	16.40
枝角类	0.0004	2.70	0	0.00	/	/	0.0001	0.00
桡足类	0	0.00	0.0008	13.56	/	/	0.0003	0.10
合计	0.0148	100	0.0059	100	0.1084	100	0.0199	100

表 4.3.3-12 评价区不同时段浮游动物生物量分布

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0	0	0.6574	0.0005
	绒学	0	0	0.3724	/
	奔子栏坝址	0.06825	0	0.0092	0.0075
	冈曲汇口下	0	0	0.0036	0.0672
	其宗	0	0.0001	0.0015	0.0659
	石鼓	0	0.0002	/	0.0372
	硕多岗河汇口下	0	0.0016	0	0.0025
支流	丹达曲	/	/	/	0.0036
	定曲	0.0139	0.0103	0.0162	0.0029
	玛曲	0.0004	0.0088	/	0.0009
	许曲	0.0285	0.0347	/	0.0037

表 4.3.3-12(续)

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
支流	冈曲	0.0328	0.0053	/	0.0217
	支巴洛河	/	/	0.0003	0.0381
	腊普河	/	/	/	0.0331
	冲江河	/	/	0.0190	0.0519
	硕多岗河	/	/	0.0048	0.05
平均		0.0131	0.0055	0.1084	0.0258

d) 生物多样性

浮游动物多样性采用 Shannon-Wiener 指数计算公式。2017 年、2019 年评价区干流，浮游动物物种单一，多样性指数为 0；2023 年浮游动物多样性指数在 0.08~4.12 之间，旭龙坝址~其宗逐渐递减；2024 年浮游动物多样性指数在 0.69~1.64 之间。奔子栏评价范围除 2023 年外，其他时间段多样性指数均在 1.6 以下，物种较为单一，群落结构简单。

表 4.3.3-13 评价区不同时间段支流浮游动物多样性指数分布

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0.00	0.00	3.23	1.04
	绒学	0.00	0.00	2.75	
	奔子栏	0.00	0.00	1.50	1.01
	冈曲河口下	0.00	0.00	1.42	0.97
	其宗	0.00	0.00	1.22	0.69
	石鼓	0.00	0.00	/	1.06
	硕多岗河汇口下	0	1	0	0.6931
支流	丹达曲	/	/	/	0.8830
	定曲	0.00	0.4855	2.1300	0.8829
	玛曲	0.00	0.00	0.2961	0.2961
	许曲	0.00	1.27	0.1989	0.1989
	冈曲	0.00	0.8000	1.4265	1.4265
	支巴洛河	/	/	1.5000	1.6413
	腊普河	/	/	0.0800	1.0127
	冲江河	/	/	4.1200	0.8350
	硕多岗河	/	/	0	0.5693
平均		0	0.3234	1.4196	0.8806

e) 现状评价

根据以上调查结果显示，2017 年~2024 年浮游动物种类共检出 74 种，以原生动

物和轮虫为主，平均密度为 106.68ind./L，生物量为 0.8352mg/L；2017 年~2019 年多样性指数较低，种类较为单一，2023 年、2024 年多样性指数相对较高，物种丰富。

调查水域干流旭龙坝址~硕多岗河段水流湍急，水体汇入营养盐有限，浮游动物密度、生物量偏低；支流两岸植被茂密，水体清澈，汇入水体营养盐相对较多，浮游动物密度、生物量较高。

4.3.3.4 底栖动物

a) 种类组成

评价区 2017 年 6 月、9 月，2019 年 4 月，2023 年 4 月，2024 年 4~5 月、7~8 月共检出底栖动物 100 种，其中节肢动物、软体动物、环节动物、扁体动物分别占 86%、4%、9%、1%。

2017 年采集到底栖动物 40 种，优势种有尖膀胱螺、四节蜉、花翅蜉、带肋蜉、长足春蜓、纯石蝇、纹石蛾、贝蠓、摇蚊、直突摇蚊、多足摇蚊等；2019 年评价区底栖动物 34 种，优势种有四节蜉、花翅蜉、纯石蝇、朝大蚊、直突摇蚊、流水长跗摇蚊等；2023 年评价区共采集到底栖动物 39 种，蜉蝣目、双翅目、毛翅目昆虫占比较高；2024 年采集到底栖动物 56 种，优势种有水丝蚓、霍甫水丝蚓、四节蜉、扁蜉、纹石蛾、中纹大蚊、流粗腹摇蚊等。从种类数量上看 2017 年、2019 年、2023 年差异不大，2024 年较高；从底栖动物优势种看以四节蜉、纹石蛾、摇蚊类等为主。

表 4.3.3-11 评价区不同时间段底栖动物种类组成

时间	2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
节肢动物	37	31	31	50
软体动物	1	1	3	1
环节动物	2	2	5	4
扁形动物	0	0	0	1
合计	40	34	39	56

b) 密度

评价区底栖动物密度在 0~393ind./m² 之间，平均为 58.56ind./m²。

2017 年 6 月、9 月奔子栏坝址栖动物密度相对较高为 13.05ind./m²，旭龙坝址、绒学偏低、冈曲汇口下为 0；支流玛曲底栖动物密度最高为 51ind./m²，许曲底栖动物密度偏低为 10ind./m²。2019 年 4 月干流其宗河段底栖动物密度较高为 22ind./m²，旭龙坝址、绒学、冈曲汇口下河段底栖动物现存量较低均为 1ind./m²；定曲支流玛

曲最高为 570ind./m²，许曲较低为 34ind./m²。2023 年干流其宗断面底栖动物密度最高 38.5ind./m²，旭龙断面最低 0.40 ind./m²；支流冲江河断面最高 200ind./m²，支巴洛河偏低 36ind./m²；2024 年干流其宗断面底栖动物密度最高 81ind./m²，旭龙坝址、奔子栏坝址、硕多岗河汇口下未采集到底栖动物；支流冲江河断面最高 393 ind./m²，许曲偏低 8ind./m²。

总体上看，支流底质多以卵石、砾石为主，水流量较小，水体清澈，两岸植被茂密，底栖动物密度较干流丰富。

表 4.3.3-12 评价区不同时间段各监测点底栖动物密度分布 单位：ind./m²

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0	1	0.4	0
	绒学	0	1	33.5	/
	奔子栏坝址	14.5	2	4.5	0
	冈曲汇口下	0	1	28.33	4
	其宗	3	22	38.5	81
	石鼓	4.5	6	/	4
	硕多岗河汇口下	7.5	13	10	0
支流	丹达曲	/	/	/	50
	定曲	26	36	76	36
	定曲支流玛曲	51	570	/	32
	定曲支流许曲	10	34	/	8
	冈曲	27	475	55.33	42.5
	支巴洛河	/	/	36	37.5
	腊普河	/	/	197	35
	冲江河	/	/	200	393
	硕多岗河	/	/	/	346
评价区平均		13.05	105.55	61.78	71.27

c) 生物量

评价区底栖动物生物量在 0~9.0990g/m² 之间，平均为 0.8524g/m²。

2017 年 6 月、9 月干流硕多岗河汇口下底栖动物生物量相对较高为 0.4235g/m²，旭龙坝址、绒学、冈曲汇口下为 0；支流玛曲底栖动物生物量最高为 0.8125g/m²，许曲底栖动物生物量偏低为 0.0430g/m²。2019 年 4 月干流其宗河段底栖动物生物量较高为 0.4908g/m²，冈曲汇口下底栖动物现存量较低均为 0.0001g/m²；支流玛曲最高为 9.0990g/m²，许曲较低为 0.0296g/m²。2023 年干流其宗断面底栖动物生物量最高 2.2776g/m²，旭龙断面最低 0.0012 g/m²；支流冲江河最

高 13.41g/m²，定曲偏低 1.4157g/m²。2024 年干流其宗断面底栖动物生物量最高 0.0526g/m²，旭龙坝址、奔子栏坝址最低为 0；支流腊普河最高 4.8387g/m²，许曲偏低 0.0057g/m²。

总体上看，生物量水平分布与密度相似，支流高于干流。

表 4.3.3-13 评价区不同时间段各样点底栖动物生物量分布 单位：g/m²

样点		2017 年	2019 年	2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0	0.0002	0.0012	0
	绒学	0	0.0002	0.2492	/
	奔子栏坝址	0.2915	0.0039	0.1263	0
	冈曲汇口下	0	0.0001	1.23	0.011
	其宗	0.0535	0.4908	2.2776	0.0526
	石鼓	0.326	0.0031	/	0.0041
	硕多岗河汇口下	0.4235	0.006	1.1705	0
支流	丹达曲	/	/	/	0.1032
	定曲	0.1353	0.1484	1.4157	1.6845
	定曲支流玛曲	0.8125	9.099	/	0.2088
	定曲支流许曲	0.043	0.0296	/	0.0057
	冈曲	0.2005	2.9595	1.4392	0.2139
	支巴洛河	/	/	5.547	0.073
	腊普河	/	/	2.9806	4.8387
	冲江河	/	/	13.41	1.0891
	硕多岗河	/	/	/	1.518
平均		0.2078	1.1583	2.7134	0.6535

d) 多样性指数

2017 年、2019 年底栖动物物种较为单一，多样性指数偏低。2023 年 4 月底栖动物 Shannon-Wiener 指数空间变化范围为 0~2.7584，其宗较高，旭龙偏低。2024 年 4~5 月、7~8 月底栖动物 Shannon-wiener 指数在 0~2.23 之间，干流其宗最高 1.0835，旭龙、奔子栏坝址、冈曲汇口下、石鼓物种单一多样性指数为 0；支流腊普河、冲江河较高，丹达曲、冈曲偏低。

表 4.3.3-14 评价区不同时间段各样点底栖动物 Shannon-wiener 指数

样点		2023 年	2024 年
干流	旭龙坝址	0	0
	绒学	2.0068	/
	奔子栏坝址	0.6144	0
	冈曲汇口下	2.1986	0

表 4.3.3-14(续)

样点		2023 年	2024 年
	其宗	2.7584	1.41
	石鼓	/	0
	硕多岗河汇口下	0.8754	0.6931
支流	丹达曲	/	0.875
	定曲	2.0585	1.231
	定曲支流玛曲	/	1.55
	定曲支流许曲	/	1
	冈曲	2.4858	0.96
	支巴洛河	1.7602	1.945
	腊普河	1.8134	2.055
	冲江河	2.38	2.23
	硕多岗河	/	1.2071

e) 现状评价

评价区底栖动物以流水型种类为主，蜉蝣目、毛翅目、摇蚊科生物在种类组成中所占比重较大。干流水流湍急，水位波动较大，绝大部分河段底栖动物分布少，底栖动物现存量整体较低；支流水流较为平缓，底质多以卵石、砾石为主且两岸植被茂密，底栖动物以蜉蝣目、毛翅目及摇蚊科生物为主，底栖动物种类、密度、生物量分布远高于干流。

4.3.3.5 水生维管束植物

奔子栏调查水域底质多为卵石、岩石、水生维管束植物生长条件极差，资源非常贫乏，未见水生维管束植物。

4.3.4 鱼类及其重要生境

4.3.4.1 种类组成

a) 历史调查

1) 规划阶段(2005 年~2010 年)

据《四川鱼类志》(1994)、《云南鱼类志》(1989-1990)、《西藏鱼类及其资源》(1995)、《横断山区鱼类》(1998)、《中国动物志·鲤形目(下卷)》(2000)、《中国动物志·鲇形目》(1999)、《中国条鳅志》(1989)记载，以及《金沙江上游水电站规划环境影响报告书》中中国科学院水生生物研究所(简称“中科院水生所”)在 2005 年、2010 年的现场调查结果显示，金沙江上游水域共有鱼类 28 种。其中现场采集

到 18 种(表 4.3.4-1)，土著鱼类 17 种戴氏山鳅、圆腹高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡，外来物种 1 种鲫；历史记录 10 种，分别为东方高原鳅、拟硬刺高原鳅、唐古拉高原鳅、短尾高原鳅、异尾高原鳅、麻尔柯高原鳅、姚氏高原鳅、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、小头高原鱼。土著鱼类名录见表 4.3.4-1。

表 4.3.4-1 规划阶段金沙江上游历次水生生态调查工作统计

调查时间	调查范围	鱼类资源
2005 年春季、秋季	干流：通天河拉贡电站至云南迪庆冈曲洛通；支流：色曲、赠曲、偶曲、降曲、玛曲、莫曲、定曲、藏曲、热曲、西曲河、丹达曲	鱼类标本 10 种，663 尾，总重 90.682kg。安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡
2010 年 9 月	通天河下游拉贡至昌波厂房，17 个采样断面，其中干流 8 个、支流 9 个	鱼类标本 16 种，1326 尾，总重 148kg。戴氏山鳅、圆腹高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、鲫、青石爬鮡、中华鮡

2) 规划实施阶段(2011 年~2022 年)

规划实施阶段，中科院水生所、水工所、华中农业大学、武汉中科生态公司等单位陆续对波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙等水电站开展了项目预可研、环评阶段及施工期水生生态调查工作，对岗托水电站开展了项目预可研阶段调查工作，对奔子栏水电站开展了项目环评阶段调查工作，合计调查 39 次，调查范围涵盖各梯级电站影响涉及的金沙江干支流。

规划实施阶段调查结果显示，金沙江上游分布鱼类 40 种，其中采集到 32 种，分别为：土著鱼类 22 种：戴氏山鳅、东方高原鳅、拟硬刺高原鳅、短尾高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、裸腹叶须鱼、金沙鲈鲤、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡，外来鱼类 10 种齐口裂腹鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鲮鱼、麦穗鱼、棒花鱼、鲤、鲫、鲇、子陵吻鰕虎鱼，历史记录 8 种，分别是圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、异尾高原鳅、麻尔柯高原鳅、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、厚唇裸重唇鱼、小头高原鱼。土著鱼类 30 种(见表 4.3.4-2)，外来物种 10 种。

表 4.3.4-2 规划实施阶段金沙江上游历次水生生态调查工作统计

调查时间	阶段	调查单位	调查范围	鱼类资源
2013 年 5~6 月和 9~10 月	岗托水电站预可行性研究	中科院水生所	岗托水电站库尾以上的洛须保留河段和岗托水电站工程河段	采集到鱼类 7 种 656 尾 12294.6g。短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、裸腹叶须鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡
2017 年 5~6 月	岗托水电站预可行性研究	中科院水生所	岗托水电站库尾以上的洛须保留河段和岗托水电站工程河段	采集到鱼类 9 种 208 尾 12335.6g。东方高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、裸腹叶须鱼、黄石爬鮡
2013 年 5~6 月和 9~10 月	波罗水电站深入论证研究	中科院水生所	洛须宽谷保留河段以及岗托水电站库尾至叶巴滩水电站坝址河段干支流	采集到鱼类 18 种(外来 4 种)6127 尾 603.6kg。戴氏山鳅、东方高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡, 外来物种鲤、鲫、大鳞副泥鳅、四川爬岩鳅
2017 年 5~6 月	波罗水电站深入论证研究	中科院水生所	洛须宽谷保留河段以及岗托水电站库尾至叶巴滩水电站坝址河段干支流	采集到鱼类 12 种(外来 1 种)1453 尾 59.6kg。东方高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、青石爬鮡
2021 年 5 月、2022 年 12 月	波罗水电站项目环评	中科院水生所	波罗水电站及邻近河段	采集到鱼类 13 种(外来 2 种)223 尾 45.2kg。东方高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡, 外来物种麦穗鱼、大鳞副泥鳅
2011 年春秋两季, 2013 年 5~6 月, 8~9 月	叶巴滩水电站项目环评	中科院水生所	叶巴滩水电站库尾至拉哇水电站库尾河段干支流, 9 个采样断面, 其中干流 3 个、支流 6 个	采集到鱼类标本 13 种, 1283 尾。四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、戴氏山鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、安氏高原鳅、细尾高原鳅、姚氏高原鳅、贝氏高原鳅
2012 年 10 月, 2013 年 5~6 月, 2016 年	拉哇水电站项目环评	水工所	拉哇水电站工程河段及敏都河、斜曲和西曲支流	采集到鱼类 9 种。分别为黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、四川裂腹鱼及细尾高原鳅
2013 年 11 月, 2014 年 4~5 月, 2016 年 5 月	巴塘水电站项目环评	华中农业大学	拉哇水电站坝址至苏洼龙水电站库尾之间约 30km 金沙江干流河段及该区间主要支流(和达通沟、巴楚河、朗达河、水磨沟)	采集到鱼类 10 种, 总重 17.3kg。安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、青石爬鮡
2010 年 6~7 月和 10~11 月, 2013 年 6 月	苏洼龙水电站项目环评	水工所	巴塘坝址至苏洼龙坝址下游 23.36km 处莫曲汇口的金沙江干流河段及此区间内的主要支流西曲河、巴楚河	采集到鱼类 8 种。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、中华金沙鳅(莫曲)
2017 年 4~5 月、9~10 月	昌波深入论证	水工所	苏洼龙坝址至石鼓干支流	采集到鱼 10 种。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅

表 4.3.4-2(续)

调查时间	阶段	调查单位	调查范围	鱼类资源
2019 年 5 月、8 月	昌波深入论证	水工所	苏洼龙坝址至石鼓干支流	采集到鱼类 10 种(1 种外来), 304 尾 65825.7g。短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、戴氏山鳅、黄石爬鮡, 外来物种大鳞副泥鳅
2017 年 4~5 月、9~10 月、2019 年 5~6 月、2020 年 6 月	昌波水电站环评	水工所	昌波库尾至旭龙库中、莫曲	采集到鱼类 11 种。戴氏山鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡
2016 年 5 月, 2019 年 4~5 月	旭龙水电站环评	水工所	苏洼龙坝址至硕多岗河汇口干流及支流莫曲、丹达曲、定曲、岗曲	采集到鱼类 11 种。安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、金沙鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅(莫曲)、黄石爬鮡
2019 年 4 月~6 月	定曲河栖息地规划	水工所	金沙江、定曲干流及其主要支流	采集到鱼类 9 种, 445 尾 10771.1g。安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡
2014 年 3 月~4 月, 7 月~8 月	滇中引水项目环评	水工所	旭龙~石鼓	采集到鱼类 15 种(4 种外来)短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、戴氏山鳅、修长高原鳅、短尾高原鳅、细尾高原鳅、拟硬刺高原鳅、中华金沙鳅, 外来物种棒花鱼、麦穗鱼、高体鲮、鲫、泥鳅、
2017 年 6 月和 9 月	奔子栏水电站项目环评	水工所	旭龙坝址至石鼓干支流	采集到鱼类 11 种(外来 1 种)安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、中华金沙鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡, 外来物种泥鳅
2019 年 5 月和 8 月	叶巴滩~苏洼龙施工期监测	武汉中科生态公司	叶巴滩库尾至莫曲汇口河段	采集到鱼类 9 种(外来 1 种)戴氏山鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡, 外来物种大鳞副泥鳅
2021 年 5-6 月和 9 月	滇中引水 2021 年施工期监测	武汉中科生态公司	巨甸至石鼓段, 支流冲江河	采集到鱼类 14 种(外来 7 种), 短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、拟硬刺高原鳅、戴氏山鳅, 外来物种棒花鱼、麦穗鱼、鲫、鲤、高体鲮、鲃、小黄鲃。

3) 方案调整阶段(2023 年~2024 年)

为进一步了解评价区河段的水生生态变化情况, 2023 年 3~4 月, 在旭龙坝址至奔子栏干流段、支流定曲和冈曲开展了鱼类专项调查; 2024 年 4~5 月和 8~9 月, 开展了两期水生生态专项调查, 调查范围为金沙江干流上游通天河拉贡电站至中游梨园坝址, 以及左右岸主要支流, 详见表 4.3.4-3。

方案调整阶段调查结果结合历史资料, 金沙江上游分布鱼类 43 种, 其中土著鱼类 31 种(详见表 4.3.4-4)。其中采集到 31 种, 土著鱼类 20 种戴氏山鳅、东方高原鳅、拟硬刺高原鳅、短尾高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高

原鳅、贝氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡、前臀鮡；外来物种 11 种，齐口裂腹鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鲮鱼、麦穗鱼、尖头大吻鲃、棒花鱼、鲫、鲤、鲇、小黄鲃。历史记录 12 种，包括土著鱼类 11 种，圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、异尾高原鳅、麻尔柯高原鳅、细鳞裂腹鱼、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、金沙鲈鲤、厚唇裸重唇鱼、小头高原鱼、中华鮡，外来物种 1 种，子陵吻鮡虎鱼。

表 4.3.4-3 方案调整阶段金沙江上游历次水生生态调查工作统计

调查时间	阶段	调查范围	鱼类资源
2023 年 3-4 月	奔子栏水电站项目环评阶段	旭龙坝址至奔子栏干流段、支流定曲和冈曲	采集到鱼类 6 种，安氏高原鳅、短须裂腹鱼、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼
2023 年 6 月	苏洼龙水电站竣工验收阶段	金沙江干流苏洼龙水电站坝上 63km 至坝下 20km 的河段干流及巴楚河、西曲河	采集到鱼类 12 种(外来 3 种)420 尾 33398.4g。长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、戴氏山鳅、细尾高原鳅、中华金沙鳅、黄石爬鮡、前臀鮡，外来物种麦穗鱼、鲫、泥鳅。
2024 年 4-5 月和 8-9 月	金上规划实施方案调整阶段	金沙江干流上游通天河拉贡电站~硕多岗河汇口，以及左右岸主要支流	采集到鱼类 31 种(外来 10 种)戴氏山鳅、东方高原鳅、拟硬刺高原鳅、短尾高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、姚氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡、前臀鮡，外来物种泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鲮鱼、麦穗鱼、尖头大吻鲃、棒花鱼、鲫、鲤、鲇、小黄鲃。

表 4.3.4-4 规划阶段至规划实施方案调整阶段土著鱼类种类及分布一览表

目	科	属	名称	规划阶	项目实施阶段	规划调整阶段	分布范围*
鲤形目	鳅科	1.山鳅属	1.  戴氏山鳅	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江和雅砻江水系、乌江上游、长江干流。
		2.高原鳅属	2. 东方高原鳅	历史记录	现场采集	现场采集	理塘县塘河、礼堂海子山礼堂河、岷江干流、大渡河、黄河水系、嘉陵江上游及柴达木水系。
			3. 圆腹高原鳅	现场采集	历史记录	历史记录	青海省通天河支流，西藏怒江上游的那曲、安多和二道河等地。
			4. 拟硬刺高原鳅	历史记录	现场采集	现场采集	黄河上游及其支流、柴达木水系、大渡河、金沙江
			5.  唐古拉高原鳅	历史记录	历史记录	历史记录	青海唐古拉山口北坡，海拔 4800m

表 4.3.4-4(续)

目	科	属	名称	规划阶	项目实施阶段	规划调整阶段	分布范围*
鲤形目	鳅科	2.高原鳅属	6. 短尾高原鳅	历史记录	现场采集	现场采集	青藏高原、新疆、甘肃、四川西部等,
			7. 修长高原鳅	现场采集	现场采集	现场采集	四川甘孜州
			8. 斯氏高原鳅	现场采集	现场采集	现场采集	青藏高原及毗邻的河流、湖泊
			9. 细尾高原鳅	现场采集	现场采集	现场采集	通天河、金沙江中上游、大渡河
			10. ④安氏高原鳅	现场采集	现场采集	现场采集	沱江、雅砻江、大渡河下游、青衣江上游、金沙江等
			11. 贝氏高原鳅	现场采集	现场采集	现场采集	山西省南部的汉水和嘉陵江水系、四川嘉陵江上游和岷江水系、金沙江水系
			12. 异尾高原鳅	历史记录	历史记录	历史记录	西藏的湖泊和河流, 青海沱沱河、克什米尔东部地区。
			13. ④麻尔柯河高原鳅	历史记录	历史记录	历史记录	大渡河上游、玛柯河水系
			14. ④姚氏高原鳅	历史记录	现场采集	现场采集	西藏江达、芒康、觉贡的藏曲。
		3.金沙鲈鲤属	15. ①②④金 沙鲈鲤	/	现场采集	历史记录	金沙江, 金沙江最上游分布在石鼓
		4.裂腹鱼属	16. ④短须裂腹鱼	现场采集	现场采集	现场采集	乌江、金沙江、雅砻江
			17. ④⑤长丝裂腹鱼	现场采集	现场采集	现场采集	澜沧江、金沙江、雅砻江
			18. ④四川裂腹鱼	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江、雅砻江
			29. ①②④细鳞裂腹鱼	/	现场采集	历史记录	金沙江、岷江下游、长江干流上游
		5.叶须鱼属	20. 裸腹叶须鱼	现场采集	现场采集	现场采集	怒江、澜沧江、金沙江水系
			21. ④中甸叶须鱼	历史记录	历史记录	历史记录	云南小中甸河、那亚河、塔碧海、属都海等
			22. ④格咱叶须鱼	历史记录	历史记录	历史记录	格咱河
		6.裸鲤属	23. ④⑤硬刺松潘裸鲤	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江水系
鲤形目	鲤科	7.裸重唇鱼属	24. ①②厚唇裸重唇鱼	现场采集	历史记录	历史记录	长江水系和黄河水系
		8.裸裂尻鱼属	25. ④软刺裸裂尻鱼	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江水系和雅砻江水系
		9.高原鱼属	26. 小头高原鱼	历史记录	历史记录	历史记录	金沙江上游
	平鳍鳅科	10.金沙鳅属	27. ④中华金沙鳅	/	现场采集	现场采集	长江上游干支流

表 4.3.4-4(续)

目	科	属	名称	规划阶	项目实施阶段	规划调整阶段	分布范围*
鲤形目	鲃科	11.石爬鲃属	28. 特 省 黄石爬鲃	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江水系
			29. Ⅱ 特 青石爬鲃	现场采集	现场采集	现场采集	金沙江水系中下游、青衣江
		12.鲃属	30. 特 省 中华鲃	现场采集	现场采集	历史记录	金沙江中下游
			31. 特 省 前臀鲃(新记录种)	/	/	现场采集	金沙江、青衣江、大渡河、白龙江
合计				27	30	31	

注：Ⅱ表示国家Ⅱ级重点保护野生动物，省表示省级保护鱼类，特表示长江上游特有鱼类，EN表示濒危，VU表示易危。

4) 小结

金沙江上游从规划环评阶段至方案调整阶段金沙江上游分布鱼类 45 种，其中土著鱼类 31 种：戴氏山鳅、东方高原鳅、圆腹高原鳅、拟硬刺高原鳅、短尾高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、异尾高原鳅、贝氏高原鳅、唐古拉高原鳅、安氏高原鳅、麻尔柯河高原鳅、姚氏高原鳅、金沙鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、裸腹叶须鱼、小头高原鱼、中甸叶须鱼、格咱中甸叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻鱼、厚唇裸重唇鱼、中华金沙鳅、黄石爬鲃、青石爬鲃和中华鲃、齐口裂腹鱼、前臀鲃；外来鱼类 14 种：齐口裂腹鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鳊、麦穗鱼、鲤、鲫、胡子鲇、鲇、框鲤、尖头大吻鲈、小黄鲈、棒花鱼、子陵吻鲈虎鱼。

其中东方高原鳅、圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、小头高原鱼、异尾高原鳅、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼一般分布在海拔较高地区，记录多分布在巴塘以上江段，本工程调查江段自旭龙坝址至硕多岗河汇口干支流，干流江段海拔约在 1800m~2200m 之间，无以上 7 鱼类分布；根据《中国动物志》(鲤形目 上卷)显示麻尔柯河高原鳅主要分布在大渡河流域，属于历史记录种类多年未采集到，奔子栏评价区无分布；根据《金沙江流域鱼类》(张春光，2019)可知，姚氏高原鳅分布在西藏江达、芒康、觉贡等藏曲水系，奔子栏评价区无分布；青石爬鲃、中华鲃主要分布金沙江中下游水系，规划阶段样品仅在巴塘以上江段采集到，奔子栏评价区 2005 年至今未采集到，故不列入调查鱼类名录。

因此，涉及奔子栏评价区有记录的土著鱼类应为 20 种，分别为戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、中华金沙鳅、软刺裸裂尻鱼、金沙鲈鲤、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、黄石爬鮡、前臀鮡。

b) 本阶段调查

本项目 2017 年、2019 年、2023 年、2024 年在旭龙库中至硕多岗河汇口的金沙江干流、支流共调查采集到鱼类 25 种，其中，土著鱼类 13 种，分别是安氏高原鳅、短尾高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、中华金沙鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、金沙鲈鲤；外来物种 11 种泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鲮鱼、棒花鱼、麦穗鱼、尖头大吻鲈、鲫、鲤、框鲤、胡子鲇、鲇、小黄鲂。

本阶段现场调查与历史资料、历次调查结果对比，2024 年奔子栏至硕多岗河汇口段土著鱼类增加了 1 种，为前臀鮡；外来鱼类增加了 6 种，为大鳞副泥鳅、棒花鱼、尖头大吻鲈、胡子鲇、鲇、小黄鲂。

表 4.3.4-5 奔子栏项目历次调查鱼类种类统计表

调查时间	调查单位	调查范围	鱼类资源
2017 年 6 月和 9 月	水工所	旭龙坝址至石鼓干流段，支流定曲及支流玛曲、许曲，支流冈曲	采集到鱼类 11 种(外来 1 种)安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、中华金沙鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡，外来物种泥鳅
2019 年 4-5 月	水工所	旭龙坝址至石鼓干流段，支流定曲及支流玛曲、许曲，支流冈曲	采集到鱼类 13(外来 6)，金沙鲈鲤、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡，外来物种泥鳅、高体鲮鱼、麦穗鱼、鲫、鲤、框鲤
2019 年 4-5 月	水工所	定曲干流定波~河口段及支流茨巫曲、玛曲、许曲	采集到鱼类 9 种。安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡
2023 年 3-4 月	水工所	旭龙坝址至奔子栏干流段、支流定曲和冈曲	采集到鱼类 6 种，安氏高原鳅、短须裂腹鱼、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼
2024 年 4-5 月、7-8 月	云南大学、四川农业大学	旭龙坝址至硕多岗河河口段，支流定曲干流及支流许曲、玛曲，支流丹达曲、支流冈曲、支巴洛河、腊普河、硕多岗河	采集到鱼类 19 种(外来物种 10 种)安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、前臀鮡，外来物种泥鳅、大鳞副泥鳅、高体鲮鱼、棒花鱼、麦穗鱼、尖头大吻鲈、鲫、胡子鲇、鲇、小黄鲂

c) 种类组成

通过历史资料、历次调查和本次调查结果整理分析，旭龙坝址至硕多岗河汇口干流、支流及丹达曲共分布有鱼类 32 种，其中土著鱼类 20 种，分别为戴氏山鳅、

拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、软刺裸裂尻鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、前臀鮡、金沙鲈鲤，其中中甸叶须鱼、格咱叶须鱼文献记录种，规划环评至今未采集到；外来物种 12 种，分别是：鲫、鲤、高体鲮、麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、框鲤、尖头大吻鲈、胡子鲇、鲇、小黄鲃。

调查区域鱼类分类构成见表 4.3.4-4。

表 4.3.4-4 奔子栏水电站调查区域土著鱼类分类构成

目	科	属		种	
		数量	百分比(%)	数量	百分比(%)
鲤形目	鳅科	2	20	8	40.00
	鲤科	5	50	9	45.00
	平鳍鳅科	1	10	1	5.00
鲇形目	鮡科	2	20	2	10.00
总计	4	10	100	20	100

4.3.4.2 区系组成

调查水域位于青藏高原东南边缘地带的横断山脉中部，属金沙江上游中段，两岸山脊走向与金沙江基本一致；沿江山体雄厚，高耸入云；山脊高程 3500~5000m，江面狭窄，水流湍急，河谷陡峻。金沙江水面宽一般有 60~100m，最窄处不到 40m。该段江流所处地理位置、海拔及河流流态从根本上决定了其间鱼类的区系结构。

评价区分布的 20 种土著鱼类(12 种外来种除外)分为 3 个类群：

(1) 青藏高原区系，由鲤科的裂腹鱼亚科与条鳅科高原鳅属种类组成，也是该水域鱼类的主要特征类群。

属于该类群的种类有短须裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、拟硬刺高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细尾高原鳅、戴氏山鳅等 16 种，占该水域鱼类的 80%。

(2) 西南山地类群，该类群在本江段主要为鮡科石爬鮡属和鮡属种类、爬鳅科金沙鳅属种类，此类群一般身体上有特化的吸附结构，适宜于南方山区激流中生活，是该水域的特征类群。

属于该类群的仅 3 种，即黄石爬鮡、前臀鮡和中华金沙鳅，占该水域鱼类种类

的 15%。

(3) 老第三纪原始类群，属于该类群的仅金沙鲈鲤一种，占该水域鱼类种类的 5%。

根据金沙江鱼类区系(吴江，吴明森，1990)和本次调查结果可以看出，虎跳峡是鱼类区系组成的分隔点，虎跳峡以上土著鱼类以裂腹鱼类和高原鳅类为主，属于青藏高原鱼类区系范围；而虎跳峡以下，除有以上类群延续分布外，“江河平原类群”、“古第三纪类群”、“南方平原类群”及中印山区类群等鱼类逐渐增多，虎跳峡江段的河势阻隔了江河平原(复合体)鱼类的上溯。

4.3.4.3 生态特点

调查江段以峡谷急流为主，属开放性急流型水生生态系统，其无机营养盐和有机碎屑主要由地表输入；浮游生物和水生维管束植物稀少，大量营养盐和有机碎屑随水流向下游，未转化为水体生产力；着生藻类和底栖动物构成该生境中水体生产力的重要的饵料基础。

调查江段流速大，大多河段流速在 1~3m/s，流态混乱，鲜有能适应水体上、中层生活的鱼类。该江段鱼类主要由适应水体底层多种环境的群体构成。这些鱼类的适应特点多样，或身体细长，具发达的触须和粘液层，无鳞，以适应急流底层的洞穴、石缝等环境生息，如高原鳅鱼类；或身体长形而稍侧扁，尾柄长，尾鳍强健，触须发达，口部具有刮食构造，以快速的流动能力适应峡谷急流水体底层的多种环境，如裂腹鱼类；或体形较平扁、口下位、具吸盘或吸盘功能的构造，适应于吸附在急流水体底层的基质上活动，如黄石爬鮡。

表 4.3.4-5 评价范围土著鱼类生态习性一览表

种类	分布	栖息习性	繁殖习性		洄游类型	食性	关注类别		
			产卵季节	产卵类型			长江上游特有种	保护级别	生物多样性红色名录
戴氏山鳅	石鼓	流水洞穴	4~7 月	粘沉性卵	无	以水生无脊椎动物，也食藻类和植物碎屑为食	特		
安氏高原鳅	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水洞穴	4~7 月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生昆虫的幼虫，也食植物碎屑为食	特		
短尾高原鳅	定曲	流水洞穴	6~8 月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			
贝氏高原鳅	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水洞穴	3~6 月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			
拟硬刺高原鳅	奔子栏坝下干流、支流	流水洞穴	5~8 月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			

表 4.3.4-5(续)

种类	分布	栖息习性	繁殖习性		洄游类型	食性	关注类别		
			产卵季节	产卵类型			长江上游特有种	保护级别	生物多样性红色名录
修长高原鳅	奔子栏~石鼓干流、支流	流水洞穴	5~8月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			
细尾高原鳅	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水洞穴	3~7月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			
斯氏高原鳅	奔子栏~石鼓干流、支流	流水洞穴	5~8月	沉性卵(弱粘性)	无	以水生无脊椎动物和藻类为食			
中华金沙鳅	其宗~石鼓段	急流底栖	6~8月	漂流性卵	无	以藻类和水生无脊椎动物为食	特		
金沙鲃鲤	石鼓以下江段	流水底栖	5~6月	沉性卵(弱粘性)	短距离洄游	以甲壳动物、鱼、昆虫幼体为食	特	二级	EN
短须裂腹鱼	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水底栖	3~4月	沉性卵(弱粘性)	短距离洄游	以藻类和水生无脊椎动物为食	特		
长丝裂腹鱼	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水底栖	3~5月	沉性卵(弱粘性)	短距离洄游	以藻类和水生无脊椎动物为食	特		VU
四川裂腹鱼	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水底栖	3~6月	沉性卵(弱粘性)	短距离洄游	以水生无脊椎动物和藻类为食	特		VU
细鳞裂腹鱼	冲江河	流水底栖	3~5月	沉性卵(弱粘性)	短距离洄游	以藻类和水生无脊椎动物为食	特	二级	EN
格咱叶须鱼	冈曲(格咱河)	流水底栖	5~7月	沉性卵	短距离洄游	以水生无脊椎动物和藻类为食	特		
中甸叶须鱼	仅分布在小中甸河、那亚河、碧塔海、属都海	流水底栖	5~7月	沉性卵	短距离洄游	以水生无脊椎动物和藻类为食	特	省	EN
软刺裸裂尻鱼	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水底栖	3~9月(5~6月为盛期)	沉性卵	短距离洄游	以水生无脊椎动物和藻类为食	特		VU
硬刺松潘裸鲤	旭龙坝址~石鼓干流、支流	流水底栖	3~6月	沉性卵	无	以水生无脊椎动物和藻类为食	特	省	VU
黄石爬鮡	旭龙坝址~石鼓干流、支流	急流底栖	6~8月	粘性卵	无	以小型鱼、虾、水生昆虫等为食	特	省	EN
前臀鮡	腊普河	急流底栖	4~6月	粘性卵	无	以小型鱼、虾、水生昆虫等为食	特	省	

a) 栖息习性

金沙江中上游流域历史分布的鱼类是与多样性的河流生境相适应的，具有不同的生态习性及其特征，按栖息的水流环境可分为喜流水类群、喜洞隙类群、喜急流底栖类群等。

1) 流水底栖类群

此类群主要或完全生活在江河流流水底环境中，体长形，略侧扁，游泳能力强，适应于急流峡谷或缓流宽谷水底环境中生活。其中一类主要以底栖无脊椎动物为食，也摄食少量硅藻、绿藻及植物碎屑，如四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤；另一类以刮取水底砾石等物体表面附着藻类为食，如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂

尻鱼。

2) 流水洞隙类群

此类群主要生活在流水急流水底洞穴及砾石缝隙间，以发达口须感知吸取水底低等无脊椎动物为食。包括贝氏高原鳅、安氏高原鳅、细尾高原鳅等条鳅科鱼类。

3) 急流底栖类群

此类群有特化的吸盘或类似吸盘的附着结构，适于附着在急流浅滩水底物体上生活，以水生昆虫及其幼虫等底栖动物和有机碎屑等为食，如黄石爬鮡、前臀鮡和中华金沙鳅等。

b) 繁殖习性

为适应多样性生境，不同的鱼类营不同的繁殖方式，大致归纳如下。

1) 产漂流性卵鱼类：中华金沙鳅广泛分布于金沙江中、下游及长江上游的干、支流，为典型产漂流性卵的激流型鱼类，产卵时间 6~8 月，已知的产卵场主要位于金沙江中、下游及长江上游(Qiao(2005)、Duan(2008)、Wang(2008)以及 Tang(2010)的研究)，根据刘淑伟等调查，龙蟠镇、黎明乡和巨甸镇江段产卵场是的海拔最高、位于金沙江最上游的产卵场，产卵时间延迟到 8 月份。

2) 产粘性卵鱼类：调查水域分布鱼类除中华金沙鳅产漂流性鱼卵外，多为产粘性卵类群。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、硬刺软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等鱼类卵为粘沉性，产卵时要一定的水流刺激，繁殖需要一定的流水条件，产卵时要进行短距离的生殖洄游，需要底质砾石相对粗大、水流缓急交错的河床，水深约为 0.15~1.5m，适宜的流速约为 0.2~1.5m/s。鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在水流的不断冲动中顺利孵化。这些鱼类繁殖季节略有差别，短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼繁殖季节一般在每年 3~5 月，四川裂腹鱼则在 6 月前后。这类裂腹鱼繁殖水温上下限约为 11~16℃，性成熟年龄多在 3~4 龄，如短须裂腹鱼绝对怀卵量约为 1~1.8 万粒。软刺裸裂尻鱼主要生活于宽谷河段，繁殖季持续时间较长，一般在 3~9 月(5~6 月为盛期)。

黄石爬鮡生活于急流中，卵有弱粘性，也需在礁石、砾石堆中孵化，产卵场与裂腹鱼不同，多分布于干支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道江段，产卵场位置相对稳定，繁殖季节在 6~8 月。

细尾高原鳅、贝氏高原鳅、安氏高原鳅等鳅科种类，个体较小，其种群个体较

多，散布于不同的河段、支流等各类水体底部的石缝或洞隙中，完成生活史所要求的环境范围不大，他们主要在沿岸带石砾及支流适宜的小环境中产粘性卵。如贝氏高原鳅 3~6 月繁殖，雌性绝对繁殖力为 1080~4040 粒(平均 2865 粒)，这类鱼主要以繁殖规模来保证种群的延续。

c) 食性

按鱼类主要摄取的食物类别，可大致分为以下几类：

1) 主要摄食底栖无脊椎动物的：该类群是本江段鱼类食物类型中最大的类群，以摄食水生昆虫的成虫或幼虫为主。这一类群有四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、贝氏高原鳅、安氏高原鳅、细尾高原鳅、黄石爬鮡等。

2) 主要摄食着生藻类：由于该段大部分水域水流急，水温低，水质清瘦，浮游动植物及水生维管束植物稀少，该类群以河床有低温性着生藻类及有机碎屑为食的。该类群均为口下位，具有发达的触须及锋利的下颌或肥厚的唇，用以感触刮取摄食物。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼等。

3) 杂食性鱼类：这些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，如戴氏山鳅、高原鳅、中华金沙鳅等。

4) 肉食性鱼类：金沙鲈鲤，幼鱼以食甲壳动物和昆虫幼虫为主，成鱼主要以其他野杂鱼类为食。

d) 洄游习性

短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅等具有短距离洄游习性。鱼类产卵时要进行短距离的生殖洄游，一般在繁殖期上溯至干流上游或支流寻找适宜的产卵生境。

生活于急流中黄石爬鮡等产卵场位置相对稳定；细尾高原鳅、贝氏高原鳅、安氏高原鳅等鳅科种类，散布于不同的河段、支流等各类水体，完成生活史所要求的环境范围不大。

4.3.4.4 渔获物

a) 旭龙坝址至奔子栏江段渔获物

根据 2017、2019、2023、2024 年采集到渔获物情况，旭龙坝址~奔子栏河段分布鱼类 9 种，随时间推移鱼类组成变化不大，渔获物主要为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼和四川裂腹鱼等。

表 4.3.4-6 旭龙-奔子栏江段渔获物组成

时间	种类	调查范围	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		比例(%)	
					范围	平均	范围	平均	尾数(%)	重量(%)
2017 年	短须裂腹鱼	旭龙—奔子栏江段	157	44745	139~335	258	53~1540	285	26.9	40
	长丝裂腹鱼		74	19240	195~320	241	111~457	260	12.8	17.3
	四川裂腹鱼		108	40824	201~425	311	123~884	378	18.5	36.4
	软刺裸裂尻鱼		33	379.5	85~115	103	8.2~17.5	11.5	5.7	0.3
	硬刺松潘裸鲤		17	765	119~193	155	21.7~78.5	45	2.9	0.7
	黄石爬鮡		77	4627.7	98~202	142	21.0~144	60.1	13.2	4.1
	高原鳅*		116	1218	55~125	96	6.3~16.5	10.5	20	1.1
	合计		582	111799.2					100	100
2019 年	短须裂腹鱼	奔子栏镇上游、下游	40	10221	165~380	235.6	86~885	255.5	46.51	62.55
	黄石爬鮡		27	1001	110~175	140.3	14~89	37.07	31.4	6.13
	长丝裂腹鱼		11	3923	185~370	271.8	87~724	356.6	12.79	24.01
	四川裂腹鱼		5	577.7	131~280	193.2	28.7~248	115.5	5.81	3.54
	软刺裸裂尻鱼		3	619	210~245	231.7	185~242	206.3	3.49	3.79
	合计		86	16342					100	100
2023 年	短须裂腹鱼	羊拉大桥、奔子兰镇加油站	106	4340.6	50~360	105.5	2.5~748	40.9	73.61	44.91
	长丝裂腹鱼		26	4283.9	94~333	194.8	15~596.3	164.8	18.06	44.33
	四川裂腹鱼		4	996.3	180~310	241.2	80~448	214.6	2.78	10.31
	安氏高原鳅		4	32.5	85~105	95	5~11.5	8.1	2.78	0.34
	贝氏高原鳅		3	8.7	5.5~82	49.1	1.7~5	2.9	2.08	0.09
	高原鳅		1	2.3	54	54	2.3	2.3	0.69	0.02
	合计		144	9664.3					100	100
2024 年	硬刺松潘裸鲤	旭龙坝址、奔子栏坝址	45	1234.9	115~159	138.6	15.6~48	27.4	72.58	31.92
	短须裂腹鱼		8	1875.2	66~195	237.2	3.6~124.2	234.4	12.90	48.47
	长丝裂腹鱼		6	532.8	133~196	166.8	48.6~140	88.8	9.68	13.77
	四川裂腹鱼		2	222.9	177~193	185	106~116.9	111.5	3.23	5.76
	安氏高原鳅		1	3	72	72	3	3.0	1.61	0.08
	合计		62	3868.8					100	100

b) 托顶江段

托顶 2024 年 5 月 2 日~4 日、8 月 18 日两次调查，共采集到渔获物 7 种 107 尾 5310.4g。其中短须裂腹鱼尾数、重量最高，占总尾数的 48.60%，占总重量的 59.81%；其次是长丝裂腹鱼，占总尾数的 37.38%，占总重量的 25.39%；其它鱼类占比较少。

表 4.3.4-7 托顶江段渔获物组成

种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
			体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
短须裂腹鱼	52	3176.2	81.5~249.7	151.2	8.3~212.0	61.1	48.60	59.81
长丝裂腹鱼	40	1348.4	21.2~271.0	120.1	4.1~340.4	33.7	37.38	25.39
尖头大吻鲢	6	183.9	115.3~147.9	129.7	22.6~43.9	30.7	5.61	3.46
鲤	3	186	131.2~131.7	192.8	50.6~74.0	62.0	2.80	3.50
硬刺松潘裸鲤	3	64.9	111.1~117.9	114.2	20.1~24.2	21.6	2.80	1.22
高原鳅属 (种 4)	2	11.6	80.7~83.3	83.3	4.67	5.8	1.87	0.22
裂腹鱼属 (种 1)	1	339.4	322.5	322.5	339.4	339.4	0.93	6.39
合计	107	5310.4					100	100

c) 其宗江段

根据 2017 年、2019 年、2024 年在其宗江段采用定置刺网、刺网和地笼主要渔获物情况，渔获物均为裂腹鱼类，2024 年调查采集到外来物种尖头大吻鲢、麦穗鱼 2 种，渔获物的种类比例组成具体见表 4.4.4-8。

表 4.3.4-8 其宗江段渔获物组成

时间	调查点	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
					范围	平均	范围	平均	尾数(%)	重量(%)
2017 年	石鼓江段	长丝裂腹鱼	14	2736	142~324	255	44.7~514	298	28	39.4
		四川裂腹鱼	9	2194	225~418	325	151~1310	358	18.6	31.6
		高原鳅*	9	34.716	68~115	81	4.5~15.5	6.6	17.4	0.5
		短须裂腹鱼	8	1771	151~358	272	61~1605	321	16.8	25.5
2017 年	石鼓江段	硬刺松潘裸鲤	6	139	74~186	146	5.1~76.5	35	11.8	2
		软刺裸裂尻鱼	2	21	85~120	103	8.1~17.2	12.1	5	0.3
		黄石爬鮡	1	49	157~196	171	55.5~74.5	63	2.5	0.7
		合计	49	6944.7					100	100
2019 年	石鼓江段	高原鳅	23	80.5	54~85	6.7	1~11	3.5	46.94	1.16
		短须裂腹鱼	14	5805	105~380	27.79	18~885	414.64	28.57	83.61
		四川裂腹鱼	5	163.7	97~148	13.1	12.3~44.5	32.74	10.2	2.36
		长丝裂腹鱼	4	275	93~235	14.8	11.7~198	68.75	8.16	3.96
		软刺裸裂尻鱼	3	619	210~245	23.17	192~242	206.33	6.12	8.92
		合计	49	6943.2					100	100

表 4.3.4-8(续)

时间	调查点	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
					范 围	平均	范 围	平均	尾数(%)	重量(%)
2024 年	中下游 (巨甸)	短须裂腹鱼	27	3598.4	30.4~374.0	162.9	0.4-867.5	133.3	84.38	96.12
		尖头大吻鲈	2	4.7	43.1~59.3	51.2	1.2~3.5	2.3	6.25	0.12
		高原鳅	1	4.5	70.5	70.5	4.46	4.5	3.13	0.12
		麦穗鱼	1	1.4	45.1	45.1	1.4	1.4	3.13	0.04
		长丝裂腹鱼	1	134.8	202.4	202.4	134.8	134.8	3.13	3.6
		合计	32	3743.7					100	100

d) 石鼓江段

根据 2017、2019、2024 年采用刺网和地笼在石鼓江段渔获物情况，2017 年渔获物以裂腹鱼为主，2019 年、2024 年高原鳅尾数增加。具体见表 4.3.4-9。

表 4.3.4-9 石鼓江段渔获物组成

时间	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				范 围	平均	范 围	平均	尾数	重量
2017 年	高原鳅*	21	105.9	40~72	51	1~5.1	3.5	33.3	1.1
	四川裂腹鱼	15	3717.3	168~360	215	68.5~612.5	178.5	23.8	38.6
	短须裂腹鱼	11	2263.1	55~273	188.5	3.4~375.5	148.2	17.5	23.5
	长丝裂腹鱼	9	3399.5	198~305	248.8	141.5~442.5	271.5	14.3	35.3
	中华金沙鳅	3	77.0	100~125	112	12.3~22.5	17.5	4.8	0.8
	硬刺松潘裸鲤	2	57.8	68~128	98	5.5~34.5	20	3.2	0.6
	泥鳅	2	19.3	100~120	110	5.5~7.5	6.5	3.2	0.2
	合计	63	9639.8					100	100
2019 年	高原鳅	52	198	6.5~9	7.57	3~9	4.51	41.6	3.72
	短须裂腹鱼	22	1384	7.5~20.5	16	7~146	62.9	17.6	25.98
	长丝裂腹鱼	12	720	10~24	15.42	14~162	60	9.6	13.52
	软刺裸裂尻	11	164	70~130	108.6	4~27	14.9	8.8	3.08
	麦穗鱼	11	32	40~65	54.1	1~5	2.9	8.8	0.6
	四川裂腹鱼	7	831	160~320	197.1	50~442	138.5	5.6	15.6
2019 年	鲫	5	476	95~220	136.3	24~278	95.2	4	8.94
	鲤	1	143	165	165	143	143	0.8	2.68
	金沙鲈鲤	1	371	290	290	371	371	0.8	6.96
	高体鲃	1	2	40	40	2	2	0.8	0.04
	泥鳅	1	16	120	120	16	16	0.8	0.3
	框鲤	1	990	3005	3005	990	990	0.8	18.58
	合计	125	5327					100	100

表 4.3.4-9(续)

时间	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				范 围	平均	范 围	平均	尾数	重量
2024 年	细尾高原鳅	13	36.2	48.4~74.7	64.5	1.1~4.5	2.8	36.11	41.00
	短须裂腹鱼	8	22.8	42.6~63.5	55	1.2~4.6	2.8	22.22	25.82
	高原鳅属	6	13.4	47.1~67.4	58.7	1.1~3.3	2.2	16.67	15.18
	小黄魮	3	2.4	30.4~36.7	34.1	0.6~0.9	0.8	8.33	2.72
	细尾高原鳅	2	7.7	71.2~77.5	74.4	3.6~4.1	3.9	5.56	8.72
	棒花鱼	1	1.9	46.9	46.9	1.9	1.9	2.78	2.15
	高体鲮鲤	1	1.5	40.1	40.1	1.5	1.5	2.78	1.70
	胡子鲇	1	1.7	55.5	55.5	1.7	1.7	2.78	1.93
	中华鲮鲤	1	0.7	34.6	34.6	0.7	0.7	2.78	0.79
	合计	36	88.3					100	100

e) 硕多岗河汇口下

硕多岗河汇口下 2024 年 4 月 27 日、8 月 25 日两次调查，共采集到渔获物 8 种 27 尾 299.1g。渔获物以短须裂腹鱼为主。具体见表 4.3.4-10。

表 4.3.4-10 硕多岗河汇口下渔获物组成

种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
			体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
短须裂腹鱼	11	118.9	52.6-123.9	81.4	1.67-30.9	10.8	40.74	39.75
尖头大吻鲈	8	116.9	62.3-127.5	83.4	2.5-34.7	14.6125	29.63	39.08
泥鳅	2	29.4	113.2-122.7	118	11.8-17.6	14.7	7.41	9.83
鲇	2	11.2	47.2-97.5	72.4	0.67-10.5	5.6	7.41	3.74
麦穗鱼	1	2.1	53.4	53.4	2.06	2.1	3.70	0.70
细尾高原鳅	1	4.8	76.8	76.8	4.8	4.8	3.70	1.60
硬刺松潘裸鲤	1	14.6	109.2	109.2	14.6	14.6	3.70	4.88
中华鲮鲤	1	1.2	34.3	34.3	1.2	1.2	3.70	0.40
合计	27	299.1					100	100

f) 丹达曲

2024 年在支流丹达曲调查到鱼类 6 种 335 尾 1824.7g，其中贝氏高原鳅尾数最高，占总尾数的 34.47%；长丝裂腹鱼重量最高，占总重量的 27.46%。历史调查到的还有四川裂腹鱼、安氏高原鳅，丹达曲各阶段调查到的鱼类共 8 种。

表 4.3.4-11 丹达曲渔获物组成

种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
			体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
贝氏高原鳅	81	358	37~110	74.2	0.4~115.2	4.4	34.47	19.62
软刺裸裂尻鱼	60	436	42~160	71.6	1.1~128.3	7.3	25.53	23.89
短须裂腹鱼	44	129.9	37~132	62.8	0.9~24.5	3.0	18.72	7.12
硬刺松潘裸鲤	29	388.8	74~141	89.0	5.2~144.2	13.4	12.34	21.31
长丝裂腹鱼	17	501	61~128	82.9	3.5~351.3	29.5	7.23	27.46
细尾高原鳅	4	11	52~78	63.3	1.5~5.3	2.8	1.70	0.60
合计	235	1824.7					100	100

g) 定曲

根据 2017、2019、2023、2024 年在定曲江段渔获物情况，定曲采集到鱼类 12 种，主要渔获物为短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼等。

表 4.3.4-12 定曲渔获物组成

时间	调查点及方式	种类	尾数	重量	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				(g)	范 围	平均	范 围	平均	尾数 (%)	重量 (%)
2017 年	定曲、许曲(采样撒网和地笼捕捞)	短须裂腹鱼	41	7663.6	86~223	175	12.5~205	187	39.8	70.7
		软刺裸裂尻	25	1582.6	135~215	169	32.1~128.5	63.3	24.3	14.6
		高原鳅*	13	119.2	70~135	100	1~22.0	8.8	12.6	1.1
		四川裂腹鱼	9	520.3	105~175	151	21.5~85.5	57.6	8.7	4.8
		长丝裂腹鱼	7	737.1	140~195	165	45.5~124.5	105.5	6.8	6.8
		硬刺松潘裸鲤	5	75.9	90~135	110	9.4~27	16.1	4.9	0.7
		黄石爬鮡	3	140.9	105~165	141	15.2~83.7	46.1	2.9	1.3
		合计	103	10839.6						
2019 年	定曲(采用定置刺网、地笼)	短须裂腹鱼	241	11452	36~400	121.2	0.5~1084	47.52	76.75	70.5
		软刺裸裂尻鱼	18	694	79~205	140.9	7~108	38.56	5.73	4.27
		高原鳅*	17	71.5	37~120	66	1~10	4.21	5.41	0.44
		长丝裂腹鱼	15	322	45~145	104.9	2~14.5	21.47	4.78	1.98
		黄石爬鮡	12	373	115~170	136.3	24~68	31.08	3.82	2.3
		硬刺松潘裸鲤	8	165	77~165	115	5.9~56	20.63	2.55	1.02
		四川裂腹鱼	3	3166	330~465	410	551~1412	1055.33	0.96	19.49
		合计	314	16243.5					100	100
2023 年	正斗乡、许曲(采用地笼、钩钓)	短须裂腹鱼	16	2580.6	45~390	114.1	1.6~1532	161.3	80	98.55
		短尾高原鳅	2	8.9	68~84	76	3.5~5.4	4.4	10	0.34
		安氏高原鳅	1	20.2	95	95	20.2	20.2	5	0.77
		贝氏高原鳅	1	8.9	76	76	8.9	8.9	5	0.34
		合计	20	2618.6					100	100

表 4.3.4-12(续)

时间	调查点 及方式	种类	尾数	重量	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				(g)	范 围	平均	范 围	平均	尾数 (%)	重量 (%)
2024 年	定曲	短须裂腹鱼	363	3027.7	36~275	72.4	0.4~296.3	8.3	37.97	23.53
		软刺裸裂尻鱼	298	6535.9	23~248	113.3	0.5~221.3	21.9	31.17	50.79
		细尾高原鳅	114	796.3	30~122	197.4	0.32~19.3	7	11.92	6.19
		贝氏高原鳅	106	1450.1	50~135	100	1.1~22.8	13.7	11.09	11.27
		四川裂腹鱼	41	375.9	28~173	83	0.5~72.4	9.2	4.29	2.92
		安氏高原鳅	26	202.3	66~101	81.8	2.8~64	7.8	2.72	1.57
		长丝裂腹鱼	5	423.5	75~282	155.8	5.8~283.3	84.7	0.52	3.29
		硬刺松潘裸鲤	2	44.1	63~142	102.5	3.1~40.96	22	0.21	0.34
		大鳞副泥鳅	1	11.6	113	113	11.64	11.6	0.1	0.09
		合计	956	12867.4					100	100

注：高原鳅*包括细尾高原鳅和安氏高原鳅。

h) 冈曲

根据 2017、2019、2023、2024 年在冈曲江段渔获物情况，主要渔获物为短须裂腹鱼。

表 4.3.4-14 冈曲渔获物组成

时间	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
2017 年	短须裂腹鱼	31	3052.2	51~180	158	2.2~103	98.5	41.9	67.2
	长丝裂腹鱼	5	290.7	88~210	147	12.5~145	58.2	6.8	6.4
	四川裂腹鱼	6	417.9	155~205	175	52.4~115	69.5	8.1	9.2
	软刺裸裂尻	11	599.5	139~175	158	36.5~74.8	54.4	14.9	13.2
	高原鳅*	15	127.2	65~115	88	1~15.8	8.5	20.3	2.8
	泥鳅	6	54.5	70~128	108	3.1~16.5	9.1	8.1	1.2
	合计	74	4542					100	100
2019 年	短须裂腹鱼	6	473	150~210	176	65~133	78.8	35.29	29.07
	长丝裂腹鱼	1	933	390	390	933	933	5.88	57.34
	硬刺松潘裸鲤	5	156	130~150	136	23~34	31.2	29.41	9.59
	高原鳅	5	65	105~110	110	10~16	13	29.41	4
	合计	17	1627					100	100
2023 年	短须裂腹鱼	15	6100.7	235~410	114	1.6~869	161	83.33	76.58
	四川裂腹鱼	2	751	280~320	76	3.5~445	4.4	11.11	9.43
	长丝裂腹鱼	1	1114.9	380	380	114.9	114	5.56	13.99
	合计	18	7966.6					100	100

表 4.3.4-14(续)

时间	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
2024 年	短须裂腹鱼	8	2924.0	78.2~395	248.8	8.5~919.0	365.5	88.89	99.90
	高原鳅属(种 4)	1	2.8	64.67	64.7	2.8	2.8	11.11	0.10
	合计	9	2926.8					100	100

注：高原鳅*包括细尾高原鳅和安氏高原鳅。

i) 支巴洛河

2024 年 5 月 3 日、2024 年 8 月 20 日在支流支巴洛河调查到鱼类 4 种 8 尾 82.1g。其中硬刺松潘裸鲤尾数、重量最高，占总尾数的 37.50%、占总重量的 44.58%；短须裂腹鱼、高原鳅占比较少。

表 4.3.4-15 支流支巴洛河渔获物组成

种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
			体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
硬刺松潘裸鲤	3	36.6	86.9-115	97.3	8.9-18.5	12.2	37.50	44.58
短须裂腹鱼	1	19.2	106.9	107.0	19.2	19.2	12.50	23.39
高原鳅属(种 1)	3	23.2	79.5-101.3	79.5	3.4-11.3	7.7	37.5	28.26
高原鳅属(种 3)	1	3.1	69.4	69.4	3.1	3.1	12.5	3.78
合计	8	82.1					100	100

j) 腊普河

2024 年 5 月 2 日、2024 年 8 月 18 日在腊普河调查到鱼类 6 种 51 尾 606.7g。其中硬刺松潘裸鲤尾数最高，占总尾数的 35.29%；短须裂腹鱼重量最高，占总重量的 49.38%；尖头大吻鲢、细尾高原鳅占比较少。

表 4.3.4-16 支流腊普河渔获物组成

种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		尾数百分比(%)	重量百分比(%)
			体长范围	均值	体重范围	均值		
硬刺松潘裸鲤	18	227.81	60.2~154.5	93.3	2.9~39.4	12.7	35.29	37.53
短须裂腹鱼	15	299.61	56.9~164.7	103.5	3.2~64.0	20.0	29.41	49.38
高原鳅属	12	44.2	62.1~79.4	70.9	2.8~4.7	3.7	23.53	7.29
前臀鲃	2	18.2	85.2~91.7	88.4	7.2~11	9.1	3.92	3.00
尖头大吻鲢	1	6.5	79.8	79.8	6.5	6.5	1.96	1.07
细尾高原鳅	3	10.4	63~74.3	65	2.6~4.1	3.5	5.88	1.71
合计	51	606.7					100	100

k) 冲江河

根据《云南省滇中引水工程水源区调出区水生生态影响评价专题》，该支流分布鱼类 5 种，采用地笼捕捞鱼类 74 尾，其中硬刺松潘裸鲤 66 尾、短须裂腹鱼 1 尾、戴氏山鳅 5 尾、短尾高原鳅 1 尾、外来种类棒花鱼 1 尾。

l) 硕多岗河

2024 年 8 月 25 日在支流硕多岗河调查到鱼类 1 种为短须裂腹鱼，共计 4 尾 18.46g。

4.3.4.5 珍稀濒危特有保护鱼类

a) 种类

1) 国家级、省级保护鱼类

根据调查结果和《国家重点保护野生动物名录》(2021 年)调查江段鱼类有 2 种国家二级保护鱼类，为细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤；无云南省保护鱼类；根据《四川省重点保护野生动物名录》(2024)列入四川省保护鱼类 3 种：硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡。

2) 列入《中国生物多样性红色名录》的鱼类

根据调查结果列入《中国生物多样性红色名录——脊椎动物 第五卷淡水鱼类》的鱼类有 8 种：细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、中甸叶须鱼、黄石爬鮡为濒危(EN)，长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤均为易危(VU)。

3) 长江上游特有鱼类

据现场捕捞调查和走访渔民了解，上述种特有鱼类中短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼主要在干流分布，支流较少且以小个体为主。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅主要分布在支流，干流较少，分布于缓流河段。黄石爬鮡、中华金沙鳅以干流分布为主，支流有一定数量，整体资源量相对其他种类少。前臀鮡仅在 2024 年调查采集到，数量较小，分布在支流腊普河。格咱叶须鱼历史记录种类，稀少，分布在格咱河(冈曲)。中甸叶须鱼历史记录种分布在硕多岗河(小中甸河上游)、那亚河、碧塔海、属都海，且一般在海拔较高的支流中上游。

表 4.3.4-16 2017 年~2024 年调查水域珍稀特有鱼类种类

类别		种数	种类
国家二级保护鱼类		2	细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤
四川省重点保护野生动物		3	硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡
中国生物多样性 红色名录	濒危	4	细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、黄石爬鮡、中甸叶须鱼
	易危	4	长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松 潘裸鲤
长江上游特有鱼类		14	戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四 川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬 刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅、格咱叶 须鱼、中甸叶须鱼
金沙江上游特有鱼类		1	格咱叶须鱼



b) 珍稀特有鱼类生物学特性

评价区分布珍稀特有鱼类有 14 种，分别是戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼、黄石爬鮡、前臀鮡和中华金沙鳅。珍稀特有鱼类生态习性、分布一览表见表 4.3.4-17。

表 4.3.4-17 珍稀特有鱼类生态习性、分布一览表

编号	种类	栖息水体	洄游习性	繁殖期*1、2、3、4	食性*2、3	产卵类型*2、3	产卵场要求*2、3	流域内分布范围	评价范围资源现状	长江上游特有鱼类/保护等级/濒危等级	图片
1	戴氏山鳅	急流	无	4~7 月	底栖无脊椎动物和水生昆虫幼体，也食藻类	产粘沉性卵	水质清澈有石砾、岩缝	金沙江中游石鼓及干、支流	干支流均有分布，较少	特	
2	安氏高原鳅	急流	无	4~7 月	水生昆虫的幼虫，也食植物碎屑	产粘沉性卵	石砾底质河流中	金沙江中上游	干支流均有分布，常见种	特	
3	短须裂腹鱼	流水	短距离洄游	3~4 月	以藻类和水生无脊椎动物为食	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	金沙江流域干、支流	干支流均有分布，优势种	特	
4	长丝裂腹鱼	急流	短距离洄游	3~5 月	以藻类和水生无脊椎动物为食	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	金沙江和雅砻江	干支流均有分布，常见种	特/VU	
5	四川裂腹鱼	急流	短距离洄游	3~6 月	主要摄食水生无脊椎动物为食	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	金沙江、雅砻江和乌江上游	干支流均有分布，常见种	特/VU	
6	细鳞裂腹鱼	急流	短距离洄游	3~5 月	以藻类和水生无脊椎动物为食	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	金沙江石鼓、冲江河	种群规模较小，偶见种	特/二级/EN	
7	金沙鲈鲤	急流	无	5~6 月	甲壳动物、鱼、昆虫幼体	产沉性卵	在激流滩处产弱粘性沉性卵	金沙江最上游分布在石鼓江段，中下游、雅砻江下游(包括安宁河)、岷江下游(包括青衣江和大渡河)、乌江上游和清江	种群规模较小，偶见种	特/二级/EN	
8	软刺裸裂尻鱼	缓流	短距离洄游	3~9 月，5~6 月为盛期	以水生无脊椎动物和藻类为食	产沉性卵	干支流河口、浅滩河段处产卵	金沙江上游和雅砻江水系	干支流均有分布，常见种	特/VU	
9	硬刺松潘裸鲤	缓流	无	3~6 月	以水生无脊椎动物和藻类为食	产沉性卵	流水滩上产沉性卵	金沙江中上游	干支流均匀分布，常见种	特/省	
10	黄石爬鮡	急流	无	6~8 月	以小型鱼、虾、水生昆虫等为食	产粘性卵	急流石滩上产卵，受精卵粘性，粘附石上发	金沙江中上游、雅砻江、岷江流域	种群规模较小，偶见种	特/省/EN	
11	前臀鮡	激流	无	4~6 月	以小型鱼、虾、水生昆虫等为食	产粘性卵	流水的卵石滩产粘性卵	金沙江流域干、支流	种群规模较小，偶见种	特/省	
12	中华金沙鳅	急流	短距离洄游	6~8 月	以藻类和水生无脊椎动物为食	产漂流性卵	其产卵对水流涨落、水温比较敏感，多在水流较急的干流江段产漂流性卵，其卵的发育需溶氧较高的流水环境	金沙江流域干、支流	干流均有分布，偶见种	特	

表 4.3.4-17(续)

编号	种类	栖息 水体	洄游习性	繁殖期*1、2、 3、4	食性*2、3	产卵类型 *2、3	产卵场要求*2、3	流域内分布范围	评价范围资源 现状	长江上游特有 鱼类/保护等级/ 濒危等级	图片
13	格咱叶须鱼	急流	短距离洄游	5~7 月	以水生无脊椎动物和藻类为食	沉性卵	在水质清澈、流水浅滩上产卵，受精卵在流速较小的河底沙、砾上孵化。	冈曲(格咱河)	历史记录，未采集到	金沙江特有种	
14	中甸叶须鱼	急流	短距离洄游	5~7 月	以水生无脊椎动物和藻类为食	沉性卵	在水质清澈、流水浅滩上产卵，受精卵在流速较小的河底沙、砾上孵化。	中甸叶须鱼分硕多岗河上游、那亚河、碧塔海、属都海，且一般在海拔较高的支流中上游	历史记录，未采集到	特	

资料来源：1. 胡仁云，罗武，曹柏平，等。黄石爬鮡的人工繁殖及育苗培育初探[J].水产养殖，2020，(11):46-49.
2. 郭延蜀，孙治宇，何兴恒等.四川鱼类原色图志[M]。科学出版社，2020..
3. 张春光，杨君兴，赵亚辉。等.金沙江流域鱼类[M]。科学出版社，2019.
4. 严太明，蒲勇，胡佳祥等．金沙江软刺裸裂尻鱼繁殖特性研究[J/OL]．四川农业大学学报. <https://doi.org/10.16036/j.issn.1000-2650.202409488>.

4.3.4.6 鱼类重要生境

a) 产卵场

金江上游鱼类全部适应流水生活，其产卵均需要在流水中进行，砾石或沙底、水清澈的流水河滩是大部分鱼类产卵的基本要求。根据《金上规划调整环评》，规划阶段，奔子栏库尾～硕多岗河汇口段发现有鱼类产卵场 3 处，均位于定曲支流河段；规划调整阶段，发现有鱼类产卵场 18 处，其中坝上河段分布 9 处，均位于支流定曲，坝下至硕多岗河汇口段分布 9 处，其中干流河段 8 处，冈曲支流河段 1 处。奔子栏评价范围河段鱼类产卵场分布见表 4.3.4-18。

表 4.3.4-18 奔子栏河段鱼类产卵场分布一览表

序号	位置	基本情况	主要繁殖鱼类
1	定曲波密乡上游 1.5km	2024 年方案调整阶段新发现产卵场	软刺裸裂尻鱼
2	定曲白兰斗村上游 3km	2024 年方案调整阶段新发现产卵场	短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、贝氏高原鳅
3	定曲定波乡 9.6km	2019 年定曲栖息地专项调查新发现产卵场	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅
4	定曲正斗乡下游 19km	2019 年定曲栖息地专项调查新发现产卵场	短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤
5	定曲亭子村下游 2.8km (鲹科)	2019 年定曲栖息地专项调查新发现产卵场	黄石爬鮡
6	定曲得荣县上游支流汇口附近	规划环评阶段发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤
7	定曲古学	规划环评阶段发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅
8	定曲汇口以上支流	规划环评阶段发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼
9	定曲汇口支流(鲹科)	2019 年定曲栖息地专项调查新发现产卵场	黄石爬鮡
10	冈曲汇口以上支流	旭龙项目环评阶段新发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤
11	干流奔子栏至冈曲汇口以上江段	旭龙项目环评阶段新发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤
12	干流冈曲汇口江段	旭龙项目环评阶段新发现产卵场	黄石爬鮡
13	干流支巴洛河汇口江段	2024 年方案调整阶段新发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤
14	干流塔城镇其宗村	昌波、旭龙项目环评阶段新发现产卵场	中华金沙鳅
15	干流巨甸镇	昌波、旭龙项目环评阶段新发现产卵场	中华金沙鳅
16	干流黎明乡	昌波、旭龙项目环评阶段新发现产卵场	中华金沙鳅
17	干流黎明乡格子村	昌波、旭龙项目环评阶段新发现产卵场	中华金沙鳅
18	干流其宗至石鼓江段	旭龙项目环评阶段新发现产卵场	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤

1) 产漂流性卵鱼类产卵场

评价区产漂流性卵鱼类仅有中华金沙鳅，其繁殖期为6~8月，产卵期对水流涨落敏感，持续流量和水位上涨水是刺激中华金沙鳅产卵的重要条件，涨水持续时间3d和6d、水温17.2~23.2℃，多在水流较急的干流产漂流性卵；受精卵顺水漂流，并在水流的刺激下孵化。

(1) 鱼类早期资源调查情况

2019年7月3~23日在石鼓(26°52'15"N，99°57'40"E，海拔1802.7m)定点进行了鱼类早期资源监测。根据中国水文信息网(<http://www.hydroinfo.gov.cn/>)查询，3日~23日期间石鼓水位为1821.11-1821.99-1820.88m，流量2550-3460-2340m³/s(7月10日达到洪水最高水位1821.99m，流量为3460m³/s)。卵汛期水温17.8-18.7℃，网口流速1.19-1.48m/s。21天共采集到鱼卵209粒(含寡卵8粒)，经培育鉴定均为中华金沙鳅；采集到鱼苗和幼鱼105尾，经鉴定有高体鳊(成鱼)、棒花鱼、泥鳅、高原鳅、裂腹鱼、中华金沙鳅等。



图 4.3.4-1 采用弉网调查鱼类早期资源



图 4.3.4-2 采用弉网采集到的鱼卵

(2) 产卵时间与频次

7月3日~23日历时21天，共监测到卵汛两次，第一次为6~7日，规模相对较

小，产卵仅持续 2 天，发生在洪峰涨水期初期；第二次为 2 日~22 日，规模相对较大，产卵持续 3 天，发生在洪峰落水期后期。

(3) 产卵规模估算

本次采集在卵汛期每天上午 8 点至下午 5 点持续 9 小时，每次收集的卵粒数见表 4.3.4-19。

表 4.3.4-19 2019 年 7 月石鼓鱼类早期资源调查情况

卵汛期	时间	水位 (m)	流量 (m³/s)	水温 (°C)	卵粒数	网口流速 (m/s)	产卵规模 (万粒)
第一次	7 月 6 日	1821.37	2770	17.8	61	1.48	92.7
	7 月 7 日	1821.46	2920	17.8	10		
第二次	7 月 20 日	1820.99	2450	18.6	21	1.19	244.8
	7 月 21 日	1820.96	2420	18.7	40		
	7 月 22 日	1820.88	2340	18.7	58		

产卵规模估算分两个步骤：(1) 鱼卵密度 $d=n/(a \times v \times t)$ ，其中，n 为卵汛开始至结束所有批次采集到的鱼卵总数(ind.)，a 为网口有效截流面积(m²)，v 为网口流速，取 3 次测量平均值(m/s)，t 与 n 相对应，为卵汛开始至结束所有批次总耗时间(s)；(2) 产卵规模 $m=q \times d \times c \times t'$ ，其中，m 为产卵总量(ind.)，q 为江水径流量(m³/s)，d 为卵密度(ind./m3)，c 为断面系数，t'为卵汛持续总时间(s)。

两次卵汛产卵总量分别计为 m1 及 m2，江水径流量(q)取对应的日平均径流量，由于该江段水流湍急、紊乱，断面系数(c)计为 1，两次卵汛持续时间(t')分别统计。经计算，m1=92.7(万个)、m2=244.8(万个)。因此，监测期内，中华金沙鳅产卵总量(M)=m1+m2=337.5(万个)。

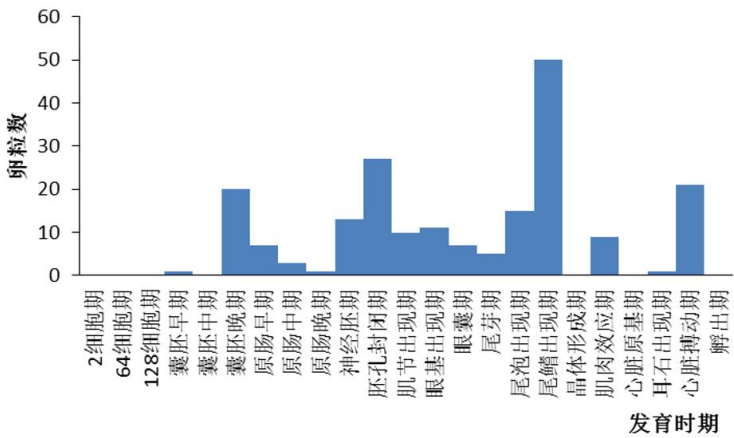


图 4.3.4-3 采用筛网采集到的鱼卵

(4) 产卵场位置推算

产卵场位置估算按照 Yi et al(1988)的计算公式, 经观察采集到的 201 个中华金沙鳅鱼卵所处的发育期并不连续, 而是仅分布于 16 个时期, 并呈现 4 个波峰, 即囊胚晚期、胚孔封闭期、尾鳍出现期和心脏搏动期。由此可以推断, 监测断面以上存在 4 个产卵场。胚胎发育时长参考 Wang(2008)对中华金沙鳅早期发育的研究。推测 4 个波峰发育期所经历的时间, 囊胚晚期为 276min, 胚孔封闭期为 513min、尾鳍出现期为 781min、心脏搏动期期为 1280 min。如采集江段卵的漂流速度平均按 1.4 m/s 计算, 4 个产卵场距离采集地石鼓的距离分别为 23.4km、43.1km、65.6km 和 107.5 km。由此推断 4 个产卵场大致位置分别为云南省玉龙县黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村。塔城镇其宗村产卵场为目前调查到的最上游产卵场, 位于奔子栏坝址以下约 120km 左右, 最下游的黎明乡格子村产卵场距奔子栏坝址约 200km。

表 4.3.4-20 评价范围内较为集中的中华金沙鳅产卵场

编号	位置	功能	起点坐标	终点坐标	河长 (km)	主要繁殖 鱼类	生境特征	生境现状图
1	塔城镇其宗村	产卵场	N27°33'57" E 99°32'53"	N27°33'44" E 99°33'06"	0.3	中华金沙鳅	河宽约 270~340m，7 月份水深约为 7.89m，流速为 1.89~2.03m/s，水温为 15.3~18.3℃；该河段河道形态均蜿蜒曲折，左岸 0.5m~0.7m 三角形江滩，形成相互交错的大湾，上接腊普河河口，水文条件复杂，适宜中华金沙鳅产卵繁殖。2024 年，其宗-石鼓江段，采集到较多中华金沙鳅鱼卵。	
2	巨甸镇	产卵场	N27° 18'06" E99° 39'45"	N27° 17'31" E99° 39'39"	0.5	中华金沙鳅	河宽约 270~490m，7 月份水深约为 4.3m，流速为 1.27~1.73m/s，水温为 15.4~18.8℃；该河段河道形态均蜿蜒曲折，河道左右岸 2 个交错边滩，水文条件复杂，适宜中华金沙鳅产卵繁殖。2024 年，其宗-石鼓江段，采集到较多中华金沙鳅鱼卵。	
3	黎明乡	产卵场	N27° 10'12" E99° 47'53"	N27° 09'33" E99° 48'11"	0.3	中华金沙鳅	河宽约 210~310m，7 月份水深约为 4.71 m，流速为 1.82~2.14m/s，水温为 15.4~18.9℃；该河段河道形态均蜿蜒曲折，上接右岸金庄河河口断断续续边滩，下接分叉河道，水文条件复杂，适宜中华金沙鳅产卵繁殖。2024 年，其宗-石鼓江段，采集到较多中华金沙鳅鱼卵。	
4	黎明乡格子村	产卵场	N27° 04'31" E99° 53'47"	N27° 03'47" E99° 53'54"	0.3	中华金沙鳅	河宽约 290~580m，7 月份水深约为 3.11m，流速为 1.88~1.94m/s，水温为 15.5~18.8℃；该河段河道形态均蜿蜒曲折，左岸为 0.4km×1.5km 较大边滩，下接纵横交错的心滩、边滩，达林河、淙江河等多条河沟在此段汇入，水文条件复杂，适宜中华金沙鳅产卵繁殖。2024 年，其宗-石鼓江段，共采集到较多中华金沙鳅鱼卵。	

2) 产粘沉性卵鱼类产卵场

评价区土著鱼类中裂腹鱼类、鲃科鱼类、条鳅科高原鳅类属于产粘沉性卵类群。裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，鱼类产卵后，受精卵落入石砾缝中，在河流流水的冲动中孵化，有的裂腹鱼在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。其中，裂腹鱼属等多在石砾比较粗大、水流平急的浅滩繁殖；软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等多在水流较为平缓、沙砾较细小的水域产卵，其产卵场多为河流曲流、洄水水湾。调查江段符合裂腹鱼类产卵条件的水域较为普遍，它们的产卵场多位于河道中的心滩、卵石滩、分汊河道的洄水湾及支流汇口等水域。

奔子栏至冈曲汇口长约 16km 总体为宽谷河段，生境多样性丰富，有水流较为湍急的狭窄岩基河道，水流平浅湍急的卵石长滩；也有水流平缓的细沙河湾、曲流；还有水深流急的单一河槽及水流平缓的深潭，两岸及河道间遍布深浅不一的砾石滩，在产卵季节不同水位梯度都能形成适宜裂腹鱼类产卵环境，为调查江段裂腹鱼较为密集的产卵水域。

其宗至石鼓间江段，河谷开阔，河道分汊，心滩、边滩众多，也分布较多的产卵场，特别是硬刺松潘裸鲤等多在水流较为平缓、沙砾较细小水域的产卵的鱼类，其产卵场分布较为密集。在金沙江干流其宗江段、巨甸江段采集到仔稚鱼，冲江河口江段采集到仔稚鱼和待产亲鱼(短须裂腹鱼)，故推测产卵场在其宗江段、巨甸江段和冲江河口江段上游处。

支流定曲土著鱼类基本为产粘沉性卵种类，它们对产卵环境要求不严苛。其中裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，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，有的裂腹鱼在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。调查江段符合裂腹鱼产卵条件的水域较为普遍，它们的产卵场分布零散，河道中的心滩、卵石滩、分汊河道的洄水湾及支流汇口等均是裂腹鱼类比较理想的产卵场所。从定曲干流生境现状分析，干流斯闸乡以下以中高山峡谷为主，裂腹鱼类产卵场主要分布在斯闸乡的亭子以上的中上游宽谷河段。

冈曲多为滩潭交替，水流缓急相间，存在其繁殖条件。在冈曲汇口上游河段采集到裂腹鱼类鱼苗，推断产卵场位于冈曲汇口以上支流。

根据规划环评、水工所(2017 年和 2019 年)在旭龙坝址至石鼓段干流及支流调查结果、2019 年定曲栖息地专项调查成果、2023 年金中跟踪评价生态调查成果、金上

规划调整环评项目组(以下简称金上项目组)(2024 年 4 月和 7 月)的调查资料成果,裂腹鱼类较为集中的产卵场有:干流奔子栏至冈曲汇口长约 16km、干流支巴洛河汇口江段、其宗~石鼓江段;支流波密乡上游 1.5km、白兰斗村上游 3km、定波乡下游 9.6km、正斗乡下游 19km、得荣县上游支流汇口(茨巫曲)、古学、定曲汇口以上支流,冈曲汇口以上支流,详见表 4.4.8-7。

鲴科的黄石爬鲴其鱼类卵有弱粘性,产卵底质多为礁石、砾石堆,产卵场与裂腹鱼不同,多分布于干、支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道江段,产卵场位置相对稳定,分布有干流冈曲汇口江段及支流定曲亭子村下游 2.8km、定曲汇口支流,详见表 4.4.4-21。

条鳅科鱼类主要有高原鳅、戴氏山鳅等小型鱼类,它们对产卵场的要求更不严格,一般在干支流沿岸水深较浅、水流较缓区域等一些小生境即可完成产卵繁殖。

表 4.3.4-21 评价范围内较为集中的裂腹鱼产卵场


编号	位置	起点坐标	终点坐标	河长(km)	主要繁殖鱼类	生境特征	生境现状图	调查情况
1	干流奔子栏至冈曲汇口以上江段	N28°14'13" E 99°18'25"	N28°09'03" E 99°24'04"	16	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	河宽 72~150m，4 月流速 0.98~2.37 m/s，水温 10.3~12.7℃；水面较宽，有水流平缓湍急卵石长滩；也有水流平缓的细沙河湾、曲流；两岸及河道间遍布深浅不一砾石滩，在产卵季节不同水位梯度都能形成适宜裂腹鱼类产卵环境，为调查江段裂腹鱼较为密集的产卵水域。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
2	干流支巴洛河汇口江段	N27°46'03" E 99°25'46"	N27°44'17" E 99°26'33"	2	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	河宽约 90~250m，4 月份流速为 0.9~2.69m/s，水温 10.6~12.9℃；下游存在一较大河心浅滩 0.15m~0.5m，河床多为礁岩质，岸边常见有石砾长滩，深潭与浅滩、急流跌水与缓流相间。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
3	干流其宗到石鼓江段	N26° 59'46" E99° 56'57"	N26° 58'55" E99° 56'59"	1	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	河宽约 120m~1100m，4 月份流速为 1.22~2.16m/s，水温为 12.0~13.5℃；江面宽阔，水流平缓，河床漫滩和心滩裸露，底质多为砾石和沙砾，在回水湾以及河汊区域的浅静水区域捕获和发现裂腹鱼亚科鱼类仔幼鱼，产卵区域相对集中。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄

表 4.3.4-21(续)

编号	位置	起点坐标	终点坐标	河长(km)	主要繁殖鱼类	生境特征	生境现状图	调查情况
4	波密乡上游1.5km	N29°43'10" E99°26'20"	N29°42'20" E99°26'19"	1.5	软刺裸裂尻鱼	地形以高山峡谷为主，河流心滩、边滩较多，河宽约 80m，水深 0.3m~0.5m，流速 1.0m/s。可采集到较多处于性腺 VI~V 期的软刺裸裂尻鱼及其鱼苗，少量性腺 VI 期。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
5	白兰斗村上游3km	N29°21'23" E99°32'28"	N29°21'01" E99°32'45"	0.8	短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、贝氏高原鳅	地形以高山峡谷为主，有结绒溪和曾斗溪两条较大支沟，落差约 206.9 m，水流湍急，水深约 0.5~1m，流速 1.2m/s，左岸有狭长卵石边滩。采集到较多处于性腺 IV~V 期的软刺裸裂尻鱼和高原鳅类及其幼鱼，通过水下视频观察到幼鱼或仔稚鱼。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
6	定波乡9.6km	N29°11'50" E99°31'56"	N29°11'29" E99°32'00"	0.7	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅	两岸地形相对宽阔，河谷多呈“U”形，两岸发育了一些洪积扇和一、二级阶地，河谷宽度水深约 0.5m~1.0m，流速 0.6m/s。可采集到较多处于性腺 IV~V 期的短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼和高原鳅类及其鱼苗，个别 VI 期。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄






表 4.3.4-21(续)

编号	位置	起点坐标	终点坐标	河长(km)	主要繁殖鱼类	生境特征	生境现状图	调查情况
7	正斗乡下游 19km	N29°02'14" E99°25'34"	N29°01'44" E99°25'43"	1.2	短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	两岸地势以高山峡谷为主，地形较狭窄，陡峻，河谷呈“U”形和“V”形，河滩丰富，水体透明度较高。可采集到较多处于性腺成熟期的短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及其鱼苗，个别VI期。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
8	得荣县上游支流汇口 (茨巫曲)	N28°51'02" E99°18'51"	N28°51'09" E99°18'14"	1.0	短须裂腹鱼 长丝裂腹鱼 四川裂腹鱼 软刺裸裂尻鱼 硬刺松潘裸鲤	河宽约 40m，水深约 1m，流速 0.8m/s，河道内分布有块石、砾石浅水滩，底质以砾石、泥砂为主，茨巫曲在此段汇入。可采集到较多性腺发育 V~VI 期的短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼鱼苗。		
9	古学	N28°28'29" E99°15'12"	N28°27'58" E99°15'10"	1.1	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅	河宽约 50m，水深 1.2m、流速 1.1m/s，水体透明度较高，河道内有砾石浅水长滩。近岸边滩发育，底质以砾石、泥砂为主。可采集到较多短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼鱼苗。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄

表 4.3.4-21(续)

编号	位置	起点坐标	终点坐标	河长(km)	主要繁殖鱼类	生境特征	生境现状图	调查情况
10	许曲汇口	N28°25'32" E99°15'30"	N28°25'00" E99°15'19"	1.0	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼	河谷呈“U”形，宽度一般 20~60m，比降趋缓(河道平均比降 8.35‰)，集中落差 197.0m，水流湍急，流量较大，水深 1m 左右，流速 1m/s，两岸有多个大大小小的边滩，底质砾石、泥砂为主，水体清澈，采集到较多短须裂腹鱼仔鱼和繁殖期亲鱼。		 2024 年金上项目组现场调查拍摄
11	冈曲汇口 以上支流	N28°11'40" E99°23'16"	N28°10'53" E99°23'21"	1.5	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	河宽约 50m，河段内分布有 0.28km 砾石浅水长滩，形成不同流水梯度，底质以砾石为主。		 2023 年水工所现场调查拍摄

表 4.3.4-22 评价范围内较为集中的鮡科鱼类产卵场

编号	位置	起点坐标	终点坐标	河长(km)	主要繁殖鱼类	生境特征	生境现状图	调查情况
1	定曲亭子村下游2.8km	N28°50'42" E99°19'36"	N28° 50'48" E99° 19'16"	0.6	黄石爬鮡	河谷地形多呈“V”形，该段河流落差相对集中(落差 74.2m)，河道沿西南方向折转向西北大转弯，河道平均比降 9.4%，河道内巨石、块石较多，水流湍急，存在局部不同程度跌水、涡旋。		访问调查、其他历史记载到该河段有黄石爬鮡分布。
2	定曲河口	28°22'30" E99°14'29"	N28°22'07" E99°14'32"	0.8	黄石爬鮡	河宽约 40m，水深约在 1m 左右，流速 1.2m~1.5m，高山峡谷、水流较为湍急，存在不同跌水河段，河流基质为砾石、大石、乱石堆为主，水体清澈。采集到黄石爬鮡仔鱼	 	2024 年金上项目组现场调查拍摄
3	冈曲汇口江段	N28°08'52" E 99°24'11"	N28°08'32" E 99°24'05"	0.5	黄石爬鮡	河宽约 98-170m，7 月份水深约为 7.29m，流速为 1.99~3.06m/s，水温为 15.1~18.7℃；S 型河道，高山峡谷生境、水流较为湍急，底质多为礁石、砾石堆，能形成局部的回水，支流岗曲在此与金沙江干流交汇。2024 年，在冈曲汇口附近上游采集到石爬鮡幼鱼 1 尾。	 	2024 年金上项目组现场调查拍摄

b) 索饵场

调查江段主要经济鱼类多以着生藻类、底栖动物等底栖生物为主要食物，浅水区光照条件好，砾石底质适宜着生藻类生长，往往是鱼类索饵的场所。每年3月份后，随着水温升高，来水量逐渐增大，鱼类开始“上滩”索饵。短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等多在干流水浅流急的砾石滩索饵，硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻等在干流水流平缓的曲流和洄水湾索饵，而黄石爬鮡则主要在峡谷和窄谷江段越冬深潭附近的礁石滩或上溯至支流急流江段索饵。

鱼类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，适宜的育幼环境是鱼类种群增长的必要条件。调查江段峡谷、宽谷交替，急流江段也往往滩潭交替，产卵场孵化的仔鱼随水流进入河流缓水深潭、洄水湾和宽谷河段育幼。特别是其宗一石鼓宽谷河段，河面开阔，水流平缓，心滩、边滩发育，为仔幼鱼的索饵肥育创造了良好的条件，为多种裂腹鱼类完成生活史中对环境抵抗力最弱的时期提供了广阔的水域，维持了调查江段较为丰富的鱼类资源。

c) 越冬场

调查水域鱼类主要的构成类群青藏高原类群裂腹鱼类和条鳅类及西南山地类群的鮡科类群等，大都为典型的低温适宜种类，长期的生态适应和演化，具有抵御低温水环境的能力，能在低温环境中顺利越冬。枯水期水量小，水位低，鱼类进入深水河槽或深潭中越冬，这些水域多为岩石、砾石、沙砾底质，为适宜的越冬场所。鱼越冬迁移距离一般不长，因此水位较深的主河道江段都是裂腹鱼类适宜越冬场所。

4.3.4.7 外来物种

旭龙~石鼓段干流及支流分布有外来鱼类12种，分别是鲫、鲤、高体鳊、麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、框鲤、尖头大吻鲢、胡子鲶、鲇、小黄鲃。外来物种随海拔降低出现种类、数量增加，需要进一步加强监测和研究，掌握鱼类资源的动态变化，以制定合理的保护措施，保护重要生境的生物多样性和维护生态平衡。

4.3.4.8 鱼类资源现状评价

评价区属金沙江上游，高山峡谷，河道深切，落差大，水流湍急，海拔高，水温低，生境特异性高。金沙江上游段有鱼类32种，主要渔获物为裂腹鱼、鳅科、平鳍鳅科和鮡科鱼类，属典型的高原鱼类区系。调查江段有土著鱼类20种，鱼类区系

构成较简单，除中华金沙鳅产漂游性卵外，其余鱼类多产粘沉性卵，适应高原急流生境鱼类，没有长距离洄游习性。评价区鱼类多为青藏高原特有鱼类，对高原高寒急流特异生境具有很强的适应性，而这种特异性的生境条件，决定了这些鱼类生长发育缓慢、性成熟晚。评价区水体溶解氧丰富，营养盐贫乏，水温低，生物生产力低。评价区鱼类资源脆弱，一旦遭受破坏，其恢复将较为困难。

奔子栏水库干流长约 63km，为河道型水库，库区干流大部分是高山峡谷区，人烟稀少，居民点较为分散，属强烈构造侵蚀作用为主的中高山地貌。长江实施 10 年禁渔，而库区百姓属康巴藏族，几乎全民信教，神山、圣树和圣水是藏民族最为重要和关注的对象。目前，奔子栏库区江段没有渔业捕捞，土著鱼类种群保存良好，未采集到外来物种。

其宗以下江段为宽谷河段，人口密度较上游大，加之旅游市场发达，交通便利，当地群众受宗教信仰野外放生或养殖产品增加。宽谷河段外来鱼种入侵现象开始显现，尤其是其宗以下，外来物种如鲤、鲫、麦穗鱼等已形成一定的种群，采集到从国外引进的养殖品种框鲤、尖头大吻鲃、胡子鲶等。

总体来看，评价范围内鱼类以裂腹鱼类、高原鳅、鲃科鱼类为主；土著鱼类种类及数量呈下降趋势，外来物种种类、资源量呈上升趋势，对土著鱼类产生生态竞争效应。旭龙坝址至奔子栏坝址干流河段分布的 11 种土著鱼类，在定曲均有分布。

4.3.5 评价河段水生态功能定位

a) 流域生境和鱼类资源特征

金沙江上游属于高原峡谷型地貌，海拔高、水流急、水温低，金沙江中游和下游逐渐转变为平原地貌，河谷变得开阔，并伴随着干热河谷现象的出现。自然地理特点上的差异，也决定了金沙江流域不同河段鱼类组成和分布格局上的不同。

鱼类区系组成上，目前学界普遍认为金沙江的鱼类分布格局应以虎跳峡为界，大致可分为上游和下游两部分，虎跳峡本身的狭窄河谷、奔腾急流和礁石险滩都阻碍了下游江河平原鱼类的迁徙，可作为鱼类分布上的自然地理界线。虎跳峡上游隶属于青藏高原，生境相对简单、恶劣，营养物质缺乏，作为鱼类饵料的有机物相对较少且单一化，鱼类属、种较为贫乏，分布有裂腹鱼类、高原鳅类和鲃科等鱼类，为高原鱼类区系。而虎跳峡以下江段成分较为复杂，鱼类种类明显增多，以喜温性的江河平原型鱼类为主，适应于高原边缘急流生活的鲃亚科、野鲮亚科、平鳍鳅

科、钝头鮡科也占有较高比例。

鱼类种类数量上，从金沙江上游纵向过渡到下游，物种明显增多，由适合高原生活的裂腹鱼、高原鳅、鮡科鱼类等高原类群逐渐过渡到以鲃亚科、鲤亚科、鲴亚科、野鲮亚科、鮠亚科、鲇科、鳢科为主的高多样性鱼类区系组成，数量由十多种增加到 100 多种。

b) 评价河段水生态特点与功能定位

1) 评价河段水生态特点

评价河段旭龙坝址至硕多岗河河口全长约 266km，河道海拔从约 2015m 下降至 1800m。该地区属于峡谷-宽谷复合形河流。该地区上游河段为典型的高山峡谷地貌类，流域狭窄，水流湍急；下游河段河谷变宽，水流相对平稳；外源性营养物质输入较少，饵料生物种类和生物量不高。

从鱼类区系组成上看，根据历史资料和前期调查，评价区在内的整个金沙江上游水系土著鱼类有 31 种。其中东方高原鳅、圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、小头高原鱼、异尾高原鳅、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼一般分布在海拔较高地区，记录多分布在巴塘以上江段，旭龙坝址至硕多岗河汇口干支流，无以上 7 鱼类分布；姚氏高原鳅分布在西藏江达、芒康、觉贡等藏曲水系，本工程调查范围无分布；青石爬鮡、中华鮡规划阶段样品仅在巴塘以上江段采集到，旭龙~硕多岗河汇口江段 2005 年至今未采集到；齐口裂腹鱼属于规划实施阶段调查到的外来物种；麻尔柯河高原鳅主要分布在大渡河流域，金沙江流域为历史记录，评价范围不涉及；格咱叶须鱼仅分布在冈曲上游格咱河段，中甸叶须鱼仅分布在硕多岗河(小中甸河)上游、纳帕海、属都湖、碧塔海等，这两种鱼仅在历史资料出现，多年未采集到；戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、修长高原鳅、斯氏高原鳅、细鳞裂腹鱼 5 种鱼类在规划环评、滇中引水环评阶段调查中出现。

评价区历次调查采集到的土著鱼类 13 种，分为 3 个区系：①青藏高原区系，由鲤科的裂腹鱼亚科与鳅科高原鳅属种类组成，也是该水域鱼类的主要特征类群。包括短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、细尾高原鳅等。②西南山地类群，该类群在本江段主要为鮡科石爬鮡属黄石爬鮡和鮡属前臀鮡种类、爬鳅科金沙鳅属中华金沙鳅，此类群一般身体上有特化的吸附结构，适宜于南方山区激流中生活，是该水域的特

征类群。③老第三纪原始类群，属于该类群的仅金沙鲈鲤。评价区上游旭龙-冈曲汇口下游段为高山峡谷地区，人类活动稀少，居民以藏族为主，受当地群众宗教信仰，沿岸鱼类资源保护较好，以青藏高原鱼类为主；下游石鼓段河谷开阔，人口密度较大，鱼类养殖较多，汇入水体的外来物种增加。

2) 评价河段生态功能定位

①评价河段是金沙江上游鱼类多样性较高的区域之一

生物多样性是人类赖以生存的物质基础，包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性等多个层次，而物种多样性是生物多样性最直接也是最核心的体现。由于金沙江自西北向东南流向的纵向谷岭河流特征，其鱼类种类组成和多样性也明显呈体梯度变化，从上游高海拔高纬度向下游低海拔低纬度河段，鱼类多样性逐渐增加。在金沙江上游分布的 33 种土著鱼类中，除东方高原鳅、圆腹高原鳅、唐古拉高原鳅、小头高原鱼、异尾高原鳅、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼、麻尔柯河高原鳅、姚氏高原鳅、青石爬鮡、中华鮡、四川爬岩鳅、齐口裂腹鱼，其他 20 种鱼类(含记录种 4 种)在评价河段均匀分布，使评价河段成为金沙江上游鱼类多样性较高的区域之一。

②评价河段是金沙江中上游鱼类重要的种群交流和生殖洄游通道

评价河段鱼类种类组成与上下游河段有着密切联系。如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤分布在旭龙至硕多岗河河口的整个调查河段干流、支流，这些种类在河流上下游之间存在自然、频繁的种群交流。繁殖季节，评价河段的种群可能会向会向上游干、支流洄游寻找适宜生境产卵繁殖，幼鱼又会随着水流向下游河段扩散。因此，评价河段是金沙江上游鱼类重要的种群交流和生殖洄游通道。

③评价河段鱼类重要栖息地主要分布在支流定曲、奔子栏至石鼓江段

奔子栏库区段为典型的峡谷地形，河谷呈“V”型谷，水面宽 50~100m，河谷狭窄，谷坡险峻，仅在局部地段零星分布的河流阶地，很少有集中的大片卵石沙滩分布；该河段以河流生物通道功能为主，鱼类栖息、繁殖、索饵功能较少。奔子栏至格咱河汇口长约 16km 的宽谷河段、支巴洛河、其宗至硕多岗河汇口下江段约 156km 的宽谷河段河道中出现数量较多的砾石、沙砾边滩和心滩是鱼类比较集中的产卵场和索饵育幼场。库区支流定曲河谷宽阔，谷坡相对平缓，河道曲折，底质以

卵石、砾石为主，两岸植被茂密，评价区主要鱼类裂腹鱼类、高原鳅类、鮡科鱼类在此分布，该支流有比较集中的产卵场和索饵场。

4.4 陆生生态

4.4.1 调查工作情况

为深入调查和准确评价奔子栏水电站陆生生态环境现状，项目组对评价范围开展系统性的陆生生态现场调查，系统地对评价区陆生生态现状进行评价。

4.4.1.1 现场调查情况

陆生植被/植物：项目组相关单位 2019 年、2024 年和 2025 年对评价区进行了植被的系统性调查。2019 年 7 月~8 月，云南大学在评价区内开展了第一次系统性调查；在此次调查的基础上于 2024 年 6 月再次开展了植物植被系统性调查与成果复核，野外调查共记录植物群落样地 177 个。2024 年 3 月~4 月、8 月~9 月和 2024 年 12 月~2025 年 1 月，伊美净公司开展的评价区植物植被调查，记录了植物群落样地 72 个。

陆生动物：项目组相关单位于 2019 年 7~8 月、2020 年 4 月、2021 年 12 月、2022 年 8 月、2023 年 4~5 月、2023 年 10 月、2024 年 3 月~4 月、2024 年 6 月、2024 年 8 月~9 月、2024 年 11 月、2024 年 12 月~2025 年 1 月、2025 年 5 月对评价区进行了陆生脊椎动物专项调查，共设置涵盖评价区各类生境动物调查样线 24 条。在金沙江支流达央河、沙荣曲、东水河、阿洛贡曲、定曲支流东旺许曲设置采样点开展两栖动物专项调查。于 2020 年 4 月至 2025 年 4 月期间开展了野生动物红外监测，先后设置红外监测点 99 个，常设红外监测相机约 40 台。

a) 调查点位布设原则及方法

1) 植物调查样方布设原则

根据《生物多样性观测技术导则 陆生维管植物》(HJ 710.1-2014)相关规定，在实地踏查的基础上，确定群落分布的典型地段，根据群落生境(海拔、坡位、坡向等)设置样地，采用群落生态学方法进行调查，样地布置涵盖不同的植被类型、生境类型和工程占地区域，原则上每个群落类型不少于 5 个样方。群落样地设置涵盖了评价区内不同的植被类型、生境类型、生态敏感区和工程占地区域。植物调查采取路线调查与样地调查相结合的方法，植物调查路线涵盖了评价区内各区域和生境类型，并特别注意重要植物的调查，发现有重要植物分布时，记录其分布位置、生

境、植株大小和生活力等情况，同时对周边进行仔细调查，看是否有其他重要植物植株分布；植物样地调查结合植物群落调查进行。

2) 动物调查样线布设原则与方法

根据《生物多样性观测技术导则 两栖动物》(HJ 710.6—2014)、《生物多样性观测技术导则 爬行动物》(HJ 710.5-2014)、《生物多样性观测技术导则 鸟类》(HJ 710.4-2014)和《生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物》(HJ 710.3-2014)相关规定，在评价区河段的左右两岸及生态敏感区等生境良好的区域，涵盖乔木林、灌木林、草原、农田、内陆水体和居住点等各种动物生境类型，涵盖评价区内的不同海拔梯度并考虑样线设置可达性，在动物活动高峰时段同步开展调查。

(1) 鸟类、哺乳类红外相机布设原则

根据《生物多样性观测技术导则 红外相机技术》(HJ 710.15—2023)相关规定，在主要工程占地区及云南白马雪山自然保护区内，动物活动的关键区域、路线，调查点位覆盖两岸人为干扰较小的林地、灌丛、草地和水域等生境，以在评价区内均衡布设为基本原则，在动物活动的关键区域(觅食地等)、(移动)路线共布设红外相机，采用触发时连拍 3 张的方式开展动物监测。

(2) 两栖、爬行动物调查

采用标本采集法、路线调查法和访谈法对评价区内的两栖、爬行动物进行实地调查。爬行类则依据类群习性差异采集，采集过程强调对动物活动痕迹(如洞穴、蜕皮)及微生境的观察记录；在溪流、灌丛等开阔生境布设 3~4km 样线，两栖类调查侧重晨昏或夜间时段，爬行类则选择午后(13:00–16:00)活跃期。调查全程遵循“最小干预”原则，兼顾物种名录完善与生态保护目标。

b) 调查方案及工作开展情况

云南大学野外调查共记录植物群落样地 177 个，伊美净公司共记录植物样方 72 个，涵盖了评价区内不同的植被类型、生境类型、生态敏感区和工程占地区域，可划分为 5 个植被型、8 个植被亚型 27 个群落类型(群系)。美净各群落样地基本信息见表 4.4.1-4，

设置动物调查样线 24 条，主要涉及林地、灌丛、草地、农田和居民区不同动物生境，动物调查样线布置如表 4.4.1-1 所示。



图 4.4.1-1 现场调查主要工作照

表 4.4.1-1 动物调查样线布置表

编号	起点		终点		海拔/m		长度/km	生境类型
	经度	纬度	经度	纬度	最低	最高		
BZL01	99° 17' 6" E	28° 18' 04" N	99° 17' 48" E	28° 17' 47" N	2150	2350	2.67	灌丛及灌草丛、农田、居民点
BZL02	99° 18' 6" E	28° 15' 22" N	99° 15' 51" E	28° 19' 21" N	2080	2800	3.21	灌丛及灌草丛、农田
BZL03	99° 14' 4" E	28° 20' 20" N	99° 21' 01" E	28° 23' 04" N	2800	3450	4.14	森林、灌丛及灌草丛
BZL04	99° 11' 35" E	28° 31' 4" N	99° 11' 19" E	28° 23' 15" N	2080	2800	2.97	灌丛及灌草丛、农田、居民点
BZL05	99° 11' 53" E	28° 31' 23" N	99° 17' 18" E	28° 24' 50" N	2450	2700	5.08	灌丛及灌草丛、农田、居民点
BZL06	99° 10' 00" E	28° 32' 42" N	99° 07' 39" E	28° 26' 36" N	2080	2450	4.36	灌丛及灌草丛、水域、农田、居民点
BZL07	99° 12' 35" E	28° 21' 14" N	99° 12' 14" E	28° 27' 11" N	2250	2950	4.06	灌丛及灌草丛、农田
BZL08	99° 14' 40" E	28° 22' 9" N	99° 16' 32" E	28° 28' 43" N	2100	2900	4.38	森林、灌丛及灌草丛、农田
BZL09	99° 09' 29" E	28° 43' 53" N	99° 15' 3" E	28° 31' 22" N	2150	3100	4.05	森林、灌丛及灌草丛、农田、居民点
BZL10	99° 17' 26" E	28° 25' 19" N	99° 11' 57" E	28° 31' 27" N	2150	2700	2.46	灌丛及灌草丛、水域、农田
BZL11	99° 15' 43" E	28° 31' 22" N	99° 08' 21" E	28° 34' 17" N	2200	3550	5.09	森林、灌丛及灌草丛、农田、居民点

表 4.4.1-1 (续)

BZL12	99° 17' 47" E	28° 17' 48" N	99° 09' 39" E	28° 36' 12" N	2200	3000	7.48	森林、灌丛及灌草丛、水域、农田、居民点
BZL13	99° 17' 41" E	28° 17' 48" N	99° 12' 31" E	28° 38' 10" N	2200	2950	5.10	灌丛及灌草丛、农田、居民点
BZL14	99° 16' 27" E	28° 18' 20" N	99° 07' 49" E	28° 42' 50" N	2200	2650	3.43	森林、灌丛及灌草丛、水域、农田、居民点
BZL15	99° 16' 40" E	28° 18' 41" N	99° 09' 19" E	28° 45' 03" N	2150	2700	5.39	森林、灌丛及灌草丛、水域、农田、居民点
BZL16	99° 17' 24" E	28° 16' 55" N	99° 16' 11" E	28° 18' 07" N	2100	2200	3.25	内陆水体、居住点、灌木林
BZL17	99° 21' 01" E	28° 22' 56" N	99° 20' 16" E	28° 23' 54" N	2000	2200	3.31	乔木林、灌木林
BZL18	99° 15' 38" E	28° 27' 58" N	99° 15' 21" E	28° 27' 01" N	2500	2700	2.80	灌木林、草地
BZL19	99° 14' 43" E	28° 22' 32" N	99° 13' 53" E	28° 20' 58" N	2100	2300	3.25	内陆水体、灌木林
BZL20	99° 02' 01" E	29° 51' 18" N	99° 01' 27" E	29° 49' 56" N	2400	2600	3.20	乔木林、灌木林
BZL21	99° 02' 01" E	29° 51' 18" N	111° 39' 34" E	30° 20' 34" N	2700	2900	1.47	乔木林、灌木林
BZL22	99° 09' 50" E	28° 30' 36" N	99° 10' 38" E	28° 31' 07" N	2100	2300	2.61	乔木林、灌木林、农田
BZL23	99° 02' 01" E	29° 51' 18" N	99° 01' 27" E	29° 49' 56" N	3000	3200	2.79	居住点、灌木林、农田
BZL24	99° 07' 58" E	28° 43' 57" N	99° 07' 56" E	28° 42' 30" N	2200	2300	2.69	草原、内陆水体


* 按生境类型划分，评价区动物生境类型主要为灌丛和灌草丛，高海拔区域为针叶林，低海拔区域有农田和居民点。

项目组于 2020 年 4 月至 2025 年 4 月先后布设 102 台红外相机开展野生动物红外监测(其中 2023 年 5 月至 2025 年 4 月期间进行了连续监测)，红外相机布设图见附图 12。

红外监测共获得录像、照片数据总量约 3.8TB，有效照片 22 万多张，共监测到陆生动物 45 种，其中鸟类 24 种，哺乳动物 20 种，还有爬行动物 1 种(草绿攀蜥 *Japalura flaviceps*)。









不同年份、月份的红外相机照片如图 4.4.1-2 所示，红外相机监测到的部分动物如图 4.4.1-3 所示。

表 4.4.1-2 红相机监测到的部分动物照片

	
<p>猕猴(<i>Macaca mulatta</i>) 2020 年 11 月 29 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级</p>	<p>赤狐(<i>Vulpes vulpes</i>) 2020 年 2 月 27 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级</p>
	
<p>黑熊(<i>Selenarctos thibetanus</i>) 2020 年 2 月 27 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级</p>	<p>野猪(<i>Sus scrofa</i>) 2020 年 7 月 11 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：无</p>
	
<p>鬃羚(<i>Capricornis sumatraensis</i>) 2020 年 2 月 27 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级</p>	<p>林麝(<i>Moschus berezovskii</i>) 2020 年 12 月 07 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家一级</p>
	
<p>猪獾(<i>Arctonyx collaris</i>) 2024 年 3 月 5 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：云南省保护动物</p>	<p>狗獾(<i>Meles leucurus</i>) 2023 年 12 月 31 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：云南省保护动物</p>

	
<p>中华斑羚(<i>Naemorhedus griseus</i>) 2020 年 12 月 15 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 国家二级</p>	<p>中缅树鼯(<i>Tupaia belangeri</i>) 2020 年 2 月 27 日记录于阿洛贡村附近 保护级别: 无</p>
	
<p>赤腹松鼠(<i>Callosciurus erythraeus</i>) 2024 年 1 月 9 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 无</p>	<p>赤鹿(<i>Muntiacus vaginalis</i>) 2024 年 1 月 23 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 无</p>
	
<p>黄喉貂(<i>Martes flavigula</i>) 2020 年 2 月 12 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 国家二级</p>	<p>白马鸡(<i>Crossoptilon crossoptilon</i>) 2020 年 12 月 3 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 国家二级</p>
	
<p>山斑鸠(<i>Streptopelia orientalis</i>) 2020 年 1 月 15 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 无</p>	<p>白腹锦鸡(<i>Chrysolophus amherstiae</i>) 2020 年 2 月 3 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别: 国家二级</p>

	
斑胸钩嘴鹛(<i>Erythrogenys gravivox</i>) 2023 年 6 月 1 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：无	白颊噪鹛(<i>Garrulax sannio</i>) 2023 年 6 月 3 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：无
	
松雀鹰(<i>Accipiter virgatus</i>) 2023 年 6 月 21 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级	鸱类(<i>Strix</i> sp.) 2023 年 12 月 25 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：国家二级
	
豹猫(<i>Prionailurus bengalensis</i>) 2025 年 2 月 24 日记录于工程占地区 保护级别：国家二级	社鼠(<i>Niviventer niviventer</i>) 2023 年 5 月 8 日记录于白马雪山自然保护区 保护级别：无
	
草绿攀蜥(<i>Diploderma flaviceps</i>) 2025 年 4 月 11 日记录于工程占地区 保护级别：无	川西鼠兔(<i>Ochotona gloveri</i>) 2025 年 1 月 11 日记录于工程占地区 保护级别：无

 <p>大山雀(<i>Parus major</i>) 2024 年 8 月 15 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>	 <p>高原兔(<i>Lepus olostolus</i>) 2024 年 6 月 17 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>
 <p>果子狸(<i>Paguma larvata</i>) 2023 年 6 月 27 日记录于工程占地区 保护级别：国家二级</p>	 <p>豪猪(<i>Hystrix brachyura</i>) 2021 年 1 月 20 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>
 <p>黑喉红尾鸲(<i>Phoenicurus hodgsoni</i>) 2024 年 7 月 30 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>	 <p>灰眉岩鹀(<i>Emberiza cia</i>) 2024 年 6 月 30 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>
 <p>蓝矶鸫(<i>Monticola solitarius</i>) 2024 年 8 月 7 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>	 <p>紫啸鸫(<i>Myophonus caeruleus</i>) 2023 年 6 月 26 日记录于工程占地区 保护级别：无</p>


	
猕猴(<i>Macaca mulatta</i>) 2024 年 12 月 24 日记录于工程占地区 保护级别：国家二级	赤腹松鼠(<i>Callosciurus erythraeus</i>) 2024 年 12 月 21 日记录于工程占地区 保护级别：无

表 4.4.1-3 红相机监测成果(2020 年 4 月至 2025 年 4 月逐年(兼示不同生境))



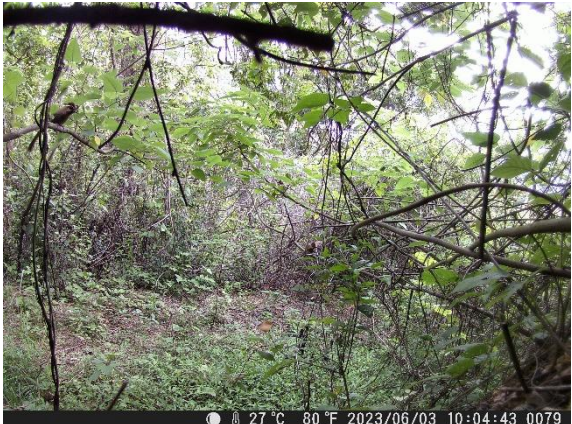
2020 年 4 月



2021 年 2 月



2022 年 3 月



2023 年 6 月



2024 年 6 月



2025 年 4 月

表 4.4.1-4 红相机监测成果(2023 年 5 月至 2025 年 4 月逐月(兼示不同生境))



2023 年 5 月



2023 年 6 月



2023 年 7 月



2023 年 8 月



2023 年 9 月



2023 年 10 月



2023 年 11 月



2023 年 12 月



2024 年 1 月



2024 年 2 月



2024 年 3 月



2024 年 4 月



2024 年 5 月



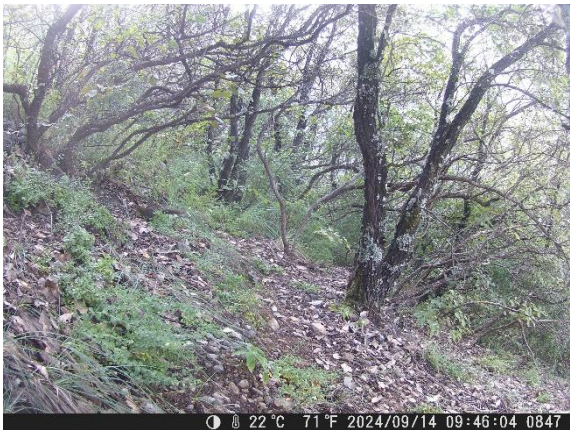
2024 年 6 月



2024 年 7 月



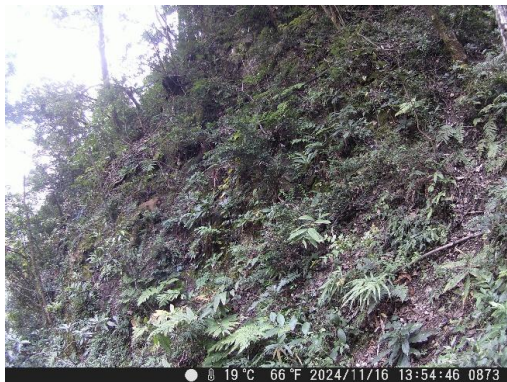
2024 年 8 月



2024 年 9 月



2024 年 10 月



2024 年 11 月



2024 年 12 月



2025 年 1 月



2025 年 2 月



2025 年 3 月



2025 年 4 月

表 4.4.1-5 旭龙~奔子栏范围植物样方信息一览表(伊美净公司)

样方 编号	样方名称	地点	经纬度	海拔(m)	地形	坡度 (°)	坡向	坡位
1	小叶荆群系	德钦县羊拉乡那那贡	E: 99° 05'38.61", N: 29° 08'15.49"	2431	中山	15	S	上
2	高山松群系	德钦县羊拉乡贝吾	E: 99° 06'04.75", N: 28° 57'29.81"	3196	高山	20	N	上
3	灰毛茛群系	德钦县羊拉乡路农	E: 99° 05'07.09, N: 28° 53'24.41"	3627	高山	10	S	上
4	高山松群系	德钦县羊拉乡路农	E: 99° 05'24.98", N: 28° 53'22.38"	3600	高山	5	S	上
5	山杨群系	德钦县羊拉乡路农	E: 99° 05'32.92", N: 28° 53'18.41"	3536	高山	8	N	上
6	高山柏群系	得荣县徐龙乡扎绒	E: 99° 11'16.51", N: 28° 46'59.03"	3329	高山	8	E	上
7	绢毛蔷薇群系	得荣县徐龙乡扎绒	E: 99° 11'16.06", N: 28° 46'56.05"	3317	高山	5	S	谷
8	高山松群系	得荣县徐龙乡扎绒	E: 99° 11'15.71", N: 28° 46'49.74"	3323	高山	20	E	中
9	川滇高山栎 群系	得荣县徐龙乡顶叶村	E: 99° 10'08.94", N: 28° 46'22.23"	3325	高山	50	E	上
10	白刺花群系	得荣县徐龙乡顶叶村	E: 99° 10'06.73", N: 28° 46'18.41"	3320	高山	5	NW	上
11	川滇高山 栎群系	德钦县羊拉乡开贡	E: 99° 08'20.37", N: 28° 36'34.36"	2970	中山	50	E	上
12	凹叶雀梅 藤群系	德钦县羊拉乡开贡	E: 99° 08'43.71", N: 28° 36'30.29"	2914	中山	5	SE	上
13	垫状迎春群系	德钦县羊拉乡开贡	E: 99° 08'56.97", N: 28° 36'21.09"	2819	中山	6	SW	中
14	小马鞍叶羊蹄 甲群系	德钦县奔子栏镇尼隆顶	E: 99° 09'26.46", N: 28° 32'13.93"	2338	中山	5	S	
15	绢毛蔷薇群系	德钦县奔子栏镇申格中	E: 99° 09'52.37", N: 28° 30'36.52"	2405	中山	5	S	
16	梨果仙人掌	德钦县奔子栏镇申格中	E: 99° 09'56.53", N: 28° 30'37.34"	2378	中山	0	/	
17	白刺花群系	德钦县奔子栏镇申格中	E: 99° 10'05.63", N: 28° 30'39.52"	2329	中山	5	NW	
18	灰毛茛群系	德钦县奔子栏镇 R09	E: 99° 10'35.53", N: 28° 28'15.01"	2528	中山	15	W	

表 4.4.1-5(续)

样方 编号	样方名称	地点	经纬度	海拔(m)	地形	坡度 (°)	坡向	坡位
19	中华山蓼群系	得荣县日雨镇拥珍村	E: 99° 12'12.19", N: 28° 37'24.05"	2708	中山	0	/	谷
20	绢毛蔷薇群系	得荣县日雨镇丁业丁	E: 99° 12'11.65", N: 28° 37'15.18"	2653	中山	5	S	谷
21	山杨群系	德钦县奔子栏镇面哑	E: 99° 07'46.54", N: 28° 25'43.94"	2760	中山	15	N	谷
22	毛莲蒿群系	德钦县奔子栏镇东水	E: 99° 07'55.19", N: 28° 25'58.25"	2644	中山	0	/	中
23	绢毛蔷薇群系	德钦县奔子栏镇普用	E: 99° 12'31.14", N: 28° 18'14.36"	2770	中山	2	E	谷
24	高山松群系	德钦县奔子栏镇普用	E: 99° 12'50.41", N: 28° 18'10.92"	2840	中山	20	E	中
25	戟叶酸模群系	德钦县奔子栏镇 G214	E: 99° 15'55.33", N: 28° 15'20.79"	2569	中山	0	/	中
26	垫状卷柏群系	得荣县古学乡卡日贡村	E: 99° 15'38.62", N: 28° 27'58.26"	2529	中山	10	NW	上
27	灰毛茛群系	得荣县古学乡卡日贡村	E: 99° 15'38.09", N: 28° 27'57.34"	2528	中山	15	W	上
30	川滇蔷薇群系	得荣县古学乡下拥村	E: 99° 19'11.08", N: 28° 24'15.93"	2681	中山	20	NW	上
31	中华山蓼群系	得荣县古学乡下拥村	E: 99° 19'17.31", N: 28° 24'14.28"	2678	中山	0	/	上
32	高山松群系	得荣县古学乡下拥河	E: 99° 20'21.98", N: 28° 23'50.41"	3365	高山	8	N	脊
33	白刺花群系	得荣县古学乡冉成村	E: 99° 14'52.44", N: 28° 21'30.31"	2539	中山	5	NW	上
34	川滇蔷薇群系	德钦县奔子栏镇义用	E: 99° 11'34.41", N: 28° 20'22.22"	2823	高山	0	/	脊
35	华山松群系	德钦县奔子栏镇义用	E: 99° 11'36.62", N: 28° 20'15.66"	2849	中山	50	NW	脊
36	蜈蚣凤尾蕨群系	得荣县瓦卡镇甲学	E: 99° 17'45.63", N: 28° 17'33.43"	2133	中山	5	N	谷
37	淡黄鼠李群系	得荣县瓦卡镇亚洪	E: 99° 20'53.08", N: 28° 13'36.43"	2750	中山	5	SE	上
38	毛莲蒿群系	得荣县瓦卡镇子庚二队	E: 99° 19'29.99", N: 28° 14'45.69"	3054	高山	0	/	平地
39	云南土沉香群系	得荣县瓦卡镇亚洪	E: 99° 20'55.78", N: 28° 13'20.51"	2595	中山	3	SE	中
40	毛莲蒿群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 贝吾	E: 99° 5'58.89", N: 28° 57'27.88"	3165	中山	30	W	中

表 4.4.1-5(续)

样方 编号	样方名称	地点	经纬度	海拔(m)	地形	坡度 (°)	坡向	坡位
41	峨眉蔷薇群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 贝吾	E: 99° 6'2.50", N: 28° 57'28.43"	3187	中山	35	W	中
42	高山松林	云南省迪庆藏族自治州德钦县 贝吾	E: 99° 6'4.47", N: 28° 57'29.80"	3193	高山	30	N	中
43	鞍叶羊蹄甲群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 R09 县道	E: 99° 7'5.40", N: 28° 53'16.54"	2227	中山	30	SW	中
44	川滇高山栎群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 R09 县道靠近羊拉乡茂顶村退役 军人服务站	E: 99° 5'15.24", N: 28° 42'14.71"	3037	中山	35	NW	中
45	金花小檗群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 R09 县道靠近羊拉乡茂顶村退役 军人服务站	E: 99° 5'16.65", N: 28° 42'30.64"	2942	中山	20	NW	中
46	高山松林	四川省甘孜藏族自治州得荣县 002 乡道靠近丁业村	E: 99° 11'15.66", N: 28° 46'49.27"	3318	中山	30	NW	中
47	川滇高山栎群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县靠 近丁业村	E: 99° 10'17.28", N: 28° 46'23.51"	3310	中山	20	E	中
48	峨眉蔷薇群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县靠 近丁业村	E: 99° 11'10.80", N: 28° 46'40.59"	3308	中山	35	N	中
49	峨眉蔷薇群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县 002 乡道靠近丁业村	E: 99° 10'14.11", N: 28° 46'24.81"	3335	中山	30	E	中
50	灰毛茛群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县日 雨镇扎绒白马雪山自然保护区	E: 99° 12'5.29", N: 28° 37'3.28"	2621	中山	15	NW	中
51	小鞍叶羊蹄甲群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 R09 县道靠近龚达	E: 99° 9'27.60", N: 28° 32'14.11"	2321	中山	20	S	下
52	小叶荆群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 R09 县道靠近龚达	E: 99° 9'46.05", N: 28° 32'18.30"	2228	中山	30	S	中

表 4.4.1-5(续)

样方 编号	样方名称	地点	经纬度	海拔(m)	地形	坡度 (°)	坡向	坡位
53	曼陀罗群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县奔子栏镇白马雪山自然保护区	E: 99° 9'54.13", N: 28° 30'36.03"	2932	中山	15	NW	下
54	山杨林	云南省迪庆藏族自治州德钦县靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 11'36.96", N: 28° 20'15.90"	2858	中山	35	W	中
55	华山松林	云南省迪庆藏族自治州德钦县靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 11'36.96", N: 28° 20'15.90"	2858	中山	30	W	中
56	白刺花群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县古学乡白马雪山自然保护区	E: 99° 18'19.97", N: 28° 33'34.95"	3204	中山	15	S	中
57	紫花针茅群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县古学乡白马雪山自然保护区	E: 99° 18'20.3228", N: 28° 33'34.2628"	3221	中山	5	N	中
58	中华山蓼群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县古学乡白马雪山自然保护区	E: 99° 18'10.59", N: 28° 33'15.06"	3135	中山	10	N	中
59	灰毛茛群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县215 国道靠近俄木学村拉吉冲农家乐	E: 99° 16'53.21", N: 28° 31'48.51"	2545	中山	30	S	中
60	小叶荆群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县215 国道靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 15'33.36", N: 28° 27'53.91"	2499	中山	15	NE	中
61	高山松林	下拥保护区	E: 99° 20'24.49", N: 28° 23'47.57"	3394	中山	20	NE	脊
62	山杨林	四川省甘孜藏族自治州得荣县古学乡白马雪山自然保护区	E: 99° 20'3.10", N: 28° 23'51.70"	3274	中山	40	NE	中
63	高山松林	四川省甘孜藏族自治州得荣县靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 19'51.38", N: 28° 23'50.54"	3206	中山	40	NW	中
64	川滇蔷薇群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 19'11.50", N: 28° 24'16.00"	2681	中山	40	S	中
65	鞍叶羊蹄甲群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县靠近白马雪山自然保护区	E: 99° 16'02.51", N: 28° 25'10.30"	2612	中山	30	N	中

表 4.4.1-5(续)

样方 编号	样方名称	地点	经纬度	海拔(m)	地形	坡度 (°)	坡向	坡位
66	紫花针茅群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 214 国道靠近白马雪山自然 保护区	E: 99° 15'55.04", N: 28° 15'21.57"	2594	平地	/	/	/
67	蜈蚣凤尾蕨群系	四川省甘孜藏族自治州得荣县 215 国道靠近白马雪山自然 保护区	E: 99° 17'45.64", N: 28° 17'33.52"	2135	河漫滩	/	/	/
68	戟叶酸模群系	布门贡附近	E: 99° 17'39.61",N: 28° 17'33.60"	2456	中山	30	N	中
69	蜈蚣凤尾蕨群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 215 国道靠近白马雪山自然 保护区	E: 99° 17'31.29", N: 28° 17'32.95"	2131	中山	15	NW	中
70	小叶荆群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县 215 国道靠近白马雪山自然 保护区	E: 99° 17'25.43",N: 28° 17'36.77"	2279	中山	30	W	中
71	毛莲蒿群系	瓦卡镇子庚二村附近	E: 99° 19'29.03",N: 28° 14'44.41"	3030	中山	20	W	中
72	滇虎榛子群系	云南省迪庆藏族自治州德钦县靠 近白马雪山自然保护区	E: 99° 20'1.54", N: 28° 14'32.64"	2981	中山	30	SE	中

4.4.1.2 调查评价方法

a) 基础资料收集

收集评价区的地形图、近期土地详查、土壤普查成果及图件，调查工程区土壤类型、面积、分布和土地利用情况。

收集评价区土壤侵蚀调查及规划成果图件，包括土壤侵蚀类型、面积、强度、分布、危害情况以及土壤侵蚀现状分布图、治理措施分布图等。

收集评价区森林资源清查、验收成果及图件。包括森林资源组成、林种、林分面积、覆盖率、蓄积量及构成、分布及保护状况；退耕还林面积及其分布；水源涵养林面积及其分布等，收集整理项目所在地现有的陆生脊椎动物的各种资料

b) 野外实地考察

1) GPS 记录

野外调查 GPS 记录是卫星遥感影像判读植被类型和土地利用类型的基础，根据室内初步判读的植被与土地利用类型图，现场核实判读的精度，并对每个 GPS 采样点作如下记录：① 海拔(注意相应植被类型的垂直变化)；② 记录样点植被类型(群系、群系组或植被亚型)，特别是类型发生变化的地方要做准确详细的记录；③ 记录样点优势植物(5 种左右)和重要物种如珍稀濒危植物、药用植物或动物；④ 拍摄典型植被特征(外貌与结构)；⑤ 在视野广阔清晰之处，拍摄周围植被或景观的照片，并进行记录。

2) 群落调查

在实地探查的基础上，确定典型群落样地地段，在评价区范围内根据植被类型的变化设置样地，按法瑞学派方法进行样地调查。其中常绿阔叶林样地面积 20m×20m，落叶阔叶林、针叶林样地面积 10m×10m，稀树灌木草丛、灌丛样地面积 5m×5m，草甸、草地样地面积 1m×1m。记录样地的所有植物种类，并按 Braun-Blanquet 多优度—群聚度记分，利用 GPS 确定样地位置。

3) 植物种类调查

采取路线调查与样地调查相结合的方法进行植物调查，在植被线路调查和群落调查中，同时记录植物种类、资源状况、珍稀濒危植物的种类及生存状况等。对资源植物和珍稀濒危植物调查采取野外调查和访问调查、市场调查相结合的方法进行。对有疑问、经济植物和珍稀濒危植物还要采集凭证标本和拍摄照片。

根据实地调查资料，结合区域林业、环境和生物多样性相关研究结果确定评价区分布的植物种类，编制植物名录。

4) 动物调查

实地调查包括对评价区及邻近地区的野生动物的活体观察、痕迹调查、红外相机监测，对林业部门、保护区管理部门和当地居民进行访问调查。由于时间局限和野生动物特点，无论鸟类还是其他隐蔽性更强的类群的动物均不可能在短期内通过实地观察得出满意结论，所以在野外了解影响区动物生境特征等，然后综合对文献资料和访问调查的结果进行分析，最后确定动物种类，编制动物名录。

c) 现状评价方法

1) 生态制图

区域生态环境特征通过生态环境地图展示，生态环境地图包括植被类型图、土地利用类型图和土壤侵蚀图等图件，是景观和生态系统特征分析的基础图件。

本工作采用近期高分辨遥感影像数据，采用 GPS、RS 和 GIS 相结合的空间信息技术，在遥感和地理信息系统平台软件的支持下，进行地地面覆盖类型的划分，用于植被类型图、土地利用类型图制作，并结合降水、土壤类型、地形、措施等数据，应用水土流失方程估算土壤侵蚀状况，制作土壤侵蚀图；进行类型面积统计、景观和生态系统特征的定性和定量评价。

本工作选用 2023 年 7 月 10 日和 2023 年 11 月 10 日的 WorldView2 影像(16 级，空间分辨率约 2m)作为数据源，在 ArcGIS，ERDAS Imagine 等软件平台的支持下，采用监督分类的方法进行遥感影像的分类，因夏季影像云量较大难以保证分类结果准确度，结合冬季影响以及 GPS 记录和海拔、坡度、坡向等信息，进行人工目视矫正和野外现场符合更正，保证分类结果准确度达到 85%以上。

2) 物种多样性评价

(1) 物种丰富度：物种总数

Shannon-Wiener 多样性指数(H)

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

P_i 物种 i 的重要值指数， S 样地物种总数(下同)。

(3) Pielou 均匀度指数(J)

$$J = \frac{-\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i}{\ln S}$$

(3) Simpson 优势度指数(D)

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

3) 景观生态评价

以植被现状图为基础，在 ArcGIS10.8 和 Fragstates4.2 的支持下进行景观生态评价。景观生态评价包括景观斑块特征、景观多样性和景观空间格局三个方面，景观斑块特征用斑块数量、景观面积、斑块密度、斑块平均面积和边界密度等指标评价；景观多样性用 Shannon 多样性指数、Simpson 多样性指数及其均匀度指数、优势度指数等指标评价，景观空间格局用蔓延度指数、聚集度指数、连接度指数、分割度指数和破碎度指数等指标描述。

4) 生态系统评价

以植物名录、动物名录和植被现状图为基础，在 ArcGIS10.8 和 Fragstates4.2 的支持下进行生态系统特征分析。生态系统评价包括生态系统多样性，生态系统功能和生态系统质量评价等内容。根据评价目的和资料状况，生态系统多样性采用景观生态相关指标进行评价；生态系统功能采用能综合反映生态系统生产功能和服务功能的生产力和水土保持能力两个指标进行评价，生态系统质量采用生态状况指数和生态系统质量指数进行评价。

4.4.2 土地利用现状

评价区土地利用类型分为乔木林地、灌木林地、荒草地、耕地、水面、裸岩和积雪、建筑交通用地等 7 种，评价区内乔木林地面积所占比例最大，其次是灌木林地和荒草地，其他土地利用类型的面积和比例较小；评价区内的主要斑块类型为灌木林地，占评价区总斑块数量的 42.42%。

表 4.4.2-1 评价区土地利用现状

土地利用类型	面积(hm ²)	占评价区(%)	斑块数量(块)	比例(%)
乔木林地	35829.31	38.45	688	22.33
灌木林地	32483.75	34.86	1307	42.42
荒草地	17253.36	18.52	411	13.34
园地	2090.28	2.24	387	12.56
耕地	3355.17	3.60	195	6.33

表 4.4.2-1(续)

土地利用类型	面积(hm ²)	占评价区(%)	斑块数量(块)	比例(%)
水面	1084.14	1.16	26	0.84
裸岩和积雪	788.39	0.85	41	1.33
建筑交通用地	301.21	0.32	26	0.84
合计	93185.60	100.00	3081	100.00

4.4.3 生态环境质量现状

4.4.3.1 生态系统功能

a) 生态系统现状

评价区生态系统主要为森林生态系统，共 35829.31hm²(38.45%)，主要分布于降水将为丰沛的高海拔地区；其次是灌木生态系统，共 32483.76hm²(34.86%)，分布于河流两岸；其余生态系统类型占比较少。评价区生态系统结构类型多样，涵盖森林、灌木、草地、农田、水域及城市等多种类型，空间分布具有明显的地形与水文梯度特征，森林与灌丛生态系统占据主导地位，整体上生态系统稳定性较高、结构完整，具备良好的生态服务功能与自我调节能力。

表 4.4.3-1 评价区生态系统现状

生态系统类型	面积(hm ²)	占比(%)
森林生态系统	35829.31	38.45
灌木生态系统	32483.75	34.86
草地生态系统	17253.36	18.52
农田生态系统	5445.45	5.84
城市生态系统	301.21	0.32
水域生态系统	1084.14	1.16
裸岩生态系统	788.39	0.85
总计	93185.6	100.00

b) 生产力

根据 WorldClim(<https://worldclim.org/>)数据，评价区历史年平均总太阳辐射量为 5263.46 MJ/m²a，有效光合辐射约为总辐射的 50%，即 2631.73 MJ/m²a。参照区域气候、环境特征和群落生态状况，估计各植被/景观类型的光能利用率，估算评价区总生产力见表 4.4.3-2。

表 4.4.3-2 评价区生物生产力现状

植被类型		光能利用率(ϵ , %)	面积(hm^2)	生产力	
				$\times 10^4 \text{GJ/a}$	%
自然植被	硬叶常绿阔叶林	0.61	5103.55	819.30	6.94
	落叶阔叶林	0.79	518.76	107.85	0.91
	温性针叶林	0.65	30207.00	5167.28	43.75
	稀树灌木草丛	0.41	17253.36	1861.65	15.76
	灌丛	0.32	32483.75	2735.63	23.16
小计		2.78	85566.42	10691.72	90.51
人工植被	农田	1.15	2090.28	632.62	5.36
小计		0.41	3355.17	362.03	3.06
其他	水体	1.56	5445.45	994.65	8.42
	建筑交用地	0.29	1084.14	82.74	0.70
	裸岩和积雪	0.15	301.21	11.89	0.10
小计		0.15	788.39	31.12	0.26
总计		0.59	2173.74	125.75	1.06

评价区总生产力 $11812.12 \times 10^4 \text{GJ/a}$ 。其中自然植被生产力 $10691.72 \times 10^4 \text{GJ/a}$ ，占总生产力的 90.51%，人工植被生产力 $994.65 \times 10^4 \text{GJ/a}$ ，占总生产力的 8.42%。自然植被的生产力主要来自温性针叶林，生产力为 $5167.28 \times 10^4 \text{GJ/a}$ ，占总生产力的 43.75%，人工植被的生产力主要来自园地，生产力 $632.62 \times 10^4 \text{GJ/a}$ ，占总生产力的 5.36%。

c) 植被覆盖度

根据评价区 NDVI 统计计算结果，评价区植被覆盖度(FVC)为 0.50654，因为评价区包含大面积水体，而水体的 NDVI 值较低。若去除水体计算，评价区陆域部分植被覆盖度为 0.734356，植被覆盖较好。

d) 水土保持能力

土壤侵蚀等级比例如表 4.4.3-3 所示，水土保持能力 $PP=77.67$ 。

表 4.4.3-3 土壤侵蚀等级比例

强度分类	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	合计
面积/ hm^2	5299.18	79276.62	2950.34	1017.49	88543.43
比例/%	5.98	89.53	3.33	1.15	100

4.4.3.2 生态系统质量

a) 生物量

评价区内各类植被类型的面积、平均生物量和总生物量见表 4.4.3-4。

表 4.4.3-4 评价区生物量现状

植被类型		平均生物量 (t/hm ²)	面积 (hm ²)	生物量	
				t	%
自然植被	硬叶常绿阔叶林	125.22	5103.55	639066.53	12.16
	落叶阔叶林	54.85	518.76	28454.16	0.54
	温性针叶林	124	30207.00	3745668.00	71.29
	稀树灌木草丛	10.82	17253.36	186681.36	3.55
	灌丛	18.13	32483.75	588930.33	11.21
合计			85566.42	5188800.37	98.75
人工植被	农田	15	2090.28	31354.18	0.60
合计		10.05	3355.17	33719.42	0.64
其他	水体		5445.45	65073.61	1.24
	建筑交通用地	0.21	1084.14	227.67	0.0043
	裸岩和积雪	0.1	301.21	30.12	0.0006
合计			2173.74	415.47	0.01
总计			93185.60	5254289.44	100.00

评价区生物量为 5254289.44t。其中自然植被生物量 5188800.37t，占总生物量的 98.75%，自然植被的生物量主要来自温性针叶林，生物量 3745668.00t，占总生物量的 71.29%。

b) 生态状况

评价区生态状况见表 4.4.3-5。评价区内物种丰富度相对较低，为 0.4570，生境质量指数为 0.8128，相对较好，生态状况指数为 0.6360，根据其评价，生态状况指数处于 0.50~0.75 之间，评定其生态状况等级为好。

表 4.4.3-5 评价区生态状况指数

物种丰富度指数	生境质量指数	生态状况指数
SRI	HQI	ECI
0.4570	0.8128	0.6360

c) 生态系统质量

评价区生态系统质量见表 4.3.3-6。评价区内的生态系统功能指数较高，为 0.7455，且生态系统胁迫指数较低，为 0.2413，则生态系统质量指数为 0.5011，处于 0.40~0.60，评定其等级为好。

表 4.4.3-6 评价区生态系统质量指数

生态系统功能指数	生态系统胁迫指数	生态系统质量指数
0.7455	0.2413	0.5011

4.4.3.3 景观生态体系

a) 景观斑块特征

评价区景观生态体系包括河流生态系统、森林生态系统、草原生态系统、农业生态系统、乡村聚落复合系统等，不同的景观生态类型按其内在的规律整合在一起，形成和评价区内统一的景观生态体系。生态系统质量的优劣取决于系统要素的性质与特征，以及结构和时空格局的特征。一般来说，森林比灌丛和灌草丛有更为复杂的群落结构、更高的生物生产力和更高的生态潜力，对环境质量的影响也更大。旱地、裸岩及其他人工群落，具有结构简单、种类单一、靠人工管理维持等特点，相对于自然植被，自身的稳定性与对外界干扰的抵抗力都较弱。

以植被分类系统为基础，结合土地利用类型划分以下景观生态体系，详见表 4.4.3-7。

表 4.4.3-7 评价区景观生态组成分析

植被类型	景观面积 (hm ²)	景观比例 (%)	斑块 数量	景观 密度	平均斑块 面积(hm ²)
	CA	PLAND	NP	PD	AREA_MN
寒温山地硬叶常绿栎林	5103.55	5.48	280	0.0030	18.23
落叶阔叶林	518.76	0.56	40	0.0004	12.97
温凉性针叶林	16574.81	17.79	200	0.0021	82.87
寒温性针叶林	13632.19	14.63	168	0.0018	81.14
稀树灌木草丛	17253.36	18.52	411	0.0044	41.98
干暖灌丛	24795.10	26.61	1056	0.0113	23.48
暖温性灌丛	3649.49	3.92	102	0.0011	35.78
寒温性灌丛	4039.16	4.33	149	0.0016	27.11
园地	2090.28	2.24	387	0.0042	5.40
耕地	3355.17	3.60	195	0.0021	17.21
水体	1084.14	1.16	26	0.0003	41.70
裸岩和积雪	788.39	0.85	41	0.0004	19.23
建筑及交通过地	301.21	0.32	26	0.0003	11.59
总计	93185.60	100.00	3081	0.0331	

注：*景观密度=斑块 i 的数目/总斑块数×100；**景观比例=斑块 i 的面积/评价区总面积×100

评价区内各类景观斑块数合计 3081 个，其中干暖灌丛的斑块数最多，其次为稀

树灌木草丛。评价区内斑块破碎程度小，评价区人口密度小，农田面积少。

评价区总 93185.60hm²，以自然景观为主，占评价区的 94.16%，面积最大的景观类型是干暖灌丛，为 24795.10hm²，占评价区总面积的 26.61%；其次为温凉性针叶林，为 16574.81 hm²，占评价区面积的 17.79%，其他自然植被占地面积较小。人工景观占地面积为 2259.80hm²，占评价区总面积的 5.84%。

在评价区内，人工景观和自然景观分布集中，园地、农田主要分布在海拔较低，地势平坦的地带，山体上的农田大多被废弃，逐渐从较低等级的群落向高等级的群落演替。自然植被分布在山体上，占整个评价区的较大面积，所以整个评价区的稳定性和完整性较高。

b) 景观多样性特征

总体来看，评价区的景观多样性指数和均匀度指数相对较高，Shannon 多样性指数为 1.9326，Shannon 均匀度指数为 0.7261，景观优势度指数为 0.2631，表明评价区的各类景观分布相对均匀，有较大的多样性，评价区景观类型尺度景观多样性见表 4.4.3-8。

表 4.4.3-8 评价区景观多样性指数

Shannon 多样性指数	Simpson 多样性指数	Shannon 均匀度指数	Simpson 均匀度指数	优势度指数
SHDI	SIDI	SHEI	SIEI	LSDI
1.9326	0.8124	0.7261	0.8790	0.2631

c) 景观空间特征

总体来看，评价区的聚集度指数和连通度指数较高，分别为 83.1431、97.0231，表明评价区的各类型景观呈现出较高的集群化趋势，破碎度指数较低，为 36.2364，则景观的破碎化程度则较低，评价区景观类型尺度景观指数见表 4.4.3-9。

表 4.4.3-9 评价区景观空间格局指数

蔓延度	聚集度	连通度	分割度指数	破碎度
CONTAG	AI	COHESION	DIVISION	SPLIT
49.6210	83.1431	97.0231	0.9542	36.2364

4.4.4 陆生植物和植被

4.4.4.1 陆生植被

a) 植被分类的原则、依据和分类系统

1) 分类的原则与依据

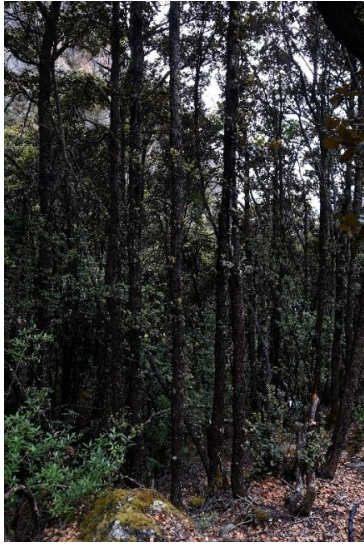
依据《云南植被》采用的分类系统，遵循群落学—生态学的分类原则，采用 3 个主级分类单位，即植被型(高级分类单位)、群系(中级分类单位)和群丛(低级分类单位)，各级再设亚级或辅助单位。

2) 植被分类系统

根据野外实地考察，将评价区自然植被划分 5 个植被型、8 个植被亚型 27 个群落类型(群系)。评价区植被分类系统如表 4.4.4-1 所示。

表 4.4.4-1 评价区植被分类系统

植被型	植被亚型	群系
I硬叶常绿阔叶林	(I)寒温性山地硬叶常绿栎林	一、黄背栎林
II落叶阔叶林	(II)落叶阔叶林	二、响叶杨林
		三、毛枝榆林
III温性针叶林	(III)寒温性针叶林	四、川滇冷杉林
	(IV)温凉性针叶林	五、高山松林
IV稀树灌木草丛	(V)干暖性稀树灌木草丛	六、两头毛草丛
		七、密花香薷草丛
		八、毛莲蒿草丛
V灌木	(VI)干暖灌丛	九、白刺花灌丛
		十、小叶荆灌丛
		十一、小叶荆、白刺花灌丛
		十二、小鞍叶羊蹄甲灌丛
		十三、云南土沉香灌丛
		十四、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲灌丛
		十五、蛇葡萄灌丛
		十六、单刺仙人掌肉质灌丛
		十七、灰毛莠灌丛
		十八、凹叶雀梅藤灌丛
	(VII)暖温性灌丛	十九、马桑灌丛
		二十、戟叶酸模灌丛
		二十一、尧花灌丛
		二十二、淡黄鼠李灌丛
		二十三、野丁香灌丛
		二十四、川滇野丁香灌丛
	(VIII)寒温性灌丛	二十五、川滇蔷薇灌丛
		二十六、海绵杜鹃灌丛
		二十七、金黄杜鹃灌丛



黄背栎林



响叶杨林



高山松林



毛枝榆林



川滇冷杉林



密花香薷草丛



两头毛草丛



白刺花灌丛



毛莲蒿草丛



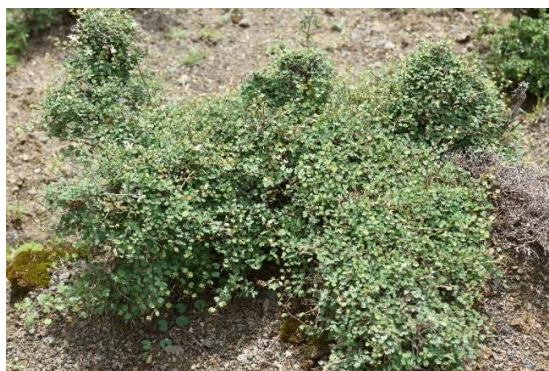
小叶荆、白刺花灌丛



小叶荆灌丛



小叶荆、小鞍叶羊蹄甲灌丛



小鞍叶羊蹄甲灌丛



云南土沉香灌丛



蛇葡萄灌丛



灰毛菴灌丛



凹叶雀梅藤灌丛



川滇野丁香灌丛



单刺仙人掌肉质灌丛



马桑灌丛



戟叶酸模灌丛



尧花灌丛



淡黄鼠李灌丛



野丁香灌丛



川滇蔷薇灌丛

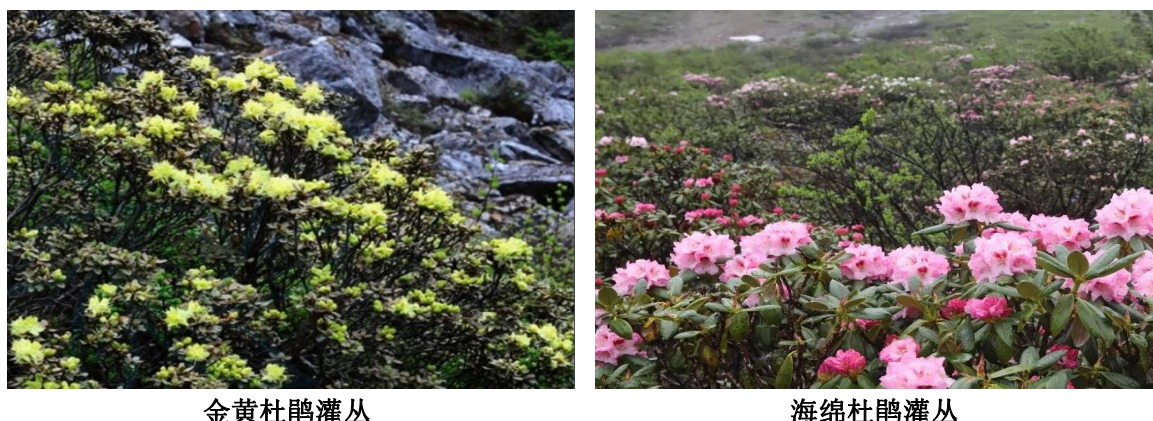


图 4.4.5-1 评价区各群落类型典型照片

b) 主要植被类型特征

1) 寒温性山地硬叶常绿栎林

寒温性山地硬叶常绿阔叶林是亚热带山地植被垂直带的上部类型，大致占据了铁杉林、云杉林和冷杉林的分布范围，主要分布在 2600~3300m 的山地上，上限可达 3800m。分布地生境具备了温性和寒温性的山地气候特征，全年气候夏寒冬凉，植物生长季短。评价区内记录了黄背栎 1 个群落，主要分布海拔 3100~3400m，主要分布在因归村后山，奔珠村后山。

(1) 黄背栎林

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 3100~3400m 左右，群落高 7~10m，总盖度约 85%~90%，群落分为三层：乔木层、灌木层、草本层。

乔木层高 7~10m，盖度 40%~60%。主要植物种类为黄背栎 *Quercus pannosa* 等。

灌木层高 2~4.5m，盖度 30%~50%。主要种类有白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、莢花 *Wikstroemia canescens*、西南栒子 *Cotoneaster franchetii*、金露梅 *Potentilla fruticosa*、小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus*、灰叶柳 *Salix spodiophylla*、素方花 *Jasminum officinale*、川西锦鸡儿 *Caragana erinacea*、灰岩木蓝 *I. calcicola*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、细枝绣线菊 *Spiraea myrtilloides*、灰毛蕨 *Caryopteris forrestii*、毛莲蒿 *Artemisia vestita* 等。

草本层高 0.6~1m，盖度 20%~35%。主要种类有华火绒草 *Leontopodium sinense*、友水龙骨 *Polypodiodes amoena*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、偏翅唐松

草 *Thalictrum delavayi*、二色香青 *Anaphalis bicolor*、云南黄耆 *Astragalus yunnanensis*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、石花 *Corallodiscus flabellatus*、圣地红景天 *Rhodiola sacra*、草玉梅 *Anemone rivularis*、矛叶荩草 *Arthraxon prionodes*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、西南委陵菜 *Potentilla lineata*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、长芒草 *Stipa bungeana*、腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、小柴胡 *Bupleurum hamiltonii*、细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*、毛蕊花 *Verbascum thapsus*、血满草 *Sambucus adnata*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、簪姑草 *Stellaria vestita*、小画眉草 *Eragrostis minor*、大王马先蒿 *Pedicularis rex* 等。

2) 落叶阔叶林

云南亚热带地区的落叶阔叶林是一种非地带性、不稳定的森林植被类型，多为自然或人为作用下的产物。该类植被群落外貌有明显的季节变化，冬季落叶，春夏开始泛绿，有“夏绿林”之称。其群落结构较简单，多分乔木层、灌木层和草本层 3 层，上层乔木常以一种树种占优势，并在不同地区生境下形成各种类型，而且常有常绿树种入侵，组成落叶、常绿混交林。林内较干燥，少有藤本植物，且组成种类多见亚热带植物区系成分，分布于海拔 1000~3500m 的低山丘陵、中山及亚高山之下。评价区内记录了两个群落，主要分布海拔 2100~3000m，响叶杨林主要分布在必拥村附近，毛枝榆林主要分布在曲支附近。

(1) 响叶杨林

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 3000m 左右，群落高 9m，总盖度约 85%，群落分为三层：乔木层、灌木层、草本层。

乔木层高 9m，盖度 60%。主要植物种类为响叶杨 *Populus adenopoda* 等。

灌木层高 4.8m，盖度 35%。主要种类有淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、齿叶忍冬 *Lonicera setifera*、堯花 *Wikstroemia canescens*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、星毛金锦香 *Osbeckia stellata* 等。

草本层高 0.5m，盖度 20%。主要种类有大王马先蒿 *Pedicularis rex*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*、西南委陵菜 *Potentilla lineata*、四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*、狼毒 *Stellera*

chamaejasme、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、华火绒草 *Leontopodium sinense*、甘西鼠尾草 *Salvia przewalskii*、大理白前 *Cynanchum forrestii* 等。

(2) 毛枝榆林

本群落记录了 2 个样地，调查样地海拔在 2100m 左右，群落高 7m，总盖度约 85%，群落分为三层：乔木层、灌木层、草本层。

乔木层高 7m，盖度 65%。主要植物种类为毛枝榆 *Ulmus androssowii* var. *subhirsuta* 等。

灌木层高 0.4m，盖度 10%。主要种类有小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、清香木 *Pistacia weinmannifolia*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha*、细瘦悬钩子 *Rubus macilentus* 等。

草本层高 0.5m，盖度 20%。主要种类有灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、两头毛 *Incarvillea arguta*、牛至 *Origanum vulgare*、钩毛茜草 *Rubia oncotricha*、蓖麻 *Ricinus communis* 等。

3) 寒温性针叶林

寒温性针叶林是寒温带的地带性植被，或者是亚高山的针叶林，气候伟寒温带气候或亚高山气候。云南的寒温性针叶林分布于云南亚热带亚高山中上部(也称为亚高山针叶林、暗针叶林)，主要是云杉林、冷杉林和落叶松林。这类针叶林能适应寒冷而潮湿的高寒气候，云、冷杉林在亚高山中上部，形成一种稳定的垂直植被带类型，它是西南山地针叶林的一个重要组成部分。寒温性针叶林主要分布在滇西北的山地及滇东北之乌蒙山系，海拔 2700~4000(~4100)m。其分布的垂直上限即为亚高山的森林上界。评价区内记录了川滇冷杉一个群落，主要分布海拔 3700~3800m，主要分布在义用拉卡。

(1) 川滇冷杉林

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 3700~3800m 左右，群落高 15~30m，总盖度约 80%~90%，群落分为三层：乔木层、灌木层、草本层。

乔木层高 15~30m，盖度 60~70%。主要植物种类为川滇冷杉 *Abies forrestii*、川西云杉 *Picea likiangensis* var. *rubescens*、丽江云杉 *Picea likiangensis*、红桦 *Betula albosinensis*、华山松 *Pinus armandii*、大果花楸 *Sorbus megalocarpa* 等。

灌木层高 1.8~2.5m，盖度 25%~30%。主要种类有马樱杜鹃 *Rhododendron delavayi*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、唐古特忍冬 *Lonicera tangutica*、宝兴茶藨子 *Ribes moupinense*、西南栒子 *Cotoneaster franchetii*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、齿叶忍冬 *Lonicera setifera*、灰叶柳 *Salix spodiophylla*、红棕杜鹃 *Rhododendron rubiginosum*、亮叶杜鹃 *Rhododendron vernicosum*、细枝绣线菊 *Spiraea myrtilloides*、桦叶荚蒾 *Viburnum betulifolium*、滇榄仁 *Terminalia franchetii*、细枝栒子 *Cotoneaster tenuipes*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata* 等。

草本层高 0.3~0.5m，盖度 15%。主要种类有宽穗兔儿风 *Ainsliaea latifolia* var. *platyphylla*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、小画眉草 *Eragrostis minor*、友水龙骨 *Polypodiodes amoena*、卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium*、沿阶草 *Ophiopogon bodinieri*、双花堇菜 *Viola biflora*、大丁草 *Gerbera anandria*、野古草 *Arundinella anomala*、竹叶草 *Oplismenus compositus* 等。

4) 温凉性针叶林

温凉性针叶林主要是由松属 *Pinus* 和铁杉属 *Tsuga* 的种类组成，主要分布在滇西北横断山区，滇西和滇东北海拔 2600~3400m 之间的山地，其分布上限常与寒温性针叶林镶嵌，下限与暖性针叶林相连。分布区范围的气候温凉，年均温在 7~12℃ 之间，林下土壤多为棕壤和黄棕壤，组成温凉性针叶林的树种主要有高山松 *Pinus densata*、云南铁杉 *Tsuga dumosa* 和丽江铁杉 *Tsuga forrestii* 等。评价区内仅有高山松成林分布，记录了高山松 1 个群落，主要分布海拔 3100~3400m，主要分布在必拥村，动久达，日堆村，未见云南铁杉林分布。

(1) 高山松林

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 3100~3400m 左右，群落高 7~10m，总盖度约 85%~100%，群落分为三层：乔木层、灌木层、草本层。

乔木层高 7~10m，盖度 60~70%。主要植物种类为高山松 *Pinus densata*、光叶高山栎 *Quercus pseudosemecarpifolia*、黄背栎 *Quercus pannosa*、响叶杨 *Populus adenopoda* 等。

灌木层高 2~5m，盖度 30%~50%。主要种类有戟叶酸模 *Rumex hastatus*、滇榄仁 *Terminalia franchetii*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、峨眉蔷薇

Rosa omeiensis、细枝绣线菊 *Spiraea myrtilloides*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*、乌鸦果 *Vaccinium fragile*、小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、野丁香 *Leptodermis potanini*、小叶杭子梢 *Campylotropis wilsonii*、齿叶忍冬 *Lonicera setifera*、星毛金锦香 *Osbeckia stellata*、灰叶柳 *Salix spodiophylla* 等。

草本层高 0.5~0.7m，盖度 25%~35%。主要种类有早熟禾 *Poa annua*、藁草属 1 种 *Carex* sp.、白车轴草 *Trifolium repens*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、多茎景天 *Sedum multicaule*、云南黄耆 *Astragalus yunnanensis*、圣地红景天 *Rhodiola sacra*、戟叶火绒草 *Leontopodium dedekensii*、大王马先蒿 *Pedicularis rex*、甘西鼠尾草 *Salvia przewalskii*、二色香青 *Anaphalis bicolor*、友水龙骨 *Polypodiodes amoena*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、石花 *Corallodiscus flabellatus*、蒺藜 *Tribulus terrestris*、华火绒草 *Leontopodium sinense*、小画眉草 *Eragrostis minor*、猪毛蒿 *Artemisia scoparia*、腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、宽穗兔儿风 *Ainsliaea latifolia* var. *platyphylla*、卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium*、西南委陵菜 *Potentilla lineata*、偏翅唐松草 *Thalictrum delavayi*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis* 等。

5) 干暖性稀树灌木草丛

稀树灌木丛是评价区分布十分广泛的次生植被类型。群落主要为草丛，其间散生灌木和乔木。灌木一般低矮，有时高度不及草丛。散生的乔木一般生长不良。群落结构不稳定，乔木、灌木和草本三者的比例常随地而异；甚至于有灌木而无乔木；或有乔木而少见灌木；或乔灌木皆无而为一一片草丛。草丛的自然生长高度与生境的水热状况有关。一般，暖热而偏湿的生境主要为高草草丛；温而过湿或过干处则以低草草丛为主。

评价区的稀树灌木丛主要是干暖性稀树灌木丛。主要分布于路边、撂荒地、砍伐破坏严重区域等受人为影响严重的地段，分布范围很广，主要有两头毛灌草丛、密花香薷灌草丛和毛莲蒿灌草丛等，主要分布海拔 2200~3100m，主要分布于河谷两岸。

(1) 两头毛灌草丛

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 2200m，群落高 1.3m，总盖度约

80%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~4.5m，盖度 30%~50%。主要种类有戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、毛莲蒿 *Artemisia vestita* 等。

草本层高 0.5~7m，盖度 25%~35%。主要种类有两头毛 *Incarvillea arguta*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、小画眉草 *Eragrostis minor*、猪毛蒿 *Artemisia scoparia*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、毛蕊花 *Verbascum thapsus*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、狗尾草 *Setaria viridis*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、龙葵 *Solanum nigrum*、黄细心 *Boerhavia diffusa* 等。

(2) 密花香薷灌草丛

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 2350m 左右，群落高 2m，总盖度约 80%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2m，盖度 45%。主要种类有小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida*、云南土沉香 *Excoecaria acerifolia*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa* 等。

草本层高 0.8m，盖度 50%。主要种类有密花香薷 *Elsholtzia densa*、腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、帚状香茶菜 *Rabdosia scoparius*、黄苞南星 *Arisaema flavum* 等。

(3) 毛莲蒿灌草丛

本群落记录了 5 个样地，调查样地海拔在 3100m 左右，群落高 4m，总盖度约 85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 4m，盖度 70%。主要种类有毛莲蒿 *Artemisia vestita*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、堇花 *Wikstroemia canescens*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa* 等。

草本层高 0.9m，盖度 35%。主要种类有腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、狗尾草 *Setaria viridis*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、车前 *Plantago asiatica*、夏枯草 *Prunella vulgaris*、天仙子 *Cuscuta chinensis* 等。

6) 干暖灌丛

本类灌丛分布于云南全省亚热带各地的干暖河谷的特殊生境下。气候干燥炎热是植被发育的主要控制因子。本类灌丛，除了仙巴掌灌丛以外，多数分布于云南北部、西北部的金沙江流域一带，分布的面积较大。群落较低矮、结构较一致，具有一定的代表性。当然，在亚热带地区的干暖河谷中，也会有小乔木种类进入灌丛，但多数是以灌丛为主混生小乔木种类。评价区内共记录 10 个群落，主要分布海拔 2100~3600m，主要分布于河谷两岸。

(1) 白刺花灌丛

本群落记录了 13 个样地，海拔在 2100~3000m 左右，群落高 1.5~5m，总盖度约 60%~95%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 1.5~5m，盖度 40%~80%。主要种类有白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、尧花 *Wikstroemia canescens*、云南土沉香 *Excoecaria acerifolia*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、架棚 *Ceratostigma minus*、灰毛莨 *Caryopteris forrestii*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、西南栒子 *Cotoneaster franchetii*、火棘 *Pyracantha fortuneana*、川西锦鸡儿 *Caragana erinacea*、云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*、牛皮消 *Cynanchum auriculatum* 等。

草本层高 0.3~1m，盖度 10%~40%。主要种类有灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、小画眉草 *Eragrostis minor*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、两头毛 *Incarvillea arguta*、狗尾草 *Setaria viridis*、蒺藜 *Tribulus terrestris*、云南黄耆 *Astragalus yunnanensis*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、一年蓬 *Erigeron annuus*、刺花莲子草 *Alternanthera pungens*、牛至 *Origanum vulgare*、圆苞大戟 *Euphorbia griffithii*、香薷 *Elsholtzia ciliata*、灰叶堇菜 *Viola delavayi*、草玉梅 *Anemone rivularis*、夏枯草 *Prunella vulgaris*、小头蓼 *Polygonum microcephalum*、猪毛蒿 *Artemisia scoparia*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、黄细心 *Boerhavia diffusa*、剪股颖 *Agrostis matsumurae*、蓼属一种 *Polygonum* sp.、菟丝子 *Cuscuta chinensis*、西南风铃草 *Campanula colorata*、独尾草 *Eremurus*

chinensis、蜈蚣草 *Pteris vittata*、龙葵 *Solanum nigrum*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*、展苞灯心草 *Juncus thomsonii*、剑麻 *Agave sisalana*、长芒草 *Stipa bungeana* 等。

(2) 小叶荆灌丛

本群落记录了 18 个样地，海拔在 2500~2900m 左右，群落高 1.3~4m，总盖度约 50%~85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 1.3~4m，盖度 30%~75%。主要种类有小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*、川西锦鸡儿 *Caragana erinacea*、蛇葡萄 *Ampelopsis glandulosa*、云南勾儿茶 *Berchemia yunnanensis*、灰岩木蓝 *Indigofera calcicola*、灰毛蕨 *Caryopteris forrestii*、华西小石积 *Osteomeles schwerinae*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha* 等。

草本层高 0.3~1.1m，盖度 5%~35%。主要种类有黄苞南星 *Arisaema flavum*、藁草属 1 种 *Carex* sp.、密花香薷 *Elsholtzia densa*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、两头毛 *Incarvillea arguta*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、丽子藤 *Dregea yunnanensis* var. *yunnanensis*、刺花莲子草 *Alternanthera pungens*、狗尾草 *Setaria viridis*、蒺藜 *Tribulus terrestris*、四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*、长芒草 *Stipa bungeana*、小画眉草 *Eragrostis minor*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、独尾草 *Eremurus chinensis*、黄背草 *Themeda japonica*、菟丝子 *Cuscuta chinensis*、云南黄耆 *Astragalus yunnanensis*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、蓼属一种 *Polygonum* sp.、大理白前 *Cynanchum forrestii*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、团羽铁线蕨 *Adiantum capillus-junonis*、剑麻 *Agave sisalana*、矛叶荩草 *Arthraxon prionodes*、毛蕊花 *Verbascum thapsus*、猪毛蒿 *Artemisia scoparia*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、剪股颖 *Agrostis matsumurae*、卷叶

黄精 *Polygonatum cirrhifolium*、圣地红景天 *Rhodiola sacra*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、曼陀罗 *Datura stramonium*、中华粘腺果 *Commicarpus chinensis*、牛皮消 *Cynanchum auriculatum* 等。

(3) 小叶荆、白刺花灌丛

本群落记录，5 个样地，海拔在 2000~2600m 左右，群落高 1.8~2.5m，总盖度约 70%~90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 1.8~2.5m，盖度 65%~80%。主要种类有小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、川西锦鸡儿 *Caragana erinacea*、云南锦鸡儿 *Caragana franchetiana*、云南土沉香 *Excoecaria acerifolia*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、素方花 *Jasminum officinale*、凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida* 等。

草本层高 0.5~1m，盖度 5%~25%。主要种类有黄苞南星 *Arisaema flavum*、小画眉草 *Eragrostis minor*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、藁草属 1 种 *Carex* sp.、石花 *Corallodiscus flabellatus*、小叶鹅绒藤 *Cynanchum anthonyanum*、云南黄耆 *Astragalus yunnanensis*、两头毛 *Incarvillea arguta*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、酢浆草 *Oxalis corniculata* 等。

(4) 小鞍叶羊蹄甲灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2100~3600m 左右，群落高 1.5~4m，总盖度约 65%~90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 1.5~4m，盖度 40%~75%。主要种类有小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、清香木 *Pistacia weinmannifolia*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、云南土沉香 *Excoecaria acerifolia*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、蛇葡萄 *Ampelopsis glandulosa*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、茺花 *Wikstroemia canescens*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescent*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha*、灰毛菰

Caryopteris forrestii 等。

草本层高 0.4~1m，盖度 5%~20%。主要种类有密花香薷 *Elsholtzia densa*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、小画眉草 *Eragrostis minor*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、长芒草 *Stipa bungeana*、剪股颖 *Agrostis matsumurae*、狗尾草 *Setaria viridis*、黄细心 *Boerhavia diffusa*、黄背草 *Themeda japonica*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、两头毛 *Incarvillea arguta*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、白花鬼针草 *Bidens pilosa* var. *radiata* 等。

(5) 云南土沉香灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2100~3600m 左右，群落高 2.5~3m，总盖度约 70%~85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2.5~3m，盖度 50%~55%。主要种类有云南土沉香 *Excoecaria acerifolia*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、多花胡枝子 *Lespedeza floribunda*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、堇花 *Wikstroemia canescens*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、野丁香 *Leptodermis potanini* 等。

草本层高 0.6~0.8m，盖度 25%~35%。主要种类有黄苞南星 *Arisaema flavum* 藁草属 1 种 *Carex* sp.、卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、曼陀罗 *Datura stramonium*、天门冬 *Asparagus cochinchinensis*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、白车轴草 *Trifolium repens*、小画眉草 *Eragrostis minor*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、矛叶荩草 *Arthraxon prionodes* 等。

(6) 小叶荆、小鞍叶羊蹄甲灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2200m 左右，群落高 2m，总盖度约 75%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2m，盖度 60%。主要种类有小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、白刺花 *Sophora davidii* var.

davidii、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus* 等。

草本层高 0.5m，盖度 25%。主要种类有三脉紫菀 *Aster ageratoides*、狗尾草 *Setaria viridis*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、大理白前 *Cynanchum forrestii*、小画眉草 *Eragrostis minor*、两头毛 *Incarvillea arguta* 等。

(7) 蛇葡萄灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2200m 左右，群落高 2m，总盖度约 65%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2m，盖度 45%。主要种类有蛇葡萄 *Ampelopsis glandulosa*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata* 等。

草本层高 0.6~0.7m，盖度 15%。主要种类有灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata* 细瘦卷柏 *Selaginella vardei*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、两头毛 *Incarvillea arguta*、四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、地不容 *Stephania epigaea* 等。

(8) 单刺仙人掌肉质灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2000~2400m 左右，群落高 1~2.5m，总盖度约 75%~95%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 1~2.5m，盖度 60%~90%。主要种类有单刺仙人掌 *Opuntia monacantha*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、小雀花 *Campylotropis polyantha* 等。

草本层高 0.3~0.7m，盖度 5%~30%。主要种类有黄苞南星 *Arisaema flavum*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、狗尾草 *Setaria viridis*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、飞扬草 *Euphorbia hirta*、小画眉草 *Eragrostis minor*、两头毛 *Incarvillea arguta*、一年蓬 *Erigeron annuus*、刺花莲子草 *Alternanthera pungens*、曼陀罗 *Datura stramonium*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、细瘦卷柏 *Selaginella vardei*、

三脉紫菀 *Aster ageratoides*、蒺藜 *Tribulus terrestris*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、龙葵 *Solanum nigrum*、香薷 *Elsholtzia ciliata*、牛至 *Origanum vulgare*、菟丝子 *Cuscuta chinensis*、地不容 *Stephania epigaea* 等。

(9) 灰毛茛灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2200m 左右，群落高 2m，总盖度约 85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2m，盖度 80%。主要种类有灰毛茛 *Caryopteris forrestii*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、单刺仙人掌 *Opuntia monacantha* 等。

草本层高 0.3m，盖度 5%。主要种类有大理白前 *Cynanchum forrestii*、四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*、黄苞南星 *Arisaema flavum* 等。

(10) 凹叶雀梅藤灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 3000m 左右，群落高 2~3m，总盖度约 65%~85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~3m，盖度 60%。主要种类有凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、金露梅 *Potentilla fruticosa* 等。

草本层高 0.6~0.9m，盖度 15%~25%。主要种类有薹草属 1 种 *Carex* sp.、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、两头毛 *Incarvillea arguta*、腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、小画眉草 *Eragrostis minor*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、华火绒草 *Leontopodium sinense*、偏翅唐松草 *Thalictrum delavayi*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、细柄野荞麦 *Fagopyrum gracilipes*、血满草 *Sambucus adnata*、狼毒 *Stellera chamaejasme* 等。

7) 暖温性灌丛

暖性灌丛主要分布于亚热带气候下的各低山丘陵，海拔 1400~2500m 左右。例如滇中、滇东各地以及滇东南邱北、砚山、文山一带的石灰岩山地均有本类植被分

布。分布地的气候条件与滇青冈林或云南松林近似，但基质干旱的影响十分突出。滇东北角也有此类石灰岩灌丛分布，海拔降低至 700m 左右，如盐津县一带，但群落中种类成分与滇中高原一带有着明显的差异。至于云南的高山、亚高山的和干暖河谷的石灰岩灌丛，由于影响植被的主导因子是冷湿或干热，基质的影响成为次要因子，故都相应地包括在高山、亚高山灌丛和干暖河谷灌丛之中。本类灌丛具有一定的次生性。评价区内共记录 6 个群落，主要分布海拔 2000~3300m，主要分布于河谷两岸。

(1) 马桑灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2000m 左右，群落高 4.5m，总盖度约 92%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 4m，盖度 70%。主要种类有马桑 *Coriaria nepalensis*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、戟叶酸模 *Rumex hastatus*、西南栒子 *Cotoneaster franchetii*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、水麻 *Debregeasia orientalis*、清香木 *Pistacia weinmannifolia*、裂果女贞 *Ligustrum sempervirens*、细瘦悬钩子 *Rubus macilentus*、毛莲蒿 *Artemisia vestita* 等。

草本层高 0.5m，盖度 30%。主要种类有团羽铁线蕨 *Adiantum capillus-junonis*、小蓬草 *Conyza canadensis*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、细瘦卷柏 *Selaginella vardei*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、紫茎泽兰 *Ageratina adenophora*、马鞭草 *Verbena officinalis* 等。

(2) 戟叶酸模灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 3000m 左右，群落高 2~3.6m，总盖度约 75%~85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~3.6m，盖度 50%~80%。主要种类有戟叶酸模 *Rumex hastatus*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、紫红悬钩子 *Rubus subinopertus*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavesceus*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、架棚 *Ceratostigma minus*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、灰岩木蓝 *Indigofera calcicola* 等。

草本层高 0.3~0.8m，盖度 5%~20%。主要种类有云南蝇子草 *Silene*

yunnanensis、两头毛 *Incarvillea arguta*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、中华山蓼 *Oxyria sinensis*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、酢浆草 *Oxalis corniculata*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、问荆 *Equisetum arvense*、黄背草 *Themeda japonica* 等。

(3) 尧花灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 3000~3300m 左右，群落高 2~4m，总盖度约 75%~90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~4m，盖度 50%~75%。主要种类有尧花 *Wikstroemia canescens*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、野丁香 *Leptodermis potanini*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、灰毛蕨 *Caryopteris forrestii*、细瘦六道木 *Abelia forrestii*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、刺红珠 *Berberis dictyophylla*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、多花胡枝子 *Lespedeza floribunda*、毛莲蒿 *Artemisia vestita* 等。

草本层高 0.5~0.8m，盖度 30%~45%。主要种类有华火绒草 *Leontopodium sinense*、小头蓼 *Polygonum microcephalum*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、两头毛 *Incarvillea arguta*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、多茎景天 *Sedum multicaule*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、长芒草 *Stipa bungeana*、腋花马先蒿 *Pedicularis axillaris*、小画眉草 *Eragrostis minor*、三脉紫菀 *Aster ageratoides* 等。

(4) 淡黄鼠李灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2800~2900m 左右，群落高 2~3m，总盖度约 65%~75%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~3m，盖度 40%~50%。主要种类有淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、野丁香 *Leptodermis potanini*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、凹叶雀梅藤 *Sageretia horrida*、羊眼子 *Wikstroemia ligustrina*、小叶栒子 *Cotoneaster microphyllus*、川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa* 等。

草本层高 0.4~0.6m，盖度 35%。主要种类有密花香薷 *Elsholtzia densa*、薹草属

1 种 *Carex* sp.、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium*、矛叶荩草 *Arthraxon prionodes*、两头毛 *Incarvillea arguta*、小画眉草 *Eragrostis minor*、大理白前 *Cynanchum forrestii*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata* 等。

(5) 野丁香灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2500~2800m 左右，群落高 2~4m，总盖度约 65%~90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~4m，盖度 45%~55%。主要种类有野丁香 *Leptodermis potanini*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、毛莲蒿 *Artemisia vestita*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、堯花 *Wikstroemia canescens* 等。

草本层高 0.5~1.5m，盖度 5~45%。主要种类有密花香薷 *Elsholtzia densa*、两头毛 *Incarvillea arguta*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、中甸黄堇 *Corydalis zhongdianensis*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、大理白前 *Cynanchum forrestii* 等。

(6) 川滇野丁香灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 2600~2800m 左右，群落高 3~3.5m，总盖度约 75%~90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 3~3.5m，盖度 55%~70%。主要种类有川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、蛇葡萄 *Ampelopsis glandulosa*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、野丁香 *Leptodermis potanini*、小雀花 *Campylotropis polyantha* 等。

草本层高 0.5~1.5m，盖度 25%~30%。主要种类有灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、垫状卷柏 *Selaginella pulvinata*、密花香薷 *Elsholtzia densa*、三角羽旱蕨 *Pellaea hastata*、黄苞南星 *Arisaema flavum*、三脉紫菀 *Aster ageratoides*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、黄背草 *Themeda japonica*、丽子藤 *Dregea yunnanensis* var. *yunnanensis*、天门冬 *Asparagus cochinchinensis*、蒺藜 *Tribulus terrestris*、小画眉草

Eragrostis minor、云南蝇子草 *Silene yunnanensis*、狗牙根 *Cynodon dactylon*、藁草属 1 种 *Carex* sp.、大理白前 *Cynanchum forrestii* 等。

8) 寒温性灌丛

在云南主要分布在几座高山上部，诸如玉龙雪山、哈巴雪山、苍山、乌蒙山等的森林线以上，分布的海拔都在 3800m 以上，但也有下延至 3200m 左右者。本类灌丛在高山植被垂直带中占据重要的地位，构成森林以上的一个植被带，此带的上方为高山草甸带。所以，它的主要分布海拔范围为 3800~4300m。个别分布于亚高山的灌丛，常出现于森林带之中(海拔 3200~3800m)。都处在久经放牧利用的亚高山草甸附近，或地面多砾岩之处，或山顶多风之处。成为比较持久的植被类型。所在地的气候特点为：集冷，多雪，多风，日照强。年平均气温在 10℃ 以下(常为 35℃)。最冷月均温都在 0℃ 以下，地面为冰雪所覆盖，生长季短。年雨量 500~800mm，分配不均，雨季时常为云雾所罩。冷湿空气和烈日相间出现，气温变幅巨大。高山多强风。土壤瘠薄，地表多砾石。评价区内记录三个群落，主要分布海拔 4100m 左右，主要分布于崩努，义用拉卡。

(1) 川滇蔷薇群落

本群落记录 5 个样地，海拔在 2100~2900m 左右，群落高 2.5~3m，总盖度约 75%~85%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2~4.5m，盖度 45%~55%。主要种类有川滇蔷薇 *Rosa soulieana*、戟叶酸膜 *Rumex hastatus*、白刺花 *Sophora davidii* var. *davidii*、小鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa* var. *microphylla*、小雀花 *Campylotropis polyantha*、峨眉蔷薇 *Rosa omeiensis*、川滇野丁香 *Leptodermis pilosa*、野丁香 *Leptodermis potanini*、淡黄鼠李 *Rhamnus flavescens*、网叶木蓝 *Indigofera reticulata*、细枝绣线菊 *Spiraea myrtilloides*、马桑 *Coriaria nepalensis*、灰叶柳 *Salix spodiophylla*、小叶荆 *Vitex negundo* var. *microphylla*、水麻 *Debregeasia orientalis*、清香木 *Pistacia weinmannifolia* 等。

草本层高 0.5~0.8m，盖度 15%~30%。主要种类有中华山蓼 *Oxyria sinensis*、灰苞蒿 *Artemisia roxburghiana*、刺铁线莲 *Clematis delavayi* var. *spinescens*、车前 *Plantago asiatica*、蜈蚣草 *Pteris vittata*、帚状香茶菜 *Rabdosia scoparius*、两头毛 *Incarvillea arguta*、蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、狗尾草 *Setaria viridis*、小蓬草

Conyza Canadensis、酢浆草 *Oxalis corniculata*、鬼吹箫 *Leycesteria Formosa*、四川嵩草 *Kobresia setschwanensis*、细叶苦荬 *Lxeris gracilis* 等。

(2) 海绵杜鹃灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 4200m 左右，群落高 2m，总盖度约 80%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 2m，盖度 70%。主要种类有海绵杜鹃 *Rhododendron pingianum*、岩须 *Cassiope selaginoides*、红毛花楸 *Sorbus rufopilosa*、金黄杜鹃 *Rhododendron rupicola* var. *Chryseum*、金露梅 *Potentilla fruticosa* 等。

草本层高 0.4m，盖度 10%。主要种类有滇黄芩 *Veratilla baillonii*、锡金报春 *Primula sikkimensis*、岩白菜 *Bergenia purpurascens*、美穗蓼 *Polygonum calostachyum*、紫百合花 *Lilium soulei*、卷叶黄精 *Polygonatum cirrhifolium* 等。

(3) 金黄杜鹃灌丛

本群落记录 5 个样地，海拔在 4100m 左右，群落高 0.4m，总盖度约 90%，群落分为二层：灌木层、草本层。

灌木层高 0.4m，盖度 75%。主要种类有金黄杜鹃 *Rhododendron rupicola* var. *Chryseum*、岩须 *Cassiope selaginoides*、金露梅 *Potentilla fruticosa* 等。

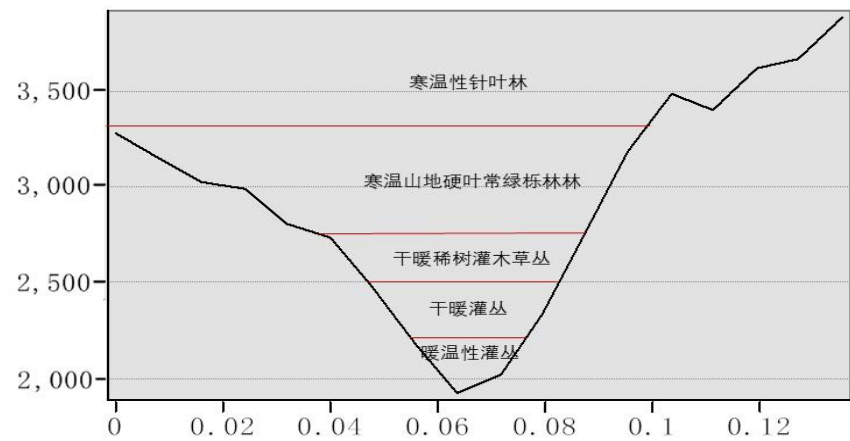
草本层高 0.3m，盖度 20%。主要种类有滇黄芩 *Veratilla baillonii*、卷叶贝母 *Fritillaria cirrhosa*、矮棱子芹 *Pleurospermum nanum*、喜马拉雅紫菀 *Aster himalaicus*、短柄虎耳草 *Saxifraga brachyopoda*、薹草属 1 种 *Carex* sp.、珠芽蓼 *Polygonum viviparum* 等。

c) 植被分布特征

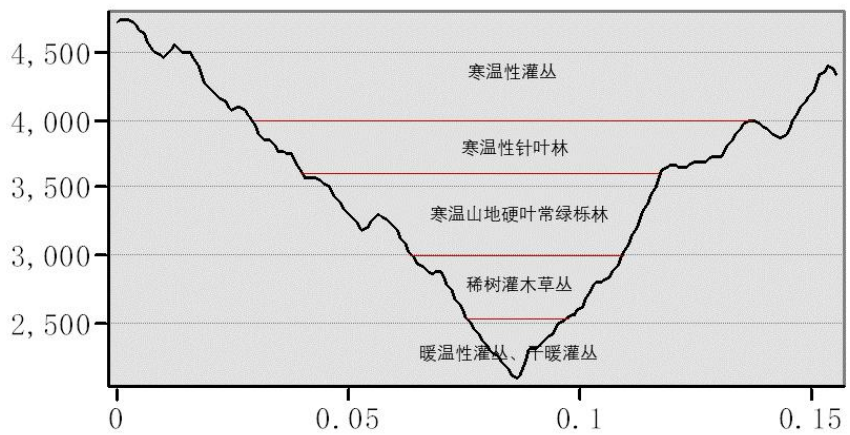
评价区的地带性植被为半湿润常绿阔叶林，但由于受地形和海拔影响，金沙江近岸为典型干暖河谷气候，面积占评价区面积的 59.71%，表现为高温、低湿度和显著的昼夜温差，降水稀少且分布不均。植被通常以耐旱、耐热的植物为主，如灌木、草本植物和稀疏的乔木，主要植被类型有干暖灌丛、暖温性灌丛和稀树灌木草丛；主要群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、野丁香灌丛等。高海拔地区另有寒温性温性针叶林和寒温山地硬叶常绿阔叶林及高山灌丛分布。

评价区植被的水平分布变化不明显，垂直分布的基本规律为：海拔 3900~4300m 主要为寒温性灌丛，3700~3800m 主要为寒温性针叶林，3100~3400m 主要为温凉性

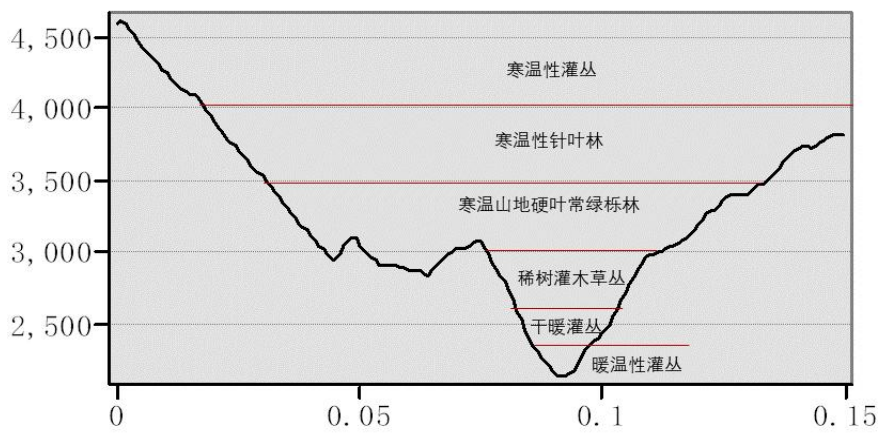
针叶林，2600~3300m 主要为寒温山地硬叶常绿栎林，2200~3100m 主要为干暖稀树灌木草丛 2000~2500m 主要为暖温性灌丛、干暖灌丛。典型断面植被垂直分布如图 4.4.5-1 所示。



坝址植被垂直分布剖面图



库中植被垂直分布剖面图



库尾植被垂直分布剖面图

图 4.4.5-2 典型地段植被垂直分布剖面图

d) 植物群落物种多样性特征

陆生生态影响评价区物种丰富，Shannon-Wiener 多样性指数(H)高为 0.6325，但由于区域内物种种类多，但数量上存在巨大差异，所以 Pielou 均匀度指数(J)偏低，各物种在对应的群落中也存在绝对的优势。

表 4.4.4-2 生态影响评价区物种多样性指数表

Shannon-Wiener 指数(H)	Pielou 均匀度指数(J)	Simpson 优势度指数(D)
0.6325	0.3024	0.1241

e) 植被演替特征

评价区除耕地、园地等人工植被类型外，现存的自然植被如灌丛、灌草丛、阔叶林、针叶林多为原生状态。河谷下部的植被演替特征包括两方面，一方面，人为放牧对河谷灌丛和稀树灌木草丛的影响，过度放牧存在植被退化的风险；另一方面，局部陡坡地段发生自然滑坡，灌丛和稀树灌木草丛会在滑坡体上发生自然演替过程。河谷上部，寒温性针叶林和寒温性山地硬叶常绿阔叶林受破坏或干扰后，会被落叶阔叶林林和高山松林替代，经自然演替过程，落叶阔叶林林和高山松林会逐步恢复为寒温性针叶林或寒温性山地硬叶常绿阔叶林。

4.4.4.2 陆生植物

a) 植物种类数量

根据野外实地考察结果并综合相关资料，评价区区域植被属于亚热带山地寒温性针叶林，分布的陆生维管植物共计 117 科 372 属 867 种，其中蕨类植物共 12 科 17 属 39 种，裸子植物共 3 科 7 属 11 种，被子植物共 102 科 349 属 817 种。

b) 植物区系特征

参照吴征镒的《中国种子植物属的分布区类型》(1991)和吴征镒等的《中国种子植物区系地理》(2011)，蕨类部分参照吴兆洪、秦仁昌的《中国蕨类植物科属志》(1991)进行区系划分，评价区野生维管植物 372 属(不包括栽培属)划分为 15 个分布区类型。

表 4.4.4-3 评价区植物区系成分分析

区系地理分布类型	属数	占总数%
1. 世界分布	48	~
2. 泛热带(或全热带)分布	52	16.05
3. 热带亚洲和热带美洲间断分布	10	3.09
4. 旧世界热带分布	12	3.70

表 4.4.4- 3(续)

区系地理分布类型	属数	占总数%
5. 热带亚洲和热带大洋洲分布	9	3.09
6. 热带亚洲和热带非洲连续或间断分布	9	2.78
7. 热带亚洲分布	14	4.32
8. 北温带分布	104	32.10
9. 东亚和北美间断分布	20	6.48
10. 欧亚温带分布	36	11.11
11. 温带亚洲分布	6	1.85
12. 地中海、西亚至中亚分布	9	2.78
13. 中亚特有分布	2	0.62
14. 东亚分布	32	9.88
15. 中国特有分布	8	2.47
总计(不含世界分布属)	372	100.00

从表 4.4.4- 3 可知评价区野生维管植物包含有世界分布属、热带分布属(第 2~7 类)、温带分布属(第 8~14 类)和中国特有分布属 4 个大类，其中热带分布属、温带分布属及中国特有分布属分别占评价区野生维管植物非世界分布总属数的 28.57%、56.33%、2.16%。在热带分布属中，以热带亚洲分布属最多；在温带分布属中，北温带分布属居首位，其次是欧亚温带分布和东亚分布属，其他的温带分布属所含比例相对较少。

c) 植物多样性

陆生生态影响评价区植物种类丰富，Shannon-Wiener 多样性指数(H)高为 0.6325，但由于区域内物种种类多，但数量上存在巨大差异，所以 Pielou 均匀度指数(J)偏低，各物种在对应的群落中也存在绝对的优势。

表 4.4.4-4 生态影响评价区植物物种多样性指数表

Shannon-Wiener 指数(H)	Pielou 均匀度指数(J)	Simpson 优势度指数(D)
0.6325	0.3024	0.1241

d) 重要植物

对照《国家重点保护野生植物名录》(2021)、《云南省重点保护野生植物名录》(2023)、《四川省重点保护野生植物名录》(2024 年 8 月)、《云南省极小种群野生植物保护名录(2022)》和《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》(2020)，根据野外调查结果和区域有关研究成果，评价区内共有国家重点保护的野生植物 10 种，其中一级 1 种，为西藏红豆杉 *Taxus wallichiana*，二级 9 种，为金铁锁

Psammosilene tunicoides、光核桃 *Prunus mira*、圣地红景天 *Rhodiola sacra*、冬麻豆 *Salweenia wardii*、西南手参 *Gymnadenia orchidis*、独蒜兰 *Pleione bulbocodioides*、疙瘩七 *Panax bipinnatifidus*、滇牡丹 *Paeonia delavayi*、金荞麦 *Fagopyrum dibotrys*。有红色名录中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的植物共 21 种，其中极危(CR)2 种，为异叶薯蓣 *Dioscorea biformifolia* 和三角叶薯蓣 *Dioscorea deltoidea*，濒危(EN)3 种，为滇西山楂 *Crataegus oresbia*、冬麻豆 *Salweenia wardii* 和疙瘩七 *Panax bipinnatifidus*；易危(VU)16 种，除 3 种国家重点保护野生植物外，还有川滇槲蕨 *Drynaria delavayi*、鳞皮冷杉 *Abies squamata*、大果圆柏 *Juniperus tibetica*、微毛爪哇唐松草 *Thalictrum javanicum* var. *puberulum*、裂果女贞 *Ligustrum sempervirens*、滇紫草 *Onosma paniculatum*、云南粗糠树 *Ehretia confinis*、圆茎翅茎草 *Pterygiella cylindrica*、细瘦六道木 *Abelia forrestii*、云南双盾木 *Dipelta yunnanensis*、马尔康糙果芹 *Trachyspermum triradiatum*、高山薯蓣 *Dioscorea delavayi*、川滇叠鞘兰 *Chamaegastrodia inverta*；还分布有 2 种区域分布植物，错枝榄仁 *Terminalia franchetii* var. *intricata* 和川樺草 *Oligomeris linifolia*。

野外调查未发现云南省和四川省重点保护植物名录中的物种分布，也未见有极小种群物种。野外调查共发现重要植物分布点 44 处共 92 株(丛)，4 株胡桃 *Juglans regia* 古树。各重要植物分布位置及数量如表 4.4.4-5 所示。

表 4.4.4-5 评价区内重要植物分布

序号	种名	保护级别 /濒危等级	特有种	极小种群 野生植物	分布区域		资料来源	数量	工程占 用情况	与工程距离
					经度	纬度				
1	西藏红豆杉 <i>Taxus wallichiana</i>	国家一级 VU	否	否	99°10'37"E	28°20'13"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
2	金荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i>	国家二级	否	否	99°10'12"E	28°35'35"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
3	金铁锁 <i>Psammosilene tunicoides</i>	国家二级, VU	否	否	99°11'48"E	28°25'0"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
4	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°17'39"E	28°25'8"N	野外调查	2	否	距淹没线 0.5km
5	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°19'32"E	28°24'29"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
6	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°19'35"E	28°24'13"N	野外调查	18	否	距淹没线>1km
7	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°15'42"E	28°24'49"N	野外调查	2	否	距淹没线 0.7km
8	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°9'46"E	28°23'51"N	野外调查	1	否	距淹没线 0.73km
9	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°9'41"E	28°23'49"N	野外调查	1	否	距淹没线 0.86km
10	光核桃 <i>Prunus mira</i>	国家二级	否	否	99°9'40"E	28°23'48"N	野外调查	1	否	距淹没线 0.9km
11	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	否	否	99°14'3"E	28°24'33"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
12	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	否	否	99°11'48"E	28°24'59"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
13	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	否	否	99°16'30"E	28°18'6"N	野外调查	1	是	枢纽区内
14	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	否	否	99°19'45"E	28°24'7"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
15	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	否	否	99°12'8"E	28°25'46"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
16	冬麻豆 <i>Salweenia wardii</i>	国家二级, EN	否	否	99°11'38"E	28°26'53"N	野外调查	1	否	距淹没线 0.5 km
17	西南手参 <i>Gymnadenia orchidis</i>	国家二级, VU	否	否	99°11'29"E	28°20'8"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
18	独蒜兰 <i>Pleione bulbocodioides</i>	国家二级	否	否	99°20'49"E	28°23'15"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
19	疙瘩七 <i>Panax bipinnatifidus</i>	国家二级, EN	否	否	99°20'5"E	28°24'25"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
20	滇牡丹 <i>Paeonia delavayi</i>	国家二级	否	否	99°19'46"E	28°24'13"N	野外调查	3	否	距淹没线>1km
21	异叶薯蓣 <i>Dioscorea biformifolia</i>	CR	否	否	99°10'33"E	28°24'11"N	野外调查	2	是	淹没线下
22	三角叶薯蓣 <i>Dioscorea deltoidea</i>	CR	否	否	99°11'23"E	28°20'2"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
23	滇西山楂 <i>Crataegus oresbia</i>	EN	否	否	99°14'21"E	28°27'14"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km

表 4.4.4-5(续)

序号	种名	保护级别 /濒危等级	特有种	极小种群 野生植物	分布区域		资料来源	数量	工程占 用情况	与工程距离
					经度	纬度				
24	川滇槲蕨 <i>Drynaria delavayi</i>	VU	否	否	99°11'39"E	28°20'29"N	野外调查	3	否	距淹没线>1km
25	川滇槲蕨 <i>Drynaria delavayi</i>	VU	否	否	99°21'1"E	28°23'2"N	野外调查	4	否	距淹没线>1km
26	鳞皮冷杉 <i>Abies squamata</i>	VU	否	否	99°10'20"E	28°19'26"N	野外调查	4	否	距淹没线>1km
27	大果圆柏 <i>Juniperus tibetica</i>	VU	否	否	99°10'37"E	28°20'13"N	野外调查	3	否	距淹没线>1km
28	微毛爪哇唐松草 <i>Thalictrum javanicum</i>	VU	否	否	99°11'34"E	28°20'15"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
29	微毛爪哇唐松草 <i>Thalictrum javanicum</i>	VU	否	否	99°21'2"E	28°23'2"N	野外调查	3	否	距淹没线>1km
30	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	否	否	99°17'21"E	28°17'27"N	野外调查	3	否	距枢纽区 0.1km
31	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	否	否	99°15'53"E	28°18'28"N	野外调查	1	是	枢纽区内
32	滇紫草 <i>Onosma paniculatum</i>	VU	否	否	99°12'17"E	28°27'53"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
33	云南粗糠树 <i>Ehretia confinis</i>	VU	否	否	99°14'11"E	28°19'39"N	野外调查	1	是	淹没线下
34	圆茎翅茎草 <i>Pterygiella cylindrica</i>	VU	否	否	99°17'17"E	28°25'20"N	野外调查	2	是	淹没线下
35	细瘦六道木 <i>Abelia forrestii</i>	VU	否	否	99°12'11"E	28°27'48"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
36	细瘦六道木 <i>Abelia forrestii</i>	VU	否	否	99°11'55"E	28°24'31"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
37	云南双盾木 <i>Dipelta yunnanensis</i>	VU	否	否	99°18'33"E	28°25'21"N	野外调查	1	是	淹没线下
38	马尔康糙果芹 <i>Trachyspermum triradiatum</i>	VU	否	否	99°12'12"E	28°28'5"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
39	高山薯蓣 <i>Dioscorea delavayi</i>	VU	否	否	99°11'43"E	28°27'55"N	野外调查	2	否	距淹没线>1km
40	川滇叠鞘兰 <i>Chamaegastrodia inverta</i>	VU	否	否	99°17'59"E	28°17'51"N	野外调查	1	否	距枢纽区 0.2km
41	错枝榄仁 <i>Terminalia franchetii</i> var. <i>intricata</i>	局域种	否	否	99°11'58"E	28°36'26"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
42	错枝榄仁 <i>Terminalia franchetii</i> var. <i>intricata</i>	局域种	否	否	99°12'31"E	28°37'0"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
43	川樺草 <i>Oligomeris linifolia</i>	局域种	否	否	99°18'58"E	28°14'46"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
44	川樺草 <i>Oligomeris linifolia</i>	局域种	否	否	99°19'9"E	28°15'48"N	野外调查	1	否	距淹没线>1km
合计								92		

1) 国家重点保护野生植物

评价区内共分布有国家重点保护的野生植物 10 种，其中一级 1 种，为西藏红豆杉，二级 9 种，为金铁锁、光核桃、圣地红景天、冬麻豆、西南手参、独蒜兰、疙瘩七、滇牡丹、金荞麦。

2) 红色名录植物

评价区内有列入《中国生物多样性红色名录—高等植物卷》极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的植物共 21 种，其中极危(CR)2 种，为异叶薯蓣，三角叶薯蓣；濒危(EN)3 种，为滇西山楂、冬麻豆和疙瘩七；易危(VU)16 种，除 3 种国家重点保护植物外，还有川滇槲蕨、鳞皮冷杉、大果圆柏、微毛爪哇唐松草、裂果女贞、滇紫草、云南粗糠树、圆茎翅茎草、细瘦六道木、云南双盾木、马尔康糙果芹、高山薯蓣、川滇叠鞘兰。

表 4.4.4-6 评价区珍稀保护植物情况一览表

名称		类型	主要分布区域	评价区位置	海拔(m)	距淹没线距离	图片
国家重点保护植物	西藏 红豆杉	乔木	四川、云南、 西藏等	义用村 西南	3200	>1km	
	金铁锁	多年 生草本	金沙江/雅鲁藏布 江沿岸	奔珠村 东侧	3360	>1km	
	光核桃	落叶 乔木	西藏、云南、 四川	东水村西 侧	-2760	>1km-	

表 4.4.4-6(续)






名称	类型	主要分布区域	评价区位置	海拔(m)	距淹没线距离	图片
圣地红景天	多年生草本	西藏、云南北部	枢纽工程区及周边	2130~3000	>1km	
冬麻豆	常绿灌木	四川西部、西藏东部	章归附近	2390	约0.5km	
西南手参	草本	川、滇、藏	义用附近	3120	边缘	
独蒜兰	半附生草本	滇、贵、川、藏等	古学乡东南部	3200	边缘	
疙瘩七	多年生草本	滇中、滇北、贵、川西南	古学乡东南部	3200	边缘	
滇牡丹	亚灌木	滇、川、藏	古学乡东南部	3200	边缘	
金荞麦	多年生草本	全国多地	达日村西北部	2600	>1km-	

表 4.4.4-6(续)







名称		类型	主要分布区域	评价区位置	海拔(m)	距淹没线距离	图片
红色名录植物	异叶薯蓣	草质藤本	云南	关用达向北 1.4km	2040	淹没线下	
	三角叶薯蓣	草质藤本	西藏	义用向南 1.2km	3200	边缘	
	滇西山楂	灌木	云南西北部	左贡村附近	2810	>1km	
	川滇槲蕨	附生蕨类	川、滇、藏、陕、甘	义用向南 0.8km	2840	边缘	
	鳞皮冷杉	乔木	川西、青南、藏东南	义用向南	3890	边缘及区外	
	大果圆柏	乔木	甘南、川、青南、藏	义用附近	3190	边缘及区外	

表 4.4.4-6(续)

名称		类型	主要分布区域	评价区位置	海拔(m)	距淹没线距离	图片
红色名录植物	微毛爪哇唐松草	草本	滇中西北、川西南、黔西	义用附近	2980	边缘及区外	
	裂果女贞	常绿灌木	川西南、滇西北	甲学附近	2100	>1km	
	滇紫草	草本	川西至滇中、黔西	扎绒附近	3080	>1km	
	云南粗糠树	乔木	滇西南	目永沟东金沙江对岸	2100	淹没线下	
	圆茎翅茎草	草本	滇、川	东旺许曲	2100	淹没线下	
	细瘦六道木	落叶灌木	川西南、滇西北	布丁村北方向	>3000	>1km	

表 4.4.4-6(续)

名称		类型	主要分布区域	评价区位置	海拔(m)	距淹没线距离	图片
红色名录植物	云南双盾木	落叶灌木	陕、甘、鄂、川、黔、滇	四绒各	2110	淹没线下	
	马尔康糙果芹	草本	四川	扎绒附近	3000	>1km	
	高山薯蓣	草质藤本	川西、黔北、云南	扎叶村西北方向	2780	>1km	
	川滇叠鞘兰	草本	川西南、滇北	甲学附近	2420	>1km	

3) 古树名木

得荣县古学乡的下拥村和必拥村拥有 2 株胡桃树，分布海拔 2500m 左右；瓦卡镇有 2 株古胡桃树。评价区分布的古树名木见表 4.4.4-7。

表 4.4.4-7 评价区古树分布情况

植物名称	地理位置				数量	年龄	胸径(cm)	冠幅(m)	临近工程名称	与工程距离	工程占用情况
	地名	纬度	经度	海拔 m							
胡桃 <i>Juglans regia</i>	下拥村	28°24'53"E	99°19'01"N	2499	1	120	85	10*12	淹没区	0.65km	否
胡桃 <i>Juglans regia</i>	必拥村	28°24'29"E	99°17'52"N	2467	1	120	80	11*10		0.35km	否
胡桃 <i>Juglans regia</i>	瓦卡镇	28°14'07"E	99°18'41"N	2036	1	140	140	8*9	角玛移民点	1.5km	否
胡桃 <i>Juglans regia</i>	瓦卡镇	28°14'07"E	99°18'40"N	2048	1	140	150	10*10	角玛移民点	1.5km	否

*注：国家 I 级古树树龄 500 年以上，国家 II 级古树 300-499 年，国家 III 级古树 100~299 年。

4) 区域特有种

(1) 错枝榄仁 *Terminalia franchetii* var. *Intricata*

灌木，高 0.6~1m，茎皮红棕色；分枝多弯曲，枝黑褐色或褐色，叶较小，穗状花序短小，



果小。花期 5~6 月，果期 7 月。产云南西北部和四川西南部(乡城)。

在本次调查中记录到两个地点，均位于淹没区外。主要分布于金沙江 2500m 左右的江边。

(2) 川樺草 *Oligomeris linifolia*

直立草本、多分枝，高 10~40cm，全株无毛；茎淡绿色。叶散生或簇生，花小，蒴果近球形，种子多数。花果期 6~7 月。

本次调查中记录到两个地点，均位于得荣县瓦卡镇附近，距离淹没区较远。生长于海拔 2070m 的金沙江河谷沙滩上。



5) 外来入侵植物

结合野外实地调查以及网站

<https://www.plantplus.cn/ias/splist> 查询确定评价区外来物种种类，评价区内一共有入侵植物 19 种。

表 4.4.4-8 评价区入侵植物名录

序号	名称	入侵级别	原产地
1	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	1	北美洲
2	小蓬草 <i>Conyza canadensis</i>	1	北美洲
3	白花鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	1	热带美洲
4	鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	1	美洲
5	刺花莲子草 <i>Alternanthera pungens</i>	2	南美洲
6	白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	2	北非、中亚、西亚和欧洲
7	红车轴草 <i>Trifolium pratense</i>	2	北非、中亚和欧洲
8	蓖麻 <i>Ricinus communis</i>	2	东非
9	紫茉莉 <i>Mirabilis jalapa</i>	2	热带美洲
10	牵牛 <i>Ipomoea nil</i>	2	南美洲
11	曼陀罗 <i>Datura stramonium</i>	2	墨西哥
12	牛膝菊 <i>Galinsoga parviflora</i>	2	南美洲
13	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	2	欧洲南部和地中海沿岸
14	紫苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	4	西亚
15	黄花稔 <i>Sida acuta</i>	4	热带美洲
16	虎尾草 <i>Chloris virgata</i>	4	非洲
17	留兰香 <i>Mentha spicata</i>	5	中亚、西亚、北非、欧洲
18	万寿菊 <i>Tagetes erecta</i>	5	北美洲
19	百日菊 <i>Zinnia elegans</i>	5	墨西哥

注：入侵级别：1 级(恶意入侵)；2 级(严重入侵)；3 级(局部入侵)；4 级(一般入侵)；5 级及以下(有待观察)。

6) 生态公益林现状

生态公益林是指生态区位极为重要，或生态状况极为脆弱，对国土生态安全、生物多样性保护和经济社会可持续发展具有重要作用，以提供森林生态和社会服务产品为主要经营目的的重点的防护林和特种用途林。包括水源涵养林、水土保持林、防风固沙林和护岸林等；自然保护区的森林和国防林等。

根据项目涉及县市林业局的最新统计资料及解译结果，评价区内共有国家公益林 40181.48hm²，国家公益林以灌木林地为主(18592.36hm²)，其次是乔木林地(15051.98hm²)，宜林地(3885.55)无立木林地(1546.32hm²)和未成林造林地(1105.27hm²)面积较小。主要森林类型有高山松林、川滇冷杉林、黄背栎林和响叶杨林等；主要灌丛植被类型有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛和灰毛菴灌丛等。

工程蓄水会淹没白马雪山国家级自然保护区界外部分植被，主要有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等类型。

4.4.5 陆生脊椎动物

4.4.5.1 动物区系

根据《中国动物地理》(张荣祖, 2011), 评价区所处的位置是横断山区部分, 动物地理上属于东洋界—西南区(V)—西南山地亚区(VA)—滇西北山地小区(VA1)的最北缘地区, 与古北界—青藏区(IV)—青海藏南亚区(IVB)—迪庆高山高原小区(IVB1)交汇。248 种四纲陆生脊椎动物以东洋界种类为主(145 种), 占全部陆生脊椎动物种数的 58.47%; 东洋和古北两界共有种类(55 种)占全部陆生脊椎动物种数的 22.18%; 古北界种类(48 种)全部陆生脊椎动物种数的 19.35%。东洋界种类中以西南区种类(横断山种类)为主。说明该地区位于西南区(V)—西南山地亚区(VA) —滇西北山地小区(VA1)的最北缘, 有比例不少的东洋古北两界共有种类, 还有部分古北界种类(主要是青藏区种类)从高山高原面渗入(以鸟类、哺乳类为主)。

4.4.5.2 种类和数量

在野外调查的基础上, 收集评价区及周边地区已有调查资料和发表的文献资料, 包括《白马雪山国家级自然保护区》(李宏伟主编)《白马雪山鸟类》(云南白马雪山国家级自然保护区管理局)等, 综合各类资料及现状生态环境特征确定评价区现有的陆生脊椎动物种类。

评价区共有陆生脊椎动物 245 种，隶属 21 目 63 科 155 属(表 4.4.5-1)。其中两栖类 10 种，隶属 1 目 4 科 6 属；爬行类 12 种，隶属 2 目 5 科 9 属；鸟类 168 种，隶属 10 目 30 科(其中鹁科含 4 亚科)92 属；哺乳类 58 种，隶属 8 目 24 科 46 属。

表 4.4.5-1 陆生脊椎动物各纲下分类阶元数量

物种组成					动物区系			保护动物			
纲	目	科	属	种	东洋种	古北种	广布种	国家一级	国家二级	云南省级	四川省级
两栖类	1	4	6	10	9	1	0	0	0	0	0
爬行类	2	5	9	12	11	0	1	0	0	0	0
鸟类	10	30	92	168	85	46	37	5	14	0	0
哺乳类	8	24	48	58	40	1	17	5	15	4	0
合计	21	63	155	248	145	48	55	10	29	4	0

a) 两栖类

1) 物种组成

在评价区分布有 10 种两栖动物，隶属于 1 目 4 科 6 属。

2) 区系组成

在工程区评价区分布的 10 种两栖动物中，东洋界种类占优势，有 9 种类，分布是乡城齿蟾、刺胸齿突蟾、贡山树蟾、华西蟾蜍、金江湍蛙、腹斑倭蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙和胫腺蛙，占全部两栖类种数的 90.00%；古北界青藏区种类有 1 种，为西藏蟾蜍，占全部两栖类种数的 10.00%；迄今为止未发现东洋古北两界成分分布。9 种东洋界两栖类全部为西南区成分；无东洋界其他区的成分。

3) 分布型

工程区评价区分布的 10 种两栖动物全部为喜马拉雅-横断山区型(H)，其中有 8 种属于横断山亚型(Hc)，即刺胸齿突蟾、华西蟾蜍、西藏蟾蜍、金江湍蛙、腹斑倭蛙、昭觉林蛙、无指盘臭蛙和胫腺蛙，而乡城齿蟾和贡山树蟾属于其中的喜马拉雅东南部(喜马拉雅-横断山交汇地区)亚型(He)。

4) 生境类型

两栖动物终生逐水而居。因此它们的生境在河流、溪沟、池塘等潮湿的地方，或者离河流、溪沟、池塘比较近的地方。

b) 爬行类

1) 物种组成

在工程评价区分布的 12 种爬行动物，隶属于 2 目 5 科 9 属。

2) 区系组成

在工程评价区分布的 12 种爬行动物中，东洋界种类占优势，有 11 种，即多疣壁虎、金江壁虎、草绿攀蜥、铜蜓蜥、缅甸颈槽蛇、斜鳞蛇、王锦蛇、山烙铁头、乡城原矛头蝮、菜花原矛头蝮和高原蝮，占全部爬行动物种数的 91.67%；东洋古北两界种类有 1 种，即黑眉锦蛇，占全部爬行动物种数的 8.33%；迄今为止未发现古北界成分分布。在 11 种东洋界中，西南区种类占优势，有 6 种，占全部东洋界爬行动物种数的 63.64%；东洋界广布种有 4 种，占全部东洋界爬行动物种数的 36.63%。

3) 分布型

12 种爬行动物属于三种分布型，即 H 喜马拉雅-横断山区型、W 东洋型和 S 南中国型，属于 H 喜马拉雅-横断山区型(c 横断山)有草绿攀蜥(Hc)、金江壁虎(Hc)、缅甸颈槽蛇(Hc)、高原蝮(Hc)等 4 种，属于 W 东洋型(e 热带-温带，c 热带-中亚热带)的为铜蜓蜥(We)、斜鳞蛇(We)和黑眉锦蛇(We)，属于 S 南中国型(d 热带-北亚热带，h 中亚热带-北亚热带，j 北亚热带)的为多疣壁虎(Sh)、王锦蛇(Sd)和菜花原矛头蝮(Sj)。

4) 生境类型

评价区 12 种爬行动物栖息的生境一般有四种，详见表 4.4.5-2。

表 4.4.5-2 评价区爬行动物栖息生境

序号	栖息生境	物种
1	各种湿地	黑眉锦蛇、王锦蛇
2	林地(湿性林地、干热林地、开阔林地、多岩林地、农田林地)	草绿攀蜥、铜蜓蜥、缅甸颈槽蛇、斜鳞蛇、山烙铁头、黑眉锦蛇、王锦蛇、乡城原矛头蝮、菜花原矛头蝮、高原蝮
3	灌丛、草丛	多疣壁虎、草绿攀蜥、铜蜓蜥、缅甸颈槽蛇、斜鳞蛇、黑眉锦蛇、王锦蛇、乡城原矛头蝮、菜花原矛头蝮、高原蝮
4	树、墙面	多疣壁虎、铜蜓蜥、金江壁虎

c) 鸟类

1) 种类组成

工程评价区分布的 168 种鸟类，隶属于 10 目 30 科(其中鹁科含 4 亚科)92 属。

2) 区系组成

调查和资料分析表明，工程评价区分布的全部鸟类中，东洋界种类占优势，古

北界种类和广布种有一定比例。

表 4.4.5-3 评价区鸟类区系从属分析

区系从属	古北界	东洋界	广布种	小计
种数	46	85	37	168
%	27.38	50.60	22.02	100.0

表 4.4.5-4 评价区繁殖鸟类地理类型分析

繁殖鸟	种数	%
古北种	28	19.31
东洋种	82	56.55
广布种	35	24.14
合 计	143	100.0

对评价区记录到的 168 种鸟类进行分析，143 种繁殖鸟中东洋界种类为主体占 56.55%；古北界种类占据相当的比例，达 19.31%；表明评价区与在中国动物地理区划中属于东洋界、西南区的位置相符合。

3) 分布型

根据《中国动物地理》(张荣祖, 2011)，可把评价区分布的 168 种鸟类分为下列 10 种分布型。

表 4.4.5-5 评价区鸟类分区分布与分布型

序号	分区分布与分布型	鸟类种类	物种数量
1	C 全北型(b 寒温带至中温带(针叶林带-森林草原), d 温带(落叶阔叶林-草原耕种景观), e 北方湿润-半湿润带, h 中温带为主, 再伸至亚热带(欧亚温带-亚热带型))	旋木雀(Cb)、褐头山雀(Cb)、红交嘴雀(Ch)、鹪鹩(Ch)、喜鹊(Ch)、家燕(Ch)、灰背隼(Cd)、金雕(Ce)	8 种
2	U 古北型(b 寒温带至中温带(针叶林带-森林草原), c 寒温带(针叶林)为主, d 温带(落叶阔叶林-草原耕种景观), h 中温带为主, 再伸至亚热带(欧亚温带-亚热带型))	普通朱雀(U)、暗绿柳莺(U)、树鹩(U)、黄腰柳莺(U)、沼泽山雀(U)、小鹀(Ua)、树麻雀(Uh)、松鸦(Uh)、普通鵙(Ub)、大斑啄木鸟(Uc)、白腰草鹀(Uc)、针尾沙锥(Uc)、红喉姬鹀(Uc)、[黑]鸢(Uh)、普通鳶(Ud)、雀鹰(Ue)、星鸦(Ue)、凤头麦鸡(Ud)、达乌里寒鸦(Uf)、煤山雀(Uf)、黄眉柳莺(Uo)	21 种
3	M 东北型(我国东北地区或再包括附近地区)(f 包括朝鲜半岛、乌苏里及远东地区)	黄喉鹀(M)、灰头鹀(M)、红胁蓝尾鹀(M)、北红尾鹀(M)、斑鹀(M)、乌鹀(M)、北灰鹀(Ma)、栗耳鹀(M)、中杜鹃(M)、灰头麦鸡(Mb)、田鸢(Mf)、褐柳莺(Mi)	12 种
4	O 不易归类的分布, 其中不少分布比较广泛的种, 大多数与下列类型相似但又不能视为其中的某一类(O1、O3、O7 均可视为广义的古北型)	黑喉石鹀(O1)、金眶鸻(O1)、大山雀(O)、灰鹀(O1)、白鹀(O1)、金腰燕(O1)、普通翠鸟(O1)、戴胜(O1)、灰林鸮(O1)、大杜鹃(O1)、鹌鹑(O1)、红隼(O1)、红嘴山(O3)、鸦赭红尾鹀(O3)、蓝矶鸫(O3)、红翅旋壁雀(O3)、岩鹀(O3)、灰眉岩鹀(O3)、秃鹫(O3)、高山兀鹫(O3)、胡兀鹫(O3)、环颈雉(O7)	22 种

表 4.4.5-5(续)

序号	分区分布与分布型	鸟类种类	物种数量
5	E 季风型(东部湿润地区为主)(h 包括俄罗斯远东地区、日本)	大嘴乌鸦(Eh)	1 种
6	H 喜马拉雅-横断山区型(c 横断山, m 横断山及喜马拉雅(南翼为主))	斑尾榛鸡(Hc)、血雉(Hc)、宝兴歌鸲(Hc)、宝兴鹇(Hc)、高山雀鹛(Hc)、棕头雀鹛(Hc)、棕眉柳莺(Hc)、酒红朱雀(Hc)、曙红朱雀(Hc)、滇鹇(Hc)、橙翅噪鹛(Hc)、白领凤鹛(Hc)、红腹角雉(Hc)、黄喉雉鹑(Hc)、白腹锦鸡(Hc)、斑翅朱雀(He)、黑头金翅雀(Hm)、黑头长尾山雀(Hm)、灰蓝[姬]鹇(Hm)、黄腹扇尾鹇(Hm)、橙斑翅柳莺(Hm)、黄腹柳莺(Hm)、白顶溪鹛(Hm)、黑胸歌鸲(Hm)、灰背伯劳(Hm)、点斑林鹛(Hm)、雪鹇(Hm)、长尾山椒鸟(Hm)、白马鸡(Hm)、雪鹑(Hm)、点斑林鹛(Hm)、赤胸啄木鸟(Hm)、金胸歌鸲(Hm)、金色林鹛(Hm)、黑喉红尾鹛(Hm)、蓝额红尾鹛(Hm)、长尾地鸲(Hm)、黑胸鹑(Hm)、灰头鹑(Hm)、白喉噪鹛(Hm)、白眉雀鹛(Hm)、棕肛凤鹛(Hm)、红嘴鸦雀(Hm)、褐鸦雀(Hm)、褐翅缘鸦雀(Hm)、黄额鸦雀(Hm)、棕腹仙鹛(Hm)、黑冠山雀(Hm)、褐冠山雀(Hm)、高山旋木雀(Hm)、藏黄雀(Hm)、暗胸朱雀(Hm)、点翅朱雀(Hm)、白眉朱雀(Hm)、红眉松雀(Hm)、血雀(Hm)、灰头灰雀(Hm)、黄颈拟蜡嘴雀(Hm)、长尾雀(Hm)、崖沙燕(Hm)、普通鸬鹚(Hm)、白喉红尾鹛(Hm)、棕胸岩鹛(Hm)	58 种
7	S 南中国型(d 热带-北亚热带, v 热带-中温带, t 中亚热带)	暗绿绣眼鸟(S)、白颊噪鹛(Sd)、矛纹草鹛(Sd)、栗腹矶鹛(Sd)、红头穗鹛(Sd)、斑胸钩嘴鹛(Sd)、金眶鹛莺(Sd)、白尾斑柳莺(Se)、勺鸡(St)、山麻雀(Sv)、棕腹柳莺(Sv)、灰翅噪鹛(Sv)	12 种
8	W 东洋型(包括少数旧热带型环球热带)(a 热带, b 热带-南亚热带, d 热带-北亚热带, e 热带-温带)	橙胸[姬]鹇(Wa)、冠纹柳莺(Wa)、棕颈钩嘴鹛(Wa)、黑脸拟鹇莺(Wa)、棕腹大仙鹛(Wa)、褐灰雀(Wb)、褐山鹇莺(Wb)、褐胁雀鹛(Wc)、山鹇莺(Wc)、白喉扇尾鹛(Wc)、灰腹绣眼鸟(Wc)、绿背山雀(Wd)、紫啸鹛(Wd)、黄臀鹛(Wd)、黑[短脚]鹛(Wd)、铜蓝鹛(Wd)、方尾鹛(Wd)、红头长尾山雀(Wd)、灰林即鸟(We)、红尾水鹛(We)、灰卷尾(We)、红嘴蓝鹛(We)、小云雀(We)、星头啄木鸟(We)、山斑(We)、松雀鹰(We)	26 种
9	P 高地型: w 以青藏高原为中心可包括其外围山地。	林岭雀(Pw)、白斑翅拟蜡嘴雀(Pw)	2 种
10	K 东北型(东部为主)	黑尾蜡嘴雀(Ka)	1 种

4) 生境类型

评价区所记录的 168 种鸟类, 根据其栖息的生态环境, 参考《云南鸟类志》(杨岚 杨晓君 2004)可将其分为 7 个生境类型。其中许多种鸟类, 栖息在多个生境类型中, 说明许多鸟类有广泛的生境适应。

表 4.4.5-6 评价区鸟类栖息生境类型

序号	栖息生境	鸟类种类	物种数
1	河谷稀树灌丛	松雀鹰、普通鵟、红隼、雀鹰、普通鵟、秃鹫、胡兀鹫、[黑]鸢、灰背隼、红隼、鹞、山斑鸠、大杜鹃、中杜鹃、普通翠鸟、家燕、金腰燕、灰鹡鸰、白鹡鸰、田鸲、长尾山椒鸟、黄臀鹛、黑[短脚]鹛、灰背伯劳、灰卷尾、松鸦、红嘴蓝鹛、喜鹊、大嘴乌鸦、红胁蓝尾鹛、红尾水鹛、北红尾鹛、黑喉石鹪鹩、灰林即鸟、白顶溪鹛、紫啸鹛、斑鹛、斑胸钩嘴鹛、棕颈钩嘴鹛、红头穗鹛、矛纹草鹛、白颊噪鹛、灰翅噪鹛、褐胁雀鹛、褐翅缘鸦雀、黄腹柳莺、棕腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、黄眉柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、金眶鹛莺、橙胸[姬]鹛、乌鹛、方尾鹛、大山雀、绿背山雀、红头长尾山雀、黑头长尾山雀、树	68 种

		麻雀、山麻雀、暗绿绣眼鸟、黑头金翅雀、灰头鹀、灰眉岩鹀、栗耳鹀、小鹀	
2	常绿阔叶林带	金雕、松雀鹰、勺鸡、环颈雉、白腹锦鸡、红腹角雉、雀鹰、普通鵟、秃鹫、胡兀鹫、[黑]鸢、灰背隼、红隼、鹞、点斑林鸽、山斑鸠、大杜鹃、中杜鹃、灰林鸽、大斑啄木鸟、星头啄木鸟、树鹩、长尾山椒鸟、黄臀鹌、黑[短脚]鹌、灰背伯劳、灰卷尾、松鸦、红嘴蓝鹊、大嘴乌鸦、黑胸歌鸲、红胁蓝尾鸲、金色林鸲、红尾水鸲、灰林即鸟、白顶溪鸲、紫啸鸫、黑胸鸲、灰头鸲、斑胸钩嘴鹛、棕颈钩嘴鹛、红头穗鹛、矛纹草鹛、白喉噪鹛、白颊噪鹛、橙翅噪鹛、白眉雀鹛、褐胁雀鹛、白领凤鹛、棕肛凤鹛、棕腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、黄眉柳莺、橙斑翅柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、金眶鸲莺、山鹡鸰、橙胸(姬)鹡鸰、灰蓝[姬]鹡鸰、棕腹大仙鹡鸰、棕腹仙鹡鸰、乌鹡鸰、方尾鹡鸰、白喉扇尾鹡鸰、黄腹扇尾鹡鸰、大山雀、绿背山雀、黑头长尾山雀、暗绿绣眼鸟、灰腹绣眼鸟、滇鹇、普通鹇、旋木雀、山麻雀、黑头金翅雀、普通朱雀、黑尾蜡嘴雀、白斑翅拟蜡嘴雀、小鹀	82 种
3	针阔混交林带	松雀鹰、雪鹀、勺鸡、环颈雉、白腹锦鸡、红腹角雉、点斑林鸽、山斑鸠、大杜鹃、中杜鹃、大斑啄木鸟、赤胸啄木鸟、星头啄木鸟、树鹩、长尾山椒鸟、黄臀鹌、黑[短脚]鹌、灰背伯劳、灰卷尾、松鸦、红嘴蓝鹊、达乌里寒鸦、大嘴乌鸦、鹞、黑胸歌鸲、红胁蓝尾鸲、金色林鸲、赭红尾鸲、黑喉红尾鸲、蓝额红尾鸲、北红尾鸲、红尾水鸲、灰林即鸟、白顶溪鸲、栗腹矶鸲、紫啸鸫、长尾地鸲、黑胸鸲、灰头鸲、宝兴歌鸲、斑胸钩嘴鹛、红头穗鹛、白喉噪鹛、灰翅噪鹛、矛纹草鹛、橙翅噪鹛、白眉雀鹛、棕头雀鹛、褐胁雀鹛、白领凤鹛、棕肛凤鹛、褐鸦雀、褐翅缘鸦雀、黄额鸦雀、黄腹柳莺、棕腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、橙斑翅柳莺、黄眉柳莺、黄腰柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、白斑尾柳莺、金眶鸲莺、黑脸拟鸲莺、山鹡鸰、褐山鹡鸰、红喉姬鹡鸰、橙胸(姬)鹡鸰、灰蓝[姬]鹡鸰、棕腹大仙鹡鸰、棕腹仙鹡鸰、乌鹡鸰、北灰鹡鸰、铜蓝鹡鸰、方尾鹡鸰、白喉扇尾鹡鸰、黄腹扇尾鹡鸰、大山雀、绿背山雀、煤山雀、黑冠山雀、褐冠山雀、沼泽山雀、褐头山雀、红头长尾山雀、黑头长尾山雀、滇鹇、普通鹇、红翅旋壁雀、旋木雀、高山旋木雀、暗绿绣眼鸟、灰腹绣眼鸟、山麻雀、黑头金翅雀、藏黄雀、酒红朱雀、红眉朱雀、普通朱雀、红眉松雀、褐灰雀、黑尾蜡嘴雀、白斑翅拟蜡嘴雀、小鹀	106 种
4	暗针叶林带	松雀鹰、胡兀鹫、雪鹀、白马鸡、红腹角雉、大杜鹃、赤胸啄木鸟、大斑啄木鸟、树鹩、灰背伯劳、星鸦、红嘴山鸦、达乌里寒鸦、大嘴乌鸦、鹞、黑胸歌鸲、金胸歌鸲、红胁蓝尾鸲、金色林鸲、赭红尾鸲、黑喉红尾鸲、蓝额红尾鸲、北红尾鸲、白顶溪鸲、栗腹矶鸲、紫啸鸫、长尾地鸲、黑胸鸲、灰头鸲、宝兴歌鸲、斑胸钩嘴鹛、红头穗鹛、白喉噪鹛、橙翅噪鹛、灰翅噪鹛、白眉雀鹛、棕头雀鹛、褐胁雀鹛、白领凤鹛、棕肛凤鹛、红嘴鸦雀、褐鸦雀、褐翅缘鸦雀、黄额鸦雀、黄腹柳莺、棕腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、橙斑翅柳莺、黄眉柳莺、黄腰柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、白斑尾柳莺、金眶鸲莺、红喉姬鹡鸰、橙胸(姬)鹡鸰、灰蓝[姬]鹡鸰、乌鹡鸰、北灰鹡鸰、铜蓝鹡鸰、白喉扇尾鹡鸰、大山雀、绿背山雀、煤山雀、黑冠山雀、褐冠山雀、沼泽山雀、褐头山雀、红头长尾山雀、黑头长尾山雀、普通鹇、红翅旋壁雀、旋木雀、高山旋木雀、暗绿绣眼鸟、灰腹绣眼鸟、山麻雀、黑头金翅雀、藏黄雀、暗胸朱雀、点翅朱雀、红眉朱雀、曙红朱雀、白眉朱雀、普通朱雀、斑翅朱雀、红眉松雀、血雀、褐灰雀、灰头灰雀、黑尾蜡嘴雀、黄颈拟蜡嘴雀、小鹀	96 种

表 4.4.5-6(续)

序号	栖息生境	鸟类种类	物种数
5	高山灌丛草甸带	高山兀鹫、胡兀鹫、[黑]鸢、雀鹰、松雀鹰、斑尾榛鸡、血雉、白马鸡、黄喉雉鹑、雪鸽、岩鸽、大斑啄木鸟、赤胸啄木鸟、小云雀、松鸦、星鸦、达乌里寒鸦、大嘴乌鸦、鹡鹑、黑胸歌鸲、金胸歌鸲、红肋蓝尾鸲、金色林鸲、赭红尾鸲、白顶溪鸲、蓝额红尾鸲、长尾地鸲、宝兴歌鸲、宝兴鹡鹑、白眉雀鹛、高山雀鹛、棕肛凤鹛、红嘴鸦雀、褐鸦雀、黄额鸦雀、棕腹柳莺、褐柳莺、棕眉柳莺、橙斑翅柳莺、黄眉柳莺、黄腰柳莺、暗绿柳莺、冠纹柳莺、白斑尾柳莺、金眶鸫、红喉姬鹀、橙胸(姬)鹀、乌鹀、北灰鹀、大山雀、绿背山雀、煤山雀、黑冠山雀、褐冠山雀、沼泽山雀、褐头山雀、黑头长尾山雀、红翅旋壁雀、旋木雀、高山旋木雀、暗绿绣眼鸟、黑头金翅雀、藏黄雀、林岭雀、点翅朱雀、暗胸朱雀、红眉朱雀、曙红朱雀、白眉朱雀、普通朱雀、斑翅朱雀、红交嘴雀、红眉松雀、褐灰雀、灰头灰雀、黑尾蜡嘴雀	76 种
6	城镇村寨田园耕地	雀鹰、普通鵟、秃鹫、胡兀鹫、[黑]鸢、灰背隼、红隼、鹞、环颈雉、凤头麦鸡、灰头麦鸡、白腰草鹀、针尾沙锥、山斑鸠、大杜鹃、灰林鸮、普通翠鸟、戴胜、小云雀、家燕、金腰燕、白鹡鸰、树鹀、田鹀、黄臀鹀、灰背伯劳、松鸦、红嘴山鸦、达乌里寒鸦、喜鹊、大嘴乌鸦、鹡鹑、赭红尾鸲、黑喉红尾鸲、蓝额红尾鸲、红尾水鸲、黑喉石鹀、蓝矶鸫、灰林即鸟、紫啸鸫、灰头鸫、斑鸫、斑胸钩嘴鹛、白颊噪鹛、红头穗鹛、褐胁雀鹛、褐翅缘鸦雀、褐柳莺、黄眉柳莺、黄腰柳莺、暗绿柳莺、金眶鸫、黑脸拟鹀、山鹡鸰、褐山鹡鸰、乌鹀、大山雀、绿背山雀、沼泽山雀、红翅旋壁雀、树麻雀、山麻雀、黑头金翅雀、酒红朱雀、红眉朱雀、曙红朱雀、白眉朱雀、灰头灰雀、黑尾蜡嘴雀、黄喉鹀、灰头鹀、灰眉岩鹀、栗耳鹀、小鹀	74 种
7	河流湖泊沼泽湿地	金雕、凤头麦鸡、灰头麦鸡、金眶鸫、白腰草鹀、针尾沙锥、红嘴山鸦、达乌里寒鸦、普通翠鸟、家燕、金腰燕、灰鹡鸰、白鹡鸰、田鹀、红尾水鸲、白顶溪鸲、紫啸鸫、白颊噪鹛、红翅旋壁雀	19 种

d) 哺乳类

1) 种类组成

在工程评价区分布的 58 种哺乳动物，隶属于 8 目 24 科 48 属。

2) 区系组成

在评价区分布的 58 种哺乳动物中，东洋界种类占优势，有 40 种，占全部哺乳动物种数 68.97%；古北两界共有种类有 17 种，占全部哺乳动物种数的 29.31%；古北界种类有 1 种，占全部哺乳动物种数的 1.72%。在 40 种哺乳动物中，东洋界广布种占优势，有 25 种，占全部东洋界哺乳动物种数的 62.50%；西南区种类有 14 种，占全部东洋界哺乳动物种数的 35.00%；华南区种类有 1 种，占全部东洋界种数的 2.5%。

3) 分布型

根据《中国动物地理》(张荣祖, 2011)，可把评价区分布的 58 种哺乳类分为下列 9 种分布型。各主要分布型之间并非孤立，而是互有关系：① 北方各分布型的区域性是明显的，只在边缘地区互有重叠。说明我国北方及其邻近地区的自然环境

的区域变化十分明显，并各趋极端，动物区系亦产生明显的区域分化，在不同的环境中，各为一区系所占。② 南方的三个分布型：旧大陆热带-亚热带型、东南亚热带-亚热带(W)和南中国型(S)，就区系整体而言，是完全重叠的。横断山脉-喜马拉雅性(H)与上述三个分布型均有部分重叠，似乎镶嵌三者之间。这说明南方动物区系的演化进程不同于北方。热带、亚热带动物栖息条件生境复杂，在自然历史过程中的变化不如北方明显。在同一地区，不同历史时期的动物区系，可同时分布于境内各生境中。③ 北方与南方各分布型之间亦有重叠，反映南北方动物的相互渗透。

表 4.4.5-7 评价区哺乳类分区分布与分布型

序号	分区分布与分布型	哺乳类种类	物种数量
1	C 全北型(h 中温带为主，再伸至亚热带(欧亚温带-亚热带型))	狼(Ch)、赤狐(Ch)	2 种
2	古北型(c 北方湿润-半湿润带，h 中温带为主，再伸至亚热带(欧亚温带-亚热带型))	小家鼠(Uh)、野猪(Uh)、黄鼬(Uh)、水獭(Uh)、狗獾(Uh)、巢鼠(Uh)、褐家鼠(Ue)	7 种
3	X 东北-华北型	大林姬鼠	1 种
4	E 季风型(东部湿润地区为主)(b 包括乌苏里或再延伸至俄罗斯远东地区)，g 包括乌苏里、朝鲜)	中华斑羚(Eb)、黑熊(Eg)、貉(Eg)	3 种
5	O 不易归类的分布，其中不少分布比较广泛的种，大多数与下列类型相似但又不能视为其中的某一类(O1、O6 可视为广义的古北型)	豹(O1)、马铁菊头蝠(O6)	2 种
6	P 高地型 (a 高地包括附近山地，c 青藏高原东部)	岩羊(Pa)、高原兔(Pa)和川西鼠兔(Pc)	3 种
7	H 喜马拉雅-横断山区型(c 横断山，e 喜马拉雅东南部(喜马拉雅-横断山交汇地区)，m 横断山及喜马拉雅(南翼为主))	中华绒鼠(Hc)、长吻鼯鼠(Hc)、藏鼠兔(Hc)、白喉岩松鼠(Hc)、西南绒鼠(Hc)、云南鼠兔(He)、小熊猫(Hm)、复齿鼯鼠(Hm)、灰头小鼯鼠(Hm)、德钦绒鼠(Hm)、川西白腹鼠(Hm)、长尾鼯鼠(Hm)	12 种
8	S 南中国型(c 热带-中亚热带，d 热带-北亚热带，v 热带-中温带)	短尾鼯(Sd)、林麝(Sd)、珀氏长吻松(Sd)、高山姬鼠(Sd)、安氏白腹鼠(Sd)、中华姬(Sd)、毛冠鹿(Sv)	7 种
9	W 东洋型(包括少数旧热带型环球热带)(b 热带-南亚热带，c 热带-中亚热带，d 热带-北亚热带，e 热带-温带)	社鼠(We)、隐纹花松(We)、鬣羚(We)、猪獾(We)、豹猫(We)、豺(We)、黄喉貂(We)、果子狸(We)、猕猴(We)、中缅树鼯(Wb)、赤腹松鼠(We)、霜背大鼯(We)、云豹(We)、大灵猫(We)、赤鹿(We)、中华竹鼠(We)、水鹿(Wd)、中国豪猪(Wd)、大马蹄蝠(Wd)、南小麝鼯(Wd)、皮氏菊头蝠(Wd)	19 种

4) 生态类型

评价区所记录的 58 种哺乳类，根据其栖息的生态环境，参考《中国哺乳动物彩色图鉴》(潘清华 王应祥 岩崑 2007)可将其分为 10 个生境类型。

表 4.4.5-8 评价区哺乳类栖息生境

序号	栖息生境	哺乳类种类	物种数
1	河谷稀树灌丛	中缅树鼩、水獭、霜背大鼯、中华竹鼠	4 种
2	常绿阔叶林带	南小麝鼩、长吻鼩鼯、短尾鼩、中缅树鼩、猕猴、果子狸、大灵猫、豹、云豹、豹猫、猪獾、狗獾、黄喉貂、黄鼬、小熊猫、林麝、水鹿、毛冠鹿、中华斑羚、鬣羚、赤鹿、藏鼠兔、云南鼠兔、川西鼠兔、赤腹松鼠、珀氏长吻松鼠、隐纹花松鼠、白喉岩松鼠、霜背大鼯鼠、中华竹鼠、复齿鼯鼠、灰头小鼯鼠、中华绒鼠、高山姬鼠、中华姬鼠、大林姬鼠、安氏白腹鼠、川西白腹鼠、社鼠	39 种
3	针阔混交林带	猕猴、豹、云豹、貉、猪獾、小熊猫、林麝、水鹿、毛冠鹿、中华斑羚、鬣羚、赤鹿、中国豪猪、白喉岩松鼠、中华竹鼠、复齿鼯鼠、灰头小鼯鼠、西南绒鼠、德钦绒鼠、巢鼠	20 种
4	暗针叶林带	长吻鼩鼯、南小麝鼩、短尾鼩、长尾鼩、中缅树鼩、猕猴、果子狸、大灵猫、豹、云豹、豹猫、貉、猪獾、狗獾、黄喉貂、黄鼬、小熊猫、林麝、水鹿、毛冠鹿、中华斑羚、鬣羚、赤鹿、藏鼠兔、云南鼠兔、川西鼠兔、中国豪猪、赤腹松鼠、珀氏长吻松鼠、隐纹花松鼠、白喉岩松鼠、中华竹鼠、复齿鼯鼠、灰头小鼯鼠、霜背大鼯鼠、西南绒鼠、德钦绒鼠、中华绒鼠、高山姬鼠、中华姬鼠、大林姬鼠、社鼠、安氏白腹鼠、川西白腹鼠	44 种
5	高山灌丛草甸	长吻鼩鼯、豹、貉、猪獾、小熊猫、林麝、毛冠鹿、岩羊、高原兔、中国豪猪、中华竹鼠、西南绒鼠、德钦绒鼠、中华绒鼠、巢鼠、高山姬鼠、中华姬鼠、大林姬鼠、社鼠、安氏白腹鼠、川西白腹鼠	22 种
6	山地农田	长尾鼩、豹猫、黄鼬、高原兔、中国豪猪、中华绒鼠、高山姬鼠、中华姬鼠、大林姬鼠、社鼠、安氏白腹鼠、川西白腹鼠、褐家鼠	13 种
7	城镇村寨田园	黄鼬、褐家鼠、小家鼠	3 种
8	生境广泛	狼、豺、赤狐、黑熊、野猪、	5 种
9	岩洞	马铁菊头蝠、皮氏菊头蝠和大马蹄蝠	3 种
10	岩石、灌丛地区	岩羊	1 种

4.4.5.3 重要动物

对照《国家重点保护野生动物名录》(2021)、《云南省重点保护野生动物名录》(2023)、《四川省重点保护野生动物名录》(2024 年 8 月)和《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》(2020), 248 种陆生脊椎动物中, 共有国家、云南省重点保护和《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的重要动物共计 47 种, 其中国家级重点保护野生动物 38 种, 其中一级 10 种(鸟类 5 种, 哺乳类 5 种), 二级 29 种(鸟类 15 种, 哺乳类 14 种); 云南省重点保护野生动物 4 种(哺乳类), 无四川省重点保护野生动物; 红色名录极危(CR)、濒危(EN)和易危

(VU)的动物 17 种(爬行类 2 种、鸟类 3 种, 哺乳类 12 种), 其中极危(CR)3 种(哺乳类), 濒危(EN)5 种(爬行类 2 种、哺乳类 3 种), 易危(VU)9 种(鸟类 3 种, 哺乳类 6 种), 以及局域分布种 1 种(金江壁虎), 种类名录见表 4.3.6-9。

评价区内共有《有重要生态、科学、社会价值的陆生野生动物名录》(国家林业和草原局公告, 2023 年第 17 号)中的物种(简称三有动物, 后同)154 种, 其中两栖类 3 种, 爬行类 11 种(含红色名录濒危 EN 物种 2 种), 鸟类 125 种(含国家 II 级保护动物 1 种), 哺乳类 15 种(含红色名录, 极危 CR 1 种、易危 VU 1 种)。

表 4.4.5-9 评价区重要动物名录

编号	类群	中名	学名	主要生境	保护级别	红色名录	资料来源
1	爬行类	黑眉锦蛇	<i>Elaphe taeniura</i>	灌丛和灌草丛		EN	1
2	爬行类	王锦蛇	<i>Elaphe carinata</i>	灌丛和灌草丛		EN	1
3	爬行类	金江壁虎	<i>Gekko jinjiangensis</i>	灌丛和灌草丛	局域分布种		1
4	鸟类	金雕	<i>Aquila chrysaetos</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家一级	VU	1
5	鸟类	秃鹫	<i>Aegypius monachus</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家一级		1
6	鸟类	胡兀鹫	<i>Gypaetus barbatus</i>	灌丛和灌草丛	国家一级		1
7	鸟类	斑尾榛鸡	<i>Tetraster sewerzowi</i>	稀树灌丛和高山灌丛草甸	国家一级	VU	1
8	鸟类	黄喉雉鹑	<i>Tetraophasis szechenyii</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家一级	VU	1
9	鸟类	普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
10	鸟类	红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
11	鸟类	灰背隼	<i>Falco columbarius</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
12	鸟类	血雉	<i>Ithaginis cruentus</i>	稀树灌丛和高山灌丛草甸	国家二级		1
13	鸟类	白马鸡	<i>Crossoptilon crossoptilon</i>	森林	国家二级		1,2
14	鸟类	勺鸡	<i>Pucrasia macrolopha</i>	森林	国家二级		1
15	鸟类	雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	森林	国家二级		1
16	鸟类	松雀鹰	<i>Accipiter virgatus</i>	森林	国家二级		1,2
17	鸟类	白腹锦鸡	<i>Chrysolophus amherstiae</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1,2
18	鸟类	红腹角雉	<i>Tragopan temminckii</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
19	鸟类	灰林鸮	<i>Strix aluco</i>	森林	国家二级		1
20	鸟类	高山兀鹫	<i>Gyps himalayensis</i>	灌丛和灌草丛	国家二级		1
21	鸟类	[黑]鸢	<i>Milvus migrans</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
22	鸟类	棕腹大仙鹑	<i>Niltava davidi</i>	森林	国家二级		1
23	鸟类	滇鹇	<i>Sitta yunnanensis</i>	森林	国家二级		1

表 4.4.5-9(续)

编号	类群	中名	学名	主要生境	保护级别	红色名录	资料来源
24	哺乳类	林麝	<i>Moschus berezovski</i>	森林	国家一级	CR	1,2
25	哺乳类	大灵猫	<i>Viverra zibetha</i>	灌丛和灌草丛	国家一级	CR	1
26	哺乳类	豹	<i>Panthera pardus</i>	灌丛和灌草丛	国家一级	EN	1
27	哺乳类	云豹	<i>Neofelis nebulosa</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家一级	CR	1
28	哺乳类	豺	<i>Cuon alpinus</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家一级	EN	1
29	哺乳类	狼	<i>Canis lupus</i>	森林、灌丛和灌草丛	国家二级		1
30	哺乳类	水獭	<i>Lutra lutra</i>	灌丛和灌草丛	国家二级	EN	1
31	哺乳类	黄喉貂	<i>Martes flavigula</i>	森林	国家二级		1,2
32	哺乳类	黑熊	<i>Selenarctos thibetanus</i>	森林	国家二级	VU	1,2
33	哺乳类	小熊猫	<i>Ailurus fulgens</i>	森林	国家二级	VU	1
34	哺乳类	猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	森林	国家二级		1,2
35	哺乳类	水鹿	<i>Rusa unicolor</i>	森林	国家二级		1,3
36	哺乳类	鬣羚	<i>Capricornis sumatraensis</i>	森林	国家二级	VU	1,2
37	哺乳类	中华斑羚	<i>Naemorhedus griseus</i>	森林	国家二级	VU	1,2
38	哺乳类	岩羊	<i>Pseudois nayaur</i>	灌丛和灌草丛	国家二级		1
39	哺乳类	赤狐	<i>Vulpes vulpes</i>	森林	国家二级		1,2
40	哺乳类	豹猫	<i>Prionailurus bengalensis</i>	灌丛、森林	国家二级	VU	1,2
41	哺乳类	貉	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	灌丛和灌草丛	国家二级		1
42	哺乳类	毛冠鹿	<i>Elaphodus cephalophus</i>	灌丛和灌草丛	国家二级		1
43	哺乳类	赤鹿	<i>Muntiacus muntjak</i>	森林	滇保		1,2,3
44	哺乳类	果子狸	<i>Paguma larvata</i>	森林和灌草丛	滇保		1
45	哺乳类	猪獾	<i>Arctonyx collaris</i>	森林和灌草丛	滇保		1,2
46	哺乳类	狗獾	<i>Meles leucurus</i>	森林和灌草丛	滇保		1
47	哺乳类	复齿鼯鼠	<i>Trogopterus xanthipes</i>	森林带		VU	1

保护级别：滇保：云南省保护野生动物。RLCV：《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》：
CR：极危；EN：濒危；VU：易危。资料来源：1资料；2 目击；3 访问调查。

a) 两栖类

在工程评价区分布的 10 种两栖动物中，有三有动物 3 种，无国家级重点保护野生动物、四川省级和云南省级重点野生保护动物，也未发现极小种群物种和该地区特有种类分布。

b) 爬行类

在工程评价区分布的 12 种爬行动物中，有黑眉锦蛇和王锦蛇 2 种被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)物种。有局域分布种 1 种，即金江壁

虎；有三有动物 11 种(含红色名录濒危 EN 物种 2 种)。无国家级、四川省级和云南省级重点野生动物。

1) 黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura*

俗名：眉蛇、家蛇、锦蛇、称星蛇、花广蛇、黑眉曙蛇；英名：Striped Racer.

形态特征：头体背面黄绿色或棕灰色，眼后具一条黑色眉状纹，这是其最主要的鉴别特征；体前部背面具有如秤星般的黑色梯状横斑，体后部有四条黑色纵纹直达尾端，背鳞中央数行起棱；无毒。在我国不同的地区，人们根据其颜色、斑纹等特征，称它为黄颌蛇、黄喉蛇、黄长虫、菜花蛇、三索蛇或者秤星蛇等。

生态习性：异常喜食鼠类，无毒，性情较为粗暴，当其受到惊扰时，即能竖起头颈，离地 20~30cm，身体呈“S”状，作随时攻击之势。当外界气温升至 24~31℃ 时，其捕食旺盛，活动较频繁。

栖息范围：黑眉锦蛇分布在我国河北、山西、陕西、甘肃、西藏、四川以东的广大地区以及海南、台湾等岛屿，栖息于海拔 500~3000m 农田，居民地。在山东也有少量分布。在评价区内分布于关用达附近，淹没线下路边海拔 2200m 左右的干暖灌丛中。

保护级别：被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)物种。

俗名：菜花蛇、臭王蛇、黄喉蛇、黄颌蛇；英名：King rat snake, Stink rat snake.

形态特征：体大凶猛，且无毒。头顶无色斑；通身背面灰棕色，无任何菜花黄色；其前 2/3 段密布黑色窄横纹，横纹宽不超过 2 枚鳞长，愈后愈不清晰；体后段两侧各有 2 条较浅的黑色纵纹；体后段和尾背鳞缘不显著黑色和鳞片中央不呈黄色；上唇鳞后缘鳞缝处有极窄的黑色纹；下颌缘灰白色，无色斑；腹面灰白色，两端有碎黑点，尾下与腹面同；体后段和尾背不成网格状纹。

生态习性：栖息于山区、丘陵、平原地带，常于山地灌丛、田野沟边、山溪旁、草丛中活动；性凶猛，行动迅速。昼夜均活动，以夜间更活跃。食蛙、蜥蜴、其他蛇类、鸟、鼠类，甚至同类的幼蛇。生活在云南横断山三江峡谷地区河谷，该地区为河谷及农耕地生境，植被为有刺的多浆草丛。

栖息范围：主要分布在浙江、江西、安徽、江苏、福建、湖南、湖北、广西、广东、云南、贵州、陕西、河南、甘肃及台湾等省区，海拔 1800~3200m 的灌丛、灌草丛。是典型的无毒蛇。

在评价区内分布于甲平附近，枢纽工程区旁边，海拔 2300m 左右的干热灌丛中。

保护级别：被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)物种。

3) 金江壁虎 *Gekko jinjiangensis*

形态特征：金江壁虎个体较小，头体长 50.2~61.6mm；鼻孔与吻鳞相接；指、趾间无蹼。体背面呈浅灰色，从枕部至尾基部具 8~9 条灰褐色宽而不规则的 W 形斑块；四肢的背表面为肉红色，散布很小、很淡的不规则斑点；尾部背面为灰色，有单一的暗带，再生尾为黄棕色无带。腹部皮肤乳黄色，尾部和再生尾腹面为乳白色。个体较小(头体长 50.2-61.6 mm)鼻孔与吻鳞相接；眼前角眶间横列鳞 20~24 枚；

生态习性：夜行性，主要在夜间活动，多栖息于河谷的灌丛和石缝间，有时也在建筑物上活动。繁殖季节推测为 5 月至 6 月，未在 7 月和 8 月发现携带卵的雌性个体，但在此期间发现较多幼体。

栖息范围：金江壁虎于 2023 年发现于金沙江中段四川及云南交界地带的金沙江河谷地区(四川省甘孜州巴塘县南部、得荣县和云南省德钦金沙江河谷)，主要分布于中国四川省和云南省交界处的金沙江中游地区，分布海拔 2000~2476m，是目前已知分布海拔最高的壁虎属物种(2000-2476m)。

c) 鸟类

在所记录的 168 种鸟类中，共有 20 种重要动物；其中有国家级重点保护鸟类 20 种(国家一级重点保护鸟类 5 种，即金雕、秃鹫、胡兀鹫、斑尾榛鸡和黄喉雉鹑，占所记录鸟类种数的 3.07%；有国家二级重点保护鸟类 15 种，占全部鸟类种数的 9.20%)；其中有 3 种被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为易危动物，有三有动物 125 种(含国家二级保护动物 1 种)，无四川省级和云南省级重点保护鸟类，未发现极小种群物种和该地区特有种类分布。

表 4.4.5-10 评价区重点保护鸟类介绍

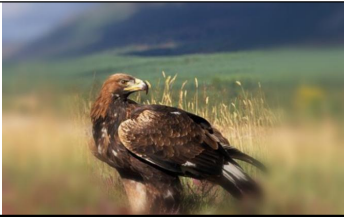
名称	学名	保护级别	主要形态特征、生态习性、栖息范围	图片
金雕	<i>Aquila chrysaetos</i>	国家一级，中国红色名录易危(VU)	体长 76~102cm，翼展 2.3m；高山灌丛/草原，食肉；海拔 3100~4000m	

表 4.4.5-10(续)

名称	学名	保护级别	主要形态特征、生态习性、栖息范围	图片
秃鹫	<i>Aegypius monachus</i>	国家一级	全长 110cm，体重 7~11kg；食腐，群居；海拔 2000~5000m	
胡兀鹫	<i>Gypaetus barbatus</i>	国家一级	头颈绒羽，嘴钩曲；独居食腐；海拔 3000~4600m	
斑尾榛鸡	<i>Tetraoer sewerzowi</i>	国家一级，中国特有物种	体长 37~49cm，栗色斑纹；植食为主，树栖；海拔 3200~4300m	
黄喉雉鹑	<i>Tetraophasis szechenyii</i>	国家一级，中国特有物种	灰褐羽色，喉部栗红；季节性垂直迁徙；海拔 3500~4500m	
普通鵟	<i>Buteo buteo</i>	国家二级	体长 480~530mm；主食鼠类；云南省全省广布	
雀鹰	<i>Accipiter nisus</i>	国家二级	体长 312~390mm；捕食小鸟/鼠类；海拔 3000~3800m	

表 4.4.5-10(续)

名称	学名	保护级别	主要形态特征、生态习性、栖息范围	图片
松雀鹰	<i>Accipiter virgatus</i>	国家二级	体长 28~38cm；食小型鸟类/昆虫；海拔 620~3000m	
红隼	<i>Falco tinnunculus</i>	国家二级	体长 350mm；食昆虫/小型动物；海拔 500~3600m	
灰背隼	<i>Falco columbarius</i>	国家二级	体长 25~33cm；低空捕食鸟类；海拔 2400~3700m	
血雉	<i>Ithaginis cruentus</i>	国家二级	雄鸟体长 376~492mm；植食为主，善奔跑；海拔 2750~3500m	
高山兀鹫	<i>Gyps himalayayensis</i>	国家二级	头和颈污黄色羽；食腐，悬崖筑巢；海拔 2800~4200m	
黑鸢	<i>Milvus migrans</i>	国家二级	体长约 600mm；杂食性，独居；海拔 2700~4300m	

表 4.4.5-10(续)

名称	学名	保护级别	主要形态特征、生态习性、栖息范围	图片
白马鸡	<i>Crossoptilon crossoptilon</i>	国家二级	体长约 1m，尾羽侧扁；植食为主；海拔 2750~3500m	
勺鸡	<i>Pucrasia macrolopha</i>	国家二级	体长 390~630mm；食植物根果；海拔 3000~4000m	
白腹锦鸡	<i>Chrysolophus amherstiae</i>	国家二级	雄鸟红色冠羽，腹白；群居植食；海拔 1500~3600m	
红腹角雉	<i>Tragopan temminckii</i>	国家二级	体长 44~66cm；机警善奔走；海拔 1000~4000m	
灰林鸮	<i>Strix aluco</i>	国家二级	体长 37~40cm，无耳簇；夜行食啮齿类；海拔 1710~4000m	
棕腹大仙鹑	<i>Niltava davidi</i>	国家二级	体长 12~16cm，上体深蓝，下体棕色，中国的特有物种。海拔 1000~2000m	
滇鹇	<i>Sitta yunnanensis</i>	国家二级	体长 88~112mm，蓝灰色；食昆虫/松子；海拔 1300~3200m	

d) 哺乳类

在金沙江奔子栏水电站工程评价区分布的 58 种哺乳动物中，有中国国家级

重点保护野生动物 19 种(国家一级重点保护野生动物 5 种, 占所记录哺乳类种数的 8.62%, 国家二级重点保护野生动物 14 种, 占所记录哺乳类种数的 23.14%); 其中有云南省级重点保护动物 4 种, 占所记录哺乳类种数的 5.26%; 其中有 13 种被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为珍稀濒危动物(极危物种 3 种, 濒危物种 3 种, 易危物种 7 种), 占全部哺乳动物种数的 22.41%。名录中有些动物有重复, 故共有国家级重点保护哺乳动物、云南省级重点保护哺乳动物和被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为珍稀濒危种类 24 种, 有三有动物 15 种(含红色名录极危 CR 1 种、易危 VU 1 种)。调查未发现该地区特有种类分布。

表 4.4.5-11 评价区重点保护哺乳动物介绍

序号	名称	学名	保护级别	形态特征、生态习性、栖息范围	评价区位置	距淹没线距离	图片
1	林麝	<i>Moschus berezovskii</i>	国家一级, 红色名录极危(CR)	体型最小, 无角, 尾短; 胆小独居, 植食性; 海拔 1800~3500m 针阔混交林	冻农东北方向	>1km	
2	大灵猫	<i>Viverra zibetha</i>	国家一级, 红色名录易危(VU)	体长 60~80cm, 棕灰色毛; 夜行性, 善攀爬; 海拔 1800~2200m 常绿阔叶林	子庚二村北方向	>1km	
3	豹	<i>Panthera pardus</i>	国家一级, 红色名录濒危(EN)	体形似虎, 黄色黑斑; 山地林区捕猎; 海拔 2400~3500m 树丛岩洞	日尼交西南方向	>1km	
4	云豹	<i>Neofelis nebulosa</i>	国家一级, 红色名录极危(CR)	四肢粗短, 犬齿锋利; 夜行爬树; 海拔 1900~4000m 森林	卡日贡村西南方向	>1km	
5	豺	<i>Cuon alpinus</i>	国家一级, 红色名录濒危(EN)	体长 95~103cm, 棕黑色毛; 群居围攻捕猎; 海拔 1800~4000m 多种生境	阿周南方向灌丛	>1km	
6	狼	<i>Canis lupus</i>	国家二级	嘴长窄, 五种齿型; 严格等级制度, 全国广布多种生境	未明确具体点位	-	

表 4.4.5-11(续)

序号	名称	学名	保护级别	形态特征、生态习性、栖息范围	评价区位置	距淹没线距离	图片
7	水獭	<i>Lutra lutra</i>	国家二级， 红色名录濒危(EN)	体毛咖啡色油亮； 穴居食鱼；海拔 1800~3000m 水域	日中村西 方向	1.1km	
8	黄喉貂	<i>Martes flavigula</i>	国家二级	体长 56~65cm，尾 长 38~43cm；凶猛 集群捕猎；海拔 2000~3000m 森林	肾格中西 北方向	>1km	
9	黑熊	<i>Selenarctos thibetanus</i>	国家二级	体长 150~170cm， 黑毛；杂食性垂直 迁徙；海拔 1800~4000m 多种 林型	拉姆村东 南方向	>1km	
10	小熊猫	<i>Ailurus fulgens</i>	国家二级， 红色名录易 危(VU)	体长 40~63cm，红 棕色毛；喜食竹类 甜食；海拔 2000~3800m 竹丛区	冉成村东 北方向	>1km	
11	猕猴	<i>Macaca mulatta</i>	国家二级	灰黄褐色毛，颜面 瘦削；群居石山栖 息；海拔 1800~ 3200m 岩山	评价区外	2km (距枢纽 工程)	
12	水鹿	<i>Rusa unicolor</i>	国家二级	身体高大粗壮，体 毛粗糙而稀疏；以 草、果实、树叶和 嫩芽为食；海拔 2000~3700m 阔叶 林、针阔混交林	扎衣贡南 方向	>1km	
13	鬣羚	<i>Capricornis sumatraensis</i>	国家二级， 红色名录易 危(VU)	黑褐色毛，蹄短坚 实；小群植食性； 海拔 1900~4000m 针阔林	扎叶村南 方向	>1km	
14	中华斑羚	<i>Naemorhedus griseus</i>	国家二级， 红色名录易 危(VU)	雄性较大，四肢色 浅；独居植食；海 拔 2100~4000m 陡 峭山区	扎衣贡南 方向	>1km	

表 4.4.5-11(续)

序号	名称	学名	保护级别	形态特征、生态习性、栖息范围	评价区位置	距淹没线距离	图片
15	岩羊	<i>Pseudois nayaur</i>	国家二级	青灰褐色毛，两性有角；高山攀岩植食；海拔2000~4000m裸岩区	沙宗村南方向	>1km	
16	赤狐	<i>Vulpes vulpes</i>	国家二级	红棕色蓬松尾；杂食夜行性；全国广布多种生境	古学乡南方向	>1km	
17	豹猫	<i>Prionailurus bengalensis</i>	国家二级，红色名录易危(VU)	梅花斑纹似家猫；地栖夜行捕猎；海拔1800~3000m林缘	沙宗村东方向	>1km	
18	貉	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	国家二级	腿短似狐，冬季休眠；杂食穴居；海拔1800~3500m混交林	打古东南方向	边缘	
19	毛冠鹿	<i>Elaphodus cephalophus</i>	国家二级	肩高0.6m，黑鹿特征；单独近水源活动；海拔1000~4000m多种林型	古学乡东南方向	>1km	
20	赤鹿	<i>Muntiacus muntjak</i>	云南省级	雄性具长而向后内弯曲的两叉角，取食多种植物的枝叶；国内分布于东南、华南、西南	叶日附近	>2km	
21	果子狸	<i>Paguma larvata</i>	云南省级	体长48~50cm，面纹明显；夜行攀缘杂食；华北以南广泛分布	日叶村西北方向	>1km	
22	猪獾	<i>Arctonyx collaris</i>	云南省级	体型粗壮黑褐色毛；穴居冬眠杂食；全国广布尤其南方	义用村西南方向	>1km	

表 4.4.5-11(续)

序号	名称	学名	保护级别	形态特征、生态习性、栖息范围	评价区位置	距淹没线距离	图片
23	狗獾	<i>Meles meles</i>	云南省级	体重 5~15kg，肥壮体形；冬眠杂食性；全国多省分布	古学乡东南方向	>1km	
24	复齿鼯鼠	<i>Trogopterus xanthipes</i>	红色名录易危(VU)	橙足蓬松尾，赤棕色背毛；裸岩缝隙栖息；海拔1000m+山区	叶日附近	>2km	

4.4.6 典型区域生态现状

4.4.6.1 水库淹没区

水库淹没区中涉及的植被类型主要有稀树灌木草丛、干暖灌丛、暖温性灌丛。主要群落类型为小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、蛇葡萄灌丛、白刺花灌丛、两头毛灌草丛等。

水库淹没区的植物种类主要有小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、单刺仙人掌、白刺花、蛇葡萄、两头毛、灰毛茛、戟叶酸膜、酢浆草等，局部地段近河岸区域分布有清香木和铁橡栎。

水库淹没区的动物主要为低海拔灌草丛动物种类如西藏蟾蜍、华西蟾蜍、昭觉林蛙、无指盘臭蛙，多疣壁虎、金沙壁虎、草绿攀蜥、铜蜓蜥、斜鳞蛇、菜花原矛头蝮、高原蝮，评价区鸟类中小型鸟类如雀形目鸟类，淹没线下哺乳动物多为小型啮齿类动物，如社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类。



图 4.4.6-1 水库淹没区典型生境

4.4.6.2 大坝工程区

大坝工程区主要植被为干暖灌丛、暖温性灌丛，各施工布置场地植被类型略有不同，其中大坝附近为干暖灌丛；森恩综合厂平区处为干暖灌丛、暖温性灌丛；甲学临时利用料堆存场处为干暖灌丛、砂石加工系统厂区处为干暖灌丛；永久机电设备库处为干暖灌丛；阿洛贡沟左岸炸药库、表土堆存场等处为干暖灌丛和暖温性灌丛；东竹林沟片区为干暖灌丛。

大坝工程区主要分布有戟叶酸模灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、马桑灌丛、小叶荆灌丛、灰毛莠灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等。

大坝及工程区中的植物主要有戟叶酸模、白刺花、酢浆草、单刺仙人掌、马桑、马鞭草、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、灰毛莠、两头毛等。

大坝工程区生境与淹没区高度相似，动物种类也类似。



图 4.4.6-2 大坝工程区典型生境

4.4.6.3 工程占地区生态现状

工程占地区主要植被为干暖灌丛、暖温性灌丛，各施工布置场地植被类型略有不同，其中大坝附近为干暖灌丛；森恩综合厂平区处为干暖灌丛、暖温性灌丛；甲学临时利用料堆存场处为干暖灌丛、砂石加工系统厂区处为干暖灌丛；永久机电设备库处为干暖灌丛；阿洛贡沟左岸炸药库、表土堆存场、垃圾处理厂处为干暖灌丛和暖温性灌丛；东竹林沟片区为干暖灌丛；因归渣场区为干暖灌丛和暖温性灌丛；曲雅贡渣场为干暖灌丛和暖温性灌丛；瓦卡生产安置区为干暖灌丛和暖温性灌丛。详情如下。

表 4.4.6-1 工程占地区生态环境现状

工程区	主要动植物资源描述	现场照片
森恩综合 厂区	厂区位于坝址下游河岸两侧，其中一侧已被其他工程占用，另一侧主要植被类型为干暖灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、戟叶酸模、网叶木蓝、毛莲蒿等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	

表 4.4.6-1(续)

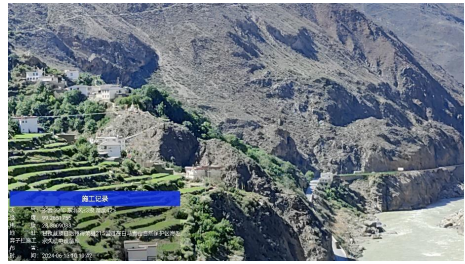




工程区	主要动植物资源描述	现场照片
甲学利用料临时堆存厂区	甲学利用料临时堆存场位于坝址附近甲学沟内，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、戟叶酸模灌丛。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、戟叶酸模、灰毛菰、川滇野丁香、川西锦鸡儿、密花香薷、酢浆草、中华山蓼等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
砂石加工系统厂区	砂石加工系统厂区位于坝址附近甲学利用料临时堆存场旁，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、戟叶酸模灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、戟叶酸模、茺花、中华山蓼、酢浆草、单刺仙人掌等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
永久机电设备库	永久机电设备库位于坝址附近甲学利用料临时堆存场旁，主要主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、戟叶酸模灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、戟叶酸模、茺花、中华山蓼、酢浆草、单刺仙人掌等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
左岸炸药库(阿洛贡沟)区	左岸炸药库位于坝址附近，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小叶荆、白刺花灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、凹叶雀梅藤灌丛、戟叶酸模灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、凹叶雀梅藤、茺花、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	

表 4.4.6-1(续)

工程区	主要动植物资源描述	现场照片
表土堆存厂 (阿洛贡沟)区	表土堆存场区位于坝址附近，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小叶荆、白刺花灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、凹叶雀梅藤灌丛、戟叶酸模灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、凹叶雀梅藤、茺花、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
垃圾处理厂 (阿洛贡沟)区	垃圾处理厂位于坝址附近，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小叶荆、白刺花灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、凹叶雀梅藤灌丛、戟叶酸模灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、凹叶雀梅藤、茺花、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
东竹林沟 片区	东竹林沟片区位于坝址上游附近，主要有水厂、输水发电工程综合加工厂，主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、凹叶雀梅藤、茺花、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
绒丁沟渣 场区	绒丁沟渣场区主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小叶荆、白刺花灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、凹叶雀梅藤灌丛、戟叶酸模灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、小鞍叶羊蹄甲、凹叶雀梅藤、茺花、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	

表 4.4.6-1(续)

工程区	主要动植物资源描述	现场照片
因归渣场区	因归渣场区主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、川滇蔷薇灌丛和戟叶酸模灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、川滇蔷薇、凹叶雀梅藤、川西锦鸡儿、戟叶酸模等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
曲雅贡弃渣场	曲雅贡弃渣场区主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛和川滇蔷薇灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、川滇蔷薇、凹叶雀梅藤和川西锦鸡儿等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	
瓦卡生产安置区	主要植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，常见植物群系有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、川滇蔷薇灌丛和单刺仙人掌肉质灌丛等。主要植物种类有白刺花、小叶荆、川滇蔷薇、单刺仙人掌、堯花、凹叶雀梅藤和川西锦鸡儿等。常见动物种类有社鼠、齐氏姬鼠、中华姬鼠、大耳姬鼠、高原兔、中华绒鼠、褐家鼠、小家鼠等种类，优势种为社鼠、褐家鼠和小家鼠。	

4.4.7 陆生生态演变趋势

工程河段主要植被为稀树灌木草丛、干暖灌丛、暖温性灌丛，分布有戟叶酸模灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、马桑灌丛、小叶荆灌丛、灰毛菴灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等，有极少量毛枝榆林。

稀树灌木草丛是处于演替过程中某一阶段的群落，以草丛或灌丛为主要层，其中的草丛根据其高度可以分为低草草丛(高度在 0.5m 以下)、中草草丛(0.5~1.5m)和高草草丛(1.5m 以上)。从演替的角度看，所有的稀树灌木草丛都是一类次生性的植被类型，由于人为或其他形式的干扰及植被破坏以后各种生境因素的变化，正向演替的速度并不一定快，一些情况下会存在偏途演替或反向演替，因此多数稀树灌木草丛仍然保持一种相对稳定的状态。

灌丛是指一切以灌木占优势的生态系统类型，群落高度一般在 5m 以下，盖度

大于 30%~40%，灌丛建群种多为生活型为簇生的灌木，且具有一个较为与郁闭植被层，裸露地面不到 50%。干暖灌丛、暖温性灌丛属于稳定的植被生态系统类型，受长期人为干扰限制不易恢复成为原来的森林。

综上所述，如果停止了人为或其他形式的干扰，工程河段稀树灌木草丛会在很长时间内演变成当地的地带性森林植被，干暖灌丛、暖温性灌丛则很难继续朝下一个阶段演替，属于稳定的植被生态系统类型。

4.4.8 水土流失

本工程涉及四川省得荣县、云南省德钦县。根据《水利部办公厅印发<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》(办水保〔2013〕188 号)，《四川省水利厅关于印发<四川省省级水土流失重点预防区和重点治理区划分成果>的通知》(川水函〔2017〕482 号)和《云南省水利厅关于划分省级水土流失重点预防区和重点治理区的公告》(云南省水利厅第 49 号公告)，项目所在地涉及金沙江岷江上游及三江并流国家级水土流失重点预防区。因此，按照《生产建设项目水土流失防治标准》的规定，本工程水土流失防治标准执行青藏高原区一级标准。

项目区域水土流失程度以轻、中度为主，受地质地形条件和人类活动影响，局部地段水土流失较严重；土壤侵蚀类型主要是水力侵蚀和冻融侵蚀，地质结构不稳定地段为重力侵蚀，其中水力侵蚀主要分布于沿金沙江上游河段海拔相对较低的地带，冻融侵蚀多分布于海拔 4200.00m 以上冰雪覆盖的高原山区。工程区水土流失现状主要为水力侵蚀，表现形式以面蚀为主，项目区平均土壤侵蚀背景值为 $1764\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})\sim 2754\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ，平均侵蚀强度为轻度。容许土壤流失量为 $500\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{a}$ 。

4.5 生态敏感区

本工程建设征地与水库淹没涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区，临近四川太阳谷省级谷风景名胜区、生态保护红线；经查询复核后，工程已不再涉及优化整合后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区，仅涉及三江并流世界自然遗产地部分缓冲区。

表 4.5-1 周边环境敏感区与奔子栏位置关系

生态敏感区	规模及特性	区位关系
云南省三江并流世界自然遗产地	三江并流世界遗产地及缓冲区面积为 177.65 万 hm^2 ，其中遗产地面积为 96.01 万 hm^2 ，缓冲区面积 81.64 万 hm^2 (含生物廊道 21.50 万 hm^2)，分为白马—梅里雪山片区、哈巴雪山片区、老君山片区等 8 个独立片区	工程不涉及三江并流遗产地，但涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区面积 1021.0652 hm^2
云南白马雪山国家级自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地	位于云南省迪庆州德钦和维西县境内，范围为 27°25'~28°36'N、98°47'~99°21'E 之间，调整后总面积为 282106 hm^2 ，其中核心区面积为 115663.46 hm^2 ，缓冲区为 47958.02 hm^2 ，实验区为 118484.52 hm^2 。自然保护区整合优化后总面积 281699.85 hm^2 ，其中核心区保护区 187976.11 hm^2 ，一般控制区 93723.74 hm^2 。主要保护对象为国家一级保护动物滇金丝猴及其栖息地——多种冷杉属树种为优势的寒温性针叶林生态系统。栖息地范围同保护区范围一致。	根据 2018 年国务院批复保护区范围，工程涉及保护区实验区 996.88 hm^2 ，占保护区总面积的 0.34%，其中永久占地 971.89 hm^2 、临时用地 24.99 hm^2 ；工程不涉及整合优化后的白马雪山自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地，枢纽工程与其区界最近直线距离 0.04 km ，淹没线与边界最近距离 0.16 km
四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地	位于四川省甘孜州得荣县境内、金沙江左岸，总面积为 23693 hm^2 ，其中核心区 11670.80 hm^2 ，缓冲区 7387.20 hm^2 ，实验区 4635.00 hm^2 。整合优化后保护区总面积 22492.01 hm^2 ，其中核心保护区 18110.59 hm^2 ，一般控制区 4381.42 hm^2 。该保护区属生态公益性自然保护区，主要保护对象是森林生态系统和林麝、岩羊等偶蹄类珍稀动物。栖息地范围同保护区范围一致。	电站坝址不涉及该保护区，运营期尾水将淹没部分四川下拥省级自然保护区实验区(82.74 hm^2)，复建道路部分穿越保护区实验区(26.8 hm^2)；工程不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地，工程布置与其区界最近直线距离 0.15 km 。
四川太阳谷省级风景名胜	位于四川省甘孜州得荣县，风景区总面积 428.14 平方公里，地理坐标介于东经 99°15'43.234"-99°34'14.333"，北纬 28°21'41.325"-28°46'22.619"之间，涉及得荣县古学乡、奔都乡、八日乡。风景区核心景区总面积 174.79 平方公里，占风景区总面积的 40.83%。	工程不涉及太阳谷风景名胜，工程布置与其最近直线距离为 61 m 。
生态保护红线	/	工程不涉及生态保护红线，工程复建道路与生态保护红线最近距离为 4.73 m

4.5.1 “三江并流”世界自然遗产地

(1) 遗产概况

“三江并流”区域是指金沙江、澜沧江和怒江三条发源于青藏高原的大江在云南省境内自北向南并行奔流 170 多 km 的区域，集地质多样性、生物多样性、景观多样性和文化多样性为一体，具有典型代表意义。中国政府将“三江并流”提交至联合国教科文组织世界遗产委员会申报世界自然遗产，并在 2003 年世界遗产委员会第 27 次会议上被列入世界遗产名录。

(2) 保护范围

2010 年，世界遗产委员会第 34 次会议同意了中国提出的三江并流世界自然遗产地边界调整方案。调整后的三江并流世界遗产地及缓冲区面积为 177.68 万 hm^2 ，其中遗产地面积为 96.01 万 hm^2 ，缓冲区面积 81.67 万 hm^2 ，三江并流遗产地位于云

南省境内，包括高黎贡山、白马—梅里雪山、老窝山、云岭、老君山、哈巴雪山、千湖山、红山 8 个片区。奔子栏水电站附近分布有白马—梅里雪山片区，该片区遗产地面积 24.99 万 hm^2 ，缓冲区面积 16.53 万 hm^2 。

(3) 遗产价值

该遗产地拥有丰富多样的景观，如深邃的峡谷、茂密的森林、高耸的雪山、冰川、高山喀斯特、红砂岩地貌(丹霞)、湖泊和草甸等，这块 170 万 hm^2 的土地上有 3 条亚洲大河的上游部分：长江(金沙江)、湄公河和萨尔温江，这些河流大致平行，从北向南，穿过陡峭的峡谷，有些峡谷有 3000m 深，周围有 6000 多米高的冰峰。该遗产地横跨横断山脉的大部分，横断山脉是从喜马拉雅山脉东端弯曲进入中南半岛的主要弧线，地处世界 3 大生物地理领域的交汇地带，是中国生物多样性的中心地带，也是全球温带地区中生物多样性最丰富的地方之一。

三江并流满足(vii)、(viii)、(ix)和(x)全部 4 条世界自然遗产评价标准。

1) 美学价值(标准 vii)

三江并流世界自然遗产地内由于生态环境、气象特征、地质条件的多样性，造就了丰富而突出的景观资源。其类型包括：雪峰冰川、深壑峡谷、高山湖泊、高山草甸、丹霞泉华、珍稀动植物、瀑布溪流等自然奇观和丰富而引人入胜的民族风情。这些丰富迷人的自然风光和人文风情构成了遗产地景观资源的完整系统。

2) 地质地貌价值(标准 viii)

三江并流世界自然遗产地是反映特提斯构造演化历史、印度板块与欧亚板块碰撞、横断山巨型内陆造山带形成、青藏高原隆升等地球演化历史重要阶段和重要事件的关键地域，也是多种高山地貌类型和演化过程的杰出代表地区，是世界上压缩最紧的巨型复合造山带。

遗产地地质地貌分为构造地貌、侵蚀构造地貌、冰雪地貌、高山岩溶地貌、丹霞地貌和峡谷地貌。重要的地质遗迹有蛇绿岩相关岩石组合及深海大洋沉积、混杂岩类、地层古生物现象、岩浆岩、变质岩、地质构造形迹等。

3) 生态过程价值(标准 ix)

三江并流地区拥有相当于北半球的南亚热带、中亚热带、北亚热带、暖温带、温带、寒温带和寒带等 7 个气候带，发育着丰富多彩的植被类型，包括 10 个植被型，23 个植被亚型，是全世界植被类型最多的地区，是欧亚大陆生物生态环境的缩

影；同时，也是自新生代以来生物物种和生物群落分化最剧烈的地区。

4) 生物多样性价值(标准 x)

由于未受到第四纪冰期时大陆冰川的覆盖，而山川河流均为南北走向，使三江并流世界自然遗产地成为欧亚大陆生物物种南来北往的主要通道和第四纪冰期欧亚大陆生物的主要避难所，是世界生物多样性最丰富的地区之一。遗产地内展现了横断山区几乎所有代表性的栖息地类型。而横断山区则是全球对于生物多样性保护而言最为重要的区域之一。这一区域杰出的地形和气候多样性，以及其作为东亚、东南亚、青藏高原生物群落交会区域和作为冰期中物种南北交流的廊道的特殊地理位置，使得这一区域成为一道独特的风景。尽管人类在这一区域定居的历史已经超过数千年，但这一区域依然保留的鲜明的自然特征。作为全球大量珍稀、特有动植物最重要的庇护所之一，三江并流世界遗产地具有非凡的突出普遍价值。

(4) 工程与世界自然遗产地的位置关系

奔子栏水电站位于三江并流世界自然遗产白马雪山片区东部边缘地带，工程建设范围不涉及三江并流世界自然遗产地，仅涉及部分缓冲区。

2025年3月26日，云南省林业和草原局印发《云南省林业和草原局关于金沙江上游奔子栏水电站与三江并流世界自然遗产地位置关系的函》，函件明确“奔子栏水电站工程用地总面积3135.49公顷(含临时用地180.96公顷)不涉及三江并流世界自然遗产地，但涉及三江并流世界自然遗产白马-梅里雪山片区缓冲区1021.06公顷，具体为枢纽临时用地25.01公顷、枢纽永久用地36.23公顷、移民区68.56公顷、淹没区891.26公顷。”

为详细分析奔子栏水电站建设对三江并流世界自然遗产的影响，我公司委托云南金帆林业有限公司编制了《金沙江奔子栏水电站工程对三江并流世界自然遗产地影响评价报告》，德钦县林业和草原局、迪庆州林业和草原局、云南省林草局先后于2023年9月、2023年10月、2024年4月对专题报告组织专家进行了评审。

4.5.2 云南白马雪山国家级自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地

4.5.2.1 自然保护区

a) 保护区概况

云南白马雪山国家级自然保护区隶属云南省迪庆州德钦县，于1988年5月，国务院以国发〔1988〕30号文《国务院关于公布第二批国家森林和野生动物类型自然保

护区的通知》批准该自然保护区为国家级自然保护区。2000年4月进行了边界范围调整，并上报国务院和国家环境保护局，国务院以国办函〔2000〕35号文予以确认。调整后保护区地理位置为东经98°47′~99°21′，北纬27°25′~28°36′，行政区域涉及德钦县的升平镇、奔子栏镇、霞若乡和维西县巴迪乡、叶枝乡、康普乡、白济汛乡、攀天阁乡和塔城乡等乡镇，保护区总面积27.64万hm²，保护区内最高处白马雪山海拔5429m，最低处金沙江奔子栏洪积扇缘海拔2040m。

b) 保护区功能区划

2018年2月，国务院办公厅发布《国务院办公厅关于调整湖南东洞庭湖等4处国家级自然保护区的通知》(环生态〔2018〕13号)，将云南白马雪山国家级自然保护区西北侧生境原始的金沙江、澜沧江中上游水源涵养区调入保护区，进一步扩大滇金丝猴的生境保护范围，调整后保护区总面积为282106hm²，其中核心区面积为115663.46hm²，缓冲区为47958.02hm²，实验区为118484.52hm²。自然保护地整合优化后总面积281699.85hm²，其中核心保护区187976.11hm²，一般控制区93723.74hm²。

c) 保护区资源概况及主要保护对象

该保护区属野生动物类保护区，主要保护对象是：国家一级保护动物滇金丝猴为主的珍稀野生动植物及其生存环境。

① 滇金丝猴及其栖息地

滇金丝猴及其栖息地是白马雪山国家级自然保护区最重要的保护对象。自保护区成立以来，滇金丝猴数量从1985年的约540只(7个猴群)大幅增长至目前的约2500只(14个猴群)，个体数量约占全国滇金丝猴总数的65%。

② 珍稀濒危野生动植物及其生境

白马雪山国家级自然保护区共有喜马拉雅红豆杉 *Taxus wallichiana* var. *wallichiana*、光叶珙桐 *Davidia involucrata* var. *vilmoriniana*、玉龙蕨 *Sorolepidium glaciale*、独叶草 *Kingdonia uniflora*等14种国家重点保护野生植物(国家I级4种，国家II级10种)。有滇金丝猴 *Rhinopithecus bieti*、云豹 *Neofelis nebulosa*、岩羊 *Pseudois nayaur*、雪豹 *Panthera uncia*、黑鹳 *Ciconia nigra*、金雕 *Aquila chrysaetos*等66种(国家I级16种，国家II级50种)国家重点保护野生动物。另外，还有多种珍稀濒危动植物。

③ 寒温带针叶林及高山灌丛草甸

白马雪山保护区是冷杉、云杉两属树种生长发育最好的地区之一，树种繁多，分布较广。冷杉属中有长苞冷杉*Abies georgei*、急尖长苞冷杉*A.georgei var.smithii*、苍山冷杉*A.delavayi*、川滇冷杉*A.forresfii*、大黄果冷杉*A. ernestii var.salouenensis*、中甸冷杉*A.ferreana*。保护区是中国低纬度高海拔地区生物资源保存比较完整而原始的高山针叶林区。寒温性针叶林是保护区森林资源的主要成分，也是滇金丝猴的主要栖息地。

白马雪山保护区的高山灌丛、草甸是横断山脉高山峡谷典型山地垂直带自然景观的重要组成部分，特有种丰富、生态系统独特，是众多珍稀名贵药材、珍稀动植物重要分布区之一。

④ 高原湖泊、雪山冰川

保护区分布有众多的小型高山冰蚀湖，面积大于5000 m²以上的高原湖泊有25个，其中粗那I湖(又称黑湖)最大，面积300000 m²。这些湖泊均为古冰期中的冰斗积水而成，湖泊面积不大，相对较深，水清洁无污染，多无水产。

白马雪山自然保护区的地形地貌表现出高、峻、奇、险、雄等特征，雪山冰川资源特别丰富，也是保护区的主要保护对象之一。5000 m以上的雪山主峰就有10个，大多终年积雪或积雪多于10个月。位于前5位的雪山主峰为扎拉雀尼峰I(5429.0m)、人子雪山主峰(5384.0m)、木堵东峰(5300.0m)、昂吾峰(5232.0m)、贾加拉峰(5232.0m)。

4.5.2.2 陆生野生动物重要栖息地

根据国家林业和草原局发布的《陆生野生动物重要栖息地名录(第一批)》(2023年11月)，云南白马雪山国家级自然保护区同时也是云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地，主要保护对象为滇金丝猴、豹、林麝、马麝、斑尾榛鸡等，栖息地范围同保护区范围一致。

a) 滇金丝猴*Rhinopithecus bieti*

俗名：黑金丝猴、黑仰鼻猴、雪猴、大青猴、白猴、花猴、飞猴、知解“藏语”，“扎密普扎”(傈僳族语)、“摆药”(白族语)

形态特征：滇金丝猴体形较川金丝猴稍大，面部特征与川金丝猴相似，身上的体毛并不是金黄色，主要是灰黑色，具有光泽。手、足也呈黑色，所以也叫黑金丝猴，但上臂内侧、喉部、颈侧、臀部及股部均为灰白色，形成明显的对比色。与黔

金丝猴不同，它的大白斑长在臀部的两侧，斑上的毛又白又长。背部和肩部的毛也较长，雄猴的头顶中央还有尖形的长长的黑色毛冠。眼周和吻鼻部青灰色或肉粉色，鼻端上翘呈深蓝色。身体背侧、手足和尾均为灰黑色，背后具有灰白色的稀疏长毛。身体腹面、颈侧、臀部及四肢内侧均为白色。

生态习性：分布于澜沧江与金沙江之间云岭山脉主峰两侧的高山深谷地带。栖息于海拔3300~4100m左右的落叶阔叶林、常绿阔叶林、暖性针叶林、温性针叶林和针阔混交林，是分布海拔最高的灵长类动物。滇金丝猴的猴群多为50~500只。为多雄多雌的混合群体，有社群等级行为。无明显的季节性的垂直迁移现象。活动范围猴群大小各异，约20~133.4km²。主食针叶树的嫩叶和越冬的花苞及叶芽苞，也食松萝和桦树的嫩枝芽及幼叶，5~7月还吃箭竹的竹笋和嫩竹叶。滇金丝猴是世界上栖息海拔高度最高的灵长类动物，栖息于藏东南和滇西北海拔2500-5000米的高寒原始森林中，平时多在3500~4500m高度的云杉、冷杉林中活动。

栖息范围：分布于澜沧江于金沙江之间云岭山脉主峰两侧的高山深谷地带，面积约20000km²，向北伸长达西藏境内的宁静山脉，包括云南德钦、维西、丽江、剑川、兰坪、云龙等县，以及西藏芒康县境内。白马雪山滇金丝猴主要分布在保护区的云岭片区，尤其是响古箐、红坡、萨马阁、巴美等区域，德钦县的霞若乡、叶枝乡，以及维西县的塔城镇是滇金丝猴种群最密集的区域。白马雪山自然保护区有滇金丝猴约1500只，分为11个种群，各种群及个体数量如下表所示。滇金丝猴种群分布位置均距离评价区较远，工程施工建设不会对其产生影响。

保护级别：中国国家一级重点保护野生动物。被濒危野生动植物国际贸易公约收录为附录II物种。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)动物。

表 4.5.2-1 白马雪山国家级保护区滇金丝猴种群分布情况

种群名称	分布区域	家族数量	个体数量
1. 响古箐种群	维西塔城镇响古箐	5 个家族	约 280 只
2. 红坡种群	德钦县红坡村	3 个家族	约 160 只
3. 萨马阁种群	维西县萨马阁林区	4 个家族	约 220 只
4. 巴美种群	维西县巴美村	2 个家族	约 110 只
5. 霞若种群	德钦霞若乡	3 个家族	约 180 只
6. 叶枝种群	维西叶枝镇	2 个家族	约 100 只
7. 攀天阁种群	维西攀天阁乡	1 个家族	约 60 只
8. 阿东种群	德钦县阿东河谷	2 个家族	约 90 只
9. 施坝种群	德钦云岭乡施坝	2 个家族	约 85 只
10. 白马雪山脊种群	保护区核心区高山地带	3 个家族	约 150 只

表 4.5.2-1（续）

11. 茨卡通种群	维西-德钦交界茨卡通	1 个家族	约 50 只
12.那仁、萨勇种群	德钦县的那仁村	3 个家族	约 450 只

白马雪山国家级自然保护区滇金丝猴种群分布与奔子栏水电站位置关系图

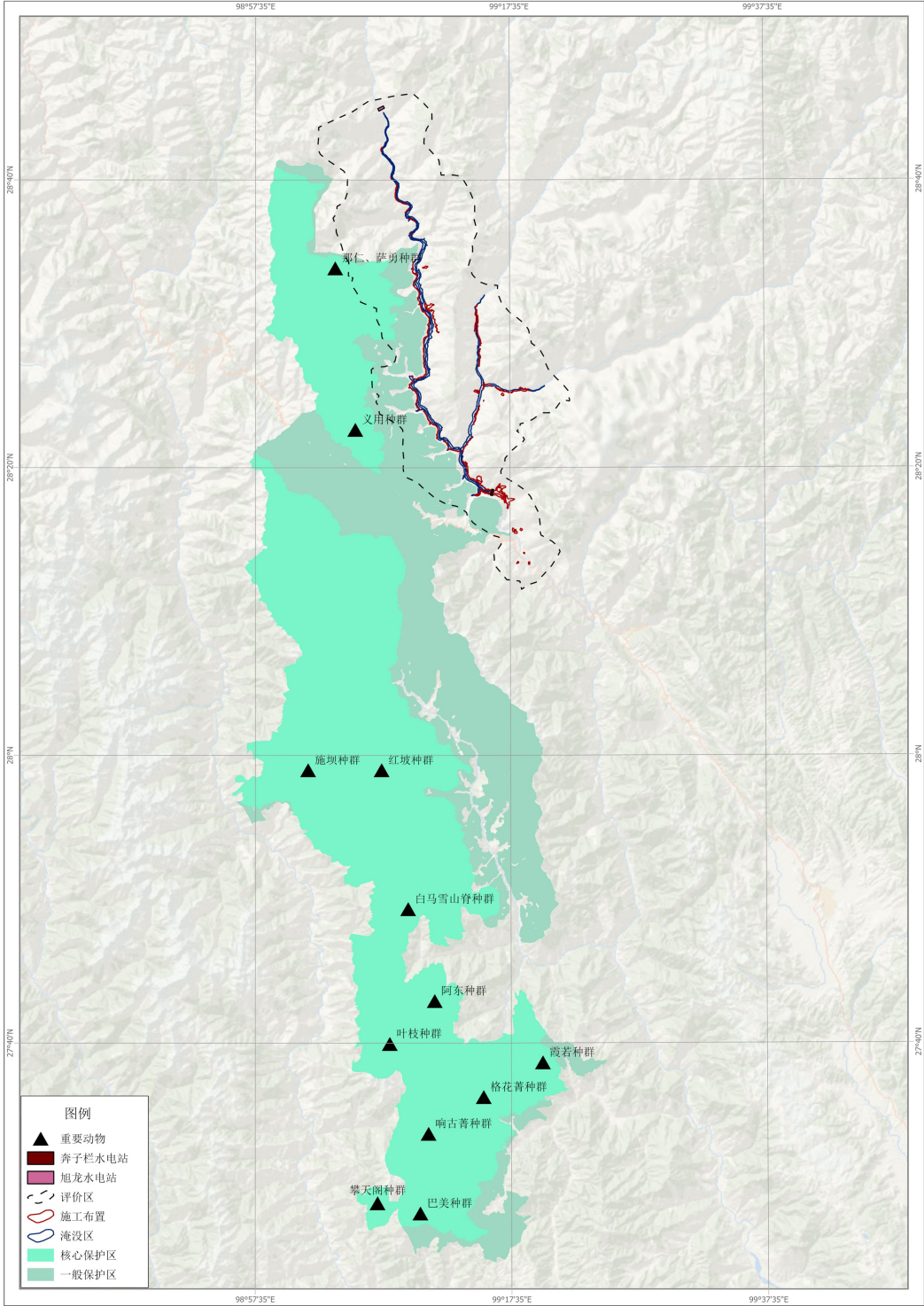


图 4.5.2-1 白马雪山国家级保护区滇金丝猴种群分布示意图

b) 豹 *Panthera pardus*

俗名：金钱豹、文豹

英名：Leopard, North Chinses Leopard.

形态特征：体形似虎，但明显较小；头小尾长，四肢短健；毛被黄色，布满黑色环斑；爪灰白色，能伸缩。

生态习性：生活于多种生境，森林、灌丛、湿地、荒漠等都能生存，但我国金钱豹主要生活在山地林区，其巢穴多筑于浓密树丛、灌丛或岩洞中。金钱豹营独居生活，常夜间活动，白天在树上或岩洞休息。在食物丰富的地方，活动范围较固定；食物缺乏时，则游荡数十公里觅食。金钱豹守卫自己较固定的领域，雄性的领域比雌性者大。金钱豹捕食各种有蹄类动物，在南方也捕食猴、兔、鼠类、鸟类和鱼类，秋季也采食甜味的浆果。

栖息范围：适应力顽强，它的巢穴比较固定，栖息于海拔2400~3500m浓密树丛、灌丛或岩洞中。分布非常广泛，跨越亚洲、非洲的许多地区，从喜马拉雅山脉到撒哈拉大沙漠都有存在。

在评价区内分布于日尼交西南方向海拔3300m左右的林下，与淹没线距离大于1km。

保护级别：中国国家一级保护动物。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)动物。

c) 林麝 *Moschus berezovskii*

俗名：南麝、森林麝、黑獐子、林獐、香獐；

英名：Forest Musk Deer.

形态特征：麝属中体型最小的一种。成年林麝体重小于5kg，体长小于60cm，肩高47cm。体重不过10kg左右。林麝的外形特征是雌、雄麝都不长角，雄麝的上犬齿发达，长而尖，露出口外，呈獠牙状。它的后肢比前肢长1/3~1/4，所以站着的时候后部明显的比前部高。它的尾巴很短，四肢细长，蹄子比较狭而尖，耳朵长而直立。毛粗硬、曲折呈波浪状，容易折断，呈深棕色，成体不具斑点。毛色上一个很明显的特征是在颈部的两侧各有一条比较宽的白色带纹，一直延伸到腋下。

生态习性：林麝是一种胆小胆怯、性情孤独的动物，白天休息，早晨和黄昏才出来活动。平时雌雄分居，过着独居的生活，雌麝常和幼麝在一起，雄麝则用它们

巨大的麝腺标志领域和吸引配偶。林麝视觉和听觉灵敏，遇到特殊的声音即迅速逃离或隐藏于岩石中。它们能轻快敏捷地在险峻的悬崖峭壁上行走，能登上倾斜的树干，站立于树枝上，还善于跳跃，能从平地跳起2m以上。以树叶、杂草、苔藓、嫩芽、地衣及各种野果为食。天敌：豹、貂、狐狸、狼、豺狼，特别是人。

栖息范围：主要栖于海拔1800~3500m针阔混交林，也适于在针叶林和郁闭度较差的阔叶林的生境生活。栖息高度可达3500m，但低海拔环境也能生存。在中国主要分布于宁夏六盘山、陕西秦岭山脉；东至安徽大别山、湖南西部；西至四川、西藏波密、察隅、云南北部；南至贵州、广东及广西北部山区。原生种分布地：中国、越南。

在评价区内分布于冻农东北方向海拔3200m左右的针叶林下，与直线淹没线距离大于1km。

保护级别：中国国家一级重点保护动物。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为极危(CR)动物。

d) 马麝 *Moschus chrysogaster*

俗名：高山麝、马獐、贡拉(藏语)麝

英名：Alpine Musk Deer.

形态特征：是麝类中体形最大的一种，体重15kg左右，体长80~90cm。雌、雄均无角。后腿比前腿长约1/3，故臀高大于肩高。脚具4趾，侧趾很发达，在硬地上走时触地。头形狭长，吻尖，无眶下腺和跗腺，耳狭长。雄体具发达的月牙状上犬齿，向下伸出唇外；腹部具特殊的麝香腺囊；尾短而粗，裸露，其上腺体发达，仅尖端有束毛。雌体腹部无麝香，有一对乳头；上犬齿小，未露出唇外；尾纤细；无腺体。背部沙黄褐色或灰褐色，后部棕褐色较强。颜面灰棕色，鼻端无毛，黑色，耳尖稍暗，耳背即周缘黄棕色。颈被有较宽的暗褐色斑块，其上有4-6个排成两行的棕色斑。背毛粗而脆，呈波浪式弯曲，基部浅灰色，向上渐转淡褐，仅尖端外有橘黄色环，尖端褐色。腹、腋下毛细长耳柔韧。

生态习性：晨昏活动，白天休息。反刍，性情孤独，雌雄分离，营独居生活方式。夏季早、晚在阳坡吃草，休息在阴坡灌丛里。雄麝喜欢攀登山势险峻之处，行动灵活，迅速敏捷。马麝生性多疑，行动时总是东张西望地警惕着四周，恐惧感比林麝更严重，在不受惊扰情况下，它的活动很有规律，象蹭尾巴的桩子，活动的道

路都是固定的，甚至连粪便堆也是固定的。受惊之后，便离开自己的巢域，过了几天，它又会回来。因而人们说它是“舍命不舍山”。由于马麝几乎没有任何用以自卫的武器，高原上的许多动物，如狼、豺、狐狸和猛禽中的金雕、草原雕，都是它的天敌，连香鼠也不放过它，常常残酷地将仔麝活活咬死。以各种草类及嫩枝、树叶为主，亦食苔藓和野果，偶尔也食一些菌类，特别是在枯草季，每天傍晚要到溪边或有淡水的地方饮水。

栖息范围：栖息在海拔2500~5000m的针叶林和高山灌丛里，灌丛下草本植物层以珠芽蓼、苔草为优势。分布于不丹、中国、印度、尼泊尔。在中国主要分布在青海、甘肃、西藏、云南(西北部)、四川(西部)等西部地区。

在评价区内分布于冻农东北方向海拔3500m左右的针叶林下，与淹没线直线距离大于1km。

保护级别：中国国家一级重点保护动物。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为极危(CR)动物。

e) 斑尾榛鸡 *Bonasa sewerzowi*

俗名：花尾飞龙，羊角鸡，飞龙

英名：Chinese Grouse

形态特征：中型鸟类，体长31~38cm，大小和榛鸡相似。上体栗色，具显著的黑色横斑；颏、喉黑色，周边围有白边；胸栗色，向后近白色；各羽均具黑色横斑，外侧尾羽黑褐色，具若干白色横斑和端斑。

生态习性：栖息于海拔2500~3500m的山地森林草原和散生有少许针叶树的金腊梅、山柳和杜鹃灌丛地区，也出现于云杉林和赤杨林及林缘灌丛地带。除繁殖期外，多成群活动。群多系家族群，或由家族群为单位的大群，特别是在带雏期间。多在树上活动和栖息，晚上亦在云杉树上过夜。有时也到地上活动，特别是育雏期间，几乎完全在地上活动，直到雏鸟能飞翔时，才逐渐过渡到树栖生活。日活动时间较长，天亮后即开始，直到天黑，每天活动时间长达10~14小时，其中大部分时间用于觅食，中午食饱以后栖息于云杉树上或林下树桩和树根上休息，亦或在林下松软的坡地上进行沙浴。具有季节性的垂直迁徙现象，冬季常迁到低海拔的云杉林或云杉混交林和灌丛地带，春夏季则往山上部森林草原和灌丛地带迁徙。主要以柳树、桦树的芽胞、嫩叶、嫩枝、花絮、云杉种子，以及忍冬、栒子、小檗、蓼、向

荆等植物的嫩枝、嫩叶、花絮、浆果和种子等植物性食物为食，也吃鳞翅目幼虫、鞘翅目昆虫和其他小型无脊椎动物，陕甘花楸(*Sorbus koehnia*)白色的果实是斑尾榛鸡秋季最喜爱的食物。特别是夏季。在地上或树上觅食，夏季多在林下地上，冬季多在树上。常分散单独觅食，特别是在树上，很少同群集于一树逐食。

栖息范围：中国中部特有物种，分布于青海、甘肃、四川、云南四省。原产于古北界泰加林区，由于第四纪冰期作用，它仅在现有的分布区内残存了下来。四川亚种主要分布于四川北部松潘、马尔康、平武、青川、西部康定至巴塘和西北部白玉及西南部木里和云南德钦。指名亚种主要分布于甘肃河西走廊甘南县，祁连山东段冷龙岭北坡西林河林区、天祝县、永登县、康乐县、临潭县、卓尼县、迭部县以及青海省的祁连、门源、同仁县、互助县、玉树和班马等县市林区。

保护级别：中国国家一级重点保护种类。被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为易危(VU)动物。

保护区内原始森林植被保存完好，植被类型和生物资源十分丰富，山地垂直带谱从干暖河谷亚热带到高山寒带反映完整，为滇金丝猴、豹、林麝、马麝、斑尾榛鸡等珍稀濒危动物提供了重要栖息地。

4.5.2.3 工程与保护区及栖息地位置关系

根据2018年国务院批复的白马雪山自然保护区范围和功能区划以及云南省林业和草原局出具的查询结果，奔子栏水电站涉及云南白马雪山国家级自然保护区实验区。国家林业和草原局2024年10月公示的《全国自然保护地整合优化方案》显示，奔子栏水电站不再涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区，坝址距离保护区边界790m、高差580m，水库淹没区距离保护区边界140m、高差110m。根据2025年2月19日云南省林业和草原局印发的《云南省林业和草原局关于奔子栏水电站与白马雪山国家级自然保护区三江并流世界自然遗产地位置查询结果的函》，函件明确“根据云南省自然保护地现状范围，奔子栏水电站“枢纽临时用地”“枢纽永久用地”“永久用地”分别涉及白马雪山国家级自然保护区实验区24.9873 公顷、33.6062 公顷、938.2835 公顷；根据云南省自然保护地整合优化后矢量界线(2023年上报省人民政府版)，奔子栏水电站“枢纽临时用地”“枢纽永久用地”“永久用地”均不涉及白马雪山国家级自然保护区及其他自然保护地。”

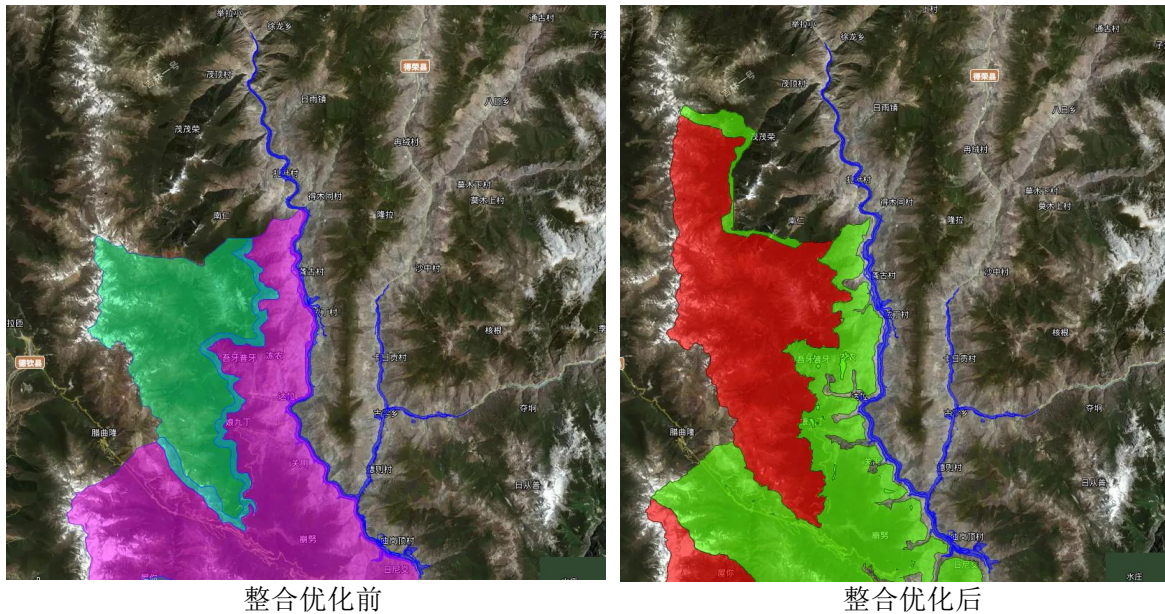


图 4.5.2-1 工程与整合优化前后保护区的位置关系图

4.5.3 四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地

4.5.3.1 自然保护区

(1) 保护区概况

四川下拥省级自然保护区位于四川省甘孜州得荣县。2000 年 8 月，得荣县人民政府顺应国家天保工程的实施和防治境内干暖河谷日益严重的滑坡、泥石流等地质灾害，依据法律规定，以得府函〔2000〕62 号文批准建立下拥县级自然保护区。2001 年 11 月，甘孜州人民政府以甘林计〔2001〕77 号文批准其升级为州级自然保护区，2003 年 4 月，四川省人民政府以《四川省人民政府关于建立毛寨等 11 个省级自然保护区的通知》(川府函〔2003〕96 号)批准下拥自然保护区晋升为省级自然保护区。2017 年 5 月 5 日，四川省人民政府以“川府函〔2017〕78 号”同意调整四川下拥省级自然保护区功能区划。

(2) 保护区功能区划

保护区位于四川省甘孜州藏族自治州得荣县的古学乡和子庚乡(瓦卡镇)境内，地处横断山南缘，金沙江河谷地带。地理坐标介于东经 $99^{\circ}14'36''\sim 99^{\circ}25'02''$ ，北纬 $28^{\circ}12'20''\sim 28^{\circ}26'59''$ 之间。南北最长距离为 26.90km，东西最宽距离为 15.70km。区内最高海拔为云南省交界处的下拥村后山 5599m，最低海拔为许曲与定曲交汇处劳动桥附近，海拔 2020m，相对高差达 3579m。保护区范围大部为国有林地。保护区总面积为 23693hm²，其中核心区 11670.80hm²，缓冲区 7387.20hm²，实验区

4635.00hm²。整合优化后保护区总面积 22492.01hm²，其中核心保护区 18110.59hm²，一般控制区 4381.42hm²。

3) 保护区资源概况及主要保护对象

该保护区属森林和野生动物类保护区，主要保护对象是：

① 珍稀野生动植物，主要保护动物是林麝、马麝、岩羊、豹、黑熊、马熊、豺、狼等，保护植物主要是四川红豆杉等。

② 自然生态环境和独特的森林生态系统。保护区内原始森林植被保存完好，植被类型和生物资源十分丰富，山地垂直带谱从山地河谷亚热带到高山寒带反映完整，复杂的生物区系和生物地理成分、丰富的动植物资源和景观资源形成了一个具有极高的保护价值和生态旅游价值的生态系统。

4.5.3.2 陆生野生动物重要栖息地

根据国家林业和草原局发布的《陆生野生动物重要栖息地名录(第一批)》(2023 年 11 月)，四川下拥省级自然保护区同时也是四川得荣下拥麝类重要栖息地，主要保护对象为林麝、豹等，栖息地范围同四川下拥省级自然保护区范围一致。

a) 林麝 *Moschus berezovskii*

俗名：南麝、森林麝、黑獐子、林獐、香獐；

英名：Forest Musk Deer.

形态特征：麝属中体型最小的一种。成年林麝体重小于 5kg，体长小于 60cm，肩高 47cm。体重不过 10kg 左右。林麝的外形特征是雌、雄麝都不长角，雄麝的上犬齿发达，长而尖，露出口外，呈獠牙状。它的后肢比前肢长 1/3~1/4，所以站着的时候后部明显的比前部高。它的尾巴很短，四肢细长，蹄子比较狭而尖，耳朵长而直立。毛粗硬、曲折呈波浪状，容易折断，呈深棕色，成体不具斑点。毛色上一个很明显的特征是在颈部的两侧各有一条比较宽的白色带纹，一直延伸到腋下。

生态习性：林麝是一种胆小懦弱、性情孤独的动物，白天休息，早晨和黄昏才出来活动。平时雌雄分居，过着独居的生活，雌麝常和幼麝在一起，雄麝则用它们巨大的麝腺标志领域和吸引配偶。林麝视觉和听觉灵敏，遇到特殊的声音即迅速逃离或隐藏于岩石中。它们能轻快敏捷地在险峻的悬崖峭壁上行走，能登上倾斜的树干，站立于树枝上，还善于跳跃，能从平地跳起 2m 以上。以树叶、杂草、苔藓、嫩芽、地衣及各种野果为食。天敌：豹、貂、狐狸、狼、豺狼。

栖息范围：主要栖于海拔 1800~3500m 针阔混交林，也适于在针叶林和郁闭度较差的阔叶林的生境生活。栖息高度可达 3500m，但低海拔环境也能生存。在中国主要分布于宁夏六盘山、陕西秦岭山脉；东至安徽大别山、湖南西部；西至四川、西藏波密、察隅、云南北部；南至贵州、广东及广西北部山区。原生种分布地：中国、越南。

在评价区内分布于冻农东北方向海拔 3200m 左右的针叶林下，与直线淹没线距离大于 1km。

保护级别：中国国家一级重点保护动物。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为极危(CR)动物。

b) 豹 *Panthera pardus*

俗名：金钱豹、文豹

英名：Leopard, North Chinses Leopard.

形态特征：体形似虎，但明显较小；头小尾长，四肢短健；毛被黄色，布满黑色环斑；爪灰白色，能伸缩。

生态习性：生活于多种生境，森林、灌丛、湿地、荒漠等都能生存，但我国金钱豹主要生活在山地林区，其巢穴多筑于浓密树丛、灌丛或岩洞中。金钱豹营独居生活，常夜间活动，白天在树上或岩洞休息。在食物丰富的地方，活动范围较固定；食物缺乏时，则游荡数十公里觅食。金钱豹守卫自己较固定的领域，雄性的领域比雌性者大。金钱豹捕食各种有蹄类动物，在南方也捕食猴、兔、鼠类、鸟类和鱼类，秋季也采食甜味的浆果。

栖息范围：适应力顽强，它的巢穴比较固定，栖息于海拔 2400~3500m 浓密树丛、灌丛或岩洞中。分布非常广泛，跨越亚洲、非洲的许多地区，从喜马拉雅山脉到撒哈拉大沙漠都有存在。

在评价区内分布于日尼交西南方向海拔 3300m 左右的林下，与淹没线距离大于 1km。

保护级别：中国国家一级保护动物。已被《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷》列为濒危(EN)动物。

保护区内原始森林植被保存完好，植被类型和生物资源十分丰富，山地垂直带谱从干暖河谷亚热带到高山寒带反映完整，为林麝、豹等珍稀濒危动物动物提供了

重要栖息地。

4.5.3.3 工程与保护区及栖息地位置关系

工程运营期尾水将淹没部分四川下拥省级自然保护区实验区，复建道路也将部分穿越保护区实验区，其中淹没保护区实验区面积 82.74hm^2 ，复建道路将占用保护区实验区面积 26.8hm^2 ；永久占地 104.57hm^2 ，临时占地 4.97hm^2 ；总面积 109.54hm^2 ，占保护区总面积的 0.46% ，其中永久占地占保护区 0.445% 。具体的涉及范围主要为保护区实验区许曲、定曲左岸海拔 2148m 以下的干旱河谷区域，占用对象主要为干旱河谷灌丛。

根据《四川省林业和草原局关于奔子栏水电站工程与四川下拥自然保护区关系的函》(川林护函〔2025〕330号)，奔子栏水电站不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区。坝址距离保护区边界 2.2km 、高差 1190m ，枢纽区征地红线边缘距离核心保护区 250m ；水库淹没区距离保护区边界水平距离 80m 、高差 130m ，距离核心保护区 820m 。

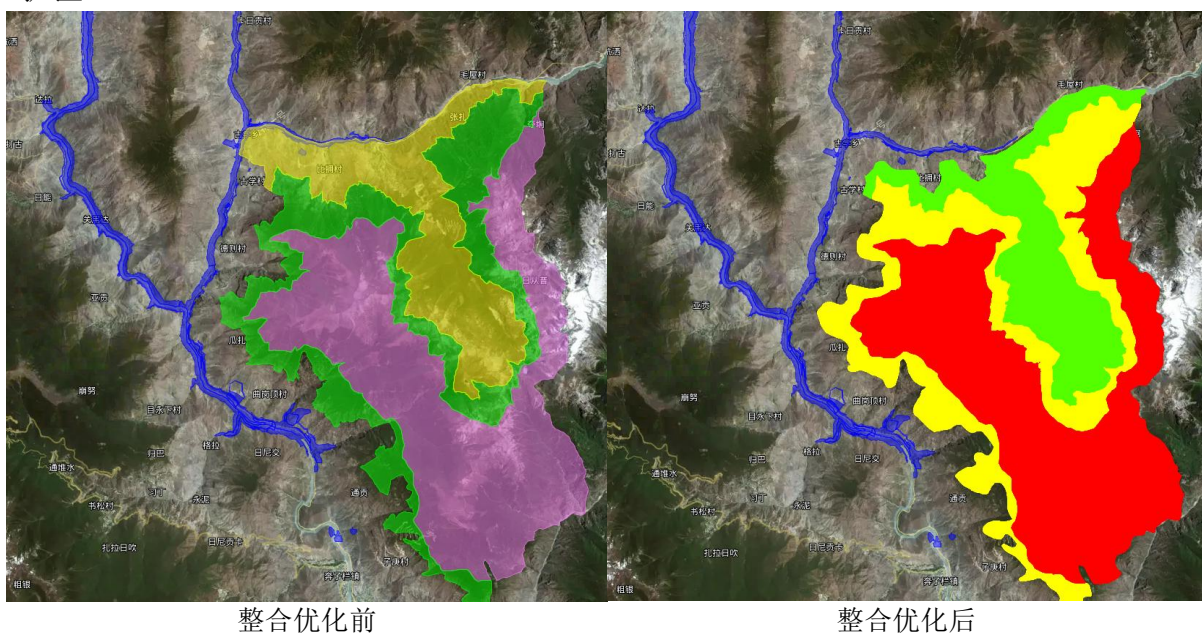


图 4.5.3-1 工程与整合优化前后保护区的位置关系图

4.5.4 得荣嘎金雪山省级自然保护区

四川嘎金省级自然保护区始建于 2000 年 8 月，得荣县人民政府以得府函〔2000〕62 号文批准成立，2001 年由甘孜藏族自治州人民政府以甘府函〔2001〕76 号文批准其晋升为州级自然保护区，2023 年，得荣县自然保护地整合优化方案将保护区晋升为省级自然保护区。保护区位于得荣县太阳谷镇、徐龙乡、茨巫乡和贡波

乡 4 个乡镇境内，主要保护对象为雪豹、豹、林麝、马麝、岩羊等珍稀濒危野生动物和嘎金雪山自然景观生态系统。

根据《四川嘎金省级自然保护区总体规划(2024-2033)》，保护区面积为 18415.96hm²，地理坐标介于东经 99°06′57.74″~99°17′59.78″ 北纬 28°45′19.13″~28°55′50.64″之间，其中，核心保护区面积 7089.80hm²，占保护区总面积的 38.50%；一般控制区面积 11326.16hm²，占保护区总面积的 61.50%。主要保护对象为雪豹、豹、林麝、马麝、岩羊等珍稀濒危野生动物和嘎金雪山自然景观生态系统。

得荣嘎金雪山州级自然保护区位于定曲右岸，保护区边界距离工程位置较远，保护区边界距离奔子栏库尾淹没区最近距离约 2km。

4.5.5 四川太阳谷省级风景名胜區

(1) 概况

该风景名胜区隶属四川省甘孜州得荣县，于 2004 年 3 月经四川省人民政府川府函〔2003〕62 号文件批准为省级风景名胜区。该风景名胜区地理位置为东经 98°17′~99°36″，北纬 28°13′~28°46″，总面积 6.41km²，行政区划涉及得荣县奔都、古学、子庚 3 乡。

根据四川省政府 2023 年 12 月以川府函〔2023〕302 号文批复的《太阳谷风景名胜区总体规划(2023-2035 年)》，风景区总面积 428.14km²，地理坐标介于东经 99°14′24″~99°34′14″，北纬 28°12′25″~28°46′23″之间，涉及得荣县瓦卡镇、古学乡、奔都乡、八日乡。风景区核心景区总面积 27.37km²，占风景区总面积的 6.39%。

(2) 风景名胜区功能区划

根据保护和发展需要，将风景区按功能划分为特别保存区、风景游览区、旅游服务区和發展控制区

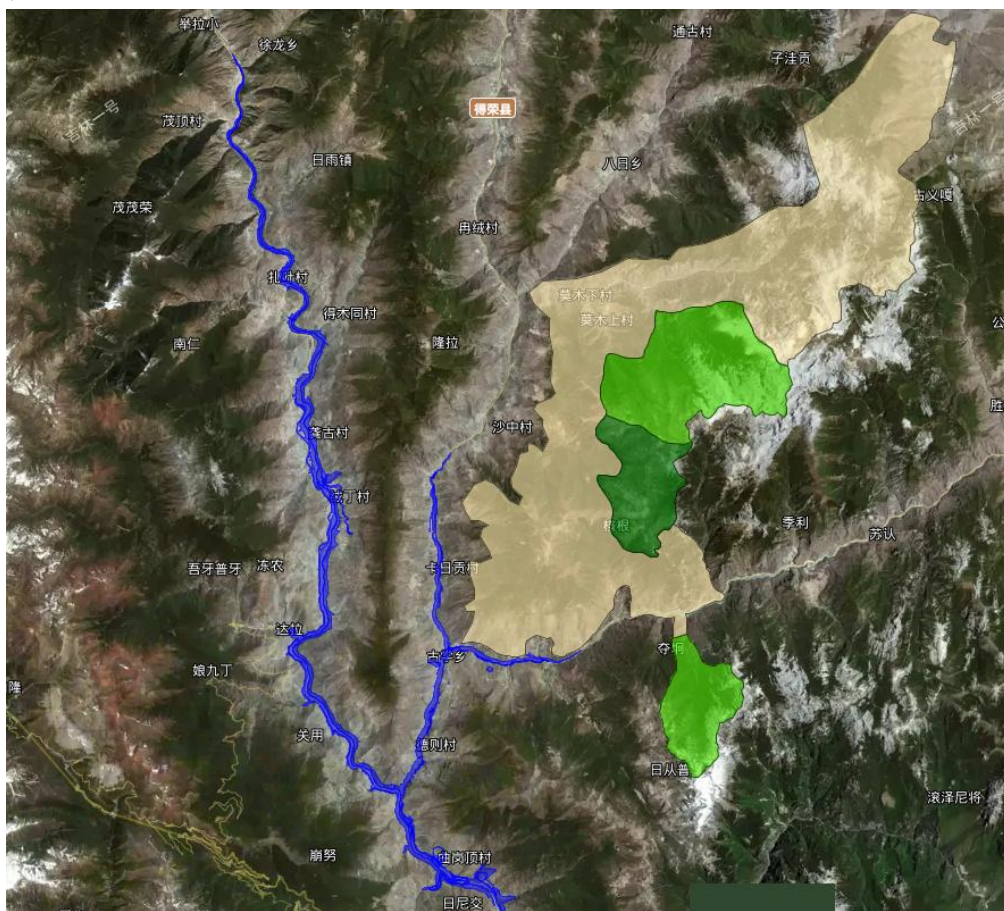
① 特别保存区：风景区内景观和生态价值突出的区域，包括风景区内珠金申格神山、拿不送然雪山和次仁扎嘎神山区域，面积 27.37km²。该区以生态保护为主要功能，除必需的科研、监测和保护外，严禁开展其他建设活动。

② 风景游览区：风景区内景物、景点等游赏对象集中区域，该区域主要划分为两大景区，分别是下拥景区和莫木景区，面积 84.75km²。该区以展示风景区的景观、文化、生态和科研价值及提供游客游览、服务为主要功能，是开展游览欣赏、

③ 旅游服务区：风景区内旅游服务设施集中区域，面积 0.32km²。该区以满足规划期内风景区旅游发展需要为主，不得进行旅游地产开发。

(3) 主要风景资源及保护对象

(4) 工程与风景名胜区位置关系



4.5.6 生态保护红线

2020 年 11 月，云南省政府印发了《云南省人民政府关于实施“三线一单”生态环境分区管控的意见》(云政发〔2020〕29 号)。2022 年 11 月 18 日，云南省自然资源厅办公室下发了《云南省自然资源厅办公室关于正式应用“三区三线”划定成果数据作为报批建设项目用地依据的通知》(云自然资办便笺〔2022〕1054 号)：“全省统一于 11 月 15 日起正式应用下发的“三区三线”划定成果，作为建设项目用地组卷报批审查、矿业权出让登记的依据。”

2020 年 7 月，四川省政府印发了《四川省人民政府关于落实生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线制定生态环境准入清单实施生态环境分区管控的通知》(川府发〔2020〕9 号)。2022 年 11 月 1 日，自然资源部办公厅发布《自然资源部办公厅关于辽宁等省(市)启用“三区三线”划定成果作为报批建设项目用地用海依据的函》，文件指出，辽宁、黑龙江、湖北、四川、贵州、甘肃省人民政府办公厅，按照《全国国土空间规划纲要(2021-2035 年)》确定的耕地和永久基本农田保护红线任务和《全国“三区三线”划定规则》，完成了“三区三线”划定工作，划定成果符合质检要求，从即日起正式启用，作为建设项目用地组卷报批的依据。

根据四川、云南两省正式启用的“三区三线”划定成果，《迪庆州自然资源和规划局关于金沙江奔子栏水电站与三线成果意见的回复》、《得荣县自然资源局关于金沙江上游奔子栏水电站与得荣县“三区三线”位置关系核查结果的情况说明》(得自然资〔2022〕246 号)以及《得荣县自然资源局关于金沙江上游奔子栏水电站与得荣县“三区三线”位置关系核查结果的情况说明》(〔2022〕279 号)，本工程用地范围不涉及德钦县、得荣县生态保护红线范围。

4.6 大气环境

a) 区域大气环境现状

根据迪庆藏族自治州生态环境局提供的德钦县 2023 年 1~11 月环境空气质量状况以及甘孜藏族自治州生态环境局提供的甘孜州 2023 年生态环境质量状况等公开资料显示，工程区所在德钦县和得荣县环境空气质量较好，空气质量优良天数比率均为 100%。

根据生态环境部环境工程评估中心发布的环境空气质量模型技术支持服务系统(<http://data.lem.org.cn/eamds/apply/tostepone.html>)，输入项目区主要布置工程坐标，

进行达标区判定，判定结果详情如表 4.6.1-1 所示。

表 4.6.1-1 工程所在地达标区判定表

类型	省份	市	年份	国控点数量	判定结果
达标区判定	云南	迪庆藏族自治州	2023	2	达标区
达标区判定	四川	甘孜藏族自治州	2023	2	达标区

备注：①迪庆州 2023 年 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年均浓度分别为 8ug/m³、9ug/m³、18ug/m³、13ug/m³；CO 24 小时平均第 95 百分位数为 0.8mg/m³，O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位数为 112ug/m³；各污染物平均浓度均优于《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)中二级标准限值；②甘孜藏族自治州 2023 年 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年均浓度分别为 8ug/m³、19ug/m³、21ug/m³、8ug/m³；CO 24 小时平均第 95 百分位数为 0.6mg/m³，O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位数为 106ug/m³；各污染物平均浓度均优于《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)中二级标准限值；③HJ663 规范试行期间，按照 2013 年以来全国环境质量报告书采用的达标评价方法，目前只考虑 SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 年平均浓度和 CO、O₃ 百分位浓度的达标情况。

b) 现状监测

为了解评价区环境空气质量现状，我公司委托华测公司对工程影响范围内的大气环境状况进行了监测。

监测点位：共布设 2 个监测点位，分别位于阿洛共坝址左岸道路(28°18'24"N，99°16'09"E)、古学乡集镇(28°24'23"N，99°15'43"E)。

监测项目：共 4 个监测项目，分别为 NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、TSP，监测日均值，同步记录气温、湿度、风向、风速。

监测时间和频次：一期监测，连续监测 7 天，采样时间为 2023 年 2 月 21 日~2023 年 2 月 27 日。监测结果及分析：监测结果见表 4.6.1-2 及附件 14，各监测点位空气质量标准均能满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)二级标准的要求。

表 4.6.1-2 环境空气现状监测结果

采样点位	采样日期	检测结果(μg/m ³)			
		总悬浮颗粒物(TSP)	可吸入颗粒物(PM ₁₀)	细颗粒物(PM _{2.5})	二氧化氮(NO ₂)
阿洛贡坝址(左岸道路)	2023.02.21	156	66	46	4
	2023.02.22	144	69	43	6
	2023.02.23	145	60	44	6
	2023.02.24	141	66	42	ND
	2023.02.25	168	67	43	5
	2023.02.26	143	65	45	4
	2023.02.27	158	61	43	5
古学乡集镇	2023.02.21	143	62	46	4
	2023.02.22	154	60	46	5
	2023.02.23	153	64	44	5

表 4.6.1-2(续)

采样点位	采样日期	检测结果($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
		总悬浮颗粒物 (TSP)	可吸入颗粒物 (PM_{10})	细颗粒物 ($\text{PM}_{2.5}$)	二氧化氮 (NO_2)
古学乡集镇	2023.02.24	145	59	45	ND
	2023.02.25	146	61	43	4
	2023.02.26	155	64	48	3
	2023.02.27	150	62	43	4

4.7 声环境

为了解评价区声环境质量现状，我公司委托华测公司对工程区及周围的声环境质量进行了监测。

监测点位：阿洛共坝址左岸道路(W1)、阿洛共村(W2)、曲岗丁村(W3)、甲学村(W4)、曲支(W5)、森恩(W6)、日尼曲达(W7)、瓦卡镇(子庚乡)(W8)、奔子栏镇(W9)、古学乡集镇(W10)、古学新集镇安置点(古学移民新村)(W11)、曲龙新村安置点(W12)，共 12 个监测点。

监测项目：昼间、夜间及全日等效 A 声级(L_d 、 L_n 、 L_{Aeq})，同步记录噪声源。当主要噪声源为交通车辆时，应同步记录大、中、小车型的车流量(辆/h)。

监测时间与频次：一期监测，连续监测 3 天，分昼夜监测，监测日期根据点位不同分别为 2023 年 2 月 22 日~24 日，2023 年 2 月 24 日~26 日。

监测结果及分析：监测结果见下表及附件，工程区地处农村地区及交通干线两侧，满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2 类及 4a 类标准限值，声环境质量较好。

表 4.7-1 工程区环境噪声监测结果表

单位: dB(A)

点位编号	检测点位置	检测日期	检测时段	检测结果(L _{eq})	限值	达标情况
W1	阿洛贡坝址左岸道路旁	2023.02.22	昼间	57	70	达标
			夜间	45	55	达标
		2023.02.23	昼间	54	70	达标
			夜间	40	55	达标
		2023.02.24	昼间	53	70	达标
			夜间	45	55	达标
W2	阿洛共村	2023.02.22	昼间	51	60	达标
			夜间	44	50	达标
		2023.02.23	昼间	56	60	达标
			夜间	40	50	达标
		2023.02.24	昼间	52	60	达标
			夜间	42	50	达标
W3	曲岗丁村	2023.02.24	昼间	51	60	达标
			夜间	43	50	达标
		2023.02.25	昼间	52	60	达标
			夜间	44	50	达标
		2023.02.26	昼间	50	60	达标
			夜间	43	50	达标
W4	甲学村	2023.02.22	昼间	52	60	达标
			夜间	48	50	达标
		2023.02.23	昼间	52	60	达标
			夜间	42	50	达标
		2023.02.24	昼间	51	60	达标
			夜间	42	50	达标
W5	曲支	2023.02.24	昼间	53	60	达标
			夜间	43	50	达标
		2023.02.25	昼间	55	60	达标
			夜间	44	50	达标
		2023.02.26	昼间	52	60	达标
			夜间	43	50	达标
W6	森恩	2023.02.24	昼间	59	70	达标
			夜间	49	55	达标
		2023.02.25	昼间	58	70	达标
			夜间	50	55	达标
		2023.02.26	昼间	58	70	达标
			夜间	49	55	达标

表 4.7-1(续)

点位编号	检测点位置	检测日期	检测时段	检测结果(Leq)	限值	达标情况
W7	日尼曲达	2023.02.22	昼间	51	60	达标
			夜间	48	50	达标
		2023.02.23	昼间	53	60	达标
			夜间	38	50	达标
		2023.02.24	昼间	52	60	达标
			夜间	42	50	达标
W8	瓦卡镇(子庚乡)	2023.02.24	昼间	58	60	达标
			夜间	35	50	达标
		2023.02.25	昼间	45	60	达标
			夜间	41	50	达标
		2023.02.26	昼间	50	60	达标
			夜间	44	50	达标
W9	奔子栏镇	2023.02.24	昼间	58	70	达标
			夜间	48	55	达标
		2023.02.25	昼间	59	70	达标
			夜间	49	55	达标
		2023.02.26	昼间	56	70	达标
			夜间	50	55	达标
W10	古学乡集镇	2023.02.22	昼间	53	60	达标
			夜间	45	50	达标
		2023.02.23	昼间	53	60	达标
			夜间	44	50	达标
		2023.02.24	昼间	53	60	达标
			夜间	46	50	达标
W11	古学新集镇安置点	2023.02.22	昼间	50	60	达标
			夜间	45	50	达标
		2023.02.23	昼间	51	60	达标
			夜间	44	50	达标
		2023.02.24	昼间	50	60	达标
			夜间	44	50	达标
W12	曲龙新村安置点	2023.02.24	昼间	59	60	达标
			夜间	48	50	达标
		2023.02.25	昼间	55	60	达标
			夜间	50	50	达标
		2023.02.26	昼间	56	60	达标
			夜间	48	50	达标

4.8 土壤环境

4.8.1 土壤分布

根据迪庆藏族自治州自然资源局提供的 2018 年土地变更调查数据显示，迪庆州土地总面积为 231.86 万 hm^2 ，主要土壤类型有冲积土、山地红壤、棕壤、高原草甸土、水稻土和高山寒漠土等。其中，冲积土主要特点是土质疏松、耕地良好，但渗漏大，不耐旱，肥水容易流失；山地红壤是迪庆分布较广的主要旱作土壤；棕壤属于主要林地土壤；高原草甸土的土层较厚，有机质含量高，土壤水分充足，养分含量高，但速效养分低；水稻土多呈梯田式零星分布于在丘陵山地土层较厚的缓坡地，属于人为土；高山寒漠土的土层薄，有机质含量低，目前难以开发利用。

根据甘孜藏族自治州 2017 年土地变更调查数据显示，甘孜州土地总面积 1496.83 万 hm^2 ，州内地貌依地势高程、河流切割深度和地表特征类型上分为高原、山原、山地、台地、平坝等，山地土壤主要有燥红土、燥褐土、褐土、棕壤、森林土、高山草甸土等类型。

4.8.2 土壤环境质量

我公司委托华测公司对评价区进行了土壤环境现状监测。监测点位：共布设 7 个土壤环境监测点位，详见表 4.8.2-1。

表 4.8.2-1 土壤环境监测点位一览表

序号	位置描述	纬度	经度	备注
1	坝址左岸道路旁	28°18'19"N	99°16'14"E	工程范围内
2	定曲左岸拥夺村的耕地	28°23'44"N	99°14'55"E	工程范围外
3	干流左岸曲支村附近耕地	28°20'04"N	99°14'03"E	工程范围内
4	定曲左岸冉村附近耕地	28°21'34"N	99°14'53"E	工程范围外
5	甲学沟尾部路边林地	28°17'34"N	99°17'53"E	工程范围外
6	奔子栏集镇附近耕地	28°14'14"N	99°18'19"E	工程范围外
7	瓦卡集镇附近耕地 (业主营地选址)	28°13'47"N	99°19'02"E	工程范围内

监测项目：1 号点位监测 45 项：pH、含盐量、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍、四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1, 1-二氯乙烷、1, 2-二氯乙烷、1, 1-二氯乙烯、顺式-1, 2-二氯乙烯、反式-1, 2-二氯乙烯、二氯甲烷、1, 2-二氯丙烷、1, 1, 1, 2-四氯乙烷、1, 1, 2, 2-四氯乙烷、四氯乙烯、1, 1, 1-三氯乙烷、1, 1, 2-三氯乙烷、三氯乙烯、1, 2, 3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1, 2-二氯苯、1, 4-二氯苯、乙

苯、苯乙烯、甲苯、间、对-二甲苯、邻二甲苯，硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、蒽、二苯并(a, h)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)芘、萘；

3、7号点位监测 47 项：pH、含盐量、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍、六六六、滴滴涕、四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1, 1-二氯乙烷、1, 2-二氯乙烷、1, 1-二氯乙烯、顺式-1, 2-二氯乙烯、反式-1, 2-二氯乙烯、二氯甲烷、1, 2-二氯丙烷、1, 1, 1, 2-四氯乙烷、1, 1, 2, 2-四氯乙烷、四氯乙烯、1, 1, 1-三氯乙烷、1, 1, 2-三氯乙烷、三氯乙烯、1, 2, 3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1, 2-二氯苯、1, 4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间、对-二甲苯、邻二甲苯，硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、蒽、二苯并(a, h)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)芘、萘；

2、4、5、6号点位监测 12 项：pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌、六六六、滴滴涕、苯并芘、含盐量。

监测时间和频次：一期监测，监测 1 次，采样时间根据点位不同分别为 2023 年 2 月 24、25 日。

监测结果及分析：现场监测结果表明，工程区占地范围内、外的农用地及建设用地监测点土壤监测指标均低于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)中筛选值和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值，工程区土壤质量较好。

表 4.8.2-2 占地范围内土壤现状监测结果

检测项目	单位	检测点位			达标情况
		坝址左岸道路旁	干流左岸曲支村附近耕地	瓦卡镇附近耕地	
氯甲烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
氯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 1-二氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
二氯甲烷	Mg/kg	ND	0.0066	ND	达标
反-1, 2-二氯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 1-二氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
顺-1, 2-二氯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
三氯甲烷	mg/kg	ND	0.0011	ND	达标

表 4.8.2-2(续)

检测项目	单位	检测点位			达标情况
		坝址左岸道路旁	干流左岸曲支村附近耕地	瓦卡镇附近耕地	
1, 1, 1-三氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
四氯化碳	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 2-二氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
三氯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 2-二氯丙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
甲苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 1, 2-三氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
四氯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
氯苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 1, 1, 2-四氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
乙苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
对/间二甲苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
邻二甲苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯乙烯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 1, 2, 2-四氯乙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 2, 3-三氯丙烷	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 4-二氯苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
1, 2-二氯苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
硝基苯	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯胺	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯并[a]蒽	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯并[a]芘	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯并[b]荧蒽	mg/kg	ND	ND	ND	达标
苯并[k]荧蒽	mg/kg	ND	ND	ND	达标
蒽	mg/kg	ND	ND	ND	达标
二苯并[a, h]蒽	mg/kg	ND	ND	ND	达标
茚并[1, 2, 3-cd]芘	mg/kg	ND	ND	ND	达标
萘	mg/kg	ND	ND	ND	达标
2-氯酚	mg/kg	ND	ND	ND	达标
α -六六六	mg/kg	/	ND	ND	达标
β -六六六	mg/kg	/	ND	ND	
γ -六六六	mg/kg	/	ND	ND	

表 4.8.2-2(续)

检测项目	单位	检测点位			达标情况
		坝址左岸道路旁	干流左岸曲支村附近耕地	瓦卡镇附近耕地	
δ -六六六	mg/kg	/	ND	ND	达标
六六六总量	mg/kg	/	ND	ND	
p, p'-DDE	mg/kg	/	ND	ND	
o, p'-DDT	mg/kg	/	ND	ND	
o, p'-DDD	mg/kg	/	ND	ND	
p, p'-DDT	mg/kg	/	ND	ND	
滴滴涕总量	mg/kg	/	ND	ND	
水溶性盐	g/kg	0.5	0.5	0.2	达标
六价铬	mg/kg	ND	ND	ND	达标
pH	无量纲	8.89	8.78	8.59	/
汞	mg/kg	0.0638	0.120	0.0791	达标
砷	mg/kg	18.6	9.98	13.6	达标
镍	mg/kg	42	44	42	达标
铜	mg/kg	57	66	53	达标
镉	mg/kg	0.45	0.32	0.33	达标
铅	mg/kg	22.8	22.3	19.9	达标

表 4.8.2-3 占地范围外土壤现状监测结果

检测项目	单位	检测点位				达标情况
		定曲左岸拥夺村的耕地	定曲左岸冉村附近耕地	甲学沟尾部路边林地	奔子栏集附近耕地	
α -六六六	mg/kg	0.00009	0.00010	ND	0.00010	达标
β -六六六	mg/kg	0.00038	ND	0.00010	0.00019	
γ -六六六	mg/kg	ND	ND	0.00011	ND	
δ -六六六	mg/kg	ND	ND	ND	ND	
六六六总量	mg/kg	0.00047	0.00010	0.00021	0.00029	达标
p, p'-DDE	mg/kg	ND	ND	ND	0.00051	
o, p'-DDT	mg/kg	ND	0.00027	ND	0.00013	
o, p'-DDD	mg/kg	ND	0.00031	ND	ND	
p, p'-DDT	mg/kg	ND	0.00137	ND	0.00016	
滴滴涕总量	mg/kg	ND	0.00195	ND	0.00080	
苯并芘	mg/kg	ND	ND	ND	ND	达标
水溶性盐	g/kg	0.7	0.7	0.6	1.0	达标
pH	无量纲	8.45	8.52	8.17	8.46	/

表 4.8.2-3(续)

检测项目	单位	检测点位				达标情况
		定曲左岸拥夺村的耕地	定曲左岸冉村附近耕地	甲学沟尾部路边林地	奔子栏集附近耕地	
汞	mg/kg	0.0575	0.113	0.0511	0.392	达标
砷	mg/kg	14.0	11.4	7.61	15.8	达标
总铬	mg/kg	97	78	72	98	达标
镍	mg/kg	50	44	39	60	达标
铜	mg/kg	58	57	53	58	达标
锌	mg/kg	116	133	93	133	达标
镉	mg/kg	0.35	0.34	0.27	0.44	达标
铅	mg/kg	22.6	22.6	17.4	68.4	达标

4.9 电磁环境

工程区现状无污染辐射污染源，我公司委托川环源创公司于 2024 年 11 月在工程区拟建开关站(E1)、拟建主变洞(E2)设置监测点位。监测结果见表 4.9-1。

表 4.9-1 工程区电磁辐射现状监测结果

检测点位	检测结果	
	2024.11	
	电场强度(V/m)*	磁场强度(μT)*
E1 拟建开关站站址中心	3.755	0.035
E2 拟建主变洞	5.790	0.038
标准限值	4000V/m	100μT
达标情况	达标	达标

备注：检测期间环境温度：15.7℃、14.8℃、，相对湿度：24.8 RH%、27.3 RH%。

从表 4.9-1 可知，拟建 500kV 开关站站址和拟建主变洞处的工频电场强度和工频磁感应强度监测值远小于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中的工频电场 4000V/m、磁感应强度 100μT 的控制限值，本工程建设区域电磁环境质量良好。

4.10 社会环境

4.10.1 社会经济概况

工程区左侧为四川省甘孜藏族自治州得荣县瓦卡镇，右侧为云南省迪庆藏族自治州德钦县奔子栏镇。

a) 德钦县

德钦县辖区总面积 7273 km²，辖 6 乡 2 镇，升平镇、奔子栏镇及羊拉乡、佛山乡、燕门乡、云岭乡、霞若傈僳族乡、拖顶傈僳族乡。共辖 49 个村(居)委会，475 个村民小组。县内有藏、傈僳、纳西等 13 个民族，其中藏族占 81%，傈僳族占 14.6%，纳西族占 2%，其它民族占 2.4%。

2022 年末，全县常住人口 5.61 万人。按年龄结构划分，0-15 岁 0.91 万人；16-59 岁 3.74 万人；60 岁及以上 0.96 万人。出生率为 3.96‰，死亡率 6.61‰，人口自然增长率为-2.65‰，年末全县人口城镇化率为 18.98%。2022 年全年德钦县地区生产总值完成 473019 万元，按可比价计算(下同)，同比增长 1.3%，分产业看：第一产业实现增加值 28083 万元，同比增长 4.7%；第二产业实现增加值 183763 万元，同比下降 1.9%；第三产业实现增加值 261173 万元，同比增长 3.1%。

2022 年实现农林牧渔业总产值 45903 万元，同比增长 5.6%。全年农作物总播种面积 6642.7 hm²，其中：粮食作物 5417.7hm²，同比增长 0.33%，产量 22550.77 t，同比增长 0.69%；经济作物播种面积 1225 hm²，同比增长 2.7%。蔬菜及食用菌 195hm²，同比增长 10%。

2022 年全县全年居民可支配收入 19103 元，同比增长 6.9%。按常住地分，城镇常住居民人均可支配收入 46087 元，比上年增加 1591 元，同比增长 3.6%。农村常住居民人均可支配收入 12272 元，比上年增加 981 元，同比增长 8.7%。全年全体居民人均消费支出 15738 元，同比增长 4.5%，按常住地分，城镇常住居民人均消费支出 3085 元，同比下降 3.3%。农村常住居民人均消费支出 11912 元，同比增长 8.6%

德钦县公路干线县内长度：G214 线穿奔子栏乡、升平镇、佛山乡全长 216km；德维公路穿升平镇、云岭乡、燕门乡全长 87km，拖其公路穿拖顶、霞若两乡全长 47km。奔拖公路全长 30km，羊拉公路全长 199km。村社公路通车里程为 236km，已通公路的有 30 个村，境内通车里程为 733 km。

b) 得荣县

得荣县行政区域总面积约 2916km²，下辖 6 乡 4 镇；县城驻地太阳谷镇海拔 2100.00m，距州府康定市 608.60km，距省会成都 530.00km。根据《得荣县 2022 年国民经济和社会发展统计公报》，2022 年末全县常住人口 2.48 万人，含汉族、藏族

等多种民族，其中藏族人口占 95%以上。

全年小春经济作物播种面积 2805 亩，其中油菜籽 1020 亩，蔬菜及食用菌 1785 亩；大春经济作物播种面积 16104 亩，其中油菜籽 980 亩，中药材 8307 亩，蔬菜 6417 亩。

2022 年，全县完成地区生产总值(GDP) 114534 万元，其中：第一产业实现增加值 18982 万元，第二产业实现增加值 28245 万元，第三产业实现增加值 67307 万元，三次产业对经济增长的贡献率分别为 21.3%、60.0%和 18.7%。全年全县城镇居民人均可支配收入 42675 元，同比增长 4.6%；农村居民人均可支配收入 15603 元，同比增加 6.4%。

表 4.10.1-1 工程涉及县社会经济情况汇总

序号	项目	单位	四川省得荣县	云南省德钦县
1	土地面积	km ²	2916	7273
2	人口密度	人/km ²	8.50	7.71
3	耕地面积	万亩	4.68	14.13
4	国内生产总值	万元	114534	473019
4.1	第一产业	万元	18982	28083
4.2	第二产业	万元	28245	183763
4.3	第三产业	万元	67307	261173
5	粮食作物播种面积	亩	51210	99640.5
6	粮食总产量	吨	13252	22550.77
7	耕地亩产量	kg/亩	258.78	226.32
8	人均国内生产总值	元/人	46183	84317
9	农业人均耕地	亩/人	1.89	2.52
10	农业人均产粮	kg/人	534.3	401.97
11	农村居民人均可支配收入	元/人	15603	12272

4.10.2 交通运输

奔子栏水电站坝址上距定曲河口约 8km，下距奔子栏镇约 12km，距四川得荣约 54km，距云南德钦、香格里拉、丽江、大理公路里程分别为 110、88、266、400km。国道 G215 从坝址左岸穿过，沿金沙江于瓦卡镇下游接入国道 G214。

目前对外交通有瓦卡镇至得荣县国道 G215 从坝址左岸经过，距坝址下游约 24km 有国道 G214 与国道 G215 在得荣县伏龙桥相接。

4.10.3 文物古迹和旅游资源

a) 文物古迹

根据批复的《金沙江上游奔子栏水电站建设工程(四川境)文物考古调查勘探报告》(川文物考〔2023〕76号)、《四川省文物局以关于金沙江上游奔子栏水电站建设工程(四川境)新增用地范围文物考古调查勘探报告的批复》(川文物考〔2024〕21号)、《金沙江上游奔子栏水电站(云南境)文物考古调查勘探评价报告》，奔子栏水电站建设征地范围内共处理文物点36处，其中地面文物点20处，地下文物点16处。其中云南部分需处理文物古迹共9处，包括地面文物5处(其中省级文物1处，一般不可移动文物4处)，地下文物4处(全部为新发现文物)，分别为格拉碉楼、曲赤通摩崖石刻(省级文物)、曲赤通普公摩崖石刻、色贡通碉楼、茂顶河藏文摩崖石刻；地下文物点4处，分别为达拉遗址、申达遗址、色贡通遗址、贡达遗址。四川部分建设征地涉及文物点共27处，其中地面文物15处，地下文物12处。需结合受影响情况，在征求主管部门意见的基础上，按照国家和省级有关规定处理。

b) 旅游资源

工程区是川西南、滇西北区域内颇具特色的干暖河谷地带，旅游资源非常丰富，重要景点有金沙江第一湾、“三壁夹两江”、毛屋大峡谷、罗尼神山等；金沙江干流上库尾河段左岸徐龙乡宗绒村境内有宗绒温泉。

1) 下游定曲由北向南流，在先后接纳了玛曲和许曲之后，携三江之水投入金沙江的怀抱，在江水汇合处由两河沿岸峭壁与奔流的江水组成“三壁夹两江”的奇景。此后，金沙江水势更加浩荡，峡谷逐渐开阔，在奔子栏镇北面围绕日锥峰转出一个“Ω”字形的大拐弯，形成了金沙江第一湾奇观，见图4.10.3-1。

2) 毛屋大峡谷位于得荣县南部，南临下拥村，为古学乡毛屋村境内许曲流域范围，全长约10km，峡谷险峻幽深，其上段河床平坦，水流较缓，两岸杳无人烟，颇具原始风貌。

3) 罗尼神山是白马雪山保护区南北线的中心点，金沙江绕山而行，三面临江，西面山脊丫口处有214国道经过，罗尼神山因此形成一座孤岛状山体，相对高度约为1400m，面积约为20km²。罗尼神山在当地被视为神山。

4) 金沙江进入云南省后，从奔子栏南奔流到丽江石鼓以东，突然以180度的急转弯，掉头甩开与它并行的澜沧江和怒江，折向东北，形成了“V”字形“长江第一

湾”。奔腾的金沙江切穿玉龙雪山和哈巴雪山，冲刷出全长约 20km 的巨大峡谷。大峡谷因传说曾有虎从江心巨石上跃过江面而得名为虎跳峡。虎跳峡分为上虎跳、中虎跳、下虎跳 3 段，共 18 处险滩，一向以“险”而闻名天下。东有玉龙山，终年披云戴雪，银峰插天，主峰海拔高达 5596m，山腰怪石镣峨，古藤盘结，山脚壁立，直插江底，虎啸猿啼，狼豹出没；西有哈巴雪山。有虎跳峡山、核桃园、哈巴雪峰、中虎跳和下虎跳多个景点。

虎跳石奇石观赏是虎跳峡观光游的核心景点。虎跳石在不同季节因来流量不同呈现不同的景观效果，受流量大小影响明显。而奔子栏运行对下游最大的影响即为流量影响，因此本次以虎跳石景点作为对虎跳峡峡谷景观形象分析的分析目标。



图 4.10.3-1 金沙江第一湾



图 4.10.3-2 三壁夹两江



图 4.10.3-3 毛屋大峡谷



图 4.10.3-4 虎跳石景观实景图

4.10.4 矿产资源

根据《四川省自然资源厅关于金沙江上游奔子栏水电站影响区未压覆已查明重要矿产资源的复函》(川自然资储压函〔2023〕32号),四川侧建设征地范围内不压覆已查明的重要矿产资源;根据《关于金沙江上游奔子栏水电站(云南境内)建设项目用地压覆矿产资源调查评估结果的备案情况说明》(迪矿压备〔2023〕2号),云南侧压覆一个已注销探矿权(金矿)并已在迪庆州自然资源和规划局进行备案。奔子栏公司已向迪庆州自然资源和规划局出具《压覆国家规划区承诺书》作出承诺。

4.11 主要环境问题和环境制约因素

4.11.1.1 环境制约问题

本工程建设征地与水库淹没涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区,涉及三江并流世界自然遗产地缓冲区,临近四川太阳谷省级谷风景名胜区、生态保护红线;经查询复核后,工程已不再涉及优化整合后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区。根据云南省林草局出具的查询结果不涉及三江并流遗产地,涉及其缓冲区,已按要求编制专题报告并完成备案程序。规划阶段奔子栏水电站因涉及环境敏感因素未纳入规划实施方案,目前建设已不存在环境制约因素。

4.11.1.2 主要环境问题

a) 区域生态环境现状较差,应加强保护

项目区属金沙江干暖河谷区,区内植被以自然灌木群丛和自然草坡为主,地表裸露较多,属金沙江上游水土流失最严重的地区之一。工程河段沿岸地区,生态环

境脆弱，自然灾害频繁，生态系统抵抗外界干扰的能力和自我调节能力不强，生态环境一旦遭受破坏难以恢复。尤其是河谷区植被盖度较低，以灌丛为主，土壤粗骨性强、细土物质少、土层浅薄，呈现多岩石碎屑和砾石的幼年土壤特征，极易发生水土流失，加之人类活动频繁，生态环境质量较差。

建议施工过程加强环境保护，严格控制施工范围，加强泥石流沟治理，采取有效措施降低对环境的不利影响。

b) 外来鱼类种类增多，对土著鱼类的威胁呈增大趋势

工程区域位于藏民聚居区，当地群众受宗教观念影响历来有放生鱼类的传统，而随着地方经济发展水平提高、交通条件改善，越来越多的人投入到放生活中，而大多数放生者往往不辨外来物种和本地物种，购买鲤、鲫、泥鳅、黄颡鱼等外来物种放生，商业放生已成产业，导致自然水域外来物种入侵问题日益显现，土著鱼类面临着多重威胁。

建议农业农村部门加强执法力量，开展宣传教育，控制商业放生鱼类买卖，构建“法规约束-文化引导-多元共治”的防控体系。

5 环境影响预测与评价

5.1 水环境影响预测与评价

5.1.1 水文情势影响

5.1.1.1 生态流量需求计算

a) 生态流量确定的原则

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纪要》的函(环办函〔2006〕11号文)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〕4号文),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 维持地下水位动态平衡补给需水;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《水电工程生态流量计算规范》(NB/T 35091-2016),水电工程应根据河流水生生态需水、河流湿地需水、水环境需水、景观需水、入海河口生态需水和河道地下水补给需水的计算成果,考虑河道内外各项需水的外包关系和河道外各项需水的叠加关系,综合分析生态需水目标表。

结合奔子栏水电站开发建设的实际情况,以及金沙江上游段梯级水库开发建设和相关规划要求,本工程下泄生态流量及过程的确定需要考虑的因素还包括:

- 1) 满足相关规划和已建在建工程环评批复对奔子栏坝址和下游石鼓断面生态流量的要求;
- 2) 生态流量大小及过程与上游已批梯级协调;
- 3) 在考虑②维持水生生态系统稳定所需水量时,应充分考虑坝下游鱼类产卵繁殖的生境需求;
- 4) 满足下游区域河道外用水的需求;
- 5) 满足长江第一湾和虎跳峡峡谷景观需求;

6) 满足下游滇中引水工程取水需求。

b) 生态流量需求分析及计算

1) 水生生态需水量

分布于奔子栏坝下金沙江干流的珍稀特有鱼类有黄石爬鮡、前臀鮡、硬刺松潘裸鲤、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼和中华金沙鳅。产漂流性卵鱼类仅有中华金沙鳅，根据早期资源调查结果，其产卵场主要有 4 个产卵场，分别为黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村；其他鱼类均为产粘沉性卵类群，产卵环境要求并不严苛，大多需要浅水河滩，粒径大小不等的砾石河床，加之适宜的产卵水温即可，产卵场主要分布在干流奔子栏镇至其宗的峡谷河段、石鼓江段及支流冈曲河段。

除中华金沙鳅产漂流性鱼卵外，其他鱼类多为产粘性卵类群。根据水生生态调查结果，河段主要保护鱼类的繁殖要求见表 5.1.1-1。

表 5.1.1-1 评价河段鱼类繁殖期要求

编号	种类	繁殖期	产卵类型	产卵场要求	水深 m	水温℃	流速 m/s
1	黄石爬鮡	6~8 月	产粘性卵	急流石滩上产卵，受精卵粘性，黏附石上发育。	0.3~1.5	15.0~18.0	1.0~1.5
2	前臀鮡	4~6 月	产粘性卵	流水的卵石滩产粘性卵	0.5~2	14.0~20.0	0.3~1.0
3	硬刺松潘裸鲤	3~6 月	产沉性卵	流水滩上产沉性卵	0.15~1.5	9.7~23.4	0.2~1.5
4	长丝裂腹鱼	3~5 月	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	0.6~3.0	14.0~15.0	0.3~1.1
5	短须裂腹鱼	3~4 月	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	0.25~0.55	13.0~15.0	0.3~0.8
6	四川裂腹鱼	3~6 月	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	0.15~1.5	13.5~16.5	0.2~1.5
7	细鳞裂腹鱼	3~5 月	产粘沉性卵	流水砾石、卵石滩上产沉性卵，受精卵具微粘性	0.5~2.0	8.0~16.0	0.2~0.6
8	金沙鲈鲤	5~6 月	产沉性卵	在激流滩处产弱粘性沉性卵	1.0~3.0	12.0~20.0	0.3~1.0
9	软刺裸裂尻鱼	3~9 月， 5~6 月为盛期	产沉性卵	干支流河口、浅滩河段处产卵	0.1~1.0	6.0~14.0	0.6~1.2
10	中华金沙鳅	6~8 月	产漂流性卵	其产卵对水流涨落、水温比较敏感，多在水流较急的干流江段产漂流性卵，其卵的发育需溶氧较高的流水环境。	9.6~15	17.2~23.2	1.2~1.5

评价河段鱼类繁殖期要求基本与河道水文节律一致，产卵时间越晚的鱼类产卵期流速需求越大，裂腹鱼类等 3~6 月以前产卵的鱼类要求流速范围为 0.2m/s~1.5m/s，而 6 月~8 月产卵的黄石爬鮡、中华金沙鳅等鱼类产卵要求流速范围为 1.0m/s~1.5m/s。

根据《环境影响评价技术导则地表水环境》(HJ2.3-2018)、《水电工程生态流量计算规范》(NB/T35091-2016)以及环评函〔2006〕4 号文要求，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、水力学法和生境模拟法。结合奔子栏水电站实际情况，本次生态流量计算拟采用水文学法中的 Tennant 法、7Q10 法和水力学法中的湿周法等 3 种方法进行计算，并运用生态水力学法分析下游河段鱼类繁殖期所需的生态水量，取其计算值大者作为推荐的维持水生生物生态系统稳定所需水量。

① 水生生态基流

(I) Tennant 法

坝址多年平均流量 1160m³/s，相应多年平均径流量为 359.5 亿 m³。径流年际变化较平缓，年径流系列变差系数为 0.20。径流的年内分配不均匀，年内径流主要集中在 6~10 月份，占年总径流量的 75.8%，其中以 7~9 月份最多，占 55.2%。12~次年 4 月份径流相对较少，占 13.8%。奔子栏水电站坝址年、月平均流量及年内分配情况见表 5.1.1-2。历年年平均流量见图 5.1.1-1。

表 5.1.1-2 奔子栏水电站坝址径流年内分配表(日历年)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
流量 (m ³ /s)	355	324	327	453	740	1450	2570	2630	2420	1400	733	460	1160
占比 (%)	2.6	2.14	2.39	3.21	5.42	10.3	18.8	19.3	17.1	10.3	5.19	3.37	100

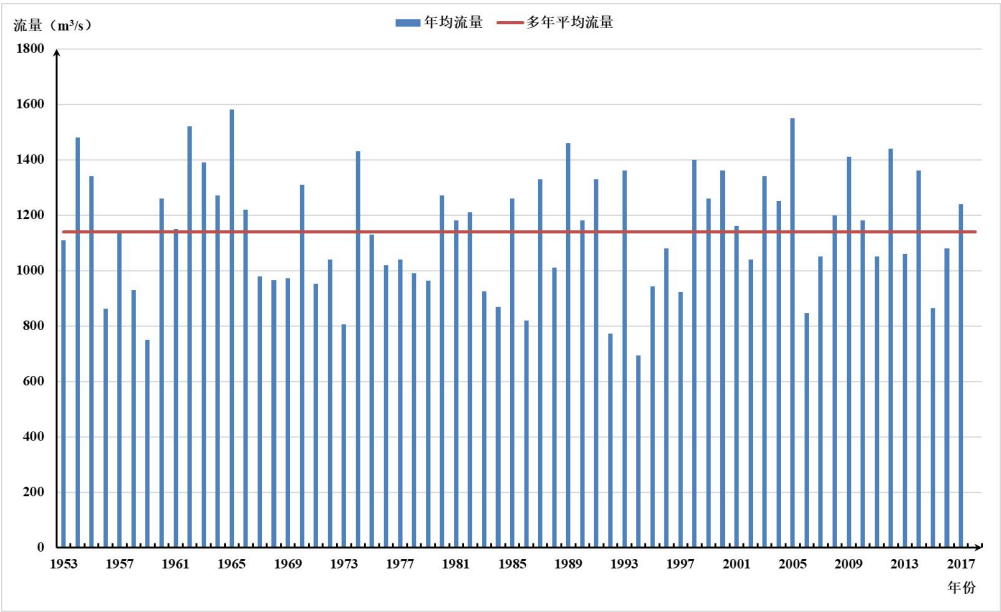


图 5.1.1-1 奔子栏水文站历年平均流量图

根据评估标准，当年内较枯时段河道流量为多年平均流量的 20%时，可保护鱼类、野生动物、生态景观处于良好状态，当年内较丰时段河道流量为多年平均流量的 30%时，河流水生生物栖息地处于一般或较差状态。因此本方法中取多年平均流量的 20%作为枯水期下泄生态流量，取多年平均流量的 30%作为汛期下泄生态流量。最终计算结果见表 5.1.1-3。

表 5.1.1-3 奔子栏坝址生态流量 Tennant 法计算结果

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
流量 (m³/s)	232	232	232	232	232	348	348	348	348	348	232	232	281

(II) 7Q10 法

7Q10 法采用 90%保证率最枯连续 7 天的平均流量作为河流最小流量设计值。根据计算，7Q10 法计算结果为 221.6m³/s，向上取整为 222m³/s，约为多年平均流量的 19.3%，对应时段为 1995 年 2 月 2 日~2 月 8 日。

(III) 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。

(i) 计算断面

在河流中，浅滩通常是鱼类和大型无脊椎动物丰富的区域，而且也是生物栖息

地的临界位置。浅滩断面的河宽、水深和流速对于流量的变化最为敏感，当河流流量较少时，浅滩首先被显露。因此，在采用湿周法计算生态流量时，断面的选取一般为单一河道的浅滩断面。

本次共收集到奔子栏水电站坝址到石鼓水文站间断面 125 个，采用基于水流特征的弗劳德数法和基于河床地形学特征的深泓线线性回归法来综合分析实测断面生境类型。

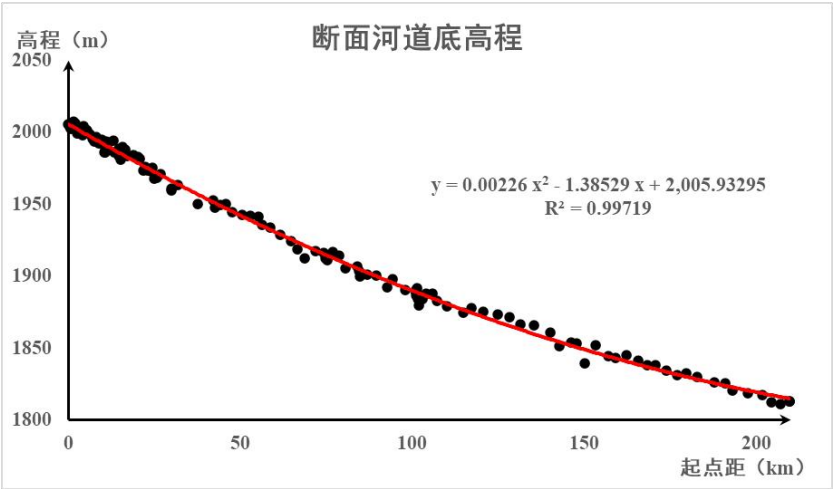


图 5.1.1-2 河道深泓线线性回归计算图

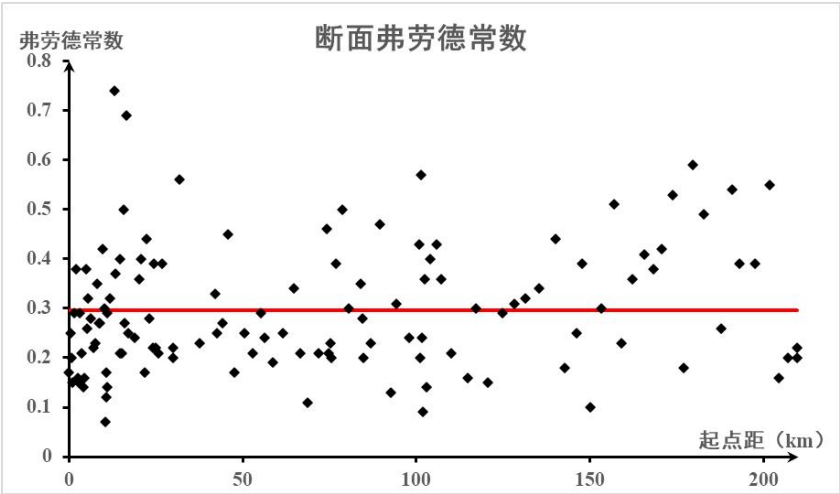
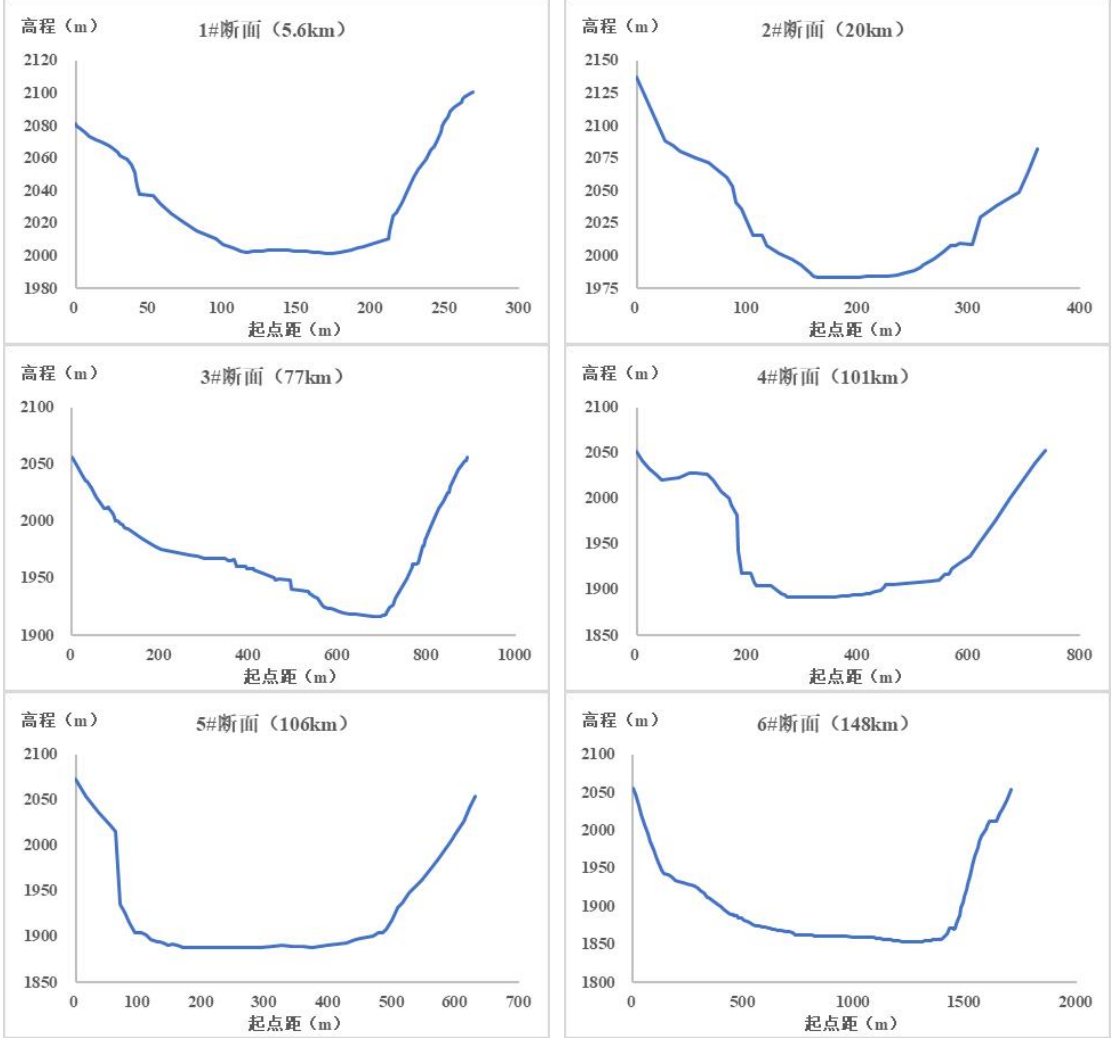


图 5.1.1-3 河道断面弗劳德数计算结果示意图

因浅滩断面较多，本次选择 8 个典型断面作为计算断面，详见表 5.1.1-4，选定断面在深泓线线性回归法和弗劳德数法中均为浅滩断面。

表 5.1.1-4 计算断面选择表

断面编号	距坝址距离(m)	深泓线线性回归法		弗劳德数法		确定分类
		深泓线高程(m)	分类	Fr	分类	
1#	5577	2001.3	浅滩	0.32	浅滩	浅滩
2#	20238	1983.1	浅滩	0.36	浅滩	浅滩
3#	76751	1916.8	浅滩	0.39	浅滩	浅滩
4#	101431	1891.5	浅滩	0.57	浅滩	浅滩
5#	105753	1888.1	浅滩	0.43	浅滩	浅滩
6#	147797	1853.1	浅滩	0.39	浅滩	浅滩
7#	168213	1838.0	浅滩	0.38	浅滩	浅滩
8#	182763	1828.2	浅滩	0.49	浅滩	浅滩



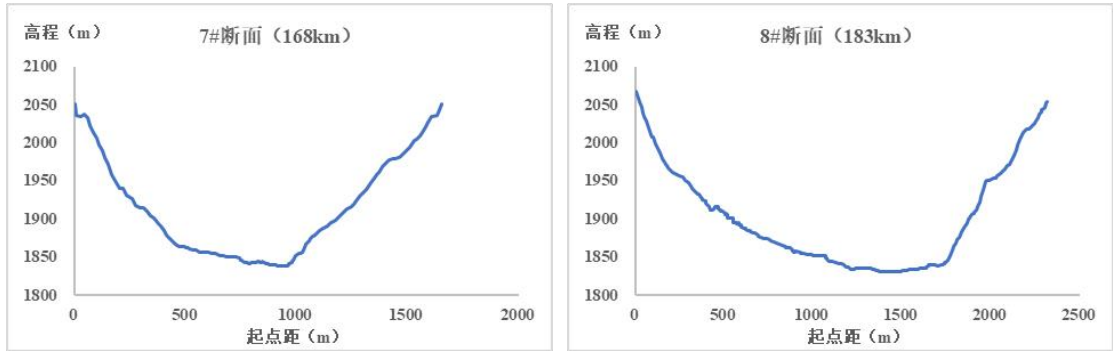
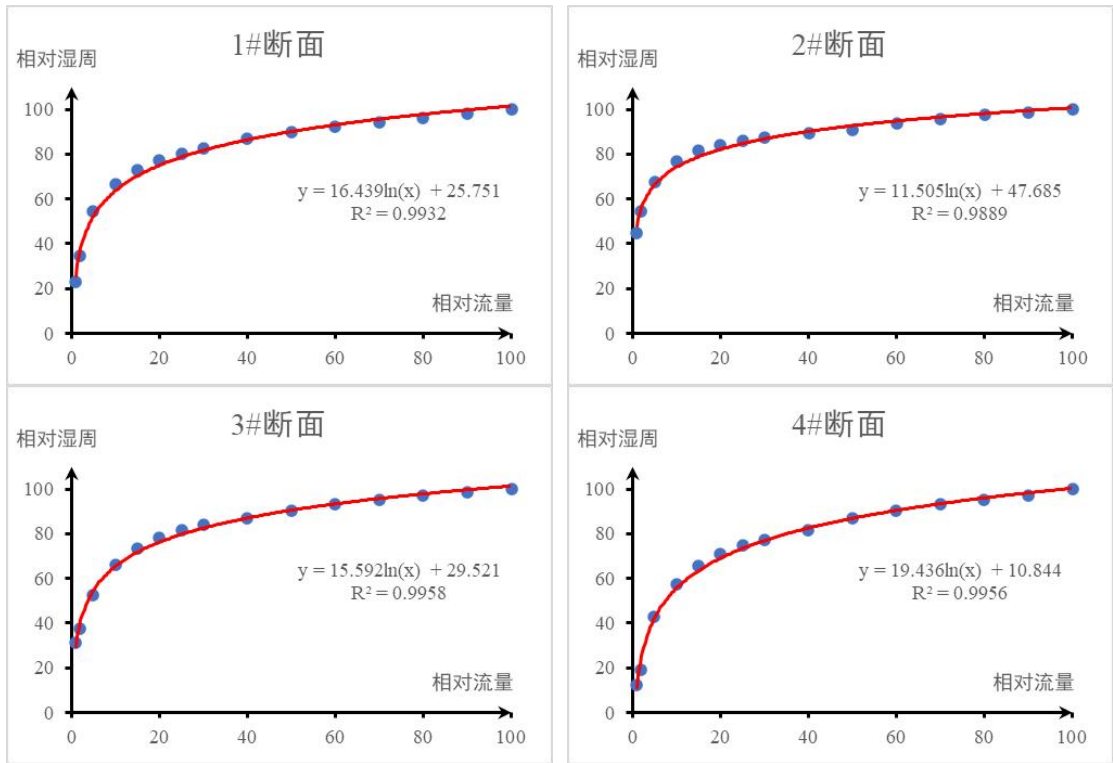


图 5.1.1-4 计算断面形状图

(ii) 计算方案和结果

湿周法是一种应用较为广泛的生态需水量确定方法。湿周法以断面湿周一流量曲线上拐点对应的流量作为生态需水量建议值，本报告中对于拐点明显的，采用从图中直接判定；对于拐点不明显的，则采用斜率为 1 法判定。根据各断面的相对湿周-相对流量关系曲线特征，拟定出各断面的拐点，湿周法计算结果见表 5.1.1-5。



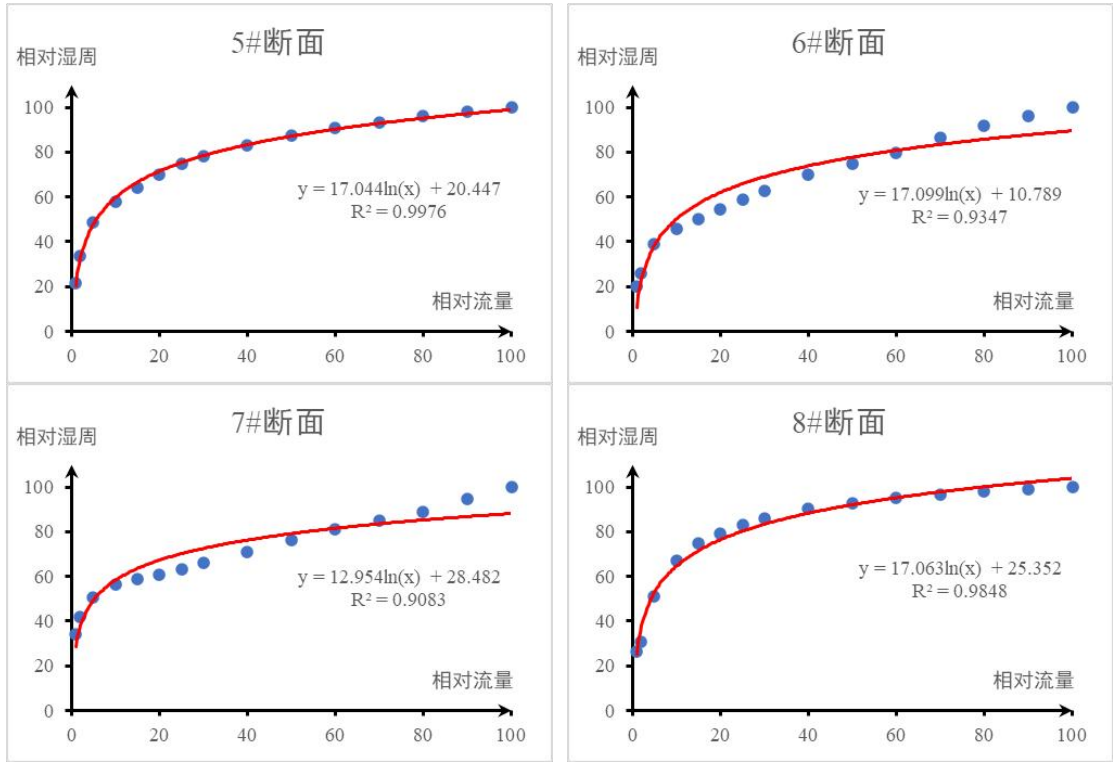


图 5.1.1-5 计算断面相对湿周流量关系图

表 5.1.1-5 计算断面湿周法拐点计算结果

断面编号	距坝址距离(m)	拐点对应平均流量比例(%)	湿周率(%)	拐点对应坝址流量(m³/s)
1#	5577	16.4	74.0	190
2#	20238	11.5	78.3	133
3#	76751	15.6	73.8	181
4#	101431	19.4	73.3	225
5#	105753	17.0	70.3	197
6#	147797	17.1	66.5	198
7#	168213	13.0	51.7	151
8#	182763	17.1	57.7	198

从表中可知，各断面拐点对应的流量在 151m³/s～225m³/s 之间，确定 225m³/s(多年平均流量的 19.4%)作为奔子栏水电站坝址处湿周法推荐的生态流量。

② 鱼类繁殖期生态流量

本次采用生态水力学法，根据鱼类繁殖期对河道水文要素的需求，计算鱼类繁殖期生态流量。

(I) 指标标准

奔子栏坝下至石鼓干流河段主要有裂腹鱼类产卵场、鲃科鱼类产卵场和中华金

沙鳅产卵场。

裂腹鱼类产卵期主要为 3~6 月，均为产粘沉性卵鱼类。其中裂腹鱼类繁殖期为 3~6 月，水深要求为 0.3m~3.0m 环境，对河道深潭要求相对较低。其余散布在不同河段产卵的产粘沉性卵鱼类产卵时期与产卵需求与裂腹鱼类基本一致，繁殖期生态流量需求按裂腹鱼类考虑；中华金沙鳅产卵时间通常为 5~7 月，但这 4 处产卵场位于金沙江上游，是目前已知海拔最高的产卵场，天然水温较低，产卵时间会延迟到 6~8 月份。中华金沙鳅产漂流性卵，为激流底栖小型鱼类，多分布在水流速度较快的水域；黄石爬鮡产卵时间与中华金沙鳅接近，产卵期对流速要求较高，繁殖期生态流量需求按中华金沙鳅考虑。

参照奔子栏河段主要鱼类的繁殖需求，其中中华金沙鳅产卵的重要条件为持续流量和水位上涨刺激，奔子栏水电站运行后相应条件的实现主要依赖生态调度实现。因此重点考虑其他产粘沉性卵鱼类产卵期对水文条件的需求。

奔子栏水电坝址处多年平均流量为 1160m³/s，略高于平水期 5 月多年平均流量（740m³/s），略低于丰水期 6 月多年平均流量（1450m³/s），该流量基本能代表大部分产粘沉性乱鱼类产卵期（3~6 月）的流量水平。生态水力学法的水力生境参数标准详见表 5.1.1-6，表中指标体系为多年平均流量情况下产粘沉性卵鱼类指标体系，本次计算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。

表 5.1.1-6 生态水力学法的水力生境参数标准(大型河流)

生境参数指标	标准	
	最低标准	累计河段长度的百分比
最大水深*	≥1.5m(鱼类体长的 2~3 倍)	95%
平均水深	≥0.3m	95%
平均速度	≥0.3m/s	95%
水面宽度	≥30m	95%
湿周率	≥50%	95%
过水断面面积	≥30m ²	95%
水域水面面积	≥70%	
水温	适合鱼类生存、繁殖	
生境形态指标	概念界定	
急流	Fr>1	各流态段数无较大变化，各急流段累计长度减少小于 20%
缓流	Fr<1	

*注：根据相关资料，奔子栏区域河段体型最大的鱼类为四川裂腹鱼，根据历史鱼获资料，该鱼类最

大体长约 0.5m。

(II) 计算断面及计算方案

本次计算采用奔子栏水电站至石鼓镇(石鼓水文站)210km 河段间的 75 个实测断面，采用一维水动力模型，分别计算河道上游来水占多年平均径流 1%、2%、5%、10%、15%、20%、25%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%和 100%时的河道水力参数。

(III) 计算结果

经计算，各方案下主要水力参数指标达标比例见表 5.1.1-7。根据计算结果，当奔子栏坝址下泄流量为 $233\text{m}^3/\text{s}$ 时，除湿周率外，其他主要水力参数均满足指标要求，当奔子栏坝址下泄流量达到 $348\text{m}^3/\text{s}$ 时，所有水力参数均满足指标。

表 5.1.1-7 生态水力学法各方案计算结果统计表

方案编号	坝址流量 (m ³ /s)	占多年平均流量 比例(%)	达标比例(%)					
			最大水深	平均水深	平均速度	水面宽度	湿周率	过水断面面积
1	11.6	1	33	86	56	70	41	52
2	23.2	2	42	94	71	81	47	74
3	58	5	63	100	84	92	64	97
4	116	10	77	100	95	98	79	100
5	174	15	88	100	98	98	86	100
6	232	20	95	100	99	98	94	100
7	290	25	98	100	100	100	94	100
8	348	30	100	100	100	100	95	100
9	464	40	100	100	100	100	97	100
10	580	50	100	100	100	100	100	100
11	696	60	100	100	100	100	100	100
12	812	70	100	100	100	100	100	100
13	928	80	100	100	100	100	100	100
14	1044	90	100	100	100	100	100	100
15	1160	100	100	100	100	100	100	100

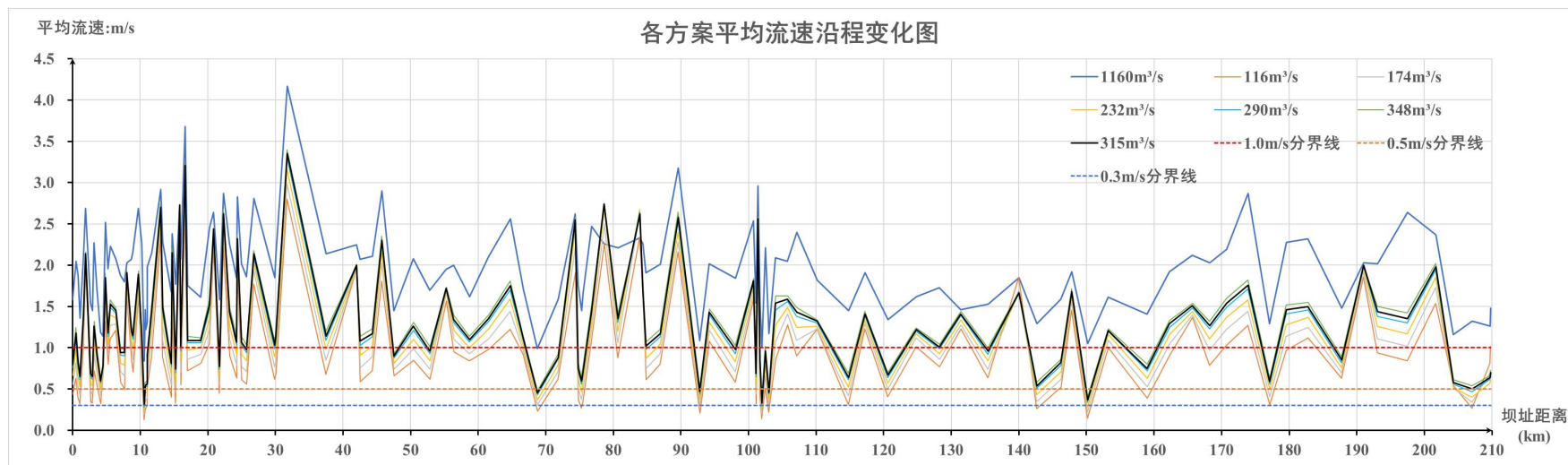


图 5.1.1-6 生态水力学法各方案平均流速沿程分布图

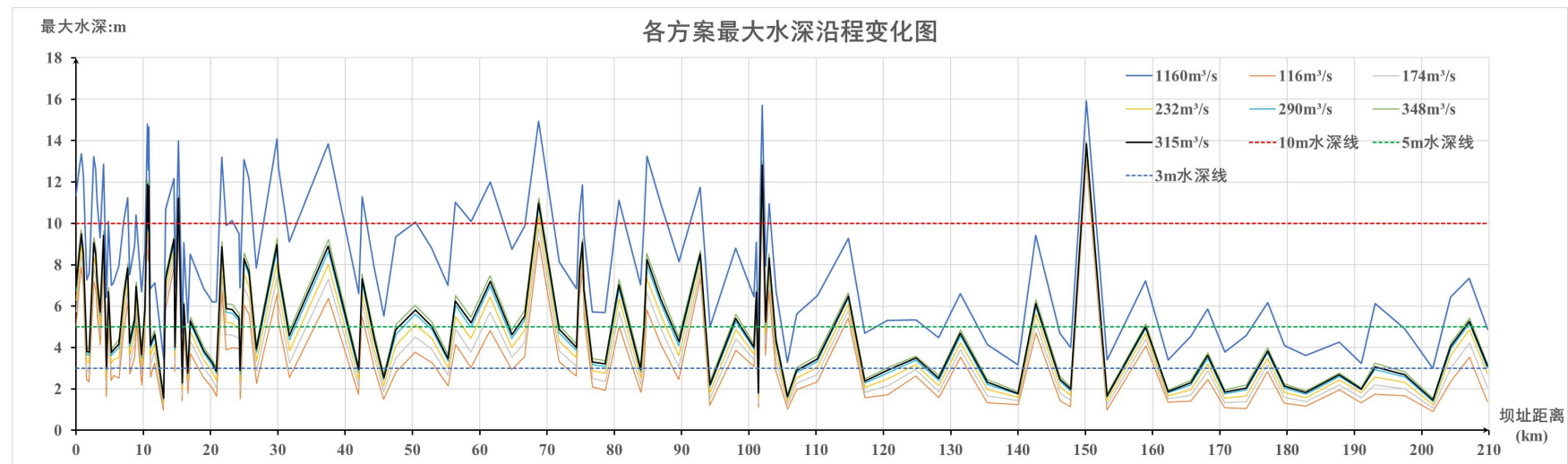


图 5.1.1-7 生态水力学法各方案最大水深沿程分布图

为进一步确定奔子栏坝址下泄流量，插值计算方案 7 与方案 8 的下泄流量，依次计算奔子栏下泄流量为 295、305、315、325 和 335m³/s 时，湿周率指标达标率情况。根据计算结果，当奔子栏水电站下泄流量为 315m³/s 时，即可满足主要水力参数指标要求，具体计算结果见表 5.1.1-8。

表 5.1.1-8 生态水力学法计算方案结果(湿周率细化方案)

奔子栏坝址下泄流量(m ³ /s)	295	305	315	325	335
湿周率达标率(%)	93.9	94.2	95.5	95.5	95.5

根据各方案流速计算结果，结合沿程流速分布图(详见图 5.1.1-6)进一步分析相应流量能否满足中华金沙鳅产卵和漂流需求。在多年平均流量下，奔子栏下游主要为急流，至石鼓镇附近转为缓流，流速沿程逐渐降低。当奔子栏下泄流量为 315m³/s 时，小部分河段由多年平均流量下的急流转变为较急流，河段仍保留了大量的较急流和急流，流态变化河段基本满足指标要求，能保证裂腹鱼类、鮡科鱼类、软刺裸裂尻鱼和硬刺松潘裸鲤等多种鱼类产卵期的综合需求。其中塔城镇其宗村产卵场平均流速约为 1.6m/s，巨甸镇产卵场河段平均流速为 0.8~1.7m/s，黎明乡产卵场河段平均流速为 1.3~1.8m/s，黎明乡格子村产卵场河段平均流速为 0.9~1.5m/s，基本能达到急流状态，考虑到实际岸滩流速小于平均流速，基本能满足中华金沙鳅产卵期 1.2~1.5m/s 的产卵流速需求，但然仍需采取生态调度进一步提高河道流速和水深，刺激中华金沙鳅产卵。

综上所述，本次生态水力学法计算，一般用水期生态流量取 232m³/s，鱼类产卵期水电站下泄生态流量为 315m³/s。

③ 小结

根据上述 Tennant 法、7Q10 法、湿周法和生态水力学法，取各方法最大值，得出维持水生生态系统稳定的生态流量需求最终结果，详见表 5.1.1-9。

表 5.1.1-9 维持水生生态系统稳定需水量计算结果表 单位:m³/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tennant 法	232	232	232	232	232	348	348	348	348	348	232	232
7Q10 法	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222
湿周法	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223	223
生态水力学法	232	232	315	315	315	315	315	315	315	232	232	232
最终结果	232	232	315	315	315	348	348	348	348	348	232	232

2) 工农业生产及生活需水量

金沙江干流奔子栏至石鼓区间，沿岸有少量乡镇村落分布，部分生产及生活用水由取水设施从干流取水提供。据统计，奔子栏水电站坝址至石鼓段金沙江干流共设有 20 处取水设施，总取水量约 $6.31\text{m}^3/\text{s}$ ，详见表 5.1.1-10。

表 5.1.1-10 旭龙坝址至石鼓断面取水设施基本情况统计表

序号	乡(镇)	取水口名称	取水口位置	取水流量 (m^3/s)	年取 水量	主要取水 用途
					(万 m^3)	
1	子庚乡	子庚乡灌区甲学卡取水口	阿络贡村村子右边的核桃树旁	0.2	500	农业
2	奔子栏镇	夺通大沟取水口	达布贡村民小组上游 100m 处河右岸	0.2	13.5	农业
3	奔子栏镇	哈上大沟取水口	哈上社上游 8500m 处左岸	0.21	13.9	农业
4	拖顶乡	巴龙小组灌区取水口	思里通大桥上游左岸 4.5km 处	0.2	9.9	农业
5	上江乡	达不泵站取水口	金沙江干流左岸格兰一组垃圾场上游 300m	0.4	13.3	农业
6	上江乡	扑爬岩泵站取水口	金沙江干流左岸格兰村扑岩处	0.46	15.6	农业
7	巨甸镇	巨甸大白莲二组泵站取水口	巨甸镇金河村委会大白莲二组柳林下江边	0.21	43.5	农业
8	金江镇	木斯扎泵站取水口	金沙江干流左岸木斯扎渡口旁	0.26	19.8	农业
9	金江镇	瓦金街泵站取水口	金沙江干流左岸瓦金街村口上游 100m	0.35	35.2	农业
10	金江镇	所邑泵站取水口	金沙江干流左岸上所邑渡口下游 100m	0.27	30.2	农业
11	金江镇	新建沟取水口	金沙江干流左岸上所邑河上所邑村村头	0.3	57.6	农业
12	金江镇	满库泵站取水口	金沙江干流左岸吾竹堆满村尾下游 100m	0.5	101.2	一般工业
13	金江镇	仕林泵站取水口	金沙江干流左岸仕林一组村头上游 100m	0.4	119.9	农业
14	金江镇	达林一级泵站取水口	金沙江干流左岸达林石厂下游 100m	0.25	158.4	农业
15	金江镇	礼都泵站取水口	金沙江干流左岸礼都岩角	0.26	110.1	农业
16	金江镇	天吉泵站取水口	金沙江干流左岸天吉二组村头上游 200m	0.5	34.3	农业
17	金江镇	天吉四组泵站取水口	金沙江干流左岸天吉四组双灰粉厂上游 100m	0.43	24.6	农业
18	石鼓镇	石鼓大箐沟取水口	石鼓镇新华村委会大箐沟采石厂上 3500m 处	0.22	62.9	农业
19	金江镇	兴文保太泵站取水口	金沙江干流左岸保太村头上游 100m	0.24	37.4	农业
20	金江镇	兴文碧落泵站取水口	金沙江干流左岸三水碧村头上游 150m	0.45	26.6	农业
合计				6.31	1427.9	

考虑地方发展需求，区间工农业及生活需水量适当放大，放大后的区间需水量约为 $9.0\text{m}^3/\text{s}$ 。

3) 水环境需水

金沙江奔子栏~石鼓河段水质优良，贺龙桥和新华国控断面水质基本维持在地表水环境标准Ⅰ和Ⅱ类左右，沿河现状污染源较少，为保证下游断面水质达标，要求奔子栏水电站下泄流量不得小于90%保证率的年最枯月均流量。根据计算，奔子栏水电站 $Q_P(P=90\%)$ 法计算所得流量为 $266\text{m}^3/\text{s}$ 。

参考《滇中引水工程环境影响报告书》(以下简称《滇中引水环评》)对下游石鼓断面环境需水量的计算结果，石鼓断面环境需水量不到生态基流的一半，奔子栏水电站位于石鼓断面上游，水质条件更好，因此奔子栏河段满足该流量需求即可满足环境需水量要求。

4) 河道输沙需水量

奔子栏水库为日调节水库，上游叶巴滩、拉哇、苏洼龙、昌波、旭龙等梯级水电站死库容累和较大，能拦蓄绝大部分上游来沙。作为金沙江上游梯级水电站的最后一级，奔子栏水电站来沙量大大减少，未考虑河道输沙需水量。

5) 水面蒸发量

本工程所在得荣县气象站，多年平均降水量约 300mm ，多年平均年蒸发量为 $1438.9\text{mm}\sim 2449.5\text{mm}$ 之间，经估算，奔子栏水电站坝址下游至石鼓水文站干流水面年蒸发水量仅占奔子栏坝址断面年总径流量的 0.29% ，坝上水库面积更小，水面蒸发所损耗的水量相对河道水量而言很少，未考虑水面蒸发量。

6) 维持地下水位动态平衡补给需水

金沙江是区内最低排泄基准面，库区两岸冲沟流水、覆盖层内的孔隙水均向金沙江排泄，基岩地下水总体也向河流排泄。但由于金沙江上游河段为干暖河谷，地表降雨较少，山体内地下水并不丰富，在坝址附近河流比降较大，局部存在河水高于基岩地下水的现象，局部表现出河水补给地下水的水动力特征。但该补给水量小，大气降水与地下水侧向径流补给仍是区内地下水主要的补给来源，未考虑维持地下水位动态平衡所需要的补给水量。

7) 航运、景观和水上娱乐环境需水量

奔子栏水电站坝址至石鼓水文站所在河段无水上休闲及景观娱乐景点，下游沿金沙江干流有G215国道、G214国道等重要的旅游线路和月亮湾等沿河景点，需要保证坝下河段有一定的景观需水要求。在满足生态用水的前提下，一般可以满足景观用水需求，因此不需单独考虑景观和娱乐用水。

石鼓以下河段景点有石鼓长江第一湾和虎跳峡峡谷，受滇中引水工程取水影响，对奔子栏坝址断面生态流量需求较为复杂，本次在上下游协调计算中结合下游敏感保护目标需求统一分析。

8) 河道外生态需水量

奔子栏下游两岸主要为山谷和少量村镇平原，两岸植被较为稀疏，河道两岸植被蓄水往往通过地表径流、地下水、降雨补给，因此，无需单独考虑河道外生态需水量。

9) 需求分析结果

根据分析计算，奔子栏坝址需为下游提供工农业生产及生活用水 $9.0\text{m}^3/\text{s}$ ，同时为维持河道内水生生态系统稳定，保障现有鱼类繁殖期间水位、流速等水力要素，各月需满足相应生态流量。不考虑上游梯级水库下泄生态流量和满足下游石鼓水文站断面生态流量需求的情况下，奔子栏水电站生态流量初步计算结果见表 5.1.1-11。

表 5.1.1-11 奔子栏水电站下泄生态流量计算初步成果表 单位 m^3/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
①	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
②	232	232	315	315	315	348	348	348	348	348	232	232
③	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266	266
最终结果	275	275	324	324	324	357	357	357	357	357	275	275

注：① 为工农业生产及生活需水量，② 为维持水生生态系统稳定需水量，③ 为水环境需水量。

c) 生态流量上下游协调计算

1) 上游梯级电站下泄生态流量

奔子栏水电站为金沙江上游水电规划梯级开发方案的最后一级，上游依次为旭龙、昌波、苏洼龙、巴塘、拉哇、叶巴滩、波罗水电站。根据各梯级环评和批复要求，奔子栏水电站上游各梯级水电站下泄生态流量见表 5.1.1-12。

表 5.1.1-12 奔子栏上游各梯级水库下泄生态流量表 单位： m^3/s

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
波罗	104.9	104.9	209.7	209.7	209.7	209.7	209.7	209.7	209.7	104.9	104.9	104.9
叶巴滩	132	132	272	272	132	132	132	405	405	132	132	132
拉哇	134	134	276	276	134	134	134	411	411	134	134	134
巴塘	138	138	277	277	138	138	138	413	413	138	138	138
苏洼龙	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152
昌波	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153
旭龙	210	210	317	317	280	280	280	453	453	210	210	210

2) 下游生态流量需求及取水需求

(1) 下游生态流量需求

奔子栏水电站下游为石鼓水文站。根据《长江流域综合规划(2012-2030年)》，石鼓水文站生态流量为 $298\text{m}^3/\text{s}$ 。根据 2016 年 8 月批复的《滇中引水环评》及其批复意见，石鼓取水口断面生态流量 4 月下旬至 6 月为 $411\text{m}^3/\text{s}$ ，7 月至次年 4 月中旬为 $300\text{m}^3/\text{s}$ 。后者生态流量略大于前者，因此本次取《滇中引水环评》及其批复成果作为下游石鼓水文站生态流量协调计算的依据。

(2) 下游景观娱乐用水需求

石鼓水文站下游受流量影响较为明显的景观有石鼓长江第一湾和虎跳峡峡谷景观。

① 石鼓长江第一湾

坝址下游石鼓镇江段为长江第一湾景观，石鼓长江第一湾景观主要取决于石鼓一带的河谷地形景观，该段河廊上游和下游山河缭绕是长江第一湾景观美感的主要要素，湾滩、河流、乡村聚落及田园等起到点缀作用，并且该段河流流量在季节变化，且流量季节变化情况下，该段景观均各有其美。

根据《滇中引水环评》，经统计，石鼓断面流量小于 $300\text{m}^3/\text{s}$ 的天数为 20 天，分别为 1995 年 2 月 3 日~14 日，28 日和 3 月 1 日~7 日。最小值为 $295\text{m}^3/\text{s}$ ，连续枯水期 2 月 3 日~14 日流量均值为 $297.8\text{m}^3/\text{s}$ ，3 月 1 日~7 日流量均值为 $297.1\text{m}^3/\text{s}$ 。建议选择连续枯水日的流量均值 $297.8\text{m}^3/\text{s}$ 作为石鼓景观流量的最小值。根据《长江流域综合规划(2012~2030年)》中石鼓断面生态流量要求及《滇中引水环评》及其批复意见，长江第一湾石鼓断面景观流量的最小值为 $298\text{m}^3/\text{s}$ ，相应的断面水面宽度约 182.0m，略小于石鼓取水口断面生态流量，因此满足石鼓取水口断面生态流量即可满足长江第一湾的景观需求。

② 虎跳峡峡谷

根据《金沙江上游奔子栏水电站虎跳峡景观影响研究专题报告》，专题采用虎跳石现场长期图片和视频观测资料分析得出，当流量小于 $400\text{m}^3/\text{s}$ 时，景观特征为水流量过小，虎跳石及其周围的岩石会更加明显，可能露出水下的礁石和沙滩。虎跳石现场最佳观赏流量最小值为 $400\text{m}^3/\text{s}$ ；当流量处于低水量区间 $400\sim 750\text{m}^3/\text{s}$ ，场景以细腻、静谧为特征，通常带来舒缓但专注的视觉体验；当流量处于

750~1750m³/s 时，景观效果表现为水量偏低，水流的动态感和视觉冲击力有限；当流量处于中水量区间 1750~3150m³/s 时，展现出激流与景观要素的动态平衡，视觉效果充满层次感和活力；当流量处于 3150~3650m³/s 时，此时流量较大，无法提供愉悦的景观体验。

综合上述分析，虎跳石断面流量大于 400m³/s 时具有较好的观赏价值。滇中引水工程在枯水期(12 月~次年 4 月中旬)仍按取水口断面下泄流量不小于 300m³/s 取水，因枯水期石鼓至虎跳峡区间径流较小，考虑滇中引水工程取水后，虎跳石断面流量常小于 400m³/s，而奔子栏水电站仅具有日调节性能，无法保证枯水期虎跳石断面流量不小于 400m³/s 的需求，同时考虑到枯水期为虎跳峡峡谷旅游淡季，因此只在每年 5 月~11 月期间保证景观流量需求。为便于统一计算，龙盘水电站建设运行前为保证虎跳石景观流量需求，每年 5 月~11 月石鼓水文站断面下泄流量不小于 400m³/s。

(3) 下游取水需求

工程下游石鼓镇为滇中引水工程主要取水口，根据批复的滇中引水工程可行性研究报告，石鼓大同水源工程最大设计提水规模为 135m³/s，水源工程调度遵循以下原则：

① 在优先满足工程取水口下游生态流量基础上调水：当来水小于下游所需生态流量时，工程不调水；当来水大于要求的生态流量时，在优先满足生态流量后，根据受水区需求调水。

② 由于工程规模较大、线路较长，原则上每年安排一个月检修期。拟每年枯水期 3 月份进行检修，工程全月不调水。

③ 充分发挥受水区内调蓄工程的作用，丰水期多调，枯水期少调。

④ 受水区由当地水和滇中引水工程水源联合供水，优先使用当地水。

⑤ 受水区当地水库首先满足防洪要求，之后补偿下游最小生态流量，然后供给农业，最后供城镇。

⑥ 受水区供水保证率要求：城镇生活、工业达到 95%，灌溉达到 75%。

根据《滇中引水环评》及其批复意见，石鼓取水口断面生态流量 4 月下旬至 6 月为 411m³/s，7 月至次年 4 月中旬为 300m³/s；长江第一湾石鼓断面景观流量的最小值为 298m³/s。同时结合本次对虎跳石景观流量需求分析，为保证虎跳石景观效

果，每年 5 月~11 月石鼓水文站断面下泄流量不小于 $400\text{m}^3/\text{s}$ 。

奔子栏坝址至石鼓区间，有冈曲、支巴洛河、腊普河等支流汇入，多年平均支流汇入流量约 $200\text{m}^3/\text{s}$ 。据调查，除滇中引水工程外，奔子栏坝址至石鼓断面区间设计取水量约 $9.0\text{m}^3/\text{s}$ 。扣除区间汇流以及区间用水，在保证下游石鼓长江第一湾和虎跳石景观流量需求的前提下，同时保证滇中引水工程取水，4 月下旬电站需下泄 $445\text{m}^3/\text{s}$ ，11 月电站需下泄 $351\text{m}^3/\text{s}$ 。

表 5.1.1-13 考虑下游景观及滇中引水需求所需下泄生态流量

单位 m^3/s

序号	项目	算法	月份													
			1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
						上旬	中旬	下旬								
1	坝址至滇中引水工程取水断面区间生产生活用水		9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
2	坝址至滇中引水工程取水断面区间汇入流量		115	110	118	116	111	110	194	213	550	449	536	370	172	127
3	滇中引水工程引水流量		43	28	0	77	100	135	135	133	132	109	86	120	114	115
4	石鼓下泄生态流量需求(批复)		300	300	300	300	300	411	411	411	300	300	300	300	300	300
5	虎跳峡景观流量要求(石鼓断面)	-	-	-	-	-	-	-	400	400	400	400	400	400	400	-
6	为满足滇中引水工程需求下泄生态流量	$\max\{(4), (5)\}+(3)+(1)-(2)$	237	227	191	270	298	445	361	340	0	69	0	159	351	297

3) 其他规划要求

根据《长江经济带生态环境保护规划》，严格水资源保护，优先保障枯水期供水和生态水量。保障长江干支流 58 个主要控制节点生态基流占多年平均流量比例在 15% 左右，其中干流在 20% 以上。根据《长江流域综合规划(2012-2030 年)》，奔子栏水文站生态流量为 $234\text{m}^3/\text{s}$ ，石鼓水文站生态流量分别为 $298\text{m}^3/\text{s}$ ，均大于该断面多年平均流量 20% 对应的 $228\text{m}^3/\text{s}$ 、 $268\text{m}^3/\text{s}$ 。

4) 上下游协调计算

根据《旭龙环评》，旭龙水电站生态流量计算时已考虑与上游梯级水电站和下游奔子栏水文站、石鼓水文站的生态流量及长江第一湾石鼓断面景观流量的协调，因此本次协调计算以旭龙水电站为上游计算边界，下游以石鼓水文站为计算边界。

旭龙水电站坝址距上游巴塘水文站约 137km，距下游奔子栏水文站约 75km，控制流域面积约 18.95 万 km^2 。根据 1953 年~2017 年径流系列统计资料，旭龙坝址处多年平均流量 $1010\text{m}^3/\text{s}$ ，各月平均流量见表 5.1.1-14。

表 5.1.1-14 金沙江旭龙水电站坝址径流年内分配表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
流量 m ³ /s	294	269	274	393	664	1340	2300	2260	2100	1220	621	378	1010

奔子栏水电站坝址控制流域面积约 20.32 万 km²，多年平均流量 1160m³/s，距离下游奔子栏水文站约 10km，坝址控制流域面积约占水文站控制面积的 99.9%，坝址设计径流可直接采用奔子栏水文站的相应设计成果。

奔子栏坝址处多年平均流量 1160m³/s，径流的年内分配不均匀，年内径流主要集中在 6~10 月份，占年总径流量的 75.9%。奔子栏水电站坝址年、月平均流量及年内分配情况见表 5.1.1-15。

表 5.1.1-15 奔子栏水电站坝址径流年内分配表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
流量 m ³ /s	357	325	330	454	739	1460	2560	2610	2420	1410	736	461	1160

石鼓水文站位于下游玉龙纳西族自治县石鼓镇长江第一湾，石鼓站址断面年、月平均径流成果见表 5.1.1-16。

表 5.1.1-16 石鼓水文站多年月平均径流成果表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
流量 m ³ /s	440	403	414	566	895	1630	2870	3010	2780	1680	890	564	1350

根据水文数据统计，旭龙坝址至奔子栏坝址区间 90%保证率年最枯月均流量为 24m³/s，奔子栏坝址至石鼓水文站区间，各月 90%保证率月均流量见表 5.1.1-17 和表 5.1.1-18。

龙盘水电站建设运行前，衔接上游旭龙水电站、下游滇中引水工程环评批复确定的生态流量泄放要求，考虑下游滇中引水取水需要和虎跳峡峡谷景观流量需要，按照 90%保证率考虑区间径流汇入量，区间河道外用水按 10m³/s 考虑，计算得奔子栏水电站下泄生态流量需求值为 275~476m³/s，年内生态流量过程详见表 5.1.1-17。当上游来水流量小于生态流量需求值时，按上游来水流量下泄。

龙盘水电站水库调节库容达 221.6 亿 m³，具有多年调节能力，其建设运行后，奔子栏水电站下泄生态流量无需继续考虑滇中引水取水和虎跳峡峡谷景观流量需求。龙盘水电站建设运行后，奔子栏水电站生态流量需求过程见表 5.1.1-18。当上游来水流量低于生态流量需求值时，应按来水流量下泄。

表 5.1.1-17 龙盘水电站运行前奔子栏水电站下泄生态流量需求计算表

单位: m³/s

序号	项目	算法	月 份													
			1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
						上	中	下								
1	奔子栏~石鼓区间汇流 P=90%	Q90 算法	38	37	42	55	55	55	73	84	160	230	240	170	81	49
2	奔子栏~石鼓区间生产生活用水	旭龙水电站环评	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	滇中引水工程下泄生态流量	滇中引水工程环评批复	300	300	300	300	300	411	411	411	300	300	300	300	300	300
4	仅考虑石鼓下泄生态流量需要, 奔子栏坝址需下泄流量	(2)+(3)-(1)	271	272	267	254	254	365	347	336	149	79	69	139	228	260
5	长流规规定的奔子栏坝址生态基流	长江流域综合规划报告	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234
6	初步计算生态流量	-	275	275	324	324	324	324	324	357	357	357	357	357	275	275
7	不考虑旭龙下泄生态流量需求和滇中引水时, 奔子栏生态流量取值	max {(4), (5), (6)}	275	275	324	324	324	365	347	357	357	357	357	357	275	275
8	旭龙~奔子栏坝址区间汇流	Q90 算法	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9	旭龙~奔子栏坝址区间生产生活取水	旭龙水电站环评	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	旭龙水电站下泄生态流量	旭龙水电站环评批复	210	210	317	317	317	317	280	280	280	453	453	210	210	210
11	旭龙下泄生态流量时, 奔子栏坝址流量	(8)+(10)-(9)	233	233	340	340	340	340	303	303	303	476	476	233	233	233
12	考虑滇中引水的生态流量需求	-	237	227	191	270	298	445	361	340	0	69	0	159	351	297
13	考虑上下游协调后的生态流量	max {(7), (11), (12)}	275	275	340	340	340	445	361	357	357	476	476	357	351	297
14	修平后	-	275	275	340	340	340	445	361	357	357	476	476	357	357	297

表 5.1.1-18 龙盘水电站运行后奔子栏水电站下泄生态流量需求计算表

单位: m³/s

序号	项目	算法	月 份													
			1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
						上	中	下								
1	奔子栏~石鼓区间汇流 P=90%	Q90 算法	38	37	42	55	55	55	73	84	160	230	240	170	81	49
2	奔子栏~石鼓区间生产生活用水	旭龙水电站环评	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3	滇中引水工程下泄生态流量	滇中引水工程环评批复	300	300	300	300	300	411	411	411	300	300	300	300	300	300
4	仅考虑石鼓下泄生态流量需要, 奔子栏坝址需下泄流量	(2)+(3)-(1)	271	272	267	254	254	365	347	336	149	79	69	139	228	260
5	长流规定的奔子栏坝址生态基流	长江流域综合规划报告	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234	234
6	奔子栏生态流量泄放基本需求	表 6.2.1-2	275	275	324	324	324	324	324	357	357	357	357	357	275	275
7	不考虑旭龙下泄生态流量需求和滇中引水时, 奔子栏生态流量取值	max {(4), (5), (6)}	275	275	324	324	324	365	347	357	357	357	357	357	275	275
8	旭龙~奔子栏坝址区间汇流	Q90 算法	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9	旭龙~奔子栏坝址区间生产生活取水	旭龙水电站环评	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	旭龙水电站下泄生态流量	旭龙水电站环评批复	210	210	317	317	317	317	280	280	280	453	453	210	210	210
11	旭龙下泄生态流量时, 奔子栏坝址流量	(8)+(10)-(9)	233	233	340	340	340	340	303	303	303	476	476	233	233	233
12	考虑上下游协调后的奔子栏生态流量	max {(7), (11)}	275	275	340	340	340	365	347	357	357	476	476	357	275	275
13	修平后的奔子栏生态流量	-	275	275	340	340	340	365	357	357	357	476	476	357	275	275

综上，本次协调计算基本满足了上下游的功能需求和放泄条件，最终得出龙盘水电站运行前后奔子栏水电站逐月下泄生态流量见表 5.1.1-19，具体泄放要求如下：龙盘水电站运行前，每年 1 月~2 月和 11 月下泄流量不小于 $275\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 23.7%)，3 月~4 月中旬下泄流量不小于 $340\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 29.3%)，4 月下旬不小于 $445\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 38.4%)，5 月不小于 $361\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 31.1%)，6 月~7 月、10 月~11 月不小于 $357\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 30.8%)，8 月~9 月不小于 $476\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 41.0%)，12 月不小于 $297\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 25.6%)；龙盘水电站运行后，每年 11 月~次年 2 月下泄流量不小于 $275\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 23.7%)，3 月~4 月中旬下泄流量不小于 $340\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 29.3%)，4 月下旬不小于 $365\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 31.5%)，5 月~7 月和 10 月不小于 $357\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 30.8%)，8 月~9 月不小于 $476\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 41.0%)；当上游日均入库流量小于生态流量时，按上游日均来水量下泄生态流量，当上游日均入库流量小于生态流量时，按上游日均来水量下泄生态流量。

表 5.1.1-19 奔子栏水电站下泄生态流量计算成果表

单位： m^3/s

月份	1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
				上	中	下								
龙盘运行前	275	275	340	340	340	445	361	357	357	476	476	357	357	297
龙盘运行后	275	275	340	340	340	365	357	357	357	476	476	357	275	275

下游龙盘水电站建设运行后，滇中引水工程取水口位于龙盘水电站库区，取水量基本不受上游来水影响，因此建议龙盘水库蓄水后，开展奔子栏生态流量适应性调整研究，重新确定奔子栏水电站下泄生态流量需求。

d) 生态流量保证程度分析

根据奔子栏水电站丰水年、平水年和枯水年逐日下泄流量调度资料，统计奔子栏水电站在岗托建设前和岗托建设后调度条件下运行期生态流量满足情况，奔子栏水电站仅在岗托运行前的枯水年 4 月下旬出现下泄流量不满足情况，主要原因为来水不足，按照当上游日均入库流量小于生态流量时按上游日均来水量下泄生态流量，因此奔子栏水电站运行后能满足生态流量需求。

5.1.1.2 水文情势影响

a) 施工期间

按照现阶段工程施工导流布置，施工导流共分 4 个阶段：

1) 施工准备阶段：第1年1月~第2年10月，主要进行导流隧洞及岸坡施工，由原河床过流。

2) 初期导流阶段：第2年11月~第6年10月，由导流洞过流。

3) 中期导流阶段：第6年11月~第7年5月，期间围堰挡水、导流洞泄流。导流洞下闸前，大坝底孔具备运行条件。

4) 后期导流阶段：第7年11月导流隧洞下闸，下闸标准采用11月份10年一遇的月平均流量 $1080\text{m}^3/\text{s}$ (旭龙2台机引用流量+旭龙至奔子栏坝址区间流量)；第7年11月~第8年5月，大坝挡水，枯水期由大坝底孔泄流，期间完成剩余坝体混凝土浇筑、导流洞下闸封堵、表孔弧门安装等。第8年6月底首批机组具备发电条件。

根据以上施工导流方案，施工准备阶段、初期导流阶段、中期导流阶段上游来水基本上全部下泄，设计的最大下泄流量等于或接近洪峰流量，施工导流对上下游水文情势基本没有影响。

b) 初期蓄水期

根据施工总进度安排，导流隧洞于第7年11月初下闸，第8年4月底完成导流隧洞封堵，第8年6月底首台机组发电。为降低导流隧洞封堵期间闸门挡水水头，并尽量避免在枯水期蓄水，减小对下游河道生态用流的影响，水库初期蓄水分2阶段进行，具体程序如下：

第1阶段：第7年11月初，打开坝身供水底孔闸门，按要求泄放生态流量，余水存续。依次下闸2条导流隧洞4扇闸门，待2条导流隧洞闸门全部下闸后，根据上游水位控制弧门开度下泄生态流量，上游水位上升至坝身永久底孔最低供水水位2078.33m后，关闭坝身供水底孔弧门，并下放上游平板闸门，由永久泄洪底孔泄流，至此，第1阶段蓄水完成。

第2阶段：根据施工总进度安排，导流隧洞封堵灌浆在第8年4月完成，第2阶段蓄水开始时间推荐为第8年5月初，第2阶段蓄水直至2148.00m。该阶段利用泄洪底孔弧门按要求泄放生态流量。

初期蓄水期间，库区水位逐渐抬升，坝前水深逐渐增加，水面宽度随水位抬升逐渐增加，流速逐渐降低，坝下河段受蓄水影响，汛期流量大幅减小，下游河道水位、流速将明显降低，非汛期流量受影响较小。本工程初期蓄水期间，泄放生态流

量兼顾下游河道生态用水、滇中引水及区间用水等要求，当入库流量小于生态流量时，按入库流量下泄。

根据推荐的下闸蓄水方案，按满足下游生态及生产生活用水及施工要求，进行奔子栏水库初期蓄水历时计算。经计算，50%保证率下奔子栏初期蓄水可于第8年5月29日蓄至死水位2138m，6月3日蓄至正常蓄水位2148m；75%保证率下奔子栏初期蓄水可于第8年6月6日蓄至死水位2138m，6月12日蓄至正常蓄水位2148m。首台机组投产时间为6月底，按蓄至死水位时间点计，首台机机组调试时间约25日左右，略显紧张。上游旭龙水电站调节库容1.26亿m³，建议必要时协调上游旭龙适当补水。

奔子栏50%和75%保证率对应的初期蓄水过程见表5.1.1-20和表5.1.1-21。

表 5.1.1-20 奔子栏水库初期蓄水成果表(P=50%)

阶段	时段	入库流量 m ³ /s	出库流量 m ³ /s	末库容 亿 m ³	时段末水位 m	蓄水时间 d
第一阶段	-	-	-	0	2020.00	
	11月上*	870	357	1.80	2078.33	4.1
	11月上	870	357	1.80	2078.33	5.9
第二阶段	5月上	684	361	4.60	2104.63	10.0
	5月中	658	361	7.16	2120.71	10.0
	5月下*	833	361	10.74	2138.00	8.8
	5月下	833	361	11.23	2140.08	1.2
	6月上*	1030	357	13.20	2148.00	3.4

表 5.1.1-21 奔子栏水库初期蓄水成果表(P=75%)

阶段	时段	入库流量 m ³ /s	出库流量 m ³ /s	末库容 亿 m ³	时段末水位 m	蓄水时间 d
第一阶段	-	-	-	-	2020.00	
	11月上*	757	357	1.80	2078.33	5.2
	11月上	757	357	1.80	2078.33	4.8
第二阶段	5月上	590	361	3.78	2098.35	10.0
	5月中	643	361	6.22	2115.33	10.0
	5月下	665	361	8.85	2129.39	10.0
	6月上*	750	357	10.74	2138.00	5.6
	6月上	750	357	12.23	2144.22	4.4
	6月中	971	357	13.20	2148.00	1.8

c) 运行期

1) 计算工况

上游在建叶巴滩水电站和拉哇水电站分别具有不完全年调节和季调节能力，会改变奔子栏入库流量的年内分配；上级旭龙水电站在建且具有日调节功能，会改变奔子栏电站的日内径流分配；上游的岗托水电站和下游的龙盘水电站仍在前期工作中，岗托水电站具有年调节能力，龙盘水电站库区会淹没坝下河道，两座水电站运行后均会对奔子栏水电站所在河段水文情势产生影响；其余电站仅具有日调节功能，不会影响奔子栏水电站的入库流量过程。因此典型年工况考虑上游叶巴滩水电站和拉哇水电站对年内径流调节的影响，典型日工况考虑旭龙日调节影响，按岗托水电站和龙盘水电站运行前后分别设置计算工况。

本次水文情势影响分析采用水文年(6月~次年5月)的丰水年(P=10%)、平水年(P=50%)和枯水年(P=90%)工况作为典型年工况。

典型日工况为考虑岗托水电站建成前后各典型年4月、5月、6月和9月的日内调度工况，基本包括了鱼类的主要繁殖期。其中4月为枯水期，是大部分裂腹鱼类的产卵高峰时期；5月为平水期，基本能代表奔子栏调峰最明显的月份；6月为丰水期主汛期，是各典型年减水比例最大的丰水期月份；9月份为丰水期汛后，由于上游梯级基本完成蓄水，该月能代表天然径流条件下丰水期汛后径流条件。典型日日均入库流量与当月平均流量相当，下泄流量考虑生态调度要求。设定具体计算工况见表5.1.1-22。

表 5.1.1-22 水文情势计算分析工况表

工况	情景组合		时间
典型年	天然径流		丰水年
	考虑上游叶巴滩、拉哇调蓄影响		(P=10%)
	考虑上游岗托、叶巴滩、拉哇调蓄影响		平水年
	考虑上游岗托、叶巴滩、拉哇调蓄和下游龙盘顶托影响		(P=50%) 枯水年 (P=90%)
典型日	天然径流	奔子栏建设前 奔子栏建设后	4月
	考虑上游叶巴滩、拉哇调蓄影响+旭龙调度影响		5月
	考虑上游岗托、叶巴滩、拉哇调蓄影响+旭龙调度影响		6月
	考虑上游岗托、叶巴滩、拉哇调蓄影响+旭龙调度影响+龙盘顶托影响	奔子栏建设后	9月

各工况中，仅考虑上游叶巴滩和拉哇调蓄及旭龙日内调度影响的相关工况，以下简称岗托前工况；在考虑上游叶巴滩和拉哇调蓄及旭龙日内调度影响的基础上，进一步考虑岗托调节影响的相关工况，以下简称岗托后工况；在考虑上游岗托、叶

巴滩、拉哇调蓄影响和旭龙日内调度影响基础上，同时考虑龙盘水库建设运行后顶托影响的工况，以下简称龙盘后工况。

2) 分析方法

本次采用丹麦 DHI 公司的 MIKE 系列一维水动力模型，分析电站运行前后各工况下典型年库区及下游至硕多岗河段水文情势的变化。所采用模型及相关边界条件和参数设置如下。

① 模型范围

为保证模型计算边界合理，建模范围向下延伸至梨园坝址，实际建模范围为奔子栏库尾至梨园坝址。

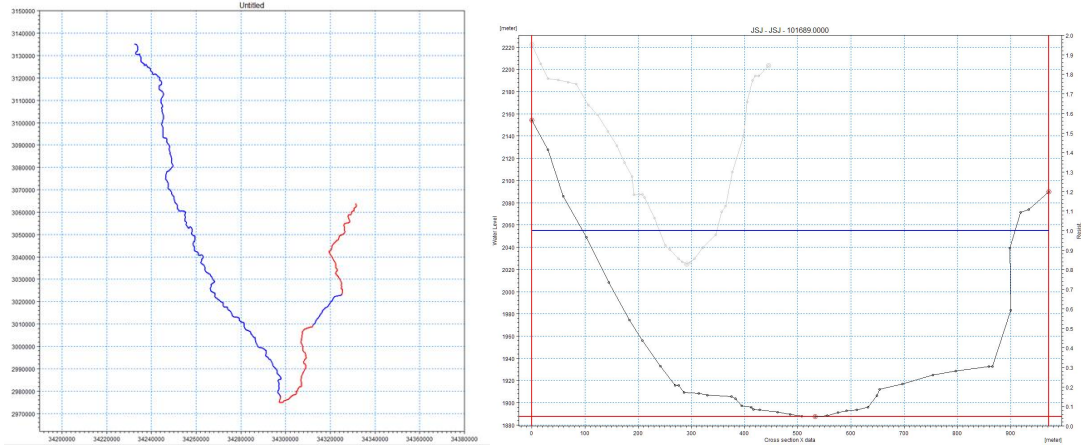


图 5.1.1-8 模型河道及断面概化示意图

② 边界及参数设置

模型上游流量边界采用各工况下奔子栏水电站的入库流量，下游边界采用梨园水电站运行水位。区间支流按各支流实际汇入点月均流量考虑径流汇入。

奔子栏入库流量主要由干流上游旭龙水电站下泄流量及支流定曲河汇入流量，受旭龙发电调峰影响，典型日工况下奔子栏入库流量不稳定，旭龙水电站日内下泄流量过程根据旭龙水电站调度运行方案拟合。

模型糙率根据回水计算率定糙率考虑，初始条件根据初始水位和流量试算得出。

3) 典型年工况水文情势影响分析

(1) 奔子栏水电站下泄流量变化

由于龙盘水电站位于奔子栏下游，且与上游梯级不联合运行，因此龙盘后工况典型年奔子栏水电站下泄流量过程与岗托后工况一致。根据规划调度计算，各典型年天然径流及岗托前、岗托后工况奔子栏坝址下泄流量见表 5.1.1-23，下泄流量对

比见图 5.1.1-9~图 5.1.1-11。

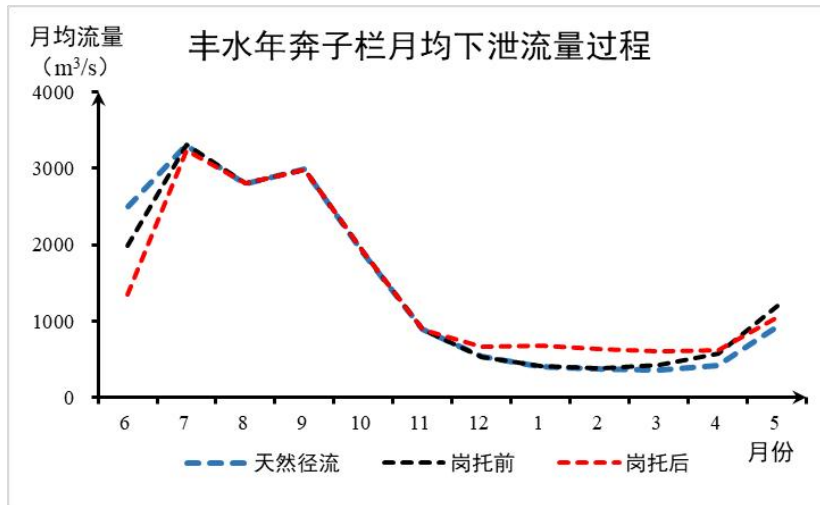


图 5.1.1-9 丰水年奔子栏月均下流流量过程对比图

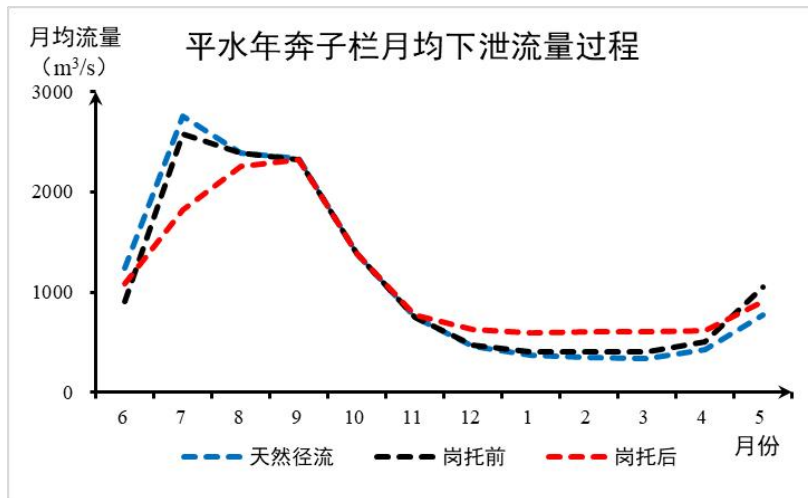


图 5.1.1-10 平水年奔子栏月均下流流量过程对比图

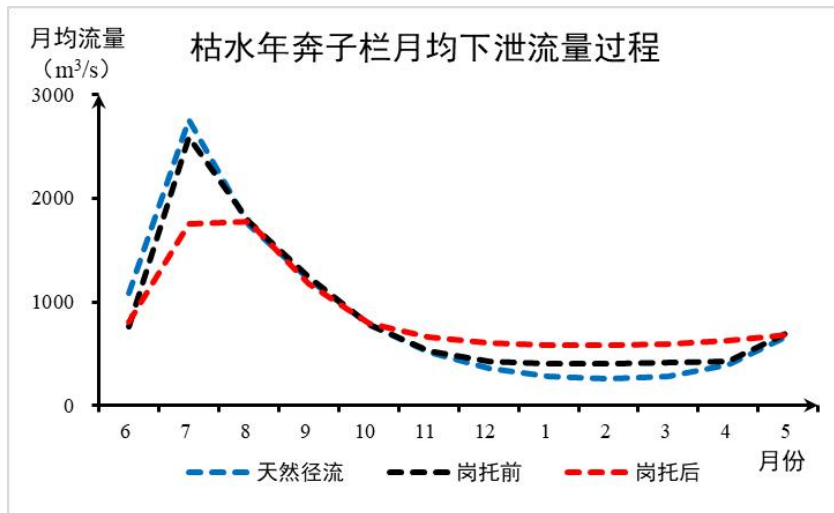


图 5.1.1-11 枯水年奔子栏月均下流流量过程对比图

从图表可以看出，针对不同典型年，受上游叶巴滩、拉哇及岗托调节影响，径流年内分配发生一定程度变化，尤其是岗托建成后，非汛期流量得到明显增加，但整体水文节律与天然径流仍基本一致。奔子栏水电站作为日调节水库，原则上不改变上游年内径流分配，建设后下泄流量与天然径流的差异，主要原因为上游梯级对天然径流的改变。

丰水年工况下，上游梯级调节后，汛期下泄流量降低，非汛期下泄流量有所增加。①岗托水电站运行前，减水月份发生在6月，7月~次年1月下泄流量不变，其余月份下泄流量有不同程度增加，减水量和减水比例最大月份为6月，月均较天然径流减少 $518\text{m}^3/\text{s}$ ，由 $2506\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $1988\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为21%。全年最大下泄流量所在7月无减水，年内最小月均下泄流量由 $355\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $385\text{m}^3/\text{s}$ ，尤其是4月~5月下泄流量增加明显，增幅接近30%~35%，下泄流量年内变幅缩小。②岗托水电站运行后，减水月份增加至6月~7月，9月~11月下泄流量不变，其余月份下泄流量有不同程度增加；减水量和减水比例最大月份为仍为6月，且进一步加大，月均由 $2506\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $1346\text{m}^3/\text{s}$ ，较天然径流减少 $1160\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为46%。全年最大下泄流量所在7月由 $3310\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $3231\text{m}^3/\text{s}$ ，降幅较小，年内最小月均下泄流量则进一步增加至 $613\text{m}^3/\text{s}$ ，增幅明显，其中1月~4月增幅接近46%~73%，下泄流量年内变幅进一步缩小。

平水年工况下，上游梯级调节后，汛期下泄流量降低，非汛期下泄流量有所增加。①岗托水电站运行前，减水月份发生在6月~7月，8月~11月下泄流量基本不变，其余月份下泄流量有不同程度增加，减水量和减水比例最大月份为6月，月均由 $1236\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $907\text{m}^3/\text{s}$ ，较天然径流减少 $329\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为27%。全年最大下泄流量所在7月由 $2757\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $2582\text{m}^3/\text{s}$ ，减水6.3%，年内最小月均下泄流量由 $342\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $401\text{m}^3/\text{s}$ ，尤其是5月下泄流量增加明显，增幅接近36%，下泄流量年内变幅缩小。②岗托水电站运行后，减水月份增加至6月~8月，9月~11月下泄流量基本不变，其余月份下泄流量有不同程度增加，减水量和减水比例最大月份变为7月，月均由 $2757\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $1821\text{m}^3/\text{s}$ ，较天然径流减少 $936\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为34%。全年下泄流量最大的月份由天然状态下的7月变为9月，最大流量由 $2757\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $2320\text{m}^3/\text{s}$ ，降幅16%，年内最小月均下泄流量则进一步增加至 $587\text{m}^3/\text{s}$ ，增幅明显，尤其是12月~4月，增幅约为37%~77%，下泄流量年内变幅进

一步缩小。

枯水年工况下，上游梯级调节后，汛期下泄流量降低，非汛期下泄流量有所增加。①岗托水电站运行前，减水月份发生在6月~7月，8月~11月下泄流量基本不变，其余月份下泄流量有不同程度增加，减水量和减水比例最大月份为6月，月均由 $1082\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $764\text{m}^3/\text{s}$ ，较天然径流减少 $318\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为29%。全年最大下泄流量所在7月由 $2759\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $2594\text{m}^3/\text{s}$ ，减水6.0%。年内最小月均下泄流量由 $263\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $405\text{m}^3/\text{s}$ ，尤其是1月~3月下泄流量增加明显，增幅接近42%~55%，下泄流量年内变幅缩小。②岗托水电站运行后，减水月份仍为6月~7月，8月~10月下泄流量基本不变，其余月份下泄流量有不同程度增加，减水量和减水比例最大月份变为7月，月均由 $2759\text{m}^3/\text{s}$ 减小至 $1753\text{m}^3/\text{s}$ ，较天然径流减少 $1006\text{m}^3/\text{s}$ ，减水幅度为37%。全年下泄流量最大的月份由天然状态下的7月变为8月，最大流量由 $2759\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $1781\text{m}^3/\text{s}$ ，降幅为36%，年内最小月均下泄流量则进一步增加至 $580\text{m}^3/\text{s}$ ，增幅明显，尤其是12月~4月，增幅约为59%~120%，下泄流量年内变幅进一步缩小。

由于奔子栏水电站自身为日调节性能，因此奔子栏水电站月均下泄流量过程不会因本电站运行而改变，只取决于坝址处的上游来水过程。但受上游叶巴滩、拉哇水电站及岗托水电站建成运行影响，奔子栏水电站上游来水受到上游梯级调节影响，天然径流过程将得到一定程度的年内调节，整体趋势为汛期流量减小，非汛期流量增加，年内下泄流量过程逐渐均化。

表 5.1.1-23 奔子栏水电站各典型年月均下泄流量过程表

单位: m³/s

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	2506	1988	1346	1346	1236	907	1080	1080	1082	764	808	808
7	3310	3310	3231	3231	2757	2582	1821	1821	2759	2594	1753	1753
8	2802	2802	2802	2802	2385	2393	2259	2259	1742	1777	1781	1781
9	2986	2986	2986	2986	2327	2320	2320	2320	1222	1236	1168	1168
10	1896	1896	1896	1896	1389	1389	1389	1389	778	786	794	794
11	894	894	894	894	754	754	767	767	517	525	656	656
12	532	537	665	665	457	466	623	623	354	424	603	603
1	411	416	678	678	374	408	589	589	286	405	584	584
2	370	385	635	635	344	401	608	608	263	408	580	580
3	355	423	612	612	342	402	599	599	284	420	596	596
4	421	569	616	616	421	501	616	616	397	431	632	632
5	917	1199	1052	1052	774	1056	909	909	673	710	680	680

表 5.1.1-24 奔子栏水电站各工况下泄流量变化幅度表

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	岗托前-天然径流		岗托后-天然径流		岗托前-天然径流		岗托后-天然径流		岗托前-天然径流		岗托后-天然径流	
	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)	差值 (m ³ /s)	变幅 (%)
6	-518	-20.7	-1160	-46.3	-329	-26.6	-156	-12.6	-317	-29.3	-273	-25.3
7	0	0.0	-79	-2.4	-175	-6.3	-936	-34.0	-165	-6.0	-1006	-36.5
8	0	0.0	0	0.0	8	0.3	-127	-5.3	35	2.0	38	2.2
9	0	0.0	0	0.0	-7	-0.3	-8	-0.3	14	1.2	-54	-4.4
10	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	8	1.0	16	2.0
11	0	0.0	0	0.0	0	0.0	13	1.8	8	1.6	139	27.0
12	5	0.9	132	24.9	10	2.1	167	36.5	70	19.7	249	70.5
1	5	1.3	267	65.1	33	8.9	214	57.2	119	41.6	298	104.2
2	15	4.0	265	71.5	57	16.5	264	76.7	145	55.0	316	120.2
3	68	19.2	258	72.6	60	17.7	258	75.4	136	48.0	313	110.2
4	148	35.2	195	46.3	80	18.9	195	46.3	34	8.6	235	59.1
5	281	30.7	135	14.7	281	36.3	135	17.4	37	5.4	7	1.0

(2) 库区水文情势变化

电站大坝建成后，坝址以上将形成狭长水库：干流上库尾与规划的旭龙梯级衔接，回水长度 63.29km；一级支流定曲上回水长度 21.19km，淹没古学水电站厂房，库尾上距古学水电站坝址约 5.3km；二级支流许曲河上回水长度 8.39km，淹没去学水电站厂房，库尾上距去学水电站坝址约 5km。从干支流库尾以下至奔子栏电站坝前，总体上呈现水流逐渐变缓、水面逐渐变宽、水深逐渐变深的趋势，，正常蓄水位下，坝前水位将上升约 133m，坝前 5km 平均河宽 340m；库区水面面积为 26.1km²，平均河宽约为 281m，平均水深 50.6m。

由于库区位于高山峡谷地带，水库在正常蓄水位(2148m)运行时，库尾长约 3km 河段河道狭窄，水深较浅，多年平均流速在 0.5m/s 以上，仍具有较明显的流水河段特征；水库在死水位(2138m)运行时，库尾流水段长度约为 4km。

根据模型计算，各工况下坝上、库中及库尾水位、流速变化情况详见表 5.1.1-25~表 5.1.1-30。

根据计算结果可以看出，工程建设后，库区水位受蓄水影响基本维持正常蓄水位 2148m 附近，坝前和库中大部分河段水域水深、面阔，水流缓慢甚至处于静水状态，人工湖库特征明显。坝前水深增加约 133m，坝前和库中流速由原先的 0.8~2.9m/s 大幅减小至 0.1m/s 以内。库尾旭龙坝下水位和流速基本不受奔子栏顶托影响，但受上游梯级调度影响，尤其是岗托建设运行后，旭龙下泄流量年内分配发生变化，枯水期下泄流量增加较为明显，因此枯水期水位和流速有小幅增加，但各工况水位基本维持在 2199.8m~2201.4m 之间，年内水位变幅不大，该断面水文要素主要受旭龙水电站下泄流量影响。

表 5.1.1-25 丰水年库区断面月均水位计算表

单位: m

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	2019.52	2148.00	2148.00	2148.00	2076.48	2148.10	2148.07	2148.07	2204.82	2203.70	2202.53	2202.53
7	2021.76	2148.00	2148.00	2148.00	2078.18	2148.19	2148.18	2148.18	2205.98	2206.00	2205.88	2205.88
8	2020.48	2148.00	2148.00	2148.00	2077.20	2148.16	2148.16	2148.16	2205.31	2205.35	2205.33	2205.33
9	2020.98	2148.00	2148.00	2148.00	2077.58	2148.17	2148.17	2148.17	2205.58	2205.59	2205.59	2205.59
10	2018.01	2148.00	2148.00	2148.00	2075.31	2148.11	2148.11	2148.11	2204.00	2204.08	2204.01	2204.01
11	2014.52	2148.00	2148.00	2148.00	2072.50	2148.05	2148.05	2148.05	2202.00	2202.08	2202.02	2202.02
12	2012.95	2148.00	2148.00	2148.00	2071.09	2148.03	2148.04	2148.04	2200.96	2201.01	2201.45	2201.45
1	2012.34	2148.00	2148.00	2148.00	2070.50	2148.02	2148.04	2148.04	2200.50	2200.54	2201.57	2201.57
2	2012.12	2148.00	2148.00	2148.00	2070.27	2148.02	2148.04	2148.04	2200.33	2200.41	2201.44	2201.44
3	2012.03	2148.00	2148.00	2148.00	2070.17	2148.02	2148.04	2148.04	2200.26	2200.57	2201.37	2201.37
4	2012.36	2148.00	2148.00	2148.00	2070.51	2148.03	2148.04	2148.04	2200.53	2201.11	2201.34	2201.34
5	2014.56	2148.00	2148.00	2148.00	2072.54	2148.07	2148.06	2148.06	2202.05	2202.74	2202.44	2202.44

表 5.1.1-26 丰水年库区断面月均流速计算表

单位: m/s

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	2.72	0.13	0.13	0.13	1.45	0.09	0.09	0.09	3.78	3.78	3.77	3.77
7	2.80	0.14	0.14	0.14	1.48	0.09	0.09	0.09	3.85	3.85	3.85	3.85
8	2.32	0.09	0.09	0.09	1.31	0.06	0.06	0.06	3.40	3.41	3.39	3.39
9	1.64	0.04	0.04	0.04	1.12	0.03	0.03	0.03	2.78	2.79	2.77	2.77
10	1.26	0.03	0.03	0.03	1.06	0.02	0.02	0.02	2.45	2.46	2.60	2.60
11	1.09	0.02	0.03	0.03	1.02	0.01	0.02	0.02	2.30	2.32	2.63	2.63
12	1.02	0.02	0.03	0.03	1.01	0.01	0.02	0.02	2.24	2.27	2.59	2.59
1	0.99	0.02	0.03	0.03	1.00	0.01	0.02	0.02	2.21	2.33	2.57	2.57
2	1.09	0.03	0.03	0.03	1.02	0.02	0.02	0.02	2.31	2.49	2.56	2.56
3	1.65	0.05	0.05	0.05	1.13	0.04	0.03	0.03	2.79	2.99	2.90	2.90
4	1.84	0.07	0.07	0.07	1.21	0.05	0.05	0.05	2.98	2.99	3.04	3.04
5	2.92	0.15	0.15	0.15	1.52	0.10	0.10	0.10	3.96	3.96	3.93	3.93

表 5.1.1-27 平水年库区断面月均水位计算表

单位: m

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	2015.67	2148.00	2148.00	2148.00	2073.46	2148.05	2148.06	2148.06	2202.71	2201.76	2202.37	2202.37
7	2020.34	2148.00	2148.00	2148.00	2077.11	2148.14	2148.10	2148.10	2205.26	2204.97	2203.57	2203.57
8	2019.31	2148.00	2148.00	2148.00	2076.30	2148.13	2148.13	2148.13	2204.68	2204.71	2204.51	2204.51
9	2019.26	2148.00	2148.00	2148.00	2076.28	2148.13	2148.13	2148.13	2204.68	2204.68	2204.68	2204.68
10	2016.36	2148.00	2148.00	2148.00	2074.01	2148.08	2148.08	2148.08	2203.09	2203.11	2203.11	2203.11
11	2013.94	2148.00	2148.00	2148.00	2072.00	2148.04	2148.04	2148.04	2201.64	2201.65	2201.70	2201.70
12	2012.57	2148.00	2148.00	2148.00	2070.73	2148.03	2148.04	2148.04	2200.68	2200.73	2201.36	2201.36
1	2012.14	2148.00	2148.00	2148.00	2070.29	2148.02	2148.03	2148.03	2200.35	2200.51	2201.27	2201.27
2	2011.97	2148.00	2148.00	2148.00	2070.10	2148.02	2148.04	2148.04	2200.21	2200.50	2201.36	2201.36
3	2011.95	2148.00	2148.00	2148.00	2070.09	2148.02	2148.04	2148.04	2200.20	2200.50	2201.32	2201.32
4	2012.36	2148.00	2148.00	2148.00	2070.52	2148.03	2148.04	2148.04	2200.53	2200.85	2201.34	2201.34
5	2013.99	2148.00	2148.00	2148.00	2072.06	2148.06	2148.05	2148.05	2201.69	2202.51	2202.12	2202.12

表 5.1.1-28 平水年库区断面月均流速计算表

单位: m/s

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	1.87	0.04	0.05	0.05	1.19	0.03	0.03	0.03	3.00	2.69	2.88	2.88
7	2.70	0.12	0.08	0.08	1.45	0.08	0.05	0.05	3.76	3.67	3.25	3.25
8	2.53	0.11	0.11	0.11	1.38	0.08	0.07	0.07	3.59	3.59	3.53	3.53
9	2.53	0.11	0.11	0.11	1.39	0.07	0.07	0.07	3.60	3.59	3.59	3.59
10	2.02	0.06	0.06	0.06	1.22	0.04	0.04	0.04	3.12	3.10	3.11	3.11
11	1.51	0.04	0.04	0.04	1.10	0.02	0.02	0.02	2.67	2.66	2.67	2.67
12	1.15	0.02	0.03	0.03	1.04	0.01	0.02	0.02	2.36	2.38	2.57	2.57
1	1.03	0.02	0.03	0.03	1.01	0.01	0.02	0.02	2.24	2.31	2.54	2.54
2	0.98	0.02	0.03	0.03	1.00	0.01	0.02	0.02	2.20	2.30	2.57	2.57
3	0.97	0.02	0.03	0.03	0.99	0.01	0.02	0.02	2.19	2.30	2.56	2.56
4	1.09	0.02	0.03	0.03	1.02	0.02	0.02	0.02	2.31	2.41	2.56	2.56
5	1.52	0.05	0.04	0.04	1.10	0.03	0.03	0.03	2.68	2.92	2.80	2.80

表 5.1.1-29 枯水年库区断面月均水位计算表

单位: m

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	2015.08	2148.00	2148.00	2148.00	2072.95	2148.04	2148.04	2148.04	2202.33	2201.40	2201.61	2201.61
7	2020.32	2148.00	2148.00	2148.00	2077.09	2148.14	2148.09	2148.09	2205.24	2204.98	2203.49	2203.49
8	2017.46	2148.00	2148.00	2148.00	2074.86	2148.10	2148.10	2148.10	2203.68	2203.76	2203.81	2203.81
9	2015.76	2148.00	2148.00	2148.00	2073.54	2148.07	2148.07	2148.07	2202.76	2202.81	2202.64	2202.64
10	2014.05	2148.00	2148.00	2148.00	2072.11	2148.04	2148.04	2148.04	2201.72	2201.76	2201.78	2201.78
11	2012.88	2148.00	2148.00	2148.00	2071.02	2148.03	2148.04	2148.04	2200.90	2200.94	2201.45	2201.45
12	2012.03	2148.00	2148.00	2148.00	2070.17	2148.02	2148.04	2148.04	2200.26	2200.60	2201.33	2201.33
1	2011.64	2148.00	2148.00	2148.00	2069.73	2148.02	2148.03	2148.03	2199.93	2200.56	2201.30	2201.30
2	2011.49	2148.00	2148.00	2148.00	2069.58	2148.02	2148.03	2148.03	2199.81	2200.58	2201.29	2201.29
3	2011.61	2148.00	2148.00	2148.00	2069.71	2148.02	2148.04	2148.04	2199.92	2200.62	2201.34	2201.34
4	2012.25	2148.00	2148.00	2148.00	2070.40	2148.02	2148.04	2148.04	2200.44	2200.61	2201.42	2201.42
5	2013.55	2148.00	2148.00	2148.00	2071.67	2148.04	2148.04	2148.04	2201.40	2201.43	2201.45	2201.45

表 5.1.1-30 枯水年库区断面月均流速计算表

单位: m/s

	坝上断面				库中断面				旭龙坝下断面			
月份	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后	天然径流	岗托前	岗托后	龙盘后
6	1.74	0.04	0.04	0.04	1.16	0.02	0.02	0.02	2.88	2.58	2.64	2.64
7	2.69	0.12	0.08	0.08	1.44	0.08	0.05	0.05	3.76	3.67	3.23	3.23
8	2.21	0.08	0.08	0.08	1.28	0.06	0.06	0.06	3.30	3.30	3.32	3.32
9	1.90	0.06	0.05	0.05	1.18	0.04	0.04	0.04	3.02	3.01	2.96	2.96
10	1.54	0.04	0.04	0.04	1.10	0.02	0.03	0.03	2.69	2.69	2.70	2.70
11	1.24	0.02	0.03	0.03	1.05	0.02	0.02	0.02	2.43	2.44	2.60	2.60
12	0.99	0.02	0.03	0.03	1.00	0.01	0.02	0.02	2.21	2.34	2.56	2.56
1	0.87	0.02	0.03	0.03	0.97	0.01	0.02	0.02	2.09	2.32	2.55	2.55
2	0.83	0.02	0.03	0.03	0.96	0.01	0.02	0.02	2.04	2.33	2.55	2.55
3	0.87	0.02	0.03	0.03	0.97	0.01	0.02	0.02	2.08	2.34	2.56	2.56
4	1.06	0.02	0.03	0.03	1.02	0.01	0.02	0.02	2.28	2.34	2.59	2.59
5	1.41	0.03	0.03	0.03	1.09	0.02	0.02	0.02	2.59	2.59	2.60	2.60

(3) 坝下河段水文情势变化

根据分析需要,结合水生生态对鱼类三场的调查结果,本次选择四处断面分析下游断面水位、流速变化,分别记为坝下断面 I、坝下断面 II、坝下断面 III 和坝下断面 IV。其中断面 I 位于奔子栏水文站,距离奔子栏坝址约 11km,断面 II 位于下游支流冈曲汇合口,距离奔子栏坝址约 27km,断面 III 位于塔城镇其宗村产卵场,距离奔子栏坝址 106km,断面 IV 为石鼓水文站所在断面,距离奔子栏坝址约 210km。计算结果详见图 5.1.1-14~15,其中断面 III 和断面 IV 在下游龙盘水电站运行后受库区淹没影响,水位大幅升高,流速大幅降低。

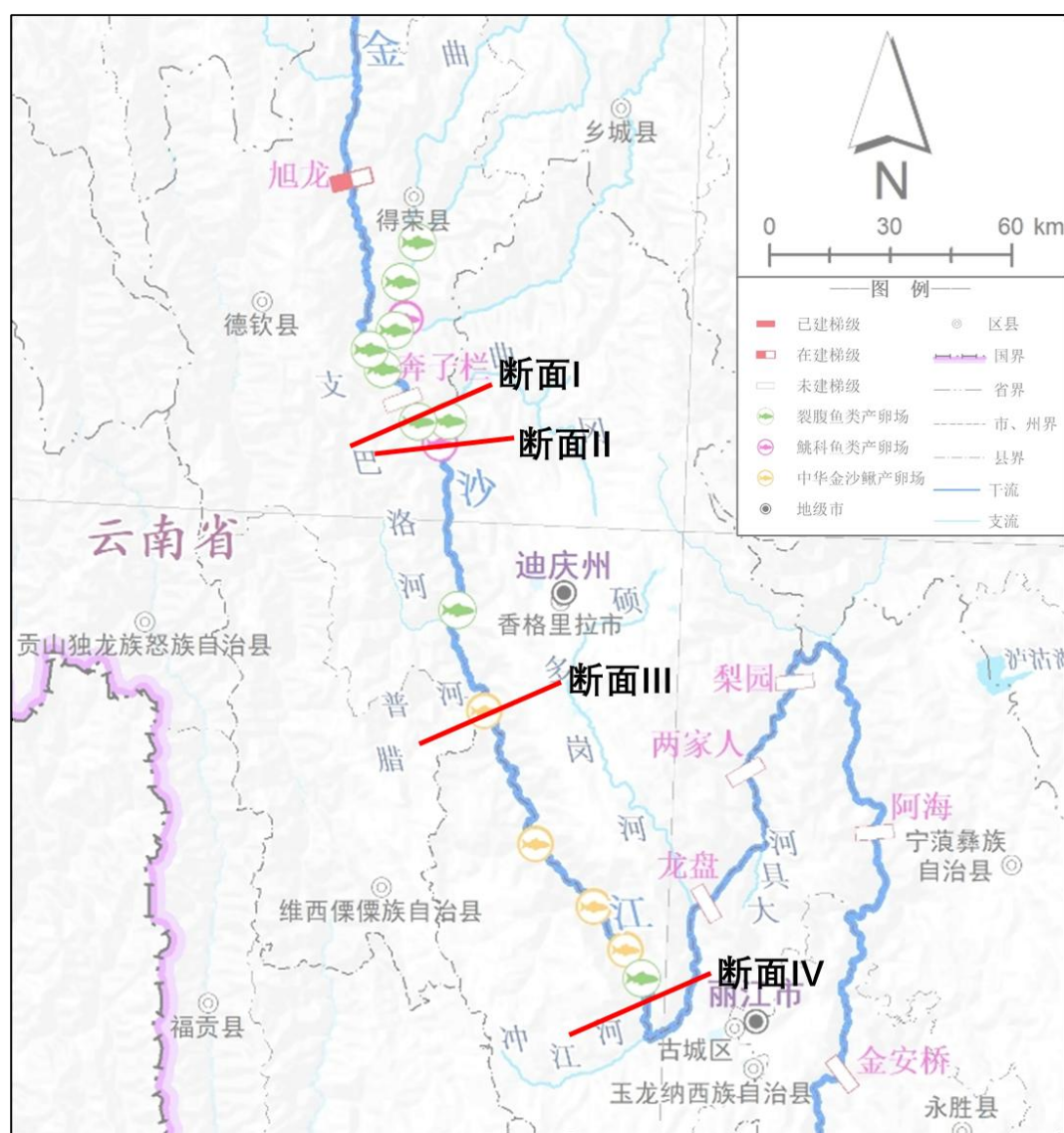
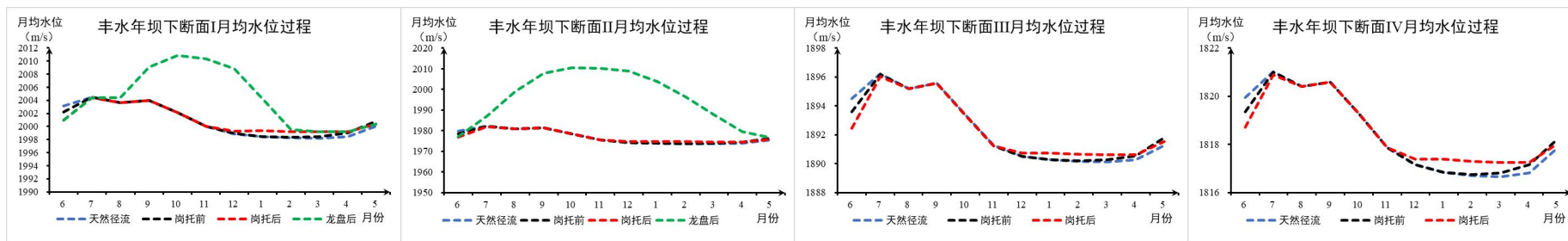
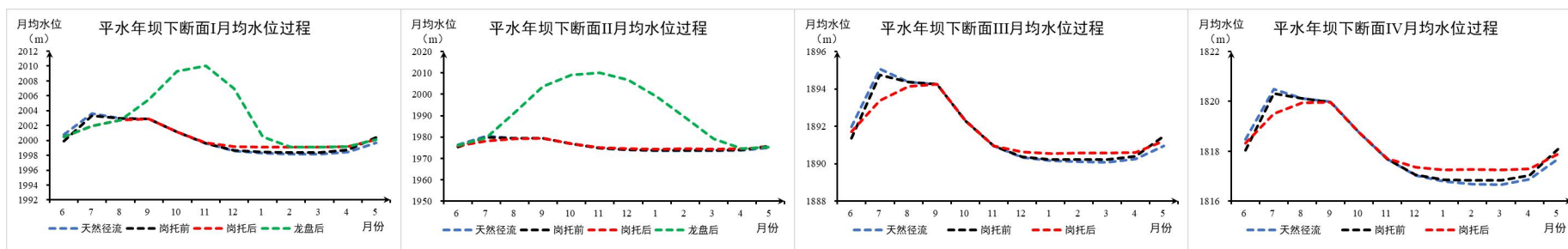


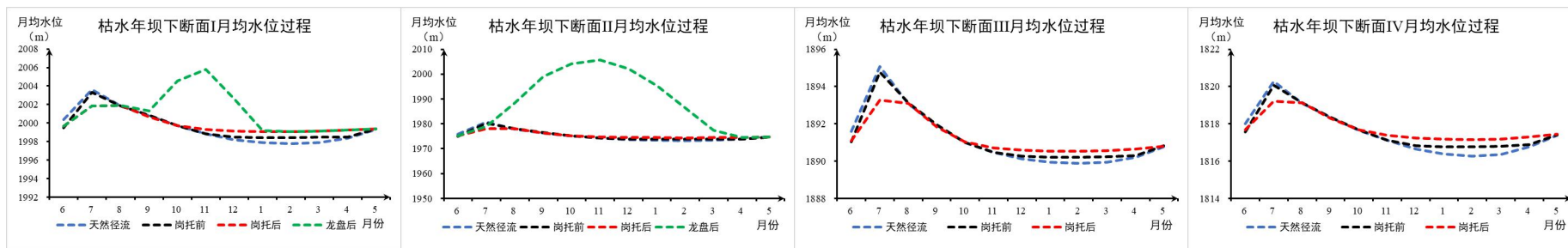
图 5.1.1-12 典型年坝下分析断面位置分布图



丰水年奔子栏坝下分析断面月均水位过程对比图



平水年奔子栏坝下分析断面月均水位过程对比图



枯水年奔子栏坝下分析断面月均水位过程对比图

图 5.1.1-13 典型年奔子栏坝下分析断面月均水位过程对比图

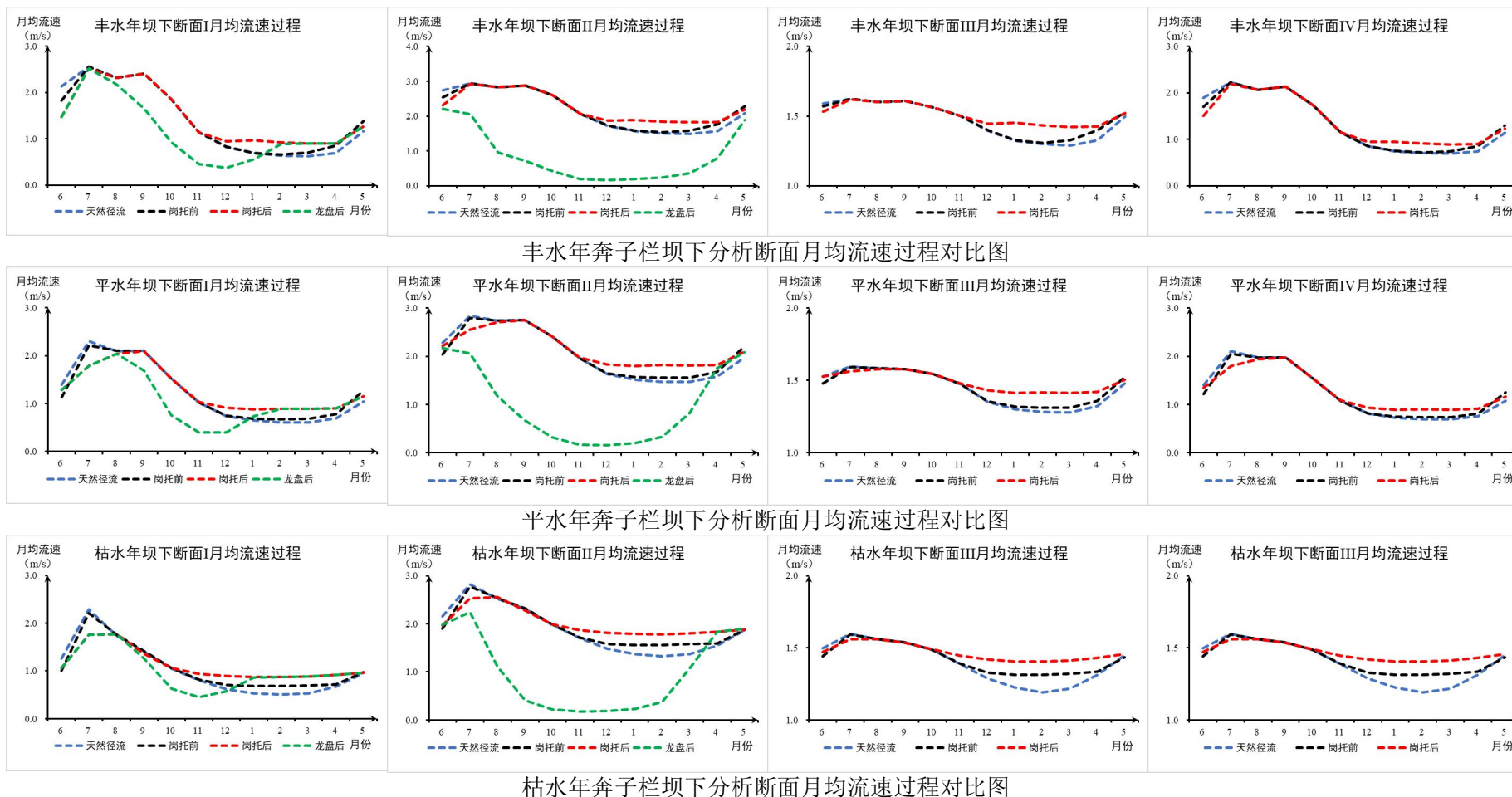


图 5.1.1-14 典型年奔子栏坝下分析断面月均流速过程对比图

根据计算结果，受上游梯级电站调节影响，奔子栏坝址下泄流量较天然径流发生变化，下游水位和流速在各典型年受到相应影响。

① 龙盘水电站运行前

龙盘水电站运行前，各典型年工况下，水位和流速变化趋势与奔子栏下泄流量变化趋势基本一致。

以丰水年断面 I 为例，该断面天然径流条件下最大月均水位 2004.50m，最大月均流速 2.56m/s，出现在汛期 7 月份，年内月均水位变化范围为 1998.20m~2004.50m；受上游叶巴滩水电站和拉哇水电站调度影响后，汛期流量小幅减小，但 7 月月均流量变化不大，最大月均水位和最大月均流速仍出现在 7 月，不发生变化，枯水期流量小幅增加，最小月均流量增加，年内最低水位增加。岗托前工况最高月均水位为 2024.49m，最大月均流速为 2.6m/s，基本不变，年内水位变幅为 1998.32m~2024.49m，变幅减小；岗托水电站投入运行后，因最大流量变化较小，年最大月均水位和最大月均流速较运行前仅有小幅降低，最大月均水位降至 2004.38m，最大月均流速降低至 2.52m/s，年内水位变幅为 1999.16m~2004.38m，变幅进一步减小。

丰水年断面 II~断面 IV 变化趋势与断面 I 基本一致，断面 I~断面 IV 水位年内变幅在沿程上从上游到下游逐渐降低，主要原因是下游石鼓镇天下第一湾处水流减缓，且下游有冈曲、支巴洛河等支流汇入。

平水年与枯水年变化趋势与丰水年基本一致。平水年天然径流工况下和岗托建设前工况下，最大月均水位和最大月均流速出现在 8 月，岗托建设运行后在受其调节影响下改变为出现在 9 月，最小月均流量和最小月均流速随梯级开发建设逐渐增加，最大月均水位和最大月均流速在岗托建设前增加，岗托建设后减小；枯水年各工况下变化规律与平水年类似，岗托建设运行后，最大月均水位和月均流速所在月份由 8 月改变为 9 月，最小月均流量和最小月均流速随梯级开发建设逐渐增加，最大月均水位和最大月均流速在岗托建设前增加，岗托建设后减小。

② 龙盘水电站运行后

龙盘水电站运行后，多年平均流量情况下，正常蓄水位 2010m 与奔子栏坝下 5km 处天然水位接近，大部分年份龙盘库区年内消落水位约为 1965.00m，此时库区水位与奔子栏坝下 38km(冈曲河口下游 11km)处天然水位接近，特枯年份或连续枯

水年根据来水情况有所降低，但不低于死水位 1939.00m，死水位时库区水位与奔子栏坝下 62km(支巴洛河上游 14km)处天然水位接近。因此，龙盘水电站运行后，除奔子栏镇~冈曲河口附近的产粘沉性产卵场和冈曲河口的鮡科鱼类产卵场外，下游产卵场基本被淹没。

龙盘水电站运行后奔子栏坝下流水河段(流速大于 0.5m/s)长度见表 5.1.1-31。各典型年 4 月~8 月奔子栏坝下河段流水河段长度均超过 30km，3 月和 9 月在部分典型年流水河段长度也超过 30km，基本能覆盖至冈曲河口产粘沉性产卵场。11 月~12 月受龙盘高水位运行和和来水量小等因素叠加影响，坝下流水河段长度较短，回水基本至月亮湾附近。岗托运行后，受岗托年内调节影响，平、枯水期流水河段长度增加，丰水期流水河段长度变化不大。

表 5.1.1-31 龙盘水电站运行后奔子栏坝流水河段长度统计表 单位: km

月份	岗托运行前			岗托运行后		
	丰水年	平水年	枯水年	丰水年	丰水年	枯水年
1	7	13	16	12	16	16
2	15	16	21	16	21	24
3	21	26	28	21	28	33
4	33	34	35	33	35	36
5	40	47	42	39	40	42
6	54	42	39	51	47	46
7	53	54	59	53	51	53
8	36	39	38	36	39	38
9	33	33	25	33	33	22
10	24	16	12	24	12	12
11	7	7	7	7	7	10
12	6	6	7	7	8	10

经分析，龙盘水电站运行后，奔子栏水文站所在断面在丰水年 1 月~7 月、平水年 1 月~7 月、枯水年 12 月~9 月水文情势基本不受龙盘顶托影响；冈曲河口断面在丰水年 5 月~6 月、平水年 4 月~6 月、枯水年 4 月~6 月水文情势基本不受龙盘顶托影响，大部分典型年 3 月~9 月断面仍基本呈流水生境(流速大于 0.5m/s)，而 10 月~次年 2 月受龙盘蓄水影响，断面水位明显增加，水深增加明显，流速大幅降低，以每年 9 月~次年 1 月最为明显，水深最大可达 40m，流速小于 0.2m/s。

③ 小结

上游梯级开发带来的变化趋势为年内径流丰枯变化减小，最小月均水位和最小

月均流速随上游梯级开发建设逐渐增加，最大月均水位、最大月均流速、水位年内变幅在丰水年工况下随上游梯级开发建设逐渐减小，在平水年工况和枯水年工况下岗托水电站运行前受上游叶巴滩和拉哇水电站调节影响有所增加，在岗托水电站运行后减小至比天然径流条件下小的情况。沿程变化趋势为受沿程支流汇入及下游石鼓镇长江第一湾处缓流影响，月均水位、月均流速和年内水位变幅受金上梯级调节的影响程度向下游逐渐减缓。

下游龙盘水电站运行带来的变化趋势为冈曲河口以下河道受龙盘淹没影响明显，奔子栏坝下至冈曲河口河段，越靠近下游受龙盘顶托影响越明显。其中冈曲河口每年3月~9月断面仍基本呈流水生境，而10月~次年2月受龙盘蓄水影响，断面水位明显增加，水深增加明显，流速大幅降低。

奔子栏建成后，受上游梯级调度影响，年内径流分配变化影响，奔子栏下泄流量变化导致下游水文情势发生一定程度变化；受下游龙盘水电站库区淹没和顶托影响，坝下断面水位情势也发生一定程度变化，越靠近下游受影响越大。

4) 典型日工况水文情势影响分析

(1) 奔子栏水电站下泄流量变化

根据规划调度，奔子栏水电站各工况下典型日逐时下泄流量过程见下列图表。从图表可以看出，奔子栏水电站虽然自身不改变年内径流分配，但受上游叶巴滩、拉哇和岗托运行影响，各月典型日日均下泄流量在金上梯级联合调度后有所变化，整体呈现典型日日均下泄流量汛期降低、非汛期增加的趋势，上游岗托水电站建设运行后这种变化趋势进一步加大。

奔子栏水电站建设运行前，受上游旭龙水电站日内调峰影响，坝址处下泄流量已呈现较为明显的日内不稳定下泄情况。

表 5.1.1-32 岗托前奔子栏水电站丰水年各工况典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	421	569	569	917	1199	1199	2506	1988	1988	2986	2986	2986
1	421	588	513	917	1296	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
2	421	569	513	917	1201	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
3	421	522	513	917	954	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
4	421	513	513	917	910	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
5	421	513	513	917	908	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
6	421	513	513	917	908	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
7	421	513	588	917	908	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
8	421	532	588	917	1005	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
9	421	580	588	917	1249	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
10	421	588	588	917	1294	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
11	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
12	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
13	421	588	588	917	1296	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
14	421	588	588	917	1296	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
15	421	588	588	917	1296	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
16	421	588	588	917	1296	1112	2506	1988	1988	2986	2986	2986
17	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
18	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
19	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986

表 5.1.1-32(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
21	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
22	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
23	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986
24	421	588	588	917	1296	1262	2506	1988	1988	2986	2986	2986

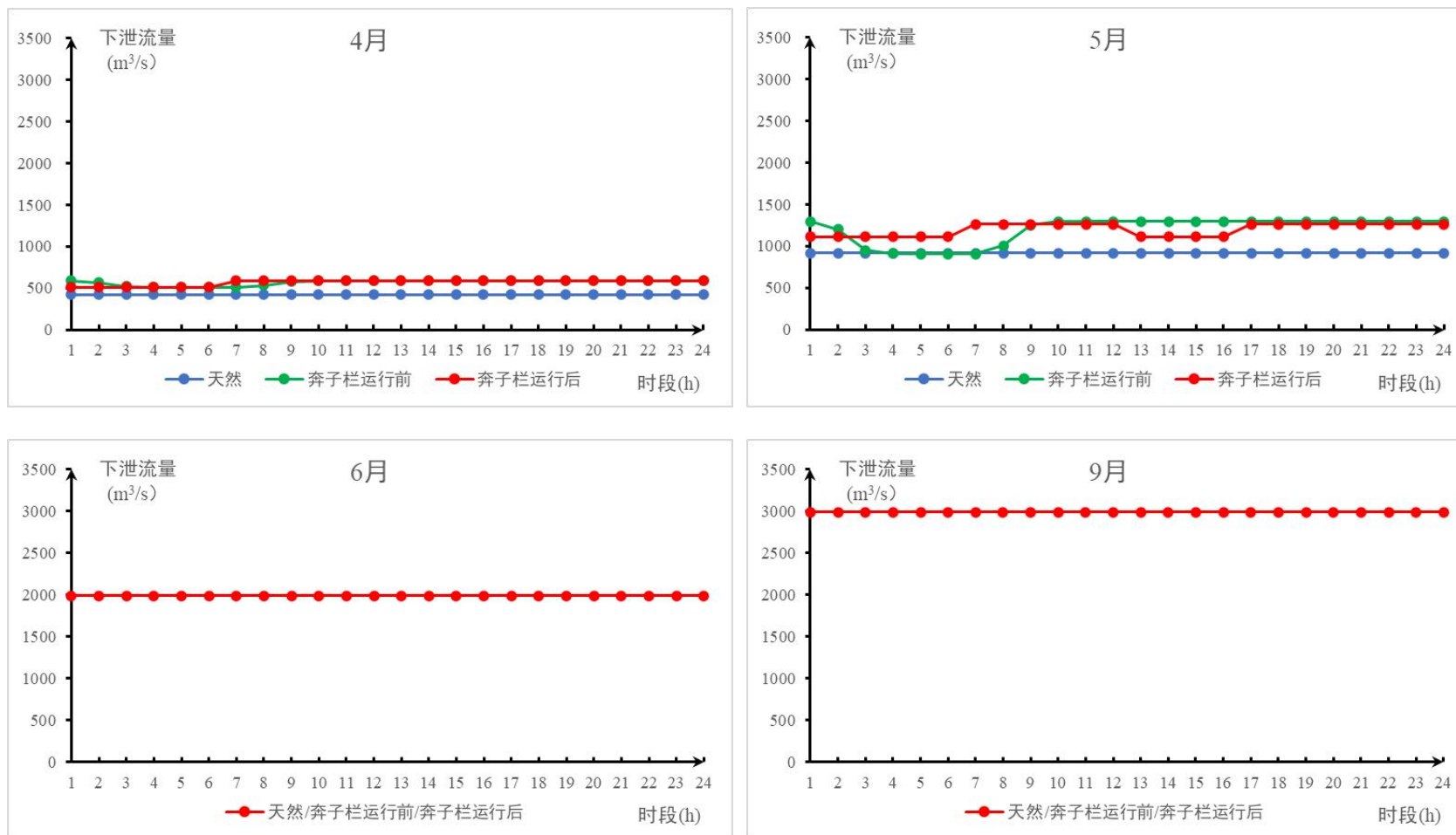


图 5.1.1-15 奔子栏水电站丰水年各月典型日下泄流量过程对比图

表 5.1.1-33 岗托后奔子栏水坝址丰水年典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	421	616	616	917	1052	1052	2506	1346	1346	2986	2986	2986
1	421	635	560	917	1149	965	2506	1443	1259	2986	2986	2986
2	421	616	560	917	1051	965	2506	1348	1259	2986	2986	2986
3	421	568	560	917	806	965	2506	1102	1259	2986	2986	2986
4	421	560	560	917	763	965	2506	1057	1259	2986	2986	2986
5	421	560	560	917	761	965	2506	1055	1259	2986	2986	2986
6	421	560	560	917	761	965	2506	1055	1259	2986	2986	2986
7	421	560	635	917	761	1115	2506	1055	1409	2986	2986	2986
8	421	579	635	917	858	1115	2506	1151	1409	2986	2986	2986
9	421	627	635	917	1104	1115	2506	1396	1409	2986	2986	2986
10	421	635	635	917	1147	1115	2506	1441	1409	2986	2986	2986
11	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
12	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
13	421	635	635	917	1149	965	2506	1443	1259	2986	2986	2986
14	421	635	635	917	1149	965	2506	1443	1259	2986	2986	2986
15	421	635	635	917	1149	965	2506	1443	1259	2986	2986	2986
16	421	635	635	917	1149	965	2506	1443	1259	2986	2986	2986
17	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
18	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
19	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986

表 5.1.1-33(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
21	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
22	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
23	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986
24	421	635	635	917	1149	1115	2506	1443	1409	2986	2986	2986

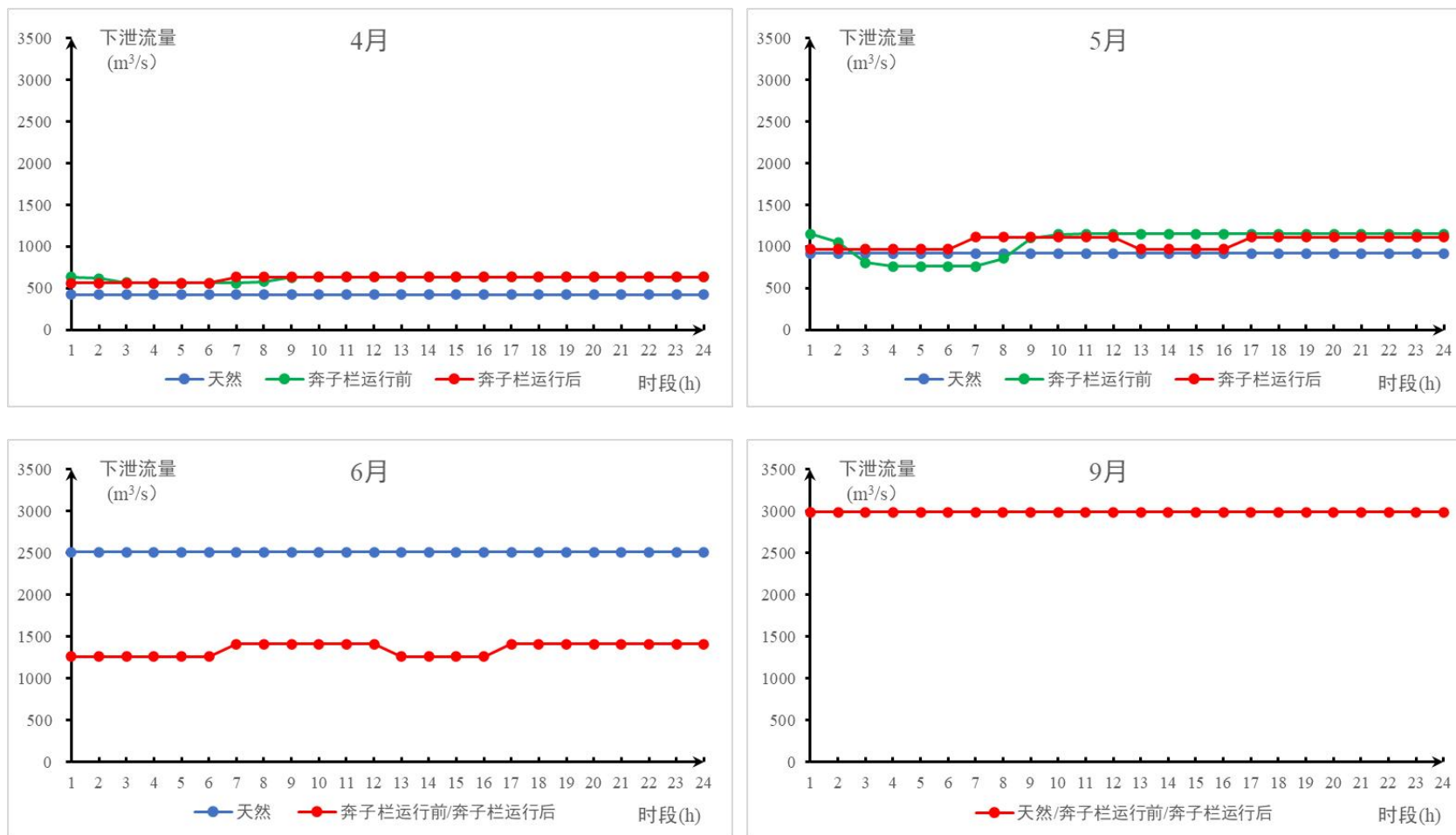


图 5.1.1-16 奔子栏水电站丰水年各月典型日下泄流量过程对比图

表 5.1.1-34 岗托前奔子栏水坝址平水年典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	421	501	501	775	1056	1056	1236	907	907	2327	2320	2320
1	421	520	445	775	1153	969	1236	1004	820	2327	2320	2320
2	421	501	445	775	1055	969	1236	904	820	2327	2320	2320
3	421	454	445	775	810	969	1236	660	820	2327	2320	2320
4	421	445	445	775	767	969	1236	617	820	2327	2320	2320
5	421	445	445	775	765	969	1236	616	820	2327	2320	2320
6	421	445	445	775	765	969	1236	616	820	2327	2320	2320
7	421	445	520	775	765	1119	1236	616	970	2327	2320	2320
8	421	464	520	775	863	1119	1236	717	970	2327	2320	2320
9	421	511	520	775	1108	1119	1236	961	970	2327	2320	2320
10	421	520	520	775	1151	1119	1236	1003	970	2327	2320	2320
11	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
12	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
13	421	520	520	775	1153	969	1236	1004	820	2327	2320	2320
14	421	520	520	775	1153	969	1236	1004	820	2327	2320	2320
15	421	520	520	775	1153	969	1236	1004	820	2327	2320	2320
16	421	520	520	775	1153	969	1236	1004	820	2327	2320	2320
17	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
18	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
19	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320

表 5.1.1-34(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
21	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
22	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
23	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320
24	421	520	520	775	1153	1119	1236	1004	970	2327	2320	2320

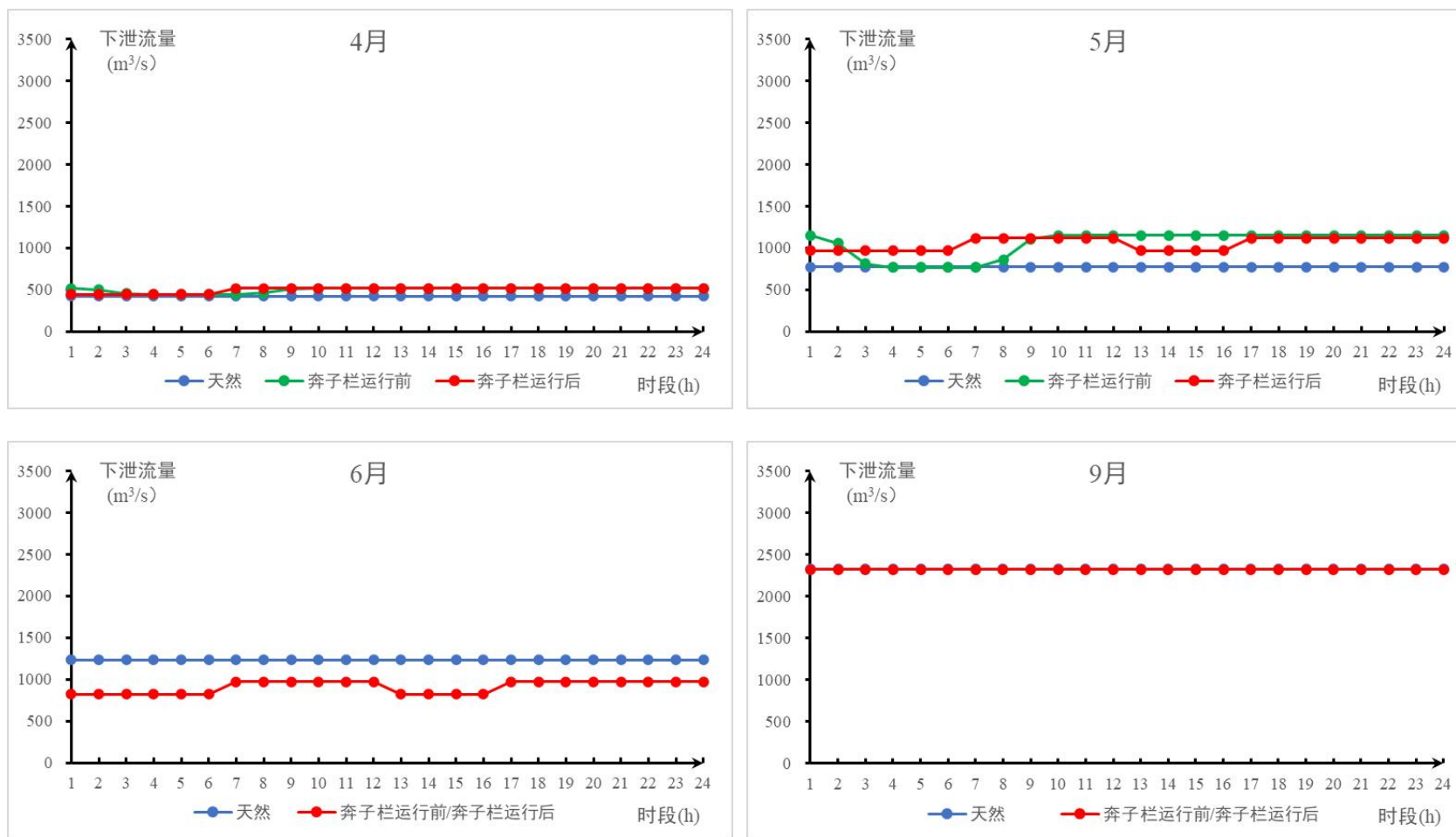


图 5.1.1-17 奔子栏水电站平水年各月典型日下泄流量过程对比图

表 5.1.1-35 岗托后奔子栏水坝址平水年典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	421	616	616	775	909	909	1236	1080	1080	2327	2320	2320
1	421	635	560	775	1006	822	1236	1177	993	2327	2320	2320
2	421	615	560	775	907	822	1236	1078	993	2327	2320	2320
3	421	568	560	775	662	822	1236	833	993	2327	2320	2320
4	421	560	560	775	619	822	1236	791	993	2327	2320	2320
5	421	560	560	775	618	822	1236	789	993	2327	2320	2320
6	421	560	560	775	618	822	1236	789	993	2327	2320	2320
7	421	560	635	775	618	972	1236	789	1143	2327	2320	2320
8	421	579	635	775	718	972	1236	888	1143	2327	2320	2320
9	421	627	635	775	962	972	1236	1133	1143	2327	2320	2320
10	421	635	635	775	1004	972	1236	1175	1143	2327	2320	2320
11	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
12	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
13	421	635	635	775	1006	822	1236	1177	993	2327	2320	2320
14	421	635	635	775	1006	822	1236	1177	993	2327	2320	2320
15	421	635	635	775	1006	822	1236	1177	993	2327	2320	2320
16	421	635	635	775	1006	822	1236	1177	993	2327	2320	2320
17	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
18	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
19	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320

表 5.1.1-35(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
21	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
22	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
23	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320
24	421	635	635	775	1006	972	1236	1177	1143	2327	2320	2320

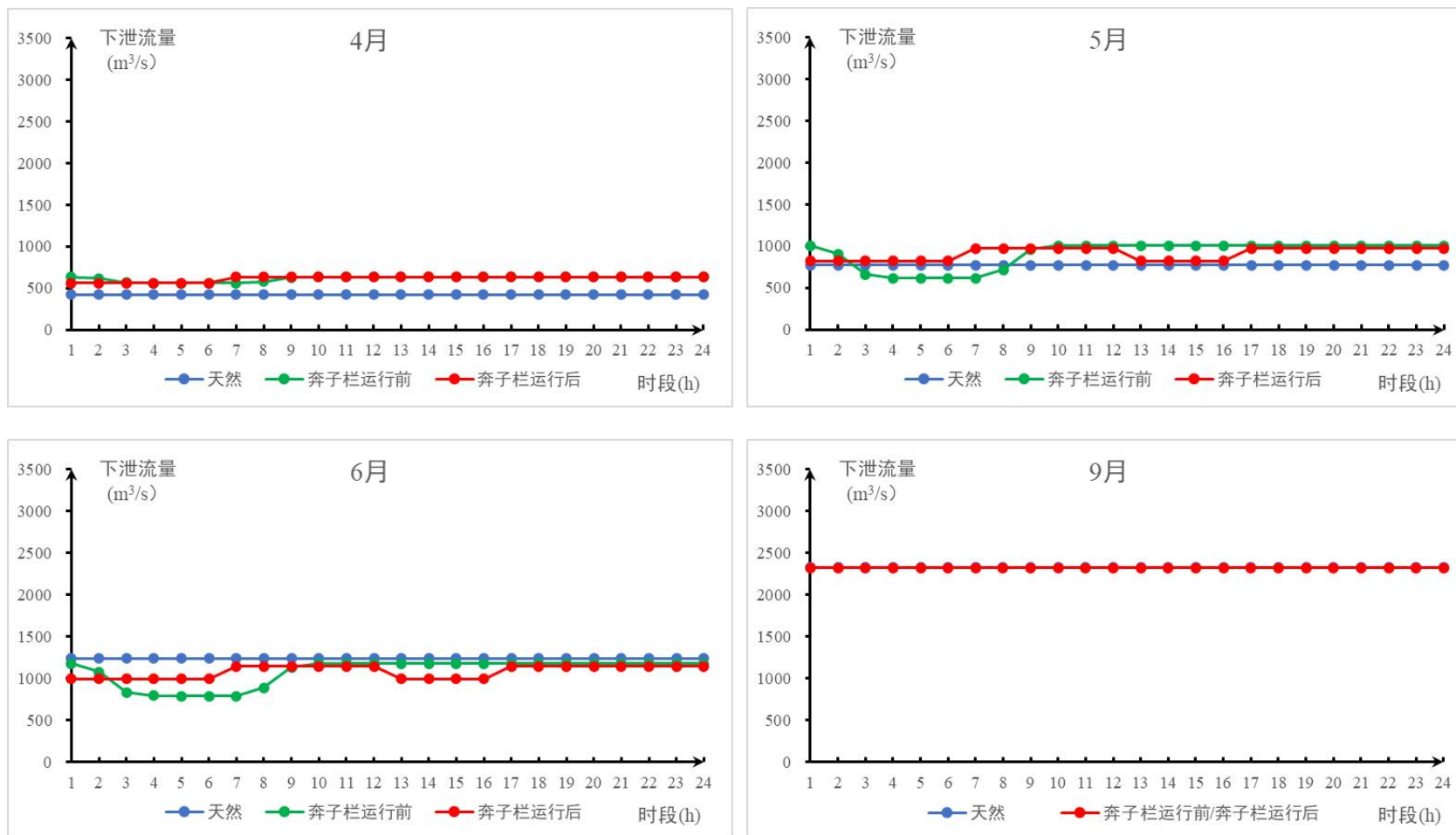


图 5.1.1-18 奔子栏水电站平水年各月典型日下泄流量过程对比图

表 5.1.1-36 岗托前奔子栏水坝址枯水年典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	397	431	431	673	710	710	1082	764	764	1222	1236	1236
1	397	453	375	673	807	623	1082	861	677	1222	1364	1148
2	397	435	375	673	705	623	1082	757	677	1222	1231	1148
3	397	388	375	673	465	623	1082	517	677	1222	906	1148
4	397	379	375	673	421	623	1082	475	677	1222	853	1148
5	397	379	375	673	419	623	1082	473	677	1222	851	1148
6	397	379	375	673	419	623	1082	473	677	1222	851	1148
7	397	379	450	673	419	773	1082	473	827	1222	851	1298
8	397	379	450	673	516	773	1082	572	827	1222	987	1298
9	397	397	450	673	765	773	1082	820	827	1222	1307	1298
10	397	444	450	673	806	773	1082	860	827	1222	1362	1298
11	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
12	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
13	397	453	450	673	807	623	1082	861	677	1222	1364	1148
14	397	453	450	673	807	623	1082	861	677	1222	1364	1148
15	397	453	450	673	807	623	1082	861	677	1222	1364	1148
16	397	453	450	673	807	623	1082	861	677	1222	1364	1148
17	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
18	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
19	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298

表 5.1.1-36(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
21	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
22	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
23	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298
24	397	453	450	673	807	773	1082	861	827	1222	1364	1298

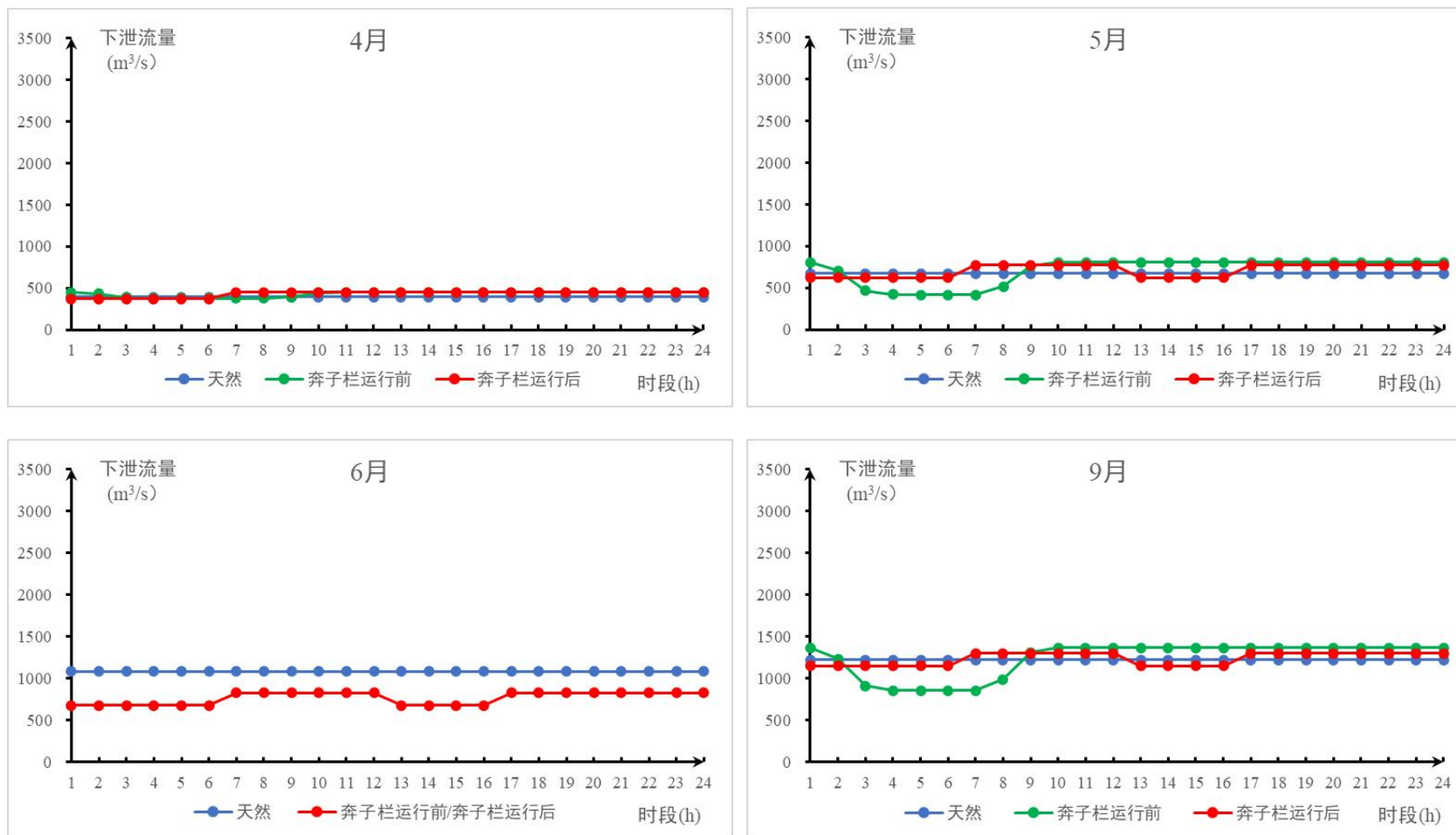


图 5.1.1-19 奔子栏水电站枯水年各月典型日下泄流量过程对比图

表 5.1.1-37 岗托后奔子栏水坝址枯水年典型日下泄流量过程表

单位: m³/s

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
平均流量	397	632	632	673	680	680	1082	808	808	1222	1168	1168
1	397	651	576	673	777	593	1082	905	720	1222	1296	1080
2	397	632	576	673	675	593	1082	802	720	1222	1161	1080
3	397	584	576	673	436	593	1082	560	720	1222	838	1080
4	397	576	576	673	391	593	1082	519	720	1222	785	1080
5	397	576	576	673	389	593	1082	517	720	1222	783	1080
6	397	576	576	673	389	593	1082	517	720	1222	783	1080
7	397	576	651	673	389	743	1082	517	870	1222	783	1230
8	397	595	651	673	485	743	1082	617	870	1222	921	1230
9	397	643	651	673	735	743	1082	863	870	1222	1240	1230
10	397	651	651	673	776	743	1082	904	870	1222	1294	1230
11	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
12	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
13	397	651	651	673	777	593	1082	905	720	1222	1296	1080
14	397	651	651	673	777	593	1082	905	720	1222	1296	1080
15	397	651	651	673	777	593	1082	905	720	1222	1296	1080
16	397	651	651	673	777	593	1082	905	720	1222	1296	1080
17	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
18	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
19	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230

表 5.1.1-37(续)

工况	4 月			5 月			6 月			9 月		
	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后	天然	奔子栏运行前	奔子栏运行后
20	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
21	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
22	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
23	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230
24	397	651	651	673	777	743	1082	905	870	1222	1296	1230

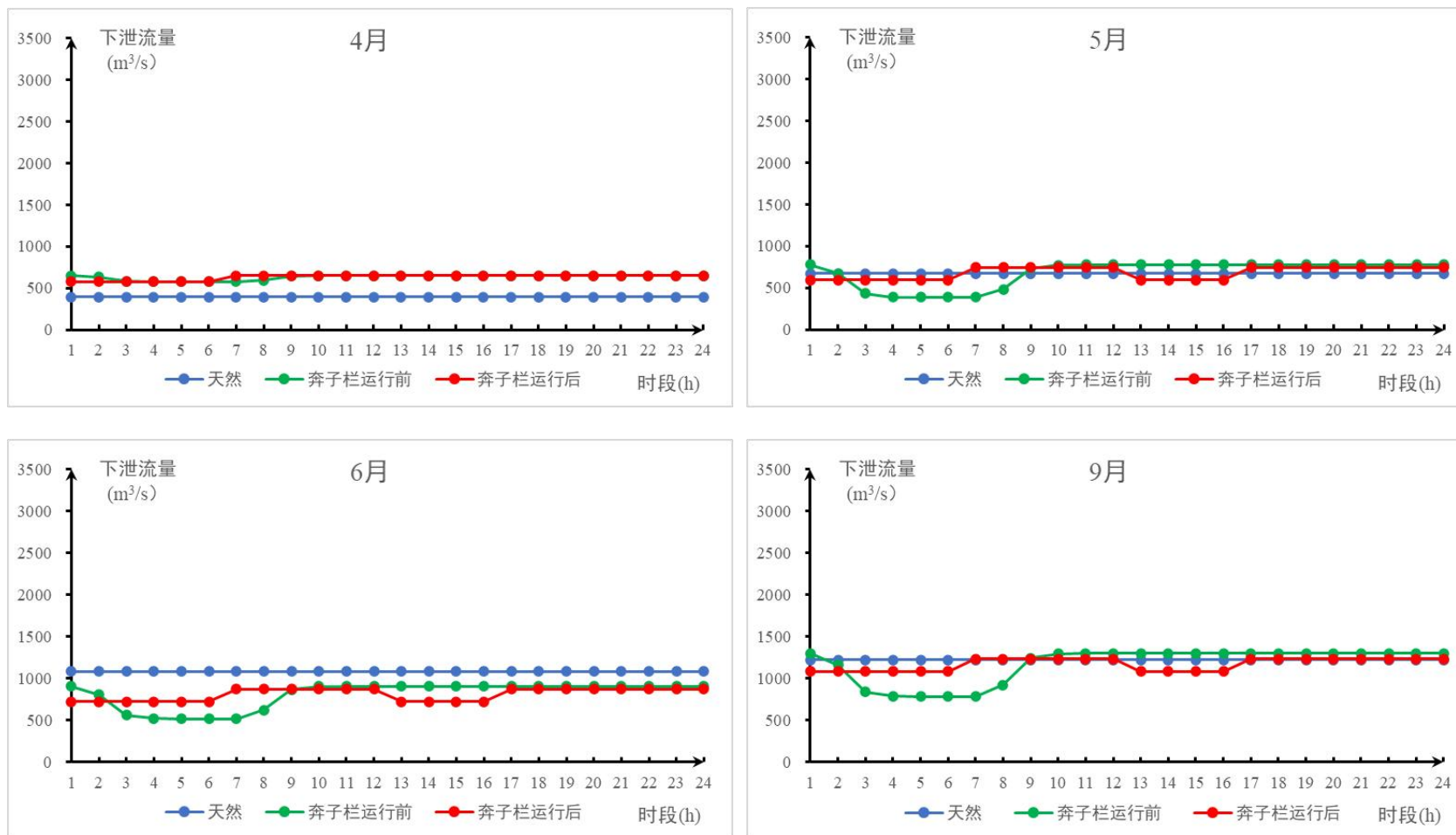


图 5.1.1-20 奔子栏水电站枯水年各月典型日下泄流量过程对比图

奔子栏水电站建设运行后，3月~9月期间为减小下游水位变幅，电站按不完全调峰运行，控制电站下流流量日内变幅，当日均入库流量较小或较大时，电站不再调峰，如丰水年和平水年的9月。

考虑上游旭龙日内调峰影响，对比奔子栏水电站建设运行前后，受奔子栏水电站反调节影响，5月、6月和9月典型日奔子栏坝址断面下泄流量日内变幅减小。

考虑上游叶巴滩水电站和拉哇水电站调节影响，对比岗托前和岗托后，受岗托水电站年内调节影响，枯水期和平水期奔子栏入库流量增加，丰水期入库流量降低，对奔子栏水电站日内调度过程产生了一定影响，如丰水年6月由岗托前的不调峰运行变化为岗托后的不完全调峰运行。

各典型日工况日内下泄流量变幅情况见下表。

表 5.1.1-38 奔子栏水电站运行后各典型日工况下泄流量变幅统计表 单位：m³/s

工况			4月	5月	6月	9月
丰水年	岗托前	奔子栏运行前	75	388	0	0
		奔子栏运行后	75	150	0	0
	岗托后	奔子栏运行前	75	388	388	0
		奔子栏运行后	75	150	150	0
平水年	岗托前	奔子栏运行前	75	388	388	0
		奔子栏运行后	75	150	150	0
	岗托后	奔子栏运行前	75	388	388	0
		奔子栏运行后	75	150	150	0
枯水年	岗托前	奔子栏运行前	74	388	388	513
		奔子栏运行后	75	150	150	150
	岗托后	奔子栏运行前	75	388	388	513
		奔子栏运行后	75	150	150	150

(2) 库区水文情势变化

奔子栏水电站在部分月份需要对上游旭龙调峰过程进行反调节，因此库区水位日内会有所变化，各典型年4月、5月、6月和9月典型日工况下库区水位日内变化情况见表 5.1.1-39~表 5.1.1-41。为避免日内水位超过正常蓄水位或低于死水位，起算水位取正常蓄水位和死水位的中间值(2143.00m)计算。

经计算，奔子栏水电站枯水年9月典型日水位日内变幅最大，约为0.72m，各典型年5月和6月典型日次之，约为0.49m，4月和来水量较大的丰水年、平水年9月，库区水位较为稳定；岗托运行后，库区水位变幅均有所增加未发生明显变化，

仅枯水年 9 月典型日受上游梯级蓄水影响，电站由不调峰运行变为调峰运行，日内水位变幅由 0.00m 增加至 0.72m。

表 5.1.1-39 奔子栏水电站丰水年各典型日工况库区水位变化过程表 单位：m

时段	岗托前				岗托后			
	4 月	5 月	6 月	9 月	4 月	5 月	6 月	9 月
0	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
1	2143.00	2142.92	2142.92	2143.00	2143.00	2142.92	2142.92	2143.00
2	2143.00	2142.84	2142.84	2143.00	2143.00	2142.84	2142.84	2143.00
3	2143.00	2142.75	2142.75	2143.00	2143.00	2142.75	2142.75	2143.00
4	2143.00	2142.67	2142.67	2143.00	2143.00	2142.67	2142.67	2143.00
5	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00
6	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00
7	2143.00	2142.52	2142.52	2143.00	2143.00	2142.52	2142.52	2143.00
8	2143.00	2142.53	2142.53	2143.00	2143.00	2142.53	2142.53	2143.00
9	2143.00	2142.55	2142.55	2143.00	2143.00	2142.55	2142.55	2143.00
10	2143.00	2142.56	2142.56	2143.00	2143.00	2142.56	2142.56	2143.00
11	2143.00	2142.57	2142.57	2143.00	2143.00	2142.57	2142.57	2143.00
12	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00
13	2143.00	2142.66	2142.66	2143.00	2143.00	2142.66	2142.66	2143.00
14	2143.00	2142.74	2142.74	2143.00	2143.00	2142.74	2142.74	2143.00
15	2143.00	2142.81	2142.81	2143.00	2143.00	2142.81	2142.81	2143.00
16	2143.00	2142.89	2142.89	2143.00	2143.00	2142.89	2142.89	2143.00
17	2143.00	2142.90	2142.90	2143.00	2143.00	2142.90	2142.90	2143.00
18	2143.00	2142.91	2142.91	2143.00	2143.00	2142.91	2142.91	2143.00
19	2143.00	2142.93	2142.93	2143.00	2143.00	2142.93	2142.93	2143.00
20	2143.00	2142.94	2142.94	2143.00	2143.00	2142.94	2142.94	2143.00
21	2143.00	2142.95	2142.95	2143.00	2143.00	2142.95	2142.95	2143.00
22	2143.00	2142.97	2142.97	2143.00	2143.00	2142.97	2142.97	2143.00
23	2143.00	2142.98	2142.98	2143.00	2143.00	2142.98	2142.98	2143.00
24	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最大值	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最小值	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00
日内变幅	0.00	0.49	0.49	0.00	0.00	0.49	0.49	0.00

表 5.1.1-40 奔子栏水电站平水年各典型日工况库区水位变化过程表 单位: m

时段	岗托前				岗托后			
	4 月	5 月	6 月	9 月	4 月	5 月	6 月	9 月
0	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
1	2143.00	2142.92	2142.92	2143.00	2143.00	2142.92	2142.92	2143.00
2	2143.00	2142.84	2142.84	2143.00	2143.00	2142.84	2142.84	2143.00
3	2143.00	2142.75	2142.75	2143.00	2143.00	2142.75	2142.75	2143.00
4	2143.00	2142.67	2142.67	2143.00	2143.00	2142.67	2142.67	2143.00
5	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00
6	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00
7	2143.00	2142.52	2142.52	2143.00	2143.00	2142.52	2142.52	2143.00
8	2143.00	2142.53	2142.53	2143.00	2143.00	2142.53	2142.53	2143.00
9	2143.00	2142.55	2142.55	2143.00	2143.00	2142.55	2142.55	2143.00
10	2143.00	2142.56	2142.56	2143.00	2143.00	2142.56	2142.56	2143.00
11	2143.00	2142.57	2142.57	2143.00	2143.00	2142.57	2142.57	2143.00
12	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00	2143.00	2142.59	2142.59	2143.00
13	2143.00	2142.66	2142.66	2143.00	2143.00	2142.66	2142.66	2143.00
14	2143.00	2142.74	2142.74	2143.00	2143.00	2142.74	2142.74	2143.00
15	2143.00	2142.81	2142.81	2143.00	2143.00	2142.81	2142.81	2143.00
16	2143.00	2142.89	2142.89	2143.00	2143.00	2142.89	2142.89	2143.00
17	2143.00	2142.90	2142.90	2143.00	2143.00	2142.90	2142.90	2143.00
18	2143.00	2142.91	2142.91	2143.00	2143.00	2142.91	2142.91	2143.00
19	2143.00	2142.93	2142.93	2143.00	2143.00	2142.93	2142.93	2143.00
20	2143.00	2142.94	2142.94	2143.00	2143.00	2142.94	2142.94	2143.00
21	2143.00	2142.95	2142.95	2143.00	2143.00	2142.95	2142.95	2143.00
22	2143.00	2142.97	2142.97	2143.00	2143.00	2142.97	2142.97	2143.00
23	2143.00	2142.98	2142.98	2143.00	2143.00	2142.98	2142.98	2143.00
24	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最大值	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最小值	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00	2143.00	2142.51	2142.51	2143.00
日内变幅	0.00	0.49	0.49	0.00	0.00	0.49	0.49	0.00

表 5.1.1-41 奔子栏水电站枯水年各典型日工况库区水位变化过程表 单位: m

时段	岗托前				岗托后			
	4 月	5 月	6 月	9 月	4 月	5 月	6 月	9 月
0	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
1	2143.00	2142.92	2142.92	2142.88	2143.00	2142.92	2142.92	2142.88
2	2143.00	2142.84	2142.84	2142.76	2143.00	2142.84	2142.84	2142.76
3	2143.00	2142.75	2142.75	2142.64	2143.00	2142.75	2142.75	2142.64

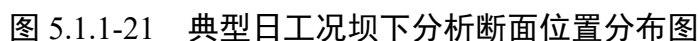
表 5.1.1-41(续)

时段	岗托前				岗托后			
	4 月	5 月	6 月	9 月	4 月	5 月	6 月	9 月
4	2143.01	2142.67	2142.67	2142.52	2143.00	2142.67	2142.67	2142.52
5	2143.01	2142.59	2142.59	2142.40	2143.00	2142.59	2142.59	2142.40
6	2143.01	2142.51	2142.51	2142.28	2143.00	2142.51	2142.51	2142.28
7	2142.98	2142.52	2142.52	2142.31	2143.00	2142.52	2142.52	2142.31
8	2142.98	2142.53	2142.53	2142.33	2143.00	2142.53	2142.54	2142.33
9	2142.98	2142.55	2142.55	2142.36	2143.00	2142.55	2142.55	2142.36
10	2142.98	2142.56	2142.56	2142.39	2143.00	2142.56	2142.56	2142.39
11	2142.99	2142.57	2142.57	2142.41	2143.00	2142.57	2142.58	2142.41
12	2142.99	2142.59	2142.59	2142.44	2143.00	2142.59	2142.59	2142.44
13	2142.99	2142.66	2142.66	2142.53	2143.00	2142.66	2142.67	2142.53
14	2142.99	2142.74	2142.74	2142.61	2143.00	2142.74	2142.74	2142.61
15	2142.99	2142.81	2142.81	2142.70	2143.00	2142.81	2142.82	2142.70
16	2142.99	2142.89	2142.89	2142.79	2143.00	2142.89	2142.89	2142.79
17	2142.99	2142.90	2142.90	2142.82	2143.00	2142.90	2142.91	2142.82
18	2142.99	2142.91	2142.91	2142.84	2143.00	2142.91	2142.92	2142.84
19	2143.00	2142.93	2142.93	2142.87	2143.00	2142.93	2142.93	2142.87
20	2143.00	2142.94	2142.94	2142.90	2143.00	2142.94	2142.95	2142.90
21	2143.00	2142.95	2142.95	2142.92	2143.00	2142.95	2142.96	2142.92
22	2143.00	2142.97	2142.97	2142.95	2143.00	2142.97	2142.98	2142.95
23	2143.00	2142.98	2142.98	2142.98	2143.00	2142.98	2142.99	2142.98
24	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最大值	2143.01	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00	2143.00
最小值	2142.98	2142.51	2142.51	2142.28	2143.00	2142.51	2142.51	2142.28
日内变幅	0.03	0.49	0.49	0.72	0.00	0.49	0.49	0.72

(3) 坝下河段水文情势变化

根据分析需要，重点考虑日内调度引起的水位、流速变化对下游重点保护目标的影响，结合水生生态调查结果，本次选择八处断面分析下游断面水位、流速变化，分别记为坝下断面 I~坝下断面 VIII。各分析断面距离奔子栏坝址及主要敏感目标见表 5.1.1-42。

断面编号	距离坝址里程 (km)	敏感目标	说明
I	11	奔子栏镇-冈曲河口裂腹鱼类产卵场	奔子栏水文站
II	27	奔子栏镇-冈曲河口裂腹鱼类产卵场/鮡科鱼类产卵场	夺通新村
III	72	支巴洛河河口裂腹鱼类产卵场	供仁村
IV	106	其宗产漂流性卵产卵场/裂腹鱼类产卵场	其宗村下游
V	148	巨甸产漂流性卵产卵场	巨甸村
VI	171	黎明乡产漂流性卵产卵场	黎明乡
VII	188	格子村产漂流性卵产卵场	格子村下游
VIII	210	裂腹鱼类产卵场	石鼓水文站



根据计算结果,受上游旭龙梯级电站调节影响,奔子栏坝址下泄流量较天然径

流发生变化，下游水位和流速在各典型日受到相应影响。各典型日工况下，受距离奔子栏坝址远近影响，水位和流速的变化趋势呈现一定程度的滞后性及坦化趋势。

奔子栏建设运行后，其日调节性性能主要改变电站日内下泄流量过程，下游河道水位变幅增加，主要影响下游产粘沉性卵鱼类卵苗安全，因此重点关注产粘沉性卵鱼类产卵场所在河段断面水位日变幅的变化情况，冈曲河口断面(断面 II)作为奔子栏下游裂腹鱼类和鮡科鱼类最近的产卵场所在断面，本次以该断面作为水文情势分析的关键断面。

(1) 对比天然水文情势变化

丰水年，岗托建成前，与天然情况相比，4月、5月、6月和9月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为38.2%、36.2%、-20.5%、0.0%，最大减幅分别为-21.0%、-20.4%、20.5%、0.0%；日内水位最大变幅分别为0.33m、0.52m、0.00m、0.00m；日内流速最大增幅分别为12.0%、11.0%、-7.5%、0.0%，最大减幅分别为-6.8%、-6.2%、7.5%、0.0%。岗托建成后，与天然情况相比，4月、5月、6月和9月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为48.9%、20.7%、-43.4%、0.0%，最大减幅分别为-31.8%、-5.0%、49.3%、0.0%；日内水位最大变幅分别为0.32m、0.54m、0.41m、0.00m；日内流速最大增幅分别为14.9%、6.7%、-19.8%、0.0%，最大减幅分别为-10.0%、-1.5%、23.8%、0.0%。

平水年，岗托建成前，与天然情况相比，4月、5月、6月和9月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为23.0%、43.7%、-21.2%、-0.3%，最大减幅分别为-5.6%、-24.6%、33.1%、0.3%；日内水位最大变幅分别为0.34m、0.54m、0.56m、0.00m；日内流速最大增幅分别为7.6%、12.9%、-7.5%、-0.1%，最大减幅分别为-1.9%、-7.4%、12.8%、0.1%。岗托建成后，与天然情况相比，4月、5月、6月和9月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为49.8%、25.0%、-7.4%、-0.3%，最大减幅分别为-32.3%、-6.0%、19.3%、0.3%；日内水位最大变幅分别为0.32m、0.57m、0.53m、0.00m；日内流速最大增幅分别为15.1%、7.9%、-2.3%、-0.1%，最大减幅分别为-10.1%、-1.8%、7.1%、0.1%。

枯水年，岗托建成前，与天然情况相比，4月、5月、6月和9月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为13.0%、14.4%、-22.9%、5.8%，最大减幅分别为5.4%、7.2%、36.4%、5.6%；日内水位最大变幅分别为0.36m、0.61m、

0.59m、0.41m；日内流速最大增幅分别为 4.4%、4.9%、-8.3%、2.8%，最大减幅分别为 2.1%、2.7%、14.6%、2.7%。岗托建成后，与天然情况相比，4 月、5 月、6 月和 9 月，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为 62.1%、10.1%、-19.1%、0.6%，最大减幅分别为-43.8%、11.5%、32.5%、10.8%；日内水位最大变幅分别为 0.32m、0.61m、0.58m、0.47m；日内流速最大增幅分别为 18.5%、3.6%、-6.4%、0.3%，最大减幅分别为-13.5%、4.3%、12.6%、4.7%。

(2) 对比旭龙水电站运行影响下水文情势变化

丰水年，岗托运行前，奔子栏未建设运行时，冈曲河口断面 4 月典型日日内水位变幅为 0.33m，5 月典型日日内水位变幅为 1.35m，6 月和 9 月由于来水量较大旭龙水电站不调峰下游河道日内水位基本不发生变化；奔子栏建设运行后，4 月典型日冈曲河口断面典型日日内水位变幅不变，5 月典型日日内水位变幅由 1.35m 降低至 0.52m，6 月和 9 月同样不调峰，典型日下游河道日内水位基本不发生变化。岗托运行后，奔子栏运行前后冈曲河口断面 3 月典型日日内水位变幅不变，均为 0.32m，5 月水位日变幅由 1.42m 降低至 0.54m，6 月水位日变幅由 1.20m 降低至 0.41m，9 月电站仍按不调峰运行，无不稳定流产生。

平水年，岗托运行前，奔子栏未建设运行时，冈曲河口断面 4 月典型日日内水位变幅为 0.34m，5 月典型日日内水位变幅为 1.43m，6 月典型日日内水位变幅为 1.50m，9 月由于来水量较大旭龙水电站不调峰下游河道日内水位基本不发生变化；奔子栏建设运行后，4 月典型日冈曲河口断面典型日日内水位变幅不变，5 月典型日日内水位变幅由 1.43m 降低至 0.54m，6 月典型日日内水位变幅由 1.50m 降低至 0.56m，9 月同样不调峰，典型日下游河道日内水位基本不发生变化。岗托运行后，奔子栏运行前后冈曲河口断面 3 月典型日日内水位变幅不变，均为 0.32m，5 月水位日变幅由 1.41m 降低至 0.57m，6 月典型日水位日变幅由 1.42m 降低至 0.53m，9 月电站仍按不调峰运行，无不稳定流产生。

枯水年，岗托运行前，奔子栏未建设运行时，冈曲河口断面 4 月典型日日内水位变幅为 0.35m，5 月典型日日内水位变幅为 1.63m，6 月典型日日内水位变幅为 1.58m，9 月典型日日内水位变幅为 1.62m；奔子栏建设运行后，4 月典型日冈曲河口断面典型日日内水位小幅增加至 0.36m，5 月典型日日内水位变幅由 1.63m 降低至 0.61m，6 月典型日日内水位变幅由 1.58m 降低至 0.59m，9 月典型日日内水位变幅

由 1.62m 降低至 0.41m。岗托运行后，奔子栏运行前后冈曲河口断面 3 月典型日日内水位变幅不变，均为 0.32m，5 月水位日变幅由 1.66m 降低至 0.61m，6 月典型日水位日变幅由 1.55m 降低至 0.58m，9 月典型日水位日变幅由 1.70m 降低至 0.47m。

根据各典型年对比，岗托运行前，奔子栏水电站建设运行对下游河道水位日变幅影响最大的工况为平水期 5 月工况和丰水期 6 月工况，受奔子栏控制影响，平水期和汛期坝下河段水位日变幅明显降低；4 月份奔子栏水电站坝下河段水位日变幅较小，约为 0.3m，5 月、6 月和 9 月电站最大水位日变幅约为 0.6m；汛期 9 月工况下电站一般不调峰，枯水年可能会调峰运行。岗托运行后，水位日内变幅未发生明显变化。

从空间上看，对比上下游断面水位日内变幅变化情况，整体呈现距离奔子栏坝址越近，水位变幅越大。奔子栏运行后各典型年至其宗村(断面 IV)水位日变幅已基本控制在 0.30m 以下，至石鼓水文站(断面 VIII)水位日变幅已基本控制在 0.10m 以下，不稳定流影响已基本消失。

根据流速计算结果，各典型年工况下，分析断面 I~分析断面 IV 作为主要产粘性卵鱼类产卵场的河段，天然条件下 4 月日均流速约为 0.6m/s~1.3m/s，5 月日均流速约为 0.9m/s~1.7m/s，6 月日均流速约为 1.2m/s~2.4m/s；岗托运行前，奔子栏建设运行后，4 月日内流速约为 0.6m/s~1.5m/s，5 月日内流速约为 0.8m/s~1.9m/s，6 月日均流速约为 0.9m/s~2.3m/s，9 月日内流速约为 1.4m/s~2.6m/s。分析断面 V~分析断面 VIII 作为主要产漂流性卵鱼类产卵场的河段，天然条件下，6 月日均流速约为 1.0m/s~1.9m/s，9 月日均流速约为 1.2m/s~2.1m/s；岗托运行前，奔子栏建设运行后，6 月日内流速约为 0.9m/s~1.7m/s，9 月日内流速约为 1.2m/s~2.1m/s。可见，奔子栏运行后下游河道最小流速与天然情况基本一致。

综上，奔子栏水电站建设运行后，相较于旭龙运行工况，每年 3 月~9 月期间控制出库流量变幅，能有效减小汛期下游河道水位日内变幅，枯水期(3 月~4 月)水位日变幅基本不变，平水期(5 月)和丰水期水边变幅明显减小。坝下河道流速与天然流速接近。同时，岗托运行后，日内水位变幅不会发生明显变化，但受来水条件变化大影响，河道已难以维持天然水位和流速，应结合生态调度保证鱼类产卵期水文情势与天然接近或一致。

表 5.1.1-44 丰水年各典型日日内水位变幅变化情况

单位: m

断面编号			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4 月	岗托前	无奔子栏	0.24	0.33	0.24	0.13	0.14	0.16	0.11	0.09
		有奔子栏	0.24	0.33	0.24	0.13	0.15	0.17	0.11	0.09
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
	岗托后	无奔子栏	0.22	0.32	0.23	0.13	0.14	0.16	0.11	0.08
		有奔子栏	0.22	0.32	0.23	0.13	0.14	0.16	0.11	0.09
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 月	岗托前	无奔子栏	0.58	1.35	0.79	0.57	0.54	0.46	0.33	0.28
		有奔子栏	0.31	0.52	0.30	0.23	0.20	0.17	0.12	0.09
		变化值	-0.28	-0.83	-0.49	-0.34	-0.33	-0.29	-0.21	-0.20
	岗托后	无奔子栏	0.56	1.42	0.84	0.61	0.56	0.43	0.31	0.26
		有奔子栏	0.19	0.54	0.31	0.21	0.20	0.16	0.09	0.06
		变化值	-0.37	-0.89	-0.53	-0.39	-0.36	-0.27	-0.22	-0.20
6 月	岗托前	无奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		有奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	岗托后	无奔子栏	0.63	1.20	0.75	0.58	0.53	0.48	0.34	0.29
		有奔子栏	0.22	0.41	0.29	0.23	0.20	0.16	0.11	0.08
		变化值	-0.41	-0.80	-0.47	-0.35	-0.32	-0.31	-0.22	-0.21
9 月	岗托前	无奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		有奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	岗托后	无奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		有奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注: 部分年份 6 月 9 月不调峰, 故日内水位变幅为 0。

表 5.1.1-45 平水年各典型日日内水位变幅变化情况

单位: m

断面编号			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4 月	岗托前	无奔子栏	0.27	0.34	0.22	0.14	0.15	0.17	0.12	0.10
		有奔子栏	0.27	0.34	0.23	0.14	0.15	0.18	0.13	0.10
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	岗托后	无奔子栏	0.22	0.32	0.23	0.13	0.14	0.17	0.11	0.09
		有奔子栏	0.22	0.32	0.24	0.13	0.15	0.17	0.12	0.09
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 月	岗托前	无奔子栏	0.80	1.43	0.85	0.63	0.61	0.63	0.33	0.29
		有奔子栏	0.19	0.54	0.32	0.24	0.22	0.27	0.12	0.09
		变化值	-0.61	-0.89	-0.53	-0.39	-0.38	-0.36	-0.21	-0.19

表 5.1.1-45(续)

断面编号			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
5 月	岗托后	无奔子栏	1.01	1.51	0.98	0.68	0.65	0.70	0.44	0.36
		有奔子栏	0.25	0.57	0.35	0.26	0.24	0.22	0.12	0.10
		变化值	-0.76	-0.94	-0.63	-0.42	-0.41	-0.48	-0.31	-0.26
6 月	岗托前	无奔子栏	1.01	1.50	0.96	0.68	0.63	0.69	0.41	0.35
		有奔子栏	0.25	0.56	0.35	0.26	0.23	0.23	0.13	0.10
		变化值	-0.77	-0.94	-0.62	-0.41	-0.40	-0.46	-0.29	-0.25
	岗托后	无奔子栏	0.54	1.42	0.85	0.62	0.59	0.61	0.35	0.28
		有奔子栏	0.18	0.53	0.31	0.22	0.22	0.12	0.08	0.06
		变化值	-0.36	-0.88	-0.54	-0.40	-0.37	-0.49	-0.27	-0.22
9 月	岗托前	无奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		有奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	岗托后	无奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		有奔子栏	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：9 月不调峰，故日内水位变幅为 0。

表 5.1.1-46 枯水年各典型日日内水位变幅变化情况

单位：m

断面编号			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
4 月	岗托前	无奔子栏	0.28	0.35	0.44	0.13	0.15	0.17	0.13	0.10
		有奔子栏	0.28	0.36	0.44	0.13	0.14	0.16	0.12	0.09
		变化值	0.00	0.01	0.00	0.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
	岗托后	无奔子栏	0.21	0.32	0.23	0.13	0.14	0.16	0.11	0.08
		有奔子栏	0.21	0.32	0.23	0.13	0.14	0.16	0.11	0.09
		变化值	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 月	岗托前	无奔子栏	1.35	1.63	1.13	0.68	0.71	0.78	0.53	0.40
		有奔子栏	0.38	0.61	0.41	0.26	0.25	0.25	0.16	0.08
		变化值	-0.97	-1.03	-0.72	-0.41	-0.46	-0.54	-0.37	-0.32
	岗托后	无奔子栏	1.18	1.66	1.21	0.68	0.71	0.80	0.53	0.41
		有奔子栏	0.39	0.61	0.43	0.26	0.24	0.25	0.16	0.09
		变化值	-0.78	-1.05	-0.78	-0.41	-0.47	-0.55	-0.37	-0.32
6 月	岗托前	无奔子栏	1.24	1.58	1.07	0.68	0.68	0.73	0.47	0.35
		有奔子栏	0.58	0.59	0.38	0.26	0.24	0.24	0.15	0.10
		变化值	-0.66	-0.99	-0.69	-0.42	-0.44	-0.50	-0.32	-0.25
	岗托后	无奔子栏	1.19	1.55	1.03	0.68	0.66	0.71	0.44	0.36
		有奔子栏	0.57	0.58	0.36	0.26	0.24	0.23	0.13	0.10
		变化值	-0.62	-0.97	-0.66	-0.42	-0.42	-0.48	-0.31	-0.26

表 5.1.1-46(续)

断面编号			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
9 月	岗托前	无奔子栏	0.77	1.62	1.03	0.80	0.73	0.61	0.43	0.37
		有奔子栏	0.31	0.41	0.30	0.25	0.17	0.13	0.09	0.07
		变化值	-0.46	-1.22	-0.73	-0.56	-0.56	-0.48	-0.34	-0.30
	岗托后	无奔子栏	0.80	1.70	1.05	0.78	0.70	0.60	0.43	0.36
		有奔子栏	0.20	0.47	0.30	0.24	0.19	0.15	0.11	0.08
		变化值	-0.60	-1.24	-0.75	-0.54	-0.50	-0.45	-0.33	-0.28

表 5.1.1-47 断面 II 岗托前平水年 5 月水位变幅变化情况 单位: m

时段	天然	岗托前		岗托后	
		奔子栏 建设前	奔子栏 建设后	奔子栏 建设前	奔子栏 建设后
1	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
2	1975.97	1977.36	1976.95	1976.84	1976.41
3	1975.97	1977.25	1976.72	1976.71	1976.17
4	1975.97	1976.48	1976.70	1976.08	1976.15
5	1975.97	1976.01	1976.70	1975.46	1976.15
6	1975.97	1976.01	1976.70	1975.34	1976.15
7	1975.97	1975.98	1976.71	1975.33	1976.15
8	1975.97	1975.93	1977.01	1975.33	1976.46
9	1975.97	1976.01	1977.23	1975.43	1976.70
10	1975.97	1976.82	1977.24	1976.09	1976.71
11	1975.97	1977.29	1977.24	1976.77	1976.71
12	1975.97	1977.36	1977.24	1976.83	1976.71
13	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
14	1975.97	1977.36	1976.95	1976.84	1976.41
15	1975.97	1977.36	1976.72	1976.84	1976.17
16	1975.97	1977.36	1976.70	1976.84	1976.15
17	1975.97	1977.36	1976.71	1976.84	1976.15
18	1975.97	1977.36	1977.01	1976.84	1976.46
19	1975.97	1977.36	1977.23	1976.84	1976.70
20	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
21	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
22	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
23	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71
24	1975.97	1977.36	1977.24	1976.84	1976.71

表 5.1.1-48 断面 II 岗托前平水年 5 月流量变化情况

单位: m³/s

时段	天然	岗托前		岗托后	
		奔子栏 建设前	奔子栏 建设后	奔子栏 建设前	奔子栏 建设后
1	787.30	1165.30	1129.29	1018.30	982.60
2	787.30	1165.19	1034.06	1018.22	889.47
3	787.30	1120.90	982.29	971.90	835.81
4	787.30	894.17	981.39	802.58	834.37
5	787.30	789.72	981.30	649.64	834.30
6	787.30	798.10	981.30	631.34	834.30
7	787.30	787.90	983.02	630.34	835.59
8	787.30	777.38	1079.57	630.33	929.52
9	787.30	802.38	1130.30	661.53	983.25
10	787.30	1049.13	1131.17	842.81	984.20
11	787.30	1155.73	1131.29	1009.35	984.29
12	787.30	1164.65	1131.29	1017.73	984.30
13	787.30	1165.25	1129.29	1018.26	982.60
14	787.30	1165.29	1034.06	1018.29	889.47
15	787.30	1165.29	982.29	1018.30	835.81
16	787.30	1165.30	981.39	1018.30	834.37
17	787.30	1165.30	983.02	1018.30	835.60
18	787.30	1165.30	1079.57	1018.30	929.52
19	787.30	1165.30	1130.30	1018.30	983.25
20	787.30	1165.30	1131.17	1018.30	984.20
21	787.30	1165.30	1131.29	1018.30	984.29
22	787.30	1165.30	1131.29	1018.30	984.30
23	787.30	1165.30	1131.30	1018.30	984.30
24	787.30	1165.30	1131.30	1018.30	984.30

表 5.1.1-49 断面 II 岗托前平水年 5 月流速变化情况

单位: m/s

时段	天然	岗托前		岗托后	
		奔子栏 建设前	奔子栏 建设后	奔子栏 建设前	奔子栏 建设后
1	1.59	1.81	1.79	1.73	1.71
2	1.59	1.81	1.73	1.73	1.64
3	1.59	1.78	1.71	1.70	1.62
4	1.59	1.63	1.71	1.58	1.62
5	1.59	1.58	1.71	1.48	1.62
6	1.59	1.60	1.71	1.48	1.62

表 5.1.1-49(续)

时段	天然	岗托前		岗托后	
		奔子栏 建设前	奔子栏 建设后	奔子栏 建设前	奔子栏 建设后
7	1.59	1.59	1.72	1.48	1.63
8	1.59	1.59	1.79	1.48	1.70
9	1.59	1.61	1.80	1.51	1.72
10	1.59	1.79	1.80	1.66	1.72
11	1.59	1.82	1.80	1.74	1.72
12	1.59	1.81	1.80	1.74	1.72
13	1.59	1.81	1.79	1.74	1.71
14	1.59	1.81	1.73	1.73	1.64
15	1.59	1.81	1.71	1.73	1.62
16	1.59	1.81	1.71	1.73	1.62
17	1.59	1.81	1.72	1.73	1.63
18	1.59	1.81	1.79	1.73	1.70
19	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72
20	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72
21	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72
22	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72
23	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72
24	1.59	1.81	1.80	1.73	1.72

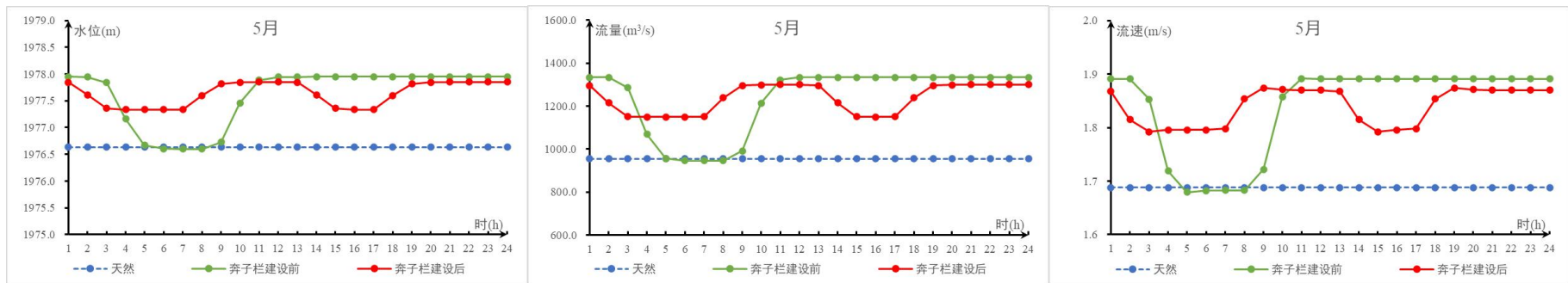


图 5.1.1-22 断面 II 岗托前丰水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

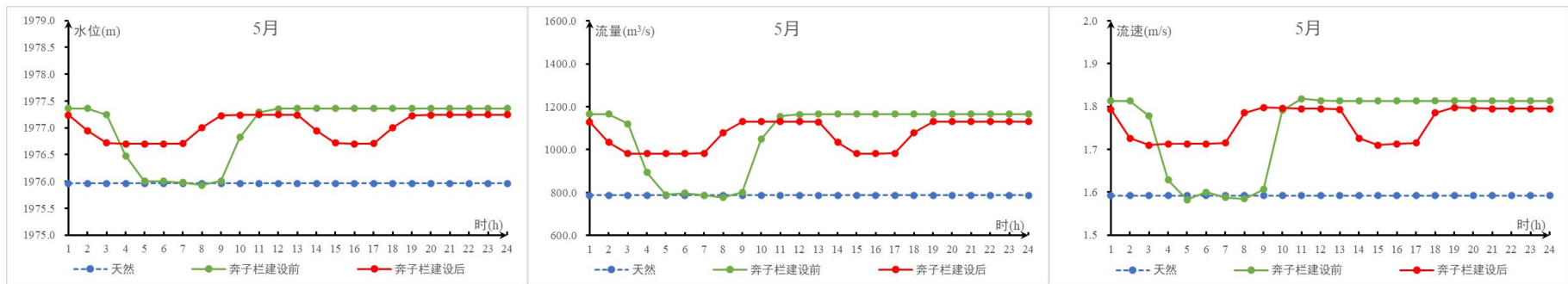


图 5.1.1-23 断面 II 岗托前平水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

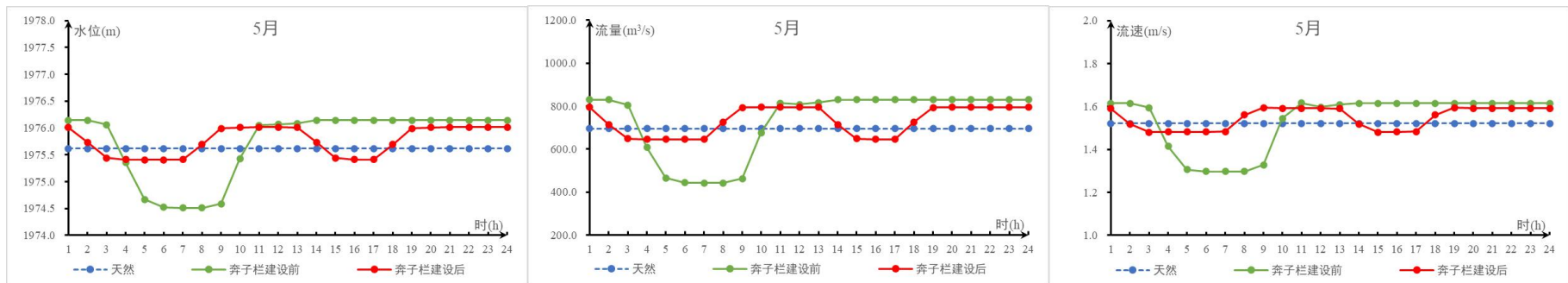


图 5.1.1-24 断面 II 岗托前枯水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

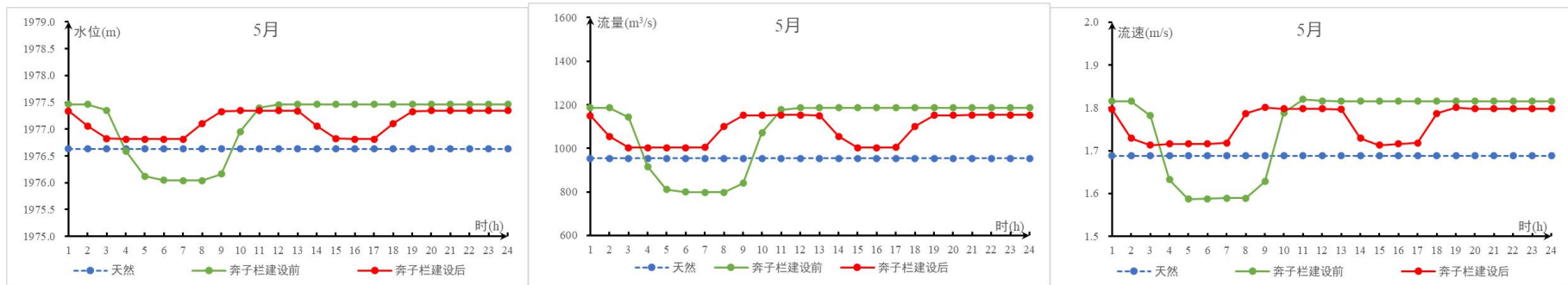


图 5.1.1-25 断面 II 岗托后丰水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

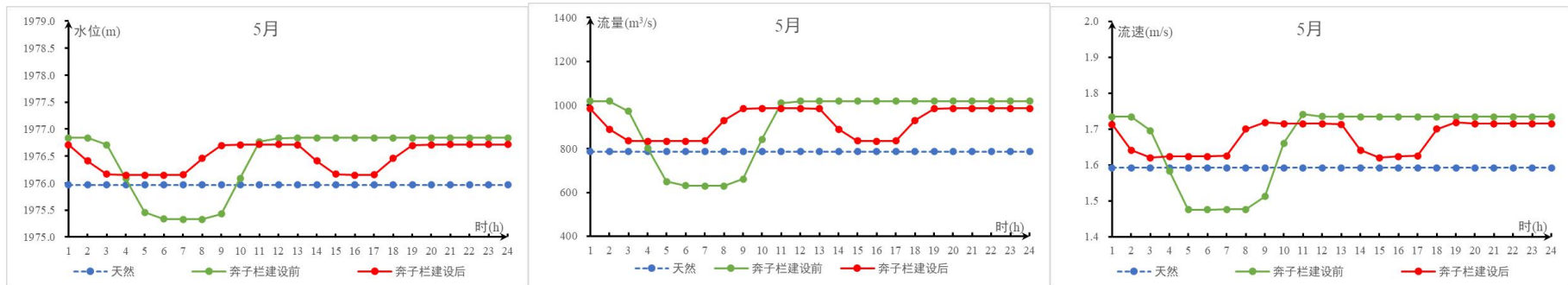


图 5.1.1-26 断面 II 岗托后平水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

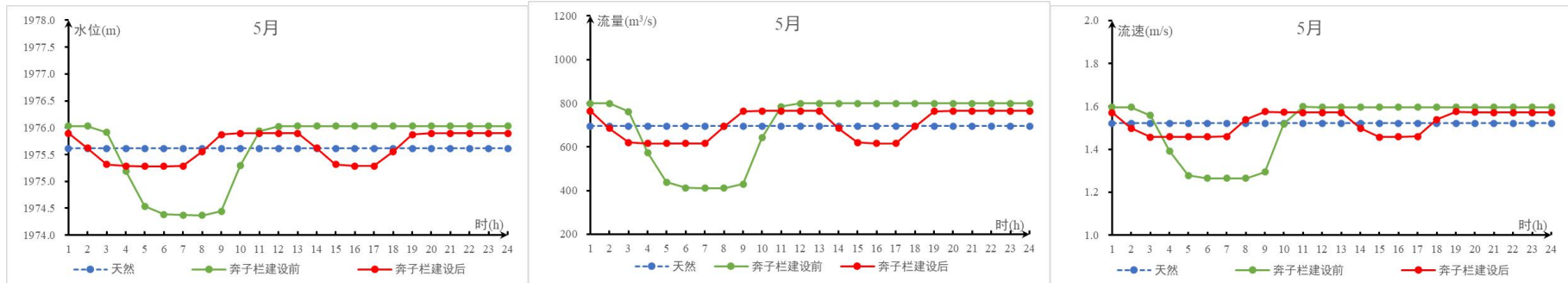


图 5.1.1-27 断面 II 岗托后枯水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

② 龙盘水电站运行后

根据龙盘水电站调度运行方式，每年 11 月~次年 5 月逐步消落水位，5 月~8 月水库蓄水，9 月和 10 月视情况蓄水，因此每年 5 月前后奔子栏水电站坝下河段受龙盘影响最小，9 月~11 月受龙盘影响最大。根据典型年水文情势影响分析，龙盘水电站运行后，冈曲汇合口以下河道常年位于龙盘库区水位以下，因此重点分析岗托和奔子栏水电站运行情况下，断面 I(奔子栏水文站断面)和断面 II(冈曲汇口断面)水文情势受龙盘水电站影响情况。

(1) 对比天然水文情势变化

各典型年工况下，断面 I 仅 9 月典型日水文情势受龙盘水电站运行影响。丰水年、平水年和枯水年断面水位分别增加 7.45m、5.92m 和 1.90m，最大水深增幅分别为 69.4%、60.6%和 23.6%；流速分别降低 1.09m/s、0.84m/s 和 0.27m/s，降幅分别为 43.2%、38.6%和 19.2%；丰水年和平水年该月不调峰，日内水位最大变幅为 0.0m，枯水年日内水位最大变幅为 0.20m。

丰水年工况下，与天然情况相比，4 月、5 月、6 月和 9 月，断面 II 典型日日内下泄流量最大增幅分别为 48.9%、20.7%、-43.4%、0.0%，最大减幅分别为 -31.8%、-5.0%、49.3%、0.0%；日内水位最大变幅分别为 0.26m、0.44m、0.45m、0.00m；日内流速最大增幅分别为 -10.7%、2.1%、-24.4%、-74.6%，最大减幅分别为 16.9%、4.6%、27.9%、74.6%。

平水年工况下，与天然情况相比，4 月、5 月、6 月和 9 月，断面 II 典型日日内下泄流量最大增幅分别为 49.8%、25.0%、-7.4%、-0.3%，最大减幅分别为 -32.3%、-6.0%、19.3%、0.3%；日内水位最大变幅分别为 0.33m、0.57m、0.45m、0.00m；日内流速最大增幅分别为 10.0%、4.8%、-5.5%、-76.6%，最大减幅分别为 -5.2%、1.3%、11.5%、76.6%。

枯水年工况下，与天然情况相比，4 月、5 月、6 月和 9 月，断面 II 典型日日内下泄流量最大增幅分别为 62.1%、10.1%、-19.1%、1.5%，最大减幅分别为 -43.8%、11.5%、32.5%、11.8%；日内水位最大变幅分别为 0.32m、0.61m、0.59m、0.04m；日内流速最大增幅分别为 15.5%、2.2%、-8.6%、-78.2%，最大减幅分别为 -10.5%、5.7%、14.7%、81.0%。

(2) 对比龙盘水电站运行前奔子栏水电站运行影响下水文情势变化

丰水年工况下，断面 I 在 4 月、5 月、6 月水位均不受龙盘水电站运行影响，9 月龙盘库区水位抬升至 2010m，已淹没至该断面，水位由 2003.57m 增加至 2011.02m，水位抬高 7.45m，流速由 2.53m/s 降低至 1.43m/s。断面 II 在 4 月、5 月和 6 月水位高于龙盘水电站运行水位，但受龙盘顶托影响，9 月被淹没。断面 II4 月水位由 1975.10m~1975.42m 抬升至 1976.34m~1976.59m，日内水位变幅由 0.32m 降低至 0.26m，流速由 1.43m/s~1.49m/s 降低至 1.08m/s~1.16m/s；5 月水位由 1976.81~1977.35m 抬升至 1977.17~1977.61m，日内水位变幅由 0.54m 减小至 0.44m，流速由 1.71~1.80m/s 降低至 1.61~1.72m/s；6 月水位由 1977.79~1978.20m 抬升至 1978.17~1978.62m，流速由 1.86~1.96m/s 降低至 1.76~1.85m/s；9 月水位由 1982.56m 抬升至 2010.43m，流速由 2.56m/s 降低至 0.65m/s。

平水年工况下，断面 I 仅 9 月典型日水文情势受龙盘水电站运行影响，水位由 2002.59m 抬升至 2008.50m，流速由 2.17m/s 降低至 1.33m/s。断面 II 在 4 月、5 月和 6 月水位高于龙盘水电站运行水位，但受龙盘顶托影响，9 月被淹没。断面 II4 月水位由 1975.06~1975.38m 抬升至 1975.24~1975.56m，日内水位变幅为 0.32m 不变，流速由 1.43~1.49m/s 降低至 1.36~1.43m/s；5 月水位由 1976.15m~1976.71m 抬升至 1976.30m~1976.87m，日内水位变幅为 0.57m 不变，流速由 1.62m/s~1.72m/s 降低至 1.57m/s~1.67m/s；6 月水位由 1976.86~1977.39m 抬升至 1977.14~1977.58m，日内水位变幅由 0.53m 降低至 0.46m，流速由 1.72~1.81m/s 降低至 1.64~1.75m/s；被淹没的 9 月断面水位由 1980.71m 抬升至 2007.85m，流速由 2.37m/s 降低至 0.56m/s。

枯水年工况下，断面 I 仅 9 月典型日水文情势受龙盘水电站运行影响，水位由 2000.69m~2000.90m 抬升至 2002.61m~2002.81m，流速由 1.27m/s~1.41m/s 降低至 1.01m/s~1.13m/s。断面 II 在 4 月、5 月和 6 月水位高于龙盘水电站运行水位，但受龙盘顶托影响，9 月被淹没。断面 II4 月水位由 1975.15~1975.47m 抬升至 1975.26~1975.58m，日内水位变幅为 0.32m 不变，流速由 1.44~1.50m/s 降低至 1.40~1.46m/s；5 月水位由 1975.28m~1975.90m 抬升至 1975.34m~1975.96m，日内水位变幅为 0.62m 不变，流速由 1.46m/s~1.58m/s 降低至 1.44m/s~1.55m/s；6 月水位由 1975.86~1976.44m 抬升至 1975.98~1976.56m，日内水位变幅为 0.58m 不变，流速由 1.55~1.66m/s 降低至 1.51~1.62m/s；被淹没的 9 月断面水位由 1977.57m~1978.04m 抬升至 2002.02~2002.06m，日内水位变幅由 0.47m 降低至 0.04m，流速由

1.76~1.85m/s 降低至 0.35m~0.40m/s。

综上，龙盘水电站运行后会明显影响奔子栏水电站坝下河道水文情势，冈曲汇合口以下河段受影响明显，冈曲汇合口以上分析断面根据龙盘水电站库区水位情况，部分月份不受其影响，其中奔子栏水文站所在断面仅 9 月典型日受影响明显，而冈曲河口断面全年受龙盘水电站影响，其中 4 月、5 月和 6 月以顶托影响为主，影响相对较小，9 月以淹没影响为主，影响较大。

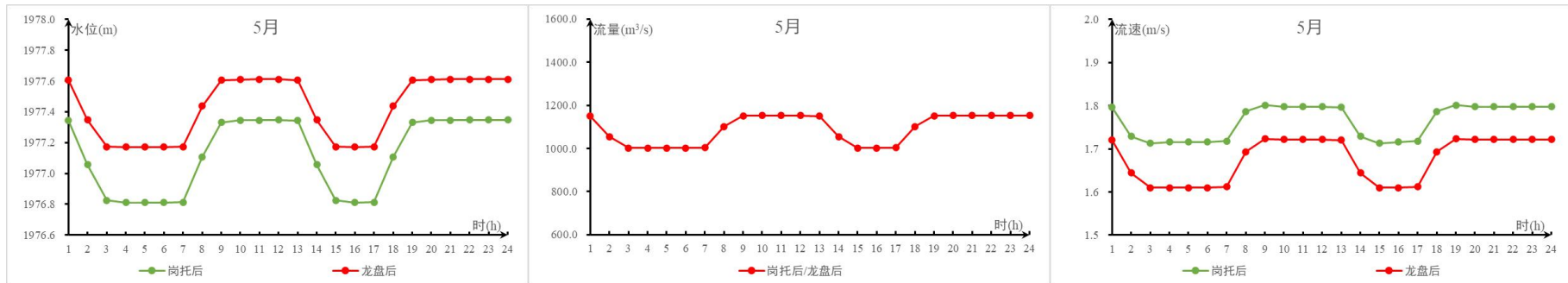


图 5.1.1-28 断面 II 龙盘运行前后丰水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

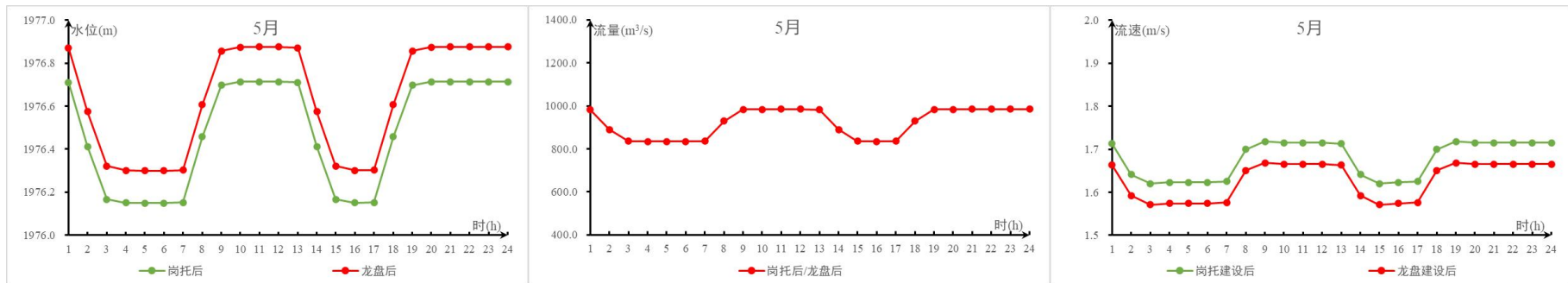


图 5.1.1-29 断面 II 龙盘运行前后平水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

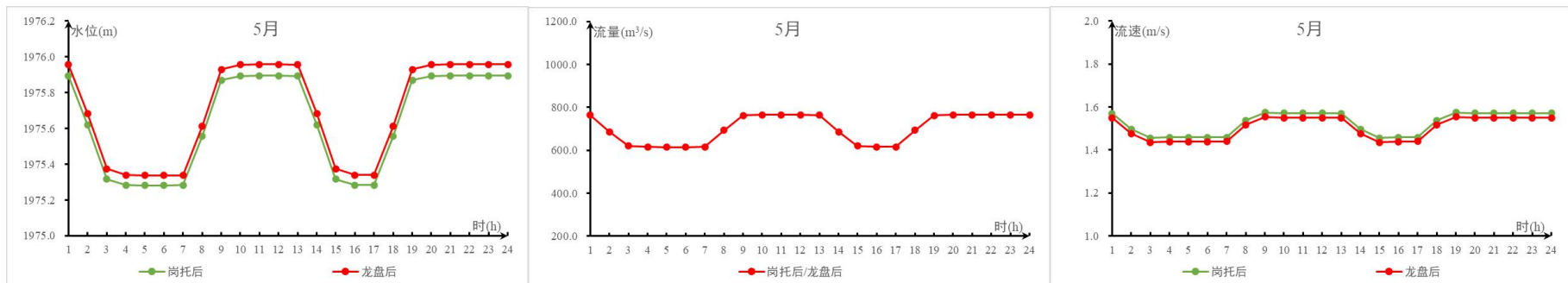


图 5.1.1-30 断面 II 龙盘运行前后枯水年 5 月工况水位、流量、流速过程对比图

③ 小结

奔子栏水电站建设运行后，相每年3月~9月期间控制出库流量变幅，能有效减小汛期下游河道水位日内变幅，相较于旭龙运行工况，枯水期(3月~4月)水位日变幅基本不变，平水期(5月)和丰水期水边变幅明显减小。坝下河道流速与天然流速接近。同时，岗托运行后，日内水位变幅不会发生明显变化，但受来水条件变化大影响，河道已难以维持天然水位和流速，应结合生态调度保证鱼类产卵期水文情势与天然接近或一致。

龙盘水电站运行后会明显影响奔子栏水电站坝下河道水文情势，冈曲汇口以下河段受影响明显，冈曲汇口以上分析断面根据龙盘水电站库区水位情况，部分月份不受其影响，其中奔子栏水文站所在断面仅9月典型日受影响明显，而冈曲河口断面全年受龙盘水电站影响，其中4月、5月和6月以顶托影响为主，影响相对较小，9月以淹没影响为主，影响较大。

5.1.1.3 对滇中引水工程影响分析

根据批复的滇中引水工程可行性研究报告，水源工程取水过程未计入上游梯级调蓄作用。结合金沙江干流来水条件和滇中地区不同设计水情条件下的区域水资源量状况，石鼓大同水源工程最大设计提水规模为 $135\text{m}^3/\text{s}$ ，且在保障下游生态用水的基础上取水。

根据流域梯级调度运行方式，综合考虑奔子栏水电站日内调峰及反调节运行影响，经计算，扣除奔子栏至石鼓区间生产生活用水后，不考虑水流坦化效应，奔子栏运行后各典型年滇中引水工程可取水量见表5.1.1-50和表5.1.1-51。经计算，岗托运行前，奔子栏运行后丰水年可引水量约为37.6亿 m^3 ，平水年可引水量约为31.5亿 m^3 ，枯水年可引水量约为35.9亿 m^3 ；岗托运行后上游梯级全部开发条件下，奔子栏运行后丰水年可引水量约为37.6亿 m^3 ，平水年可引水量约为31.9亿 m^3 ，枯水年可引水量约为36.0亿 m^3 。岗托运行前后，奔子栏运行情况下，滇中引水工程可引水量变化不大，典型年平均可引水量约为35.1亿 m^3 。

考虑每年3月检修，滇中引水工程丰、平、枯水年实际可引水量约为34.0亿 m^3 、28.3亿 m^3 和32.3亿 m^3 ，平均可引水量约为31.5亿 m^3 ；天然情况下丰、平、枯水年可引水量分别为35.3、34.2和33.5亿 m^3 ，平均可引水量为34.3亿 m^3 。因此奔子栏水电站运行后，不考虑水流坦化效应影响下，滇中引水工程可引水量有小幅降低，尤其是区间入流较小的平水年，整体可引水量也低于工程设计引水规模34.03亿 m^3 。

表 5.1.1-50 奔子栏运行后滇中引水可引水量计算表(岗托运行前、叶巴滩和拉哇已运行)

单位: m³/s

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	奔子栏 下泄	区间 汇入	滇中 引水	取水口 下泄	奔子栏 下泄	区间 汇入	滇中 引水	取水口 下泄	奔子栏 下泄	区间 汇入	滇中 引水	取水口 下泄
1	416	129	110	435	408	29	31	406	405	96	84	417
2	385	122	105	402	401	19	28	392	408	90	80	418
3	423	118	135	406	402	38	130	310	420	95	135	380
4	569	143	135	577	501	82	135	448	431	124	135	420
5	1199	274	135	1338	1056	91	135	1012	710	157	135	732
6	1988	141	135	1994	907	121	135	893	764	201	135	830
7	3310	311	135	3486	2582	278	135	2725	2594	441	135	2900
8	2802	331	135	2998	2393	374	135	2632	1777	461	135	2103
9	2986	361	135	3212	2320	278	135	2463	1236	491	135	1592
10	1896	641	135	2402	1389	191	135	1445	786	293	135	944
11	894	387	135	1146	754	92	135	711	525	177	135	567
12	537	210	135	612	466	41	58	449	424	118	119	423
年均	1457	265	131	1592	1138	137	111	1164	879	230	125	983

表 5.1.1-51 奔子栏运行后滇中引水可引水量计算表(岗托、叶巴滩、拉哇运行后)

单位: m³/s

月份	丰水年				平水年				枯水年			
	奔子栏 下泄	区间 汇入	滇中 引水	取水口 下泄	奔子栏 下泄	区间 汇入	取水口 引水	石鼓 下泄	奔子栏 下泄	区间 汇入	滇中 引水	取水口 下泄
1	678	129	112	695	589	29	37	581	584	96	87	593
2	635	122	107	651	608	19	34	593	580	90	83	588
3	612	118	135	595	599	38	128	509	596	95	135	556
4	616	143	135	624	616	82	135	563	632	124	135	621
5	1052	274	135	1191	909	91	135	865	680	157	135	702
6	1346	141	135	1352	1080	121	135	1066	808	201	135	874
7	3231	311	135	3407	1821	278	135	1964	1753	441	135	2059
8	2802	331	135	2998	2259	374	135	2498	1781	461	135	2107
9	2986	361	135	3212	2320	278	135	2463	1168	491	135	1524
10	1896	641	135	2402	1389	191	135	1445	794	293	135	952
11	894	387	135	1146	767	92	135	724	656	177	135	698
12	665	210	135	740	623	41	62	602	603	118	120	601
年均	1458	265	131	1592	1135	137	112	1160	890	230	126	994

实际情况下，滇中引水取水口距离奔子栏坝址约 210km，受沿程支流汇入及河流坦化作用影响，奔子栏坝址下泄的水流至滇中引水取水口后坦化效应明显，取水口所在金沙江干流断面最小流量已明显大于奔子栏下泄最小流量。

分别以枯水期可取水量最小的 2 月为例，经预测分析，考虑坦化后，石鼓水文站断面日内流量过程见表 5.1.1-52~表 5.1.1-53。

表 5.1.1-52 岗托前考虑坦化后滇中引水工程 2 月日内引水流量表 单位: m^3/s

时段	丰水年			平水年			枯水年		
	石鼓	滇中	取水口	石鼓	滇中	取水口	石鼓	滇中	取水口
	来水	引水	下泄	来水	引水	下泄	来水	引水	下泄
1	549	135	414	492	135	357	541	135	406
2	528	135	393	473	135	338	516	135	381
3	507	135	372	459	135	324	493	135	358
4	488	135	353	450	135	315	472	135	337
5	471	135	336	441	135	306	459	135	324
6	458	135	323	427	127	300	453	135	318
7	450	135	315	411	111	300	450	135	315
8	448	135	313	394	94	300	444	135	309
9	450	135	315	377	77	300	434	134	300
10	450	135	315	362	62	300	422	122	300
11	446	135	311	349	49	300	410	110	300
12	440	135	305	338	38	300	400	100	300
13	435	135	300	329	29	300	395	95	300
14	435	135	300	324	24	300	399	99	300
15	441	135	306	327	27	300	413	113	300
16	464	135	329	341	41	300	451	135	316
17	509	135	374	365	65	300	516	135	381
18	563	135	428	400	100	300	583	135	448
19	607	135	472	447	135	312	630	135	495
20	628	135	493	490	135	355	648	135	513
21	628	135	493	518	135	383	642	135	507
22	614	135	479	528	135	393	621	135	486
23	593	135	458	524	135	389	595	135	460
24	571	135	436	511	135	376	568	135	433
平均值	507	135	372	420	97	323	498	128	370

表 5.1.1-53 岗托后考虑坦化后滇中引水工程 2 月日内引水流量表 单位:m³/s

时段	丰水年			平水年			枯水年		
	石鼓	滇中	取水口	石鼓	滇中	取水口	石鼓	滇中	取水口
	来水	引水	下泄	来水	引水	下泄	来水	引水	下泄
1	726	135	591	643	135	508	667	135	532
2	651	135	516	583	135	448	609	135	474
3	597	135	462	534	135	399	563	135	428
4	556	135	421	496	135	361	526	135	391
5	523	135	388	472	135	337	495	135	360
6	496	135	361	457	135	322	473	135	338
7	475	135	340	443	135	308	460	135	325
8	460	135	325	426	126	300	454	135	319
9	451	135	316	408	108	300	449	135	314
10	450	135	315	390	90	300	440	135	305
11	456	135	321	374	74	300	431	131	300
12	472	135	337	364	64	300	426	126	300
13	534	135	399	368	68	300	442	135	307
14	672	135	537	418	118	300	518	135	383
15	841	135	706	550	135	415	658	135	523
16	1038	135	903	729	135	594	806	135	671
17	1179	135	1044	881	135	746	958	135	823
18	1248	135	1113	1014	135	879	1059	135	924
19	1255	135	1120	1063	135	928	1089	135	954
20	1205	135	1070	1041	135	906	1060	135	925
21	1123	135	988	976	135	841	993	135	858
22	1017	135	882	892	135	757	906	135	771
23	906	135	771	821	135	686	843	135	708
24	826	135	691	722	135	587	748	135	613
平均值	757	135	622	628	123	505	670	134	535

根据模型计算预测，考虑坦化影响前后，2 月滇中引水工程可水量变化见表 5.1.1-54。考虑坦化影响后，各典型年 2 月滇中引水工程可引水量由 0.68 亿 m³~2.58 亿 m³ 大幅增加至 2.35 亿 m³~3.27 亿 m³，在上游梯级的调蓄影响下甚至高于天然可引水量。

表 5.1.1-54 考虑坦化前后滇中引水工程 2 月可引水量对比表 单位:亿 m^3

项目		丰水年	平水年	枯水年
天然		3.27	1.52	1.28
岗托前	不考虑坦化	2.54	0.68	1.93
	考虑坦化	3.27	2.35	3.10
岗托后	不考虑坦化	2.58	0.82	2.00
	考虑坦化	3.27	2.98	3.24

综合上述分析可以推断，奔子栏水电站运行后，在上游梯级调蓄和下游河道坦化的共同影响下，不会对滇中引水工程取水量产生明显影响，总体上不影响滇中引水工程设计取水规模。下游龙盘水电站蓄水后，滇中引水工程从龙盘库区取水，取水量将不受上游来水影响。

5.1.1.4 对虎跳峡峡谷景观影响分析

金沙江虎跳峡峡谷河段位于云南省丽江市和迪庆州交界处，峡谷左岸为迪庆州香格里拉市，右岸为丽江市玉龙县；地处横断山脉地带，形状呈南北向狭长带状，河谷深切，两岸高山海拔高程一般为 4000m~5000m，与江面高差一般为 1000m~1500m；大峡谷长约 20km，天然落差 210m，平均坡降 10.5‰，是金沙江干流短距离落差最集中的河段。

a) 虎跳石不同来流量景观效果

根据《金沙江上游奔子栏水电站对虎跳峡景观影响及对策措施研究专题报告》，专题通过为不同人群佩戴生理仪和眼动追踪仪，在提供不同流量场景下虎跳石场景照片时，监测脑电与心率，记录眼球移动轨迹、聚焦位置和时长，得出最受欢迎的三个“视觉感受愉悦水量区间”，即适宜流量区间：

(1) 低水量区间为 400~750 m^3/s ，该水量区间的场景细腻、静谧，带来舒缓但专注的视觉体验；

(2) 中水量区间为 1750~2600 m^3/s ，该水量区间展现出激流与景观要素的动态平衡，充满层次感和活力；

(3) 高水量区间为 3650~4150 m^3/s ，该水量区间展现震撼的视觉冲击力，同时也保留了较高的心理舒适度。

根据研究结论，当流量小于 400 m^3/s 时，景观特征为水流量过小，视觉主体缺失，场景显得空洞且缺乏吸引力；当流量处于 750~1750 m^3/s 时，景观效果表现为水量偏低，水流的动态感和视觉冲击力有限，整体场景显得平淡且乏味；当水量达到

2600~3650m³/s 时,场景中水流的湍急程度显著提升,带来了较强的、视觉刺激;然而随水量进一步增加,观景体验逐渐进入审美疲劳阶段;当流量大于 4150m³/s 后,湍急的水流、大量的浪花和水汽,以及伴随的强烈轰鸣声形成了极为强烈的视觉与听觉刺激。



图 5.1.1-31 不同流量下虎跳石景观实景拍摄图

b) 奔子栏运行影响分析

奔子栏建设运行后,因发电调峰需要,发电低谷时段发电流量会可能减小至生

态流量大小，高峰时段尽可能增加下泄流量以提高发电效益。根据奔子栏生态调度方案和日内调度过程，3月~9月奔子栏水电站日内反调节运行，日内流量变幅明显减小，且丰水期日内下泄流量较大，景观流量能得到有效保障，因此重点分析平、枯水期虎跳石流量受奔子栏建设运行影响。

根据计算，金沙江奔子栏至虎跳石河段流程约为258km，奔子栏下泄水流流至虎跳石断面历时约为26~28h，峰值流量越大，到达时间越短，虎跳石断面日内流量峰谷时段与奔子栏下泄流量基本一致。按照设计调度方案，平、枯水期奔子栏水电站优先晚间发电，白天维持较低流量，会导致虎跳石断面日间流量偏低，影响峡谷景观。

奔子栏水电站坝址至虎跳石断面区间，有冈曲、支巴洛河、腊普河、硕多岗河等支流汇入，水流经过石鼓后在长江第一湾处水面陡然变宽，水流的坦化效应明显，能在很大程度上减缓奔子栏水电站日内调峰的影响。

奔子栏建设运行后，因发电调峰需要，发电低谷时段发电流量会可能减小至生态流量大小，高峰时段尽可能增加下泄流量以提高发电效益。根据奔子栏生态调度方案和日内调度过程，3月~9月奔子栏水电站日内反调节运行，日内流量变幅明显减小，且丰水期日内下泄流量较大，景观流量能得到有效保障，因此重点分析平、枯水期虎跳石流量受奔子栏建设运行影响。

根据计算，金沙江奔子栏至虎跳石河段流程约为258km，奔子栏下泄水流流至虎跳石断面历时约为26~28h，峰值流量越大，到达时间越短，虎跳石断面日内流量峰谷时段与奔子栏下泄流量基本一致。按照设计调度方案，平、枯水期奔子栏水电站优先晚间发电，白天维持较低流量，会导致虎跳石断面日间流量偏低，影响峡谷景观。

奔子栏水电站坝址至虎跳石断面区间，有冈曲、支巴洛河、腊普河、硕多岗河等支流汇入，水流经过石鼓后在长江第一湾处水面陡然变宽，水流的坦化效应明显，能在很大程度上减缓奔子栏水电站日内调峰的影响。

图5.1.1-32~5.1.1-35为金沙江上游叶巴滩、拉哇和旭龙运行影响下，奔子栏和岗托运行前后2月、5月典型日虎跳石断面的流量过程。

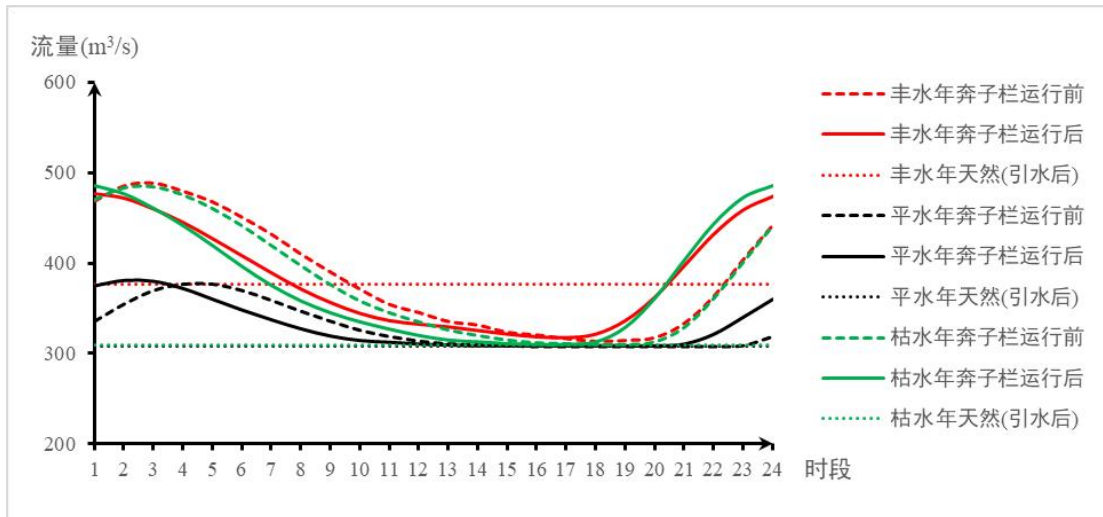


图 5.1.1-32 岗托前 2 月典型日工况虎跳石断面日内流量过程

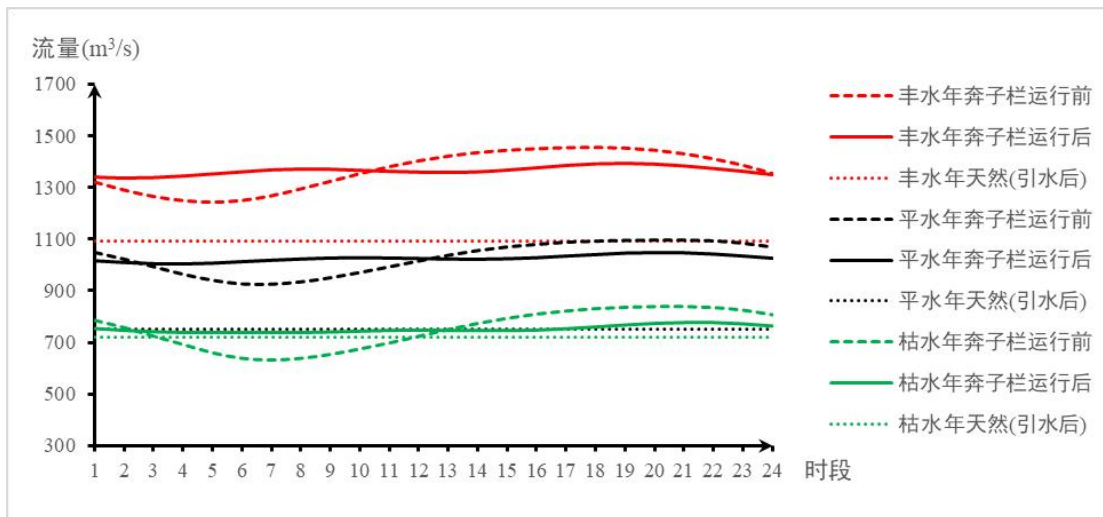


图 5.1.1-33 岗托前 5 月典型日工况虎跳石断面日内流量过程

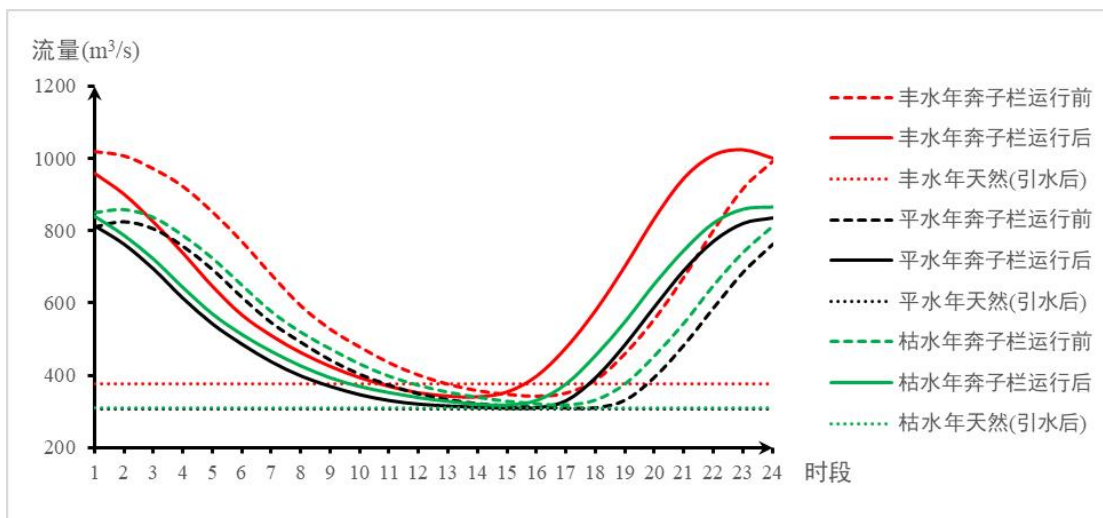


图 5.1.1-34 岗托后 2 月典型日工况虎跳石断面日内流量过程

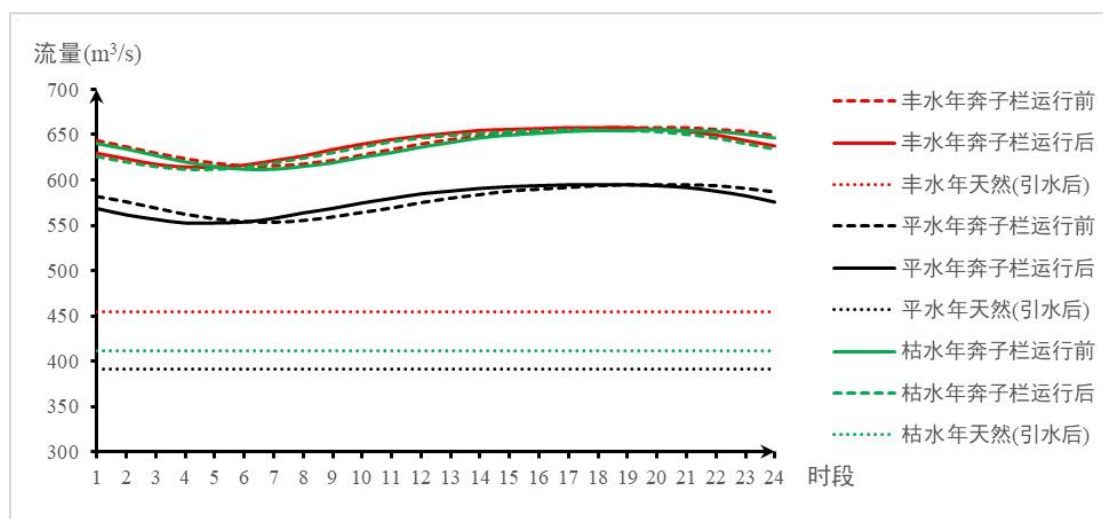


图 5.1.1-35 岗托后 5 月典型日工况虎跳石断面日内流量过程

不同典型年岗托运行前后虎跳石断面日内和白天(8 时~18 时)最大流量、最小流量及天然流量见表 5.1.1-55。

(1) 岗托水电站运行前

岗托水电站运行前，虎跳石断面日均来水量除受上游滇中引水工程、龙蟠提水工程等取水影响，还受上游叶巴滩水电站和拉哇水电站季调节运行影响。奔子栏下游枯水期和平水期来水量增加，丰水期来水量减小，各典型年 2 月~5 月增幅最明显，6 月降幅最明显。日内流量主要受上游末级水电站日内调峰影响。

2 月典型日工况下，奔子栏水电站按完全调峰运行，考虑滇中引水等工程取水影响后，天然径流条件下，各典型年虎跳石断面流量均小于 $400\text{m}^3/\text{s}$ 。受上游叶巴滩水电站和拉哇水电站调蓄影响和旭龙水电站日内调峰影响，奔子栏水电站运行前，虎跳石断面各典型年白天最小流量约为 $308\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量约为 $410\text{m}^3/\text{s}$ 。奔子栏水电站运行后，相较于奔子栏运行前，白天最小流量基本不变，最大流量略有降，各典型年白天最小流量约为 $308\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量约为 $371\text{m}^3/\text{s}$ ，与各典型年天然工况下的流量范围 $308\text{m}^3\sim377\text{m}^3/\text{s}$ 基本一致。

4 月典型日工况下，奔子栏水电站控制下泄流量日内变幅，受上游梯级调蓄影响断面来水量增加。奔子栏水电站运行前，虎跳石断面各典型年白天最小流量约为 $414\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量约为 $610\text{m}^3/\text{s}$ 。奔子栏水电站运行后虎跳石断面流量范围基本不变，虎跳石断面白天最小流量 $415\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量 $611\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型日白天流量均大于天然工况流量；相较天然工况下，各典型年白天流量增幅为 $1.0\%\sim34.3\%$ ，丰水年增幅最大，枯水年增幅最小。

5月典型日工况下，奔子栏水电站控制下泄流量日内变幅，受上游梯级调蓄影响断面来水量增加。奔子栏水电站运行前，虎跳石断面各典型年白天最小流量约为 $638\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量约为 $1454\text{m}^3/\text{s}$ 。奔子栏水电站运行后，虎跳石断面白天最小流量增加至 $738\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量降低至 $1391\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型日白天流量均大于天然工况流量；相较天然工况下，各典型年白天流量增幅为 $2.2\%\sim 38.2\%$ ，平水年增幅最大，枯水年增幅最小。

6月典型日工况下，奔子栏水电站控制下泄流量日内变幅，受上游梯级调蓄影响断面来水量减小。奔子栏水电站运行前，虎跳石断面各典型年白天最小流量约为 $751\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量约为 $2002\text{m}^3/\text{s}$ 。奔子栏水电站运行后，虎跳石断面白天最小流量增加至 $854\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量仍为 $2002\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型日白天流量均小于天然工况流量；相较天然工况下，各典型年白天流量降幅为 $20.8\%\sim 28.6\%$ ，枯水年降幅最大，丰水年降幅最小。

9月典型日工况下，除枯水年外，奔子栏水电站基本不调峰，奔子栏水电站运行前后，相较天然工况下，虎跳石断面流量小幅变化，变幅未超过 10% ，基本不会影响其景观效果。

(2) 岗托水电站运行后

岗托水电站运行后，虎跳石断面日均来水量受岗托年调节运行影响，年内径流分配进一步均化。对比岗托运行前，枯水期和平水期来水量进一步增加，丰水期来水量进一步减小，各典型年11月~次年5月增幅最明显，6月~7月降幅最明显。日内流量主要受上游末级水电站日内调峰影响。

岗托运行工况下，奔子栏水电站运行前后变化情况与岗托运行前基本一致，各典型年各月虎跳石断面白天流量范围基本不变，其中变化最大的工况为平水年2月典型日工况白天最大流量，由 $491\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $399\text{m}^3/\text{s}$ ，降幅约为 18.7% ，其次为枯水年5月白天最小流量由 $604\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $715\text{m}^3/\text{s}$ 。

2月典型日工况下，奔子栏水电站运行后，虎跳石断面各典型年白天最小流量约为 $310\text{m}^3/\text{s}$ ，与岗托运行前基本一致，但白天最大流量增加至 $582\text{m}^3/\text{s}$ ，除丰水年白天最小流量略低于天然工况流量外，各典型年白天流量已大于天然工况下流量，增幅最大可达 54.4% 。

4月典型日工况下，来水量进一步增加影响，相较岗托水电站运行前，虎跳石

断面白天最小流量由 $415\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $564\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量由 $611\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $658\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型日白天流量均大于天然工况流量。相较天然工况下，各典型年白天流量增幅为 $37.8\%\sim 59.4\%$ ，枯水年增幅最大，丰水年增幅最小。

5 月典型日工况下，岗托水电站运行后虎跳石断面流量增幅减小，相较岗托水电站运行前，白天最小流量由 $738\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $715\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量由 $1391\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $1236\text{m}^3/\text{s}$ ，除枯水年白天最小流量略低于天然工况流量外，各典型日白天流量仍大于天然工况流量。相较天然工况下，各典型年白天流量增幅为 $0.8\%\sim 17.8\%$ ，平水年增幅最大，枯水年增幅最小。

6 月典型日工况下，岗托水电站运行后虎跳石断面流量来水量呈现丰水年降低、枯水年增加趋势，相较岗托水电站运行前，平水年和枯水流量降幅减缓，丰水年流量降幅增大，白天最小流量由 $854\text{m}^3/\text{s}$ 增加至 $885\text{m}^3/\text{s}$ ，最大流量由 $2002\text{m}^3/\text{s}$ 降低至 $1387\text{m}^3/\text{s}$ ，各典型日白天流量均小于天然工况流量。相较天然工况下，各典型年白天流量降幅为 $12.0\%\sim 46.5\%$ ，丰水年降幅最大，平水年降幅最小。

9 月典型日工况下，除枯水年外，奔子栏水电站基本不调峰，受上游梯级调蓄影响，相较天然工况下，虎跳石断面流量小幅变化，变幅未超过 5% ，基本不会影响其景观效果。

表 5.1.1-55 各典型日工况奔子栏运行后虎跳石断面特征流量统计表

单位: m³/s

项目			丰水年					平水年					枯水年				
			天然工 况	岗托前工况		岗托后工况		天然工 况	岗托前工况		岗托后工况		天然工 况	岗托前工况		岗托后工况	
				奔子栏 运行前	奔子栏 运行后	奔子栏 运行前	奔子栏 运行后		奔子栏 运行前	奔子栏 运行后	奔子栏 运行前	奔子栏 运行后		奔子栏 运行前	奔子栏 运行后		
2 月	日内	最小	377	313	317	341	342	308	308	308	310	310	309	310	310	318	318
		最大		489	477	1019	1025		377	381	824	837		484	485	859	867
	白天	最小		313	317	341	342		308	308	310	310		310	310	318	318
		最大		410	371	591	582		347	327	491	399		397	358	519	456
4 月	日内	最小	455	569	569	616	615	391	439	439	553	553	411	414	415	612	612
		最大		611	611	658	658		480	480	595	595		454	452	655	655
	白天	最小		571	579	618	627		439	442	555	564		414	415	615	624
		最大		610	611	657	658		477	479	594	595		445	450	654	655
5 月	日内	最小	1092	1241	1336	1118	1201	753	925	1003	758	856	722	631	738	599	699
		最大		1454	1393	1301	1241		1094	1049	964	903		837	775	808	735
	白天	最小		1293	1358	1129	1210		934	1022	768	871		638	738	604	715
		最大		1454	1391	1299	1236		1090	1041	960	887		829	759	800	728
6 月	日内	最小	2529	2002	2002	1234	1332	1283	828	920	1021	1100	1191	750	841	788	885
		最大		2002	2002	1449	1388		1029	970	1201	1134		950	887	994	932
	白天	最小		2002	2002	1299	1353		835	939	1027	1113		751	854	796	895
		最大		2002	2002	1449	1387		1025	960	1198	1129		944	871	989	917
9 月	日内	最小	3324	3315	3315	3315	3315	2562	2546	2546	2546	2546	1702	1537	1682	1475	1610
		最大		3315	3315	3315	3315		2546	2546	2546	2546		1825	1731	1748	1665
	白天	最小		3315	3315	3315	3315		2546	2546	2546	2546		1647	1702	1565	1631
		最大		3315	3315	3315	3315		2546	2546	2546	2546		1825	1730	1748	1665

综上，在采用景观流量保障措施后，虎跳石断面流量受奔子栏影响较小，主要受奔子栏上游岗托水电站、叶巴滩水电站、拉哇水电站调峰影响和滇中引水工程取水影响。相较天然工况，枯水期虎跳石断面流量增加，虎跳石断面 6 月流量降低，奔子栏水电站不会在旭龙水电站的影响基础上进一步产生明显不利影响。

5.1.1.5 泥沙情势影响

天然情况下，奔子栏水电站坝址多年平均悬移质输沙率为 731kg/s ，多年平均悬移质输沙量为 2300 万 t，多年平均悬移质含沙量为 0.63kg/m^3 ，推移质输沙量推悬比取 5% 计算，多年平均推移质输沙量为 115 万 t，坝址多年平均输沙量为 2415 万 t。

由于水流变缓，在上游梯级建成以前，奔子栏水库可能产生一定程度的泥沙淤积问题。但因金沙江上游河水天然含沙量较低，其影响程度不大，通过定期排沙，不会对水库水位造成明显影响。考虑上游叶巴滩、拉哇、旭龙等拦沙作用后，入库泥沙进一步减少。根据目前的建设时序及相关设计成果，叶巴滩、拉哇将先于奔子栏建成，旭龙与奔子栏基本同期建成，岗托则相对较晚。偏保守考虑，本次库区泥沙计算按无岗托工况进行。

奔子栏入库泥沙为旭龙出库加旭龙~奔子栏区间入库组成。旭龙出库泥沙根据旭龙水电站可研阶段成果，旭龙坝址悬移质年均输沙量 1890 万 t，上游叶巴滩等梯级建成后，旭龙入库沙量按天然情况的 35% 考虑，即 661.5 万 t；旭龙出库排沙比为 71.43%~75.76%，考虑水库拦蓄后泥沙细化，本次计算取 80%，则旭龙年均出库沙量为 529.2 万 t。旭龙~奔子栏区间多年平均悬移质输沙量为 410 万 t，因此，考虑上游梯级水库拦沙后，奔子栏年均入库悬移质沙量为 939.2 万 t，相应含沙量为 0.257kg/m^3 。推悬比取 5%。旭龙坝址以上推移质考虑全部被拦截，旭龙~奔子栏区间悬移质年均输沙量为 410 万 t，则区间推移质年均输沙量为 20.5 万 t。

在上游梯级水库建成以后，进入水库的水体含沙率较现状大为降低。根据水库泥沙淤积计算成果，奔子栏库区泥沙淤积 50 年、100 年的淤积量分别为 6507 万 t、12916 万 t，调节库容淤损率分别为 2.45%、5.01%，模拟计算进出水口附近淤沙高程分别为 2009.88m、2013.05m，偏保守考虑泥沙平铺，坝前淤沙高程分别为 2053.70m、2065.30m。

苏洼龙水电站 2021 年 9 月蓄水，2022 年 11 月机组全部投产发电。根据 2006 年~2022 年直门达水文站、巴塘水文站和石鼓水文站泥沙统计资料，蓄水前石鼓水

文站，苏洼龙水电站蓄水前，石鼓水文站多年平均输沙量和输沙模数均明显大于上游直门达水文和巴塘水文站，苏洼龙水电站蓄水当年，石鼓水文站多年平均输沙量与巴塘水文站相当，平均输沙模型明显降低，苏洼龙水电站蓄水运行后石鼓水文站多年平均输沙量大幅降低，约为 22%，而同期直门达水文站和巴塘水文站多年平均输沙量约为 2006~2020 年均值的 50%以上，石鼓水文站 2022 年平均输沙量和输沙模数已明显低于上游水文站。类比金沙江上游已经运行的苏洼龙水电站，奔子栏下泄水的含沙量也会明显降低。经预计，奔子栏水电站运行 10 年、50 年和 100 年经水库拦沙以后，年均出库沙量分别为 8282 万 t、41478 万 t 和 83054 万 t，清水下泄对河岸形成冲刷，可能对河岸稳定性产生影响。

表 5.1.1-56 苏洼龙蓄水前后输沙量变化情况统计表

时段	直门达水文站		巴塘水文站		石鼓水文站	
	平均输沙模数 t/(km ² ·a)	多年平均输沙量 万 t	平均输沙模数 t/(km ² ·a)	多年平均输沙量 万 t	平均输沙模数 t/(km ² ·a)	多年平均输沙量 万 t
苏洼龙蓄水前 (2006-2020 年均)	83.5	1150	119	2148	141	3128
苏洼龙蓄水当年 (2021 年)	98.0	1350	112	2010	99.9	2140
苏洼龙蓄水后 (2022 年)	56.6	779	68.5	1230	32.4	693

5.1.2 水温影响

5.1.2.1 水库水温结构判别

采用库水交换系数法(参数 α - β 判别法)对水温结构进行判别，当 $\alpha \leq 10$ 时水温结构为稳定分层型，水温分层的典型结构自上而下为表温层、温跃层和滞温层；当 $\alpha \geq 20$ 时为混合型，一年中任何时间库内水温分布都比较均匀，垂向水温梯度很小； $10 < \alpha < 20$ 时为过渡型(不稳定分层型)，兼有上述两种类型水温分布特征。对于分层型水库，如果遇到 $\beta > 1$ 的洪水，水温结构被扰动较大，成为临时性的混合型；当 $\beta < 0.5$ 时，洪水对水库水温的分布结构影响不大，水库仍然为稳定分层，当 $0.5 \leq \beta \leq 1$ 时，水温结构介于两者之间。

奔子栏水库正常蓄水位 2148.00 m 时，相应库容为 13.2 亿 m³，，水库总库容为 13.89 亿 m³，多年平均流量为 1160 m³/s，折合径流量为 365.8 亿 m³，算得 α 值为 26.3，大于 20；但因 α 值与 20 接近，且水库狭长，坝前水深达 130~150m，坝址上游 25km 处水深仍有 80m 左右，且上游水文、气候条件类似的旭龙水电站水库经

模型计算表明 3~8 月下泄水水温低于天然水温，初步判断奔子栏水库为过渡型水温结构。

5.1.2.2 水温预测数学模型

选用宽度平均立面二维水动力学水温模型对库区水库水温全年变化过程进行模拟分析。该模型假设库区水体各属性横向均匀，即横向上流速、温度及各水质组分浓度的变化可忽略不计。适用于河道型水库，广泛应用于水库、湖泊、河流等水体的水动力学、水质研究，包括水位、流速、温度、水质以及冰盖的计算。

方程基于以下假定：

- a. 流体为不可压缩流体；
- b. 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。

连续方程

$$\frac{\partial UB}{\partial x} + \frac{\partial WB}{\partial z} = qB \quad (5.1-1)$$

动量方程

x 向：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial UB}{\partial t} + \frac{\partial UUB}{\partial x} + \frac{\partial WUB}{\partial z} \\ & = gB \sin \alpha + g \cos \alpha B \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{g \cos \alpha B}{\rho} \int_{\eta}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B \tau_{xz}}{\partial z} + qB U_x \end{aligned} \quad (5.1-2)$$

式中， $B(\text{m})$ 为水体宽度； $U(\text{m/s})$ 为纵向流速； $U_x(\text{m/s})$ 为汇入的支流流速； $W(\text{m/s})$ 为垂向流速； $q(1/\text{s})$ 为侧向单位体积净入库流量； $\eta(\text{m})$ 为水位； $\alpha(\text{rad})$ 为河道倾角； $\rho(\text{kg/m}^3)$ 为水体密度； $\tau_{xx}(\text{N/m}^2)$ 为控制体在 x 面 x 向的湍流剪应力； U_x 为支流流速的 x 分量； $\tau_{xz}(\text{N/m}^2)$ 为控制体在 z 面 x 向的湍流剪应力，由下式计算：

$$\frac{\tau_{xz}}{\rho} = A_z \frac{\partial U}{\partial z} \quad (5.1-3)$$

式中， $A_z(\text{m}^2/\text{s})$ 为垂向涡黏系数，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：

$$\begin{cases} v_t = \kappa \left(\frac{l_m^2}{2} \right) \sqrt{\left(\frac{\partial U}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-2kz} + \tau_{ytributary}}{\rho v_t} \right)^2} e^{(-CR_i)} \\ l_m = H \left[0.14 - 0.08 \left(1 - \frac{z}{H} \right)^2 - 0.06 \left(1 - \frac{z}{H} \right)^4 \right] \end{cases} \quad (5.1-4)$$

式中： v_t (m²/s)为垂向涡粘系数； l_m (m)为混合长度； κ 为范卡门常数； u_* (m/s)为剪力速度； τ_{wy} (N/m²)为因风而产生的横向剪应力； k 为波数； $\tau_{ytributary}$ (N/m²)为因支流入流而产生的横向剪应力； Δz_{\max} (m)为垂向网格间距的最大值。 ν (m²/s)为分子粘度； C 为常数； R_i 为 Richardson number，动能与势能之比。

该宽度平均立面二维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，这种假定对于有明显垂向加速度的流动不适用，如强降温导致的垂向对流等模拟不准确。

z 向：

$$0 = g \cos \alpha - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} \quad (5.1-5)$$

状态方程

$$\rho = f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{ss}) \quad (5.1-6)$$

自由水面方程

$$B_\eta \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_\eta^h U B dz - \int_\eta^h q B dz \quad (5.1-7)$$

热输运方程

$$\frac{\partial B\Phi}{\partial t} + \frac{\partial UB\Phi}{\partial x} + \frac{\partial WB\Phi}{\partial z} - \frac{\partial \left(BD_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)}{\partial x} - \frac{\partial \left(BD_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right)}{\partial z} = q_\Phi B + S_\Phi B \quad (5.1-8)$$

式中， $f(T_w, \Phi_{TDS}, \Phi_{ss})$ 为密度函数，为水温、盐度、悬浮物浓度的函数。 B_η (m)为水面宽度； D_x (m²/s)为纵向离散系数； D_z (m²/s)为垂向离散系数； q_Φ (J/m³/s(mg/L/s))为单元控制体侧向热量(水质)出入流的速率； S_Φ (J/m³/s(mg/L/s))为源汇项，主要考虑了水面热交换和河床热交换两个部分。

a. 水面热交换

水面热交换主要由辐射、蒸发和传导三部分组成，由下式表达：

$$H_n = H_s + H_a + H_e + H_c - (H_{sr} + H_{ar} + H_{br}) \quad (5.1-9)$$

式中， H_n 为通过水体表面的热交换净热量， 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 为蒸发热损失， W/m^2 ； H_c 为热传导通量， W/m^2 ； H_{sr} 为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 。

b. 河床热交换

相对于水面热交换，河床热交换比较小，许多模型不考虑河床热交换。调查表明，要精确模拟水库下层滞水带水温必须要考虑河床热交换。河床热交换公式和水面热交换公式类似：

$$H_{bw} = -K_{bw}(T_w - T_b) \quad (5.1-10)$$

式中： H_{bw} 为河床和水体之间的热交换通量， W/m^2 ； K_{bw} 为热交换系数， $\text{Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$ ，取 $0.3\text{Wm}^{-2}\text{C}^{-1}$ ； T_w 为水温， $^{\circ}\text{C}$ ； T_b 为泥沙温度， $^{\circ}\text{C}$ ，一般取年平均气温。

5.1.2.3 水温预测工况

采用宽度平均的立面二维水动力水温模型，分别模拟计算岗托水电站投运前、后奔子栏水电站丰水年、平水年、枯水年三个典型年无措施工况、前置挡墙工况、隔水幕墙工况的库区水温结构及下泄水温变化过程。

考虑不同情景/工况下梯级电站的累积叠加效应，奔子栏水库入库水温考虑岗托、波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙等 8 个水库联合运行工况。对于分层型和过渡型水库，均按有分层取水设施进行计算，其中：波罗、叶巴滩、拉哇、旭龙按项目环评批复的分层取水设施方案计算，岗托按初拟的叠梁门方案计算。

采用纵向一维模型对奔子栏下泄水温及沿程恢复情况进行预测。

表 5.1.2-1 奔子栏水电站水温预测工况情况表

联合调度	工况	典型年	备 注
岗托投运前	工况 A1	丰水年	-
	工况 A2	丰水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4) 拦河式隔水幕墙，过流高度 15m
	工况 A3	平水年	-

表 5.1.2-1(续)

联合调度	工况	典型年	备 注
岗托投运前	工况 A4	平水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4)拦河式隔水幕墙，过流高度 15m
	工况 A5	枯水年	-
	工况 A6	枯水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4)拦河式隔水幕墙，过流高度 15m
岗托投运后	工况 B1	丰水年	-
	工况 B2	丰水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4)拦河式隔水幕墙，过流高度 15m
	工况 B3	平水年	-
	工况 B4	平水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4)拦河式隔水幕墙，过流高度 15m
	工况 B5	枯水年	-
	工况 B6	枯水年	1) 传统型前置挡墙，挡水高程 2119.5m 2) 改进型前置挡墙，挡水高程 2123.5m 3) 拦河式隔水幕墙，过流高度 10m 4)拦河式隔水幕墙，过流高度 15m

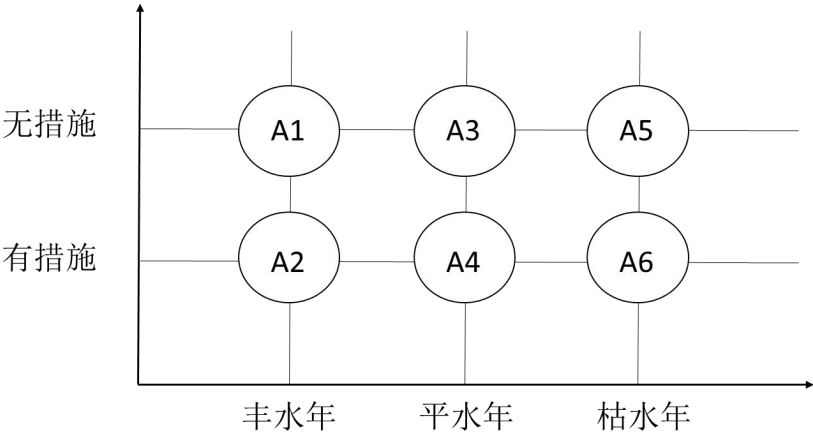


图 5.1.2-1 岗托投运前水温预测工况

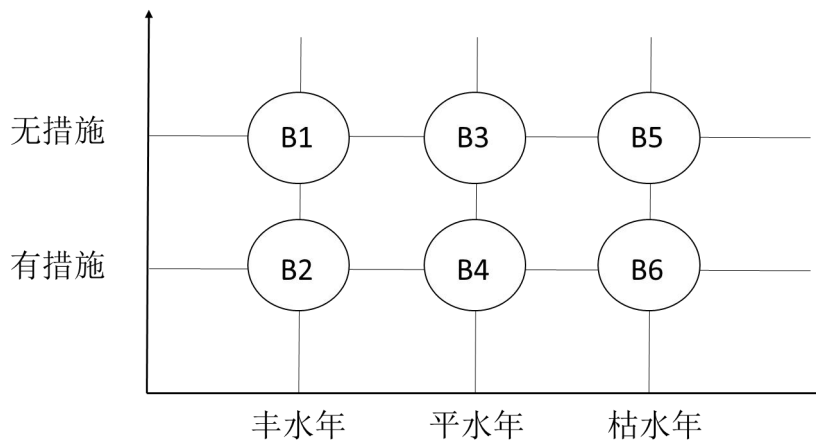


图 5.1.2-2 岗托投运后水温预测工况

5.1.2.4 网格划分

奔子栏库区正常蓄水位为 2148.00m，其水动力水温模型的纵向网格划分为 90 个，平均长度 1000m；垂向网格划分为 77 个，高度 2m。库区网格划分示意图如下所示。

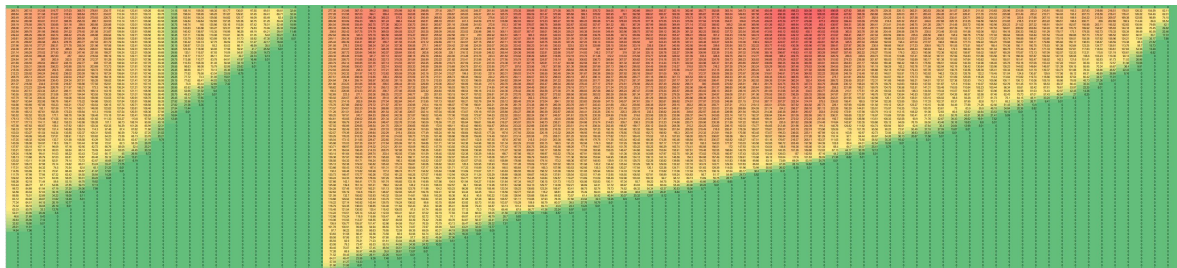


图 5.1.2-3 奔子栏电站库区网格划分示意图

5.1.2.5 模型率定与验证

a) 模型率定

为了论证宽度平均立面二维水温模型对奔子栏水电站的适用性及计算结果的合理性，本项目收集了同属金沙江流域的向家坝水电站库区涉水温相关资料。奔子栏水电站位于金沙江上游，向家坝水电站位于金沙江下游，两电站坝址相距约 1350km。向家坝水电站位于金沙江下游峡谷出口处，上距溪洛渡水电站 157km，下距宜宾市区 33km，为堤坝式开发，挡水建筑物为混凝土重力坝，坝顶高程 384m，最大坝高 162m，装机容量 6400MW，多年平均年发电量 307.41 亿 kW·h；水库正常蓄水位 380m，防洪限制水位 370m，死水位 370m，总库容 51.63 亿 m³，调节库容 9.03 亿 m³，防洪库容 9.03 亿 m³，具有季调节性能。

奔子栏水电站年库水替换次数(α 值)为 26.3，向家坝水电站年库水替换次数(α 值)为 29.0，向家坝水电站在地理区域位置及水库涉水温参数等方面与奔子栏水电站具

有较强的相似性，且两个水库体态相近，因此以向家坝水电站实测资料来论证奔子栏水电站水温模拟结果的合理性，具体相关参数对比见下表。

表 5.1.2-2 奔子栏与向家坝水电站涉水温工程特性参数对比

水库	奔子栏	向家坝
所在河流	金沙江	金沙江
气候区	亚热带干旱河谷气候	亚热带湿润季风气候
降水量/mm	363	1011
年均气温/°C	14.6	17.1
坝址水温变化范围/°C	3.6~16.6	12.6~23.0
正常蓄水位/m	2148	380
死水位/m	2138	370
正常蓄水位库容/亿 m ³	13.2	49.77
调节库容/亿 m ³	2.46	9.03
坝址流量/m ³ /s	1160	4570
坝址径流量(亿 m ³)	365.8	1440.0
年库水替换次数(α 值)	26.3	29.0
调节系数		
调节性能	日调节	季调节
进水口底板高程/m	2108.5	左岸 342/右岸 321.5
进水口距离库底/m	110.9	92/71.5
进水口距离正常水位/m	39.5	38/58.5
正常水位时水深/m	150.4	130
回水长度/km	62.29	156
平均比降/‰	2.41	0.83
平均水面宽/m	419.6	610.9
平均水深/m	51.7	52.4
水温结构	呈现季节性分层特征的过渡型	季节性分层

经过向家坝水电站参数率定调整，对向家坝水电站坝前垂向水温模拟值以及实测值进行对比，能够较好的拟合，如下图所示。

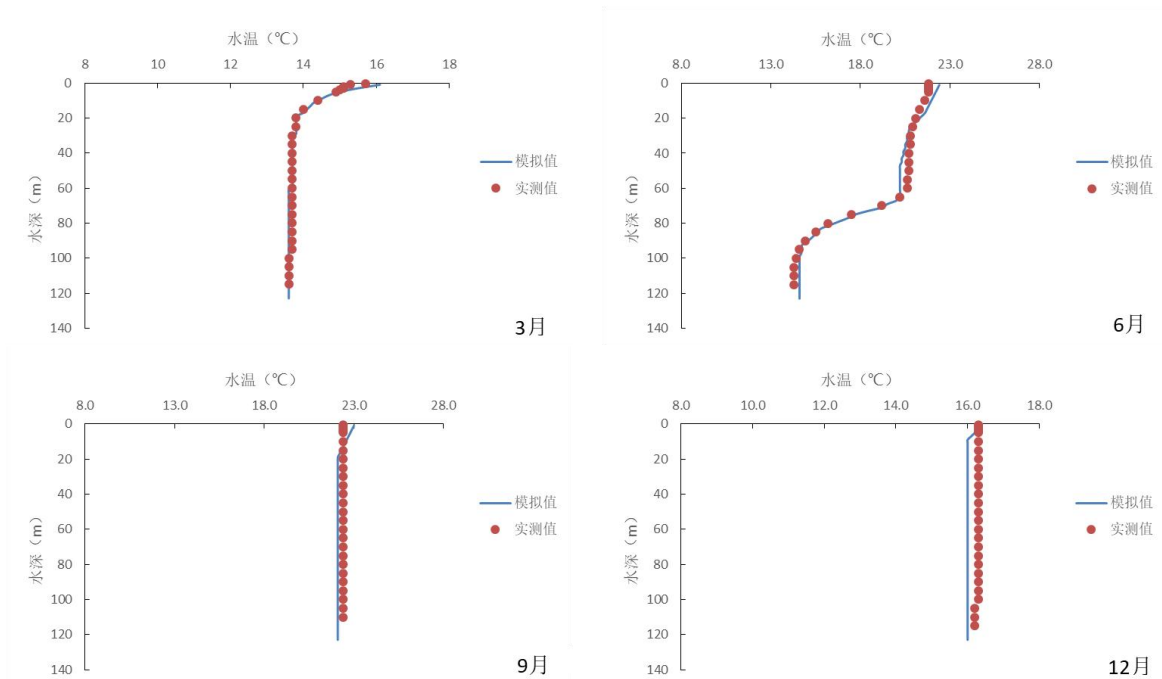


图 5.1.2-4 向家坝水电站典型月坝前垂向水温模拟与实测值对比

5.1.2.6 模型参数

模型主要参数设定情况见表 5.1.2-3，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。

考虑到库区及坝址所处位置及周边环境，分别选取 0.6 和 0.9 作为风遮蔽系数和光遮蔽系数，其余参数则选用推荐值。

表 5.1.2-3 模型参数表

系数	变量名	模型参数推荐值	本次计算取值
垂向涡粘系数	A_z	公式计算	TKE 公式
纵向涡粘系数	A_x	1m ² /s	1m ² /s
纵向扩散系数	D_x	1m ² /s	1m ² /s
谢齐系数	C	70m ² /s	70m ² /s
粗糙高度	z_0	0.001m	0.001m
表面太阳辐射吸收系数	β	0.45	0.45
纯水中太阳辐射衰减系数	λ	0.45/m	0.45/m
河床热交换系数	K_{sw}	0.3W/(m ² ·°C)	0.3W/(m ² ·°C)
风遮蔽系数	WSC	0.0~2.0	0.6
光遮蔽系数	$Shade$	0.0-1.0	0.9

5.1.2.7 计算边界条件

影响水库水温分布的气象资料主要包括太阳辐射、气温、风速、湿度等。采用 2015~2019 年奔子栏电站专用气象站的气温、相对湿度监测数据；得荣县 1999~2018 年的太阳辐射、风速、云量等监测数据作为奔子栏水电站水温模型气象计算边界条件。奔子栏水电站水文计算边界条件采用水文年 1989 年作为典型丰水年，水文年 1975 年作为典型平水年，水文年 1984 年作为典型枯水年，分别计算岗托前联合运行和岗托后联合运行工况。

奔子栏电站上游所处的金沙江流域分布有旭龙水电站(上游约 60km)，将《金上规划调整环评》中预测计算得到的旭龙水电站下泄逐日水温叠加区间汇流作为奔子栏水电站的入库水温。

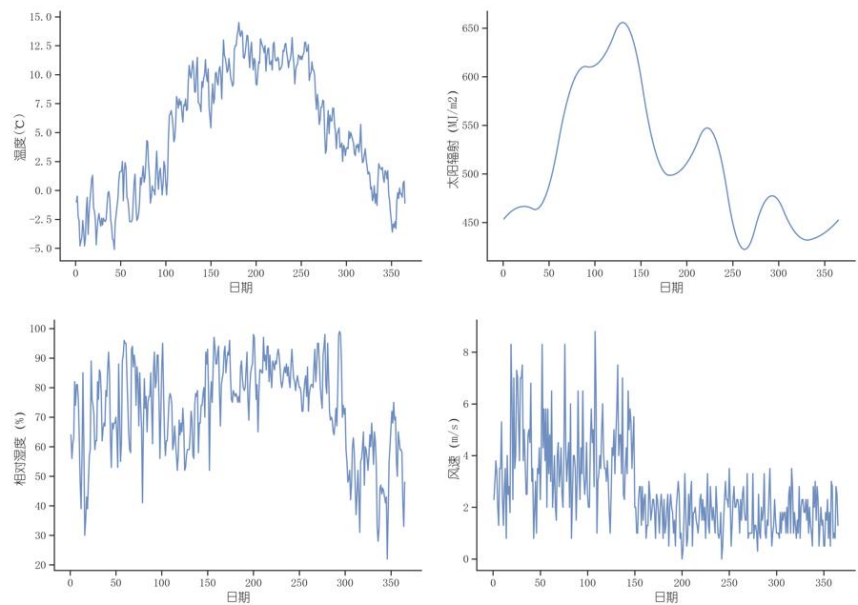


图 5.1.2-5 奔子栏多年日均气象数据

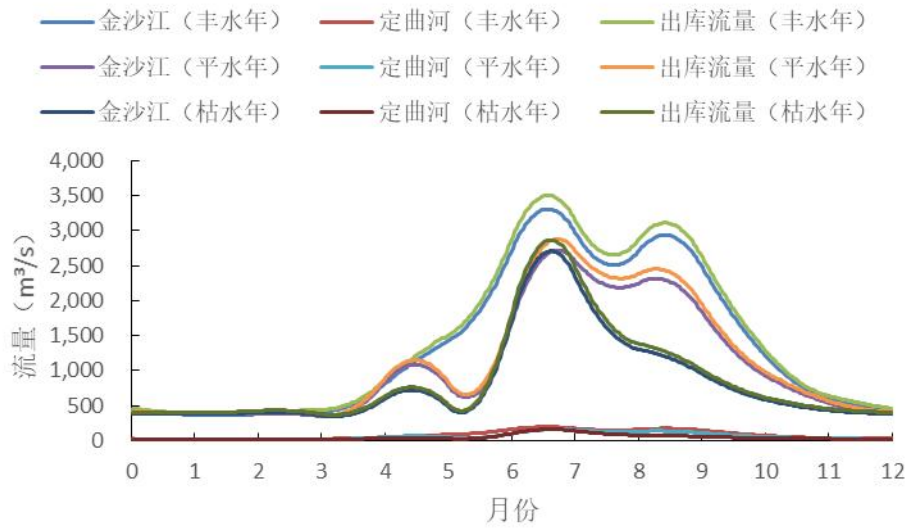


图 5.1.2-6 奔子栏水电站调度边界数据(岗托前)

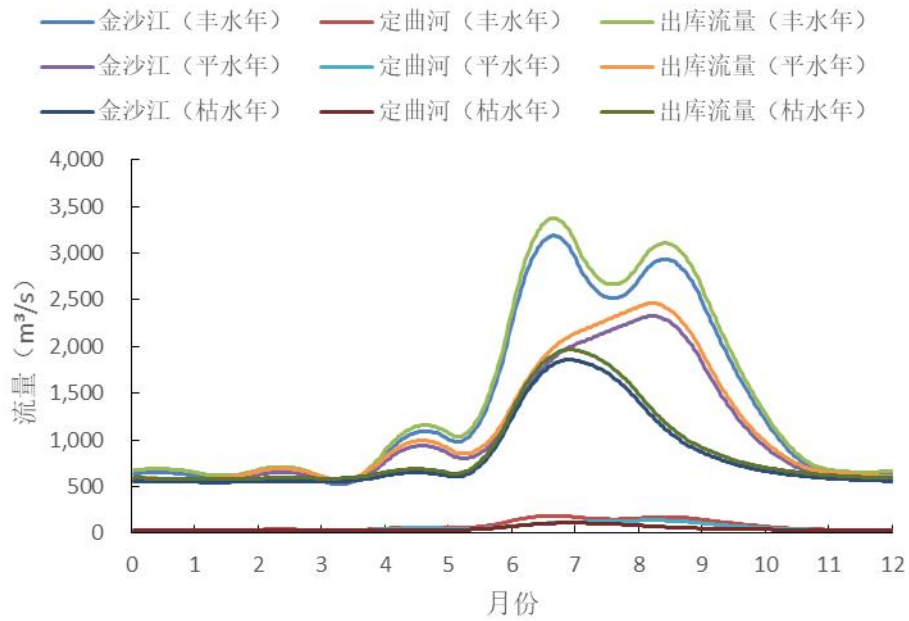


图 5.1.2-7 奔子栏水电站调度边界数据(岗托后)

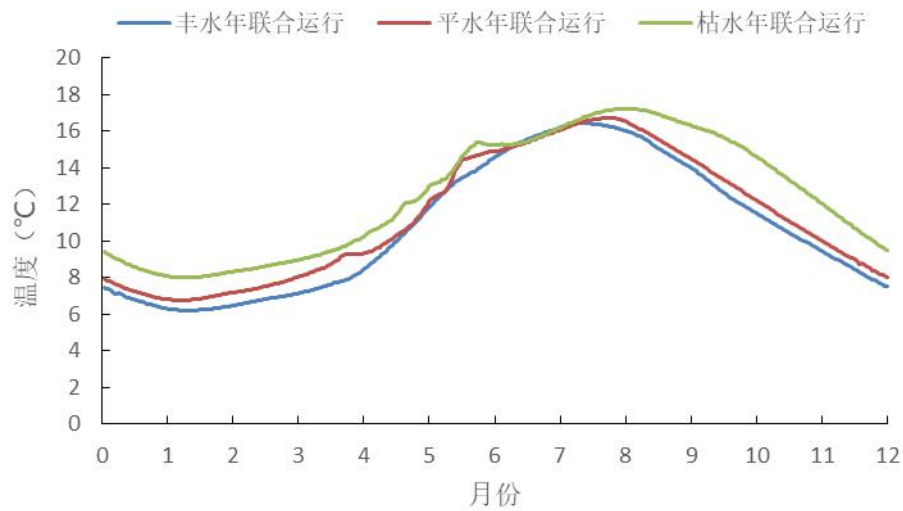


图 5.1.2-8 旭龙水电站下泄水温数据(岗托前)

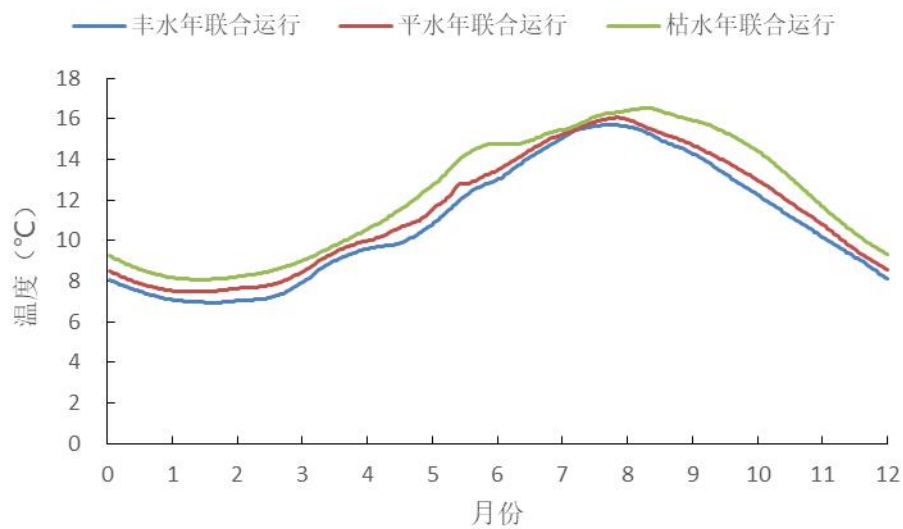


图 5.1.2-9 旭龙水电站下泄水温数据(岗托后)

5.1.2.8 岗托投运前的水温预测结果

a) 无措施库区水温影响分析

采用宽度平均立面二维水动力水温模型对岗托水电站投运前联合运行情况下奔子栏水电站库区水温及下泄水温进行模拟。各典型年库区垂向水温分布如下图所示：

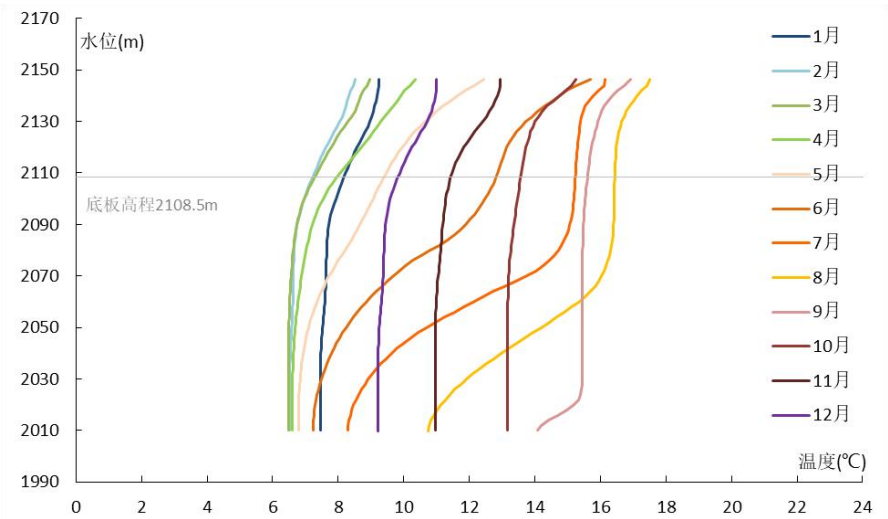


图 5.1.2-10 工况 A1(丰水年无措施)坝前垂向水温预测结果

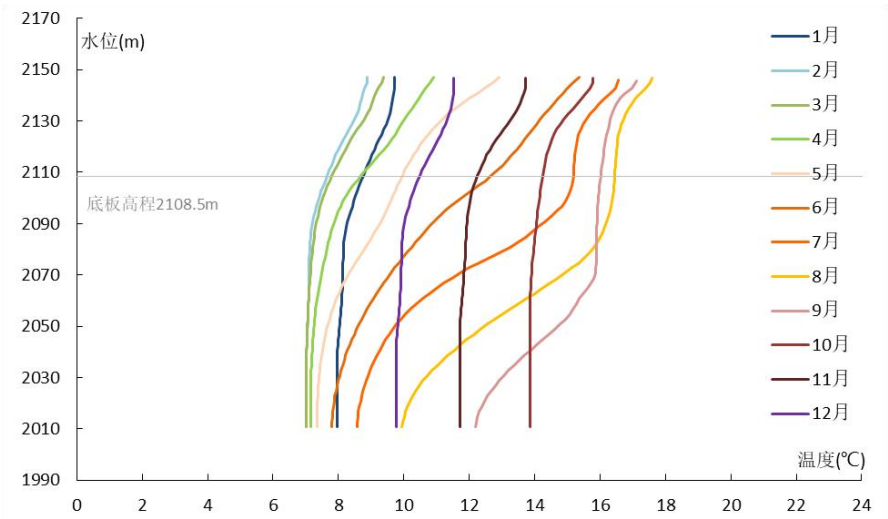


图 5.1.2-11 工况 A3(平水年无措施)坝前垂向水温预测结果

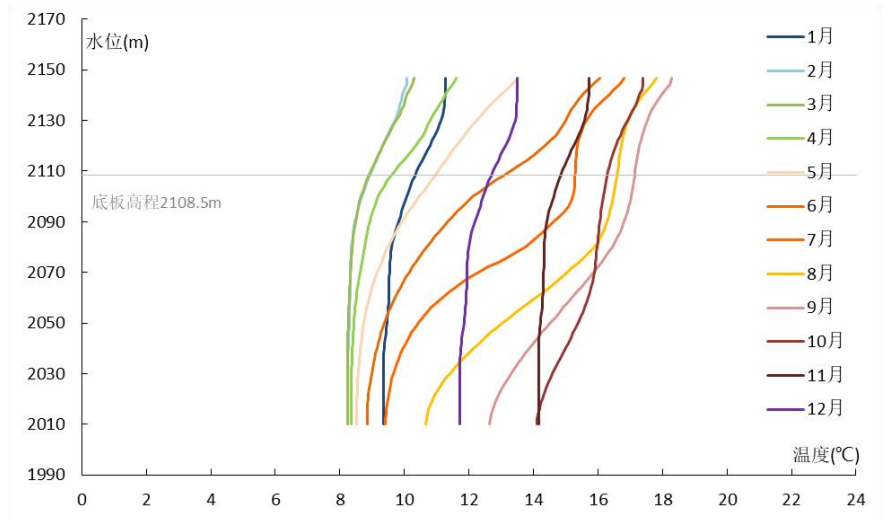
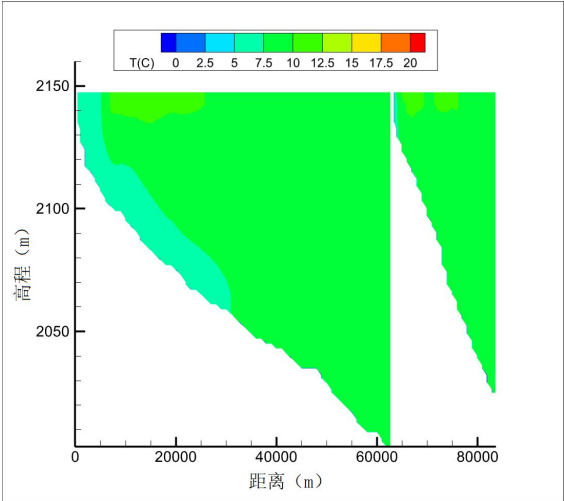
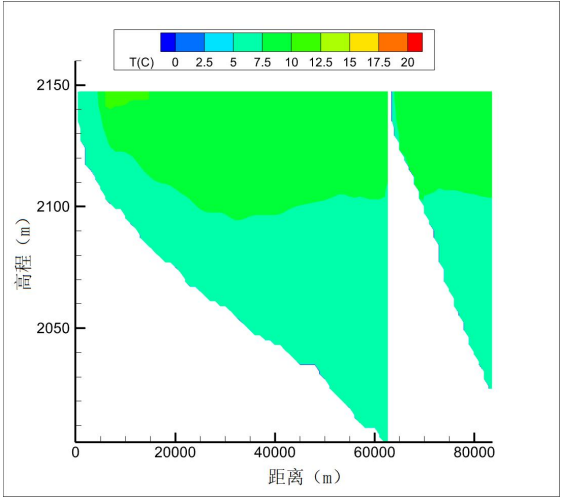


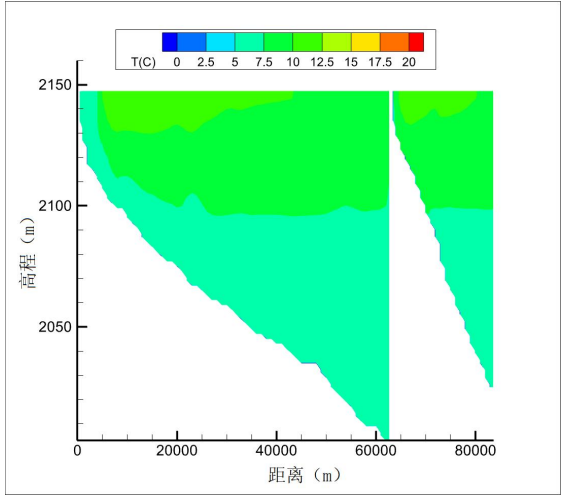
图 5.1.2-12 工况 A5(枯水年无措施)坝前垂向水温预测结果



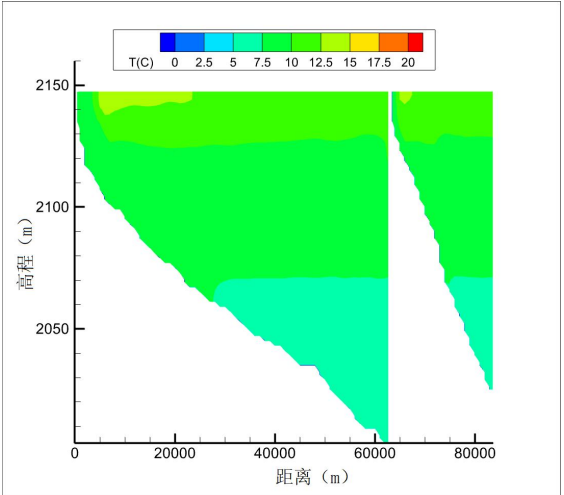
1月



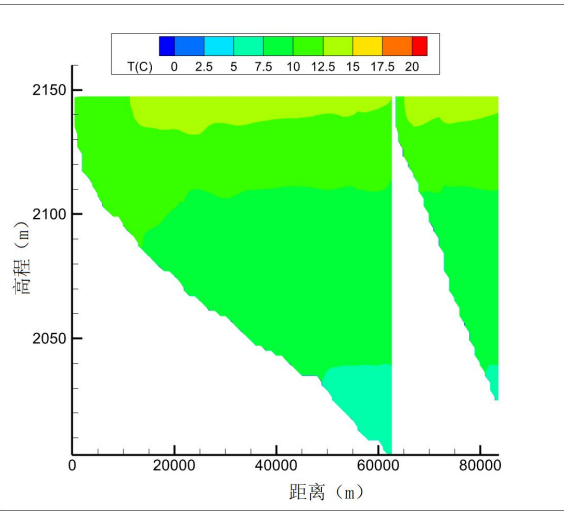
2月



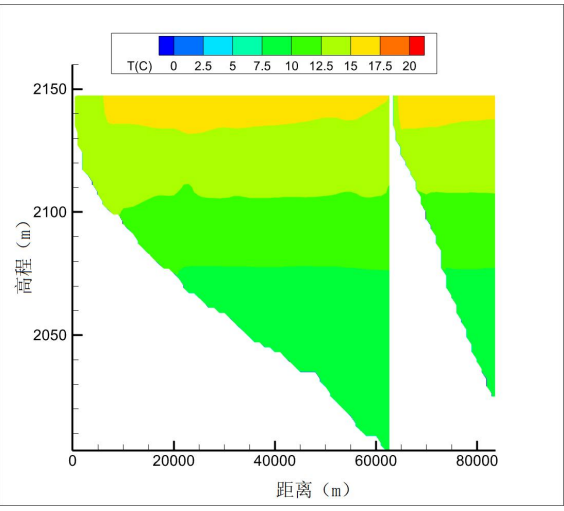
3月



4月



5月



6月

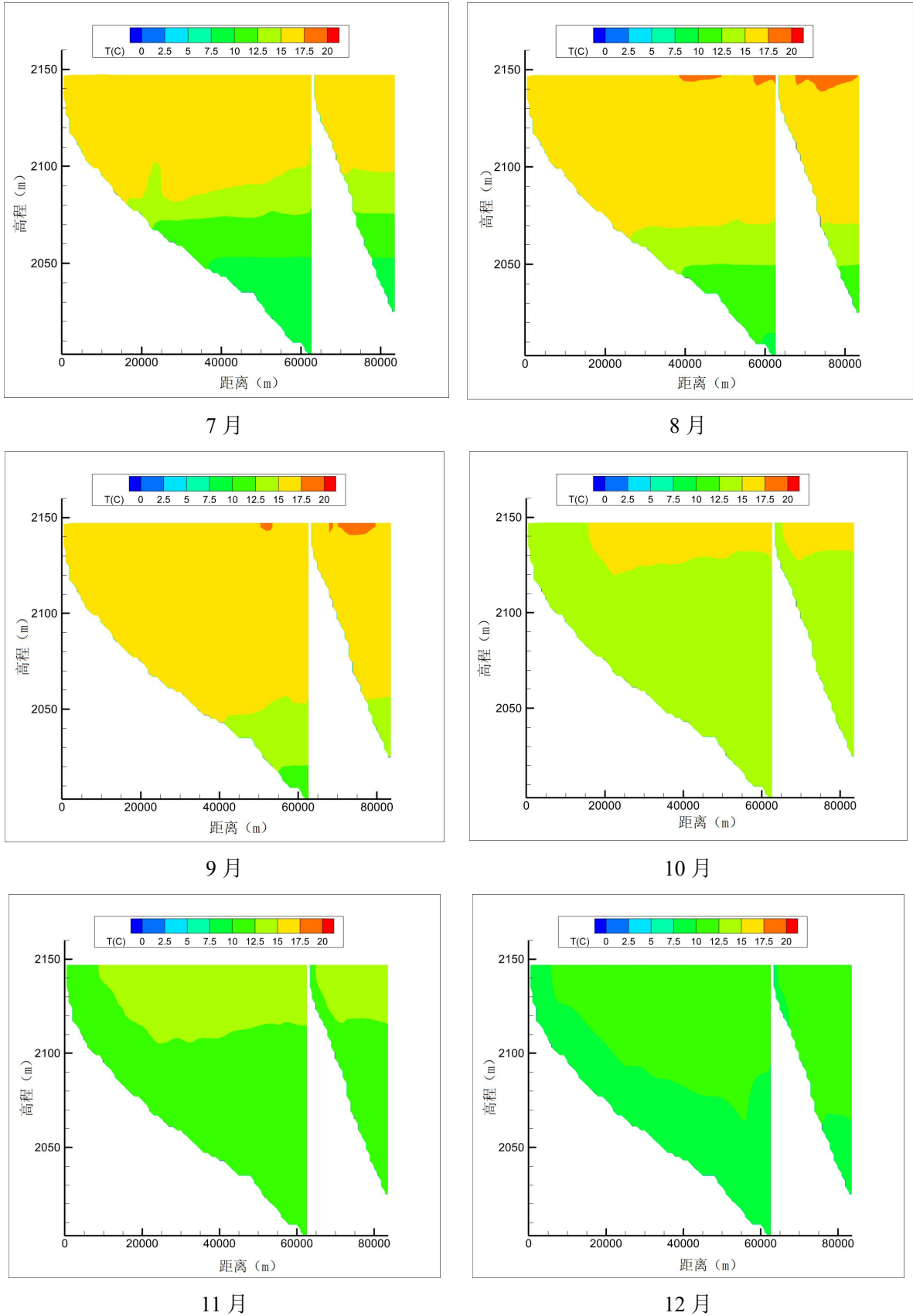


图 5.1.2-13 工况 A3(平水年无措施)库区全库水温分布云图预测结果

预测结果表明：奔子栏水库建成后，秋、冬季表层与底层水体温度相差较小，秋、冬季节水库坝前垂向水温分层现象不甚明显；春、夏季表层与底层水体温度相差较大，春、夏季出现一定程度的季节性分层现象。

丰水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至6月份达到最大，约8.4℃。年内库表水温变化范围约为8.5℃~17.5℃，年变幅9.0℃；库底水温变化范围在6.5℃~14.1℃左右，年变幅7.6℃。

平水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至7月份达到最大，约8.0℃。年内库表水温变化范围约为8.9℃~17.6℃，年变幅8.7℃；库底水温变化范围在7.0℃~13.9℃左右，年变幅6.9℃。

枯水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至7月份达到最大，约7.4℃。年内库表水温变化范围约为10.1℃~18.3℃，年变幅8.2℃；库底水温变化范围在8.2℃~14.2℃左右，年变幅6.0℃。

因此，预测结果与奔子栏混合型水库的判定基本一致，且在春、夏季节水库会出现季节性分层现象。

b) 下泄水温分析

1) 无措施下泄水温预测

(1) 工况 A1(丰水年无措施)

丰水年，建库前后，月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-4 工况 A1(丰水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比表

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1月	10.2	6.8	9.2	7.5	3.6	8.1	4.5	1.3
2月	12.3	6.3	8.5	6.5	5.4	7.5	2.1	1.2
3月	13.8	6.8	9.0	6.5	8.2	7.6	-0.6	0.8
4月	17.6	7.6	10.3	6.6	11	8.3	-2.7	0.7
5月	21.1	9.9	12.5	6.8	13.7	9.9	-3.8	0
6月	25	13.3	15.7	7.2	15.6	13.0	-2.6	-0.3
7月	22.7	15.4	16.1	8.3	16.6	15.3	-1.3	-0.1
8月	23.2	16.3	17.5	10.7	16.5	16.4	-0.1	0.1
9月	22.7	15.1	16.9	14.1	14.8	15.5	0.7	0.4
10月	19.6	12.7	15.2	13.2	11.4	13.4	2.0	0.7

表 5.1.2-4(续)

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
11 月	15	10.4	13.0	11.0	6.9	11.6	4.7	1.2
12 月	11.4	8.4	11.0	9.2	4.1	9.7	5.6	1.3
年均	17.9	10.8	12.9	9.0	10.7	11.4	-	-
最大值	25.0	16.3	17.5	14.1	16.6	16.4	-	-
最小值	10.2	6.3	8.5	6.5	3.6	7.5	-	-
年内变幅	14.8	10.0	9.0	7.6	13.0	8.9	-	-

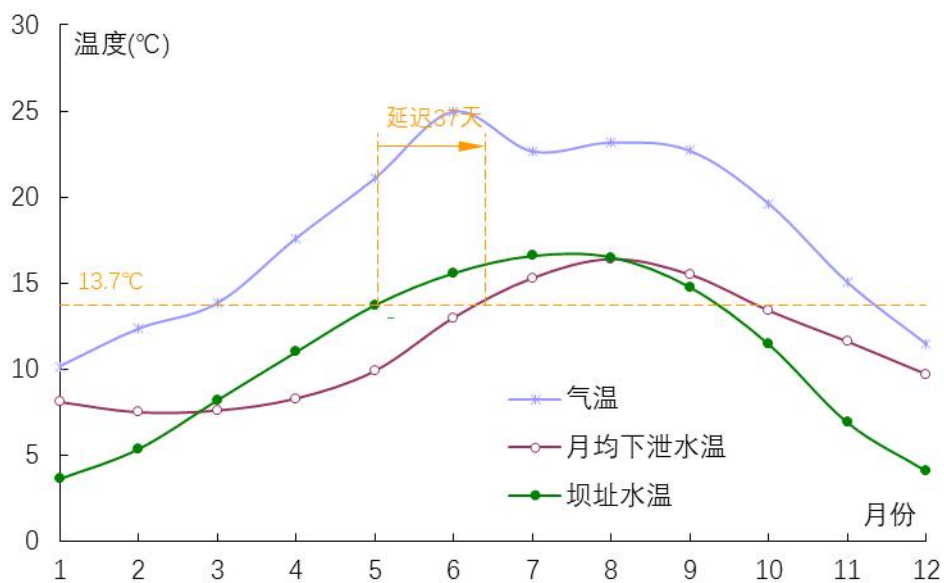


图 5.1.2-14 工况 A1(丰水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有较大影响。与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有较大影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.7℃。

下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.2℃，5 月份降低最多，达 3.8℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.6℃，12 月温升幅度最大，为 5.6℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6℃降为建坝后的 16.4℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 7.5℃，温差减小了 4.1℃。

与坝址天然逐日水温相比，奔子栏丰水年全年的逐日下泄水温最大降幅为 4.0℃

(5月16日), 最大升幅为 5.9℃(12月15日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间, 建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃, 建坝后下泄水温在 6 月 21 日到达 13.7℃, 延迟了 37 天。

(2) A3 工况(平水年无措施)

平水年, 建库前后, 月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-5 工况 A3(平水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比表

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1 月	10.2	7.3	9.7	8.0	3.6	8.7	5.1	1.4
2 月	12.3	6.9	8.9	7.0	5.4	8.0	2.6	1.1
3 月	13.8	7.5	9.4	7.0	8.2	8.2	0.0	0.7
4 月	17.6	8.7	10.9	7.1	11	9.2	-1.8	0.5
5 月	21.1	10.3	12.9	7.4	13.7	10.4	-3.3	0.1
6 月	25	13.8	15.4	7.8	15.6	13.3	-2.3	-0.5
7 月	22.7	15.4	16.6	8.6	16.6	15.3	-1.3	-0.1
8 月	23.2	16.5	17.6	10.0	16.5	16.5	0.0	0
9 月	22.7	15.5	17.1	12.2	14.8	16.0	1.2	0.5
10 月	19.6	13.3	15.8	13.9	11.4	14.2	2.8	0.9
11 月	15	11.1	13.7	11.7	6.9	12.4	5.5	1.3
12 月	11.4	9.0	11.5	9.8	4.1	10.0	5.9	1.0
年均	17.9	11.3	13.3	9.2	10.7	11.9	-	-
最大值	25.0	16.5	17.6	13.9	16.6	16.5	-	-
最小值	10.2	6.9	8.9	7.0	3.6	8.0	-	-
年内变幅	14.8	9.6	8.7	6.9	13.0	8.5	-	-

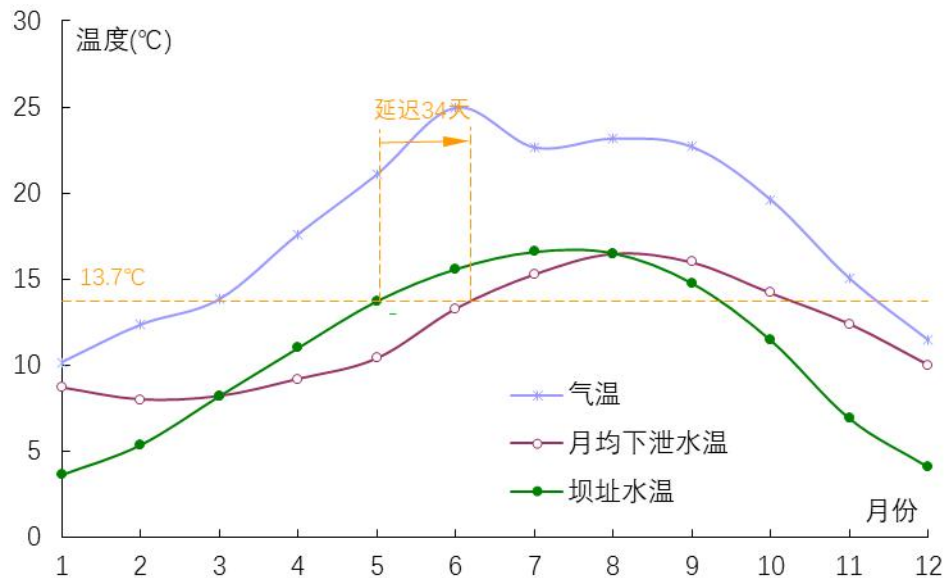


图 5.1.2-15 工况 A3(平水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有一定影响。

水库年均下泄水温比建坝前升高 1.2°C。

下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.1°C，5 月份降低最多，达 3.3°C。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.3°C，12 月温升幅度最大，为 5.9°C。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6°C 降为建坝后的 16.5°C，月均最低温度从建坝前的 3.6°C 升为建坝后的 8.0°C，温差减小了 4.5°C。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏平水年全年的逐日下泄水温最大降幅为 3.5°C (5 月 18 日)，最大升幅为 6.4°C (12 月 20 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7°C 为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7°C，建坝后下泄水温在 6 月 18 日到达 13.7°C，延迟了 34 天。

(3) A5 工况(枯水年无措施)

枯水年，建库前后，月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-6 工况 A5(枯水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比表

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1 月	10.2	8.6	11.3	9.3	3.6	10.3	6.7	1.7

表 5.1.2-6 (续)

2 月	12.3	8.1	10.1	8.2	5.4	9.3	3.9	1.2
3 月	13.8	8.6	10.3	8.2	8.2	9.2	1.0	0.6
4 月	17.6	9.5	11.6	8.4	11	10.0	-1.0	0.5
5 月	21.1	11.4	13.5	8.5	13.7	11.4	-2.3	0
6 月	25	14.3	16.1	8.8	15.6	13.9	-1.7	-0.4
7 月	22.7	15.5	16.8	9.4	16.6	15.5	-1.1	0
8 月	23.2	16.8	17.8	10.7	16.5	16.7	0.2	-0.1
9 月	22.7	16.9	18.3	12.6	14.8	17.2	2.4	0.3
10 月	19.6	15.6	17.4	14.1	11.4	16.4	5.0	0.8
11 月	15	13.3	15.7	14.2	6.9	15.0	8.1	1.7
12 月	11.4	10.7	13.5	11.7	4.1	12.5	8.4	1.8
年均	17.9	12.4	14.4	10.4	10.7	13.2	-	-
最大值	25.0	16.9	18.3	14.2	16.6	17.2	-	-
最小值	10.2	8.1	10.1	8.2	3.6	9.2	-	-
年内变幅	14.8	8.8	8.2	5.9	13.0	8.0	-	-

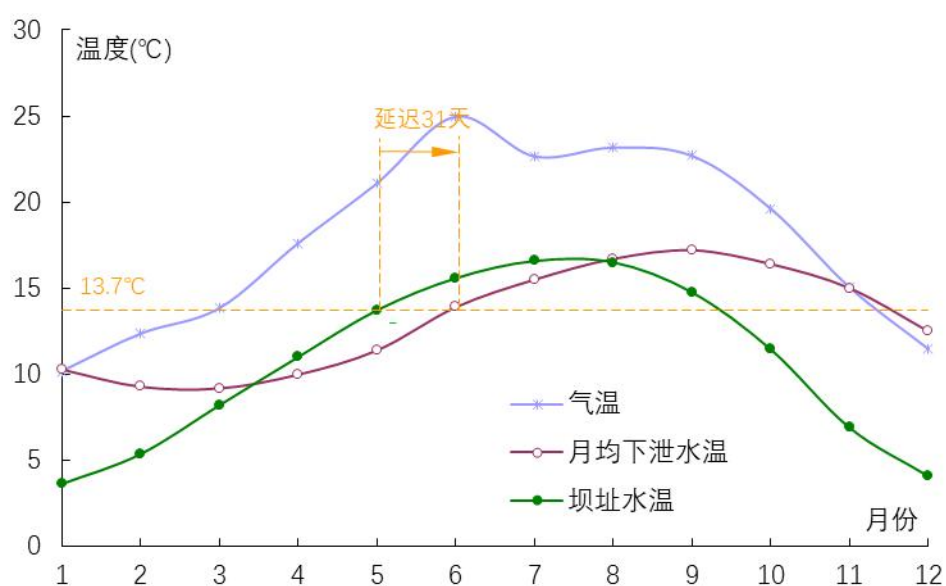


图 5.1.2-16 工况 A5(枯水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有一定影响。

水库年均下泄水温比建坝前升高 2.5℃。

下泄水温在 4 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.5℃，5 月份降低最多，达 2.3℃。8 月~翌年 3 月，下泄水温平均上升 4.9℃，12 月温升幅度最大，为 8.4℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为7月，建坝后为9月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为1月，建坝后为4月；月均最高温度从建坝前的16.6℃升为建坝后的17.2℃，月均最低温度从建坝前的3.6℃升为建坝后的9.2℃，温差减小了5.0℃。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏枯水年全年的逐日下泄水温最大降幅为2.5℃(5月29日)，最大升幅为8.8℃(12月11日)。以5月坝址现状水温13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在5月15日到达13.7℃，建坝后下泄水温在6月15日到达13.7℃，延迟了31天。

(4) 奔子栏水电站建成对河道水温影响贡献分析

考虑到仅采用奔子栏水电站坝址天然水温和下泄水温对比会忽略上游其余梯级电站的水温累积效应影响，因此采用纵向一维水动力水温模拟对岗托及奔子栏水电站投运前旭龙等7座水电站联合运行情况下奔子栏坝址水流水温进行计算分析，通过对比奔子栏未建成前水流水温与建成后下泄水温，来分析梯级联合运行中奔子栏水电站的影响(即贡献度)。

因此，用联合运行下奔子栏水电站的下泄水温减去上游梯级修建、奔子栏未修建的坝址处河道流水水温，即为联合运行中奔子栏梯级的影响(即贡献度)。梯级联合运行中，奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为0.2~1.0℃。

表 5.1.2-7 平水年无措施奔子栏未建成前流水水温与建成后下泄水温对比表

序号	工况	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
A	天然水温(℃)	3.6	5.4	8.2	11	13.7	15.6	16.6	16.5	14.8	11.4	6.9	4.1
B	流水水温(℃)	7.8	7.8	8.5	10.1	11.4	13.5	15	16.1	15.6	14	11.6	9.2
C	电站下泄水温(℃)	8.7	8	8.2	9.2	10.4	13.3	15.3	16.5	16	14.2	12.4	10
B-A	梯级影响(℃)	4.2	2.4	0.3	-0.9	-2.3	-2.1	-1.6	-0.4	0.8	2.6	4.7	5.1
C-B	奔子栏贡献度(℃)	0.9	0.2	-0.3	-0.9	-1	-0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.8	0.8

5.1.2.9 岗托投运后的水温预测结果

a) 无措施库区水温影响分析

采用宽度平均立面二维水动力水温模型对岗托投运后联合运行情况下奔子栏水电站库区水温及下泄水温进行模拟。各典型年库区垂向水温分布如下图所示：

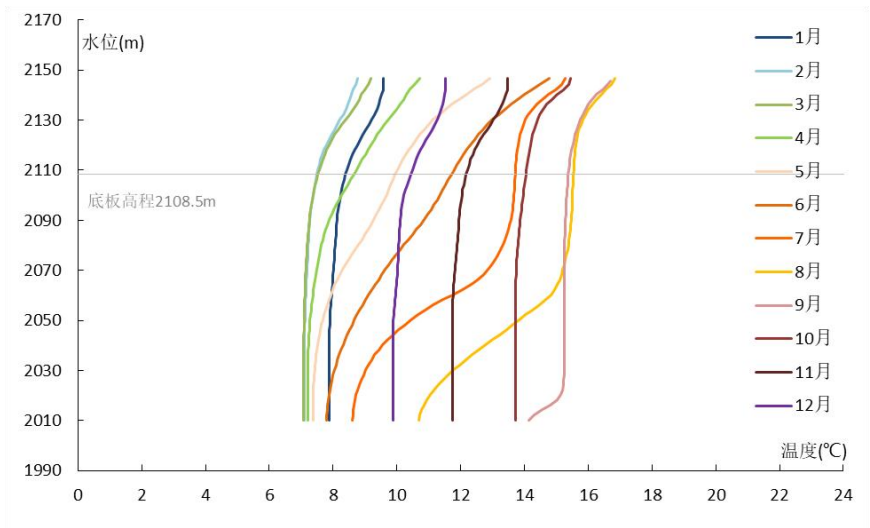


图 5.1.2-17 B1 工况(丰水年无措施)坝前垂向水温预测结果

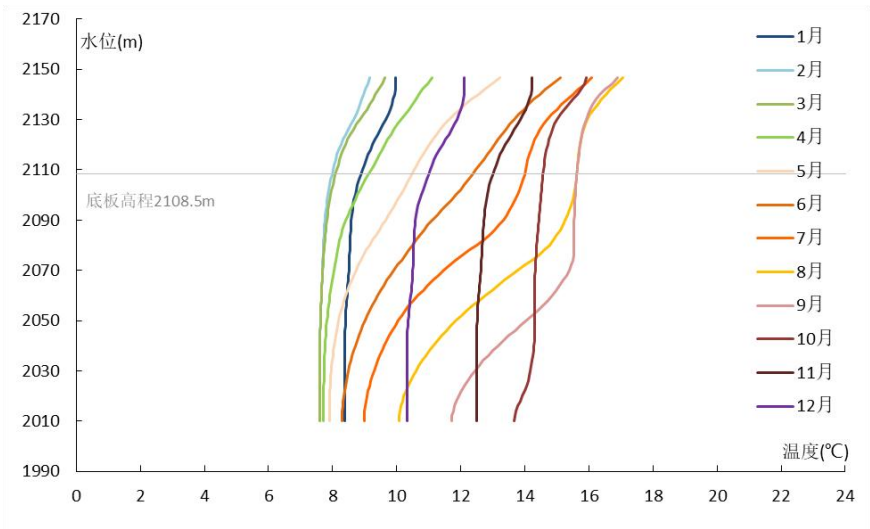


图 5.1.2-18 B3 工况(平水年无措施)坝前垂向水温预测结果

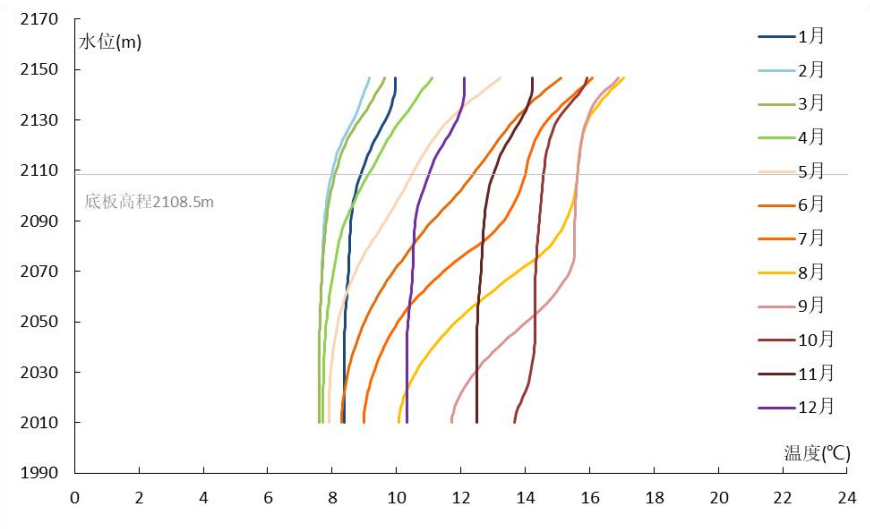
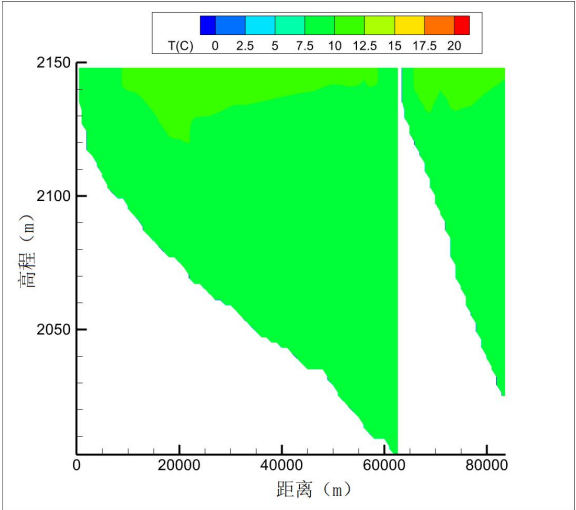
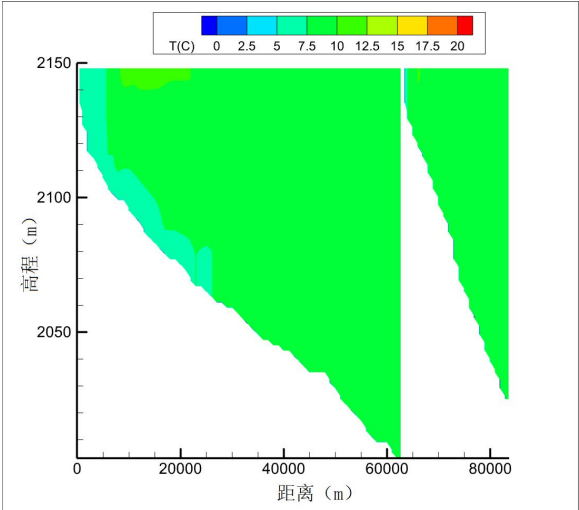


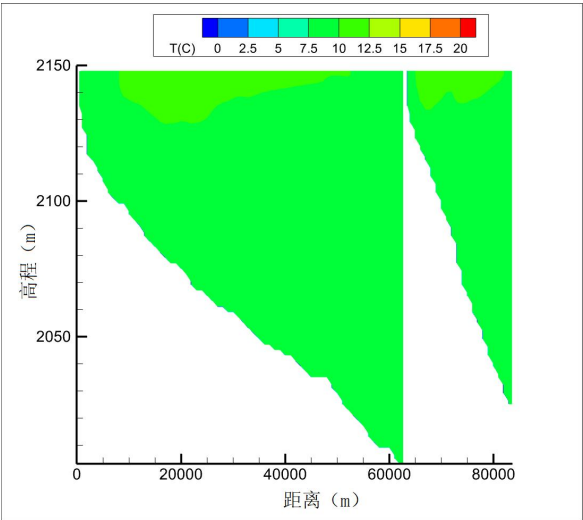
图 5.1.2-19 B5 工况(枯水年无措施)坝前垂向水温预测结果



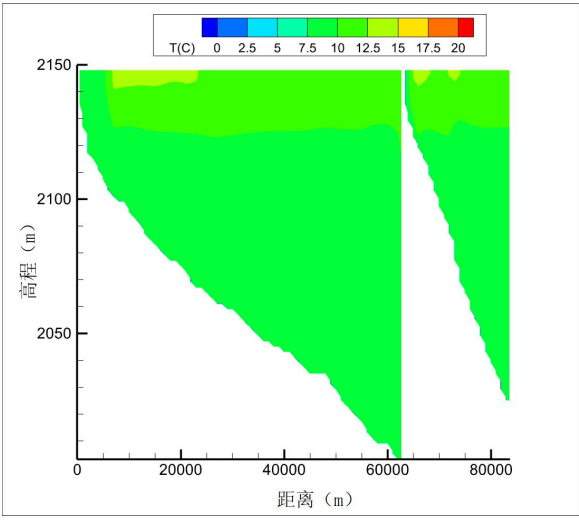
1月



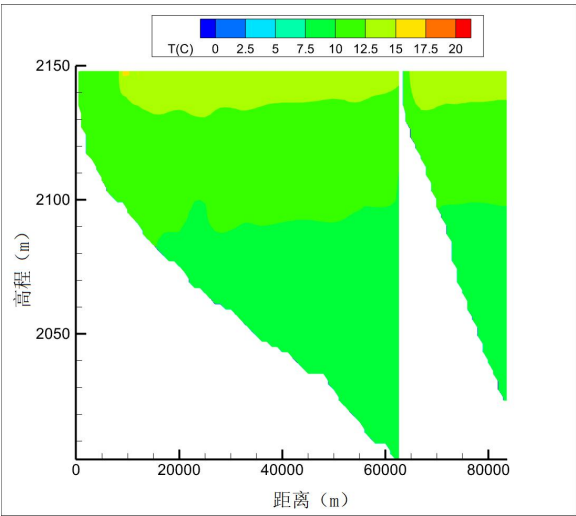
2月



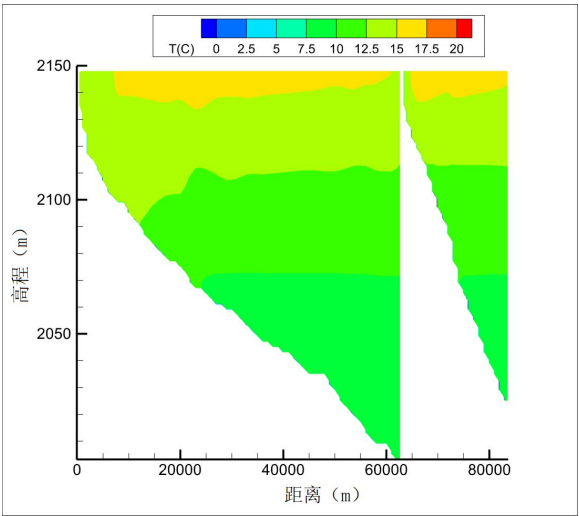
3月



4月



5月



6月

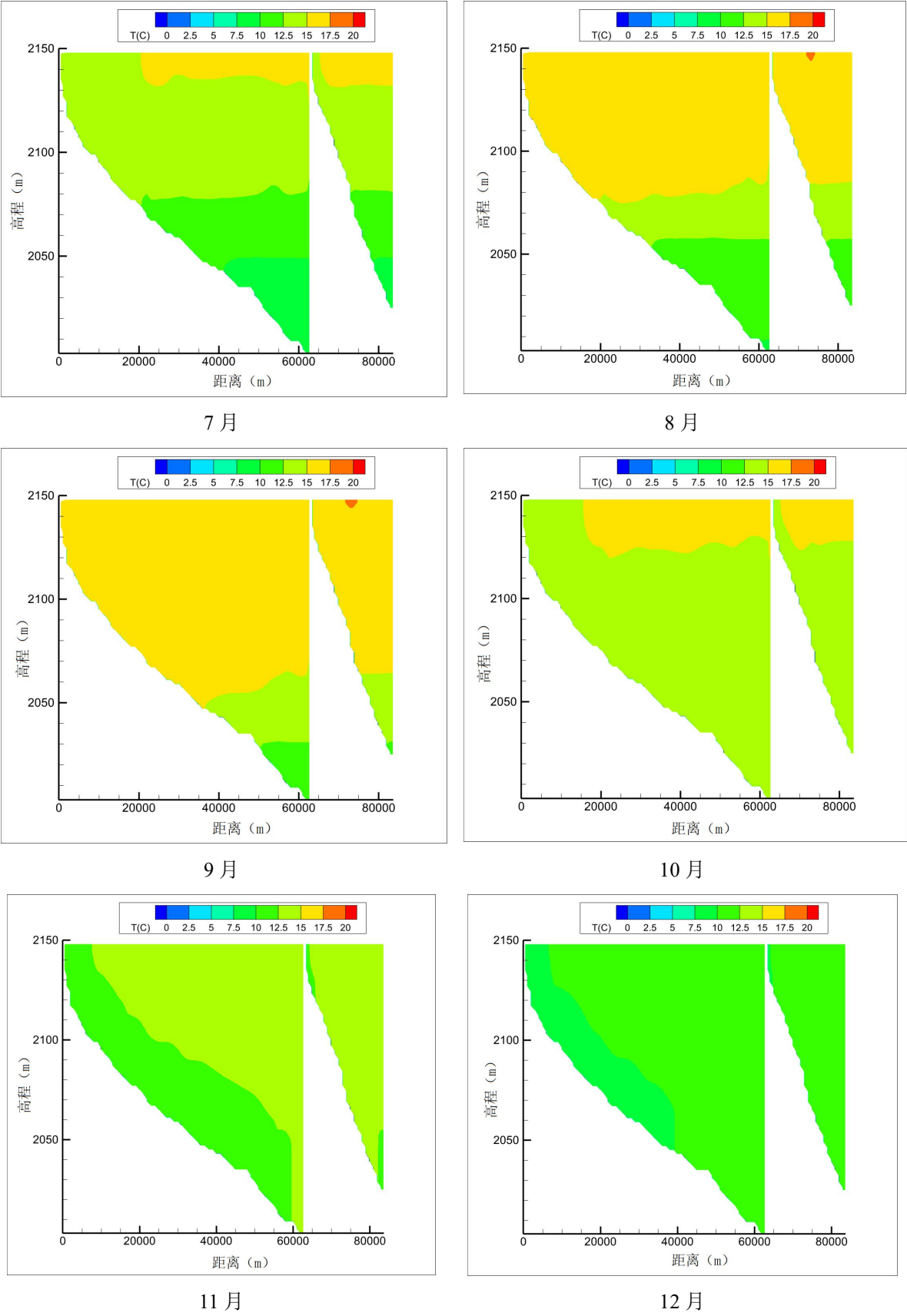


图 5.1.2-20 B3 工况(平水年无措施)库区全库水温分布云图预测结果

预测结果表明：奔子栏水库建成后，秋、冬季表层与底层水体温度相差较小，秋、冬季节水库坝前垂向水温分层现象不甚明显；春、夏季表层与底层水体温度相差较大，春、夏季出现一定程度的季节性分层。

丰水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至6月份达到最大，约7.0℃。年内库表水温变化范围约为8.8℃~16.8℃，年变幅8.0℃；库底水温变化范围在7.1℃~14.1℃左右，年变幅7.0℃。

平水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至6月~7月份达到最大，约7.1℃。年内库表水温变化范围约为9.1℃~17.0℃，年变幅7.9℃；库底水温变化范围在7.6℃~13.7℃左右，年变幅6.1℃。

枯水年，4月份，随着天气回暖，表层与底层水体温度差异开始增大，直至7月份达到最大，约7.4℃。年内库表水温变化范围约为9.7℃~17.8℃，年变幅8.1℃；库底水温变化范围在8.2℃~13.9℃左右，年变幅5.7℃。

因此，预测结果与奔子栏混合型水库的判定基本一致；在春、夏季节，水库会出现季节性分层。

b) 下泄水温分析

1) 无措施下泄水温预测

(1) 工况 B1(丰水年无措施)

丰水年，建库前后，月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-8 工况 B1(丰水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比表

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1月	10.2	7.5	9.6	7.9	3.6	8.3	4.7	0.8
2月	12.3	7.0	8.8	7.1	5.4	7.7	2.3	0.7
3月	13.8	7.3	9.2	7.1	8.2	7.8	-0.4	0.5
4月	17.6	8.9	10.7	7.2	11	9.0	-2.0	0.1
5月	21.1	10.0	12.9	7.4	13.7	10.3	-3.4	0.3
6月	25	12.0	14.8	7.8	15.6	12.1	-3.5	0.1
7月	22.7	14.0	15.3	8.6	16.6	13.9	-2.7	-0.1
8月	23.2	15.5	16.8	10.7	16.5	15.6	-0.9	0.1
9月	22.7	15.0	16.7	14.1	14.8	15.4	0.6	0.4
10月	19.6	13.3	15.5	13.7	11.4	13.9	2.5	0.6
11月	15	11.2	13.5	11.7	6.9	12.3	5.4	1.1

表 5.1.2-8 (续)

12 月	11.4	9.2	11.5	9.9	4.1	10.2	6.1	1.0
年均	17.9	10.9	12.9	9.4	10.7	11.4	-	-
最大值	25.0	15.5	16.8	14.1	16.6	15.6	-	-
最小值	10.2	7.0	8.8	7.1	3.6	7.7	-	-
年内变幅	14.8	8.6	8.1	7.1	13.0	7.9	-	-

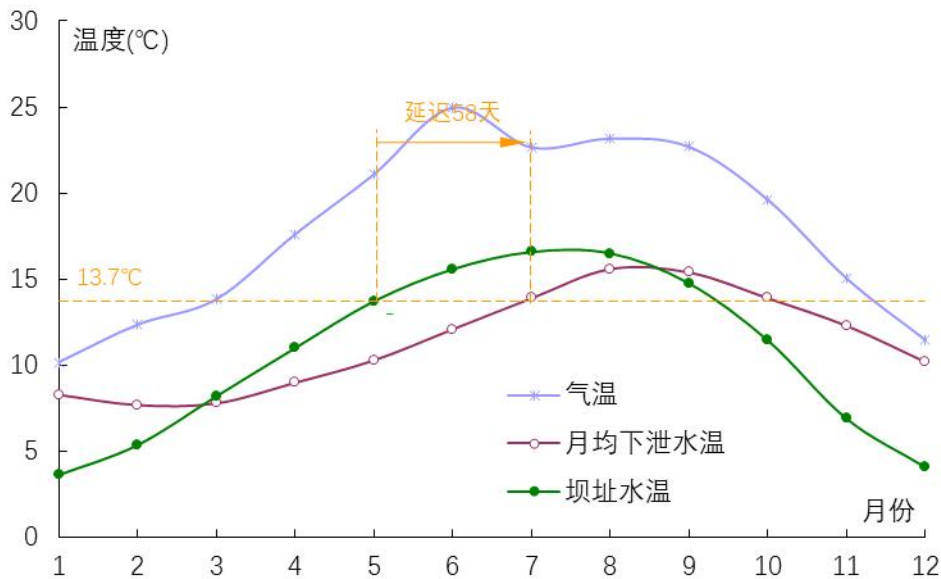


图 5.1.2-21 工况 B1(丰水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有一定影响。

水库年均下泄水温比建坝前升高 0.7℃。

下泄水温在 3 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.2℃，6 月份降低最多，达 3.5℃。9 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.2℃，12 月温升幅度最大，为 6.1℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6℃降为建坝后的 15.6℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 7.7℃，温差减小了 5.1℃。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏丰水年全年的逐日下泄水温最大降幅为 3.8℃(5 月 31 日)，最大升幅为 6.3℃(12 月 15 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 7 月 12 日到达 13.7℃，延迟了 58 天。

(2) B3 工况(平水年无措施)

平水年，建库前后，月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-9 工况 B3(平水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比表

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1 月	10.2	7.9	10.0	8.4	3.6	8.7	5.1	0.8
2 月	12.3	7.5	9.1	7.6	5.4	8.2	2.8	0.7
3 月	13.8	7.9	9.6	7.6	8.2	8.3	0.1	0.4
4 月	17.6	9.3	11.1	7.7	11	9.5	-1.5	0.2
5 月	21.1	10.6	13.2	7.9	13.7	10.8	-2.9	0.2
6 月	25	12.6	15.1	8.3	15.6	12.7	-2.9	0.1
7 月	22.7	14.4	16.1	9.0	16.6	14.3	-2.3	-0.1
8 月	23.2	15.8	17.0	10.1	16.5	15.7	-0.8	-0.1
9 月	22.7	15.3	16.9	11.7	14.8	15.7	0.9	0.4
10 月	19.6	13.9	15.9	13.7	11.4	14.5	3.1	0.6
11 月	15	11.9	14.2	12.5	6.9	13.1	6.2	1.2
12 月	11.4	9.6	12.1	10.3	4.1	10.8	6.7	1.2
年均	17.9	11.4	13.4	9.6	10.7	11.9	-	-
最大值	25.0	15.8	17.0	13.7	16.6	15.7	-	-
最小值	10.2	7.5	9.1	7.6	3.6	8.2	-	-
年内变幅	14.8	8.2	7.9	6.1	13.0	7.5	-	-

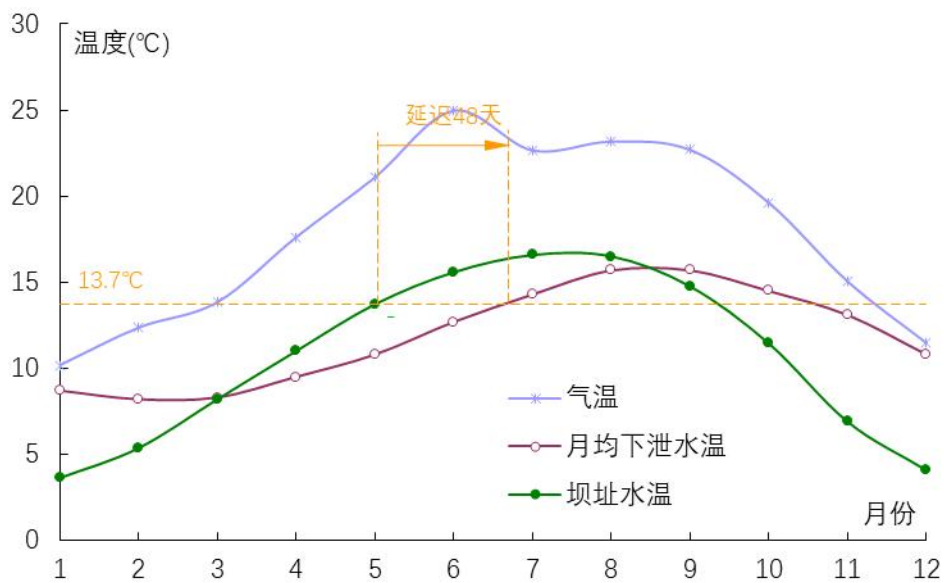


图 5.1.2-22 工况 B3(平水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有一定影响。

水库年均下泄水温比建坝前升高 1.2℃。

下泄水温在 4 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低, 平均降低了 2.1℃, 5 月份降低最多, 达 2.9℃。9 月~翌年 3 月, 下泄水温平均上升 3.7℃, 12 月温升幅度最大, 为 6.7℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月, 建坝后为 8 月; 全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月, 建坝后为 2 月; 月均最高温度从建坝前的 16.6℃降为建坝后的 15.7℃, 月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 8.2℃, 温差减小了 5.5℃。

与坝址现状逐日水温相比, 奔子栏平水年全年的逐日下泄水温最大降幅为 3.2℃(6 月 1 日), 最大升幅为 7.0℃(12 月 7 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间, 建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃, 建坝后下泄水温在 7 月 2 日到达 13.7℃, 延迟了 48 天。

(3) B5 工况(枯水年无措施)

枯水年, 建库前后, 月平均下泄水温变化情况见下表和下图。

表 5.1.2-10 工况 B5(枯水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

月份	气温	入库水温	表层水温	库底水温	坝址天然水温	月均下泄水温	与坝址水温差值	与入库水温温差
1 月	10.2	8.6	10.7	9.1	3.6	9.3	5.7	0.7
2 月	12.3	8.1	9.7	8.2	5.4	8.8	3.4	0.7
3 月	13.8	8.5	10.1	8.2	8.2	9.0	0.8	0.5
4 月	17.6	9.7	11.5	8.3	11	9.9	-1.1	0.2
5 月	21.1	11.5	13.6	8.5	13.7	11.5	-2.2	0
6 月	25	14.0	16.0	8.8	15.6	13.8	-1.8	-0.2
7 月	22.7	15.0	16.9	9.4	16.6	15.1	-1.5	0.1
8 月	23.2	16.0	17.3	10.5	16.5	16.0	-0.5	0
9 月	22.7	16.3	17.8	12.0	14.8	16.6	1.8	0.3
10 月	19.6	15.3	17.1	13.4	11.4	16.0	4.6	0.7
11 月	15	13.1	15.5	13.9	6.9	14.6	7.7	1.5
12 月	11.4	10.4	13.1	11.2	4.1	11.8	7.7	1.4
年均	17.9	12.2	14.1	10.1	10.7	12.8	-	-
最大值	25.0	16.3	17.8	13.9	16.6	16.6	-	-
最小值	10.2	8.1	9.7	8.2	3.6	8.8	-	-
年内变幅	14.8	8.2	8.1	5.7	13.0	7.7	-	-

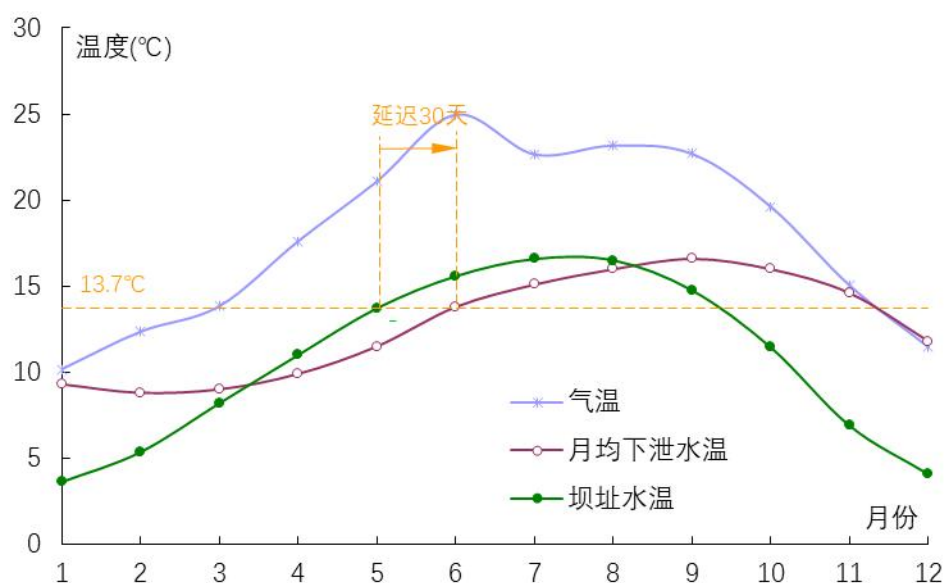


图 5.1.2-23 工况 B3(平水年无措施)月平均下泄水温及坝址水温对比图

与坝址建库前水温相比，水库对下泄水温有一定影响。

水库年均下泄水温比建坝前升高 2.1°C 。

下泄水温在 4 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.3°C ，5 月份降低最多，达 2.2°C 。9 月~翌年 3 月，下泄水温平均上升 4.7°C ，12 月温升幅度最大，为 7.7°C 。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 9 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6°C 降为建坝后的 16.6°C ，月均最低温度从建坝前的 3.6°C 升为建坝后的 8.8°C ，温差减小了 5.3°C 。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏枯水年全年的逐日下泄水温最大降幅为 2.4°C (5 月 23 日)，最大升幅为 8.2°C (12 月 2 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7°C 为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7°C ，建坝后下泄水温在 6 月 14 日到达 13.7°C ，延迟了 30 天。

(4) 奔子栏水电站建成对河道水温影响贡献分析

考虑到仅采用奔子栏水电站坝址天然水温和奔子栏水电站下泄水温对比会忽略上游其余梯级电站的水温累积效应影响，因此采用纵向一维水动力水温模拟对奔子栏水电站投运前旭龙等 8 座水电站联合运行情况下奔子栏坝址水流水温进行计算分析，通过对比奔子栏未建成前水流水温与建成后下泄水温，来分析梯级联合运行中奔子栏水电站的影响(即贡献度)。

因此，用联合运行下奔子栏水电站的下泄水温减去上游梯级修建、奔子栏未修建的坝址处河道流水水温，即为联合运行中奔子栏梯级的影响(即贡献度)。梯级联合运行中，奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为 0.1~0.9℃。

表 5.1.2-11 平水年无措施奔子栏未建成前流水水温与建成后下泄水温对比表

序号	工况	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
A	天然水温	3.6	5.4	8.2	11	13.7	15.6	16.6	16.5	14.8	11.4	6.9	4.1
B	上游梯级来流水温	7.8	7.9	8.6	10.3	11.7	13.3	14.4	15.6	15.3	13.8	12.1	9.9
C	电站下泄水温	8.7	8.2	8.3	9.5	10.8	12.7	14.3	15.7	15.7	14.5	13.1	10.8
B-A	无奔子栏梯级影响	4.2	2.5	0.4	-0.7	-2.0	-2.3	-2.2	-0.9	0.5	2.4	5.2	5.8
C-B	奔子栏后贡献	0.9	0.3	-0.3	-0.8	-0.9	-0.6	-0.1	0.1	0.4	0.7	1	0.9

5.1.2.10 与《金上规划调整环评》计算结果对比

奔子栏项目环评和金上规划调整环评中水温计算均采用的宽度平均立面二维水温模型，仿真分析软件选择不同，选取平水年岗托运行后采用改进型前置挡墙情况下奔子栏水库库区水温和下泄水温计算结果进行对比分析可知，库区垂向水温分布有部分细节有些许差别，但在合理范围内；库区水温结构、坝前垂向水温分布、坝址下泄水温年均值等计算结果整体基本保持一致。

表 5.1.2-12 模型计算边界条件对比表

边界条件	金上规划调整环评	奔子栏项目环评
仿真分析软件	四川大学 WWL	美国陆军工程兵团水道实验站 CE-QUAL-W2
气象计算边界条件	采用 2015~2019 年奔子栏电站专用气象站的气温、相对湿度监测数据；得荣县 1999~2018 年的太阳辐射、风速、云量等监测数据	
调度边界条件	水文年 1989 年作为典型丰水年，水文年 1975 年作为典型平水年，水文年 1984 年作为典型枯水年	
入库水温边界条件	旭龙水电站下泄逐日水温叠加区间汇流	
水温改善措施	改进型前置挡墙	
计算网格	主流方向网格尺寸：50~600m 水深网格尺寸：1~3m	纵向网格尺寸：1000m 垂向网格高度：2m

表 5.1.2-13 下泄水温计算结果对比表

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
金上规划调整环评	8.6	7.9	8.3	9.7	11.2	13.2	14.7	15.9	15.6	14.4	12.7	10.5	11.9
奔子栏项目环评	8.8	8.3	8.5	9.7	11.1	12.9	14.3	15.7	15.7	14.5	13.2	10.8	11.9

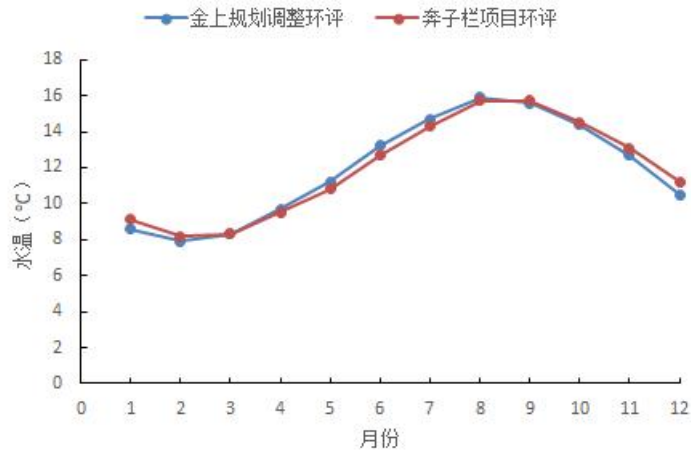


图 5.1.2-24 下泄水温计算结果对比图

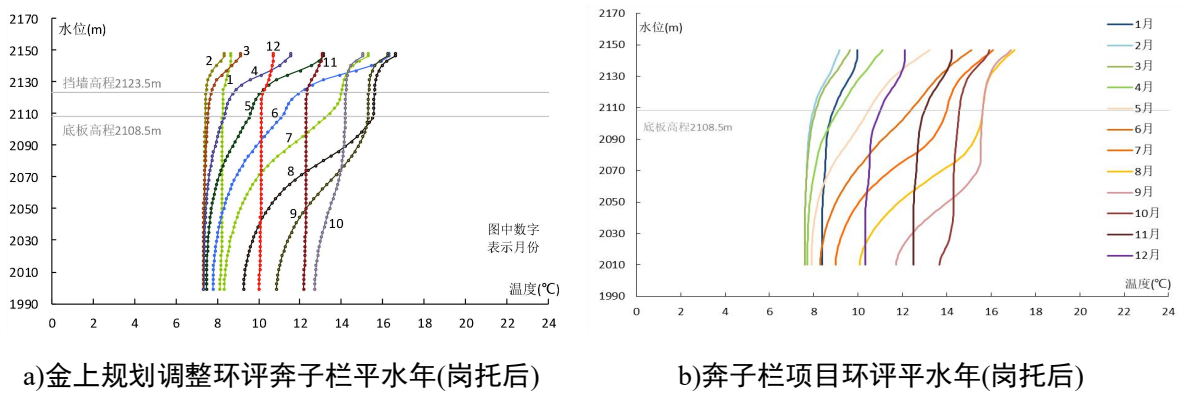


图 5.1.2-25 库区垂向水温计算结果对比图

5.1.2.11 坝下敏感保护目标河段水温恢复情况

奔子栏坝下到石鼓河段分布有奔子栏镇-冈曲汇口河段、支巴洛河汇口附近河段、其宗~石鼓河段 3 处裂腹鱼类产卵场，冈曲汇口河段 1 处鮡科鱼类产卵场，以及云南省玉龙县黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村等 4 处中华金沙鳅产卵场。

下游龙盘水库正常蓄水位运行时，库尾与奔子栏坝址基本衔接，奔子栏坝下河段喜流水性鱼类的适宜生存空间将大幅度缩减；但由于龙盘水库年内大部分时段(12 月至次年 7 月)在低水位运行，奔子栏坝下长约 42km 河段仍具有明显的流水河段特征，可作为河段内大部分喜流水性鱼类的适宜生境。根据奔子栏坝址天然水温和石鼓站(1998~2007 年)系列逐月水温实测资料推算奔子栏水电站河段沿程增温率，可以估算当龙盘水库年内低水位运行时，奔子栏坝下长约 42km 河段 4~8 月份最大水温恢复约为 0.3℃。石鼓水文站距离奔子栏坝址 210km，根据沿程增温率计算奔子栏水

电站下泄水温到石鼓水文站 4~8 月份最大水温恢复可达 1.3℃。无措施情况下河道水温经沿程恢复后，丰水年 8 月 13 日到 8 月 21 日可达 17.2℃，相对于天然水温 6 月 25 日达到 17.2℃时间延迟了 49 天；平水年 8 月 14 日到 9 月 13 日可达 17.2℃，相对于天然水温 6 月 25 日达到 17.2℃时间延迟了 50 天；枯水年 8 月 11 日到 10 月 15 日可达 17.2℃，相对于天然水温 6 月 25 日达到 17.2℃时间延迟了 47 天。各典型丰、平、枯水年均能在八月上旬达到 17.2℃，能满足中华金沙鳅等鱼类产卵繁殖需求。

表 5.1.2-14 巴塘站-石鼓站(1998~2007 年)系列逐月水温实测资料

水文站	距离(km)	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
巴塘	0	1.9	3.5	6.4	9.5	12.4	14.3	15.6	15.6	13.6	9.9	4.9	2.2
石鼓	463.1	5.4	7.2	9.9	12.5	14.9	16.7	17.4	17.2	15.7	12.8	8.8	5.9
沿程增温率(100km/℃)		0.8	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.6	0.8	0.8

龙盘库区河段处于金沙江上游和中游的过渡带，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼等裂腹鱼类在奔子栏以上河段广泛分布，而中华金沙鳅主要分布在金沙江虎跳峡以下以及长江上游干支流河段，龙盘建库不会对上述喜流水性鱼类的种类和资源量产生显著影响，龙盘水电站可采取适当的补救措施以进一步减缓此种影响。

宜静水和缓流水生活鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分可能适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为龙盘库区的优势物种。

5.1.2.12 小结

奔子栏坝址处天然河道年平均水温在 10.6℃左右，其中 1 月份水温最低在 3.6℃左右，7 月水温最高在 16.6℃左右。

采用库水交换次数法初步判别水库水温结构为混合型。采用立面二维水温数值模型进一步计算分析，奔子栏水库水温结构是季节性分层现象的过渡型水温结构。

a) 岗托投运前

经预测分析，奔子栏电站不采取减缓措施时，下泄水温对坝址下游原天然水温改变比较明显，不同典型年的低温水影响有一定差异：

1) 丰水年，水库年均下泄水温比建坝前升高 0.7℃。下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.2℃，5 月份降低最多，达 3.8℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.9℃，12 月温升幅度最大，为 5.6℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最

低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6℃降为建坝后的 16.4℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 7.5℃，温差减小了 4.1℃。

与坝址现状逐日水温相比，丰水年奔子栏下泄水温最大降幅为 4.0℃(5 月 16 日)，最大升幅为 5.9℃(12 月 15 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 6 月 21 日到达 13.7℃，延迟了 37 天。

2) 平水年，水库年均下泄水温比建坝前升高 1.2℃。下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.1℃，5 月份降低最多，达 3.3℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.3℃，12 月温升幅度最大，为 5.9℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度从建坝前的 16.6℃降为建坝后的 16.5℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 8.0℃，温差减小了 4.5℃。

与坝址现状逐日水温相比，平水年奔子栏下泄水温最大降幅为 3.5℃(5 月 18 日)，最大升幅为 6.4℃(12 月 20 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 6 月 18 日到达 13.7℃，延迟了 34 天。

3) 枯水年，水库年均下泄水温比建坝前升高 2.5℃。下泄水温在 4 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.5℃，5 月份降低最多，达 2.3℃。8 月~翌年 3 月，下泄水温平均上升 4.9℃，12 月温升幅度最大，为 8.4℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 9 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 4 月；月均最高温度从建坝前的 16.6℃升为建坝后的 17.2℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 9.2℃，温差减小了 5.0℃。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏枯水年下泄水温最大降幅为 2.5℃(5 月 29 日)，最大升幅为 8.8℃(12 月 11 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 6 月 15 日到达 13.7℃，延迟了 31 天。

4)考虑到仅采用奔子栏水电站坝址天然水温和奔子栏水电站下泄水温对比会忽略上游其余梯级电站的水温累积效应影响,因此采用纵向一维水动力水温模拟对岗托及奔子栏水电站投运前旭龙等7座水电站联合运行情况下奔子栏坝址水流水温进行计算分析,通过对比奔子栏未建成前水流水温与建成后下泄水温,来分析梯级联合运行中奔子栏水电站的影响(即贡献度)。梯级联合运行中,奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为0.2~1.0℃。

b) 岗托投运后

经预测分析,奔子栏电站不采取减缓措施时,下泄水温对坝址下游原天然水温改变比较明显,不同典型年的低温水影响有一定差异:

1) 丰水年,水库年均下泄水温比建坝前升高0.7℃。下泄水温在3月~8月比建坝前坝址水温有所降低,平均降低了2.2℃,6月份降低最多,达3.5℃。9月~翌年2月,下泄水温平均上升3.2℃,12月温升幅度最大,为6.1℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为7月,建坝后为8月;全年出现月均最低温度的月份建坝前为1月,建坝后为2月;月均最高温度从建坝前的16.6℃降为建坝后的15.6℃,月均最低温度从建坝前的3.6℃升为建坝后的7.7℃,温差减小了5.1℃。

与坝址现状逐日水温相比,奔子栏丰水年下泄水温最大降幅为3.8℃(5月31日),最大升幅为6.3℃(12月15日)。以5月坝址现状水温13.7℃为特征温度统计延迟时间,建坝前坝址处水温在5月15日到达13.7℃,建坝后下泄水温在7月12日到达13.7℃,延迟了58天。

2) 平水年,水库年均下泄水温比建坝前升高1.3℃。下泄水温在4月~8月比建坝前坝址水温有所降低,平均降低了2.1℃,5月份降低最多,达2.9℃。9月~翌年3月,下泄水温平均上升3.7℃,12月温升幅度最大,为6.7℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为7月,建坝后为8月;全年出现月均最低温度的月份建坝前为1月,建坝后为2月;月均最高温度从建坝前的16.6℃降为建坝后的15.7℃,月均最低温度从建坝前的3.6℃升为建坝后的8.2℃,温差减小了5.5℃。

与坝址现状逐日水温相比,奔子栏平水年典型日下泄水温最大降幅为3.2℃(6月1日),最大升幅为7.0℃(12月7日)。以5月坝址现状水温13.7℃为特征温度统

计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 7 月 2 日到达 13.7℃，延迟了 48 天。

3) 枯水年，水库年均下泄水温比建坝前升高 2.1℃。下泄水温在 4 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.3℃，5 月份降低最多，达 2.2℃。9 月~翌年 3 月，下泄水温平均上升 4.7℃，12 月温升幅度最大，为 7.7℃。

全年出现月均最高温度的月份建坝前为 7 月，建坝后为 9 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前为 1 月，建坝后为 2 月；月均最高温度建坝前和建坝后均为 16.6℃，月均最低温度从建坝前的 3.6℃升为建坝后的 8.8℃，温差减小了 5.3℃。

与坝址现状逐日水温相比，奔子栏枯水年下泄水温最大降幅为 2.4℃(5 月 23 日)，最大升幅为 8.2℃(12 月 2 日)。以 5 月坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计延迟时间，建坝前坝址处水温在 5 月 15 日到达 13.7℃，建坝后下泄水温在 6 月 14 日到达 13.7℃，延迟了 30 天。

4) 考虑到仅采用奔子栏水电站坝址天然水温和奔子栏水电站下泄水温对比会忽略上游其余梯级电站的水温累积效应影响，因此采用纵向一维水动力水温模拟对奔子栏水电站投运前旭龙等 8 座水电站联合运行情况下奔子栏坝址水流水温进行计算分析，通过对比奔子栏未建成前水流水温与建成后下泄水温，来分析梯级联合运行中奔子栏水电站的影响(即贡献度)。梯级联合运行中，奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为 0.1~0.9℃。

5.1.3 水质影响

5.1.3.1 施工期水质影响预测

a) 生活污水事故排放对水质的影响

生活污水事故排放预测以排污量较大的①施工营地生活废水为代表，分析其事故排放对金沙江水体的影响。

1) 生活污水排放量预测

工程①施工营地高峰施工人数约 2400 人，距金沙江直线距离约 80m，高程在 2090~2160m 之间。按照每人每天用水 150L，生活废水排放系数为 0.9 计算，施工营地高峰期产生生活废水量为 648m³/d。事故排放情况下，COD 浓度取 400mg/L。

2) 预测模型及参数拟定

(1) 预测因子

根据生活污水中特征污染物及金沙江水体水质现状情况，选择预测因子为COD。

(2) 预测模型

预测模型采用非持久污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式预测。

$$c(x, y) = \exp(-K_1 \frac{x}{86400u}) \left\{ c_h + \frac{c_p Q_p}{H(\pi M_y x u)^{1/2}} \left[\exp(-\frac{u y^2}{4 M_y x}) + \exp(-\frac{u (2B - y)^2}{4 M_y x}) \right] \right\}$$

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2}$$

式中：

$c(x, y)$ —预测点污染物浓度，mg/L；

x —预测点 x 方向坐标值，m；

y —预测点离排放口的横向距离，m；

K_1 —河流中污染物降解系数，1/d；

c_p —污水中污染物的浓度，mg/L；

Q_p —污水流量，m³/s；

c_h —河流上游污染物的浓度(本底浓度)，mg/L；

H —河流平均水深，m；

M_y —河流横向混合(弥散)系数，m²/s；

u —河流流速，m/s；

B —河流平均宽度，m；

π —圆周率；

g —取9.8m²/s；

I —为河流比降。

(3) 参数拟定和计算结果

(a) 计算条件

① 水文条件

考虑最不利情况，设计流量选取坝址枯水年(P=75%)枯水期日均流量596m³/s。

根据奔子栏水电站回水计算结果以及各排污口所在断面河道地形，采用流量—面积法进行估算，① 施工营地排污口所在断面流速约为4.8m/s。

② 水质背景浓度

本次环境影响评价在坝址处设有 2 处水质现状监测断面，位于枢纽工程影响范围内，因此水质背景浓度采用坝址断面枯水期水质实测数据，COD 初始浓度为 11.0mg/L。

(b) 预测结果

根据预测，①施工营地、办公营地生活废水事故排放至金沙江后，横向影响范围主要在排污口处 4m 范围内。营地排污口所在断面岸边 COD 浓度增加量为 0.4mg/L。生活污水事故排放情况下，排污口在下游 230m 处已全部自净到背景值，具体水质预测结果见表 5.1.3-1。

由于金沙江流量较大，水量充沛，生活污水量较小，因此，工程施工区生活污水排放产生的污染带范围有限，对金沙江水质影响甚微。

表 5.1.3-1 ①施工营地排污口近岸水域 COD 浓度计算表 单位：mg/L

X m	Y m					
	0	2	4	6	8	10
5	11.3	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
10	11.2	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
20	11.2	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
40	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
60	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
80	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
100	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
120	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
140	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0
180	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
200	11.1	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
230	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0

b) 砂石料冲洗废水事故排放对水质的影响

砂石料冲洗废水排放预测以排污量较大的砂石加工系统冲洗废水为代表，分析其事故排放对金沙江水体的影响。

1) 砂石料冲洗废水排放量预测

① 砂石加工系统布置于甲学沟综合场平区及其上游坡地，砂石加工系统废水产生量约为 700m³/h；事故排放下 SS 浓度为 100000mg/L。

2) 预测模型及参数拟定

(1) 预测因子

砂石料冲洗废水中主要污染物为 SS，因此预测因子也为 SS。

(2) 预测模型

砂石加工系统混合过程段采用导则推荐的持久性污染物岸边排放二维稳态混合模式。

$$c(x, y) = c_h + \frac{c_p Q_p}{H \sqrt{\pi M_y x u}} \left\{ \exp \left(-\frac{u y^2}{4 M_y x} \right) + \exp \left[-\frac{u (2B - y)^2}{4 M_y x} \right] \right\}$$

式中：

$c(x, y)$ —预测点污染物浓度，mg/L；

x —预测点 x 方向坐标值，m；

y —预测点离排放口的横向距离，m；

c_p —污水中污染物的浓度，mg/L；

Q_p —污水流量，m³/s；

c_h —河流上游污染物的浓度(本底浓度)，mg/L；

H —河流平均水深，m；

M_y —河流横向混合(弥散)系数，m²/s；

u —河流流速，m/s；

B —河流平均宽度，m；

π —圆周率；

(3) 计算条件及参数拟定

(a) 计算条件

① 水文条件

考虑最不利情况，设计流量选取坝址枯水年(P=75%)最小日均流量 448.22m³/s。

② 水质背景浓度

本次环境影响评价在奔子栏水电站坝址处设有 2 处水质现状监测断面，位于工程施工区范围内，因此水质本底条件采用该断面枯水期水质实测数据，SS 浓度为 15mg/L。

(b) 横向混合稀疏 M_y 的确定

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

$$M_y = (0.058H + 0.0065B)(gHI)^{1/2}$$

3) 预测结果分析

枯水期砂石加工系统冲洗废水事故排放对金沙江水体中 SS 含量的影响见表

5.1.3-2。从预测结果可以看出，在枯水期，废水事故排放在金沙江中形成的污染带长度约为 28km，距离排放口越近，其 SS 浓度增量越大；随着向下游的延伸，增量逐渐减小。枯水期距离排放口 5m 处的 SS 增量最大约为 2230mg/L。①砂石加工废水事故排放金沙江干流至充分混合后，SS 浓度值为 47mg/L，约为河流本底值的 3.5 倍，SS 增量为 32mg/L，对河流水质影响较为明显。

表 5.1.3-2 枯水期砂石料冲洗废水事故排放对金沙江 SS 的影响 单位：mg/L

X m	Y m					
	0	5	10	15	20	30
5	2230	15	15	15	15	15
50	716	33	15	15	15	15
100	510	95	15	15	15	15
500	237	169	67	23	16	15
1000	172	146	91	45	23	15
5000	85	83	76	65	54	34
10000	65	64	61	57	52	42
20000	51	51	51	50	49	46
25000	48	48	48	48	48	47
28000	47	47	47	47	47	47

综上，砂石加工系统废水事故排放时，将对下游河段水质产生明显影响，因此，在本工程废水处理及循环回用系统设计时，要充分考虑适用性和可靠性，同时加强系统运行期的维护工作，杜绝事故排放。

5.1.3.2 水库蓄水初期水质影响分析

根据《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》(NB/T10876-2021)的规定，蓄水前将对淹没区进行清库工作，建筑物全部予以拆除，对粪坑等一般污染源进行清理和消毒，淹没区为金沙江干暖河谷地区，水库淹没的植被主要为灌丛和灌草丛，产生的营养物质有限，故不存在大量植物在库内腐烂而导致水质恶化的可能。水库蓄水初期，残留的少量枯枝落叶等有机物将在水库内形成漂浮物，蓄积在耕地和林地土壤中的部分有机营养物质也将释放进入水体，故短期内库区水体中的 N、P 等有机物含量将明显增高，溶解氧降低，从而对库区水质造成一定影响。但由于库区范围基本无工业污染源分布，人口与耕地稀少，污染负荷极低，且随着电站日调节运行，水体交换次数不断增加，库区水质将逐步改善。

5.1.3.3 运行期水质影响预测与评价

a) 库区水质影响模型预测与评价

1) 库区及坝下污染源

水库周边基本无工业污染源分布。库区及坝址下游主要以农业污染源和农村生活污染源为主。

① 农业污染源

金沙江奔子栏河段农业生产方式相对落后，库区沿岸耕地资源较少，电站建成后，淹没区的耕地及园地将补偿在其它区域，奔子栏河段农业污染源将有所降低。根据四川省和云南省近十年年鉴，自 2017 年以来，化肥的单位面积使用量呈现降低趋势，依照最不利原则，奔子栏运行后的年度含氮化肥及含磷化肥单位面积使用量采用现状水平年数值，结合实物调查的耕地及园地淹没面积，经计算可得奔子栏水电站建成后库区农业污染源 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量为 0.26t/a，TN 排放量为 3.91t/a，TP 排放量为 0.40t/a。与现状水平年相比，工程建成后农业污染源各污染物排放量均有降低。坝址下游农业污染源 $\text{NH}_3\text{-N}$ 排放量为 8.91t/a，TN 排放量为 131.75t/a，TP 排放量为 11.24t/a。详见表 5.1.3-3。

表 5.1.3-3 奔子栏水电站建成后库区及坝下农业污染源污染物排放量

区域	省市	乡镇名	耕地(hm ²)	园地(hm ²)	污染物排放量(t/a)		
					$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP
库区	云南省迪庆藏族自治州	奔子栏镇	173.17	71.40	0.07	1.08	0.10
		羊拉乡	47.88	20.69	0.02	0.30	0.03
	四川省甘孜藏族自治州	奔都乡	23.37	33.53	0.02	0.26	0.03
		古学乡	107.79	154.66	0.08	1.20	0.13
		日雨镇	70.69	101.43	0.05	0.79	0.09
		瓦卡镇	25.60	36.74	0.02	0.29	0.03
	合计		538.04	448.49	418.45	0.26	3.91

表 5.1.3-3(续)

区域	省市	乡镇名	耕地(hm ²)	园地(hm ²)	污染物排放量(t/a)		
					NH ₃ -N	TN	TP
坝下	云南省迪庆族自治州	奔子栏镇	441.62	53.23	0.16	2.42	0.21
		霞若乡	1780.42	262.06	0.67	9.89	0.85
		拖顶乡	1558.45	170.49	0.57	8.51	0.73
		尼西乡	940.47	96.05	0.35	5.12	0.44
		五境乡	784.39	29.08	0.28	4.14	0.35
		上江乡	1800.90	40.02	0.64	9.44	0.80
		金江镇	2814.41	34.22	0.99	14.68	1.24
		虎跳峡镇	2053.03	33.82	0.72	10.73	0.91
		塔城镇	1260.63	30.02	0.45	6.61	0.56
	云南省丽江市	塔城乡	1805.30	12.34	0.63	9.39	0.79
		黎明乡	2551.88	53.36	0.90	13.37	1.13
		巨甸镇	2645.19	153.41	0.95	14.10	1.20
		石头乡	957.88	60.03	0.35	5.12	0.44
		石鼓镇	3300.98	91.38	1.17	17.35	1.47
	四川省甘孜藏族自治州	瓦卡镇	224.18	22.81	0.08	0.86	0.11
	合计		24919.72	1142.30	8.91	131.75	11.24

② 农村生活污染源

参考奔子栏水电站建设征地移民安置规划设计报告中人口自然增长率，工程建成运行后，库区及坝址下游农村生活污染源将有所增加。经计算奔子栏库区农村生活污染源 COD 排放量为 22.49t/a，NH₃-N 排放量为 0.96t/a，TN 排放量为 2.33t/a，TP 排放量为 0.21t/a；奔子栏坝址下游农村生活污染源 COD 排放量为 521.05t/a，NH₃-N 排放量为 20.41t/a，TN 排放量为 50.68t/a，TP 排放量为 4.76t/a，详见表 5.1.3-4。与现状水平年相比，奔子栏水电站建成后，库区农村生活污染源各污染物排放量稍有增加。

表 5.1.3-4 奔子栏水电站建成后各乡镇农村生活污染源各污染物排放量

区域	省市	乡镇名	人口数	污染物排放量(t/a)			
				COD	NH ₃ -N	TN	TP
库区	云南省迪庆藏族自治州	奔子栏镇	3153	8.04	0.30	0.76	0.07
		羊拉乡	456	1.16	0.04	0.11	0.01
	四川省甘孜藏族自治州	奔都乡	516	1.38	0.06	0.15	0.01
		古学乡	2213	5.91	0.27	0.65	0.06
		日雨镇	1823	4.87	0.23	0.53	0.05
		瓦卡镇	425	1.13	0.05	0.12	0.01
	合计		7802	8586	22.49	0.96	2.33
坝下	云南省迪庆藏族自治州	奔子栏镇	6987	17.81	0.67	1.69	0.16
		霞若乡	8383	21.37	0.81	2.03	0.19
		拖顶乡	9609	24.49	0.92	2.33	0.22
		尼西乡	7048	17.97	0.68	1.71	0.16
		五境乡	4109	10.47	0.39	1.00	0.10
		上江乡	12166	31.01	1.17	2.95	0.28
		金江镇	18136	46.23	1.74	4.40	0.42
		虎跳峡镇	20466	52.17	1.97	4.96	0.48
		塔城镇	16085	41.00	1.55	3.90	0.37
	云南省丽江市	塔城乡	8798	22.46	0.88	2.17	0.20
		黎明乡	15757	40.23	1.57	3.88	0.37
		巨甸镇	21286	54.35	2.12	5.24	0.49
		石头乡	9487	24.22	0.94	2.34	0.22
		石鼓镇	22450	57.32	2.23	5.53	0.52
	四川省甘孜藏族自治州	瓦卡镇	1871	59.94	2.77	6.55	0.56
	合计		182638	521.05	20.41	50.68	4.76

水电站本身属清洁能源，电站运行期间基本无生产废水排放。电站管理及维护人员少，厂房生活污水采用污水处理设备进行处理，确保废水不外排，故不会对金沙江水质造成不利影响。

(2) 库区水质预测分析

EFDC 模型是由美国环境保护署(EPA)开发的三维水动力-水质耦合模型，主要用于模拟河流、湖泊、河口、海岸及水库等水体的流体动力学、污染物传输及生态过程。其核心通过求解 Navier-Stokes 方程，耦合泥沙输移、营养盐循环、溶解氧等模块，实现复杂水环境的综合模拟。

1) 预测方法

① 基本方程

A 动量方程:

$$\begin{aligned} \partial_t(mHu) + \partial_x(m_yHu) + \partial_y(m_xHvu) + \partial_z(mwu) - (mf + v\partial_x m_y - u\partial_y m_x)Hv = \\ -m_yH\partial_x(g\xi + p) - m_y(\partial_x h - z\partial_x H)\partial_z p + \partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z u) + Q_u \end{aligned} \quad (\text{式 5.1.3-1})$$

$$\begin{aligned} \partial_t(mHv) + \partial_x(m_yHuv) + \partial_y(m_xHvv) + \partial_z(mwv) - (mf + v\partial_x m_y - u\partial_y m_x)Hu = \\ -m_xH\partial_y(g\xi + p) - m_x(\partial_y h - z\partial_y H)\partial_z p + \partial_z(mH^{-1}A_v\partial_z v) + Q_v \\ \partial_t(m\xi) = -gH(\rho - \rho_0)\rho_0^{-1} \end{aligned} \quad (\text{式 5.1.3-2})$$

B 连续方程:

$$\partial_t(m\xi) + \partial_x(m_yHu) + \partial_y(m_xHv) + \partial_z(mw) = 0 \quad (\text{式 5.1.3-3})$$

$$\partial_t(m\xi) + \partial_x(m_yH\int_0^1 u dz) + \partial_y(m_xH\int_0^1 v dz) = 0 \quad (\text{式 5.1.3-4})$$

C 状态方程:

$$\rho = \rho(P, S_a, T) \quad (\text{式 5.1.3-5})$$

D 水质方程:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \partial_x(uC) + \partial_y(vC) + \partial_z(wC) = \partial_x(K_x \frac{\partial C}{\partial t}) + \partial_y(K_y \frac{\partial C}{\partial y}) + \partial_z(K_z \frac{\partial C}{\partial z}) \\ (\text{式 5.1.3-6}) \end{aligned}$$

E 温度和盐度输移方程为:

$$\partial_t(mHT) + \partial_x(m_yHuT) + \partial_y(m_xHvT) + \partial_z(mwT) = \partial_z(mH^{-1}K_v\partial_z T) + Q_T \quad (\text{式 5.1.3-7})$$

$$\partial_t(mHS_a) + \partial_x(m_yHuS_a) + \partial_y(m_xHvS_a) + \partial_z(mwS_a) = \partial_z(mH^{-1}K_v\partial_z S_a) + Q_s \quad (\text{式 5.1.3-8})$$

式中: u 、 v 、 w 分别是边界拟合正交曲线坐标 x 、 y 、 z 方向上的速度分量;
 m_x 、 m_y 和分别为水平坐标变换因子, m 为度量张量行列式的平方根,
 $m = m_x m_y$; A_v 为垂向紊动黏滞系数; K_v 为垂向紊动扩散系数; f 为科里奥利系数;
 ρ 为混合密度; ρ_0 是参考密度; H 为总水深; h 为未扰动的 z 坐标原点以下的水深;
 p 为压力; S_a 为盐度; T 为温度; ξ 为自由的势能; Q_u 和 Q_v 为动量在 x 和 y 方

向的源汇项； Q_T 是温度的源汇项。联立各动量方程和连续方程即可解出 u 、 v 、 w 、 ρ 、 p 、 S_a 、 T 和 ξ 。

② 方程离散与求解

EFDC 模型采用二阶精度的空间有限差分格式求解控制方程，变量布置采用交错网格。模型的时间积分采用具有二阶精度的三层有限差分格式，采用内外模分裂方式将物理过程分解为内模和外模。外模求解采用半隐格式，利用预处理共轭梯度法同时求解二维水位场。内模求解垂向扩散项采用隐格式。动量方程内模主要是求解应力和速度的垂向分布。输移方程中的平流项模型采用 Smolarkiewicz 多维正定对流输移格式。

(2) 边界条件

① 水文条件

计算水文条件详见表 5.1.1-23。

② 水质条件

根据 2024 年水质补充监测成果，取相应水期库区内断面监测的平均值作为本次预测的背景浓度。

表 5.1.3-5 库区模型水质边界条件

单位：mg/L

时期	水质浓度			
	COD	NH ₃ -N	TP	TN
丰水期	10	0.09	0.06	0.68
平水期	13	0.17	0.09	0.90
枯水期	8	0.13	0.06	0.81

③ 参数率定选取

参考三峡水库研究成果，COD 衰减系数 K_{COD} 丰水期取 0.072 1/d，枯水期取 0.07 1/d，平水期取丰水期和枯水期的平均值 0.071 1/d；NH₃-N 衰减系数 $K_{\text{NH}_3\text{-N}}$ 丰水期取 0.056 1/d，枯水期取 0.031 1/d，平水期取丰水期和枯水期的平均值 0.044 1/d。参考《大型水体富营养化数学模拟的研究》中，采用隔河岩水库原型观测资料，各水期 TP 的衰减系数 K_{TP} 取 0.0018 1/d，各水期 TN 的衰减系数 K_{TN} 取 0.0018 1/d。

④ 模型验证

梨园水电站位于奔子栏电站下游，距离 280km，最大坝高 155m，水库正常蓄水位 1618m，死水位 1602m，正常蓄水位的库容为 7.27 亿 m³，有效库容 2.09 亿 m³，

为日调节水库。梨园水电站区域位置、所在区域气候气象特征与奔子栏水电站具有很强的相似性，因此可作为奔子栏水电站水质模型验证的对象。根据水质实测数据，选取梨园水电站 2022 年的运行过程进行模拟分析。

由图 5.1.3-1 可知，各污染物的模拟值与实测值变化呈现相同趋势，模型对梨园水电站库区水质有较好的模拟效果，证明了模型参数对梨园水电站的适用性，可为奔子栏水电站的模型计算提供较好的参考。

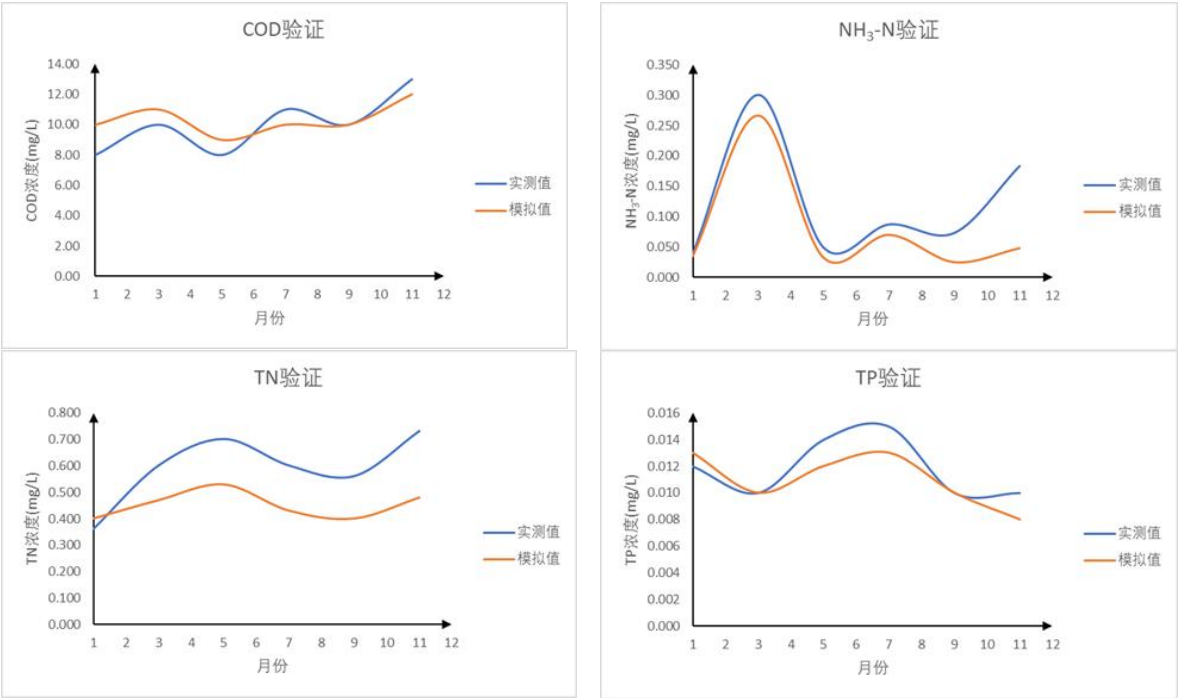


图 5.1.3-1 梨园水电站实测值与模拟值对比

⑤ 水质预测结果

根据预测结果可知，水库建成后，各项水质指标均在Ⅱ类水水质指标范围内，各项水质和建库前相差不大，水库水质达到Ⅱ类水要求。结合实地调查发现库区水质评价范围内无取水口等敏感水环境保护目标。因此，水电站建成后，对库区水环境影响不大。

表 5.1.3-6 库区水质预测结果

单位: mg/L

水质指标		断面位置					
		库尾断面		定曲汇入断面		坝前	
		建库前	建库后	建库前	建库后	建库前	建库后
丰水期	COD	10	9	14	13	12	12
	NH ₃ -N	0.09	0.07	0.05	0.05	0.09	0.08
	TP	0.06	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03
	TN	0.68	0.66	0.74	0.71	0.88	0.82
平水期	COD	13	12	12	12	13	12
	NH ₃ -N	0.17	0.17	0.16	0.15	0.13	0.12
	TP	0.09	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08
	TN	0.90	0.83	0.87	0.81	0.90	0.82
枯水期	COD	8	8	7	8	7	7
	NH ₃ -N	0.13	0.12	0.12	0.11	0.14	0.12
	TP	0.06	0.06	0.09	0.08	0.09	0.08
	TN	0.81	0.78	0.81	0.77	0.93	0.89

b) 水库富营养化评价

水库湖泊的富营养化发生的机制现在尚不清晰,但发生富营养化需具有三个必要条件: 充足的氮、磷等营养物质,缓慢的水流流态和适宜的气候条件、水温、以及光照条件。因此富营养化判别不能用单一指标来表示,应综合考虑各个影响因子才能真正表示富营养化的状态。与水质富营养化密切相关的指标很多,主要分为物理、化学和生物学指标。

目前,富营养化的评价标准很多。结合水质预测因子,本工程库区水质富营养化等级判别参照我国《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定》的相关要求进行。

综合营养状态指数计算公式为:

$$TLI(\Sigma)=\sum W_j \cdot TLI(j) \quad (\text{式 } 5.1.3-9)$$

式中: $TLI(\Sigma)$ —综合营养状态指数;

W_j —第 j 种参数的营养状态指数的相关权重。

$TLI(j)$ —代表第 j 种参数的营养状态指数。

以 $chl a$ 作为基准参数,则第 j 种参数的归一化的相关权重计算公式为:

$$w_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (\text{式 } 5.1.3-10)$$

式中： r_{ij} —第 j 种参数与基准参数 $\text{chl}a$ 的相关系数；

m —评价参数的个数。

中国湖泊(水库)的 $\text{chl}a$ 与其它参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 见下表。

表 5.1.3-7 中国湖泊(水库)部分参数与 $\text{chl}a$ 的相关关系 r_{ij} 、 r_{ij}^2 值以及权重 W_j

参数	TP	TN	COD_{Mn}
r_{ij}	0.84	0.82	0.83
r_{ij}^2	0.7056	0.6724	0.6889
W_j	0.3253	0.3333	0.3414

注：引自金相灿等著《中国湖泊环境》，表中 r_{ij} 来源于中国 26 个主要湖泊调查数据的计算结果。

本次水库富营养化状况评价指标包括：总磷(TP)、总氮(TN)、高锰酸钾指数(COD_{Mn})，营养状态指数计算公式为：

$$\text{TLI}(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \text{TP}) \quad (\text{式 } 5.1.3-11)$$

$$\text{TLI}(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \text{TN}) \quad (\text{式 } 5.1.3-12)$$

$$\text{TLI}(\text{COD}_{\text{Mn}}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \text{COD}) \quad (\text{式 } 5.1.3-13)$$

式中：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 5.1.3-8。

表 5.1.3-8 湖泊(水库)营养状态分级

$\text{TLI}(\Sigma)$	营养状态分级
$\text{TLI}(\Sigma) < 30$	贫营养(Oligotropher)
$30 \leq \text{TLI}(\Sigma) \leq 50$	中营养(Mesotropher)
$\text{TLI}(\Sigma) > 50$	富营养(Eutropher)
$0 < \text{TLI}(\Sigma) \leq 60$	轻度富营养(light eutropher)
$60 < \text{TLI}(\Sigma) \leq 70$	中度富营养(Middle eutropher)
$\text{TLI}(\Sigma) > 70$	重度富营养(Hyper eutropher)

本次取坝前断面及库尾断面预测值进行库区富营养化预测，成果如下表。

表 5.1.3-9 奔子栏库区富营养化预测成果表

断面位置	时期	TP(mg/L)	TN(mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TLI(Σ)	富营养化水平
库尾断面	丰水期	0.05	0.66	2.1	37.81	中营养
	平水期	0.08	0.83	3.2	45.41	中营养
	枯水期	0.06	0.78	1.8	38.32	中营养
坝前断面	丰水期	0.03	0.82	2.4	37.55	中营养
	平水期	0.08	0.82	3.2	45.35	中营养
	枯水期	0.08	0.89	1.6	39.51	中营养

根据预测结果，根据预测结果，奔子栏水电站运行后，库区各水期综合营养状态指数均在 30~50 之间，属于中营养状态。影响水库富营养化的因素除总磷、总氮等营养物质浓度外，还与水库地理位置、水库形状和运行特性等因素有关。奔子栏水电站调节库容小，为日调节水库，调节库容 2.46 亿 m³，运行期水库水体交换十分频繁，且上游入库水质情况良好，水库整体发生富营养化的潜在风险较小。

c) 坝下河段水质影响分析

采用奔子栏水电站下泄流量及水质作为上边界输入条件，计算方法同库区。

奔子栏水电站建成运行后，其泄放的生态流量大于天然最小流量。经计算，建库后，库区下游整体水质没有发生较大变化，COD、NH₃-N、TP、TN 都在Ⅱ类水指标范围内。结合实地调查，水库下游存在滇中引水取水，由水质预测分析可知，奔子栏建成后对滇中取水口水质有所改善，水质依旧满足Ⅱ类水指标。综上所述，奔子栏电站的建设运行，对下游河段水质并无明显恶化影响，甚至具有一定的改善作用。

表 5.1.3-10 坝下游水质预测成果表

单位：mg/L

水质指标		断面位置			
		瓦卡桥		滇中取水口	
		建库前	建库后	建库前	建库后
丰水期	COD	14	12	7	7
	NH ₃ -N	0.09	0.07	0.10	0.09
	TP	0.04	0.04	0.07	0.07
	TN	0.96	0.87	0.87	0.82
平水期	COD	15	14	10	10
	NH ₃ -N	0.14	0.11	0.08	0.07
	TP	0.1	0.09	0.07	0.07
	TN	0.98	0.92	0.84	0.82

表 5.1.3-10(续)

水质指标		断面位置			
		瓦卡桥		滇中取水口	
		建库前	建库后	建库前	建库后
枯水期	COD	6	5	7	6
	NH ₃ -N	0.08	0.06	0.03	0.02
	TP	0.08	0.08	0.01	0.01
	TN	0.94	0.87	0.58	0.51

5.1.4 坝下溶解性气体过饱和和影响

我院委托四川大学开展金沙江奔子栏水电站总溶解气体过饱和影响研究工作，编制完成《金沙江奔子栏水电站总溶解气体过饱和影响研究报告》，本节内容引自专题报告成果。

5.1.4.1 预测方法

根据奔子栏电站泄洪过饱和 TDG 的产生和发展特点，分别建立泄洪过饱和 TDG 生成预测模型、过饱和 TDG 释放预测模型以及水流交汇区过饱和 TDG 混合模型。

a) 过饱和 TDG 生成预测模型

1) 模型方程

根据泄水过程分析，可以将泄水产生过饱和 TDG 的过程分为三个阶段，即：

- (1) 泄流入水前空中 TDG 饱和度的变化；
- (2) 水垫塘内高压掺气水流中气体的过溶过程；
- (3) 流经水垫塘出口时，由于压力和水深突然减小导致的过饱和 TDG 的快速释放过程。

三个过程概化过程示意图如图 5.1.4-1 示。

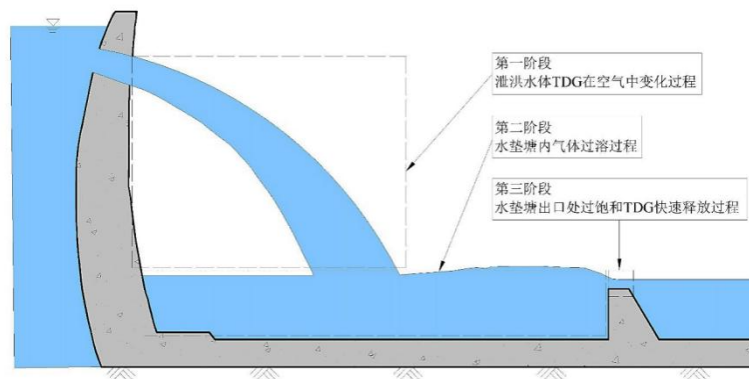


图 5.1.4-1 水垫塘过饱和 TDG 生成示意图

天然条件下，来流 TDG 饱和度假定为 100%，因此本次 TDG 的生成模型着重考虑挑流泄水过程的第二和第三阶段。对第二阶段水垫塘内高压掺气水流中气体的过溶过程与当地大气压 p_0 、总溶解气体的平衡饱和度 G_{eq} 、水垫塘内平均压力 ΔP 、坑内滞留时间 t_r 等相关，而第三阶段水垫塘出口过饱和 TDG 的快速释放过程与水垫塘出口流速 v_2 和出口水深 h_r 相关。各变量示意图如图 5.1.4-2 所示。

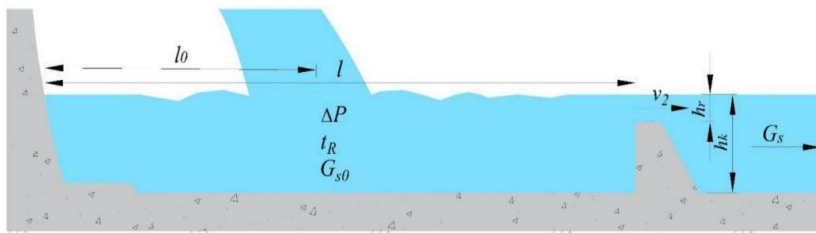


图 5.1.4-2 水垫塘内 TDG 生成过程涉及变量示意图

过饱和 TDG 生成预测模型如下：

$$\begin{cases} G_s = G_{s0} - 0.91 \cdot (G_{s0} - G_{eq}) \cdot \exp\left[-0.03\left(\frac{h_r}{v_2}\right)\right] \\ G_{s0} = 100 \left\{ 1 + \frac{\Delta P}{P_0} \left[1 - \exp(-0.08 t_R) \right] \right\} \\ t_R = 27.73 \lambda^{0.49} \left(\frac{h_k}{g} \right)^{0.5} \left(\frac{l_0}{l} \right)^{-1.82} \end{cases} \quad (5.1.4-1)$$

2) 模型验证

采用国内已建高坝工程原型观测资料对数学模型进行验证和参数率定。其中，水垫塘底部压强分别参照各工程泄洪消能设计成果及水力学模型试验研究成果确定。对泄洪过程中存在发电流量的，采用混合模式考虑发电尾水混入影响。模型计算结果与原型观测结果的对比见表 5.1.4-1 和图 5.1.4-3。

表 5.1.4-1 过饱和 TDG 模型验证结果表

编号	电站名称	泄洪建筑物	观测时间	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	坝下饱和度 观测值 (%)	坝下饱和度 计算值 (%)	计算值- 观测值 (%)
1	溪洛渡(a)	深孔	2018.08	1373	7289	117.0	112.4	-4.6
2	溪洛渡(b)	深孔	2018.08	5414	7503	125.0	124.1	-0.9
3	溪洛渡(c)	深孔	2018.08	4083	7463	123.0	120.8	-2.2
4	二滩(a)	中孔	2008.07	2054	1815	123.3	127.0	3.7
5	二滩(b)	中孔	2008.07	2026	1732	122.8	126.1	3.3
6	漫湾(a)	表孔	2008.07	1810	1930	115.0	117.7	2.7
7	漫湾(b)	泄洪洞	2008.07	880	2034	121.0	118.0	-3.0

表 5.1.4-1(续)

编号	电站名称	泄洪建筑物	观测时间	泄洪流量 (m³/s)	发电流量 (m³/s)	坝下饱和度 观测值 (%)	坝下饱和度 计算值 (%)	计算值- 观测值 (%)
8	紫坪铺(a)	泄洪洞	2006.12	170	0	107.3	114.5	7.3
9	紫坪铺(b)	泄洪洞	2006.12	170	0	115.2	114.5	-0.6
10	紫坪铺(c)	泄洪洞	2006.12	193	0	112.0	114.4	2.4
11	紫坪铺(d)	溢洪道	2006.12	210	0	131.0	133.2	2.2
12	小湾	表孔	2016.07	2097	1493	108.9	107.9	-1.0
13	大岗山(a)	泄洪洞	2016.09	1160	1148	117.0	116.5	-0.5
14	大岗山(b)	泄洪洞	2016.09	416	1224	115.0	113.3	-1.7
15	大岗山(c)	泄洪洞	2016.09	2390	312	123.0	122.5	-0.5
16	大岗山(d)	泄洪洞	2016.09	1160	1190	117.0	121.6	4.6
17	大岗山(e)	泄洪洞	2016.09	1140	671	118.0	120.7	2.7
18	大岗山(f)	泄洪洞	2016.09	2420	269	121.0	120.9	-0.1
19	大岗山(g)	泄洪洞	2016.09	891	547	124.0	120.1	-3.9
20	大岗山(h)	泄洪洞	2017.07	1330	1040	120.0	119.2	-0.8
21	大岗山(i)	泄洪洞	2017.07	1610	1140	123.0	122.1	-0.9
22	大岗山(j)	深孔	2017.09	2660	524	137.1	139.4	2.3
23	大岗山(k)	深孔	2017.09	2680	872	137.7	140.7	3.0
24	大岗山(l)	深孔	2017.09	2620	994	137.4	140.9	3.5
25	大岗山(m)	深孔	2017.09	2640	864	141.5	140.5	-1.0
26	大岗山(n)	深孔	2018.07	2584	685	141.5	137.8	-3.7
27	大岗山(o)	深孔	2017.07	2660	1050	138.1	141.6	3.5
28	大岗山(p)	深孔	2017.07	1310	1330	124.1	124.4	0.3
29	大岗山(q)	深孔+泄洪洞	2018.07	1381	0	133.7	135.8	2.1
30	大岗山(r)	深孔+泄洪洞	2018.07	1598	0	136.2	130.2	-6.0

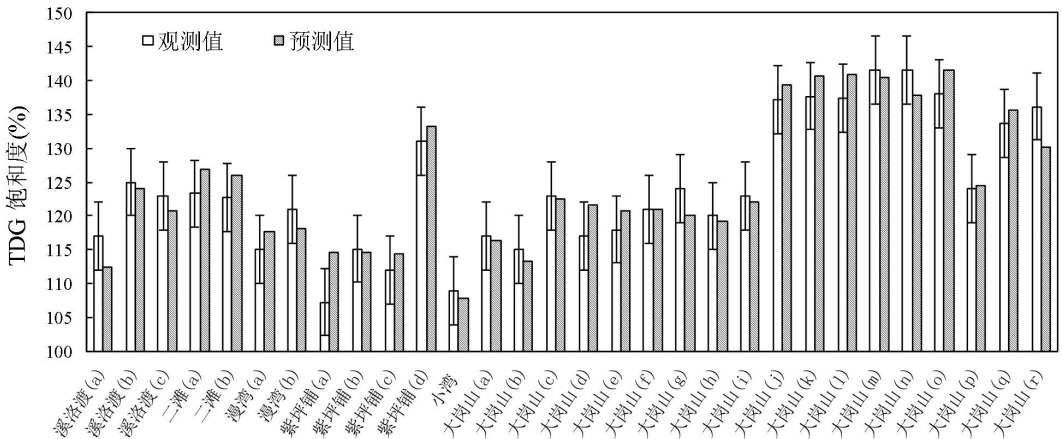


图 5.1.4-3 TDG 饱和度计算与实测结果对比图

由过饱和 TDG 模型计算值与原型观测值比较可以看出，模型计算与原型观测结果之差多小于 5%，在 30 个工况当中仅有 1 个工况的 TDG 饱和度差值在 5%~10%。分析认为依托机理实验和多个高坝工程的原型观测成果建立的高坝下游过饱和预测模型误差在可以接受的范围内，可以用于对奔子栏水库坝下 TDG 过饱和的预测。

3) 误差分析

水垫塘内掺气浓度和气泡尺寸影响着是坝下 TDG 生成的主要因素。不同的泄洪方式会导致泄洪水体流态的不同，从而影响着掺气量的大小以及坝下水垫塘流场，进一步影响气泡尺寸。目前国内外学者忽略了对泄洪方式、掺气浓度和气泡尺寸三者响应关系的考虑，导致模型可能存在一定误差。

由 TDG 生成的机理分析可以看出及生成模型的数学表达式可以看出，TDG 饱和度的生成与水垫塘内动水压强分布及出口水深等物理要素密切相关，因此高坝泄流下游水垫塘内压强和水深等水动力学变量的计算误差将直接影响到对过饱和 TDG 的预测误差。目前，关于高水头、大流量泄流下游动水压强分布等的计算，一般采用相关设计规范中推荐的经验公式法或水工模型试验法。对于高坝大流量泄水消能的计算，单纯依靠经验公式方法常带来较大误差，目前一般采用经验公式和水工模型试验相结合的方法。因此为尽可能减小对高坝泄流 TDG 过饱和的预测误差，预测中应尽可能依托工程设计中的泄流消能研究成果，避免由于单纯依靠经验公式计算压强分布等所带来的误差。

b) 过饱和 TDG 天然河道一维释放预测模型

针对研究河段，采用纵向一维过饱和 TDG 释放模型进行预测。建立恒定流过饱和 TDG 输移释放模型。过饱和 TDG 释放的数学模型包括水动力学方程和 TDG 输移释放方程。

1) 水动力学方程

水动力学特性研究以河道纵向一维水面线的计算为基础，根据河段流量及大断面地形资料，采用逐段试算法，由下游逐步向上游推算得到各断面的水位及断面平均流速和水深等水动力学参数。水动力学方程如下：

$$i ds = dh + (\alpha + \xi) d\left(\frac{v^2}{2g}\right) + \frac{Q^2}{v^2} ds \quad (5.1.4-2)$$

$$K = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} A \quad (5.1.4-3)$$

式中：

i ：河道底坡； s ：河道长(m)； Q ：断面流量(m³/s)； V ：断面平均流速(m/s)； A ：过水断面面积(m²)； h ：断面水深(m)； K ：断面平均流量模数(m^{4/3})； n ：糙率； R ：为水力半径(m)。

2) 过饱和 TDG 输移扩散方程

过饱和 TDG 在下游水体的输移释放模型采用一维输移扩散方程，其中过饱和 TDG 释放采用美国陆军工程兵团提出的一阶动力学过程。方程表述为：

$$\frac{\partial(G - G_{eq})}{\partial t} + u \frac{\partial(G - G_{eq})}{\partial x} = -k_{TDG}(G - G_{eq}) \quad (5.1.4-4)$$

式中，

G ：计算时刻的 TDG 饱和度(%)； G_{eq} ：TDG 平衡饱和度(%)； u ：断面平均流速(m/s)； t ：时间(s)； k_{TDG} ：释放系数(s⁻¹)，一般采用类比河段原型观测资料。

3) 过饱和 TDG 库区立面二维释放预测模型

采用宽度平均的立面二维模型数学模型开展奔子栏泄水生成的过饱和 TDG 在龙盘库区的输移释放预测，以及与旭龙联合运行工况下上游梯级泄水的过饱和 TDG 在奔子栏库区的输运与释放。

① 连续性方程：

$$\frac{\partial uB}{\partial x} + \frac{\partial wB}{\partial z} = qB \quad (5.1.4-5)$$

其中， u 、 w 分别为纵向和垂向流速(m/s)； B 为宽度(m)； q 为单宽流量(m²/s)。

② 动量方程：

$$\frac{\partial uB}{\partial t} + \frac{\partial uuB}{\partial x} + \frac{\partial wuB}{\partial z} = gB \sin \alpha - \frac{B}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xx}}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial B\tau_{xz}}{\partial z} \quad (5.1.4-6)$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = g \cos \alpha \quad (5.1.4-7)$$

其中 g 为重力加速度(m/s²)； ρ 为密度(kg/m³)； p 为压强(N/m²)； τ_{xx} 和 τ_{xz} 为紊动切应力(N/m²)； α 为河床与 x 方向的夹角。

纵向紊动切应力 τ_{xx} 计算表达式为：

$$\frac{\tau_{xx}}{\rho} = A_x \frac{\partial u}{\partial x} \quad (5.1.4-8)$$

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，即 $A_x = \text{const}$ 。与纵向切应力相似，垂向紊动切应力 τ_{xz} 的计算公式如下：

$$\frac{\tau_{xz}}{\rho} = A_z \frac{\partial u}{\partial z} \quad (5.1.4-9)$$

其中 A_z 为垂向紊动粘性系数 (m^2/s)。由于垂向速度较小，水体的对流输运较弱，模型采用的垂向涡流粘滞系数计算公式如下：

$$v_t = \kappa \left(\frac{l_m^2}{2} \right) \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{wy} e^{-2k_l z} + \tau_{yt}}{\rho v_t} \right)^2} e^{-cR_i} \quad (5.1.4-10)$$

$$l_m = \Delta z_{\max} \quad (5.1.4-11)$$

其中， v_t 即为涡粘系数 (m^2/s)， κ 为范卡门常数； τ_{wy} 为因风而产生的横向剪应力 (N/m^2)； k_l 为波数； τ_{yt} 为因支流入流而产生的横向剪应力 (N/m^2)； Δz_{\max} 为垂向网格间距的最大值 (m)。c 为常数，取 0.15； R_i 为理查森数， $R_i = g \frac{\partial \rho}{\partial z} / \rho \left(\frac{\partial u}{\partial z} \right)^2$ 。

③ 自由水面计算方程：

$$B_\xi \frac{\partial \xi}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \int_\xi^h u B dz - \int_\xi^h q B dz \quad (5.1.4-12)$$

其中 ξ 表示水面高程 (m)； h 表示水深 (m)； B_ξ 为对应高程的水面宽度 (m)； B 为水面宽度 (m)。

④ TDG 输运方程：

$$\frac{\partial GB}{\partial t} + \frac{\partial uBG}{\partial x} + \frac{\partial wBG}{\partial z} = \frac{\partial (BD_x G)}{\partial x^2} + \frac{\partial (BD_z G)}{\partial z^2} + S_G B \quad (5.1.4-13)$$

式中 S_G 为 TDG 源项，考虑了因为压强、温度等条件的改变引起的水体内过饱和和 TDG 的释放，以及表层水体与大气间的传质作用。源项表达式如下：

$$S_G = k_{TDG} (G_{eq} - G) + (K_L a)_s (G_s - G) \quad (5.1.4-14)$$

其中 G 为计算单元的 TDG 饱和度 (%)； G_s 为当地大气压下的 TDG 饱和度 (%)； G_{eq} 为当地平衡饱和度 (%)； k_{TDG} 代表计算水体内过饱和 TDG 释放系数 (h^{-1})； $(K_L a)_s$ 是自由水面的水气传质系数，其中 a 为比表面积 (m^{-1})。

$k_T(G_{eq}-G)$ 为水体内过饱和 TDG 的释放项，关于释放系数 k_T 的取值，目前尚缺乏大型深水库区研究成果，计算中直接选用大朝山库区过饱和 TDG 释放过程拟合得到的释放系数，其值为 0.003h^{-1} 。

$(K_L a)_s(G_s-G)$ 为表层水体过饱和 TDG 向大气的传质释放。本模型中采用 O'Connor 提出的与风速相关的估算公式：

$$K_L = -0.0045v_w^3 + 0.1535v_w^2 - 0.5026v_w + 0.6885 \quad (5.1.4-15)$$

其中 v_w 为距离水面 10m 处的风速(m/s)。风速取值根据库区气象资料，取与计算时段临近的月均风速来估算水气界面的传质系数。

G_s 为计算单元对应的 TDG 饱和度，由于水气传质仅发生在表层水体，因而 G_s 对应的即为表层水体的饱和浓度，为 100%。

5.1.4.2 预测工况

奔子栏水电站工程泄洪建筑物由 3 个坝身表孔、1 个底孔组成。正常蓄水位下 3 表孔泄量约 10153m³/s，1 底孔泄量 1868m³/s；校核洪水位下 3 表孔泄量 10473m³/s，1 底孔泄量约 1874m³/s。表孔为主要泄洪建筑物，底孔辅助泄洪，底孔在遇到频率小于或等于 200 年一遇洪水时不参与泄洪。

本报告考虑二十年一遇及以下的常遇洪水工况，发电厂房按照 1/2 机组过流，流量为 1197m³/s。根据奔子栏电站泄水建筑物泄水流量分配情况，以及奔子栏单独运行、旭龙-奔子栏联合运行模式，结合奔子栏水电站水工整体模型试验中间成果中不同洪水条件下的泄水建筑物运行方式，拟定奔子栏电站过饱和气体预测工况详见表 5.1.4-2。

表 5.1.4-2 奔子栏水电站过饱和 TDG 预测工况统计表

运行模式	工况	洪水频率	出库流量(m ³ /s)				泄水建筑物及机组开启情况	水库水位(m)	下游水位(m)	备注
			总出库	表孔	底孔	机组				
奔子栏单独运行	1	50%	4310	3113	0	1197	2 表+1/2 机组	2535.00	2350.08	①、③控泄
	2	50%	4310	2515	0	1795	1 表+3/4 机组	2535.00	2350.08	②全开
	3	50%	4310	1917	0	2393	1 表+全机组	2535.00	2350.08	②全开
	4	20%	5590	4393	0	1197	2 表+1/2 机组	2535.00	2352.07	①、③控泄
	5	5%	7200	6003	0	1197	3 表+1/2 机组	2535.00	2352.07	②全开， ①、③控泄
旭龙-奔子栏	6	50%	4310	3113	0	1197	2 表+1/2 机组	2535.00	2350.08	①、③控泄
	7	20%	5590	4393	0	1197	2 表+1/2 机组	2535.00	2352.07	①、③控泄

注：①、②、③分别为表孔编号。

a) 奔子栏单独运行

采用混合模型计算泄水过饱和 TDG 与发电水流掺混过程。根据四川大学研究成果，发电尾水过饱和 TDG 水平通常与坝前过饱和 TDG 水平相当。不考虑上游梯级的泄水影响时，奔子栏单独运行工况下坝前过饱和 TDG 水平假定为 100%，因此本报告预测中奔子栏单独运行时发电尾水过饱和 TDG 水平按 100%计。

b) 联合运行

旭龙-奔子栏联合运行时，需考虑上游梯级电站的泄水影响。在《金沙江旭龙水电站总溶解气体过饱和影响研究》(四川大学，2019 年)中，旭龙泄水引起的过饱和 TDG 在坝下河段的输运过程仅考虑天然河道工况，未考虑奔子栏成库的影响。鉴于天然河道过饱和 TDG 释放过程与库区释放过程不同，本报告考虑旭龙泄水影响在奔子栏成库条件下的输运，采用立面二维模型针对上游来水中的过饱和 TDG 在奔子栏库区释放输运过程展开模拟，以确定联合运行情况下奔子栏发电尾水的过饱和水平。

5.1.4.3 预测结果

a) TDG 生成预测结果

奔子栏水电站在单独运行和联合运行时泄水建筑物泄水生成的 TDG 饱和度见表 5.1.4-3。

表 5.1.4-3 奔子栏水电站过饱和 TDG 生成预测结果表

运行模式	工况编号	洪水频率	泄洪建筑物及机组开启情况	泄水流量 (m ³ /s)	发电流量 (m ³ /s)	坝下生成 TDG 饱和度 (%)	发电尾水 TDG 饱和度 (%)	与发电尾水掺混后 TDG 饱和度 (%)
奔子栏单独运行	1	50%	①、③表孔+1/2 机组	3223	1087	141.1	100.0	129.7
	2	50%	②表孔+3/4 机组	2679	1631	143.0	100.0	125.0
	3	50%	②表孔+全机组	2136	2174	142.6	100.0	118.8
奔子栏单独运行	4	20%	①、③表孔+1/2 机组	4503	1087	142.8	100.0	133.6
	5	5%	3 表孔+1/2 机组	6113	1087	145.1	100.0	137.6
旭龙-奔子栏联合	6	50%	①、③表孔+1/2 机组	3223	1087	141.1	120.6	135.4
	7	20%	①、③表孔+1/2 机组	4503	1087	142.8	126.8	139.3

预测结果显示，在泄水流量为 2136~6113m³/s 时，奔子栏坝下生成 TDG 饱和度水平在 141~145%左右，且随泄水流量的增大而增大。

在不考虑发电尾水掺混时，两年一遇洪水情景下，采用①、③表孔泄水，泄水流量为 3223m³/s(工况 1、工况 6)，坝下生成的 TDG 饱和度为 141.1%；采用②号表孔泄水，泄水流量为 2679m³/s(工况 2)时，坝下生成的 TDG 饱和度为 143.0%；泄水流量为 2136m³/s(工况 3)时，坝下生成的 TDG 饱和度为 142.6%。

五年一遇洪水情景下，采用①、③表孔泄水，泄水流量为 4503m³/s(工况 4、工况 7)，坝下生成的 TDG 饱和度为 142.8%。

二十年一遇洪水情景下，采用①、②、③共 3 个表孔泄水，泄水流量为 6113m³/s(工况 5)，坝下生成的 TDG 饱和度为 145.1%。

对比工况 1 和工况 4 可知，在不改变泄水孔口的情况下，泄水流量越大使单宽

流量增大，且水垫塘内水位不同程度增大，坝下水体承压增加，从而使最终生成的 TDG 饱和度增大。

对比分析工况 1、2 可知，泄量增大，但坝下 TDG 饱和度生成水平缺略有降低，这是因为泄量增大的同时，泄水孔口开启数量增加，泄水单宽流量减小，所以 TDG 饱和度生成水平有小幅下降。

奔子栏单独运行时，发电尾水的 TDG 饱和度为 100%，对于泄水水流起到了重要的稀释作用，显著降低了出库水流的 TDG 饱和度。在 5 种预测工况下，尾水掺混使得泄水水流的 TDG 饱和度分别降低了 10.4%(工况 1，两年一遇①、③表孔+1/2 机组)、16.3%(工况 2，两年一遇②号+3/4 机组)、21.5%(工况 3，两年一遇②号+全机组)、8.3%(工况 4，五年一遇①、③表孔+1/2 机组)、6.8%(工况 5，二十年一遇①、②、③表孔+1/2 机组)。

旭龙-奔子栏联合运行时，两年一遇洪水情景下，发电尾水的 TDG 饱和度为 120.6%，尾水掺混后泄水水流 TDG 饱和度从 141.1%降至 136.0%，降低了 5.2%；五年一遇洪水情景下，发电尾水的 TDG 饱和度为 126.8%，尾水掺混后泄水水流 TDG 饱和度从 142.8 降至 139.7%，降低了 3.1%。对比工况 1、6 可知，在相同流量与相同泄水建筑物条件下，与奔子栏电站单独运行相比，联合运行时尾水掺混后水流 TDG 饱和度上升 5.2%。

b) 过饱和 TDG 释放预测

(1) 龙盘建成前 TDG 沿程释放结果

根据金沙江奔子栏至龙盘坝址实测大断面地形资料，采用一维恒定流模型，分别计算 7 种工况下过饱和 TDG 沿程变化，结果见表 5.1.4-4 和图 5.1.4-4。

表 5.1.4-4 奔子栏坝址下游河道过饱和 TDG 输移释放预测结果表

断面	距坝址 距离 (km)	TDG 饱和度(%)						
		奔子栏单独运行					旭龙-奔子栏联合运行	
		工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7
		2 表孔 P=50%	1 表孔 P=50%	1 表孔 P=50%	2 表孔 P=20%	3 表孔 P=5%	2 表孔 P=50%	2 表孔 P=20%
1	0.0	129.7	125.0	118.8	133.6	137.6	135.4	139.3
2	18.1	127.0	122.7	117.1	130.7	134.6	132.2	136.0
3	28.4	125.5	121.4	116.1	129.2	133.0	130.4	134.1
4	51.6	122.4	118.9	114.2	126.0	129.8	126.8	130.5
5	76.6	119.5	116.4	112.3	122.9	126.6	123.2	126.8

表 5.1.4- 4(续)

断面	距坝址 距离 (km)	TDG 饱和度(%)						
		奔子栏单独运行					旭龙-奔子栏联合运行	
		工况 1	工况 2	工况 3	工况 4	工况 5	工况 6	工况 7
		2 表孔 P=50%	1 表孔 P=50%	1 表孔 P=50%	2 表孔 P=20%	3 表孔 P=5%	2 表孔 P=50%	2 表孔 P=20%
6	85.7	118.3	115.4	111.6	121.7	125.3	121.9	125.4
7	97.5	116.9	114.3	110.7	120.2	123.8	120.2	123.7
8	107.9	115.8	113.3	110.0	119.0	122.5	118.8	122.2
9	115.2	115.1	112.7	109.5	118.2	121.6	117.9	121.3
10	129.7	113.6	111.5	108.6	116.6	119.9	116.2	119.5
11	144.8	112.1	110.2	107.7	114.9	118.0	114.5	117.5
12	157.4	111.0	109.2	106.9	113.5	116.5	113.1	115.8
13	166.1	110.2	108.6	106.5	112.7	115.5	112.2	114.9
14	174.1	109.6	108.1	106.1	112.1	114.8	111.5	114.1
15	182.5	109.0	107.6	105.7	111.4	114.0	110.7	113.3
16	193.7	108.1	106.9	105.2	110.4	112.9	109.7	112.2
17	204.2	107.4	106.3	104.7	109.6	112.0	108.9	111.2
18	209.7	107.1	106.0	104.5	109.2	111.5	108.5	110.7
19	214.6	106.8	105.7	104.3	108.8	111.2	108.1	110.4
20	223.2	106.2	105.2	103.9	108.1	110.4	107.4	109.5
21	243.2	105.3	104.5	103.4	107.1	109.1	106.4	108.3
22	255.3	104.9	104.1	103.1	106.6	108.5	105.8	107.7
23	260.9	104.7	104.0	103.0	106.4	108.3	105.6	107.5

注：表中工况 2 为 3/4 机组发电，工况 3 为全机组满发，其余所有工况中均为 1/2 机组发电。

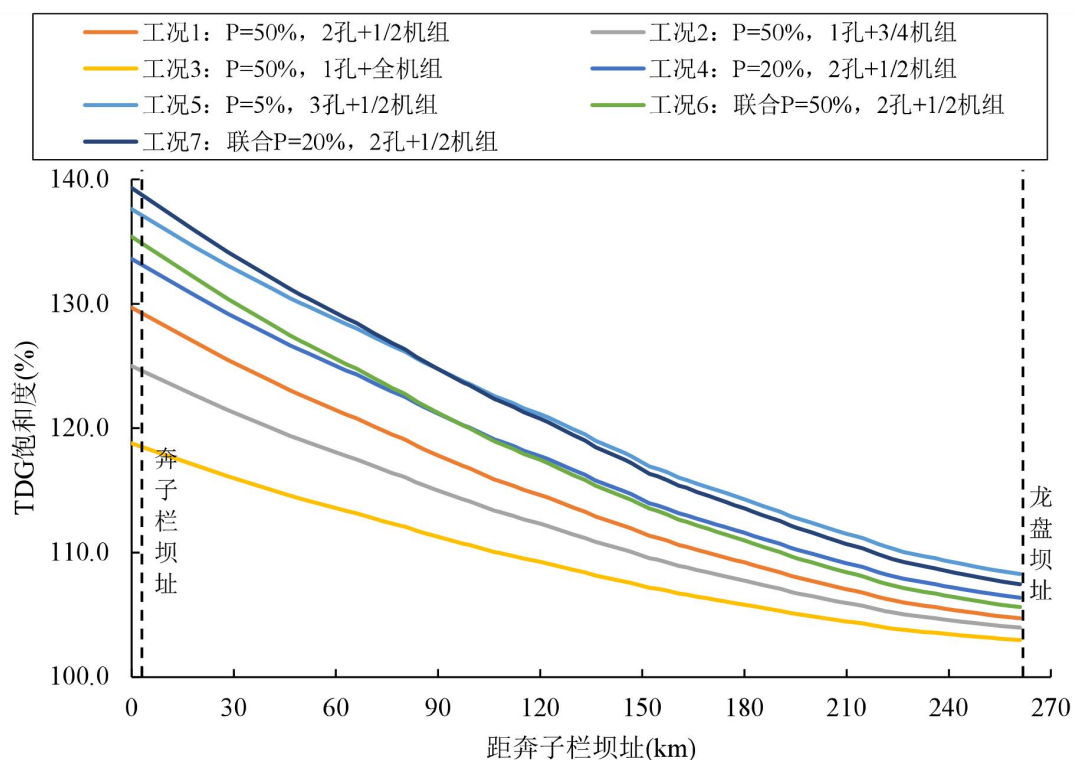


图 5.1.4-4 奔子栏电站坝址下游河段 TDG 饱和度沿程变化图

预测结果显示，各工况下泄水生成的过饱和 TDG 在下游河道内逐渐释放，TDG 饱和度逐渐降低。

工况 1 为两年一遇洪水，奔子栏单独运行，采用①、③表孔泄洪+1/2 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 129.7%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 25.0%，为 104.7%。

工况 2 为两年一遇洪水，奔子栏单独运行，采用②号表孔泄洪+3/4 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 125.0%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 21.0%，为 104.0%。

工况 3 为两年一遇洪水，奔子栏单独运行，采用②号表孔泄洪+全机组满发，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 118.8%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 15.8%，为 103.0%。

工况 4 为五年一遇洪水，奔子栏单独运行，采用①、③表孔泄洪+1/2 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 133.6%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 27.2%，为 106.4%。

工况 5 为二十年一遇洪水，奔子栏单独运行，采用 3 表孔泄洪+1/2 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 137.6%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度

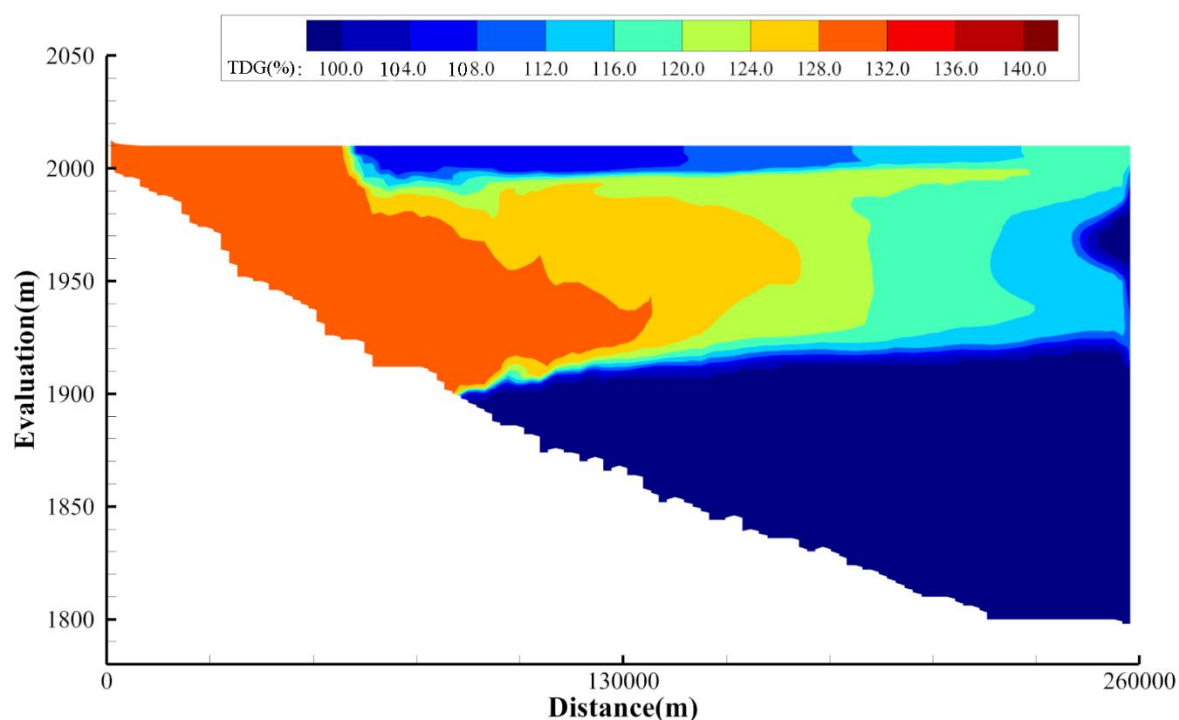
降低 29.3%，为 108.3%。

工况 6 为五年一遇洪水，旭龙-奔子栏联合运行，采用①、③表孔泄洪+1/2 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 135.4%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 29.8%，为 105.6%。

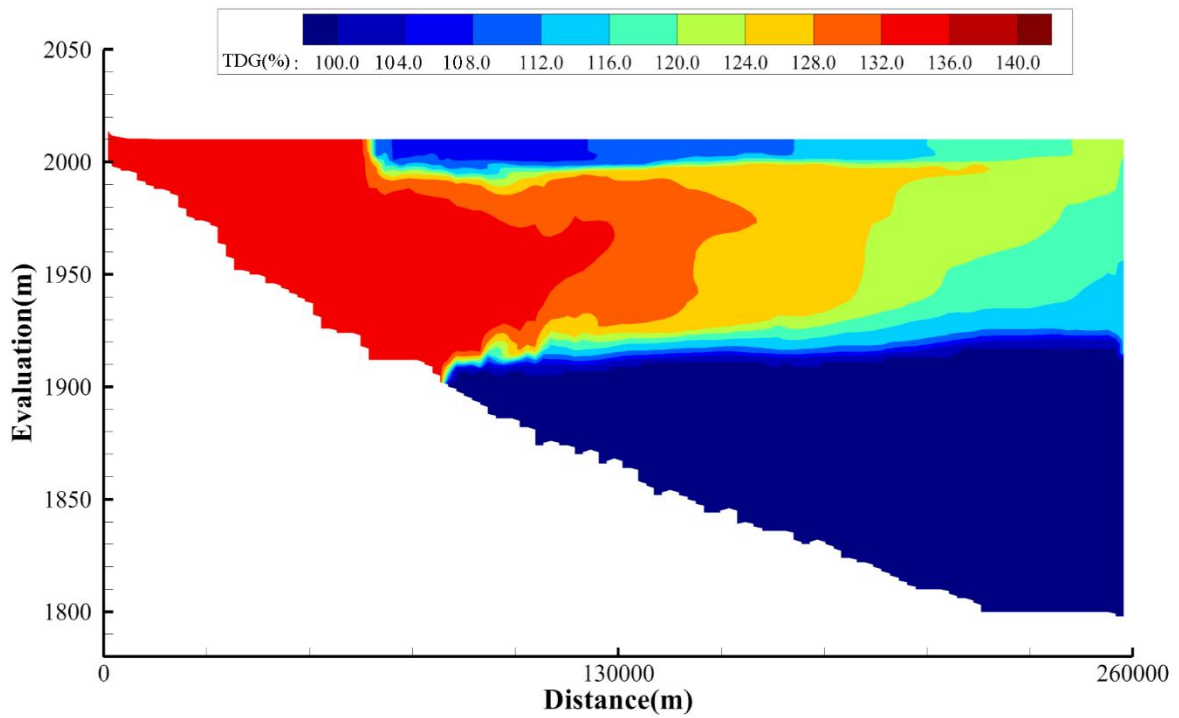
工况 7 为两年一遇洪水，旭龙-奔子栏联合运行，采用①、③表孔泄洪+1/2 机组发电，泄水水流与发电尾水混合后的 TDG 饱和度为 139.3%，至龙盘坝址处时 TDG 饱和度降低 31.8%，为 107.5%。

(2) 龙盘建成后 TDG 沿程释放结果

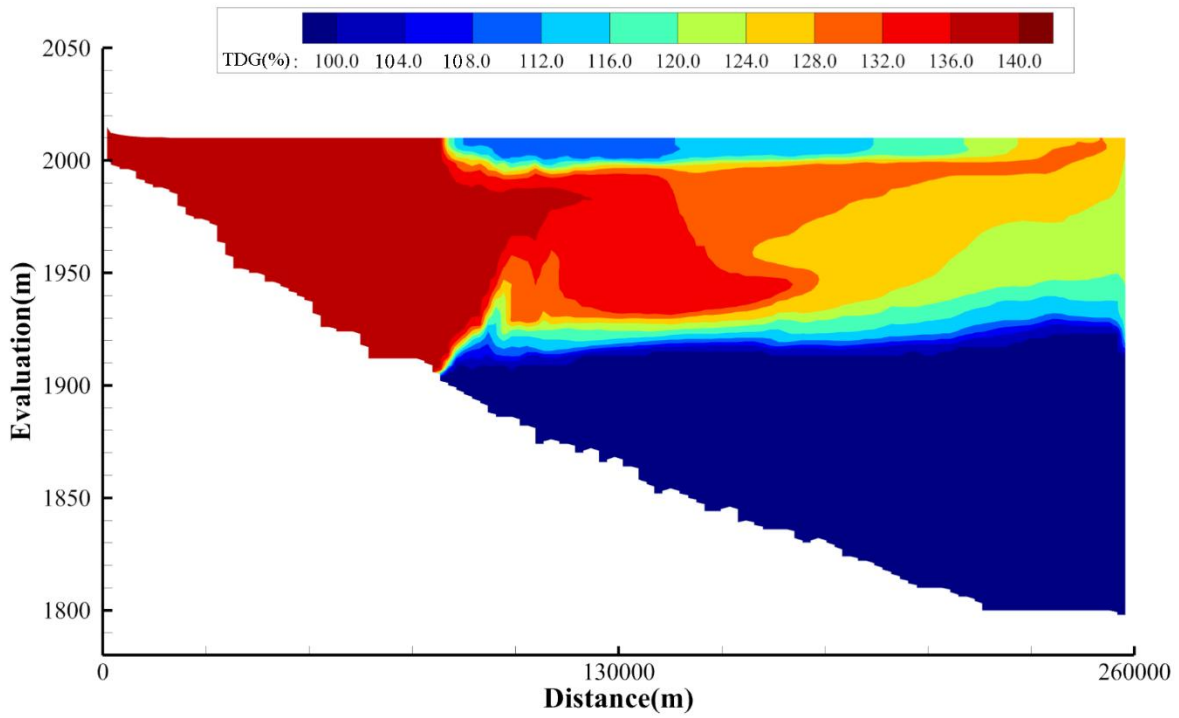
两年一遇入库流量下($Q=4310\text{m}^3/\text{s}$)，过饱和 TDG 入库饱和度为 129.7%，五年一遇入库流量下($Q=5590\text{m}^3/\text{s}$)，过饱和 TDG 入库饱和度为 133.6%，二十年一遇入库流量下($Q=7200\text{m}^3/\text{s}$)，过饱和 TDG 入库饱和度为 137.6%，各工况下的龙盘库区过饱和 TDG 饱和度如图所示。



(a) 两年一遇洪水($4310\text{m}^3/\text{s}$)



(b) 五年一遇洪水(5590m³/s)



(c) 二十年一遇洪水(7200m³/s)

图 5.1.4-5 龙盘库区 TDG 饱和度分布图

流量越大，来流的高饱和度水体在库区混合越迅速，在主流的驱动下，上游来流逐渐替换上层库水，受地形和流场影响，坝前库底水体尚未被来流替换，形成低

TDG 饱和度区域。

两年一遇洪水条件下(工况 1)，龙盘库区过饱和 TDG 水体分布在水面以下 0~30m 和水面以下 50~90m。此情景下，龙盘库尾 TDG 饱和度为 129.7%，经过全库区的输移释放，至龙盘坝前上层主流 TDG 平均饱和度为 118.8%，至龙盘发电进水口处平均饱和度为 113.2%，坝前过饱和水层平均浓度为 116.0%。

五年一遇洪水条件下(工况 4)，龙盘库区过饱和 TDG 水体分布在水面以下 0~90m。此情景下，龙盘库尾 TDG 饱和度为 133.6%，经过全库区的输移释放，至龙盘坝前上层主流 TDG 平均饱和度为 122.3%，至龙盘发电进水口处平均饱和度为 117.4%，坝前过饱和水层平均浓度为 119.7%。

二十年一遇洪水条件下(工况 5)，龙盘库区过饱和 TDG 水体分布在水下 0~90m，因泄水流量大于发电流量，过饱和水体主要集中在泄水表孔高程处。此情景下，龙盘库尾 TDG 饱和度为 137.6%，经过全库区的输移释放，至龙盘坝前上层主流 TDG 平均饱和度为 126.0%，至龙盘发电进水口处平均饱和度为 120.5%，坝前过饱和水层平均浓度为 123.3%。

龙盘成库前，工况 1、4、5 情况下，过饱和 TDG 释放至龙盘坝址时，TDG 饱和度分别为 104.7%、106.4、108.3%；龙盘成库后，三种工况下过饱和 TDG 释放至龙盘坝址时，TDG 饱和度分别为 116.0%、119.7、123.3%；与龙盘成库前相比，三种工况在龙盘成库后龙盘坝址处 TDG 饱和度有一定增加，增加值分别为 11.1%、13.1%、14.8%。结果表明，与天然河道水体相比，过饱和 TDG 在库区水体内的释放速度较缓，且输运作用会影响过饱和 TDG 水体分布。

5.1.4.4 小结

采用纵向一维和立面二维数学模型对奔子栏水电站不同泄洪条件下，不同工况下泄洪生成的过饱和 TDG 及其在下游的释放过程开展了预测。结果表明，奔子栏电站泄洪期间下游均出现溶解气体过饱和现象，且过饱和 TDG 生成整体随泄洪水流量的增大而增大。出库水流的 TDG 饱和度在奔子栏坝址至龙盘坝址间的金沙江河段沿程释放降低。

a)龙盘建成前，奔子栏电站单独运行时，两年一遇洪水条件下(工况 1，2 表孔+1/2 机组过流；工况 2，1 表孔+3/4 机组过流；工况 3,1 表孔+全机组满发)，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 141.1%、142.9%和 142.4%；经尾水掺混及沿程输运释

放，至龙盘坝址处分别降低至 104.7%、104.0%和 103.0%。五年一遇洪水条件下(工况 4，2 表孔+1/2 机组过流)，坝下生成过饱和 TDG 饱和度为 142.8%；经尾水掺混及沿程输运释放，至龙盘坝址处降低至 106.4%。二十年一遇洪水条件下(工况 5，3 表孔+1/2 机组过流)，坝下生成过饱和 TDG 饱和度为 145.1%；经尾水掺混及沿程输运释放，至龙盘坝址处降低至 108.3%。

旭龙-奔子栏联合运行时，两年一遇洪水条件下(工况 6，2 表孔+1/2 机组过流)，坝下生成过饱和 TDG 饱和度为 141.1%；经尾水掺混及沿程输运释放，至龙盘坝址处降低至 105.6%。五年一遇洪水条件下(工况 7，2 表孔+1/2 机组过流)，坝下生成过饱和 TDG 饱和度为 142.8%；经尾水掺混及沿程输运释放，至龙盘坝址处降低至 107.5%。

b) 龙盘建成后，两年一遇洪水下(工况 1，2 表孔+1/2 机组过流)，进入龙盘库尾水流 TDG 饱和度为 129.7%，至龙盘坝前平均 TDG 饱和度为 116.0%，降低 13.7%；五年一遇洪水下(工况 4，2 表孔+1/2 机组过流)，进入龙盘库尾水流 TDG 饱和度为 133.6%，至龙盘坝前平均 TDG 饱和度为 119.7%，降低值为 13.9%；二十年一遇洪水下(工况 5，3 表孔+1/2 机组过流)，进入龙盘库尾水流 TDG 饱和度为 137.6%，至龙盘坝前平均 TDG 饱和度为 123.3%，降低值为 14.3%。

c) 龙盘成库前，工况 1、工况 4 和工况 5 中，过饱和 TDG 释放至龙盘坝址时，TDG 饱和度分别为 104.7%、106.4、108.3%；龙盘成库后，三个工况下过饱和 TDG 释放至龙盘坝址时，TDG 饱和度分别为 116.0%、119.7、123.3%；与龙盘成库前相比，三种工况在龙盘成库后龙盘坝址处 TDG 饱和度有一定增加，增加值分别为 11.1%、13.1%、14.8%。结果表明，与天然河道水体相比，过饱和 TDG 在库区水体内在立面上形成 TDG 分布，分布特性与输运和释放作用有关，库区过饱和 TDG 释放速度显著缓于天然河道。

5.1.5 地下水环境影响

5.1.5.1 地下水水质影响

工程水污染来源主要包括砂石料加工废水、修配系统废水、混凝土拌合系统废水、基坑排水、洞室排水、生活污水。

工程施工期对各类污废水均进行处理后回用，施工污废水不会进入地下水补给区，工程施工对地下水水质产生影响较小。

5.1.5.2 地下水水位影响

本工程对地下水影响主要为工程施工期间可能造成地下水水位发生变化，主要为水库区和枢纽布置区。

a) 水库区

水库正常蓄水位 2148.00m 回水至旭龙，库长约 63.29km。本工程水库为高山峡谷河道型水库，库区为干暖河谷、降雨量少，两岸地势陡峭。库区金沙江总体呈南北向，两岸支流(沟)较发育，一级支流主要有定曲。河床一般宽 50.00m~100.00m。两岸阶地零星分布、发育有I~VI阶地，阶地面积较少。

库区两岸多基岩裸露，覆盖层分布不连续，冲沟较多、沟谷狭长，地表径流较丰富，便于地表水汇集于相对较低的侵蚀基准面。地下水按赋存介质条件和埋藏条件可分为：第四系松散堆积层孔隙潜水、基岩裂隙水、深层地下水、岩溶水，金沙江是库区地表水、地下水的最低排泄基准面，地表水、地下水均向金沙江排泄。

水库地形封闭条件好，不存在低矮垭口。库区西侧为澜沧江低邻谷，金沙江与澜沧江之间河间地块的最小宽度约 30km，地形分水岭最低处——白茫雪山垭口高程 4292m，有弱透水地层呈近南北向顺河流方向展布，两江之间无大的横向构造带相沟通。从库区两岸主要冲沟水流情况、泉水出露情况初步分析，两岸地下水分水岭高程高于水库正常蓄水位。

1) 水库渗漏

水库地形封闭条件好，不存在低矮垭口。水库区西面有与金沙江近平行的澜沧江低邻谷，两江之间河间地块最小宽度约 30km、地形分水岭最低处——白茫雪山垭口高程 4292m。分布的地层有石炭系(C)、二叠系(P)、三叠系(T)等，岩性为板岩、灰岩、砂岩和火山岩等，地层呈近南北向发育，总体上与河流近平行，板岩和砂岩等弱透水地层构成河间地块的相对隔水层，可溶岩地层被弱透水地层所阻隔，不存在通向邻谷的岩溶管道。区内构造线方向多呈近南北向，没有切穿分水岭的横河向区域性断裂分布，不存在沿断裂带向邻谷产生集中渗漏的问题。从库区两岸主要冲沟水流情况、泉水出露情况初步分析，两岸地下水分水岭高程高于水库正常蓄水位。

库区地形封闭条件好，不存在连通邻谷的岩溶管道和切穿分水岭的区域性断裂发育，两岸地下水位分水岭远高于库水位，水库不存在向邻谷产生集中渗漏问题。

推荐的中坝址河床和右岸为 D2q2 岩组灰岩，从大坝上游左岸斜穿河床延伸至大坝的下游，地表调查和勘探揭露未发现大型溶洞发育，仅个别平洞内沿裂隙见有溶蚀现象，该岩组灰岩夹于板岩地层之间、属弱岩溶化地层。

综上所述，水库发生渗漏的可能性小。

2) 水库浸没

本库区为高山峡谷区，属典型的河道型水库，两岸地形陡峻，阶地(尤其是较宽阔阶地)很少，其中可判别为有浸没影响的共 6 块阶地，浸没影响总面积约 1.07 万 m²(16 亩)水库，水库浸没的影响较小。

水库建设期间，库岸开挖量较小，开挖不会对地下水位造成实质性影响。

水库建成蓄水后，随水库水位的升高，山体地下水位线将由陡变缓，水力坡度将变小，库岸一定范围内地下水位将升高，最终形成以库水位为基准新的地下水排泄基准面。

b) 枢纽布置区

金沙江是区内地表水及地下水的最低排泄基准面，地下水主要接受大气降水补给，向溪沟和金沙江排泄。地下水类型按埋藏条件及赋存介质分为裂隙潜水及孔隙水，裂隙潜水赋存于基岩裂隙中，孔隙水赋存于第四系松散堆积物中。选坝河段内虽有灰岩地层分布，其夹于透水性弱的板岩、片岩地层之间，且该区域地壳抬升较快，地下水循环交替条件差、强度小，据地面地质调查和钻孔、平洞勘探，岩溶不发育，为弱岩溶化地层。从钻孔压水资料分析，区内基岩主要为弱透水至微透水。

根据水质分析成果，坝区地表水和地下水均为淡水，PH 值为 7.6~8.75，为弱碱性水，水化学类型主要为重碳酸钙型水，对混凝土腐蚀性判别标准，坝区地表水和地下水对混凝土均无腐蚀性。

坝址区河床基岩面以下 70m，最低高程 1900m 左右；两岸地下水位埋深大，高程 2148m 时，左岸水平埋深约 200m，右岸水平埋深约 150m。根据坝址区已有钻孔成果坝址左岸地下水位随着季节变化在 2014.1~2144.8m 之间变动，右岸地下水位随着季节变化在 2014.5~2024.1m 之间变动，地下水水位季节性变化明显，变幅多在 7m 以上，变幅平均值大于 10m。两岸坝址区地下水位普遍低于正常蓄水位 2148m。

钻孔压水试验成果表明，坝区岩体透水性一般属微~弱透水，透水率小于 10Lu

的试段数超过 90%，小于 3Lu 的试段数占 80.5%。混凝土重力坝方案，相对隔水层顶板埋深($q \leq 1Lu$)：河床基岩面以下 70m，最低高程 1900m 左右；两岸地下水位埋深大，高程 2148m 时，左岸水平埋深约 200m，右岸水平埋深约 150m。坝址灰岩地层岩溶不发育，地表和勘探平洞均未见较大规模的溶洞发育。

坝基灰岩地层岩溶不发育，河床部位透水率小于 1Lu 的相对隔水层顶板在基岩面以下的最大深度 110.00m 左右，透水率小于 3Lu 的相对隔水层顶板在河床基岩面以下的深度为 50.00m 左右。大坝下游左岸有深切冲发育、坝址河谷为纵向谷。在左岸坝基和坝肩的有发生渗漏的风险。

5.1.5.3 地下水环境敏感目标影响

a) 地下水位变化对取用水的影响

根据调查，本工程地下水影响范围内无集中利用地下水要求，库区周边的茂达水、宗绒村周边分散居民偶有使用山泉水、地下水，距离工程施工区较远。工程施工主要集中在枢纽布置区，期间造成局部地下水位变化不会对库区周边零散的地下取用水产生影响。工程运行期库区水位抬升进而可能提升库区周边地下水位，库区周边地下水位的抬升不会对库区周边居民地下水和山泉水的分散使用产生较大影响。

b) 对泉水的影响

经调查，本工程影响范围内无重要价值泉眼以及特殊地下水资源保护区(矿泉水、温泉水)，工程库区影响范围茂达水、宗绒村周边分布有少量温泉，多为周边居民灌溉、生活用水使用，距离工程施工区较远。工程施工主要集中在枢纽布置区，期间造成局部地下水位变化不会对库区周边零散的温泉点产生影响。工程运行期库区水位抬升进而可能提升库区周边地下水位，库区周边地下水位的抬升不会对库区周边零散的温泉点产生较大影响。

5.1.5.4 对生态环境影响分析

根据工程区的水文地质条件分析，洞室开挖大多处于微新岩体中，右岸地下输水发电系统，洞室围岩主要为灰岩，围岩为Ⅱ~Ⅲ类，为微风化至新鲜坚硬岩，围岩整体稳定性较好，成洞条件较好。洞室开挖所影响的地下水主要为基岩裂隙水，其分布存在较大的随机性，地下水的水力联系性差，施工对工程区地下水影响不大。同时，在工程施工过程中采取开挖与支护防渗相同步推进的施工工艺，因此对裂隙水均可做到及时封堵，能够有效维持原有地下水水位和流场。根据目前工程区

平洞勘探揭示，地下洞室施工过程中会产生渗水、滴水、线状流水，仅局部可能会发生涌水，但总体来说，地下工程施工不会造成地下水水位下降。区域植被生长水源来源于降水以及储存于覆盖层表面土壤中的水分，其生长水分主要受降水影响，深层地下水局部变化对其影响极弱。通过对前期勘探平洞上方植被生成情况类比调查，分析本工程地下洞室施工对洞顶植被影响轻微。

同时根据施工地下水防治预案，若发生突发性涌水，将及时进行封堵，可及时恢复裂隙地下水位和流场，不会对地下水水源造成不可逆的不利影响。但需要注意的是，施工期需严格加强对地下水涌水观测，如遇涌水现象，需及时采取堵、排等措施，降低影响程度。因此，工程施工及运行期开挖不会对地表植被的生长产生较大影响，但在局部断层破碎带、岩溶发育地带可能地下水疏干现象，间接导致地表植被生长受到影响。

5.1.5.5 对区域地下水资源影响分析

本工程地下系统各施工洞室在施工过程中将及时采取支护、混凝土封堵、混凝土回填和衬砌等措施，这些措施可有效减少施工开挖面的地下水出水量，降低地下水水位的影响程度。地下洞室衬砌后，地下水位将逐步回升，地下水渗流场恢复至稳定状态。库区蓄水后地下水位整体还将有一定幅度的回升，至正常运行期，工程区地下水渗流场达到稳定状态，地下水位不会有较大幅度的变化，总体趋于稳定。因此工程建设不会对区域地下水资源产生较大影响。

5.2 水生生态影响预测与评价

5.2.1 对水生生境的影响

5.2.1.1 施工期对水生生境的影响

施工准备阶段由原河床过流，对水生生物、鱼类影响较小，水生生态影响有限。前、中、后期导流阶段施工期间，会造成施工河段水体悬浮物增加，水体透明度降低，浑浊度增加。其次，施工会破坏河流沿岸的生境的稳定性，对河床、边岸的施工将直接侵占、覆盖底栖动物、着生藻类、水生维管束植物的栖息场所，对局部鱼类栖息、繁殖等生境条件造成一定影响。再次，施工过程中，由于工程废水、生活污水、油泄露等事故排放情况下，对水质影响较为明显，将会影响水生生境质量。

5.2.1.2 运行期对水生生境的影响

a) 水文情势的影响

1) 对库区江段的影响

奔子栏大坝建成后，库尾与在建的旭龙梯级衔接，回水长度 63.29km；水库正常蓄水位 2148m，库尾长约 3km 河段河道狭窄，水深较浅，多年平均流速在 0.5m/s 以上，仍具有较明显的流水河段特征；水库在死水位(2138m)运行时，库尾流水段长度约为 4km。正常蓄水位 2148m，坝前水深增加约 133m，流速由原先的 0.8~2.9m/s 大幅减小至 0.1m/s 以内。坝前平均河宽 340m，平均河宽约 281m，平均水深 50.6m。从干支流库尾以下至奔子栏电站坝前，总体上呈现水流逐渐变缓、水面逐渐变宽、水深逐渐变深的趋势。典型日工况下：岗托运行前，奔子栏水电站库区枯水年 9 月典型日水位日内变幅最大，约为 0.72m，各典型年 5 月和 6 月典型日次之，约为 0.49m，4 月和来水量较大的丰水年、平水年 9 月，库区水位较为稳定；岗托运行后，库区水位变幅均有所增加未发生明显变化，仅枯水年 9 月典型日受上游梯级蓄水影响，电站由不调峰运行变为调峰运行，日内水位变幅由 0.00m 增加至 0.72m。

2) 库区支流定曲的影响

奔子栏水库建成后，一级支流定曲河上回水长度 21.19km，淹没古学水电站厂房，库尾上距古学水电站坝址约 5.3km；二级支流许曲河上回水长度 8.39km，淹没去学水电站厂房，库尾上距去学水电站坝址约 5km。奔子栏水电站运行后定曲回水区由急流生境变为静缓流库湾；回水河段上游维持原河流生境。

3) 坝下江段的影响

龙盘水电站运行前：1)岗托运行前，坝下冈曲汇口断面 4 月、5 月、6 月和 9 月，丰水年日内水位最大变幅分别为 0.33m、0.52m、0.00m、0.00m；平水年日内水位最大变幅分别为 0.34m、0.54m、0.56m、0.00m；枯水年日内水位最大变幅分别为 0.36m、0.61m、0.59m、0.41m。岗托运行后，坝下冈曲河口断面 4 月、5 月、6 月和 9 月丰水年日内水位最大变幅分别为 0.32m、0.54m、0.41m、0.00m；平水年日内水位最大变幅分别为 0.32m、0.57m、0.53m、0.00m；枯水年日内水位最大变幅分别为 0.32m、0.61m、0.58m、0.47m。总体上看，4 月、5 月、6 月坝下冈曲汇口断面日内水位最大变幅在 0.32~0.61m 之间，对部分浅水边滩造成一定的影响。

2)岗托建成前，奔子栏建设运行后与旭龙水电站运行影响下水文情势的对比，冈曲汇口断面丰水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为不变、1.35m

降低至 0.52m、不变、不变；平水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为不变、1.43m 降低至 0.54m、1.50m 降低至 0.56m、不变；枯水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为 0.35m 增加至 0.36m、1.63m 降低至 0.61m、1.58m 降低至 0.59m、1.62m 降低至 0.41m。岗托建成后，奔子栏建设运行后与旭龙水电站运行影响下水文情势的对比，冈曲汇口断面丰水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为水位变幅不变(0.32m)、由 1.42m 降低至 0.54m、1.20m 降低至 0.41m、无不稳定流产生；平水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为水位变幅不变(0.32m)、由 1.41m 降低至 0.57m、1.42m 降低至 0.53m、无不稳定流产生；枯水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为水位变幅不变(0.32m)、由 1.66m 降低至 0.61m、1.55m 降低至 0.58m、1.70m 降低至 0.47m。奔子栏运行后与旭龙水电站运行影响下水文情势的对比典型日内水位变幅减小，起到坦化作用，对冈曲汇口水生生境影响减弱。

龙盘水电站运行前：奔子栏运行后各典型年至其宗村(断面 IV)水位日变幅已基本控制在 0.30m 以下，至石鼓水文站(断面 VIII)水位日变幅已基本控制在 0.10m 以下，不稳定流影响已基本消失。

龙盘水电站运行后：冈曲汇合口以上分析断面根据龙盘水电站库区水位情况，部分月份不受其影响，其中奔子栏水文站所在断面仅 9 月典型日受影响明显；冈曲河口断面 4 月、5 月和 6 月受龙盘顶托影响，影响相对较小，9 月受龙盘淹没影响，影响较大。

b) 水温的影响

库区段：奔子栏水库建成后，秋、冬季表层与底层水体温度相差较小，水库坝前垂向水温分层现象不甚明显；春、夏季表层与底层水体温度相差较大，出现一定程度的季节性分层现象。

表 5.2.1-1 奔子栏水电站运行后库区段水温变化范围

	岗托运行前		岗托运行后	
	表层水温变化范围	底层水温变化范围	表层水温变化范围	底层水温变化范围
丰水年	8.5℃~17.5℃	6.5℃~14.1℃	8.8℃~16.8℃	7.1℃~14.1℃
平水年	8.9℃~17.6℃	7.0℃~13.9℃	9.1℃~17.0℃	7.6℃~13.7℃
枯水年	10.1℃~18.3℃	8.2℃~14.2℃	9.7℃~17.8℃	8.2℃~13.9℃

对比天然水温，坝下段(岗托投运前)：丰水年、平水年、枯水年分别在 3~7

月、3~7月、4~7月水温降低，平均降低 2.2℃、1.1℃、1.5℃；水温降低最大月份均为 5 月，当月下泄水温分别为 9.9℃、10.4℃、11.4℃，水温分别降低 3.8℃、3.3℃、2.8℃。丰水年、平水年、枯水年分别在 8 月~翌年 2 月、8 月~翌年 2 月、8 月~翌年 3 月水温升高，平均升高 2.6℃、3.3℃、4.9℃；水温升高最大月份均为 12 月，当月下泄水温分别为 9.7℃、10℃、11.4℃，水温分别升高 5.6℃、5.9℃、4.9℃。

对比天然水温，坝下段(岗托运行后)：丰水年、平水年、枯水年分别在 3~8 月、4~8 月、4~8 月水温降低，平均降低 2.2℃、2.1℃、1.3℃；水温降低最大月份分别为 6 月、5 月、5 月，当月下泄水温分别为 12.1℃、10.8℃、11.5℃，水温分别降低 3.5℃、2.9℃、2.2℃。丰水年、平水年、枯水年分别在 9 月~翌年 2 月、8 月~翌年 2 月、9 月~翌年 3 月水温升高，平均升高 3.2℃、3.7℃、4.7℃；水温升高最大月份均为 12 月，当月下泄水温分别为 10.2℃、10.8℃、11.8℃，水温分别升高 6.1℃、6.7℃、7.7℃。

c) 水质的影响

在水库建成蓄水初期，水库淹没土地、草本等释放到水体中的总氮和总磷营养盐量较大，因此在水库蓄水初期，短期内部分库段水体 N、P 等有机含量将增高，溶解氧降低。但随奔子栏水电站日调节运行，水体不断交换，水质将逐步改善。

运行期，库区各项水质与建库前相差不大，达到 II 类水要求。奔子栏水电站调节库容 2.46 亿 m³，为日调节水库，水体交换平凡，上游入库水质情况良好，库区发生富营养化的潜在风险较小。

坝下河段，建库后，泄放的生态流量大于天然最小径流量。下游整体水质没有发生较大变化，COD、NH₃-N、TN、TP 水质浓度满足 II 类水质标准。

d) 坝下溶解性气体过饱和影响

龙盘建投运前，奔子栏单独运行时，两年一遇洪水条件下，工况 1、工况 2、工况 3，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 141.1%、142.9%、142.4%；经沿程释放至龙盘坝址处分别降低至 104.7%、104.0%、103.0%。五年一遇(工况 4)、二十年一遇(工况 5)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 142.8%、145.1%，至龙盘坝址处分别降低至 106.4%、108.3%。

旭龙-奔子栏联合运行时，两年一遇(工况 6)、五年一遇(工况 7)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 141.1%、142.8%，至龙盘坝址处分别降低至

105.6%、107.5%。

龙盘投运后，两年一遇(工况 1)、五年一遇(工况 4)、二十年一遇(工况 5)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 129.7%、133.6%、137.6%，至龙盘库尾流水处分别降低至 116.0%、119.7%、123.3%，降低值分别为 13.7%、13.9%、14.3%。

结果表明，与天然河道水体相比，过饱和 TDG 在库区水体内的立面上形成 TDG 分布，分布特性与输运和释放作用有关，库区过饱和 TDG 释放速度显著缓于天然河道。

5.2.2 对水生生物的影响

5.2.2.1 对浮游植物的影响

坝上库区江段：奔子栏水电站建成后，库区由原来的急流生态环境变成静缓流型水库生态环境，水深明显增加、水面扩大、透明度增大。淹没区植被、土壤内营养物质渗出，引起水中有机物质及矿物质增加，加上水体滞流时间延长和泥沙沉降，导致营养物质滞留和积累，水体初级生产力提高，上述条件的改变有利于浮游植物的生长与繁殖，特别是坝前河段几乎是静水，浮游植物种类和生物量会有所增加。硅藻门如针杆藻、桥弯藻等比例趋向增加；针杆藻、桥弯藻、舟形藻等成为常见种；蓝藻门种类亦会有所增加，如席藻、颤藻成为常见种或优势种。浮游植物种类尤其是大型浮游植物甲藻门等种类的增加，将引起浮游植物生物量明显变化。

库区支流段：奔子栏水电站建成后，库区支流包括一级支流定曲及二级支流(定曲支流)许曲等河口段受库区水位的顶托，流速减缓，有利营养物质积累，浮游植物种类将有所增加，静水种类增加明显，浮游植物密度和生物量亦将有所上升。但是由于奔子栏水电站为日调节运行，库区水体交流频繁，因此，库区仍有一定的流动性，受电站调节方式的限制，预计库区及库区支流河口段浮游植物种类、密度和生物量虽有增长，但增加幅度不会太大。

坝下江段：近坝河段受库区泄水的影响，其浮游植物种类组成与库区河段相似，但由于水位波动频繁密度和生物量相对较低。随着水流向下游延伸及支流的汇入，浮游植物种类和生物量逐渐趋于天然河流状态。坝下支流冈曲，受水电站建设影响较小，基本维持原有浮游植物群落结构的稳定。

5.2.2.2 对着生藻类的影响

坝上库区段：库区将受电站蓄水的影响，原来的沿岸带被淹没，新的沿岸带形成，着生藻类生境发生明显变化，库区近岸水域面积增加，流速减缓，悬浮物质沉积，透明度增加，着生藻类密度、生物量有所增加，在局部库湾将形成较大的优势种群。但由于工程位于高山峡谷带，且进行日调节运行，造成库区水位日内的波动变化，对水位变幅范围内的着生藻类造成一定程度上的冲刷影响，库区整体着生藻类密度、生物量增加有限。

库区支流段：库区支流定曲、许曲河口段由于受干流电站库区的顶托，形成回水区缓流区，着生藻类种类和现存量将增加。

坝下江段：接近坝址坝下河段受电站下泄水流冲刷，以及电站日调节带来的水位波动影响，着生藻类栖息地生境稳定性差，其密度、生物量有所降低。沿程随着支流的汇入，水文、水环境影响的削减，对着生藻类的不利影响逐渐减缓。奔子栏电站的运行对坝下支流冈曲影响较小，着生藻类基本保持原有水平。

5.2.2.3 对浮游动物的影响

坝上库区江段：工程为日调节水库，水库建成后库区水面抬高、宽度增加、透明度加深、营养盐有所滞留，有利于浮游动物生长繁殖。但工程所在地区海拔较高，社会经济发展相对滞后，汇入的外源性营养盐有限，浮游动物增长幅度不会太大。

库区支流段：支流定曲和定曲支流许曲河口地段属于库湾区域，受库区顶托营养盐滞留，有利于浮游动物生长，种类、现存量增长较现状高。

坝下江段：坝下由于水文情势变化频繁，浮游动物栖息地多变，现存量较少。坝下支流冈曲，受水电站建设影响较小，维持原河流群落结构特征。

5.2.2.4 对底栖动物的影响

工程建成后，工程影响区域水文情势和水体理化特性等条件发生变化，底栖动物的群落结构也将发生改变。

坝上库区段：坝上河段底栖动物现存种类较少，以摇蚊科生物及软体动物为主。水库蓄水后，库区河段水位抬升，水体流速下降，泥沙沉积加剧，坝前、库中区域表现为湖泊特征，库尾区域接近自然河流状态。预计水库成库后，随着水文情势的改变，在坝前、库中水域，原有喜静水类摇蚊科种类得到发展，节肢动物可能出现。由于库尾段接近自然河流状态，底栖动物受影响程度较小，库尾河段现有底栖动

物种类、数量得以维持。

库区支流段：支流定曲位于库区，现有底栖动物 14 种，以四节蜉、多足摇蚊、拟枝角摇蚊为主。工程运行后，受水库顶托，定曲下游部分河段水体相对静止，水位上升，预计现有的喜流水种类如蜉蛄目等将消失，摇蚊科生物得到保持；定曲上游部分不受回水影响，水库蓄水对其水文情势不构成影响，底栖动物种类结构将得到保持。

定曲的支流许曲，现有底栖动物 15 种，以四节蜉、带肋蜉、纹石蛾为主。工程运行后，受水库顶托，许曲下游部分河段水体相对静止，水位上升，预计现有的喜流水种类蜉蛄目将退至上游流水河段。

坝下江段：坝下河段水流湍急，底质为泥沙、石块，底栖动物种类匮乏。奔子栏电站运行后，其日调峰运行将频繁地改变坝下河段水体流速、水位，底栖动物生存环境稳定性极差，由于坝下河段底栖动物，特别是冈曲河口下河段底栖动物原本较为匮乏，因此工程运行对坝下河段底栖动物整体影响不显著。支流冈曲位于坝下，水库蓄水对其水文情势不构成影响，冈曲底栖动物种类结构将得到保持。

5.2.2.5 对维管束植物的影响

工程区域属高山峡谷段，植被稀疏，未发现水生维管束植物。因此，不对水生维管束植物群落产生影响。

5.2.3 对鱼类资源的影响

5.2.3.1 施工期对鱼类的影响

水电大坝主体工程施工在坝址河段进行，施工总工期 8 年(96 个月)时间长，规模大，施工人员较多，各种机械在水中作业，声、光、电等物理因素对施工江段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；建设期进行建筑材料的清洗和基坑排水会造成坝址局部河段水体浑浊，透明度下降，水质下降，对鱼类，特别是仔幼鱼的栖息不利；导流施工期河道疏浚束窄，鱼类有效栖息空间萎缩；围堰排水施工将使围堰江段鱼类死亡或起捕。初期导流阶段：第 2 年 11 月～第 7 年 5 月，期间由围堰挡水、导流洞泄流，水位抬高，落差和流速增大，阻碍下游鱼类上溯，影响鱼类在河段上下游的正常活动行为；第 7 年 11 月导流隧洞下闸，大坝挡水，水库蓄水将导致坝下江段减水，需做好水库蓄水期间鱼类的保护工作。蓄水第二阶段时间 5~6 月，是多种裂腹鱼类、鲃科鱼类的繁殖期，影响其繁殖活动。

施工期施工人员多，施工期间要加大管理力度，加强对施工人员的宣传教育。

5.2.3.2 运行期对鱼类的影响

a) 大坝阻隔的影响

奔子栏大坝的阻隔影响主要造成坝上、坝下鱼类种群个体及其遗传交流的阻隔。调查水域无长距离洄游鱼类，奔子栏电站阻隔对洄游的影响较小，主要对上下游物种的基因交流的影响较大。

由于大坝的阻隔影响，评价区鱼类可能分隔成坝上、坝下两个种群，评价区无长距离洄游鱼类，它们完成生命史所需空间相对较小，评价区干流江段及其支流还存在一定的繁衍栖息的条件，能够完成其生命过程，维持种群延续。阻隔影响主要是种群个体及其遗传交流受阻。种群数量较大的鱼类如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等，群体间将出现遗传分化；种群数量较少的物种如黄石爬鮡等将退出或失去此分布区域。由于大坝阻隔后，下行交流的通道并未完全阻断，仅本工程的阻隔影响相对较小，若考虑流域梯级开发的实施，河流将被多个连续的梯级阻隔，河流生境片段化加重，阻隔的累积影响会相对严重。

奔子栏调查水域分布有裂腹鱼类、裸裂尻鱼类、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、高原鳅类等。奔子栏大坝的建设导致鱼类栖息地被割裂，进而引起库区鱼类群落结构的变化。奔子栏库区将逐渐以适应缓流、静水开阔水域生活的鱼类(如裸裂尻鱼类)为优势种群，而那些依赖于流水环境产卵的鱼类，例如裂腹鱼和鮡科鱼类，尽管在支流定曲仍保留有适合产卵的流水区域，它们的总体资源量仍呈现出下降的趋势。

b) 水文情势变化的影响

1) 库区河段

水库在正常蓄水位运行时，库尾长约 3km 河段河道狭窄，水深较浅，多年平均流速在 0.5m/s 以上，仍具有较明显的流水河段特征；水库在死水位(2138m)运行时，库尾流水段长度约为 4km，为鱼类提供了有限的流水生境。

水库形成后，坝前和库中大部分河段水域水深、面阔，水流缓慢甚至处于静水状态。正常蓄水位下(2148m)，坝前水位将上升约 133m，坝前 5km 平均河宽 340m；库区水面面积为 26.1km²，平均河宽约为 281m，平均水深 50.6m。对库区江段原来适应于流水以及急流、砾石、洞穴、岩盘底质环境的鱼类如裂腹鱼类、黄石爬鮡、部分高原鳅的种类等，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但由于繁

殖区域逐渐压缩至干流库尾上游流水江段及支流定曲的未淹没区，繁殖规模将会下降，将导致库区江段的资源量减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及部分可能适应缓流水域的高原鳅数量将上升，并可能成为库区的优势物种。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，长期而言，鱼类资源量和渔获量可能会升高。

2) 支流定曲

定曲回水河段上游属于天然河段，饵料生物、着生藻、底栖动物与原河流相似，可以为鱼类提供良好的栖息和繁殖环境。

3) 坝下

(1) 龙盘运行前典型日工况水文情势变化

奔子栏坝下河段产粘沉性卵对象主要有裂腹鱼类、鲃科鱼类和高原鳅，产漂流性卵鱼类中华金沙鳅。裂腹鱼类产粘沉性卵，产卵水深多在 0.5m~1.5m 之间的砾石、沙砾滩，受精卵散落砾石间或粘附在石、砾石上孵化。奔子栏水电站运行后与旭龙水电站影响下水文情势对比，冈曲汇口断面典型日内水位变幅在不变~0.59m 之间，丰水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为不变、0.52m、不变、不变；平水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为不变、0.54m、0.56m、不变；枯水年 4 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为 0.36m、0.61m、0.59m、0.41m。岗托建成后，奔子栏建设运行后与旭龙水电站运行影响下水文情势的对比，冈曲汇口断面丰水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为 0.32m、0.54m、0.41m、无不稳定流产生；平水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别为 0.32m、0.57m、0.53m、无不稳定流产生；枯水年 3 月、5 月、6 月、9 月典型日内水位变幅分别 0.32m、0.61m、0.58m、0.47m。砾石、砂砾浅滩中的部分受精卵及刚孵化出来的仔鱼，可能会受水位变幅影响。另外，水位的频繁涨落，不利于底栖生物、水生维管束植物等水生生物的生长、繁衍，影响鱼类，特别是以底栖生物、水生维管束植物等为食的流水性鱼类的索饵肥育。

(2) 龙盘运行后典型日工况水文情势变化

奔子栏水文站断面：丰、平、枯水年 9 月水位上升，该断面被淹没，流速下降；流速减缓，导致喜流水的裂腹鱼类和鲃科鱼类向干流上游水流湍急江段迁移。3 月、5 月、7 月奔子栏水文站断面受龙盘水电站影响较小，产卵场生境与龙盘运行前

相似。

冈曲河口断面：全年受龙盘水电站影响均较为明显，其中3月和5月以顶托影响为主，7月和9月以淹没影响为主；该断面龙盘运行后水位明显增加，水深增加明显，流速大幅降低，鮡科鱼类、裂腹鱼流水生境减少，向库尾及支流流水河段迁徙。

c) 水温变化的影响

受上游梯级联合调度影响，奔子栏电站3月~8月下泄水温7.6°C-16.5°C(平均降低1.1~2.2°C)，5月水温降低最多，丰、平、枯水年下泄水温分别为9.9°C、10.4°C、11.4°C，分别降低了3.8°C、3.3°C、2.3°C。各典型年下泄水温相较鱼类产卵初始水温(8.0°C)有所延迟，奔子栏坝址处天然水温达到8°C的时间主要集中在3月，建库后水温到达8°C的时间将推迟到4月。

奔子栏坝下以裂腹鱼类为主，其繁殖期从3月开始，其繁殖最低水温为8°C。低温水下泄可能导致鱼类繁殖启动的水温信号推迟，从而对坝下鱼类的产卵繁殖、生长等造成一定的影响，导致鱼类产卵期推迟，预计运行期裂腹鱼类的繁殖期可能会推迟到4月以后。评价河段的鮡科鱼类繁殖期主要在6~8月，繁殖最低温15°C，预计繁殖时间将推迟到7月开始。张登成“金沙江下游中华金沙鳅自然繁殖的生态水温需求研究”显示，金沙江上游中华金沙鳅群体繁殖水温阈值低于17.2°C，预计奔子栏运行后中华金沙鳅繁殖时间将推迟到8月开始。

d) 水质变化的影响

奔子栏水电站运行之后，水质主要受上游来水影响，根据水质预测结果，奔子栏水电站运行后，仍具河流特征，水体交换频繁，污染物沿程衰减，不会造成河段水质恶化，发生富营养化的可能性较小，对鱼类资源的影响有限。

e) 气体过饱和的影响

高坝水电工程在下泄水流时，高速水流强烈的掺气作用将空气带入下游水体，在静水压力的作用下，下游水体中总溶解气体产生过饱和，从而使水体中鱼类患上气泡病，威胁到其生存。鱼类的气泡病还可能导致其受其他疾病的二次感染，最终出现死亡。GS水电站泄洪产生的过饱和TDG将随流输移至下游较长距离。评价区河段较为集中的裂腹鱼类产卵场位于奔子栏~冈曲汇口段、支巴洛河、其宗~石鼓段产卵时间主要在3月~5月；鮡科鱼类的产卵时间主要在6月~8月，产卵场位于冈曲汇口。因此，泄水产生的过饱和TDG可能对坝址下游河段的鱼类生长繁殖造成不

利影响。

125%TDG 阈值已在河流 TDG 过饱和管理中被应用，且考虑到鱼类有主动回避 TDG 过饱和的能力，鱼类也能在 125%TDG 水体中保持一定的存活率。评价区河段内主要为裂腹亚科、鳅科及鮡科鱼类，与齐口裂腹鱼等鱼类习性相似。

1) 龙盘建成前

根据奔子栏坝下河道过饱和 TDG 输移释放预测结果(见表 5.1.4.-4)，奔子栏单独运行时，两年一遇洪水条件下，工况 1、工况 2、工况 3，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 129.7%、125.0%、118.8%；经沿程释放至龙盘坝址处分别降低至 104.7%、104.0%、103.0%。五年一遇(工况 4)、二十年一遇(工况 5)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 133.6%、137.6%，至龙盘坝址处分别降低至 106.4%、108.3%。

旭龙-奔子栏联合运行时，两年一遇(工况 6)、五年一遇(工况 7)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 135.4%、139.3%，至龙盘坝址处分别降低至 105.6%、107.5%。

以上工况以旭龙-奔子栏联合运行时过饱和 TDG 的影响范围较奔子栏单独运行时更广泛，且相同的洪水条件下以 1 表孔泄流过饱和 TDG 的影响范围最小，3 表孔泄流的影响范围相对较广。因此，奔子栏单独运行的工况 3 方案过饱和 TDG 影响程度最低，奔子栏坝下生成 TDG 饱和度为 118.8%，未超过相关研究和应用中提到的鱼类耐受的 TDG 阈值 125%；同时，奔子栏单独运行的工况 2 方案仅在奔子栏坝下生成 TDG 饱和度为 125%，以下河段均不超过 125%。综合分析，以奔子栏单独运行的工况 3 和工况 2 方案过饱和 TDG 对鱼类影响相对较小。

根据奔子栏坝下河道过饱和 TDG 输移释放预测结果，各工况条件下，奔子栏电站建成后，至龙盘坝址区间河道沿程均将出现 TDG 过饱和情况，对于分布其间的鱼类产卵场水环境均将产生不同程度的影响。从鱼类耐受的 TDG 阈值 125%及以上水平影响范围上分析，奔子栏单独运行的工况 2、工况 3 奔子栏坝下鱼类产卵场所在河道生成 TDG 饱和度均不超过 125%，影响程度较其他工况低；奔子栏单独运行的工况 1、工况 4 和旭龙-奔子栏联合运行的工况 6 中，奔子栏坝下分布的奔子栏镇-冈曲河口裂腹鱼产卵场与冈曲河口鮡科鱼类产卵场所在河道生成 TDG 饱和度在 125%以上，影响较大；奔子栏单独运行的工况 5、旭龙-奔子栏联合运行的工况 7 中，奔

子栏坝下分布的奔子栏镇-冈曲河口裂腹鱼产卵场、支巴洛河河口裂腹鱼类产卵场与冈曲河口鮡科鱼类产卵场所在河道生成 TDG 饱和度在 125%以上，影响较大，影响范围较广。

2) 龙盘运行后

龙盘运行后，两年一遇(工况 1)、五年一遇(工况 4)、二十年一遇(工况 5)洪水条件下，坝下生成过饱和 TDG 饱和度分别为 129.7%、133.6%、137.6%，至龙盘库尾流水处分别降低至 116.0%、119.7%、123.3%，降低值分别为 13.7%、13.9%、14.3%。随着龙盘运行，龙盘库区将形成开阔的水面，库区水体滞留时间延长，部分过饱和 TDG 通过水面交换在一定程度上的到释放，因此，对比龙盘运行前，其过饱和 TDG 对鱼类的不利影响相对减弱。

总体而言，奔子栏运行后，奔子栏坝下至龙盘坝址区间河道沿程将出现不同程度的 TDG 过饱和情况，随着坝下支流的汇入、水流的紊动等沿程 TDG 饱和度的逐渐削减，其对鱼类的影响也逐渐减少。鉴于鱼类对不利环境变化而主动规避危险的生存策略，奔子栏坝下水体 TDG 饱和度过高时，在纵向上，鱼类将向下游更适宜的水体迁移。同时，在垂向上，自然条件下，由于水体产生的压力作用，水体中 TDG 饱和度随水深增加而逐渐降低。因此，在气体过饱和发生时，有较强游泳能力的鱼类也会主动向水深处游动，从而减少气体过饱和的影响，鱼类具有利用水深补偿效应来主动回避水中气体过饱和的能力。奔子栏水电站建成后，在水流、水深、水质及营养物质条件满足的情况下，鱼类在垂向上可以到安全水深以下栖息以回避过饱和 TDG 的影响，当鱼类到达安全深度以下时，过饱和水体对鱼类无明显致死效应。

另一方面，气体过饱和对鱼类的影响是由于鱼类心血管系统形成气体栓塞导致鱼类血液循环系统受阻，引发呼吸障碍，从而产生缺氧致死。鱼类受精卵和胚胎发育期无心血管循环系统，因此气体过饱和对鱼卵的损伤条件不具备，对鱼卵和鱼类胚胎无明显的急性致死效应，但有可能导致胚胎细胞内气泡的积累。鱼类仔鱼阶段心血管系统逐渐完善，鱼类呼吸需氧从体表自由扩散逐渐过渡至心血管系统的血红蛋白载氧，气体过饱和对鱼类的危害机制逐步形成，因此仔鱼阶段气体过饱和对鱼类影响亦开始显现。随着心血管系统发育逐渐完善，呼吸代谢过程的作用逐渐增强，鱼类对气体过饱和的敏感性相应增加。可见，从鱼卵至成鱼，成鱼对气体过饱和的耐受性最差。因此，对于鱼类繁殖期以及奔子栏坝下 TDG 饱和度较高的产卵场

的影响分析，主要是对该区间栖息的亲鱼造成不利影响，由于鱼类对不利环境具有主动回避性，鱼类将回避在 TDG 饱和度较高的产卵场栖息、繁殖，造成上文中分析的不同工况下水体 TDG 饱和度在 125%以上河段内分布的产卵场功能的弱化。

f) 饵料基础变化的影响

水库形成后，库区水深增加，水面变宽，流速减缓，营养物质滞留，透明度有所升高，水体生物生产力提高，有利于浮游生物的繁衍，浮游生物种类和现存量均会有所增加，有利于仔幼鱼育幼和缓流或静水性鱼类的生长，库区鱼类资源和渔产量将提高。底栖生物中原有流水性种类减少，静水或微流水的水蚯蚓、摇蚊幼虫种类和数量将会增加，静水、沙生的软体动物也可能会出现，对静水、缓流的底层鱼类生长有利，但流水性鱼类饵料资源会明显下降。随着库区饵料基础的变化，鱼类资源会发生相应的变化，库区鱼类组成将由原来的流水性鱼类为主向静缓流水鱼类转化，流水性鱼类生存空间将压缩至库尾以上流水河段和支流定曲等，种群数量会相应减少。

g) 对鱼类组成的影响

电站运行后，由于水文情势和浮游生物、着生藻、底栖动物等的变化，库区的鱼类组成将由流水性鱼类为主，逐渐转变成缓流水和静水鱼类为主。库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼种类、黄石爬鮡等，尤其是黄石爬鮡对流水环境依赖程度高，有可能退缩至干流库尾上游或进入定曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少。中华金沙鳅为激流型、产漂浮性卵鱼类，根据中华金沙鳅鱼类产卵场研究，这一类型鱼卵发育需要保证一定的流水环境，在库区难以完成完整的生活史，有可能退缩至定曲。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等需要在流水环境产卵，适应于缓流或静水环境生活的鱼类，水库形成后存在其繁殖条件，种类数量将上升，并可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群有可能获得发展。

h) 对土著鱼类及珍稀濒危特有保护鱼类的影响

通过历史资料、历次调查和本次调查结果整理分析，旭龙坝址至硕多岗河汇口段干流、支流及丹达曲土著鱼类 20 种，分别为戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、软刺裸裂尻鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、中甸

叶须鱼、格咱叶须鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、前臀鮡、金沙鲈鲤。

1) 裂腹鱼亚科鱼类

评价区分布裂腹鱼亚科鱼类共计 8 种，分别为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼。四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼是该江段的主要渔获物和优势种群，喜流水性鱼类，繁殖期溯河产卵，需要短距离的流水刺激性腺发育，在底质为砾石的浅滩河段完成产卵行为，没有一定范围的流水及适宜生境难以保证物种长期繁衍。奔子栏库区形成后，在库区江段的资源量会明显减少，退缩至库尾以上流水段，栖息空间萎缩，库区河段种群数量将下降；坝下水温降低导致繁殖周期推迟，水位频繁波动对卵苗造成影响。软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等适应于缓流或静水环境生活的鱼类，库区形成静水、缓流生境增加，适宜的生活栖息空间扩大，有利于其栖息与生长发育。格咱叶须鱼、中甸叶须鱼栖息生境与裂腹鱼属相似，但分布区域有局限性，主要分布于冈曲上游(格咱河)、硕多岗河上游(小中甸河)，位于奔子栏水电工程下游支流，该工程对其无影响。

2) 鮡科鱼类

评价区分布鮡科鱼类 2 种，黄石爬鮡、前臀鮡。鮡科鱼类为喜底栖急流生境鱼类，主要以底栖无脊椎动物为食。黄石爬鮡在旭龙坝址至硕多岗河均有分布，库区形成后黄石爬鮡退缩至干流库尾上游或进入定曲等支流，在库区种群数量将大幅度减少；坝下受水位频繁涨幅及低温水下泄的影响，产卵周期推迟；龙盘运行后冈曲汇口产卵场功能减弱。前臀鮡主要分布水域为腊普河，奔子栏运行后对下游支流生境无影响。

3) 鳅科鱼类

评价区分布鳅科鱼类 8 种，分别为戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅。该类群为定居型小型鱼类，适应能力相对较强。奔子栏水电工程运行后，库区、库尾、坝下及支流中均可以生存，影响程度相对较小。

4) 金沙鲈鲤

金沙鲈鲤喜急流环境，在激流滩处产弱粘性沉性卵，评价区偶见种，分布在石鼓附近，距奔子栏坝址约 210km，随着沿程支流汇入，水位波动、水温逐渐缓解，

奔子栏水电工程对该物种影响较小。

5) 中华金沙鳅

中华金沙鳅主要分布在坝下江段，为激流型、产漂浮性卵鱼类。6~8月，下泄水温降低，导致繁殖周期推迟。

表 5.2.3-1 奔子栏运行后对土著及珍稀特有鱼类的影响

种类	珍稀保护级别	分布	影响分布
戴氏山鳅	特	石鼓	历史记录种。分布于石鼓，奔子栏水电站运行后对其影响较小。
安氏高原鳅	特	旭龙坝址~石鼓干流、支流	常见种类。评价范围干流、支流均有分布。为定居型小型鱼类，适应能力相对较强，奔子栏运行后，库区干支流、坝下干流及支流仍有分布。
短尾高原鳅		定曲	在定曲采集到，奔子栏运行后定曲形成流水+库湾的复合生境，对其影响有限。
贝氏高原鳅		旭龙坝址~石鼓干流、支流	评价范围干流、支流常见种类。为定居型小型鱼类，适应能力相对较强，奔子栏运行后，库区、坝下干流支流仍然可以生存。
拟硬刺高原鳅		奔子栏坝下干流、支流	历史记录种类。为定居型小型鱼类，适应能力相对较强。奔子栏运行后坝下支流生境不变，保持一定种群。
修长高原鳅		奔子栏~石鼓干流、支流	评价范围属于历史记录种类，为定居型小型鱼类，适应能力相对较强。奔子栏运行后，对其影响有限。
细尾高原鳅		旭龙坝址~石鼓干流、支流	评价区分布广泛。为定居型小型鱼类，适应能力相对较强。奔子栏运行后，对其影响有限。
斯氏高原鳅		奔子栏~石鼓干流、支流	评价范围属于历史记录种类。为定居型小型鱼类，适应能力相对较强。奔子栏运行后，对其影响有限。
中华金沙鳅	特	其宗~石鼓段	位于坝下江段，下泄水温导致繁殖周期推迟。
金沙鲈鲤	Ⅱ 特 EN	石鼓以下江段	分布在石鼓附近距坝址约 210km，随着沿程支流汇入，水位波动、水温逐渐缓解，奔子栏水电工程对该物种影响较小。
短须裂腹鱼	特	旭龙坝址~石鼓干流、支流	优势种群。大坝阻隔的影响坝上、坝下基因交流；库区蓄水将向库尾和支流流水江段退缩；坝下水位频繁波动，影响产卵场生境；低温水下泄导致繁殖周期的推迟。栖息生境的改变导致种群规模降低。
长丝裂腹鱼	特 VU	旭龙坝址~石鼓干流、支流	
四川裂腹鱼	特 VU	旭龙坝址~石鼓干流、支流	
细鳞裂腹鱼	Ⅱ 特 EN	冲江河	历史记录种，分布在石鼓冲江河，距坝址较远，影响程度有限。
格咱叶须鱼	特	冈曲(格咱河)	历史记录种类，仅分布为位于冈曲上游(格咱河)，位于奔子栏水电下游，水电工程运行后对其无影响。
中甸叶须鱼	特	仅分布在小中甸河、那亚河、碧塔海、属都海	历史记录种类，仅分布为位于硕多岗河上游(小中甸河)，位于奔子栏水电下游，水电工程运行后对其无影响。

表 5.2.3-1(续)

种类	珍稀保护级别	分布	影响分布
软刺裸裂尻鱼	特 VU	旭龙坝址~石鼓干流、支流	常见种。库区形成静水、缓流生境增加，增加部分生活史的栖息范围扩大，适宜产卵的流水生境减少，种群数量将减少。
硬刺松潘裸鲤	省 特	旭龙坝址~石鼓干流、支流	
黄石爬鮡	省 特 EN	旭龙坝址~石鼓干流、支流	库区形成后黄石爬鮡退缩至干流库尾上游或进入定曲等支流，在库区种群数量将大幅度减少；坝下受水位频繁涨幅及低温水下泄的影响，产卵周期推迟；龙盘运行后冈曲汇口产卵场功能减弱。
前臀鮡	省 特	腊普河	仅在腊普河采集到的新记录种，位于奔子栏水电下游，水电工程运行后对其无影响。

注：①表示国家Ⅱ级重点保护野生动物，②表示省级保护鱼类，③表示长江上游特有鱼类，EN表示濒危，VU表示易危

5.2.3.3 对鱼类重要生境的影响

a) 产卵场与索饵育幼场

梯级开发形成水库后，水深增加，流速变缓，原库区流水江段分布的鱼类产卵场与索饵场将会被淹没。评价区土著鱼类绝大部分为产粘沉性卵种类，根据调查，它们的产卵场与索饵育幼场多分布在奔子栏至冈曲河口、其宗至虎跳峡两个宽谷河段，库区为单一的高山峡谷河段，没有大型产卵场与索饵育幼场分布。根据《金上规划环评》，奔子栏梯级开发不涉及金沙江上游 5 个主要的鱼类产卵场与索饵育幼场，因此，奔子栏水电站不会对流域层面鱼类重要生境造成影响。

1) 定曲生境影响

定曲河口分布有裂腹鱼鱼类、鮡科鱼类产卵场。奔子栏库区形成后，回水至定曲河汇口以上 21.19km，该河段原有的流水生境演变为库区的缓流生境，分布其间的 1 处鮡科鱼类产卵场、2 处裂腹鱼类产卵场水环境条件变化，其适宜性和生态功能弱化或消失；支流回水段水深增加，水域面积扩大，饵料生物资源量丰富，鱼类适宜索饵、育幼水域有所增加；定曲河库区回水范围上游裂腹鱼类、鮡科鱼类重要生境与原河流相似。

2) 奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段生境的影响

龙盘运行前：岗托运行前，奔子栏水电站分布的裂腹鱼类繁殖期主要集中在 3~6 月，鮡科鱼类繁殖主要集中在 6~8 月。岗托运行前，奔子栏水电站运行后，4 月、5 月、6 月梯级联合运行，典型日内水位变幅在不变~0.59m 之间，坝下流水江

段作为鱼类繁殖场会受到一定影响；但奔子栏电站在上游梯级联合运行下，下游典型日内变幅减小，产卵场生境有所改善，对坝下流水江段产粘沉性卵鱼类繁殖功能的改善具有积极影响。

龙盘运行后：根据龙盘水电站库区水位情况，部分月份不受其影响，其中奔子栏水文站所在断面仅 9 月典型日受影响明显，水流减缓、水深增加。裂腹鱼类和鮡科鱼类将向流水江段迁移。冈曲河口断面全年受龙盘水电站影响均较为明显，其中 4 月、5 月和 6 月以顶托影响，流速降低，鮡科鱼类将向上游干流、支流急流江段迁徙，产卵场功能减弱。

3) 支巴洛河汇口、其宗~石鼓段生境的影响

(1) 对产粘沉性卵鱼类生境的影响

龙盘运行前：支巴洛河汇口、其宗~石鼓段水位变化与奔子栏至冈曲汇口长约 16km 河段水位变化相似，随着下游支流汇入典型日内水位变幅降低，产卵场生境得到改善，减缓了鱼卵、仔鱼因水位频繁波动而滞留、裸露于空气中致死的风险。

龙盘运行后：特枯年份或连续枯水年根据来水情况有所降低，但不低于死水位 1939.00m，死水位时库区水位与奔子栏坝下 62km(支巴洛河上游 14km)处天然水位接近，支巴洛河汇口、其宗~石鼓段生境将被龙盘库区回水淹没。

(2) 对产漂流性卵鱼类生境的影响

根据曹文宣等研究，中华金沙鳅在金沙江干流产卵期为 6~8 月，水温范围为 17.2~23.2℃，对产卵水流涨落敏感，持续流量和水位上涨是刺激中华金沙鳅产卵的重要条件，涨水持续时间 3d 和 6d、水温 17.2~23.2℃，多在水流较急的干流产卵，受精卵随水漂流发育孵化。

龙盘电站运行前：岗托运行前丰、平、枯水平年 8 月典型日日内水位维持不变，产漂流性卵鱼类产卵场生境与原河流相似。坝下低温水的下泄，将造成中华金沙鳅繁殖水温最低阈值出现时间的推迟。

龙盘电站运行后：塔城镇其宗村产卵场为目前调查到的最上游产卵场，位于奔子栏坝址以下约 106km，最下游的黎明乡格子村产卵场距坝址约 188km。由于库区回水的影响，其宗~格子村段的产卵场原有的流水生境损失，导致产漂流性卵鱼类的产卵场功能丧失。

b) 越冬场

江河鱼类冬季多进入主河道深水区越冬，工程运行后形成的库区为坝上河段鱼类提供了良好的越冬条件。因此，奔子栏梯级电站运行，对库区鱼类越冬有利。

5.2.3.4 对旭龙环保措施的影响

奔子栏水电站尾水与旭龙水电站衔接，干流回水长度 63.29km；一级支流定曲上回水长度 21.19km，淹没古学水电站厂房，库尾上距古学水电站坝址约 5.3km；二级支流许曲河上回水长度 8.39km，淹没去学水电站厂房，库尾上距去学水电站坝址约 5km。水库在正常蓄水位(2148m)运行时，库尾长约 3km 河段河道狭窄，水深较浅，多年平均流速在 0.5m/s 以上，仍具有较明显的流水河段特征；水库在死水位(2138m)运行时，库尾流水段长度约为 4km。工程建设和运行对旭龙下泄生态流量、生态调度等已批复的环保措施不影响。奔子栏库区回水在定曲上回水长度 21.19km，此段 1 个鮡科鱼类产卵场和 2 个裂腹鱼类产卵场被淹没。

根据《旭龙环评》，工程采用升鱼机组合式型式过鱼，升鱼机采用隧洞轨道式升鱼机轨道提升的过坝方式，进口流速建议值范围为 0.43~1.26 m/s，最佳区间为 0.80~1.26m/s，升鱼机布置见图 5.2.3-1。库尾流水河段奔子栏水库在正常蓄水位(2148m)运行时，库尾长约 3km 河段河道狭窄，水深较浅，多年平均流速在 0.5m/s 以上，仍具有较明显的流水河段特征，鱼类依然可以上溯至旭龙坝下。旭龙过鱼设施集鱼口设在其尾水出口，过鱼设施运行水位与其自身机组工况有关，旭龙过鱼设施设计已考虑奔子栏尾水变动工况，受奔子栏水位顶托影响较小。

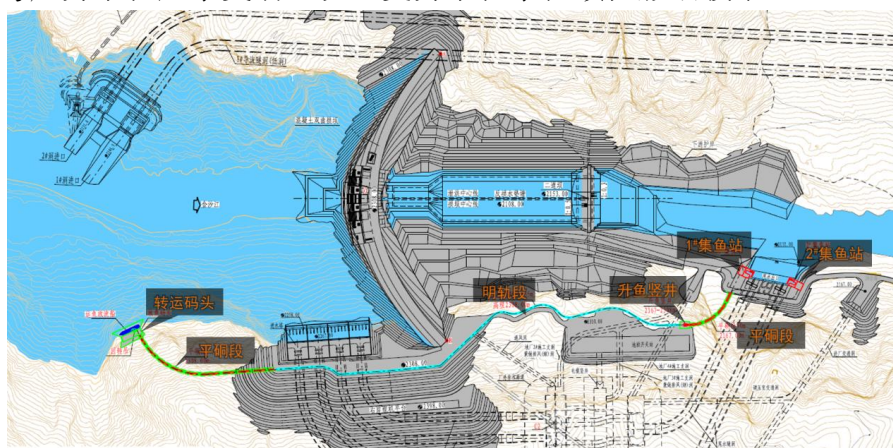


图 5.2.3-1 旭龙升鱼机(轨道过坝)方案线路布置图

5.2.4 小结

坝址以上江段：库区江段水深增加，流速减小，加宽。库区支流定曲和许曲河

口段形成回水区缓流区，有利于营养物质积累。浮游动植物现存量增加，但增幅有限。库区水位频繁涨落，限制了着生藻类密度和生物量的增加。坝前、库中水域，原有喜流水类摇蚊科生物消失，喜静水类摇蚊科生物得到发展，节肢动物有可能出现。奔子栏库电站的建设将使河流的连续性受到影响，阻隔了上下游鱼类的基因交流；库区喜流水生境的鮡科鱼类、裂腹鱼类向库尾及定曲流水河段迁徙，总体资源量呈下降趋势；适应缓流和静水开阔水域生活的鱼类，比如裸裂尻鱼类，将逐渐成为优势种群。

坝下江段：近坝址段浮游植物、浮游动物、着生类、底栖动物受水位频繁波动影响，现存量减少；随着支流的汇入逐渐恢复至原天然水平。龙盘运行前，坝下奔子栏~冈曲汇口段产卵场受减水有一定影响龙盘运行后除奔子栏~冈曲汇口外，冈曲汇口下游鱼类重要生境因蓄水而消失。

综合分析，奔子栏电站运行后，库区江段原来适应于激流环境产粘沉性卵的裂腹鱼类群、黄石爬鮡等，有可能退缩至干流库尾上游或进入定曲等支流，在库区鱼类中种群数量将减少；适应缓流或静水的鱼类，如软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤等库区河段存在其繁殖条件，种类数量将上升，并可能成为库区的主要物种。部分高原鳅可能会衍生出适宜缓流生活的类群，种群获得发展。奔子栏坝下江段，龙盘运行前，在裂腹鱼类繁殖期4月、5月水位典型日变幅较大，不利于鱼类繁殖，丰水年6月水位稳定对鮡科鱼类繁殖有利。龙盘电站运行后，奔子栏至冈曲河口段产卵场部分时段将受到淹没影响，产卵功能可能减弱或退化；支巴洛河汇口~石鼓段，受龙盘库区回水影响，水动力减弱，产漂流性卵鱼类的产卵场消失。

5.3 陆生生态影响预测与评价

5.3.1 土地利用变化

工程实施后，评价区内土地利用格局发生变化，主要表现为灌木林地、耕地的面积有所减少，且各用地类型的斑块数目也基本减少；水域、草地的面积有所增加。工程建设前后各类斑块数量以及面积的变化具体见表 5.3.1-1。

表 5.3.1-1 奔子栏水电站工程占地对土地利用的影响

土地利用类型		施工前		施工后		变化值	
		面积(hm ²)	斑块数量	面积(hm ²)	斑块数量	面积(hm ²)	斑块数量
林地	乔木林地	53082.67	688	53082.67	688	0	0
	灌木林地	32483.75	1307	31136.28	1232	-1347.47	-75
天然草地		17253.36	411	17920.49	395	-667.13	-16
园地		2090.28	387	1953.27	358	-137.01	-29
旱地		3355.17	195	3267.54	181	-87.63	-14
河流水面		1084.14	26	362.12	18	-722.02	-8
裸岩石砾地		788.39	41	744.89	40	-43.5	-1
居住及交通过地		301.21	26	170.5	22	-130.71	-4
合计		93185.6	3081	90050.15	2934	-3135.49	-147

5.3.2 对生态系统的影响

5.3.2.1 对生态系统功能的影响

a) 生产力

工程占地区总面积 3135.45hm²，生物生产力减少 298.36×10⁴GJ/a，占评价区生物生产力 11812.12×10⁴GJ/a 的 2.53%。主要损失来自自然植被，损失量为 185.46×10⁴GJ/a，占评价区比例的 1.57%。

表 5.3.2-1 生产力改变情况一览表

植被类型		评价区生产力 ×10 ⁴ GJ/a	工程占地区		
			面积 (hm ²)	生产力×10 ⁴ GJ/a	占评价区 该类型比例%
自然 植被	硬叶常绿阔叶林	819.30	0.00	0.00	0.00
	落叶阔叶林	107.85	0.00	0.00	0.00
	温性针叶林	5167.28	0.00	0.00	0.00
	稀树灌木草丛	1861.65	667.13	71.98	3.87
	灌丛	2735.63	1347.47	113.48	4.15
小计		10691.72	2034.60	185.46	0.02
人工 植被	园地	632.62	137.00	41.46	6.55
	耕地	362.03	87.62	9.45	2.61
小计		994.65	224.62	50.92	0.05
其他	水体	82.74	722.02	55.10	66.60
	建筑交通过地	11.89	130.71	5.16	43.39
	裸岩和积雪	31.12	43.50	1.72	5.52
小计		125.75	896.23	61.98	0.49
总计		11812.12	3135.45	298.36	2.53

b) 植被覆盖度

工程建设占地为评价区土地面积的 3.36%，工程建设后水库淹没区变为水体，永久占地区部分为建筑物、部分为工程绿化区，临时占地工程完工后将进行生态恢复，恢复为稀树灌草丛。

根据工程预期结果，再次对 NDVI 进行统计，计算植被覆盖度(FVC)为 0.50112，比建设之前减少了 0.0542。除去水体的陆域植被覆盖度(FVC)为 0.73211，比建设之前减少了 0.0002246。

工程建设对评价区植被覆盖度 FVC 的改变不大，整体植被覆盖度依旧较好。

c) 水土保持力

受到工程的影响，工程实施前后的水土保持能力有所提升，由原来得 2.3569 变为 2.5687，其提升了 8.9%，项目对区域的水土保持能力有所改善。

表 5.3.2-2 建设前后评价区水土保持力变化

时期	水土保持能力
施工前	77.67
施工后	76.44
变化百分比(%)	-1.23

工程施工过程并不会对该区域的景观格局和生态系统的完整性造成影响，仅涉及部分景观斑块和生态系统类型的占用。

总体而言，工程建设对功能及生态完整性不会产生明显影响。

5.3.2.2 对生态系统质量的影响

a) 生物量

工程区生物量损失 34756.95t，占评价区总生产量 93185.60t 的 0.66%。主要损失来自自然植被，损失量 31647.98t，占评价区比例的 0.60%，见表 5.3.2-3。

表 5.3.2-3 生物量改变一览表

植被类型		平均生 生物量 (t/hm ²)	评价区		占地损失		
			面积 (hm ²)	生物量 t	面积 (hm ²)	生物量 t	占评价区 该类型比例 %
自然植被	硬叶常绿阔叶林	125.22	5103.55	639066.53	0.00	0.00	0.00
	落叶阔叶林	54.85	518.76	28454.16	0.00	0.00	0.00
	温性针叶林	124.00	30207.00	3745668.00	0.00	0.00	0.00
	稀树灌木草丛	10.82	17253.36	186681.36	667.13	7218.35	3.87
	灌丛	18.13	32483.75	588930.33	1347.47	24429.63	4.15

表 5.3.2-3(续)

植被类型		平均生 生物量 (t/hm ²)	评价区		占地损失		
			面积 (hm ²)	生物量 t	面积 (hm ²)	生物量 t	占评价区 该类型比例 %
小计			85566.42	5188800.37	2014.60	31647.98	0.60
人工植被	园地	15.00	2090.28	31354.18	137.00	2055.00	6.55
	耕地	10.05	3355.17	33719.42	87.62	880.58	2.61
小计			5445.45	65073.61	224.62	2935.58	0.05
其他	水体	0.21	1084.14	227.67	722.02	151.62	66.60
	建筑交通用地	0.10	301.21	30.12	130.71	13.07	43.39
	裸岩和积雪	0.20	788.39	157.68	43.50	8.70	5.52
小计			2173.74	415.47	896.23	173.40	0.42
总计			93185.60	5254289.44	3135.45	34756.95	0.66

b) 生态状况

受工程的影响，评价区施工前后的生态状况指数有轻微的下降，其变化了 0.32%，基本不受工程建设的影响，见表 5.3.2-4。

表 5.3.2-4 工程建设前后生态状况指数变化

时期	物种丰富度指数	生境质量指数	生态状况指数
	SRI	HQI	ECI
施工前	0.4567	0.8125	0.6346
施工后	0.4567	0.8060	0.6314

c) 生态系统质量

受到工程的影响，评价区施工前后的生态系统质量指数有所下降，其前后变化了 1.13%，由此工程建设对评价区生态系统质量的影响较小，基本不受影响，详见表 5.3.2-5。

表 5.3.2-5 工程建设后生态系统质量指数变化

时期	生态系统功能指数	生态系统胁迫指数	生态系统质量指数
施工前	0.7336	0.2446	0.489
施工后	0.7336	0.2559	0.4777

总体来看，工程建设对评价区的生态系统组成、生态系统多样性以及生态系统空间格局的影响不大，基本不受影响。

5.3.2.3 对景观结构和格局的影响

a) 景观斑块特征变化

受工程影响各类景观斑块数由 3081 块变为变为 2934 块，工程总体对景观生态组成变化的影响不大。

表 5.3.2-6 工程建成前后评价区景观格局变化情况

植被类型	景观面积(hm ²)		斑块数量		平均斑块面积变化 hm ²
	施工前	施工后	施工前	施工后	
寒温山地硬叶常绿栎林	5103.55	5103.55	280	280	0.00
落叶阔叶林	518.76	518.76	40	40	0.00
温凉性针叶林	16574.81	16574.81	200	200	0.00
寒温性针叶林	13632.19	13632.19	168	168	0.00
稀树灌木草丛	17253.36	16586.23	411	395	-41.70
干暖灌丛	24795.1	23448.51	1056	988	-19.80
暖温性灌丛	3649.49	3648.61	102	95	-0.13
寒温性灌丛	4039.16	4039.16	149	149	0.00
园地	2090.28	1953.27	387	358	-4.57
耕地	3355.17	3267.55	195	181	-6.26
水体	1084.14	362.12	26	18	-90.25
裸岩和积雪	788.39	744.89	41	40	-43.5
建筑及交通用地	301.21	170.50	26	22	-32.68
总计	93185.6	90050.11	3081	2934	-9.56

b) 景观多样性和空间格局变化

研究结果表明：施工前后评价区景观多样性指数和景观均匀度指数略有下降，优势度指数变化很微弱。总的说来，评价区的景观多样性指数并不因工程的实施而发生明显的改变。景观多样性指数变化见表 5.3.2-7。

表 5.3.2-7 景观多样性指数变化

时期	Shannon 多样性指数	Simpson 多样性指数	Shannon 均匀度指数	Simpson 均匀度指数	优势度指数
	SHDI	SIDI	SHEI	SIEI	LSDI
施工前	1.9134	0.8124	0.7422	0.8790	0.2844
施工后	1.9102	0.8120	0.7411	0.8788	0.2839

研究结果表明：施工前后评价区景观空间格局指数破碎度指数增加，破碎度由 36.2364 上升至 39.0231，景观更加破碎化，聚集度、连通度也有所上升，而蔓延度有所下降。总的说来，评价区的景观空间格局指数并不因工程的实施而发生明显的改变。景观空间格局指数变化见表 5.3.2-8。

表 5.3.2-8 施工前后评价区景观空间格局指数变化

时期	蔓延度 CONTAG	聚集度 AI	连通度 COHESION	分割度指数 DIVISION	破碎度 SPLIT
施工前	49.6210	83.1431	97.0231	0.9542	36.2364
施工后	47.2368	83.2739	97.2365	0.9662	39.0231

5.3.3 对植物及植被的影响

5.3.3.1 对植被的影响

工程占地总面积 3135.49hm²，占评价区总面积的 3.36%。水库淹没区占地总面积 2596.52hm²；枢纽工程占地总面积 538.93hm²，其中枢纽永久占地 357.96hm²，枢纽临时占地 180.97hm²。

工程主要占用干暖河谷植被，如白刺花灌丛、小叶荆灌丛、野丁香灌丛等，占用面积最大的类型为干暖灌丛，占用面积 1346.59hm²，占评价区中该类型 5.43%，主要群系类型为：白刺花灌丛；小叶荆灌丛；小叶荆、白刺花灌丛；小鞍叶羊蹄甲灌丛；蛇葡萄灌丛；单刺仙人掌肉质灌丛；灰毛菰灌丛；凹叶雀梅藤灌丛。占用比例第二的类型为稀树灌木草丛，占用面积为 667.13hm²，占评价区中该类型的 3.86%，主要群系类型为两头毛灌草丛。占用比例第三的为暖温性灌草丛，占用面积为 0.88hm²，占评价区中该类型的 0.02%，主要群系类型为马桑灌丛、戟叶酸模灌丛。

a) 低海拔干暖河谷区

工程主要占用低海拔干暖河谷区广泛分布的白刺花灌丛、小叶荆灌丛、野丁香灌丛等干暖灌丛，该类灌丛为区域内分布最广的植被类型，群落结构较简单，恢复能力强。工程虽占用一定面积，但干暖灌丛分布整体连续广泛，不会造成该类群落的消失或显著退化，局部植被可通过恢复工程逐步替代。

b) 中低海拔坡地与谷地缓坡

此区段植被过渡性强，干暖灌丛逐渐、稀树灌木草丛、暖温性灌丛相互交织，局部有一定的水源补给和土壤发育。此区段多为建设活动密集区域，主要占用两头毛灌草丛、马桑灌丛、戟叶酸模灌丛等稀树灌木草丛和暖温性灌丛。该类型植被具有一定的群落稳定性和恢复能力，部分区域土壤层较厚，具备人工恢复潜力。工程施工对其局部破碎化影响较为明显，但不具有根本性破坏风险。建议通过边坡植被恢复和边建边绿方式进行生态补偿。

c) 高海拔山地区

该区域主要分布有寒温山地硬叶常绿栎林、落叶阔叶林、温凉性针叶林及寒温性针叶林等森林植被类型，工程建设未直接占用上述植被，仅可能产生微弱的间接影响，鉴于此类植被结构复杂、稳定性强，整体生态系统具有较高的抗干扰能力，因此工程对其造成的影响极为有限。

表 5.3.3-1 工程占用各植被类型面积

单位: hm^2

植被类型	评价区面积	永久占地		临时占地	占地合计	占该类型评价区
		淹没区	枢纽工程			比例(%)
寒温山地硬叶常绿栎林	5103.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
落叶阔叶林	518.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
温凉性针叶林	16574.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
寒温性针叶林	13632.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
稀树灌木草丛	17253.36	533.1	73.35	60.68	667.13	0.04
干暖灌丛	24795.1	1036.51	226.97	83.11	1346.59	0.05
暖温性灌丛	3649.49	0.43	0.45	0.00	0.88	0.02
寒温性灌丛	4039.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
园地	2090.28	103.09	21.44	12.47	137.00	6.55
耕地	3355.17	68.62	10.10	8.90	87.62	2.61
水体	1084.14	707.03	11.87	3.12	722.02	66.60
裸岩和积雪	788.39	43.50	0.00	0.00	43.50	5.52
建筑及交通过地	301.21	104.24	13.78	12.69	130.71	43.39
总计	93185.60	2596.52	357.96	180.97	3135.45	3.36

5.3.3.2 对陆生植物的影响

a) 对植物区系和植物种群结构的影响

1) 施工期影响

工程建设在施工阶段对植物的主要影响源于施工占地导致的和植物个体损毁，主要涉及评价区低海拔区域分布的常见物种。该区域物种丰富，但受损植物均为在评价区内广泛分布、种群规模可观的区域常见种。施工占地面积相对有限，受损的植物个体仅占评价区植物总个体数的极小比例，因此工程建设不会显著改变评价区植物区系的基本组成特征(如科属种构成)，也不会导致区域内这些常见物种种群结构(如年龄组成、空间分布)发生可观测的明显变化。评价区植物多样性水平保持稳定，不存在因施工导致任何植物物种在评价区灭绝的风险，受损植物可通过后续自然演替或生态修复逐步恢复。

2) 运行期影响

工程投入运行后，主要影响表现为淹没区(主要为低海拔河谷地带)植被的永久性丧失，导致该区域内所有陆生植物个体死亡，受影响物种包括沙针 (*Osyris quadripartita*)、峨眉蔷薇 (*Rosa omeiensis*)、白刺花 (*Sophora davidii* var. *davidii*) 等典型常见种类。这些物种在评价区内生态幅宽、分布广泛，淹没造成的个体损失量相对于其在整个评价区的总种群数量占比极低。因此，这种局部的、特定生境的损失，对评价区整体植物区系组成特征影响甚微，不足以改变其基本面貌，也不会引致主要植物种群结构发生显著改变。所有受影响物种均能在未淹没区域找到适宜栖息地维持种群延续，工程运行不会造成评价区植物物种数量的减少或任何植物种类的区域性丧失，更不存在导致评价区植物物种灭绝的风险。淹没损失虽为永久性，但其影响范围严格局限，评价区绝大部分面积的植物生境和多样性未受波及。

b) 对重要植物的影响

野外调查共发现重要植物分布点 44 处，植物 92 株(丛)。

受工程建设影响的重要植物共 12 株，包括施工占地和水库淹没区 8 株，包括：1 株圣地红景天、1 株裂果女贞、2 株异叶薯蓣、1 株云南粗糠树、2 株圆茎翅茎草、1 株云南双盾木，受工程施工或蓄水直接影响，在工程开工或蓄水前需进行移植或采种播撒以保护其种质资源。位于工程影响范围内的 3 株裂果女贞、1 株川滇叠鞘兰，共计 4 株需进行就地保护。

工程建设对不会影响重点保护植物的物种多样性和改变物种分布范围。

表 5.3.3-2 评价区受工程建设影响重要植物一览表

序号	种名	保护级别 /濒危等级	地理位置		数量	所在工程区
			经度	纬度		
1	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级, VU	99.2750	28.3017	1	枢纽工程区内
2	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	99.2648	28.3079	1	枢纽工程区内
3	异叶薯蓣 <i>Dioscorea biformifolia</i>	CR	99.1759	28.4032	2	淹没区内
4	云南粗糠树 <i>Ehretia confinis</i>	VU	99.2365	28.3277	1	淹没区内
5	圆茎翅茎草 <i>Pterygiella cylindrica</i>	VU	99.2882	28.4224	2	淹没区内
6	云南双盾木 <i>Dipelta yunnanensis</i>	VU	99.3094	28.4227	1	淹没区内
7	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	99.2892	28.2909	3	枢纽工程区外 100m
8	川滇叠鞘兰 <i>Chamaegastrodia inverta</i>	VU	99.2999	28.2976	1	枢纽工程区外 200m
合计					12	

5.3.3.3 对公益林的影响

根据工程布置情况，项目建设及淹没区共占用国家公益林面积 173.52 hm²，占评价区国家公益林总面积的 0.43%。从林地类型来看，没有占用乔木林地，占用面积最大的是灌木林地，达 167.32 hm²；其次为宜林地 4.87 hm²，无立木林地 0.84 hm²，未成林造林地最少，为 0.49 hm²。被占用区域主要分布有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛评价区广泛分布的典型灌丛群落类型，具有较强的生态适应能力和再生能力。工程建设对公益林的影响与陆生植被和植物相似，局部区域会造成一定程度的群落结构调整，但不会对该类群落的区域分布格局和生态稳定性造成实质性影响。虽然项目实施可能导致其用地性质变化，但通过后续生态补偿及植被恢复措施，可有效弥补其生态服务功能的潜在损失。

5.3.4 对陆生脊椎动物的影响

5.3.4.1 工程建设对动物生境的影响

根据评价区植被现状、动物种类及其生境需求，将评价区动物生境划分为阔叶林、针叶林、灌丛及灌草丛、农田及村落和水体及湿地 5 种类型。

将电站水库淹没、工程施工占地区植被/土地利用类型按动物生境类型划分，并工程建设后水库淹没区变成水体及湿地，永久施工占地区变成工程枢纽、厂房等建筑用地、道路等，临时占地区可恢复为灌丛及灌草丛。根据 GIS 统计，评价区现状各生境类型面积及工程建设后生境类型面积变化如表 5.3.4-1 所示。

表 5.3.4-1 建设后评价区动物生境面积变化

生境类型	评价区面积(hm ²)	变化面积(hm ²)	变化比例%
阔叶林	518.76	0.00	0.00
针叶林	30207.00	0.00	0.00
灌丛及灌草丛	49737.11	-2014.60	-4.05
农田及村落	5445.45	224.62	-4.12
水体及湿地	1084.16	1912.57	176.41

据表 5.3.4-1，工程建设后，阔叶林、针叶林两种生境面积均无变化，灌丛及灌草丛面积减少 2014.60hm²、占评价区该类生境面积的 0.04%，农田及村落面积减少 224.62hm²、占评价区该类生境面积的 0.04%，水体及湿地面积增加 1912.57hm²、占评价区该类生境面积的 176.41%。

各动物生境类型面积变化比例不大，对区域动物的生存繁殖不会产生明显影

响。水库建成后水域面积的增加，有利于越冬水鸟的越冬期生活，从一定程度上也能弥补工程建设后冬季低水位对越冬水鸟的生活影响。

5.3.4.2 工程建设期对动物的影响

工程施工对动物的影响主要是施工噪声对动物的惊扰和驱离，以及水体污染对两栖类生活和繁殖的影响。

a) 对两栖、爬行动物的影响

评价区内人群密度较小，来往车辆较少。评价区内大部分地段的野生动物受人类干扰较小。根据现场调查，评价区的两栖和爬行动物种群数量较小，并且也主要分布下游海拔 3000m 以下的区域。电站施工对两栖和爬行类的栖息环境造成一定干扰，电站施工产生的噪声、人为活动、车辆碾压及水质污染等干扰其栖息环境，其中施工期的砂石加工废水、混凝土拌合废水、含油污水、生活污水及垃圾可能加剧河流水质悬浮物浓度、油污覆盖和细菌污染，施工扬尘经雨水冲刷亦会进一步恶化水体，此外，机械和运输噪声对繁殖季节的两栖动物活动影响显著，而车辆碾压则可能直接造成个体伤亡，因此需严格控制废水排放、垃圾处理和车辆管理，减少对两栖和爬行动物生境的负面影响。

b) 对鸟类的影响

评价范围内及其周边森林面积较大，分布的鸟类主要为隼形目、鸽形目、鹃形目、鸢形目、雀形目的鸟类，是当地的优势种类，种群数量比较多，评价范围内均有分布。工程建设期间对鸟类的影响主要表现在施工占地对栖息环境的占用、施工噪声的干扰、污染物对环境的破坏和人为活动对鸟类的伤害等。由于施工占地面积相对较小，且周围相似生境较多，森林鸟类多善于飞翔，因此对其影响不大。但工程建设期间的施工噪声尤其是施工爆破噪声对鸟类影响较大，再加上人为干扰的增加，将造成工程周边的鸟类多样性降低。部分距离施工区域较近的鸟类会迁移至施工影响较小的河段附近活动。

另外，施工期间由于人流量的增加，人为干扰强度增加。因此工程建设前也要对施工人员做好野生动物保护的宣传和教育，避免出现人为捕捉鸟类等伤害事故的发生。

c) 对哺乳类的影响

工程影响范围的哺乳类主要为穴居型和地面生活型的种类，它们一般体型较

小，分布在相对较为平坦的草甸生境中，主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中。工程实施过程中对这一带的穴居型种类会造成一定影响。施工过程中可能对其巢穴造成直接破坏，占用其栖息地，使其栖息地缩小。此外，大部分地面生活型种类如果子狸、大灵猫等哺乳动物，主要分布在距离施工区域较远的自然保护区和周边的地区，施工占地对其栖息地影响相对较小。电站施工产生施工影响可能会迫使其远离栖息地，但这些影响程度均较为有限，而且工程建设后干扰随即消失，其种群会很快恢复，对其物种多样性影响不大。

另外，部分啮齿类动物等是一些自然疫源性疾病的传染媒介，工程建设期间，施工人员的聚集，会吸引一些鼠类到来，使得施工人员居住区域内鼠类的种群密度增加，可能增加自然疫源性疾病的传播，对当地居民与施工人员的健康构成威胁。因此，在施工期间在做好动物保护措施的同时，也要加强周围施工人员聚居点的疫情检测。

总体来说，工程实施时，对哺乳类的主要影响体现为驱赶效应，驱使其避开工程影响较为严重的区域，造成局部区域种内、种间竞争加剧，主要对部分穴居型种类影响较大；对于其余种类主要为施工干扰，若采取一定的保护措施，可在很大程度上降低对其造成的不利影响。

5.3.4.3 工程运行期对动物的影响

a) 水库蓄水对动物的影响

水库蓄水对动物的影响主要是淹没陆地动物生境和增加两栖动物生境和水鸟的生境，对不同类群的动物各有利弊。

1) 对两栖、爬行动物的影响

电站蓄水发电后，电站的上游水位会有所抬高，水域面积增加，库岸水陆界面生境增加，对两栖类和爬行类摄食产生有利的影响。

2) 对鸟类的影响

电站大坝建成后，库区静水面积增加，滩涂面积减少，扩大的水域面积可能会吸引一些游禽比如雁鸭类在库区栖息，但对涉禽类而言其生境面积将会减少；水库蓄水会淹没一些陆禽鸟类的栖息地，迫使其迁往别处。总体来说，电站建成后对于不同习性的鸟类的影响程度不同，主要对喜在水域附近活动的游禽、涉禽有一定影响，主要影响是使评价范围内的鸟类分布格局发生改变，但基本不会影响区域内鸟

类的种类和数量。

3) 对哺乳类的影响

水电站建成后，库区水位会有所上升，对哺乳动物的生境影响最为明显，将迫使库区的哺乳类向上游或高海拔地区迁移，哺乳动物的栖息地会减少。评价范围内栖息生境较多，分布连续，大部分哺乳类主要分布在河流两岸较高的山坡上，水位的上升对大部分哺乳动物的栖息地影响较小。

水库蓄水引起的水位上升，可能引起原来趟水过河的动物通过困难，但水库淹没较长的区域天然水流较大，一般情况下动物不会趟水过河，上游区域水库淹没河段较少，一般不会对动物过河觅食和基因交流造成影响。

b) 水位变化对动物的影响

工程建设后，由于季节性水量不均衡，发电用水也和上游来水不完全相符，加上不是 24 小时均衡运行，势必造成库区和下游河段的水位变化。对不同类群的动物各有利弊。

1) 对两栖、爬行动物的影响

水库水位的季节性变化，两栖类的生境也将随着水位的变化而变化，这种影响并不十分明显。由于奔子栏水电站自身为日调节性能，月均下泄流量过程不会因本电站运行而改变，且受上游梯级调节影响，天然径流过程将得到一定程度的年内调节，整体趋势为汛期流量减小，非汛期流量增加，年内下泄流量过程逐渐均化，会对周边的两栖爬行动物生境、产卵影响不明显。

2) 对鸟类的影响

水位变化不会对陆地鸟类产生明显影响。对水鸟而言，由于生境广阔，季节性水位变化不会其产生明显影响。水位的日周期变化，有利于水鸟在消落带觅食。总体来说，水位变化对周边栖息环境不会造成较大改变，对鸟类影响不明显。

3) 对哺乳类的影响

电站日调节运行，库区水位抬升，有利于小型哺乳动物觅食。对哺乳动物的有一定的有利影响。

5.3.4.4 对重要动物的影响

评价区共有重要动物 47 种，其中爬行类 3 种，鸟类 20 种，哺乳动物 24 种。

工程建设对保护动物的影响与一般动物的影响类似，主要为工程施工噪声导致

的动物被驱离和水库淹没导致的陆地栖息生境减少。

a) 对爬行动物的影响

爬行动物包括黑眉锦蛇、王锦蛇和金江壁虎。黑眉锦蛇生活在高山、平原、丘陵、草地、田园及村舍附近，也常在稻田、河边及草丛中，有时活动与农舍附近；王锦蛇主要生活在丘陵和山地，在平原的河边、库区及田野均有栖息，动作敏捷，性情较凶狠，爬行速度快，会攀岩上树；金江壁虎多栖息于河谷的灌丛和石缝间。电站库区蓄水后，淹没区会淹没这3种爬行动物的部分栖息地，但它们都能在水域及其附近活动、捕食，所以电站库区蓄水后对它们的影响不大。影响大的是人类对蛇类的捕食和利用，在水电站评价区内，要严禁捕捉、贩卖蛇类。

b) 对保护鸟类影响

评价区的20种保护鸟类全部为陆栖性飞行鸟类，大多是猛禽类，包括金雕、胡兀鹫等12种，它们在整个评价范围内的林地、灌丛、草地、农田、湿地等环境中均有分布，活动范围较为广泛，总体上数量较为稀少。工程的实施对这些鸟类的影响主要集中在施工期间的干扰，但这些鸟类的栖息地远离项目工程建设区域，其生境远大于沿河各地段的水电库区范围，且鸟类大都有较强的飞行能力和捕食能力，所以项目的实施总体上对这些鸟类干扰范围不大，对其正常的觅食等活动不会造成较大影响。施工期间严禁施工人员抓捕幼鸟和采集鸟卵，繁殖期(4~7月)严禁惊扰鸟类、破坏鸟巢的行为，注意晨昏避免进行高噪音作业。

雉科的白马鸡、黄喉雉鹑、勺鸡、红腹角雉和白腹锦鸡，主要分布于河段的灌丛、草甸生境，通常情况下它们的活动海拔远高于水库蓄水区域，但冬季降雪后由于气温和觅食等原因，这些雉鸡类会下移到低海拔区域，施工噪声可能会对其影响，但它们会远离噪声，迁徙到僻静的地方活动，因此对这些雉鸡类的鸟类影响是有限的。为了使影响最小，组织施工人员学习和识别重点保护雉类、鸮类，严禁施工人员捕杀，繁殖期严禁惊扰鸟类、破坏鸟巢和采集鸟卵的行为；注意晨昏避免进行高噪音作业，尽力避免夜间施工。

滇鵙栖息于中山和高山沟谷林、山坡针叶林或针阔混交林。常在树干、树枝、岩石上等地方觅食昆虫、种子等。所以电站库区蓄水后对它的影响很小。注意晨昏避免进行高噪音作业，尽力避免夜间施工。

c) 对保护哺乳动物的影响

评价区内有 24 种保护的哺乳动物。豹、云豹、黑熊、小熊猫、大灵猫、豺、狼等食肉类动物，种群数量较为稀少，评价范围内较为少见。分布区距离工程占地及施工区较远，工程对其影响不大；施工期间要组织施工人员学习和识别，严禁施工人员捕杀，尽力避免和减少爆破等高噪音作业，尽力避免夜间施工。

猕猴为灵长类动物，主要分布在附近的森林生境中。灵长类警惕性较高，电站施工实施期间附近的部分个体会选择转移至影响区外继续活动，水电站工程建设总体上对此区域内分布的猕猴个体影响不明显。注意避免和减少爆破等高噪音作业，尽力避免夜间施工。严禁施工人员近距离接触和干扰其正常的栖息和觅食活动。

林麝、中华斑羚、鬣羚、水鹿、赤鹿、毛冠鹿和岩羊等食草动物主要分布在各山谷林地中，个体数量较少，适应能力强，奔子栏项目影响评价区不是其主要分布范围，仅在本地区偶见。岩羊种群数量较多。其栖息区域离规划电站施工区和库区较远，工程施工和水库蓄水不会对其产生明显影响。

青鼬、貉、赤狐、豹猫、果子狸、猪獾和狗獾等小型哺乳动物在评价区内分布生境较为广泛，各类河段两岸生境种都可能有分布，但个体数量不多。对于临近坝区和库区的种类和个体，工程施工会对其产生一定干扰，水库淹没也会淹没其部分生境，但这种影响不会严重。

另外，林麝、中华斑羚、鬣羚、水鹿、岩羊、赤鹿、毛冠鹿、果子狸、猪獾和狗獾等种类，会随着季节迁移并往来于河流和溪沟两岸觅食。工程建设后，库区水位上升，水面扩大，可能对这些动物的正常迁移造成一定隔离。

小熊猫栖息于高山峡谷地带。其垂直分布随山地森林垂直带的变化而变化。栖息地的植被类型为山地常绿阔叶林、常绿与落叶阔叶混交林、针阔混交林和针叶林带。常活动于山地河谷肩坡的散生或丛生竹丛中。其栖息环境远高于电站的淹没区。故电站库区蓄水后对它没有影响。

奔子栏水电站项目建设对水獭的影响不大，建设期间，施工期间的干扰、施工噪声等可能会对其影响，但它们会远离噪声，迁徙到僻静的地方活动。水电站建成后，随着水域面积的扩大，有利于水獭的生存和繁衍。在施工期间严禁电站污水的直接排放，防止水源和湿地污染对其影响。

评价区有三有动物 154 种(含国家 II 级保护动物 1 种，红色名录极危 CR 1 种、濒危 EN 2 种和易危 VU 1 种)，这些动物(除所含国家保护种和红色名录种外)多为鸟

类，种群数量均较大，工程影响不明显。

5.3.4.5 对重要动物生境的影响

根据重要动物对栖息环境的要求，可以大致将其分为 3 类：森林动物、灌丛及草地动物和农田及伴人动物。在各类型动物中，选择分布较广、研究文件较多的重要动物种类，根据现场调查、监测物种分布点数据，文献记录数据，在 ArcGIS 软件支持下，使用 MaxEnt 模型，采用植被/生态系统类型、生物气候因素和人类活动影响等建立重要物种生境适宜性评价模型，将评价区动物生境划分为 4 个适宜性等级进行评价。

评价区总面积 93185.60hm²，工程占用面积总面积 3135.45hm²，占评价区总面积的 3.36%。在评价结果上叠加工程布置，分析工程对重要动物的影响。

松雀鹰、红腹角雉、斑尾榛鸡、黄喉雉鹑、大灵猫、豹、猕猴、毛冠鹿、赤鹿、猪獾、果子狸等种类与白腹锦鸡生境需求类似。选取对白腹锦鸡进行生境适宜性建模结果，各生境适宜性等级面积及占用面积如表 5.3.5-2 所示，工程建设对白腹锦鸡优良两级生境的占用比例为 0.00%、6.55%。

表 5.3.5-2 工程建设对白腹锦鸡生境的影响

生境适宜性等级	评价区面积 (hm ²)	淹没区占用 (hm ²)	枢纽工程占用 (hm ²)	临时占用面积 (hm ²)	总占地面 积(hm ²)	占比(%)
优	37316.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
良	2092.65	103.09	21.44	12.47	137.00	6.55
中	45619.50	1638.66	310.87	152.69	2102.22	4.61
差	8156.53	854.77	25.65	15.81	896.23	10.99
合计	93185.60	2596.52	357.96	180.97	3135.45	3.36

王锦蛇、金江壁虎、白马鸡、高山兀鹫、松雀鹰、红隼等种类与黑眉锦蛇生境需求类似，选取黑眉锦蛇进行生境适宜性建模结果，各生境适宜性等级面积及占用面积如表 5.3.5-3 所示，工程建设对黑眉锦蛇优良两级生境的占用比例为 4.77%、0.35%。

表 5.3.5-3 工程建设对黑眉锦蛇生境的影响

生境适宜性等级	评价区面积 (hm ²)	淹没区占用 (hm ²)	枢纽工程占用 (hm ²)	临时占用面积 (hm ²)	总占地面 积(hm ²)	占比 (%)
优	42261.37	1570.04	300.77	143.79	2014.60	4.77
良	39412.54	103.09	21.44	12.47	137.00	0.35
中	4441.77	775.65	21.97	12.02	809.64	18.23
差	7069.93	147.74	13.78	12.69	174.21	2.46
合计	93185.60	2596.52	357.96	180.97	3135.45	3.36

复齿鼯鼠、赤狐、灰林鸮、秃鹫等生境需求类似，选取秃鹫进行生境适宜性建模结果，各生境适宜性等级面积及占用面积如表 5.3.5-4 所示，工程建设对秃鹫优良两级生境的占用比例为 2.61%、3.19%。

表 5.3.5-4 工程建设对秃鹫生境的影响

生境适宜性等级	评价区面积 (hm ²)	淹没区占用 (hm ²)	枢纽工程占用 (hm ²)	临时占用面积 (hm ²)	总占地面积 (hm ²)	占比(%)
优	3352.20	68.62	10.10	8.90	87.62	2.61
良	4290.98	103.09	21.44	12.47	137.00	3.19
中	78472.49	2277.07	312.64	146.91	2736.62	3.49
差	7069.93	147.74	13.78	12.69	174.21	2.46
合计	93185.60	2596.52	357.96	180.97	3135.45	3.36

5.3.5 水土流失影响

本工程施工扰动原地表面积 995.23hm²；损坏植被面积 753.84hm²，损毁植被面积主要为草地。本工程土石方挖填总量为 4230.61 万 m³，挖方 2741.45 万 m³(含表土剥离/收集量 81.28 万 m³)，填方 1489.16 万 m³(含表土回覆 81.28 万 m³)，骨料等建筑材料利用方 721.46 万 m³，借方 7.04 万 m³，最终废弃方 537.87 万 m³，折合松方 699.23 万 m³(土石方松方系数取 1.30)。有用料堆存在砂石骨料暂存场和绒丁沟转存料场；弃渣堆存在绒丁沟弃渣场、因归弃渣场和曲雅贡弃渣场。工程建设对水土流失的影响主要表现在以下几个方面：

a) 工程施工占地对水土流失的影响分析

水库大坝、施工道路、施工生产生活区等施工占地的扰动、占压，将重塑或破坏原地形地貌，损坏原地表植被及原有水土保持设施的水土保持功能，裸露地表在雨季易发生溅蚀、面蚀、细沟侵蚀等水土流失；尤其在暴雨季节，扰动后的松散、裸露地表抗侵蚀能力较低，加之原有天然或人工排水系统被破坏，易发生强烈以上水土流失；但在道路路面硬化、大坝枢纽建筑建成后，可减少雨水对地表造成冲刷，具有一定的水土保持功能，工程临时占地需采取排水、植被恢复等措施，防止水土流失。

b) 土石方开挖与回填对水土流失的影响分析

本工程土石方开挖将破坏扰动原地表植被、土壤结构和地形地貌，形成的各类开挖裸露面和边坡因失去原有植被的保护作用，受降雨和地表径流作用时易发生水土流失；土石方回填所形成的裸露地表、松散堆土体和高陡边坡，自然稳定状态受

到破坏，在短时间内不易形成自然稳定状态，易发生冲刷、垮塌现象，增加新的水土流失。侵蚀方式以面蚀、沟蚀为主，局部边坡存在坍塌。边坡开挖时，应及时做好拦挡、护坡和截排水措施，防止水土流失，严禁雨季进行大面积的开挖。若不及时采取临时防护措施，在降雨和地表径流作用下将造成水土流失。

c) 弃渣对水土流失的影响分析

工程建设开挖产生的弃渣属松散堆积体，若弃渣场边坡不采取适当的拦挡、护坡等防护措施，弃渣场表面长时间处于裸露状态，在冲沟洪水和雨水的冲刷下，将造成渣体冲刷、坍塌，引发严重的水土流失。

5.4 生态敏感区影响预测与评价

5.4.1 对“三江并流”世界自然遗产地的影响

根据《云南省林业和草原局关于金沙江上游奔子栏水电站与三江并流世界自然遗产地位置关系的函》(2025年3月)，奔子栏水电站不涉及三江并流世界自然遗产地，但涉及三江并流世界自然遗产白马—梅里雪山片区缓冲区 1021.06hm²，占缓冲区总面积的 0.12%，具体为枢纽临时用地 25.01 hm²、枢纽永久用地 36.23 hm²、移民区 68.56 hm²、淹没区 891.26 hm²。

根据《金沙江奔子栏水申站工程对三江并流世界自然遗产地影响评价报告》(以下简称《评价报告》)，通过对三江并流世界自然遗产地美学价值、地质地貌价值、生态过程价值、生物多样性价值等突出普遍价值及其真实性、完整性进行分析，工程对三江并流世界自然遗产载体边界无影响，对沿线景观、地质地貌、动植物等有较小影响，但在采取保护和减缓措施后，影响将控制在较小程度。《评价报告》认为：奔子栏水电站工程对三江并流世界自然遗产地突出普遍价值(第 vii、viii、ix、x 四条标准)不形成直接性损害，仅存在间接较小影响”。

5.4.1.1 对美学价值的影响

奔子栏水电站工程用地涉及三江并流世界遗产地白马—梅里雪山片区缓冲区，但项目建设不会直接破坏三江并流世界遗产地具有突出价值的景观载体，包括遗产地内的雪山景观、峡谷景观、湖泊景观、丹霞景观、岩溶景观与其他美学景观等载体。根据叠图分析，17处典型景观与奔子栏水电站距离均较远，且位于不可见范围。项目建设对遗产地基于标准(vii)所具有的突出普遍价值没有直接影响。

工程坝址不是保持遗产美景所必须的关键地区，而是位于为保持美学价值不因

人类直接侵蚀、为有效保护遗产价值紧邻的足够大的区域，其建设不会直接破坏自然遗产中那些独一无二、最具代表性的典型景观。工程蓄水后，直接影响金沙江河流水面，导致水位局部上升和扩宽，但升高比例不大，河流形态仍为带状形态，蓄水而造成的隔断与天然江河形成的隔断基本上相互重叠，对工程沿线的河谷景观风貌仅从景观视觉上带来一定的干扰，影响较小。

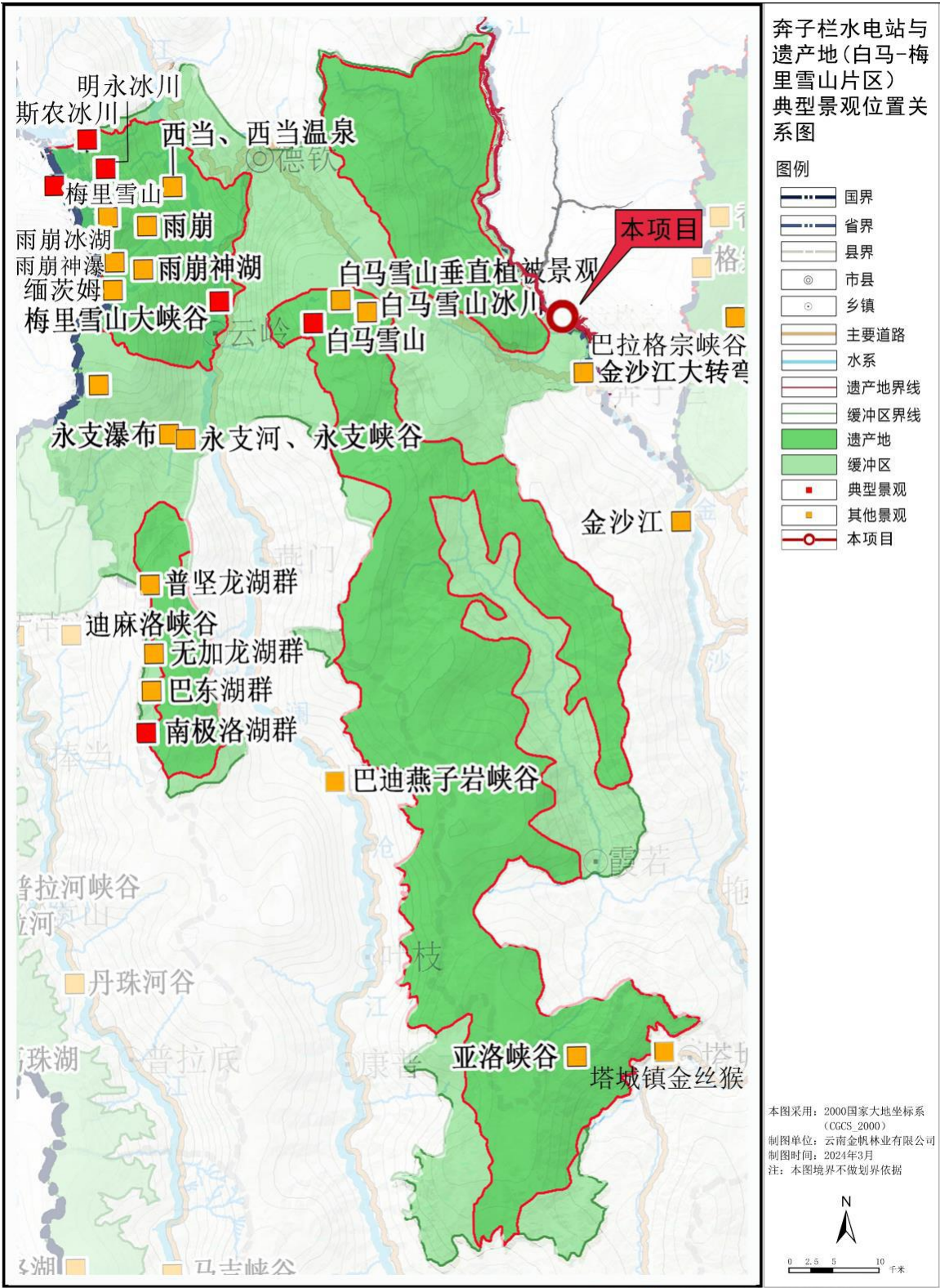


图 5.4.3-1 工程与三江并流遗产地(白马—梅里雪山片区)典型景观位置关系图

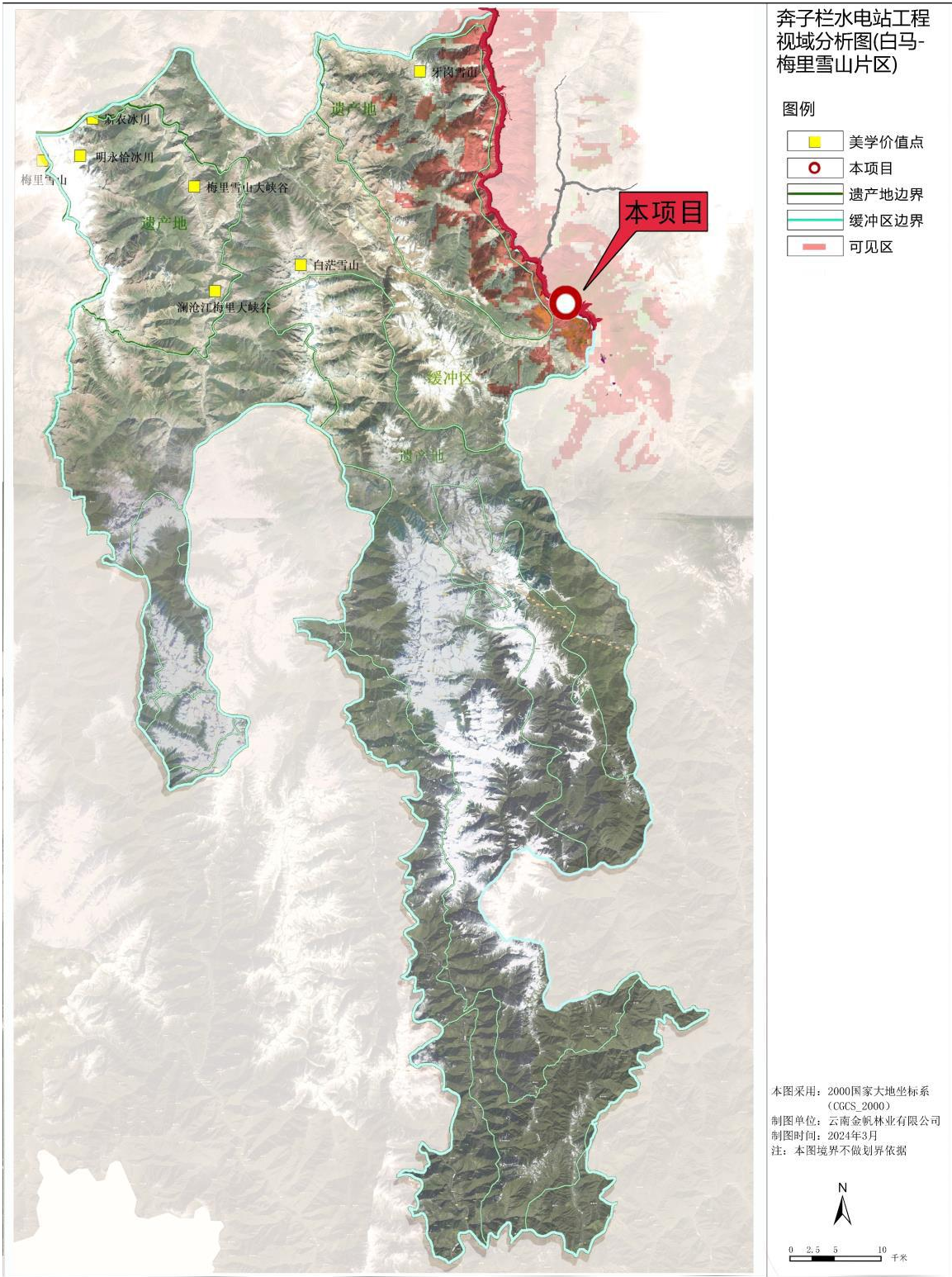


图 5.4.3-2 工程视域分析图

5.4.1.2 对地质地貌价值的影响

通过与三江并流自然遗产地质遗迹资源分布图对比分析，奔子栏水电站工程未压占地质遗迹资源(蛇绿岩、混杂岩、自古生代至第四纪的地层记录等)，对遗产地

典型地貌(包括峡谷地貌、冰川地貌、花岗岩峰丛地貌等)无威胁，不会对三江并流世界自然遗产地的符合《保护世界文化和自然遗产公约》第(viii)标准构成要素造成直接影响。

奔子栏水电站工程对所在缓冲区的地形地貌有较小的影响，比如建设期内由于施工和人类活动会短期对项目地原址地貌地质有一定扰动，但不是实质性的，建设完成后扰动也会随之停止。蓄水后，会淹没部分地质景观，由于该类地质地貌类型在自然遗产内分布广泛，淹没数量少，影响较小。

5.4.1.3 对生态过程价值的影响

三江并流遗产地白马—梅里雪山片区及缓冲区范围内的关键生态系统类型为寒温性针叶林。奔子栏水电站仅涉及缓冲区，影响区主要植被类型为干暖河谷灌丛，不是白马—梅里雪山片区的主要保护植被类型。工程建设会造成缓冲区内干暖河谷灌丛面积的少量损失，对典型完整的高山峡谷生态系统造成轻微影响，对缓冲区生态过程价值存在轻微影响，对关键生态系统的结构、功能和连通性存在间接影响和潜在影响。

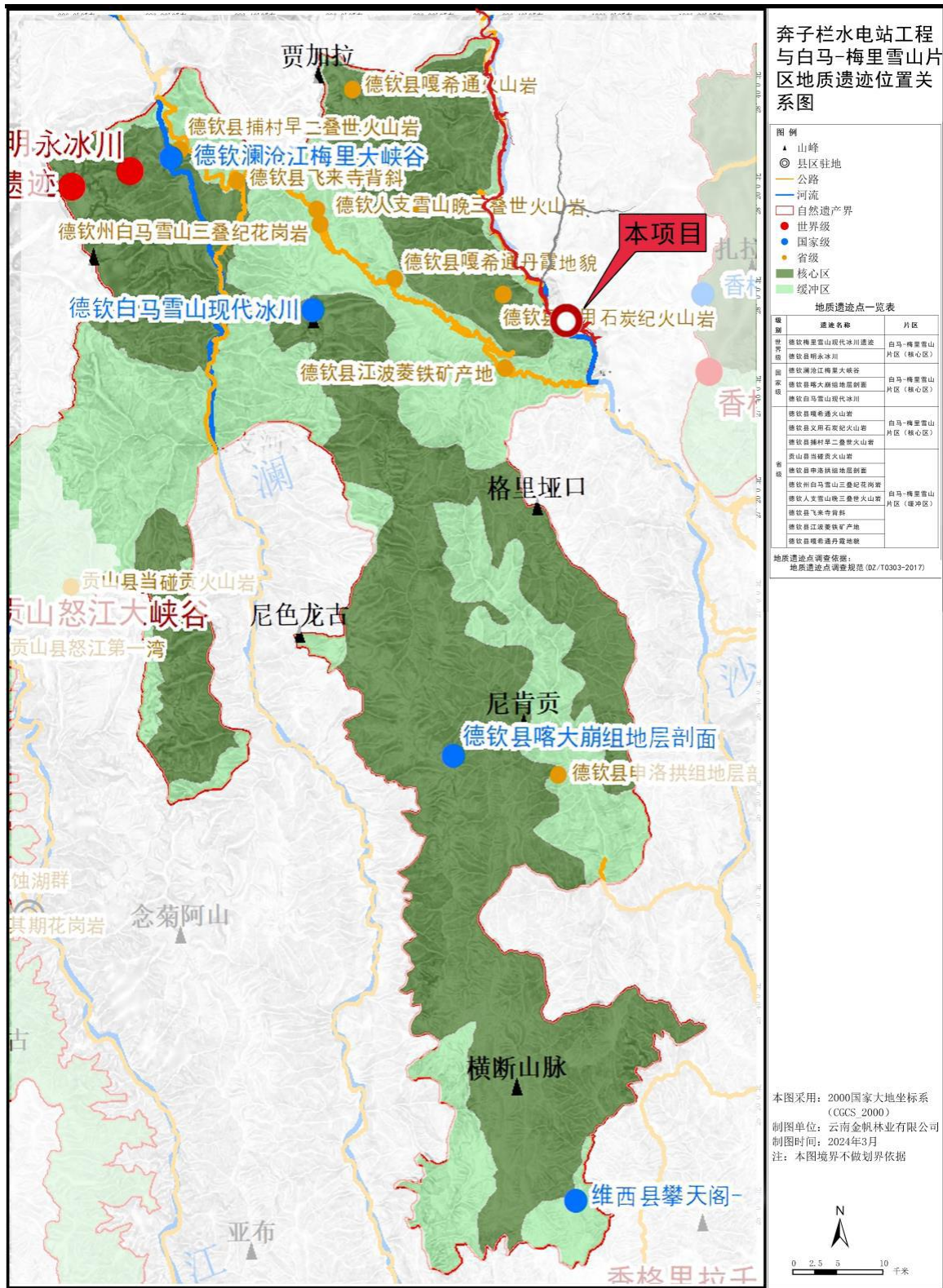


图 5.4.3-3 工程与三江并流自然遗产白马—梅里雪山片区地质遗迹位置关系图

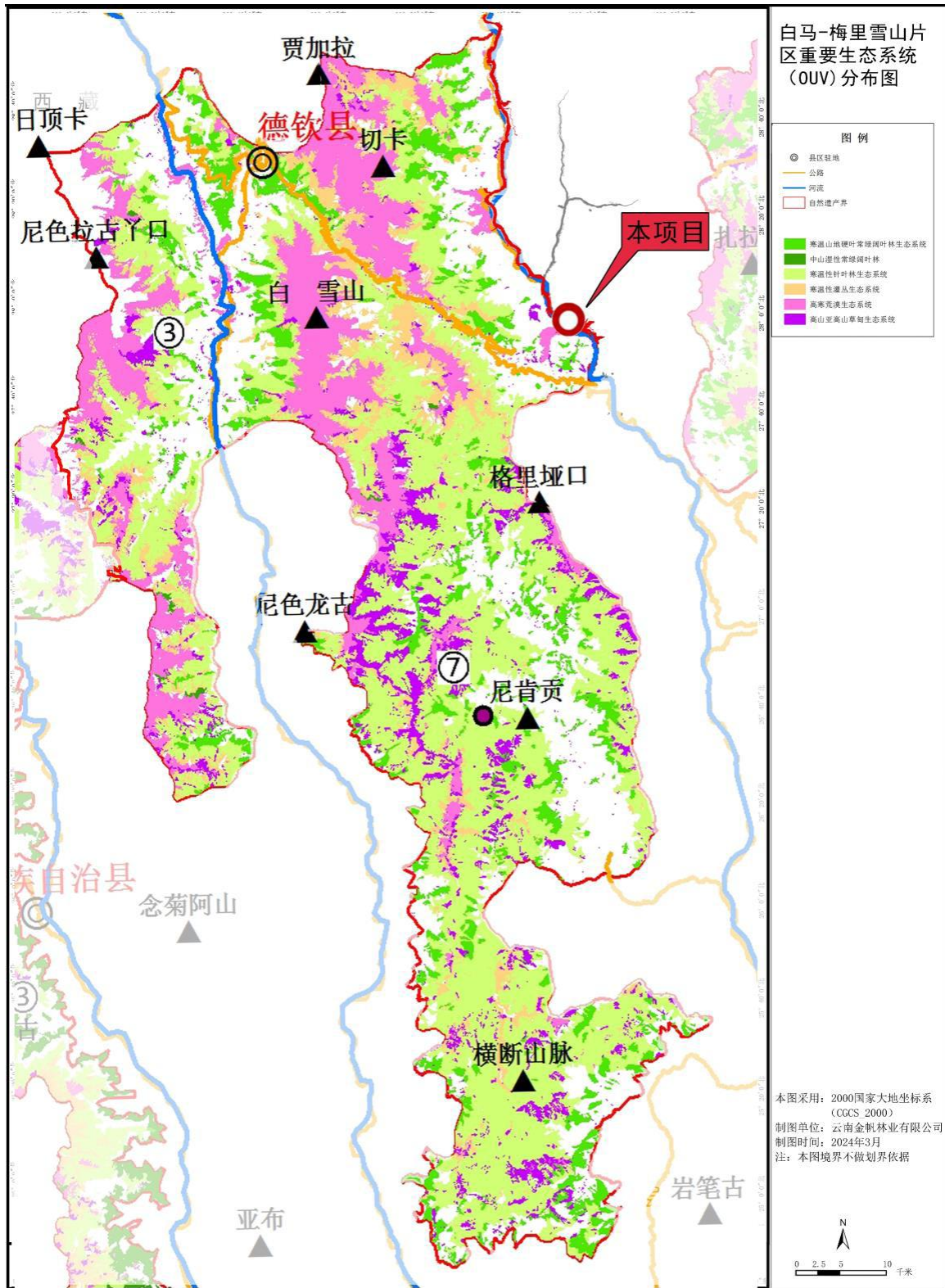


图 5.4.3-4 三江并流自然遗产白马—梅里雪山片区重要生态系统(OUV)分布图

5.4.1.4 对生物多样性价值的影响

奔子栏水电站工程不直接涉及遗产地面积，对于自然遗产具有突出普遍价值

(OUV 资源)的重要物种,包括高等植物、鸟类、兽类及鱼类等物种无直接毁坏和占用影响。工程建设占用缓冲区一定面积,对缓冲区内分布的非重要价值植物群落有直接占用的影响,并间接影响部分野生动物栖息生活。工程建设将在较小程度上改变部分生物赖以生存的环境,导致生物在区系组成、种类、种群数量、群落结构乃至生态系统层次上发生一系列变化。

根据前文陆生生态影响预测评价成果,可能受奔子栏水电站工程建设影响的重要植物主要包括国家二级保护植物金铁锁、独蒜兰、圣地红景天、金荞麦、狭域分布种川樨草、错枝榄仁等,可能受影响的重要动物主要包括金江壁虎、岩羊、水獭、猕猴、大噪鹛、橙翅噪鹛、白腹锦鸡等。白马—梅里雪山片区基本涵盖白马雪山国家级自然保护区范围,该自然保护区同时为云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地,栖息地保护对象为滇金丝猴、豹子、林麝、马麝、斑尾榛鸡等,奔子栏水电站工程建设运行不涉及这些保护对象的栖息生境,对其基本无影响。

通过细化落实本报告提出的各项动植物保护措施和管理要求,可以将对各类群生物及其栖息地的影响控制在较小程度。

5.4.1.5 影响评价结论

奔子栏水电站对三江并流世界自然遗产载体边界无影响,对沿线景观、地质地貌、动植物等有较小影响,可采取措施进一步减缓;对三江并流世界自然遗产地突出普遍价值(第 vii、viii、ix、x 四条标准)不形成直接性损害,仅存在间接较小影响。

5.4.2 对云南白马雪山国家级自然保护区及云南迪庆白马雪山滇金丝猴重要栖息地的影响

根据云南省自然保护地现状范围,奔子栏水电站“枢纽临时用地”“枢纽永久用地”“永久用地”分别涉及白马雪山国家级自然保护区实验区 24.9873 公顷、33.6062 公顷、938.2835 公顷;工程不再涉及整合优化后的云南白马雪山国家级自然保护区,坝址距离保护区边界 790m、高差 580m,水库淹没区距离保护区边界 140m、高差 110m。

根据国家林业和草原局中南调查规划院于 2022 年编制完成的《金沙江奔子栏水电站对云南白马雪山国家级自然保护区生物多样性影响评价报告》,奔子栏水电站选址无法避让整合优化前云南白马雪山国家级自然保护区实验区,报告根据工程资

料分析和现场调查结果，针对工程施工期和运行期对评价区景观/生态系统、生物群落、物种/种群主要保护对象、生物安全和社会因素等方面的影响给予了客观的分析与评价。

结合专题报告影响分析和自然保护区整合优化情况，工程不直接涉及整合优化后的白马雪山自然保护区，对其没有直接影响，主要为间接影响。选取奔子栏梯级枢纽和淹没影响区附近 3 个断面进行现状介绍，见图 5.4.2-1 及表 5.4.2-2。

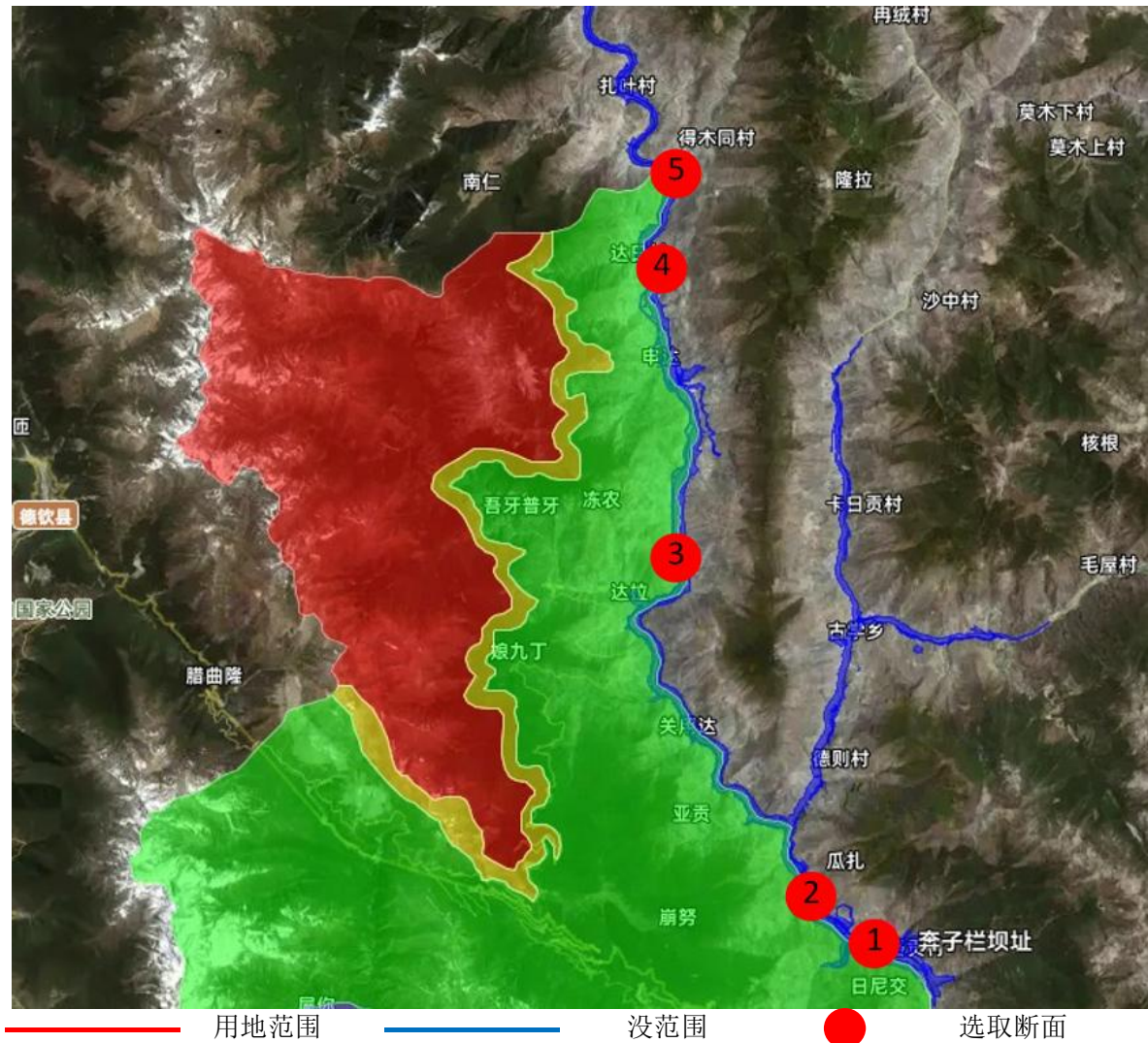


图 5.4.2-1 工程对白马雪山保护区影响区断面选取位置示意图

表 6.5.2-1 工程对白马雪山保护区影响区各断面生态现状



序号	工程区	是否涉及	生态现状	主要生态影响	工程区照片	遥感影像
1	枢纽工程影响区	否	植被以灌丛为主，其中 2000-3000m,仙人掌、白刺花、戟叶酸模灌丛等；3000m 以上，川滇高山栎灌丛或林。常见野生动物主要有丽喉龙蜥、灰眉岩鹑、中华姬鼠等，偶见红隼等猛禽类活动。	工程不占用白马雪山国家级自然保护区，间接影响主要体现在景观破碎化、生态连通性削弱、水土流失等方面，但影响范围小、可控。区域内植被类型广泛、非特有，动物以适应性强种类为主，关键物种和遗传资源未受影响。施工管理得当可控制生态风险，局地气候改善和水域扩展有助于提升生物多样性。整体上，工程对保护区影响轻微可控。		
2	淹没影响区	是	植被以干暖灌丛为主，其中 2000-3000m 主要有白刺花灌丛、小叶荆灌丛、戟叶酸模灌丛、等；3000m 以上为川滇高山栎林或寒温性针叶林。常见野生动物为丽喉龙蜥、棕胸岩鹑、麻雀、灰眉岩鹑等。	该片区涉及白马雪山国家级自然保护区缓冲区，造成缓冲区小部分植被、植物缺失。但淹没区域主要为常见灌丛及草丛，非特有植被类型，对保护区重要物种和群落及其栖息地影响较小；水位波动和岸线变化可能影响周边生态系统稳定性，但整体影响程度轻微，可通过生态缓冲、植被恢复等措施加以控制。淹没区不涉及保护区内重点物种分布区域，对其迁徙、觅食、繁衍无实质性干扰。总体来说，淹没区对保护区的生态影响有限、可控。		

表 6.5.2-1(续)


序号	工程区	是否涉及	生态现状	主要生态影响	工程区照片	遥感影像
3	淹没影响区	否	河谷区域植被类型多为灌丛，其中 2000-3000m 有小叶荆、白刺花、绣线菊、戟叶酸模、白莲蒿灌草丛；3000m 以上为川滇高山栎灌丛或林。常见野生动物为丽喉龙蜥、棕胸岩鹟、麻雀、灰眉岩鹟等。	淹没区不占用白马雪山国家级自然保护区，可能通过生境破碎、水文过程改变及生态廊道削弱等方式对保护区产生一定间接影响。淹没区域主要为常见灌丛及草丛，非特有植被类型，对保护区关键物种和群落影响较小；水位波动和岸线变化可能影响周边生态系统稳定性，但整体影响程度轻微，可通过生态缓冲、植被恢复等措施加以控制。淹没区不涉及保护区内重点物种分布区域，对其迁徙、觅食、繁衍无实质性干扰。总体来说，淹没区对保护区的生态影响有限、可控。		
4	淹没影响区	否	植被类型多为灌丛，有部分大麦等旱地和木犀榄等园地，其中 2000-3000m 主要有小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、蛇葡萄灌丛等；3000m 以上为川滇高山栎或寒温性针叶林等。常见野生动物为小家鼠、中华姬鼠、麻雀、棕胸岩鹟等。	该片区涉及白马雪山国家级自然保护区缓冲区，造成缓冲区小部分植被、植物缺失。但淹没区植被类型以广泛分布的非特有灌丛和草丛为主，不涉及重点物种及关键生境，对保护区物种构成直接威胁的风险较低。然而，景观连接度削弱、水文过程改变及微气候调整，可能影响保护区边缘区域生态系统的稳定性和部分动物的活动范围。总体来看，淹没区影响以可控的生态过程干扰为主，通过生态修复、水位调度和连通性保护等措施可有效缓解。		

表 6.5.2-1(续)

序号	工程区	是否涉及	生态现状	主要生态影响	工程区照片	遥感影像
5	淹没影响区	否	河谷区域主要为农业植被，其中 2100-2300m，大麦、木犀榄等农业植被；2300~3000m 有小叶荆、白刺花和小叶羊蹄甲灌草丛；3000m 以上为川滇高山栎、野丁香灌草丛。常见野生动物主要有多疣壁虎、山斑鸠、喜鹊、白鹡鸰、中华姬鼠等。	淹没区不直接占用白马雪山自然保护区，可能通过水位上升、生境变化、景观破碎化等途径对保护区产生一定间接影响。淹没区植被类型以广泛分布的非特有灌丛和草丛为主，不涉及重点物种及关键生境，对保护区物种构成直接威胁的风险较低。然而，景观连接度削弱、水文过程改变及微气候调整，可能影响保护区边缘区域生态系统的稳定性和部分动物的活动范围。总体来看，淹没区影响以可控的生态过程干扰为主，通过生态修复、水位调度和连通性保护等措施可有效缓解。		

5.4.2.1 对保护区动植物资源的影响

a) 工程占用整合优化后自然保护区界之外的自然景观和生物群落，不占用保护区，可能会对保护区内的自然景观和生物群落产生间接影响。保护区界外的自然景观和生物群落被破坏可能会影响自然景观美学价值和景观类型的连续性，但影响较小，会造成斑块一定数量的分割和破碎化，一定程度上会削弱景观连接度和生态廊道连续性。根据现场调查与遥感分析，工程不会导致某种天然生物群落和个体物种在影响评价区及保护区的消失，对生物群落和关键种类的影响较小。

b) 枢纽工程影响区的植被类型为干暖灌丛、暖温性灌丛，分布有戟叶酸模灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、马桑灌丛、小叶荆灌丛、灰毛菰灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛等；淹没区中涉及的植被类型主要有稀树灌木草丛、干暖灌丛、暖温性灌丛。其中，在水库淹没区分布有毛枝榆林、小叶荆灌丛、小鞍叶羊蹄甲灌丛、单刺仙人掌肉质灌丛、蛇葡萄灌丛、白刺花灌丛、两头毛灌草丛等。植被类型在评价区分布较为广泛，非特有植被类型，各植被类型占用比例均较小，整体上，工程建设不会对保护区内主要植被群落构成明显影响，工程造成的植被扰动可通过生态修复工程进行替代与恢复。

c) 该区域内两栖类、爬行类动物种类较少，可能分布有华西蟾蜍、昭觉林蛙等种类，未见国家重点保护种类；工程建设区属于保护区内鸟类和哺乳类分布的边缘区域，鸟类以小型雀形目为主，部分地区记录有猛禽活动迹象，如胡兀鹫、红隼等；哺乳类主要为鼠类等小型种类，重点保护种类相对少见。鸟类和哺乳类的迁徙能力较强，工程建设对鸟类和哺乳类的栖息地及其连通性影响不大；且保护区周边原有人为活动干扰较多，包括交通运输、农业耕作以及其他人为活动等，保护区范围内的陆生脊椎动物多为适应能力较强的物种，工程施工及运营对陆生野生动物种类和数量及群落结构的影响较小。

d) 工程施工过程中可能会加剧保护区外地区的土壤侵蚀和水土流失，从而间接影响保护区，但在严格施工管理的前提下引发大规模崩塌、滑坡、落石、滚石等地质灾害的可能性较小。总体而言，尽管工程可能对白马雪山保护区产生一定的间接影响，但这些影响在整体上是轻微且可控的。

e) 保护区内有西藏红豆杉分布，离工程区及淹没区较远，对其没有影响。

f) 保护区内国家重点保护的动物主要为：胡兀鹫、[黑]鸢、秃鹫、高山兀鹫、

红隼等猛禽，其觅食活动的范围较大，对环境的适应能力较强，且工程施工和运营均处于保护区外，因此对其食物网/链结构、物种迁移、散布、繁衍的影响均较小。

g) 由于保护区界外的部分生态系统遭到破坏，生态系统稳定性降低，可能会对保护区内的生态系统稳定造成影响，降低保护区内的生态系统稳定性。由工程建设导致影响评价区大规模病虫害发生、外来入侵植物爆发的可能性小。此外，保护区没有发现重要的遗传资源，工程建设对保护区遗传资源的影响不大。

h) 局地气候的改变基本上朝着有利于植被发育与植物生长的方向，植被变好自然有利于陆生动物的生存和发展；同时水域面积的扩大也为水禽创造了良好的生境，使生物的物种多样性和生态系统多样性更加丰富。

5.4.2.2 对重要栖息地的影响

白马雪山保护区属于野生生物类别的野生动物类型自然保护区，以中国特有灵长类动物——滇金丝猴和其它珍稀濒危野生动植物及其栖息地、河流湖泊、雪山冰川、山地植被垂直带自然景观为主要保护对象。滇金丝猴在白马雪山片区分布最低海拔为 3200m，距离工程评价区最近的滇金丝猴种群为那仁、萨勇种群(距离工程区约 30km)，工程评价区无滇金丝猴分布，不是其栖息活动范围，且工程建设和运营均处于保护区外，水电站建设对滇金丝猴的种群数量和栖息地面积无影响。保护区的其他保护对象如林麝、中华斑羚、岩羊等珍稀保护野生动物多活动于保护区的核心区域，有少量中华斑羚、岩羊等种类个体会到保护区外的河谷区域觅食、饮水等活动，工程建设和运行会对这些珍稀濒危动物个体正常觅食产生一定扰动，这种影响是暂时的，施工结束后其影响有所减缓。

表 5.4.3-4 保护区主要保护对象影响分析一览表

重要物种	保护级别	生境植被类型	工程影响
滇金丝猴	国家一级、濒危、中国特有	高山针叶林、灌木林等	工程评价区内无滇金丝猴分布，工程不涉及滇金丝猴重要栖息地，对滇金丝猴的种群数量和栖息地面积无影响。
林麝	国家一级、濒危	高山针叶、阔叶林和针阔混交林等	主要生活在保护区核心区，偶见于保护区外。工程对其正常觅食、饮水等活动的影响有限，不占用其重要栖息地。
中华斑羚	国家二级、濒危	高山针叶、阔叶林和干暖灌丛等	主要生活在保护区核心区，偶见于保护区外。工程对其正常觅食、饮水等活动的影响有限，不占用其重要栖息地。
岩羊	国家二级、无危	稀树灌木草丛、干暖灌丛等	主要生活在保护区核心区，偶见于保护区外。工程对其正常觅食、饮水等活动的影响有限，不占用其重要栖息地。

根据以上综合分析，通过保护区管理部门的严格管理，在工程建设和运营期间加强对项目建设单位的监督，确保本项目提出的各项环保措施的严格落实，确保生态恢复措施的有效实施，云南白马雪山国家级自然保护区生态环境小范围的短期影响可以很快修复或恢复，对保护区和重要栖息地总体影响较小。

5.4.3 对四川下拥省级自然保护区及四川得荣下拥麝类重要栖息地的影响

5.4.3.1 对保护区动植物资源的影响

工程运营期尾水将淹没部分四川下拥省级自然保护区实验区，复建道路也将部分穿越保护区实验区，其中淹没保护区实验区面积 82.74hm^2 ，复建道路将占用保护区实验区面积 26.8hm^2 ；永久占地 104.57hm^2 ，临时占地 4.97hm^2 ；总面积 109.54hm^2 ，占保护区总面积的 0.46% ，其中永久占地占保护区 0.445% 。具体的涉及范围主要为保护区实验区许曲、定曲左岸海拔 2148m 以下的干旱河谷区域，占用对象主要为干旱河谷灌丛。奔子栏水电站不涉及整合优化后的四川下拥省级自然保护区，坝址距离保护区边界 2.2km 、高差 1190m ，枢纽区征地红线边缘距离核心保护区 250m ；水库淹没区距离保护区边界水平距离 80m 、高差 130m ，距离核心保护区 820m 。

根据中国科学院成都生物研究所于2019年9月编制完成的《金沙江奔子栏水电站对四川下拥省级自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象影响评价专题报告》，结合专题报告影响分析和自然保护地整合优化情况，工程不直接涉及整合优化后的白马雪山自然保护区，对其没有直接影响，主要间接影响如下：

a) 工程占用保护区界之外的自然景观和生物群落，不占用保护区，可能会对保护区内的自然景观和生物群落产生间接影响，保护区界外的自然景观和生物群落被破坏可能会影响自然景观美学价值和景观类型的连续性，但影响较小，会造成斑块一定数量的分割和破碎化，但不会导致某种天然生物群落和个体物种在影响评价区及保护区的消失，对生物群落和关键种类的影响较小。

b) 影响保护区界外的植被类型多为灌丛，枢纽工程影响区常见有白刺花、戟叶酸模、蜈蚣草等，淹没影响区常见种类包括小叶荆、白刺花、梨果仙人掌、戟叶蓼、珠芽蓼等，在评价区分布较为广泛，非特有植被类型，各植被类型占用比例均较小，工程建设占地对植被的影响较小，对保护区植被类型影响较小。

c) 工程建设的项目建设区属于保护区鸟类和哺乳类分布的边缘区域，枢纽工程

影响区陆生动物主要有灰眉岩鹇、大山雀等，数量相对较少，兽类多为小型啮齿类；淹没影响区野生动物主要有喜鹊、灰眉岩鹇、环颈雉、赤腹松鼠等，珍稀濒危种类多活动于保护区核心区域，距离淹没影响区相对较远。鸟类和哺乳类的迁徙能力较强，工程建设对鸟类和哺乳类的栖息地及其连通性影响不大；保护区周边原有人为活动干扰较多，包括交通运输、农业耕作以及其他人为活动等，保护区范围内的陆生脊椎动物多为适应能力较强的物种，工程施工及运营对陆生野生动物种类和数量及群落结构的影响较小。

d) 本工程评价区在此保护区内无古树名木分布，不会对古树名木造成影响。

e) 由于保护区界外的部分生态系统遭到破坏，生态系统稳定性降低，可能会对保护区内的生态系统稳定向造成影响，降低保护区内的生态系统稳定性。工程建设导致保护区大规模病虫害发生、外来入侵植物爆发的可能性小。此外，保护区没有发现重要的遗传资源，工程建设对保护区遗传资源的影响不大。

f) 工程施工过程中可能会加剧保护区外地区的土壤侵蚀和水土流失，从而间接影响保护区，但在严格施工管理的前提下引发大规模崩塌、滑坡、落石、滚石等地质灾害的可能性较小。

5.4.3.2 对重要栖息地的影响

保护区主要保护对象如林麝、豹等珍稀濒危种类其觅食活动的范围较大，在海拔 2800m 以上的灌丛和森林边缘活动，距离 2150m 的蓄水淹没线较远，也不会跨越该段的金沙江和定曲来回迁移活动，几乎不会受到影响。淹没区周边长期受到人为因素的干扰，原生植被已被破坏，没有森林生态系统分布，河谷地带未见珍稀濒危种类活动的痕迹，水库淹没线距有林麝、豹等珍稀濒危种类活动痕迹的缓冲区直线距离 1.4km 以上、高差 600m 以上。因此，工程建设不会对林麝、豹等珍稀濒危动物以及栖息地产生直接影响，整体影响较小，不会对其栖息环境造成显著改变。

综上所述，水电站主体工程不在保护区范围内，渣场、料场、施工营地等临时工程均在保护区范围外，工程建设及运营对四川下拥省级自然保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象林麝、马麝等珍稀濒危保护动物的种群数量和栖息地基本无影响。通过采取一系列生态保护措施，工程建设及运营对保护区自然资源、自然生态系统和主要保护对象的影响将进一步降低。

5.4.4 对四川太阳谷省级风景名胜区的影

奔子栏水电站项目的大坝、厂址、渣场、临时工程场地等全部建设区域均不涉及太阳谷风景名胜区，不会对太阳谷风景名胜区产生实质影响。

工程占地区及周边未发现两栖、爬行和兽类动物的迁移路线，仅有鸟类存在迁徙行为。鸟类的迁徙能力极强，不受高山、河流阻碍，不会受到水电站建设和运行的影响，因此其基因交流也不受影响。评价区内的珍稀保护陆生动物鸟类(黑鹳、金雕、黑颈鹤、胡兀鹫、鸢、苍鹰、雀鹰、松雀鹰、普通鵟、鹰雕、红隼等以活动能力强的猛禽类居多，栖息地主要位于海拔较高处森林中，但活动范围可能涉及施工区和淹没区，施工范围不大，鸟类一般会主动避开施工区，预计受影响较小。总体来说只要严格按照方案实施，加强管理，严格遵循“先保护，后项目建设”的原则，项目建设对风景区的动植物资源和生态环境影响是有限的。

5.4.5 对生态保护红线的影响

奔子栏水电站工程位于奔子栏镇上游峡谷河段内，不涉及云南省、四川省生态保护红线。工程建设不会对生态保护红线产生直接影响，其影响为间接影响。

施工期，生态保护红线内的动植物受噪音干扰、灰尘干扰等，采取相应避免措施后可以极大程度的降低影响。在运营期内，扰动减少，生态系统得到恢复将会利于生态保护红线的生物多样性维持。因此奔子栏水电站工程对生态保护红线的影响预测为小。

5.5 大气污染影响

a) 施工粉尘影响

由工程分析可知：施工过程对大气环境质量的不利影响主要源自土方开挖、砂石料加工、混凝土拌和在受风力作用下产生的 TSP 污染以及运输车辆运输时产生的扬尘等，均为无组织排放。

砂石料加工、混凝土拌和等过程中，砂石料破碎和筛分、水泥装卸、板材切割等材料加工、运输过程中，均会产生一定量的粉尘与烟气。由于工程附近存在甲学村等居民点，同时甲学村距离砂石加工系统较近，约 50m~200m，粉尘与烟气对该区域的居民点影响较大。在无防治措施下，材料加工产生的粉尘的主要影响受体还是施工人员。

施工扬尘的产生量与作业强度及气候条件有密切关系，在静风情况下污染源产生量会比起风时小，主要对现场的施工人员产生不利影响，其造成的污染影响是局部和短期的，施工结束后就会消失。施工扬尘扩散到附近空气中，会增加空气中 TSP 的含量。类比 1998 年石家庄市环境监测中心站对某施工现场及周边的 TSP 监测结果，距施工场地不同距离处空气中 TSP 浓度见下图所示。

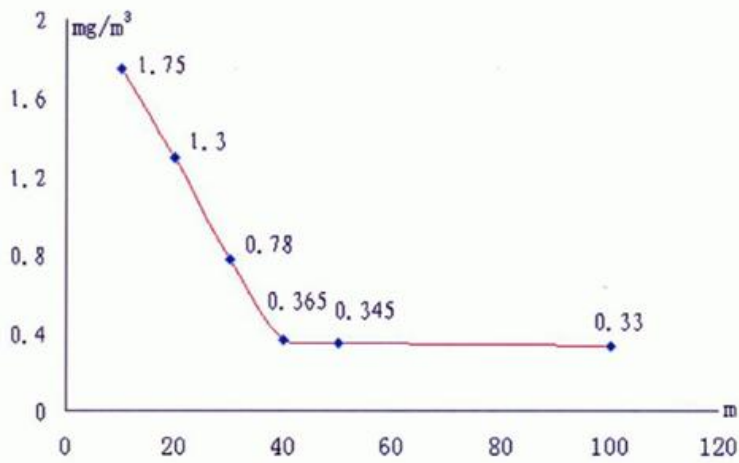


图 5.5-1 距施工场地不同距离处空气中 TSP 浓度值

石家庄市环境监测中心站还对该施工场地采取洒水措施后的 TSP 浓度进行了监测，与洒水前对比情况见表 5.5-1。

表 5.5-1 施工场地 TSP 浓度值变化对比表

监测点位置		场地不洒水	场地洒水后
距场地不同距离处 TSP 的浓度值 mg/m ³	10m	1.75	0.437
	20m	1.30	0.350
	30m	0.78	0.310
	40m	0.365	0.265
	50m	0.345	0.250
	100m	0.330	0.238

由类比监测知，施工场界能达到《大气污染物综合排放标准》(GB 16297-1996) 中无组织排放浓度限值 1.0mg/m³。在不采取洒水措施的情况下，扬尘影响较大，一般影响范围为 40m，最大影响范围为 100m。按照工程总体布局情况，后续甲学村居民点将全部搬迁，不再受工程施工影响。

b) 交通扬尘影响

施工期施工交通的路面结构形式主要为混凝土路面和泥结石路面，交通运输产生的扬尘量较小，运输过程中产生的扬尘也较少。在采取路面洒水降尘、控制车速等措

施后，能大大降低扬尘的产生量。根据类似工程调查，在道路不洒水的情况下，交通扬尘影响范围一般在 50m 左右，采取了洒水降尘措施后，影响范围可控制在 20m 以内。而且，交通运输扬尘量与车速和载重程度也有关系，同样的路面清洁条件下，车速越快、载重量越大，产生的扬尘量也越大，因此在经过敏感点时应减速慢行。总体而言，施工交通运输对甲学村居民点的环境空气质量影响较小。施工运输过程中，通过加强对汽车运输物料的管理，采取必要的覆盖措施，防止物料洒落扬起灰尘，可进一步减缓影响。

c) 爆破粉尘影响

枢纽工程施工区开挖爆破等施工活动主要集中在大坝施工区范围内，其影响主要发生在开凿、钻孔、爆破的初始阶段，此时粉尘量较大，且为无组织扩散，会对周边敏感点和工区的施工人员造成一定的影响。根据国内类似水利水电工程施工大气污染物监测情况，开挖爆破粉尘污染影响范围不超过 300m，甲学村等居民点距离主要的开挖爆破区超过 300m，总体而言开挖爆破作业产生的大气污染物对敏感点无较大不利影响。

d) 机械废气影响

本工程施工道路建设会破坏原有地表，在施工道路未建成前，施工机械运行会产生一定的粉尘。由于工程区周围植被会对粉尘有一定的屏蔽作用，因此在采取一定洒水降尘措施后，施工道路的建设对周围的环境空气质量影响不大。

根据施工组织设计，本工程使用的机械车辆数量较多，在施工现场的有限范围内，可能会增加环境空气中 CO、NO_x 等的浓度，具有污染范围小、集中的特点。通过加强对施工机械的管理，采取必要的洒水降尘措施，可进一步减缓机械废气对周边环境的影响。

e) 食堂油烟影响

各施工营地均建设有食堂，各食堂采用液化气为燃料，产生的食堂油烟经油烟净化处理之后排放，满足《餐饮业油烟排放标准(试行)》(GB 18483-2001)的要求，食堂油烟污染物排放对大气环境的影响很小。

5.6 噪声污染影响

根据工程施工规划及现场调查，预测受施工噪声影响的敏感目标主要包括施工区及周围的居民点，噪声源主要有施工开挖与填筑、混凝土拌和系统、材料加工和

车辆运输等。

a) 预测模式选择

1) 施工噪声

根据施工组织布置，确定的本工程施工中产生的噪声源分布和强度，结合地形条件和障碍物以及污染源与敏感点的相对位置，采用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)中推荐的无指向性点源几何发散衰减模式，根据各噪声源位置考虑山谷反射、空气吸收、地面与遮挡物附加衰减效应。

$$L_A(r) = L_A(r_0) + \Delta L_r - 20 \lg(r/r_0) - a(r-r_0)/100 - \Delta L$$

式中： $L_A(r)$ —距声源 r 处的 A 声级(dB)；

$L_A(r_0)$ —参考位置 r_0 处的 A 声级(dB)；

ΔL_r —山谷反射叠加值，取 0dB。

r —距点声源的距离(m)；

r_0 —参考位置距点声源的距离(m)；

a —每 100m 空气吸收系数(dB)，取 1dB；

ΔL —地面附加衰减效应。

2) 交通噪声

采用《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ 2.4-2021)推荐的公路交通运输噪声预测模式：

$$Leq(h)_i = (\overline{L_{0E}})_i + 10 \lg \left| \frac{N^2}{V_i T} \right| + 10 \lg \left[\frac{7.5}{r} \right] + 10 \lg \left[\frac{\Psi_1 + \Psi_2}{\pi} \right] + \Delta L - 16$$

式中： $Leq(h)_i$ —第 i 类车的小时等效声级，dB(A)；

$(\overline{L_{0E}})_i$ —第 i 类车的速度为 V_i ，km/h；水平距离为 7.5m 的能量平均 A 声级，dB(A)；

N_i —昼间，夜间通过某测试点的第 i 类车平均小时车流量；

r —从车道中心到预测点的距离，m；

V_i —第 i 类车的平均车速，km/h；

T —计算等效声级的时间，1h；

Ψ_1 、 Ψ_2 —预测点到有线长路段两端的张角，弧度；

ΔL —由其他因素引起的修正量，dB(A)；按下式计算：

$$\Delta L = \Delta L_1 - \Delta L_2 + \Delta L_3$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_{\text{坡度}} + \Delta L_{\text{路面}}$$

$$\Delta L_2 = A_{\text{atm}} + A_{\text{gr}} + A_{\text{bar}} + A_{\text{misc}}$$

式中： ΔL_1 —线路因素引起的修正量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{坡度}}$ —公路纵坡修正量，dB(A)；

$\Delta L_{\text{路面}}$ —公路路面材料引起的修正量，dB(A)；

ΔL_2 —声波传播途径引起的衰减量，dB(A)；

ΔL_3 —由反射等引起的修正量，dB(A)。

b) 预测结果

1) 施工噪声

根据噪声来源、分布及污染源与敏感点的位置关系，预测确定本工程对环境敏感目标噪声影响较大的点声源位于开挖与填筑区、砂石加工、混凝土拌和等，预测结果见表 5.6-1。

表 5.6-1 点源噪声影响范围表

单位：dB

声源	测点声源距离 m	源强 A 声级 dB	离声源不同距离的噪声预测值(dB)					
			50m	100m	150m	200m	250m	300m
潜孔钻	1.0	95.0	59.9	51.8	47.69	44.92	42.82	41.14
挖掘机	5.0	86.0	64.88	56.78	52.67	49.9	47.8	46.12
装载机	5.0	96.0	66.92	58.82	54.71	51.94	49.84	48.16
风钻	1.0	103.0	67.9	59.8	55.69	52.92	50.82	49.14
混凝土拌合系统	1.0	100.0	64.9	56.8	52.69	49.92	47.82	46.14
砂石料加工系统	1.0	100.0	64.9	56.8	52.69	49.92	47.82	46.14
推土机	5.0	86.0	64.88	56.78	52.67	49.9	47.8	46.12
爆破	5.0	125.0	95.92	87.82	83.71	80.94	78.84	77.16

2) 交通噪声

根据交通噪声预测模式，结合工程对材料、设备及场内运输情况，在不考虑地形变化、植物屏障等情况下，施工期交通噪声预测值见表 5.6-2。

表 5.6-2 交通噪声预测结果

单位：dB

类别	时间段	高峰 车流量 辆/h	路宽 m	距中心线不同距离处交通噪声预测值 dB								达标 距离 m
				5m	10m	15m	30m	50m	100m	150m	200m	
场内 道路	昼间	30	4.5~8	63.4	62.7	58.2	54.9	50.4	47.7	45.9	41.6	25
	夜间	20		57.7	55.1	50.7	47.3	42.7	40.1	38.2	36.8	45

c) 结果分析

1) 施工噪声

从预测结果来看，爆破是噪声值较大且传播距离较远的声源，300m 处噪声值仍有 77.16dB，但由于爆破点与居民点距离较远，且爆破噪声为瞬时点声源，爆破时间基本在昼间，因此爆破对周围居民点的影响是有限和短暂的。

由于机械设备运行为长期运行，施工区开挖带来的设备运行噪声具有持续时间长的特点。从预测结果来看，甲学村居民点距离库坝开挖设备较远(超过 300m)，影响相对较小；砂石加工系统距离甲学村居民点约为 100m~300m，距离最近居民点预测噪声值约为 56.8dB。未搬迁前施工期甲学村部分居民点昼间声环境质量低于《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2 类标准要求，搬迁后施工期施工噪声对其不再产生影响。

2) 交通噪声

交通道路沿线森恩居民点距离施工交通道路中心线在 5m~300m 范围内，其中头排房屋距道路中心线多为 5m~50m。从预测结果来看，施工期间，施工车辆运输产生的交通噪声在 5m 处昼间噪声值为 63.4dB，夜间噪声值为 57.7dB；其中夜间噪声值超过《声环境质量标准》(GB 3096-2008)4a 类标准要求，夜间噪声超标 2.7dB。可见施工期夜间交通噪声对交通道路沿线的森恩部分居民将产生一定影响。

5.7 固体废物环境影响

5.7.1 施工期固体废物环境影响

奔子栏水电站施工期固体废弃物主要包括生活垃圾、工程弃渣、建筑垃圾和辅助企业生产垃圾和危险废弃物等。

a) 生活垃圾

奔子栏水电站施工期垃圾产生量为 11882t，体积 23765 m³，施工期日最大处理规模约为 6.8t/d。生活垃圾若任意堆放，不仅污染空气，而且在一定气象条件下，造成蚊蝇孳生、鼠类大量繁殖，加大各种疾病的传播机会。生活垃圾的各种有机污染物和病菌随径流或其他条件一旦进入河流水体，将增加水体中污染物浓度，污染附近水体水质，对生态环境和人群健康产生不利影响。生活垃圾经收集后外运至得荣县瓦卡镇垃圾填埋场处理，不会对工程区生态环境造成明显影响。

b) 工程弃渣

工程开挖产生的土石方除一部分作为施工场地场平、混凝土系统料源和部分围堰的填筑外，其余作为弃渣堆放在弃渣场。若严格执行水土保持规范要求，届时工程弃渣不会对环境造成重大影响。

堆置工地的回填土容易受到雨水冲刷和风的作用造成水土流失和引起扬尘等环境污染，需采取一定的临时措施。

c) 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。建筑垃圾除部分回收利用外，其它如不妥善处置，会对周围环境产生环境污染。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的废弃物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管、油桶、包装袋、木材等。这些废弃物若露天堆放锈蚀、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。

d) 危险废弃物

本工程车辆、机械修配系统及设备检修产生的废油、废发动机油、齿轮油等废润滑油，以及施工机械维护维修时产生的废油，工程拟在各机械修配厂设置油/水分离设施进行处理，分离后的废油使用专门的贮存容器贮存，容器外做好危险废物类型的标记，并按要求贴好相应的危险警示标志，建立危险废物收集、贮存、运输等管理制度，委托有危废处理资质的单位进行处置，基本不会对周围环境产生影响。

废炸药如不及时收集处置，将会形成安全隐患，对生态环境也存在不利影响。

5.7.2 运行期电站管理区固体废物环境影响

运行期发电厂房机组运行过程产生少量的废机油、废透平油废油，属于危险废物。通过类比分析，电站共产生危废约 5.4t/a。危险废物应分类收集存放，定期交由有相关资质单位进行处置，避免腐蚀、泄露等对周围环境造成污染影响。

5.8 移民安置和专项设施复建环境影响分析

5.8.1 移民安置环境影响

奔子栏水电站移民安置工程主要包括农村移民安置、专业项目迁复建。农村移民安置包括生产安置和搬迁安置，搬迁安置采用分散后靠建房和进集镇集中建房。专业项目主要包括交通工程、电力工程、通信工程等。移民安置工程的建设及运行

对移民安置区及其周边环境产生一定程度的影响。按照《水电建设项目环境影响评价文件审批原则(试行)》，国道 G215、古学至去学电站公路等重大工程，需在开工前单独开展环境影响评价。

5.8.1.1 水环境影响

移民安置对水环境的影响主要是安置居民排放的生活污水对周围水环境的影响。移民安置生活污水若不采取任何措施直接排放，将会对居民点附近的环境卫生产生影响，应采取措施处理后综合利用。

5.8.1.2 固体废物环境影响

移民安置生活垃圾日产生量为 1.64t/d，总体上生活垃圾产生量较少，其中有机物质多回田或饲畜，仅余少量无机成分。若不做好垃圾收集与处理的工作，任其散乱堆置，将影响村容及环境卫生。

5.8.1.3 生态影响

a) 农村移民生产安置

规划水平年工程生产安置人口 2186 人，其中复合安置 1050 人。复合安置过程需对土地配置，生产开发过程中将一定程度扰动地表植被，提高土壤侵蚀模数。

b) 农村移民搬迁安置

规划水平年工程搬迁安置人口 1646 人。散后靠安置建房将不可避免的破坏征地范围内的地表植被，改变土地利用类型，分散安置区地表植被仍为库区库周常见类型和种类，无珍稀保护植物分布，安置建房对陆生植被影响有限。

5.8.2 专项设施复建环境影响

根据《金沙江上游奔子栏水电站建设征地移民安置规划(四川部分 审定本)》和《金沙江上游奔子栏水电站建设征地移民安置规划(云南部分 审定本)》，本项目建设征地专项设施主要涉及交通工程、电力工程和电信工程等，包括古学水电站厂房复建工程、国道 G215、古学至去学电站公路等重大交通复建工程。除古学水电站厂房复建工程涉及旭龙梯级定曲鱼类栖息地保护河段外，现阶段各专项设施复建工程不涉及环境敏感区，不存在重大环境制约因素。

专项设施复建对环境的影响主要来源于施工期对水环境、大气环境、声环境、生态环境等的影响。

5.8.2.1 对水环境的影响

专业设施复建工程对水环境的影响主要包括施工期混凝土拌和废水、施工人员生活污水、跨河桥梁施工对水环境的影响等。

a) 混凝土拌和废水

专项设施复建工程项目中规模相对较大的有 G215 复建工程、省道 S461 复建工程等，专项设施复建施工中将产生混凝土拌和冲洗废水，其中含有较高的 SS，浓度可达 5000mg/L 左右，废水 pH 一般大于 10。如不经处理直接排放，将对区域地表水造成污染。

b) 施工生活污水

专项设施复建工程施工期施工人员将产生生活污水，若不经处理直接排放，将影响河流水质。

c) 施工机械冲洗废水

施工所用机械设备需定期保养冲洗，施工机械停放在施工场地内，冲洗会产生含油废水，主要污染物是石油类，任意排放将会影响周围土壤环境。

5.8.2.2 对生态环境的影响

交通工程施工过程中路基开挖、填筑、取土、弃土等活动会扰动地表植被，受影响的植物种类均为该地区常见种类，在该区域分布较为广泛，工程建设不会对其种群产生大的影响；施工期工程永久和临时占地缩小了野生动物的栖息空间，对陆生动物将产生一定影响。施工期间，公路建设对两栖动物和爬行动物的影响相对较大，但不会对种群生存造成影响。施工期间，对鸟类影响较小。

5.8.2.3 对环境空气的影响

工程施工对环境空气的影响主要是扬尘，复建公路施工过程中产生的扬尘主要来自混凝土拌和以及施工车辆运输、机械作业等。施工道路扬尘主要由运输施工材料引起，筑路材料中粉状材料在运输中若遮盖不严，对运输道路两侧的居民和动植物产生影响；施工过程中地表开挖、填方等造成地表裸露，施工现场扬尘增加，施工区环境空气质量下降，影响周边居民身体健康和动植物生长；施工过程中混凝土拌和产生粉尘，物料拌和有路拌和站拌两种方式，其中路拌随施工点移动而移动，分布零散；站拌是工厂生产式的物料集中拌和，扬尘对环境空气的影响较为集中，便于管理，采取防尘措施后可有效地控制扬尘污染；施工机械废气主要为 CO、

NO_x，其影响范围较小。

5.9 其他环境影响分析

5.9.1 环境地质影响

奔子栏水电站工程为非污染建设项目，工程对地下水的影响主要为施工期基坑排水、洞室开挖引起坝址区地下水水位下降；水库正常蓄水后，库水位将整体抬高，从而引起库岸两侧一定范围内地下水位雍高。坝址区在施工期和运行期会产生少量生活污水和生产废污水，但是考虑到本工程生产、生活废污水排放量小，且设计采取处理后达标后回用，因此，基本不会对地下水水质产生影响。

奔子栏水电站施工期对地下水的影响主要是地下工程施工可能造成地下水补给、径流和排泄条件变化，从而对地下水量及地下水位产生影响。

5.9.2 局地气候影响

奔子栏水电站位于旭龙梯级下游，工程区域环境相似且均为日调节水库，具有很好的参考类比性，因此预测奔子栏水电站建成后区域局地气候可能的变化趋势与旭龙电站相似，水库蓄水对局地气候的影响程度在该地区自然的气候年际波动范围内。旭龙水电站利用中尺度数值模拟系统 WRF 模式，通过修改模式下垫面参数，进行数值模拟敏感试验，对旭龙水电站及其上梯级电站即苏洼龙水电站建成前后的区域气候特征进行了模拟。

a) 对月平均温度的影响

模拟结果表明水库蓄水后，在丰水年和枯水年的各个季节对库区附近近地面温度有一定的影响。但影响程度较小，温度变化的绝对值均小于 0.2 度。而且影响的范围仅限于水库库区附近。比较不同年和各个季节的变化发现，在不同年代不同季节，水库蓄水的影响程度和变化趋势都不完全相同，在丰水年的 2 月份，库区右岸气温略有上升，上升幅度约 0.04~0.06 度左右，库区左岸气温则呈现下降趋势，下降幅度约为 0.04~0.09 度左右；在丰水年的 5、7、10 月份，库区附近气温均呈下降趋势，下降幅度约为 0.01~0.12 度左右；枯水年则 4 个模拟月份的气温，在库区附近均呈下降趋势，下降幅度约为 0.01~0.18 度左右。

经计算，气温下降幅度达到 0.10 度以上的并不多，丰水年仅有 2、5 月份的左岸气温下降幅度达到 0.10 度以上，枯水年仅有 2 月份气温下降幅度达到 0.10 度以上。总体而言，气温变化幅度极小，且局限于沿江地区。各月平均温度右岸较左岸

变化大，说明，右岸受水库影响比左岸大。

b) 对近地面相对湿度的影响

模拟结果表明水库蓄水后在各个季节库区附近大多数地区的近地面相对湿度会增加。主要原因是因为水库蓄水后水面面积扩大，使得局地的蒸发量增加，但影响的程度都十分小，除丰水年 2 月份相对湿度增幅最大为 2.5% 外，其余增幅均小于 1%，枯水年 2、5、7 月相对湿度增幅均小于 0.5%。因此，库区蓄水引起的湿度增加，无论是影响程度和影响范围都很小，可以忽略。

c) 对降水的影响

模拟结果表明水库蓄水后在夏季对库区附近降水量有一定影响，水库右岸 7 月降水量呈减少趋势，其中丰水年 7 月减少幅度不到 1.0mm，而枯水年 7 月减少幅度达 15mm，水库左岸 7 月降水量则呈增加趋势，其中丰水年 7 月增加幅度最大为 8.1mm，而枯水年 7 月增加幅度最大达 26.5mm，这可能跟右岸位于天气系统的背风坡，而左岸位于天气系统的迎风坡有关，库区水库蓄水后造成地面气温、湿度、高度等变化，使背风坡的焚风效应得到增强，减了降水或使得降水区域发生了变化，同时，在迎风坡激发了对对流性降水的扰动，局地对流活动加强，增加了降水。要注意的是，左岸降水量的增加幅度大于右岸降水量的下降幅度。由于干暖河谷本来就干热少雨，因此，除 7 月份外，2、5、10 大部份月降水量的变化不超过 2mm。

d) 对风速的影响

从模拟结果可见，当地风速随高度的增加速率较快，当地面 10 m 风速为 2.0 m/s 时，中性稳定度下 100m、200m、300m、500m、1000m 处的风速分别达到 4.3m/s、5.4m/s、6.1m/s、7.3m/s、9.1m/s。

e) 小结

利用 WRF 模式对旭龙水电站水库蓄水后的局地气候效应研究，模拟区域范围 3800km×2900km，模拟时段选取丰水年和枯水年的 2、5、7、10 共 8 个月。通过模拟水库蓄水前后两种情况，比较两种情况的差异得到水库蓄水对区域气候的影响。综合比较来看，水库蓄水后对局地区域气候环境影响不明显，数值模拟结果总结如下：

模拟结果表明在水库蓄水后在丰水年和枯水年的各个季节对库区附近近地面温度有一定的影响。但气温变化幅度极小，温度变化的绝对值均小于 0.2 度，而且影

响的范围仅限于水库库区附近。比较不同年和各个季节的变化发现，在不同年代不同季节，水库蓄水的影响程度和变化趋势都不完全相同，但绝大部份月份气温呈现下降趋势。各月平均温度右岸较左岸变化大，说明右岸受水库影响比左岸大。

水库蓄水后在各个季节库区附近大多数地区的近地面相对湿度会增加。主要原因是因为水库蓄水后水面面积扩大，使得局地的蒸发量增加，除丰水年 2 月份相对湿度增幅最大为 2.5%外，其余增幅均小于 1%，水库蓄水对近地面相对湿度影响的程度及范围都十分小，可以忽略。

水库蓄水后在夏季对库区附近降水量有一定影响，水库右岸降水量呈减少趋势，而水库左岸降水量则呈增加趋势，除 7 月份降水量变化相对较大(可达 10mm 数量级)外，2、5、10 月降水量的变化较小，不超过 2mm。

5.9.3 土壤环境影响

5.9.3.1 施工期

工程施工期各类废污水处理后回用，生活垃圾运至附近得荣县垃圾填埋场进行处理。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，将对其产生不利影响。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。

5.9.3.2 运行期

工程运行期主要污染物为厂房油污水，经处理达标后回用，不会引起土壤的盐化、酸化、碱化。

正常情况下，运行期水库蓄水不会对周边土壤输入酸性及碱性物质，造成土壤酸化或碱化可能性较小，但可能会造成周边土壤的盐化现象，对此采用《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ 964-2018)中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

a) 土壤盐化综合评分法

采用公示计算土壤盐化综合评分值(Sa)，具体如下：

$$Sa = \sum_{i=1}^n Wx_i \times Ix_i$$

式中：n—影响因素指标数目；

Ixi—影响因素 i 指标评分；

W_{xi} —影响因素 i 指标权重。

b) 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)》(HJ 964-2018), 土壤盐化影响因素赋值情况见表 5.9.2-1。

表 5.9.2-1 土壤盐化影响因素赋值表

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

据地面地质调查和勘探, 透水率 $q \leq 1.0Lu$ 的相对隔水层顶板埋深: 坝顶高程 2148m, 水平深度左岸约 200m、右岸约 150m, 河床在基岩面以下的铅直埋深约 70m、高程约 1900m。水库蓄水完成后, 库区内地下水将升高, 水库除沿浅部岩体产生渗漏, 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岩体进行防渗处理, 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 296.9mm, 多年平均蒸发量约为 1438.9mm, 干燥度(EPR)为 4.846, 土壤盐化影响赋值为 4 分。

根据土壤环境质量监测结果, 工程区土壤含盐量为 0.2g/kg~1.0g/kg, 均值 $SSC < 1$, 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为 0.141g/L~0.850g/L, $TDS < 1$, 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 2 分。

c) 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 $S_a = (4 \times 0.25 + 2 \times 0.10) / 2 = 1.2$ 。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ

964-2018)中的土壤盐化预测表, 水库建成后周边土壤可能会发生轻度盐化现象。

表 5.9.2-2 土壤盐化预测表

土壤盐化综合评分值(Sa)	Sa<1	1≤Sa<2	2≤Sa<3	3≤Sa<4.5	Sa≥4.5
土壤盐化综合评分预测结果	未盐化	轻度盐化	中度盐化	重度盐化	极重度盐化

另外, 水库建成后, 形成宽阔水面, 库区形成特殊的小气候环境。湿度增加, 昼夜温差小, 抑制土壤有机质的矿化过程, 有利于土壤有机质的积累, 同时土壤有机质的增加又有利于植物的生长, 增加库周的森林植被, 增加枯枝落叶, 可以增加库周土壤的有机质含量。而且库周水土流失的减少, 土壤养分得到均衡发展。

5.9.4 电磁环境影响

根据《环境影响评价技术导则输变电》(HJ24-2020), 本工程开关站电磁环境影响预测采用类比评价方法。

5.9.4.1 可比性分析

根据开关站和主变洞的特点, 类比对象的选择主要考虑以下几个因素:

- 1) 最高电压等级相同;
- 2) 开关站电气布置相同或类似;
- 3) 进出线数量和布置接近;
- 4) 开关站区地形条件类似或接近。
- 5) 主变压器功率与数量相同或接近

5.9.4.2 类比对象选择

根据类比对象选择的原则, 工频电场主要与运行电压及布置形式有关, 只要电压等级相同、布置形式一致, 工频电场的影响就具有可类比性; 工频磁场主要与主变容量有关。因此本次电磁环境预测评价类比对象一选择浙江省天荒坪抽水蓄能电站 500kV 开关站和主变洞, 详细分析见下表。

表 5.9.3-1 开关站可比性分析一览表

开关站		本工程开关站	天荒坪抽水蓄能电站 500kV 开关站(类比对象)	可比性分析
电压等级		500kV	500kV	相同
主变 压器	容量	4*(3×250MVA)	6×360MVA	主变台数相同, 容量略大于类比 对象
	布置形式	12+1 单相变, 布置于地 下主变洞	6 组, 布置于地下主变洞	相似

表 5.9.3-2(续)

开关站	本工程开关站	天荒坪抽水蓄能电站 500kV 开关站(类比对象)	可比性分析
500kV 配电装置	地面开关站 GIS 户内布置	地面开关站 GIS 户内布置	相同
地面开关站 总平面布置	GIS 楼、出线平台和中控楼集中布置在尾水出口下游约 100m 的坡地上, 场地地面高程 2040.00m。	北面和南面分别是 500kV 出线场, GIS 室分布在两出线场中间, 中控楼位于 500kV 出线场南侧	相似
地面高程	2040	350.2	/
站址区地形	开关站占地系从山体边坡开挖形成, 西侧仍为山体, 东侧为金沙江	开关站占地系从山体边坡开挖形成, 西侧仍为山体, 东侧为厂区道路	相似

由上表分析可知, 本工程变电站区的电压等级、布置形式与类比对象变电站基本相同, 本项目选择浙江省天荒坪抽水蓄能电站作为类比对象是可行的。

5.9.4.3 电磁环境类比监测及分析

2020 年 8 月 4 日, 浙江国辐环保科技有限公司对类比开关站周围的电磁环境现状进行了监测。监测仪器和监测时工况见下列表格。

表 5.9.3-2 类比监测仪器一览表

仪器名称	电磁辐射分析仪
型号规格	NBM550+EHP-50F
内部编号	GF-2-14-2018 GF-2-14-2018-3
测量频率范围	1Hz~400kHz
量程	工频电场: 0.005V/m~100kV/m; 工频磁场: 1nT~3mT
校准单位	上海市计量测试技术研究院
校准有效期	2019 年 12 月 19 日~2020 年 12 月 18 日
证书编号	2019F33-10-2229522003 2019F33-10-2229522004

表 5.9.3-3 类比监测气象条件一览表

监测时间	天气	气温(°C)	相对湿度	风速(m/s)
2020-08-03	晴	27~36	69~75%	<2m/s



图 5.9.3-1 类比开关站电磁及声环境监测点位图

表 5.9.3-4 电磁环境类比监测结果一览表

序号	监测点位	工频电场强度 (V/m)	工频磁感应强度 (μ T)	备注说明
1	35kV 中心变东北侧 5m	394.7	0.037	监测期间 运行工况 正常
2	35kV 中心变东北侧 10m	379.2	0.052	
3	35kV 中心变东北侧 15m	253.7	0.038	
4	35kV 中心变东北侧 20m	222.5	0.052	
5	35kV 中心变东北侧 25m	113.0	0.037	监测期间 运行工况 正常
6	35kV 中心变东北侧 30m	93.6	0.051	
7	35kV 中心变东北侧 35m	79.4	0.046	
8	35kV 中心变东北侧 40m	68.6	0.044	
9	35kV 中心变东北侧 45m	53.8	0.053	
10	35kV 中心变东北侧 50m	39.6	0.057	

从上表可知，天荒坪抽水蓄能电站 500kV 开关站衰减断面处的工频电场强度为 39.6V/m~394.7V/m，工频磁感应强度为 0.037 μ T~0.057 μ T。基本随着与开关站距离的增加工频电场强度监测值呈逐渐衰减趋势，工频磁感应强度波动较小，所有监测点位工频电场强度均满足《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中频率为 50Hz 的公众曝露限值，即工频电场强度为 4000V/m、工频磁感应强度为 100 μ T。

5.9.4.4 开关站电磁环境预测评价

根据天荒坪抽水蓄能电站 500kV 开关站的电磁环境类比监测结果，且本工程 500kV 开关站与其具有较好的可比性，可以预测，本工程 500kV 开关站(含开关站)运行期间周边电磁环境将小于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)规定的公众曝露控制限值(4000V/m，100 μ T)，本工程附近的监测断面工频电磁场的衰减也将呈现类似的衰减趋势。

5.9.5 运行期泄洪雾化影响

泄洪雾化是泄水建筑物泄洪时伴生雨、雾的一种现象。主要雾源来自于泄洪雾化-挑流水体高速落入下游河床，水体反弹，激溅四周，抛向空中的小块水滴形成泄洪雾化，其高度通常与水舌最大高度相近。升腾的水雾部分在附近区域下落，返回河床或落在近岸区域；部分在风力作用下向四周但主要是向下游方向和高处扩散，逐渐形成云雾。

奔子栏水电站具有泄洪水头高、泄流量大且河谷较狭窄的特点，在宣泄大洪水时，水体可能会冲刷两岸。奔子栏水电站采用溢洪洞、泄洪洞泄洪，挑流消能，挑射水舌表面掺气、边界层发展，特别是水舌入水的激溅作用，导致“雾化”，在出口下游形成“雾化区”。

根据中国水利水电科学研究院《金沙江上游奔子栏水电站泄洪雾化影响分析研究》(2023 年 4 月)，奔子栏水电站泄洪雾化影响预测结果如下：(1) 在 0.02%校核洪水条件下，1~3#表孔与底孔联合泄洪，坝下左侧与中部形成 2 个泄洪雾化核心区，左侧核心区雨强 800mm/h，雾雨来源于 1#表孔水舌，中部核心区雨强 1500mm/h，主要来源于 2#表孔与底孔水舌，右侧 3#表孔水舌受到底孔水舌遮蔽，雾化溅水影响较小。(2) 在 0.1%设计洪水以下，1~3#表孔联合泄洪，坝下形成左中右 3 个雾化核心区，两侧核心区雨强 800~1000mm/h，受到两岸强风带的影响，分布形态呈斜长形；中部核心区雨强 800~1200mm/h，受河中弱风场的影响，分布形态呈椭圆形。(3)

各种频率洪水条件下，雾化纵向范围 420~515m，最远到达电厂尾水出口附近，左岸雾雨爬升至 2110~2115m 高程，右岸雾雨爬升至 2140~2145m 高程，雨雾沿阿洛共沟内扩散深入约 57~75m。(4) 1#、3#表孔采用横向扩散体型，但出口采用俯角，水舌空中行程较短，掺气扩散程度较弱，入水雾化影响有所减小。(5) 2#表孔采用窄缝收缩体型，水舌纵向拉开，在解决消能问题的同时，水舌两侧溅水受到前部水体阻挡强度较弱，雾化源量明显降低，为泄洪雾化低影响挑流体型之一。(6) 底孔出口采用传统斜切扩散挑坎，水舌空中行程长，掺气扩散明显，入水前缘宽大，形成的雾化源量往往较大。(7) 当 2#表孔单独开启时，雾化区位于河道中央，横向宽度较小；当 1#、3#表孔开启时雾化分布宽度较大，此时开启 2 表孔，两侧雾化降雨区会向外侧偏转，对两岸防护安全不利；当底孔单独开启时，雾化范围较之 2#表孔有所增大，但雾化区仍位于河道中央。

5.9.6 温室气体排放分析

5.9.6.1 温室气体及碳平衡分析

a) 温室气体

地球大气中的 CO_2 对不同光谱的光波有着不同的吸收和选择作用， CO_2 对来自太阳光的辐射比较容易进行选择吸收，而地表上物体的辐射波长一般很难穿透 CO_2 层。大气中 CO_2 增多时，一方面会吸收太阳辐射使地表的温度升高，另一方面地表上物体的辐射穿透 CO_2 的能力减小，形成了“温室效应”。形成温室效应的气体，除 CO_2 外，还有 CH_4 、 N_2O 、HFCs、PFCs 等多种气体。地球大气中的温室气体 CO_2 、 N_2O 和 CH_4 的浓度一直在增加。温室气体浓度增加，将导致地表面温度上升、海洋酸化、冰山融化、极端天气增加。

b) 地球碳平衡

地球上碳的主要赋存场所是大气、土壤、生物体、海水、化石燃料(石油、天然气、煤等)等， CO_2 是上述各个碳库之间进行碳的输送和循环的主要形式。作为生物主体的耗氧生物，通过呼吸作用将食物中的碳变成 CO_2 ，呼出体外，进入大气，而生物就以这种方式获得生命活动所需的能量。生物死亡后，体内的一部分碳被微生物分解，仍以 CO_2 的形式进入大气、土壤或海水，另一部分则保存下来，经过复杂的地质过程变成化石燃料。化石燃料的一部分被人类发掘利用，氧化、燃烧后生成 CO_2 又进入大气。如此往复，形成全球的碳循环。地球上的碳循环在年复一年地进

行，地球上的碳循环情况见图 5.9.6-1。

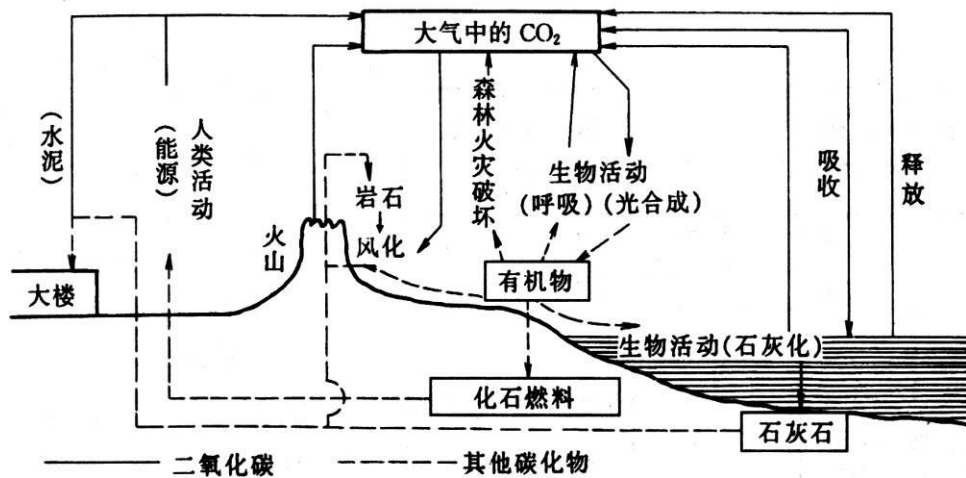


图 5.9.6-1 地球上碳循环流动

人类社会经济活动，包括森林大量采伐和化石燃料大量燃用，对地球碳平衡影响巨大的。根据相关资料估算，人类使用化石燃料而排放的 CO₂，2024 高达 374 亿 t 以上。绿色植物在进行光合作用时，能够吸收 CO₂，释放出 O₂，对大气中氧气和 CO₂ 的平衡起着极为重要的作用。据国外文献报道，1hm² 的阔叶林一天可吸收 1tCO₂，放出 0.73tO₂；1m² 草坪 1h 可吸收 1.5kgCO₂；1m² 的向日葵叶面 1h 可吸收 0.14cm³ 的 CO₂。一个人平均 1h 呼出的 0.38gCO₂，25m² 的草坪或是 10m² 森林就可以消耗掉一个人一天呼出的 CO₂。因此，地球上丰富的植被资源，是一个巨大的 CO₂ 吸收源，一个天然的碳储存库。

5.9.6.2 温室气体排放估算

水电工程与火电、风电、太阳能等其它能源不同之点是淹没土地蓄水形成一个水库。而水库蓄水后，将淹没原陆地上的森林、农田等植被，由于淹没土地上的植被尤其是森林植被中储存着大量的碳物质，这些林草灌木在水下慢慢腐烂，会产生温室气体。水库温室气体的排放，与水库水体中营养物质、细菌活动以及碳分解有关，由于淹没在库底的大多数生物体经过几十年也难以降解，因此所分解的碳只占被淹碳物质很少一部分，这也导致水库前几年的温室气体排放量偏多。同时，水库与其它自然水生态系统一样，所排放的温室气体取决与水质和流入库区的碳物质，流域中含碳的降水、径流与湖面 CO₂ 的排放之间直接相关。另外，在水库蓄水之后的最初几年，水库碳池中淹没土壤的作用较明显，土壤中的微生物对被淹土壤中的

植物及腐植土进行分解，在分解有机物时，微生物消耗掉溶解氧并释放出CO₂排入大气。另外，库区外汇入的碳源也是水库排放CO₂的一大因素，因为库区外汇入的溶解有机质是水库内有机质和溶解有机质的数倍。根据瑞士联邦水科学技术研究所的研究，每百万千瓦时水电的CO₂排放量约为3到4t，相应的百万千瓦时火电排放高达850到990t。数据说明，如果在瑞士产生同等电力，水电与火电两种发电方式的CO₂排放量差距，可能高达200到300倍。以每百万千瓦时水电的CO₂排放量4t计，奔子栏水电站的多年平均发电量为103.81亿kW·h，其CO₂的排量总量为4.15万t，仅是相同发电量的火电CO₂排放量的0.5%。

由于地面的碳循环，是一个正常的碳循环系统，在地球的任何碳排放、转换在自然的情况下应该是基本平衡的。但水电工程的建设将会破坏局部范围内的碳循环，主要表现在水库淹没植被，导致区域内空气—植被—土壤之间的碳循环遭到破坏，区域内的生物量固碳作用减小。奔子栏水电站工程建设导致区域生物减少34756.95t，生物物质的含碳量以42%计，生态系统减少CO₂固定量10086.43t(以碳计)，意味着区域内将有约1万t的CO₂不再通过生物的光合作用进行碳循环。

5.9.6.3 温室气体减排贡献

在我国能源的品种构成中，优质能源比例很低。目前，煤炭消费量仍占我国一次能源消费总量的50%以上。燃煤电厂排放的二氧化硫和氮氧化物是造成大气污染的主要原因之一。温室气体排放导致日益严峻的全球气候变化，已经影响到了人类社会的可持续发展。减少燃煤产生的污染，特别是二氧化碳的排放，已成为国际共识和各国不可避免的义务。根据国际能源机构的预测，由于我国人口基数大，目前我国二氧化碳排放量已超过美国居全球第一，是全球最大的温室气体排放国。

水力发电是将水的势能转化为电能，过程中不涉及到煤炭、石油、天然气等含碳、硫化石能源的燃烧，不会产生燃烧产物CO₂。与发电规模相当的火电相比，水力发电不仅可每年可为国家节约大量的煤炭资源，相应每年可减少多种有害气体例如SO₂、CO、NO_x的排放，尤其是对气候有很大影响的温室气体—CO₂的排放。建设奔子栏水电站是推进绿色低碳发展，实现碳达峰、碳中和目标的需要。奔子栏水电站建成后每年可节约标准煤约310万t，减少CO₂年排放量约780万t，减少SO₂年排放量约27万t，减少NO_x年排放量约14万t，对我国构建现代能源体系及促进实现“碳中和”目标具有重要意义，减碳效果显著。

5.9.7 社会环境影响

a) 社会经济效益

1) 有利于促进民族地区稳定发展

工程所在地区是以藏民族为主的少数民族聚居区，工程的建设是落实中央第五次西藏工作座谈会精神、《中共中央、国务院关于进一步加强民族工作、加快少数民族和民族地区经济社会发展的决定》和《关于支持青海等省藏区经济社会发展的若干意见》的具体体现；对于缩小地区差距，维护社会稳定，增进民族团结、保持藏区长治久安，具有重大的现实意义和深远的历史影响。加快本工程建设，不仅可以为国家提供大量可再生能源，还可满足该地区经济社会发展和各族人民生活能源要求。建设资金投入对促进库区贫困人口脱贫致富、减轻地方财政负担、带动相关产业发展、增加新的就业岗位作用巨大。工程的建设必将为藏区民族团结、经济社会繁荣发展、人民生活富足安康发挥重要作用。

2) 施工期有利于促进当地群众共同富裕

由于工程建设和运行过程中将投入大量的建设资金，所需的水泥、土石料、钢材、木材等大量建筑材料部分可在当地就近解决，可为当地的企业带来一定的经济效益，促进地方建材、运输等行业的发展。工程建设所需劳动力多，给当地人员就业提供了便利。此外还将拉动商贸、餐饮、住宿和其它服务性行业的发展，可为当地的居民带来一定的就业机会和经济收入；第三产业的发展有利于地方农业产业结构的调整，从而使地方经济得到较大的发展。根据施工组织设计，工程所需劳动力平均人数约 6000 人，以施工人员每人每月平均消费 200 元计，工程施工期间，可使当地年均消费额增加 1440 万元，施工期间共增加约 11520 万元。

3) 运行期能促进当地社会经济的发展

本工程装机容量为 2600MW，年发电量为 103.81 亿 kW-h，发电效益显著。创造这些发电效益的同时还将增加地方收入。电站运行期间，在直接给地方政府带来财政税收的同时，也将为地区经济发展提供电能，改善两县的对外开放和招商引资环境，并将对两县产业结构优化调整和社会经济可持续发展起到促进作用。这些税收可用于人们生活水平，这对促进各民族的共同繁荣和进步、保持地区社会稳定均具有重要作用。

b) 民族宗教及罗尼神山

对淹没的白塔、玛尼堆等宗教设施的复建，应按照当地少数民族的传统习俗恢复重建。给予一次性补偿，由移民自行选择地点后靠复建。

1) 对宗教设施的影响

工程施工征地范围内虽无宗教设施，但移民安置点信教藏民到寺庙从事宗教活动在距离、范围、路线等方面势必有一个适应的过程。移民安置点新建佛塔、玛尼堆、转经筒等公共建筑需要充分听取藏民的意见，充分尊重藏民的合理诉求。

2) 对罗尼神山的影响

大坝右岸部分、输水发电系统进水口、尾水口、出线平台、东竹林沟内施工场地等涉及罗尼神山山脚地表区域，输水发电系统、导流洞从神山地下穿越，部分道路涉及神山山脚和山腰的地表或地下，工程施工过程对罗尼神山影响不大。

3) 移民安置的影响

移民安置是水电站工程建设重要的内容之一，安置情况如何，不仅影响到电站本身的建设，更主要的是会影响到建设区域移民的社会稳定问题。库区是藏族、傈僳族、纳西族等少数民族聚居区，同时，库区除了是以藏传佛教为代表的文化核心区以外，还涉及到东巴教、天主教、民间信仰等宗教文化类型。因此，不同的生产、生活方式、语言、风俗习惯、宗教信仰等方面的具有极大的差异性，使库区的移民安置问题会显得复杂、艰难，移民安置对库区少数民族的宗教和文化都有一定的影响。

移民安置使得人们迁移到新的安置点，由于离开了宗教信仰原有的生存空间，或是缺少必要的宗教建筑和设施，库区藏族的信教规模会弱减，信教群众参与宗教活。同时移民安置使其舍弃世代居住的家园，心理上也会产生一定的恐慌和空虚感，从而造成民族情感的遗失。

c) 人群健康

蓄水初期，若原有居民点的卫生清理工作不到位，则有可能增加痢疾、伤寒、肝炎等介水水传染病的发病率。因水电站的兴建，大量施工人员进入，如果施工期环境清理、卫生防疫等工作滞后，可能造成诸如介水传染病、虫媒传染病等发病率上升，因此，需积极采取控制有关传染病的预防措施，保障施工人员和周围居民身体健康。

6 环境保护措施

6.1 地表水环境保护措施

6.1.1 生态流量保障措施

6.1.1.1 施工期

根据奔子栏水电站施工总进度安排，截流时段为第2年11月，截流后通过导流隧洞泄流。导流隧洞于第7年11月初下闸，第8年4月底完成导流隧洞封堵，第8年6月底首台机组发电。初期蓄水分2阶段进行，采用坝身供水底孔弧门、永久泄洪底孔接力向下游供水。

a) 第1阶段：第7年11月初，打开坝身供水底孔闸门，保证下游泄流量不小于生态流量的前提下，依次下闸2条导流隧洞4扇闸门；待2条导流隧洞闸门全部下闸后，根据上游水位控制弧门开度下泄生态流量，上游水位上升至坝身永久底孔最低供水水位2078.33m后，关闭坝身供水底孔弧门，并下放上游平板闸门，由永久泄洪底孔泄流，至此，第1阶段蓄水完成。

b) 第2阶段：根据施工总进度安排，导流隧洞封堵灌浆在第8年4月完成，在考虑降低导流隧洞闸门挡水水头、满足下游供水要求等因素后，第2阶段蓄水开始时间推荐为第8年5月初，该阶段利用泄洪底孔弧门控制泄放生态流量，进行第2阶段蓄水直至2148.00m。当入库流量少于生态流量时，按照入库流量下泄。

6.1.1.2 运行期

运行期，奔子栏水电站生态流量保障采取“机组+生态泄水孔”方案。日常情况，电站通过机组过流保障生态流量；当出现机组停机的工况时，通过坝身设置的生态泄水孔下泄生态流量，最小下泄生态流量不低于 $275\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量23.7%)，最大下泄生态流量为 $476\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量41.0%)；当上游日均入库流量小于生态流量时，按上游日均来水量下泄生态流量。生态泄水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄水建筑物最左侧⑦坝段，进水口底板高程2122.50m，设计泄放流量 $485\text{m}^3/\text{s}$ ，能满足泄放要求。

表 6.1.1-1 奔子栏水电站下泄生态流量要求

单位: m^3/s

月份	1	2	3	4			5	6	7	8	9	10	11	12
				上	中	下								
龙盘运行前	275	275	340	340	340	445	361	357	357	476	476	357	357	297
龙盘运行后	275	275	340	340	340	365	357	357	357	476	476	357	275	275

水库初期蓄水前,在坝下建成生态流量实时监测系统,并与主管部门联网,当下泄流量低于要求下泄的生态流量时及时报警。系统应具有数据远程传输和监控的功能,将实时流量数据传输至集控中心,并根据管理需要传输至相关管理部门。

6.1.2 水温影响减缓措施

6.1.2.1 水温影响减缓措施初拟比选

奔子栏水电站不采取减缓措施时,下泄水温对坝址下游原天然水温及梯级电站联合运行下奔子栏未建成前河道水流水温改变比较明显,存在春夏季下泄低温水现象,需采取措施减缓水温影响。水温减缓措施主要有多层取水口、传统叠梁门、前置挡墙、隔水幕墙、新型叠梁门(液压驱动式多层翻板门、立式导叶阀)等。

a) 多层取水口

多层取水口是通过设置不同高程的多个取水口,以达到分层取水的目的。多层取水口应根据工程条件研究设置为塔式结构或布置在山体内,对交通运输条件要求高,工程投资较大,目前在大中型工程中实际应用不多,一般用于小型水库。

b) 传统叠梁门

叠梁门式进水口是通过在进水口前端设置叠梁门,控制取水高程,以达到分层取水的目的,叠梁门可以根据实际情况取不同高程水体的水,水温改善效果较好。但传统叠梁门的运行调度较为复杂,需要静水启闭,影响电站正常发电运行。早期实施叠梁门的水电工程如乌东德、白鹤滩水电站等,已经开始叠梁门自动化研究和实践。

c) 前置挡墙

前置挡墙是在进水口前方修建一堵用于挡住底层低温水的墙,达到取表层高温水减缓下泄低温水不利影响的目的。前置挡墙在施工上主要是以土建施工为主,结构体形简单、相应施工投资较少,但不能根据实际情况取不同高程水体的水,影响水温减缓效果。

d) 隔水幕墙

隔水幕墙是一种全新的分层取水方式，可在不影响电站运行、不进行水库放空的前提下施工。幕墙运行期间不仅几乎没有水头损失，而且调度运行简单。相对于传统的叠梁门、前置挡墙等分层取水措施，隔水幕墙因顶部过流高度断面更大，可设置更小的淹没水深，获得更优的下泄水温改善效果。隔水幕墙现已在三板溪水电站使用，在升温期可实现 $2.3^{\circ}\text{C}\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 的改善效果。

e) 液压驱动式多层翻板门

针对叠梁门存在的问题，RM 水电站创新性采取了液压驱动式多层翻板门方案。液压翻板门采用电气自动化控制，响应速度快，人力资源投入少，运行管理较为方便，对于多数叠梁门运行操作复杂、人力资源投入大、调度速度可能较慢等缺陷有一定的改善效果。

f) 立式导叶阀

玛尔挡水电站采用此方案。分层取水闸闸门由门框、支门叶、传动机构、驱动机构、泄压阀及卷线机构组成。闭门时，水压力作用于支门叶上，通过支门叶的转动轴传递到上下门框，上下门框两端安装在叠梁门槽内，通过门框上的支承滑块将荷载传递到两侧的门槽埋件上。闸门重力自上而下依次叠加传递到底槛上。分层取水设备采用装配式结构，每层取水阀门为一个独立的标准装配单元逐层叠加放入进水口，每层取水阀门的门叶均可独立控制，从而实现真正的按需取水。每层取水阀门的上门框和上一层取水阀门的下门框配合制作，可有效衔接组合，通过自动抓梁机构，逐扇放入进水口门槽。每层取水阀门的控制线缆在侧边门框走线，方便拆卸安装。

受地形地质条件的制约，奔子栏水电站进水口位置基本固定，进水口前缘是陡壁，场地空间相对小，不具备在进水口前缘布置隔水幕墙或前置挡墙+隔水幕墙方案，隔水幕墙只能采取拦河式隔水幕墙，即将隔水幕墙拦挡在主河道上。同时，作为日调节电站，奔子栏水电站坝前水位变化频繁，传统叠梁门和新型叠梁门的调度跟不上水位日变幅速度。因此，奔子栏水电站水温影响减缓措施初步推荐拦河式隔水幕墙方案和前置挡墙方案，并从水温改善效果、安全性及经济性角度进行对比分析研究。

6.1.2.2 拦河式隔水幕墙方案

a) 方案布置

拦河式隔水幕墙方案由挡水系统、浮力系统和锚固系统组成。挡水系统包括幕布、上纲及配重、纵向拉索和下纲，幕布采用的是柔性体材料，有较强的结构强度和抗冲击性能；幕布顶部与上纲固定，底部与下纲固定，中部与纵向拉索固定，起到隔水作用，纵向拉索构成基本骨架，上部与浮漂相连，底部与地锚连接，传递荷载；上纲配置合适重量的配重，克服幕墙运行期间的浮力。浮力系统由一系列浮漂组成，浮漂具有一定的浮力，随水位变化而变化，调整幕墙顶部高程。锚固系统由底部地锚和前端地锚组成，底部地锚作为幕墙底部固定支点，保证水流冲击时不发生移动。

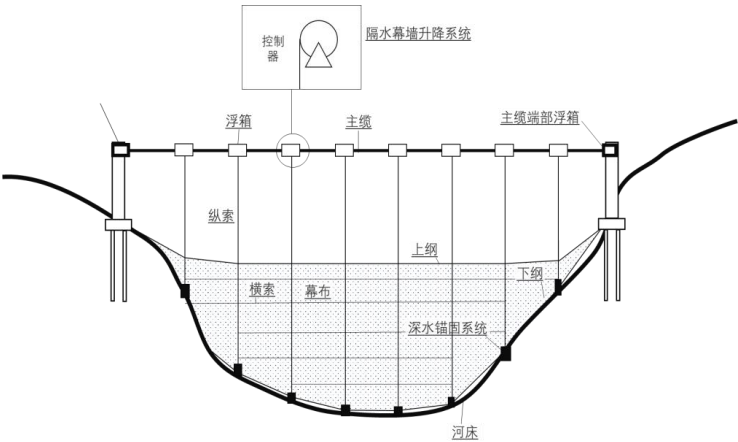


图 6.1.2-1 隔水幕墙示意图

b) 拦河式隔水幕墙高度设置

根据《水利水电工程进水口设计规范》(SL285-2003)和《水电站分层取水进水口设计规范》(NBT 35053-2015)中临界过流流速及淹没水深要求，隔水幕墙过流高度采取 10m 和 15m 两个方案。

c) 岗托投运前拦河式隔水幕墙效果分析

奔子栏水电站丰水年、平水年、枯水年，各典型年有拦河式隔水幕墙的下泄水温与无措施下泄水温、坝址天然水温对比见表 6.1.2-1~3。

表 6.1.2-1 丰水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位：℃

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	8.1	4.5	8.2	4.6	8.2	4.6	0.1	0.1
2 月	12.3	5.4	7.5	2.1	7.7	2.3	7.7	2.3	0.2	0.2
3 月	13.8	8.2	7.6	-0.6	7.9	-0.3	7.9	-0.3	0.3	0.3
4 月	17.6	11	8.3	-2.7	8.7	-2.3	8.7	-2.3	0.4	0.4

表 6.1.2-1(续)

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
5 月	21.1	13.7	9.9	-3.8	10.1	-3.6	10.1	-3.6	0.2	0.2
6 月	25	15.6	13	-2.6	13.1	-2.5	13.1	-2.5	0.1	0.1
7 月	22.7	16.6	15.3	-1.3	15.3	-1.3	15.3	-1.3	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	16.4	-0.1	16.4	-0.1	16.4	-0.1	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	15.5	0.7	15.5	0.7	15.5	0.7	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	13.4	2.0	13.5	2.1	13.5	2.1	0.1	0.1
11 月	15	6.9	11.6	4.7	11.7	4.8	11.7	4.8	0.1	0.1
12 月	11.4	4.1	9.7	5.6	9.7	5.6	9.7	5.6	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.4	-	11.4	-	11.4	-	-	-
最大值	25	16.6	16.4	-	16.4	-	16.4	-	-	-
最小值	10.2	3.6	7.5	-	7.7	-	7.7	-	-	-
年内变幅	14.8	13	8.9	-	8.7	-	8.7	-	-	-

表 6.1.2-2 平水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	8.7	5.1	8.7	5.1	8.7	5.1	0.0	0.0
2 月	12.3	5.4	8	2.6	8.1	2.7	8.1	2.7	0.1	0.1
3 月	13.8	8.2	8.2	0.0	8.4	0.2	8.4	0.2	0.2	0.2
4 月	17.6	11.0	9.2	-1.9	9.6	-1.4	9.6	-1.4	0.4	0.4
5 月	21.1	13.7	10.4	-3.3	10.6	-3.1	10.6	-3.1	0.2	0.2
6 月	25.0	15.6	13.3	-2.3	13.7	-1.9	13.7	-1.9	0.4	0.4
7 月	22.7	16.6	15.3	-1.3	15.3	-1.3	15.3	-1.3	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	16.5	0.0	16.5	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	16	1.2	16.0	1.2	16.0	1.2	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	14.2	2.8	14.2	2.8	14.2	2.8	0.0	0.0
11 月	15.0	6.9	12.4	5.5	12.5	5.6	12.5	5.6	0.1	0.1
12 月	11.4	4.1	10	5.9	10	5.9	10	5.9	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.9	-	11.9	-	11.9	-	-	-
最大值	25.0	16.6	16.5	-	16.5	-	16.5	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8	-	8.1	-	8.1	-	-	-
年内变幅	14.8	13.0	8.5	-	8.4	-	8.4	-	-	-

表 6.1.2-3 枯水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	10.3	6.7	10.4	6.8	10.4	6.8	0.1	0.1
2 月	12.3	5.4	9.3	3.9	9.4	4.0	9.4	4.0	0.1	0.1
3 月	13.8	8.2	9.2	1.0	9.4	1.2	9.4	1.2	0.2	0.2
4 月	17.6	11	10	-1.0	10.4	-0.6	10.4	-0.6	0.4	0.4
5 月	21.1	13.7	11.4	-2.3	11.8	-1.9	11.8	-1.9	0.4	0.4
6 月	25	15.6	13.9	-1.7	14.3	-1.3	14.3	-1.3	0.4	0.4
7 月	22.7	16.6	15.5	-1.1	15.5	-1.1	15.5	-1.1	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	16.7	0.2	16.8	0.3	16.8	0.3	0.1	0.1
9 月	22.7	14.8	17.2	2.4	17.2	2.4	17.2	2.4	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	16.4	5.0	16.3	4.9	16.3	4.9	-0.1	-0.1
11 月	15	6.9	15	8.1	14.9	8.0	14.9	8.0	-0.1	-0.1
12 月	11.4	4.1	12.5	8.3	12.5	8.3	12.5	8.3	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	13.2	-	13.3	-	13.3	-	-	-
最大值	25	16.6	17.2	-	17.2	-	17.2	-	-	-
最小值	10.2	3.6	9.2	-	9.4	-	9.4	-	-	-
年内变幅	14.8	13	8	-	7.8	-	7.8	-	-	-

根据表格分析, 丰水年、平水年、枯水年采用拦河式隔水幕墙后, 奔子栏水电站下泄低温水得到了一定改善, 在 3 月~7 月较无措施情况下分别提高了 0.0°C~0.4°C; 过流高度 10m 和 15m 的拦河式隔水幕墙水温改善效果区别不大, 差距都在 0.1°C 以内。

d) 岗托投运后拦河式隔水幕墙效果分析

奔子栏水电站各典型年有拦河式隔水幕墙的下泄水温与无措施下泄水温、坝址天然水温对比见表 6.1.2-4~6。

表 6.1.2-4 丰水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	8.3	4.7	8.3	4.7	8.3	4.7	0.0	0.0
2 月	12.3	5.4	7.7	2.3	7.8	2.4	7.8	2.4	0.0	0.0
3 月	13.8	8.2	7.8	-0.4	7.9	-0.3	7.9	-0.3	0.1	0.1
4 月	17.6	11	9	-2.0	9.3	-1.7	9.3	-1.7	0.3	0.3

表 6.1.2-4(续)

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄 水温	与坝址水 温差值	月均下泄 水温	与坝址水 温差值	月均下泄 水温	与坝址水 温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
5 月	21.1	13.7	10.3	-3.4	10.5	-3.2	10.5	-3.2	0.2	0.2
6 月	25	15.6	12.1	-3.6	12.2	-3.4	12.2	-3.4	0.1	0.1
7 月	22.7	16.6	13.9	-2.7	13.9	-2.7	13.9	-2.7	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	15.6	-0.9	15.6	-0.9	15.6	-0.9	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	15.4	0.6	15.3	0.5	15.3	0.5	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	13.9	2.5	13.9	2.5	13.9	2.5	0.0	0.0
11 月	15	6.9	12.3	5.4	12.4	5.5	12.4	5.5	0.1	0.1
12 月	11.4	4.1	10.2	6.1	10.2	6.1	10.2	6.1	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.4	-	11.5	-	11.5	-	-	-
最大值	25	16.6	15.6	-	15.6	-	15.6	-	-	-
最小值	10.2	3.6	7.7	-	7.8	-	7.8	-	-	-
年内变幅	14.8	13	7.9	-	7.8	-	7.8	-	-	-

表 6.1.2-5 平水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址 水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄 水温	与坝址水 温差值	月均下泄 水温	与坝址水 温差值	月均下泄 水温	与坝址水 温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	8.7	5.1	8.7	5.1	8.7	5.1	0.0	0.0
2 月	12.3	5.4	8.2	2.8	8.2	2.8	8.2	2.8	0.0	0.0
3 月	13.8	8.2	8.3	0.1	8.5	0.3	8.5	0.3	0.1	0.1
4 月	17.6	11.0	9.5	-1.6	9.8	-1.2	9.8	-1.2	0.3	0.3
5 月	21.1	13.7	10.8	-2.9	11.1	-2.6	11.1	-2.6	0.2	0.2
6 月	25.0	15.6	12.7	-2.9	12.9	-2.7	12.9	-2.7	0.3	0.3
7 月	22.7	16.6	14.3	-2.3	14.2	-2.4	14.2	-2.4	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	15.7	-0.8	15.7	-0.8	15.7	-0.8	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	15.7	0.9	15.6	0.8	15.6	0.8	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	14.5	3.1	14.5	3.1	14.5	3.1	0.0	0.0
11 月	15.0	6.9	13.1	6.2	13.2	6.3	13.2	6.3	0.0	0.0
12 月	11.4	4.1	10.8	6.7	10.8	6.7	10.8	6.7	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.9	-	11.9	-	11.9	-	-	-
最大值	25.0	16.6	15.7	-	15.7	-	15.7	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8.2	-	8.2	-	8.2	-	-	-
年内变幅	14.8	13.0	7.5	-	7.5	-	7.5	-	-	-

表 6.1.2-6 枯水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		隔水幕墙 (过流 10m)		隔水幕墙 (过流 15m)		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	隔水幕墙 (过流 10m)	隔水幕墙 (过流 15m)
1 月	10.2	3.6	9.3	5.7	9.3	5.7	9.3	5.7	0.0	0.0
2 月	12.3	5.4	8.8	3.4	8.9	3.5	8.9	3.5	0.1	0.1
3 月	13.8	8.2	9	0.8	9.1	0.9	9.1	0.9	0.2	0.2
4 月	17.6	11	9.9	-1.1	10.2	-0.8	10.2	-0.8	0.3	0.3
5 月	21.1	13.7	11.5	-2.2	11.9	-1.8	11.9	-1.8	0.4	0.4
6 月	25	15.6	13.8	-1.8	14.1	-1.5	14.1	-1.5	0.4	0.4
7 月	22.7	16.6	15.1	-1.5	15.1	-1.5	15.1	-1.5	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	16	-0.5	16.0	-0.5	16.0	-0.5	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	16.6	1.8	16.6	1.8	16.6	1.8	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	16	4.6	15.9	4.5	15.9	4.5	-0.1	-0.1
11 月	15	6.9	14.6	7.7	14.4	7.5	14.4	7.5	-0.2	-0.2
12 月	11.4	4.1	11.8	7.7	11.8	7.7	11.8	7.7	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	12.8	-	12.9	-	12.9	-	-	-
最大值	25	16.6	16.6	-	16.6	-	16.6	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8.8	-	8.9	-	8.9	-	-	-
年内变幅	14.8	13	7.7	-	7.7	-	7.7	-	-	-

根据表格分析,采用拦河式隔水幕墙后,丰水年、平水年、枯水年电站下泄低温水均得到一定改善,其中3月~7月较无措施情况下丰、平水年提高了0.0°C~0.4°C,枯水年提高了0.0°C~0.4°C。过流高度10m和15m的拦河式隔水幕墙水温改善效果区别不大,差距都在0.1°C以内。

6.1.2.3 前置挡墙方案

a) 传统型前置挡墙

根据地形条件及水库特性,考虑到淹没水深、临界流速和工程安全等因素限制,传统型前置挡墙为在奔子栏水电站进水口前方设置一堵矩形墙,挡墙整体高度设置为11m,底部高程为2108.5m,挡水高程为2119.5m,厚度为2m,如图6.1.2-2所示。

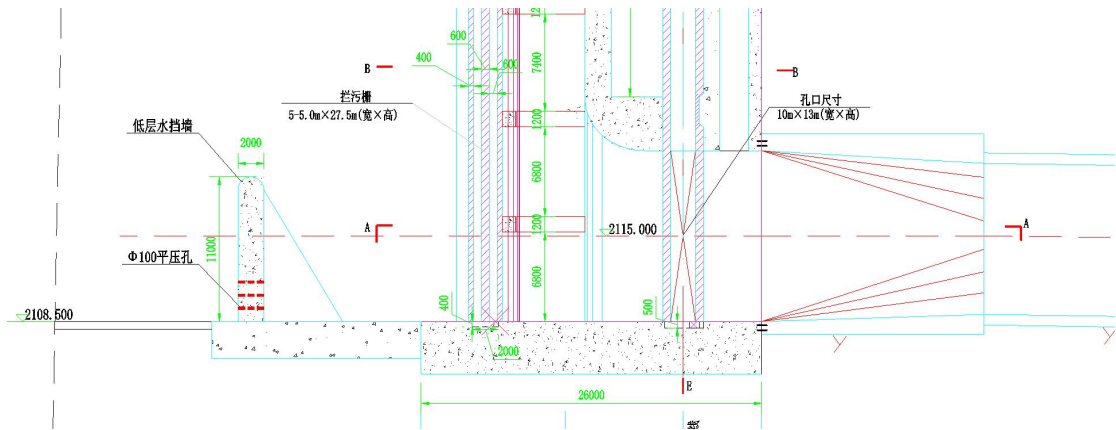


图 6.1.2-2 前置挡墙示意图

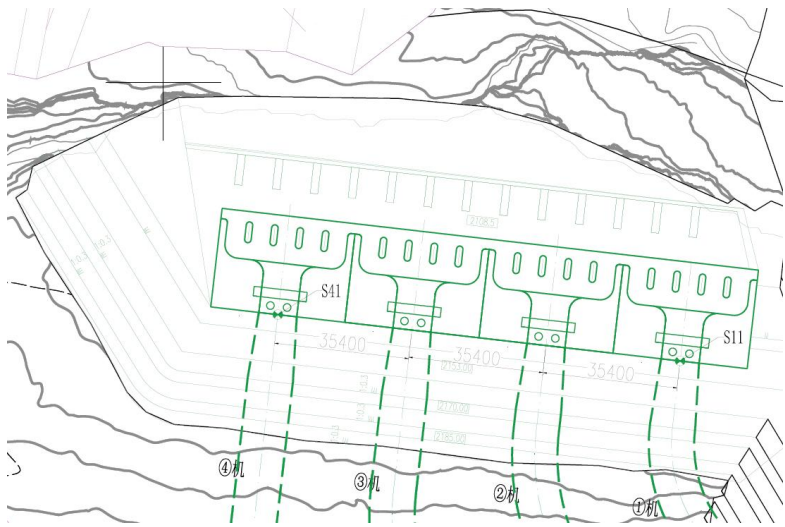
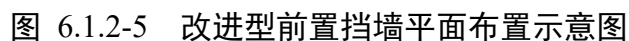
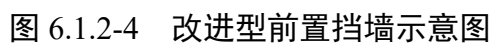


图 6.1.2-3 传统型前置挡墙平面布置图

b) 改进型前置挡墙

为达到尽可能高的取得表层高温水，将前置挡墙由垂向的一堵矩形墙改良为拱形墙，扩大过流断面，提高挡水高度。综合临界流速和工程安全考虑，改进型前置挡墙整体高度设置为 15m，底部高程为 2108.5m，挡水高程为 2123.5m。



奔子栏水电站采取前置挡墙后,各典型年有前置挡墙的下泄水温与无措施下泄水温、天然水温对比见表 6.1.2-7~9。

表 6.1.2-7 丰水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1月	10.2	3.6	8.1	3.5	8.1	3.5	8.2	3.6	0.0	0.1
2月	12.3	5.4	7.5	2.1	7.6	2.2	7.7	2.3	0.1	0.2
3月	13.8	8.2	7.6	-0.6	7.8	-0.4	7.9	-0.3	0.2	0.3
4月	17.6	11	8.3	-2.7	8.6	-2.4	8.6	-2.4	0.3	0.3
5月	21.1	13.7	9.9	-3.8	10.1	-3.6	10.1	-3.6	0.2	0.2
6月	25	15.6	13	-2.6	13.1	-2.5	13.1	-2.5	0.1	0.1
7月	22.7	16.6	15.3	-1.3	15.3	-1.3	15.3	-1.3	0.0	0.0
8月	23.2	16.5	16.4	-0.1	16.4	-0.1	16.4	-0.1	0.0	0.0
9月	22.7	14.8	15.5	0.7	15.5	0.7	15.5	0.7	0.0	0.0
10月	19.6	11.4	13.4	2.0	13.5	2.1	13.5	2.1	0.0	0.1
11月	15	6.9	11.6	4.7	11.7	4.8	11.7	4.8	0.1	0.1
12月	11.4	4.1	9.7	5.6	9.7	5.6	9.8	5.7	0.0	0.1
年均	17.9	10.6	11.4	-	11.5	-	11.5	-	-	-
最大值	25	16.6	16.4	-	16.4	-	16.4	-	-	-
最小值	10.2	3.6	7.5	-	7.6	-	7.7	-	-	-
年内变幅	14.8	13	8.9	-	8.8	-	8.8	-	-	-

表 6.1.2-8 平水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1月	10.2	3.6	8.7	5.1	8.7	5.1	8.8	5.2	0.0	0.1
2月	12.3	5.4	8	2.6	8.1	2.7	8.1	2.7	0.1	0.1
3月	13.8	8.2	8.2	0.0	8.3	0.1	8.4	0.2	0.1	0.2
4月	17.6	11	9.2	-1.9	9.5	-1.5	9.5	-1.5	0.3	0.3
5月	21.1	13.7	10.4	-3.3	10.6	-3.1	10.6	-3.1	0.2	0.2
6月	25	15.6	13.3	-2.3	13.5	-2.1	13.6	-2	0.2	0.3
7月	22.7	16.6	15.3	-1.3	15.3	-1.3	15.3	-1.3	0.0	0.0
8月	23.2	16.5	16.5	0.0	16.5	0	16.5	0	0.0	0.0
9月	22.7	14.8	16	1.2	16	1.2	16	1.2	0.0	0.0
10月	19.6	11.4	14.2	2.8	14.2	2.8	14.2	2.8	0.0	0.0
11月	15	6.9	12.4	5.5	12.5	5.6	12.5	5.6	0.1	0.1

表 6.1.2-8(续)

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
12月	11.4	4.1	10	5.9	10	5.9	10	5.9	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.9	-	12	-	12	-	-	-
最大值	25	16.6	16.5	-	16.5	-	16.5	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8	-	8.1	-	8.1	-	-	-
年内变幅	14.8	13	8.5	-	8.4	-	8.4	-	-	-

表 6.1.2-9 枯水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1月	10.2	3.6	10.3	6.7	10.4	6.8	10.4	6.8	0.1	0.1
2月	12.3	5.4	9.3	3.9	9.3	3.9	9.3	3.9	0.0	0.0
3月	13.8	8.2	9.2	1.0	9.4	1.2	9.4	1.2	0.2	0.2
4月	17.6	11	10	-1.0	10.2	-0.8	10.3	-0.7	0.2	0.3
5月	21.1	13.7	11.4	-2.3	11.7	-2.0	11.7	-2	0.3	0.3
6月	25	15.6	13.9	-1.7	14.2	-1.4	14.2	-1.4	0.3	0.3
7月	22.7	16.6	15.5	-1.1	15.5	-1.1	15.5	-1.2	0.0	0.0
8月	23.2	16.5	16.7	0.2	16.8	0.3	16.8	0.3	0.1	0.1
9月	22.7	14.8	17.2	2.4	17.2	2.4	17.2	2.4	0.0	0.0
10月	19.6	11.4	16.4	5.0	16.3	5.0	16.3	5.0	-0.1	-0.1
11月	15	6.9	15	8.1	14.9	8.0	14.9	8	-0.1	-0.1
12月	11.4	4.1	12.5	8.4	12.5	8.4	12.5	8.4	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	13.2	-	11.5	-	11.5	-	-	-
最大值	25	16.6	17.2	-	17.2	-	17.2	-	-	-
最小值	10.2	3.6	9.2	-	9.3	-	9.3	-	-	-
年内变幅	14.8	13	8	-	7.9	-	7.8	-	-	-

由表可见,采用传统型前置挡墙后,各典型年电站下泄低温水得到较明显的改善,在3月~7月较无措施分别提高了0.0°C~0.3°C。采用改进型前置挡墙后,电站下泄低温水得到较明显的改善,各典型年在3月~7月较无措施分别提高了0.0°C~0.3°C。其中改进型前置挡墙相对于传统型前置挡墙丰水年3月水温改善效果由0.2°C提升至0.3°C;平水年在3月水温改善效果由0.1°C提升至0.2°C,在6月水温改善效果由0.2°C提升至0.3°C;枯水年4月水温改善效果由0.2°C提升至0.3°C。

d) 岗托投运后前置挡墙措施效果分析

各典型年有前置挡墙的下泄水温与无措施下泄水温、坝址天然水温对比见表 6.1.2-10~12。

表 6.1.2-10 丰水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1 月	10.2	3.6	8.3	4.7	8.3	4.7	8.3	4.7	0.0	0.0
2 月	12.3	5.4	7.7	2.3	7.8	2.4	7.8	2.4	0.1	0.1
3 月	13.8	8.2	7.8	-0.4	7.9	-0.3	7.9	-0.3	0.1	0.1
4 月	17.6	11	9	-2.0	9.2	-1.8	9.3	-1.7	0.2	0.3
5 月	21.1	13.7	10.3	-3.4	10.5	-3.2	10.5	-3.2	0.2	0.2
6 月	25	15.6	12.1	-3.6	12.2	-3.4	12.2	-3.4	0.1	0.1
7 月	22.7	16.6	13.9	-2.7	13.9	-2.7	13.9	-2.7	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	15.6	-0.9	15.6	-0.9	15.6	-0.9	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	15.4	0.6	15.4	0.5	15.4	0.5	0.0	0.0
10 月	19.6	11.4	13.9	2.5	13.9	2.5	13.9	2.5	0.0	0.0
11 月	15	6.9	12.3	5.4	12.4	5.5	12.4	5.5	0.1	0.1
12 月	11.4	4.1	10.2	6.1	10.2	6.1	10.2	6.1	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.4	-	11.5	-	11.5	-	-	-
最大值	25	16.6	15.6	-	15.6	-	15.6	-	-	-
最小值	10.2	3.6	7.7	-	7.8	-	7.8	-	-	-
年内变幅	14.8	13	7.9	-	7.8	-	7.8	-	-	-

表 6.1.2-11 平水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1 月	10.2	3.6	8.7	5.1	8.8	5.2	8.8	5.2	0.1	0.1
2 月	12.3	5.4	8.2	2.8	8.3	2.9	8.3	2.9	0.1	0.1
3 月	13.8	8.2	8.3	0.1	8.4	0.3	8.5	0.3	0.1	0.2
4 月	17.6	11	9.5	-1.5	9.7	-1.3	9.7	-1.3	0.2	0.2
5 月	21.1	13.7	10.8	-2.9	11.0	-2.6	11.1	-2.6	0.2	0.3
6 月	25	15.6	12.7	-2.9	12.9	-2.7	12.9	-2.7	0.2	0.2
7 月	22.7	16.6	14.3	-2.3	14.3	-2.3	14.3	-2.3	0.0	0.0
8 月	23.2	16.5	15.7	-0.8	15.7	-0.8	15.7	-0.8	0.0	0.0
9 月	22.7	14.8	15.7	0.9	15.7	0.9	15.7	0.9	0.0	0.0

表 6.1.2-11(续)

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
10月	19.6	11.4	14.5	3.1	14.5	3.1	14.5	3.1	0.0	0.0
11月	15	6.9	13.1	6.2	13.2	6.3	13.2	6.3	0.1	0.1
12月	11.4	4.1	10.8	6.7	10.8	6.7	10.8	6.7	0.0	0.0
年均	17.9	10.6	11.9	-	11.9	-	11.9	-	-	-
最大值	25	16.6	15.7	-	15.7	-	15.7	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8.2	-	8.3	-	8.3	-	-	-
年内变幅	14.8	13	7.5	-	7.5	-	7.5	-	-	-

表 6.1.2-12 枯水年奔子栏水电站各月月均下泄水温对比表 单位: °C

月份	气温	坝址水温	无措施		传统型前置挡墙		改进型前置挡墙		改善效果	
			月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	月均下泄水温	与坝址水温差值	传统型前置挡墙	改进型前置挡墙
1月	10.2	3.6	9.3	5.7	9.3	5.7	9.3	5.7	0.0	0.0
2月	12.3	5.4	8.8	3.4	8.8	3.5	8.9	3.5	0.0	0.1
3月	13.8	8.2	9	0.8	9.1	0.9	9.1	0.9	0.1	0.1
4月	17.6	11	9.9	-1.1	10.1	-0.9	10.2	-0.8	0.2	0.3
5月	21.1	13.7	11.5	-2.2	11.8	-1.9	11.8	-1.9	0.3	0.3
6月	25	15.6	13.8	-1.8	14.0	-1.6	14.1	-1.5	0.2	0.3
7月	22.7	16.6	15.1	-1.5	15.1	-1.6	15.1	-1.6	0.0	0.0
8月	23.2	16.5	16	-0.5	16	-0.5	16	-0.5	0.0	0.0
9月	22.7	14.8	16.6	1.8	16.6	1.8	16.6	1.8	0.0	0.0
10月	19.6	11.4	16	4.6	15.9	4.5	15.9	4.5	-0.1	-0.1
11月	15	6.9	14.6	7.7	14.5	7.6	14.5	7.6	-0.1	-0.1
12月	11.4	4.1	11.8	7.7	11.9	7.8	11.9	7.8	0.1	0.1
年均	17.9	10.6	12.8	-	12.9	-	12.9	-	-	-
最大值	25	16.6	16.6	-	16.6	-	16.6	-	-	-
最小值	10.2	3.6	8.8	-	8.9	-	8.9	-	-	-
年内变幅	14.8	13	7.7	-	7.7	-	7.7	-	-	-

根据表格分析结果,各典型年采用传统型前置和改进型前置挡墙后,电站下泄低温水得到较明显的改善,其中丰、平水年3月~7月采用传统型前置较无措施分别提高了0.0°C~0.2°C,枯水年提高了0.0°C~0.3°C;采用改进型前置挡墙后,各典型年在3月~7月较无措施均提高了0.0°C~0.3°C。改进型前置挡墙相对于传统型前置挡墙在丰水年4月水温改善效果由0.2°C提升至0.3°C;平水年3月水温改善效

果由 0.1°C 提升至 0.2°C ，5 月水温改善效果由 0.2°C 提升至 0.3°C ；枯水年 4 月和 6 月水温改善效果均由 0.2°C 提升至 0.3°C 。

6.1.2.4 水温减缓措施比选论证

岗托水电站投运前联合运行情况下，丰、平、枯水年采用拦河式隔水幕墙后，电站下泄低温水均得到改善，在 3 月~7 月较无措施情况下分别提高了 0.0°C ~ 0.4°C ；由于挡水高程达不到温跃层，过流高度 10m 和 15m 的拦河式隔水幕墙水温改善效果区别不大，差距都在 0.1°C 以内；岗托水电站投运后，采用拦河式隔水幕墙后，丰、平、枯水年电站下泄低温水均得到较明显的改善，其中 3 月~7 月较无措施情况下丰、平水年提高了 0.0°C ~ 0.4°C ，枯水年提高了 0.0°C ~ 0.4°C 。由于挡水高程达不到温跃层，过流高度 10m 和 15m 的拦河式隔水幕墙水温改善效果区别不大，差距都在 0.1°C 以内。

岗托水电站投运前，由于改进型前置挡墙虽然通过调整挡墙形态达到取更高层水温的目的，但是奔子栏水电站属于日调节水库，正常蓄水位为 2138m，而进水口以上温跃层位置在 2130m 位置，改进型前置挡墙虽然挡水高程有所提升，但是受过流流速，淹没水深和工程安全型限制，改进型前置挡墙顶部高程只能设置在 2123.5m，因此改进型前置挡墙与传统型前置挡墙水温改善效果整体相差不是很大，最大改善效果提升为 0.1°C 。岗托水电站投运后，由于改进型前置挡墙虽然通过调整挡墙形态达到取更高层水温的目的，但是奔子栏水电站属于日调节水库，正常蓄水位为 2148m，而进水口以上温跃层位置在 2130m 位置，改进型前置挡墙虽然挡水高程有所提升，但是受过流流速，淹没水深和工程安全型限制，改进型前置挡墙顶部高程只能设置在 2123.5m，因此改进型前置挡墙与传统型前置挡墙水温改善效果整体相差不是很大，最大改善效果提升为 0.1°C 。

通过对拦河式隔水幕墙和前置挡墙方案进行效果分析比选，从水温改善效果上，拦河式隔水幕墙 3 月~7 月在部分工况较前置挡墙方案仅有 0.1°C 提升，效果不明显；而电站下泄水流受气温等沿程增温影响流至下游鱼类产卵场后水温效果几乎无差别。奔子栏水电站为日调节水库，采用拦河式隔水幕墙需要拦挡主河道，存在行洪安全风险；同时，采用拦河式隔水幕墙工程造价远高于前置挡墙方案。因此，从安全性、工程造价上分析，前置挡墙方案相对于拦河式隔水幕墙方案来说性价比更高。

综合考虑，奔子栏水电站水温影响减缓措施推荐采用改进型前置挡墙方案。

6.1.3 气体过饱和影响减缓措施

奔子栏电站坝下 TDG 过饱和减缓措施主要考虑运行调度方面的措施。主要提出以下几个方面的建议。

a) 泄水建筑物优选

根据预测结果，对比分析工况 1(2 表孔，泄水流量 $3113\text{m}^3/\text{s}$)、工况 2(1 表孔，泄水流量 $2515\text{m}^3/\text{s}$)可知，泄量增大，但坝下 TDG 饱和度生成水平缺略有降低，这是因为泄量增大的同时，泄水孔口开启数量增加，泄水单宽流量减小，所以 TDG 饱和度生成水平有小幅下降。

奔子栏水电站设置有 3 个表孔，在满足工程安全的前提下，电站泄水调度中应尽量启用多个泄水孔分配泄水流量，减小泄水单宽流量，降低 TDG 饱和度。

b) 优化发电与泄水流量分配

国内外研究普遍认为，发电尾水 TDG 饱和度与坝前 TDG 饱和度一致，由于奔子栏电站上游来流 TDG 较低。因此，奔子栏水电站泄洪期间应尽可能增大奔子栏电站发电流量，减少泄水流量将有助于降低奔子栏电站下游河段 TDG 饱和度。

c) 泄水过程优化研究

四川大学室内开展的岩原鲤幼鱼在过饱和 TDG 环境中间歇暴露实验初步表明，鱼类在受过饱和 TDG 胁迫一定时间后能在平衡饱和态水中逐渐恢复，因此探讨间歇泄水方式有利于受过饱和 TDG 胁迫后鱼类的再恢复，从而提高鱼类在 TDG 过饱和环境中的耐受时间。但为了满足洪水总量的宣泄目标，确保行洪安全，建议在深化鱼类耐受性研究的基础上，开展间歇泄水的原位实验研究，以探求基于行洪安全的对鱼类影响较小的泄水方式。

6.1.4 施工期废污水处理措施

本工程施工废(污)水主要包括砂石料加工废水、修配系统废水、混凝土拌合系统废水、基坑排水、洞室排水、生活污水以及筹建期污废水处理。奔子栏水电站除了可研阶段规划的 1#砂石系统、1#混凝土系统以及 2#砂石系统、2#混凝土系统产生的废水按本报告要求工艺流程处理达标循环利用外，在该两套砂石、混凝土施工安装投用前，为满足道路交通、场地平整等前期准备工程施工需要，施工承包人自行建设的小型砂石加工厂、混凝土拌合站，废水处理工艺流程及标准参照本报告要求

执行，且在施工建设前，按照地方环保主管部门要求办理报告、备案等手续，接受地方环保主管部门的日常监督管理。需根据施工区布置以及废(污)水来源、分布、性质，合理布置施工废(污)水处理措施。

6.1.4.1 砂石料加工废水处理

1) 处理规模

本工程共设置 2 套砂石加工系统。①砂石加工系统布置于甲学沟综合场平区及其上游坡地，前期导流及岸坡工程在出线平台布置②砂石加工系统，用水量分别为 800 m³/h、210 m³/h，根据料源级配情况等相关资料分析，砂石加工废水设计进水水质为：SS 为 20000mg/L~90000mg/L。根据《水电工程环境保护设计规范(NB/T 10504-2021)》第 5.2.1 条规定：“砂石料加工废水设计处理规模应根据施工期高峰用水量确定，宜按用水量的 70%~80%计算”。

表 6.1.4-1 砂石加工系统生产能力及废水排水情况一览表

系统名称	用水量	废水量	废水处理设计规模
①砂石加工系统	800 m ³ /h	640 m ³ /h	700 m ³ /h
②砂石加工系统	210 m ³ /h	168 m ³ /h	200 m ³ /h

2) 系统布置

本工程 2 套砂石加工生产废水处理系统分别布置在上、下水库砂石生产加工系统内。砂石加工生产废水经处理后达到《水电工程施工组织设计规范》(NB/T 10491-2021)要求(SS≤100 mg/L)后回用至砂石系统。

3) 方案比选

根据砂石料系统本身的工艺特点，拟定 3 个方案进行工艺及其技术经济比较。

方案一：采用三级沉淀法

三级沉淀法是指高浓度悬浮物生产废水经汇流、收集，进入沉淀池，在沉淀池中进行沉淀。该工艺将泥渣颗粒分作三级，分别为第一沉淀池、第二沉淀池、絮凝沉淀池。通过控制平流沉淀池的水力停留时间对废水中的颗粒进行分级，粗颗粒泥渣在絮凝沉淀池之前沉降；平流沉淀池设有多个泥斗，以便及时排泥，并作迅速脱水处理。细颗粒泥渣则通过絮凝沉淀池进行沉淀，并在预浓缩池进行预脱水，最后通过脱水设备进行脱水，脱水后污泥就近运至指定渣场进行处理。

方案二：DH 高效(旋流)污水净化法，流程见图 6.1.4-2。系列一体化 DH 高效污水净化器利用直流混凝、微絮凝造粒、离心分离、动态把关过滤和压缩沉淀的原

理，将污水净化中的混凝反应、离心分离、重力沉降、动态过滤、污泥浓缩等处理技术有机组合集成在一起，在同一罐体内短时间完成污水的多级净化。

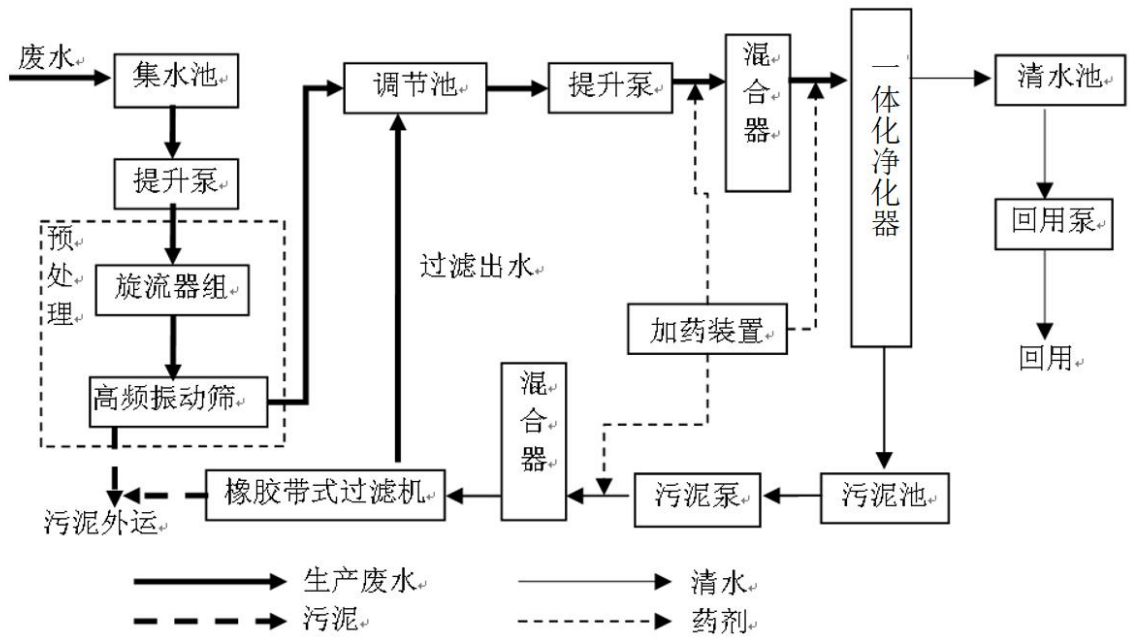


图 6.1.4-1 DH 高效旋流器工艺流程示意图

方案三：采用高效浓密机法，砂石料加工系统生产废水处理工艺采用预处理+高效浓密机+混凝沉淀二级处理工艺，砂石料加工系统废水进入废水收集池，经废水提升泵提升至浓密机，废水经加药沉淀后，上清水从浓密机周边出水槽流出，进入混凝沉淀一体化设备，处理后回用至清水池，再泵送至生产车间循环利用。浓密机底泥经渣浆泵提升至压滤机将污泥脱水，脱水后滤饼经带式输送机输送至装车区域并外运处置。

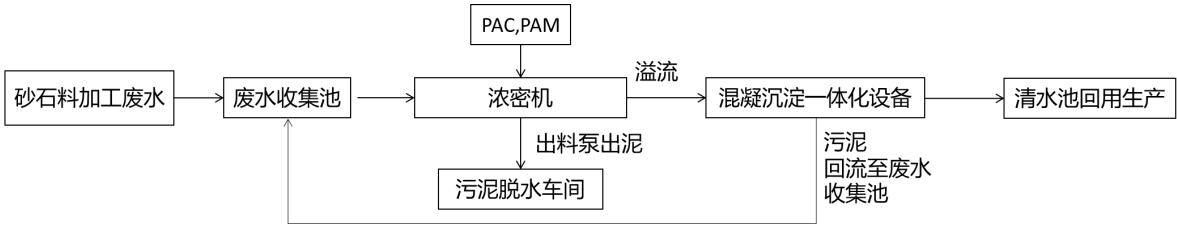


图 6.1.4-2 高效浓密机工艺流程图

砂石加工系统生产废水处理方案比选情况见表 6.1.4-1。

表 6.1.4-1 砂石加工系统生产废水处理方案比选表

方案	方案 1 三级沉淀法	方案 2 DH 高效污水净化器	方案 3 高效浓密机法
进水浓度要求	无	小于 60,000 mg/L	30000mg/L≤SS≤100000mg/L
出水水质	SS≤100mg/L	SS≤100mg/L	SS≤100mg/L
设备土建投资	无主体设备，设备投资少，沉淀池占地大，土建成本较高。	投资高，主要为设备成本	投资较高，主要为设备成本
运行管理难度	不存在大型水处理设备，运维简单。存在清淤困难的问题。	设备运行管理简单，自动化程度高，运行稳定。	设备运行管理简单，自动化程度高，运行稳定。
运行费用	运行费用最低，主要为人工费、泵房和机械脱水产生的电费。	运行成本主要为电费、药剂费、人工费、设备维护费、设备折旧费。药剂成本约 0.3 元/方。	运行成本主要为电费、药剂费、人工费、设备维护费、设备折旧费。其中药剂用量约 80-100g/t，药剂成本约 0.2-0.3 元/方。
污泥处理比较	底部泥渣清理较困难，机械脱水，排泥浓度低。	机械脱水	机械脱水
占地面积	大	较小	中等

根据表 6.1.4-1 以及砂石加工系统布置的地形条件和废水特征，综合考虑占地面积、工程投资、运行费用、管理方便程度、处理负荷潜力和实际应用以及效果等多方面，对 3 个方案进行了比选，DH 高效沉淀适用于处理 SS 浓度在 50000mg/L 以下的废水，且设备成本高，运维费用较高。三级沉淀法占地面积大，自动化程度低，运维较复杂。高效浓密机方案进水浓度要求低，工艺处理效果好，自动化程度高，运行管理较方便，费用低，而本工程砂石系统场地能够满足废水处理系统占地要求，比较适合于本工程砂石废水处理。选择方案 3 作为推荐方案。

4) 构筑物设计

根据本工程砂石加工系统的地形和地质条件进行设计，砂石加工废水处理设施处理规模确定为 700 m³/h，200 m³/h。主要构筑物见表 6.1.4-2。

表 6.1.4-2 砂石加工系统生产废水处理主要(建)构筑物一览表

序号	主要构筑物/设备	数量	尺寸/型号	备 注
一	主体工程砂石加工系统(700 m ³ /h)			
1	废水收集池	1 座	12.3m×8.8m×2.2m	钢混结构
2	清水池	1 座	直径 14m×4.5m	钢混结构
3	加药间及脱水机房	1 座	24.0m×23.0m×7.2m	钢结构
4	事故应急池	1 座	16.8m×10.8m×4.0m	钢混结构

表 6.1.4-2(续)

序号	主要构筑物/设备	数量	尺寸/型号	备 注
二	前期导流及岸坡工程砂石加工系统(200 m ³ /h)			
1	废水收集池	1 座	8.8m×6.3m×2.2m	钢混结构
2	清水池	1 座	直径 8m×4.5m	成品
3	加药间及脱水机房	1 座	17.5m×13.1m×7.2m	钢结构
4	事故应急池	1 座	16.5m×7.5m×4.0m	钢混结构

表 6.1.4-3 砂石加工废水处理主要设备表

序号	名称	参数	单位	数量	备注
一	主体工程砂石加工系统(700 m ³ /h)				
1	卧式渣浆泵	Q=350m ³ /h, H=25m, P=75kW	台	3	进水提升泵, 两用一备, 变频
2	污水搅拌器	单层叶轮直径 D=2.6m, 转速: 20 转/min, P=7.5kW	台	2	配套钢制横梁固定
3	卧式渣浆泵	Q=100m ³ /h, H=25m, P=18.5kW	台	2	事故池排放泵, 一用一备, 定频
4	浓密机	处理量 Q=350m ³ /h, 直径 D=10m	台	2	
5	混凝沉淀一体化设备	Q=350m ³ /h	台	1	设计进水 SS=1000mg/L, 出水 SS<100mg/L。一体化处理设备需包含混合箱、絮凝箱、沉淀箱、加药设备等系统
6	出泥渣浆泵	Q=70m ³ /h, H=30m, N=18.5kW	台	3	浓密机出泥用, 两用一备, 变频
7	底泥冲洗系统	位于浓密机底部, 在底泥发生部分板结或堵塞时可直接冲洗疏通	套	2	底泥冲洗用, 与浓密机成套供应
8	自动加药系统	具备自动泡药、自动加药等功能	套	2	由浓密机厂家配套选型并成套供应, 安装于加药间
9	自动控制系统	具备浓密机各系统自动控制相关功能	套	2	与浓密机成套供应
10	进料渣浆泵	Q=320m ³ /h, H=80m, P=150kW	台	2	压滤机进料用, 一用一备, 定频
11	清水罐	D=10m, V=700m ³	台	1	钢制, 预留搅拌桨安装空间
12	清水泵	Q=700m ³ /h, H=30m, N=90kW	台	2	清水供水用, 一用一备, 变频
13	隔膜压滤机	过滤面积 800m ² , 滤室容积 16m ³	台	2	配套拉板、控制、液压、清洗等系统
14	压滤机供气系统	包含压榨气罐、反吹气罐、阀门气罐及配套空压机、冷干机及附属配件	套	1	由压滤机厂家成套提供
15	水平带式输送机	B=1.0m, 长度 L=12m, N=4kW	台	2	

表 6.1.4-3(续)

序号	名称	参数	单位	数量	备注
16	倾斜式带式输送机	B=1.0m, 长度 L=5.5m, $\alpha=20^\circ$, N=4kW	台	2	
17	超声波液位计	0~5m	台	2	安装于废水收集池、 储泥罐
18	进水电磁流量计	流量范围: 0-1000m ³ /h, 介质: 泥水	台	1	安装于废水收集池渣 浆泵后
19	pH 在线监测设备		套	1	
20	SS 在线监测设备		套	1	
21	电气照明自控材料	控制柜、电缆、灯具、接线盒、 压力表等	台	1	
22	废水处理器材	管道、阀门、埋件等, 砂石系统 出水口至废水处理站的管道及构 筑物之间连接管道	台	1	
二	前期导流及岸坡工程砂石加工系统(200 m ³ /h)				
1	液下渣浆泵	Q=200m ³ /h, H=22m, P=37kW	台	2	一用一备, 变频
2	污水搅拌器	单层叶轮直径 D=2.6m, 转速:20 转/min, P=7.5kW	台	2	水上部分碳钢, 水下 部分不锈钢, 配套钢 制横梁固定
3	中心传动自动提耙 高效浓缩机	处理量 Q=100m ³ /h, 直径 D=6m, N=3kW	台	2	含中心桶进料系统、 溢流堰板出水系统、 稳流桶、支座及配套 安装附件等
4	混凝沉淀一体化 设备	Q=100m ³ /h	台	1	设计进水 SS=1000mg/L, 出水 SS<100mg/L。 一体化处理设备需包 含混合箱、絮凝箱、 沉淀箱、加药设备等 系统
5	渣浆泵	Q=140m ³ /h, H=80m, N=90kW	台	2	压滤机进料专用渣浆 泵, 轮流进料, 互为 备用
6	自动加药系统	具备自动泡药、自动加药等功能	套	1	与浓密机成套供应, 位于加药间
7	自动控制系统	具备浓密机各系统自动控制相关 功能	套	1	与浓密机成套供应
8	清水罐	D=8m, V=200m ³	台	1	钢制, 配套液位监测 系统
9	清水泵	Q=200m ³ /h, H=40m, N=45kW	台	2	清水供水用, 一用一 备, 变频
10	隔膜压滤机	过滤面积 400m ² , 滤室容积 7m ³ , 功率 N=11+2.2+1.1kW	台	2	配套拉板、控制、液 压等系统
11	压滤机供气系统	包含压榨气罐、反吹气罐、阀门 气罐及配套空压机、冷干机及附 属配件	套	1	由压滤机厂家成套 提供

表 6.1.4-3(续)

序号	名称	参数	单位	数量	备注
12	水平带式输送机	B=1.0m, 长度 L=12m, N=4kW	台	2	
13	倾斜式带式输送机	B=1.0m, 长度 L=5.5m, $\alpha=20^\circ$, N=4kW	台	2	
14	超声波液位计	0~5m	台	2	安装于废水收集池、储泥罐
15	进水电磁流量计	流量范围: 0-350m ³ /h, 介质: 泥水	台	1	安装于废水收集池渣浆泵后
16	pH 在线监测设备		套	1	
17	SS 在线监测设备		套	1	
18	电气照明自控材料	控制柜、电缆、灯具、接线盒、压力表等	批	1	
19	废水处理器材	管道、阀门、埋件等, 砂石系统出水口至废水处理站的管道及构筑物之间连接管道	批	1	

6.1.4.2 修配系统废水处理

1) 处理规模与系统布置

水电工程含油废水来自于施工区油污染, 施工区机械设备与运输车辆在运行、维修过程中产生的滴漏以及停放、维修场地的清洗产生油污。本工程含油废水主要来源于修配厂内机械保养站。根据《水电工程环境保护设计规范》(NB/T 10504-2021)第 5.3.1 条规定: “修配系统废水设计处理规模应根据施工期高峰用水量确定, 宜按用水量的 80%~90%计算”。根据施工布置, 本工程推荐方案集中在东竹林沟综合场平和森恩综合场平区布置了 2 座施工机械修配厂及汽车保养站, 用水量分别为 12m³/h、20m³/h, 高峰期污水产生量分别为 151.2m³/d、252m³/d。根据相关研究成果, 修配系统废水主要污染物为石油类、COD_{Cr} 和悬浮物, 浓度一般分别为 10mg/L~30mg/L、25mg/L~200mg/L 和 500mg/L~2000mg/L。废水处理系统可布置在机械修配厂内, 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。

2) 方案比选

方案 1: 采用隔油池-气浮除油法。废水用压缩空气加压到 0.34MPa~4.8MPa, 使溶气达到饱和, 当压缩过的气液混合物置于正常大气压下的气浮设备中时, 微小的气泡从溶液中释放出来, 油珠即可在这些小气泡作用下上浮, 使这些物质附着在絮状物中。气固混合物上升到池表面, 即被撇出。这种可用定型设备隔油池与一体化气浮设备, 投资较大, 但处理方法效果好。

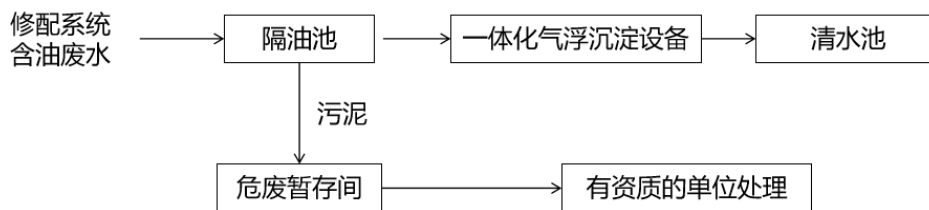


图 6.1.4-3 隔油池-气浮除油法流程图

方案 2：采用小型隔油池，隔油池构筑示意图如下。污水在小型隔油池内由浮子撇油器排除废油，废水再经焦碳过滤器进一步除油。该方案处理效果好，构造简单，造价低，比较实用。

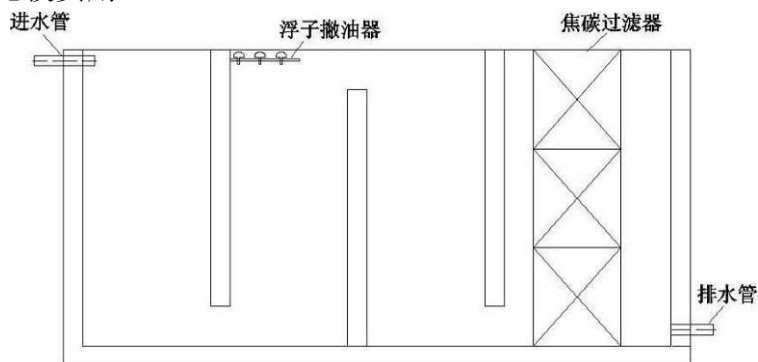


图 6.1.4-4 小型隔油池

方案 3：采用沉淀法，具体工艺流程见下图，虽然处理效果比较好，但是其占地施工面积较大。



图 6.1.4-5 隔油—沉淀法

方案 2 和方案 3 结构简单、造价低、比较实用，但处理效果有限，很难达到预期处理效果，出水水质有超标的风险。综合比较，推荐方案 1 作为修理系统废水处理的处理方案。

3) 推荐方案工艺流程设计

本工程施工区含油废水采用隔油池和气浮池定型设备。通过在隔油池内设置隔板，污水在小型隔油池内进行油水分離，后进入气浮池，投加混凝剂使其形成较大的絮凝体，并去除乳化油和悬浮颗粒，处理达标后出水按要求回用，出水回收利用。隔油池每运行 10d 进行除油排泥，油泥集中后应交有危废处理能力和资质的单位进行处理。该方法处理效果好，管理方便，比较实用。

表 6.1.4-4 修配系统废水处理主要(建)构筑物设计参数

序号	主要构筑物/设备	主要工艺参数
1	隔油池	设计去除率 70%，停留时间 30min，清掏周期 7d。
2	气浮池	设计去除率 85%，停留时间 45min，回流比 30%，污泥池出泥含水率 70%
3	清水池	停留时间 1h

修配系统废水主要来自机械维修冲洗，其排放量与每次软管冲洗 2 辆汽车产生量相当，因此隔油池可参考建设部《小型排水构筑物标准图集 04S519》(GJBT-716)钢筋混凝土隔油沉淀池进行设计。隔油池和气浮池占地面积很小，可直接布置在各修配厂内。修配系统废水处理系统主要构筑物设计见表 6.1.4-5。

表 6.1.4-5 修配系统废水处理设施主要构筑物及设备一览表

序号	主要构筑物或设备	数量	尺寸/型号	备注
东竹林沟综合场平含油废水处理系统(20m³/h)				
1	隔油池	1 套	3.4m×1.7m×3.0m	钢混
2	清水池	1 座	5.5m×3.0m×3.0m	钢混
3	钢制设备间	1 套	5.5m×2.5m×3.0m	轻钢
4	电控系统	1 套		含出水在线检测
5	污水提升泵	1 台	Q=30m³/h, H=20m, N=3.5kW	变频，一用一备
6	气浮机	1 套	处理量 Q=20m³/h	成品
7	加药装置	1 座		
8	回用水提升泵	2 台	潜污泵, Q=30m³/h, H=20m, N=3.5kW	变频，一用一备
9	污泥桶	1 个	V=1.5m³	
10	排泥泵	2 台	卧式渣浆泵, Q=20 m³/h, H=14 m, N=2.2 kW	
森恩综合场平区含油废水处理系统(12m³/h)				
1	隔油池	1 套	3.4 m×1.6 m×1.9 m	钢混
2	回用水池	1 座	3.3 m×1.9 m×1.7 m	钢混
3	电控系统	1 套		含出水在线检测
4	污水提升泵	2 台	干式离心泵, Q=12m³/h, H=10 m, N=0.75 kW	变频,一用一备
5	气浮机	1 台	处理量 Q=10m³/h	
6	加药装置	1 套		
7	加药间及中控室	1 座	3.9 m×2.0 m×3.5 m	轻钢
8	回用水提升泵	2 台	潜污泵,Q=10 m³/h, H=12 m, N=0.75 kW	变频,一用一备
9	污泥桶	1 个	V=1.5m³	
10	排泥泵	2 台	卧式渣浆泵, Q=20 m³/h, H=14 m, N=2.2 kW	

表 6.1.4-5(续)

序号	主要构筑物或设备	数 量	尺寸/型号	备 注
1	隔油池	2 套	3.4m×1.7m×3.0m	钢混
2	清水池	2 座	5.5m×3.0m×3.0m	钢混
3	钢制设备间	2 座	5.5m×2.5m×3.0m	轻钢
4	电气设备	2 套		
5	污水提升泵	4 台	Q=30m ³ /h, H=20m, N=3.5kW	变频, 一 用一备
6	气浮机	2 台	处理量 Q=20m ³ /h	成品
7	加药装置	2 套		
8	回用水提升泵	4 台	潜污泵, Q=30m ³ /h, H=20m, N=3.5kW	变频, 一 用一备
9	电控系统	2 批		
10	管道管件阀门	2 批		

本处理系统主要设备为隔油池-气浮装置, 基建量小, 连接好管道即可运行, 运行时利用高差, 设备进水、出水、放油均为自动完成, 且设备基本不需要人员管理, 一般只需一人兼管即可。含油废水量少, 经隔油池处理达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020) 车辆冲洗用水标准后, 可回用于洗车用水。

6.1.4.3 混凝土拌和系统废水处理

本工程共布置 2 处主体工程混凝土生产系统, 混凝土系统每班末冲洗时间为 20 min, 冲洗流量取 0.0083 m³/s, 则单次系统冲洗量为 10 m³, 按每天冲洗 4 次计, 每个混凝土系统废水产生量为 40 m³/d。混凝土生产系统废水呈碱性, 废水中悬浮物浓度在 1500mg/L~2500mg/L 之间。混凝土系统生产废水主要为冲洗所产生的废水, 仅在交接班时对混凝土拌和楼进行的清洗时产生, 仅仅是在几分钟内完成, 是间断瞬时性的。混凝土冲洗废水污染物成分简单, 废水量少。

针对混凝土系统冲洗废水量少, 冲洗时间短的特点, 拟采用三种方案进行比选:

方案 1: 竖流式沉淀工艺。采用竖流式沉淀池, 特点是占地面积小, 处理效果较好, 但施工难度大, 造价高。

方案 2: 矩形处理池。利用换班时间将冲洗废水排入调节池内, 静置至下期换班放出至清水池。沉淀的污泥抽往污泥池暂存此池工艺简单, 造价低。但处理效果一般。

方案 3: 一体化混凝沉淀工艺。采用一体化混凝沉淀设备, 特点是便于维护, 抗冲击负荷能力强, 处理效果较好, 但占地较大。

对比以上 3 个方案，方案 3 处理效果好，抗冲击负荷能力强，便于维护，处理效果好，综合比较后推荐方案 3 作为首选方案。

混凝土系统冲洗废水采用一体化混凝沉淀设备对其处理，冲洗废水经过砂石分离器回收砂石后进入三级沉淀池沉淀预处理，提升进入一体化沉淀设备进行处理，向设备中投加酸性药剂(草酸)调节 pH 值、投加 PAC 和 PAM 加速沉淀后，上清液进入清水池回用于本系统施工用水，根据《水电工程施工组织设计规范》(NB/T 10491-2021)要求，混凝土冲洗废水处理后回用标准为 $SS \leq 100\text{mg/L}$ 。清水池的出水端设置为活动式，便于清运和调节水位。各池内污泥因产生量小，可沉淀至一定程度后运至回填区、渣场。处理流程见图 6.1.4-3。

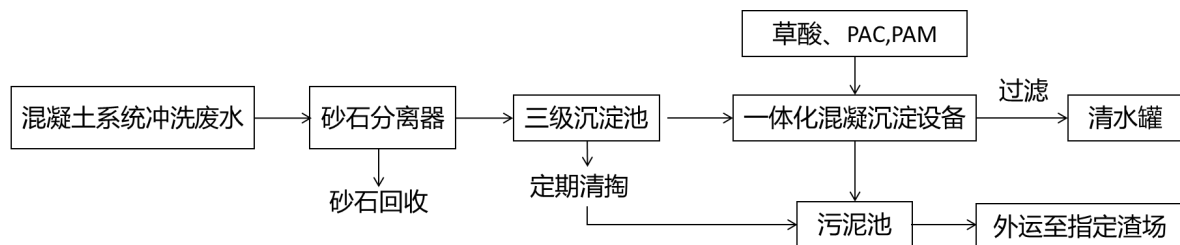


图 6.1.4-6 混凝土拌和系统废水处理工艺流程图

根据《水电工程环境保护设计规范》(NB/T 10504-2021)第 5.4.1 条规定：“混凝土拌和系统废水设计处理规模应根据施工期高峰期骨料二次冲洗、拌和系统和场地冲洗用水量确定。根据相关研究成果，混凝土拌和系统废水一般呈碱性，悬浮物为主要污染物，浓度一般在 $1500\text{mg/L} \sim 2500\text{mg/L}$ 之间；骨料二次冲洗废水主要污染物为悬浮物，浓度一般在 $20000\text{mg/L} \sim 90000\text{mg/L}$ 之间。通过混凝土拌合废水处理系统，处理后水体的 pH 值为 $6 \sim 9$ ，悬浮物含量小于 100mg/L ，达到《水电工程施工组织设计规范》(NB/T10491-2021)要求的混凝土系统回用的标准。

表 6.1.4-6 混凝土生产系统废水处理主要构筑物及设备表

序号	主要构筑物或设备	数量	尺寸/型号	备注
1	砂石分离器	2 套	$Q=10\text{m}^3/\text{h}$	
2	混凝沉淀一体化设备	2 座	$Q=10\text{m}^3/\text{h}$	轻钢
3	三级沉淀池	2 个	$Q=10\text{m}^3/\text{h}$	轻钢
4	清水池	2 座	$2\text{m} \times 2\text{m} \times 2.7\text{m}$	钢混
5	污泥池	2 座	$4.2\text{m} \times 2.5\text{m} \times 1.7\text{m}$	钢混
6	加药间	2 座	$2.2\text{m} \times 2.5\text{m} \times 3.5\text{m}$	轻钢
7	加药组合装置	2 套		

表 6.1.4-6(续)

序号	主要构筑物或设备	数量	尺寸/型号	备注
8	污水泵	4 台	潜污泵 Q=5m ³ /h,H=15m, N=1.1kw	
9	清水泵	4 台	潜污泵 Q=5m ³ /h,H=15m, N=1.1kw	
10	进水电磁流量计	2 个		
11	pH 在线监测设备	2 套		
12	SS 在线监测设备	2 套		
13	超声波液位监测设备	2 套		
14	电控系统	2 批		
15	管道管件阀门	2 批		

6.1.4.4 基坑排水处理

1) 处理规模

本工程施工过程中，水库将形成基坑。由于库坝址截流流量小，围堰下除有部分渗水外，基本没有积水，不需要进行初期排水，只需根据降雨汇水情况进行排水。

根据《水电工程环境保护设计规范(NB/T 10504-2021)》第 5.5.1 条规定：“基坑排水设计处理规模应根据基坑规模、施工用水量、地下水情况、区域降水条件等综合确定，并应考虑基坑排水产生特征。”根据相关研究成果，基坑排水主要污染物为悬浮物，浓度一般在 500mg/L~3000mg/L 之间。

2) 处理方案

基坑排水大部分都汇集在基坑内，与围堰渗水、自然降水混合后，污染物浓度一般较低，可根据基坑开挖及布置方案在基坑外设置沉淀池处理，将基坑水泵抽至沉淀池经混凝沉淀后用于场地洒水。根据现场条件，在围堰下游设置 2 个沉淀池，每个沉淀池按 10m×10m×3m 设计；在基坑水量较大需加快沉淀速率时可添加混凝药剂。对基坑排水水质进行监测，pH>8.5 时，混凝剂采用硫酸亚铁，助凝剂采用聚丙烯酰胺；pH≤8.5 时，混凝剂采用硫酸铝，助凝剂采用聚丙烯酰胺。投加混凝剂、助凝剂后静置沉淀 2h，处理后上清液可用泵抽取用于大坝混凝土养护、道路降尘等，基坑内剩余污泥定期用自卸汽车运至弃渣场。上、下水库基坑内经常性排水采用水泵进行抽排，水泵在主体工程中已考虑，不纳入环保投资中。

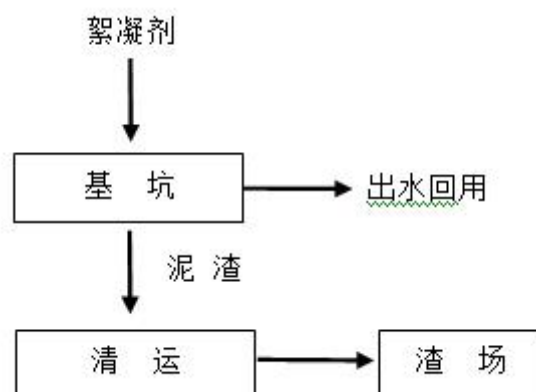


图 6.1.4-7 基坑排水处理工艺流程图

3) 处理效果分析

基坑水污染物以悬浮物为主，基坑排水经过酸碱调节、沉淀处理后，出水水质可达到《水电工程施工组织设计规范》(NB/T10491-2021)回用水标准，上清液通过水泵抽取回用于基坑内施工降尘和混凝土养护。沉淀泥渣定时人工清除，运往附近渣场统一处理。同时，大坝施工活动尽量避开暴雨时段，并在施工过程中及时防护开挖面，以减少因水土流失而冲刷进入水体的泥沙量。

6.1.4.5 洞室排水处理

1) 处理规模与系统布置

根据相关研究成果，洞室排水主要污染物为石油类和悬浮物，浓度一般分别为 2mg/L~10mg/L 和 1500mg/L~3000mg/L。进水水质：类比已建水电工程监测数据，水质主要污染物为：SS：1500mg/L~3000mg/L，石油类浓度约 2mg/L~10mg/L。出水水质：经过处理后的原水，要求达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》的绿化用水标准，生产用水含油≤5mg/L。

本工程根据各洞室长度和断面估算各洞室的排水量，洞室开挖施工过程中应做好清污分流，将干净的涌水直接排放，结合施工时序、相连通洞室排水合并处理考虑后，确定排水处理设计规模，根据工区运行班制与设备选型要求，参考以往项目经验考虑生产废水处理系统规格。

本工程连接外部施工区域的洞室有东竹林排水洞、阿洛共堆积体排水洞、阿洛共沟排水洞、甲学沟排水洞、①导流洞、②导流洞等洞室，同时场内交通中隧道占比大，1#、2#、14#等道路中隧道总长度约 14km。根据各洞室隧道的长度和断面估算各洞室的排水量，考虑各洞室排水强度以及施工时序确定排水处理设计规模，洞

挖排水主要为地下涌水，具有偶发性量大、水净的特点，因此，设计采用分流设施，洞室排水处理采用“清污分流”处理方案对洞室排水量进行优化设计，洞室排水按照开挖先后分段收集，清水经简单处理后可以直接回用于洞室用水或周边绿化；污水经废水处理设施处理后回用。洞室的分段宜按照洞室内 200m 作为一个节点，每个节点处布置一个集水井，已开挖段渗出的地下水为清水，由水泵从集水井抽出简单处理后并直接排放；正在开挖段的渗水为污水，由水泵从集水井抽出后进入废水处理设施进行达标处理后回用。洞室水“清污分流”收集方案示意图 6.5.1-5。将清水和废污水分流，可以减少工程施工过程中废污水的排放量，减少处理成本，同时地下洞室渗出的地下水直接排放进入水库水域内不会对水域水质产生点源或面源污染。

洞室排水由地质涌水和施工废水组成，各洞室需处理的规模详见表 6.1.4-6。

表 6.1.4-7 洞室排水处理规模计算表

序号	废水系统名称	工区	施工用水量 m³/d	涌水量 预测 m³/d	废水量 预测 m³/h	处理 规模 m³/h	占地 面积 m²	备注
1	2#洞室排水处理系统	阿洛共沟排水洞	55	30	5.18	10	60	
2	3#洞室排水处理系统	甲学沟排水洞	55	30	5.18	10	60	
3	1#洞室排水处理系统	①导流隧洞	80	200	14.05	50	510	含②导流隧洞
4	1#洞室排水处理系统	②导流隧洞	150	500	31.55	—		—
5	4#洞室排水处理系统	1#隧道	110	130	13.27	20	350	包括 1#-1 隧道
6	5#洞室排水处理系统	2#隧道	90	100	10.60	20	350	
7	6#洞室排水处理系统	14#隧洞	55	40	6.43	10	60	含 14-1#隧道和 14-3#隧道
8	7#洞室排水处理系统	阿洛共堆积体排水洞	55	40	6.43	10	60	

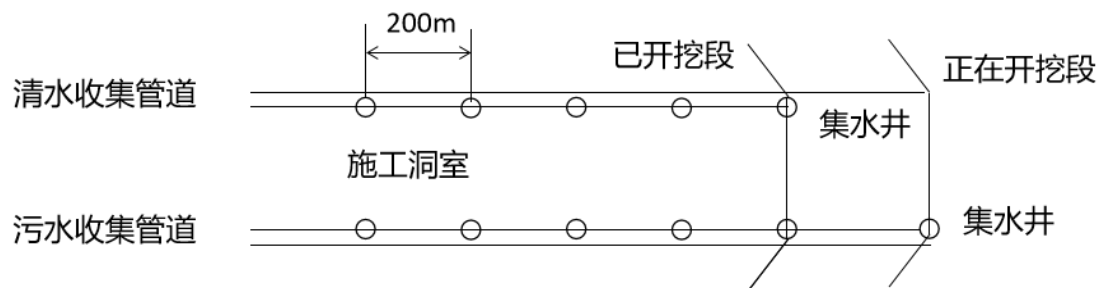


图 6.1.4-8 洞室“清污分流”排水收集方案示意图

本项目设计各洞室依据平面布置情况，分别建设废水处理设施，其中两条导流洞距离较近合并处理，各处理系统依据洞口周边地形布置，根据本工程各洞室的排水情况和施工用水情况，结合工区运行班制与设备选型要求，生产废水处理系统考虑 3 种规格，分别为 $10\text{m}^3/\text{h}$ 、 $20\text{m}^3/\text{h}$ 、 $50\text{m}^3/\text{h}$ 。洞室排水处理前，可通过集水池进行水量调节，采取两班制处理。各隧洞出水沉淀后出水回用于施工，沉淀池污泥由人工定期清运至弃渣场。

2) 方案比选

方案一：洞室流出的废水经调节池或缓冲箱对原水水量及水质进行调节，减轻水力和污染物负荷对后需处理工序的冲击，以保证后序工序在稳定的条件下进行。废水在调节池中停留防止悬浮物沉积需设搅拌器，后经泵提升至 pH 调节箱、混凝箱、絮凝箱。絮凝箱废水自流至澄清池，在澄清池内废水中的污染物形成絮凝矾花从水中分离出来，沉淀形成污泥，上层清液溢流净水箱，污泥小部分回流至 pH 调节箱作为接种污泥，大部分通过污泥输送泵送入高压隔膜压滤机进行脱水处理。澄清池设有刮泥机，刮泥机保证排泥的通畅。澄清池设有隔油浮渣挡板。当沉淀池出水石油类浓度达标时，可停用吸油装置和除油过滤装置。高压隔膜压滤机对污泥进行脱水处理。泥饼最终外运到指定地点堆放。脱水机排出的滤液自流回澄清池。处理流程见图 6.1.4-9。

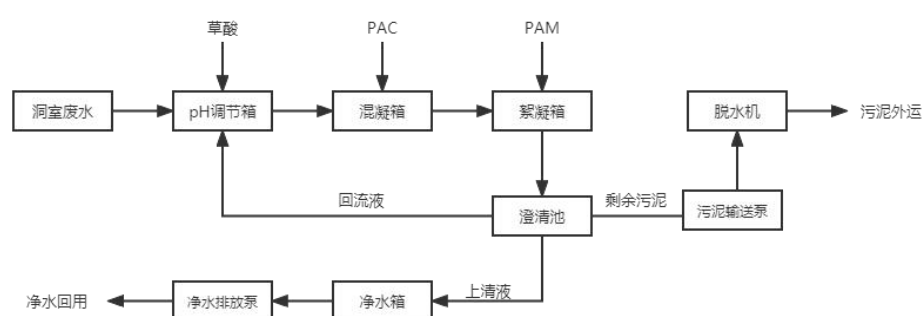


图 6.1.4-9 方案一洞室排水处理工艺流程图

方案二：洞室废水来自施工隧洞的钻杆冷却水、洞内降尘洒水、地面冲洗水、工作面冲洗水、混凝土养护水以及地下水。采用一体化混凝沉淀设备对其处理，废水在调节池加入酸性药剂(草酸)调节 pH 值后，进入一体化沉淀设备进行处理，处理后的废水进入清水池回用，污泥排入污泥池，经过高效脱水设备处理后，污泥运至指定渣场。处理流程见图 6.1.4-10。

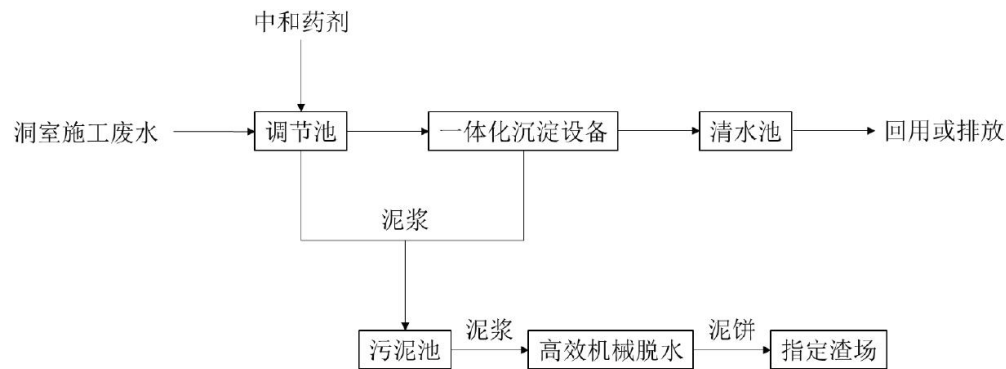


图 6.1.4-10 方案二洞室排水处理工艺流程图

方案三：三级沉淀法(“沉砂+初沉+絮凝沉淀”)处理工艺，将洞室排水排入沉砂池，静置一段时间后依次排入初沉池、二沉池，并添入中和剂、絮凝剂，再外排至清水池回收利用。清水池的出水端设置为活动式，便于清运和调节水位。

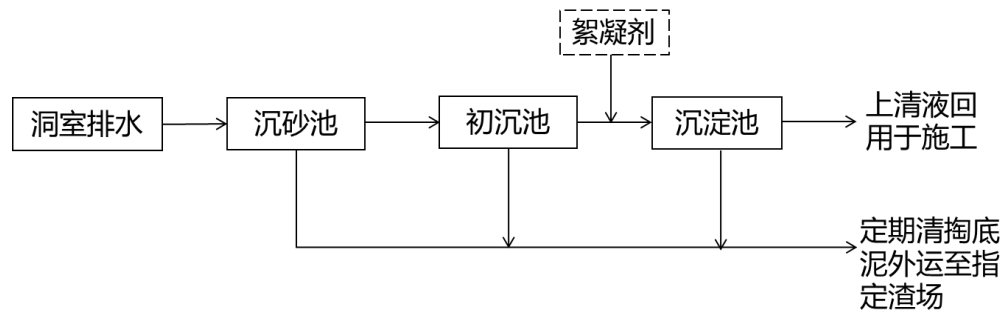


图 6.1.4-11 方案三洞室排水处理工艺流程图

表 6.1.4-7 洞室废水处理方案比选表

方案	方案 1 (常规混凝沉淀池法)	方案 2 (混凝沉淀一体化设备法)	方案 3 (三级沉淀法)
用地	占地面积大	占地面积相对方案 1 小	占地面积较大
适用条件	适用于施工用地充裕工程	对用地要求低	对用地要求较低
工程投资	工程投资一般	工程投资较高	工程投资低
运行管理要求	运行费用低；管理较复杂	运行费用和相对方案 1 高，但自动化程度高，管理简单	运行费用低；管理简单
处理效果	好、稳定	好、稳定	处理效果受进水水质影响较大
施工工期	结构复杂，施工周期长	结构简单，施工周期短	结构简单，施工周期短

从处理效果、自动化程度、故障率、建设及运行成本，占地面积、施工工期等角度综合考虑，本工程对水量较少，工期较短的阿洛共沟排水洞、阿洛共堆积体排水洞、14#道路隧洞采用方案 3，其余洞室排水采用方案 2，即混凝沉淀一体化设备法对洞室废水处理。

(3) 推荐方案工艺流程设计

根据洞室废水的特点，采用一体化混凝沉淀设备对其处理，废水在调节池加入酸性药剂(草酸)调节 pH 值后，进入一体化沉淀设备进行处理，处理后的废水进入清水池回用或排放，污泥排入污泥池，经过高效脱水设备处理后，污泥运至指定渣场。

根据本工程各洞室的排水情况，结合工区运行班制与设备选型要求，生产废水处理系统考虑 3 种规格，分别为 10m³/h、20m³/h、50m³/h。洞室排水处理系统主要构筑物尺寸见表 6.1.4-8。

表 6.1.4-8 洞室废水处理主要设备材料表

单位：m

序号	名称	参数	单位	数量	备注
一	20m ³ /h				
1	回转式格栅除污机	渠宽=1000mm，栅隙 b=5mm， $\alpha=70^\circ$ ，N=0.55kW	台	2	
2	排泥泵	ZJQ 潜水渣浆泵，Q=20m ³ /h， H=12m，N=2.2kW	台	4	变频，一用一备
3	污水提升泵	Q=20m ³ /h，H=25m，N=4.0kW	台	4	变频，一用一备
4	污泥池排泥泵	ZJQ 潜水渣浆泵，Q=20m ³ /h， H=12m，N=2.2kW	台	4	变频，一用一备
5	清水提升泵	Q=20m ³ /h，H=25m，N=4.0kW	台	4	变频，一用一备
6	潜水搅拌机	叶轮直径 620mm，N=5kW	台	2	
7	转鼓过滤器	20m ³ /h	台	2	
8	超声波液位计	0-5m	个	4	
9	进水电磁流量计	流量范围：0.00- 20m ³ /h，介 质：泥水	个	2	
10	pH 在线监测设备	-	套	2	
11	浊度仪	0-20NTU	套	2	
12	电控系统	-	批	2	每个系统 1 批
13	管件阀门	洞室排水出水口至处理站的管道及构筑物之间连接管道、阀门、埋件等	批	2	每个系统 1 批
14	混凝沉淀一体化设备	混凝沉淀一体化设备处理能力 20m ³ /h	套	2	配套集成加药
15	板框压滤机	滤室容积 1050L、过滤面积 70m ² ，压力 0.8MPa， N=3+0.75kW	套	2	配套清洗泵和加药设施
16	废水系统场地整平及地基处理		项	2	

表 6.1.4-8(续)

序号	名称	参数	单位	数量	备注
17	废水处理系统运行维护工程	包括(不限于)各项废水处理仪器设备的运行管理、维修保养及所需水电、耗材、药剂、污泥清运、人工、后期移交、拆除、恢复等。	项	2	
二	50m ³ /h				
1	回转式格栅除污机	渠宽=1000mm, 栅隙 b=5mm, $\alpha=70^\circ$, N=0.55kW	台	1	
2	排泥泵	ZJQ 潜水渣浆泵, Q=50m ³ /h, H=12m, N=2.2kW	台	2	变频, 一用一备
3	污水提升泵	Q=50m ³ /h, H=20m, N=4.0kW	台	2	变频, 一用一备
4	污泥池排泥泵	ZJQ 潜水渣浆泵, Q=50m ³ /h, H=12m, N=2.2kW	台	2	变频, 一用一备
5	清水提升泵	Q=50m ³ /h, H=25m, N=4.0kW	台	2	变频, 一用一备
6	潜水搅拌机	叶轮直径 620mm, N=5kW	台	1	
7	转鼓过滤器	50m ³ /h	台	1	
8	超声波液位计	0-5m	个	2	
9	进水电磁流量计	流量范围: 0.00- 50m ³ /h, 介质: 泥水	个	1	
10	pH 在线监测设备	-	套	1	
11	浊度仪	0-20NTU	套	1	
12	电控系统	-	批	1	每个系统 1 批
13	管件阀门	洞室排水出水口至处理站的管道及构筑物之间连接管道、阀门、埋件等	批	1	每个系统 1 批
14	混凝沉淀一体化设备	混凝沉淀一体化设备处理能力 30m ³ /h	套	1	配套集成加药
15	板框压滤机	滤室容积 1050L、过滤面积 70m ² , 压力 0.8MPa, N=3+0.75kW	套	1	配套清洗泵和加药设施
16	废水系统场地整平及地基处理		项	1	
17	废水处理系统运行维护工程	包括(不限于)各项废水处理仪器设备的运行管理、维修保养及所需水电、耗材、药剂、污泥清运、人工、后期移交、拆除、恢复等。	项	1	
三	10m ³ /h				
1	三级沉淀池	10m ³ /h	台	4	轻钢

表 6.1.4-9 洞室废水处理构筑物一览表

序号	单元名称	尺寸	数量	结构	备注
一	20m ³ /h				
1	组合池	10m×10m×4.0m	2 座	钢砼	预处理池、污泥池和清水池合建
2	设备间	8m×8m×5.0m	2 座	彩钢	脱水车间、加药间和中控兼值班室
二	50m ³ /h				
1	组合池	20m×10m×4.0m	1 座	钢砼	预处理池、污泥池和清水池合建
2	设备间	9.5m×8m×5.0m	1 座	彩钢	脱水车间、加药间和中控兼值班室

4) 处理效果分析

洞室废水的产生量与地下涌水、施工涌水有关，在洞室废水特性与施工阶段相关的情况下，本工程针对洞室废水施工前期、后期的特点，分时段采取了不同的处理工艺并组合在一起，从而确保了废水处理的有效性，废水处理后能达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中绿化用水标准。

6.1.4.6 生活污水处理

1) 处理规模与系统布置

根据推荐方案施工布置，工程布置 3 处施工营地，分别为曲支村①施工营地(满足 2400 人使用需要)、永久金沙江大桥左岸下游约 1km 国道 G215 内侧坡地布置的②施工营地(满足 1300 人使用需要)、③施工营地(满足 2000 人使用需要)，其规划选址为相对独立区域，且方便生产管理。考虑施工人员劳动强度大，每日洗澡次数较多，可能携带家属等情况，施工人员用水定额采用 300L/(人·d)，生活污水产排污系数取 0.9，则每人日产生污水量为 270L，①施工营地生活污水排放量高峰期约为 648m³/d，②施工营地生活污水排放量高峰期约为 351m³/d，③施工营地生活污水排放量高峰期约为 540m³/d。

根据相关研究成果，生活污水主要污染物为 COD_{Cr}、BOD₅、悬浮物、TN 和 TP，浓度一般分别为 350mg/L~500mg/L、150 mg/L~300 mg/L、200 mg/L~300 mg/L、20 mg/L~85 mg/L 和 3 mg/L~8 mg/L。初步考虑施工营地采用生活污水处理设施，处理规模分别为 650、360、550m³/d。生活污水经处理后达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中的“城市绿化、道路清扫、消防、建筑施工”用水标准后回用于管理营地道路清扫用水或绿化用水，即浊度≤30NTU，BOD₅≤10mg/L，氨氮≤8mg/L，LAS≤0.5mg/L，总氮≥1 mg/L。

2) 方案比选

常规二级生物处理工艺主要包括 CASS、化粪池+人工湿地、A²O 三种工艺，下面主要对这三种工艺进行综合比选。

(1) CASS 处理工艺

CASS(Cyclic Activated Sludge System)工艺是在序批式活性污泥法(SBR)基础上发展起来的，即在 SBR 池前端增加了一个预反应区。在预反应区内，微生物能通过酶的快速转移机理迅速吸附污水中大部分可溶性有机物，经历一个高负荷的基质快速积累过程，对进水水质、水量、pH 值和有毒有害物质起到较好的缓冲作用，可有效防止污泥膨胀；随后在主反应区经历一个较低负荷的基质降解过程，完成对污水中有机物质的降解。CASS 工艺同时能够比较充分发挥活性污泥的降解功能。也能够减轻二沉池的负荷，有利于提高二沉池固液分离效果。CASS 生物池以一定的时间序列运行，运行过程包括进水-曝气、静止沉淀、排水排泥、闲置四个阶段，不同的运行阶段的运行方式可根据需要进行调整。系统工艺流程见图。

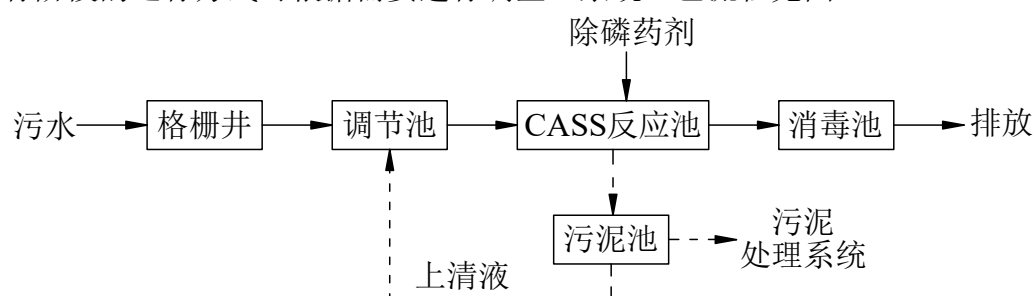


图 6.1.4-12 CASS 处理工艺流程图

(2) 化粪池+人工湿地工艺

化粪池是一种基于物理沉淀与厌氧生物分解相结合的污水处理设施，其核心处理机理包含两个主要阶段：初级沉淀和厌氧消化。标准三格式化粪池由相连的三个处理单元构成，各单元通过隔板孔洞形成梯度水位差，确保污水逐级处理。第一格(沉淀池)完成固液分离，有效容积占比 50%；第二格(厌氧反应池)进行有机物分解，容积占比 30%；第三格(澄清池)实现最终沉淀，容积占比 20%。隔板采用折流式设计，延长污水停留时间至 12-24 小时。

人工湿地是利用自然生态系统中的物理、化学和生物的重重协同作用来实现对污水的净化作用。人工湿地系统是在一定的长宽比及底面坡度的洼地中，由土壤和按一定坡度充填一定级别的填料混合结构的填料床组成，污水可在填料床缝隙中流

动或在床体的表面流动，并在床体表面种植具有处理性能好、成活率高、抗水性强、生长周期长、美观及具有经济价值的水生植物，形成一个独特的动植物生态环境对污水进行处理。

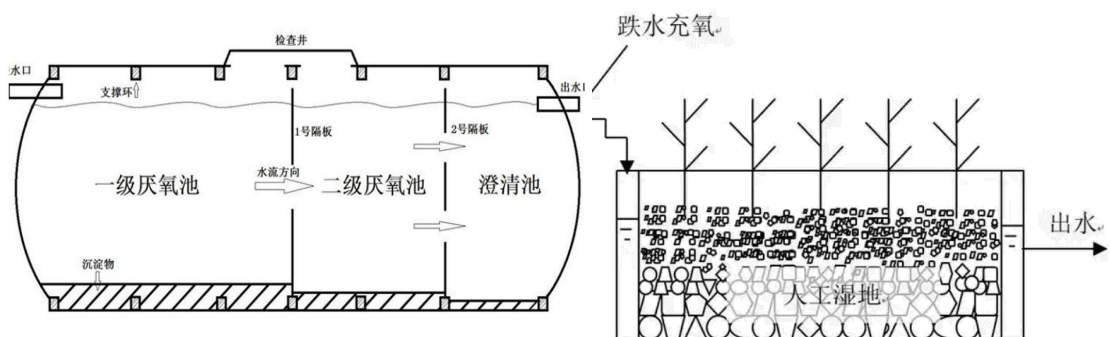


图 6.1.4-13 化粪池+人工湿地处理工艺流程图

(3) $A^2O+MBBR$ 一体化工艺

一体化污水处理设备采用“ $A^2O+MBBR$ ”工艺。其原理是将活性污泥法和生物接触氧化法的优势充分结合，在生化反应区添加微生物载体填料，并在填料表面的空隙生成生物膜，污水与其充分接触从而得到净化。为了使污水净化充分，需将污水循环，反复与生物膜接触。在填料底部进行微孔曝气，为填料表面的好氧生物膜层提供氧，并且兼具污水与生物膜充分混合的效果。配备了一套除磷加药系统，有效弥补生物除磷的不足，以达到设备整体稳定运行。相比较于环评阶段推荐的生物接触氧化池工艺，“ $A^2O+MBBR$ ”工艺稳定化程度更高，出水水质更好，综合处理成本低。

设备从进水到出水分别设计有缺氧池、厌氧池、好氧池、沉淀池和溢流槽，生活污水首先经管道汇集至格栅渠去除较大悬浮物后自流到调节池进行均质均量处理，然后由池内提升泵输送至一体化污水处理设备内，经过生化接触氧化反应和沉淀实现泥水分离，采用紫外和次氯酸钠联合消毒后回用。其中混合液由好氧区回流至缺氧区，部分污泥通过污泥泵回流至消氧区循环使用。

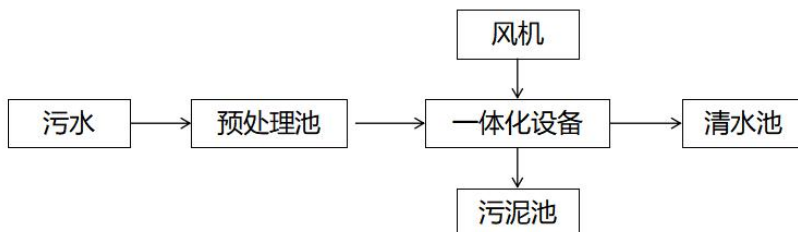


图 6.1.4-14 $A^2O+MBBR$ 一体化工艺流程图

三种污水处理工艺技术经济优缺点对比见下表。

表 6.1.4-10 工艺方案技术经济对比表

序号	比较项目	1#方案 CASS 工艺	2#方案 化粪池+人工湿地	3#方案 A ² O+MBBR 一体化工艺
1	出水水质及脱氮除磷效果	水质好，脱氮除磷效果好	处理效果受温度影响较大，冬季低温处理效率明显下降	水质好，脱氮除磷效果好
2	污泥产量	高	低	中
3	抗冲击负荷能力	强	弱	中
4	日常设备维护	复杂	简单	一般
5	自控要求	高	简单	一般
6	厂区单位用地面积 m ² /m ³ 污水	2.45	4.40	2.69
7	直接运行费用 元/m ³ 污水 ^①	0.85	0.6	0.75
8	单位水量直接投资 元/m ³	14400	11330	13050

注：①直接运行费用仅包含污水处理厂电耗、药剂费、污泥栅渣运输及人员工资费用。

由表可知，三种工艺中 1#方案用地最省，工艺较为灵活、抗冲击负荷能力强，但工程投资和日常运行维护及自控水平要求较高。受当地经济及技术管理水平限制，1#方案的适用性较差。2#方案由于采用生物滴滤池自然通风和人工湿地，运行费用最低，日常管理维护量较小，但其主要缺点是用地面积较大。由于抽蓄施工营地多为山区和丘陵地区，地形高差大，土地利用容量有限，污水处理厂位于复建公路外侧的邻库地段，适宜工程建设的用地较少。同时生物滴滤池及人工湿地处理效果受温度影响较大，抗冲击符合差，冬季低温条件下脱氮除磷效果不佳，因此 2#方案的适用性具有一定局限性。3#方案由于采用活性污泥和生物膜复合技术，处理效果和抗冲击负荷能力较好，运行费用和占地面积等比较适中。

综合考虑迁建集镇的经济、技术、自然条件、处理效果等因素，本工程推荐采用 3#方案，污水经过 A²O+MBBR 工艺处理后，经消毒达标后回用。

3) 推荐方案工艺流程设计

生活污水处理工艺采用成套生活污水处理设备，生活污水排入调节池，通过泵提升成套生活污水处理设备进行处理，处理出水排放至清水池满足后续的回用。各处生活污水经处理后尽可能回用于施工区绿化浇灌、场地洒水抑尘。

4) 工艺设计

施工区各营地的生活污水处理根据处理规模进行设备选型，此外需在一体化设备前布置一调节池，各一体化设备选型及调节池设计尺寸见下表。由于本工艺占地面积较小，单个处理系统占地面积约 $200\text{m}^2 \sim 400\text{m}^2$ ，各生活营地污水处理系统可布置在各营地场内。各一体化设备选型及调节池设计尺寸见表 6.1.4-11，各营地污水处理系统可布置在各营地场内。

表 6.1.4-11 生活污水处理主要建(构)筑物表

施工营地	构筑物/设备	数量	尺寸/型号	备注
①施工营地生活区污水处理系统 ($650\text{m}^3/\text{d}$)	预处理池	1 个	$15\text{m} \times 12\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	一体化设备	4 套	处理规模 $11\text{m}^3/\text{h}$	成品
	清水池	1 个	$15\text{m} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	加药间、 中控值班室	1 个	$8\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$	轻钢
②施工营地生活区污水处理系统 ($360\text{m}^3/\text{d}$)	预处理池	1 个	$10\text{m} \times 10\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	一体化设备	2 套	处理规模 $7.5\text{m}^3/\text{h}$	成品
	清水池	1 个	$10\text{m} \times 5\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	加药间、 中控值班室	1 个	$8\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$	轻钢
③施工营地生活区污水处理系统 ($550\text{m}^3/\text{d}$)	预处理池	1 个	$12\text{m} \times 12\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	一体化设备	2 套	处理规模 $9\text{m}^3/\text{h}$	成品
	清水池	1 个	$12\text{m} \times 6\text{m} \times 4\text{m}$	钢混
	加药间、 中控值班室	1 个	$8\text{m} \times 4\text{m} \times 3\text{m}$	轻钢

采用一体化设备对本工程生活污水进行处理，可有效处理电站施工期的生活污水，污水处理后能达到《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)中绿化、道路清扫的要求。成套设备占地小，运行自动化程度高，管理规范，整套系统可操控性效果好。

6.1.4.7 废(污)水回用分析

本工程各工区及施工辅助设施产生的废污水经处理后全部回用，实现“零排放”。砂石加工废水和混凝土系统冲洗废水经处理后回用于砂石加工系统与混凝土拌合系统；洞室排水、基坑排水处理达标后回用于场地绿化和洒水降尘；含油废水经处理达标后作为冲洗用水回用于修配系统场地冲洗；生活污水处理后回用于施工工区道路清扫用水，不向外排放。

根据施工布置规划，电站建设征地涉及土地总面积 6694.72 亩，其中永久征收面积 3162.01 亩，临时征用面积 3532.71 亩。绿化面积按总占地面积(除淹没面积外)

的 40% 考虑，即绿化面积为 2125.17 亩 (141.68hm²)，绿化用水最高需 5667.15m³/d。本工程洒水降尘用水、洒水车 and 雾炮机喷洒用水最大定额取 25m³/hm²·d，洒水降尘面积按总占地面积(除淹没面积外)的 60%考虑，洒水降尘用水最高需 5312.96m³/d。本工程上下水库施工场地、机械停放及修配系统、交通及运输车辆的冲洗用水根据施工总布置和施工企业用地规划，最大定额取 150m³/d。

根据各系统废水产生地点，综合分配各施工营地生活污水、洞室排水和基坑排水的回用去向，就近回用于上、下水库的山林草地绿化用水、洒水降尘喷洒用水、施工场地及车辆冲洗废水，总需求水量最高为 11130.11m³/d(山林草地绿化用水+洒水降尘喷洒用水+施工场地及车辆冲洗废水)。本环评按最不利情况考虑上述三类施工污废水的最大日排放量(10847.2m³/d)，绿化洒水降尘等需求量大于最大日排放量。因此，该回用方案可消纳以上施工污废水。

综合以上分析，本次设计对各污废水拟采取的处理措施是合理可行的。

表 6.1.4-12 施工期污水利用方案表

污废水类型	水量	利用去向	是否能全部回用
砂石料加工废水	①砂石加工系统生产废水(700m ³ /h)	处理后循环使用于砂石加工系统	能全部回用
	②砂石加工系统生产废水(200m ³ /h)	处理后循环使用于砂石加工系统	能全部回用
混凝土拌合系统废水	①混凝土生产系统冲洗废水(40 m ³ /d)	处理后循环使用于混凝土系统冲洗(用水量 40m ³ /d)	能全部回用
	②混凝土生产系统冲洗废水(40 m ³ /d)	处理后循环使用于混凝土系统冲洗(用水量 40m ³ /d)	能全部回用
修配系统废水	①修配系统废水(151.2m ³ /d)	处理后使用于机械停放场及修配系统冲洗(用水量 12m ³ /h)	能全部回用
	②修配系统废水(252m ³ /d)	处理后使用于机械停放场及修配系统冲洗(用水量 20m ³ /h)	能全部回用
基坑排水	/	非雨季经处理达标后回用于场地绿化和洒水降尘	能全部回用
洞室排水	洞室排水(1625m ³ /d)	处理达标后回用于场地绿化和洒水降尘	能全部回用
生活污水	①施工营地生活污水(650m ³ /d)	经处理达标后用于施工工区道路清扫用水、场地绿化	能全部回用
	②施工营地生活污水(360 m ³ /d)	经处理达标后用于施工工区道路清扫用水、场地绿化	能全部回用
	③施工营地生活污水(550m ³ /d)	经处理达标后用于施工工区道路清扫用水、场地绿化	能全部回用

6.1.5 运行期水质保护措施

6.1.5.1 电站污水处理措施

a) 厂房内污水处理措施

正常运行期间厂房内只有几个值班人员，生活污水量小，约为 $0.5\text{m}^3/\text{d}$ ，在厂房内设置一座化粪池(按有效容积 6m^3 设计)，定期清掏，污水不外排。

b) 厂区含油废水处理

按照设计方案，在地下厂房内设置油污收集池、油污分离器等废油收集设施，以及时对发电机组和检修机油泄露进行处理和收集，防止泄露机油进入外环境。油污处理收集后交有资质的单位进行处理。

6.1.5.2 库底卫生清理

根据《水电工程水库库底清理设计规范》、《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》的规定，为防止淹没于奔子栏水电站水库内的树木、杂物及人畜粪便等对水体的污染和对水库安全运行的影响；为保护奔子栏水电站库区水质，水库蓄水前必须对库底进行清理。库底清理对象包括：粪坑、畜圈、宅基、坟墓、垃圾、植物等，需达到相应技术要求和处理目标。

a) 库底清理范围

具体清理范围为：移民迁移线以下的建、构筑物的拆除与清理；正常蓄水位 2148m 以下的林木砍伐与迹地清理；居民迁移线以下至死水位 2138m 以下 3m 内的大体积建构筑物残留体等清理；对于各种特殊清理，在实施前由有关部门制定要求，并进行清理。

b) 清理项目与技术要求

清理范围内所有的房屋、各项建筑物和构筑物、污物垃圾及其它均应清理。清理项目为居民点卫生清理、建筑物拆除清理、林木清理、障航清理、其它项目清理。

1) 居民点卫生清理。奔子栏库区以农村人口为主，居民点卫生清理其主要内容包括厕所、粪坑(堆)、畜厩、垃圾等。有用的应尽量运至库外使用，其余的则摊开暴晒消毒、对其坑穴应以 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ 生石灰消毒，污水坑以净土填塞；库区内如有土葬坟墓，15年以内的需迁出库外，每坑穴以 0.5kg 漂白粉或 5kg 生石灰进行消毒，15年以上的按当地习惯处理；

2) 建筑物拆除清理主要指房屋、附属建筑物和专项设施拆除, 其有用材料运出库外使用, 不能利用又易于漂浮的废旧料应就地烧毁; 墙壁、桩、柱等障碍物(土质者除外)应推倒摊平;

c) 林木清理需清理树木、灌丛、零星经济林、果木等, 应尽可能的平齐地面砍伐, 并清理外运, 其无用残物(枝丫、枯木、灌木丛等易漂浮物质)应集中就地焚烧;

d) 本工建设征地涉及的大体积建筑物残留物属于障航物清理对象, 应炸毁推平, 其残留高度一般不得超过地面 0.5m。对确难清理的较大障碍物, 应设置蓄水后可见的明显标志, 并在地形图上注明其位置与标高。

6.1.5.3 库区水质保护

a) 加强库周环境管理和宣传教育工作, 保护库周植被, 涵养水源, 控制水土流失, 保证库区水质, 防止库水富营养化。

b) 加强库区及上游自然环境的保护和生态建设, 禁止滥砍滥伐, 减少水土流失。

c) 及时清理洪水挟带的漂浮物, 定期组织人对堆积到一定程度的漂浮物进行打捞清理, 对清理出的漂浮物进行综合处理。

6.1.6 地下水环境影响减缓措施

a) 施工开挖过程中, 要严格控制废污水的收集与排放, 做到有效管控, 不污染地下水。管道施工采取边开挖边埋管回填, 尽量缩短施工时间。

b) 施工机械及车辆严格按照施工计划施工, 禁止随意堆放弃土、废料及建筑垃圾等, 防止其受雨水冲刷使污染物进入地下水。

c) 选用先进的设备、机械施工, 在不可避免的跑、冒、滴、漏的施工过程中采用固态吸油材料将废油收集转化到固态物质中, 避免产生过多的含油废水, 污染土壤及地下水。

d) 施工区及生活区要采取地面硬化和防渗措施, 垃圾定期清理, 并做好防渗、防雨措施。施工场地内材料堆场上部设置遮雨棚、底部采用防渗混凝土硬化处理或铺防渗膜, 防止雨水冲刷及下渗对地下水产生影响。

e) 工程地质详细勘察阶段重点查明岩溶发育程度及岩溶相对管线位置, 重点查明工程区断裂性质、导水性质、断裂带渗透系数给水度等。施工时, 对不利的水文地质构造高发区超前预报, 在掌子面上布置超前探孔, 或用地质雷达等技术探明近

距离岩层的富水情况。对查明的岩溶及断裂敏感区的较小出水点提前做好疏排水工作，较大出水点提前做好灌浆封堵，防止隧洞排水造成地下水水位大幅下降，确保施工作业安全。

f) 采取对富水松散破碎带进行灌浆封堵等措施有效控制地下漏水，尽可能减少开挖施工对地下水影响，保障地表生态用水。

g) 建设单位委托具有资质和技术能力的单位开展地下水环境监控工作，并由施工单位配合进行；监控方法采用定点观测与现场巡查法进行。

6.1.7 科学研究

根据奔子栏水电站的工程特征、环境影响特点，结合《金上规划调整环评》的相关要求，从水温影响及对策措施、过饱和气体等等方面提出水环境重大科研项目，支撑流域水环境保护工作的开展，拟设研究课题见表 6.1.7-1。

表 6.1.7-1 水环境科研课题一览表

序号	课题名称	研究内容	开展时间
1	梯级水电开发水温累积影响极限研究	开展水库库区及下泄水温的极限影响、流水河段受极限影响的恢复过程，揭示河流高强度开发下水库水温影响及其恢复机制	运行期开展
2	水电开发水温影响减缓措施新技术研究	包括低温水影响减缓措施；包括新技术开发、设备开发、措施组合、布置优化等	在规划工程实施前开展
3	梯级水电站气体过饱和影响及风险防控技术研究	研究梯级联合运行以后泄洪期间气体过饱和现象发生的概率和叠加影响；研究气体过饱和对不同功能群鱼类的危害程度和发生机理；从泄洪设施设计和泄洪调度方案等方面研究减缓气体过饱和影响的措施。	在规划工程实施前开展

6.2 水生生态保护措施

6.2.1 保护措施体系

a) 保护对象

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，通常按照一下顺序进行选择：列入国家级或省级保护动物名录的鱼类、列入中国生物多样性红色名录的鱼类、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、接近受协的顺序选择；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。

调查江段 2017 年~2024 年采集及记录到国家二级保护鱼类 2 种，为细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤；四川省保护鱼类 3 种：硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡；列入《中国生物多样性红色名录》的鱼类有 7 种：细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、黄石爬鮡为濒危(EN)，长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤均为易危(VU)；长江上游特有鱼类 14 种：戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼。其中格咱叶须鱼仅分布在格咱河、中甸叶须鱼仅分布硕多岗河上游及湖泊，这 2 种鱼类不在工程影响范围内，去除以上 2 种鱼类，上述 12 种特有鱼类都应作为重要物种加强保护。

b) 总体方案框架

奔子栏水电站建成后，原有河流生态系统的结构和功能将发生变化，因此，水生生物保护措施，必须与变化后的水域生态特点相适应。需要在长期而系统地研究水库生态特点的基础上，以长期动态生态监测为依托，从河流生态环境整体考虑，形成干流上下游、支流、干支流统筹保护、恢复以及改造的格局，对鱼类资源进行分段保护，对栖息地保护、建设过鱼设施、增殖放流等保护措施合理规划和布局，确保生态流量下泄，结合生态调度、加强渔政管理等辅助措施，对水库实施系统生态管理，以维持良好的生态环境。

根据《金上规划调整环评》及其审查意见，针对奔子栏水电站生态环境特点、水生生物资源状况以及鱼类生物学特性，鱼类保护措施详见表 6.2-1。

表 6.2-1 奔子栏水电站水生生态保护措施体系规划表

序号	措施名称	保护对象	主要作用	措施布局
1	施工期及蓄水初期鱼类保护	戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅	通过宣传教育等措施，降低工程施工对鱼类的影响	加强宣传，建立和完善鱼类资源保护的规章制度，加强监管防止水体污染，建立鱼类及时救护机制

表 6.2-1(续)

序号	措施名称	保护对象	主要作用	措施布局
2	鱼类栖息地保护	安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、中华金沙鳅	通过保护鱼类生境，达到保护鱼类多样性和鱼类资源的目的	将定曲干流 128km 河段(巴塘~乡城段)和丹达曲干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)作为栖息地保护河段。在旭龙水电站蓄水前研究并制定古学水电站退出方案，奔子栏水电站建成前完成退出。奔子栏水电站截流前，拆除鱼根电站、丹达河和老丹达河电站，恢复河流连通性
3	鱼类增殖放流	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡	通过补充鱼类种群数量，维持一定鱼类资源	在旭龙业主营地扩建鱼类增殖放流站，奔子栏梯级年放流苗种 35 万尾，放流对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、软刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡
4	过鱼设施	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤作为主要过鱼对象	减轻阻隔影响，促进鱼类种群基因交流	采用上行升鱼机+下行集运鱼（集鱼依托旭龙水电站上行集鱼）作为过鱼设施，上行升鱼机由集鱼设施、提升设施、放流设施和辅助设施组成，下行集运鱼主要是放流设施
5	生态调度	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、中华金沙鳅	优化水库调度，减缓坝下水位频繁、大幅波动对鱼类产卵繁殖影响	每年的 3 月、4 月各开展一次为期 15 天的生态调度，每年的 6~9 月每月开展一次为期 10 天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的 3~9 月内除生态调度以外的时段，奔子栏水电站泄放流量在满足生态流量泄放要求的基础上，水电站部分调峰，控制非泄洪期日内水位变幅（奔子栏水文站日内降幅不超过 0.5m）。生态调度时段原则上与上游梯级衔接，超出时段动用奔子栏水库调节库容实现均匀下泄。
6	科学研究	戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅	开展科学研究，为有效保护鱼类资源提供科学依据	主要科研项目包括：重要鱼类行为学和生态习性研究，鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究，多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究，重要鱼类增殖放流关键技术研究，水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究
7	渔政管理	戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅	加强管理，保护鱼类资源及重要生境	配合渔政管理部门加强渔政队伍建设，严格执行禁渔期和禁渔区制度，加强渔业管理，控制生物入侵

6.2.2 施工期及蓄水初期鱼类保护措施

- a) 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。
- b) 建立和完善鱼类资源保护的规章，严禁施工人员下河捕捞。
- c) 加强监管，严格按环保要求施工，生活污水和施工废水按要求处理达标后回

用，防止影响水生生物生境的污染事故发生。

d) 建立鱼类及时救护机制。对围堰内的鱼类及时进行捕捞、暂养或放归；需要进行水下爆破的，事先需对影响水域采用声、电或网具等手段驱赶鱼类，以免受到爆破的波及；下闸蓄水期合理安排，应避开鱼类主要繁殖栖，下游出现减、脱水情况时，应事先安排人员巡查，对搁浅的鱼类及时采取救护措施。

e) 有限采取避让方案，包括选址选线调整或局部方案优化便让生态敏感区，施工作业避让重要物种关键活动期，取消或调整显著不利影响的工程内容和施工方式，选择生态友好型的工程建设技术、工艺和材料。

6.2.3 鱼类栖息地保护措施

6.2.3.1 规划环评和上游梯级提出的栖息地保护要求

《金沙江上游规划环境影响报告书》及审查意见提出“结合保留河段分布情况，制订以‘洛须保留河段+支流赠曲下游河段+支流藏曲下游河段+巴塘保留河段+支流定曲下游河段’为鱼类保护河段”。

《旭龙环评》及其批复(环审〔2020〕98号)，提出“得荣县境内定曲河干流约98公里河段划为栖息地保护河段，进行生态修复与保护，原则上不再建设拦河建筑物，在鱼根水电站和古学水电站补建过鱼设施，恢复河流连通性，对现有挖沙区域进行生态修复”。

《金上规划调整环评》及其审查意见，要求“将支流降曲68公里、丹达曲(芒康县城以下)130公里、定曲上游(巴塘至乡城段)128公里河段作为流域珍稀土著鱼类的重要栖息地予以保护，严格管理；根据栖息地保护的要求，拆除定曲鱼根电站，丹达曲老丹达河电站、丹达河电站，奔子栏水电站建成前研究落实定曲古学电站退出，进一步恢复和修复河道连通性”。

6.2.3.2 保护目的

金沙江上游梯级电站开发后，流水生境大幅度萎缩，重要支流对保护开发水域对流水生境依赖程度高的鱼类非常重要，需要采取有效的保护措施。通过对栖息地的严格保护，实施科学的管理，切实保护奔子栏水电站工程河段栖息地内的鱼类资源和自然环境，充分发挥良好的生态环境所产生的生态效益。

根据全面建立，分期实施的原则，奔子栏水电站影响水域鱼类栖息保护地的建设分期实施：前期目标，主要完成栖息地建设的宣传教育工作以及栖息地管护的基

基础设施建设；后期目标，主要完成实施保护措施，使栖息地内的水生生物自然资源达到预期的恢复和发展。

6.2.3.3 栖息地保护河段比选

评价范围内相对规模较大的支流坝上江段有丹达曲、定曲，坝下江段有冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河。研究评价范围内干流流水河段及主要支流的鱼类资源、生境、连通性及开发情况，比选情况详见表 6.2.3-1。

表 6.2.3-1 调查范围支流鱼类资源、生境、连通性以及开发情况一览表

编号	河流名称	鱼类资源	生境概况	规模及连通性	开发情况
1	丹达曲	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、长丝裂腹鱼和黄石爬鮡	流域上游段河谷较宽阔，水流平缓；中、下游段河谷狭窄，水流湍急	河道全长约 144km；与旭龙库区连通	西藏芒康县境内丹达曲源头区建有扎仓嘎水库；云南省德钦县内有丹达河水电站 2013 年已停建；老丹达河电站已废弃
2	定曲	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、软刺裸裂尻、黄石爬鮡、细尾高原鳅、安氏高原鳅、短尾高原鳅、贝氏高原鳅、大鳞副泥鳅	河谷宽阔，谷坡相对平缓，岭谷高差不大，河道曲折。与金沙江干流生境相似。河口处有产卵场分布	河道全长约 226km；中上游河段属于自然河流	干流已建 2 座梯级，鱼根电站已废弃；古学水电站 2015 年 8 月投产发电
3	冈曲	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅及泥鳅	峡谷河道，汇口附近，河道平缓，河底多砾石滩。河口处有产卵场分布	河长 98km，多年平均流量 43.7m³/s。与龙盘库尾连通	上游有拦河工程，已建格咱河电站和有冈曲一级电站，格咱河电站目前已废弃
4	支巴洛河	拟硬鳍高原鳅、短须裂腹鱼、修长高原鳅、硬刺松潘裸鲤	支巴洛河地处横断山北段，以雄伟陡峭的高山与峡谷为主。	河长 104.7m，落差 3127m。与龙盘库区连通	已建有洛它、霞若、采贡、拖顶四个梯级
5	腊普河	前臀鮡、短须裂腹鱼、尖头大吻鮡、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅鳅	峡谷型河流，河流落差较大，水流急。两岸植被茂盛，以松树为主。河流上游有滇金丝猴保护区，生态环境良好	河长 74.2km，平均比降 14.2‰。与龙盘库区连通	上游在建拉多阁水库；流域规划为七级开发，已建有锅底塘、格登电站
6	冲江河	硬刺松潘裸鲤、短须裂腹鱼、戴氏山鳅、短尾高原鳅	该支流较小，河长约 50km，枯水期流量较小，水深仅 0.5m 左右。该支流处于宽谷，落差较小，水流平缓。河谷宽阔，两岸多村庄和农田，植被丰茂	河长约 50km，与龙盘库区连通	已建石头水电站，为引水式开发。中游河岸有池塘养殖，养殖品种有虹鳟等。下游石鼓镇附近有护坡护岸工程和修建滚水坝

表 6.2.3-2 调查范围支流生境适宜性赋分表

评价指标	丹达曲			定曲			冈曲			支巴洛河			腊普河			冲江河		
	指标描述	赋分	适宜状况	指标描述	赋分	适宜状况	指标描述	赋分	适宜状况	指标描述	赋分	适宜状况	指标描述	赋分	适宜状况	指标描述	赋分	适宜状况
土著鱼类物种相似性	63.60%	50	基本适宜	81.80%	75	适宜	63.64%	75	适宜	45.45%	50	基本适宜	45.45%	50	基本适宜	36.36%	25	不适宜
特有鱼类物种相似性	66.70%	75	不适宜	88.90%	100	非常适宜	66.67%	75	适宜	44.44%	50	基本适宜	33.33%	25	不适宜	33.33%	25	不适宜
重点保护鱼类种类相似性	50.00%	50	基本适宜	50.00%	50	基本适宜	50.00%	50	基本适宜	50.00%	50	基本适宜	50.00%	50	基本适宜	25.00%	25	不适宜
河流水质状况	Ⅱ类	100	非常适宜	Ⅲ类	75	适宜	I类	100	非常适宜	Ⅱ类	100	非常适宜	Ⅱ类	100	非常适宜	I~Ⅱ类	100	非常适宜
河口处多年平均流量	32 m³/s	50	基本适宜	151 m³/s	100	非常适宜	43.7m³/s	50	基本适宜	9.53 亿 m³	25	不适宜	16.7m³/s	25	不适宜	12.0m3/s	25	不适宜
生境多样性指数	急流跌水、平坦河床生境	50	基本适宜	深潭-浅滩、水库库区、急流跌水、平坦河床生境	100	非常适宜	深潭-浅滩、水库库区、急流跌水、平坦河床	100	非常适宜	急流跌水、平坦河床生境	50	基本适宜	急流跌水	50	基本适宜	水库库区、急流跌水	50	基本适宜
鱼类产卵场分布情况	分布有裂腹鱼类、高原鳅类产卵场	50	基本适宜	中上游分布有裂腹鱼类、高原鳅类产卵场，下游分布有鮡科鱼类产卵场	100	非常适宜	分布有裂腹鱼类、高原鳅类、鮡科产卵场	100	非常适宜	高原鳅类	25	适宜	高原鳅类产卵场	25	不适宜	高原鳅类产卵场	25	不适宜
纵向连通性指数	1.40%	100	非常适宜	0.90%	100	非常适宜	2.04%	100	非常适宜	0.96%	100	非常适宜	2.70%	100	非常适宜	2.00%	100	非常适宜
横向连通性指数	95%	100	非常适宜	85%	100	非常适宜	80%	100	非常适宜	67%	75	适宜	58%	50	基本适宜	50%	50	基本适宜
自然流水江段保留率	87.20%	75	适宜	90.30%	100	非常适宜	79.59%	75	适宜	84.05%	100	非常适宜	73.05%	75	适宜	40.00%	25	不适宜
河岸生态缓冲带状况	植被带宽度<5m，局部岸坡有强烈侵蚀现象	25	不适宜	上中游河段植被带宽度 10~15 m，乡镇河段有轻度侵蚀现象	75	适宜	上中游河段植被带宽度 10~15 m，乡镇河段有轻度侵蚀现象	75	适宜	上中游河段植被带宽度 10~15 m，乡镇河段有中度侵蚀现象	50	基本适宜	上中游河段植被带宽度 10~15m，乡镇河段有中度侵蚀现象	50	基本适宜	上中游河段植被带宽度 10~15m，乡镇河段有中度侵蚀现象	50	基本适宜

进行综合比选后，丹达曲、定曲、冈曲生境较好，鱼类资源相对丰富；支巴洛河、腊普河、冈曲落差较大，规划水电梯级及已建梯级较多，鱼类资源有限，外来物种较多。经综合比选，从 5 条支流环境现状、开发情况以及鱼类资源分布情况来看，其保护价值依次为定曲、丹达曲、冈曲。

丹达曲位于旭龙水电站库区，是《金上规划调整环评》后续工作建议中提出的需保护的支流之一。根据生境现状调查结果，丹达曲河分布着鱼类的重要栖息地，生境类型多样，鱼类资源丰富。随着这些年的不断调查，统计结果发现丹达曲水生生物种类及资源量有所增加。2024 年的调查显示，所有干支流调查点位中丹达曲浮游植物生物量最高，明显高于其他采样点；着生藻类生物量在所有支流中丹达曲最高；浮游动物、底栖动物生物量也相对丰富；鱼类种类、资源量不断增加。2012~2013 年仅调查到 3 种鱼类，2 尾软刺裸裂尻鱼、3 尾长丝裂腹鱼、5 尾细尾高原鳅；2014 年丹达曲嘎托河流域调查到细尾高原鳅、安氏高原鳅、软刺裸裂尻鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼 5 种鱼类；旭龙环评阶段调查到长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅 4 种鱼类；2024 年 4 月、8 月共采集到鱼类 6 种、335 尾、1824.7g，分别为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、硬刺松潘裸鲤；综合各阶段调查资料，丹达曲调查到过 8 种鱼类：短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅和长丝裂腹鱼。西藏芒康县境内丹达曲源头区建有扎仓嘎水库，云南省德钦县内有丹达河水电站 2013 年已停建，老丹达河电站已废弃，2 座丹达河电站均为退出类。金沙江上游水电站的开发活动导致干流水生境显著减少，对支流水生境栖息地的保护显得尤为关键。奔子栏水电站作为金沙江上游最下游的梯级电站，同时也是开发较晚的梯级之一，应从金沙江上游流域整体角度出发，将丹达曲河纳入栖息地保护的范畴之内。丹达曲作为栖息地保护后，随着丹达电站、老丹达电站退出，连通性恢复，可以进一步营造良好的水生生境，提高水生生态系统多样性。

定曲为《金上规划环评》和《旭龙环评》划定的鱼类重要栖息地保护河段，奔子栏水电站库区回水将淹没栖息地保护河段约 21.19km，导致保护范围缩小。根据调查结果，定曲巴塘县段采集到高原鳅类和软刺裸裂尻鱼，该河道宽阔、呈网状，水体清澈见底，底质为卵石、泥沙，卵石以粒径 5~20cm 为主，为高原鳅、软刺裸

裂尻类提供了适宜的产卵、索饵环境；乡城县境采集到裂腹鱼类、高原鳅类、软刺裸裂尻鱼类；在正斗乡江段通过刺网捕获发育至IV期的雌性四川裂腹鱼；该区域河道宽阔，水平平坦，急流—缓流交替、深潭—浅滩交替，底质以卵石、砾石为主，两岸灌木茂密，为裂腹鱼类、软刺裸裂尻鱼类、高原鳅类提供了良好的繁殖、索饵、越冬生境。定曲河干流虽已编制水电规划并已获批复，但仅建成鱼根水电站(目前已废弃)和古学水电站，且根据四川省小水电限制性要求及长江流域小水电清理整顿政策，定曲规划水电站装机未超过 50MW，相应水电站建设难以实施，具有实施保护的有利条件。基于此，拟通过开展受损河道生境修复、加强渔政管理等综合保护措施体系，促进定曲水生生境的良性恢复，为评价区鱼类资源提供适宜的产卵和栖息场所。

冈曲为奔子栏坝下支流，也是中游水电规划龙盘库尾支流，龙盘水电站库区形成后将淹没冈曲下游河道，目前龙盘水电站已提出拟将冈曲纳入栖息地保护范围。统筹金沙江上游和中游水电开发保护要求，冈曲河段不纳入奔子栏水电站栖息地保护范围。

综上所述，本工程选择定曲干流 128km 河段(巴塘~乡城段)和丹达曲干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)作为奔子栏水电站鱼类栖息地保护河段。

6.2.3.4 栖息地保护范围、要求、生态功能

a) 保护范围

将丹达曲(芒康县城以下)130km、定曲上游(巴塘至乡城段)128km 河段作为流域珍稀土著鱼类的重要栖息地予以保护。

b) 保护目标

定曲：结合各阶段调查成果，定曲有 12 种鱼类。其中外来种 1 种：大鳞副泥鳅；土著种 11 种：短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅。11 种土著鱼类种包括长江上游特有鱼类有 8 种：短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅。定曲栖息地保护的目標是短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅等 11 种鱼类的栖息地，使其能够完成生活史并维持一定种群，减缓

工程建设运行对珍稀特有鱼类的影响。

丹达曲：丹达曲历史记录及本次调查有鱼类有 8 种，均为土著种，分别为：短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、细尾高原鳅、贝氏高原鳅和长丝裂腹鱼。丹达曲有 6 种鱼类属长江上游特有鱼类，分别为：短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、安氏高原鳅、长丝裂腹鱼；四川省级保护野生动物 2 种，为硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡；列入《中国生物多样性红色名录——脊椎动物 第五卷淡水鱼类》的鱼类有 4 种，为长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤均为易危(VU)。因此，丹达曲 8 种鱼类应将其列入保护对象。

c) 保护要求

一般保护范围：本阶段将丹达曲干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)纳入栖息地保护范围，保护等级维持在“一般保护”，对老丹达河水电站、丹达河水电站进行退出和拆除，恢复丹达曲连通性。属于一般保护范围内河段，应限制新建拦河工程，控制勘探和开采矿产资源。严格控制开展挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动。开展防洪排涝、交通工程等必要的民生涉水工程建设活动，应对影响河段进行分析，采取有效保护措施。

定曲干流长约 226km 的全部河段纳入栖息地保护范围。因奔子栏水电站蓄水以后，约淹没河口以上 21.19km，流水生境有所压缩，故将古学电站厂房~河口段长约 32km 的河段的保护等级维持“一般保护”，其余约 194km 的河段保护等级为“重点保护”。属于重点保护范围的河段，除必要的水资源保护、生态修复和民生工程外，禁止新建拦河工程，禁止勘探和开采矿产资源。限制开展挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动，并采取保护措施保证栖息地保护功能不下降。开展防洪排涝、交通工程等必要的民生涉水工程建设活动，或在重点保护河段外从事可能损坏本河段生境保护功能的涉水工程建设活动，应对影响河段进行专项分析，采取有效保护措施。

表 6.2.3-3 栖息地河段保护要求一览表

类别	重点保护河段	一般保护河段
涉水工程建设	除必要的水资源保护、生态修复和民生工程外， 禁止 新建拦河工程， 禁止 勘探和开采矿产资源。 限制 开展挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动， 并采取保护措施保证栖息地保护功能不下降 。开展防洪排涝、交通	限制 新建拦河工程，控制勘探和开采矿产资源。严格控制开展挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动。开展防洪排涝、交通工程等必要的民生涉水工程建设活动， 应对影响河段进行分析，采取有效保护措施 。

类别	重点保护河段	一般保护河段
	工程等必要的民生涉水工程建设活动，或在重点保护河段外从事可能损坏本河段生境保护功能的涉水工程建设活动， 应对影响河段进行专项分析，采取有效保护措施。	
水污染来源管理	新建、改建或扩建排污口，应对影响河段进行专项分析，采取有效保护措施，保证影响河段水质不下降。	新建、改建或扩建排污口，应对影响河段进行分析，采取有效保护措施，保证影响河段水质达标。
鱼类捕捞	严格落实 禁渔区禁渔期管理。未经县级以上渔业行政主管部门批准，禁止捕捞。	
外来物种管理	当地渔政主管部门应结合当地情况，每年定期定量组织开展科学的、集中的土著鱼类放生活动， 禁止 任何组织或个人从事外来水生生物放生活动。	
其他活动	单位或个人从事非破坏性的教学实习、参观游览、影视拍摄等活动，应遵守有关法律法规和鱼类栖息地保护管理制度，不得损害鱼类资源及其生存环境。	

d) 丹达曲、定曲栖息地保护生态功能

丹达曲位于奔子栏上游旭龙水电站库区，定曲位于奔子栏库区，两者均是《金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书》、《金沙江上游流域鱼类栖息地保护规划报告》中提出的需保护的支流。根据生境现状调查结果，丹达曲、定曲分布着鱼类的重要栖息地，生境类型多样，鱼类资源丰富。部分区域河道宽阔，水流平坦，急流—缓流交替、深潭—浅滩交替，底质以卵石、砾石为主，两岸灌木茂密，为裂腹鱼类、高原鳅类、鲃科鱼类等提供了良好的繁殖、索饵、越冬生境。由于金沙江上游水电站的开发活动导致干流水生境显著减少，因此，对支流水生境栖息地的保护显得尤为关键。奔子栏水电站作为金沙江上游最下游的梯级电站，同时也是开发较晚的梯级之一，应从金沙江上游流域整体角度出发，将丹达曲、定曲纳入栖息地保护的范畴之内。丹达曲、定曲作为鱼类栖息地，在生态保护中扮演着多重关键角色，具体体现在以下几个方面：

1) 保护独特的高原水域生境。丹达曲、定曲等高海拔河流具有低温、强紫外线、低氧、季节性水文波动大等特点，孕育了高度特化的鱼类群落(如裂腹鱼类、高原鳅类等)，这些物种的生理和行为适应机制具有重要科研价值。区域内冰川融水形成的深潭、急滩、侧缘缓流区等复杂结构，为不同生活史阶段的鱼类提供产卵场、索饵场和越冬场。丹达曲、定曲等作为栖息地保护可以更好的保护这些独特的高原水域生境。

2) 维持物种多样性。丹达曲、定曲流域栖息着多种适应高海拔、低温急流的特有鱼类(如裂腹鱼、高原鳅类、鲃科鱼类等)，加强栖息地保护，为这些物种提供产卵、索饵和越冬的场所，对维持长江上游鱼类基因库至关重要。健康的鱼类种群不

仅维持着水生生态系统的稳定，同时也支撑着水生生态系统的食物链，为鸟类、哺乳类等提供食物资源。

3)生态廊道功能。在金沙江上游梯级水电开发的背景下，丹达曲、定曲等支流成为少数未被完全阻隔的天然水域，为鱼类提供迁徙通道，缓解干流大坝导致的栖息地碎片化问题。当干流因水文变化(如水温骤降、泄洪扰动)不适宜鱼类生存时，丹达曲、定曲可作为鱼类的临时避难所。

4)科学研究与生态监测功能。作为相对原生态的水域，丹达曲栖息地保护可为评估金沙江上游开发对鱼类影响提供自然对照样本。长期监测丹达曲、定曲等鱼类群落动态，可指导干流生态调度(如人工洪水脉冲模拟)。

6.2.3.5 栖息地保护河段基本情况

a) 定曲及其主要支流生境

1) 定曲生境

(1) 巴塘段

定曲达休阔(格木村段)：海拔 3870m 以上，地形以高山草甸为主，4 月四周雪山环绕，河道宽阔、呈网状，“S”型弯曲，两岸居民较少、以放牧为主。水温 3℃、溶氧 8.11mg/L、电导率 134.9 μ S/cm、pH 值 7.85，透明度清澈见底(约 5~25cm)，流速 1m/s，底质为卵石、泥沙，卵石以粒径 5~20cm 为主。



格木村~波密乡段：海拔在 3400~3800m 之间，该河段长约 27km，以高山峡谷为主，两岸为原始森林，植被茂密；河道蜿蜒，波密乡附近河道宽阔(有采砂痕迹)、有支流汇入，呈网状，滩潭交错，急流缓流相间。水温 7℃、溶氧 7.63mg/L、电导率 245.1 μ S/cm、pH 值 8.40，水体清澈见底(约 25cm)，流速 1.1m/s，底质卵石、泥沙等，卵石直径以 5~15cm 为主，附着着生藻。



(2) 巴塘界至白兰斗河段

巴塘界至白兰斗在定波乡境内，地形以高山峡谷为主，人口稀少，其间有结绒溪和曾斗溪两条较大支沟。集中落差约 206.9m。分为四段，其中巴塘界至结绒溪河口(集雨面积 251km²)，河道长约 4.1km，落差 43m，河道平均比降 10.49‰；结绒溪河口至曾斗溪(集雨面积 99.7km²)，河道长约 2.7km，落差 15.7m，河道平均比降 5.79‰；曾斗溪至贡地，河道长约 7.6km，落差 90.6m，河道平均比降 11.86‰；贡地至白兰斗，河道长约 4.6km，落差 58.3m，河道平均比降 12.81‰。

(3) 白兰斗至东则

定曲干流在白兰斗汇入左、右支沟(集雨面积 43km²)后即进入河谷槽坝区，河道转向西南，至东则河道长约 28.9km，落差 183.0m，平均比降 6.34‰。两岸地形相对宽阔，河谷多呈“U”形，两岸发育了一些洪积扇和一、二级阶地，河谷宽度一般为 500~1900m，该段河流平缓，河道向南流经正斗乡后转向西，沿途居民点众多，集中定波和正斗两乡人口的 90%左右，耕地沿两岸河滩分布。

(4) 东则至得荣县界

该河段全长约 8.2km，落差 60.6m，平均比降 7.41‰。两岸地势以高山峡谷为主，地形狭窄，陡峻，河谷呈“U”形和“V”形，河道水面宽度为 80~100m，比降趋陡。居民点较分散，耕地沿两岸河滩零星分布。该段河道渐向下游远离布吉断层(F38)，断层离河床最近距离约 1.5km。

(5) 米月通至来依

米月通至来依为白松乡境内，地形以河谷槽坝为主，人口相对稠密，居民以藏族为主。其中米月通至麻通峡口，为规划门扎电站坝址库区，河道长约为 6km，河谷相对宽阔，河谷宽度为 400~1200m，该段河流平缓(河道平均比降 5.02‰)，分布高程一般在 2730~2900m；麻通至来依，河道长 15.5km，是得荣县农业人口最为稠密的地区，河谷宽阔，两岸地势开阔，宽度一般为 800~2000m，该段河流平缓(河道

平均比降 5.85‰), 农耕地分布集中, 居民点密集, 居民点分布干流两岸, 分布高程一般在 2650~2800m。

(6) 来依至扎杂

定曲干流在来依上游汇入白松上、下支沟后即进入中山峡谷区, 至色都下游 2.2km, 为规划扎杂电站坝址库区, 河道长 6.4km。两岸地形相对狭窄, 陡峻, 河谷地形多呈“V”形和“U”形, 宽度一般为 200~600m, 该段河流平缓, 河道相对顺直, 平均比降 4.55‰, 沿途居民点稀少, 耕地沿两岸河滩零星分布。

定曲干流在进入斯闸乡的亭子汇入亭曲和下支沟后即进入高山峡谷区, 至扎杂, 河道长 8.0km。两岸地形狭窄, 陡峻, 河谷地形多呈“V”形, 宽度一般为 60~200m, 该段河流落差相对集中(落差 74.2m), 河道沿西南方向折转向西北大转弯, 河道平均比降 9.4‰, 沿途居民点稀少, 沿岸耕地极少。

(7) 扎杂至奔都

该河段全长 30.4km, 地处定曲干流下游, 两岸地势以中、高山峡谷为主, 河谷相对开阔, 两岸地形狭窄、陡峻, 河谷呈“U”形, 宽度一般为 500~1200m, 比降趋缓(河道平均比降 8.35‰), 集中落差 253.4m。特别在得荣县城(松麦镇)以下 11.6km, 集中落差 121.5m。沿岸有斯闸乡、卡贡、曲雅、雅古、得荣县城(松麦镇)、通仁、奔都乡等地。居民点和耕地分布也较集中。

(8) 奔都至古学大桥

该河段全长 23.6km, 地处定曲干流下游, 两岸地势以中、高山峡谷为主, 河谷相对狭窄、陡峻, 河谷呈“U”形, 宽度一般为 200~600m, 比降趋缓(河道平均比降 8.35‰), 集中落差 197.0m。沿岸有俄木学、四郎、夏岛、格拥等地。居民点和耕地分布也较分散, 耕地沿两岸河滩零星分布。

(9) 主要支流生境

定曲主要支流为玛曲和许曲。玛曲河道总长 159km, 乡城境内河道长 123km, 平均比降为 5‰, 玛曲是典型的上游缓、下游陡的河流。热打以上主河道不明显, 河流切割不深, 水流平缓, 有利于提灌和引水。加斯(海拔 3310m)以下, 切割加深, 水流湍急, 河谷狭窄, 岸坡陡峻, 加斯至河口段落差近千米。

许曲河乡城县段为温辛柯沟口(理塘县)至格龙沟口下游约 2.4km 处(省界), 河段长 122.1km, 天然落差 881.3m, 河道平均比降 7.18‰, 支流面积较小, 有 6 条集雨

面积 100~250km² 的支流汇入，最大支流邓波曲(517km²)在拉玛隆汇入。按河谷形态大至分上中下三段。

茨巫曲为定曲河右岸的一条支流，于得荣县城上游前进乡注入定曲河，茨巫曲由木章曲、帕聪曲及希达贡等三条小支沟组成，主源木章曲发源于县境北端日郎巴卡以南的高山峡谷之中，河源海拔高程为 4600m。茨巫曲全长约 40km，流域面积约为 349km²，河口处多年平均流量约为 4.2m³/s，其中在茨巫以上流域面积为 74.925km²，河道长 10.3km，河道平均纵坡降 94.1‰，茨巫水库(茨巫乡上游 5km，距河口 35.5km)以上流域多年平均流量为 0.767 m³/s，多年平均径流深 322.8mm。目前，根据茨巫水库渗漏分析(赵启龙)因地层岩性、构造等的原因，部分支流、泉水地表水完全消失，河道流量少，生境较差。



茨巫曲汇入定曲



茨巫水库

2) 定曲水生生物资源

2019 年 4~6 月、2024 年 4~5 月和 7~8 月对定曲干支流进行了较为全面的 3 次水生生态调查。

2019 年 4~6 月调查断面为：定曲干流自上而下为定波、麻通、扎杂、奔都、古学库中、古学减水河段、定曲河口。金沙江干流两个：绒学、奔子栏。定曲支流 3 个：茨巫曲、玛曲、许曲。

2024 年 4~5 月、7~8 月调查断面为定曲干流及主要支流玛曲、许曲、茨巫曲。定曲自上而下为达休阔、波密、定波、正斗、水若、白松、奔都乡、古学段、支流茨巫曲、玛曲、许曲。

鱼类资源调查与饵料生物调查点位相似，以定曲干流为重点，兼顾支流玛曲、许曲。

(1) 鱼类种类组成

定曲河流域包括干流、支流许曲河和玛曲分布鱼类 12 种，其中土著鱼类 11 种，短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅；外来物种 1 种。采集到鱼类 10 种隶属 2 目 4 科 6 属，其中鲤形目 3 科 5 属 9 种，占鱼类种数的 90%；鲇形目 1 科 1 属 1 种，占鱼类种数的 10%。评价区旭龙坝址至奔子栏段干流采集到鱼类有 9 种，分别为安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡。定曲采集到鱼类与旭龙坝址至奔子栏段完全相同，相似性 100%。

定曲河流域有四川省重点保护鱼类硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡 2 种；长江上游特有鱼类 7 种，分别是短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡及安氏高原鳅。列入四川省级保护鱼类有黄石爬鮡、硬刺松潘裸鲤 2 种，列入中国生物多样性红色名录鱼类有 4 种，其中黄石爬鮡为濒危种(EN)，四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼均为易危种(VU)。

表 6.2.3-4 定曲流域鱼类分布名录

名录	2019 年				2024 年			关注类别		
	干流	支流			干流	玛曲	许曲	特有种	保护种	红色名录
	定曲	玛曲	许曲	茨巫曲	定曲	玛曲	许曲			
I. 鲤形目 CYPRINIFORMES										
1. 鲴科 Cobitidae										
高原鲴属 <i>Triplophysa Rendahl</i>										
安氏高原鲴 <i>T. angeli</i> (Fang)	★	★	★		★	★	★	特		
贝氏高原鲴 <i>T. bleekeri</i> (Sauvage et Dabry)			★		★					
短尾高原鲴 <i>T. breviceauda</i> (Herzenstein)	☆									
细尾高原鲴 <i>T. stenura</i> (Herzenstein)	★				★	★				
泥鳅属 <i>Misgurnus</i>										
大鳞副泥鳅 <i>Misgurnus dabryanus</i> (Guichenot) [△]					★					
2. 平鳍鲴科 Homalopteridae										
平鳍鲴亚科 Homalopterinae										
金沙鲴属 <i>Jinshaia Kottelat et Chu</i>										
中华金沙鲴 <i>J. sinensis</i> (Sauvage et Dabry)	☆									
3. 鲤科 Cyprinidae										
裂腹鱼亚科 Schizothoracinae										
裂腹鱼属 <i>Schizothorax</i> Heckel										
短须裂腹鱼 <i>S. (Schizothorax) wangchiachii</i> (Fang)	★	★	★		★	★	★	特		
长丝裂腹鱼 <i>S. (Schizothorax) dolichonema</i> Herzenstein	★		★		★	★		特		VU
四川裂腹鱼 <i>S. (Racoma) kozlovi</i> Nikolsky	★		★		★		★	特		VU
裸裂尻鱼属 <i>Schizopygopsis</i> Steindachner										
软刺裸裂尻鱼 <i>S. malacanthus malacanthus</i> Herzenstein	★				★			特		VU
裸鲤属 <i>Gymnocypris</i> Günther										
硬刺松潘裸鲤 <i>G. potanini firmispinatus</i> Wu et Wu	★		★		★			特	省	
II. 鲇形目 SILURIFORMES										
4. 鲇科 Sisoridae										
石爬鲇属 <i>Euchiloglanis</i> Regan										
黄石爬鲇 <i>E. kishinouyei</i> Kimura	★							特	省	EN

注：“★”表示采集到的种类，“☆”表示调查访问到种类，“特”表示长江上游特有种类，“省”表示四川省野生动物保护名录(含新增名录)种类，“VU”“EN”、“CR”分别表示《中国生物多样性红色名录》、《中国物种红色名录》易危、濒危、极危种。△表示外来种。

表 6.2.3-5 定曲河流域珍稀濒危特有鱼类名录

编号	种类	长江上游 特有种	四川省级保护 物种	中国生物多样性红 色名录
1	短须裂腹鱼	●		
2	四川裂腹鱼	●		易危 VU
3	长丝裂腹鱼	●		易危 VU
4	软刺裸裂尻鱼	●		易危 VU
5	硬刺松潘裸鲤	●	是	
6	黄石爬鮡	●	是	濒危 EN
7	安氏高原鳅	●		

(1) 鱼类资源现状

① 渔业概况

定曲流域涉及的行政区域属甘孜藏族自治州管辖的乡城县和得荣县，沿岸百姓多为藏民族，几乎全民信教，神山、圣树和圣水是藏民族最为重要和关注的对象。因此，定曲沿岸没有渔业，当地百姓不吃野生河鱼，调查期间沿河除得荣城区至奔都河段有钓鱼爱好者钓鱼外，也无专业捕捞人员。实施河长制以来，乡城、得荣两县定曲沿河乡镇都有专人负责巡视管理，对以前使用的捕鱼网具进行统一收缴，沿河各乡镇设立野生鱼类投喂点，开始大力宣传保护野生鱼类。目前，在当地各级政府引导下，沿河百姓的自觉维护下，定曲鱼类资源基本保持了自然状态，得到了较好的保护。

② 渔获物调查情况

2019 年、2024 年对定曲干支流进行了较为全面的鱼类资源调查与饵料生物调查，以定曲干流为重点，兼顾支流玛曲、许曲。在定曲采集到鱼获物 1221 尾，27798.7g。经鉴定为 10 种，分别是短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、安氏高原鳅及外来物种大鳞副泥鳅。从表看，休达阔~波密河段渔获物以贝氏高原鳅为主，其次为软刺裸裂尻鱼；定波~水若河段渔获物以软刺裸裂尻鱼为主，其次为高原鳅类，短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼数量增加；白松~古学段渔获物以短须裂腹鱼为主，其次为高原鳅类；支流玛曲、许曲以短须裂腹鱼为主，其次是高原鳅类。

表 6.2.3-6 定曲干、支流渔获物组成

河段	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
达休阔	贝氏高原鳅	72	1045.7	50-135	71.8	1.1-22.8	14.5	92.31	98.52
	软刺裸裂尻鱼	6	15.7	48-63	55.7	1.3-3.5	2.6	7.69	1.48
	合计	78	1061.4					100	100
波密	贝氏高原鳅	34	404.4	60-127	99.9	1.4-19.5	11.9	62.96	32.66
	软刺裸裂尻鱼	20	833.8	40-248	129	0.5-221.3	41.7	37.04	67.34
	合计	54	1238.2					100	100
定波	短须裂腹鱼	16	2876.6	100-380	213.2	15-864	179.8	10.74	44.46
	软刺裸裂尻	82	2724.4	70-221	146.5	6-126.2	33.2	55.03	42.10
	细尾高原鳅	34	296.2	40-117	324.5	0.6-19.3	8.7	22.82	4.58
	四川裂腹鱼	4	3630.6	173-465	332.1	72.4-1412	907.7	2.68	56.11
	长丝裂腹鱼	1	30	130	130	30	30.0	0.67	0.46
	硬刺松潘裸鲤	7	157.5	7/-165	115	5.9-56	22.5	4.70	2.43
	高原鳅	5	37	63-120	93	5-14	7.4	3.36	0.57
	合计	149	6470.5					100	100
正斗	软刺裸裂尻鱼	60	1699.43	40-171	116	0.8-72.5	28.3	68.97	87.72
	细尾高原鳅	22	187.57	82-121	86.9	4-18.6	8.5	25.29	9.68
	短须裂腹鱼	4	47.2	52-131	84	2-30.2	11.8	4.6	2.44
	硬刺松潘裸鲤	1	3.1	63	63	3.1	3.1	1.15	0.16
	合计	87	1937.3					100	100
水若	四川裂腹鱼	39	281	28-156	76.84	0.5-65.36	7.21	60.94	38.8
	细尾高原鳅	15	45.39	30-97	59.73	0.32-10.44	3.03	23.44	6.27
	软刺裸裂尻鱼	7	345.4	115-182	146.86	20.1-81.5	49.34	10.94	47.69
	短须裂腹鱼	2	41.63	85-125	105	9.8-31.7	20.82	3.13	5.75
	长丝裂腹鱼	1	10.81	88	88	10.81	20.82	1.56	1.49
	合计	64	724.23					100	100
白松	短须裂腹鱼	60	2219	36-400	89.6	1-1084	36.98	84.51	95.26
	长丝裂腹鱼	6	63	45-105	78	1-20	10.5	8.45	2.7
	软刺裸裂尻	2	26	79-114	96.5	7-19	13	2.82	1.12
	硬刺松潘裸鲤	1	7.5	80	80	7.5	7.5	1.41	0.32
	高原鳅	2	14	86-90	88	7-7	10.25	2.82	0.6
	合计	71	2329.5					100	100
奔都	短须裂腹鱼	374	6710.6	33-225	103.5	0.5-162	17.9	93.27	96.05
	安氏高原鳅	15	130.3	66-100	76.9	2.8-64	8.7	3.74	1.86
	软刺裸裂尻鱼	4	9.2	43-64	52.3	1.4-4.0	2.3	1.00	0.13
	长丝裂腹鱼	4	122	12-14	13.33	26-35	30.5	1.00	1.75

表 6.2.3-6(续)

河段	种类	尾数	重量(g)	体长(mm)		体重(g)		百分比(%)	
				体长范围	均值	体重范围	均值	尾数(%)	重量(%)
奔都	高原鳅	4	14.5	5.2-7.5	6.53	1.5-5	3.6	1.00	0.21
	合计	401	6986.6					100	100
古学	短须裂腹鱼	114	2187.9	31-630	87.5	0.4-691	19.2	79.72	72.23
	安氏高原鳅	2	7.2	71-72	71.5	3.3-3.9	3.6	1.40	0.24
	长丝裂腹鱼	6	394.1	72-282	146.3	5-283.3	65.7	4.20	13.01
	大鳞副泥鳅	1	11.64	113	113	11.6	11.6	0.70	0.38
	细尾高原鳅	1	8.33	68	68	8.3	8.3	0.70	0.27
	硬刺松潘裸鲤	1	40.96	142	142	40.9	41.0	0.70	1.35
	黄石爬鮡	12	373	115-170	136.3	24-68	31.1	8.39	12.31
	高原鳅	6	6	37-48	42.2	1-1	1.0	4.20	0.20
	合计	143	3029.13					100	100
支流 玛曲	短须裂腹鱼	26	818.2	36-235	118	0.7-525	31.5	54.17	77.31
	安氏高原鳅	8	60.2	84-101	94.3	6.3-9.5	7.5	16.67	5.69
	细尾高原鳅	7	31.1	53-98	72.7	1.5-10.5	4.4	14.58	2.94
	长丝裂腹鱼	2	123.6	163-171	167	61.2-62.4	61.8	4.17	11.68
	高原鳅	5	25.2	7-10	7.98	25.5	5.0	10.42	2.38
	合计	48	1058.3					100	100
支流 许曲	短须裂腹鱼	99	2614.6	36-225	98.3	0.5-200	26.4	78.57	88.22
	长丝裂腹鱼	5	186	7.5-18.8	14.6	7-114	37.2	3.97	6.28
	四川裂腹鱼	2	66.4	109-145	127	22.4-40	33.2	1.59	2.24
	硬刺松潘裸鲤	4	42	5.5-12.5	8.08	4-31	10.5	3.17	1.42
	高原鳅	15	50	4-11.5	6.84	0.5-13	3.3	11.90	1.69
	安氏高原鳅	1	4.6	75	75	4.59	4.6	0.79	0.16
	合计	126	2963.6					100	100

3) 鱼类重要生境

(1) 产卵场

① 裂腹鱼类产卵场

评价区土著鱼类绝大部分为产粘沉性卵种类，其中裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，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，有的裂腹鱼在河滩的掘沙砾成浅坑，产卵其中孵化。调查江段符合裂腹鱼产卵条件的水域较为普遍，它们的产卵场分布零散，河道中的心滩、卵石滩、分汊河道的洄水湾及支流汇口等均是裂腹鱼类比较理想的产卵场所。从生境现状分析，斯闻

乡以下以中高山峡谷为主，裂腹鱼类产卵场主要分布在斯闸乡的亭子以上的中上游宽谷河段，相对集中的主要有波密乡上游 1.5km、白兰斗村上游 3km、定波乡下游 9.6km、正斗乡下游 19km、古学、许曲汇口。

② 鮡科鱼类产卵场

黄石爬鮡等鮡科鱼类卵有弱粘性，产卵底质多为礁石、砾石堆，产卵场与裂腹鱼不同，多分布于干、支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道江段，产卵场位置相对稳定，主要为定曲亭子村下游 2.8km、定曲汇口支流。



亭子--扎杂、劳动桥--定曲

高原鳅等小型鱼类，一般在干支流沿岸水深较浅、水流较缓区域等一些小生境即可完成产卵繁殖，因此其没有固定的、集中的产卵场。一些采样断面岸边时常发现今年繁殖刚出来的高原鳅新苗。

③ 越冬场

调查水域鱼类主要的构成类群青藏高原类群裂腹鱼类和条鳅类及西南山地类群的鮡科类群等，大都为典型的低温适宜种类，长期的生态适应和演化，使其具有抵御低温水环境的能力，能在低温环境中顺利越冬。枯水期水量小，水位低，鱼类进入深水河槽或深潭中越冬，这些水域多为岩石、砾石、沙砾底质，冬季水体透明度高，着生藻类等底栖生物较为丰富，为其提供了适宜的越冬场所。这类鱼越冬迁移距离一般不长，因此，水位较深的主河道江段、深潭都是裂腹鱼类适宜越冬场所。

4) 河段开发与保护要求

定曲干流建有古学、鱼根水电站。古学水电站装机 90MW，2015 年 8 月投产发

电。古学水电站为闸坝引水式电站，水库正常蓄水位 2270.00m，校核洪水位 2271.86m，总库容 32.28 万 m^3 ，死水位 2269.00m，调节库容 4.88 万 m^3 ，无调节能力。古学电站坝址位于藏色桥上游约 1.52km 处，闸首高度 12.5m，挡水水头 7.5m，闸首至厂房河道距离约 17km(减水河段)。

鱼根电站水电站装机 1.1MW，位于县城附近，于 1980 年代建成。

(1) 旭龙环评及批复要求

《旭龙环评》及批复中提出“得荣县境内定曲河干流约 98 公里河段划为栖息地保护河段，进行生态修复与保护，原则上不再建设拦河建筑物，在鱼根水电站和古学水电站补建过鱼设施，恢复河流连通性，对现有挖沙区域进行生态修复”。“在蓄水前应自行开展阶段环境保护验收……鱼类栖息地保护规划(含小水电补建过鱼设施)……等应作为主要验收内容”。

古学水电站须按环评批复要求泄放生态流量，在闸址处下泄不低于 $6.06\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，其中 5~9 月应下泄不低于 $18.18\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，并尽快落实生态流量在线监测设施，以满足下游河道生态用水需要。在鱼类主要繁殖期 3~7 月，确保古学水电站鱼道正常运行，保障繁殖期间鱼类进行短距离生殖洄游的需要。同时，考虑到古学水电站闸坝挡水较低(挡水水头约 7.5m)，实施敞泄调度可以更好满足鱼类上下交流需求。古学水电站在鱼类主要繁殖期实施 1~2 次敞泄生态调度措施，每次开闸敞泄调度持续时间 3~5 天，促进鱼类上下交流和繁殖洄游。

(2) 旭龙环评及批复措施落实情况

旭龙水电站于 2022 年 9 月正式开工建设，2023 年 11 月实现大江截流，目前正在开展大坝主体施工工作。已开展施工期鱼类保护宣传、施工期水生生态监测和鱼类栖息地保护专项研究；正计划开展鱼类增殖站运行管理、过鱼设施建设等招标工作；后续将根据工程进度陆续落实鱼类增殖放流及效果监测、鱼类栖息地保护方案等措施。

2023 年 12 月，建设单位成立旭龙水电站定曲河鱼类栖息地保护工作专班(国家能源金建〔2023〕8 号)。在现场查勘、收集资料、开展水生生态调查并与得荣县政府沟通协调基础上，设计单位于 2024 年 9 月编制完成定曲河鱼类栖息地保护规划初稿。

(3) 效果评估

古学电站运行后对定曲河鱼类产生了一定阻隔影响。按照四川省环保厅的批复，古学电站运行应安装生态流量在线监测系统，在闸址处下泄不低于 $6.06\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，每年 5~9 月应下泄不低于 $18.18\text{m}^3/\text{s}$ 的生态流量，满足下游河道生态、景观等用水的需要。根据调查，电站在实际运行中没有按要求下泄生态流量，闸后近河道几乎是断流状态。因此，电站运行后，对于坝下近 17km 的减水河段尤其是近闸处河段鱼类生长、繁殖产生不利的影响。

鱼类调查期间恰逢古学电站设备检修，5 月 15 日~27 日连续 13 天开闸检修，河流处于敞泄状态。据调查，电站每年都有设备检修而敞泄，尽管每年检修时间长短不同，敞泄持续时间不等。但这种敞泄状态恢复了定曲的连通性，对定曲鱼类资源保护和恢复具有一定作用。



坝下减水(脱水)河段



古学电站闸坝敞泄状态

定曲流域属于藏区，受宗教信仰影响，当地百姓鲜有捕食野生鱼类的现象。近年来，随着环境保护力度加大，尤其是河长制以来，乡城、得荣两县定曲沿河乡镇都有专人负责巡视管理。几乎各沿江乡镇都有鱼类定点投喂点，设立野生鱼类保护牌，进行保护示范等科普宣传活动。这些措施，对于定曲鱼类资源的恢复和保护发

挥着重要的作用。



奔都野生鱼类投喂点

从目前的鱼类调查综合来看，定曲鱼类资源比较丰富。金沙江干流的 7 种特有鱼鱼类短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡及安氏高原鳅在定曲及其支流均有分布。2019 年在奔都地笼 1.5 小时时间收获 147 尾 4961g 渔获物，在正斗乡刺网捕获发育至IV期的雌性四川裂腹鱼。古学电站 2015 年 8 月开始运行，距今运行时间近 10 年，从鱼类资源的分布状况看，没有表现出明显的差异。一方面是由于定曲分布的鱼类主要为产粘沉性卵鱼类，没有长距离洄游习性，定曲干流拦河枢纽不多，现存的流水河段能够满足分布于该支流鱼类完成生活史的条件，虽然金沙江上游干流上溯补充减少，但仍可维持一定的种群；另一方面，干流主要拦河枢纽工程每年都有敞泄检修工况，敞泄期间鱼类仍可上溯补充，大坝对鱼类上溯并没有完全阻隔。此外，沿岸居民基本上为藏族，没有捕鱼食用习惯，特别是近年来环保意识增强，长江十年禁渔及河长制的实施，鱼类资源得到有效保护，定曲鱼类资源维持良好状态。

b) 丹达曲基本情况

1) 丹达曲生境

丹达曲全长 144km，流域多年平均降水量 600~1000mm，流域多年平均流量 32.55m³/s，近河口河段河底平均坡降约 2.7%，河道平均比降 15.5‰，流域面积 2608km²。丹达曲水系较为发育。主流两侧的较大支流基本对称，左岸有隼曲河、井曲河、额曲河汇入，右岸有直龙海曲河、拉拉奇黑河及羊拉河汇入，水系近似呈树枝状分布。流域的东北面、东面及东南面皆与金沙江的干支流接壤，西面等区域与澜沧江毗邻。流域系高山狭谷地貌特征，其地势西北高、东南低。

流域上游地区植被以高山草甸为主，草场发育，中、下游地区植被以灌木为

主，有小面积森林分布，植被覆盖率较高。流域上游段河谷较宽阔，水流平缓；中、下游段河谷狭窄，水流湍急。尤以羊拉河汇口附近的河谷地势最为险峻，过水宽度约 6m，两岸峭壁相互对峙，丹达曲出口处的金沙江河段全是高山峡谷，多急流险滩，河床坡降大，河谷狭窄呈“V”字型河谷，在云南境内的河道天然落差为 401m。河水含沙量较小，属低沙河流，河床覆盖层多以沙卵石组成。丰水期 6~10 月经流量占年径流总量的 70.0%，其它月份占 30%，连续最大 4 个月径流量多出现在 7~10 月，尤以 8 月份的水量为最丰，最小径流多出现在 1~4 月，尤以 3 月份的水量最枯。

丹达曲位于旭龙库区，累计调查到土著鱼类与旭龙干流段鱼类组成相似性达到 72.72%，资源相对较丰富，为适宜的支流替代生境。目前丹达曲上游建有扎仓嘎水库，水库下紧邻芒康县城，县城段河岸建设了石岸护坡，人为干扰大；县城往下河段为典型的高原性河流，河谷较为宽阔，且有多处适宜裂腹鱼类产卵的生境条件；再往下，河道收窄，坡降增加，零星分布有适宜裂腹鱼类产卵的生境条件。



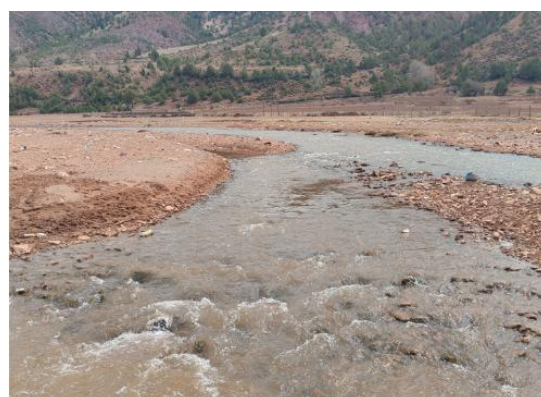
扎仓嘎水库库区



扎仓嘎水库坝址



县城河段生境



上游适宜产卵生境



中游适宜产卵生境

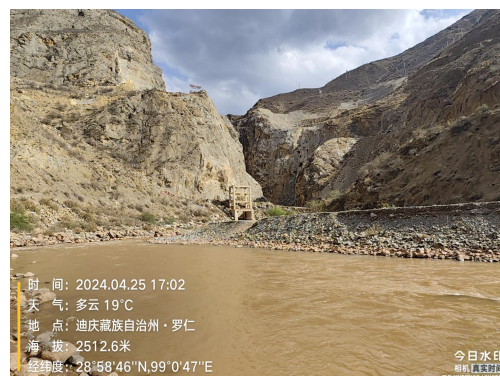


下游适宜产卵生境

2) 开发状况

丹达曲上中游位于西藏昌都市芒康县境内，又名嘎托河，下游位于云南省迪庆州德钦县境内，于旭龙库区汇入金沙江，流域面积 1540km²，干流全长 144km，河口多年平均流量 32.55m³/s。西藏芒康县境内丹达曲源头区建有扎仓嘎水库，水库紧邻芒康县城北面，沥青心墙砂砾石坝最大坝高 46.5m，总库容 1905.87 万 m³，正常蓄水位相应库容 1726.7 万 m³，死库容 602.2 万 m³，为Ⅲ等中型工程，功能为灌溉、供水。西藏自治区水利厅已批复嘎托河(西藏)综合规划，规划萨麦、卡布、门巴 3 级开发方案，均为无坝引水的径流式电站，由于河段靠近萨麦，涉及芒康滇金丝猴国家级自然保护区，规划期内均不安排开发。丹达曲在云南省境内规划有丹达河水电站，由云南省发展和改革委员会以《关于迪庆州德钦县丹达河水电站项目核准的批复》(云发改能源〔2008〕2428 号)批准建设。

丹达河水电站位于德钦县羊拉乡境内，为引水式电站，设计装机 100MW；电站 2009 年开工建设，2013 年已停建。此外，丹达曲下游段已建老丹达河电站，该电站坝址距河口约 15km，引水渠长约 2km，根据《迪庆州小水电清理整改电站清单》属于退出类，目前尚未拆除。



停建的丹达河电站



废弃的老丹达河电站

3) 生物资源

(1) 浮游生物

丹达曲上有浮游植物 3 门 22 种(属), 密度为 5386667ind./L; 丹达曲下有浮游植物 20 种(属), 密度为 2986667ind./L。

丹达曲下有浮游动物 14 种, 丹达曲上有浮游动物 9 种, 浮游动物平均密度和生物量分别是 666.69ind./L、0.0559mg/L。

(2) 底栖动物

丹达曲底质为块石、卵石, 水流相对平缓, 底栖动物 17 种, 主要为蜉蝣目、毛翅目及摇蚊科生物等。底栖动物平均密度和生物量分别为 670ind./m²、14.446g/m²。

(3) 鱼类资源

根据历年调查, 丹达曲有鱼类分布 8 种, 短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、细尾高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅和长丝裂腹鱼。2012~2013 年调查仅获得 2 尾软刺裸裂尻鱼、3 尾长丝裂腹鱼及 5 尾细尾高原鳅;

《西藏自治区昌都地区嘎托河流域综合规划》(2014 修订稿)记载, 丹达曲主要有细尾高原鳅、安氏高原鳅、软刺裸裂尻鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼 5 种鱼; 旭龙环评阶段调查到长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅 4 种鱼类; 2024 年 4 月、8 月 2 个调查点位采集到鱼类 6 种、335 尾、1824.7g, 分别为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、细尾高原鳅、贝氏高原鳅、硬刺松潘裸鲤。奔子栏环评阶段调查到旭龙坝址至奔子栏干流有土著鱼类 11 种: 安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅、短尾高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡。从种类组成上看, 丹达曲与干流旭龙坝址至奔子栏段相似度高。调查到的鱼类组成与河流生境均与干流相似度较

高。

6.2.3.6 栖息地保护规划

a) 管理措施

对于保护河段，地方政府应严格限制涉水工程建设，采取水生生态监测和渔政管理等栖息地管理措施。

工程影响水域鱼类栖息地保护归口于渔业管理部门，应设置专业管理机构，对所管辖的鱼类栖息地进行巡护，依法开展巡查工作，调查处理影响栖息地保护功能的事件，及时向环境保护部门和渔业行政主管部门报告重大事项。

在鱼类繁殖期加强巡护，禁止一切影响、干扰鱼类繁殖活动的行为，为珍稀特有鱼类如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、中华金沙鳅、安氏高原鳅等创造良好的自然生态环境，使其能在较好的生存条件下繁衍生息，逐步扩大种质资源和种群数量，达到增殖资源的目的。

宣传有关保护珍稀特有鱼类的法律知识，扩大影响面，提高广大群众对珍稀特有鱼类的保护意识和自觉性，增强全社会的法律意识，实现与社区共管。同时，考虑到该区域沿河藏民族具有不捕杀和食用鱼类的宗教信仰，因此应发挥宗教作用，增强宣传效果。

在栖息保护地内实行严格管理和执行全年禁渔期，严肃查处和制止毒鱼、炸鱼，以及非法捕鱼等行为，尤其要加强对鱼类产卵场、索饵场和洄游通道的管理和保护。

b) 栖息地修复

1) 采砂、淤积河段治理

定曲定波至正斗乡相对宽谷河段，由于防洪工程建设等需要，建有多个挖沙场和引水灌溉工程。引水灌溉工程的修建，导致取水口水位抬高，虽然河流保持连通但下游水量有所减少；挖沙和防洪工程的建设对河流砾石沙滩、心滩破坏严重，导致两岸浅滩及洲滩面积减少，破坏了鱼类产卵场和越冬场，影响了鱼类的生存和繁衍。丹达曲丹达河电站施工围堰拦断河床，导致天然河段堵塞，影响鱼类上下游连通。

①对于保护河段的沙场，建议关闭并修复；可依据河道地形和河流冲淤特性，就地取材，按照河道原有形态进行近自然恢复。②对于引水灌溉工程，建议整合分散引水口，在取水口修建拦鱼措施，鱼类繁殖期(3~6月)减少用水量。③将因丹达河施工围堰导致的河道淤积，进行围堰拆除、河道清淤疏浚，恢复河道连通。④对于防洪工程治理，根据施工

结束后施工单位对河床、河滩破坏和扰动的修复情况再进一步的论证是否进行修复。⑤对近岸河道进行植物恢复与重建，选择适应当地气候水文条件的乡土乔、灌、草及湿生、水生植物进行种植，构建由水生到陆生的连续植被带。



定曲定波至正斗乡河段防洪工程施工现场和挖沙场



定曲乡城段(左)、得荣段(右)引水渠



定曲乡城段硬化岸坡

2) 生境修复

结合定曲保护河段的自然地貌特征，可采取的生境的设计方案主要包括以下几方面，简要如下：

(1)岸坡护理

需进行岸坡护理的地方主要有河口岸坡侵蚀段、急流岸坡侵蚀段、河弯凸岸侵蚀段以及深潭边坡侵蚀段。护岸形式可根据具体的实际情况进行选择，主要方式有抛石护脚、砌石护岸以及砌石、木桩相结合的形式，此外还应加强岸坡植被保护，所用土、石材等护岸基材可就地取材。

(2) 产卵繁殖生境人工营造

河段内所栖息鱼类主要为鮡科和裂腹鱼类，根据其繁殖生物学特性，鮡科、鳅科及裂腹鱼类繁殖时应在河段的浅滩宽阔处铺设卵石、营造缓急流形成流水刺激，以便鱼类可以在卵石缝隙中产卵、在流水中孵化。因此，繁殖生境营造主要铺设卵石浅滩，缓急流的营造可通过河道设置水流导向结构、丁坝等结构来实现，以此提升河道的复杂多样性。

(3) 索饵、活动场所营造

索饵、活动的场所营造主要通过河道的浅滩、深潭设计以及缓急流设计来实现，浅滩、深潭以及缓急流往往同时出现，应结合河道坡降特征和河床演变规律来加以微建重塑。深潭浅滩位置主要布置于各弯道处，凹岸通过浅挖设置深潭，凸岸上游通过砾、卵石堆砌构造浅滩，也可通过石堰、木堰来设置深潭。

(4) 越冬场所营造

越冬场所设置在河道中较大的深潭区，同时也可作为鱼类避险、摄食区域。越冬场所营造是在原有河段的宽阔、较深处通过深挖或抬升水位来加大水深和增大水体面积，满足鱼类越冬的需要，同时深潭处也可设置木桩丛或石堆等将深潭营造为较复杂环境，为鱼类提供多样性生境。

表 6.2.3-7 栖息地生境修复主要工程量及投资表

序号	项目	单位	数量	单价 (万元)	投资 (万元)
1	土建工程				1609.16
1.1	土石方开挖	m ³	95000	38.45	365.28
1.2	土方填筑	m ³	65000	11.7	76.05
1.3	砾石垫层填筑	m ³	25800	176.72	455.94
1.4	蛮石填筑	m ³	14700	270	396.9
1.5	细沙填筑	m ³	30000	105	315
2	湿生植物栽培	m ²	16000	550	880
3	生态护坡建设	m ²	30000	1000	3000
4	管理维护	年	3	500000	150
合计					5639.16

c) 河流连通性恢复

根据《金上规划调整环评》及其审查意见，“将丹达曲(芒康县城以下)130 公里、定曲上游(巴塘至乡城段)128 公里河段作为流域珍稀土著鱼类的重要栖息地予以保护，严格管理；根据栖息地保护的要求，拆除定曲鱼根电站，丹达曲老丹达河电站、丹达河电站，奔子栏水电站建成前研究落实定曲古学电站退出，进一步恢复和修复河道连通性”。

目前鱼根水电站已废弃，对其进行拆除以恢复河道连通性；对鱼根电站、老丹达河水电站、丹达河水电站，奔子栏水电站蓄水前进行退出和拆除。

d) 古学水电站退出方案

在旭龙水电站蓄水前研究并制定古学水电站退出方案，奔子栏水电站建成前完成退出。

e) 栖息地环境监测全过程平台建设

1) 建设范围

栖息地保护范围。

2) 监测建设内容

工程鱼类栖息地重点保护河段分布范围广，河段长，地理位置偏远，单纯依赖水电站的工作人员开展巡查、监视、监测，存在很大困难，应依托信息化技术手段，完善配套监测体系建设，通过在鱼类栖息地开展视频监控、图像监测、水文监测、水温监测、水质监测、水生生态监测、陆生生态监测、河道监测、无人机巡航，借助卫星遥感、卫星通信传输、时空大数据挖掘等空间信息技术，建设奔子栏水电站栖息地环境监测保护全过程信息管理平台，实现栖息地保护工作的智能巡检、智能报警、可视化宣传。通过信息化手段极大简化栖息地监测保护工作量与难度，为保护方案的实施与正常运行提供保障，在保障栖息地保护工作顺利开展的同时，将有效保障鱼类栖息地免于遭受人类破坏，也为保护工作的顺利开展起到很好的宣贯作用，需要完成如下工作：

- (1) 栖息地监测能力建设；
- (2) 栖息地监控及宣传能力建设；
- (3) 栖息地应急处置与响应能力建设；
- (4) 基础设施建设；

(5) 同时,为保障系统稳定运行,在合同规定期间内,需提供系统、配套硬件运维工作,能定期对配套硬件进行维护。

3) 总体建设方案

奔子栏水电站栖息地环境监测保护全过程信息管理平台,实现栖息地保护工作的智能巡检、智能报警、可视化宣传,通过信息化手段极大简化栖息地监测保护工作量与难度,为保护方案的实施与正常运行提供保障,在保障栖息地保护工作顺利开展的的同时,将有效保障鱼类栖息地免于遭受人类破坏,也为保护工作的顺利开展起到很好的宣贯作用,其主要架构如下:

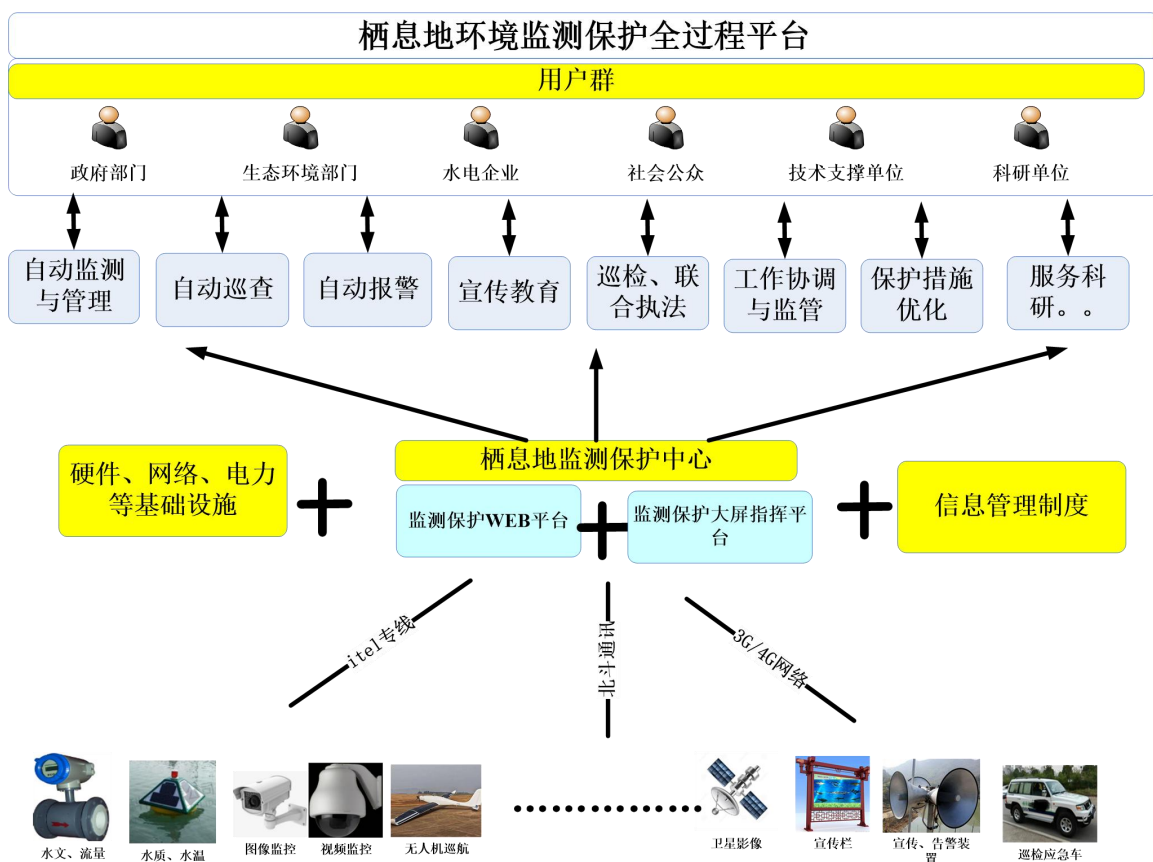


图 6.2.3-3 系统总体架构

(1) 为满足奔子栏水电站栖息地的信息化监测与管理,规划基于已有监测站点与设施,结合栖息地管控的实际需求,增加视频、图像、水文、水温等必要监测站点,定期开展陆生生态调查及河道监测、水生生态调查,提升栖息地监测能力;

(2) 为将分散在各地的监测设备进行统一管理,简化栖息地保护工作人员日常管理的工作量,做好栖息地保护工作的对外宣传工作,规划建立数据采集、监测信息 WEB 管理系统、栖息地监测指挥大屏等一系列信息化系统,提升栖息地监控及

宣传能力；

(3) 针对各类监测设备采集的海量数据(文字、视频、图片等), 规划人工智能、大数据等技术, 对数据进行自动处理分析, 自动发现异常, 自动进行告警, 配置应急巡检车, 建立联合执法与巡检机制, 通过信息化手段提升栖息地的应急处理与巡检能力;

(4) 为保障系统的正常运行, 需针对栖息地所在地人烟稀少, 网络、电力状态差等状况, 规划无线组网、风光互补充电装置, 配套必要硬件设备、自动告警设施、信息化管理制度, 为系统正常运行提供基础保障。

同时, 系统通过建立 WEB 平台, 大屏子系统, 对监测数据进行可视化管理、统计分析、自动异常预警等, 提升水电站生态环境监管的智能化、信息化水平, 建立一个水电站环保运行的展示窗口, 宣传与展示水电站社会效益、生态环保工作成效与成绩。

6.2.4 过鱼设施

6.2.4.1 过鱼设施的必要性

电站的建设将使河流的连续性受到影响, 对鱼类的上溯交流有很强的阻隔效应。调查水域无长距离洄游鱼类, 奔子栏电站阻隔对洄游的影响较小, 主要对上下游物种的基因交流的影响较大。

《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”。《中华人民共和国湿地保护法》第三十条第三款规定: “经依法批准在洄游通道建闸、筑坝, 可能对水生生物洄游产生影响的, 建设单位应当建造过鱼设施或者采取其他补救措施。”《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”。《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)。要求: “充分论证过鱼方式, 认真落实过鱼措施。水电工程应结合保护鱼类的重要性、受影响程度和过鱼效果等, 综合分析论证采取过鱼措施的必要性和过鱼方式。……对水头较高的水电建设项目, 应结合场地条件和枢纽布置特性, 研究采取鱼道、升鱼机、集运鱼系统或不同组合方式的过鱼措施。应深入开展过鱼设施的技术方案研究, 做好鱼道水工模型试验和鱼类生物学试验,

落实过鱼设施建设，保证过鱼设施按设计方案正常运行。”《水电工程过鱼设施规范》指出：“在河流上建设水电工程，应研究工程对鱼类造成的阻隔影响，并根据需要和相关条件设置过鱼设施”。

电站建成后将工程河段的鱼类造成阻隔影响，评价区鱼类可能分隔成坝上、坝下两个种群。工程河段不存在长距离洄游的鱼类，仅裂腹鱼类有一定的短距离洄游的倾向，高原鳅与鮡科鱼类基本属于定居性鱼类。它们完成生命史所需空间相对较小，评价区干流江段及其支流还存在一定的繁衍栖息的条件，能够完成其生命过程，维持种群延续，阻隔影响主要是种群个体及其遗传交流受阻。为了减少大坝对河流生态系统尤其是鱼类种群的干扰，维持河流生态系统的连通性、维持河流的遗传及生物多样性，工程有必要设置过鱼设施。

为满足我国现行法律法规和环保政策的要求，工程有必要修建过鱼设施。

6.2.4.2 过鱼目标分析

我公司联合水工所开展了鱼类资源调查和生态学实验研究，结合鱼类的生态习性，分析了过鱼目的，筛选了过鱼对象，论证了过鱼季节。

a) 鱼类资源及生态习性

评价区段共有到鱼类 32 种，其中土著鱼类 20 种，外来物种 12 种，裂腹鱼类产粘沉性卵，适应高原急流生境鱼类，没有长距离洄游习性。高原鳅、鮡科小型种类产卵水域分布零散，高原鳅多在河流近两岸的缓流水域产卵，卵落入石缝间在水流不断冲击下发育；鮡科种类则多产卵于所栖居的激流礁岩质河床的背水侧，卵粘附于岩石上发育。

b) 过鱼目的分析

根据奔子栏水电站阻隔影响，对不同阶段的过鱼目的进行了分析，见表 6.2.4-1。

表 6.2.4-1 过鱼目标分析表

需求类别		鱼类特点	过鱼目的分析
缓解生活史阻隔影响		裂腹鱼对产卵需求偏低 高原鳅、鮡科鱼类小区域即可完成生活史	完成生活史需求不显著
丰富种质资源	近期	坝上生境适宜度低于坝下	适量的上下交流，丰富鱼类种质资源
	远期	坝上坝下整体生境适宜度均下降，种类丰度下降	
沟通基因交流		可能产生异质种群和遗传漂变风险	适量的上下交流，促进鱼类基因交流

本工程过鱼设施以恢复奔子栏水电站上下游的洄游通道，沟通上下游的鱼类基因交流和保护土著鱼类资源为目的。初步确定奔子栏过鱼设施上行系统的主要目的是促进坝上坝下鱼类基因交流，鱼类下行系统的主要目的是提高被动下行鱼类过坝的存活率，以促进坝下基因交流。

c) 过鱼对象

本报告综合考虑本工程鱼类的过鱼需求、过鱼有效性、过鱼价值，并结合鱼类资源量现状，优化和确定本工程的主要过鱼对象。具体考虑指标及赋分依据见表 6.2.4-2~3，对不同种类的综合得分(各指标分累加)进行排序作为过鱼种类选择依据。

表 6.2.4-2 过鱼对象筛选依据表

过坝需求	指标	赋分		
		3	2	1
过鱼需求	洄游习性	洄游鱼类	短距离迁移	定居鱼类
过鱼有效性	生境适宜度	高	中	低
保护价值	保护等级	国家级	地方级	否
资源量	资源量现状	现状分布种或放流种	历史调查种	已无分布

表 6.2.4-3 奔子栏水电站过鱼对象筛选表

	鱼名	洄游需求	过鱼有效性	保护价值	鱼类资源量	得分
主要过鱼对象	长丝裂腹鱼	2	3	2	3	10
	短须裂腹鱼	2	3	1	3	9
	四川裂腹鱼	2	3	1	3	9
	软刺裸裂尻鱼	1	3	1	3	8
	硬刺松潘裸鲤	1	3	1	3	8
兼顾过鱼对象	中华金沙鳅	1	2	1	3	7
	黄石爬鮡	1	1	2	3	7
	安氏高原鳅	1	2	1	3	7
	贝氏高原鳅	1	2	1	3	7
	细尾高原鳅	1	2	1	3	7

综上，将库区主要保护鱼类长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤为主要过鱼对象，本工程过鱼对象及优先级见下表。

表 6.2.4-4 过鱼对象及优先级

优先级	种类	理由
主要过鱼对象	软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤	能够适应蓄水后的库区生境
	短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼	繁殖季节具有短距离上溯习性
兼顾过鱼对象	细尾高原鳅、贝氏高原鳅、 安氏高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅	定居鱼类

d) 过鱼季节

上行主要过鱼季节参考主要过鱼对象的繁殖季节确定，为满足坝上下群体的遗传交流，可以考虑提前 1 个月开展，因此上行主要过鱼季节为 3~9 月；每年 6~9 月为洪水时段，会有大量上游的幼鱼被水流冲到坝址，被动下行过坝，因此 6~9 月为下行主要过鱼季节。

表 6.2.4-5 过鱼季节选择表

过鱼对象	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
长丝裂腹鱼			✓	✓								
短须裂腹鱼			✓	✓								
四川裂腹鱼			✓	✓								
软刺裸裂尻鱼						✓	✓	✓	✓			
硬刺松潘裸鲤						✓	✓	✓	✓			
中华金沙鳅					✓	✓	✓					
黄石爬鮡					✓	✓	✓					
贝氏高原鳅					✓	✓	✓					
安氏高原鳅					✓	✓	✓					
细尾高原鳅					✓	✓	✓					
上行过鱼季节			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
下行过鱼季节						✓	✓	✓	✓			

e) 过鱼规格及数量

1) 过鱼规格

该江段小型鱼类主要为鳅类和鮡类，其最小性成熟体长多在 60mm 左右，实地调查的最小鱼类在 55mm。体型较大的鱼类主要为裂腹鱼类，一般性成熟个体在 200mm 以上，最大个体可达 600mm，普遍大小在 200mm 至 400mm 之间，因此，在进行升鱼机设计时，上行以 55mm 至 600mm 作为主要的过坝个体规格。下行规格为鱼卵、鱼苗等仔幼鱼。

2) 过鱼数量

过鱼设施的过鱼数量通常以坝下聚集上溯的鱼类个体数量为基础，但可以依据过鱼设施的保护目标进行调整。奔子栏过鱼设施的保护目标为增强坝址上下游水域鱼类种群的遗传交流，以维持种群的生存力。因此，应以坝址上下鱼类种群在一定时间内保持一定遗传变量的最小种群大小为底线，即以可接受的遗传多样性丧失为基础。根据国外最小封闭种群的研究结果，维持 500 尾的群体数量是种群遗传多样性不至于快速丧失的最低要求。

从提高基因交流保证率的角度出发，建议主要过鱼对象的上行年最低过坝数量在 500 尾/种/年以上。后续过鱼数量可根据实际运行效果及坝下鱼类资源量进行调整。下行过鱼目标为提高鱼卵鱼苗存活率，下行过鱼不设置具体数量要求。

f) 目标鱼类游泳能力

本阶段针对过鱼措施设计，开展了鱼类实验生态学研究，对主要过鱼对象开展了游泳能力实验和研究。试验测得鱼类感应流速、临界游速及突进游速见下表。

表 6.2.4-6 测试鱼类感应流速

鱼种	全长(m)	测试水温(°C)	感应流速(m/s)
长丝裂腹鱼	0.22~0.30	12.9~16.0	0.05~0.08
短须裂腹鱼	0.25~0.30	13.4~15.6	0.06~0.08
软刺裸裂尻鱼	0.10~0.15	12.4~15.2	0.04~0.06
安氏高原鳅	0.09~0.15	14.5~15.0	0.07

表 6.2.4-7 测试鱼类临界游速

鱼种	全长(m)	测试水温(°C)	临界游速(m/s)
长丝裂腹鱼	0.19~0.28	12.5~15.9	0.70~0.91
短须裂腹鱼	0.25~0.36	13.2~15.6	0.64~0.87
软刺裸裂尻鱼	0.09~0.14	13.3~15.2	0.45~0.73
安氏高原鳅	0.10~0.12	14.4~15.7	0.33~0.66

表 6.2.4-8 测试鱼类突进游速

鱼种	全长(m)	测试水温(°C)	突进游速(m/s)
长丝裂腹鱼	0.21~0.30	12.9~15.0	1.05~1.46
短须裂腹鱼	0.26~0.30	12.8~15.2	1.08~1.42
软刺裸裂尻鱼	0.11~0.19	12.4~13.0	0.80~1.06
安氏高原鳅	0.09~0.15	14.5~15.0	0.63~1.06

根据以上测试结果，对过鱼设施的流速设计建议值如下：

1) 最大克流速度

采用半数忍耐速度对突进速度测试结果进行分析，长丝裂腹鱼为 1.22m/s，短须裂腹鱼为 1.17m/s，软刺裸裂尻鱼为 0.89m/s，安氏高原鳅为 0.80m/s，黄石爬鮡为 1.7m/s。采用 7.5%的试验调整系数后为 1.26~1.31m/s。该数值代表鱼类可以连续 20s 克服 1.26m/s 的均匀流速。

在自然河流的急流环境中，水流一般为非均匀、非恒定流，此时鱼类会寻找急流中的缓流区及回流区域伺机上溯，并且采用“突进-滑行”(Burst and Coast)游泳模式，紊流中鱼类能够克服的流速会大大高于其测试的突进游速。

2) 进口诱鱼流速

对于鱼类，一般最佳的诱鱼流速范围为临界游速和突进游速之间，其中流速越大、水流的影响范围越大。综合考虑，进口流速建议值范围为 0.43~1.26 m/s，最佳区间为 0.80~1.26m/s。

3) 感应流速

过鱼设施出口或放流水域应保持有一定的流速，以便于鱼类寻找水流方向，避免迷失方向。因此，过鱼通道出口流速建议大于鱼的感应流速，且在持续游泳速度范围内，根据测试结果建议放流位置选择在流速 $>0.19\text{m/s}$ 的水域。

6.2.4.3 坝下流场及鱼类分布研究

a) 坝下流场

1) 数值模拟

本研究采用三维数值模拟的方式，模型中以①号尾水隧洞出口为原点，以河道轴线朝向上游为 Y 轴正向(纵向)，垂直于 X 轴朝向左侧为 X 轴正向(横向)，竖直向上为 Z 轴正向。模拟纵向范围从坝下尾水至尾水渠下游约 460m 的河道，横向宽度 50m~220m，高程范围 1975.00m~2029.00m，三维模型见下图。计算域分为 5 个块，采用六面体结构化网格，网格尺寸为 1m，尾水渠和集鱼槽局部网格进行加密处理，网格尺寸为 0.5m，总网格单元数约为 1300 万。

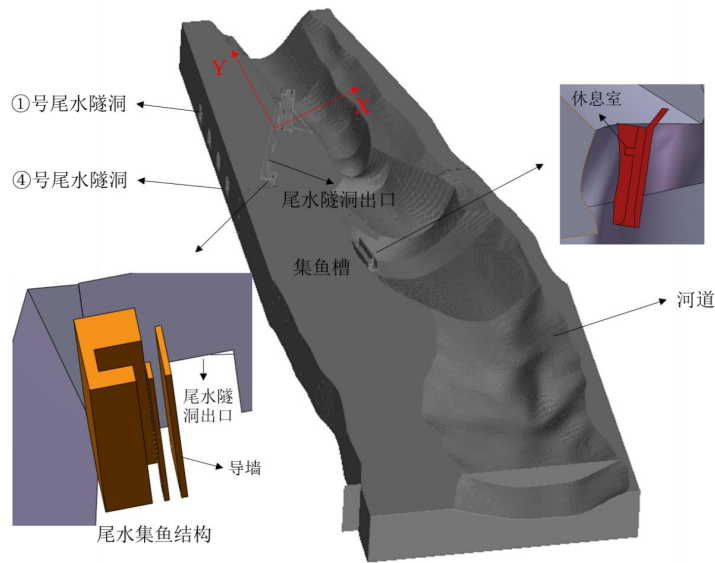


图 6.2.4-1 三维数值模拟计算域示意图

2) 模拟结果

(1) 尾水集鱼系统

将尾水集鱼结构整体向尾水渠右侧平移 0.5m，集鱼槽内部边墙倒圆角，圆弧半径为 2.1m，如图 6.2.4-1 所示。尾水渠及集鱼池流速图见图 6.2.4-2。在尾水隧洞高程范围进鱼口流态和初步方案相似，但在尾水隧洞高程以上，进鱼口均未出现回流流态。进鱼口出流顺畅，仅 2010.0m~2013.0m 高程上，进鱼口出口受到回流的影响。进鱼口 1 引流量为 $37.6\text{m}^3/\text{s}$ ，进鱼口 2 引用流量为 $46.5\text{m}^3/\text{s}$ ，整体引用流量较为合适。两进鱼口垂向流速分布图见图 6.3.4-4。从图中可以看出，进鱼口 1 在尾水隧洞高程上过流流速范围为 $0.17\sim 1.27\text{m/s}$ ，进鱼口 2 过流流速范围为 $0.20\sim 1.80\text{m/s}$ 。进鱼口 1 在垂向上各高程均适合诱鱼，进鱼口 2 在垂向上适合诱鱼的高程为 2001.5m 以上高程。

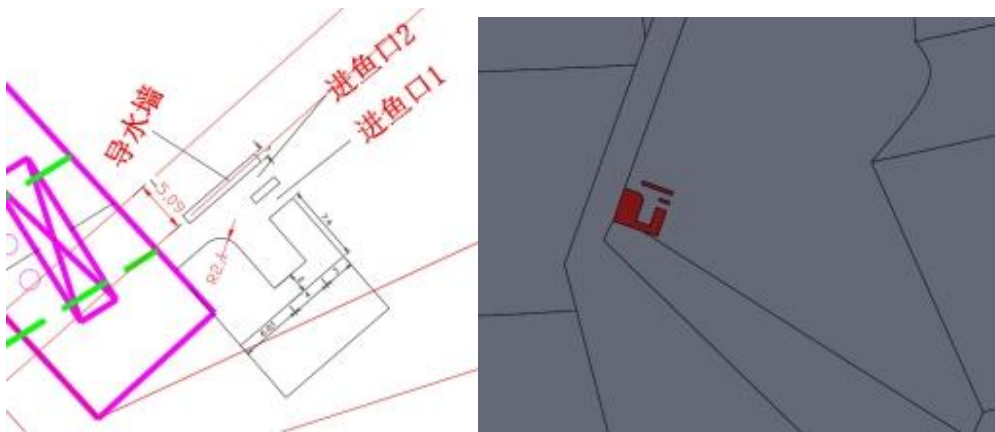
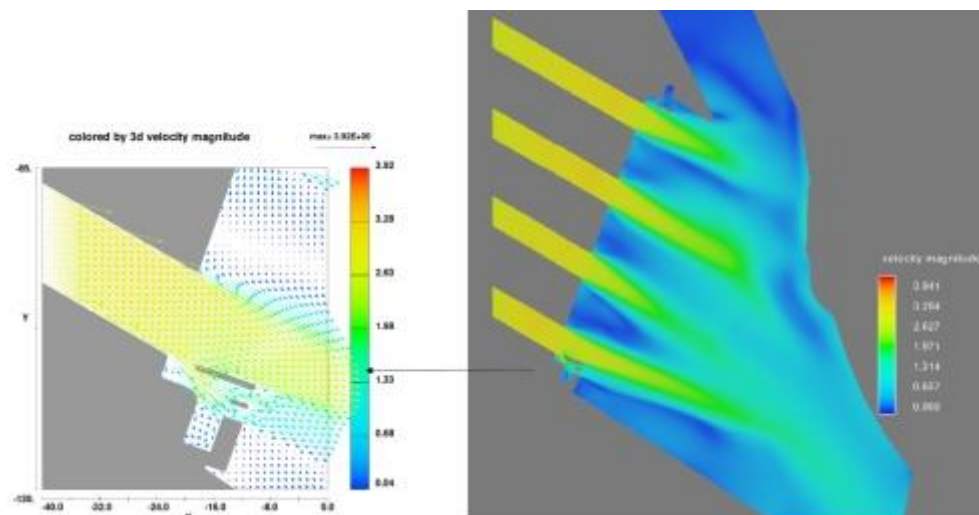
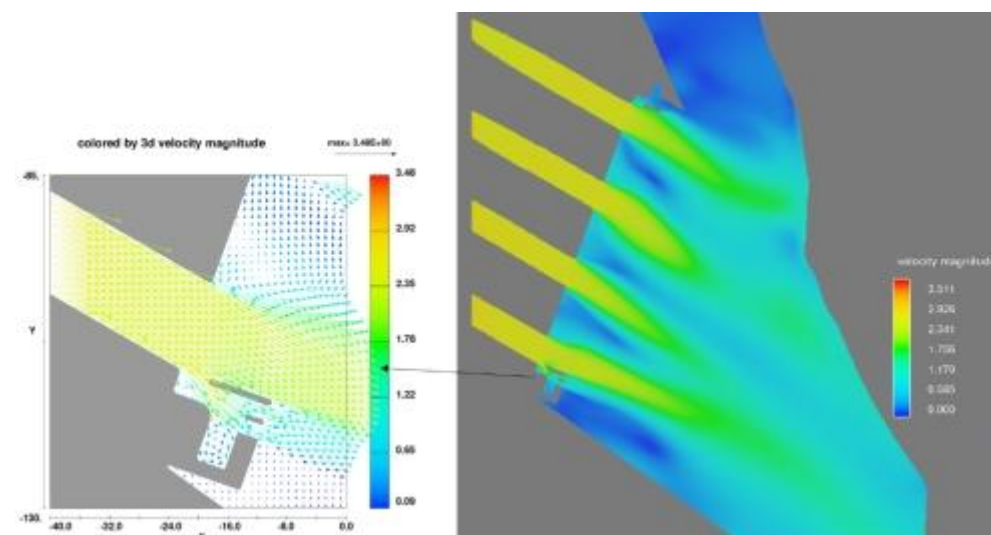


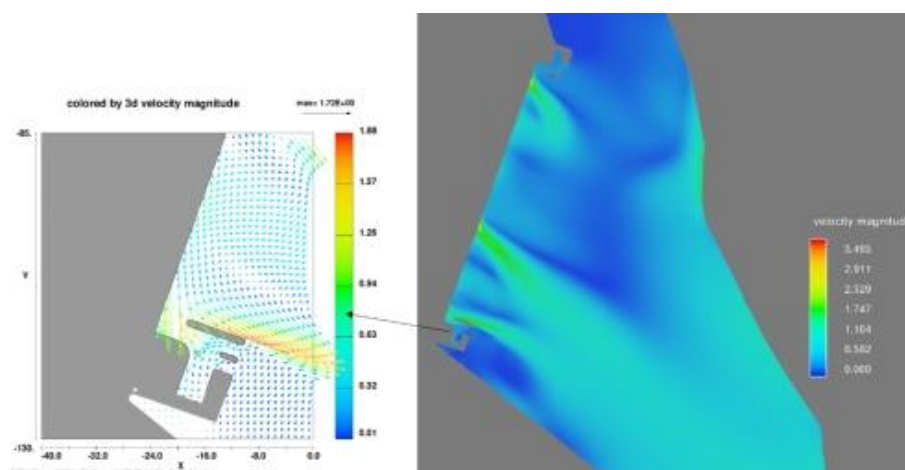
图 6.2.4-2 尾水集鱼结构布置示意图



a) Z=1990m



b) Z=2000m



c) Z=2010m

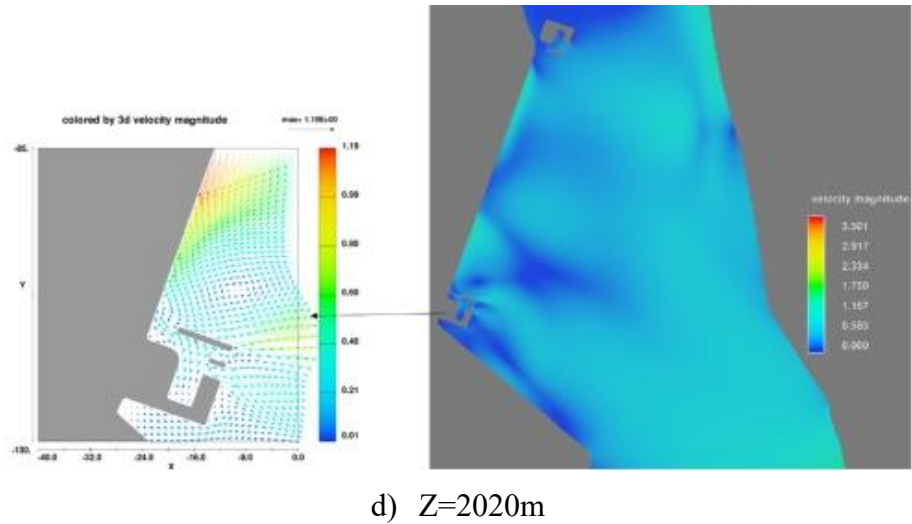


图 6.2.4-3 尾水洞出口典型水平剖面流速图

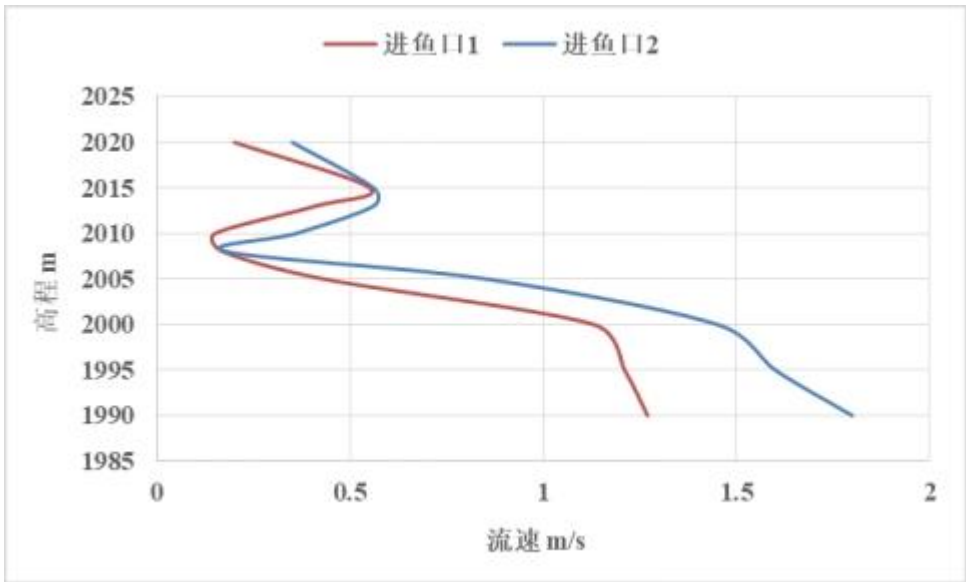


图 6.2.4-4 优化方案 3 进鱼口垂向流速分布图流速图

(2) 集鱼槽

集鱼槽主要运行工况是在机组满发情况，因此对奔子栏四台机组运行进行计算。奔子栏四台机组运行情况下，下游河道流态见下图 6.3.4-5~图 6.3.4-6。从图中可以看出，尾水出口后下游河道主流偏向左岸，在尾水出口上游侧河道形成大范围回流，下游河道过流顺畅，未见明显回流。水流垂向流速分布呈现表面流速大，底部流速小的特征。水流在横断面上呈现左岸流速高，右岸流速低。右岸在尾水洞出口下游 65m 至下游 200m 范围内，左岸在尾水洞出口至下游 200m 范围内，流速分布逐渐趋于稳定，且低流速区最大流速小于 1.26m/s，适合布置集鱼槽诱鱼。

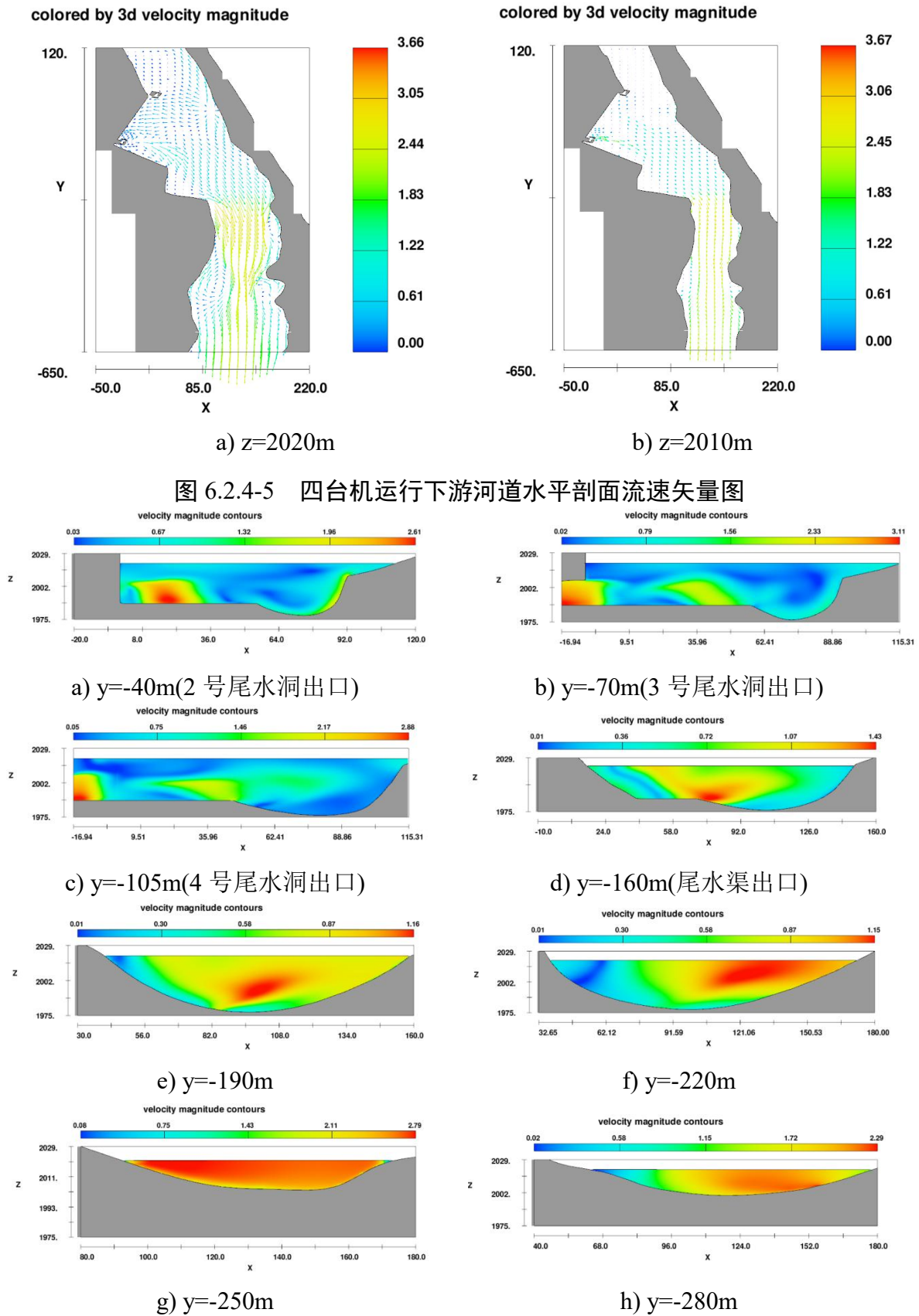


图 6.2.4-6 四台机运行下游河道横剖面流速云图

b) 坝下鱼类分布及上溯路径预测

对于喜流水鱼类如裂腹鱼类等，在其繁殖季节，会逆水洄游至坝下泄水建筑物下方，奔子栏水电站正常发电工况下，尾水渠内流速在 $0.2\sim 1.8\text{m/s}$ 左右，鱼类一般会被发电尾水吸引，由于尾水渠内流态紊乱，呈非均匀分布，局部存在流速低于鱼类突进流速的区域，因此鱼类基本可以上溯至尾水渠内。

当出现电站满发等大流量工况下，河道中心流速达到 5.0m/s 左右，但由于岸边及江底的摩阻效应，一般具有一定宽度及深度的缓流水域，此时鱼类会在邻近水域寻找合适流速庇护物，躲避在岸边的流速较缓的区域及江底的大石块后，并寻伺机继续上溯。在流态紊乱的河流中，鱼类更加会利用回流区进行休息并上溯，游泳模式也为“爆发—滑行”(Burst and Coast)，这也可以解释本河段天然平均流速即高达 3.5m/s 左右，但鱼类仍可以上溯并繁殖。当鱼类长时间顶流体力消耗较大时，会来到邻近的缓流区进行休息，所以发电的尾水洞口及坝下缓流区可能是喜流鱼类最密集的水域。此外，河道两岸的乱石后，江中大石块后，也可能是喜流鱼类相对密集的区域。

c) 集鱼设施选址建议

根据以上对鱼类游泳能力/坝下流场、坝下鱼类分布的分析，鱼类最密集的水域是发电的尾水洞洞口和坝下缓流区，因此建议集鱼位置选择尾水出口和坝脚，有利于提升集鱼效率。

6.2.4.4 过鱼设施方案比选

a) 上行过鱼方案比选

1) 进鱼口位置选择

根据金沙江流域已建水电站的实际观测结果，电站尾水出口处即为鱼类聚集区。奔子栏水电站厂房尾水出口位于右岸，根据对鱼类游泳能力、坝下流场、坝下鱼类分布的分析，奔子栏水电站正常发电工况下，尾水渠内流速在 $0.2\sim 1.8\text{m/s}$ 左右，鱼类一般会被发电尾水吸引，由于尾水渠内流态紊乱，呈非均匀分布，局部存在流速低于鱼类突进流速的区域，因此鱼类基本可以上溯至尾水渠内。此外，当出现电站满发等大流量工况下，鱼类长时间顶流体力消耗较大时，会来到邻近的缓流区进行休息，故发电的尾水洞口及坝下缓流区可能是喜流鱼类最密集的水域，适合布置集鱼系统诱鱼。

综合以上分析，推荐将集鱼系统布置在尾水出口附近、大坝坝下缓流区，尾水

出口对岸区域，过鱼设施总体布置在左右岸均可。

2) 上行过鱼方案初选

根据《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015)、《水电工程集运鱼系统设计规范》(NB/T 10862-2021)、《水电工程升鱼机设计规范》(NB/T 10863-2021)，主要的过鱼设施类型包括鱼道、仿自然旁通道、鱼闸、升鱼机和集运鱼系统等。

《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)提出：现阶段对水头较低的水电建设项目，原则上应重点研究采取仿自然通道措施；对水头中等的水电建设项目，原则上应重点研究采取鱼道或鱼道与仿自然通道组合方式；对水头较高的水电建设项目，应结合场地条件和枢纽布置特性，研究采取鱼道、升鱼机、集运鱼系统或不同组合方式的过鱼措施。

不同过鱼设施方案都有在各方面具有不同的特点，针对不同工程适用性又有所不同，主要过鱼措施应用范围及优缺点见表 6.2.4-9。

表 6.2.4-9 上行过鱼设施方案比选及适用性分析

类型	应用范围	优点	缺点	效果	本工程适应性	比选结果
鱼道	采用型式较多，包括竖缝式、堰式、底孔式、组合式等，适用范围较广	过鱼连续，过鱼量大；故障率低，运行较为稳定；	鱼道长度长，布置难度大；工程量大，建设成本高；鱼类过坝体力消耗大	鱼道型式多样，不适宜上游水位变化频繁的区域	本工程最大过鱼水头约 135m，鱼道长度需要 7km，此外本工程坝区河谷狭窄，鱼道布置困难	基本可行
仿自然通道	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	适合多种鱼类通过；可恢复自然生境	占地面积大，枢纽区两侧以及上游具备布置空间，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，为流水性水生生物提供栖息空间，能够绕过大坝且能很好与当地环境结合	本工程上下游水头约 135m，仿自然鱼道长度需要 20km；仿自然鱼道出口难以适应 80m 库区水位变幅。此外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。	基本不可行
鱼闸	适用于中低水头，或空间、水流量有区域	鱼类过坝轻松	设计和建造技术要求高，需要频繁地维护和运行，运行维护较为复杂，对水消耗较高	主要适用于鲑鳟鱼类和游泳能力弱的鱼类，对中、底层以及小型鱼类不适用	本工程为碾压混凝土重力坝，无通航功能，不宜在坝体上修建凹形通道；坝身高，闸室消能难度极大；此外本河段鱼类以中、底层小型鱼类为主，不宜用鱼闸。	基本不可行
升鱼机	适用于各种坝高形式的坝体，尤其适用于高水头，或空间有限的坝体	布置较为灵活，鱼类过坝轻松，能够满足各种尺寸的鱼类过坝需求，适应库区水位变化	过鱼不连续，机械结构复杂，运行成本高	对游泳能力弱的鱼类效果较好，目前国内澜沧江、金沙江和新疆均已建成，正在开展试运行	本工程水头较高，且枢纽区空间狭窄，可进行升鱼机方案比选；	基本可行
集运鱼	适用于高水头，或空间、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	鱼类过坝较轻松；适应各种水位变化；需要空间不大，设施布置灵活；能够将鱼类运输至流水江段放流	过鱼不连续运行费用大，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	目前国内集运鱼系统成功运行案例较少，过鱼效果有待跟踪研究	坝下为不是通航河段，水深较浅，无法采用集鱼船集鱼	基本不可行

奔子栏水电站采用碾压混凝土重力坝，最大坝高 183m，最大过鱼水头约 135m，属典型高水头大坝，坝址河谷形态呈基本对称的“V”型，高程 2120m 以下左岸地形坡度在 65° 左右，2120m 高程以上地形坡度为 $26^{\circ}\sim 41^{\circ}$ ；右岸地形高程 2050m 以下地形坡度为 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ ，高程 2050m 以上地形陡峭，坡度为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。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，本工程区不具备建设仿自然鱼道地形条件；本工程为碾压混凝土重力坝，无通航功能不宜在坝体上修建凹形通道，鱼闸方案不适合本工程；本工程下游河道无通航条件，坝下水位较浅，不适合采用集鱼船集鱼；鱼道方案随布置难度极大，但仍存在可行性；升鱼机适合高坝过鱼，在选取合适集鱼位置和放流方式的基础上，过鱼效果可期，过鱼方案基本可行。

综合考虑，本工程对鱼道和升鱼机 2 种可行方案进行详细分析对比。

(1) 鱼道方案

左岸地形相对较缓，便于设置折叠盘旋的鱼道，鱼道总体布置在左岸，进口布置在尾水出口对岸区域。设置 3 个进鱼口，鱼道进口段长约 380m，鱼道主体段先沿左岸岸坡布置，在坡度相对较缓的局部区域进行折叠盘旋，局部采用排架结构，与道路交叉采用涵洞结构，共设 3 个穿路涵洞。鱼道出口段全长 600m，共设 5 个出鱼口。鱼道坡度采用 1:50，鱼道总工作水头 134.63m，全长 7.73km，沿程在鱼道转角处设置鱼类休息池，休息池共 18 个。

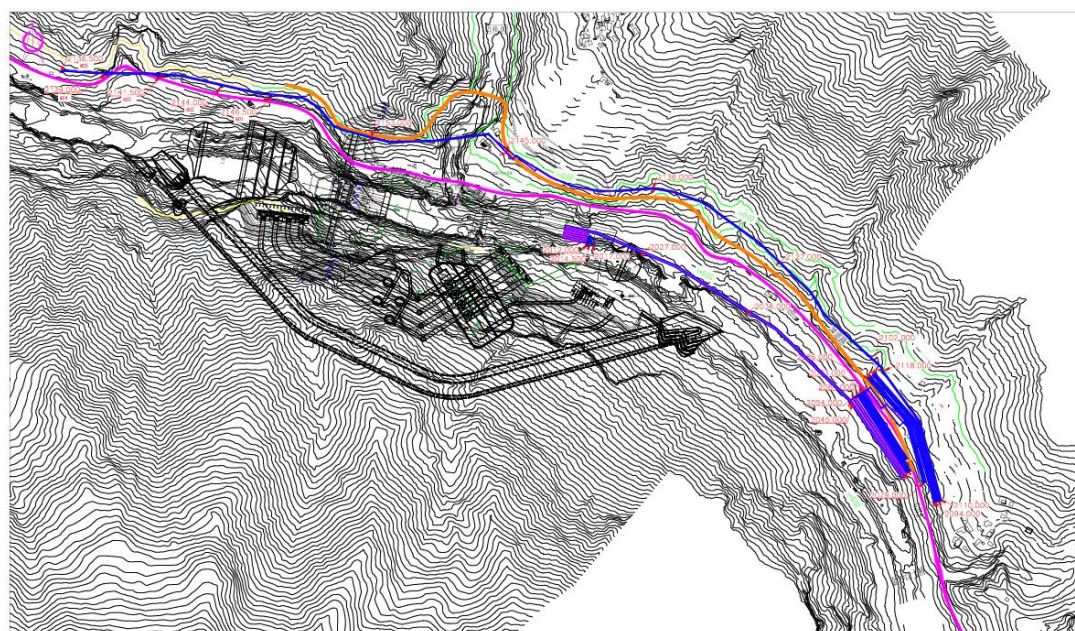


图 6.2.4-7 鱼道布置图

① 进出口布置

为保证集鱼效果，设 1~3#共 3 个进鱼口，进口底板高程分别为 2012m、2014.5m、2017m，进口设检修闸门，通过闸门启闭可调整开启进口。

为适应上游水位变化，设 1~5#共 5 个出鱼口，出口底板高程分别为 2136.5m、2139m、2141.5m、2144m、2146.5m，根据上游水位变化选择适合的出口运行。

② 池室结构

为适应上下游水位变幅，并满足底层鱼类通过，鱼道池室采用垂直竖缝式结构。因边坡陡峻，为减少边坡及隧洞开挖，保证工程安全，鱼道宽度取 2.0m，池室长度 2.5m，竖缝宽度 0.3m，底坡 1:50，池室底部铺设卵石以模拟自然底质。鱼道池室结构及尺寸见图 6.3.4-8。结合鱼道转角处每隔 10~15 个池室设置一个休息室。休息池宽度为 2.0m，休息池长度为 5m，底坡为 0，池室底部铺设卵石以模拟自然底质。

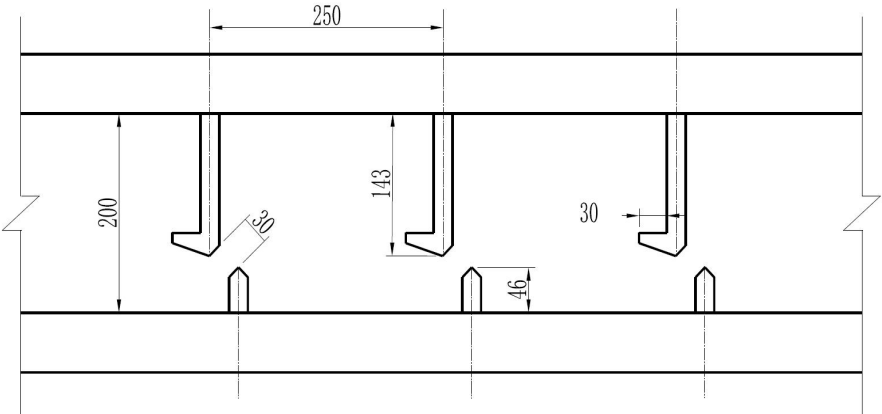


图 6.2.4-8 鱼道池室结构示意图

鱼道方案工程主要特性表见下表。

表 6.2.4-10 鱼道方案主要特性表

名称		单位	数量或特征
布置	最大工作水头	m	134.63
	总长度	m	7729.47
	穿路涵洞	个	3
	休息室	个	18
	设计流速	m/s	1.1~1.4
	流量	m ³ /s	0.8~1.5

表 6.2.4-10(续)

名称		单位	数量或特征
池室	隔板结构		垂直竖缝式
	池室长度	m	2.5
	池室宽度	m	2.0
	竖缝宽度	m	0.3
	池底坡度		1:50
休息池	休息池室长度	m	5.0
	休息池室宽度	m	2
	休息池室坡度		0
进口	进口数量	个	2
	底板高程	1#/m	2011.00
		2#/m	2011.00
出口	出口数量	个	5
	底板高程	1#/m	2136.5
		2#/m	2139.00
		3#/m	2141.50
		4#/m	2144.00
		5#/m	2146.50

(2) 升鱼机方案

① 总体布置

升鱼机由集鱼设施、提升设施、放流设施组成。

升鱼机运行流程为：① 使用门机通过轨道将尾水集鱼箱和坝下集鱼箱放至适宜水深处→② 利用发电尾水和坝下水幕墙进行诱鱼集鱼→③ 集鱼完成后，坝下集鱼箱通过提升设备将集鱼箱提升至鱼类过鱼设施综合楼分拣室；尾水集鱼箱通过提升设备将集鱼箱提升至尾水平台，再通过溜鱼槽将鱼输送至鱼类过鱼设施综合楼分拣室→④ 分拣完成后转运运鱼箱→⑤ 通过转运提升过坝设备将运鱼箱提升过坝→⑥ 在库区码头将运鱼箱转运至运鱼船中→⑦ 运鱼船运鱼至天然流水环境放流。

② 集鱼设施

为保证升鱼机的集鱼效果，采用多进口集鱼站集鱼，确定的方案如下：

坝下集鱼设施：在右岸坝脚设置一个集鱼设施(1#集鱼站)，利用水幕墙吸引上溯到坝下顶点的鱼类。背靠坝角，对外设置两面进鱼口。尾水集鱼设施：将集鱼设施布置在坝址下游电站 4 个尾水出口处(2#集鱼站、3#集鱼站)，利用鱼类对发电尾

水的趋向性诱集鱼。其中尾水集鱼设施布置在尾水洞中间，利用尾水洞的发电水流进行诱鱼，在不同朝向设有进鱼口。后续设计中还可以研究利用尾水出口检修闸门设置尾水集鱼箱。

③ 提升设施

奔子栏水电站挡水建筑物为混凝土重力坝，且利用坝身泄洪，不宜在坝体布置提升设施。因此难以直接利用坝体提升过坝，可采用转运提升过坝方式。

④ 放流设施

放流设施包括放流码头、运鱼船、水循环系统、放流滑道和放流地点。放流码头主要功能为提升至库区的运鱼箱转运至运鱼船。运鱼船主要功能为运输运鱼箱，运鱼船上配有吊机，能够实现运鱼箱的起吊和转移。可与下行集运鱼联合建造使用。为保证鱼类在长途运输中的健康，运鱼船设有水循环系统，通过管道与运鱼箱对接，通过水泵保持江水与运鱼箱中水体的相通，并保持一定交换率，保持运鱼箱内溶氧、温度等水质指标满足鱼类生存需求，同时减小鱼类放流时的对水质变化的应激反应。为使集鱼箱中的鱼类能够顺畅放流进入江水中，在运鱼船上设有放流滑道，放流滑道与运鱼箱上的排鱼孔相接，打开排鱼孔，运鱼箱中的水和鱼一起从排鱼孔和放流滑道排出，进入放流水域的江水中。

放流地点：放流地点应量选择在库尾或支流汇入口等接近天然状况的水域。本工程选择库尾及定曲河河口作为放流地点。

(3) 总体方案比选

鱼道和升鱼机方案都具有可行性，但各有优缺点，也具有不同的限制因素。

鱼道的优点是能够连续过鱼，过鱼效果稳定，过鱼种类较多并能维持一定的水系连通性，存在问题主要如下：

① 鱼类主要聚集水域为厂房尾水渠内，鱼道进口若布置在尾水洞口，尾水渠水深超 40m，鱼道进口难以接底，底层鱼类难以进入，若降低鱼道进口至尾水渠底，则水深巨大，补水流量需求巨大；鱼道进口若布置在河道中，进口可以接底，但大部分鱼类则易沿尾水溯游至尾水洞口，易错过进口。因此，鱼道方案想达到较好的诱鱼效果难度较高。② 鱼道需要一定的底坡来克服沿程水头(底坡 1：50~1：100)，奔子栏水电站过鱼季节鱼道最大工作水头约 135m，采用鱼道的过鱼方式其长度达 7.73km，长时间上溯产生的疲劳效应对过鱼效果带来极大的不确定性。③ 奔

子栏水电站最大坝高 183m，属典型的高坝大库，主要过鱼对象基本为中底层鱼类，喜欢急流环境。当鱼类通过鱼道上溯到库区后，由于库区基本为静水，鱼类容易迷失洄游方向。④ 奔子栏水电站两岸边坡陡峭，采用鱼道的结构型式，沿程涉及大量涵洞、排架、支护工程，不但工程浩大，而且将面临很多的地质及安全风险。

升鱼机方案存在的缺点有过鱼不连续，机电设备较多，运行、保养、维修等后期费用高，但其优点在于：

① 采用升鱼机组合型式，集鱼设施位于鱼类最易聚集的尾水渠及坝脚下游区域，并且利用发电尾水和水幕墙进行诱鱼，诱鱼流量大，进鱼口覆盖尾水渠底至水面全高程，利于中底层鱼类进入，集鱼效果有保障。② 通过升鱼机提升，鱼类不必耗费体力便可翻越高坝且过坝速度快，不存在长时间洄游引起的疲劳效应。③ 通过运鱼船可将鱼类运至天然江段环境放流，鱼类可以继续洄游上溯。④ 升鱼机占地较少，易于布置且对枢纽影响较小，对地形地质条件要求相对较少。

综合考虑，鱼道方案对奔子栏水电站的适用性较差，推荐本工程采用升鱼机方案。

b) 下行过鱼方案比选

本工程鱼类下行过鱼目的主要是促进坝址上下游基因交流和提高幼稚鱼的存活率。受限于地形条件和坝型，本工程不适合采用表面旁路通道和鱼闸；本工程最大水头约 135 m，溢洪道过鱼和生态友好型水轮机难以保障下行过鱼存活率，本工程不适合采用；集运鱼系统适合高坝过鱼，因本工程河段为非通航河段，不适用集鱼船等大型船只通行，运鱼放流船搭载其他集鱼设施的方案基本可行。旭龙水电站上行过鱼为升鱼机，过鱼时间 3 至 9 月，过鱼对象与奔子栏水电站基本一致。奔子栏下行过鱼（6 至 9 月）可以直接利用旭龙上行采集到的小个体过鱼对象，通过公路运输一部分至奔子栏水电站坝下冈曲汇口进行放流，两个梯级都隶属于国家能源投资集团有限责任公司，奔子栏水电站下行过鱼依托旭龙水电站上行完全可行。

综合考虑，本工程下行过鱼依托旭龙水电站上行过鱼，其上行采集到的仔幼鱼等未性成熟的个体一部分通过公路运输至奔子栏水电站坝下冈曲汇口。

表 6.2.4-11 奔子栏下行过鱼方案比选

类型	原理	应用范围	优缺点	效果	本工程适应性	比选结果
表面旁路通道	同上行仿自然通道，受限于地形条件和旁路通道长度，本工程不适用					基本不可行

表 6.2.4-11 （续）

生态友好型水轮机	通过对水轮机进行生态处理，降低水轮机对鱼类的伤害	适用于中低水头工程	该类水轮机尚处于研发初期，技术尚未完全成熟	技术仍未完全成熟，还未大规模产量并投入应用，效果有待验证	技术不成熟，难以保障下行鱼类存活率，本工程适用	基本不可行
溢洪道	水库泄洪时，溢洪道闸门自下而上打开，水流和鱼类可从下部溢出	适用于中低水头工程	过鱼方便，但易对鱼类造成物理伤害，溢洪道下泄水体溶解氧浓度增高，可能导致溢洪道下游的鱼类受到伤害甚至死亡	易对鱼类造成伤害，下行鱼类存活率低	本工程最大水头 135m，难以保障下行鱼类存活率，本工程适用	基本不可行
鱼闸	同上行鱼闸方案，受限于地形条件、工程坝型和过鱼对象习性，本工程不适用				本工程不适用	基本不可行
集运鱼系统	同上行集运鱼系统				本工程河段为非通航河段，不适用集鱼船等大型船只通行，可采用工作船搭载其他集鱼系统的方案	基本可行
	依托旭龙上行升鱼机采集到的仔幼鱼进行奔子栏的下行过鱼。旭龙水电站上行过鱼为升鱼机，过鱼时间 3 至 9 月，奔子栏下行过鱼（6 至 9 月）可以直接利用旭龙上行采集到的仔幼鱼等未性成熟个体，通过公路运输至奔子栏水电站坝下网曲汇口等进行放流				旭龙水电站和奔子栏水电站为上下游梯级，且都隶属于国家能源投资集团有限责任公司，奔子栏水电站下行过鱼依托旭龙水电站上行过鱼，能够保障过鱼的有效性	可行

c) 上行过坝方式比选

转运提升过坝比较了索道提升、隧洞提升、公路提升、无人机提升四种方式。

1) 索道提升方案布置

索道装载站位于尾水平台上游 20m 的位置，卸载站位于坝上进水塔上游 220m 处。索道采用往复式索道，由装载站、卸载站、支架、承载索、牵引索、驱动装置、锚固装置和张紧装置、电气设备等主要部分组成。索道全长 1120m，其中坝下段 490m，库区段 630m，索道总提升高度 153m。升鱼机(索道提升)方案平面布置见图。

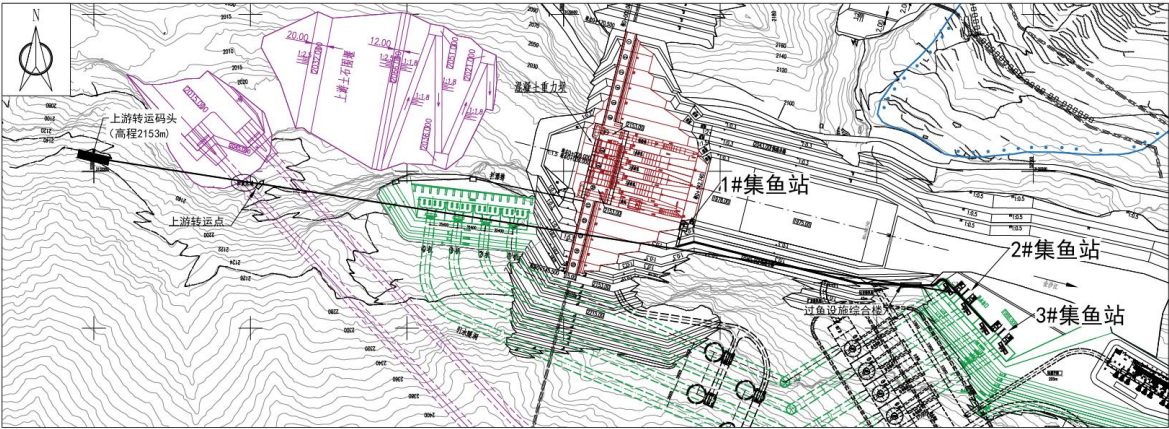


图 6.2.4-9 索道平面布置图

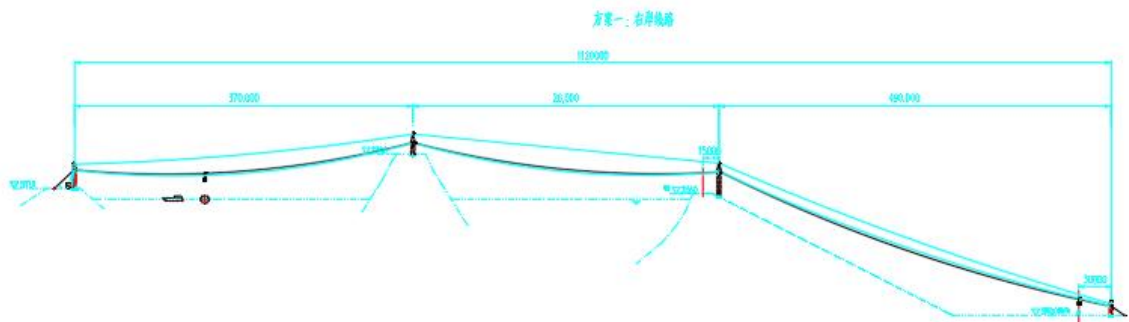


图 6.2.4-10 索道剖面图

2) 隧洞提升方案布置

通过升鱼机将集鱼箱提升至指定高度，然后通过滑道将三个集鱼站的鱼统一输送至过鱼设施综合楼分拣，分拣后装载至专用轨道运鱼车中，之后通过轨道提升系统将集鱼箱运输至上游码头。轨道提升系统由专用自行轨道车、隧洞、轨道、卷扬机等组成。全长 1295m，其中竖井段 108m，平硐段 627m，此外明轨段 560m。

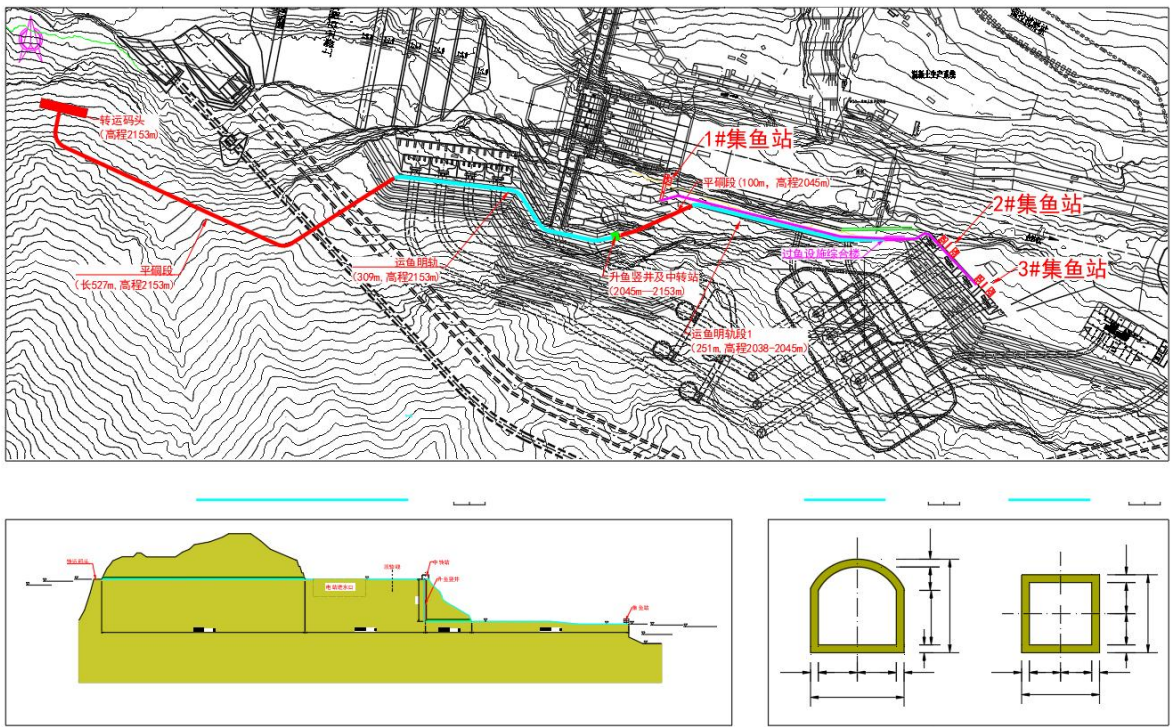


图 6.2.4-11 隧洞轨道方案平面布置图

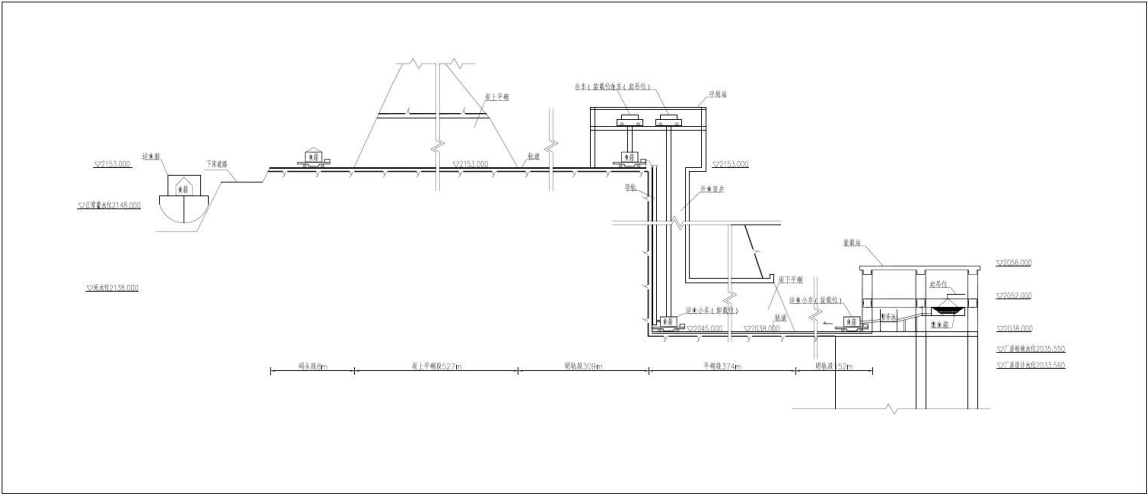


图 6.2.4-12 隧洞轨道方案结构布置图

3) 公路提升方案布置

通过升鱼机将集鱼箱提升至指定高度，然后通过滑道将三个集鱼站的鱼统一输送至过鱼设施综合楼分拣，分拣后装载至运鱼车中。运鱼车中设有鱼类维生系统，该系统主要包括控温系统、充氧系统、水质监测系统及砂滤系统，可以保持运鱼箱内溶氧、温度等水质指标满足鱼类生存需求。运鱼车装载完毕后，沿公路将鱼类运输至上游码头或坝上指定放流地点进行放流。集鱼路线：过鱼设施综合楼→⑧道路→金沙江大桥→G215→①道路(G215 复建路)→①道路→①道路(G215 复建路)→左岸上游过鱼设施转运码头。

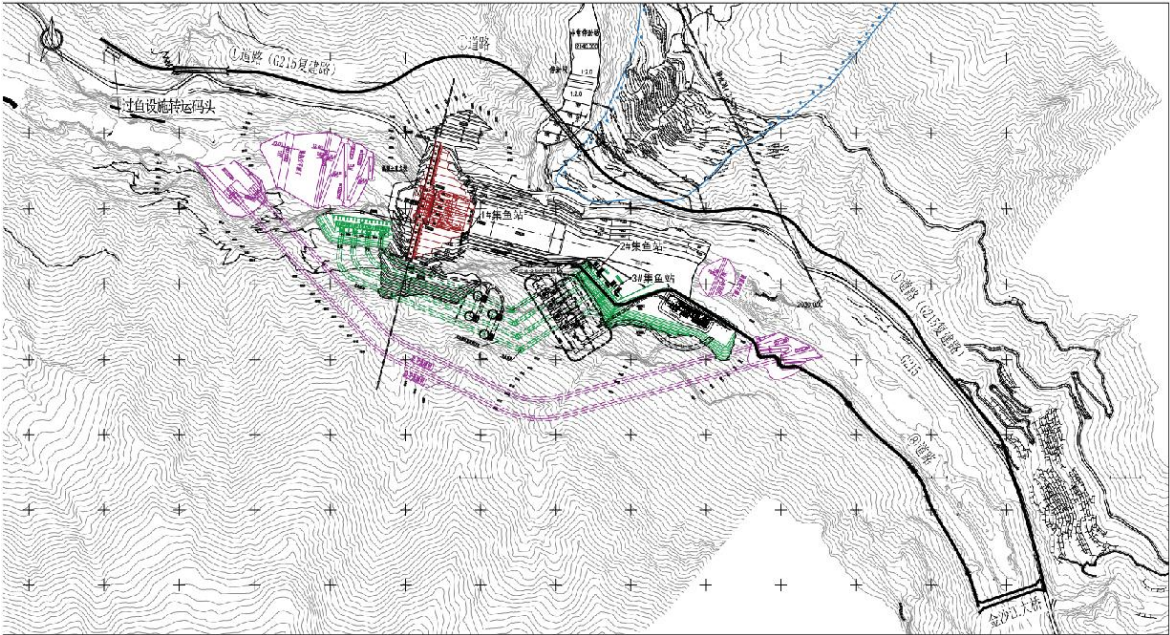


图 6.2.4-13 公路方案平面布置图

4) 无人机提升方案布置

运载无人机代表了无人机运输的新潮流，具有航程长、信号强、智能化高等优势，支持货箱与空吊两种负载模式，可实现多向、全天候、全时段智能避障，最大飞行海拔高度 6000m，可适应-20℃~45℃ 的工作环境温度，抗风能力可达 12m/s。全面突破传统运输限制、灵活应对各类运输场景，采用双电池系统供电，可以应对高原恶劣作业环境，最大程度保障飞行安全。

无人机运输装载站位于尾水平台过鱼实施综合楼，采用空吊负载模式，具备索降模式，一次性提升运输到运鱼船。运输总长 1120m，坝下运输距离 490m，库区运输 630m，提升总高度 113m。无人机运输载重范围在 30kg~100kg，无法直接运输带维生系统的运鱼箱，需要开展运输成活率研究。

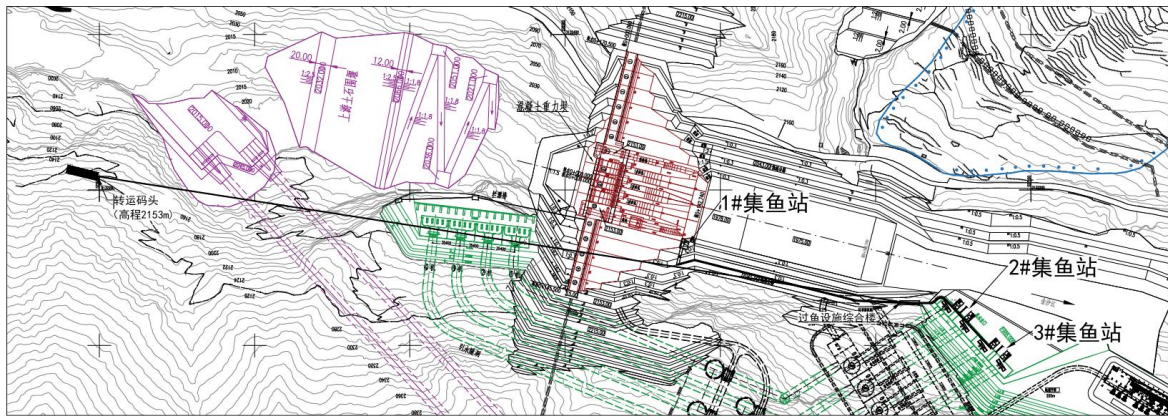


图 6.2.4-14 无人机方案平面布置图

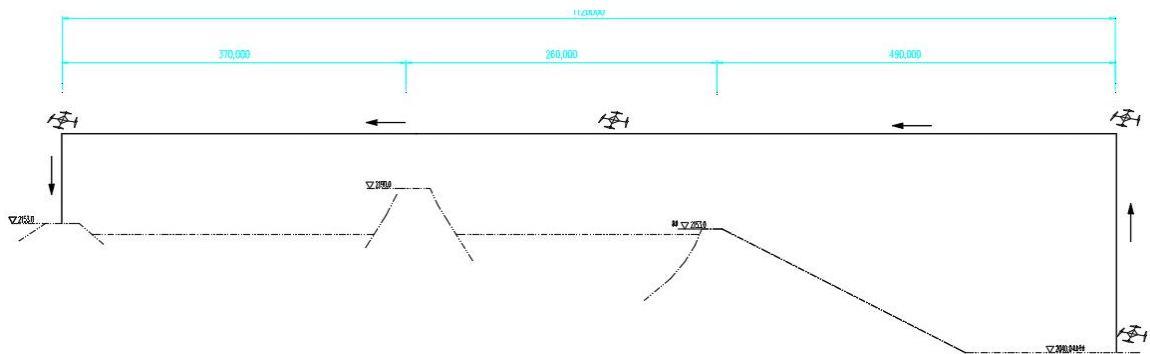


图 6.2.4-15 无人机方案剖面图

5) 升鱼机提升方案比较

索道提升、公路转运、轨道提升和无人机提升等 4 种方式均可将运鱼箱转运至上游码头。

索道提升：索道过坝技术上具备可行性，且具有成功案例。但索道运行易受大风、暴雨等极端天气影响；机械设备较多，处在泄洪雾化区，运行维护要求高。

公路转运环节较多，易受人为因素影响，且没有专用车道，易受道路交通车辆的影响。

隧洞提升方案通过专用过鱼隧洞由轨道小车运送至坝前船舶停靠点。通过隧洞运输，并通过竖井提升至上游，和枢纽布置无冲突，不受气候条件影响，存在中间转运环节。轨道运输方案技术相对成熟，出现故障可能性较小，维护、管理相对简单。

综上所述，索道提升、隧洞提升都具可行性，考虑到运行管理、安全、人为因素、检修等，推荐升鱼机采用隧洞提升的过坝方式。

表 6.2.4-12 各过坝方案特点比较

比较方案		进口效率		通过效率		出口效率		运行管理					
鱼道方案		优点		-		过鱼连续、稳定		-		人为参与较少，稳定可控			
		缺点		鱼道进口底板高程比尾水渠底板高 24m，难以接底，不利于底层鱼类进入		鱼道长达 7.73km，鱼类长时间克流，易产生疲劳，增大折返率；		适应水位变化能力较差；水位变化时需要切换出口；放流地点为坝前静水区。		需根据水位变化切换进出口；鱼道长度长，须对人员及落石进行防护。			
升鱼机方案	索道提升	优点		尾水渠两侧及中部均有集鱼设施；利用发电尾水和水幕墙诱鱼，诱鱼流量大；全深度集鱼，适合底层鱼类。		鱼类过坝较为省力；输送距离远；对鱼类影响小，过鱼效率高；		适应库区水位变化； 可将鱼类放流至库区适宜江段。		整个运行过程可远程遥控，无需现场人工配合。			
		缺点				索道运行易受大风、暴雨等极端天气影响；				机械设备较多，处在泄洪雾化区，运行维护要求高；			
升鱼机方案	隧洞轨道提升	优点		尾水渠两侧及中部均有集鱼设施；利用发电尾水和水幕墙诱鱼，诱鱼流量大；全深度集鱼，适合底层鱼类。		鱼类过坝较为省力；不受大风、暴雨等天气影响； 专用隧洞，人为干扰少		适应库区水位变化； 可将鱼类放流至库区适宜江段。		设施自动运行			
		缺点				要处理好与其它洞室关系。大坝下游明轨段受泄洪雾化影响较大				-			
	公路转运	优点				鱼类过坝较为省力，省时；				-			
		缺点				转运环节及人类参与较多；交通车辆对运鱼车影响较大				人为参与较多。			
	无人机提升	优点				过坝专项设施少，与主体建筑物不存在交叉影响，全过程可智慧化，鱼类过坝较为省力							
		缺点				易受大风、暴雨等极端天气影响；						-	

d) 过鱼设施推荐方案

奔子栏水电站上行采用升鱼机作为过鱼设施，下行结合旭龙的上行过鱼进行集鱼并过鱼。上行升鱼机由集鱼设施、提升设施、放流设施和辅助设施组成，下行集运鱼主要为放流设施，鱼类上行过坝采用隧洞过坝的方式作为推荐方案，鱼类下行采用公路过坝作为推荐方案。

6.2.4.5 上行集鱼系统设计

a) 集鱼系统设计原则

1) 为了提高诱捕鱼效果，集鱼系统的进口应布置于鱼类聚集水域。集鱼系统的进口应尽可能靠近尾水区及坝脚缓流区域，鱼道进口应满足不同水位要求。

2) 集鱼系统的进口应具有合适的水流条件，根据鱼类研究成果集鱼系统鱼道的诱鱼口诱鱼流速在 $0.80\text{m/s}\sim 1.26\text{m/s}$ 的范围内，并使得该流速较周围水流有 $0.2\text{m/s}\sim 0.3\text{m/s}$ 的流速差。一方面不同种类、不同大小的鱼类的喜好流速是不同的，另外尾水出口区域水流条件受机组运行台数的影响，水流条件复杂，因此无法找到精确满足诱鱼流速条件的位置。诱鱼系统布置应依据模型试验成果选定流速略大于设计诱鱼流速的区域。

3) 集鱼系统紧靠厂房尾水渠或坝脚布置，应适应区域的地形地质条件，尽量避免不良的地质条件；

4) 各建筑物布置综合考虑、相互协调，施工和运行干扰小；枢纽运行管理和维护方便。

b) 集鱼系统总体布置

根据坝址的地形地质条件、枢纽总体布置情况、过鱼设施总体布置，以及对尾水出口下游河道流场试验和数值计算分析研究成果，为满足不同水位情况下的诱鱼效果，集鱼系统推荐的布置区为坝址下游右岸三个位置，其一为 1 号和 2 号尾水出口中间处集鱼站，其二为 3 号和 4 号尾水出口中间处集鱼站，其三为坝下游右岸处集鱼站。据工艺设计成果，尾水集鱼系统主要包括导水墙、集鱼池、进鱼口、防逃笼、拦鱼电极、集鱼箱及提升机构等建筑物；右岸坝脚集鱼系统主要包括集鱼池、进鱼口、水幕墙、检修门槽、集鱼箱及提升机构等建筑物。

c) 集鱼系统建筑物设计

1) 集鱼通道及附属建筑物设计

(1) 设计水位

根据《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015)，对奔子栏水电站坝下及库区水位过程及频率的分析，奔子栏水电站过鱼设施的运行水位见下表。

表 6.2.4-13 奔子栏水电站过鱼设施设计运行水位

设计运行水位	水位	水位(m)	变幅(m)	最大水头(m)	取值依据
下游	低水位	2013.37	7.34	134.63	3~9 月最小生态流量对应尾水位
	高水位	2020.71			主要过鱼季节 3~9 月 95%保证率 高旬水位
上游	低水位	2138.00	10.00		死水位
	高水位	2148.00			正常蓄水位

(2) 尾水集鱼站结构布置设计

尾水集鱼系统沿尾水洞出口横河向布置，具体详见图 6.2.4-16~17。集鱼站集鱼系统按照水流方向，集鱼通道从上游到下游依次布置引渠段、集鱼段和进鱼导墙段。

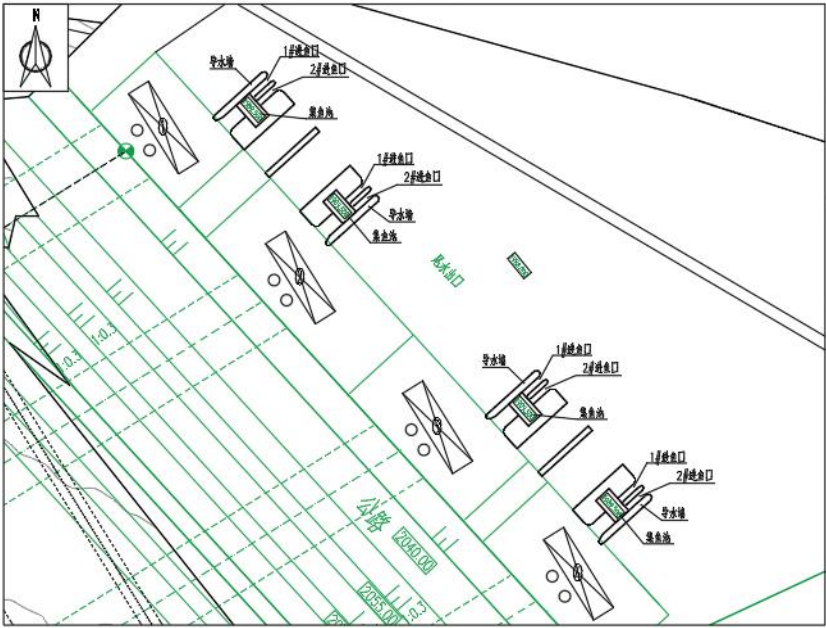


图 6.2.4-16 尾水出口集鱼站结构布置图

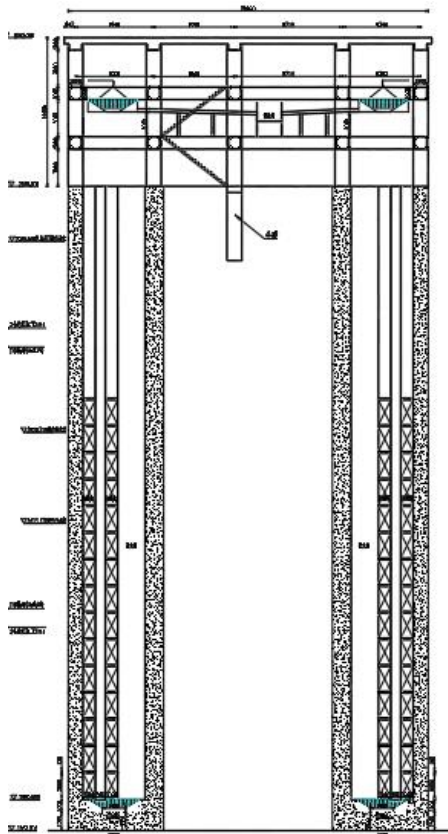


图 6.2.4-17 尾水出口集鱼站剖面图

① 引渠段

引渠段布置在集鱼系统上游，尾水下游侧，总长 4m，其目的是将尾水水流导引至集鱼通道。底板高程为 1990.500m，引渠段宽度为 2.5m。

② 集鱼段

捕鱼室段长 5m，宽 3m，捕鱼室布置于集鱼通道首部上方，底高程低于集鱼通道底板高程 1m，用于放置集鱼箱，当有鱼被赶鱼栅驱赶至捕鱼室底部时，集鱼斗通过电动葫芦起吊，将鱼抬升至升降机顶平台，再通过溜鱼槽转运至过鱼设施综合楼。捕鱼室前部设置拦鱼网，使诱赶至集鱼通道内的鱼类进入捕鱼室内的集鱼斗。

③ 下游导墙段

诱鱼口段下游右侧为进鱼口导墙段，设两个进鱼口，垂直水流方向每个进鱼口宽 1m，顺水流方向长 4.5m，墙底高程为 1990.500m，中间导墙厚度为 0.8m，墙顶部高程 2040.000m。

(3) 右岸坝脚集鱼站结构布置设计

坝下集鱼站位于右岸坝脚缓流区，具体详见图。该区域为静水区域，拟采用小流量水幕诱鱼。根据现场条件，集鱼槽布置两个进鱼口，其中顺水流向布置进鱼口

两个(上下游各一个), 横水流向在靠河床侧布置进口一个。

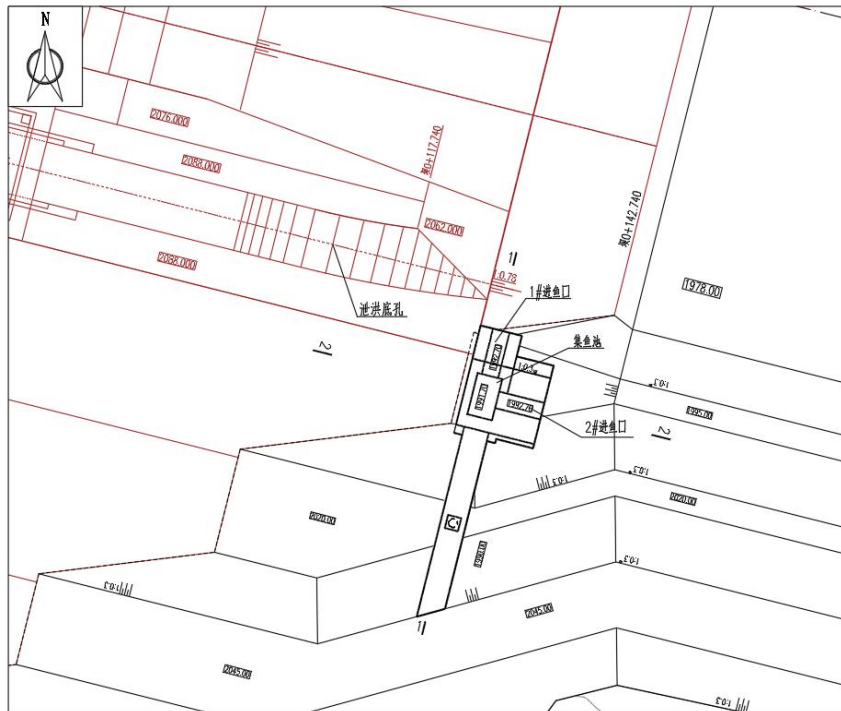


图 6.2.4-18 右岸坝脚集鱼站结构布置图

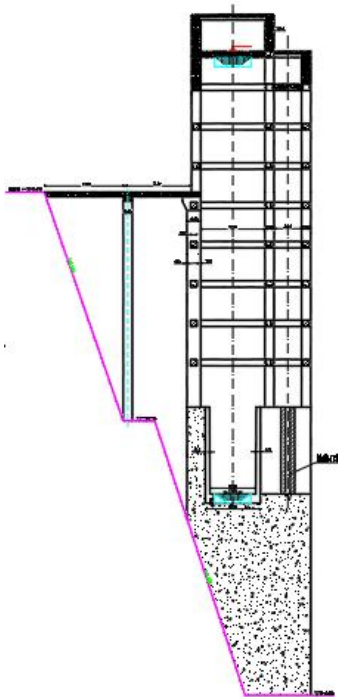


图 6.2.4-19 右岸坝脚集鱼站剖面图

集鱼槽顺水流向总长 9.5m, 横水流向长 12.5m, 底板高程为 1992.70m, 横断面为矩形结构, 宽 3m, 高 28.80m; 捕鱼室位于交叉处, 捕鱼室孔口尺寸为 3×5m, 底板高程 1991.70m, 比集鱼槽底部低 1m, 捕鱼室正上方设置升降机室; 捕鱼室内设

集鱼斗，当有鱼被驱赶至捕鱼室底部时，集鱼斗通过移动式电动葫芦起吊，将鱼抬升至高程 2046.80m 升降机顶平台，再通过溜鱼槽滑至分拣室。为方便后期检修，每个进鱼口设置一道检修门槽，检修门槽上方布置启闭机房。启闭机房与升降机室采用框架结构，框架柱截面为 1m×1m。为防止机电设备被洪水淹没，启闭机房底部顶高程为 2043.20m，顶部高程为 2046.80m。集鱼系统集鱼槽基础地质条件较好，可满足承载要求。

2) 下游转运平台

下游转运平台(又叫过鱼设施综合楼)布置于尾水出口上游约 40m 的位置，底高程 2040.000m，长 25m，宽 5m，共两层，设置有分拣观察室、实验室、工具箱、展览室、办公室、视频和机电控制室、卫生间等。

下游转运平台与尾水出口和坝脚集鱼系统通过 5%坡度的溜鱼槽连接，将捕鱼室集鱼斗里的鱼通过溜槽转移至转运平台上的运鱼箱，运鱼箱和集鱼斗之间通过暂养池连接。

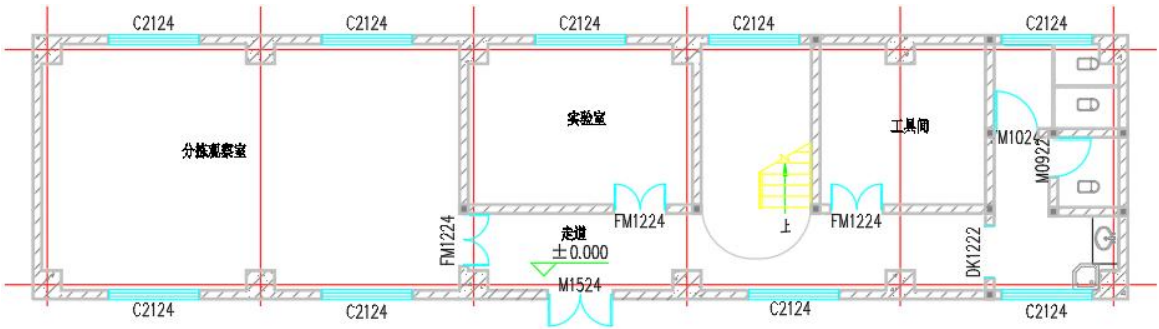


图 6.2.4-20 过鱼设施综合楼一层平面结构图

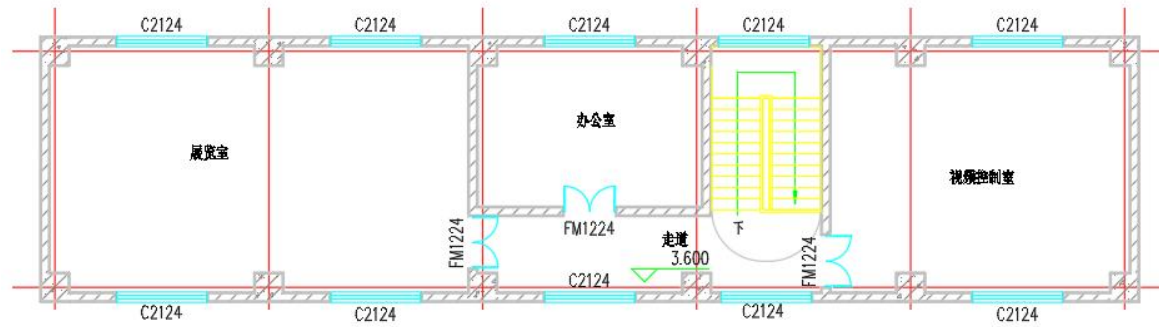


图 6.2.4-21 过鱼设施综合楼二层平面结构图

d) 集鱼系统主要工程量

集鱼系统土建和金属结构设备主要工程量见表 6.2.4-14。

表 6.2.4-14 集鱼系统土建工程主要工程量表

序号	建筑物	项目	单位	工程量	备注
1	尾水集鱼站	混凝土	m ³	11957.07	共有 2 座尾水集鱼站
2		钢筋	t	286.2324	
3		集鱼休息间	座	2	
4	坝脚集鱼站	C35 排架结构混凝土	m ³	1032.685	
5		C30 集鱼槽结构混凝土 (重力式结构)	m ³	1365	
6		钢筋量	t	151.2222	
7		集鱼休息间	座	1	
8	过鱼设施综合楼	分拣观察室及其他功能室	座	1	2 层、层高 3.6m、单层建筑面积 125m ² 、总建筑面积 250m ² ，框架结构

6.2.4.6 上行过坝系统设计

a) 过坝系统土建工程设计

上行过坝系统推荐采用轨道运输方案。过坝运输路线：右岸下游尾水出口集鱼站及大坝下集鱼站→下游转运平台(过鱼设施综合楼)→上游转运码头。线路全长 1295m，其中竖井段 108m，平硐段 627m，明轨段 560m。隧洞净宽 5.0m，净高 5.0m，隧洞内设置小车轨道、人行台阶及排水沟等，顶部设有照明。竖井内部尺寸为 4×4m。

b) 过坝系统主要工程量

鱼类上行采用轨道提升转运过坝，主要包括明轨段、平硐段和竖井段。本方案过鱼建筑物主要土建工程量见表 6.2.4-15。金属结构设备工程量见表 6.2.4-16。

表 6.2.4-15 隧洞过坝转运方案土建工程量表

序号	建筑物	项目	单位	工程量	备注
1	上游转运码头	石方明挖	m ³	39792	
2		C20 素混凝土	m ³	312	
3		C30 结构混凝土	m ³	2129	
4		排水沟混凝土	m ³	119	
5		钢筋制安	t	107	
6		锚杆(Φ28, L=6.0m)	根	691	
7		锚杆(Φ32, L=9.0m)	根	921	
8		排水孔(D56, L=5m)	根	5113	
9		C25 喷混凝土(厚 15cm)	m ³	987	

表 6.2.4-15(续)

序号	建筑物	项目	单位	工程量	备注
10	上游转运码头	挂网钢筋(A6@0.15m×0.15m)	t	21	
11		系船环	个	16	
12		橡胶护舷	个	122	
13	尾水集鱼站	C35 排架结构混凝土	m ³	1109	共有 2 座 尾水集鱼站
14		C30 集鱼槽结构混凝土(重力式结构)	m ³	15932	
15		钢筋制安	t	1704	
16		集鱼休息间, 1 层、层高 3.6m、建筑面积 36m ² , 框架结构	座	2	
17	大坝下集鱼站	C35 排架结构混凝土	m ³	1040	
18		C30 集鱼槽结构混凝土(重力式结构)	m ³	5168	
19		钢筋制安	t	621	
20		集鱼休息间, 1 层、层高 3.6m、建筑面积 36m ² , 框架结构	座	1	
21	过鱼设施综合楼	分拣观察室及其他功能室	座	1	2 层、层高 3.6m、单层建筑面积 125m ² 、总建筑面积 250m ² , 框架结构
22	隧洞轨道过坝系统	石方洞挖(竖井)	m ³	3575	
23		混凝土衬砌 C25(竖井)	m ³	1287	
24		喷混混凝土 C25(竖井)	m ³	715	
25		挂网钢筋 $\Phi 6$, 间距 150*150(竖井)	t	2	
26		衬砌钢筋(竖井)	t	90	
27		石方洞挖(平洞)	m ³	30176	
28		混凝土衬砌 C25(平洞)	m ³	8159	
29		喷混混凝土 C25(平洞)	m ³	3298	
30		挂网钢筋 $\Phi 6$, 间距 150*150(平洞)	t	43	
31		衬砌钢筋(平洞)	t	731	
32		顶拱回填灌浆	m ²	6097	
33		锚杆 d25, L=3m, 间排距 1.5*1.5m	根	6006	
34		型钢拱架工 16 制作安装	t	234	
35		排水孔 $\Phi 76$, L=5m	m	4095	
36		排水孔 $\Phi 110$, L=35m	m	9555	
37		钢拱架锁脚锚杆 d25, L=3m	根	3276	

表 6.2.4-15(续)

序号	建筑物	项目	单位	工程量	备注
38	隧洞轨道过坝系统	地埋式轨道及人行步道混凝土	m ³	953	
39		运鱼轨道	m	1833	
40		溜鱼槽	m	585	
41		运鱼小车+鱼箱	台	2	

表 6.2.4-16 过坝系统金属结构设备工程量表

序号	建筑物	项目	型号	规格	单位	工程量
1	集鱼站及隧洞轨道过坝系统	检修闸门	表孔平面滑动闸门	2.0m×9.0m-8.71m	套	5
2		检修闸门埋件			孔	4
3		检修闸门启闭机	固定卷扬机	100kN	台	1

6.2.4.7 上行放流系统设计

a) 鱼类放流

奔子栏水电站过鱼初步规划的上行放流地点为库尾及定曲河河口，实际运行过程可以根据放流效果对放流地点进行适宜调整。由于投放点均距离奔子栏水电站坝址较远，因此需要结合集运鱼系统进行放流。

放流系统主要由上游转运平台、运鱼船等组成，运鱼船上设置有鱼类运输暂养系统、放流滑道等。运鱼船将运鱼箱的鱼由上游转运平台运至放流地点，通过放流滑道放入江中。

b) 上游转运码头设计

1) 设计水位及设计船型

(1) 设计水位

最高通航水位：2148m(正常蓄水位)

最低通航水位：2138m(水库死水位)

(2) 设计船型

表 6.2.4-17 设计船型尺度表

船型尺度(m)	型长(m)	型宽(m)	型深(m)	吃水(m)	备注
运鱼船	13	2.8	0.77	0.55	设计船型

2) 结构布置

上游转运码头布置在右岸上游侧 2153m 高程处，距进水塔约 420m 处。考虑到

运鱼船较小，同时为节省投资，根据现场地形及地质情况，上游转运码头考虑利用现有山坡开挖形成。上游转运码头的平台平面尺寸 60m×11m，转运平台顶地面高程 2153.00m，与坝顶高程一致。上游转运码头通航水位变幅最大为 10m，为适应库区水位变幅，根据现场实际情况，码头结构平面拟以 10%坡度呈“V”字型布置。码头利用山体开挖形成，码头底部结构宽 5m，其中路面宽 4.5m，厚 500mm，河侧防撞墙宽 0.5m，高 1m。为方面船舶停靠，码头左侧按 1:0.5 放坡，放坡高度 3m，坡面铺设 500mm 厚凝面板，面板安装橡胶护舷。

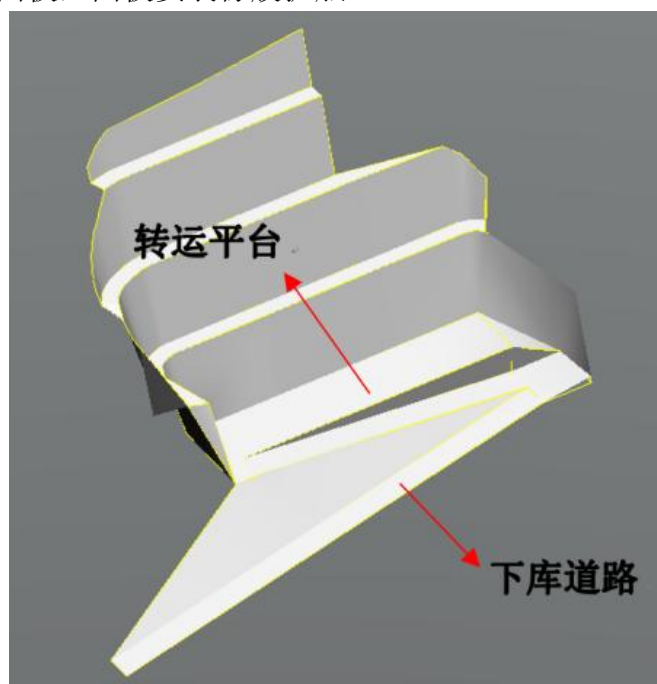


图 6.2.4-22 上游转运码头三维开挖模型

c) 运鱼船

运鱼船为多功能综合船，其主要功能为转运鱼类、放流鱼类及进行必要的实验工作。集鱼系统收集到的鱼类转移至运鱼箱后，由运鱼船实现水陆的运输与放流。

运鱼船为平头方艏圆舳型常规艤船型，双机、双桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。设置满足 4 位人员全天工作和生活需要的舱室及相关设施。具有绑拖功能，设计时满足相关法规、规范及标准对拖船的要求。

2) 船体部分

主要特征：本船为平头方艏、圆舳型常规艤船型。主甲板以上设两层钢质甲板室。本船为双机、双导管桨、双舵、单底、单甲板、全电焊、全钢质横骨架式结构。

主要性能：本船设计航速约 15~20.00km/h,续航力≥120h。本船稳性及干舷满足

《内河船舶法定检验技术规则》及其修改通报的要求。

(3) 总布置

本船主甲板为连续甲板，在主甲板上设有两层甲板室。

① 主体舱室设舵机舱，左右压载水舱、清水舱、机舱、燃油舱、设备舱、运鱼舱等。

② 主甲板设机舱、洗手间、会议室兼餐厅各一间，船员 1 人间 4 间。

③ 驾驶甲板设驾驶室一间。

④ 顶篷甲板设桅杆、天线、探照灯、航行灯及信号灯等。

(4) 轮机部分

本船为双机双桨推进，由二台推进柴油机(主机)输出端通过联轴节以及齿轮箱经轴系分别驱动二个定距导管螺旋桨。为降低船舶的振动和噪声，推进柴油机采用刚性支承，其管路连接采用弹性软管及膨胀接头。齿轮箱采用刚性联结，齿轮箱与柴油机通过弹性联轴器连结。

(5) 其它

船上的生活垃圾和污水进行集中收集和处理，不能随意排放。生活污水可存入生活污水舱，由生活污水排放泵通过标准排放接头排至岸上接收设备。

本船船体艏部设一个清水舱，另设有卫生水、淡水变频供水系统各一套，1t/h 微孔膜过滤净水器一台，提供全船所需的淡水和卫生用水。本船冲洗厕所采用江水。卫生水变频供水系统给水泵从江水总管吸水后，供冲洗厕所。

3) 设计制造要求

运鱼船优先采用新能源作为动力。运鱼船需由有资质的船舶设计单位单独设计，其尺寸可参考表 6.3.4-17。运鱼船只可委托专业船舶制造厂场外制作，现场进行拼装。可将船舶停靠点空地作为船只拼装场地。

4) 运行要求

运鱼船运行时船上需配备船长一名，机械师一名，具有鱼类保护专业知识的人员两名。在非过鱼季节，运鱼船停泊于船舶停靠点。

6.2.4.8 下行集运鱼设计

奔子栏水电站下行过鱼对象与上行一致，主要过鱼对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤，兼顾过鱼对象为细尾高原鳅、

贝氏高原鳅、安氏高原鳅、黄石爬鮡、中华金沙鳅。过鱼规格为仔幼鱼等未性成熟个体。过鱼季节为 6 至 9 月。过鱼方案为集运鱼系统。下行过鱼设施包括：集鱼（旭龙上行集鱼系统）、分拣（旭龙上行分拣观察室）、运输（运鱼车+运鱼箱的公路运输）、放流（奔子栏坝下冈曲汇口，通过放流滑道进行放流）。下一阶段，需要通过过鱼设施的运行管理，评估金沙江上游梯级电站建成后对鱼类遗传多样性和栖息地的跟踪影响，调整鱼类放流的最佳位置。

6.2.4.9 运行管理

a) 运行时间

根据本工程过鱼对象的主要繁殖时间，确定上行主要过鱼季节为 3~9 月共 7 个月，期间如遇电站泄洪，过鱼系统暂停运行。下行 6~9 月过鱼，依托旭龙上行集鱼。

在奔子栏过鱼设施建设完成之后，正式运行之前，需要对其进行试运行，试运行期暂定为 2~3 年，试运行应包括以下内容：设备调试、原形观测、优化和改进。

正式运行阶段，应建立过鱼设施运行台账，记录每天升鱼机作业情况、作业工况、设备运行情况及相关保养工作等。

过鱼设施正式运行后，除以上常规监测外，还应对上溯鱼类库区行为进行标志跟踪监测，并对坝上坝下鱼类资源变化趋势进行调查和统计，以利于对过鱼设施的鱼类保护效果进行客观评价。

b) 运行管理机构设置

过鱼设施属电站枢纽组成部分，应统一纳入电站的日常运行管理之中。电站建成后需在电站管理机构中设置专门的过鱼设施运行管理部门，配置专业技术人员，负责日常运行和管理，包括设备保养、观测统计、相关基础研究等，其主要职责包括：

制定过鱼设施运行方式和操作规程；负责过鱼设施正常运行和管理，做好日常观测、过鱼效果的统计和信息处理；协调处理过鱼设施运行与工程枢纽的关系，确保过鱼季节的过鱼设施正常有效运行；做好过鱼设施运行与鱼类特性的研究，协助做好科普宣传工作，提高生态保护意识。

c) 过鱼设施运行维护

在升鱼机运行期应做好升鱼机设备的维护工作，主要工作内容如下：

1) 检查机械和水力运转状况

每天检查并记录升鱼机系统和集运鱼系统的机械设备是否正常运行，是否有出现漩涡、急流等不利的水流状况，是否有堵塞、淤积等状况发生，不仅要确保结构和流态符合设计标准，还需根据观测结果及时调整运行工况。

2) 定期检修过鱼设施的机械设备和水力测试仪器

在主要过鱼季节来临之前及洪峰过程之后，对升鱼机的闸门、阀门、传感器等机械设备和水位、流速等测试仪器以及集运鱼系统的卵苗采集器和运鱼船进行检修，并对破损处进行修复。在检修期间仔细检查通道及孔口，清除由漂浮残渣引起的阻塞。

3) 利用所设置的监控系统，对过鱼设施的运行情况及安全情况进行实时监控和记录，保证升鱼机正常、安全运行。

6.2.5 鱼类增殖放流站

6.2.5.1 增殖放流必要性

《中华人民共和国水法》第二十七条规定：“在水生生物洄游通道、通航或者竹木流放的河流上修建永久性拦河闸坝，建设单位应当同时修建过鱼、过船、过木设施，或者经国务院授权的部门批准采取其他补救措施，并妥善安排施工和蓄水期间的水生生物保护、航运和竹木流放，所需费用由建设单位承担”。《关于深化落实水电开发生态环境保护措施的通知》(环发〔2014〕65号)要求水电项目建设应当“论证鱼类增殖放流目标和规模，落实鱼类增殖放流措施。应根据规划环评初拟确定的增殖放流方案，结合电站开发时序和建设管理体制，依据放流水域生境适宜性和现有栖息空间的环境容量，明确各增殖站选址、放流目标、规模和规格，做好鱼类增殖放流措施设计、建设和运行工作。放流对象和规模应根据逐年放流跟踪监测结果进行调整。为便于管理和明确责任，鱼类增殖放流站选址原则上应在业主管理用地范围内。要根据场地布置条件，合理进行增殖站布局和工艺选择，保证鱼类增殖放流站在工程蓄水前建成并完成运行能力建设。”

6.2.5.2 增殖放流对象

根据《金上规划环评》，奔子栏增殖放流对象主要包括长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、黄石爬鮡等，每年各分隔单元每种鱼类放流 5000 尾，在保留河段每种鱼类应放流 5 万尾，放流规格 4~6cm，采用标志技术对放流效果进行跟踪评价，根据监测结果调整增殖放流计划。

根据本阶段调查成果,评价区段共有到鱼类 32 种,土著鱼类 20 种,外来物种 12 种。从鱼类的保护级别、种群数量、经济价值、增殖放流技术等方面考虑,初拟增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡 7 种特有珍稀种类。提前开展中华金沙鳅、黄石爬鮡的亲鱼储备、人工繁育、增殖放流技术研究,蓄水前具备放流能力。

6.2.5.3 放流标准

放流苗种必须是由金沙江野生亲本人工繁殖的子一代,因此亲鱼需是金沙江收集的野生亲本。在国家尚未有鱼苗放流标准的情况下,建议放流鱼苗标准参照《水产苗种管理办法》(2004 年,农业部令第 46 号)要求,采用无伤残和疾病、体格健壮的个体。

6.2.5.4 放流数量和规格

a) 放流数量

根据《金上规划环评》及其审查意见,明确放流数量“每年各分隔单元每种 5000 尾,但保留河段应放 5 万左右。”

目前,金沙江上游已经获批的有波罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波及旭龙 7 个梯级,参照流域规划及上述相关梯级的环评报告要求,本增殖放流站放流 7 种鱼类每年共需 3.5 万尾,放流对象野外存活率取 10%,

因此初步确定奔子栏梯级年放流苗种 35 万尾。后期可根据水生生态监测结果、增殖放流效果评估及珍稀鱼类繁育技术进展考虑是否调整增殖放流规模。

表 6.2.5-1 金沙江上游梯级增殖放流要求一览表

序号	名称	项目情况	批复对增殖放流要求
1	岗托	待建	/
2	波罗	环评已批复,待核准动工	依托已建的叶巴滩鱼类增殖站建设二期工程实施增殖放流,蓄水前形成增殖能力并成功运转,增殖放流对象为长丝裂腹鱼等 9 种鱼类,放流规模为 38 万尾/年。设置专项资金用于技术攻关,力争投产发电前取得黄石爬鮡、青石爬鮡、中华鮡以及姚氏高原鳅人工繁育技术突破。
3	叶巴滩	在建	截流前在业主营地旁建成鱼类增殖放流站,形成运行管理和技术能力,放流对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、裸腹叶须鱼、软刺裸裂尻鱼。
4	拉哇	在建	拉哇水电站依托叶巴滩水电站鱼类增殖站实施增殖放流,主要放流长丝裂腹鱼、裸腹叶须鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡等鱼类。
5	巴塘	已蓄水验收	依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流,近期主要增殖放流短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼和四川裂腹鱼,远期增殖放流软刺裸裂尻鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡和硬刺松潘裸鲤,总放流规模 15 万尾/年。
6	苏洼龙	已投产	工程截流前在业主营地旁建成鱼类增殖放流站,放流对象为短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、青石爬鮡、黄石爬鮡。
7	昌波	在建	依托苏洼龙鱼类增殖站实施增殖放流,放流规模为 15 万尾每年。苏洼龙鱼类增殖放流站应抓紧开展软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤的育苗培育,尽快取得黄

			石爬鮡人工繁育技术突破。
8	旭龙	在建	在业主营地内建成鱼类增殖放流站，放流规模为 52 万尾/年。长丝裂腹鱼等鱼类，放流规模为 52 万尾/年，结合鱼类栖息地保护需要选择合适河段开展长期增殖放流。加快狭孔金线鲃人工繁育技术研究，确保蓄水前取得突破。

b) 放流规格

在增殖放流实际操作中，规格的确定宜根据苗种生长、苗种来源、水域生态环境状况以及凶猛性鱼类资源等灵活掌握。一般放流苗种规格以当年可培育成的大小为准，不宜盲目追求大规格而越冬后放流，特别是本江段的裂腹鱼，为个体不大的冷水性鱼类，生长缓慢，培育成大规格时间会比较长。而本江段鱼类组成中，没有大型凶猛鱼类。因此，结合苗种生产单位的实际，裂腹鱼放流规格以 3cm 的夏花鱼种(即鳞片刚长齐的小规格鱼种)为主，部分可培育至年底，规格达到 10cm 左右后再放流。

6.2.5.5 放流地点和放流周期

a) 放流时间及地点

放流地点：主要考虑奔子栏水库库尾、丹达河、定曲、许曲河中下游河段。

放流时间：从电站建成蓄水后每年放流两次，放流的具体实施时间为每年 7 月~9 月和次年 4 月~6 月，以天气晴朗的早上 9:00~11:00 为宜。从电站建成蓄水后每年放流两次，第一次放流 1 龄鱼种，第二次放流 2 龄鱼种；对于下半年产卵的长丝裂腹鱼，仅在次年 4 月~6 月放流 1 龄鱼种。

b) 放流周期

奔子栏水电站鱼类增殖放流工作从奔子栏水电站大坝截流后开始，每年进行放流。本工程放流周期暂按 20 年考虑，20 年以后根据鱼类资源的恢复情况决定继续或终止放流。

6.2.5.6 标志和遗传档案

为了使人工增殖放流达到预期效果，必须进行放流效果的评价，即所有物种的人工增殖放流必须进行部分或全部标志或标记。

6.2.5.7 增殖放流站等别

奔子栏水电站鱼类增殖放流站站内生产放流规模为 35 万尾/年，根据《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T35037-2014)、《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》(DL5180-2003)，本鱼类增殖放流站等别为二等，对应水电工程等别为四等，主要建筑物等级为 3 级，次要建筑物等级为 4 级。水工建筑物结构安全级别为

II级。

表 6.2.5-2 奔子栏水电站鱼类增殖放流站工程等别划分

增殖放流站工程等别	分类要素			对应水电工程等别
	鱼类增殖放流规模 (万尾/年)	保护等级	工程任务	
一	≥200	国家一级	繁育、放流、科研	三
二	≥50、<200	国家二级、省级	繁育、放流	四
三	<50	其他	暂养、放流	五

根据《防洪标准》(GB50201-2014)，奔子栏水电站鱼类增殖放流站防洪标准按 50 年一遇洪水设计。

6.2.5.8 增殖放流站选址

《金上规划环评》提出在洛须、波罗和巴塘段分别修建鱼类人工增殖放流站，其中巴塘增殖放流站服务于巴塘以下梯级(包括奔子栏、旭龙等梯级)。由于各梯级电站设计和建设进度与规划提出的建设次序发生了变化，鱼类增殖站的建设地点、服务范围也随之发生了变化。且奔子栏和旭龙梯级相邻，建设单位相同，从降低投资、方便管理角度考虑，此两个梯级宜合建增殖站。《金沙江上游奔子栏水电站预可行性研究报告审查意见》要求：“下阶段应结合流域规划环评鱼类增殖站统筹布局及流域开发时序和管理机制，考虑和相邻梯级合建方案，确定增殖站选址位置和建设规模。”《旭龙环评》提出在旭龙水电站业主营地处单独建设鱼类增殖放流站，并为奔子栏水电站预留有用地，因此，推荐奔子栏水电站在旭龙水电站业主营地处扩建鱼类增殖放流站。

奔子栏鱼类增殖放流站在旭龙鱼类增殖站基础上扩建，奔子栏、旭龙鱼类增殖站合为一座。扩建催产孵化车间 1 栋、亲鱼培育车间 1 栋、鱼苗培育车间 1 栋、鱼种培育车间 1 栋以及其它相关配套等设施。

6.2.5.9 增殖放流站设计

a) 生产工艺流程

增殖放流站技术工作流程主要为：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，建构筑物设计满足其生产流程。详见图 6.2.5-1。

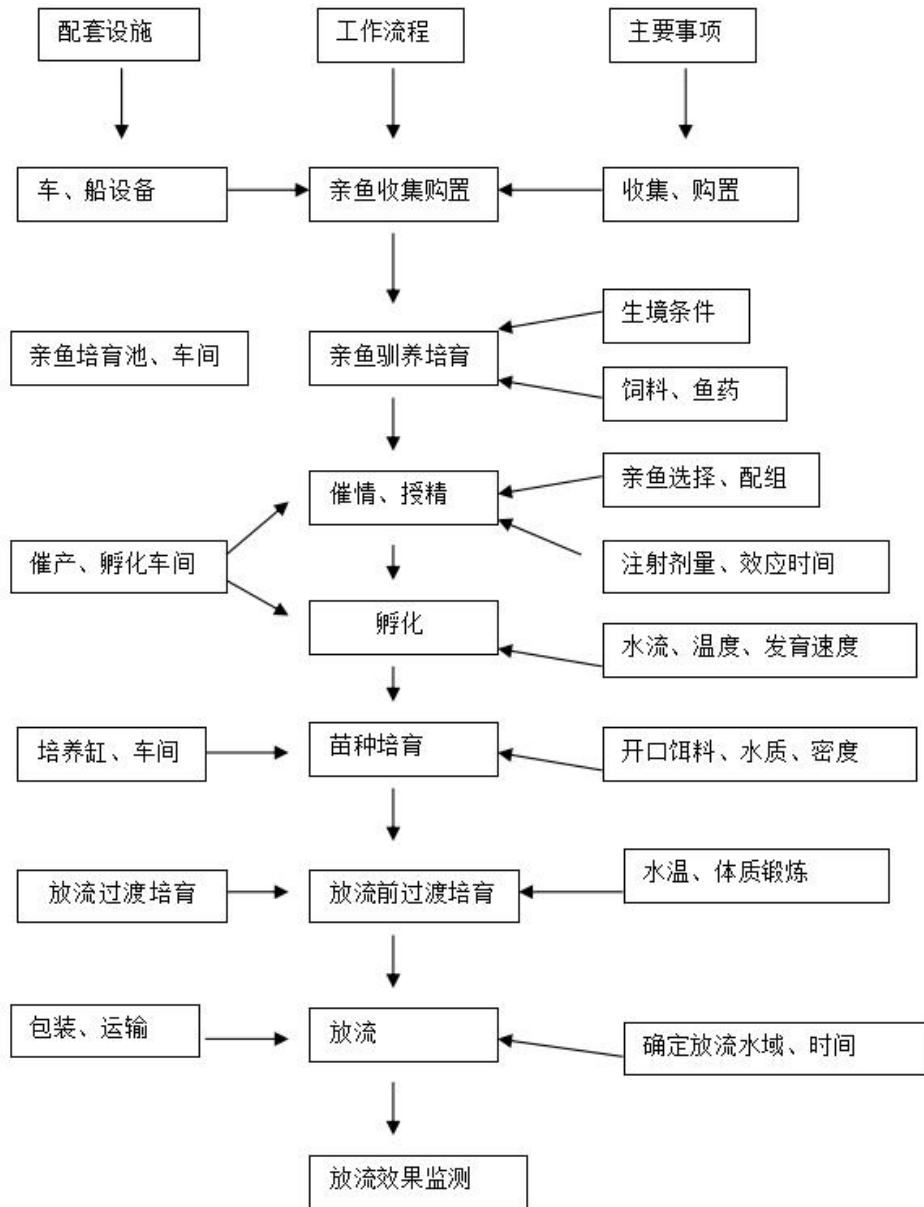


图 6.2.5-1 增殖站技术工作流程图

b) 养殖模式

本工程增殖放流对象主要为急流高原鱼类，因此静水养殖模式不适用。工程河段地表水执行Ⅱ类水质标准，禁止新设排污口，区域冬季气候较为寒冷，因此，本工程从控制生产弃水产生量，适应严寒地区气候等方面考虑，选用循环水养殖模式。本鱼类增殖放流站拟在室外修建蓄水沉淀池，养殖用水由室外蓄水沉淀池直接供给。

c) 鱼类繁育学参数

影响鱼类催产率的因素主要包括鱼类的种类、亲鱼的成熟度、催产时水温等环

境条件、催产方式、催产药物的种类和剂量等；影响鱼类受精率的因素主要包括雌雄亲鱼的比例、卵细胞的发育、精子的活力、水温等；影响鱼类孵化率的因素主要是水温、水体溶氧等环境条件；影响幼鱼培育成活率的主要因素包括水温、水体溶氧、食性转化期的开口饵料及驯食、养殖密度、病害防治等。本项目近期放流对象的繁育技术已经比较成熟。本设计中的各参数依据相关的文献资料报道或借鉴相近种属的鱼类资料确定。根据鱼类繁育生物学特性，鱼类人工繁育初期一般催产率和受精率较低；孵化率和出膜率主要依赖管理，管理得当可以获得理想效果；苗种培育比较理想的成活率 70~80%，本设计暂时设定各种鱼类的催产率 60%、受精率 70%；孵化率 85%、出苗率 80%；幼鱼成活率 42.19%(指由鱼苗培育到放流规格幼鱼三个阶段总成活率，每个阶段成活率 75%)。

工艺参数的应用主要是为了初步核算建设规模，建设规模主要是确定亲鱼需求量、亲鱼培育池面积、催产和孵化设施量、苗种培育池面积。

采用催产率、受精率、孵化率和幼鱼成活率的目的是估算需建设鱼类繁育设施规模，为了满足今后运行需求，以总体中等技术水平参数作为设计建设规模依据。近年我国已建设并投入运行有几十座鱼类增殖放流站，通过调研采用中等技术水平情况下获得的各繁育技术参数进行建设规模测算可以满足运行需求。前期亲鱼收集需要一定的周期，亲鱼收集达到一定量时技术水平得到了提高，估取值过低建设规模大往往造成浪费。本阶段暂时参照旭龙水电站相关繁育参数进行计算。

本设计主要工艺参数见表 6.2.5-3。

表 6.2.5-3 奔子栏水电站鱼类增殖放流站工艺设计主要参数表

种类	产卵量 (万粒/kg)	催产率	受精率	孵化率	出苗率	苗种培育 成活率	产卵 类型
短须裂腹鱼	1	0.6	0.7	0.85	0.8	0.42	沉黏性
长丝裂腹鱼	0.8	0.6	0.7	0.85	0.8	0.42	沉黏性
四川裂腹鱼	0.84	0.6	0.7	0.85	0.8	0.42	沉黏性
软刺裸裂 尻鱼	0.8	0.6	0.7	0.85	0.8	0.42	沉性卵
硬刺松潘 裸鲤	1.6	0.6	0.7	0.85	0.8	0.42	沉黏性

d) 亲鱼数量计算

鱼的种类不同，其平均怀卵量、平均产卵量也不同，而且产卵量受亲鱼成熟度和外界环境等条件的影响。根据近期增殖放流的数量、鱼类的平均产卵量、催产率、受精率、孵化率和幼鱼成活率，推算出达到放流规模所需要的各种受精卵需求量和成熟雌性亲鱼数量，亲鱼尾数取整数。本方案设计采用自然产卵和受精雌雄亲鱼 1:1 的性比，推算所需亲鱼数量见下表，需培育亲鱼总重量为 640.73kg。

亲鱼在一周年培育过程中有一定的死亡，人工催产、人工授精操作对亲鱼有一定的损伤而造成少量死亡，亲鱼使用一定年限后需更新。为此，每年需有一定亲鱼补充群体，本设计按亲鱼重量数量的 30% 配备后备亲鱼。共需亲鱼 832.96kg。

表 6.2.5-4 各种鱼类的绝对怀卵量、产卵量与所需亲鱼的数量

指标		短须 裂腹鱼	长丝 裂腹鱼	四川 裂腹鱼	软刺裸裂 尻鱼	硬刺松潘 裸鲤
放流 鱼种	放流鱼种规格(cm)	3~6	3~6	3~6	3~6	3~6
	放流鱼种数量(万尾)	10	5	5	2	1.5
	鱼苗生产阶段规格	1 龄	1 龄	1 龄	1 龄	1 龄
	鱼苗生产阶段数量(万尾)	2	2	2	1	0.5
鱼苗 生产量	大规格存活率	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	大规格数量(万尾)	2.67	2.67	2.67	1.33	0.67
	小规格存活率	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	小规格数量(万尾)	17.86	8.93	8.93	3.57	2.68
	合计鱼苗(万尾/万粒)	20.52	11.6	11.6	4.9	3.35
开口 苗生 产阶 段生 产量	开口苗存活率	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
	开口苗数量(万尾/万粒)	27.37	15.46	15.46	6.54	4.46
	出苗率	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	仔鱼数量(万尾/万粒)	34.21	19.33	19.33	8.17	5.58

表 6.2.5-4(续)

指标		短须裂腹鱼	长丝裂腹鱼	四川裂腹鱼	软刺裸裂尻鱼	硬刺松潘裸鲤
受精孵化阶段	孵化率	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	受精卵数量(万粒)	40.24	22.74	22.74	9.62	6.56
	受精率	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	产卵量(万粒/kg)	1	0.8	0.84	0.8	1.6
	催产率(ind./kg)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
	个体重(ind./kg)	1	0.8	1	0.05	0.05
亲鱼阶段	雌性亲鱼重(kg)	1	0.8	1	0.05	0.05
	雄性亲鱼重(kg)	95.82	67.67	64.44	28.62	9.76
	后备亲鱼(kg)	57.49	40.6	38.67	17.17	5.86
	合计(kg)	249.12	175.93	167.55	74.42	25.38

e) 主要建构筑物及设施

据生产需求, 本鱼类增殖放流站需建设蓄水池、催产孵化车间、亲鱼培育车间、鱼苗培育车间、鱼种培育车间等, 展示实验室和办公综合楼则考虑与旭龙鱼类增殖放流站共用。相关建构筑物和养殖设施数量、规格详见 6.3.5-5。

站内交通主干道路宽 6m, 环形通道宽 3m, 各建筑物之间通道宽 3m。路两侧绿化带宽均为 1.5m, 场地绿化率为 57.7%。

表 6.2.5-5 鱼类增殖放流站主要建构筑物、设施规格

鱼池名称	养殖水体规格			个数	面积	布置地点
	长/半径(m)	宽/半径(m)	深(m)		(m ²)	
催产池	1.5	1.5	1.3	27.07	催产孵化车间	
玻璃钢孵化槽	2	0.8	0.6	3	4.8	催产孵化车间
尤先科孵化槽	3.26	0.85	0.89	4	11.08	催产孵化车间
圆锥形孵化桶	0.43	0.43	1.15	4	2.32	催产孵化车间
圆形开口苗培养缸	1	1	1.2	20	62.83	催产孵化车间
圆形鱼苗培养缸	1	1	1	20	62.83	鱼苗培育车间
圆形鱼种培育缸	1.5	1.5	1	24	169.65	鱼种培育车间
防疫隔离池	2	2	1.2	4	12.57	蓄水池直供
饵料培育池	15	5	1.5	2	75	室外, 蓄水池直供
亲鱼培育池	2	2	1.5	14	175.84	亲鱼培育车间
催产孵化车间	30	15		1	450	循环水系统 1
鱼苗培育车间	24	15		1	360	

表 6.2.5-5(续)

鱼池名称	养殖水体规格			个数	面积 (m ²)	布置地点
	长/半径(m)	宽/半径(m)	深(m)			
鱼种培育车间	36	15		1	540	循环水系统 2
亲鱼培育车间	42	15		1	630	循环水系统 3
蓄水池	30	20	3	1	4.8	有效容积 750m ³
综合楼	30	20		1	-	与旭龙共用

1) 蓄水池

(1) 生产蓄水量计算

本增殖站需水量如下表 6.2.5-6 所示。

表 6.2.5-6 鱼类增殖放流站需水量

序号	项目名称	养殖水体规格			个数	水体 (m ³)	日补 水率	日需水量 (m ³ /d)	备注
		长/半径 (m)	宽/半径 (m)	水深 (m)					
1	玻璃钢孵化槽	2	0.8	0.6	3	4.8	2	9.6	3 套室内循环 水处理系统日 补水为用水水 体的 10%计
2	尤先科孵化槽	3.26	0.85	0.89	4	11.08	2	22.16	
3	孵化桶	0.43	0.43	1.1	4	2.32	2	4.64	
4	圆形开口苗 培养缸	1	1	1	20	62.83	0.2	12.566	
5	圆形鱼苗培养缸	1	1	0.7	20	43.98	0.2	8.796	
6	鱼种培育缸	1.5	1.5	0.7	24	118.69	0.2	23.738	
7	圆形亲鱼培育池	2	2	1.2	14	211.12	0.2	42.224	
小计						454.82		123.724	
8	圆形催产池	1.5	1.5	0.8	2	11.31	2	22.62	蓄水池直供
9	防疫隔离池	2	2	1.2	4	60.32	2	120.64	
10	饵料培育池	15	5	1.5	2	225	2	450	
小计						296.63		593.26	
合计								716.984	
平均用水量(m ³ /s)		按每个鱼池一天 24h 不间断的流水						0.0083	
高峰用水量(m ³ /s)		时变化系数取 1.5						0.01245	
11	蓄水池	20	15	2.5	1	750	365		

表 6.2.5-7 鱼类增殖放流站年需水量

序号	名称	日需水量	日新增用水比例	日新增体积	使用时间	合计
		(m ³ /d)	%	(m ³)	(d)	(m ³)
1	亲鱼培育缸	211.12	20	42.224	365	15411.76
2	鱼种培育缸	118.69	20	23.738	120	2848.56
3	圆形鱼苗培养缸	43.98	20	8.796	365	3210.54

表 6.2.5-7(续)

序号	名称	日需水量	日新增用水比例	日新增体积	使用时间	合计
		(m ³ /d)	%	(m ³)	(d)	(m ³)
4	防疫隔离池	60.32	200	120.64	40	4825.6
5	圆形催产池	11.31	200	22.62	40	904.8
6	孵化槽	4.8	200	9.6	40	384
7	尤先科孵化器	11.08	200	22.16	40	886.4
8	孵化桶	2.32	200	4.64	40	185.6
9	开口苗培养缸	62.83	20	12.566	150	1884.9
10	饵料池	46.8	200	450	365	164250
合计						194792.2

(2) 蓄水池

根据生产需要建设 1 个蓄水沉淀池，其功能为沉淀和蓄水。为保证增殖放流站的补充用水，同时汛期来水 SS 浓度较大，可经蓄水池沉淀后供给各养殖设施，规格为：长 20m、宽 15m、深 3m，蓄水深 2.5m。蓄水池位于高程 2195 m 地块，蓄水池建于地面上，进行防冻处理，防止结冰。

进出水管道布设：进水管从蓄水池顶部分别进水，高程为 2195m 加蓄水池总高度；蓄水池出水管离池底 0.3m，2 个蓄水池出水管用三通相连后对各养殖设施供水，各蓄水池出水管分别用蝶阀控制；蓄水池底设置排沙孔一个。

2) 亲鱼培育车间

(1) 亲鱼对养殖水体要求

亲鱼培育是鱼类繁殖的关键，性腺发育良好的雌雄亲鱼是鱼类人工繁殖的物质基础。亲鱼培育要求溶氧充足，水体环境稳定，采用全循环水及水温调控系统。

为满足亲鱼性腺发育的要求，通常采取人工模拟江河水流。为此，亲鱼培育池设计成圆形池，进水管口在亲鱼培养缸水面下 30cm，进水口水流沿培养缸壁切线进入。

亲鱼对水体条件要求较高，常规方式培育放养密度一般为 3000kg/hm²，亲鱼培育放养密度主要由水体溶氧决定，如果采用循环水培育方式，则可以增加放养密度。圆形亲鱼培养缸日循环 10 次，以保证水质和水温的稳定。

(2) 亲鱼培育缸

圆形亲鱼培养缸结构：玻璃钢，直径 4m，池深 1.5m，有效水深 1.2m，单池水面面积 12.56m²，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。建设圆形亲鱼

培养缸 14 个，总面积为 175.84m²。

进出水管道布设：进水口设在培养缸顶部，采用管道阀门控制流速，进水口接入水面下 30cm，进水管管径 DN75。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径 $\phi 90\text{mm}$ ，排水口上方设置拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育缸外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后接排污管，排污管回合到主排污管直接接中水处理处。

(3) 培育车间

亲鱼培育车间 1 个，车间规格为 42m×15m，单独使用一套循环水处理系统，养殖水体日循环 10 次。考虑当地气候变化情况，采用热姆热泵控制水温，防止结冰，车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4~6 扇窗户为宜。

3) 催产孵化车间

根据目前常用的孵化设施，考虑分批孵化特点结合生产实际需要、场地布置、操作方便可靠性等，并按照 7 种鱼类的增殖放流数量，共需卵 119.80 万个，其中沉粘性卵为 101.89 万个，弱粘性卵为 14.59 万个，漂浮性卵为 3.32 万个。

(1) 催产池

催产池是性腺发育成熟的亲鱼注射催情激素后等待产卵的场所。亲鱼经激素催情后需要一定的水流刺激，圆形催产池进水沿池壁冲入，池中心排水，池中水体可以沿池壁转动。中心排水口要求水能排出、鱼不能逃逸。

鱼类增殖放流共需繁殖 7 种鱼类，种类较多，可分批进行，每一批次鱼类繁殖亲鱼数量不大，为催熟、催产、暂养操作方便计，本阶段各操作过程宜放在室内，一方面可节省流程和空间，另一方面，各批次小规模分开进行便于管理。根据目前生产实践经验，考虑各批次催产时间和一次催产规模，设计亲鱼池催产池 2 个。为直径各 3m 的圆形钢筋混凝土水泥池，池壁高为 1.3m，其中地面 1.3m。进水管用球阀控制，以控制流速，进水口水平切入，进水管采用 DN100 的 UPVC 管。催产池池底均匀向中心倾斜，一般中心较四周低 10~15cm。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管采用 DN200 的 UPVC 管。排水口上方设置内 R200mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅(拦鱼栅外径 R200mm)，凹槽深 50mm。排水口在池壁外接控制球阀，球阀控制排水大小。

(2) 玻璃钢孵化槽

玻璃钢孵化槽孵化未脱粘的粘性受精卵。玻璃钢孵化槽共设置 3 个，净尺寸为 $2.0\text{m} \times 0.8\text{m} \times 0.6\text{m}$ ，有效水深 0.4m ，用于粘性卵孵化。每个孵化槽设置 6 个 0.48m^2 孵化粘卵网片，每个网片可粘附孵化 1 万粒。

进出水管道布设：进水管设在孵化槽一端，进水用 DN20 的 PVC 管和球阀控制。出水在一端的底部接 DN32 的 PVC 管，球阀控制，球阀前 2cm 设置 1 个三通，上接 1 根 DN32 的 PVC 溢水管，溢水管高控制孵化槽水位，控制水位 0.4m ；排水孔前 100mm 两边设置拦鱼苗槽，用于插拦鱼苗栅。



图 6.2.5-2 玻璃钢孵化槽

(3) 尤先可孵化器

尤先科孵化器孵化沉性受精卵和脱粘后的粘性受精卵。将装有受精卵的孵化筛设置在孵化水槽中，水流从上往下喷淋，孵化水槽水体定时由划水板划动使脱粘的受精卵在孵化过程中不粘结、沉性受精卵不缺氧。每个尤先科孵化器设置 4 个 0.3m^2 的孵化框，每个孵化框可以放置 1 万粒受精卵，每个尤先科孵化器每个繁殖季节可孵化 40 万粒。增殖站设置尤先科孵化器共设置 4 个，净尺寸为 $3.26\text{m} \times 0.85\text{m} \times 0.89\text{m}$ ，有效水深 0.6m 。可满足繁殖沉粘性卵鱼类的生产需求。

主要结构组成为：孵化筛，孵化水槽，轨道式划水板，三角水斗，复位重力砣，进水花洒，支架。整个设备外接 DN20 的进水管，设备安置地面需有地漏，经地漏接 DN100 的排水管。

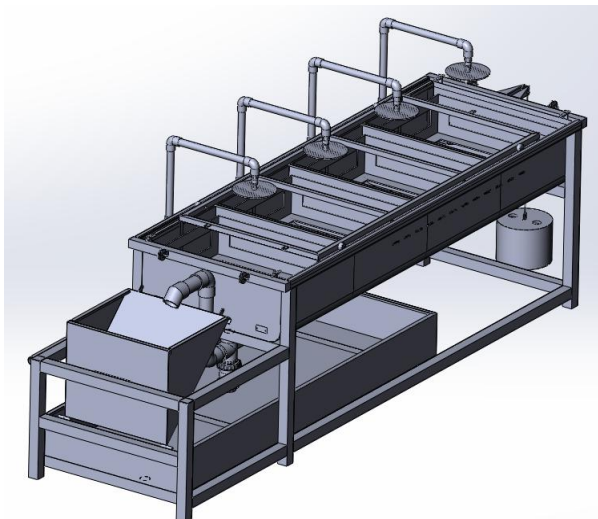


图 6.2.5-3 尤先科孵化器

(4) 孵化桶

孵化桶共设置 4 个，直径 0.86m，高 1.15m，为孵化漂流性卵设备。孵化密度一般取 5 万粒/m³~10 万粒/m³。每个孵化桶水量一般为 250kg，可放卵 2.5 万粒。配备 4 个孵化桶，满足繁殖漂浮性卵鱼类生产需求。

孵化桶孵化漂流性受精卵，要求孵化桶中的水体产生由下而上均匀的水流，使受精卵在孵化桶中均匀翻滚。出水处要求水能流出，而受精卵和刚孵化的鱼苗不能随着水流流出。孵化桶可用白铁皮、玻璃钢等材料制造，上面纱窗可用铜丝布、筛绢制成，规格为 46—55 目/吋。进出水：进水管为φ20mm 的 PVC 管，从底部圆锥形顶端进水，进水量由球阀控制；出水经上部纱窗溢出。



图 6.2.5-4 孵化桶

(5) 开口苗培育缸

室内鱼苗开口培育缸：苗种培育成活率的高低与开口摄食密切相关，只有适时开口摄食了饵料的鱼苗才能成活。鱼苗开口期的合理放养密度、饵料大小和密度、

水质条件等直接影响鱼苗能否及时开口摄食。为了提高鱼苗培育的成活率一般采用鱼苗培养缸，培养缸为直径 2m 的玻璃钢圆形缸，缸深 1.2m，控制水位 1m。

依据供水条件、用地状况、当地气候。参考《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T 35037-2014)，开口苗培育密度循环水培育方式以 10000 尾/m³ 为宜，具体可根据不同种类鱼类习性和培育周期调整养殖密度。见表 6.2.5-8。

表 6.2.5-8 奔子栏水电站鱼类增殖放流站鱼苗配池面积计算

种类	开口苗(万尾)	养殖水体(m ³)
短须裂腹鱼	27.37	27.37
长丝裂腹鱼	15.46	15.46
四川裂腹鱼	15.46	15.46
软刺裸裂尻鱼	6.54	6.54
硬刺松潘裸鲤	4.46	4.46
中华金沙鳅	2.26	2.26
黄石爬鮡	2.26	2.26
合计	73.81	73.81

根据放流量及鱼苗配池面积计算可知，本车间宜设置 20 个培养缸。

进出水管道布设：进水管设在缸顶，进水管管径为φ32mm 的 PVC 管，采用球阀控制流速。排水经培育缸中心鱼苗防逃器过滤网至底部排水管，排水管在培育缸外接三通，三通一端接水位控制溢流管，溢出的水经回水管到达循环水处理设备；另一端接球阀后接排污管，排污管回合到主排污管直接接中水处理处。回水管和排污管管径为φ110mm 的 PVC 管。



图 6.2.5-5 鱼苗培育缸

4) 鱼苗培育车间

本增殖站采用循环水养殖，综上所述设置鱼苗培育车间 1 个，规格为 24m×15m，室内设计建设直径为 2m 的圆形鱼苗培养缸 20 个。鱼与催产孵化车间合用一套水处理系统。鱼苗车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4-6 扇窗户为宜。

圆形玻璃钢培养缸：直径 2m，池深 1.0m，有效水深 0.7m，单池水面面积 3.14m²，共 94.20m²，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。

进出水管道布设：进水口设在培育池的上部，采用管道阀门控制流速，进水口水平接入，进水管管径 DN50。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径φ90mm，排水口上方设置 500mm×500mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育池外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后排入集鱼池，集鱼池同鱼苗培育车间。集鱼池设置在两池相邻处，2 个圆形鱼苗培育池共用 1 个收集池，集鱼池规格为 1.2m×0.6m×0.6m，球阀后排水管需离集鱼池底 0.2m。

5) 鱼种培育车间

建设鱼种培育车间 1 个，规格为 36m×15m，室内设计建设直径为 3m 的圆形鱼种培养缸 24 个。车间内供水管、回水管和排水管同鱼苗培育车间。鱼种车间窗户需根据鱼类生长对光线的需求尽量减少规格和数量，一般以 4-6 扇窗户为宜。单独一套循环水处理系统，配备热姆热泵温控设备，控制养殖水温。

圆形玻璃钢培养缸：直径 3m，池深 1.0m，有效水深 0.7m，单池水面面积 3.14m²，共 100.48m²，池底由四周向中心排水口倾斜，便于排水和排污。

进出水管道布设：进水口设在培育池的上部，采用管道阀门控制流速，进水口水平接入，进水管管径 DN50。池底中心设圆形排水口 1 个，排水管管径φ90mm，排水口上方设置 500mm×500mm 拦鱼栅凹槽，用于安置拦鱼栅，凹槽深 50mm。排水管在培育池外接三通，向上一端接溢流管(可拆卸)，以调节水位，溢流管接支回水管后回流到循环水处理设备。三通另一端接球阀后排入集鱼池，集鱼池同鱼苗培育车间。集鱼池设置在两池相邻处，2 个圆形鱼苗培育池共用 1 个收集池，集鱼池规格为 1.2m×0.6m×0.6m，球阀后排水管需离集鱼池底 0.2m。

6) 附属设施

(1) 供电工程

电站建设期，鱼类增殖放流站供电接自 110kV 施工变电站 10kV 出线；电站运营期，施工变电站改造为永久供电站，电源由当地市政供电接入，鱼类增殖放流站供电接自永久供电站。

(2) 供水工程

鱼类增殖放流站供水系统由生活用水和养殖用水两部分组成。电站建设期，生活及消防用水由旭龙水电站施工水厂统一供水。养殖生产用水水源为场地西北侧茂顶河。茂顶河常年流水，流量较大，经水体化验，水质可满足工艺需求。增殖放流站拟由西北侧渠道引入一根 DN100 供水管至增殖站处蓄水沉淀池，作为养殖用水。电站运营期，养殖生产用水水源仍由茂顶河取水，施工水厂经改造后，作为永久水厂，提供生活及消防用水。

(3) 站区公路

铺修站内干线道路(宽 6m)、支线道路(宽 4m)，路面为 0.2m 厚混凝土路面。道路两旁、房前屋后种植花木及草坪。

(4) 交通工具

配备双排客货两用汽车一辆，用于收集亲鱼、鱼种放流及饲料等的运输。

(5) 防疫隔离池

江河收集或者采购进入增殖放流站的鱼类，先在防疫隔离池培育 10~15 天，采取消毒和隔离培育后再进行分类培育。建设防疫隔离池 4 口，规格同亲鱼培育缸。

(6) 其它设备

除车间养殖设备外，鱼类增殖站养殖设备还包括丰年虫孵化器、备用增氧机、各类网具、网箱、饲料简易加工设备等。

f) 总平面布置

奔子栏鱼类增殖放流站占地面积共 1.5hm²，布置有繁殖育种车间 1 栋；苗种培育车间 2 栋，14 口亲鱼培养缸、2 口饵料培育池、4 口防疫隔离池、苗种培育池 4 口、蓄水池 1 口、人工湿地 1 座。详见奔子栏鱼类增殖放流站总体布置图。

6.2.5.10 运行管理

a) 苗种生产管理

1) 亲鱼培育

亲鱼培育直接影响鱼类性腺的成熟度、催产率、鱼卵的受精率和孵化率以及鱼苗培育的成活率和生长速度，因此必须高度重视。

亲鱼体质应健壮、无病、无伤、无畸形。亲鱼投喂遵循：“秋季攻、春季冲，产后加强护理。”即秋季加强投喂，让亲鱼体内积累营养物质；春季(产卵前1个月)加强冲水，亲鱼在流水环境使体内沉积的营养物质转化为性腺物质。日投饲率在产卵期间为亲鱼体重的1%，在产卵前1个月和产卵后1个月为亲鱼体重的2%，其他时间为亲鱼体重的3%，对初产亲鱼可适当加大投饲量，日投喂两次。具体根据亲鱼摄食和天气情况进行适当调整。亲鱼培养池的池水交换量控制在4h交换一次为宜。并及时清除残饵、粪便，保持鱼池清洁。每天早上坚持巡池，发现亲鱼在池塘不正常游动，应及时拉网检查，发现病鱼应及时治疗。

2) 人工繁殖

挑选亲鱼：性成熟的雌鱼腹部膨大而柔软，生殖孔红肿外突；性成熟的雄鱼轻压腹部即有精液流出。每隔5d~8d进行一次成熟度鉴别，对已成熟的亲鱼应及时催产。

催产：催产激素有鱼类脑垂体(PG)、促黄体生长激素释放激素类似物(LRH-A)、鱼用绒毛膜促性腺激素(HCG)。一般雌鱼采用2次注射法，第一次注射总剂量的20%，第二次80%；雄鱼为雌鱼剂量的一半，在雌鱼注射第二次时注射。

授精：鱼类催产效应时间一般为8~12h，具体因种类、繁殖季节有所不同，在预估计即将到效应时间前，要密切观察亲鱼活动情况，一旦发现亲鱼互相追逐，应立即捕捞亲鱼进行人工授精。采用人工挤压法采卵和挤精。操作时，一要严格避免阳光直射；二要擦干鱼体和器皿，防止水及排泄物进入受精用的器皿内。先采卵后挤精，快速搅拌均匀使精卵充分接触，然后清水冲洗1次~2次，漂去破卵和污物，静置30 min~60 min，待吸水膨胀后，经消毒放入孵化槽中孵化。

孵化：裂腹鱼卵为粘性卵，孵化时应避光，保持水流畅通，定期消毒，控制水霉菌着生，鱼卵发眼后，应及时拣出死卵。孵化时水交换量控制在6次/h以上，保证溶氧充足，同时清除死卵，保持清洁卫生。鱼苗孵化出膜后应适时转移到鱼苗开口培育缸内进行培育。

3) 鱼苗培育

当仔鱼肠道通畅(观察肛门前有黑色粪便)时，即开始投喂，开口饵料可以是轮虫和枝角类，使用全价配合饲料，饲料含蛋白质 $\geq 45\%$ ，开口料粒径为0.3~

0.5mm，随着鱼体的增大选择适口的饲料。每天投喂 3~4 次。池水交换量控制在每小时交换 1~2 次，及时清除残饵，保证池内清洁卫生。做好防病、治病工作。鱼苗达到 2.5~3.0cm 后应及时分级过筛，转入鱼种培育池中饲养。

4) 鱼种培育

在鱼种放入鱼种培育池前 7~10 天，应对鱼种培育池带水彻底消毒。鱼种放养前 1 天，放 10 尾进行试水，确定水体毒性已消失后放鱼种。转池鱼种可能体表受伤，需对鱼种进行消毒处理，鱼种阶段饲料投喂为 3~4 次/d，具体根据水温和鱼种摄食情况灵活掌握。池水交换根据水质状况进行确定。每天坚持巡池，发现异常及时处理，做好防病、治病工作。

b) 野化驯养规划

野化训练作为潜在的提高鱼类的存活率的一种手段，目前关于短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼及硬刺松潘裸鲤的野化方面的研究还未见报道，可以在放流前期开展一些探索性的研究，分为以下几方面：

1) 人工养殖的鱼类一般食用单一的饵料，饵料充足，在放流后可能面临一定的摄食困境，因此可以在放流前训练鱼类的觅食能力。改变食物的种类和空间分布，可以帮助鱼类在放流后快速识别饵料进行摄食。如采取投喂活饵，控制饵料的质、量及空间分布等。

2) 天然环境中能否逃避敌害是直接决定鱼类生和死的关键。人工养殖的鱼类反捕食能力相对弱一些，提高鱼类的反捕食能力是有效的手段。放流前敌害鱼类的短期暴露或捕食信息的刺激可以提高鱼类的反捕食能力。

3) 环境复杂程度也会影响鱼类的摄食和反捕食能力。如在养殖环境中设置遮蔽物，改变水温、水质、底质、光照，增加潜在的捕食者等，提高鱼类的学习能力，产生与环境相适应的行为反应，从而提高鱼类的存活。如在库湾设置网箱或围网进行过渡培育。

开展鱼类野化训练之前，需要了解这些鱼类的基础的生物学资料，如鱼类的食性，摄食行为特点，生境偏好等。应该依据每种鱼类自身的生物学习性，有针对性的开展野化训练，提高其放流后的存活率。

c) 放流

放流地点：奔子栏水库库尾及麦曲河、丹达河、定曲、许曲河中下游河段。

放流时间：从电站建成蓄水后每年放流两次，放流的具体实施时间为每年7月~9月和次年4月~6月，以天气晴朗的早上9:00~11:00为宜。从电站建成蓄水后每年放流两次，第一次放流1龄鱼种，第二次放流2龄鱼种；对于下半年产卵的长丝裂腹鱼，仅在次年4月~6月放流1龄鱼种。

6.2.5.11 繁育研究

a) 研究目标及必要性

本增殖站主要科研对象为金沙江上游地区流水性鱼类。目前放流对象中黄石爬鮡和中华金沙鳅繁殖技术还不成熟，需要开展这两种鱼类的繁殖技术研究。

为探索保护和利用该物种资源的途径，恢复种群数量，维护水域生态平衡，需要进行繁殖生物学的研究，其前提是对野生流水性鱼类进行长期人工驯养，并提高成活率。野生的流水性鱼类，适应环境的能力较差，对水质的要求很高，刚采集到的流水性鱼类放养到新环境，受到惊吓到处乱窜，较难适应，放养几天后死亡率较高。因此，对于人工驯养野生的流水性鱼类技术来说，很有必要设计一个合适的仿生态培育池，来提高人工驯养的成功率，为今后更好的开展黄石爬鮡、中华金沙鳅的人工繁殖和渔业资源的可持续利用提供必要的基础资料。

b) 研究目标

1) 基础生物学研究：明确研究鱼类的繁殖生物学特性(性腺发育周期、产卵条件、胚胎发育规律)。

2) 人工繁殖技术突破：建立高效人工催产、受精卵孵化及苗种培育技术体系。

3) 亲鱼养殖密度研究：通过研究不同的外部环境、养殖方式与养殖设施，建立其对亲鱼养殖密度影响的关系体系。

3) 人工放流技术突破：建立非损伤性的、高效的辅助放流技术体系。

4) 鱼类病害防治技术研究：建立有关病害种类及其预防、治疗方法技术体系。

5) 种质资源保护：通过遗传多样性分析，制定科学的增殖放流策略。

6) 生态适应性评估：研究其对人工养殖环境的适应性，为规模化生产提供依据。

c) 研究内容与方案

为填补鮡科、中华金沙鳅等流水性鱼类基础生物学和人工驯养繁育技术等领域的研究空白，为鮡科、中华金沙鳅等流水性鱼类增殖放流要求创造必要条件，初拟研究内容包括基地建设方案研究、鮡科、中华金沙鳅等流水性鱼类基础生物学研究

(包括形态学、生态学、遗传多样性等多方面研究)、鮡科、中华金沙鳅等流水性鱼类驯养和增殖放流技术研究(包括人工驯养技术研究、人工繁殖技术研究、育苗技术研究、标记放流与效果评价技术研究等)。本基地还可根据规划层面统筹,为开展流域鱼类遗传多样性影响研究、鱼类生活史对水温的需求范围研究等科学研究工作提供条件。

6.2.6 生态调度

奔子栏水电站为日调节水电站,仅对入库流量仅做日内调节。从流域梯级联合调度的角度考虑,生态调度主要结合上游梯级生态调度同步开展。

a) 调度目标

奔子栏坝下至石鼓干流河段主要有裂腹鱼类产卵场、鮡科鱼类产卵场和中华金沙鳅产卵场。根据评价范围鱼类习性,产卵场分布,奔子栏生态调度目标为裂腹鱼类、高原鳅类、鮡科鱼类、中华金沙鳅。

裂腹鱼类产卵期主要为3~6月,均为产粘沉性卵鱼类。其中裂腹鱼类繁殖期为3~6月,水深要求为0.5m~3.0m环境,对河道深潭要求相对较低。其余散布在不同河段产卵的高原鳅类产卵时期与产卵需求与裂腹鱼类基本一致,繁殖期生态流量需求按裂腹鱼类考虑;中华金沙鳅产卵时间通常为5~7月,但这4处产卵场是海拔最高、位于金沙江最上游的产卵场,产卵时间会延迟到6~8月份。中华金沙鳅产漂流性卵,为激流底栖小型鱼类,多分布在水流速度较快的水域;黄石爬鮡产卵时间与中华金沙鳅接近,产卵期对流速要求较高,繁殖期生态流量需求按中华金沙鳅考虑。

b) 时段划分

针对奔子栏水电站河段不同时期产卵鱼类的差异,将鱼类繁殖敏感期划分为3~4月、5~7月和8~9月。

3~4月繁殖的鱼类,如长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼等,多为产粘沉性卵的鱼类,虽然对流水条件有一定的需求,但影响最突出是水位的频繁、大幅度涨落对受精卵孵化成活率的影响,为尽可能稳定下游产卵场的水位,确保受精卵顺利孵化,仔幼鱼正常发育。

5~7月丰水期繁殖的鱼类,如黄石爬鮡、中华金沙鳅等,多对水文过程要求比较高,该河段天然洪峰过程对促进鱼类繁殖具有重大意义。

8~9 月繁殖的鱼类，软刺裸裂尻为产粘沉性卵鱼类，其产卵繁殖并不必须洪峰刺激，只要相对稳定的流量、水位、水温过程即能满足其产卵繁殖的需要。

c) 生态调度流量建议值

根据奔子栏坝址各月月均流量统计成果，奔子栏水电站 3~9 月不同时段平均流量分别为 $391\text{m}^3/\text{s}$ 、 $1588\text{m}^3/\text{s}$ 和 $2517\text{m}^3/\text{s}$ 。经生态水力学法计算，鱼类产卵期生态流量为 $315\text{m}^3/\text{s}$ ，但考虑到下游石鼓水文站生态流量需求以及上游旭龙水电站下泄生态流量影响，经上下游协调后的生态流量为 $340\text{m}^3/\text{s}\sim 476\text{m}^3/\text{s}$ 。生态调度期间下泄流量建议值见表 6.2.6-1。

表 6.2.6-1 奔子栏水电站生态调度期间流量建议值(m^3/s)

结果	3~4 月	5~7 月	8~9 月
天然流量	391	1588	2517
Tennant 法(流量状况以“好”为标准)	189	790	1258
鱼类产卵期生态流量计算值	315	315	315
经上下游协调后生态流量	340~365	351	476
生态调度流量建议值	340~365	794	1259
占来流比例	87%~93%	50%	50%

d) 生态调度方案设计

结合金沙江上游各电站已批复生态调度方案，从流域联合调度角度考虑，充分考虑奔子栏坝下鱼类敏感期需求，奔子栏水电站生态调度方案如下：每年的 3 月、4 月各开展一次为期 15 天的生态调度，每年的 6~9 月每月开展一次为期 10 天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的 3~9 月内除生态调度以外的时段，奔子栏水电站泄放流量在满足生态流量泄放要求的基础上，水电站部分调峰，控制非泄洪期日内水位变幅（奔子栏水文站日内降幅不超过 0.5m ）。生态调度时段原则上与上游梯级衔接，超出时段动用奔子栏水库调节库容实现均匀下泄。

建议下阶段结合云南省电网需求特性和奔子栏水电站发电调度特征，综合考虑生态调度需求、滇中引水工程取水需求和虎跳峡景观需求，开展金沙江上游生态联合调度和奔子栏水电站调度运行优化研究。

6.2.7 渔政管理

加强施工期渔政管理，禁止施工人员捕捞；加强外来物种防控，避免施工期、运行期外来物种的引入；加强运行期渔政管理，特别是栖息地保护范围内的禁渔等。

6.2.8 科学研究

针对金沙江上游水电开发水生生态存在的环境、技术以及管理问题,《金上规划调整环评》提出了①金沙江上游重要鱼类行为学和生态习性研究、②金沙江上游鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究、③金沙江上游多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究、④金沙江上游重要鱼类增殖放流关键技术研究、⑤金沙江上游水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究。

根据奔子栏水电站的工程特征、环境影响特点,从鱼类基础科学、监测技术、保护措施、相关设备研发等方面提出水生生态重大科研项目,支撑流域水生生态保护及相关科研工作的开展。水生生态保护重大科研课题见表 6.2.8-1。

表 6.2.8-1 水生生态相关重大科研课题

序号	课题名称	研究内容/子题	备注
1	重要鱼类行为学和生态习性研究	针对长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤及裸腹叶须鱼等重要土著鱼类,重点开展仿自然生态的鱼类行为学和生态习性研究,为栖息地保护提供理论基础。特别关注重要鱼类的繁殖习性,通过持续调查监测,掌握重要鱼类在不同河段、干支流内的准确繁殖时间,以及对水温、流量、流速、水深、底质、饵料等条件的需求,其中对于水温条件应研究水温的横向、纵向和垂向分布、日内变化过程及积温对鱼类繁殖的影响。开展珍稀特有鱼类关键生活史及水温、流速影响阈值、气体过饱和耐受性研究。	工程蓄水前开始该项工作
2	鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究	从人工模拟产卵场的角度出发,开展野外环境下的人工产卵场营造技术研究; 针对影响鱼类栖息地的关键因素,例如水温、水文以及底质类型等数据开发智能化监测设备,实现栖息地环境的全时段、全方位监测,为栖息地的保护管理提供支撑;鱼类栖息地三维重构与关键参数研究;丹达曲河流连通性技术研究; 许曲生境适宜性和保护可行性研究;针对不同功能群鱼类,摸清可持续种群的最小环境单元,为后续土著鱼类的重点保护提供依据;进行鱼类智能采样和无损监测技术及设备研发,初拟包括适用于不同场景的智能化鱼类定点采集装置、适用于库区深水区的浮漂式智能化鱼类监测设备等的研发与应用。	工程蓄水前开始该项工作
3	多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究	主要针对过鱼设施目前存在的下行过鱼设施集鱼效果欠佳、过坝过程人为干扰较大等痛点,重点开展下行过坝方式优化和关键技术研究、多点位全水深全时段集鱼技术研究(包括但不限于集鱼设施设计优化、诱鱼技术改进研究、机器鱼领航集鱼技术研究、水下机器人编队搜集鱼苗鱼卵技术研究等)、跨梯级过鱼研究(采用无人机、无人艇、无人运鱼车等跨梯级双向运鱼)、过鱼设施智能化运行研究、多梯级过鱼设施联合运行技术及综合过鱼效果研究等。	工程建设过程中开展该工作

表 6.2.8-1 (续)

4	重要鱼类增殖放流关键技术研究	平行开展黄石爬鮡、中华金沙鳅等重要鱼类人工繁育技术攻关； 针对鮡科鱼类亲鱼获取与驯养难题、繁殖技术瓶颈以及苗种培育等挑战，重点开展仿生态小微基地建设及人工繁育效果评估，建立亲鱼人工培育种群，加强亲鱼营养强化与精准管理，精准性腺发育调控技术研究，优化催产技术体系，研发苗种专用开口饵料，稳定培育环境及疾病防控等工作； 对于金沙江上游流域土著鱼类，研究建立遗传档案(基因库)； 针对部分裂腹鱼类，例如裸腹叶须鱼人工繁育过程中的小瓜虫病问题，重点开展防治研究； 开展基于分子标记法的流域土著鱼类增殖放流技术及放流管理研究； 开展增殖放流站先进材料和智能装备研发，包括室内循环水养殖车间的设备智能化改造，仿生态小微基地相关设备研发，低能耗、高效率室内循环水养殖设备研发等； 增殖放流效果评价及改进研究。	工程蓄水前开始该项工作
5	水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究	进行金沙江上游云川段水电站联合生态调度方案研究，分析判断云川段水电开发后旭龙库区、奔子栏库区、奔子栏坝下河流等不同形态水域的生态功能； 针对鱼类促产卵问题，开展裂腹鱼类、鮡科鱼类以及中华金沙鳅流域性生态调度研究； 针对多个功能群鱼类，开展多梯级联合生态调度效果评估研究。	工程建设过程中开展该工作
6	古学电站退出研究		旭龙蓄水前

6.3 陆生生态保护措施

6.3.1 陆生生态保护措施体系

评价区内分布的陆生维管植物共计 117 科 372 属 867 种，区系成分以北温带分布属和热带亚洲分布属为主。评价区内共分布有国家重点保护的野生植物 10 种，其中国家一级 1 种，国家二级 9 种，有红色名录中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的植物共 21 种，还分布有 2 种区域分布植物错枝榄仁和川犀草。评价区有 4 株古树，均为胡桃树。

评价区共有陆生脊椎动物248种，其中国家、云南省和红色名录中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的动物47种，其中国家级重点保护野生动物39种，国家一级保护动物10种，国家二级保护动物29种，云南省保护动物4种，无四川省重点保护野生动物；红色名录极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的动物17种以及局域分布种1种(金江壁虎)。

工程项目调查范围内类群多样，分布较广，受工程影响的方式、范围和程度也各有差异，因此在制定相应的保护措施时也较为复杂。陆生保护措施体系设计上总体遵循“系统性、整体性和可行性”原则，以物种和栖息地保护为根本，以宣传教育、意识提升为先行，以明确责任、强化落实为保障，以监测研究、回顾评价为提升。为落实高水平保护要求，在制定陆生动物保护措施时，充分考虑避让、减缓和

恢复与补偿措施，从不同区域和层次出发设置了陆生植物保护工程、珍稀濒危陆生动物保护、生态敏感区的长期观测及保护研究工程、陆生生态保护科学研究等四大类保护工程，具体如下表。

表 6.3.1-1 陆生生态环境保护体系和措施一览表

保护工程	措施类别	保护措施	数量	实施期限	目的和要求
陆生植物保护工程	恢复和补偿措施	①珍稀植物移栽	8 株	施工期前	对珍稀植物移栽保护，移栽进业主营地。
	恢复和补偿措施	②珍稀植物就地保护	4 株	施工期前	珍稀保护植物挂牌保护，在施工期建设完成。
	恢复和补偿措施	③种质资源收集保存	1 项	施工期和运行期	依托工程周边相关科研机构，对评价区的珍稀濒危、保护物种种质资源的收集，保存后用于本区域的植被恢复。
	恢复和补偿措施	④植被恢复及景观恢复	1 项	施工期和施工结束后	结合水保措施，对施工区进行植被及景观恢复。
珍稀濒危陆生动物保护	恢复和补偿措施	⑤ 新建野生动物救护站	1 座	施工期前	用于施工期和运行期工程区动物救助。于施工期前建设完成并投入使用。
	恢复和补偿措施	⑥新建野生动物过路桥涵	5-10 个	施工期	有利于动物跨越道路方便饮水，也有助于排水，保护路基。
	恢复和补偿措施	⑦饮水点建设	2 处	施工期	减缓由于水库蓄水后，浅水区减少造成的动物饮水困难，为动物提供更多饮水点。
	恢复和补偿措施	⑧临时施工占地区生境恢复	1 项	施工期	恢复野生动物栖息地，减轻工程占地影响；按照植物和植被一致要求实施。
	管理措施	⑨开展项目区野生动物保护宣传教育	1 项	施工期和运行期	提升社区和施工人员对野生动物及其栖息地的保护意识、行动，积极参与受伤动物救护。
	避让措施	⑩重要区域和时期施工避让	1 项	施工期	临时施工区避让重要生态功能区和植被较好区。合理安排蓄水计划，合理安排施工计划，加强施工管理，以切实减轻对动物繁殖的影响。
	避让措施	⑪强化施工期废弃物(水、气、声、尘)管控	1 项	施工期	加强施工过程中生产生活废弃物(废水、废气、噪声、扬尘)管控，设置警示标牌，减缓施工对野生动物和栖息地的影响。

表 6.3.1-1(续)

保护工程	措施类别	保护措施	数量	实施期限	目的和要求
生态敏感区保护	长期观测及保护研究工程	⑫云南白马雪山国家级自然保护区保护研究	1 项	施工期	对工程与保护区的相邻区域周围 5km 的区域开展生物多样性监测
		⑫四川下拥省级自然保护区保护研究	1 项	施工期	
科学研究	专项研究	⑬陆生生态保护科学研究	1 项	施工期和运行期	珍稀特有植物分布及保护措施研究、珍稀濒危动物生物学和生态习性研究、水獭生境营造技术研究、野外动物一体化智能观测设备研发

6.3.2 陆生植物保护措施

6.3.2.1 陆生植物保护避让减缓措施

a) 加强施工过程中生产生活废水、废物管理，避免环境直排。采用有效方法去除油污，合理处理生产废水、弃渣及施工人员生活污水等污染物，严禁直接排入附近水域；废水达标处理后回用；严格执行本环评提出的粉尘防治措施，以减缓扬尘对陆生生态的影响。

b) 弃渣场、料场、施工场地、临时便道等临时占地，优先避评价区内的生态敏感区和植被较好的区域，严禁越界施工，尽量少破坏动物生境。

c) 复建道路的路基土石方开挖尽量减少爆破施工环节，尽量采用机械及人工挖掘等边坡破坏面相对较小的方式施工，最大限度的减少对保护区自然资源和生态系统的破坏。

d) 加强宣传教育、加强施工管理和监理，规范施工，减少施工影响。在人员活动较多和较集中的施工营地，设置自然保护区、环境保护的警示牌，提醒人们依法保护自然环境和生物多样性。

e) 防止外来入侵种的扩散。加大宣传力度，对外来入侵植物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。

f) 加强宣传教育活动，强化对现有森林的管理。施工前印发环境保护手册，组织对施工人员进行环保宣传教育；施工期严禁山火，加强森林病虫害防治，强化对现有森林的管理。

g) 加强对区域植物的保护工作。评价区可能还分布有其他重要植物分布，在下阶段应结合林地调查、库底清理等对水库淹没区及工程占地区进行详细调查，如发现有重要保护植物，应协商采取迁地保护措施。

6.3.2.2 生态系统修复措施

本工程对陆生生态的影响主要体现在对陆生植被的影响上。因此施工结束后，应结合水土保持植物措施，加强植被保护和景观维持，对各类施工迹地实施陆生生态修复措施。及时进行临时占地生态恢复和永久占地区的绿化美化，减少水土流失，提高生态环境质量。

a) 恢复植物的选择

1) 生态适应性原则：植物生态习性必须与当地气候环境条件相适应。恢复时还需考虑适合工程区的植被区系。

2) 本土植物优先原则：恢复乡土种对生态恢复很重要。乡土种在当地食物链中已经形成相对稳定的结构，与生境建立了和谐的关系，适应性强，有利于保护生物多样性和维持当地生态平衡，并且能体现当地的地域特点。根据评价区生态环境特点以及工程影响区的植被现状，选择区域乡土物种进行植被恢复：乔木——高山松、云南松、核桃等；灌木——云南沙棘、清香木、小叶荆、灰岩木蓝、皱叶醉鱼草、白刺花、小鞍叶羊蹄甲等；草本——羊茅、小画眉草、酢浆草、黄茅等。

b) 植被恢复措施

1) 生态袋植被恢复法。生态袋植被恢复，是荒山、矿山修复、高速公路边坡等植被恢复的重要方法之一，适用于平面、斜坡和陡坡上的绿化，并且不会因降雨或浇灌引起水土或种子的流失，目前应用较为普遍。

2) 植孔营养植被恢复法。植孔营养植被恢复法是根据开挖岩质边坡缺乏土壤的特征，通过在高陡的岩石边坡上钻孔，再将植被生长所需的土壤及营养物质放入钻孔内，于孔内种植乔灌木，实现边坡植被恢复的方法。

3) 保水保肥。干暖河谷干湿季分明，特别是在干季3月、4月，降水少，气温高，蒸发量大，导致3月、4月土壤含水量远低于其它月份，而这一时段正是多数植物种类开始发芽生长发育的时间对用于植被恢复的物种进行保水保肥处理。

c) 植被恢复方案

评价区生态恢复分区总体思路为：首先对工程区域的植被现状进行调查和分

析，确定工程区域主要的植物群落类型以及主要特征；其次对工程区域扰动后立地条件进行分析，对工程区域立地条件(海拔高度、地形、坡度、坡向与部位、土壤条件、水文)分类；再次根据工程总布置和施工总布置确定工程建成运行后的功能要求；最后根据工程区域现状植被特征、各工程区域立地条件以及各工程区域功能要求确定生态修复分区。对料场区、渣场区、施工营地区等临时占地的植被恢复时，应先将施工前掘取的地表土进行铺放，保证这些区域土壤结构的恢复，从而保障植被恢复措施的有利进行。

根据以上分区思路，结合水保植物措施，本工程生态修复区主要为枢纽工程区，用清香木、小叶荆、酢浆草对其进行空隙地绿化、裸露边坡铺种草皮、种植行道树。具体操作为灌木采用株间混交，行距 1m，株距 1m，每种栽植密度 3750 株/hm²。草籽采用撒播，播种密度为 80kg/hm²。裸露边坡采取生态袋植被恢复。同时评价区内，以小叶荆为优势种的灌丛受淹没影响较为严重，施工前对工程区及淹没区内长势较好的小叶荆进行部分移栽。

6.3.2.3 重要植物保护措施

a) 保护植物种类

枢纽工程区内有 1 株圣地红景天和 1 株裂果女贞，在工程施工前需要进行移栽；水库淹没区内有 2 株异叶薯蓣、1 株云南粗糠树、2 株圆茎翅茎草、1 株云南双盾木，在水库蓄水前需进行移栽。共计 8 株需要进行移栽保护

枢纽工程区临近区域有 1 株川滇叠鞘兰和 3 株裂果女贞，共计 4 株在施工过程中予以就地保护。

限于环评调查的深度，可能存在遗漏，工程施工清场或水库蓄水清库前，需对占地区和水库淹没线进行详细调查，若发现新的重要植物种类和植株，应在用地前采取移栽及采种育苗等措施，以保护其种质资源。

表 6.3.6-1 各重要植物保护措施

序号	种名	保护级别 /濒危等级	地理位置		数量	所在工程区	措施
			经度	纬度			
1	圣地红景天 <i>Rhodiola sacra</i>	国家二级 VU	99.2750	28.3017	1	枢纽工程区内	移栽
2	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	99.2648	28.3079	1	枢纽工程区内	移栽
3	异叶薯蓣 <i>Dioscorea biformifolia</i>	CR	99.1759	28.4032	2	淹没区内	移栽
4	云南粗糠树 <i>Ehretia confinis</i>	VU	99.2365	28.3277	1	淹没区内	移栽
5	圆茎翅茎草 <i>Pterygiella cylindrica</i>	VU	99.2882	28.4224	2	淹没区内	移栽

表 6.3.6-1(续)

序号	种名	保护级别 /濒危等级	地理位置		数量	所在工程区	措施
			经度	纬度			
6	云南双盾木 <i>Dipelta yunnanensis</i>	VU	99.3094	28.4227	1	淹没区内	移栽
小计	(1~6)				8		
7	裂果女贞 <i>Ligustrum sempervirens</i>	VU	99.2892	28.2909	3	枢纽工程区外 100m	就地保护
8	川滇叠鞘兰 <i>Chamaegastrodia inverta</i>	VU	99.2999	28.2976	1	枢纽工程区外 200m	就地保护
小计	(7~8)				4		
合计					12		

b) 迁地保护

1) 重点物种迁地保护选址

保护植物的移植应遵循就近移植、方便管理、提高成率的原则，根据奔子栏水电站施工布置、水库淹没情况，遵循方便管理、美化环境的原则，将移植目的地选择在业主营地内规划面积 667m²(1 亩)的区域。

在清库施工过程中，需要将库区内表土进行收集，并用于业主营地的植被恢复和重点植物工作。同时考虑工序上与工程施工占地有一定差异，迁地时可先另行设置暂时迁地移栽区，待施工工作进入生态恢复节点后，再将迁地保护植物移栽至目标园区内。

2) 重要物种迁地移栽要求

异叶薯蓣、圣地红景天、圆茎翅茎草等草本或藤本的移植宜在雨季初期进行，避免在高温干旱季节移植，以减少植物的生长压力。在移植过程中，尽量保持植物的根系完整，避免损伤根部，以确保植物能够吸收养分和水分；同时还要带一些原土，帮助植物适应新环境。在移植前，需要提前准备好与植物原生环境类似的土壤等条件，以确保植物在新环境中能够正常生长。移植完成后，要及时固定植物。像攀援植物如异叶薯蓣在移植后需要搭建支架，避免风吹或其他外力导致植物倒伏，保护植物的生长。

裂果女贞、云南粗糠树、云南双盾木等木本植物的移植应在冬末春初植物开始生长之前进行移植。在落叶的情况下，它们可以在已经秋天进行移植。对乔木进行修剪时，则只需注意将病枝、生长过密的枝条剪掉即可；

移植后要定期观察植物的生长情况，及时调整养护措施，确保植物顺利生长，提供必要的保护和照顾。建立移植档案，移植林木(灌、草)档案主要内容应包括编

号、中文名、拉丁名、树高、树龄、胸径、株高、株径、生长状况、原生地等。编号参考样式：县(市、区)名—移植时间(年)—编号。

c) 就地保护方案

枢纽工程区临近区域有 1 株川滇叠鞘兰和 3 株裂果女贞，正常施工对其影响较小，采取就地保护措施。在征地过程中应采取严格的避让措施，以重点保护植物为中心 3 m 为半径的范围列为征地开挖控制区；建设 3 m×3m 的不锈钢围栏，竖立警示牌；列入后期环境监测的重点对象，定期监测其健康状况，及时治理病虫害。

6.3.2.4 对国家公益林影响的减缓措施

严格依据《国家公益林管理办法》及相关政策规定，对占用的国家公益林实施“一占一补”或“异地等量补建”措施。优先选择在生态功能相近、林地资源适宜的区域开展公益林异地补建，确保生态服务功能不降低、不间断。在工程建设过程中，应严格控制施工作业范围，减少对周边生态系统的附带干扰；在工程施工完成后，应结合原有植被类型和生境特征，开展退化区域的生态修复工作。建议采用乡土灌木及草本植物进行混播种植，以加快地表植被恢复，稳定水土，防止次生裸露地块退化。对于因施工扰动导致植被破坏的临时占地区域，应及时回填、整地，并开展植被恢复，防止水土流失和外来物种入侵。

6.3.2.5 对外来入侵植物的防控措施

在工程施工时，严格对施工机械、施工人员、施工用材及各类包装物的检疫，防止外来物种进入施工区；施工区生态修复时，应根据施工工地的立地条件，选用当地物种，并以施工区的地带性植被为依据，构建当地的顶级植物群落结构，让土著物种优先占据生态位，杜绝外来物种的入侵；在运行期，慎引入农作物新品种，对确实需要引入的农作物品种，必须经过严格的检疫；若在建成区发现外来物种，可采用人工铲除(或机械)和喷洒农药的方法进行消灭。

6.3.3 陆生动物保护措施

6.3.3.1 陆生动物保护避让减缓措施

a) 工程施工避开重要物种或类群的繁殖期，制定合理的水库初期蓄水计划，减少对冬眠动物的影响。

b) 枢纽工程施工的隧洞施工等大型作业及爆破活动要避开动物活动的高峰期。野生鸟类和哺乳类大多是晨昏或夜间觅食，正午是鸟类休息的时间。为了减少工程

施工爆破噪声对野生动物的惊扰，应做好爆破方式、数量、时间的计划，并力求避免在晨昏和正午开山放炮。

c) 加强料场、弃渣场防护，防止水土流失和威胁野生动物栖息和其生存。

d) 严控施工噪声、振动和灯光，施工尽可能在白天进行，晚上做到少施工或不施工，尽量减少鸣笛以免影响动物活动。

e) 施工期间，在各主要施工作业区设置生态保护警示牌。标明工程施工区范围，禁止捕猎野生动物，减速缓行注意过路动物，提醒，同时尽量减少占地造成的植被损失和对野生动物栖息地的破坏。

f) 工程完工后尽快做好生态环境的恢复工作，尤其是临时占地，以尽量减少生境破坏对动物的不利影响。

6.3.3.2 新建野生动物救护站

上游梯级旭龙水电站环评及批复要求“设立重点保护野生动物保护救护站，在嘎金雪山州级保护区附近建立生态廊道”。2025年1月，旭龙水电站与云南白马雪山国家级自然保护区管护局签订了《金沙江旭龙水电站野生动物救护救治服务合同》，委托其承担旭龙水电站施工期野生动物救护救治及宣传教育相关工作。《金沙江规划调整环评》要求“拟在奔子栏坝址附近建立保护野生动物救护站”，考虑奔子栏水电站工程评价范围涉及白马雪山、下拥自然保护区，为进一步实施野生动物救护救治及宣传教育工作，拟新建野生动物救护站1座。

参照《陆生野生动物收容救助技术规范》，野生动物救护站选址于最近保护区的综合服务管理区，优先利用现有管理用房改造扩建。在水库淹没区和水库蓄水过程中，搜救病、残及非法捕猎的野生珍稀濒危动物，并实施医护、暂养，最终于自然保护区等适生环境放归野外并进行监测。动物救护站核心是动物救护区和饲养区，另外还应设置康复适应区，科研试验办公区。针对救助动物的不同种类，分别设计不同规格的笼舍。根据救助动物的不同习性，配置配套的福利设施，如栖息支架、食物槽、石洞穴、树洞、细沙堆等。

野生动物救护站于施工开始前投入使用。

表 6.3.3-1 工程陆生野生动物救护站主要参数设计

序号	区域名称	占地面积 m ²	功能及主要参数
1	野生动物诊疗区	40	用于各种需要救助野生动物的初步分类、检查、登记和拍照记录。
2	鸟类笼舍 1(非猛禽类)	50	占地不少于 50m ² 、形状根据地形设置、高 3m~5m 的顶上封闭的立体笼舍，可用钢管或钢筋做骨架，内挂铁丝软网；地面层搭配 1 个~2 个池塘，总面积不小于 15m ² ，适于游禽和涉禽；种植 2 株~5 株大型乔木，适于鸣禽栖息；1 株~2 株枯木，适合陆禽栖息；角落中可种植 2 丛~5 丛小灌木为性情胆怯鸟类提供躲避场所。非猛禽类可混养。可保留选址处的原有植物，注意远离猛禽和食肉动物笼舍。
3	鸟类笼舍 2(猛禽类)	60	占地不少于 60m ² ，形状根据地形设置、高 3m~5m 的顶上封闭的立体笼舍，可用钢管或钢筋做骨架，内挂铁丝软网；种植 1 株~2 株枝叶稀疏的乔木或枯木，空中横向布置几处横木供其站立，地面铺设 1 个~2 个面积不小于 2m ² 的水塘，供其洗澡和饮水。鸦科鸟类可与猛禽混养。可保留选址处的原有植物。
4	食草动物笼舍	50	占地不少于 50m ² 、形状根据地形设置、设置高 1.8m 的栅栏或 3m 高顶部封闭的笼舍；地面层设置多处不超过 80cm 的小型木棚，动物躲避和休息；配置小型灌木多丛；可保留选址处的原有植物，注意远离食肉动物笼舍。
5	食肉动物笼舍	80	占地不少于 80m ² ，形状根据地形设置、3m 高顶部封闭的笼舍；地面层设置几处不超过 80cm 的小型木棚；配置小型灌木多丛，2 株~3 株乔木；可保留选址处的原有植物。
6	两栖动物池塘和溪流	30	园区内可设置小型假山池塘造景，并可以布设联通的小溪流，一方面为两栖动物提供暂养环境，一方面可用于造景。
7	爬行动物笼舍	20	占地不少于 20m ² 、形状根据地形设置、建造一面为玻璃的温室，可设置 3 个~5 个隔间。地面多放置枯枝、枯叶、木屑等保温和躲避材料。
8	动物饲料存放和配置区	50	用于存放和配制各种动物饲料。
9	康复适应区	100	根据原有自然生境改造，周围设置 1.5m 围栏，供受伤恢复后的动物康复，运动，以便后续野放，主要面对的是食草动物；另一方面可增加绿化空间。
10	救护工具存放区	20	救赎工具存放区，也可配置冰柜，便于暂存死亡动物个体，待有关管理和科研部门取样后执行尸体无害化处理。
11	隔离区	100	用于可能具有传染性疫源疫病动物的短期隔离救治，应远离其他动物暂养区，并处于下风位和下坡位。
12	绿化和道路	100	贯穿救护站园区的内部道路，一侧可以是联通两栖动物池塘的小溪，兼具功能和景观。
13	科研试验办公区	50	用于救护人员办公研究
合计		750	

6.3.3.3 野生动物扩散通道

两栖类与爬行动物活动缓慢、对环境变化敏感，且多在夜间或潮湿天气下活

动，因此在公路施工期及运行期极易成为车辆碾压的主要受害者。为有效降低路杀风险，切实保障区域内野生动物种群的生存与迁徙需求，工程拟在动物高频活动区域设立结构多样、功能复合的小型穿越通道设施，兼顾排水与生态通行功能。这些通道将兼具生态通行与排水功能，主要服务于蟾蜍、蛙类、蛇类、蜥蜴等两栖爬行动物，结构形式包括钢筋混凝土生态涵洞、预制拱桥凹槽结构及下沉式水泥管道，通道一般宽度为 1m、长度 3m，内壁光滑，底部铺设细砂或砾石等天然基质以保持湿润、利于爬行。通道两端设置缓坡引道，外侧辅以柔性引导围栏(高约 40~60cm)，引导动物进入通道，减少横穿公路的风险。选址将结合动物活动路径、生境类型和道路结构等因素开展专门设计，优先布设在生态连续性强、排水需求重叠的地段，并在水库建设期同步完成。运行期将定期开展清淤与维护，结合红外相机等监测手段评估通行效果，逐步提升通道使用率，实现小型野生动物迁移通道与基础设施功能的有机融合。

规划在 G215 道路沿线野生动物经常过路区域新建 5 处~10 处，包括跨越或穿越道路的野生动物移动扩散隧道、涵洞等，具体建设地点、施工工艺根据实际道路穿行情况、两侧生境情况、动物分布状况等具体研究设计，并于施工期内完成。

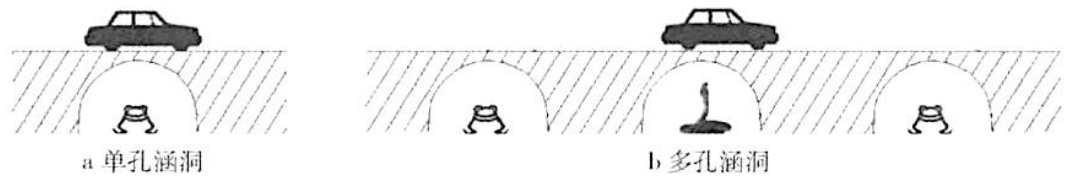


图 6.3.3-1 穿式通道—涵洞示意图

6.3.3.4 饮水点建设

为充分缓解水库蓄水后可能对岩羊传统饮水和补盐行为造成的影响，并促进其活动区域的稳定转移与新生境的形成，工程建设前可在水库淹没线以上的高程区域科学规划并建设人工饮水点和硝塘。

在选址通风良好、植被覆盖适度、便于岩羊出入的山腰或台地上修建 2 座永久性饮水池，每座面积控制在 50~80m²，深度 0.8~1.2m，采用混凝土池体并辅以防渗层处理，确保蓄水稳定。水源可通过引山泉、蓄雨、临时引水泵站等方式补给，池周边设置缓坡便道和防滑踏坡，方便岩羊安全进出饮水区。在饮水点周边适当距离(如 50~100m)设置 3~5 个硝塘，每个硝塘直径 2~3m，深约 0.5m，底部为夯实土或砂石，定期投放块状天然食盐或矿物质砖，每月至少补充一次，雨季需增加频次防

止盐分流失。

硝塘应远离人类干扰区域，并适当遮蔽。同时，为确保岩羊能逐步适应新建饮水及补盐点，可在建设完成后设置红外相机对其活动进行长期监测，记录其使用频率和行为特征，逐步掌握其习性变化趋势，作为后续生态适应性管理的重要依据。

6.3.3.5 种质资源收集保存

鉴于评价区分布的重点保护野生植物、珍稀濒危和特有植物种类多样，陆生维管植物共计 117 科 372 属 867 种，国家重点保护的野生植物 10 种，有红色名录中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的植物共 21 种，还分布有 2 种区域分布植物错枝榄仁和川犀草，部分种类个体受工程施工或水库淹没影响，其种质资源量有所减少，故采取种质资源收集保存保护措施，保护受影响的重点保护野生植物、珍稀濒危和特有植物。

上游梯级旭龙已规划在建设管理营地内建设种质资源园，计划 2026 年 10 月完成种质资源园建设。根据进度安排，本工程可依托旭龙水电站种质资源园，对评价区珍稀濒危、保护物种种质资源的收集，保存后用于本区域的植被恢复工作中。种质资源收集时间：3 年。本种质资源收集植物包括国家重点保护野生植物名录物种、中国生物多样性红色名录受威胁物种、评价区狭域特有植物物种、评价区植物优势种、常见种、特征种等，收集物种不少于 40 种。

6.3.3.6 对重要动物的保护措施

1) 避免措施

施工过程中，应严格控制施工范围，禁止超范围超计划毁坏植物和植被，保护植物的生境条件，注意防止外来物种的入侵。施工人员在施工过程中要制定生态环境管理体系，通过管理规定和制度化，禁止施工人员捕杀野生动物、砍伐树木，禁止到非施工区活动，施工区外严禁烟火，以杜绝施工人员对施工区和其它地区植物的破坏，减轻工程施工对野生生物的影响。在施工中尽量减少对动物栖息地生境的破坏，特别是对树木的砍伐；施工中尽可能地减少放炮，以减少对动物的惊吓；爆破等对动物干扰较大的施工活动尽可能安排在冬季，而减少在春夏动物繁殖季节的干扰，以免影响动物种群的稳定。工程施工中减少对于自然植被的破坏，尽可能维持原有的森林生态系统。爆破等对动物干扰较大的施工活动尽可能安排在冬季，而减少在春夏动物繁殖季节的干扰，以免影响动物种群的稳定。尽可能增加动物生境

的多样性，维持动物群落的结构。保护水质，避免水体污染，以保护两栖类等水体依赖性动物的栖息地。

2) 减缓措施

对于两栖动物和爬行动物和鸟类采取下列保护措施：

宣传教育：选择在施工前期，施工人员进场前进行一次集中宣传培训，培训内容包括：明确《中华人民共和国野生植物保护条例》《中华人民共和国野生动物保护法》和《中华人民共和国自然保护区条例》的相关条款，禁止施工人员捕杀重点保护野生动物；同时，应保证每个施工区应至少有 1 人能识别评价区内可能出现的重点保护野生动物。培训对象为全部施工人员，预计培训 2200 人次。

生态警示牌：施工期间，在各主要施工作业区设置生态保护警示牌，警示牌上标明 工程施工区范围，禁止施工人员越界施工或砍伐林木、禁止捕猎野生动物，尽量减少占地造成的植被损失和对野生动物的伤害。

施工噪声控制：在爆破点堆放覆盖物(土、草袋等)以减小爆破噪声，同时爆破时间避开清晨和夜晚等时段。此外，在爆破前，需要人工驱离施工区附近野生动物，避免对其造成直接损伤。

鸟类人工投食：工程运行后，对鸟类进行人工投食。

优化施工组织管理：在工程施工期间，若发现有重点保护鸟类出现在施工区域时，应酌情降低施工强度或停止施工，采取驱离措施后再恢复施工活动；应避免出现人为捕杀野生动物情况。为了减少工程施工噪声对野生动物的惊扰，应做好施工方式和时间的计划，并力求避免在晨昏、正午及夜间进行高噪声作业等。优化工程布置，施工营地等尽量避免占用林地，尽量减少对植被的破坏，进而减少对动物栖息地的破坏。施工期间加强施工场地等处的各类卫生管理(如个人卫生、粪便和生活污水)，避免生活污水的直接排放，减少水体污染；保护动物的生境。生活垃圾及时清运，避免蚊蝇滋生、鼠类聚集。

针对可能会影响岩羊饮水的措施：工程建设开始之前，在水库淹没线以上岩羊饮水附近的小溪边(如没有溪流，可用引水管引至附近)建设一些水塘或水池，并在附近建设一些硝塘(建设水体，并投放食盐)，以吸引岩羊来此地饮水并舔舐食盐，补充盐分。长时间后可以把岩羊吸引至此，并形成岩羊习惯的饮水、补充盐分的栖息地，为以后研究岩羊野外生态习性提供地点。傍晚施工时段，注意避让下山饮水

的岩羊。

针对对西藏蟾蜍、华西蟾蜍、昭觉林蛙等两栖类繁殖影响的措施：(1) 对污水进行处理，达标后再外排，项目施工期砂石骨料加工系统产生的废水、混凝土拌合系统冲洗废水、含油污水和生活污水，根据国家环保要求，针对不同的渠道产生的污水，采取不同措施进行处理，达标后才能外排，减少对河流附近栖息的两栖类动物的影响。(2) 垃圾的处理，针对不同的垃圾进行集中堆放(如生产垃圾、生活垃圾)，进行不同处理。同时要避免雨水把垃圾冲入河流，以免影响两栖类动物的栖息。(3) 尘埃的削减和控制措施，采用先进的施工工艺，选择符合国家有关卫生标准的施工机械和运输工具。工地配备洒水车，在开挖、爆破集中处、厂区、料场、渣场、施工生活区、施工公路等地，无雨日的早、中、晚洒水，减少扬尘，缩短粉尘污染影响的时段，缩小污染范围。(4) 减少噪声，在两栖类动物的繁殖季节，一般为4-6月份，夜间(晚7:30至翌日凌晨6:30)避免施工(如砂石加工厂、爆破、金属加工等)和汽车运输，减少噪声对河流栖息繁殖两栖类动物的影响。(5) 水库蓄水和应尽量避免两栖动物的冬眠期、繁殖期，有效保障两栖动物关键生命阶段存活率，维持种群基因交流，增强其在干热河谷季节性水文剧烈波动中的生存适应能力。

工程实施后，对施工占地区域，尤其是临时占地区域进行植被恢复，尽可能采取本地植物，力争在最短的时间内清除施工痕迹。为重要动物提供一个更好、更大的生活环境。

评价区的三有动物种群数量均较大，施工过程应加强施工人员教育，禁止猎杀野生动物。

6.3.4 生态管理措施

a) 加强宣传教育活动。施工前印发环境保护手册，组织专家对施工人员及移民等进行环保宣传教育，提高施工人员及移民对环境的保护意识。坚决制止评价区森林资源的滥砍乱伐、过量采伐、毁林开荒等不良现象发生，保护和培育现有森林；在移民房屋建筑、道路营建等工程中均应充分考虑节约木材，防止利用工程建设之机大肆砍伐林木；在工程施工、移民搬迁、公路修建和房屋建筑等人为活动中都应该重视对森林资源的保护。

b) 加强施工环境监理工作，强化对现有植被的管理。工程建设单位应成立环保组织，建立环境管理体系，并委托具有能力的环境监理单位开展相关工作。施工前

划定施工活动范围，确保施工人员在征地范围内活动；施工过程中，加强对施工人员的管理，禁止施工人员对植被滥砍滥伐，严格限制施工人员的活动范围，严禁破坏沿线的生态环境；施工结束后，应及时进行植被恢复工作，并将施工迹地区植被恢复等措施，纳入监理、监测及竣工环保验收范围。

c) 工程施工期、运行期都应对植物的影响进行长期的监测或调查。重点调查植物种类及组成、植被类型及分布、优势种群、生物量等情况以及生态系统整体性变化。通过调查或监测，加强对生态的管理，在工程管理机构，应设置生态环境管理人员，建立各种管理及报告制度。

6.3.5 科学研究

6.3.5.1 陆生生态保护科学研究

针对金沙江上游水电开发陆生生态保护存在的环境、技术以及管理问题，《金沙江上游规划调整环评》提出了①金沙江上游珍稀特有植物分布及保护措施研究、②金沙江上游珍稀濒危动物生物学和生态习性研究、③金沙江上游水库消落带生态修复技术研究、④水獭生境营造技术研究、⑤野外动物一体化智能观测设备研发等流域陆生生态重大科研课题。

根据奔子栏水电站的工程特征、环境影响特点，从动植物生物学研究、珍稀特有动植物保护、设备研发等方面提出陆生生态重大科研项目，支撑流域陆生生态保护及相关科研工作的开展。针对电站运行带来的消落带影响问题，奔子栏水电站已在水土保持方案中提出开展库周消落带生态修复适生功能提升技术研究及示范建设，并计列了研究费用。

表 6.3.9-1 陆生生态相关重大科研课题

序号	课题名称	研究内容	开展时间
1	珍稀特有植物分布及保护措施研究	对可能受影响的珍稀特有植物，根据其分布和物候特点，研究提出就地保护、迁地保护、采种扩繁、群落构建等保护措施。	在工程实施前
2	珍稀濒危、局域种动物保护研究	对电站枢纽工程和水库淹没可能影响的珍稀濒危动物、保护动物的分布范围、生物学特点、生态习性进行调查监测和试验研究。	在工程实施前
3	水獭生境营造技术研究	对库区水獭的分布范围和生境特点开展专项监测，根据其生境特点研究提出人工营造适宜生境的方案，并通过室内/野外试验进行效果验证。	运行期

表 6.3.9-1(续)

序号	课题名称	研究内容	开展时间
4	野外动物一体化智能观测设备研发	研发具有多模态感知系统、智能分析平台、能源管理系统、通信与扩展接口等的野外动物一体化智能观测设备，其中多模态感知系统包括：支持可视光、红外线并配备 AI 目标跟踪算法的视觉监测功能，生物声学采集功能，温湿度、气压、PM _{2.5} 、CO ₂ 、土壤墒情等微型传感器组，高速摄影模块等。	运行期

6.3.5.2 气候变化相关重大科学研究

结合《金上规划调整环评》，从全球气候变化与水电开发关系、水电开发对局地气候影响等角度，提出重大科研课题见表 6.3.9-2。

表 6.3.9-2 气候变化相关重大科研课题

序号	课题名称	研究内容	开展时间
1	全球气候变化背景下金沙江水资源变化趋势及其对流域梯级发电和生态环境的影响研究	金沙江流域水电开发在应对全球气候变化中的作用研究； 气候变化对金沙江流域水资源及水电站发电效益的影响研究； 气候变化引起极端天气对水电站运行的风险评估； 气候变化与水电开发耦合情况下，金沙江流域鱼类多样性的变化趋势研究； 水电开发对气候变化的适应性管理研究等	运行期
2	水库局地气候变化及对生物多样性影响和适应性研究	利用流域已有气象站及各梯级电站自建气象站，对水库建设后库周的气温、湿度、降水、风速等气候要素，以及白马雪山等冰川雪线进行长期监测，分析水电开发对局地气候和冰川雪线的影响； 对流域陆生植被和动植物多样性进行长期监测，分析植被演替规律和动植物生境、种类和种群数量的变化趋势，并分析其与局地气候变化的关系，分析野生动植物对局地气候变化的适应性。	在工程蓄水前开展
3	水电开发温室气体排放及适应气候变化研究	对水电开发温室气体排放及电站运行适应气候变化进行研究	运行期

6.4 生态敏感区影响减缓对策措施

奔子栏水电站邻近“三江并流”世界自然遗产地\云南白马雪山国家级自然保护区和四川下拥省级自然保护区，除了严格执行前文要求的水生、陆生生态保护措施外，还应以下方面加强针对性保护工作。

6.4.1 “三江并流”世界自然遗产地影响减缓措施

a) 严格控制施工活动范围，合理规划施工方案，尽快完成复垦、复植，减少地

表植被破坏和水土流失，降低对景观环境受影响程度；植被恢复以人工恢复为主，自然恢复为辅，加强施工车辆管理，尽可能减少对金沙江第一湾景点的扰动。

b) 保护周边环境，施工前必须根据三江并流有关管理规定，明确渣土的运输方式、线路及去向。施工期固体废物需收集处理，不得随意直接排放。

c) 加强对遗产地、缓冲区、缓冲区外围相关流域系统的水文、地质地貌调查与研究，定期运用遥感、无人机、地面取样、定点拍摄等手段监测项目对水文动态特征和缓冲区影响范围内地质地貌情况的影响。

d) 施工期应合理选择施工方案，严格控制施工范围，减少地表扰动面积，减轻对地质地貌岩层的扰动，保持沿线地质地貌环境；施工过程中清除边坡临空危岩体，削坡减载，减少崩塌的发生；严禁就近刮地取土，就近弃土，减少对地貌的破坏；加强对工程沿线的水文、地质地貌监测、踏勘，减少工程实施对地质环境的影响。

e) 施工过程中尽量少占用植被，临时占地应立即进行裸露区的植被恢复。对施工区中边坡较陡的区域，采取浆砌片石等边坡防护措施，防止水流冲刷导致的水土流失和植被破坏。在工程植被恢复树种选择上多采用乡土树种，避免外来物种的入侵。对于因水电站建设而被破坏或淹没的生态系统，应采取生态补偿措施，以恢复生态系统的结构和功能。

f) 为有效减缓负面影响，应从管理方面加强对施工人员和监理人员的培训，对施工人员开展遗产地地质地貌资源价值及景观美学价值保护的宣传，提升其对遗产价值的保护意识。

6.4.2 云南白马雪山国家级自然保护区影响减缓措施

a) 严格控制施工范围，噪音、振动相对较大的施工场区、爆破作业区尽量远离白马雪山自然保护区，施工人员、机械、车辆不得擅自进入自然保护区内，禁止在自然保护区内排放废污水、抛洒或丢弃固体废物。清库过程中应在淹没线边界进行标示，严禁超出库区淹没范围进入自然保护区内。

b) 开挖坡面和施工临时占地应立即进行裸露区的植被恢复，对于征占林地范围应严格控制在林业部门许可范围内。严格控制砍伐林木数量，尽量将中小胸径苗木进行移植，植被恢复时全部利用当地树种，以保持与周边原生植被和景观的一致性。

c) 重视对影响评价区野生动物的保护，对重点保护及地方特有野生动物进行识

别宣传并设置标示牌，对施工人员进行必要的野生动物保护教育和自身安全教育，施工人员必须遵守《中华人民共和国野生动物保护法》；严禁施工人员追赶、惊吓、捕杀野生动物；合理安排施工作业时间，尽量选在白天，避免晚上，时间要固定，降低施工噪声对周围野生动物的影响。

d) 项目建设期间，将会有大量的施工人员进入保护区，项目建设和施工方应组织相关领域专家对施工人员进行生态教育。

e) 在项目影响评价区醒目位置设置警示牌，包括保护区保护管理宣传牌、野生动植物资源保护宣传警示牌、森林防火宣传警示牌等。设置保护区保护管理宣传牌 3 块，分别设置于坝址、定曲河口、达日开发区附近，用于宣传保护区的自然资源，提醒进入保护区的车辆和行人注意生态环境保护等。设置野生动植物资源保护宣传警示牌 4 块，分别设置于坝址上游、坝中、库尾及达拉附近，提醒当地居民及来往人员注意保护动植物、禁止捕鱼，加强生物资源保护宣传。森林防火宣传警示牌 3 块，分别设置于进入林区的必经路口，用于提醒进入林区的人员注意野外用火，防止森林火灾。

d) 在施工区与自然保护区相邻的野生动物出没地带预留动物通道，采用地下通道、隧道等多种形式，设置动物通道，利于野生动物穿越公路进行取食或饮水等活动。在野生动物频繁出没的路段设置醒目的宣传和警示牌等标志对司机进行提醒；重要路段设置防护网使动物远离公路，有效降低事故发生；同时辅之以必要的诱导措施，将动物的活动路线引至动物通道，促使野生动物顺利、安全活动。

e) 工程实施后，应充分考虑工程建设与周围环境的协调性，要有详细的景观建设及恢复规划。施工后，拆除各种临时设施，清除碎石、施工工程残留物等影响植被生长和影响景观的杂物，恢复斑块间的连通性，有利于动物的迁移。占地处通过覆土使其尽快恢复为林地，以恢复影响评价区景观生态体系的完整性和美观。

f) 加强对自然保护区的生态监测和监控。施工期和运行期应采用红外相机、热成像无人机、多光谱无人机、现场调查等多种方式，对保护区开展生物多样性影响长期监测，发现问题及时采取相关措施。初拟监测方案见表。

表 6.4.1-1 评价区生态监测内容及措施

类别	生态监测内容	监理单位	时段
环境质量	环境空气、地表水、声环境	自然保护区或委托科研机构、高校监督，项目建设方委托监测	施工期和运营期

表 6.4.1-1 (续)

动植物和植被	1、观测记录项目建成前后动物物种变化情况 2、植物物种群落变化监测 3、入侵植物监测	自然保护区管理局或委托科研机构、高校	施工期和运营期
重点保护动植物	1、重点保护植物、古树的生长情况跟踪记录 2、保护动物可跟踪调查	自然保护区管理局或委托科研机构、高校	施工期和运营期
生态系统	生态系统类型、面积及其分布	自然保护区管理局或委托科研机构、高校	施工期和运营期
宣传标牌	1、施工期对施工人员的自然保护区宣传和规范施工章程制定；施工范围警示牌 2、运营期各路口设置的关于自然保护区的警示牌、宣传牌	工程建设方	施工期和运营期

6.4.3 四川下拥省级自然保护区影响减缓措施

a) 施工单位应根据现行法律法规的相关规定，建立切实可行的野生动植物保护、环境保护、野外用火、生态工程建设资金使用等管理制度。

b) 加强施工管理，优化施工布置，复建道路路线布设应尽量减少临河布设，并设置必要的警示标牌。

c) 加强野生植物资源保护，加强宣传教育，提高野生植物保护意识；严格按照林业主管部门批准的位置和面积在开展建设工作，禁止超范围、超数量清理林木；严禁施工材料乱堆乱放，对施工垃圾及废弃物应统一处理，以免影响植物物种生长。

d) 加强野生动物保护宣传教育；在复建集镇和道路河道口地段张贴野生动植物保护公告，加强施工区巡护管理，严禁偷猎、捕杀野生动物行为；合理安排施工作业，库区清理和道路施工过程中应尽量避免对小型野生动物的惊扰，保护区内施工在动物繁殖季节(春夏)应避免爆破等高噪声的施工活动，避开夜间、清晨、黄昏和正午时段爆破作业；施工过程中如发现野生动物受伤或者其踪迹，应开展救助工作和应对措施。选择合理的下闸蓄水期，避开动物冬眠期，水库蓄水前，应对由于水库蓄水而被淹、受伤或食物暂时性短缺的重点保护动物开展统一搜救。

e) 复建道路工程施工对许曲鱼类繁殖产生一定的不利影响，应加强施工期环境保护措施的实施监督，在小型鱼类的产卵场设立警告标示碑牌，繁殖季节严禁附近 0.5km 范围的道路和桥梁施工作业。

f) 加强运营期周围下拥村、必拥村等村庄的生活垃圾和污染物的排放，对新建

的古学新村移民安置点必须配备完整的生活垃圾处理系统和污水处理系统，减少对保护区的环境影响；在许曲(下拥桥)、丁日桥及古学大桥附近设置保护区管理标识牌，禁止往许曲或定曲倾倒生活垃圾或工程垃圾。

6.4.4 对自然保护区的长期观测及保护研究措施

6.4.4.1 云南白马雪山国家级自然保护区

云南白马雪山国家级自然保护区作为我国保护自然文化资源的重要区域，珍稀动植物基因资源保护地。需依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，严格控制人为因素对自然生态和文化自然遗产原真性、完整性的干扰，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，引导人口逐步有序转移，实现污染物“零排放”，提高环境质量。结合奔子栏水电站工程建设制定南白马雪山国家级自然保护区长期观测措施和保护研究措施，加强对自然保护区的生态监测和监控。施工期和运行期应采用红外相机、热成像无人机、多光谱无人机、现场调查等多种方式，对保护区开展生物多样性影响长期监测，发现问题及时采取相关措施。

监测范围和期限：监测范围为奔子栏水电站工程区域与云南白马雪山国家级自然保护区的相邻区域周围 5km 的区域作为监测区域，监测期限为奔子栏水电站工程的建设期、蓄水期和运行初期。

监测原则：系统性原则，坚持科学性、实用性相结合，持续性原则，监测工作要满足生物多样性保护和管理的需要，保护性原则，监测方案、技术和活动不应应对生物个体、群落组成和结构及生境造成影响或改变，生物多样性监测与科研、管护相结合。

监测目标：通过生物多样性监测计划的实施，能够及时了解自然保护区内生物多样性的变化，揭示生态系统及其生物多样性、生物群落动态变化的规律和生态过程的变化机制，为制定科学有效的自然保护地保护管理措施提供依据。为避免、减缓、恢复和补偿奔子栏水电站工程建设对云南白马雪山国家级自然保护区的影响提供科学依据。

监测对象：监测区内植被覆盖和土地覆被类型；主要保护对象，包括植被、野生动植物物种及其生境(栖息地)；国家重点保护物种、极小种群物种或珍稀濒危、局域特有物种，具有较高经济价值或重要研究价值的物种；对当地社区群众生产、生活影响较大的动物物种；重要环境要素(气象、水文、土壤)；外来入侵植

物物种。

监测内容：监测对象的生物学、生态学及生境特征；监测对象的动态变化情况和趋势；监测对象的人为干扰状况和变化趋势及影响；主要气候因子变化状况；主要植被类型涵养水源的能力；外来入侵植物物种的入侵情况和趋势。

6.4.4.2 四川下拥省级自然保护区

四川下拥省级自然保护区作为四川省保护自然文化资源的重要区域，珍稀动植物基因资源保护地。需依据法律法规规定和相关规划实施强制性保护，严格控制人为因素对自然生态和文化自然遗产原真性、完整性的干扰，严禁不符合主体功能定位的各类开发活动，引导人口逐步有序转移，实现污染物“零排放”，提高环境质量。结合奔子栏水电站工程建设制定对四川下拥省级自然保护区长期观测措施和保护研究措施，加强对自然保护区的生态监测和监控。施工期和运行期应采用红外相机、热成像无人机、多光谱无人机、现场调查等多种方式，对保护区开展生物多样性影响长期监测，发现问题及时采取相关措施。

长期观测措施-生物多样性监测：

监测范围和期限：监测范围为奔子栏水电站工程区域与四川下拥省级自然保护区的相邻区域周围 5km 的区域作为监测区域，监测期限为奔子栏水电站工程的建设期、蓄水期和运行初期。

监测原则：系统性原则，坚持科学性、实用性相结合，持续性原则，监测工作要满足生物多样性保护和管理的需要，保护性原则，监测方案、技术和活动不应影响生物个体、群落组成和结构及生境造成影响或改变，生物多样性监测与科研、管护相结合。

监测目标：通过生物多样性监测计划的实施，能够及时了解自然保护区内生物多样性的变化，揭示生态系统及其生物多样性、生物群落动态变化的规律和生态过程的变化机制，为制定科学有效的自然保护区保护管理措施提供依据。为避免、减缓、恢复和补偿奔子栏水电站工程建设对四川下拥省级自然保护区的影响提供科学依据。

监测对象：监测区内植被覆盖和土地覆被类型；主要保护对象，包括植被、野生动植物物种及其生境(栖息地)；国家重点保护物种、极小种群物种或珍稀濒危、局域特有物种，具有较高经济价值或重要研究价值的物种；对当地社区群众生产、生

活影响较大的动物物种；重要环境要素(气象、水文、土壤)；外来入侵植物物种。

监测内容：监测对象的生物学、生态学及生境特征；监测对象的动态变化情况和趋势；监测对象的人为干扰状况和变化趋势及影响；主要气候因子变化状况；主要植被类型涵养水源的能力；外来入侵植物物种的入侵情况和趋势。

6.5 大气环境保护措施

施工区大气污染源众多且分散，难以采取集中方式处理，因此大气环境保护措施需要与施工组织密切结合，按照六个百分百目标，即施工现场围挡率达到100%；进出道路硬化率达到100%；工地物料篷盖率达到100%；场地洒水清扫保洁率达到100%；出入车辆清洗率达到100%。项目全工期做到喷雾除尘机除尘应用率达到100%。从施工工艺、施工技术、施工设备、污染物削减、施工区与敏感点防护等多渠道或方式来减缓工程建设引起对大气环境污染的影响。

a) 废气达标排放措施

优化施工方法、施工技术。加强施工机械和车辆管理，不使用陈旧报废的施工机械设备和车辆。运输车辆按照《在用汽车报废标准》，推行强制更新报废制度。对施工机械和运输车辆进行定期检查、维修，确保施工机械和车辆尾气排放符合环保标准，使用优质燃油。运输车辆按《汽车排污监管办法》和《汽车排放监测制度》要求进行监督管理，定期和不定期对运输车辆排放的尾气进行监测，达标排放。

b) 基坑开挖粉尘控制措施

优化开挖爆破方法，采取产尘率低的开挖爆破方法，控制单响药量和每次爆破的总装药量，并采用湿式作业，最大限度地减少粉尘的产生量；爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时应尽量采用草袋覆盖爆破面，减少粉尘的排放量。

c) 砂石加工系统粉尘控制措施

砂石料加工系统生产过程中需加强喷雾设备的维护，以减少粉尘的产生；采用两级除尘方式，第一级为旋风式除尘器，第二级为布袋式除尘器，对粉尘进行收集处理；做好料仓、成品砂仓的粉尘控制，夜间采用防水布对材料进行覆盖，在胶带机落料点，成品堆场考虑点设置喷淋系统，持续喷淋降尘；同时在砂石料系统附近进行喷淋系统设置，定时洒水降尘，可用处理后的施工废水进行洒水。

d) 混凝土系统粉尘控制措施

本工程常态混凝土均采用成套封闭式拌和楼进行生产，混凝土拌和楼粉尘设置

袋式除尘装置；水泥和粉煤灰运输采用封闭运输，以避免运输和拌和过程中的扬尘；加强对混凝土生产系统吸尘、收尘设备的使用效果的监测，混凝土生产系统附近辅以洒水降尘措施，控制粉尘影响范围。

e) 交通运输扬尘与废气控制措施

施工运输车辆应选用符合国家有关标准的车辆，保证尾气达标排放；出入施工区道路路端设置洗车槽，避免施工车辆将泥土带出施工场地；运输土石方的车辆使用蓬布覆盖或者可启闭车箱盖，石灰、粉煤灰、水泥采用密闭式集装箱运输，原料和产成品运输实行口对口密闭传递，减少运输过程中的粉尘；对施工道路勤养护、维修、清扫，进行无雨日洒水车喷水降尘等工作，保持路面清洁、运行状态良好，抑止施工运输扬尘，要求施工区道路洒水一日 4 次。

f) 其它大气污染防治措施

各施工营地食堂采用液化气为燃料，产生的食堂油烟经油烟净化处理达标后排放。灶头上方设置集烟罩，通过排烟管道集中进入油烟净化装置，净化后的烟气由专用烟道排出。

在内部道路、砂石加工系统、料场、渣场、施工支洞出口等场地布置雾炮机。施工面经常洒水，以保持材料一定的湿度，不至于因材料的卸堆、拌和、摊铺作业而产生扬尘。施工区内施工人员应加强个人防护，佩戴防尘口罩等个人防护用品；地下工程通过采用增设通风设施，加强通风，降低废气浓度；后期开采的表土应按指定的堆放地堆放，场地周围应设置拦挡，设置厂界围挡喷雾降尘系统进行洒水，或者铺撒草籽，防止大风扬尘而造成大气污染。在库盆、隧洞口和临时堆料场等多粉尘作业面、场地配备人员及设备进行定期洒水。堆料场、中转料场物料存放尽量平整，勤洒水，做好遮挡覆盖。转存场、坝后压坡等区域及时压实、复绿，勤洒水。在无雨多风日应每隔 2 个小时洒水一次，可用处理后的施工废水进行洒水。

6.6 声环境保护措施

a) 控制机械设备噪声：施工单位必须选用符合国家环保标准的施工机械，运输车辆噪声应符合《汽车定置噪声限值》(GB 16170-1996)和《汽车加速行驶车外噪声限值及测量方法》(GB 1495-2002)，其它施工机械符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB 12523-2011)。对混凝土拌和楼、砂石加工系统、空压机等大于 100dB 的固定噪声源，应采用多孔性吸声材料建立隔声屏障、隔声罩和隔声间。尽量缩短

高噪音机械设备的使用时间，并配备、使用减震坐垫和隔音装置。加强各种机械设备的维修和保养，使设备性能处于良好状态。

b) 合理安排施工时间：控制夜间施工，禁止夜间爆破，尽量避免高噪声施工活动和场外交通在夜间(22:00~6:00)进行。

c) 限速禁鸣措施：在通过居民点和施工营地路段设置限速、禁鸣标志牌，根据敏感点的分布情况，在交通道路沿线甲学村等居民点路段和场内道路沿线各施工营地路段共设置限速禁鸣标志牌 30 处，具体限速数值按照各道路设计速度要求控制。

d) 移动式声屏障：森恩施工区的周边约 18 户居民受施工交通运输噪声影响相对较大，拟对靠近道路居民点安装隔声窗，降低噪声污染。

e) 劳动保护措施：施工承包商应加强施工人员的劳动保护，配备防声用具，施工人员在进入强噪声环境中作业时，如凿岩、钻孔、开挖、机械检修工等，应配戴个人防声用具。尽量提高高噪声作业的自动化程度，实现远距离的监视操作。

6.7 固体废物收集处理措施

6.7.1 施工期固体废物处置措施

a) 施工弃渣

本工程土石方挖填总量为 4230.61 万 m^3 ，挖方 2741.45 万 m^3 (含表土剥离/收集量 81.28 万 m^3)，填方 1489.16 万 m^3 (含表土回覆 81.28 万 m^3)，骨料等建筑材料利用方 721.46 万 m^3 ，借方 7.04 万 m^3 ，最终废弃方 537.87 万 m^3 ，折合松方 699.23 万 m^3 (土石方松方系数取 1.30)。有用料堆存在砂石骨料暂存场和绒丁沟转存料场；弃渣堆存在绒丁沟弃渣场、因归弃渣场和曲雅贡弃渣场。

b) 施工期生活垃圾处理措施

根据施工组织设计，奔子栏水电站工程区高峰年 6000 人，平均人数 5210 人，考虑流动人口 20%后按人均 0.8kg/人.d 计算，工程施工期垃圾产生量为 11882t，体积 23765 m^3 ，施工期日最大处理规模约为 6.8t/d。

为满足施工期生活垃圾收集、临时储存需要，规划在①施工营地建设一个容积约 12 m^3 的垃圾池(长 4.00m、宽 3.00m、高 1.20m)，其他施工营地、主要施工区设置多个垃圾桶，生活垃圾每天清运至得荣县瓦卡镇垃圾填埋场或德钦县奔子栏镇生活垃圾填埋场。考虑各营地和施工区均分布于国道 G215 两侧，清运线路较为简单，初拟不设垃圾中转站，由垃圾车直接前往各营地和工区清运；①砂石加工系统的生

活垃圾由现场施工工人每天带回施工营地。业主监理设代营地位于瓦卡镇集镇上，其生活垃圾纳入瓦卡镇集镇生活垃圾收运系统。瓦卡镇垃圾填埋场位于得荣县瓦卡镇阿称村，填埋库容为 6 万 m^3 ，设计规模 10t/d，建成于 2016 年 10 月，服务年限为 16 年，瓦卡镇还在建设垃圾热解处理系统；奔子栏镇生活垃圾填埋场，设计库容 5.35 万 m^3 ，设计规模 10t/d，建成于 2017 年，服务年限 15 年。目前已取得得荣县瓦卡镇人民政府回函确认，同意接受奔子栏水电站施工期间部分垃圾和投产运行期间生活垃圾，收集运至得荣县瓦卡镇垃圾填埋场处置。垃圾填埋场增容费等相关事宜，待电站开工建设后另行协商办理。

c) 建筑垃圾和辅助企业生产垃圾处置措施

工程的场平、道路铺设和其它施工现场将产生部分建筑垃圾，主要包括渣土、废石料、碎金属、竹木材、散落的砂浆和混凝土等，统一外运至渣场堆放。

辅助企业生产垃圾尽量实现废物减量化，不仅可以减少运输费用，简化处理工艺，而且可以降低处理成本。对于工程废物中有用的下脚料，若金属、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、木材等。剩余一些无回收价值的一般固体废物，统一运送至弃渣场。

d) 危险废物处理措施

针对工程施工过程中产生的危险废物(蓄电池、废油等)，拟在坝下左岸 1#混凝土系统上游设置 1 处危废暂存间，占地面积 40 m^2 。各施工区应设置危险废物收集桶，定期将危废收集桶中危险废物收集转运至危废暂存间。暂存间区域设置围堰、导流沟、事故收集池(2 m^3)；暂存间建筑物型式采用钢筋混凝土结构，区域地面基础做好防渗硬化措施，内部地面还应满足耐腐蚀的要求，屋顶做好防雨措施；配套收集桶、收集容器、灭火器、标识牌。针对废油，在暂存间内分割处一个区域设置埋地卧式油罐，容积 15 m^3 ，油罐下部设置混凝土防渗池。其他危险废物分类分开堆存。

危险废物收集暂存的运行及管理应设置专门的机构与人员进行负责，运行机构可垃圾填埋场运行管理标段承担，设置专职人员一名。主要责任为危险废物收集、贮存、处置各环节的日常管理、出入库登记、设施检查与维护等。在运行中，根据堆存量情况及时组织外运至有资质机构进行安全处置。

6.7.2 运行期固体废物保护措施

a) 生活垃圾

由于运行期垃圾量较小，业主营地沿用施工期购置的垃圾收集设施，只需在厂房内增设垃圾桶，对各类生活垃圾进行分类收集后委托当地环卫部门负责收集处理。

b) 危险废物

电站运行期机组维修保养产生的废油及生产办公产生的废电池、废墨盒等属于危废，需在电站现场生活办公营地现场设置 1 座危废仓库贮存电站运行期产生的危险废物，占地面积约 5m×5m。危废暂存间根据《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)等要求设置，应符合“四防”(防风、防雨、防晒、防渗漏)要求，设有 8 个危废收集桶，专用于贮存，容器外做好危险废物类型的标记，并按要求贴好相应的危险警示标志，建立危险废物收集、贮存等管理制度，并参照《危险废物管理计划和管理台账制定技术导则》(HJ 1259-2022)《危险废物产生单位管理计划制定指南》(公告 2016 年 第 7 号)等要求建立危险废物管理计划和管理台账，经收集临时贮存后，填写危险废物五联单委托有资质的单位进行处置，禁止对外排放，运输时应保证容易密封。含油抹布以及含油废纸禁止混入生活垃圾进行处理。

6.8 移民安置和专项设施复建环境保护措施

6.8.1 移民安置点环境保护

6.8.1.1 生活污水处理

当地政府制定合理并符合当地藏族生活习俗的移民安置方案，妥善做好移民安置工作，有效防止移民安置对生态环境的破坏。移民安置点建设及专项设施复建应采取水土保持和植被恢复措施。合理利用土地资源，发展多种经营，提高移民生活水平。

工程生产安置人口为 2186 人，其中云南部分 1357 人，四川部分 829 人；搬迁安置总人口 1646 人，云南部分 1025 人，四川部分 621 人。

云南部分搬迁安置按照新型城镇化的要求，选择宜居之地，将分散居住的 12 个村寨规划为 4 个居民点，共计安置 977 人，分散安置移民 48 人。4 个居民点分别为叶日村达拉居民点、达日村达日居民点、奔子栏社区角玛居民点和奔子栏社区色拉通居民点。在每个居民点的出入口侧地势较低处设置化粪池及污水一体化处理设施，污水干管顺坡接入至污水处理设施，生活污水排放执行《农村生活污水处理设

施水污染物排放标准》(DB43/1665-2019)表 1 规定的一级标准后回用于农田灌溉,污泥的最终处置优先考虑综合利用,如园林绿化、林业施肥等。污水管道收集系统:建筑物接出管→污水收集管(二级管道)→污水干管(一级管道)。

四川部分农村部分搬迁安置人口 614 人,规划集中安置 490 人(进入瓦卡居民点安置 287 人,古学集镇迁建新址安置 203 人),分散安置 124 人。在每个集镇的地势较低处设置一体化污水处理设施及配套设施,污水干管顺坡接入至污水处理设施,生活污水排放执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB43/1665-2019)表 1 规定的一级标准后排入东北侧自然水体、自然冲沟等,污泥的最终处置优先考虑综合利用,如园林绿化、林业施肥等。污水管道收集系统:建筑物接出管→污水收集管(二级管道)→污水干管(一级管道)。

6.8.1.2 生活垃圾处理处置

a) 处理方案比选

奔子栏水电站移民安置方案均对各移民安置点配套建设沼气池,各安置点部分人畜粪便、植物残渣等可纳入沼气池中,其他尽可能进行分类处理。分类处理主要配置相应数量的垃圾筒。

迁建集镇和居民点内配置相应的生活垃圾收集桶,小型机动垃圾清运车、密闭式垃圾转运车、垃圾转运站等,对集镇内生活垃圾统一收集转运。

b) 生活垃圾处理方案

奔子栏水电站规划水平年,库区规划安置人口 1646 人(其中云南省 1025 人,四川省 621 人)。

四川省库区生活垃圾处理工程服务人口按 700 人考虑。人均垃圾排放量本阶段按人均日垃圾产量 $1.20\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算,清运率根据安置区和时间不同分别取值 75%~90%,计算得到日处理规模 0.7t。

云南省库区生活垃圾处理工程服务人口按 1200 人考虑。人均垃圾排放量本阶段按人均日垃圾产量 $1.20\text{kg}/\text{人}\cdot\text{d}$ 计算,清运率根据安置区和时间不同分别取值 75%~90%,计算得到日处理规模 1.2t。

由于移民安置点生活垃圾日产生量比较小,不适宜单独建设生活垃圾处理设施,移民安置点生活垃圾拟依托当地现有生活垃圾处理设施统一收集处理。

根据调查,奔子栏镇现有一座生活垃圾填埋场,该填埋场位于德钦县奔子栏

镇交玛村附近，设计库容 5.35 万 m^3 ，设计规模 10t/d，建成于 2017 年，服务年限 15 年。奔子栏镇移民生活垃圾拟送入该生活垃圾填埋场填埋处理。

瓦卡镇现有一座生活垃圾填埋场，该填埋场位于得荣县瓦卡镇阿称村，填埋库容为 6 万 m^3 ，设计规模 10t/d，建成于 2016 年 10 月，服务年限为 16 年，瓦卡镇还在建设垃圾热解处理系统。瓦卡镇移民生活垃圾拟送入该生活垃圾填埋场填埋处理。

古学镇移民安置点生活垃圾拟送入德荣县白松新区生活垃圾填埋场，该填埋场位于得荣县白松镇，填埋场总库容 14.6 万 m^3 ，最大处理规模 20t/d，工程总投资为 2800 万元，设计使用年限 20 年。

6.8.2 专项设施复建环境保护

专项复建工程主要包括交通运输工程、水电水利工程、电力工程、电信工程等，对环境的影响主要发生在施工期，专项设施复建工程在做好奔子栏水电站水土保持方案报告书设计相关水土保持措施的前提下，还需要采取如下环境保护措施：

6.8.2.1 废水处理措施

a) 交通复建

交通复建工程施工废水主要有凝土拌和机械冲洗废水、养护废水等，废水排放量总体较少，施工期主要采用临时设置沉淀池的措施进行处理后回用。复建公路运营过程中的污水主要为路面径流，通过公路两侧排水沟进行收集和沉淀处理。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。

施工期生活污水主要来源于施工人员的生活污水和粪便，拟在施工人员生活区修建旱厕，定期收集用于农林灌溉；施工结束后，对旱厕统一进行消毒、清理和填埋。

b) 输变电和通讯工程

输变电和通讯工程施工废水主要来源于混凝土拌和系统冲洗废水，拟在各混凝土拌和系统附近设置临时沉淀处理池进行沉淀处理后回用。

施工期生活污水主要来源于施工人员的生活污水和粪便，拟在施工人员生活区修建旱厕，定期收集用于农林灌溉；施工结束后，对旱厕统一进行消毒、清理

和填埋。

6.8.2.2 环境空气保护措施

a) 施工单位必须选用符合国家有关卫生标准的施工机械和运输工具，使其排放的废气符合国家有关标准。

b) 运输泥土及建筑材料的车辆应配置防散落装备，装载不宜过满，且必须定期检查，及时修补破损的车厢，以减少车辆在行驶中沿途散落建筑材料及建筑废料。

c) 及时清扫运输车辆在运输过程中散落在路面上的泥土，以减少施工运输扬尘。

d) 无雨日应该经常洒水以防扬尘，不需要的泥土、建筑废物及弃渣等应及时运走，不宜长时间堆积；将水泥等极易产生扬尘的建材堆放于临时库房或采取遮盖措施。

e) 对施工车辆的运行线路，应尽量避免避开居民区。

6.8.2.3 声环境保护措施

a) 对施工现场进行合理布局，将现场固定噪声和振动源相对集中，以缩小噪声振动干扰范围；尽可能地将大噪声的施工机械设备布置于远离居民点的区域。

b) 在保证施工进度的前提下，合理安排作业时间，将高噪声、高振动的施工作业安排在白天进行；具强噪声和振动污染的施工机械夜间停止作业。

c) 采用低噪声的施工设备，并定期保养、维护机械设备；建筑构件尽可能在合适的场所预制好再运到现场安装，以减少对周围环境的影响。

d) 合理规划施工车辆的运行线路，尽量避开噪声敏感区域。

e) 高噪声区作业人员需配备个人降噪设备。

6.8.2.4 生态环境保护措施

a) 公交通复建

复建交通工程对陆生生态的影响主要为对陆生植被的破坏与扰动，从而对其覆盖率和资源量造成影响。因此，在工程建设过程中，应根据施工进度及时实施绿化措施进行植被恢复，以减小对区域生态景观的影响。重点是在施工结束后，应结合水土保持措施，在施工便道及其它施工迹地等可绿化区域种植当地适生树、草种，不仅可恢复占地区的植被覆盖率及资源量，更可明显改善区域景观效果。

b) 输变电及通讯工程

1) 在施工期间，应根据环境保护设计要求，全面监督和检查各施工单位环境保

护措施的落实情况和实施效果，及时处理和解决突发的各类生态环境破坏问题。

2) 施工前进行宣传教育，加强施工人员管理，塔基施工严格控制在项目占地区域内进行，并尽可能减少施工中林木砍伐，从而降低对施工区生态环境的影响范围和程度。

3) 严禁野外用火，与当地林政管理部门护林防火工作有机结合，建立专人巡护制度，杜绝森林火灾隐患。

4) 对于穿越林区的输电线路，施工图设计中要实地调查，采用高塔形式；在林区附近的塔基禁止设立放线通道，同时高空放线，禁止电线接触地面植被，避免对植物的影响。

c) 其它复建项目生态保护要求

1) 合理规划施工布置与施工进度，尽可能减少临时施工占地面积和占地使用时间。

2) 加强宣传与教育，培养施工人员的环保意识，严禁破坏施工区外的植被。

3) 优化施工工艺，严格按照设计进行取弃土，并及时进行取弃土场的环境保护及恢复工作；在施工开挖时，应将表层土(约 30cm)暂存堆放，待施工完毕后回填，以降低对生态环境的影响。

4) 施工结束后，及时对所有临时占用的土地及可恢复的土地进行生态恢复或复耕。

6.8.2.5 固体废物收集措施

无法回用的泥浆经沉淀后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。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。

施工人员生活垃圾装入垃圾桶定时清运。

6.9 其他环境保护措施

6.9.1 土壤环境保护措施

6.9.1.1 源头控制措施

a) 施工期及运行期各类污废水、固体废物应按“水环境保护措施”和“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。

b) 对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，剥离的表土集中堆置于取土场或者弃渣场内一定的堆集区，用于后期植被恢复。

c) 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。

6.9.1.2 过程防控措施

a) 运行期加强库周水环境管理，确保水库库区水质良好，避免水质污染进而造成土壤酸化、碱化和盐化现象。

b) 加强建设排水系统，灌排结合，提高排水系统的排水能力，保持排水系统畅通。合理用水、节约用水，采取定期晒田的间歇灌溉措施，改善土壤的通气性能。合理施肥，协调土壤养分，提高水稻根系活力，促进禾苗生长。

c) 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土壤盐化现象，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。

6.9.2 电磁环境保护措施

a) 主变压器布置在地下主变洞内，主变压器至地面开关站之间的出线采用电缆型式且布置于地下电缆洞内，地面开关站采用 GIS 户内布置的形式，大大降低了运行期对外界电磁环境的影响；

b) 开关站内电气设备接地，站区地下设备接地网，以减小电磁场场强；

c) 开关站内金属构件，如吊夹、保护环、保护角、垫片、接头、螺栓、闸刀片等均做到表面光滑，尽量避免毛刺的出现；

d) 保证开关站内所有高压设备、建筑物钢铁件均接地良好，所有设备导电原件间接接触部位均应连接紧密，以减小因接触不良而产生的火花放电。

e) 开关站和主变洞运行后，建设单位应委托有资质的单位，定期对周边电磁环境进行监测。

f) 运行期加强巡查和检查，保证主变洞和开关站设备运行良好。

6.9.3 运行期泄洪雾化影响减缓措施

a) 影响区岸坡防护设计

护岸措施分为下游水位波动区以下和水位波动区以上区域分别考虑。水位波动区以下为水舌入水消能区，主要考虑挑流水舌冲击水面以下岸坡引起冲刷或可能受到回流的淘刷，及河床发生的较深的局部冲刷对岸坡稳定的影响，该区域采用混凝土面板防护，其中消能紊流区面板加厚；水位波动区以上及雾雨对岸坡的影响区域，采用混凝土面板或喷混凝土护坡的形式。对于雾化降雨强度 $q \geq 50\text{mm/h}$ 的区域，采用混凝土面板支护， $50\text{mm/h} > q \geq 10\text{mm/h}$ 的区域，采用混凝土面板支护或喷混凝土支护， $q < 10\text{mm/h}$ 时，基本接近自然界暴雨强度，该区域不做防护，阿洛共滑坡体前缘部位受泄洪雾化影响，考虑适当加强支护。

奔子栏下游河道及雾化区岸坡防护措施如下：

左岸：1) 水垫塘消能区(坝趾~坝 0+440.000)：结合考虑泄洪雾化影响，高程 2100.00m 以下至水垫塘底板边坡，采用混凝土面板护坡，考虑冲坑区域水流紊动的影响，水垫塘消能区域下部面板适当加厚，护坡下部嵌入基岩 3.5m，并设置一排 20m 深的钢筋桩，间距 2.0m，并且坡面设置系统预应力锚索加强防护；高程 2100.00m~2130.00m，采用系统喷锚+排水支护。2) 下游防冲刷区(坝 0+440.000~坝 0+778.000)：综合考虑泄洪雾化及冲刷影响，高程 2043.00m 以下至水垫塘底板边坡，采用混凝土面板护坡，护坡下部嵌入基岩，并设置一排 12m 深的钢筋桩，间距 2.0m，坡面设置系统预应力锚索加强防护；高程 2043.00m~2100.00m 区域，坝 0+578.000 下游采用系统喷锚+排水支护，其上游位于雾化影响区，采用混凝土面板防护。3) 由于阿洛共滑坡体前缘处于泄洪雾化区，为预防雾雨冲刷及减小对滑坡体稳定的不利影响，该区域坡面采用混凝土面板贴坡防护，偏安全考虑，面板贴坡顶至高程 2180.00m，全坡面布置系统锚杆。

右岸，纵向防护范围从坝后至尾水出口，与尾水出口边坡支护相接，总长度约 350m。高程 2110.00m 以下至水垫塘底板边坡，采用混凝土面板护坡，考虑冲坑区域水流紊动的影响，下部面板适当加厚，护坡下部嵌入基岩 3.5m，并设置一排 20m

深的钢筋桩，间距 2.0m。高程 2110.00m~2150.00m，采用喷锚支护。并在全坡面布置系统锚杆和排水孔。高程 2043.00m 以下布置系统预应力锚索。

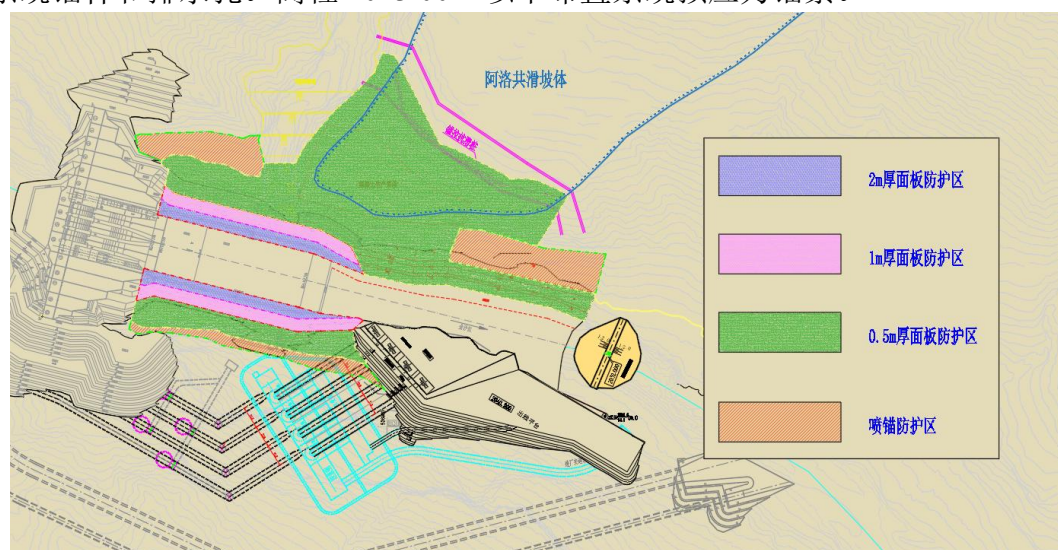


图 6.9.3-1 岸坡防护平面示意图

b) 阿洛共滑坡体稳定防护

1) 在滑坡体顶部和上下游侧设置一条截水沟，开口 100cm，深 60cm。高程 2100m~2180m 雾化暴雨区采用 50cm 厚的 C30 钢筋混凝土面板防护。为确保贴坡混凝土板稳定，用锚筋及锚筋束进行锚固。在整个防护处理范围内设置浅排水孔，孔径 5cm，孔深 3m，梅花形布置，孔距为 3m×3m。在高程 2130m、2140m 设置两层排水洞，排水洞洞顶内侧斜向上层排水洞设置孔径 $\Phi 110$ 、孔深 30m 左右、间距 5m 的排水孔，从而有效降低山体及潜在滑动面上地下水位，确保边坡安全。

2) 为增强滑坡体的稳定性，结合上坝公路设计，在高程 2165m 设置 1 排抗滑桩(断面尺寸 4m×6m)，间距 8m，平均桩长为 50m，每根桩桩顶布置 2 束 2000kN 预应力锚索。

3) 为提高滑坡体下游(III-III'剖面附近区域)整体和局部稳定性，上部采取削坡减载。结合 III-III'剖面局部凸出的地形条件，在 2650m 高程处设置宽度 121m 的平台，采用 1:1 坡比对滑坡体上部进行开挖卸载。在裂缝下部地形突出部位，考虑 2346m~2426m 之间进行削坡减载。

4) 采取安全监测措施，进行长期的有效监测，加强监测预报，做好应急预案。

6.9.4 社会环境保护措施

a) 民族宗教

本工程所在区域为藏民族聚居区，藏族人民在本区域进行生产生活的历史较为久远，在长期的社会发展过程中，形成了独特的民族文化，因此，工程建设全过程均需尊重和保护藏民族的宗教信仰、生活习俗和宗教设施。施工人员进场前需进行宣传教育与培训，发放宣传材料，提高施工人员素质，从法律及主观意识角度规范进驻施工人员的行为，使之尊重和保护藏族文化和藏民族的宗教信仰、生活习俗和宗教设施，避免与当地藏族同胞发生冲突，与工程区居民和谐相处。

对于处理工程涉及的白塔、嘛尼堆堆放处等宗教设施时，应充分尊重当地群众意见。

b) 人群健康

为保护施工人员及当地居民人群健康，防止外源疾病的输入，防止因环境卫生条件等因素引发传染病流行，在奔子栏水电站工程施工期必须进行人群健康保护。

1) 卫生防疫措施

(1) 建档及疫情普查

对准备进入施工区的施工人员进行卫生检疫，以了解将要进入施工区的施工人员的健康情况，及时发现和控制带病者及新病种，防止在施工人群中造成相互传染和流行。检查合格者发放“作业人员健康许可证”，否则不允许进入工区。

建档及疫情普查项目为：肺结核、传染性肝炎、痢疾，外来施工人员还应检查来源地传染病等。

调查和建档人数按施工高峰期人数计，为 6000 人(含业主营地人员)。

(2) 疫情抽查及预防计划

旨在提高施工人群在施工期对疾病的抵抗能力，防止危害较大且易感染的疾病在施工区爆发流行，危害施工人群健康。

疫情抽查的内容主要为当地易发的肝炎、痢疾等消化道传染病、肺结核等呼吸道疾病以及其它疫情普查中常见的传染病，发现病情需及时进行治疗。

施工期每年秋季检疫一次，检疫人数按高峰期施工人员的 10%计，为 600 人。

(3) 疫情监控和应急措施

在各施工营地处设疫情监控点，落实责任人，按当地政府制定的疫情管理及报

送制度进行管理。一旦发现疫情，及时采取隔离、观察、治疗等措施，对易感人群提出预防措施。此项工作由工区卫生防疫机构负责落实。

工区及影响区一旦发生传染病流行，应按疫情上报制度及时上报并采取治疗、抢救、隔离措施，对易感人群采取预防措施。由于工区医疗条件所限，应与地方有关医院保持经常联系，做到有备无患。工区应有一定量的应急药品储备。

2) 环境卫生及食品卫生管理与监督

施工区和施工影响区食品卫生是影响人群健康的重要方面，应按相关规定加强管理和执法。管理内容包括：

(1) 对生活饮用水水质进行监控

为保证向施工人员提供符合卫生要求的饮用水，应随时掌握水源水及饮用水水质变化动态，委托有资质的单位进行监测。

(2) 定期对公共餐饮场所进行卫生清理和卫生检查，除日常清理外每月集中清理不得少于2次，生活废弃物要妥善处理。根据气候变化及时安排灭蚊、灭蝇、灭鼠。

(3) 对食堂服务人员和供水工作人员实行“健康证制度”，每年定期进行健康检查，有传染病带病者要及时撤离岗位。

(4) 成立专门的清洁队伍，负责生活、办公区环境卫生清扫，并根据工区人口密度和人员流动情况，在生活区、办公区设废物箱，配置清运车，定期运至巴塘县生活垃圾填埋场处置。

(5) 合理布置施工现场公共卫生设施，同时须符合国家规定的卫生标准和要求。

3) 建立施工区人群健康保护机构

设立工程施工区卫生防疫机构，开展健康防病卫生教育，落实工区疫情监控措施，对环境卫生、食品卫生以及其他人群健康有关服务性公共事业进行卫生管理；制订疫情应急计划，对疫情调查结果进行分析，并提出处理措施。该机构纳入工程环境管理卫生防疫部门。

7 环境风险评价

7.1 评价目的

根据环境保护部环发〔2012〕77号文《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》的要求，参照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)和《外来物种环境风险评估技术导则》(HJ 624-2011)，通过风险调查、风险识别、风险事故分析和风险预测与评价等开展环境风险评价，为工程设计和环境管理提供资料和依据，以达到降低危险，减少危害的目的。

7.2 风险识别

根据本工程施工特点、周围环境特点以及工程与周围环境之间的关系，环境风险主要来源于生物资源量下降及物种灭绝风险、施工期污废水事故排放风险、油料运输和加油过程风险、外来物种入侵风险等。

7.2.1 油库和加油站

油库布置在甲学沟沟口附近，不涉及下拥自然保护区、太阳谷风景名胜区。油库距离③施工营地约 82.00m，符合 GB 50074-2014《石油库设计规范》关于石油库与居民区安全距离的要求；靠近国道 G215，通过合理布局，可使储油库符合 GB 50074-2014 关于石油库与道路安全距离的要求(甲、乙类三级库、四级库的安全距离为 15.00m 或 20.00m)。主要建(构)筑物包括：油罐、加油站、管理室、消防系统、给排水系统及油污水处理系统等。

7.2.2 水环境污染

本工程施工生产废水主要包括砂石加工系统冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机械修配系统含油废水等，生活污水主要是施工营地生活污水。本工程河段为 II 类水域，正常情况下污水禁排，事故情况下废水若未经处理直接排放，将会对评价河段水质产生不良影响。此外，施工期运输危险品的车辆在过河时如发生交通事故，导致危险品泄露，将对水体水质造成影响。

7.3 环境风险潜势初判

7.3.1 环境敏感程度(E)的判断

a) 大气环境

本项目施工期的油库布置位置都远离居民区等敏感对象。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录表 D.1, 油库周边 5km 范围内居民区、医疗卫生、文化教育、科研等机构, 行政办公机构总人数少于 1 万人, 同时, 周边 500m 范围内人口总数小于 500 人, 项目大气环境敏感程度为环境低度敏感区(E3)。

b) 地表水环境

由于本项目油库主要存储物质为汽油和柴油, 距离河道直线距离相对较远, 事故情况油库泄露物质一般无法进入河道, 根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录表 D.2~D.4, 项目地表水环境敏感程度为环境低度敏感区(E3)。

c) 地下水环境

本项目工区不涉及地下水环境敏感区, 根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录表 D.5~D.7, 项目地下水环境敏感程度为环境低度敏感区(E3)。

7.3.2 危害物质及工艺系统危害性(P)的确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018), 危险物质及工艺系统危害性(P)应根据危险物质数量与临界量的比值(Q)和行业及生产工艺(M)确定。

a) Q 值的确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录 C, Q 按下式计算:

$$Q = \frac{q_1}{Q_1} + \frac{q_2}{Q_2} + K \frac{q_n}{Q_n}$$

式中: q_1 、 q_2 ... q_n ——每一种危险物质的最大存量, t;

Q_1 、 Q_2 ... Q_n ——每种危险物质的临界量, t。

当 $Q < 1$ 时, 该项目环境风险潜势为 I; 当 $Q \geq 1$ 时, 将 Q 值划分为: (1) $1 \leq Q$ 小于 10; (2) $10 \leq Q$ 小于 100; (3) $Q \geq 100$ 。

本工程施工期、运行期危险物质数量与临界量的比值 Q 计算分别见表 7.3.2-1~2。

表 7.3.2-1 施工期危险物质数量与临界量比值(Q)计算表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存储量/t	临界量/t	该种危险物质 Q 值
1	油类物质 (汽油、柴油等)	/	3000	2500	1.2
项目 Q 值Σ					1.2

表 7.3.2-2 运行期危险物质数量与临界量比值(Q)计算表

序号	危险物质名称	CAS 号	最大存储量/t	临界量/t	该种危险物质 Q 值
1	油类物质(透平油、变压器油等)	/	528	2500	0.21
项目 Q 值Σ					0.21

b) M 值的确定

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录表 C.1, 本项目主要涉及危险物质石油和炸药的使用和存贮, 分值为 5 分, 则项目 M=5。

c) P 的确定

按照《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)附录表 C.2, 根据本项目危险物质数量与临界量比值(Q)和行业及生产工艺(M), 确定本项目危险物质及工艺系统危害性(P)的等级为轻度危害 P4。

7.3.3 风险潜势判断

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169—2018)表 2 划分依据, 本项目大气环境、地表水和地下水风险潜势均为I。

7.4 环境风险评价等级

本项目施工期危险物质在事故情形下的环境影响途径主要为大气、地表水和地下水, 风险潜势均为I, 运行期主要为外来生物入侵的风险。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ/T169-2018)评价工作等级划分要求, 确定本项目环境风险进行简要分析。

7.5 风险评价及防范措施

7.5.1 事故可能性分析

a) 油库、加油站事故可能性分析

1) 储罐、管道阀门和泵由于维护不当出现故障, 造成油气的泄漏可能导致火灾甚至爆炸。

2) 油品装卸作业时, 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。

3) 由于加油站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。

从已有水电工程施工情况看，发生加油站事故的案例极少，且水电施工管理较为严格，因此本工程加油站在施工期发生泄漏和爆炸的概率不大。

b) 施工废水处理系统事故排放分析

本工程施工生产废水主要包括砂石加工系统冲洗废水、混凝土拌和系统冲洗废水、机械修配系统含油废水等，生活污水主要是施工生活区生活污水。其中2处砂石骨料加工废水，主要污染物SS高达100000mg/L；2处混凝土拌和系统冲洗废水，主要污染物为SS、pH，施工人员生活污水主要污染物为COD、BOD₅、SS、NH₃-N。本工程河段为II类水域，正常情况下污水禁排，事故情况下直接排放，将会对评价河段水质产生不良影响。

7.5.2 事故影响分析

a) 油库和加油站事故影响分析

1) 居民点安全风险分析

根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，五级石油库与居住区之间需要有50m的安全距离，本工程油库距离③施工营地约82.00m，可见符合规范对安全的要求，且油品及其挥发的蒸汽本身属于低毒类物质，因此对附近居民点的人群生命安全不会产生急性毒害作用，在事故处理结束后一定时间内就会消除。

在油罐发生火灾燃烧事故后，对加油站下风向的环境空气会造成一定的影响，事故发生后到结束前这一时段内污染程度最大，但在火灾燃烧事故结束后短时间内火灾燃烧事故的环境风险影响可基本消除。

2) 引发火灾风险分析

工程所在地属于干暖河谷地区，植被稀疏，大部分是灌木和旱地，且油库靠近国道G215，占地区附近一定范围内的灌草丛和旱地将会被清理。因此即使万一发生火灾、爆炸事故，引发大面积火灾的可能性也很小。

b) 水质污染事故分析

施工期主要污废水为砂石料加工系统废水、混凝土系统冲洗废水和施工生活污水等。工程建设期间各类污废水均进行处理并全部回用，在各处理系统正常运行情况下不会对金沙江、下游滇中引水取水水质及虎跳峡景观观感造成影响；施工过程中可能因回用水泵或各污废水处理设施故障等情况造成污废水处理不及时，而发生事故排放，在汛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。

c) 生物资源量下降及物种灭绝风险

工程区域人口不断增长，农业和城镇扩张，工程施工及运行将淹没支流定曲 3 个产卵场，下游河段水文情势变化对下游鱼类产卵繁殖造成一定影响；水电站建成后，库区水位会有所上升，哺乳动物的栖息地会减少，两岸阻隔将造成栖息地破碎化，导致生物资源退化，生物多样性受到威胁，部分野生动植物物种存在灭绝风险。

d) 外来物种入侵风险

工程实施导致工程区人流、车流量加大，人员出入及施工材料的运输、商业放生等可能会带来其它外来入侵物种，外来入侵物种具有很强的竞争力及适应性，较有利于占据一定生态位，若形成优势群落，将对土著物种的生存产生一定的排斥作用，土著鱼类面临着多重威胁，对区域植物和陆生生态系统也将造成不利影响。

7.5.3 环境风险防范措施

7.5.3.1 油库和加油站环境风险防范措施

本阶段油库和加油站专项设计尚未开展，因此本次环评中对于其环境风险防范措施提出要求如下：

a) 制定严格的油库安全管理制度，规范油料运输、储存、使用。

b) 油库设立油库与地方消防部门的直通电话，可及时与消防部门取得联系。库内设消防专线电话，在消防泵值班室设多部专用接警录音电话(油库、站场至少各一部)。油库分区设置首要报警器，可对火灾事故进行及时报警。油库另配防爆无线对讲机多对，供生产及消防指挥等用。在油罐周围修建防火堤，且使用不透水材料进行加固，控制防火堤上的植被。同时设置事故油池，以收集漏油，并交专业部门处置。管道穿防火堤及围墙外均加套保护采用非燃烧材料填实。

c) 根据《石油库设计规范》(GB50074-2002)要求，油库区的作业人员须穿戴防静电工作服和具有导电性能的工作鞋。油罐体采取防雷接地措施；地上或管沟敷设的输油管线做防雷防静电接地；库内的付油亭、泵棚或泵房及其他建筑物分布按要求进行防雷设计。做好油库区的火源管理工作，油库区严禁烟火，并定期检查可能导致火灾的火源情况，如电线等；在油品装卸时、汽车加油时均应做好巡查工作，防止抽烟等情况的发生。

d) 油库、加油站在消防泵房内设消防泵和固定式低倍数空气泡沫灭火系统，设

置 1 座能满足一次灭火所需水量的半地上式消防水池，并设置的消防水收集池，减少消防含油水对附近水域及土壤的危害，收集后的消防水外运处置。

e) 油库区应配备一定的溢油控制应急设备和器材，防爆的抽油泵和贮油容器，挖沟用阻隔共计，应急修补的专用工具和器材等，溢油检漏专用仪器和设备等。

7.5.3.2 水质污染事故风险防范措施

a) 施工废水处理系统事故排放防范措施

为避免出现施工废水处理系统事故排放，建议采取以下措施：

1) 事故预防措施

① 操作人员应严格按照操作规程进行操作，防止因检查不周或失误造成事故。

② 及时合理地调节运行工况，严禁超负荷运行。

③ 加强设备管理，认真做好设备，管道，阀门的检查工作，对存在的安全隐患的设备、管道、阀门及时进行修理或更换。

2) 事故应急措施及注意事项

紧急事故的处理流程：

① 发现后当班人员立即向领导小组组长汇报，并在事故处理过程中随时保持与领导小组的联系。

② 领导小组接到报告后，应及时向当地环保部门汇报，并在事故处理过程中随时保持与当地环保部门的联系。

3) 当班人员排查造成事故的原因：

① 发现进水超出设计标准

A 水量超过设计标准：立即向领导汇报，减少进水量。

B 水质超过设计标准：立即对进水水质，工艺运行参数，出水水质数据进行分析，根据化验数据对相关工艺流程进行及时调整。

② 突发暴雨

A 组织力量对厂区雨水管线进行疏通，确保畅通。

B 检查设备，防止雨水流入，影响设备运行。

C 随时观察处理水池的水位并向领导汇报。

③ 水量超过生化系统设计处理能力

及时与领导联系，并取水样化验 COD 和 $\text{NH}_3\text{-N}$ 。马上向上级领导请示，并指示处理。

④ 突然停电

A 将现场设备退出运行状态。

B 如长时间停电超过 6 小时，则通知上级主管部门及时送电。

C 来电后，按操作规程及时开启设备，恢复运行。

b) 危险品运输车辆事故防范

在金沙江第一湾沿岸公路转弯处增设后视镜、标识牌、护栏等，在金沙江大桥羊拉公路增设标识牌及护栏。

7.5.3.3 生物资源量下降及物种灭绝风险防范措施

开展生物多样性资源调查与监测，评估生物多样性保护状况、受威胁原因；禁止对野生动植物进行滥捕、乱采、乱猎；保护自然生态系统与重要物种栖息地，限制或禁止各种损害栖息地的经济社会活动和生产方式，防止生态建设导致栖息环境的改变；加强对外来物种入侵的控制，禁止在生物多样性保护功能区引进外来物种。

7.5.3.4 外来物种入侵风险防范措施

施工过程中，应加强施工管理和渔政管理，在本工程植被恢复树种选择上多采用乡土树种，禁止任何组织或个人从事外来水生生物放生活动；加强监测和研究，掌握现状资源的动态变化，以制定合理的保护措施，保护重要生境的生物多样性和维护生态平衡，避免施工期、运行期外来物种的引入。

7.5.4 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。

本工程突发事故涉及云南省德钦县和四川省得荣县，根据《国家突发公共事件总体应急预案》、《云南省人民政府突发公共事件总体应急预案》、《四川省突发公共事件总体应急预案》相关要求和说明，本工程事故应急应纳入两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。

a) 应急计划区

本工程应急计划区包括：a、油库区；b、爆破器材库区；c、工程所在金沙江河段。

应急事件主要包括火灾、爆炸、油库溢油、危险品运输车辆交通事故、施工废水处理系统事故排放等。

b) 应急组织机构、人员

1) 应急领导机构

应急总领导机构为云南省迪庆州、四川省甘孜州突发公共事件应急委员会，由其作为协调指挥机构，统一领导突发公共事件的应急处置工作。

地方应急领导机构应包括涉及各市(州)县分管环保的市长(州长)、县长及其他相关部门负责人组成。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、爆炸式一般由消防队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、危险品运输车辆交通事故、施工废水处理系统事故排放等应急行动由安全管理负责人指挥。

3) 应急救援人员

应急救援人员包括：a、危险源控制组；b、伤员抢救组；c、医疗救护小组；d、消防组；e、安全疏散组；f、安全警戒组；g、物资供应组；h、环境监测组；i、专家咨询组；j、综合协调组；k、善后处理组。

4) 报警、通讯联络方式

a、报警方式：在施工封闭管理区内设置专线报警电话，设置施工区火灾警报器；当地火警电话(119)。

b、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。

5) 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置，防止污染扩散，物资供应组及时提供所需各项物资和设备。

6) 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。

8 环境管理与监测计划

8.1 环境管理

8.1.1 环境管理目标

a) 保证各项环境保护措施按照环境影响报告书及其批复、环境保护设计的要求实施，保障各项环境保护设施正常、有效运行。

b) 预防污染事故的发生，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。

c) 水土流失和生态破坏得到有效控制，并采取措施恢复原有的水土保持功能和生态环境质量。

d) 处理好工程建设与环境保护的关系，美化工区环境，争创环保优秀工程。

e) 按照《绿色建造技术导则》(建办质〔2021〕9号)中绿色施工及绿色建造管理要求，开展绿色设计，做好工程绿色建造总体规划，编制绿色建造环境要素管理指标及管控值，实现资源综合利用、减少碳排放。

f) 构建绿色施工与工程结算联动机制，施工单位投标文件要对建设单位提供的绿色施工总体规划和分项考核目标进行相应，并提交考核目标施工组织 and 实施方案。

8.1.2 环境管理体系

奔子栏水电站环境管理分为外部管理和内部管理两大部分，纳入整个奔子栏水电站环境管理体系之中。

a) 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、检查等活动。

本工程外部环境管理体系由生态环境部、生态环境部长江流域生态环境监督管理局、云南省生态环境厅、四川省生态环境厅、迪庆州生态环境局、甘孜州生态环境局和德钦县、得荣县生态环境局组成。

b) 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。

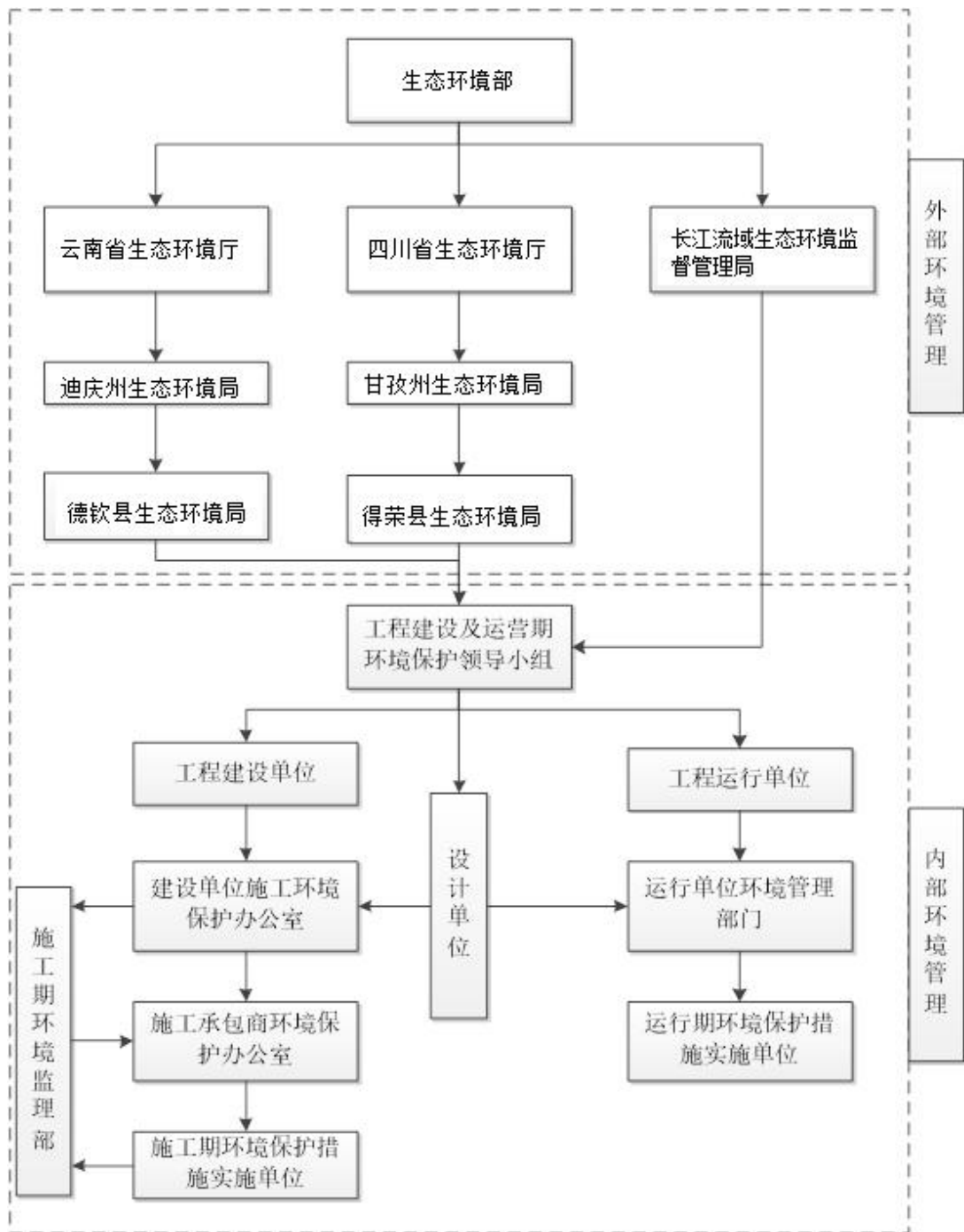


图 8.1-1 金沙江上游奔子栏水电站环境管理体系

8.1.3 环境管理制度

a) 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。

b) 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单位，由监理单位督促施工单位整改。

c) 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。

d) “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。

e) 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。

f) 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。

8.1.4 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：

a) 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。

b) 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。

c) 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。

d) 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。

8.1.5 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 8.1.5-1。

表 8.1.5-1 施工及运行阶段环境管理任务一览表

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
	含油废水处理	处理后回用	三同时	承包商	同上
	生活污水 处理	处理后综合利用	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

表 8.1.5-1(续)

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
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	施工期	承包商	根据工程进展及时实施生态修复
	珍稀植物保护	移栽、就地保护	施工期	业主、承包商	负责实施
	种质资源收集保护	收集保护	施工期	业主、承包商	负责实施
	野生动物保护	加强生态保护宣传教育、建设野生动物救护站、野生动物扩散通道	施工期	业主、承包商	督促管理, 制定制度
水生生态	鱼类栖息地保护	生境保护与修复	施工期、运行期	业主及地方渔业主管部门	负责实施
		河道连通性恢复			
	过鱼设施	建设过鱼设施	初期蓄水、运行期	业主	负责实施
	下泄生态流量	最小下泄流量 275m³/s	初期蓄水、运行期	业主	负责实施
	鱼类增殖放流	鱼类增殖放流	大江截流后	业主	负责实施
	生态调度	与上游同步开展生态调度	运行期	业主	负责实施
	其它鱼类保护措施	加强渔政管理	施工期及运行期	地方渔政部门、业主	拨付经费
环境空气	砂石料与混凝土系统粉尘削减与控制	砂石系统全封闭、布袋除尘设备、洒水	三同时	承包商	拟定管理要求和质量标准, 监督进行情况
	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
声环境	交通噪声控制	在交通沿线敏感点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	施工期	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

表 8.1.5-1(续)

环境因子	管理任务	实施方式	实施时间	实施机构	业主职责
声环境	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	施工期	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，运至垃圾填埋场处置	施工期	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	施工期	承包商	监督检查
	坝前漂浮物	漂浮物打捞后处理	运行期	业主	负责实施
人群健康	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	设立环保公厕；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。
土壤环境	各类污废水、固体废物处理处置	回用、外运处置	施工期、运行期	承包商或业主	负责有关事务安排，拟定协议，支付费用，监督设施运行
	表土保护措施	剥离并集中堆置防护	施工期	承包商	监督检查
	土壤监测及防控	加强土壤和地下水监测，及时采取防控措施	运行期	业主	委托专业机构监测，实施时拨付经费
移民安置	生活污水处理	污水处理设备	三同时	迁移人口办	监督、检查
	生活垃圾处置	垃圾桶、垃圾处理	三同时	迁移人口办	监督、检查
	生态保护	宣教，绿化、水保措施	搬迁安置后	迁移人口办	监督、检查

8.1.6 绿色施工及环境保护管理计划

8.1.6.1 绿色施工计划

a) 建设单位要从工程质量、安全、效率、环保、生态等要素等实际情况出发，编制工程总体绿色策划方案，其内容要涵盖绿色设计、绿色施工等策划内容。

b) 明确绿色建造总体目标；制定资源节约、环境保护、减少碳排放、品质提升、职业安全健康等分项内容。

c) 制定合理减排方案，建立碳排放管理体系，明确废水、废气、噪声、建筑垃圾、生活垃圾减排或减量化考核指标。

d) 积极采用 BIM 技术实现全过程设计，利用统一数据和接口标准的信息化管理平台，实现建造过程数字化、网络化、智能化管理。

e) 绿色施工方案内纳入招投标考核体系，要求施工单位编制绿色施工组织方案，其内容包括投标工程概况及绿色施工实施条件分析、绿色建造的组织与管理、绿色建造实施措施等。

8.1.6.2 环境管理计划

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。

8.1.7 流域生态环境保护系统管理科学研究

根据奔子栏水电站的工程特征、环境影响特点，结合《金上规划调整环评》的相关要求，从生态环境监管技术、管理机制和法规体系、生态补偿等角度提出管理方面重大科研项目，支撑流域生态环境保护管理工作的开展，拟设研究课题见表 8.1.7-1。

表 8.1.7-1 环境管理相关重大科研课题

序号	课题名称	开展时间
1	流域生态环境智慧监管、监测及预警关键技术研究	运行期开展
2	流域生态环境管理机制创新和法规体系研究	运行期开展
3	绿色水电生态补偿及生态价值产品实现机制研究	运行期开展
4	基于干支流协同保护的小水电退出补偿机制研究	蓄水前开展
5	云川段新型电力系统开发环境影响及对策研究	运行期开展

8.2 环境监理

8.2.1 环境监理工作依据

a) 环境监理合同；

- b) 发包人与施工承包人签订的正式合同或协议;
- c) 工程的施工图纸与文件;
- d) 水电水利工程施工监理规范;
- e) 国家的法律、行政法规、水电工程建设监理及水电建设的部门规章和技术标准及工程所在地的地方法规;
- f) 国家或国家授权部门与机构批准的工程项目建设文件;
- g) 发包人指定使用的与本工程的有关制度、办法和规定;
- h) 环境影响评价文件。

8.2.2 环境监理目标

- a) 进度目标：环保措施制定与执行进度保持与工程进度同步。
- b) 质量目标：环保工程措施质量满足设计要求。
- c) 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。
- d) 环境保护目标：污染治理、生态保护、环境质量达到环境影响评价文件的相关要求。

8.2.3 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。

8.2.4 环境监理工作方法

环境监理工作方法主要有：

- a) 进行日常的监理巡视检查;
- b) 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;
- c) 下发指令性文件，如整改通知等;
- d) 组织召开环境例会;
- e) 提交工程环境季报及其他报告;
- f) 审查承包商环境季报和考评承包商的环境保护工作等。

8.2.5 环境监理工作范围和职责

a) 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。

b) 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。

8.2.6 环境监理工作制度

a) 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。

b) 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。

c) 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。

d) 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。

8.3 环境监测

8.3.1 水环境监测计划

8.3.1.1 施工期水环境监测计划

a) 地表水

监测方法：按《地表水环境质量监测技术规范》(HJ 91.2-2022)要求执行。

监测断面的布设、监测项目、监测周期、时段和频次见表 8.3.1-1。

表 8.3.1-1 工程施工期水环境监测点位、项目及时间一览表

序号	位置描述		监测项目	监测周期、时段及频率
1	金沙江干流	阿洛共坝址	水温、SS、pH、DO、BOD ₅ 、COD _{Cr} 、高锰酸盐指数、氨氮、TN、TP、石油类、粪大肠菌群、阴离子表面活性剂、水量，共 14 项指标	施工期每年丰水期、平水期、枯水期各监测 1 次，每次连续监测 3 日
2		阿洛共坝址下游 1km		
3		月亮湾		
4		奔子栏镇与瓦卡镇之间瓦卡桥		
5		定曲汇入口下方曲宗桥		
6		库尾铁索桥		
7		日尼曲达汇入金沙江汇口		
8	支流	定曲汇口以上 500m 处		

b) 生活污水

监测点布设：在 1#施工营地、2#施工营地、3#施工营地生活污水处理进口及末端各布设一个监测点。

监测项目：pH、SS、氨氮、COD、BOD₅、TP、TN、石油类、粪大肠菌群、流量共 10 项。

监测频率及时间：施工期内，每季度监测 1 期，每期监测 1 天，每天监测 2 次。

监测方法：按《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)和《地表水环境质量监测技

术规范》(HJ 91.2-2022)要求执行。

c) 生产废水

1) 砂石料冲洗废水

监测点布设：废水处理设施进口及末端各布设 1 个监测点。

监测项目：pH、SS、流量共三项。

监测频率及时间：工程施工期内每季度监测 1 期，每期监测 1 天，4 小时监测一次。

监测方法：按《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)要求执行。

2) 混凝土拌和废水、洞室排水

监测点布设：废水处理设施进口及末端各布设 1 个监测点。

监测项目：pH、SS、流量共三项。

监测频率及时间：工程施工期内每季度监测 1 期，每期监测 1 天，每天监测 2 次。

监测方法：按《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)要求执行。

3) 机械停放场含油废水及汽车维修保养停放厂含油废水

监测点布设：废水处理设施进口及末端各布设 1 个监测点。

监测项目：石油类、SS、流量共三项。

监测频率及时间：工程施工期内每季度监测 1 期，每期监测 1 天，每天监测 2 次。

监测方法：按《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)要求执行。

d) 生活用水水质监测

监测点布设：甲学沟生产生活供水系统、曲支村生活供水系统共计 2 处。

监测项目：按《生活饮用水水源水质标准》中基本项目中的微生物指标、感官性状和一般化学指标分析，全分析按《生活饮用水水源水质标准》中基本项目 34 个指标，日常分析指标为 pH、SS、溶解氧、石油类、NH₃-N、COD_{Cr}、COD_{Mn}、BOD₅、TP、TN、粪大肠菌群等。

水质标准：《生活饮用水水源水质标准》。

监测频率：施工期每季度一期，每期监测 1 天，每天采样 1 次。日常分析每季度 1 次，全指标分析每年 1 次。

分析方法：《生活饮用水标准检验法》。

8.3.1.2 运行期水环境监测计划

a) 地表水

运行期监测项目、监测周期等见表所示。

表 8.3.1-2 运行期水环境监测点位、项目及时间一览表

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
金沙江干流	YX1	奔子栏水库库尾	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，库区增加叶绿素 a 和透明度指标	运行期每年丰水期、平水期、枯水期各监测 1 次，每次连续监测 3 日。按运行期前 5 年计
	YX2	奔子栏水库坝前		
	YX3	奔子栏水电站厂址		
定曲支流	YX4	支流定曲口上游 1km		

b) 生活污水

监测点布设：管理区生活污水处理设施进口及末端布设一个监测点。

监测项目：pH、SS、氨氮、COD、BOD₅、粪大肠菌群、TP、TN、阴离子表面活性剂、污水流量。

监测频率及时间：每季度监测一期，每次监测 1 天，每天监测 2 次。

监测方法：按《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)要求执行。

c) 水温

监测点布设：在库区的库尾、库中、坝前以及坝下分别布设水温观测断面，坝前断面可结合电站主体构筑物布置。

监测项目：水温。

监测断面及垂线布设：根据以上断面布设原则，在奔子栏水电站干流库区的库尾、库中、坝前和坝下，及定曲支库库尾和许曲支库库尾共布设 6 个观测断面。其中，水库蓄水前，河道水温无分层现象，各断面均只监测表层水温；水库蓄水后，库尾和坝下断面监测表层水温，库中和坝前断面则分别设左、中、右 3 条观测垂线监测垂向水温。

监测时间及频率：施工期及运行期各监测断面开展长期实时监测，根据《水电工程水温实时监测系统技术规范》(NB/T10386-2020)，水温监测频次定为不低于 1h/次。后期根据验收及后评价要求适时调整监测方案，运行期监测费用纳入运行管

理费。

水温观测技术要求：水温观测设备的观测精度至少应达到 0.1°C 。在线水温观测应能在中控室实时显示，并按流域水电管理和环保监管要求实现数据联网。各断面应进行逐旬水温统计，并纳入年度水温观测报告存档备查。

表 8.3.1-3 水温监测点位、项目及时间一览表

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
入库断面	YX1	金沙江干流库尾	测水面下 0.5m 处水温	实时监测，通过数据接收终端定期收集观测数据
	YX2	定曲支库库尾		
	YX3	许曲支库库尾		
坝下断面	YX6	奔子栏水库坝下 (尾水洞出口 500m)	蓄水前监测水面下 0.5m 处水温；蓄水后改为垂向水温监测，分左、中、右 3 条垂线，分别监测不同水深的垂向水温	
库中断面	YX4	奔子栏水库坝中		
坝前断面	YX5	奔子栏水库坝前		

d) 生态流量及水文情势观测

监测点布设：根据奔子栏水电站施工期和运行期的生态流量泄放措施方案，结合工程水情自动测报系统设置生态流量自动监测系统，施工期在导流洞进、出水口处设置水位站对水位进行监测；运行期监测系统包括坝上、坝下水位视频监控及水位监测等。

监测频次和时间：导流洞过水前，完成导流洞进水出口水位站建设；水库初期蓄水前，完成坝下生态流量实时监测系统建设；电站运行期开展长期监测。

监测技术要求：采用在线监控，数据传输与终端接收纳入水情自动测报系统。与主管部门联网，当下泄流量低于要求下泄的生态流量时及时报警；系统应具有数据远程传输和监控的功能，将实时流量、滇中引水取水口、虎跳峡谷入口等重要断面流量数据传输至集控中心，并根据管理需要传输至相关管理部门。

表 8.3.1-4 生态流量及水文情势观测点位、项目及时间一览表

序号	遥测站	类型	监测要素	经纬度		备注
				经度	纬度	
1	导流洞进水口	水位站	水位	99.265723	28.302567	导流洞通水前建成
2	导流洞出水口	水位站	水位	99.268320	28.302057	导流洞通水前建成
3	坝上	水位站	水位	99.265723	28.302567	蓄水期建成

表 8.3.1-4(续)

序号	遥测站	类型	监测要素	经纬度		备注
				经度	纬度	
4	坝下	水位站	水位	99.268320	28.302057	蓄水期建成
5	坝上	视频站	视频	99.265723	28.302567	蓄水期建成
6	坝下	视频站	视频	99.268320	28.302057	蓄水期建成

e) 坝下溶解气体监测

监测点布设：在奔子栏坝前、发电尾水出口、泄水建筑物水垫塘出口下游布设观测点，同时在坝址下游 10km、20km、定曲汇口上下游、奔子栏水文站以及支流冈曲设置观测断面。库区断面设置观测垂线，测点分布视垂向水深而定，以能反映 TDG 垂向分布规律为准。

监测技术要求：观测要素主要包括水温、DO、TDG、气压，同时记录泄洪建筑物运行情况，并注意监测鱼类气泡病发生状况。DO 的监测分析按照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)规定的选配方法执行，我国目前尚缺乏关于过饱和 TDG 的监测技术规范，因此 TDG 的观测参照相应 TDG 测定仪的技术要求执行。

对奔子栏水电站不同表孔单独泄洪以及组合泄洪等泄洪工况进行监测。监测频次为运行期第 1 年至第 5 年泄洪期，每年泄洪期间至少开展 1 次。

8.3.2 生态监测计划

8.3.2.1 水生生态监测计划

a) 常规调查监测

1) 监测目的

为了解奔子栏水电站工程影响水域水生生境及水生生物的变化情况，掌握水生生态保护方案实施的效果，对水生生态特别是对鱼类(尤其是珍稀、特有、保护鱼类)的资源动态进行系统监测。监测获得的数据可以有效地适时预警预报工程施工期及运行期出现的突发事件并可给出具体处理措施的建议。

综合项目规模、生态影响特点及所在区域的生态敏感性，针对性提出全生命周期监测计划。

2) 监测内容

鉴于奔子栏水电站工程对水生生态及鱼类资源的影响范围与程度，监测内容包括水生生境、饵料生物、鱼类、珍稀水生动物等的监测。

(1) 水生生境

水量、水位、水温等水文情势指标，透明度、pH、溶氧、电导等水体理化指标，以及底质等其他生境特征。

(2) 饵料生物

浮游植物、着生藻类、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物等的种类组成、密度、生物量、生物多样性指数及其时空变化等。

(3) 鱼类和珍稀水生生物

鱼类和珍稀水生动物资源监测包括：金沙江中上游游珍稀、特有、保护鱼类，以及主要经济鱼类的种类组成、资源量、优势种、种群动态、鱼类“三场”变化等。

(4) 产卵场生境监测：结合相关科研课题，分别选取裂腹鱼类和鮡科鱼类产卵场1~2处开展水下地形测量和水生生境、鱼类繁殖情况监测，深入了解鱼类繁殖习性与水生生境之间的关系，为模拟重建产卵场提供基础资料。

(5) 河流连通性监测：主要是对保护范围内的闸坝数量进行实地调研，掌握闸坝的实际阻隔情况，为后续研究闸坝的生态影响提供本底资料。

3) 监测断面

水生生态监测断面的设置考虑工程主要影响区，并建议与环评阶段调查断面相一致，以便后续进行对比分析。

设奔子栏库尾、库中、奔子栏坝址、奔子栏镇、其宗、石鼓。支流设定曲、丹达曲共8个断面，调查位置可根据具体情况适当前移或后靠，监测内容见表8.3.2-1。

表 8.3.2-1 水生生态监测断面和监测内容(标●的监测内容需要监测)

断面	水生生物监测	鱼类种群动态监测	鱼类产卵场监测
奔子栏库尾	●		
库中	●	●	
奔子栏坝址	●		
奔子栏镇	●	●	●
其宗	●		
石鼓	●	●	●
定曲	●	●	
丹达曲	●	●	

4) 监测频次

水库蓄水前进行1次本底调查，水库蓄水后进行全生命周期监测，每2~3年1

次；每年调查时间初步确定为3月~6月和8月~11月各1次，其中，产卵场调查应在鱼类产卵季节进行。此后根据水库蓄水初期监测结果、实际影响以及保护措施进展情况，开展长期监测，后期根据验收和后评价要求适时调整监测方案，相应费用计入电站运行成本。

增殖放流效果监测在每年放流对象中每种选取不少于10%进行标志放流，并进行回捕和评估。

栖息地保护效果监测、过鱼设施效果监测、生态流量(生态调度)效果监测应在实施过程中开展，每次监测时间不少于20天。

5) 监测方法

按《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10079-2018)《淡水渔业资源调查规范 河流》(SC/T9429-2019)、《淡水浮游生物调查技术规范》(SC/T9402-2010)、《内陆水域渔业自然资源调查手册》等执行。

b) 栖息地保护效果调查

1) 监测目的

为研究奔子栏水电站鱼类栖息地保护的效果，需对栖息地保护河段定曲、丹达曲进行全面的跟踪调查和监测。

2) 监测内容

调查栖息地保护河段生态环境及其保护现状，调查鱼类区系、特点、种群资源量、分布及饵料生物的变化情况和鱼类生境变化情况；并与金沙江干流河段水生生态监测结果进行对比，进而评估栖息地保护河段的保护效果，进行适应性管理。

3) 监测断面

监测断面环评阶段暂定为定曲干流河段定波河段、正斗乡河段、定曲乡城县拥古顶段，后续可根据鱼类栖息地专项规划报告等专题报告内容以及实际情况进行调整。

4) 监测频次

调查时间为栖息地保护措施实施前1年开始，连续监测5年，每年2次。

5) 监测方法

按《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

c) 过鱼设施效果监测

1) 监测目的及内容

为研究奔子栏水电站过鱼设施效果，需开展对奔子栏水电站过鱼设施的集鱼效果、转运鱼效果、放鱼效果观测评估。

2) 集鱼效果观测

(1) 观测评估在各种运行情况和水文情势条件下，鱼类是否都能聚集进入集鱼设施，分析集鱼种类和比例。

(2) 观测评估集鱼设施进口的光、色、水流条件和影响鱼类寻找进口的影响。

(3) 观测评估下游水位涨落、水文情势变化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) 进行标志投鱼实验，估算正常运行情况下的进鱼比例。

3) 运鱼效果观测评估

放鱼效果观测评估包括不同放鱼地点对鱼类上溯及后续生产影响的评估、不同鱼类其最佳放流生境的观测。

4) 放鱼效果观测评估

放鱼效果观测评估包括不同放鱼地点对鱼类上溯及后续生存影响的评估、不同鱼类其最佳放流生境的观测。

5) 时间和频率

工程蓄水后连续调查 3 年，相关费用纳入工程环保投资，之后列入工程运行费用。

d) 增殖放流效果调查监测

1) 监测目的

为调查奔子栏水电站增殖放流对恢复鱼类资源的效果，需对本工程增殖放流河段进行全面的跟踪监测调查。

2) 监测内容

通过标志放流技术的应用，对河段内鱼类区系特点、种群数量、分布进行监测，了解鱼类增殖放流站增殖放流效果，并根据调查监测加过及时调整增殖放流方案。

3) 监测时间和频率

过鱼设施效果监测应在实施过程中开展，每次监测时间不少于 20 天。放流实施前 1 年开始，之后每 1 年调查 1 期，连续监测 5 年。工程正式投产运行后增殖放流效果监测纳入工程运行费用。

4) 调查方法

按《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

e) 生态流量(生态调度)效果监测

1) 监测目的与内容

实施生态调度实施期间，在鱼类重要生境河段设立监测断面，开展水生生态、水质和水文要素监测，并分析评估生态调度的实施效果。

(1) 水生生态监测

生态调度期间，连续定时定点监测中华金沙鳅早期资源，完整记录调度期间采集到鱼卵、鱼苗的种类、数量、规格等，计算生态调度期间产卵场河段卵苗发生量。

(2) 水质监测

监测指标包括水温、pH 值、溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮、总磷、COD、总氮、石油类、粪大肠菌群、挥发酚等，各项水质参数的分析按《地表水环境质量监测技术规范》(HJ 91.2-2022)要求执行。监测频率 1 日 1 次。

(3) 水文监测

监测水位、水位日涨幅、流量、流速和水温等水文指标。监测频率 1 日 1 次。

(4) 效果评价

通过对生态调度期间水生生态、水质、水文监测，分析中华金沙鳅在生态调度期间重要断面水文过程，探讨卵量、流量、水温等指标参数间的相互关系，开展早期资源效果监测分析，对生态调度实施效果进行评估。

2) 监测断面

为评价生态调度效果需要对生态调度进行持续的跟踪监测，监测范围奔子栏坝址以下至虎跳峡金沙江干流江段，重点是下游鱼类重要生境河段(奔子栏至冈曲河口、其宗至石鼓河段)，可结合环评阶段早期鱼类资源监测断面进行监测。

8.3.2.2 陆生生态监测计划

a) 监测目的

综合项目规模、生态影响特点及所在区域的生态敏感性，针对性提出全生命周期监测计划，以掌握电站建设对陆生生态环境影响的程度，以及陆生生态环境保护措施实施后的效果，为水电站陆生生态环境保护和流域环境管理提供依据。

b) 监测内容、点位和频次

1) 监测内容

流域自然环境及生境变化；流域生态系统组成及格局变化；流域植被分布及植物群落物种组成与结构变化；流域陆生动植物种类组成、区系特征及个体数量特征变化；流域珍稀保护物种种类及其数量、分布区变化。

2) 监测地点

在坝址附近、库中、库尾、支流(两岸)，移民安置区，选择适宜地段，共设置8~10个监测点进行监测。设置1处生态监测基本站，结合对自然保护区的长期观测及保护研究措施，在白马雪山国家级自然保护区和下拥自然保护区周围的沿江区域布设监测站网，形成金沙江上游流域生态系统完整性监测站网。

表 8.3.2-2 陆生生态监测断面和监测内容

编号	布置地点	经度	纬度	海拔(m)	监测内容
1	徐龙	99.170263	28.714510	3793	森林监测
2	得木同	99.195347	28.607028	2408	灌草丛监测
3	绒顶	99.195583	28.516584	2460	灌草丛监测
4	格拥	99.270095	28.509954	3473	灌草丛监测
5	下拥	99.336464	28.422964	2434	灌草丛监测
6	古学	99.257542	28.397022	2563	灌草丛监测
7	阿洛贡	99.280759	28.311149	2446	灌草丛监测
8	格拉	99.239523	28.300426	2251	灌草丛监测
9	达拉	99.130862	28.436704	2634	森林监测
10	达日	99.139938	28.572080	3541	森林监测

3) 监测频次

根据《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)9.3 生态监测和环境管理，本项目在工程建设阶段、运行阶段和退役阶段开展全生命周期监测。施工期高峰年、水库蓄水前各进行1次全面陆生生态调查，运行期每5年监测一次。调查时间为4~10月，监测期应包括植物生长旺盛期，并尽量包括动物的繁殖期、越冬期、迁徙期等关键活动时期。

4) 监测时间

(1) 植物、植被监测：监测年度在植物生长旺盛期进行一次监测。

(2) 动物监测：对动物开展全生命周期监测，根据各类群动物的繁殖、生长、生活习性确定监测时间，至少包括主要动物的越冬期、繁殖期、哺乳期和迁徙期，每期监测至少 4 次。

c) 监测方法

1) 遥感监测

以基础地理信息、遥感技术为支撑，建立评价区生态专业数据库，以区域高分辨率遥感数据为基础，依托 GIS 的空间分析性能进行监测，解译生物丰度指数、植物盖度指数、景观多样性值和优势度值等，来判断植被结构和功能的变化。

2) 植物群落监测

根据各监测点位植被和植物群落组成特征，分别设置固定在各点位根据群落类型组成设置固定垂直样带和水平样线带 2~3 各 1 条，水平样带长度不小于 1000m，垂直样带长度不小于 500m；在样带上每隔 50m 设置一个 20m×20m 的样方，采用英美学派植物群落调查法进行调查。

每期监测在同一地点进行，比较群落的物种组成和结构变化。

3) 植物监测

结合各监测点位植物群落样带设置，调查群落样带上分布的植物种类情况，记录植物的数量、密度，特别注意环境指示种的数量和分布。

每期监测在同一地点进行，比较植物种类和数量的变化，特别注意环境指示种的出现、消失和数量变化。

4) 动物监测

在各监测点位分别设置垂直样线进行监测，各点位的样线需包含区域全部动物生境类型，样线长度不少于 3km，记录观测到的各类群动物的个体数量、动物痕迹。

为保证监测资料的完整性，在调查样线上合适的位置安放红外相机进行周年连续监测，样线的每类生境至少安放 1 台红外相机。

表 8.3.2-3 施工期和运行期陆生监测(动物红外监测)点位

红外相机编号	红外相机位置	经度	纬度
1	库尾右岸	99.161544	28.562239
2	库尾左岸	99.217672	28.331326
3	库尾左岸	99.268775	28.316208
4	枢纽工程区(阿洛贡)	99.280939	28.314590
5	枢纽工程区(甲学)	99.307868	28.291741
6	业主营地区	99.299134	28.302668
7	库区定曲	99.252132	28.377085
8	库区近坝	99.259754	28.423870
9	库区许曲	99.298412	28.421520
10	森恩工区	99.210319	28.352686
11	因归弃渣场区	99.186187	28.384730
12	枢纽工程区(格拉)	99.224755	28.305244
13	库区右岸	99.164493	28.440712
14	绒丁沟弃渣场区	99.199463	28.514745

d) 陆生生态恢复措施效果监测

陆生生态恢复措施效果监测在坝址区、料场、渣场 3 种施工区各选择 1~2 个监测点进行监测。

根据施工布置及区域陆生生态环境现状选择恰当的监测点，每个监测点在代表性地段分别布置 10m×10m 样方进行植被调查。

1) 植被调查

记录样方内的植物种类、大小和数量，制图分析或估计各类型所占比例，反映施工区域陆生生态环境现状。记录内容为：

乔木植物：逐株测量树高、胸径、冠幅；

灌木植物：在样方内设置 1 个 5m×5m 小样方，逐种记录丛(株)数，每丛记录高度、丛径、株数；

草本植物：在样方内设置 1 个 2m×2m 小样方，逐种记录丛(株)数，每丛记录高度、丛径。

2) 植物调查

记录样线区域的所有植物物种，并按其数量采用 5 级分级说明其相对数量。

8.3.3 大气环境监测

监测点布设：在阿洛共坝址左岸道路、古学村、曲岗丁村、甲学沟居民点、G215 复建道路(根据需要布置点位)、S461 复建道路(根据需要布置点位)、瓦卡安置点、古学集镇迁建新址、达拉安置点、达日安置点、角玛安置点、色拉通安置点、下拥自然保护区、白马雪山自然保护区、三江并流世界自然遗产地各设置 1 个监测点，共计 15 个。

监测项目：SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、TSP 日均值，同步记录气温、湿度、风向、风速。

监测频率及时间：每季度一期监测，连续监测 7 天，采样时间符合《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)对数据的有效性规定。

监测方法：按照《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)、《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T 193-2005)、《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ/T 194-2005)中有关规定执行。

8.3.4 声环境监测

a) 监测点位布设及监测技术要求

施工期声环境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 8.3.4-1。

表 8.3.4-1 施工期声环境监测技术要求一览表

序号	监测点位	监测项目	监测频次
1	阿洛共坝址左岸道路(28°18'24"N, 99°16'09"E)	昼间、夜间及全日等效 A 声级(Ld、Ln、LAeq)，同步记录噪声源；当主要噪声源为交通车辆时，应同步记录大、中、小车型的车流量(辆/h)。	施工期每季度监测 1 次，连续监测 3 天，分昼夜监测。
2	阿洛共村(28°18'31"N, 99°16'40"E)		
3	曲岗丁村(28°19'07"N, 99°16'01"E)		
4	甲学村(28°17'38"N, 99°17'25"E)		
5	曲支(28°20'15"N, 99°14'02"E)		
6	森恩(28°15'56"N, 99°17'53"E)		
7	日尼曲达(28°18'16"N, 99°15'11"E)		
8	瓦卡镇 28°14'04"N, 99°18'45"E)		
9	奔子栏镇(28°14'32"N, 99°18'10"E)		
10	古学乡集镇(28°24'23"N, 99°15'43"E)		
11	古学新集镇安置点(28°24'26"N, 99°15'45"E)		
12	瓦卡安置点(28°36'53"N, 99°9'47"E)		

b) 监测分析方法

监测方法按照《声环境质量标准》(GB 3096-2008)、《功能区声环境质量自动

监测技术规范》(HJ 906-2017)的有关方法执行。

8.3.5 地下水环境监测

a) 施工期

枢纽区地表除局部见有规模较小的裂隙性渗水外，未见大型泉水点出露，因此施工期拟对坝址上游左岸钻孔、坝址上游右岸钻孔以及坝址下游平洞设置 3 处地下水水质监测点。

表 8.3.5-1 施工期地下水监测位置、项目及时间一览表

监测位置	监测点位	取样位置		监测项目	监测时段及频率要求
坝址区	左岸	钻孔 ZK90	孔口高程 2151.67m, 坐标 526573,3132362	共监测 27 项，观测 地下水位，直至观 测孔废止	施工期每季 度观测一 次，每次连 续监测 2 天
	右岸	钻孔 ZK51	孔口高程 2088.62m, 坐标 526648,3132071		
	下游	ZK110 (PD33 平洞内)	泉水出露高程约 2081.60m, 坐标 526944,3131760		

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2020)以及《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)的有关规定执行。

b) 蓄水期及运行期

为掌握工程运行期地下水的影响程度和影响范围，并为工程环境保护竣工验收提供基础资料，应对地下水水质、水位、水温进行监测，同时还要配合相应的水文与气象观测。各监测项目的分析方法按《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中规定的方法执行。

监测点位：监测点位包括坝址上游左岸钻孔、坝址上游右岸钻孔以及坝下游平洞，具体监测点位可根据实际情况进行调整。

监测项目：共监测 27 项：钾、钠、钙、镁、碳酸根、碳酸氢根、氯化物、硫酸盐、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发酚、氰化物、砷、汞、六价铬、总硬度、铅、氟化物、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、总大肠菌群、细菌总数和地下水水位。

监测频次：水库初期蓄水期监测 1 期，运行期第 1 年至第 3 年，每年丰水期、平水期、枯水期各监测 1 期，每期监测 3 天，每天采样 1 次。

监测方法：按照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2020)中规定的方法执行。

8.3.6 土壤环境监测

a) 监测布点

共布设 7 个土壤环境监测点位，其中工程范围内点位 3 个，工程范围外点位 4 个，详见表 8.3.6-1。

表 8.3.6-1 土壤环境监测点位一览表

序号	位置描述	纬度	经度	备注
1	坝址左岸道路旁	28°18'19"N	99°16'14"E	工程范围内
2	定曲左岸拥夺村的耕地	28°23'44"N	99°14'55"E	工程范围外
3	干流左岸曲支村附近耕地	28°20'04"N	99°14'03"E	工程范围内
4	定曲左岸冉村附近耕地	28°21'34"N	99°14'53"E	工程范围外
5	甲学沟尾部路边林地	28°17'34"N	99°17'53"E	工程范围外
6	奔子栏集镇附近耕地	28°14'14"N	99°18'19"E	工程范围外
7	瓦卡集镇附近耕地	28°13'47"N	99°19'02"E	工程范围内

b) 监测项目

1 号点位监测 45 项：pH、含盐量、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍，四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1，1-二氯乙烷、1，2-二氯乙烷、1，1-二氯乙烯、顺式-1，2-二氯乙烯、反式-1，2-二氯乙烯、二氯甲烷、1，2-二氯丙烷、1，1，1，2-四氯乙烷、1，1，2，2-四氯乙烷、四氯乙烯、1，1，1-三氯乙烷、1，1，2-三氯乙烷、三氯乙烯、1，2，3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1，2-二氯苯、1，4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间、对-二甲苯、邻二甲苯，硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、蒽、二苯并(a, h)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)芘、萘；

3、7 号点位监测 47 项：pH、含盐量、砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍、六六六、滴滴涕，四氯化碳、氯仿、氯甲烷、1，1-二氯乙烷、1，2-二氯乙烷、1，1-二氯乙烯、顺式-1，2-二氯乙烯、反式-1，2-二氯乙烯、二氯甲烷、1，2-二氯丙烷、1，1，1，2-四氯乙烷、1，1，2，2-四氯乙烷、四氯乙烯、1，1，1-三氯乙烷、1，1，2-三氯乙烷、三氯乙烯、1，2，3-三氯丙烷、氯乙烯、苯、氯苯、1，2-二氯苯、1，4-二氯苯、乙苯、苯乙烯、甲苯、间、对-二甲苯、邻二甲苯，硝基苯、苯胺、2-氯酚、苯并(a)蒽、苯并(a)芘、苯并(b)荧蒽、苯并(k)荧蒽、蒽、二苯并(a, h)蒽、茚并(1, 2, 3-cd)芘、萘；

2、4、5、6 号点位监测 13 项：pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌、六六六、滴滴涕、苯并芘、含盐量。

c) 监测时间和频率

一期监测，监测 1 次。

d) 监测分析方法

按《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)和《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)规定的方法进行监测。

8.3.7 电磁辐射监测

a) 监测项目

监测项目包括：工频电场强度、工频磁感应强度。

b) 监测方法

工频电磁场测量按照《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ681-2013)执行。

c) 监测点位布设

监测点位包括开关站、主变洞及电缆线路。

监测点位布设见下表。

表 8.3.7-1 监测点位一览表

序号	监测点名称	监测项目	监测时间
1	开关站东南侧厂界	工频电场强度、工频磁感应强度	竣工环境保护验收时监测 1 次
2	开关站西南侧厂界		
3	开关站西北侧厂界		
4	开关站东北侧厂界		
5	主变洞上方		
6	电缆平洞上方		

8.4 环境保护验收

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。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。结合表 8.4-1 分阶段环境保护工程实施要求奔子栏水电站环

境保护工程验收计划如下：

分阶段环境保护工程实施要求，

a) 蓄水期阶段环境保护工程验收

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、垃圾收集和清运处理情况验收等。

b) 工程竣工环境保护工程验收

主要是工程竣工后的环境保护工程验收，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》有关规定实施，验收内容包括工程各阶段各项环境保护设施，如污水处理系统和监测、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。

表 8.4-1 “三同时”主要环境保护措施验收一览表

阶段	环境要素	环保措施		验收内容及重点	验收要求
施工期	水环境	生态流量	初期蓄水期生态流量泄放措施	生态泄放设施设计、建设和运行、监管情况	满足设计要求，能够正常运行
			生态流量在线监测系统		
		生产废水	砂石废水处理	废水处理设施设计、建设情况，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，处理回用不排放
			混凝土拌和系统废水处理		
			含油废水处理		
		生活污水	各施工营地生活污水处理，生态厕所	污水处理设施设计、建设情况，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，综合利用不排放
	库底清理	按照《水电工程水库淹没处理规划设计规范》进行库底清理	设计方案以及实施情况	满足规范要求	
水生生态	栖息地保护		栖息地保护工程设计、实施情况	满足设计要求	

表 8.4-1 (续)

		过鱼设施	过鱼设施设计、建设运行情况	满足设计要求，能够正常投运
		增殖放流	增殖放流站设计、建设运行情况	满足设计要求，能够正常开展
		相关科研	蓄水前相关工程需要做的科研	科研满足设计要求
	陆生生态	珍稀植物移栽	移栽落实情况	满足设计要求
		珍稀植物就地保护	就地保护措施落实情况	满足设计要求
		野生动物救护站	保护措施实施情况	满足设计要求
		野生动物扩散通道建设、饮水点	保护措施实施情况	满足设计要求
		施工期管理	管理措施实施情况	对陆生动植物不产生明显影响
	环境空气	砂石系统全封闭措施	保护措施实施情况	满足区域环境功能要求
		洒水降尘、公路养护、车辆清洗	同上	同上
		布袋除尘	同上	同上
		车辆冲洗系统、水雾喷淋系统、防水布遮盖料仓	同上	同上
		遮盖、压实	同上	同上
	施工期	砂石系统全封闭措施	同上	同上
		道路限速禁鸣	同上	同上
		敏感居民点防噪措施	同上	同上
		垃圾分类收集、运至垃圾填埋场填埋处理，弃渣集中堆放在弃渣场	弃渣堆放情况；垃圾箱、垃圾池设置情况，垃圾外运处置情况	固体废物得到有效处置
		表土剥离堆存	表土堆存场实施情况	满足表土剥离要求
		施工期各项环境监测	保护措施实施情况	完成监测
	运行期	厂房生活污水处理	污水处理设施、影响调查及运行情况	处理后用于绿化
		生态流量下泄措施、监控系统	保护措施实施情况	满足设计要求
		施工迹地恢复	植被恢复效果	满足水保方案和本报告植被恢复要求
		人工增殖放流	增殖放流措施实施情况、鱼类增殖放流效果评估	满足设计要求
		过鱼设施	运行情况、过鱼效果评估	满足上游鱼类基因交流需求
		栖息地保护	保护措施落实情况	满足设计要求
		生态调度	措施实施情况及效果	满足设计要求
		相关科研	相关工程需要做的科研	满足设计要求

表 8.4-1（续）

	固体废物	生活垃圾外运处理	垃圾箱、垃圾池设置情况， 垃圾外运日出管理	按环评要求实施
	环境监测	运行期各项环境监测	保护措施实施情况	完成监测
	移民安置	生活污水处理	污水处理设施建设、运行情况	回用去向落实
		生活垃圾外运处理	垃圾收集设施以及外运情况	无害化处理

8.5 环境影响后评价

为进一步落实本报告及环评批复相关要求，明确工程建设运行对环境带来的实际环境影响，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。后评价工作主要研究项目开发带来的主要环境问题，对项目建设运行过程中实际产生的环境影响进行分析，对项目采取的生态保护措施、污染防治措施和风险防范措施的有效性进行跟踪监测和验证评价，针对性总结经验教训，提出合理有效的补救方案、改进措施，进一步减缓工程运行对环境带来的不利影响，为水电开发和环境保护协调发展提供科学的理论依据。

环境影响后评价主要包括：

(1) 工程建设回顾：调查流域水电开发情况、工程建设与运行情况；调查工程方案、调度方案、施工布置方案、移民安置方案是否发生变更及相应技术和审批文件；调查工程规划、设计、建设、验收、运行管理等各阶段环保工作情况。说明环境影响评价文件、环境保护设计文件及其批复和环保措施变更及最终实施情况。

(2) 评价区域环境状况调查：对水环境、水生生态环境、陆生生态环境现状情况进行调查分析。

(3) 环境影响评价：从水文情势影响、地表水环境影响、水生生态环境影响、陆生生态环境影响等方面开展环境影响评价，并对环评阶段环境影响预测成果进行验证。

(4) 环境保护措施效果评价：对水文情势保护措施、地表水环境保护措施、水生生态保护措施、陆生生态保护措施等进行调查、分析和评价。

(5) 提出环境保护措施存在的问题及改进建议：根据工程采取的各项环境保护措施实施情况及效果情况，针对存在的问题，提出需要采取的环境保护改进措施和管理建议。

9 环境保护投资概算及环境经济损益分析

9.1 环境保护投资概算

9.1.1 编制说明

9.1.1.1 编制依据

- a) 国家能源局 2014 年第 4 号公告发布的《水电工程投资估算编制规定》；
- b) 水电总院、可再生能源定额站联合颁布的可再生能源定额〔2014〕54 号“关于颁布《水电工程设计概算编制规定(2013 年版)》、《水电工程费用构成及概(估)算费用标准(2013 年版)》；
- c) 《水电工程环境保护专项投资编制细则》(NB/T35033-2014)。

9.1.1.2 编制原则

- a) 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；
- b) 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；
- c) 主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致。

9.1.2 费用构成

工程环境保护投资概算按措施内容划分，包括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、陆生生态保护工程费用、水生生态保护工程费用、固体废物处置工程费用、人群健康保护费用、环境监测费用、环境保护科研费用等。按照项目划分，分为枢纽建筑物、建设征地移民安置、独立费用等部分。

9.1.3 费用概算

9.1.3.1 环境保护投资总费用

奔子栏水电站环境保护投资费用概算见表 9.1.3-1，总投资费用 183813.47 万元，占工程静态总投资 6.53%。其中枢纽建筑工程环保投资 133259.28 万元，建设征地移民安置环境保护投资 2079.06 万元，其中枢纽工程与移民安置环境保护工程投资占工程静态投资的 4.81%。独立费用 31764.81 万元，基本预备费 16710.47 万元。

表 9.1.3-1 奔子栏水电站环境保护投资费用概算表

序号	项目	含税费用 (万元)	建筑及安 装工程费 (万元)	税费(万 元)	设备购置 费(万元)	税费 (万元)	备注
第一部分：枢纽工程区		133259.28					
一	水环境保护	27413.25	72940.04	4636.03	6983.07	907.80	
1	施工期生产废水						
1.1	砂石废水处理	14442.35	11071.05	726.80	2340.27	304.23	
1.2	机修含油废水处理	619.38	454.96	29.82	119.12	15.48	
1.3	混凝土拌合废水处理	377.99	203.46	14.03	142.04	18.46	
1.5	洞室排水处理	2680.41	1903.41	141.72	562.19	73.08	
1.6	基坑排水处理	120.78	90.66	5.61	21.68	2.82	
2	施工期生活污水						
2.1	生活污水处理	4501.15	2171.59	162.06	1918.14	249.36	
2.2	施工期粪污（移动厕所）	111.20	76.57	4.63	26.55	3.45	
3	水温减缓措施						
3.1	前置挡墙	4000	3669.72	330.28	0.00	0.00	
4	运行期水环境保护						
4.1	库区水质保护	200	183.49	16.51	0.00	0.00	
4.2	生态流量监控设施	260	0	0	230.09	29.91	
4.3	运行期厂房生活污水处理系统	100	0	0	88.50	11.50	
二	陆生生态	2271.2					
1	宣传、预防措施	61.2	57.74	3.46	0	0	
2	陆生植物保护措施	850	801.89	48.11	0	0	
3	陆生动物保护措施	1360	1283.02	76.98	0	0	
三	水生生态	42465.91					
1	施工期保护	120	113.21	6.79	0	0	
2	栖息地保护	19513.47	18408.94	1104.54	0	0	
3	过鱼措施	19133	18050.00	1083.00	0	0	
4	鱼类增殖放流	3619.44	3414.57	204.87	0	0	
5	渔政管理	80	75.47	4.53	0	0	
四	环境空气	1484.7					
1	道路洒水、清扫	798.2	455.85	27.35	278.76	36.24	
2	施工区降尘措施	686.5	135.85	8.15	480.09	62.41	
五	声环境	633					
1	砂石加工系统强噪声车间封闭 隔声材料	100	0	0	88.50	11.50	
2	混凝土生产系统噪声防治措施	130	0	0	115.04	14.96	
3	施工工厂噪声源隔声封闭措施	131	0	0	115.93	15.07	
4	交通噪声防治措施	172	0	0	152.21	19.79	
5	个人防护劳保用品	100	0	0	88.50	11.50	
六	固体废物	1353.5					
1	生活垃圾处理	1034.5	911.32	54.68	60.62	7.88	

表 9.1.3-1 (续)

2	危险废物处理	264	135.85	8.15	106.19	13.81	
3	坝前漂浮物处理	55	0.00	0.00	48.67	6.33	
七	人群健康	130					
1	施工作业区卫生清理	50	47.17	2.83	0	0	
2	宣传教育	30	28.30	1.70	0	0	
3	施工区医疗机构	50	47.17	2.83	0	0	
八	环境监测	4497.72					
1	环境质量监测	2780.72	2623.32	157.40	0	0	
3	陆生生态调查监测	307	289.62	17.38	0	0	
4	水生生态调查监测	1210	1141.51	68.49	0	0	
5	环境监测信息管理系统	200	188.68	11.32	0	0	
九	重大科研	53010					
1	水环境重大科研	5200	4905.66	312.00	0.00	0.00	
2	水生生态重大科研	25600	24150.94	1449.06	0	0	
3	陆生生态重大科研	18850	17783.02	1066.98	0	0	
4	环境管理重大科研	3360	3169.81	190.19	0	0	
第二部分：移民安置及专项复建		2079.06					
一	四川侧	1044.10					
二	云南侧	1034.96					
第一部分、第二部分合计		135338.34					
第三部分：独立费用		31764.81					
1	项目建设管理费	11407.52					
1.1	工程建设管理费	3721.80					第一、第二部分总和的 2.75%
1.2	环境监理费	3000					
1.3	咨询服务费	1800.00					第一、第二部分总和的 1.33%
1.4	项目技术评估审查费	676.69					第一、第二部分总和的 0.5%
1.5	环保措施专项验收费	600.00					
2.5	项目环境影响后评价	1000.00					
3.5	工程保险费	609.02					第一、第二部分总和的 0.45%
2	科研勘察设计费	20357.29					
2.1	施工科研试验费	676.69					第一部分×0.5%
2.2	环评报告书及专题报告编制	2800					
2.3	勘测设计费	16240.60					第一、第二部分总和的 12%
2.4	蓄水、竣工环保验收评估费	640					
基本预备费		16710.32					(第一部分~第三部分) ×10%
环境保护静态总投资		183813.47					

9.1.3.2 水环境保护措施投资费用概算

水环境保护工程费用包括工程废污水处理设施费、运行费，以及水温减缓措施、生态流量泄放设施在线监测系统等，总计 27253.25 万元。

表 9.1.3-2 水环境保护措施投资概算表

单位：万元

序号	项目	土建费用	设备	安装调试	运行费	合计
一	施工期					
1	生产废水					
1.1	砂石废水	1323.13	2644.50	949.13	9525.60	14442.35
1.2	机修含油废水	24.43	134.60	67.23	393.12	619.38
1.3	混凝土拌合废水	25.71	160.50	40.58	151.20	377.99
1.4	洞室排水处理	904.40	635.27	95.29	1045.44	2680.41
1.5	基坑排水	0.00	24.50	6.28	90.00	120.78
2	生活污水					
2.1	营地生活污水	780.42	2167.50	373.88	1179.36	4501.15
2.2	施工期粪污(移动厕所)	0.00	30.00	1.20	80.00	111.20
3	水温减缓措施					
3.1	改进型前置挡墙	4000.00	0.00	0.00	0.00	4000.00
二	运行期					
4.1	库区水质保护(含打捞船)	0	0.00	0.00	200.00	200.00
4.2	生态流量监控	0.00	100.00	0.00	0.00	100.00
4.3	运行期厂房生活污水处理系统	0.00	20.00	0.00	0.00	20.00
	合计	7058.09	5996.87	1533.57	12664.72	27253.25

表 9.1.3-3 砂石加工生产废水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	主体工程砂石加工系统(700 m ³ /h)					1813.90	677.48	7408.80	10658.41
1	卧式渣浆泵	台	3	150000	-	45.00	11.25	-	56.25
2	污水搅拌器	台	2	100000	-	20.00	5.00	-	25.00
3	卧式渣浆泵	台	2	230000	-	46.00	11.50	-	57.50
4	浓密机	台	2	1780000	-	356.00	89.00	-	445.00
5	混凝沉淀一体化设备	台	2	1400000		280.00	70.00		350.00
6	出泥渣浆泵	台	3	185000	-	55.50	13.88	-	69.38
7	底泥冲洗系统	套	2	20000	-	4.00	1.00	-	5.00
8	自动加药系统	套	2	150000	-	30.00	7.50	-	37.50
9	自动控制系统	套	2	200000	-	40.00	10.00	-	50.00
10	进料渣浆泵	台	2	900000	-	180.00	45.00	-	225.00
11	清水泵	台	2	360000	-	72.00	18.00	-	90.00
12	隔膜压滤机	台	2	2650000	-	530.00	132.50	-	662.50
13	压滤机供气系统	套	1	50000	-	5.00	1.25	-	6.25
14	水平带式输送机	台	2	144000	-	28.80	7.20	-	36.00
15	倾斜式带式输送机	台	2	80000	-	16.00	4.00	-	20.00
16	超声波液位计	台	2	8000	-	1.60	0.40	-	2.00
17	进水电磁流量计	台	1	40000	-	4.00	1.00	-	5.00
18	pH 在线监测设备	套	1	100000	-	10.00	2.50	-	12.50
19	SS 在线监测设备	套	1	100000	-	10.00	2.50	-	12.50
20	电气照明自控材料	批	1	800000	-	80.00	64.00	-	144.00
21	废水处理器材	批	1	1800000	-	-	180.00	-	180.00
土建									
1	废水收集池	m ³	714	1800	128.52	-	-	-	128.52
2	应急事故池	m ³	726	1800	130.68	-	-	-	130.68
3	加药间及脱水机房	m ³	624	6000	374.40	-	-	-	374.40
4	清水池	m ³	692.4	1800	124.63				124.63
运维									
1	设施运行与维护	月	90	823200	-	-	-	7408.80	7408.80
二	前期导流及岸坡工程砂石加工系统(200m ³ /h)				-	830.60	271.65	2116.80	3783.94
1	液下渣浆泵	台	2	65000	-	13.00	3.25	-	16.25
2	污水搅拌器	台	1	45000	-	4.50	1.13	-	5.63
3	中心传动自动提耙 高效浓缩机	台	2	800000	-	160.00	40.00	-	200.00
4	混凝沉淀一体化设备	台	2	1000000		200.00	50.00	-	250.00
5	渣浆泵	台	2	200000	-	40.00	10.00	-	50.00

表 9.1.3-3(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
6	自动加药系统	套	1	185000	-	18.50	4.63	-	23.13
7	自动控制系统	套	1	80000	-	8.00	2.00	-	10.00
8	清水泵	台	2	150000	-	30.00	7.50	-	37.50
9	隔膜压滤机	台	2	1200000	-	240.00	60.00	-	300.00
10	压滤机供气系统	套	1	120000	-	12.00	3.00	-	15.00
11	水平带式输送机	台	2	80000	-	16.00	4.00	-	20.00
12	倾斜式带式输送机	台	2	65000	-	13.00	3.25	-	16.25
13	超声波液位计	台	2	8000	-	1.60	0.40	-	2.00
14	进水电磁流量计	台	1	40000	-	4.00	1.00	-	5.00
15	pH 在线监测设备	套	1	100000	-	10.00	2.50	-	12.50
16	SS 在线监测设备	套	1	100000	-	10.00	2.50	-	12.50
17	电气照明自控材料	批	1	500000	-	50.00	12.50	-	62.50
18	废水处理器材	批	1	800000	-	-	64.00	-	64.00
三	土建							-	
1	废水收集池	m ³	439	1800	79.02	-	-	-	79.02
2	应急事故池	m ³	594	1800	106.92	-	-	-	106.92
3	加药间及脱水机房	m ²	550.2	6000	330.12	-	-	-	330.12
4	清水池	m ³	271.3	1800	48.83				48.83
四	运维								
1	设施运行与维护	月	90	235200	-	-	-	2116.80	2116.80
五	合计								14442.35

表 9.1.3-4 机修含油废水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	修配系统废水处理系统(20m ³ /h)1 套								
1	主要设备					76.00	36.20	-	112.20
1.1	回用水提升泵 3.5kW	台	2	50000	-	10.00	2.50	-	12.50
1.2	污水提升泵 3.5kW	台	2	50000	-	10.00	2.50	-	12.50
1.3	气浮机	台	1	400000	-	40.00	10.00	-	50.00
1.4	加药装置	台	1	120000	-	12.00	3.00	-	15.00
1.5	电控系统	批	1	40000	-	4.00	3.20	-	7.20
1.6	管道管件阀门	批	1	150000	-	-	15.00	-	15.00
2	土建								17.53
2.1	隔油池	m ³	17.34	1800	3.12	-	-	-	3.12
2.2	清水池	m ³	49.5	1800	8.91	-	-	-	8.91

表 9.1.3-4(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
2.3	设备间	m ²	13.75	4000	5.50	-	-	-	5.50
3	运维								211.68
3.1	设施运行与维护	月	90	23520				211.68	211.68
二	修配系统废水处理系统(12m ³ /h)1 套								
1	主要设备					58.60	31.03		89.63
1.1	回用水提升泵 1.1kW	台	2	40000	-	8.00	2.00	-	10.00
1.2	污水提升泵 1.1kW	台	2	40000	-	8.00	2.00	-	10.00
1.3	气浮机	台	1	300000	-	30.00	7.50	-	37.50
1.4	加药装置	台	1	90000	-	9.00	2.25	-	11.25
1.5	电控系统	批	1	36000	-	3.60	2.88	-	6.48
1.6	管道管件阀门	批	1	144000	-	-	14.40	-	14.40
2	土建								6.90
2.1	隔油池	m ³	10.336	1800	1.86	-	-	-	1.86
2.2	清水池	m ³	10.659	1800	1.92	-	-	-	1.92
2.3	设备间	m ²	7.8	4000	3.12	-	-	-	3.12
3	运维								181.44
3.1	设施运行与维护	月	90	20160				181.44	181.44
四	合计								619.38

表 9.1.3-5 混凝土系统废水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	砼拌合系统冲洗废水处理系统					160.50	40.58	-	201.08
1	加药组合装置	套	2	150000	-	30.00	4.50	-	34.50
2	砂石分离器	套	2	100000		20.00	3.00		23.00
3	混凝沉淀一体化设备	台	2	200000		40.00	6.00		46.00
4	三级沉淀池	个	2	100000		20.00	3.00		23.00
5	污水泵	台	4	18750	-	7.50	1.13	-	8.63
6	清水泵	台	4	11250	-	4.50	0.68	-	5.18
7	进水电磁流量计	个	2	40000	-	8.00	1.20	-	9.20
8	pH 在线监测设备	套	2	9350	-	1.87	0.28	-	2.15

表 9.1.3-5(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
9	SS 在线监测设备	套	2	33150	-	6.63	0.99	-	7.62
10	超声波液位监测设备	套	4	30000	-	12.00	1.80	-	13.80
11	电控系统	批	2	50000	-	10.00	8.00	-	18.00
12	管道管件阀门	批	2	50000	-	-	10.00	-	10.00
二	土建								25.71
1	清水池	m ³	21.6	1800	3.89	-	-	-	3.89
2	污泥池	m ³	35.7	1800	6.43	-	-	-	6.43
3	加药间	m ²	38.5	4000	15.40	-	-	-	15.40
三	运维								151.20
1	设施运行与维护	月	90	16800				151.20	151.20
三	合计								377.99

表 9.1.3-6 洞室排水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	洞室废水处理系统-20m ³ /h(2 处)					286.40	42.96		329.36
1	回转式格栅除污机 渠宽=1000mm, 栅隙 b=5mm, $\alpha=70^\circ$, N=0.55kW	台	2	65000	-	13.00	1.95	-	14.95
2	排泥泵 ZJQ 潜水渣浆泵, Q=20m ³ /h, H=12m, N=2.2kW	台	4	18000	-	7.20	1.08	-	8.28
3	污水提升泵 ZJL 系列渣浆泵 Q=20m ³ /h, H=20m, N=2.5kW	台	4	20000	-	8.00	1.20	-	9.20
4	污泥池排泥泵 ZJQ 潜水渣浆泵, Q=20m ³ /h, H=12m, N=2.2kW	台	4	18000	-	7.20	1.08	-	8.28
5	清水提升泵 潜水排污泵, Q=20m ³ /h, H=25m, N=4.0kW	台	4	7500	-	3.00	0.45	-	3.45
6	潜水搅拌机 叶轮直径 620mm, N=5kW	台	2	120000	-	24.00	3.60	-	27.60
7	转鼓过滤器 20m ³ /h	台	2	50000	-	10.00	1.50	-	11.50
8	超声波液位计	个	6	25000	-	15.00	2.25	-	17.25
9	进水电磁流量计 流量范围: 0.00- 20m ³ /h, 介质: 泥水	个	2	5000	-	1.00	0.15	-	1.15
10	pH 在线监测设备	套	2	45000	-	9.00	1.35	-	10.35
11	浊度计	套	2	45000	-	9.00	1.35	-	10.35
12	电控系统	批	2	200000	-	40.00	6.00	-	46.00
13	管件阀门(洞室废水出水口至处理站的管道及 构筑物之间连接管道、阀门、埋件等)	批	2	100000	-	20.00	3.00	-	23.00
14	混凝沉淀一体化设备(混凝沉淀一体化设备处 理能力 20m ³ /h, N=7kW)	套	2	300000	-	60.00	9.00	-	69.00

表 9.1.3-6(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
15	板框压滤机(滤室容积 1050L、过滤面积 70m ² ，压力 0.8MPa,N=3+0.75kW 配套清洗泵和加药设施)	套	2	300000	-	60.00	9.00	-	69.00
二	50m ³ /h 洞室废水处理系统(1 处)					268.87	40.33		309.21
1	回转式格栅除污机 渠宽=1000mm，栅隙 b=5mm， $\alpha=70^\circ$ ，N=0.55kW	台	1	65000	-	6.50	0.98	-	7.48
2	排泥泵 ZJQ 潜水渣浆泵，Q=50m ³ /h，H=12m，N=2.2kW	台	2	11375	-	2.28	0.34	-	2.62
3	污水提升泵 Q=50m ³ /h，H=20m，N=4.0kW	台	2	29120	-	5.82	0.87	-	6.70
4	污泥池排泥泵 ZJQ 潜水渣浆泵，Q=50m ³ /h，H=12m，N=2.2kW	台	2	11375	-	2.28	0.34	-	2.62
5	清水提升泵 潜水排污泵，Q=50m ³ /h，H=25m，N=4.0kW	台	2	7500	-	1.50	0.23	-	1.73
6	潜水搅拌机 叶轮直径 620mm，N=5kW	台	1	120000	-	12.00	1.80	-	13.80
7	转鼓过滤器 50m ³ /h	台	1	50000	-	5.00	0.75	-	5.75
8	超声波液位计	个	2	25000	-	5.00	0.75	-	5.75
9	进水电磁流量计 流量范围：0.00- 50m ³ /h，介质：泥水	个	1	5000	-	0.50	0.08	-	0.58
10	pH 在线监测设备	套	1	45000	-	4.50	0.68	-	5.18
11	浊度计	套	1	45000	-	4.50	0.68	-	5.18
12	电控系统	批	1	400000	-	40.00	6.00	-	46.00
13	管件阀门(洞室废水出水口至处理站的管道及构筑物之间连接管道、阀门、埋件等)	批	1	250000	-	25.00	3.75	-	28.75

表 9.1.3-6(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装 调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
14	混凝沉淀一体化设备 处理能力 30m³/h, N=7kW	套	2	520000.00	-	104.00	15.60	-	119.60
15	板框压滤机(滤室容积 1050L、过滤面积 70m², 压力 0.8MPa,N=3+0.75kW)	套	1	500000	-	50.00	7.50	-	57.50
三	10m³/h 洞室废水处理(阿洛贡排水洞)								
1	三级沉淀池	个	4	200000		80.00	12.00		92.00
三	土建								904.40
1	组合池	m³	2200	1800	396.00	-	-	-	396.00
2	设备间	m²	396	4000	158.40	-	-	-	158.40
3	场地平整	项	7	500000	350.00	-	-	-	350.00
四	运维							1045.44	1045.44
1	1#洞室排水系统(①+②导流隧洞)	月	24	100800	-	-	-	241.92	241.92
2	2#洞室排水系统(阿洛共沟排水洞)	月	24	10800	-	-	-	25.92	25.92
3	3#洞室排水系统(甲学沟排水洞)	月	24	10800	-	-	-	25.92	25.92
4	4#洞室排水系统(1#隧道)	月	60	40320	-	-	-	241.92	241.92
5	5#洞室排水系统(2#隧道)	月	60	40320	-	-	-	241.92	241.92
6	6#洞室排水系统(14#隧道)	月	60	40320	-	-	-	241.92	241.92
7	7#洞室排水系统(14#隧道)	月	24	10800				25.92	25.92
五	合计								2680.41

表 9.1.3-7 基坑排水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	基坑排水					24.50	6.28	-	30.78
1	加药装置	套	2	50000	-	10.00	1.50	-	11.50
2	清水泵 3.5kW	台	4	26250	-	10.50	1.58	-	12.08
3	电气设备	套	2	20000	-	4.00	3.20	-	7.20
二	运维								90.00
1	设施运行与维护	月	90	10000				90.00	90.00
三	合计								120.78

表 9.1.3-8 生活污水处理系统投资表

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
一	①施工营地生活区污水处理系统(650m ³ /d)					969.80	184.47	-	1154.27
1	一体化设备 11m ³ /h	台	4	2250000	-	900.00	135.00	-	1035.00
2	方形铸铁镶铜闸门 400*400	台	1	6000	-	0.60	0.09	-	0.69
3	提篮格栅 800X500X1000	套	1	32000	-	3.20	0.48	-	3.68
4	潜污泵 Q=85m ³ /h,H=25m, N=11kw	台	4	15000	-	6.00	0.90	-	6.90
5	管件阀门(进出水管道及构筑物之间连接管道、 阀门、埋件等)	批	1	300000	-	30.00	24.00	-	54.00
6	电控系统	批	1	300000	-	30.00	24.00	-	54.00
二	②施工营地生活区污水处理系统(360m ³ /d)					338.30	60.50	-	398.80
1	一体化设备 7.5m ³ /h	台	2	1500000	-	300.00	45.00	-	345.00

表 9.1.3-8(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
2	方形铸铁镶铜闸门 400*400	台	1	6000	-	0.60	0.09	-	0.69
3	提篮格栅 800X500X1000	套	1	45000	-	4.50	0.68	-	5.18
4	潜污泵 Q=45m³/h,H=20m, N= 4kw	台	4	8000	-	3.20	0.48	-	3.68
5	管件阀门(进出水管道及构筑物之间连接管道、 阀门、埋件等)	批	1	150000	-	15.00	12.00	-	27.00
6	电控系统	批	1	150000	-	15.00	2.25	-	17.25
三	③施工营地生活区污水处理系统(550m³/d)					859.40	128.91	-	988.31
1	一体化设备 9m³/h	台	4	2000000	-	800.00	120.00	-	920.00
2	方形铸铁镶铜闸门 400*400	台	1	6000	-	0.60	0.09	-	0.69
3	提篮格栅 800X500X1000	套	1	40000	-	4.00	0.60	-	4.60
4	潜污泵 Q=70m³/h,H=22m, N=11kw	台	4	12000	-	4.80	0.72	-	5.52
5	管件阀门(进出水管道及构筑物之间连接管道、 阀门、埋件等)	批	1	250000	-	25.00	3.75	-	28.75
6	电控系统	批	1	250000	-	25.00	3.75	-	28.75
四	土建								780.42
1	预处理池	m³	1840	1800	331.20	-	-	-	331.20
2	加药间及中控值班室	m²	96	4000	38.40	-	-	-	38.40
3	一体化设备基础	m³	178.4	2400	42.82	-	-	-	42.82
4	清水池	m³	920	4000	368.00	-	-	-	368.00
五	运维								1179.36

表 9.1.3-8(续)

序号	项 目	单位	工程量	单价 (元)	土建 费用 (万元)	设备 (万元)	安装调试 (万元)	运行 (万元)	合 计
1	设施运行与维护	月	90	131040				1179.36	1179.36
六	小计								4501.15
七	施工期粪污								
1	移动厕所	座	12	25000		30.00			30.00
2	设备安装费	项	1	12000			1.20		1.20
3	运行费	年	8	100000				80.00	80.00
					0.00	30.00	1.20	80.00	111.20
总合计					780.42	2197.50	375.08	1259.36	4612.35

9.1.3.3 生态保护投资费用

a) 陆生生态

陆生生态保护费用包括宣传、预防措施、陆生植物保护措施、陆生动物保护措施、科学研究。奔子栏水电站陆生生态保护费共计 2271.2 万元。

表 9.1.3-9 陆生生态保护投资概算表

序号	措施	单位	单价(元)	数量	总计	备注
					(万元)	
一	宣传、预防措施				61.2	
1	施工人员培训	次	20000	20	40	
2	周边群众生态保护	次	20000	10	20	
	宣传					
3	宣传标识牌	个	600	20	1.2	
二	陆生植物保护措施				650	
1	珍稀植物移栽	项	100000	8	80	
2	珍稀植物就地保护	项	50000	2	10	
3	种质资源收集保存费	项	3600000	1	360	
4	植被恢复及景观恢复	项	4000000	1	400	结合水土保持
三	陆生动物保护措施				1160	
1	施工区施工前和水库蓄水前动物搜救	项	1000000	1	100	
2	野生动物救护站	项	9600000	1	960	含工作人员工资(以 10 年计)
3	野生动物扩散通道建设	项	2000000	1	200	
4	动物饮水台	座	500000	2	100	
合计					2271.2	

b) 水生生态

奔子栏水电站水生生态保护包括施工期保护、栖息地保护、过鱼措施、鱼类增殖放流、生态调度、渔政管理等，水生态保护总投资 42465.91 万元，具体见表 9.1.3-10。

表 9.1.3-10 水生生态环境保护措施投资概算表

序号	措施	单位	单价(元)	数量	总计	备注
					(万元)	
一	施工期保护	项			120	
1	宣传教育	次	100000	10	100	
2	生态环境保护手册	册	50	3000	15	
3	水生态警示牌	个	5000	10	5	
二	栖息地保护	项	195134733.3	1	19513.47	

表 9.1.3-10(续)

序号	措施	单位	单价(元)	数量	总计	备注
					(万元)	
1	连通性改善工程	项	28743107.25	1	2874.31	包含支流连通性恢复 (含丹达曲电站连通性 恢复)
1)	鱼根水电站拆除	项	14089340.75	1	1408.93	
2)	丹达河电站围堰拆除	项	3151926.25	1	315.19	
3)	老丹达河电站拆除	项	11501840.25	1	1150.18	
2	生境修复	项	56391626	1	5639.16	定曲、丹达曲
3	生态补偿、管理费	项	40000000	1	4000	巴塘、乡城、德钦、 芒康四县
4	栖息地监测保护信息管理系统	项	70000000	1	7000	包含定曲、丹达曲监 测保护信息管理系统 建设
三	过鱼措施	项	191330000	1	19133	
四	鱼类增殖放流	项	36194400	1	3619.44	
五	渔政管理	项	800000	1	80	
合计					42465.91	

1) 鱼类增殖放流站工程投资

奔子栏水电站鱼类增殖放流站工程投资共计 4957.23 万元，详见下表。

表 9.1.3-11 奔子栏水电站鱼类增殖放流站投资汇总表

编号	项目名称	投资(万元)	占总投资比例(%)
I	枢纽工程		
一	施工辅助工程	67.29	1.36%
二	建筑工程	2842.01	57.33%
三	环境保护和水土保持专项工程	20.00	0.40%
四	机电设备及安装工程	690.14	13.92%
五	金属结构设备及安装工程		
	一至五合计	3619.44	73.01%
II	建设征地和移民安置补偿费用	0.00	0.00%
一	水库淹没影响区补偿费用		
二	枢纽工程建设区补偿费用	0.00	0.00%
III	独立费	887.14	17.90%
	I、II、III部分合计	4506.57	90.91%
IV	基本预备费(10%)	450.66	9.09%
	工程静态投资(I~IV部分合计)	4957.23	100.00%
V	价差预备费		
VI	建设期利息		
	工程总投资(I~VI部分合计)	4957.23	100.00%

表 9.1.3-12 奔子栏水电站鱼类增殖放流站工程建设概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价 (元)	合计 (万元)
	第一部分 施工辅助工程				67.29
1	施工供电	项	1	100000	10
2	施工供水	项	1	50000	5
3	施工通信	项	1	20000	2
4	施工及建设管理房屋建筑工程	%	1.1	35521497.5	39.07
5	其它施工辅助工程	%	20	560736.47	11.21
	第二部分 建筑工程				2482.01
一	场平及总图工程				116.35
1	土石方开挖	m ³	3170	5.00	1.58
2	土石方填筑(压实系数 0.94)	m ³	951	20.00	1.90
3	土石方外运(运距 2km)	m ³	2219	20.00	4.44
5	厂区内部道路	m ²	1362	450.00	61.29
6	C25 现浇混凝土排水沟	m	200	450.00	9.00
7	景观绿化	m ²	3178	120.00	38.14
二	建筑物				950.85
3	亲鱼培育车间(1F, 钢筋混凝土框架结构, 桩基础, 桩长约 12m)	m ²	460	4500.00	207.00
4	催产孵化车间(1F, 钢筋混凝土框架结构, 桩基础, 桩长约 12m)	m ²	460	4500.00	207.00
5	育苗培育车间(1F, 钢筋混凝土框架结构, 桩基础, 桩长约 12m)	m ²	551	4500.00	247.95
6	鱼苗培育车间(1F, 钢筋混凝土框架结构, 桩基础, 桩长约 12m)	m ²	642	4500.00	288.90
三	构筑物				1674.81
1	水源工程(流量 400m ³ /h, 扬程 80m)	项	1		1509.00
1.1	泵站 400m ³ /h	座	1	5000000.00	500.00
1.2	输水管线 DN500 钢管	m	4036	2500.00	1009.00
3	750m ³ 蓄水池 1 座(22m×16m×3.5m)	m ³	1232	1200.00	147.84
4	催产池 2 座(1.5m*1.5m*1.3m)	m ³	6	2000.00	1.17
5	亲鱼培育池 24 个(2m*2m*1.5m)	m ³	84	2000.00	16.80
四	厂区供排水工程	项	1	1000000.00	100.00
	第三部分 工程其他费用				20.00
1	环境保护专项工程	项	1	100000	10
2	水土保持专项工程	项	1	100000	10
工程部分总概算					2569.30

表 9.1.3-13 奔子栏水电站鱼类增殖放流站机电设备及安装工程投资估算表

编号	名称及规格	单位	数量	单价(元)		合计(万元)	
				设备费	安装费	设备费	安装费
一	养殖工艺设备					309.91	80.97
1	循环水设备					242.31	69.69
1.1	转盘式微孔过滤器	台	3	100000	20000	30.00	6.00
1.2	湿式生物球过滤器	台	6	69231	20769	41.54	12.46
1.3	自动雨淋曝气式生物球过滤器	套	3	65385	19615	19.62	5.88
1.4	紫外线处理设备	台	3	103846	31154	31.15	9.35
1.5	罗茨鼓风机	台	6	20000	6000	12.00	3.60
1.6	增氧系统	套	3	15385	4615	4.62	1.38
1.7	一次回水泵	台	6	5000	1500	3.00	0.90
1.8	二次回水泵	台	6	5000	1500	3.00	0.90
1.9	循环水处理系统电气控制系统	套	3	63077	18923	18.92	5.68
1.10	热泵机组	套	6	55769	16731	33.46	10.04
1.11	管道配件	套	3	150000	45000	45.00	13.50
2	孵化桶	个	4	10000	3000	4.00	1.20
3	孵化槽	个	3	4000	1200	1.20	0.36
4	尤先科孵化器	个	4	26000	7800	10.40	3.12
5	开口苗培育缸	个	20	11000	3300	22.00	6.60
二	孵化养殖设备					80.20	24.06
1	玻璃钢孵化槽 2m*0.8m*0.6m	个	3	10000	3000	3.00	0.90
2	尤先科孵化槽 3.3m*0.9m*0.9m	个	4	20000	6000	8.00	2.40
3	圆锥形孵化桶 0.5m*0.5m*1.2m	个	4	4000	1200	1.60	0.48
4	圆形开口苗培养缸 1m*1m*1.2m	个	20	4500	1350	9.00	2.70
5	圆形鱼苗培养缸 1m*1m*1m	个	20	4000	1200	8.00	2.40
6	圆形鱼种培育缸 1.5m*1.5m*1m	个	24	6500	1950	15.60	4.68
7	养殖尾水处理设施(处理能力 99m³/d, 同旭龙共用)	套	1	350000	105000	35.00	10.50
三	给排水系统	项	1	300000	90000	30.00	9.00
四	电气自控系统	项	1	1200000	360000	120.00	36.00
五	实验设施	项	1	300000		30.00	
	合 计					540.11	150.03

表 9.1.3-14 奔子栏水电站鱼类增殖放流站独立费用投资估算表

序号	费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(元)
III	独立费				8871362.34
一	项目建设管理费	项	0		3072195.55
1	工程前期费		0		200156.48

表 9.1.3-14(续)

序号	费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(元)
(1)	前期管理费		0		
(2)	规划费用分摊		0		
(3)	预可行性研究费用		0.65	30793304.34	200156.48
2	工程建设管理费		0		988612.05
(1)	建筑及安装工程费部分		3	30793304.34	923799.13
(2)	工程永久设备费部分		1.2	5401076.92	64812.92
(3)	建设征地移民安置补偿费部分		0.5	0.00	0.00
3	建设征地移民安置补偿管理费		0		0.00
(1)	移民安置规划配合工作费		0.5	0.00	0.00
(2)	实施管理费		3	0.00	0.00
(3)	技术培训费		0.5		0.00
4	工程建设监理费		0		930813.36
(1)	建筑及安装工程费部分		2.9	30793304.34	893005.83
(2)	工程永久设备费部分		0.7	5401076.92	37807.54
5	移民安置监督评估费		0		0.00
(1)	移民综合监理费		2	0.00	0.00
(2)	移民安置独立评估费		0		0.00
6	咨询服务费		0		199875.68
(1)	建筑及安装工程费部分		0.5	30793304.34	153966.52
(2)	工程永久设备费部分		0.85	5401076.92	45909.15
(3)	建设征地移民安置补偿费部分		0.5	0.00	0.00
7	项目技术经济评审费		100		180971.91
(1)	枢纽工程技术经济评审费		0.5	36194381.27	180971.91
(2)	建设征地移民安置技术经济评审费		0	0.00	0.00
8	水电工程质量检查检测费		0.27	30793304.34	83141.92
9	水电工程定额标准编制管理费		0	30793304.34	0.00
10	项目验收费		0		325749.43
(1)	枢纽工程验收费		0.9	36194381.27	325749.43
(2)	建设征地移民安置验收费		0	0.00	0.00
11	工程保险费		0.45	36194381.27	162874.72
二	生产准备费	项	0		216043.08
1	常规水电站生产准备费		4	5401076.92	216043.08
三	科研勘察设计费	项	0		5583123.71
1	施工科研试验费		0.5	30793304.34	153966.52
2	勘察设计的费		15	36194381.27	5429157.19
四	其他税费	项	0		0.00

表 9.1.3-14(续)

序号	费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(元)
1	耕地占用税		0		
2	耕地开垦费		0		
3	森林植被恢复费		0		
4	水土保持补偿费		0		
5	其他		0		

2) 过鱼措施投资

奔子栏水电站过鱼设施投资详见表 9.1.3-15。

表 9.1.3-15 奔子栏水电站过鱼系统工程投资总概算表

编号	工程或费用名称	投资(万元)	占总投资比例(%)
I	枢纽工程	23133.00	85.93
	第一项施工辅助工程	615.69	2.29
	第二项建筑工程	9248.88	34.36
	第三项机电设备及安装工程	7362.39	27.35
	第四项金属结构设备及安装工程	1906.04	7.08
	第五项专项研究	4000.00	14.86
II	建设征地和移民安置补偿费用		0.00
III	独立费用	2505.07	9.31
一	项目建设管理费	1103.65	4.10
二	生产准备费	180.83	0.67
三	科研勘测设计费	1200.59	4.46
四	其他税费	20.00	0.07
	I、II、III部分合计	25638.07	95.24
IV	基本预备费(5%)	1281.90	4.76
	工程静态投资(I~IV部分合计)	26919.97	100.00

表 9.1.3-16 奔子栏水电站过鱼系统工程施工辅助工程概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	第一项施工辅助工程				615.69
一	施工交通工程				159.72
1	公路工程				150.00
	施工道路, 泥结石路面 3.5m	km	0.6	2500000	150.00
2	设施维护与管理	km.月	21.6	4500	9.72
表二	施工及建设管理房屋建筑工程				400.00
1	施工仓库、辅助加工厂	m ²	1000	1000	100.00

表 9.1.3-16(续)

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
2	临时生活设施	m ²	1500	2000	300.00
三	其他施工辅助工程				55.97
1	其他施工辅助工程	%	5597200	10	55.97

表 9.1.3-17 奔子栏水电站过鱼系统工程建筑工程概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	第二项建筑工程				9248.88
一	上游转运码头				870.51
1	石方明挖	m ³	39792	45.63	181.57
2	C20 素混凝土	m ³	312	497.32	15.52
3	C30 结构混凝土	m ³	2129	1097.08	233.61
4	排水沟混凝土	m ³	119	818.13	9.71
5	钢筋制安	t	107	6028.97	64.27
6	锚杆(Φ28, L=6.0m)	根	691	406.09	28.05
7	锚杆(Φ32, L=9.0m)	根	921	777.54	71.63
8	排水孔(D56, L=5m)	根	5113	266.74	136.38
9	C25 喷混凝土(厚 15cm)	m ³	987	976.80	96.38
10	挂网钢筋(A6@0.15m×0.15m)	t	21	6639.85	13.81
11	系船环	个	16	800.00	1.25
12	橡胶护舷	个	122	1500.00	18.33
二	尾水集鱼站				2925.54
1	C35 排架结构混凝土	m ³	1109	1096.21	121.56
2	C30 集鱼槽结构混凝土(重力式结构)	m ³	15932	1097.08	1747.82
3	钢筋制安	t	1704	6028.97	1027.36
4	集鱼休息间, 1 层、层高 3.6m、 建筑面积 36m ² , 框架结构	m ²	72	4000.00	28.8
三	大坝下集鱼站				1069.58
1	C35 排架结构混凝土	m ³	1040	1096.21	114.01
2	C30 集鱼槽结构混凝土(重力式结构)	m ³	5168	1097.08	566.92
3	钢筋制安	t	621	6028.97	374.25
4	集鱼休息间, 1 层、层高 3.6m、 建筑面积 36m ² , 框架结构	m ²	36	4000.00	14.4
四	过鱼设施综合楼				50.00
1	过鱼设施综合楼, 2 层、层高 3.6m、单层建 筑面积 125m ² 、总建筑面积 250m ² , 框架结构	m ²	125	4000.00	50
五	隧洞轨道过坝系统				4333.25

表 9.1.3-17(续)

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
1	石方洞挖(竖井)	m ³	3575	383.05	136.94
2	混凝土衬砌 C25(竖井)	m ³	1287	1040.18	133.87
3	喷混混凝土 C25(竖井)	m ³	715	1068.50	76.4
4	挂网钢筋φ6, 间距 150*150(竖井)	t	2	6983.54	1.55
5	衬砌钢筋(竖井)	t	90	6260.76	56.4
6	石方洞挖(平洞)	m ³	30176	299.79	904.64
7	混凝土衬砌 C25(平洞)	m ³	8159	981.57	800.84
8	喷混混凝土 C25(平洞)	m ³	3298	1068.50	352.4
9	挂网钢筋φ6, 间距 150*150(平洞)	t	43	6983.54	29.96
10	衬砌钢筋(平洞)	t	731	6260.76	457.41
11	顶拱回填灌浆	m ²	6097	116.41	70.97
12	洞内锚杆 d25, L=3m	根	6006	261.79	157.23
13	型钢拱架制作安装	t	234	11549.61	270.26
14	排水孔φ76, L=5m	m	4095	55.58	22.76
15	排水孔φ110, L=35m	m	9555	185.89	177.62
16	钢拱架锁脚锚杆 d25, L=3m	根	3276	261.79	85.76
17	地埋式轨道及人行步道混凝土	m ³	953	1018.90	97.12
18	运鱼轨道	m	1833	2072.48	379.88
19	溜鱼槽	m	585	2072.48	121.24

表 9.1.3-18 奔子栏水电站过鱼系统工程金属结构设备及安装工程概算表

编号	名称及规格	单位	数量	单价(元)		合价(万元)	
				设备费	安装费	设备费	安装费
	第五项金属结构设备及安装工程					1676.27	229.77
一	坝脚集鱼站设备及安装工程					45.90	7.77
	检修闸门 5t/套	t	5	13000.00	3552.97	6.50	1.78
	检修闸门埋件 4t/套	t	4	11000.00	6774.93	4.40	2.71
	检修闸门启闭机 卷扬机 10t/台	台	1	350000.00	32831.09	35.00	3.28
二	提升转运系统设备及安装工程					1630.37	222.00
	下游塔架	t	35.71	35000.00	5250.00	125.00	18.75
	上、下游索道预埋件	t	17.33	30000.00	4500.00	52.00	7.80
	吊具	台	1	1000000.00	150000.00	100.00	15.00
	载重小车	台	1	500000.00	75000.00	50.00	7.50
	承载索道	m	1150	1617.39	242.61	186.00	27.90
	起升绳	m	1300	769.23	115.38	100.00	15.00
	牵引绳	m	2380	621.85	93.28	148.00	22.20
	中间塔架 I	t	58.29	35000.00	5250.00	204.00	30.60
	中间塔架 II	t	44.29	35000.00	5250.00	155.00	23.25
	上游塔架	t	45.71	35000.00	5250.00	160.00	24.00
	上游机房电气及控制系统	项	1	2000000.00	300000.00	200.00	30.00
	运杂费	%	10.16	1480.00		150.37	

表 9.1.3-19 奔子栏水电站过鱼系统工程机电设备及安装工程概算表

编 号	名称及规格	单位	数量	单价 (元)		合价 (万元)	
				设备费	安装费	设备费	安装费
	集鱼设备及安装工程					6934.57	427.82
1	集鱼箱(单重 6t)	个	5	100000	15000	50.00	7.50
2	进口防逃笼(单重 4t)	套	80	45000	6000	360.00	48.00
3	电赶鱼栅(单台拦鱼面积 750m ²)	台	5	500000	75000	250.00	37.50
4	鱼类暂养分拣设施(含暂养池、装载设备、溜鱼槽)	套	3	1800000	180000	540.00	54.00
5	转载系统运鱼小车(含轨道、牵引托架等)	台	2	600000	90000	120.00	18.00
6	运鱼箱 1.5×2.0×1.2m	个	6	50000	7500	30.00	4.50
7	运鱼船	艘	1	6500000		650.00	
8	趸船	艘	1	2160000		216.00	
9	运鱼车	辆	2	400000		80.00	
10	电气设备	套	1	1200000	200000	120.00	20.00
11	视频监控系统	套	6	460000	30000	276.00	18.00
12	过鱼控制系统	套	2	540000	40000	108.00	8.00
13	照明系统	项	1	860000	80000	86.00	8.00
14	鱼类设施监测系统	套	1	4000000	600000	400.00	60.00
15	灯光辅助诱鱼系统	套	6	80000	1200	48.00	0.72
16	水幕墙辅助诱鱼系统	套	1	670000	4000	67.00	0.40
17	投饵诱鱼系统	套	6	50000	5000	30.00	3.00
18	拦鱼电栅	套	2	1200000	21000	240.00	4.20
19	过鱼效果监测系统	套	2	8000000	600000	1600.00	120.00
20	运杂费	%	10.16	62950000		639.57	

表 9.1.3-20 奔子栏水电站过鱼系统工程独立费用概算表

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	独立费用				2505.07
一	项目建设管理费				1103.65
1	工程建设管理费				393.45
	按建筑安装工程量计算部分	%	2.88	105221615.66	303.04
	按设备费计算部分	%	1.05	86108400.00	90.41
2	工程建设监理费				312.04
	按建筑安装工程量计算部分	%	2.45	105221615.66	257.79
	按设备费计算部分	%	0.63	86108400.00	54.25
3	咨询服务费				276.37

表 9.1.3-20(续)

编号	工程或费用名称	单位	数量	单价(元)	合计(万元)
	按建筑安装工程量计算部分	%	1.12	105221615.7	117.85
	按设备费计算部分	%	0.73	86108400.00	62.86
4	项目技术经济评审费	%	0.5	191330015.66	95.67
5	水电工程质量检查检测费	%	0.27	105221615.7	28.41
6	水电工程定额标准编制管理费	%	0.15	105221615.7	15.78
7	项目验收费	%	0.9	191330015.66	172.20
8	工程保险费	%	0.45	191330015.66	86.10
二	生产准备费	%	2.1	86108400	180.83
三	科研勘测设计费	项			1200.59
1	施工科研试验费	%	0.5	105221615.7	52.61
2	勘察设计费	%	6	191330015.7	1147.98
四	其他税费	项	1	200000	20

3) 栖息地保护措施工程投资

奔子栏水电站栖息地保护措施工程投资详见表 9.1.3-21。

表 9.1.3-21 栖息地保护措施工程投资明细表

序号	项目	费用(万元)	备注
一	连通性改善工程	2874.31	包含支流连通性恢复(含丹达曲电站连通性恢复)
1)	鱼根水电站拆除	1408.93	
2)	丹达河电站围堰拆除	315.19	
3)	老丹达河电站拆除	1150.18	
二	生境修复	5639.16	定曲、丹达曲
三	生态补偿、管理费	2700	巴塘、乡城、德钦、芒康四县
四	栖息地监测保护信息管理系统	7000	包含定曲、丹达曲监测保护信息管理系统建设
合计		19513.47	

(1) 鱼根水电站拆除

表 9.1.3-22 鱼根拆除主要工程量及投资表

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价(元)	合价(万元)
I	枢纽工程				1408.93
一	施工辅助工程				67.75
1	围堰工程				17.75
1.1	石渣填筑	m ³	675	23.67	1.60

表 9.1.3-22(续)

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价(元)	合价 (万元)
1.2	高喷灌浆	m ³	120	1240	14.88
1.3	土石围堰拆除	m ³	675	18.9	1.28
2	其他施工辅助工程	项	1	500000	50.00
二	建筑工程				811.18
1	挡水建筑物				153.34
1.1	混凝土拆除(控制爆破)	m ³	8700	145.5	126.59
1.2	混凝土拆除(人工)	m ³	135	1000	13.50
1.3	石方回填	m ³	5600	23.67	13.26
2	发电建筑物				557.84
2.1	混凝土拆除(机械)	m ³	30000	185	555.00
2.2	石方回填	m ³	1200	23.67	2.84
3	其他	项	1	1000000	100.00
三	环境保护工程	项	1		150
四	机电设备拆除工程	项	1		320
五	金属结构设备拆除工程	项	1		60
II	建设征地和移民安置补偿费用	项	1		0
III	独立费用	项	1		120
一	项目建设管理费	项	1		120
二	生产准备费	项	1		0
	I、II、III部分合计				1528.93
	基本预备费				91.74
	工程静态投资				1620.67

(2) 老丹达河电站拆除

表 9.1.3-22 老丹达河拆除主要工程量及投资表

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合价 (万元)
I	枢纽工程				1150.18
一	施工辅助工程				65.84
1	围堰工程				15.84
1.1	石渣填筑	m ³	225	23.67	0.53
1.2	高喷灌浆	m ³	120	1240	14.88
1.3	土石围堰拆除	m ³	225	18.9	0.43
2	其他施工辅助工程	项	1	500000	50.00
二	建筑工程				564.35
1	挡水建筑物				111.98

表 9.1.3-22(续)

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合价 (万元)
1.1	混凝土拆除(控制爆破)	m ³	6500	145.5	94.58
1.2	混凝土拆除(人工)	m ³	112.5	1000	11.25
1.3	石方回填	m ³	2600	23.67	6.15
2	发电建筑物				372.37
2.1	混凝土拆除(机械)	m ³	20000	185	370.00
2.2	石方回填	m ³	1000	23.67	2.37
3	其他	项	1	800000	80.00
三	环境保护工程	项	1		140
四	机电设备拆除工程	项	1		320
五	金属结构设备拆除工程	项	1		60
II	建设征地和移民安置补偿费用	项	1		0
III	独立费用	项	1		120
一	项目建设管理费	项	1		120
二	生产准备费	项	1		0
	I、II、III部分合计				1270.18
	基本预备费				76.21
	工程静态投资				1346.40

(3) 丹达河电站拆除

表 9.1.3-23 丹达河拆除主要工程量及投资表

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合价 (万元)
一	枢纽工程				315.19
1	导流洞封堵				40.84
1.1	石渣填筑	m ³	225	23.67	0.53
1.2	高喷灌浆	m ³	120	1240	14.88
1.3	土石围堰拆除	m ³	225	18.9	0.43
1.4	其他施工辅助工程	项	1	250000	25.00
2	河道疏通				56.81
2.1	河道开挖	m ³	24000	23.67	56.81
3	土石围堰拆除				67.55
3.1	混凝土拆除(机械)	m ³	3600	185	66.60
3.2	石方回填	m ³	400	23.67	0.95
3.3	其他	项	1	1000000	100.00
4	道路恢复	项	1	1500000	150.00
二	环境保护工程	项	1		110

表 9.1.3-23(续)

编号	工程或费用名称	单位	数 量	单价 (元)	合价 (万元)
三	机电设备拆除工程	项	1		0
四	金属结构设备拆除工程	项	1		0
II	建设征地和移民安置补偿费用	项	1		0
III	独立费用	项	1		120
一	项目建设管理费	项	1		120
二	生产准备费	项	1		0
	I、II、III部分合计				435.19
	基本预备费				26.11
	工程静态投资				461.30

(4) 生境修复

表 9.1.3-24 生境修复主要工程量及投资表

序号	项目	单位	数量	单价 (元)	总投资 (万元)
1	土建工程				1609.16
1.1	土石方开挖	m ³	95000	38.45	365.275
1.2	土方填筑	m ³	65000	11.7	76.05
1.3	砾石垫层填筑	m ³	25800	176.72	455.94
1.4	蛮石填筑	m ³	14700	270	396.9
1.5	细沙填筑	m ³	30000	105	315
2	湿生植物栽培	m ²	16000	550	880
3	生态护坡建设	m ²	30000	1000	3000
4	管理维护	年	3	500000	150
合计					5639.16

9.1.3.4 环境空气保护投资费用概算

奔子栏水电站施工期大气污染防治措施主要包括砂石加工系统、混凝土生产系统、各施工区域及交通粉尘消减与控制等，费用合 1484.7 万元，具体详见表 9.1.3-25。

表 9.1.3-25 施工期环境空气保护投资概算表

序号	处理措施	单位	数量	单价(元)	总计(万元)	备注
一	道路洒水、清扫				798.2	
1	雾炮洒水车	辆	6	350000	210	
2	喷淋管路	km	5	200000	100	
3	司机人工费	人•年	48	60000	288	
4	车辆运行费用	车•年	8	100000	80	
5	喷淋系统运行维护费	月	96	12000	115.2	

表 9.1.3-25 (续)

7	清水泵	台	10	5000	5	
二	施工生产区降尘措施				686.5	
1	施工作业区洒水、车辆冲洗设施	项	1	2000000	200	
2	雾炮机	套	25	55000	137.5	含运行费
3	厂界围挡喷雾降尘系统	项	1	2000000	200	
4	设备设施运行维护	月	96	15000	144	
5	清水泵	台	10	5000	5	
合计					1484.7	

9.1.3.5 声环境保护投资费用概算

声环境保护投资主要包括砂石加工系统、混凝土生产系统及施工工厂噪声源隔声封闭措施、设立限速禁鸣标志、隔声窗等费用，共计 633 万元，具体见表 9.1.3-26。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。

表 9.1.3-26 施工期声环境保护投资概算表

序号	处理措施	单位	数量	单价(元)	总计(万元)	备注
一	砂石加工系统噪声防治措施	项	1	1000000	100	
二	混凝土生产系统噪声防治措施	项	1	1300000	130	
三	施工工厂噪声源隔声封闭措施	项	1	1300000	130	
四	交通噪声防治措施				173	
1	限速禁鸣标志	处	30	2000	6	
2	减速带	处	20	3500	7	
3	普通隔声窗	m ²	500	1200	60	
五	个人防护劳保用品	项	1	1000000	100	
合计					633	

9.1.3.6 固体废物处置投资费用概算

奔子栏水电站固体废物处置包括生活垃圾处理、危险废物处理、坝前漂浮物处理，共计 1353.5 万元，具体见 9.1.3-27。

表 9.1.3-27 固体废物处理投资概算表

序号	措施	单位	单价 (元)	数量	总计	备注
					(万元)	
一	生活垃圾处理				1034.5	运行期生活垃圾处理纳入工程运行费用
1	垃圾收集				8.5	
1.1	收集池	处	10000	1	1	
1.2	垃圾桶	个	500	150	7.5	
2	垃圾外运处置	t	600	13700	822	含垃圾处置费、运输费用
3	垃圾运输车	辆	300000	2	60	
4	运输及清运人工费	人·年	100000	18	144	8 年
二	危险废物处理				264	
1	施工期危险废物处置				204	
1.1	危险废物暂存间	m ²	15000	40	60	
1.2	危险废物处置费	年	180000	8	144	
2	运行期危险废物处置				60	
2.1	危险废物暂存间	m ²	15000	40	60	
2.2	危险废物处置费					纳入工程运行费
三	坝前漂浮物处理				55	
1	设备费				40	
1.1	粗破碎机	台	200000	1	20	
1.1	细破碎机	台	200000	1	20	
2	土建费				15	
2.1	临时堆场	m ²	1000	50	5	
2.2	预处理车间	m ²	2000	50	10	
合计					1353.5	

9.1.3.7 环境监测费用

本工程环境监测和调查费用共计 4497.72 万元，见表 9.1.3-28。

表 9.1.3-28 奔子栏水电站环境监测投资概算表

	监测项目	点位数	总次数	单价	合价	备注
一	施工及运行期环境监测				2756.477	
1	施工期生活污水监测	项	560640	1	56.064	
2	施工期生产废水监测	项	890880	1	89.088	
3	施工期地表水监测	项	1077120	1	107.712	
4	施工期地下水监测	项	345060	1	34.506	
5	运行期地下水监测	项	345060	1	34.506	

表 9.1.3-28 (续)

6	生活营地生活用水监测	项	117120	1	11.712	
7	运行期地表水监测	项	575100	1	57.51	
8	施工期大气监测	项	7392000	1	739.2	
9	施工期噪声监测	项	230400	1	23.04	
10	土壤环境监测	项	24190	1	2.419	
11	运气初期电磁环境	项	7200	1	0.72	
12	水温	项	6000000	1	600	
13	生态流量及下游水文情势观测	项	5000000	1	500	
14	坝下溶解气体	项	5000000	1	500	
二	陆生生态调查监测				307	
2.1	动物多样性观测				112	
	无人机	台	20000	3	6	设备更新损耗
	红外相机	台	3000	20	6	设备更新损耗
	动物多样性详细观测	项	1000000	1	100	
2.2	施工期				130	
	植物植被调查	期	400000	2	80	
	陆生动物常规调查	期	250000	2	50	
2.3	运行期				65	后续纳入电站运行费用
	植物植被调查	期	400000	1	40	
	陆生动物常规调查	期	250000	1	25	
三	水生生态调查监测				2010	
3.1	常规调查监测				360	
1)	施工期常规调查监测	期	1200000	1	120	
2)	运行期常规调查监测	期	1200000	2	240	后续纳入电站运行费用
3.2	栖息地保护效果调查	项	5000000	1	500	
3.3	过鱼效果观测	项	2000000	1	200	
3.4	增殖放流效果调查	项	1500000	1	150	
3.5	定曲敞泄效果观测	项	800000	10	800	
四	环境监测信息管理系统	项	2000000	1	200	
小计					4497.72	

9.1.3.8 重大科研

本工程重大科研共计 53010 万元，见表 9.1.3-29。

表 9.1.3-29 奔子栏水电站科研投资概算表

序号	课题名称	单位	数量	单价 (万元)	合计 (万元)
一	气候				4600
1	全球气候变化背景下金沙江水资源变化趋势及其对流域梯级发电和生态环境的影响研究	项	1	1200	
2	梯级水库局地气候变化及对生物多样性影响及适应性研究	项	1	3000	
3	水电开发温室气体排放及适应气候变化研究	项	1	400	
二	水环境				5200
1	梯级水电开发水温累积影响极限研究	项	1	500	
2	水电开发水温影响减缓措施新技术研究	项	1	3000	
3	梯级水电站气体过饱和影响及风险防控技术研究	项	1	1700	
三	水生生态				26360
1	重要鱼类行为学和生态习性研究	项	1	1200	
2	鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究	项	1	8500	
3	多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究	项	1	5100	
4	金沙江上游重要鱼类人工繁育技术研究	项	1	9300	
5	金沙江上游水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究	项	1	1500	
6	古学水电站退出研究	项	1	760	
四	陆生生态				13750
1	珍稀特有植物保护措施研究	项	1	1300	
2	珍稀濒危、局域种动物保护研究	项	1	7500	
3	水獭生境营造技术研究	项	1	1200	
4	野外动物一体化智能观测设备研发	项	1	3000	
5	对云南白马雪山国家级自然保护区保护对象实际影响的长期观测及保护研究	项	1	450	
6	对四川下拥省级自然保护区保护对象实际影响的长期观测及保护研究	项	1	300	
五	环境管理				3100
1	流域生态环境智慧监管、监测及预警关键技术研究	项	1	1500	
2	流域生态环境管理机制创新和法规体系研究	项	1	300	
3	绿色水电生态补偿及生态价值产品实现机制研究	项	1	300	
4	基于干支流协同保护的小水电退出补偿机制研究	项	1	200	
5	云川段新型电力系统开发环境影响及对策研究	项	1	800	
合计					53010

9.2 环境影响经济损益分析

本工程环境影响经济损益分析的目的在于运用环境经济学原理，在考虑工程建设与生态环境、社会环境以及区域社会经济的持续、稳定、协调发展前提下，运用费用—效益分析方法对工程的环境效益和损失进行分析，从环保角度评判工程建设的合理性。

9.2.1 主要效益分析

9.2.1.1 经济效益

奔子栏水电站为金沙江上游河段规划的最下游梯级，与东中部地区输电距离较近，工程地质、枢纽布置、施工条件等方面均不存在制约性因素，水库淹没少，对外交通便利，工程建设条件较好。电站装机容量 2600MW，考虑与上游岗托、叶巴滩、拉哇梯级联合运行时，其多年平均年发电量 103.81 亿 kWh。将给当地政府带来大量的财政税收，为相关产业提供能源支持。

9.2.1.2 社会效益

奔子栏水电站所在区域经济较为落后，人民生活水平较低。电站的建设，必将给区域社会经济发展带来良好的契机，工程区域交通、基础设施建设等都将得到极大的改善，可带动相关产业的发展，增加就业机会和当地税收，提高当地居民生活水平，对地区社会经济发展必将起到积极的带动作用，也是贯彻和实施国家西部大开发战略的体现。

另外，随着电站的建设，工程区域对外交通条件可得到明显改善，有利于区域经济的良好发展，该部分效益难以货币化，暂不计列。电站建设期长达 96 个月，期间大量施工人员的生活需求将主要由当地农产品及服务满足，消费需求的猛增，将极大促进地方农业、餐饮业和其它服务业的发展，有利于地方农业产业结构调整 and 第三产业的快速发展。

9.2.1.3 环境效益

a) 水电替代火电所带来的环境经济效益

按照等效原则，采用替代市场法计算水电替代火电减少排污负荷所带来的环境经济效益，在同等满足电力系统用电需求的情况下，奔子栏水电站每年减少柴油消耗约 149.20 万 t/年，减少标煤消耗约 30.29 万 t/年，减少 CO₂ 排放量 542.54 万 t/年，减少 SO₂ 排放量 2.30 万 t/年，减少氮氧化物排放量 1.84 万 t/年，减少烟尘排放

量 0.50 万 t/年，具有显著的环境效益。

参考火电行业上网电价折算，SO₂ 处理费用折算电价 1.5 分/kW·h、NOX 处理费用折算电价 1.0 分/kW·h、烟尘处理费用折算电价 0.2 分/kW·h。采用碳税法计算固定 CO₂ 的经济价值，根据国际通用的瑞典碳税率，每减少排放 1tCO₂ 所带来的经济效益折合人民币为 339.80 元。据此计算，本工程大气污染物减排效益约 184355.09 万元/a。

此外，水电站项目运行过程中不会产生温排水，也不会排放锅炉酸洗水、化学处理水等废水；也没有锅炉煤渣和粉煤灰需要处理，运行期不需要进行发电资源的勘探和采集，从而也避免了相应的地质和生态风险，具有明显的环境效益。

b) 其他环境效益

工程陆生生态保护措施中提出拟分区进行生态修复，还可为适合于区域生长的植物的人工规模栽培、栽培技术的科学研究等提供条件。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人工增殖放流措施，通过人工手段增殖鱼类资源，其建立可为部分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。

该两部分的环境效益难以货币化，暂不计列。

9.2.1.4 环境损失分析

以减缓工程对环境的不利影响或恢复、补偿环境效益所采取的保护和补偿措施费用作为反映工程影响损失大小的尺度，计算其损失值。采用“恢复费用法”，以减缓不利环境影响或达到恢复、补偿效果所需费用进行计算。

根据奔子栏水电站工程及工程区域环境特点，为减缓、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：水环境保护措施、陆生生态保护措施、水生生态保护措施、环境空气保护措施、声环境保护措施、固体废弃物处置措施、社会环境保护措施、环境监测措施、移民安置区环保措施等。在进行技术经济分析或多方案比选基础上，提出了各项措施推荐方案及相应费用概算。奔子栏水电站工程环境保护专项投资总费用为 184847.73 万元，作为本工程可货币化环境损失。

9.2.2 环境影响损益综合分析与评价

综上所述，本项目具有明显的环境效益，节约能源原材料消耗等，减少温室气体、酸性气体等污染物的排放；同时还有巨大的社会效益，改善电网网架结构，缓

解地区能源短缺状况，提高当地居民生活水平，促进地区社会经济发展。本工程占地、水库淹没所造成陆生和水生生物量的损失可以通过采取措施得到一定程度的补偿，其它不利环境影响大多可以通过采取相应的环保措施予以减免。因此，本项目环境效益远大于损失，环境、社会、经济效益明显。

10 评价结论与建议

10.1 工程概况

10.1.1 流域概况

奔子栏水电站位于四川省和云南省交界的金沙江干流上游河段。发源于青藏高原唐古拉山脉主峰格拉丹冬雪山，主源沱沱河与当曲汇合后称通天河，通天河流至青海省玉树县直门达后称金沙江，沿途流经青、藏、川、滇四省(区)，至四川省宜宾市纳岷江后称长江，干流全长 3479km，总落差 5100m，流域面积 47.32 万 km²。其中，金沙江玉树(巴塘河口)至石鼓为上游河段，长 974km；石鼓至攀枝花为中游河段，长 564km；攀枝花至宜宾为下游河段，长 768km。金沙江上游河段流域面积 7.65 万 km²，落差约 1715m，河道平均比降 1.76‰，主要支流左岸有赠曲、欧曲、玛曲、定曲，右岸有藏曲、热曲、丹达曲等。

奔子栏水电站坝址多年平均流量 1160m³/s，相应年径流量 365.8 亿 m³。奔子栏库区较大支流为左岸定曲，定曲河口距奔子栏坝址 8km，河道全长约 226km，流域面积 12213km²，定曲上回水长度 21.19km。坝下主要支流有冈曲、支巴洛河、腊普河、冲江河等。

10.1.2 相关规划及规划环评情况

《金沙江上游水电规划环境影响报告书》及其审查意见(环审〔2011〕243号)提出“建议对波罗、昌波 2 个梯级继续深入论证，提出有效可行的生态环境影响减缓措施，充分论证可行后实施。同意《报告书》提出的将西绒、晒拉、果通、岩比、奔子栏等 5 个梯级不列入本轮规划的实施方案。”2012 年 7 月，国家发展和改革委员会办公厅批复了《金沙江上游水电规划报告》(发改办能源〔2012〕2008号)，采纳了规划环评审查意见的要求，并提出：“结合云南省、四川省经济社会发展需要，综合考虑滇中引水、虎跳峡河段开发方式、生态环境保护要求，进一步论证奔子栏梯级的可行性”。

因奔子栏水电站建设面临的外部制约因素已发生重大变化，2023 年 10 月，国家能源局复函要求云南省能源局组织项目单位抓紧开展金沙江上游水电规划实施方案调整论证工作。2025 年 5 月 9 日~10 日，《金上规划调整环评》通过生态环境部审查并取得审查意见(环审〔2025〕58号)，审查意见明确“在维持原规划岗托、波

罗、叶巴滩、拉哇、巴塘、苏洼龙、昌波、旭龙等 8 个梯级的基础上，新增奔子栏梯级纳入规划实施方案”；2025 年 5 月 13 日~14 日，《金上规划调整》通过技术审查，审查意见“同意将奔子栏水电站调整纳入金沙江上游水电规划实施方案，尽快开发。……基本同意奔子栏水电站正常蓄水位维持原规划的 2148m，装机容量由原规划的 1880MW 调整至 2600MW”。

10.1.3 工程概况

奔子栏水电站已列入《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)、《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)、《国务院关于印发扎实稳住经济的一揽子政策措施的通知》(国发〔2022〕12 号)，属于国家“十四五”规划 102 项重大工程和中央财经委员会第十一次会议的推荐重大基础设施建设项目范围，是国家能源局加快推进的五个重大水电项目之一。奔子栏水电站建设是建设清洁能源基地、实现国家“碳达峰、碳中和”目标、保障能源战略安全的需要，符合国家生态环境保护和清洁能源政策。

奔子栏水电站是金沙江上游“一库十三级”水电规划的最末一级，位于云南省德钦县与四川省得荣县境内、奔子栏镇上游金沙江峡谷河段，坝址上距金沙江一级支流定曲口 8km，下距奔子栏镇 12km，控制流域面积 20.32 万 km²，多年平均流量 1160m³/s。工程开发任务主要是发电。

电站采用坝式开发，水库正常蓄水位 2148.00m，相应库容 13.20 亿 m³，库尾与旭龙梯级坝址衔接，回水长度 63.29km。死水位 2138.00m，相应库容 10.74 亿 m³，调节库容 2.46 亿 m³，具有日调节能力。电站装机容量 2600MW，安装 4 台单机容量 650MW 的混流式水轮发电机组，与岗托、叶巴滩、拉哇联合运行时，电站保证出力 617.9MW，多年平均年电量 103.81 亿 kW·h，装机年利用小时 3993h。

工程枢纽主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电建筑物及尾水建筑物组成。其中，挡水建筑物为碾压混凝土重力坝，坝顶高程 2153m，最大坝高 183m，坝顶长度 316m。主厂房与主变开关站两大洞室平行布置。主厂房开挖尺寸 216.60m×31.10m×77.30m(长×宽×高)，厂内布置 4 台单机容量为 650MW 的水轮发电机组。主变开关站洞开挖尺寸 147.90m×20.00m×35.00m(长×宽×高)。溢流坝段布置在河床，设 3 个表孔和 1 个底孔，表孔堰顶高程 2127.00m，底孔进口高程 2068.00m，表孔和底孔均采用挑流消能。生态放水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄

水建筑物最左侧⑦坝段。

枢纽工程区规划征地面积共计 6694.72 亩，其中永久征收 3162.01 亩(含与水库淹没区重叠的 230.10 亩)，施工临时征用 3532.71 亩(含与水库淹没区重叠的 1151.69 亩)，枢纽工程建设区与水库淹没区重叠部分面积 1381.79 亩纳入水库淹没区。

至规划设计水平年，奔子栏水电站生产安置总人口 2186 人，其中复合安置 1050 人，逐年货币补偿安置 1049 人，自行安置 87 人。搬迁安置总人口为 1646 人(农村部分 1639 人，集镇部分 7 人)，集中安置 1470 人，分散安置 176 人。

工程建设总工期 96 个月，施工高峰人数 6000 人。工程静态投资 2814781.83 万元，环境保护费用 183813.47 万元，占工程静态总投资 6.53%。

10.2 工程分析

工程属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类的电力项目，符合国家产业政策；已列入属于国家“十四五”规划 102 项重大工程、国家“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目和 2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议的推荐重大基础设施建设项目范围，属于《国务院关于印发扎实稳住经济的一揽子政策措施的通知》(国发〔2022〕12 号)范围，已纳入《“十四五”可再生能源发展规划》(发改能源〔2021〕1445 号)、《“十四五”现代能源体系规划》(发改能源〔2022〕210 号)，是国家能源局加快推进的五个重大水电项目之一。电站建设及其开发任务符合《全国生态功能区划(修编版)》、《青藏高原区域生态建设与环境保护规划(2011~2030 年)》、《云南省生态功能区划》、《四川省生态功能区划》、云南省及四川省生态环境分区管控等法律法规、规章、政策的要求。

《金上规划调整环评》提出：“随着自然保护地整合优化基本完成、滇中引水工程开工和虎跳峡河段开发方案确定，奔子栏水电站面临的外部制约因素已经解除；奔子栏水电站是国家“十四五”规划 102 项重大工程项目、国家“十四五”支持涉藏地区经济社会发展的开工建设项目、2022 年 4 月中央财经委员会第十一次会议推荐的重大基础设施建设项目，对国家实现“双碳”目标和新型电力系统建设的支撑作用明显，有必要调整纳入规划实施方案。”《金上规划调整》及其技术审查意见提出“同意将奔子栏水电站调整纳入金沙江上游水电规划实施方案，尽快开发。”。电站建设符合规划调整及调整环评的要求。

奔子栏水电站建设是建设清洁能源基地、实现国家“碳达峰、碳中和”目标、保

障能源战略安全的需要，符合国家生态环境保护和清洁能源政策。

10.3 环境现状

10.3.1 水环境

10.3.1.1 地表水

奔子栏坝址多年平均流量 $1160\text{m}^3/\text{s}$ ，相应年径流量 365.8亿 m^3 。年内径流主要集中在 6 月~10 月，占年总径流量的 75.8%；12 月~次年 4 月经流相对较少，占 13.7%。坝址处天然河道年平均水温在 10.6°C 左右，其中 1 月份水温最低在 3.6°C 左右，7 月水温最高在 16.6°C 左右。

工程所在的金沙江干流河段地表水执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类水标准。根据 2024 年 4 月、5 月和 7 月对金沙江干流、支流定曲和许曲常规水质监测结果，工程所在金沙江干支流河段水质均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类水标准。

10.3.1.2 地下水

根据水质分析成果，地下水 PH 值为 7.6~8.75，为弱碱性水，水化学类型主要为重碳酸钙型水。工程影响区域内不涉及集中式地下水饮用水源保护区等地下水环境敏感区，无热水、矿泉水和温泉等保护区。工程库区周边分布有宗绒温泉(得荣县徐龙乡宗绒村)和茂达水温泉。根据 2023 年 2 月水质监测结果，工程区域地下水基本满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017) III 类标准限值要求。

10.3.2 水生生态

通过 2017 年 6 月~7 月、9 月，2019 年 4 月~5 月、2023 年 4 月~5 月，2024 年 4 月~5 月、8 月~9 月等多次现场调查，结合历史资料，评价河段共检出浮游植物 129 种、浮游动物 74 种、底栖动物 100 种。评价区鱼类有 32 种，其中土著鱼类 20 种，分别为戴氏山鳅、拟硬刺高原鳅、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、短尾高原鳅、斯氏高原鳅、修长高原鳅、细尾高原鳅、软刺裸裂尻鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、硬刺松潘裸鲤、中甸叶须鱼、格咱叶须鱼、中华金沙鳅、黄石爬鮡、前臀鮡、金沙鲈鲤，其中中甸叶须鱼、格咱叶须鱼为文献记录种，规划环评至今未采集到；外来物种 12 种，分别是：鲫、鲤、高体鲮、麦穗鱼、棒花鱼、泥鳅、大鳞副泥鳅、框鲤、尖头大吻鲿、胡子鲶、鲇、小黄鲃。

调查江段鱼类有列入“国家重点保护水生野生动物名录”鱼类 2 种，为细鳞裂

腹鱼、金沙鲈鲤；列入四川省保护鱼类有 3 种：硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡；列入《中国生物多样性红色名录——脊椎动物 第五卷淡水鱼类》的鱼类有 8 种：细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、中甸叶须鱼、黄石爬鮡为濒危(EN)，长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤均为易危(VU)；长江上游特有鱼类戴氏山鳅、安氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、细鳞裂腹鱼、金沙鲈鲤、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、黄石爬鮡、前臀鮡、中华金沙鳅、格咱叶须鱼、中甸叶须鱼 14 种；金沙江上游特有鱼类 1 种为格咱叶须鱼。

评价河段以产粘沉性卵鱼类为主，主要有裂腹鱼类、鮡科鱼类、高原鳅类。其中裂腹鱼类产卵繁殖期为 3 月~6 月；鮡科鱼类产卵繁殖期为 4 月~8 月；高原鳅类产卵繁殖期为 4 月~7 月。裂腹鱼类较为集中的产卵场有 11 处，分别分布在干流奔子栏至冈曲汇口长约 16km、干流支巴洛河汇口江段、其宗~石鼓江段；支流波密乡上游 1.5km、白兰斗村上游 3km、定波乡下游 9.6km、正斗乡下游 19km、得荣汇口以上支流(茨巫曲)、古学、许曲汇口，冈曲汇口以上支流；鮡科的黄石爬鮡其鱼类卵有弱粘性，产卵场有 3 处，分布在干流冈曲汇口江段及支流定曲亭子村下游 2.8km、定曲河口；评价区产漂流性卵鱼类仅有中华金沙鳅，产卵繁殖期为 6 月~8 月其主要产卵场有 4 处，分别为黎明乡格子村、黎明乡、巨甸镇、塔城镇其宗村。

评价区金沙江旭龙-冈曲汇口下游段为高山峡谷地区，水温偏低，鱼类组成以青藏高原鱼类为主，沿岸鱼类资源保护较好；下游石鼓段河谷开阔，河段外来物种(如尖头大吻鲋、鲤)数量增加，对土著鱼类产生生态竞争效应和生态干扰。

10.3.3 陆生生态

根据项目组 2019 年 7~8 月、2020 年 4 月、2021 年 12 月、2022 年 8 月、2023 年 4~5 月和 10 月、2024 年 6 月和 11 月、2024 年 12 月~2025 年 1 月调查成果及红外相机连续监测成果，并参考有关历史调查资料，评价区域植被类型主要有硬叶常绿阔叶林、落叶阔叶林、温性针叶林、稀疏灌木草丛、灌丛 5 个植被型。评价区域有陆生维管植物共计 117 科 372 属 867 种，其中蕨类植物共 12 科 17 属 39 种，裸子植物共 3 科 7 属 11 种，被子植物共 102 科 349 属 817 种。区系成分以北温带分布属和热带亚洲分布属为主。

评价区内共分布有国家重点保护的野生植物 10 种，其中国家一级 1 种，为西藏红豆杉；国家二级 9 种，为金铁锁、光核桃、圣地红景天、冬麻豆、西南手参、独

蒜兰、疙瘩七、滇牡丹、金荞麦；有红色名录中极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的植物共 21 种，其中极危(CR)2 种，为异叶薯蓣和三角叶薯蓣，濒危(EN)3 种，为滇西山楂、冬麻豆和疙瘩七；易危(VU)16 种，除 3 种国家重点保护植物外，还有川滇槲蕨、鳞皮冷杉、大果圆柏、微毛爪哇唐松草、裂果女贞、滇紫草、云南粗糠树、圆茎翅茎草、细瘦六道木、云南双盾木、马尔康糙果芹、高山薯蓣、川滇叠鞘兰；还分布有 2 种区域分布植物错枝榄仁和川犀草。评价区有 4 株古树，均为胡桃树。

评价区共有陆生脊椎动物248种，隶属21目63科155属。其中两栖类10种，隶属1目4科6属；爬行类12种，隶属2目5科9属；鸟类168种，隶属10目30科(其中鹎科含4亚科)92属；哺乳类58种，隶属8目24科46属。其中国家一级保护动物10种，分别是金雕、秃鹫、胡兀鹫、斑尾榛鸡和黄喉雉鹑等5种鸟类，林麝、大灵猫、金钱豹、云豹、豺等5种哺乳类。国家二级保护动物29种，分别是鸟类15种：普通鵟、红隼、灰背隼、白马鸡、勺鸡、雀鹰、松雀鹰、棕腹大仙鹑、白腹锦鸡、红腹角雉、灰林鹑、高山兀鹫、[黑]鸢、滇鹇；哺乳类14种：狼、水獭、黄喉貂、黑熊、小熊猫、猕猴、鬣羚、中华斑羚、水鹿、岩羊、赤狐、豹猫、貉、毛冠鹿。评价区有云南省重点保护野生动物4种，分别为果子狸、猪獾、狗獾、赤鹿，无四川省重点保护野生动物。红色名录极危(CR)、濒危(EN)和易危(VU)的动物17种，其中极危(CR)3种(均为哺乳类，为林麝、云豹、岩羊)，濒危(EN)5种(爬行类2种，为黑眉锦蛇和王锦蛇；哺乳类3种，为金钱豹、豺、水獭)，易危(VU)9种(鸟类3种，为金鹁、斑尾榛鸡、黄喉雉鹑；哺乳类6种，为黑熊、小熊猫、鬣羚、中华斑羚、豹猫、复齿鼯鼠)；局域分布种1种(金江壁虎)。

10.3.4 生态敏感区

奔子栏水电站工程建设涉及自然保护区优化整合前的云南白马雪山国家级自然保护区实验区、四川下拥省级自然保护区实验区，涉及三江并流世界自然遗产地缓冲带，临近四川太阳谷省级风景名胜区、生态保护红线；经查询复核后，工程已不再涉及优化整合后的云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区。

10.3.5 环境空气

工程区域周边属乡村环境，除乡镇人口相对集中外，其余地区人口稀少且分散分布，无大规模环境空气污染企业，评价区环境空气执行《环境空气质量标准》

(GB3095-2012)二级标准。环境空气敏感目标主要为重点为甲学村、森恩等居民点。根据监测结果，2023年2月21日~2023年2月27日监测结果表明，工程区各监测点位空气质量标准均能满足《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)二级标准的要求。

10.3.6 声环境

评价区交通干线(G214、G215国道等)两侧35m内区域声环境执行4a类标准，其他区域执行2类标准。声环境敏感目标主要为重点为甲学村、森恩等居民点。监测结果表明，工程区地处农村地区及交通干线两侧，除个别点位某些时段由于临近道路(非交通干线)略微超标外，基本满足《声环境质量标准》(GB 3096-2008)2类及4a类标准限值，声环境质量较好。

10.3.7 土壤环境

根据2023年2月土壤监测及有关资料分析，工程区占地范围内、外的农用地及建设用地监测点土壤监测指标均低于《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 15618-2018)中筛选值和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)第二类用地筛选值，工程区土壤质量较好。

10.3.8 电磁环境

2024年11月监测结果表明，拟建500kV开关站站址和拟建主变洞处的工频电场强度和工频磁感应强度监测值远小于《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中的工频电场4000V/m、磁感应强度100 μ T的控制限值，本工程建设区域电磁环境质量良好。

10.4 主要环境影响

10.4.1 水环境影响

a) 水文情势

奔子栏水电站工程施工期间采用单向单戽堤立堵方式由右岸向左岸截流，截流时通过(右岸)导流洞过流，按天然来流量下泄，施工导流对上下游水文情势基本没有影响。工程计划于第7年11月下闸蓄水，初期蓄水分两个阶段。第1阶段开始于下闸后，在水位达到2030.90m前，通过1#导流洞单孔下泄不低于357m³/s生态流量；待上游水位上升至坝身临时供水底孔最低供水水位2030.90m时导流洞封堵，通过坝身临时供水底孔下泄不低于357m³/s生态流量。2条导流隧洞闸门全部下闸后，在水位达到2078.33m前，根据上游水位控制坝身临时供

水底孔弧门开度下泄不低于 $357\text{m}^3/\text{s}$ 生态流量，待上游水位上升至坝身永久底孔最低供水水位 2078.33m 时坝身临时供水底孔封堵，通过永久泄洪底孔下泄不低于 $357\text{m}^3/\text{s}$ 生态流量。第 2 阶段蓄水开始时间推荐为第 8 年 5 月初，第 2 阶段蓄水直至 2148.00m ，该阶段利用泄洪底孔弧门按要求泄放生态流量。初期蓄水期间，库区水位逐渐抬升，坝前水深逐渐增加，水面宽度随水位抬升逐渐增加，流速逐渐降低，坝下河段受蓄水影响，汛期流量大幅减小，下游河道水位、流速将明显降低，非汛期流量受影响较小。

奔子栏建成后，坝址以上将形成狭长水库：多年平均情况下，正常蓄水位 2148m 时干流回水长度 63.29km ，支流定曲回水长度 21.19km ，二级支流许曲河回水长度 8.39km ；死水位 2138m 时干流回水长度 62.72km ，水库变动回水区长度 0.57km ，支流定曲回水长度 20.31km ，回水变动区长度 0.88km ，二级支流许曲河回水长度 8.09km ，回水变动区长度 0.30km 。从干支流库尾以下至奔子栏电站坝前，总体上呈现水流逐渐变缓、水面逐渐变宽、水深逐渐变深的趋势。正常蓄水位下，坝前水位将雍高约 133m ，库区水面平均宽度约 281m ，库区平均水深 50.6m 。水库形成后库区流速范围从坝前到库尾在 0.1m/s 至 3.8m/s 逐渐增加，最终在库尾接近天然河道流速。

电站日内调峰运行时，不稳定流下泄将对下游河道水文情势造成影响。岗托建成前，枯水年鱼类产卵期 4 月、5 月、6 月和 9 月，与天然情况相比，坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为 13.0% 、 14.4% 、 -22.9% 、 5.8% ，最大减幅分别为 5.4% 、 7.2% 、 36.4% 、 5.6% ；日内水位最大变幅分别为 0.36m 、 0.61m 、 0.59m 、 0.41m ；日内流速最大增幅分别为 4.4% 、 4.9% 、 -8.3% 、 2.8% ，最大减幅分别为 2.1% 、 2.7% 、 14.6% 、 2.7% 。

岗托建成后，鱼类产卵期 4 月、5 月、6 月和 9 月，与天然情况相比，枯水年坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为 62.1% 、 10.1% 、 -19.1% 、 0.6% ，最大减幅分别为 -43.8% 、 11.5% 、 32.5% 、 10.8% ；日内水位最大变幅分别为 0.32m 、 0.61m 、 0.58m 、 0.47m ；日内流速最大增幅分别为 18.5% 、 3.6% 、 -6.4% 、 0.3% ，最大减幅分别为 -13.5% 、 4.3% 、 12.6% 、 4.7% 。

龙盘建成后，鱼类产卵期 4 月、5 月、6 月和 9 月，与天然情况相比，枯水年坝下冈曲汇口断面典型日日内下泄流量最大增幅分别为 62.1% 、 10.1% 、 -19.1% 、

1.5%，最大减幅分别为-43.8%、11.5%、32.5%、11.8%；日内水位最大变幅分别为0.32m、0.61m、0.58m、0.04m；日内流速最大增幅分别为15.5%、2.2%、-8.6%、-78.2%，最大减幅分别为-10.5%、5.7%、14.7%、81.0%。

叠加上游梯级调蓄影响后，奔子栏水电站运行不会对滇中引水工程取水产生影响；各典型年虎跳峡峡谷流量与天然工况下(已考虑滇中引水取水量)的流量过程基本保持一致，未产生进一步的不利影响。

b) 水温

奔子栏坝址处天然河道年平均水温在 10.6℃左右，其中 1 月份水温最低在 3.6℃左右，7 月水温最高在 16.6℃左右。经模型预测，水温结构为过渡型水温结构。

岗托投运前，下泄水温对坝址下游原天然水温改变比较明显，不同典型年的低温水影响有一定差异；水库年均下泄水温比建坝前升高 0.7~2.5℃；下泄水温在春夏季比建坝前坝址水温月均降低 1.1~2.2℃，秋冬季月均上升 2.9~4.6℃。以平水年为例，水库年均下泄水温比建坝前升高 1.2℃；下泄水温在 3 月~7 月比建坝前坝址水温平均降低了 1.1℃，5 月份温降幅度最大达 3.3℃；8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.3℃，12 月温升幅度最大达 5.9℃。与坝址现状逐日水温相比，奔子栏下泄水温最大降幅为 3.5℃(5 月 18 日)，最大升幅为 6.4℃(12 月 20 日)。以 5 月 15 日坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计，建坝后下泄水温延迟 34 天在 6 月 18 日到达 13.7℃。梯级联合运行中，奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为 0.2~1.0℃。

岗托投运后，下泄水温对坝址下游原天然水温改变比较明显，不同典型年的低温水影响有一定差异；水库年均下泄水温比建坝前升高 0.7~2.1℃；下泄水温在春夏季比建坝前坝址水温月均降低 1.3~2.2℃，秋冬季月均上升 3.2~4.7℃。以平水年为例，水库年均下泄水温比建坝前升高 1.3℃；下泄水温在 4 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 2.1℃，5 月份温降幅度最大达 2.9℃；9 月~翌年 3 月，下泄水温平均上升 3.7℃，12 月温升幅度最大达 6.7℃。以 5 月 15 日坝址现状水温 13.7℃为特征温度统计，建坝前坝址处水温延迟 48 天在 7 月 2 日到达 13.7℃。梯级联合运行中，奔子栏水电站梯级对河道水温的影响(贡献度)为 0.1~0.9℃。

c) 水质

本工程建设期将产生砂石料冲洗废水、混凝土拌和冲洗废水、含油废水及生活

污水等废污水。工程施工砂石加工系统废水最大产生量约 $700\text{m}^3/\text{h}$ ，混凝土拌和系统废水最大产生量约 $40\text{m}^3/\text{d}$ ，含油废水最大产生量约 $20\text{m}^3/\text{h}$ ，施工生活区污水最大产生量约 $648\text{m}^3/\text{d}$ ，如不有效处置将对工程河段水质产生不利影响。本工程施工废污水经处理后综合利用，不外排，正常运行情况下对金沙江水质不会造成影响。工程建成后，库区及坝下河段区间入河污染负荷较小，运行期库区及坝下河段水质基本不会发生改变，库区发生富营养化的可能性较小。

10.4.2 水生生态影响

奔子栏水电站建成运行后，将淹没金沙江干流约 63.29km 的天然河段，淹没支流定曲天然河段长度分别为 21.19km 、淹没二级支流(定曲支流)许曲 8.39km 。

奔子栏水库建成后，受大坝阻隔、水库调蓄影响，鱼类的生境将发生较大改变，鱼类资源结构也将发生变化。库区水生生物种类组成和群落结构将由河流相向湖泊相演变，浮游动植物和底栖生物种类和现存量将会有所增加，鱼类饵料生物均会发生一定变化。库区江段原来适应于底栖急流、砾石、岩盘底质环境中生活繁衍的鱼类如长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、黄石爬鮡等，库区可能使其获得更大的越冬及索饵水域，但由于库区流水生境的丧失，其种群将逐渐向库尾及支流退缩。由于适宜产卵繁殖的流水生境被压缩至干流库尾河段及支流定曲及支流未淹没区，影响鱼类繁殖规模，将导致库区江段的资源量减少。而适应于缓流或静水环境生活的鱼类种类，如软刺裸裂尻鱼及部分可能适应缓流水域的高原鳅，其种群规模将上升，并可能成为库区的优势物种。

坝下江段典型日工况下，龙盘运行前，3月、5月水位日内变幅较大，对鱼类繁殖和生长造成不利影响；7月、9月水位稳定，坝下产卵场生境与原河流相似。龙盘运行后，奔子栏~冈曲河口段产卵场部分时间段维持现状，冈曲汇口下产卵场将被淹没。奔子栏水库总体呈过渡型水温结构特征，下泄水温滞后效应自身影响较小，在叠加上游梯级累积影响后，将影响鱼类繁殖和生长。

大坝阻断河段鱼类洄游通道，破坏河段鱼类栖息地连续性和完整性，河段鱼类种群间基因交流将受到明显影响，种群数量较大的鱼类，群体间将出现遗传分化，种群数量较少的物种将逐步丧失遗传多样性。受栖息地空间减少、大坝阻隔、水文情势和饵料生物变化、水温滞后效应等因素影响，河段鱼类种群结构将发生改变，遗传多样性将降低，资源量将减少。

10.4.3 陆生生态影响

工程建设占地总面积 3135.49hm²，占评价区总面积的 3.36%。占用土地类型主要为灌木林地，造成产力损失 273.80×10⁴GJ/a，生物量损失 35812.62t，分别为评价区总生产力的 2.52%和总生物量的 0.70%。整体上不会改变评价区内现有土地利用类型的基本格局。

工程施工占地、水库淹没及移民安置等将对评价区内植被及植物资源造成影响，工程占用的植被类型中，占地面积最大的类型为干暖灌丛，占用面积 1346.59hm²，占评价区中该类型 0.05%；其次是稀树灌木草丛，占用面积 667.13hm²，占评价区中该类型的 0.04%。工程占用面积较大的都是区域广泛分布的植被类型，占用比例较小，工程占地不会引起区域植被组成的变化。

工程建设将导致部分植物个体数量减少，野外调查共发现重要植物分布点 44 处，植物 92 株(丛)。从调查发现保护植物分析，受工程建设影响的重要植物共 12 株，包括施工占地和水库淹没区的 1 株圣地红景天、1 株裂果女贞、2 株异叶薯蓣、1 株云南粗糠树、2 株圆茎翅茎草、1 株云南双盾木，共计 8 株，受工程施工或蓄水直接影响，在工程开工或蓄水前需进行移植或采种播撒以保护其种质资源。位于工程影响范围内的 3 株裂果女贞和 1 株川滇叠鞘兰，共计 4 株需进行就地保护。

工程建设对不会影响重点保护植物的物种多样性和改变物种分布范围。

工程建设对陆生动物的直接影响主要表现在工程占地与水库淹没直接导致陆生动物的个体死亡及其栖息地减少，从而迫使原河谷区分布的陆生动物迁往它处或向较高海拔地区迁移。受影响的主要为两栖动物和爬行动物，以及栖息于河谷区稀树灌草丛的中小型兽类等。其中，国家二级重点保护野生动物水獭在评价区主要分布在日中村西方向河流中，施工期开挖、爆破、水库蓄水将破坏或淹没其栖息地，可能向支流或支沟迁移，或在库岸区形成新的巢穴栖息地。

评价区内有云南白马雪山国家级自然保护区、四川下拥省级自然保护区、沙鲁里山生物多样性维护生态保护红线、滇西北高山峡谷生物多样性维护与水源涵养生态保护红线等生态敏感区。经实际调查研究，工程均不占用敏感区区域，对生态敏感区陆生生态影响较小。

10.4.4 环境空气影响

奔子栏水电站施工作业面、施工爆破、砂石加工系统和场内交通等施工期将产

生 TSP、NO₂ 等大气污染物，上述污染物均属无组织排放。环境空气敏感目标主要为曲支村、阿洛共、甲学、森恩等居民点，后续曲支村、阿洛共居民点、甲学居民点均需搬迁。在对采取封闭除尘措施、洒水降尘。加强路面清扫、控制车速等措施后，对附近居民点影响较小。

10.4.5 声环境影响

工程施工对声环境的影响主要来自于大坝和洞室施工、砂石加工系统、混凝土拌和系统、施工工厂、弃渣场、场内交通运输等施工活动。声敏感目标主要为曲支村、阿洛共、甲学、森恩等居民点，后续曲支村、阿洛共居民点、甲学居民点均需搬迁。根据预测，工程施工期森恩施工区部分居民点噪声有不同程度超标，在采取夜间禁止施工、限速、禁鸣、安装隔声窗、设置隔声围挡等措施后，对敏感点声环境影响可以得到减缓。

10.4.6 固体废物影响

奔子栏水电站施工期固体废物主要包括生活垃圾、工程弃渣和施工区生产垃圾。施工期共计产生生活垃圾 11882t。工程弃渣总量 537.87 万 m³，施工期机修含油废水的处理还将产生一定量的含油污泥和浮油。运行期生活垃圾产生量较少，机组运行过程产生少量废油。生活垃圾等固体废物如不妥善处理，对周边环境将产生不利的影响。

10.4.7 移民安置环境影响

移民安置的主要环境影响为安置点建设及专项设施复建造成的植被破坏、水土流失，以及生活污水和生活垃圾排放产生的影响等。

依据规划安置人口，得荣县、德钦县安置点生活污水日排放量分别为 134.9m³/d 和 143.2m³/d，若不采取任何措施直接排放，将会对居民点附近的环境卫生产生影响。移民安置生活垃圾日产生量为 2.4t/d，若不做好垃圾收集与处理的工作，任其散乱堆置，将影响村容及环境卫生。

专项设施复建对环境影响的主要来源于交通工程中的桥梁建设，但影响仅限于施工期，且排放的污染物量不大。其他各复建工程对环境影响不明显。

10.5 环境保护措施

10.5.1 水环境保护

a) 生态流量泄放措施

综合考虑上游电站生态流量泄放目标、下游滇中引水工程取水需求和虎跳石断面景观需求, 以及相关规划要求, 奔子栏水电站生态流量泄放方案如下:

龙盘水电站运行前, 每年 1 月~2 月和 11 月下泄流量不小于 $275\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 23.7%), 3 月~4 月中旬下泄流量不小于 $340\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 29.3%), 4 月下旬不小于 $445\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 38.4%), 5 月不小于 $361\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 31.1%), 6 月~7 月、10 月~11 月不小于 $357\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 30.8%), 8 月~9 月不小于 $476\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 41.0%), 12 月不小于 $297\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 25.6%); 龙盘水电站运行后, 每年 11 月~次年 2 月下泄流量不小于 $275\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 23.7%), 3 月~4 月中旬下泄流量不小于 $340\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 29.3%), 4 月下旬不小于 $365\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 31.5%), 5 月~7 月和 10 月不小于 $357\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 30.8%), 8 月~9 月不小于 $476\text{m}^3/\text{s}$ (占多年平均流量 41.0%); 当上游日均入库流量小于生态流量时, 按上游日均来水量下泄生态流量。

龙盘运行前奔子栏水电站运行期生态流量泄放方案详见表 10.5-1。

表 10.5-1 龙盘水电站运行前奔子栏水电站生态流量泄放方案

时段		推荐流量过程
时段划分	时段划分依据	
1 至 2 月	一般用水期	下泄流量不低于 $275\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 23.7%。
3 至 4 月上旬	鱼类繁殖期	下泄流量不低于 $340\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 29.3%。每月中下旬各开展 15 天的生态调度, 期间电站不进行日内调峰运行, 按照天然来流量下泄, 其余时段奔子栏水电控制下泄流量日内变幅不大于 $150\text{m}^3/\text{s}$ 。
4 月下旬	鱼类繁殖期	下泄流量不低于 $445\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 38.4%, 期间开展生态调度。
5 月	鱼类繁殖期	下泄流量不低于 $361\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 31.1%, 奔子栏水电控制下泄流量日内变幅。
6 至 7 月	鱼类繁殖期	下泄流量不低于 $357\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 30.8%。每月中下旬各开展 10 天的生态调度, 期间电站不进行日内调峰运行, 按照天然来流量下泄, 其余时段奔子栏水电控制下泄流量日内变幅。
8 至 9 月	鱼类繁殖期	下泄流量不低于 $476\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 41.0%。每月中下旬各开展 10 天的生态调度, 期间电站不进行日内调峰运行, 按照天然来流量下泄, 其余时段奔子栏水电控制下泄流量日内变幅。
10 至 11 月	一般用水期	下泄流量不低于 $357\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 30.8%。
12 月	一般用水期	下泄流量不低于 $297\text{m}^3/\text{s}$, 占坝址处多年平均流量的 25.6%。

电站运行期通过机组和生态泄水孔泄放生态流量。大坝设置 1 个专门的生态泄水孔。生态放水孔采用短有压接无压坝身泄水孔，布置于泄水建筑物最左侧⑦坝段，进水口底板高程 2122.50m，设计泄放流量 485m³/s，能满足泄放要求。

工程蓄水前在坝上、坝下进行水位视频监控及水位监测，坝下生态流量实时监测系统与主管部门联网，数据传输与终端接收纳入水情自动测报系统。

b) 水温减缓措施

水温减缓措施采用了改进型前置挡墙方案，改进型前置挡墙整体高度设置为 15m，底部高程为 2108.5m，挡水高程为 2123.5m。岗托投运前后，采用前置挡墙电站下泄水温较无措施在 3 月~7 月提升范围为 0.1℃~0.3℃，其中采用改进型前置挡墙较传统型前置挡墙在部分月份改善效果有 0.1℃的提升。

c) 水质保护措施

本工程涉及金沙江干支流均执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)II类水标准，采用混凝沉淀法处理砂石加工系统废水，处理后回用于砂石系统；采用混凝沉淀法处理混凝土拌和系统废水，处理后回用于混凝土拌和系统；采用隔油池和气浮池定型设备处理含油废水，处理后按要求回用；采用一体化混凝沉淀设备处理洞室废水，处理后的废水进入清水池回用或排放；采用“一体化生活污水处理装置”处理施工营地生活污水，处理后用于营地及周边景观绿化、施工区施工道路洒水。

运行期厂区生活污水经成套生活污水处理设备处理后回用于厂区绿化，不外排；电站机组检修等产生的油污水等经油水分离器处理后回用，废油委托有资质的单位进行处理。

10.5.2 水生生态保护

为最大程度减缓项目建设带来的水生生态影响，本环评提出了下泄生态流量、开展鱼类栖息地保护、建设过鱼设施和鱼类增殖放流站、鱼类主要繁殖期开展生态调度、开展科学研究与监测等水生生态保护措施体系。

a) 栖息地保护

奔子栏水电站拟将定曲干流 128km 河段(巴塘~乡城段)和丹达曲干流 130km 河段(芒康县城以下至金沙江汇口)作为栖息地保护河段。奔子栏水电站截流前，拆除鱼根电站、丹达河和老丹达河电站，恢复河流连通性；在旭龙水电站蓄水前研究并制定古学水电站退出方案，奔子栏水电站建成前完成退出。加强河道管理、降低沿

线各种生产生活活动对河道的影响，加强河段水生生态监测工作。已取得定曲全流域(乡城段、巴塘段和得荣段)和丹达曲德钦县人民政府不再开发承诺函。

b) 过鱼措施

环评从过鱼效果、地形地质条件、环境影响、枢纽布置条件、施工条件、工程投资等多个方面，开展了过鱼设施方案初选，重点对鱼道方案、升鱼机方案进行比选，对过坝方案进行了比选。经综合比选后，推荐采用上行升鱼机+下行集运鱼（集鱼依托旭龙水电站上行集鱼）过鱼方案，上行升鱼机由集鱼设施、提升设施、放流设施和辅助设施组成，下行集运鱼主要为放流设施。将库区主要保护鱼类如长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤列为主要过鱼对象，中华金沙鳅、黄石爬鮡、安氏高原鳅、贝氏高原鳅、细尾高原鳅列为兼顾过鱼对象。上行过鱼季节为每年的3月~9月，下行过鱼季节为6月~9月。

c) 鱼类增殖放流

奔子栏水电站鱼类增殖放流依托旭龙水电站鱼类增殖放流站扩建，开展本工程增殖放流任务。旭龙鱼类增殖放流站位于旭龙水电站业主营地内，占地面积约1.5hm²，分两期建设。一期承担旭龙水电站的增殖放流任务；二期承担奔子栏电站的放流任务。奔子栏梯级年放流苗种35万尾，增殖放流对象为短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、硬刺松潘裸鲤、中华金沙鳅、黄石爬鮡7种特有珍稀种类。

d) 生态调度

结合金沙江上游各电站已批复生态调度方案，从流域联合调度角度考虑，充分考虑奔子栏坝下鱼类敏感期需求，奔子栏水电站生态调度方案如下：每年的3月、4月各开展一次为期15天的生态调度，每年的6~9月每月开展一次为期10天的生态调度，生态调度期间流量均匀下泄不调峰；每年的3~9月内除生态调度以外的时段，奔子栏水电站泄放流量在满足生态流量泄放要求的基础上，水电站部分调峰，控制非泄洪期日内水位变幅（奔子栏水文站日内降幅不超过0.5m）。生态调度时段原则上与上游梯级衔接，超出时段动用奔子栏水库调节库容实现均匀下泄。

e) 科学研究

开展鱼类保护科学研究。为有效保护鱼类资源提供科学依据，主要科研项目包括：重要鱼类行为学和生态习性研究，鱼类栖息地建设与智慧监测关键技术研究，

多点位全水深全时段智慧过鱼方案及多梯级过鱼设施联合运行技术研究，重要鱼类增殖放流关键技术研究，水电梯级开发多要素综合生态调度技术研究。

10.5.3 陆生生态保护

加强施工管理和宣传教育，划定最小施工作业区域，施工占地在设计时尽量避免和减少对植被较为丰富区域的占用，尽量利用荒地、裸地。收集和保存占地区表土资源，用于后期植被恢复；施工完成后，对施工区内临时占地破坏的植物物种进行恢复，实施植被保护和恢复，选用乡土物种恢复破坏的植被。综合考虑生态敏感区地形地质的实际情况，复建道路的路基土石方开挖尽量减少爆破施工环节，尽量采用机械及人工挖掘等边坡破坏面相对较小的方式施工，最大限度的减少对保护区自然资源和生态系统的破坏；对评价区保护植物种质资源进行收集，保存后用于本区域的植被恢复；对占地范围内的8株重点保护植物进行迁地保护，影响范围内的4株进行就地保护。建设野生动物扩散通道和饮水点，保护库周重点保护野生兽类饮水和觅食；修建动物救护站保护珍稀物种；加强对施工人员的管理，开展宣传和教育，依法保护野生动植物，严禁私自破坏、采集、捕捉、猎捕，发现施工造成个体受伤后，应立即救治。爆破时间避让野生动物繁殖季节。

开展科学研究，为有效保护保护动植物多样性提供科学依据。包括金沙江上游珍稀特有植物分布及保护措施研究、金沙江上游珍稀濒危动物生物学和生态习性研究、水獭生境营造技术研究、野外动物一体化智能观测设备研发等。

10.5.4 废气治理

在砂石料加工系统、混凝土系统主要产尘车间设置袋式除尘器，并整体采用全封闭措施，场界处设置喷雾降尘设施。施工区和场内交通设置喷淋、雾炮机和雾炮车实施喷雾降尘。加强路面清扫和排水沟的维护，维持路面清洁。施工区设置洗车池。加强施工机械和车辆的维护、保养。

10.5.5 噪声防治

夜间表土堆存场、仓库、进厂交通洞等施工工厂夜间(22:00-6:00)禁止施工，选用低噪声的设备，在场内公路临近居民点处设置限速禁鸣标志，加强施工车辆管理，对森恩施工区部分居民点安装隔声窗。

10.5.6 固体废物处理

施工区内设置分类垃圾桶，生活垃圾入瓦卡镇集镇生活垃圾收运系统。施工废弃物中可回收废物由指定的物资回收部门定期回收利用，无回收价值的固体废物和建筑垃圾统一运送至弃渣场。工程施工过程中产生的其它危险废物(蓄电池、废油等)，设置专用容器进行分类收集，施工区设置危废暂存间，定期委托有相关资质的单位进行处置。

10.5.7 移民安置环境保护

移民安置点生活污水纳入一体化污水处理设备进行统一处理，生活垃圾统一纳入到本镇区垃圾处理系统中。

施工废水设置隔油池和沉淀池处理达标后回用于施工用水或场地洒水。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。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。施工人员生活垃圾装入垃圾桶定时清运。

10.6 环境风险评价

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：施工期油库事故风险、爆破器材库事故风险、施工危险品运输事故风险、污废水事故排放风险，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。

10.7 环境管理与监测计划

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。

工程须落实水环境监测、环境空气监测、声环境监测、陆生生态调查、水生生态监测、移民安置区环境监测等监测计划，对古学电站敞泄效果进行观测评估，并及时反馈到工程建设中；在白马雪山自然保护区周边设立 1 处生态监测基本站。

10.8 公众参与

依据《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》等法律法规，建设单位开展了公众参与工作。奔子栏公

公司于2023年3月10日在得荣县人民政府和德钦县人民政府网站开展了本工程的首次环境影响评价信息公示。环境影响报告征求意见稿形成后，奔子栏公司通过网络平台得荣县人民政府和德钦县人民政府(2025年5月13日)、建设项目所在地公众易于接触的《四川经济日报》(2025年5月15日、5月20日)和《云南民族时报》(2025年5月16日、5月20日)进行了公示，同步在工程涉及的奔子栏镇、瓦卡镇、羊拉乡、古学乡、奔都乡、日雨镇、徐龙乡等乡镇政府公告栏张贴公告，公示期限不少于10个工作日。在首次环境影响评价信息公示、环境影响报告书征求意见稿公示期间，奔子栏公司以及中南院均未收到公众对本工程提出关于环保方面的意见和建议。

10.9 综合评价结论

奔子栏水电站建设符合相关产业政策、国土空间管控要求，符合流域相关规划及规划环评。工程建设和运行过程中可能产生的不利环境影响主要包括梯级电站联合运行造成的水文情势改变、水温、大坝阻隔对水生生态的影响，工程占地和水库淹没对陆生生态的影响，施工期“三废”和噪声排放对周边环境质量的影响等。报告书提出了下泄生态流量及生态调度、分层取水、实施鱼类栖息地保护、建设过鱼设施、开展鱼类增殖放流、加强施工期污染防治等环境保护措施。在落实报告书提出的各项环保措施和要求后，工程建设的不利环境影响可以得到减缓或控制，从环境保护角度分析，本工程的建设是可行的。

10.10 建议

- 1) 根据栖息地保护的要求，结合电站建设进度安排，尽快开展鱼类栖息地保护河段的保护和修复工作。
- 2) 结合金沙江上游梯级开发进度，适时开展流域梯级联合生态调度研究。
- 3) 结合金沙江上游水风光一体化基地规划和规划环评，以及奔子栏水电站实施的实际生态环境影响，开展金沙江上游水电开发环境影响跟踪评价。

建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填表单位（盖章）：

国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司

填表人（签字）：

项目经办人（签字）：

建 设 项 目	项目名称		金沙江上游奔子栏水电站				建设内容		奔子栏水电站装机容量2600MW，由枢纽工程、施工辅助工程、建设征地和移民安置工程、环境保护工程组成。								
	项目代码		2209-000000-04-01-188370														
	环评信用平台项目编号		e31607														
	建设地点		云南省迪庆州德钦县、四川省甘孜州得荣县				建设规模		奔子栏水电站属一等大(1)型工程，枢纽主要建筑物由挡/泄水建筑物、输水发电系统等组成。坝址控制流域面积20.32万km2，多年平均流量1160m3/s。水库正常蓄水位2148m，死水位为2138m，调节库容2.46亿m3，具备日调节能力，电站装机容量2600MW。								
	项目建设周期（月）		96.0				计划开工时间		2025年7月								
	环境影响评价行业类别		88 水力发电				预计投产时间		2034年12月								
	建设性质		新建（迁建）				国民经济行业类型及代码		D4413水力发电								
	现有工程排污许可证或排污登记表编号（改、扩建项目）				现有工程排污许可管理类别（改、扩建项目）		项目申请类别		新申报项目								
	规划环评开展情况		有				规划环评文件名		金沙江上游水电规划实施方案调整环境影响报告书								
	规划环评审查机关		生态环境部				规划环评审查意见文号		环审〔2025〕58号								
	建设地点中心坐标（非线性工程）		经度	99.272475		纬度	28.300416		占地面积（平方米）	3117953		环评文件类别	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			工程长度（千米）		
	总投资（万元）		2814781.83				环保投资（万元）		183813.47		所占比例（%）		6.53%				

建 设 单 位	单位名称		国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司		法定代表人		朱益军		环评编制单位	单位名称		中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司		统一社会信用代码		914300004448853560	
			主要负责人		陈思钊		编制主持人			姓名		颜剑波		联系电话		13548646075	
	统一社会信用代码（组织机构代码）		91533422MA6N1B602P		联系电话		15198987186			信用编号		BH016353					
										职业资格证书管理号		12354343511430064					
	通讯地址		成都市高新区天韵路7号				通讯地址			湖南省长沙市雨花区香樟东路16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）						区域削减来源（国家、省级审批项目）	
			①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（吨/年）		⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）			
	废 水	废水量（万吨/年）				0.000					0.000	0.000		
		COD				0.000					0.000	0.000		
		氨氮				0.000					0.000	0.000		
		总磷				0.000					0.000	0.000		
		总氮				0.000					0.000	0.000		
		铅				0.000					0.000	0.000		
		汞				0.000					0.000	0.000		
		镉				0.000					0.000	0.000		
		铬				0.000					0.000	0.000		
		类金属砷				0.000					0.000	0.000		
		其他特征污染物				0.000					0.000	0.000		
		废 气	废气量（万标立方米/年）				0.000					0.000	0.000	
	二氧化硫				0.000					0.000	0.000			
	氮氧化物				0.000					0.000	0.000			
	颗粒物				0.000					0.000	0.000			
	挥发性有机物				0.000					0.000	0.000			
	铅				0.000					0.000	0.000			
	汞				0.000					0.000	0.000			
	镉				0.000					0.000	0.000			
	铬				0.000					0.000	0.000			
	类金属砷				0.000					0.000	0.000			
	氟				0.000					0.000	0.000			
	氯				0.000					0.000	0.000			
	苯				0.000					0.000	0.000			
	甲苯				0.000					0.000	0.000			
	二甲苯				0.000					0.000	0.000			
非甲烷总烃					0.000					0.000	0.000			

项目涉及法律法规规定的保护区情况	影响及主要措施		生态保护目标		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	
	生态保护红线				/	/	/	/	否		<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				白马雪山国家级自然保护区	国家级	国家一级保护动物滇金丝猴为主的珍稀野生动植物及其生存环境。	工程占用整合优化前保护区实验区996.88公顷	是	996.88	<input checked="" type="checkbox"/> 避让 <input checked="" type="checkbox"/> 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）	
	自然保护区				四川下拥省级自然保护	省级	林麝、马麝、岩羊、豹、黑熊、马熊、猓獾等，保护植物主要是四川红豆杉等	工程占用整合优化前保护区实验区109.54公顷	是	109.54	<input checked="" type="checkbox"/> 避让 <input checked="" type="checkbox"/> 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）	
	饮用水水源保护区（地表）				/	/	/	/	否		<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）	

		饮用水水源保护区（地下）		/	/	/	/	否	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）							
		风景名胜区		/	/	/	/	否	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）							
		其他		/			/	否	<input type="checkbox"/> 避让 <input type="checkbox"/> 减缓 <input type="checkbox"/> 补偿 <input type="checkbox"/> 重建（多选）							
主要原料及燃料信息		主要原料							主要燃料							
		序号	名称		年最大使用量		计量单位		有毒有害物质及含量（%）		序号	名称	灰分（%）	硫分（%）	年最大使用量	计量单位
大气污染治理与排放信息	有组织排放（主要排放口）	序号（编号）	排放口名称	排气筒高度（米）	污染防治设施工艺		生产设施		污染物排放							
					序号（编号）	名称	污染防治设施处理效率	序号（编号）	名称	污染物种类	排放浓度（毫克/立方米）	排放速率（千克/小时）	排放量（吨/年）	排放标准名称		
	无组织排放	序号		无组织排放源名称					污染物种类	排放浓度（毫克/立方米）	排放标准名称					
水污染治理与排放信息（主要排放口）	车间或生产设施排放口	序号（编号）	排放口名称	废水类别		污染防治设施工艺			排放去向	污染物排放						
						序号（编号）	名称	污染治理设施处理水量（吨/小时）		污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称			
	总排放口（间接排放）	序号（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺		污染防治设施处理水量（吨/小时）	受纳污水处理厂		受纳污水处理厂排放标准名称	污染物排放						
							名称	编号		污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称			
	总排放口（直接排放）	序号（编号）	排放口名称	污染防治设施工艺		污染防治设施处理水量（吨/小时）		受纳水体		功能类别	污染物种类	排放浓度（毫克/升）	排放量（吨/年）	排放标准名称		
								名称								
固体废物信息	废物类型	序号	名称	产生环节及装置		危险废物特性		危险废物代码	产生量（吨/年）	贮存设施名称	贮存能力（吨/年）	自行利用工艺	自行处置工艺	是否外委处置		
	一般工业固体废物					/		/		/	/	/	/			
						/		/		/	/	/	/			
						/		/		/	/	/	/			
	危险废物	1	废变压器油、废柴油	变压器、柴油发电机		T, I		900-214-08	5.5	危废收集桶	10			是		

附表 1 地表水环境自查表

工作内容		自查项目	
影响识别	影响类型	水污染影响型 <input checked="" type="checkbox"/> ; 水文要素影响型 <input checked="" type="checkbox"/>	
	水环境保护目标	饮用水水源保护区 <input type="checkbox"/> ; 饮用水取水 <input type="checkbox"/> ; 涉水的自然保护区 <input type="checkbox"/> ; 涉水的风景名胜区 <input type="checkbox"/> ; 重要湿地 <input type="checkbox"/> ; 重点保护与珍稀水生生物的栖息地 <input checked="" type="checkbox"/> ; 重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道 <input checked="" type="checkbox"/> ; 天然渔场等渔业水体 <input type="checkbox"/> ; 水产种质资源保护区 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input checked="" type="checkbox"/>	
	影响途径	水污染影响型	水文要素影响型
		直接排放 <input type="checkbox"/> ; 间接排放 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/> ; 不排放 <input checked="" type="checkbox"/>	水温 <input checked="" type="checkbox"/> ; 径流 <input checked="" type="checkbox"/> ; 水域面积 <input checked="" type="checkbox"/>
影响因子	持久性污染物 <input type="checkbox"/> ; 有毒有害污染物 <input type="checkbox"/> ; 非持久性污染物 <input type="checkbox"/> ; pH 值 <input type="checkbox"/> ; 热污染 <input type="checkbox"/> ; 富营养化 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/>	水温 <input checked="" type="checkbox"/> ; 水位(水深) <input checked="" type="checkbox"/> ; 流速 <input checked="" type="checkbox"/> ; 流量 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/>	
评价等级		水污染影响型	水文要素影响型
		一级 <input type="checkbox"/> ; 二级 <input type="checkbox"/> ; 三级 A <input type="checkbox"/> ; 三级 B <input checked="" type="checkbox"/>	一级 <input checked="" type="checkbox"/> ; 二级 <input type="checkbox"/> ; 三级 <input type="checkbox"/>
现状调查	区域污染源	调查项目	资料来源
		已建 <input type="checkbox"/> ; 在建 <input type="checkbox"/> ; 拟建 <input type="checkbox"/> ; 拟替代的污染源 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input checked="" type="checkbox"/>	排污许可证 <input type="checkbox"/> ; 环评 <input type="checkbox"/> ; 环保验收 <input type="checkbox"/> ; 既有实测 <input type="checkbox"/> ; 现场监测 <input type="checkbox"/> ; 入河排放口资料 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input checked="" type="checkbox"/>
	受影响水体水环境质量	调查项目	资料来源
		丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> ; 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/>	生态环境保护主管部门 <input checked="" type="checkbox"/> ; 补充监测 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/>
	区域水资源开发利用状况	未开发 <input type="checkbox"/> ; 开发量 40%以下 <input checked="" type="checkbox"/> ; 开发量 40%以上 <input type="checkbox"/>	
	水文情势调查	调查项目	资料来源
丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> ; 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/>		水行政主管部门 <input checked="" type="checkbox"/> ; 补充监测 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/>	

附表 1(续)

工作内容		自查项目		
		监测时期	监测因子	监测断面或点位
现状调查	补充监测	丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/>	水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD)、五日生化需氧量(BOD ₅)、氨氮(NH ₃ -N)、总磷(TP)、总氮(TN)、铜(Cu)、锌(Zn)、氟化物、汞(Hg)、砷(As)、硒(Se)、镉(Cd)、六价铬(Cr ⁶⁺)、铅(Pb)、氰化物、挥发酚、石油类、硫化物、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群、悬浮物、叶绿素、透明度等 27 项	监测断面或点位个数(4)个
现状评价	评价范围	河段长度: (约 310)km 水域面积: ()km ²		
	评价因子	同监测因子		
	评价标准	河流、湖库、河口: I类 <input type="checkbox"/> ; II类 <input checked="" type="checkbox"/> ; III类 <input type="checkbox"/> ; IV类 <input type="checkbox"/> ; V类 <input type="checkbox"/> 近岸海域: 第一类 <input type="checkbox"/> ; 第二类 <input type="checkbox"/> ; 第三类 <input type="checkbox"/> ; 第四类 <input type="checkbox"/> 规划年评价标准()		
	评价时期	丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/>		
	评价结论	水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标状况: 达标 <input type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 水环境控制单元或断面水质达标状况: 达标 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 水环境保护目标质量状况: 达标 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况: 达标 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不达标 <input type="checkbox"/> 底泥污染评价 <input type="checkbox"/> 水资源与开发利用程度及其水文情势评价 <input checked="" type="checkbox"/> 水环境质量回顾评价 <input checked="" type="checkbox"/> 流域(区域)水资源(包括水能资源)与开发利用总体状况、生态流量管理要求与现状满足程度、建设项目占用水域空间的水流状况与河湖演变状况 <input checked="" type="checkbox"/> 依托污水处理设施稳定达标排放评价 <input type="checkbox"/>		达标区 <input checked="" type="checkbox"/> 不达标区 <input type="checkbox"/>
影响预测	预测范围	河流: 长度(310)km; 湖库、河口及近岸海域: 面积(/)km ²		
	预测因子	(COD、NH ₃ -N、TP)		
	预测时期	丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 冰封期 <input type="checkbox"/> 春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/> 设计水文条件		
	预测情景	建设期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生产运行期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 服务期满后 <input type="checkbox"/> 正常工况 <input checked="" type="checkbox"/> ; 非正常工况 <input checked="" type="checkbox"/> 污染控制和减缓措施方案 <input checked="" type="checkbox"/> 区(流)域环境质量改善目标要求情景 <input type="checkbox"/>		
	预测方法	数值解 <input type="checkbox"/> ; 解析解 <input type="checkbox"/> ; 其它 <input checked="" type="checkbox"/> 导则推荐模式 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其它 <input type="checkbox"/>		

附表 1(续)

工作内容		自查项目					
影响评价	水污染控制和水环境影响减缓措施有效性评价	区(流)域水环境质量改善目标 <input checked="" type="checkbox"/> ；替代削减源 <input type="checkbox"/>					
	水环境影响评价	排放口混合区外满足水环境管理要求 <input type="checkbox"/> 水环境功能区或水功能区、近岸海域环境功能区水质达标 <input type="checkbox"/> 满足水环境保护目标水域水环境质量要求 <input checked="" type="checkbox"/> 水环境控制单元或断面水质达标 <input checked="" type="checkbox"/> 满足重点水污染物排放总量控制指标要求，重点行业建设项目，主要污染物排放满足等量或减量替代要求 <input type="checkbox"/> 满足区(流)域水环境质量改善目标要求 <input type="checkbox"/> 水文要素影响型建设项目时应包括水文情势变化评价、主要水文特征值影响评价、生态流量符合性评价 <input checked="" type="checkbox"/> 对于新设或调整入河(湖库、近岸海域)排放口的建设项目，应包括排放口设置的环境合理性评价 <input type="checkbox"/> 满足生态保护红线、水环境质量底线、资源利用上线和环境准入清单管理要求 <input checked="" type="checkbox"/>					
	污染源排放量核算	污染物名称	排放量/(t/a)			排放浓度/(mg/L)	
		(/)	(/)			(/)	
	替代源排放情况	污染源名称	排污许可证编号	污染物名称	排放量/(t/a)	排放浓度/(mg/L)	
		(/)	(/)	(/)	(/)	(/)	
	生态流量确定	生态流量：不低于 275m ³ /s；其他 <input type="checkbox"/> 生态水位：一般水期(m；鱼类繁殖期(m；其它(m					
防治措施	环保措施	污水处理设施 <input checked="" type="checkbox"/> ；水文减缓设施 <input type="checkbox"/> ；生态流量保障设施 <input checked="" type="checkbox"/> ；区域削减 <input type="checkbox"/> ；依托其它工程措施 <input type="checkbox"/> ；其它 <input checked="" type="checkbox"/>					
	监测计划		环境质量			污染源	
		监测方式	手动 <input type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/>			手动 <input checked="" type="checkbox"/> ；自动 <input type="checkbox"/> ；无监测 <input type="checkbox"/>	
		监测点位	(4)			污水处理设施出口	
		监测因子	(水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、BOD ₅ 、NH ₃ -N、TP、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)			(pH、SS、废水流量等)	
污染物排放清单	<input type="checkbox"/>						
评价结论		可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> ；不可以接受 <input type="checkbox"/>					
注：“ <input type="checkbox"/> ”为勾选项，可√；“()”为内容填写项；“备注”为其它补充内容							

附表2 大气环境自查表

工作内容		自查项目							
评价等级 与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>			二级 <input type="checkbox"/>			三级 <input checked="" type="checkbox"/>	
	评价范围	边长 5~50km <input type="checkbox"/>			边长=5km <input checked="" type="checkbox"/>			-	
评价因子	SO ₂ +NO _x 排放量	≥2000t/a <input type="checkbox"/>			500~2000t/a <input type="checkbox"/>			<500t/a <input checked="" type="checkbox"/>	
	评价因子	基本污染物(SO ₂ 、NO ₂ 、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、O ₃ 、CO)其他污染物(TSP)					包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括 PM _{2.5} <input checked="" type="checkbox"/>		
评价标准	评价标准	国家标准 <input checked="" type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>			附录 D <input type="checkbox"/>		其他 标准 <input type="checkbox"/>
现状 评价	环境功能区	一类区 <input type="checkbox"/>		二类区 <input type="checkbox"/>				一类区和 二类区 <input checked="" type="checkbox"/>	
	评价基准年	(2023)年							
	环境空气质量 现状调查数据 来源	长期例行监测数据 <input type="checkbox"/>		主管部门发布的数据 <input checked="" type="checkbox"/>					现状补充监测 <input checked="" type="checkbox"/>
	现状评价	达标区 <input checked="" type="checkbox"/>					不达标区 <input type="checkbox"/>		
污染源 调查	调查内容	本项目正常排放源 <input type="checkbox"/> 本项目非正常 排放源 <input type="checkbox"/> 现有污染源 <input type="checkbox"/>			拟替代的污染源 <input type="checkbox"/>		其他在建、拟 建项目污染源 <input type="checkbox"/>		区域污染源 <input checked="" type="checkbox"/>
大气环境影 响预测与 评价	预测模型	AERMO D <input type="checkbox"/>	ADMS <input type="checkbox"/>	AUSTAL2000 <input type="checkbox"/>	EDMS/AEDT <input type="checkbox"/>		CALPUFF <input type="checkbox"/>	网格 模 <input type="checkbox"/>	其他 <input checked="" type="checkbox"/>
	预测范围	边长 5~50km <input type="checkbox"/>		边长=5km <input type="checkbox"/>				-	
	预测因子	预测因子 <input type="checkbox"/>						包括二次 PM _{2.5} <input type="checkbox"/> 不包括 PM _{2.5} <input checked="" type="checkbox"/>	
	正常排放短期 浓度 贡献值	C 本项目最大占标率≤100% <input checked="" type="checkbox"/>						C 本项目最大占标率>100% <input type="checkbox"/>	
大气环境影 响预测与 评价	正常排放年均 浓度 贡献值	一类区	C 本项目最大占标率≤10% <input type="checkbox"/>				C 本项目最大占标率>10% <input type="checkbox"/>		
		二类区	C 本项目最大占标率≤30% <input checked="" type="checkbox"/>				C 本项目最大占标率>30% <input type="checkbox"/>		
	非正常排放 1h 浓度贡献 值	非正常持 续时间 ()h	C 非正常占标率≤100% <input type="checkbox"/>					C 非正常 占标率 >100% <input type="checkbox"/>	
	保证率日平均 浓度和年平均 浓度叠加值	C 叠加达标 <input checked="" type="checkbox"/>						C 叠加 不达标 <input type="checkbox"/>	
	区域环境质量 的整体变化 情况	K≤-20% <input type="checkbox"/>						K>-20% <input type="checkbox"/>	
环境监测 计划	污染源监测	监测因子: (TSP)			有组织废气监测 <input type="checkbox"/> 无组织废气监测 <input checked="" type="checkbox"/>			无监测 <input type="checkbox"/>	
	环境质量 监测	监测因子: (TSP)			监测点位数(3 个)			无监测 <input type="checkbox"/>	
评价结论	环境影响	可以接受 <input checked="" type="checkbox"/> 不可以接受 <input type="checkbox"/>							
	大气环境防护 距离	距厂界最远(m)							
	污染源年 排放量	NO _x : ()t/a		TSP: ()t/a					

注：“☐”为勾选项，填“√”；“()”为内容填写项

附表3 声环境自查表

工作内容		自查项目					
评价等级与范围	评价等级	一级 <input type="checkbox"/>		二级 <input checked="" type="checkbox"/>		三级 <input type="checkbox"/>	
	评价范围	200 m <input checked="" type="checkbox"/>		大于 200 m <input type="checkbox"/>		小于 200 m <input type="checkbox"/>	
评价因子	评价因子	等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>	
评价标准	评价标准	国家标准 <input checked="" type="checkbox"/>		地方标准 <input type="checkbox"/>		国外标准 <input type="checkbox"/>	
现状评价	环境功能区	0 类区 <input type="checkbox"/>	1 类区 <input type="checkbox"/>	2 类区 <input checked="" type="checkbox"/>	3 类区 <input type="checkbox"/>	4a 类区 <input type="checkbox"/>	4b 类区 <input type="checkbox"/>
	评价年度	初期 <input type="checkbox"/>		近期 <input type="checkbox"/>		中期 <input type="checkbox"/>	
	现状调查方法	现场实测法 <input checked="" type="checkbox"/>		现场实测加模型计算法 <input type="checkbox"/>		收集资料 <input type="checkbox"/>	
	现状评价	达标百分比		100%			
噪声源调查	噪声源调查方法	现场实测 <input type="checkbox"/>		已有资料 <input checked="" type="checkbox"/>		研究成果 <input type="checkbox"/>	
声环境影响预测与评价	预测模型	导则推荐模型 <input type="checkbox"/>		其他 <input type="checkbox"/> 公式			
	预测范围	200 m <input checked="" type="checkbox"/>		大于 200 m <input type="checkbox"/>		小于 200 m <input type="checkbox"/>	
	预测因子	等效连续 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		最大 A 声级 <input checked="" type="checkbox"/>		计权等效连续感觉噪声级 <input type="checkbox"/>	
	厂界噪声贡献值	达标 <input checked="" type="checkbox"/>			不达标 <input type="checkbox"/>		
	声环境保护目标处噪声值	达标 <input type="checkbox"/>			不达标 <input checked="" type="checkbox"/>		
环境监测计划	排放监测	厂界监测 <input type="checkbox"/> 固定位置监测 <input type="checkbox"/>		自动监测 <input type="checkbox"/> 手动监测 <input type="checkbox"/>		无监测 <input type="checkbox"/>	
	声环境保护目标处噪声监测	监测因子: (A 声级及等效 A 声级 LAeq)		监测点位数(12)		无监测 <input type="checkbox"/>	
评价结论	环境影响	可行 <input checked="" type="checkbox"/> 不可行 <input type="checkbox"/>					

注: “☐” 为勾选项, 可√; “()” 为内容填写项。

附表 4 土壤环境自查表

工作内容		完成情况				备注
影响识别	影响类型	污染影响型□；生态影响型 <input checked="" type="checkbox"/> ；两种兼有□				土地利用类型图
	土地利用类型	建设用地 <input checked="" type="checkbox"/> ；农用地 <input checked="" type="checkbox"/> ；未利用地 <input checked="" type="checkbox"/>				
	占地规模	3.33km ²				
	敏感目标信息	敏感目标()、方位()、距离()				
	影响途径	大气沉降□；地表漫流□；垂直入渗□；地下水□；其他(√)水位变化				
	全部污染物					
	特征因子					
	所属土壤环境影响评价项目类别	I类□；II类√；III类□；IV类□				
	敏感程度	敏感□；较敏感□；不敏感√				
评价工作等级		一级□；二级□；三级√				
现状调查内容	资料收集	a)√；b)√；c)√；d)□				
	理化特性					同附录 C
	现状监测点位		占地范围内	占地范围外	深度	
		表层样点数	4	4	0-20cm	
		柱状样点数	0	0		点位布置图
	现状监测因子	农用地：pH、镉、汞、砷、铅、铬、铜、镍、锌、含盐量 建设用地：砷、镉、六价铬、铜、铅、汞、镍，四氯化碳、氯仿、氯甲烷等 45 项				
评价因子	同监测因子					
评价标准	GB15618 <input checked="" type="checkbox"/> ；GB36600 <input checked="" type="checkbox"/> ；表 D. 1 □；表 D. 2 □；其他()					
现状评价	现状评价结论	各监测点各监测项目均满足 GB15618、GB36600 中风险筛选值、管制值要求				
影响预测	预测因子					
	预测方法	附录 E □；附录 F □；其他()				
	预测分析内容	影响范围() 影响程度()				
	预测结论	达标结论：a)√；b)□；c)□ 不达标结论：a)□；b)□				
防治措施	防控措施	土壤环境质量现状保障 <input checked="" type="checkbox"/> ；源头控制 <input checked="" type="checkbox"/> ；过程防控 <input checked="" type="checkbox"/> ；其他(□)				
	跟踪监测	监测点数	监测指标		监测频次	
	信息公开指标					
评价结论		采取环评提出的措施，影响可接受。				

注 1：“□”为勾选项，可√；“()”为内容填写项；“备注”为其他补充内容。
注 2：需要分别开展土壤环境影响评级工作，分别填写自查表。

附表 5 生态影响评价自查表

表 5-1 陆生生态影响评价自查表

工作内容		自查项目
生态影响识别	生态保护目标	重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 国家公园 <input type="checkbox"/> ; 自然保护区 <input type="checkbox"/> ; 自然公园 <input type="checkbox"/> ; 世界自然遗产 <input type="checkbox"/> ; 生态保护红线 <input type="checkbox"/> ; 重要生境 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他具有重要生态功能、对保护生物多样性具有重要意义的区域 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	影响方式	工程占地 <input checked="" type="checkbox"/> ; 施工活动干扰 <input checked="" type="checkbox"/> ; 环境条件改变 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	评价因子	物种 <input checked="" type="checkbox"/> (浮游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻类、鱼类) 生境 <input checked="" type="checkbox"/> (底质、生境复杂性、流速和水深结合特性、堤岸稳定性、河道变化、河水水量状况、植被多样性、水质状况、人类活动强度和河岸土地利用类型) 生物群落 <input checked="" type="checkbox"/> (游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻类的种类、密度、生物量、多样性指数, 鱼类的种类、资源量、早期资源等) 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> (水生生境、水生生物群落) 生物多样性 <input checked="" type="checkbox"/> (浮游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻类) 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> (鱼类重要生境, 包括产卵场、索饵场、越冬场) 自然景观 <input checked="" type="checkbox"/> (无) 自然遗迹 <input type="checkbox"/> (无) 其他 <input type="checkbox"/> (无)
评价等级		一级 <input checked="" type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 生态影响简单分析 <input type="checkbox"/>
评价范围		河段长度: (约 316)km 水域面积: (12680)km ²
生态现状调查与评价	调查方法	资料收集 <input checked="" type="checkbox"/> ; 遥感调查 <input type="checkbox"/> ; 调查样方、样线 <input type="checkbox"/> ; 调查点位、断面 <input checked="" type="checkbox"/> ; 专家和公众咨询法 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	调查时间	春季 <input type="checkbox"/> ; 夏季 <input type="checkbox"/> ; 秋季 <input type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/> 丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/>
	所在区域的生态问题	水土流失 <input type="checkbox"/> ; 沙漠化 <input type="checkbox"/> ; 石漠化 <input type="checkbox"/> ; 盐渍化 <input type="checkbox"/> ; 生物入侵 <input type="checkbox"/> ; 污染危害 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input checked="" type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ; 土地利用 <input type="checkbox"/> ; 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物多样性 <input checked="" type="checkbox"/> ; 重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
生态影响预测与评价	评价方法	定性 <input type="checkbox"/> ; 定性和定量 <input checked="" type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ; 土地利用 <input type="checkbox"/> ; 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物多样性 <input checked="" type="checkbox"/> ; 重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物入侵风险 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
生态保护对策措施	对策措施	避让 <input type="checkbox"/> ; 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态修复 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态补偿 <input checked="" type="checkbox"/> ; 科研 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input checked="" type="checkbox"/>
	生态监测计划	全生命周期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 长期跟踪 <input checked="" type="checkbox"/> ; 常规 <input checked="" type="checkbox"/> ; 无 <input type="checkbox"/>
	环境管理	环境监理 <input checked="" type="checkbox"/> ; 环境影响后评价 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	生态影响	可行 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不可行 <input type="checkbox"/>
注: “ <input type="checkbox"/> ”为勾选项, 可√; “()”为内容填写项。		

表 5-2 水生生态影响评价自查表

工作内容		自查项目
生态影响识别	生态保护目标	重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 国家公园 <input type="checkbox"/> ; 自然保护区 <input checked="" type="checkbox"/> ; 自然公园 <input type="checkbox"/> ; 世界自然遗产 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态保护红线 <input type="checkbox"/> ; 重要生境 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他具有重要生态功能、对保护生物多样性具有重要意义的区域 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	影响方式	工程占地 <input checked="" type="checkbox"/> ; 施工活动干扰 <input checked="" type="checkbox"/> ; 环境条件改变 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	评价因子	物种 <input checked="" type="checkbox"/> (浮游植物、浮游动物、底栖动物、鱼类) 生境 <input checked="" type="checkbox"/> (底质、生境复杂性、流速和水深结合特性、堤岸稳定性、河道变化、河水水量状况、植被多样性、水质状况、人类活动强度和河岸土地利用类型) 生物群落 <input checked="" type="checkbox"/> (游植物、浮游动物、底栖动物的种类、密度、生物量、多样性指数, 鱼类的种类、资源量等) 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> (水生生境、水生生物群落) 生物多样性 <input checked="" type="checkbox"/> (浮游植物、浮游动物、底栖动物) 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> (鱼类重要生境, 包括产卵场、索饵场、越冬场) 自然景观 <input checked="" type="checkbox"/> (白马雪山自然保护区、四川下拥省级自然保护区) 自然遗迹 <input checked="" type="checkbox"/> (三江并流世界自然遗产地) 其他 <input type="checkbox"/> ()
评价等级		一级 <input checked="" type="checkbox"/> 二级 <input type="checkbox"/> 三级 <input type="checkbox"/> 生态影响简单分析 <input type="checkbox"/>
评价范围		河段长度: (约 310)km 水域面积: ()km ²
生态现状调查与评价	调查方法	资料收集 <input checked="" type="checkbox"/> ; 遥感调查 <input type="checkbox"/> ; 调查样方、样线 <input type="checkbox"/> ; 调查点位、断面 <input checked="" type="checkbox"/> ; 专家和公众咨询法 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	调查时间	春季 <input checked="" type="checkbox"/> ; 夏季 <input checked="" type="checkbox"/> ; 秋季 <input checked="" type="checkbox"/> ; 冬季 <input type="checkbox"/> 丰水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 枯水期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 平水期 <input checked="" type="checkbox"/>
	所在区域的生态问题	水土流失 <input type="checkbox"/> ; 沙漠化 <input type="checkbox"/> ; 石漠化 <input type="checkbox"/> ; 盐渍化 <input type="checkbox"/> ; 生物入侵 <input type="checkbox"/> ; 污染危害 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input checked="" type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ; 土地利用 <input type="checkbox"/> ; 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物多样性 <input type="checkbox"/> ; 重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
生态影响预测与评价	评价方法	定性 <input type="checkbox"/> ; 定性和定量 <input checked="" type="checkbox"/>
	评价内容	植被/植物群落 <input type="checkbox"/> ; 土地利用 <input type="checkbox"/> ; 生态系统 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物多样性 <input checked="" type="checkbox"/> ; 重要物种 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态敏感区 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生物入侵风险 <input type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
生态保护对策措施	对策措施	避让 <input checked="" type="checkbox"/> ; 减缓 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态修复 <input checked="" type="checkbox"/> ; 生态补偿 <input type="checkbox"/> ; 科研 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	生态监测计划	全生命周期 <input checked="" type="checkbox"/> ; 长期跟踪 <input checked="" type="checkbox"/> ; 常规 <input type="checkbox"/> ; 无 <input type="checkbox"/>
	环境管理	环境监理 <input checked="" type="checkbox"/> ; 环境影响后评价 <input checked="" type="checkbox"/> ; 其他 <input type="checkbox"/>
	生态影响	可行 <input checked="" type="checkbox"/> ; 不可行 <input type="checkbox"/>
注: “ <input type="checkbox"/> ”为勾选项, 可√; “()”为内容填写项。		

附件 1 关于委托开展金沙江奔子栏水电站工程环境影响评价工作的函

国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司文件

国能金奔〔2023〕3 号

关于委托开展金沙江奔子栏水电站工程 环境影响评价工作的函

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司：

按《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等有关法规要求，特委托贵院承担金沙江上游奔子栏水电站工程环境影响评价及相关工作。

特此致函。

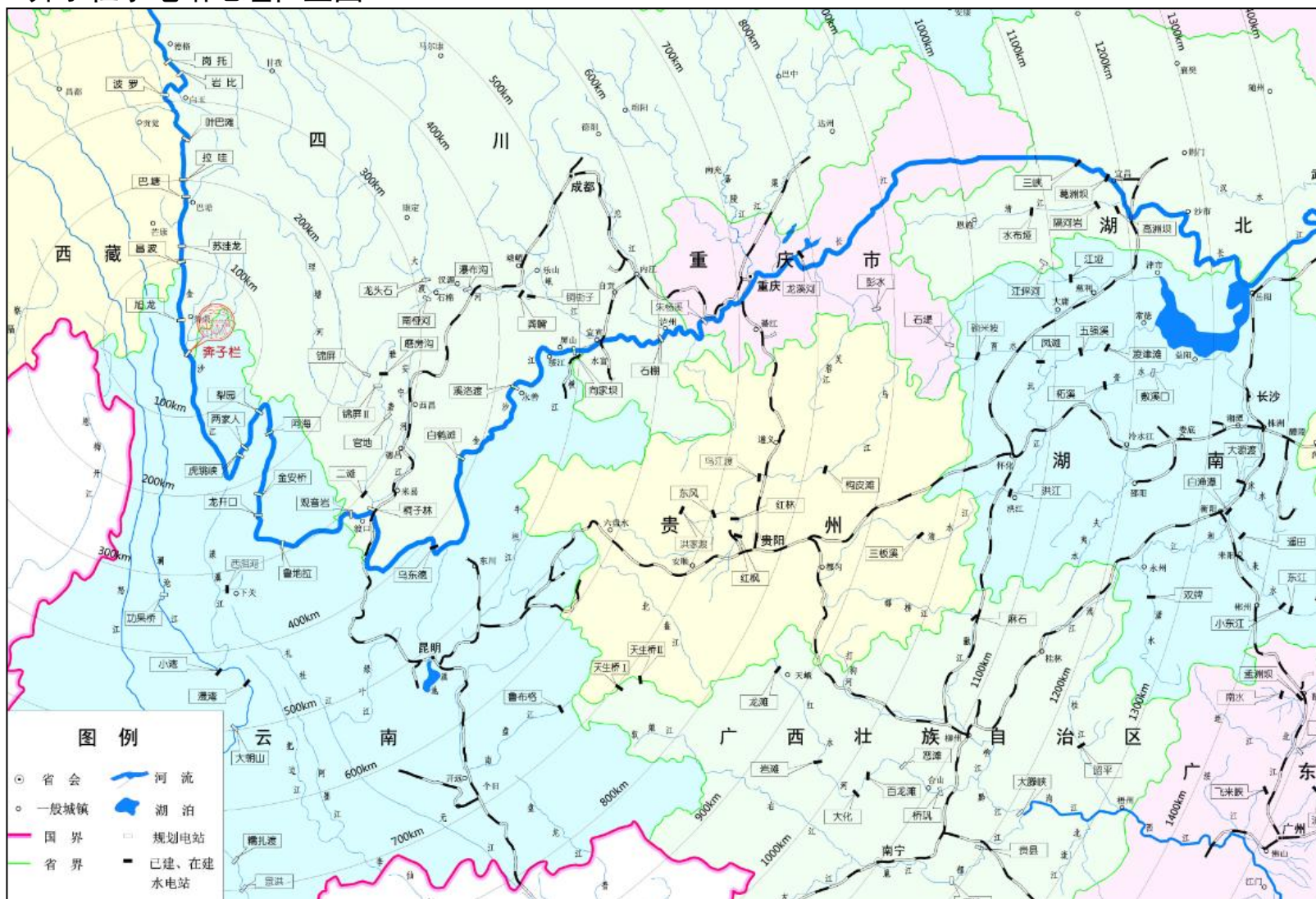
国家能源集团金沙江奔子栏水电有限公司

2023 年 3 月 8 日

（联系人及电话：张雨玥 13618875023）

— 1 —

附图 1 奔子栏水电站地理位置图



附图2 金沙江奔子栏水电站评价范围水系图

