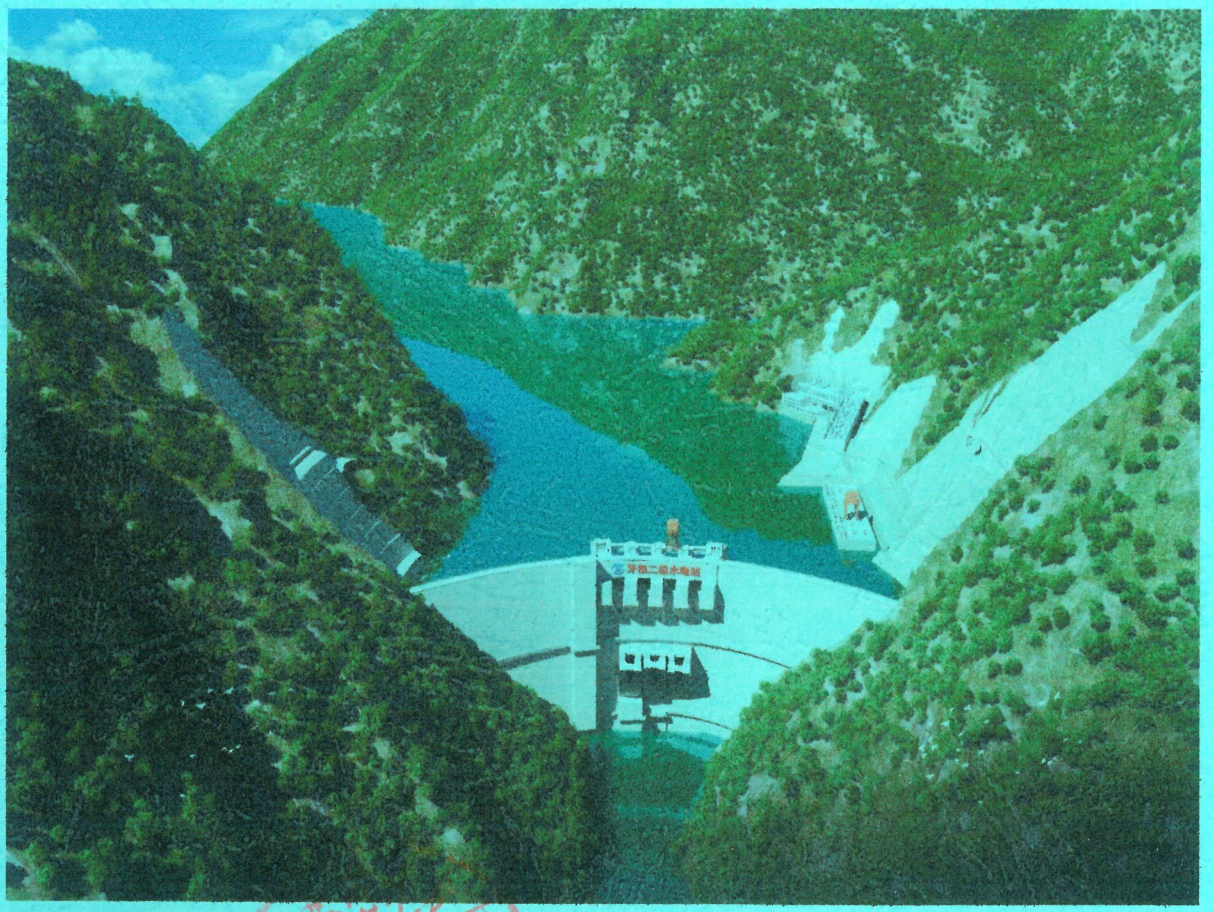
中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
CHENGDU ENGINEERING CORPORATION LIMITED

四川省雅砻江牙根二级水电站

环境影响报告书



建设单位：雅砻江流域水电开发有限公司

环评单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

2026年8月

四川省雅砻江牙根二级水电站

环 境 影 响 报 告 书

建设单位：雅砻江流域水电开发有限公司

环评单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

打印编号：1761565344000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	9j6505
建设项目名称	四川省雅砻江牙根二级水电站
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）	雅砻江流域水电开发有限公司
统一社会信用代码	91510000201870221H
法定代表人（签章）	孙文良
主要负责人（签字）	王红梅
直接负责的主管人员（签字）	宋以兴
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司
统一社会信用代码	915100004507513971
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
姜跃良	10355143507510275	BH010226	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
姜跃良	工程分析	BH010226	
张耀丹	总则、工程概况	BH065294	
王莉	环境保护对策措施	BH032150	
徐健	环境风险评价与风险管理	BH066010	

邓浪浪	环境管理与监测计划	BH065346	
张伟	环境影响预测与评价	BH047451	
王钰	环境保护投资估算	BH075324	
喻安晴	评价结论及建议	BH065293	
张汉朝	环境现状调查与评价	BH065347	

审　　定：杨玖贤　谭　平

审　　查：姜跃良

校　　核：王　莉　王　颖　陈长杰

编　　写：张耀丹　张　伟　刘格言　张汉朝　徐　健

邓浪浪　王　钰　喻安晴　温黎明　张宏伟

李雁宜　李梦伊

参加工作人员：龚楚枫　刘　园　魏　凡

概　述

一、建设项目特点

雅砻江是金沙江最大的支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，自西北向东南流，在呷衣寺附近流入四川省，沿途接纳了鲜水河、小金河、安宁河后在攀枝花市下游的倮果汇入金沙江。干流河道全长1535km，流域面积约12.84万km^2，占金沙江(宜宾以上)集水面积的25.8%。雅砻江两河口以上为上游河段，两河口至卡拉段为中游河段，卡拉至江口为下游河段。雅砻江上、中、下游干流河道长度分别为738km、385km、412km。

雅砻江中游河段长385km，天然落差985m，河道平均比降2.56‰。根据四川省人民政府以“川府函[2008]368号”文批复的《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告》以及四川省发展和改革委员会以“川发改能源函[2012]133号”文批复的《四川省雅砻江两河口~牙根河段水电开发方案研究报告》，雅砻江干流中游河段(两河口~卡拉段)规划7级开发方案，由上至下依次为两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟和卡拉。其中，牙根二级水电站规划坝址位于茨玛绒沟上游约3.2km的河段上，采用坝式开发，开发任务主要为发电，装机99万kW，正常蓄水位2560m，日调节水库，正常蓄水位对应的总库容2.54亿m^3。

随着中游电站前期工作深入，对雅砻江中游规划梯级的环境地质和生态环境问题有了更深入的认识，同时为了结合“碳达峰、碳中和”自主贡献目标、构建新型电力系统需要、四川省能源电力发展形势要求，有必要对中游河段水电规划进行调整。2024年12月，四川省发展和改革委员会委托我公司开展了雅砻江中游水电规划调整及环评工作。2025年10月，四川省生态环境厅以“川环建函[2025]31号”文印发了《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》审查意见。根据该规划调整环评，牙根二级水电站规划坝址位于多吉坝址，较原规划坝址下移了约28km，采用坝式开发，工程开发任务为发电，并促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设和地方经济社会发展。装机240万kW，正常蓄水位2560m，日调节水库，正常蓄水位对应的总库容9.91亿m^3。

2026年7月，四川省人民政府以“川府函[2026]142”文印发了《雅砻江中游水电规划调整报告》批复意见。根据该规划调整成果，推荐牙根二级水电站采用多吉坝址，开发方式为坝式开发，初拟正常蓄水位2560m，死水位2545m，装机容量240万kW，调节库容2.57亿m^3，具有日调节性能。

根据牙根二级水电站可行性研究勘测设计成果，牙根二级水电站开发任务、开发方式、坝址位置、装机容量、总库容与规划调整及环评报告保持一致。牙根二级水电站可行性研究阶段工程概况如下：牙根二级水电站为雅砻江中游水电规划调整的第3级电站，上游依次为已建两河口梯级、在建的牙根一级梯级，下游依次为规划的楞古梯级、在建孟底沟梯级、已建杨房沟梯级、在建卡拉梯级。牙根二级坝址位于四川省甘孜州雅江县境内雅砻江干流上，坝址上距雅江县城公路里程约80km，坝址处控制流域面积7.16万km^2，多年平均流量772m^3/s。工程开发任务为发电，并促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设和地方经济社会发展。电站采用坝式开发，挡水建筑物为混凝土双曲拱坝，最大坝高210 m，水库正常蓄水位2560m，相应库容9.91亿m^3，死水位2545m，调节库容2.57亿m^3，具有日调节能力。电站厂房为首部式地下厂房，布置在左岸，总装机2400MW，多年平均年发电量86.45亿kWh(与两河口联合)。工程土石方开挖总量为1571.31万m^3(自然方)，回用后工程剩余土石方总量528.44万m^3(自然方，折合松方672.09万m^3)。电站建设总工期为105个月，施工高峰年施工人数约为6066人。牙根二级水电站建设征地处理范围涉及土地面积2360.45hm^2，其中水库淹没影响区1897.91hm^2，枢纽工程建设区343.5hm^2，等级公路及集镇新址占地119.05hm^2。至规划水平年，共需生产安置2153人，均采取逐年货币补偿安置方式；农村搬迁安置2224人，全部采取分散安置，迁建集镇三座，集中安置749人。牙根二级水电站工程静态总投资263.49亿元，其中环境保护静态投资约8.66亿元。

二、环境影响评价工作过程

按照《环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等法律法规规定，雅砻江流域水电开发有限公司委托我公司开展牙根二级水电站环境影响评价工作。环境影响评价工作过程中，我公司始终坚持生态优先理念，环境影响评价全过程介入，对可研阶段工程施工总布置等重大方案从环境保护角度提出了减少占地面积、弃渣减量化等调整意见，从源头减轻了生态环境影响；按照国家及四川省各项生态环境保护法律法规、政策及技术规范要求，针对项目进行了多次资料收集、现场踏勘，并结合工程特点确定了环境影响评价的工作重点，明确了主要环境保护目标、评价因子、评价等级、评价标准、评价范围；根据相关技术导则要求，在结合区域例行监测成果基础上，委托四川省川环源创检测科技有限公司、成都翌达环境保护检测有限公司对区域地表水环境、地下水环境、声环境、土壤环境等进行了现状补充监测，以掌握区域环境质量现状；同时，分别

委托水利部中国科学院水工程生态研究所、中科院成都生物研究所开展了水生生态调查和陆生生态调查与影响评价工作；深入分析预测了工程建设、蓄水、运行及移民安置等可能带来的各种环境影响，并对重大生态环境保护措施进行了多方案的比选论证；协助建设单位按照《环境影响评价公众参与办法》要求开展了公众参与公示等相关工作。在以上工作的基础上，我公司于 2026 年 8 月编制完成了《雅砻江牙根二级水电站环境影响报告书》（送审稿）。

三、项目的规划符合性

牙根二级水电站工程建设符合国家相关法律法规、产业政策要求，其开发建设符合国家、四川省能源发展战略，有利于实现“碳达峰、碳中和”目标，是拉动民族地区经济发展、落实“六保六稳”的重要途径。

牙根二级水电站布局和规模符合中游调整规划，且是历次规划推荐的近期实施工程。工程不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产等重要敏感区。根据审批的甘孜藏族自治州国土空间总体规划，工程不涉及生态保护红线，不涉及一般生态空间。根据四川省环境分区管控方案，牙根二级水电站属于水能资源开发河段，不涉及优先保护单元，工程建设符合相应综合管控单元和要素管控区管控要求，符合生态环境准入清单相关要求。

四、关注的主要环境问题及环境影响

本项目环境影响评价关注的主要环境问题有：

(1)水文情势

牙根二级水库具有日调节性能，电站在进行日内调峰运行时，不稳定流下泄对下游河段水文情势会产生一定影响。楞古水电站建成前，牙根二级坝下至孟底沟库尾水文情势受牙根二级运行调度影响，此时牙根二级水电站需下泄生态流量以满足下游生态用水需求；楞古水电站建成后，牙根二级坝下水文情势主要受楞古水库运行控制。

据调查，牙根二级坝下力丘河汇口河段、马蹄村河段分布有鱼类产卵场，工程下泄生态流量主要为满足下游水生生态系统用水需求，报告书提出一般用水期下泄生态流量不低于 119.8m^3/s(占多年平均流量的 15.52%)，鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m^3/s(占多年平均流量的 20%)。

同时建立坝下生态流量在线监测系统，充分利用电站设置的水情自动测报系统，适时掌握坝下流量变化。

(2)水温

经预测牙根二级水库水温结构为过渡型。受上游梯级联合运行累积影响，牙根二级下泄低温水在 5 月降幅最大，分别为 2.9℃(平)、2.2℃(丰)、3.0℃(枯)；冬季高温水最大升幅在 11 月，分别为 6.3℃(平)、4.4℃(丰)、7.0℃(枯)。牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响导致，在联合运行时对低温降幅的贡献最大值不超过 1.0℃(平)、1.1℃(丰)、1.3℃(枯)，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃(平)、1.5℃(丰)、2.1℃(枯)。

报告书提出，拟定预留岩梗+前置挡墙作为减缓低温水下泄措施。主要包括在 3#进水口及 4#进水口上游侧前缘范围保留岩梗，抬高引水渠高程，形成 2532.00m 高程平台，起到取用表层水的效果；而 1#进水口和 2#进水口前缘受地形限制无法保留完整岩梗的部位，平台高程调整为 2520.00m，并布置固定式前置挡墙，顶部高程 2532.00m，与上游侧岩梗平台等高程，挡墙长度 147.8m，距进水口底板高程 19m，距死水位 13m。经预测，采用预留岩梗+前置挡墙的水温减缓措施后，对水温的改善作用在 0.2~0.4℃左右。

(3)水生生态

牙根二级水电站建设后，在上游两河口水电站已建、牙根一级在建的情况下，将对工程河段水生生境形成进一步阻隔影响。为减缓工程建设对水生生态造成的不利影响，在充分借鉴两河口过鱼设施运行经验的基础上，工程开展了过鱼设施方案比选与设计，推荐采取“1#尾水洞升鱼机+2#尾水洞移动式集鱼设施+自动化运鱼车转运过坝”的上行过鱼方案，同时依托牙根一级过鱼设施开展下行过鱼。下阶段在专项设计中，将进一步优化诱鱼设施、升鱼机结构、运行管理等具体内容，以不断提升工程过鱼设施效果，并同时开展上下游梯级统筹过鱼方案设计工作。此外，工程依托已建成的两河口鱼类增殖站开展人工增殖放流，进一步补充影响河段鱼类资源量。在对库区支流生境深入调查的基础上，经多方面的技术比选论证，将雅砻江右岸支流霍曲河干流纳入鱼类栖息地保护范围，辅以拆除已建唐岗电站、河道生境修复等措施为鱼类营造栖息繁殖生境条件，以减缓工程建设对水生生态造成的不利影响。

(4)陆生生态

工程占地影响植被类型主要为灌木林地植被和人工栽培植被，均为区域常见植被类型，工程建设对区域植被影响不大。工程建设不影响评价区内分布的保护植物芒苞草、松茸，可能淹没部分零星分布的光核桃植株。

五小叶槭是国家二级重点保护野生植物，属狭域分布种，野生种群数量较少，牙根二级水电站对其种群数量和原生境面积会造成一定影响。

环评阶段，我公司联合中国科学院成都生物研究所和四川省林业科学研究院对五小叶槭的野生资源分布现状、种群结构、群落特征、五小叶槭遗传多样性、五小叶槭种苗繁育和野生植株移栽开展了详细的调查研究与调研工作，编制完成《四川省雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题报告》并取得四川省林业和草原局审查意见，其作为后续五小叶槭的影响预测、保护措施设计的指导性文件。依据该专题报告调查结果，牙根二级工程影响范围内有五小叶槭共计 3932 株，占五小叶槭调查资源总量的 24.71%。其中，成树 1038 株，占调查到五小叶槭成树总量的 15.01%；幼树 676 株，占调查到五小叶槭幼树总量的 33.14%；幼苗 2218 株，占调查到五小叶槭幼苗总量的 31.86%。牙根二级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。

报告书制定的陆生生态保护措施主要包括优化工程施工方案、表层土收集等，减少工程扰动范围和面积，以减缓工程建设对区域生态环境的影响。施工结束后分区对占地区域进行陆生生态修复。通过加强施工管理和宣教，建立生态破坏惩罚制度，严禁捕猎野生动物和乱砍树木；施工期间重点注意珍稀濒危保护动物和野生保护植物，如发现应及时上报或就地保护。

为进一步减缓牙根二级水电站对五小叶槭的影响，报告书针对五小叶槭开展了专项保护措施设计，提出了原生境保护、种质资源收集保存、野生植株迁地等措施，以减少工程实施对五小叶槭野生植株个体的影响；通过采取影响区域种源人工扩繁、野外回归、生境营造、社区辅助管理等措施，促进种群遗传资源保护与种群复壮；通过提升移栽和栽培的管理技术并加强监测，动态掌握五小叶槭种群变化趋势；通过对五小叶槭良种培育与推广景观利用，促进五小叶槭野外种群保护。

五、环境影响评价主要结论

牙根二级水电站是雅砻江中游水电规划调整和规划调整环评中推荐近期实施项目，工程建设符合国家产业政策和地方社会经济发展规划，符合长江经济带发展与保护战略要求，是国家实现 2030 年前碳达峰行动方案中能源绿色低碳转型行动的重要组成部分；

工程建设不涉及各类环境敏感区及生态保护红线，符合生态环境分区管控要求。

牙根二级水电站在对经济社会发展起到重要作用的同时，也会对区域生态环境带来一定不利影响，主要表现在运行期库区水文情势变化对区域水生生态的影响；日内调峰下泄不稳定流对坝下河段鱼类生境的影响；大坝的建设，进一步加剧对雅砻江干流原有的鱼类阻隔影响，使鱼类生境片段化，降低鱼类种群间遗传基因交流的机会，削弱种群生存力；水库淹没和工程占地对其原有陆生植被的破坏和扰动，对五小叶槭种群数量和原生境造成一定不利影响；工程施工将产生废水、废气、废渣、噪声等，对周围环境将产生一定不利影响；移民安置和专项设施复建也将对区域生态环境承载力造成一定影响。

针对工程建设和运行过程中产生的不利环境影响，本次评价制定了完善的生态环境保护措施体系，在采取相应的环境保护措施后，工程建设对水环境、环境空气、声环境、生态环境等的各种不利影响将得到有效减免，水库淹没损失能得到有效补偿，移民可获得妥善安置。工程建设不存在重大环境制约因素，在落实报告书提出的各项环保措施的前提下，工程建设可行。

六、致谢

本次环境影响评价工作得到了生态环境部、生态环境部环境工程评估中心、四川省生态环境厅和自然资源厅、林业和草原局、四川省能源局、甘孜州生态环境局、水电水利规划设计总院的精心指导和帮助，得到了雅江县人民政府及相关部门的协助，得到了雅砻江流域水电开发有限公司的全力支持，得到了技术协作单位水利部中国科学院水工程生态研究所、中国科学院成都生物研究所、四川省川环源创检测科技有限公司、成都翌达环境保护检测有限公司的配合协助，在此一并表示衷心感谢!

附件：

附件 1：关于开展四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响评价工作的函

附表：

附表 1 建设项目大气环境影响评价自查表

附表 2 建设项目地表水环境影响评价自查表

附表 3 土壤环境影响评价自查表

附表 4 生态影响评价自查表

附图：

附图 1-1　牙根二级水电站外环境关系示意图

目 录

1 总则 1

1.1 任务来源 1

1.2 编制目的 1

1.3 编制依据 2

1.4 评价原则 9

1.5 评价标准 9

1.6 评价等级 12

1.7 评价范围与时段 14

1.8 评价因子筛选与评价重点 16

1.9 环境保护目标 17

1.10 评价工作过程与程序 23

2 工程概况 24

2.1 工程开发背景 24

2.2 雅砻江中游水电规划环评概况 33

2.3 工程建设的必要性 53

2.4 工程特性 59

2.5 项目组成 63

2.6 工程枢纽布置及主要建筑物 64

2.7 工程施工 66

2.8 建设征地及移民安置 90

2.9 工程运行 94

2.10 工程投资 104

3 工程分析 105

3.1 工程与相关环境保护政策和规划的符合性分析 105

3.2 工程方案的环境合理性分析 150

3.3 环境影响因素分析 169

3.4 工程分析结论 182

4 环境现状调查与评价 187

4.1 地理位置 187

4.2 地形地貌 187

4.3 环境地质 188

4.4 气候气象 193

4.5 土壤 195
4.6 水文 195
4.7 水生生态 200
4.8 陆生生态 260
4.9 环境质量现状评价 361
4.10 社会环境 382
4.11 移民安置区环境现状 384
4.12 环境现状综合评价及主要环境问题 387
5 环境影响预测评价 389
5.1 气候影响预测与评价 389
5.2 水文情势影响预测与评价 390
5.3 水温影响预测与评价 428
5.4 地表水水质影响预测与评价 461
5.5 地下水环境影响预测与评价 470
5.6 坝下溶解气体过饱和影响分析 473
5.7 土壤环境影响预测评价 486
5.8 水生生态影响预测与评价 488
5.9 陆生生态影响预测与评价 501
5.10 移民安置及专项设施复建环境影响预测与评价 524
5.11 枢纽工程施工环境影响预测与评价 528
5.12 其他环境影响 539
6 环境保护对策措施及技术经济论证 547
6.1 生态流量泄放与保障措施 547
6.2 水温缓解措施 578
6.3 气体过饱和影响减缓措施 597
6.4 库区水质保护措施 598
6.5 地下水环境保护措施 599
6.6 水生生态保护措施 600
6.7 陆生生态保护措施 672
6.8 土壤环境保护措施 714
6.9 人群健康保护措施 714
6.10 移民安置环境保护措施 716
6.11 施工期环境保护措施 720

6.12 其他保护措施 754
6.13 环境保护措施实施计划 766
6.14 环境保护措施效果综合分析 770
7 环境风险评价与风险管理 773
7.1 评价目的 773
7.2 环境风险识别 773
7.3 环境风险评价 775
7.4 环境风险分析评价 776
7.5 环境风险防范措施 778
7.6 突发环境事件应急预案 780
8 环境管理与监测计划 783
8.1 环境管理 783
8.2 环境监测 793
8.3 环境监理规划 809
9 环境保护措施分期实施计划及环境保护验收 813
9.1 环境保护措施项目 813
9.2 环保验收管理 815
10 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析 818
10.1 编制说明 818
10.2 环境保护费用估算 822
10.3 环境影响经济损益分析 849
11 评价结论与建议 851
11.1 评价结论 851
11.2 建议 863

1 总则

1.1 任务来源

雅砻江流域水电开发有限公司“关于开展四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响评价和水土保持方案报告编制工作的函”(见附件 1)。

1.2 编制目的

根据牙根二级水电站工程特性和工程所在区域环境特征，以及国家相关法律法规要求，本次环境影响评价的主要目的在于：

(1)调查分析工程涉及区域的自然环境、生态环境和环境质量状况，敏感保护对象及其环境问题，明确当地的环境功能、环境质量现状及其发展趋势。

(2)预测、评价工程施工、运行及移民安置等工程活动对环境造成的影响，并从流域角度分析、评价工程兴建带来的生态影响。

(3)落实流域生态环境保护和高质量发展要求，分析工程建设方案与流域综合规划、流域资源开发利用规划、生态环境保护规划、环境功能区划、流域环境影响回顾性评价等相关规划的符合性与协调性，并结合环境敏感目标及影响分析，综合评判工程规模、以及工程设计方案、枢纽建筑物布置等的环境合理性，从预防保护角度提出优化建议及限制条件。

(4)全面预测评价工程施工、电站运行、淹没占地和移民安置等工程活动对评价区域环境造成的各种影响，在充分考虑《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》及审查意见要求的基础上，针对工程带来的不利影响，制定可行的环境保护对策措施，协调工程建设与环境保护的关系，充分发挥工程的经济效益、社会效益和环境效益，促进工程涉及区域经济、社会、环境的可持续发展，并促进工程地区及雅砻江中游区域生态环境的良性发展。

(5)拟定环境监测和环境管理方案，掌握工程建设与运行过程中实际发生的环境影响，并及时做出反馈，对环境保护措施进行充实、完善和细化，增强措施的针对性和可操作性。

(6)对工程拟采取的环境保护措施进行技术经济分析，进行环境保护投资估算，为环

境保护措施的顺利实施提供资金保障。

(7)从环境影响角度论证牙根二级水电站兴建的可行性，明确环境影响评价结论，从而为工程的方案论证、环境管理和项目决策提供科学依据。

1.3 编制依据

1.3.1 法律

(1)《中华人民共和国生态环境法典》(2026 年 8 月 15 日施行)

(2)《中华人民共和国土地管理法》(2020 年 1 月修订)

(3)《中华人民共和国水土保持法》(2011 年 3 月修订)

(4)《中华人民共和国森林法》(2020 年 7 月修订)

(5)《中华人民共和国草原法》(2021 年 4 月修改)

(6)《中华人民共和国水法》(2016 年 7 月修订)

(7)《中华人民共和国防洪法》(2016 年 7 月修订)

(8)《中华人民共和国野生动物保护法》(2022 年 12 月修订)

(9)《中华人民共和国渔业法》(2013 年 12 月修订)

(10)《中华人民共和国文物保护法》(2024 年 11 月修订)

(11)《中华人民共和国长江保护法》(2021 年 3 月)

(12)《中华人民共和国青藏高原生态保护法》(2023 年 9 月 1 日施行)

1.3.2 行政法规

(1)《建设项目环境保护管理条例》(2017 年 10 月)

(2)《中华人民共和国河道管理条例》(国务院令第 3 号，2026 年 1 月修订)

(3)《中华人民共和国野生植物保护条例》(1996 年 9 月，国务院令第 204 号，2017 年 10 月修订)

(4)《中华人民共和国文物保护法实施条例》(2003 年，国务院令第 377 号，2017 年 10 月修正)

(5)《中华人民共和国基本农田保护条例》(2011 年 1 月)

(6)《土地复垦条例》(2011 年 2 月，国务院令第 592 号)

(7)“国务院关于印发《全国生态环境保护纲要》的通知”(国发[2000]38 号)

(8)“国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定”(国发[2005]39 号)

(9)“国务院关于印发《中国水生生物资源养护行动纲要》的通知”(国发[2006]9 号)

(10)“国务院关于环境保护若干问题的决定”(国发[1996]31 号)

(11)《国务院关于全国重要江河湖泊水功能区划(2011-2030 年)的批复》(国函[2011]167 号)

(12)《中华人民共和国水污染防治实施细则》(国务院令第 284 号，2000 年 3 月)

(13)《国务院关于水污染防治行动计划的通知》(国发[2015]17 号)

(14)《地下水管理条例》(国务院令第 748 号，2021 年 12 月)

(15)《古树名木保护条例》(国务院令第 800 号，2025 年 3 月)

1.3.3 部委规章

(1)《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021 年 1 月)

(2)《产业结构调整指导目录（2024 年本）》(2023 年 12 月)

(3)《国家重点保护野生植物名录》(2021 年 9 月)

(4)《国家重点保护野生动物名录》(2021 年 1 月)

(5)《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)

(6)《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)

(7)《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)

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

(9)《环境影响评价公众参与办法》(生态环境部令第 4 号)

(10)《国家危险废物名录（2025 年版）》(生态环境部、国家发展和改革委员会、公安部、交通运输部、国家卫生健康委员会令第 36 号)

(11)《排污许可管理办法》(生态环境部令第 32 号，2024 年 4 月)

(12)《入河排污口监督管理办法》(生态环境部令第 35 号，2024 年 10 月)

(13)《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)

1.3.4 地方法规

(1)《四川省〈中华人民共和国环境影响评价法〉实施办法》(2019 年 9 月)

(2)《四川省〈中华人民共和国水法〉实施办法》(2012 年 7 月修正)

(3)《四川省〈中华人民共和国渔业法〉实施办法》(2016 年 11 月修正)

(4)《四川省〈中华人民共和国野生动物保护法〉实施办法》(2012 年 7 月修正)

(5)《四川省〈中华人民共和国水土保持法〉实施办法》(2013 年 7 月修正)

(6)《四川省〈中华人民共和国大气污染防治法〉实施办法》(2018 年 12 月修订)

(7)《四川省饮用水水源保护管理条例》(2019 年 9 月修订)

(8)《四川省重点保护野生动物名录》(2024 年 8 月)

(9)《四川省环境保护条例》(四川省第十二届人民代表大会常务委员会第三十六次会议通过，2018 年 1 月 1 日起实施)

(10)《四川省固体废物污染环境防治条例》(2018 年 7 月修正)

(11)《四川省重点保护野生植物名录》(2024 年 8 月)

(12)《四川省长江经济带发展负面清单实施细则(试行)》(川长江办〔2019〕8 号)

(13)《四川省土壤污染防治条例》(2023 年 7 月 1 日施行)

1.3.5 规范性文件

(1)“关于西部大开发中加强建设项目环境保护管理的若干意见”(环发〔2001〕4 号)

(2)“关于加强水电建设环境保护工作的通知”(环发〔2005〕13 号)

(3)“关于印发《国家重点生态功能保护区规划纲要》的通知”(环发〔2007〕165 号)

(4)“关于印发《全国生物物种资源保护与利用规划纲要》的通知”(环发〔2007〕163 号)

(5)国家环境保护总局“关于进一步加强生态保护工作的意见”(环发〔2007〕37 号)

(6)“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)

(7)“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)

(8)“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)

(9)“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)

(10)“关于印发水电水利建设项目水环境与水生生态保护技术政策研讨会会议纪要的函”(环办函〔2006〕11 号)

(11)《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)

(12)《全国生态功能区划(修编版)》(环境保护部，2015 年 11 月)

(13)水利部“关于印发《水功能区监督管理办法》的通知”(水资源〔2017〕101 号)

(14)四川省环境保护局、四川省实施西部大开发领导小组办公室“关于发布实施《四川省生态功能区划》的通知”(川环发〔2006〕62 号)

(15)《四川省国土空间规划（2021-2035 年）》(川府发〔2024〕8 号)

(16)“四川省地面水水域环境功能划类管理规定”(川府发〔1992〕5 号)

(17)《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)

(18)关于印发《长江经济带生态环境保护规划》的通知(环规财〔2017〕88 号)

(19)《关于以改善环境质量为核心加强环境影响评价管理的通知》(环环评〔2016〕150 号)

(20)《国务院关于水污染防治行动计划的通知》(国发〔2015〕17 号)

(21)《长江流域综合规划(2012~2030 年)》

(22)《关于印发长江经济带生态环境保护规划的通知》(环规财〔2017〕88 号)

(23)《国务院办公厅关于加强长江水生生物保护工作的意见》(国办发〔2018〕95 号)

(24)《长江流域重点水域禁捕和建立补偿制度实施方案》(农长渔发〔2019〕1 号)

(25)《四川省国土空间生态修复规划(2021-2035 年)》(四川省自然资源厅，2022 年 6 月)

(26)“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)

(27)《四川省林业和草原局关于进一步加强野生动植物资源保护管理工作的通知》(四川省林业和草原局，2020 年 5 月)

(28)《甘孜藏族自治州国土空间总体规划(2021—2035 年)》(川府函〔2024〕70 号)

(29)《甘孜州生态环境分区管控动态更新成果(2023 年版)》(甘环委办发〔2024〕4 号)

1.3.6 技术规范及标准

(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ 2.1-2016)

(2)《环境影响评价技术导则 地表水环境》(HJ2.3-2018)

(3)《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)

(4)《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)

(5)《环境影响评价技术导则 大气环境》(HJ2.2-2018)

(6)《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ19-2022)

(7)《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)

(8)《环境影响评价技术导则 水利水电工程》(HJ/T88-2003)

(9)《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)

(10)《水电工程环境影响评价规范》(NB/T10347-2019)

(11)《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10079-2018)

(12)《水电工程陆生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10080-2018)

(13)《水电工程环境保护设计规范》(NB/T 10504-2021)

(14)《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2022)

(15)《水域纳污能力计算规程》(GB/T25173-2010)

(16)《水电工程环境保护专项投资编制细则》(NB/T 35033-2025)

(17)《水电工程水温计算规范》(NB/T 35094-2017)

(18)《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T 35037-2014)

(19)《水电工程过鱼设施设计规范》(NB/T 35054-2015)

(20)《水电工程生态流量计算规范》(NB/T 35091-2016)

(21)《河流水生生物栖息地保护技术规范》(NB/T 10485-2021)

(22)《水电水利工程水文计算规范》(DL/T 5431-2009)

(23)《水电工程建设征地移民安置规划设计规范》(DL/T 5064-2007)

(24)《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)

(25)《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)

(26)《环境空气质量标准》(GB3095-2026)

(27)《声环境质量标准》(GB3096-2008)

(28)《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)

(29)《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)

(30)《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T18920-2020)

(31)《污水综合排放标准》(GB8978-1996)

(32)《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)

(33)《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)

(34)《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)

(35)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)

(36)《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》(GB18599-2020)

(37)《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)

(38)《四川省建筑施工扬尘防治标准》(DBJ51T 231-2023)

1.3.7 相关技术文件及批复文件

(1)《长江流域综合规划(2012~2030 年)》(长江设计院，2012 年)及批复意见（国务院国函[2012]220 号）

(2)《雅砻江流域综合规划》（水利部长江水利委员会，2017 年 10 月）及批复意见（水规计[2020]268 号）

(3)《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》（长江水资源保护科学研究所，2019 年 12 月）及审查意见（生态环境部[2020]33 号）

(4)《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划报告》(2006 年 6 月，中国水电顾问集团成都勘测设计研究院)及批复意见(川府函[2008]368 号)

(5)《四川省雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》(2006 年 10 月，中国水电顾问集团成都勘测设计研究院)及审查意见(川环函[2007]162 号)

(6)《四川省雅砻江两河口至牙根河段水电开发方案研究报告》(2010 年 8 月，中国水电顾问集团成都勘测设计研究院)及批复意见(川发改能源函[2012]133 号)

(7)《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》(2013 年 6 月，中国水电工程顾问集团公司)及审查意见(环办函[2013]1072 号)

(8)《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》(2024 年 10 月，水电水利规划设计总院)及审查意见(环办环评函[2024]475 号)

(9)《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2025 年 8 月)及审查意见(川环建函[2025]31 号)

(10)《四川省雅砻江牙根二级水电站坝址河段选择专题报告》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2021 年 8 月)及审查意见(水电规规[2022]28 号)

(11)《四川省雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告（重编）》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2022 年 8 月)及审查意见(水电规规[2022]425 号)

(12)《四川雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告（重编）》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2022 年 8 月)及其审查意见(水电规施[2022]153 号)

(13)《雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段坝址坝型及枢纽布置选择专题报告》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2022 年 10 月)及咨询意见

(14)《四川省雅砻江牙根二级水电站可行性研究装机容量选择专题报告》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2023 年 2 月)及审查意见（水电规规[2023]160 号）

(15)《雅砻江牙根二级水电站水库影响区地质专题报告》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2022 年 8 月)及审查意见（水电规地质[2022]37 号）

(16)《雅砻江牙根二级水电站水生生态调查与评价专题》(水利部中国科学院水工程生态研究所，2025 年 6 月)

(17)《雅砻江牙根二级水电站陆生生态调查与评价专题》(中国科学院成都生物研究所，2025 年 6 月)

(18)《雅砻江牙根二级水电站环境现状补充监测报告》(四川省川环源创检测科技有限公司，2023 年 2 月；成都翌达环境保护检测有限公司，2025 年 8 月)

(19)《雅砻江两河口水电站环境影响报告书》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2013 年 12 月)及其批复意见(环审[2013]327 号)

(20)《四川省雅砻江两河口水电站蓄水阶段环境保护验收调查报告》(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司，2020 年 9 月)及验收意见

(21)《四川省雅砻江牙根一级水电站环境影响报告书》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，2022 年 9 月)及审查意见(环审[2022]167 号)

(22)《雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题报告》(中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司，中国科学院成都生物研究所，四川省林业科学研究院，2023 年 8 月)及审查意见

(23)其它地方环境保护相关规划

1.4 评价原则

(1)生态优先、整体协调原则

环境影响分析及措施制定应与流域综合规划、流域水电开发规划及其环境影响评价成果、流域水电开发环境影响回顾性评价成果、区域相关政策及行业发展规划相协调，与区域珍稀保护动植物等环境敏感对象的保护要求以及当地的生态建设与旅游发展紧密协调、互为裨益，切实做到生态优先。

(2)早期介入、预防为主原则

在本工程方案设计启动开始，环境影响评价即介入其中，在方案设计、比选及施工布置、运行方式等拟定过程中，将环境影响作为重要比选条件，贯彻预防为主的环境保护指导思想，尽可能避让重要环境敏感对象，优选出环境影响相对较小的主体工程方案。同时，在拟定环境保护措施时，优先考虑预防性措施，做到从源头和过程控制，以最大限度地减少不利环境影响的发生。

(3)全面分析、突出重点原则

对评价范围内的环境影响进行全面评价，并对区域重点、敏感的环境问题，给予足够重视，在设计深度允许的条件下，充分论证重要、敏感的环境问题。

(4)可操作性和针对性原则

针对不利环境影响提出的环境保护措施应与本工程项目特点以及工程地区的社会、经济和自然条件相适应，具有针对性和可操作性。

1.5 评价标准

根据牙根二级水电站所在流域环境特点及环境功能区划要求，本工程环境影响评价执行以下标准：

1.5.1 环境质量标准

(1)地表水环境质量：本工程涉及的雅砻江干支流河段均执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类水域标准。

(2)地下水环境质量：执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)中的Ⅲ类标准。

(3)环境空气质量：执行《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中的二级标准。

(4)声环境质量：执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)中的 2 类标准。

(5)土壤环境：工程影响区域农用地土壤环境执行《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)农用地土壤污染风险筛选值，建设用地土壤环境执行《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)第二类用地筛选值。

(6)生态环境：以不破坏生态系统稳定性和不减少区域内珍稀濒危动植物种类为标准。

主要环境质量参数标准见下表。

主要环境质量标准值表

表 1.5-1

《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类(mg/L)		《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)Ⅲ类(mg/L)		《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级(mg/m³ 标准状态，日均值)			《声环境质量标准》(GB3096-2008)[dB(A)]	
项目	标准限值	项目	标准限值	项目	过渡阶段浓度限值	浓度限值	项目	2 类
pH	6～9	pH	6.5～8.5	SO_2	0.15	0.05	昼间	60
溶解氧	≥6	总硬度(以 $CaCO_3$ 计)	≤450	NO_2	0.08	0.05	夜间	50
COD_{Cr}	≤15	溶解性总固体	≤1000	CO	4.00	4.00		
高锰酸盐指数	≤4	铁	≤0.3	O_3	0.16	0.16		
BOD_5	≤3	铜	≤1.00	PM_{10}	0.12	0.1		
氨氮(NH_3-N)	≤0.5	锰	≤0.10	$PM_{2.5}$	0.06	0.05		
				TSP	0.3			
总磷(以 P 计)	≤0.1(湖、库 0.025)	锌	≤1.00					
总氮(湖、库以 N 计)	≤0.5	镉	≤0.005					
铜	≤1.0	铬(六价)	≤0.05					
锌	≤1.0	铅	≤0.01					
氟化物	≤1.0	硝酸盐(以 N 计)	≤20.0					
硒	≤0.01	阴离子表面活性剂	≤0.3					
砷	≤0.05	挥发酚(以苯酚计)	≤0.002					
汞	≤0.00005	氟化物	≤1.0					
镉	≤0.005	氰化物	≤0.05					
六价铬	≤0.05	砷	≤0.01					
铅	≤0.01	硒	≤0.01					
氰化物	≤0.05	汞	≤0.001					
挥发酚	≤0.002	氯化物	≤250					
石油类	≤0.05	硫酸盐	≤250					
阴离子表面活性剂	≤0.2							
硫化物	≤0.1							
粪大肠菌群(个/L)	≤2000							

农用地土壤污染风险筛选值

表 1.5-2　　单位：mg/kg

序号	污染物项目		风险筛选值			
			pH≤5.5	5.5＜pH≤6.5	6.5＜pH≤7.5	pH＞7.5
1	镉	水田	0.3	0.4	0.6	0.8
		其他	0.3	0.3	0.3	0.6
2	汞	水田	0.5	0.5	0.6	1.0
		其他	1.3	1.8	2.4	3.4
3	砷	水田	30	30	25	20
		其他	40	40	30	25
4	铅	水田	80	100	140	240
		其他	70	90	120	170
5	铬	水田	250	250	300	350
		其他	150	150	200	250
6	铜	果园	150	150	200	200
		其他	50	50	100	100
7	镍		60	70	100	190
8	锌		200	200	250	300

建设用地土壤污染风险筛选值和管制值

表 1.5-3　　单位：mg/kg

序号	污染物项目	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
1	砷	20	60	120	140
2	镉	20	65	47	172
3	铬（六价）	3.0	5.7	30	78
4	铜	2000	18000	8000	36000
5	铅	400	800	800	2500
6	汞	8	38	33	82
7	镍	150	900	600	2000

1.5.2 污染物排放标准

(1)水污染物：工程河段属Ⅱ类水域，禁止新建排污口，生产废水和污水处理后综合利用或回用，禁止外排。

(2)大气污染物：执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的新污染源无组织排放浓度限值及《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)。

(3)噪声：施工期执行《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)中的噪声限值；运行期执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)中的 2 类标准。

(4)固体废物：一般工业固体废物执行《一般工业固体废物贮存、处置的污染控制标准》(GB18599－2020)；危险废物执行《危险废物贮存污染控制标准》(GB18597-2023)。

(5)电磁环境：执行《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)相应限制标准。

污染防治目标主要参数及排放标准限值详见表 1.5-4。

牙根二级水电站环境影响评价执行污染物排放标准限值表

表 1.5-4

大气污染物排放标准					噪声排放标准					电磁环境执行标准	
《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996) (mg/m^3)		《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)(μg/m^3)			《建筑施工噪声排放标准》(GB 12523-2025) [dB(A)]			《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)2类[dB(A)]		《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)	50Hz 频率下，工频电场强度以 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
项目	无组织排放监控浓度限值	项目	拆除工程/土方开挖/土方回填阶段	其他工程阶段	项目	昼间	夜间	昼间	夜间		
颗粒物	1.0	总悬浮颗粒物(TSP)	600	250	L_{eq}	70	55	60	50		
					L_{Amax}		70				

1.6 评价等级

1.6.1 地表水环境

根据《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），本工程施工期为水污染影响型，由于施工期间产生的生产、生活废(污)水将综合利用、不排放，因此施工期评价等级为三级 B。

运行期属于水文要素影响型，按照径流-库容法，α=24.9＞20，水温评价等级为三级；兴利库容与年径流量百分比β=0.005＜2，为日调节水库，径流评价等级为三级；工程为拦河筑坝的方式，占用过水断面宽度达 100%，R＞10，据此评价等级为一级。

1.6.2 地下水环境

本工程为水电项目，属《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)中明确的Ⅲ类建设项目。据调查，本工程不涉及地下水的集中式饮用水源地、分散式饮用水源地及特殊地下水资源保护区等敏感区域，地下水环境敏感程度为不敏感。根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），确定地下水环境影响评价工作等级为三级。

1.6.3 生态环境

按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022）评价等级判定原则 d) 根据 HJ2.3 判断属于水文要素影响型且地表水评价等级不低于二级的建设项目，生态影响评价等级不低于二级；f)当工程占地规模大于 20km² 时（包括永久和临时占用陆域和水域），评价等级不低于二级；在拦河闸坝建设可能明显改变水文情势等情况下，评价等级应上调一级。

根据 HJ2.3 地表水评价工作等级判定原则，本工程地表水评价工作等级为一级；工程枢纽占地、水库淹没、集镇新址和等级公路总面积大于 20km²，工程不涉及国家公园、自然保护区等自然保护地，但工程占地及水库淹没涉及五小叶槭集中分布区域等重要生境；工程建成后，库区及坝下河段水文情势发生明显改变，对库区及坝下游河道的水生生物及其生境影响明显。

综上，本工程生态环境影响评价工作等级为一级。

1.6.4 大气环境

牙根二级水电站工程对环境空气的影响主要集中在施工期，运行期对环境空气没有影响。本工程施工期大气影响主要来源于土石方开挖、填筑、弃渣、爆破和汽车扬尘等活动，主要污染物为 TSP，具有源强小、间断性、分散性、无组织排放等特性，影响随着施工结束而消失，且施工区域污染物稀释扩散条件较好，大气污染物的影响范围和程度有限。根据工程规模，采用《环境影响评价技术导则 大气环境》（HJ 2.2-2018）推荐的估算模式进行计算，工程施工过程中 TSP 最大地面质量浓度占标率 Pmax＜10%。对照导则判定，大气环境评价等级为二级。

1.6.5 声环境

工程区域适用《声环境质量标准》(GB3096-2008)中规定的 2 类区。工程声环境影响主要来源于施工期机械使用、开挖爆破、汽车行驶等活动，具有间断性、分散性等特点，且影响随着施工结束而消失。施工区 200m 范围内人口数量较少，受噪声影响人口数量没有显著增加，施工期在未采取声环境减缓措施情况下，各声环境敏感目标噪声级增高量 3dB(A) ~5dB(A)。根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)评价等级分级原则，本工程施工期声环境评价等级确定为二级。

1.6.6 土壤环境

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)，本工程属生态影响

型项目，根据行业类别，“水力发电”属于Ⅱ类建设项目；工程位于中高山峡谷区，土壤含盐量＜2g/kg，土壤 pH 在 5.5~8.5 之间，建设项目所在地土壤环境敏感程度为“不敏感”。对照导则判定，土壤环境评价等级确定为三级。

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，紧靠地下第二副厂房，垂直埋深约 160m，500kV 开关站布置于主变洞上游 200m 处，为地面开关站，输电线路采取竖井、平洞布置方式，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，开关站位于主变洞上游 200m 处，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

工程施工期环境风险源主要为工程炸药库和油库，属于易燃、易爆物质。根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)附录 C，本工程危险物质数量与临界量的比值 Q 小于 1，则该项目环境风险潜势为 I 级。根据《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）中环境风险评价工作等级划分的规定，进行简单分析。

1.7 评价范围与时段

牙根二级对外交通专用公路及 S220 改建路采用“企地共建”的方式，施工用电工程正在单独开展可研阶段设计工作，上述项目均单独立项、单独履行环评手续，不纳入本次环境影响评价范围。

1.7.1 评价范围

1.7.1.1 地表水环境

评价范围为工程施工与运行对水文情势、水温、水质的影响范围。以牙根二级库尾作为水环境评价范围上边界；结合下游梯级电站的建设时序，以孟底沟水库库尾作为水环境评价范围的下边界。总体而言，牙根二级地表水环境评价范围为：牙根二级库尾～孟底沟水电站库尾间约 103km 的雅砻江干流河段及区间主要支流，重点评价范围为牙根二级库尾～牙根二级坝址间长约 70.2km 的河段以及区间主要支流。

1.7.1.2 地下水环境

本工程建设对地下水的影响途径主要为水库蓄水后造成库周区域地下水水位变化，施工场地施工废污水或生活垃圾等固体废物未有效处理下渗对地下水的影响，由此确定地下水评价范围主要为库周及枢纽工程区水文地质单元。

1.7.1.3 生态环境

(1)水生生态

原则上与地表水环境评价范围相同，即牙根二级库尾～孟底沟水电站库尾间约103km 的雅砻江干流河段及区间主要支流。考虑到牙根一级~牙根二级之间约 6km 保留河段及区间支流王呷河已被纳入鱼类栖息地保护范围，为区域河段水生生态敏感区，因此，将牙根一级~牙根二级约 6km 保留河段及区间支流王呷河纳入水生生态评价范围。

(2)陆生生态

工程所在区域地处雅砻江中游峡谷，河谷生态特征明显。根据工程特点，确定本工程陆生生态评价范围为：工程施工范围和水库淹没区的第一层岭脊线以内的陆域范围，总面积 446.87 km^2，海拔范围为 2367-4785m。重点评价范围为水库淹没区、施工占地区、移民安置与专项设施复建区等。

1.7.1.4 大气环境

结合大气污染物以粉尘为主和易于沉降的特点，根据《环境影响评价技术导则—大气环境》（HJ2.2-2008）和工程所在区域大气环境的要求条件综合分析，本工程环境空气影响评价范围确定为以各施工工区为中心，半径 200~500m 的区域，以及公路边界两侧200m 范围。

1.7.1.5 声环境

根据《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）的有关规定，确定本工程的声环境评价范围为工程各施工区周边、施工公路边界以外 200m 范围内，重点是各工区附近受施工噪声影响的木灰村居民点。

1.7.1.6 土壤环境

工程水库淹没区、施工占地区和移民安置区等受工程影响区域。

1.7.1.7 电磁环境

开关站、主变洞及出线平台整体场界外 50m 范围。

1.7.2 评价水平年

环境现状评价水平年为2023~2025年，并注重对历史资料及近期调查资料的收集和利用。

施工期环境影响预测水平年为施工高峰年。

运行期预测水平年分为牙根二级全面投产后楞古全面投产前、楞古投产后。

1.8 评价因子筛选与评价重点

1.8.1 评价因子筛选

结合牙根二级水电站建设和运行的实际环境影响特征以及环境保护相关要求，筛选不同评价时段的环境影响评价因子，详见表1.8-1。

牙根二级水电站环境影响评价因子汇总表

表1.8-1

环境要素	评价时段		评价因子
环境地质	现状评价		地层岩性、地质构造、稳定性
	预测评价	施工期	渣场及开挖边坡稳定性
		运行期	水库浸没、库岸稳定、诱发地震、坝下游两岸边坡稳定
地表水环境	现状评价		水文：流量、水位
			泥沙：含沙量、输沙量
			水温：水温、沿程增温率
			水质：反映河流水质本底情况的基本指标
	预测评价	施工期	水文：流量
			水质：废水流量、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、径流分配
			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
			溶解性气体过饱和度
			水质：SS、BOD_5、COD_{Cr}、氨氮、TP、TN
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	施工期生产生活废（污）水对地下水水质的影响
		运行期	水库水位抬升对地下水水位的影响
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}、NO_2、SO_2
	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
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、饵料生物、鱼类及其“三场”

环境要素	评价时段		评价因子
			水土流失：土壤侵蚀面积、土壤侵蚀模数、水土流失量
	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
			水土流失：损坏水土保持设施面积、土壤侵蚀模数、新增水土流失量
		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、饵料生物与水生生物、鱼类及其“三场”
			其它：气体过饱和、水温改变
环境风险	施工期		油库事故风险、炸药库事故风险、施工危险品运输事故风险、森林火灾风险、河流水质污染风险、社会稳定风险
	运行期		库区水质污染风险、外来物种入侵风险、社会稳定风险

1.8.2 评价重点

根据评价因子筛选结果，结合环境敏感对象及环境保护目标，拟定牙根二级水电站环境影响评价重点内容，详见表 1.8-2。

牙根二级水电站环境影响评价重点内容一览表

表 1.8-2

环境要素		评价重点内容
水环境影响	施工期	工程施工对河流中 SS 浓度的影响
		导流洞下闸及水库初期蓄水对下游水文情势的影响
	运行期	电站单独运行和联合运行对下游水文情势的影响
		运行期对库区及下泄水温的影响；泄洪产生的溶解性气体过饱和影响
环境空气和声环境影响	施工期	工程施工或运输车辆对周围居民及局部环境空气和声环境的影响
生态环境影响	施工期	工程施工对陆生植物、植被、水土流失的影响
	运行期	水库淹没及工程占地对植被、陆生生物多样性及景观生态的影响，特别是对五小叶槭集中分布区的影响
		大坝阻隔和水文特征改变对鱼类及其重要生境的影响
		电站运行下泄水温变化及气体过饱和对鱼类的影响
环境地质影响	运行期	水库形成、电站运行化对库岸稳定及诱发地震的可能性分析
移民安置环境影响		对移民生产生活水平的影响
		移民安置区土地开发利用对生态环境的影响

1.9 环境保护目标

1.9.1 环境功能保护目标

1.9.1.1 预防保护目标

(1)采取合理的施工布置、施工工艺、施工程序及施工管理，尽量减少对环境敏感对象的影响。

(2)控制施工占地，减少对工程地区现有林地、耕地的占压和破坏；加强施工管理，减轻工程活动对区域动、植物特别是珍稀保护物种造成的不利影响，维护工程及其周边区域的生态完整性、稳定性和生物多样性。

(3)维护工程区域水环境、环境空气及声环境质量，重点做好施工期的环境保护工作。加强施工期管理，强化施工期各类污染物产生与排放的控制，防止施工扬尘、噪声对工程区周围环境以及当地居民正常生活产生影响。

(4)保护工程区域水生生态系统，加强涉水工程施工管理，防治施工污染对水生生境的影响；结合主体工程方案优化设计，综合考虑水生生态保护需求。

(5)蓄水初期合理调度，泄放合适的生态流量，保障下游生态环境用水需求。

(6)运行期合理调度，保障坝下游群众生命、财产安全，维护坝下水生生态系统的健康稳定。

(7)合理规划移民安置方案，保证不降低移民安置区域生态环境质量。

1.9.1.2 污染控制目标

(1)水环境保护目标：施工期生产废水和污水处理后综合利用，不外排，减缓工程施工期对区域水环境的不利影响，维护工程河段现有水域功能和水环境质量。加强施工附属建筑物等区域的地面防渗措施，避免污染工程占地区地下水环境。

(2)大气环境保护目标：做好施工期大气环境保护工作，施工期废气排放按《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)中的新污染源无组织排放浓度限值及《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB512682-2020)控制，确保施工影响区环境空气质量达到《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级标准。

(3)声环境保护目标：各施工工区边界噪声达到《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)相应标准，敏感点声环境质量达到《声环境质量标准》(GB3096-2008)相应限值。

(4)固体废弃物处置目标：完善施工区固体废物收运系统，使工程施工期生活垃圾、建筑垃圾、危险废物收集处置率达 100%，避免二次污染。

1.9.1.3 治理恢复目标

(1)陆生生态恢复保护目标：重视开挖边坡及渣场的防护，通过集中挡护弃渣和种植林草植被等工程和植物措施，保护水土资源，治理和预防因工程建设产生的水土流失和景观破坏，满足区域生态环境保护要求。

协调好工程和珍稀保护植物的关系，最大限度的保护区域内五小叶槭种群，减少工程建设对该物种的影响和破坏，采取原生境保护、迁地保护、种质资源保护及种群恢复和监测、管理及科研措施等完善的保护措施体系，对受电站建设影响的五小叶槭进行多

方面的保护。

工程占用 27.31hm^2 永久基本农田，需按照建设用地审批程序，到国家及四川省自然资源主管部门、项目涉及的各市、县自然资源主管部门办理相关用地手续，并将按照“占一补一”的原则，实施占补平衡。

(2)水生生态保护措施：根据流域水生生态保护措施体系规划，结合本工程特点，采取栖息地保护、过鱼、人工增殖放流、科学研究、开展水生生态监测和加强渔政管理等综合措施。

(3)移民安置环境保护目标：采用工程及植物措施防治移民安置区水土流失与植被破坏，营造良好的生产、生活环境。

1.9.2 环境敏感对象

根据划定的评价范围，结合工程区环境功能和工程施工与运行特点，筛选出本工程涉及的主要环境敏感对象及其与工程的区位关系，详见下表，工程区外环境关系见附图 1-1。

牙根二级水电站工程环境敏感对象一览表

表 1.9-1

环境要素	敏感对象			保护级别	保护要求	区位关系
水环境	地表水	工程河段河流水体		II类	水质，污废水处理后综合利用，禁止外排。	工程河段干支流
生态环境	主要珍稀保护物种	五小叶槭		国家二级保护植物	维持物种资源量和遗传多样性	沿雅砻江流域分布，工程水库淹没区及施工占地范围内有分布
		光核桃		国家二级保护植物	保护物种	淹没区可能少量分布
		芒苞草		国家二级保护植物	保护物种	水库淹没区和工程占地区内无分布
		松茸		国家二级保护植物	保护物种	高海拔区栎林下分布较多，水库淹没区和工程占地区内无分布
		鳞皮冷杉		易危（VU）	濒危植物	主要分布在海拔 3500-4000 米的高山上部；水库淹没区和工程占地区内无分布
		黄喉雉鹑		国家一级保护鸟类	保护物种	现场未调查发现
		白腹锦鸡、白马鸡、血雉、雀鹰、大鵟、黑鸢、红隼、橙翅噪鹛等 22 种		国家二级保护鸟类	保护物种	河谷区比较罕见，可能受工程施工活动影响
		马麝、林麝、豹		国家一级保护兽类	保护物种	在评价区高海拔区域或远离村庄区域生活，离施工区较远，施工活动影响有限
		狼、藏狐、黑熊、岩羊、猕猴、黄喉貂、赤狐、豹猫、毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚等 14 种		国家二级保护兽类	保护物种	
		西藏山溪鲵		国家二级重点保护两栖动物	保护物种	现场仅在高海拔区域的溪沟中有发现，可能工程区内偶有分布
		永久基本农田			占补平衡和补偿	工程占用 27.31hm^2，均为永久占地，其中水库淹没区占用 21.48 hm^2，集镇新址和等级公路占用 5.83hm^2
		厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡		国家二级保护鱼类	保护物种	工程河段有分布，由于水文情势变化，生长繁殖受影响
		黄石爬鮡		省级保护鱼类	保护物种	
		戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼		长江上游特有鱼类	特有物种	
	重要生境	雅砻江干流	卧龙寺沟汇口产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	位于库尾以上保留河段，产卵场经纬度起始坐标为 101.01838005°E，30.03107302°N~101.01348423°E，30.02792847°N，产卵场面积约 35498m^2，长度约 0.6km，主要为裂腹鱼类产卵场
			下渡林产卵场		维持鱼类繁殖的生境	位于库区下渡林场河段，蓄水后河段水位较天

环境要素	敏感对象			保护级别	保护要求	区位关系
					条件	然状态抬高了 9.39m，将被淹没，产卵场经纬度起始坐标为 101.01759173°E，29.96860167°N~101.02236302°E，29.96124026°N，产卵场面积约 4500m^2，长度约 1km，主要为鱊科鱼类产卵场
			霍曲河汇口产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	位于库区霍曲河汇口，蓄水后河段水位较天然状态抬高了 56.49~58.96m，将被淹没，产卵场经纬度起始坐标为 101.08518628°E，29.74075987°N~101.08653958°E，29.73235666°N，产卵场面积约 36244.1m^2，长度约 1km，主要为裂腹鱼产卵场
			力丘河汇口下游产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	牙根二级坝下力丘河汇口干支流处，距牙根二级坝址约 5.3km，受电站日内运行调度影响，产卵场经纬度起始坐标为 101.14772582°E，29.41867522°N~101.13550887°E，29.41053982°N，产卵场面积约 32103 m^2，长度约 1.5km，主要为裂腹鱼产卵场
			马蹄村产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	牙根二级坝下马蹄村河段，距牙根二级坝址约 24.6km，受电站日内运行调度影响，产卵场经纬度起始坐标为 101.00740363°E，29.35698754°N~101.01653780°E，29.34544959°N，产卵场面积约 54846m^2，长度约 1.5km，主要为裂腹鱼和鱊科鱼类产卵场
		雅砻江支流	支流霍曲河汇口产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	位于支库霍曲河汇口上游，蓄水后，霍曲河口段内水位较天然状态抬高了 38.26~50.55m，该产卵场将被淹没，产卵场经纬度起始坐标为 101.08472413°E，29.73520663°N~101.07715955°E，29.74267234°N； 产卵场面积 29133.1m^2，长度约 1.2km，主要为鱊科鱼类产卵场
			霍曲河汇口上游约		维持鱼类繁殖的生境	位于支库霍曲河汇口上游，蓄水后，霍曲河口

环境要素	敏感对象			保护级别	保护要求	区位关系
			2km 处产卵场		条件	段内水位较天然状态抬高了 38.26~50.55m，该产卵场将被淹没，产卵场经纬度起始坐标为 101.07159130°E ，29.73671252°N~101.05926689°E ，29.72191560°N； 产卵场面积 86785.7m^2，长度约 2km，主要为裂腹鱼类产卵场
			支流力丘河汇口产卵场		维持鱼类繁殖的生境条件	牙根二级坝下力丘河汇口上游处，分为两段，经纬度为 101.15698226°E，29.41613486°N~101.16257397°E，29.41399283°N（靠上游处） 101.14817583°E，29.41882409°N~101.15423978°E，29.41699991°N（靠下游处），面积约 22150 m^2（上段）和约 20795 m^2（下端），长度分别约 0.6km，均为裂腹鱼类和鮡科鱼类产卵场
		五小叶槭集中分布区		集中分布区	原生生境	麻郎措镇以下雅砻江干流及支流，牙根二级水库淹没及工程占地均有分布
		鱼类栖息地			维护栖息地生态功能不受影响	牙根二级库尾~牙根一级坝址间约 6km 保留河段及区间支流王呷河
声环境与环境空气	集中居民点	木灰居民点 65 户		农村居民点	声环境与环境空气质量	距表土堆放场最近距离约 20m、距木灰转存料场最近距离约 130m、距 1302#公路最近距离约 95m
其他	寺庙/宗教设施	日吹寺			位于库区	大河村塌岸影响区范围
		邦真姜宗教活动点				淹没影响

1.10 评价工作过程与程序

按照《建设项目环境保护管理条例》《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》的要求，本工程环境影响评价工作划分为调查分析和工作方案制定阶段、分析论证和预测评价阶段、报告书编制三个阶段，本工程环境影响评价程序见图 1.10-1。

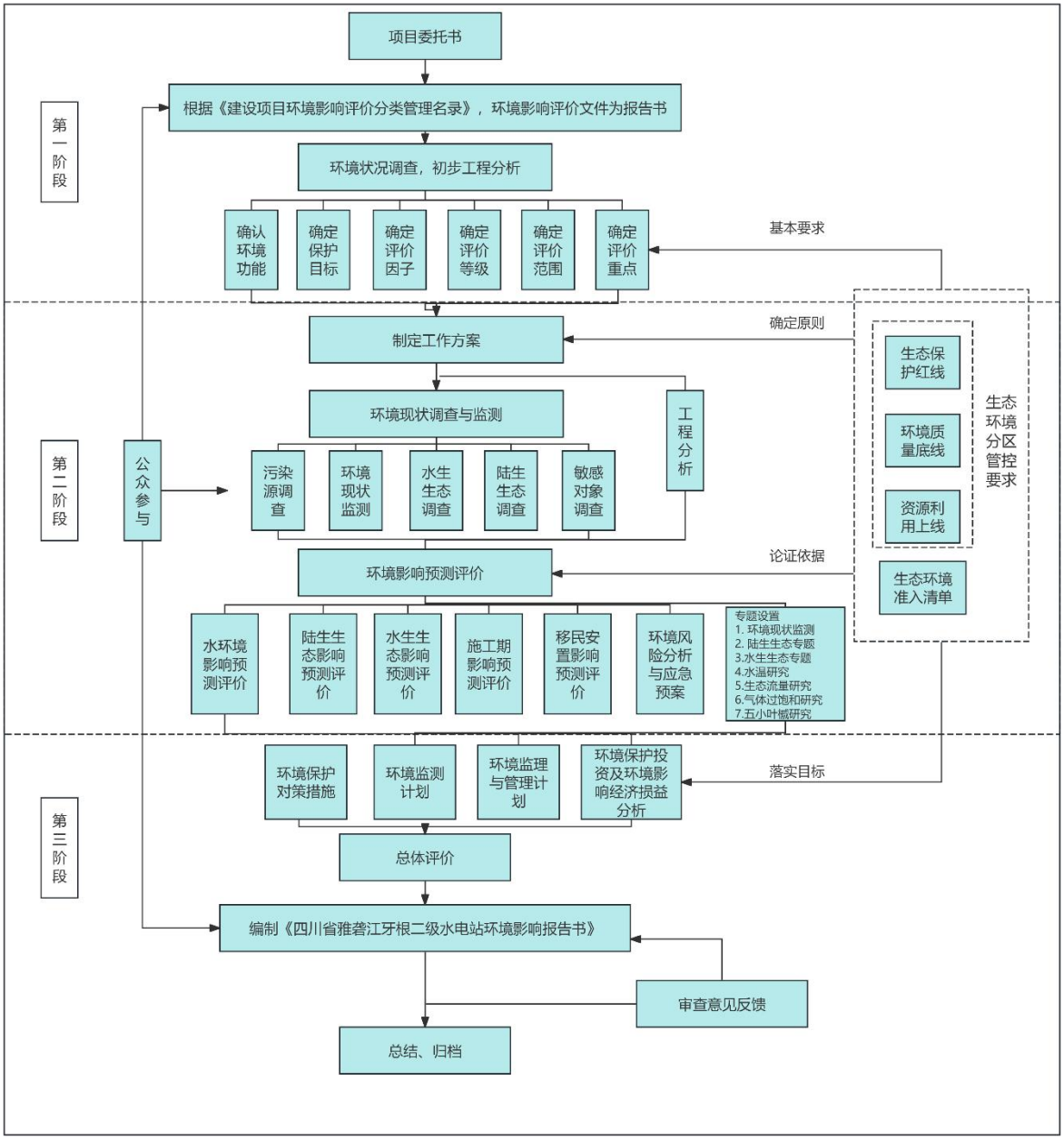


图 1.10-1　牙根二级水电站环境影响评价工作程序

2 工程概况

2.1 工程开发背景

2.1.1 流域概况

雅砻江是金沙江第一大支流，发源于青海省玉树县境内的巴颜喀拉山南麓，自西北向东南流，在呷依寺附近进入四川省，至两河口与左岸鲜水河汇合后转向南流，经雅江至洼里上游约 8km 处右岸有小金河汇入，其后折向东北，绕锦屏山形成长约 150km 的大河湾，巴折以下继续南流，至小得石下游约 3km 处左岸又有安宁河加入，再向南流，于攀枝花市下游的倮果汇入金沙江。雅砻江两河口以上为上游河段，两河口至卡拉段为中游河段，卡拉至江口为下游河段，上、中、下游干流河道长度分别为 738km、385km、412km。雅砻江流域概况详见附图 2-1。

雅砻江河源至江口干流全长约 1535km，流域面积约 12.84 万 km^2，约占金沙江（宜宾以上）集水面积的 25.8%；其中四川境内河长 1427km，天然落差 3156m。江口处多年平均流量为 1930m^3/s，年径流量 610 亿 m^3。整个流域大致呈南北向条带状，流域平均长度约 950km，平均宽度约 137m，河系为羽状发育。雅砻江河道下切十分强烈，沿河岭谷高差悬殊，相对高差一般在 500～1500m，河源至河口海拔自 5400m 降至 980m，落差达 4420m，平均坡降 2.82‰。

牙根二级水电站位于四川省甘孜州雅江县境内的雅砻江干流上，为雅砻江中游 7 级开发方案中的第 3 级电站，上游为在建的牙根一级水电站，下游为拟建的楞古水电站，距成都市公路里程约 578km，坝址控制集水面积 71586km^2，坝址处多年平均流量 772m^3/s。牙根二级水电站地理位置详见附图 2-4。

2.1.2 雅砻江中游水电规划及开发利用情况

2.1.2.1 雅砻江中游水电规划情况概述

雅砻江中游两河口～卡拉河段长 385km，天然落差 985m，河道平均比降 2.56‰。该河段自 2002 年开始启动水电开发规划工作；2006 年 6 月，我公司编制完成了《四川省雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划报告》，并通过了水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查；2008 年 12 月，四川省人民政府以“川府函[2008]368 号”文批复同意了该规划报告。根据规划报告及其批复意见，雅砻江中游两

河口～卡拉河段的开发任务主要是以发电为主，兼顾防洪，并促进地方经济社会发展，同时具有改善下游通航条件、拦沙和保护生态环境等综合效益；报告推荐 6 级开发方案，自上而下分别为两河口、牙根、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉，总装机容量 1122 万 kW。

2010 年 3 月，考虑到牙根梯级水库淹没影响涉及雅江县城发展用地的实际情况，为减小淹没损失、降低移民数量、促进地方社会经济发展，我公司对雅砻江牙根河段的开发方案进行了进一步的深入研究，并于同年 8 月编制完成了《四川省雅砻江两河口～牙根河段水电开发方案研究报告》；2012 年 2 月，四川省发展和改革委员会以“川发改能源函[2012]133 号”文印发了审查意见，同意该开发方案。根据研究报告与审查意见，牙根河段由原来的一级开发调整为牙根一级和牙根二级两级开发，自上而下为：牙根一级（21.4 万 kW）、牙根二级（99 万 kW）。其中，牙根一级水电站坝址位于雅江县城上游约 5km 处，水库回水与两河口水电站尾水衔接，充分利用其调节库容对两河口水电站发电流量进行反调节，以保证在负荷低谷时段下泄生态流量；牙根二级坝址位于茨玛绒沟上游长约 3.2km 的河段上，采取坝式开发，水电站通过降低正常蓄水位，在雅江县城段和牙根一级水电站之间保留了约 6km 的天然河段，避让了对雅江县城发展用地的淹没影响。至此，雅砻江中游(两河口至卡拉)河段形成 7 级开发方案，由上至下依次为：两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉。

2013 年，原环境保护部办公厅印发的《关于四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函》（环办函〔2013〕1072 号）提出“楞古梯级为混合式开发，存在重大环境制约性因素，须论证环境影响可控及环境保护措施可行后再有序推进”；2020 年，生态环境部印发的《关于<雅砻江流域综合规划环境影响报告书>的审查意见》（环审〔2020〕33 号）提出“鉴于干流楞古水电站上下游涉及鱼类重要生境，存在较大环境制约因素，建议进一步论证，依法依规慎重决策”。2024 年，生态环境部以“环办环评函[2024]475 号”文印发了《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告》审查意见，意见提出“依法开展雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划调整及规划环评工作，深入论证牙根二级、楞古等梯级开发建设的环境可行性，科学决策”。

为落实上述历次批复文件要求，妥善解决雅砻江中游尚未开发的牙根二级、楞古水电站前期工作推进过程中面临的困难与问题，按照《中华人民共和国水法》和国家关于水电开发规划调整相关要求，在充分考虑生态环境保护、确保工程布局安全合理的基础

上，我公司开展了雅砻江中游（两河口至卡拉段）水电资源开发研究工作，编制雅砻江中游水电规划调整报告。2026 年 7 月，四川省人民政府以“川府函[2026]142”文印发了《雅砻江中游水电规划调整报告》批复意见。

根据雅砻江中游水电规划调整报告，推荐牙根二级多吉坝址（240 万 kW）+楞古上坝址（174.4 万 kW）低闸引水开发方案。两河口、牙根一级、孟底沟、杨房沟、卡拉 5 个已建、在建水电站的开发方案不变，形成雅砻江中游“一库七级”梯级水电开发格局。

牙根二级采用多吉坝址，坝址位于力丘河汇口上游约 5km 河段，距雅江县城约 80km。电站装机容量 2400MW，水库正常蓄水位 2560.00m，死水位 2545.00m。正常蓄水位以下库容约 9.91 亿 m^3，调节库容 2.57 亿 m^3，具有日调节能力。水库正常蓄水位与两河口~牙根段水电开发方案研究推荐的正常蓄水位一致，保留了雅江县城约 6km 未开发河段。

楞古采用上坝址，坝址位于力丘河汇口上游约 500m 河段。采用低闸引水开发，电站厂房位于蒙古山河湾尾部金字寺沟，减水河段长约 28km。推荐装机容量 1700MW，另设置两台单机 22MW 的生态机组以泄放生态流量。电站正常蓄水位 2413m，死水位 2404m，与牙根二级厂房尾水衔接，调节库容 540.00 万 m^3，具有日调节能力。

2.1.2.2 雅砻江中游水电开发现状

雅砻江中游规划的 7 个梯级水电站，其中，两河口、杨房沟水电站已投产发电，牙根一级、孟底沟、卡拉水电站正在建设，牙根二级、楞古正在开展前期工作。

雅砻江中游水电开发梯级电站平、剖面布置情况详见附图 2-2、附图 2-3，各梯级电站技术经济指标及主要工程特征详见表 2.1-1。

雅砻江中游干流梯级电站主要技术指标及工程特征表

表 2.1-1

项目	单位	梯级水电站名称						
		两河口	牙根一级	牙根二级	楞古	孟底沟	杨房沟	卡拉
控制流域面积	万 km^2	6.6	6.6	7.16	7.16	7.95	8.08	8.18
多年平均流量	m^3/s	666	677	772	772	887	896	905
正常蓄水位	m	2865	2605	2560	2413	2254	2094	1987
死水位	m	2785	2598	2545	2404	2240	2088	1982
正常蓄水位以下库容	亿 m^3	101.54	0.414	9.91	0.0805	8.68	4.44	2.34
调节库容	亿 m^3	65.6	0.191	2.57	0.054	1.92	0.539	0.37
调节性能		多年调节	日调节	日调节	日调节	日调节	日调节	日调节
装机容量	万 kW	300	30	240	170+4.4	240	150	102
阶段		建成发电	建设中	前期工作	前期工作	建设中	建成发电	建设中
开发任务		兼顾防洪，并促进地方经济社会发展	发电为主，并对两河口水电站进行日内反调节，同时促进地方经济发展	发电，并促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设和地方经济社会发展	发电，并促进地方经济社会发展	发电，并促进地方经济发展	发电，并促进地方经济发展	发电，并促进地方经济发展
装机利用小时数	h	3692	3843	3614	-	4335	4571	4435
供电范围		四川电网，并且参与川电外送	四川电网	四川电网	江西、湖南电网	江西、湖南电网	江西、湖南电网	江西、湖南电网
坝型		砾石土心墙堆石坝	河床闸坝	混凝土双曲拱坝	闸坝	混凝土双曲拱坝	混凝土双曲拱坝	碾压混凝土重力坝
最大坝高	m	293	34	210	32	198	155	126
开工时间		2014 年 10 月	2024 年 8 月	-	-	2021 年 9 月	2015 年 7 月	2021 年 10 月
投产时间		2022 年 3 月 18 日	-	-	-	-	2021 年 10 月	-

注：楞古为预可阶段成果、牙根二级为可研阶段成果

2.1.2.3 支流水电开发现状

(1)雅砻江中游主要支流水电开发现状

雅砻江中游区域内支流密布，据统计，汇入雅砻江干流中游且流域面积大于400km^{2}的重要一级支流有鲜水河、庆大河、君坝河、曲入河、呷洼沟、卧龙寺沟、霍曲河、力丘河、三岩龙河，流域面积大于1000km^{2}的一级支流有鲜水河、庆大河、霍曲河、力丘河，此外还有部分流域面积较大的二级支流，如达曲河、扎托河、拉曲河、甲斯孔河、吉珠沟、色物绒沟、祝桑河等。

上述支流中，力丘河、色物绒沟、祝桑河3条支流尚未开发，其余支流均有已建、在建水电站。区间主要一、二级支流规划及开发状况和小水电清理整治情况见下表。

雅砻江中游主要支流水电规划和实施概况

表 2.1-2

序号	支流名称	所在水系	流域面积(km^2)	总河长(km)	平均比降(‰)	河口流量(m^3/s)	规划开发状况						小水电清理整治情况
							规划审批时间及规划梯级数	规划总装机(MW)	已建梯级数目及名称	最下游已建或者在建梯级名称、开发方式、壅水高、装机及坝址距离河口距离	雅砻江流域综合规划要求	中游规划调整环评要求	
1	卧龙寺沟	雅砻江一级支流	789	62		11.4	干流及支流米西河共规划 6 级，为铁泉、三道桥、下中久、二道桥、王呷、英果坝电站	52.64	已建 2 级，为铁泉、三道桥电站	铁泉电站：已建，引水式开发，壅水高 1.5m，装机 1140kW，闸厂址距卧龙寺河口 1~3km；三道桥电站：已建，引水式开发，壅水高 3m，装机 500kW，闸、厂址分别距河口 5.6km、3.6km，三道桥电站在长江经济带小水电清理整改列入退出类	“…卧龙寺沟…作为鱼类栖息地纳入生态保护空间，规划期内不再建设其他水电工程”	配合地方政府在工程蓄水前拆除卧龙寺沟的三道桥水电站、铁泉水电站，对相关河段实施生态修复。	三道桥电站被列入退出类
2	霍曲河	雅砻江一级支流	33398	172	12.3	50.3	《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划环境影响报告书》于 2007 年通过原四川省环境保护局的批复(川环函[2008]15 号文) 规划推荐 3 级开发，自上而下依次为德差、雄美和达阿果水电站	352	霍曲河干流水电规划的“一库三级”最后一级已建成发电。本世纪初，霍曲河未开展水电规划前，已在霍曲河上建成唐岗水电站	唐岗电站：已建，引水式开发，闸址距离河口 7.4km，发电尾水距霍曲河河口约 6km，装机 7.5MW		新增霍曲河干流为鱼类栖息地	唐岗电站被列入保留类 其余已建梯级装机大于 5 万 kW，不在小水电清理整改范围
3	吉珠沟	霍曲河一级支流，雅砻江二级支流	1233	103	16.3	19.1	《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划环境影响报告书》于 2007 年通过原四川省环境保护局的批复(川环函[2008]15 号文) 规划推荐采用 4 级开发方案，自上而下依次为汪堆、盆达、巴德和葛达水电站	144	最后一级葛达水电站已建成发电，其余梯级正在开展前期工作	葛达电站：已建，引水式开发，装机 60MW，闸位于吉珠沟汇口上游约 9km，厂址位于吉珠沟汇口下游约 4km		-	已建梯级装机大于 5 万 kW，不在小水电清理整改范围

序号	支流名称	所在水系	流域面积(km^2)	总河长(km)	平均比降(‰)	河口流量(m^3/s)	规划开发状况						小水电清理整治情况
							规划审批时间及规划梯级数	规划总装机(MW)	已建梯级数目及名称	最下游已建或者在建梯级名称、开发方式、壅水高、装机及坝址距离河口距离	雅砻江流域综合规划要求	中游规划调整环评要求	
4	力丘河	雅砻江一级支流	5888	204	9.91	89.4	《四川省康定县力丘河干流甲根坝至河口段水电规划环境影响报告书》于2006年通过四川省环保厅组织的技术审查并获批复规划4级开发，为松林、决洛、塔坑、金顶电站	560	全部未建	--	“力丘河、鱘鱼河干支流等河段作为鱼类栖息地纳入生态保护空间，规划期内不再建设其他水电工程”	按照雅砻江流域综合规划环评审查意见将力丘河干支流作为鱼类栖息地纳入生态保护空间的要求，编制力丘河鱼类栖息地保护规划，在雅砻江流域综合规划的规划期内（2013~2030年）采取原生境保护，禁止新建拦河工程	
5	色物绒沟	力丘河一级支流	1080	80	15	29	《四川省康定县力丘河干流甲根坝至河口段水电规划环境影响报告书》于2006年通过四川省环保厅组织的技术审查并获批复其中，推荐色物绒沟零方案	--	未规划	--	“力丘河、鱘鱼河干支流等河段作为鱼类栖息地纳入生态保护空间，规划期内不再建设其他水电工程”		
6	祝桑河	力丘河一级支流，雅砻江二级支流	627	31.6	13.9	15.3	《四川省雅江县水电规划报告(修订本)》于2009年通过甘孜州政府批复同意规划3级，为祝桑河一级、二级、三级电站	28.4	全部未建	--	“力丘河、鱘鱼河干支流等河段作为鱼类栖息地纳入生态保护空间，规划期内不再建设其他水电工程”		

(2) 牙根二级评价范围内主要支流水电开发现状

牙根二级水电站评价范围内库区主要支流为霍曲河，坝下主要支流为力丘河。

1)霍曲河

霍曲河位于川西北高原横断山脉中段，流域内群山屹立，山势高亢，山高坡陡，沟壑纵横。霍曲河为雅砻江中游右岸一级支流，河流全长 172km，平均比降 12.3‰，水流湍急，流域面积 3333km^2，河口多年平均流量 50.3m^3/s。霍曲河在在牙根二级库区右岸汇入，距离牙根二级水电站坝址约 28km。吉珠沟为霍曲河下游左岸一级支流，雅砻江二级支流，流域面积 1233km^2，河长 103km，多年平均流量 19.1m^3/s，平均比降 16.2‰。

2008 年，四川省发展改革委、省水利厅以“川发改能源[2008]57 号”批复了《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划报告》。根据批复的规划报告，霍曲河干流河段规划推荐采用“一库三级”开发方案，自上而下依次为德差(72MW)、雄美(80MW)和达阿果水电站(200MW)，规划总装机容量 352MW；霍曲河支流吉珠沟推荐采用“一库四级”开发方案，自上而下依次为汪堆(32MW)、盆达(22MW)、巴德(38MW)和葛达水电站(52MW)。其中德差、汪堆为混合式开发，其余均为引水式开发。各梯级布置情况详见下图。

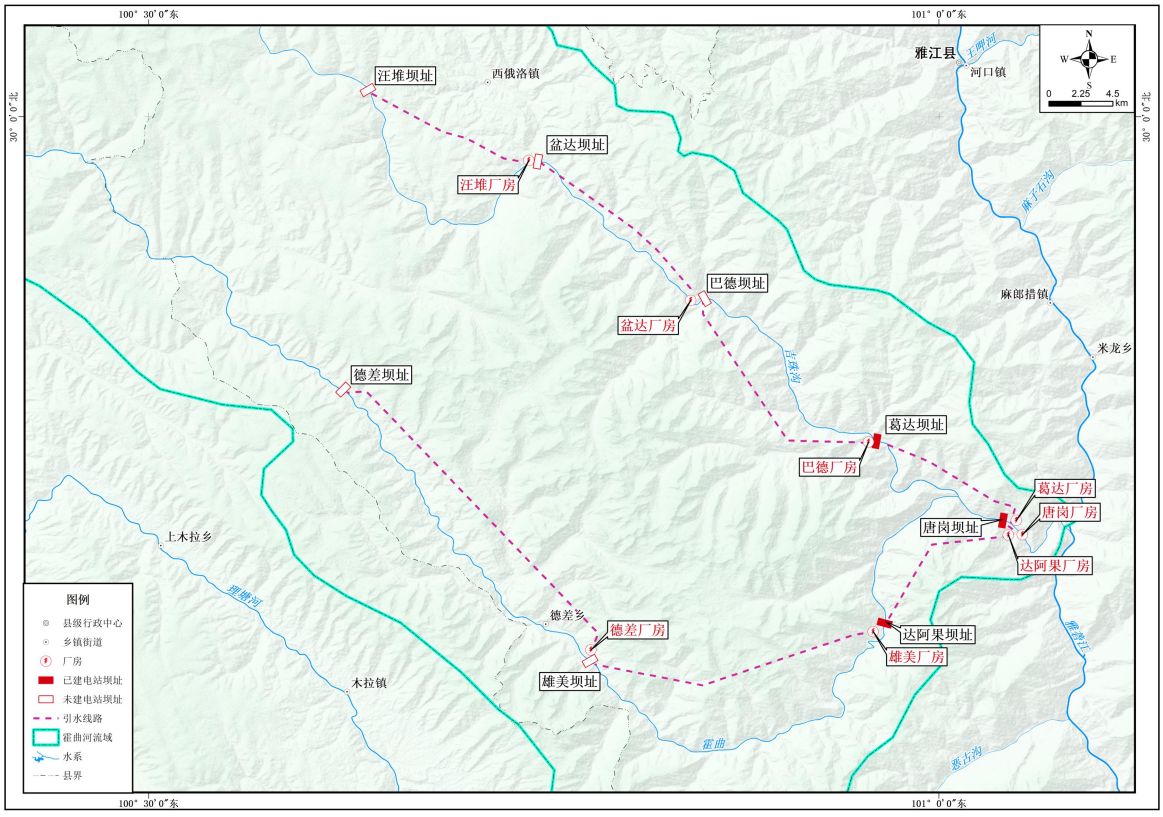


图 2.1-1　霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划梯级布置示意图

根据资料收集及现场调查，霍曲河干流目前仅规划的最后一级达阿果水电站已建成，

支流吉珠沟仅最后一级葛达水电站已建成发电，其余梯级正在开展前期工作。同时，本世纪初，在霍曲河干流及支流吉珠沟开展水电规划工作前，雅江县实施“送电下乡”工程，在霍曲河干流上建成唐岗水电站，装机规模 7.5MW。唐岗水电站采取引水式开发，工程坝址距霍曲河汇口约 7km，厂房距汇口约 6km，长江经济带小水电清理整改期间被列为保留类电站。

2)力丘河

力丘河为雅砻江中游左岸重要的一级支流，发源于四川省甘孜州康定县境西北与道孚县交界处的柯哲德沼泽地带，河源海拔高程 4472m，河道全长 203.5km，控制流域面积 5888km^2，河口多年平均流量 89.4m^3/s，河道平均比降 10.21‰。力丘河瓦泽乡兰尼巴河河口以上段为上游，兰尼巴河河口至沙德为中游，沙德以下至河口为下游。具有“上游平、中游缓、下游陡”的特点，上游塔公区为高原沼泽地带，地势平坦，比降小，曲流发育；中游呷巴、甲根坝、朋布西、沙德和六巴乡为浅丘高原地带；进入普沙绒乡后为高原峡谷地带，河流切割深，形成河谷狭窄、谷壁陡峭、比降达 26‰的峡谷河段。

甘孜州政府 2006 年组织相关单位对康定市境内力丘河干流河段进行水电规划工作。2007 年四川省环保厅以“川环函〔2007〕3 号”文印发了《力丘河干流甲根坝至河口段水电规划环境影响报告书》的审查意见。2007 年四川省发展和改革委员会和四川省水利厅以“川发改能源〔2007〕12 号”文印发了《四川省康定县力丘河干流甲根坝至河口段水电规划报告》的审查意见。上述规划及规划环评推荐力丘河干流甲根坝至河口段采用松林、决洛、塔坑、金顶“一库四级”开发方案，总装机规模 560MW。目前力丘河及其干支流均未有在建和已建水电工程。

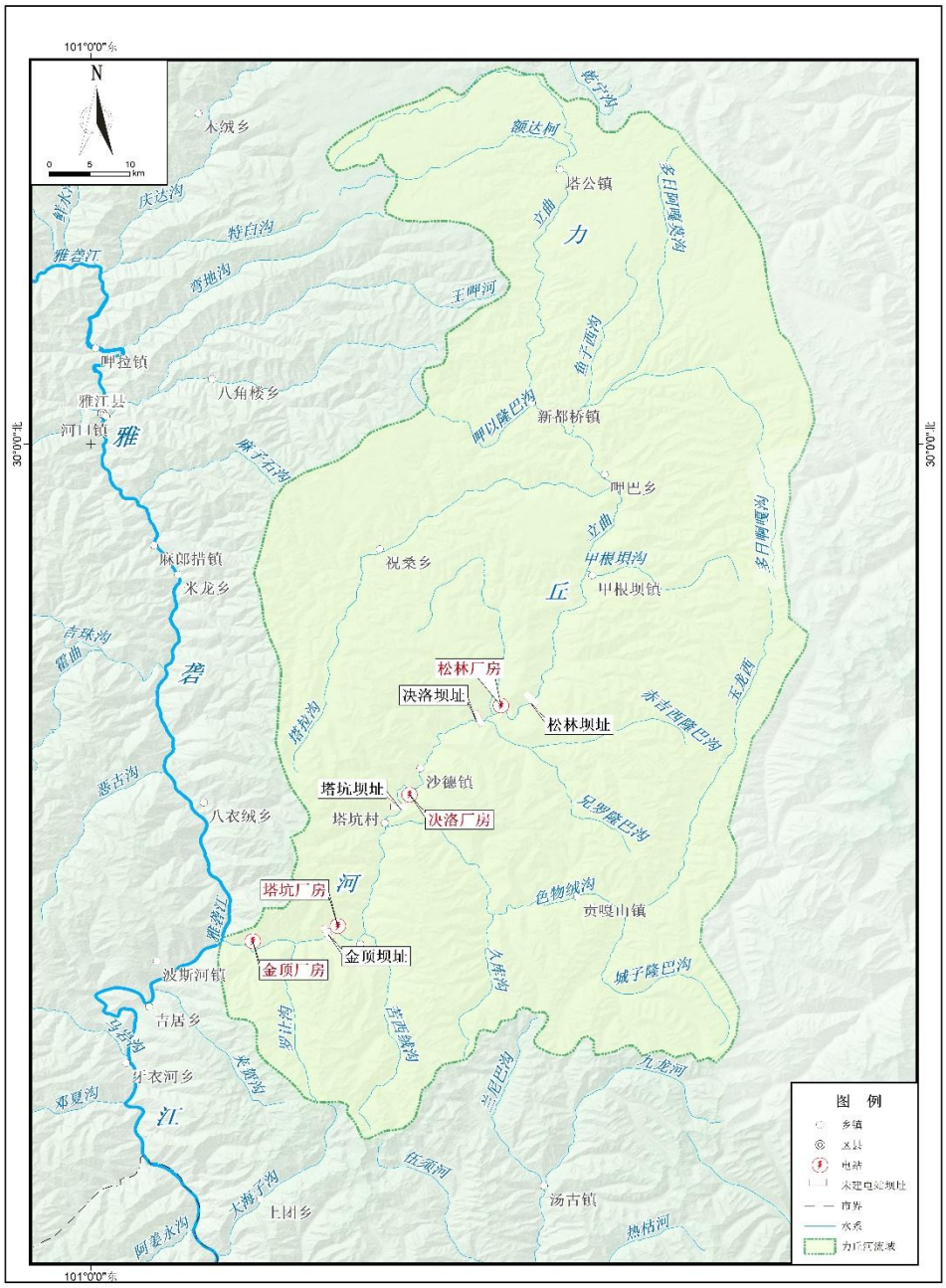


图 2.1-2　力丘河水电规划梯级布置示意图

2.2 雅砻江中游水电规划环评概况

2.2.1 雅砻江流域综合规划环评概况

2020 年 3 月生态环境部以“环审[2020]33 号”文印发了《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》审查意见。

2.2.1.1 规划环境影响报告书总体结论

雅砻江流域综合规划通过水力发电及供水灌溉规划，可合理开发雅砻江水力资源，

实现优势资源向优势产业的转化，促进流域经济社会又好又快发展，可保障城乡饮水安全，满足供水要求，提高灌区经济、环境效益。通过防洪与水土保持规划，可保障防洪安全，保障人民生命财产安全及社会安定，促进经济社会发展，综合治理水土流失，促进流域生态文明建设，改善山区人民的生产生活条件。通过水资源与水生态环境保护规划，可保障水体水质和生态环境用水，满足生活、生产和生态用水的水量和水质要求，确保流域水环境质量底线不被破坏；同时治理因开发对生物生境产生的破坏，降低对流域生物多样性和完整性的影响。通过流域综合管理规划，可建立起高效的跨部门和跨地区协调机制，实现水质、水量和水生态环境信息的联合监测和采集，提高科技支撑能力。

规划的实施也将改变雅砻江流域水文情势，造成水库泥沙淤积及河床冲淤变化；降低部分水体稀释扩散能力，导致局部水体富营养化和岸边水污染；减少部分耕地、林地；梯级电站和供水水库的建设将使河流生境改变，大坝阻隔对水生态系统尤其是鱼类生存繁殖带来不利影响；对流域自然生态系统产生叠加累积影响。

综合规划以“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”新时期治水思路为主导，以改善民生为核心，以保护生态为前提，统筹协调流域内各种水事关系，保障和支撑流域经济社会可持续协调发展，并通过与规划环评的互动，优化规划布局、调整规划规模、合理布置开发时序，严守生态红线、环境质量底线与资源利用上线，从规划层面上尽可能减少规划实施对生态环境的影响。针对目前流域开发存在的环境问题，通过落实规划环评提出的加强饮用水源地保护，加强污染源控制，提高河流生态调度能力，保障河流生态环境需水，建设过鱼设施，营造适宜鱼类产卵的生境，开展雅砻江梯级对鱼类洄游阻隔效应的专题研究工作，实施河岸带生态修复、河漫滩、敞水区生态修复等措施要求，加强流域环境监测，可使雅砻江流域水资源开发利用在流域生态环境可持续发展的条件下进行。从环境角度评价，推荐规划方案的实施总体是合理可行的。

2.2.1.2 规划环评主要审查意见

审查意见认为“报告书”在生态环境现状调查分析的基础上，开展了流域开发生态环境影响回顾性评价，识别了“流域规划”实施的主要生态环境制约因素，分析了“流域规划”与有关规划的协调性和“流域规划”实施的不确定性，预测评价了“流域规划”实施对水文情势、水环境、水生生态、陆生生态以及重要生态环境保护目标的影响，提出了“流域规划”优化调整建议和预防或减缓不良环境影响的对策措施，“报告书”优化调整建议总体可行，评价结论基本可信。

同时，审查意见提出了流域环境保护总体布局要求“应在维护流域生态安全和改善生态环境的目标下，妥善处理好流域开发和保护的关系，落实生态要求刚性约束的资源开发与配置原则，优化流域规划任务，强化流域生态修复规划内容，保护生态空间，严格生态环境准入，完善和落实各项生态环境保护对策措施，有效预防和减轻流域规划实施的不良环境影响”。

最后，审查意见对后续流域规划实施提出了优化调整建议及应重视的主要问题，其中，对水力发电规划提出的建议主要包括：

(1)严格保护生态空间。进一步优化空间布局；统筹干支流生态保护空间，甘孜以上雅砻江干支流及河源区，两河口库尾以上流水河段，鲜水河、达曲河、卧龙寺沟（又名王呷河）、惠民河、永兴河流水段，力丘河、鳜鱼河干支流等河段作为鱼类栖息地纳入生态保护空间，以上河段规划期内不再建设其他水电工程。

(2)严格限制流域开发强度。雅砻江干流甘孜至两河口段规划的木罗、仁达、林达、乐安、新龙、共科、甲西 7 级电站临近沙鲁里山生物多样性维护生态保护红线，是多种保护鱼类的主要栖息地，应充分考虑该河段生态脆弱、区域生物多样性及生态保护红线保护要求，规划期内暂缓实施；鉴于干流楞古水电站上下游涉及鱼类重要生境，存在较大环境制约因素，建议进一步论证，依法依规慎重决策。

(3)加强流域生态保护和修复。甘孜至两河口河段干支流暂不开发水电工程，两河口以下河段统筹考虑河段梯级调度模式，保证重要控制断面生态流量。桐子林至两河口段加强管理，设置常年禁捕区，加强两河口、锦屏一级、官地、二滩等已建或在建水电站消落带区域生态环境保护工作。

2.2.1.3 规划环评及审查意见中涉及牙根二级水电站环境保护工作要求

(1)鱼类栖息地保护措施

将雅砻江干流牙根一级至牙根二级间 6km 不开发河段、牙根二级库尾以上支流卧龙寺沟（又名王呷河）全河段纳入栖息地保护，卧龙寺沟规划期内不再建设其他水电工程；将力丘河的甲根坝以上 105.5km 干流河段及金顶尾水至河口 3km 未开发河段纳入栖息地保护范围。

(2)连通性恢复措施

要求水电开发过程中各梯级电站过鱼设施建设依据工程特性、地形条件、水文条件、鱼类生活习性以及不同过鱼设施的适应性等，合理论证过鱼方式。建议拟建的牙根二级

采用升鱼机过鱼方式。

(3)鱼类增殖放流措施

雅砻江中下游拟建设四个鱼类增殖放流站，其中两河口增殖放流站位于两河口水电站业主营地，承担两河口、牙根一级、牙根二级水电站的放流任务。

(4)生态调度

对卡拉、楞古、牙根提出“在鱼类繁殖期间，通过生态调度，保证坝下流水生境和水位的相对稳定，为鱼类繁殖、鱼卵孵化和幼鱼发育创造条件”的生态调度要求。同时将雅江断面列为重要控制断面，明确要求其生态基流“不低于 112m^3/s”。

2.2.2 雅砻江中游水电规划环评概况

2006 年 6 月，我公司编制完成了《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》，同年 11 月通过了由四川省环境保护局会同四川省发展和改革委员会组织的审查，2007 年 1 月，四川省环境保护局以“川环函[2007]162 号”文向四川省发展和改革委员会提交了审查意见，作为规划审批的重要依据。

2.2.2.1 规划环境影响报告书总体结论

根据《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》，雅砻江中游水电规划符合国家能源开发产业政策及西部大开发战略，符合四川省的国民经济与社会发展规划与发展战略，加快开发利用雅砻江丰富的水能资源，利用其电源质量优越的特点，不仅可为四川省的经济发展提供强大的优质电力，对促进四川省国民经济的全面发展具有重要意义，而且对“川电外送”战略工程的实现也具有积极和重要的促进作用。总体来看，规划推荐“一库六级”方案的经济指标最优、环境影响相对较小，规划实施带来的不利环境影响可采取相应的环保措施予以控制和减缓，基本不存在重大环境制约因素，从环境保护角度规划方案原则可行。

规划及规划环评通过对各规划梯级的地形地质条件、工程规模与调节性能、水库淹没指标、环境敏感因素、工程技术、经济指标、对外交通及对其它梯级滚动开发的带动作用等方面综合考虑，拟定了规划梯级的开发时序，推荐两河口、牙根梯级电站为雅砻江中游河段的近期开发工程。

同时，根据环境影响评价结果，针对规划方案存在的主要不利环境影响，制订了包括预防性措施、减量化措施和修复补救措施的影响减缓措施体系与总体布局，主要措施内容及总体布局如下：

(1)环境影响减量化措施

1)强化施工期“三废”污染源的达标治理与可靠处置措施；

2)严格库底清理和库周污染源控制及下泄生态环境流量的水环境保护措施；

3)做好移民安置区环境保护工程的移民安置环保措施，保护宗教民俗文化，创建水电规划区域“民俗博物馆”；

4)强化生态环境保护宣传教育与水土保持方案及施工迹地植被恢复的生态环境保护措施等。

(2)生物多样性修复补救措施布局

1)建立鱼类增殖放流站，开展人工增殖放流

考虑在两河口库尾的和平乡及楞古减水河段各选一地点建鱼类人工增殖放流站，放流站主要以裸腹叶须鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀特有鱼类为主，根据天然河道鱼类种类的分布情况，上游站侧重放流青石爬鮡和裸腹叶须鱼，下游站侧重放流裂腹鱼类。放流地点选择在中、下游梯级电站之间保留的天然河道，以及鲜水河、霍曲河等较大支流等水域。

2)鱼类栖息地保护

尤拉西沟、孜拖西沟、曲入河、霍曲河、三岩龙河、火烧桥沟、白龙柯等支流受人为干扰小，自然生态环境保存较好，是区域珍稀植物的集中分布区和陆生动物及鱼类理想的栖息地，其中尤拉西沟和孜拖西沟已经建立了自然保护区。为维护本地区的生态环境及物种多样性，对已经建立保护区的区域应加强管理，其余区域的开发活动也应慎重进行，并建议在曲入河、白龙柯、白拖河、火烧桥沟等支流建立鱼类保护区。

3)珍稀保护鱼类研究

加快裸腹叶须鱼、长丝裂腹鱼、青石爬鮡等珍稀保护鱼类的生物学及其人工繁殖技术研究。

2.2.2.2 规划环评主要审查意见

根据《雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划环境影响报告书》审查意见(川环函[2007]162 号)，首先对“报告书”中有关流域及规划概况、区域环境概况、环境影响预测、预防或减轻不利环境影响的对策措施等内容进行了评价，认为“报告书”的编制目的正确，评价依据较充分，规划区域环境状况与规划方案的介绍较清楚，应执行的环境保护政策与环境保护目标明确，环评采用的技术路线及评价方法较合理，环评成果总体

反映了规划环评的特征，“报告书”提出的综合评价结论总体可信，拟定的预防或减轻不利环境影响的对策措施内容较全面、基本可行，对实施“规划方案”及规划项目建设中的环境保护具有一定针对性与指导作用。

其次，审查意见对“规划方案”及其环境可行性进行了总体评价。评价结论显示，雅砻江中游水电梯级开发建设将改变区域原来产业结构单一，工业基础薄弱的状况，并为矿业和其它产业的发展提供能源保障，有明显的经济效益和社会效益。在各“规划方案”中，由于“方案一”的经济指标最优、环境影响相对较小，实施该规划方案带来的不利环境影响可采取相应的环保措施予以控制和减缓，基本不存在重大环境制约要素，原则同意作为规划环评推荐方案。环评推荐的“规划方案”符合国家能源开发产业政策及西部大开发战略，符合四川省的国民经济与社会发展规划和省人民政府将水电列为全省六大支柱产业之一的发展战略。加快开发利用雅砻江丰富的水能资源，利用其电源质量优越的特点，不仅可为四川省的经济发展提供强大的优质电力，对促进四川省国民经济的全面发展具有重要意义，而且对“川电外送”战略工程的实现也具有积极的和重要的促进作用。实施环评推荐的“规划方案”，是四川省响应国家西部大开发战略、实现“西电东送”、发展水电支柱产业的重要组成部分。

最后，审查意见对规划方案实施及下阶段工程设计与项目环评提出了应重视的主要问题，主要包括规划方案实施中的道路工程建设规划研究，选址、选线的环保合理性论证，珍稀濒危及重点保护植物的保护，鱼类资源保护措施的落实以及栖息地重点保护区域的划定，移民生产生活质量保障及民族宗教习俗的维系，流域水电开发生态补偿建议等。

2.2.2.3 规划环评及审查意见对梯级电站项目环评及环境保护总体要求

规划环评及审查意见对涉及流域敏感性与制约性环境问题的各梯级电站项目环评及环境保护提出了相应要求。主要包括以下几个方面：

(1)项目环评阶段应进一步落实规划环评阶段提出的对珍稀保护鱼类和特有鱼类的保护性和补救性措施，如对长丝裂腹鱼、青石爬鮡、裸腹叶须鱼进行人工增殖放流等，还要根据具体电站影响水域的鱼类资源和“三场”分布，细化和具体落实鱼类资源保护措施，并协调和处理好投资分摊问题；

(2)应抓紧开展移民安置政策及移民安置的经济补偿标准的研究工作，切实落实移民可靠安置问题，消除规划梯级电站建设的社会环境影响障碍及可能导致的社会不安定要

素。如在移民安置规划时，充分尊重少数民族同胞的宗教信仰和民风民俗，注重移民社会关系的维系，对于受工程建设间接影响的寺庙、村落等对象的保护与恢复措施应与水库淹没搬迁安置协同考虑；

(3)要特别重视选址、选线的环保合理性论证，强化区域生态环境保护和水土流失防治；

(4)要特别强化区域重点保护植物的调查分析，结合工程建设的环境影响预测评价，从环境保护角度指导优化工程建设方案及施工组织设计，明确提出切实有效的珍稀濒危及重点保护植物的保护方案；

(5)应对受人为干扰小、自然生态环境保存较好的尤拉西沟、孜拖西沟、曲入河、白龙柯、火烧桥沟等支流进一步调查，根据自然生境及生物资源分布状况，划定需要重点保护的区域；

(6)应重视对施工期“三废”的污染防治，应采取有效措施防止施工活动及“三废”排放对附近城镇、村庄和居民等的影响等。

2.2.2.4 规划环评及审查意见对牙根梯级项目环评具体要求

规划中推荐的牙根梯级与两河口衔接，坝址位于支流霍曲河下游(雅江县城以南河道里程 47km 处)，正常蓄水位 2602m，坝式开发，最大坝高 161m，装机容量 140 万 kW，水库具有日调节能力。

由于建设影响区域内有五小叶槭和侧柏，规划环评要求在梯级电站设计及项目环评过程中，要特别强化区域重点保护植物调查分析，结合工程建设的环境影响预测评价，从环境保护角度优化及指导工程建设方案及施工组织设计，明确提出切实有效的珍稀濒危及重点保护植物保护方案。

推荐规划方案的各梯级电站均存在重点保护和地方特有鱼类影响问题，除按照规划环评从流域及规划河段角度提出的鱼类保护措施外，还要根据具体电站影响水域的鱼类资源和“三场”分布，细化和具体落实鱼类资源保护措施，并协调和处理好投资分摊问题。

2.2.3 两河口至牙根河段水电开发方案研究主要环境影响评价结论

受雅砻江流域水电开发有限公司委托，为了规避原中游规划拟建的牙根水电站对雅江县城的淹没，我公司于 2010 年 3 月承担了雅砻江两河口至牙根河段水电开发方案研究及环境影响评价工作，完成的《四川省雅砻江两河口~牙根河段水电开发方案研究报告》于 2010 年通过水电水利规划设计总院会同四川省发展和改革委员会组织的审查（川发改能源函[2012]133 号)。该报告包括了环境影响评价专章，从环境保护的角度客观地

对两河口~牙根河段水电开发一级开发方案(牙根梯级，正常蓄水位 2602m，坝式开发，最大坝高 161m，利用落差 123m，装机容量 140 万 kW)和二级开发方案(牙根一级，正常蓄水位 2602m，坝式开发，最大坝高 59m，利用落差 24m，装机容量 21.4 万 kW；牙根二级，正常蓄水位 2560m，坝式开发，最大坝高 115m，利用落差 81m，装机容量 99 万 kW)进行了对比。

该报告就环境影响评价的结论如下：

一级开发方案和二级开发方案均不存在制约性环境因素。方案的实施均将促进流域、四川省、甘孜州及雅江县社会、经济及环境的可持续发展，梯级水电站发电后的能源替代效应也将为区域生态环境保护创造条件。

从环境影响程度比较，二级开发方案优化了开发河段的梯级布局，避免了对雅江县城的浸没影响，且在雅江县城保留了约 6km 的天然河段，能够为流水性鱼类提供一定的生存空间，水库淹没及移民安置造成的环境影响较一级开发方案小，在一定程度上减轻了中游水电梯级开发带来的累积性和叠加性环境影响。因此，从环境影响程度分析，二级开发方案较一级开发方案更优。

二级开发方案的实施不可避免地带来一些环境问题，主要是大坝阻隔对河流水文情势和鱼类的影响、牙根一级电站日调节运行对雅江县城河段景观及生态功能的影响、工程建设对移民的影响等，但这些不利影响均可以通过采取一些减免或保护措施，予以减缓或消除。

因此，从环境保护角度认为，两河口至牙根河段由一级开发调整为二级开发的方案环境可行且更优。

2.2.4 雅砻江中下游水电开发环境影响回顾性评价研究概况

2.2.4.1 回顾性评价研究工作概述

雅砻江干流下游水电开发时间较早，规划阶段未开展规划环境影响评价工作，单个工程项目环评亦未充分考虑环境要素的累积性影响和区域生态环境的总体保护要求；而雅砻江干流中游河段(两河口至卡拉)水电规划过程中，虽同步开展了规划环境影响评价，但也没有从流域特别是中下游河段统筹的角度宏观把握影响的趋势和管理要求。同时，从下游开发的实际情况分析，多个工程的生态环境影响通过叠加、累积而逐步显现，流域环境管理方面也需要重新认识和研究合适的管理机制，随着水电开发活动向中上游延伸，涉及到的区域生态环境更加敏感、脆弱。此外，流域梯级开发除了引发单个工程所

带来的生态环境影响外，由于系统的关联和累积效应，还存在对流域生态系统的潜在影响。为坚持“在做好生态保护和移民安置的前提下积极发展水电”的原则和遵循“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的指导方针，进一步推进雅砻江水电项目的有序开发，协调、处理好雅砻江干流中下游河段水电开发与环境保护的关系，探索流域水电开发环境管理的模式和机制，强化对策措施，促进雅砻江流域的可持续发展，雅砻江公司委托中国水电工程顾问集团公司承担四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究工作。

2013 年 6 月，中国水电工程顾问集团公司完成了中下游回顾性影响评价成果，并于 7 月通过了环境保护部组织的专家论证。论证意见认为，该研究报告在识别雅砻江干流中下游河段水电开发的环境敏感对象和环境限制性因素的基础上，重点回顾评价了二滩水电站及雅砻江下游水电开发的环境影响，核查了已建梯级电站环境保护措施落实情况，分析评价了中下游规划梯级全面实施后对水环境、区域生态和经济社会的区域性和累积性影响，提出了环境管理优化建议，从流域层面规划了进一步的环境保护对策和生态补救措施，明确了雅砻江中下游干流未建梯级的开发时序和布局。研究报告内容全面，结论总体可信，研究成果对协调雅砻江干流中下游河段电站梯级开发与生态环境保护关系、优化水电开发方案、完善流域生态环境保护对策措施等具有十分重要意义。

2.2.4.2 回顾性评价专家论证会主要审查意见

2013 年 7 月，环境保护部环境影响评价司在北京主持召开了《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》专家论证会，并形成了有关意见。

意见根据“在做好生态保护的前提下积极发展水电”要求，同意《研究报告》从环境敏感对象、环境限制性因素等角度综合分析提出的雅砻江中下游干流未建梯级电站开发时序意见，即：两河口、牙根一级、牙根二级、孟底沟、杨房沟和卡拉 6 个梯级环境影响较小，可适时开发；楞古梯级存在环境制约性因素，须论证环境影响可控及环境保护措施可行后再有序推进。

同时，意见提出了已建电站运行和后续梯级建设过程中应重点做好的环境保护工作，其中涉及牙根二级水电站的主要意见包括：

(1)制定雅砻江中下游河段梯级电站水库蓄水和运行调度环保方案，确保下泄生态环境用水。后续梯级电站项目环评阶段，应根据下游河道不同时段生态用水需求，深入开展不同时段下泄生态流量研究，制定生态流量泄放方案，并建设泄放生态流量的专用设

施及在线监控系统，与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

(2)重视牙根二级电站库尾雅江县城水污染防治工作，避免对电站库区水质产生污染。

(3)保证研究河段鱼类基因交流和关键生境的功能完整性，依法承担电站建设和运行造成对鱼类影响的责任，采取鱼道、升鱼机、鱼类增殖放流、鱼类栖息地保护等补救措施。其他待建梯级电站应结合地形、枢纽布置格局等条件，研究采取鱼道、升鱼机等不同过鱼方式的适宜性，落实过鱼设施规划及建设。

(4)统筹中下游河段鱼类增殖放流站布局和功能定位，可考虑建设两河口、杨房沟、锦屏一级、桐子林四个鱼类增殖放流站，满足各梯级电站增殖放流任务。抓紧长丝裂腹鱼、裸腹叶须鱼和青石爬鮡等鱼类的人工繁殖和放流技术研究工作。长期进行标记放流及放流效果技术评估工作，根据放流效果调整电站增殖放流任务。开展重要保护鱼类繁殖水力学条件和人造洪峰诱导产卵技术研究。

(5)结合栖息地生境本底、替代生境相似度和种群相似度，编制栖息地保护规划方案，由省环境保护行政主管部门牵头，相关部门配合联合进行审批。实施流域层面“两区一段”栖息地保护(中游高原鱼类栖息地保护区、雅砻江汇口栖息地保护区、下游东部江河平原鱼类大河湾保护段)以及局部水域栖息地保护(曲入河、达曲河、卧龙寺沟（又名王呷河）、惠民河、永兴河流水段、鳇鱼河支库、力丘河干支流部分河段)，其中甘孜州发展和改革委员会以甘发改[2013]678 号文承诺，明确曲入河、达曲河、卧龙寺沟不再进行水电工程建设。建设单位须协商地方相关行政主管部门，尽快完成其他河段保护工作，形成多方联动机制，由地方相关行政主管部门主导，建设单位提供技术和资金支持。

(6)落实陆生生态保护和生态补偿措施。加强施工期环境管理，减缓对野生动物、自然植被的影响。从规划河段生态环境整体考虑，建立栖息地保护、生态景观修复、就近保护等综合保护体系。重视已建电站库区消落带生态修复研究和建设工作，为其它未建梯级电站提供借鉴。

(7)建立流域水电开发环境保护综合管理机构，统一开展流域生态环境保护、环境监测和基础科学研究工作。长期进行生态跟踪监测，构建流域生态环境监测体系和生态环境数据库建设，跟踪观测流域重要珍稀保护鱼类“三场”、重要物种栖息环境和分布变化，动态观测水温恢复、过鱼、增殖放流、生态调度、生态修复措施实施效果，为流域环境保护提供技术支持。适时启动流域环境影响跟踪评价和梯级电站环境影响后评价工

作，进一步完善生态环境保护对策措施。

2.2.4.3 雅砻江中游梯级开发时序研究结论

中下游回顾性影响评价研究成果显示，雅砻江中游水电开发任务总体合理，各梯级工程建设区及影响区不涉及全国主体功能区及四川省生态功能区划定的禁止区，其开发布局较为合理，并根据“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的方针要求，从开发时序上提出了优化建议。

研究报告以是否涉及环境敏感对象、是否存在环境限制性因素为时序开发原则，将雅砻江中下游河段后续开发电站分为第一类项目和第二类项目，分类推进开发。其中牙根二级为一类项目，可适时开发。

2.2.4.4 中下游环境保护措施总体规划与布局对牙根二级水电站的要求

中下游环境影响回顾性评价从流域层面出发，以“统筹协调性”、“有效性”、“科学性”、“针对性”、“可操作性”为原则，在现有环境保护措施的基础上提出了整个中下游环境保护措施的总体规划方案，主要包括水环境、水生生态、陆生生态和社会环境保护规划 4 个方面，其中涉及流域性总体布局以及针对牙根二级水电站专门提出的措施内容详见表 2.2-1。

雅砻江干流中下游区域环境保护总体布局(涉及牙根二级水电站部分)

表 2.2-1

措施体系		措施体系具体内容
水环境保护	库周污染源控制	(1) 建议流域内的市、县及集镇尽快建设污水处理厂，其生活垃圾应按照“减量化、资源化、无害化”的原则进行科学合理的处理处置，严禁垃圾下河。雅江县城位于牙根一级和牙根二级之间的保留河段内的沿河两岸，地方政府应尽快建设污水处理措施。 (2)区域内工矿企业污废水应该严格按照环保政策要求禁排或达标排放，尤其加强栖息地规划河流、拟建梯级保留河段(两河口库尾上游段、雅江县城段、卡拉坝下段、桐子林坝下至江口段)和减水河段内入汇支流(如卧龙寺沟、力丘河、九龙河)的污染治理力度和强度。 (3)加强库周生态环境管理和水土保持管理，加强农田面源污染的治理。
	施工废污水处理	制定经济、有效、方便的废水处理工艺和运行管理模式，项目环境影响报告书中予以制定，废污水处理设施与产污设施同步设施。
	库底卫生清理和库区污染防治	(1) 水库蓄水前严格执行库底清理。(2) 水库运行过程中及时清理库区污染物，防止污染进一步扩散。(3) 严格限制各梯级库区网箱养殖的规模，密切监视库区重点是支库库尾的水体营养状态，杜绝水华现象出现。
	生态调度	结合水库发电、防洪调度，合理利用水库的调蓄库容，尽量结合水生生物繁衍、水域景观需求以及生境修复需求，科学制定生态调度方案。
	水环境监测	建议建立水环境监测体系，对雅砻江中下游区域开展长期的、系统的水环境调查及评估，以掌握开发进程中流域环境状况的动态变化为目的。
水生生态保护	栖息地保护	实施局部水域栖息地保护，即曲入河、达曲河、卧龙寺沟、惠民河、永兴河流水段、鳜鱼河支库；力丘河的甲根坝以上干流河段、支流色乌绒沟、金顶尾水至河口 3km 未开发河段；干流流水河段、干支流汇口段。
	渔政管理	将上述栖息地规划水域设置为常年禁捕区。
	过鱼设施	各梯级均考虑设置过鱼设施。除牙根一级确定采用鱼道过鱼，其他待建梯级的过鱼方式待项目环评阶段研究。

措施体系		措施体系具体内容
	生态调查与跟踪监测	对雅砻江中下游区域开展长期的、系统的水生生态调查与鱼类放流效果的跟踪监测及评估。
	增殖放流站	在两河口业主营地建 1 个增殖站，兼顾两河口、牙根一级、牙根二级放流需要。
	人工放流	中下游干流的流水河段。
陆生生态保护	挂牌保护	对可能受影响的珍稀植物修筑防护栏进行保护，并设立保护标志。
	生态调查与跟踪监测	对雅砻江中下游区域开展长期的、系统的陆生生态调查与移栽效果的跟踪监测及评估，每年的调查频次和调查方案依据该年的实际情况具体部署，以保持监测成果的系统性和代表性为原则，建议由一家单位承担。
	异地恢复	珍稀物种异地恢复。

2.2.5 四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究概况

2.2.5.1 回顾性评价研究工作概述

2024 年 12 月 20 日生态环境部以“环办环评函[2024]475 号”文印发了“关于四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函”。《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》与本报告书中牙根二级水电站的坝址位置、工程任务、正常蓄水位、规模、开发方式相同。

2.2.5.2 主要审查意见

审查意见提出“根据回顾评价成果，流域水电开发造成的叠加性、累积性生态环境问题已经显现，评价河段径流年内过程趋于均化，河道水温发生显著变化。河流生境破碎化严重，鱼类洄游通道被隔断，鱼类资源量及组成发生明显变化，部分产漂流性卵鱼类产卵场消失、资源量大幅下降”。

意见要求“认真贯彻习近平生态文明思想，落实习近平总书记关于进一步推动长江经济带高质量发展的重要指示批示精神，深刻认识工程建设的生态环境影响，严格落实并不断完善现有梯级的生态环境保护措施，统筹水电开发与生态环境保护，依法执行环评制度，科学论证后续开发，切实保护和修复雅砻江流域生态环境”。

同时，提出了进一步加强和完善生态环境保护措施的要求：

（一）加强流域水电开发生态环境保护顶层设计。开展全流域、全要素、全影响的重大生态环境问题研究，组织开展水电生态保护措施重大关键技术攻关，编制流域水电开发生态环境保护总体规划，建立完善流域水电开发生态保护措施以及配套监测、管理体系，推动全流域绿色低碳发展，建设美丽雅砻江。

（二）严守生态保护空间，审慎推进后续开发建设。依法开展雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划调整及规划环评工作，深入论证牙根二级、楞古等梯级开发建设的环境可行性，科学决策。干支流抽水蓄能电站开发应统筹考虑，干流的雅江抽水蓄能

电站等应结合雅砻江中游(两河口至卡拉河段)水电规划调整环境影响评价，深入论证其环境可行性。加快开展雅砻江流域水风光一体化基地规划环境影响评价工作。严格落实《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》审查意见要求，统筹干支流生态保护，明确为栖息地保护的干支流河段将不再建设其他水电工程。

（三）严格落实生态流量泄放要求，开展生态调度。各梯级电站严格按照环评批复要求下泄生态流量。重点针对中游高原鱼类栖息地、雅砻江汇口等河段，研究制定雅砻江梯级联合生态调度方案，尽快实施，同步开展跟踪监测和评估，必要时进行动态优化调整。将生态流量泄放、生态调度纳入工程运行调度规程。

（四）加强水环境保护。进一步改进完善两河口、锦屏一级等水电站已建分层取水设施，按要求做好设施运行管理，加强跟踪监测和评估，开展分层取水设施适应性改造，进一步提升运行效果。开展二滩水电站水温累积影响研究，明确二滩水电站采取分层取水措施的可行性。加强各库区水质、锦屏二级减水河段水质与底泥监测，配合地方相关部门加强各级水电站库区水质保护，各电站库区原则上不得开展集中投饵等可能影响水质的水产养殖。持续开展梯级电站汛期泄洪产生的气体过饱和影响监测，开展气体过饱和的专题研究，推进相关影响减缓技术进步，通过采用先进技术，不断减缓气体过饱和造成的不利影响。

（五）加强流域水生生态保护。进一步统筹强化流域栖息地保护，严格落实流域综合规划环评、2013 年回顾性评价以及各项目环评和环保竣工验收批复中关于鱼类栖息地保护的要求，进一步将卧落河下游部分河段、霍曲河、理塘河等纳入保护范围，编制流域鱼类栖息地保护规划，报四川省生态环境厅把关，推动将栖息地保护河段纳入地方生态环境分区管控优先保护单元。四川省生态环境厅在力丘河、鳡鱼河相关规划和项目环评管理中，应统筹考虑流域综合规划环评和水电专项规划环评、开发和保护等关系，认真研究全河段保护的问题。发挥大型水电站“以新带老”和“上大压小”作用，结合地方实际，加快推进流域小水电清理整改，进一步促进流域干支流栖息地系统保护。研究进一步加大锦屏二级电站生态流量泄放，实施生态调度，开展锦屏大河湾减水河段鱼类栖息地修复试点示范，为实现圆口铜鱼在该河段栖息生存创造条件。推动拆除位于干流上游水能资源规划保留河段的鄂曲水电站，以恢复上游干流连通性。组织开展雅砻江干流锦屏至河口河段鱼类洄游通道恢复总体设计，2025 年底前明确建设方案，补建锦屏一级、官地、二滩、锦屏二级、桐子林等梯级电站过鱼设施，具备条件的优先采用鱼道过

鱼，并持续开展过鱼效果监测评估和优化。两河口和杨房沟上、下行过鱼设施应尽快开展适应性改进工作，提升过鱼效果。进一步加强增殖放流站能力建设，实施必要升级改造，扩大亲鱼储备规模，严格按环评批复要求开展增殖放流。加大圆口铜鱼、长鳍吻鮈、青石爬鮡等中长期放流鱼类人工繁育技术攻关投入，尽早实现规模化人工繁育能力。结合鱼类栖息地保护，统筹完善鱼类放流地点。建立鱼类增殖放流站亲鱼遗传档案，持续开展鱼类放流标记及放流效果监测与评估，必要时适当优化放流对象与规模。

（六）加强陆生生态保护。进一步强化已建梯级电站影响的松口蘑、栌菊木、红椿、金荞麦等国家重点保护野生植物保护措施，持续做好移栽的珍稀特有植物的养护管理，加强跟踪监测和评估。做好已建电站库区消落带生态修复研究，持续开展生态修复。加强两栖类、爬行类等野生动物保护，并开展必要的生境修复。后续工程推进过程中，加强五小叶槭等珍稀特有和极小种群物种的调查与保护工作，强化外来入侵植物的防控管理措施。强化施工生态环境保护要求，优化工程设计和施工组织，严格控制工程占地和施工活动范围，采用绿色施工工艺，加强边坡支护，减少高陡边坡开挖创面，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。施工和蓄水前在施工区及水库淹没区开展动植物详查，对新发现的珍稀保护植物采取有效保护措施，对野生动物进行驱赶，对发现的受伤野生动物采取救助措施。加强施工开挖料综合利用，减少弃渣量，科学设置弃渣场，弃渣场应做到先挡后弃，弃渣应全部运至规定的弃渣场，不得随意向河流倾倒。施工前对表土进行剥离，单独堆存并回用，施工中采取水土保持措施，施工结束后及时针对施工迹地等实施生态修复，生态修复坚持因地制宜，使用原生表土和乡土植物，恢复和保护生物多样性，重建与周边自然生态相协调的植物群落，初期可采用人工管护等措施，最终形成可自然维持的生态系统。

（七）进一步完善和强化流域水电开发生态环境保护保障机制。流域开发企业应明确专门的流域生态环境保护机构、职责、制度、人员等，推动各项生态环境保护措施有效落实，统筹做好流域水电开发环境保护工作。建立流域水电开发生态环境保护长期投入机制，从各梯级电站发电收益中提取一定比例资金，专门用于生态环境保护措施运行管理、改进完善、监测评估、科学研究和保护补偿等。进一步完善雅砻江流域生态环境全过程、全要素监测系统，持续做好运行管理，提高在线监测能力程度和水平，并纳入水电建设项目全过程环境管理体系和平台，相关数据同步报长江流域生态环境监督管理局和地方生态环境主管部门。每 5 年开展一次全流域生态环境现状调查和措施效果跟踪

监测评估，相关成果及时报送我部环评司和长江流域生态环境监督管理局。

2.2.5.3 梯级实施建议

牙根二级～楞古河段实施牙根二级和楞古水电站可行，同意近期实施。

2.2.5.4 拟建梯级环境保护措施要求

目前雅砻江中下游仅剩牙根二级、楞古梯级仍在进行前期工作，根据“生态优先、统筹考虑、适度开发、确保底线”的原则要求，对后续拟建的牙根二级和楞古梯级初拟了环境影响减缓对策措施。

初拟的牙根二级、楞古环保措施规划重点包括：

(1)生态流量下泄：按照现行环境管理要求，科学拟定牙根二级和楞古水电站的生态流量，楞古坝址下游 500m 即有支流力丘河汇入，力丘河流量较大，减水河段在力丘河汇入后流量将进一步增大，全年仍可保持大型河流状态。

(2)生态调度：在鱼类繁殖期间，充分利用牙根二级电站日调节库容，开展稳定下泄流量的日内生态调度方案；同时利用上游两河口水库调节性能，在鱼类产卵繁殖季节下泄适宜流量。

(3)水温缓解措施：拟建的牙根二级水库预测为水温分层型水库，对下泄水温有一定影响，初步拟定采用在进水口前设置前置挡墙的方式缓解下泄水温影响。

(4)过鱼措施：拟定牙根二级、楞古电站过鱼措施设计，牙根二级拟采用升鱼机方案、楞古选用鱼道方案，鱼道进口、出口及集鱼位点设计水位需覆盖电站所有运行工况，满足全年过鱼要求。

(5)五小叶槭专项保护措施：拟定的五小叶槭专项措施系统采用“一心，一带，多节点”的总体布局，以规划五小叶槭珍稀植物园为中心，以牙根二级和楞古水电站库周复建路及 G318 国道为基础形成五小叶槭景观绿化带，并设置多个具备迁地保护、野外回归、生境营造等功能的五小叶槭保护节点。专项措施落地后可以减缓相应影响，并一定程度上扭转五小叶槭致危趋势。同时将在区域内形成新的标志性景观系统，结合生态保护、科普教育、景观提升、旅游开发等手段，助力雅江县打造槭树之乡，成为雅砻江沿岸全新打卡节点。

2.2.6 雅砻江中游水电规划调整环评概况

2025 年 10 月四川省生态环境厅以“(川环建函[2025]31 号)”文印发了雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书评审意见。

2.2.6.1 规划调整环境影响报告书总体结论

雅砻江中游水电开发有利于助力国家实现“碳达峰”和“碳中和”目标、适应四川省新型电力系统、提升河段防灾减灾能力、拉动民族地区经济社会发展。雅砻江中游水电规划实施过程中，总体落实了各项流域和项目对中游干流的环境保护措施和要求，目前流域生态环境质量总体较好。

目前雅砻江中游仅牙根二级、楞古两座规划电站尚未开发建设。原水电规划方案存在环境制约和地质问题，为解决环境制约性因素、避让不良地质条件、适应新型电力系统需要、提高工程经济性，有必要进行规划调整。本次规划调整原则上贯彻生态优先的理念，规划调整方案规避对力丘河鱼类栖息地的淹没影响。规划调整过程中针对未开发的牙根二级和楞古梯级开发方案进行不断优化，通过对牙根二级、楞古两级坝址、坝段优化和对楞古开发方式的优化，避免对力丘河鱼类栖息地的淹没影响，拟定的两个方案较原水电规划方案均不再淹没力丘河汇口鱼类栖息地，解决了环境制约性问题。

综合来看，规划调整的两个方案环境影响均可接受，从规划原则的符合性、规划目标的可达性、环境保护的可行性、发挥新型电力系统作用、电力保供以及流域防灾减灾等社会效益方面经综合比选，推荐方案二。

针对推荐方案实施带来的不利环境影响，规划调整环评从水环境、水生生态、陆生生态等方面进一步完善了雅砻江中游环保措施体系，在已有环保措施的基础上新增了如下内容：

(1)水环境保护措施方面主要新增了拟建牙根二级梯级水温影响减缓措施、已建两河口持续气体过饱和监测及减缓技术研究、已建两河口及杨房沟过鱼设施第二阶段适应性改造等。

(2)水生生态保护措施方面主要细化了支流霍曲河栖息地保护方案。针对力丘河保护方案，规划环评提出结合力丘河各个河段及主要支流的鱼类资源和河道形态、比降等生境特点，对力丘河干支流不同河段进行重要性分级，根据不同分级情况进行分级管控及保护措施规划。丘河栖息地保护河段采用核心保护河段、重点保护河段和一般保护河段3种重要性分级，综合分析后将干支流共分为6段，其中核心保护河段1个，重要保护河段4个，一般保护河段1个。

6个分段中，力丘河干流河口以上3km河段，鱼类资源丰富，生境多样性丰富，具有较高的保护价值，划分为核心保护河段；**力丘河干流河口以上3km至塔坑村河段，**河段长度32.1km，区间比降大、水流湍急，鱼类资源不丰，划分为一般保护河段；**力丘**

河干流塔坑村至甲根坝段，河段长度 61.9km，河道比降小，鱼类资源有所增加，划分为重要保护河段；**力丘河干流甲根坝以上河段，**长度 105.5km，地势平坦，生境条件较好，鱼类资源与塔坑村至甲根坝段相似，划分为重要保护河段。**支流色物绒沟和支流塔拉沟**分别为力丘河第一、二大支流，水资源丰沛，河段长度分别为 88.5km 和 67.4km，现状无水电开发，连通性好。虽然鱼类资源相较于干流少，但从干、支流连通性以及生境完整性方面考虑，也将其划为重要保护河段。

核心保护河段管控要求为全面禁止新建拦河工程，禁止勘探和开采矿产资源，禁止挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动；保护措施规划为根据生境现状，对河口 2km 以内河段采取原生境保护，严格管理；河口以上 2~3km 河段河道坡度较陡，部分河段河道内有块石堆积，河床被束窄，规划对该段进行生态修复。

重要保护河段管控要求为在雅砻江流域综合规划的规划期内（2030 年前）采取原生境保护，禁止新建拦河工程。2030 年后，除必要的水资源保护、生境保护和生态修复工程外，不再规划建设其他拦河构筑物，禁止勘探和开采矿产资源，以及挖沙、爆破等可能损害保护功能的涉水生产经营活动。保护措施规划为整体采取原生境保护，加强监管巡护，禁止破坏行为发生，保持其原有河流生境条件。同时根据生境现况，拟针对塔公以上岸坡受损的局部段进行岸坡生态整治。

一般保护河段管控要求为在雅砻江流域综合规划的规划期内（2030 年前）采取原生境保护，禁止新建拦河工程。2030 年后，严格控制新建拦河工程，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、供水、灌溉、交通等必要的民生工程或国家及地方重大项目建设活动时，应维持本河段生态功能不降低，且不影响下游核心保护河段生态功能，确保力丘河鱼类栖息地生态功能不降低。保护措施规划为严格控制、审慎决策该河段开发利用。加强巡护监管，加强监测、调查，开展相关科研等。

此外，规划开展力丘河鱼类栖息地保护总体规划、水生生态机理、保护技术、开发与保护关系研究等 8 项科研工作，进一步提高保护水平。

(3)拟建牙根二级和楞古梯级过鱼措施和增殖放流方案、生态调度等；陆生生态保护措施方面主要新增了五小叶槭专项保护措施、生态调查与跟踪监测等。在落实规划环评提出的系统性生态环境保护措施的基础上，推荐方案环境可行。

总体上，规划调整推荐方案符合国家环境保护相关法律法规和环保政策要求，符合

国家主体功能区划、国土空间规划、国家及地方生态功能区划等相关规划，与地方其他同层位规划不冲突，同时符合区域生态环境分区管控要求。推荐方案与原中游水电规划环评、2013 年中下游回顾性评价、流域综合规划环评、2024 年回顾性评价及其审查意见的环保要求总体是相符的。

雅砻江中游水电规划已实施部分环境影响可接受，本次规划调整的牙根二级和楞古两级实施后对流域累积影响也有限，在采取切实有效的生态影响减缓措施后环境可行，建议近期实施。

2.2.6.2 规划环评主要审查意见

《规划》推荐方案总体符合《雅砻江流域综合规划》《长江经济带生态环境保护规划》等规划以及生态环境分区管控的要求。《报告书》评价范围涉及四川鲜水河大峡谷国家森林公园和四川省庆达沟森林公园，未开发河段评价范围内分布有五小叶槭、欧亚水獭、青石爬鳅、厚唇裸重唇鱼等重要物种，分布有卧龙寺沟汇口段产卵场、力丘河汇口段产卵场、马蹄村产卵场等鱼类重要生境，以及牙根一级坝下保留河段等鱼类栖息地，生态环境较敏感，对《规划》实施形成制约。《规划》应在维护雅砻江中游生态安全的前提下，有序推进干流水电开发，强化对该河段重要生态环境敏感区、珍稀濒危和特有物种生境的保护，进一步完善和强化落实各项生态环境保护对策措施，有效预防和减缓《规划》实施可能带来的不良生态环境影响。

对《规划》优化调整和实施的意见主要包括：

（一）坚持生态优先、绿色发展。严格落实雅砻江流域综合规划和规划环评相关要求，强化雅砻江中游河段整体性保护，以高品质生态环境支撑高质量发展。针对雅砻江流域突出的生态环境问题，重视中游河段水电开发产生的累积性影响，严格落实并不断完善已开发梯级的生态环境保护措施；科学论证后续水电开发，切实保护和修复雅砻江中游河段生态环境。

（二）严格保护生态空间。严格落实生态环境分区管控要求，推动将栖息地保护河段纳入地方生态环境分区管控优先保护单元。统筹干支流生态保护空间，在雅砻江中游干支流已划定的鱼类栖息地保护范围基础上，新增霍曲河干流鱼类栖息地，采取拆除唐岗水电站、补建达阿果水电站过鱼设施等措施，恢复河流连通性；按照雅砻江流域综合规划环评审查意见将力丘河干支流作为鱼类栖息地纳入生态保护空间的要求，编制力丘河鱼类栖息地保护规划，在雅砻江流域综合规划的规划期内(2013-2030 年）采取原生境

保护，禁止新建拦河工程。

（三）加强水环境保护。继续开展两河口水电站已建分层取水设施效果及调度优化研究，强化分层取水设施适应性管理，进一步提升运行效果；对待建的牙根二级水电站可能产生的低温水影响，采取有效的水温影响减缓措施。持续开展两河口水电站汛期泄洪产生的气体过饱和影响监测，以及气体过饱和专题研究。做好施工期污（废）水处理，水库蓄水前进行库底清理。加强各规划梯级库区水质监测、水污染防治及水质保护。

（四）加强水生生态保护。严格落实流域综合规划环评、历次回顾性评价以及相关项目环评批复中关于雅砻江中游干支流鱼类栖息地保护的要求。编制栖息地保护规划，报请地方人民政府批复同意后实施，相关成果应纳入雅砻江流域鱼类栖息地保护规划。按要求开展雅砻江流域梯级联合生态调度研究，中游河段重点针对鱼类栖息地、保留河段和减水河段研究制定联合生态调度方案，纳入梯级电站运行调度规程并尽快实施。做好两河口和杨房沟水电站过鱼设施过鱼效果监测，在已开展的适应性改造基础上，进一步提高过鱼设施运行的自动化和智能化水平，持续改进以提升过鱼效果；在建梯级按环评批复要求建设过鱼设施，牙根二级和楞古梯级统筹过鱼设施。进一步加强雅砻江中游鱼类增殖放流站能力建设，结合远期放流鱼类需求，优化调整增殖站扩建内容；加快青石爬鮡、黄石爬鮡、中华鮡等远期放流鱼类人工繁育研究工作，尽早开展增殖放流；结合鱼类栖息地保护，统筹完善鱼类放流地点；加快亲鱼遗传档案建立工作，持续开展鱼类放流标记及放流效果监测与评估。

（五）加强陆生生态保护。继续开展两河口水电站库区消落带治理试验，根据试验结果及时开展消落带生态修复。持续做好已移栽的珍稀特有植物的养护管理，加强跟踪监测和评估；加强牙根二级和楞古梯级影响区五小叶城等保护植物的调查工作，对受影响的保护植物采取原生境保护、迁地保护、种质资源保护及种群恢复、生境营造等措施，对施工迹地等区域采取生态修复措施。开展必要的生境修复，加强野生动物的保护。优化施工临时设施等布局，采用绿色低碳的施工工艺和设备，制定有利于生态保护的施工方案，控制施工范围，尽可能减少对野生动植物生境的占用和扰动。

（六）健全水电开发生态环境监测长效机制。对已建成的雅砻江流域生态环境保护全过程监测系统开展适应性管理，持续对其建设内容、数据库和系统进行优化，进一步完善中游河段生态环境监测体系，对生态调度、增殖放流、过鱼、鱼类和陆生重要物种栖息地保护等措施有效性开展长期跟踪监测，根据动态监测情况，落实和完善生态环境

保护对策措施。

（七）建立生态环境保护监督管理与补偿机制。相关部门要加强对水电开发的生态环境监督管理；水电开发企业要落实生态环境保护责任，做好受影响区域与水电开发有关的生态环境监测、研究、保护和补偿工作。

（八）结合《规划》实施生态环境影响，适时开展环境影响跟踪评价，将评价结果报告或通报相关主管部门。《规划》发生重大调整或修编时，应重新编制环境影响报告书。

2.2.6.3 规划调整环评报告对牙根二级项目环评的要求

(1)项目环评阶段应根据最新设计成果进一步调查水库淹没和施工用地范围内重点关注对象五小叶槭的分布情况，进一步优化施工布置，根据工程建设实际影响，针对性加强五小叶槭的保护工作。

(2)目前预测认为牙根二级水库为水温过渡型水库，部分月份有水温分层现象，项目环评阶段应根据其工程特性采取进一步论证适合的水温影响减缓措施，并进行水温缓解效果分析。牙根二级水电站下泄生态流量与上下游梯级年内生态流量过程匹配。

(3)在牙根二级单独运行工况下，日内不稳定流影响较牙根二级运行前（仅上游两河口与牙根一级联合运行）有一定程度增大，建议楞古尽量同期运行以保证牙根二级~楞古河段流水段水位变幅。若牙根二级先期建成单独运行，应开展生态调度，控制坝下水位日变幅，满足下游生态需求。

(4)开展牙根二级和楞古水电站联合过鱼方案论证研究。

(5)项目环评阶段进一步研究霍曲河连通性改造措施，细化改造方案。

(6)重视对施工期“三废”的污染防治，应采取有效措施防止施工活动及“三废”排放对附近城镇、村庄和居民等的影响。

(7)应根据水电站具体设计情况，进一步研究工程建设可能带来的环境影响并制定具体的减免措施，严格按相关程序要求开展环境影响评价、环境保护设计和水土保持设计等工作，落实生态环境保护投资。

2.2.6.4 规划调整环评审查意见对牙根二级项目环评的意见

《规划》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，在确保雅砻江中游系统性及整体性基础上，深入论证项目建设可能产生的水文情势、水环境、水生生态和陆生生态影响，制定切实可行的生态保护、修复、补偿方案，预防和

减轻项目实施可能产生的不利生态环境影响。规划符合性分析等内容可适当简化。

2.3 工程建设的必要性

2.3.1 是助力国家实现“碳中和”目标的需要

助力实现碳中和目标。党的二十大报告提出要先立后破、稳中求进，积极稳妥推进碳达峰碳中和目标。我国能源活动占二氧化碳排放总量的比重高达 86.9%，要实现“碳中和”目标，核心是要大力发展水电、风电、太阳能发电等可再生能源，推动能源绿色转型发展。2025 年 9 月 24 日，习近平主席在联合国气候变化峰会视频致辞中宣布，到 2035 年中国风电和太阳能发电总装机容量将达到 2020 年的 6 倍以上，力争突破 36 亿千瓦。而水电是技术成熟、运行灵活、减排效果显著的清洁低碳可再生能源，在能源转型战略中发挥“基石”的作用。为达到 2060 年非化石能源占一次能源消费比重 80%以上的发展目标，在生态优先前提下积极有序推进大型水电基地建设是必要的选择。通过牙根二级水电站的建设，可进一步推动四川“非化石能源替代”、“电能替代”以及节能减排。考虑返还两河口水电站增加电量效益的 50%后，可替代燃气电站发电量 88.03 亿 kWh，每年可节约天然气 20.86 亿 m^3，减少二氧化碳排放 451 万 t，按照等价值折算每年可节约标准煤 277 万 t，减排效应显著，为我国 2060 年实现“碳中和”目标发挥重要作用。

助力构建新型电力系统。2025 年全国能源工作会议指出，要坚定不移大力发展清洁能源，推动可再生能源替代，风电光伏跃升发展，重大水电项目有序推进，统筹推进新型电力系统建设，推动九大行动落地见效。2025 年 10 月 28 日，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》明确提出，加快建设新型能源体系，持续提高新能源供给比重，推进化石能源安全可靠有序替代，着力构建新型电力系统，建设能源强国。新型电力系统具备安全高效、清洁低碳、柔性灵活、智慧融合等重要特征，非化石能源发电将逐步转变为装机主体和电量主体，水、风、光、储等多种清洁能源协同互补发展，化石能源发电装机及发电量占比下降的同时，电力系统碳排放总量逐步达到“双碳”目标要求。电力系统中新能源渗透率不断提高，快速消耗灵活性调节资源，其间歇性、随机性、波动性特点使得系统平衡和安全问题更加突出，系统电力系统可控对象从以源为主扩展到源网荷储各环节，对于电力保供、源网荷储灵活互动和需求侧响应能力的需求日益提高。牙根二级水电站装机容量 240 万 kW，多年平均年发电量 86.45 亿 kWh，调节库容 2.57 亿 m^3，在遭遇极端天气或应急突发事件时，视系统需要可发挥

长时保供、长周期调节、事故备用等能力，保障系统安全稳定运行；电站转动惯量205000t·m^2，除了发挥容量电量作用外，还可以为电力系统提供转动惯量支撑，发挥强大的调节能力，促进新能源的高效消纳。电站的开发建设对于深入推进能源革命、建设社会主义现代化强国、增强能源安全保障能力、引领绿色低碳发展具有重要意义。

工程开发建设符合《中华人民共和国长江保护法》有关要求。《中华人民共和国长江保护法》的核心是贯彻“生态优先、绿色发展，共抓大保护、不搞大开发”的理念，在保护工作中强调统筹协调、科学规划、创新驱动、系统治理。牙根二级水电站开发建设始终坚持“生态优先，绿色发展”理念，工程用地范围不涉及《长江岸线保护和开发利用总体规划》中划定的长江流域河湖岸线，建设征地符合公益林、草原和湿地的有关要求；工程在建设运行期间无违建临时项目，且未在雅砻江流域禁止采砂区和禁止采砂期从事采砂活动，施工期固体废物处置得当；工程不影响河段水质、不影响下游生态用水需求，并制定了水生生物保护措施、水土流失防治措施，对重点水生野生动植物进行了重点保护。总体来看，牙根二级水电站开发建设符合《长江保护法》中对于长江流域新建大中型水电工程相关的法律法规要求。

综上，牙根二级水电站的开发建设符合国家战略，是助力国家实现战略目标的需要。

2.3.2 是四川省建设全国优质清洁能源基地和国家清洁能源示范省的需要

四川省总体还处于工业化和城镇化快速推进期，未来较长时期电力需求仍将保持较快增长。雅中直流、白鹤滩水电外送等特高压项目投产后，四川电力外送通道容量规模将进一步提高。随着四川水电外送规模的增加，四川电力供需形势将从宽松逐步趋紧，电力保障面临较大压力，需要积极开发新能源和其他电源以满足系统电量需求；而2035年以后四川水电将基本开发完毕，在“碳中和”的目标导向下，未来大规模开发的新能源是满足系统增量电量需求的重要途径。2025四川省人民政府工作报告提出，四川将加快大渡河双江口、金沙江叶巴滩、雅砻江卡拉等31个大中型水电站建设，加强“三江”水电基地风电光伏开发和送出电力线路建设。

由于风、光等新能源只能为系统提供电量且出力不稳定，且四川省待开发的水电资源有限，若不能建设足够的容量电源提供有效工作容量，则电力系统中火电必须大量提供容量。由于火电发挥容量通常按最小出力系数控制，火电平均出力随之增加，导致系统中火电出力占比增加，会使得水电和新能源出现弃水弃风弃光，这样的电力系统结构是不合理的。因此，四川省电网远期需要建设足够的能够给系统提供工作容量的电源，

在保障系统容量平衡的同时，使得火电在电力系统中恢复正常的容量和电量作用，从而减少弃水弃风弃光，促进电力系统中新能源的合理吸收和消纳。

牙根二级装机容量 240 万 kW，调节库容 2.57 亿 m^3，具有日调节能力。与两河口水电站联合运行时多年平均年发电量 86.45 亿 kWh，设计枯水年枯水期平均出力 77.9 万 kW。牙根二级水电站发电水头较高，是四川省电力系统优质的调峰电源，建成后可通过与两河口水电站联合运行，进行丰枯和峰谷调节，为四川省电力系统提供充足的调峰容量和安全可靠的优质电能，并带动雅砻江水风光一体化可再生能源综合开发基地的高效开发和利用，促进新能源消纳。

牙根二级水电站运行方式为汛期 6 月~9 月，干流雅江水文站的入库流量大于 3500m^3/s 时，坝前水位消落至汛期排沙运行控制水位 2559m 运行；入库流量小于或等于分级流量 3500m^3/s 时，坝前水位控制在不高于 2560m 运行。平枯期 11 月～翌年 5 月电站视电力系统需要及自身能力进行调峰，水库水位按正常运行消落 2m 做日调节运行。同时，为保证两河口水电站在来水较枯时尽可能蓄满，近年四川电网在实际调度过程中要求两河口水电站在汛期限制出力运行以保证水库蓄水，其中 6 月中下旬~9 月上旬期间每月通常会“多蓄少发”，日均出库流量仅为 300m3/s~400 m^3/s。未来随着四川电网电力保供压力的不断增大，两河口水电站汛期“多蓄少发”或将成为常态。在两河口水电站“多蓄少发”期间，若四川省同时遭遇高温等极端天气，则电力系统需要具有长时调节能力的水电站，在此期间段提供电力电量支撑。牙根二级水电站可按照系统需要逐渐降低水位至死水位 2545m，在两河口水电站“多蓄少发”期间提供约 9 天的电力电量支撑，基本弥补两河口水电站“多蓄少发”期间的电力电量缺口，对四川电力保供的作用和意义重大。为充分利用牙根二级水电站的库容条件，适应新型电力系统需要，充分发挥电站调节能力，以应对特殊工况下电力保供需求，初拟牙根二级水电站死水位为 2545m，调节库容 2.57 亿 m^3 。

因此，从发挥电站调峰作用、促进新能源消纳等方面分析，牙根二级水电站具有较好的提增效应，对改善四川系统水电站群的供电质量，增加四川电力系统调峰容量，助力四川省加快建设全国优质清洁能源基地和国家清洁能源示范省具有重要作用。

2.3.3 是尽早发挥雅砻江梯级整体效益，促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设的需要

2021 年 3 月，十三届全国人大四次会议表决通过的《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2035年远景目标纲要》明确提出要推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，并建设一批多能互补的清洁能源基地。其中雅砻江流域清洁能源基地的建设被明确列入了国家现代能源体系建设的重点工程之一。《四川省能源发展“十四五”规划》同时明确提出“十四五”时期要建成投产两河口、杨房沟和卡拉3座水电站，并开工建设牙根一级和牙根二级水电站。《雅砻江流域综合规划（送审稿）》提出近期优先开发甘孜以下河段的牙根一级、牙根二级、孟底沟、卡拉等梯级，深化研究楞古梯级。2024四川省人民政府工作报告也提出，要大力推进雅砻江等清洁能源走廊建设。

雅砻江干流中游两河口~卡拉河段的两河口、杨房沟水电站分别于2014年、2015年核准开工，已分别于2022年3月、2021年6月投产发电；卡拉、孟底沟水电站已经核准开工，预计卡拉水电站2029年投产发电，孟底沟水电站2032年投产发电；牙根一级水电站于2023年4月获得国家发改委核准；牙根二级、楞古正在开展前期工作。于2021年投产的“龙头”水库两河口水电站调节库容达65.6亿m^3，具有多年调节能力（按年调节运行），建成后与下游锦屏一级、二滩水库联合运行，可实现全梯级年调节，将极大提升雅砻江干流中下游河段所有梯级电站的供电质量。牙根二级水电站为雅砻江两河口～卡拉河段梯级开发的第3级，具有规模大，水库淹没少，经济指标较优，地质、技术和环境问题相对简单，交通相对方便等特点。从落实国家“十四五”战略部署和尽早发挥雅砻江梯级水电站整体效益的角度来看，牙根二级水电站应尽快开发，尽早依托两河口水电站的巨大调蓄能力发挥其丰枯峰谷调节作用，使四川电力系统尽早受益。

雅砻江流域水风光一体化基地共规划布局4个一体化项目群，包括两河口、雅中、锦官和二滩水风光一体化项目群，总装机容量7800万kW。其中牙根二级水电站所在的两河口水风光一体化项目群总装机容量5103万kW，包括常规水电728万kW、抽水蓄能电站1060万kW、光伏发电3260万kW、风电55万kW。两河口水风光一体化项目群中常规水电规模较大、风光资源富集、抽水蓄能资源丰富，项目群的一体化的功能定位是以“水电+抽蓄+风光”模式促进新能源消纳为主的“一体化综合项目”。

牙根二级水电站装机容量240万kW，装机年利用小时数3602h，调节库容2.57亿m^3，采用坝式开发，输水线路短，水头变幅较小，机组调节较为稳定灵活，是接入甘孜特变电站中调节性能较好的水电站。电站可增大两河口水风光一体化项目群中新能源的送出通道容量，提高新能源利用效率。在新能源大发时段，电站可降低自身出力，为新

能源消纳留出空间；在系统负荷高峰时段，可增大出力，满足系统负荷需求。电站通过在两河口水风光一体化项目群中参与水风光互补运行，可带动项目群新增新能源装机350万kW，新增清洁能源电量149亿kWh。在遭遇新能源连续多日出力较小情况时，电站视系统需要可增大自身出力，发挥长周期调节的跨日互补能力，是基地中重要的基础性、支撑性调节电源，可在两河口水风光一体化项目群涉及的甘孜中北部地区，发挥电力电量基础支撑与灵活调节作用，提高水风光一体化运行的可靠性，促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设，保障新能源规模化、集约化开发和消纳，以及基地电能安全、可靠、稳定送出。

因此，建设牙根二级水电站是尽早发挥雅砻江梯级整体效益，促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设的需要。

2.3.4 是拉动民族地区经济发展、推动西部大开发形成新格局的需要

中共中央、国务院印发的《关于新时代推进西部大开发形成新格局的指导意见》明确提出到2035年，西部地区基本实现社会主义现代化，基本公共服务、基础设施通达程度、人民生活水平与东部地区大体相当。要实现以上目标，未来十五年西部地区人均GDP、城乡居民人均可支配收入要分别保持7.5%、7%以上的年均增速，水、电、路、讯、网、科、教、文、卫、保等基础设施和基本公共服务要实现全覆盖。党的二十大报告提出要“深入实施区域协调发展战略”、“推动西部大开发形成新格局”、“构建现代化基础设施体系”，牙根二级水电站的建设可拉动西部经济发展，带动大量就业，促进基础设施建设，改善当地居民生活条件，是重要的基础设施，也是推进西部大开发形成新格局的一项重要水电工程。

2021年7月，习近平总书记在西藏考察时指出，推动西藏高质量发展，要扬长避短，因地制宜，深化改革开放，加快铁路、公路及其他重大基础设施建设，发展特色产业，加快建设国家清洁能源基地，统筹发展和安全，走出一条符合西藏实际的高质量发展之路。

甘孜州的水力资源丰富，水电工业的成长和发展，可以为两个少数民族自治州长期滞缓落后的经济注入活力，可增加区域国民经济的发展后劲。牙根二级水电站静态总投资263亿元，随着电站建设，工程建设税费将大大增加地方财政收入；工程建设所需的水泥、钢材、木材、油料、粉煤灰、施工用电和用水等，对当地经济发展有较大的拉动作用，将促进地方建材、建筑、食品、物流、服务等相关产业的快速发展，给各行业带

来发展机遇。电站建设增加了就业岗位，可带动地方其他资源的开发，工程建设拉动的直接就业人数为 29423 人，间接就业人数为 561214 人。电站建设期在甘孜州产生的年均经济增量为 239049.13 万元，对 GDP 的贡献率为 2.59%，可为地方贡献 87730.96 万元的增值税及 17546.19 万元的城市维护建设附加税、教育费附加税；电站建成后每年将为地方贡献 1.63 亿元的增值税及 0.33 亿元的城市维护建设附加税、教育费附加税，能有效拉动经济增长，增加地方财政收入，巩固脱贫攻坚成果。同时电站建设还可改善沿线地方基础设施，开辟沿线旅游资源、提升旅游品质，提高沿线地区经济发展水平，并为藏区民族团结繁荣、人民生活水平提高、全面建设小康社会和构建和谐社会做出重要贡献。

2.3.5 电力电量有足够的消纳空间

随着四川经济社会高质量发展，电力需求仍保持强劲态势。预计四川省“十四五”末期电力供应将出现缺口，且缺口规模将逐年扩大。四川电力供应要支撑国家和省内两个“西电东送”，既要为国家战略实施提供坚强电力支撑，还要保障全川经济社会高质量发展和成渝地区双城经济圈建设的能源安全，四川电力供应将面临较大挑战。同时随着居民用电和产业结构调整，峰谷差越来越大，新能源的大量接入其反负荷特性进一步加大调峰需求，随着水电开发程度越来越高和火电节能减排，预计远期四川将出现调峰缺口。

考虑电源和电网建设规划，随着雅中直流投产运行，四川外送能力增加，加上自身负荷需求增长规模大于新增水电装机投产规模（新能源有效容量小），考虑已定电源，四川电网 2035 年电力供应缺口 3850 万 kW，电量缺口 657 亿 kWh，电力电量供需形势较为严峻。因此，整体来看四川省未来电力电量供需形势严峻，需积极建设具有容量电量作用的电源，并结合“碳达峰”和“碳中和”目标，采取合理的措施和路径，满足四川未来的电力需求。目前四川省水电装机已超 1 亿 kW，电源结构中水电占比超 75%，但具有季及以上调节能力的水电站装机容量仅占水电总装机的 36%，水电整体调节能力不足，全省水电丰枯出力比约 1.8:1，丰枯期供电能力差异较大，枯水期缺电量情况较为突出。通过两河口水电站调蓄后，牙根二级水电站平枯期发电量大于汛期，可有效缓解四川电力系统调节能力不足和枯水期缺电问题。甘孜 1000kV 特高压变电站已于 2024 年底投运，甘中断面送电能力大幅提升。根据接入系统方案，牙根二级水电站建成后将接入甘孜 1000kV 特高压变电站供电四川电网。根据施工安排，牙根二级水电站预计 2035 年左右建成发电，届时四川电网有足够的市场空间消纳牙根二级水电站的电力电量。

2.3.6 总结

牙根二级水电站的建设符合国家可持续发展战略和四川省的产业政策，是国家能源建设和四川发展水电支柱产业的需要，具有显著的经济效益和社会效益，既符合目前“新时代推进西部大开发形成新格局”的要求，又有利于推动地方经济高质量发展，是雅砻江流域梯级开发以及雅砻江流域水风光一体化基地的重要组成部分，对促进民族团结繁荣、维护社会稳定、保持藏区长治久安、拉动民族地区经济发展、提高人民生活水平、巩固脱贫攻坚成果和构建和谐社会具有重要意义。

因此，开发建设牙根二级水电站是十分必要的。

2.4 工程特性

工程名称：牙根二级水电站

工程建设地点：四川省甘孜州雅江县

工程开发河流：雅砻江干流

工程建设性质：新建

工程等别：一等大（1）型工程，挡水、泄洪、引水及发电等永久性主要建筑物为 1 级建筑物，消能防冲建筑物为 2 级建筑物，其余永久性次要建筑物为 3 级建筑物，临时性水工建筑物为 4 级建筑物。

工程开发方式：坝式

工程开发任务：工程开发任务为发电，并促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设和地方经济社会发展。

工程主要特性指标详见表 2.4-1。

四川省雅砻江牙根二级水电站工程特性表

表 2.4-1

序号及名称	单位	数量	备注
一、水文			
1.流域面积	km^2	71586	
2.利用的水文系列	年	71	1952 年 6 月～2023 年 5 月
3.多年平均年径流量	亿 m^3	243.5	
4.代表流量	—	—	
多年平均流量	m^3/s	772	
P= 0.1%设计洪水洪峰流量	m^3/s	8200	

序号及名称	单位	数量	备注
P= 0.02%校核洪水洪峰流量	m^3/s	8690	考虑两河口调蓄
5.泥沙	—	—	
多年平均悬移质年输沙量	万 t	876/404	天然情况/考虑上游梯级拦蓄
多年平均含沙量	kg/m^3	0.360/0.166	天然情况/考虑上游梯级拦蓄
多年平均推移质年输沙量	万 t	47.3/19.5	天然/考虑上游梯级拦蓄
二、水库			
1.水库水位	—	—	
校核洪水位	m	2562.16	
设计洪水位	m	2561.22	
正常蓄水位	m	2560.00	
死水位	m	2545	
2.正常蓄水位水库面积	km^2	18.92	
3.回水长度	km	72.1/71.6	汛期/非汛期，P=5%
4.水库库容	—	—	
总库容	亿 m^3	10.30	校核洪水位以下
正常蓄水位以下库容	亿 m^3	9.91	
调节库容	亿 m^3	2.57	正常蓄水位至死水位
死库容	亿 m^3	7.34	死水位以下
5.库容系数	%	1.1	调节库容/平均年径流量
6.调节性能		日调节	
7.水量利用系数	%	100	
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	8200	
相应下游水位	m	2418.86	楞古水电站水位 2408.5m
2.校核洪水位时最大泄量	m^3/s	8690	
相应下游水位	m	2419.43	楞古水电站水位 2408.5m
3.调节流量	m^3/s	—	P=__%
相应下游水位	m	—	
4.电站引用流量	m^3/s	1919	
相应下游水位	m	2409.89	楞古水电站水位 2408.5m
四、工程效益指标			
1.发电效益	—	—	
装机容量	MW	2400	
设计枯水年枯期出力	MW	759	
多年平均年发电量	亿 kWh	86.45	
装机年利用小时数	h	3602	

序号及名称	单位	数量	备注
五、建设征地移民安置			
1.淹没耕（园）地	亩	2464.47	
2.淹没林地	亩	16580.20	
3.直接淹没影响人口	人	2043	
4.征收耕（园）地	亩	2054.97	
5.征收林地	亩	14196.80	
6.搬迁安置人口	人	2043	
7.生产安置人口	人	1741	
8.拆迁房屋	m^2	416860.04	
9.城、集镇处理	座	3	
六、主要建筑物及设备			
1.挡水建筑物	—	—	
型式		混凝土拱坝	
地震基本烈度/设防烈度		VII/VIII	
设计地震水平峰值加速度	gal	323.8	
坝顶高程	m	2565.00	
最大坝高	m	210	
坝顶长度	m	410	
2.泄水建筑物	—	—	
2.1 溢流表孔			
堰顶高程	m	2547.00	
溢流段长度/孔数	m/孔	40/4	
单宽流量	$m^3/s/m$	116.97	
最大流速	m/s	20.5	
消能方式		跌流	
设计泄洪流量	m^3/s	4370.91	
校核泄洪流量	m^3/s	4852.80	
2.2 泄洪深孔			
堰顶高程	m	2470.00	
溢流段长度/孔数	m/孔	40/3	
单宽流量	$m^3/s/m$	256.77	
最大流速	m/s	44.33	
消能方式		挑流	
设计泄洪流量	m^3/s	3833.28	
校核泄洪流量	m^3/s	3853.77	
3.1 引水建筑物			

序号及名称	单位	数量	备注
设计流量	m^3/s	1919/4	
条数/长度	条/m	4/536.294~558.651	
断面型式/尺寸		圆形/D=11.9	
衬砌型式		混凝土衬砌/钢衬	
3.2 尾水建筑物			
设计流量	m^3/s	单洞 959.5	
条数/长度	条/m	2/400.35~336.83	
断面型式/尺寸		圆形/D=16.0	
衬砌型式		混凝土衬砌	
3.3 压力管道			
设计流量	m^3/s	单管 479.75	
条数/长度	条/m	4/536.294~558.651	
断面尺寸		D=11.9	
衬砌型式		混凝土衬砌/钢衬	
3.4 调压室			
型式		长廊阻抗式	
尺寸（长×宽×高）	m×m×m	144×18.8/17.3（上室/下室）×69.15（顶拱至调压室阻抗板底板）	最大开挖尺寸
围岩特性		花岗岩	
4 厂房	—	—	
型式		地下厂房	
主副厂房尺寸（长×宽×高）	m×m×m	243.27×31.3/28.70（岩壁吊车梁以上/岩壁吊车梁以下）×76.20	最大开挖尺寸
水轮机安装高程	m	2392.00	
5.主要机电设备	—	—	
型号		HL(172.5)-LJ-770	
水轮机台数		4	
最大水头	m	155.6	
最小水头	m	128.4	
额定水头	m	141	
额定流量	m^3/s	479.7	
八、施工			
1. 主体工程数量			
覆盖层开挖	万 m^3	294.26	
石方明挖	万 m^3	905.38	

序号及名称	单位	数量	备注
石方洞挖	万 m^3	308.33	
石方井挖	万 m^3	16.24	
2.施工临时房屋	m^2	140040	
3.对外交通 （公路）	—	—	
距离	km	468	成都来向物资运输里程
运量	万 t	184	
4.施工导流	—	—	
方式		围堰一次断流，隧洞泄流	
型式		城门洞型导流洞	
规模		1 条 15.0m×18.0m（宽×高）	
九、经济指标			
1. 静态投资	万元	2634905.02	
其中：枢纽工程费用	万元	1968695.57	
建设征地移民安置补偿费用	万元	666209.45	
2.总投资	万元	3335775.91	
3.经济指标	—	—	
单位千瓦静态投资	元/kW	10979	
单位电能静态投资	元/kWh	3.05	

2.5 项目组成

牙根二级水电站主要由枢纽工程、施工辅助工程、移民安置工程及环境保护工程等组成，工程项目组成详见表 2.5-1。

牙根二级水电站工程项目组成表

表 2.5-1

项目组成		内 容
枢纽工程	挡水建筑物	混凝土双曲拱坝，顶拱中心线长度约 410m，最大坝高 210.00m，共分 19 个坝段
	泄洪消能建筑物	坝身 4 个表孔+3 个深孔的坝身孔口泄洪方式，下游设置水垫塘与二道坝
	引水发电建筑物	进水口、4 条压力管道(地下)、地下厂房(主副厂房、主变室、尾水调压室、出线洞、通风洞、交通洞、排水廊道、灌浆廊道)、开关站、2 个尾水调压室(地下)、2 条尾水洞(地下)、尾闸室及尾水出口
	过鱼建筑物	过鱼设施采用升鱼机系统，由坝下集鱼系统、坝上集鱼系统、转运系统和附属设施四大部分组成
施工辅助工程	料源头	工程混凝土骨料及垫层料料源优先采用工程石方明挖及洞挖可用料，不足部分采用拉最场地开挖料补充。工程不设置土料场
	渣料转存场、渣场、表土堆存	于木灰沟内共计布置 2 个转存场、日岗沟内设置 1 处渣场、同时在日衣、日岗、木灰村布置 3 座表土堆存场

项目组成		内　容
	场	
	场内交通设施	新建场内道路总长 46.98km（隧洞 18.85km）、施工便道 9.2km
		新建桥梁 1 座，总长 1000m
	施工导流	采用围堰一次断流、基坑全年施工的隧洞导流方式，导流建筑物由上游围堰、下游围堰、右岸导流洞组成
	施工企业	2 个砂石料加工系统、3 个混凝土拌和系统、1 个机械修配站、1 个综合加工厂等
	公用工程	2 套供水系统、7 座供风站、1 个中心变电站
	办公生活设施	3 处施工营地、1 处业主营地
移民安置工程	移民安置及专项设施复建	涉及生产安置人口为 2153 人。全部采用逐年货币补偿方式进行安置，对应耕园地面积 2344.35 亩
		涉及搬迁安置人口为 2224 人，其中农村搬迁安置人口为 1927 人，集镇搬迁安置人口为 297 人。结合移民搬迁安置意愿调查成果，复建集镇三座，集中安置 749 人，其余均为后靠分散安置
		专项设施复建：复建三级公路 64.125km、新建通村公路 15 段总长 26.03km、新建集镇新址对外连接道路 3 条总长 15.71km；对核桃坪水电站采取一次性补偿方式，新建集镇外部供水工程 3 处；复建 220kV 电力线路 2.0km、35kV 电力线路 28.86km、10kV 电力线路 37.51km、复建米龙、麻郎措 35kV 变电站 2 座；新建集镇外部电力工程 10kV 电力线路 3 条 1.2km；复建雅江电信、移动以及联通共享杆路长度 80km，复建 3 座通信基站，复建通信基站的 6 处市电引入供电系统；复建雅江电信光缆 83.5km；复建雅江移动光缆 83.5km；复建雅江联通光缆 73km。对日吹寺 1 处县级文物保护单位按照相关法律法规报批，其他 12 处“三普”文物点采取资料提取方式处理；建设征地涉及集镇企事业单位 26 家，规划对麻郎措镇粮站和麻郎措法庭 2 家事业单位采取一次性补偿方式处理，其余 19 家集镇企事业单位采取随各集镇新址迁建处理，5 家独立企事业单位中，规划对涉及雅江县海鸥水电开发有限责任公司、三江流域水电开发有限公司、波斯河镇人民政府俄古便民服务点采取一次性补偿方式处理；对雅江县公安局波斯河派出所采取迁建方式处理；对雅江县应急管理局俄古村执勤点采取随八衣绒集镇新址迁建处理
环境保护工程	生态流量	初期蓄水：通过泄洪洞、生态旁通洞、深孔下泄生态流量 运行期：电站运行期通过单台机组带基荷满足生态流量下泄要求。在机组检修，或上游来流低于单台机组基荷情况下，通过表孔、深孔开启下泄生态流量
	水温	设置前置挡墙
	鱼类保护	①升鱼机系统，由坝下集鱼系统、坝上集鱼系统、转运系统和附属设施四大部分组成； ②依托两河口鱼类增殖放流站开展鱼类增殖放流； ③库区支流霍曲河干流河段纳入鱼类栖息地保护范围
	陆生生态保护及水土保持工程	避让措施、减缓措施，植被恢复与补偿措施，管理措施。 五小叶槭采用原生境保护、种质资源收集保存、野生植株移栽保护、人工扩繁、野外回归、生境营造、社区辅助管理、加强监测等措施
	施工废(污)水处理工程	配套新建砂石骨料加工系统废水处理设施、混凝土生产系统废水处理设施；业主营地、承包商营地利用一体化污水处理设施
	环境空气和声环境保护工程	配置洒水车，在无雨日增加洒水频次、限速及禁鸣标牌、临近居民点的施工场地厂界设置施工围挡，顶端设置喷淋；临近居民点道路设置移动隔声墙，夜间禁止施工，加强跟踪监测，预留后期措施费用
	固体废物处置工程	设置垃圾收集箱，外运至新都桥镇垃圾填埋场处理；施工期和运行期设危险废物贮存间，委托有资质单位清运处置
	移民安置及专项设施复建环保措施	移民安置：迁建集镇新建一体化污水处理设备，分散安置配套修建户用化粪池，生活垃圾采取分户收集、村、乡统一外运，在麻郎措新建垃圾处理厂服务周边乡镇；采取加强宣传和监督力度，减少施工期的水土扰动和环境破坏； 专项设施复建：施工期“三废”防治措施、后期结合水土保持措施进行生态恢复或复耕

2.6 工程枢纽布置及主要建筑物

本工程枢纽由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电系统组成，工程枢纽平面布置见

附图 2-5。

2.6.1 挡水建筑物

牙根二级水电站挡水建筑物为混凝土双曲拱坝，顶拱中心线长度约 410m，坝顶高程为 2565.00m，最低建基面高程为 2355.00m，最大坝高 210.00m。拱坝坝顶分成非溢流坝和溢流坝两大部分。结合坝身深孔、表孔及门机轨道、储门槽等布置，溢流坝分布于大坝 8#～12#坝段，非溢流坝分布于大坝 1#～7#、13#～19#坝段。

2.6.2 泄洪消能建筑物

牙根二级水电站采用全坝身泄洪方案，坝身设置 4 个表孔与 3 个深孔，下游设置水垫塘和二道坝。

坝身表孔尺寸为 10.00m×13.00m（宽×高），堰顶高程为 2547.00m，设置弧形工作闸门挡水，出流采用跌流消能及水垫塘消能方式。深孔出口尺寸为 5.00m×7.00m（宽×高），进口底板高程为 2470.00m，出口采用挑射出流，设置弧形工作闸门。水垫塘与二道坝基础均为花岗岩，水垫塘底板建基面高程为 2364.00m，底板厚 4.00m，水垫塘净长度约为 240.00m。二道坝为混凝土重力坝，坝顶高程为 2413.00m，坝顶宽 4.5m，最大坝高 51.00m，坝顶总长 127.00m。

2.6.3 输水建筑物

4 孔进水口呈“一”字型布置。进水口底板高程 2513.00m，基础面高程 2508.5m，塔顶高程 2565m，塔高 56.50m。塔体前缘总宽度 136.86m，底板顺水流方向长 29.50m。1#~4#压力管道斜井段交叉布置于进水口塔体下游约 230m，连接压坡段与下平段，1#~4#压力管道长度为 536.294m~558.651m，压力管道内径 11.90m，管内流速 4.31m/s。

调压室、主变室、主厂房“三洞室”平面呈平行布置。尾水系统采用“两机一室一洞”布置方式。1#调压室接 1#、2#机组尾水连接洞及 1#尾水洞，2#调压室接 3#、4#机组尾水连接洞及 2#尾水洞。

调压室总长 143.70m，分两室，其间设 13.7m 厚的岩柱隔墙，岩柱隔墙顶高程 2444.50m，2444.50m 高程以上两室连通。1#调压室长度 66m，2#调压室长度 60m。调压室上、下部宽度分别为 18.5m、17.0m。调压室顶高程 2456.00m，底高程 2388.0m，室高 68m（不含底部流道）。

两条尾水洞平行布置，1#和 2#尾水洞长度分别为 400.35m、342.10m，断面型式采用圆

形，直径为 16.0m，隧洞出口底板高程为 2390.00m。出口明渠开挖边坡最高约为 40m。

2.6.4 发电厂房及附属建筑物

工程采用左岸首部式地下厂房，地下厂房从左至右依次布置安装间、主机间、地下第一副厂房；主机间长 151.07m，安装间长 65.00m，地下第一副厂房长 27.20m，主副厂房总长 178.27m；主厂房岩壁吊车梁以上开挖跨度为 31.30m，以下为 28.90m（机组中心线上游侧宽 12.20m，下游侧宽 16.70m）；主厂房最大开挖高度 76.20m。

2.7 工程施工

2.7.1 施工流程

根据工程施工规划，牙根二级水电站施工流程包括筹建期、准备期、主体工程施工期及完建期四部分，各阶段相应的施工内容详见图 2.7-1 所示。

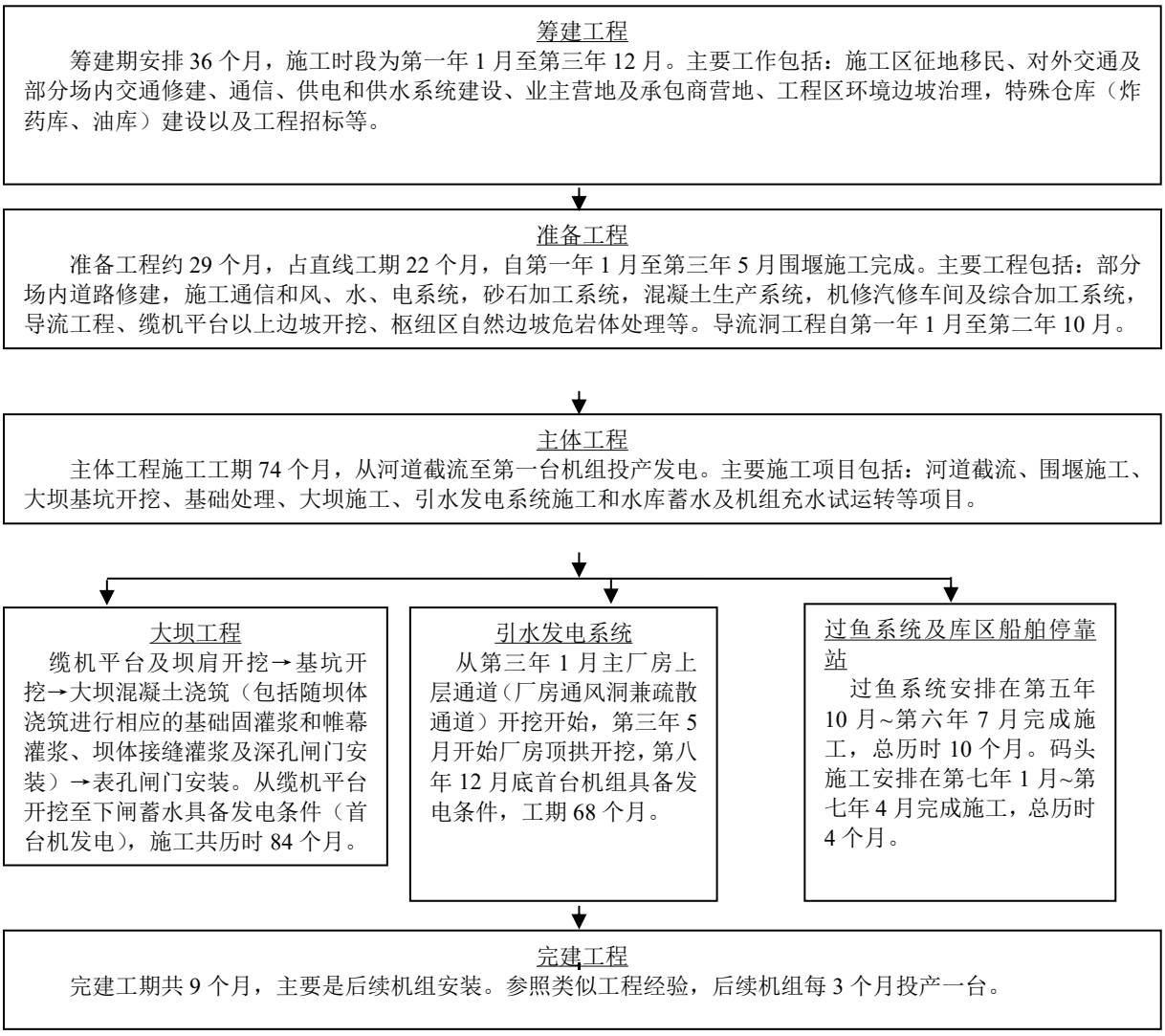


图 2.7-1　各阶段相应的施工内容

2.7.2 施工导流

2.7.2.1 导流方式

根据坝址区地形地质条件、枢纽建筑物布置特点及工程施工进度要求，并参考类似的工程经验，推荐采用围堰一次断流、基坑全年施工的隧洞导流方式。

2.7.2.2 导流建筑物

本工程导流建筑物由上游围堰、下游围堰、右岸导流洞组成。施工导流建筑物三维布置如下图所示。

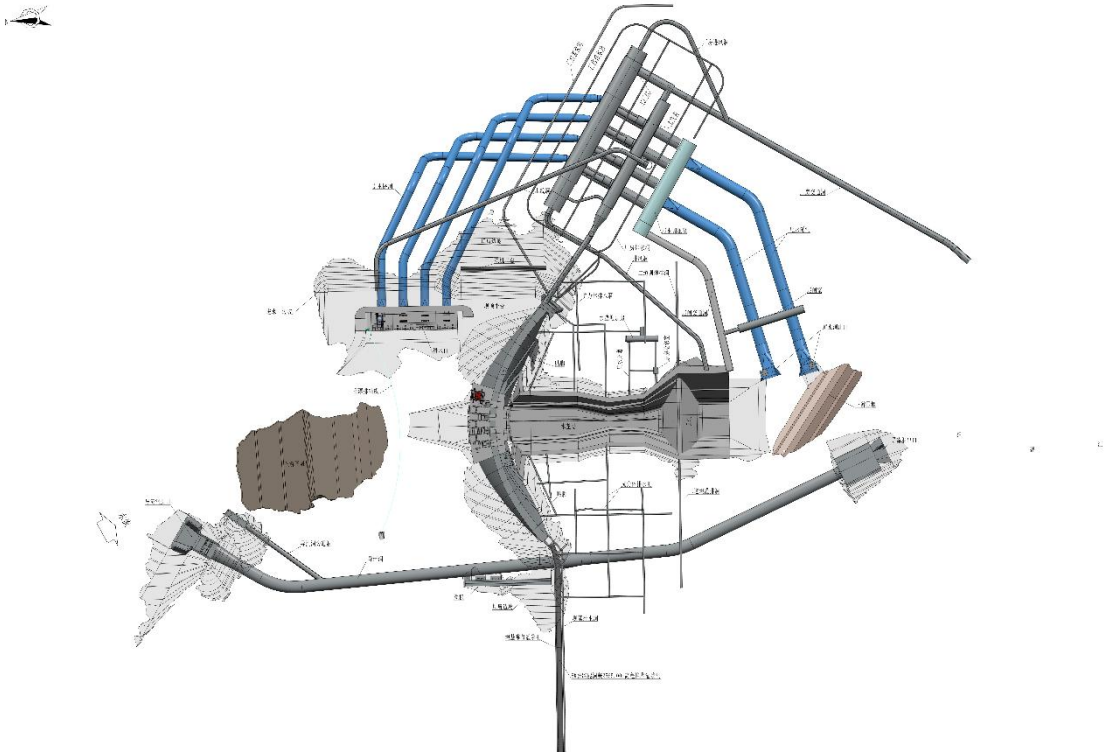


图 2.7-2　施工导流建筑物三维布置图

(1)上游围堰

上游围堰采用土石围堰，围堰处河床覆盖层最大厚度约 35.4m，基础防渗采用全封闭式混凝土防渗墙，堰体采用土工膜心墙防渗，为减少绕渗，两岸岸肩采用帷幕灌浆防渗。

上游围堰堰顶高程 2461m，堰顶轴线长约 174.1m，最大堰高约 61m。堰体迎水面设计坡比均为 1:1.8，堰面采用 1.0m 厚的干砌石保护；背水面设计坡比均为 1:1.8。堰体 2425.00m 高程以上采用复合土工膜（350g/0.8mmHDPE/350g）心墙防渗，最大防渗高度约 34.0m。复合土工膜两侧采用过渡料和垫层料保护。

(2)下游围堰

下游围堰位于大坝下游约 500m 处，坝下左沟沟口上游，采用土石围堰，围堰处河床覆盖层最大厚度约 32.75m，基础防渗采用全封闭式混凝土防渗墙，堰体采用土工膜心墙防渗，为减少绕渗，两岸岸肩采用帷幕灌浆防渗。

下游围堰堰顶高程为 2415.00m，最大堰高约 17.5m，轴线长约 167.1m；堰体迎水面 2409.00m 高程以上的坡比为 1:2.0，2409.00m 高程以下的坡比为 1:1.5；迎水面堰面采用 1.5m 厚的钢筋石笼串护坡，堰脚采用大块石串防护；背水面坡比均为 1:1.8。堰体 2409.00m 高程以上采用复合土工膜（350g/0.8mmHDPE/350g）心墙防渗，最大防渗高度约 5.0m。混凝土防渗墙两侧填筑石渣料，方便防渗墙施工。复合土工膜两侧采用过渡料和垫层料保护。

(3)导流洞设计

本工程导流泄水建筑物主要由导流洞和生态旁通洞组成。

导流洞主要由进口边坡及引渠、进口闸室、洞身、出口边坡及明渠组成。洞身长约 1095m，采用城门洞形，洞室尺寸 15.0×18.0m。进口底板高程 2405m，出口底板高程 2393m，导流洞底坡为 1.096%。

生态旁通洞按直线布置连接在导流洞洞身上，其结构主要由进口边坡及引渠、进口闸室、洞身组成。洞身长约 146m，采用城门洞形，洞室尺寸 6.0×9.0m。进口底板高程 2411m，生态旁通洞出口与导流洞相交于（导）0+191.692 处，出口底板高程 2404m，生态旁通洞底坡为 4.795%。

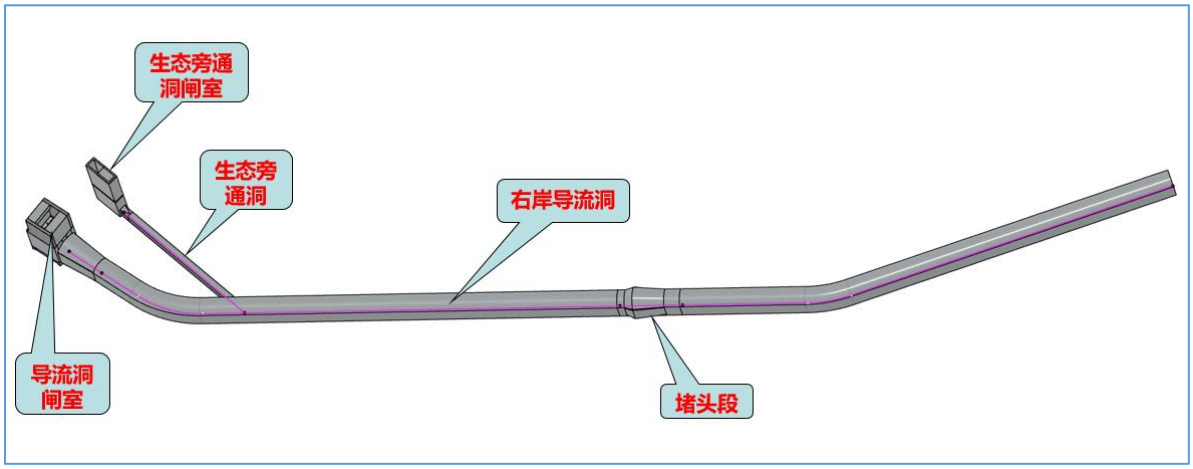


图 2.7-3　导流洞总体布置三维示意图

2.7.2.3 导流程序

根据导流建筑物布置及施工进度分析成果，第二年 11 月截流，预计大坝混凝土开

始浇筑的时间为第五年 6 月，相应的首台机组发电时间可能为第八年 12 月底，施工导流程序如下表所示。

施工导流程序表（第八年 12 月底发电）

表 2.7-1

导流时段			导流标准		导流建筑物		上游水位（m）	大坝浇筑高程（m）		接缝灌浆高程（m）		备注
			频率（%）	流量（m^3/s）	挡水建筑物	泄水建筑物		时段初	时段末	时段初	时段末	
截流	第二年 11 月		10%（旬平均）	654	戗堤	右岸导流洞	2414.43	2355	2355	2355	2355	
初期导流	第二年 11 月～第六年 11 月		5.00%	5340	上、下游围堰	右岸导流洞	2458.67	2355	2465	2355	2418	围堰挡水 4 年，高程 2461m，库容 0.5686 亿 m^3
中期导流	第六年 12 月～第七年 5 月		1.00%	2180	大坝	右岸导流洞	2426.03	2465	2505.5	2418	2454	大坝挡水，库容 0.6919~2.8347 亿 m^3
	第七年 6 月～第七年 10 月		1.00%	6560	大坝	右岸导流洞	2484.31（2476.75 调洪）	2505.5	2539.5	2454	2490	大坝挡水，库容 2.8347~6.5170 亿 m^3
后期导流	第七年 11 月～第八年 5 月		0.50%	2290	大坝	深孔	2504.81	2539.5	2565	2490	2535	大坝挡水，库容 6.5170~10.4893 亿 m^3
	第八年 6 月～10 月		0.50%	7060	大坝	3 深孔+3 表孔	2561.34	2565		2535	2565	8 月接缝灌浆完成
	第八年 11 月～第九年 4 月		0.50%	1760	大坝	3 深孔	2491.99	2565		2565		
导流建筑物下闸封堵	导流洞下闸	第七年 11 月初	10%（月平均）	671	大坝、导流洞进口闸门	导流洞	2414.59	2539.5		2490		
	导流洞封堵	第七年 11 月～第八年 5 月	5.00%	1950	大坝、导流洞进口闸门	深孔	2496.20	2539.5	2565	2490	2535	封堵平板闸门挡水水头 91.2m
	旁通洞下闸	第七年 11 月初	10%（月平均）	671	大坝、导流洞进口闸门	旁通洞	2473.01	2539.5		2490		下闸水头约 62.01m

2.7.2.4 截流

牙根二级水电站截流时段计划为 11 月中旬，采用单戗堤、单向立堵进占截流方式。选用区间 5 年重现期洪水+两河口水电站 6 台机满发情况，相应截流流量 1889m³/s。截流时导流洞已经分流过水。

2.7.2.5 下闸蓄水及下游供水

右岸导流洞计划于第七年 11 月初下闸。采用先导流洞两扇平板闸门逐一下闸，再利用生态旁通洞下泄生态流量，待水位上升到 2473.01m 后，深孔可满足下泄生态流量时，生态旁通洞下闸至全部闭门。

根据施工总进度安排，本工程挡泄水建筑物在第八年 11 月初第二阶段蓄水，由坝身深孔控泄并满足下游生态流量要求，第八年 11 月底水库蓄水至死水位 2545m。机组具备调试条件，由机组运行满足下游用水要求。

2.7.3 施工总布置

根据工程枢纽布置特点、施工场地条件、施工总布置及场地规划原则，并结合场内交通布置，拟将施工场地布置划分为日衣，大坝枢纽，拉最 3 个工区，工区布置见下图。

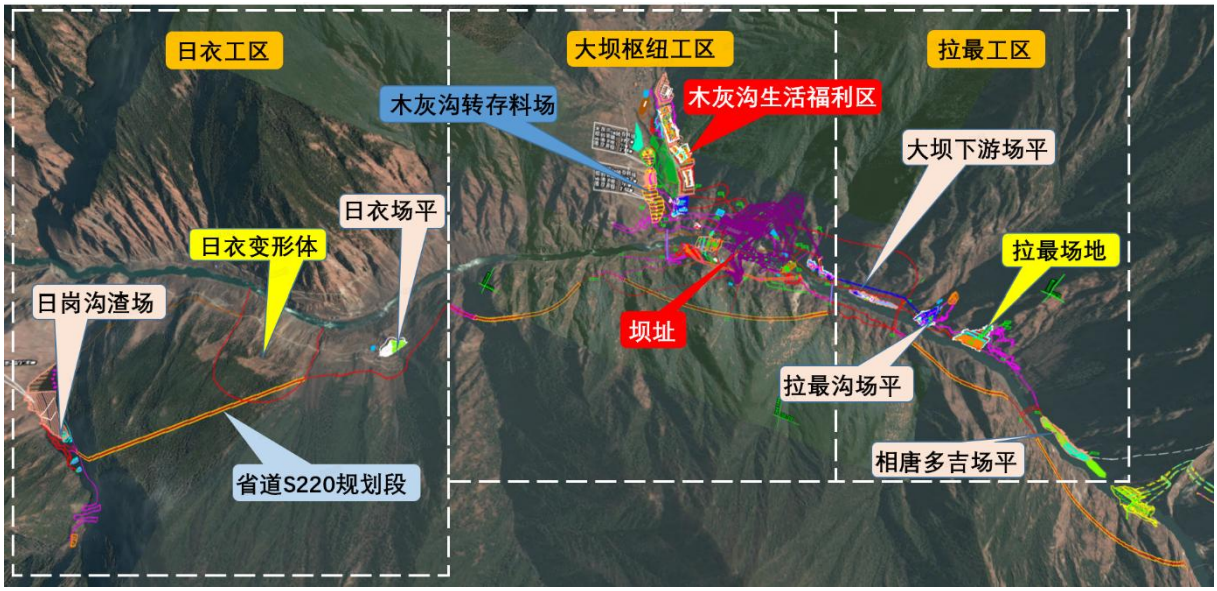


图 2.7-4　场地施工分区布置图

2.7.3.1 日衣工区

该工区分布于坝址上游雅砻江两岸，从日岗沟至日衣沟附近，该工区主要布置有日衣右岸供水系统、日衣表土堆存场等施工生产设施。

另日岗沟内布置有 1 处渣场。渣场高程分布在 2575~2770m，规划容量 700 万 m³，

规划最大堆高为195m；渣场顶部布置有一处表土堆存场，另炸药库布置于日岗沟内。

2.7.3.2 大坝枢纽工区

该工区分布于坝址附近雅砻江两岸，从上游日衣沟附近至下游拉最沟附近，该工区主要布置有木灰沟砂石加工系统和混凝土生产系统、木灰沟转存料场、下游高线混凝土生产系统、下游低线混凝土生产系统、油库、中心变电站、表土堆存场、2处承包商营地、1处武警及公安营地及木灰业主营地等施工生产、生活设施。

2.7.3.3 拉最工区

该工区分布于坝址下游雅砻江两岸，从拉最沟至相唐多吉下游侧场平附近，该工区主要布置有拉最砂石加工系统、拉最设备物资库及岩芯库、机械及汽车修理厂、施工机械停放场及汽车保养站、综合加工厂及综合仓库、拉最场地及供风站、供水站、承包商营地等施工生产、生活设施。

施工设施建筑与占地面积见表2.7-2。

施工临时设施建筑与占地面积表

表2.7-2　　单位：m^2

序号	类　别		项　目	建筑面积	占地面积	备　注
1	施工工厂设施	砂石加工系统	木灰沟砂石加工系统	9000	21000	
			拉最沟砂石加工系统	12000	20000	
		混凝土拌和系统	木灰沟混凝土系统	2000	5000	
			下游低线混凝土系统	3000	7000	
			下游高线混凝土生产系统	4000	9000	
		供风系统	1#供风站	380	680	
			2#供风站	380	680	
			3#供风站	460	830	
			4#供风站	340	610	
			5#供风站	400	710	
			6#供风站	460	830	
			7#供风站	420	760	
		供水系统	左岸供水系统木灰沟净水厂	1600	3200	
			左岸供水系统1#蓄水池	1600	3200	
			左岸供水系统2#蓄水池	1200	2500	
			左岸供水系统3#蓄水池	900	1800	
			左岸供水系统4#蓄水池	500	1000	
			左岸供水系统5#蓄水池	100	200	
			右岸供水系统日衣净水厂	1600	3200	
			右岸供水系统1#蓄水池	500	1000	
			右岸供水系统2#蓄水池	300	600	
			右岸供水系统3#蓄水池	200	400	
		供电系统	中心变电站	2000	7000	

序号	类 别		项 目	建筑面积	占地面积	备 注
		综合加工系统	钢筋加工厂	1200	（2000）	布置于多吉前期场地位置
			木材加工厂	1200	（2000）	布置于多吉前期场地位置
		机械修配系统	机械及汽车修理厂	700	（1000）	布置于多吉前期场地位置
			施工机械停放场及汽车保养站	700	（1000）	布置于多吉前期场地位置
		制作安装系统	金结拼装场	1500	3000	后期作为转轮拼装场
			钢管瓦片加工厂	2000	4000	后期作为变压器组装车间
			机电安装场			位于安装间
		其他	大坝下游换电站	300	600	
			多吉换电站	300	600	
			日衣前期施工场地	3800	5500	
			多吉前期施工场地	5000	25000	后期布置机械及汽车修理厂、施工机械停放场及汽车保养站、综合加工厂及综合仓库
	营地		木灰沟业主营地	30000	31000	永久占地
			木灰沟业主临时营地兼右岸承包商 1#营地	15000	19000	前期作为业主临时营地后作为承包商营地
			木灰沟右岸承包商 2#营地	26000	16000	
			多吉承包商营地	20000	14000	
			武警及公安营地	12000	16000	永久占地
3	仓库系统		综合仓库	5000	（8000）	布置于多吉前期场地位置
			拉最机电设备及物资仓库	7000	14000	永久占地
			炸药库	1000	5000	
			油库	500	2500	
4	其他		珍稀植物园	16000	88000	永久占地
			木灰沟消防站	3900	5700	永久占地
			岩芯库	2000	4000	永久占地
			检修运维场地	7000	16000	永久占地
5	合 计			205440	361100	

2.7.4 料场规划

2.7.4.1 混凝土骨料及垫层料

本工程混凝土和喷混凝土总量为 400.8 万 m^3，料源优先主体工程石方明挖、洞挖可用料，剩余混凝土需求量约 219.9 万 m^3，规划在拉最场地开采获得。拉最场地设计开采高程为 2420~2735m，采用自顶部 2600m 揭顶式开采方式。

2.7.4.2 土料

本阶段防渗固壁料全部采用外购膨润土，围堰闭气土料利用截流前场内公路、沟水治理、坝区附近工程明挖土料。

2.7.4.3 围堰填筑料

本工程建设所需堆石材料主要包括围堰石渣填筑料。围堰石渣填筑总量约为 84.33 万

m³（压实方，扣除垫层料），其中石渣填筑 69.96 万 m³，截流戗堤填筑 8.85 万 m³，过渡料填筑 2.63 万 m³，干砌石填筑 1.71 万 m³，钢筋石笼 0.84 万 m³，大块石串 0.33 万 m³。

截流戗堤及围堰石渣填筑料考虑利用截流前场内公路、围堰、旁通洞、导流洞、日岗沟泥石流防护及沟水治理等工程明挖或洞挖渣料；过渡料采用导流洞洞挖料，剔除粒径大于 300mm 的石渣；干砌石、钢筋石笼、大块石串料采用工程开挖大块石料。

2.7.5 土石方平衡与渣场规划

2.7.5.1 土石方平衡与调运规划

本项目挖方总量 1571.31 万 m^3(自然方，下同)、填方总量 602.1 万 m^3、建筑材料利用 442.00 万 m^3、弃方总量 528.44 万 m^3(自然方，折合松方 672.09 万 m^3)，弃方全部运至日岗沟弃渣场进行堆存处置。

牙根二级水电站工程土石方平衡及调运规划详见表 2.7-3。

土石方平衡调运统计表

表 2.7-3　　单位：万 m^3

项目组成	土石方类型	挖方	填方	建筑材料利用		调入		调出		借方		弃方		
				数量	利用方向	数量	来源	数量	去向	数量	来源	自然方	松方	去向
挡泄水建筑物	土方	150.55						29.09	施工生产生产场地木灰沟场平 28.01 导流工程围堰 1.08			121.46	139.68	日岗沟弃渣场
	石方	409.69	51.96			51.89	引水发电系统 47.18 施工生产生活骨料加工剩余 4.71	288.35	施工生产生产场地木灰沟场平 288.35			121.27	163.71	日岗沟弃渣场
	小计	560.24	51.96	0.00		51.89		317.44		0.00		242.73	303.39	
引水发电系统	土方	32.85										32.85	37.78	日岗沟弃渣场
	石方	338.61						214.85	挡泄水建筑物 47.18 转存料场木灰沟建筑材料 167.67			123.76	167.12	日岗沟弃渣场
	小计	371.46	0.00	0.00		0.00		214.85		0.00		156.61	204.90	
导流工程	土方	50.10	51.05			50.90	转存料场木灰沟回填料 49.82 挡泄水建筑物开挖土方 1.08	49.82	转存料场木灰沟回填料 49.82	0.15	外购膨润土	0.28	0.32	日岗沟弃渣场
	石方	66.83	24.85			24.85	转存料场木灰沟回填料 24.85	60.75	转存料场木灰沟场平回填料 22.25 转存料场木灰沟建筑材料 38.50			6.08	7.01	日岗沟弃渣场
	围堰拆除	37.57										37.57	50.72	日岗沟弃渣场
	小计	154.50	75.90	0.00		75.75		110.57		0.15		43.93	58.05	
升鱼机	土方													
	石方	0.20										0.20	0.27	日岗沟弃渣场
	小计	0.20	0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.20	0.27	
场内交通工程	土方	8.13						8.13	施工生产生产场地相唐多吉场平 8.13					

项目组成	土石方类型	挖方	填方	建筑材料利用		调入		调出		借方		弃方		
				数量	利用方向	数量	来源	数量	去向	数量	来源	自然方	松方	去向
	石方	68.77						68.77	施工生产生产场地场平回填料 52.00 转存料场木灰沟建筑材料 14.17 转存料场木灰沟回填料 2.60					
	小计	76.90	0.00	0.00		0.00		76.90		0.00		0.00	0.00	
施工生产生活场地	土方	22.18	69.69			47.51	挡泄水建筑物 28.01 场内交通工程回填料 8.13 转存料场木灰沟泥石流治理 8.80 弃渣场泥石流+沟水治理 2.57							
	石方	347.04	401.57	219.90	大坝主体（含水垫塘、二道坝 C45 以上）利用骨料 219.90	345.04	挡泄水建筑物 288.35 场内交通工程回填料 52.00 弃渣场泥石流+沟水治理 4.69					70.61	90.96	日岗沟弃渣场
	骨料加工剩余料	17.99						4.71	挡泄水建筑物基坑回填 4.71			13.28	13.28	日岗沟弃渣场
	小计	387.21	471.26	219.90		392.55		4.71		0.00		83.89	104.24	
表土堆存场	土方													
	石方													
	小计	0.00	0.00	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00	0.00	
转存料场（木灰沟）	土方	8.80				49.82	导流工程围堰回填料 49.82	58.62	施工生产生活场地木灰沟场平 8.80 导流工程围堰回填料 49.82					
	石方	0.74	0.74	222.10	导流工程利用骨料	246.95	弃渣场泥石流治理开挖石方骨料	24.85	导流工程围堰回填料 24.85					

项目组成	土石方类型	挖方	填方	建筑材料利用		调入		调出		借方		弃方		
				数量	利用方向	数量	来源	数量	去向	数量	来源	自然方	松方	去向
					36.20 施工生产生活场地利用骨料 22.80 大坝非主体 C40 以下明挖利用骨料 148.60 大坝非主体 C40 以下洞挖利用骨料 14.50		1.76 导流工程开挖石方骨料 38.50 引水发电系统开挖石方骨料 167.67 场内交通工程开挖石方骨料 14.17 导流工程开挖石方回填料 22.25 场内交通开挖石方回填料 2.60							
	小计	9.54	0.74	222.10		296.77		83.47		0.00		0.00	0.00	
弃渣场（日岗沟弃渣）	土方	2.57						2.57	施工生产生活场地木灰沟场平 2.57					
	石方	8.69	2.24					6.45	施工生产生活场地木灰沟场平 4.69 转存料场木灰沟建筑材料 1.76					
	小计	11.26	2.24	0.00		0.00		9.02		0.00		0.00	0.00	
合计	土方	275.18	120.74	0.00		148.23		148.23		0.15		154.59	177.78	
	石方	1240.57	481.36	442.00		668.73		664.02				321.92	429.07	
	围堰拆除	37.57	0.00	0.00		0.00						37.57	50.72	
	骨料加工剩余料	17.99	0.00	0.00		0.00		4.71	挡泄水建筑物基坑回填 4.71			13.28	13.28	
	小计	1571.31	602.10	442.00		816.96		816.96		0.15		527.36	670.85	

2.7.5.2 转存料场

根据土石方调运规划，项目共计布设 2 处转存渣料转存场。其中，木灰沟 1#渣料转存场转存料主要来源于导流工程、压力管道厂房系统、尾水系统以及场内交通工程的洞挖有用料，设计容量为 210 万 m^3，最大堆存量 207.6 万 m^3（松方），转存料主要用于枢纽工程除大坝以外水工建筑物的混凝土骨料。

2#转存料场用于暂存开关站及进水口的明挖有用料及备用料以及，转存场设计容量为 55.00 万 m^3，最大堆存量 53.5 万 m^3（松方）。

2.7.5.3 日岗沟渣场

根据土石方平衡分析，电站枢纽工程弃方总量 528.44 万 m^3(自然方，折合松方 672.09 万 m^3)，设 1 处弃渣场即日岗沟堆存弃渣。

日岗沟渣场位于日岗沟内，距沟口约 950m，最低堆渣高程为 2575m，渣顶高程为 2765m，最大堆渣高度 190m，边坡沿坡面每隔 20m 高度设置一条 2m 宽马道，坡比为 1:2，渣场 2575~2615m 高程范围边坡采用 PET 加筋土工格栅与混凝土挡渣墙进行防护。渣场设计容量 700 万 m^3，实际堆渣量为 528.4 万 m^3（自然方、折合松方 672.0 万 m^3）。

2.7.5.4 表土堆存场

根据表土平衡调运规划，项目共计布设 3 处表土堆存场。其中，木灰沟表土堆存场设计容量 8.50 万 m^3，堆存表土主要来源于左岸木灰沟相关施工场地剥离的表土，施工后期堆存的表土全部回采，用于枢纽工程区的迹地恢复绿化或复耕所用种植土。

日衣表土堆存场设计容量 0.60 万 m^3，堆存表土主要来源于日衣工区相关场地剥离的表土，施工后期堆存的表土全部回采，用于日衣场平的迹地恢复绿化或复耕所用种植土。

日岗沟表土堆存场设计容量 12.50 万 m^3，堆存表土主要来源于水库淹没区所剥离的表土，施工后期堆存的表土全部回采，用于日岗沟弃渣场顶面复耕及枢纽工程区各需绿化恢复的场地迹地恢复绿化或复耕所用种植土

2.7.6 施工工厂设施和施工营地

2.7.6.1 砂石加工系统

工程设置两个砂石加工系统，分别为木灰沟砂石加工系统和拉最砂石加工系统。

(1)木灰沟砂石加工系统

木灰沟砂石加工系统布置于木灰沟左岸距沟口缓坡地上，主要承担前期筹建准备工

程、导流工程、水垫塘及二道坝等非大坝主体工程、引水发电系统等部位混凝土及垫层料所需成品骨料的供应，系统供应成品骨料约 444.8 万 t，最大粒径为 150mm，前期料源主要为导流洞工程、场内交通工程洞挖可用料，后期料源为坝肩坝基开挖可用料及引水发电系统洞挖可用料。

木灰沟砂石加工系统成品骨料生产能力为 580t/h，毛料处理能力为 725t/h，采用湿法生产工艺，二班制生产。

(2)拉最砂石加工系统

拉最砂石加工系统布置于大坝下游左岸拉最沟沟口，主要承担大坝主体工程约 202.1 万 m^3 混凝土成品骨料的供应，料源为拉最场地开挖料。

根据施工总进度安排，混凝土月高峰浇筑强度约 6.0 万 m^3/月，加工系统成品骨料生产能力为 500t/h，毛料处理能力为 625t/h，采用湿法生产工艺，二班制生产。

2.7.6.2 混凝土生产系统

本工程所需混凝土总量约 388.2 万 m^3，共设置 3 个混凝土生产系统，分别为木灰沟混凝土生产系统、下游高线混凝土生产系统及下游低线混凝土生产系统。

(1)木灰沟混凝土生产系统

本系统与木灰沟砂石加工系统集中布置，主要承担前期导流工程、临建设施及部分非大坝主体工程等部位混凝土的供应，生产混凝土总量约 61.8 万 m^3。

根据施工总进度安排，混凝土月高峰浇筑强度为 2.8 万 m^3，设计生产能力 120m^3/h，配备 HL240-4F3000LB 型自落式混凝土拌和楼 1 座，单座设备额定生产能力 240m^3/h，三班制生产。

(2)下游高线混凝土系统

本系统布置于距大坝 0.8km 左岸下游坝下沟两侧场地上，主要供应有温控要求的大坝工程混凝土 200.8 万 m^3及水垫塘二道坝（标号 C45 以上）混凝土 1.3 万 m^3，生产混凝土总量约 202.1 万 m^3。

根据施工总进度安排，混凝土月高峰浇筑强度为 6.2 万 m^3，设计生产能力 250m^3/h，预冷混凝土生产能力 240m^3/h。配备 HL240-4F3000LB 型自落式混凝土拌和楼 2 座，单座设备额定生产能力 240m^3/h，三班制生产。

(3)下游低线混凝土系统

本系统设置在大坝下游左岸场平上，供应引水发电系统及其施工支洞及部分非大坝

主体工程等部位混凝土，生产混凝土总量约 124.3 万 m^3。

根据施工总进度安排，混凝土月高峰浇筑强度为 7.0 万 m^3，设计生产能力 275m^3/h，配备 HL180-3F3000LB 型自落式混凝土拌和楼 2 座，单座设备额定生产能力 180m^3/h，三班制生产。

2.7.6.3 综合加工系统

(1)前期综合加工系统

工程前期综合加工利用相唐多吉场地规划的前期施工场地，主要包括前期钢筋加工厂和前期木材加工厂。

前期钢筋加工厂承担导流工程、泥石流处理工程等前期施工项目的钢筋加工任务，钢筋加工厂规模为 5t/班，全日两班制生产，建筑面积 400m^2，占地面积 2300m^2，加工钢筋总量约 36900t。

前期木材加工厂主要承担导流工程、泥石流处理工程等前期施工项目的所需的各类木模板、房屋建筑构件及其他木制品的加工任务，加工厂生产能力为约为 4m^3/班，全日两班制生产，建筑面积 300m^2，占地面积 600m^2。

(2)主体综合加工系统

由于坝址区场地紧张，主体工程期的综合加工系统拟设置于相唐多吉下游侧场平 2425m 高程的平台上，在原有前期综合加工系统基础上进行扩建，以满足主体工程施工需求，主要包括钢筋加工厂和木材加工厂。

主体工程期钢筋加工厂主要负责加工全工程的钢筋、锚杆、预应力锚杆及部分预埋件。加工任务主要包括钢筋的除锈、调直、切断、弯曲、冷拉、矫正及对焊等。钢筋加工厂规模为 40t/班。

全日两班制生产，建筑面积 1200m^2，占地面积 2000m^2。

主体工程期木材加工厂主要任务主要承担大坝、水垫塘及二道坝、电站进水口、地下厂房、尾水隧洞等部位所需的各类木模板、房屋建筑构件及其他木制品的加工任务，加工厂生产能力为 17m^3/班，全日两班制生产，建筑面积 1200m^2，占地面积 2000m^2。

2.7.6.4 综合修配系统

本工程规模较大，施工期较长，电站地理位置偏远，工区附近没有可依托的修配加工企业，而主体工程土石方和混凝土施工强度大，需要大量大中型施工机械和重型汽车，为满足施工机械及汽车的修配及维护，因此考虑在工程区现场设置机械修配厂及汽车修

理厂。由于坝址区场地紧张，机械修配厂和汽车修理厂相邻布置在相唐多吉下游侧。

机械修配厂主要承担大、中型施工机械的二级以上的定期保养，各型机械的大、中修理，非标准件加工以及施工所需的小型特殊机具制造。根据施工机械保修技术规程，结合目前保修技术、设备质量等因素进行计算，机械修配厂年计划劳动量约 66 万工时，两班制生产，建筑面积 700m^2，占地面积 1000m^2。

汽车修理厂主要承担准备工程、主体工程、场内交通及各施工工厂设施全部运输车辆二级以上定期保养，总成检修和大修、旧件修复和零星配件制作等任务。

本工程将汽车修理厂与机械修配厂合并布置以减少占地面积。根据场内运输车辆使用情况，按标准台折算，汽车修理厂规模约 430 标准台，两班制生产，建筑面积 700m^2，占地面积 2000m^2。

2.7.6.5 制作安装系统

工程的制作安装系统包括金属结构拼装场、转轮拼装厂及变压器组装车间，均布置在大坝下游左岸距坝轴线约 1200m 的左岸场地上。

压力钢管瓦片拟在工程现场加工。在大坝下游场平设置瓦片加工厂，主要布置有原材料堆放场、卷钣车间、半成品堆放场，承担瓦片卷制、检验、除锈等制造工序。基坑内设置组圆、焊接加工厂，主要布置有组圆及焊接车间、成品堆放场，承担组圆、焊接、检验等制造工序。生产规模 30t/班，两班制生产。后期作为变压器组装车间。

2.7.6.6 施工供风、供水及供电系统

(1)施工供风

根据水工枢纽布置情况，结合施工总进度，工程区域设置 7 个供风站。

1#供风站：位于进水口附近，主要供应电站进水口、压力管道上平段及开关站等部位的施工用风。设计规模 280m^3/min，选用 7L-100/8 空压机 4 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

2#供风站：位于左岸坝肩附近，主要供应左岸缆机平台、左岸坝肩等部位施工用风。设计规模 280m^3/min，选用 7L-100/8 空压机 4 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，采用循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

3#供风站：位于大坝左岸下游，主要供应基坑、尾水出口工作面、水垫塘及二道坝、地下厂房等部位的施工用风。设计规模 400m^3/min，选用 7L-100/8 空压机 5 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100（Ⅱ）型冷却塔。

4#供风站：位于导流洞进口附近，主要供应导流洞进口工作面、上游围堰等部位的施工用风。设计规模 200m³/min，选用 7L-100/8 空压机 3 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

5#供风站：位于导流洞出口附近，主要供应导流洞出口工作面、下游围堰等部位的施工用风，设计规模 130m³/min，选用 5L-40/8 空压机 5 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 4BA-12A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

6#供风站：位于大坝右岸下游，主要供应右岸缆机平台、右岸坝肩开挖施工用风，设计规模 340m³/min，选用 7L-100/8 空压机 4 台（其中备用 1 台）和 5L-40/8 空压机 1 台。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

7#供风站：位于拉最场地附近，主要供应开采施工用风，设计规模 220m³/min，选用 L8-60/8 空压机 5 台（其中备用 1 台）。配备 3 台 6BA-8A 型水泵，循环供水，配套 2 台 BL-100 型冷却塔。

(2)施工供水

根据施工总布置，分别在左右两岸设置两套供水系统。

左岸供水系统主要负责供应大坝左岸工程施工用水、砂石混凝土生产系统等生产用水以及生活用水。在木灰沟平缓台地 2800m 高程附近设置净水厂，通过管道从木灰沟自流取水，设计规模 2460m³/h，布置容积 6000m³的水池。其中第一部分水经净化后通过管道自流供应木灰沟业主营地、承包商营地、武警公安营地的生活用水以及绿化灌溉，设计规模 120m³/h；第二部分水通过管道自流供应木灰沟砂石加工及混凝土生产系统用水，设计规模 380m³/h；剩余存水继续向下游供水，为满足工程施工用水，在左岸设置 5 个蓄水池。

右岸供水系统主要负责大坝右岸主体及导流工程施工用水、施工工厂设施生产用水以及生活用水。在日衣场地 2575m 高程附近设置净水厂，通过管道从日岗沟自流取水，设计规模 470m³/h，水池容积 1200m³。日衣场地的承包商营地生活用水及施工工厂设施生产用水由净水厂直接供应，设计规模 40m³/h；剩余存水继续向下游供水，为满足工程施工用水，在右岸设置 3 个蓄水池。

木灰沟、日岗沟来流不能满足施工用水需求时，通过水泵从雅砻江干流抽水至施工区。

(3)施工供电

场内新建 1 座 110kV 施工变电站作为中心变电站，采用 1 回 110kV 线路接入雅江

220kV 变电站，新建线路长度约 88.5km，另从马依西 35kV 变电站进线终端塔侧“T”接 1 回 35kV 线路接入中心变，作为第二备用电源，新建线路长度约 23km。

2.7.7 营地规划布置

（1）业主管理营地

业主营地布置在木灰沟沟口附近，营地建筑面积 30000m²，占地面积 31000m²。

（2）承包商营地

本工程施工期平均人数约 3606 人，施工高峰年平均人数为 6066 人，拟采用集中与分散相结合的方式，沿线共布置 3 处承包商营地。

木灰沟业主临时营地兼右岸承包商 1#营地：布置于木灰沟内右岸平台，场地顶高程 2773.5m。规模为高峰年平均 1492 人，生活区建筑面积 15000m²，占地面积 19000m²。

木灰沟右岸承包商 2#营地：布置于木灰沟内右岸平台，场地顶高程 2756m。规模为高峰年平均 2586 人，生活区建筑面积 26000m²，占地面积 16000m²。

多吉承包商营地：布置在下游左岸场地上，规模为高峰年平均 1988 人，生活区建筑面积 20000m²，占地面积 16000m²。

2.7.8 水库淹没及工程占地

本工程征占地位于四川省甘孜藏族自治州雅江县，占地总面积 2360.45hm²。

按占地性质划分，工程永久占地 2151.56hm²，临时占地 208.89hm²。

按工程区域划分，水库淹没影响区 1897.91hm²（水库淹没区 1884.75hm²、水库影响区 13.15hm²），枢纽工程建设区 343.49hm²（永久占地 134.60hm²、临时占地 208.89hm²）三座集镇迁建新址占地总面积为 7.27hm²，其中八衣绒集镇 1.2hm²，麻郎措集镇 4.53hm²，米龙集镇 1.54hm²；等级公路占地 111.77hm²。

按土地类型划分，工程占用耕地 115.39hm²，园地 67.06hm²，林地 1197.19hm²，草地 177.04hm²，湿地 43.40hm²，农业设施建设用地 11.86hm²，居住用地 22.06hm²，公共管理与公共服务用地 1.30hm²，交通运输用地 39.10hm²，公用设施用地 0.33hm²，特殊用地 1.46hm²，陆地水域 627.38hm²，其他土地 56.87hm²。涉及永久基本农田 27.31hm²。

2.7.9 施工交通运输

2.7.9.1 对外交通

(1)现有交通状况

牙根二级水电站地处高山峡谷，远离人口稠密和交通发达地区，坝址区无满足电站物资运输要求的公路通达，现有对外交通条件较差。雅砻江为不通航河流，电站外围交通主要有成昆铁路、成昆铁路复线、川藏铁路、G5 京昆高速、G93 成渝地区环线高速、G4218 雅叶高速、G318 线、G248 线、G108 线、S306 线、S217 线、S220 线、康定机场、西昌青山机场、稻城亚丁机场、甘孜格萨尔机场及乐山港等。

(2)对外交通推荐方案

1)大宗物资运输方案

公路运输路线方案：成都起，沿 G5 京昆高速 143km 至雅安，再沿 G4218 雅叶高速 135km 至康定，接 G318 线 71km 至新都桥（瓦泽），转 G248 线 76km 至白马隧道南侧出口，再转牙根二级、楞古水电站对外交通公路沿力丘河下行 38km 抵达牙根二级、楞古电站工区，再沿场内公路至枢纽区各区域，路线全长约 468km。

2)重大件运输方案

公路运输：成都起，沿 G5 京昆高速 143km 至雅安，再沿 G4218 雅叶高速 135km 至康定，接 G318 线 71km 至新都桥（瓦泽），转 G248 线 76km 至白马隧道南侧出口，再转牙根二级、楞古水电站对外交通公路沿力丘河下行 38km 抵达牙根二级、楞古电站工区，再沿场内公路至枢纽区各区域，路线全长约 468km。

水路公路联合运输：从乐山起，沿 G5 京昆高速 143km（或沿成渝环线高速公路、成雅高速 122km）至雅安，再沿 G4218 雅叶高速 135km 至康定，接 G318 线 71km 至新都桥（瓦泽），转 G248 线 76km 至白马隧道南侧出口，再转牙根二级、楞古水电站对外交通公路沿力丘河下行 38km 抵达牙根二级、楞古电站工区，再沿场内公路至枢纽区各区域，路线全长约 463（442）km。

2.7.9.2 场内交通

牙根二级水电站规划新建场内道路总长 46.98km（含 S220 省道 13.7km），其中公路隧洞 18.85km（含 S220 省道隧洞 9.0km），场内主要公路以场内二/三级为主，路面宽度 7m/6.5m/3.5m（二级/三级/单车道），部分辅助道路为场内三级，路面宽度 3.5m/6.5m；规划新建雅砻江施工桥梁 5 座，总长 1.2km。另外新建施工便道 9.20km。牙根二级水电站场内主要施工道路、桥梁规划详见表 2.7-4。

场内交通道路、桥梁规划表

表 2.7-4

项目		说明	功能及用途	道路性质	使用时间	道路等级	荷载等级	路面宽度	总长度	隧道长度	明路长度	备注
								m	km	km	km	
一、场内道路												
左岸道路	1#路	多吉大桥左岸至木灰沟左岸场平2680m 高程	进场及物资运输、有用料及无用料运输	永临结合	筹二年 10 月~永久	场内二级	汽－60 级	7	7.2	4.0	3.2	永久隧道 2.0km，临时隧道 2.0km，明路中有 1.6km 为临时道路，其余为永久道路,混凝土路面
	101#路	下游低线混凝土生产系统附近 1#路 2436m 高程至拉最大桥左岸	连接拉最大桥	永久	筹二年 6 月~永久	场内二级	汽－60 级	7	0.6	0	0.6	永久道路，混凝土路面
	102#路	1#路 2423m 高程至下游围堰顶	连接下游围堰顶，用于无用料运输	临时	第二年 11 月~第七年 4 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0.2	0	临时隧道、混凝土里面
	103#路	1#路 2425m 高程经集鱼站至 2#尾水洞出口 2426m 高程	连接集鱼站，用于鱼运输	永久	第 5 年 10 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0.15	0.05	永久道路 0.05m，永久隧道 0.15m、混凝土里面
	104#路	尾水交通洞出口 2431m 高程经通风洞至水垫塘 2430m 高程马道	疏散通道，去二道坝道路	永久	第二年 11 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.08	0	0.08	永久道路、混凝土里面
	105#路	1#路 2468m 高程至上游围堰顶	连接上游围堰顶，用于无用料运输	临时	第二年 11 月~第七年 4 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0.2	0	临时隧道、混凝土里面
	106#路	1#路 2657m 高程至左岸缆机平台	去左岸缆机平台道路	永久	筹二年 5 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.3	0.3	0	永久隧道、混凝土里面
	3#路	拉最大桥左岸至 1#路 2565m 高程	建设期用于大坝浇筑、运行期用于业主通勤	永久	筹三年 11 月~永久	场内二级	汽－60 级	7	2.2	2.2	0	永久隧道，混凝土路面
	301#路	3#路 2557m 高程至左岸坝顶平台	建设期用于大坝浇筑	临时	第五年 4 月~第八年 3 月	场内二级	汽－60 级	7	0.2	0.2	0	临时隧道，混凝土路面
	302#路	3#路 2563m 高程至左岸坝顶平台	与 301#路形成环路	永久	第 2 年 1 月~永久	场内二级	汽－60 级	7	0.2	0.2	0	永久隧道，混凝土路面
	5#路	3#路 2526m 高程至下游高线混凝土系统场平	用于左岸高线混凝土系统供料运输	临时	第五年 4 月~第八年 3 月	场内二级	汽－60 级	7	0.3	0.3	0	临时隧道，混凝土路面
	7#路	1#路 2510m 高程经 1#临时桥左岸至进水口底板高程	导流洞、厂房引水工程有用料及引水隧洞进水口、厂房	临时	筹一年 8 月~第七年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	1.2	0	1.2	临时道路，混凝土路面

项目		说明	功能及用途	道路性质	使用时间	道路等级	荷载等级	路面宽度	总长度	隧道长度	明路长度	备注
								m	km	km	km	
			引水无用料运输道路									
	9#路	码头至开关站平台	去码头道路	永久	第五年 1 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.3	0	0.3	永久道路，混凝土路面
	11#路	1#路 2511m 高程至木灰沟 2#转存料场	用于有用料堆渣及木灰沟砂混系统骨料、混凝土运输	临时	筹三年 7 月-第六年 1 月	场内三级	汽－40 级	6.5	2.7	0	2.7	临时道路，混凝土路面
	13#路	1#路终点 2680m 高程至表土堆存场	业主日常出行道路	永临结合	第一年 10 月-永久	场内三级	汽－40 级	6.5	2.3	0	2.3	永久道路长 2.0km，临时道路长 0.3km，混凝土路面
	1301#路	木灰沟业主营地 2775m 场平高程至木灰沟承包商营地	业主日常出行道路	临时	第一年 10 月-第九年 9 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.5	0	0.5	临时道路，混凝土路面
	1302#路	13#路 2775m 高程至木灰沟泥石流防治拦挡坝	用于去木灰沟泥石流防治拦挡坝清淤道路	临时	筹一年 10 月-第八年 3 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.6	0	0.6	临时道路，混凝土路面
	15#路	拉最砂石加工系统场平 2455m 高程至拉最沟泥石流防治拦挡坝	用于去拉最沟泥石流防治拦挡坝清淤道路	临时	第二年 8 月-第八年 3 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.5	0	0.5	临时道路，混凝土路面
	17#路	拉最砂石加工系统粗碎受料平台至拉最开挖场地 2495m 高程	用于拉最场地有用料	临时	第四年 7 月-第八年 3 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.3	0	0.3	临时道路，混凝土路面
	19#路	1#路 2488m 高程至拉最开挖场地 2698m 高程	用于拉最场地开采	临时	第四年 7 月-第八年 3 月	场内三级	汽－40 级	6.5	2.9	0	2.9	临时道路，混凝土路面
右岸道路	2#路	导流洞出口至 3#临时桥	导流洞工程有用料及无用料运输道路	临时	筹三年 6 月-第二年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.4	0	0.4	临时道路，混凝土路面
	4#路	下游围堰顶至二道坝	去二道坝施工道路	临时	第三年 4 月-第七年 6 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0	0.2	临时道路，混凝土路面
	6#路	S220 省道 2555m 高程至右岸坝顶平台	去右岸坝顶平台	永久	第二年 1 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.5	0.5	0	永久隧道，混凝土路面
	601#路	6#路 2564m 高程至 8#路 2564m 高程	与 6#路形成环路	临时	第五年 4 月~第八年 3 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0.2	0	临时隧道，混凝土路面
	8#路	右岸坝顶平台至右岸拦漂	去右岸拦漂道路	永久	第七年 1 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0	0.2	永久道路，混凝土路面
	10#路	右岸缆机平台至 S220 省道 2598m 高程	去缆机平台道路	永久	第二年 1 月~永久	场内三级	汽－40 级	6.5	1.4	1.4	0	永久隧道，混凝土路面

项目		说明	功能及用途	道路性质	使用时间	道路等级	荷载等级	路面宽度	总长度	隧道长度	明路长度	备注
								m	km	km	km	
	12#路	右岸沿江便道 2436m 高程至上游围堰	导流洞工程有用料及无用料运输道路	临时	筹二年 3 月~第七年 11 月	场内二级	汽－60 级	7.0	0.9	0	0.9	临时道路，混凝土路面
	14#路	12#路 2470m 高程至 S220 省道 2596m 高程	去导流洞进口闸门道路	临时	筹二年 5 月~第七年 11 月	场内二级	汽－60 级	7.0	1.6	0	1.6	临时道路，混凝土路面
	16#路	14#路 2475m 高程至旁通洞闸顶高程	去旁通洞闸顶高程道路	临时	第二年 11 月~第七年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.2	0	0.2	
	18#路	二道坝至拉最大桥右岸	运行期检修道路	永久	第一年 1 月-永久	场内三级	汽－40 级	6.5	1.7	0	1.7	永久道路，混凝土路面，后期大坝检修道路
	20#路	S220 省道至日岗沟泥石流防治 2#拦挡坝	用于去日岗沟泥石流防治拦挡坝清淤道路	永久	筹二年 1 月~第五年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.5	0	0.5	永久道路，混凝土路面
	2001#路	20#路至日岗沟泥石流防治 1#拦挡坝	用于去日岗沟泥石流防治拦挡坝清淤道路	永久	筹二年 1 月~第五年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	0.5	0	0.5	永久道路，混凝土路面
	22#路	4#施工便道至炸药库	去炸药库道路	临时	筹二年 1 月~第五年 11 月	场内三级	汽－40 级	6.5	2.0	0	2.0	临时道路，混凝土路面
	S220		运渣道路	永久	第二年 1 月-永久			8.0	13.7	9.0	4.7	
小计									46.98	18.85	2813	永久道路（隧道）为 27.98km，临时道路（隧道）为 19.00km
二、施工便道												
左岸	1#施工便道	前期进场施工便道，终点为 5#路			筹一年 7 月~第八年 3 月			3.5	1.2	0	1.2	施工便道，泥结石路面
	3#施工便道	拉最砂石加工系统至拉最沟排水洞			第四年 7 月~第八年 3 月			3.5	0.9	0	0.9	施工便道，泥结石路面
	5#施工便道	1#路至下游高线混凝土生产系统		临时	第四年 6 月~第八年 3 月			3.5	0.4	0	0.4	施工便道，泥结石路面
	左岸沿江便道	前期施工便道		临时	筹二年 1 月~第四年 5 月			3.5	2.1	0.5	1.6	施工便道，泥结石路面
右岸	2#施工便道	14#路 2555m 高程至右岸坝顶平台		临时	筹二年 10 月~第八年 6 月			3.5	0.8	0.3	0.5	施工便道，泥结石路面

项目		说明	功能及用途	道路性质	使用时间	道路等级	荷载等级	路面宽度	总长度	隧道长度	明路长度	备注
								m	km	km	km	
	4#施工便道	现有道路至日衣变形体		临时	筹二年 1 月~第四年 5 月			3.5	2.9	0	2.9	施工便道，泥结石路面
	右岸沿江便道	前期施工便道 终点为 12#路		临时	筹三年 7 月~第二年 11 月			3.5	0.9	0	0.9	施工便道，泥结石路面
小计									9.2	0.80	8.4	施工便道，泥结石路面
三、桥梁												
	1#临时桥	大坝上游约 0.9km 处		临时	筹二年 2 月~第七年 11 月	场内三级	汽－60 级	7.0	0.3	0	0.3	临时桥
	2#临时桥	大坝上游约 0.3km 处		临时	筹二年 3 月~第二年 11 月	场内三级	汽－60 级	7.0	0.2	0	0.2	临时桥
	3#临时桥	大坝下游约 1.0km 处		临时	筹二年 12 月~第二年 11 月	场内三级	汽－60 级	7.0	0.2	0	0.2	临时桥
	拉最大桥	大坝下游永久桥，大坝下游 1.8km 处		永久	第一年 7 月~永久	场内二级	汽－60 级	8	0.3	0	0.3	永久桥
	多吉大桥	大坝下游永久桥，大坝下游 3.5km 处		永久	第一年 1 月~永久	场内三级	汽－60 级	8	0.2	0	0.2	永久桥

2.7.9.3 S220 过坝交通

工程建设占用 S220 线雅江县城经牙依河至江中堂（凉山界）段，结合涉及沿江雅洼路、通村路现状，牙根二级水电及楞古水电站交通运输需求，考虑与四川省及甘孜州路网规划的合理有效衔接，经雅砻江公司与地方政府协商一致，规划对该省道采取“企地共建”的方式，后续该项目单独立项、单独履行环评手续。

项目整体采用三级公路建设标准，设计时速 30km/h，路基宽 7.5m，行车道为 2×3.25m，水泥混凝土路面，推荐路线总体呈北-南走向，顺雅砻江右岸而行。路线起点位于日衣村日岗组日岗沟内，顺接上游规划 S220 麻郎措至日岗沟段，终点位于楞古坝址下游约 1.0km（雨日村上游约 1.5km），顺接下游规划 S220 至芽衣河段，路线全长 13.70km，设桥梁 437.0m/5 座（其中大桥 294.5m/2 座、中桥 142.5m/3 座），隧道 8982.0m/5 座，桥隧比约占 68.75%。

2.7.10 施工总进度

工程总工期为 105 个月，包括工程准备期，主体工程施工期和完建期，其中首台机组发电工期 96 个月。工程准备期从第一年 1 月导流主洞开始施工至第二年 10 月导流洞具备过流条件，共约 22 个月。主体工程施工期从第二年 11 月至第八年 12 月底首台机组发电，共 74 个月。工程完建期从第九年 1 月开始至第九年 9 月底工程完工，共 9 个月。

工程施工期平均人数为 3606 人，施工高峰年平均人数为 6066 人，施工总工日约为 1182 万工日。

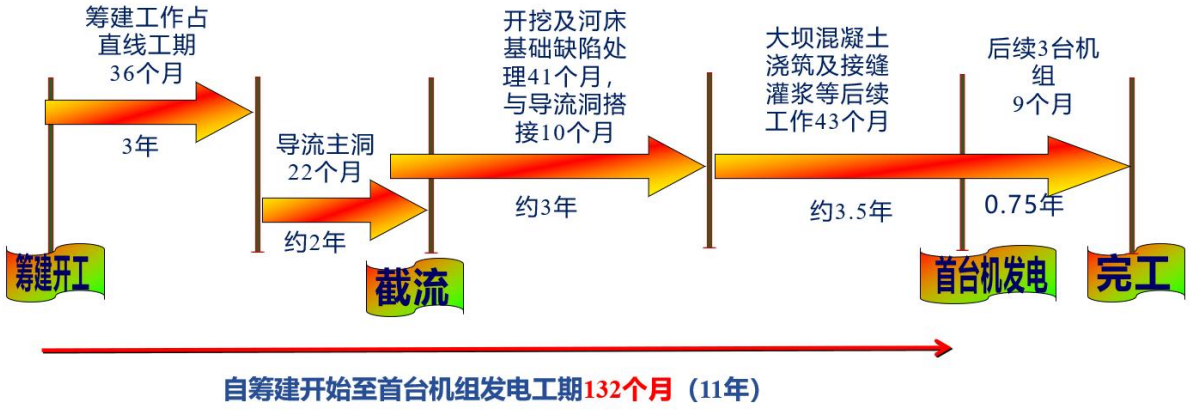


图 2.7-5　施工总进度表

2.7.11 主要建筑材料

本工程首部及引水发电系统工程主要建筑材料有水泥、钢材、木材、油料及火工材

料，施工各年用量见表 2.7-5。

牙根二级水电站施工期主要建筑材料用量表

表 2.7-5

序号	项目	单位	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	合计
1	水泥	万 t	0.45	2.76	8.04	18.93	27.35	19.89	15.43	7.22	100.08
2	钢筋	t	7017	9319	14757	22206	17458	45674	13568	495	130494
3	钢材	t	195	1204	1536	1977	1516	6150	6915	366	19857
4	木材	m^3	172	711	181	93	801	2504	1623	261	6346
5	炸药	t	810	213	1306	2151	1456	142	0	0	6078
6	油料	t	159	617	1923	3546	2083	1135	502	46	10010
7	粉煤灰	万 t	2.22	5.97	8.62	6.23	4.59	1.99	0.14	0.01	29.77

2.8 建设征地及移民安置

2.8.1 建设征地实物指标

依据《四川省雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划》审定成果，牙根二级水电站建设征地涉及雅江县 5 个乡（镇）19 个行政村，涉及主要实物指标包括：土地面积 35406.74 亩，其中耕地 1730.81 亩，园地 1005.92 亩，林地 17957.85 亩，草地 2655.65 亩，湿地 650.96 亩，农业设施建设用地 177.83 亩，居住用地 330.97 亩，公共管理与公共服务用地 19.54 亩，交通运输用地 586.49 亩，公用设施用地 5.01 亩，特殊用地 21.87 亩，陆地水域 9410.73 亩，其他土地 853.11 亩。涉及永久基本农田 409.70 亩。

涉及人口 2061 人；房屋面积 426167.81m^2；零星树木 33206 株；集镇 3 座；寺庙 1 座、宗教活动点 1 处；个体工商户 88 家；独立企事业单位 5 家；三级公路（S220）25.26km，四级公路 22.76km，农村道路 39.55km（包含跨江桥梁 10 座及引道）；220kV 输电线路 1.22 杆·km、35kV 输电线路 26.85 杆·km、10kV 输电线路 31.35 杆·km；通讯光缆 173.40 杆·km；广播电视工程 6 处；小型水电站 1 座/2000kW；文物古迹 13 处；水文站 1 处；涉及金矿普查探矿权一处。

2.8.2 移民安置规划

2.8.2.1 农村移民安置方案

(1)生产安置方案

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站涉及生产安置人口为 2153 人。根据移民环境容量分析及移民意愿调查成果，规划生产安置人口全部采用逐年货币补偿方式进

行安置，对应耕园地面积 2344.35 亩。

(2)搬迁安置方案

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站建设征地涉及搬迁安置人口为 2224 人，其中农村搬迁安置人口为 1927 人，集镇部分搬迁安置人口为 297 人。结合移民搬迁安置意愿调查成果，农村搬迁安置人口规划全部采取分散安置。

(3)农村小型专项设施和农副业设施

水库淹没影响涉及渠道 4.0km，规划对个人投工投劳的农村小型专项设施进行适当补偿处理，由权属人自行恢复功能。

建设征地涉及碎石机 1 套，可搬迁切割设备 1 套，规划采取一次性补偿处理。

(4)个体商户

建设征地涉及个体工商户 40 家，经营面积 8654.58m^2，规划对涉及的农村个体工商户计列搬迁补助和停产停业补助费用。

(5)宗教设施

建设征地涉及的宗教设施包括日吹寺和邦真姜宗教活动点。经征求雅江县人民政府、县民宗局、雅砻江公司等有关各方意见，规划对邦真姜宗教活动点采、日吹寺采取迁建处理。

(6)临时用地复垦方案

牙根二级水电站临时用地总面积为 3133.41 亩。临时用地结束后，需对涉及耕地 235.94 亩、园地 156.44 亩进行复垦；对涉及林地 2335.78 亩、草地 223.60 亩恢复植被和生产条件；其他临时用地需按“宜耕则耕、宜林则林”的原则，进行复垦和复绿。

2.8.2.2 集镇迁建规划方案

受到牙根二级水库淹没影响的集镇包括八衣绒集镇、麻郎措集镇、米龙集镇，根据水库淹没影响情况和移民安置方案，综合考虑集镇的功能定位，结合地方的相关规划和区位因素、地形地质、新址安置容量、自然条件、配套基础设施建设条件，在听取地方政府意见的基础上，确定了雅江县的鲁日新址、洛俄昔新址、斗地分别作为八衣绒集镇、麻郎措集镇、米龙集镇的迁建新址。原集镇和迁建新址的概况如下表 2.8-1 所示。

牙根二级库区淹没集镇概况

表 2.8-1

序号	受淹没集镇名称	集镇现状	常驻人口及规模	新址位置及规模	新址占地类型
1	八衣绒集镇	位于雅江县八衣绒乡格日村，分布于雅砻江干流左岸，所在高程2460m~2470m，是八衣绒乡政府所在地，是全乡政治、经济中心，集镇规模约 0.8hm^2	168 人，其中机关事业单位 114 人，附居农村人口 54 人	鲁日新址位于雅砻江左岸，距离雅江县城 50.86km，距离八衣绒集镇原址 1.58km，场地高程 2980m~3016m，平均坡度 15°~25°，人口规模为 121 人，规划集镇用地面积 1.2hm^2	耕地，涉及永久基本农田约 1.2 hm^2
2	麻郎措集镇	位于雅江县麻郎措镇格其卡村，分布于雅砻江干流右岸，所在高程2525m~2530m，是麻郎措镇政府所在地，是全镇政治、经济、文化中心，集镇规模约 2.6hm^2	555 人，其中机关事业单位 158 人，寄宿学生 254 人，附居农业人口 143 人	洛俄昔新址位于雅砻江右岸，雅江县麻郎措镇境内，距离雅江县城 22.78 km，距离麻郎措集镇原址 8.10km。场地高程为 2800m~2880m，平均坡度为 10°~20°，人口规模 473 人，规划集镇用地面积 4.53hm^2	以园地为主，涉及永久基本农田约 2.13 hm^2
3	米龙集镇	米龙乡集镇位于雅砻江干流左岸，主要高程分布约 2540m～2560m，集镇位于米龙乡政府所在地，是全乡政治、经济、文化中心，集镇规模约 1.2hm^2	221 人，附居农村人口 75 人，寄宿学生 35 人，机关企事业单位人口 111 人	斗地新址位于雅砻江左岸，雅江县米龙乡境内，距离雅江县城 23.70km，距离米龙集镇原址 1.80km。场地高程为 2855m~2885m，坡度为 5°~18°，人口规模 155 人，规划集镇用地面积 1.54hm^2	以耕地为主，涉及永久基本农田约 1.53 hm^2

2.8.2.3 专项设施复建规划

(1)交通运输工程

规划按三级公路标准复建 S220 公路 2 段 64.125km，其中 S220 雅江县下渡至麻郎措段全长 28.240km，桥隧比约占 28.14%，全线设桥梁 25 座，桥梁总长 2960.0m，其中大桥 2241.0m/15 座，设隧道 5005m/5 座。S220 麻郎措至日岗沟雅砻江水电开发有限公司与地方政府共建段，根据甘孜州建设投资集团有限公司委托中交综合规划设计有限公司编制的《S220 雅江县河口镇至江中堂（凉山界）段改建工程》初步设计文件，该段全长 35.885km，桥隧比约占 22.7%，全线设桥梁 1642.4m/18 座，其中大桥 1042.1m/9 座，隧道 6539m/4 座。

规划复建农村道路 13 条（15 段），总长 26.03km。其中通村公路 11 条（13 段）总长 20.574km；吊桥及其引道 2 条，总长 5.456km。规划新建集镇对外连接道路 3 条，总长 15.71km，设混凝土跨江桥梁 806.5m/2 座，跨沟桥 176m/3 座。

(2)水电水利工程

建设征地涉及国网四川甘孜州电力有限责任公司雅江县供电分公司核桃坪水电站，装机容量为 2500kW。规划对电站采取一次性补偿处理。

牙根二级水电站建设征地影响迁建集镇新址 3 个，分别为八衣绒集镇鲁日新址、米龙集镇斗地新址和麻郎措集镇洛俄昔新址。各新址周边现状村庄均由简易管道引水，无

系统供水工程，无法利用，均考虑新建外部供水工程恢复各集镇新址的供水。

(3)电力工程

规划复建 220kV 电力线路 1 条 2.0km，35kV 电力线路 1 条 28.86km，10kV 电力线路 10 条 37.511km；规划按原规模复建米龙、麻郎措 35kV 变电站 2 座；复建米龙变电站 35kV 电源线 1 条 1.2km、麻郎措变电站 35kV 电源线 1 条 1.1km。

规划新建集镇外部电力工程 10kV 电力线路 3 条总长 1.2km；规划新建隧道外部 10kV 供电线路 16 段 16.259km。

(4)电信工程

按照共建共享原则，规划复建共享杆路长度 80km，3 座通信基站；复建电信光缆 83.5km、移动光缆 83.5km、联通光缆 73km。

(5)文物古迹

规划对建设征地涉及 12 处“三普”文物点采取资料提取方式处理；规划对涉及 1 处县级文物保护单位日吹寺采取迁移保护处理。

(6)压覆矿产

根据《四川雅砻江牙根二级水电站建设项目压覆已查明重要矿产资源情况调查报告》四川雅砻江牙根二级水电站压覆重要矿产资源查询表，牙根二级水电站建设征地范围内与四川省雅江县泸底金矿普查（T5100002008094010014713）的矿业权有重叠，雅砻江公司与探矿权权属单位四川鸿森贸易有限公司签订了互不影响协议。

2.8.2.4 企事业单位

建设征地涉及事业单位共 26 家，其中集镇范围内 21 家、集镇范围外独立企事业单位 5 家。

涉及集镇内企事业单位 21 家中，规划对麻郎措镇粮站和麻郎措法庭 2 家事业单位采取一次性补偿方式处理，其余 19 家集镇企事业单位采取随各集镇新址迁建处理。

涉及独立企事业单位 5 家中，规划对涉及雅江县海鸥水电开发有限责任公司、三江流域水电开发有限公司、波斯河镇人民政府俄古便民服务点采取一次性补偿方式处理；对雅江县公安局波斯河派出所采取迁建方式处理；对雅江县应急管理局俄古村执勤点采取随八衣绒集镇新址迁建处理。

2.9 工程运行

2.9.1 初期蓄水计划

牙根二级水电站上游为已建的两河口水电站，因此本电站的蓄水过程需考虑上游两河口水库的调蓄影响。根据施工进度安排，水库水位需在第 8 年 11 月底蓄至死水位 2545m。

(1)第一阶段蓄水

根据右岸导流洞下闸的前一日（10 月 31 日）的入库流量和导流洞的泄流能力曲线确定蓄水的起始水位，并由水位库容曲线确定相应的起始库容，蓄水至坝身深孔可满足生态流量下泄的水位 2473.01m。

牙根二级水电站第一阶段蓄水基本参数见表 2.9-1。

牙根二级水电站初期蓄水参数表（第一阶段蓄水）

表 2.9-1

项目	单位	P=75%	P=50%
蓄水开始时间		11 月 1 日	11 月 1 日
起蓄水位	m	2410.11	2409.66
相应库容	亿 m^3	0.01	0.01
终蓄水位	m	2473.01	2473.01
相应库容	亿 m^3	0.99	0.99
蓄水量	亿 m^3	0.98	0.98
蓄水时长	h	47	41

牙根二级水电站蓄水代表年 75%来水频率第一阶段蓄水过程见表 2.9-2。

牙根二级水电站蓄水代表年 75%来水频率蓄水过程表（第一阶段蓄水）

表 2.9-2

月	日	入库流量（m^3/s）	蓄水流量（m^3/s）	出库流量（m^3/s）	日末库容（万 m^3）	日末水位（m）	水位变幅（m）	备注
10	31	278.6			116	2410.11		
11	1	720.3	600.5	119.8	5304	2459.65	49.5	蓄水 24.0h
11	2	689.3	569.5	119.8	8698	2470.00	10.3	蓄水 16.6h
11	3	691.3	571.5	119.8	9926	2473.01	3.0	蓄水 6.0h

(2)第二阶段蓄水

第二阶段蓄水的起始水位为第一阶段蓄水的目标水位 2473.01m，牙根二级水电站第二阶段蓄水基本参数见表 2.9-3。

牙根二级水电站初期蓄水参数表（第二阶段蓄水）

表 2.9-3

项目	单位	P=75%	P=50%
蓄水开始时间		11 月 1 日	11 月 1 日

项目	单位	P=75%	P=50%
起蓄水位	m	2473.01	2473.01
相应库容	亿 m^3	0.99	0.99
终蓄水位	m	2545.00	2545.00
相应库容	亿 m^3	7.34	7.34
蓄水量	亿 m^3	6.35	6.35
蓄水时长	h	362	352
天数	天	26	25
水位蓄至死水位时间		11 月 26 日	11 月 25 日

牙根二级水电站蓄水代表年 75%来水频率第二阶段蓄水过程见表 2.9-4。

牙根二级水电站蓄水代表年 75%来水频率蓄水过程表（第二阶段蓄水）

表 2.9-4

月	日	入库流量（m^3/s）	蓄水流量（m^3/s）	出库流量（m^3/s）	日末库容（万 m^3）	日末水位（m）	水位变幅（m）	备注
10	31	278.6			9926	2473.01		
11	1	720.3	600.5	119.8	12088	2478.01	5.0	蓄水 10.0h
11	2	689.3	569.5	119.8	14456	2483.01	5.0	蓄水 11.6h
11	3	691.3	571.5	119.8	17032	2488.01	5.0	蓄水 12.5h
11	4	691.3	571.5	119.8	19871	2493.01	5.0	蓄水 13.8h
11	5	695.3	575.5	119.8	23010	2498.01	5.0	蓄水 15.2h
11	6	660.3	540.5	119.8	26509	2503.01	5.0	蓄水 18.0h
11	7	663.3	543.5	119.8	30422	2508.01	5.0	蓄水 20.0h
11	8	655.3	535.5	119.8	32049	2510.00	2.0	蓄水 8.4h
11	9	650.3	0.0	650.3	32049	2510.00	0.0	
11	10	653.3	0.0	653.3	32049	2510.00	0.0	
11	11	652.3	0.0	652.3	32049	2510.00	0.0	
11	12	646.3	0.0	646.3	32049	2510.00	0.0	
11	13	638.3	0.0	638.3	32049	2510.00	0.0	
11	14	640.3	0.0	640.3	32049	2510.00	0.0	
11	15	626.3	506.5	119.8	34886	2513.15	3.1	蓄水 15.6h
11	16	606.3	486.5	119.8	38651	2517.15	4.0	蓄水 21.5h
11	17	603.3	483.5	119.8	42652	2521.15	4.0	蓄水 23.0h
11	18	598.3	478.5	119.8	46787	2525.03	3.9	蓄水 24.0h
11	19	601.3	481.5	119.8	50947	2528.60	3.6	蓄水 24.0h
11	20	587.3	467.5	119.8	54987	2531.88	3.3	蓄水 24.0h
11	21	579.3	459.5	119.8	58957	2534.99	3.1	蓄水 24.0h
11	22	542.3	422.5	119.8	62607	2537.64	2.7	蓄水 24.0h
11	23	529.3	409.5	119.8	66146	2540.19	2.6	蓄水 24.0h
11	24	527.3	407.5	119.8	69667	2542.54	2.4	蓄水 24.0h
11	25	531.3	411.5	119.8	73222	2544.91	2.4	蓄水 24.0h
11	26	515.3	395.5	119.8	73345	2545.00	0.1	蓄水 0.9h

2.9.2 运行方式

(1)水库运行方式

水库运行方式拟定为：汛期 6 月~9 月，当干流雅江水文站的入库流量大于汛期分界流量 3500m³/s 时（坝址约 3950m³ /s），坝前水位从 2560m 消落至汛期排沙运行控制水位 2559m 运行；当干流雅江水文站的入库流量小于或等于汛期分界流量 3500m³/s 时（坝址约 3950m³ /s），坝前水位控制在不高于 2560m 运行；非汛期视电力系统和互补新能源的需要及自身能力进行调峰，水库水位按正常运行消落 2m 做日调节运行，视系统需要可消落至死水位 2545m。

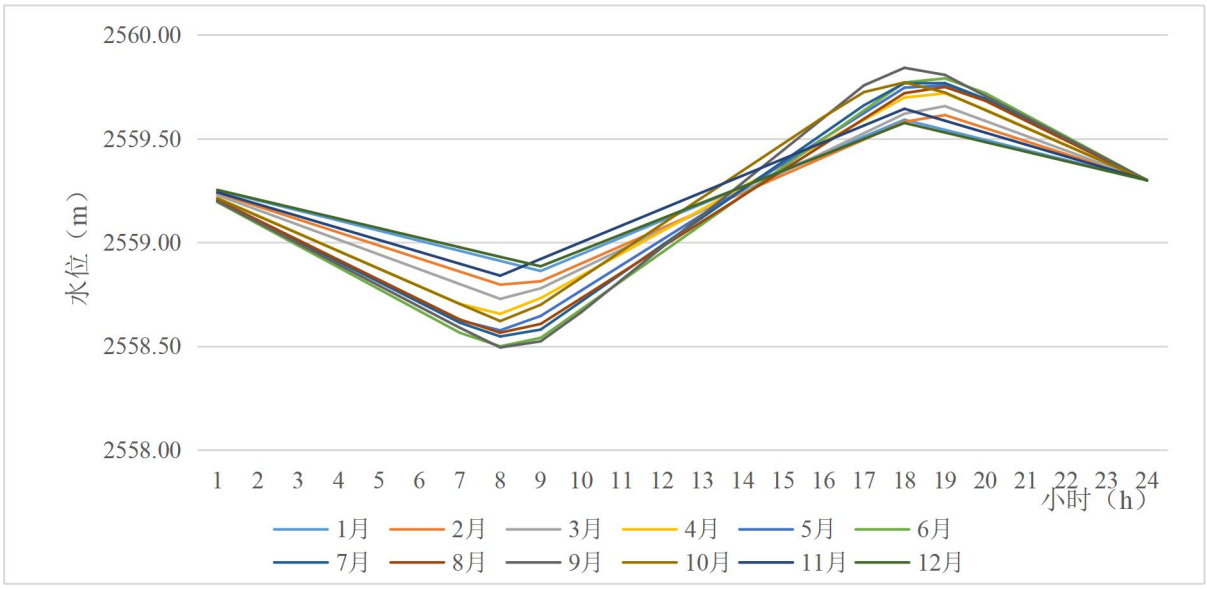


图 2.9-1　牙根二级水库运行期各月典型日日内库水位变化过程图(平水年)

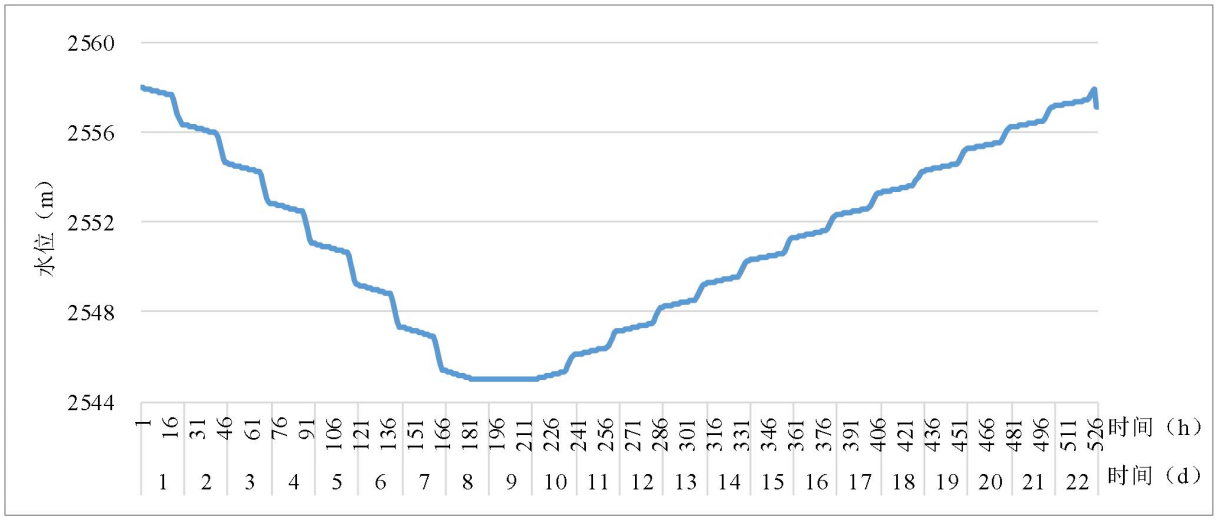


图 2.9-2　特殊工况典型时段库水位变化过程图

(2)电站运行方式

牙根二级水电站建成后供电四川电网，并参与川电外送。结合四川电网需求，电站在正常运行情况下在系统中以日内调节运行为主，当遭遇极端天气等特殊工况时，可视系统需要提供跨日顶峰保供支撑。

牙根二级水电站联合运行各典型年逐时发电情况见表 2.9-5~2.9-7、逐时出库流量见图 2.9-3~2.9-5。

牙根二级水电站日调节运行时逐时发电流量及机组出力情况表（丰水年，与两河口联合运行）

表 2.9-5

时段	1 月				2 月				3 月				4 月				5 月				6 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)
1.00	706.40	1003.80	2559.24	128.60	739.10	1116.50	2559.23	143.00	818.20	1262.50	2559.22	161.60	890.40	1384.80	2559.20	177.20	953.20	1511.90	2559.19	193.40	1040.50	1641.30	2559.18	209.90
2.00	706.40	1003.80	2559.19	128.60	739.10	1116.50	2559.16	143.00	818.20	1262.50	2559.13	161.60	890.40	1384.80	2559.11	177.20	953.20	1511.90	2559.09	193.40	1040.50	1641.30	2559.07	209.90
3.00	706.40	1003.80	2559.13	128.60	739.10	1116.50	2559.08	143.00	818.20	1262.50	2559.04	161.60	890.40	1384.80	2559.01	177.20	953.20	1511.90	2558.98	193.40	1040.50	1641.30	2558.95	209.90
4.00	706.40	1003.80	2559.07	128.60	739.10	1116.50	2559.01	143.00	818.20	1262.50	2558.96	161.60	890.40	1384.80	2558.92	177.20	953.20	1511.90	2558.87	193.40	1040.50	1641.30	2558.84	209.90
5.00	706.40	1003.80	2559.01	128.60	739.10	1116.50	2558.94	143.00	818.20	1262.50	2558.87	161.60	890.40	1384.80	2558.82	177.20	953.20	1511.90	2558.76	193.40	1040.50	1641.30	2558.72	209.90
6.00	706.40	1003.80	2558.96	128.60	739.10	1116.50	2558.87	143.00	818.20	1262.50	2558.79	161.60	890.40	1384.80	2558.73	177.20	953.20	1511.90	2558.65	193.40	1040.50	1641.30	2558.61	209.90
7.00	706.40	1003.80	2558.90	128.60	739.10	1116.50	2558.79	143.00	818.20	1262.50	2558.70	161.60	890.40	1384.80	2558.63	177.20	953.20	1511.90	2558.55	193.40	1040.50	1641.30	2558.49	209.90
8.00	706.40	1003.80	2558.84	128.60	739.10	1116.50	2558.72	143.00	818.20	1262.50	2558.62	161.60	890.40	1206.00	2558.57	154.30	953.20	1258.60	2558.49	161.00	1040.50	1423.90	2558.42	182.10
9.00	706.40	1003.80	2558.78	128.60	739.10	706.80	2558.73	90.50	818.20	626.20	2558.65	80.20	890.40	569.50	2558.63	72.90	953.20	651.40	2558.55	83.30	1040.50	850.90	2558.45	108.80
10.00	706.40	210.80	2558.88	27.00	739.10	210.80	2558.83	27.00	818.20	210.90	2558.77	27.00	890.40	211.00	2558.76	27.00	953.20	211.00	2558.69	27.00	1040.50	272.10	2558.60	34.80
11.00	706.40	210.80	2558.98	27.00	739.10	210.80	2558.93	27.00	818.20	210.90	2558.89	27.00	890.40	211.00	2558.90	27.00	953.20	211.00	2558.83	27.00	1040.50	211.20	2558.76	27.00
12.00	706.40	210.80	2559.07	27.00	739.10	210.80	2559.03	27.00	818.20	210.90	2559.00	27.00	890.40	211.00	2559.03	27.00	953.20	211.00	2558.98	27.00	1040.50	211.20	2558.92	27.00
13.00	706.40	210.80	2559.17	27.00	739.10	210.80	2559.13	27.00	818.20	210.90	2559.12	27.00	890.40	211.00	2559.16	27.00	953.20	211.00	2559.12	27.00	1040.50	211.20	2559.08	27.00
14.00	706.40	210.80	2559.26	27.00	739.10	210.80	2559.24	27.00	818.20	210.90	2559.24	27.00	890.40	211.00	2559.29	27.00	953.20	211.00	2559.26	27.00	1040.50	211.20	2559.24	27.00
15.00	706.40	210.80	2559.36	27.00	739.10	210.80	2559.34	27.00	818.20	210.90	2559.36	27.00	890.40	211.00	2559.42	27.00	953.20	211.00	2559.41	27.00	1040.50	211.20	2559.40	27.00
16.00	706.40	210.80	2559.45	27.00	739.10	210.80	2559.44	27.00	818.20	210.90	2559.47	27.00	890.40	211.00	2559.55	27.00	953.20	211.00	2559.55	27.00	1040.50	211.20	2559.56	27.00
17.00	706.40	210.80	2559.55	27.00	739.10	210.80	2559.54	27.00	818.20	210.90	2559.59	27.00	890.40	211.00	2559.68	27.00	953.20	211.00	2559.69	27.00	1040.50	211.20	2559.72	27.00
18.00	706.40	210.80	2559.64	27.00	739.10	210.80	2559.64	27.00	818.20	210.90	2559.71	27.00	890.40	314.00	2559.79	40.20	953.20	323.70	2559.81	41.40	1040.50	408.50	2559.84	52.20
19.00	706.40	1003.80	2559.59	128.60	739.10	621.40	2559.67	79.60	818.20	701.50	2559.73	89.80	890.40	977.60	2559.78	125.10	953.20	951.80	2559.81	121.80	1040.50	1009.90	2559.85	129.10
20.00	706.40	1003.80	2559.53	128.60	739.10	1116.50	2559.59	143.00	818.20	1262.50	2559.64	161.60	890.40	1384.80	2559.68	177.20	953.20	1373.50	2559.73	175.70	1040.50	1473.40	2559.76	188.40
21.00	706.40	1003.80	2559.47	128.60	739.10	1116.50	2559.52	143.00	818.20	1262.50	2559.56	161.60	890.40	1384.80	2559.59	177.20	953.20	1511.90	2559.62	193.40	1040.50	1641.30	2559.65	209.90
22.00	706.40	1003.80	2559.42	128.60	739.10	1116.50	2559.45	143.00	818.20	1262.50	2559.47	161.60	890.40	1384.80	2559.49	177.20	953.20	1511.90	2559.52	193.40	1040.50	1641.30	2559.53	209.90
23.00	706.40	1003.80	2559.36	128.60	739.10	1116.50	2559.37	143.00	818.20	1262.50	2559.39	161.60	890.40	1384.80	2559.40	177.20	953.20	1511.90	2559.41	193.40	1040.50	1641.30	2559.42	209.90
24.00	706.40	1003.80	2559.30	128.60	739.10	1116.50	2559.30	143.00	818.20	1262.50	2559.30	161.60	890.40	1384.80	2559.30	177.20	953.20	1511.90	2559.30	193.40	1040.50	1641.30	2559.30	209.90

时段	7 月				8 月				9 月				10 月				11 月				12 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)	(m³/s)	(m³/s)	(m)	(万 kw)
1.00	1440.50	1881.40	2559.22	240.00	1440.50	1867.00	2559.17	238.20	1370.50	1871.70	2559.15	238.90	1359.50	1855.70	2559.09	236.80	725.70	1076.20	2559.12	137.90	694.00	971.80	2559.13	124.50
2.00	1440.50	1881.40	2559.13	240.00	1440.50	1867.00	2559.09	238.20	1370.50	1871.70	2559.06	238.90	1359.50	1855.70	2559.00	236.80	725.70	1076.20	2559.05	137.90	694.00	971.80	2559.08	124.50
3.00	1440.50	1881.40	2559.05	240.00	1440.50	1867.00	2559.01	238.20	1370.50	1871.70	2558.96	238.90	1359.50	1855.70	2558.90	236.80	725.70	1076.20	2558.98	137.90	694.00	971.80	2559.02	124.50
4.00	1440.50	1881.40	2558.96	240.00	1440.50	1867.00	2558.93	238.20	1370.50	1871.70	2558.86	238.90	1359.50	1855.70	2558.81	236.80	725.70	1076.20	2558.91	137.90	694.00	971.80	2558.97	124.50
5.00	1440.50	1881.40	2558.88	240.00	1440.50	1867.00	2558.85	238.20	1370.50	1871.70	2558.77	238.90	1359.50	1855.70	2558.71	236.80	725.70	1076.20	2558.85	137.90	694.00	971.80	2558.91	124.50

6.00	1440.50	1881.40	2558.79	240.00	1440.50	1867.00	2558.76	238.20	1370.50	1871.70	2558.67	238.90	1359.50	1855.70	2558.61	236.80	725.70	1076.20	2558.78	137.90	694.00	971.80	2558.86	124.50
7.00	1440.50	1881.40	2558.71	240.00	1440.50	1867.00	2558.68	238.20	1370.50	1871.70	2558.57	238.90	1359.50	1855.70	2558.52	236.80	725.70	1076.20	2558.71	137.90	694.00	971.80	2558.81	124.50
8.00	1440.50	1804.30	2558.64	230.20	1440.50	1789.90	2558.61	228.30	1370.50	1836.00	2558.48	234.30	1359.50	1855.70	2558.42	236.80	725.70	1076.20	2558.64	137.90	694.00	971.80	2558.75	124.50
9.00	1440.50	1460.30	2558.63	186.30	1440.50	1507.00	2558.60	192.20	1370.50	1332.10	2558.49	170.00	1359.50	1268.80	2558.44	161.90	725.70	335.10	2558.72	42.90	694.00	949.10	2558.71	121.60
10.00	1440.50	1095.40	2558.70	139.70	1440.50	959.10	2558.69	122.30	1370.50	881.20	2558.59	112.50	1359.50	722.10	2558.56	92.20	725.70	210.80	2558.82	27.00	694.00	210.70	2558.80	27.00
11.00	1440.50	850.00	2558.81	108.40	1440.50	822.40	2558.81	104.90	1370.50	563.60	2558.74	71.90	1359.50	445.90	2558.74	56.90	725.70	210.80	2558.92	27.00	694.00	210.70	2558.89	27.00
12.00	1440.50	661.30	2558.96	84.40	1440.50	884.90	2558.92	112.90	1370.50	472.20	2558.91	60.30	1359.50	445.90	2558.92	56.90	725.70	210.80	2559.02	27.00	694.00	210.70	2558.98	27.00
13.00	1440.50	554.70	2559.13	70.80	1440.50	674.60	2559.07	86.00	1370.50	472.20	2559.09	60.30	1359.50	445.90	2559.09	56.90	725.70	210.80	2559.12	27.00	694.00	210.70	2559.08	27.00
14.00	1440.50	556.70	2559.30	71.00	1440.50	533.60	2559.24	68.10	1370.50	472.20	2559.26	60.30	1359.50	445.90	2559.27	56.90	725.70	210.80	2559.22	27.00	694.00	210.70	2559.17	27.00
15.00	1440.50	612.90	2559.46	78.20	1440.50	822.60	2559.36	104.90	1370.50	472.20	2559.43	60.30	1359.50	445.90	2559.44	56.90	725.70	210.80	2559.31	27.00	694.00	210.70	2559.26	27.00
16.00	1440.50	800.20	2559.59	102.10	1440.50	982.60	2559.45	125.30	1370.50	483.20	2559.61	61.70	1359.50	445.90	2559.62	56.90	725.70	210.80	2559.41	27.00	694.00	210.70	2559.36	27.00
17.00	1440.50	939.20	2559.68	119.80	1440.50	533.60	2559.62	68.10	1370.50	747.70	2559.73	95.40	1359.50	746.80	2559.74	95.30	725.70	210.80	2559.51	27.00	694.00	210.70	2559.45	27.00
18.00	1440.50	1188.20	2559.73	151.60	1440.50	1044.50	2559.70	133.20	1370.50	1118.90	2559.77	142.80	1359.50	1259.70	2559.76	160.80	725.70	328.30	2559.59	42.10	694.00	414.50	2559.50	53.10
19.00	1440.50	1550.90	2559.71	197.80	1440.50	1627.70	2559.67	207.60	1370.50	1589.40	2559.73	202.80	1359.50	1855.70	2559.66	236.80	725.70	1076.20	2559.52	137.90	694.00	971.80	2559.45	124.50
20.00	1440.50	1802.90	2559.64	230.00	1440.50	1867.00	2559.58	238.20	1370.50	1871.70	2559.64	238.90	1359.50	1855.70	2559.57	236.80	725.70	1076.20	2559.45	137.90	694.00	971.80	2559.40	124.50
21.00	1440.50	1881.40	2559.56	240.00	1440.50	1867.00	2559.50	238.20	1370.50	1871.70	2559.54	238.90	1359.50	1855.70	2559.47	236.80	725.70	1076.20	2559.39	137.90	694.00	971.80	2559.34	124.50
22.00	1440.50	1881.40	2559.47	240.00	1440.50	1867.00	2559.42	238.20	1370.50	1871.70	2559.44	238.90	1359.50	1855.70	2559.38	236.80	725.70	1076.20	2559.32	137.90	694.00	971.80	2559.29	124.50
23.00	1440.50	1881.40	2559.39	240.00	1440.50	1867.00	2559.34	238.20	1370.50	1871.70	2559.35	238.90	1359.50	1855.70	2559.28	236.80	725.70	1076.20	2559.25	137.90	694.00	971.80	2559.24	124.50
24.00	1440.50	1881.40	2559.30	240.00	1440.50	1867.00	2559.25	238.20	1370.50	1871.70	2559.25	238.90	1359.50	1855.70	2559.18	236.80	725.70	1076.20	2559.18	137.90	694.00	971.80	2559.18	124.50

牙根二级水电站日调节运行时逐时发电流量及机组出力情况表（平水年，与两河口联合运行）

表 2.9-6

时段	1 月				2 月				3 月				4 月				5 月				6 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)
1.00	630.6	882.6	2559.25	113.1	653.6	979.7	2559.24	125.5	695.4	1066.0	2559.23	136.6	767.7	1209.0	2559.21	154.9	844.8	1345.7	2559.20	172.3	921.7	1466.1	2559.19	187.6
2.00	630.6	882.6	2559.20	113.1	653.6	979.7	2559.17	125.5	695.4	1066.0	2559.16	136.6	767.7	1209.0	2559.13	154.9	844.8	1345.7	2559.11	172.3	921.7	1466.1	2559.09	187.6
3.00	630.6	882.6	2559.15	113.1	653.6	979.7	2559.11	125.5	695.4	1066.0	2559.09	136.6	767.7	1209.0	2559.04	154.9	844.8	1345.7	2559.01	172.3	921.7	1466.1	2558.98	187.6
4.00	630.6	882.6	2559.11	113.1	653.6	979.7	2559.05	125.5	695.4	1066.0	2559.01	136.6	767.7	1209.0	2558.96	154.9	844.8	1345.7	2558.91	172.3	921.7	1466.1	2558.88	187.6
5.00	630.6	882.6	2559.06	113.1	653.6	979.7	2558.99	125.5	695.4	1066.0	2558.94	136.6	767.7	1209.0	2558.87	154.9	844.8	1345.7	2558.82	172.3	921.7	1466.1	2558.77	187.6
6.00	630.6	882.6	2559.01	113.1	653.6	979.7	2558.92	125.5	695.4	1066.0	2558.87	136.6	767.7	1209.0	2558.79	154.9	844.8	1345.7	2558.72	172.3	921.7	1466.1	2558.67	187.6
7.00	630.6	882.6	2558.96	113.1	653.6	979.7	2558.86	125.5	695.4	1066.0	2558.80	136.6	767.7	1209.0	2558.70	154.9	844.8	1345.7	2558.62	172.3	921.7	1466.1	2558.56	187.6
8.00	630.6	882.6	2558.91	113.1	653.6	979.7	2558.80	125.5	695.4	1066.0	2558.73	136.6	767.7	1017.5	2558.66	130.3	844.8	1092.5	2558.58	139.9	921.7	1261.1	2558.50	161.4
9.00	630.6	882.6	2558.86	113.1	653.6	570.1	2558.81	73.0	695.4	430.1	2558.78	55.1	767.7	374.8	2558.73	48.0	844.8	485.7	2558.65	62.2	921.7	710.6	2558.54	90.9
10.00	630.6	210.7	2558.94	27.0	653.6	210.7	2558.90	27.0	695.4	210.8	2558.87	27.0	767.7	210.8	2558.84	27.0	844.8	210.9	2558.77	27.0	921.7	211.0	2558.68	27.0
11.00	630.6	210.7	2559.02	27.0	653.6	210.7	2558.98	27.0	695.4	210.8	2558.97	27.0	767.7	210.8	2558.95	27.0	844.8	210.9	2558.89	27.0	921.7	211.0	2558.81	27.0
12.00	630.6	210.7	2559.11	27.0	653.6	210.7	2559.07	27.0	695.4	210.8	2559.06	27.0	767.7	210.8	2559.05	27.0	844.8	210.9	2559.01	27.0	921.7	211.0	2558.95	27.0
13.00	630.6	210.7	2559.19	27.0	653.6	210.7	2559.15	27.0	695.4	210.8	2559.15	27.0	767.7	210.8	2559.16	27.0	844.8	210.9	2559.13	27.0	921.7	211.0	2559.09	27.0
14.00	630.6	210.7	2559.27	27.0	653.6	210.7	2559.24	27.0	695.4	210.8	2559.25	27.0	767.7	210.8	2559.27	27.0	844.8	210.9	2559.26	27.0	921.7	211.0	2559.23	27.0

15.00	630.6	210.7	2559.35	27.0	653.6	210.7	2559.33	27.0	695.4	210.8	2559.34	27.0	767.7	210.8	2559.38	27.0	844.8	210.9	2559.38	27.0	921.7	211.0	2559.36	27.0
16.00	630.6	210.7	2559.43	27.0	653.6	210.7	2559.41	27.0	695.4	210.8	2559.43	27.0	767.7	210.8	2559.48	27.0	844.8	210.9	2559.50	27.0	921.7	211.0	2559.50	27.0
17.00	630.6	210.7	2559.51	27.0	653.6	210.7	2559.50	27.0	695.4	210.8	2559.53	27.0	767.7	210.8	2559.59	27.0	844.8	210.9	2559.62	27.0	921.7	211.0	2559.64	27.0
18.00	630.6	210.7	2559.59	27.0	653.6	210.7	2559.58	27.0	695.4	210.8	2559.62	27.0	767.7	210.8	2559.70	27.0	844.8	210.9	2559.75	27.0	921.7	224.2	2559.77	28.7
19.00	630.6	882.6	2559.54	113.1	653.6	484.7	2559.61	62.1	695.4	505.3	2559.66	64.7	767.7	661.9	2559.72	84.8	844.8	786.0	2559.76	100.6	921.7	820.7	2559.79	105.0
20.00	630.6	882.6	2559.49	113.1	653.6	979.7	2559.55	125.5	695.4	1066.0	2559.59	136.6	767.7	1174.4	2559.64	150.4	844.8	1207.4	2559.69	154.6	921.7	1288.2	2559.72	164.8
21.00	630.6	882.6	2559.45	113.1	653.6	979.7	2559.49	125.5	695.4	1066.0	2559.51	136.6	767.7	1209.0	2559.56	154.9	844.8	1345.7	2559.59	172.3	921.7	1466.1	2559.61	187.6
22.00	630.6	882.6	2559.40	113.1	653.6	979.7	2559.43	125.5	695.4	1066.0	2559.44	136.6	767.7	1209.0	2559.47	154.9	844.8	1345.7	2559.49	172.3	921.7	1466.1	2559.51	187.6
23.00	630.6	882.6	2559.35	113.1	653.6	979.7	2559.36	125.5	695.4	1066.0	2559.37	136.6	767.7	1209.0	2559.38	154.9	844.8	1345.7	2559.40	172.3	921.7	1466.1	2559.40	187.6
24.00	630.6	882.6	2559.30	113.1	653.6	979.7	2559.30	125.5	695.4	1066.0	2559.30	136.6	767.7	1209.0	2559.30	154.9	844.8	1345.7	2559.30	172.3	921.7	1466.1	2559.30	187.6

时段	7 月				8 月				9 月				10 月				11 月				12 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)
1.00	911.7	1420.5	2559.20	181.8	851.7	1348.3	2559.20	172.6	1021.7	1548.2	2559.20	198.0	881.7	1322.0	2559.21	169.2	627.7	925.4	2559.24	118.6	608.7	847.8	2559.25	108.7
2.00	911.7	1420.5	2559.10	181.8	851.7	1348.3	2559.11	172.6	1021.7	1548.2	2559.10	198.0	881.7	1322.0	2559.13	169.2	627.7	925.4	2559.18	118.6	608.7	847.8	2559.21	108.7
3.00	911.7	1420.5	2559.01	181.8	851.7	1348.3	2559.01	172.6	1021.7	1548.2	2559.00	198.0	881.7	1322.0	2559.04	169.2	627.7	925.4	2559.13	118.6	608.7	847.8	2559.16	108.7
4.00	911.7	1420.5	2558.91	181.8	851.7	1348.3	2558.92	172.6	1021.7	1548.2	2558.89	198.0	881.7	1322.0	2558.96	169.2	627.7	925.4	2559.07	118.6	608.7	847.8	2559.11	108.7
5.00	911.7	1420.5	2558.81	181.8	851.7	1348.3	2558.82	172.6	1021.7	1548.2	2558.79	198.0	881.7	1322.0	2558.87	169.2	627.7	925.4	2559.01	118.6	608.7	847.8	2559.07	108.7
6.00	911.7	1420.5	2558.71	181.8	851.7	1348.3	2558.72	172.6	1021.7	1548.2	2558.69	198.0	881.7	1322.0	2558.79	169.2	627.7	925.4	2558.95	118.6	608.7	847.8	2559.02	108.7
7.00	911.7	1420.5	2558.61	181.8	851.7	1348.3	2558.63	172.6	1021.7	1548.2	2558.59	198.0	881.7	1322.0	2558.70	169.2	627.7	925.4	2558.90	118.6	608.7	847.8	2558.98	108.7
8.00	911.7	1255.7	2558.55	160.7	851.7	1182.0	2558.56	151.3	1021.7	1514.4	2558.49	193.7	881.7	1308.3	2558.62	167.4	627.7	925.4	2558.84	118.6	608.7	847.8	2558.93	108.7
9.00	911.7	739.9	2558.58	94.7	851.7	632.8	2558.61	81.0	1021.7	868.5	2558.52	111.1	881.7	474.6	2558.70	60.8	627.7	210.7	2558.92	27.0	608.7	844.0	2558.89	108.2
10.00	911.7	211.0	2558.72	27.0	851.7	210.9	2558.73	27.0	1021.7	298.4	2558.66	38.2	881.7	210.9	2558.83	27.0	627.7	210.7	2559.00	27.0	608.7	210.7	2558.96	27.0
11.00	911.7	211.0	2558.85	27.0	851.7	210.9	2558.85	27.0	1021.7	211.1	2558.82	27.0	881.7	210.9	2558.96	27.0	627.7	210.7	2559.08	27.0	608.7	210.7	2559.04	27.0
12.00	911.7	211.0	2558.99	27.0	851.7	210.9	2558.98	27.0	1021.7	211.1	2558.98	27.0	881.7	210.9	2559.09	27.0	627.7	210.7	2559.16	27.0	608.7	210.7	2559.12	27.0
13.00	911.7	211.0	2559.12	27.0	851.7	210.9	2559.10	27.0	1021.7	211.1	2559.13	27.0	881.7	210.9	2559.22	27.0	627.7	210.7	2559.24	27.0	608.7	210.7	2559.19	27.0
14.00	911.7	211.0	2559.26	27.0	851.7	210.9	2559.23	27.0	1021.7	211.1	2559.29	27.0	881.7	210.9	2559.35	27.0	627.7	210.7	2559.32	27.0	608.7	210.7	2559.27	27.0
15.00	911.7	211.0	2559.39	27.0	851.7	210.9	2559.35	27.0	1021.7	211.1	2559.44	27.0	881.7	210.9	2559.48	27.0	627.7	210.7	2559.40	27.0	608.7	210.7	2559.35	27.0
16.00	911.7	211.0	2559.53	27.0	851.7	210.9	2559.47	27.0	1021.7	211.1	2559.60	27.0	881.7	210.9	2559.61	27.0	627.7	210.7	2559.48	27.0	608.7	210.7	2559.42	27.0
17.00	911.7	211.0	2559.66	27.0	851.7	210.9	2559.60	27.0	1021.7	211.1	2559.76	27.0	881.7	262.3	2559.72	33.6	627.7	210.7	2559.56	27.0	608.7	210.7	2559.50	27.0
18.00	911.7	359.5	2559.77	46.0	851.7	210.9	2559.72	27.0	1021.7	584.3	2559.84	74.7	881.7	640.0	2559.77	81.9	627.7	210.7	2559.64	27.0	608.7	210.7	2559.58	27.0
19.00	911.7	910.2	2559.77	116.5	851.7	698.2	2559.75	89.4	1021.7	1199.0	2559.81	153.3	881.7	1134.0	2559.72	145.1	627.7	925.4	2559.59	118.6	608.7	847.8	2559.53	108.7
20.00	911.7	1304.0	2559.69	166.9	851.7	1196.4	2559.68	153.2	1021.7	1548.2	2559.71	198.0	881.7	1322.0	2559.64	169.2	627.7	925.4	2559.53	118.6	608.7	847.8	2559.48	108.7
21.00	911.7	1420.5	2559.59	181.8	851.7	1348.3	2559.59	172.6	1021.7	1548.2	2559.60	198.0	881.7	1322.0	2559.55	169.2	627.7	925.4	2559.47	118.6	608.7	847.8	2559.44	108.7
22.00	911.7	1420.5	2559.50	181.8	851.7	1348.3	2559.49	172.6	1021.7	1548.2	2559.50	198.0	881.7	1322.0	2559.47	169.2	627.7	925.4	2559.41	118.6	608.7	847.8	2559.39	108.7
23.00	911.7	1420.5	2559.40	181.8	851.7	1348.3	2559.40	172.6	1021.7	1548.2	2559.40	198.0	881.7	1322.0	2559.38	169.2	627.7	925.4	2559.36	118.6	608.7	847.8	2559.35	108.7
24.00	911.7	1420.5	2559.30	181.8	851.7	1348.3	2559.30	172.6	1021.7	1548.2	2559.30	198.0	881.7	1322.0	2559.30	169.2	627.7	925.4	2559.30	118.6	608.7	847.8	2559.30	108.7

牙根二级水电站日调节运行时逐时发电流量及机组出力情况表（枯水年，与两河口联合运行）

表 2.9-7

时段	1 月				2 月				3 月				4 月				5 月				6 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)
1.00	567.2	781.2	2559.46	100.1	581.8	864.9	2559.44	110.8	620.8	946.6	2559.43	121.3	660.8	1037.5	2559.42	132.9	703.8	1120.2	2559.41	143.5	386.4	555.4	2559.46	71.2
2.00	567.2	781.2	2559.42	100.1	581.8	864.9	2559.39	110.8	620.8	946.6	2559.37	121.3	660.8	1037.5	2559.35	132.9	703.8	1120.2	2559.33	143.5	386.4	555.4	2559.43	71.2
3.00	567.2	781.2	2559.38	100.1	581.8	864.9	2559.33	110.8	620.8	946.6	2559.31	121.3	660.8	1037.5	2559.28	132.9	703.8	1120.2	2559.25	143.5	386.4	555.4	2559.40	71.2
4.00	567.2	781.2	2559.33	100.1	581.8	864.9	2559.28	110.8	620.8	946.6	2559.24	121.3	660.8	1037.5	2559.20	132.9	703.8	1120.2	2559.17	143.5	386.4	555.4	2559.37	71.2
5.00	567.2	781.2	2559.29	100.1	581.8	864.9	2559.22	110.8	620.8	946.6	2559.18	121.3	660.8	1037.5	2559.13	132.9	703.8	1120.2	2559.09	143.5	386.4	555.4	2559.33	71.2
6.00	567.2	781.2	2559.25	100.1	581.8	864.9	2559.17	110.8	620.8	946.6	2559.12	121.3	660.8	1037.5	2559.06	132.9	703.8	1120.2	2559.01	143.5	386.4	555.4	2559.30	71.2
7.00	567.2	781.2	2559.21	100.1	581.8	864.9	2559.11	110.8	620.8	946.6	2559.06	121.3	660.8	1037.5	2558.99	132.9	703.8	1120.2	2558.93	143.5	386.4	554.4	2559.27	71.1
8.00	567.2	781.2	2559.17	100.1	581.8	864.9	2559.06	110.8	620.8	946.6	2558.99	121.3	660.8	846.1	2558.95	108.4	703.8	867.2	2558.90	111.1	386.4	404.0	2559.26	51.8
9.00	567.2	781.2	2559.13	100.1	581.8	455.4	2559.08	58.4	620.8	310.9	2559.05	39.8	660.8	210.7	2559.04	27.0	703.8	260.8	2558.99	33.4	386.4	210.5	2559.30	27.0
10.00	567.2	210.7	2559.20	27.0	581.8	210.7	2559.15	27.0	620.8	210.7	2559.13	27.0	660.8	210.7	2559.12	27.0	703.8	210.8	2559.08	27.0	386.4	210.5	2559.33	27.0
11.00	567.2	210.7	2559.27	27.0	581.8	210.7	2559.23	27.0	620.8	210.7	2559.21	27.0	660.8	210.7	2559.21	27.0	703.8	210.8	2559.18	27.0	386.4	210.5	2559.37	27.0
12.00	567.2	210.7	2559.33	27.0	581.8	210.7	2559.30	27.0	620.8	210.7	2559.29	27.0	660.8	210.7	2559.30	27.0	703.8	210.8	2559.27	27.0	386.4	210.5	2559.40	27.0
13.00	567.2	210.7	2559.40	27.0	581.8	210.7	2559.37	27.0	620.8	210.7	2559.37	27.0	660.8	210.7	2559.38	27.0	703.8	210.8	2559.37	27.0	386.4	210.5	2559.43	27.0
14.00	567.2	210.7	2559.47	27.0	581.8	210.7	2559.44	27.0	620.8	210.7	2559.45	27.0	660.8	210.7	2559.47	27.0	703.8	210.8	2559.46	27.0	386.4	210.5	2559.47	27.0
15.00	567.2	210.7	2559.54	27.0	581.8	210.7	2559.51	27.0	620.8	210.7	2559.53	27.0	660.8	210.7	2559.56	27.0	703.8	210.8	2559.56	27.0	386.4	210.5	2559.50	27.0
16.00	567.2	210.7	2559.61	27.0	581.8	210.7	2559.58	27.0	620.8	210.7	2559.61	27.0	660.8	210.7	2559.64	27.0	703.8	210.8	2559.65	27.0	386.4	210.5	2559.54	27.0
17.00	567.2	210.7	2559.68	27.0	581.8	210.7	2559.66	27.0	620.8	210.7	2559.69	27.0	660.8	210.7	2559.73	27.0	703.8	210.8	2559.75	27.0	386.4	210.5	2559.57	27.0
18.00	567.2	210.7	2559.75	27.0	581.8	210.7	2559.73	27.0	620.8	210.7	2559.76	27.0	660.8	210.7	2559.82	27.0	703.8	210.8	2559.84	27.0	386.4	210.5	2559.60	27.0
19.00	567.2	781.2	2559.71	100.1	581.8	370.0	2559.77	47.4	620.8	386.1	2559.81	49.5	660.8	490.6	2559.85	62.9	703.8	560.9	2559.87	71.9	386.4	210.5	2559.64	27.0
20.00	567.2	781.2	2559.66	100.1	581.8	864.9	2559.71	110.8	620.8	946.6	2559.75	121.3	660.8	1003.0	2559.79	128.5	703.8	982.0	2559.82	125.8	386.4	444.1	2559.63	57.0
21.00	567.2	781.2	2559.62	100.1	581.8	864.9	2559.66	110.8	620.8	946.6	2559.68	121.3	660.8	1037.5	2559.71	132.9	703.8	1120.2	2559.74	143.5	386.4	555.4	2559.59	71.2
22.00	567.2	781.2	2559.58	100.1	581.8	864.9	2559.60	110.8	620.8	946.6	2559.62	121.3	660.8	1037.5	2559.64	132.9	703.8	1120.2	2559.66	143.5	386.4	555.4	2559.56	71.2
23.00	567.2	781.2	2559.54	100.1	581.8	864.9	2559.55	110.8	620.8	946.6	2559.56	121.3	660.8	1037.5	2559.57	132.9	703.8	1120.2	2559.58	143.5	386.4	555.4	2559.53	71.2
24.00	567.2	781.2	2559.50	100.1	581.8	864.9	2559.50	110.8	620.8	946.6	2559.50	121.3	660.8	1037.5	2559.49	132.9	703.8	1120.2	2559.50	143.5	386.4	555.4	2559.50	71.2

时段	7 月				8 月				9 月				10 月				11 月				12 月			
	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力	入库流量	出库流量	时段末水位	出力
	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)	(m^3/s)	(m^3/s)	(m)	(万 kw)
1.00	466.4	688.8	2559.45	88.3	576.4	906.7	2559.43	116.2	443.4	621.4	2559.46	79.7	469.4	656.6	2559.46	84.2	573.1	831.9	2559.45	106.6	557.4	767.0	2559.46	98.3
2.00	466.4	688.8	2559.41	88.3	576.4	906.7	2559.37	116.2	443.4	621.4	2559.43	79.7	469.4	656.6	2559.43	84.2	573.1	831.9	2559.40	106.6	557.4	767.0	2559.42	98.3
3.00	466.4	688.8	2559.37	88.3	576.4	906.7	2559.30	116.2	443.4	621.4	2559.40	79.7	469.4	656.6	2559.39	84.2	573.1	831.9	2559.35	106.6	557.4	767.0	2559.38	98.3
4.00	466.4	688.8	2559.32	88.3	576.4	906.7	2559.24	116.2	443.4	621.4	2559.36	79.7	469.4	656.6	2559.35	84.2	573.1	831.9	2559.30	106.6	557.4	767.0	2559.34	98.3
5.00	466.4	688.8	2559.28	88.3	576.4	906.7	2559.18	116.2	443.4	621.4	2559.33	79.7	469.4	656.6	2559.32	84.2	573.1	831.9	2559.25	106.6	557.4	767.0	2559.30	98.3
6.00	466.4	688.8	2559.24	88.3	576.4	906.7	2559.11	116.2	443.4	621.4	2559.29	79.7	469.4	656.6	2559.28	84.2	573.1	831.9	2559.20	106.6	557.4	767.0	2559.26	98.3
7.00	466.4	688.8	2559.20	88.3	576.4	906.7	2559.05	116.2	443.4	621.4	2559.26	79.7	469.4	656.6	2559.25	84.2	573.1	831.9	2559.15	106.6	557.4	767.0	2559.22	98.3
8.00	466.4	512.8	2559.19	65.7	576.4	740.6	2559.02	94.9	443.4	600.0	2559.23	76.9	469.4	646.8	2559.21	82.9	573.1	831.9	2559.10	106.6	557.4	767.0	2559.18	98.3
9.00	466.4	210.6	2559.24	27.0	576.4	210.7	2559.09	27.0	443.4	210.6	2559.27	27.0	469.4	210.6	2559.26	27.0	573.1	210.7	2559.17	27.0	557.4	744.3	2559.14	95.4
10.00	466.4	210.6	2559.28	27.0	576.4	210.7	2559.16	27.0	443.4	210.6	2559.32	27.0	469.4	210.6	2559.31	27.0	573.1	210.7	2559.24	27.0	557.4	210.6	2559.21	27.0
11.00	466.4	210.6	2559.33	27.0	576.4	210.7	2559.23	27.0	443.4	210.6	2559.36	27.0	469.4	210.6	2559.36	27.0	573.1	210.7	2559.31	27.0	557.4	210.6	2559.27	27.0
12.00	466.4	210.6	2559.38	27.0	576.4	210.7	2559.30	27.0	443.4	210.6	2559.41	27.0	469.4	210.6	2559.41	27.0	573.1	210.7	2559.38	27.0	557.4	210.6	2559.34	27.0

13.00	466.4	210.6	2559.43	27.0	576.4	210.7	2559.37	27.0	443.4	210.6	2559.45	27.0	469.4	210.6	2559.46	27.0	573.1	210.7	2559.45	27.0	557.4	210.6	2559.41	27.0
14.00	466.4	210.6	2559.48	27.0	576.4	210.7	2559.44	27.0	443.4	210.6	2559.50	27.0	469.4	210.6	2559.51	27.0	573.1	210.7	2559.52	27.0	557.4	210.6	2559.47	27.0
15.00	466.4	210.6	2559.53	27.0	576.4	210.7	2559.51	27.0	443.4	210.6	2559.54	27.0	469.4	210.6	2559.56	27.0	573.1	210.7	2559.59	27.0	557.4	210.6	2559.54	27.0
16.00	466.4	210.6	2559.58	27.0	576.4	210.7	2559.58	27.0	443.4	210.6	2559.59	27.0	469.4	210.6	2559.61	27.0	573.1	210.7	2559.66	27.0	557.4	210.6	2559.61	27.0
17.00	466.4	210.6	2559.63	27.0	576.4	210.7	2559.65	27.0	443.4	210.6	2559.63	27.0	469.4	210.6	2559.66	27.0	573.1	210.7	2559.73	27.0	557.4	210.6	2559.68	27.0
18.00	466.4	210.6	2559.68	27.0	576.4	210.7	2559.72	27.0	443.4	210.6	2559.68	27.0	469.4	210.6	2559.71	27.0	573.1	210.7	2559.80	27.0	557.4	210.6	2559.74	27.0
19.00	466.4	410.0	2559.69	52.6	576.4	257.3	2559.79	33.0	443.4	479.4	2559.67	61.5	469.4	633.3	2559.68	81.2	573.1	831.9	2559.75	106.6	557.4	767.0	2559.70	98.3
20.00	466.4	588.6	2559.67	75.5	576.4	755.0	2559.75	96.8	443.4	621.4	2559.64	79.7	469.4	656.6	2559.64	84.2	573.1	831.9	2559.70	106.6	557.4	767.0	2559.66	98.3
21.00	466.4	688.8	2559.62	88.3	576.4	906.7	2559.69	116.2	443.4	621.4	2559.60	79.7	469.4	656.6	2559.61	84.2	573.1	831.9	2559.65	106.6	557.4	767.0	2559.62	98.3
22.00	466.4	688.8	2559.58	88.3	576.4	906.7	2559.62	116.2	443.4	621.4	2559.57	79.7	469.4	656.6	2559.57	84.2	573.1	831.9	2559.60	106.6	557.4	767.0	2559.58	98.3
23.00	466.4	688.8	2559.54	88.3	576.4	906.7	2559.56	116.2	443.4	621.4	2559.53	79.7	469.4	656.6	2559.54	84.2	573.1	831.9	2559.55	106.6	557.4	767.0	2559.54	98.3
24.00	466.4	688.8	2559.50	88.3	576.4	906.7	2559.50	116.2	443.4	621.4	2559.50	79.7	469.4	656.6	2559.50	84.2	573.1	831.9	2559.50	106.6	557.4	767.0	2559.50	98.3

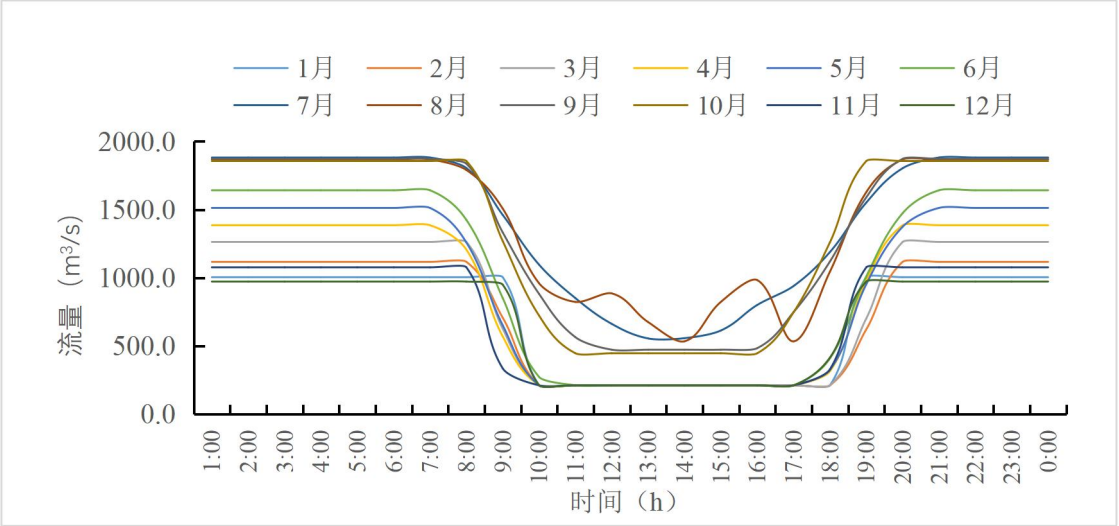


图 2.9-3　牙根二级水电站日调节运行时逐时出库流量（丰水年，与两河口联合运行）

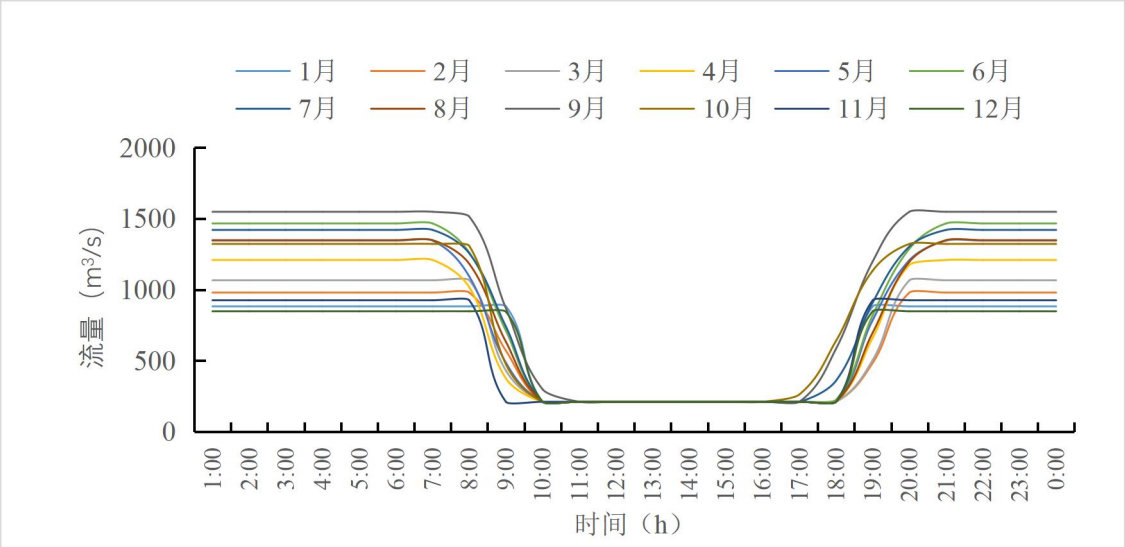


图 2.9-4　牙根二级水电站日调节运行时逐时出库流量（平水年，与两河口联合运行）

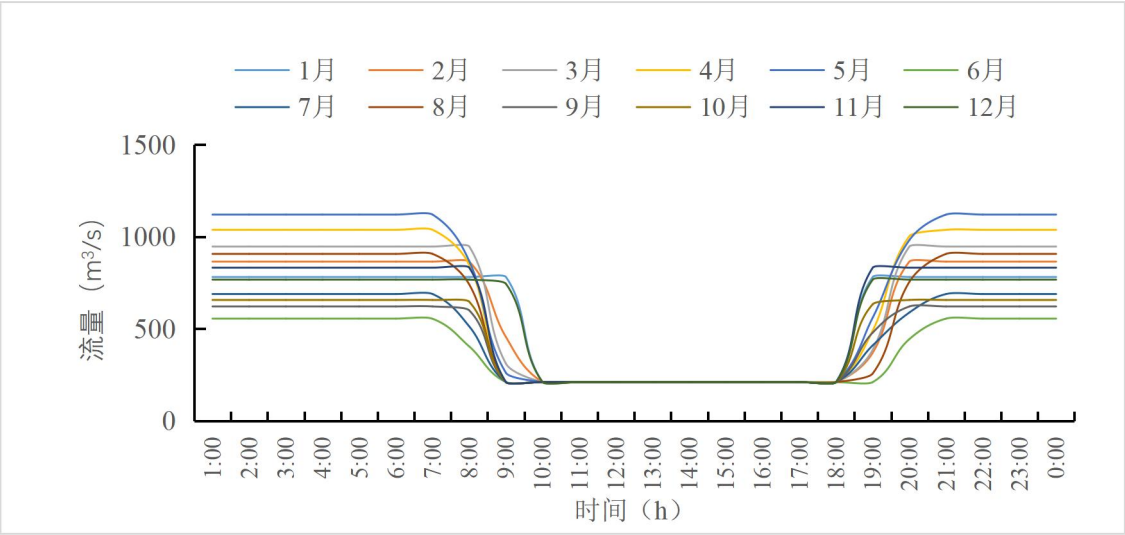


图 2.9-5　牙根二级水电站日调节运行时逐时出库流量（枯水年，与两河口联合运行）

(3)生态调度

工程正常运行时，一般用水期下泄生态流量不低于 119.8m³/s、鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m³/s，一般情况下通过机组发电泄放生态流量，特殊工况情况下通过开启深孔或者表孔下泄生态流量。结合雅砻江中游各电站已批复生态调度方案，从流域联合调度角度，充分考虑牙根二级坝下鱼类敏感期需求，牙根二级水电站生态调度方案如下：在每年鱼类主要繁殖期(4~7 月)每月开展 7~10d 的生态调度，生态调度期间，牙根二级利用其调节库容，尽量均化出库流量过程，坝下河段日内水位波动以维持或减缓上游梯级影响为宜，控制坝下力丘河汇口下游产卵场日内水位变幅不超过 0.88m。

2.10 工程投资

工程静态总投资 263.49 亿元。

3 工程分析

3.1 工程与相关环境保护政策和规划的符合性分析

3.1.1 与产业政策的符合性分析

牙根二级水电站装机容量2400MW，为大型水电工程，属于《产业结构调整指导目录(2024年本)》第一类（鼓励类）中的“四、电力”中的大中型水力发电及抽水蓄能电站，符合国家宏观产业政策。

3.1.2 与相关法律法规的符合性分析

3.1.2.1 与《中华人民共和国生态环境法典》的符合性分析

2026年3月12日，第十四届全国人民代表大会第四次会议通过《中华人民共和国生态环境法典》，本工程与该法典的符合性分析见下表，根据分析结果，牙根二级水电站工程建设与《中华人民共和国生态环境法典》要求相符合。

牙根二级水电站与《中华人民共和国生态环境法典》的符合性分析表

表 3.1-1

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
1	《中华人民共和国生态环境法典》	**总则**	**第九条** 企业事业单位和其他生产经营者应当采取有效措施，防止、减少环境污染和生态破坏，节约集约利用资源，控制温室气体排放，履行绿色低碳发展义务，并对所造成的损害依法承担责任。 **第四十条** 开发利用自然资源，应当合理开发，节约集约，高效利用，防止污染环境、破坏生态，减少温室气体排放，依法制定有关生态环境保护的方案并予以实施。 **第六十条** ……开发利用自然资源或者从事影响生态环境的建设活动，应当严守生态保护红线，不得造成生态环境的损害…… **第一百二十一条** 企业事业单位和其他生产经营者应当依法完善突发生态环境事件风险防控措施，开展隐患排查，及时消除隐患……	环评全程参与工程方案的拟定与比选，在保障工程安全的前提下，选择环境影响相对较小的方案，工程弃渣优先回采利用以及用于场地平整，尽可能减少弃渣量，进一步节约了占地，降低了弃渣可能带来的土地资源与生态影响。 采用封闭式砂石加工和混凝土生产系统、喷淋系统、降噪材料等绿色施工工艺和设备，从源头降低工程不利环境影响； 针对工程建设和运行仍然存在的不利环境影响，制定了系统的生态保护与污染防治措施，减缓环境影响并进行生态修复和补偿；针对工程生态环境风险，制定了环境风险防范措施及应急预案、生态风险防范措施及预案	符合

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
		污染防治	**第一百五十条** 排放污染物的单位和个人，应当采取有效措施，防治在生产、生活和其他活动中产生的大气污染、水污染、海洋污染、土壤污染、固体废物污染、噪声污染、放射性污染，以及化学物质污染、电磁辐射污染、光污染等环境污染。 **第一百五十一条** 排放污染物，应当符合污染物排放标准、重点污染物排放总量控制指标、排污许可管理和有关法律、法规、规章的要求。 **第一百六十二条** 建设项目中的污染防治设施，应当与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用…… **第二百一十七条** 钢铁、建材、有色金属、石油、化工、制药、矿产开采企业和其他工业生产企业，应当加强精细化管理，采取集中收集处理等措施，严格控制粉尘和气态污染物的排放。工业生产企业应当采取密闭、围挡、遮盖、清扫、洒水等措施，减少内部物料的堆存、传输、装卸等环节产生的粉尘和气态污染物的排放。 **第二百二十条** 重型货车使用较多的重点用车单位应当按照国家规定，将运输及装卸环节排放管理纳入单位污染防治责任制度，加强重型货车大气污染防治	针对工程可能造成的环境污染影响，制定了系统的污染防治措施，提出了后续运行维护及“三同时”管理要求，以维护工程区域现有大气、水、土壤及声环境功能。具体污染防治措施包括，采用清污分流、再生水回用、施工废污水处理等施工废污水防治措施；源头控制、分区防渗等地下水污染防治措施；源头控制、表土剥离及回用等土壤环境污染防治措施；封闭式砂石加工和混凝土生产系统、湿法作业、除尘器和喷淋除尘、易起尘堆料覆盖等大气污染防治措施；振动大的设备配备使用减振坐垫和隔声装置、设置声屏障、限制车速等噪声防治措施；生活垃圾分类收集后外运处理，建筑垃圾优先利用、不可利用部分统一运送至弃渣场，危险废物分类收集后于危废暂存间暂存、由有资质单位定期清运处理；各类施工场地避让了生态保护红线区域、永久基本农田集中区域等需要特别保护的区域	符合

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
1	《中华人民共和国生态环境法典》	**污染防治**	**第二百二十九条** 在用机动车、非道路移动机械等排放大气污染物超过标准的，应当进行维修；经维修或者采用污染控制技术后，大气污染物排放仍不符合国家排放标准的，应当强制报废。其所有人应当将机动车、非道路移动机械等交售给报废回收拆解企业，由报废回收拆解企业按照国家规定进行登记、拆解、销毁等处理。国家鼓励、支持高排放机动车船、非道路移动机械等提前报废。 **第二百四十一条** 运输煤炭、垃圾、渣土、砂石、土方、灰浆等散装、流体物料的车辆和船舶应当采取密闭或者其他有效措施防止物料遗撒造成扬尘污染，并按照规定路线行驶。装卸物料应当采取密闭或者喷淋等方式防治扬尘污染…… **第二百四十三条** 贮存煤炭、煤矸石、煤渣、煤灰、水泥、石灰、石膏、砂土、铁矿石等易产生扬尘的物料应当密闭；不能密闭的，应当设置不低于堆放物高度的严密围挡，并采取有效覆盖措施防治扬尘污染…… **第二百七十九条** 禁止向水体排放油类、酸液、碱液、剧毒废液。禁止在水体清洗装贮过油类或者有毒有害污染物的车辆和容器。 **第二百八十二条** 禁止向水体排放、倾倒工业废渣、城镇垃圾和其他废弃物…… **第二百八十七条** ……加油站、采油厂等的地下油罐应当使用双层罐或者采取建造防渗池等其他有效措施，并进行防渗漏监测，防止地下水污染…… **第二百八十九条** 建设地下工程设施或者进行地下勘探、采矿等活动，应当采取防护措施，防止地下水污染…… **第二百九十一条** 可能发生水污染事故的企业事业单位，应当制定有关水污染事故的应急预案，做好应急准备，并定期进行演练。 生产、储存危险化学品的企业事业单位，应当采取封堵、围挡、转移等措施，防止在处理安全生产事故过程中产生的可能严重污染水体的消防废物直接排入水体。 **第二百九十八条** 排放工业废水的企业应当采取有效措施，收集和处理产生的全部废水，防止污染环境…… **第三百条** 企业应当采用原材料利用效率高、污染物排放量少的清洁工艺，并加强管理，减少水污染物的产生。 **第三百九十七条。**土地使用权人从事土地开发利用活动，企业事业单位和其他生产经营者从事生产经营活动，应当采取有效措施，防止、减少土壤污染，对所造成的土壤污染依法承担责任		符合

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
1	《中华人民共和国生态环境法典》	**污染防治**	**第四百一十二条** 生产、贮存、运输、使用、回收、处置、排放有毒有害物质的单位和个人，应当采取有效措施，防止有毒有害物质渗漏、流失、扬散，避免土壤受到污染 **第四百一十五条** 企业事业单位和其他生产经营者拆除设施、设备或者建筑物、构筑物的，应当采取相应的土壤污染防治措施…… **第四百一十九条** 建设和运行污水集中处理设施、固体废物处置设施，应当依照法律法规规定和相关标准的要求，采取有效措施防止土壤污染…… **第四百二十八条** 对开发建设过程中剥离的表土，应当单独收集和存放，符合条件的应当优先用于土地复垦、土壤改良、造地和绿化等…… **第四百六十七条** ……任何单位和个人都应当采取有效措施，减少固体废物的产生量，促进固体废物的综合利用，降低固体废物的危害性。 **第四百六十八条** 产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和个人，应当采取有效措施，防止或者减少固体废物污染，对所造成的污染依法承担责任…… **第四百七十五条** 产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和其他生产经营者，应当采取防扬散、防流失、防渗漏或者其他防止污染环境的措施，不得擅自倾倒、堆放、丢弃、抛撒、遗撒或者焚烧固体废物。 **第四百八十条** 收集、贮存、运输、利用、处置固体废物的单位和其他生产经营者，应当加强对相关设施、设备和场所的管理和维护，保证其正常运行和使用。 **第四百八十一条** 在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域，禁止建设工业固体废物、建筑垃圾、危险废物集中贮存、利用、处置的设施、场所和生活垃圾填埋场。 **第四百八十九条** 产生工业固体废物的单位应当建立健全工业固体废物产生、收集、贮存、运输、利用、处置全过程的污染防治责任制度，建立工业固体废物管理台账，如实记录产生工业固体废物的种类、数量、流向、贮存、利用、处置等信息，实现工业固体废物可追溯、可查询，并采取防治工业固体废物污染的措施。禁止向生活垃圾收集设施中投放工业固体废物		符合

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
1	《中华人民共和国生态环境法典》	**污染防治**	**第四百九十四条** 产生工业固体废物的单位应当根据经济、技术条件对工业固体废物加以利用；对暂时不利用或者不能利用的，应当按照国务院生态环境等有关部门的规定建设贮存设施、场所，安全分类存放，或者采取无害化处置措施。贮存工业固体废物应当采取符合国家生态环境保护标准的防护措施。建设工业固体废物贮存、处置的设施、场所，应当符合国家生态环境保护标准。 **第五百零六条** 产生生活垃圾的单位、家庭和个人应当依法履行生活垃圾源头减量和分类投放义务，承担生活垃圾产生者责任。任何单位和个人都应当依法在指定的地点分类投放生活垃圾。禁止随意倾倒、堆放、丢弃、抛撒、遗撒或者焚烧生活垃圾……已经分类投放的生活垃圾，应当按照规定分类收集、分类运输、分类处理 **第五百一十四条** ……产生、收集厨余垃圾的单位和其他生产经营者，应当将厨余垃圾交由具备相应资质条件的单位进行无害化处理。 **第五百一十七条** 建筑工程应当采用有利于保护生态环境的建筑设计方案、建筑材料和装修材料、建筑构配件及设备，减少建筑垃圾的产生…… **第五百一十八条** ……任何单位和个人不得擅自倾倒、堆放、丢弃、抛撒、遗撒或者焚烧建筑垃圾。 **第五百三十三条** 产生危险废物的单位，应当按照国家规定和生态环境保护标准的要求贮存、利用、处置危险废物。任何单位和个人不得擅自倾倒、堆放、丢弃、抛撒、遗撒或者焚烧危险废物。 **第五百三十四条** ……禁止将危险废物提供或者委托给无许可证的单位和个人从事收集、贮存、利用、处置活动。 **第五百三十五条** 收集、贮存危险废物，应当按照危险废物特性分类进行。禁止混合收集、贮存、运输或者处置性质不相容而未经安全性处置的危险废物。贮存危险废物应当采取符合国家生态环境保护标准的防护措施。禁止将危险废物混入非危险废物中贮存。 **第五百六十七条** 排放工业噪声的企业事业单位和其他生产经营者，应当采取有效措施，减少振动、降低噪声		符合

编号	法律法规			符合性分析	
	名称	相关要求		分析过程	结论
1	《中华人民共和国生态环境法典》	**生态保护**	**第七百四十八条** ……重要江河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，保证江河湖泊生态流量和生态水位。 **第七百六十六条** 国家对永久基本农田实行特殊保护。永久基本农田经依法划定后，任何单位和个人不得擅自占用或者改变其用途。 **第七百六十八条** ……建设项目使用土地的，应当节约集约利用土地，严格遵守生态环境保护要求，防止污染环境、破坏生态。 **第七百六十九条** 依照法律、行政法规的规定申请临时用地的，应当尽量不占或者少占耕地、避让永久基本农田，不得修建永久性建筑物。临时用地确需占用耕地的，应当按照规定恢复种植条件。 **第七百九十一条** 开发、利用水资源，应当维护水体的生态功能，防止对水生态造成破坏。开发、利用水资源，应当优先满足城乡居民生活用水，保障基本生态用水、粮食安全用水，并统筹农业、工业、生态修复用水以及航运等需要。水工程应当加强水生生物保护，合理制定调度规程，在确保防洪、供水安全的前提下，开展适宜水生生物生长繁育需求的生态调度。 **第八百一十六条** ……机场、铁路、公路、航道、水利水电、风电、光伏发电、围堰、填海、围海等建设项目的选址选线，应当避让野生动物重要栖息地、迁徙洄游通道；确实无法避让的，应当采取修建野生动物通道、过鱼设施等措施，消除或者减少对野生动物的不利影响。 **第八百三十五条** 各级野生植物保护主管部门和有关单位对生长受到威胁的国家重点保护野生植物和地方重点保护野生植物应当采取拯救措施，恢复其生长环境，必要时应当采取迁地保护、建立种质资源库和野外回归等措施。 **第八百四十四条** ……任何单位和个人不得违反《中华人民共和国生物安全法》《中华人民共和国野生动物保护法》等法律法规的规定，擅自引进、释放或者丢弃外来物种。	1、2023 年 9 月，国家能源局印发了《雅砻江流域水风光一体化基地规划》的通知(国能发新能〔2023〕61 号)，提出“雅砻江是我国重要的水电基地，流域水风光资源丰富，一体化开发基础优越，具备先行先试的条件。”2026 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》中第二篇第七章第二节提出“深入实施能源安全战略，加快构建清洁低碳安全高效的新能源体系，建设能源强国，…安全有序推进雅砻江、金沙江上游…等流域水风光一体化基地建设…”。因此，已经获批的雅砻江流域水风光一体化基地规划属于党中央、国务院明确支持的重大建设项目。 牙根二级水电站为雅砻江流域水风光一体化基地规划的重要组成部分，其建设开发可提高再生能源系统比例，推动能源高质量发展，具有较大的碳减排效益，《雅砻江中游水电规划调整报告》（对牙根二级、楞古两级水电站坝址、开发方式、建设规模等进行优化调整）已取得四川省人民政府批复，牙根二级水电站占用永久基本农田，主要是库区淹没及迁建集镇占用，鉴于工程属于雅砻江流域水风光一体化基地规划的重大水电建设项目，满足《永久基本农田保护红线管理办法》的可占用项目。后续建设单位将按照建设用地审批程序，到国家及四川省自然资源主管部门、项目涉及的各市县自然资源主管部门办理相关用地手续，并按照自然资源管理部门的要求编制土地利用总体规划局部调整方案和农用地转用计划并采用委托方式实施耕地占补平衡。 2、针对工程施工取水、初期蓄水及运行对水生生态的影响，制定了生态流量、生态调度、鱼类栖息地保护、过鱼、施工及运行管理等水生生态保护措施，以保障下游河段用水需求，减缓工程对水生生态的影响。 3、陆生生态保护措施主要包括优化工程施工方案、表层土收集等，减少工程扰动范围和面积，以减缓工程建设对区域生态环境的影响。施工结束后分区对占地区域进行陆生生态修复。通过加强施工管理和宣教，建立生态破坏惩罚制度，严禁捕猎野生动物和乱砍树木；工程施工过程中发现珍稀保护动植物，及时采取移栽等有效保护措施；施工和蓄水期间加强野生动物救护。 为减小牙根二级水电工程对五小叶槭植物的影响，协调好工程和珍稀保护植物的关系，环境影响报告书提出了以下保护措施：①原生境保护五小叶槭 413 株，其中木灰村 124 株，唐岗村 78 株，茨卡村 211 株；②就近移栽 1356 株成树、幼树和至少 1173 株幼苗，其中木灰村移栽接受 656 株，唐岗村移栽接受 350 株，霍曲河口移栽接受 350 株；③对影响的 1714 株成树、幼树进行采种保存；④建立繁育苗圃 20 亩，其中木灰村 12 亩，霍曲河口 8 亩，并人工扩繁和野外回归至少 20785 株五小叶槭幼苗，营造不少于 3.1km^2 的五小叶槭适宜生境。⑤加强五小叶槭监测、科学研究。	符合

编号	法律法规		符合性分析	
	名称	相关要求	分析过程	结论
			4、为防控外来物种，制定了外来入侵物种防治措施	

3.1.2.2 与《中华人民共和国水法》的符合性分析

《中华人民共和国水法》第二十一条规定：“开发、利用水资源，应当首先满足城乡居民生活用水，并兼顾农业、工业、生态环境用水以及航运等需要”；第二十六条规定：“国家鼓励开发、利用水能资源。在水能丰富的河流，应当有计划地进行多目标梯级开发。建设水力发电站，应当保护生态环境，兼顾防洪、供水、灌溉、航运、……等方面的需要”。

环境影响评价工作中，已充分考虑下游“城乡居民生活用水，并兼顾农业、工业、生态环境用水以及航运等需要”，开展生态流量计算分析，并明确提出初期蓄水及运行期下游生态流量要求；同时，为减缓工程建设对水生生态的影响，提出生态流量泄放、鱼类增殖放流、过鱼设施建设、管理与科研等保护措施。

因此，本工程建设与《中华人民共和国水法》要求相符合。

3.1.2.3 与《中华人民共和国长江保护法》的符合性分析

《中华人民共和国长江保护法》第二十三条明确提出：“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。”

对于水环境保护，第二十一条提出：“长江流域水质超标的水功能区，应当实施更严格的污染物排放总量削减要求。企业事业单位应当按照要求，采取污染物排放总量控制措施。”第三十一条提出：“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。”

对于水生生态保护，第五十三条提出：“加强长江流域禁捕执法工作，严厉查处电鱼、毒鱼、炸鱼等破坏渔业资源和生态环境的捕捞行为。在长江流域水生生物产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道等重要栖息地应当实施生态环境修复和其他保护措施。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。”

对于陆生生态保护，第五十七条提出：“长江流域县级以上地方人民政府林业和草原主管部门负责组织实施长江流域森林、草原、湿地修复计划，科学推进森林、草原、

湿地修复工作，加大退化天然林、草原和受损湿地修复力度。”

牙根二级水电站为一等大（1）型工程，目前正在开展可研设计工作，报国家发改委批准。牙根二级水电站在设计阶段开展生态流量论证，制定生态流量下泄方案，初步确定坝址非产卵期下泄不低于 119.8m^3/s（多年平均流量的 15.5%）、产卵期下泄不低于 154.5m^3/s（20%）的生态流量。针对本工程建设对鱼类等水生生物洄游阻隔影响，拟定了以栖息地保护为主，增殖放流、过鱼设施、生态调度、渔政管理为辅的综合保护方案。在陆生生态保护方面，拟定了植被和景观恢复方案、重点保护物种保护措施及施工期陆生生态保护与管控等措施。各类措施的落实能有效减缓工程建设带来的不利环境影响。

总体上，在切实做好生态环境保护的前提下，牙根二级水电站的建设符合《中华人民共和国长江保护法》相关条款要求。

3.1.2.4 与《中华人民共和国青藏高原生态保护法》符合性分析

青藏高原生态保护法从生态安全布局、生态保护修复、生态风险防控等方面对青藏高原的生态保护提出要求。

对于生态安全布局，第十七条提出：“青藏高原产业结构和布局应当与青藏高原生态系统和资源环境承载能力相适应。……在青藏高原新建、扩建产业项目应当符合区域主体功能定位和国家产业政策要求，严格执行自然资源开发、产业准入及退出规定。”

对于生态保护修复，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。”第三十二条提出：“国务院水行政主管部门和青藏高原省级人民政府应当采取有效措施，加强对三江源、祁连山黑河流域、金沙江和岷江上游、雅鲁藏布江以及金沙江、澜沧江、怒江三江并流地区等重要江河源头区和水土流失重点预防区、治理区，人口相对密集高原河谷区的水土流失防治。禁止在青藏高原水土流失严重、生态脆弱的区域开展可能造成水土流失的生产建设活动。确因国家发展战略和国计民生需要建设的，应当经科学论证，并依法办理审批手续，严格控制扰动范围。”

对于生态风险防控，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。”第三十九条提出：“……禁止在青藏高原采集或者采伐国家重点保护的天然种质资源。因科研、有害生物防治、自然灾害防治等需要采集或者采伐的，应当依法取得批准。”第四十条提出：“……任何单位和个人未经批准，不得擅自引进、释放或者丢弃外来物种。”

对于保障与监督，第四十五条提出：“国家支持在青藏高原因地制宜建设以风电、光伏发电、水电、水风光互补发电、光热、地热等清洁能源为主体的能源体系，加强清洁能源输送通道建设，推进能源绿色低碳转型。除保障居民用电和巩固边防需要外，禁止在青藏高原新建小水电项目。”

牙根二级水电站是雅砻江清洁能源基地重要组成部分，工程建设符合区域主体功能定位和国家产业政策要求，符合长江流域综合规划、雅砻江流域综合规划及其相关环评要求，作为清洁能源可助力于地方推进绿色低碳发展。工程属“川滇森林及生物多样性生态功能区”，从设计之初就贯彻“生态优先、绿色发展”理念，重视工程区生态环境的保护，开展了陆生生态和水生生态专题调查工作，为保护天然林、野生动植物、生物多样性及生态系统的完整性等，制定了一系列的生态保护措施，针对水生生态保护，拟定了以栖息地保护、过鱼、增殖放流等措施组成的综合保护方案；针对陆生生态保护，拟定了植被恢复和重点保护物种保护措施及其他施工期陆生生态保护与管控等措施。各类措施的落实能有效减缓工程建设带来的不利环境影响，施工期及运行期的环境监测计划能有效反映工程对周边环境影响的变化。同时，工程在设计阶段开展了水资源论证及生态流量专项研究，符合青藏高原生态保护法提出的“青藏高原水资源开发利用，应当充分发挥水资源的综合效益，保障用水安全和生态安全”等要求。

综上，在切实做好生态环境保护的前提下，牙根二级水电站的建设符合《中华人民共和国青藏高原生态保护法》相关条款要求。

3.1.3 与相关规划符合性分析

3.1.3.1 与国家及地方社会经济发展规划符合性分析

2026 年 3 月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》中第二篇第七章第二节提出“深入实施能源安全战略，加快构建清洁低碳安全高效的新能源体系，建设能源强国，…安全有序推进雅砻江、金沙江上游…等流域水风光一体化

基地建设…”。

2026 年 5 月发布的《四川省国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》中第八篇第二十八章第一节提出“推动金沙江上游、雅砻江、大渡河流域水风光一体化清洁能源基地规划建设…”。

牙根二级水电站为雅砻江流域水风光一体化基地规划的重要组成部分，为雅砻江中游水电规划调整推荐的“一库七级”开发方案中的第 3 级。工程为大型水电站，其建设开发可提高再生能源系统比例，推动能源高质量发展，具有较大的碳减排效益。符合国家、四川省国民经济和社会发展第十五个五年规划目标任务。

3.1.3.2 与《2030 年前碳达峰行动方案》的规划符合性分析

《2030 年前碳达峰行动方案》(国发〔2021〕23 号)明确提出“因地制宜开发水电”，具体为：“积极推进水电基地建设，推动金沙江上游、澜沧江上游、雅砻江中游、黄河上游等已纳入规划、符合生态保护要求的水电项目开工建设，……推动西南地区水电与风电、太阳能发电协同互补。统筹水电开发和生态保护，探索建立水能资源开发生态保护补偿机制。“十四五”、“十五五”期间分别新增水电装机容量 4000 万千瓦左右，西南地区以水电为主的可再生能源体系基本建立。”

牙根二级水电站是雅砻江水电基地的重要组成，电站无外部环境制约性因素，符合生态环保要求。牙根二级水电站装机容量 2400MW，每年可为四川省提供 86.45 亿 kWh 的“零碳电能”，可进一步推动四川“非化石能源替代”、“电能替代”以及节能减排。考虑返还两河口水电站增加电量效益的 50%后，可替代燃气电站发电量 88.03 亿 kWh，每年可节约天然气 20.86 亿 m^3，减少二氧化碳排放 451 万 t，按照等价值折算每年可节约标准煤 277 万 t，减排效应显著，为我国 2060 年实现“碳中和”目标发挥重要作用。

因此，牙根二级水电站符合《2030 年前碳达峰行动方案》要求。

3.1.3.3 与国土空间规划的符合性分析

(1)与《长江经济带—长江流域国土空间规划（2021—2035 年）》的符合性

《长江经济带—长江流域国土空间规划（2021—2035 年）》要求“统筹水电开发与生态保护，优化中西部水电资源开发利用布局，支持建设金沙江、雅砻江、大渡河、乌江等流域清洁能源基地”。同时提出“构建水生生物多样性保护网络”的要求，具体包括“严格管控洞庭湖、鄱阳湖等生物多样性保护优先区域。加大长江干流及雅砻江、岷江……等重要支流生态廊道建设空间保障，恢复水生生态通道及候鸟迁徙通道，保护长

江中下游水鸟栖息地，限制对生态系统有破坏性的开发建设活动。加强水陆统筹，强化水生生物索饵场、产卵场、越冬场、洄游通道、食物链及湿地、滨岸生态带的一体化保护。支持在金沙江、雅砻江、赤水河、大渡河、嘉陵江和长江干流宜宾至重庆段建立珍稀鱼类江河保护区域，……科学规范开展水生生物增殖放流。”同时提出“加强……雅砻江、大渡河、……等植被恢复、湿地保护修复”。

雅砻江水电基地是我国规划的十三大水电基地之一，牙根二级水电站是雅砻江中游水电调整规划的第 3 梯级，为降低不利环境影响，统筹水电开发与生态保护，牙根二级水电站通过修建过鱼设施、划定支流栖息地保护范围、生态调度及鱼类增殖放流等措施，恢复水生生态通道，保护鱼类适宜生境及恢复鱼类资源，形成完善的水生生态保护措施体系。同时为缓解工程建设对陆生生态的影响，通过采取生态恢复、动植物保护措施和水土保持措施等维持区域生物多样性保护功能、恢复水源涵养能力、控制水土流失。

综上，牙根二级水电站的建设符合《长江经济带—长江流域国土空间规划（2021—2035 年）》相关要求。

(2)与《四川省国土空间规划（2021-2035）年)》的符合性

《四川省国土空间规划(2021-2035 年)》将位于川西北、攀西和川东北地区，生态保护极重要区面积较大、生态功能突出、生态系统相对脆弱的 64 个县(市、区)确定为重点生态功能区。

《四川省国土空间规划(2021-2035 年)》提出“川西北生态示范区和攀西经济区以生态保育培育为重点，按照‘面上保育、点上培育’的要求，走‘守护＋展示’的新型发展道路。落实川西北生态示范区功能定位，严格保护各类生态空间，加强若尔盖湿地、沙鲁里山水源涵养区等生态功能重要区域的生态保护修复，全面提升区域生态服务功能”。

规划提出实施雅砻江中上游高原湿地水源涵养与高山生物多样性保护重大工程，……保护白唇鹿、黑颈鹤、藏野驴、狼、藏狐等珍稀野生动物核心生境构建生态廊道和生物多样性保护网络以连通青藏高原东缘小熊猫、白唇鹿等珍稀动物生态廊道。加强雅砻江流域森林、草原生态系统保育保护改善生态系统质量，在雅砻江中游实施石漠化、水土流失及沙化土地综合治理以提升流域水源涵养功能。规划提出积极建设清洁能源基地。科学有序开发水电，……有序推进金沙江、雅砻江、大渡河流域水风光一体化基地建设。落实耕地占补平衡，严格控制新增建设用地占用耕地，特别是优质耕地。确需占用的，严格实施耕地占补平衡制度。耕地占补平衡以县域自行平衡为主、省域内调

剂为辅、国家适度统筹为补充。

2025 年 8 月，雅江县自然资源和规划局出具了《关于牙根二级水电站建设征地用地与“三区三线”关系的复函》，经核实，项目不涉及占用“三区三线”划定成果中生态保护红线，涉及永久基本农田及城镇开发边界。

依据《四川省雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划报告》，工程占用 27.31hm^2 基本农田，后续建设单位将按照建设用地审批程序，到国家及四川省自然资源主管部门、项目涉及的各市、县自然资源主管部门办理相关用地手续，并将按照“占一补一”的原则，实施占补平衡。

同时，工程水库淹没范围涉及麻郎措镇城镇开发边界，已规划对麻郎措镇实施整体搬迁，集镇新址位于洛俄昔，新址规划用地面积约为 4.53hm^2，建成人口规模为 473 人，配套完善的道路交通、给排水工程、电力工程、通信工程、环卫设施工程及绿化景观工程，新址建成后，麻郎措镇原有集镇功能将得到恢复并有所提高。

牙根二级水电站所在的雅砻江中游属于重点建设的“三江”水电基地之一，在做好生态保护的前提下，积极进行水电开发，拟定合理的开发方案，切实做到生态优先、统筹考虑、适度开发的原则，且水电为清洁能源，也是区域具有优势的资源，牙根二级水电站建设对利用雅砻江中游丰富的水能资源、维护区域生态环境具有积极的意义。总体上，牙根二级水电站建设符合四川省国土空间规划。

3.1.3.4 与全国主体功能区划及生态功能区划的符合性分析

(1)与国家主体功能区规划的符合性分析

根据《全国主体功能区规划》，牙根二级水电站位于“川滇森林及生物多样性生态功能区”，属于限制开发区的重点生态功能区。其开发管制原则中提出：“开发矿产资源、发展适宜产业和建设基础设施，都要控制在尽可能小的空间范围之内，并做到天然草地、林地、水库水面、河流水面、湖泊水面等绿色生态空间面积不减少”。

《全国主体功能区规划》指出：“能源与资源开发的布局，对构建国土空间开发战略格局至关重要。能源基地和矿产资源基地以及水功能区的布局，应服从和服务于主体功能区规划确定的所在区域的主体功能定位，符合该主体功能区的发展方向和开发原则”。能源开发布局提出“重点在能源资源富集的山西、鄂尔多斯盆地、西南、东北和新疆等地区建设能源基地”，其中西南地区“以水电开发为主，……，建成以水电为主体的综合性能源输出地”。

牙根二级水电站是我国十三大水电基地雅砻江中游水电规划调整的第 3 个梯级，与《全国主体功能区规划》的能源开发布局总体上相符合。牙根二级水电站涉及四川省甘孜州雅江县，位于“川滇森林及生物多样性生态功能区”，属于限制开发的重点生态功能区，根据《全国主体功能区规划》的要求，“位于限制开发的重点生态功能区的能源基地和矿产资源基地建设，必须进行生态环境影响评估，尽可能减少对生态空间的占用，并同步修复生态环境”。本次环评工作结合国内权威科研单位开展的陆生生态和水生生态专题调查，对项目可能产生的不利生态影响进行了评估，并针对性地提出了可行的生态保护与恢复措施，以满足主体功能区规划的要求。

(2)与国家及地方生态功能区划的符合性分析

《全国生态功能区划》包括生态功能区 242 个，其中生态调节功能区 148 个，产品提供功能区 63 个，人居保障功能区 31 个。按生态功能分区单元划分，牙根二级水电站位于“生态调节功能区~生物多样性保护功能区~川西北水源涵养与生物多样性保护重要区”，其生态保护主要措施为：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。

根据《四川省生态功能区划》，牙根二级水电站属于“川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区——大雪山-沙鲁里山云杉冷杉林-高山灌丛-高山草甸生态亚区——雅砻江中游林牧业与土壤保持生态功能区”，其生态保护与发展方向为：保护森林和草原植被，保护生物多样性，巩固天然林保护和退耕还林成果。防治山地灾害和水土流失。科学发展林牧业，合理开发水力资源，禁止建设严重污染型的工业企业。

牙根二级水电站水库淹没、施工占地及移民安置过程将损坏或扰动部分植物和植被，对施工范围内的生态环境造成一定不利影响，并且增加水土流失，施工期产生的“三废”将对工程区环境产生一定不利影响。但是这些影响仅限于施工期和占地范围内，影响时间和影响范围较小。工程建设过程中，将切实贯彻“三同时”制度，及时恢复植被、加强水土流失防治，有效避免或减轻对环境的不利影响。

此外针对敏感保护物种五小叶槭开展了专项保护措施设计，包含原生境保护、迁地保护、

珍稀植物园设计及后期管理措施等。在采取上述保护措施后，能够有效减缓牙根二级水电工程对五小叶槭的影响，使五小叶槭遗传多样性得到有效保护，促进五小叶槭种群复壮。

因此，本工程与《全国生态功能区划》及《四川省生态功能区划》的有关要求不冲突。

3.1.3.5 与相关环境保护规划的符合性分析

(1)与《水污染防治行动计划》的符合性分析

2015 年 4 月国务院以“国发〔2015〕17 号”文发布了《水污染防治行动计划》。该计划以改善水环境质量为核心，按照“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”原则，贯彻“安全、清洁、健康”方针，强化源头控制，水陆统筹、河海兼顾，对江河湖海实施分流域、分区域、分阶段科学治理，系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理。坚持政府市场协同，注重改革创新；坚持全面依法推进，实行最严格环保制度；坚持落实各方责任，严格考核问责；坚持全民参与，推动节水洁水人人有责，形成“政府统领、企业施治、市场驱动、公众参与”的水污染防治新机制，实现环境效益、经济效益与社会效益多赢，为建设“蓝天常在、青山常在、绿水常在”的美丽中国而奋斗。

牙根二级水电站为生态型建设项目，工程施工期及运行期针对污废水均制定了有效的治理措施，污废水经处理后回用，禁止排入河道，同时加强施工监管，能够确保工程建设不会影响区域水环境质量。因此，本工程建设符合水污染防治行动计划的目标和要求。

(2)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》。规划提出：“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。开展河流梯级开发水生态修复研究，尽快开展长江水生态修复工作，加强过鱼设施建设，实施并优化梯级水库鱼类增殖放养措施”。

牙根二级水电站在生态流量制定的过程中，充分落实规划要求，确定电站下泄生态流量过程，其中非产卵期下泄不低于 119.8m^3/s（多年平均流量的 15.5%）、产卵期下泄不低于 154.5m^3/s（20%）的生态流量。同时工程提出实施过鱼措施、依托两河口增殖放流站实施鱼类增殖放流措施等。因此，本工程建设符合《长江经济带生态环境保护规划》的目标和要求。

(3)与《青藏高原区域生态建设与环境保护规划》的符合性分析

《青藏高原区域生态建设与环境保护规划（2011-2030 年）》规划范围包括西藏自治区全区、青海省全省，四川省阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州、凉山彝族自治州的 33 个县的全部或部分区域，云南省怒江州、迪庆州和丽江市的 9 个县。规划区分为生态安全保育区、城镇环境安全维护区、农牧业环境安全保障区及其他地区四个区。其中生态安全保育区又分为严格保护区域(国家级自然保护区、世界文化自然遗产地、国家级风景名胜区、国家森林和国家公园等)和重点生态功能区(其他区域)。重点生态功能区分为三江源草原草甸湿地生态功能区等 10 个生态功能区。

本工程所处区域属于重点生态功能区中的川滇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，继续实施天然林保护，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。

牙根二级水电站水库淹没、工程施工占地及移民安置过程将损坏或扰动部分植被和植物，对区域生态环境造成影响，但不会改变整个评价区生态系统的结构和稳定性。工程占地及水库淹没涉及国家二级保护植物五小叶槭，对其种群数量和原生境面积会造成一定影响。

牙根二级水电站工程建设过程中通过采取优化施工方案、保护库周天然林资源；通过相关的生产生活污水处理、除尘、降噪以及固体废弃物处理等措施，可以缓解工程建设对环境的影响。采取生态恢复、动植物保护措施和水土保持措施等维持区域生物多样性保护功能、恢复水源涵养能力、控制水土流失。开展五小叶槭保护措施专项设计，从避让、修复、管理、监测、科研等角度提出了完整的五小叶槭保护措施。通过原生境保护、种质资源收集保存、野生植株移栽迁地保护等措施，减少工程实施对五小叶槭野生植株个体的影响；通过人工扩繁、野外回归、生境营造、社区辅助管理等措施，促进五小叶槭种群遗传资源保护与种群复壮；通过提升移栽和栽培的管理技术并加强监测，动态掌握五小叶槭种群变化趋势，优化保护措施。

工程建设区地处雅砻江中游，行政区域涉及四川省甘孜州雅江县，经济发展较为落后，主要生产生活能源靠薪柴。牙根二级水电站工程建设将改变当地的能源结构，对区域生态环境的保护是有利的，并能有效减少区域水土流失。

综上，牙根二级水电站工程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。

(4)与《川西北生态示范区“十四五”发展规划》的符合性分析

2021 年 9 月，四川省人民政府发布了《川西北生态示范区“十四五”发展规划》，规划对其发展目标设定为：“到 2025 年，生态文明建设、生态产业发展、基本公共服务和社会治理达到更高水平，建成全国重点生态功能区生态保护和高质量发展的典范，为全国碳达峰、碳中和作出积极贡献”。“十四五”期间，川西北生态示范区将打造国家生态文明建设示范区、国际生态文化旅游目的地、现代高原特色农牧业基地、国家重要清洁能源基地。

牙根二级水电站是雅砻江水电基地的重要组成，工程具有较大的碳减排效益，能为“30 •60 双碳目标”的实现提供有力支撑。因此，项目建设符合《川西北生态示范区“十四五”发展规划》的相关要求。

3.1.3.6 与流域相关规划及规划环评的符合性分析

(1)与雅砻江流域综合规划环评的符合性分析

2020 年 4 月，生态环境部以“环审〔2020〕33 号”文出具了《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》审查意见，作为规划审批的重要依据。

规划环评及审查意见中，与牙根二级水电站相关的有：①《雅砻江流域综合规划》采纳了规划环评意见，两河口至楞古之间由牙根 1 座电站调整为牙根一级、牙根二级两级开发。②两河口以下河段统筹考虑梯级调度模式，保证重要控制断面生态流量。③严格落实《关于四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函》（环办函〔2013〕1072 号）及其他有关规划和规划环评中的生态保护、修复相关要求。落实《报告书》提出的生态调度规划、保障雅江、小得石、湾滩、道孚等重要断面生态流量。

牙根二级水电站在设计阶段严格贯彻“生态优先、绿色发展”理念。开展生态流量论证，制定生态流量下泄方案，初步确定坝址（位于雅江控制断面下游约 72km）非产卵期下泄不低于 119.8m^3/s（多年平均流量的 15.5%）、产卵期下泄不低于 154.5m^3/s（20%）的生态流量，高于规划环评提出的雅江控制断面生态流量不低于 112m^3/s 的要求；同时，牙根二级水电站通过划定栖息地保护范围、修建过鱼设施、开展鱼类增殖放流等措施减缓对水生生态的影响。

综上，牙根二级水电站的建设符合《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》及其审查意见相关要求。

(2)与雅砻江流域综合规划的符合性分析

2020 年 12 月，水利部以“水规计[2020]268 号”文批复了《雅砻江流域综合规划》。《雅砻江流域综合规划》的规划水平年为 2030 年，规划范围为雅砻江流域，规划任务包括：水资源综合利用；加强城乡供水体系建设；抓紧灌溉基础设施建设；加强流域内控制性水库联合调度，发挥其调蓄能力，提高流域供水安全和防洪安全保障水平，维护优良生态；合理开发和科学管理水能资源。

《雅砻江流域综合规划》提出，两河口以下河段水能资源丰富，开发条件好，前期工作较充分，且规划开发方案经环评审查无生态环境限制性因素，划为开发利用区。规划主要对干流甘孜以下河段水力资源开发梯级进行了研究，初拟干流甘孜以下共布置木罗、仁达、林达、乐安、新龙、共科、甲西、两河口、牙根一级、牙根二级、楞古、孟底沟、杨房沟、卡拉、锦屏一级、锦屏二级、官地、二滩、桐子林共 19 个梯级。

综上，牙根二级水电站位于雅砻江中游河段，处于两河口以下开发利用区，为雅砻江流域综合规划推荐的开发梯级之一，符合《雅砻江流域综合规划》。

3.1.3.7 与雅砻江干流回顾性评价的符合性分析

2013 年，雅砻江流域水电开发有限公司组织开展了雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究工作。2013 年 9 月，原环境保护部办公厅以“环办函〔2013〕1072 号”文印发了“关于四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函”。2022 年 3 月雅砻江流域水电开发有限公司组织开展雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价工作。2024 年 12 月 20 日，生态环境部以“环办环评函〔2024〕475 号”文印发了“关于四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告有关意见的函”。

(1)回顾评价对中游梯级措施落实的有关要求及落实情况

雅砻江流域分别于 2013 年和 2024 年开展了 2 次水电开发环境影响回顾性评价。2013 年回顾性评价提出了系统性的流域环境保护措施体系，至今 10 余年间，雅砻江中游河段从未开发状态进入到两河口、杨房沟两个梯级已建，牙根一级、孟底沟及卡拉三个梯级在建状态。2024 年回顾性评价在分析 2013 年回顾性评价措施体系，以及各已建、在建梯级项目环评措施梯级落实情况及效果分析基础上，综合考虑流域环境现状、水电开发环境影响及当前环境保护政策要求，对现有流域环境保护措施体系进行了补充完善及提升优化。

目前，雅砻江流域基本落实了回顾评价有关意见提出栖息地保护、水环境保护、水生生态保护、陆生生态保护及环境管理等措施要求。中游高原鱼类栖息地保护区、曲入河、达曲河、卧龙寺沟等干支流栖息地保护，生态流量下泄、库区水质监测、增殖放流、珍稀植物移栽保护、已建梯级迹地恢复等措施均已落实。

2024 年回顾评价审查意见提出的流域性生态环境保护专题研究工作中，目前已立项 31 项，其中 29 项已完成采购正在开展工作，2 项正在开展招标采购工作，计划“十五五”期间全面完成。目前已启动流域鱼类栖息地保护规划、雅砻江流域梯级联合生态调度研究、下游河段鱼类洄游通道恢复、锦屏大河湾栖息地适宜性评估与保护提升措施试点研究以及雅砻江流域梯级水库水温累积影响及改善措施研究等工作。

2024 年回顾评价审查意见提出加强增殖放流站能力建设方面，目前雅砻江流域已掌握 11 种长江上游特有鱼类人工繁育技术，包括西昌白鱼松潘裸鲤、厚唇裸重唇鱼等 3 种中远期放流鱼类，流域年增殖放流能力达 300 万尾，突破世界性鱼类疾病难题小瓜虫病生态防治技术并已获得专利、石爬鮡人工驯养与繁育技术取得阶段性突破；同时推动水电生态环保前沿技术的应用，如建立雅砻江特有鱼类专属 DNA 数据库，在雅砻江流域环境条件下制定 eDNA 标准化采集、保存、分析流程规范；促进鱼类基因交流，提升鱼类种群结构，提高鱼类遗传多样性，实现雅砻江流域“一条江”鱼类基因层面连通；采用激光标记技术，提升鱼类增殖放流效果评估效率和准确性。

2024 年回顾评价审查意见提出推动位于干流上游水能资源规划保留河段的鄂曲水电站，目前雅砻江流域水电开发有限公司已完成鄂曲水电站现场调研、水生生态调查等工作。下阶段会同地方政府进一步研究推动相关工作，计划在牙根二级水电站蓄水前完成鄂曲水电站拆除及河道生境恢复工作。

2024 年回顾评价审查意见提出组织开展雅砻江干流锦屏至河口河段鱼类洄游通道恢复总体设计，2025 年底前明确建设方案，补建锦屏一级、官地、二滩、锦屏二级、桐子林等梯级电站过鱼设施。2025 年 12 月，雅砻江流域水电开发有限公司已组织编制完成《雅砻江下游（锦屏至河口干流河段）连通性修复方案规划研究报告》。考虑到桐子林水电站是雅砻江干流的最下游梯级，联通金沙江和雅砻江的鱼类洄游通道，鱼类资源较为丰富，生态保护价值重要，且枢纽工程为低水头拦河工程，具备优先建设过鱼措施恢复河道联通的条件。雅砻江流域水电开发有限公司正在加快开展桐子林水电站鱼道专项设计和相关水工模型实验，计划在 2028 年年底完成桐子林水电站鱼道建设，并适时

开展过鱼效果监测。

总体上，流域层面规划环保措施及后续补充措施随着规划的实施在持续落实中。

(2)回顾评价对牙根二级水电站项目环评的要求

2013 年回顾性评价有关意见出“重视牙根二级水电站库尾雅江县城水污染防治工作，避免对电站库区水质产生污染”。2024 年回顾评价有关意见要求“依法开展雅砻江中游（两河口至卡拉河段）水电规划调整及规划环评工作，深入论证牙根二级、楞古等梯级开发建设的环境可行性”；“后续工程推进过程中，加强五小叶槭等珍稀特有和极小种群物种的调查与保护工作，强化外来入侵植物的防控管理措施”；“进一步将卧落河下游部分河段、霍曲河、理塘河等纳入保护范围”等要求。

为响应回顾性评价审查意见要求，四川省发展和改革委员会委托我公司编制完成《雅砻江中游规划调整报告》及《雅砻江中游规划调整报告环境影响报告书》，重点论证牙根~楞古河段水电开发可行性。2025 年 10 月，四川省生态环境厅以“川环建函〔2025〕31 号”文印发《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》审查意见的函。

根据现场调查，雅江县城已建成 2 个污水处理厂，均采用“预处理+A2O+紫外线消毒”处理工艺，建成处理规模分别为 1500m^3/d、500m^3/d，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标和 B 标后排放，目前各污水处理厂稳定运行，能够有效避免雅江县城生活污水对牙根二级库区河段水质的影响。

牙根二级水电站在设计阶段，根据回顾性评价有关意见要求，将霍曲河干流纳入栖息地保护范围，辅以电站拆除、生境修复等措施，为鱼类营造栖息繁殖生境条件，以减缓工程建设对水生生态造成的不利影响。开展了康定市、雅江县、九龙县和木里县四个市（县）五小叶槭资源量普查和牙根河段的详查。编制完成《雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题报告》并通过了四川省林业和草原局评审，制定了原生境保护、迁地保护、种质资源保护及种群恢复、生境营造及后期监测管理等措施，五小叶槭人工繁育技术已经成熟，正在开展五小叶槭移栽方案设计工作、五小叶槭采种保存与良种初步选育研究。

综上，牙根二级水电站的建设符合《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告》及有关意见相关要求。

3.1.3.8 与雅砻江中游水电规划及规划调整环评的符合性分析

2025 年 10 月，四川省生态环境厅以“川环建函〔2025〕31 号”文印发《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》审查意见的函，作为规划调整审批的重要依据。本阶段牙根二级水电站的开发任务、开发方式、开发规模等与水电规划调整环评推荐的开发方案一致。

规划环评及审查意见中，与牙根二级水电站相关的有：①进一步优化施工布置，根据工程建设实际影响，针对性加强五小叶槭的保护工作。②进一步论证适合的水温影响减缓措施，并进行水温缓解效果分析。③牙根二级水电站下泄生态流量与上下游梯级年内生态流量过程匹配。④建议楞古尽量同期运行以保证牙根二级~楞古河段流水段水位变幅。若牙根二级先期建成单独运行，应开展生态调度，控制坝下水位日变幅，满足下游生态需求。⑤开展牙根二级和楞古水电站联合过鱼方案论证研究。⑥进一步研究霍曲河连通性改造措施，细化改造方案。⑦重视对施工期“三废”的污染防治，应采取有效措施防止施工活动及“三废”排放对附近城镇、村庄和居民等的影响。

牙根二级水电站在环评阶段严格贯彻“生态优先、绿色发展”理念。进一步优化施工布置，施工占地区涉及五小叶槭数量较施工总布置专题阶段减少占用 44 株。为进一步减缓牙根二级水电站对五小叶槭的影响，环评报告书针对五小叶槭开展了专项保护措施设计，提出了原生境保护、种质资源收集保存、野生植株迁地等措施，以减少工程实施对五小叶槭野生植株个体的影响；通过采取影响区域种源人工扩繁、野外回归、生境营造、社区辅助管理等措施，促进种群遗传资源保护与种群复壮；通过提升移栽和栽培的管理技术并加强监测，动态掌握五小叶槭种群变化趋势；通过对五小叶槭良种培育与推广景观利用，促进五小叶槭野外种群保护。

牙根二级水库水温结构为过渡型，受上游梯级联合运行累积影响，牙根二级下泄低温水在 5 月降幅最大，为 3.0℃；冬季高温水最大升幅在 11 月，为 7.0℃。牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响导致。环评报告书提出拟定预留岩梗+前置挡墙作为减缓低温水下泄措施，经预测采用预留岩梗+前置挡墙的水温减缓措施后，对水温的改善作用在 0.2~0.4℃左右。

工程下泄生态流量主要为满足下游水生生态系统用水需求，环评报告书提出，牙根二级一般用水期下泄生态流量不低于 119.8m³ /s(占多年平均流量的 15.52%)，鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m³ /s(占多年平均流量的 20%)。同时将雅砻江中已、在建梯级批复的生态流量与牙根二级生态流量进行对比，流域中游各个梯级生态流量随着下游

电站坝址处多年平均流量的增加而增加，符合流域径流汇集特点。

牙根二级水库具有日调节性能，电站在进行日内调峰运行时，不稳定流下泄对下游河段水文情势会产生一定影响。环评报告书提出在楞古水电站建成前，在鱼类主要繁殖期（4~7 月）各月开展 7~10d 的生态调度，结合上游梯级生态调度同步开展。生态调度期间，牙根二级利用其调节库容，尽量均化出库流量过程，坝下河段日内水位波动以维持或减缓上游梯级影响为目标。

在充分借鉴两河口过鱼设施运行经验的基础上，工程开展了过鱼设施方案比选与设计，环评报告书推荐上行采用升鱼机形式、下行依托牙根一级过鱼设施。同时建议下游楞古梯级环评期间，开展牙根二级和楞古水电站联合过鱼方案论证研究工作。

环评阶段对霍曲河干流栖息地保护方案进行了细化，提出对唐岗电站进行拆除，包括对其首部枢纽建（构）筑物和机电设备拆除，辅以必要的库区清理、河道整治，其他部分河段开展生境修复措施，改善霍曲河的河流生境，作为区域珍稀保护及特有鱼类的栖息繁衍河段。同时，中游规划调整环评审查意见要求“编制力丘河鱼类栖息地保护规划，在雅砻江流域综合规划的规划期内(2013-2030 年）采取原生境保护，禁止新建拦河工程”。目前雅砻江流域水电开发有限公司已完成流域鱼类栖息地保护规划立项，启动项目招标采购相关工作，计划 2027 年完成报告编制，力丘河流域鱼类栖息地保护规划相关成果统筹纳入雅砻江流域鱼类栖息地保护规划，经地方人民政府批复同意后实施。同时规划环评要求开展的部分栖息地保护科研已纳入牙根二级项目环评科研工作中，其余部分由楞古梯级承担。

本工程在施工布置时尽可能避开了环境敏感对象，工程区域居民点主要分布在木灰沟上游，施工布置时，将高噪声施工企业如木灰沟砂石加工系统和混凝土生产系统主要布置在沟口，距离沟内木灰村居民点直线距离在 700m 以上。施工区域靠近木灰村居民点处，主要布设有表土堆存场及转存料场等施工噪声相对较低设施，最近距离约 75m，环评相应提出了禁止夜间施工、设置施工围挡、喷淋装置、施工路段设置隔声屏障、加强后期跟踪监测等大气、声环境保护措施，以减缓对木灰村居民点的施工影响。

综上，牙根二级水电站按审批的规划调整环评报告执行了环境保护的相关要求，通过环境影响评价工作的早期介入，优化了工程方案，工程建设不存在重大环境制约因素；同时，制定了相应的环保措施减缓可能造成的不利影响，使其降低至生态环境可承受的限度内，符合规划调整环评及审查意见对电站环境保护工作的要求。

3.1.3.9 与生态环境分区管控的符合性分析

(1)与生态保护红线的符合性分析

根据四川省生态环境分区管控成果数据动态更新成果，牙根二级水电站不涉及生态保护红线。同时也不涉及一般生态空间。

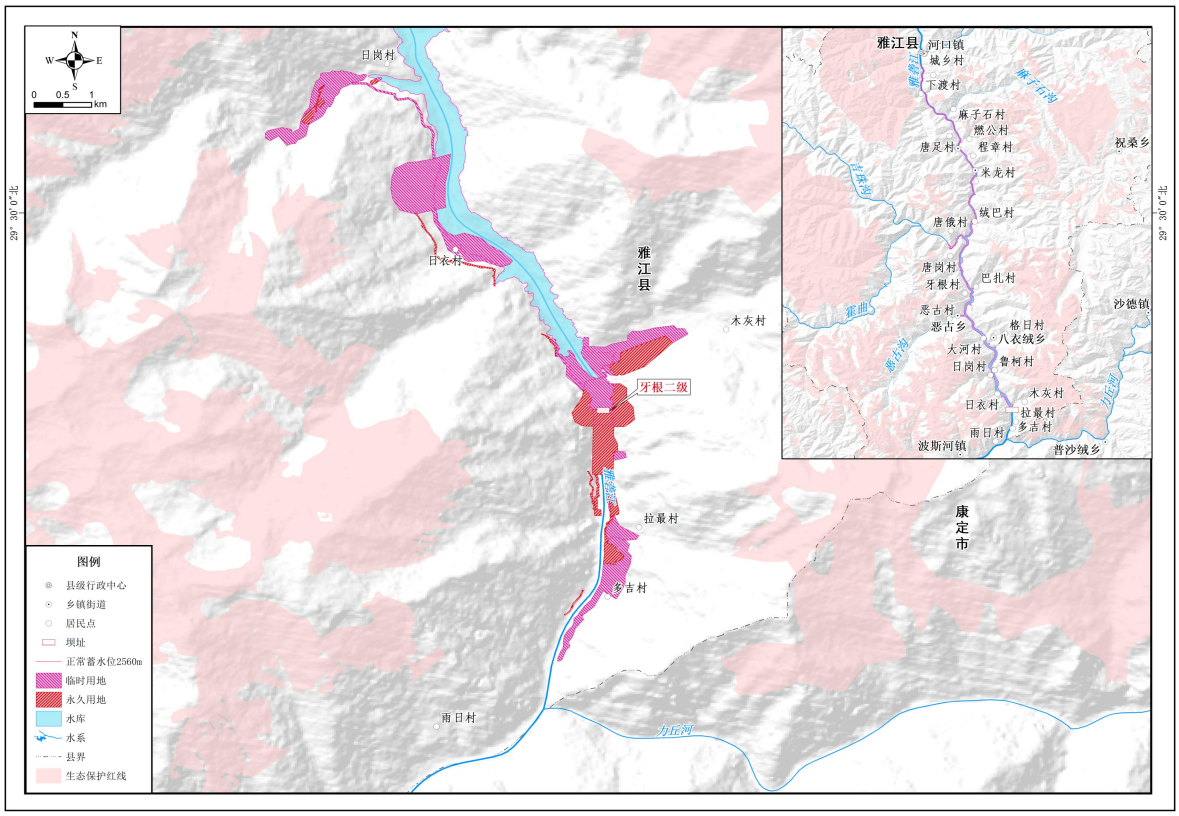


图 3.1-1　牙根二级水电站与生态红线区位关系

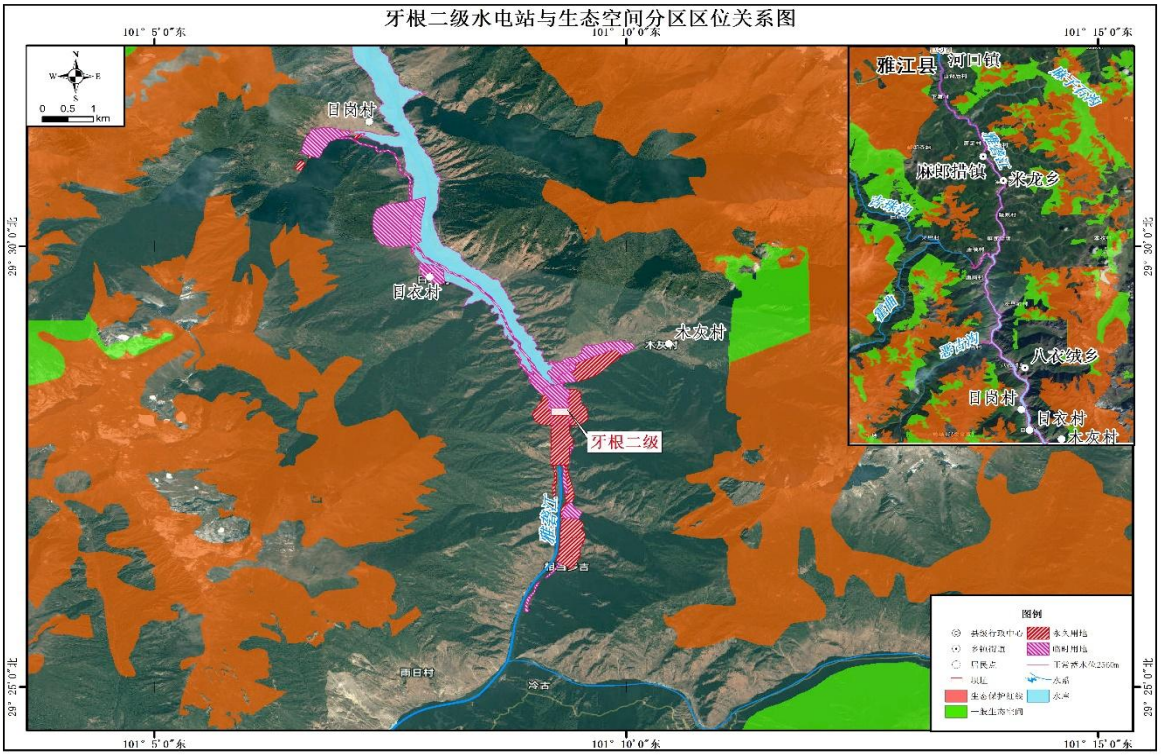


图 3.1-2　牙根二级水电站与生态空间区位关系

(2) 与生态环境分区管控符合性分析

1) 牙根二级水电站涉及管控单元信息

经用本项目占地范围(包括枢纽区永久占地、临时用地、地下工程及水库淹没区)矢量数据在“四川生态环境分区管控数据分析系统”查询，牙根二级水电站占地范围共涉及 2 个生态环境管控单元，包括 1 个重点管控单元和 1 个一般管控单元；共涉及 10 个环境要素管控分区，包括 1 个大气环境受体敏感重点管控区、1 个农用地优先保护区、1 个自然资源重点管控区、1 个土地资源重点管控区、1 个江河湖库岸线重点管控区；4 个一般管控区（自然资源、水环境、大气环境、土壤）、1 个其他区域（江河湖库）。各管控单元基本情况详见表 3.1-2。各环境要素管控分区基本情况详见表 3.1-3。

牙根二级水电站涉及生态环境管控单元情况表

表 3.1-2

序号	涉及环境管控单元名称	涉及环境管控单元编码	行政区划	环境管控单元类型
1	雅江县城镇空间	ZH51332520001	甘孜藏族自治州雅江县	城镇重点管控单元
2	雅江县一般管控单元	ZH51332530001	甘孜藏族自治州雅江县	一般管控单元

牙根二级水电站涉及环境要素管控分区情况表

表 3.1-3

序号	涉及环境要素管控分区名称	涉及环境要素管控分区编码	行政区划	环境要素类型	环境要素细类
1	雅江县城镇集中建设区	YS5133252340001	甘孜藏族自治州雅江县	大气环境	大气环境受体敏感重点管控区
2	雅江县大气环境一般管控区	YS5133253310001	甘孜藏族自治州雅江县	大气环境	大气环境一般管控区
3	雅砻江干流-九龙县、康定市、理塘县、雅江县、新龙县-雅江县城上游-控制单元	YS5133253210002	甘孜藏族自治州雅江县	水环境	水环境一般管控区
4	雅江县农用地优先保护区	YS5133251410001	甘孜藏族自治州雅江县	土壤	农用地优先保护区
5	雅江县土壤一般管控区	YS5133253410001	甘孜藏族自治州雅江县	土壤	土壤一般管控区
6	雅江县自然资源重点管控区	YS5133252550001	甘孜藏族自治州雅江县	自然资源	自然资源重点管控区
7	雅江县自然资源一般管控区	YS5133253510001	甘孜藏族自治州雅江县	自然资源	自然资源一般管控区
8	雅江县城镇开发边界	YS5133252530001	甘孜藏族自治州雅江县	自然资源	土地资源重点管控区
9	雅砻江江河湖库岸线重点管控区	YS5133252610001	甘孜藏族自治州雅江县	岸线	江河湖库岸线重点管控区
10	雅砻江江河湖库岸线其他区域	YS5133253610001	甘孜藏族自治州雅江县	岸线	江河湖库其他区域

2) 与四川省生态环境分区管控要求符合性分析

2020 年 6 月 8 日，四川省人民政府印发《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）。通知提出按照省委“一干多支、五区协同”的区域发展战略部署，立足五大经济区的区域特征、发展定位及突出生态环境问题，将全省行政区域从生态环境保护角度划分为优先保护、重点管控和一般管控三类环境管控单元。优先保护单元指以生态环境保护为主的区域，主要包括生态保护红线、自然保护地、饮用水水源保护区等，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。重点管控单元指涉及水、大气、土壤、自然资源等资源环境要素重点管控的区域，应不断提升资源利用效率，有针对性地加强污染物排放控制和环境风险防控，解决生态环境质量不达标、生态环境风险高等问题。一般管控单元指除优先保护单元和重点管控单元之外的其他区域，主要落实生态环境保护基本要求。2024 年 6 月 5 日，四川省生态环境厅公布《四川省生态环境分区管控动态更新成果》（川

环函〔2024〕409 号），重点围绕衔接国土空间规划、服务国家重大战略、支撑党委政府宏观决策等，对生态环境分区管控成果中的生态保护红线、环境质量底线和资源利用上线以及生态环境管控单元和生态环境准入清单进行了更新。

牙根二级水电站工程范围涉及环境综合重点管控单元雅江县城镇空间（环境管控单元编码 ZH51332520001）、雅江县一般管控单元（环境管控单元编码 ZH51332530001），根据国家及四川省相关规定，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环境分区管控中的总体管控要求以及重点管控单元管控要求的符合性。

牙根二级水电站为水电开发项目，不属于禁止开发、限制开发类项目。针对工程施工期和运行期的不利环境影响，环评均制定了针对性的环境保护措施，在落实各项环保措施后，工程建设能够满足区域环境保护区划和当地环境功能区划及环境控制指标的要求，具体分析详见表 3.1-4~3.1-9。

本项目与四川省生态环境管控要求符合性分析

表 3.1-4

类别	管控要求	本项目相关情况	符合性
四川省总体生态环境管控要求	1、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。	本项目不涉及优先保护单元	符合
	2、重点管控单元中，针对环境质量是否达标以及经济社会发展水平等因素，制定差别化的生态环境准入要求，对环境质量不达标区域，提出污染物削减比例要求，对环境质量达标区域，提出允许排放量建议指标。	项目所在区域为环境质量达标区域，按要求执行总量控制指标。本项目涉及雅江县城镇重点管控单元。依据《四川省雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划报告》，工程水库淹没范围涉及麻郎措镇城镇开发边界，已规划对麻郎措镇实施整体搬迁，集镇新址位于洛俄昔，新址规划用地面积约为 4.53hm^2，建成人口规模为 473 人，配套完善的道路交通、给排水工程、电力工程、通信工程、环卫设施工程及绿化景观工程，新址建成后，麻郎措镇原有集镇功能将得到恢复并有所提高。	
	3、一般管控单元中，执行区域生态环境保护的基本要求，重点加强农业、生活等领域污染治理。	项目涉及雅江县一般管控单元。项目建设及运行过程中将严格执行区域生态环境保护的基本要求	

本项目与川西北经济区生态环境管控要求符合性分析

表 3.1-5

区域	总体管控要求	拟建工程情况	符合性
川西北经济区	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	雅砻江水电基地是我国规划的十三大水电基地之一，牙根二级水电站是雅砻江中游水电规划的第 3 梯级，装机容量 2400MW，不属于“小水电”范畴，牙根二级水电站在做好生态保护的前提下，拟定了合理的开发方案，切实做到生态	符合

		优先、统筹考虑、适度开发的原则，且水电为清洁能源，也是区域具有优势的资源，牙根二级水电站建设对利用雅砻江中游丰富的水能资源、维护区域生态环境具有积极的意义。	

3) 与甘孜州生态环境分区管控要求符合性分析

牙根二级水电站工程河段所在的甘孜藏族自治州人民政府在四川省生态环境分区管控动态更新成果的基本框架和总体要求下，结合各自辖区环境资源禀赋、经济发展需求实际，聚焦重点区域突出生态环境问题等，在充分衔接法定保护地、生态保护红线评估调整成果、国土空间规划、基本农田划定、水功能区划等现有空间管控格局以及环境质量状况调查、“十四五”社会经济、“十四五”生态环境保护等规划的基础上，制定了市州级生态环境分区管控要求。2024 年 6 月 7 日，甘孜州人民政府发布了《甘孜藏族自治州生态环境保护委员会办公室关于公布甘孜藏族自治州生态环境分区管控动态更新成果（2023 年版）的通知》（甘环委办发〔2024〕4 号），划定优先保护单元 21 个、重点管控单元 21 个、一般管控单元 18 个。

本项目与所在市(州)及区县总体管控要求符合性分析

表 3.1-6

所属市州	类别	对应管控要求	符合性分析	是否相符
甘孜藏族自治州	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求：/ 限制开发建设活动的要求： （1）合理控制开发活动和生态旅游规模，保障长江及黄河上游生态安全和生态屏障、生物多样性和水源涵养生态功能； （2）合理控制畜牧业发展规模，破坏天然草地的建设活动须执行倍量补偿。 不符合空间布局要求活动的退出要求：/ 其他空间布局约束要求： （1）锂等矿产、清洁能源、生态旅游等重点行业应参考对应甘孜州“三线一单”生态环境分区管控中矿产、清洁能源、生态旅游行业资源环境绩效准入门槛； （2）加强矿山生态修复和污染防治、加大川藏铁路建设用地规范化处置和生态环境修复； （3）加快小水电清理整顿，加强流域生态修复； （4）以构建“两江一河”生态防护和防治体系为目标，加强地质环境恢复治理和地质灾害防治、草原退化生态系统恢复。	水电属于清洁可再生能源，不消耗水资源，对增强区域水资源安全、提高水资源利用效率具有重要作用；通过提高截排水工程、拦挡工程的工程等级和防洪标准；提高植物措施标准，优化施工工艺，可达到有效控制水土流失的目的。	符合
	污染物排放管控	允许排放量要求：/现有源提标升级改造：/其他污染物排放管控要求：/	/	/
	环境风险防控	联防联控要求：/其他环境风险防控要求：/	/	/
	资源开发利用效率	水资源利用总量要求：/地下水开采要求：/能源利用总量及效率要求：/禁燃区要求：/其他资源利用效率要求：/	/	/
雅江县/	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求：/ 优先保护区禁止违法开发建设活动，严禁在城市建成区以及近郊区域，新建、扩建石化、农药、电解铝、氯碱化工等高污染、高环境风险产业；禁止在长江干支流岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目；禁止在长江流域河湖管理范围内倾倒、填埋、堆放、弃置、处理固体废物；禁止在法律法规规定的禁采区内开采矿产。	工程建设不涉及各类环境敏感区及生态保护红线，不涉及优先保护区，项目选址符合青藏高原河道、湖泊管理规定，工程弃渣场及渣料转存场避开了现行的河湖管理范围，工程建设区域不涉及水土流失严重、生态脆弱的具体区域。	符合

		限制开发建设活动的要求： 系统推进脆弱生态环境保护与修复，加强生物多样性维护-水土保持生态功能区建设；严防非污染型自然生态退化，加强地质环境恢复治理和地质灾害防治、草原退化生态系统恢复；规范锂矿开发活动，加强矿山生态修复和污染防范；合理控制生态能源开发规模。 不符合空间布局要求活动的退出要求： 不符合生态保护红线、自然保护地及各类优先保护区域相应法律法规、管理办法及相关行业企业布局选址要求的活动退出 其他空间布局约束要求：/		
	污染物排放管控	允许排放量要求：/现有源提标升级改造：/其他污染物排放管控要求：/	/	/
	环境风险防控	联防联控要求：/其他环境风险防控要求：/	/	/
	资源开发利用效率	水资源利用总量要求：/地下水开采要求：/能源利用总量及效率要求：/禁燃区要求：/其他资源利用效率要求：/	/	/

本项目与甘孜州城镇重点管控单元、一般管控单元普适性管控要求符合性分析

表 3.1-7

所属市州	类别		管控要求	符合性分析	是否相符
甘孜藏族自治州	城镇重点管控单元	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： （1）严禁在城市建成区以及近郊区域，新建、扩建石化、农药、电解铝、氯碱化工等高污染、高环境风险产业。 （2）严格执行相关行业企业布局选址要求，禁止在居民区、学校、医疗和养老机构等周边新建有色金属冶炼等行业企业，有序搬迁或依法关闭对土壤造成严重污染的现有企业。 （3）禁止在长江流域河湖管理范围内倾倒、填埋、堆放、弃置、处理固体废物。 限制开发建设活动的要求： （1）对不符合国土空间规划的现有工业企业，污染物排放总量及环境风险水平只降不增，引导企业适时搬迁进入对口园区。 （2）严控新设工业园区，如确需新布局工业园区，应充分论证选址的环境合理性。	本工程为水电项目，不属于禁止开发和限制开发项目，工区设施垃圾桶、修建垃圾池等，生活垃圾分选袋装，定期外运处理；工程弃渣指定堆放在弃渣场。	符合

			不符合空间布局要求活动的退出要求： （1）加快推进城市建成区涉重金属企业搬迁或关闭。 （2）按照相关规划和要求，清理整顿非法采砂、非法码头，全面清除不合规码头。 其他空间布局约束要求： 加快现有高污染或高风险产品生产企业“退城入园”进度，逐步退出环境敏感区。		
		污染物排放管控	允许排放量要求：/ 现有源提标升级改造： （1）严格执行高寒地区污水处理厂建设运行管理标准。 （2）到2023年底，18个县城设施能力基本满足生活污水处理需求，基本建立城乡生活垃圾分类投放、收集、转运、处理系统，县城生活垃圾无害化处理率达98%。 （3）落实国家重点生态功能区转移支付资金中的生态环境保护治理资金按不低于50%的比例安排用于城镇污水和城乡垃圾处理设施建设、运营和维护。 （4）2021年底，农牧区乡镇垃圾处理率达75%，行政村生活垃圾收转运体系覆盖率达90%；农牧区垃圾分类推广率2022年底达70%以上，2025年底达90%以上。 （5）全面落实各类施工工地扬尘防控措施，重点、重大项目工地实现视频监控、可吸入颗粒物（PM10）在线监测全覆盖。 （6）有序开展城市生活源VOCs污染防治；全面推广房屋建筑和市政工程涉VOCs工序环节使用低VOCs含量涂料和胶粘剂；推进加油站按照《四川省加油站大气污染排放标准》要求安装油气处理装置。 （7）加大新能源汽车在城市公交、出租汽车、城市配送、邮政快递、机场、铁路货场、重点地区港口等领域应用，地级以上城市清洁能源汽车在公共领域使用率显著提升，设区的市城市公交车基本实现新能源化。 其他污染物排放管控要求： （1）污水处理设施投入运行后一年内，实际处理负荷不低于设计能力的60%，三年内不低于设计能力的75%。 （2）严格落实建设工地管理要求，做好扬尘污染管控工作。 （3）从事机动车修理、印刷、服装干洗等排放挥发性有机污染物的生产作业，应当按照有关技术规范进行综合治理。禁止露天和敞开式喷漆作业；餐饮服务业油烟必须经处理达到相应排放标准要求。 （4）新建噪声敏感建筑物时，建设单位应全面执行绿色建筑标准，合理确定建筑物与交通干线等的防噪声距离，落实隔声减噪措施。 （5）已竣工交付使用的住宅楼、商铺、办公楼等建筑物不得在午、夜间进行产噪装修作业，在其他时间进行装修作业的，应当采取噪声防治措施。	水电属于清洁可再生能源，水电站属于非污染生态类项目。施工期采取措施将有效减少施工扬尘和废气排放，废水统一处理不排外，生活垃圾和危险废物统一收集后进行处理。运行期生活污水和垃圾统一收集后进行处理。	符合
		环境风险防控	联防联控要求：/ 其他环境风险防控要求： （1）现有涉及五类重金属的企业，不得新增污染物排放，限期退城入园或关停。 （2）对拟收回土地使用权的有色金属矿采选、有色金属冶炼、危废处置等行业企业用地，以及用途拟变更为居住和商业、学校、医疗、养老机构等公共设施的上述企业用地，以及由重度污染农用地转为的城镇建设用地，开展土壤环境状况调查评估，经评估、修复满足相应用地功能后，方可改变	水电属于清洁可再生能源，水电站属于非污染生态类项目。水电站施工风险主要是燃油炸药的使用、运输和储存，污废水事故风险，工程在施工期采取相应措施后，环境风险可控。	符合

			用途。		
		资源开发利用效率	水资源利用总量要求： （1）严格实行用水总量和强度控制，实施城镇节水降损，全面推进城市节水、大幅降低供水管网漏损、强化公共用水管理、严控高耗水服务用水。 （2）到2025年，城市再生水利用率、工业用水重复利用、畜禽粪污和渔业养殖尾水资源化利用水平显著提升；到2035年，形成系统、安全、环保、经济的污水资源化利用格局。 地下水开采要求：/ 能源利用总量及效率要求：/ 禁燃区要求：/ 其他资源利用效率要求：/	水电属于清洁可再生能源，水电站属于非污染生态类项目，不消耗水资源、不开采地下水。	符合
甘孜藏族自治州	一般管控单元	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： （1）禁止在长江干支流雅砻江、金沙江、大渡河岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目。 （2）禁止在法律法规规定的禁采区内开采矿产；禁止土法采、选、冶严重污染环境的矿产资源。 （3）禁止在长江流域河湖管理范围内倾倒、填埋、堆放、弃置、处理固体废物。 （4）重点行业禁止开发建设活动的要求——矿产开发：①禁止在法律法规明确规定的禁采区内开采矿产；禁止土法采、选、冶严重污染环境的矿产资源。②禁止在长江干流岸线三公里范围内和雅砻江、金沙江、大渡河岸线一公里范围内新建尾矿库。禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库，以提升安全、生态环境保护水平为目的的改建除外。 （5）禁止在永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域选址建设尾矿库、冶炼渣库、磷石膏库。 （6）新建、扩建光伏发电项目，一律不得占用永久基本农田、基本草原。光伏电站、风力发电等项目不得在河道、湖泊、水库内建设。 （7）结合甘孜州主体功能区定位，严格按照《中华人民共和国青藏高原生态保护法》、《中华人民共和国长江保护法》中禁止条款执行。 （8）城镇开发边界外不得进行城镇集中建设，不得规划建设各类开发区和产业园区，不得规划城镇居住用地。 限制开发建设活动的要求： 1.严控新增建设用地规模和非农建设占用耕地；坚持最严格的耕地保护制度，对全部耕地按限制开发的要求进行管理，对全部基本农田按禁止开发的要求进行管理。 2.严格限制农用地转为建设用地，控制建设用地总量，对耕地实行特殊保护。 3.一般管控单元中涉及的自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园等法定保护地，严格按照国家及地方法律法规、管理办法等相关要求管控。配套旅游、基础设施等建设项目，在符合规划和相关保护要求的前提下，应实施生态避让、减缓影响及生态恢复措施。 4.重点行业限制开发建设活动的要求——矿产开发：①矿区必须满足国家、四川省和甘孜州矿产资源规划中开采区相应准入条件，开采规模和服务年限须符合各级矿产资源规划规定。②矿区企业严控新增建设用地规模和非农建设占用耕地。③大中型矿山须达到绿色矿山建设标准，引导小型矿山按照绿色矿山标准规范发展。④开展尾矿库土壤监测和定期评估；严把新（改、扩）建尾矿库立项、	牙根二级工程不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产等重要敏感区。工程不涉及生态保护红线。工程属于水能资源开发河段，不涉及优先保护空间及一般生态空间，牙根二级工程不属于禁止开发及限制开发类活动。 2023年9月，国家能源局印发了《雅砻江流域水风光一体化基地规划》的通知(国能发新能〔2023〕61号)，提出“雅砻江是我国重要的水电基地，流域水风光资源丰富，一体化开发基础优越，具备先行先试的条件。”2026年3月发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》中第二篇第七章第二节提出“深入实施能源安全战略，加快构建清洁低碳安全高效的新能源体系，建设能源强国，…安全有序推进雅砻江、金沙江上游…等流域水风光一体化基地建设…”。因此，已经获批的雅砻江流域水风光一体化基地规划属于党中央、国务院明确支持的重大建设项目。 牙根二级水电站为雅砻江流域水风光一体化基地规划的重要组成部分，其建设开发可提高再生能源系统比例，推动能源高质量发展，具有较大的碳减排效益，《雅砻江中游水电规划调整报告》（对牙根二级、楞古两级水电站坝址、开发方式、建设规模等进行优化调整）已取得四川省人民政府批复，牙根二级水电站占用永久基本农田，主要是库区淹没及迁建集镇占用，鉴于工程属于雅砻江流域水风光一体化基地规划的重大水电建设项目，满足《永久基本农田保护红线管理办法》的可占用项目。后续建设单位将按照建设用地审批程序，到国家及四川省自然资源主管部门、项目涉及的各市县自然资源主管部门办理相关用地手续，并按照自然资源管理	符合

			用地、环保、安全准入关；每年进行一次尾矿库安全风险评估；尽量降低尾矿库内水位，确保主要运行参数及排洪系统始终满足设计要求；严格落实“一库一策”安全风险管控要求。——旅游：①各类景区严格执行相应的风景名胜区规划开展建设和环保管理，主要旅游接待服务设施污水达标排放率达100%；生活垃圾无害化处理率达100%；风景区水体不得新建排污口；餐饮服务气体排放须采取油烟净化处理，满足《饮食业油烟排放标准》（GB18483-2001）相关要求，以贡嘎山国家级风景名胜区为例，在旅游峰值每年7-8月份，次峰值5-6、9-10月份时景区污水排放不得高于2025年4200床位标准。②甘孜新区位于泸定县燕子沟镇，是康泸新一体化三大核心之一，以文化旅游为主要发展方向。区域污水排放不得高于2025年城乡常住人口2万人、旅游总人数（含海螺沟）500万人次/年标准；2025年城镇生活垃圾无害化处理率80%，城镇污水集中处理率50%。——重大交通：①川藏铁路弃土（渣）场须符合水保、环保要求，不得影响建筑物安全。②涉及河道，应符合治导规划及防洪行洪的规定，不得在河道、湖泊管理范围内设置弃土（渣）场；不宜布设在流量较大的沟道，否则应进行防洪论证。③各类临时用地严格控制在用地范围内，禁止随意占压和破坏地貌、植被，完工后及时进行迹地清理、整治和植被恢复。④修建动物防护栅栏。⑤进行全封闭声屏障施工。——农牧业：①在不改变草原所有权性质、用途的基础上，草原承包经营权可以按照自愿、有偿原则依法流转。②草原植被盖度50%以下严重退化、海拔4500米以上生态脆弱的天然草原实行禁牧，最短时限2年。③草原植被盖度50%-70%中度退化、植被盖度70%-80%轻度退化的草场实行休牧，最短时限1年。④每亩年产草量干物质超过60公斤和植被盖度达到80%的草原实行划区轮牧。⑤在草原上从事矿藏开采、工程建设、经营性活动等占用草原的，须交纳草原植被恢复费。⑥征用或占用草原2年以上的，应对草原承包经营者给予补偿，人工草地按征占用前3年平均产值的4-10倍，天然草原按征占用前3年平均产值的8-15倍，围栏割草地按征占用前3年平均产值的10-15倍补偿。⑦临时占用草原补偿标准：修建工程便道、挖砂石、取泥土的，按所占用草原前3年平均产值的5-10倍补偿；开展经营性活动的，按所占用草原前3年平均产值的3-5倍补偿。 5.大气环境布局敏感重点管控区：（1）坚决遏制高耗能、高排放、低水平项目盲目发展，严格落实国家和四川省产业规划、产业政策、规划环评，以及产能置换、煤炭消费减量替代、区域污染物削减等要求，坚决叫停不符合要求的高耗能、高排放、低水平项目。（2）提升高耗能项目能耗准入标准，能耗、物耗要达到清洁生产先进水平。严禁新增钢铁、焦化、炼油、电解铝、水泥、平板玻璃（不含光伏玻璃）等产能。 6.大气弱扩散重点管控区：强化落后产能退出机制，对能耗、环保、安全、技术达不到标准，生产不合格或淘汰类产品的企业和产能，依法予以关闭淘汰，推动重污染企业搬迁入园或依法关闭。对长江及重要支流沿线存在重大环境安全隐患的生产企业，加快推进就地改造异地迁建、关闭退出。开展差别化环境管理，对能耗、物耗、污染物排放等指标提出最严格管控要求，倒逼竞争乏力的产能退出。支持现有钢铁、水泥、焦化等废气排放量大的产业向有刚性需求、具有资源优势、环境容量允许的地区转移布局。 7.水环境农业污染重点管控区：（1）稳步推进建制镇污水处理设施建设，适当预留发展空间，宜集中则集中，宜分散则分散。农村生活污水处理设施排水执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB 51 2626-2019）要求。（2）深入推进化肥减量增效。鼓励以循环利用与生态净化相结合的方式控制种植业污染，农企合作推进测土配方施肥。 8.（1）光伏项目建设严格按照自然资源部办公厅 国家林业和草原局办公室 国家能源局综合司关于	部门的要求编制土地利用总体规划局部调整方案和农用地转用计划并采用委托方式实施耕地占补平衡	

			《支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知》（自然资办发〔2023〕12号）执行。（2）在湖泊周边、水库库汊建设光伏、风电项目的，要科学论证，严格管控，不得布设在具有防洪、供水功能和水生态、水环境保护需求的区域。 不符合空间布局要求活动的退出要求： （1）一般生态空间中涉及自然保护区、风景名胜区、森林公园、地质公园等法定保护地，现有不符合相关保护区法律法规和规划的项目，应限期整改或关闭。 （2）全面取缔禁养区内规模化畜禽养殖场。 （3）按照相关规划和要求，清理整顿非法采砂、非法码头，全面清除不合规码头。 其他空间布局约束要求： （1）园区外企业：位于一般管控单元内的园区外工业企业，须坚持“政府主导、企业主体、并联审查”原则，由对应各县（市）政府实施监督并确定需要整改的企业名单，上了名单的企业应提出整改承诺和方案，整改完成后由县（市）政府销号并纳入日常环境监管。对经整改治理后仍不能符合现行环保要求的，县（市）政府应责令关停或确定退出时限。 （2）加快小水电清理整顿，加强流域生态修复。 （3）按照省、州现行矿产资源总体规划执行。		
		污染物排放管控	允许排放量要求：/ 现有源提标升级改造： （1）在矿产资源开发活动集中区域，废水执行重金属污染物排放特别限值。 （2）因地制宜、注重实效、突出重点，梯次推进农村生活污水治理。农村生活污水处理执行《四川省农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB 51/ 2626-2019）。 （3）新建、改建、扩建规模化畜禽养殖场（养殖小区）要实施雨污分流、粪便污水资源化利用。 （4）砖瓦行业实施脱硫、除尘升级改造，污染物排放达到《砖瓦工业大气污染物排放标准》相关要求。 （5）水泥行业按相关要求推进大气污染物超低排放和深度治理。 其他污染物排放管控要求： （1）矿业：①加强矿山采选废水的处理和综合利用工作，选矿废水全部综合利用，不外排，采矿废水应尽量回用。②在矿产资源开发活动集中区域，废水执行重金属污染物排放特别限值。③严控引入有色金属冶炼产业（不使用矿石的产业链下游精加工产品制造除外），相关企业须满足污染物排放管控和治理要求。 （2）建筑业：①砖瓦行业实施脱硫、除尘升级改造，污染物排放达到《砖瓦工业大气污染物排放标准》相关要求。②水泥行业按相关要求推进大气污染物超低排放和深度治理。 （3）农牧业：①合理化畜禽养殖布局，推进畜禽粪污无害化、资源化综合处置利用。规模化畜禽养殖场（小区）粪污处理设施装备配套率达到95%以上，粪污综合利用率达到75%以上，大型规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到100%。②新、改扩建规模化畜禽养殖场（小区）要实施雨污分流、粪便污水资源化利用。③散养密集区要实行畜禽粪便污水分户收集、集中处理利用。（4）污水及垃圾：①基本实现乡镇污水处理设施全覆盖，配套建设污水收集管网，乡镇污水处理率达到50%。②因地制宜、注重实效、突出重点，梯次推进农村生活污水治理，农村生活污水处理执行《四川省农村生活污水处理设施水污染物排放标准》（DB 51/ 2626-2019）。③到2023年底，县城生活垃圾无害	本项目不涉及	/

			化处理率达95%以上；乡镇及行政村生活垃圾收转运处置体系基本实现全覆盖，其中行政村生活垃圾收转运体系覆盖率2021年底达90%，2022年底全覆盖；2022年底再生资源回收网点覆盖60%以上行政村。 （5）屠宰项目必须配套污水处理设施或进入城市污水管网。 （6）新建、改建、扩建尾矿库的，应当根据国家有关规定和尾矿库实际情况，配套建设防渗、渗滤液收集、废水处理、环境监测、环境应急等污染防治设施。 （7）尾矿库配套的渗滤液收集池、回水池、环境应急事故池等设施的防渗要求应当不低于该尾矿库的防渗要求，并设置防漫流设施。尾矿库上游、下游和可能出现污染扩散的尾矿库周边区域，应当设置地下水水质监测井。 （8）尾矿水应当优先返回选矿工艺使用；向环境排放的，应当符合国家和地方污染物排放标准，不得与尾矿库外的雨水混合排放，并按照有关规定设置污染物排放口，设立标志，依法安装流量计和视频监控； （9）非金属矿、有色金属、黄金等行业采矿严格按照现行有效的绿色矿山建设要求执行。		
		环境风险防控	联防联控要求：/ 其他环境风险防控要求： （1）工业企业退出用地，应按相关要求进行评估、修复，满足相应用地功能后，方可改变用途。 （2）加强“散乱污”企业环境风险防控。 （3）严禁将城镇生活垃圾、污泥、工业废物直接用作肥料，禁止处理不达标的污泥进入耕地；禁止在农用地排放、倾倒、使用污泥、清淤底泥、尾矿（渣）等可能对土壤造成污染的固体废物。 （4）严格控制农药使用量，禁止使用高毒、高残留农药。 （5）定期对单元内尾矿库进行风险巡查，建立监测系统和环境风险应急预案，完善各尾矿库渗滤液收集、处理、回用系统，杜绝事故排放；尾矿库闭矿后因地制宜进行植被恢复和综合利用。 （6）禁止向农田灌溉渠道排放工业废水或者医疗污水；向农田灌溉渠道排放城镇污水以及未综合利用的畜禽养殖废水、农产品加工废水的，应当保证其下游最近的灌溉取水点的水质符合农田灌溉水质标准。 （7）矿业环境风险防控要求：①在矿产资源开发活动集中区域，废水执行重金属污染物排放特别限值。②严格执行闭矿后环保措施，进行矿区废弃土地复垦和矿山地质环境破坏区域恢复治理。	本工程施工风险主要是燃油炸药的使用、运输和储存，污废水事故风险，工程在施工期采取相应措施后，环境风险可控	符合
		资源开发利用效率	水资源利用总量要求： 严格实行用水总量和强度控制。加强农业节水增效，大力推进节水灌溉、优化调整作物种植结构、推广畜牧渔业节水方式、加快推进农村生活节水；实施城镇节水降损，全面推进城市节水、大幅降低供水管网漏损、强化公共用水管理、严控高耗水服务用水。 地下水开采要求：/ 能源利用总量及效率要求： （1）推进清洁能源的推广使用，全面推进散煤清洁化整治；禁止新建每小时10蒸吨以下的燃煤锅炉及其他燃煤设施。（2）矿业能源利用效率要求：①矿区大气污染物和废水排放率、工业固体废弃物综合利用率、一般工业固废和危险废物处置率等指标严格执行《有色金属行业绿色矿山建设规范》（DZ/T 0320-2018）等各级产业政策和生态保护要求。②矿区矿产资源总回收率、共伴生矿产综合利用率等指标严格执行《有色金属行业绿色矿山建设规范》（DZ/T 0320-2018）等各级产业政策和	水电属于清洁可再生能源，不消耗水资源，对增强区域水资源安全、提高水资源利用效率具有重要作用；节能减排效益显著，对调整能源结构、减少温室气体排放、保护生态环境作用巨大。	符合

			生态保护要求。 禁燃区要求：/ 其他资源利用效率要求：/		

4) 与生态环境管控单元准入清单符合性分析

牙根二级水电站占地范围共涉及 2 个生态环境管控单元，包括 1 个城镇重点管控单元和 1 个一般管控单元。

本项目与所涉及生态环境管控单元准入清单符合性分析

表 3.1-8

所属市州	类别		对应管控要求	符合性分析	是否相符
甘孜藏族自治州	雅江县城镇空间 ZH51332520001	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求：（1）禁止在退耕还林、还草、还湿的地块新建房地产开发项目。（2）禁止在城镇用地布局规划确定的公共绿地、生态廊道内进行规模化开发建设。（3）其他执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求。 限制开发建设活动的要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 允许开发建设活动的要求：（1）在城镇用地布局规划确定的公共绿地、生态廊道内允许建设必要的公共性园林式景观服务休闲设施。 （2）其他执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求。 不符合空间布局要求活动的退出要求： （1）不符合用地性质及排放标准的企业应限期整改，并积极引导迁入工业园区。 （2）水泥行业按相关要求推进大气污染物超低排放和深度治理。 （3）其他执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求。 其他空间布局约束要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求	工程水库淹没范围涉及麻郎措镇城镇开发边界，已规划对麻郎措镇实施整体搬迁，集镇新址位于洛俄昔，新址规划用地面积约为4.53hm^2，建成人口规模为473人，配套完善的道路交通、给排水工程、电力工程、通信工程、环卫设施工程及绿化景观工程，新址建成后，麻郎措镇原有集镇功能将得到恢复并有所提高。其余空间约束布局主要执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合
		污染物排放管控	现有源提标升级改造： （1）到2023年底，雅江县污水处理厂进水生化需氧量（BOD）浓度不断提高；污泥无害化处置率达85%；县城生活垃圾无害化处理率达98%。 （2）其他执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求。 新增源等量或倍量替代：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 新增源排放标准限值：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 污染物排放绩效水平准入要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 其他污染物排放管控要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要	雅江县河口镇已建设2座污水处理厂，分别为雅江县城市生活污水处理厂、雅江县东城区污水处理站，其中雅江县城市生活污水处理厂建成处理规模1500m^3/d，采用“预处理+A2O+紫外线消毒”处理工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级B标要求后排放至东侧雅砻江，2018年10月项目建成；雅江县东城区污水处理站位于雅江县河口镇东城区雅江中学外侧公路下，占地面积约730m^2。建成处理规模500m^3/d，采用“预处理+AO+MBR+紫外线消毒”工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标要求后排放至西侧雅砻江，2019年1月项目建成。雅江县生活垃圾卫生填埋场位于河口镇本达宗村的银鸡	符合

			求。	山，于2010年11月建成投入使用，库容约14万m^3，主要服务于雅江县城、周边乡镇及两河口水电站施工期生活垃圾处置。2021年完成扩容工程，扩容工程项目不新增占地，建设内容主要包括现有垃圾初期坝加固加高、填埋场扩容工程和辅助工程等。扩容后垃圾填埋场的设计平均日处理量60t/d，服务期限为8年（2021-2028）。总体上雅江县城生活污水及生活垃圾配套处理措施较为完善。其余污染物排放管控主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	
		环境风险防控	严格管控类农用地管控要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 安全利用类农用地管控要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 污染地块管控要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 园区环境风险防控要求：/ 企业环境风险防控要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 其他环境风险防控要求：（1）严控涉危、涉化企业新建，严防环境风险。（2）其他执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求。	主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合
		资源开发利用效率	水资源利用效率要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 地下水开采要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 能源利用效率要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求 其他资源利用效率要求：执行甘孜州城镇重点管控单元总体准入要求	主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合
甘孜藏族自治州	雅江县一般管控单元 ZH51332530001	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： （1）光伏电站的电池组件阵列禁止使用有林地、疏林地、未成林造林地、采伐迹地、火烧迹地，以及覆盖度高于50%的灌木林地。 （2）其他执行甘孜州一般管控单元总体准入要求。 限制开发建设活动的要求： （1）川藏铁路①弃土（渣）场须符合水保、环保要求，不得影响建筑物安全。②涉及河道，应符合治导规划及防洪行洪的规定，不得在河道、湖泊管理范围内设置弃土（渣）场；不宜布设在流量较大的沟道，否则应进行防洪论证。③各类临时用地严格控制在用地范围内，禁止随意占压和破坏地貌、植被，完工后及时进行迹地清理、整治和植被恢复。④修建动物防护栅栏。⑤进行全封闭声屏障施工。 （2）卡子拉和高尔寺风电项目风机基础、施工和检修道路、升压站、集电线路等，禁止占用天然乔木林地、一级国家级公益林地和二级国家级公益林中的有林地。 （3）矿区企业严控新增建设用地规模和非农建设占用耕地。 （4）其他执行甘孜州一般管控单元总体准入要求。 允许开发建设活动的要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 不符合空间布局要求活动的退出要求：执行甘孜州一般管控单元总体准	本项目不属于禁止开发及限制开发活动，主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合

			入要求 其他空间布局约束要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求		
		污染物排放管控	现有源提标升级改造： （1）大中型矿山须达到绿色矿山建设标准，引导小型矿山按照绿色矿山标准规范发展。 （2）加强矿山采选废水的升级处理和综合利用，选矿废水全部综合利用，不外排；采矿废水尽量回用。 （3）其他执行甘孜州一般管控单元总体准入要求。 新增源等量或倍量替代：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 新增源排放标准限值：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 污染物排放绩效水平准入要求： （1）雅江县属半农半牧区，行政村生活垃圾收转运体系覆盖率2021年底达90%，2022年底全覆盖；2022年底再生资源回收网点覆盖60%以上行政村。 （2）散养密集区须实行畜禽粪便污水分户收集、集中处理利用。 （3）矿区大气污染物和废水排放率、工业固体废弃物综合利用率、一般工业固废和危险废物处置率等指标严格执行《有色金属行业绿色矿山建设规范》（DZ/T 0320-2018）等各级产业政策和生态保护要求。 （4）其他同一般管控单元总体准入要求。 其他污染物排放管控要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求	主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合
		环境风险防控	严格管控类农用地管控要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 安全利用类农用地管控要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 污染地块管控要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 园区环境风险防控要求：/ 企业环境风险防控要求： （1）严控涉危、涉化企业新建，严防环境风险。 （2）其他执行甘孜州一般管控单元总体准入要求。 其他环境风险防控要求： （1）严格执行闭矿后环保措施，进行矿区废弃土地复垦和矿山地质环境破坏区域恢复治理。 （2）保障雅砻江干流雅江（三）水文站生态基流112m^3/s。 （3）其他执行甘孜州一般管控单元总体准入要求。	报告书提出一般用水期下泄生态流量不低于119.8m^3/s(占多年平均流量的15.52%)，鱼类繁殖期下泄生态流量不低于154.4m^3/s(占多年平均流量的20%)。其余环境风险防控要求执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	符合
		资源开发利用效率	水资源利用效率要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 地下水开采要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 能源利用效率要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求 其他资源利用效率要求：执行甘孜州一般管控单元总体准入要求	主要执行甘孜州一般管控单元总体准入要求，参照表2.3-3中分析内容	

5) 与要素管控分区管控要求符合性分析

本项目涉及的环境要素管控分区有 10 个，与其符合性分析见表 3.1-9。

与要素分区管控要求符合性分析

表 3.1-9

所属市州	要素	类别		管控要求	符合性分析	是否相符
甘孜藏族自治州	大气环境	雅江县城镇集中建设区，YS5133252340001，大气环境受体敏感重点管控区	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： / 限制开发建设活动的要求： / 允许开发建设活动的要求： / 不符合空间布局要求活动的退出要求： / 其他空间布局约束要求： /	/	/
			污染物排放管控	大气环境质量现状： 大气环境质量执行标准:《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级 大气环境质量现状是否达标（2017）：是 允许排放量控制单元： 雅江县 区域（区县）大气污染物允许排放量/减排比例（2025）： 大气污染控制措施要求： 机动车船大气污染控制要求：加大新能源汽车在城市公交、出租汽车、城市配送、邮政快递、机场、铁路货场、重点地区港口等领域应用，地级以上城市清洁能源汽车在公共领域使用率显著提升，设区的市城市公交车基本实现新能源化。 扬尘污染控制要求：全面落实各类施工工地扬尘防控措施，重点、重大项目工地实现视频监控、可吸入颗粒物（PM10）在线监测全覆盖。 其他大气污染物排放管控要求： 有序开展城市生活源 VOCs 污染防治，全面推广房屋建筑和市政工程涉 VOCs 工序环节使用低 VOCs 含量涂料和胶	工程制定了优化施工工艺和施工布置、强化施工管理、限制车速；洒水降尘、工作面喷水或装捕尘器、路面清扫等降尘措施；结合水保措施，做好公路绿化，降低扬尘污染等措施，类比同类型电站，采用上述措施后，能够满足环境空气质量标准限制要求，	符合

				粘剂；推进加油站按照《四川省加油站大气污染排放标准》要求安装油气处理装置		
			环境风险防控	/	/	/
			资源开发利用效率	/		
		雅江县大气环境一般管控区，YS5133253310001，大气环境一般管控区	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求： / 限制开发建设活动的要求： / 允许开发建设活动的要求： / 不符合空间布局要求活动的退出要求： / 其他空间布局约束要求： /	/	/
			污染物排放管控	大气环境质量现状： 大气环境质量执行标准:《环境空气质量标准》（GB3095-2012）：二级 大气环境质量现状是否达标（2017）：是 允许排放量控制单元： 雅江县 区域（区县）大气污染物允许排放量/减排比例（2025）： 大气污染控制措施要求： 其他大气污染物排放管控要求： 减少工业化、城镇化对大气环境的影响，严格执行国家、省、市下达的相关大气污染防治要求。	水电属于清洁可再生能源、非污染生态类项目，运行期基本无“三废”排放，对大气环境的影响主要集中在施工期。环评中拟定了优化施工工艺和施工布置、施工作业面洒水降尘和路面清扫等降尘措施；结合水保措施，做好公路绿化，降低扬尘污染等保护措施，可以有效降低大气污染，使牙根二级水电站施工区及周边区域大气环境满足相应标准要求。	符合
			环境风险防控	/	/	/
			资源开发利用效率	/	/	/
	水	雅砻江干流-九龙县、康定市、	空间	禁止开发建设活动的要求：	本项目不涉及	/

	环境	理塘县、雅江县、新龙县-雅江县城上游-控制单元，YS5133253210002，水环境一般管控区	布局约束	不再新建、改扩建开采规模在50万吨/年以下的磷矿，不再新建露天磷矿。 限制开发建设活动的要求： 允许开发建设活动的要求： 不符合空间布局要求活动的退出要求： 其他空间布局约束要求：		
			污染物排放管控	水环境质量现状： 水环境质量执行标准：II 水环境质量现状是否达标（2019）:是 允许排放量控制单元: 区域（流域）水污染物允许排放量/减排比例（2025）: 污染物排放管控： 城镇污水污染控制措施要求：1、持续推进环保基础设施补短板，完善污水收集处理系统。2、保障乡镇污水收集处理设施顺畅运行。3、推进污水直排口排查与整治，落实“一口一策”整改措施。 工业废水污染控制措施要求：1、落实主要污染物排放总量指标控制要求，加强入河排污口登记、审批和监督管理。2、强化流域内工业点源、规模化畜禽养殖场运行监管，避免偷排、漏排。 农业面源水污染控制措施要求：1、推进农村污染治理，稳步农村污水处理设施建设，适当预留发展空间，宜集中则集中，宜分散则分散。大力推进农村生活垃圾就地分类减量 和资源化利用，因地制宜选择农村生活垃圾治理模式。严格做好“农家乐”、种植采摘园等范围内的生活及农产品产生污水及垃圾治理。2、以环境承载能力为约束，合理规划水产养殖空间及规模；推进水产生态健康养殖，加强渔业生产过程中抗菌药物使用管控。推进水产养殖治理，水产养殖废水应处理达到《四川省水产养殖业水污染物排放标准》后排放；实施池塘标准化改造，完善循环水和进排水处理设施；推进养殖尾水节水减排。3、以环境承载能力为约束，合理规划畜禽养殖空间及规模；推进畜禽粪污分类处置，根据排放去向或利用方式的不同执行相应的标准规范。不断提高畜禽养殖粪污资源化利用率及利用水平；	水电属于清洁可再生能源，水电站属于非污染生态类项目，运行期基本无“三废”排放，对水环境的影响主要集中在施工期。牙根二级水电站所在河段属于“雅砻江石渠、甘孜、西昌保留区”，水域环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类水质标准。工程所在区域无工业污染源，生活和农业面源排放量少。工程施工期生产和生活污水处理后综合利用不外排，不会给流域水质带来大的影响。因此，牙根二级水电站符合水环境质量底线管控要求。	符合

				设有污水排放口的规模化畜禽养殖场应当依法申领排污许可证。4、推进化肥、农药使用量“零增长”，逐步推进农田径流拦截及治理。		
			环境风险防控	进一步完善工业企业和矿山环境风险防范和管理体系建设，开展企业风险隐患排查与风险评估，增强企业的环境风险意识，守住环境安全底线。落实“一河一策一图”风险管理和应急响应方案，提升风险应急管理水平。	不项目不涉及	/
			资源利用开发效率	强化种植业节水；推进农村污水分质资源化利用。	不项目不涉及	/
	自然资源	雅江县自然资源重点管控区，YS5133252550001，自然资源重点管控区	空间布局约束	/	/	/
			污染物排放管控	/	/	/
			环境风险防控	/	/	/
			资源开发利用效率	水资源开发效率要求： 土地资源开发效率要求： 土地资源开发利用量不得超过土地资源利用上线控制性指标。	电站建设不会改变评价区内现有土地利用类型的基本格局，不会超过土地资源利用上线	符合
		雅江县自然资源一般管控区，YS5133253510001，自然资源一般管控区	空间布局约束	合理开发高效利用水资源，建设节水型社会；优化土地利用布局与结构；优化产业空间布局，构建清洁能源体系。	牙根二级水电站属于非污染生态类项目，属于清洁可再生能源，工程运行不消耗水资源，对增强区域水资源安全、提高水资源利用效率具有重要作用。同时牙根二级水电站主体设计已考虑运行期下泄生态流量，能够保障下游用水需求。因此，工程建设符合资源利用上线要求。	符合
			污染物排放管控	/	/	/
			环境风险防控	/	/	/

			资源开发利用效率	水资源开发效率要求： 土地资源开发效率要求： 土地资源开发利用量不得超过土地资源利用上线控制性指标。	总体上电站建设不会改变评价区内现有土地利用类型的基本格局，不会超过土地资源利用上线	符合
		雅江县城镇开发边界，YS5133252530001，土地资源重点管控区	空间布局约束	1.以城镇开发建设现状为基础，综合考虑资源承载能力、人口分布、经济布局、城乡统筹、城镇无序蔓延。科学预留一定比例的留白区，为未来发展留有开发空间。城镇建设和发展不得违法违规侵占河道、湖面、滩地。2.城镇开发边界调整报国土空间规划原审批机关审批。	工程水库淹没范围涉及麻郎措镇城镇开发边界，已规划对麻郎措镇实施整体搬迁，集镇新址位于洛俄昔，新址规划用地面积约为 4.53hm^2，建成人口规模为 473 人，配套完善的道路交通、给排水工程、电力工程、通信工程、环卫设施工程及绿化景观工程，新址建成后，麻郎措镇原有集镇功能将得到恢复并有所提高。	符合
			污染物排放管控	/	/	/
			环境风险防控	/	/	/
			资源开发利用效率	水资源开发效率要求： 土地资源开发效率要求： 土地资源开发利用量不得超过土地资源利用上线控制性指标。	总体上电站建设不会改变评价区内现有土地利用类型的基本格局，不会超过土地资源利用上线	符合
岸线		雅砻江江河湖库岸线重点管控区，YS5133252610001，江河湖库岸线重点管控区	空间布局约束	1.严格控制新增开发利用项目的数量和类型，应按照国土、城市、水利、交通等相关规划，合理控制整体开发规模和强度，新建和改扩建项目必须严格论证，不得加大对防洪安全、河势稳定、供水安全、航道稳定的累计不利影响。2.严格控制项目类型和开发利用方式，不得加剧险情或影响今后险工险段治理，不得违反生态敏感区特定保护目标。除建设生态公园、河滩风光带等社会公益性项目外，一般不得建设其他项目设施。	牙根二级水电站开展了行洪论证专题、水资源论证等相关专题，论证了牙根二级水电站的防洪安全等。牙根二级水电站正在编制水土保持方案报告书，本项目弃渣场、渣料转存场、表土堆存场已取得雅江县人民政府的同意选址的意见，各场址不涉及河湖管理范围、不涉及水土流失严重、生态脆弱区域，后续将分区对牙根二级水电站工程实施水土保持措施。	符合
			污染物排放管控			
			环境风险防控	/	/	/
			资源开发	/	/	/

			利用效率			
		雅砻江江河湖库岸线其他区域，YS5133253610001，江河湖库其他区域	空间布局约束	禁止开发建设活动的要求:岸线资源一般管控区-岸线保留区:1.对河势变化剧烈的河段，规划期内暂不开发利用。2.保留区内涉及国家级和省级自然保护区的实验区、水产种质资源保护区、国际重要湿地、国家重要湿地以及国家湿地公园、森林公园生态保育区和核心景区、地质公园地质遗迹保护区、世界自然遗产核心区和缓冲区等生态敏感区，但未纳入生态保护红线范围内的，禁止建设与各区相应法律法规不符合的项目。限制开发建设活动的要求:岸线资源一般管控区-岸线保留区:1.为规划工程预留的岸线保留区，因经济社会发展需要，确需开展的重要基础设施建设，在不影响规划工程未来建设、以及防洪、供水、生态安全的前提下，按相关法律法规要求履行河道内建设项目相关审批程序。2.为满足生活生态岸线开发需要划定的岸线保留区，除建设生态公园、江滩风光带等项目外，不得建设其他生产设施。对虽具备开发利用条件，但现状经济社会发展水平相对较低，暂无开发利用需求的岸段，今后因经济社会发展确需开发利用的，经充分论证并按照法律法规要求履行相关审批程序后，可根据所在河段实际情况并参照岸线控制利用区或开发利用区管控要求进行管理。岸线资源一般管控区-岸线开发利用区:1.符合《长江保护法》《水法》《防洪法》《环境保护法》《港口法》《航道法》《河道管理条例》等国家有关法律法规，在不影响防洪、航运安全、河势稳定、水生态环境的情况下，根据岸线保护要求和沿河（湖泊）地区经济社会发展的需要，依法依规履行水行政许可相关手续后，科学合理地开发利用。 2.符合依法批准的省域城镇体系规划和城市总体规划，须统筹协调与流域综合规划，防洪规划，取水口、排污口及应急水源地布局规划，航运发展规划，港口规划等相关规划的关系，充分考虑与附近已有涉水工程间的相互影响，合理布局，按照“深水深用、浅水浅用”、“节约、集约利用”的原则，提高岸线资源利用效率，充分发挥岸线资源的综合效益。	牙根二级工程不涉及国家公园、自然保护区、世界自然遗产等重要敏感区。工程不涉及生态保护红线。工程属于水能资源开发河段，不属于禁止开发及限制开发类活动。	符合
			污染物排放管控		/	/

			环境风险防控	/	/	/
			资源开发利用效率	/	/	/

综上所述，本项目涉及 2 个生态环境管控单元，10 个环境要素管控分区，通过与四川省、川西北经济区总体管控要求、甘孜藏族自治州普适性管控要求、雅江县普适性管控要求、所涉及的环境管控单元准入清单、所涉及的要素管控分区管控要求的综合分析，本项目与《甘孜藏族自治州生态环境分区管控动态更新成果（2023 年版）》的管控要求相符。2026 年 7 月，四川省生态环境厅以(便函[2026]1943 号)出具了《关于四川省牙根二级水电站生态环境分区管控要求符合性核查意见的函》，表明工程建设未发现与四川省、甘孜州的生态环境分区管控方案不相符情况。

3.2 工程方案的环境合理性分析

3.2.1 坝址选址的合理性分析

本阶段牙根二级水电站比选了上、中、下三个坝址，上坝址位于力丘河口上游约 8.0km、木灰沟口上游 1.2km 处的雅砻江干流河段，中坝址位于力丘河口上游约 5.5km、木灰沟口下游 1km 处的雅砻江干流河段，下坝址位于力丘河口上游约 3.0km 处的雅砻江干流河段。

从外环境关系来看，上、中、下三个坝址选址均不涉及生态红线、也不涉及饮用水水源保护区、自然保护地、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、森林公园、重要湿地等环境敏感对象，外环境关系基本一致。

各方案施工期的环境影响主要是施工期废水、废渣、废气及噪声排放，以及施工开挖、弃渣、占地等活动将扰动地表、影响和破坏植被，新增水土流失，造成水质、噪声和大气污染，对工程区附近居民的生产、生活造成一定影响，并对土地资源利用、水资源利用、人群健康等产生影响；另外，工程施工开挖和占地对部分鸟类、两栖类及兽类的栖息地造成一定的破坏。上述影响仅限于施工期，其影响范围和程度均较小，采取合理有效的减免措施后可得到有效控制和减免，随着工程的完建，影响将逐渐消失。从施工期环境影响分析，三个坝址比选方案环境影响基本一致。

水库蓄水运行期环境影响主要有水文情势、水温、水质的改变。牙根二级工程河段现状水质较好，库区无工业污染源分布，人口与耕地稀少，污染负荷低，蓄水后库区水质基本可以保持良好状态。蓄水后，库区河段水面面积、水位、水深、水面宽、流速等水体形态将发生变化，但三个坝址方案之间无明显差异。蓄水后牙根二级水库水温属过渡型水库，水深较大可能有季节性水温分层现象，影响水库下泄水温，但三个坝址方案距离近，库容基本相等，α-β法和密度佛汝德数法计算结果相同，因此三个坝址方案水温影响相同，无明显差异。

水库蓄水后，大坝阻隔使库区及坝下水文情势发生改变，鱼类有效栖息空间减少，对鱼类资源带来一定不利影响。根据水生生态调查结果，牙根二级水电站工程鱼类集中产卵场主要位于库尾上游雅江县城、库中的下渡林场和霍曲河口，施工及枢纽区河段无重要鱼类集中产卵场分布，因此上、中、下坝址对水生生态影响基本一致。

电站建成运行后将对工程河段的水文情势、水生生态及陆生生态产生一定影响。水库蓄水后，将淹没河谷地区原有耕地、植被，对河谷地区的鸟类、两栖类以及小型兽类的栖息环境带来不利影响。一般来说，坝址越靠上游，水库淹没产生的影响越小，但本工程的上、中、下三个坝址距离仅 5km，环境状况本底基本一致，影响程度整体相差不大。由于河段涉及国家二级保护植物五小叶槭，重点对各坝址比选方案对五小叶槭的淹没损失进行了差异分析（见下图，图中蓝点为枢纽区五小叶槭分布调查成果），经叠图，中坝址方案淹没损失五小叶槭数量较上坝址方案多 35 株（成株 24 株，幼树幼苗 11 株），下坝址方案较中坝址方案多 39 株（成株 18 株，幼树幼苗 21 株）、较上坝址方案多 74 株（成株 42 株，幼树幼苗 33 株）。总体上，下坝址方案对五小叶槭淹没损失最大、中坝址方案次之，上坝址方案最小。

由于工程河段沿河均有五小叶槭集中分布，尤其是麻郎措镇~坝址河段，总资源量大且沿河及所有支沟均有分布且无法完全避免，本次环评也是相应制定了五小叶槭专项保护措施，主要包括原生境保护、种质资源收集保存、野生植株移栽、人工扩繁、野外回归、生境营造等措施，以减缓工程建设对五小叶槭的影响。

总体上，各坝址比选方案影响五小叶槭数量差异总体不大，在严格落实五小叶槭保护措施的前提下，环境影响不制约坝址方案比选。

从工程地质角度，上、中坝址基本相当，下坝址较差；从动能经济指标考虑中坝址方案单位千瓦投资及单位电能投资均优于上坝址和下坝址，经济指标相对较优。因此主体专业从地质条件、枢纽布置及建筑物、施工条件、机电及金属结构、动能经济、工程投资等方面的技术经济综合比较，推荐中坝址为可研阶段推荐方案。

从环境保护角度分析，上、中、下坝址环境影响整体差异不大，上坝址方案淹没影响更小，方案相对较优。但中坝址、下坝址方案不利环境影响可通过采取相应的环保措施予以减缓，基本不制约方案选择。因此，同意主体专业推荐的中坝址方案，也与中游规划调整环评推荐的牙根二级坝址方案一致。



图 3.2-1　不同坝址比选方案对五小叶槭的影响差异示意图

3.2.2 坝型选择的环境合理性分析

可研阶段在中坝址为代表坝址基础上，考虑到坝址处无明显制约拱坝布置的地形地质条件，混凝土拱坝和混凝土重力拱坝均能充分利用两岸山体和河床基础共同承担水荷载，抗震性能和超载能力都较强，因此对上述两种坝型开展综合比选。

从坝址区工程地质条件分析比较，牙根二级水电站均具备修建 200m 级碾压混凝土重力坝和混凝土拱坝的地形地质条件，不存在坝型选择的制约因素。

从建坝及枢纽布置条件来看，混凝拱坝方案在大坝方量、抗震性能、超载能力、材料利用、引水发电系统布置均优于重力坝，推荐混凝土拱坝为选定坝型。

从施工组织设计方面分析，两个坝型枢纽布置方案均可行，各有优缺点，不存在制约坝因素。

从建设征地移民安置专业角度而言，两种坝型方案在实物指标数量、安置任务、补偿费用方面均相同。两种方案涉及建设征地移民安置的难度相同，安置容量能够满足移民安置的需要，不存在制约坝型方案选择的因素。

从工程投资来看，拱坝方案静态总投资 2702086 万元，单位千瓦投资 12282 元，单位电能投资 3.18 元/kWh；重力坝方案静态总投资 2852173 万元，单位千瓦投资 12964 元，单位电能投资 3.36 元/kWh，拱坝方案静态经济指标优于重力坝方案。

从环境保护来看，根据工程施工、运行特点，外环境关系和工程地区环境现状综合分析，各方案主要环境影响有施工期影响和运行期水生生态、陆生生态及水文情势影响。

两种比选的坝型方案水库调节能力、调度运行方式相同，因此运行期的环境影响无本质上区别。仅由于坝型不同，造成施工工程量和占地等方面有差别。

拟定的两个坝型方案中，施工期环境影响差异主要表现在施工期生产废水事故排放对水质的影响、工程占地对植被的影响、工程开挖量和弃渣带来的水土流失影响，其余环境影响均不存在明显差异。由于混凝土重力坝对混凝土需求量相对较大，施工期废水产生量也较大，料源需求量相较于拱坝方案也更大，对地表的扰动更大，水土流失隐患相对较大。总体来讲，在落实环境保护与水土保持相应措施的情况下两个坝型方案环境影响差异不显著，从环境保护角度分析，混凝土拱坝方案略优于碾压混凝土重力坝方案。

综上，采用主体工程推荐的混凝土拱坝方案较为合理。

3.2.3 正常蓄水位选择的环境合理性分析

预可行性研究阶段，综合考虑水库淹没影响、合理利用水能资源等因素，拟定了2558m、2560m、2562m 和 2570m 四个正常蓄水位方案，经综合分析比较，初选牙根二级水电站正常蓄水位 2560m。可行性研究阶段，综合考虑不影响雅江县城东城小区及其防洪堤，开展了正常蓄水位细化比选工作，拟定 2558m、2559m、2560m、2561m 四个正常蓄水位方案进行比选。就环境影响而言，各方案的主要差别在于不同水位时产生的淹没影响程度及所带来的生态环境影响不同，而施工期影响以及运行期对水生生态和水文情势等的影响大体相同。

从库区及周边分布的环境敏感对象来看，制约正常蓄水位选择的主要因素为雅江县城、鱼类及保护植物重要生境等。

各正常蓄水位方案的回水计算结果表明各正常蓄水位方案汛期 50 年、30 年、25 年、20 年及 5 年一遇洪水回水在雅江县城最下游端城南大桥以下约 0.51km~1.54km 处尖灭。非汛期，正常蓄水位 2560m 方案遭遇 50 年、30 年、25 年、20 年及 5 年一遇洪水时，其回水在城南大桥下游约 0.96km~1.61km 处尖灭。非汛期，正常蓄水位 2561m 方案遭遇 50 年、30 年、25 年、20 年及 5 年一遇洪水时，其回水在城南大桥下游约 0.44km~0.61km 处尖灭。总体上，各正常蓄水位回水未进入雅江县城。

牙根二级水电站所在河段为峡谷急流型河流生境，河段内鱼类资源较丰富，分布鱼类主要有三类：高原鳅类、裂腹鱼类和鮡科鱼类。根据历次水生生态调查，干流下渡林场段、霍曲河汇口处分布有 2 处鱼类产卵场，支流霍曲河河口上游 3km 内河段分布有 2

处鱼类产卵场，根据牙根二级水库回水计算成果，各正常蓄水位方案水库回水均将淹没上述 4 处产卵场，对干、支流鱼类重要生境的影响一致。

各方案环境影响差异主要体现在水库蓄水淹没土地资源和陆生生物数量不同，特别是国家二级保护植物五小叶槭野生资源量随着水位升高而损失增加。通过五小叶槭在本河段的分布和不同正常蓄水位淹没范围叠图分析并进行统计，四个正常蓄水位分别淹没五小叶槭(成树及幼树)1465 株、1481 株、1494 处、1515 株，总体上随着正常蓄水位增加，五小叶槭野生资源量损失略有增加，但 4 个水位间不存在影响点位数量突变或数量拐点。根据专题报告研究成果，淹没区域的五小叶槭种群遗传多样性较低，且五小叶槭保护技术研究较为成熟，野生植株移栽成活率较高，在严格落实原生境保护、迁地保护、科学研究、跟踪监测等保护措施的基础上，五小叶槭种群可以保持稳定健康发展。

从单位经济指标分析，各正常蓄水位方案单位千瓦投资随着正常蓄水位提高而增加，单位电能投资随着正常蓄水位提高而降低，但方案间差别较小，其中以 2561m 方案的单位电能投资最低。从补充单位电能指标分析，与两河口联合运行情况下，各正常蓄水位方案间的补充单位电能投资均小于本身的单位电能投资，说明适当抬高正常蓄水位是有利的。从总费用现值来看，正常蓄水位 2561m 方案的总费用现值最小。

经综合考虑，适当的降低水位，能够减少对五小叶槭的淹没损失，同时能够与雅江县城留有一定的回水裕度。因此，主体专业经综合分析比较，推荐牙根二级水电站正常蓄水位为 2560m，该蓄水位方案与雅砻江流域综合规划、历次回顾性评价及水电规划和调整规划中推荐的牙根二级正常蓄水位方案一致。

牙根二级水电站各正常蓄水位方案经济指标表

表 3.2-1

项目	单位	方案一	方案二	方案三	方案四
正常蓄水位	m	2558	2559	2560	2561
装机容量	万 kW	240	240	240	240
多年平均年发电量 1	亿 kWh	80.60	81.04	81.48	81.92
多年平均年发电量 2	亿 kWh	85.26	85.85	86.45	87.04
多年平均年发电量 3	亿 kWh	73.94	74.45	74.96	75.47
静态总投资	万元	2605720	2613687	2619881	2626716
单位千瓦投资	元	10857	10890	10916	10945
单位电能投资 1	元/kWh	3.23	3.23	3.22	3.21
单位电能投资 2	元/kWh	3.06	3.04	3.03	3.02

项目	单位	方案一	方案二	方案三	方案四
单位电能投资 3	元/kWh	3.52	3.51	3.50	3.48
静态投资差	万元	7967	6194	6835	
多年平均发电量差 1	元/kWh	0.44	0.44	0.44	
多年平均发电量差 2	元/kWh	0.60	0.60	0.60	
多年平均发电量差 3	元/kWh	0.51	0.51	0.51	
补充单位电能投资 1	元/kWh	1.81	1.41	1.55	
补充单位电能投资 2	元/kWh	1.33	1.04	1.14	
补充单位电能投资 3	元/kWh	1.56	1.21	1.34	

注：情况 1 为牙根二级水电站单独运行的能量指标；

情况 2 为与上游两河口水电站联合运行的能量指标；

情况 3 为考虑与上游两河口水电站联合运行及南水北调西线一期工程影响下的能量指标；

牙根二级水电站各正常蓄水位投资表

表 3.2-2　　单位：万元

编号	工程或费用名称	正常蓄水位 2558m	正常蓄水位 2559m	正常蓄水位 2560m	正常蓄水位 2561m
I	枢纽工程	1470536	1472039	1472909	1473818
II	建设征地移民安置补偿费	419429	422878	425762	428970
III	独立费用	430541	432413	433928	435623
	一至三部分合计	2320507	2327330	2332599	2338412
IV	基本预备费	285213	286357	287282	288304
	工程静态总投资(I～IV部分合计)	2605720	2613687	2619881	2626716
V	价差预备费	296174	296924	297485	298093
VI	建设期利息	464356	466018	467352	468843
	工程总投资(I～VI部分合计)	3366251	3376629	3384718	3393651
	开工至第一台机组发电期内静态投资	2320756	2328869	2335333	2342488
	开工至第一台机组发电期内总投资	3011785	3022313	3030709	3040007
	单位千瓦静态投资（元/千瓦）	10857	10890	10916	10945
	单位千瓦动态投资（元/千瓦）	14026	14069	14103	14140

注：各方案投资采用《四川省雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》中成果

3.2.4 装机规模选择的环境合理性

预可阶段从梯级电站调峰作用、梯级电站引用流量关系和电站在系统中容量电量的发挥情况以及动能经济指标等方面综合分析，初选牙根二级水电站装机容量 220 万 kW。

可行性研究阶段，正常蓄水位方案明确。装机容量比选限制性因素主要为与上、下梯级电站引用流量的匹配性问题。考虑到上游两河口水电站具有多年调节能力，且牙根二级水电站自身亦有一定的调节库容，建成后可担负系统的调峰容量，并可承担电力系统部分负荷备用和事故备用，故装机容量可适当加大。下游楞古为引水式电站，根据锦屏二级水电站、硬梁包水电站等已在建工程经验，其引水隧洞内径不宜超过 14m，引水

隧洞最大过流能力考虑在 1600m³/s 左右，牙根二级水电站最大发电引用流量可略高于楞古水电站。

经综合分析系统负荷需求和电站特性，从合理利用水能资源角度出发，结合预可行性研究阶段研究成果，可研阶段拟定 200 万 kW、220 万 kW、240 万 kW 和 260 万 kW 共 4 个方案进行装机容量比选，从梯级水库协调运行、静态经济指标、总费用现值和财务指标等方面分析，综合考虑牙根二级和楞古水电站两个梯级的整体效益，特别是适当增大装机容量对改善四川系统水电站群的供电质量，增加四川电力系统调峰容量角度，推荐牙根二级水电站装机容量 240 万 kW。上述研究成果已纳入雅砻江中游水电规划调整及规划调整环评工作中。

从环境保护角度分析，各装机容量下，水库正常蓄水位、死水位等特征参数均一致，水库淹没范围和工程占地等均未发生变化。不同装机容量的环境影响差异主要体现在电站日调节运行时，日内逐时下泄流量的不同，从而引起坝下游水文情势的变化略有不同。各装机方案最大发电引用流量分别为 1599m³/s、1759m³/s、1919m³/s 和 2079m³/s，日调峰运行时，日内出库流量介于单机 45%带基荷发电流量至最大发电引用流量之间；即各装机方案日内最大流量差分别为 1419m³/s、1561m³/s、1703m³/s 和 1845m³/s。牙根二级水电站坝下主要关注对象为力丘河汇口段、马蹄村段鱼类的产卵生境，牙根二级水电站日调节运行时，坝下游流量、水位的变化会对上述产卵场存在一定影响。由于各装机容量电站运行方式未发生变化，不同装机容量的差异主要体现在电站日内逐时下泄流量有所不同，从而导致下游水位变化略有差异，但不存在质的差异。因此，环境保护不制约本项目装机容量选择。

通过模型预测，240 万 kW 装机方案日调节运行时，在鱼类主要繁殖期间，力丘河汇口下游产卵场在 5 月典型日水位最大日内变幅为 3.95m、7 月典型日水位最大日内变幅为 3.52m；马蹄村产卵场在 5 月典型日水位最大日内变幅为 2.59m、7 月典型日水位最大日内变幅为 2.49m；日内水位波动可能会对鱼类繁殖产生一定的影响。为保障适宜鱼类生存繁殖的生境条件，环评提出在鱼类繁殖高峰期 4~7 月每月各开展 7~10d 的生态调度，给出了牙根二级生态调度主要产卵期典型日内流量过程。经预测，生态调度期间，力丘河汇口产卵场 5 月水位最大日内变化为 0.75m，较正常运行工况下减少 3.2m；7 月水位日内最大变化为 0.65m，较正常运行工况减少了 2.87m；马蹄村产卵场 5 月水位最大日内变化为 0.52m，较正常运行工况下减少 2.07m；7 月水位日内最大变化为 0.51m，

较正常运行工况减少了 1.98m；总体看来，生态调度期间，牙根二级坝下各产卵场断面日内水位变化较正常运行工况降低 80%左右，优化了坝址下游河段鱼类产卵生境。

主体专业从梯级水库协调运行、静态经济指标、总费用现值和财务指标等方面分析，综合考虑牙根二级和楞古水电站两个梯级的整体效益，牙根二级电站装机容量选择 240 万 kW 较优。因此，推荐牙根二级水电站装机容量 240 万 kW，与《雅砻江中游水电规划调整报告》成果一致。

3.2.5 电站运行调度方案的环境合理性

牙根二级水电站具有日调节能力，汛期(6 月～9 月)入库流量大于汛期分界流量 3500m^3/s 时，坝前水位从 2560m 消落至汛期排沙运行控制水位 2559m 运行；当入库流量小于或等于汛期分界流量 3500m^3/s 时，坝前水位控制在不高于 2560m 运行；非汛期视电力系统和互补新能源的需要及自身能力进行调峰，一般情况下，水库水位按正常运行消落 2m 做日调节运行，视系统需要可消落至死水位 2545m。

牙根二级水电站坝下力丘河汇口、马蹄村附近河段分布鱼类产卵场，主要为裂腹鱼和鮡科鱼类产卵场，牙根二级水电站运行期日内调峰运行时将对上述产卵场日内水位变化造成影响。根据裂腹鱼类繁殖特性，牙根二级水电站在鱼类繁殖季节运行时，应以满足下游产卵场水文条件需求为主，控制日内调峰幅度。基于上述要求，牙根二级水电站在鱼类繁殖期的 3~7 月日内最小下泄流量不低于 154.4m^3 /s，占坝址处多年平均流量的 20%，在鱼类繁殖高峰期 4~7 月每月各开展 7~10d 的生态调度，在此期间，牙根二级水电站利用调节库容进一步均化日内流量过程，维持坝下水位变幅，优化坝址下游鱼类产卵生境。楞古水电站建成后，牙根二级水电站日内下泄流量过程将由楞古水库进行调节。

因此，本工程调度运行方案考虑了水生生态需求，生态调度时段和过程时长均结合鱼类繁殖习性进行拟定，电站运行调度方案符合生态优先的设计理念。

3.2.6 施工规划的合理性分析

3.2.6.1 施工总布置的环境合理性分析

牙根二级水电站坝址区附近地形狭窄，可供布置的施工场地十分匮乏，坝址上游约 1km 的左岸木灰沟沟谷场地较为开阔，沟口场平后可作为施工场地，沟内也具备一定的堆渣条件；坝址上游约 3km 的日衣村阶地较为开阔，场平后可作为施工场地；坝址上、下游零星河谷阶地和沟道场平可作为施工场地。此外，坝址上游约 7km 的日岗沟具有大

规模堆渣条件。遵循上述因地制宜、有利生产、方便职工生活、环境友好、节省资源、经济合理的场地规划原则，根据本工程枢纽布置特点、施工场地条件、施工总布置，并结合场内交通布置，将施工场地布置划分为日衣、大坝枢纽、拉最 3 个工区。

日衣工区分布于坝址上游雅砻江两岸，从日岗沟沟口至日衣沟附近，主要布置有右岸供水系统日衣净水厂和表土堆存场，此外，日岗沟渣场也位于该工区。大坝枢纽工区分布于坝址附近雅砻江两岸，从上游日衣沟附近至下游拉最沟附近，主要布置有木灰沟砂石加工系统和混凝土生产系统、下游高线混凝土生产系统、承包商营地、武警及公安营地、机电设备及物资仓库、中心变电站、木灰业主营地、木灰沟转存料场等施工设施。拉最工区分布于坝址下游雅砻江两岸，从拉最沟至相唐多吉下游侧场平附近，主要布置有拉最砂石加工系统和混凝土生产系统、机械及汽车修理厂、施工机械停放场及汽车保养站、供水站、此外，拉最场地也位于该工区。

为尽量减少工程占地，降低对原有地貌和原生植被的扰动与破坏，工程弃渣优先回采利用以及用于场地平整，尽可能减少弃渣量。预可研阶段，牙根二级开挖总量为 1478.88 万 m^3(自然方)，弃方总量 816.48 万(自然方)，开挖料利用率为 55.21%，规划日岗沟设置两处渣场堆存。可研阶段弃渣回采率不断优化提高，现阶段工程总开挖量为 1571.31 万 m^3(自然方)，经综合利用后，剩余渣量约 527.36 万 m^3(自然方)，开挖料利用率提高至 66.44%，日岗沟设置一处渣场堆存，渣场数量减少，相应渣场占地由原两处渣场方案的 29.87hm^2 减少到一处渣场方案的 17.17hm^2，进一步节约了占地，降低了弃渣可能带来的土地资源与生态影响。

本工程在雅砻江左岸木灰沟布置有木灰沟砂石加工系统和混凝土生产系统，坝址下游布置有下游高线混凝土生产系统、拉最砂石加工系统和混凝土生产系统等施工辅助设施。考虑到雅砻江水生生态环境的敏感性，以上施工辅助设施均在雅砻江河湖管理范围线以外，不涉及鱼类生境，不涉及野生动物集中分布区和重要栖息地，工程施工不会导致也野生动物物种的灭绝。

同时，本工程在施工布置时尽可能避开了环境敏感对象，工程区域居民点主要分布在木灰沟上游，施工布置时，将高噪声施工企业如木灰沟砂石加工系统和混凝土生产系统主要布置在沟口，距离沟内木灰村居民点直线距离在 700m 以上。施工区域靠近木灰村居民点处，主要布设有表土堆存场及转存料场等施工噪声相对较低设施，最近距离约 20m，环评相应提出了禁止夜间施工、设置施工围挡、喷淋装置、施工路段设置隔声屏

障、加强后期跟踪监测等大气、声环境保护措施，以减缓对木灰村居民点的施工影响。

工程所在河段为国家二级保护植物五小叶槭主要分布地区，工程布置不可避免占用部分五小叶槭，主要通过工程避让及场内交通绕行等方式优化施工布置对五小叶槭的占用。2023 年五小叶槭影响和保护措施规划专题编制期间，施工布置方案涉及五小叶槭 320 株。现阶段通过优化后占用五小叶槭 276 株，较前阶段减少占用 44 株。按照占地类型划分，工程永久占地区涉及五小叶槭植株 133 株，施工临时占地区涉及五小叶槭植株 143 株。

综上可见，牙根二级水电站施工总布置无重大环境制约因素，且通过弃渣减量化设计，有效减少了工程施工额外占地面积和对原有地貌及原生植被的扰动与破坏；施工设施布置规范、合理，有效控制了对区域居民的施工影响；为减缓工程建设对五小叶槭植物的影响，在采取优化工程布置的基础上，依据“关于《雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题报告》审查意见的函”相关要求，环评提出施工占地区涉及的 270 株五小叶槭全部就近移栽至木灰村珍稀植物园、同时进行种子资源采集、后续按照影响数量的 5 倍开展人工扩繁及野外回归，能够有效减缓工程建设对五小叶槭的影响。

因此从环境保护角度，牙根二级水电站施工总布置总体合理。



日岗沟沟口现状



日衣场地



木灰沟场地全貌（向下游）



拉最沟场地

图 3.2-2　牙根二级水电站主要施工布置区域现状

3.2.6.2 渣场布置的环境合理性分析

2022 年 9 月《四川雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》通过水电水利规划设计总院审查，本阶段对《四川雅砻江牙根二级水电站可行性研究阶段施工总布置规划专题报告》土石方开挖及利用方案进行了优化。经挡水建筑物开挖边坡优化、不良地质体治理、抬高尾水出口尾水出口底板高程、减少尾水洞长度、充分利用本工程自身开挖可用料增加开挖料利用量、减小场内交通规模等调整，本阶段开挖量较《施工总布置规划专题报告》开挖量有所增加；通过筹建工程、施工临建设施、场内交通、主体工程充分利用有用洞挖料作为混凝土骨料，工程填筑、木灰沟两岸施工场地填筑、坝下沟场平（高线混凝土生产系统）填筑、拉最沟场平（砂石加工与混凝土系统）填筑、围堰填筑等充分利用自身开挖料。经过本阶段土石方优化工作，与《施工总布置规划专题报告》对比，开挖量由 1478.88 万 m^3 略微增加至 1571.31 万 m^3、利用量由 662.4 万 m^3 增加至 1043.95 万 m^3、弃渣由 816.48 万 m^3 减少至 527.36 万 m^3，利用率由 44.79% 提高至 66.44%。

可研阶段，结合施工总布置、交通运输条件以及下游拟建愣古水电站布置情况，对

牙根二级水电站坝址上游 50km 至下游 20km 沿雅砻江两岸范围堆渣场地进行了初步筛选，共计筛选出 20 处场地初步具备堆渣地形条件（如表 3.2-3、图 3.2-3 所示），从生态保护红线等生态环境敏感区、河道管理范围（含规划库区）、基本农田、下游敏感因素以及附近其他项目已初拟使用场地等限制性因素角度综合比选，认为次呷沟、茨马绒村场地、丈巴沟、霍曲河、本孜绒村场地、达果河、米龙村 1#支沟、力丘河、普沙绒村场地、夹贺沟、江益西村场地、马蹄村场地等 12 处场地限制因素明确，不具备作为渣场选址场地。

木灰沟、日岗沟、达霍沟、唐恰、达康其霍、嘎多、公尕、米龙村 2#支沟等 8 处场地从限制性因素角度分析是基本适宜的。针对 8 处可堆存场地，从工程地质评价、泥石流分布情况、地形坡度、水文条件、堆渣容量、施工组织、环境等方面进行了对比分析（如表 3.2-4 所示），牙根二级水电站渣料可堆存场地工程地质条件、地形坡度、泥石流分布、水文条件等基本相当，地类基本均为林地或其他土地，植被类型主要为高山松林、川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛。木灰沟距离坝址最近，由于两岸布置施工生产生活设施导致容量不满足弃渣堆存需求；达霍沟两侧山体陡峭，运距较远，新建运输道路和施工便道距离较长，沟口分布有村庄，需考虑提前进行移民安置，同时应当地政府要求，达霍沟口作为新的邦真姜宗教活动点，堆渣活动对当地宗教活动有较大影响；其余 6 处场地由于运距较远(28~50km)，运输车辆尾气排放和扬尘污染增加，能源消耗与碳排放加剧，噪音污染范围扩大，生态扰动范围扩大，环境管理难度与风险增加，经济性差，作为渣场选址的条件差。

主体专业从水文、地质、运输距离、社会影响等综合分析，特别是从尊重当地民族宗教信仰、社会风俗和生产生活习惯等方面考虑，推荐日岗沟渣场方案。

从环境保护角度分析，日岗沟渣场未布置在河道管理范围内，占地类型主要为林地或其它土地，植被类型基本为高山松林、川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，日岗沟渣场周边人口分布稀少，距离最近的日岗居民点在 400m 左右，日常堆渣活动对日岗居民点影响轻微。针对对五小叶槭的影响，日岗沟堆存方案涉及五小叶槭 90 株，在严格落实五小叶槭针对性保护措施，达到“优先避让、能移尽移，种群恢复不少于影响数量的五倍”的基础上，同意推荐的日岗沟渣场方案。

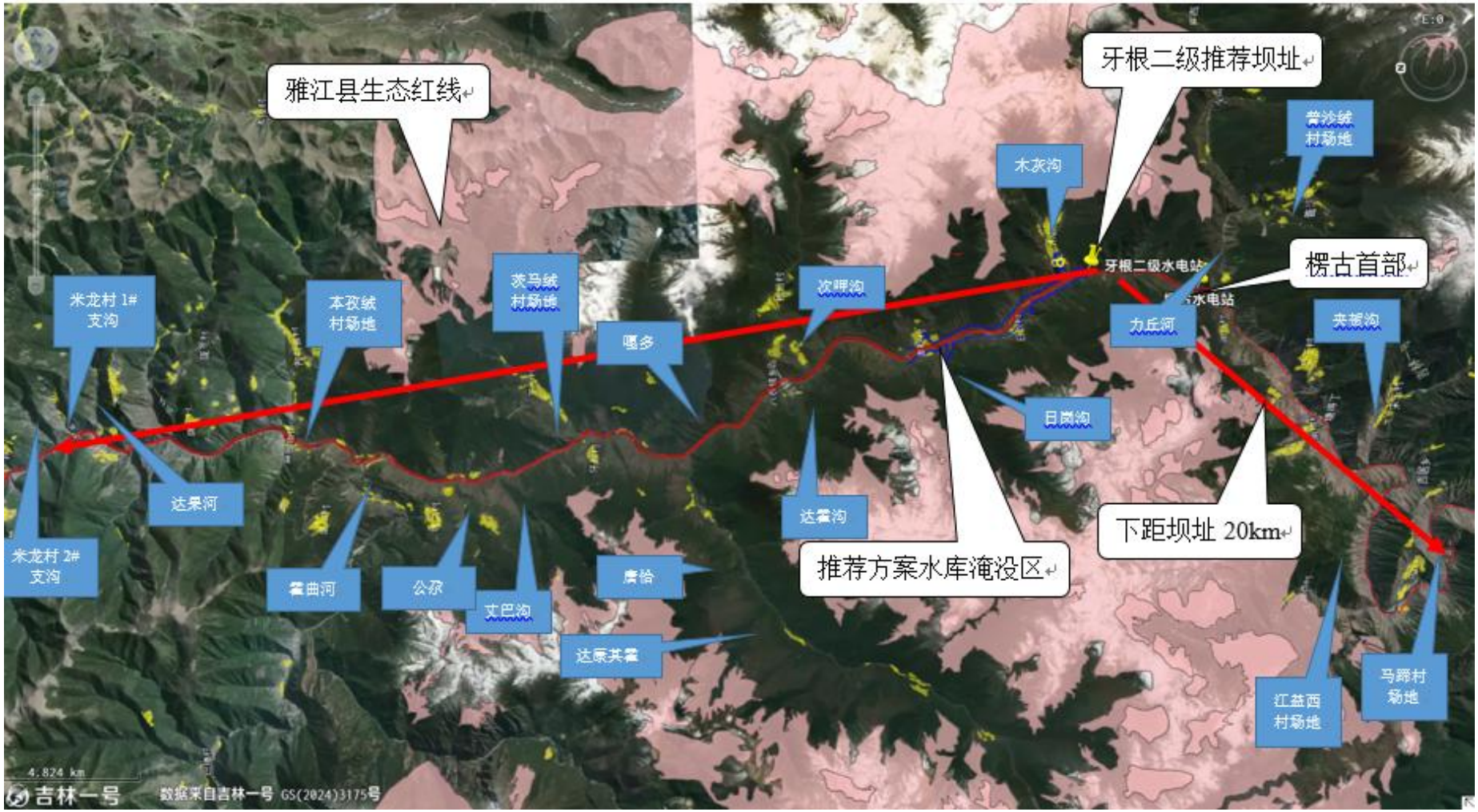


图 3.2-3　可堆渣场地范围分布示意图（坝址上游 50km、坝址下游 20km）

初选弃渣场地相关情况统计表

表 3.2-3

场地编号	名称	距离坝址直线距离（km）	主要约束条件或制约因素（均位于设计堆渣范围内）	结论
1	木灰沟	1.0		基本适宜
2	日岗沟	7.0		基本适宜
3	次呷沟	12.0	居民点	不推荐
4	达霍沟	12.2		基本适宜
5	唐恰	19.6		基本适宜
6	达康其霍	19.4		基本适宜
7	嘎多	19.1		基本适宜
8	茨马绒村场地	22.5	基本农田	不推荐
9	丈巴沟	26.0	其他项目拟使用场地	不推荐
10	公尕	27.4		基本适宜
11	霍曲河	31.2	河道管理范围	不推荐
12	本孜绒村场地	33.5	基本农田	不推荐
13	达果河	41.3	河道管理范围	不推荐
14	米龙村 1#支沟	42.8	基本农田	不推荐
15	米龙村 2#支沟	43.5		基本适宜
16	力丘河	4.9	河道管理范围	不推荐
17	普沙绒村场地	8.1	楞古水电站的施工场地	不推荐
18	夹贺沟	12.2	河道管理范围	不推荐
19	江益西村场地	18.4	居民点	不推荐
20	马蹄村场地	19.3	基本农田	不推荐

8 处可堆存场地对比分析汇总表

表 3.2-4

序号	名称	工程地质评价	泥石流分布情况	地形坡度（°）	水文条件（P=1%）	堆渣容量（万 m^3）	环境保护			施工组织					社会环境影响	分析结论
							地类	植被类型	生态影响（五小叶槭影响植株数量）	运距（km）	平均垂直运输距离（m）	新建便道（km）	提前建设 S220（km）	新建桥梁（座/m）		
1	木灰沟	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	木灰沟两岸基岩裸露，植被较发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	40～60	117	150/120	林地、其他土地	高山柏林、矮高山栎灌丛、川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛及少量高山松	4	0.5	200	/	/	/		作为暂存料场
2	日岗沟	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	40～50	134	700/500	林地、其他土地	川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	90	9.5	320	4.5	6.8	1/220		较优
3	达霍沟	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被较发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	35～45	56.5	610/520	林地	高山松林、川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	0	19.0	600	5.8	15（库区段 8.2）	1/200	沟口库区淹没范围分布村庄，沟口有宗教设施	差
4	唐恰	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被较发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生小型泥石流的可能	40～50	55.9	910/180	林地、其他土地	高山松林、川滇高山栎灌丛	0	28.7	590	10.0	20.5（库区段 13.7）	1/200	下游约 2.5km 为恶古村	一般
5	达康其霍	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被较发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生小型泥石流的可能	40～50	24.8	1090	林地、其他土地	高山松林、川滇高山栎灌丛	0	31.1	650	12.3	20.5（库区段 13.7）	1/200	下游约 4.0km 为恶古村	一般
6	嘎多	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被不发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	40～50	52.2	760/600	林地、其他土地	川滇高山栎灌丛	0	25.1	430	4.3	22.5（库区段 15.7）	2/400		一般
7	公尕	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被不发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	40～50	50	1380	林地、其他土地	川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	0	33.2	370	3.8	31（库区段 25.2）	1/200		差
8	米龙村 2# 支沟	场地整体稳定，具备布置渣场的地形地质条件	两岸植被不发育，松散物源较丰富。为低频稀性泥石流沟，泥石流中等发育，暴雨条件下有发生中小型泥石流的可能	40～50	18.6	470/400	林地	川滇高山栎灌丛	0	51.5	400	4.6	49（库区段 40.8）	2/400		不推荐

3.2.6.3 料场布置的环境合理性分析

(1)拉最场地

本工程混凝土和喷混凝土需求总量为400.8万m^3，优先采用工程洞挖及明挖可用料，剩余不足部分由场地开挖补充。

根据前期调查，工程区及外围天然砂砾石料匮乏，分布零星且储量少，开采价值较低。可研阶段对拉最场地开挖料和木灰料场开展了初步勘察工作，初步查明料场储量、质量，其中，木灰料场料源不满足要求，推荐拉最场地开采供应毛料。

拉最场地位于坝址下游约2.5km处的雅砻江左岸，占地面积约6.68hm^2，初拟开挖高程2420～2735m，两侧顺河（沟）长540m，采用自顶部2600m揭顶式开采方式，总储量约262万m^3，有用层储量约220万m^3，满足工程需求。

根据现场调查，拉最场地基岩裸露，地形陡峻，坡度一般40°～55°，局部70°～80°，植被稀疏，无珍稀保护动植物分布，也无五小叶槭分布，开挖区域植被以鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛为主，均为当地常见物种。拉最场地开挖完成后的平台将布置永久建筑物，避免了重复占地，降低了对原有地貌和原生植被的破坏与扰动。

总体上，拉最场地不涉及崩塌和滑坡危险区、泥石流易发区，且不在河道范围内，占地区无重大环境敏感对象分布，主体工程考虑了截（排）水沟、框格草皮护坡、马道排水沟等防护措施，开采结束后，拉最场地将布置机电设备及物资库、岩芯库永久建筑物，进一步节约了占地。因此，从环保角度，牙根二级水电站的料源选择是合理的。

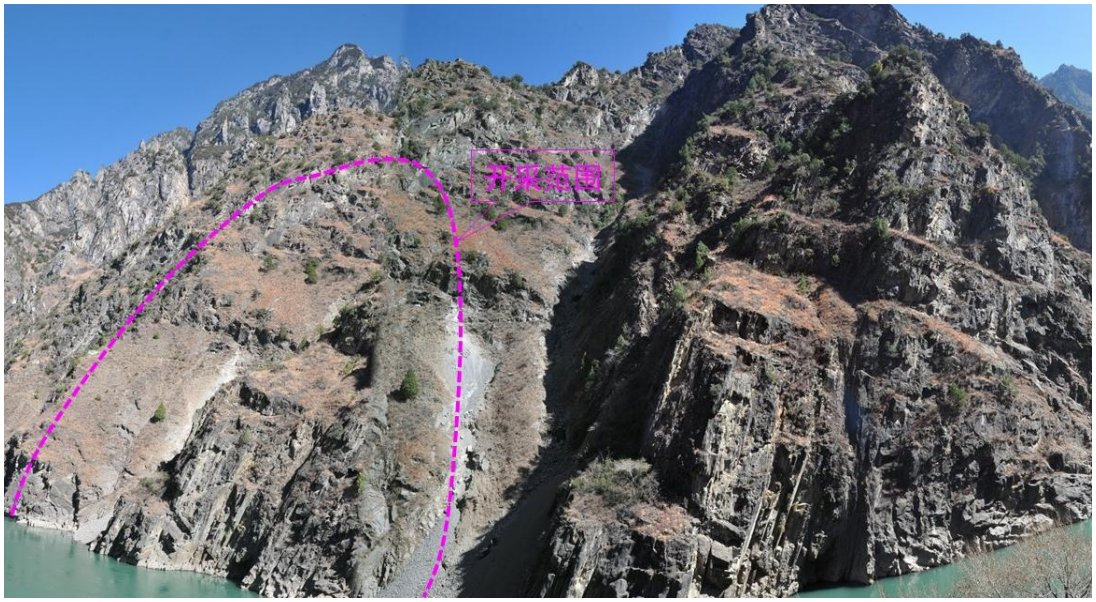


图3.2-4　拉最场地全貌

(2)木灰转存料场

木灰沟转存料场根据场地布置为木灰沟 1#转存料场和 2#转存料场。其中 1#转存料场容量 210 万 m^3，最大堆渣量为 207.6 万 m^3，最大堆渣高度为 195m；2#转存料场容量 55 万 m^3，最大堆渣量为 53.5 万 m^3，最大堆渣高度为 75m。

从环境保护角度分析，木灰沟转存料场均未布置在河道管理范围内，占地类型主要为林地或其它土地，植被类型基本为高山松林、川滇高山栎灌丛、桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，木灰沟转存料场距木灰村居民点直线距离约 130m，环评制定了施工围挡、喷淋、施工路段隔声屏障等措施，以减缓木灰沟转存料场施工活动对木灰村居民点的影响。

通过叠图分析，木灰沟转存料场占地不涉及五小叶槭集中分布区，仅涉及部分零星植株。木灰沟转存料场上游处分布有一处五小叶槭集中分布区，分布有五小叶槭 124 株，通过限定木灰沟转存料场堆渣范围、科学规划防护措施，同时合理规划周边生活营地布置，沿该五小叶槭集中分布区周边预留了约 132 亩空地，后续将新建珍稀植物园，原生境保护分布的 124 株五小叶槭，同时规划移栽迁入五小叶槭成树幼树 656 株、幼苗 1173 株，建立科学实验基地、人工繁育基地，建成雅砻江流域五小叶槭科教中心。

综上，本工程转存料场规划不存在重大的环境制约因素，且通过优化弃渣回采，尽可能的节约了土地资源。针对居民点及珍稀保护植物，制定了完善的环境保护措施。在落实环保措施的基础上，工程转存料场布置较为合理。

3.2.6.4 施工道路规划合理性

本工程水工建筑物较为集中，坝址区和外界现无公路相通，仅有通乡公路至木灰村，总体上场内交通布置条件极差，受地形、地质条件限制，新建公路以隧洞为主。考虑到当地拟建 S220 省道跨经工区，场内交通布置主要利用拟建 S220 线作为施工各工区间连接的交通主干道。

牙根二级水电站规划新建场内道路总长 46.98km（含 S220 省道 13.7km），其中公路隧洞 18.85km，规划新建雅砻江施工桥梁 5 座，总长 1.2km。

工程新建道路沿线覆盖植被多为灌丛和灌草丛，修建道路破坏的植被有限，且新建道路中桥隧占到 42.68%，总体对陆生植被不会造成大的影响，工程完工后，只要实施水土保持及植被恢复措施，及时开展迹地恢复，则可降低其影响。本工程施工公路布置既兼顾了施工物资运输及各施工活动的需要，又避免了重复建设，采取明路加隧洞的组合运输方式，可一定程度缩短公路里程，减少公路建设对地表的扰动和水土流失危害。

总体上看，本工程施工道路规划是合理的。

3.2.7 移民安置的环境合理性分析

3.2.7.1 生产安置方案的环境合理性

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站涉及生产安置人口为 2153 人，对应耕园地面积 2344.35 亩。本着充分尊重移民意愿的原则，经充分征求雅江县人民政府及相关部门的意见，移民生产安置采取逐年补偿安置方式，农村搬迁安置采取自行分散安置方式，满足要求。本工程采用逐年货币补偿的安置方式，此种方式无需新开耕地，对自然生态基本无影响，从环境保护角度来看，此种安置方式较为合理。

3.2.7.2 搬迁安置方案的环境合理性

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站建设征地涉及搬迁安置人口为 2224 人（农村部分人口 1927 人，集镇部分人口 297 人），结合移民意愿调查成果，搬迁安置人口均采取自行分散安置。牙根二级水电站水库淹没涉及雅江县八衣绒乡、麻郎措镇、米龙乡 3 座集镇，均采取择址迁建方式处理。八衣绒乡集镇新址为格日村鲁日、麻郎措镇集镇新址为唐俄村洛俄昔、米龙乡集镇新址为米龙村斗地；3 座集镇迁建人口规模共 749 人，其中八衣绒乡 121 人、麻郎措镇 473 人、米龙乡 155 人；三座集镇迁建新址占地总面积约为 7.27hm^2，其中八衣绒集镇约 1.2hm^2，麻郎措集镇约 4.53hm^2，米龙集镇约 1.54hm^2。

对于农村移民安置方案，由于采取了逐年补偿的生产安置方式，在这种安置方式下的移民搬迁安置不再受土地因素制约，具有充分的自主性，移民可根据宗教信仰、社会网络关系、生活习俗等选择适合自身的搬迁安置方式及安置地，从而最大限度的保障了其特有文化不因移民搬迁而受到影响。

从迁建集镇的选址来看，3 个集镇选址均不涉及生态保护红线、自然保护区、森林公园等重要环境敏感区域；新址均位于雅砻江沿岸河谷地带，占地类型以耕地或园地为主，占地区天然植被类型主要为高山松林、川滇高山栎灌丛和桉叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，不涉及国家二级保护植物五小叶槭，不涉及珍稀保护野生动物集中分布区和重要栖息地，集镇迁建不会导致野生动物物种的灭绝，选址不存在重大环境制约因素。

集镇迁建规划结合地方经济社会发展规划，与当地城镇体系相协调，以恢复和完善城镇功能为目的，遵循以现状为基础、因地制宜、节约集约用地、安全适用、经济合理、绿色环保、提升宜居品质的原则，考虑与迁复交通工程、电力工程，电信工程等专项项目规划方案，以及已审批国土空间规划合理衔接。

集镇迁建场地平整及搬迁建房过程中不可避免的造成地表扰动，产生水土流失，但随着工程完建和水土保持工程、植物措施的实施，水土流失将得到有效控制。同时，居民点规划了垃圾收集点、污水处理等措施，并制定了相关环境管理计划。

综上，牙根二级水电站移民搬迁安置方案基本能满足工程移民安置的需要，在各项措施到位前提下，移民安置方案基本符合环保要求。

3.3 环境影响因素分析

3.3.1 施工期影响

3.3.1.1 地表水污染源

(1)砂石加工系统废水

本工程布置 2 座砂石加工系统，即木灰沟砂石加工系统和拉最砂石加工系统。木灰沟砂石加工系统布置于木灰沟沟口渣场前缘平台上，拉最砂石加工系统布置于拉最沟内，均采用二班制生产。根据工程污染源分析结果，本工程各砂石加工系统废水主要污染物为 SS，具有废水量大、SS 浓度高的特点。砂石加工系统废水产生量按用水量的 80％考虑，工程河段内执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类水域标准，禁止新建排污口，废（污）水处理后回用或洒水降尘等综合利用，禁止对外排放。根据本电站砂石料源特性和砂石加工方法分析，参考国内同类型工程施工期砂石加工系统生产废水排放量和悬浮物浓度的实测成果资料，砂石加工系统废水量及悬浮物浓度见表 3.3-1。

牙根二级水电站砂石加工系统及废水特性表

表 3.3-1

砂石加工系统名称	处理能力/生产能力(t/h)	最大用水量(m^3/h)	最大排水量(m^3/h)	悬浮物浓度(mg/L)
木灰沟砂石加工系统	725/580	654	523	80000
拉最砂石加工系统	625/500	514	411	80000

(2) 混凝土生产系统冲洗废水

本工程共设置 3 个混凝土生产系统，分别为木灰沟混凝土生产系统、下游高线混凝土生产系统及下游低线混凝土生产系统。

木灰沟混凝土生产系统混凝土月高峰浇筑强度为 2.8 万 m^3，设计生产能力 120m^3/h，配备 HL240-3F1500LB 型混凝土拌合楼 2 座，单座设备额定生产能力 240m^3/h，三班制生产。

下游高线混凝土系统混凝土月高峰浇筑强度为 6.2 万 m^3，设计生产能力 250m^3/h，配备 HL240-4F3000LB 型自落式混凝土拌和楼 2 座，单座设备额定生产能力 240m^3/h，

三班制生产。

下游低线混凝土系统混凝土月高峰浇筑强度为 7.0 万 m³，设计生产能力 275m³/h，配备 HL180-3F3000LB 型自落式混凝土拌和楼 2 座，单座设备额定生产能力 180m³/h，三班制生产。

根据各混凝土生产系统的生产规模，预计各混凝土生产系统每台每次废水冲洗量分别为 4.0m³、4.0m³、3.0m³，每台班冲洗一次，各混凝土生产系统废水总量分别为 24m³/d、24m³/d 及 18m³/d。类比同类工程，废水 pH 值约为 11，废水中悬浮物浓度约 5000mg/L，具有 SS 浓度高、污水排放量小、间歇集中排放的特点。

牙根二级水电站混凝土生产系统废水情况表

表 3.3-2

名称	拌和楼型号	单台拌合楼额定生产能力(m³/h)	每日处理废水量(m³/d)	悬浮物浓度(mg/L)
木灰沟混凝土生产系统	2 座 HL240-4F3000LB 型	240	24	5000
下游高线混凝土系统	2 座 HL240-4F3000LB 型	240	24	5000
下游低线混凝土系统	2 座 HL180-3F3000LB 型	180	18	5000

(3)生活污水

牙根二级水电站施工期共规划 1 个业主营地和 3 个承包商营地，业主营地位于木灰沟，3 个承包商营地分别为木灰沟右岸承包商 1#营地、木灰沟右岸承包商 2#营地和多吉承包商营地。业主人员 300 人，类比白玛营地生活污水产生量，业主营地生活用水量取 250L/人·d，污水排放系数取 0.9，时变化系数取 2.5，管理人员生活污水排放量约为 67.5m³/d。

工程施工高峰年施工人数约 6066 人，根据《四川省用水定额》(川府函〔2021〕8 号)，施工人员生活用水量参照西部高山高原区农村居民生活用水定额，取 120L/人·d。污水排放系数取 0.9，时变化系数取 2.5，业主营地和承包商营地的排水量见下表。生活污水主要污染物有氨氮、BOD_5、COD_{Cr}，其浓度分别为 35mg/L、250mg/L 和 450mg/L 左右。

工程生活区排水量表

表 3.3-3

营地名称	施工高峰年人数（人）	污水排放量（m³/d）	高峰时段生活污水排放量（m³/h）
业主营地	300	67.5	7.0
木灰沟右岸承包商 1#营地	1492	161.14	16.79
木灰沟右岸承包商 2#营地	2586	279.29	29.09
多吉承包商营地	1988	214.70	22.37

(4) 机械及汽车冲洗含油废水

根据施工总布置，施工区设置机械修理和汽车保养站 1 处，汽车和施工机械冲洗含油废水量约为 24m^3/d，废水产生系数以 80%计，则含油废水生产量为 19.2m^3/d。废水主要污染物为有 COD_{Cr}、悬浮物和石油类，浓度分别为 25~200mg/L、500~4000mg/L 和 10~50mg/L。

车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油，油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥均属《国家危险废物名录》(2025 年版)所列危险废物，须单独收集处理。

(5)基坑排水

基坑排水包括初期排水和经常性排水。

初期排水总量包括围堰闭气后的基坑积水量、围堰的渗水量、围堰及基坑覆盖层内的含水量和可能的降水量组成，基坑初期排水水质与河流水质基本相似。本工程基坑初期排水安排在第三年 3 月上、下游围堰混凝土防渗墙施工完成后进行。基坑内最大水深约 5.0m，加上围堰渗水量、可能的降水量及基坑覆盖层及山体内的含水量等，初期排水总量约 38.4 万 m^3，基坑排水强度为 3200m^3/h。

经常性基坑排水包括围堰基础渗水、混凝土养护和冲洗废水、灌浆废水及可能出现的降水等。经计算，经常性排水强度为 3212m^3/h。经常性排水污染物主要是 SS，其浓度约为 500mg/L。

(6)洞室排水

隧洞施工时地下涌水会携带隧洞施工废水形成洞室排水。隧洞施工废水一般包括开挖和钻孔产生的泥浆水，隧洞爆破后用于降尘的水，喷锚、支护材料注浆药液，机械设备运转的冷却用水和清洗用水。一般情况下，每开挖 100m^3 隧洞石料需要添加 4.0m^3 水，仅外排少量废水。施工期间洞室排水分散且源强不稳定，变幅较大。废水中含有一些炸药残渣、漂絮等，主要污染物为 SS。根据文献调研和川藏铁路工程实践，洞室施工排水的 SS 浓度在 100~3000mg/L，pH 值约 7.6~13.5。

(7)施工期废水污染源强统计

综上所述，施工期各类水污染源源强核算见表 3.3-4。

牙根二级水电站施工期地表水污染源分析统计表

表 3.3-4

来源		废水、污水产生情况			处理工艺	回用情况		废水、污水排放情况					影响对象
		污染因子	浓度（mg/L）	水量		回用量（m^3/h）	回用去向	浓度（mg/L）	水量（m^3/h）	排放时段	排放去向	达标情况	
砂石料加工废水		SS	80000	934m^3/h	磁介质混凝沉淀技术（MagCS）工艺	全部回用	绿化浇灌、场地冲洗	-	-	-	-	-	-
混凝土拌和系统废水		pH	11	66 m^3/d（间歇排放）	间歇式自然沉淀	全部回用	场地冲洗	-	-	-	-	-	-
		SS	5000										
修配系统废水		SS	3000	19.2 m^3/d	沉淀池＋成套油水分离器	废油回收、清水全部回用	场地冲洗与洒水降尘	-	-	-	-	-	-
		石油类	30										
施工生活污水		BOD_5	250	722.63m^3/d	一体化污水处理设备处理	全部回用	绿化浇灌、场地冲洗	-	-	-	-	-	-
		COD_{Cr}	450										
基坑与洞室排水	初期排水	与天然河流水质基本相似	-	38.4 万 m^3	直接回归河道	-	-	-	-	-	-	-	-
	经常性排水	SS	500	经常性排水强度为 3212m^3/h	沉淀处理后，回归河道	-	-	-	-	大坝施工期	下游河道	达标	-

3.3.1.2 地下水污染源

工程可能造成地下水污染的途径仅在施工期，如施工期生活垃圾处置不当导致渗滤液渗漏污染地下水，同时地下厂房、隧洞、交通洞等地下工程开挖可能对开挖区及周边地下水的流场、水位、水量等造成一定影响。

3.3.1.3 大气污染源

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。

(1)机械燃油废气

本工程使用油料 10010t，多为重型车辆。根据《水电水利工程施工环境保护技术规程》，油料的大气污染物排放系数 CO 为 29.35kg/t、NO_x 为 48.261kg/t、SO_2 为 3.522kg/t。工程施工机械燃油废气属于非连续、无组织排放源，污染物呈面源分布，由于施工范围

大，污染物排放分散且强度不大。

(2)爆破及开挖粉尘、废气

炸药爆破时会产生粉尘和 NO_2 等污染物，污染源主要集中在坝基开挖和石料开采爆破施工部分。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。在未采取防尘措施前提下，对工程附近的环境空气质量产生一定的影响。类比两河口水电站，施工期开挖爆破产生的粉尘、CO、NO_2 排放系数分别以 200kg/t 炸药、41.75kg/t 炸药和 15.27kg/t 炸药计，牙根二级水电站施工期间炸药用量为 6078t，施工爆破及开挖产生粉尘总量 1215.6t，CO 总量 253.76t，NO_2 总量 92.81t。

(3)砂石加工系统粉尘

砂石加工系统排放的污染物主要是粉尘，在粗碎、中碎、细碎、筛分的运输过程中均会产生粉尘污染。根据《三废处理工程技术手册(废气卷)》，砂石料加工系统湿法生产系统粉尘排放强度为 0.05kg/t 产品计算，在生产过程中采取定时洒水降尘措施后，颗粒物的去除量可达 94%，飘散的粉尘量较少，可控制在 6%以下，砂石加工系统粉尘排放强度见下表。

砂石加工系统粉尘产生情况表

表 3.3-5

系统名称	生产能力(t/h)	粉尘产生量(kg/h)	除尘效率	排放源强(kg/h)
木灰沟砂石加工系统	580	29	94%	1.74
拉最砂石加工系统	500	25	94%	1.5

(4)混凝土生产系统粉尘

本工程共设置 3 个混凝土生产系统，木灰沟混凝土生产系统单座额定生产能力 240m^3/h，下游高线混凝土系统单座额定生产能力 240m^3/h，下游低线混凝土系统单座额定生产能力 180m^3/h。根据《环境影响评价技术手册 水利水电工程》相关资料，混凝土拌和系统粉尘产生量约为 0.91kg/t 产品，若采用布袋除尘工艺，除尘效率按照 99.9%进行考虑，各混凝土生产系粉尘排放情况见下表。

混凝土生产系统粉尘产生情况表

表 3.3-6

系统名称	额定生产能力(m^3/h)	粉尘产生量(kg/h)	除尘后排放源强(kg/h)
木灰沟混凝土生产系统	240	218.4	0.218
下游高线混凝土系统	240	218.4	0.218
下游低线混凝土系统	180	163.8	0.164

(4) 施工作业面扬尘

施工作业面扬尘主要产生于大坝开挖面、渣场等，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。根据相关文献，本工程施工作业面扬尘排放量参照建筑工地施工粉尘排放速率为 $19.44\times10^{-5}kg/s.m^2$，采取降尘措施后粉尘可控排放速率为 $1.17\times10^{-5}kg/s.m^2$。

(5)交通道路扬尘

交通扬尘主要来源于施工车辆行驶，可占施工总扬尘量的 60%以上，扬尘量与路面形式、清洁程度和车速有关。一般情况车辆行驶产生的扬尘在同样路面清洁程度下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速下，路面越脏扬尘量越大。施工道路主要依托已有 S220 进行改扩建，新建的场内交通均已考虑尽可能采用混凝土路面，减少扬尘产生。单辆汽车每公里粉尘排放量约为 4.1g/km·辆，本工程场内交通总计最大交通量为 92 辆/h（左岸运输干线道路 13#路），根据估算，场内交通扬尘排放速率最大约为 0.37g/m·s。

(6)施工期大气污染源源强统计

综上所述，施工期各类大气污染源源强核算见下表。

牙根二级水电站施工期大气污染源强核算汇总表

表 3.3-7

来源	污染物产生情况		处理工艺	排放情况		影响对象
	污染因子	产生量或排放速率		排放时段	排放方式	
机械燃油废气	CO	29.35kg/t	洒水降尘、加强车辆管理	施工期	无组织排放	周围环境空气
	NOx	48.261kg/t				
	SO_2	3.522kg/t				
爆破及开挖粉尘	粉尘	200kg/t 炸药	先进的爆破工艺、洒水降尘	施工爆破	无组织排放	周围环境空气
	CO	41.75kg/t 炸药				
	NO_2	15.27kg/t 炸药				
砂石加工系统粉尘	粉尘	木灰沟：1.74kg/h 拉最：1.5kg/h	全封闭施工、配置除尘袋	施工期	无组织排放	周围环境空气
混凝土生产系统粉尘	粉尘	木灰沟：0.218kg/h 下游高线:0.218kg/h 下游低线：0.164kg/h	布袋除尘工艺	施工期	无组织排放	周围环境空气
施工作业面扬尘	粉尘	$1.17\times10^{-5}kg/s.m^2$	道路清扫、洒水降尘	施工期	无组织排放	周围环境空气
交通道路扬尘	粉尘	0.37g/m·s	限速、洒水降尘	施工期	无组织排放	周围环境空气

3.3.1.4 噪声污染源

工程施工期间噪声主要来源于砂石加工和混凝土生产系统噪声，木材加工厂、钢筋

加工厂等辅助企业噪声，弃渣场、砂石料场等场区的机械作业噪声以及运输车辆交通噪声，枢纽主体工程施工噪声等。

(1)砂石加工系统

砂石加工系统为固定连续式噪声污染源，参照已建水电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系统的噪声源强，1m 处声强级约为 90~110db(A)。本工程共布置 2 个砂石加工系统，木灰沟砂石加工系统布置于木灰沟左岸距沟口缓坡地上，拉最砂石加工系统布置于拉最沟内。2 个砂石加工系统周围 200m 范围内无居民点等声环境敏感点分布，因而仅部分施工人员受其噪声影响。

砂石加工系统设备噪声实测值表

表 3.3-8

噪声源	作业区	实测值[dB(A)]	工程项目
鄂式破碎机	工人作业点	95	葛洲坝
棒磨机	工人作业点	115	葛洲坝
粗碎机		94～98	湖南东江
吊筛	平台	106.1	铜街子
座筛	平台	108	铜街子
筛分楼	砂石筛分	114	湖南东江
砂石料场皮带机	机头	106	葛洲坝
地笼漏斗下料震动器	砂石下料	111	湖南东江

(2)辅助企业

施工工厂噪声源主要来自于木材加工厂、钢筋加工厂等施工工厂企业以及作业区施工机械噪声。根据两河口电站施工期的实际监测数据，其中金属拼装及机械安装厂等施工工厂噪声源强一般在 75dB(A)左右；噪声源强较大的施工工厂主要为综合加工厂(包括钢筋加工和木板加工)等，其噪声为间歇性点声源，噪声源强在 80～95dB(A)之间。

(3)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。大型运输机械噪声源强度多在 90dB(A)以上，参照国内已建水电工程施工机械噪声实测值，10～20t 汽车 1m 处 10s 内的噪声强度为 100～101dB(A)。

(4)大坝工区施工噪声

大坝主体工程施工噪声主要来自钻孔、开挖与出渣、大坝浇筑等主体枢纽施工，噪声主要来自于空压机、挖掘机、推土机、钻孔、振捣、灌浆及开挖等机械施工活动，各类设备噪声源强在 75~110dB(A)不等，作业面整体噪声源强一般在 95～110dB(A)之间。

施工爆破噪声主要产生于大坝作业面，其声强与爆破方式、爆破炸药量和敏感点位置有关。类比其它工程露天爆破实测资料，爆破噪声值一般在 130～140dB(A)之间。

(5)施工期噪声源源强统计

综上所述，施工期各类噪声源源强核算见表 3.3-9。

牙根二级水电站施工期噪声源源强核算汇总表

表 3.3-9

来源	声源类型	噪声源强[dB(A)]	处理工艺	影响对象
砂石加工系统	点声源	95~115	使用减振机座或减振垫、加强设备维护和保养	周边无居民点、影响对象主要为施工人员
辅助企业	面声源	80～95	禁止夜间施工、加强设备运行维护	周边无居民点、影响对象主要为施工人员
交通噪声	线声源	100～101	限制车速、控制夜间车流量、提升施工道路等级、绿化降噪、预留后期对策措施费用	日衣居民点、木灰居民点
大坝施工噪声	面声源	95～110	采用先进施工工艺、强化施工管理	周边无居民点、影响对象主要为施工人员
	爆破噪声（点声源）	130~140	合理安排爆破时间、采用先进爆破工艺	

3.3.1.5 固体废物

施工区固体废弃物主要包括工程弃渣、建筑垃圾、生活垃圾和危险废物。

(1)工程弃渣

根据土石方平衡及弃渣规划，牙根二级水电站工程剩余开挖渣量约 527.36 万 m^3（自然方），堆存于规划的日岗沟渣场。另外砂石加工系统、拌和系统等处理产生的泥渣、泥饼合计约 14 万 m^3，外运渣场堆存。

(2)建筑垃圾

建筑垃圾主要包括渣土、废石料、散落的砂浆和混凝土、碎金属、竹木材、废弃的装饰材料以及各种包装材料和其它废弃物。

(3)生活垃圾

工程施工期平均劳动力人数为 3606 人，类比相似工程量工程，施工营地垃圾产生量以每人日产垃圾 0.6kg 计，业主营地垃圾产生量以每人日产垃圾 1.0kg 计（以 300 人考虑），每天垃圾产生量约 2.46t，施工期累计垃圾量约 7760t，规划运往新都桥镇生活垃圾填埋场处理。

(4)危险废物

本工程在相唐多吉设置 1 处机械修配站及汽车保养站，主要承担本工程机械、汽车的小修及保养工作，项目车辆、机械维修和拆解过程中产生的废发动机油、制动器油、

自动变速器油、齿轮油等废润滑油属于危险废物，属于《国家危险废物名录》(2025 年版)中“HW08 废矿物油与含矿物油废物”—“900-214-08 车辆、轮船及其它机械维修过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油”；项目施工过程中产生的含油抹布、手套等含油废物属于“HW08 废矿物油与含矿物油废物”—“900-249-08 其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及沾染矿物油的废弃包装物”；油/水分离设施产生的废油、油泥及废水处理产生的浮渣和污泥属于危险废物，属于《国家危险废物名录》(2025 年版)中“HW08 废矿物油与含矿物油废物”—“900-210-08 含油废水处理中隔油、气浮、沉淀等处理过程中产生的浮油、浮渣和污泥（不包括废水生化处理污泥）。项目施工期各危废产生情况详见下表。

牙根二级水电站施工期危险废物表

表 3.3-10

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量（吨/年）	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施
1	废润滑油	HW08 车辆、轮船及其它机械维修过程中产生的废发动机油、制动器油、自动变速器油、齿轮油等废润滑油	900-224-08	1.3t/年	设备检修	液态	石油烃	石油烃	设备检修时	毒性、易燃性	分类收集暂存后交予有资质单位处置
2	含油废物	HW08 中的其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及沾染矿物油的废弃包装物	900-249-08	0.3 吨/年	设备检修	固态	石油烃	石油烃	检修时	毒性、易燃性	
3	浮油、浮渣和污泥	HW08 中的含油废水处理中隔油、气浮、沉淀等处理过程中产生的浮油、浮渣和污泥（不包括废水生化处理污泥）	900-210-08	0.4 吨/年	废水处理	液态	石油烃	石油烃	废水处理过程中	毒性、易燃性	

(5)施工期固体废物影响源源强统计

牙根二级水电站施工期固体废物影响源源强核算汇总表

表 3.3-11

来源	单位	产生量	处置方式	储存方法	储存去向	影响对象
工程弃渣、弃土	m^3	527.36 万 m^3（自然方）	弃渣场堆存	集中堆放	日岗沟渣场	周边植被
生活垃圾	t	2.46t/d	外运	场内临时分类收集	康定市新都桥镇生活垃圾填埋场	-
危险废物	t/a	2.0	分类收集暂存后交予有资质单位处置		有资质单位定期清运	-

3.3.1.6 生态影响源

(1)水生生态影响

枢纽工程开挖可能造成河流水体混浊，微粒泥沙将附着表面，鱼卵缺氧降低孵化率；工程施工噪音可能对鱼类产卵、摄食不利；施工期废水若事故排入雅砻江，产生的悬浮物对鱼类鳃器官的吸附和堵塞，减少对水体中氧量的吸收，造成体内缺氧从而降低鱼类存活率。大坝截流后，随着过流面积的减小，上下游水位差及流速增大，将会对鱼类的上溯产生一定影响。

(2)陆生生态影响

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，降低林地生物量和生产力，增加水土流失，并迫使生活在占地区域的动物迁移，在一定时段和范围内产生新的水土流失和生态破坏。

3.3.1.7 人群健康影响源

部分啮齿类是一些自然疫源性疾病的传染媒介，施工期间，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，对施工人员的健康构成威胁。

3.3.2 运行期影响

3.3.2.1 水文情势影响

(1)初期蓄水

本工程右岸导流洞在第七年 11 月下闸，开始第一阶段蓄水，水库蓄水标准采用相应月份保证率为 75%的月平均流量，相应设计流量为 608m³/s。牙根二级水电站最小下泄流量为坝址处需泄放的生态流量 119.8m³/s。第一阶段蓄水从导流洞开始下闸对应的初始水位 2410.11m 至第一阶段蓄水目标高程 2473.01m。导流洞下闸初期，首先完全下闸右岸导流洞一孔闸门，待水位稳定后完全下闸右岸导流洞的另一孔闸门，随后开启旁通供水洞闸门控制下泄满足生态流量的要求，待库水位上升至坝身深孔可满足生态流量下泄水位 2473.01m 时，完全下闸生态旁通洞闸门。

工程第八年 11 月初第二阶段蓄水，此时由坝身深孔控泄，蓄水至死水位 2545m。随后进行机组调试，8 月底首台机组发电。

总体上，工程蓄水期间大坝下游的下泄流量将较天然情况下有所减少，但蓄水周期总体不长，且初期蓄水采取边蓄边放的形式，至首台机组投产前，由生态旁通洞、坝身

深孔向下游放水，可保障下游生态流量需求。

(2)水库运行期

牙根二级水电站水库蓄水后，库区河段由急流河道转变为缓流河道型水库，水文情势发生较大变化，水深增加、水面变宽、流速减缓。库区水位在 2560~2545m 之间日内调度运行，对水位消落部分的库岸稳定性及陆生、水生生态可能会造成一定影响。电站仅具有日调节作用，日均、月均流量主要受上游两河口来水量控制。楞古建成前，牙根二级日内调度运行将对下游河段水文情势和水生生态造成一定影响。

楞古建成后，下游河段水文情势由楞古水库运行调度控制，依据 5.2.3.3 节预测结果，楞古建成后，在保障生态流量下泄的情况下，楞古减水河段在力丘河汇入后全年流量在 144.4~650.4 m^3/s，全年仍能保持大型河流流态，并且从全年过程来看，仍能维持一定天然节律。

3.3.2.2 水环境影响

(1)水温

牙根二级水电站坝址处多年平均径流量为 242.2 亿 m^3，库容 9.91 亿 m^3，采用α-β指数法计算得α=24.4>20，水温结构为混合型。鉴于水库坝前最大水深达 160m，坝前水深过大可能会导致部分月份水库形成水温分层结构，水库下泄水温较天然河段可能存在一定的差异。同时根据密度弗汝得数法计算得 *Fr*=0.24，牙根二级水库属水温过渡型水库，存在水温分层情况。

(2)水质

水库蓄水后，回水区域内水体容积增加，稀释作用加强，但流速减缓不利于水体充氧和有机物扩散迁移。污染源现状调查表明，库周工程所处江段基本无工业污染源分布，农业生产方式相对落后，农业面源污染不大。此外，牙根二级水电站库区移民安置人数较少，采用分散安置方式，电站管理区生活污水处理继续使用施工期成套污水处理设备及回用设施，均不外排。因此，运行期库区水质、富营养化变化不会明显。

坝址处下泄的流量较天然状态有所变化，但坝下河段人口稀少，农业面源低，入河污染物小，且雅砻江干流水量大、本底水质好，运行后坝下河段水质变化甚微。

(3)气体过饱和

牙根二级电站泄洪期间下游出现溶解气体过饱和现象，TDG 生成整体随泄洪流量的增大而增大。在泄洪流量相当条件下，不同泄流方式生成的 TDG 饱和度各不相同，基本

呈现为表孔较低，深孔较高。出库水流的 TDG 饱和度在牙根二级水电站至孟底沟库尾的雅砻江河段沿程释放降低，至孟底沟库尾断面处 TDG 饱和度基本降低至 120%以下。

3.3.2.3 生态环境影响

(1)水生生态

牙根二级水电站建成后，大坝阻隔、水文情势变化、水温、过饱和气体问题都将对河段水生生物特别是鱼类造成一定影响。日内调峰运行对下游河段日内径流过程的影响也将对下游河道水生生态尤其是产粘沉性鱼类产卵造成一定影响。

(2)陆生生态

牙根二级水电站水库蓄水后水库淹没等工程永久占地会对陆生生态造成一定影响，主要是资源量下降问题，其中也包括对河段国家二级保护植物五小叶槭资源量影响问题。

3.3.2.4 环境空气和声环境

水电为清洁能源，工程建成后运行期不产生大气污染物，对环境空气无影响。工程建成运行后，噪声源主要为发电厂房内的发电机组（水轮机），机组位于坝后厂房室内，周边 200m 内无声环境敏感点，不影响区域声环境质量。

3.3.2.5 固体废物

主要为电厂人员生活垃圾，额定定员 95 人，以每人日产垃圾 1.0kg 计，电站运行期间日产垃圾量约 95kg/d。此外，运行期垃圾还包括库区打捞的漂浮物。

本项目运行过程中产生的危险废物主要包括水轮发电机等高速机械润滑系统中更换或泄漏的废弃汽轮机油、主变事故排放的事故废油、设备检修时产生的含油废物、及主变运行过程中产生的废铅蓄电池。

废透平油为水电站水轮发电机等高速机械润滑系统中更换或泄漏的废弃汽轮机油，属于《国家危险废物名录》（2025 版）中“HW08 废矿物油与含矿物油废物”—“900-217-08 使用工业齿轮油进行机械设备润滑过程中产生的废润滑油”，危险特性为腐蚀性、易燃性（T、I），经收集后交由资质单位处置，不外排。

本工程运行过程中，将根据使用情况定期更换蓄电池，更换下来的废铅蓄电池，属于《国家危险废物名录》（2025 版）中“HW31 含铅废物”—“900-052-31 废铅酸蓄电池及废铅酸蓄电池拆解过程中产生的废铅板、废铅膏和酸液”，危险特性为毒性、腐蚀性（T、C），经收集后交由资质单位处置，不外排。

牙根二级水电站施工期危险废物表

表 3.3-12

序号	危险废物名称	危险废物类别	危险废物代码	产生量	产生工序及装置	形态	主要成分	有害成分	产废周期	危险特性	污染防治措施*
1	废润滑油	HW08 中的使用工业齿轮油进行机械设备润滑过程中产生的废润滑油	900-217-08	1t/年	设备运行	液态	石油烃	石油烃	运行过程中	毒性、易燃性	经收集后交由资质单位统一处置
2	含油废物	HW08 中的其他生产、销售、使用过程中产生的废矿物油及沾染矿物油的废弃包装物	900-249-08	0.1t/年	设备检修	固态	石油烃	石油烃	检修时	毒性、易燃性	经收集后交由资质单位统一处置
3	废铅蓄电池	HW31 中的废铅蓄电池及废铅蓄电池拆解过程中产生的废铅板、废铅膏和酸液	900-052-31	0.1t/年	设备检修	固态	铅、硫酸和塑料	铅、硫酸	经检测不合格时	毒性、腐蚀性	

3.3.2.6 电磁环境

本工程电磁环境影响源主要为地下厂房和主变室、地面开关站配电设施、500kV 高压电缆。本工程采用地下厂房，厂房、主变室、尾调室三大洞室平行布置，主变室布置于厂房和尾调室之间，设置四台主变，主变容量 4*667MVA；地面开关站布置进水口靠山侧，与进水口平行布置，场坪高程同进水塔塔顶高程相同，为 2565.00m。GIS 楼和地面副厂房呈“一”字形布置在靠山侧，地面副厂房位于 GIS 楼南侧（下游），地面副厂房和 GIS 楼屋顶同高，屋顶布置 4 回 500kV 出线设备。

地下发电厂房及地面开关站周边无居民点，本工程运行期间对周边电磁环境影响较小。

3.3.3 移民安置

3.3.3.1 生产安置

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站涉及生产安置人口为 2153 人。根据移民环境容量分析及移民意愿调查成果，规划生产安置人口全部采用逐年货币补偿方式进行安置，对应耕园地面积 2344.35 亩。货币补偿安置过程中，可能对移民原有经济水平及社会生活产生一定影响。

3.3.3.2 搬迁安置

牙根二级水电站建设征地涉及搬迁安置人口为 2224 人，其中农村搬迁安置人口为 1927 人，集镇搬迁安置人口为 297 人。结合移民搬迁安置意愿调查成果，规划全部采取

分散安置。迁建集镇 3 座，八衣绒集镇（迁建规划人口规模共计 121 人）、麻郎措集镇（迁建规划人口规模共计 473 人）、米龙集镇（迁建规划人口规模共计 155 人）。

移民新建住房及配套基础设施建设将扰动原有地表植被，新增水土流失，对自然生态环境带来影响；移民产生的生活污水和生活垃圾若处理不当，将污染周边环境。

3.3.3.3 专项设施复建

牙根二级水电站需复建的专项设施主要包括交通、水电水利、电力等。交通设施主要包括新建三级公路 64.125km；复建通村公路 13 条（15 段），总长 26.03km；新建 3 条集镇新址对外连接道路，总长 15.71km。交通设施建设主要对建设区的陆生生态带来影响并新增水土流失，同时建成后的交通噪声将对沿线居民造成一定影响。

电力工程涉及 35kV 变电站 2 座，分别为麻郎措 35kV 变电站和米龙 35kV 变电站，两座变电站规划抬高至淹没范围外后靠复建。根据《电磁辐射环境保护管理办法》(环境保护局令 第 18 号)相关规定，100kV 以下的场内输电线路及变电站不进行电磁影响评价，因此本工程电力通信设施复建不考虑电磁辐射影响问题，其影响主要是施工过程中对建设区陆生生态带来的破坏与扰动并新增水土流失。

牙根二级、楞古水电站对外交通公路及 S220 线改建工程均采取“企地共建”模式，后续项目将单独立项，应在施工前，根据最新的《建设项目环境影响评价分类管理名录》分别组织编制相应的环境影响评价文件，并报行政主管部门审批，并在工程竣工投运前依法完成建设项目竣工环境保护验收调查。

3.4 工程分析结论

牙根二级水电站属非污染类生态环境影响建设项目，根据工程施工期、运行期、移民安置等工程活动特点，结合区域环境现状，工程分析如下：

(1)工程方案

本工程为一等大（1）型工程，属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》第一类（鼓励类）项目，符合相关产业政策与能源发展规划要求。

牙根二级水电站在规划设计各阶段，对坝址、坝型、枢纽布置、正常蓄水位、施工布置等均做了多方案比选和优化，充分考虑环境影响，工程在环境保护方面无重大环境制约因素，工程建设环境合理可行。

(2)工程施工

本工程的开挖、弃渣、占地以及“三废”及噪声排放等施工活动，将扰动原地貌、损坏土地和植被，造成新的水质、噪声、大气污染和新增水土流失，对施工区内部分居民和野生动物栖息环境产生一定影响，并对交通、土地资源利用、社会经济、人群健康等产生一定的影响。

(3)工程运行

工程运行期间，库区与坝下水文及泥沙情势、水温、过饱和、陆生生态和水生生态环境产生一定变化，对工程河段生态系统及陆生、水生动植物及其生境将产生一定影响。

(4)移民安置

移民安置与专项设施复建主要对区域的自然生态、水土流失、生产及生活水平等带来一定影响，后靠安置区生活污水和生活垃圾的排放可能污染周围环境。

(5)综合分析

牙根二级水电站工程分析结果见下表。

牙根二级水电站环境影响源分析表

表 3.4-1

时期	环境要素	影响源及源强	特点	主要污染物、浓度（若有）	影响对象
施工期	地表水环境	砂石骨料加工废水，共 2 处，高峰期总排放强度 934m³/h	连续排放	SS: 80000mg/L	不外排，事故工况下可能影响临近区域地表水质
		混凝土生产系统冲洗废水，3 处，高峰期最大排放总计约 78m³/d	间歇排放	SS:5000mg/L	
		施工生活污水，共 4 处，最大排放强度总计约 722.6m³/d	连续排放	COD:450mg/L	
				BOD^5:250mg/L；	
				氨氮：35mg/L；	
		机修系统含油污水，共 1 处，约 19.2m³/d	连续排放	CODCr：25～200mg/L	
				悬浮物：500～4000mg/L	
				石油类：10～50mg/L	
		基坑废水及洞室排水。基坑废水初期排水强度为 3200m³/h，经常性排水强度约 3212m³/h	连续排放	经常性排水含 SS 约 500mg/L	
	地下水环境	导流工程、基坑开挖、地下厂房工程等	/	地下洞室开挖可能对开挖区及周边地下水位产生影响	洞室开挖区及周边地下水量
	大气环境	车辆、机械设施等使用燃油产生废气，总用量：10010t	非连续、无组织排放	CO：29.35kg/t	施工和交通运输范围的大气，污染物排放分散且强度不大
				NO_X：48.261kg/t	
				SO_2：3.522kg/t	
		爆破粉尘：炸药总用量 6078t	非连续、无组织排放	TSP：200kg/t 炸药	周围环境空气
				CO：41.75kg/t 炸药	
				NO_2：15.27kg/t 炸药	
		砂石骨料加工：两个系统成品料高峰生产能力总共约 1080t/h	连续排放	木灰沟 TSP：1.74kg/h 拉最 TSP：1.5kg/h	
		混凝土生产系统：三个系统总共生产能力 660m³/h	连续排放	木灰沟：0.218kg/h 下游高线:0.218kg/h 下游低线：0.164kg/h	
		施工作业面扬尘	非连续、无组织	TSP：1.17×10^{-5}kg/s.m²	
		交通扬尘：交通干线高峰期最大车流量 92 辆/h	非连续、无组织	TSP：0.37g/m·s	
	声环境	砂石骨料加工：两个系统成品料高峰生产能力总共约 1080t/h	连续	约 90~110dB(A)	周围声环境

时期	环境要素	影响源及源强	特点	主要污染物、浓度（若有）	影响对象
		交通噪声：交通干线高峰期最大车流量 92 辆/h	非连续	100～101dB(A)	
		大坝施工噪声	非连续	95～110dB(A)	
	固体废弃物	弃渣及渣场	弃渣 527.36 万 m^3	产生水土流失	周边生态环境
		施工生活区垃圾	生活垃圾及臭气带来蚊虫和细菌。	生活垃圾产生量为 2.46t/d	人群健康和景观等
		建筑垃圾及施工辅助企业产生垃圾	砖瓦、混凝土块、弃土、废旧钢材、油桶、包装袋、木材等。		周边生态环境
		危险废物 2.0t/a		废润滑油、含油废物、浮油、浮渣和污泥	周边生态环境
	生态环境	枢纽工程施工占地	占压和扰动地表面积，损坏植被	项目枢纽工程占地 343.49hm^2	工区及其周边生态系统
		水库淹没	淹没植被	水库淹没及影响占地：1897.91hm^2	
		工程开挖			
	人群健康	施工平均人数 3606 人	可能引入外来疾病		
运行期	地表水环境	初期蓄水，下游水文情势变化	影响下游生态环境用水		下游河道用水
		水库正常蓄水位以下库容 9.91 亿 m^3，调节库容 2.57 亿 m^3，具有日调节能力；水库面积 18.92km^2，干流回水长度 70.2km	库区及坝下水文与泥沙情势		水文及泥沙情势
		泄洪时坝下气体过饱和	全坝身挑流消能		坝下水生生态，特别是鱼类
		水温	分层		坝下水生生态，特别是鱼类
	生态环境	工程永久占地和水库淹没	淹没陆生植被，影响部分陆生动植物个体及其生境；土地资源减少		生态环境与土地利用
		水库蓄水，大坝阻隔	影响鱼类迁徙，改变原有流水生境		工程河段鱼类资源
	声环境	机电设备运行	连续	80dB(A)	周围 200m 无声环境敏感点
	固体废弃物	电厂生活垃圾	垃圾及臭气带来蚊虫和细菌	电厂职工 95 人，生活垃圾日产生量约 95kg/d	人群健康及景观
		透平油废油、含油废物、废蓄电池	若处理不当影响周边土壤		
移民安置	水环境	搬迁安置移民 2224 人，生活污水分散排放，迁建集镇三座，集中安置 749 人	散排、集中排放	BOD_5：200mg/L COD_{Cr}：400mg/L	临近区域地表水质
	生态环境	占地扰动地表	破坏地表植被并引起水土流失		生态环境、土地利用
	社会环境	搬迁安置移民 2224 人，生活污水分散排放，迁建集镇三座，集中安置 749 人	短期影响其生产生活		移民
	固体废弃	移民生活垃圾	垃圾及臭气带来蚊虫和细菌	搬迁安置移民 2224 人，生活污水分散	人群健康及景观

时期	环境要素	影响源及源强	特点	主要污染物、浓度（若有）	影响对象
	物			排放，迁建集镇三座，集中安置 749 人，生活垃圾日产生量 375kg/d	

4 环境现状调查与评价

4.1 地理位置

牙根二级水电站位于四川省甘孜藏族自治州雅江县境内的雅砻江干流上，坝址位于力丘河河口以上约 5.5km 河段处，上距雅江县城约 80km，为雅砻江中游七级开发方案的第 3 梯级电站，上游为在建的牙根一级水电站，区间保留了包括雅江县城在内的约 6km 天然河段，下游为拟建的楞古水电站。本工程地处偏远少数民族地区，经济不发达，基础设施落后，交通条件较差。

4.2 地形地貌

牙根二级水电站位于四川省甘孜藏族自治州境内，工程区位于青藏高原东南部，地貌区划属川西高原，紧邻川西南高山区。区内地势呈现东西侧高，中部相对较低的态势，山顶面海拔一般 4600m～4900m 左右，雅砻江两岸地形起伏和相对高差基本没有明显的差异。

地貌基本形态是具夷平面（或山麓剥夷面）的大起伏高山，新生代以来形成了三级夷平面，一级夷平面即“高原期夷平面”，在研究区内称为“理塘期”高原夷平面，海拔高程 4700～5100m；二级夷平面海拔 4400～4700m，套生于一级夷平面之间；三级夷平面海拔为 4000～4200m。

受雅砻江干流强烈切割控制，谷坡陡峻，谷肩相对高差达 500～1000m，河床纵坡降 3‰，局部可达 10‰，为典型的高山峡谷地貌景观，多呈不对称“V”型河谷。工程区内雅砻江干流河谷狭窄，海拔 3000m 以下，除库绒巴段河谷相对较开阔外，其余均为典型的高山“V”型峡谷。雅砻江干、支流河谷阶地总体不发育且保存不完整，仅局部河段可见I、II级阶地零星分布，个别阶地保存尚好，可见I～V级阶地发育。



图 4.2-1　坝址河谷形态（镜向上游）

4.3 环境地质

4.3.1 地层岩性

牙根二级水电站地处祝桑弧形构造带内，属巴颜喀拉地层区玛多—马尔康地层分区雅江地层小区，南西侧跨少量玉树—中甸地层分区稻城—木里小区，以发育一套三叠纪浊积相碎屑岩建造为特色。

本区地层出露较齐全，从前震旦系至第四系，除缺失寒武系、侏罗系、白垩系、第三系外，其余各系地层均有出露。工程区及外围以出露一套三叠系上统叠加浅变质岩系、中酸性侵入岩体及随机分布的伟晶花岗岩脉群为特征。

侵入岩体规模大小不一，从数平方千米至数百平方千米不等，岩体类型既有简单的独立岩枝，也有多次侵入形成的复式岩株，规模最大的有冷姑霞岩体(复式岩株)，木灰岩体、洛科次克岩体(独立岩盆)、孜河(夏日)岩体、牙依河岩体(独立岩枝)等。

4.3.2 地质构造

在大地构造部位上，工程区位于青藏高原东缘的松潘—甘孜造山带南段核心部位，即鲜水河—安宁河—则木河—小江断裂带和金沙江—红河断裂带所围限的“川滇巨型菱形断块”之次级块体“雅江—九龙”菱形断块（其边界断裂为鲜水河断裂带、甘孜—理塘断裂带、玉龙希（八窝龙）断裂带、理塘—德巫断裂带）内部偏南，构造格局为弧顶向南的祝桑弧形构造带，褶皱构造发育，且规模较大，断裂构造不甚发育，主要发育NW向、近SN断裂构造，NNE-NE向也有发育。除断块边界断裂晚更新世以来活动强烈外，场址区、近场区断层晚更新世以来不具活动性。

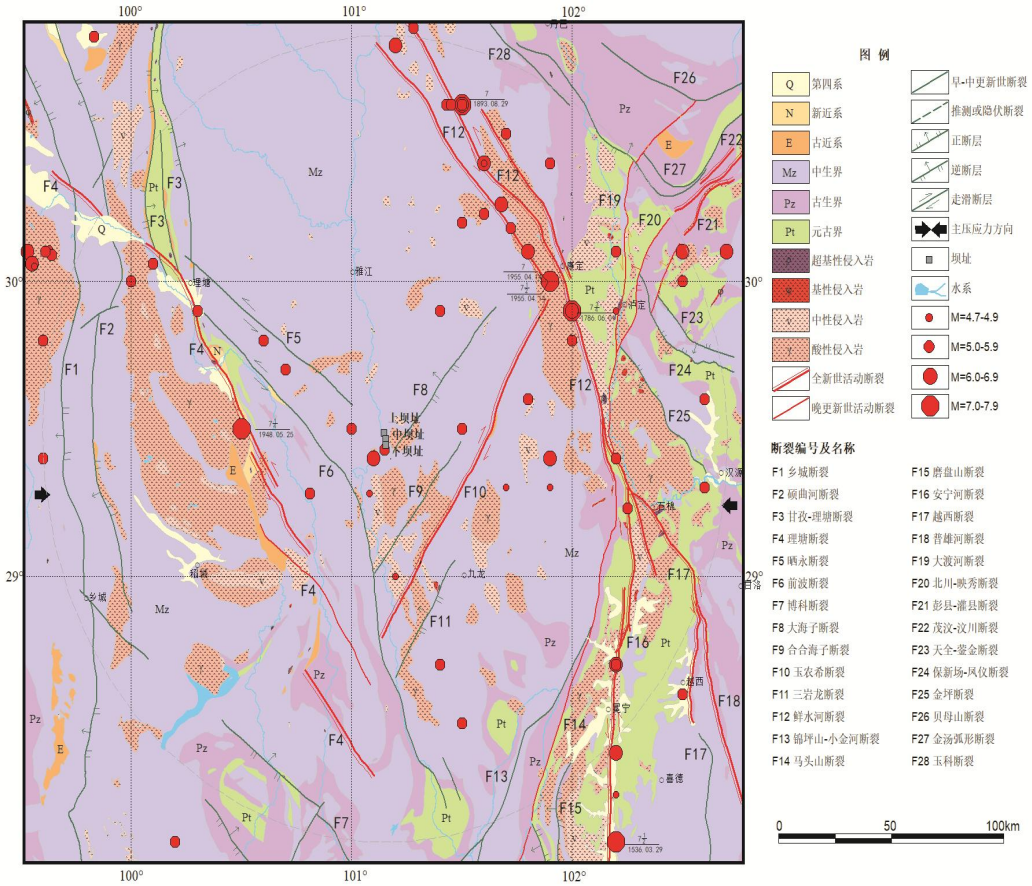


图 4.2-2　区域构造纲要及地震分布图

4.3.3 地震

工程区位于川滇活动地块中北部，属鲜水河~滇东地震带，此外还涉及到龙门山地震带。活动地块东部边界是鲜水河~安宁河~则木河~小江断裂带，因此，工程区东部地震活动活跃，其它部位地震活动水平低于东部，地震活动以中强地震为主。

工程区内记录到最早的地震是公元624年四川西昌6级地震，到2021年3月共记

录到 4.7 级地震 77 次，其中 6 级地震 21 次，7 级地震 7 次，最大地震是 1786 年四川康定 7¾级地震。据地震台网资料统计，工程区近代中小地震(2.5≤M≤5.0)频度高，1970 年至 2010 年 8 月共发生 3716 次。其中，2.5≤M≤2.9 级地震 2135 次，3.0≤M≤3.9 级地震 1494 次，4.0≤M≤5.0 级地震 87 次。历史及现代地震活动表明，对该场址影响最大的是 2001 年雅江 6 级地震，影响烈度为Ⅶ度。

4.3.4 区域构造稳定性

根据《水电工程区域构造稳定性勘察规程》（NB/T35098-2017），工程区区域构造稳定性较差。

牙根二级水电站区域构造稳定性

表 4.2-1

参量	稳定性好	稳定性较好	稳定性较差	稳定性差
地震动峰值加速度 a	a＜0.09g	0.09g≤a＜0.19g（√）	0.19g≤a＜0.38g	a≥0.38g
地震烈度	＜Ⅶ	Ⅶ（√）	Ⅷ	≥Ⅸ
活断层	25km 以内无活断层（√）	5km 以内无活断层	5km 以内有活断层，震级 M＜5 级地震的发震构造	5km 以内有活断层，并有 M≥5 级地震的发震构造
工程近场区地震及震级 M	有 M＜4.7 级的地震活动	有 4.7 级≤M＜6 级的地震活动	有 6 级≤M＜7 级地震活动或仅 1 次 M≥7 级强震活动（√）	有多次 M≥7 级的强震活动

注：表中（ √ ）表示牙根二级工程场址区满足该项。

4.3.5 水文地质条件

4.3.5.1 枢纽区

(1)地下水类型及特征

坝址区地下水的类型分为松散堆积层孔隙水和基岩裂隙水两类，右岸地下水埋藏深度较左岸大。

松散堆积层孔隙潜水主要分布在河床冲积层和两岸崩坡积物等各种成因的第四纪松散堆积体内。由于第四纪松散堆积体规模不大，地下水赋存条件较差，富水程度往往受季节变化和地貌限制影响较大。

基岩裂隙潜水为坝址区最重要的地下水类型，地下水的出露主要受岩体风化卸荷带、断层及裂隙发育特征控制。卸荷带内地下水季节性明显，雨季表现为滴水～线状流水，旱季多干涸。在左岸高程 2600m 附近见泉水出露，无色无味，常温，流量 2～3L/S，流量稳定。左岸平洞勘探过程中均出现较大涌水，随时间推移流量逐渐稳定。根据出水位置地质条件及地下水动态特征分析，考虑主要受断层隔水影响。此外，在左岸水平深

190m 处及右岸水平深 140m 处，均出现沿裂缝的股状流水，流量较大，水头较高，具承压水特征，随时间推移，流量稳定，约 5～10L/s，根据出水位置地质条件和地下水动态特征分析，主要受层间挤压带隔水影响。

(2)地下水补给、径流、排泄条件

坝址区地下水类型主要为孔隙潜水与基岩裂隙水，局部存在囊状承压水。孔隙潜水与覆盖层的分布相关，局部出露；基岩裂隙水主要出露于岩体内，广泛分布；局部囊状承压水主要受断层控制，呈带状分布。坝址区两岸地形地质条件基本相同，控制地下水补径排的构造及裂隙发育规律基本一致，两岸地下水的补径排条件基本一致。

1)地下水补给

坝区两岸山体较雄厚，地形较完整，无深切冲沟切割，地下水温度无异常，无地热水出露，地下水主要受大气降水垂直补给。

2)地下水径流

地下水从补给区向排泄区径流，受含水介质和隔水介质控制。含水介质充水后成为含水带，在径流场中这些含水带则成为地下水的径流通道，透水岩体充水后成为含水岩体，在径流场中则成为地下水的径流通道。从两岸地质条件及含水岩带特征分析，地下水径流主要介质及通道为断层破碎岩带、挤压破碎带或构造交汇带、卸荷裂隙及局部张性结构面，相对隔水介质主要为 NE 向陡倾左岸倾下游的断层，由于主带挤压紧密、起到相对隔水作用。在断层上盘含水岩带径流畅通性差，可形成较为封闭的贮存空间，甚至局部形成承压水。

3)地下水排泄

地下水主要沿近 EW 横河向结构面及 NE 或 NW 倾向河谷的裂隙分散隐伏排泄入雅砻江，岸坡浅表强卸荷、弱卸荷岩体结构面普遍张开，延伸长，贯通性强，为良好的导水通道，无地下水出露。

(3)岩体透水性

坝区岩体透水性受卸荷及构造等因素影响，储水空间分布不均一，岩体透水性相对较强。统计分析坝区岩体透水率 q≥100Lu 有 17 段，约占 1.8%；透水率 10≤q＜100Lu 有 146 段，约占 15.2%；透水率 1≤q＜10Lu 有 364 段，约占 37.8%；透水率 q＜1Lu 有 435 段，约占 45.2%。分析表明坝区钻孔揭示岩体以弱透水、微透水为主，部分中等透水，局部强透水。

(4)地下水化学特征

通过水文地质调查与分析，坝区环境水无色、无味、透明，地下水温度无异常。根据地下水水质分析试验成果，雅砻江水、木灰沟水及泉水水质类型均为Ca^{2+}+HCO^{3-}型，总矿化度 160.97～333.65mg/L，PH=7.6～8.1，属弱碱性水。河床承压水水质类型为Na^{+}+K^{+}+HCO^{3-}型，总矿化度 4093.77～4595mg/L，PH=6.5，属于弱酸偏中性。依据《水力发电工程地质勘察规范》(GB50287—2016)附录 K 环境水对混凝土腐蚀评价标准，对坝址区内环境水进行混凝土腐蚀性评价，雅砻江水、木灰沟水及泉水均对混凝土无腐蚀性。

4.3.5.2 库区

库区地下水类型主要为松散堆积层孔隙水和基岩裂隙水。

松散堆积层孔隙水，主要分布在沿岸第四纪松散堆积体内，地下水赋存条件较差，孔隙水分布零星，富水程度往往受季节变化和地貌限制影响较大，主要为大气降雨入渗补给，向河床或沟谷排泄。

基岩裂隙水为主要的地下水类型，分布广泛，富水程度主要受地层岩性、地质构造控制，主要受大气降水和高山冰雪融水补给，向河谷排泄。

地下水的补给、径流和排泄均受控于大气降水（雪）、地形地貌、地层岩性、地质构造及含水层的展布等。库区内沟谷深切，地表排水能力强，地下水主要接受大气降水（雪）补给，含水层的含水介质主要为基岩裂隙水，主要储存运移于基岩构造裂隙之中，尤其是断层破碎带、影响带及裂隙密集等及其交汇的部位，形成含水带，地下水的运动形式多为慢速扩张流。地下水排泄形式则与地下水类型有关，浅层地下水沿岸坡排泄，补给深层地下水，季节性变化明显；深层地下水往往沿含水层延伸方向排泄，相对稳定。

4.3.5.3 区域地下水开发利用情况

据现场调查，牙根二级工程区两岸居民生活用水绝大部分取自支沟水。仅米龙乡水源和恶古乡水源是由部分地表水和部分地下孔隙水汇聚形成的水源，即由地表水和地下水共同组成。根据移民安置规划，米龙乡集镇在计划搬迁范围内，搬迁后将配套完善的集镇供水。恶古乡暂无搬迁计划，水电站建成后预计继续使用目前水源，恶古乡水源取水口高程约 2625m，远高于牙根二级库区规划蓄水位，其分散式饮用水水源地一级保护区和二级保护区也不在规划库区淹没范围内。

4.4 气候气象

雅砻江流域地处青藏高原东侧边缘地带，属川西高原气候区，主要受高空西风环流和西南季风影响，干、湿季分明。每年 11 月至次年 4 月为流域的干季，干季日照多，湿度小，日温差大；5 月至 10 月是流域的雨季，雨量约占全年雨量的 90～95%，雨日占全年的 80%左右，雨季日照少、湿度较大、日温差小。

流域多年平均降水量为 500～2470mm，分布趋势由北向南递增。雅江县气象站位于雅江县城，与牙根二级水电站工程区气象成因接近，故选择雅江县气象站为本电站的气象代表站。

据雅江县气象站历年实测资料统计，多年平均降水量为 754.3mm，雨季（5～10 月）降水量为 694.2mm，占全年的 93.0%，历年最大日降水量为 70.6mm。多年平均年蒸发量为 1915.1mm（20cm 口径蒸发皿）。多年平均相对湿度值为 55%。多年平均气温为 11.0℃，极端最高气温为 37.4℃，极端最低气温为-15.9℃。多年平均风速 1.8m/s，最大风速 23.0m/s，相应风向 WSW。雅江县气象站气象要素特征值见表 4.4-1。

雅江县气象站气象要素特征值统计表

表 4.4-1

项　目 \ 月 份		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
气温　(℃)	历年平均	2.0	5.7	9.3	12.4	15.8	17.3	18.0	17.7	15.3	11.2	5.6	1.3	11.0
	极端最高	26.6	29.4	33.5	33.2	35.9	37.4	35.6	36.8	33.3	31.4	27.1	23.3	37.4
	极端最低	-15.9	-14.7	-7.6	-6.3	-0.1	0.7	5.9	3.4	1.5	-5.4	-10.7	-14.7	-15.9
降水 (mm)	历年平均	0.5	2.0	11.0	33.2	71.3	160.9	159.6	135.2	132.6	40.5	5.9	1.6	754.3
	降水>=0.1mm 日数(d)	0.5	1.3	5.1	10.5	14.8	21.8	21.5	19.8	18.3	9.8	3.0	0.9	127.1
	降水>=10mm 日数(d)	0.0	0.0	0.1	0.7	2.4	5.8	6.0	5.0	4.7	1.1	0.1	0.0	25.9
	降水>=25mm 日数(d)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	1.0	0.8	0.7	0.2	0.0	0.0	3.8
	历年一日最大	2.4	9.5	11.6	27.0	36.1	53.4	53.9	46.5	70.6	29.4	15.8	13.2	70.6
湿度 （%）	平均	35	33	38	47	54	68	73	71	74	68	53	45	55
	最小	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	4.0	8.0	8.0	10.0	6.0	1.0	0.0	0.0
风速 (m/s)	历年平均	1.4	2.2	2.7	2.5	2.5	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5	1.2	1.0	1.8
	最大风速及风向	15.4 WSW	18.3 WSW	18.5 NW	19.0 ENE	18.0 WNW WSW	23.0 WSW	14.3 E	15.2 W	18.0 WNW	14.0 W	17.0 WNW	12.9 WNW	23.0 WSW
地面温度(℃)	历年平均	0.0	6.5	11.7	15.7	19.8	21.2	22	21.9	18.7	13.8	6.6	-1.9	13
	极端最高	41.2	49.1	58.9	65.5	71.6	75.4	70.2	72.9	65.7	55.2	44.7	31.9	70.7
	极端最低	-18.4	-12.3	-9.4	-4.0	-1.1	0.0	6.3	4.1	2.5	-5.7	-10.5	-15.5	-18.4
蒸发量(mm)		79.6	131.8	184.5	200.3	236.5	203.9	197.6	195.0	151.9	138.9	112.8	82.3	1915.1
日照 (h)	平均日照时数	141.9	168.4	191.2	185.3	199.3	171.3	170.0	177.5	162.1	183.4	160.5	118.4	2029.3
	日照百分率	44	54	52	48	47	41	40	43	44	52	51	37	46
年均霜日(d)		21.3	9.6	3.8	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2	22.9	26.8	90.9
积雪 (d)	年积雪日数	0.4	0.5	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	2.0
	最大积雪深度(cm)	3.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	7.0	7.0
水温 (℃)	历年均值	0.4	2.4	5.7	9.3	12.5	14.2	15	15.1	13.2	9.2	4.2	0.8	8.5
	最高	2.6	7	10.2	13.6	17.2	18.2	19.6	19.4	17	14.6	8.6	4.6	19.6
	最低	0	0	0.2	4	5.2	8	10.2	10.4	8	4.4	0.2	0	0

4.5 土壤

雅砻江中游土壤受岩性、地貌、生物、气候的深刻影响，立体分布特征突出，从河谷到山顶土壤垂直带谱完整，土壤类型复杂多样。主要土壤类别有潮土、褐土、棕壤、草甸土及寒漠土。

海拔 2500m 以下的深切河谷中，灰褐土呈带状分布，部分阳坡可达 2600m，是本区主要的农业土壤;海拔 2500～3000m 之间的坡地上,山地褐土呈带状分布;海拔 3000m 以下，雅砻江及其支流两岸的漫滩、冲积扇和洪积扇上，分布有高原潮土，为重要的河谷农业土壤;海拔 3000～3500m 之间的山地上,山地棕壤呈带状分布;海拔 3500～4200m 地段，多为亚高山草甸土，系重要的草地土壤；海拔 4200～4700m 地段，以高山草甸土为主。

雅砻江中游河谷陡坡与极陡坡面积大、分布广，决定了土壤具有幼年性、薄层性、生态功能弱的特征，处于自然成土过程前期阶段，土层浅，风化程度低，分层不明显，粗骨性强，以自然土壤为主，达 99%以上，人为因素作用弱，有机质含量不高，自然肥力低下。该区土壤对人为干扰反应敏感，一旦地表覆盖结构受到破坏，则可能出现水土流失，侵蚀强度随坡度增加而显著增大。

4.6 水文

4.6.1 水系

牙根二级水电站库区较大的支流主要为霍曲河，坝下支流主要为力丘河，其余工程河段所在支沟流量均较小（小于 5m^3/s）。工程所在河段各支流基本情况见下表。

牙根二级水电工程影响河段支流基本情况表

表 4.6-1

入汇河流		支流名称	岸别	距坝址(km)	流域面积(km^2)	多年平均流量(m^3/s)	河长(km)	比降(‰)	水电开发现状
雅砻江	库区	麻子石沟	左岸	62	111.2	2.7	30	75.7	未开发
		热公林沟	左岸	57	86.4	2.1	13.5	114.6	
		磨子沟	左岸	47	44.2	0.9	11.7	105.1	
		本孜绒沟	左岸	41.5	53.8	1.0	13.5	113.2	
		阿洛宗沟	右岸	65	33.9	0.6	9.9	65.1	
		卡茨拉沟	右岸	57	29.5	0.5	10	136.5	
		茨马绒沟	右岸	28	86.3	1.6	13.7	113.6	
		恶古沟	右岸	22	248	3.9	24	48.7	

入汇河流		支流名称	岸别	距坝址(km)	流域面积(km^2)	多年平均流量(m^3/s)	河长(km)	比降(‰)	水电开发现状
		霍曲河	右岸	38.8	3333	50.3	172	12.3	干流一库三级、支流吉珠沟一库四级开发。干流最后一级达阿果电站、支流吉珠沟最后一级葛达电站已建成，其余梯级未建
	坝下	力丘河	右岸	5.5	5925	89.4	203.5	10.21	一库四级开发，各梯级均未建

4.6.2 径流

雅砻江流域径流主要来源于降水，径流的地区分布与降水的变化趋势基本一致。雅江以北地区深居内陆，南来暖湿气流受高山阻挡，降水量较少，天然径流具有年内分配不均，年际变化小的特点，枯期径流很少、丰水期（6～10 月）径流所占比重较大。

牙根二级水电站位于雅砻江中游河段，选取雅江、生古桥、麦地龙水文站为本电站设计依据站。根据雅江、生古桥、麦地龙水文站插补延长后的 1952～2023 年径流系列，采用面积线性内插方法，推求牙根二级水电站坝址径流系列。根据牙根二级水电站坝址历年径流系列，采用频率计算，推算坝址设计径流成果，见表 4.6-2 和表 4.6-3。

牙根二级水电站坝址径流成果表

表 4.6-2　　单位:m^3/s

项目	统计参数			设计值		
	均值	C_V	C_S/C_V	P=5%	P=50%	P=95%
年(6 月～翌年 5 月)	772	0.20	2.0	1040	762	537
枯期(11 月～翌年 5 月)	331	0.16	2.0	423	328	249

牙根二级水电站坝址处多年平均逐月流量统计表

表 4.6-3　　单位：m^3/s

代表年	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	年均
丰水年（1954 年 6 月~1955 年 5 月）	1043	2654	2705	1550	1484	651	366	263	239	292	494	647	1040
平水年（1964 年 6 月~1965 年 5 月）	1093	1425	1215	2061	1035	515	308	220	210	208	289	540	762
枯水年（2002 年 6 月～2003 年 5 月）	1048	1355	1098	576	595	348	227	176	164	180	270	373	537
多年平均	1200	1790	1440	1500	984	502	293	212	199	220	333	550	772

目前，中游龙头水库两河口水电站已建成发电，在两河口水库多年调节的“蓄枯补丰”作用下，下游丰水期水量将减水、平枯水期将增加。两河口调蓄后牙根二级坝址处设计径流成果见表 4.6-4，调蓄前后月均流量变化情况见表 4.6-5、图 4.6-1。

牙根二级水电站坝址处多年平均逐月流量统计表（两河口调蓄后）

表 4.6-4　　单位：m^3/s

代表年	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	年均
丰水年（1954 年 6 月~1955 年 5 月）	1023	1532	1531	1407	1405	710	698	717	753	809	891	971	1040
平水年（1964 年 6 月~1965 年 5 月）	827	853	833	924	815	622	619	635	665	706	771	854	762
枯水年（2002 年 6 月～2003 年 5 月）	358	425	502	406	421	569	563	578	595	633	672	723	537
多年平均	769	915	928	898	859	633	626	640	669	712	778	851	772

两河口调蓄前、后牙根二级坝址处流量统计表

表 4.6-5　　单位：m^3/s

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	平均
天然	212	199	220	333	550	1200	1790	1440	1500	984	502	293	772
两河口调蓄后	640	669	712	778	851	769	915	928	898	859	633	626	772

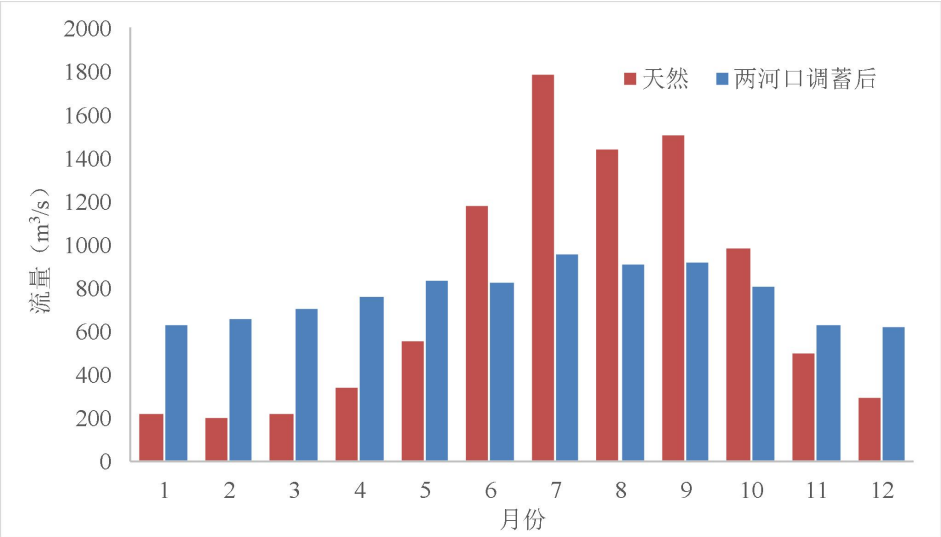


图 4.6-1　两河口调蓄前、后牙根二级水电站坝址处流量过程

4.6.3 洪水

雅砻江流域洪水一般出现在 6 月～9 月，主要集中在 7、8 两月，且多连续降雨。一次降雨过程为 3 天左右，两次连续过程为 5 天左右或更长时间，主雨段多持续 1～2 天。

据雅江水文站、麦地龙水文站统计，雅砻江中游年最大流量最早发生在 6 月 20 日（1971 年、1977 年、1994 年），最晚发生在 9 月 18 日（1956 年、1986 年）。年最大流量的最大值为 5380m^3/s（2012 年 7 月 24 日），年最大流量的最小值为 1710m^3/s（1973 年 6 月 25 日）。

牙根二级水电站位于雅砻江中游河段，设计洪水采用依据站雅江水文站、麦地龙水

文站洪水频率计算成果，按面积线性内插计算。牙根二级水电站坝址天然设计洪水成果、受上游两河口水库影响的设计洪水成果见表 4.6-6。

牙根二级水电站设计洪水成果表

表 4.6-6　　单位：m^3/s

工况	P=0.02%	P=0.1%	P=0.2%	P=0.5%	P=1%	P=2%	P=5%	P=10%	P=20%	P=50%
天然情况	9300	8200	7710	7060	6560	6050	5340	4780	4180	3250
受两河口电站调节影响	8690*	8200	7710	7060	6560	6050	5340	4780	4180	3250

备注：*表示采用受两河口水库调洪影响后的设计洪水。

4.6.4 泥沙

4.6.4.1 悬移质

(1)坝址悬移质输沙量

牙根二级水电站坝址处的集水面积为 71586km^2，坝址位于雅砻江干流雅江水文站、麦地龙水文站及支流力丘河河口水文站之间，设计中采用雅江水文站～麦地龙水文站~力丘河河口水文站的区间输沙模数，推算得雅江水文站～牙根二级坝址的区间输沙量，加上雅江水文站的悬移质输沙量即为牙根二级水电站坝址的悬移质输沙量。

经统计，牙根二级水电站坝址悬移质多年平均年输沙量 876 万 t，多年平均含沙量 0.360kg/m^3，其中汛期（6～9 月）输沙量 809 万 t，汛期平均含沙量 0.515kg/m^3，汛期输沙量占年输沙量的 92.3%。牙根二级水电站坝址多年平均流量、含沙量、输沙量特征值见表 4.6-7。

牙根二级坝址泥沙特征值成果统计表

表 4.6-7

年 份	年统计				汛期 6～9 月			
	流量	含沙量	输沙量	输沙模数	流量	含沙量	输沙量	输沙量占全年
	(m^3/s)	(kg/m^3)	(万 t)	($t/km^2·a$)	(m^3/s)	(kg/m^3)	(万 t)	(%)
多年平均	770	0.360	876	122	1490	0.515	809	92.3

(2)支流霍曲河悬移质输沙量

霍曲河悬移质输沙量采用雅江水文站～麦地龙水文站~力丘河河口水文站输沙模数推求。经计算，霍曲河入库悬移质多年平均年输沙量 205 万 t，占牙根二级坝址悬移质年输沙量的 23.4%，多年平均含沙量 1.23kg/m^3。

4.6.4.2 推移质

采用雅江水文站“推悬比”及坝址的悬移质输沙量推算，牙根二级水电站坝址河段

推移质年输沙量约为 47.3 万 t，其中霍曲河推移质年输沙量 9.1 万 t。

4.6.4.3 两河口水库拦沙后入库泥沙分析

牙根二级水电站上游有龙头水库两河口水电站，其正常蓄水位 2865m 时，相应库容为 101.54 亿 m^3，水库具有较强的拦沙作用。水库运行 100 年内，坝址以上入库的全部推移质及大部分的悬移质泥沙均被拦蓄在两河口水库内。目前两河口水电站已建成发电，牙根二级建成后将受到两河口水库的拦沙影响。

考虑上游两河口水库拦沙后，牙根二级坝址悬移质输沙量主要由两河口出库悬移质输沙量与两河口坝址~牙根二级坝址区间输沙量组成。经计算，受上游两河口水电站拦沙影响，牙根二级年平均入库悬移质输沙量为 404 万 t，年平均含沙量为 0.166kg/m^3。入库推移质年输沙量为 19.5 万 t。

4.6.5 水温

牙根二级电站坝址河段无水温监测资料，根据雅江站（坝址上游约 82km 的雅砻江干流）、麦地龙站（坝址下游约 137km 的雅砻江干流）观测资料统计，牙根二级工程江段的水温沿程增温率范围为 0.64~1.46℃/100km，据雅江站、麦地龙站推算牙根二级水电站坝址河段的天然水温以及受两河口影响后的水温过程情况详见表 4.6-8、图 4.6-2。

牙根二级坝址水温过程(℃)

表 4.6-8

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
坝址天然水温	1.8	3.9	7.2	10.7	13.6	15.2	16.2	16.2	14.4	10.9	5.8	2.2	9.9
两河口影响后坝址水温	5.2	6.2	7.6	9.8	12.3	14.2	15.6	15.9	14.1	11.3	8	5.4	10.5

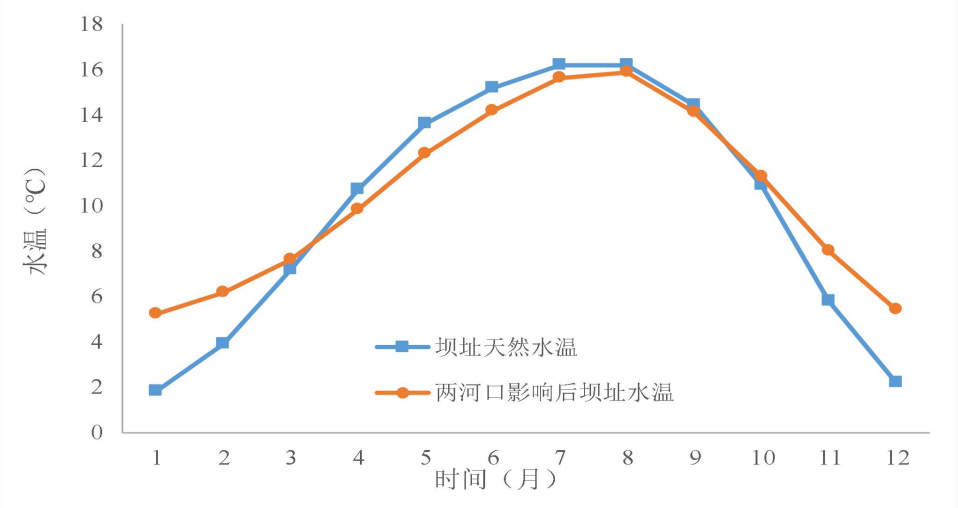


图 4.6-2　牙根二级水电站坝址逐月水温

4.7 水生生态

4.7.1 调查时间、方法和断面

4.7.1.1 水生生物调查

(1)调查时间

为了解工程所在河段水生生态现状，我公司委托水利部中国科学院水工程生态研究所于 2022 年 6 月~7 月、2022 年 10 月和 2023 年 4 月对工程评价河段开展了三期水生生态调查。

(2)调查范围和断面

调查范围为牙根一级坝址～孟底沟水电站库尾间约 109km 的雅砻江干流河段及区间主要支流卧龙寺沟(又名王呷河)、霍曲河、力丘河等。

水生生物调查和生境调查共布设 15 个调查断面。其中雅砻江干流布设 9 个，支流布设 6 个。

牙根二级水电站水生生物调查断面设置一览表

表 4.7-1

调查类别	序号	位置关系	调查断面	经度	纬度
12	1	保留河段	牙根一级坝址	101°0′35.88″	30°4′43.38″
	2	干流-库尾	城南大桥	101°0′42.75″	30°1′2.04″
	3		下渡林	101°1′0.79″	29°58′11.75″
	4	干流-库中	米龙	101°5′56.14″	29°50′38.85″
	5		麻郎措	101°5′32.27″	29°45′50.13″
	6	干流-坝前	八衣绒	101°6′35.06″	29°35′12.18″
	7		日衣村	101°7′31.08″	29°31′33.42″
	8	干流-坝下	力丘河河口下游 200 米	101°8′40.42″	29°25′6.45″
	9		木恩	101°0′30.906″	29°21′10.79″
	10	支流	卧龙寺沟	101°2′12.55″	30°2′45.05″
	11		霍曲河	101°4′55.31″	29°44′19.46″
	12		茨马绒	101°5′32.21″	29°39′34.29″
	13		恶古沟	101°4′4.90″	29°37′2.61″
	14		力丘河	101°9′7.97″	29°25′13.74″
	15		夹贺沟	101°5′42.27″	29°21′25.64″

(3) 调查内容及方法

调查内容：水生生境、浮游植物、着生藻类、浮游动物、底栖动物的种类组成和现存量。

调查方法：水生生境调查评价河段底质、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等指标。

饵料生物的调查取样、室内分析等均按《内陆水域渔业自然资源调查手册》《淡水浮游生物研究方法》等相关规定进行。水生生境调查评价按照《水电工程水生生态调查与

评价技术规范》(NB/T10079—2018)相关要求执行。

4.7.1.2 鱼类调查

(1)历次调查概况

自 2004 年起，华中农业大学、四川省水产研究所、水利部中国科学院水工程生态研究所、西南大学、四川农业大学、华测检测认证集团股份有限公司、中国水产科学研究院长江水产研究所和西华师范大学等单位对评价区及上下游河段开展了多次现场调查，历次调查情况见下表。

工程河段水生生态历史资料收集情况表

表 4.7-2

序号	报告名称	调查范围	调查单位及调查时间
1	《雅砻江中游(两河口～卡拉江段)水电规划环境影响报告书》	雅砻江中下游河段（两河口库尾~二滩库区）	华中农业大学，2004 年
2	《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》	雅砻江中下游河段（两河口库尾~桐子林河段）	水利部中国科学院水工程生态研究所，2012~2013 年
3	《四川省雅砻江两河口~牙根河段水电开发方案研究环境影响报告书》	两河口库尾~牙根二级河段	西南大学，2008~2009 年
4	《四川省雅砻江两河口水电站环境影响报告书》	两河口河段	四川省水产研究所，2007 年和 2012 年
5	《四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响报告书》	牙根二级河段	西南大学，2008~2009 年，2014 年
6	《四川省雅砻江孟底沟水电站环境影响报告书》	孟底沟河段	西南大学，2013~2015 年
7	《四川省雅砻江杨房沟水电站环境影响报告书》	杨房沟河段	水利部中国科学院水工程生态研究所，2009 年和 2012 年
8	《四川省雅砻江卡拉水电站环境影响报告书》	卡拉河段	水利部中国科学院水工程生态研究所，2009 年和 2013 年
9	《雅砻江锦屏一级水电站施工期水生生态调查报告》	锦屏一级河段	四川农业大学，2012~2015 年
10	《雅砻江渔业资源与环境调查报告》	雅砻江（甘孜~河口）	水利部中国科学院水工程生态研究所，2017~2021 年
11	《四川雅砻江两河口水电站施工期水生生态监测报告》	两河口河段	华测检测认证集团股份有限公司，2020~2021 年
12	《牙根一级水电站水生生态调查与评价专题》	牙根一级库尾~孟底沟库尾	水利部中国科学院水工程生态研究所，2021 年
13	《雅砻江孟底沟水电站 2021 年（施工前）水生生态调查报告》	孟底沟河段	水利部中国科学院水工程生态研究所，2021 年
14	《四川省雅砻江杨房沟水电站蓄水阶段环境保护验收调查报告》	杨房沟河段	中国水产科学研究院长江水产研究所，2020 年

序号	报告名称	调查范围	调查单位及调查时间
15	《雅砻江卡拉水电站施工期水生生态调查报告》（开工前）	卡拉河段	西华师范大学，2022 年
16	《四川省雅砻江锦屏一级水电站竣工环境保护验收调查报告》	锦屏一级河段	四川农业大学，2016 年 9 月
17	《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》	中、下游河段为主	水利部中国科学院水工程生态研究所，2021 年及 2022 年

(2)调查范围

为进一步掌握牙根二级工程河段鱼类现状，本次环评阶段，我公司再次委托水利部中国科学院水工程生态研究所分别于 2022 年 6 月~7 月、2022 年 10 月和 2023 年 4 月开展了 3 次鱼类调查工作。同时在现状调查基础上，注重历史资料的收集、回顾、梳理和复核。本次环评阶段鱼类资源调查以区域性调查为主，主要调查河段为牙根一级坝址～孟底沟水电站库尾间约 109km 的雅砻江干流河段及区间主要支流霍曲河、力丘河等。调查范围覆盖保留河段、牙根二级库尾、库中、坝前、坝下及主要支流。

(3)调查内容与方法

调查内容：调查鱼类的种类、区系组成、生态习性、资源量、“三场”分布及其对环境的适应性。

调查方法：按《内陆水域渔业自然资源调查手册》进行鱼类资源调查。

① 鱼类区系组成调查

根据鱼类区系研究方法，在不同河段设置站点，对调查范围内的鱼类资源进行全面调查。采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法，采集鱼类标本、收集资料、做好记录，标本用福尔马林固定保存。通过对标本的分类鉴定，资料的分析整理，编制出鱼类种类组成名录。

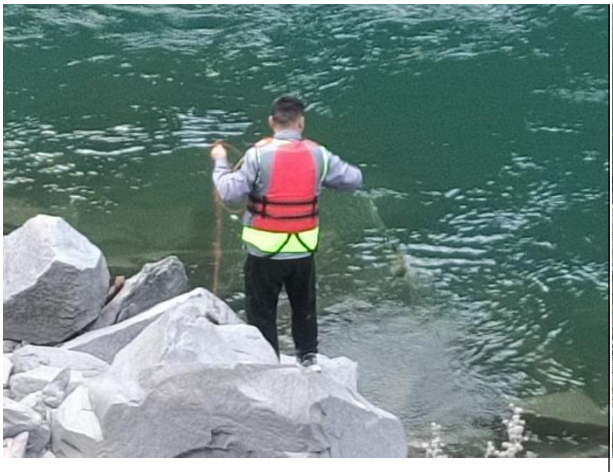
② 鱼类资源现状调查

鱼类资源量的调查采取社会捕捞渔获物统计分析结合现场调查取样进行。采用访问调查和统计表调查方法，调查资源量和渔获量。向沿江渔业主管部门和渔政管理部门及渔民调查了解渔业资源现状以及鱼类资源管理中存在的问题，对渔获物资料进行整理分析，得出各工作站点主要捕捞对象及其在渔获物中所占比重，不同捕捞渔具渔获物的长度和重量组成，以判断鱼类资源状况。

③ 鱼类“三场”调查

走访沿江居民和主要捕捞人员，了解不同季节鱼类主要集中地和鱼类种群组成，结合鱼类生物学特性和水文学特征，分析鱼类“三场”分布情况，并通过有经验的捕捞人

员进行验证。





鱼类资源调查









图 4.7-1　部分渔获物照片

4.7.2 水生生境调查与评价

4.7.2.1 水生生境现状

评价河段干支流生境整体较好，受人为干扰较小，河床底质多为大石、砾石和砂石，适合裂腹鱼类等栖息和繁殖。干流生境见表 4.7-3、主要支流生境见表 4.7-4。各评价河

段生境现场照片见图 4.7-2。

水生生境调查表（干流）

表 4.7-3

调查点位	牙根一级坝址							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.21	101°0′35.88″	30°4′43.88″	120	1.2	大石、砾石、砂石	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 50%	无耕地
城南大桥								
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.27	101°0′42.75″	30°1′2.04″	/	/	砾石	/	/	/
调查点位	**下渡林**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.28	101°1′0.79″	29°58′11.75″	/	/	砾石	/	/	/
调查点位	**米龙**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.27/2022.10.30	101°5′56.14″	29°50′38.85″	/	/	砾石	/	/	/
调查点位	**麻郎措**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.27	101°5′32.27″	29°45′50.13″	/	/	砾石	/	/	/
调查点位	**八衣绒**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.24	101°6′35.06″	29°35′12.18″	150~180	1.7	大石、砾石	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地
调查点位	**日衣村**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.24	101°7′31.08″	29°31′33.42″	150~180	1.7	大石、砾石	偶有滑坡	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地
调查点位	**力丘河河口下游**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.30	101°8′40.42″	29°25′6.45″	180~200	1	大石、砾石、沙	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地
调查点位	**木恩**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.24	101°7′31.08″	29°31′33.42″	150~180	1.7	大石、砾石	偶有滑坡	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地

水生生境调查表（支流）

表 4.7-4

调查点位	卧龙寺沟							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.27	101°2′ 12.55″	30°2′ 45.05″	/	/	砾石			
调查点位	**霍曲河**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.30	101°4′ 55.31″	29°44′ 19.46″			砾石			
调查点位	**茨马绒**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.21	101°5′ 32.21″	29°39′ 34.29″	1.5	1	大石、砾石	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 50%	无耕地
调查点位	**恶古沟**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.21	101°4′ 4.90″	29°37′ 2.61″	2	1.8	大石、砾石、砂石	较稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 75%	无耕地
调查点位	**力丘河**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.30	101°9′ 7.97″	29°25′ 13.74″	~30	1.8	大石、砾石、砂石	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地
调查点位	**夹贺沟**							
调查时间	经度	纬度	河宽（m）	流速（m/s）	底质	河岸稳定性	坡岸植被多样性	岸边土地利用类型
2022.10.30	101°5′ 42.27″	29°21′ 25.64″	2	1.5	大石、砾石	稳定	以草灌丛为主，覆盖度约 25%	无耕地




牙根一级坝址生境照




城南大桥生境照




下渡林生境照




米龙生境照




麻郎措生境照




八衣绒生境照




日衣村生境照




力丘河河口下游生境照




木恩生境照




卧龙寺沟




霍曲河生境照（左图为达阿果减水河段下游，右图为唐岗电站厂房下游）




茨马绒沟生境照




恶古沟生境照




力丘河生境照




夹贺沟生境照

图 4.7-2　牙根二级评价河段水生生境调查现状

4.7.2.2 评价结果

(1)河流连通性评价

依据《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T10079—2018)附录 C 推荐的河流连通性评价方法，利用闸坝数量评价指标来评价本项目调查水域的河流连通性，评价分级标准见表 4.7-5，评价结果见表 4.7-6。

闸坝数量指标评价河流连通性分级标准

表 4.7-5

指标	河流类别	分级标准				
		优秀	良好	一般	较差	差
每百公里闸坝数量（C）	大型河流	C <0.3	0.3≤C<0.5	0.5≤C<0.8	0.8≤C<1.2	C≥1.2
	中、小型河流	C <3	3≤C<8	8≤C<10	10≤C<20	C≥20

注:大型河流多年平均流量大于或等于 150m^3/s；中、小型河流多年平均流量小于 150m^3/s。

调查河段河流连通性评价结果

表 4.7-6

区段	调查区段	河流类别	每百公里闸坝数量（C）	评价结果
干流	牙根一级坝址至孟底沟水电站库尾	大型河流	C <0.3	优秀
支流	卧龙寺沟	中、小型河流	C <3	优秀
	霍曲河	中、小型河流	C <3	优秀
	力丘河	中、小型河流	C <3	优秀

调查河段干流及支流段河流连通性评价结果均显示优秀，整体河流系统基本天然连通。

(2)河流生境综合评价

1)评价方法

依据《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T10079—2018)附录 C 推荐的河流生境综合评价方法，建立涵盖物理结构、水文状况、土地利用等多种特征的生境评价指标体系，以反映河流水生生物栖息地的质量状况，指标体系由底质、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等指标构成。拟建立的栖息地评价指标与标准如表 4.7-8 所示。每个指标 20 分，根据生境环境质量状况优劣程度，将指标分成 4 个级别，4 个级别的分值范围为：20～16（好）、15～11（较好）、10～6（一般）、5～0（差）。

河流生境评价指标与评价标准

表 4.7-7

序号	评价指标	好	较好	一般	差
1	底质	75%以上是碎石、鹅卵石、大石，余为细沙等沉积物	50%~75%是碎石、鹅卵石、大石，其余为细沙等沉积物	25%~50%是碎石、鹅卵石、大石，其余为细沙等沉积物	碎石、鹅卵石、大石少于 25%，其余为细沙等沉积物
2	生境复杂性	有水生植被、倒木、倒凹堤岸和巨石等各种小栖境	有水生植被、倒凹堤岸和巨石等小栖境	以 1 种或 2 种小栖境为主	以 1 种小栖境为主，底质多以淤泥或细沙为主
3	流速和水深结合特性	慢-深、慢-浅、快-深和快-浅 4 种类型均有出现，且近乎是平均分布	只有 3 种情况出现（如果是快-浅没有出现，分值比缺少其它的情况分值低）	只有 2 种情况出现（如果快-浅和慢-浅没有出现，分值要低）	只有 1 种类型出现

序号	评价指标	好	较好	一般	差
4	堤岸稳定性	堤岸很稳定，无侵蚀痕迹，观察范围内（100m）有小于 5%的堤岸受到了损害	比较稳定，观察范围内（100m）有 5%~30%的面积出现了侵蚀现象	观察范围内 30%~60%的面积发生了侵蚀，且有可能会在洪水期间发生大的隐患	观察范围内 60%以上的堤岸发生了侵蚀
5	河道变化	渠道化没有出现或很少出现，河道维持正常模式	渠道化出现较少，通常在桥墩周围处出现渠道化，对水生生物影响较小	渠道化比较广泛，在两岸有筑堤或桥梁支柱出现，对水生生物有一定影响	河岸由铁丝和水泥固定，对水生生物的影响很严重，使其生活环境完全改变
6	河水水量状况	水量较大，河水淹没到河岸两侧，或仅有少量的河道暴露	水量比较大，河水淹没 75%左右的河道	水量一般，河水淹没 25%~75%的河道	水量很小，河道干涸
7	植被覆盖情况	河两岸 50%以上的堤岸覆盖有植被	河两岸 50%~25%堤岸覆盖有植被	河两岸少于 25%的堤岸覆盖有植被	河两岸周围几乎没有任何植被
8	水质状况	很清澈，无污染，河水静置后无沉淀物质	比较清澈，岸边有少量的垃圾，河水静置后有少量的沉淀物质	比较浑浊，岸边有垃圾，河水静置后有沉淀物质	很浑浊，岸边有大量垃圾，河水静置后沉淀物很多
9	人类活动强度	无人类活动干扰	人类干扰较小，有少量人类活动	人类干扰较大，并有少量的机动车通过	人类干扰很大，交通要道必经之路，经常有机动车通过
10	河岸土地利用类型	河岸两侧无耕作土壤，营养丰富	河岸一侧无耕作土壤，另一侧为耕作土壤	河岸两侧耕作土壤，需要施加化肥和农药	河岸两侧为耕作废弃的裸露的风化土壤层，营养物质很少
分值		20～16	15～11	10～6	5～0

2)河流生境质量评价分级标准

采取累计求和的方式计算河流生境质量综合评价结果，10 项指标总和的满分为 200 分。根据综合评价结果的分布范围划分河流生境质量（HR）等级见下表。

河流生境质量评价分级标准

表 4.7-8

分值	分级标准
HR>150	好
120<HR≤150	较好
90<HR≤120	一般
60<HR≤90	较差
HR≤60	差

3)评价结果

按照河流生境综合评价标准，根据现场调查结果，对牙根二级水电站影响河段各调查断面的生境质量综合评价进行指标赋分。评价结果可以看出，雅砻江干流总体水量充沛，河道蜿蜒，水体流态多样性高，底质以大型砾石、卵石为主，人工干扰极少，坡岸多保持自然状态，少见人工护岸工程，其生境质量综合评分在 133~173 分，生境质量好。

雅砻江支流河道蜿蜒度高，河道坡降较大，底质以砾石、卵石为主，坡岸也鲜少进行人工的防护，周边人居较少，坡岸草、灌、乔木茂盛，但因各支流径流量较低，水体较浅，底质卵石、砾石多出露，水流形态简单，多见快-浅和慢-浅两种流态，支流生境质量综合评分稍低于干流水平，在 166 分~172 分生境质量好。干流城南大桥段因调查河段通过雅江县城区，河道总体人工干扰强度大。

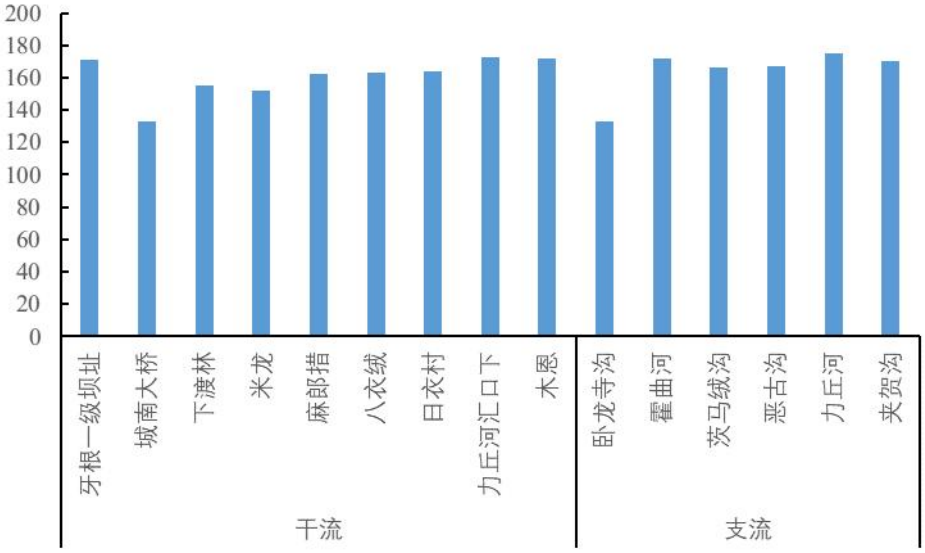


图 4.7-3　评价河段生境质量综合评价分布

评价河段生境质量综合评价结果

表 4.7-9

指标	干流									支流					
	牙一坝址	城南大桥	下渡林	米龙乡	麻郎措	八衣绒	日衣村	力丘河汇口下	木恩	卧龙寺沟	霍曲河	茨马绒沟	恶古沟	力丘河	夹贺沟
底质	18	17	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	10	19	19
生境复杂性	14	9	14	13	14	14	14	15	13	13	15	14	19	15	18
流速和水深结合特性	17	9	14	13	14	18	18	18	18	15	15	18	19	19	19
堤岸稳定性	18	14	14	15	15	14	14	17	18	18	18	17	15	18	18
河道变化	16	18	18	15	19	19	19	18	19	10	19	19	19	19	17
河水水量状况	19	19	19	19	19	19	19	19	19	15	15	10	15	15	10
植被覆盖情况	18	13	17	19	19	14	14	17	15	14	18	18	18	18	18
水质状况	19	13	15	14	15	14	14	18	18	5	19	18	19	19	19
人类活动强度	14	5	10	10	14	14	14	14	15	5	15	15	15	15	14
河岸土地利用类型	18	16	15	15	14	18	19	18	18	19	19	18	18	18	18
分值合计	171	133	155	152	162	163	164	173	172	133	172	166	167	175	170
评价等级	好	较好	好	好	好	好	好	好	好	较好	好	好	好	好	好

4.7.3 水生生物调查与评价

4.7.3.1 浮游植物

(1)种类组成

调查河段共检出浮游植物77种，评价河段浮游植物种类组成详见表4.7-10、图4.7-4。各断面中硅藻门种类占绝对优势，绿藻门、隐藻门的种类在样本中也占有一定比例。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物种类组成

表4.7-10　　单位：种

区域	调查断面	调查时间	硅藻门	甲藻门	金藻门	蓝藻门	裸藻门	绿藻门	隐藻门	总计
干流	牙根一级坝址	2022年6月	4	1					2	7
		2023年4月	25	1	2	2		2	2	34
	城南大桥	2022年6月	4			1			2	7
		2023年4月	15		1			2	1	19
	下渡林	2022年6月	4	1	1					6
		2023年4月	19		2		1		1	23
	米龙	2022年6月	3	1	1					5
		2023年4月	14		2	1		1	2	20
	麻郎措	2022年6月	5	1						6
		2023年4月	13		2	1			2	18
	八衣绒	2022年6月	5	1				1	2	9
		2023年4月	19	1	2	1		1	2	26
	日衣村	2022年6月	6							6
		2023年4月	18	1	3	1		1	2	26
	力丘河河口下	2022年6月	8		1					9
		2023年4月	24	1	2	1		1	3	32
	木恩	2022年6月	4	1						5
		2023年4月	24	1	3				2	30
支流	卧龙寺沟	2022年6月	5							5
		2023年4月	15			2		1		18
	霍曲河	2022年6月	10							10
		2023年4月	15							15
	茨马绒	2022年6月	5			1				6
		2023年4月	15							15
	恶古沟	2022年6月	7			1				8
		2023年4月	16		2	1		2		21
	力丘河	2022年6月	7							7
		2023年4月	21	1	1			2	1	26
	夹贺沟	2022年6月	7							7
		2023年4月	18					1		19

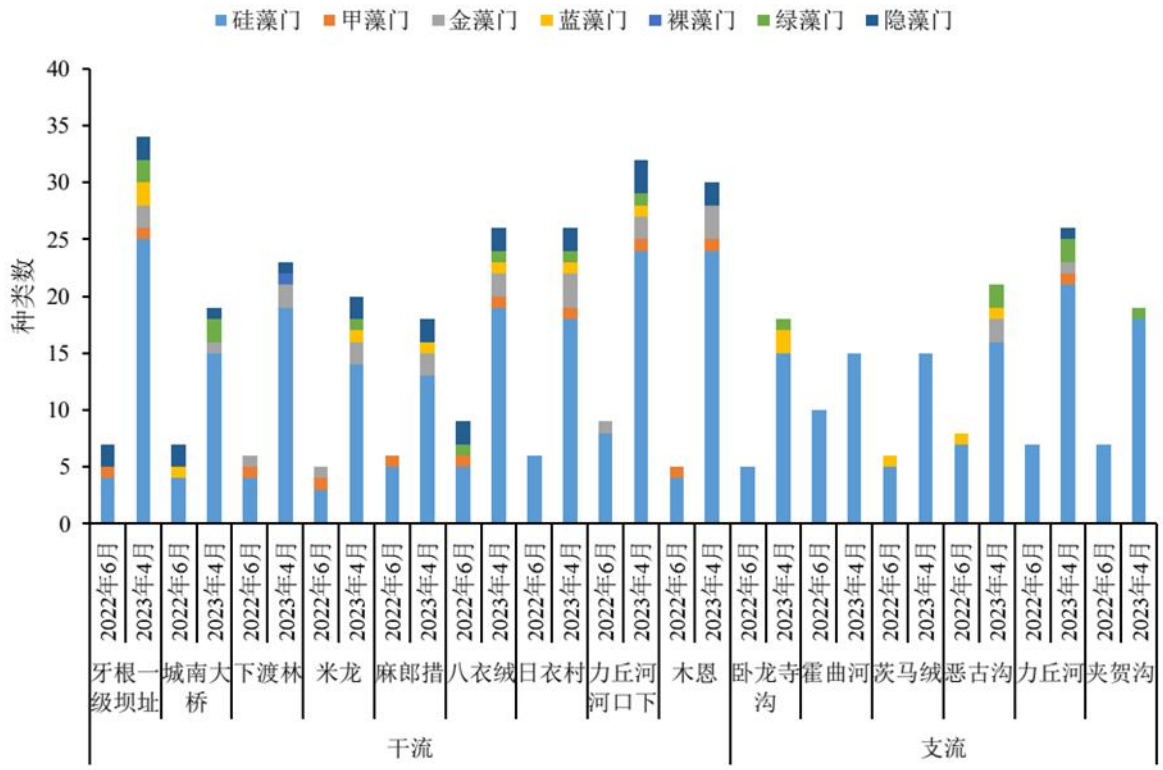


图 4.7-4　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物种类组成

(2)现存量

1)密度

评价河段浮游植物平均密度为 9.013×10^5cells/L，其中干流浮游植物平均密度 9.457×10^5cells/L，支流浮游植物平均密度 8.347×10^5cells/L，干流浮游植物密度高于支流。评价河段检出浮游植物密度组成以硅藻门为主，其次是金藻门和隐藻门，其他门类较少。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物密度组成

表 4.7-11　　单位：$\times10^5$ Cells/L

区段	调查断面	调查时间	蓝藻门	硅藻门	绿藻门	隐藻门	甲藻门	金藻门	裸藻门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0	5.304	0	0.207	0	0	0	5.511
		2023 年 4 月	0	7.636	0.145	0.218	0	0.436	0	8.436
	城南大桥	2022 年 6 月	3.215	6.43	0	0.726	0	0	0	10.37
		2023 年 4 月	0	9.503	0.339	0.17	0	2.036	0	12.048
	下渡林	2022 年 6 月	0	9.23	0	0	0.052	0.519	0	9.8
		2023 年 4 月	0	12.873	0	0.436	0	5.236	0.109	18.655
	米龙	2022 年 6 月	0	8.956	0	0	0.058	0.231	0	9.244
		2023 年 4 月	0	4.303	0	0.182	0	2	0	6.485
	麻郎措	2022 年 6 月	0	11.947	0	0	0.047	0	0	11.994
		2023 年 4 月	0	6.738	0	0.842	0	3.369	0	10.949
	八衣绒	2022 年 6 月	0	4.407	0.052	0.104	0	0	0	4.563
		2023 年 4 月	0	6.545	0	0.436	0	4.218	0	11.2

区段	调查断面	调查时间	蓝藻门	硅藻门	绿藻门	隐藻门	甲藻门	金藻门	裸藻门	合计
	日衣村	2022 年 6 月	0	6.316	0	0	0	0	0	6.316
		2023 年 4 月	0	7.042	0.17	0.764	0	3.564	0	11.539
	力丘河河口下	2022 年 6 月	0	3.185	0	0	0	0.074	0	3.259
		2023 年 4 月	0	8.727	0	0.545	0	0.545	0	9.818
	木恩	2022 年 6 月	0	3.341	0	0	0	0	0	3.341
		2023 年 4 月	0	11.661	0	0.945	0	4.097	0	16.703
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	1.404	0	0	0	0	0	1.404
		2023 年 4 月	0	42.424	0	0	0	0	0	42.424
	霍曲河	2022 年 6 月	0	3.022	0	0	0	0	0	3.022
		2023 年 4 月	0	13.212	0	0	0	0	0	13.212
	茨马绒	2022 年 6 月	0.16	1.08	0	0	0	0	0	1.24
		2023 年 4 月	0	0.873	0	0	0	0	0	0.873
	恶古沟	2022 年 6 月	0.621	1.352	0	0	0	0	0	1.973
		2023 年 4 月	0	1.261	0.039	0	0	0	0	1.3
	力丘河	2022 年 6 月	0	0.88	0	0	0	0	0	0.88
		2023 年 4 月	0	19.345	0.145	0.145	0	0	0	19.636
	夹贺沟	2022 年 6 月	0	1.106	0	0	0	0	0	1.106
		2023 年 4 月	0	13.091	0	0	0	0	0	13.091

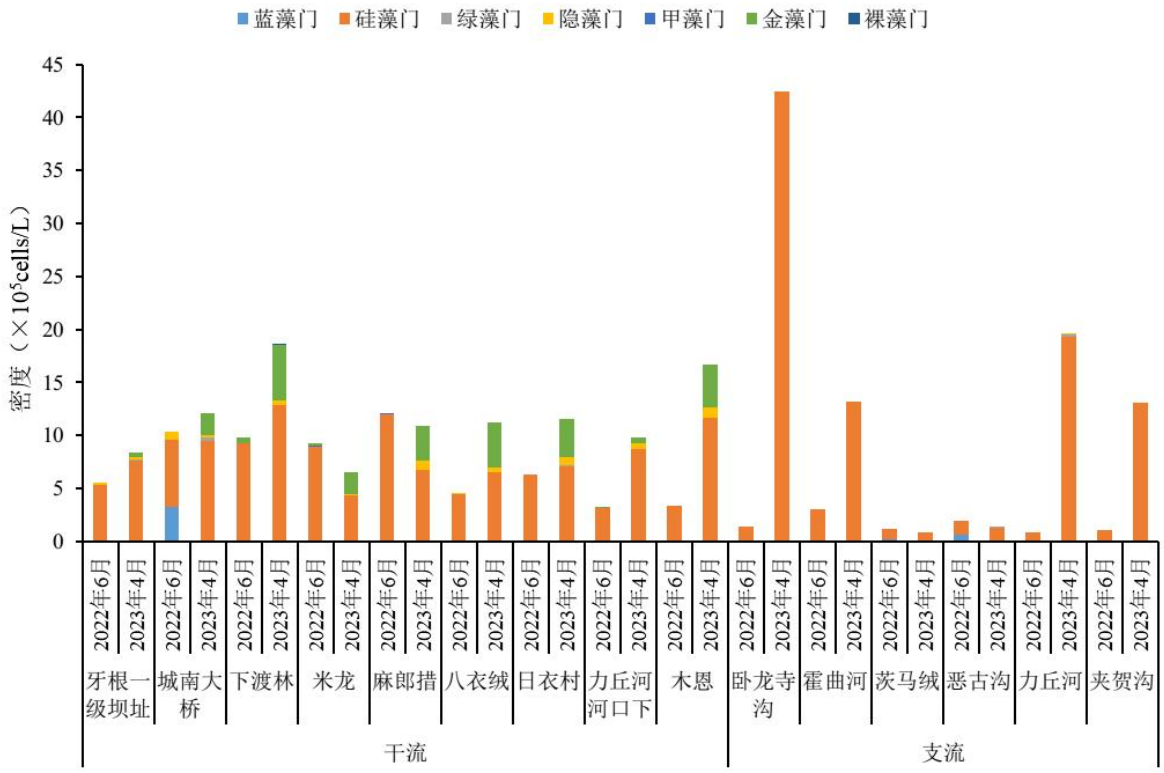


图 4.7-5　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物密度组成

2)生物量

评价河段浮游植物生物量平均 0.4260 mg/L，和密度分布趋势一致，生物量组成以

硅藻门为主，其次为金藻门。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物生物量组成

表 4.7-12 mg/L

区段	调查断面	调查时间	蓝藻门	硅藻门	绿藻门	隐藻门	甲藻门	金藻门	裸藻门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0	0.1712	0	0.0106	0	0	0	0.1818
		2023 年 4 月	0	0.3513	0.0015	0.016	0	0.0313	0	0.4
	城南大桥	2022 年 6 月	0.0129	0.1246	0	0.0114	0	0	0	0.1488
		2023 年 4 月	0	0.4972	0.0102	0.0017	0	0.1425	0	0.6516
	下渡林	2022 年 6 月	0	0.2482	0	0	0.0797	0.0989	0	0.4269
		2023 年 4 月	0	0.5793	0	0.0044	0	0.3676	0.0033	0.9545
	米龙	2022 年 6 月	0	0.1915	0	0	0.0888	0.0441	0	0.3244
		2023 年 4 月	0	0.1964	0	0.0248	0	0.14	0	0.3612
	麻郎措	2022 年 6 月	0	0.3179	0	0	0.0279	0	0	0.3458
		2023 年 4 月	0	0.2527	0	0.0351	0	0.2414	0	0.5292
	八衣绒	2022 年 6 月	0	0.1043	0.0002	0.0086	0	0	0	0.1131
		2023 年 4 月	0	0.2211	0	0.032	0	0.2967	0	0.5498
	日衣村	2022 年 6 月	0	0.2489	0	0	0	0	0	0.2489
		2023 年 4 月	0	0.3207	0.0085	0.056	0	0.252	0	0.6372
	力丘河河口下	2022 年 6 月	0	0.7631	0	0	0	0.0141	0	0.7772
		2023 年 4 月	0	0.2776	0	0.04	0	0.0382	0	0.3558
	木恩	2022 年 6 月	0	0.1512	0	0	0	0	0	0.1512
		2023 年 4 月	0	0.3924	0	0.0993	0	0.2915	0	0.7832
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	0.1967	0	0	0	0	0	0.1967
		2023 年 4 月	0	1.703	0	0	0	0	0	1.703
	霍曲河	2022 年 6 月	0	0.6877	0	0	0	0	0	0.6877
		2023 年 4 月	0	0.2952	0	0	0	0	0	0.2952
	茨马绒	2022 年 6 月	0.0003	0.1697	0	0	0	0	0	0.17
		2023 年 4 月	0	0.1891	0	0	0	0	0	0.1891
	恶古沟	2022 年 6 月	0.0072	0.3539	0	0	0	0	0	0.361
		2023 年 4 月	0	0.0209	0.0004	0	0	0	0	0.0213
	力丘河	2022 年 6 月	0	0.2561	0	0	0	0	0	0.2561
		2023 年 4 月	0	0.4756	0.0015	0.0015	0	0	0	0.4785
	夹贺沟	2022 年 6 月	0	0.1957	0	0	0	0	0	0.1957
		2023 年 4 月	0	0.2855	0	0	0	0	0	0.2855

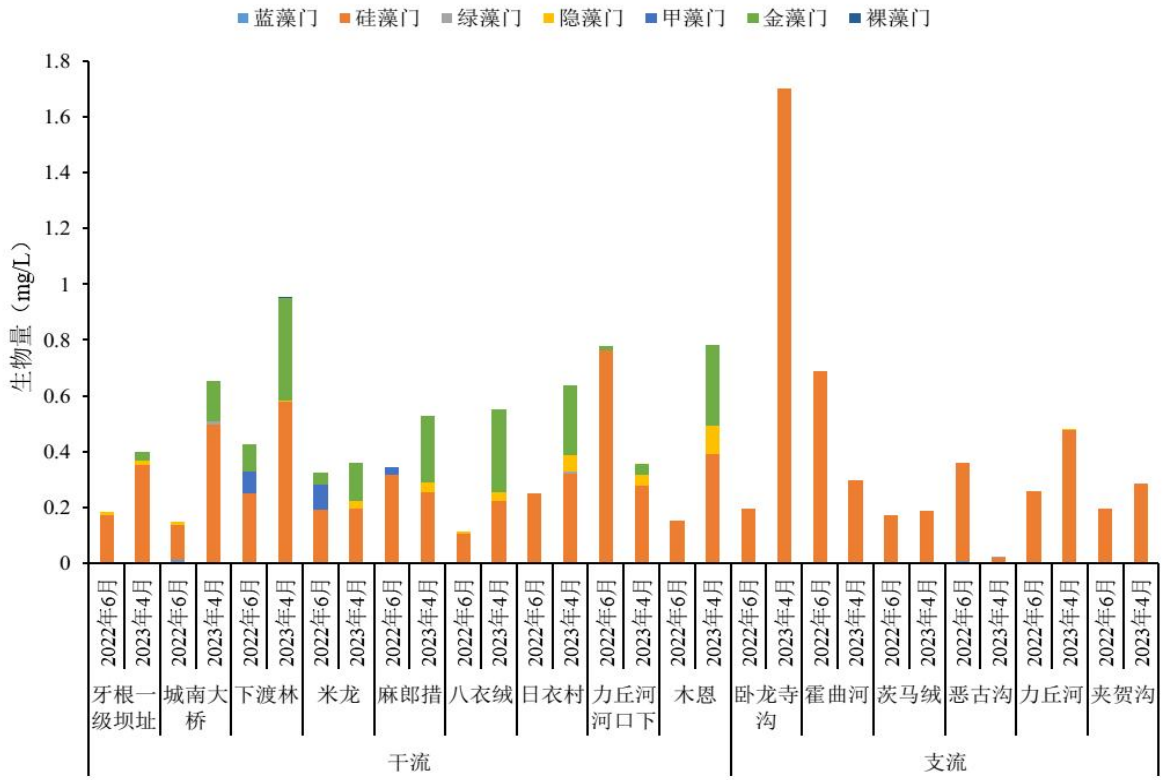


图 4.7-6　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物生物量组成

3)生物多样性指数

评价河段浮游植物生物多样性指数平均为 1.656，其中干流段平均为 1.581，支流段平均为 1.715。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游植物生物多样性指数

表 4.7-13

区域	调查断面	2022 年 6 月	2023 年 4 月	平均值
干流	牙根一级坝址	1.344	1.577	1.461
	城南大桥	1.604	1.811	1.708
	下渡林	1.299	1.417	1.358
	米龙	1.267	1.511	1.389
	麻郎措	0.798	2.134	1.466
	八衣绒	1.140	1.794	1.467
	日衣村	1.158	1.712	1.435
	力丘河河口下	2.317	1.953	2.135
	木恩	1.160	2.461	1.811
支流	卧龙寺沟	1.748	1.309	1.529
	霍曲河	1.973	1.599	1.786
	茨马绒	1.830	1.418	1.624
	恶古沟	2.329	1.069	1.699
	力丘河	2.029	1.678	1.854
	夹贺沟	2.215	1.383	1.799

4.7.3.2 浮游动物

(1)种类组成

评价河段共检出浮游动物51种，其中原生动物27种，占浮游动物种类总数的52.94%，轮虫13种，占25.49%，枝角类4种，占7.84%，桡足类7种，占13.73%，其中干流检出浮游动物种类数高于支流，均以原生动物和桡足类为主。

牙根二级评价河段浮游动物种类组成

表 4.7-14

调查水域	调查断面	调查时间	轮虫	桡足类	原生动物	枝角类	总计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	4	6	1	3	14
		2023 年 4 月		3	5	2	10
	城南大桥	2022 年 6 月	5	2	4	3	14
		2023 年 4 月		3	3	2	8
	下渡林	2022 年 6 月	2	3	1	3	9
		2023 年 4 月		3	2	2	7
	米龙	2022 年 6 月	1	2	3	2	8
		2023 年 4 月		3	2	2	7
	麻郎措	2022 年 6 月	2	3	1	3	9
		2023 年 4 月		3	3	1	7
	八衣绒	2022 年 6 月	1	3	1	3	8
		2023 年 4 月		3	2	2	7
	日衣村	2022 年 6 月	1	3	1	3	8
		2023 年 4 月		3	2	2	7
	力丘河河口下	2022 年 6 月	1	1	1	1	4
		2023 年 4 月		3	4	2	9
	木恩	2022 年 6 月	2	5	5	3	15
		2023 年 4 月		3	3	2	8
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月		1	1		2
		2023 年 4 月			1		1
	霍曲河	2022 年 6 月	1	2		1	4
		2023 年 4 月			2		2
	茨马绒	2022 年 6 月			2	1	3
		2023 年 4 月		1	2		3
	恶古沟	2022 年 6 月	2	1			3
		2023 年 4 月		1	1	1	3
	力丘河	2022 年 6 月		1	1		2
		2023 年 4 月		2	2	2	6
	夹贺沟	2022 年 6 月	1		2		3
		2023 年 4 月		2	2		4

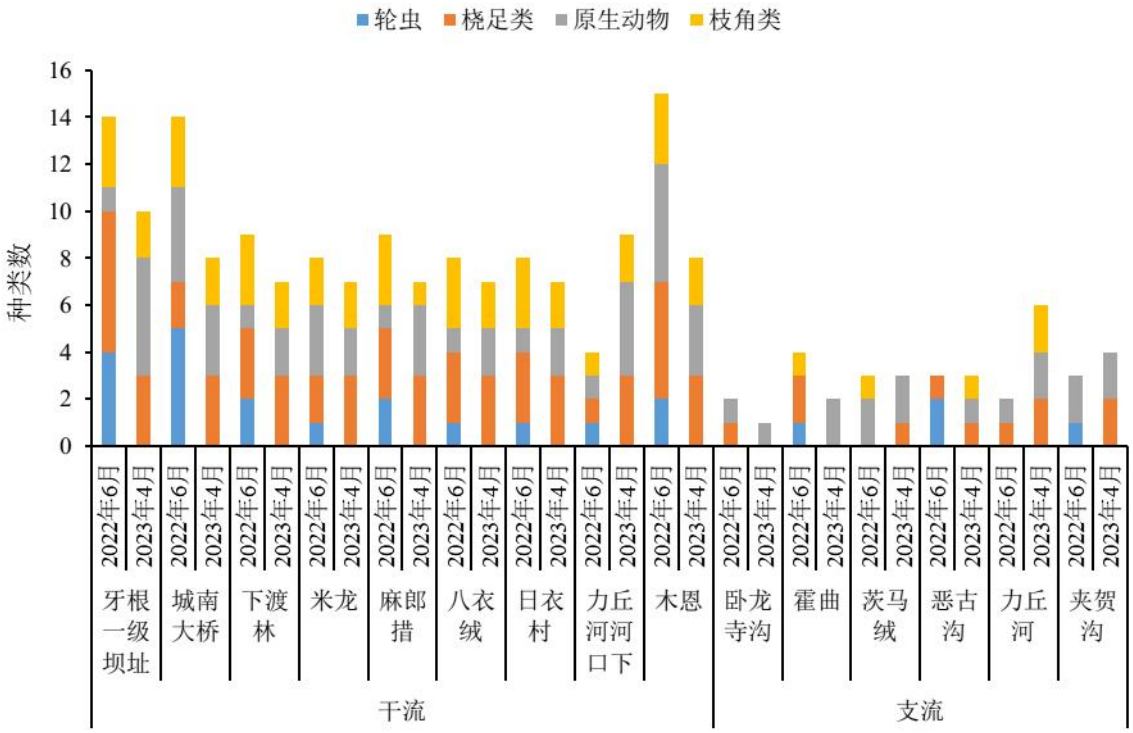


图 4.7-7　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动物种类组成

(2)现存量

1)密度

评价河段浮游动物平均密度为 251.90 ind/L，其中原生动物 200.89 ind/L、占密度组成的 79.75%，占绝对优势。浮游动物密度水平分布上无明显变化规律，干流以城南大桥最高，支流以卧龙寺沟密度最高。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动物密度组成

表 4.7-15　　单位：ind/L

调查水域	调查断面	调查时间	轮虫	桡足类	原生动物	枝角类	总计
干流	牙一坝址	2022 年 6 月	30	2.35	0	3.35	35.7
		2023 年 4 月	50	2.35	333.33	5.15	390.83
	城南大桥	2022 年 6 月	116.67	0.48	1360	0.78	1477.92
		2023 年 4 月	100	0.5	500	2.48	602.98
	下渡林	2022 年 6 月	93.33	0.33	0	0.38	94.03
		2023 年 4 月	166.67	0.08	333.33	0.45	500.53
	米龙	2022 年 6 月	26	0.23	493.33	0.5	520.06
		2023 年 4 月	50	0.43	0	2.43	52.85
	麻郎措	2022 年 6 月	64	0.85	206.67	1.05	272.57
		2023 年 4 月	33.33	0.13	333.33	0.75	367.54
	八衣绒	2022 年 6 月	0	2.08	220	0.83	222.9
		2023 年 4 月	116.67	0.63	0	1	118.29
	日衣村	2022 年 6 月	16.33	0	313.33	0	329.67

调查水域	调查断面	调查时间	轮虫	桡足类	原生动物	枝角类	总计
		2023 年 4 月	266.67	3.05	333.33	5.58	608.63
	力丘河口下	2022 年 6 月	16.67	0.15	0	0.03	16.84
		2023 年 4 月	16.67	0.25	166.67	0	183.58
	木恩	2022 年 6 月	0	1.05	0	0.43	1.48
		2023 年 4 月	200	3.13	400	3.9	607.03
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	33.33	0	333.33	0	366.67
	霍曲河	2022 年 6 月	10	0.05	0	0	10.05
		2023 年 4 月	16.67	0	166.67	0	183.33
	茨马绒	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	0	0.03	166.67	0	166.69
	恶古沟	2022 年 6 月	49.33	0.08	0	0	49.41
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	力丘河	2022 年 6 月	0	0.03	0	0	0.03
		2023 年 4 月	0	0.03	200	0	200.03
	夹贺沟	2022 年 6 月	10.67	0	0	0	10.67
		2023 年 4 月	0	0.15	166.67	0	166.82

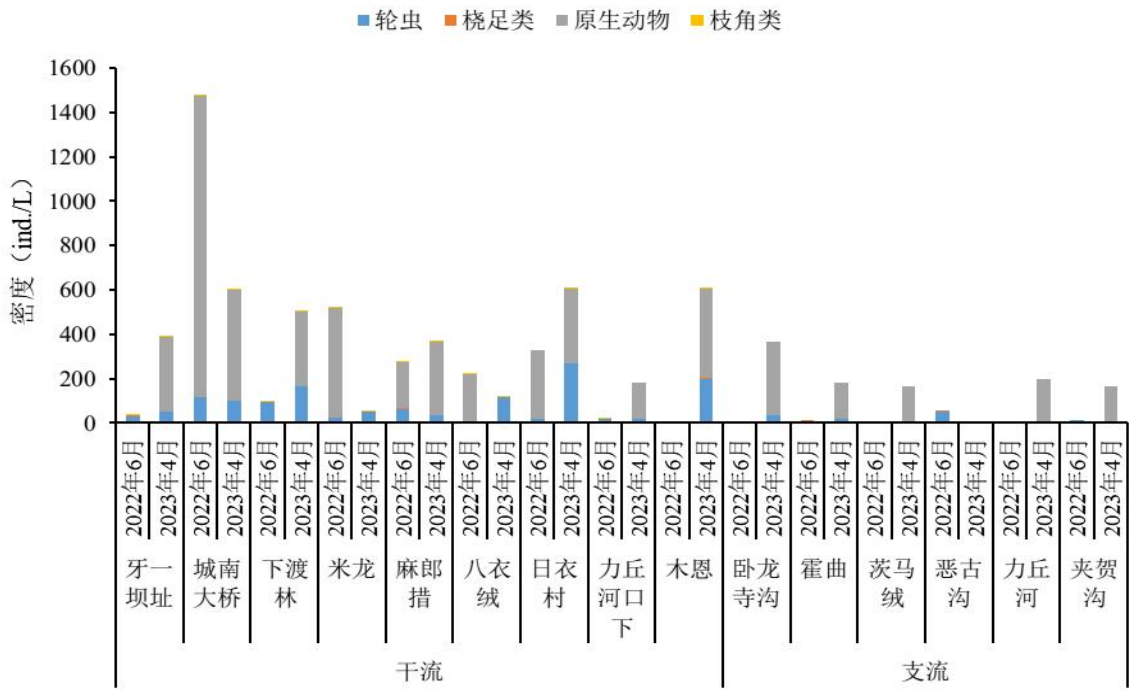


图 4.7-8　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动物密度组成

2)生物量

评价河段浮游动物平均生物量为 0.1216mg/L，以桡足类和枝角类为主，轮虫和原生动物占比不大，干流浮游动物平均生物量 0.1997mg/L，支流浮游动物检出较少，平均生物量 0.0044mg/L，干流浮游动物平均生物量远大于支流。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动生物量组成

表 4.7-16

调查水域	调查断面	调查时间	轮虫	桡足类	原生动物	枝角类	总计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0.0159	0.1584	0.0001	0.1524	0.3267
		2023 年 4 月	0.0087	0.2006	0.0047	0.3293	0.5432
	城南大桥	2022 年 6 月	0.0233	0.0445	0.0516	0.0445	0.1639
		2023 年 4 月	0.02	0.0446	0.0035	0.1554	0.2235
	下渡林	2022 年 6 月	0.0623	0.0183	0	0.0197	0.1003
		2023 年 4 月	0.0312	0.0125	0.0018	0.0279	0.0734
	米龙	2022 年 6 月	0.0203	0.014	0.0055	0.0303	0.0701
		2023 年 4 月	0.0087	0.0575	0	0.1521	0.2183
	麻郎措	2022 年 6 月	0.0273	0.0482	0.0017	0.0615	0.1387
		2023 年 4 月	0.0058	0.0207	0.0041	0.0488	0.0793
	八衣绒	2022 年 6 月	0	0.1017	0.0031	0.0401	0.1449
		2023 年 4 月	0.018	0.0595	0	0.0623	0.1398
	日衣村	2022 年 6 月	0.0127	0	0.0044	0	0.0172
		2023 年 4 月	0.0546	0.4229	0.0123	0.3514	0.8412
	力丘河河口下游 200 米	2022 年 6 月	0.0008	0.009	0	0.0016	0.0114
		2023 年 4 月	0.0029	0.0079	0.0023	0	0.0131
	木恩	2022 年 6 月	0	0.07	0	0.0218	0.0918
		2023 年 4 月	0.0353	0.1181	0.0004	0.2439	0.3977
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	0.0021	0	0.01	0	0.0121
	霍曲河	2022 年 6 月	0.0004	0.004	0	0	0.0044
		2023 年 4 月	0.0025	0	0.0023	0	0.0048
	茨马绒	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	0	0.0015	0.0002	0	0.0017
	恶古沟	2022 年 6 月	0.0114	0.0045	0	0	0.0159
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	力丘河	2022 年 6 月	0	0.0015	0	0	0.0015
		2023 年 4 月	0	0.0015	0.0002	0	0.0017
	夹贺沟	2022 年 6 月	0.0004	0	0	0	0.0004
		2023 年 4 月	0	0.0047	0.005	0	0.0097

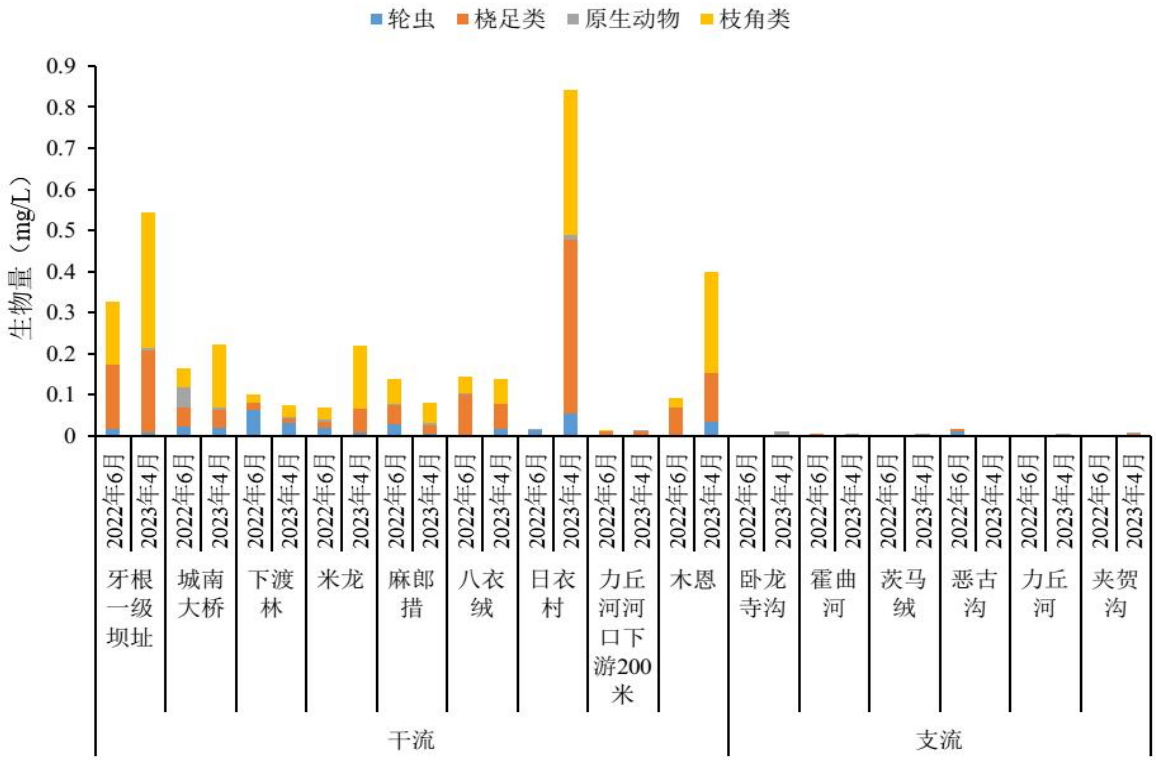


图 4.7-9　牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动物生物量组成

3)生物多样性指数

评价河段浮游动物生物多样性指数平均为 1.139，其中干流段平均为 1.190，支流段平均为 1.062。

牙根二级评价河段干支流各调查断面浮游动物生物多样性指数

表 4.7-17

调查水域	调查江段	2022 年 6 月	2023 年 4 月	平均值
雅砻江干流	牙根一级坝址	1.344	0.494	0.919
	城南大桥	1.604	1.469	1.537
	下渡林	1.299	1.319	1.309
	米龙	1.267	0.433	0.85
	麻郎措	0.798	1.014	0.906
	八衣绒	1.14	0.883	1.012
	日衣村	1.158	1.571	1.365
	力丘河河口下	2.317	0.857	1.587
	木恩	1.16	1.284	1.222
雅砻江支流	卧龙寺沟	1.748	0.305	1.026
	霍曲河	1.973	0.305	1.139
	茨马绒	1.83	0.001	0.916
	恶古沟	2.329	0	1.165
	力丘河	2.029	0.001	1.015
	夹贺沟	2.215	0.008	1.111

4.7.3.3 底栖动物

(1)种类组成

评价河段共检出底栖动物 36 种，其中节肢动物 33 种，占种类总数的 91.67%，软体动物、扁形动物和环节动物各 1 种，各占 2.78%。

牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物种类组成

表 4.7-18

调查水域	调查断面	调查时间	扁形动物门	环节动物门	节肢动物门	软体动物门	总计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	1			1	2
		2023 年 4 月					
	城南大桥	2022 年 6 月	1		2		3
		2023 年 4 月					
	下渡林	2022 年 6 月	1		1		2
		2023 年 4 月					
	米龙	2022 年 6 月	1		3		4
		2023 年 4 月					
	麻郎措	2022 年 6 月			2		2
		2023 年 4 月					
	八衣绒	2022 年 6 月	1		3		4
		2023 年 4 月		1	3		4
	日衣村	2022 年 6 月			1		1
		2023 年 4 月	1		5		6
	力丘河河口下	2022 年 6 月					
		2023 年 4 月			4		4
	木恩	2022 年 6 月	1		4		5
		2023 年 4 月			10		10
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月			5		5
		2023 年 4 月			1		1
	霍曲河	2022 年 6 月			7		7
		2023 年 4 月			5		5
	茨马绒	2022 年 6 月			6		6
		2023 年 4 月			4		4
	恶古沟	2022 年 6 月			3		3
		2023 年 4 月			5		5
	力丘河	2022 年 6 月	1		2		3
		2023 年 4 月		1	4		5
	夹贺沟	2022 年 6 月			4		4
		2023 年 4 月			7		7

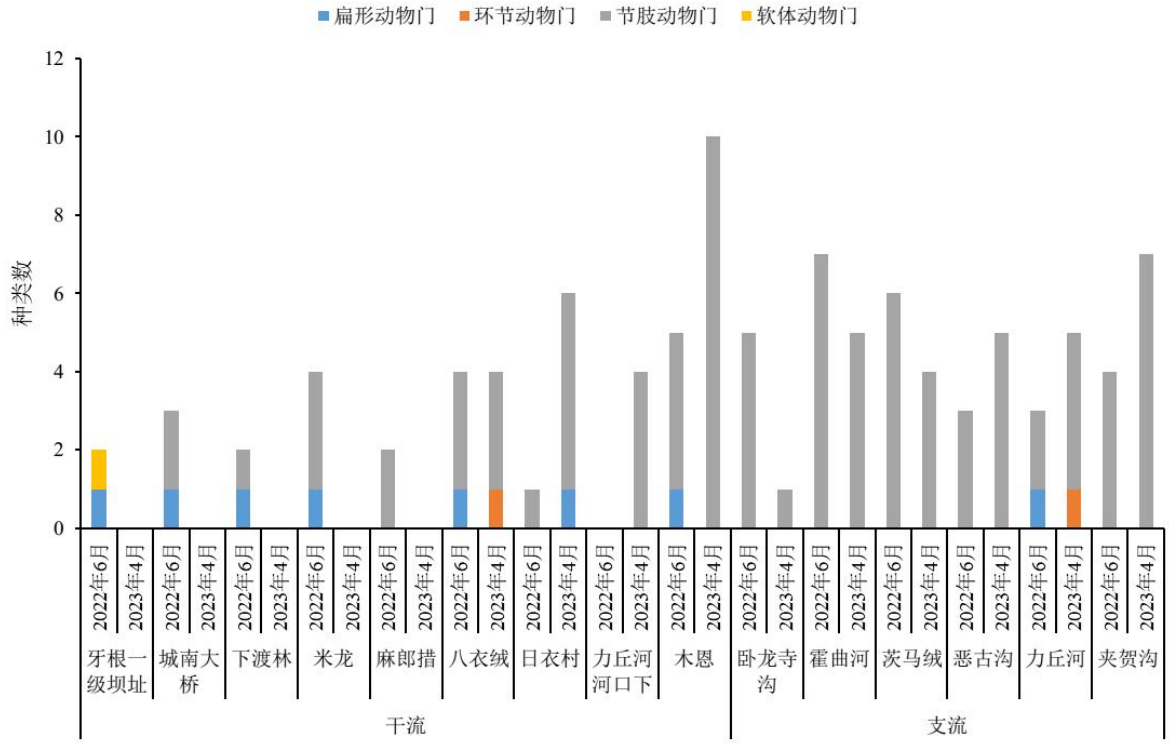


图 4.7-10　牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物种类组成

(2)现存量

1)密度

评价河段底栖动物密度组成中节肢动物占比较大。其中，干流底栖动物平均密度为 6.00 个/m²，其中节肢动物平均密度为 4.83 个/m²，支流底栖动物平均密度为 12.42 个/m²，其中节肢动物门 11.25 个/m²，组成均以节肢动物为主。

牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物密度组成

表 4.7-19　　单位：个/m²

调查水域	调查断面	调查时间	环节动物门	软体动物门	节肢动物门	扁形动物门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0	1	0	6	7
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	城南大桥	2022 年 6 月	0	0	4	1	5
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	下渡林	2022 年 6 月	0	0	1	6	7
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	米龙	2022 年 6 月	0	0	11	1	12
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	麻郎措	2022 年 6 月	0	0	2	0	2
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	八衣绒	2022 年 6 月	0	0	7	1	8
		2023 年 4 月	2	0	4	0	6
	日衣村	2022 年 6 月	0	0	2	0	2

调查水域	调查断面	调查时间	环节动物门	软体动物门	节肢动物门	扁形动物门	合计
		2023 年 4 月	0	0	10	2	12
	力丘河河口下	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	0	0	11	0	11
	木恩	2022 年 6 月	0	0	10	1	11
		2023 年 4 月	0	0	25	0	25
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	0	12	0	12
		2023 年 4 月	0	0	2	0	2
	霍曲河	2022 年 6 月	0	0	30	0	30
		2023 年 4 月	0	0	19	0	19
	茨马绒	2022 年 6 月	0	0	12	0	12
		2023 年 4 月	0	0	12	0	12
	恶古沟	2022 年 6 月	0	0	4	0	4
		2023 年 4 月	0	0	11	0	11
	力丘河	2022 年 6 月	0	0	2	11	13
		2023 年 4 月	3	0	7	0	10
	夹贺沟	2022 年 6 月	0	0	13	0	13
		2023 年 4 月	0	0	11	0	11

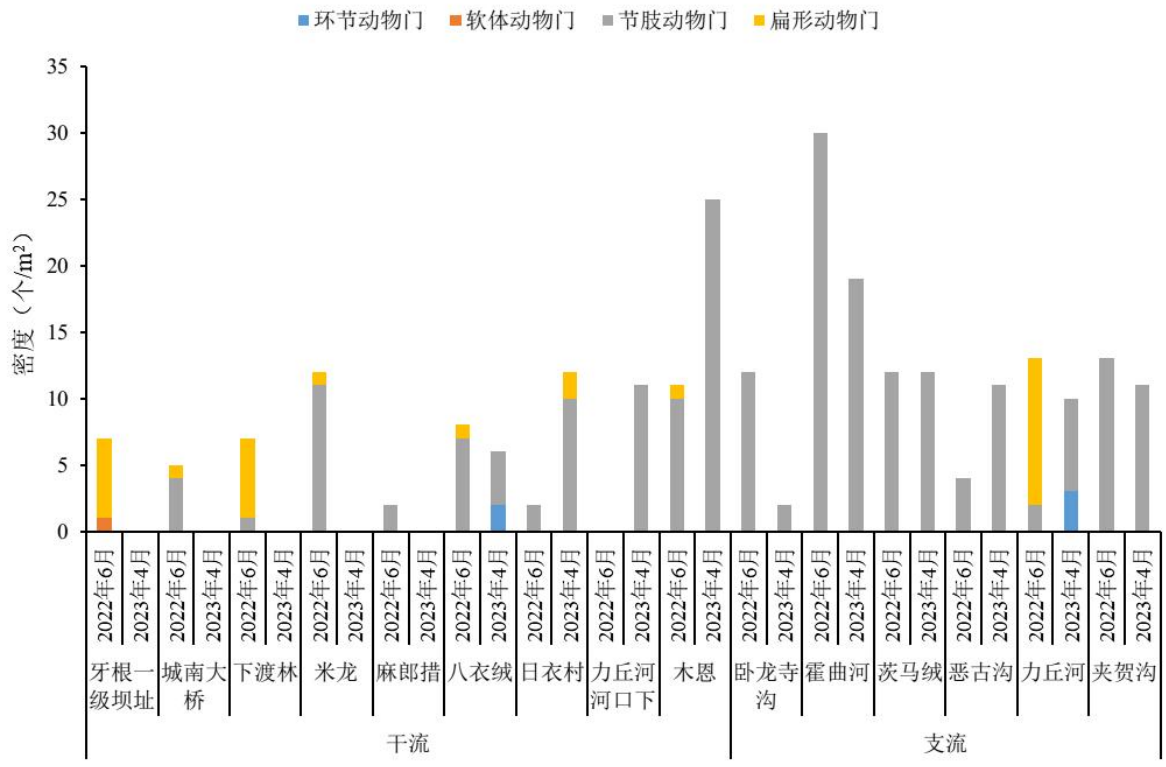


图 4.7-11　牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物密度组成

2)生物量

评价河段底栖动物平均生物量为 0.1329 g/m^2，变化趋势与密度变化趋势一致，均以节肢动物为主。其中干流底栖动物平均生物量为 0.1570g/m^2，支流底栖动物平均生物量

为 0.0966g/m^2。

牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物生物量组成

表 4.7-20　　单位：g/m^2

调查水域	调查断面	调查时间	环节动物门	软体动物门	节肢动物门	扁形动物门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0	0.0145	0	0.0216	0.0361
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	城南大桥	2022 年 6 月	0	0	0.0787	0.0029	0.0816
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	下渡林	2022 年 6 月	0	0	0.0477	0.0173	0.065
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	米龙	2022 年 6 月	0	0	0.1235	0.0025	0.126
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	麻郎措	2022 年 6 月	0	0	0.1187	0	0.1187
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0
	八衣绒	2022 年 6 月	0	0	0.093	0.0001	0.0931
		2023 年 4 月	0.0002	0	0.3877	0	0.3879
	日衣村	2022 年 6 月	0	0	0.0322	0	0.0322
		2023 年 4 月	0	0	0.3699	0.011	0.3809
	力丘河河口下	2022 年 6 月	0	0	0	0	0
		2023 年 4 月	0	0	0.4763	0	0.4763
	木恩	2022 年 6 月	0	0	0.0341	0.0009	0.035
		2023 年 4 月	0	0	0.994	0	0.994
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0	0	0.1213	0	0.1213
		2023 年 4 月	0	0	0.0452	0	0.0452
	霍曲河	2022 年 6 月	0	0	0.2516	0	0.2516
		2023 年 4 月	0	0	0.3306	0	0.3306
	茨马绒	2022 年 6 月	0	0	0.0633	0	0.0633
		2023 年 4 月	0	0	0.0402	0	0.0402
	恶古沟	2022 年 6 月	0	0	0.0046	0	0.0046
		2023 年 4 月	0	0	0.011	0	0.011
	力丘河	2022 年 6 月	0	0	0.0345	0.032	0.0665
		2023 年 4 月	0.0003	0	0.0619	0	0.0622
	夹贺沟	2022 年 6 月	0	0	0.0852	0	0.0852
		2023 年 4 月	0	0	0.0779	0	0.0779

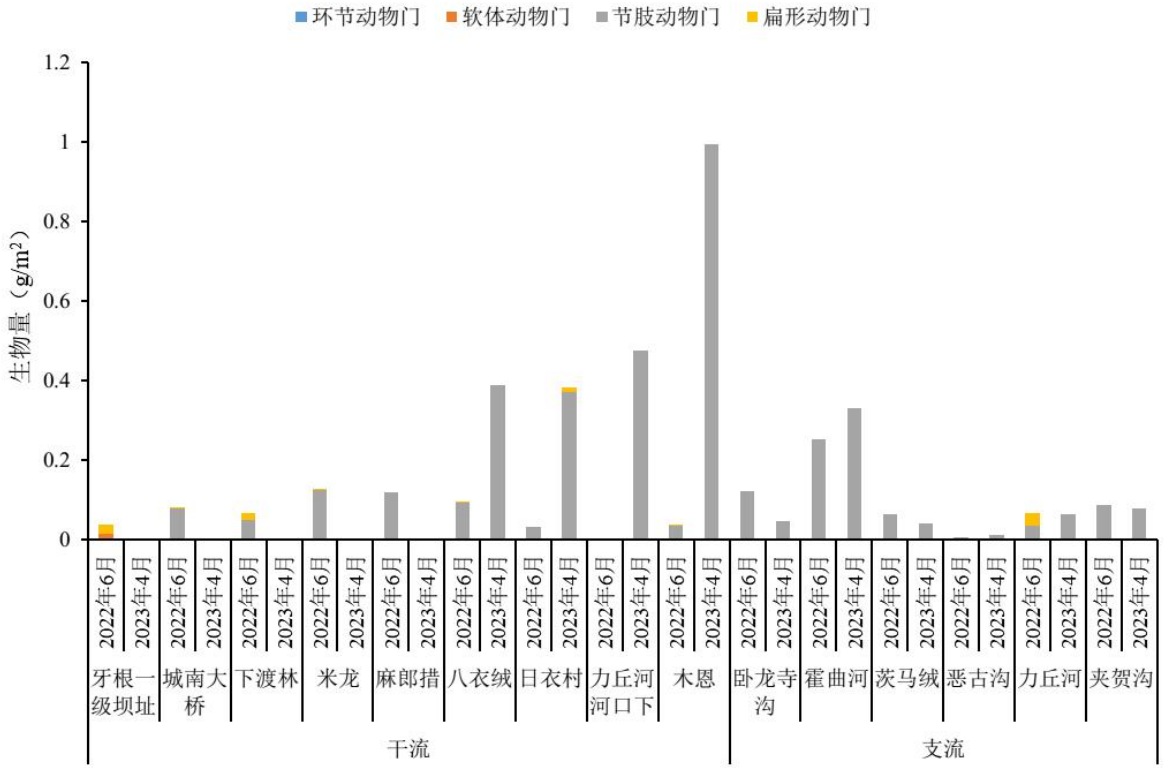


图 4.7-12　牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物生物量组成

3)生物多样性指数

评价河段底栖动物生物多样性指数平均为 1.028，其中干流段平均为 0.927，支流段平均为 1.179。

牙根二级评价河段干支流各调查断面底栖动物生物多样性指数

表 4.7-21

调查水域	调查江段	2022 年 6 月	2023 年 4 月	平均值
雅砻江干流	牙根一级坝址	0.4101		0.4101
	城南大桥	0.9503		0.9503
	下渡林	0.4101		0.4101
	米龙	0.837		0.837
	麻郎措	0.6931		0.6931
	八衣绒	1.213	1.3297	1.2713
	日衣村	0	1.6762	0.8381
	力丘河河口下		1.1685	1.1685
	木恩	1.3667	2.1688	1.7677
雅砻江支流	卧龙寺沟	1.3144	0	0.6572
	霍曲河	1.6491	1.2672	1.4582
	茨马绒	1.4735	0.9831	1.2283
	恶古沟	1.0397	1.4681	1.2539
	力丘河	0.536	1.4185	0.9772
	夹贺沟	1.2048	1.7987	1.5017

4.7.3.4 着生藻类

(1)种类组成

评价河段共检出着生藻类 76 种，其中硅藻门 70 种，占种类总数的 92.11%，蓝藻门和绿藻门各 2 种，各占 2.63%，金藻门和裸藻门各 1 种，各占 1.32%。

牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类种类组成

表 4.7-22

调查水域	调查断面	调查时间	硅藻门	金藻门	蓝藻门	裸藻门	绿藻门	总计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	7					7
		2023 年 4 月	19					19
	城南大桥	2022 年 6 月	9		1			10
		2023 年 4 月						
	下渡林	2022 年 6 月	19					19
		2023 年 4 月	5	1				6
	米龙	2022 年 6 月	15					15
		2023 年 4 月	11		1			12
	麻郎措	2022 年 6 月	17				1	18
		2023 年 4 月	2					2
	八衣绒	2022 年 6 月	6					6
		2023 年 4 月	18				1	19
	日衣村	2022 年 6 月	2					2
		2023 年 4 月	8	1				9
	力丘河河口下	2022 年 6 月	19					19
		2023 年 4 月	22		1			23
	木恩	2022 年 6 月	17					17
		2023 年 4 月	21			1		22
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	13					13
		2023 年 4 月	7					7
	霍曲河	2022 年 6 月	11					11
		2023 年 4 月	7					7
	茨马绒	2022 年 6 月	7				1	8
		2023 年 4 月	16					16
	恶古沟	2022 年 6 月	4					4
		2023 年 4 月	25				1	26
	力丘河	2022 年 6 月	20		1			21
		2023 年 4 月	16					16
	夹贺沟	2022 年 6 月	10					10
		2023 年 4 月	16					16

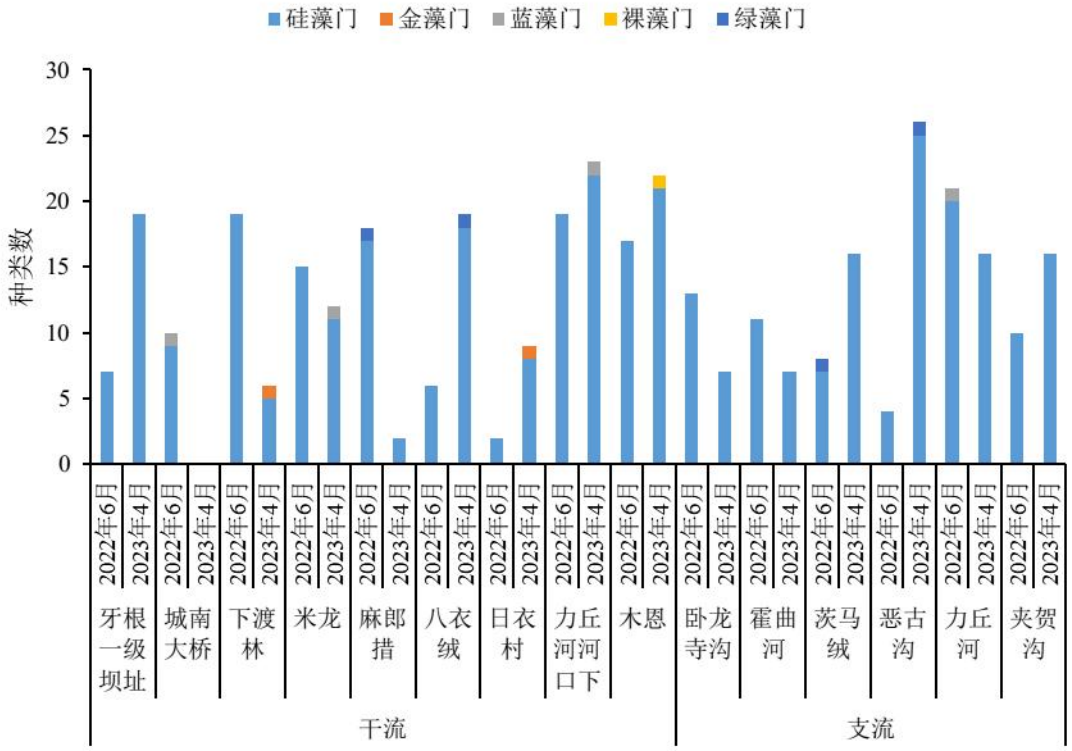


图 4.7-13　牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类种类组成

(2)现存量

1)密度

各断面着生藻类平均密度为 7770.56 ind./cm^2，其中干流着生藻类平均密度 7390.74ind./cm^2，支流着生藻类平均密度 8340.28ind./cm^2，均以硅藻门占绝对优势。

牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类密度组成

表 4.7-23　　单位 ind./cm^2

调查水域	调查断面	调查时间	硅藻门	金藻门	蓝藻门	裸藻门	绿藻门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	533.33	0	0	0	0	533.33
		2023 年 4 月	11033.33	0	0	0	0	11033.33
	城南大桥	2022 年 6 月	2566.67	0	866.67	0	0	3433.33
		2023 年 4 月	0		0		0	0
	下渡林	2022 年 6 月	18600	0	0	0	0	18600
		2023 年 4 月	316.67	150	0	0	0	466.67
	米龙	2022 年 6 月	6616.67	0	0	0	0	6616.67
		2023 年 4 月	4116.67	0	316.67	0	0	4433.33
	麻郎措	2022 年 6 月	23833.33	0	0	0	66.67	23900
		2023 年 4 月	133.33	0	0	0	0	133.33
	八衣绒	2022 年 6 月	1466.67	0	0	0	0	1466.67
		2023 年 4 月	20700	0	0	0	750	21450
	日衣村	2022 年 6 月	166.67	0	0	0	0	166.67
		2023 年 4 月	1200	116.67	0	0	0	1316.67

调查水域	调查断面	调查时间	硅藻门	金藻门	蓝藻门	裸藻门	绿藻门	合计
	力丘河河口下	2022 年 6 月	8716.67	0	0	0	0	8716.67
		2023 年 4 月	7783.33	0	400	0	0	8183.33
	木恩	2022 年 6 月	3166.67	0	0	0	0	3166.67
		2023 年 4 月	19383.33	0	0	33.33	0	19416.67
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	5400	0	0	0	0	5400
		2023 年 4 月	1200	0	0	0	0	1200
	霍曲河	2022 年 6 月	3233.33	0	0	0	0	3233.33
		2023 年 4 月	700	0	0	0	0	700
	茨马绒	2022 年 6 月	2050	0	0	0	1316.67	3366.67
		2023 年 4 月	31366.67	0	0	0	0	31366.67
	恶古沟	2022 年 6 月	566.67	0	0	0	0	566.67
		2023 年 4 月	7600	0	0	0	233.33	7833.33
	力丘河	2022 年 6 月	6466.67	0	200	0	0	6666.67
		2023 年 4 月	3250	0	0	0	0	3250
	夹贺沟	2022 年 6 月	29516.67	0	0	0	0	29516.67
		2023 年 4 月	6983.33	0	0	0	0	6983.33

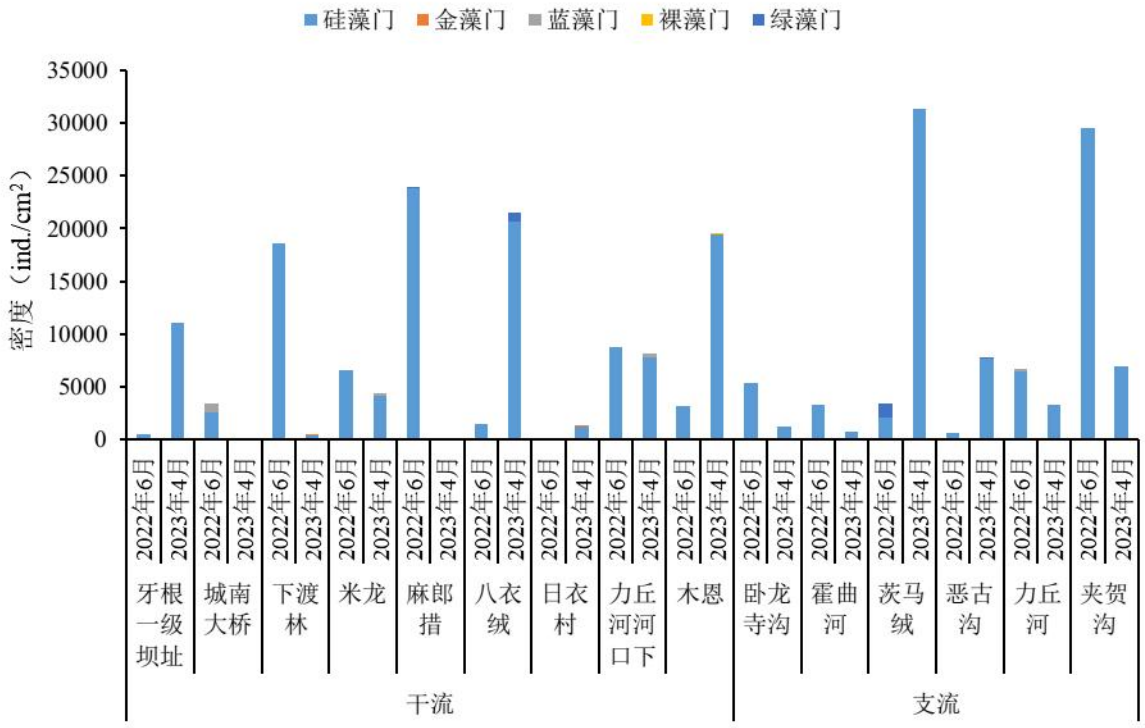


图 4.7-14　牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类密度组成

2)生物量

各调查断面着生藻类平均生物量为 0.00962 mg/cm²，其中硅藻门平均生物量为 0.00955 mg/cm²，占生物量组成的 99.27%，金藻门 0.00003 mg/cm²，占 0.30%，蓝藻门 0.000002 mg/cm²，占 0.02%，裸藻门 0.00001 mg/cm²，占 0.11%，绿藻门 0.00003 mg/cm²，占 0.30%。

牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类生物量组成

表 4.7-24　　单位 mg/cm^2

调查水域	调查断面	调查时间	硅藻门	金藻门	蓝藻门	裸藻门	绿藻门	合计
干流	牙根一级坝址	2022 年 6 月	0.00036	0	0	0	0	0.00036
		2023 年 4 月	0.00628	0	0	0	0	0.00628
	城南大桥	2022 年 6 月	0.00149	0	0.00001	0	0	0.00149
		2023 年 4 月	0	0	0	0	0	0
	下渡林	2022 年 6 月	0.01314	0	0	0	0	0.01314
		2023 年 4 月	0.00033	0.00049	0	0	0	0.00083
	米龙	2022 年 6 月	0.00405	0	0	0	0	0.00405
		2023 年 4 月	0.00537	0	0.00002	0	0	0.00539
	麻郎措	2022 年 6 月	0.01301	0	0	0	0.00002	0.01303
		2023 年 4 月	0.00007	0	0	0	0	0.00007
	八衣绒	2022 年 6 月	0.0008	0	0	0	0	0.0008
		2023 年 4 月	0.01379	0	0	0	0.00028	0.01406
	日衣村	2022 年 6 月	0.00013	0	0	0	0	0.00013
		2023 年 4 月	0.00076	0.00038	0	0	0	0.00114
	力丘河河口下	2022 年 6 月	0.00501	0	0	0	0	0.00501
		2023 年 4 月	0.00545	0	0.00002	0	0	0.00547
	木恩	2022 年 6 月	0.00252	0	0	0	0	0.00252
		2023 年 4 月	0.00832	0	0	0.00032	0	0.00864
支流	卧龙寺沟	2022 年 6 月	0.00444	0	0	0	0	0.00444
		2023 年 4 月	0.00086	0	0	0	0	0.00086
	霍曲河	2022 年 6 月	0.00158	0	0	0	0	0.00158
		2023 年 4 月	0.00051	0	0	0	0	0.00051
	茨马绒	2022 年 6 月	0.00196	0	0	0	0.00048	0.00245
		2023 年 4 月	0.03359	0	0	0	0	0.03359
	恶古沟	2022 年 6 月	0.00035	0	0	0	0	0.00035
		2023 年 4 月	0.01756	0	0	0	0.00009	0.01764
	力丘河	2022 年 6 月	0.00743	0	0.00001	0	0	0.00744
		2023 年 4 月	0.00195	0	0	0	0	0.00195
	夹贺沟	2022 年 6 月	0.12849	0	0	0	0	0.12849
		2023 年 4 月	0.00682	0	0	0	0	0.00682

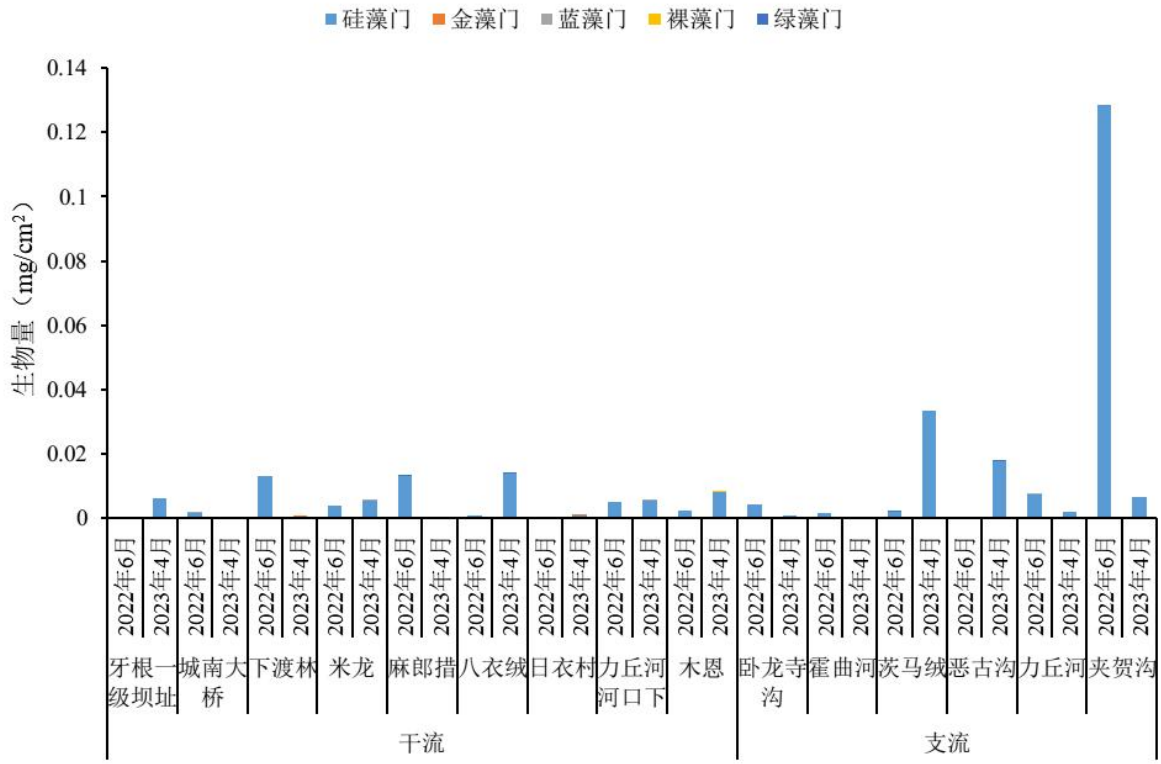


图 4.7-15　牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类生物量组成

3)生物多样性指数

评价河段着生藻类生物多样性指数平均为 1.662，其中干流段平均为 1.677，支流段平均为 1.640。

牙根二级评价河段干支流各调查断面着生藻类生物多样性指数

表 4.7-25

调查水域	调查江段	2022 年 6 月	2023 年 4 月	平均值
雅砻江干流	牙根一级坝址	1.856	1.445	1.651
	城南大桥	1.808		1.808
	下渡林	1.848	1.475	1.662
	米龙	1.781	2.065	1.923
	麻郎措	1.796	0.56	1.178
	八衣绒	1.055	1.981	1.518
	日衣村	0.612	1.92	1.266
	力丘河河口下	2.041	2.32	2.18
	木恩	2.388	1.428	1.908
雅砻江支流	卧龙寺沟	2.087	1.349	1.718
	霍曲河	1.444	1.494	1.469
	茨马绒	1.611	1.132	1.372
	恶古沟	0.712	2.485	1.598
	力丘河	1.95	2.111	2.031
	夹贺沟	1.188	2.117	1.652

4.7.4 鱼类调查与评价

4.7.4.1 种类组成

根据《四川鱼类志》记载和近年来牙根二级水电站段上、下游河段历次水生生物专题调查成果，结合本次环评阶段调查结果，牙根二级水电站所在河段共有鱼类 23 种，分属 2 目 4 科 13 属。其中雅砻江干流 19 种（其中土著鱼类 15 种），支流卧龙寺沟 12 种（均为土著鱼类），支流霍曲河 11 种（均为土著鱼类），支流力丘河 20 种（其中土著鱼类 14 种）。

牙根二级评价河段鱼类种类组成

表 4.7-26

目	科	属	种	国家重点保护鱼类	省级保护鱼类	长江上游特有鱼类
鲤形目	鳅科	2	9			3
	鲤科	8	10	1		5
鲇形目	鮡科	1	2	1	1	2
	鲇科	1	1			
总计		13	23			10

牙根二级水电站评价河段鱼类名录及分布情况

表 4.7-27

目	科	属	种类	拉丁名	分布							国家级保护鱼类	省级保护鱼类	长江上游特有鱼类	红皮书	外来鱼类
					牙根二级库尾	牙根二级库中	牙根二级坝前	牙根二级坝下	卧龙寺沟	霍曲河	力丘河					
鲤形目	1.鲤科	裂腹鱼属	长丝裂腹鱼	*Schizothorax dolichonema*	▲△	▲	▲	▲△	△	▲△	▲△			特	VU	
			齐口裂腹鱼	*Schizothorax prenanti*	▲	▲	▲	▲		▲	▲△			特	VU	
			短须裂腹鱼	*Schizothorax wangchiachii*	▲△	▲	▲	△	▲△	▲△	▲△			特		
			四川裂腹鱼	*Schizothorax kozlovi*	▲△	▲	▲	△	▲	▲	▲△			特	VU	
		裸裂尻鱼属	软刺裸裂尻鱼	*Schizopygopsis malacanthus*	▲△	▲	▲	△	▲△	▲△	▲△			特	VU	
		叶须鱼属	裸腹叶须鱼	*Ptychobarbus kaznakovi*	△										VU	
		裸重唇鱼属	厚唇裸重唇鱼	*Gymnodiptychus pachycheilus*	▲△			△			▲	II			VU	
		鲤属	鲤	*Cyprinus carpio*			▲	▲			▲					外
		鲫属	鲫	*Carassius auratus*		▲	▲				△					外
		麦穗鱼属	麦穗鱼	*Pseudorasbora parva*	▲	▲		▲			▲△					外
		裸鲤属	花斑裸鲤	*Gymnocypris eckloni*							△				VU	外
	2.鳅科	山鳅属	戴氏山鳅	*Oreias dabryi*	▲△				▲△	▲△	▲△			特		
		高原鳅属	梭形高原鳅	*Triplophysa leptosoma*	△				△	△						
			短尾高原鳅	*Triplophysa brevicauda*	▲△	▲		▲△	▲△	△	▲					
			东方高	*Triplophysa orientalis*			△				△					

目	科	属	种类	拉丁名	分布							国家级保护鱼类	省级保护鱼类	长江上游特有鱼类	红皮书	外来鱼类
					牙根二级库尾	牙根二级库中	牙根二级坝前	牙根二级坝下	卧龙寺沟	霍曲河	力丘河					
			原鳅													
			拟细尾高原鳅	*Triplophysa pseudostenrua*	▲△				▲△					特		
			斯氏高原鳅	*Triplophysa stoliczkae*	▲△				▲△	△	▲△					
			雅江高原鳅	*Triplophysa yajiangensis*					▲		▲					
			西溪高原鳅	*Triplophysa xiqiensis sp.nov.*							△			特		
		副泥鳅属	大鳞副泥鳅	*Paramisgurnus dabryanus*							△					外
鲇形目	1.鮡科	石爬鮡属	黄石爬鮡	*Euchiloglanis kishinouyei*	▲△			▲△	△	▲	△		省	特	EN	
			青石爬鮡	*Euchiloglanis davidi*		▲		△	△	▲△	△	II		特	EN	
	2.鲇科	鲇属	鲇	*Silurus asotus Linnaeus*		▲					▲					外

“▲”表示 2022-2023 实地采集到的种类，“△”表示文献资料中记录采集到的种类，“II”表示国家二级保护动物，“省”表示四川省保护动物，“(EN)”、“(VU) ”表示《中国生物多样性红色名录》濒危、易危；“特”表示长江上游特有特有种；“外”表示非评价河段土著鱼类。

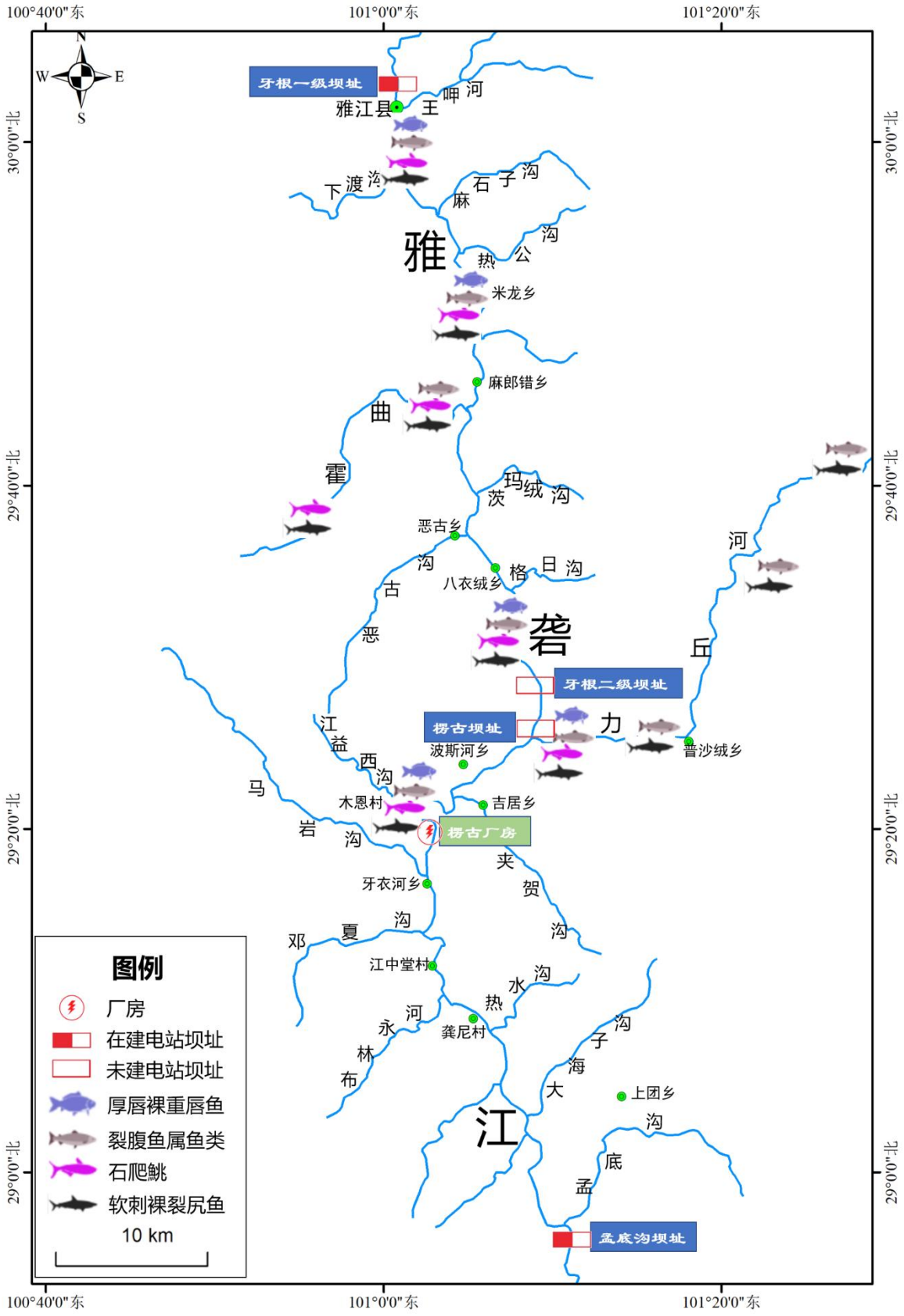


图 4.7-16　牙根二级工程河段鱼类分布示意图

4.7.4.2 鱼类区系特征

牙根二级水电站所在河段属雅砻江中游，地处川西北丘状高原山区，青藏高原东部边缘，因此，本调查水域的鱼类区系组成以适宜高寒地带的中亚山地区系复合体的裂腹鱼亚科和条鳅亚科种类为主，占可能分布种类的 69.57%；其次是适宜山区急流生境的南方山地区系复合体的鮡科种类，占可能分布种类的 8.70%；晚第三纪早期区系复合体种类 1 种。此外，本次在该水域还调查到鲤、鲫、麦穗鱼、鲇。

整体来讲，评价河段鱼类主要区系类群种类优势突出，区系组成单一。

4.7.4.3 珍稀特有鱼类

在 23 种调查及记录到的种类中，共有保护鱼类 3 种，其中国家二级保护鱼类 2 种，即厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡；四川省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡。被《中国生物多样性红色名录》列为濒危（EN）的物种 2 种，即青石爬鮡和黄石爬鮡，列为易危（VU）的物种 7 种，包括长丝裂腹鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、裸腹叶须鱼、厚唇裸重唇鱼和花斑裸鲤。长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。

4.7.4.4 鱼类生态特点

(1)流水中、下层生态类群

此类群在调查河段主要为裂腹鱼类共 8 种，占种数的 34.78%。

(2)流水底层生态类群

此类群在调查河段主要为鳅科大部分种类，共 8 种，占种数的 34.78%。

(3)流水吸附生态类群

此类群在调查河段主要有鮡科的部分种类共 2 种，占种数的 8.70%。

(4)静水洞穴生态类群

主要为大鳞副泥鳅，此类群鱼类主要生活于洞穴之中，尤其是喜生活于稻田、沟渠、侧流、坑凼静水、缓流水堤岸洞穴之中。

(2)繁殖习性

根据相关资料，调查河段鱼类均为产粘沉性卵类型。

短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、软刺裸裂尻鱼等鱼类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，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。裂腹鱼亚科鱼类繁殖季节略有差别，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼繁殖季节一般在每年 3～5 月，据当地渔民反映甚至 2 月就已开始；四川裂腹鱼则在 3～6 月。相关文献报道显示，长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼等裂腹鱼亚科鱼类人工繁殖适宜水温约为 10～16℃，性成熟年龄多在 3～4 龄，怀卵量约为 2～4 万粒。软刺裸裂尻鱼分布于金沙江水系和雅砻江水系，繁殖季节较晚，一般从 4 月维持到 9 月，有文献研究结果显示软刺裸裂尻鱼在 2～5 月也有仔稚鱼孵出。

青石爬鮡产卵于急流石缝中，产卵期 5～7 月，黄石爬鮡等生活于急流中的种类，繁殖一般也在此类水域环境中，所产粘沉性卵受精后粘附于水底砾石上发育，产卵期通常在 6 月，繁殖水温在 15～18℃最为适宜。

戴氏山鳅栖息在水流较急、水质清澈、石砾底的山区河流中，繁殖期 4~7 月，产沉性卵，受精卵弱粘性。

东方高原鳅栖息在泥底且多水草的高原湖泊、水塘和水流较缓的溪流岸边，繁殖期 5~8 月，产沉性卵，受精卵微粘性。

短尾高原鳅栖息于多石砾泥沙底水流较缓的溪、河中，繁殖期 6~8 月，产沉性卵，受精卵粘性弱。

梭形高原鳅栖息在砾底、流水的河流中，繁殖期 5~8 月，产沉性卵，受精卵粘性弱。

斯氏高原鳅栖息于高原多石砾、泥沙底的江河、小溪和湖泊中，繁殖期 5~8 月，产沉性卵，受精卵具粘性。

拟细尾高原鳅栖息于流水中，底部以砾石为主，无水草，繁殖期 5~7 月，产沉性卵，受精卵具粘性。

雅江高原鳅栖息于雅砻江中、上游和鲜水河沿岸的缓流水体中，底部以砾石为主，无水草，繁殖期 5~7 月，产沉性卵，受精卵具粘性。

花斑裸鲤繁殖季节为 4~5 月，有时可延至 6~7 月。

总体上看，调查河段分布的指示物种为裂腹鱼亚科和鮡科鱼类，国内学者对其适宜生境的水深、流速等需求开展了相关研究，在西南山区河流中，裂腹鱼适宜生境对最低平均流速的需求应不低于 0.2m/s，对最低平均水深的需求应不低于 0.4m。乌江六冲河四川裂腹鱼产卵河段平均水深约 1m，岷江上游齐口裂腹鱼产卵河段平均水深 1.18～1.76m、平均流速 1.27～2.02m/s。

青石爬鮡、黄石爬鮡等鱼类的产卵场和索饵场，底质多为卵石、乱石或礁石，凹凸不平，水较深，滩沱交错。其中，1～1.74m/s 是青石爬鮡最适宜流速，0.45～1m 是最适宜水深，水温在 15～18℃最适宜产卵，青石爬鮡育幼期流速 0.8～1.1m/s，水深 0.45～3m，水温 17～20℃最适宜；成年期流速 0.45～0.8m/s，水深 1～3m，水温 7.5～20℃最适宜。

(3)食性

评价河段鱼类以食性可划分为以下几个类群。

1)以动物为主要食物的鱼类。包括凶猛肉食性鱼类(即通常以较大的活脊椎动物为食)、温和性肉食类鱼类(主要以虾，水生昆虫及其他无脊椎动物为食)，以浮游动物为食的种类。本项目调查水域分布的该类群鱼类主要是以底栖无脊椎动物为食，包括鳅科的戴氏山鳅、短尾高原鳅、梭形高原鳅、斯氏高原鳅、拟细尾高原鳅，鮡科的青石爬鮡、黄石爬鮡等。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，有的种类也摄食着生藻类和植物碎屑。摄取的食物，除少部分生长在深潭和缓流河段泥沙底质中的摇蚊科幼虫和寡毛类外，多数是急流的砾石河滩石缝间生长的毛翅目、鞘翅目、蜉游目、蜉蝣目昆虫的幼虫或稚虫。

2)以水生植物为主要食物的鱼类。该类群包括以固着藻类为主要食物、以水生维管束植物为主要食物，以及以浮游植物为主要食物的鱼类。由于评价河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，分布的该类群鱼类主要是以固着藻类及有机碎屑为食。这一类群包括裂腹鱼亚科的短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、软刺裸裂尻鱼等。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，用以感触刮取吸摄食物。

3)杂食性鱼类。这类鱼所摄取的食物种类比较广泛，有的种类以动物性食物为主，兼食其他植物性食料，有的则恰恰相反。这类食性鱼的食物成分中，往往有水草枝叶、碎屑、浮游生物、水生昆虫、固着藻类、偶尔还有虾类和小鱼等。该类群主要为大鳞副泥鳅等。

4.7.4.5 鱼类重要生境

(1)产卵场

牙根二级评价河段整体属峡谷河流，该区段鱼类均为产粘沉性卵类群。主要类群为裂腹鱼类、高原鳅类和鮡科种类，其中裂腹鱼类卵多沉性，需要砾石、沙砾底质，水深

多在 0.5~1.5m 的浅水区产卵，一般而言，裂腹鱼类繁殖时虽有一定的集群的行为，但亲鱼并不过于集群，不会形成特别集中、规模庞大而稳定的产卵场。戴氏山鳅、高原鳅等小型条鳅科鱼类，主要在沿岸带砾石滩及支流适宜的小环境中产粘性卵，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，因此没有固定的、集中的产卵场。石爬鮀等鮀科鱼类卵有弱粘性，多在滩潭交替、水流缓急相间的河段产卵，产卵底质多为礁石、砾石堆，多分布于干支流的峡谷、窄谷及水流较为湍急单一河道，产卵场位置相对稳定。

根据前期调查结果，结合本次现场生境调查及鱼类早期资源调查工作情况，评价河段相对集中的产卵场主要有 8 处，其中干流主要有 5 处：保留河段卧龙寺沟汇口段、下渡林场段、霍曲河汇口段，力丘河汇口段，大拐弯马蹄村河段。支流河口段 3 处：霍曲河汇口段、霍曲河汇口上游约 2km 处段、支流力丘河口段 1 处。其中，支流力丘河汇口现场调查到裂腹鱼稚鱼，其余产卵场以生境识别确定。

牙根二级评价河段主要产卵场

表 4.7-28

河流	产卵场	经纬度	面积	长度	类型
干流	卧龙寺沟汇口产卵场	101.01838005°E, 30.03107302°N—101.01348423°E, 30.02792847°N	约 35498 m^2	约 0.6 km	裂腹鱼类产卵场
	下渡林产卵场	101.01759173°E, 29.96860167°N-101.02236302°E, 29.96124026°N	约 4500 m^2	约 1 km	鮀科鱼类产卵场
	霍曲河汇口产卵场	101.08518628°E, 29.74075987°N-101.08653958°E, 29.73235666°N	约 36244.1 m^2	约 1 km	裂腹鱼类产卵场
	力丘河汇口下游产卵场	101.14772582°E, 29.41867522°N-101.13550887°E, 29.41053982°N	约 32103 m^2	约 1.5 km	裂腹鱼类产卵场
	马蹄村产卵场	101.00740363°E, 29.35698754°N-101.01653780°E, 29.34544959°N	约 54846 m^2	约 1.5 km	裂腹鱼类和鮀科鱼类产卵场
支流	支流霍曲河河口产卵场	101.08472413°E, 29.73520663°N-101.07715955°E, 29.74267234°N	29133.1 m^2	约 1.2 km	鮀科鱼类产卵场
	霍曲河汇口上游约 2km 处	101.07159130°E, 29.73671252°N-101.05926689°E, 29.72191560°N	86785.7m^2	约 2km	裂腹鱼类产卵场
	支流力丘河汇口产卵场	101.15698226°E, 29.41613486°N-101.16257397°E, 29.41399283°N（靠上游处）101.14817583°E, 29.41882409°N-101.15423978°E, 29.41699991°N（靠下游处）	约 22150 m^2（靠上游处）和约 20795 m^2（靠下游处）	约 0.6 km（靠上游处）和约 0.6 km（靠下游处）	裂腹鱼类和鮀科鱼类产卵场

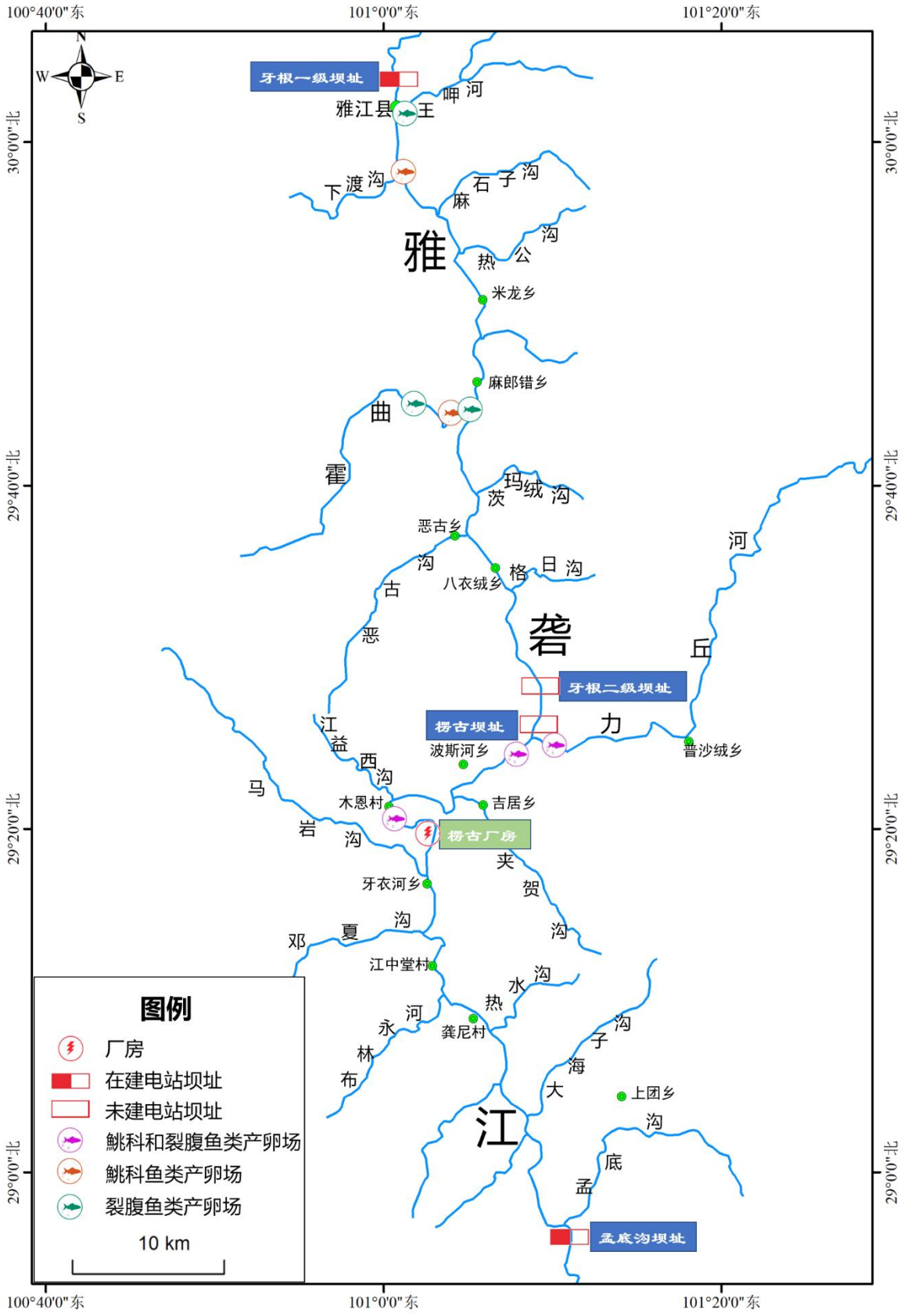


图 4.7-17　调查河段主要产卵场分布示意图

1)卧龙寺沟汇口产卵场：

位于保留河段，经纬度为 101.01838005°E，30.03107302°N-101.01348423°E，30.02792847°N，产卵河段河段长度约 0.6 km，为裂腹鱼鱼类产卵场。



图 4.7-18　卧龙寺沟（又名王呷河）汇口裂腹鱼类产卵场

2) 下渡林产卵场：经纬度为 101.01759173°E，29.96860167°N-101.02236302°E，29.96124026°N，产卵场面积约 4500m^2，长约 1km，底质主要为礁石、砾石堆，水流较为湍急，为黄石爬鮡和青石爬鮡等鮡科鱼类产卵场。



图 4.7-19　下渡林场产卵场现场照片

3) 霍曲河汇口产卵场：

① 干流段

经纬度为 101.08518628°E，29.74075987°N-101.08653958°E，29.73235666°N，产卵场面积约 36244.1m^2，长度约 1km，底质主要为砾石、沙砾，为峡谷河流中偶见的开阔河谷间的宽阔河床区段，是裂腹鱼类的产卵场。



图 4.7-20　雅砻江干流霍曲河口产卵场现场照片

② 支流段

A 霍曲河汇口产卵场：经纬度为 101.08472413°E，29.73520663°N-101.07715955°E，29.74267234°N，产卵场长约 1.2km，产卵场面积约 29133.1 m^2，支流霍曲河汇口处底质主要为礁石、卵石和砾石堆，水流较为湍急，为鱊科鱼类产卵场。



图 4.7-21　霍曲河汇口产卵场现场照片

B 霍曲河汇口上游约 2km 处产卵场：经纬度为 101.07159130°E，29.73671252°N-101.05926689°E，29.72191560°N，产卵场长约 2km，产卵场面积约 86785.7m^2，底质主要为砾石、沙砾，水面比较开阔，是裂腹鱼类的产卵场。



图 4.7-22　霍曲河汇口上游约 2km 处产卵场现场照片

4)力丘河汇口下游产卵场：

① 干流段

经纬度为 101.14772582°E，29.41867522°N-101.13550887°E，29.41053982°N，产卵场面积约 32103m^2，长度约 1.5km，底质主要为砾石、沙砾，是裂腹鱼类的产卵场。



图 4.7-23　力丘河汇口下游产卵场现场照片

②支流段

力丘河汇口多沙石滩洲，水流形态多样。汇口区域靠上游处（101.15698226°E，29.41613486°N-101.16257397°E，29.41399283°N），岸边多小型砾石底质的浅滩，水面较宽，水流较缓，适合裂腹鱼类产卵，长约 0.6km，面积约 22150 m^2；而在汇口区段靠下游处（101.14817583°E，29.41882409°N-101.15423978°E, 29.41699991°N），河岸及河心多砾石滩洲，水流较急，适宜黄石爬鮡等鮡科鱼类产卵栖息，长约 0.6km，面积约 20795 m^2。因此，力丘河口段同时具备裂腹鱼和鮡科鱼类产卵场生境要求。



图 4.7-24　力丘河河口产卵场现场照片

5)马蹄村产卵场：经纬度为 101.00740363°E，29.35698754°N-101.01653780°E，29.34544959°N，产卵场长约 1.5 km，产卵场面积约 54846 m^2，底质主要为礁石、砾石、沙砾，该河段水流形态多样，既有岸边多小型砾石底质的浅滩，也有水流湍急且多巨石的生境，结合该河段渔获物调查种类，推测主要产卵对象为裂腹鱼类和鮡科鱼类。



图 4.7-25　马蹄村产卵场

(2) 索饵场

评价河段鱼类多以着生藻类和底栖无脊椎动物等为主要食物的鱼类，浅水区光照条件好，礁石或砾石滩适宜着生藻类生长，相应地底栖无脊椎动物也较为丰富，往往成为鱼类重要的索饵场所。3 月份后，水温逐渐回升，来水量逐渐增加，鱼类开始从越冬深水区上溯至河流浅水的礁石或砾石滩索饵。索饵场多为静微流河段，水深较浅，不足 0.5 m，其间有砾石、礁石，沙质岸边，这些地方形成较深的水坑、凼、凸岸浅水区、静水缓流区，与干流深水处邻近，易于躲避敌害。同时，这些地方着生、底栖饵料生物丰富，敌害生物少，有利于幼鱼生存。鱼类摄食与其食性、垂直捕食范围有密切关系，并且鱼类一般在水体透明度小，觅食的水层浅，反之，觅食的水层较深；白天觅食水层深，夜

间觅食水层浅，大多数鱼类喜欢晚上觅食。成鱼的索饵场一般在浅滩急流水域，而幼鱼的索饵场一般在缓流水的浅水水域。

根据走访调查结果，流速湍急的激流溪沟的岩石间主要为鮡科鱼类索饵区；水浅流急的砾石滩是裂腹鱼类的主要索饵场；裸裂尻鱼、鳅科鱼类等的索饵场主要在岸边浅水区及支流的缓流、回水湾，鳅科鱼类更多栖息于缓流河段的石砾缝隙或水草丛中，以底栖的昆虫幼虫为食。由于评价河段河道较顺直，水利湍急，底质多砾石、卵石，河道近岸多适合裂腹鱼与鮡科鱼类的索饵，特别是与其产卵场临近河段。裸裂尻和鳅科鱼类索饵场多主要集中在各支流及其汇口河段，如霍曲河和力丘河等。

(3)越冬场

冬季来临之前，水量减少，水位降低，气温、水温逐渐下降，鱼类的活动力将减弱，部分鱼类为了保证在寒冷的季节有适宜的栖息条件，往往由支流及浅水区进入干流或深潭越冬。鱼类越冬场位于干流的河床深处或坑穴中，一般水深 3～4 m 以上，多为河沱、河槽、湾沱、回水或微流水或流水，底质多为乱石或礁石，凹凸不平。调查水域干流河道均呈“V”型，牙二库尾至孟底沟库尾间雅砻江干流河道两岸坡度相似，河宽变化不明显，未发现大面积深潭和湾沱等越冬水域。

4.7.4.6 鱼类资源及渔获物组成

(1)库尾以上保留河段

保留河段共调查到 13 种鱼类，其中数量百分比前 5 的种类为麦穗鱼（31.58%）、长丝裂腹鱼（28.07%）、短须裂腹鱼（16.67%）、鲫（5.26%）和齐口裂腹鱼（5.26%），重量百分比前 5 的种类为长丝裂腹鱼（56.98%）、短须裂腹鱼（20.01%）、齐口裂腹鱼（13.66%）、鲫（3.87%）和厚唇裸重唇鱼（2.40%）。长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼和齐口裂腹鱼在数量百分比和重量百分比均排在前五，表明这三种裂腹鱼是该河段的主要鱼类。该河段调查到国家二级保护鱼类厚唇裸重唇鱼。

干流保留河段渔获物现状

表 4.7-29

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
麦穗鱼	45~91	1.5~13.1	36	31.58	208.7	0.88
长丝裂腹鱼	92~384	11.1~922.4	32	28.07	13461.1	56.98
短须裂腹鱼	120~316	27.5~546.9	19	16.67	4727.3	20.01
鲫	57~193	5~240.6	6	5.26	913.6	3.87
齐口裂腹鱼	296~352	409~759.1	6	5.26	3226.9	13.66

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
软刺裸裂尻鱼	61~137	2.9~48.5	5	4.39	127.1	0.54
短尾高原鳅	92~104	10~14	3	2.63	35	0.15
鲤	152~189	96.9~164	2	1.75	260.9	1.1
戴氏山鳅	109~109	8.9~8.9	1	0.88	8.9	0.04
厚唇裸重唇鱼	345~345	566.6~566.6	1	0.88	566.6	2.4
黄石爬鮡	155~155	54.2~54.2	1	0.88	54.2	0.23
拟细尾高原鳅	135~135	20.3~20.3	1	0.88	20.3	0.09
斯氏高原鳅	120~120	12.4~12.4	1	0.88	12.4	0.05
总计			114	100	23623	100

(2)库尾段

牙根二级水电站库尾段毗邻雅江县城，该河段较顺直，且在县城段采取了水泥护堤工程，河道底质多为卵石、大型砾石，环评阶段在库尾段共调查到 11 种鱼类，其中长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼和软刺裸裂尻鱼在数量百分比和重量百分比均较高，表明这四种裂腹鱼是该河段的主要鱼类。

牙根二级水电站库尾段渔获物组成

表 4.7-30

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
软刺裸裂尻鱼	39~208	1~141.8	29	25	1149	4.79
短须裂腹鱼	59~416	3.1~1045.5	27	23.28	7985	33.26
长丝裂腹鱼	69~368	5.5~909.5	19	16.38	7517.1	31.31
齐口裂腹鱼	234~394	226.4~1024	14	12.07	5963.3	24.84
短尾高原鳅	83~105	5.1~14.5	9	7.76	75.7	0.32
斯氏高原鳅	68~100	2.2~12.1	7	6.03	41.2	0.17
四川裂腹鱼	254~308	273.3~508.4	3	2.59	1135.5	4.73
厚唇裸重唇鱼	124~139	25.6~33.8	3	2.59	90.3	0.38
麦穗鱼	65~84	5~10.9	2	1.72	15.9	0.07
拟细尾高原鳅	123~129	15.4~15.9	2	1.72	31.3	0.13
戴氏山鳅	90~90	6.4~6.4	1	0.86	6.4	0.03
总计			116	100	24010.7	100

(3)库中段

牙根二级水电站库中河段河道深切，呈“V”型，江段较顺直，底质多为基岩、大型砾石、卵石，本次环评阶段在库中段共调查到 10 种鱼类，其中长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼和短须裂腹鱼在数量百分比和重量百分比均较高，表明这四种裂腹鱼是该河段的主要鱼类。其他种类鱼类偶见，另外，该河段调查到国家二级保护鱼类青石爬鮡。

牙根二级水电站库中段渔获物组成

表 4.7-31

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
长丝裂腹鱼	209~379	153.8~1074.8	31	31.96	16237.2	37.35
齐口裂腹鱼	49~401	2~1051.8	21	21.65	9549.7	21.97
四川裂腹鱼	222~552	180.9~2693.9	15	15.46	11370.6	26.16
短须裂腹鱼	237~352	265~695.5	12	12.37	6013.7	13.83
软刺裸裂尻鱼	35~148	0.5~34.2	10	10.31	47.5	0.11
麦穗鱼	65~92	5.1~16	4	4.12	35.5	0.08
短尾高原鳅	91~91	10~10	1	1.03	10	0.02
鲫	160~160	158.6~158.6	1	1.03	158.6	0.36
鲇	135~135	21.4~21.4	1	1.03	21.4	0.05
青石爬鮡	135~135	29.4~29.4	1	1.03	29.4	0.07
总计			97	100	43473.6	100

(4)坝前段

该江段河道深切，水流湍急，底质多为大型砾石。本次环评阶段在坝前段共调查到 7 种鱼类，渔获物仍以裂腹鱼为主。另外，该河段调查到外来种类鲫和鲤。

牙根二级水电站坝前段渔获物组成

表 4.7-32

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
长丝裂腹鱼	157~366	59.8~833.4	23	63.89	10004.2	64.62
短须裂腹鱼	272~354	316.8~737.7	4	11.11	2060.2	13.31
齐口裂腹鱼	290~461	362.1~926.2	4	11.11	2312.4	14.94
鲫	174~195	154.1~206.1	2	5.56	360.2	2.33
鲤	176~176	131.9~131.9	1	2.78	131.9	0.85
软刺裸裂尻鱼	189~189	84.8~84.8	1	2.78	84.8	0.55
四川裂腹鱼	322~322	528.3~528.3	1	2.78	528.3	3.41
总计			36	100	15482	100

(5)坝下段

本次环评阶段在坝前段共调查到 6 种鱼类，鱼类种类数较少，按数量主要为长丝裂腹鱼和外来种类鲤、麦穗鱼，按重量主要为长丝裂腹鱼和齐口裂腹鱼。

牙根二级水电站坝下段渔获物组成

表 4.7-33

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
麦穗鱼	53~89	2.5~12.9	34	45.33	193.9	1.41
长丝裂腹鱼	112~350	21~852.4	27	36.00	10219.3	74.37
鲤	65~189	7.1~180.4	7	9.33	506.2	3.68

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
齐口裂腹鱼	285~366	388.6~713.5	5	6.67	2768.5	20.15
短尾高原鳅	78~78	3.2~3.2	1	1.33	3.2	0.02
黄石爬鮡	161~161	50.9~50.9	1	1.33	50.9	0.37
总计			75	100.00	13742	100.00

(6)支流卧龙寺沟

本次环评阶段在支流卧龙寺沟共调查到 9 种鱼类，无论按数量还是按重量，软刺裸裂尻鱼均占绝对优势。其中铁泉电站坝下至卧龙寺沟河口段鱼类资源较丰富，共调查到软刺裸裂尻鱼、斯氏高原鳅、戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、雅江高原鳅、短须裂腹鱼、短尾高原鳅、四川裂腹鱼和拟细尾高原鳅，其中短须裂腹鱼和四川裂腹鱼仅在河口段调查到。铁泉电站坝上河段调查到的鱼类较少，且成分单一，以软刺裸裂尻鱼为主。

支流卧龙寺沟渔获物组成

表 4.7-34

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
软刺裸裂尻鱼	50~211	1.8~254	174	87.88	5739.9	80.12
斯氏高原鳅	103~126	8.1~14.9	9	4.55	98.1	1.37
戴氏山鳅	87~95	5.6~7.1	4	2.02	25.8	0.36
拟细尾高原鳅	125~127	13.8~15.9	3	1.52	43.8	0.61
雅江高原鳅	102~107	9.9~10.9	3	1.52	31.7	0.44
短须裂腹鱼	258~293	294.5~410.4	2	1.01	704.9	9.84
短尾高原鳅	97~97	12.1~12.1	1	0.51	12.1	0.17
四川裂腹鱼	317~317	496.1~496.1	1	0.51	496.1	6.92
拟细尾高原鳅	127~127	11.9~11.9	1	0.51	11.9	0.17
总计			198	100.00	7164.3	100.00

(7)支流霍曲河

本次环评阶段在支流霍曲河共调查到 8 种鱼类，无论按数量还是按重量，软刺裸裂尻鱼均占绝对优势。其中唐岗电站坝下至霍曲河口段鱼类资源较丰富，共调查到齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼、短尾高原鳅、戴氏山鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡和四川裂腹鱼。唐岗电站坝上河段调查到的鱼类较少，且成分单一，以软刺裸裂尻鱼为主。

支流霍曲河渔获物组成

表 4.7-35

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
软刺裸裂尻鱼	46~338	1~473.5	201	63.41	14591.2	49.81
齐口裂腹鱼	91~298	12.1~471.6	59	18.61	8650.3	29.53
短须裂腹鱼	106~334	17.8~614	24	7.57	5015.4	17.12
短尾高原鳅	80~134	6.1~25	22	6.94	369.8	1.26

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
黄石爬鮡	161~193	54.7~114.4	4	1.26	324.3	1.11
戴氏山鳅	60~82	4.3~10	4	1.26	29.2	0.1
青石爬鮡	113~146	20.5~50.5	2	0.63	71	0.24
四川裂腹鱼	244~244	245.3~245.3	1	0.32	245.3	0.84
总计			317	100	29296.5	100

(8)支流力丘河

支流力丘河鱼类资源较为丰富，本阶段共调查到鱼类 13 种，渔获物主要包括短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、齐口裂腹鱼和四川裂腹鱼等裂腹鱼属鱼类，以及戴氏山鳅、雅江高原鳅和斯氏高原鳅等鳅科鱼类等，与雅砻江干流鱼类区系组成较为相似。

支流力丘河渔获物组成

表 4.7-36

鱼名	体长范围（mm）	体重范围(g)	数量（尾）	数量百分比（%）	重量（g）	重量百分比（%）
短须裂腹鱼	46~277	1.8~332.7	98	38.28	7543.7	32.64
软刺裸裂尻鱼	37~367	1.8~825.9	73	28.52	4356.3	18.85
短尾高原鳅	78~122	5.2~16.7	31	12.11	277.7	1.20
戴氏山鳅	82~116	3.1~11.5	13	5.08	108.4	0.47
齐口裂腹鱼	178~426	77.8~1186.9	12	4.69	7038	30.45
长丝裂腹鱼	91~364	12.2~526.7	11	4.30	1962.9	8.49
麦穗鱼	48~91	1.6~13	9	3.52	40.3	0.17
雅江高原鳅	96~112	7.6~12.9	4	1.56	39.1	0.17
四川裂腹鱼	363~363	638.6~638.6	1	0.39	638.6	2.76
厚唇裸重唇鱼	229~229	146.6~146.6	1	0.39	146.6	0.63
鲤	313~313	845.6~845.6	1	0.39	845.6	3.66
鲇	208~208	93.1~93.1	1	0.39	93.1	0.40
斯氏高原鳅	136~136	19.4~19.4	1	0.39	19.4	0.08
总计			256	100.00	23109.7	100.00

4.7.4.7 主要鱼类生物学特性

(1)短须裂腹鱼



短须裂腹鱼体呈长纺锤形，侧扁。全身被细鳞，峡部后的胸部具明显的鳞片，侧线完全，肛门至臀鳍两侧各有一列大型臀鳞。头钝圆，锥状，吻长短于眼后头长。前后鼻孔紧相邻，前鼻孔在鼻瓣中。眼较大，侧上位。口下位，横裂或呈弧形。下颌前缘具锐利角质边缘。下唇后缘游离，内凹呈弧形，表面具乳突。唇后沟连续。须 2 对，均很短，其长度短于眼径的 1/2~2/3。背鳍外缘内凹。末根不分枝鳍条硬，其后缘每侧具 13~20 枚锯齿。背吻距大于背尾距。腹鳍起点在背鳍起点之后。胸鳍末端超过胸、腹鳍起点距的中点。腹鳍基具腋鳞，腹鳍末端不达肛门。肛门靠近臀鳍起点。臀鳍末端后伸不达尾鳍基部。尾鳍叉形。下叶稍比上叶长。鳔 2 室，后室长度是前室的 2.5 倍左右。肠盘曲，为体长的 3~5 倍左右，腹膜黑色。体侧和背部金黄色或银灰色，有或无黑色斑点；腹部白色。尾鳍、胸鳍、腹鳍和臀鳍橘红色或灰色，无斑点。

为冷水性鱼类，栖息于较湍急的江、河中下层，以水生无脊椎动物和藻类为食。繁殖期在不同流域或同流域的不同区域存在明显差异，如在攀枝花市盐边县国胜河，其繁殖期为 12~3 月，2 月为产卵盛期；而在金沙江的石渠段其繁殖期为 5~6 月。走访显示，本评价河段短须裂腹鱼繁殖期在 3~5 月。繁殖期，雄鱼吻部具颗粒状珠星，雌鱼无珠星。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，在水深 25~55cm 的底质砾石相对粗大、水流缓急交错的河床上产沉性卵，受精卵弱粘性。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。

在四川境内分布于金沙江、雅砻江、理塘河、水洛河等。目前在调查河段为优势种群，为主要经济鱼类之一。

(2)长丝裂腹鱼



长丝裂腹鱼体呈长纺锤形，侧扁，全身被细鳞，峡部后的胸部有明显的鳞片，侧线完全，肛门至臀鳍两侧各有一列大型臀鳞。头钝，圆锥状，吻长短于眼后头长。前后鼻

孔紧相邻，前鼻孔在鼻瓣中。眼较大，侧上位。口下位，横裂（大个体）或呈弧形（小个体）。下颌前缘具锐利角质边缘。下唇后缘游离，内凹呈弧形，表面具乳突。唇后沟连续。须 2 对，均长；吻须后伸达眼球中部或眼后缘垂下方，口角须后伸达眼后缘或前鳃盖骨（个别大个体吻须后伸仅达眼前缘下方，口角须后伸仅达眼中部垂下方）。背鳍外缘内凹。末根不分枝鳍条壮且硬，其后缘每侧具 12~20 枚锯齿。背吻距大于背尾距。腹鳍起点在背鳍起点之后。胸鳍末端超过胸、腹鳍起点距的中点。腹鳍基具腋鳞，腹鳍末端不达肛门。肛门靠近臀鳍起点。臀鳍末端后伸不达尾鳍基部。尾鳍叉形。下叶稍比上叶长。鳔 2 室，后室长度是前室的 2 倍左右。肠盘曲，为体长的 3 倍左右。腹膜黑色。体侧和背部银灰色或蓝灰色，腹部白色。尾鳍、胸鳍、腹鳍和臀鳍橘红色，无斑点。

为冷水性鱼类，栖息于较湍急的江、河中下层，以水生无脊椎动物和藻类为食。繁殖期 3~5 月，繁殖需要一定的流水条件，有溯流产卵习性，在底质砾石相对粗大、水流缓急交错的河床上产卵。产沉性卵，受精卵微粘性，受精卵落入石砾缝中，在水流的不断冲动中顺利孵化。繁殖期，雄鱼吻部具颗粒状珠星，雌鱼无珠星。在江河深水处或岩洞中越冬。

在四川境内分布于金沙江、雅砻江等。目前在调查河段种群数量较大，为优势种群，为主要经济鱼类之一。

(3)四川裂腹鱼



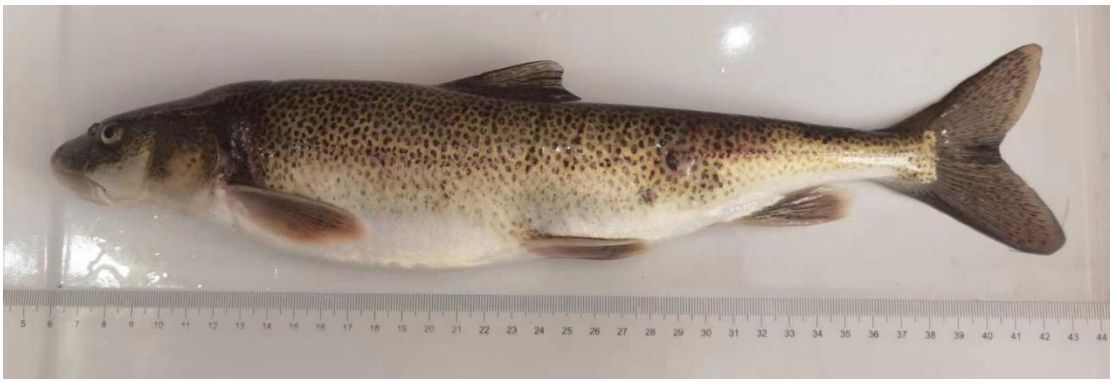
四川裂腹鱼体呈纺锤形，侧扁。全身被细鳞，峡部后的胸部鳞片明显，侧线完全，肛门至臀鳍两侧各有 16~21 枚臀鳞。头钝圆锥状，吻长短于眼后头长。前后鼻孔紧相邻，前鼻孔在鼻瓣中；鼻孔距眼前缘较距吻端近。眼较大，侧上位。口下位，呈弧形。下颌前缘无锐利角质边缘。下唇发达，小个体中间叶明显，大个体中间叶被左、右两侧叶掩盖；唇面有皱褶，无乳突；唇后沟连续。须 2 对，等长或口角须长于吻须，须长为眼径的 1.8~2.5 倍，吻须后伸达眼前缘乃至眼后缘垂下方，口角须后伸达眼后缘垂下方乃至鳃盖骨。背鳍外缘稍内凹。末根不分支鳍条强壮且硬，其后缘具 17~24 枚强锯齿。背吻距稍大于背尾距。腹鳍起点在背鳍起点之后。胸鳍末端超过胸腹鳍起点距的中点。腹鳍

基具腋鳞，腹鳍末端不达门。肛门靠近臀鳍起点。臀鳍末端后伸不达尾鳍基部。尾鳍叉形，上下叶约等长，末端钝。鳔 2 室，后室长于前室。肠盘曲，为体长的 1.5~2 倍左右。腹膜黑色。体侧和背部浅灰蓝色、银灰色或灰棕色，腹部白色。尾鳍、胸鳍、腹鳍和臀鳍浅桔红色或棕红色，无斑点。

冷水性鱼类。栖息于较湍急的江、河中下层，以水生无脊椎动物和藻类为食。繁殖期 3~6 月，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，在底质砾石相对粗大、水流缓急交错的河床上产沉性卵，产卵河段平均水深约 1m。雄鱼有筑巢习性，沉性卵，受精卵粘性弱。繁殖期，雄鱼吻部具颗粒状珠星，雌鱼无。

在四川境内分布于金沙江干、支流和雅砻江干、支流。调查河段种群数量较多，为常见种，主要经济鱼类之一。

(4)厚唇裸重唇鱼



厚唇裸重唇鱼体呈圆筒形，尾柄细圆。除肩部有 2~4 行不规则的鳞片和肛门至臀鳍两侧各有一列臀鳞外，全身裸露无鳞，侧线完全。头钝，圆锥状，吻长短于眼后头长。前后鼻孔紧相邻，前鼻孔在鼻瓣中；鼻孔靠近眼前缘。眼侧上位。口下位，呈马蹄形。下颌前缘无锐利角质边缘。下唇发达，分左、右叶，中间有一皮膜将唇后沟隔开，唇面有皱纹。有 1 对较粗短的口角须。背鳍外缘平截。末根不分枝鳍条较软，后缘无锯齿。背吻距小于背尾距。腹鳍起点与背鳍的第 6~8 根分枝鳍条相对。胸鳍末端超过胸、腹鳍起点距的中点。腹鳍基具腋鳞，腹鳍末端不达肛门。肛门紧靠臀鳍起点。臀鳍末端后伸达尾鳍基部。尾鳍叉形，上、下叶约等长。鳔 2 室，后室为前室的 2~2.5 倍。肠较短，约为体长的 1.5 倍左右。腹膜黑色。体侧和背部黄褐色，且均匀分布有黑褐色斑点；腹部白色。各鳍灰黄色，有黑褐色斑点。

为冷水性鱼类。多栖息于宽谷江河及湖泊中。以水生无脊椎动物和藻类为食。繁殖期 5~7 月，有溯流产卵习性。产沉性卵，受精卵在流速较小、水质清澈的河底沙砾间孵

化。雄鱼臀鳍宽长，略呈长方形；雌鱼臀鳍较短小，呈三角形。繁殖期，雄鱼臀鳍具颗粒状珠星，雌鱼无。

在四川境内分布于黄河和雅砻江上中游干、支流及附属湖泊中。调查河段种群数量较少，为少见种。

(5)软刺裸裂尻鱼



体约呈长筒形，侧扁。全身几乎裸露无鳞，仅在肩部有几行不规则的鳞片；臀鳞每侧有 17~26 枚，行列前端达到腹鳍基后缘或仅达臀鳍起点到腹鳍基后缘距的 1/2 处。侧线完全。头钝圆锥状，吻长短于眼后头长。鼻靠近眼前缘。眼侧上位。口下位，为略带弧形的横裂状。下颌前缘角质发达，边缘锐利。下唇狭窄，唇后沟中断。无须。背鳍末根不分支鳍条硬或较硬，后缘有明显的锯齿。背吻距小于背尾距。腹鳍起点于背鳍第 4~5 根分枝鳍条基部相对。胸鳍末端超过胸腹鳍起点距的中点。腹鳍基具腋鳞，腹鳍末端不达门。肛门靠近臀鳍起点。臀鳍末端后伸接近或达到尾鳍基部。尾鳍叉形。上、下叶约等长。鳔 2 室，后室长度是前室的 2.5 倍左右。肠盘曲，为体长的 2 倍左右。背和体侧青灰或黄灰色，有或无黑色小点和斑纹；腹部白色；各鳍灰黄色，有或无黑色斑点。

软刺裸裂尻鱼多生活在水流清澈的宽谷河流中，峡谷河流的上段或高山溪流中也可见到。由于栖息的水域水温较低、食物匮乏，生长普遍缓慢。软刺裸裂尻鱼的繁殖季节一般在 4～9 月，繁殖期跨度较长。为适应繁殖期的水温、饵料资源丰富度以及其他环境条件，干支流不同水域分布的软刺裸裂尻鱼生长潜力和繁殖期有一定的差异。多在砾石底、水清澈、水流缓急交错的河滩处产卵，产出的鱼卵呈黄色，具微粘性，有光泽，卵膜坚韧，入水不膨胀，沉入水底或被流水冲到砾石缝隙中发育孵化。孵出的鱼苗多在浅水缓流或徊水处活动，本项目 5 月份对支流的水生态调查过程中，在缓流河湾处观测到有仔幼鱼活动。

繁殖期软刺裸裂尻鱼雄鱼臀鳍较宽，末端圆；雌鱼臀鳍较窄，末端较尖。繁殖期，

雄鱼头部、体侧、臀鳍上有颗粒状珠星，雌鱼无。在四川境内分布于金沙江和雅砻江中、上游的干、支流及湖泊中。调查河段干支流均有分布，但主要以支流河段种群数量较大，为支流的优势种群，而干流段较少。

(6)黄石爬鮡



黄石爬鮡体较粗壮，背鳍前扁平，其后渐侧扁，背缘微隆起。无鳞，体表有细小的疣状粒。侧线完全，平直。头扁平。鳃膜与峡部相连。吻圆钝。前后鼻孔相距近，前鼻孔位于鼻须前缘，后鼻孔位于鼻须后缘。眼小，背侧位，眼间距较宽。口下位，横裂。唇厚，其上有很多乳突。上颌长于下颌。上颌齿带两侧端向后延伸，呈弧形，向后延伸部较长；齿带中央有一节痕，两侧各有一节痕（小个体两侧节痕不明显）。下颌齿带分为两块。无腭齿。唇后沟中断。须 4 对；鼻须基部宽扁，后伸可达眼后缘；颌须基部有宽的皮膜，末端延长成须状，后伸达到或超过鳃孔上角；外侧颏须后伸末端达胸鳍起。背鳍外缘平截，无硬刺。背吻距大于背鳍起点至脂鳍起点距。脂鳍较高、长，后缘游离。胸鳍无硬刺，其末端不达腹鳍起点。腹鳍末端不达臀鳍起点。腹鳍起点至臀鳍起点距小于腹鳍起点至腮孔下角距。肛门距腹鳍基后缘较距臀鳍起点稍近。尾鳍平截。体背和体侧灰黄色或绿灰褐色，腹部浅肉色。各鳍灰黄色或灰绿色，尾鳍上有 2 个黄色斑。

为冷水性鱼类。栖息于江河、溪流底层，肉食性。常生活在多砾石急流河滩处，用平坦的胸、腹部与特化的胸部和偶鳍条协作，附粘在石上，以克服水流冲击，有效地稳定其身体。一般在 6 月繁殖，一次产卵类型。通常在急流的岩石缝或岩腔中产卵，所产粘沉性卵受精后粘附于水底砾石上发育，整体产出包括所有卵粒的椭圆形卵块，卵粒之间紧密地粘连在一起，但卵块无粘性。吸水后，卵球晶莹剔透，有弹性，卵径达 7~8mm。属沉性卵，卵块可随水飘流，遇静水则沉于水底。繁殖期，雄鱼肛门后有发达的生殖突，雌鱼生殖突不明显。

四川境内分布于金沙江、雅砻江、大渡河、青衣江、岷江、沱江和涪江上游。省外青海也有分布。在调查河段种群数量稀少，偶见种。

(7)青石爬鮡



青石爬鮡体长，背鳍前扁平，其后渐侧扁。无鳞，体表有细小的疣状粒。侧线完全，平直。头扁平。鳃膜与峡部相连。吻圆钝。前后鼻孔相距近，前鼻孔位于鼻须前缘，后鼻孔位于鼻须后缘。眼小，背侧位，眼间距较宽。口下位，横裂。唇厚，其上有很多乳突。上颌长于下颌。上颌齿带两侧端向后延伸，呈弧形，向后延伸部较短；齿带中央有一节痕，两侧各有一节痕（小个体两侧节痕不明显）。下颌齿带分为两块。无腭齿。唇后沟中断。须 4 对；鼻须基部宽扁，后伸达眼前缘；颌须基部有宽的皮膜，末端稍延长，为一小尖，后伸远不达鳃孔上角；外侧颏须后伸末端可达胸鳍起点。背鳍外缘平截，无硬刺。背吻距大于或等于背鳍起点至脂鳍起点距。脂鳍较高、长，后缘游离。胸鳍无硬刺，其末端达到或不达腹鳍起点。腹鳍末端超过肛门，不达臀鳍起点。腹鳍起点至臀鳍起点的距离大于腹鳍起点至腮孔下角的距离。肛门约位于腹鳍基后缘至臀鳍起点的中点。尾鳍平截。体背和体侧黄褐色或青灰色，腹部浅肉色。各鳍灰色，尾鳍上有黄色斑。

为冷水性鱼。栖息于江、河、山溪底层，喜流水。肉食性鱼类。繁殖期 5~7 月，繁殖一般也在急流水域环境中，产粘性卵，所产粘沉性卵受精后粘附于水底砾石上发育，其间适宜流速为 1～2m/s，适宜水深为 0.5～1m。繁殖期，雄鱼肛门后有发达的生殖突，雌鱼生殖突不明显。

四川境内分布于雅砻江、安宁河、大渡河、青衣江、岷江、马边河、沱江和涪江上游。调查河段种群数量较小，少见种。

(8)戴氏山鳅



戴氏山鳅体条形，前段圆筒形，后段侧扁。无鳞，侧线完全。头较平扁，宽大于高，颊部稍鼓出。吻长等于或稍短于眼后头长。眼小，侧上位。鼻孔在眼前方，前鼻孔在鼻瓣中，前后鼻孔紧相邻。口下位，唇面光滑或有浅皱褶，下唇中部有一 V 形缺刻。上颌中部有一齿状突起，下颌匙状。须 3 对，外吻须后伸达眼前缘下方，口角须后伸达到或超过眼后缘的垂下方。鳃膜与峡部相连。背吻距大于背尾距。背鳍末根不分枝鳍条软，背鳍外缘平截。胸鳍圆形，末端达到或超过胸、腹鳍起点距的中点。腹鳍起点在背鳍起点之前，后伸不达肛门。肛门距臀鳍起点近。臀鳍小，后伸不达尾鳍基部。尾鳍后缘深凹入，上、下叶等长。鳔前室分为两侧室，包于骨质囊内，无游离膜质鳔。胃呈“U”字形，肠粗短，直通肛门。随栖息环境不同，体色和斑纹形态变化较大，有的个体斑纹不明显。

栖息在水流较急、水质清澈、石砾底的山区河流中。食物主要是水生无脊椎动物，也食藻类和植物碎屑。其种群个体完成生活史所要求的环境范围不大，主要在沿岸带石砾及支流适宜的小环境中产卵。繁殖期 4~7 月，产沉性卵，受精卵弱粘性。

四川境内分布于长江干流、金沙江、雅砻江和大渡河中下游、青衣江、岷江、涪江和嘉陵江上游。

4.8 陆生生态

4.8.1 生态功能区划

根据《全国生态功能区划》（修编），牙根二级水电站所在河段位于“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”，具有生物多样性保护、水土保持和土地沙化防治等生态服务功能。主要生态问题包括大规模水电

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。生态保护措施为：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。

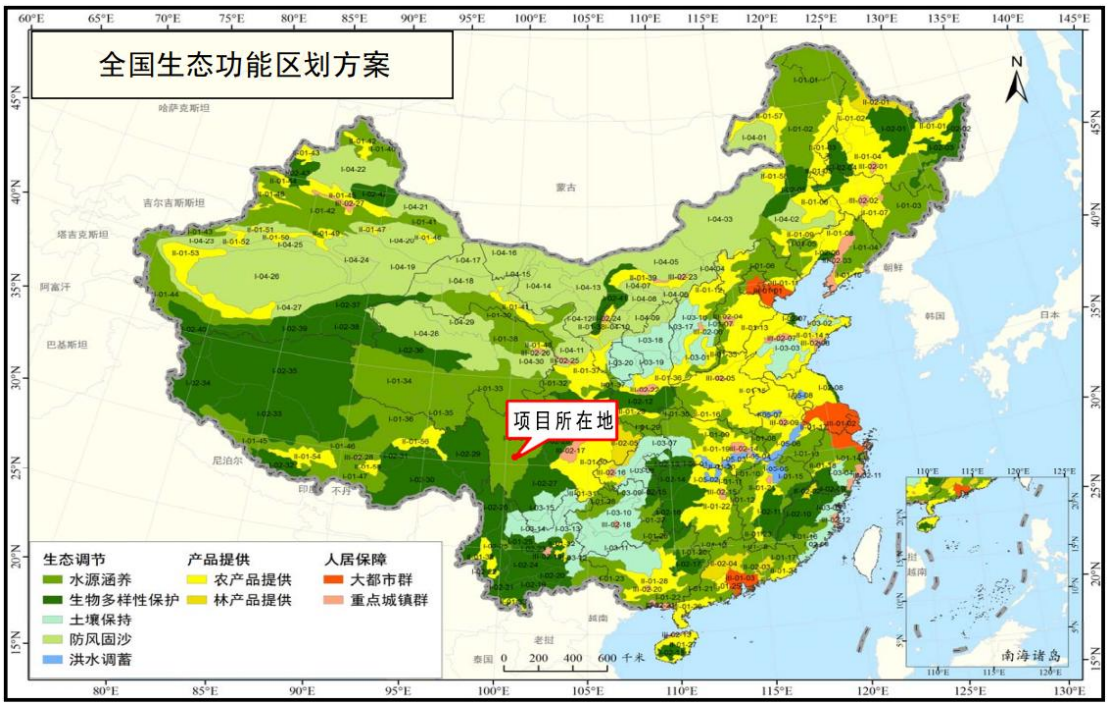


图 4.8-1　全国生态功能区划图

根据《四川省生态功能区划》，牙根二级所在区域属于“III 川西高山高原亚热带-温带-寒温带生态区—III-3 大雪山-沙鲁里山云杉冷杉林-高山灌丛-高山草甸生态亚区—III-3-2 雅砻江中游林牧业与土壤保持生态功能区”。主要生态服务功能为林牧产品提供功能，土壤保持功能，生物多样性保护功能，水源涵养功能。生态保护与发展方向：保护森林和草原植被，保护生物多样性；巩固天然林保护和退耕还林成果。防治山地灾害和水土流失。科学发展林牧业，合理开发水力资源，禁止建设污染强度大的工业企业。

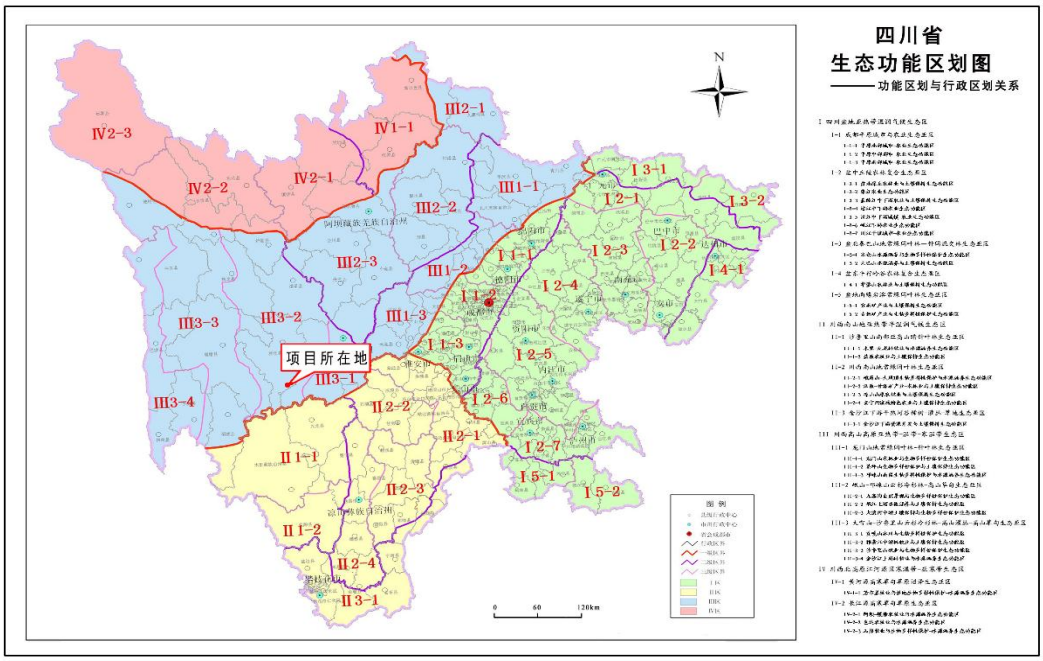


图 4.8-2　四川省生态功能区划图

4.8.2 调查范围与时段

牙根二级水电站工程所在区域地处雅砻江中游峡谷，河谷生态特征明显。根据工程特点，本次牙根二级水电站陆生生态影响评价以工程施工范围和水库淹没区为重点，以工程施工范围和水库淹没区的第一层岭脊线以内的陆域范围为陆生生态评价范围，总面积 446.87km^2，海拔范围为 2367~4785m。重点评价范围为水库淹没区、施工区、移民安置与专项设施复建区等。

为了解工程所在区域陆生生态现状，我公司委托中国科学院成都生物研究所于 2022 年 8 月、10 月，2023 年 3 月、5 月、8 月，2024 年 2 月、5 月及 2025 年 1 月对牙根二级水电站评价范围内的陆生生态开展了多次专题调查，并系统地对评价区陆生生态现状进行评价，调查时段涵盖评价区的不同季节，满足导则要求的一级评价应获得近 1~2 个完整年度不同季节的现状资料的调查要求。

4.8.3 调查方法

4.8.3.1 基础资料收集

本次调查收集了《中国植物志》《中国植被》《四川植物志》《四川植被》等区域生态本底资料，以及林地一张地图和古树名木名录等最新数据，同时，结合工程布置情况，下载区域卫星影像资料，在综合分析现有资料的基础上，确定野外调查的重点区域和调查路线，为现场动植物多样性调查做好准备。并收集区域已建项目的环评资料和生态调

查资料。

4.8.3.2 植物多样性调查

(1)植物调查

对本项目所涉及评价区域植物进行区系学和群落学两方面调查，采用样线法和样方法。结合无人机摸查情况，以及历史资料、卫星图像资料，收集整理必要的信息数据，根据现有植被分布情况，植物生长情况等，利用现有道路的分布设置调查样线，沿着样线随机设置样方，样方的设置采取典型抽样法，样方分成乔木、灌木和草本三种类型，其大小分别为 20m×20m，5m×5m 和 2m×2m（或 1m×1m），具体样方大小根据取样地点的地形条件而定。样方调查中，记录样方中的植物物种、盖度、胸径和树高（乔木）、郁闭度、地理位置、小地名、经纬度、调查时间等基本数据。物种识别主要依靠野外现场鉴定，对鉴定有困难的物种细部进行拍摄照片、记录物种的形态学特征、物候等方式。

同时，本工程针对珍稀保护植物五小叶槭开展了专项调查。五小叶槭专项调查方法详见 4.8.7.3 章节内容。

(2)植被调查

参考《中国植被》的划分方法对牙根二级水电站评价范围内的植被类型进行划分，主要将其划分为植被型组、植被型、植被亚型、群系等多级分类系列。分类的主要依据是植被的种类组成、数量、结构、生活型及生态特点，以优势种等生态位的重要性决定。将建群种生活型相近、群落的外貌形态相似的植物群落归为植被型组；第二级为植被型，将建群种生活型相同或近似，对温度、水分条件生态关系一致的植物群落归为植被型；第三级为植被亚型，为植被型的辅助或补充单位，在植被型内根据优势层片或指示层片的差异进一步划分亚型；第四级为群系，将建群种或共建群种相同的植物群落归为群系。

4.8.3.3 动物多样性调查

评价区域动物的野外研究方法主要包括野外观察和识别、动物野外采集和数量统计、样线法和样方进行调查。根据实地调查结果，并结合资料查阅、检索和整理确定物种组成，并最终形成牙根二级水电站野生动物名录。

(1)两栖及爬行动物野外调查

两栖爬行动物多样性状况主要采用样线法、并结合资料查阅和访问的方法进行调查。野外实地考察时主要选取可能有两栖爬行动物生存的环境进行调查，包括溪流、草丛、灌丛、乱石堆等，及其邻近区域，通过直接鉴定或采获的标本确定属种。此外，访问当

地居民和与野生动物有关的林业管理人员等也是重要的补充手段。

(2)兽类动物野外调查

兽类调查采用样线法、红外相机调查法以及访问法。野外直接根据观察到的毛发、粪便、脚印和其他痕迹识别大中型兽类物种，调查过程中，记录发现动物的 GPS 位点、栖息地类型等主要生态因子，同时访问当地居民，根据调查情况分析估计评价区域大中型兽类物种组成。在对调查线路植被、动物分布情况做前期了解的情况下，在施工区以及淹没区安装足够数目的红外相机，以监测大中型兽类的种类和数量。监测相机采用红外线触发式数码相机，相机安装在距地面 40-100cm 高的树上，记录相机放置的时间、经纬度、海拔、生境类型、相机编号等信息。

(3)鸟类野外调查

鸟类调查主要采用样线法和红外相机调查法。利用望远镜观察鸟类实体和痕迹或者根据叫声鉴别物种，填写鸟类种名、记录距离中心线距离、记录调查位置经纬度坐标及海拔信息并拍摄照片。在项目施工区以及淹没区，根据不同植被群落确定红外相机安装区域，选择目标动物经常行走的小道以及在野生动物水源地附近安装相机，并对每一台相机进行编号，记录相应信息，包括相机安放位置的生境状况。

4.8.3.4 景观类型调查及分析

景观生态环境调查主要是从大尺度上对评价区域进行调查分析。通过野外对景观要素的形状、大小、密度以及连接情况进行初步分析，利用遥感技术计算景观指数（破碎度指数、斑块形状指数、分离指数、多样性指数等），采用空间分析，波谱分析等方法来描述景观在空间结构上的变化情况。景观格局的野外调查主要是结合地理信息系统的空间分布，现场核实、记录廊道、斑块的空间信息等。以野外 GPS 定点的植物群落生态学调查结果和林地一张图数据为基础，参考卫星遥感照片解译结果，利用 3S 技术制作评价区的植被分布图。归并各类森林群落、灌丛群落、草地群落，制作出包含主要生态系统类型和斑块类型的景观生态体系分布图。

4.8.3.5 样方样线设置

(1)植物调查样方的设置

根据评价区的生态环境状况及道路通达性，沿线调查了评价区的植被，并在工程直接影响区如施工场地和淹没区等地，以及植被较好地段进行样方调查，本次评价共识别出植被群系 13 个，按照《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2022），一级评价

每种群落类型设置的样方数量不少于 5 个，因此，本次调查共设置植物样方 65 个，每种群落类型样方不少于 5 个，满足导则相关要求。

1）样方设置原则

①尽量在重点施工区以及植被良好的区域设置样点，并考虑评价区布点的均匀性。②设置样方的植被群落必须对所调查区域植被具有充分的代表性，避免选在两个类型的过渡带，具有一定的成熟度。③样方应建立在交通相对便利的地段，其地形不宜过于陡峭复杂。④每种群落类型设置的样方数量不少于 5 个。

2）样方调查合理性分析

根据植被类型图及样方调查表，65 个调查点位植被类型涵盖评价范围所有植被类型即针叶林、阔叶林、灌丛、灌草丛和草甸等。样方海拔高度范围为 2454m~4313m，其中 2400m~2600m 样方数量为 6 个，2600m~2800m 样方数量为 10 个，2800m~3000m 样方数量为 12 个，3000m~3200m 样方数量为 8 个，3200m~3400m 样方数量为 7 个，3400m~3600m 样方数量为 9 个，3600m~3800m 样方数量为 7 个，3800m 以上样方数量为 6 个，样方设置同时考虑了评价区不同地形和坡向等。因此，本次样方调查点位设置兼具有代表性和重要性的原则，样方设置合理。

样方调查一览表

表 4.8-1

序号	植被类型	调查时间	经度（°）	纬度（°）	海拔（m）	坡度	坡向	样方序号	备注
1	鳞皮冷杉林	2022.8.15	101.138655	29.553510	3089	18	半阴	8	天然林
2		2022.8.17	101.087660	29.817027	2914	24	阳	18	天然林、公益林
3		2023.3.12	101.124202	29.473339	3468	20	阴	22	天然林
4		2024.5.28	101.156342	29.544694	4300	10	阳	53	天然林、公益林
5		2024.5.28	101.161098	29.516604	3810	16	阳	55	天然林
6	川西云杉林	2022.8.15	101.114107	29.478959	3737	20	阴	7	天然林
7		2023.5.15	101.113645	29.463922	3818	23	阴	29	天然林、公益林
8		2023.5.15	101.053581	29.780929	3737	18	阳	31	天然林、公益林
9		2024.5.27	100.989995	29.996545	3469	18	阳	40	天然林、公益林
10		2024.5.27	101.055855	29.757021	3512	15	阴	44	
11	高山松林	2022.8.18	101.069010	29.779621	3483	19	阴	19	
12		2022.8.18	101.036997	29.933711	2882	22	阳	20	天然林、公益林
13		2023.5.15	101.167145	29.476658	3009	17	阳	32	公益林
14		2024.5.27	101.057891	29.747315	3400	22	阳	42	天然林、公益林
15		2024.5.27	101.059381	29.758369	3350	19	半阳	43	天然林
16	高山柏林	2022.8.15	101.186312	29.471649	3510	15	阳	6	天然林、公益林
17		2023.3.12	101.088336	29.846627	2931	16	阳	23	天然林
18		2023.5.16	101.065128	29.616494	2620	13	阴	36	天然林、公益林
19		2024.5.27	101.058357	29.761047	3573	15	阳	45	天然林
20		2024.5.29	101.143235	29.410656	2802	16	半阴	64	
21	侧柏林	2022.8.15	101.071802	29.680175	2839	15	阴	5	天然林、公益林
22		2023.3.12	101.071211	29.922748	2928	18	阴	24	天然林、公益林
23		2023.5.17	101.083043	29.644005	2810	19	阴	39	天然林、公益林
24		2024.5.27	101.062895	29.764169	3625	15	阳	46	天然林
25		2024.5.29	101.145723	29.418748	2517	22	阳	65	
26	白桦林	2023.3.12	101.162272	29.457029	3022	22	阳	25	天然林

序号	植被类型	调查时间	经度（°）	纬度（°）	海拔（m）	坡度	坡向	样方序号	备注
27		2023.5.16	101.178082	29.439941	3774	21	阳	35	天然林
28		2023.5.17	101.065424	29.77089	3336	20	阳	38	天然林、公益林
29		2024.5.27	101.082709	29.852962	2948	20	半阳	41	天然林、公益林
30		2024.5.27	101.063842	29.772129	3344	15	阳	49	天然林、公益林
31	川滇高山栎林	2022.8.15	101.152351	29.550367	4044	10	阳	9	天然林、公益林
32		2022.8.16	101.093448	29.677837	3435	15	阳	10	天然林、公益林
33		2023.5.17	101.048464	29.923568	2986	18	阴	37	天然林、公益林
34		2024.5.28	101.146943	29.553511	3626	15	阴	52	天然林、公益林
35		2024.5.28	101.152714	29.529266	3506	16	阴	54	天然林
36	毛脉高山栎林	2022.8.16	101.183267	29.481247	3340	16	阳	13	天然林
37		2022.8.16	101.109675	29.512577	3026	22	半阳	14	天然林、公益林、日岗沟渣场东侧
38		2023.3.13	101.154248	29.523839	3349	23	阴	26	天然林
39		2024.5.28	101.090624	29.675171	3133	10	阴	50	天然林、公益林
40		2024.5.28	101.113915	29.472171	3536	12	阳	58	天然林、公益林
41	密枝杜鹃灌丛	2022.8.14	101.168344	29.444351	3133	10	阳	3	天然林
42		2023.5.16	101.120372	29.587838	3112	6	阳	33	天然林、公益林
43		2023.5.16	101.115172	29.455899	4313	10	阳	34	天然林、公益林
44		2024.5.27	101.065032	29.766779	3630	20	阴	47	天然林、公益林
45		2024.5.29	101.161537	29.448461	2682	20	阴	63	天然林
46	矮高山栎灌丛	2022.8.17	101.146310	29.471919	2911	16	阳	16	天然林、公益林
47		2022.8.17	101.136314	29.508920	2793	18	阳	17	天然林、公益林
48		2023.3.13	101.096342	29.775749	2643	15	阴	27	天然林
49		2024.5.28	101.088136	29.658219	2601	10	阳	51	天然林
50		2024.5.28	101.137036	29.483325	3003	20	半阳	57	天然林
51	川滇高山栎灌丛	2022.8.14	101.139217	29.487758	2759	18	阴	1	天然林、公益林
52		2022.8.14	101.151550	29.460303	2697	18	阳	2	天然林、公益林
53		2023.3.13	101.08708	29.861307	2525	19	阳	28	淹没区
54		2024.5.28	101.122977	29.521172	2533	17	阳	56	天然林、淹没区
55		2024.5.29	101.149885	29.473395	2679	20	半阴	60	天然林、公益林

序号	植被类型	调查时间	经度（°）	纬度（°）	海拔（m）	坡度	坡向	样方序号	备注
56	鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	2022.8.17	101.124653	29.540429	2594	22	阳	15	
57		2022.8.18	101.148611	29.440321	2754	20	阳	21	天然林、公益林
58		2023.5.15	101.090895	29.612324	2549	20	阳	30	天然林、公益林
59		2024.5.29	101.155235	29.471723	2454	16	半阳	61	淹没区
60		2024.5.29	101.157404	29.470285	2636	16	半阳	62	天然林、公益林、大坝枢纽工程
61	糙野青茅-野古草草甸	2022.8.14	101.060277	29.703263	2885	6	阳	4	
62		2022.8.16	100.989711	29.992853	3313	10	半阳	11	
63		2022.8.16	101.068051	29.690121	2876	11	阴	12	
64		2024.5.27	101.062519	29.768003	3661	3	阳	48	
65		2024.5.28	101.107436	29.458432	4071	10	阳	59	



鳞皮冷杉林样方



川西云杉林样方



高山松林样方



侧柏林样方



高山柏林样方



白桦林样方



川滇高山栎林样方



毛脉高山栎林样方



密枝杜鹃灌丛样方



矮高山栎灌丛样方



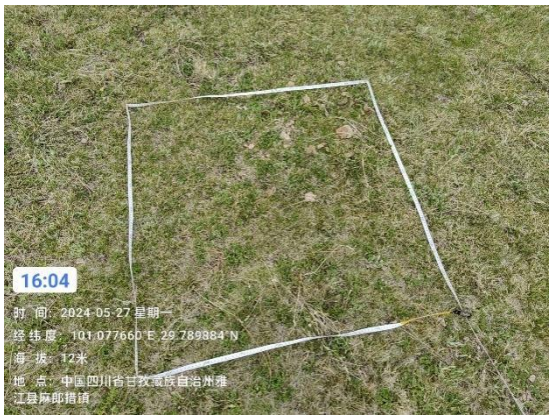
矮高山栎灌丛样方



川滇高山栎灌丛样方



鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛样方



糙野青茅-野古草禾草草甸样方

图 4.8-3　部分样方调查照片

(2)动物调查样线的设置

评价区位于雅砻江中游 V 型河谷区，海拔高差 2400 米左右，样线调查采取路线调查与重点调查相结合的方法进行。由于评价河段雅砻江两岸地势陡峭，河谷两侧少有直接到达雅砻江两岸第一重山脊的道路，因此，本次水平调查样线沿雅砻江干流两岸的公路设置，在各工区设置 1-2 条垂直调查样线直达第一层岭脊线，使调查尽量覆盖评价区全部生境类型及施工区域。根据评价区的生态环境状况及道路通达性，牙根二级水电站陆生生态调查共设置调

查样线 14 条，其中水平样线 4 条，垂直调查样线 10 条，具体样线布设情况如下：

1)水平样线

本项目调查的水平样线主要沿雅砻江干流设置。雅砻江右岸的水平样线从南至北沿江贯穿整个评价区。

① 雅砻江右岸（水平样线）：起于雅江县城附近（30.032452°N，101.012811°E，海拔 2597m），沿雅砻江右岸新雅公路往南，至评价区南端的八衣绒乡大河村委会附近结束（29.588472°N，101.107313°E，海拔 2431m），全长约 62.76km，调查生境包括森林、灌丛、湿地、农田、城镇。

② 雅砻江右岸（水平样线）：起于日衣村日岗北部附近（29.525869°N，101.124247°E，海拔 2498m），沿雅砻江右岸新雅公路调查，止于木灰村附近的牙根二级水电站施工区枢纽区南侧（29.464497°N，101.154616°E，海拔 2493m），全长约 7.97km，调查生境包括森林、灌丛、湿地、农田、城镇。

③雅砻江左岸（水平样线）：起于下渡村北侧（29.969827°N，101.019425°E，海拔 2569m），沿雅砻江左岸道路止于麻子石村附近（29.917752°N，101.064708°E，海拔 2585m），全长约 8.21km，调查生境包括森林、灌丛、湿地、农田、城镇。

④雅砻江左岸（水平样线）：起于八衣绒乡鲁日村附近桥梁（29.588097°N，101.107480°E，海拔 2431m），穿过牙根二级水电站施工区，止于评价区南段的牙根二级坝址区（29.422338°N，101.146975°E，海拔 2507m），全长约 27.79km，调查生境包括森林、灌丛、湿地、农田、城镇。

2)垂直样线

①下渡村（垂直样线）：起于河口镇下渡村北侧山脚（29.992469°N，101.014805°E，海拔 2561m），沿山坡上山至山脊（29.988211°N，100.986641°E，海拔 3148m），全长约 2.95km，调查生境包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇。

②程章村（垂直样线）：起于程章村南侧附近（29.877822°N，101.079538°E，海拔 2747m），沿山脊线至评价区边界（29.897527°N，101.089105°E，海拔 2757m），全长约 4.14km，调查生境包括森林、灌丛、湿地。

③陇东村（垂直样线）：起于陇东村北侧山脚（29.811247°N，101.094930°E，海拔 2522m），沿山谷至评价区边界（29.814964°，101.113822°E，海拔 2846m），全长约 2.35km，调查生境包括森林、灌丛、草地、农田。

④麻郎措镇（垂直样线）：起于麻郎措镇山脚（29.766419°N，101.092216°E，海拔 2528m），沿小道至山脊（29.786692°N，101.104727°E，海拔 3708m），全长约 4.07km，调查生境包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇。

⑤日衣施工场地（垂直样线）：起于日衣施工场地（29.520702°N，101.153236°E，海拔 2472m），沿山坡往山顶调查，止于山顶（29.514383°N，101.108191°E，海拔 2897m），全长约 2.22km，调查生境包括森林、灌丛、农田、城镇。

⑥日岗施工场地（垂直样线）：起于日岗施工场地（29.491538°N，101.141608°E，海拔 2434m），沿山坡往山顶调查，止于山顶（29.462072°N，101.106330°E，海拔 3805m），全长约 4.89km，调查生境包括森林、灌丛、草地、湿地。

⑦木灰沟施工场地（垂直样线）：起于木灰沟施工场地（29.481977°N，101.169041°E，海拔 2828m），沿山坡往山顶调查，止于评价区边界（29.476527°N，101.197741°E，海拔 3740m），全长约 3.10km，调查生境包括森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇。

⑧娃咀拉最施工场地（垂直样线）：起于娃咀拉最施工场地（29.449877°N，101.155227°E，海拔 2509m），沿山坡往山顶调查，止于山顶（29.445202°N，101.180708°E，海拔 3885m），全长约 2.52km，调查生境包括森林、灌丛、湿地。

⑨唐俄村（垂直样线）：起于唐俄村山脚（29.416019°N，101.131194°E，海拔 2764m），沿山间道路至朗乔（29.764836°N，101.086497°E，海拔 3624m），全长约 7.23km，调查生境包括森林、灌丛、农田。

⑩力丘河（垂直样线）：起于力丘河河口（29.753038°N，101.094655°E，海拔 2530m），沿力丘河调查（29.414858°N，101.151780°E，海拔 2743m），全长约 9.12km，调查生境包括灌丛、湿地。

本次调查总体可细分为森林生境样线 13 条，灌丛生境 14 条，草地生境 5 条，湿地生境 10 条，农田生境 10 条，城镇生境 8 条。

穿越各类生境的样线统计

表 4.8-2

生境类型	穿越此类生境的样线	样线数量（条）
森林	水平样线：1、2、3、4 垂直样线：1、2、3、4、5、6、7、8、9	13
灌丛	水平样线：1、2、3、4 垂直样线：1、2、3、4、5、6、7、8、9、10	14
草地	垂直样线：1、3、4、6、7	5

生境类型	穿越此类生境的样线	样线数量（条）
湿地	水平样线：1、2、3、4 垂直样线：1、2、4、6、7、10	10
农田	水平样线：1、2、3、4 垂直样线：1、3、4、5、7、9	10
城镇	水平样线：1、2、3、4 垂直样线：1、4、5、7	8



图 4.8-4　样线调查现场照片

(3)红外相机设置情况

本次调查在沿线不同植被区域、动物经常行走的小道以及在野生动物水源地附近共布置红外相机 16 台，序号 1-12 红外相机的监测时间为 2022 年 10 月 13 日至 2023 年 5 月 23 日，序号 13-16 红外相机的监测时间为 2023 年 5 月 20 日至 2024 年 3 月 6 日，采集到照片和视频 1852 份，可辩别照片和视频 575 份，共记录到鸟类 4 目 8 科 16 种，分别为血雉、白马鸡、白腹锦鸡、高原山鹑、黄喉雉鹑、山斑鸠、灰头绿啄木鸟、大躁鹛、橙翅噪鹛、斑胸钩嘴鹛、棕颈钩嘴鹛、红胁蓝尾鸲、白额燕尾、北红尾鸲、红嘴蓝鹊、林鹏；记录到兽类 4 目 11 科 18 种，分别为猕猴、赤狐、狼、黄喉貂、黄鼬、花面狸、豹、豹猫、野猪、毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚、中华斑羚、岩松鼠、隐纹花鼠、赤腹松鼠、褐家鼠、马来豪猪。

红外相机安装点位一览表

表 4.8-3

序号	纬度	经度	海拔（m）	覆盖生境	群系	记录到的物种
1	29.435613	101.151058	2420	森林、灌丛	川滇高山栎林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	白腹锦鸡、斑胸钩嘴鹛、棕颈钩嘴鹛、红嘴蓝鹊、林鹛、猕猴、豹猫、中华鬣羚、马来豪猪、岩松鼠
2	29.429430	101.148564	2469	森林、灌丛	川滇高山栎林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	猕猴、中华斑羚、中华鬣羚、赤腹松鼠
3	29.450001	101.156869	2470	森林、湿地	白桦林	白额燕尾、北红尾鸲、红嘴蓝鹊、豹猫、黄喉貂、岩松鼠、中华斑羚、花面狸
4	29.439507	101.155050	2486	森林、灌丛	毛脉高山栎林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	白腹锦鸡、赤腹松鼠、黄喉貂、毛冠鹿、中华鬣羚
5	29.517938	101.122767	2549	森林、灌丛	川滇高山栎林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	橙翅噪鹛、毛冠鹿、猕猴、水鹿、中华鬣羚、马来豪猪
6	29.560228	101.126702	2589	森林	川滇高山栎灌丛	白马鸡、黄喉貂、毛冠鹿、猕猴、岩松鼠、褐家鼠
7	29.566345	101.133584	2665	森林、灌丛	川滇高山栎林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	豹猫、猕猴、中华鬣羚
8	29.663131	101.108443	2729	森林	毛脉高山栎林	白马鸡、山斑鸠、大躁鹛、黄喉貂、毛冠鹿、猕猴、褐家鼠、中华鬣羚、马来豪猪、岩松鼠、褐家鼠
9	29.765769	101.104953	2761	森林、灌丛	侧柏林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	猕猴
10	29.926176	101.017606	2901	森林、湿地	高山松林	灰头绿啄木鸟、红胁蓝尾鸲、黄鼬、黄喉貂、中华鬣羚、马来豪猪、岩松鼠
11	29.875785	101.051938	2932	森林	高山松林	血雉、野猪、毛冠鹿、中华鬣羚、岩松鼠
12	29.709809	101.065728	3256	灌丛	川滇高山栎灌丛	白腹锦鸡、白马鸡、高原山鹑、血雉、野猪、中华鬣羚、毛冠鹿
13	29.824348	101.110427	3345	森林	白桦林	黄喉雉鹑、猕猴、黄喉貂、毛冠鹿、中华鬣羚、褐家鼠
14	29.923557	101.184586	3877	森林、湿地	高山松林	白马鸡、黄喉貂、豹猫、狼、毛冠鹿、隐纹花鼠
15	29.469080	101.218285	4441	湿地	-	豹猫、赤狐、黄喉貂、血雉
16	29.468179	101.217376	4501	灌丛、湿地	密枝杜鹃灌丛	豹

4.8.4 土地利用现状

参照《水电工程生态制图标准》（NB/T10226-2019），牙根二级水电站评价区土地利用类型以旱地、有林地、灌木林地、天然牧草地、城镇住宅用地、农村宅基地、公路用地、河流水面等为主，评价范围内有林地和灌木林地面积相对较大，分别为 162.80km^2 和 253.01km^2，占评价范围总面积的 36.43%和 56.62%，其它土地利用类型相对较小。

评价区土地利用类型一览表

表 4.8-4

一级分类	二级分类	面积（km^2）	占比（%）
耕地	旱地	9.12	2.04
园地	果园/其他园地	4.04	0.90
林地	有林地	162.80	36.43
	灌木林地	253.01	56.62
草地	天然牧草地	8.02	1.79
住宅用地	城镇住宅用地	0.44	0.10
	农村宅基地	1.02	0.23
交通运输用地	公路用地	0.99	0.22
水域及水利设施用地	河流水面	7.43	1.66
合计		446.87	100

注明：数据来源于雅江县林地一张图

4.8.5 植被

4.8.5.1 分布特点

牙根二级水电站地处雅江县，按照“四川省植被分区”的区划系统，在植被区划上属于“II川西高山山原峡谷针叶林地带——IIB 川西山原针叶林、灌丛、草甸亚带——IIB1 川西山原植被地区——IIB1（2）大雪山西坡南段植被小区”。根据该区域的生态背景情况，具有以下植被特点与分布规律：

(1)基带植被为干旱河谷灌丛

牙根二级水电站位于雅砻江中游，属于干旱河谷地区，该区域属于干旱半干旱气候类型，由于地处青藏高原东南缘，具有盆地向高原过渡的独特地理和气候环境，河谷植被以羊蹄甲、白刺花、蔷薇、木蓝、蒿类、高山栎、须芒草、香茅、黄茅等为主，构成干旱河谷灌丛植被。评价区干旱河谷植被群落结构简单，多为灌木草本植物，极少乔木，植被朝着耐旱的荒漠化方向发展，即植株趋于稀疏、矮化、盖度低、叶小而窄、毛被发达、茎秆多具刺、分枝低矮丛状、外貌灰绿色，部分植物有吸湿反应的特征。植被生活型谱与灌木型温带荒漠植被相似，由旱生、超旱生、中温、叶退化或特化的落叶灌木及灌木组成稀疏植被，整体外貌呈现灰绿色。

干旱河谷灌丛是以中生性耐旱植物为主的适应河谷气候的特殊灌丛植被，组成的种类多具适应旱生的形态特征：①多刺：如白刺花（*Sophora davidii*）、扁核木（*Prinsepia utilis*）与多种蔷薇（*Rosa* spp.）等；②多毛：如毛蕊花（*Verbascum thapsus*）、蒿属（*Artemisia*）植物等；③小叶型：如川甘亚菊（*Ajania potaninii*）、小叶细蚂蟥（*Leptodesmia microphylla*）

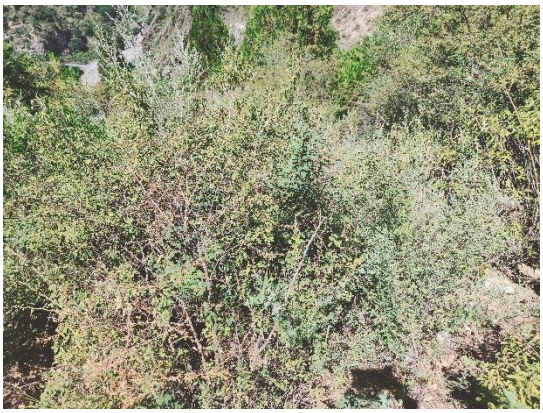
等；④具挥发香味：莸属（*Caryopteris*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、香茶菜（*Isodon*）等；⑤肉质型：景天属（*Sedum*）等；⑥具“假死现象”：如卷柏类（*Selaginella*）植物等。干旱河谷灌丛其植被组成成分主要属于热带、亚热带性质，这与所处地理位置及特异的谷地气候都有密切关系。




多刺




多毛




小叶型




具挥发香味




肉质型




假死现象

图 4.8-5　评价区干旱河谷灌丛旱生特征

(2)垂直带谱

调查区域海拔范围在 2367~4785m 之间，植被呈现明显的垂直带谱，从低海拔至高海拔依次为干旱河谷灌丛(基带)、侧柏林、川滇高山栎林、高山松林或以川滇高山栎、矮高山栎为主的栎类灌丛、冷云杉林、以小型杜鹃为主的高山灌丛。

评价区植被分布格局情况表

表 4.8-5

序号	植被类型名称	分布范围(m)	建群种(优势种)
1	栽培植被	2367～2700	玉米、土豆、蔬菜、果树
2	鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	2367～2800	鞍叶羊蹄甲、白刺花、蔷薇、蒿
3	桦木、槭等为主的落叶阔叶林	2367～2600	白桦、色木槭
	侧柏林、高山柏林	2367～3000	侧柏、高山柏
4	栎类灌丛	2700～3000	矮高山栎、川滇高山栎
5	高山栎林	2800～3800	川滇高山栎、毛脉高山栎
6	高山松林	2800～3800	高山松
7	冷、云杉林	3500～4300	鳞皮冷杉林、川西云杉林
8	禾草类草甸	3000-3900	糙野青茅、野古草
9	以小型杜鹃为主的高山灌丛	3800 以上	杜鹃



图 4.8-6　评价区植被垂直分布情况

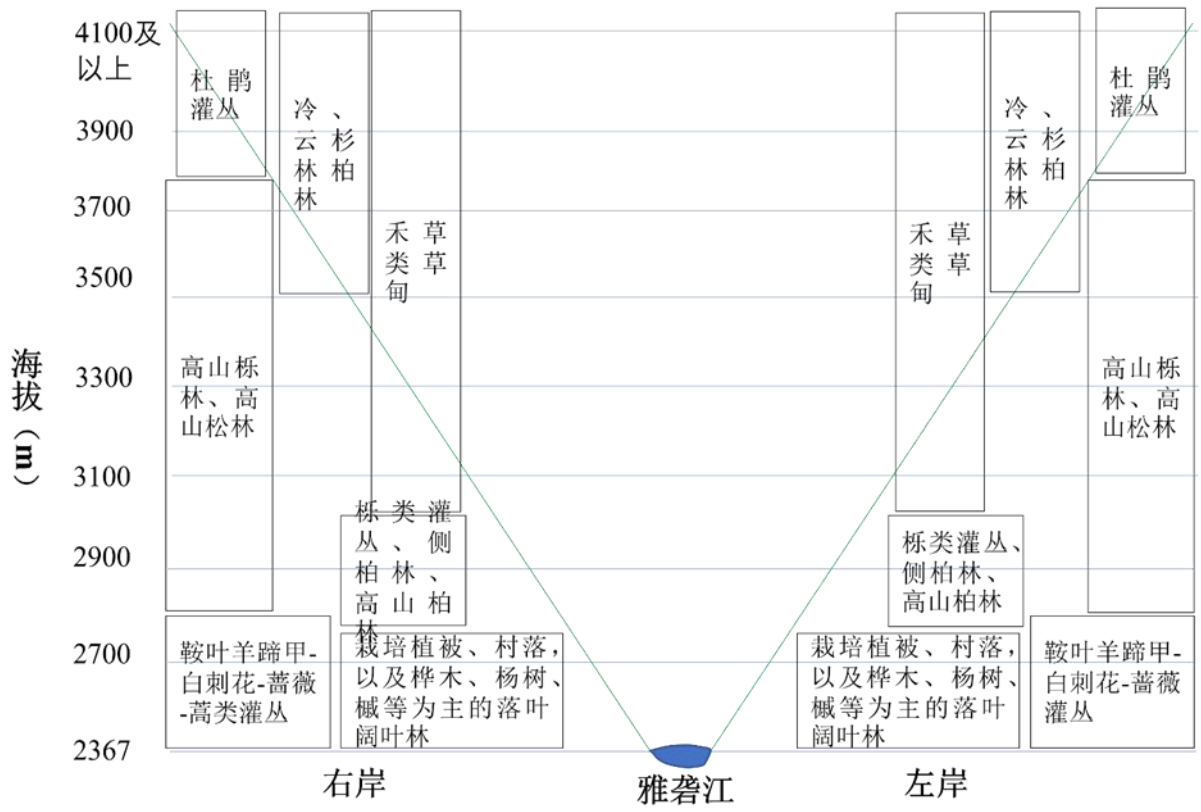


图 4.8-7　牙根二级水电站调查区域植被垂直分布剖面图

(3)水平分布规律

评价区经度和纬度跨越幅度均较小，区内水热条件受海拔垂直梯度影响较大，故评价区植被水平地带性分布特征相对不显著，同一水平梯度上植被型组如针叶林、阔叶林、灌丛等类型由垂直梯度上的水热条件决定，而具体的植被群系类型与自然演化和人为活动均有关系。如沿雅砻江河谷底部的水平梯度上以河谷灌丛、杂类草丛为主，这一梯度上的具体群落是槭树林、白刺花灌丛、羊蹄甲灌丛、蔷薇灌丛等，这些群系与植物群落的自然演替和人为干扰活动等有关系。

(4)植被演替特征

调查区域属于川西亚高山地区，天然植被的顶级植物群落为典型的亚高山常绿针叶林，它们是该区域气候、土壤等生态条件下自然演替的顶级，是该区域山地垂直带谱上的“地带性”、“代表性”植被类型。但由于青藏高原的隆起、抬升、演化，剧烈的构造运动伴随着一系列的断裂发生，形成了深切河流及南北走向的横断山，加之南亚-东亚季风受横断山山脉影响，在背风面的峡谷中形成“焚风”效应，导致河谷气候呈变干变暖趋势，从而使原来的亚高山常绿针叶林被能够耐受干旱和燥热干暖河谷的小叶、多毛、有刺的灌丛植被所代替，成为了调查区域山地生态系统底部河谷地段的“隐域性”植被类型。

随着青藏高原继续抬升，这一区域干旱可能进一步加剧，干旱河谷区小叶、多毛、有刺的灌丛植被类型不会发生变化，且将维持较高水平的分布格局。

4.8.5.2 植被覆盖度

通过植被覆盖度计算，调查区域植被覆盖整体较好，主要为森林和灌丛。高覆盖度占比最高，约 64.39%；其次为较高覆盖度，占比为 20.21%，低覆盖度、较低覆盖度、中覆盖度占比均不超过 10%。根据植被覆盖度空间分布图，低覆盖度、较低覆盖度和中覆盖度集中在河谷底部和村寨附近，人工干扰较为严重，对比植被类型图，该区域多以灌草丛为主，植被类型组成较为单一。高覆盖度、较高覆盖度主要位于河谷两岸山坡上部，该区域植被生长良好，常见有针叶林、阔叶林、灌丛，植被覆盖度较高，占整个评价范围面积较大。

评价区植被覆盖度

表 4.8-6

植被覆盖度（FVC）	植被覆盖度等级	面积（km^2）	比例（%）
FVC≤0.1	低覆盖度	33.16	7.42
0.1＜FVC≤0.25	较低覆盖度	6.01	1.34
0.25＜FVC≤0.5	中覆盖度	29.67	6.64
0.5＜FVC≤0.75	较高覆盖度	90.30	20.21
FVC＞0.75	高覆盖度	287.73	64.39
合计		446.87	100

4.8.5.3 植被类型

评价区域的自然植被可分为 4 个植被型组，8 个植被型，8 个植被亚型和 13 个群系，以及农业植被。具体植被分类见下表。

报告植被分类列出的植被类型最小单位为群系，列出的为评价范围主要的群系类型，部分类型面积较小，且属于过渡类型，不予单独列为一类群系，在分类及植被图制作中直接合并到临近面积较大且较为稳定的群系中。植被图的绘制主要采用 ENVI 软件对评价范围植被进行遥感解译，解译的样本来源于野外地面调查、无人机遥感调查数据及林地一张图的数据。获取评价范围植被图数据后，采用 ArcGIS 面积计算工具，统计各植被类型（群系单位）面积

植物群落调查结果统计表

表 4.8-7

植被型组	植被型	植被亚型	群系	分布区域	工程占用情况		
					总面积（hm^2）	占用面积（hm^2）	占用比例（%）
针叶林	寒温性针叶林	寒温性常绿针叶林	鳞皮冷杉林	在评价区斑块状分布，多分布在高海拔地段	2591.80	0	0
			川西云杉林				
	温性针叶林	温性常绿针叶林	高山松林	在评价区斑块状分布，多分布在阳坡或半阳坡	12798.94	410.92	3.21
			高山柏林				
			侧柏林				
阔叶林	落叶阔叶林	山地杨桦林	白桦林	零星小块分布	423.75	0.03	0.01
	硬叶常绿阔叶林	山地硬叶栎类林	川滇高山栎林	与高山松林镶嵌分布，分布地多在山腰，近山顶的凹陷部分或漕沟地带	465.98	83.43	17.90
			毛脉高山栎林				
灌丛和灌草丛	常绿革叶灌丛	常绿革叶灌丛	密枝杜鹃灌丛	多分布在评价区 4000m 以上的高海拔地段	1078.47	15.06	1.40
	常绿阔叶灌丛	硬叶栎类灌丛	矮高山栎灌丛	主要分布在阳坡或半阳坡，上接高山松林或川滇高山栎林	19381.64	276.34	1.43
			川滇高山栎灌丛				
	落叶阔叶灌丛	暖性落叶阔叶灌丛	鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	主要沿河岸两侧山坡的下部分布，上接栎类灌丛	4841.19	468.28	9.67
草甸	草甸	典型草甸	糙野青茅-野古草草甸	多分布在评价区 4000m 以上，少量在低海拔林缘，属林间草场	801.77	177.05	22.08
农业植被	经济作物：花椒、核桃、苹果、葡萄等 农作物：玉米、青稞、土豆、蔬菜等			沿河岸两侧村庄分布	1315.83	182.45	13.87

(1)鳞皮冷杉林（From. *Abies squamata*）

鳞皮冷杉林多分布在 2900-4400m 的山地槽沟中，呈团块状零星分布。群落外貌暗绿色，林冠整齐，层次明显。郁闭度 0.4-0.8，树高 20-30m，胸径 30-70cm，乔木层以鳞皮冷杉为主，混生有高山松（*Pinus densata*）、川西云杉（*Picea likiangensis* var. *balfouriana*）、黄果冷杉（*Abies ernestii*）等。灌丛较稀疏，盖度 20-40%，多以杜鹃（*Rhododendron*）、忍冬（*Lonicera*）、绣线菊（*Spiraea*）、花楸（*Sorbus*）等属植物为主，在稍干生境下，又以枸子（*Cotoneaster*）、蔷薇（*Rosa*）、金露梅（*Dasiphora*）、锦鸡儿（*Caragana*）、小檗（*Berberis*）等属植物为主。草本层植物盖度 20-50%，草本植物种类生境不同也有差异，偏干生境，以喜阳禾草如早熟禾（*Poa*）、羊茅（*Festuca*）、茭茭草（*Achnatherum chingii*）、画眉草（*Eragrostis*）等种为主，在偏湿生境，种类较多，常见的有糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、黄芪（*Astragalus*）、珠芽蓼（*Bistorta vivipara*）、薹草（*Carex*）、蟹甲草（*Parasenecio*）、唐松草（*Thalictrum*）、东方草莓（*Fragaria orientalis*）、虎耳草（*Saxifraga*）等种。



图 4.8-8　鳞皮冷杉林

(2)川西云杉林（From. *Picea likiangensis* var. *rubescens*）

川西云杉林主要分布在海拔相对较高的区域，常呈现片状分布，多分布在阴坡或半阴坡，土壤多为板岩、绢云母岩、石灰岩等坡积物发育而成的山地棕壤和山地棕褐土。群落外貌呈现深绿色，林冠整齐，郁闭度 0.6-0.8，高 20-30m，胸径 30-50cm，最大达 100cm。场混生有鳞皮冷杉、黄果冷杉、云杉、长苞冷杉、高山松、以及阔叶树种白桦、糙皮桦、川滇高山栎、山杨等。

灌木层一般较发育。高 0.5-2.5m，优势种随海拔高度而异。海拔较低、环境湿润、林冠郁闭度大的地段以杜鹃、忍冬、柳等为主。其它常见种有蔷薇（*Rosa* spp.）、窄叶鲜卑花（*Sibiraea angustata*）、金露梅（*Potentilla fruticosa*）、绣线菊、锦鸡儿、栒子等。

草本层发育情况视林冠郁闭程度而异。一般发育中等，盖度 10-30%，高度约 10-40cm，种类较多，常见的主要有：珠芽蓼（*Polygonum viviparum*）、披针叶薹草（*Carex lanceolata*）、星叶草（*Circaeaster agrestis*）、高山露珠草（*Cicaea alpina*）以及较多的蕨类如鳞毛蕨（*Dryopteris sublacera*）、扇叶铁线蕨（*A. flabellulatum*）、高山冷蕨（*Cystopteris montana*）。在与亚高山草甸镶嵌的地段常以嵩草草甸为主，常见的有四川嵩草（*Kobresia setchwanensis*）、羊茅（*Festuca ovina*）、早熟禾（*Poa spp.*）等。



图 4.8-9　川西云杉林

(3)高山松林（From. *Pinus densata*）

高山松主要分布在海拔相对较高的区域，常呈现片状分布，多分布在阳坡或半阳坡，土壤多为山地棕壤和山地棕褐土，多以单一树种组成纯林，群落外貌呈现葱绿色，层次明显，结构简单，郁闭度 0.4-0.7，林内明亮，树干挺直。高山松株高在 15-25m 之间，最高大于 30m，胸径 20-35cm，乔木层仅高山松一种，偶尔有少量其他树种渗入，伴生树种与生态环境有密切关系，在干燥向阳的地区，主要为川滇高山栎（*Quercus aquifolioides*）。

灌木层：盖度在 20-50%之间，株高 0.5-2m，灌木层的物种组成因坡向、坡度以及局部环境变换而有差异，在向阳干燥的地方灌木树种主要以川滇高山栎（*Quercus aquifolioides*）、矮高山栎（*Quercus monimotricha*）为主，伴生有少量锦鸡儿（*Caragana* spp.）等，在海拔较高的区域除川滇高山栎以外，还有各种杜鹃（*Rhododendron* spp.）、金露梅（*Potentilla fruticosa*）等，在较为干燥的区域主要是栒子（*Cotoneaster* spp.）、蔷薇（*Rosa* spp.）、小檗（*Berberis* spp.）等物种。

草本层：盖度一般在 20%以下，高度约 10-20cm，种类较多，常见的主要有：细柄草（*Capillipedium parviflorum*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、须芒草（*Andropogon yunnanensis*）、荩草（*Arthraxon hispidus*）、四川嵩草（*Kobresia setchwanensis*）、繁缕（*Stellaria media*）、蒺藜（*Tribulus terrester*）、银莲花（*Anemone cathayensis*）、委陵菜（*Potentilla chinensis*）、马鞭草（*Verbena officinalis*）、筋骨草（*Ajuga ciliata*）、水棘针（*Amethystea caerulea*）、密花香薷（*Elsholtzia densa*）、佩兰（*Eupatorium fortunei*）、牛膝菊（*Galinsoga parviflora*）等。



图 4.8-10　高山松林

(4)高山柏林（From. *Pinus densata*）

高山柏林群落外貌深绿色，林冠不整齐，郁闭度 0.3-0.5。高山柏高 3-8m，最高可

达 10m，胸径 15-25cm，多为小块状疏林，多为纯林，或混生高山松（*Pinus densata*）、高山栎（*Quercus*）等。灌木常见种类有：毛笕子梢(*Campylotropis hirtella*)、小叶细蚂蝗(*Leptodesmia microphylla*)、峨眉蔷薇（*Rosa omeiensis*）、钝叶栒子(*Cotoneaster hebephyllus*)、冻绿(*Rhamnus utilis*)、四川丁香（*Syringa sweginzowii*)、矮探春（*Jasminum humile*）等。草本植物多见秦岭槲蕨（*Drynaria baronii*)、火绒草（*Leontopodium*)、薹草(*Carex*)等。在接近干旱河谷的地段，有白刺花(*Sophora davidii*)、鞍叶羊蹄甲(*Bauhinia brachycarpa*)、蒿类（*Artemisia*）、木蓝（*Indigofera*）等。因林下多石块，草本植物稀少。



图 4.8-11　高山柏林

(5)侧柏林（From. *Platycladus orientalis*）

侧柏林群落外貌深绿色，林冠不整齐，郁闭度 0.3-0.6，高 7-15m，胸径 10-30cm，多为小块状疏林，林中有少量高松林、高山栎等。灌木常见的种类有笕子梢、蔷薇、栒子、羊蹄甲、白刺花、木蓝等。草本植物多见火绒草、蒿类、大丁草、银莲花（*Anemone cathayensis*）、委陵菜（*Potentilla chinensis*）、马鞭草（*Verbena officinalis*）、筋骨草（*Ajuga ciliata*）等。



图 4.8-12　侧柏林

(6)白桦林（From. *Betula platyphylla & Populus davidiana*）

白桦林在评价区的分布范围较窄，于高山松林、高山栎林等林地镶嵌分布。群落外貌绿色或黄绿色，林冠参差不齐，郁闭度 0.3-0.6，结构简单，一般只有乔木、灌木、草本三层。乔木层混生有色木槭、小叶杨（*Populus simonii*）、鸡桑（*Morus australis*）等物种。灌木层盖度在 40-60%，高 1.5-2m，主要有皱叶醉鱼草（*Buddleja crispa*）、大叶醉鱼草（*Buddleja davidii*）、细枝绣线菊（*Spiraea myrtilloides*）、鞍叶羊蹄甲（*Bauhinia brachycarpa*）、毛杭子梢（*Campylotropis hirtella*）等物种。草本层植物多生于透光处，盖度 10-20%，主要种类有槲蕨（*Drynaria roosii*）、银粉背蕨（*Aleuritopteris argentea*）、细柄草（*Capillipedium parviflorum*）、矛叶荩草（*Arthraxon lanceolatus*）、垂穗鹅观草（*Roegneria nutans*）、双花堇菜（*Viola biflora*）等。



图 4.8-13　白桦林

(7)川滇高山栎林（From.*Quercus aquifolioides*）

群落外貌黄绿色，呈波浪起伏，群落结构和种类成分简单，郁闭度 0.4-0.8，川滇高山栎高 15-25m，最高达到 30m，胸径 40-60cm，郁闭度较大的区域几乎无其他树种渗入，郁闭度较小的区域有桦木（*Betula*）、杨树（*Populus*）等树种出现。灌木随乔木层林冠郁闭度的大小而变化，郁闭度大，灌木稀少，生长不良，常不构成盖度，郁闭度小的灌木层盖度较大，常见的灌木植物有高山绣线菊（*Spiraea alpina*）、忍冬（*Lonicera* spp.）、蔷薇（*Rosa* spp.）、小檗（*Berberis* spp.）、杜鹃（*Rhododendron* spp.）等植物。林内阴湿，枯枝落叶层分解不良，盖度达到 90%以上，厚度约 3-8cm，这些条件对于草本植物的生长和发育都极不利，因而林下草本植物稀少，盖度仅在 5%左右，生活力也不强。常见的主要有：掌裂蟹甲草（*Parasenecio palmatisectus*）、川西小黄菊（*Pyrethrum tatsienense*）、林荫千里光（*Senecio nemorensis*）、细柄草（*Capillipedium parviflorum*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、须芒草（*Andropogon*

yunnanensis）、川西蒲公英（*Taraxacum chionophilum*）、垂穗披碱草（*Elymus nutans*）、老芒麦（*Elymus sibiricus*）、羊茅（*Festuca ovina*）、川西黄鹌菜（*Youngia prattii*）、葎草（*Humulus scandens*）、荨麻（*Urtica fissa*）、尼泊尔酸模（*Rumex nepalensis*）等。

部分地段川滇高山栎以灌丛形态出现。



图 4.8-14　川滇高山栎林

(8)毛脉高山栎林（From. *Quercus rehderiana*）

毛脉高山栎林多生于川滇高山栎上部，郁闭度 0.4-0.7，高 8-18m，最高达到 25m，胸径 12-40cm，郁闭度较大的区域几乎无其他树种渗入，郁闭度较小的区域有桦木（*Betula*）、杨树（*Populus*）等树种出现。

灌木层：灌木随乔木层林冠郁闭度的大小而变化，郁闭度大，灌木稀少，生长不良，常不构成盖度，郁闭度小的灌木层盖度较大，常见的灌木植物有高山绣线菊（*Spiraea alpina*）、忍冬（*Lonicera* spp）、蔷薇（*Rosa* spp）、小檗（*Berberis* spp）、杜鹃（*Rhododendron* spp）等植物。

草本层：林内阴湿，枯枝落叶层分解不良，盖度达到 90%以上，厚度约 3-8cm，这些条件对于草本植物的生长和发育都极不利。因而林下草本植物稀少，盖度仅在 5%左右，生活力也不强。常见的主要有：掌裂蟹甲草（*Parasenecio palmatisectus*）、川西小黄菊（*Pyrethrum tatsienense*）、细柄草（*Capillipedium parviflorum*）、芸香草（*Cymbopogon distans*）、糙野青茅（*Deyeuxia scabrescens*）、川西蒲公英（*Taraxacum chionophilum*）、垂穗披碱草（*Elymus nutans*）、老芒麦（*Elymus sibiricus*）、羊茅（*Festuca ovina*）、川西黄鹌菜（*Youngia prattii*）、葎草（*Humulus scandens*）等。



图 4.8-15　毛脉高山栎林

(9)密枝杜鹃灌丛（From. *Rhododendron fastigiatum*）

密枝杜鹃灌丛主要分布在高海拔地段的阴坡、半阴坡或者宽谷阶地的湿润处。群落外貌结构绿褐色、丛冠整齐，结构简单。高 40-60cm，临近森林处，丛高可达 1m 左右。多为单优势中群落，生长密集，盖度 50%以上，一些地段可达 90%。除了密枝杜鹃外，杜鹃的种类还常见亮叶杜鹃（*Rhododendron vernicosum*）、云南杜鹃（*Rhododendron yunnanense*）等，常见的灌木有高山绣线菊（Spiraea alpina）、小叶栒子（*Cotoneaster microphyllus*）、金露梅（*Potentilla fruticosa*）、小檗（*Berberis* spp）等。草本植物因灌木层盖度不同而有差异。灌木盖度大，草本植物种类少，生长稀疏，总盖度 20%以下。但因灌丛下水分条件较好，土壤疏松，植株一般较高，为 30-50cm，以禾本科植物占主要优势，常见的有珠芽蓼（*Polygonum viviparum*）、早熟禾（*Poa spp.*）、羊茅（*Festuca ovina*）等。灌丛空旷处为四川嵩草（*Kobresia setchwanensis*）、高山嵩草（*K. pygmaea*）、委陵菜（*Potentilla*）等。

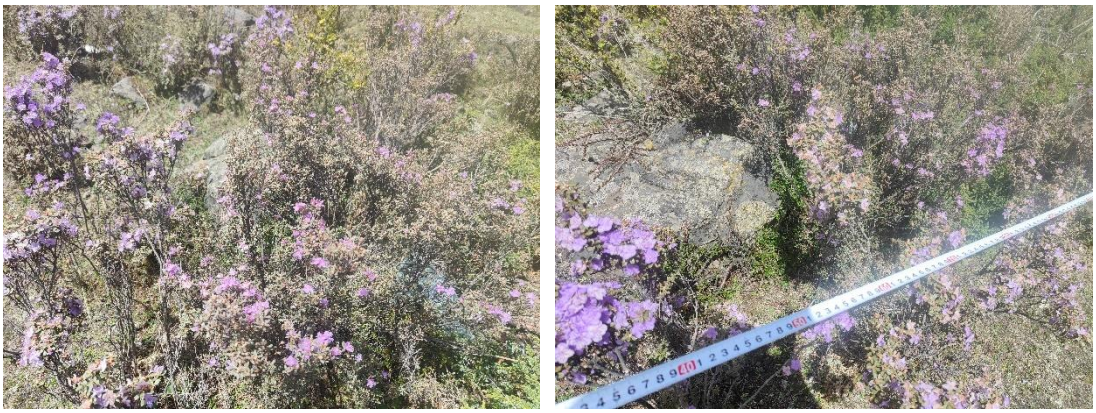


图 4.8-16　密枝杜鹃灌丛

(10)矮高山栎灌丛（From. *Quercus monimotricha*）

矮高山栎灌丛主要分布在阳坡或半阳坡，灌丛生长密集，丛冠平整，盖度 80-100%，

灌木层常伴生有忍冬（*Lonicera* spp）、蔷薇（*Rosa* spp）、小檗（*Berberis* spp）等，海拔较低靠河谷地段还伴生有鞍叶羊蹄甲（Bauhinia brachycarpa）、醉鱼草（*Buddleja* spp.）等。草本层盖度在 40%左右，主要有羊茅（*Festuca ovina*）、委陵菜（*Potentilla chinensis*）、翻白草（*Potentilla discolor*）、草玉梅（*Anemone rivularis*）、野棉花（*Anemone vitifolia*）、尼泊尔老鹳草（*Geranium nepalense*）、珠芽蓼（*Polygonum viviparum*）等。



图 4.8-17　矮高山栎灌丛

(11)鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛（From. *Bauhinia brachycarpa & Sophora davidii & Rosa* spp. & *Artemisia* spp.）

该植被属于评价区的基带植被，不同地段群落种类组成有所差异，在阳坡，以白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类为优势种，各类植物的叶片较湿润地区的叶片小；在较湿润地区，该灌丛以羊蹄甲、蔷薇为优势种，白刺花出现概率减少，随着海拔提升，鞍叶羊蹄甲的比例也逐渐减少，灌木另有木帚栒子（*Cotoneaster dielsianus*）、西南筅子梢（*Campylotropis delavayi*）、毛筅子梢（*Campylotropis hirtella*）、平枝栒子（*Cotoneaster horizontalis*）、川西锦鸡儿（*Caragana erinacea*）、云南锦鸡儿（*Caragan franchetiana*）、水栒子（*Cotoneaster multiflorus*）、香茶（*Caryopteris odorata*）、黄荆（*Vitex negundo*）等。草本主要有须芒草（*Andropogon yunnanensis*）、看麦娘（*Alopecurus aequalis*）、披碱草（*Elymu dahuricus*）、老芒麦（*Elymus sibiricus*）、乱子草（*Muhlenbergia hugelii*）、落芒草（*Oryzopsis munroi*）、白草（*Pennisetum centrasiaticum*）、小柴胡（*Bupleurum tenue*）、独活（*Heracleum hemsleyanum*）、羊茅（*Festuca ovina*）、独行菜（*Lepidium apetalum*）、荩草（*Arthraxon hispidus*）等。




图 4.8-18　鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇灌丛

(12)糙野青茅-野古草草甸（From. *Deyeuxia scabrescens* & *Arundinella hirta*）

糙野青茅-野古草草甸主要分布在海拔 3000-3900m 地段，零星小块分布，属林间草场。盖度 50-70%，高 70-120cm，分两个草层，糙野青茅（***Deyeuxia scabrescens***）、会理野青茅（*Deyeuxia mazzettii*）、野古草（*Arundinella hirta*）为第 1 层；其余为第 2 层，主要有四川嵩草（*Carex setschwanensis*）、匙叶翼首花（*Bassecoia hookeri*）、香青（*Anaphalis*）、火绒草（*Leontopodium*）、紫菀（*Aster*）、委陵菜（*Potentilla*）、龙胆（*Gentiana*）、狼毒（*Stellera chamaejasme*）、连翘叶黄芩（*Scutellaria hypericifolia*）等。




图 4.8-19　糙野青茅-野古草草甸

(13)农业植被

农业植被在评价区主要分布在河谷地区，是评价区植被类型的重要组成部分。常见的一年一熟的农作物有青稞、小麦、玉米、洋芋、各种蔬菜等，常见的经济果木有葡萄、核桃、花椒、桃、苹果等。因季节的变化，种植的作物有差异。

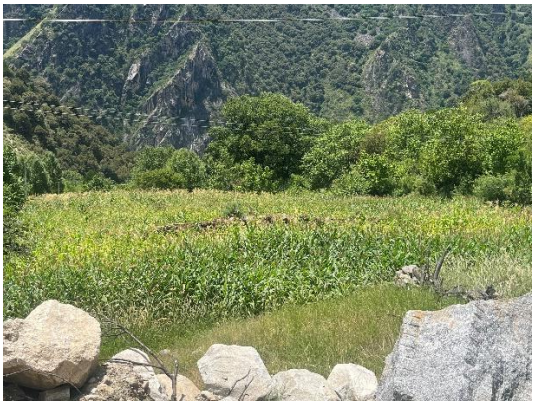



图 4.8-20　农业植被

4.8.6 陆生植物

4.8.6.1 植物多样性

(1)植物物种

根据现场调查和资料收集，评价区共有维管束植物 82 科 254 属 480 种。其中蕨类植物 12 科 16 属 25 种，裸子植物 2 科 8 属 13 种，被子植物物种数最多，共有 68 科 230 属 442 种。

根据现场调查，评价区植物种类以被子植物为主，分布面积也较大，主要为高山栎类；蕨类植物种类组成较简单；裸子植物种类较少，以高山松较为常见。

评价区域维管植物科属种统计表

表 4.8-8

门类		科数	所占比例(%)	属数	所占比例(%)	种数	所占比例(%)
蕨类植物		12	14.63	16	6.30	25	5.21
种子植物	裸子植物	2	2.44	8	3.15	13	2.71
	被子植物	68	82.93	230	90.55	442	92.08
合计		82	100	254	100	480	100

从科来分析，评价区 5 个科含 20 种以上为菊科（Asteraceae，27 属 56 种）、禾本科（Poaceae，30 属 48 种）、蔷薇科（Rosaceae，19 属 47 种）、豆科（Fabaceae，20 属 39 种）、唇形科（Lamiaceae，11 属 22 种），为评价区的优势科，占调查物种的 44.17%。单种科有 29 个科，如石蒜科（Amaryllidaceae）、鸢尾科（Iridaceae）、胡桃科（Juglandaceae）、星叶草科（Circaeasteraceae）、罂粟科（Papaveraceae）、茅膏菜科（Droseraceae）、大戟科（Euphorbiaceae）等，其物种总数占比相对较小。

评价区维管束植物科的统计

表 4.8-9　　单位：%

类别	科数	科比例	属数	属比例	种数	种比例
≥20 种	5	6.10	107	42.13	212	44.17
10-19 种	5	6.10	24	9.45	67	13.96
5-9 种	15	18.29	39	15.35	95	19.79
2-4 种	28	34.15	55	21.65	77	16.04
单种科	29	35.37	29	11.42	29	6.04
合计	82	100	254	100	480	100

从属来分析，含 10 种以上的多种属 2 个，共 22 种；5-9 种的中等属 16 个，共 101 种；含 2-4 种的寡种属 82 个，共 203 种，单种属有 154 个。评价区的单种属在该研究区域中所占比例较大，说明评价区种子植物属组成较丰富和复杂。

评价区维管束植物属的统计

表 4.8-10　　单位：%

类型	属数	占总属数比例	种数	占总种数比例
多种属（≥10 种）	2	0.79	22	4.58
中等属（5-9 种）	16	6.30	101	21.04
寡种属（2-4 种）	82	32.28	203	42.29
单种属	154	60.63	154	32.08
总计	254	100	480	100

(2)物种习性

植物物种习性，即指植物的生活习性和生态习性。生态习性是生物固有的属性，生活习性是生物与环境长期相互作用下所形成的固有适应属性。

根据已统计维管束植物的生活型分析，评价区由于所处特殊的干旱河谷气候，土壤水份缺乏，木本植物中乔木多为灌木状的小乔木；植物生活型中主要以灌木为主，而灌木中又以落叶灌木和簇生型灌丛为主，草本生活型也以多年生为主。根据已统计维管束植物的生活型分析，评价区分布的 480 种植物中草本植物 302 种，占总数的 62.92%；藤本植物 4 种，占总数的 0.83%；灌木植物 136 种，占总数的 28.33%；乔木植物 38 种，占总数的 7.92%。草本、灌木类型植物作为该区主要植物生活型，成为该区主要植被外貌景观，这也是植物长期适应比较干旱环境的结果。

评价区维管束植物物种习性组成统计表

表 4.8-11

种类		数量	总种数比例（%）
草本植物	草本	302	62.92
木本植物	藤本	4	0.83
	灌木	136	28.33
	乔木	38	7.92
合计		480	100

4.8.6.2 植物区系

根据吴征镒（2003）划分的世界种子植物科的分布型和吴征镒（1991）对中国种子植物属所划分的分布区类型，对评价区内种子植物 70 科 238 属进行归类统计。

评价区内种子植物科和属的分布区类型

表 4.8-12

序号	区系类型	科数	百分比（%）	属数	百分比（%）
1	**世界分布**	**32**	**45.71**	**32**	**13.45**
2	泛热带分布	15	21.43	24	10.08
3	热带亚洲和热带美洲间断分布	2	2.86	2	0.84
4	旧世界热带分布	1	1.43	6	2.52
5	热带亚洲至热带大洋洲分布	1	1.43	2	0.84
6	热带亚洲至热带非洲分布	1	1.43	7	2.94
7	热带亚洲			5	2.10
	热带分布（小结）	**20**	**28.57**	**46**	**19.33**
8	北温带分布	17	24.29	92	38.66
9	东亚和北美洲间断分布			13	5.46
10	旧世界温带分布			26	10.92
11	温带亚洲分布			6	2.52
12	地中海区、西亚至中亚分布			2	0.84
13	中亚分布	1	1.43	2	0.84
14	东亚分布			15	6.30
	温带分布（小结）	**18**	**25.71**	**156**	**65.55**
15	中国特有分布			4	1.68
合计		**70**	**100**	**238**	**100**

由上表可知，评价区种子植物的科可划分为 3 个主要的分布型：世界广布、热带分布、温带分布。其中世界广布型的科有 32 科，占评价区科总数的 45.71%，评价区域内的几个大科（禾本科、蔷薇科、豆科、唇形科、菊科）属于这种类型；热带分布型有 20 个科，占评价区科总数的 28.57%；温带分布型有 18 科，占评价区科总数的 25.71%。在科的水平上，评价区热带成分与温带成分比值为 1.11：1。

评价区维管束植物 238 属划分为 15 个分布型，表明评价区植物地理成分复杂和完备。其中世界分布型属有 32 属，占评价区种子植物属总数的 13.45%；热带分布 46 属，占评价区种子植物属总数的 19.33%；温带分布有 156 属，占评价区种子植物属总数的 65.55%；中国特有分布 4 属，占评价区种子植物属总数的 1.68%，表明评价区植物区系以温带成分为主，分布有一定的热带成分。

评价区内种子植物地理成分复杂多样，温带分布属数显著多于世界分布与热带分布类型，表明评价区种子植物区系与温带植物有紧密联系，与评价区位于高寒植被区的性质是吻合的。

4.8.6.3 重要野生植物

依据《环境影响评价技术导则 生态影响(HJ 19-2022)》，重要物种是在生态影响评价中需要重点关注、具有较高保护价值或保护要求的物种，重要野生植物包括国家及地方重点保护野生植物名录所列的物种,《中国生物多样性红色名录》中列为极危(Critically Endangered)、濒危(Endangered)和易危(Vulnerable)的物种，国家和地方政府列入拯救保护的极小种群物种，特有种以及古树名木等。

根据野外调查结果和历史资料查证，评价区分布有《国家重点保护野生植物名录》中国家二级保护植物 4 种，无地方重点保护野生植物；分布有《中国生物多样性红色名录-高等植物卷（2020）》中易危(VU)植物 3 种,《中国生物多样性红色名录-大型真菌卷》中易危(VU)真菌 1 种；极小种群物种 1 种；分布有特有种 170 种。

(1)重点保护植物

根据野外调查和现有国家级保护植物资料查证，评价区域的野生植物中，有国家二级保护植物 4 种，分别是五小叶槭（*Acer pentaphyllum*）、光核桃（*Prunus mira*）、芒苞草（*Acanthochlamys bracteata*）、松茸(*Tricholoma matsutak*)（真菌）。无四川省重点保护野生植物。

五小叶槭（*Acer pentaphyllum*）分布情况由五小叶槭专章详细介绍。

本次评价在磨子沟调查到 1 株光核桃、麻郎措镇沟口调查到 10 株光核桃左右，均位于工程淹没线以上。考虑到光核桃在本区域主要分布在雅砻江支流沟口半湿润环境，由于调查区域较多支流沟口地势陡峭，本次评价未能对每条支流进行详细调查，初步判断牙根二级水电站可能会淹没少量光核桃植株，后期在施工过程中如有在淹没区发现光核桃，应根据其立地条件及移栽难易程度制定对应的保护措施。

芒苞草（*Acanthochlamys bracteata*）主要分布在雅砻江支流两侧灌丛林地下，离河

道较远，也不在牙根二级水电站淹没范围内。松茸(*Tricholoma matsutak*)主要分布在海拔3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中，距牙根二级施工区较远，工程建设对其无直接影响。

评价区重点保护野生植物分布一览表

表 4.8-13

物种	分布	与工程位置关系
五小叶槭	见 4.8.7 小节	受工程占用和库区淹没
光核桃	磨子沟、麻郎措镇等支沟沟口	淹没区可能有少量分布
芒苞草	雅砻江支流两侧灌丛林地下	离施工区和淹没范围较远
松茸	海拔 3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中	离施工区和淹没范围较远

1)光核桃

光核桃为乔木，高达 10m；枝条细长，开展，无毛，嫩枝绿色，老时灰褐色，具紫褐色小皮孔。叶片披针形或卵状披针形，长 5-11cm，宽 1.5-4cm，先端渐尖，基部宽楔形至近圆形，上面无毛，下面沿中脉具柔毛，叶边有圆钝浅锯齿，近顶端处全缘，齿端常具小腺体；叶柄长 8-15mm，无毛，常具紫红色扁平腺体。花单生，先于叶开放，直径 2.2-3cm；花梗长 1-3mm；萼筒钟形，紫褐色，无毛；萼片卵形或长卵形，紫绿色，先端圆钝，无毛或边缘微具长柔毛；花瓣宽倒卵形，长 1-1.5cm，先端微凹，粉红色；雄蕊多数，比花瓣短得多；子房密被柔毛，花柱长于或几与雄蕊等长。果实近球形，直径约 3cm，肉质，不开裂，外面密被柔毛；果梗长约 4-5mm；核扁卵圆形，长约 2cm，两侧稍压扁，顶端急尖，基部近截形，稍偏斜，表面光滑，仅于背面和腹面具少数不明显纵向浅沟纹。花期 3-4 月，果期 8-9 月。



图 4.8-22　光核桃

2)芒苞草

芒苞草为丛生的多年生矮小草本，常成片分布。植株高度约 1.5~5cm。根状茎坚硬，粗 1~2mm。根系深度 5~10cm。叶近直立，两面具凹槽，中心有 2 个维管束，老叶则多少中空；鞘披针形，浅棕色，长 6~13mm，宽 1~3mm，老时常破裂。花茎长 2~5.5cm；聚伞花序缩短成头状，外形近扫帚状；花红色、粉色或紫红色；苞片宿存，在花序基部的 2 枚长 8~10mm，具近革质的浅棕色的鞘；花被长 3.5~6.5mm，具 3 脉；子房长圆形。蒴果长约 7mm，宽约 3mm，顶端海绵质且呈白色；种子长约 0.8mm，宽约 0.5mm，两端近浑圆或钝。花期 6~7 月，果期 8~11 月。芒苞草见于我国四川西部和西藏东部海拔 2700~3500(3800)m 的干旱河谷灌丛、亚高山草地、稀疏针叶林林缘与针阔混交林林缘地带，土层瘠薄，岩层破碎而裸露，气候寒冷而干燥。



图 4.8-23　芒苞草

3)松茸

松茸属于与树木共生的外生菌根真菌，子实体单生或群生，在林下一般形成圆形蘑菇圈或环形菌环，亦称菌塘。根据资料记载和对藏民的询问结果，正常条件下松茸从子实体现蕾到老熟约要 26～30d，其中现蕾到出土前的童茸期约 7～10d，子实体出土到破膜约 8～9d，破膜到子实体平展 7～10d，平展到最后老熟阶段约 8～9d。根据现场调查结果，调查区域的松茸最早可于 6 月 20 日左右完成其生活史，形成菌蕾，并于 7 月初逐渐开始形成松茸子实体；多数年份松茸出菇期为 7 月上中旬至 9 月下旬，其中 8 月份为出菇盛期，并与生长海拔密切相关，海拔越低，松茸出产时间越早，其中海拔 3900m 以下区域的松茸出产时间显著早于海拔 3900m 以上区域。



图 4.8-24　松茸

(2)濒危植物

根据野外调查结果和资料查证，按照《中国生物多样性红色名录-高等植物卷（2020）》《中国生物多样性红色名录-大型真菌卷》，评价区野生植物中易危(VU)植物 3 种，分别是鳞皮冷杉（*Abies squamata*）、芒苞草（*Acanthochlamys bracteata*）、五小叶槭（*Acer pentaphyllum*），易危(VU)真菌 1 种，松茸(*Tricholoma matsutak*)。另有栽培的易危(VU)植物胡桃（*Juglans regia*）分布在村落及居民点周围。

重要野生植物调查结果统计表

表 4.8-14

序号	物种	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	工程涉及情况
1	鳞皮冷杉 *Abies squamata*		易危（VU）	是	否	分布在海拔 3500-4000 米的高山上部	现场调查	否
2	芒苞草 *Acanthochlamys bracteata*	二级	易危（VU）	是	否	雅砻江支流两侧灌丛林地下，离河道较远	现场调查	否
3	光核桃 *Prunus mira*	二级	无危（LC）	否	否	磨子沟、麻郎措等支沟沟口及山坡杂木林中	现场调查	可能涉及
4	五小叶槭 *Acer pentaphyllum*	二级	易危（VU）	是	是	见专章	现场调查	是
5	松茸 *Tricholoma matsutak*	二级	易危（VU）	否	否	3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中	访问	否

(3)特有植物

根据野外调查结果和历史资料查证，参照《中国生物多样性红色名录-高等植物卷》，评价区共分布有陆生中国特有植物 170 种。除鳞皮冷杉（*Abies squamata*）、五小叶槭（*Acer pentaphyllum*）以外，其余的 168 种中国特有植物既非保护物种也非濒危物种。评价区陆生中国特有植物以被子植物占绝对优势，占评价区特有植物总种数的 93.53%；评价区陆生高等植物的约 1/3 都为中国特有物种。

评价区陆生中国特有植物物种组成

表 4.8-15

门　类		种数	占评价区特有植物总种数比例(%)	所占评价区各类植物种数比例(%)
蕨类植物		3	1.76	0.63
种子植物	裸子植物	8	4.71	1.67
	被子植物	159	93.53	33.13
合计		170	100	35.42

评价区内分布的特有植物中，均同时分布于国内多个省份，分布范围较广。根据现场调查、历史资料查阅及特有植物的分布生境、海拔特征，初步筛选出牙根二级水电站工程占地区及淹没区可能分布的特有植物约 96 种，占评价区特有植物总数的 56.47%，分别为长盖铁线蕨、高山松、细叶芨芨草、梅氏雀麦、中华羊茅、藏滇羊茅、垂枝早熟禾、云南狗尾草、小菅草、落地金钱、青杨、旱柳、川滇柳、矮高山栎、木藤蓼、中华山蓼、无鳞蝇子草、千针万线草、银叶铁线莲、长冬草、毛茛铁线莲、翠雀、偏翅唐松草、云南金莲花、川赤芍、单花小檗、直穗小檗、鲜黄小檗、松潘小檗、秃疮花、紫花碎米荠、茅膏菜、优越虎耳草、木帚枸子、钝叶枸子、裂叶华西委陵菜、细梗蔷薇、峨眉蔷薇、小叶蔷薇、毛叶插田藨、陕甘花楸、细枝绣线菊、西南笃子梢、小雀花、川西锦鸡儿、云南锦鸡儿、甘肃锦鸡儿、毛刺锦鸡儿、岷谷木蓝、四川木蓝、矮生胡枝子、白刺花、西南野豌豆、甘青老鹳草、野花椒、甘肃大戟、青榨槭、五裂槭、五小叶槭、陕甘槭、云南勾儿茶、灰叶堇菜、毛瑞香、粉紫杜鹃、西藏点地梅、小蓝雪花、四川丁香、毛喉龙胆、川西獐牙菜、三花莸、头花香薷、光叶鸡骨柴、野拔子、道孚香茶菜、白叶香茶菜、小叶香茶菜、川西荆芥、金沙江醉鱼草、旋蒴苣苔、川滇野丁香、野丁香、川西沙参、分枝亚菊、二色香青、铃铃香青、叶苞蒿、东俄洛紫菀、魁蓟、掌裂蟹甲草、针叶帚菊、金头鼠曲草、美丽风毛菊、川西蒲公英、川西黄鹌菜。工程占地区内分布的特有物种多适应高海拔偏干旱的河谷气候，在川西、西藏、青海等河谷生境中广泛分布，它们的分布区与电站占地区生境重合，可能受到施工的直接侵占影响。

(4)极小种群野生植物

经实地调查和地方林草局收集资料，并依据《四川省野生植物极小种群保护工程规划》《全国极小种群野生植物拯救保护工程规划（2011~2015 年）》、四川省“十二五”野生动植物保护发展规划》、《四川省极小种群野生植物资源现状及其保护研究》相关规划和研究成果核实，评价区内有极小种群植物 1 种，五小叶槭（*Acer pentaphyllum*）。

(5)古树名木

调查发现，评价区域范围内没有挂牌古树名木分布。

4.8.6.4 外来入侵物种

根据《中国外来入侵物种名单》(第一批，2003 年)《中国外来入侵物种名单》（第二批，2010 年)《中国外来入侵物种名单》（第三批，2014 年）《中国自然生态系统外来入侵物种名单》（第四批，2016 年)，通过现场实地调查，评价范围内发现有外来入侵物种鬼针草(*Bidens pilosa*)，其分布于前期地勘营地周边和路边。

评价区外来植物概况

表 4.8-16

序号	物种	分布	多度	危害程度
1	鬼针草	地勘营地周边和路边	少见	散生在路旁杂草丛，危害程度轻



图 4.8-25　鬼针草

4.8.7 五小叶槭分布现状

4.8.7.1 物种概述

(1)植物学史

五小叶槭（*Acerpentaphyllum*）是无患子科槭属植物，落叶乔木，分布于四川西部，于 1929 年发现并引种到国外。在 20 世纪 80 年代以前，国内外学者普遍认为该植物已经在原产地灭绝，直到 1982 年，中国科学院成都生物研究所在位于四川贡嘎山西坡九龙县的雅砻江支流九龙河边，意外地采集到一份五小叶槭标本。2006 年，中国科学院成都生物研究所再次在四川雅江县麻郎措镇沃洛希村附近的雅砻江边发现了一个五小叶槭种群。2007 年 7 月四川省林业科学研究院又在九龙县呷尔镇洛莫村发现五小叶槭种群分布。至目前为止，在雅江县、康定县、九龙县、木里县均发现有五小叶槭分布。

2013 年，五小叶槭被《中国生物多样性红色名录——高等植物卷》列为极危物种（Critically Endangered, CR）；2016 年 2 月，五小叶槭被列为四川省重点保护植物；2019 年又被世界自然保护联盟（International Union for Conservation of Nature, IUCN）列为极危物种；2021 年 9 月，五小叶槭被列为国家二级保护植物；此外，四川省人民政府将五小叶槭定义为极小种群野生植物（Plant Species with Extremely Small Population, PSESP）并列入到了营救计划之中。随着野外调查的深入和抢救性保护计划的实施，2023 年 5 月 19 日，生态环境部与中国科学院联合更新了《中国生物多样性红色名录—高等植物卷（2020）》中，五小叶槭濒危等级降为易危（VU）。



图 4.8-26　五小叶槭植物照片

(2)形态学特征

五小叶槭为无患子科槭属落叶乔木，高达 10m。树皮深褐色或灰褐色，常裂成不规则的薄片脱落。小枝圆柱形，无毛；当年生枝紫色，多年生枝紫褐色，有椭圆的皮孔。冬芽圆锥状，鳞片卵形，先端锐尖，紫色，复瓦状排列。掌状复叶，有小叶 4-7，通常 5；小叶纸质狭窄披针形，长 5-9cm，宽 1.4-1.7cm，先端锐尖，基部楔形或阔楔形，全缘；小叶柄长 5-8mm，淡黄色，无毛；上面深绿色，无毛，下面灰白色，略被白粉，主脉在上面显著，在下面凸起，侧脉 17-19 对、在两面均仅微显著；叶柄长 6-7cm，淡紫色，无毛。伞房花序，由着叶的小枝顶端生出，无毛；总花梗长 1-1.5cm；花淡绿色，

杂性，雄花与两性花同株；萼片 5，长圆卵形，长 2.2-2.5mm；花瓣 5，长圆形或狭长圆形，长 3.5-4mm；雄蕊 8，花丝无毛，长 6mm，花药黄色，卵圆形，在两性花中雄蕊较短；花盘位于雄蕊的外侧；子房被淡黄色疏柔毛，花柱无毛，柱头反卷。小坚果淡紫色，凸起，直径 5mm，略被疏柔毛；翅淡黄绿色，宽 1cm，连同小坚果长 2.5-2.8cm，张开近于锐角或钝角；果梗细瘦、长 2-3cm，无毛；总果梗长 1.5-2cm。

(3)生物学特征

1)繁殖与结实特性

五小叶槭花杂性，雄花与两性花同株。一般 4-5 月授粉，形成翅果，9-10 月成熟。同一种群的结实能力存在着明显的年度差异性，而同一年种群间的的结实能力也存在明显差异性。总体看五小叶槭种群的结实率较高。除了自然条件限制授粉外，未发现生殖障碍。

五小叶槭生理成熟较早，8a 左右就开始结实，种子千粒重 60-70g，每公斤大约有种籽 1.4～1.6 万粒。

2)种子特性

五小叶槭果实有 2 枚相连的小坚果组成，一果长一翅，两果并生，就像是长了一对翅膀，翅膀张开近于锐角或钝角，在成熟时能像螺旋桨一般随风飞行。翅长 25.84±1.98mm、翅宽 10.08±0.79mm、果翅面积 1.96±0.27mm²；种子长 5.37±0.46mm、种子厚度 5.02±0.44mm、种子面积 0.29±0.05mm²。野外发现五小叶槭结实率较高，但对 800 多株五小叶槭种子开展了种子萌发实验，其中有一半的植株种子胚发育不全、不发芽。发芽植株的种子也存在较多空瘪的现象。

五小叶槭种子发芽率一般在 20%~40%之间。种子休眠特性，为提高种子的发芽速度和发芽率，需将种子与 3 倍于种子重量的湿沙混合均匀，用坑藏法贮藏，坑内温度控制在 0～5℃，储藏时间一般不超过 3 个月。其中适宜发芽温度范围是 20~30℃，低温和高温都不利于种子发芽。

(4)生态学特征

五小叶槭自然分布区域虽然跨越了雅江县、九龙县、康定市和木里县 4 个行政区，但从地理单位上都属于雅砻江中游干旱河谷区，该区属高原半湿润气候，干湿季节明显，区内地势起伏大，北部为山原地貌，南部山高谷深，相对高差 1000m 以上，属高山峡谷地形，雅砻江由北向南纵贯全境。

从地貌分析来看，高程和坡度为影响五小叶槭分布的主要地貌因子，最适宜五小叶槭分布的高程范围为2000~3200m，坡度值范围为40°~60°，总体来看，五小叶槭倾向于选择海拔较高且地形地貌较陡的地区。从地层岩性分析来看，五小叶槭主要分布在三叠系地层上，主要分布的岩性包括花岗岩、花岗闪长岩、变砂岩、灰岩、砂岩这5种岩性上，其中在花岗闪长岩上存在的比例最大。五小叶槭属于弱阳性树种，幼树耐阴，成年后较喜光，具有优良的耐热性，但对寒冷的气候适应性较差。该物种结实能力较强，种子散落后适宜生境自然萌发率也较高，野外适宜潮湿生境可见大量1~2年生自然实生幼苗；幼苗期生长缓慢，苗高1~2m时进入快速生长期。在其自然分布区，生态适应幅度较宽，常与色木槭、侧柏、刺柏、山槐、川滇蔷薇、黄杨、白刺花、鸡骨柴、川滇高山栎、红泡刺藤、齿叶蕤核等树种伴生；主要伴生草本植物有川滇香薷、蜈蚣凤尾蕨、铁线蕨、白莲蒿、益母草、戟叶酸模、曼陀罗、山蓼等，以旱生型为主。

(5)种群分布与自然更新

五小叶槭种群在郁闭树冠下天然更新较差，在稀疏或无林地上天然更新较好，无人畜破坏或轻微干扰地段，可形成幼林且生长较好。五小叶槭生长环境比较严酷，种子空壳率很高，发芽率很低，野外自身繁殖本就不易；此外，五小叶槭生长的河谷地带过度放牧，容易遭到牛羊的践踏和啃食，当地村民还喜欢砍伐五小叶槭枝条用作薪柴，这都使得幼苗难以存活、长大。

4.8.7.2 调查研究工作开展情况

牙根二级水电站项目环评阶段，我公司联合中国科学院成都生物研究所和四川省林业科学研究院对五小叶槭的野生资源分布现状、种群结构、群落特征、五小叶槭遗传多样性、五小叶槭种苗繁育和野生植株移栽开展了详细的调查研究与调研工作，完成的工作主要如下：

2017年9月和2019年7月，中国科学院成都生物研究所对雅江县、康定市、九龙县和木里县五小叶槭野生种群进行了摸底调查，初步明确了五小叶槭的分布范围。

2021年11月，我公司在五小叶槭红叶期对牙根二级工程河段进行航飞与建模，初步识别了牙根二级工程河段五小叶槭分布区域。

2022年3月，我公司与四川省林业科学研究院共同赴雅江县开展人工繁育苗木回迁试验选址调研工作。通过与雅江县林业和草原局沟通协调，明确在雅江县麻郎措镇牙巴村开展人工繁育苗木野外回迁试验。同年4月，四川省林业科学研究院在雅江县牙巴村

进行了人工繁育种苗的野外回迁试验的布设，分别开展了不同苗龄、不同截根截干长度、不同生根剂处理、不同栽培基质处理、不同减少蒸腾、不同施肥处理等的共 920 株苗木的试验布置，并定期开展生长情况监测。

2022 年 5 月，我公司赴甘孜州康定市、雅江县和九龙县开展五小叶槭野生植株现状与保护情况调研，并通过走访专家、政府主管部门及当地居民，初步掌握了五小叶槭野生植株分布区域和各县五小叶槭繁育及保护情况。

2022 年 7 月-8 月，在五小叶槭野生植株鉴别特征明显时期，中国科学院成都生物研究所和四川省林业科学研究院赴野外联合开展了五小叶槭野生资源总量普查及牙根二级水电站工程范围内影响植株详查工作。中国科学院成都生物研究所根据前期资料积累和调研走访成果，在雅砻江流域共设置样线 110 条（样线涵盖资料和走访所知的五小叶槭所有分布范围），具体样线设置详见附录 7，并在样线调查中对五小叶槭植株数量和生长状况进行了统计。四川省林业科学研究院在牙根二级工程河段，对河段内五小叶槭进行了详细的专题调查与记录。

2022 年 9 月，中国科学院成都生物研究所利用调查阶段采集的具有代表性的 25 个五小叶槭居群的 187 个个体材料，进行全基因组重测序，对五小叶槭野生种群进行了比较基因组学和群体基因组学的研究，并对牙根二级工程影响区域和非影响区域五小叶槭种群遗传多样性开展了分析工作。

2022 年 10 月-11 月，利用五小叶槭红叶期，我公司和中国科学院成都生物研究所结合无人机航飞识别，开展了五小叶槭野生资源量的复核调查，其中对前期调查人力难以到达的支沟内的五小叶槭植株情况进行了重点的航飞与识别。

4.8.7.3 五小叶槭野外调查方法

根据《野生植物资源调查技术规程》（LY/T1820-2009）、《极小种群野生植物保护与扩繁技术规范》（LY/T2652-2016）、《极小种群野生植物保护原则与方法》（LY/T2938-2018），参考《第二次全国重点保护野生植物资源调查技术规程》（国家林业局，2012）中的相关规定确定调查方法。在前期踏查的基础上对调查范围内的五小叶槭进行实测调查。

(1)调查时段：为了正确识别、鉴定植物种类，拍摄到比较完整的植物特征照片，调查安排在目的物种的果期等鉴别特征最显著的时期（7-8 月）进行，然后在红叶期（11 月）结合无人机进行复核。

(2)野外调查方法：

1)牙根二级水电站工程影响区域调查

对牙根二级水电站枢纽工程区、施工辅助工程区、水库淹没区域和移民安置工程区域范围内的五小叶槭植株进行调查。

在正常的情况下，调查人员对五小叶槭个体进行调查和数据收集；在部分坡度陡峭、海拔较高、调查人员难以到达但能使用望远镜等辅助设备观察到的位置使用对坡定点法进行调查，其中 GPS 原地打点（结合测距仪、指南针确定点位）是作为手机奥维地图打点的辅助验证方法进行使用；针对极难到达和辅助设备无法正常观测的位置则借助无人机测绘技术进行调查。具体操作方法如下：

①实地调查（实测法）：对能够调查到的五小叶槭植株使用 RTK 或 GPS 实地进行逐株打点定位，即调查人员抵至调查对象面前进行调查、数据采集和记录。对于在调查范围内发现的五小叶槭幼苗，幼苗子叶展开即已具备五小叶槭识别特征，高度约为 5cm，幼苗起测高度约 5cm。

②对坡定点法：人力无法到达的区域使用望远镜等设备进行辅助观察，判断五小叶槭个体，结合 GPS 原地打点（结合测距仪、指南针确定点位）进行辅助调查和定位，并使用手机奥维地图（事后利用软件导出经纬度数据）对应调查对象实际位置进行打点记录。

对实地能够调查到的五小叶槭植株进行拍照存档。拍摄五小叶槭个体、花、果枝、全株、所处植物群落外貌、结构及土壤的彩色照片，数码相机像素在 500 万以上。

2)五小叶槭资源总量调查

五小叶槭分布区域狭窄，种群数量稀少、便于直接计数，且前期经过多次调查，积累了较完整的资料，其分布地点、范围都比较清楚，因此可以采用实测法对资源总量进行普查。

在前期充分踏查的基础上，对于雅江县、九龙县、康定市和木里县范围内除牙根二级水电站工程影响范围内区域的五小叶槭资源总量调查采取沿雅砻江干流和一级支流布设样线，对于样线内发现的五小叶槭也均采用实测法对植株信息进行记录。实测方法与牙根二级水电站工程影响范围内五小叶槭实测方法一致。

五小叶槭调查时间在 2022 年 7 至 8 月和 10 至 11 月，共布设样线 110 条，调查涵盖整个评价区域，其中有 104 条在五小叶槭历史分布区（九龙县、康定市、木里县、雅江县），具体布设信息如下：九龙县设置样线 18 条；康定市设置样线 16 条；木里县设

置样线 34 条；雅江县设置样线 36 条。另外还有 6 条分别位于雅砻江上游的新龙县段、雅砻江支流鲜水河的道孚县段、相似生境的大渡河支流东谷河段的丹巴县段、雅砻江支流小金河的盐源县段、雅砻江下游的冕宁县段。

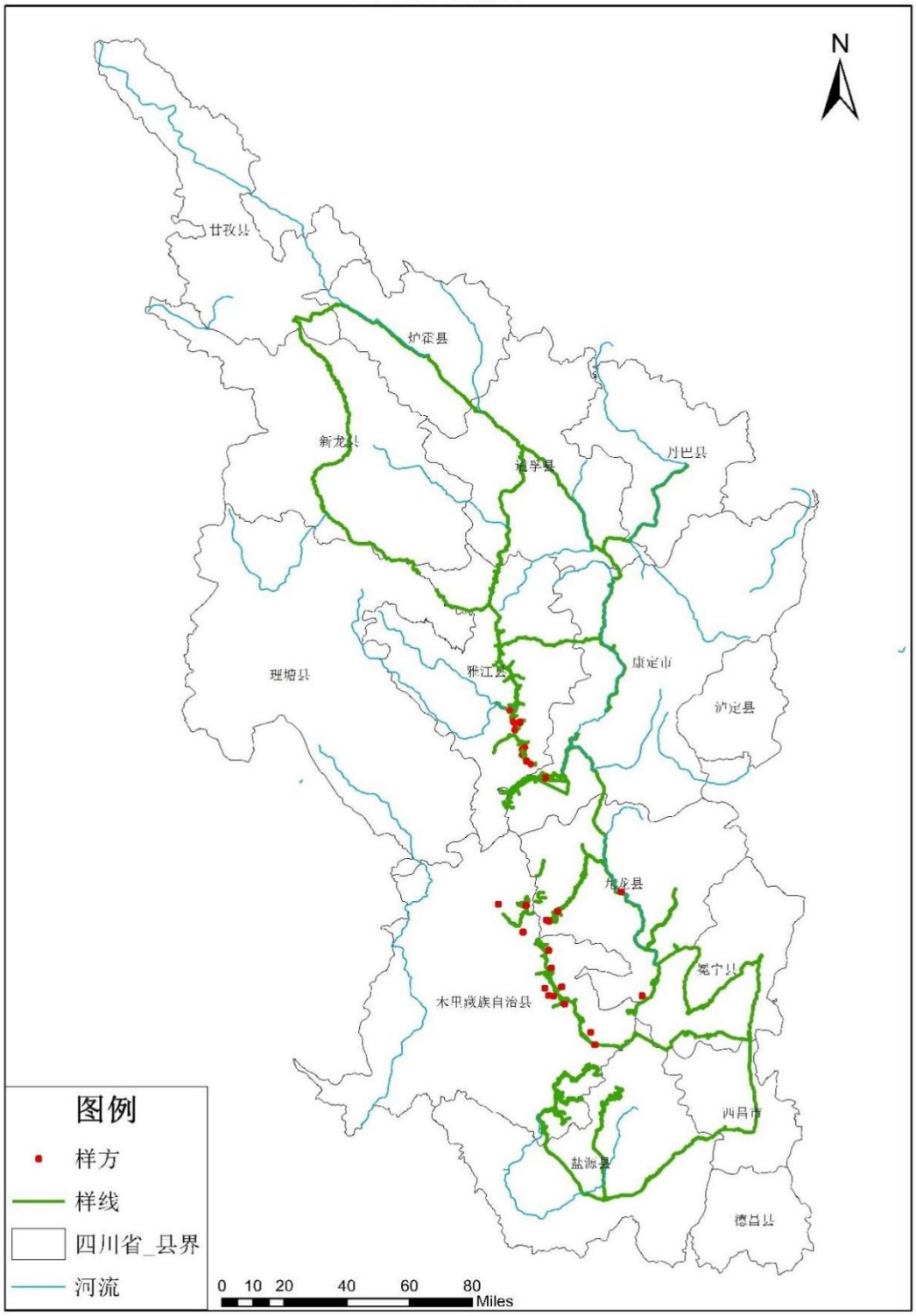


图 4.8-27　五小叶槭野外调查样方样线分布图

4.8.7.4 野生资源分布情况

通过野外调查和室内整理分析获知，五小叶槭在整个调查区域内分布总计15915株，其中幼苗（树高＜0.5m）6961株，幼树（胸径＜5cm，且树高≥0.5m）2040株，成树（胸径≥5cm）6914株。

五小叶槭资源调查情况汇总

表 4.8-17

序号	调查区域		实际调查数据（株）			
			成树 胸径≥5cm	幼树 胸径＜5cm， 树高≥0.5m	成树、幼树 汇总	幼苗（株） 树高＜0.5m
1	雅江县	八衣绒乡	1007	441	1448	1058
2		波斯河乡	1230	702	1932	2360
3		麻郎措镇	431	83	514	185
4		米龙乡	34	24	58	0
		小计	**2702**	**1250**	**3952**	**3603**
6	康定市	普沙绒乡	722	137	859	881
7		吉居乡	93	20	112	15
		小计	**815**	**157**	**972**	**896**
8	九龙县	呷尔镇	270	16	286	6
9		三岩龙乡	420	240	660	738
10		踏卡乡	9	0	9	0
11		八窝龙乡	442	45	487	11
		小计	**1141**	**301**	**1442**	**755**
12	木里县	雅砻江镇	653	173	826	410
13		卡拉乡	127	11	138	16
14		三角桠乡	33	5	38	0
15		博窝乡	1443	143	1586	1281
		小计	**2256**	**332**	**2588**	**1707**
合计			**6914**	**2040**	**8954**	**6961**
总数量			**15915**			

注：按照《国家第二次重点保护野生植物资源调查规范》《中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存规范》等标准的规定进行分类，胸径≥5 cm 的记录为乔木成树，胸径小于 5cm 且高度大于或等于 50cm 的记录为幼树，高度低于 50cm 的记录为幼苗。

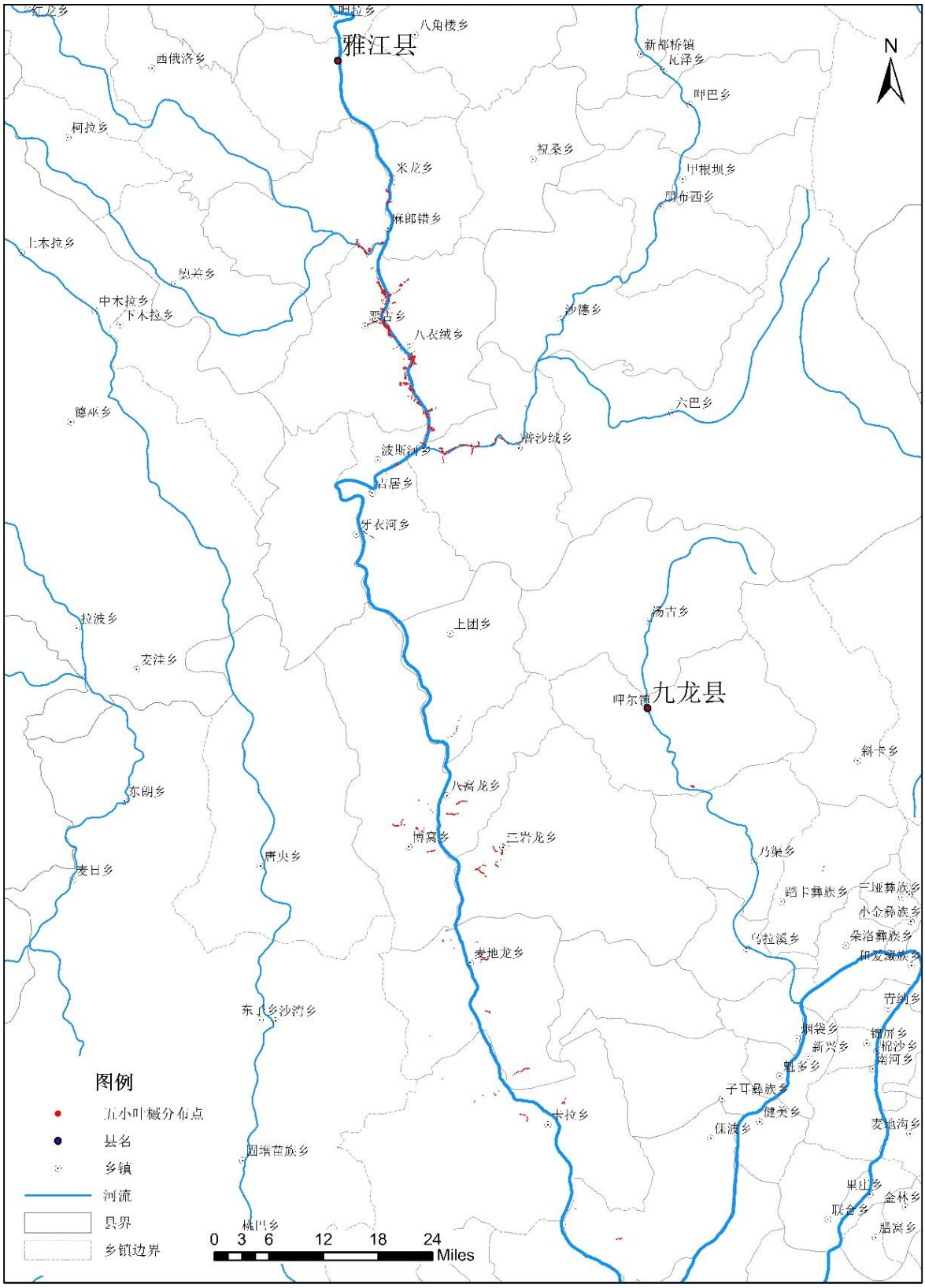


图 4.8-28　五小叶槭资源分布图



五小叶槭成树



五小叶槭幼树



五小叶槭幼苗

图 4.8-29　调查范围内五小叶槭植株

从分布的海拔范围来看，成树分布的海拔范围在 2000-3100m 之间，调查到数量最多海拔在 2500-2600m，株数为 2701 株；其次是 2600-2700m 和 2400-2500m。总体来说，五小叶槭资源量分布在 2400-2900m 之间的占比最多。

五小叶槭沿海拔梯度分布统计

表 4.8-18

海拔（m）	成树数量	幼树数量	成树+幼树数量
2000-2100	4	0	4
2101-2200	50	0	50
2201-2300	153	93	246
2301-2400	313	100	413
2401-2500	935	235	1170
2501-2600	1916	785	2701
2601-2700	1809	419	2228
2701-2800	889	189	1078
2801-2900	745	163	908
2901-3000	95	50	145
3001-3100	5	6	11
汇总	6914	2040	8954

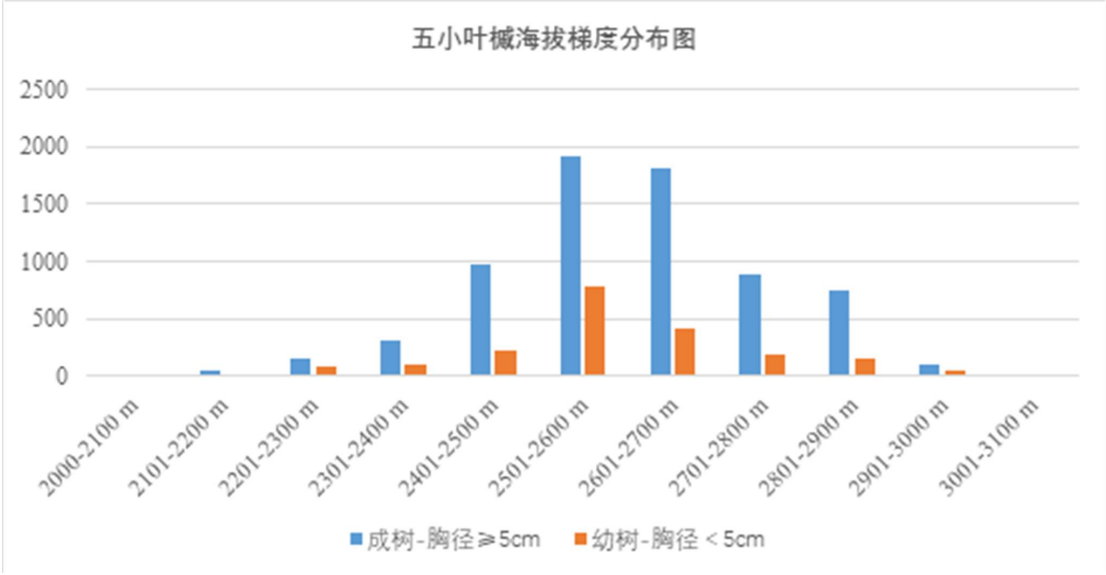


图 4.8-30　五小叶槭海拔梯度分布图

4.8.7.5 种群数量动态和更新

(1)五小叶槭径级划分

根据五小叶槭生活史特点，参考梓叶槭等珍稀濒危物种的分级标准，以五小叶槭个体的胸径(D_{DBH})代替龄级来反映种群结构。将五小叶槭胸径大小划分为 11 个径级(I-XI)，每级间隔 5cm，设 D_{DBH}＞50cm 为XI级，以 1 龄级对应第I径级，2 龄级对应第II径级，一直至第XI龄级。统计调查到的全部五小叶槭径级的数据作五小叶槭种群径级结构。

依据各个调查区域所得数据，不同调查区域五小叶槭的数量有所差别，但总体都呈现金字塔型龄级结构。整体五小叶槭种群处于第 I 龄级的数量为 9001 株且植株数量最多，占植株总量的 56.56%；第II龄级占整个五小叶槭样本总量的 18.27%，这两级的植株数量共计 11909 株，占整体的 74.83%；植株胸径从 10cm～35cm（第III到第VII龄级）的数量占种群所有样本总量的 24.24%；胸径从 35cm 及以上的植株占种群所有龄级植株总量的 0.94%。可知，五小叶槭种群年龄结构中，第I、II龄级的比例最大，中龄和大龄植株比例次之，呈金字塔型结构。全部区域五小叶槭的第I龄级数量最多，第II龄级植株数量次之，随后的龄级植株数量依次降低。

不同调查区域五小叶槭的个体特征

表 4.8-19

区域	0-5cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	40-45 cm	45-50 cm	>50 cm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
雅江县	4853	1157	600	473	242	101	53	30	17	14	15
康定市	1053	460	115	88	62	46	23	9	2	5	5

区域	0-5cm	5-10 cm	10-15 cm	15-20 cm	20-25 cm	25-30 cm	30-35 cm	35-40 cm	40-45 cm	45-50 cm	>50 cm
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
九龙县	1056	551	291	125	94	47	21	10	1	0	1
木里县	2039	740	557	514	186	139	80	22	6	4	8
所有分布区汇总	9001	2908	1563	1200	584	333	177	71	26	23	29

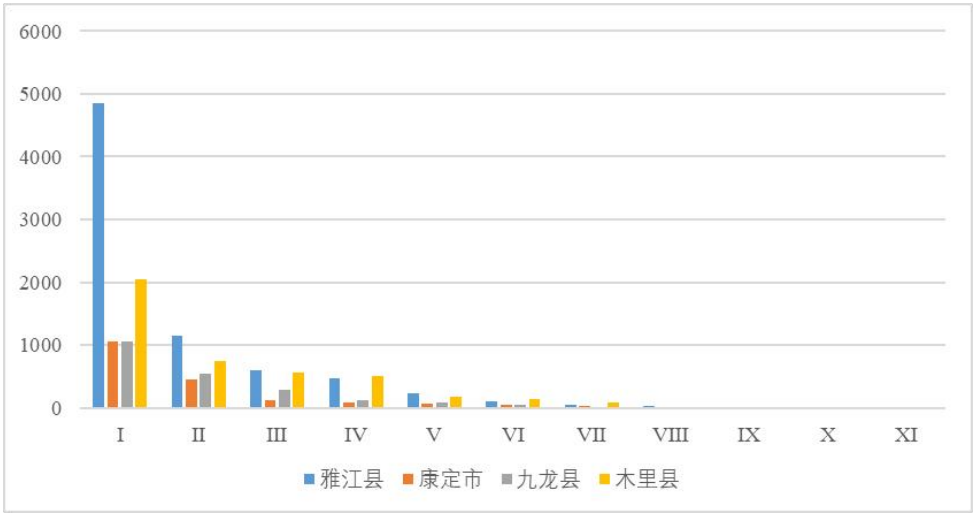


图 4.8-31　四个县五小叶槭种群径级结构

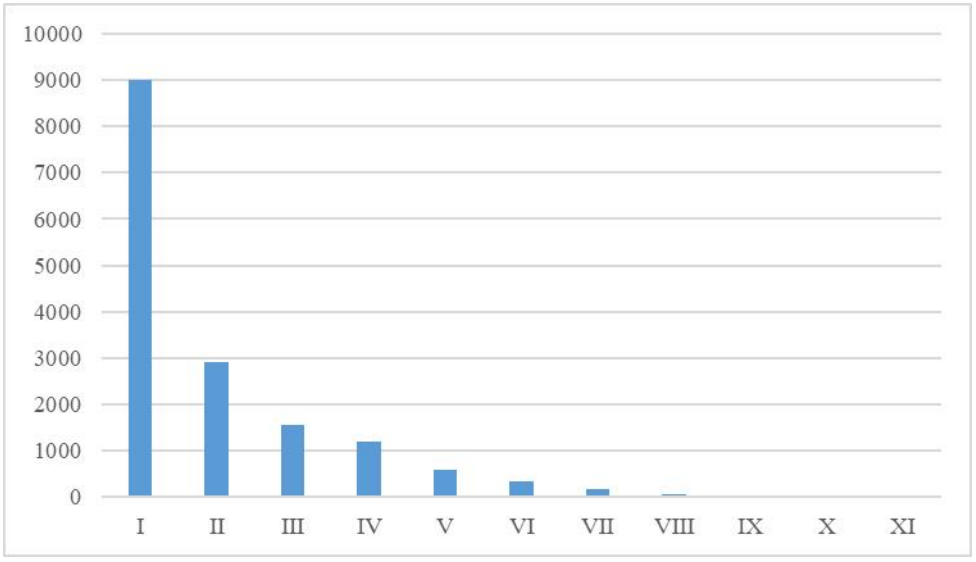


图 4.8-32　所有五小叶槭种群径级结构

(2)五小叶槭种群静态生命表及存活曲线

经过种群静态生命表计算，以死亡率和消失率为纵坐标，径级相对应的龄级为横坐标，作出死亡率和消失率曲线。可以看出，死亡率（qx）和消失率（Kx）存在两个峰值。第一个峰值最高，表明从第Ⅰ龄级（幼龄），即从幼苗成长到到幼树阶段大量幼苗死亡，死亡率高达 67.7%；第二个峰值出现在第Ⅶ龄级到第Ⅷ龄级（大龄级）的生长过程中，

有高比例的五小叶槭死亡，死亡率高达 59.9%。

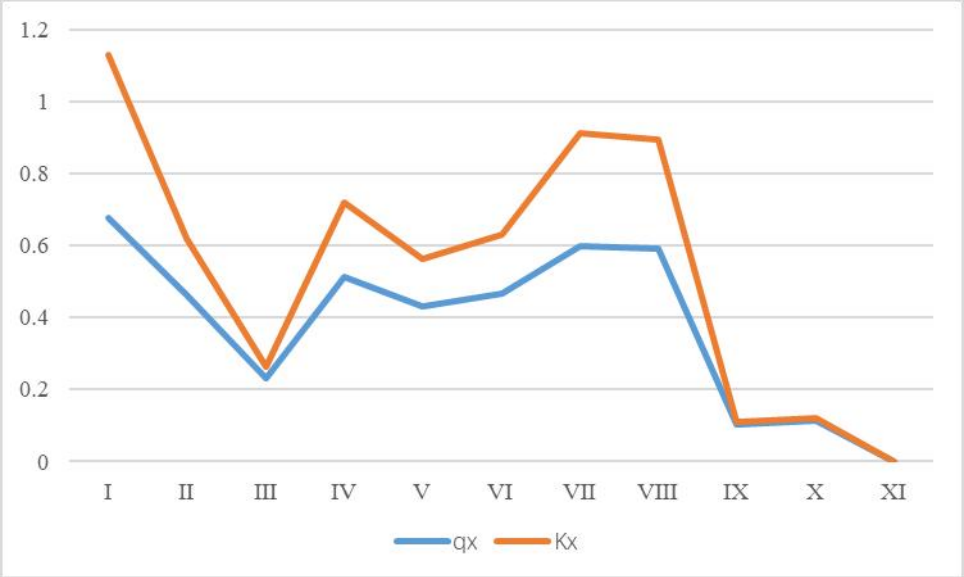


图 4.8-33　区域五小叶槭种群死亡率(qx)和消失率(Kx)曲线

4.8.7.6 遗传多样性

(1)遗传结构

通过全面野外群体调查和取样，采集了 25 个居群共 187 个个体进行全基因组重测序来对五小叶槭进行遗传结构和多样性评估。利用 Admixture 软件进行遗传结构分析发现五小叶槭具有明显的种下谱系结构，表明五小叶槭不同地区的居群隔离分化较为严重，基因流小。最佳分组分为 13 个遗传组成成分（下文均称谱系）。五小叶槭的遗传结构具有明显的地理分布特征，其中 K=3 时所有居群按照纬度梯度分成 3 个组，最南部的遗传谱系分布于木里县雅砻江镇，中部的谱系分布于九龙县三岩龙乡、八窝龙乡及木里县的博窝乡，北部谱系分布于康定市普沙绒乡、吉居乡及雅江县八衣绒乡、麻郎措镇。

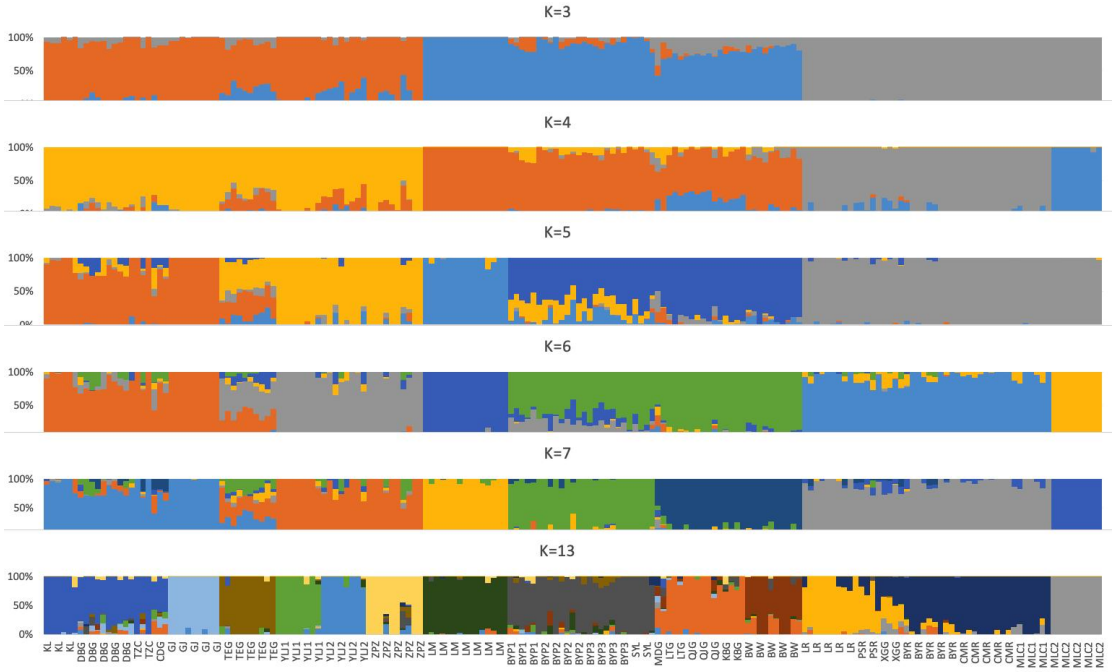


图 4.8-34　分组数量分别取 3、4、5、6、7、13 的 Admixture 遗传成分分组情况

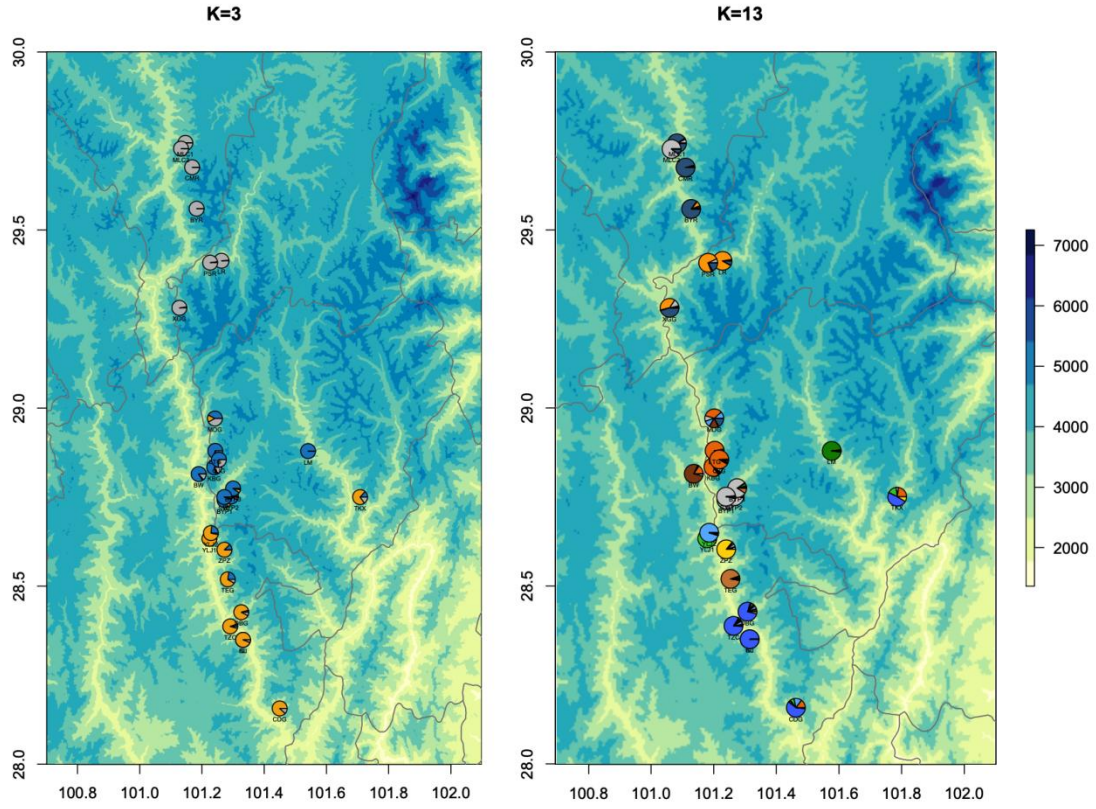


图 4.8-35　遗传分组数量分别为 3 和 13 的各遗传谱系地理分布情况

(2)遗传多样性分析

分别对五小叶槭所有居群和具有明显地理结构的 3 个遗传分组计算遗传多样性，结果表明五小叶槭的整体遗传多样性较低，其中南部谱系的遗传多样性最高

（π=1.01±0.95×10^{-3}），中部谱系次之（π=9.96±0.96×10^{-4}），北部谱系最低（π=08.3±0.88×10^{-4}）。从居群水平上看，中部谱系的木里县博窝乡、九龙县八窝龙乡邋遢沟的居群遗传多样性最高（9.0×10^{-3}），北部谱系的雅江县麻郎措镇居群 MLC2（6.17×10^{-4}）的遗传多样性最低。

位于分布区中间的居群 F_{IS} 最低，表明中部其群体规模较大，而位于分布区边缘的居群 F_{IS} 较大，特别是最北边雅江县麻郎措居群（MLC2）的 F_{IS} 最高，表明该群体独立于其他群体，居群间的基因交流较少。此外，遗传分化水平（F_{ST}）计算结果表明遗传分化程度与地理距离有一定程度的联系，其中位于雅江县麻郎措镇的居群与其他所有居群的分化水平都较大。

每个谱系及居群的遗传多样性参数

表 4.8-20

遗传分组 (K= 3)	K= 13	居群编码	π	Tajima's *D*	F_{IS}
North **$\pi = 0.83 \pm 0.88 \times 10^{-3}$** **Tajima's *D* = 1.45081**	KD3	MLC2	0.000617	0.662753	0.410564
	KD2	MLC1	0.000766	0.457611	0.280152
		CMR	0.000743	0.718923	0.311781
		BYR	0.000806	0.675701	0.307109
	KD1	XGG	0.000821	0.600914	0.262572
		LR	0.000777	0.669874	0.303368
Central **$\pi = 1.01 \pm 0.95 \times 10^{-3}$** **Tajima's *D* = 1.38753**	JL4	BW	0.0009	0.74258	0.041836
	JL3	KBG	0.000874	0.3119	0.12366
		QJG	0.000873	0.363919	0.159126
		LTG	0.0009	0.474054	0.29554
	JL2	BYP3	0.000855	0.647876	0.1173288
		BYP2	0.00093	0.874744	0.3213575
		BYP1	0.000873	0.730569	0.267178
	JL1	LM	0.00074	1.290279	0.250293
South **$\pi = 1.01 \pm 0.95 \times 10^{-3}$** **Tajima's *D* = 1.33442**	ML6	ZPZ	0.000797	0.813992	0.24093
	ML5	YLJ2	0.000753	0.751199	0.2805
	ML4	YLJ1	0.000706	0.729583	0.2942
	ML3	TEG	0.000893	0.812889	0.13967
	ML2	GJ	0.000834	0.866701	0.317832
	ML1	CDG	0.000675	0.094211	0.393835
		TZC	0.000761	0.204856	0.337958
		DBG	0.000882	0.687261	0.328439

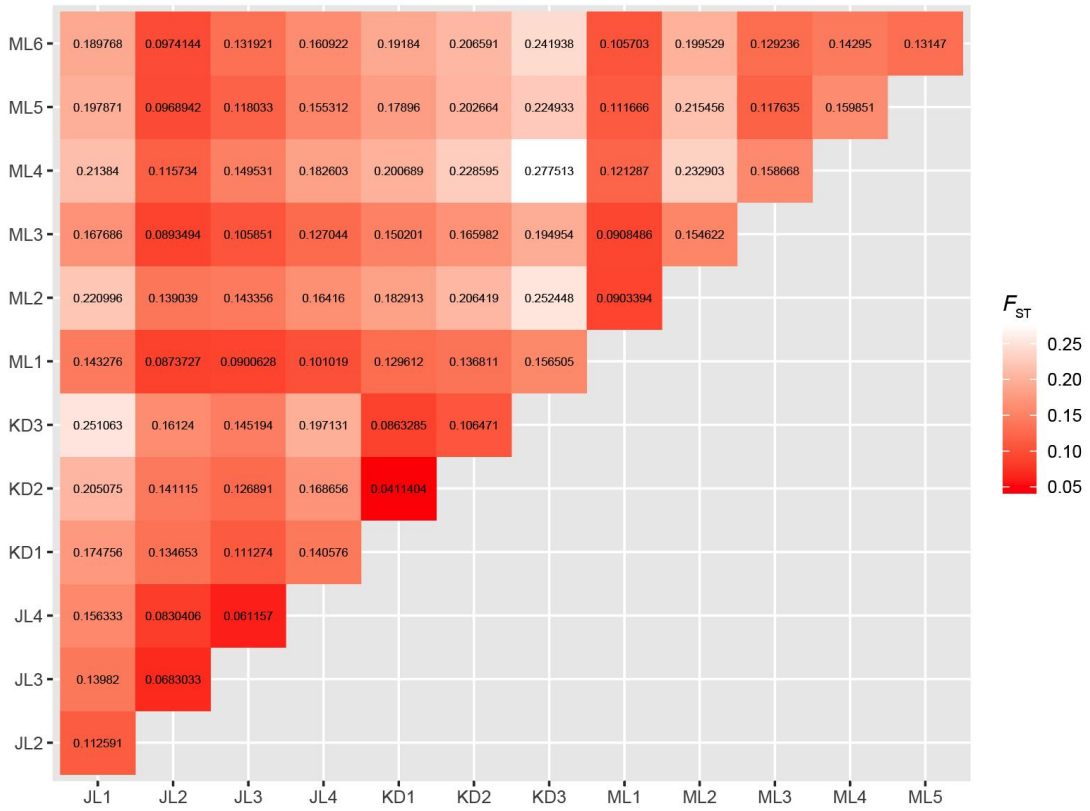


图 4.8-36　最佳遗传分组的各谱系遗传分化水平（F_{ST}）

(3)系统发育分析

通过 fasttree、iqtree 等软件对五小叶槭的中性 SNP 进行系统发育树的构建，结果表明在五小叶槭分布范围内的雅砻江流域下游的居群（九龙县踏卡乡、木里县三角桠乡）位于系统发育树基部，其次是木里卡拉乡、麦地龙乡及九龙的其他居群分化，而康定和雅江的居群位于系统发育树末端。因此雅砻江流域的下游为五小叶槭的起源地，而上游康定和雅江的居群为后续扩散分化而来。

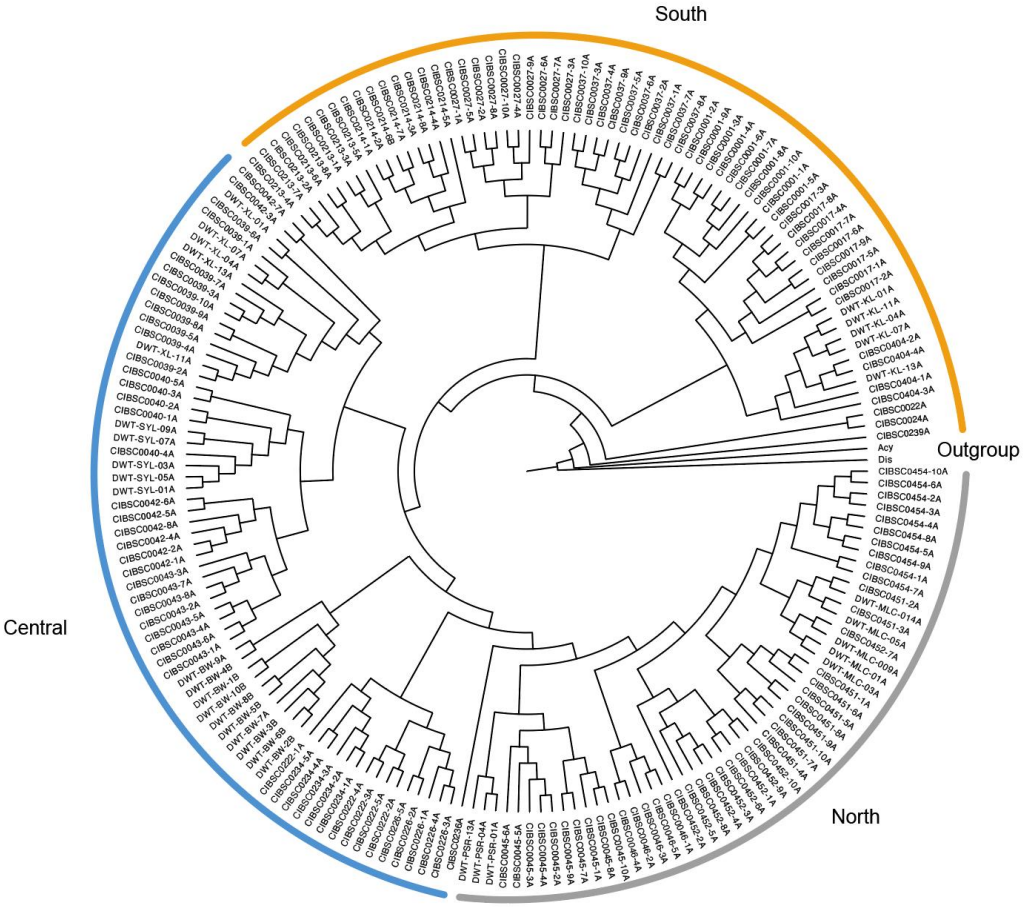


图 4.8-37　基于全基因组重测序的五小叶槭系统发育树

4.8.7.7 群落特征分析

根据从五小叶槭 4 个分布区采集到的 54 份土壤样品来看，五小叶槭主要生长在 pH5.91-8.65 的土壤中，土壤含水量从 3.27%-34.61%。

五小叶槭主要所处群落为干旱河谷稀树灌丛中，偶见散生于高山松及高山栎组成的针阔混交林中。

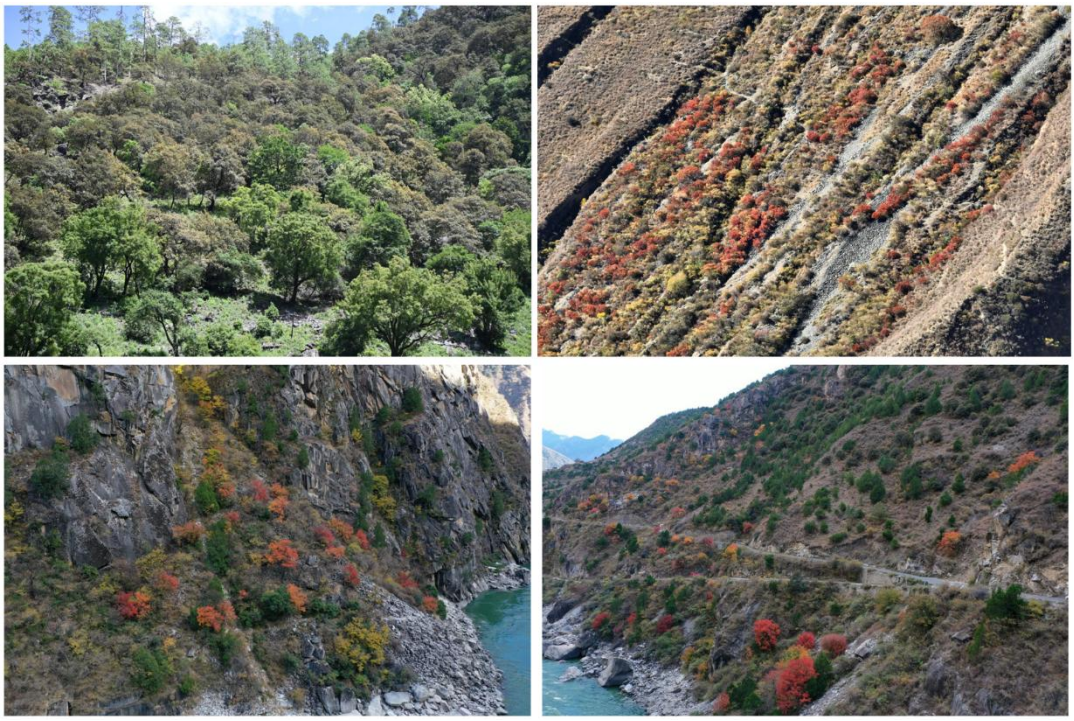


图 4.8-38　五小叶槭群落生境照片

(1)五小叶槭群落维管植物组成

物种组成是群落的基本特征。在对样方调查的基础上，结合植物标本的鉴定，统计五小叶槭群落中维管植物种类和数量。由数据可知，五小叶槭分布区内群落样方中共有维管植物 160 种，隶属于 68 科 142 属。其中石松和蕨类植物 5 科 9 属 10 种，裸子植物 2 科 3 属 3 种，被子植物中双子叶植物 57 科 114 属 130 种，单子叶植物 4 科 16 属 17 种。五小叶槭群落中含 4 种及其以上的科有菊科、蔷薇科、禾本科、豆科、唇形科等 12 科，占五小叶槭群落样方维管植物属数的 53.52%，种数的 55.00%，是群落物种组成的主要科。仅出现 1 属 1 种的科有 43 个科，占全部科数的 63.24%；仅出现 1 种的属有 123 属，占全部属的 86.62%。说明仅出现 1 种的属是五小叶槭群落样方植物区系多样性的基础。

五小叶槭样方维管植物种统计

表 4.8-21

阶元	石松和蕨类植物	种子植物			共计
		裸子植物	被子植物		
			双子叶植物	单子叶植物	
科	5	2	57	4	68
属	9	3	114	16	142
种	10	3	130	17	160

五小叶槭样方主要维管植物科属

表 4.8-22

科名	属数	种数	占种数（%）
菊科	13	14	8.75
蔷薇科	12	14	8.75
禾本科	12	13	8.13
豆科	8	10	6.25
唇形科	7	8	5
凤尾蕨科	4	5	3.13
大戟科	3	4	2.5
茜草科	2	4	2.5
荨麻科	4	4	2.5
紫草科	4	4	2.5
蓼科	4	4	2.5
毛茛科	3	4	2.5
其他 56 科	66	72	45

(2)五小叶槭样方维管植物数量特征

通过对所调查的五小叶槭群落的所有物种分析表明，共有 160 个物种出现在调查区域中，其中乔木层有 24 种，五小叶槭（218.58）的重要值远远高于其他物种，优势明显；往下高山栎（19.67）、栾树（12.52）相对比较优势，后面的物种重要值差距不大，重要值在 2-5 区间内的物种有 9 个，前 10 位物种在群落样方中共有 263 株，占全部物种株数的 92.61%。灌木层中出现的物种有 48 种，重要值最高为红泡刺藤（28.13），2-5 位的分别是鸡骨柴（23.94）、川滇蔷薇（21.67）、圆锥山蚂蝗（19.01）、四川木蓝（17.24）。前十位的物种株数总共 755 株，占全部物种的 62.13%。草本层共有 97 种，其中重要值最高的为毛莲蒿（43.00），2-5 的分别是中华山蓼（17.67）、指叶凤尾蕨（10.92）、毛萼香茶菜（10.89）、戟叶酸模（9.85），前十位的物种株数总共 1168 株，占全部物种的 40.26%。从上面数据都可以看出，整个群落在乔木层、灌木层和草本层的优势种群非常明显。

五小叶槭样方物种数量特征

表 4.8-23

乔木种类	多度	频度	胸径面积之和（cm^2）	相对多度	相对优势度	相对频度	重要值
五小叶槭 *Acer pentaphyllum*	198	0.67	8269508.68	0.7	0.95	0.54	218.58
高山栎 *Quercus semecarpifolia*	25	0.09	304142.19	0.09	0.03	0.07	19.67
栾树 *Koelreuteria paniculata*	13	0.09	49518.84	0.05	0.01	0.07	12.52
蒙桑 *Morus mongolica*	7	0.04	17086.81	0.02	0.002	0.03	5.94
胡桃 *Juglans regia*	5	0.05	4417.73	0.02	0.0005	0.04	5.91
毛叶合欢 *Albizia mollis*	5	0.03	37187.32	0.02	0.0043	0.02	4.65
柳属 *Salix*	3	0.03	929.38	0.01	0.0001	0.02	3.53
糙皮桦 *Betula utilis*	3	0.03	530.91	0.01	0.0001	0.02	3.52
高山松 *Pinus densata*	4	0.02	16376.14	0.01	0.0019	0.02	3.24

乔木种类	多度	频度	胸径面积之和（cm^2）	相对多度	相对优势度	相对频度	重要值
山杨 *Populus davidiana*	3	0.02	16105.09	0.01	0.0018	0.02	2.88
其他 14 种	18	0.16	10434.56	0.06	0.0012	0.13	19.57
灌木种类	多度	频度	盖度之和	相对多度	相对盖度	相对频度	重要值
红泡刺藤 *Rubus niveus*	120	0.31	4.46	0.1	0.08	0.1	28.13
鸡骨柴 *Elsholtzia fruticosa*	125	0.23	3.36	0.1	0.06	0.07	23.94
川滇蔷薇 *Rosa soulieana*	73	0.24	4.28	0.06	0.08	0.08	21.67
圆锥山蚂蝗 *Desmodium elegans*	86	0.18	3.35	0.07	0.06	0.06	19.01
四川木蓝 *Indigofera szechuensis*	85	0.19	2.3	0.07	0.04	0.06	17.24
小叶扁担杆 *Grewia biloba* var. *microphylla*	76	0.16	2.6	0.06	0.05	0.05	16.22
鞍叶羊蹄甲 *Bauhinia brachycarpa*	59	0.2	2.1	0.05	0.04	0.06	15.01
皱叶醉鱼草 *Buddleja crispa*	52	0.19	2.31	0.04	0.04	0.06	14.55
小雀花 *Campylotropis polyantha*	50	0.1	1.83	0.04	0.03	0.03	10.66
细梗小檗 *Berberis tenuipedicellata*	29	0.12	1.67	0.02	0.03	0.04	9.19
其他 38 种	460	1.25	25.04	0.38	0.47	0.4	124.39
草本种类	多度	频度	盖度之和	相对多度	相对盖度	相对频度	重要值
毛莲蒿 *Artemisia vestita*	325	0.52	9.93	0.11	0.18	0.13	43
中华山蓼 *Oxyria sinensis*	192	0.19	3.3	0.07	0.06	0.05	17.67
指叶凤尾蕨 *Pteris dactylina*	35	0.1	3.85	0.01	0.07	0.03	10.92
毛萼香茶菜 *Isodon eriocalyx*	119	0.14	1.76	0.04	0.03	0.04	10.89
戟叶酸模 *Rumex hastatus*	65	0.09	2.84	0.02	0.05	0.02	9.85
臭节草 *Boenninghausenia albiflora*	55	0.13	2.01	0.02	0.04	0.03	8.91
婆婆针 *Bidens bipinnata*	110	0.09	0.83	0.04	0.02	0.02	7.68
喜马拉雅鹿藿 *Rhynchosia himalensis*	69	0.08	1.31	0.02	0.02	0.02	6.92
粗壮景天 *Sedum engleri*	71	0.11	0.79	0.02	0.01	0.03	6.74
西南野古草 *Arundinella hookeri*	127	0.06	0.51	0.04	0.01	0.01	6.74
其他 87 种	1733	26.98	2.38	0.6	0.5	0.61	170.68

(3)五小叶槭群落种子植物区系类型分析

通过对五小叶槭群落的种子植物区系地理成分进行分析，可以看出分布区五小叶槭群落区系总体呈现出在科级水平上热带成分和温带成分相当，兼具有热带和温带的性质，显示了亚热带山区植物区系的特点。而在属级层面上则是温带成分大于热带成分，占优势地位，且以北温带成分为主。无论从科级还是属级水平看都具有热带成分与温带成分的混杂现象，这是因为该区为南北向河谷，热带植物上升和温带植物下降在长期内连续进行的结果。从科级水平来看热带成分较多、温带成分较少，但属级水平上则是温带多热带少，这是由于科的分化较属分化早，从而使随着时间的推移环境的变化该植物区系

逐渐带上了明显的温带性质。

科属分布区类型

表 4.8-24

植物区系类型	科数	占科数%	属数	占属数%
1 广布	31	-	23	-
2 泛热带	14	43.75	22	20.18
3 东亚(热带、亚热带)及热带南美间断	0	0	1	0.92
4 旧世界热带	1	3.13	6	5.5
5 热带亚洲至热带大洋洲	2	6.25	6	5.5
6 热带亚洲至热带非洲	1	3.13	5	4.59
7 热带亚洲(即热带东南亚至印度-马来，太平洋诸岛)	0	0	3	2.75
8 北温带	13	40.63	38	34.86
9 东亚及北美间断	0	0	5	4.59
10 旧世界温带	1	3.13	8	7.34
11 温带亚洲	0	0	3	2.75
12 地中海区、西亚至中亚	0	0	1	0.92
14 东亚	0	0	9	8.26
15 中国特有	0	0	2	1.83

(4)五小叶槭群落的物种多样性

五小叶槭群落的物种整体丰富度不高，仅为 18.9526，群落中各层间的丰富度由大到小依次为：草本层＞灌木层＞乔木层。乔木层出现的种群和丰富度最少，灌木层其次，草本层种类和种数均为最高，灌木层中存在一些乔木层的幼年植株，如栾树、侧柏、胡桃等。而从 Simpson 多样性指数、Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数来看，除了草本层均匀度指数稍低于灌木层以外，其他反映的变化趋势基本一致，均为草本层＞灌木层＞乔木层。草本层和灌木层之间的多样性指数相差不大，也接近于整体的多样性指数。整体来看，五小叶槭群落物种多样性丰富度不高，草本层和灌木层是群落多样性的基础。

五小叶槭群落物种多样性

表 4.8-25

层次	植株数	物种数	物种丰富度 R	多样性指数		均匀度指数 J
				D	H'	
乔木层	284	24	4.0715	0.5038	1.9950	0.6277
灌木层	1215	48	6.6174	0.9494	4.7320	1.2224
草本层	2901	97	12.0409	0.9672	5.5912	1.2222
整体	4400	160	18.9526	0.9792	6.2282	1.2272

4.8.7.8 生境分析

(1)五小叶槭原生境

基于野外原生境调查到的五小叶槭的个体位置信息，将五小叶槭分布外围边界的点

位进行连接勾图，得到五小叶槭原生境的分布区域。对全部原生境分布区域的面积进行分类计算与统计，得到五小叶槭总的原生境面积为 119.5440km^2，五小叶槭原生境主要分布在甘孜州雅江、康定、九龙和凉山州木里的雅砻江及其支流流域。

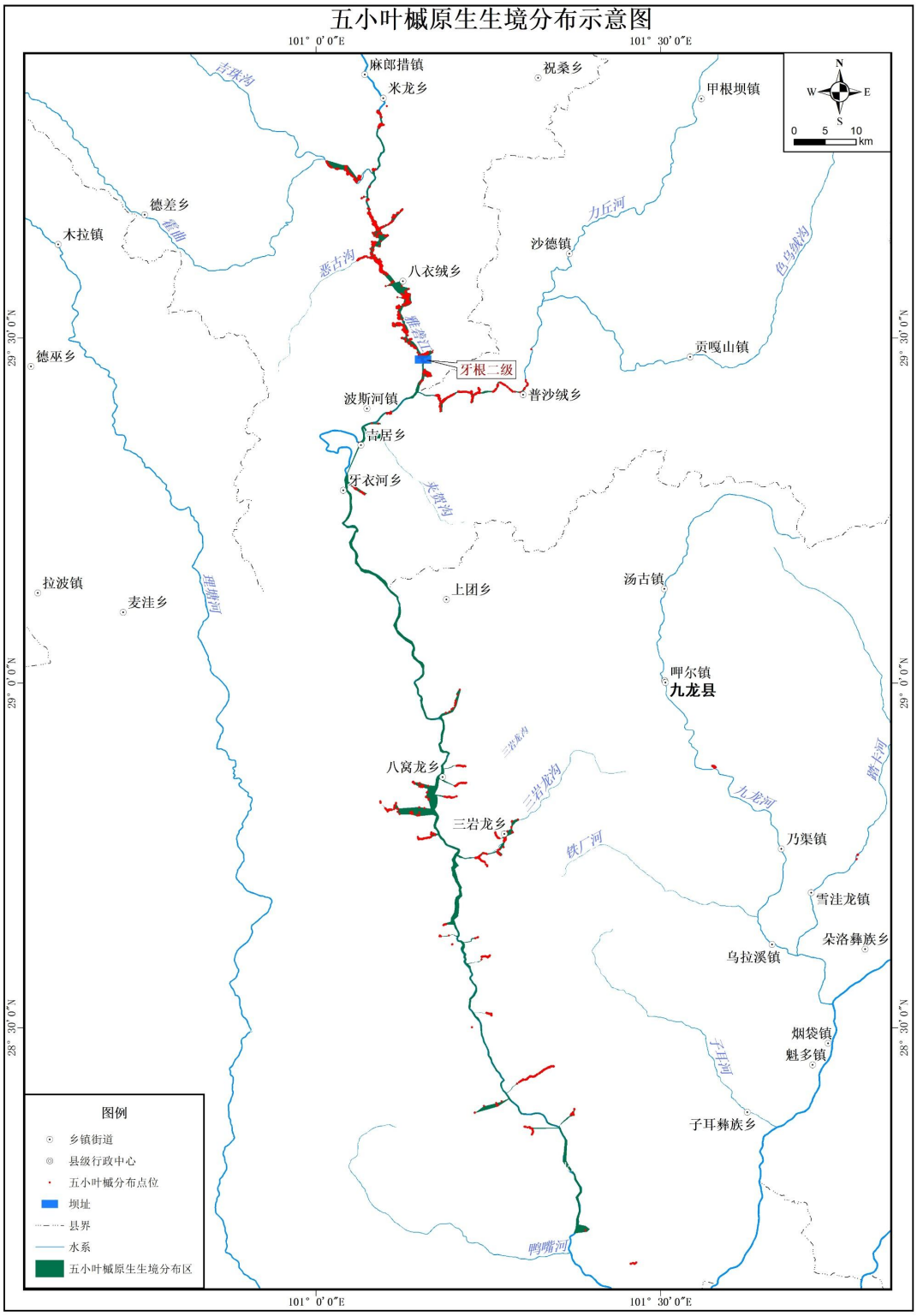


图 4.8-39　五小叶槭原生境分布情况

(2)五小叶槭生态适宜性评价

通过野外调查数据、GIS 分析技术以及生态位理论和最大熵模型（MaxEnt）对影响五小叶槭分布的各种因子进行定量分离归类及潜在分布的适宜性进行等级划分，得到五小叶槭的适宜分布图，不同颜色代表五小叶槭在研究区域的不同生长适宜程度，其中白色区域代表不适宜区，绿色区域代表低适宜区，黄色区域代表中适宜区，红色区域代表高适宜区。受气候、海拔等背景因子的限制，五小叶槭的潜在分布适宜区在四川西部。对适生等级的适生面积进行分类计算与统计，得到五小叶槭高适生区面积为2504.382km^2，主要分布在甘孜州雅江、康定、九龙和凉山州木里的雅砻江及其支流流域，与野外调查实际分布情况一致。

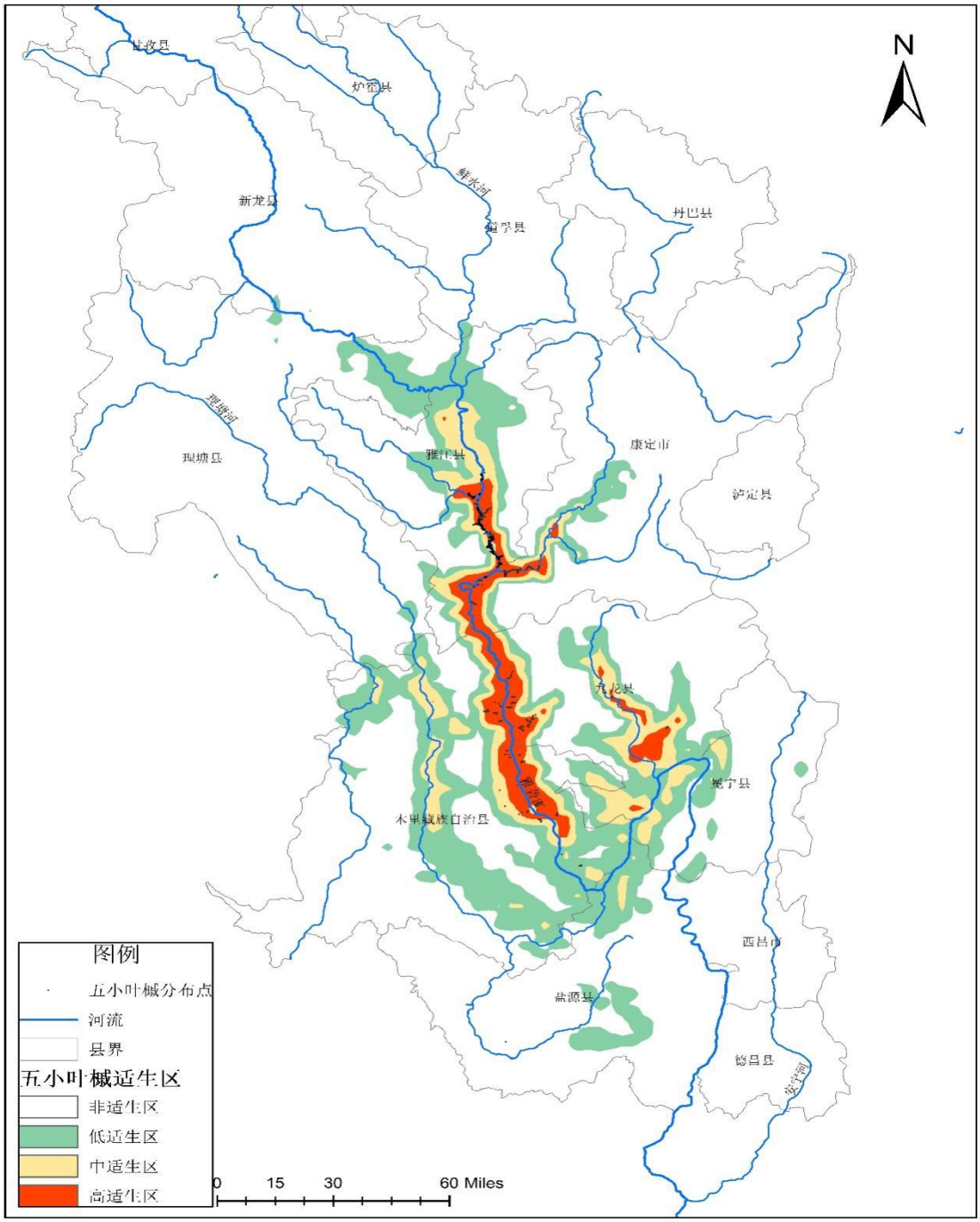


图 4.8-40　五小叶槭潜在适生区分布图

4.8.7.9 资源保护现状

(1)野生五小叶槭植株移栽现状

2022 年 5 月初及 10 月中旬，我公司对九龙县和康定市野生五小叶槭植株移栽现状进行了调查，调查结果如下。

1) 2009 年九龙县就近移栽野生五小叶槭

九龙县就近移栽野生五小叶槭 17 株，为树高 3.2m 以上、胸径 6-7cm 的成树，生境

中其他树种较多，移栽距离＜50m，减少了运输距离对移栽的影响，成活率为 41%。



图 4.8-41　2010 年九龙县五小叶槭移栽一年后情况



图 4.8-42　2022 年九龙县五小叶槭移栽 13 年后保存情况（7 株存活）

2) 2015 年康定市就近移栽野生五小叶槭

康定市就近移栽野生五小叶槭 3 株，为树高 3.5m 以上、胸径＞5.5cm 的成树，生境中其他树种（如杨树）较多、植株密集，影响五小叶槭对阳光和水分的吸收，不同物种间竞争大，移栽距离＜100m，减少了运输距离对移栽的影响，成活率为 67%。



图 4.8-43　2022 年康定市五小叶槭移栽 5 年后存活情况

根据实地调查情况发现，野生植株移栽案例中，康定市移栽的五小叶槭成活率 67%，由于土壤板结会导致根系呼吸受阻，种间竞争大，生长状况一般；九龙县移栽的五小叶槭成活率 41%，根据当地养护人员介绍，土壤结构差均为生土，未进行土壤改良，由于野生五小叶槭苗木移栽经验不足，存在移栽深度过深、覆土过高、浇水管护次数少，养护措施不够等导致五小叶槭移栽成活率不高。

(2)人工繁育五小叶槭植株回归

2022 年 10 月中旬，我公司对雅砻江两河口水电管理局白玛营地和雅江县至理塘县 G318 沿线种植的人工繁育五小叶槭苗木的生存现状进行了调查，调查结果如下。

1) 2020 年 G318 沿线人工繁育五小叶槭回归

G318 沿线移栽植株为 3 年生人工繁育的五小叶槭，共 44 株，繁育于雅江县 84K 苗圃，树高在 1.2m-1.3m 左右，胸径<5cm 的幼树，生境中杂草较少，由于该区域有河流经过，空气湿度大，利于苗木生长，存活率达到 75%。



图 4.8-44　318 国道旁回归的五小叶槭现状

2) 2021 年白玛营地人工繁育五小叶槭回归

白玛营地的五小叶槭繁育于苗圃，共计回归 126 株，为 3-4 年生苗木，树高 1.2m-1.8m 之间，胸径<5cm 的幼树，生境中蒿类较多，土壤改良措施欠缺，土壤板结肥力不够，目前存活率为 60%。



图 4.8-45　白玛营地回归的五小叶槭现状

3)五小叶槭专题报告中开展的人工繁育苗木野外回迁试验

2022 年 4 月，四川省林业科学研究院在雅江县牙巴村利用 2 年生和 6 年生的五小叶槭人工繁育苗木，开展了野外回迁试验，进行不同移栽处理下的野外回归成活率对比。总计栽植人工繁育五小叶槭苗木 1280 株。经过观测发现，2 年生苗木（即五小叶槭幼苗）成活率均达到了 95%以上，6 年生苗木平均成活率在 64%左右。

人工繁育五小叶槭野外回迁试验成活率统计

表 4.8-26

处理		成活率		处理		成活率
对照		60%	基质	8:2(泥炭土)		60%
生根剂	GGR-200ppm	45%		5:5(泥炭土)		40%
	GGR-500ppm	85%		10%(稻壳炭)		50%
	GGR-1000ppm	40%		20%(稻壳炭)		50%
	GA3-200ppm	40%		30%(稻壳炭)		75%
	GA3-500ppm	60%		40%(稻壳炭)		40%
	GA3-1000ppm	35%	施肥	50g		50%
	ABT-200ppm	35%		100g		90%
	ABT-500ppm	50%		150g		65%
	ABT-1000ppm	30%		200g		75%
截根	10cm	35%	遮荫	90%遮荫		95%
	15cm	10%		60%遮荫		100%
	20cm	0%		10 天喷洒一次蒸腾剂		55%
截干	150cm	65%		5 天喷洒一次蒸腾剂		80%
	200cm	85%	覆盖	薄膜		80%
	250cm	70%		草席		90%

(3)五小叶槭的种苗繁育

从 2014 年开始，四川省林业科学研究院对五小叶槭的繁育和栽培技术等进行了相关研究，编制并发布了四川省地方标准《五小叶槭播种育苗技术规程》（DB51/T 2253-2016）。2022 年，林科院在此基础上，增加了五小叶槭组培繁育等相关工作内容，修订并发布了《五小叶槭育苗技术规程》（DB51/T 2253-2022）。按照相关技术规程，在原生境和适生区进行了就地保护和迁地保护，在甘孜州康定市、九龙县等五小叶槭自然分布地采集种质资源 32 份，建立了种质资源收集圃，已成功繁育五小叶槭幼苗近 30000 余株，在北京世园会、贵州绿博会、成都市植物园和南京市中山植物园等地进行了推广应用。

2017 年-2019 年，四川七彩林业开发有限公司针对五小叶槭的无性繁殖发表了《一种五小叶槭的组培快繁方法》《一种五小叶槭扦插繁殖方法》《一种五小叶槭枝条快速繁殖的培养方法》《一种五小叶槭组培苗瓶外生根方法》4 项发明专利。组织培养方法的生根率在 80%以上，扦插繁殖方法成活率高，瓶外生根方法缩短了炼苗过程时间，枝条快速繁殖方法使炼苗成活率达 80%以上。

(4)引种栽培

自 2015 年以来，在甘肃省小陇山林业实验局立远林场进行了五小叶槭种苗繁育试

验，先后培育幼苗 8500 余株，成苗率达 70%左右，说明能够在五小叶槭分布区外进行育苗。随后，在甘肃省天水市麦积区东岔镇交川村建立了五小叶槭引种栽培基地，启动五小叶槭移植试研究，以探索五小叶槭异地引种技术，为迁地保护五小叶槭提供依据。

2016 年，四川五小叶槭育种农业有限责任公司在遂宁建立了五小叶槭繁育苗圃，面积约 2 亩，栽植五小叶槭数量约 1 万多株。该公司向全国 32 个五小叶槭异地试验点（其中包括深圳植物园、华南植物园、厦门植物园、杭州植物园、版纳植物园、武汉植物园、北京植物园、河南濮阳、河北等地）捐赠了五小叶槭，初步统计已有 15 个点已顺利越夏越冬。

此外，中国科学院昆明植物园、中国科学院茂县生态站、南京中山植物园、成都市植物园、甘肃省天水市林科所、美国加州索诺玛植物园、加拿大 UBC 植物园、澳大利亚商业苗圃等已陆续开展五小叶槭的引种栽培。

这些试验极大地拓展五小叶槭引种种植地域，对五小叶槭迁地保护具有一定的指导和借鉴意义。

(5)五小叶槭移栽技术

绵阳师范学院 2018 年发表了名为《一种五小叶槭苗木移栽设备》的实用型专利。装置不仅能根据苗木的粗细程度对支撑装置进行调节，还能根据苗木的高度对支撑装置进行调节，使得不同粗细、不同高度的苗木均能得到有效支撑，防止苗木支撑点过低发生侧翻而毁坏苗木。

2022 年，四川省林科院编制并发布了标准《五小叶槭保护技术规程》（DB51/T 2983-2022），该标准针对五小叶槭保护中的野外回归与迁地保护中种植、管理和监测等方面内容进行了相关研究，能够为五小叶槭的移栽技术提供技术支撑。

根据五小叶槭植株移栽人工繁育植株野外回归案例的调研情况和人工繁育苗木野外回迁试验等基础研究工作结果，认为在移栽五小叶槭大树前要保证有足够大的土球，保证有较为完整的根系，移动过程中尽量不破坏土球，损伤树皮、折断树枝；五小叶槭为阔叶树种，冠形庞大枝叶茂密，蒸腾作用强烈，对水分需求量大，但根系与树冠距离长，造成大树难以短时间达到地下和地上水的水分平衡，因此对树冠进行修剪、遮荫、喷蒸腾剂和根系覆盖等措施均能起到一定抑制蒸腾的作用；树木均具有离心生长特点，使五小叶槭的根系扎入深层土壤、根系扩展到四周，就要寻求其有最佳的土壤基质和施肥措施使得根系生长，增加根系吸收水分和养分功能。

4.8.8 陆生动物

经实地调查访问以及资料收集，牙根二级水电站工程评价区共有陆生脊椎动物 22 目 70 科 237 种，其中，两栖动物 2 目 5 科 8 种，爬行动物 1 目 4 科 7 种，鸟类 13 目 42 科 171 种，兽类 6 目 19 科 51 种。评价区分布的陆生动物中，有国家一级重点保护野生动物 4 种，国家二级重点保护野生动物 37 种，极危动物 2 种，濒危动物 2 种，易危动物 12 种，特有动物 29 种。

评价区野生动物统计表

表 4.8-27

种类	种类组成			国家级保护物种	濒危等级			特有种
	目数	科数	种数		极危	濒危	易危	
两栖动物	2	5	8	1	0	0	1	5
爬行动物	1	4	7	0	0	0	2	3
鸟类	13	42	171	23	0	0	3	11
兽类	6	19	51	17	2	2	6	10
总数	22	70	237	41	2	2	12	29

4.8.8.1 两栖动物

(1)物种组成

牙根二级水电站评价区共有两栖动物 8 种，分隶 2 目 5 科。其中蛙科为优势科，有 3 种，占物种总数的 37.5%，小鲵科、蟾蜍科以及叉舌蛙科均为 1 种。评价区域内，常见的两栖动物有中华蟾蜍 *Bufo gargarizans*、四川湍蛙 *Amolops mantzorum*、高原林蛙 *Rana kukunoris*。

评价区两栖动物物种组成

表 4.8-28

目	科	物种数	占物种数的百分比（%）
有尾目	小鲵科	1	12.50
无尾目	角蟾科	2	25.00
	蟾蜍科	1	12.50
	蛙科	3	37.50
	叉舌蛙科	1	12.50
合计	45	8	100

(2) 区系组成

评价区东洋界两栖动物共计 5 种，占两栖动物总数的 62.5%，仅喜马拉雅-横断山区型（H）1 种分布型。评价区有古北界两栖动物 3 种，占两栖动物总数的 37.5%，含季

风型（E）、东北-华北型（X）、高地型（P）3 种分布型。

评价区两栖动物区系成分组成

表 4.8-29

地理区系	分布型	物种数	百分比%
东洋界	喜马拉雅-横断山型（H）	5	62.50
	小计	5	62.50
古北界	季风型（E）	1	12.50
	高地型（P）	1	12.50
	东北-华北型（X）	1	12.50
	小计	3	37.50
合计		8	100

(3)生态类型

区域内的河流、溪流、水塘、湿地等为两栖动物生存分布的核心生境。根据生境不同可将两栖动物分为 3 种生态类群：水栖类群、半水栖类群和陆栖类群。

1)水栖类群：常年生活在溪流内或附近的水栖类群有 5 种，占 62.50%，包括了小鲵科 1 种、角蟾科 2 种、蛙科 2 种；成体主要栖息于河流中，卵团产在激流大石块下面，蝌蚪在河流中生活。

2)半水栖类群：仅在繁殖季节进入水域，生活中离水域较近的湿润环境中，物种 2 种，占 25.00%；主要分布于静水生境，如水田、池塘、湿地等，包括高原林蛙 *Rana kukunoris*、倭蛙 *Nanorana pleskei*；卵带或卵团产在临时性、永久性静水塘或流溪的洄水塘内，蝌蚪在静水塘中发育。

3)陆栖类群，仅在繁殖季节进入水域，多数时间生活在离水域较远的干旱环境中，有 1 种，占 12.5%；即中华蟾蜍 *Bufo gargarizans*，广泛分布于各种陆域生境。

(4)重要两栖动物

根据《国家重点保护野生动物名录》《四川省重点保护野生动物名录》，评价区域有国家二级重点保护两栖动物 1 种，西藏山溪鲵 *Batrachuperus tibetanus*，无四川省重点保护野生两栖动物。根据《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷（2020）》，评价区域无极危、濒危两栖类，易危两栖类 1 种，西藏山溪鲵 *Batrachuperus tibetanus*，特有种 5 种。

4.8.8.2 爬行动物

(1)物种组成

牙根二级水电站评价区共有爬行动物 7 种，分隶 1 目 6 科。评价区内，常见的爬行

动物是草绿攀蜥 *Diploderma flaviceps*、山滑蜥 *Scincella monticola*、黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura* 等。

评价区爬行动物物种组成

表 4.8-30

目	科	物种数	占物种数的百分比（%）
有鳞目	石龙子科	1	14.29
	鬣蜥科	1	14.29
	蝰科	1	14.29
	游蛇科	4	57.14
合计	4	7	100

(2)区系组成

评价区爬行动物均为东洋界，包括喜马拉雅-横断山型（H）和东洋型（W）2 种分布型。

评价区爬行动物区系成分组成

表 4.8-31

地理区系	分布型	物种数	百分比%
东洋界	喜马拉雅-横断山型（H）	4	57.14
	东洋型（W）	3	42.86
合计		7	100

(3)生态类型

物种的生态环境类型均为陆栖，多生活在林地、草地、耕地等环境中。

(4)重要爬行动物

根据《国家重点保护野生动物名录》《四川省重点保护野生动物名录》，评价区域内无国家和省级重点保护爬行动物。根据《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷（2020）》，评价区域内无极危、濒危爬行类，有易危物种 2 种，黑眉锦蛇 *Elaphe taeniur*a、乌梢蛇 *Ptyas dhumnades*，特有种 3 种。

4.8.8.3 鸟类

(1)物种组成

评价区有鸟类171种，隶属13目42科，其中雀形目鸟类数量128种，占总数的74.85%。

评价区鸟类物种组成

表 4.8-32

目	科	物种数	占物种数的百分比（%）
鸡形目	雉科	9	5.26
雁形目	鸭科	6	3.51
鸽形目	鸠鸽科	3	1.75
夜鹰目	雨燕科	2	1.17
鹃形目	杜鹃科	2	1.17
鹈形目	鹭科	3	1.75
鸻形目	鸻科	1	0.58
	鹬科	3	1.75
鹰形目	鹰科	8	4.68
鸮形目	鸱鸮科	1	0.58
犀鸟目	戴胜科	1	0.58
隼形目	隼科	1	0.58
啄木鸟目	啄木鸟科	3	1.75
雀形目	黄鹂科	1	0.58
	山椒鸟科	1	0.58
	卷尾科	2	1.17
	伯劳科	2	1.17
	鸦科	9	5.26
	山雀科	8	4.68
	百灵科	2	1.17
	蝗莺科	1	0.58
	燕科	4	2.34
	鹎科	4	2.34
	柳莺科	8	4.68
	树莺科	1	0.58
	长尾山雀科	4	2.34
	鸦雀科	6	3.51
	绣眼鸟科	1	0.58
	林鹛科	2	1.17
	雀鹛科	1	0.58
	噪鹛科	7	4.09
	鸸科	1	0.58
	旋木雀科	2	1.17
	河乌科	2	1.17
	椋鸟科	2	1.17
	鹪科	6	3.51
	鹟科	24	14.04
	花蜜鸟科	1	0.58
	雀科	3	1.75
	鹀鸽科	6	3.51
	燕雀科	14	8.19
	鸦科	3	1.75
合计	42	171	100

(2)居留型

从鸟类的居留型来看，评价区域内有繁殖鸟 160 种，占总物种数的 93.57%；非繁殖鸟 11 种，占总物种数的 6.43%。评价区的大部分鸟类都在本区繁殖，不进行远距离迁徙。

评价区域鸟类居留型组成

表 4.8-33

居留型		物种数	百分比%
繁殖鸟	留鸟	106	61.99
	夏候鸟	54	31.58
	小计	160	93.57
非繁殖鸟	冬候鸟	7	4.09
	旅鸟	4	2.34
	小计	11	6.43
总计		171	100

(3)区系成分

评价区东洋界鸟类共计 94 种，占鸟类总数的 54.97%，包括喜马拉雅-横断山区型（H）、南中国型（S）和东洋型（W）3 种分布型。评价区有古北界鸟类 61 种，占鸟类总数的 35.67%，含全北型（C）、季风型（E）、东北型（M）、东北-华北型（X）、古北型（U）、中亚型（D）、高地型（P）7 种分布型。不易归类的广布型分布的鸟类物种 16 种，占鸟类总数的 9.36%。

评价区鸟类区系成分组成

表 4.8-34

地理区系	分布型	物种数	百分比%
东洋界	喜马拉雅-横断山区型（H）	44	25.73
	南中国型（S）	16	9.36
	东洋型（W）	34	19.88
	小计	94	54.97
古北界	全北型（C）	10	5.85
	季风型（E）	2	1.17
	东北型（M）	9	5.26
	东北-华北型（X）	1	0.58
	古北型（U）	33	19.30
	中亚型（D）	1	0.58
	高地型（P）	5	2.92
	小计	61	35.67
广布种	不易归类型（O）	16	9.36
合计		171	100

(4)生态类型

根据鸟类的生活习性的不同，将评价区的 171 种鸟类分为以下 6 种生态类型。

陆禽：大多数是在地面活动、觅食，一般雌雄羽色有明显的差别，雄鸟羽色更为华丽，包括鸡形目、鸽形目所有种，如白腹锦鸡、白马鸡、岩鸽、山斑鸠等，他们在评价区主要分布于林地及林缘地带区域，有部分也在村庄周围活动。

猛禽：视觉器官发达，翅膀和足强而有力，能够在天空翱翔或滑翔，捕食空中、水面或地下活动的猎物，包括鸮形目、鹰形目、隼形目所有种，如长尾林鸮、普通鵟、大鵟、红隼等，猛禽活动范围广，偶尔游荡至评价区上空。

攀禽：攀禽类善于在岩壁、石壁、土壁、树上等处攀缘，包括雨燕目、鹃形目、啄木鸟目、犀鸟目所有种，如白腰雨燕、大杜鹃、戴胜、白背啄木鸟等，主要分布在评价区林地中，有部分也在林缘和村庄周围活动。

涉禽：适应在浅水滩和水边生活的鸟类，常涉水觅食。这类鸟类多嘴、颈、腿都细而长，多具迁徙习性，具备长途飞行的能力。包括鸻形目、鹈形目所有种，如白腰草鹬、红脚鹬、池鹭、白鹭等，主要在水域周围活动。

游禽：喜欢在水上生活，脚向后伸，趾间有蹼，有扁阔的或尖嘴，善于游泳、潜水和在水中掏取食物，大多数不善于在陆地上行走，但飞翔很快。包括雁形目所有种，如赤麻鸭、绿翅鸭、绿头鸭等。

鸣禽：一般体形较小，体态轻捷，活泼灵巧，善于鸣叫和歌唱，且巧于筑巢。主要包括雀形目的鸟类，如小云雀、大山雀、乌鸦、鹪鸮等，主要活动在评价区林地内，在评价区广泛分布，无论是种类还是数量，鸣禽都占绝对优势。

(5)重要鸟类

根据《国家重点保护野生动物名录》、《四川省重点保护野生动物名录》，调查区域有国家一级保护鸟类 1 种，黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*，国家二级保护鸟类 22 种，分别是血雉 *Ithaginis cruentus*、红腹角雉 *Tragopan temminckii*、勺鸡 *Pucrasia macrolopha*、白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*、白马鸡 *Crossoptilon crossptilon*、长尾林鸮 *Strix uralensis*、高山兀鹫 *Gyps himalayensis*、秃鹫 *Aegypius monachus*、松雀鹰 *Accipiter virgatus*、雀鹰 *Accipiter nisus*、苍鹰 *Accipiter gentilis*、黑鸢 *Milvus migrans*、大鵟 *Buteo hemilasius*、普通鵟 *Buteo japonicus*、红隼 *Falco tinnunculus*、白眉山雀 *Poecile superciliosus*、宝兴鹛雀 *Moupinia poecilotis*、中华雀鹛 *Fulvetta striaticollis*、大噪鹛 *Ianthocincla maxima*、斑

背噪鹛 *Ianthocincla lunulata*、橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii*、滇䴓 *Sitta yunnanensis*；无省级保护鸟类。依据《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷（2020）》，调查区域内有易危（VU）鸟类 2 种，黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*、大鵟 *Buteo hemilasius*。我国特有种有 11 种，黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*、白马鸡 *Crossoptilon crossptilon*、灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracica*、黄腹山雀 *Parus venustulus*、白眉山雀 *Poecile superciliosus*、凤头雀莺 *Leptopoecile elegans*、宝兴鹛雀 *Moupinia poecilotis*、大噪鹛 *Ianthocincla maxima*、斑背噪鹛 *Ianthocincla lunulata*、橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii*、滇䴓 *Sitta yunnanensis*。

4.8.8.4 兽类

(1)物种组成

牙根二级水电站评价区共有兽类 51 种，隶属 6 目 19 科。其中，其中啮齿目数量 19 种，占总数的 37.25%。

评价区兽类物种组成

表 4.8-35

目	科	物种数	占物种数的百分比（%）
劳亚食虫目	鼩科	1	1.96
	鼹科	5	9.80
灵长目	猴科	2	3.92
食肉目	犬科	3	5.88
	熊科	1	1.96
	鼬科	5	9.80
	林狸科	1	1.96
	猫科	3	5.88
鲸偶蹄目	猪科	1	1.96
	麝科	2	3.92
	鹿科	2	3.92
	牛科	3	5.88
啮齿目	松鼠科	4	7.84
	仓鼠科	4	7.84
	鼠科	9	17.65
	鼩形鼠科	1	1.96
	豪猪科	1	1.96
兔形目	鼠兔科	2	3.92
	兔科	1	1.96
合计	19	51	100

(2)区系成分

评价区东洋界兽类共计 32 种，占兽类总数的 62.75%，包括喜马拉雅-横断山区型（H）、

南中国型（S）和东洋型（W）3 种分布型。评价区有古北界兽类 18 种，占兽类总数的 35.29%，含季风型（E）、华北型（B）、全北型（C）、高地型（P）、古北型（U）5 种分布型。不易归类的广布型分布的兽类物种 1 种，占鸟类总数的 1.96%。

评价区兽类区系成分组成

表 4.8-36

地理区系	分布型	物种数	百分比%
东洋界	喜马拉雅-横断山区型（H）	8	15.69
	南中国型（S）	10	19.61
	东洋型（W）	14	27.45
	小计	32	62.75
古北界	季风型（E）	3	5.88
	华北型（B）	1	1.96
	全北型（C）	3	5.88
	高地型（P）	6	11.76
	古北型（U）	5	9.80
	小计	18	35.29
广布种	不易归类型（O）	1	1.96
合计		51	100

(3)生态类型

按其生活习性，评价区兽类可分为以下 3 类生态类型

穴居型：主要在地面活动觅食，栖息、避敌于洞穴中，有的也在地下寻找食物，包括劳亚食虫目、兔形目、啮齿目鼠科、鼹型鼠科、仓鼠科所有种类。

树栖型：主要在树上栖息、觅食的兽类，包括啮齿目松鼠科。主要分布于评价区植被丰富的林地生境，如隐纹花鼠、珀氏长吻松鼠。

陆栖型：主要在地面活动，包括食肉目、鲸偶蹄目所有物种。主要分布于评价区植被丰富的林地及林缘灌丛生境。

(4)重要兽类

根据《国家重点保护野生动物名录》《四川省重点保护野生动物名录》，调查区域有国家一级保护兽类 3 种，马麝 *Moschus chrysogaster*、林麝 *Moschus berezovskii* 和豹 *Panthera pardus*；国家二级保护兽类 14 种，分别是猕猴 *Macaca mulatta*、藏酋猴 *Macaca thibetana*、狼 *Canis lupus*、藏狐 *Vulpes ferrilata*、赤狐 *Vulpes vulpus*、黑熊 *Ursus thibetanus*、黄喉貂 *Martes flavigula*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、猞猁 *Lynx lynx*、毛冠鹿 *Elaphodus*

cephalophus、水鹿 *Rusa unicolor*、岩羊 *Pseudois nayaur*、中华鬣羚 *Capricornis milneedwardsii*、中华斑羚 *Naemorhedus griseus*，无四川省重点保护野生动物。根据《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷（2020）》，调查区域内受极危（CR）物种 2 种，马麝 *Moschus chrysogaster*、林麝 *Moschus berezovskii*，濒危（EN）物种 2 种，豹 *Panthera pardus*、猞猁 *Lynx lynx*，易危（VU）物种 6 种，藏酋猴 *Macaca thibetana*、黑熊 *Ursus thibetanus*、黄喉貂 *Martes flavigula*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、中华鬣羚 *Capricornis milneedwardsii*、中华斑羚 *Naemorhedus griseus*。我国特有种 10 种。



高原林蛙



黑眉锦蛇



红嘴蓝鹊



河乌



野猪



岩松鼠

图 4.8-46　评价区部分动物照片

4.8.8.5 重要野生动物

根据野外调查结果和历史资料查证，评价区内分布有国家及地方重点保护陆生脊椎动物 41 种，其中国家一级重点保护物种 4 种，国家二级重点保护物种 37 种，无四川省重点保护动物；《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷（2020）》中列为极危（Critically Endangered）的动物 2 种，濒危（Endangered）的动物 2 种，易危(Vulnerable)的动物 12 种；分布有中国特有陆生脊椎动物 29 种。

(1)重点保护野生动物

1)种类

经过实地调查、访问，并结合历史资料，评价区内有国家重点保护野生动物 41 种，其中，国家一级重点保护野生动物 4 种，黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*、马麝 *Moschus chrysogaster*、林麝 *Moschus berezovskii* 和豹 *Panthera pardus*；国家二级重点保护野生动物 37 种，西藏山溪鲵 *Batrachuperus karlschmidti*、血雉 *Ithaginis cruentus*、红腹角雉 *Tragopan temminckii*、勺鸡 *Pucrasia macrolopha*、白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*、白马鸡 *Crossoptilon crossptilon*、长尾林鸮 *Strix uralensis*、高山兀鹫 *Gyps himalayensis*、秃鹫 *Aegypius monachus*、松雀鹰 *Accipiter virgatus*、雀鹰 *Accipiter nisus*、苍鹰 *Accipiter gentilis*、黑鸢 *Milvus migrans*、大鵟 *Buteo hemilasius*、普通鵟 *Buteo japonicus*、红隼 *Falco tinnunculus*、白眉山雀 *Poecile superciliosus*、宝兴鹛雀 *Moupinia poecilotis*、中华雀鹛 *Fulvetta striaticollis*、大噪鹛 *Ianthocincla maxima*、斑背噪鹛 *Ianthocincla lunulata*、橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii*、滇䴓 *Sitta yunnanensis*、猕猴 *Macaca mulatta*、藏酋猴 *Macaca thibetana*、狼 *Canis lupus*、藏狐 *Vulpes ferrilata*、赤狐 *Vulpes vulpus*、黑熊 *Ursus thibetanus*、黄喉貂 *Martes flavigula*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、猞猁 *Lynx lynx*、毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus*、水鹿 *Rusa unicolor*、岩羊 *Pseudois nayaur*、中华鬣羚 *Capricornis milneedwardsii*、中华斑羚 *Naemorhedus griseus*；无四川省重点保护野生动物，野外调查未发现保护动物在工程施工区域筑巢。

2)适宜生境分析

西藏山溪鲵一般生活在小型山溪内或泉水石滩及其下游的流溪内，根据其分布特性，将西藏山溪鲵生境分为不适宜区、适宜区、较适宜区和最适宜区。根据计算，西藏山溪鲵在评价区适宜区面积最大，为 192.64km^2，占评价区总面积的 43.11%；其次为不适宜区，面积 130.35km^2，占评价区总面积的 29.17%；最适宜、较适宜区的面积相差不大，

占评价区总面积的 14.07%、13.65%，为溪沟、海子及周边湿润区域。

黄喉雉鹑、血雉、红腹角雉、勺鸡、白腹锦鸡、白马鸡为陆禽，飞行能力较其他鸟类较弱，活动范围也不及其他鸟类，栖息于海拔 2000m~3000m 的阔叶林、针阔叶混交林和林缘疏林灌丛地带，根据其分布特性，其较适宜区面积最大，为 191.86km^2，占评价区总面积的 42.93%；最适宜、适宜区的面积相差不大，占评价区总面积的 20.94%、23.62%，为植被较茂盛的林地等区域；不适宜区面积 55.90km^2，占评价区总面积的 12.51%，为村庄及周边区域，属人为活动强烈区域。

其他保护鸟类（猛禽、鸣禽）广泛分布于针叶林、混交林、阔叶林等山地森林和林缘地带，根据其分布特性，其他保护鸟类在评价区适宜区的生境面积最大，为 150.97km^2，占评价区总面积的 33.78%；较适宜区生境面积次之，为 134.41km^2，占评价区总面积的 30.08%，这两个区域为植被较茂盛的林地等区域；不适宜区面积 129.42km^2，占评价区总面积的 28.96%，为村庄及周边区域，属人为活动强烈区域；最适宜区面积最小，占评价区总面积 7.18%，主要为植被较茂盛、无人为干扰的原生生境区域。

岩羊栖息于海拔 2500-5500 米高原、丘原和高山裸岩与山谷间的草地，这类生境在评价区分布较少，主要在海拔较高的陡峭山坡。影响岩羊生境质量的环境因子中，坡度和海拔影响最大。根据其分布特性，岩羊不适宜区面积最大，为 205.91km^2，占评价区总面积的 46.08%；适宜区生境面积次之，为 182.38km^2，占评价区总面积的 40.81%；然后是较适宜区生境面积 42.65km^2，占评价区总面积的 9.54%，最适宜区面积最小，占评价区总面积 3.56%，主要为海拔较高的陡峭山坡。

毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚、中华斑羚为地面生活型兽类，主要栖于针阔混交林，也适于在针叶林和郁闭度较差的阔叶林的生境生活。根据其分布特性，其较适宜区面积最高，为 204.24km^2，占评价区总面积的 45.70%，为植被较茂盛的针叶林区域；适宜区和不适宜区面积相当，分布别 92.34km^2 和 93.33km^2，分别占评价区总面积的 20.66%和 20.88%，不适宜区主要为村庄、耕地、距离道路较近的区域，植被稀疏，属人为活动强烈区域，适宜区主要为植被稀疏单一的区域向植被茂盛过渡的区域；最适宜区面积最小，为 56.99km^2，占评价区总面积的 12.75%，为植被较茂盛的林地等区域。

其他兽类主要分布在中高海拔、有一定坡度的森林和灌丛区域，根据其分布特性，保护兽类在评价区较适宜的生境面积最大，为 188.39hm^2，占评价区总面积的 42.16%；其次为适宜生境面积，为 143.68hm^2，占评价区总面积的 32.15%，为植被较茂盛的林地

等区域；不适宜区面积 77.55hm^2，占评价区总面积 17.35%，主要为植被相对稀疏单一，耕地和村庄较多，距离道路较近的区域，属人为活动强烈区域；最适宜区面积 37.24hm^2，占评价区总面积 8.33%，为植被较茂盛的林地等区域。

重点保护动物生境适宜性分级

表 4.8-37

类型		最适宜	较适宜	适宜	不适宜	合计
西藏山溪鲵	面积（km^2）	62.88	61.00	192.64	130.35	446.87
	占比（%）	14.07	13.65	43.11	29.17	100
鸡形目鸟类	面积（km^2）	93.56	191.86	105.54	55.90	446.87
	占比（%）	20.94	42.93	23.62	12.51	100
其他鸟类	面积（km^2）	32.07	134.41	150.97	129.42	446.87
	占比（%）	7.18	30.08	33.78	28.96	100
岩羊	面积（km^2）	15.93	42.65	182.38	205.91	446.87
	占比（%）	3.56	9.54	40.81	46.08	100
毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚、中华斑羚	面积（km^2）	56.99	204.24	92.34	93.30	446.87
	占比（%）	12.75	45.70	20.66	20.88	100
其他兽类	面积（km^2）	37.24	188.39	143.68	77.55	446.87
	占比（%）	8.33	42.16	32.15	17.35	100

(2)濒危动物

评价区野生动物中有极危（CR）动物 2 种，马麝 *Moschus chrysogaster*、林麝 *Moschus berezovskii*；濒危（EN）动物 2 种，豹 *Panthera pardus*、猞猁 *Lynx lynx*；易危（VU）动物 12 种，分别是西藏山溪鲵 *Batrachuperus karlschmidti*、黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura*、乌梢蛇 *Ptyas dhumnades*、黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*、秃鹫 *Aegypius monachus*、大鵟 *Buteo hemilasius*、藏酋猴 *Macaca thibetana*、黑熊 *Ursus thibetanus*、黄喉貂 *Martes flavigula*、豹猫 *Prionailurus bengalensis*、中华鬣羚 *Capricornis milneedwardsii*、中华斑羚 *Naemorhedus griseus*。

(3)特有动物

评价区共有中国特有陆生脊椎动物 29 种，分别是西藏山溪鲵 *Batrachuperus karlschmidti*、胸腺猫眼蟾 *Scutiger glandulatus*、高原林蛙 *Rana kukunoris*、棕点湍蛙 *Amolops loloensis*、倭蛙 *Nanorana pleskei*、草绿攀蜥 *Diploderma flaviceps*、高原蝮 *Gloydius strauchi*、棕网腹链蛇 *Hebius johannis*、黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*、白马鸡 *Crossoptilon crossptilon*、灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracica*、黄腹山雀 *Parus venustulus*、白眉山雀 *Poecile superciliosus*、凤头雀莺 *Leptopoecile elegans*、宝兴鹛雀 *Moupinia poecilotis*、大噪鹛 *Ianthocincla maxima*、斑背噪鹛 *Ianthocincla lunulata*、橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii*、滇䴓 *Sitta yunnanensis*、云南鼩鼱 *Sorex excelsus*、藏酋猴 *Macaca thibetana*、岩松鼠 *Sciurotamias davidianus*、中华绒鼠 *Eothenomys chinensis*、西南绒鼠 *Eothenomys custos*、

高原松田鼠 *Neodon irene*、高山姬鼠 *Apodemus chevrieri*、川西白腹鼠 *Niviventer excelsior*、中华鼢鼠 *Eospalax fontanierii*、川西鼠兔 *Ochotona gloveri*。

重要野生动物调查结果统计表

表 4.8-38

序号	种名	保护级别	濒危等级	特有种	分布区域	发现点位	资料来源	工程占用情况
1	西藏山溪鲵 *Batrachuperus karlschmidti*	二级	易危（VU）	是	一般生活在小型山溪内或泉水石滩及其下游的流溪内，本次调查仅在木灰村后山顶海子发现	29.510833°N，101.205743°E，4711m	现场调查	否
2	胸腺猫眼蟾 *Scutiger glandulatus*		无危（LC）	是	生活于海拔 2200-4000 米的山区，所在环境植被较为茂密，环境阴湿。成蟾多栖于中、小型山溪边或其附近	29.742148°N，101.075483°E，2540m	现场调查	占用部分生境
3	高原林蛙 *Rana kukunoris*		无危（LC）	是	生活在海拔 2000-4200 米高原地区的各种水域及其附近的湿润环境中	29.709995°N，101.058287°E，3348m	现场调查	否
4	棕点湍蛙 *Amolops loloensis*		近危（NT）	是	生活在海拔 2100~3200m 的山溪中	/	访问	否
5	倭蛙 *Nanorana pleskei*		无危（LC）	是	常栖息于高原沼泽地带的水坑、水塘以及水沟、小溪及其附近	29.835062°N，101.107512°E，2715m	现场调查	占用部分生境
6	草绿攀蜥 *Diploderma flaviceps*		近危（NT）	是	栖息于山坡、路边、田边、荒地乱石间	29.752601°N，101.091461°E，2531m	现场调查	占用部分生境
7	高原蝮 *Gloydius strauchi*		近危（NT）	是	生活于高山高原草原地区以及多出没于有乱石堆处	/	访问	否
8	棕网腹链蛇 *Hebius johannis*		无危（LC）	是	生活于海拔 2000 米左右的山区	/	资料记载	占用部分生境
9	黑眉锦蛇 *Elaphe taeniura*		易危（VU）		一般生活于高山、平原、丘陵、草地、田园及村舍附近，也常在稻田、河边及草丛中活动	29.833737°N，101.092349°E，2734m	现场调查	占用部分生境
10	乌梢蛇 *Ptyas dhumnades*		易危（VU）		见于田野、山边、河岸、溪边、灌丛、草地、林下、民宅周围等处	29.461017°N，101.159996°E，2765m	现场调查	占用部分生境
11	红腹角雉 *Tragopan temminckii*	二级	近危（NT）		栖息于海拔 1000-3500m 的山地森林、灌丛、竹林等不同植被类型中	/	资料记载	占用部分生境
12	勺鸡 *Pucrasia macrolopha*	二级	无危（LC）		常栖于海拔 1000-4000 米的针、阔叶混交林	/	资料记载	占用部分生境
13	白腹锦鸡 *Chrysolophus amherstiae*	二级	近危（NT）		栖于 2000-4000 米高度的多岩山地	29.491616°N，101.130359°E，2732m，红外相机 7、13、15	现场调查	占用部分生境
14	白马鸡 *Crossoptilon crossptilon*	二级	近危（NT）	是	栖息于海拔 3000-4000 米的高山和亚高山针叶林和针阔叶混交林带，有时也上到林线上林缘疏林灌丛中活动	29.761913°N，101.065281°E，3611m，红外相机 5-7、9	现场调查	否
15	灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracica*		无危（LC）	是	主要栖息于山区、平原、灌丛、竹林以及草丛	/	访问	占用部分生境

序号	种名	保护级别	濒危等级	特有种	分布区域	发现点位	资料来源	工程占用情况
16	血雉 *Ithaginis cruentus*	二级	近危（NT）		栖息于雪线附近的高山针叶林、混交林及杜鹃灌丛中，海拔高度多在 1700-3000 米	红外相机 2、7、12	现场调查	否
17	黄喉雉鹑 *Tetraophasis szechenyii*	一级	易危（VU）	是	一般栖息于针叶林以及杜鹃灌丛	红外相机 10	现场调查	否
18	长尾林鸮 *Strix uralensis*	二级	近危（NT）		栖息于山地针叶林、针阔叶混交林和阔叶林中	/	资料记载	否
19	高山兀鹫 *Gyps himalayensis*	二级	近危（NT）		栖息于海拔 2000 米到 6000 米的高原和高山地区	29.414904°N，101.152693°E，2692m	现场调查	否
20	秃鹫 *Aegypius monachus*	二级	易危（VU）		栖息于低山丘陵和高山荒原与森林中的荒岩草地、山谷溪流和林缘地带	/	资料记载	否
21	松雀鹰 *Accipiter virgatus*	二级	无危（LC）		主要栖息于茂密的针叶林和常绿阔叶林以及开阔的林缘疏林地带	/	资料记载	否
22	雀鹰 *Accipiter nisus*	二级	无危（LC）		栖息于针叶林、混交林、阔叶林等山地森林和林缘地带	/	访问	否
23	苍鹰 *Accipiter gentilis*	二级	近危（NT）		栖息于不同海拔高度的针叶林、混交林和阔叶林等森林地带	/	资料记载	否
24	大鵟 *Buteo hemilasius*	二级	易危（VU）		栖息于山地、山脚平原和草原等地区，垂直分布高度可以达到 4000 米以上的高原和山区	29.530615°N，101.133037°E，2705m	现场调查	否
25	普通鵟 *Buteo japonicus*	二级	无危（LC）		栖息于山地森林和林缘地带	/	资料记载	否
26	黑鸢 *Milvus migrans*	二级	无危（LC）		栖息于开阔平原、草地、荒原和低山丘陵地带	/	资料记载	否
27	红隼 *Falco tinnunculus*	二级	无危（LC）		栖息于山地和旷野中	/	访问	否
28	黄腹山雀 *Parus venustulus*		无危（LC）	是	主要栖息于海拔 2500 米以下的山地各种林木中，冬季多下到低山和山脚平原地带的次生林、人工林和林缘疏林灌丛地带	29.584987°N，101.125461°E，3059m	现场调查	占用部分生境
29	白眉山雀 *Poecile superciliosus*	二级	近危（NT）	是	栖息于海拔 3000-4000 米的山坡灌丛	/	资料记载	否
30	凤头雀莺 *Leptopoecile elegans*		近危（NT）	是	主要栖息于海拔 3000-4000 米的高原山地针叶林中	29.584987°N，101.125461°E，3059m	现场调查	否
31	宝兴鹛雀 *Moupinia poecilotis*	二级	无危（LC）	是	海拔 1500-3700 米的亚热带绿阔叶林、针阔叶混交林、针叶林和高山灌丛、草甸等不同高度的各种植被类型中	/	资料记载	占用部分生境
32	中华雀鹛 *Fulvetta striaticollis*	二级	无危（LC）		栖息于海拔 2200-4300 米的多荆棘栎树林及杜鹃花覆盖的森林	/	资料记载	占用部分生境
33	大噪鹛 *Ianthocincla maxima*	二级	无危（LC）	是	栖息于海拔 2135-4115 米的山区	29.414904°N，101.152693°E，2692m	现场调查	占用部分生境
34	斑背噪鹛 *Ianthocincla lunulata*	二级	无危（LC）	是	栖息于海拔 1400-2600 米高山针叶林、针阔叶混交林、常绿阔叶和竹林中，也出入于林缘疏林灌丛	/	资料记载	占用部分生境

序号	种名	保护级别	濒危等级	特有种	分布区域	发现点位	资料来源	工程占用情况
35	橙翅噪鹛 *Garrulax elliotii*	二级	无危（LC）	是	栖息于海拔 1500-3400 米的山地和高原森林与灌丛中	红外相机 4	现场调查	占用部分生境
36	滇䴓 *Sitta yunnanensis*	二级	近危（NT）	是	栖息于针叶林	/	资料记载	占用部分生境
37	云南鼩鼱 *Sorex excelsus*		无危（LC）	是	栖息于海拔约 4000m 的高原高寒草原地带	/	资料记载	否
38	猕猴 *Macaca mulatta*	二级	无危（LC）		栖息广泛，草原、沼泽各类森林	红外相机 3-6、10、11、14、15	现场调查	占用部分生境
39	藏酋猴 *Macaca thibetana*	二级	易危（VU）	是	栖息于多石壁的高山森林	/	资料记载	占用部分生境
40	狼 *Canis lupus*	二级	近危（NT）		栖息于森林、沙漠、山地、寒带草原、针叶林、草地	红外相机 9	现场调查	否
41	藏狐 *Vulpes ferrilata*	二级	近危（NT）		分布于高原地带，喜独居	/	访问	否
42	赤狐 *Vulpes vulpus*	二级	近危（NT）		栖息环境非常多样，如森林、草原、荒漠、高山、丘陵、平原及村庄附近，甚至于城郊，皆可栖息	红外相机 2	现场调查	否
43	黑熊 *Ursus thibetanus*	二级	易危（VU）		栖息于山地森林	/	访问	否
43	黄喉貂 *Martes flavigula*	二级	易危（VU）		栖息于各种类型的林区，巢穴多建筑于树洞或石洞中	红外相机 2、5、6、8-10、13、16	现场调查	占用部分生境
44	豹猫 *Prionailurus bengalensis*	二级	易危（VU）		主要栖息于山地林区、郊野灌丛和林缘村寨附近	红外相机 2、3、9、15、16	现场调查	占用部分生境
45	猞猁 *Lynx lynx*	二级	濒危（EN）		为喜寒动物，栖息生境极富多样性	/	资料记载	否
46	豹 *Panthera pardus*	一级	濒危（EN）		生活于森林、灌丛、湿地、荒漠等环境	红外相机 1	现场调查	否
47	马麝 *Moschus chrysogaster*	一级	极危（CR）		栖息于高山深谷及高原，海拔 3000-4000 米一带与针叶林镶嵌的草甸及草原灌丛、裸岩、靠山脊的灌丛或草丛等地	/	资料记载	否
48	林麝 *Moschus berezovskii*	一级	极危（CR）		主要栖于针阔混交林，也适于在针叶林和郁闭度较差的阔叶林的生境生活	/	资料记载	否
49	毛冠鹿 *Elaphodus cephalophus*	二级	近危（NT）		栖息于高山或丘陵地带的常绿阔叶林、针阔混交林、灌丛、采伐迹地和河谷灌丛	红外相机 4-7、9、10、12、13	现场调查	占用部分生境
50	水鹿 *Rusa unicolor*	二级	近危（NT）		栖息于阔叶林、混交林、稀树的草场和高草地带	红外相机 4	现场调查	否
51	岩羊 *Pseudois nayaur*	二级	无危（LC）		栖息于海拔 3000-5500 米高原、丘原和高山裸岩与山谷间的草地	/	资料记载	否
52	中华鬣羚 *Capricornis milneedwardsii*	二级	易危（VU）		主要活动于海拔 1000～4400 米针阔混交林、针叶林或多岩石的杂灌林	红外相机 3、4、6-8、10、12-16	现场调查	占用部分生境
53	中华斑羚 *Naemorhedus griseus*	二级	易危（VU）		常栖息于山顶的岩石堆且向阳的地方，夏天居岩洞或垂岩下，冬天由山顶下至森林中生活	红外相机 14	现场调查	占用部分生境

序号	种名	保护级别	濒危等级	特有种	分布区域	发现点位	资料来源	工程占用情况
54	岩松鼠 *Sciurotamias davidianus*		无危（LC）	是	多栖息于山地、丘陵多岩石或裸岩等地油松林、针阔混交林、阔叶林、果树林、灌木林等较开阔而不很郁闭的生境	红外相机 5、6、8、12、15、16	现场调查	占用部分生境
55	中华绒鼠 *Eothenomys chinensis*		近危（NT）	是	生活于海拔 800-2800 的山地灌丛及草坡	/	资料记载	占用部分生境
56	西南绒鼠 *Eothenomys custos*		无危（LC）	是	多生活於高山森林	/	资料记载	否
57	高原松田鼠 *Neodon irene*		无危（LC）	是	栖息于山地灌丛草甸、草原草甸和林缘草坡等处，海拔 2000-4000m 左右	29.655159°N，101.087430°E，2704m	现场调查	占用部分生境
58	高山姬鼠 *Apodemus chevrieri*		无危（LC）	是	多栖于农作区、桦杉针阔混交林及灌丛	29.655159°N，101.087430°E，2704m	现场调查	占用部分生境
59	川西白腹鼠 *Niviventer excelsior*		无危（LC）	是	栖息于森林、灌丛生境	/	资料记载	否
60	中华鼢鼠 *Eospalax fontanierii*		无危（LC）	是	喜栖于土层深厚、土质松软的荒山缓坡、阶地及乔木林下缘的疏林灌丛、草原地、高山灌丛	/	资料记载	否
61	川西鼠兔 *Ochotona gloveri*		无危（LC）	是	主要栖息于高山草原	29.762975°N，101.067553°E，3622m	现场调查	否



豹



豹猫



毛冠鹿



中华鬣羚



白腹锦鸡



白马鸡



血雉



猕猴



狼



黄喉貂

图 4.8-47　部分重要野生动物照片

(5)重要迁徙物种

根据资料分析和现场调查，国家重点保护动物、濒危动物、特有动物中，仅苍鹰 *Accipiter gentilis*、普通鵟 *Buteo japonicus* 有迁徙习性，其余重要动物均不具有迁徙习性。苍鹰在本区域为冬候鸟，迁徙时间春季在 3-4 月，从本区与迁飞往北方繁殖，秋季在 10-11 月又回到本区域越冬。普通鵟在本区域为旅鸟，春季向北迁徙至繁殖区，秋季向南迁徙至越冬地。

目前世界上有 8 条候鸟迁徙路线，其中经过我国的有 3 条路线，对中国季节性南北迁徙的候鸟而言，其迁飞途径大致可以分为西、中、东 3 个候鸟迁徙区，其中西部和中部两个区域的候鸟迁徙都要经过四川，途经四川省境内的有 2 条 3 支：一是中亚—印度迁徙路线，二是东亚-澳大利亚迁徙路线。根据林业部门收集资料及四川省野生动物资源调查保护管理站提供的四川省鸟类主要迁徙路线和主要鸟类分区概况可知，四川省鸟类主要迁徙路线见下图。四川范围内候鸟的迁徙分为东部、中部和西部 3 条主要迁徙路线，均呈南北走向。东部主要是从陕西省南迁入境的候鸟，经川东沿着嘉陵江河谷，进入重庆、贵州境内；中部主要沿龙泉山脉，经成都平原进入贵州、云南境内；西部主要从阿坝州，经雅安、凉山、攀枝花等地，沿横断山脉迁徙。主要迁徙通道包括岷山、邛崃山山系南北向的山区迁徙通道和四川盆地及川东丘陵区平原区迁徙通道。

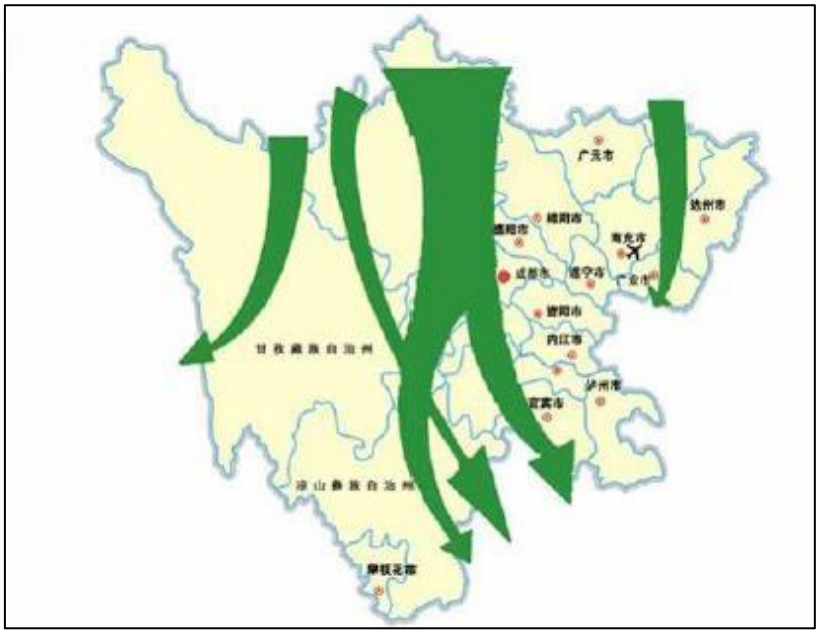


图 4.8-48　四川境内鸟类迁徙路线图

本项目位于甘孜州雅江县，属四川西部地区，项目周边的小型迁徙鸟类主要有白腰雨燕、大杜鹃、长尾山椒鸟、小云雀、金腰燕、白鹡鸰等，但均不形成集中分布。另外，岩羊、中华鬣羚等有季节性垂直迁徙的习性。

4.8.9 生态系统现状

4.8.9.1 生态系统类型和服务功能

根据评价范围内建群种生活型、群落外貌、土地利用现状的分析，结合动植物分布和生物量的调查，将评价范围生态系统分为森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、农田生态系统和湿地生态系统，以及城镇生态系统等，根据遥感解译数据，评价范围内各生态系统的分布面积见下表。

评价区内各类生态系统的面积及所占比例统计表

表 4.8-39

生态系统类型		面积（km^2）	占总面积比例（%）
一级分类	**二级分类**		
森林生态系统	阔叶林	8.90	1.99
	针叶林	153.90	34.44
灌丛生态系统	阔叶灌丛	253.01	56.62
草地生态系统	草甸	8.02	1.79
湿地生态系统	河流	7.43	1.66
农田生态系统	耕地	9.12	2.04
	园地	4.04	0.90
城镇生态系统	居住地	1.46	0.33
	工矿交通	1.99	0.22
合计		446.87	100

(1)森林生态系统

森林生态系统是以乔木为主体的生物群落及其非生物环境综合组成的生态系统。其主要特点是动物种类繁多，群落的结构复杂，种群的密度和群落的结构能够长期处于稳定的状态。

评价区域内的森林生态系统分布较为广泛，总面积为 160.57km^2，占评价区总面积的 36.43%，可以分为针叶林和阔叶林。其中针叶林主要是以高山松为主亚热带常绿针叶林，阔叶林主要有白桦林、高山栎类林。评价区域内森林生态系统结构和功能完整，稳定性好，但乔木层树种相对较为单一。乔木层除常见的树种外，鲜见其他树种，乔木树种主要是川滇高山栎、毛脉高山栎、高山松、云杉、冷杉、杨树、桦木等。灌木层物种因乔木郁闭度不同而有差异，一般乔木层郁闭度较高的区域，灌木层发育较差，乔木层郁闭度较低的区域灌木层发育较好，常见的灌木植物主要是矮高山栎、匍匐栒子、金花小檗、木帚栒子、西南杭子梢、白刺花、毛杭子梢、马鞍羊蹄甲、蔷薇等。草本植物稀少，主要有须芒草、细柄草、芸香草、苔草、葎草、繁缕、蒺藜、银莲花、紫草等。藤本植物少见，主要为铁线莲。

由于沟谷地区受人为影响较严重，林地内出没的动物也较少，多为鸟类和小型兽类，如山斑鸠、大山雀、矛纹草鹛、黑喉红尾鸲、麻雀、大足鼠、褐家鼠、北社鼠、小家鼠、松鼠等。海拔较高区域的森林生态系统受人为影响较小，可为野生动物提供充足的栖息环境，两栖动物、爬行动物较少，鸟类包括红腹角雉、长尾林鸮、白眉山雀等保护鸟类，以及其他林栖型鸟类，也可为各类兽类提供适宜生境，包括马麝、黑熊、毛冠鹿、豹猫等保护动物，野猪等大型兽类，以及黄鼬、猪獾、赤腹松鼠、珀氏长吻松鼠等中小型兽类。

评价区森林生态系统受人为干扰有限，生态服务功能较强，主要有保持生物多样性、涵养水源、改良土壤、净化空气、保持水土、防风固沙、积累营养物质、森林防护等功能。

(2)灌丛生态系统

评价区域内的灌丛生态系统主要包括分布在河岸两侧、海拔相对较低的阔叶灌丛和分布在高海拔地区的杜鹃灌丛，面积 253.01km^2，占评价区总面积的 56.62%。群种多为中生、簇生的灌木生活型。群落高度多小于 3m，偶见小型乔木树种存在。由于评价区域灌丛组成种类众多，生活型多样，类型复杂，因此在评价区域分布的范围较广。受地形和气候影响，评价区域主要是干旱河谷灌丛，其中以鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛为主，常见物种有鞍叶羊蹄甲、白刺花、蔷薇、枸子、悬钩子、锦鸡儿等，鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇灌丛长上接矮高山栎灌丛，主要物种有矮高山栎、羊蹄甲、蔷薇、插田泡、锦鸡儿、杜鹃等，靠近村庄、河流、公路等区域草本植物发育良好，常见的草本植物主要有：垂穗鹅观草、狗尾草、狼毒、马鞭草、筋骨草、草玉梅、翻白草等。部分区域有地衣出现。而杜鹃灌丛主要分布在高海拔地段的阴坡、半阴坡或者宽谷阶地的湿润处。群落外貌结构绿褐色、丛冠整齐，结构简单。高 40-60cm，临近森林处，丛高可达 1m 左右。多为单优势中群落，生长密集，盖度 50%以上，一些地段可达 90%。除杜鹃外，常见的灌木有高山绣线菊、小叶枸子、金露梅、小檗等。

林内鸟类数量少于森林生态系统，但是啮齿类动物数量较多，主要是以鼠类为主，且靠近生活区域鼠类明显增加，较为常见的主要有褐家鼠、北社鼠、小家鼠、珀氏长吻松鼠、岩松鼠、猪獾、白腹锦鸡、黄喉貂等，少见大型兽类动物。

灌丛生态系统相比森林生态系统的空间结构和营养链式结构简单，生态系统服务功能主要体现在保持生物多样性、涵养水源、保持水土等方面。

(3)草地生态系统

评价区内草地生态系统主要分布在海拔较高区域，面积 8.02km^2，占评价区总面积的 1.79%。草地生态系统主要为糙野青茅-野古草草甸，植物群落外观低矮，植物个体小，密度大，空间分层不明显。这类生态系统内生境多样性往往较低，主要物种有糙野青茅、野古草、鼠曲草、大丁草、珊瑚苣苔等。草丛中动物较少，偶有高原林蛙、西藏齿突蟾等两栖类，白马鸡、血雉、灰眉岩鹀、黄雀等鸟类，藏狐、豹、林麝等兽类。

草地生态系统与森林生态系统、灌丛生态系统相比，草地景观生态系统的动植物种类要少，群落的结构也不复杂。生态系统服务功能主要体现在保持生物多样性、涵养水源、保持水土等方面。

(4)湿地生态系统

评价区湿地（河流）生态系统主要为雅砻江干流水域范围，总面积 7.43 km^2，占评价区总面积的 1.66%。湿地（河流）生态系统呈线型分布，水体是湿地生态系统的重要因素，河流水体的流动不仅加强了河流内部的物质交流和循环，还对河岸带的湿地群落的维持有重要作用。湿地生态系统还有调控评价区水分分布的重要功能，对评价区其他植被类型的分布具有控制作用。湿地（河流）生态系统内动物种类较多，一些涉禽鸟类和经常活动于河岸带的鸟类在生态系统内极为常见，同时，一些大中型兽类也常下到干扰较小的河边饮水、休憩。

湿地生态系统结构简单，湿地植被类型单一，动植物种类及数量较少，主要提供保持生物多样性、净化空气、补充地下水、美化环境等功能。

(5)农田生态系统

评价区农田生态系统主要分布在河道两侧台地上，面积 13.16km^2，占评价区总面积的 2.94%。农田常常引来众多的农林益鸟，如燕科、伯劳科、山雀科、鹟科中的大部分鸟类，它们主要以农田中的昆虫为食；农田中的鼠类较多，因此，也有红隼等食鼠鸟类来此觅食。另外，一些植食性和杂食性的鸟类，如喜鹊、大嘴乌鸦、斑鸠、麻雀等也有分布。农田中也分布较多的小型兽类，主要是黄鼬等。

农田生态系统是随着人类的发展而出现的，群落结构及物种组成较简单，它的主要功能就是满足人们对粮食的需求，为人们提供充足的食物供给。

(6)城镇生态系统

评价区城镇生态系统包括居住地和工矿交通，为雅江县城和农村散落的村户和公路，

集中在河谷底部，总面积 2.45km^2，占评价区总面积的 0.55%。

总体上，评价区的生态系统的结构和功能稳定性尚好，在调节气候、涵养水源、保持水土、维持生物多样性等生态服务功能方面发挥了重要作用，整个评价区的景观格局和生态系统较为完整。

4.8.9.2 生态系统结构和格局

(1)斑块特征

评价区各类生态系统/景观斑块中，灌丛面积 253.01km^2，占评价区总面积的 56.62%，达评价区面积一半以上，是评价区的主要景观类型。森林在评价区内分布面积次之，面积 162.80km^2，占评价区总面积的 36.43%。草甸斑块面积较小，主要分布在高山顶部。农田在评价区分布受地形、水热和人类活动影响和限制，零散分布在两岸的阶地上。河流斑块为雅砻江及其支流，建设用地斑块沿河岸分布。

评价区各类斑块的景观指数分析

表 4.8-40

类型		总面积（km^2）	斑块数（个）	平均斑块面积（hm^2/块）	最大斑块面积（hm^2）
森林	寒温性常绿针叶林	25.92	498	5.20	32.26
	温性常绿针叶林	127.98	2303	5.56	78.68
	山地杨桦林	4.24	105	4.04	19.61
	山地硬叶栎类林	4.66	80	5.82	34.43
灌丛	常绿革叶灌丛	10.78	214	5.04	69.38
	硬叶栎类灌丛	193.82	3687	5.26	53.66
	暖性落叶阔叶灌丛	48.41	1049	4.62	33.06
草甸		8.02	228	3.52	25.21
农业植被	农作物	9.12	252	3.62	44.28
	经济作物	4.04	114	3.55	27.00
建设用地		2.45	288	0.85	24.25
水体		7.43	97	7.66	38.85
合计		440.83	8915	5.01	78.68

(2)廊道分析

评价区河流有雅砻江及其支流，河道是景观中一道天然的屏障，将河流两岸的景观一分为二，阻断了两岸陆生生态系统物质和能量的交流，但却是多种水生生物和鱼类的栖息地。雅砻江干流水面较宽，阻隔作用较大，支流水面较窄，阻隔作用有限。

道路主要为乡道，车流量有限，来往车辆可能对动物造成碾压，对两侧的动物植物产生一定的阻隔影响。

(3)基质分析

在评价区内灌丛生态系统优势度 41.66%，森林生态系统优势度 36.32%，是评价区最大斑块，对景观动态具有控制作用，灌丛和森林生态系统是评价区域主要的生态群落类型基质，对景观具有一定控制作用。本项目施工场地和库区淹没一定植被，但占用面积有限，项目实施后灌丛和森林仍然是最重要的基质之一，对于区域景观生态格局具有维系生物多样性丰度、水源涵养和其它生态服务功能的作用。总体来看，本工程建设对灌丛和森林基质的影响无论是在面积，或者是基质的均匀性和景观动态等方面，其影响的作用都较小。

评价区内主要景观斑块优势度统计

表 4.8-41

拼块类型		景观比例 Lp(%)	密度 Rd(%)	频度 Rf(%)	优势度 Do(%)
森林	寒温性常绿针叶林	5.80	5.59	9.51	7.60
	温性常绿针叶林	28.64	25.83	10.16	18.70
	山地杨桦林	0.95	1.18	7.37	4.22
	山地硬叶栎类林	1.04	0.90	10.64	5.81
灌丛	常绿革叶灌丛	2.41	2.40	9.21	5.81
	硬叶栎类灌丛	43.37	41.36	9.61	25.99
	暖性落叶阔叶灌丛	10.83	11.77	8.43	9.87
草地		1.79	2.56	6.43	4.30
农业植被	农作物	2.04	2.83	6.61	4.52
	经济作物	0.90	1.28	6.48	3.79
建设用地		0.55	3.23	1.55	1.72
水体		1.66	1.09	14.00	7.69

(4)景观连通性

景观生态的连通性采用蔓延度指数、聚集度指数、连接度指数、分割度指数、破碎度指数进行分析。

1)蔓延度指数(Contagion index，CONTAG)可描述景观里斑块类型的团聚程度或延展趋势，数值较大表明景观中的优势斑块类型形成了良好的连接，反之则表明景观是具有多种要素的散布格局，景观破碎化程度较高。

2)聚集度指数(Aggregation index，AI)反映景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度。

3)连接度指数(Connectance index，CONNECT)指景观在空间结构特征上表现出来的连续性，数值越高则连续性越强。

4)分割度指数(Division index，DIVISION)指景观中不同景观类型间不同斑块数个体

的分割程度。

5)破碎度指数(Fragmentation index，FRAG)表征景观被分割的破损程度，反映景观空间结构的复杂性，在一定程度上反映了人类对景观的干扰程度。

评价区生态系统空间格局指数

表 4.8-42

指数	CONTAG	AI	CONNECT	DIVISION	FRAG
	蔓延度指数	聚集度指数	连接度指数	分割度指数	破碎度指数
数量	57.18	82.98	53.95	0.83	1.46

4.8.9.3 生态系统完整性分析

就生态系统结构与功能完整性而言，评价区域的地貌类型以山地为主，沟谷植被受人为影响较深。评价区内涵盖了森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统和城镇生态系统等多种生态系统类型，进一步又可分为针叶林、阔叶林、阔叶灌丛、草甸等多种植被，且物种多样性、建群种种群的年龄结构等都较为稳定。生态系统的构成要素及其时、空分布和物质、能量循环转移的途径完整、生态系统结构和功能完整性较好。

生态过程的完整性主要是体现在评价区域内热量条件优越，土壤微生物过程和凋落物分解都非常迅速，评价区内的生态系统热量生产力预测值高达 1486.58g/m^2.a，水分生产力预测值为 1121.71 g/m^2.a，但由于蒸发量大，干旱缺水仍然是影响包括物质循环在内的生态过程的主要限制因子，生态系统的抗干扰、自组织能力和恢复能力尚好。由于评价区的坡度较大、地表破碎，土壤侵蚀和水土流失导致的评价区表层养分等物质循环和损失较为明显，生态过程的完整性和脆弱性并存。

就生态系统的服务功能完整性而言，评价区内包含有森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、农田生态系统等几大重要的生态系统类型，可以基本满足当地社会经济发展和群众生产生活所必须的物质生产、调节气候、涵养水源、保持水土、维持生物多样性、防灾减灾等多功能需求，基本具备较为完整的生态服务功能。

由此可以认为，评价区域内生态系统的结构和功能较为完备，生态系统完整性尚好，在维持区域生态服务功能方面发挥了重要作用。但水电站建设过程中应当通过合理优化施工布局和科学组织施工，加强对项目区的生态保护，避免对生态系统的完整性和生态功能产生严重影响。

4.8.9.4 生产力和生物量

评价范围内各类植被的面积、平均生物量、总生物量、平均生产力和总生产力见下表。评价区植被总生物量约 2.61×10^6t，其中高山松林生物量最大，为 1.42×10^6t，占评价范围总生物量的 54.27%，其次为灌丛，为 6.38×10^5t，占总生物量的 24.42%。因此评价区植被生物量及总生产力以高山松林为主，灌丛次之。

评价区各植被类型生物量现状

表 4.8-43

植被类型	面积（km^2）	平均生物量（t/hm^2）	总生物量		平均生产力 $t/hm^2\cdot a$	总生产力	
			数量（t）	占比（%）		数量（t）	占比（%）
云杉	12.40	156.660	194258.40	7.44	11.280	13987.20	5.56
冷杉	13.52	187.159	253038.97	9.68	11.280	15250.56	6.07
高山松	120.01	118.142	1417822.14	54.27	11.742	140915.74	56.04
柏木	7.97	44.064	35119.01	1.34	3.367	2683.50	1.07
桦木	4.24	68.640	29103.36	1.11	8.850	3752.40	1.49
栎类	4.66	90.476	42161.82	1.61	8.850	4124.10	1.64
灌丛	253.01	25.22	638091.22	24.42	2.77	70083.77	27.87
草甸	8.02	3.93	3151.86	0.12	0.80	641.60	0.26
合计	423.83	-	2612746.77	100	-	251438.87	100

注：各植被类型平均生物量、生产力数据参考《我国森林植被的生物量和净生产量》（方精云等，1996），灌丛生物量、生产力来自历史资料，合计不包含耕地、建设用地、水体等面积。

4.8.10 工程区陆生生态状况

4.8.10.1 工程区域植被状况

(1)枢纽工程区植被状况

牙根二级水电站位于四川省甘孜州雅江县境内的雅砻江干流上，枢纽工程区分为 3 个工区，日衣工区、大坝枢纽工区和拉最工区，共 13 个场地。

施工用地面积一览表

表 4.8-44　　单位：hm^2

工区	场地	总面积	永久用地	临时用地	与淹没区重叠占地
日衣工区	场地 A	56.74	6.44	49.97	0.33
	场地 B	71.05		55.82	15.23
	场地 C	37.13		11.00	6.13
大坝枢纽工区	场地 D	45.78		32.12	13.66
	场地 E	29.30	29.30		
	场地 F	15.95		5.13	10.82
	场地 G	88.67	69.65		19.02
	场地 H	2.41		2.41	
	场地 I	11.77	10.70	1.07	
	场地 L	6.28	6.28		

工区	场地	总面积	永久用地	临时用地	与淹没区重叠占地
拉最工区	场地 J	52.91	9.28	43.63	
	场地 K	7.74		7.74	
	场地 M	2.95	2.95		
合计		428.68	134.60	208.89	85.19

1)日衣工区

日衣工区分为场地 A、场地 B、场地 C，场地 A 主要占用川滇高山栎灌丛和鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛；场地 B 主要占用川滇高山栎灌丛和鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，以及少量高山柏林；场地 C 主要占用耕地，以及少量高山柏林。




场地 A




场地 B




场地 C

2)大坝枢纽工区

大坝枢纽工区分为场地 D、场地 E、场地 F、场地 G、场地 H、场地 I，场地 D 主要占用耕地、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，以及少量川滇高山栎灌丛和高山松林；场地 E 主要占用耕地、高山柏林和矮高山栎灌丛，以及少量鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛；场地 F 主要占用高山柏林和矮高山栎灌丛；场地 G 主要占用高山栎灌丛、高山柏林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛；场地 H 主要占用高山栎灌丛；场地 I 主要占用川滇高山栎灌丛、高山柏林。




场地 D、E






场地 F、场地 G




场地 H、场地 I

3)拉最工区

拉最工区分为场地 J、场地 K，主要占用鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛。



拉最工区

(2)淹没区植被状况

牙根二级水电站正常蓄水位为 2560m 时，水库淹没总面积为 18.98km^2。库区主要占用高山松林、高山柏林、侧柏林、川滇高山栎林、矮高山栎灌丛、川滇高山栎灌丛、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛和农业植被。



淹没区植被

(3)集镇新址

三座集镇迁建新址占地总面积为 7.27hm^2，其中八衣绒集镇 1.20hm^2，新址占地区域植被主要为栽培植被，几乎无自然植被分布；麻郎措集镇 4.53hm^2，新址占地区域植被主要为栽培植被，有少量稀疏的川滇高山栎灌丛分布；米龙集镇 1.54hm^2，新址占地区域植被以园地为主，有少量鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛分布。集镇新址现状详见 4.11.1 小节。

(4)等级公路

本项目复建等级公路为 S220 复建道路工程，占地总面积为 111.77hm^2，其中 S220 下渡村至麻郎措镇段占地面积 43.21hm^2；S220 麻郎措至日岗沟段占地面积 68.56hm^2。主要占用高山松林、侧柏林、川滇高山栎灌丛、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、糙野青茅-野古草草甸和栽培植被。

工程重点区域植被情况

表 4.8-45

区域	场地	占地区主要植被	占地区主要植物种类
日衣工区	场地 A	主要占用川滇高山栎灌丛和鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	川滇高山栎、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、花椒、马桑、五小叶槭、香茫、须芒草、羊茅、苔草、报春等
	场地 B	主要占用川滇高山栎灌丛和鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，和少量高山柏林	川滇高山栎、高山柏、高山松、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花等
	场地 C	主要占用耕地，以及少量高山柏林	高山柏、青杨、核桃、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、丁香、蕨类等，农作物主要是玉米、青稞等。
大坝枢纽工区	场地 D	主要占用耕地、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛，和少量川滇高山栎灌丛和高山松林	川滇高山栎、高山松、核桃、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花等，农作物主要是玉米、青稞等。
	场地 E	主要占用耕地、高山柏林和矮高山栎灌丛，以及少量鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	高山柏、侧柏、高山松、川滇高山栎、矮高山栎、核桃、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、五小叶槭、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草等，农作物主要是玉米、青稞等。
	场地 F	主要占用高山柏林和矮高山栎灌丛	高山柏、矮高山栎、高山松、筅子梢、蔷薇、小叶细蚂蟥、栒子、木蓝、醉鱼草、羊茅、委陵菜、翻白草、草玉梅、老鹳草、羊茅、早熟禾等。
	场地 G	主要占用高山栎灌丛、高山柏林、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	矮高山栎、川滇高山栎、高山柏、高山松、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、戟叶酸模、香茫、须芒草、羊茅、早熟禾等
	场地 H	主要占用高山栎灌丛	川滇高山栎、蔷薇、蒿类、筅子梢、戟叶酸模、须芒草、羊茅、早熟禾等
	场地 I	主要占用川滇高山栎灌丛、高山柏林	川滇高山栎、高山柏、核桃、绣线菊、忍冬、蔷薇、小檗、戟叶酸模、蟹甲草、千里光、细柄草、须芒草、披碱草、蒲公英等
拉最工区	场地 J	主要占用鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛	川滇高山栎、青杨、忍冬、蔷薇、小檗、蒿类、细柄草、须芒草、披碱草、蒲公英等
	场地 K		
	场地 L	主要占用川滇高山栎灌丛和侧柏林	川滇高山栎、高山柏、侧柏、核桃、绣线菊、忍冬、蔷薇、小檗、戟叶酸模、蟹甲草、千里光、细柄草、须芒草、披碱草、蒲公英等
	场地 M	主要占用鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛	鞍叶羊蹄甲、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花、中华山蓼、卷柏等
淹没区		主要占用高山松林、高山柏林、侧柏林、川滇高山栎林、矮高山栎灌丛、川滇高山栎灌丛、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛和农业植被	高山松、矮高山栎、川滇高山栎、高山柏、鞍叶羊蹄甲、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花、中华山蓼、卷柏等
集镇新址		主要占用耕地和园地，以及少量鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛	川滇高山栎、鞍叶羊蹄甲、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花、中华山蓼、卷柏等
等级公路		主要占用高山松林、侧柏林、川滇高山栎灌丛、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、糙野青茅-野古草草甸和栽培植被	高山松林、侧柏林、川滇高山栎、、鞍叶羊蹄甲、白刺花、羊蹄甲、蔷薇、蒿类、筅子梢、栒子、锦鸡儿、香茫、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花、中华山蓼、卷柏等

4.8.10.2 工程区域植被生物量和生产力

根据生物量和生产力计算，枢纽工程和复建工程占用总生物量为 11066.74t，占用生产力为 1076.94t/a，淹没区占用总生物量为 54761.70t，占用生产力为 5476.67t/a。

枢纽工程和复建工程占地范围主要植被生物量以及生产力统计表

表 4.8-46

占用植被	占用面积(hm^2)	平均生物量 (t/hm^2)	总生物量 (t)	生产力 $t/hm^2 \cdot a$	总生产力 t//a
高山松	28.55	118.142	3372.95	11.742	335.23
柏木	39.10	44.064	1722.90	3.367	131.65
桦木	0.03	68.64	2.06	8.85	0.27
栎类	53.48	90.476	4838.66	8.850	473.30
灌丛	40.99	25.22	1033.77	2.77	113.54
草地	28.69	3.36	96.40	0.80	22.95
合计	190.84	-	11066.74	-	1076.94

淹没范围主要植被生物量以及生产力统计表

表 4.8-47

占用植被	占用面积(hm^2)	平均生物量 (t/hm^2)	总生物量 (t)	生产力 $t/hm^2 \cdot a$	总生产力 t//a
高山松	215.58	118.142	25469.05	11.742	2531.34
柏木	121.23	44.064	5341.88	3.367	408.18
栎类	138.84	90.476	12561.69	8.850	1228.73
灌丛	433.81	25.22	10940.69	2.77	1201.65
草地	133.45	3.36	448.39	0.80	106.76
合计	1042.91	-	54761.70	-	56476.67

4.8.10.3 工程区域陆生动物概况

本项目的淹没区、枢纽工程和复建工程均位于河谷下部，生境均以干旱河谷灌丛、高山栎林、高山柏林、侧柏林等为主，间有部分河流生境和农田生境。地势陡峭，植被稀疏，不适宜大型野生动物栖息活动。可能在这些区域栖息或来此活动的动物见下表。

施工区和淹没区可能分布/活动的陆生动物

表 4.8-48

类　型	物　种
两栖类	**特有种：**胸腺猫眼蟾、高原林蛙 **非重点保护物种：西藏齿突蟾、**中华大蟾蜍、四川湍蛙
爬行类	**易危物种：**黑眉锦蛇、乌梢蛇 **特有种：**草绿攀蜥、棕网腹链蛇 **非重点保护物种：**山滑蜥、大眼斜鳞蛇
鸟类	**国家二级重点保护物种：**白腹锦鸡、橙翅噪鹛 **特有种：**橙翅噪鹛 **非重点保护物种：**灰胸竹鸡、环颈雉、高原山鹑、岩鸽、山斑鸠、火斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、大杜鹃、四声杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦、红嘴山鸦、大山雀、家燕、岩燕、金腰燕、黄臀鹎、橙斑翅柳莺、暗绿柳莺、灰头鹀、紫啸鹀、黑喉红尾鸲、北红尾鸲、山麻雀、麻

类　型	物　种
	雀、灰鹡鸰、白鹡鸰、灰眉岩鹀、普通朱雀等
兽类	**国家二级重点保护物种：**猕猴、黄喉貂、豹猫、中华鬣羚、中华斑羚 **特有种：**岩松鼠、中华绒鼠、西南绒鼠、高原松田鼠、高山姬鼠、中华鼢鼠 **非重点保护物种：**长吻鼹、云南鼩鼱、小纹背鼩鼱、四川短尾鼩、黄腹鼬、黄鼬、猪獾、花面狸、隐纹花鼠、珀氏长吻松鼠、中华姬鼠、大足鼠、褐家鼠、小家鼠、北社鼠、针毛鼠、川西鼠兔、灰尾兔等

4.9 环境质量现状评价

4.9.1 地表水环境

4.9.1.1 水域环境功能

根据《四川省主要河流环境功能类别表》划分结果，牙根二级所在雅砻江中游河段属于九龙县小金乡(九龙、冕宁交界)以上河段，为Ⅱ类水域，工程评价河段水域环境执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类水质标准。

4.9.1.2 污染源

牙根二级库尾以上有雅江县河口镇（雅江县城）、呷拉镇，库区沿岸依次分布有米龙乡、麻郎措镇、八衣绒乡，坝址下游分布有波斯河镇、牙衣乡等。除雅江县河口镇以外，其他集镇人口少，生活污水以散排为主，污染负荷不大。

河口镇已建设 2 座污水处理厂，分别为雅江县城市生活污水处理厂、雅江县东城区污水处理站，其中雅江县城市生活污水处理厂建成处理规模 1500m^3/d，服务范围为雅江县县城老城区（河口片区）居民生活污水，采用“预处理+A^{2}O+紫外线消毒”处理工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标要求后排放至东侧雅砻江，2018 年 10 月项目建成。雅江县东城区污水处理站位于雅江县河口镇东城区雅江中学外侧公路下，占地面积约 730m^2。建成处理规模 500m^3/d，服务范围为雅江县东城区（雅砻江左岸）沿线主城片区的居民生活污水，采用“预处理+AO+MBR+紫外线消毒”工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标要求后排放至西侧雅砻江，2019 年 1 月项目建成。

工程河段排污口基本情况统计表

表 4.9-1

序号	名称	距城南大桥距离	位置	排水量（万 m^3/a）	类型
1	雅江县东城区污水处理站入河排污口	桥上游左岸 800m	东经 101°0′42″ 北纬 30°1′39″	18.25	生活污水
2	雅江县城市生活污水处理厂入河排污口	桥下游右岸 1.2km	东经 101°0′42″ 北纬 30°0′55″	54.75	生活污水

经统计，工程影响河段各乡镇生活源、农业源详见表 4.9-2。

工程影响河段各乡镇污染源统计表

表 4.9-2

乡镇		生活源	农业源		备注
		常驻人口	耕地（亩）	牲畜（头）	
库区	河口镇	12489	5641	4845	已建 2 座污水处理厂
	米龙乡	2187	4846	8051	
	麻郎错镇	2167	3226	4251	
	恶古乡	2386	4105	7616	
	八衣绒乡	2923	4045	8874	
坝下	波斯河镇	1104	2903	2192	
	牙衣河乡	1024	3108	3322	

注：数据来源自《雅江县 2023 年统计年鉴》

根据《四川省用水定额》(川府函〔2021〕8 号)、《第二次全国污染源普查 污染源产排污系数手册》，计算得出工程河段沿江城镇污水排放量及污染负荷，详见表 4.9-3。其中，库区河段沿江分布多个乡镇，其中河口镇（雅江县城）生活污水 61.7 万 m^3/a 经污水处理厂处理后排入雅砻江，其他乡镇生活污水散排约 41.6 万 m^3/a，污染负荷 COD、NH_3-N、TN、TP、BOD_5 主要来自畜禽养殖、生活污水、农田径流，分别排放 452.5t/a、46.6t/a、109.2t/a、20.1t/a、321.3t/a。

总体上，牙根二级工程影响河段地广人稀，社会经济不发达，无工业污染源，以农牧业自然经济为主，水污染源总体较少，主要为沿河城镇和集中居民点的生活污染源、沿岸农业污染源，污（废）水及污染负荷排放量较低。

工程影响河段污水及污染负荷统计表

表 4.9-3　　单位：t/a

乡镇		生活污水					农田径流			牲畜养殖			
		污水	COD	NH_3-N	TN	TP	NH_3-N	TN	TP	COD	NH_3-N	TN	TP
库区	河口镇	616897	33.4	5.4	9.0	3.4	0.02	0.19	0.02	53.7	5.3	13.0	2.2
	米龙乡	77006	2.8	0.20	0.35	0.03	0.02	0.16	0.02	78.4	7.7	18.8	3.2
	麻郎错镇	76305	2.8	0.20	0.34	0.03	0.01	0.11	0.01	65.9	6.6	16.1	2.7
	恶古乡	84400	3.5	0.27	0.44	0.04	0.01	0.14	0.02	62.2	6.1	14.8	2.5
	八衣绒乡	102796	3.6	0.25	0.44	0.03	0.01	0.14	0.02	78.1	7.7	18.7	3.2
坝下	波斯河镇	39046	1.6	0.12	0.20	0.02	0.01	0.10	0.01	12.2	1.2	2.9	0.5
	牙衣河乡	36255	1.5	0.12	0.19	0.02	0.01	0.11	0.01	52.7	5.3	12.9	2.2

4.9.1.3 水质现状

(1)常规监测

牙根二级水电站所在河段属于“雅砻江石渠、甘孜、西昌保留区”，执行Ⅱ类水质标准。经调查，工程涉及河段布设有一处国控断面为雅江县雅砻江上游断面。本次环评收集到该处断面 2022 年~2024 年各月监测数据，各断面水质监测结果均能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅱ类水质标准，且以Ⅰ类水质标准为主。常规监测断面监测内容及监测结果见表 4.9-4、表 4.9-5。

雅江县雅砻江干流河段常规断面监测内容一览表

表 4.9-4

编号	点位名称	点位坐标	区位关系	监测内容	监测时间
1	雅江县雅砻江上游	（E101.00944°，N30.0756°）	雅江县城上游，距牙根二级坝址约 73km	pH、溶解氧、高锰酸盐指数、五日生化需氧量、氨氮、石油类、酚、汞、铅、镉、阴离子表面活性剂、铬（六价）、氟化物、总磷、氰化物、硫化物、砷、化学需氧量、铜、锌、硒等 21 项	每月一次

雅江县雅砻江常规监测断面 2022~2024 年水质监测结果

表 4.9-5

监测时间	监测结果	备注	监测时间	监测结果	备注
	雅江县城上游断面			雅江县城上游断面	
2022 年 1 月	I类		2023 年 7 月	II类	
2022 年 2 月	I类		2023 年 8 月	II类	
2022 年 3 月	I类		2023 年 9 月	II类	
2022 年 4 月	I类		2023 年 10 月	II类	
2022 年 5 月	II类		2023 年 11 月	II类	
2022 年 6 月	II类		2023 年 12 月	II类	
2022 年 7 月	II类		2024 年 1 月	I类	
2022 年 8 月	II类		2024 年 2 月	I类	
2022 年 9 月	II类		2024 年 3 月	I类	
2022 年 10 月	I类		2024 年 4 月	I类	
2022 年 11 月	I类		2024 年 5 月	I类	
2022 年 12 月	I类		2024 年 6 月	I类	
2023 年 1 月	I类		2024 年 7 月	I类	
2023 年 2 月	I类		2024 年 8 月	I类	
2023 年 3 月	I类		2024 年 9 月	I类	
2023 年 4 月	I类		2024 年 10 月	I类	

监测时间	监测结果	备注	监测时间	监测结果	备注
	雅江县城上游断面			雅江县城上游断面	
2023 年 5 月	I类		2024 年 11 月	I类	
2023 年 6 月	I类		2024 年 12 月	I类	

(2)补充监测

为进一步全面了解工程涉及河段的水质现状，我公司委托四川省川环源创检测科技有限公司、成都翌达环境保护检测有限公司对工程河段水质进行了补充监测。

1)监测断面、监测内容

共设置 6 个断面，其中 4 个干流断面，2 个支流断面。监测内容包括水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数等，断面布置及详情见表 4.9-6 及图 4.9-1。

2)监测时间和频次

2022 年 6 月(丰水期)、2022 年 11 月(平水期)、2023 年 2 月(枯水期)、2025 年 7 月(丰水期)、2026 年 1 月(枯水期)各监测一次，每次连续三日。

牙根二级水电站地表水补充监测断面现状监测断面表

表 4.9-6

序号	点位名称	坐标	检测项目	检测频次
1	城南大桥断面	（E101.01048°，N30.02737°）	水温、pH、透明度、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量（COD_{Cr}）、五日生化需氧量（BOD_5）、氨氮（NH_3-N）、总磷（以 P 计）、总氮（以 N 计）、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、铬（六价）、铅、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、悬浮物、叶绿素	丰水期、平水期、枯水期
2	牙根二级坝址	（E101.15722°，N29.46375°）		
3	力丘河汇口下游	（E101.12658°，N29.41002°）		
4	孟底沟库尾	（E101.06770°，N29.34512°）		
5	支流霍曲河	（E101.08052°，N29.73958°）		
6	支流力丘河	（E101.15363°，N29.42030°）		

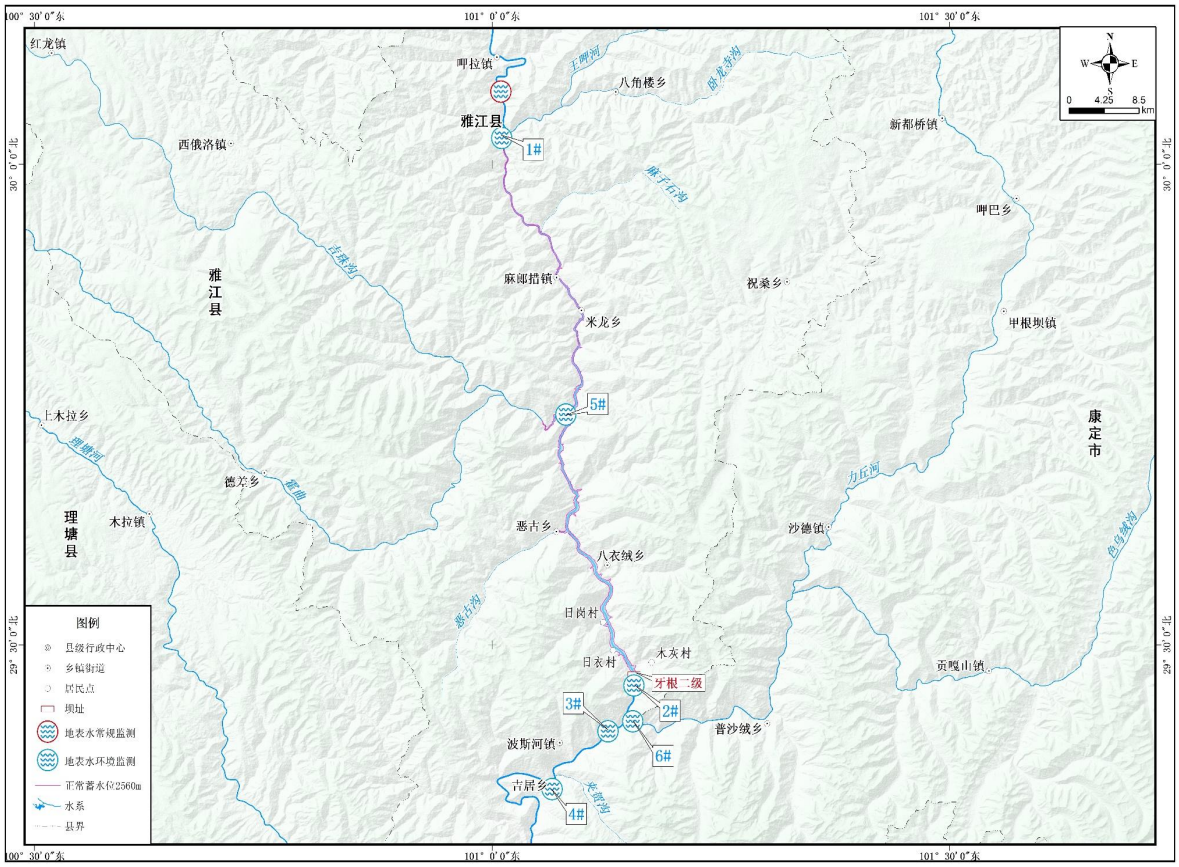


图 4.9-1　牙根二级水电站工程河段常规监测断面、补充监测断面示意图

3)监测结果

干流河段监测结果详见表 4.9-7，支流监测结果见表 4.9-8。

牙根二级水电站工程河段水质环境现状监测结果统计表（干流河段）

表 4.9-7

检测项目	单位	城南大桥断面					牙根二级坝址断面					力丘河汇口下游断面					孟底沟库尾断面					II类标准
		2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	
pH	无量纲	8.1	8.2	8.2	7.4	7.0	7.9	7.5	8.1	7.5	7.0	7.8	7.9	7.9	7.43	7.0	8.1	7.8	7.9	7.5	6.9	6~9
水温	℃	12.7	9.7	5.8	17.3	6.2	15.5	8.3	7	16.17	6.0	12.5	8.1	7	18.2	6.6	12.3	8.5	7.1	17.27	5.8	/
溶解氧	mg/L	9.32	5.25	5.62	7.23	10.9	8.14	6.63	6.74	6.7	11.3	8.29	6.55	6.68	6.73	11.2	9.15	6.52	6.66	6.43	11.0	≥6
高锰酸盐指数	mg/L	1.9	1.3	1.1	1.87	1.3	1.2	0.8	1.2	1.37	1.5	2.3	0.8	0.8	1.3	1.3	2.2	0.9	0.7	1.27	1.5	≤4
化学需氧量	mg/L	8	7	6	5.67	5	8	7	8	5	6	8	8	9	5.67	5	7	7	8	6.67	5	≤15
五日生化需氧量	mg/L	1.5	0.7	1.2	1.47	1.1	1.4	0.6	1.7	1.03	1.2	1.2	0.6	1.7	1.03	1.1	1.5	0.8	2	1.07	1.3	≤3
氨氮	mg/L	0.36	—	—	0.09	0.038	0.31	0.03	0.07	0.09	0.062	0.25	—	0.07	0.03	0.046	0.2	—	0.07	0.04	0.040	≤0.5
总磷	mg/L	0.03	—	0.04	0.02	0.02	0.03	—	0.04	0.01	0.01	0.03	—	0.04	0.01	0.01	0.03	—	0.04	0.02	0.01	≤0.1
总氮	mg/L	0.58	0.52	0.63	0.33	0.38	0.4	0.18	0.89	0.41	0.51	0.3	0.4	0.52	0.26	0.41	0.34	0.21	0.23	0.36	0.21	≤0.5
铜	μg/L	1.31	1.16	0.51	0.49	0.46	1.04	0.54	0.75	0.22	0.78	1.13	0.38	0.16	0.49	0.58	1.33	0.34	0.17	0.4	0.46	≤1000
镉	μg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.08	—	≤5.0
铅	μg/L	0.18	0.1	0.1	0.87	0.78	0.11	0.09	0.1	1.05	0.86	—	—	—	1.93	1.34	1.52	0.16	0.16	2.15	1.30	≤10
锌	μg/L	—	—	—	1.38	2.48	—	—	—	0.99	7.82	—	—	—	6.36	3.04	—	—	—	7.11	2.27	≤1000
氟化物	mg/L	0.14	0.39	0.1	—	0.13	0.13	0.22	0.08	—	0.13	0.14	0.42	0.08	0.06	0.20	0.15	0.46	0.09	—	0.20	≤1.0
汞	μg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
砷	μg/L	1.3	0.6	1.3	1.39	1.42	1.1	2.6	1.3	0.96	1.51	1.5	1.9	1.3	1.38	1.53	1.6	1.9	1.3	1.26	0.87	≤50
硒	μg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤10
六价铬	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
氰化物	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
挥发酚	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.002
石油类	mg/L	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.03	—	≤0.05
阴离子表面活性剂	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.2
硫化物	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.1
粪大肠菌群	MPN/L	1433	4400	<10	960	790	1700	2033	<10	590	230	4033	163	23	190	790	5667	257	<10	690	490	≤2000

注：低于检出限的以“-”标记，河流不进行总氮评价。

牙根二级水电站工程河段水质环境现状监测结果统计表（支流河段）

表 4.9-8

检测项目	单位	支流霍曲河断面					支流力丘河断面					II类标准
		2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	
pH	无量纲	8.1	7.77	8.2	7.2	6.9	7.8	7.83	8.2	7.27	7.1	6~9
水温	℃	12.83	5.67	3.83	16.4	6.5	12.4	8.4	5.23	18.7	6.5	/
溶解氧	mg/L	9.15	5.72	5.73	7.77	10.8	10.17	6.62	6.63	7.73	10.6	≥6
高锰酸盐指数	mg/L	2.63	0.83	0.7	1.5	1.4	1.6	1.17	0.63	1.33	1.4	≤4
化学需氧量	mg/L	8.67	7	10	4.67	6	8	7.67	12	10	5	≤15
五日生化需氧量	mg/L	1.37	0.67	2	1.1	1.1	1.5	0.8	1.97	1.1	1.2	≤3
氨氮	mg/L	0.1	0.03	—	0.09	0.047	0.09	0.06	0.07	0.03	0.040	≤0.5
总磷	mg/L	0.06	—	0.04	0.01	0.01	0.09	—	0.04	0.01	0.01	≤0.1
总氮	mg/L	0.64	0.21	0.34	0.27	0.30	0.93	0.31	0.55	0.28	0.18	≤0.5
铜	μg/L	1.74	1.54	0.24	0.32	0.43	0.96	0.76	0.16	0.37	0.75	≤1000
镉	μg/L	—	0.1	—	—	—	—	0.06	—	—	—	≤5.0
铅	μg/L	1.11	1.15	—	0.71	0.81	0.6	0.65	—	1.24	0.89	≤10
锌	mg/L	—	—	—	1.17	3.22	—	—	—	4.25	5.19	≤1000
氟化物	mg/L	0.12	0.34	0.11	—	0.14	0.14	0.49	0.08	0.08	0.18	≤1.0
汞	μg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
砷	μg/L	1.57	2.73	2.37	1.26	2.61	1.5	2.47	1.4	1.26	1.42	≤50
硒	μg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.69	≤10
六价铬	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
氰化物	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.05
挥发酚	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.002
石油类	mg/L	—	—	—	0.02	—	—	—	—	0.02	—	≤0.05
阴离子表面活性剂	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.2
硫化物	mg/L	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	≤0.1
粪大肠菌群	MPN/L	5467	140	27	190	700	3567	257	23.33	243.33	490	≤2000

注：低于检出限的以“-”标记，河流不进行总氮评价。

(3)水质现状评价

工程河段执行II类水域功能标准。根据水质监测数据，采用《环境影响评价技术导则　地表水环境》(HJ2.3-2018)中的单项水质参数标准指数法评价工程河段水质现状。计算公式如下：

(1)单项水质参数 i 在 j 点的标准指数计算公式：

$$S_{ij} = C_{ij} / C_{si}$$

式中：S_{ij} —— 单项水质参数 i 在 j 点的标准指数；

C_{ij} —— 污染物 i 在监测点 j 的浓度，mg/L；

C_{si} —— 水质参数 i 的地表水水质标准，mg/L。

(2)溶解氧(DO)标准指数计算公式：

$$S_{DOj} = |DO_f - DO_j| / (DO_f - DO_s) \qquad (DO_j \geq DO_s \text{ 时})$$

$$S_{DOj} = 10 - 9 \times DO_j / DO_s \qquad (DO_j < DO_s \text{ 时})$$

式中：S_{DOj} —— 单项水质参数 DO 在 j 点的标准指数；

DO_j —— 水质参数 DO 在 j 点的浓度，mg/L；

DO_f —— 饱和溶解氧浓度，mg/L，按下式计算：$DO_f = 468/(31.6+T)$；

DO_s —— 溶解氧的地表水水质标准，mg/L。

(3) pH 值标准指数计算公式：

$$S_{pH\,j} = (7.0 - pH_j) / (7.0 - pH_{sd}) \qquad (pH_j \leq 7.0 \text{ 时})$$

$$S_{pH\,j} = (pH_j - 7.0) / (pH_{su} - 7.0) \qquad (pH_j > 7.0 \text{ 时})$$

式中：S_{pHj} —— 单项水质参数 pH 在 j 点的标准指数；

pH_j —— 水质参数 pH 在 j 点的浓度；

pH_{sd} —— 地表水水质标准中规定的 pH 值下限；

pH_{su} —— 地表水水质标准中规定的 pH 值上限。

当各项参数的标准指数≤1 时，表明该参数满足规定的水质标准；当各项参数的标准指数＞1 时，则不能满足，标准指数数值越大，参数代表的环境质量越差。工程河段各水质指标监测成果的标准指数分别详见表 4.9-9、表 4.9-10。

工程评价河段补充监测断面地表水水质评价指数表（干流河段）

表 4.9-9

检测项目	城南大桥断面					牙根二级坝址断面					力丘河汇口下游断面					孟底沟库尾断面				
	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月
pH	0.55	0.60	0.60	0.20	0.03	0.45	0.25	0.55	0.25	0.03	0.40	0.45	0.45	0.22	0.00	0.55	0.40	0.45	0.25	0.10
水温	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
溶解氧	0.27	1.14	1.06	0.66	0.24	0.46	0.89	0.88	0.82	0.18	0.50	0.90	0.89	0.79	0.17	0.32	0.91	0.89	0.88	0.23
高锰酸盐指数	0.48	0.33	0.28	0.47	0.33	0.30	0.20	0.30	0.34	0.38	0.58	0.20	0.20	0.33	0.33	0.55	0.23	0.18	0.32	0.38
化学需氧量	0.53	0.47	0.40	0.38	0.33	0.53	0.47	0.53	0.33	0.40	0.53	0.53	0.60	0.38	0.33	0.47	0.47	0.53	0.44	0.33
五日生化需氧量	0.50	0.23	0.40	0.49	0.37	0.47	0.20	0.57	0.34	0.40	0.40	0.20	0.57	0.34	0.37	0.50	0.27	0.67	0.36	0.43
氨氮	0.72	—	—	0.18	0.08	0.62	0.06	0.14	0.18	0.12	0.50	—	0.14	0.06	0.09	0.40	—	0.14	0.08	0.08
总磷	0.30	—	0.40	0.20	0.17	0.30	—	0.40	0.10	0.13	0.30	—	0.40	0.10	0.10	0.30	—	0.40	0.20	0.10
总氮	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
铜	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	0.00
镉	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.02	—
铅	0.02	0.01	0.01	0.09	0.08	0.01	0.01	0.01	0.11	0.09	—	—	—	0.19	0.13	0.15	0.02	0.02	0.22	0.13
锌	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.01	—	—	—	0.01	0.00	—	—	—	0.01	0.00
氟化物	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
汞	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
砷	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.02	0.05	0.03	0.02	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02
硒	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
六价铬	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
氰化物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
挥发酚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
石油类	—	—	—	0.40	—	—	—	—	0.40	—	—	—	—	0.40	—	—	—	—	0.60	—
阴离子表面活性剂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硫化物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
粪大肠菌群	0.72	**2.20**	—	0.48	0.40	0.85	**1.02**	—	0.30	0.12	**2.02**	0.08	0.01	0.10	0.40	**2.83**	0.13	—	0.35	0.25

*注：加粗表示超标；低于检出限的以“—”标记，河流不进行总氮评价。

工程评价河段补充监测断面地表水水质评价指数表（支流河段）

表 4.9-10

检测项目	支流霍曲河断面					支流力丘河断面				
	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月	2022 年 6 月	2022 年 11 月	2023 年 2 月	2025 年 7 月	2026 年 1 月
pH	0.55	0.39	0.60	0.10	0.10	0.40	0.42	0.60	0.14	0.05
水温	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
溶解氧	0.31	1.04	1.04	0.53	0.24	0.10	0.89	0.91	0.48	0.27
高锰酸盐指数	0.66	0.21	0.18	0.38	0.35	0.40	0.29	0.16	0.33	0.35
化学需氧量	0.58	0.47	0.67	0.31	0.40	0.53	0.51	0.80	0.67	0.33
五日生化需氧量	0.46	0.22	0.67	0.37	0.37	0.50	0.27	0.66	0.37	0.40
氨氮	0.20	0.06	—	0.18	0.09	0.18	0.12	0.14	0.06	0.08
总磷	0.60	—	0.40	0.10	0.10	0.90	—	0.40	0.10	0.10
总氮	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
铜	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
镉	—	0.02	—	—	—	—	0.01	—	—	—
铅	0.11	0.12	—	0.07	0.08	0.06	0.07	—	0.12	0.09
锌	—	—	—	0.00	0.00	—	—	—	0.00	0.01
氟化物	0.00	0.00	0.00	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
汞	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
砷	0.03	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03
硒	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.07
六价铬	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
氰化物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
挥发酚	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
石油类	—	—	—	0.40	—	—	—	—	0.40	—
阴离子表面活性剂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
硫化物	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
粪大肠菌群	**2.73**	0.07	0.01	0.10	0.35	**1.78**	0.13	0.01	0.12	0.25

*注：加粗表示超标；低于检出限的以“—”标记，河流不进行总氮评价。

从监测结果可以看出：2022 年 11 月、2023 年 2 月干流城南大桥断面、支流霍曲河断面溶解氧超标，最大超标倍数为 1.14 倍，超标原因考虑监测断面处于高海拔地区、且监测时气温较低，导致水体溶解氧不达标。另外，2022 年监测结果中干、支流各断面均存在丰水期或平水期粪大肠菌群超标的情况，最大超标倍数 2.83 倍，为孟底沟库尾断面，超标原因考虑是由当地村落生活污水散排及畜禽粪便通过地表径流进入水体造成。2025 年丰水期、2026 年枯水期各断面监测结果均达标，与当地常规水环境监测结果较为一致。

总体上，工程河段干、支流水环境质量良好，各期水质参数指标基本可满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类水域水质要求，表明工程河段水质较好。

4.9.2 地下水环境

为了解工程区地下水水质现状，我公司委托成都翌达环境保护检测有限公司于 2025 年 7 月对工程区米龙乡、木灰村、坝址三个点位地下水水质进行采样检测分析。监测结果见表 4.9-11。由监测结果可以看出，各监测点位所有指标均满足《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)Ⅲ类水质标准，工程所在区域地下水水质良好。

工程区地下水水质监测成果表

表 4.9-11

检测项目	米龙乡			木灰村			牙根二级坝址			《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)III类
	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	
色度（度）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤15
浑浊度（NTU）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤3
pH 值（无量纲）	7.1	7.1	7.2	7.4	7.3	7.5	7.5	7.5	7.4	6.5～8.5
总硬度（以 $CaCO_3$ 计）（mg/L）	288	286	287	48.1	37.3	41.8	39.2	51.2	41.2	≤450
溶解性总固体（mg/L）	597	591	617	103	118	109	82	88	87	≤1000
硫酸盐（mg/L）	56	55	57	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤250
氯化物（mg/L）	5	5.4	5.6	3.7	3.7	3	4.2	3.9	3.7	≤250
铁（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.07	0.08	0.08	≤0.3
锰（mg/L）	2.0×10^{-4}	2.0×10^{-4}	2.0×10^{-4}	4.20×10^{-3}	5.68×10^{-3}	4.37×10^{-3}	6.2×10^{-4}	6.4×10^{-4}	6.6×10^{-4}	≤0.1
铜（mg/L）	1.6×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1.8×10^{-4}	1.6×10^{-4}	1.3×10^{-4}	1.7×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.0×10^{-4}	3.1×10^{-4}	≤1
锌（mg/L）	1.70×10^{-3}	1.66×10^{-3}	1.68×10^{-3}	9.3×10^{-4}	1.11×10^{-3}	8.2×10^{-4}	1.52×10^{-3}	1.49×10^{-3}	1.54×10^{-3}	≤1
挥发性酚类（以苯酚计）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.002
阴离子表面活性剂（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.3
高锰酸盐指数（以 O_2 计）（mg/L）	2.09	1.57	1.75	0.85	0.87	0.89	1.19	0.84	0.98	≤03
氨氮（mg/L）	0.042	0.039	0.054	0.039	0.026	0.033	0.026	0.036	0.026	≤0.5
硫化物（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.02
总大肠菌群（MPN/100mL）	2	2	2	2	ND	ND	ND	ND	2	≤3
细菌总数（CFU/mL）	80	72	74	50	43	44	43	46	38	≤100
亚硝酸盐氮（mg/L）	0.007	0.007	0.009	0.008	0.006	0.004	0.005	0.005	0.004	≤1
硝酸盐氮（mg/L）	0.17	0.18	0.15	0.2	0.16	0.2	0.18	0.21	0.23	≤20
氟化物（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	0.08	0.07	≤1
氰化物（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.05
汞（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.001

检测项目	米龙乡			木灰村			牙根二级坝址			《地下水质量标准》(GB/T 14848-2017)III类
	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	7 月 11 日	7 月 12 日	7 月 13 日	
砷（mg/L）	2.4×10^{-4}	2.4×10^{-4}	2.2×10^{-4}	6.14×10^{-3}	6.18×10^{-3}	6.21×10^{-3}	6.54×10^{-3}	6.58×10^{-3}	6.51×10^{-3}	≤0.01
镉（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.005
铬（六价）（mg/L）	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	≤0.05
铅（mg/L）	4.0×10^{-4}	3.9×10^{-4}	4.0×10^{-4}	9.8×10^{-4}	1.26×10^{-3}	9.9×10^{-4}	9.7×10^{-4}	9.8×10^{-4}	1.01×10^{-3}	≤0.01

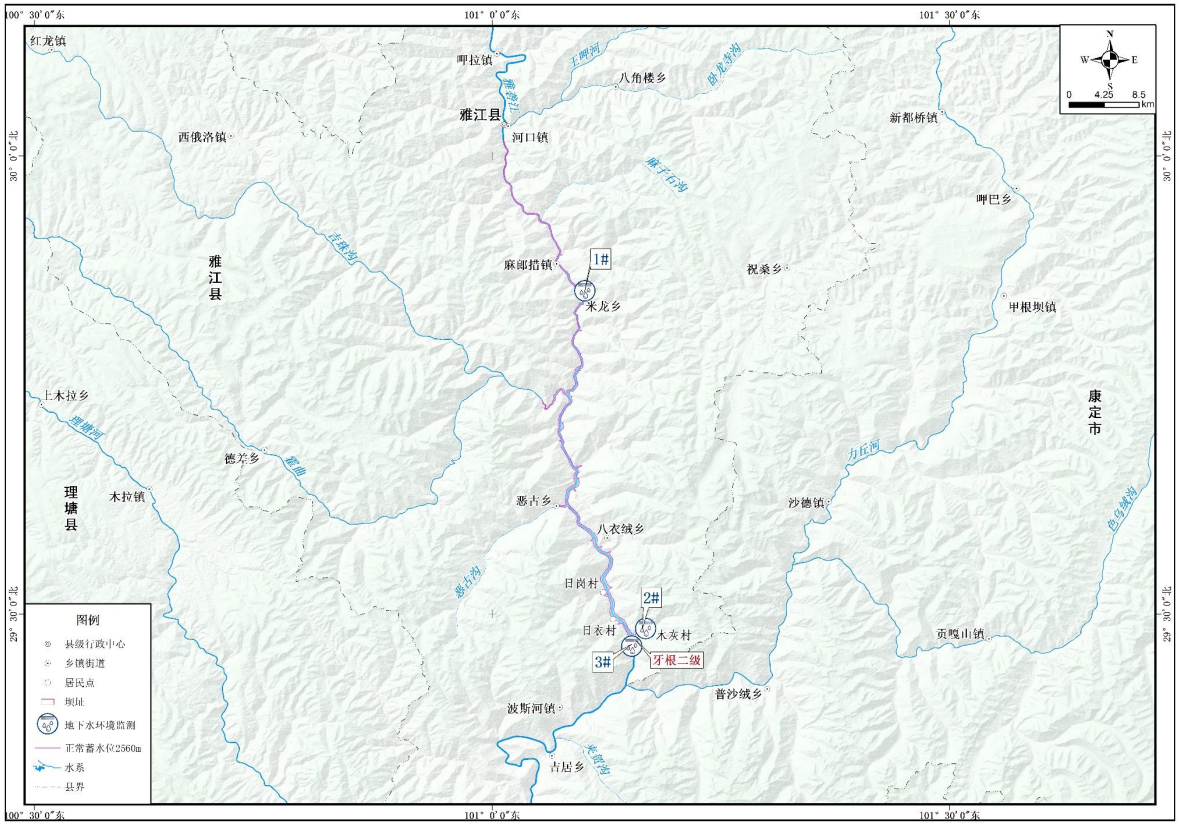


图 4.9-2　牙根二级水电站地下水监测断面示意图

4.9.3 环境空气

4.9.3.1 污染源

工程区及周边属乡村环境，无工业企业分布，库尾及库区沿岸有河口镇、麻郎措镇、米龙乡、八衣绒乡人口相对集中，其余地区人口稀少且分布分散。从雅江县城至坝区沿河有省道 S220 和县道 XV13 公路连接，但车流量小污染源强也小，对大气环境影响有限。

4.9.3.2 环境质量现状

(1)区域环境质量达标情况

根据雅江县生态环境局提供的 2022 年~2024 年环境空气自动监测数据(监测点位位于雅江县城)，各年度雅江县空气质量良好，基本为优、良天气，为大气环境达标区域，详细监测结果见表 4.9-12，空气质量趋势分布见图 4.9-3。

雅江县 2022 年~2024 年环境空气自动监测结果

表 4.9-12　　单位：CO 为 mg/m³， 其余均为 μg/m³

城市	区县	时间	SO_2	NO_2	CO	O_3	$PM_{2.5}$	PM_{10}	优	良	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染
甘孜	雅江县	2022 年 1 月	9	4	1	80	13	22	30	1	0	0	0	0
		2022 年 2 月	12	7	0.5	86	12	20	28	0	0	0	0	0
		2022 年 3 月	7	5	0.6	90	14	34	26	5	0	0	0	0
		2022 年 4 月	6	9	0.8	88	7	18	29	1	0	0	0	0
		2022 年 5 月	4	10	1.2	110	6	17	25	6	0	0	0	0
		2022 年 6 月	3	8	1.6	99	5	12	27	3	0	0	0	0
		2022 年 7 月	3	13	0.2	124	8	21	14	17	0	0	0	0
		2022 年 8 月	3	10	0.7	106	6	13	21	10	0	0	0	0
		2022 年 9 月	4	9	0.9	74	4	1	30	0	0	0	0	0
		2022 年 10 月	4	11	1	71	7	20	31	0	0	0	0	0
		2022 年 11 月	2	11	0.8	68	10	33	30	0	0	0	0	0
		2022 年 12 月	2	11	0.9	78	11	32	31	0	0	0	0	0
		2023 年 1 月	1	8	1.2	87	7	17	30	1	0	0	0	0
		2023 年 2 月	1	13	1.2	101	8	23	24	4	0	0	0	0
		2023 年 3 月	2	13	1.2	112	7	19	10	21	0	0	0	0
		2023 年 4 月	2	13	0.5	114	7	21	13	17	0	0	0	0
		2023 年 5 月	3	7	0.6	142	8	20	8	21	2	0	0	0
		2023 年 6 月	11	4	0.3	101	8	19	25	5	0	0	0	0
		2023 年 7 月	4	5	0.8	95	11	19	28	3	0	0	0	0
		2023 年 8 月	10	8	0.8	110	9	23	26	5	0	0	0	0
		2023 年 9 月	5	8	0.8	90	8	21	30	0	0	0	0	0
		2023 年 10 月	2	1	0.1	89	9	26	31	0	0	0	0	0
		2023 年 11 月	1	1	0.2	88	11	36	27	3	0	0	0	0
		2023 年 12 月	1	2	0.6	88	14	35	29	2	0	0	0	0
		2024 年 1 月	7	2	0.7	93	9	28	30	1	0	0	0	0
		2024 年 2 月	6	2	0.9	94	10	23	27	1	0	0	0	0
		2024 年 3 月	8	2	1	127	14	29	12	19	0	0	0	0
		2024 年 4 月	5	5	1.1	135	10	26	0	30	0	0	0	0
		2024 年 5 月	8	7	0.8	129	10	20	12	19	0	0	0	0
		2024 年 6 月	6	7	0.8	93	12	20	29	1	0	0	0	0
		2024 年 7 月	7	3	0.8	100	11	19	29	2	0	0	0	0
		2024 年 8 月	8	3	0.4	62	11	19	31	0	0	0	0	0
		2024 年 9 月	7	2	0.3	64	10	20	30	0	0	0	0	0
		2024 年 10 月	9	2	0.4	50	11	20	31	0	0	0	0	0
		2024 年 11 月	7	2	0.8	60	12	22	30	0	0	0	0	0
		2024 年 12 月	7	4	0.8	71	15	28	31	0	0	0	0	0

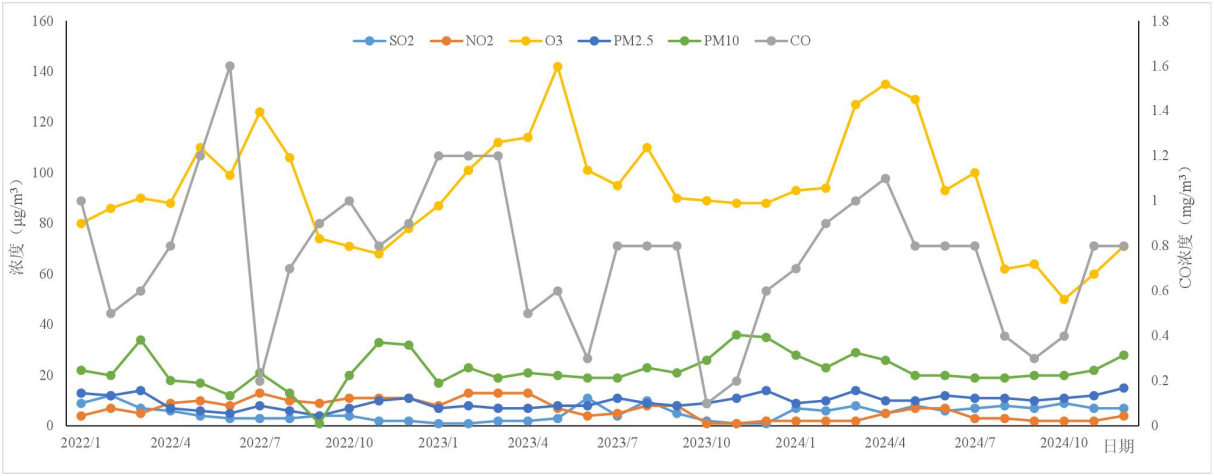


图 4.9-3　雅江县 2022 年~2024 年大气监测结果示意图

(1)补充监测

1)监测点位布设

为进一步了解工程区环境空气质量现状，我公司委托成都翌达环境保护检测有限公司于 2025 年 7 月对工程区日衣村、木灰村两个点位附近的环境空气质量分别进行了连续 7 日的监测。监测点位示意图见图 4.9-4。

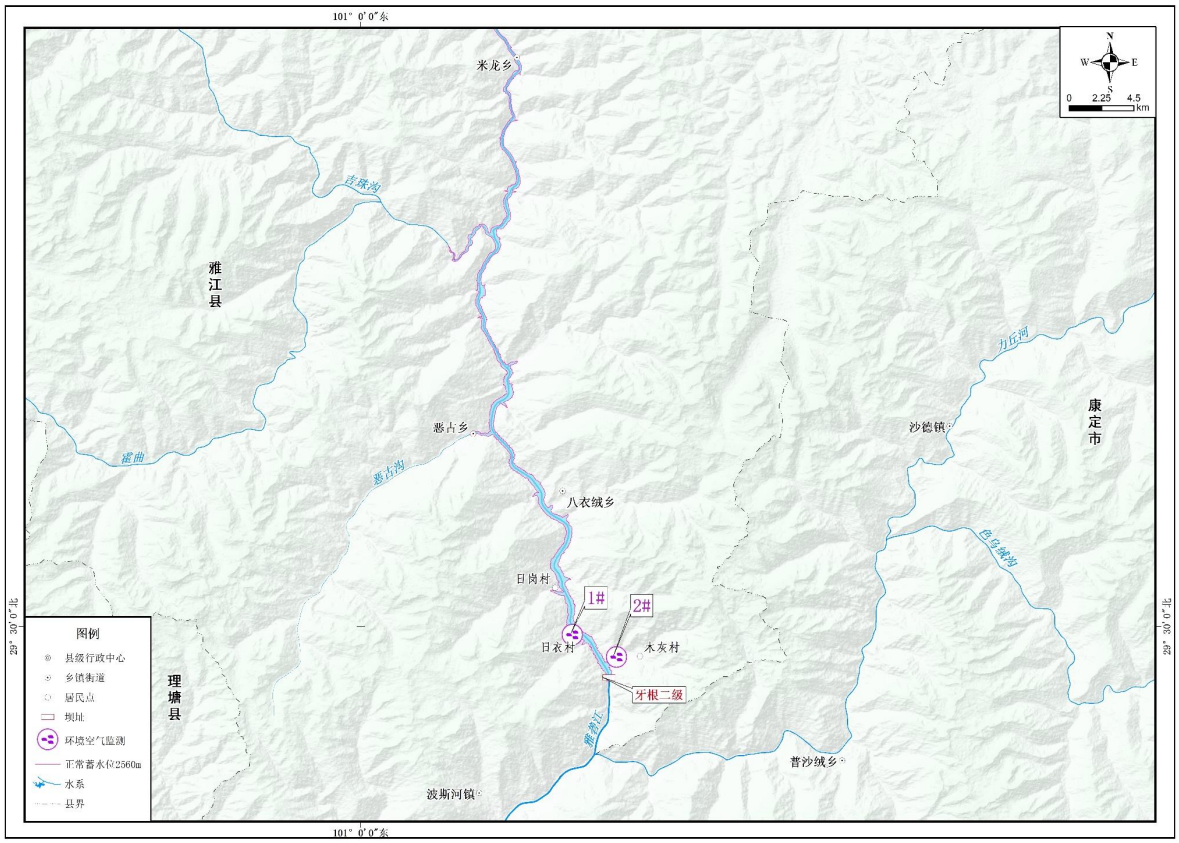


图 4.9-4　牙根二级水电站工区大气环境监测点位示意图

2)监测成果

两个点位空气质量 7 日连续监测统计结果见表 4.9-13。

牙根二级水电站工程区环境空气现状监测成果表

表 4.9-13

监测项目	监测日期	单位	日衣村	木灰村	(GB3095-2026)二级标准 (24 小时平均值、参考过渡阶段浓度限值)	达标情况
TSP	07 月 11 日至 12 日	mg/m^3	0.130	0.122	TSP:0.30mg/m³ PM_{10}:0.12 mg/m³ SO_2:0.15 mg/m³ NO_2:0.08 mg/m³	达标
	07 月 12 日至 13 日	mg/m^3	0.125	0.123		达标
	07 月 13 日至 14 日	mg/m^3	0.134	0.112		达标
	07 月 14 日至 15 日	mg/m^3	0.131	0.133		达标
	07 月 15 日至 16 日	mg/m^3	0.131	0.116		达标
	07 月 16 日至 17 日	mg/m^3	0.129	0.138		达标
	07 月 17 日至 18 日	mg/m^3	0.126	0.126		达标
PM_{10}	07 月 11 日至 12 日	mg/m^3	0.059	0.069		达标
	07 月 12 日至 13 日	mg/m^3	0.066	0.058		达标
	07 月 13 日至 14 日	mg/m^3	0.061	0.052		达标
	07 月 14 日至 15 日	mg/m^3	0.075	0.075		达标
	07 月 15 日至 16 日	mg/m^3	0.055	0.058		达标
	07 月 16 日至 17 日	mg/m^3	0.065	0.057		达标
	07 月 17 日至 18 日	mg/m^3	0.063	0.064		达标
SO_2	07 月 11 日至 12 日	mg/m^3	0.010	0.009		达标
	07 月 12 日至 13 日	mg/m^3	0.010	0.008		达标
	07 月 13 日至 14 日	mg/m^3	0.011	0.009		达标
	07 月 14 日至 15 日	mg/m^3	0.010	0.009		达标
	07 月 15 日至 16 日	mg/m^3	0.010	0.010		达标
	07 月 16 日至 17 日	mg/m^3	0.011	0.008		达标
	07 月 17 日至 18 日	mg/m^3	0.010	0.007		达标
NO_2	07 月 11 日至 12 日	mg/m^3	0.032	0.031		达标
	07 月 12 日至 13 日	mg/m^3	0.029	0.030		达标
	07 月 13 日至 14 日	mg/m^3	0.031	0.028		达标
	07 月 14 日至 15 日	mg/m^3	0.029	0.031		达标
	07 月 15 日至 16 日	mg/m^3	0.026	0.030		达标
	07 月 16 日至 17 日	mg/m^3	0.030	0.032		达标
	07 月 17 日至 18 日	mg/m^3	0.029	0.029		达标

3)环境空气质量现状评价

监测结果表明，工程区环境空气质量总体良好，各项监测因子满足《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级标准要求，这与工程区地处乡村环境，人口稀少，无工业企业等环境空气污染源的背景相一致。同时结合雅江县环境空气自动监测数据，可判断牙根二级水电站工程区域环境空气质量总体良好。

4.9.4 声环境

4.9.4.1 污染源

工程区及周边属乡村环境，库尾及库区沿岸有河口镇、麻郎措镇、米龙乡、八衣绒乡人口相对集中，其余地区人稀少且分布分散，也基本无工矿企业等噪声污染源分布。工程区主要噪声源来自沿江的省道 S220 和县道 XV13 公路，但车流量小，噪声源强也小。

4.9.4.2 现状监测

为了解工程区域声环境质量现状，我公司委托成都翌达环境保护检测有限公司于 2025 年 7 月对牙根二级水电站评价范围声环境背景开展监测。共设置日衣村和木灰村 2 个监测点。昼间、夜间各监测一次，共监测两天。监测结果见表 4.9-14，监测点位示意图见图 4.9-5。

牙根二级水电站工程区背景噪声监测成果统计表

表 4.9-14　　单位：dB(A)

检测点位	监测时间				标准值 (GB3096-2008)2 类 [dB(A)]
	2025.7.11	2025.7.12	2025.7.11	2025.7.12	
	昼间（dB（A））		夜间（dB（A））		
日衣村	45	44	43	41	昼间：60 夜间：50
木灰村	45	44	40	41	

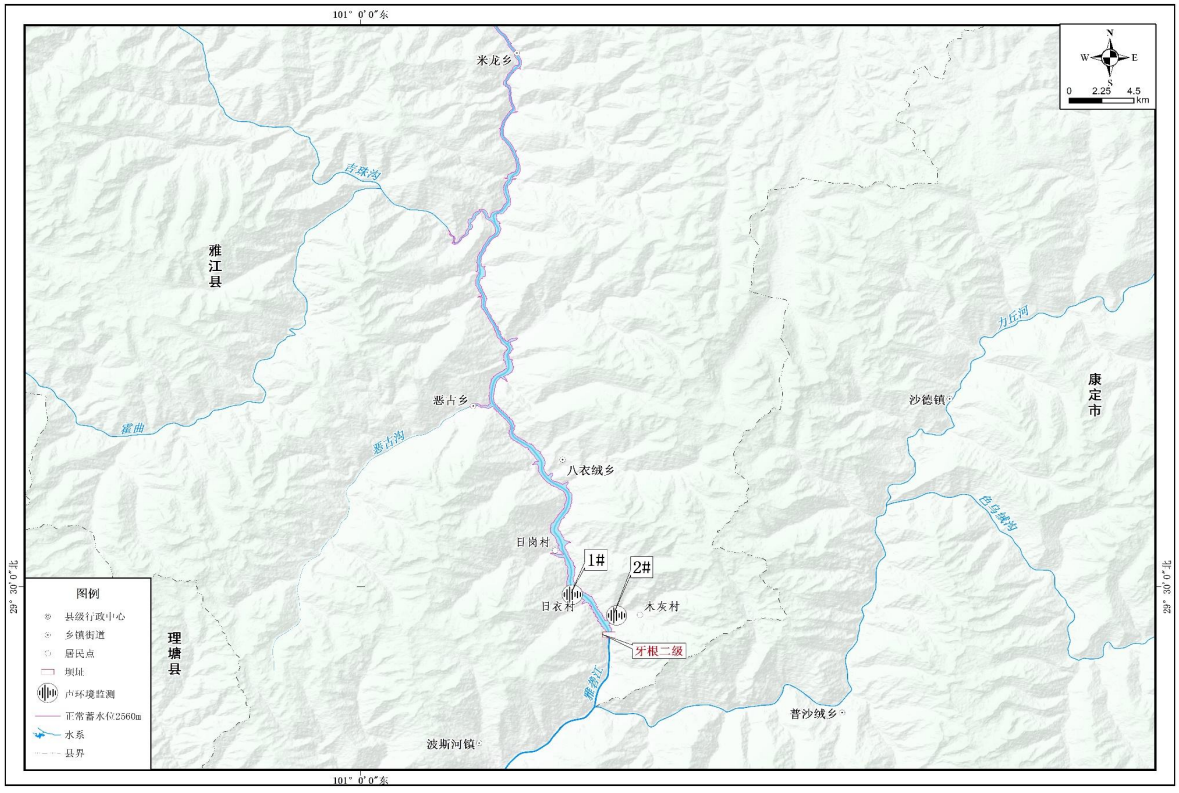


图 4.9-5　牙根二级水电站工区声环境监测点位示意图

4.9.4.3 声环境质量现状评价

声环境现状补充监测结果表明，牙根二级水电站施工范围内日农村和木灰村声环境监测结果均满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准的限值要求，表明工程区域声环境质量良好。

4.9.5 土壤环境

为掌握工程区土壤环境质量状况，我公司委托成都翌达环境保护检测有限公司于 2025 年 7 月对牙根二级水电站项目区开展了一期土壤环境质量监测。监测点位共设置 3 个：米龙乡、木灰村、牙根二级坝址，监测表层样。

其中米龙乡和木灰村现状评价标准采用《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)对应风险筛选值；牙根二级坝址区域目前已有部分前期勘探作业工作开展，现状评价标准采用《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600—2018)第二类用地的筛选值，监测结果见表 4.9-15、表 4.9-16。

监测结果可以看出，牙根二级坝址表层样点土壤满足《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600—2018)第二类用地的筛选值。米龙乡、木灰村表层样点土壤满足《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)对应风险筛选值，工程区域土壤环境质量良好。

工程区米龙乡、木灰村农用地土壤质量现状监测结果

表 4.9-15

监测项目	单位	米龙乡		木灰村		《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》（GB 15618-2018）
		监测值	达标情况	监测值	达标情况	
pH	无量纲	7.54	/	7.44	/	/
铅	mg/kg	16	达标	28	达标	170
镉	mg/kg	0.07	达标	0.14	达标	0.6
汞	mg/kg	0.028	达标	0.014	达标	3.4
砷	mg/kg	17.3	达标	11.3	达标	25
铜	mg/kg	20	达标	20.2	达标	100
镍	mg/kg	33	达标	30	达标	190
锌	mg/kg	59	达标	75	达标	300
铬	mg/kg	62	达标	64	达标	200
含盐量	g/kg	0.3	/	0.5	/	/

工程区牙根二级坝址建设用地土壤质量现状监测结果

表 4.9-16

监测项目	单位	牙根二级坝址		执行标准值（GB 36600-2018 表 1 筛选值第二类）
		监测值	大标签库	
pH 值	无量纲	7.50	/	/
砷	mg/kg	3.65	达标	60
镉	mg/kg	0.17	达标	65
六价铬	mg/kg	未检出	达标	5.7
铜	mg/kg	19.2	达标	18000
铅	mg/kg	25	达标	800
汞	mg/kg	0.011	达标	38
镍	mg/kg	40	达标	900
四氯化碳	mg/kg	未检出	达标	2.8
氯仿	mg/kg	未检出	达标	0.9
氯甲烷	mg/kg	未检出	达标	37
1,1-二氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	9
1,2-二氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	5
1,1-二氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	66
顺式-1,2-二氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	596
反式-1,2-二氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	54
二氯甲烷	mg/kg	未检出	达标	616
1,2-二氯丙烷	mg/kg	未检出	达标	5
1,1,1,2-四氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	10
1,1,2,2-四氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	6.8
四氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	53
1,1,1-三氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	840
1,1,2-三氯乙烷	mg/kg	未检出	达标	2.8
三氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	2.8
1,2,3-三氯丙烷	mg/kg	未检出	达标	0.5
氯乙烯	mg/kg	未检出	达标	0.43
苯	mg/kg	未检出	达标	4
氯苯	mg/kg	未检出	达标	270
1,2-二氯苯	mg/kg	未检出	达标	560
1,4-二氯苯	mg/kg	未检出	达标	20
乙苯	mg/kg	未检出	达标	28
苯乙烯	mg/kg	未检出	达标	1290
甲苯	mg/kg	未检出	达标	1200
间，对-二甲苯	mg/kg	未检出	达标	570
邻-二甲苯	mg/kg	未检出	达标	640
*硝基苯	mg/kg	未检出	达标	76
*苯胺	mg/kg	未检出	达标	260
*2-氯苯酚	mg/kg	未检出	达标	2256
*苯并(a)蒽	mg/kg	未检出	达标	15
*苯并(a)芘	mg/kg	未检出	达标	1.5
*苯并(b)荧蒽	mg/kg	未检出	达标	15

监测项目	单位	牙根二级坝址		执行标准值（GB 36600-2018 表 1 筛选值第二类）
		监测值	大标签库	
*苯并(k)荧蒽	mg/kg	未检出	达标	151
*䓛	mg/kg	未检出	达标	1293
*二苯并(ah)蒽	mg/kg	未检出	达标	1.5
*茚并(1,2,3-cd)芘	mg/kg	未检出	达标	15
*萘	mg/kg	未检出	达标	70

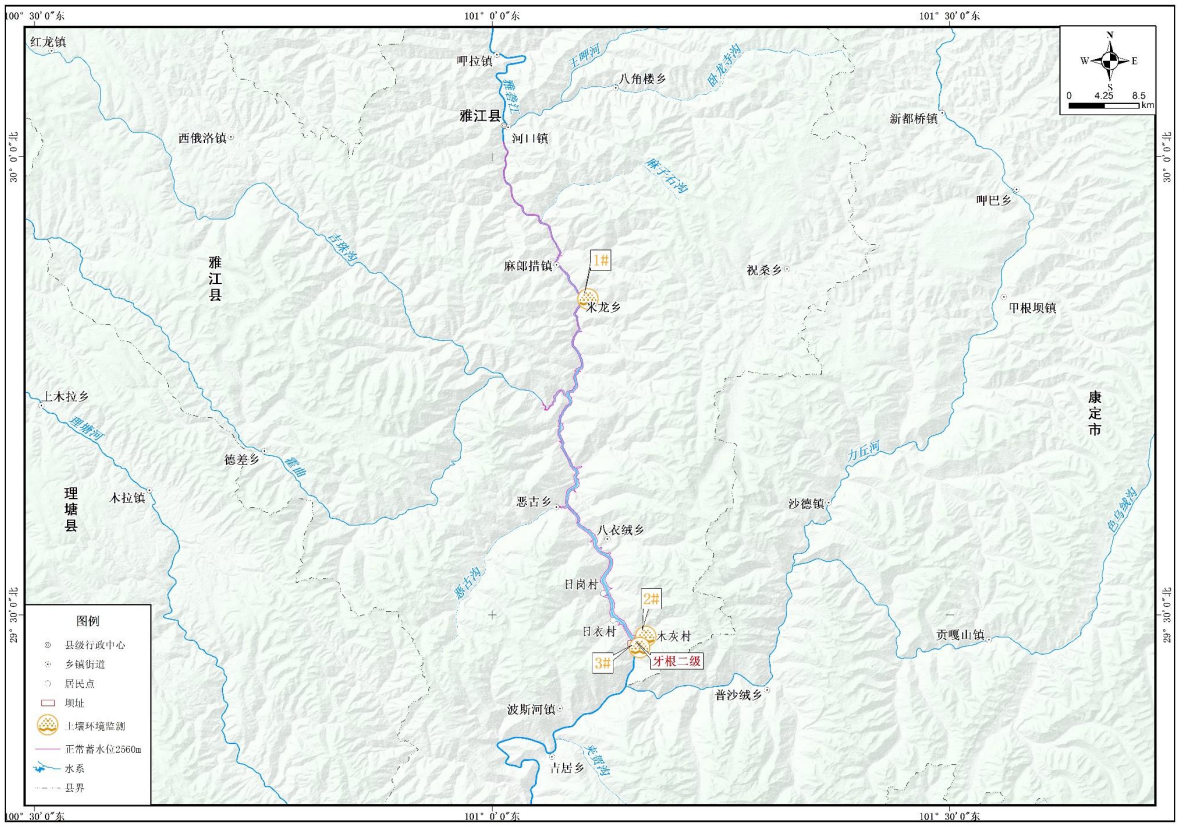


图 4.9-6　牙根二级水电站土壤监测点位示意图

4.9.6 电磁环境

工程区现状无污染辐射污染源，我公司委托西弗测试技术成都有限公司于 2025 年 11 月 26 日在工程区拟建开关站设置了一个电磁环境监测点位，监测结果见下表。

工程区牙根二级开关站区域电磁环境监测结果

表 4.9-17

监测点位	监测结果	
	工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）
拟建开关站站址中心	0.265	0.0121

从上表可知，拟建 500kV 开关站站址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 水资源及其利用

工程河段范围内，水资源利用以小型电站及农业灌溉、农村居民生活用水为主，用水设施均位于雅砻江支流，干流无重要用水单位。牙根二级工程河段主要支流包括库区的霍曲河、坝下的力丘河，均开展了水电规划或建设。

(1)霍曲河

霍曲河为雅砻江一级支流，在牙根二级库区入汇，河流全长 172km，流域面积 3333km^2，河口多年平均流量 50.3m^3/s。2008 年，四川省发展改革委、省水利厅以“川发改能源〔2008〕57 号”文批复了《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划报告》。依据批复的规划报告，霍曲河干流河段规划推荐采用“一库三级”开发方案，自上而下依次为德差水电站（72MW）、雄美水电站(80MW)和达阿果水电站(200MW)，规划总装机容量 352MW；霍曲河支流吉珠沟推荐采用“一库四级”开发方案，自上而下依次为汪堆水电站(32MW)、盆达水电站(22MW)、巴德水电站(38MW)和葛达水电站(52MW)。

根据现场调查，霍曲河干流水电规划最后一级达阿果水电站、支流吉珠沟最后一级葛达水电站均已建成发电，其余梯级正在开展前期工作。同时，本世纪初，雅江县实施“送电下乡”工程期间、霍曲河水电规划前，已在霍曲河上建成唐岗水电站，装机规模 7.5MW，工程采用引水式开发，坝址距霍曲河汇口约 7km、厂房距汇口约 6km，长江经济带小水电清理整改期间被列为保留类电站。

牙根二级水电站正常蓄水位 2560m 时，霍曲河支库回水长度约 5.6km，回水至唐岗水电站厂房下游。

(2)力丘河

力丘河为雅砻江左岸一级支流，流域面积 5888km^2，河长 203.50km，河口多年平均流量 89.4m^3/s，河道平均比降 10.21‰。力丘河具有“上游平、中游缓、下游陡”的特点，上游塔公区为高原沼泽地带，地势平坦，比降小，曲流发育，水流不畅；中游呷巴、甲

根坝、朋布西、沙德和六巴乡为浅丘高原地带；进入普沙绒乡后为高原峡谷地带，河流切割深，形成河谷狭窄、谷壁陡峭、比降达26‰的峡谷河段，径流丰沛。

根据批复的《四川省康定县力丘河干流甲根坝至河口段水电规划报告》及《四川省康定县力丘河干流甲根坝至河口段水电规划环境影响报告书》，力丘河甲根坝至河口段规划了“一库四级”电站，总装机容量560MW。从上到下依次为松林水电站(80MW)、决洛水电站(100MW)、塔坑水电站(180MW)、金顶水电站(200MW)。

目前，力丘河规划各梯级水电站均未开发建设。

4.10.2 人群健康

全县有医疗卫生机构20个。其中，县级医疗卫生机构有雅江县人民医院、雅江县中藏医院、雅江县疾病预防控制中心、雅江县妇幼保健计划生育服务中心。乡镇卫生院17家（含一家分院），村卫生室79个。编制床位366张，实际开放床位247张，每千人病床数5.4张；全县卫健系统人员编制320名，实有专业技术人员272名。有正高医师3人、副高医师9人，主治医师17人、执业（助理）医师59人。

针对地方性疾病防控，近年来全县持续推进“健康雅江”行动，完善基本药物制度，各级医疗机构狠抓地方病、传染病防控、全县陆续筛查包虫病约2万人次，居民电子健康档案建档率达到92%。总体上工程涉及乡镇的人群健康状况良好，各类传染病发病率均控制在国家要求之内。

4.10.3 环境保护基础设施

牙根二级水电站涉及的雅江县均配套建成了生活污水处理设施、生活垃圾处理设施。

雅江县城已建设2座污水处理厂，分别为雅江县城市生活污水处理厂、雅江县东城区污水处理站，基本情况详见报告4.9.1.2章节内容。

雅江县生活垃圾卫生填埋场位于河口镇本达宗村的银鸡山，于2010年11月建成投入使用，库容约14万m^3，主要服务于雅江县城、周边乡镇及两河口水电站施工期生活垃圾处置。2021年完成扩容工程，扩容工程项目不新增占地，建设内容主要包括现有垃圾初期坝加固加高、填埋场扩容工程和辅助工程等。扩容后垃圾填埋场的设计平均日处理量60t/d，服务期限为8年（2021-2028），服务范围为雅江县城区、呷拉镇、呷拉教育园、八角楼乡、河口镇及两河口水电站和牙根一级水电站。

4.11 移民安置区环境现状

依据《四川省雅砻江牙根二级水电站移民安置规划报告》，牙根二级水电站规划设计水平年 2035 年生产安置人口为 2153 人，全部采用逐年货币补偿方式进行安置；农村搬迁安置人口为 2224 人均采取自行分散安置；规划新建八衣绒乡、麻郎措镇、米龙乡 3 座集镇，迁建人口规模共 749 人；专项设施主要为交通运输工程、水利水电工程、电力工程、电信工程、文物古迹等。总体上，本工程移民安置区的自然环境和社会环境与工程区处于同一大区域范围内。下面就典型迁建集镇、专项设施复建区的地形、地质、植被、陆生动植物和基础设施建设条件等环境现状简述如下。

4.11.1 迁建集镇环境现状

(1)八衣绒集镇

八衣绒集镇新址位于鲁日新址，位于雅砻江左岸，距离雅江县城 50.86km，距离八衣绒集镇原址 1.58km，场地高程 2980m~3016m，平均坡度 15°~25°，可利用面积 5.50hm^2。地形整体呈台阶状，台阶高约 3~5m，地势总体较开阔，地类以耕地为主，规划修建一条对外连接道路，水源由格日沟引水建成，采用外部 10kV 电压等级供电。

鲁日新址属于典型的乡村环境，环境空气及声环境质量良好。场地及周围分布有零星村民住宅与耕地。植被主要为栽培植被，几乎无自然植被分布，经现场调查，场地内未发现珍稀保护植物，也未见重要野生动物在此栖息。



图 4.11-1　鲁日新址现状

(2)麻郎措集镇

洛俄昔作为麻郎措集镇迁建的拟选新址，洛俄昔新址位于雅砻江右岸，距离麻郎措集镇原址 8.10km。场地高程为 2800m~2880m，平均坡度为 10°~20°，地类以园地为主，利用面积 3.6hm^2。洛俄昔新址场地平坦开阔，地势较平缓，未见重大不良地质现象，规划区场地较稳定，工程建设较适宜场地。

洛俄昔新址规划复建干线 S220 从新址靠山侧通过以实现新址集镇内部道路与外部交通连接，不单独修建对外连接道路。饮用水新建设施解决，用电利用复建的 10kV 输电线路。

洛俄昔新址周边无工矿企业等污染源分布，环境空气及声环境质量良好。场地及周围分布有零星村民住宅与耕地。植被以栎类灌丛和栽培植被为主，主要植被群系为川滇高山栎灌丛，结构稀疏，受场地周围居民耕作等活动影响，场地内未发现珍稀保护动植物。



图 4.11-2　洛俄昔新址现状

(3)米龙集镇

米龙集镇的迁建新址为斗地新址，斗地新址位于雅砻江左岸，雅江县米龙乡境内，距离雅江县城 23.70km，距离米龙集镇原址 1.80km。场地高程为 2855～2885m，坡度为 5°~18°，新址现状地类以园地为主，可利用面积 5.1hm^2。场地地形呈台阶状，地势总体较平坦、开阔，长约 550m，宽 150～300m，高程 2855～2885m，高差约 30m。

规划于集镇新址北侧中部修建一条对外连接道路，集镇内部干路与对外连接道路相连，满足对外出行需求，水源由达果沟引水建成供水工程供给，供电从 10kV 米米线接

入。

斗地新址几乎没有居民分布，环境空气及声环境质量良好，植被相对简单，园地周边以干旱河谷灌草丛、栎类灌丛为主，主要植被群系包括鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、川滇高山栎灌丛。场地内未发现珍稀保护动植物。



图 4.11-3　斗地新址现状

4.11.2 专项设施复建区环境现状

牙根二级水电站专项设施复建主要包括交通运输工程、电力工程、电信工程等，主要根据水库淹没高程并结合移民分散安置或迁建集镇建设等规划布局进行抬高复建，可见专项设施复建区的生态环境概况与整个工程评价范围的环境状况总体一致。

4.11.2.1 自然环境

专项设施复建工程基本沿雅砻江左、右岸展布，河谷总体相对开阔，右岸阶地发育，可见Ⅰ～Ⅲ级阶地，河流总体流向呈 EW 向，区域内受青藏高原气候影响，常年有暴雨、冰雹、泥石流、霜冻等自然灾害发生。

4.11.2.2 生态环境

根据对专项设施复建区植被调查，总体上区域植被类型相对简单，以干旱河谷灌草丛为主，优势植物包括白刺花、马鞍羊蹄甲、蔷薇、枸子、金丝梅等灌木，以及荩草、垫状卷柏、苣苔、山蚂蝗等草本。同时，区域内还分布有川滇高山栎林、高山松林镶嵌分布。

根据对专项设施复建区陆生动物调查，区域野生动物种类较多，但多栖息于海拔较

高、森林植被较好的高山区；等级公路复建区总体位于受人类活动影响相对强烈的河谷区，大型野生动物少见，主要以雀形目鸟类及啮齿类动物为主，珍稀、濒危、保护物种较少。

4.11.2.3 环境质量现状

根据 4.9 节环境空气、声环境现状监测成果可见，区域大气环境、声环境质量良好，均满足相应标准限值要求。

4.12 环境现状综合评价及主要环境问题

4.12.1 环境现状评价

牙根二级水电站涉及四川省甘孜州雅江县米龙乡、麻郎措镇、八衣绒乡等地，地广人稀，经济发展水平较低，工业水平不发达，基本无工业污染源分布，农业面源污染和生活污水负荷也极低。根据工程区环境现状监测结果可知，工程区水环境、环境空气、声环境及土壤环境质量总体良好。

工程区地下水以松散堆积层孔隙水、基岩裂隙水为主。其中，基岩裂隙潜水为坝址区最重要的地下水类型，分布广泛，主要受大气降水补给，排泄于雅砻江；松散堆积层孔隙潜水主要分布在沿岸冲积物、坡积物等各种成因的第四纪松散堆积体内。富水程度往往受季节变化和地貌限制影响较大。泉水零星出露，规模较小，为侵蚀下降泉。总体来看，工程区河谷深切，岸坡陡峻，地下水位略高于雅砻江水位，由地下水补给江水。

根据文献资料记载及野外调查成果，评价区共有维管束植物 82 科 254 属 480 种，其中被子植物种类丰富，分布有国家二级保护植物五小叶槭、光核桃、松茸及芒苞草。评价区共有陆生脊椎动物 22 目 70 科 237 种，其中，两栖动物 2 目 5 科 8 种，爬行动物 1 目 4 科 7 种，鸟类 13 目 42 科 171 种，兽类 6 目 19 科 51 种。其中一级保护动物有 4 种，即黄喉雉鹑、马麝、林麝和豹；国家二级保护动物 37 种，其中两栖动物 1 种为西藏山溪鲵，鸟类 22 种分别为血雉、红腹角雉、勺鸡、白腹锦鸡、白马鸡、长尾林鸮、高山兀鹫、秃鹫、松雀鹰、雀鹰、苍鹰、黑鸢、大鵟、普通鵟、红隼、白眉山雀、宝兴鹛雀、中华雀鹛、大噪鹛、斑背噪鹛、橙翅噪鹛、滇鸸；兽类 14 种分别为猕猴、藏酋猴、狼、藏狐、赤狐、黑熊、黄喉貂、豹猫、猞猁、毛冠鹿、水鹿、岩羊、中华鬣羚、中华斑羚。总体来看，工程所在区域分布的动物以中小型动物为主。

根据 2022 年、2023 年鱼类资源调查结合历史资料记载结果，牙根二级水电站评价

河段的共调查到鱼类 23 种，其中雅砻江干流 19 种，支流霍曲河 11 种，支流力丘河 20 种。其中国家二级保护鱼类 2 种，为厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡；四川省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡。长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。

综上，牙根二级水电站工程地区现有环境质量良好，区域人口稀少且分散，地方上近期内无建设较大工业项目的计划，以农业、牧业为基础的经济结构将保持较长时间。现有的污染源结构也不会发生较大变化，总体环境质量没有恶化趋势，生态系统基本处于良性发展的态势。

4.12.2 主要环境问题

(1) 自然灾害频繁

工程所处的雅砻江中游地区自然灾害种类繁多，成因背景复杂，影响和破坏面广。主要自然灾害有洪灾、旱灾、雪灾、雹灾等气候灾害，滑坡、泥石流、崩塌、水土流失等山地灾害，虫灾、鼠害生物等生物灾害。由于抵御自然灾害的能力有限，尤其是多种灾害并发时，往往给当地居民的生活和森林管护工作造成了巨大的损失，加剧了区域生态环境恶化。

(2) 生态环境问题较突出

社会活动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。

(3) 环保基础设施不足

电站位于少数民族聚集区，属我国社会经济欠发达的边远地区，社会发展程度低，经济总量小，交通、环保等基础设施相对落后。目前工程河段仅库尾上游雅江县城建设有生活污水处理、生活垃圾处理相关设施，沿江其他乡镇尚无处理设施，存在生活污水散排入江、生活垃圾随意丢弃的现象。

5 环境影响预测评价

5.1 气候影响预测与评价

水电站建库后会一定程度改变原有下垫面的性质，水库建成后库区水面面积增大，增加了水汽蒸发，将改变空气湿润度，增加降水量；水面增宽，接受太阳辐射的能量增多，水温提高进而加湿空气，使一年最低气温提高。而蒸发量的增大又使气温下降，一年中的最高气温将有所降低。本次环评收集了同流域已建二滩水库、锦屏一级水库局地气候评估结果，以此推断牙根二级水电站建成后对局地气候的影响。根据《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》研究成果，锦屏一级水电站库区河段，受流域背景气候持续上升的影响，气温总体呈上升趋势；但是在近 20 年主要是下降趋势，而且在蓄水后的下降趋势更明显，从蓄水前的每 10 年降低 0.008°C 增加到蓄水后每 10 年降低 0.562°C，表明锦屏一级成库后对库周有一定的降温效应。锦屏一级水电站库区相对湿度存在微弱的上升趋势，但蓄水后的增加趋势更明显，从蓄水前的每 10 年升高 0.176%增加到蓄水后每 10 年升高 5.25%。比湿存在显著的上升趋势，从蓄水前的每 10 年升高 0.059g/kg 增加到蓄水后每 10 年升高 0.751g/kg，表明锦屏一级库区有一定的加湿效应。锦屏一级水电站库区河段降水近年都呈微弱减少趋势，但蓄水后比蓄水前降低趋势减缓，从蓄水前的每 10 年降低 0.538 mm/day 减小到蓄水后每 10 年降低 0.068 mm/day。锦屏一级库区小尺度气候变化与二滩水电站水库北段类似。

根据《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》研究成果，二滩水电站库区河段气温总体呈显著上升趋势，且在蓄水后的上升趋势更明显，从蓄水前的每 10 年升高 0.078°C 增加到蓄水后每 10 年升高 0.212°C。这与背景气候持续上升趋势基本一致，表明二滩水电站工程对库区河段气温变化主要受区域背景影响，库区工程的影响不大。二滩水电站库区河段相对湿度和比湿总体都存在显著的减小趋势，相对湿度从蓄水前的每 10 年升高 2.287%变为蓄水后每 10 年降低 2.569%，比湿从蓄水前的每 10 年升高 0.258 g/kg 变为蓄水后每 10 年降低 0.235 g/kg，这与区域气候背景变化趋势较为一致。二滩水电站库区河段降水虽然总体呈微弱减少趋势，但蓄水后减弱若趋势增大，从蓄水前的每 10 年升高 0.07 mm/day 变为蓄水后每 10 年降低 0.138 mm/day。二滩水电站水库建成后，河段处湿度明显增加，但离开河段后差异快速得到降低。其中偏北河段气温昼

夜变化受到抑制(最高气温降低、最低气温升高)，这一现象在偏南河段并不明显。

根据锦屏一级水电站、二滩水电站水库局地气候观测结果，推断牙根二级水电站建成后区域局地气候可能的变化趋势是：库区河段夏季有降温效应，冬季有增温效应，春秋两季的温度则更趋于均衡，平均年较差和日较差均有所减小，但影响范围主要在水库周围近河谷地带；由于区域水面面积明显增大，总蒸发量将增加，水库周围河谷地带绝对湿度有增加的趋势，但受高山峡谷地形限制，其影响范围十分有限。总体上，牙根二级水电站的规模及水库面积相对较小，对河谷区下垫面的改变较小，水库蓄水对干旱河谷区的局地气候有一定的改善作用，但影响程度及范围有限。牙根二级河段的局地气候仍受区域气候控制。

5.2 水文情势影响预测与评价

5.2.1 上游梯级对牙根二级河段水文情势影响

依据雅砻江中游水电建设时序，目前中游“龙头水库”两河口水电站已于 2024 年 10 月 25 日蓄至正常蓄水位，全部机组投产发电，项目进入运行阶段。牙根一级水电站、两河口混合式抽水蓄能电站均已核准开工，预计 2028 年年底同时投产发电。因此，牙根二级建成前，河段水文情势将受到两河口单独运行、上游三个电站联合运行的调度影响。

5.2.1.1 两河口单独运行对牙根河段水文情势的影响

(1)月均流量变化

至牙根一级水电站、两河口混合式抽水蓄能电站建成前，牙根二级河段月均流量将受两河口水电站“蓄丰补枯”运行调度影响，以平水年为代表，牙根二级河段月均流量变化见表 5.2-1、图 5.2-1。其中，丰水期 6 月~10 月流量较天然减少，最大降幅发生在 9 月，较天然减少 55%；平枯期 11 月~次年 5 月流量较天然增加，最大升幅发生在 3 月，较天然增加 239%。

两河口单独运行牙根二级坝址处逐月流量变化(平水年)

表 5.2-1　　流量单位：m^3/s

时段 项目	月份											
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
天然	1093	1425	1215	2061	1035	515	308	220	210	208	289	540
两河口调蓄后	827	853	833	924	815	622	619	635	665	706	771	854
流量差额(m^3/s)	-266	-572	-382	-1137	-220	107	311	415	455	498	482	314

时段 项目	月份											
	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
变化幅度	-24%	-40%	-31%	-55%	-21%	21%	101%	189%	217%	239%	167%	58%

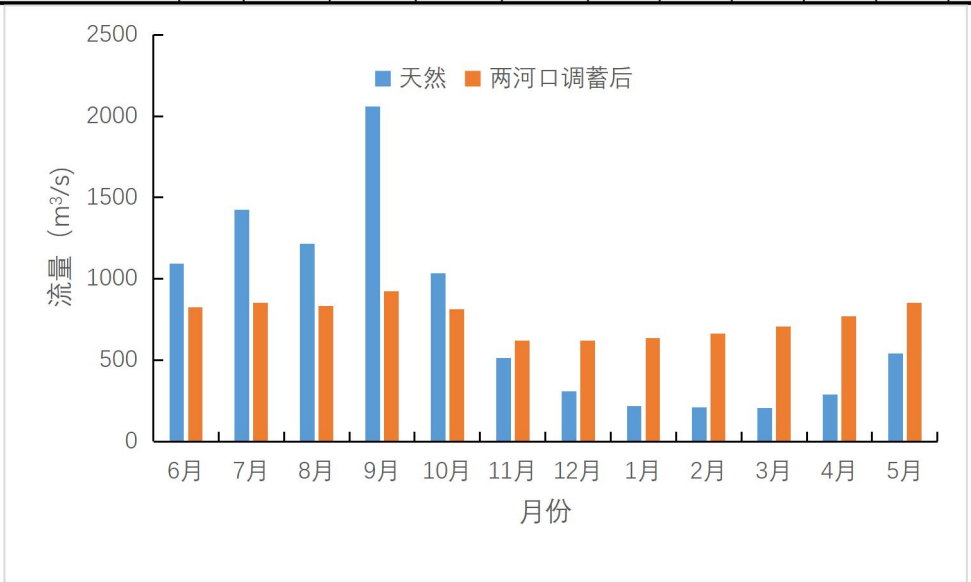


图 5.2-1　平水年两河口单独运行调度牙根二级坝址处月均流量变化

(2)日均流量变化

日均流量变化趋势与月均流量变化趋势较为类似，见图 5.2-2。最大降幅发生在 9 月 15 日，较天然减少 2086m³ /s，最大升幅发生在 5 月 4 日，较天然增加 552m³ /s。

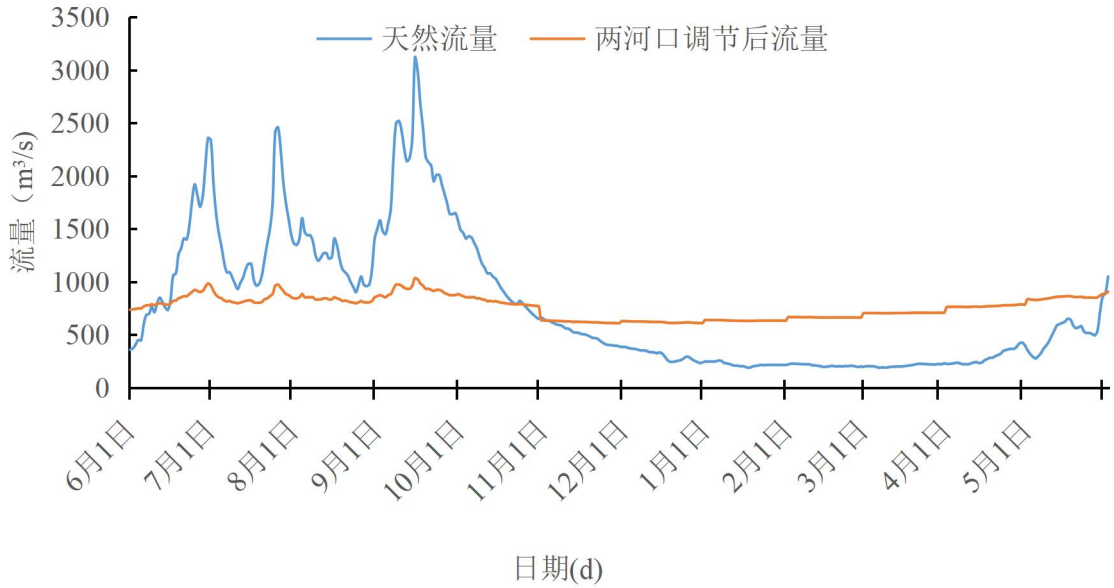


图 5.2-2　两河口单独运行牙根二级坝址处日均流量变化图

(3)典型日内流量变化

两河口单独运行时，以承担基荷的方式，下泄不低于 112m³/s 的生态流量。日调节

运行时，不稳定流下泄将对下游河道水文情势造成影响。以平水年为例，鱼类繁殖期各典型日日内流量过程详见表 5.2-2、图 5.2-3。随着水风光互补工程的推进，两河口水电站主要在傍晚~夜间进行调峰运行，以平水年 7 月典型日内调峰为例，17 时至 22 时之间，下泄流量从 280m^3/s 迅速升高至 1261m^3/s，持续 5 个小时后又降至 1104m^3/s，整个过程中最大小时升幅为 981 m^3/s、最大降幅为 157m^3/s，引起下游水位波动，但随着下游中型河流霍曲河、力丘河等的入汇，日内流量波动及其引起的河道水动力学特性变化影响逐渐减弱。

两河口水电站单独运行平水年典型日出库流量过程

表 5.2-2　　流量单位：m^3/s

时间	5 月	7 月	9 月
1:00	980	891	730
2:00	980	891	730
3:00	852	850	730
4:00	765	780	745
5:00	866	745	733
6:00	900	745	733
7:00	950	680	733
8:00	980	680	750
9:00	955	540	750
10:00	320	520	300
11:00	289	450	300
12:00	265	450	456
13:00	200	320	610
14:00	200	200	570
15:00	255	200	342
16:00	268	200	452
17:00	302	280	650
18:00	1264	1261	1207
19:00	1264	1261	1207
20:00	1264	1261	1207
21:00	1264	1261	1207
22:00	1264	1261	1207
23:00	980	1104	730
0:00	885	980	730
均值	772	742	742
最大日内变幅	1064	1061	907
最大时变幅	962	981	557

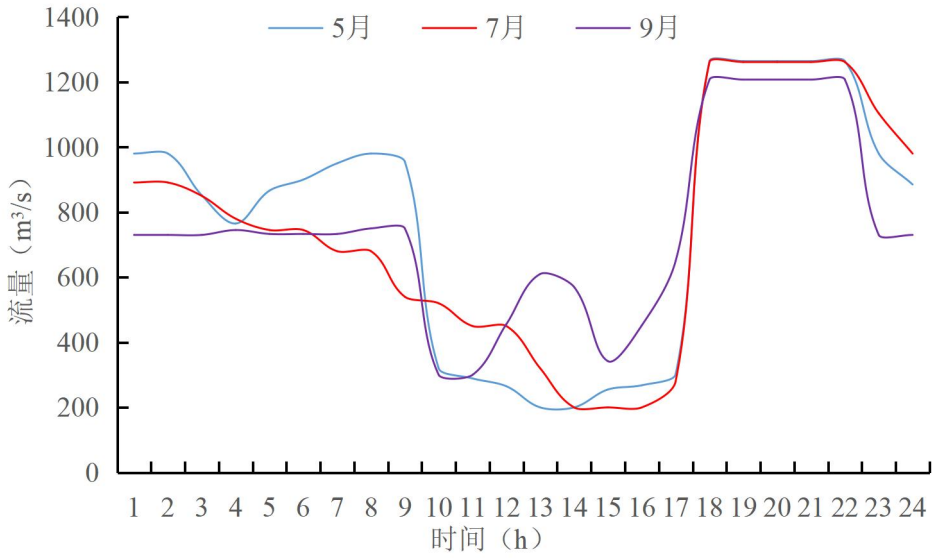


图 5.2-3　平水年两河口水电站单独运行坝下日内流量逐时变化过程

5.2.1.2 联合运行对牙根河段水文情势的影响

(1)月均流量变化

由于牙根一级水电站、两河口混合式抽水蓄能电站仅具有日调节性能，建成后与两河口电站联合运行，水文节律受两河口水电站运行影响。联合运行工况下对下游河道月均流量影响与两河口单独运行影响一致，详见前文。

(2)日均流量变化

依据两河口水电站、牙根一级水电站、两河口混合式抽水蓄能电站环评报告及其审查意见要求，在鱼类繁殖期间，利用两河口的调节能力，加大流量下泄，并人为制造数个径流涨落变化和流量脉冲过程，尽可能恢复河道水文环境的天然变化过程，保障适宜鱼类生存繁殖的生境条件，同时为河段鱼类保护和水电站生态调度提供较为完善的生态流量过程线。

综合考虑天然水文节律特征与河段鱼类产卵需求，在 4~7 月开展生态调度，将月内天然连续 7 天最大涨水幅度作为 7~10 天生态调度的峰值。以典型平水年为例，4~7 月峰值分别为 808.8m^3/s、1016.4m^3/s、1059.4m^3/s、1059.4m^3/s。

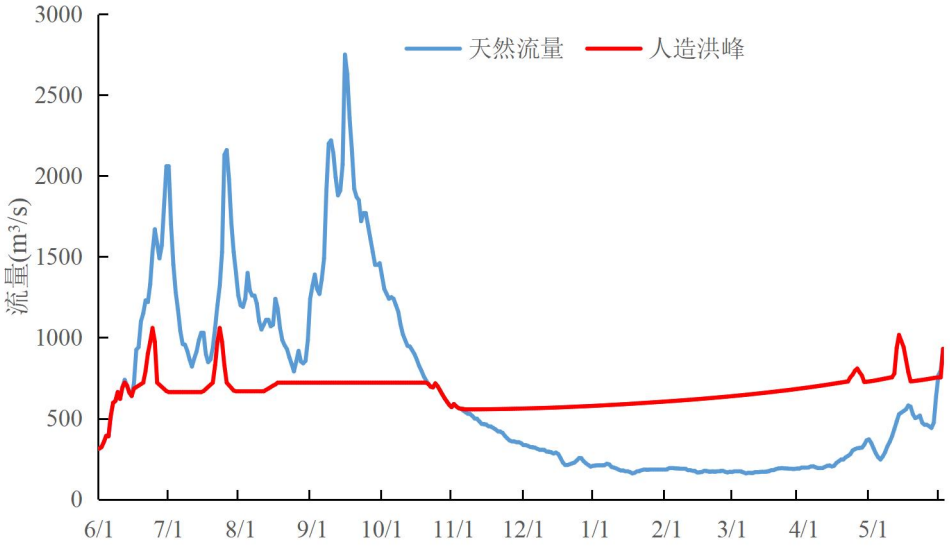


图 5.2-4　两河口日均流量下泄过程要求（平水年）

(3)典型日内流量变化

三座电站联合运行后，通过牙根一级反调节可一定程度上削弱两河口及其混蓄电站日内调峰时形成的不稳定流，使其充分参与电力系统的调峰运行。

以平水年为例，枯水期典型日（2 月）、初汛期（春季）产卵高峰典型日（5 月）、主汛期典型日（7 月）、汛末（秋季）典型日（9 月），两河口下泄流量日内最大变幅分别由 1342 m³/s、1344 m³/s、1342m³/s、1342 m³/s，缩减为联合运行、牙根一级反调节后的 438m³ /s、557m³ /s、638m³ /s、472m³ /s。

联合运行平水年各典型日出库流量过程

表 5.2-3　　流量单位：m³/s

时间	2 月		5 月		7 月		9 月	
	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量
1:00	505	799	892	957	858	890	817	827
2:00	505	799	892	957	858	890	817	827
3:00	505	799	892	957	858	890	817	827
4:00	505	799	892	957	858	890	817	827
5:00	509	799	755	957	725	890	758	827
6:00	515	799	785	957	725	890	625	827
7:00	528	799	825	957	645	890	625	827
8:00	535	799	885	957	645	890	625	827
9:00	545	375	855	957	540	890	625	556
10:00	150	375	220	400	385	325	150	556
11:00	150	375	189	400	321	300	168	556
12:00	150	375	165	400	295	300	258	556
13:00	150	375	150	400	150	300	325	556

时间	2 月		5 月		7 月		9 月	
	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量	两河口下泄流量	联合运行后下泄流量
14:00	180	375	148	400	150	300	278	556
15:00	205	375	155	400	195	300	198	556
16:00	265	375	268	400	185	300	259	556
17:00	355	375	302	400	245	300	554	556
18:00	1492	375	1492	400	1492	300	1492	556
19:00	1492	813	1492	930	1492	938	1492	1028
20:00	1492	813	1492	930	1492	938	1492	1028
21:00	1492	813	1492	930	1492	938	1492	1028
22:00	1492	813	1492	930	1492	938	1492	1028
23:00	505	813	892	930	858	938	817	1028
0:00	505	799	892	930	858	938	817	827
均值	614	625	772	741	742	682	742	756
最大日内变幅	1342	438	1344	557	1342	638	1342	472
最大时变幅	1137	438	1190	557	1247	638	938	472

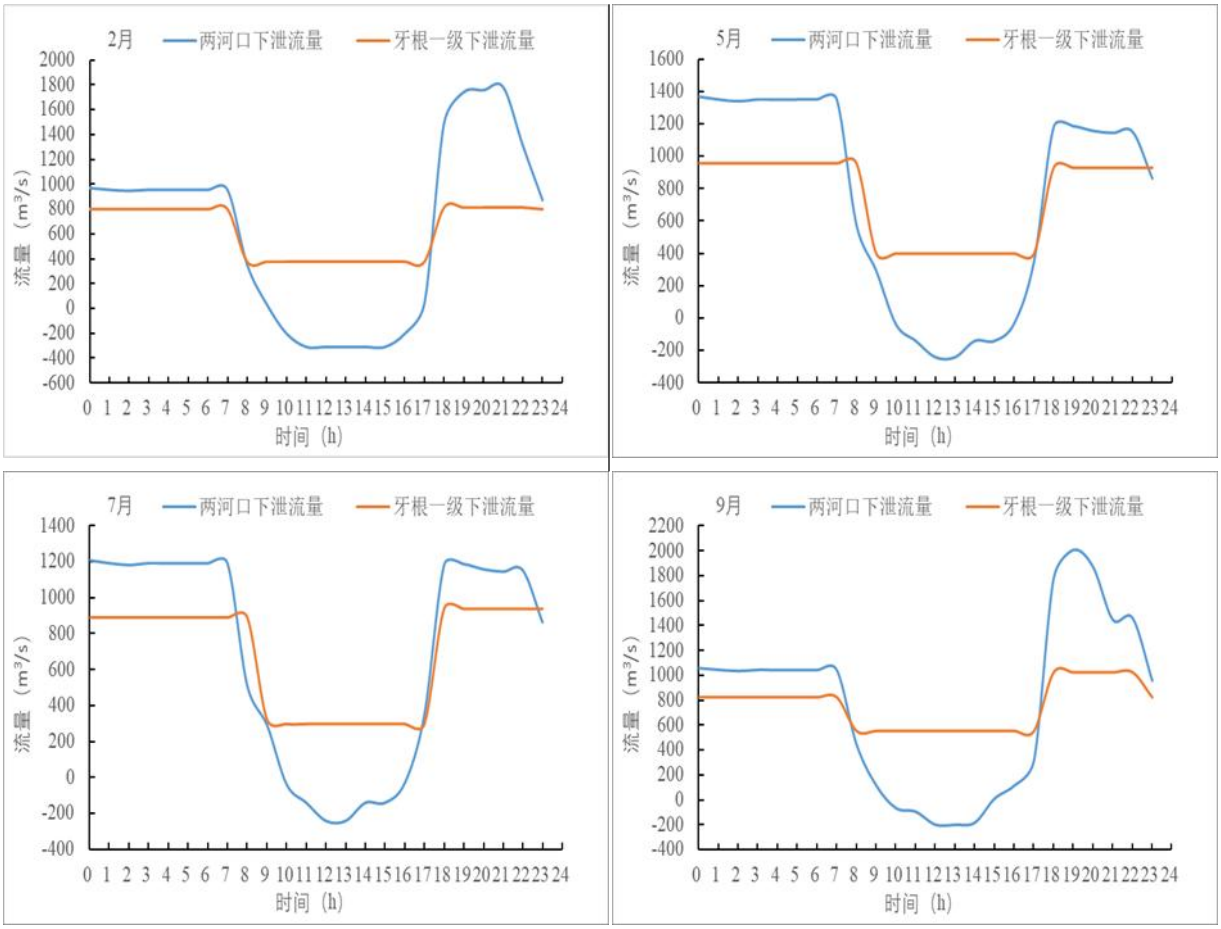


图 5.2-5　联合运行平水年典型日内流量过程

5.2.2 施工期水文情势影响分析

(1)截流

牙根二级水电站采用单戗单向立堵截流方式，截流在第二年 11 月中旬进行，截流标准选用 10 年一遇，相应截流流量 654m³/s。根据工程导流设计方案，在右岸布置一条导流洞，导流洞过水断面尺寸 15m×18m（宽×高），导流进口底板高程为 2405.00m，出口底板高程为 2393.00m，截流时上游水位为 2414.43m，截流期间保持泄流量在 654m³/s 左右，下游不出现减脱水情况，对上下游水文情势基本无影响。

(2)导流洞下闸及水库初期蓄水

依据前文 2.9.1 章节蓄水计划，第 7 年 11 月 1 日开始第一阶段蓄水，起蓄水位 2410.11m，水位蓄至 2416.59m，此时导流洞下闸，由生态旁通洞下泄生态流量；生态旁通洞进口底板高程 2411.00m，洞室尺寸 6.0×9.0m，根据泄流能力曲线，水位达到 2416.59m 时生态旁通洞具备泄放 119.8m³/s 生态流量的能力。经过 47h，水库水位蓄至 2473.01m，此时坝身深孔可下泄生态流量，生态旁通洞下闸，第一阶段蓄水结束。

挡泄水建筑物在第 8 年 6 月底完建，11 月初开始第二阶段蓄水，至当月底蓄至死水位，首台机组发电。

可见，蓄水期间工程采用生态旁通洞、深孔向下游泄水，可满足非产卵期下泄不低于 119.8m³/s、产卵期下泄不低于 154.4m³/s 的生态流量要求。

5.2.3 运行期水文情势影响分析

5.2.3.1 基础工作简介

(1)边界条件及工况

根据雅砻江中游各梯级电站建设时序，两河口水电站已投产发电，牙根一级水电站、两河口混蓄电站预计 2028 年电站建成发电。本次分析预测时，需考虑牙根二级建成后与两河口、两河口混蓄、牙根一级联合运行工况，同时两河口需考虑接入水风光互补后的运行调度。

预测工况分为楞古建成前牙根二级单独运行、楞古建成后上下游梯级联合运行两种工况开展预测。

(2)代表水平年选择

1)丰、平、枯三个设计代表年选取

根据牙根二级水电站坝址 71 个水文年的天然径流资料，分别进行年水量与平枯期水量的频率计算，选出丰、平、枯三个代表年分别为：

丰水年：1954 年 6 月～1955 年 5 月

平水年：1964 年 6 月～1965 年 5 月

枯水年：2002 年 6 月～2003 年 5 月

2)丰、平、枯水年典型运行调度过程分析

根据丰平枯水年不同来水条件的典型调度过程分析，以平水年为参照，对于枯水年，枯水年来水总体情况比平水年偏少，枯水年两河口、牙根二级的日内 24 小时平均出力相对偏低。考虑电站实际发电调峰能力，在保障生态流量的条件下，枯水年可用于调峰的流量较少，因此日内调峰发电的流量变幅相对平水年较少，对牙根二级下游水位变幅的影响也较小。

对于丰水年，以平水年为参照，来水总体情况比平水年偏多，丰水年两河口、牙根二级的日内 24 小时平均出力相对偏高。考虑实际电力系统运行需求，水电不宜弃水进行调峰，在不弃水的情况下，由于日平均发电流量已经较大，调峰的上限流量增长幅度不大，因此日内调峰发电的流量变幅相对平水年也较少，对牙根二级下游水位变幅的影响也较小。

综上所述，枯水年来水偏少、平均出力少，考虑生态流量后可调峰流量少，因此流量变幅相对较小；丰水年来水偏多、平均出力大，调峰上限流量增长幅度降低，因此流量变幅也相对较小。总体上，牙根二级运行调度的控制水平年为平水年。

3)典型日选择

根据牙根二级水电站与两河口水电站调度方案及最新水文径流频率计算成果，选取平水年的枯水期典型日（2 月）、初汛期（春季）产卵高峰典型日（5 月）、主汛期典型日（7 月）、汛末（秋季）典型日（9 月）开展分析。

(3)水文情势预测模型

1)库区河段

为分析预测牙根二级水电站成库后库区水文情势的变化，通过对本次环评水环境评价范围的牙根二级库尾雅江县城断面~牙根二级坝址河段共计 51 个实测大断面建立库区水力学模型，利用 HEC-RAS 纵向一维水力学模型对建库前后库区河段水文情势变化情况进行模拟。根据库区河道形态和库区区位从上至下选取了其中 4 个代表性断面，并提取其水力学参数进行对比分析，各代表断面特性及位置见表 5.2-4 和图 5.2-6。

牙根二级水电站库区河段代表断面特性表

表 5.2-4

序号	与牙根二级坝址距离(km)	断面
1	71.8	库尾城南大桥断面
2	52.7	库中米龙乡断面
3	17.5	库中恶古村断面
4	0.2	坝前断面

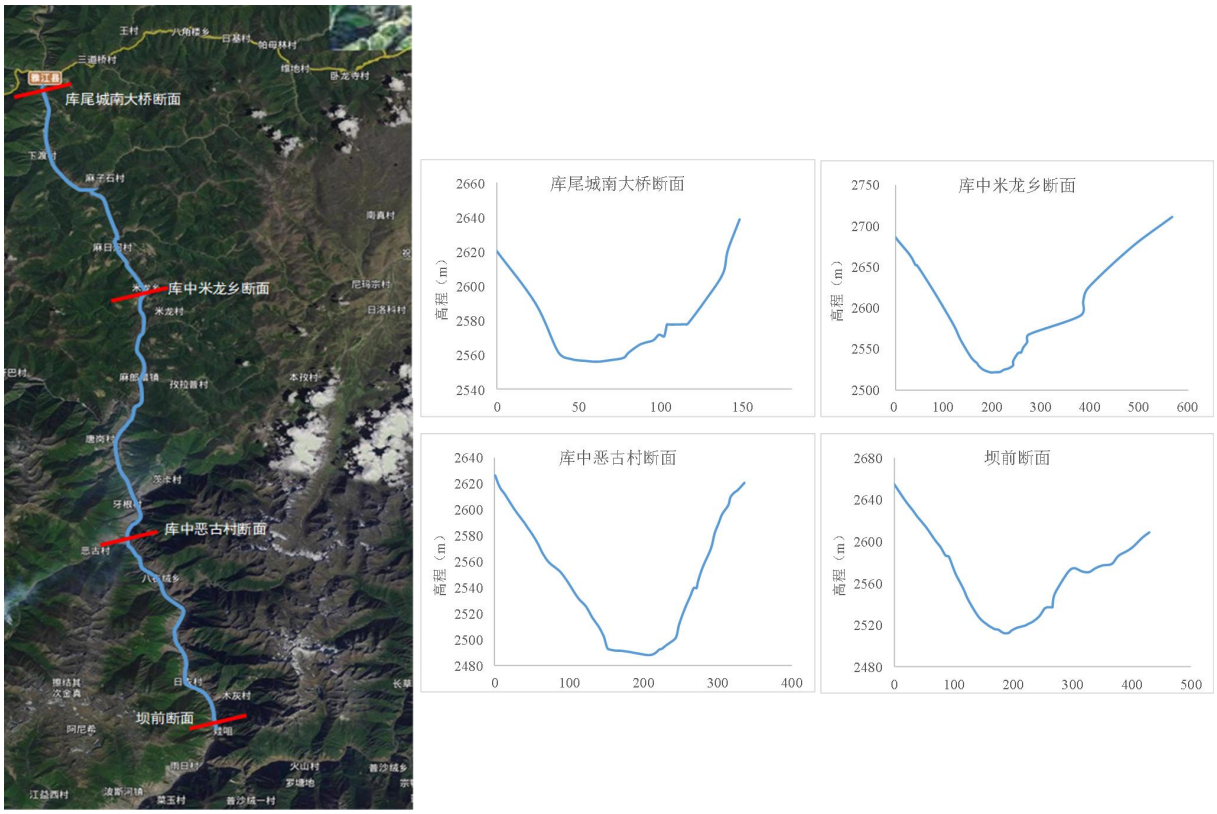


图 5.2-6　库区河段及代表断面分布及大断面图

2)坝下河段

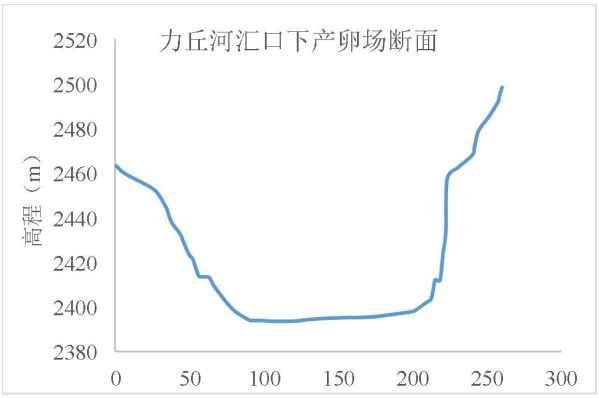
为分析预测牙根二级水电站建成前后坝下水文情势的变化，对牙根二级坝址~孟底沟库尾约 33km 河段共计 27 个实测大断面建立坝下水力学模型，利用 HEC-RAS 纵向一维非恒定流水力学模型对坝下河段水文情势变化情况进行模拟。选取了 2 个水文情势敏感的鱼类产卵场断面作为坝下河段代表断面，提取代表断面水力学参数进行对比分析，断面特性及位置见表 5.2-5 和图 5.2-7。

牙根二级水电站坝下河段代表断面特性表

表 5.2-5

序号	与牙根二级坝址距离(km)	断面
1	5.3	力丘河汇口下游产卵场断面
2	24.6	马蹄村产卵场断面





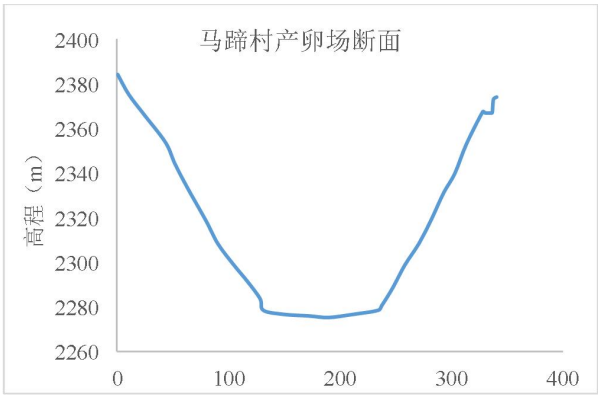


图 5.2-7　坝下代表断面图

5.2.3.2 库区水文情势影响

(1)水域形态变化

牙根二级水电站正常蓄水位 2560m，死水位 2545m，为日调节水库。正常蓄水位以下库容 9.91 亿 m^3，调节库容 2.57 亿 m^3。水库形成后，库区河段水面面积、水位、水深、水面宽、流速等水体形态将发生变化。对库区及库尾河段雅江县城~坝址共 51 个实测大断面建立一维水动力学模型，进行建库前后多年平均流量下沿程水力学参数模拟计算。

建库前后牙根二级水电站库区沿程水力学参数变化见图 5.2-8。水库正常蓄水位 2560m 时，干流库区水库长度 70.2km，回水末端位于雅江县城南大桥下；霍曲河支库长度 5.6km。干流库区最大水面宽度 506m、平均水面宽度 236m，分别为天然状态的 3.8 倍、2.9 倍；坝前最大水深 160m、干流库区平均最大水深 77m；干流库区平均流速为 0.25m/s，约为天然状态的 0.12 倍。

霍曲河支库最大水面宽度 201m、平均水面宽度 91m，分别为天然状态的 6.0 倍、3.6 倍；河口处最大水深 52m、支库平均最大水深 23m；支库平均流速为 0.33m/s，约为天然状态的 0.18 倍。

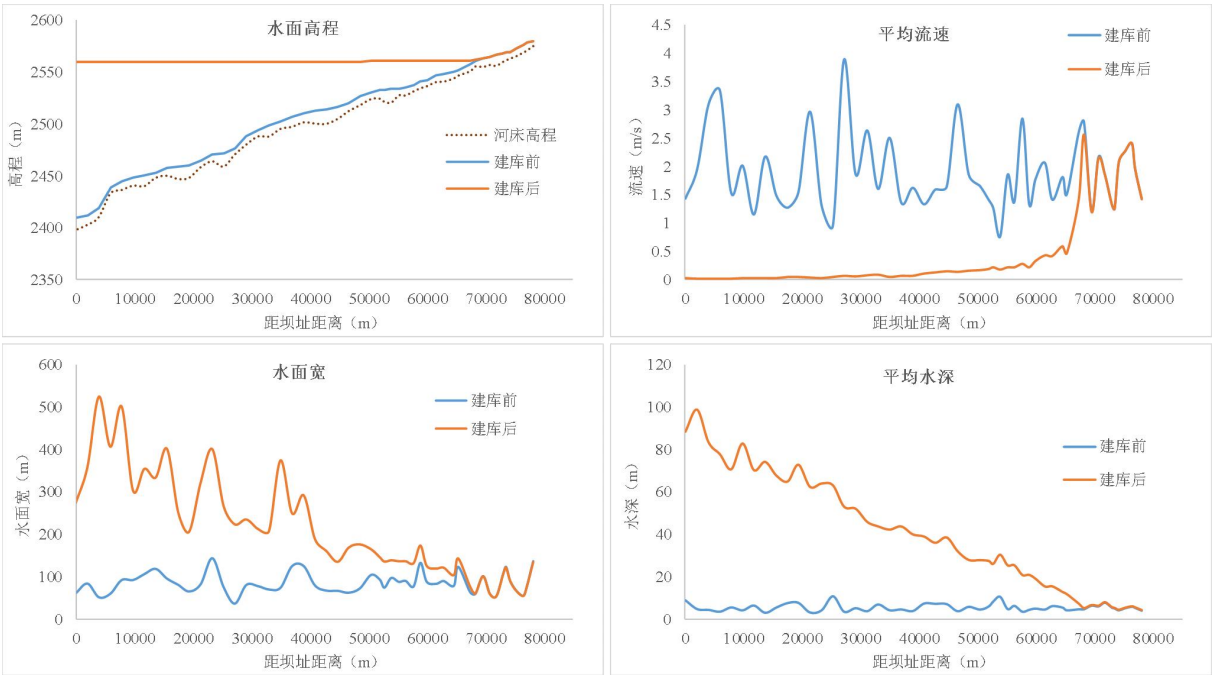


图 5.2-8　建库前后库区沿程水力学参数变化图

选取干流上库尾城南大桥断面、库中米龙乡断面、库中恶古乡断面、坝前断面共 4 个断面进行建库前后多年平均流量下水力学参数对比，代表断面水力学参数变化情况见表 5.2-6。从对比情况可以看出，成库后库区较建库前的河道整体水深增大、水面宽增大、流速减缓。库尾河段流速、水深等参数较天然变化不大，各参数变化率在 0.2%~0.5%。由库尾到坝址流速、水深等变化逐步增大。至坝前断面受壅水影响最大，断面平均水深由建库前的 4.74m 增加至 98.4m，水面宽由 83.3m 增大至 357.7m，流速由 1.94 m/s 减缓到 0.02 m/s 接近静水状态。

建库前后库区代表断面水力学参数对比

表 5.2-6

断面	水力参数	水面高程（m）	平均水深（m）	平均流速(m/s)	水面宽(m)
库尾 城南大桥	建库前	2566.5	7.7	1.85	54.1
	建库后	2566.5	7.7	1.84	54.2
	变化率	/	0%	-0.5%	0.2%
库中 米龙乡	建库前	2532.8	8.2	1.26	73.9
	建库后	2560.0	25.8	0.22	135.7
	变化率	/	212.9%	-82.5%	83.6%
库中 恶古村	建库前	2458.9	7.5	1.27	80.4
	建库后	2560.0	64.6	0.05	251.0
	变化率	/	758.8%	-96.1%	212.3%
坝前	建库前	2411.4	4.7	1.94	83.3
	建库后	2560	98.4	0.02	357.7
	变化率	/	1975.9%	-99.0%	329.2%

(2)库区水位变化

牙根二级水库运行方式为：结合四川电网需求，电站在正常运行情况下在系统中以日内调节运行为主，常规工况下，水库水位按正常运行消落 2m 做日调节运行，即在 2558~2560m 之间运行。当遭遇极端天气等特殊工况时，可视系统需要提供跨日顶峰保供支撑，视系统需要可消落至死水位 2545m。因此进行库区水位变化分析时分为常规工况和特殊工况两种情况。

1)常规工况

常规工况下，水库水位在 2558~2560m 间运行，日调节运行消落 2m 即可满足日调节需要。以平水年为例，各月典型日牙根二级水库水位变化情况见表 5.2-7 和图 5.2-9。

牙根二级水库运行期平水年各月日内水库水位统计表

表 5.2-7

时段	时段末水库水位（m）											
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	2559.25	2559.24	2559.23	2559.21	2559.20	2559.19	2559.20	2559.20	2559.20	2559.21	2559.24	2559.25
2	2559.20	2559.17	2559.16	2559.13	2559.11	2559.09	2559.10	2559.11	2559.10	2559.13	2559.18	2559.21
3	2559.15	2559.11	2559.09	2559.04	2559.01	2558.98	2559.01	2559.01	2559.00	2559.04	2559.13	2559.16
4	2559.11	2559.05	2559.01	2558.96	2558.91	2558.88	2558.91	2558.92	2558.89	2558.96	2559.07	2559.11
5	2559.06	2558.99	2558.94	2558.87	2558.82	2558.77	2558.81	2558.82	2558.79	2558.87	2559.01	2559.07
6	2559.01	2558.92	2558.87	2558.79	2558.72	2558.67	2558.71	2558.72	2558.69	2558.79	2558.95	2559.02
7	2558.96	2558.86	2558.80	2558.70	2558.62	2558.56	2558.61	2558.63	2558.59	2558.70	2558.90	2558.98
8	2558.91	2558.80	2558.73	2558.66	2558.58	2558.50	2558.55	2558.56	2558.49	2558.62	2558.84	2558.93
9	2558.86	2558.81	2558.78	2558.73	2558.65	2558.54	2558.58	2558.61	2558.52	2558.70	2558.92	2558.89
10	2558.94	2558.90	2558.87	2558.84	2558.77	2558.68	2558.72	2558.73	2558.66	2558.83	2559.00	2558.96

时段	时段末水库水位（m）											
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
11	2559.02	2558.98	2558.97	2558.95	2558.89	2558.81	2558.85	2558.85	2558.82	2558.96	2559.08	2559.04
12	2559.11	2559.07	2559.06	2559.05	2559.01	2558.95	2558.99	2558.98	2558.98	2559.09	2559.16	2559.12
13	2559.19	2559.15	2559.15	2559.16	2559.13	2559.09	2559.12	2559.10	2559.13	2559.22	2559.24	2559.19
14	2559.27	2559.24	2559.25	2559.27	2559.26	2559.23	2559.26	2559.23	2559.29	2559.35	2559.32	2559.27
15	2559.35	2559.33	2559.34	2559.38	2559.38	2559.36	2559.39	2559.35	2559.44	2559.48	2559.40	2559.35
16	2559.43	2559.41	2559.43	2559.48	2559.50	2559.50	2559.53	2559.47	2559.60	2559.61	2559.48	2559.42
17	2559.51	2559.50	2559.53	2559.59	2559.62	2559.64	2559.66	2559.60	2559.76	2559.72	2559.56	2559.50
18	2559.59	2559.58	2559.62	2559.70	2559.75	2559.77	2559.77	2559.72	2559.84	2559.77	2559.64	2559.58
19	2559.54	2559.61	2559.66	2559.72	2559.76	2559.79	2559.77	2559.75	2559.81	2559.72	2559.59	2559.53
20	2559.49	2559.55	2559.59	2559.64	2559.69	2559.72	2559.69	2559.68	2559.71	2559.64	2559.53	2559.48
21	2559.45	2559.49	2559.51	2559.56	2559.59	2559.61	2559.59	2559.59	2559.60	2559.55	2559.47	2559.44
22	2559.40	2559.43	2559.44	2559.47	2559.49	2559.51	2559.50	2559.49	2559.50	2559.47	2559.41	2559.39
23	2559.35	2559.36	2559.37	2559.38	2559.40	2559.40	2559.40	2559.40	2559.40	2559.38	2559.36	2559.35
24	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30	2559.30

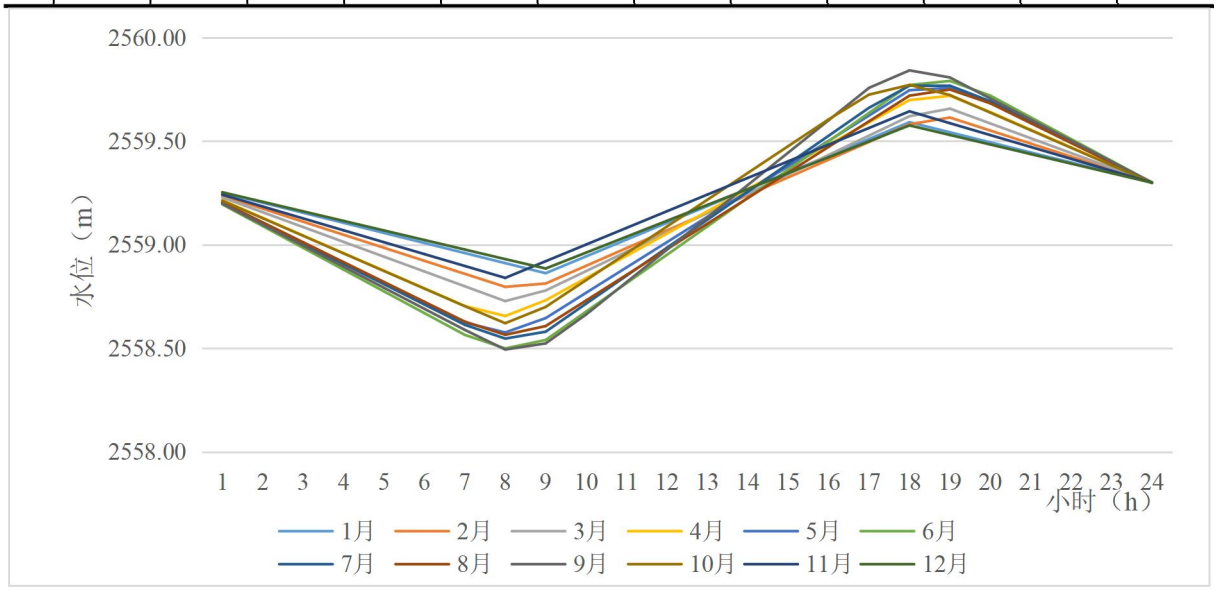


图 5.2-9　牙根二级水库运行期平水年各月典型日日内库水位变化过程图

2)特殊工况

为保证两河口水电站在来水较枯时尽可能蓄满，近年四川电网在实际调度过程中要求两河口水电站在汛期限制出力运行以保证水库蓄水，其中 6 月中下旬~9 月上旬期间每月通常会“多蓄少发”，日均出库流量仅为 300m^3/s~400 m^3/s。在两河口水电站“多蓄少发”期间，若四川省同时遭遇高温等极端天气，则电力系统需要具有长时调节能力的水电站，在此期间段提供电力电量支撑。因此，当遭遇极端天气等特殊工况时，可视系统需要提供跨日顶峰保供支撑，牙根二级水库可逐步消落至死水位 2545m。

以典型时段为例，特殊工况典型时段内放水期和蓄水期日内水位变化见表 5.2-8、表 5.2-9，特殊工况下一个周期内水文变化过程见图 5.2-10。如图中所示，特殊工况典型

时段在 22 天的周期内先经过放水期，放水期内库水位在 9 天内逐步降至 2545m，日内消落均在 2.0m 以内，降至死水位后进入蓄水期。蓄水期内库水位在 13 天的时间内逐步回升，库水位每日上升在 0.82~1.08m 之间，完成一个周期，一个周期内库水位整体表现为逐步消落后又逐步回升。

特殊工况典型时段放水期日内库水位变化表

表 5.2-8

时间(h)	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天
1	2557.99	2556.31	2554.59	2552.83	2551.03	2549.19	2547.31	2545.38	2545.00
2	2557.97	2556.29	2554.57	2552.81	2551.01	2549.17	2547.29	2545.35	2545.00
3	2557.95	2556.27	2554.55	2552.79	2550.99	2549.15	2547.26	2545.33	2545.00
4	2557.93	2556.25	2554.53	2552.76	2550.96	2549.12	2547.24	2545.31	2545.00
5	2557.91	2556.23	2554.51	2552.74	2550.94	2549.10	2547.22	2545.28	2545.00
6	2557.89	2556.21	2554.49	2552.72	2550.92	2549.08	2547.19	2545.26	2545.00
7	2557.87	2556.19	2554.46	2552.70	2550.90	2549.06	2547.17	2545.23	2545.00
8	2557.85	2556.17	2554.44	2552.68	2550.88	2549.03	2547.15	2545.21	2545.00
9	2557.83	2556.15	2554.42	2552.66	2550.85	2549.01	2547.12	2545.19	2545.00
10	2557.81	2556.13	2554.40	2552.64	2550.83	2548.99	2547.10	2545.16	2545.00
11	2557.79	2556.11	2554.38	2552.61	2550.81	2548.97	2547.08	2545.14	2545.00
12	2557.77	2556.09	2554.36	2552.59	2550.79	2548.94	2547.05	2545.11	2545.00
13	2557.75	2556.06	2554.34	2552.57	2550.76	2548.92	2547.03	2545.09	2545.00
14	2557.72	2556.04	2554.32	2552.55	2550.74	2548.90	2547.01	2545.07	2545.00
15	2557.70	2556.02	2554.30	2552.53	2550.72	2548.87	2546.98	2545.04	2545.00
16	2557.68	2556.00	2554.28	2552.51	2550.70	2548.85	2546.96	2545.02	2545.00
17	2557.66	2555.98	2554.25	2552.48	2550.68	2548.83	2546.94	2545.00	2545.00
18	2557.64	2555.96	2554.23	2552.46	2550.65	2548.81	2546.92	2545.00	2545.00
19	2557.47	2555.79	2554.06	2552.28	2550.47	2548.62	2546.72	2545.00	2545.00
20	2557.16	2555.46	2553.72	2551.94	2550.13	2548.27	2546.36	2545.00	2545.00
21	2556.84	2555.13	2553.39	2551.60	2549.78	2547.91	2545.99	2545.00	2545.00
22	2556.52	2554.81	2553.05	2551.26	2549.42	2547.55	2545.62	2545.00	2545.00
23	2556.35	2554.63	2552.87	2551.07	2549.24	2547.36	2545.43	2545.00	2545.00
24	2556.33	2554.61	2552.85	2551.05	2549.21	2547.33	2545.40	2545.00	2545.00
日变幅	1.66	1.70	1.74	1.78	1.82	1.86	1.91	0.37	0.00

特殊工况典型时段蓄水期日内库水位变化表

表 5.2-9

时间(h)	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天	第 11 天	第 12 天	第 13 天
1	2545.0	2546.1	2547.2	2548.2	2549.3	2550.3	2551.3	2552.3	2553.3	2554.3	2555.3	2556.2	2557.2
2	2545.0	2546.1	2547.2	2548.3	2549.3	2550.3	2551.3	2552.3	2553.3	2554.3	2555.3	2556.2	2557.2
3	2545.1	2546.1	2547.2	2548.3	2549.3	2550.3	2551.4	2552.4	2553.4	2554.3	2555.3	2556.3	2557.2
4	2545.1	2546.2	2547.2	2548.3	2549.3	2550.4	2551.4	2552.4	2553.4	2554.4	2555.3	2556.3	2557.2
5	2545.1	2546.2	2547.3	2548.3	2549.3	2550.4	2551.4	2552.4	2553.4	2554.4	2555.3	2556.3	2557.2

时间(h)	第 1 天	第 2 天	第 3 天	第 4 天	第 5 天	第 6 天	第 7 天	第 8 天	第 9 天	第 10 天	第 11 天	第 12 天	第 13 天
6	2545.1	2546.2	2547.3	2548.3	2549.4	2550.4	2551.4	2552.4	2553.4	2554.4	2555.4	2556.3	2557.2
7	2545.1	2546.2	2547.3	2548.3	2549.4	2550.4	2551.4	2552.4	2553.4	2554.4	2555.4	2556.3	2557.3
8	2545.1	2546.2	2547.3	2548.4	2549.4	2550.4	2551.4	2552.5	2553.4	2554.4	2555.4	2556.3	2557.3
9	2545.2	2546.3	2547.3	2548.4	2549.4	2550.4	2551.5	2552.5	2553.5	2554.4	2555.4	2556.4	2557.3
10	2545.2	2546.3	2547.3	2548.4	2549.4	2550.5	2551.5	2552.5	2553.5	2554.5	2555.4	2556.4	2557.3
11	2545.2	2546.3	2547.4	2548.4	2549.5	2550.5	2551.5	2552.5	2553.5	2554.5	2555.4	2556.4	2557.3
12	2545.2	2546.3	2547.4	2548.4	2549.5	2550.5	2551.5	2552.5	2553.5	2554.5	2555.5	2556.4	2557.3
13	2545.2	2546.3	2547.4	2548.5	2549.5	2550.5	2551.5	2552.5	2553.5	2554.5	2555.5	2556.4	2557.4
14	2545.3	2546.3	2547.4	2548.5	2549.5	2550.5	2551.6	2552.6	2553.5	2554.5	2555.5	2556.4	2557.4
15	2545.3	2546.4	2547.4	2548.5	2549.5	2550.6	2551.6	2552.6	2553.6	2554.5	2555.5	2556.5	2557.4
16	2545.3	2546.4	2547.5	2548.5	2549.5	2550.6	2551.6	2552.6	2553.6	2554.6	2555.5	2556.5	2557.4
17	2545.3	2546.4	2547.5	2548.5	2549.6	2550.6	2551.6	2552.6	2553.6	2554.6	2555.5	2556.5	2557.4
18	2545.3	2546.4	2547.5	2548.5	2549.6	2550.6	2551.6	2552.6	2553.6	2554.6	2555.6	2556.5	2557.4
19	2545.4	2546.5	2547.6	2548.6	2549.7	2550.7	2551.7	2552.7	2553.7	2554.7	2555.6	2556.6	2557.5
20	2545.6	2546.7	2547.8	2548.8	2549.8	2550.9	2551.9	2552.9	2553.9	2554.8	2555.8	2556.7	2557.7
21	2545.8	2546.9	2547.9	2549.0	2550.0	2551.0	2552.0	2553.0	2554.0	2555.0	2556.0	2556.9	2557.8
22	2546.0	2547.0	2548.1	2549.1	2550.2	2551.2	2552.2	2553.2	2554.2	2555.1	2556.1	2557.0	2558.0
23	2546.1	2547.1	2548.2	2549.2	2550.3	2551.3	2552.3	2553.3	2554.3	2555.2	2556.2	2557.1	2557.1
24	2546.1	2547.2	2548.2	2549.3	2550.3	2551.3	2552.3	2553.3	2554.3	2555.3	2556.2	2557.1	2557.1
日变幅	1.08	1.05	1.04	1.02	1.01	1.00	0.99	0.97	0.97	0.95	0.94	0.92	0.82

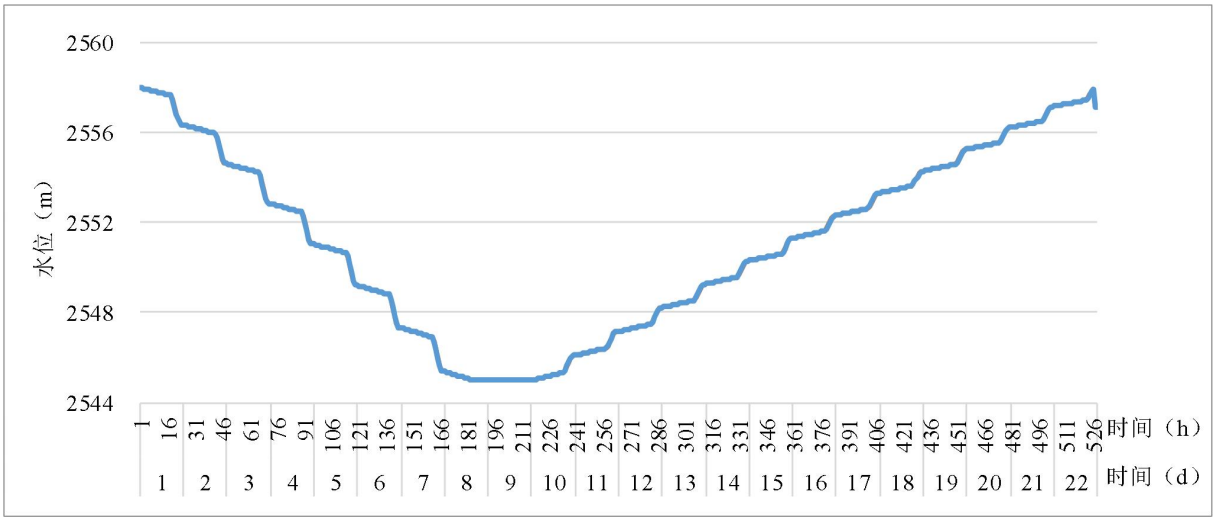


图 5.2-10　特殊工况典型时段库水位变化过程图

5.2.3.3 坝下河道水文情势影响

根据建设时序，牙根二级将先于楞古建成，楞古建成前，牙根二级单独运行，坝下河段为牙根二级坝址~孟底沟库尾的 33km 河段。楞古建成后与牙根二级联合运行，牙根二级坝下河段将变为 5km 楞古库区和 28km 楞古减水河段。因此本节中分牙根二级单独运行和楞古建成后两种情况对坝下河段水文情势进行预测分析。

(1)楞古建成前

1)坝下河道流量变化

牙根二级水电站为日调节电站，其上游牙根一级水电站同样为日调节电站，两者对径流仅有日内分配能力，不影响月径流分布，两河口~牙根二级河段年内径流月度分配主要受龙头水库两河口影响，牙根二级水电站运行期对坝下河道的主要影响为日内调峰运行下泄流量变化引起的坝下河段流速、水深等水力学参数变化。以平水年为例，选取枯水期典型日（2 月）、平水期及产卵高峰典型日（5 月）、产卵期典型日（7 月）、丰水期典型日（9 月）开展坝下日内水文情势变化情况分析，各典型月日内出库流量过程见表 5.2-10、图 5.2-11。日内流量变化趋势与电网调峰需求相符合，流量变化的时间点基本出现在日间 7:00~9:00 和夜间 17:00~19:00。2 月、5 月、7 月、9 月日内流量最大变幅分别为 763.7m^3/s、1129.7m^3/s、1204.5m^3/s 和 1332.2m^3/s。

牙根二级水电站平水年各月典型日日内出库流量过程

表 5.2-10 m^3/s

时间	2 月	5 月	7 月	9 月
0h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
1h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
2h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
3h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
4h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
5h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
6h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
7h	979.7	1092.5	1255.7	1514.4
8h	570.1	485.7	739.9	868.5
9h	216	216	216	298.4
10h	216	216	216	216
11h	216	216	216	216
12h	216	216	216	216
13h	216	216	216	216
14h	216	216	216	216
15h	216	216	216	216
16h	216	216	216	216
17h	216	216	359.5	584.3
18h	484.7	786	910.2	1199
19h	979.7	1207.4	1304	1548.2
20h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
21h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
22h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
23h	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
日内最大流量	979.7	1345.7	1420.5	1548.2
日内最小流量	216	216	216	216

时间	2 月	5 月	7 月	9 月
日内最大流量变幅	763.7	1129.7	1204.5	1332.2
日内平均流量	655.62	846.60	913.45	1023.13

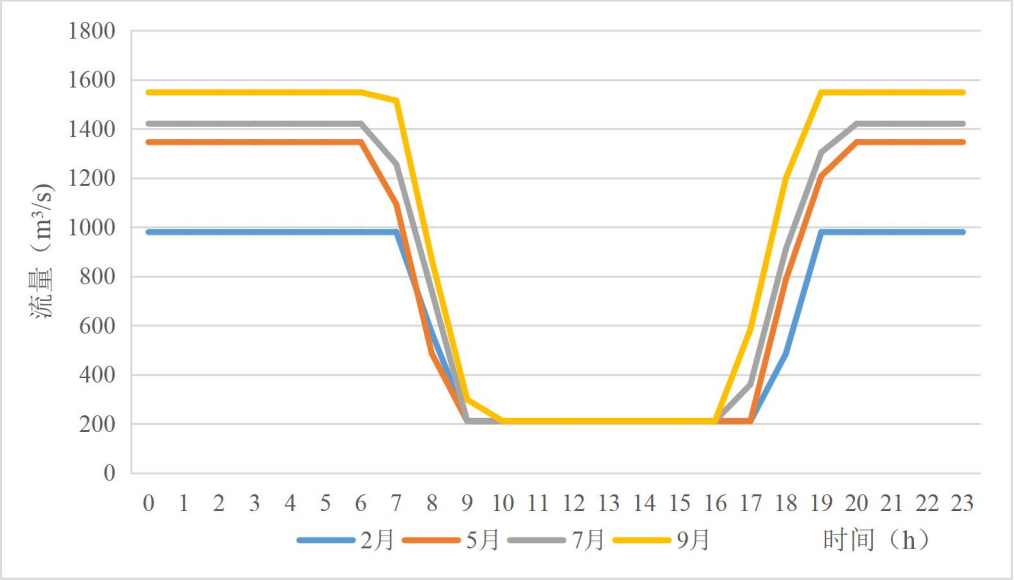


图 5.2-11　牙根二级水电站平水年典型日日内出库流量过程

对选取的 2 月、5 月、7 月、9 月典型日牙根二级坝下河段 72 小时内逐时的流量过程进行模拟，并假定牙根二级水电站连续 3 日按代表年的典型日工况运行，并考虑支流力丘河在牙根二级坝下 5.5km 处汇入，汇入流量取 2 月、5 月、7 月、9 月对应的力丘河多年平均月流量，分别为 19.2 m^3/s、50.2 m^3/s、222.0 m^3/s、183.0 m^3/s。各月典型日情况下，牙根二级坝下断面、力丘河汇口下游产卵场断面、马蹄村产卵场断面及孟底沟库尾断面 72 小时内逐时的流量过程见图 5.2-12~图 5.2-15，从图中可以看出，在河床阻滞和对流量的坦化作用下，牙根二级水电站出库流量逐时变幅在坝下沿程不同断面之间变化趋势有一定缓和，但并不明显。

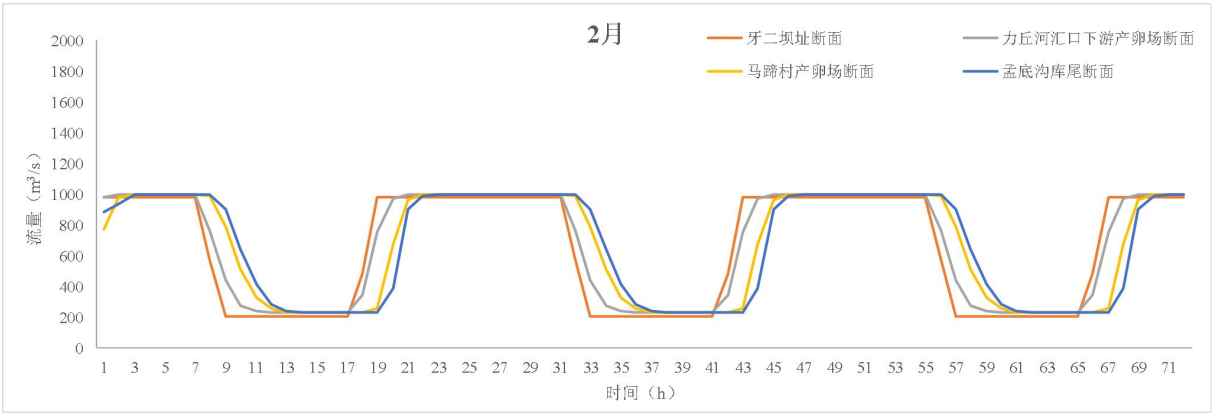


图 5.2-12　2 月典型日坝下河段代表断面逐时流量过程图

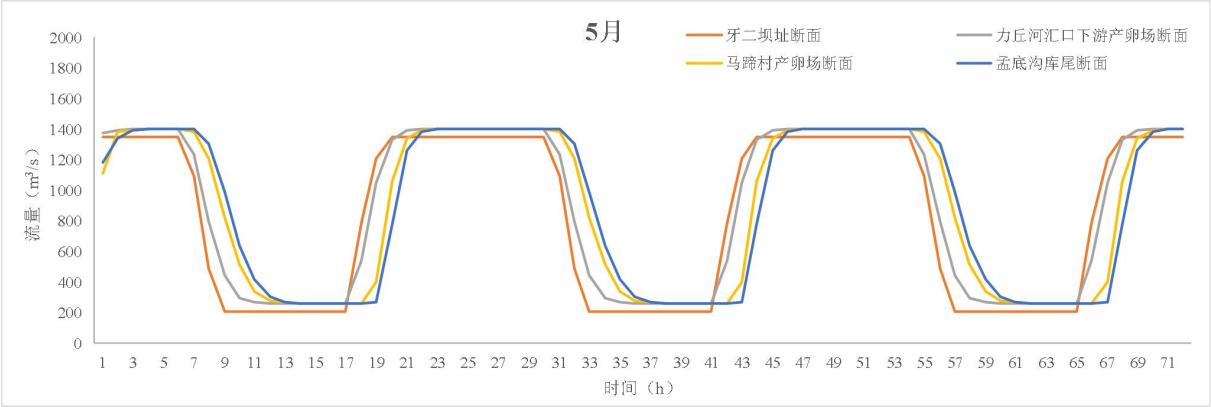


图 5.2-13　5 月典型日坝下河段代表断面逐时流量过程图

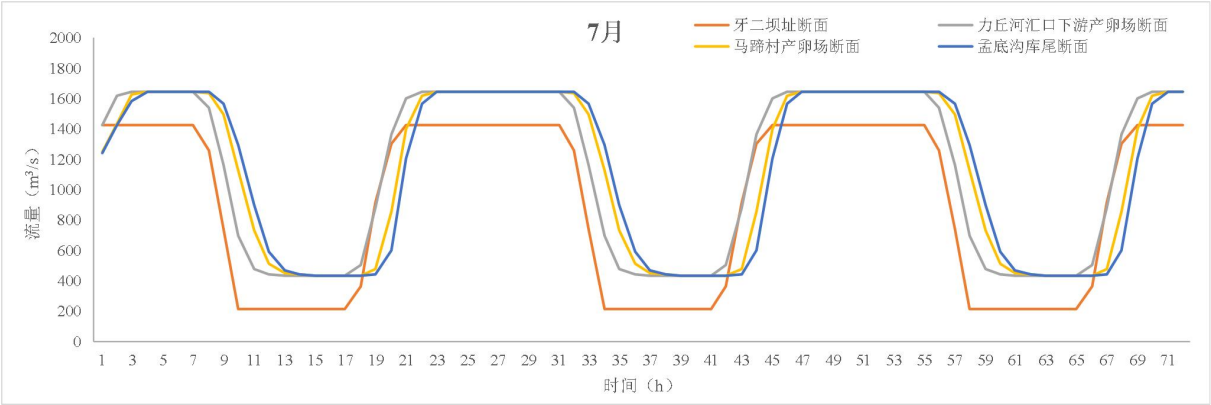


图 5.2-14　7 月典型日坝下河段代表断面逐时流量过程图

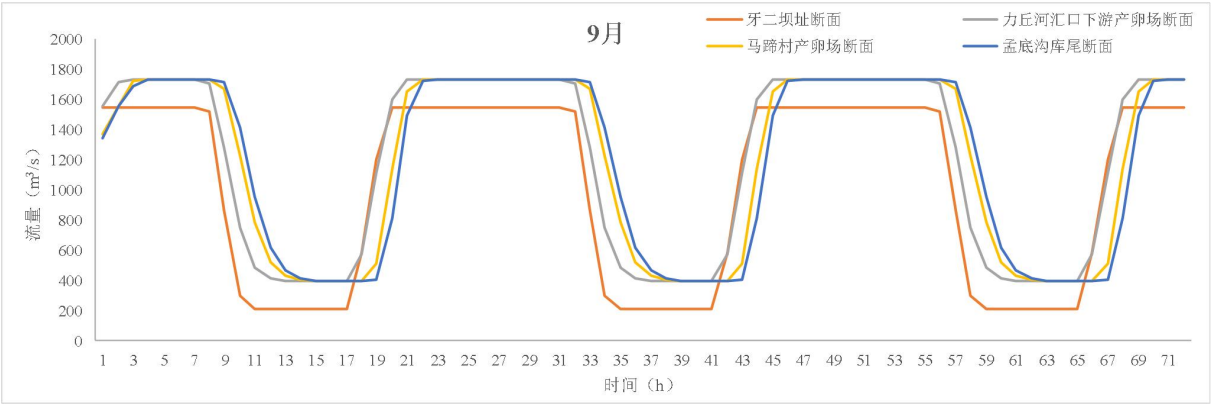


图 5.2-15　9 月典型日坝下河段代表断面逐时流量过程图

2)坝下河段沿程水文情势变化分析

通过对牙根二级坝址~孟底沟库尾约 33km 共 27 个实测大断面建立一维水动力学模型，对联合运行工况下，平水年 2 月、5 月、7 月、9 月典型日日内调峰运行流量变化下坝下河段水力学参数进行模拟预测。

选取运行期平水年各典型日日内最大流量、最小流量、平均流量以及与天然情况几个特征流量下坝下断面流速、水深等水力学参数进行分析。这几个特征流量下坝下沿程

断面水力学参数对比结果见图 5.2-16~图 5.2-19，沿程断面各个水力学参数最大值、最小值（最值可能出现于不同断面，仅做量化参考）见表 5.2-11~5.2-14。

以 7 月典型日计算结果为例，天然情况下，牙根二级坝址断面日均流量为 1789 m^3/s，该流量下坝下沿程断面的平均流速范围在 1.73~4.19m/s，最大水面宽范围在 59.0~160.0m，断面水深范围在 4.6~11.3m。运行后日内逐时最大出库流量为 1420m^3/s，该流量下坝下沿程断面的平均流速范围在 1.61~4.02m/s，最大水面宽范围在 58.4~147.2m，断面水深范围在 4.2~10.3m；日内最小出库流量为 216m^3/s，该流量下坝下沿程断面的平均流速范围在 1.02~2.90m/s，最大水面宽范围在 45.5~134.1m，断面水深范围在 2.3~6.6m。由于牙根二级水电站为坝式开发，运行前后对坝下游日内水文情势的影响主要取决于出库流量值大小，出库流量越大，同一断面相应的流速、水深、水面宽也越大。

2 月典型日特征流量下水力学参数变化

表 5.2-11

流量情景	流量（m^3/s）	水力参数	平均流速 (m/s)	最大水面宽 (m)	最大水深 (m)	水面高程 (m)
运行后日内逐时最大出库	980	沿程最大值	3.54	141.9	8.6	2407.39
		沿程最小值	1.43	55.8	3.3	2245.86
运行后日内逐时最小出库	216	沿程最大值	2.79	130.4	5.5	2403.23
		沿程最小值	0.79	44.9	1.8	2243.43
运行后日均出库	654	沿程最大值	3.19	138.8	7.6	2405.93
		沿程最小值	1.24	52.1	2.8	2244.99
天然	197	沿程最大值	2.74	127.4	5.4	2403.12
		沿程最小值	0.77	44.6	1.7	2243.37

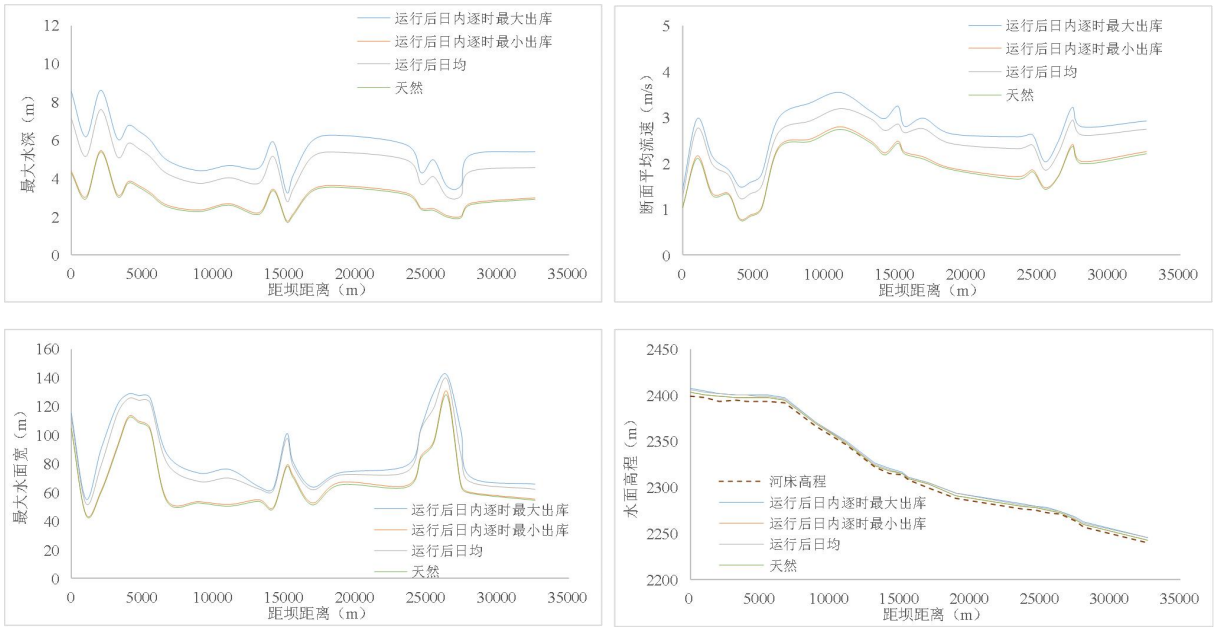


图 5.2-16　2 月典型日特征流量下坝下沿程断面水力学参数变化

5 月典型日特征流量下水力学参数变化

表 5.2-12

流量情景	流量（m^3/s）	水力参数	平均流速 (m/s)	最大水面宽 (m)	最大水深 (m)	水面高程 (m)
运行后日内逐时最大出库	1346	沿程最大值	3.84	145.3	9.9	2408.76
		沿程最小值	1.58	58.1	3.9	2246.75
运行后日内逐时最小出库	216	沿程最大值	2.74	131.5	5.7	2403.23
		沿程最小值	0.87	44.9	1.9	2243.58
运行后日均出库	845	沿程最大值	3.44	140.9	8.3	2406.82
		沿程最小值	1.37	54.4	3.2	2245.59
天然	532	沿程最大值	3.07	136.1	7.2	2405.31
		沿程最小值	1.17	50.5	2.6	2244.72

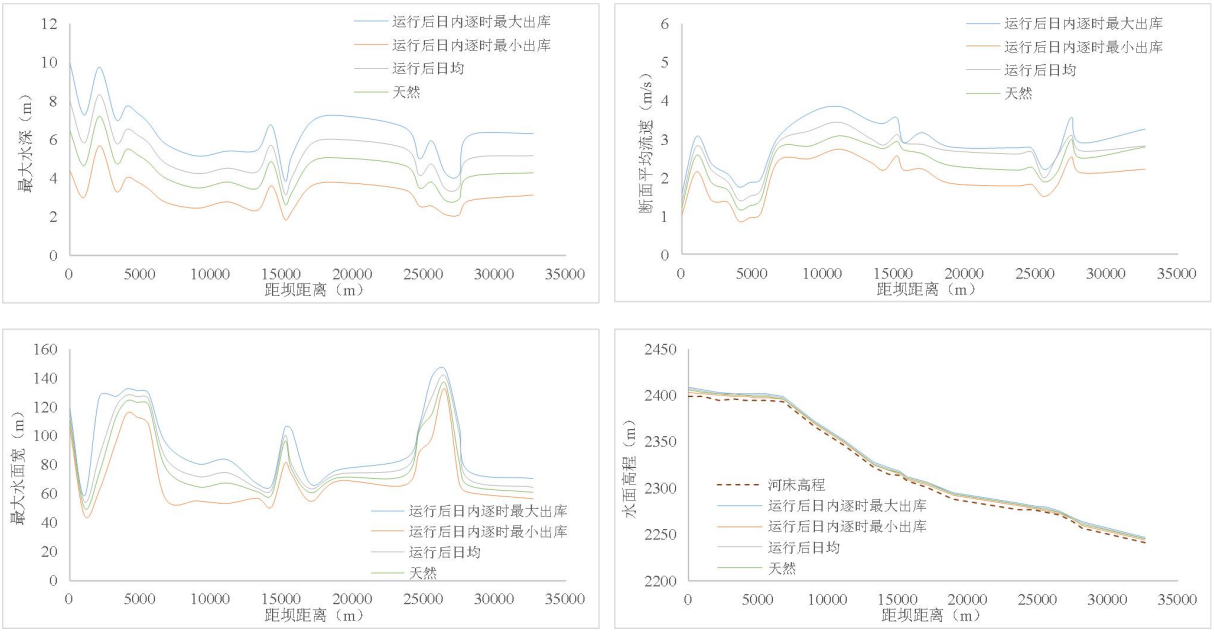


图 5.2-17　5 月典型日特征流量坝下沿程断面水力学参数变化

7 月典型日特征流量下水力学参数变化

表 5.2-13

流量情景	流量（m^3/s）	水力参数	平均流速 (m/s)	最大水面宽 (m)	最大水深 (m)	水面高程 (m)
运行后日内逐时最大出库	1420	沿程最大值	4.02	147.2	10.3	2409.02
		沿程最小值	1.61	58.4	4.2	2247.23
运行后日内逐时最小出库	216	沿程最大值	2.90	134.1	6.6	2403.24
		沿程最小值	1.02	45.5	2.3	2244.24
运行后日均出库	912	沿程最大值	3.65	143.1	9.0	2407.12
		沿程最小值	1.40	55.7	3.5	2246.19
天然	1789	沿程最大值	4.19	160.0	11.3	2410.19
		沿程最小值	1.73	59.0	4.6	2247.9

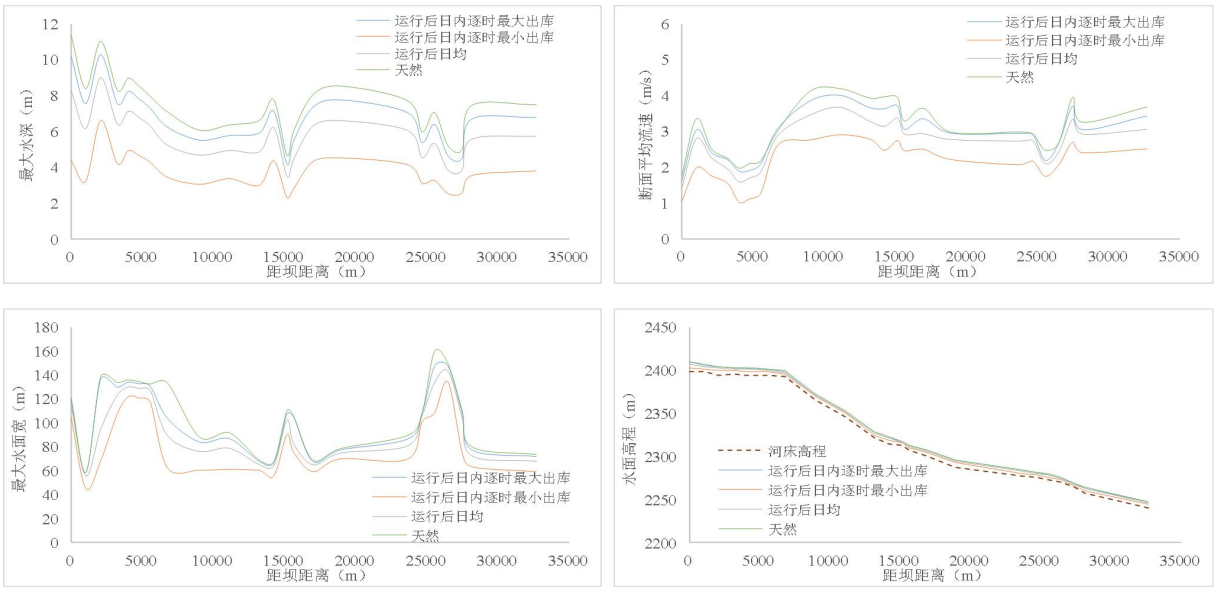


图 5.2-18　7 月典型日特征流量下坝下沿程断面水力学参数变化

9 月典型日特征流量下水力学参数变化

表 5.2-14

流量情景	流量（m^3/s）	水力参数	平均流速 (m/s)	最大水面宽 (m)	最大水深 (m)	水面高程 (m)
运行后日内逐时最大出库	1548	沿程最大值	4.07	150.5	10.6	2409.44
		沿程最小值	1.65	58.6	4.3	2247.4
运行后日内逐时最小出库	216	沿程最大值	2.81	133.6	6.4	2403.23
		沿程最小值	0.98	45.3	2.2	2244.1
运行后日均出库	1022	沿程最大值	3.71	143.7	9.2	2407.57
		沿程最小值	1.44	56.7	3.6	2246.35
天然	1351	沿程最大值	3.93	146.4	10.0	2408.79
		沿程最小值	1.58	58.2	4.1	2247.03

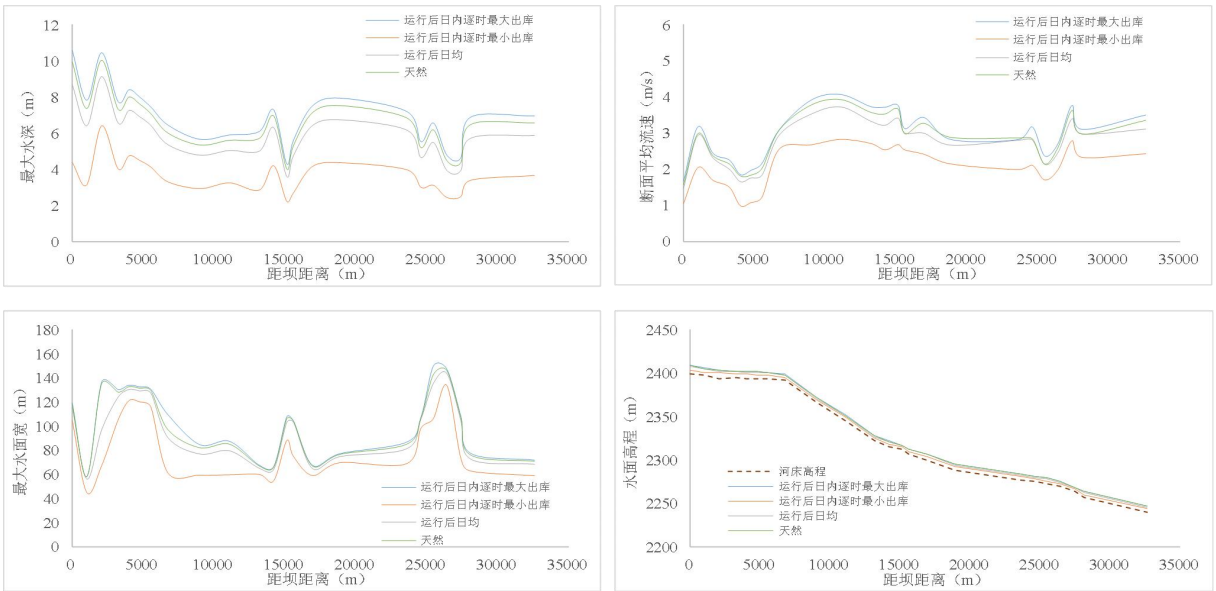


图 5.2-19　9 月典型日特征流量下坝下沿程断面水力学参数变化

3)坝下重要生境水文情势变化

牙根二级水电站坝下评价河段分布有 2 处鱼类产卵场，分别为力丘河汇口下游产卵场（裂腹鱼和鮡科鱼类产卵场，距离牙根二级坝址约 5.3km）、马蹄村产卵场（裂腹鱼和鮡科鱼类产卵场，距离坝址约 24.6km），对这二处产卵场在主要繁殖季节典型日运行工况下的水文情势变化进行分析计算。

① 联合运行工况

A 力丘河汇口下游产卵场断面

力丘河汇口下游产卵场位于坝址下游 5.3km 力丘河汇口下游处，产卵场面积约 32103m^2。根据水生调查成果，主要为裂腹鱼和鮡科鱼类产卵场，考虑工程河段主要裂腹鱼类繁殖期为 3~5 月、厚唇裸重唇鱼繁殖期 5~7 月，选择繁殖季节平水年典型日（5 月、7 月）运行工况下的水文情势变化进行分析计算。力丘河汇口下游产卵场典型断面日内流速、水深变化等水力学参数计算结果见表 5.2-15。

从预测结果可以看出，力丘河汇口下游产卵场在 5 月典型日内流速变化范围为 0.99~1.86m/s，最大日内变幅为 0.87m/s；水深变化范围为 3.71~7.66m，最大日内变幅为 3.95m；水位变化范围为 2397.6~2401.55m，最大日内变幅为 3.95m；水面宽变化范围为 111.05~131.84m，最大日内变幅为 20.79m。

7 月典型日内流速变化范围为 1.16~2.01m/s，最大日内变幅为 0.85m/s；水深变化范围为 4.63~8.15m，最大日内变幅为 3.52m；水位变化范围为 2398.52~2402.04m，最大日内变幅为 3.52m；水面宽变化范围为 120.56~133.57m，最大日内变幅为 13.01m。

平水年典型日日内水力学参数变化表

表 5.2-15

水力学参数		5 月	7 月
水位（m）	最大	2401.55	2402.04
	最小	2397.6	2398.52
	最大日内变化	3.95	3.52
最大水深（m）	最大	7.66	8.15
	最小	3.71	4.63
	最大日内变化	3.95	3.52
流速（m/s）	最大	1.86	2.01
	最小	0.99	1.16
	最大日内变化	0.87	0.85
水面宽（m）	最大	131.84	133.57
	最小	111.05	120.56
	最大日内变化	20.79	13.01

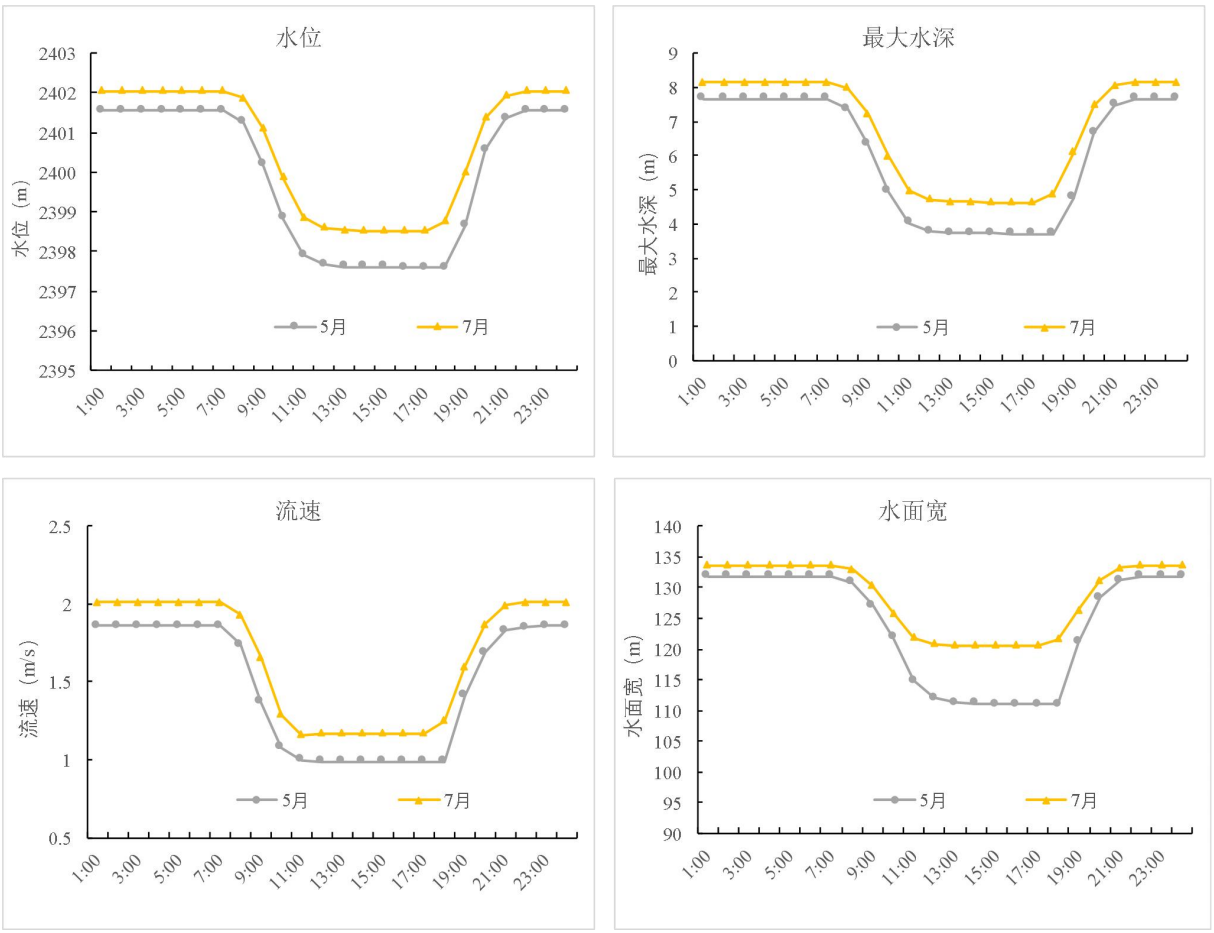


图 5.2-20　平水年典型日日内水力学参数变化图

B 马蹄村产卵场断面

马蹄村产卵场位于坝址下游约 24.6km 处，产卵场面积约 54846m^2，根据水生调查成果，主要为裂腹鱼类和鮡科鱼类产卵场，考虑工程河段主要裂腹鱼及鮡科鱼类繁殖期，选择主要繁殖季节平水年典型日（5 月、7 月）运行工况下的水文情势变化进行分析计算。

从表中可以看出，马蹄村产卵场在 5 月典型日内流速变化范围为 1.1~2.58m/s，最大日内变幅为 1.48m/s；水深变化范围为 2.5~5.09m，最大日内变幅为 2.59m；水位变化范围为 2278.23~2280.82m，最大日内变幅为 2.59m；水面宽变化范围为 87.21~107.18m，最大日内变幅为 19.97m。

7 月典型日内流速变化范围为 1.47~2.75m/s，最大日内变幅为 1.28m/s；水深变化范围为 3.05~5.54m，最大日内变幅为 2.49m；水位变化范围为 2278.78~2281.27m，最大日内变幅为 2.49m；水面宽变化范围为 99.71~108.09m，最大日内变幅为 8.38m。

平水年典型日日内水力学参数变化表

表 5.2-16

水力学参数		5 月	7 月
水位（m）	最大	2280.82	2281.27
	最小	2278.23	2278.78
	最大日内变化	2.59	2.49
最大水深（m）	最大	5.09	5.54
	最小	2.5	3.05
	最大日内变化	2.59	2.49
流速（m/s）	最大	2.58	2.75
	最小	1.10	1.47
	最大日内变化	1.48	1.28
水面宽（m）	最大	107.18	108.09
	最小	87.21	99.71
	最大日内变化	19.97	8.38

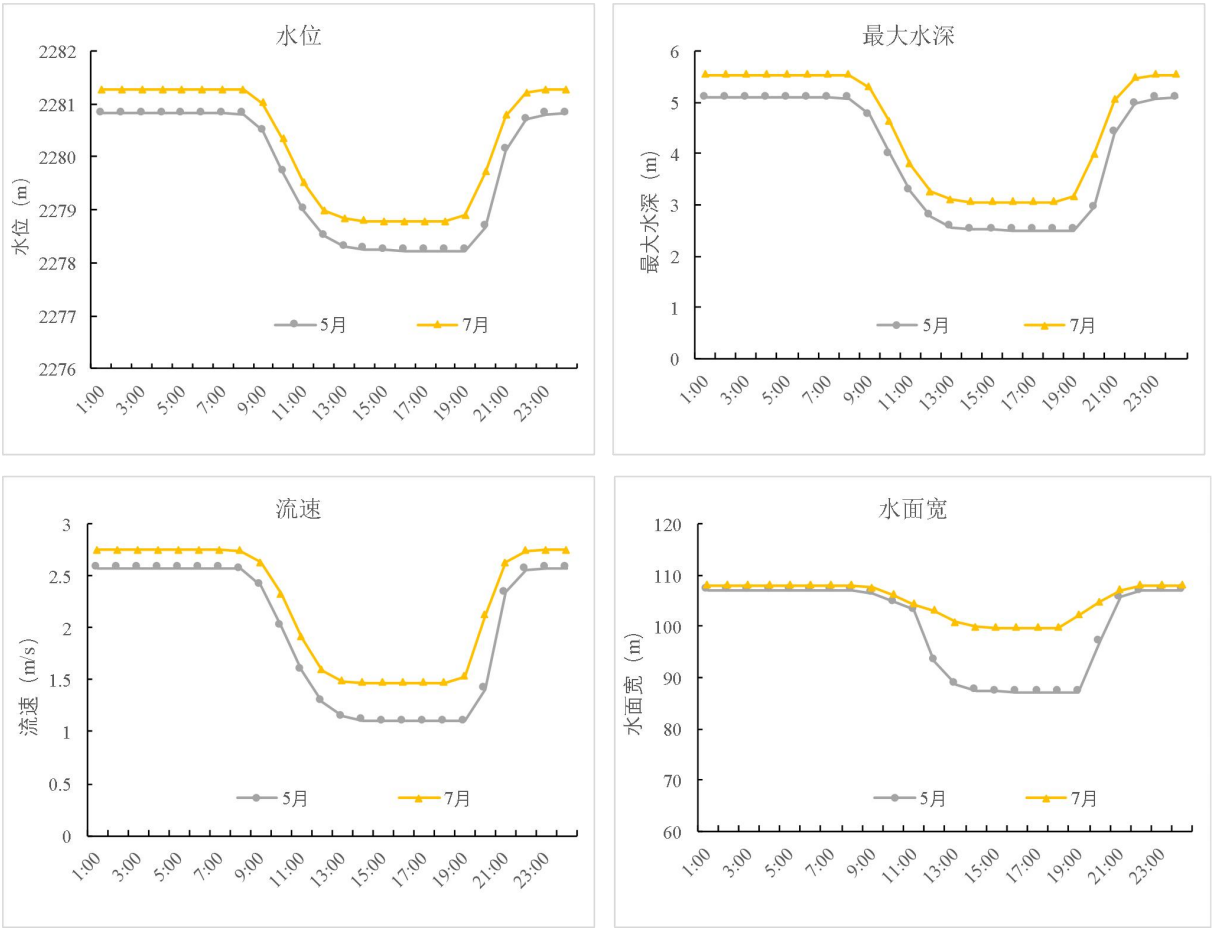


图 5.2-21　平水年典型日日内水力学参数变化图

② 对比分析

通过数值模拟牙根二级建成前（两河口、两河口混蓄、牙根一级联合运行）和牙根二级建成后（四个梯级联合运行）各产卵场水文情势影响进行对比分析。

A 力丘河汇口下游产卵场断面

牙根二级建成前和上游梯级联合运行两种工况下鱼类繁殖期典型日日内模拟结果见表 5.2-17 及图 5.2-22~图 5.2-23。从图、表中可见，牙根二级建成前坝下力丘河汇口下游产卵场 5 月、7 月二个典型日内的水深最大日变幅分别为 0.88m、0.54m；水面宽最大日变幅分别为 59.15m、4.0m；流速最大日内变幅分别为 0.27m/s、0.31m/s。上下梯级联合运行后，力丘河汇口下游产卵场各水力学参数在牙根二级建成前的基础上有一定的增加，水深最大日内变幅分别增加 3.07m、2.98m；水面宽变幅 5 月降低 38.36m、7 月增加 9.01m、流速变幅增加 0.60m/s、0.54m/s。

牙根二级建成前、上下游梯级联合运行力丘河汇口下游产卵场水力学参数变化情况

表 5.2-17

工况		水深（m）				水面宽（m）				流速（m/s)			
		天然	牙根二级建成前	联合运行	差值	天然	牙根二级建成前	联合运行	差值	天然	牙根二级建成前	联合运行	差值
5 月典型日	日均值	4.81	7.11	6.01	-1.1	121.27	151.18	123.83	-27.35	1.42	1.92	1.49	-0.43
	日内变幅		0.88	3.95	3.07		59.15	20.79	-38.36		0.27	0.87	0.6
7 月典型日	日均值	7.93	7.48	6.75	-0.73	132.77	164.38	128.44	-35.94	2.17	2.06	1.66	-0.4
	日内变幅		0.54	3.52	2.98		4	13.01	9.01		0.31	0.85	0.54

注：仅分析日均水动力学特性。

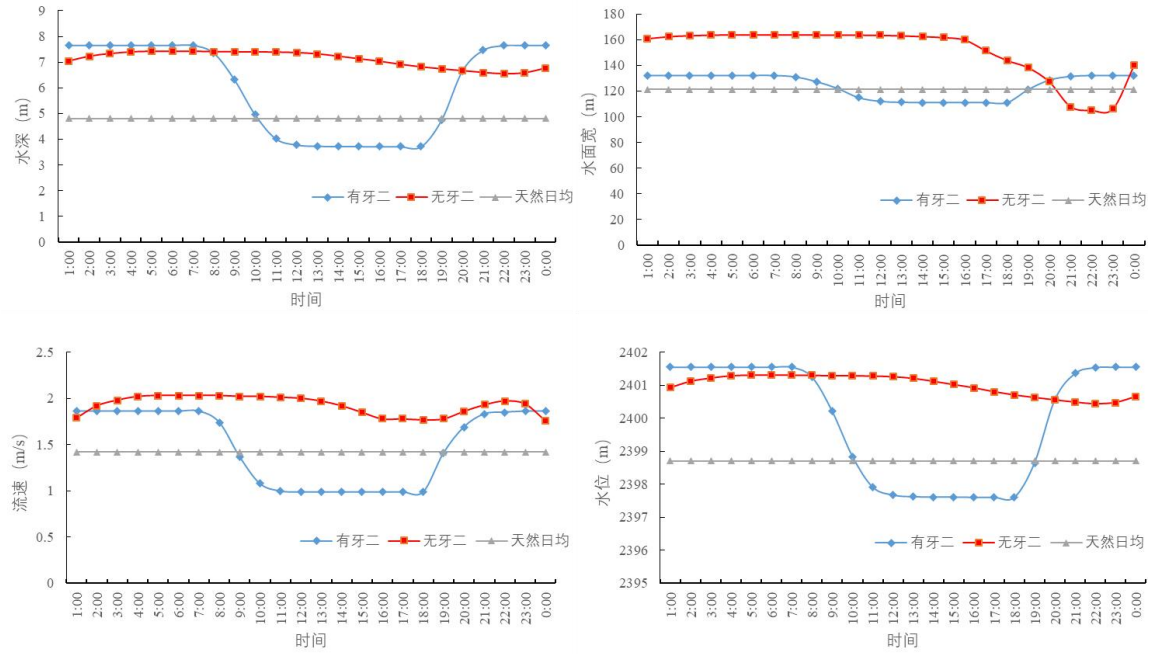


图 5.2-22　5 月典型日内水力学参数变化

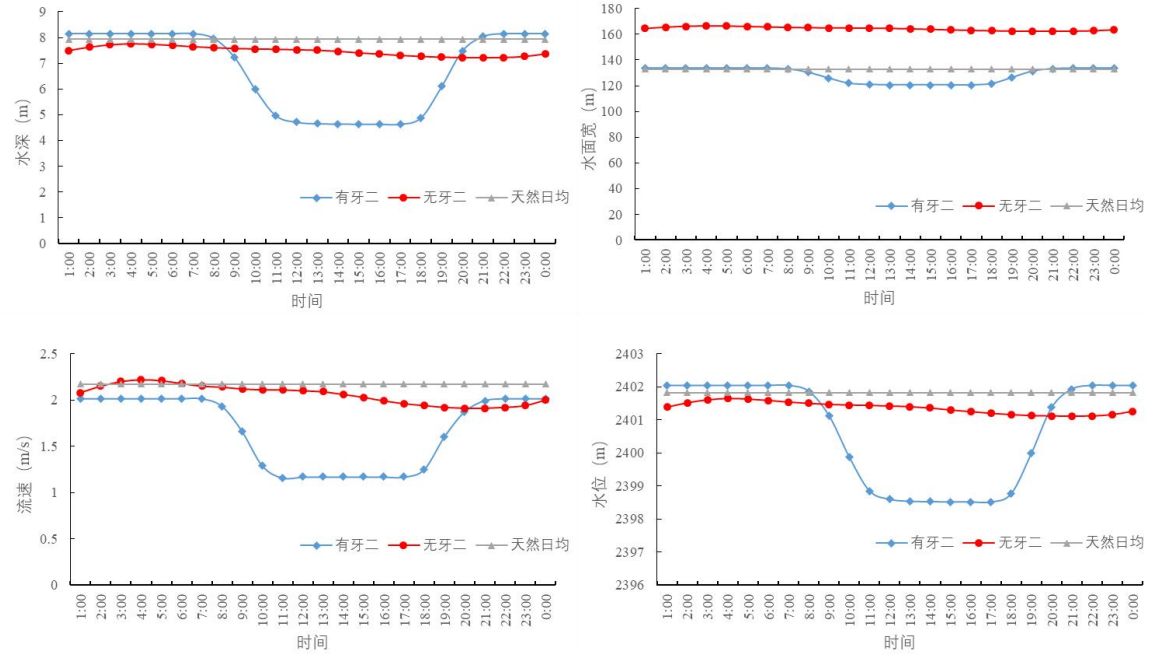


图 5.2-23　7 月典型日内水力学参数变化

B 马蹄村产卵场

模拟计算结果显示，相比于牙根二级建成前，联合运行工况下，马蹄村产卵场 5 月、7 月各典型日水深最大日内变幅分别增加 1.36m、1.55m；水面宽变幅降低 0.05m、5.98m；流速变幅降低 1.24m/s、1.1m/s。可见，由于马蹄村产卵场断面距牙根二级坝址约 24.6km，在河流本身的延时、滞流和坦化作用下马蹄村产卵场断面水力参数的日内变幅小于力丘

河汇口下游产卵场。

牙根二级建成前、上下游梯级联合运行马蹄村产卵场水力学参数变化情况

表 5.2-18

工况		水深（m）				水面宽（m）				流速（m/s）			
		天然	牙根二级建成前	联合运行	差值	天然	牙根二级建成前	联合运行	差值	天然	牙根二级建成前	联合运行	差值
5 月典型日	日均值	3.47	4.88	3.98	-0.9	103.66	126.65	100.08	-26.57	2.26	2.51	1.97	-0.54
	日内变幅		1.23	2.59	1.36		20.02	19.97	-0.05		0.24	1.48	1.24
7 月典型日	日均值	5.95	5.5	4.52	-0.98	108.83	136.49	105.17	-31.32	2.91	2.63	2.24	-0.39
	日内变幅		0.94	2.49	1.55		14.36	8.38	-5.98		0.18	1.28	1.1

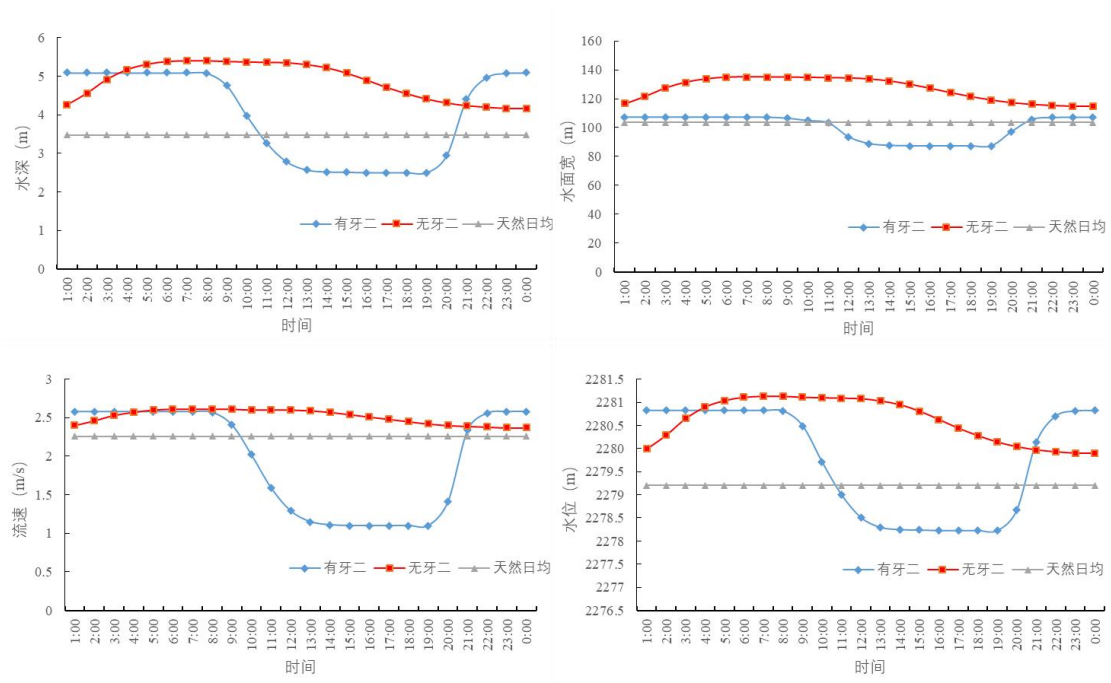


图 5.2-24　5 月典型日内水力学参数变化

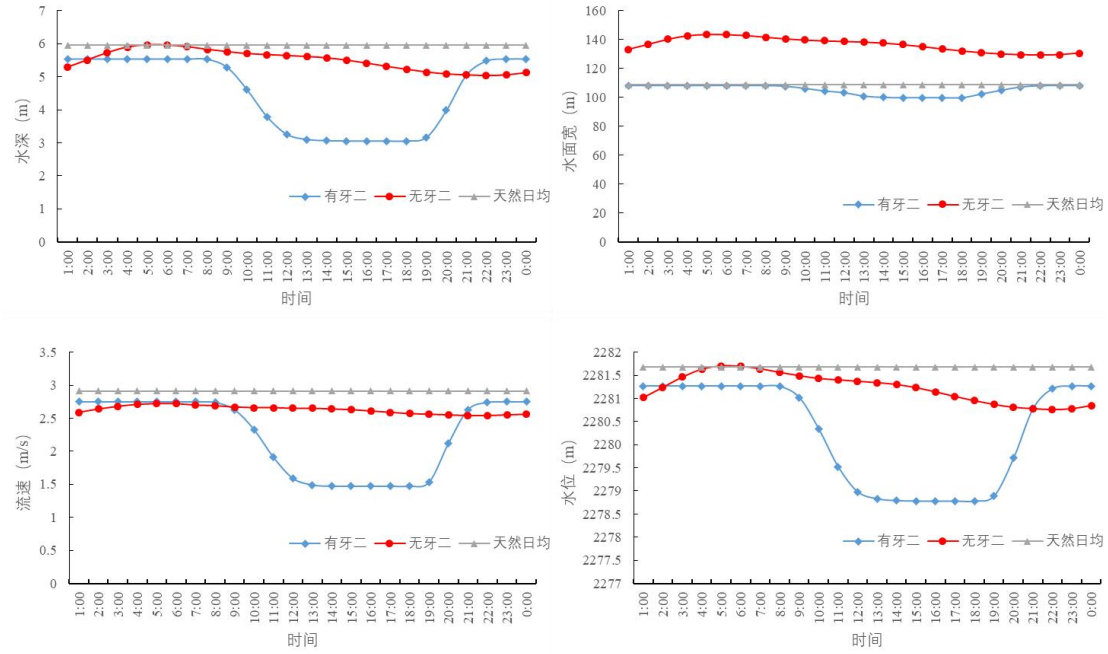


图 5.2-25　7 月典型日内水力学参数变化

(2)楞古建成后

1)库区水域形态变化

楞古水电站坝址位于力丘河河口上游约 0.5km，距牙根二级坝址约 5km，与牙根二级水电站尾水衔接，楞古正常蓄水位 2413m，正常蓄水位以下库容 805 万 m^3，死水位 2404m，调节库容 540 万 m^3，水库具有日调节能力，初拟装机规模 1744MW(生态机组 44MW)。

水库正常蓄水位 2413m 时，闸前最大水深 24m，水库长度 5km，最大水面宽 169m，平均水面宽约 129m，库区河道平均比降 3.04‰，与天然状态变化不大，为典型的河道型水库。电站日内运行调度时，水库水位在正常蓄水位和死水位之间变化。

2)坝下水文情势变化

① 流量变化

楞古水电站建成后与牙根二级联合运行情况下，楞古库尾与牙根二级尾水衔接，楞古水电站采用引水式开发，坝、厂址之间有 28km 的减水河段，楞古厂房尾水与孟底沟库尾衔接。因此楞古建成后，在牙根二级库尾~孟底沟库尾河段形成牙根二级库区（70.2km）+楞古库区（5km）+楞古减水河段（28km）的格局，楞古坝下 28km 减水河段成为本区间干流的主要流水河段，减水河段日内由楞古坝址下泄稳定的生态流量，根

据 6.1 节生态流量论证成果，楞古水电站建成后下泄生态流量与牙根二级坝下河段需水保持一致，即 3~7 月为 154.4 m^3/s，8 月~次年 2 月为 119.8m^3/s。因此，楞古减水河段流量主要随生态流量以及在楞古坝下 500m 汇入的力丘河流量变化而变化，河段的流量变化主要为月际和日际变化，日内流量基本无变化。

受雅砻江中游龙头水库两河口水库调蓄影响，楞古水电站入库径流丰枯差异减小，楞古水电站调节库容能够满足与牙根二级水电站同步调峰 5h，楞古规划水量利用高，扣除生态流量后楞古水量利用率达到 99.9%，因此，楞古坝址处除生态流量泄放外基本无弃水。以平水年为例，楞古建成后，楞古减水河段在力丘河汇入前后的年内逐日流量过程见下图。楞古建成后，在保障生态流量下泄的情况下，楞古减水河段在力丘河汇入后全年流量在 144.4~650.4 m^3/s，全年仍能保持大型河流流态，并且从全年过程来看，仍能维持一定天然节律。

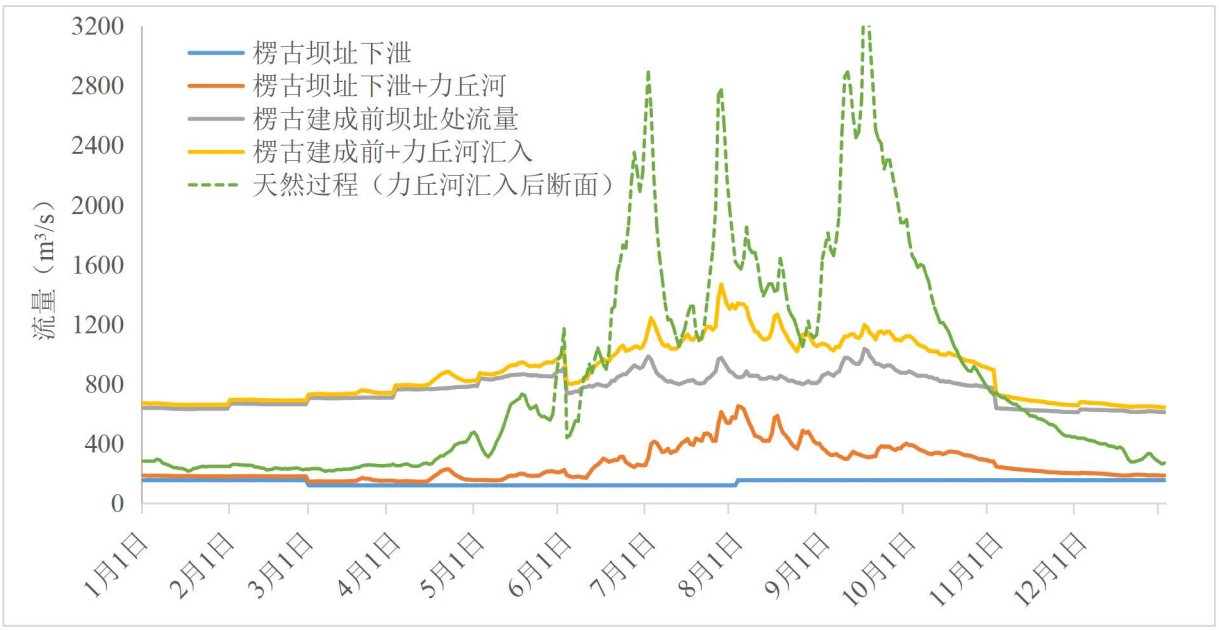


图 5.2-26　楞古建成后减水河段年内逐日流量过程

② 代表断面日内水文情势变化

楞古建成后，引水式开发的楞古水电站的减水河段成为原牙根二级坝下河段的主要流水河段，河段流量日内基本无变化，因此水文情势日内也基本无变化，本节主要分析年内逐日流量变化过程下力丘河汇口下游产卵场断面、马蹄村产卵场断面水力学参数变化。

楞古减水河段力丘河汇口下游产卵场断面和马蹄村产卵场断面年内逐日水位、最大水深、流速、水面宽变化情况及天然情况下的对比情况见图 5.2-27~5.2-28。从图中可以

看出，由于减水河段流量较天然减少，两个代表断面的各项水力学参数较天然情况下均有一定降低，但仍能维持一定的天然节律。

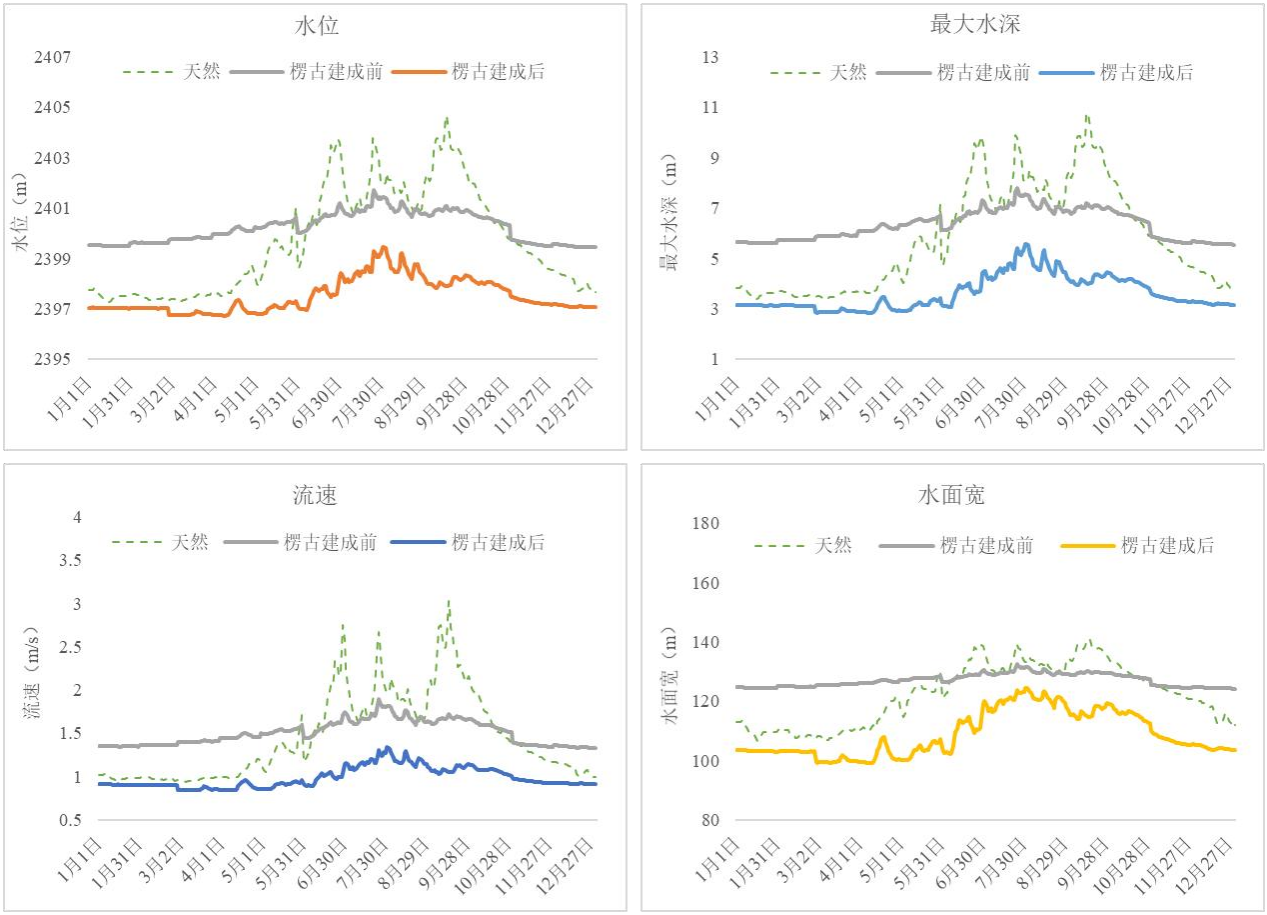


图 5.2-27　力丘河汇口下游产卵场断面年内水力学参数变化

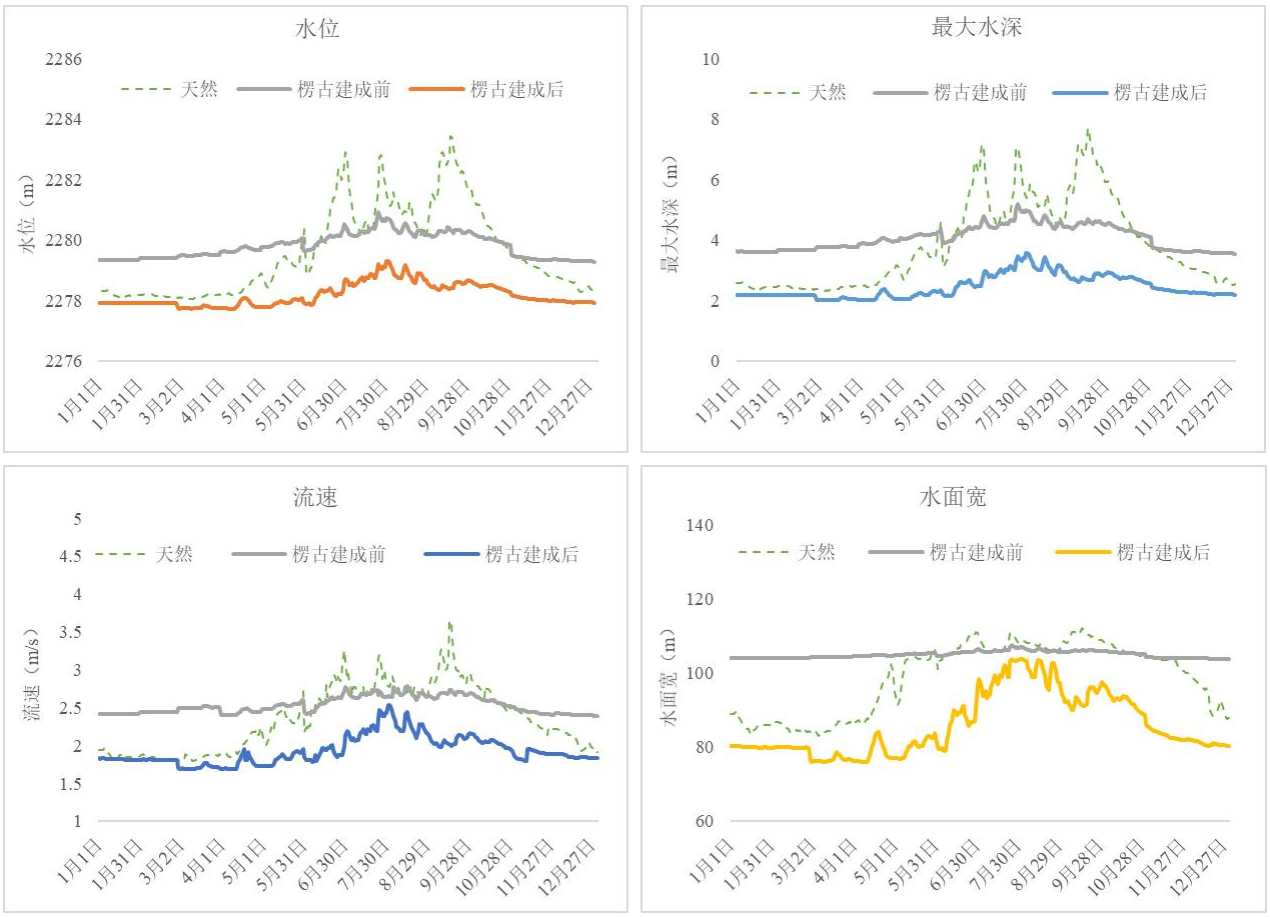


图 5.2-28　马蹄村产卵场断面年内水力学参数变化

③ 类比电站减水河段水文情势变化介绍

选取同流域同类型电站-锦屏二级电站减水河段水文情势变化开展说明分析。

A 锦屏二级水电站工程概况

锦屏二级水电站位于四川省凉山彝族自治州木里、盐源、冕宁三县交界处的雅砻江干流锦屏大河湾上，闸址位于雅砻江大河湾西端猫猫滩，厂址位于雅砻江大河湾东端大水沟处，开发任务为发电。电站采用引水式开发，水库正常蓄水位 1646m，死水位 1640m，正常蓄水位时水库库容 1401 万 m^3，具有日调节能力，减水河段长约 119km。电站总装机 4800MW，多年平均年发电量 242.3 亿 kW.h（单独运行）。2007 年 1 月，工程正式开工；2012 年 12 月首台机组发电，2014 年 11 月全部机组投产发电。

B 锦屏二级水电站减水河段水文情势回顾分析

2024 年雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告中，对锦屏二级水电站减水河段水文情势变化开展了回顾分析，下面内容主要引用其回顾分析成果。

a 日内变化

锦屏二级水电站采用引水式开发，闸、厂址之间形成长约 119km 的减水河段，减水

河段流量由过闸流量(生态流量+汛期弃水)和区间汇流组成，减水河段区间较大支流有九龙河，子耳沟等。目前锦屏二级减水河段已划为鱼类栖息地保护区。对锦屏二级减水河段进行水文情势回顾分析时，以 2019 年电站运行调度资料为基础，从鱼类产卵月 3~9 月中选取 3 月、5 月、7 月、9 月进行日内流量变化分析。水位变化分析时选取锦屏二级闸址下游约 12km 的锦屏断面和支流九龙河、子耳沟等汇入后的泸宁断面共两个断面进行水位变化分析。



图 5.2-29　大河湾河段断面布置示意图

3 月、5 月、7 月、9 月代表日日内最大流量变幅分别为 13m^3/s、175m^3/s、122m^3/s、798m^3/s，锦屏断面各月代表日内最大水位变幅 0.2m、1.9m、0.8m、2.4m，泸宁断面各月代表日内最大水位变幅 0.2m、1.5m、0.5m、1.5m。从锦屏二级日内过闸流量可以看出，3 月、5 月基本以泄放生态流量为主，日内流量均值较小，流量变化幅度较小，汛期 7 月、9 月由于来流较大，除生态流量泄放以外还有部分电站弃水泄入减水河段，减水河段流量整体较大。此外，减水河段的锦屏断面与闸址较近，区间无较大支流汇入，区间汇流小，锦屏断面能够反映电站过闸流量情况。锦屏断面至泸宁断面之间有子耳沟(多年平均 16.2 m^3/s)、九龙河(多年平均 106.5m^3/s)等较大支流汇入，泸宁断面流量进一步增大，减水河段维持中型至大型河流形态，在支流汇入和河道的坦化作用下，鱼类产卵期典型日内水位变幅进一步减小。

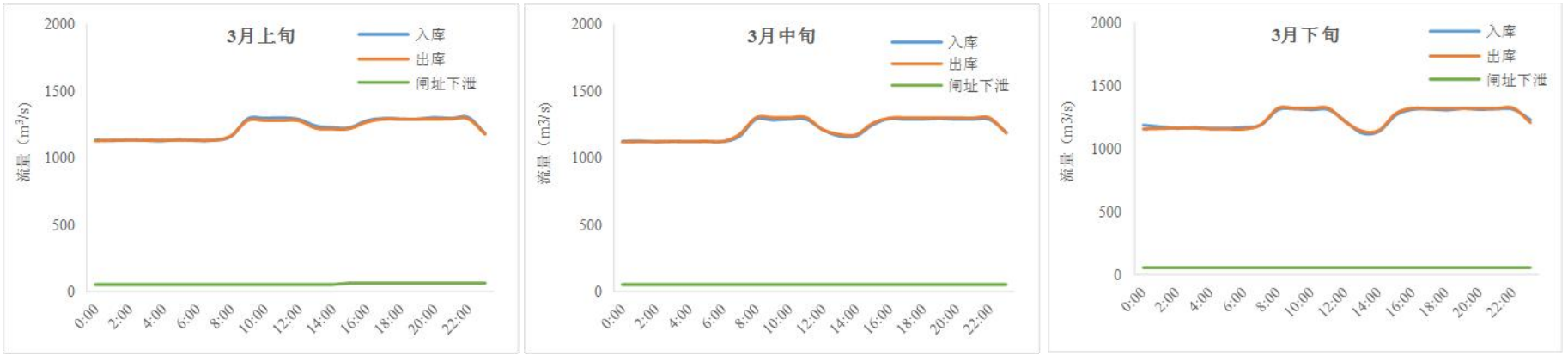


图 5.2-30　3 月代表日日内锦屏二级出入库与过闸流量变化图

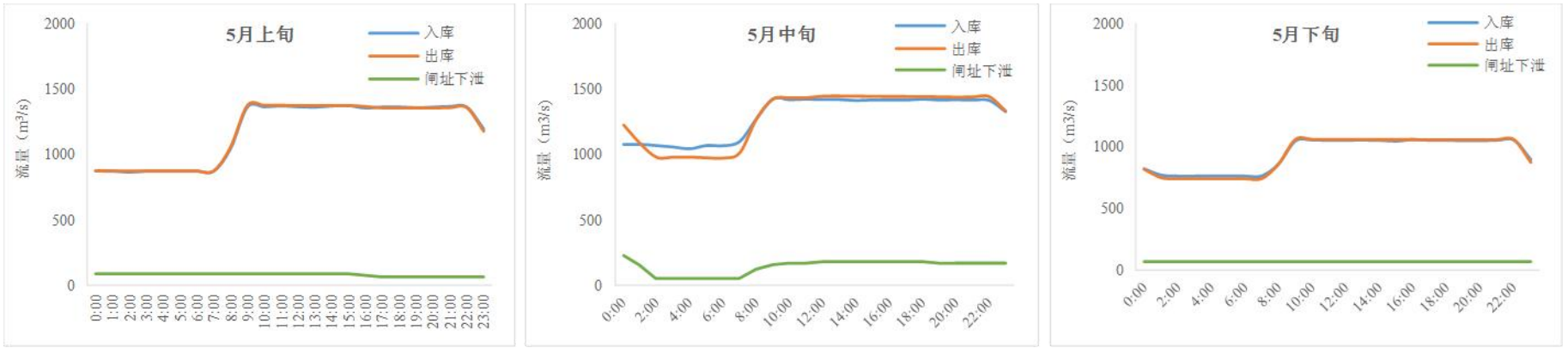


图 5.2-31　5 月代表日日内锦屏二级出入库与过闸流量变化图

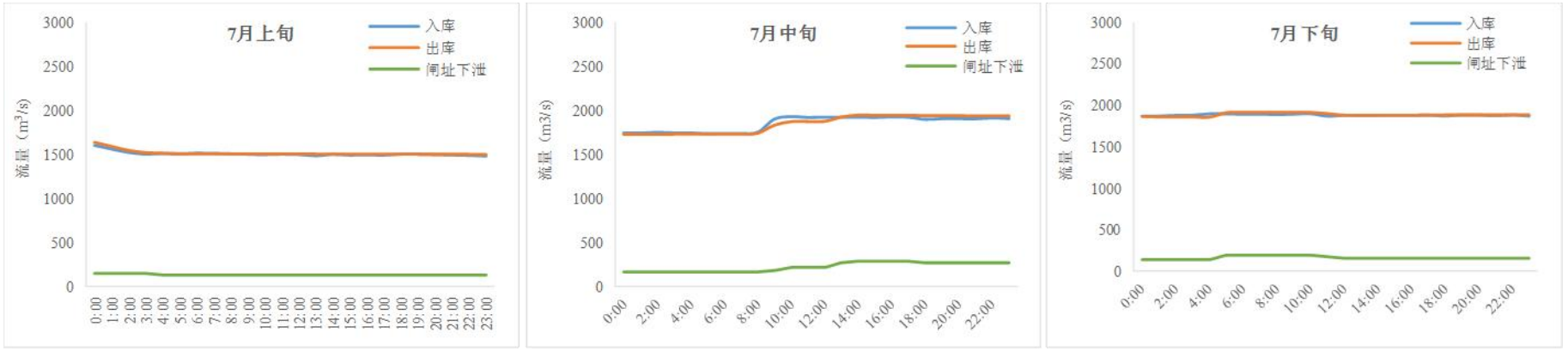


图 5.2-32　7 月代表日日内锦屏二级出入库与过闸流量变化图

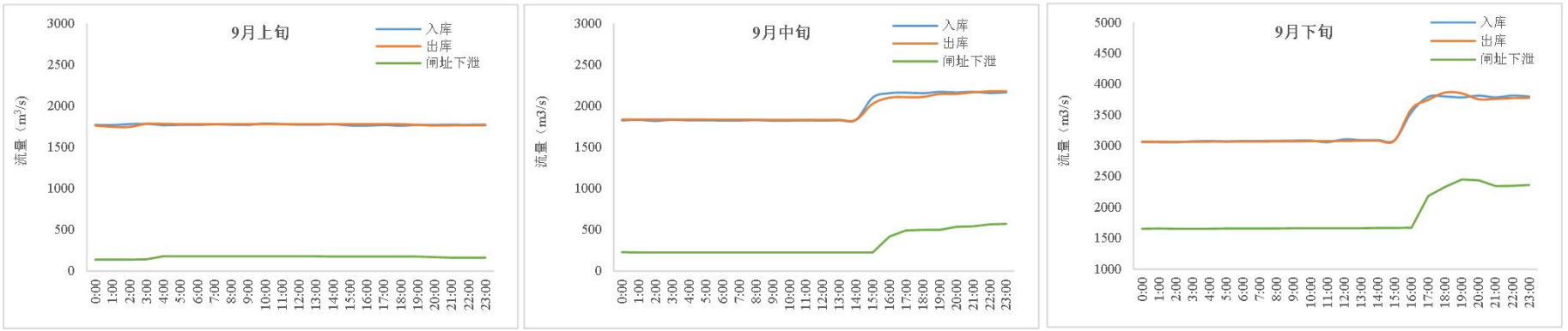


图 5.2-33　9 月代表日日内锦屏二级出入库与过闸流量变化图

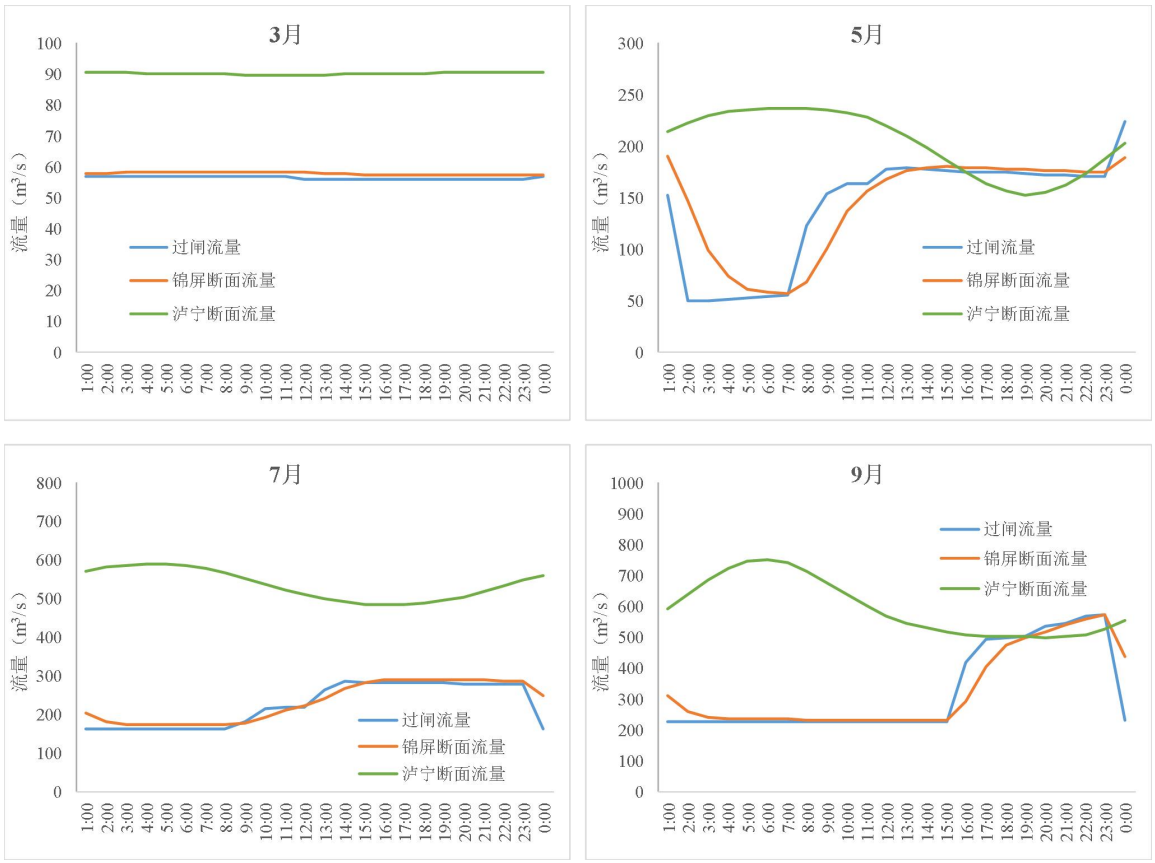


图 5.2-34　各月代表日日内各断面流量变化图

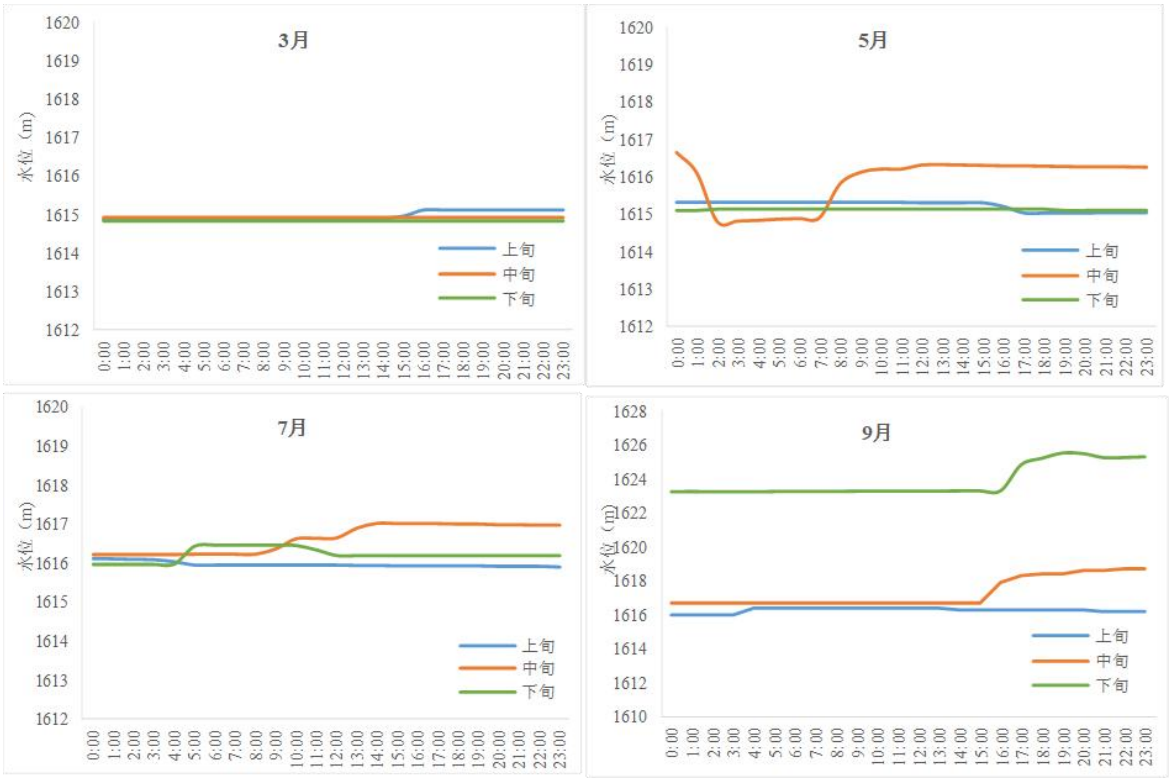


图 5.2-35　各月代表日日内锦屏断面水位变化图

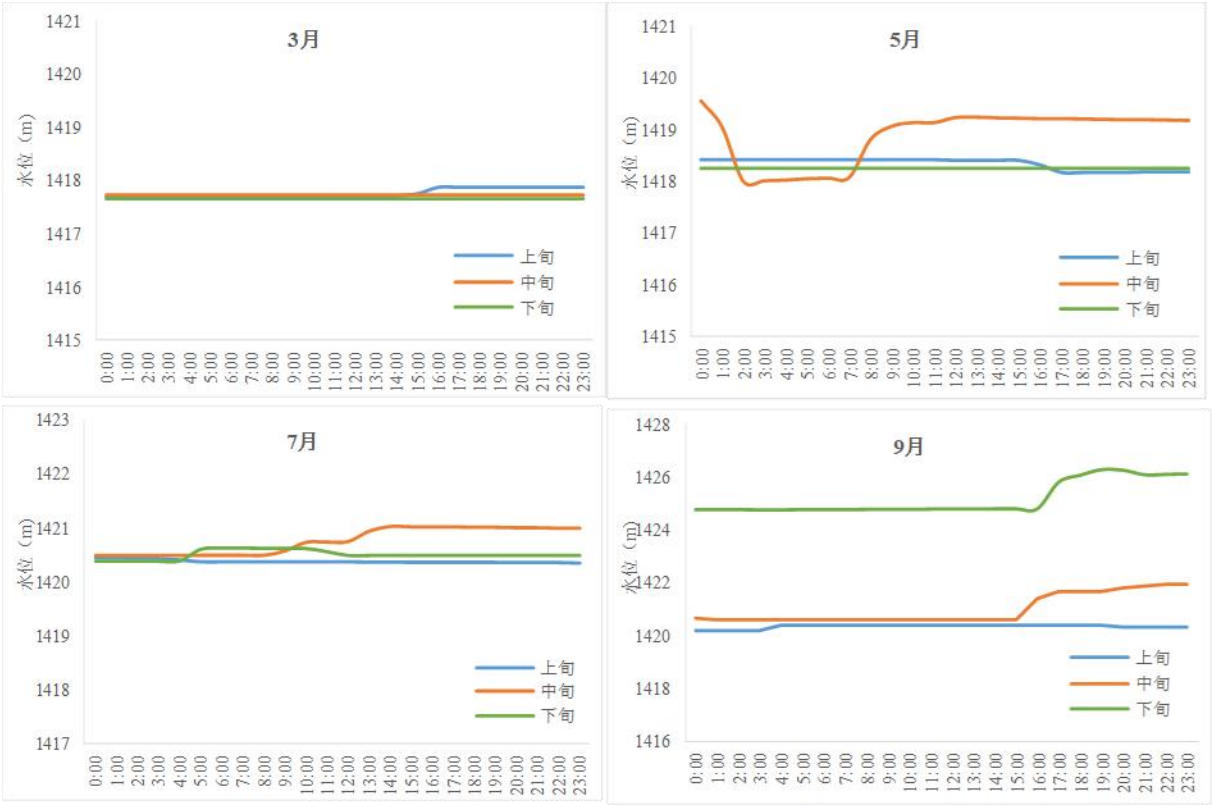


图 5.2-36　各月代表日日内泸宁断面水位变化图

b 代表月逐日流量变化

在 2013 年开展的雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价阶段，也以锦屏二级水电站工程河段为代表，重点针对其闸厂址间的减水河段，回顾分析了施工以来对水文情势的影响。2013 年回顾性评价利用泸宁水文站 2013 年 3 月逐日实测流量与该站预测流量值对比情况，进行减水河段水文情势影响分析。分析发现，泸宁水文站流量逐日分布曲线类似一洪峰过程，平均流量为 146.1 m^3/s，两个洪峰共持续 10 天，洪峰最大值达 441 m^3/s，为 3 月 27 日；流量最小值为 64.9 m^3/s，为 3 月 15 日。泸宁水文站 3 月实测流量平均值较天然情况减少较为明显，但大于该站各水文年预测结果，且流量逐日分布类似一个洪峰过程，基本满足水生生态成长、繁殖等用水需求。

2024 年回顾性评价，选取运行后的 2019 年 3 月、4 月、5 月、6 月闸址下泄逐日流量进行生态流量满足程度分析。从 3～6 月各月逐日日均流量变化过程可以看出，锦屏二级坝下生态流量下泄能满足环评阶段要求。根据 2019 年 3～6 月生态流量下泄过程同时可以看出，产卵期一次造峰时间基本在 4～5 天左右，造峰过程中流量在几日内逐步增加或减少，以 6 月为例，6 月 19 日~6 月 25 日，下泄流量由 100m^3/s 逐步升高至 260m^3/s 再降低至 65m^3/s。

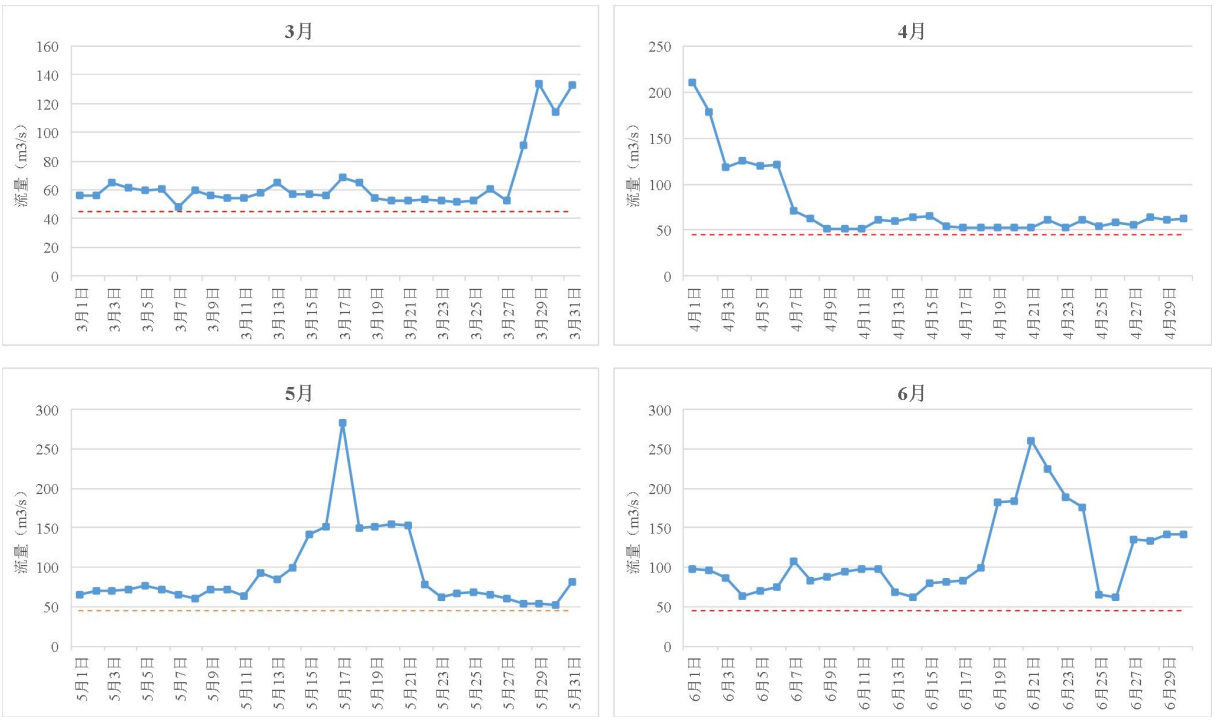


图 5.2-37　锦屏二级水电站坝下代表月逐日生态流量下泄过程

总体上，2013 年、2024 年两次回顾性评价对水文情势影响分析成果基本一致，锦屏二级生态流量下泄后，基本都满足其减水河段生态用水需求。减水河段随着多个支流汇入后，依然表现为中大型河流特征，河段水流特性依然呈现多样化。

依据前文楞古水电站建成后其减水河段水文情势预测结果，结合锦屏二级水电站减水河段水文情势回顾分析结果，表明在泄放生态流量的前提下，楞古水电站减水河段全年仍能保持大型河流流态，且能维持一定天然节律，该河段将成为区域鱼类主要的生存场所。

同时建议楞古建成后，开展河段联合生态调度研究，科学制定调度方案，尽可能恢复河道水文环境的天然变化过程，保障适宜鱼类生存繁殖的生境条件；同时为河段鱼类保护和水电站生态调度提供较为完善的生态流量过程线。

(3)特殊工况

根据应对典型特殊工况时运行情况分析，牙根二级水电站在发挥保供作用时，库水位由 2558m 持续消落至死水位 2545m，历时 8 天；维持死水位直至特殊工况结束；随后历时 13 天，库水位由死水位 2545m 回蓄至正常运行常消落水位 2558m。

牙根二级水电站应对特殊工况发挥保供作用时，动用调节库容发电，主要发挥长时储能作用，为电力系统提供保供电量，与正常运行时相比电站的日内调峰过程基本一致，日出库流量变幅也基本一致，因此与正常运行相比，电站应对特殊工况运行时对下游水

文情势的影响差异不大。

5.2.4 泥沙情势影响

牙根二级水库库区入库泥沙由两河口水库出库泥沙、霍曲河入库泥沙及两河口坝址至牙根二级坝址干流区间产沙组成。其中两河口水库出库泥沙粒径较细，在牙根二级库区难以落淤，大部分泥沙将排出库外，库区淤积泥沙主要为干流区间产沙及霍曲河来沙。

计算表明，水库运用 20 年，水库总淤积量 4954 万 m^3，总库容损失 5.0%，其中调节库容淤积 800 万 m^3，调节库容损失 3.1%，坝前泥沙平均淤积高程为 2414.33m。第 20 年悬移质泥沙出库率为 37.2%，悬移质出库含沙量 0.069kg/m^3。

水库运用 50 年，水库总淤积量 12249 万 m^3，总库容损失 12.4%，其中调节库容淤积 1333 万 m^3，调节库容损失 5.2%，坝前泥沙平均淤积高程为 2417.19m，第 50 年悬移质泥沙出库率为 38.8%，悬移质出库含沙量 0.072kg/m^3。

水库运用 100 年，水库总淤积量 23911 万 m^3，总库容损失 24.1%，其中调节库容淤积 2492 万 m^3，调节库容损失 9.7%，坝前泥沙平均淤积高程为 2422.72m。第 100 年悬移质泥沙出库率为 40.9%，悬移质出库含沙量 0.075kg/m^3。

支流霍曲河库区由于库容较小，泥沙淤积年限相对较短，水库运行 20 年，支流库区库容已损失 85%。计算结果表明，泥沙淤积洲头出河口时间约为 11 年左右，出河口后的泥沙在坝前约 35km 的雅砻江库区内淤积。

牙根二级水库泥沙冲淤计算成果表

表 5.2-19

泥沙淤积年限（年）	库区泥沙总淤积量（万 m^3）	总库容损失率（%）	调节库容淤积量（万 m^3）	调节库容损失率（%）	悬移质出库率（%）	悬移质出库含沙量（kg/m^3）	坝前平均淤积高程(m)
10	2551	2.6	539	2.1	37.0	0.068	2413.27
20	4954	5.0	800	3.1	37.2	0.069	2414.33
40	9729	9.8	1216	4.7	38.1	0.070	2416.12
50	12249	12.4	1333	5.2	38.8	0.072	2417.19
60	14517	14.6	1555	6.1	39.6	0.073	2418.21
80	19217	19.4	1941	7.6	40.3	0.074	2420.50
100	23911	24.1	2492	9.7	40.7	0.075	2422.72

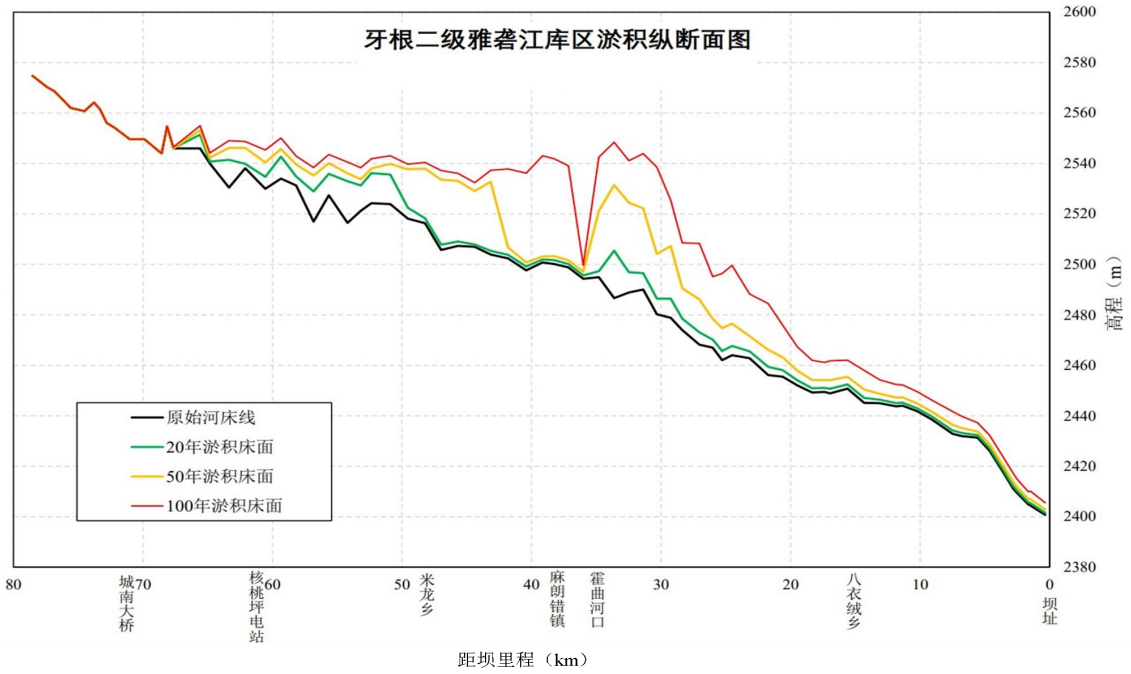


图 5.2-29　牙根二级雅砻江干流库区淤积纵断面图

5.3 水温影响预测与评价

5.3.1 水库水温结构的经验判断

我国现行的水库环境影响评价中普遍采用库水交换次数法(α-β指数法)、密度佛汝德数法两种经验方法来判断库内水温是否因滞留而分层。

(1)α-β指数法

α-β指数法计算公式为：

$$\alpha = \frac{w}{v} \qquad (5.3\text{-}1)$$

其中：w 为年均径流量，v 为水库总库容，w_c 为一次入库洪量，α、β为指数，β用于判断洪水对稳定分层型水库水温的影响。当$\alpha \leqslant 10$ 时，为水温稳定分层型；$\alpha \geqslant 20$ 时，为混合型；$10 < \alpha < 20$ 时，为过渡型。若$\beta > 1$，则水库水温为临时的混合型；若$\beta < 0.5$，则水库仍为稳定分层；$0.5 < \beta < 1$，则洪水的影响介于前二者之间。

(2)密度佛汝德数法

佛汝德数法公式：

$$F_r = 320\frac{LQ}{HV} \qquad (5.3\text{-}2)$$

式中：F_r为密度佛汝德数；L为水库长度(m) ；Q为入流量（m^3/s）；H为平均水深(m)；V为蓄水体的体积（m^3）；当，F_r＜＜1/π为深而分层很强的水库；0.1< F_r<1 为弱分层水温结构；F_r >1 时为充分混合的水库

(3)判别结果

采用α-β指数法、密度佛汝德数法计算的结果见下表。

牙根二级水库水温结构的经验判别

表 5.3-1

参数	流量(m^3/s)	正常水位库容(10^8m^3)	年径流量(10^8m^3)	判别系数 α	判别系数 β
取值	772	9.91	242.2	24.44	1.52
参数	72h 洪量 P=1%(万 m^3)	回水长度(km)	水面面积(km^2)	平均水深(m)	判别系数 F_r
取值	150595	70.2	18.92	54.9	0.317
库容比法判断	**混合型**		**密度佛汝德数判断**	**弱分层型**	

由上表可以看到，采用两种方法的判别结果分别为混合型和弱分层型水温结构。库水交换次数的方法仅考虑了库容与年来流量，密度佛汝德数法也无法考虑来流过程及泄流孔口等因素，用此类经验判别法判断水库水温结构类型时考虑的因素比较单一，只考虑了地形中的库容或回水长度、宽深等条件和径流情况，未涉及气象、水文过程、水位变化、泄流孔口位置和几何尺寸等其它因素，因此上述判定结果仅可作为是否开展进一步计算的依据，水库的逐月分层过程、下泄水温等仍需要采用数学模型或其它方法等作进一步分析。

5.3.2 库区二维水温数学模型

牙根二级水库库区长约 70.2km 左右，正常蓄水位时坝前最大水深约 160m，平均宽约 244m，宽度平均的立面二维模型可较好地模拟出此类狭长窄深型水库在纵向和垂向上的水温时空分布。《环境影响评价技术导则—地表水环境》推荐采用二维水库水温模型进行预测。

支流霍曲河在坝址上游 28km 处右岸汇入雅砻江，但支流流域面积仅占坝址控制流域面积的 4.6%，对主库水温影响较为有限，本次预测将支库库容并入主库进行计算。

5.3.2.1 宽度平均的立面二维水温数学模型及其求解方法

(1)状态方程

对于常态下的水体，可忽略压力变化对密度的影响，密度与温度的关系可表示为：

$$\frac{\rho-\rho_s}{\rho_s}=-\beta(T-T_s)=-\beta\Delta T \qquad (5.3\text{-}3)$$

式中：β[1/℃]为等压膨胀系数；ρ[kg/m^3]为密度；T[℃]为温度；ρ_s[kg/m^3]、T_s[℃]为参考状态的密度和温度。

(2)水动力学及温度方程组

湍浮力流的时均连续方程、动量方程及热量输运方程：

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i}=0 \tag{5.3-4}$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t}+u_j\frac{\partial u_i}{\partial x_j}=-\frac{1}{\rho_a}\frac{\partial p}{\partial x_i}+\nu\frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j\partial x_j}+\frac{\partial}{\partial x_j}(-\overline{u_i' u_j'})+\beta\Delta T g_i \tag{5.3-5}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t}+u_i\frac{\partial T}{\partial x_i}=\frac{\partial}{\partial x_i}(D_T\frac{\partial T}{\partial x_i}-\overline{u_i' T'})+\frac{q}{C_p} \tag{5.3-6}$$

紊动动能 k 输运方程模化为：

$$\frac{\partial k}{\partial t}+u_j\frac{\partial k}{\partial x_j}=-\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\frac{\nu_t}{\sigma_k}+\nu\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right]+G_k-\varepsilon+G_b \tag{5.3-7}$$

湍动能耗散率的模型方程为：

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t}+u_j\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}=\frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\nu+\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right]+C_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}(G_k+C_{\varepsilon 3}G_b)-C_{\varepsilon 2}\frac{\varepsilon^2}{k} \tag{5.3-8}$$

(3)水面热交换

水面热交换包括净太阳短波辐射、净长波辐射、蒸发和传导四个方面。通过水面进入水体的热通量为：

$$\varphi_n=\varphi_{sn}+\varphi_{an}-\varphi_{br}-\varphi_e-\varphi_c \tag{5.3-9}$$

1)净吸收的太阳短波辐射

一般来说，太阳的红外辐射(>0.76μm)大部分都被表层 1m 内的水体所吸收；水体对太阳辐射的反辐射随着太阳辐射的入射角的增大而增加。当太阳高度较低时，水库水体所反射的太阳辐射能量增加，而水体所吸收的太阳辐射能量减少；当太阳高度较大时，反射与吸收情况与上面情况相反。

水体表面净吸收的太阳短波辐射通量为：

$$\varphi_{sn}=\beta_1\varphi_s(1-\gamma) \tag{5.3-10}$$

式中 φ_S [W/m^2]是到达地面的总太阳辐射量(W/m^2)；γ 是水面反射率，它与太阳角

度和云层覆盖率相关；β_1是太阳辐射的表面吸收系数。进入水体的太阳辐射部分在水面被吸收，穿过水体的太阳辐射沿深度方向以指数函数衰减：

$$\varphi_z = (1-\gamma)(1-\beta_1)\varphi_s \exp(-\eta \cdot H) \qquad (5.3\text{-}11)$$

其中η为太阳辐射在水体中的衰减系数，与水体的透明度和水质相关；H 为水深(m)。

2)大气长波辐射

大气所吸收的太阳能以长波形式向地面发射，其长波辐射强度取决于气温和云量：

$$\varphi_{an} = \sigma \cdot \varepsilon_{ac} \cdot (273 + T_a)^4 \qquad (5.3\text{-}12)$$

式中，σ是 Stefan-Boltaman 常数，等于 5.67×10^{-8}[W/m^2·K^4]；ε_a为大气发射率，

$$\varepsilon_{ac} = 1.24 \cdot \left(\frac{e_a}{T_a + 273}\right)^{\frac{1}{7}} \cdot (1 + 0.17 \cdot C_r^2) \qquad (5.3\text{-}13)$$

其中T_a为水面上 2m 处的气温。C_r为云层覆盖率。e_a[hPa]为水面上空气的蒸发压力。

3)水体长波的返回辐射φ_{br}

水体吸收的大气长波辐射会向大气进行返回辐射，其强度可用 Stefan-Boltzman 定律计算：

$$\varphi_{br} = \sigma \cdot \varepsilon_w \cdot (273 + T_s)^4 \qquad (5.3\text{-}14)$$

式中T_s[℃]为水体表面温度，ε_w (=0.965) 为水体的长波发射率。

4)水面蒸发热损失

水在从液体转变为气体的蒸发过程中需要吸收热量，水体由于蒸发损失的热量大多根据空气与水面的蒸发压力计算，本次计算采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式：

$$\varphi_e = f(W)(e_s - e_a) \qquad (5.3\text{-}15)$$

式中f（W）[W/(m^2·hPa)]是风函数，反映了自由对流和强迫对流对蒸发的影响，计算为：

$$f(W) = \sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)} \qquad (5.3\text{-}16)$$

式中：W[m/s]是水面上 10m 处的风速；ΔT [℃]为水气温差；e_s[hPa]是相应于水面温度T_s的紧靠水面的空气饱和蒸发压力，e_a[hPa]为水面上空气的蒸发压力，可由水面温度

T_s[℃]计算：

$$e_s = 6.11 \times 10^{\frac{7.5T_s}{(T_s+237.3)}} \quad (5.3\text{-}17)$$

$$e_a = 6.11 \times hum \times 10^{\frac{7.5T_a}{(T_a+237.3)}} \quad (5.3\text{-}18)$$

式中：hum 为相对湿度。

5)热传导通量φ_c

当水温与气温有温差时，水气界面上会通过传导进行热交换，热传导通量正比于温差：

$$\varphi_c = 0.627\sqrt{22.0 + 12.5W^2 + 2.0(\Delta T)}(T_s - T_a) \quad (5.3\text{-}19)$$

式中，T_a为气温，T_s为水面温度。

(4)边界条件及求解方法

进口边界的水温采用库尾实测水温，速度假定为均匀流速，k、ε可分别由入流速度近似计算：

$$k = 0.00375u^2, \varepsilon = k^{1.5}/(0.4H_0) \quad (5.3\text{-}20)$$

其中 H_0[m]为进口断面水深。

具体求解时，水动力方程与温度方程相耦合，计算中首先根据入、出库流量差计算该时刻运行水位，依次求解 u、w 动量方程和 k、ε方程，再求解温度方程，然后用新的温度值修正 w 和 k 方程的源项，重新计算水动力学方程，直到各方程的误差余量小于容许值。对于水库年过程的模拟，模型可选择一年中的任意一个时刻作为起始计算时间，计算 365 天之后，与一年前的当前时刻水温、流场进行对比，如果水温、流场的误差值大于设定误差，继续进行迭代计算；如果小于设定误差，则认为迭代收敛，取最近一年的下泄水温、温度场与流场作为预测结果。

5.3.2.2 模型参数分析

标准 k-ε模型中的参数对各种形态的流体具有普遍适用性。温度普朗特数取固定值 0.85。

除水库入、出库流动导致库区热量变化外，水气热交换是影响库区水温结构的另一主要热源项。各水气热交换项的经验公式均较多，其中不同蒸发公式的差异性较大，本次研究采用了《工业循环水冷却设计规范》推荐的计算公式。

在热通量计算方法确定的条件下，模型中需要率定的参数只有热通量计算中的太阳辐射表面吸收系数β_1和太阳辐射在水体中的衰减系数η，它们与水体的色度和浊度有关。一般β_1的取值范围为0.4～0.7，η为0～1。经多次试算，均为0.65和0.5。

为了分析参数对计算结果的影响程度即参数的灵敏度，本次环评进行了数值计算试验。假定当穿过水下某一断面的辐射通量小于总量的5%，则认为该断面没有受到辐射。先取β_1=0.5，然后分别取η为0.1、0.5和1.0，计算结果显示，当η=0.1时辐射可达水下30m，其中80%的辐射量被水面16 m的水体吸收，而η=1.0时辐射仅达水下3m，η=0.5时辐射穿透了6m水深。

5.3.3 河道一维水温数学模型

纵向一维河道水温模型由河道水面线计算方程和一维温度对流扩散方程组成。河道水面曲线的计算采用逐段试算法。在剥离两河口和牙根一级电站运行对牙根二级下泄水温的影响时，需要将牙根一级的下泄水温采用河道一维水温模型计算到牙根二级的坝址，作为受两河口和牙根一级影响的坝址水温。

5.3.3.1 水面线计算公式

$$Z_i - Z_{i+1} = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{A_{i+1}^{\ 2}} - \frac{1}{A_i^{\ 2}}\right) + \frac{\Delta s Q^2}{2}\left(\frac{1}{K_i^{\ 2}} + \frac{1}{K_{i+1}^{\ 2}}\right) \qquad (5.3\text{-}21)$$

$$K_i = \frac{1}{n} R_i^{\frac{2}{3}} A_i \qquad (5.3\text{-}22)$$

式中，Z_i、Z_{i+1}分别为流段上游、下游水位(m)；Q为流量(m^3/s)；A为过水断面面积(m^2)；K为断面平均流量模数；n为糙率；R为水力半径(m)；若已知下游断面的水位Z_{i+1}，通过迭代可求出上游水位Z_i。

5.3.3.2 纵向一维温度方程

$$\frac{\partial (QT)}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}\left(AD_L \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{B\varphi_n}{\rho C_p} \qquad (5.3\text{-}23)$$

式中：D_L为纵向弥散系数(m^2/s)，ρ为水的密度(kg/m^3)，C_p为水的比热(cal/(kg·℃))，B为河面宽度(m)，φ_n为水体与大气之间的热交换通量(W/m^2)。其中$\frac{\partial (QT)}{\partial x}$为移流产生的热变化率，$\frac{\partial}{\partial x}\left(AD_L \frac{\partial T}{\partial x}\right)$为离散产生的热变化率，$\frac{B\varphi_n}{\rho C_p}$为表面热交换率，其它符号意义同前。

5.3.3.3 纵向弥散系数 D_L

$$D_L = \frac{0.011\overline{u}^2 b^2}{hu^*} \qquad (5.3\text{-}24)$$

式中：$\overline{u}$ 为断面平均流速(m/s)，b 为河宽(m)，h 为平均水深(m)，u^*为摩阻流速(m/s)，$u^* = \sqrt{gRI}$，其中 g 为重力加速度，R 为水力半径，I 为水力坡降。

5.3.3.4 水面热交换量 q_n

水面热交换计算与立面二维模型相同。

5.3.3.5 模型求解

运用有限差分的隐式格式对纵向一维温度方程式离散。运用 TDMA (Tridiagonal Matrix Algorithm) 法，即追赶法求解。

5.3.4 水库水温及下泄水温预测分析

5.3.4.1 计算边界条件

(1)运行调度

水库运行调度过程采用与上游两河口和牙根一级联合运行的调度过程。

(2)气象

选用流域内牙根二级坝址上下游的雅江气象站和吉居气象站各气象要素均值作为水温预测的气象边界。

牙根二级电站库区气象特征值表

表 5.3-2

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	全年
水面气温 ℃	3.6	7.4	10.8	13.7	17.2	18.3	18.3	18.2	16.1	12.2	6.8	3.0	12.1
相对湿度 %	41.8	35.7	39.0	46.7	51.3	66.1	73.5	71.0	72.7	66.0	54.5	49.0	55.6
短波辐射 W/m^2	106.7	145.5	172.9	192.8	204.7	193.5	188.8	185.4	167.8	153.7	123.1	92.3	160.6
平均风速 m/s	1.3	2.2	2.7	2.5	2.5	2.0	1.7	1.8	1.6	1.5	1.1	0.9	1.8
云量 %	57.3	59.9	71.0	73.6	86.0	91.3	84.7	88.9	89.1	79.5	53.5	50.6	73.8

(3) 水温

将两河口电站平、丰、枯水年采用分层取水措施后的下泄水温，采用纵向一维模型计算至牙根二级库尾和坝址，作为牙根二级的入库水温和坝址水温。

牙根二级入库、坝址等特征断面的水温特征

表 5.3-3

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
牙根二级坝址天然水温	1.8	4.3	7.5	11.0	13.7	15.7	16.2	16.2	14.7	11.0	5.7	2.2	10.0
平水年入库水温	5.8	6.0	6.9	8.9	10.6	13.5	16.0	16.2	14.6	13.0	10.5	7.2	10.8
平水年坝址水温	6.1	7.1	8.0	10.0	11.6	14.7	16.4	16.5	15.2	13.3	10.3	7.3	11.4
丰水年入库水温	4.5	5.0	6.6	9.4	11.4	13.8	15.9	15.9	14.5	11.9	8.6	5.3	10.2
丰水年坝址水温	4.9	6.1	7.7	10.4	12.3	15.0	16.3	16.3	15.1	12.3	8.6	5.5	10.9
枯水年入库水温	6.2	6.3	6.9	8.9	10.5	13.5	16.0	16.2	14.9	13.4	11.1	7.8	11.0
枯水年坝址水温	6.2	7.3	8.0	10.0	11.5	14.8	16.4	16.5	15.4	13.5	10.6	7.6	11.5

5.3.4.2 计算结果

(1)平水年

1)库区水温

牙根二级水库预测年平水年库区水温分布见图 5.3-1，各月月中坝前水温分布见图 5.3-2。

总体来看，平水年水库呈过渡型水温结构特征。

平水年库区月均水温在 2 月最低，来流水温 6.0℃。

3 月，入流水温 7.2℃，但短波辐射高达 172W/m^2，表层主要受气象因素影响形成温跃层，水库分层流动趋于明显。

4 月，太阳辐射、气温、入流水温持续快速上升，受气象条件和来流水温影响库区水温继续快速上升。流动层扩大到 2500m 以上全部区域，来流水温低于水库表层水温，因而来流在表层下流动。

5-8 月，太阳辐射、来流水温、气温逐渐发展到全年最高水平，库表水温持续快速上升，使表层水温在 8 月到达全年最高的 19.1℃，略高于库区气温。在此期间，水库存在较为明显分层，表层温跃层因高辐射、高气温形成，流动层以下的温跃层则由于库区流动不能扰动到深部水体而形成。

9 月气温、太阳辐射、来流水温进入快速下降期，来流沿库底进入库区，上层水体失温明显，下层温跃层开始退化为过渡层，且库底受上层热交换影响而大幅升温。

10 月以后来流水温、气温降速更快，库区水温整体下降，来流从库尾开始下潜向坝前爬行，至 10 月下旬温跃层彻底消失。

11 月~翌年 1 月，库底水温受来流低温影响而降温，水库整体也同步降温，库区表底温差有限。

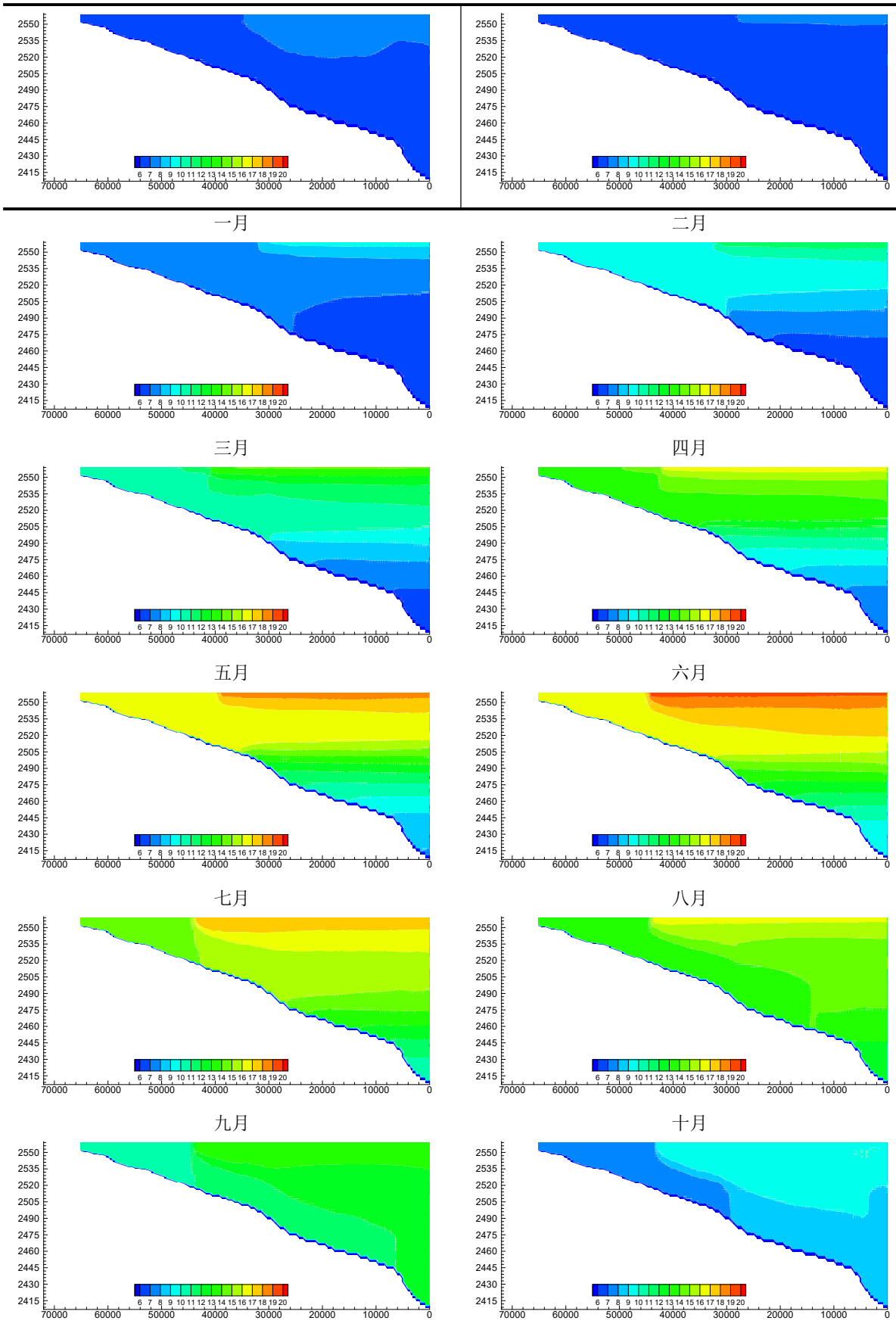


图 5.3-1　平水年牙根二级水库逐月库区水温分布（1~12 月）

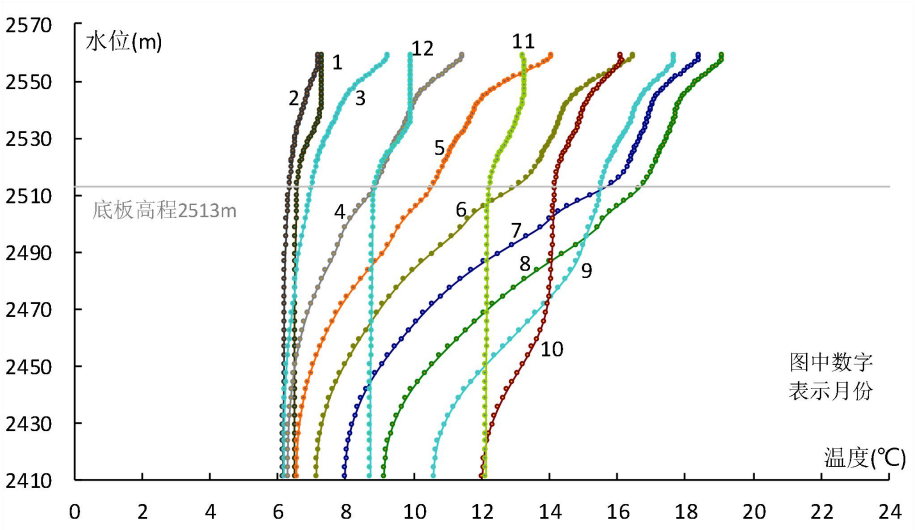


图 5.3-2　牙根二级坝前水温分布(平水年)

2)月均下泄水温

平水年月均下泄水温、坝前表层水温、库底水温、坝址处水温及气温年内过程见表 5.3-4 和图 5.3-3。由于库区水深超过 150m，发电孔口远离库底，因而库区在 1-5 月的库底水温较稳定。6-8 月期间受汛期大流量洪水冲击，库底开始大幅升温。

① 与天然水温差异分析

与坝址天然水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.4℃。下泄水温在 3 月~6 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 1.8℃，5 月份降低最多，达 2.9℃。7 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.9℃，11 月温升幅度最大，为 6.3℃。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后均为 1 月；月均最高温度从建坝前的 16.2℃升为建坝后的 16.5℃，月均最低温度从建坝前的 1.8℃升为建坝后的 6.2℃，温差减小了 4.1℃。

与坝址天然水温相比，水库到达特征水温(5 月天然水温)的时间比天然情况延迟了 28 天。

② 与现状水温差异分析

与坝址现状水温（考虑两河口和牙根一级影响）相比，水库对下游水温影响较为有限。水库年均下泄水温与建坝前持平。下泄水温在 2~6 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 0.9℃，4 月份降低最多，为 1.0℃。7 月~翌年 1 月，下泄水温平均上升 0.6℃，11 月温升幅度最大，为 1.7℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度建坝前后均为 16.5℃，月均最低温度从建坝前的 6.1℃升为建坝后的 6.2℃，温差减小了 0.1℃。

与坝址现状水温相比，水库到达特征水温的时间比现状情况延迟了 8 天。

牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响带来，在联合运行时对低温降幅的贡献最大不超过 1.0℃，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃。

牙根二级水库月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址水温及气温(平水年)

表 5.3-4　　单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温		月均下泄水温	与坝址水温差值		表底温差
				坝址天然水温	受上游梯级影响的坝址水温		f-d	f-e	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1 月	3.6	7.3	6.5	1.8	6.1	6.2	4.4	0.1	0.8
2 月	7.4	7.2	6.2	4.3	7.1	6.4	2.1	-0.7	1.0
3 月	10.8	9.2	6.2	7.5	8.0	7.2	-0.3	-0.8	3.0
4 月	13.7	11.4	6.3	11.0	10.0	9.0	-2.0	-1.0	5.1
5 月	17.2	14.1	6.5	13.7	11.6	10.8	-2.9	-0.8	7.6
6 月	18.3	16.4	7.1	15.7	14.7	13.9	-1.8	-0.8	9.3
7 月	18.3	18.4	8.0	16.2	16.4	16.3	0.1	-0.1	10.4
8 月	18.2	19.1	9.1	16.2	16.5	16.5	0.3	0.0	10.0
9 月	16.1	17.6	10.6	14.7	15.2	15.5	0.8	0.3	7.0
10 月	12.2	16.1	12.0	11.0	13.3	14.0	3.0	0.7	4.1
11 月	6.8	13.2	12.1	5.7	10.3	12.0	6.3	1.7	1.1
12 月	3.0	9.9	8.7	2.2	7.3	8.5	6.3	1.2	1.2
年均	12.1	13.3	8.3	10.0	11.4	11.4	1.4	0.0	5.0
最大值	18.3	19.1	12.1	16.2	16.5	16.5	0.3	0.0	7.0
最小值	3.0	7.2	6.2	1.8	6.1	6.2	4.4	0.1	1.0
年内变幅	15.3	11.9	6.0	14.4	10.4	10.3	-	-	-

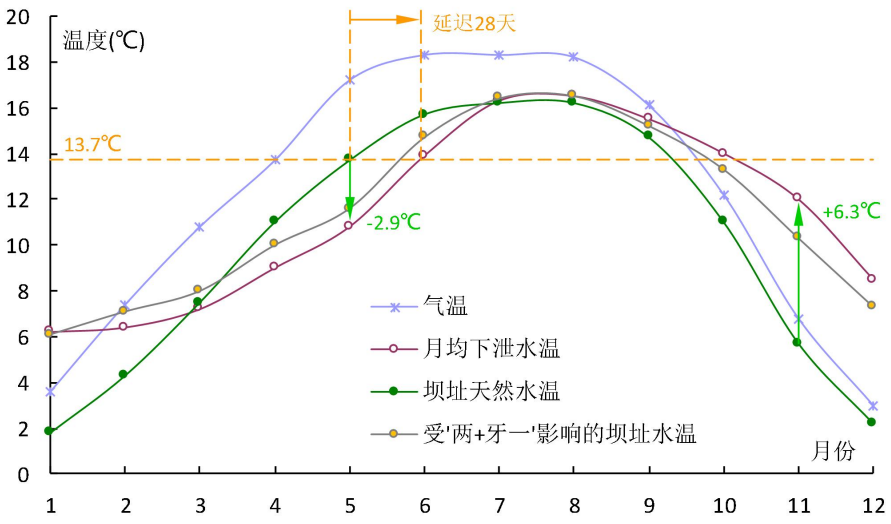


图 5.3-3　月均下泄水温、坝址处水温比较(平水年)

3)旬均下泄水温

与坝址现状旬均水温比较，水库在 4 月上中旬、6 月上旬对低温水降幅贡献最大，降幅为 1.0℃；在 11 月中下旬对高温水升幅贡献最大，升幅为 1.8℃。

建坝前后旬均最高温度均出现在 7 月；建坝前旬均最低温度出现在 1 月中旬，建坝后在 1 月下旬；旬均最高温度、旬均最低温度在建坝前后基本一致。

坝址旬均下泄水温与现状水温的对比分析(平水年)

表 5.3-5　　单位：℃

时间	坝址现状逐旬水温	水库下泄逐旬水温	下泄–现状
1 月上旬	6.1	6.5	0.4
1 月中旬	6.0	6.1	0.1
1 月下旬	6.2	6.0	-0.2
2 月上旬	6.8	6.2	-0.6
2 月中旬	7.2	6.4	-0.8
2 月下旬	7.4	6.6	-0.8
3 月上旬	7.6	6.8	-0.8
3 月中旬	7.9	7.1	-0.8
3 月下旬	8.5	7.6	-0.9
4 月上旬	9.4	8.4	-1.0
4 月中旬	10.1	9.1	-1.0
4 月下旬	10.6	9.7	-0.9
5 月上旬	10.9	10.1	-0.8
5 月中旬	11.4	10.7	-0.7
5 月下旬	12.4	11.6	-0.8
6 月上旬	13.7	12.7	-1.0
6 月中旬	14.8	14.0	-0.8
6 月下旬	15.6	15.0	-0.6
7 月上旬	16.1	15.8	-0.3
7 月中旬	16.4	16.4	0.0
7 月下旬	16.6	16.7	0.1
8 月上旬	16.7	16.7	0.0
8 月中旬	16.6	16.5	-0.1
8 月下旬	16.2	16.3	0.1
9 月上旬	15.7	16.0	0.3
9 月中旬	15.2	15.5	0.3
9 月下旬	14.7	15.1	0.4
10 月上旬	14.1	14.5	0.4
10 月中旬	13.4	14.0	0.6
10 月下旬	12.5	13.4	0.9
11 月上旬	11.4	12.8	1.4
11 月中旬	10.3	12.1	1.8
11 月下旬	9.2	11.0	1.8
12 月上旬	8.2	9.8	1.6

时间	坝址现状逐旬水温	水库下泄逐旬水温	下泄–现状
12 月中旬	7.3	8.5	1.2
12 月下旬	6.6	7.4	0.8
平均	11.4	11.4	0.0
最大值	16.7	16.7	1.8
最小值	6.0	6.0	-1.0
变幅	10.7	10.7	2.8

4)日均下泄水温

表 5.3-6 比较了牙根二级平水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月下泄水温整体偏低，最大降幅为 0.9℃(5 月 29 日等)。

图 5.3-4 比较了牙根二级平水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，下泄水温最大降幅为 1.2℃(6 月 3 日等)，最大升幅为 1.9℃(11 月 16 日等)。

5 月逐日下泄水温与坝址现状水温对比分析(平水年)

表 5.3-6　　单位：℃

日期	受上游梯级影响坝址处水温	平水年下泄水温	水温差值	日期	受上游梯级影响坝址处水温	平水年下泄水温	水温差值
5 月 1 日	10.7	9.9	-0.8	5 月 17 日	11.5	10.7	-0.8
5 月 2 日	10.7	9.9	-0.8	5 月 18 日	11.6	10.8	-0.8
5 月 3 日	10.8	10.0	-0.8	5 月 19 日	11.7	10.9	-0.8
5 月 4 日	10.8	10.0	-0.8	5 月 20 日	11.8	11.0	-0.8
5 月 5 日	10.8	10.1	-0.7	5 月 21 日	11.9	11.1	-0.8
5 月 6 日	10.9	10.1	-0.8	5 月 22 日	12.0	11.2	-0.8
5 月 7 日	10.9	10.1	-0.8	5 月 23 日	12.1	11.3	-0.8
5 月 8 日	11.0	10.2	-0.8	5 月 24 日	12.2	11.4	-0.8
5 月 9 日	11.0	10.2	-0.8	5 月 25 日	12.3	11.5	-0.8
5 月 10 日	11.1	10.3	-0.8	5 月 26 日	12.4	11.6	-0.8
5 月 11 日	11.1	10.4	-0.7	5 月 27 日	12.5	11.7	-0.8
5 月 12 日	11.2	10.4	-0.8	5 月 28 日	12.6	11.8	-0.8
5 月 13 日	11.2	10.5	-0.7	5 月 29 日	12.8	11.9	-0.9
5 月 14 日	11.3	10.5	-0.8	5 月 30 日	12.9	12.0	-0.9
5 月 15 日	11.4	10.6	-0.8	5 月 31 日	13.0	12.1	-0.9
5 月 16 日	11.5	10.7	-0.8				

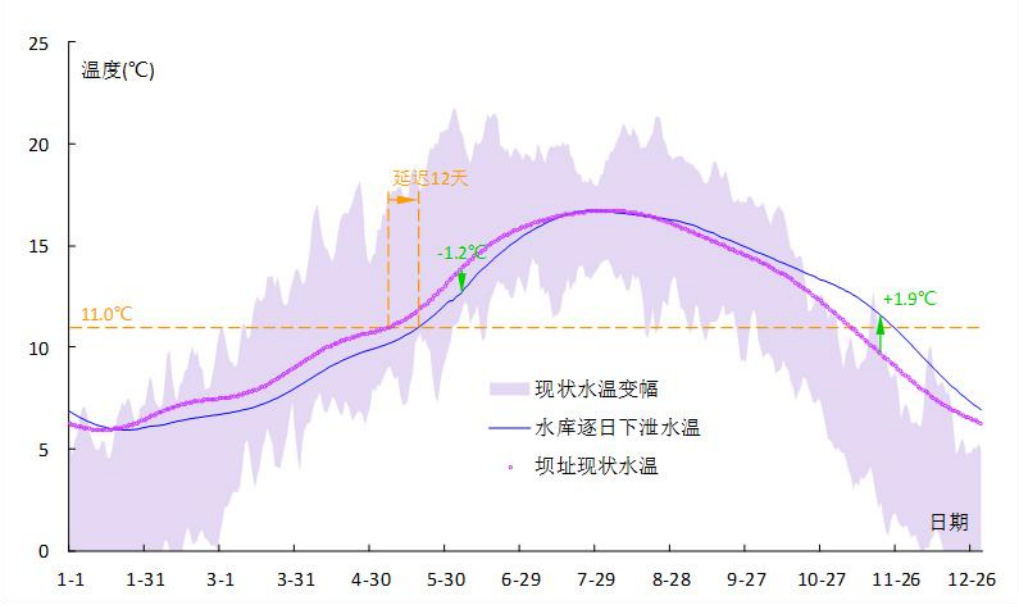


图 5.3-4　逐日下泄水温、坝址处水温比较(平水年)

(2)丰水年

1)库区水温

牙根二级各月月中坝前水温分布见图 5.3-5，总体来看，丰水年牙根二级水库呈过渡型水温结构特征。

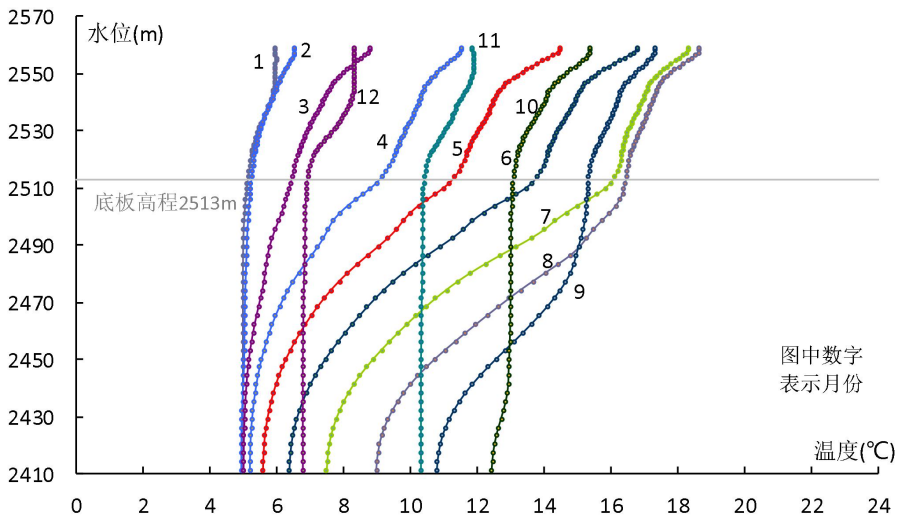


图 5.3-5　牙根二级坝前水温分布(丰水年)

2)月均下泄水温

丰水年月均下泄水温、坝前表层水温、库底水温、坝址处水温及气温年内过程见表 5.3-7 和图 5.3-6。

①　与天然水温差异分析

与坝址天然水温相比，水库对下游水温有明显影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.8℃。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 1.0℃，5 月份降低最多，达 2.2℃。9 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 2.5℃，11 月温升幅度最大，为 4.4℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 7 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度从建坝前的 16.2℃升为建坝后的 16.4℃，月均最低温度从建坝前的 1.8℃升为建坝后的 4.7℃，温差减小了 2.7℃

与坝址天然水温相比，水库到达特征水温的时间比天然情况延迟了 25 天。

② 与现状水温差异分析

与坝址现状水温（指已经受两河口和牙根一级影响）相比，水库对下游水温影响较为有限。水库年均下泄水温比建坝前降低 0.1℃。下泄水温在 1 月~8 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 0.6℃，3 月份降低最多，为 1.1℃。9 月~12 月，下泄水温平均上升 0.8℃，11 月温升幅度最大，为 1.5℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 7 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度从建坝前的 16.3℃升为建坝后的 16.4℃，月均最低温度从建坝前的 4.9℃降为建坝后的 4.7℃，温差扩大了 0.3℃。

与坝址现状水温相比，水库到达特征水温的时间比现状情况延迟了 9 天。

总体上，牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响带来，在联合运行时对低温降幅的贡献最大不超过 1.1℃，对高温升幅的贡献最大不超过 1.5℃。

牙根二级水库月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址水温及气温(丰水年)

表 5.3-7　　单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温		月均下泄水温	与坝址水温差值		表底温差
				坝址天然水温	受上游梯级影响的坝址水温		f-d	f-e	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1 月	3.6	5.9	5.0	1.8	4.9	4.7	2.9	-0.2	0.9
2 月	7.4	6.5	4.9	4.3	6.1	5.3	1.0	-0.8	1.6
3 月	10.8	8.8	5.0	7.5	7.7	6.6	-0.9	-1.1	3.8
4 月	13.7	11.5	5.2	11.0	10.4	9.3	-1.7	-1.1	6.3
5 月	17.2	14.5	5.6	13.7	12.3	11.5	-2.2	-0.8	8.9
6 月	18.3	16.8	6.4	15.7	15.0	14.3	-1.4	-0.7	10.4
7 月	18.3	18.3	7.5	16.2	16.3	16.4	0.2	0.1	10.8
8 月	18.2	18.7	9.0	16.2	16.3	16.1	-0.1	-0.2	9.7

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温		月均下泄水温	与坝址水温差值		表底温差
				坝址天然水温	受上游梯级影响的坝址水温		f-d	f-e	
9 月	16.1	17.3	10.8	14.7	15.1	15.2	0.5	0.1	6.5
10 月	12.2	15.4	12.4	11.0	12.3	12.8	1.8	0.5	3.0
11 月	6.8	11.9	10.3	5.7	8.6	10.1	4.4	1.5	1.6
12 月	3.0	8.3	6.8	2.2	5.5	6.6	4.4	1.1	1.5
年均	12.1	12.8	7.4	10.0	10.9	10.8	0.8	-0.1	5.4
最大值	18.3	18.7	12.4	16.2	16.3	16.4	0.2	0.1	6.3
最小值	3.0	5.9	4.9	1.8	4.9	4.7	2.9	-0.2	1.0
年内变幅	15.3	12.7	7.5	14.4	11.4	11.7	-	-	-

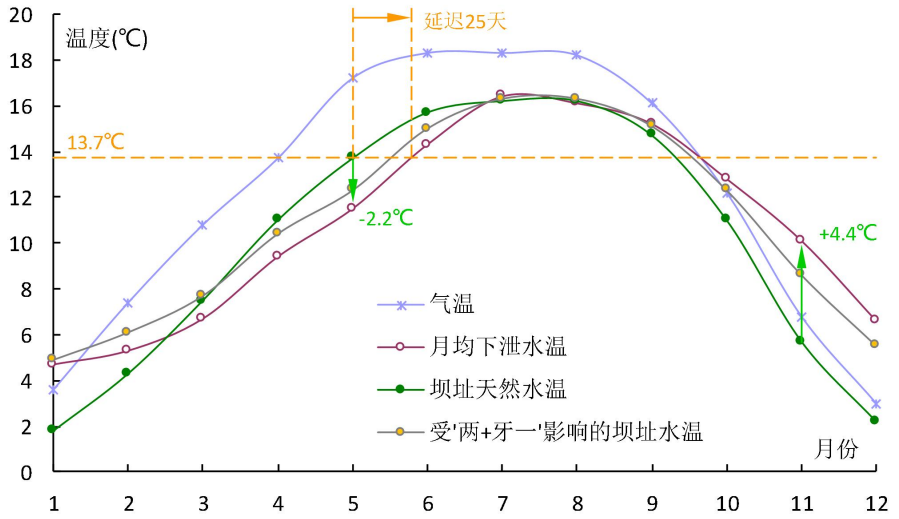


图 5.3-6　月均下泄水温、坝址处水温比较(丰水年)

3)旬均下泄水温

与坝址现状旬均水温比较，水库在 3 月下旬、4 月上旬对低温水降幅贡献最大，降幅为 1.1℃；在 11 月中下旬对高温水升幅贡献最大，升幅为 1.7℃。

建坝前后旬均最高温度均出现在 7 月上旬；建坝前旬均最低温度出现在 1 月上旬，建坝后在 1 月中旬；旬均最高温度、旬均最低温度在建坝前后基本一致。

坝址旬均下泄水温与现状水温的对比分析(丰水年)

表 5.3-8　　单位：℃

时间	受上游影响的坝址水温	水库下泄逐旬水温	下泄水温–坝址水温
1 月上旬	4.7	4.9	0.2
1 月中旬	4.8	4.6	-0.2
1 月下旬	5.1	4.7	-0.4
2 月上旬	5.7	5.0	-0.7
2 月中旬	6.2	5.4	-0.8

时间	受上游影响的坝址水温	水库下泄逐旬水温	下泄水温–坝址水温
2 月下旬	6.6	5.7	-0.9
3 月上旬	7.0	6.0	-1.0
3 月中旬	7.6	6.6	-1.0
3 月下旬	8.5	7.4	-1.1
4 月上旬	9.6	8.5	-1.1
4 月中旬	10.5	9.5	-1.0
4 月下旬	11.1	10.2	-0.9
5 月上旬	11.6	10.8	-0.8
5 月中旬	12.2	11.4	-0.8
5 月下旬	13.1	12.3	-0.8
6 月上旬	14.2	13.3	-0.9
6 月中旬	15.1	14.4	-0.7
6 月下旬	15.7	15.3	-0.4
7 月上旬	16.1	16	-0.1
7 月中旬	16.3	16.5	0.2
7 月下旬	16.5	16.6	0.1
8 月上旬	16.5	16.4	-0.1
8 月中旬	16.4	16.1	-0.3
8 月下旬	16.1	15.9	-0.2
9 月上旬	15.7	15.7	0
9 月中旬	15.2	15.4	0.2
9 月下旬	14.4	14.7	0.3
10 月上旬	13.5	13.8	0.3
10 月中旬	12.4	12.9	0.5
10 月下旬	11.2	11.9	0.7
11 月上旬	9.8	11.1	1.3
11 月中旬	8.6	10.3	1.7
11 月下旬	7.4	9.1	1.7
12 月上旬	6.3	7.8	1.5
12 月中旬	5.4	6.5	1.1
12 月下旬	4.9	5.5	0.6
平均	10.9	10.8	-0.1
最大值	16.5	16.6	1.7
最小值	4.7	4.6	-1.1
变幅	11.8	12	2.8

4)日均下泄水温

表 5.3-9 比较了牙根二级丰水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月下泄水温整体偏低，最大降幅为 0.9℃(5 月 1 日等)。

图 5.3-7 比较了牙根二级丰水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，下泄水温最大降幅为 1.2℃(4 月 5 日等)，最大升幅为 1.8℃(11 月 20 日)。

5 月逐日下泄水温与坝址现状水温对比分析(丰水年)

表 5.3-9　　单位：℃

日期	受上游影响的坝址水温	下泄水温	与坝址水温差值	日期	受上游影响的坝址水温	下泄水温	与坝址水温差值
5 月 1 日	11.4	10.5	-0.9	5 月 16 日	12.2	11.4	-0.8
5 月 2 日	11.4	10.6	-0.8	5 月 17 日	12.3	11.5	-0.8
5 月 3 日	11.4	10.6	-0.8	5 月 18 日	12.4	11.6	-0.8
5 月 4 日	11.5	10.7	-0.8	5 月 19 日	12.4	11.7	-0.7
5 月 5 日	11.5	10.7	-0.8	5 月 20 日	12.5	11.8	-0.7
5 月 6 日	11.6	10.8	-0.8	5 月 21 日	12.6	11.9	-0.7
5 月 7 日	11.6	10.8	-0.8	5 月 22 日	12.7	11.9	-0.8
5 月 8 日	11.7	10.9	-0.8	5 月 23 日	12.8	12	-0.8
5 月 9 日	11.7	11	-0.7	5 月 24 日	12.9	12.1	-0.8
5 月 10 日	11.8	11	-0.8	5 月 25 日	13	12.2	-0.8
5 月 11 日	11.9	11.1	-0.8	5 月 26 日	13.1	12.3	-0.8
5 月 12 日	11.9	11.2	-0.7	5 月 27 日	13.2	12.4	-0.8
5 月 13 日	12	11.2	-0.8	5 月 28 日	13.3	12.5	-0.8
5 月 14 日	12.1	11.3	-0.8	5 月 29 日	13.4	12.6	-0.8
5 月 15 日	12.1	11.4	-0.7	5 月 30 日	13.5	12.7	-0.8
				5 月 31 日	13.6	12.8	-0.8

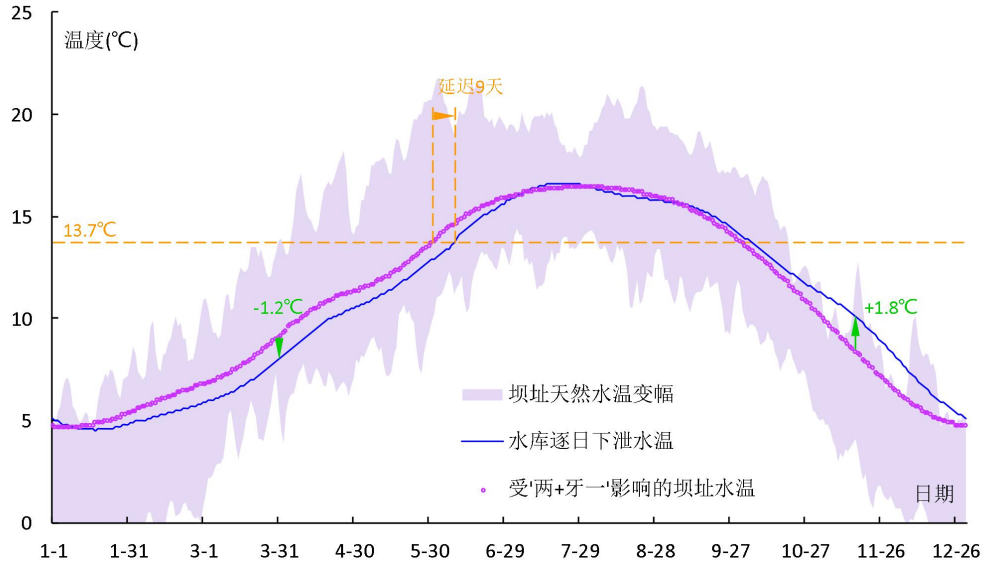


图 5.3-7　逐日下泄水温、坝址处水温比较(丰水年)

(3)枯水年

1)库区水温

牙根二级水库枯水年各月月中坝前水温分布见图 5.3-8，总体来看，枯水年水库呈过渡型水温结构特征。

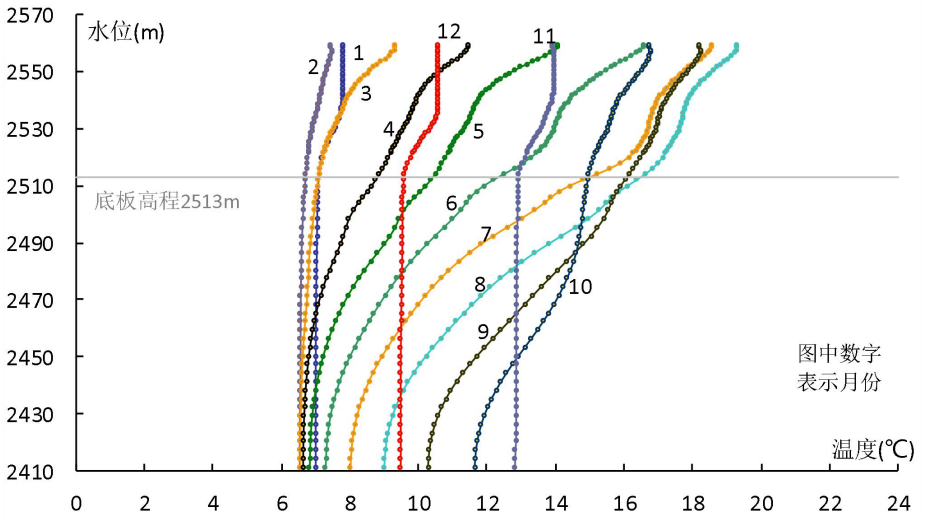


图 5.3-8　牙根二级坝前水温分布(枯水年)

2)月均下泄水温

① 与天然水温差异分析

与坝址天然水温相比，水库对下游水温有一定影响。水库年均下泄水温比建坝前升高 1.6℃。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 1.5℃，5 月份降低最多，达 3.0℃。8 月~翌年 2 月，下泄水温平均上升 3.8℃，11 月温升幅度最大，为 7.0℃。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后均为 1 月；月均最高温度从建坝前的 16.2℃升为建坝后的 16.5℃，月均最低温度从建坝前的 1.8℃升为建坝后的 6.7℃，温差减小了 4.6℃。

与坝址天然水温相比，水库到达特征水温（5 月天然水温）的时间比天然情况延迟了 32 天。

② 与现状水温差异分析

与坝址现状水温（指已经受两河口和牙根一级影响）相比，水库对下游水温影响较为有限。水库年均下泄水温比建坝前升高 0.1℃。下泄水温在 2 月~7 月比建坝前坝址水温有所降低，平均降低了 0.8℃，6 月份降低最多，为 1.3℃。8 月~翌年 1 月，下泄水温平均上升 1.1℃，11 月温升幅度最大，为 2.1℃。全年出现月均最高温度的月份建坝前后均为 8 月；全年出现月均最低温度的月份建坝前后均为 1 月；月均最高温度建坝前后均为 16.5℃，月均最低温度从建坝前的 6.2℃升为建坝后的 6.7℃，温差减小了 0.5℃。

与坝址现状水温相比，水库到达特征水温（5 月天然水温）的时间比现状延迟了 12 天。

总体上，牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影

响带来，在联合运行时对低温降幅的贡献最大不超过 1.3℃，对高温升幅的贡献最大不超过 2.1℃。

牙根二级水库月均下泄水温、表层水温、库底水温、坝址水温及气温(枯水年)

表 5.3-10　　单位：℃

月份	气温	表层水温	库底水温	坝址水温		月均下泄水温	与坝址水温差值		表底温差
				坝址天然水温	受上游梯级影响的坝址水温		f-d	f-e	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1 月	3.6	7.8	7	1.8	6.2	6.7	4.9	0.5	0.8
2 月	7.4	7.4	6.5	4.3	7.3	6.7	2.4	-0.6	0.9
3 月	10.8	9.3	6.6	7.5	8	7.3	-0.2	-0.7	2.7
4 月	13.7	11.5	6.6	11	10	9	-2	-1	4.9
5 月	17.2	14.1	6.8	13.7	11.5	10.7	-3	-0.8	7.3
6 月	18.3	16.6	7.3	15.7	14.8	13.5	-2.2	-1.3	9.3
7 月	18.3	18.5	8	16.2	16.4	16	-0.2	-0.4	10.5
8 月	18.2	19.3	9	16.2	16.5	16.5	0.3	0	10.3
9 月	16.1	18.2	10.3	14.7	15.4	16.2	1.5	0.8	7.9
10 月	12.2	16.8	11.6	11	13.5	14.8	3.8	1.3	5.2
11 月	6.8	13.9	12.8	5.7	10.6	12.7	7	2.1	1.1
12 月	3	10.6	9.5	2.2	7.6	9.2	7	1.6	1.1
年均	12.1	13.7	8.5	10	11.5	11.6	1.6	0.1	5.2
最大值	18.3	19.3	12.8	16.2	16.5	16.5	0.3	0	6.5
最小值	3	7.4	6.5	1.8	6.2	6.7	4.9	0.5	0.9
年内变幅	15.3	11.8	6.3	14.4	10.3	9.8	-	-	-

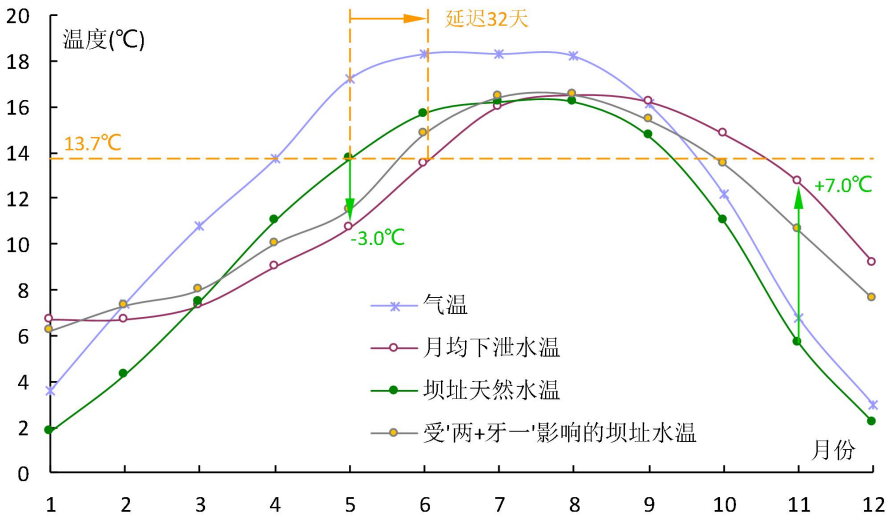


图 5.3-9　月均下泄水温、坝址处水温比较(枯水年)

3)旬均下泄水温

与坝址现状旬均水温比较，水库在 6 月中旬对低温水降幅贡献最大，降幅为 1.3℃；

在 11 月中旬对高温水升幅贡献最大，升幅为 2.2℃，对比结果见下表。

建坝前后旬均最高温度均出现在 8 月上旬；建坝前旬均最低温度出现在 1 月中旬，建坝后在 1 月下旬；旬均最高温度从建坝前的 16.7℃降为建坝后的 16.6℃，旬均最低温度从建坝前的 6.0℃升为建坝后的 6.4℃，温差缩小了 0.5℃。

坝址旬均下泄水温与现状水温的对比分析(枯水年)

表 5.3-11　　单位：℃

时间	坝址现状逐旬水温	水库下泄逐旬水温	下泄–现状
1 月上旬	6.2	7.1	0.9
1 月中旬	6.0	6.6	0.6
1 月下旬	6.3	6.4	0.1
2 月上旬	7.0	6.6	-0.4
2 月中旬	7.4	6.8	-0.6
2 月下旬	7.6	6.9	-0.7
3 月上旬	7.6	7.0	-0.6
3 月中旬	7.9	7.2	-0.7
3 月下旬	8.5	7.6	-0.9
4 月上旬	9.4	8.3	-1.1
4 月中旬	10.1	9.1	-1
4 月下旬	10.5	9.6	-0.9
5 月上旬	10.8	10.0	-0.8
5 月中旬	11.3	10.6	-0.7
5 月下旬	12.4	11.5	-0.9
6 月上旬	13.8	12.5	-1.3
6 月中旬	14.9	13.6	-1.3
6 月下旬	15.7	14.6	-1.1
7 月上旬	16.2	15.4	-0.8
7 月中旬	16.4	16.1	-0.3
7 月下旬	16.6	16.5	-0.1
8 月上旬	16.7	16.6	-0.1
8 月中旬	16.6	16.5	-0.1
8 月下旬	16.3	16.5	0.2
9 月上旬	15.9	16.5	0.6
9 月中旬	15.4	16.3	0.9
9 月下旬	14.9	15.9	1
10 月上旬	14.3	15.4	1.1
10 月中旬	13.6	14.9	1.3
10 月下旬	12.7	14.3	1.6
11 月上旬	11.7	13.6	1.9
11 月中旬	10.6	12.8	2.2
11 月下旬	9.6	11.7	2.1
12 月上旬	8.5	10.5	2
12 月中旬	7.6	9.2	1.6
12 月下旬	6.8	8.0	1.2

时间	坝址现状逐旬水温	水库下泄逐旬水温	下泄–现状
平均	11.5	11.6	0.1
最大值	16.7	16.6	2.2
最小值	6.0	6.4	-1.3
变幅	10.7	10.2	3.5

4)日均下泄水温

表 5.3-12 比较了牙根二级枯水年 5 月的逐日下泄水温与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，5 月下泄水温整体偏低，最大降幅为 1.0℃(5 月 30 日等)。

图 5.3-10 比较了牙根二级枯水年全年的逐日下泄水温过程与坝址现状水温。与坝址现状逐日水温相比，下泄水温最大降幅为 1.4℃(6 月 9 日等)，最大升幅为 2.2℃(11 月 19 日)。

5 月逐日下泄水温与坝址现状水温对比分析(枯水年)

表 5.3-12　　单位：℃

日期	受上游梯级影响坝址处水温	下泄水温	水温差值	日期	受上游梯级影响坝址处水温	下泄水温	水温差值
5 月 1 日	10.6	9.9	-0.7	5 月 16 日	11.3	10.6	-0.7
5 月 2 日	10.7	9.9	-0.8	5 月 17 日	11.4	10.7	-0.7
5 月 3 日	10.7	9.9	-0.8	5 月 18 日	11.5	10.7	-0.8
5 月 4 日	10.7	10	-0.7	5 月 19 日	11.6	10.8	-0.8
5 月 5 日	10.7	10	-0.7	5 月 20 日	11.7	10.9	-0.8
5 月 6 日	10.8	10.1	-0.7	5 月 21 日	11.8	11	-0.8
5 月 7 日	10.8	10.1	-0.7	5 月 22 日	11.9	11.1	-0.8
5 月 8 日	10.8	10.1	-0.7	5 月 23 日	12	11.2	-0.8
5 月 9 日	10.9	10.2	-0.7	5 月 24 日	12.1	11.3	-0.8
5 月 10 日	10.9	10.2	-0.7	5 月 25 日	12.2	11.4	-0.8
5 月 11 日	11	10.3	-0.7	5 月 26 日	12.3	11.5	-0.8
5 月 12 日	11	10.3	-0.7	5 月 27 日	12.5	11.6	-0.9
5 月 13 日	11.1	10.4	-0.7	5 月 28 日	12.6	11.7	-0.9
5 月 14 日	11.2	10.5	-0.7	5 月 29 日	12.7	11.8	-0.9
5 月 15 日	11.2	10.5	-0.7	5 月 30 日	12.9	11.9	-1
				5 月 31 日	13	12	-1

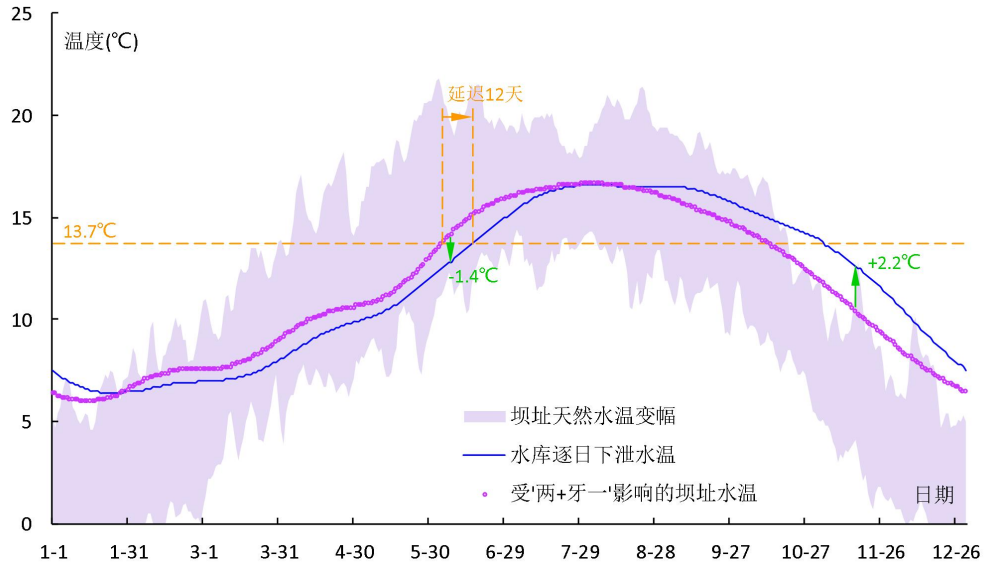


图 5.3-10　逐日下泄水温、坝址处水温比较(枯水年)

5.3.4.3 流场分析

根据预测结果绘制了平水年低温水降幅相对偏大的 5 月和高温水升幅相对偏大的 11 月的温度场叠加流场，5 月库区流场、坝前 30km 和 5km 流场见图 5.3-11~图 5.3-13，11 月库区流场、坝前 30km 和 5km 流场见图 5.3-14~图 5.3-16。

5 月流场中可见水流入库后沿表层流动，在距离大坝约 40km 逐渐下潜到发电孔口高程(2500-2538m)，直至坝前均主要在此高程范围流动，对高程 2500m 以下水体扰动有限。

11 月流场可见，来流水温低于库区水温，从入库开始即下潜沿河床向坝前推进，库区底部水体流速大于表层流速，主流动层以上大范围形成回流。

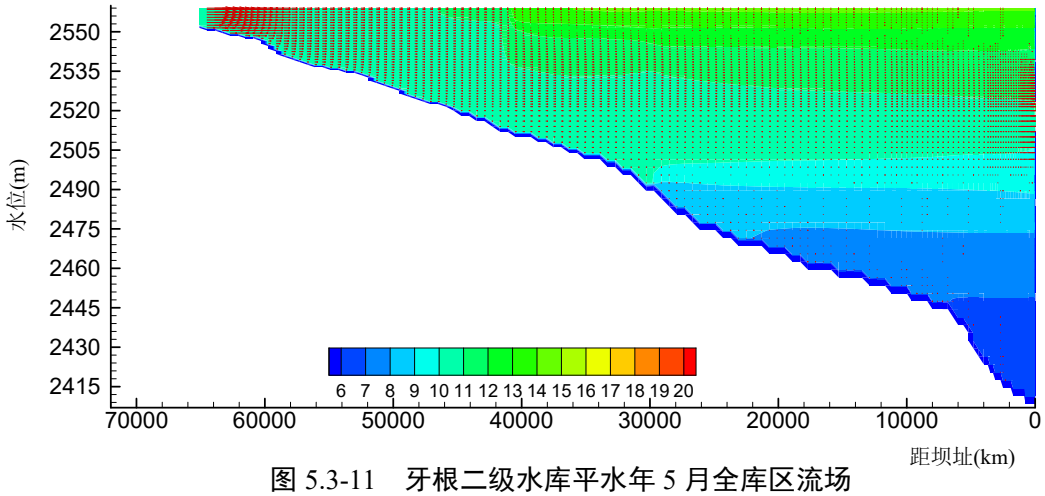


图 5.3-11　牙根二级水库平水年 5 月全库区流场

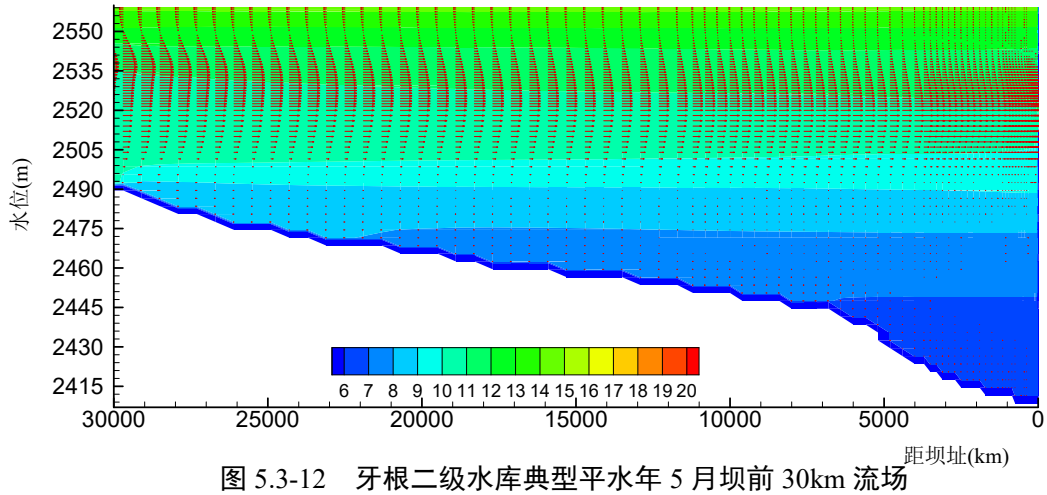


图 5.3-12　牙根二级水库典型平水年 5 月坝前 30km 流场

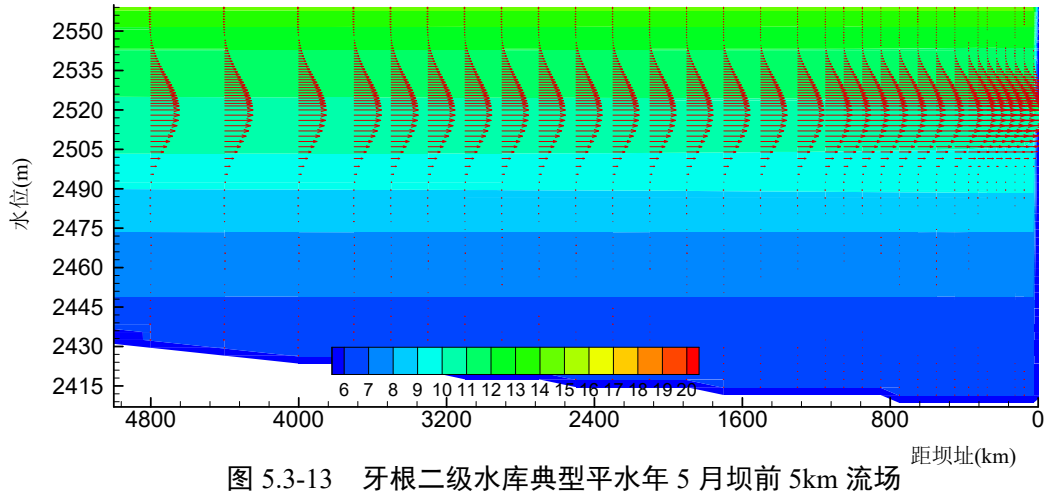


图 5.3-13　牙根二级水库典型平水年 5 月坝前 5km 流场

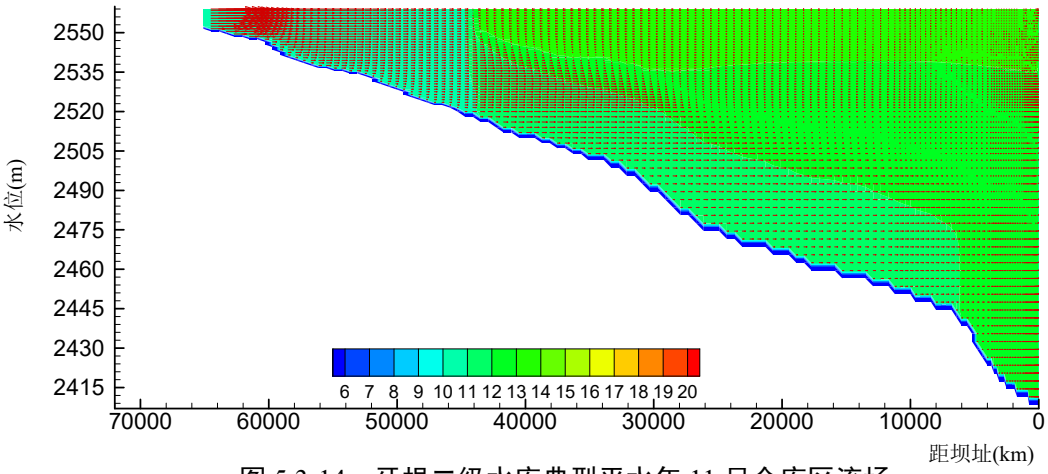


图 5.3-14　牙根二级水库典型平水年 11 月全库区流场

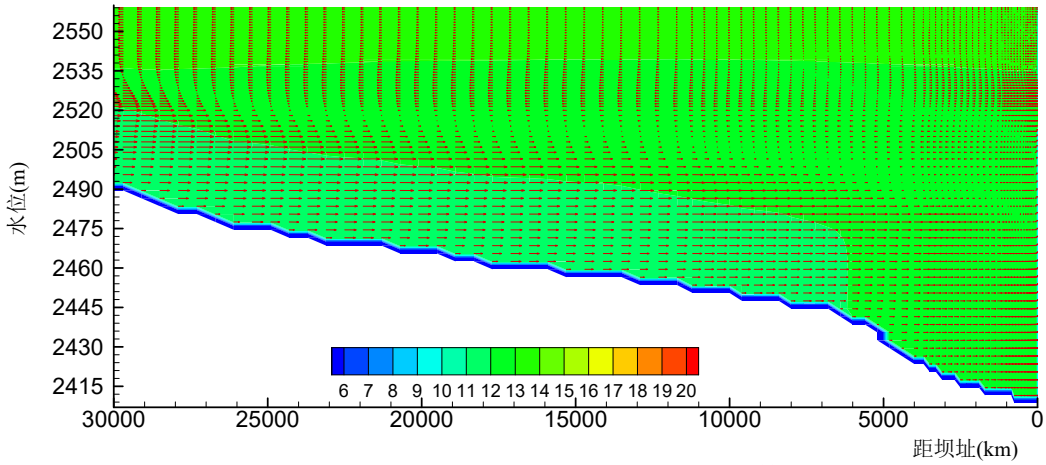


图 5.3-15　牙根二级水库典型平水年 11 月坝前 30km 流场

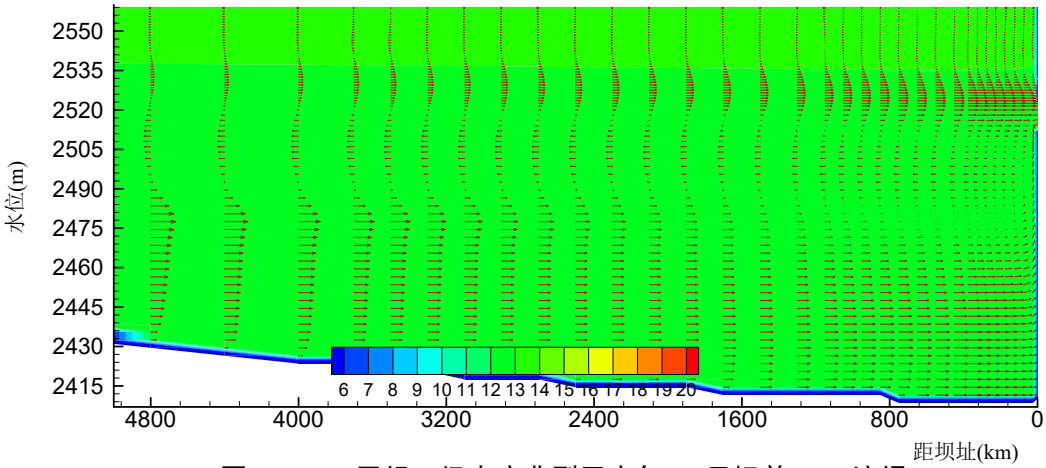


图 5.3-16　牙根二级水库典型平水年 11 月坝前 5km 流场

5.3.4.4 坝下沿程水温分布

牙根二级坝下至孟底沟库尾，在楞古梯级建成前为 33km 自然河道，沿程有产卵场等水生生物需水，有必要在牙根二级水库下泄水温预测的基础上，研究坝下河段的水温恢复情况。

牙根二级下泄水温作为研究河段的上游边界，采用纵向一维数学模型可以得到牙根二级坝下特征断面的水温变化。

同时，由于力丘河水温在多个月份均高于汇口处干流水温，力丘河入汇有利雅江干流低温水的恢复。

经计算，各代表年牙根二级坝址-孟底沟库尾的沿程水温分布计算结果见表 5.3-13~表 5.3-15，图 5.3-17~图 5.3-19。

水库下泄水温的最大低温降幅为 2.9℃(平)、2.2℃(丰)、3.0℃(枯)，最大高温升幅为 6.3℃(平)、4.5℃(丰)、7.1℃(枯)。

坝下 5.5km 力丘河汇口处，最大低温降幅缩至 2.7℃(平)、2.1℃(丰)、2.9℃(枯)、最大高温升幅缩至 5.8℃(平)、4.1℃(丰)、6.6℃(枯)。

坝下 25km 马蹄村产卵场处，最大低温降幅缩至 2.6℃(平)、2.0℃(丰)、2.9℃(枯)、最大高温升幅缩至 5.8℃(平)、4.1℃(丰)、6.6℃(枯)。

坝下 33km 孟底沟库尾处，最大低温降幅缩至 2.6℃(平)、2.0℃(丰)、2.8℃(枯)、最大高温升幅缩至 5.8℃(平)、4.1℃(丰)、6.6℃(枯)。

牙根二级坝址-孟底沟库尾沿程水温分布特征(平水年)

表 5.3-13　　单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
牙根二级坝下天然水温	1.8	4.3	7.5	11.0	13.7	15.7	16.2	16.2	14.7	11.0	5.7	2.2	10.0
建库后水温	6.2	6.4	7.2	9.0	10.8	13.9	16.3	16.5	15.5	14.0	12.0	8.5	11.4
差值	4.4	2.1	-0.3	-2.0	-2.9	-1.8	0.1	0.3	0.8	3.0	6.3	6.3	1.4
力丘河汇口天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.9	15.9	16.4	16.3	14.9	11.2	5.8	2.4	10.2
建库后水温	6.1	6.4	7.3	9.3	11.2	14.3	16.5	16.5	15.6	13.6	11.4	8.2	11.4
差值	4.1	2.0	-0.3	-1.8	-2.7	-1.6	0.1	0.2	0.7	2.4	5.6	5.8	1.2
马蹄村产卵场天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.8	15.7	16.2	16.2	14.7	11.1	5.9	2.4	10.1
建库后水温	6.1	6.3	7.4	9.3	11.2	14.2	16.3	16.4	15.4	13.4	11.4	8.2	11.3
差值	4.1	2.0	-0.3	-1.8	-2.6	-1.5	0.1	0.2	0.7	2.3	5.5	5.8	1.2
孟底沟库尾天然水温	2.0	4.3	7.7	11.1	13.8	15.7	16.1	16.2	14.6	11.1	5.9	2.4	10.1
建库后水温	6.1	6.3	7.4	9.3	11.2	14.2	16.2	16.4	15.3	13.4	11.4	8.2	11.3
差值	4.1	2.0	-0.3	-1.8	-2.6	-1.5	0.1	0.2	0.7	2.3	5.5	5.8	1.2

牙根二级坝址-孟底沟库尾沿程水温分布特征(丰水年)

表 5.3-14　　单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
牙根二级坝下天然水温	1.8	4.3	7.5	11.0	13.7	15.7	16.2	16.2	14.7	11.0	5.7	2.2	10.0
建库后水温	4.7	5.3	6.6	9.3	11.5	14.3	16.4	16.1	15.3	12.9	10.2	6.6	10.8
差值	2.9	1.0	-0.9	-1.7	-2.2	-1.4	0.2	-0.1	0.6	1.9	4.5	4.4	0.8
力丘河汇口天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.9	15.9	16.4	16.3	14.9	11.2	5.8	2.4	10.2
建库后水温	4.8	5.4	6.8	9.5	11.8	14.7	16.6	16.2	15.4	12.9	9.9	6.5	10.9
差值	2.8	1.0	-0.8	-1.6	-2.1	-1.2	0.2	-0.1	0.5	1.7	4.1	4.1	0.7
马蹄村产卵场天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.8	15.7	16.2	16.2	14.7	11.1	5.9	2.4	10.1
马蹄村产卵场	4.7	5.3	6.8	9.5	11.8	14.6	16.4	16.1	15.2	12.8	9.9	6.5	10.8
差异	2.7	1.0	-0.8	-1.6	-2.0	-1.1	0.1	-0.1	0.5	1.7	4.0	4.1	0.7
孟底沟库尾天然水温	2.0	4.3	7.7	11.1	13.8	15.7	16.1	16.2	14.6	11.1	5.9	2.4	10.1
建库后水温	4.7	5.3	6.9	9.5	11.8	14.6	16.3	16.1	15.1	12.8	9.9	6.5	10.8
差值	2.7	1.0	-0.8	-1.6	-2.0	-1.1	0.1	-0.1	0.5	1.7	4.0	4.1	0.7

牙根二级坝址-孟底沟库尾沿程水温分布特征(枯水年)

表 5.3-15　　单位：℃

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年均
牙根二级坝下天然水温	1.8	4.3	7.5	11.0	13.7	15.7	16.2	16.2	14.7	11.0	5.7	2.2	10.0
建库后水温	6.7	6.7	7.3	9.0	10.7	13.5	16.0	16.5	16.2	14.9	12.8	9.3	11.6
差值	4.9	2.4	-0.2	-2.0	-3.0	-2.2	-0.2	0.3	1.5	3.9	7.1	7.1	1.6
力丘河汇口天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.9	15.9	16.4	16.3	14.9	11.2	5.8	2.4	10.2
建库后水温	6.6	6.7	7.4	9.2	11.0	14.3	16.3	16.6	16.2	14.4	12.2	9.0	11.7
差值	4.6	2.3	-0.2	-1.9	-2.9	-1.6	-0.1	0.3	1.3	3.2	6.4	6.6	1.5
马蹄村产卵场天然水温	2.0	4.4	7.6	11.1	13.8	15.7	16.2	16.2	14.7	11.1	5.9	2.4	10.1
建库后水温	6.6	6.7	7.4	9.2	11.0	14.2	16.1	16.5	16.0	14.2	12.2	9.0	11.6
差异	4.6	2.3	-0.2	-1.9	-2.9	-1.6	-0.1	0.2	1.3	3.1	6.3	6.6	1.5
孟底沟库尾天然水温	2.0	4.3	7.7	11.1	13.8	15.7	16.1	16.2	14.6	11.1	5.9	2.4	10.1
建库后水温	6.6	6.7	7.4	9.2	11.0	14.1	16.0	16.4	15.9	14.2	12.2	9.0	11.6
差值	4.6	2.3	-0.2	-1.9	-2.8	-1.5	-0.1	0.2	1.2	3.1	6.3	6.6	1.5

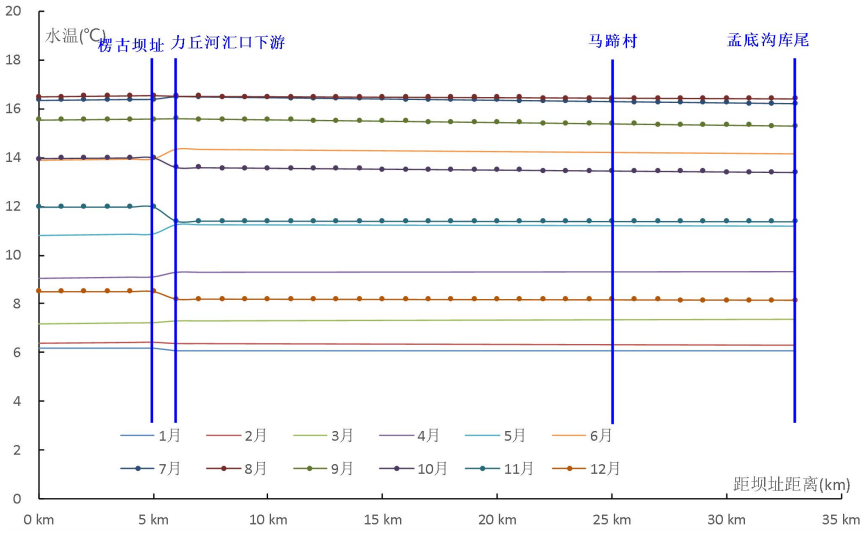


图 5.3-17　牙根二级坝下沿程水温分布(平水年)

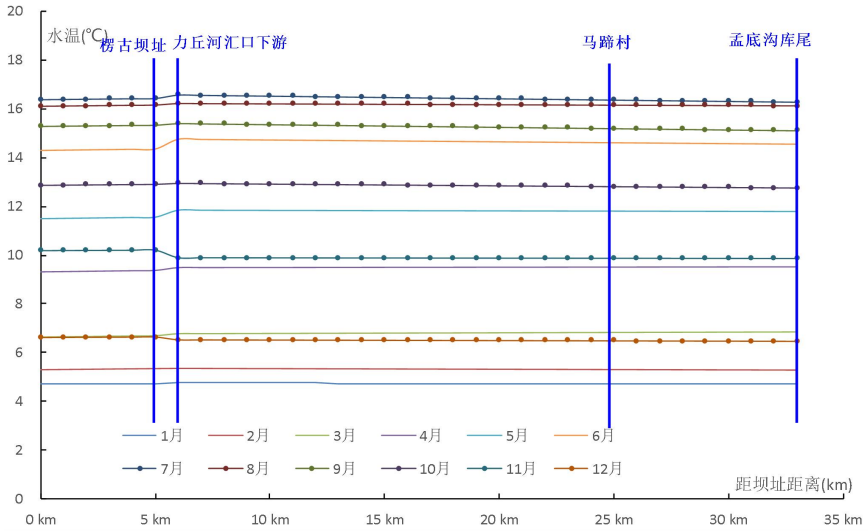


图 5.3-18　牙根二级坝下沿程水温分布(丰水年)

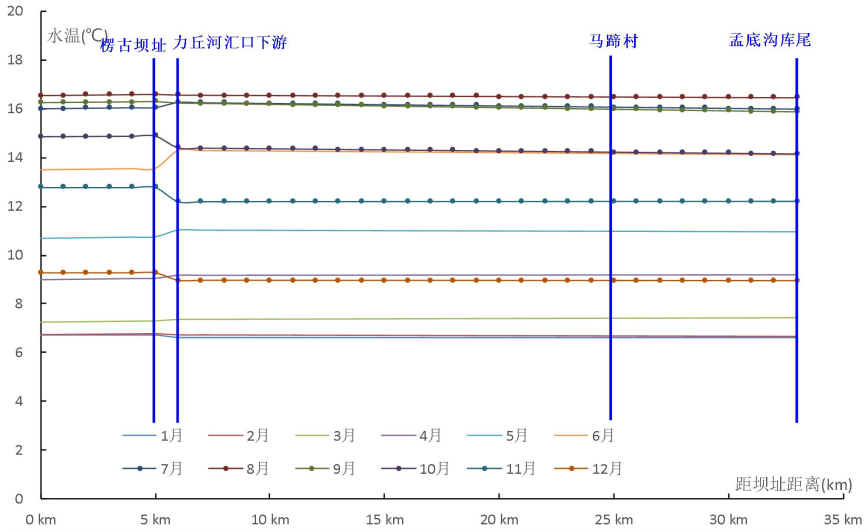


图 5.3-19　牙根二级坝下沿程水温分布(枯水年)

5.3.5 类比分析

5.3.5.1 类比对象

根据牙根二级水电站工程特点及运行调度方式，选择大渡河流域 2018 年建成的猴子岩水电站作为本项目水温预测类比对象，两个工程主要工程特性详见表 5.3-16。

总体上，猴子岩水电站在流域开发中的定位、开发方式、工程规模与牙根二级水电站相似，因此可作为牙根二级水电站水温分析类比工程。

大渡河猴子岩水电站与牙根二级水电站主要特性对比

表 5.3-16

水库	牙根二级	猴子岩	备注
所在河流	雅砻江中游	大渡河上游	
气候区	川西高原气候区	川西高原气候区	相同
降水量/mm	754(雅江)	724(丹巴)	
年均气温/℃	11.0(雅江)	14.3(丹巴)	
坝址天然水温变化范围/℃	1.8~16.2	2.8~15.6	相近
坝址天然平均水温/℃	10.0	10.0	相同
正常蓄水位/m	2560	1842	
死水位/m	2545	1837	
正常蓄水位库容/亿 m^3	9.91	6.62	
调节库容/亿 m^3	2.57	0.62(日)3.87(季)	
坝址流量/m^3/s	772	774	相近
坝址径流量(亿 m^3)	243.5	244.1	
年库水替换次数(α值)	24.9	36.9	
调节性能	日调节	季调节	
进水口底板高程/m	2513	1777	
进水口距离库底/m	115	87	
进水口距离正常水位/m	47	75	
正常水位时水深/m	160	162	相近
回水长度/km	70.2	43.9	
平均比降/‰	2.25	3.69	
平均水面宽/m	244	278.7	
平均水深/m	75	54.0	
水温结构	过渡型	过渡型	

5.3.5.2 类比对象库区水温结构

根据《四川省大渡河干流水电开发环境影响回顾性评价报告》（2025 年 10 月）中猴子岩水库水温监测成果，猴子岩水电站库区水温结构为过渡型，垂向水温分布分别见图 5.3-20~图 5.3-22，2022 年～2024 年补充监测库中断面垂向水温分布见图 5.3-23。

2017 年 6 月～2020 年 6 月猴子岩水库水温分层的开始时间发生在 3 月，2018 年水库水温分层持续至 5 月，2019 年持续至 6 月，2020 年持续至 6 月。分析原因发现，猴子岩水库 2017 年 6 月 1 日～6 月 15 日的入库日均流量为 2330.71m^3/s，而 2018 年 6 月 1 日～6 月 15 日的入库日均流量为 1282.67m^3/s，2019 年 6 月 1 日～6 月 15 日的入库日均流量为 1388.21m^3/s。高流量入库可能更容易破坏水库的温跃层，而 2018 年和 2019 年入

库流量相对较小，所以温跃层持续时间更长。因此，猴子岩水电站的水温分层持续时间的长短与入库流量的大小具有较大的关系。

由图 5.3-23 可知，2022 年 4 月、2024 年 1 月猴子岩水库库中断面水温垂向分布较均匀，温度差异小，水体表层与底层温差不超过 0.3℃，无分层现象。2023 年 10 月猴子岩水库库中断面水温分布存在一定垂向温差，底层水温为 10.6℃，库表水温为 12.1℃，水体表层与底层温差在 1.5℃，未观测到明显的分层现象。2024 年 9 月水温分布存在一定垂向温差，底层水温为 18.0℃，表层水温为 19.3℃，水体表层与底层温差在 1.3℃，无分层现象。

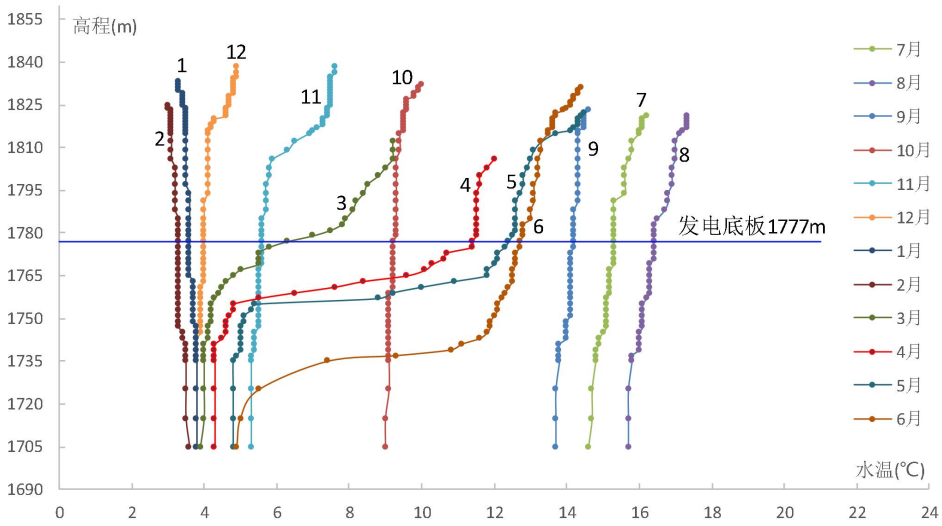


图 5.3-20　大渡河猴子岩水电站坝前垂向水温分布图（2017 年～2018 年）

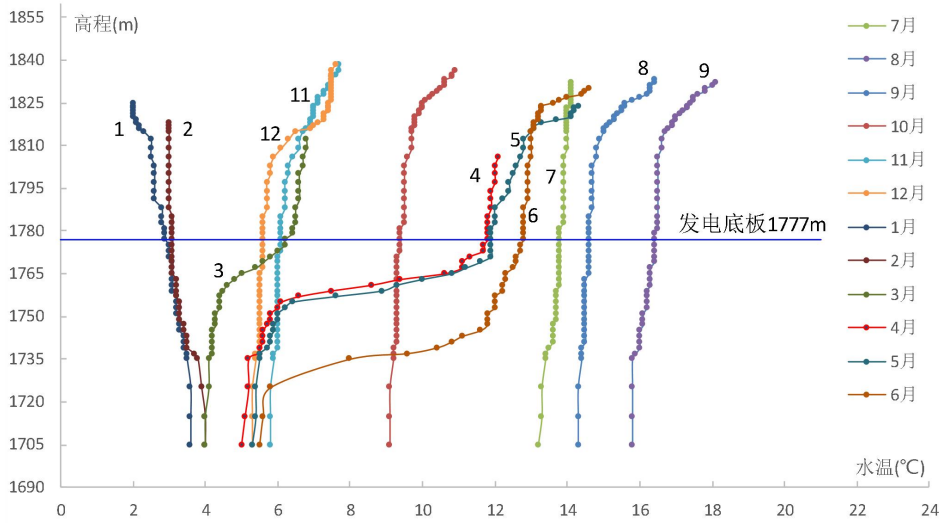


图 5.3-21　大渡河猴子岩水电站坝前垂向水温分布图（2018 年～2019 年）

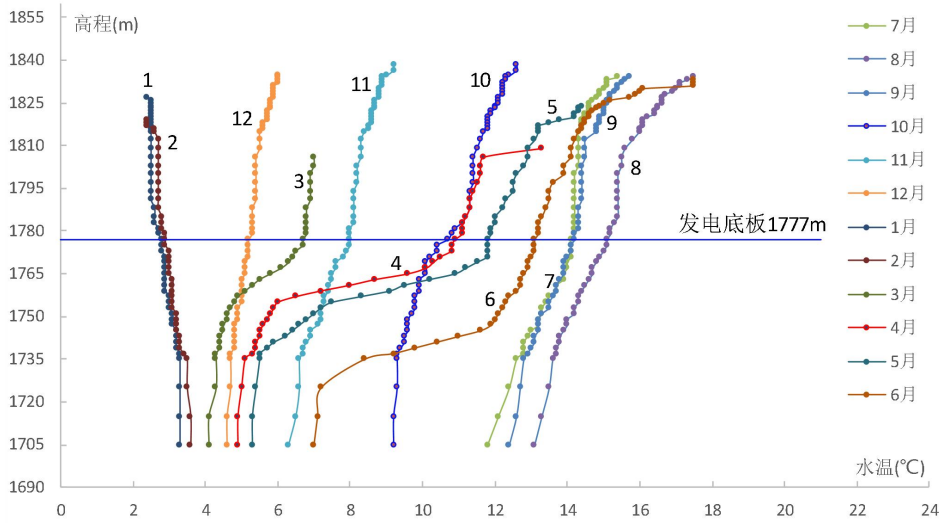


图 5.3-22　大渡河猴子岩水电站坝前垂向水温分布图（2019 年～2020 年）

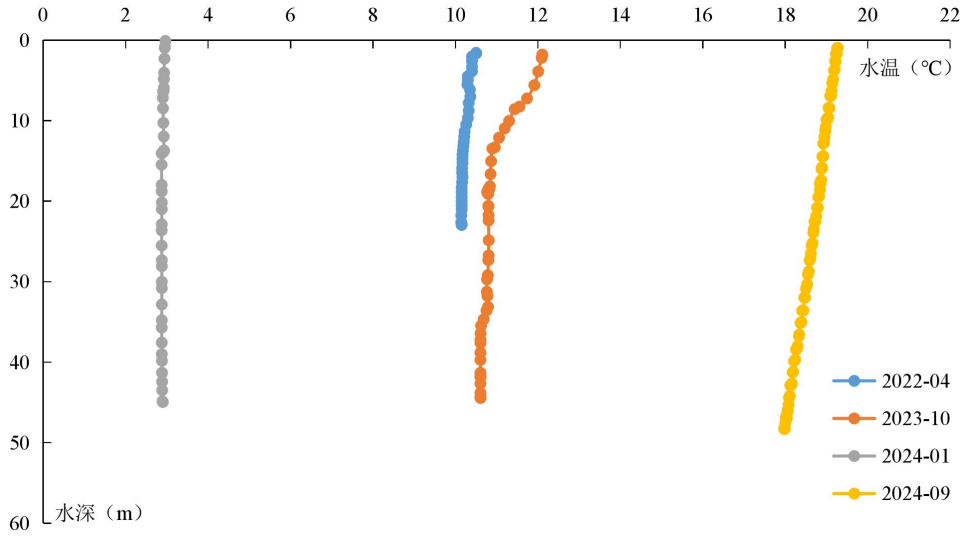


图 5.3-23　大渡河猴子岩水电站坝前垂向水温分布图（2022 年～2024 年）

5.3.5.3 类比分析结果

依据上述分析结果，牙根二级库区水温结构为过渡型，除冬季外全年均有较明显的温差。猴子岩库区水温结构亦为过渡型，但是从 7 月开始库底低温区会彻底消失，即猴子岩的分层状态较牙根二级更不稳定，遇洪水其分层即被破坏。

表层水温方面：猴子岩冬季来流水温低于 4℃，这是其 1-2 月垂向逆温分布的来源。除了 4℃以下水温的影响，其表层水温变幅约 13℃，与牙根二级的表温变幅 13℃基本一致，反映了替换次数和取水水深的综合影响：与牙根二级相比，猴子岩替换次数 36.9 次使表层水温变幅趋小、但其发电取水高程远离表层又使表层水温变幅趋大，二因素综合作用使猴子岩、牙根的表层水温变幅基本一致。

库底水温方面：猴子岩库底水温变幅约 12.5℃，牙根二级库底水温变幅约 6℃，二者有明显差异。与牙根二级相比，猴子岩替换次数 36.9 次使库底水温变幅趋大、发电取水高程靠近库底也使变幅趋大，二因素共同带来猴子岩、牙根二级库底水温稳定性的差异。

流量方面，猴子岩来流普遍较牙根二级来流更大，如猴子岩 2019 年流量为 945m³/s，年内实际替换次数为 45，比多年平均流量情景更不易分层；牙根二级上游有两河口梯级，为最下游龙头水库，受其“蓄丰补枯”的影响，牙根二级库区来流更加均化，使各月间的分层状态改变较为平缓，未出现大流量入库引起的分层全破坏现象。

综上，同为调节性能有限的水库，牙根二级水温结构与猴子岩相近；但是牙根二级发电孔口以下水深远超猴子岩，加之两河口梯级对来流的均化，共同塑造了牙根二级的过渡型水温结构。

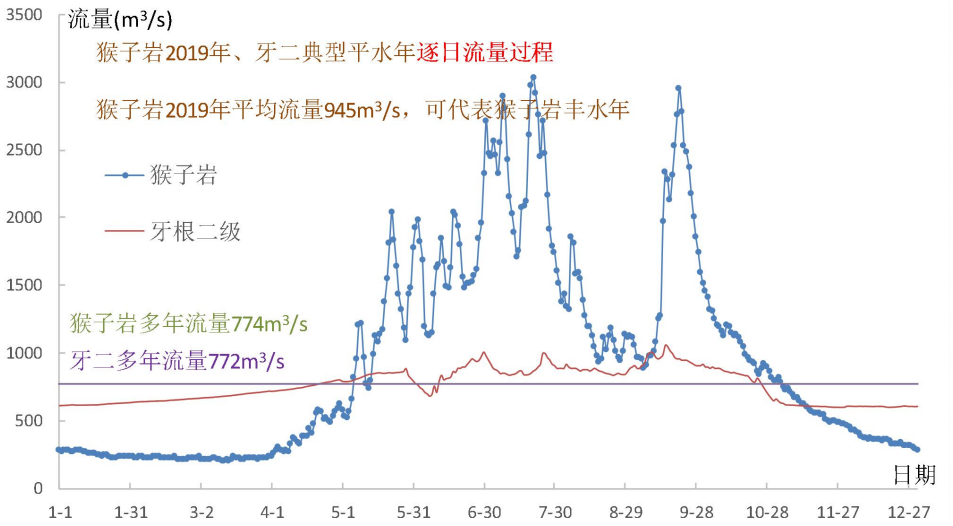


图 5.3-24　猴子岩 2019 年、牙根二级设计平水年流量过程对比

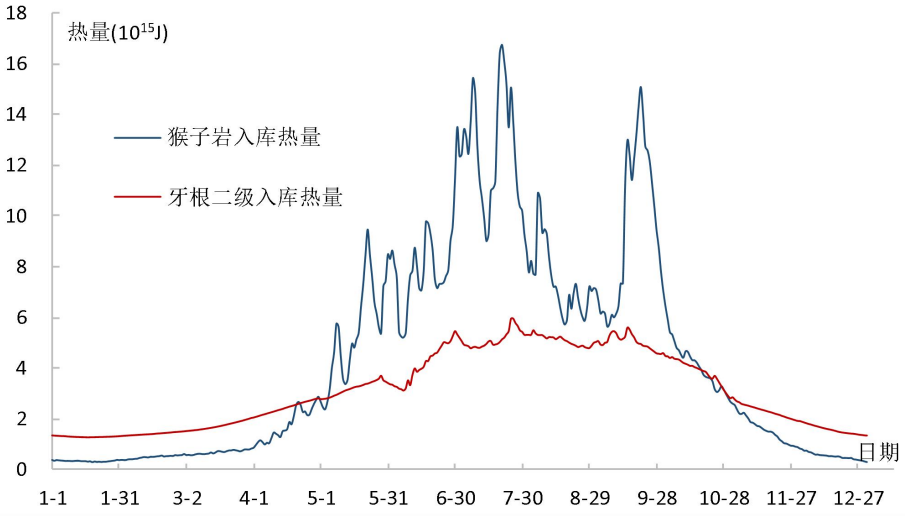


图 5.3-25　猴子岩 2019 年、牙根二级设计平水年入库热量过程对比

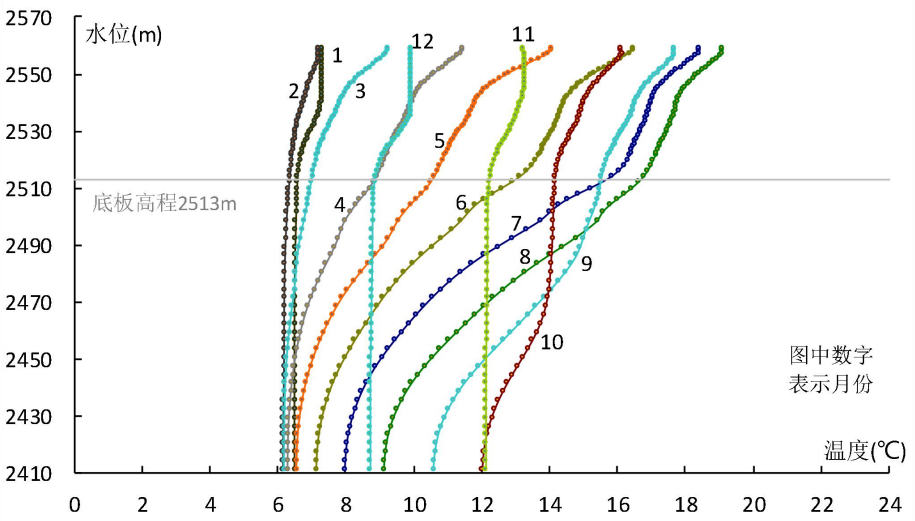


图 5.3-26　牙根二级水温结构(与两河口+牙一联合运行+设计平水年)

5.3.6 小结

根据牙根二级水库的工程特性，采用宽度平均的立面二维水温模型对牙根二级水库不同典型水文年的水库水温分布、下泄水温及其随时间的变化进行了预测，同时类比同类型电站库水温实测数据，可以得到以下结论：

(1)牙根二级水库水温结构为过渡型。在汛期 7-8 月大流量入库后库底快速升温，未形成稳定库底低温区。水库 4-9 月在垂向均存在明显温差，表层水温变幅为 5.9-19.3℃，底温变幅 4.9-12.8℃。

(2)与天然水温相比，水库对下游水温有明显影响。下泄低温水在 5 月降幅最大，最大降幅分别为 2.9℃(平)、2.2℃(丰)、3.0℃(枯)；最大升幅均在 11 月，最大升幅分别为

6.3℃(平)、4.4℃(丰)、7.0℃(枯)。

(3)与坝址现状水温相比，水库对下游水温影响有限。牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响带来，在联合运行时对低温降幅的贡献最大不超过 1.0℃(平)、1.1℃(丰)、1.3℃(枯)，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃(平)、1.5℃(丰)、2.1℃(枯)。

5.4 地表水水质影响预测与评价

5.4.1 水库蓄水初期对水质的影响

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、沼气池等一般污染源进行清理和消毒，林木进行砍伐并清理外运，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，从而对库区水质造成一定影响。但由于库区范围无工业污染源分布，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。

5.4.2 运行期对水质的影响

5.4.2.1 污染源预测分析

(1)库周及上游污染源

牙根二级库尾以上有雅江县河口镇（雅江县城）、呷拉镇，库区沿岸依次分布有米龙乡、麻郎措镇、八衣绒乡。除雅江县河口镇以外，其他集镇人口少，生活污水以散排为主，污染负荷不大。

河口镇已建设 2 座污水处理厂，分别为雅江县城市生活污水处理厂、雅江县东城区污水处理站，其中雅江县城市生活污水处理厂建成处理规模 1500m^3/d，采用“预处理+A^2O+紫外线消毒”处理工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 B 标要求后排放至东侧雅砻江。雅江县东城区污水处理站建成处理规模 500m^3/d，采用“预处理+AO+MBR+紫外线消毒”工艺，出水水质达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标要求后排放至西侧雅砻江。

根据《水污染防治行动计划四川省工作方案》《水污染防治行动计划甘孜州实施方案》《甘孜州雅砻江流域污染防治暨达标方案》，为确保水环境质量持续为优，积极推动

优良水体保护，雅江县将进一步加强城乡生活污染处理设施建设、农业农村面源污染消减等工作。推动雅江县城市生活污水处理厂提标改造，出水标准由一级 B 提升为一级 A 标准；推进农村“厕所革命”，因地制宜推广农村卫生改厕模式，加强农村生产生活面源污染治理；深入推进化肥、农药零增长行动，推广测土配方施肥技术、鼓励增施有机肥；加强防治畜禽养殖污染，推广生态养殖模式，推进畜禽粪污资源化利用，加大畜禽粪污资源化利用和病死畜禽无害化处理力度。同时，工程建设后，通过移民安置点建设，新增加了成套污水处理设备等污水处理及回用设备，库周生活污水处理及综合利用率得到大幅提高。

综上可见，牙根二级水库建成后，库周及上游污染负荷不会发生显著变化，随着各项工程措施及移民安置点污水处理措施的实施，污染负荷将呈下降趋势。

(2)电站污染源

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，业主营地生活污水沿用施工期成套污水处理设备进行处理，沿用施工期回用设施，确保废水不外排。

5.4.2.2 库区水质预测分析

牙根二级水电站工程所在雅砻江中游干流河段水量大、本底水质好，规划库区的库周及上游人口少，居民生活污水及生活垃圾产生量小。河段植被多以河谷灌丛为主，耕地少，化肥、农药施用量也相应较小，氮、磷等营养元素输入量有限。根据污染源预测结果分析，牙根二级水电站建成后运行期，库区及库尾以上污染负荷产生量和入河量较现状还将有下降趋势。同时，牙根二级水库为日调节水库，库水交换较频繁，加之工程区气温较低，大大限制了藻类的生长繁殖。由此可见，牙根二级水库建成后，库区水质不会发生显著变化。

5.4.2.3 库尾排污口水质影响

雅江县已建两座污水处理厂排口位于雅砻江干流城南大桥断面附近，即规划库区的库尾段。根据水文情势预测成果，成库后库尾段流速略有降低，可能会影响污水处理厂出水污染物稀释和降解，故本次评价中拟对库尾雅江县城市生活污水处理厂、雅江县东城区污水处理站出水口及所在河段采用平面二维水质数学模型(考虑横向扩散)进行预测。

(1)预测模型

采用丹华水利技术有限公司开发的 MIKE21 模型（二维水动力模型和对流扩散模

块），对牙根二级库尾河段建立二维水动力学、水质预测数学模型，模拟计算牙根二级建成后库尾段两个污水处理厂排污口对库尾段水质的影响。平面二维数学模型由水动力学方程与水质方程组成。

1)连续方程

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0 \qquad (5.4\text{-}1)$$

2)动量方程

$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial x}(\nu_e\frac{\partial u}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\nu_e\frac{\partial u}{\partial y}) \qquad (5.4\text{-}2)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial}{\partial x}(\nu_e\frac{\partial v}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\nu_e\frac{\partial v}{\partial y}) \qquad (5.4\text{-}3)$$

式中：u、v——纵向和横向流速，m/s；

p——压力，Pa；

ρ——水体密度，kg/m^3；

ν_e——综合扩散系数，m^2/s，$\nu_e=\nu+\nu_t$，其中 ν 是分子粘性系数(m^2/s)，ν_t 为紊动涡粘系数(m^2/s)。

采用 $k\sim\varepsilon$紊流模型模拟紊动涡粘系数，紊流模型方程组为：

k 方程：

$$u\frac{\partial k}{\partial x}+v\frac{\partial k}{\partial y}=-\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\nu_t}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial x}\right]-\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\nu_t}{\sigma_k}\frac{\partial k}{\partial y}\right]+2\nu_t(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x})\frac{\partial u}{\partial y}-\varepsilon \qquad (5.4\text{-}4)$$

ε方程：

$$u\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}+v\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{\nu_t}{\sigma_\varepsilon}\frac{\partial \varepsilon}{\partial y}\right]+2\nu_t C_{\varepsilon 1}\frac{\varepsilon}{k}(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x})\frac{\partial u}{\partial y}-C_{\varepsilon 2}\frac{\varepsilon^2}{k} \qquad (5.4\text{-}5)$$

$$\nu_t=C_\mu\frac{k^2}{\varepsilon} \qquad (5.4\text{-}6)$$

水质浓度方程为：

$$u\frac{\partial C}{\partial x}+v\frac{\partial C}{\partial y}=\frac{\partial}{\partial x}(\frac{\nu_t}{\sigma_C}\frac{\partial C}{\partial x})+\frac{\partial}{\partial y}(\frac{\nu_t}{\sigma_C}\frac{\partial C}{\partial y})+S_\phi \qquad (5.4\text{-}7)$$

式中：k——紊动动能，m^2/s^2；

ε——紊动动能的耗散率，m^2/s^3；

σ_k、σ_ε——分别为紊动动能和紊动耗散率的普朗特数，一般取 1.0 和 1.3；

C_μ、$C_{1\varepsilon}$、$C_{2\varepsilon}$——模型常数，取值分别为 0.09、1.44、1.92；

c ——水质浓度，mg/L；

σ_C ——水质要素的普朗特数；

S_φ——源汇项，通常是由于水体生化作用导致污染物的降解量。

(2)计算区域网格划分

采用三角形网格划分计算区域，对库尾上游王呷河汇口至下游麻子石沟汇口约共 10km 河段进行建模，共 27256 个节点，网格数量 51730 个，排口位置坐标分别为（404641.4,3322600.867）和（404677.851,3323487.81）。

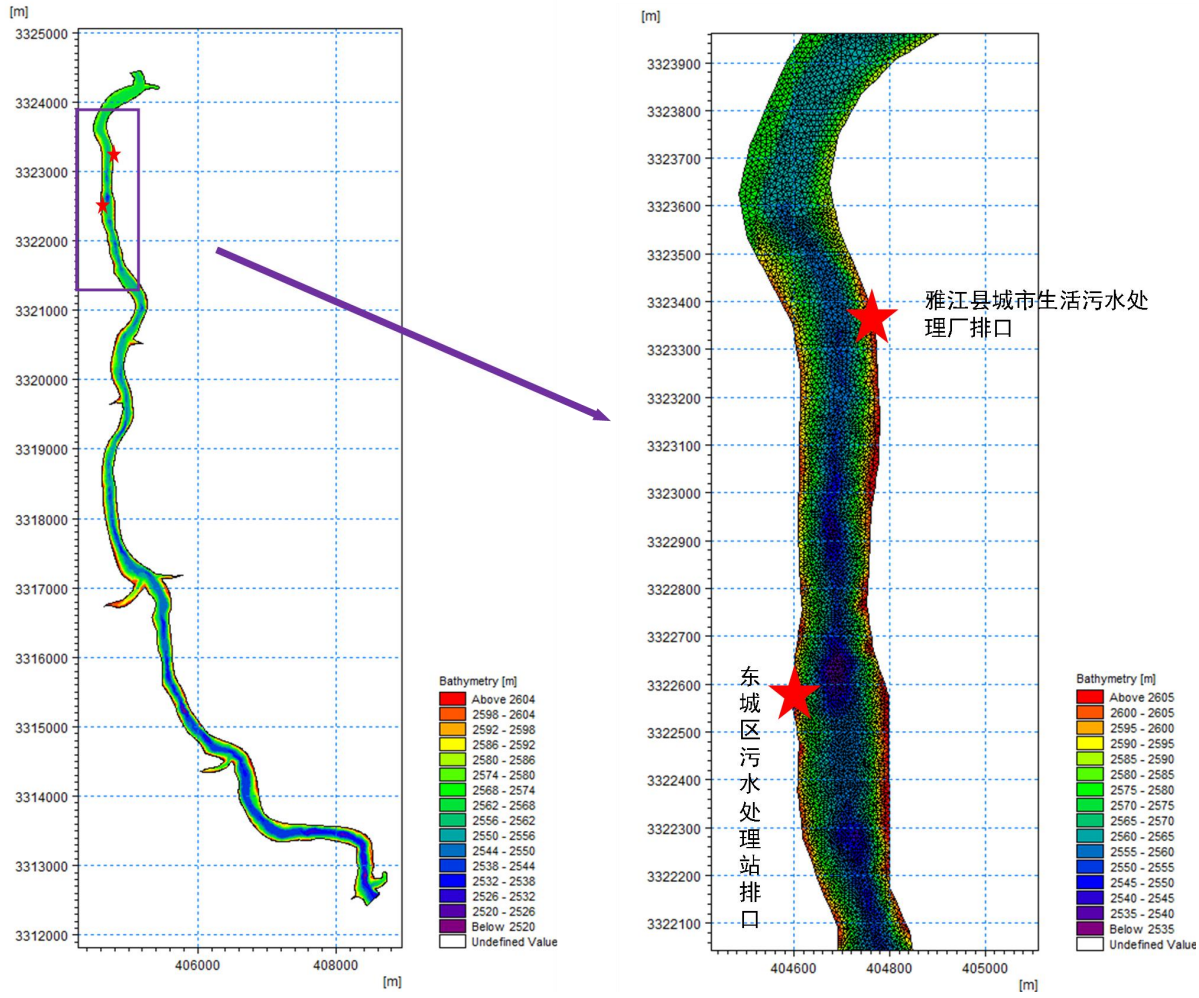


图 5.4-1　计算区域及网格划分

(3)预测因子与预测边界

通过对现状水质和特征污染物的分析，选择 COD、氨氮作为预测因子。

1)水文条件

枯水期河道流量小，考虑最不利情况，设计流量选取两河口调蓄后枯水年最小月均流量 371m^3/s。

2)本底水质

本次补充水质监测在库尾城南大桥处设有一处水质现状监测断面，在本次评价预测中按照最不利情况，取该断面水质实测数据最差值，即本底 COD 取 8.0mg/L，氨氮取 0.36mg/L。

3)污染源边界

库尾两座已建污水处理厂分别为雅江县城市生活污水处理厂和雅江县东城区污水处理站，预测年规模分别为 1500m^3/d 和 500m^3/d。现状年和预测年东区污水处理站出水水质目标均为达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 后排放，现状年雅江县城市生活污水处理厂出水水质目标为一级 B，在相关规划中对其的提标改造行动后，预测年出水水质提标至一级 A。

因此，本次预测中两个污水处理厂排口出水水质均按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准计算，即 COD 取 50mg/L，氨氮取 5.0mg/L。

(4)模型计算参数

参考已建三峡水库库区污染物综合衰减系数公式研究成果，确定本项目污染物 K 值：

$$K_{\mathrm{COD}} = (0.015 + 0.197 i^{-0.599} \frac{u}{h}) \cdot 1.047^{T-20} \qquad (5.4\text{-}8)$$

$$K_{\mathrm{NH3\text{-}N}} = 0.94(0.015 + 0.197 i^{-0.599} \frac{u}{h}) \cdot 1.083^{T-20} \qquad (5.4\text{-}9)$$

式中：I —河道比降， m/km；

u —河道平均流速，m/s；

h —平均水深，m；

T —平均水温，t。

经计算，本工程库区 K_{COD} 取 0.96 d^{-1}，$K_{氨氮}$ 取 0.08 d^{-1}。

(5)计算结果

1)库尾流速分布

通过模型计算预测，在预测设置的枯水年最枯月（两河口调蓄后）来流情景下，库尾段流速分布见下图。

由于雅砻江本身天然流量大，且经上游有多年调节能力的龙头水库两河口蓄丰补枯

作用调节后，在较为不利的枯水年最枯月来流情景下，来流流量仍能达到 371m³/s。通过流速、流场预测结果可以看出，预测的库尾段中泓线流速在 0.45~1.44 m/s 之间，处于整体流速较高的状态。

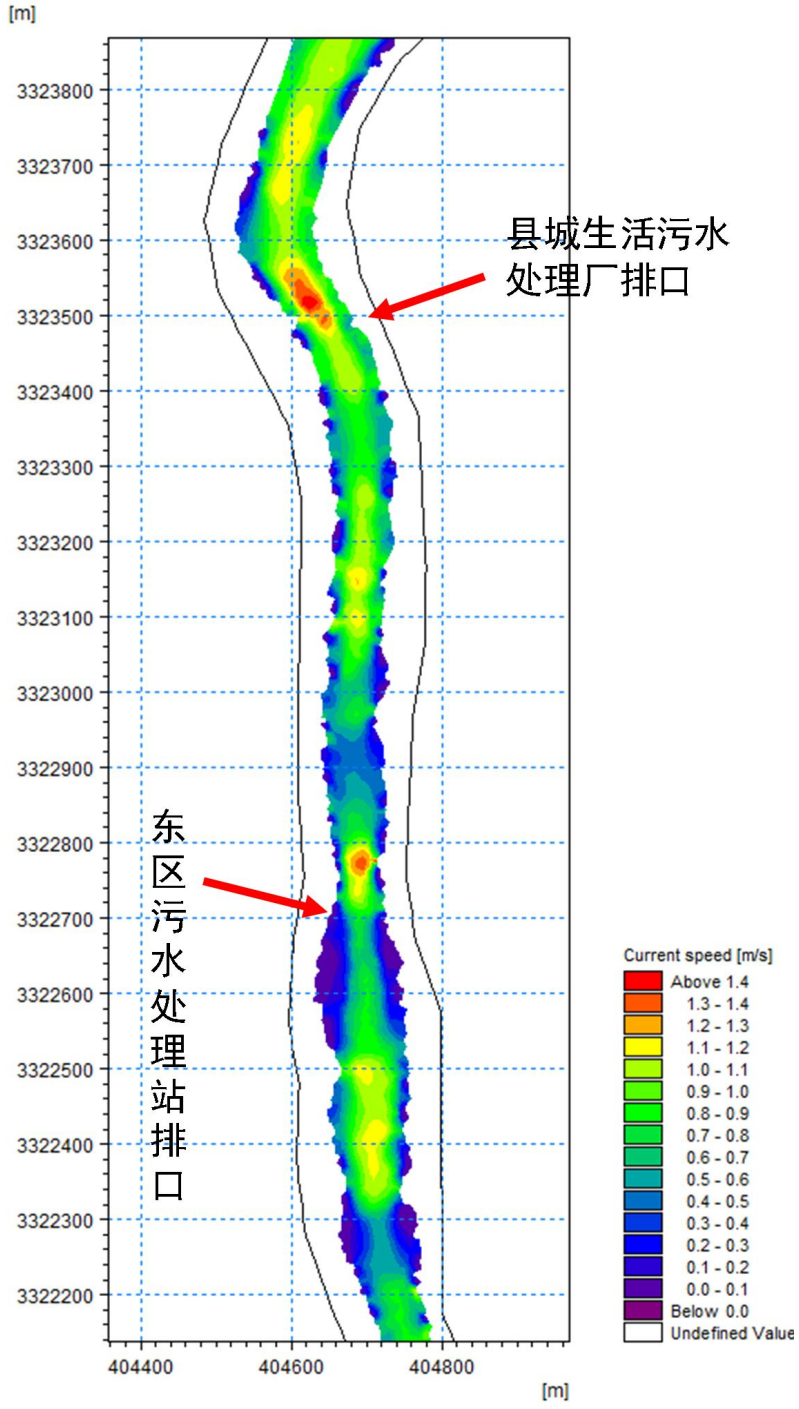


图 5.4-2　预测情景下库尾流速分布

2)排污口对水质影响

根据上述模型及边界条件，库尾段 COD、氨氮浓度预测结果见下图。由于本底流

量大、流速高、水质好，两个排口处理后出水排放量和河流本底的污径比分别为 1:21824 和 1：63966，因此两个排污口污染物入河后，随即快速扩散、混合。通过预测结果可以看出，两个污水处理厂排口污染物入河前段和入河后段 COD 和氨氮浓度均能保持Ⅱ类水质目标值，COD 浓度在 7.0~9.0 mg/L 范围内，氨氮浓度在 0.24~0.25 mg/L 范围内。该河段两个排口污染物入河后造成的 COD 和氨氮浓度增加量很小，COD 浓度增加不超过 0.1mg/L，氨氮浓度增加值不超过 0.02mg/L，基本不影响水质。

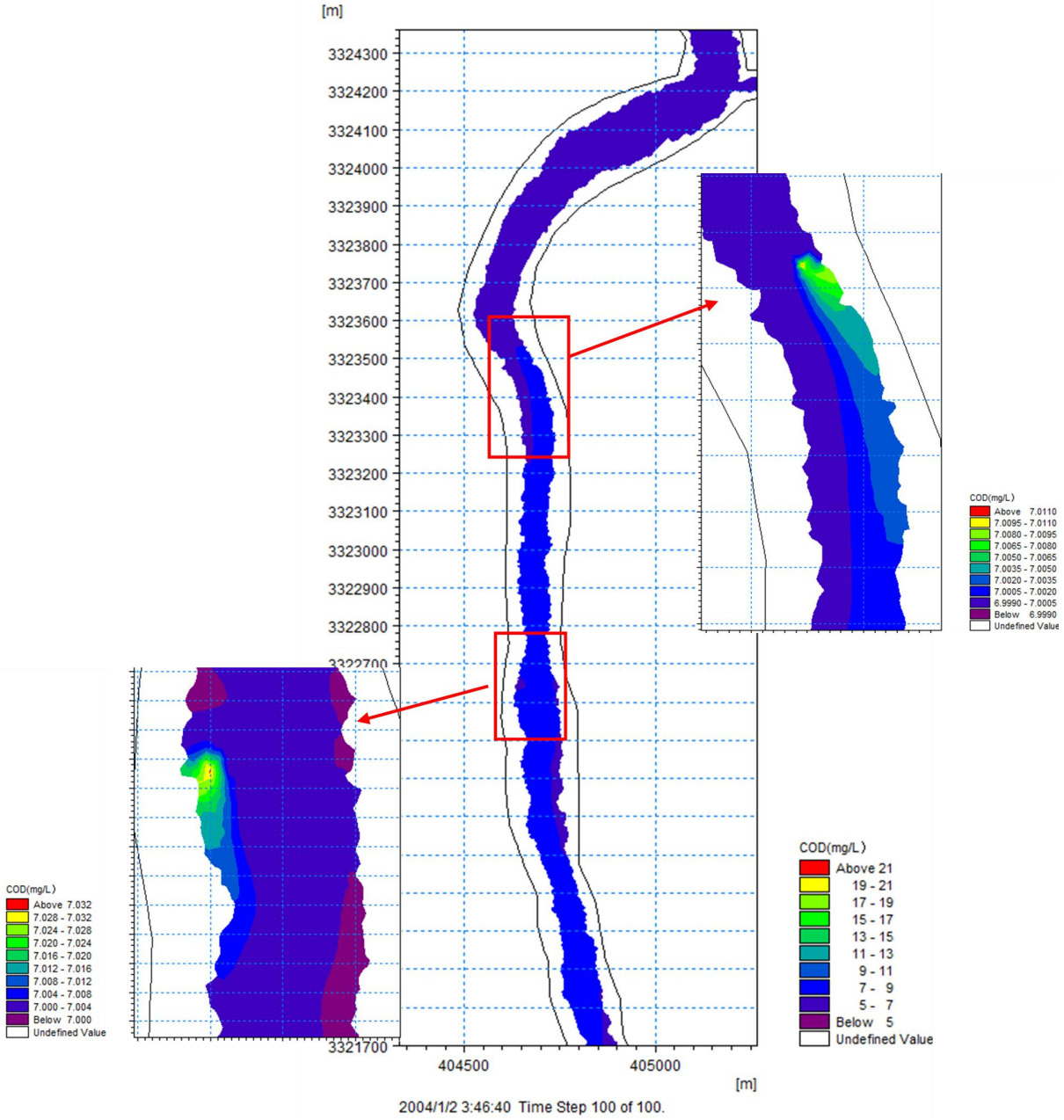


图 5.4-3　COD 浓度分布图

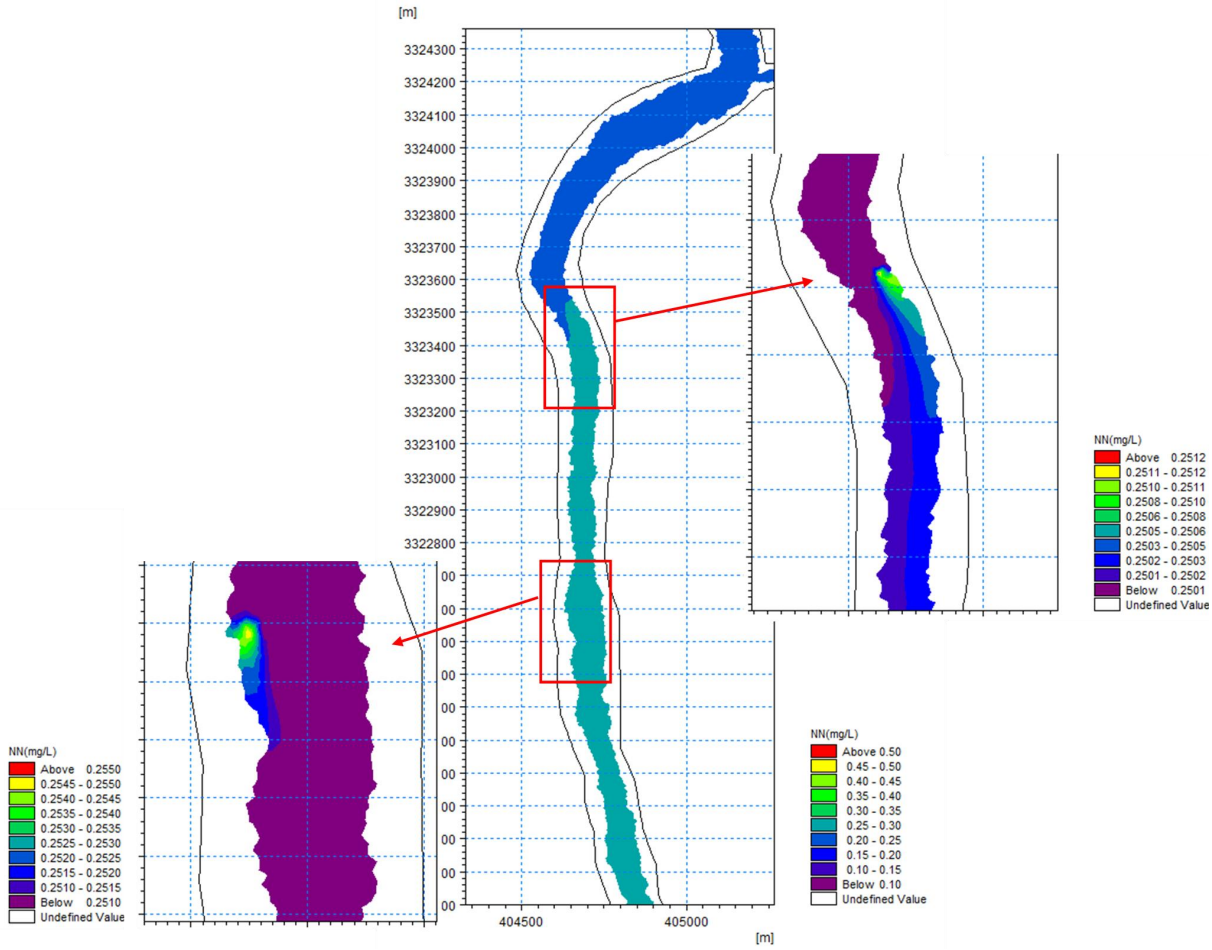


图 5.4-4　氨氮浓度分布图

5.4.2.4 库区水体富营养化趋势分析

(1)预测模型

采用狄龙(Dillon)模型对水库水体中的高锰酸盐指数、总磷、总氮进行预测。其模型为：

$$P=\frac{L(1-R)}{Hq} \qquad (5.4\text{-}10)$$

式中：L－入库面积负荷浓度，g/(m²•a)

H－水库平均水深，m；

q－水力冲刷率；

R－滞留系数。

在狄龙(Dillon)模型中有 L、R、H、q 四个参数需要确定。

面积负荷总磷(总氮)浓度 L：根据 $L=Q_{in}P_{in}/A$ 计算，入流流量按多年平均流量取值(m³/s)；P_{in}为输入水库的总磷、总氮浓度(mg/l)，A 为水库表面积(m²)；

滞留系数 R：根据 Dillon 和 Kirchner 的分析，滞留系数 R 与面积负荷 q_s 密切相关，滞留系数 R 的计算公式如下：

$$R=0.426\exp(-0.271q_s)+0.574\exp(-0.0094q_s) \qquad (5.4\text{-}11)$$

式中： $q_s=Q/A$(Q 为年出库水量)

水库平均水深 H：根据各月水库运行水位，计算对应的水库库容面积曲线后得到。

水力冲刷系数 q：$q=Q_{in}/V$，V 为水库库容。

(2)预测结果

本次补充水质监测在牙根二级规划坝址处设有一处水质现状监测断面，在本次评价预测中按照最不利情况，取该断面总磷、总氮现状监测最差值作为水质现状值。采用狄龙模型对建库后库区总磷、总氮进行预测，库区营养物现状值和预测值见下表。

牙根二级水库坝址处水质现状及预测值

表 5.4-1

情景	总磷(mg/L)	总氮(mg/L)	高锰酸盐指数（mg/L）
现状	0.04	0.89	1.37
预测	0.03	0.67	1.29

(3)富营养化评价模型及评价结果

根据《水电工程环境影响评价规范》(NB/T 10347-2019)及《水电工程水生生态调查与评价技术规范》(NB/T 10079-2018)附录 C 中对湖泊、水库富营养状况评价的方法，湖库营养状态评价采用综合营养指数法[TLI(Σ)]，具体步骤如下。

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，TLI(Σ)＜30，为贫营养；30≤TLI(Σ)≤50，为中营养；TLI(Σ)＞50，为富营养；50＜TLI(Σ)≤60，为轻度富营养；60＜TLI(Σ)≤70，为中度富营养；TLI(Σ)＞70，为重度富营养。

综合营养状态指数计算公式如下：

$$\mathrm{TLI}(\Sigma)=\sum_{j=1}^{m}W_j\ TLI(j) \qquad (5.4\text{-}12)$$

式中：$TLI(\Sigma)$——综合营养状态指数；

Wj——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，其中：

TLI(chla)=10(2.5+1.086lnchla)

TLI(TP)=10(9.436+1.624lnTP)

$$TLI(TN)=10(5.453+1.694\ln TN)$$

$$TLI(SD)=10(5.118-1.94\ln SD)$$

$$TLI(COD_{Mn})=10(0.109+2.661\ln COD_{Mn})$$

以 chla 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：

$$W_j=\frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^{m} r_{ij}^2} \qquad (5.4\text{-}13)$$

式中：r_{ij} ——第 j 种参数与基准参数的相关系数；

m——评价参数的个数。

其中中国湖泊(水库)的的 chla 与其他参数之间的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 见下表。

中国湖泊(水库)部分参数与 chla 的相关关系 r_{ij} 及 r_{ij}^2 值

表 5.4-2

参数	chla	TP	TN	SD	COD_{Mn}
r_{ij}	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
r_{ij}^2	1	0.7056	0.6724	0.6889	0.6889

基于对库区营养物总磷、总氮和高锰酸盐指数实测值，对牙根二级建库后富营养化趋势进行预测。经过计算得到牙根二级成库后库区富营养化指数 TLI(Σ)=30.9，属中营养状态。同时，牙根二级水电站位于高原地区，较低的水温制约了藻类生物的繁殖，因此建库后运行期发生富营养化的可能性较低。

5.5 地下水环境影响预测与评价

牙根二级水电站对地下水环境的影响主要表现为导流洞、交通洞、地下厂房等地下工程建设造成区域地下水流场或水位的变化以及库区两岸的浸没影响，评价范围内无集中式饮用水源地、地下水水资源保护区等地下水环境敏感对象，地下水环境影响预测评价的重点为工程施工及水库蓄水对区域地下水水位和水量的影响。

5.5.1 施工期地下水环境影响

牙根二级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的影响。下文结合地下工程水文地质条件，利用达西定律计算涌水量，分析施工期对地下水的影响。

牙根二级水电站主体工程施工期修建的主要地下工程包括压力管道和地下厂房系统(包括主、副厂房、主变室、交通洞、附属洞室)尾水调压室、1#尾水隧洞、2#尾水隧

洞、1#导流洞、2#导流洞。

上述地下工程均在坝区两岸附近布置，其水文地质条件基本相同。牙根二级水电站各地下工程及其水文地质基本情况详见下表。

牙根二级水电站地下工程水文地质条件统计表

表 5.5-1

工程项目		水平埋深(m)	垂直埋深(m)	地层岩性	地下水情况
输水建筑物	压力管道	0~650	60~500	斑状花岗岩夹砂岩捕虏体	渗滴水
发电建筑物	地下厂房系统	320~570	300~500	黑云母花岗岩夹斑状花岗岩	渗滴水
	尾水调压室	530~550	450~630	黑云母花岗岩夹斑状花岗岩	渗滴水
	尾水隧洞	0~530	20~500	斑状花岗岩夹砂岩捕虏体	渗滴水
施工导流建筑物	导流洞	120~150	150~250	斑状花岗岩夹砂岩捕虏体/变质砂岩夹伟晶花岗岩	渗滴水

本工程以达西定律为计算公式，以各拟建地下洞室与导流洞面积比，推算各洞室在施工期间的透水量。

$$Q=K\times I\times A \qquad (5.5\text{-}1)$$

式中：K —— 渗透系数，依据压水试验成果之间经验公式推算；

I —— 水力梯度，依据坝址区长观孔观测资料，为 0.2～0.4；

A —— 地下洞室面积，m^2。

计算成果见下表。

地下洞室开挖渗漏量计算成果

表 5.5-2

相关参数取值 / 地下洞室	K(m/d)	I	A(m^2)	Q(m^3/d)
1#~4#压力管道	2.13×10^{-2}	0.3	39191.5	250.4
地下厂房系统			8040.76	51.3
尾水调压室			3375	21.5
1#~2#尾水隧洞			20463.9	130.7
1#~2#导流洞			35130	224.4

由计算结果可看出，单个地下工程施工涌水量为 21.5～250.4m^3/d，地下水排水规模小。根据坝区长观孔在汛期和枯水期的常观资料可推测，地下洞室开挖对地下水的影响半径约 200～300m，影响范围不大。

导流洞进出口高程与现河床高程和地下水排泄基准面高程基本接近，洞径相对较小，导流洞施工可能导致局部地下水水位的降低，但总体上不会改变地下水的补给、径流、排泄条件。

天然状态下，隧洞大多位于岸坡浅表地下水位以上，其下部位于地下水位以下洞段施工中，可能导致局部地下水位的降低，对地下水影响较小，总体上不会改变地下水的补给、径流、排泄条件。水库蓄水后，地下水位随着库水位的升高而升高，引水隧洞全部位于水位以下，不会对地下水产生影响。

5.5.2 运行期地下水环境影响

5.5.2.1 对库区地下水的影响分析

牙根二级水库蓄水后，对库区地下水的影响主要表现在水库渗漏和浸没影响 2 个方面。

(1)水库渗漏

牙根二级库区规模较大的支沟主要有左岸的茨玛绒沟和右岸的恶古沟，其余冲(支)沟规模小、延伸短、切割浅。这些冲(支)沟普遍谷坡陡峻且坡降大，谷间相对高差一般在 500m 以上，侵蚀基准面均高于雅砻江干流的侵蚀基准面。水库区为典型的高山峡谷型水库，库周高山环抱，岸坡陡峻，基岩裸露，分水岭高大雄厚，无低矮邻谷。从地形地貌特征分析，水库地形封闭条件良好，不具备向邻谷产生渗漏的地形条件。

库区岩性以一套三叠系上统浅变质砂岩、板岩为主，岩性透水性微弱。岩性致密坚硬，岩体完整性好，具弱—微透水性。根据库区地层岩性条件分析，蓄水后不存在库水产生渗漏的岩性条件。

牙根二级库区位于“雅江—九龙”菱形断块的南端之祝桑弧形构造内部，除褶皱构造外，库内无区域性或菱形断块边界断裂等导水性深大断裂带通过，受构造破坏强度相对较弱，规模较大、可能与库水存在直接联系的断层有米龙—木灰断层、唐岗断层、茨玛绒断层、恶古断层等 4 条断层，其中，米龙—木灰断层距离正常蓄水位超过 3km，产生渗漏的可能性极小，唐岗断层、茨玛绒断层、恶古断层均与库岸斜交，延伸不长，终止于两岸雄厚山体，且具压扭性质，透水性弱。因此，水库蓄水后不存在沿断层破碎带产生渗漏的问题。

综上所述，牙根二级水电站库区封闭条件较好，不存在库水向外渗漏的可能性。

(2)浸没影响

库区不存在永久性渗漏问题，所以不存在邻谷浸没，只在库区范围内局部存在水库浸没问题。水库蓄水后，会引起库周地下水位壅高，对位于正常蓄水位附近的第四系松散堆积层，特别是洪积扇、冰水堆积和阶地等平缓台地，且表层主要为细粒物质组成时，地下水位壅高后可能产生浸没问题。牙根二级水电站正常蓄水位为 2560m，水库蓄水后，主库鲁柯村、库绒巴村和麻日河村附近、主库右岸一级支流霍曲河内 2km～5km 范围库

周存在水库浸没的条件，但总体上各处浸没区坡地含水不丰，地下水位较低平，主要接受大气降水、农业灌溉用水补给，浸没范围不大，浸没问题不突出。

5.5.2.2 对坝下区域地下水的影响分析

牙根二级水电站建成运行后，受两河口水库运行调度影响，坝下河段径流将发生变化。根据工程区域地下水的补排关系来看，雅砻江为地下水的最终排泄面，因此雅砻江水位变化将对该区域地下水水位造成一定影响。由于牙根二级水库日调节运行，坝下河段年均流量和水位不会发生变化，再加上坝下区域地下水主要受降水补给，因此从年度平均水位来看，基本不会发生变化。

5.5.2.3 对地下水利用影响分析

据现场调查，牙根二级工程区两岸居民生活用水绝大部分取自支沟水，仅库区的米龙乡水源和恶古乡水源是由地表水和地下孔隙水出露共同组成。根据移民安置规划，米龙乡集镇搬迁后配套建设供水设施，不再取用地下水；恶古乡暂无搬迁计划，水电站建成后预计继续使用目前水源。恶古乡地下水水源出露点为2625m，根据区位关系分析，牙根二级水库建成后，恶古乡水源地下泉水出露点仍高于雅砻江水位，因此牙根二级水库蓄水后不会对其造成影响。

5.5.3 小结

综上，牙根二级水电站地下洞室施工对区域地下水影响较小，部分地下工程可能产生涌水，但涌水量规模很小，因此在采取相关减缓措施的情况下对地下水水位和水量的影响较小。工程区地表植被依赖降水而非地下水，即使发生涌水的情况下，对顶部植被影响也较小。运行期库区不存在向邻谷渗漏的可能性，沿断层或断层影响带集中渗漏的可能性不大。水库蓄水后库区浸没主要发生在库绒巴沟、霍曲河，影响对象为部分居民点、耕地等，影响总体较小。

5.6 坝下溶解气体过饱和影响分析

5.6.1 过饱和 TDG 预测数学模型

5.6.1.1 生成预测模型

(1)模型方程

预测模型采用四川大学根据机理实验，以及国内二滩、紫坪铺等多个 TDG 过饱和的原型观测和理论分析，建立的高坝下游过饱和 TDG 的生成预测模型。近年来，在此

模型基础上深入开展了高坝挑流泄水的空中水舌破碎、水垫塘内水体滞留时间及其对气体过饱和生成作用的机理研究，进一步丰富和完善的高坝挑流泄水过饱和 TDG 生成预测方法。选用此模型作为本报告中过饱和 TDG 生成预测模型。

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。

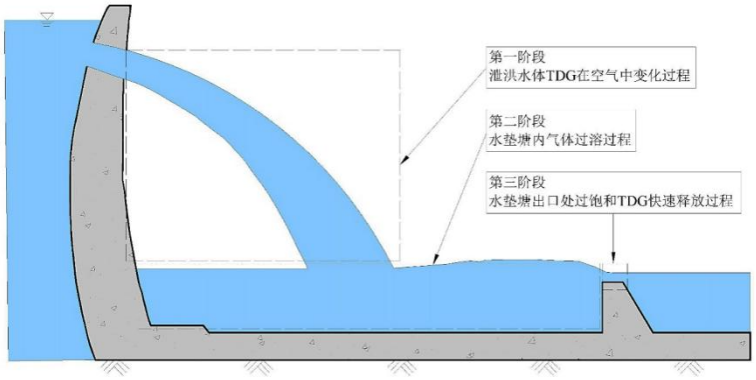


图 5.6-1　水垫塘过饱和 TDG 生成示意图

天然条件下，来流 TDG 饱和度假定为 100%，因此本次环评 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。

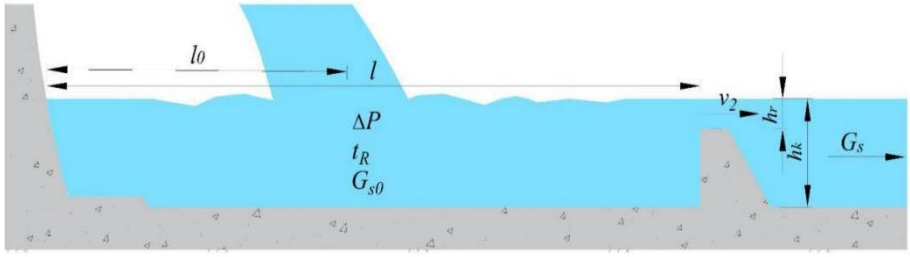


图 5.6-2　水垫塘内 TDG 生成过程涉及变量示意图

过饱和 TDG 生成预测模型如下：

$$\begin{cases} G_s = G_{s0} - 0.91\cdot(G_{s0} - G_{eq})\cdot\exp\left[-0.03(\dfrac{h_r}{v_2})\right] \\ G_{s0} = 100\left\{1 + \dfrac{\Delta P}{P_0}\left[1 - \exp\left(-0.08 t_R\right)\right]\right\} \\ t_R = 27.73\lambda^{0.49}\left(\dfrac{h_k}{g}\right)^{0.5}\left(\dfrac{l_0}{l}\right)^{-1.82} \end{cases} \quad (5.6\text{-}1)$$

式中，

G_s 为水垫塘下游 TDG 饱和度（%）；

G_{s0} 为水垫塘内部生成的 TDG 饱和度（%）；

G_{eq} 为对应当地大气压的 TDG 平衡饱和度，取值为 100%；

h_r 为水垫塘下游水深（m）；

v_2 为水垫塘下游断面平均流速（m/s）；

ΔP 为水垫塘内平均压力（kPa）；

P_0 为当地大气压（kPa）；

t_R 水体在水垫塘内部滞留时间（s）；

λ为水垫塘出口断面无量纲数，可由$\lambda = cot\beta\frac{v_2}{\sqrt{gh_k}}$计算而得，$\beta$为射流入水角度；

h_k 为水垫塘水垫厚度（m）；

l_0 为泄洪水流的挑距（m）；

l 为泄洪建筑物出坎到水垫塘底部距离（m）；

采用水力学经验公式对消力池/水垫塘内相关水力学参数进行计算：

$$\Delta P = \varphi_P \frac{\left(\Delta P_S L + H_{to}\Delta P_{\max} + \frac{1}{2}(L - H_{to})\Delta P_{\max}\right)}{L} \quad (5.6\text{-}2)$$

$$\Delta P_{\max} = (0.95\sin^2\beta + 0.175)\frac{q^{\frac{2}{3}}H^{\frac{1}{3}}}{g^{\frac{1}{3}}H_b^{\frac{1}{3}}}\gamma \quad (5.6\text{-}3)$$

式中：

ΔP 为水垫塘底板承受的总压力（m）；

φ_p 为压强系数；

ΔP_s 为水垫塘底板承受的静水压力（m）；

L 为水垫塘的长度（m）；

H_{to} 为水舌入水厚度（m）；

ΔP_{max} 为水垫塘底板承受的最大动水压强（m）；

sinβ为水舌入水角的正弦值；

q 为出坎单宽流量（m^3·s-1）；

H 为上下游水位差（m）；

g 为重力加速度（$m·s^{-2}$）；

H_b 为消力池中水深（m）；

γ为水的容重（$N·m^{-3}$）。

(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 5.6-1 和图 5.6-3。

过饱和 TDG 模型验证结果表

表 5.6-1

编号	电站名称	泄洪建筑物	观测时间	泄洪流量 (m^3/s)	发电流量 (m^3/s)	坝下饱和度 观测值(%)	坝下饱和度 计算值(%)	计算值-观测值 (%)
1	紫坪铺(a)	溢洪道	2006.12	210	0	131	133.2	2.2
2	紫坪铺(b)	泄洪洞	2006.12	170	0	107.3	114.5	7.3
3	二滩(a)	中孔	2008.07	2054	1815	123.3	127	3.7
4	二滩(b)	中孔	2008.07	2026	1732	122.8	126.1	3.3
5	漫湾	泄洪洞	2008.07	880	2034	121	118	-3
6	龚嘴(a)	表孔	2009.08	2576	1590	139.9	135.8	-4.1
7	龚嘴(b)	表孔	2009.08	2699	1580	134.9	133.7	-1.2
8	铜街子(a)	表孔	2009.07	725	2160	139.1	145.2	6.1
9	铜街子(b)	表孔	2009.07	560	2060	150	149.2	-0.8
10	铜街子(c)	表孔	2009.08	629	2060	138.9	138.2	0.7
11	大岗山(a)	泄洪洞	2016.09	1160	1148	117	116.5	-0.5
12	大岗山(b)	泄洪洞	2016.09	416	1224	115	113.3	-1.7
13	大岗山(c)	泄洪洞	2016.09	2390	312	123	122.5	-0.5
14	大岗山(d)	深孔	2017.09	2640	864	141.5	140.5	-1
15	溪洛渡	深孔	2018.08	5414	7503	125	124.1	-0.9
16	乌东德(a)	中孔	2020.08	4951	0	131.8	133.2	1.4
17	乌东德(b)	中孔	2020.08	5066	0	135.3	133.2	-2.1
18	乌东德(c)	表孔	2021.09	5120	8070	125.5	125.2	-0.3
19	藏木	表孔	2021.09	3750	700	151	149	-2
20	玛尔档	表孔	2024.04	545	100	117	115	-2

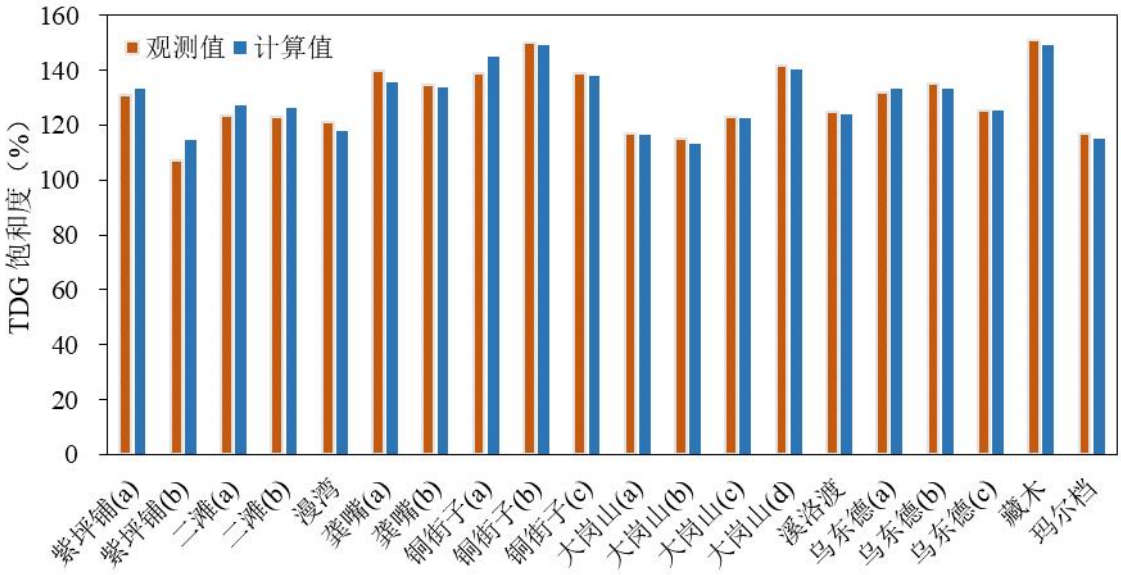


图 5.6-3　TDG 饱和度计算与实测结果对比图

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 20 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，可以用于对牙根二级水库坝下 TDG 过饱和的预测。

5.6.1.2 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：

$$i\mathrm{d}s=\mathrm{d}h+(\alpha+\xi)\mathrm{d}(\frac{v^2}{2g})+\frac{Q^2}{K^2}\mathrm{d}s \qquad (5.6\text{-}4)$$

$$K=\frac{1}{\mathrm{n}}R^{\frac{2}{3}}A \qquad (5.6\text{-}5)$$

式中：

i：河道底坡；

s：河道长（m）；

Q：断面流量（m^3/s）；

V：断面平均流速（m/s）；

A：过水断面面积（m^2）；

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：

$$\frac{\partial(G-G_{\mathrm{eq}})}{\partial t}+u\frac{\partial(G-G_{\mathrm{eq}})}{\partial x}=-k_{\mathrm{TDG}}(G-G_{\mathrm{eq}}) \quad （5.6-6）$$

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}），一般采用类比工程原型观测资料。

根据四川大学对国内多个高坝工程过饱和 TDG 释放过程的原型观测研究对传质系数 k_{TDG} 的估算公式修正如下：

$$k_{\mathrm{TDG}}=\sqrt{\frac{\varphi_{\mathrm{TDG}}u}{H}} \quad （5.6-7）$$

式中，φ_{TDG} 为考虑分子扩散、紊动扩散作用等的综合系数，量纲为[s^{-1}]，可由原型观测资料率定得到。

本报告预测中综合系数φ_{TDG}参考四川大学对雅砻江原型观测到的综合系数，依据牙根二级下游河段断面的过水面积，修正得到本报告中采用的过饱和 TDG 综合系数，为 $7.4\times10^{-10}s^{-1}$。

5.6.1.3 水流交汇区过饱和 TDG 混合模型

泄水产生的过饱和 TDG 在下游河道的输移释放过程中伴随支流或发电尾水的汇入，采用流量加权混合模型考虑支流/发电尾水的汇入影响，即：

$$G=\frac{G_{\mathrm{m}}Q_{\mathrm{m}}+\alpha G_{\mathrm{b}}Q_{\mathrm{b}}}{Q_{\mathrm{m}}+\alpha Q_{\mathrm{b}}} \qquad (5.6\text{-}8)$$

式中，

G：水流混合后的 TDG 饱和度（%）；

Q_{m}、Q_{b}：干流与支流/尾水流量（m^3/s）；

G_{m}、G_{b}：混合前干流与支流/尾水的 TDG 饱和度（%）；

α：掺混系数，干流与支流/尾水在横向上达到均匀混合需一定距离，预测中可根据支流/尾水与干流交汇情况确定系数，取值范围为$0 \le \alpha \le 1$。

5.6.2 过饱和 TDG 预测工况

牙根二级水电站枢纽建筑物为坝高 210m 的混凝土双曲拱坝，泄洪设施采用坝身 4 表孔+3 深孔。表孔及深孔泄水建筑物可单独或联合运行，在不同水位下表孔、深孔及二者同时开启的泄流能力计算成果见表 5.6-2。设计洪水位 2561.22m 时，满足泄放 1000 年一遇设计洪水 8200m^3/s 的要求；校核洪水位 2562.06m 时，满足泄放 5000 年一遇校核洪水 8650m^3/s 的要求。

坝身孔口泄洪能力

表 5.6-2

上游水位（m）	表孔单孔泄量（m^3/s）	4 孔表孔泄流量（m^3/s）	深孔单孔泄量（m^3/s）	3 孔深泄流量（m^3/s）	总泄流量（m^3/s）
2562.06	1200.26	4801.03	1283.86	3851.59	8652.62
2562	1192.52	4770.08	1283.43	3850.29	8620.37
2561.22	1092.73	4370.91	1277.76	3833.28	8204.19
2561	1065.26	4261.05	1276.16	3828.47	8089.52
2560	943.59	3774.35	1268.84	3806.53	7580.89
2559	827.75	3311	1261.49	3784.47	7095.47
2558	716.5	2866.01	1254.09	3762.27	6628.28
2557	611.55	2446.21	1246.65	3739.94	6186.15
2556	513.3	2053.21	1239.16	3717.48	5770.69
2555	422.14	1688.56	1231.63	3694.88	5383.44
2554	338.43	1353.73	1224.05	3672.14	5025.87
2553	262.55	1050.18	1216.42	3649.26	4699.44
2552	199.73	798.9	1208.75	3626.24	4425.14

上游水位（m）	表孔单孔泄量（m^3/s）	4 孔表孔泄流量（m^3/s）	深孔单孔泄量（m^3/s）	3 孔深泄流量（m^3/s）	总泄流量（m^3/s）
2551	142.91	571.65	1201.02	3603.07	4174.71
2550	92.82	371.3	1193.25	3579.75	3951.04
2549	50.53	202.11	1185.42	3556.27	3758.38
2548	17.86	71.46	1177.55	3532.64	3604.1

考虑到上游两河口水电站对洪水的调蓄能力，只考虑 5 年一遇及以下的常遇洪水工况。山区河流洪水具有尖瘦型特征，从不利角度考虑，采用洪峰流量作为对应洪水条件的预测流量，并以恒定流开展不同泄水工况对下游河段的过饱和 TDG 影响。根据牙根二级电站泄水建筑物泄水流量分配情况拟定过饱和气体预测工况详见下表。

牙根二级水电站过饱和 TDG 预测工况统计表

表 5.6-3

工况	泄水情景	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）	备注
			总出库	表孔	深孔	机组			
1	单独泄水	50%	3250	1331	0	1919	2 表+全机	2559	2#、3#表孔局开
2		50%	3250	1331	0	1919	4 表+全机	2559	1#~4#表孔局开
3		20%	4180	999.5	1261.5	1919	2 表+1 深+全机	2559	2#、3#表孔局开，2#深孔局开
4		20%	4180	2261	0	1919	4 表+全机	2559	1~4#表孔局开
5	联合泄水	50%	3250	1331	0	1919	2 表+全机	2559	2#、3#表孔局开
6		50%	3250	1331	0	1919	4 表+全机	2559	1#~4#表孔局开
7		20%	4180	999.5	1261.5	1919	2 表+1 深+全机	2559	2#、3#表孔局开，2#深孔局开
8		20%	4180	2261	0	1919	4 表+全机	2559	1~4#表孔局开

5.6.3 过饱和 TDG 生成预测

5.6.3.1 坝前过饱和 TDG 确定

(1)单独泄水

不考虑上游梯级的泄水影响时，牙根二级单独运行工况下坝前过饱和 TDG 水平假定为 100%，因此预测中牙根二级单独运行时发电尾水过饱和 TDG 水平按 100%计。

(2)联合泄水

联合泄水时，两河口电站泄洪生成的 TDG 会输运至下游河道或库区。2022 年，建设单位组织开展了当年两河口水电站溶解性气体监测工作，监测结果显示，当出库流量为 1600~1760m^3/s，泄洪流量为 718~1040 m^3/s 时，两河口坝下 5km 的 TDG 饱和度实测

值最大为 124%，坝下 70kmTDG 饱和度实测值约为 110%，推测在该流量条件下牙根二级电站（距离两河口 100km 左右）入库 TDG 饱和度会低于 110%，但该监测时段的出库流量远低于牙根二级坝址处常遇洪水流量，参考意义不大。综合考虑实测和预测结果，类比雅砻江锦屏一级等电站泄洪期间坝下河段的 TDG 释放规律，推测常遇洪水情况下两河口电站泄洪时会使牙根二级坝前水体 TDG 饱和度上升至 120%。因此在考虑牙根二级与两河口电站联合泄洪时过饱和 TDG 水平按 120%计。

5.6.3.2 预测结果

牙根二级水电站单独运行和联合泄水运行下，坝下 TDG 饱和度预测结果见表 5.6-4。

牙根二级水电站过饱和 TDG 生成预测结果表

表 5.6-4

工况	洪水频率	泄洪建筑物及机组开启情况	泄水	发电	坝下生成 TDG 饱和度(%)	发电尾水 TDG 饱和度(%)	出库 TDG 饱和度(%)
			流量(m^3/s)	流量(m^3/s)			
1	50%	2 表+全机	1331	1919	140.5	100	116.6
2	50%	4 表+全机	1331	1919	138.2	100	115.6
3	20%	2 表+1 深+全机	2261	1919	143.7	100	123.6
4	20%	4 表+全机	2261	1919	145	100	124.3
5	50%	2 表+全机	1331	1919	140.5	120	128.4
6	50%	4 表+全机	1331	1919	138.2	120	127.5
7	20%	2 表+1 深+全机	999.5	1919	143.7	120	128.1
8	20%	4 表+全机	2261	1919	145	120	133.5

预测结果显示，牙根二级水电站单独泄水运行情景下，工况 1(两年一遇、2 表孔+机组满发)坝下生成 TDG 饱和度为 140.5%；工况 2(两年一遇、4 表孔+机组满发)坝下生成 TDG 饱和度为 138.2%；工况 3(五年一遇、2 表孔+1 深孔+机组满发)坝下生成 TDG 饱和度为 143.7%；工况 4(五年一遇、4 表孔+机组满发)坝下生成 TDG 饱和度为 145%；总体上，过饱和 TDG 生成整体随泄水流量的增大而增大。

对比工况 1 和工况 2 的 TDG 生成情况，全部采用表孔泄水时，在流量相当的情况下，多孔分散泄水生成的过饱和 TDG 要更低。对比工况 1 和工况 4 的 TDG 生成情况，泄水流量越大使单宽流量增大且水垫塘内和二道坝上水位不同程度增大，坝下水体承压增加且二道坝上快速释放效率降低，从而使最终生成的 TDG 饱和度增大。

不考虑上游来水影响时，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，尾水的掺混使得工况 1~工况 4 出

库 TDG 饱和度分别降低了 23.9%、22.6%、20.1%、20.7%，其中两年一遇洪水情况下(工况 1、工况 2)出库 TDG 饱和度处于无风险饱和度水平以内(120%以下)。

联合泄水的 4 种工况坝下 TDG 饱和度生成规律与单独泄水基本一致，受两河口电站泄洪影响，牙根二级库区来流及发电尾水 TDG 饱和度升高，相应的稀释作用降低，导致出库 TDG 饱和度相比牙根二级水电站单独泄水工况有所增加。

5.6.4 过饱和 TDG 释放分析

5.6.4.1 预测工况

预测工况和 5.6.3 章节工况一致。

5.6.4.2 计算边界条件

上游流量边界条件采用对应工况牙根二级水电站的出库流量（泄洪流量+发电流量），来流水体 TDG 水平为各泄洪工况下泄水与发电尾水混合后的 TDG 饱和度，即出库水流的 TDG 饱和度，见上表 5.6-4。牙根二级坝址下游 5km 处有力丘河汇入，支流饱和度考虑为 100%，支流汇入后干流的 TDG 饱和度采用干支流流量加权平均得到。力丘河汇入流量与牙根二级泄水流量在洪水频率上保持一致。即在牙根二级水电站泄流两年一遇洪水时，力丘河汇入流量同为两年一遇洪水流量水平，其洪峰流量 600m^3/s；在牙根二级水电站泄流五年一遇洪水时，力丘河汇入流量同为五年一遇洪水流量水平，采用洪峰流量 824m^3/s。

5.6.4.3 计算结果

本次环评根据牙根二级坝址至孟底沟库尾实测大断面地形资料，建立纵向一维恒定流模型，对牙根二级坝址至孟底沟库尾 33km 的河段过饱和 TDG 输移释放过程开展预测。计算出 5.6.2 节中 8 种工况下过饱和 TDG 沿程变化结果，计算边界条件考虑了坝下力丘河的汇入，计算结果详见表 5.6-5 和图 5.6-4。

牙根二级坝址下游河道过饱和 TDG 输移释放预测结果表

表 5.6-5

断面	距坝址距离(km)	TDG 饱和度(%)								备注
		单独运行				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	工况 8	
		2 表+全机(P=50%)	4 表＋全机(P=50%)	2 表+1 深+全机(P=20%)	4 表+全机(P=20%)	2 表+全机(P=50%)	4 表＋全机(P=50%)	2 表+1 深+全机(P=20%)	4 表+全机(P=20%)	
1	0	116.6	115.6	123.6	124.3	128.4	127.5	128.1	133.5	牙根二级坝址
2	1	116.5	115.5	123.5	124.3	128.2	127.3	128.0	133.3	
3	3	116.4	115.4	123.3	124.2	128.1	127.2	127.8	133.1	
4	5	116.2	115.2	123.1	123.9	127.7	126.8	127.5	132.8	楞古闸址
5	5.4	116.1	115.1	122.9	123.7	127.5	126.6	127.3	132.5	
6	5.6	113.5	112.7	118.2	118.8	123.1	122.4	121.7	125.9	力丘河汇口
7	7	113.4	112.6	118.1	118.7	123.0	122.3	121.6	125.8	力丘河产卵场上边界
8	7.3	113.4	112.6	118.1	118.7	123	122.3	121.6	125.8	力丘河产卵场下边界
9	14	113.1	112.3	117.7	118.2	122.3	121.6	121.1	125.1	
10	20	112.4	111.7	116.9	117.4	121.2	120.6	120.1	124.0	
11	25	112.3	111.6	116.8	117.3	121.1	120.4	120.0	123.9	
12	25.2	112.3	111.6	116.8	117.3	121.1	120.4	120	123.9	马蹄村产卵场上边界
13	26	112.3	111.5	116.7	117.2	121.0	120.3	119.9	123.7	
14	26.5	112.2	111.5	116.6	117.1	120.9	120.2	119.8	123.6	马蹄村产卵场下边界
15	28	112.1	111.4	116.5	117.0	120.7	120.1	119.7	123.5	
16	31	112.0	111.2	116.3	116.8	120.5	119.8	119.4	123.2	楞古厂址
17	32	111.9	111.2	116.3	116.7	120.4	119.7	119.4	123.1	
18	34	111.7	111.1	116.2	116.6	120.3	119.6	119.2	123.0	

注：表中所有工况中发电均为满发。

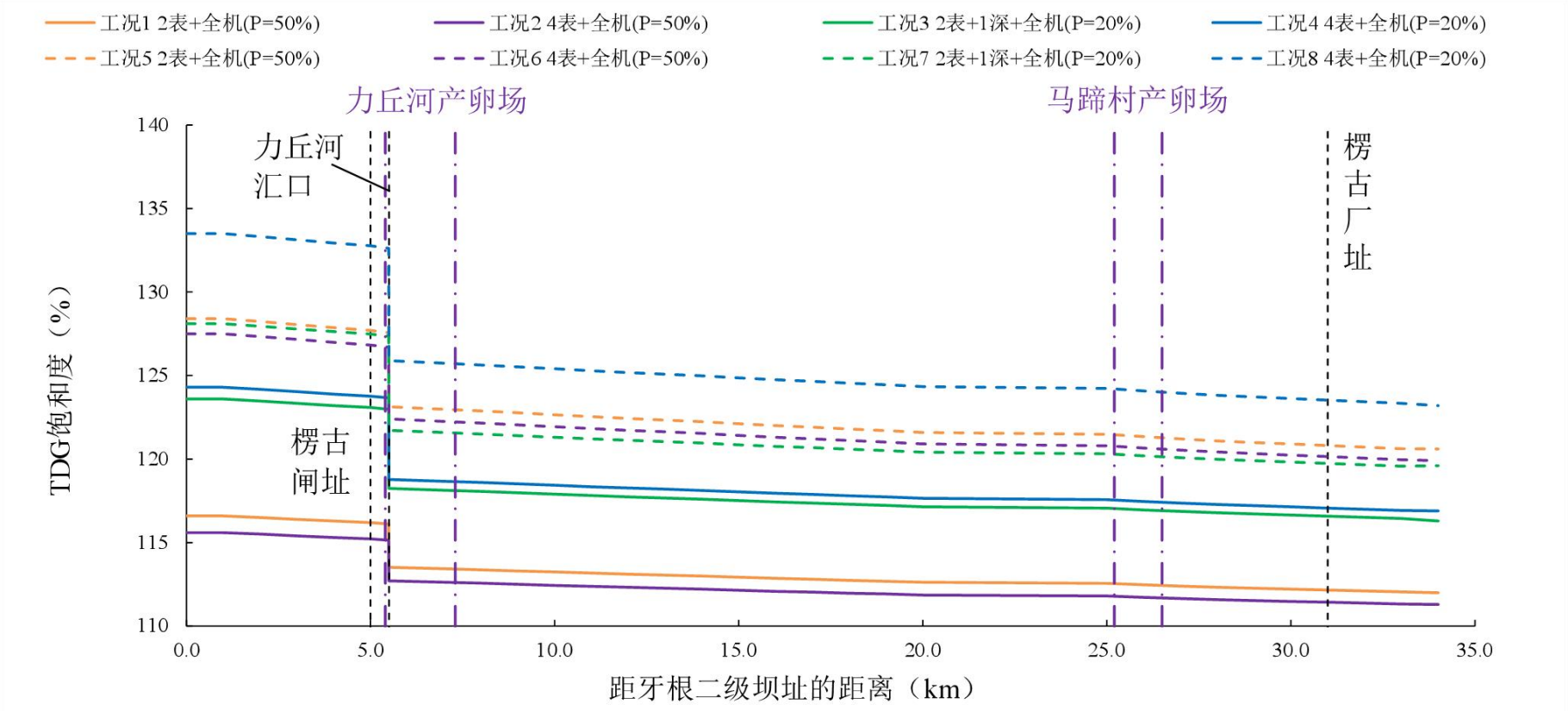


图 5.6-4　牙根二级电站坝址下游河段 TDG 饱和度沿程变化图

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，坝址下游约 5.3km 有力丘河汇入，对于 TDG 过饱和情况有一定减缓作用。

单独泄水的 4 种工况中，工况 1(两年一遇、2 表孔+机组满发)、工况 2(两年一遇、4 表孔+机组满发)为小流量泄洪，坝下 TDG 饱和度全程在 120%以下。

工况 3(五年一遇、2 表孔+1 深孔+机组满发)出库水流 TDG 饱和度为 123.6%，力丘河汇入后饱和度降低至 118.2%；工况 4(五年一遇、4 表孔+机组满发)出库水流 TDG 饱和度为 124.3%，力丘河汇入后饱和度降低至 118.8%。表明力丘河汇入对牙根二级坝下沿程 TDG 饱和度有重要的稀释作用。

联合泄水的 4 种工况，由于坝下生成的 TDG 饱和度高于单独泄水工况，相应下游河道沿程 TDG 饱和度较高，其中工况 5(两年一遇、2 表孔+机组满发)、工况 6(两年一遇、4 表孔+机组满发)、工况 7(五年一遇、2 表孔+1 深孔+机组满发)至孟底沟库尾河道 TDG 饱和度基本能够衰减至 120%以下。工况 8(五年一遇、4 表孔+机组满发)由于出库 TDG 饱和度较高，至孟底沟库尾河道 TDG 饱和度基本在 120%以上。

5.6.5 小结

通过采用纵向一维数学模型对牙根二级水电站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预测。牙根二级水电站泄洪期间下游出现溶解气体过饱和现象，过饱和 TDG 生成整体随泄洪流量的增大而增大。在泄洪流量相当条件下，不同泄流方式生成的 TDG 饱和度各不相同，基本呈现为表孔较低，深孔较高，多孔分散出流生成的 TDG 饱和度较低。

出库水流的 TDG 饱和度在牙根二级水电站下游河段沿程释放，力丘河汇入后 TDG 饱和度出现较大幅度下降。牙根二级水电站单独泄水情景下，两年一遇洪水工况(工况 1、工况 2)坝下河段 TDG 饱和度全程在 120%以下，五年一遇洪水工况下(工况 3、工况 4)受力丘河稀释作用，力丘河汇口下游河道 TDG 饱和度能够衰减到 120%以下。牙根二级水电站联合泄水情景下，工况 5~工况 7 坝下河道至孟底沟库尾 TDG 饱和度能够衰减到 120%以下，工况 8 由于坝下生成的 TDG 饱和度较高，至孟底沟库尾沿程河段 TDG 饱和度均在 120%以上。

5.7 土壤环境影响预测评价

5.7.1 施工期影响

工程施工期各类污废水处理后回用，生活垃圾由当地环卫部门及时外运处置，危险废物交由有资质单位运送至危险废物处置中心处置，在采取上述措施后，施工期各类污染物对工程区土壤环境污染影响很小。

施工期施工作业产生的表土扰动、弃渣等将造成扰动区表层土壤环境的破坏，对其产生不利影响。工程在木灰村场地设置了一处表土堆存场地，对扰动区表土进行收集，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。

5.7.2 运行期影响

工程运行期主要污染物为发电厂房生活污水和厂房油污水，经处理达标后回用，不会引起土壤的酸化、碱化。

运行期水库蓄水后库周地下水位抬升可能造成周边土壤的盐化现象，本章节对水库蓄水可能引起的盐化影响采用《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的附录 F“土壤盐化综合评分预测方法”进行预测评价。

5.7.2.1 土壤盐化综合评价法

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)，采用以下公式计算土壤盐化综合评分值(*Sa*)，具体如下：

$$Sa=\sum_{i=1}^{n}Wx_i\times Ix_i \quad （5.7-1）$$

式中：*n*--表示影响因素指标数目；

Ix_i--表示影响因素 i 指标评分；

Wx_i--表示影响因素 i 指标权重。

5.7.2.2 土壤盐化影响因素赋值

根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)，土壤盐化影响因素赋值情况见下表。

土壤盐化因素赋值表

表 5.7-1

影响因素	分值				权重
	0 分	2 分	4 分	6 分	
地下水位埋深(GWD)/(m)	GWD≥2.5	1.5≤GWD＜2.5	1.0≤GWD＜2.5	GWD＜1	0.35
干燥度(蒸降比值)/(EPR)	EPR＜1.2	1.2≤EPR＜2.5	2.5≤EPR＜6	EPR≥6	0.25
土壤本底含盐量(SSC)/(g/Kg)	SSC＜1	1≤SSC＜2	2≤SSC＜4	SSC≥4	0.15
地下水溶解性总固体(TDS)/(g/L)	TDS＜1	1≤TDS＜2	2≤TDS＜5	TDS≥5	0.15
土壤质地	黏土	砂土	壤土	砂壤、粉土、砂粉土	0.10

工程区地下水位埋深较大，水库蓄水完成后，库区内地下水将升高，但工程库区为峡谷地区，且无通向库外的较大规模的透水断裂存在，无永久性渗漏问题，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。

工程区多年平均降水量为 754.3mm，多年平均年蒸发量为 1915.1mm（20cm 口径蒸发皿），干燥度 EPR(多年平均水面蒸发量与降水量的比值)为 2.54，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 0.5g/Kg，因此 SSC<1 g/Kg，土壤盐化影响赋值为 0 分。

根据地下水水质监测成果，工程区地下水溶解性总固体在 0.045~0.189g/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壤土，土壤盐化影响赋值为 4 分。

5.7.2.3 土壤盐化影响预测

根据本项目土壤盐化影响因素赋值及权重，本项目的土壤盐化综合评分值 Sa=4×0.25+4×0.10=1.4。根据《环境影响评价技术导则 土壤环境(试行)》(HJ964-2018)中的土壤盐化预测表，本项目建成后可能造成周边土壤轻度盐化现象，主要原因为区域干燥度比较高。长期以来，工程区域现有的干燥度水平并未造成目前河流两岸土壤的盐渍化，预估本项目建设不会造成库区两侧土壤地下水水位明显提升，也不会明显改变区域干燥度、土壤理化性质。因此，工程建设对库区两侧土壤基本无影响。

土壤盐化预测表

表 5.7-2

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

5.8 水生生态影响预测与评价

5.8.1 施工期影响

5.8.1.1 对浮游植物的影响

施工期，施工人数和施工机械较多，特别是大坝建设河段，工程比较集中，工程施工均在河道及附近，场地平整、截流、围堰填筑等造成了河床的扰动，局部水体透明度降低，不利于浮游植物生长，使得施工江段及其附近水域浮游植物种类和生物量降低。

5.8.1.2 对浮游动物的影响

枢纽工程施工导致坝址局部水体泥沙量增大，对浮游植物和以有机碎屑为食物的浮游动物的生境造成一定不利影响，浮游动物种类和数量在施工期间有所降低。

5.8.1.3 对着生藻类的影响

工程施工期间枢纽河段施工、局部河道整治等改变了原有的河道底质环境，破坏了着生藻类附着的基质，其生存环境被扰动，施工期局部工程干预河段着生藻数量、生物量将下降。随着工程建成运行后，被整治的河道、边坡河道生境条件逐渐稳定，新的附着基质形成，着生藻类将逐渐恢复。

5.8.1.4 对底栖动物的影响

工程施工期间由于采取了围堰施工等措施，施工区域原有底质环境发生较大改变，对摇蚊、软体动物等种类影响较大，蜉蝣目等游泳型种类所受影响相对较小，底栖动物种类及数量整体分布较前将有所减少。

5.8.1.5 对鱼类的影响

大坝主体工程施工在坝址河段进行，施工期时间长，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河段鱼类栖息、生长、繁殖和迁移有不利影响；建设期基坑排水会造成坝址局部河段水体混浊，透明度下降，水质下降，对鱼类(特别是仔幼鱼)的栖息不利；大江截流后，围堰前水位抬高，与下游的落差和流速增大，阻碍下游鱼类上溯。同时各期围堰退水期间，有可能发生基坑鱼类受困、滞留现象。因此，要加强施工期的管理和鱼类救护工作，缓解施工期对鱼类资源的不利影响。

根据施工规划，工程施工用水首先取用木灰沟、日岗沟沟水，来水不足时段从干流抽水补充。木灰沟沟口逐月流量为 0.045~0.827m³ /s、平均比降 293.7%；日岗沟逐月流量为 0.051~0.94m³/s、平均比降 197.7%。施工期取水规划中优先考虑当地居民生产生活用水及生态流量，取水口暂按多年平均流量的 15%下泄生态流量，其余水量用作施工用水，施工取水后多余水量从原沟道下泄。总体上，木灰沟、日岗沟均为季节性冲沟，流量小、比降大，现场调查初步判断上述冲沟鱼类资源贫乏，也无鱼类三场分布，在严格下泄生态流量的基础上，施工取水对木灰沟、日岗沟的水生生态影响可以接受。

5.8.2 运行期影响

5.8.2.1 对浮游植物的影响

牙根二级水电站建成蓄水后，库区水文情势及水质发生相应变化，水体环境由河流生态型向水库生态型转化，由于库区流速减缓，泥沙沉积，水体透明度增大，表层水温提高，营养负荷增加，将使得水体初级生产力提高，有利于浮游植物的生长和繁殖，浮游植物种类、生物量将增加，但硅藻仍将是其主要类群。

牙根二级库区长度约 70.2km，由于库区环境条件的不同，不同区域初级生产力变化幅度有一定的差异，坝前和库湾提高幅度相对较大，库尾和支流回水末端较小，库中居中。库尾河段水环境条件变化较小，硅藻门、绿藻门、蓝藻门种类会增加，但增加的幅度有限，其它门类的浮游植物也会出现，浮游植物的群落结构将基本保持原河流状态；库中和坝前流速明显减缓，泥沙沉降加剧，透明度增大，营养盐逐渐累积，表层水温提高，适合浮游植物生长繁殖，其生物量增加幅度较大，尤其是绿藻门、蓝藻门种类，甲藻门、裸藻门等其它门种类有所增加，其它门种类也可能出现；坝下河段受泄水的影响，种类组成和坝前相似。

牙根二级水库蓄水后，库区支流霍曲河将形成长约 5.6km 的支库，由于回水顶托作用，支库营养负荷会增加，有利于浮游植物生长，其密度和生物量将会升高，但由于霍曲河回水长度总体较短，加上区域外源性营养物质很少，牙根二级回水对该河的浮游植物影响范围和程度有限。库区其他支流如恶古沟、茨玛绒沟等支流坡降总体很大，牙根二级回水对这些支沟的浮游植物影响范围和程度也比较有限。

总体而言，本工程水库形成后库区浮游植物群落结构会发生变化，浮游植物种类和现存量均会稍有增加，但硅藻仍将是其主要优势种类，绿藻和蓝藻种类和数量会提高，其它门种类也可能出现。

5.8.2.2 对浮游动物的影响

根据库区浮游动物演变规律，牙根二级库区浮游动物种类和生物量会有较大的增加，原生动物中纤毛虫的比例趋向增加；龟甲轮虫、多肢轮虫、疣毛轮虫等静水敞水轮虫种类将出现且成为常见种；裸腹溞等枝角类种类明显增加，成为常见种或优势种。浮游动物在水平分布和垂直分布上也会发生变化，在库周边以及静缓流区的种类和数量较多，表层水面多而深层较少。

坝下河段受电站日调节的影响，水位涨落频繁对浮游动物的生长繁殖存在不利影响，浮游动物将主要依靠库区补给。因此，坝下浮游动物种类与坝前水域较为相近，生物量要低于坝前。

牙根二级库区支流霍曲河，汇口段受库区水位的顶托，营养物质较多有利于浮游动物生长繁殖，浮游动物种类和生物量将增加。霍曲河支库上游流水河段仍保持原河流形态，浮游动物种类和数量将与牙根二级水电站建库前相近（不考虑霍曲河支流开发影响）。库区支流茨玛绒沟、恶古沟等河口段浮游动物种类和生物量将增加，但这些支沟坡降总体很大，牙根二级回水对这些支沟的浮游动物影响范围和程度也比较有限。

5.8.2.3 对底栖动物的影响

牙根二级电站建成后，库区河段由急流河道型生境变成缓流的河道型水库生境，水深增加，水面积扩大，水体流速减缓，泥沙沉降，底质由砾石、沙质型为主逐步向泥沙型、淤泥型发展。这些环境条件的改变将导致库区河段底栖动物种类组成发生变化。

水库蓄水后，库区河段由于水位上升，泥沙淤积，底栖动物组成较原河流将发生较大变化。水生昆虫的蜉蝣目等种类将由以流水型为主转为以静水型为主，其中原有流水型种类主要分布在库尾水域和其上游保留河段；水蚯蚓、软体动物、摇蚊幼虫等一些适于静缓流生境的底栖动物将会在坝前水域出现。

库区水位抬升，坝前水深明显加深，原有急流的河段演变为不流动的类湖泊水体，原喜流水的蜉蝣目迁移到水库岸边或上游保留的天然河段及支流的上游河段继续生存和繁衍。电站运行后，会出现现有的喜流水种类在库区消失，退至牙根二级电站库尾流水河段，摇蚊科生物会有所增加，底栖动物群落的物种多样性将减少。

坝下河段的底栖动物种类和数量将基本保持原河流状态，但在近坝址江段由于下泄水的物理冲刷作用和水位的频繁涨落，不利底栖动物生长，其种类和数量会有所减少。

牙根二级库区支流底栖动物现有种类以好氧型、喜流水种类为主，生物密度较高。

水库蓄水后，支流流水区域现有底栖动物基本不受影响；支流回水库湾水流变缓使静水底栖动物种类数量增加。

5.8.2.4 对鱼类的影响

(1)水文情势变化对鱼类的影响

1)库区河段

牙根二级水电站建设对鱼类最大的影响之一是改变库区水文情势，影响流水性鱼类的原有生境条件，进而影响生存、繁衍。根据水生调查结果，牙根二级河段分布的大部分鱼类适宜湍急流水；从形态学角度分析，这些鱼类多具有适应当地这种急流型水生生境的形态构造特点，多数鱼类体呈纺锤形，善于游泳或有吸盘吸附器官，适应底栖或中下层流水生活，如裂腹鱼类、石爬鮡类等。

牙根二级水库形成后，库区江段水域环境从急流河道型向静缓流型转变，库中和坝前流速缓慢，库区生态环境发生明显变化，坝前至水库末端流速逐渐增加，库尾水体因受到上游河道来流影响，流速接近天然流速。库区形成后，长期栖息于流水环境的鱼类将失去适宜的栖息生境，而被迫迁移到具有流水环境的河段。预测牙根二级库区分布的裂腹鱼类以及石爬鮡类等急流生活鱼类，将上移到库尾以上保留河段和支流霍曲河等适宜环境，库区的鱼类组成更加简单，逐渐适应缓流水生活的软刺裸裂尻鱼将会在主库区逐渐增多。类比同类型水库鱼类调查结果表明，建库后原有流水性鱼类多遗存于库尾段，因此，可以认为牙根二级水库库尾以上约 6km 保留河段及支流可成为流水性鱼类集中分布的区域。

①库尾以上保留河段

牙根一级坝下及牙根二级库尾间分布有雅江县城在内的约 6km 保留河段，牙根一级环评及其批复已将牙根一、二级间保留河段以及保留河段左岸支流王呷河全流域作为鱼类栖息地加以保护；其中雅砻江干流约 6km 保留河段拟采用“自然恢复为主”的指导思想，维持目前天然状态、减少人工干预，后期加强巡护监管及加强监测与跟踪评价作为主要保护方案。支流王呷河在与卧龙寺沟汇口以上河段均未进行开发，基本维持天然状态，保护方案和干流保留河段一致。王呷河及卧龙寺沟汇口以下至雅砻江汇口段已进行水电开发，修建有两级电站，推荐采用“电站拆除+生境修复”措施以恢复河道连通性。

可见，上述措施实施后，牙根一级坝下及牙根二级库尾以上保留河段及其支流王呷河能够基本维持天然河道状态。

同时雅江县城段已逐步完善了生活污水收集及处理，生活垃圾规范收集等配套的基础设施，入河污染物较小，当地以藏民族为主，人为捕捞现象基本没有，预计牙根二级蓄水后，该区域河段会成为河段鱼类生存的主要区域。

②霍曲河支库

霍曲河干流推荐采用“一库三级”开发方案、霍曲河支流吉珠沟推荐采用“一库四级”开发方案。目前，霍曲河干流最后一级达阿果水电站、支流吉珠沟最后一级葛达水电站已建成发电，另本世纪初，雅江县政府在霍曲河水电规划前，已在霍曲河河口段建成唐岗水电站。

牙根二级水电站正常蓄水位 2560m 时，霍曲河回水至唐岗电站厂房下游，将淹没唐岗电站厂房下游至霍曲河口约 5.6km 天然河道，同时淹没霍曲河汇口处、汇口上游段两处鱼类产卵场。由于霍曲河已建水电站均未考虑过鱼设施，牙根二级成库后霍曲河河口段的鱼类生境进一步被压缩。干流达阿果水电站以上河段、支流吉珠沟葛达水电站以上河段仍为流水性江段，可为鱼类提供适宜的生存空间。

2)坝下河段

牙根二级水电站为日调节电站，电站建成运行后，坝前水位在死水位 2545m 至正常蓄水位 2560m 之间运行。因此，牙根二级水电站运行期间下泄不稳定流将造成下游河段水位涨落频繁，可能对坝下鱼类的产卵繁殖带来不利影响，具体表现为易造成鱼卵搁浅死亡或无法附着在固着物上进行孵化。

根据雅砻江中游梯级实施情况，牙根二级水电站先于下游楞古水电站建成。楞古电站建成前，牙根二级坝下至孟底沟库尾长约 33km 的河道基本维持天然状态，水文情势变化主要受牙根二级水电站日调节运行控制。根据 5.2.2.3 节对坝下游水文情势的分析来看，在楞古水电站建成前，牙根二级水电站进行日内调节运行时，平水年 5 月和 7 月，坝下游力丘河汇口下游产卵场断面日内水位最大变幅分别为 3.95m 和 3.52m，马蹄村产卵场断面日内水位最大变幅分别为 2.59m 和 2.49m，可见牙根二级水电站日内下泄的不稳定流对坝下河段鱼类产卵场存在一定影响。楞古水电站建成后，下游水文情势受控于楞古水库运行。

(2)水温变化对鱼类的影响

牙根二级水电站建成后，库区水体将呈过渡型水温结构特征，水库水体将形成一定的水温差梯度，其中库表的水温较为接近天然状态的水温，随着水深的增加，水温与天

然水温之间的差别将呈增加趋势。鱼类所需的产卵条件除与水温有关外，与流速、水深等因素也有关联，建库后，适宜鱼类产卵的区域将较现状有所减少，主要往库尾和支流区段退缩，库区内原有鱼类的种群数量可能会有所减少。

工程河段主要鱼类为裂腹鱼和鮡科鱼类，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼在天然河段的繁殖水温约 10~16℃，评价河段的鮡科鱼类繁殖期在 5~7 月，其繁殖也需要 15~18℃左右的水温。

根据水温预测结果，牙根二级水电站坝下河段水温主要受上游梯级的累积影响。与现状水温相比，下泄低温水在 5 月降幅最大，为 1.3℃；冬季高温水最大升幅在 1 月，为 2.1℃。平水年 3~5 月月均出库水温在 7.2~10.8℃，6~7 月月均出库水温在 13.9~16.3℃；丰水年 3~5 月月均出库水温在 6.6~11.5℃，6~7 月月均出库水温在 14.3~16.4℃；枯水年 3~5 月月均出库水温在 7.3~10.7℃，6~7 月月均出库水温在 13.5~16℃。出库水温基本可以维持河段鱼类繁殖所需水温，但下泄低温水会造成一定的相位延迟，导致鱼类产卵时间有所滞后。

(3)气体过饱和对鱼类的影响

根据水生调查成果，牙根二级坝下河段鱼类繁殖期主要为 3-7 月，工程泄洪主要集中在 7 月、8 月，正值孵化期和仔幼鱼期，这个时期内鱼苗对过饱和 TDG 的耐受性相对成鱼较差。依据前文 5.6.4 章节预测结果，牙根二级单独泄洪、在两年一遇及五年一遇洪水工况下，坝下 TDG 饱和度全程在 120%以下；如与两河口联合泄洪，受两河口泄流影响，牙根二级库区来流 TDG 过高，两年一遇及五年一遇洪水工况下，坝下河道沿程 TDG 饱和度较高，力丘河汇口下游产卵场、马蹄村产卵场河道河道 TDG 饱和度基本在 120%以上，联合泄洪引起的 TDG 过饱和对鱼类繁殖有一定的影响。下阶段应开展泄水建筑物组合研究及梯级联合调度，以缓解泄洪期间对坝下河段鱼类的影响。

鱼类对气体过饱和的耐受程度与水深密切相关。研究表明，鱼类具有对气体过饱和的探知和躲避能力。自然条件下，鱼类能够通过探知气体过饱和来选择适宜深度生存，从而减少气泡病的发生，这一深度即为补偿深度。对于 TDG 过饱和水体，在水深大于鱼类补偿深度要求条件下，如果鱼类潜入到补偿深度以下的水域内生活，就可以躲避总溶解气体过饱和影响。例如，对于溶解气体饱和度为 110%的水体，补偿深度为 1.0m，如果水体水深大于 1.0m，则鱼类将可以躲避至 1.0m 以下的水中继续生活，而免受过饱和气体的影响。如果水体水深不足 1.0m，则鱼类将无法躲避过饱和气体的影响。

楞古建成前，牙根二级坝下为天然河道。楞古建成后坝下为楞古库区，水深均具备鱼类补偿深度，在水流、营养物质等条件满足的情况下，鱼类可以到补偿深度以下栖息并回避过饱和 TDG 的影响。但另一方面，由于库区水流条件与成库前天然水流条件差异较大，且鱼类赖以栖息的底质环境在水面以下深度过大，可能不适于鱼类生存。在泄洪引起下游 TDG 过饱和问题时，在坝下的支流力丘河汇口区通常会形成一定范围的 TDG 饱和度较低区域，鱼类有可能凭借其探知和水平回避能力，在这些低饱和度的干支流汇口区域暂时躲避 TDG 过饱和的危害。根据水生生态调查成果，本河段内分布的鱼类主要为底栖鱼类，因此，评价河段多数鱼类，特别是长江上游特有鱼类可以利用补偿深度躲避过饱和 TDG 的影响。

(4)大坝阻隔影响

大坝的建设将使河流的连续性受到影响，对鱼类的上溯交流有一定的阻隔效应。据调查，雅砻江流域不存在大范围洄游的鱼类，完成生命史所需空间相对较小。

牙根二级大坝的建设主要对裂腹鱼等具有短距离洄游特性的鱼类产卵、繁殖产生一定影响，对其生境形成一定的压缩。

考虑到牙根二级上游已建两河口水电站、在建牙根一级水电站，两座电站的建设将原有鱼类分隔为不同群体，使其基因交流受到阻碍，削弱种群的生存力。牙根二级电站的建设，使两河口~牙根河段生境进一步片段化，再度缩小鱼类原有生存空间，对雅砻江中下游水域生态环境和鱼类资源形成叠加影响。阻隔于坝上的鱼类，库区将逐渐以适应缓流、静水开阔水域生活的鱼类为优势种群，其他需要在流水环境产卵的鱼类，在牙根二级库尾以上保留河段、支流霍曲河等河段能保留有一定的流水河段，能够为其繁殖提供条件，并完成生活史，从而维持一定的种群。同时牙根二级过鱼设施建成运行后，结合两河口、牙根一级水电站过鱼措施将在一定程度上减缓对鱼类的影响。对于坝下河段，楞古水电站建成前为天然河道，具备鱼类完成生活史的条件。

(5)对鱼类重要生境的影响

1)产卵场

① 库区

牙根二级水电站建成运行后，将淹没约 70.2km 的天然河段，形成面积约 18.92km² 峡谷型水库，河段内的鱼类“三场”将因电站蓄水淹没而受到影响。

在泥沙淤积二十年的基础上，按照天然流量及正常蓄水位，分别计算了雅砻江干流

以及主要支流霍曲河的相应淹没水位，干流水位计算结果如表 5.8-1 所示，霍曲河水位计算结果如表 5.8-2 所示。

牙根二级水电站建成运行后，坝址水位较天然状态抬高了 153.60m；霍曲河汇口上下游水位较天然状态抬高了 56.49~58.96m，该处河段分布有 1 处裂腹鱼类产卵场，面积约 3.62hm²，长度约 1km，将受到淹没影响；下渡沟位于库尾段，汇口处水位较天然状态抬高了 9.39m，汇口处分布有 1 处鮡科鱼类产卵场，面积约 0.45hm²，长度约 1km，将受到淹没影响。

牙根二级水电站建成运行后，支流霍曲河口段内水位较天然状态抬高了 38.26~50.55m，该河段内分布有 1 处鮡科鱼类产卵场、长度约 1.2km、面积约 2.91hm²；1 处裂腹鱼类产卵场、长度约 2km、面积约 8.68hm²；均将受到淹没影响。

根据上述淹没影响分析，牙根二级水电站蓄水后将淹没雅砻江干流霍曲河、下渡沟汇口附近的鱼类产卵场 2 处，长度约 2km、面积合计约 4.07hm²；霍曲河支库将淹没河口段内的 2 处鱼类产卵场，长度约 3.2km、面积合计约 11.59hm²。

雅砻江干流河段回水水位计算

表 5.8-1

断面编号	断面序号	距坝里程（km）	主要地名	多年平均流量 772m³/s		
				天然水位	回水水位	抬高值
DJBZ	1	0.000	多吉坝址	2406.40	2560.00	153.60
H25	2	15.606	八衣绒乡政府	2456.04	2560.02	103.98
H30	3	20.615	恶古沟	2463.09	2560.02	96.93
YG04	4	30.324	连结沟	2489.41	2560.03	70.62
YG07	5	33.630	代结沟	2498.79	2560.03	61.24
YG08	6	34.801	霍曲河口下游断面	2501.07	2560.03	58.96
YG09	7	36.002	霍曲河口上游断面	2503.55	2560.04	56.49
YG11	8	38.251	麻朗措镇/本孜沟	2506.93	2560.04	53.11
YG17	9	45.691	磨子沟	2517.67	2560.04	42.37
YG19	10	48.227	米龙乡	2521.85	2560.04	38.19
YG29	11	60.557	核桃坪电站	2541.87	2560.10	18.23
YG33	12	65.592	下渡沟	2550.86	2560.25	9.39

霍曲河回水水位计算

表 5.8-2

断面编号	断面	距河口	Q=52.9m³/s		
			天然水位	回水水位	抬高值
yt01	1	0.740	2509.49	2560.04	50.55
yt02	2	2.072	2521.81	2560.07	38.26

断面编号	断面	距河口	Q=52.9m³/s		
			天然水位	回水水位	抬高值
yt03	3	3.014	2531.81	2560.10	28.29
yt04	4	3.979	2539.52	2560.20	20.68
yt05	5	5.264	2554.04	2562.15	8.11
yt5+0	6	5.776	2562.43	2562.70	0.27
yt5+1	7	6.007	2565.40	2565.40	0.00
yt06	8	6.220	2565.85	2565.85	0.00
yt07	9	6.574	2572.82	2572.82	0.00
yt08	10	7.246	2580.96	2580.96	0.00

② 坝下

牙根二级坝下分布有力丘河汇口、马蹄村两处产卵场，依据前文 5.2.3.3 节预测结果，以力丘河汇口产卵场为例，借助 River2D 进行栖息地加权可利用面积(WUA)计算，预测工况为牙根二级与两河口联合运行与天然情况进行比较。依据工程河段主要鱼类产卵时段，选择裂腹鱼产卵期的 5 月、鮈科鱼类产卵的 7 月开展分析预测。

A 力丘河汇口产卵场（裂腹鱼产卵场、鮈科鱼类鱼产卵场）

力丘河汇口产卵场各典型月栖息地加权可利用面积见表 5.8-3。栖息地加权可利用面积比较见图 5.8-1。

力丘河汇口产卵场有效栖息地面积统计表

表 5.8-3

月份	牙根二级坝址月均流量 Q（m³/s）			力丘河汇入流量 Q（m³/s）	产卵场出流 Q（m³/s）			WUA（m²）			
	天然	调度后	变化		天然	调度后	变化	天然	调度后	变化	变化率（%）
5月	550	851	301	50.2	600.2	901.2	301	25464.01	20911.99	-4522.02	-17.88
7月	1790	915	-875	222	2012	1137	-875	32261.27	49982.24	17720.97	54.93

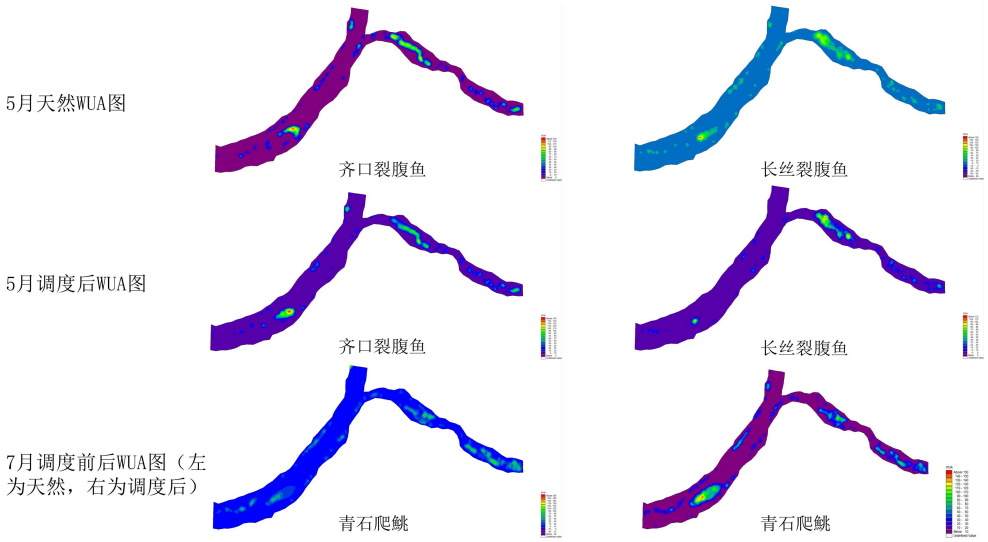


图 5.8-1　力丘河汇口产卵场各典型月调度后与天然情况栖息地面积对比

根据模型预测结果，天然状态下 5 月份（600.2m³/s）流量较小，河段水文情势较为适宜裂腹鱼鱼类产卵，有效栖息地面积较大，为 25464.01m²。牙根二级与两河口联合运行调度后，力丘河汇口产卵场河段流量（901.2m³ /s）较天然状态流量有所增加，产卵场河段河滩、心滩等被淹没，导致有效栖息地面积减少了 17.88%。

天然状态下 7 月处于汛期，河道流量大、流速快、水位高，产卵场河段生境水力学条件并不适宜鱼类产卵，通过牙根二级运行调度后，出库流量减小，产卵场河段生境适宜度提高，调度后的 7 月较天然状态下有效栖息地面积提高了 54.93%。

同时，依据 5.2.3 章节预测结果，牙根二级日调节运行时，其平水年 5 月力丘河汇口产卵场流速最大日内变幅为 0.87m/s，水深最大日内变幅为 3.95m，水面宽最大日内变幅为 20.79m；7 月流速最大日内变幅为 0.85m/s，水深最大日内变幅为 3.52m，水面宽最大日内变幅为 13.01m。总体上，牙根二级电站在进行日内调峰运行时，不稳定流下泄对下游鱼类产卵场河段水文情势会产生一定影响。

B 马蹄村产卵场（裂腹鱼产卵场、鮡科鱼类鱼产卵场）

马蹄村产卵场各典型月栖息地加权可利用面积见表 5.8-4，栖息地加权可利用面积比较见图 5.8-2。

马蹄村产卵场有效栖息地面积统计表

表 5.8-4

月份	牙根二级坝址月均流量 Q（m³/s）			力丘河汇入流量 Q（m³/s）	产卵场出流 Q（m³/s）			WUA（m²）			
	天然	调度后	变化		天然	调度后	变化	天然	调度后	变化	变化率（%）
5月	550	851	301	50.2	600.2	901.2	301	6061.06	3118.17	-2942.89	-48.55
7月	1790	915	-875	222	2012	1137	-875	13813.54	22335.72	8522.18	61.69

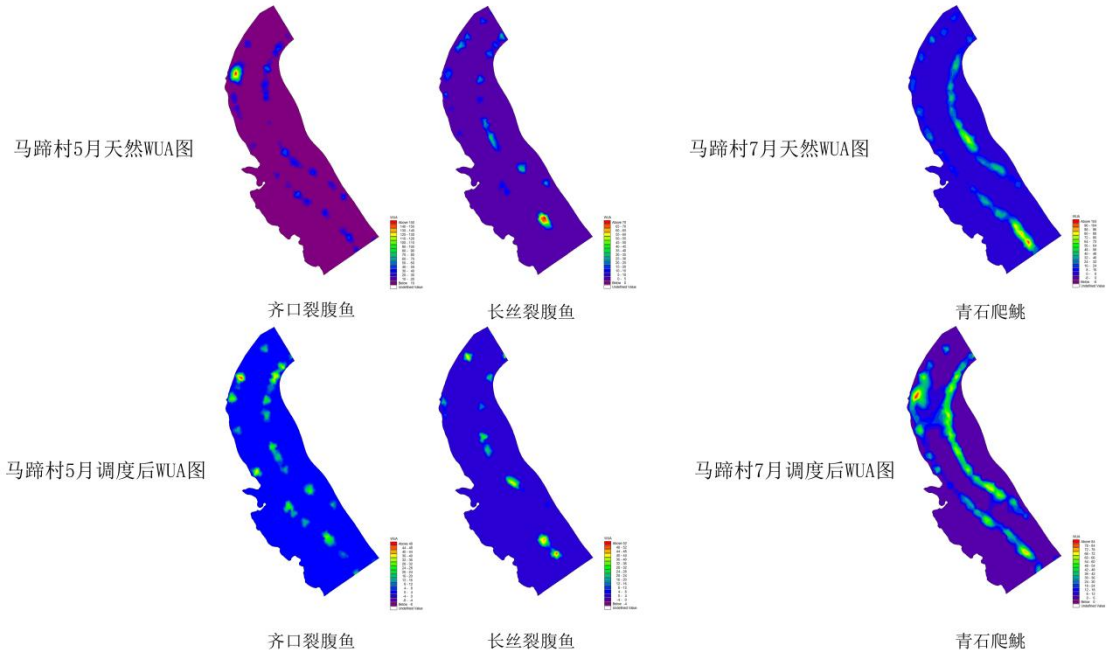


图 5.8-2　马蹄村产卵场各典型月调度后与天然情况栖息地面积对比

根据模型预测结果，马蹄村产卵场各典型月有效栖息地面积变化趋势与上游力丘河汇口下游产卵场基本一致。5 月份调度后流量较天然状态流量有所增加，河道水生生境变化并不适宜裂腹鱼产卵，产卵场有效栖息地面积相对天然状态减少了 48.55%；7 月份调度后流量较天然状态流量减少，产卵场河段河滩、心滩等漏出面积增加，产卵场有效栖息地面积相对天然状态增加了 61.69%。

同时，依据 5.2.3 章节预测结果，牙根二级日调节运行时，5、7 月，马蹄村产卵场河段流速处于 1.1~2.58m/s、1.47~2.75m/s 之间，最大日内水位变幅为 2.59m、2.49m，日内水文情势变化对鱼类繁殖有一定的影响。

建议下一阶段根据下游鱼类生态习性及生物学特性，从满足鱼类繁殖和生存所需的水文情势条件出发，进一步优化工程调度运行方案，制定上下游梯级联合生态调度方案，保障产卵场河段产卵生境。

2)索饵场

工程河段索饵场主要分布在底质多砾石、卵石的河道近岸，特别是与产卵场临近河段，索饵生境相对分散。根据前文预测结果，水库蓄水后，上述产卵场及索饵场河段均将被淹没。

大坝建成后、水库蓄水、水位上升、坝前库区流速变缓，形成相对静水环境，水体透明度增加，有利于水生植物的光合作用。同时库区淹没大量的耕地、林地和其它残留物，增加水中无机盐类和有机营养物质，加上水库表层水温增高，为库区浮游生物的繁衍，提供良好条件，浮游生物数量将增加。由于绝大多数鱼类仔幼鱼食物为浮游动物，且需要缓流条件，水库的形成，无疑为仔幼鱼的索饵、肥育创造了良好条件，库区将成为鱼类的良好育幼场所，库区江段作为鱼类育幼重要场所的功能有所增强。

电站日调节运行会导致下游江段流量、水位、流速等的波动，不利于周从生物、底栖生物等水生生物的生长、繁衍，食物的减少，不利于坝下河段鱼类的索饵肥育。

3)越冬场

江河鱼类冬季多进入主河道深水区越冬，工程所在雅砻江中游河段，由于不少地方河流都较深，适合越冬。水库蓄水为库区江段鱼类提供了良好的越冬条件，能有效提高鱼类越冬后的成活率，库区将成为鱼类重要的越冬场所。

(6)对珍稀保护特有鱼类的影响

根据鱼类资源调查结果，牙根二级水电站影响水域共调查到鱼类 23 种，有保护鱼类 3 种，其中国家二级保护鱼类 2 种，即厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡；四川省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡。长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。

这些鱼类可以分为 3 个类群，鳅类、裂腹鱼类和石爬鮡类，按照类群来进行变化预测分析。

1)鳅类

包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅 3 种长江上游特有种类。这些鱼类主要生活在雅砻江干支流，以支流为主，环评阶段在牙根二级库尾段及支流霍曲河和力丘河调查到戴氏山鳅，仅在库尾段调查到拟细尾高原鳅，未调查到西溪高原鳅。上述 3 种鱼类个体较小，产卵场所分散，适应能力较强。由于支流霍曲河河口受淹没影响，总体上

库区的资源量会有所下降。

2)裂腹鱼类

由于食性的不同，分成 2 个亚类，一类是以刮食岩石上的附生藻类为主食的鱼类，主要在流水滩上取食，如短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼和软刺裸裂尻鱼。短须裂腹鱼和长丝裂腹鱼为牙根二级水电站影响河段的优势种类。牙根二级水库建成后，库区流水滩减少，食物来源受到影响，这些鱼类将向库区支流及库尾以上保留河段迁移，库区种群数量会减少。软刺裸裂尻鱼在电站影响区内分布广泛分布，主要分布区是支流王呷河及霍曲河唐岗电站以上河段，是绝对优势种，其主要分布区不受牙根二级蓄水影响，加上其适应性较强，因此，电站运行后，其种群数量仍将得以维持甚至增加。

另一类裂腹鱼是主要以底栖无脊椎动物为食的鱼类，即四川裂腹鱼和厚唇裸重唇鱼。这两种鱼类在牙根二级水电站影响河段资源量相对较少。电站运行后，水文情势发生改变，原来主要在流水滩摄食的裂腹鱼类将在库周的底质为砾石的浅水区域摄食，库区仍可为其提供一定的索饵条件。但其繁殖需要在流水砾石滩或流水沙滩上产卵，将上溯至库尾及库尾以上雅江县城保留河段或支流（如卧龙寺沟、霍曲河）回水上游繁殖，产卵区域缩小，种群数量将有不同程度的下降。

牙根二级坝下河段将继续保留流水生境，上述保护鱼类可以在该河段完成生活史，但受牙根二级日内不稳定流及下泄低温水的影响，种群数量可能有所减少。楞古建成后，在保障生态流量下泄的情况下，楞古 28km 减水河段在力丘河汇入后全年流量在 144.4~650.4 m^3/s，能保持大型河流流态，且能维持一定天然节律，该河段将成为上述鱼类的主要分布区域，种群数量能得到一定程度的恢复。

3)石爬鮡类

包括青石爬鮡和黄石爬鮡，两种石爬鮡都善于游泳或有吸盘吸附器官，适应底栖或中下层流水生活，这两种鱼类在牙根二级水电站影响河段资源量较少，在本次评价阶段仅在坝下河段及霍曲河调查到。牙根二级水电站建成后，除了对其造成阻隔影响，同时由于电站库区的形成，使其适宜栖息生境萎缩，其种群集中分布区域将向电站库尾、坝下及支流迁移，对其资源量造成一定的不利影响。楞古建成后，其 28km 减水河段在力丘河汇入后全年流量在 144.4~650.4 m^3/s，能保持大型河流流态，维持较为稳定的流水生境和天然节律，其种群数量能够得到恢复和补充。

5.9 陆生生态影响预测与评价

5.9.1 对土地利用的影响

5.9.1.1 对土地利用格局的影响

牙根二级水电站总占地面积 2360.45hm^2，其中工程永久占地 2151.56hm^2，临时占地 208.89hm^2。直接影响的土地利用类型为耕地、园地、林地、水域及水利设施用地、住宅用地、交通运用地等，以占用水域及水利设施用地、林地、耕地等为主。随着电站的建设和运行，临时用地将逐渐恢复为原有地类，工程永久占地和淹没占地，将转变为水域及水利设施用地。

工程建成后，评价区内除水域及水利设施用地、交通运输用地有所增加，其余用地均有所减少。水域及水利设施用地面积增加了 183.72%，交通运输用地面积增加了 74.00%，耕地减少面积比例 10.93%，园地减少面积比例 14.02%，林地减少面积比例为 2.63%，草地面积减少 20.22%，住宅用地面积减少 18.60%。水电站建设完工后整体上不会改变评价区内现有土地利用类型的基本格局。但是土地是一种无法再生的资源，因此，在工程建设中应当尽可能少对土地进行占用，严格在征地红线范围内施工，最大限度节约土地资源。

评价区土地利用类型变化

表 5.9-1

序号	类别名称	现状		蓄水后		变化面积/hm^2	变化比例%
		面积/km^2	比例%	面积/km^2	比例%		
1	耕地	9.12	2.04	8.12	1.82	-99.66	-10.93
	园地	4.04	0.90	3.47	0.78	-56.63	-14.02
2	林地	415.81	93.05	404.88	90.60	-1092.70	-2.63
3	草地	8.02	1.79	6.40	1.43	-162.14	-20.22
4	住宅用地	1.46	0.33	1.19	0.27	-27.16	-18.60
5	交通运输用地	0.99	0.22	1.72	0.39	73.26	74.00
6	水域及水利设施用地	7.43	1.66	21.08	4.72	1365.03	183.72
合计		446.87	100	446.87	100	0	0

5.9.1.2 对永久基本农田的影响

依据《四川省雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划报告》，本工程占用土地面积 2360.45hm^2，其中占用永久基本农田约 27.31hm^2，占评价区耕地总面积的 1.16%，总体占比很小，工程建设对区域农业生态系统影响相对较小。

5.9.2 对植物多样性的影响

5.9.2.1 对植被的影响

评价区域内的主要植被类型有鳞皮冷杉林、川西云杉林、高山松林、高山柏林、侧柏林、白桦林、川滇高山栎林、毛脉高山栎林、密枝杜鹃灌丛、矮高山栎灌丛、川滇高山栎灌丛、鞍叶羊蹄甲-白刺花-蔷薇-蒿类灌丛、糙野青茅-野古草草甸以及农业植被。项目建设对陆生植被的影响，主要集中在建设期和蓄水期，由于坝址、永久公路、施工场地、水库淹没、移民安置等占地影响，使得部分区域的植被消失，转变为建设用地或水域。

(1)施工占地对植被的影响

工程施工对植被的影响，主要是工程占地及施工开挖对植被的破坏。牙根二级水电站施工区多位于道路及河道两岸坡地、台地，施工临时占地和永久占地区的植被主要为硬叶栎类灌丛、山地硬叶栎类林、暖性落叶阔叶灌丛、温性常绿针叶林、典型草甸和栽培植被，以及少量山地杨桦林，均为评价区及周边区域常见类型，没有仅分布在某一区域和环境的植被类型，空间分布格局较为分散，抗干扰能力比较强。

枢纽工程、复建工程施工占用面积最大的植被是硬叶栎类灌丛，占用面积为137.50hm^2（永久占用53.48hm^2，临时占用84.02hm^2），占评价区同类型的比例为0.71%，比例较小，在评价区及邻近地区还分布着大量的同类植被，施工占用不会对当地及邻近地区植物种类的生存和繁衍造成影响。

工程各项施工活动结束以后，随着工程的竣工和水土保持、绿化、美化措施的逐步实施，工程施工占地区的植被都将逐步得到恢复。因此，工程占地对区域植被的影响有限，项目建设不会导致评价区内某一植被类型的消失。

牙根二级水电站施工影响的植被类型及面积统计表

表 5.9-2

植被类型	占用面积(hm^2)			评价区内该类型面积(km^2)	占评价区内该类型面积的比例(%)
	永久	临时	合计		
温性常绿针叶林	67.68	6.43	74.11	127.98	0.58
山地杨桦林	0.03	0	0.03	4.24	0.01
山地硬叶栎类林	21.06	62.37	83.43	4.66	17.90
常绿革叶灌丛	0.05	1.18	1.23	10.78	0.11
硬叶栎类灌丛	53.48	84.02	137.50	193.82	0.71
暖性落叶阔叶灌丛	40.94	7.36	48.30	48.41	1.00
典型草甸	28.69	14.91	43.60	8.02	5.44
农作物	15.63	15.73	31.36	9.12	3.44

植被类型	占用面积(hm^2)			评价区内该类型面积(km^2)	占评价区内该类型面积的比例(%)
	永久	临时	合计		
经济作物	10.74	10.43	21.17	4.04	5.24

(2) 库区淹没对植被的影响

淹没区植被以暖性落叶阔叶灌丛、温性常绿针叶林、硬叶栎类灌丛、典型草甸和栽培植被为主，上述受淹没影响的植被均为当地常见类型/种，在库周分布广泛，淹没线以上地带可见到相似的群落和种类。从占用面积上来看，水库淹没影响面积为 1241.29hm^2（不包含淹没的河流和滩涂），占评价区总面积的 2.78%，占用比例较小，不会大范围改变区域的植被类型。

牙根二级水电站库区淹没植被统计表

表 5.9-3

植被类型	淹没面积（hm^2）	评价区内该类型面积（km^2）	占淹没区面积（%）	占评价区同类型的比例（%）	图斑数（个）	最大图斑面积（hm^2）	图斑平均面积（hm^2）
温性常绿针叶林	336.81	127.98	17.75	2.63	253	9.99	1.33
常绿革叶灌丛	13.83	10.78	0.73	1.28	2	12.53	6.92
硬叶栎类灌丛	138.84	193.82	7.32	0.72	184	7.88	0.75
暖性落叶阔叶灌丛	419.98	48.41	22.13	8.68	220	16.62	1.91
典型草甸	133.45	8.02	7.03	16.64	41	1.57	3.25
农作物	84.03	9.12	4.43	9.21	40	7.91	2.10
经济作物	45.89	4.04	2.42	11.36	34	3.55	1.35

从评价区主要植被类型的空间分布格局、施工、淹没影响程度和各种植被类型的抗干扰能力分析，牙根二级水电站的建设不会对评价区内的植被类型多样性产生实质性影响。

5.9.2.2 对植物多样性的影响

施工对地表植物影响主要集中在 3 个工区，受影响的植物主要有高山松、侧柏、高山柏、高山栎、杨树、羊蹄甲、白刺花、蔷薇、蒿类、忍冬、绣线菊、枸子、锦鸡儿、小檗、东方草莓、虎耳草、早熟禾、羊茅、报春等。受水库淹没影响最大的植物种类主要为高山松、高山柏、侧柏、川滇高山栎、矮高山栎、鞍叶羊蹄甲、白刺花、蔷薇、蒿类、卷柏、报春、笃子梢、枸子、锦鸡儿、香茏、须芒草、羊茅、苔草、大丁草、银莲花、中华山蓼等。总体上，这些物种多属于广泛分布于评价区及其周边区域的常见物种，物种分布格局呈现随机分布的态势，几乎没有发现呈现聚集分布于某一特定生境的物种。随着工程的建设运行，这些区域的地表植被将被破坏，生物个体失去生长环境，造成局部植物多样性发生变化。由于工程永久和临时占地的生境具有一定的可替代性，部分土地利用性质的改变

不会引起特有物种生境的消失，工程建设基本不会导致分布在该区域的物种消失。工程施工结束后，对临时占地区土地平整、复耕、植被恢复，可使得临时占地区植物种类多样性、植被类型均有所恢复。

牙根二级水电站正常蓄水位 2560m，死水位 2545m，运行期将形成 15m 的消落带，消落带范围内原有的草本和灌木植物很难在频繁淹没、暴露的反复干扰下完成生活周期，因此无法在此区域生存。少数耐湿生环境的灌木具有一定高度，有可能承受水位反复涨落的影响，可在接近正常蓄水位的区域稀疏分布。

评价区较高海拔地区的植物群落，如阔叶林、针叶林、灌丛和草甸等受库区湿度增加带来的影响相对较小，这些植物多为中生性物种，对湿度变化并不十分敏感，植物群落的类型和结构发生明显改变的可能性也较小。水库修建后，将使库区周围局部生态环境发生改变，增加库区周围土壤的湿润度，局部改变空气湿度，使库区环境更为潮湿，但这种湿度变化很小，对评价区河谷中植物的生长和发育影响不大。综上所述，工程建设和运行不会对评价区植物多样性造成实质影响。

5.9.2.3 对重要野生植物的影响

(1)对重点保护植物的影响

评价区有 4 种国家二级保护植物，五小叶槭（*Acer pentaphyllum*）、光核桃（*Prunus mira*）、芒苞草（*Acanthochlamys bracteata*）、松茸(*Tricholoma matsutak*)（真菌）。

工程建设对五小叶槭的影响由五小叶槭 5.9.2.4 章节详细介绍。本章节重点介绍对其他保护植物的影响。

本次评价仅在磨子沟、麻郎措镇沟口调查到光核桃（*Prunus mira*），不在牙根二级水电站淹没范围内，也远离施工场地。但根据光核桃的生长特性，其可能在雅砻江各支流沟口可能有少量分布，因此在项目施工过程中如有发现，应积极和相关部门联系并及时采取移栽等保护措施。

芒苞草主要分布在雅砻江支流两侧灌丛林地下，离河道较远，不在牙根二级水电站淹没范围内，工程建设不会对芒苞草造成直接影响。

松茸主要分布在海拔 3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中，距离施工区及河道较远，牙根二级水电站对其无直接影响。

(2)对濒危植物的影响

评价区的野生植物中，易危(VU)植物 3 种，分别是鳞皮冷杉（*Abies squamata*）、芒

苞草（*Acanthochlamys bracteata*）、五小叶槭（*Acer pentaphyllum*），易危(VU)真菌 1 种，松茸(*Tricholoma matsutak*)。工程建设对五小叶槭的影响由五小叶槭专章详细介绍，对芒苞草、松茸的影响见上节。

鳞皮冷杉主要分布在高山上部、海拔 3500-4000m，离施工场地和淹没区较远，工程建设和运行对其无直接影响。

(3)对特有植物的影响

牙根二级水电站工程占地区及淹没区可能分布的特有植物约 97 种，如长盖铁线蕨、高山松、细叶茏芨草、梅氏雀麦、中华羊茅、藏滇羊茅、垂枝早熟禾、云南狗尾草、钝叶栒子、裂叶华西委陵菜、小叶蔷薇、川西蒲公英、川西黄鹌菜等。上述特有物种多适应高海拔偏干旱的河谷气候，在川西、西藏、青海等河谷生境中广泛分布，它们的分布区与电站占地区生境重合，可能受到施工的直接侵占影响，主要是占用植物个体，但不会导致特有植物物种在评价区内消失。

(4)对极小种群野生植物的影响

通过野外调查和资料查询，评价区内有极小种群植物 1 种，五小叶槭（*Acer pentaphyllum*），对五小叶槭的影响详见 5.9.2.4 章节内容。

(5)对古树名木的影响

通过调查，评价区域范围内没有挂牌古树名木分布。

5.9.2.4 对五小叶槭的影响

(1)对五小叶槭资源量的影响

依据五小叶槭专题报告调查结果，牙根二级工程影响范围内有五小叶槭共计 3932 株，占五小叶槭调查资源总量的 24.71%。其中，成树 1038 株，占调查到五小叶槭成树总量的 15.01%；幼树 676 株，占调查到五小叶槭幼树总量的 33.14%；幼苗 2218 株，占调查到五小叶槭幼苗总量的 31.86%。总体上工程建设对五小叶槭野生植株个体影响数量较大。

牙根二级水电工程影响五小叶槭数量统计表

表 5.9-4

项目	成树	幼树	幼苗	合计
淹没区五小叶槭数量	908	571	2177	3656
永久占地区五小叶槭数量	52	57	24	133
施工临时占地区五小叶槭数量	78	48	17	143
牙根二级工程直接影响区五小叶槭总量	1038	676	2218	3932
与资源总量的占比	15.01%	33.14%	31.86%	24.71%

注：按照《国家第二次重点保护野生植物资源调查规范》、《中国西南地区极小种群野生植物调查与种质保存规范》

等标准的规定进行分类，胸径≥5 cm 的记录为乔木成树，胸径小于 5 cm 且高度大于或等于 50 cm 的记录为幼树，高度低于 50 cm 的记录为幼苗。

在受工程建设影响的 3932 株五小叶槭中，水库淹没五小叶槭 3656 株，占五小叶槭调查资源总量的 22.97%；枢纽工程永久占地区涉及 133 株，占五小叶槭调查资源总量的 0.83%；施工临时占地区涉及 143 株，占五小叶槭调查资源总量的 0.90%。不同工程区域对五小叶槭影响情况详见下表。

牙根二级工程影响区五小叶槭分布情况汇总

表 5.9-5

受影响区域			受影响五小叶槭数量（株）			
			成树	幼树	幼苗	合计
水库淹没区			908	571	2177	3656
永久占地区	场地 A（永久）	日岗沟泥石流沟治理工程	1	3	0	4
	场地 E	业主营地、公安及武警营地、检修运维场地、木灰沟砂石及混凝土生产系统	28	36	24	88
	场地 G	大坝枢纽及其管理区	20	17	0	37
	场地 I	101#路和 16#路	1	0	0	1
	场地 J（永久）	拉最场平及场内永久交通	2	0	0	2
	场地 L	S220 省道	0	1	0	1
施工临时占地区	场地 A（临时）	日岗沟渣场、表土堆存场	57	33	0	90
	场地 B	日衣变形体治理及右岸沿江施工便道	3	2	0	5
	场地 C	日衣场平（前期施工场地、日衣表土堆存场）	1	0	0	1
	场地 D	木灰沟转存料场、木灰沟承包商营地	8	0	6	14
	场地 F	12#路、14#路、右岸沿江便道	2	1	0	3
	场地 J	拉最砂石加工及混凝土生产系统、机电设备及物资库	7	12	11	30
合计			1038	676	2218	3932



水库淹没区五小叶槭分布情况



工程永久占地区五小叶槭分布情况



工程临时占地区五小叶槭分布情况

(2)对种群的影响

根据五小叶槭生活史特点，参考梓叶槭等珍稀濒危物种的分级标准，以五小叶槭个体的胸径(D_{DBH})代替龄级来反映种群结构，每级间隔 5cm。牙根二级工程影响区内五小叶槭胸径大小可以划分为 11 个径级(I—XI)，详见表 5.9-6 及图 5.9-1，可以看出工程建设影响五小叶槭种群第一、二龄级的比例最大，中龄和大龄植株比例次之，呈金字塔型

结构。

继续以死亡率和消失率为纵坐标，径级相对应的龄级为横坐标，作出死亡率和消失率曲线，详见图 5.9-2。牙根二级水电站影响范围内的五小叶槭死亡率（qx）和消失率（Kx）存在 2 个一致的峰值。第一个峰值最高，表明在生长过程中前期死亡率较高，环境自然选择的强度较大，大约只有 16.5%的五小叶槭幼树能穿过此筛进入第Ⅱ龄级；第二个峰值出现在第Ⅷ龄级，在这一龄级到下一龄级的生长过程中，也有较高比例的五小叶槭死亡，死亡率高达 50.00%，消失率为 0.693。

对比雅砻江全流域五小叶槭的种群结构规律，牙根二级水电站影响范围内的五小叶槭的年龄结构、死亡率和消失率的分布规律均类似，表明工程建设不会对五小叶槭种群整体的年龄结构和种群动态造成显著影响。

牙根二级工程影响范围内五小叶槭种群特征

表 5.9-6

胸径分级（cm）	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	>50
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	Ⅹ	Ⅺ
淹没区	2748	413	213	104	61	42	29	21	9	8	8
永久占地区	81	29	17	3	2	1	0	0	0	0	0
临时占地区	65	38	19	8	8	3	1	0	1	0	0
牙根二级工程影响区汇总	2894	480	249	115	71	46	30	21	10	8	8
占受影响植株百分比（%）	73.60	12.21	6.33	2.92	1.81	1.17	0.76	0.53	0.25	0.20	0.20



图 5.9-1　牙根二级工程影响区五小叶槭种群径级结构

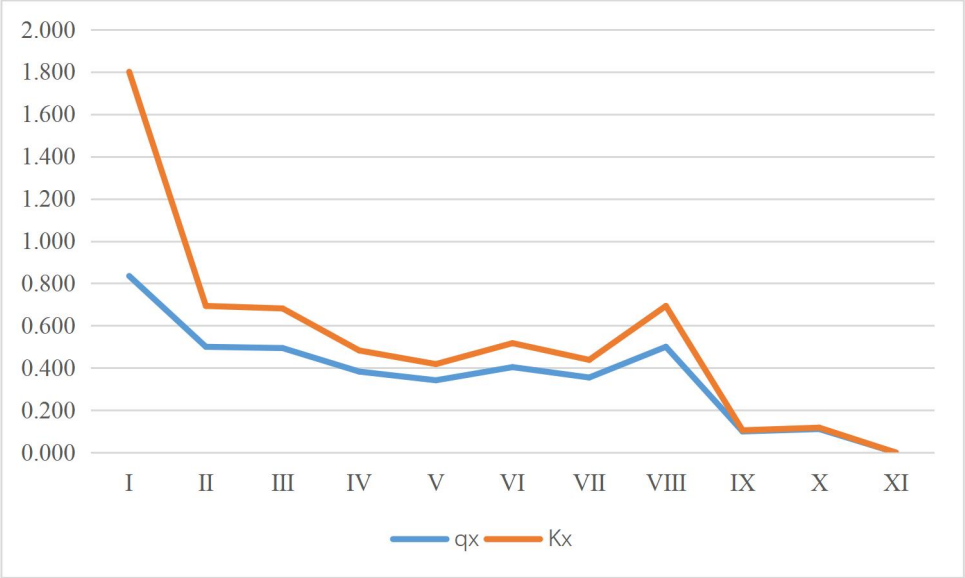


图 5.9-2　牙根二级工程影响区五小叶槭种死亡率(qx)和消失率(Kx)曲线

(3)对原生境的影响

经叠图分析，牙根二级电站工程影响的五小叶槭原生境面积为 15.0363km^2，占雅砻江流域五小叶槭原生境总面积（119.5440 km^2）的 12.57%。

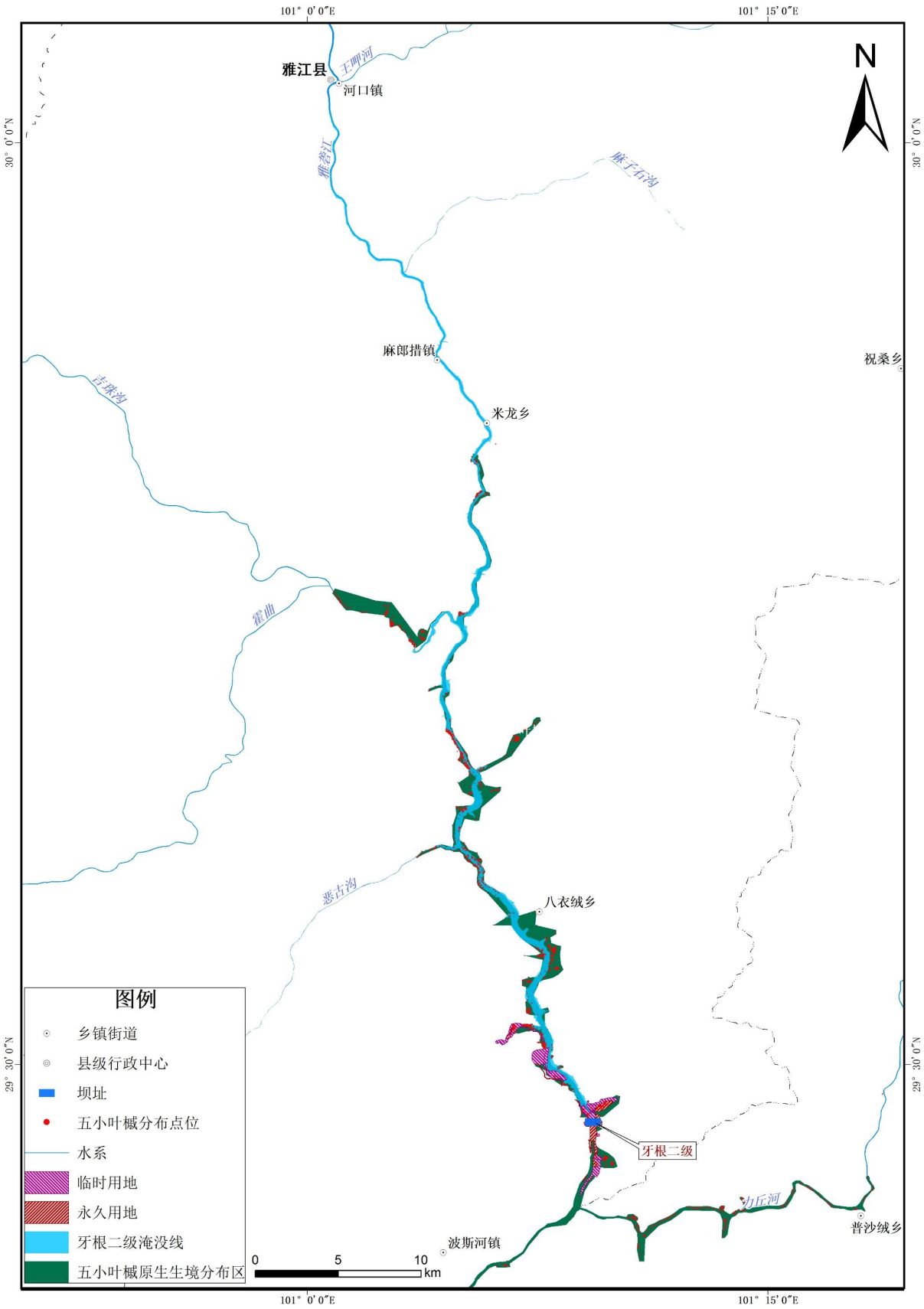


图 5.9-3　牙根二级水电站五小叶槭原生境影响示意图

(4)电站运行影响

1)局地气候影响

成库后，牙根二级水库蓄水对干旱河谷区的局地气候有一定的改善作用，但影响程度及范围有限，相关预测成果详见 5.1 章节，总体上，牙根二级水电站库区局地气候变化对五小叶槭的生产影响非常有限。

2)水库浸没影响

经现场调查，牙根二级水电站库区五小叶槭分布区域库岸地形坡度较陡，为不易浸没地区，坡表松散堆积层多为二元结构，浅表层主要为砾石土，厚度 0.5m~2.0m，下部为具强透水性的崩坡积块碎石土。考虑到库区浸没条件基本一致，以日衣村-日岗沟段五小叶槭集中分布区为代表，对地下水位壅高后浸没对五小叶槭的影响进行预测评价。

浸没评价应依据当地浸没临界值与回水位埋深之间的关系确定，当预测的回水位埋深值小于浸没的临界地下水埋深时，该地区即应判定为浸没影响区。其中回水位高程根据《水电工程建设征地处理范围界定规范》（NB/T 10338-2019）和《防洪标准》（GB 50201-2014），结合本工程实际情况，对农业区，起算水位采用 5 年一遇洪水库水回水位，对居民区，起算水位采用 20 年一遇洪水库水回水位。

浸没临界地下水埋深，根据土层性质、地下水矿化度、土壤毛管水上升带高度、农作物种类和根系层厚度或建筑物基础砌置深度等，通过实地观测和当地生产实践经验确定，亦可按下列公式计算：

$$Hcr=Hk+\triangle H$$

式中：Hcr——浸没的临界地下水埋深（m）。

Hk——包气带土壤毛细上升高度（m）。

△H——安全超高值（m）。对农业区，该值即根系层的厚度。

五小叶槭属陆生植物，参考农业区，起算水位采用 5 年一遇洪水库水回水位，临界地下水位埋深为农作物根系层厚度与土壤毛细上升高度之和，见图 5.9-4。

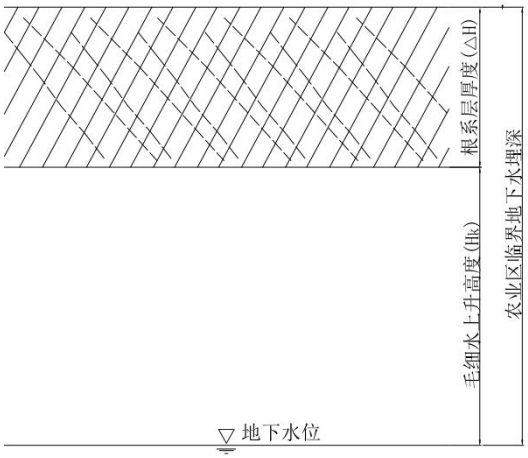


图 5.9-4　农业区临界地下水埋深示意图

库内五小叶槭分布区岸坡表层以砾石土为主，坡地含水不丰，地下水位较低平，主要接受大气降水、农业灌溉用水补给。

根据牙根二级库区调查、取样室内实验成果，类比其他水电工程资料，地下水位以上毛细水上升高度 Hk 取 0.5m；农业区安全超高值△H，即植物根系厚度△H 取 0.5m，因此，库区农业区临界地下水位埋深均按 1.0m 进行浸没预测计算。

正常蓄水位为 2560m 时，以正常蓄水位时的 5 年一遇洪水回水位 2560.01m 为浸没起算点，浸没预测后缘高程为 2561.11m，浸没宽度约 1m~2m，影响五小叶槭的范围甚微。经统计，水库浸没可能对库周 14 株五小叶槭造成影响，包括 3 株幼树和 11 株成树。根据地下水位变化对五小叶槭生长的影响研究报告结果，五小叶槭对淹水胁迫的抗逆性较差，当地下水位埋深超过地表以下 6-7cm 时，淹水时间超过一个月，将对五小叶槭植株的存活造成巨大威胁。因此工程蓄水成库后，需对可能存在浸没影响的五小叶槭植株进行长期观测，若发现五小叶槭植株生长受影响，需及时开展迁地保护等措施。

3)水库塌岸影响

根据预测与叠图分析，牙根二级水库周围可能存在塌岸影响的区域共 8 处，水库塌岸影响区可能影响的五小叶槭仅 1 株，为成树，位于次朵下游塌岸区。

4)电站运行调度影响

牙根二级水电站仅具有日调节性能，对径流仅有日内分配能力，不影响坝下河段月均、日均径流分配，总体上对坝下河段五小叶槭生长不会产生影响。

5.9.3 对陆生动物的影响

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以寻找新的栖息地。

5.9.3.1 对两栖动物的影响

两栖动物的迁徙能力弱，对生境的依赖性强，工程施工和水库蓄水及水位涨落对两栖动物影响较明显。

施工侵占和破坏两栖动物的原有栖息地，使两栖动物的栖息地面积减少，环境质量下降。栖息地片段化会阻碍动物个体的迁入迁出，使种群基因交流中断，导致被分割的小种群内部大量近亲繁殖使种群的遗传多样性下降；以此同时，会使动物种群活动空间变小，种内斗争加剧，加大局部小种群灭绝的风险。施工过程中产生的扬尘，噪声，工程废水的排放以及废渣的堆放、都会在一定程度上破坏两栖动物的生存环境，造成环境污染，受影响的两栖动物主要是中华蟾蜍、胸腺猫眼蟾、高原林蛙、四川湍蛙。

水库形成后将使得两栖动物栖息地面积缩小，但库区周边较浅区域可能形成蟾蜍科等物种新的栖息地。

整个施工区以及淹没区两栖动物多为广布种，且种群数量较大，在工程建设中，它们会进行相应的迁移、躲避，因此，工程建设和运行对它们造成的影响甚微。

工程建设对两栖动物的影响

表 5.9-7

工区	场地	生境	物种	影响
日衣工区	日岗沟泥石流沟治理工程	灌丛	胸腺猫眼蟾、高原林蛙	1、工程占用、淹没，栖息地面积缩小 2、食物减少，栖息地质量下降，降低生存力
	日衣变形体治理及右岸沿江施工便道	林地、灌丛	中华蟾蜍、四川湍蛙	
	日衣场平	林地、灌丛、耕地		
大坝枢纽工区	木灰沟转存料场、木灰沟承包商营地	林地、灌丛、耕地		
	业主营地、公安及武警营地、机电设备及物资仓库及中心变电站			
	12#路、14#路、右岸沿江便道	林地、灌丛		
	大坝枢纽及其管理区			
	左岸高线混凝土生产系统场平	灌丛		
	101#路和 16#路	林地、灌丛		
拉最工区	拉最砂石加工及混凝土生产系统	灌丛	高原林蛙、四川湍蛙	
	场内 1#路、相唐多吉场平			
淹没区		林地、灌丛、耕地	胸腺猫眼蟾、高原林蛙、四川湍蛙、中华蟾蜍	

(1)对重点保护和濒危两栖动物及其生境的影响

评价区仅发现 1 种国家 II 级重点保护物种西藏山溪鲵，同时也是易危（VU）物种和特有物种，生活在中、高山区流溪内，多栖息于溪底石下或泉水石滩处或其下游溪沟石块下，本次调查仅在木灰村后山顶海子发现，距离施工区较远，工程建设不会对其造成直接影响。

水库蓄水后，根据西藏山溪鲵的生境特性，本次评价预测西藏山溪鲵适宜生境变化如下表。工程建设后，西藏山溪鲵不适宜区面积增加 2.38km^2，最适宜、较适宜、适宜区面积均减少，主要是库区形成消落带，不再适宜西藏山溪鲵生存，且淹没部分支流生境。

工程建设前后西藏山溪鲵生境适宜性分级

表 5.9-8

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	62.88	14.07	62.12	13.90	-0.76	-1.21
较适宜	61.00	13.65	60.24	13.48	-0.76	-1.25
适宜	192.64	43.11	191.78	42.92	-0.86	-0.45
不适宜	130.35	29.17	132.73	29.70	2.38	1.83
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

(2) 对中国特有两栖动物物种及其生境的影响

评价区共发现的两栖动物中，西藏山溪鲵、胸腺猫眼蟾、高原林蛙、棕点湍蛙、倭蛙都是中国特有种。工程对西藏山溪鲵的影响上文已阐述，对其余特有物种的影响主要是它们可能被施工开挖作业等直接伤害或者致死，噪声、大气和水污染等施工“三废”可能使其栖息地质量降低、面积减小，但这些影响在施工结束后会消失。各种群栖息地受蓄水淹没影响，但成库又会形成新的栖息环境，总体上工程建设和运行对其影响有限。

5.9.3.2 对爬行动物的影响

牙根二级水电站施工和运行对爬行动物栖息环境的影响，基本上和两栖动物类似，尽管爬行动物的迁徙能力较两栖动物强，但工程施工和水库淹没仍会对该地区爬行动物的生存和种群繁衍产生一定影响。施工过程中的开挖和填筑将影响爬行动物的生存和繁殖；横穿公路的爬行动物，尤其是蛇类也易被各种施工车辆碾压。干旱灌丛区施工主要影响草绿攀蜥、山滑蜥等，施工期爬行动物的种群数量可能暂时略有下降，但不会有物种从评价区内消失。水库蓄水将淹没部分农耕地和灌草丛，使各类爬行动物的栖息地面积减少。

总体来说，农耕地和灌草丛生境在评价区分布范围较广，而且评价区爬行动物种类

分布广、适应能力较强，故工程施工和水库淹没对其影响不大。另外水库形成后，有利于库周植物生长和植被的恢复，给草食昆虫等提供了合适的生境生存与繁殖。昆虫增多，为蜥蜴类提供更好的食物。蜥蜴数量的增加，又为一些蛇类物种的生存、繁殖创造了更好的条件，有利于它们数量的恢复。

工程建设对爬行动物的影响情况

表 5.9-9

工区	场地	生境	物种	影响
日衣工区	日岗沟泥石流沟治理工程	灌丛	草绿攀蜥、山滑蜥	1、工程占用、淹没，栖息地面积缩小 2、食物减少，栖息地质量下降，降低生存力 3、车辆碾压 4、人为捕杀
	日衣变形体治理及右岸沿江施工便道	林地、灌丛		
	日衣场平	林地、灌丛、耕地	草绿攀蜥、棕网腹链蛇、山滑蜥、大眼斜鳞蛇	
大坝枢纽工区	木灰沟转存料场、木灰沟承包商营地	林地、灌丛、耕地		
	业主营地、公安及武警营地、机电设备及物资仓库及中心变电站			
	12#路、14#路、右岸沿江便道	林地、灌丛	草绿攀蜥、山滑蜥、黑眉锦蛇、乌梢蛇	
	大坝枢纽及其管理区			
	左岸高线混凝土生产系统场平	灌丛		
	101#路和 16#路	林地、灌丛		
拉最工区	拉最砂石加工及混凝土生产系统	灌丛		
	场内 1#路、相唐多吉场平			
淹没区		林地、灌丛、耕地		

(1) 对易危爬行动物的影响

评价区易危爬行动物有黑眉锦蛇、乌梢蛇两种。工程建设其影响主要是工程占地导致栖息地面积缩小；工程机械、车辆运行频繁，增加了碾压风险；蛇类均有一定食用价值，易被人为捕杀。但其分布广、适应能力较强，工程施工和水库淹没对其影响总体不大。

(2)对中国特有爬行动物的影响

评价区发现 3 种中国特有爬行动物，分别是草绿攀蜥、高原蝮、棕网腹链蛇。工程建设对其的影响与易危爬行动物类似，总体影响不大。

5.9.3.3 对鸟类的影响

对鸟类的影响直接表现为施工点占用一些鸟类的栖息地，使得他们的原有栖息地受到一定程度的破坏和部分丧失。施工期直接或间接的增加了对周边鸟类的人为干扰，噪声、粉尘、工地探照灯对附近的鸟类造成一定程度干扰和威胁，施工区域长期人类活动干扰会影响鸟类的觅食和活动空间范围。施工中的水污染直接造成水生生物种类和数量

减少，从而影响鸟类的捕食和栖息地环境，对水鸟造成一定影响。

蓄水以后，淹没区所涉及的河谷区、农耕区的鸟类种类及种群量可能减少，一些原在此地栖息的涉禽、游禽会迁往它处。常见支流水沟边活动的鹡鸰、水鸲、燕尾、河乌和一些河谷灌丛鸟类影响较大。水库蓄水后，库区水面变宽，为部分游禽、涉禽提供了广阔的繁殖场所和良好的食物来源，秋冬季节将引来一定数量的游禽来此停留、越冬。随着库区生态系统的形成，鸟类群落优势种将发生一定变化，游禽的数量将增加。适合森林和灌丛的鸟类类群将迁往高海拔生境，高海拔森林生态系统中鸟类群落物种多样性可能增加，但总体上鸟类物种也不会有大的改变。

工程建设对鸟类的影响

表 5.9-10

工区	场地	生境	物种	影响
日衣工区	日岗沟泥石流沟治理工程	灌丛	陆禽、攀禽、鸣禽，如斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、大杜鹃、四声杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦等	1、工程占用、淹没，栖息地面积缩小 2、噪声、粉尘、灯光等人为干扰驱赶 3、库区水面将增加，吸引游禽、涉禽等 4、人为捕杀
	日衣变形体治理及右岸沿江施工便道	林地、灌丛		
	日衣场平	林地、灌丛、耕地	陆禽、攀禽、鸣禽，白腹锦鸡、岩鸽、斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、大杜鹃、四声杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦等	
大坝枢纽工区	木灰沟转存料场、木灰沟承包商营地	林地、灌丛、耕地	陆禽、攀禽、鸣禽，斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、大杜鹃、四声杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦等	
	业主营地、公安及武警营地、机电设备及物资仓库及中心变电站			
	12#路、14#路、右岸沿江便道	林地、灌丛		
	大坝枢纽及其管理区			
	左岸高线混凝土生产系统场平	灌丛	陆禽、攀禽、鸣禽，斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、大杜鹃、四声杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦等	
	101#路和 16#路	林地、灌丛		
拉最工区	拉最砂石加工及混凝土生产系统	灌丛		
	场内 1#路、相唐多吉场平			
淹没区		林地、灌丛、耕地	陆禽、攀禽、鸣禽、涉禽、游禽，白腹锦鸡、岩鸽、绿头鸭、白鹭、斑鸠、白腰雨燕、短嘴金丝燕、杜鹃、长尾山椒鸟、黑卷尾、伯劳、松鸦、乌鸦等	

(1) 对重点保护鸟类及其生境的影响

评价区分布有国家一级重点保护鸟类 1 种，黄喉雉鹑，国家二级重点保护鸟类 22 种，血雉、红腹角雉、勺鸡、白腹锦鸡、白马鸡、长尾林鸮、高山兀鹫、秃鹫、松雀鹰、雀鹰、苍鹰、黑鸢、大鵟、普通鵟、红隼、白眉山雀、宝兴鹛雀、中华雀鹛、大噪鹛、

斑背噪鹛、橙翅噪鹛、滇鸸。

上述保护鸟类中，黄喉雉鹑、血雉、红腹角雉、勺鸡、白马鸡等鸡形目鸟类主要栖息于高山森林、灌丛和林线以上的岩石苔原地带，河谷区域较少见，工程施工占地不会对其造成直接影响。值得注意的是黄喉雉鹑、血雉夏季在海拔较高的高山森林、灌丛区活动，冬季则可能下到2500~3000米区域活动，施工期人员较多期间，上述鸟类在冬季易受偷猎威胁。白腹锦鸡在日衣村周边、拉最工区有分布，工程占地、施工期噪声的影响，迫使其离开施工区域。

水库蓄水后，根据鸡形目鸟类的生境特性，本次评价预测鸡形目鸟类适宜生境变化如下表。工程建设后，鸡形目鸟类不适宜区面积增加6.53km^2，最适宜、较适宜、适宜区面积均减少，主要是库区蓄水将淹没森林、灌丛等植被，破坏鸡形目鸟类生境。

工程建设前后鸡形目鸟类生境适宜性分级

表5.9-11

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	93.56	20.94	90.34	20.22	-3.22	-3.44
较适宜	191.86	42.93	189.54	42.41	-2.32	-1.21
适宜	105.54	23.62	104.56	23.40	-0.98	-0.93
不适宜	55.90	12.51	62.43	13.97	6.53	11.68
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

猛禽类如长尾林鸮、高山兀鹫、秃鹫、松雀鹰、雀鹰、苍鹰、黑鸢、大鵟、普通鵟、红隼等都在高山森林筑巢，河谷中的活动主要是觅食。工程开挖、爆破、机械噪声等将导致栖息地质量降低，施工占地导致作为猛禽类食物的小型鸟兽减少，迫使它们离开施工区，随着施工结束，猛禽类又可回到区域内活动、觅食。白眉山雀、宝兴鹛雀、中华雀鹛、大噪鹛、斑背噪鹛、橙翅噪鹛、滇鸸等鸣禽生活在海拔山地和高原森林与灌丛中，施工可能使其暂时迁移至附近适合生存的环境，但不会影响其主要生境。

水库蓄水后，根据猛禽和鸣禽的生境特性，本次评价预测猛禽和鸣禽适宜生境变化如下表。工程建设后，猛禽和鸣禽不适宜区面积增加3.52km^2，最适宜区面积不变，较适宜、适宜区面积均减少，主要是猛禽和鸣禽的最适宜生境本身处于林区，不受淹没影响，库区蓄水将淹没森林、灌丛等植被，破坏较适宜、适宜区生境。

工程建设前后其他鸟类生境适宜性分级

表 5.9-12

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	32.07	7.18	32.07	7.18	0	0
较适宜	134.41	30.08	133.17	29.80	-1.24	-0.92
适宜	150.97	33.78	148.69	33.27	-2.28	-1.51
不适宜	129.42	28.96	132.94	29.75	3.52	2.72
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

总体来说，保护鸟类迁徙能力强，其分布广、适应能力较强，工程施工和水库淹没对其影响较小。

(2)对濒危鸟类及其生境的影响

评价区有易危（VU）鸟类黄喉雉鹑、大鵟，同时也是国家 II 级保护动物，其可能受到的影响已在上文分析。

(3)对中国特有鸟类及其生境的影响

评价区分布有白马鸡、灰胸竹鸡、黄喉雉鹑、黄腹山雀、白眉山雀、凤头雀莺、宝兴鹛雀、大噪鹛、斑背噪鹛、橙翅噪鹛、滇鸦等中国特有鸟类，对白马鸡、黄喉雉鹑、白眉山雀、宝兴鹛雀、大噪鹛、斑背噪鹛、橙翅噪鹛、滇鸦的影响已在上文分析，其他特有鸟类受工程占地与施工活动影响，迫使其离开施工区域，施工结束后会回到原有栖息环境，总体影响较小。

5.9.3.4 对兽类的影响

由于施工区和淹没区为人类活动较为频繁的河谷地区以及农耕区，大型兽类分布较少，工程施工开挖和占地主要占用食虫目、啮齿目、食肉目等中小型兽类的栖息地，造成兽类的迁移和种群数量的减少，如黄鼬、鼠兔等。

水库蓄水后将淹没部分灌草丛、林地，使原来栖息于其中的中小型兽类，特别是小型啮齿动物、食虫类向较高海拔生境或食物丰富的人类聚居地附近迁移，而以啮齿动物为食的豹猫、黄鼬、黄喉貂等兽类将损失部分觅食地，但被淹没和占地影响的地区由于缺乏良好的隐蔽条件而并非良好的觅食地，故这些兽类在淹没区域内种群密度较低，工程建设不会造成其大的种群变化。同时，随着人类聚居地附近小型啮齿类动物种群数量的增加，主要以鼠类为食的豹猫、黄鼬等兽类也将较频繁地出现在人类聚居地附近。

总体来说，工程建设区周边可替代的生存环境较多，在合理施工，充分采取有效减缓措施的前提下，评价区域内兽类的物种种类和数量不会发生显著的变化。

工程建设对兽类的影响

表 5.9-13

工区	场地	生境	物种	影响
日衣工区	日岗沟泥石流沟治理工程	灌丛	猕猴、岩松鼠、中华绒鼠、高山姬鼠、中华鼢鼠、长吻鼹、云南鬉鼩、黄腹鼬、黄鼬、猪獾、花面狸、隐纹花鼠、珀氏长吻松鼠、褐家鼠、灰尾兔等	1、工程占用、淹没，栖息地面积缩小 2、噪声、粉尘、灯光等人为干扰驱赶 3、食物减少，栖息地质量下降，降低生存力 4、人为被捕杀
	日衣变形体治理及右岸沿江施工便道	林地、灌丛		
	日衣场平	林地、灌丛、耕地		
大坝枢纽工区	木灰沟转存料场、木灰沟承包商营地	林地、灌丛、耕地		
	业主营地、公安及武警营地、机电设备及物资仓库及中心变电站			
	12#路、14#路、右岸沿江便道	林地、灌丛		
	大坝枢纽及其管理区			
	左岸高线混凝土生产系统场平	灌丛		
	101#路和 16#路	林地、灌丛		
拉最工区	拉最砂石加工及混凝土生产系统	灌丛	猕猴、黄喉貂、豹猫、中华鬣羚、中华斑羚、岩松鼠、中华绒鼠、中华鼢鼠、小纹背鬉鼩、四川短尾鬉、珀氏长吻松鼠、中华姬鼠、大足鼠、灰尾兔等	
	场内 1#路、相唐多吉场平			
淹没区		林地、灌丛、耕地	猕猴、豹猫、黄喉貂、岩松鼠、中华鼢鼠、云南鬉鼩、四川短尾鬉、黄腹鼬、黄鼬、猪獾、花面狸、褐家鼠、灰尾兔等	

(1)对重点保护兽类及其生境的影响

评价区内分布有国家一级保护兽类 3 种，马麝、林麝和豹；二级保护兽类 14 种，分别为猕猴、藏酋猴、狼、藏狐、赤狐、黑熊、黄喉貂、豹猫、猞猁、毛冠鹿、水鹿、岩羊、中华鬣羚、中华斑羚。

根据调查，猕猴、黄喉貂、豹猫、毛冠鹿、中华鬣羚在施工区有少量活动痕迹，施工期干扰将使其迁移至别处活动，施工期“三废”排放使栖息地质量下降。施工结束后，随着植被恢复，临时占地区的栖息地可能得到一定程度恢复。

马麝、林麝、豹、狼、黑熊、岩羊、水鹿、赤狐、藏狐、猞猁、中华斑羚等国家重点保护动物在评价区较高海拔区域活动，工程建设对其的影响较小。上述动物有较大经济价值，随着施工人员活动增加，其被偷猎的威胁增大。

水库蓄水后，根据兽类的生境特性，本次评价预测兽类适宜生境变化如下表。岩羊不适宜区面积增加 0.82km^2，最适宜区、较适宜区面积不变，适宜区面积均减少；毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚、中华斑羚不适宜区面积增加 1.16km^2，最适宜区面积不变，较适宜、适宜区面积均减少。其他兽类不适宜区面积增加 4.36km^2，最适宜区面积不变，较

适宜、适宜区面积均减少。总体来说，兽类活动能力强，日常觅食等运动距离也相对较远，工程建设对其的影响有限。

工程建设前后岩羊生境适宜性分级

表 5.9-14

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	15.93	3.56	15.93	3.56	0	0
较适宜	42.65	9.54	42.65	9.54	0	0
适宜	182.38	40.81	181.56	40.63	-0.82	-0.45
不适宜	205.91	46.08	206.73	46.26	0.82	0.40
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

工程建设前后毛冠鹿、水鹿、中华鬣羚、中华斑羚生境适宜性分级

表 5.9-15

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	56.99	12.75	56.99	21.14	0	0
较适宜	204.24	45.70	203.78	20.51	-0.46	-0.23
适宜	92.34	20.66	91.64	45.60	-0.70	-0.76
不适宜	93.30	20.88	94.46	12.75	1.16	1.24
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

工程建设前后其他兽类生境适宜性分级

表 5.9-16

类型	建设前		建设后		变化	
	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）	面积（km^2）	占比（%）
最适宜	37.24	8.33	37.24	8.33	0	0
较适宜	188.39	42.16	185.98	41.62	-2.41	-1.28
适宜	143.68	32.15	141.74	31.72	-1.94	-1.35
不适宜	77.55	17.35	81.91	18.33	4.36	5.62
合计	446.87	100	446.87	100	0	0

(2)对极危、濒危、易危兽类及其生境的影响

评价区有极危动物马麝、林麝；濒危动物豹、猞猁；易危动物藏酋猴、黑熊、黄喉貂、豹猫、中华鬣羚、中华斑羚，也均为国家保护动物，其可能受到的影响已在上文中分析。

(3)对中国特有动物及其生境的影响

评价区分布中国特有兽类 10 种，分别为云南鼩鼱、藏酋猴、岩松鼠、中华绒鼠、西南绒鼠、高原松田鼠、高山姬鼠、川西白腹鼠、中华鼢鼠、川西鼠兔，以鼠类为主。

施工占地将使特有兽类的适宜生境缩小，施工活动可能破坏其巢穴，导致其种群数

量下降。运行期随着施工迹地植被恢复的实施，上述特有兽类适宜生境能得到一定程度的恢复，其种群数量基本可以恢复到施工前。

5.9.4 对生态系统完整性的影响

5.9.4.1 生态系统类型变化分析

本项目将占用森林、灌丛、耕地、建设用地等，对评价区森林、灌丛、农田等斑块造成侵占和分割，各类斑块既有合并转换也有分割，总的来看斑块数量变化不大，工程完工后整个区域内斑块数量有所减少。因施工占地，评价区内森林、灌丛、草地、湿地、农田、城镇生态系统均受到影响，其中森林、灌丛、草地、农田生态系统面积减少，城镇、湿地生态系统面积增加。

项目建设前后评价区生态系统类型变化

表 5.9-17

斑块类型	斑块数量			面积(km²)		
	施工前	施工后	变化%	施工前	施工后	变化%
森林生态系统	2986	2654	-11.12	162.80	158.54	-2.61
灌丛生态系统	4950	4400	-11.11	253.01	246.34	-2.64
草地生态系统	228	166	-27.19	8.02	6.40	-20.22
湿地生态系统	97	28	-71.13	7.43	19.73	165.60
农田生态系统	366	275	-24.86	13.16	11.60	-11.88
城镇生态系统	288	268	-6.94	2.45	4.26	73.76
合计	8915	8760	-12.61	446.87	446.87	0

5.9.4.2 生态系统结构和格局变化分析

(1)斑块优势度变化

牙根二级水电站的建设将占用森林、灌丛、农田等斑块，使它们的优势度值都有所变化，但评价区的基质仍为灌丛和森林。

项目建设前后评价区各类斑块优势度值的变化

表 5.9-18

斑块类型	施工前（%）	施工后（%）	变化（%）
森林生态系统	36.33	30.83	-5.50
灌丛生态系统	41.67	35.31	-6.36
草地生态系统	4.30	1.72	-2.58
湿地生态系统	7.69	27.11	19.42
农田生态系统	8.31	2.90	-5.41

斑块类型	施工前（%）	施工后（%）	变化（%）
城镇生态系统	1.72	1.13	-0.59
合计	100	100	0

(2)景观连通性变化

施工前后评价区景观空间格局聚集度指数和分割度指数有所增加，而蔓延度、连通度和破碎度均有所下降，说明景观斑块更为破碎，但所有指数的变化均不大。总的说来，评价区的景观空间格局指数不会因工程的实施而发生明显的改变。

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。

项目建设前后评价区生态系统空间格局指数的变化

表 5.9-19

指数	CONTAG	AI	CONNECT	DIVISION	FRAG
	蔓延度指数	聚集度指数	连接度指数	分割度指数	破碎度指数
施工前	57.18	82.98	53.95	0.83	1.46
施工后	54.54	83.39	53.59	0.95	1.44
变化(%)	-4.62	0.49	-0.69	15.66	-1.37

5.9.4.3 生态系统类型完整性和结构稳定性分析

评价区内主要生态类型主要包括森林生态系统、灌丛生态系统、草地生态系统、湿地生态系统、农田生态系统、城镇生态系统，生态系统的结构和功能稳定性较好；在调节气候、涵养水源、保持水土、维持生物多样性等生态服务功能方面发挥了重要作用，整个评价区的景观格局和生态系统较为完整。牙根二级水电站的建设将占用林地、灌丛、草地、耕地、建设用地等，由于本次新增占地 2221.59hm^2（包含淹没水域 671.18hm^2），仅占评价区总面积的 4.97%，不会大面积改变评价区各类生态系统面积，对各类生态系统的类型完整性和结构稳定性影响都较为有限。评价区的林地、灌丛广布性特征明显，其建群种和优势种的种群更新、年龄结构和层片分异等都不会有大的影响，水电站建设不会对该区域植被分布情况和森林植物群落结构造成大的改变，森林、灌丛生态系统类型完整性、结构稳定性和功能多样性基本能够维持在原有水平。随着施工的结束，各项生态保护措施的落实，临时占地区的植被得到恢复，施工活动对生态系统的干扰逐渐减弱。

因此，工程实施不会对各类生态系统的结构与功能完整性、生态过程完整性，以及生态服务功能的完整性产生实质性影响，评价区各类生态系统依然具有维持良性发展的

潜力。

5.9.4.4 生物量、生产力损失估算

本项目枢纽施工、库区淹没、复建工程建设后，各植被面积均有所减少，经估算出工程建设对区域森林、灌丛植被生物量的直接损失数量为65828.44t，占评价区总生物量的2.52%，工程减少导致的植被生产力减少6553.61t/a.，占评价区总生产力的2.61%，工程完工后将在临时占地区进行植被恢复，水土保持植被措施等也会恢复林灌植被。工程建设造成的生物量直接损失将会随着建设项目的结束和植被恢复措施的实施逐步得到补偿。

项目建设对植物生物量和生产力影响预测

表5.9-20

占用生物量(t)	总生物量(t)	占用比例（%）	占用生产力 t//a	总生产力 t//a	占用比例（%）
65828.44	2612746.77	2.52	6553.61	251438.87	2.61

综上所述，牙根二级水电站的建设和运行对评价区生态环境产生一定影响，但不会显著改变评价区的植物物种多样性状况、植被组成类型、动物多样性和种群结构组成。工程建设和运行不会引起土地利用格局的明显变化，不会对生态系统的稳定性和景观完整性产生显著影响。在采取植被恢复、水土流失防治措施、野生动植物保护等措施的情况下，工程造成的生态影响可得到有效减缓，生态系统的稳定性仍然较强。

5.9.5 外来种入侵和生态风险

5.9.5.1 外来种入侵风险

根据野外调查和现场走访，评价区尚未发现有对乡土植物多样性安全造成严重危害的生态入侵案例，仅在地勘营地路边发现少量鬼针草。但是，随着工程施工、绿化、人员进出等带来人员车辆交流、工程建筑材料及其车辆的进入，可能将外来物种带进该区域，对本地物种的多样性造成威胁。

5.9.5.2 其他生态风险

项目区位于干旱河谷区，主要植物有高山松、高山栎、灌丛等，林下可燃物多，季节性高温、干旱、大风等高火险天气多，森林防火压力大，项目建设、运行期间要抓好火源管控、进山入林人员管理和隐患治理，严防发生森林草原火灾。同时，充分做好应急处置准备，一旦发生火灾要安全高效扑救。

5.10 移民安置及专项设施复建环境影响预测与评价

移民安置活动主要包括生产安置、农村搬迁安置、城集镇迁建及专项设施复(改)建等方面。移民安置工程的实施对移民生产生活、安置区环境等会产生一定程度的影响。

5.10.1 农村移民安置环境影响

5.10.1.1 生态环境影响分析

(1)农村移民生产安置

至规划设计水平年 2035 年，牙根二级水电站涉及生产安置人口为 2153 人。根据移民环境容量分析及移民意愿调查成果，规划生产安置人口全部采用逐年货币补偿方式进行安置，对应耕园地面积 2344.35 亩。耕园地调整过程中可能对生态环境造成不利影响。

(2)农村移民搬迁安置

至规划设计水平年，牙根二级水电站建设征地涉及农村搬迁安置人口为 2224 人，结合移民搬迁安置意愿调查成果和地方政府意见，规划全部采取分散安置。

分散安置建房过程中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。另外，移民安置所在的雅砻江河谷地带，是五小叶槭的集中分布区。建设过程中需加强对移民的宣传教育，安置过程中发现五小叶槭等珍稀保护植物需及时上报，减少对珍稀保护植物的影响。

建设过程中的开挖、筑路、弃渣、机械振动等施工活动，对原活动于安置点的野生动物造成一定影响，迫使它们向周边类似区域迁徙，由于各安置点均不是野生动物的主要栖息地，且施工影响区域小，安置建房不危及其生存。

安置点建设过程中还将在一定程度上扰动地表，使其表层土裸露，新增水土流失，但随着土地固化，四旁绿化及其他相关水保措施的实施，水土流失将得到有效控制。

(3)集镇迁建

据调查，各集镇迁建区由于受人类活动影响，地表植被稀少，分布有零星灌草丛和绿化树种，无珍稀保护植物分布，安置点建设对陆生植被影响有限。

根据集镇迁建规划，本工程迁建的 3 座集镇共占用土地 7.27hm^2，总体上集镇迁建占用的土地面积很小，对自然植被的影响很小。集镇建成后，由于绿化措施的实施，将会使自然景观与人文景观更好地协调，提高景观资源的质量。

5.10.1.2 水环境影响预测

(1)施工期

施工期移民安置对水环境的影响主要来自施工人员产生的生活污水、房屋建设和配套设施建设中产生的废水等。房屋建设和配套设施建设中排放的废水主要含 SS，且浓度较高，但由于迁建集镇规模总体不大，施工期间施工人员相对较少，工期较短，废水规模总体不大。由于雅砻江中游属Ⅱ类水体，废(污)水禁止排放，施工期生产废水和生活污水需经处理后回用，严禁外排。因此，施工期对地表水体水质基本不会产生不利影响。

(2)运行期

牙根二级水电站移民安置点人口规模相对较小，农村搬迁安置人口为 2224 人，全部采取分散安置。新建三座迁建集镇，规划集中安置 749 人。根据移民安置规划报告，三座迁建集镇每日生活污水排放量约 119.84m^3/d，生活污水中的主要污染物为 COD、BOD_5、氨氮和 SS，一般 COD 排放浓度为 300mg/L，氨氮排放浓度为 35mg/L。若其直接排放将影响集镇周边的水体及土壤环境。雅砻江中游干流及支流执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II 类水标准，迁建集镇废污水禁止排向雅砻江干支流，因此安集镇生活污水需进行处理后回用。

5.10.1.3 环境空气影响预测

搬迁安置对环境空气的影响源主要是工程开挖、回填等场地平整中产生的粉尘。对大气环境产生影响的主要污染源有：各类施工机械排放的废气，施工开挖产生的粉尘飘尘，车辆运行产生的扬尘等。影响时段为施工期，时间较短。

由于工程开挖量较小，其产生的废气量也较小，且施工场地比较分散，施工工期也不集中，因此不会对整个区域的大气环境造成污染，对施工区局部区域的大气环境影响也较小，在采取必要的降尘和防护措施情况下，实质影响将进一步降低。

运行期，环境空气的影响来自居民生活所产生的烟气，主要污染物为 CO、SO^2 和烟尘等；迁建集镇居民相对集中，空气质量将会有所下降，但影响只限于局部，影响很小。

5.10.1.4 声环境影响预测

本工程移民安置施工规模有限，对周围声环境影响主要表现为施工期各类施工机械产生的噪声。其中对环境影响较大的施工机械有推土机、装载机、压路机、挖掘机和自卸卡车等。施工噪声主要将对施工现场作业人员造成影响。

5.10.1.5 固体废物影响预测

根据调查资料显示，安置区生活垃圾的来源主要包括 2 个方面：①家庭日常生活产生的垃圾；②农业生产过程中产生的垃圾。由于库区周边农村人口居住分散，且大多数的农村没有固定的垃圾集中堆放处和专门的垃圾收集、运输、填埋和处理系统，各类垃圾未得到统一集中处理。

牙根二级水电站迁建集镇建成后，预计生活垃圾产生 3.75t/d，如果垃圾无固定堆放场所，又不进行必要的处理，如遇大雨，垃圾可能会被冲入水体，不仅会对水体水质产生一定影响，还会对安置区的生活条件和环境卫生产生不良影响，为蚊蝇的孳生提供了条件，有可能引起传染性疾病的流行。

5.10.2 专项设施复建环境影响

除了移民搬迁安置外，牙根二级水电站建设征地专项设施主要涉及交通工程、输电线路通讯光缆等输变电项目，以及水利设施、电力工程、企事业单位等。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。

依据《雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划报告》中集镇、企业等复建的初拟选址，对照五小叶槭专题报告中对牙根二级水电站工程直接影响区的五小叶槭调查结果，各迁建集镇新址不涉及五小叶槭。

各专项设施复建工程设计阶段应根据最新的《建设项目环境影响评价分类管理名录》分别组织编制相应的环境影响评价文件并报行政主管部门审批，并在工程竣工投运前依法完成建设项目竣工环境保护验收调查，本报告书仅对专项设施复建工程的环境影响进行初步分析。

5.10.2.1 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。

(1)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对外交通工程、省道 S220 复建工程，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。

(2)施工生活污水

专项设施复建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。

(3)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。

5.10.2.2 对生态环境的影响

专项设施复建工程影响区主要植被类型为林地、灌丛、荒地等。复建公路、桥梁等工程建设将破坏地表植被，影响陆生动物生存。临时用地主要有弃土场、弃渣场、施工营地等。施工临时占地将对植被产生直接影响，使群落的生物多样性降低。但影响是临时的，工程建设对植被的损毁主要在施工期，工程完工后可通过水土保持措施进行植被恢复。

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。鸟类活动范围大，施工期间，对鸟类影响较小。

根据工程直接影响区的五小叶槭调查结果，牙根二级水电站迁建集镇新址占地不涉及五小叶槭，对外作用公路、复建道路 S220 线沿线会经过五小叶槭集中分布区域，下阶段设计、施工过程中需结合电站主体五小叶槭保护措施，采用线路优化、原生境保护、移栽等措施，减少复建工程对五小叶槭的影响。

5.10.2.3 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，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。

(1)施工运输扬尘

施工道路扬尘主要由运输施工材料引起，尤其是运输粉状物料时。运输扬尘的影响因素较多，主要跟车辆行驶速度、风速、路面集尘量和集尘湿度等有关。施工所需的土方、石料、沙料、水泥一般采用汽车运输。由于运输所利用的道路等级不高，施工便道也多为无辅装的土路，路面含尘量很高，尤其遇到干旱少雨的季节，道路扬尘较为严重。筑路材料中粉状材料在运输中若遮盖不严，在运输过程中也会随风起尘，对运输道路两侧的居民产生影响，特别是干旱、大风天气，影响将更为明显。

(2)施工现场扬尘

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。根据同类工程预测及施工经验，爆破施工过程会产生大量 CO、NOx、CO_2 等废气和粉尘，使附近空气质量明显下降，影响周边居民身体健康和动植物生长。

(3)混凝土拌和粉尘

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。

根据同类公路工程施工期对灰土拌和站 TSP 监测结果，施工过程中，采用路拌工艺施工时，路边 50m 处 TSP<1.00mg/m³ 。储料场灰土拌和站附近相距 50m 下风向 TSP 浓度为 8.90mg/m³；相距 100m 处浓度为 1.65mg/m³；相距 150m 处已基本无影响。公路施工在混合土工序阶段，灰土运输车辆来往引起的扬尘是最严重的扬尘污染，在距路边下风向 50m 处 TSP 浓度>10mg/m³，距路边 150m 处 TSP>4mg/m³ 。

(4)废气的影响

施工机械废气主要为 CO、NOx，其影响范围小，仅限于施工场地对施工人员的影响。作为短期行为的筑路施工污染，将随着施工期的结束而消失。施工期所带来的污染只要采取适当的措施，其影响可降至最低。

(5)固体废物

专项设施复建工程施工中产生的固体废物主要包括建筑垃圾、生产废料及施工人员生活垃圾，若任意堆放将影响区域环境及景观。

(6)对当地基础设施的影响

牙根二级水电站的建设，将带动当地公路、电力、通讯等基础设施的建设。各项专项设施复建方案结合了当地实际和发展规划，有利于当地社会经济的发展，方便群众生活。

5.11 枢纽工程施工环境影响预测与评价

5.11.1 施工污废水影响与评价

牙根二级工程河段所在雅砻江干流水环境保护目标为维持II类水域环境质量。根据工程分析，牙根二级水电站施工期的水污染源包括生产废水和生活污水两大部分，其中生产废水大部分来源于砂石骨料加工废水，另有少量的混凝土拌和冲洗废水、机修系统

含油污水及基坑排水等；生活污水主要来源于生活区的施工人员生活用水。

工程河段为II类水域，施工废（废）水应处理后回用或综合利用于洒水降尘、农林灌溉等，禁止排入水体。因此，本工程针对各种施工废（污）水的特性分别采取了相应的水处理与回用措施，故在正常情况下不会对河流水质造成影响。但若事故排放，则将对河流水质造成一定影响。基于以上考虑，本次水环境影响预测与评价将针对生产废水和生活污水不经处理直接排放(即事故排放)的最不利工况进行，评价时段也选择枯水年的最枯月的最不利时段。

5.11.1.1 砂石加工废水

(1)预测模型

砂石料加工系统废水概化为岸边点源，主要污染物为 SS，鉴于水体挟沙能力较大，不考虑其沉降作用。采用《环境影响评价技术导则　地表水环境》(HJ/T2.3-2018)推荐的持久性污染物岸边排放二维稳态混合模式，其中，为便于判定污染物扩散混合段长度，当二维稳态混合模式计算值在与水流垂直方向(y 方向)上各断面浓度差值小于 5%时，即可近似视为完全混合，此时，在 x 方向从排污断面至该完全混合断面即为混合段长度。岸边排放二维稳态混合模式计算公式如下：

$$c(x,y)=c_h+\frac{c_pQ_p}{H\sqrt{\pi M_y xu}}\left\{\exp\left(-\frac{uy^2}{4M_y x}\right)+\exp\left[-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x}\right]\right\} \quad （5.11-1）$$

$$M_y=(0.058H+0.0065B)\sqrt{gHI} \quad （5.11-2）$$

式中：

$C(x,y)$——纵向距离 x、横向距离 y 点的污染物浓度，mg/L；

x，y——预测点 x、y 方向坐标值，m；

u——x 方向平均流速(表示河流中断面平均流速)，m/s；

C_h——河流本底污染物浓度，mg/L；

C_p——污染物排放浓度，mg/L；

Q_p——废水排放量，m^3/s；

H——河流平均水深，m；

B——河流宽度，m；

M_y——横向混合系数，m^2/s；

g——取 $9.8m^2/s$；

I——河流比降。

(2)计算边界

1）水文条件

枯水期河道流量小，悬浮物污染对河道水质的影响高于丰水期和平水期，考虑最不利情况，设计流量选取两河口调蓄后枯水年最小月均流量 371m^3 /s。

2)本底水质

本次补充水质监测在牙根二级坝址处设有一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（取三日平均值），本底悬浮物浓度取 6.1 mg/L。

3)污染物排放量

本工程共规划了 2 个砂石加工系统，3 座混凝土生产系统。其中木灰沟砂石加工系统废水量最大，最大排水量 523m^3/h，因此选取木灰沟砂石加工系统进行事故排放下的水质预测，主要污染物为悬浮物 SS，事故工况下浓度为 80000 mg/L。

(3)计算结果

枯水期砂石加工系统冲洗废水事故排放对雅砻江悬浮物含量的影响见下表。在不利工况下，砂石处理废水事故排放在雅砻江干流将形成明显的的污染带，距离排放口越近，其 SS 浓度增量越大，完全混合长度约 7.5km；随着向下游的延伸，增量逐渐减小。充分混合后，排污点位下游 10km 处 SS 浓度值约为 30.7mg/L，约为河流本底值的 5.03 倍，SS 增量为 24.6mg/L，可以看出，由于砂石加工系统废水悬浮物含量相较于河流本底水质极大，叠加来流最不利小流量工况，事故工况下砂石处理废水直接入河对河流水质影响较为明显。

砂石加工废水事故排放浓度计算表

表 5.11-1　　单位：mg/L

纵向距离(m)	横向距离（m）										
	10	1510	3010	4510	6010	7510	9010	10510	12010	13510	15000
0	796.1	70.4	51.6	43.3	38.3	35.0	32.5	30.7	29.3	28.2	27.3
10	6.1	57.7	46.9	40.7	36.6	33.8	31.8	30.2	29.1	28.2	27.4
20	6.1	32.8	35.4	33.8	32.1	30.6	29.5	28.6	27.9	27.4	27.0
30	6.1	15.0	23.0	25.4	26.1	26.3	26.3	26.3	26.3	26.2	26.2
40	6.1	8.0	13.9	17.9	20.3	22.0	23.2	24.0	24.6	25.0	25.3
50	6.1	6.4	9.2	13.0	16.3	18.9	20.9	22.3	23.4	24.1	24.7
60	6.1	6.1	7.8	11.3	14.9	17.8	20.0	21.7	22.9	23.8	24.4

5.11.1.2 混凝土生产系统冲洗废水

牙根二级结合施工总进度和施工总布置规划，设置 3 个混凝土生产系统，分别为木灰沟混凝土生产系统、下游高线混凝土生产系统及下游低线混凝土生产系统。

均采用三班工作制，每台班冲洗一次，排放方式为间歇式，类比同类工程，混凝土拌和系统冲洗废水总量约为 66m³ /d。废水 pH 值 12 左右，悬浮物浓度 5000mg/L 左右，具有悬浮物浓度高、污水排放量小、间歇集中排放的特点。

正常情况下，混凝土生产系统废水经处理回用后不会对周围水域水质产生影响；但若处理设备非正常运行导致废水事故外排时，将对附近局部水域造成污染。但总体来看，废水量少且非连续分散排放，因此其影响范围与程度均较小。

5.11.1.3 含油废水

牙根二级水电站规划设置一处机械修配厂及汽车修理厂，含油废水高峰时产生量为 19.2m³/d，机修废水中主要污染物有 CODcr、悬浮物和石油类，浓度分别为 25～200mg/L、500～4000mg/L 和 10～30mg/L。正常情况下，含油废水经处理后回用或洒水降尘，不会对周围水域水质产生影响；但若事故排放，将在水体表面形成油膜，难以降解，不利于溶解氧恢复，从而对河流水质造成一定的影响。

5.11.1.4 基坑排水

初期排水总量由围堰闭气后的基坑积水量、围堰的渗水量、围堰及基坑覆盖层内的含水量和可能的降水量四部分组成。工程基坑初期排水安排在第三年 3 月上、下游围堰混凝土防渗墙施工完成后进行。初期排水总量约 38.4 万 m³，基坑排水强度为 3200m³/h。类比国内同类型水电工程基坑废水监测结果，基坑初期排水水质与河流水质相似，对雅砻江水质基本无影响。

基坑经常性排水包括堰体和基础渗水、施工期降水及施工弃水，按当天排干计算，总排水强度 3212m³ /h。基坑排水主要污染物为 SS 和少量石油类等物质，其中 SS 浓度约 2000mg/L，该部分废水如果直接排入雅砻江，将对下游河段水体水质造成一定影响。

5.11.1.5 洞室排水

工程施工期间洞室排水分散且源强不稳定，变幅较大。废水中含有一些炸药残渣、漂絮等，主要污染物为 SS。若渗水量过大且不采取有效的处理措施，直接排入河道或支沟，可能增大水体 SS 的含量，将对排放口附近环境和受纳水体带来一定的影响。

5.11.1.6 生活污水事故排放

生活污水产生地点主要有木灰沟右岸 1#承包商营地、木灰沟右岸 2#承包商营地和多吉承包商营地和木灰业主营地。根据施工布置及各营地定员，以坝区施工营地生活污水污染事故排放作为代表进行分析水质影响，选择预测因子为 COD。

(1)预测模型

采用《环境影响评价技术导则　地表水环境》(HJ/2.3-2018)推荐的持久性污染物岸边排放二维稳态混合衰减模式预测。

$$c(x,y)=\exp(-K_1\frac{x}{86400u})\left\{c_h+\frac{c_pQ_p}{H(\pi M_y xu)^{1/2}}\left[\exp(-\frac{uy^2}{4M_y x})+\exp(-\frac{u(2B-y)^2}{4M_y x})\right]\right\} \quad (5.13\text{-}3)$$

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，m^3/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，m^2/s；

u——河流流速，m/s；

B——河流平均宽度，m；

π——圆周率。

(2)计算边界

1）水文条件

与上文相同，考虑最不利情况，设计流量选取两河口调蓄后枯水年最小月均流量 $371m^3/s$。

2)本底水质

采用补充水质监测牙根二级坝址断面枯水期水质实测数据（取三日平均值），本底 COD 浓度取 8mg/L。

3)污染物排放量

工程生活区排水量表

表 5.11-2

营地名称	施工高峰年人数（人）	污水排放量（m³/d）	高峰时段生活污水排放量（m³/h）
业主营地	300	67.5	7.03
木灰沟右岸承包商1#营地	1492	161.14	16.79
木灰沟右岸承包商2#营地	2586	279.29	29.09
多吉承包商营地	1988	214.70	22.37

本工程共规划有木灰沟左岸承包商营地、木灰沟右岸承包商营地、多吉承包商营地和木灰业主营地，其中木灰沟右岸承包商 2#营地规模最大，施工高峰年规划人数均为 2586 人，高峰期生活废水量为 29.09m³/h，事故排放情况下，COD 浓度取 450mg/L。

(3)计算结果

根据预测结果可以看出，施工高峰期生活污水处理系统事故排放工况下进入雅砻江干流后，由于雅砻江干流流量大、流速快、本底水质好，污水进入水体后稀释作用明显，对水体水质的影响十分有限。

生活污水事故排放河道 COD 浓度计算表

表 5.11-3　　单位：mg/L

纵向距离(m)	横向距离（m）								
	10	60	110	160	210	260	310	360	410
0	8.8921	8.3638	8.2682	8.2219	8.1932	8.1731	8.158	8.1461	8.1364
10	7.9999	7.9996	8.0004	8.0041	8.0097	8.0156	8.021	8.0256	8.0294
20	7.9999	7.9996	7.9992	7.9989	7.9985	7.9982	7.9979	7.9977	7.9975
30	7.9999	7.9996	7.9992	7.9989	7.9985	7.9982	7.9978	7.9975	7.9971
40	7.9999	7.9996	7.9992	7.9989	7.9985	7.9982	7.9978	7.9975	7.9971
50	7.9999	7.9996	7.9992	7.9989	7.9985	7.9982	7.9978	7.9975	7.9971
60	7.9999	7.9996	7.9992	7.9989	7.9985	7.9982	7.9978	7.9975	7.9971

5.11.2 环境空气影响预测与评价

5.11.2.1 运输扬尘影响

交通运输扬尘与道路路面、车辆行驶速度有关。在路面完全干燥的情况下，可以按经验公式进行计算：

Q=0.123×（V/5）×（W/6.8）0.85×（P/0.5）×0.75

式中：

Q 为—汽车行驶产生的扬尘，kg/km.辆；

V 为—汽车行驶的速度，kg/h；

W 为—汽车载重量，t；

P 为—道路表面粉尘量，kg/m^2。

一辆载重 10t 的卡车，通过一段长为 500m 的公路时，在不同表面清洁度与行驶情况下产生的扬尘量，见下表。

不同车速和地面清洁度时汽车扬尘

表 5.11-5

P（kg/m^2） 车速（kg/h）	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	1.0
5	0.051056	0.085865	0.116382	0.144408	0.170715	0.287108
10	0.102112	0.171731	0.232764	0.288815	0.341431	0.574216
20	0.204223	0.343461	0.465528	0.57763	0.682861	1.148431
30	0.306335	0.515192	0.698292	0.866446	1.024292	1.722647

由上表可知，在同样路面情况下，车速越快，扬尘量越大；而在同样车速情况下，路面清洁度越差，则扬尘量越大。一般情况下，施工交通道路在自然风作用下产生的扬尘所影响的范围在 100m 范围以内。

5.11.2.2 砂石加工系统和混凝土生产系统

本工程共规划两座砂石加工系统，系统均采用全封闭生产模式，并对主要生产车间如粗碎车间、预筛分车间、中细碎车间、主筛分车间、立轴整形车间分别布置袋式除尘器，减少了生产过程中环境粉尘排放量，同时考虑到砂石加工系统周围 500m 内无居民分布，对环境的影响总体有限。但为降低粉尘对现场施工人员的影响，须确保除尘设备的稳定运行，并辅以洒水降尘。

5.11.2.3 施工爆破扬尘

本工程需要消耗炸药约 6078t，地下洞室开挖爆破过程中产生的主要污染物是粉尘（TSP），约为 50kg/t，污染源主要集中在大坝作业区，属于瞬间源，同时工程隧洞较短，工程量不大，爆破作业少，且采用先进爆破技术等措施减少扬尘产生，施工区附近无居民点分布，总体而言，施工爆破对施工区环境空气质量影响较小。

5.11.2.4 施工作业面扬尘

施工作业面对大气环境产生影响的主要是大坝枢纽工区、弃渣场等，主要污染物为扬尘。施工期扬尘产生的多少及影响程度的大小与施工场地条件和天气条件等诸多因素有关，根据国内多家监测机构对施工扬尘所做的实测资料，统计结果如下表。

施工现场大气中颗粒物浓度变化表

表 5.11-6

距工地距离（m）		10	20	30	40	50	100	备注
浓度（mg/m^3）	场地未洒水	1.75	l.30	0.78	0.365	0.345	0.330	测量平均风速 2.5m/s
	场地洒水	0.437	0.350	0.310	0.265	0.250	0.238	

由上表可知，在场地未洒水时施工扬尘影响范围可达施工场地外 100m；但通过场地洒水降尘后，施工扬尘影响范围将缩小至施工场地外 40m。因此施工过程中可通过限制车速、路面洒水、加盖运输等措施减轻扬尘不利影响。

5.11.2.5 燃油尾气

施工机械燃油过程中将产生含 NO_X、CO、THC 及 SO_2 的有害尾气，根据工程分析，油料的大气污染物排放系数 CO 为 39.221kg/t、NOx 为 64.492kg/t、SO_2 为 4.707kg/t。这些污染源排放具有流动性、间歇性特点，属于非连续、无组织排放源，污染物呈面源分布，由于施工范围大，污染物排放分散且强度并不大，而且河谷风大，有利于燃油废气快速扩散稀释。因此，本工程燃油废气基本不会对施工区及周边环境空气质量产生影响。

5.11.3 声环境影响预测与评价

5.11.3.1 声环境敏感目标及噪声源强

通过对牙根二级施工总布置分析，牙根二级水电站施工区域内声环境敏感点主要为木灰村居民点。木灰村居民点噪声源主要为木灰沟表土堆存场、木灰沟转存料场、木灰沟砂石加工系统、木灰沟混凝土生产系统、场内公路（13#路）。

牙根二级水电站工程施工噪声特性一览表

表 5.11-7

敏感目标	噪声类别	产生区域	与最近敏感点距离(m)	源强（dB(A)）	备注
木灰居民点	作业噪声	砂石加工系统	723	108	点声源
		混凝土生产系统	786	110	点声源
		转存料场	130	105	面声源
		表土堆放场	20	105	面声源
		13#路	95	101	20t 运输汽车；线声源

5.11.3.2 施工期噪声预测

(1)预测方法

由于敏感目标受交通噪声、砂石加工及混凝土生产系统噪声、施工工厂噪声、交通噪声等噪声的综合叠加影响，因此，根据《环境影响评价技术导则 声环境》(HJ2.4-2021)推荐的预测模式进行预测，并对各类噪声贡献值、噪声背景值进行叠加预测。

本工程噪声预测使用 CadnaA 噪声预测软件进行噪声预测，预测过程具体如下：

1)根据区域地形地貌特征，建立区域三维地形图；

2)确定各施工工厂、渣场、砂石加工及混凝土生产系统、施工道路等在三维图中的位置；

3)将施工过程中的噪声源简化为点声源、面声源、线声源等噪声源，确定施工噪声源位置及源强；

4)运行噪声预测软件，生成噪声预测结果；

(2)预测情景

由于施工噪声有很大的不确定性，各施工作业区或噪声源可能存在同步或不同步作业的情况，为了预测施工噪声的最不利影响，本次评价仅针对施工高峰期(砂石料加工、混凝土拌合系统、大坝基础开挖区、施工运输同时作业)的噪声影响进行预测和评价。

同时依据施工规划，除拌和系统、供水站、供风站为三班制生产外，其余附属施工企业均为两班制生产，因此，本次噪声预测仅考虑昼间施工。

牙根二级水电站的声环境敏感目标为木灰村居民点，敏感目标噪声预测背景值取值如下。

敏感目标噪声预测背景值取值一览表

表 5.11-8　　单位：dB(A)

敏感目标	评价标准		最大噪声背景值		备注
	昼间	夜间	昼间	夜间	
木灰村	60	50	45	40	取现状监测结果最大值

(3) 预测结果

1)等声级线图敏感目标预测评价

本工程不考虑夜间施工情况，仅预测昼间噪声影响情况，各施工区及辅助企业噪声预测等声级线图如下所示。

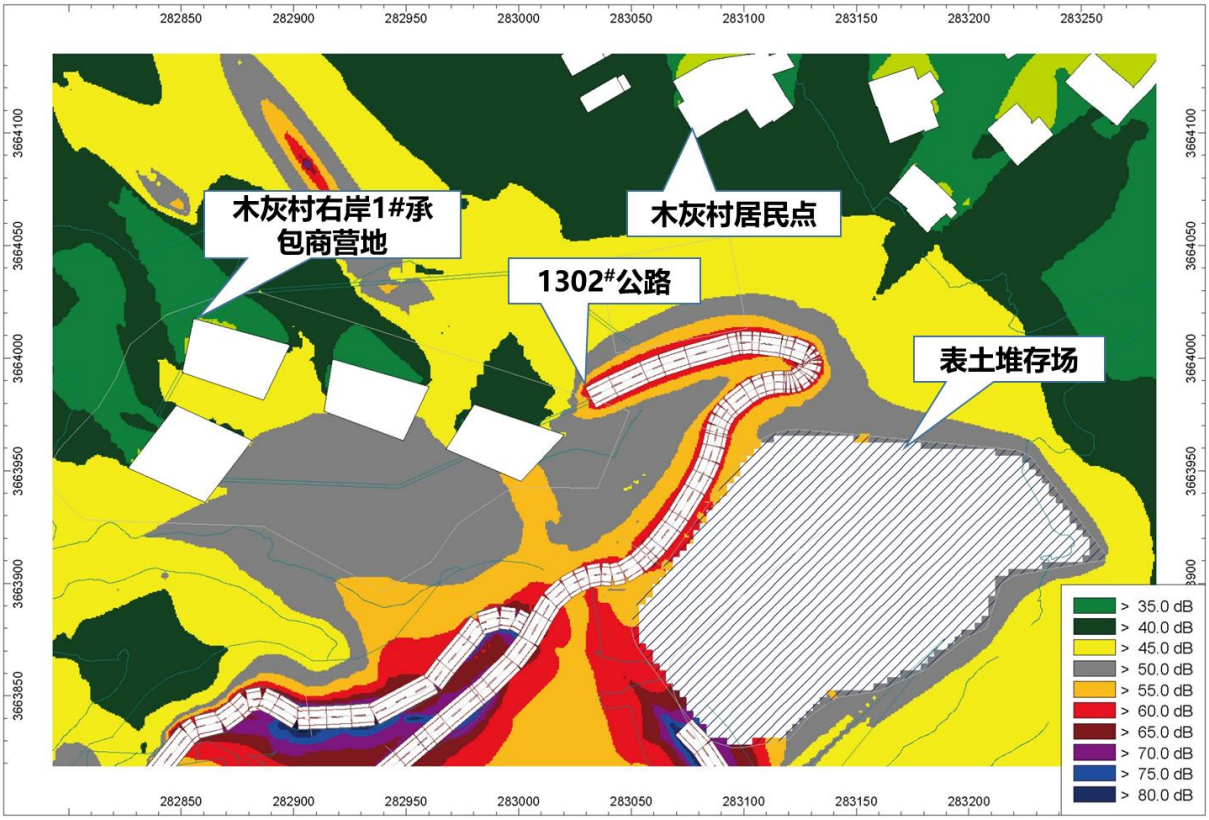


图 5.11-1　木灰施工区昼间噪声预测等声级线图

2)敏感保护目标噪声影响预测评价

由预测结果可以看出，木灰居民点受施工影响最大噪声贡献值分别为 43dB(A)。叠加背景值后，木灰村居民点昼间最大噪声预测值为 47.12dB(A)，昼间噪声达标。

敏感目标噪声预测结果一览表

表 5.11-9　　单位：dB(A)

敏感目标	时段	评价标准	背景值	最大贡献值	预测值	超标值	增加值	主要噪声源
木灰村	昼	60	45	43	47.12	-	2.12	木灰沟表土堆存场、木灰沟转存料场、场内公路（13#路）

5.11.3.3 运行期影响预测评价

运行期噪声污染源主要为枢纽区水力发电噪声和泄洪消力池噪声，发电设备位于地下发电厂房内，产生的噪声对外界环境的影响很小；泄洪消力池噪声为偶发噪声，仅在泄洪时才会产生，对周边环境的影响有限。

5.11.4 固体废物影响与评价

牙根二级水电站施工期固体废物主要包括生活垃圾、工程弃渣、施工区建筑垃圾和危险废物。

(1)生活垃圾

工程施工期平均劳动力人数为3606人，类比相似工程量工程，施工营地垃圾产生量以每人日产垃圾0.6kg计，业主营地垃圾产生量以每人日产垃圾1.0kg计（以300人考虑），每天垃圾产生量约2.46t，施工期累计垃圾量约7760t。

生活垃圾成份可分为有机物和无机物，有机物主要有竹木、厨余、纸类、塑料、皮革、鞋类、织物等；无机物主要有废玻璃、废易拉罐、砖石、灰土等。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。

(2)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。在严格执行水土保持规范要求前提下，工程弃渣不会对环境造成重大影响。

表土堆渣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。

(3)辅助企业建筑垃圾

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，若不妥善处置会对周围环境造成影响。

施工辅助企业生产过程中产生一定数量的固体废物，如报废的施工机械和车辆、废旧钢材、钢管等。这些固体废物若露天堆放锈蚀、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。

(4)危险废物

施工期机修厂和保养站产生的废油、汽车冲洗含油废水处理后的浮油以及运行期发电厂房产生的废油等属于危险废物，应分类收集临时贮存，定期交由相关资质单位进行处置后，对周围环境影响不大。

5.12 其他环境影响

5.12.1 对人群健康的影响

工程建设对人群健康的影响主要是施工期大量外来施工人员入驻，可能会对当地居民的卫生状况带来不同程度的影响。通过当地居民传染病发病状况的分析，结合临时生活区卫生医疗设施条件，分析大量人员的进入对当地原有人群健康的影响以及地方性疾病可能对施工人员造成的影响。

5.12.1.1 病媒生物的预测

传染病是病原微生物作用于人体而引起传播流行的。能作为疾病传染源或病原微生物中间宿主的病媒生物，由于工程建设而发生迁移、改变的，最主要是老鼠和蚊子。

牙根二级水电站工程水库淹没区未发现有集中的鼠类分布区，工程建设不会导致库周鼠密度和鼠种短期内激增。同时水库运行后水位变幅较小，库区为雅砻江干流，不具备蚊子孳生的洼地，因此工程建设也不会带来蚊子密度的升高和蚊类构成比的变化。

5.12.1.2 自然疫源性疾病影响

工程区近年来均未出现血吸虫和鼠疫病例，也无血吸虫和鼠疫流行史。水库蓄水不会导致库周鼠密度和鼠种发生较大的改变，不会造成自然疫源性疾病在人群间流行。

5.12.1.3 介水传染病影响

介水传染病在地区传染病中占主导地位，主要有肝炎、痢疾、感染性腹泻等。肝炎是工程区周围村庄发病率最高的传染病，其原因与居民饮食、生活卫生习惯有关。

肝炎是传染性较强、危害性较大的肠道传染病，与饮用水卫生状况密切相关，因此需要加强饮用水消毒、传染病隔离和外来施工人员的乙肝疫苗的接种工作。

根据施工规划报告，施工期饮用水取自雅砻江，并做适当的消毒净化处理。由于工程区饮用水源统一管理，有效保证饮用水水质，确保施工人员的饮用水水质安全，介水传染病影响不大。

5.12.1.4 虫媒传染病影响

虫媒传染病的发病情况与媒介动物的种群、密度以及季节消长有密切关系。传播媒介主要是蚊子，常见传染病主要有乙脑、疟疾等，定期作好消毒消灭工作后影响不大。

5.12.2 运行期对固体废物的影响

电站运行期固体废物主要包括生活垃圾和危险废物。

5.12.2.1 生活垃圾

本工程运行期生活垃圾主要产生于电厂运维人员，电厂规划人数 95 人，人均日用水量按 1kg/d 计算，则电厂生活垃圾产生量约为 95kg/d。

生活垃圾如果得不到妥善处理，将会对周围环境带来不利影响。

5.12.2.2 危险废物

电站运行期产生的危废约 1.2t/a。运行期危险废物集中收集暂存于危废暂存间，定期交由相关资质单位进行处置后，对环境影响不大。

5.12.3 对景观的影响

5.12.3.1 施工期影响

工程建设对景观环境的影响主要体现在施工临时设施场地、施工道路对景观产生的影响。

(1)施工临时设施场地对景观产生的影响

本工程施工过程中修建主体工程、弃渣场、施工工厂设施、仓库系统、施工道路、施工材料临时堆放、基础开挖过程中会对原始地貌景观产生破坏，改变了原始地貌，干扰或破坏地表植被，部分地区可能形成裸露边坡。

(2)施工道路的使用对景观的影响

施工过程中永久道路和临时道路的运行，可能产生大量粉尘和噪音，并对沿路景观产生影响。

5.12.3.2 运行期影响

(1)枢纽建筑物的修建对区域景观产生的影响

水电站大坝占据河道空间，阻断了雅砻江连续的原生峡谷自然景观，一定程度上改变了河道既有的景观空间格局。

(2)水位变化对景观产生的影响

水库回水后，上游水位上升，形成一定面积水域，为两岸植被提供充足的水源的同时，也能够提供良好的视觉景观感受。

(3)五小叶槭景观布局

工程涉及的保护植物五小叶槭因其树形美观，色彩绚丽，本身具有极高的观赏价值。

本工程五小叶槭生态保护专项措施中拟以雅江县木灰村珍稀植物园为核心，打造牙根二级水电站库周复建路及 G318 国道为基础的五小叶槭景观绿化带，结合牙根二级水电站的景观绿化和植被恢复工程，围绕“一心，一带，多节点”的总体布局设置多个五小叶槭保护节点。措施全面落地后将在区域内形成新的标志性景观系统，结合生态保护、科普教育、景观提升、旅游开发等手段，助力雅江县打造槭树之乡，成为雅砻江沿岸全新打卡节点。



图 5.12-1　五小叶槭（红叶期）

5.12.4 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。

牙根二级水电站最大坝高 210.00m，坝身设有 4 个表孔、3 个深孔。坝址区河谷狭窄，谷坡陡峻，为基本对称的深 V 型峡谷。另外，雾化区两岸边坡表部分布有部分危岩体，自然状态下大多稳定性较差，受泄洪雾化影响，会继续恶化危岩体的稳定性，需对两岸危岩体采取一定的防护措施。坝区河谷狭窄，枢纽泄流量大、水头高。大坝下游两岸雾化边坡范围内，局部发育崩坡堆积体，天然状态岸坡整体稳定，在泄洪雾化影响下，存在局部失稳可能。因此，泄洪雾化问题对工程的影响应予重视。

5.12.4.1 预测研究现状及方法

目前，对雾化问题的研究大体上可分为原型观测、物理模型模拟及理论分析计算三种方法。雾化强度分区参照《混凝土拱坝设计规范》（NB/T 10870-2021）雾化浓度和降水强度分区采用，见表 5.12-1。

雾化浓度及降雨强度分区表

表 5.12-1

雾化降雨强度 q（mm/h）	分区	防护措施	备注
q≥50	水舌裂散及激溅区	混凝土护坡，系统排水	特大暴雨
10≤q＜50	浓雾暴雨区	混凝土护坡或喷混凝土护坡，系统排水	暴雨～大暴雨
2≤q＜10	薄雾降雨区	可以不防护	小雨～大雨
q<2	淡雾水汽飘散区	不防护	小雨

5.12.4.2 研究结果

通过规范推荐经验公式、理论分析计算两种方法对雾化问题进行分析的成果对比见表 5.12-2。

牙根二级泄洪雾化影响范围计算结果

表 5.12-2

方法	工况	浓雾区影响范围			薄雾区影响范围		
		长度（m）	宽度（m）	高度（m）	长度（m）	宽度（m）	高度（m）
规范推荐方法	上限	714	420	294	1575	840	525
	下限	483	315	168	1050	525	315
数值分析方法	枢纽校核工况	295	176	140	895		
	消能工况	300	175	146	895		
	正常蓄水位工况	290	176	139	895		

根据牙根二级枢纽布置，结合坝身孔口泄流水舌特点和尾水出口位置，并参考相关工程经验，对牙根二级坝区雾化范围预测如表 5.12-3。预测结果显示，泄洪雾化边坡激溅暴雨区为大坝至下游二道坝附近，顺河长 380m，横河宽 420m，岸边高程 2472~2615m；浓雾暴雨区为大坝下游 380m~550m 的范围，顺河长 170，横河宽 525m，岸边高程 2472~2615mm；大坝下游 550m 以下，2615m 高程以上为薄雾降雨区。

牙根二级泄洪雾化影响范围预测结果

表 5.12-3

雾化分区	纵向桩号（m）	岸边高程（m）	横向宽度（m）	防护措施
水舌主流区	0+000～0+160		100	足够水深水垫塘
水舌裂散区	0+000～0+290	2472.00m 高程以下	158	混凝土护坡及排水沟
激溅暴雨区	0+000～0+380	2472.00m～2615.0m 高程	420	混凝土及喷锚护坡，马道，排水沟
浓雾暴雨区	0+380～0+550	2472.00m～2615.0m 高程	525	清除浮土及松动岩块，随机主动防护网
薄雾降雨区	>0+550	2615m 高程以上		边坡不需防护

5.12.5 电磁环境影响

根据《环境影响评价技术导则输变电工程)) (HJ24-2020)，本工程开关站电磁环境影

响预测采用类比评价方法。

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 开关站地形条件类似或接近

⑤ 主变压器器功率与数量相同或接近

5.12.5.1 类比对象可行性分析

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选择同流域已建二滩水电站 500kV 开关站和主变洞，详细分析见下表：

开关站可比性分析

表 5.12-4

序号		本开关站	二滩水电站开关站（类比对象）	可比性分析
电压等级		500kV	500kV	相同
主变压器	容量	4*667MVA	18*214MVA	主变台数小于类比对象、容量大于类比对象
	布置形式	地下厂房	地下厂房	相似
500kV 配电装置		户内 GIS，屋顶出线场	户内 GIS，屋顶出线场	相同
开关站总平面布置		开关站布置在进水口靠山侧，场坪高程与进水塔塔顶同高，为 2565.00m。GIS 楼和地面副厂房呈“一”字形布置在靠山侧，地面副厂房位于 GIS 楼南侧（下游）。	GIS 楼设在左坝肩（中滩沟内侧），共有二层，底层为 500kV 电缆层，地面高程约为 1205.8m。第二层为开关站，高程约为 1212.6m，屋顶为出线场。	相似
地面高程		2565m	1212.6m	
站址区地形		开关站占地系从山体边坡开挖形成，东侧仍为山体，西侧为雅砻江	开关站占地系从山体边坡开挖形成，北侧为山体，南侧为雅砻江	相似

由上表可知，本工程变电站的电压等级、布置形式与类比对象变电站基本相同，单台主变容量大于类比变电站，但主变台数远小于类比变电站，采用类比变电站监测结果预测本项目变电站投运后对周边电磁环境的影响更趋保守，总体上选择二滩水电站作为类比对象是可行的。

5.12.5.2 类比监测工况

2025 年 11 月，西弗测试技术成都有限公司对类比开关站周边的电磁环境现状进行了监测，监测仪器及监测工况见下表。

监测仪器

表 5.12-5

监测因子	仪器名称	技术指标	校准/检定信息
工频电场 工频磁场	电磁辐射分析仪 型号：主机 NBM-550 探头 EHP-50D 编号：主机 SV-YQ-28 探头 SV-YQ-33	测量范围： 工频电场 5mV/m~100kV/m 工频磁场 0.3nT~10mT 不确定度： 工频电场 U=0.3dB，k=2 工频磁场 U=0.3μT，k=2	工频电场： 校准单位：中国测试技术研究院 有 效 期：2025.05.09~2026.05.08 证书编号：校准字第 202505101210 号 工频磁场： 校准单位：中国测试技术研究院 有 效 期：2025.05.12~2026.05.11 证书编号：校准字第 202505101432 号
温湿度	多参数测试仪 型号：Kestrel3000 编号：SV/YQ-31	测量范围： 温度-45~+125℃ 湿度 0%~100% 不确定度： 相对湿度 U=1.0%，k=2； 温度 U=0.1℃，k=2	校准单位：四川中衡计量检测技术有限公司 有 效 期：2025.06.24~2026.06.23 证书编号：20250624620083 号
风速	多参数测试仪 型号：Kestrel3000 编号：SV/YQ-31	测量范围： 风 速 0.4~60m/s（0.8~135mph） 不确定度：U=0.6m/s，k=2	校准单位：四川中衡计量检测技术有限公司 有 效 期：2025.06.24~2026.06.23 证书编号：20250624620075 号

监测期间环境条件

表 5.12-6

监测日期	天气	温度℃	湿度%	风速 m/s
2025.11.11	晴	12.3~25.4	67.2~74.1	0.6~0.8

监测期间运行工况

表 5.12-7

电压等级及运行名称	电压（kV）	电流（A）	有功功率（MW）	无功功率（Mvar）
500kV 二石二线	529.65~532.125	258~528	241.52~496.52	-17.58~15.12
500kV 二百线	528.28~531.22	160~608	-402.70~218.40	-121.78~7.92
500kV 二榄二线	528.19~531.05	358~472	417.54~311.13	-71.60~-49.22

5.12.5.3 类比监测结果

类比开关站工频电场、工频磁场监测结果见下表。

电磁环境类比监测结果

表 5.12-8

序号	监测位置描述		工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）	备注
1#	开关站北侧断面	开关站北侧站界外 5m	2010	2.913	监测期间工况正常
		开关站北侧站界外 10m	1403	2.805	
		开关站北侧站界外 15m	1121	2.762	
		开关站北侧站界外 20m	1099	2.740	
		开关站北侧站界外 25m	1028	2.718	
		开关站北侧站界外 30m	1006	2.683	
		开关站北侧站界外 35m	976.5	2.661	
		开关站北侧站界外 40m	930.2	2.632	

序号	监测位置描述		工频电场强度（V/m）	工频磁感应强度（μT）	备注
		开关站北侧站界外 45m	894.1	2.623	
		开关站北侧站界外 50m	847.6	2.584	
2#	开关站西侧断面	开关站西侧站界外 5m	148.4	0.2350	
		开关站西侧站界外 10m	142.6	0.2053	
		开关站西侧站界外 15m	137.2	0.1824	
		开关站西侧站界外 20m	99.37	0.1679	
		开关站西侧站界外 25m	88.51	0.1631	
		开关站西侧站界外 30m	81.55	0.1480	
		开关站西侧站界外 35m	67.22	0.1381	
		开关站西侧站界外 40m	64.31	0.1268	
		开关站西侧站界外 45m	56.42	0.1083	
		开关站西侧站界外 50m	49.11	0.1007	

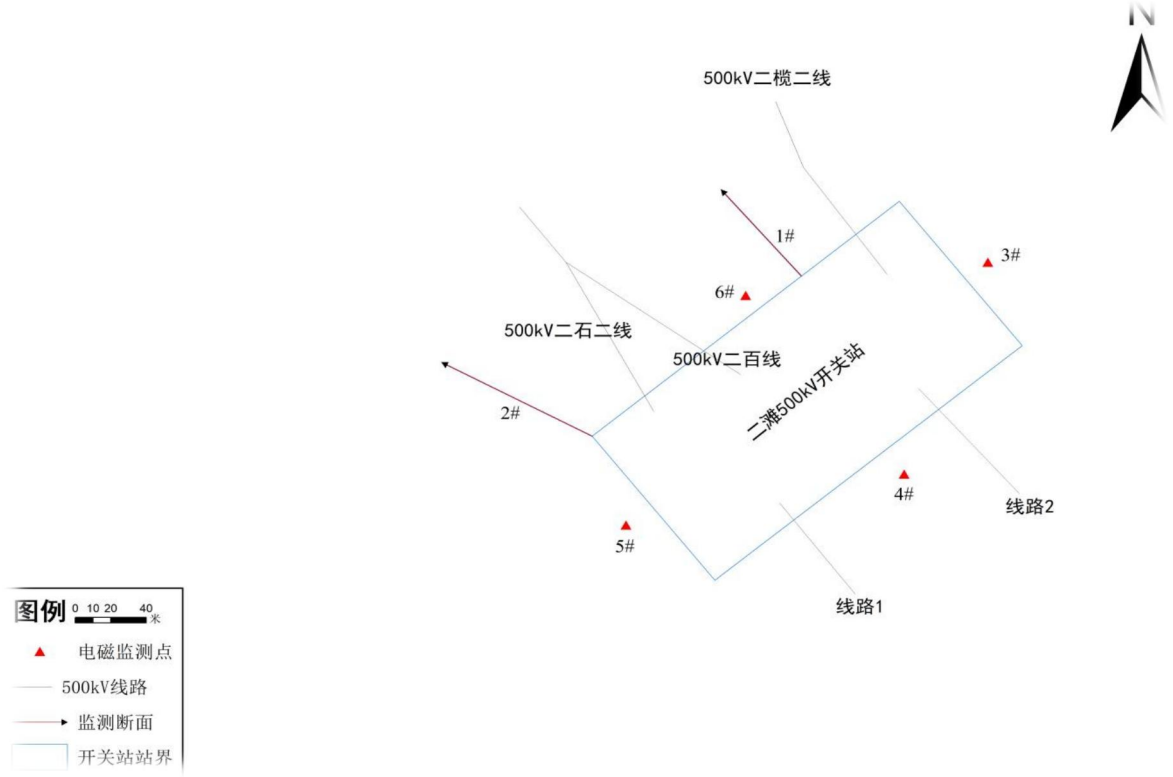


图 5.12-2　类比开关站电磁及声环境监测点位图

从上表可知，二滩水电站 500kV 开关站北侧衰减断面处的工频电场强度为 847.6~2010V/m 之间，磁感应强度在 2.584 ~2.913 μT 之间；西侧衰减断面处的工频电场强度为 49.11~184.4V/m 之间，磁感应强度在 0.1007~0.2350 μT 之间；基本随着与开关站距离的增加工频电场强度、工频磁感应强度监测值呈逐渐衰减趋势。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。

5.12.5.4 本项目开关站电磁环境评价结果

根据二滩水电站电磁环境类比监测结果预测，本工程 500kV 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，本工程附近的监测断面工频电磁场强度的衰减也将呈现类似的衰减趋势。

6 环境保护对策措施及技术经济论证

6.1 生态流量泄放与保障措施

6.1.1 坝下河段生态流量计算

6.1.1.1 坝下河段生态需水研究范围

根据雅砻江中游梯级电站开发建设时序，上游两河口已建成发电，牙根一级在建，下游楞古正在开展前期设计工作、孟底沟水电站在建。本次坝下河段总体需水分析范围为牙根二级坝址至孟底沟库尾河段。

6.1.1.2 坝下河段需水量分析

根据《水电工程生态流量计算规范》(NB/T35091-2016)《河湖生态环境需水计算规范》(SL/T 712-2021)和《环境影响评价技术导则 地表水环境》（HJ2.3-2018），河道生态流量需要考虑：（1）水生生态需水；（2）河流湿地需水；（3）水环境需水；（4）景观需水；（5）入海河口生态需水；（6）河道地下水补给需水。同时，考虑河段工农业需水和航运需水等社会服务功能要求，综合分析确定总需水量。

根据工程河段自然环境、社会环境及水生生态环境特征，对各项河道生态需水分析如下：

(1)水生生态需水

根据研究河段历次水生生态调查成果，牙根二级水电站工程河段共有鱼类 23 种，其中国家二级保护鱼类 2 种，为厚唇裸重唇鱼和青石爬鮡；省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡；长江上游特有鱼类 10 种，包括短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、黄石爬鮡、青石爬鮡。同时，坝下河段共调查到两处较大的集中产卵场，分别为力丘河汇口下游产卵场和马蹄村产卵场。

因此需重点考虑水生生态需水。

(2)河流湿地需水

电站坝下河段两岸为河谷深切的高山峡谷，无大型湿地公园、自然保护区等分布。根据卫片解译，评价区湿地生态系统面积约占 1.66%，主要分布在干流及其汇入的支流两岸较小的范围内，由于区域水体较深且水流较快，不适宜水生植物生长，因此岸边湿

地内水生植被较为贫乏，水位对水生植被影响较小。且本工程仅为日调节功能，对坝下流量仅在日内进行一定程度调节，对流量年际分配和月均分配几乎无影响，因此可不考虑河道湿地需水。

(3)水环境需水

据实地调查，工程坝下河段无工业企业分布，无工业排污口入汇；人口分布稀少，也基本无生活污水排放；河段两岸无大面积农耕植被，不存在农业面源污染问题；根据工程河段水质监测结果，各项水质参数指标均满足《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅱ类水质要求，水环境质量较好。因此，不考虑河道水环境需水。

(4)景观需水

工程坝下河段为典型“V”型河谷，河床比降大，地质情况复杂，断裂断层构造较多，两岸分布有多个特大型、巨型潜在不稳定体，不具备划船、垂钓、游泳等水上休闲娱乐的条件，当地旅游发展规划也未对坝下河段提出明确要求，因此无景观用水需求。

(5)入海口生态需水

牙根二级水电站位于雅砻江中游河段，属内陆河流，距入海口距离很远，不存在咸潮上溯问题，因此不需要考虑入海河口生态需水。

(6)河道地下水补给需水

区域地下水主要来源于大气降水，雅砻江河床为区域地表水和地下水共同的排泄基准面，汛期主要为地下水补给河水，枯期地下水位与雅砻江水面基本平齐，因此不考虑河道地下水补给需水。

(7)其他社会服务功能需水

根据调查，牙根二级工程河段现状无通航条件，也无航运规划需求，同时无供水取水口。因此，不需要考虑坝下工农业及生活需水、航运需水等其他社会服务功能需水。

(8)综合分析

综上所述，牙根二级水电站下泄生态流量主要为满足坝下天然河段水生生态需水。

6.1.2 一般用水期生态需水计算

根据《水电工程生态流量计算规范》(NB/T35091-2016)，水生生态需水计算方法主要有水力学法、生态水力学法、水文学法。根据各种计算方法的适用范围，并综合工程所在地的环境状况、资料获取及研究周期等情况，本次计算分析拟采用水文学法、生态水力学法、水力学法进行计算分析。

6.1.2.1 水文学法

水文学法常见的代表方法有 Tennant 法、Qp 法、近十年最枯月平均流量法等。本工程所处河段设有雅江水文站，水文资料丰富完备，且有长系列水文资料，因此本节选取 Qp 法进行计算。

根据水资源开发利用程度、来水情况等实际情况确定频率 P 取 95%，通过对共计 71 年雅江水文站实测月均流量进行排频，P=95%最枯月月均流量为 139m^3/s，占坝址多年平均流量 18.1%。因此 Qp 法推荐坝址下泄 139m^3/s 作为河段需水量。

6.1.2.2 生态水力学法

(1)方法介绍

生态水力学法是通过水生生物适应的水力生境确定合适的流量，属于生境模拟。其假设水深、流速、湿周、水面宽、过水断面的面积、水面面积、水温是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要水力生境参数；急流、缓流、浅滩及深潭是流量变化对物种变化造成影响的主要水力形态。

生态水力学法确定大型河流最小流量的水力生境参数标准详见表 6.1- 1

“生态水力学法”确定大型河流最小流量的水力生境参数标准

表 6.1-1

生态参数指标	最低标准参数值	累计河段长度的百分比
最大水深	鱼类体长的 2～3 倍	≥95%
平均水深	≥0.3m	≥95%
平均流速	≥0.3m/s	≥95%
水面宽度	≥30m	≥95%
湿周率	≥50%	≥95%
过水断面面积	≥30m^2	≥95%
水面面积	≥70%	
水温	适合鱼类生存、繁殖	

本次采用生态水力学法计算选取的生境参数中，最大水深根据研究河段鱼类分布特征予以确定，结合鱼类资源现状调查结果，选取相应河段渔获物中性成熟鱼类最大体长（调查河段雅砻江干流为长丝裂腹鱼，最大体长 0.3m）的 3 倍，即 0.9m 作为上表标准推荐值。

(2)计算地形

计算使用地形与 5.2.3.1 节运行期水文情势中坝下水文情势预测所用地形相同，为牙根二级坝址~孟底沟库尾约 33km 河段地形，实测共有 26 个大断面数据。

(3)计算模型

计算使用模型与 5.2.3.1 运行期水文情势章节相同。

(4)工况设置

分别取坝址多年平均流量的 10%、13%、15%、16%、17%、19%、20%；以及历年最枯月平均实测最小流量，即 77.2m³/s、100.4m³/s、115.8m³/s、123.5m³/s、131.2m³/s、146.7m³/s、154.4m³/s、135.0m³/s，共 8 个计算工况。

计算工况及流量

表 6.1-2

计算工况	坝址处多年平均	10%	13%	15%	16%	17%	19%	20%	最枯月
流量	772	77.2	100.4	115.8	123.5	131.2	146.7	154.4	135

(5)计算结果

1)水力生境参数变化结果

根据研究河段的具体情况，将在不同流量条件下计算出的最大水深、平均水深、水面宽、平均流速、湿周、佛汝德数 Fr 等水力生境参数值分成不同的区间段，统计水力学生境参数在不同区间段对应的河段累计长度，并统计每个区间河段累计长度占研究河段长度的百分比。统计不同流量条件下，研究河段中水力学参数满足最低标准的河段累计长度占研究河段长度的百分比，最后综合分析不同指标的最低达标流量后取外包线作为本项分析计算结果。牙根二级坝址下泄不同流量时河段水力指标达标百分比统计结果见下表。

牙根二级坝址下泄不同流量时研究河段水力生境指标达标百分比统计表

表 6.1-3

指标	最低标准	不同流量达标百分比（%）							
		77.2m³/s	100.4m³/s	115.8m³/s	123.5m³/s	131.2m³/s	146.7m³/s	154.4m³/s	135 m³/s
最大水深	≥0.9m	100	100	100	100	100	100	100	100
平均水深	≥0.3m	100	100	100	100	100	100	100	100
平均速度	≥0.4m/s	97.6	98.6	99.3	99.3	100	100	100	100
水面宽度	≥30m	100	100	100	100	100	100	100	100
湿周率	≥50%	81.5	92.6	96.1	96.1	100	100	100	100

2)微生境计算结果分析

① 水深

当下泄流量为 77.2m³/s 时，河段内最大水深集中在 1.1m～8.2m 之间，其余几种流量工况河段内最大水深集中在 1.2m～9.1m 之间。本河段调查的鱼类最大体长在 300mm 左右，因此流量大于 77.2m³/s 时，最大水深均是本河段鱼类体长的 3 倍以上，该水深可

满足坝下河段的鱼类在水体中自由游动、藏身、觅食等生境要求。

当下泄流量为 77.2m^3/s 时，河段内平均水深集中在 0.6m～5.0m 之间，其余几种流量工况下，河段内平均水深集中在 0.9m～5.9m 之间，因此在流量大于 77.2m^3/s 时，即可满足鱼类对平均水深的需求。

② 水面宽度

下泄流量为 77.2m^3/s 时，河段内水面宽度集中在 30m～100m 之间，其余几种流量工况下，河段内水面宽度集中在 50m～100m 之间。对水面宽度大于 30m 的河流，已是一条中型河流，有较好的连通性，满足水生生物需求。

③ 流速

下泄流量为 77.2m^3/s 时，河段内平均流速集中在 0.5m/s～1.5m/s 之间，其余几种流量工况下，河段内平均流速集中在 0.4m/s～2.2m/s 之间，当流量为 77.2m^3/s 时，有 95%以上的河段流速大于 0.4m/s。

④ 湿周率

当下泄流量为 115.8m^3/s 时，95%以上的河段湿周率大于 50%。

3)中生境计算结果及分析

根据水力学中佛汝德数（Fr）的定义，Fr 大于 1 的水流为急流，Fr 小于 1 的水流为缓流。由计算结果看，牙根二级水电站研究河段 Fr 在 0～0.3 的范围内随着流量的增大有减小的趋势，在 0.3～0.5 范围内随着流量的增大有增大的趋势，在大于 1.0 范围内，Fr 随下泄流量的增大变化不大。由于鱼类适应的急流冷水环境是指流速大的流水环境，不是水力学中关于急流的定义。因此为避免误解，本报告采用波状流、弱波状流、微波状流、平缓流代表水流的流态。

根据牙根二级电站工程研究河段现有水力学参数条件，规定断面平均流速≥2m/s 时水流流态为波状流；断面平均流速在 1.5m/s 至 2m/s 时水流流态为弱波状流；断面平均流速在 1.0m/s 至 1.5m/s 时水流流态为微波状流；断面平均流速小于 1.0m/s 时水流流态为平缓流。统计波状流、弱波状流、微波状流、平缓流河段段数、河段累计长度、及该种流态河段长度占牙根二级电站工程研究河段长度的百分比，统计结果见表 6.1-4。

牙根二级坝址下泄不同流量时水流流态统计表

表 6.1-4

水流流态	77.2 m^3/s		100.4 m^3/s		115.8 m^3/s		123.5 m^3/s	
	长度	百分比	长度	百分比	长度	百分比	长度	百分比
	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
波状流	5.2	19.1	6.2	22.7	7.2	26.2	7.2	26.2
弱波状流	3.7	13.5	2.6	9.8	2.1	7.5	2.1	7.5
微波状流	9.8	35.8	9.8	35.8	9.5	34.7	9.5	34.7
平缓流	8.7	31.6	8.7	31.6	8.7	31.6	8.7	31.6
小计	27.4	100	27.4	100	27.4	100	27.4	100
水流流态	131.2m^3/s		146.7m^3/s		154.4m^3/s		135.0 m^3/s	
	长度	百分比	长度	百分比	长度	百分比	长度	百分比
	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
波状流	7.2	26.2	8.2	30	8.2	30	8.2	30
弱波状流	3.1	11.4	2.1	7.6	2.1	7.6	2.1	7.6
微波状流	10.4	38.1	10.4	38.1	11.4	41.5	10.4	38.1
平缓流	6.7	24.4	6.7	24.4	5.8	21	6.7	24.4
小计	27.4	100	27.4	100	27.4	100	27.4	100

根据调查河段鱼类适宜生境的水力学参数，规定断面最大水深≥10m 时为深潭；断面中间位置的河底高出水面为河心滩；断面靠河边位置河岸边坡小于 10°，在 5m 范围内水深小于 0.5m 为浅滩，其中，在左面具有该水力条件的为左滩地，右边具有的为右滩地，左右均有为左右滩地。滩地和深潭分布情况见下表。

不同流量情况下浅滩及深潭数量统计表

表 6.1-5　　单位：个

水力形态		77.2m^3/s	100.4m^3/s	115.8m^3/s	123.5m^3/s	131.2m^3/s	146.7m^3/s	154.4m^3/s	135 m^3/s
深潭	深潭	0	0	0	0	0	0	0	0
	深潭合计	0	0	0	0	0	0	0	0
浅滩	左滩地	4	4	3	3	3	3	3	3
	右滩地	3	3	3	3	3	3	3	3
	左右滩地	8	8	8	8	8	8	8	8
	河心滩	1	0	0	0	0	0	0	0
	浅滩合计	16	15	14	14	14	14	14	14

根据流速分布的计算结果可以看出，不同下泄流量下，水流流态的多样性均存在，流量增大时，波状流河段长度变化不大，微波状流河段长度增加，平缓流河段长度减少；流量减小后，原为波状流的区域被打断，分割成波状流与平缓流相间的流态。河段供鱼类栖息与索饵的浅滩滩地位置几乎没有发生变化，且数量变化不大，因此不会影响鱼类原有的栖息、觅食习性。在下泄流量从 77.2m^3/s 变化到 154.4m^3/s 时，供鱼类越冬的深潭数量变化不大，河段内的越冬场生境随着流量的减少并未发生太大改变。

4)生态水力学法计算结果

综上，用生态水力学法计算时，考虑各指标均达标时能够维持河流生态功能的稳定，同时也能为保护鱼类提供基本的生存需要，生态水力学法推荐牙根二级坝址处需要下泄的生态基流量为 115.8m³/s。

牙根二级坝址下泄不同流量时研究河段水力生境指标达标百分比统计表

表 6.1-6

指标	最低标准	达标流量（m³/s）
最大水深	鱼类体长的 2~3 倍	77.2
平均水深	≥0.3m	77.2
平均速度	≥0.4m/s	77.2
水面宽度	≥30m	77.2
湿周率	≥50%	115.8

6.1.2.3 水力学法

(1)计算方法

本节中采用水力学法中的湿周法对河段生态流量进行计算。湿周法是一种应用较为广泛的生态需水量确定方法。采用湿周法分析时，湿周、流量一般采用相对于多年平均流量下的相对值表示，即：

相对流量 x =100×流量/多年平均流量（%） （6.1-1）

相对湿周长 y =100×湿周长/多年平均流量下湿周长（%） （6.1-2）

湿周法以浅滩断面湿周－流量曲线上拐点对应的流量作为生态需水量建议值，但由于河流实际断面的湿周流量-曲线往往很少只有一个拐点，多数是有多个拐点或者没有明显的拐点，人为确定拐点往往会有较大的偏差。Gippel 等（1998）对湿周法作了改进，采用数学方法来确定流量拐点并提出了两种方式来确定拐点：设定斜率对应点（斜率法）或最大曲率对应点（曲率法），认为采用斜率法较为合适，一般情况下可选择斜率为 1 的点作为拐点。

本报告中对于拐点明显的，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。采用斜率法判定时，需先对湿周-流量曲线采用函数曲线方程拟合，一般情况下，湿周-流量曲线方程可采用幂函数形式或对数函数形式。

幂函数形式如下：

$$y = ax^b \qquad (6.1\text{-}3)$$

式中，a,b为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y' = abx^{b-1} \quad (6.1\text{-}4)$$

当$y'=1$时：

$$x = (\frac{1}{ab})^{1/(b-1)} \quad (6.1\text{-}5)$$

对数函数形式如下：

$$y = a\ln(x) + b \quad (6.1\text{-}6)$$

式中，a,b为待定系数，按方差最小通过拟合确定。

$$y' = \frac{a}{x} \quad (6.1\text{-}7)$$

当$y'=1$时：

$$x = a \quad (6.1\text{-}8)$$

(2)计算断面选择

牙根二级水电站坝址下游河段长约 33 km。根据坝址下游地形测量成果，对各实测断面是否有深谭、浅滩特性进行分析，并采用深泓线回归法和佛汝德数（Fr）法判断 26 个实测断面特性，拟合结果见图 6.1-1 和图 6.1-2。由于两种分析方法基于的原则不一致，因此深潭和浅滩识别的结果也存在一定的差异。当两种判别方法判定的结果存在差异时，则根据断面形状来综合判定。一般认为水下断面比较对称的为浅滩断面；断面不对称、断面上各点水深差别较大的为深潭断面。综合判定结果详见表 6.1-7。

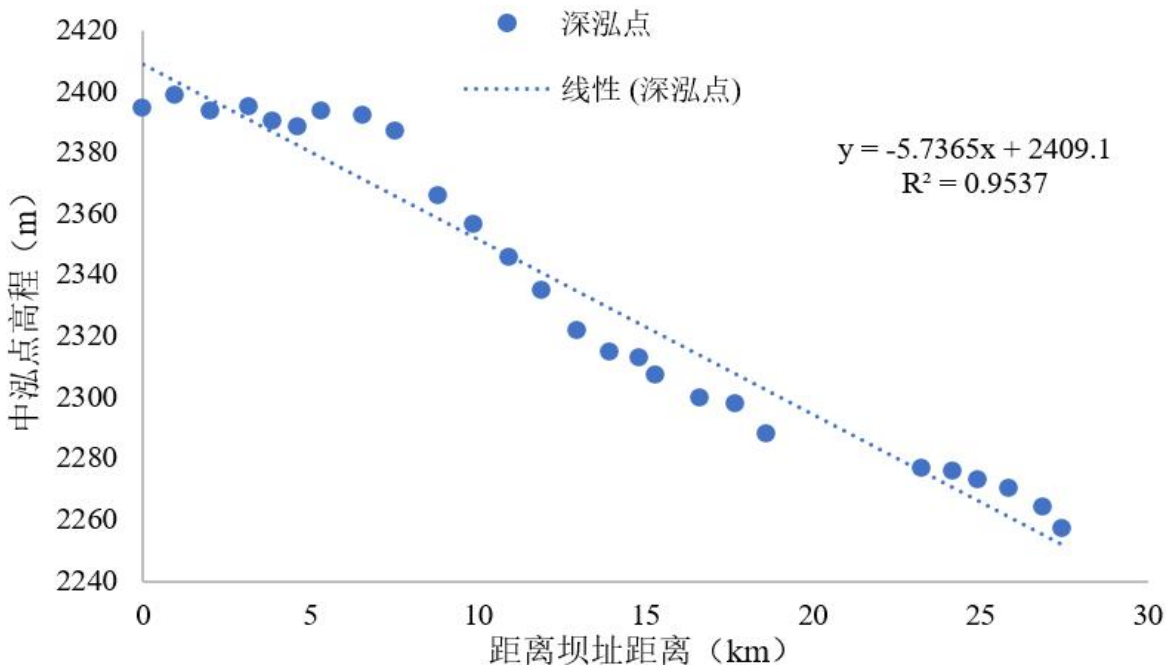


图 6.1-1　断面深泓点高程和一次方程拟合图

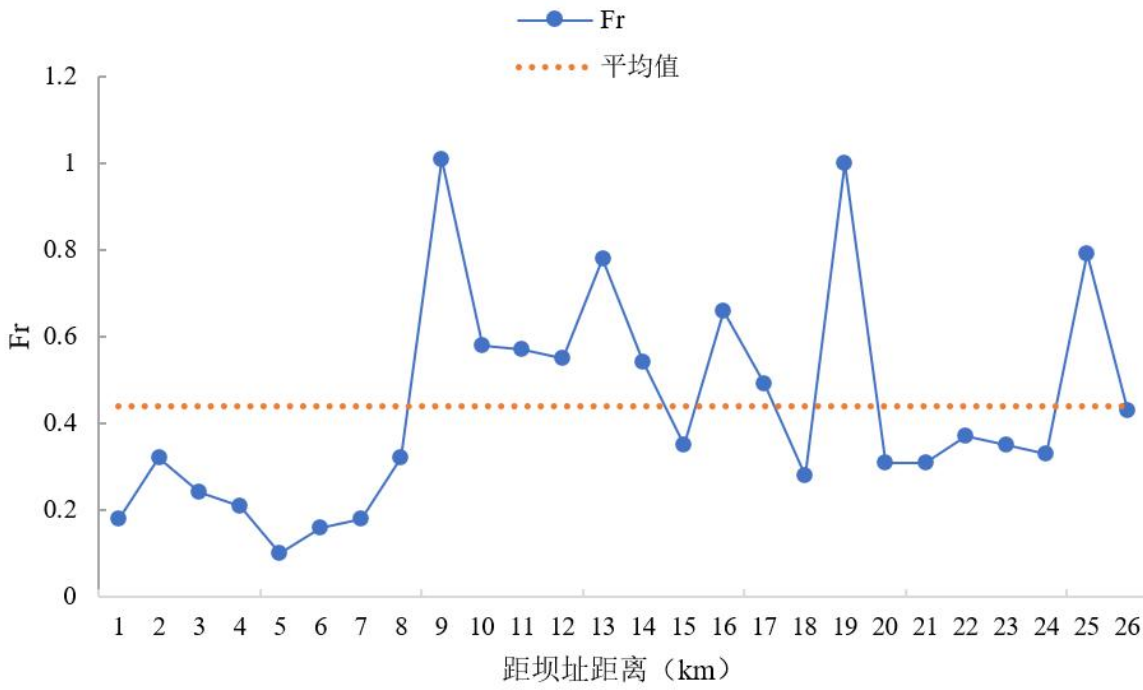


图 6.1-2　坝下各断面佛汝德数数值及平均值对比

坝址下游河道断面分类

表 6.1-7

断面编号	上距坝址距离（km）	深泓线线性回归法			佛汝德数法		确定分类
		深泓线高程	拟合一次方程高程	分类	*Fr*	分类	
26	0.0	2394.70	2409.10	P	0.18	P	P
25	1.0	2398.85	2403.58	P	0.32	P	P

断面编号	上距坝址距离（km）	深泓线线性回归法			佛汝德数法		确定分类
		深泓线高程	拟合一次方程高程	分类	*Fr*	分类	
24	2.0	2393.66	2397.50	P	0.24	P	P
23	3.2	2394.99	2391.03	R	0.21	P	P*
22	3.9	2390.26	2386.84	R	0.1	P	P*
21	4.6	2388.39	2382.70	R	0.16	P	P*
20	5.3	2393.89	2378.54	R	0.18	P	P*
19	6.5	2392.22	2371.58	R	0.32	P	P*
18	7.5	2386.93	2366.00	R	1.01	R	R
17	8.8	2366.24	2358.60	R	0.58	R	R
16	9.9	2356.55	2352.59	R	0.57	R	R
15	10.9	2345.92	2346.50	P	0.55	R	P*
14	11.9	2335.17	2340.75	P	0.78	R	P*
13	12.9	2321.82	2334.90	P	0.54	R	P*
12	13.9	2314.75	2329.16	P	0.35	P	P
11	14.8	2313.04	2324.03	P	0.66	R	P*
10	15.3	2307.40	2321.29	P	0.49	R	P*
9	16.6	2299.86	2313.82	P	0.28	P	P
8	17.7	2297.86	2307.60	P	1	R	P*
7	18.6	2287.96	2302.32	P	0.31	P	P
6	23.2	2276.83	2275.89	R	0.31	P	P*
5	24.2	2275.73	2270.56	R	0.37	P	P*
4	24.9	2273.05	2266.07	R	0.35	P	P*
3	25.8	2270.53	2260.90	R	0.33	P	P*
2	26.8	2264.09	2255.09	R	0.79	R	R
1	27.4	2257.04	2251.65	R	0.43	P	P*

注：P 代表深潭，R 代表浅滩；带*号的表示两种方法不一致，经对比后选定的。

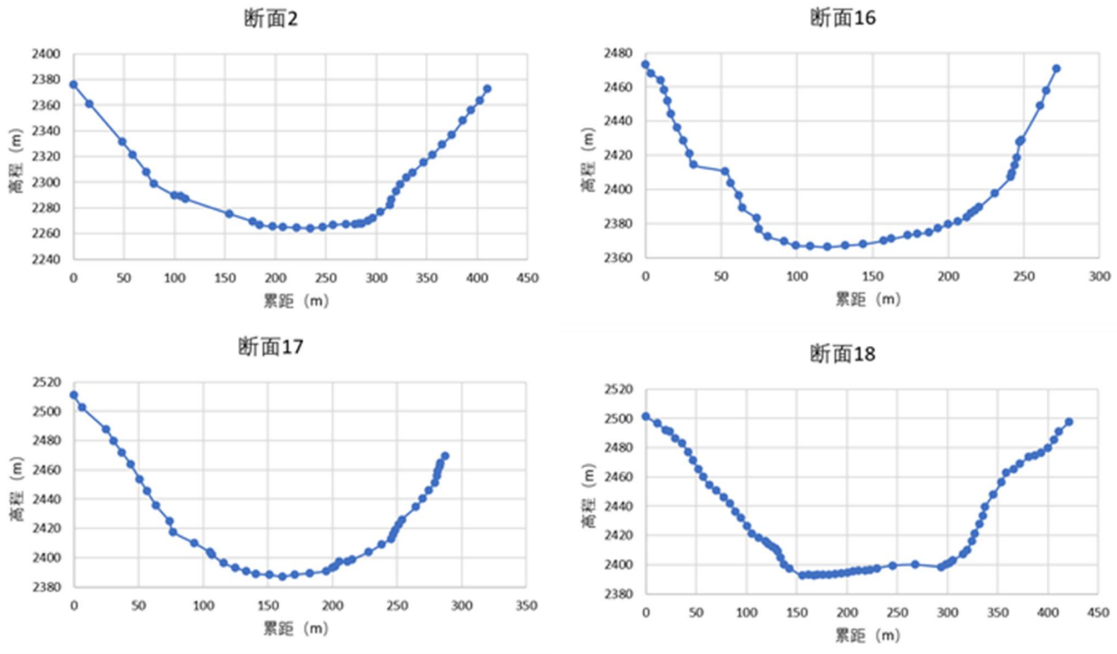


图 6.1-3　坝下游典型浅滩断面图

(3)计算结果

通过对选取的各个浅滩断面的进行湿周-流量曲线计算和绘制，各断面湿周-流量成果图见下图 6.1-4~图 6.1-7，图中湿周率、相对流量以多年平均流量下的湿周长、流量为100%计算所得。

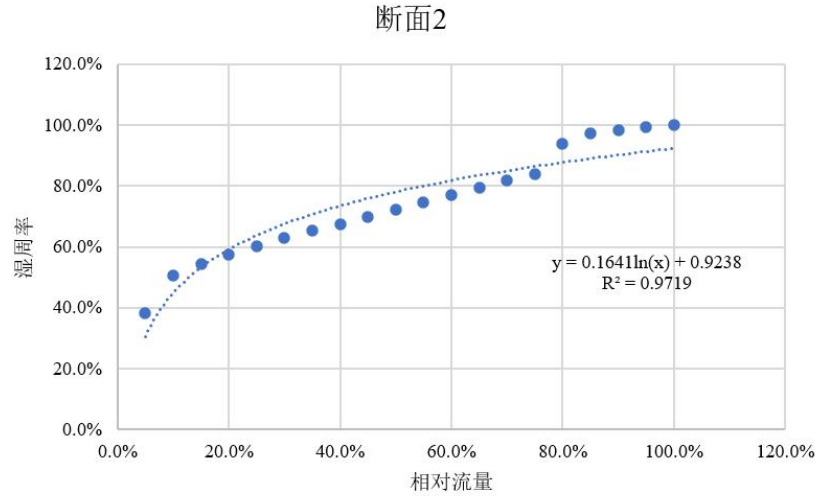


图 6.1-4　断面 2 流量湿周关系曲线

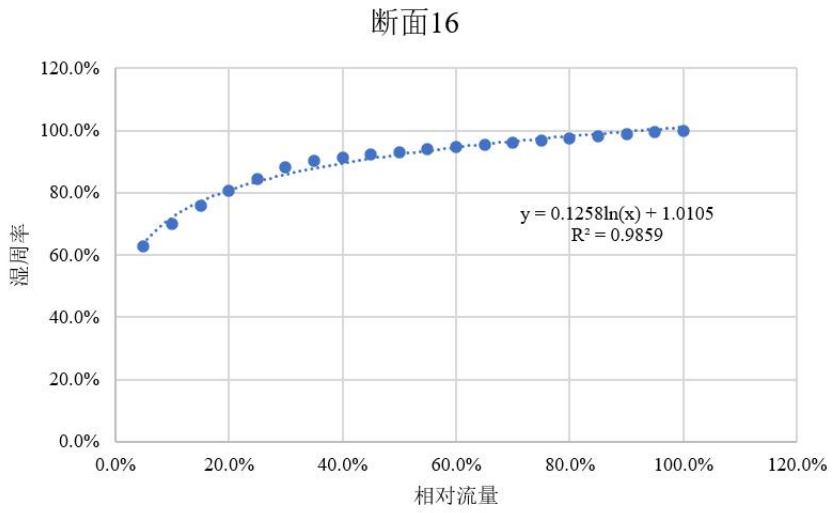


图 6.1-5　断面 16 流量湿周关系曲线

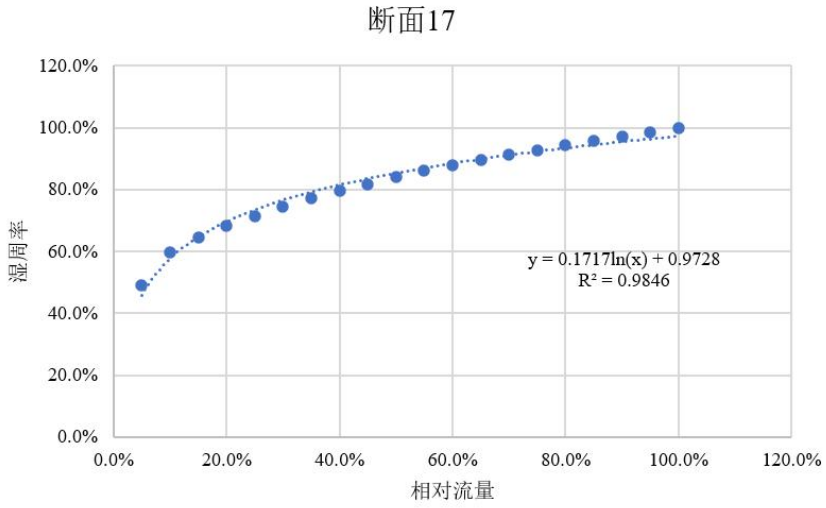


图 6.1-6　断面 17 流量湿周关系曲线

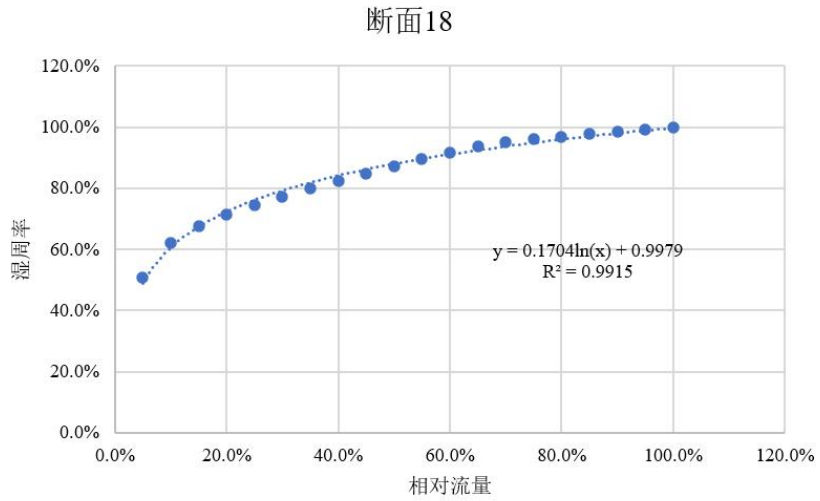


图 6.1-7　断面 18 流量湿周关系曲线

根据各断面的湿周-流量曲线特征，拟定出各断面的拐点，湿周法计算结果见表 6.1-8。

湿周法各断面下泄生态流量推荐值

表 6.1-8

断面	拐点对应流量		相应流量下断面水力参数				
	占多年平均流量的比例（%）	流量（m^3/s）	水面宽（m）	平均水深（m）	最大水深（m）	流速（m/s）	湿周率（%）
2	16.3	125.9	56.98	0.87	1.48	2.54	55.2
16	12.4	96	62.29	1.14	2.17	1.35	73
17	17.0	131.3	51.39	1.28	2.11	2	66.1
18	16.9	130.6	44.94	1.15	2.37	2.54	69.1

采用斜率法选取各个断面流量湿周关系曲线中斜率为 1 的点作为各个断面的拐点对应流量值，各断面对应的流量在 96-131.3m^3/s 之间，取最大值 131.3m^3/s 作为湿周法推

荐的生态需水流量值。

6.1.2.4 水生生态流量确定

3 种生态流量计算方法计算结果分别为 139.0m³/s、115.8m³/s 和 131.3m³/s，本次取计算值的外包线，认为当流量达到 139.0m³/s 即可满足牙根二级坝下河段水生生态需水。

此外，根据现状调查及资料收集，牙根二级坝址下游 5.5km 有支流力丘河汇入，其多年平均年内流量过程详见下表。

力丘河河口月均流量过程

表 6.1-9　　单位：m³/s

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年平均
流量	21.7	19.2	19.9	26.5	50.2	166	222	172	183	107	50.2	30.8	89.4

由上表可知，力丘河天然流量较大，多年平均流量为 89.4m³/s，最小月流量达到 19.2m³/s，在其汇入雅砻江干流后，可有效增加坝下河段流量。同时，根据现状调查及资料收集可知，河段鱼类“三场”等重要生境均分布在力丘河汇口以下河段，牙根二级坝址~力丘河汇口约 5km 河段无鱼类“三场”等重要敏感对象分布。考虑到这一实际情况，认为当从牙根二级坝址下泄 119.8m³/s 时（生态需水流量 139.0m³/s－力丘河最小月均 19.2m³/s），力丘河汇口以下雅砻江干流河段流量全年最低可满足生态需水流量 139.0m³/s 的要求。

因此，考虑到支流力丘河汇入的实际情况，推荐牙根二级电站坝址下泄 119.8 m³/s，即坝址多年平均流量的 15.5%作为牙根二级水电站坝下河段一般用水期最小生态流量值。

6.1.3 鱼类繁殖期生态用水计算

6.1.3.1 方法介绍

生境模拟法用于计算维持水生生态系统稳定所需水量。IFIM 法是生境模拟法的代表性方法。《水电工程生态流量计算规范》(NB/T35091-2016)和《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)对生境模拟法的适用范围和计算方法进行了说明。

生境模拟法的基本原理是：根据指示物种所需的水力条件的模拟，从而确定适宜的河流流量，该方法假设水深、流速、基质和覆盖物是流量变化对物种数量和分布造成影响的主要因素。调查分析指示物种对水深、流速等的适宜要求，绘制水深、流速等环境参数与喜好度（被表示为 0～1 之间的值）之间的适宜性曲线。具体步骤为：将河道横

断面分隔成间隔为 W 的 n 个部分单元，根据适宜性曲线确定指示物种对每个分隔部分的环境喜好度，即水位喜好度(S_h)、流速喜好度(S_v)、基质喜好度(S_s)、河面覆盖喜好度(S_c)。根据下列公式计算每个断面、每个指示物种的权重可利用面积(Weighted Usable Area,WUA)。计算不同流量下的 WUA，绘制流量与 WUA 曲线，WUA 越大，表明生物在该流量下对生境越适宜。

$$WUA = \sum_{i=1}^{n} A_i\left(S_h, S_v, S_s, S_c\right) \qquad (6.1\text{-}9)$$

式中，*WUA* 是指示物种的有效可利用面积；$CSF(V_i,D_i,C_i)$是每个影响因子的组合适宜性值，其中：i 是划分的单元数；V_i 是水深适宜指数、D_i 是流速适宜指数、C_i 是河道基质和覆盖物适宜指数；A_i 是每个单元水平面积。

6.1.3.2 指示物种确定

结合历史调查记录和近年来在该河段调查情况，该河段共有鱼类 23 种，分属于 2 目 4 科 13 属，其中鲤形目 20 种，鲇形目 3 种。其中国家二级 2 种，为厚唇裸重唇鱼和青石爬鮡；省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡；长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。

牙根二级工程河段主要保护鱼类为裂腹鱼和鮡科鱼类，其中长丝裂腹鱼和齐口裂腹鱼为长江上游特有鱼类，青石爬鮡属国家保护水生野生动物，且裂腹鱼与鮡科鱼类为雅砻江主要鱼类种群，本次选择裂腹鱼类（齐口裂腹鱼、长丝裂腹鱼）和鮡科鱼类（青石爬鮡）作为水生生境分析的指示鱼类。

6.1.3.3 指示鱼类栖息地水力学参数适宜性曲线

栖息地适宜性指数 HSI（Habitat Suitability Indices）对栖息地模拟准确性起着至关重要的作用，通常以 0~1 之间的数值来量化物种对栖息地的喜好程度，0 表示完全不适宜，1 则表示最适宜，值越大表示适应性越好。

不考虑河床底质的影响，主要研究产卵时期指示鱼类对流速与水深的适宜性指标。依据水生生态现状调查结果，本河段齐口裂腹鱼的繁殖期在 3-5 月，其水深和流速适宜范围分别为 0.5-1.5m、0.2-2.5m/s（张陵蕾等，2015）；长丝裂腹鱼主要繁殖期为 3 月~5 月，其水深和流速适宜范围分别为 0.15-1.5m、0.07-1.5m/s（汪青辽等，2020）；青石爬鮡繁殖期在 5-7 月，其水深和流速适宜范围分别为 0-3m、0.5-5m/s（蒋红霞等，2012）。

相关鱼类产卵繁殖期及其适宜水深、流速及适宜性指数见表 6.1-10 和图 6.1-8~图 6.1-10。

指示鱼类在产卵繁殖季节水深、流速与适宜性指数

表 6.1-10

目标鱼种	生命期	水深范围(m)	适宜度	流速范围(m/s)	适宜度
齐口裂腹鱼	产卵期(3-5 月)	0.5	0	0.2	0
		0.8～1.3	1	1.5～2	1
		≧1.5	0	≧2.5	0
长丝裂腹鱼	产卵期(3-5 月)	0.15	0	0.07	0
		0.2～0.8	1	0.2～0.8	1
		≧1.5	0	≧1.5	0
青石爬鮡	产卵期(5-7 月)	0	0	0.5	0
		0.45～1	1	1～1.74	1
		≧3	0	≧5	0

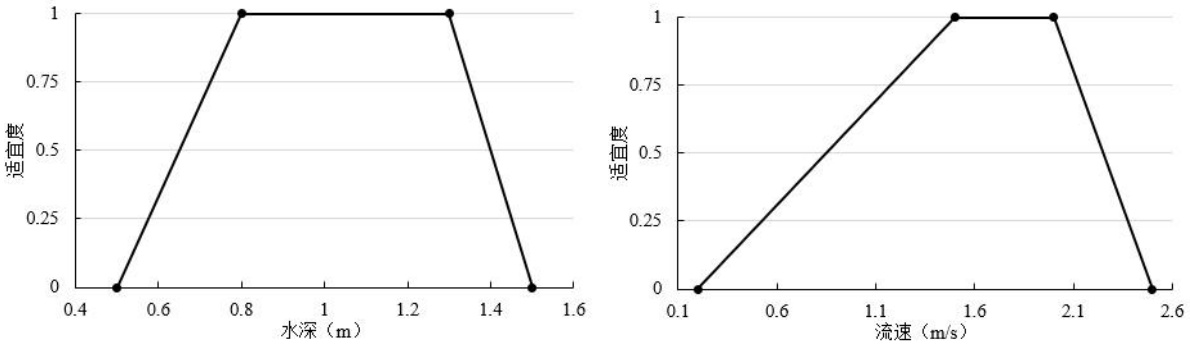


图 6.1-8　齐口裂腹鱼产卵繁殖季节水深、流速与适宜性指数关系图

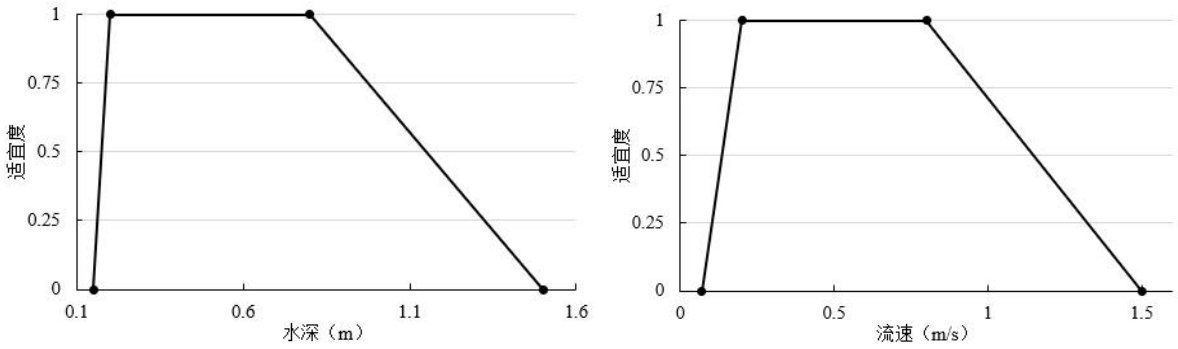


图 6.1-9　长丝裂腹鱼产卵繁殖季节水深、流速与适宜性指数关系图

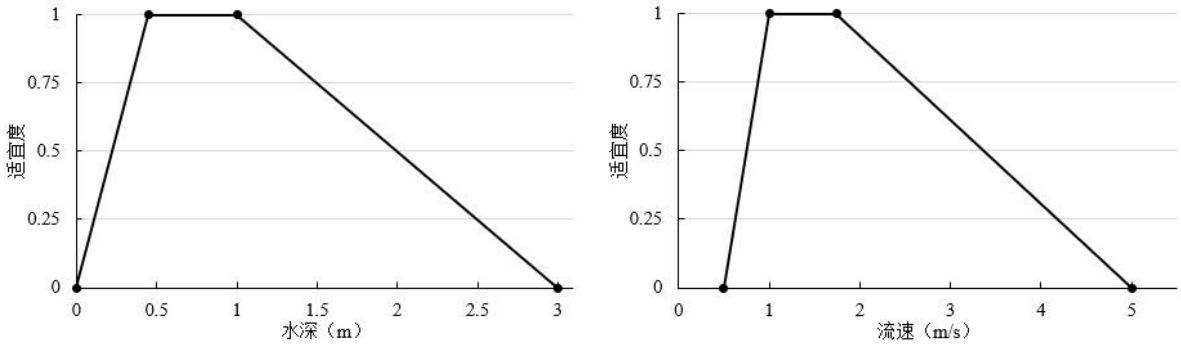


图 6.1-10　青石爬鮡产卵繁殖季节水深、流速与适宜性指数关系图

6.1.3.4 计算区域及计算模型

根据水生生态调查结果，坝址下游河段分布有两处鱼类产卵场，分别是坝址下游5.5km 的力丘河汇口产卵场和坝下 24.6km 的马蹄村产卵场，选取这两处产卵场作为重要产卵生境予以深入分析。

水力学计算采用深度平均的二维水动力学模型 River2D，其基本假定：沿水深方向，压力符合静压分布；水深方向上的水平流速为常数；忽略科氏应力和风应力。

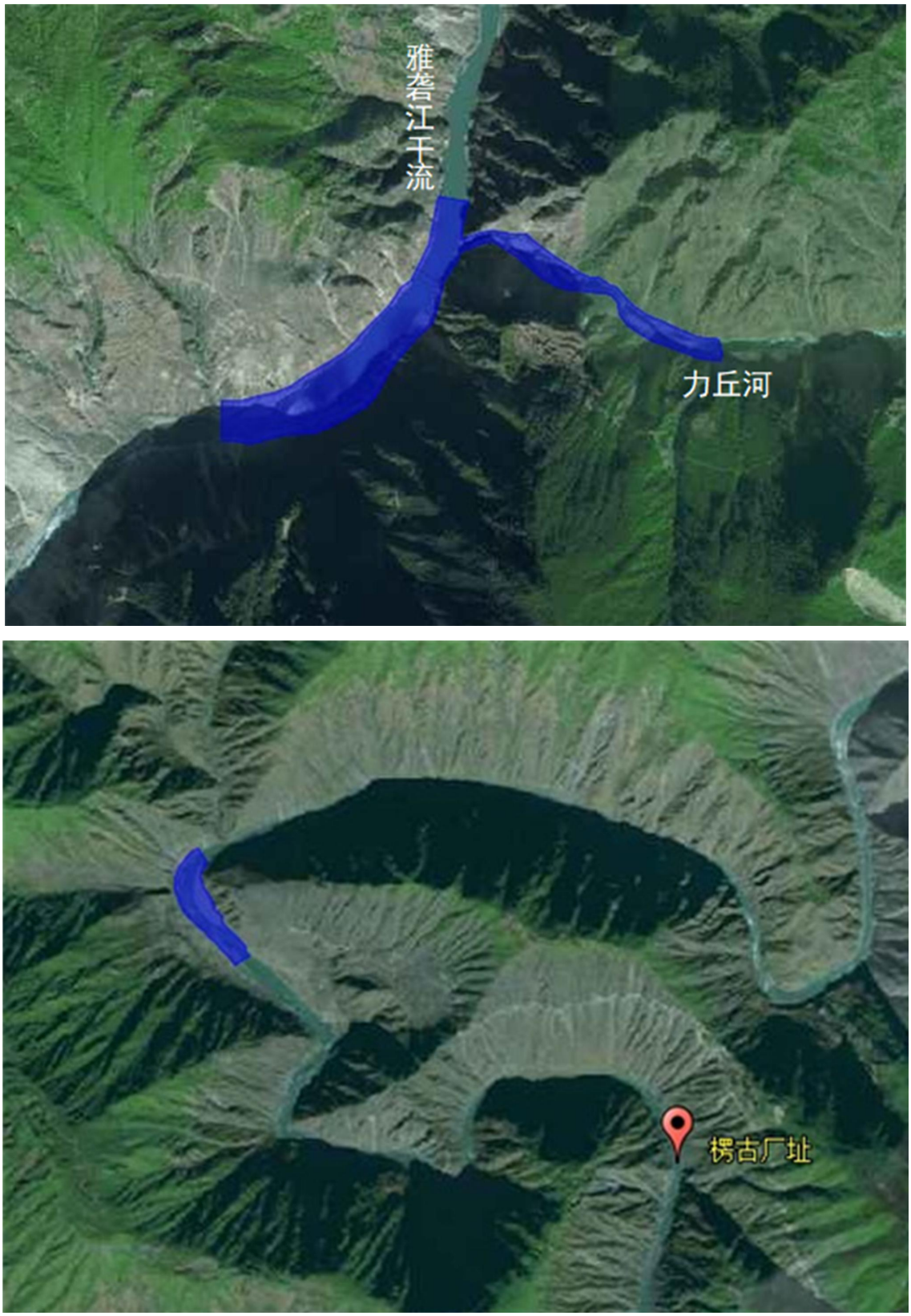


图 6.1-11　数值模拟产卵场范围图

6.1.3.5 计算工况

针对力丘河汇口和马蹄村产卵场进行鱼类生境需水量分析，所选取的上游边界数据

为牙根二级坝址处多年平均流量的 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%和支流力丘河枯水年产卵期月最枯流量。各流量工况对应的流量值见表 6.1-11

WUA 曲线流量计算工况表

表 6.1-11

编号	占多年平均流量的百分比（%）	牙根二级坝址下泄流量（m^3/s）	3-7 月支流力丘河月最枯流量（m^3/s）	5-7 月支流力丘河月最枯流量（m^3/s）
工况 1	5	38.6	19.9	50.2
工况 2	10	77.2	19.9	50.2
工况 3	15	115.8	19.9	50.2
工况 4	20	154.4	19.9	50.2
工况 5	25	193	19.9	50.2
工况 6	30	231.6	19.9	50.2
工况 7	35	270.2	19.9	50.2
工况 8	40	308.8	19.9	50.2
工况 9	45	347.4	19.9	50.2
工况 10	50	386	19.9	50.2
工况 11	55	424.6	19.9	50.2
工况 12	60	463.2	19.9	50.2

6.1.3.6 计算结果

针对牙根二级坝下力丘河产卵场以及马蹄村产卵场两段河段进行二维水力计算，分析计算河段水深、流速水力参数分布及指示鱼类栖息地分布情况。选择牙根二级坝址处多年平均流量的 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40%、45%、50%、55%、60%和力丘河枯水年产卵期月最枯流量作为典型流量，计算在牙根二级电站建成运行后，典型流量下两个河段中目标鱼类的产卵场 WUA 面积及分布。并针对拟定的流量工况绘制力丘河产卵场和马蹄村产卵场 WUA 的流量关系曲线。

(1)力丘河汇口产卵场

牙根二级电站建成运行后，不同流量工况下，坝下力丘河汇口产卵场的三种指示鱼类在产卵期的有效栖息地面积图见图 6.1-12~图 6.1-14。针对裂腹鱼类（齐口裂腹鱼、长丝裂腹鱼），其主要适宜区位于力丘河产卵场下游段河心滩处，以及力丘河支流与雅砻江干流的汇口处。针对青石爬鮡，其主要适宜区位于力丘河产卵场下游段河心滩处，以及力丘河支流上游段。

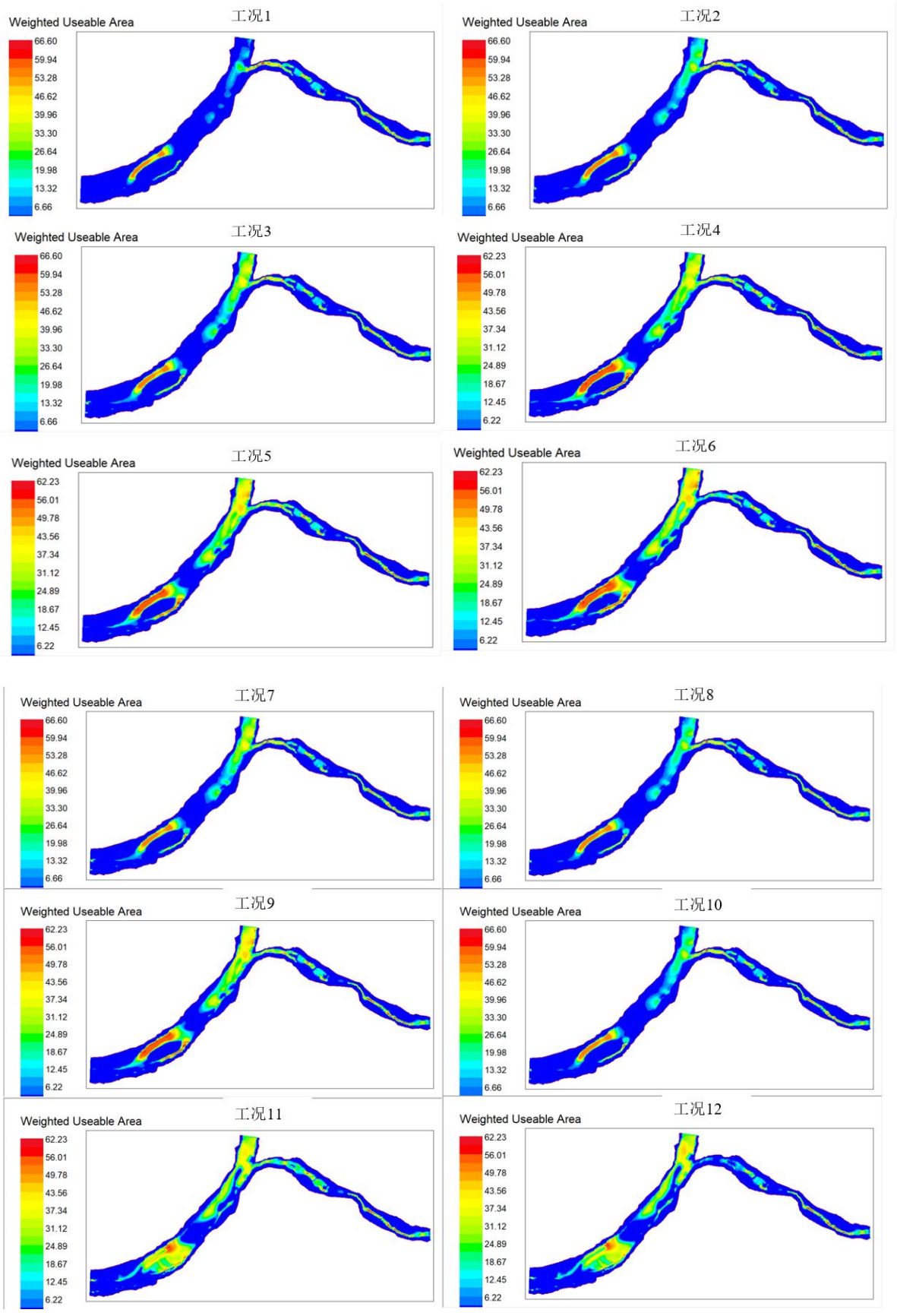


图 6.1-12　力丘河汇口产卵场齐口裂腹鱼 WUA 分布

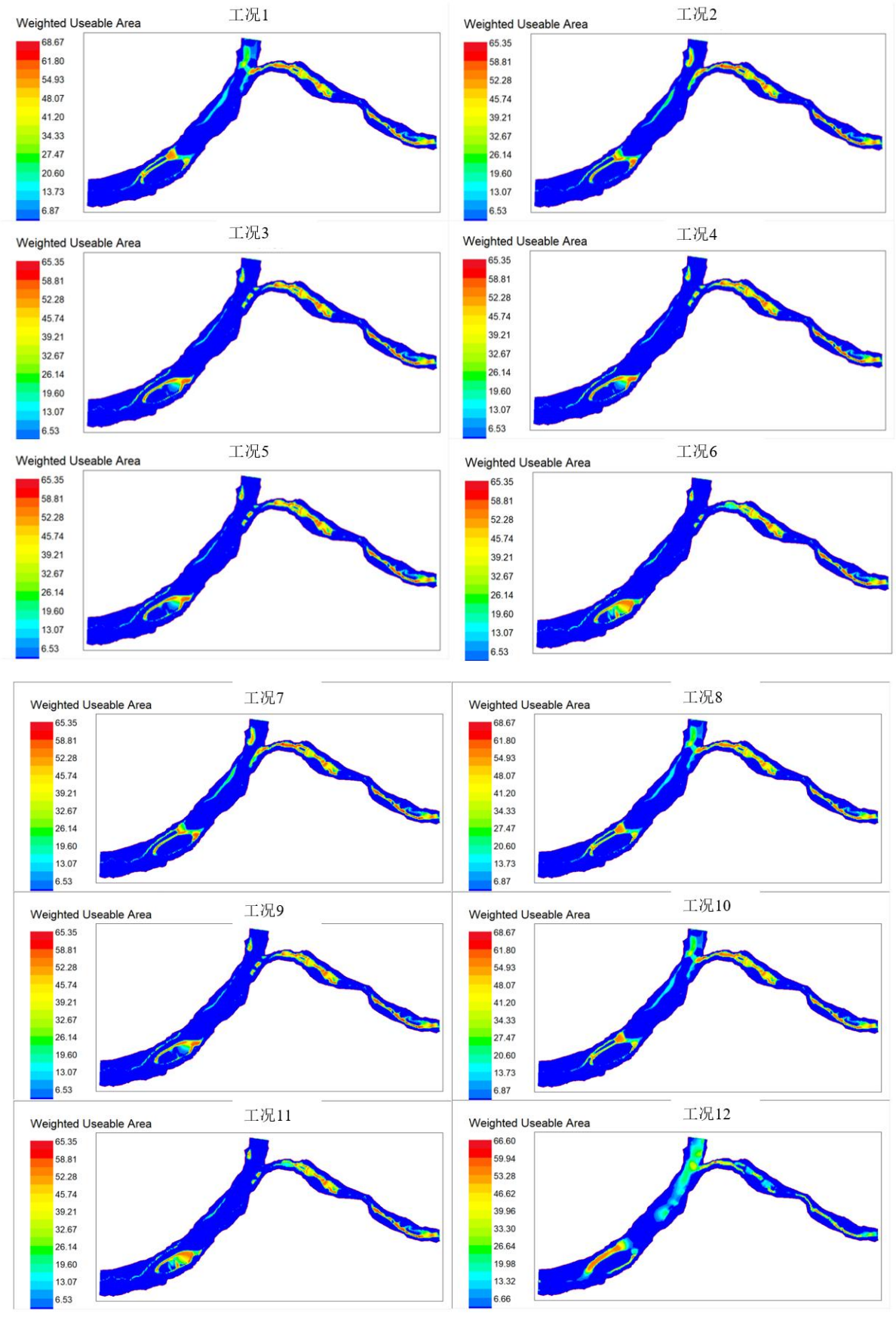


图 6.1-13　力丘河汇口产卵场长丝裂腹鱼 WUA 分布

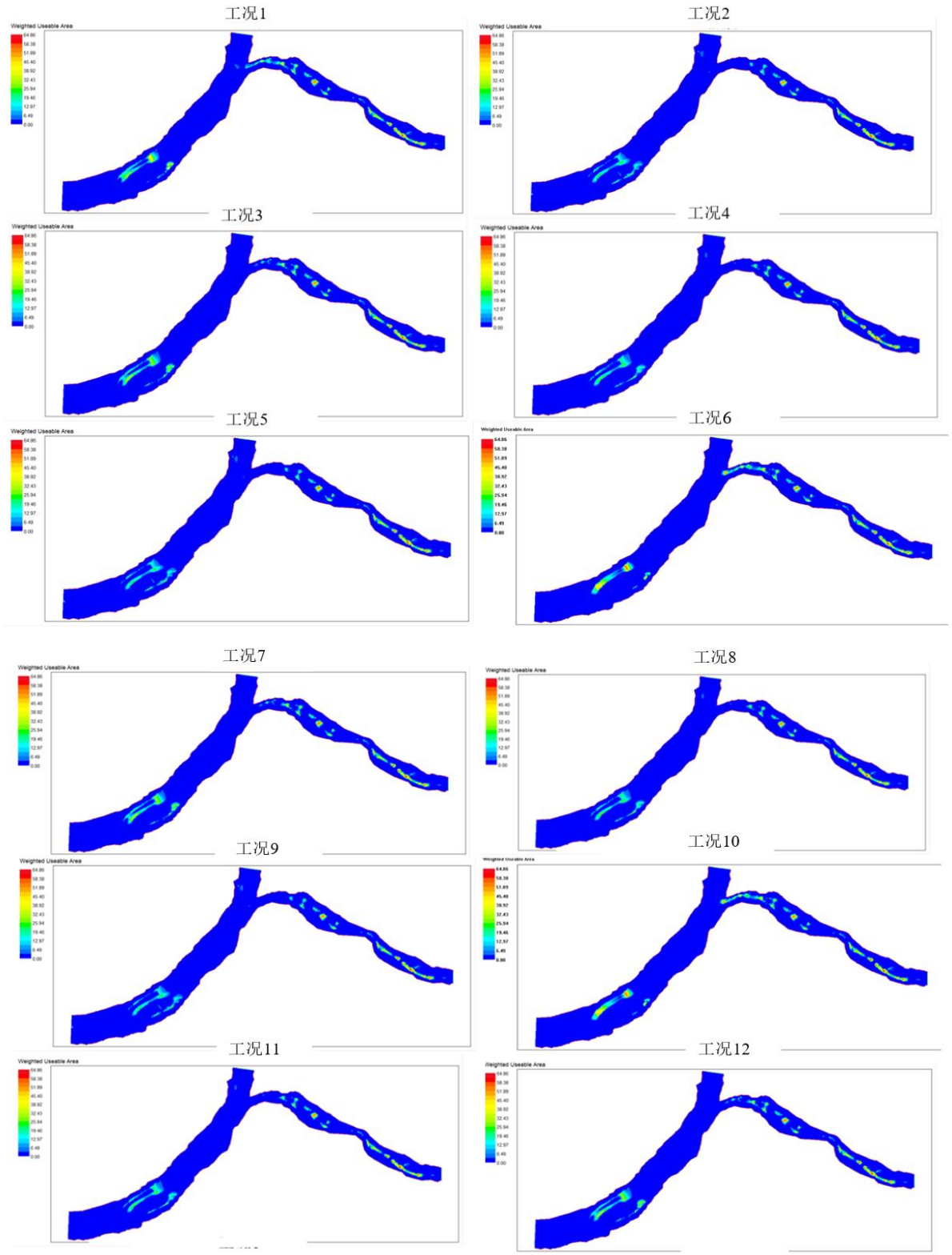


图 6.1-14　力丘河汇口产卵场青石爬鮡 WUA 分布

(2)马蹄村产卵场

牙根二级电站建成运行后，不同流量工况下，坝下马蹄村产卵场的三种指标鱼类在

产卵期的有效栖息地面积见图 6.1-15~图 6.1-17。针对裂腹鱼类（齐口裂腹鱼、长丝裂腹鱼），其主要适宜区位于马蹄村产卵场上部河段。针对青石爬鮡，其主要适宜区位于马蹄村产卵场中心处和上部河段。

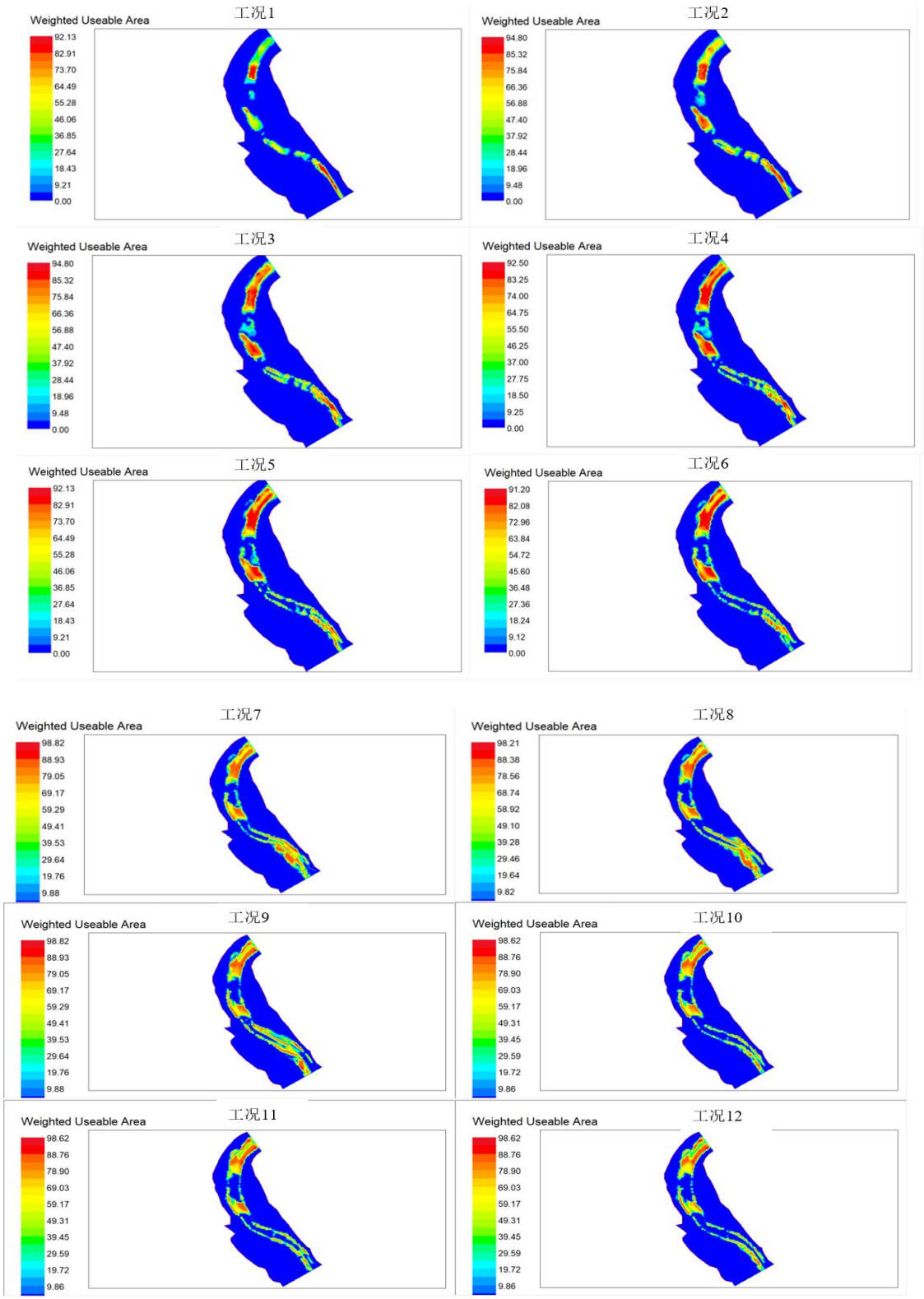


图 6.1-15　马蹄村产卵场齐口裂腹鱼 WUA 分布

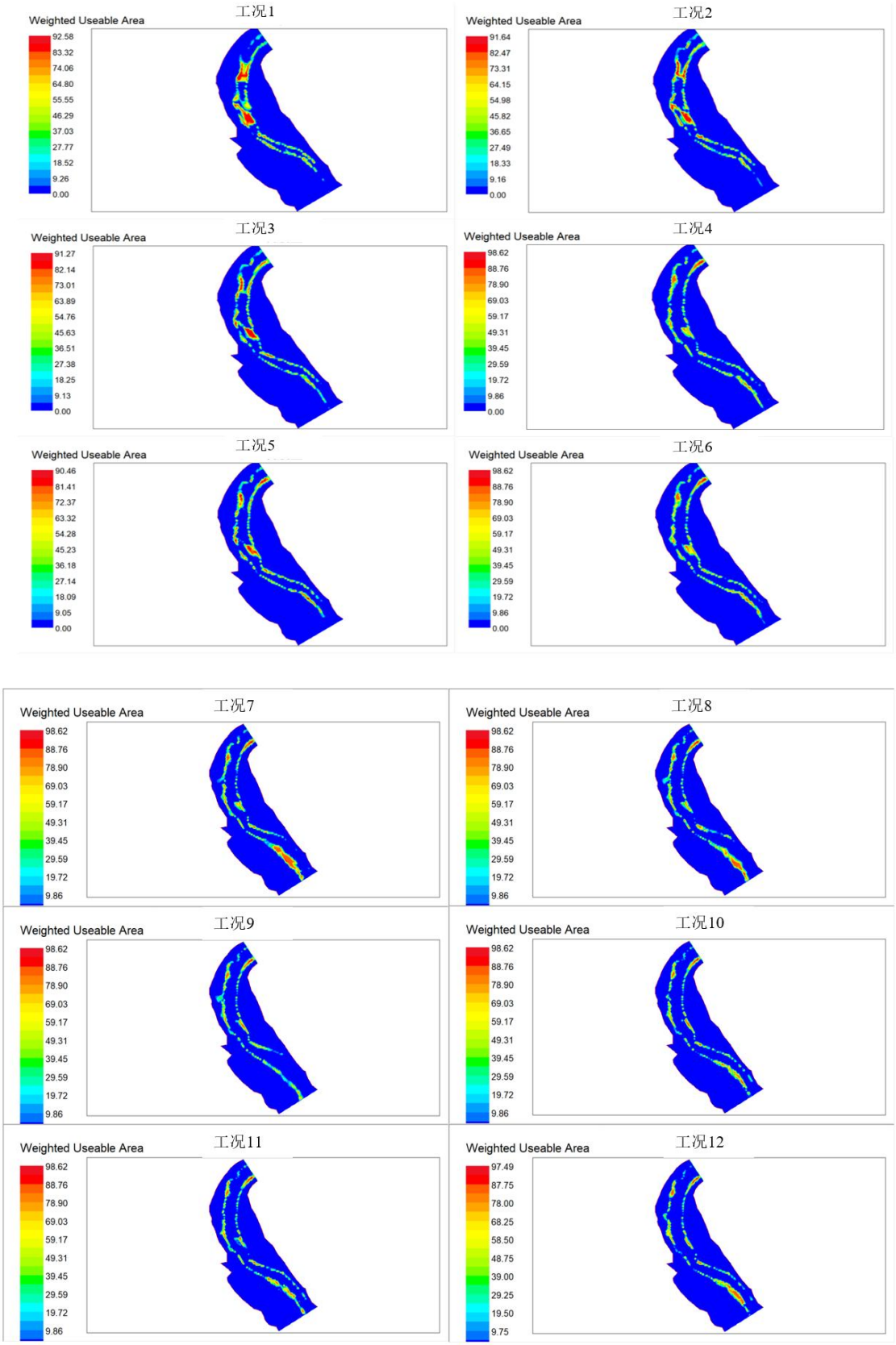


图 6.1-16　马蹄村产卵场长丝裂腹鱼 WUA 分布

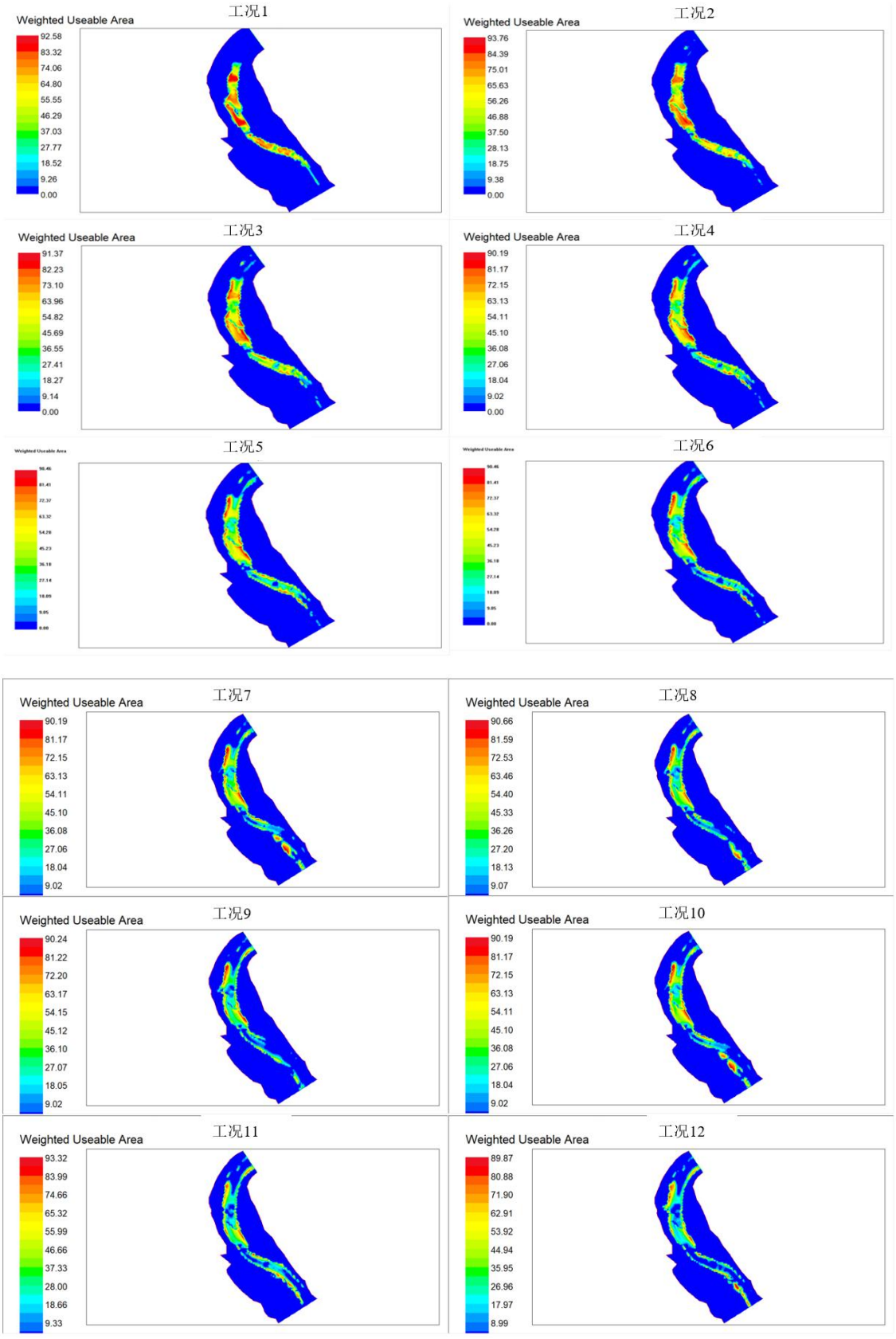


图 6.1-17　马蹄村产卵场青石爬鮡 WUA 分布

(3)统计结果

力丘河汇口产卵场和马蹄村产卵场的适宜栖息地计算统计结果详见表 6.1-12。在力丘河汇口产卵场，青石爬鮡的 WUA 占比最大，占计算产卵河段总面积的 6.98%~14.62%。在马蹄村产卵场，同样是青石爬鮡的 WUA 占比最大，占计算产卵河段总面积为 16.54%~22.67%。

力丘河汇口产卵场和马蹄村产卵场目标鱼类 WUA 计算结果

表 6.1-12

鱼类	产卵期	工况	力丘河产卵场			马蹄村产卵场		
			流量（m^3/s）	WUA（m^2）	占全河段总面百分比（%）	流量（m^3/s）	WUA（m^2）	占全河段总面百分比（%）
齐口裂腹鱼	3-5月	1	58.5	7932.1	1.53%	58.5	15125.2	4.66%
		2	97.1	10421.8	2.01%	97.1	24052.3	7.41%
		3	135.7	12592.0	2.43%	135.7	27260.9	8.40%
		4	174.3	14280.6	2.76%	174.3	28445.9	8.76%
		5	212.9	15822.0	3.06%	212.9	30522.7	9.40%
		6	251.5	16961.1	3.28%	251.5	30104.7	9.27%
		7	290.1	18058.2	3.49%	290.1	27479.1	8.46%
		8	328.7	18663.2	3.61%	328.7	24307.6	7.49%
		9	367.3	18737.3	3.62%	367.3	21248.3	6.54%
		10	405.9	18549.2	3.59%	405.9	18644.8	5.74%
		11	444.5	18903.9	3.65%	444.5	16428.1	5.06%
		12	483.1	19316.0	3.73%	483.1	14421	4.44%
长丝裂腹鱼	3-5月	1	58.5	46481.8	8.99%	58.5	42170	12.99%
		2	97.1	49361.1	9.54%	97.1	31240.7	9.62%
		3	135.7	49758.9	9.62%	135.7	24696.3	7.61%
		4	174.3	48198.0	9.32%	174.3	20386.1	6.28%
		5	212.9	45409.8	8.78%	212.9	16631.8	5.12%
		6	251.5	43690.6	8.45%	251.5	13403.2	4.13%
		7	290.1	42596.4	8.24%	290.1	11533.5	3.55%
		8	328.7	42156.0	8.15%	328.7	9351.4	2.88%
		9	367.3	42442.5	8.21%	367.3	7462.2	2.30%
		10	405.9	41728.7	8.07%	405.9	6257.5	1.93%
		11	444.5	41153.8	7.96%	444.5	5056.8	1.56%
		12	483.1	40241.9	7.78%	483.1	4757.9	1.47%
青石爬鮡	5-7月	1	88.8	36105.8	6.98%	88.8	56177.8	17.30%
		2	127.4	41224.0	7.97%	127.4	66341.2	20.43%
		3	166	48706.1	9.42%	166	71609.5	22.05%
		4	204.6	55248.2	10.68%	204.6	73603.8	22.67%
		5	243.2	60553.1	11.71%	243.2	73468.2	22.63%
		6	281.8	64201.3	12.41%	281.8	71011.3	21.87%
		7	320.4	67158.7	12.98%	320.4	68077.6	20.97%
		8	359	69661.4	13.47%	359	65801.1	20.27%
		9	397.6	71501.6	13.82%	397.6	62925.5	19.38%
		10	436.2	73323.6	14.18%	436.2	59718.4	18.39%
		11	474.8	74563.1	14.42%	474.8	56711.7	17.47%
		12	513.4	75638.8	14.62%	513.4	53705.1	16.54%

不同流量工况下牙根二级水电站坝下力丘河汇口产卵场和马蹄村产卵场累计 WUA 值及其所占两个计算产卵河段的面积比例统计结果见表 6.1-13，力丘河汇口产卵场以及马蹄村产卵场的 WUA 流量关系曲线见图 6.1-18。

产卵期鱼类 WUA 计算结果

表 6.1-13

鱼类	产卵期	工况	牙根二级坝址下泄流量（m^3/s）	WUA（m^2）	占全河段总面百分比（%）
裂腹鱼类	3-5 月	5%	38.6	111709.2	13.27%
		10%	77.2	115075.9	13.67%
		15%	115.8	114308.2	13.58%
		20%	154.4	111310.6	13.22%
		25%	193	108386.3	12.87%
		30%	231.6	104159.6	12.37%
		35%	270.2	99667.2	11.84%
		40%	308.8	94478.2	11.22%
		45%	347.4	89890.4	10.68%
		50%	386	85180.2	10.12%
		55%	424.6	81542.7	9.69%
		60%	463.2	78736.8	9.35%
青石爬鮡	5-7 月	5%	38.6	92283.5	10.96%
		10%	77.2	107565.1	12.78%
		15%	115.8	120315.6	14.29%
		20%	154.4	128852.1	15.30%
		25%	193	134021.3	15.92%
		30%	231.6	135212.5	16.06%
		35%	270.2	135236.3	16.06%
		40%	308.8	135462.5	16.09%
		45%	347.4	134427.1	15.97%
		50%	386	133041.9	15.80%
		55%	424.6	131274.8	15.59%
		60%	463.2	129343.8	15.36%

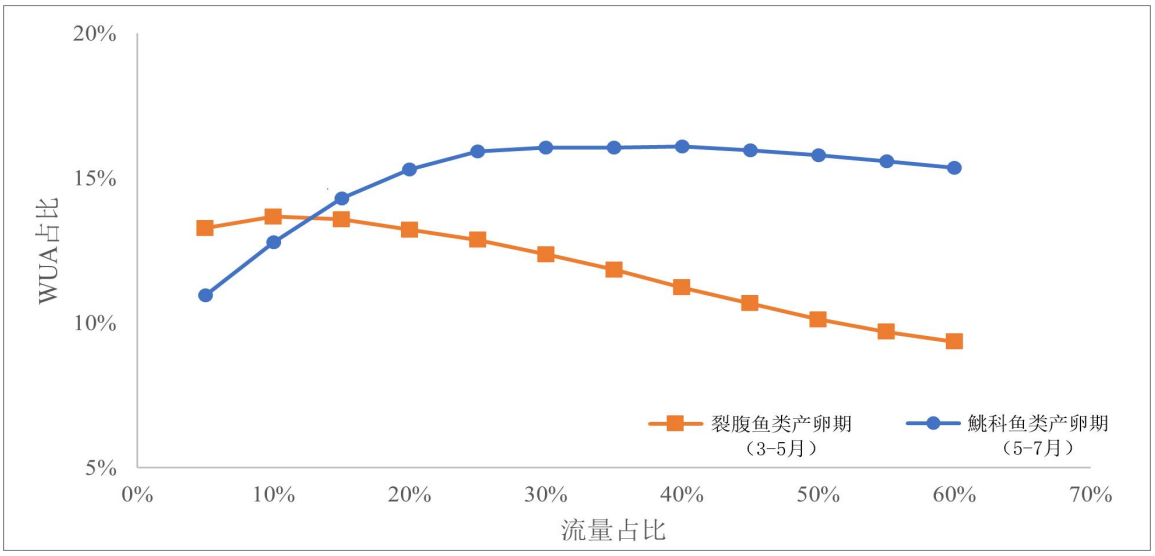


图 6.1-18　牙根二级坝下游产卵场 WUA 曲线

结合两种鱼类在两处产卵场不同流量下 WUA 比例的变化情况，3~5 月，坝址下泄流量占多年平均流量的 5%~20%时，裂腹鱼类 WUA 面积基本相当，占比均大于 13%；5~7 月，坝址下泄流量占多年平均流量的 5%~20%之间时，随着下泄流量的增加，青石爬鱥 WUA 面积也增加，在坝址下泄流量达到年平均流量的 20%后，WUA 随流量增长的变化不大(每增加 5%多年平均流量，WUA 变化幅度<1%)。

综合考虑后，推荐 154.4m³/s 作为牙根二级水电站 3~7 月下泄生态流量，占多年平均流量的 20%。

产卵期鱼类 WUA 计算结果

表 6.1-14

产卵鱼类	产卵期适宜流量范围	占比	产卵时间
裂腹鱼类	38.6~154.4	5%~20%	3~5 月
青石爬鱥	154.4	20%	5~7 月

6.1.4 生态流量过程计算结果

综合一般用水期、鱼类繁殖期计算结果，牙根二级水电站坝下河段需水量计算结果见下表。

最小生态需水量计算结果一览表

表 6.1-15

时段		推荐流量过程
时间划分	时段划分依据	流量过程
8 月~次年 2 月	一般用水期	不低于 119.8m³/s
3 月~7 月	鱼类繁殖期	不低于 154.4m³/s

6.1.5 流域生态流量匹配性分析

将雅砻江中已、在建梯级批复的生态流量与本次论证的牙根二级生态流量进行对比可知，流域中游各个梯级生态流量随着下游电站坝址处多年平均流量的增加而增加，符合流域径流汇集特点。

雅砻江中游电站生态流量一览表

表 6.1-16　　单位：m^3/s

电站名称	坝址处多年平均流量	生态流量	
		一般用水期	鱼类繁殖期
两河口	673	112	/
牙根一级	677	117.1	3~9 月下泄生态流量不低于 135.4
牙根二级	772	119.8	3~7 月下泄生态流量不低于 154.4
孟底沟	874	孟底沟初期蓄水和运行期时，下游杨房沟已建成并回水至孟底沟尾水，未制定下泄生态流量	
杨房沟	893	145	5、6 月下泄不低于 179.2
卡拉	907	146	/

6.1.6 初期蓄水生态流量泄放措施

根据工程蓄水计划。蓄水期间，通过导流洞、生态旁通洞、表孔、深孔等泄水建筑物向下游泄放生态流量。

第 7 年 11 月初，导流洞下闸，起蓄水位 2410.11m，导流洞下闸初期，首先完全下闸右岸导流洞一孔闸门，待蓄水 1h 后水位蓄至 2416.59m，完全下闸右岸导流洞的另一孔闸门，随后开启旁通供水洞闸门控制下泄满足生态流量的要求，再经过 46h，水库水位蓄至 2473.01m，此时坝身深孔可下泄生态流量，生态旁通洞下闸。

从第 7 年 11 月~第 8 年 5 月，深孔过流。第 8 年 7 月初开始，由坝身泄洪深孔控制下泄，并蓄水至死水位 2545.00m。第 8 年 6 月~9 月，泄洪深孔和表孔过流。

导流洞主要由进口边坡及引渠、进口闸室、洞身、出口边坡及明渠组成。洞身长约 1095m，采用城门洞形，洞室尺寸 15.0×18.0m。进口底板高程 2405m，出口底板高程 2393m，导流洞底坡为 1.096%。

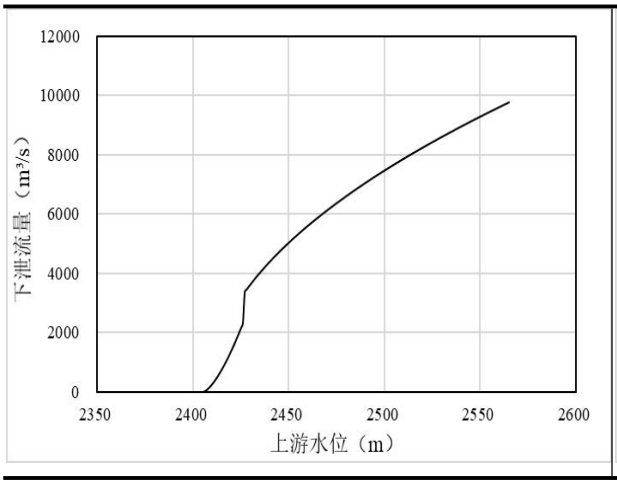
生态旁通洞按直线布置连接在导流洞洞身上，其结构主要由进口边坡及引渠、进口闸室、洞身组成。洞身长约 146m，采用城门洞形，洞室尺寸 6.0×9.0m。进口底板高程 2411m，生态旁通洞出口与导流洞相交于（导）0+191.692 处，出口底板高程 2404m，生态旁通洞底坡为 4.795%。

泄水建筑物采用全坝身泄洪孔口（4 表孔+3 深孔），表孔孔口尺寸 10.0m×13.0m，

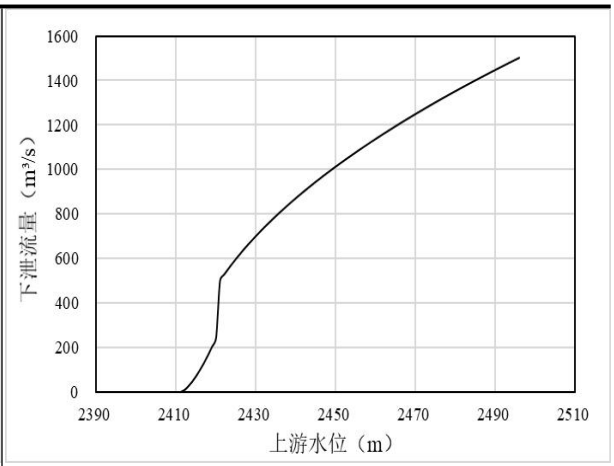
堰顶高程 2547.00m，设弧形工作闸门挡水，表孔溢流堰面采用 WES 溢流曲线。深孔进口底板高程 2470.00m，孔口尺寸 5.0m×7.0m，弧形工作闸门后置。

工程蓄水计划见 2.9 章节，依据各泄水建筑泄流能力曲线起蓄水位对应的泄流能力，牙根二级蓄水阶段满足生态流量泄放要求。

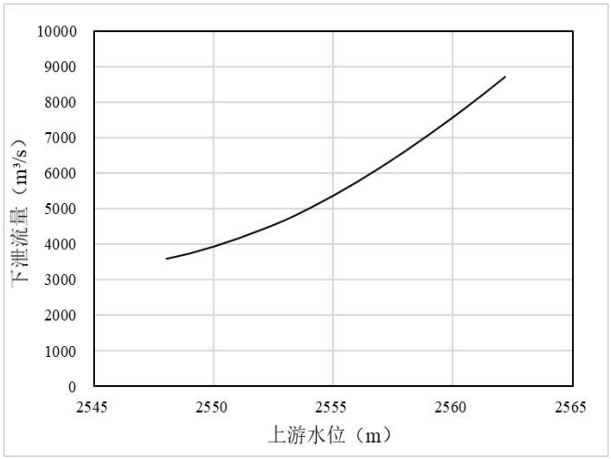
下阶段可结合下游楞古梯级建设情况，进一步优化蓄水阶段生态流量泄放保障措施。



导流洞泄流能力曲线



生态旁通洞泄流能力曲线



坝身表孔、深孔泄流能力曲线

图 6.1-19　牙根二级水电站泄水建筑泄流能力曲线

6.1.7 运行期下泄流量保障措施

6.1.7.1 正常工况

牙根二级水电站为坝式电站，设置 4 台单机容量 60 万 kW 混流式水轮发电机组，单机额定流量为 479.75m³/s，运行单机基荷出力为 27 万 kW，对应发电流量为 216m³ /s，满足生态流量下泄要求。同时，机组检修时分批次检修以确保发电流量下泄。

6.1.7.2 事故工况

当发生电力系统故障，牙根二级水电站的电量不能向外输送，或者机组全部停机，

基荷流量不能通过机组下放的情况，通过开启深孔或者表孔下泄生态流量。

6.1.7.3 可靠性分析

(1)流量保障可靠性分析

牙根二级水电站运行调度时，需以承担基荷的方式不间断下泄生态流量。牙根二级水电站正常蓄水位以下库容为 9.91 亿 m^3，调节库容为 2.57 亿 m^3，在上游两河口、牙根一级进行日调节、蓄水停机的同时，利用该调节库容下泄额定工况最小发电流量 216m^3/s，下泄时间可维持约 13d。利用该调节库容下泄一般用水期最小生态流量 119.8m^3/s，下泄时间可维持约 24.8d。

因此，要求联合调度运行期间，牙根二级水电站通过 45%单机出力基荷下泄流量、库区水位从正常蓄水位消落时，上游两河口水电站停机时间不得超过 13d；牙根二级不发电仅下泄非产卵期最小生态流量、库区水位从正常蓄水位消落时，两河口水电站停机时间不得超过 24.8d。

(2)机组发电泄放生态流量可靠性分析

牙根二级为日调节水库，在进行日调节的同时，需以承担基荷的方式不间断下泄生态流量。电站采用 4 台单机容量为 60 万 kW 的立轴混流式水轮机；考虑机组稳定运行要求，单机出力不能小于其额定功率的 45%，即 27 万 kW。根据水轮机和发电机的运行原理，在不同水头条件下，机组出力 27 万 kW 对应的发电流量不同，即牙根二级水电站的最小下泄流量受运行水头控制。在低水头段，机组发最小出力对应的下泄流量大，而高水头段，机组发最小出力对应的下泄流量小。

在不考虑泄洪情况下，牙根二级水电站机组运行水头变化范围在 128.4～155.6m 之间，其对应的最小下泄流量变化范围为 205m^3/s 至 228m^3/s，其中额定水头为 141m，额定水头下单机 45%最小稳定运行出力发电时流量约 216m^3/s。由此可见，当机组正常发电时，不同运行水位情况下下泄流量均可满足一般用水期下泄生态流量不低于 119.8m^3/s、鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m^3/s 的下泄需求。

同时，为更好的大规模消纳新能源电力，目前国内有部分混流式机组电站进行了机组改造，在招标及合同规定中对机组的稳定运行区域进行了更大范围的要求，如白山电站 1 期、2 期（稳定出力范围为 33%~100%）（已投产），丰满电站（招标中要求稳定出力范围为 0~100%）（已投产），李家峡水电站（招标中要求稳定出力范围为 0~100%）（已投产），因此，牙根二级水电站正常运行时，能够通过机组安全泄放生态流量。为避免

单台机组长时间在低负荷区运行，还可采用 4 台机组轮流泄放生态流量的方式。

(3)表孔、深孔泄放生态流量可靠性分析

牙根二级水电站采用全坝身泄洪方式，坝身设置 4 个表孔与 3 个深孔。

不同水库水位下单孔闸门不同开度时泄流能力见下表。表孔、深孔既能单独局部开启、又能组合运行，因此，事故或极端工况下开启表孔、深孔可满足下泄生态流量的要求。考虑泄水建筑物及闸门启闭安全稳定要求，小流量开启时间不宜过长，同时应加强观测，避开剧烈振动区域，尽快恢复机组发电下泄流量的正常工况。

牙根二级水电站泄流曲线表

表 6.1-17

上游水位（m）	表孔单孔泄量（m^3/s）	4 孔表孔泄流量（m^3/s）	深孔单孔泄量（m^3/s）	3 孔深泄流量（m^3/s）	总泄流量（m^3/s）	设计流量（m^3/s）
2548	17.86	71.46	1177.55	3532.64	3604.1	
2549	50.53	202.11	1185.42	3556.27	3758.38	
2550	92.82	371.3	1193.25	3579.75	3951.04	
2551	142.91	571.65	1201.02	3603.07	4174.71	
2552	199.73	798.9	1208.75	3626.24	4425.14	
2553	262.55	1050.18	1216.42	3649.26	4699.44	
2554	338.43	1353.73	1224.05	3672.14	5025.87	
2555	422.14	1688.56	1231.63	3694.88	5383.44	
2556	513.3	2053.21	1239.16	3717.48	5770.69	
2557	611.55	2446.21	1246.65	3739.94	6186.15	
2558	716.5	2866.01	1254.09	3762.27	6628.28	
2559	827.75	3311	1261.49	3784.47	7095.47	
2560	943.59	3774.35	1268.84	3806.53	7580.89	
2561	1065.26	4261.05	1276.16	3828.47	8089.52	
2561.22	1092.73	4370.91	1277.76	3833.28	8204.19	8200（设计）
2562	1192.52	4770.08	1283.43	3850.29	8620.37	
2562.16	1213.2	4852.8	1284.59	3853.77	8706.56	8690（校核）

6.1.8 生态流量在线监测系统

6.1.8.1 流域现有水情自动测报系统概述

雅砻江流域水情自动测报系统覆盖范围为雅砻江甘孜以下至桐子林水文站之间区域，控制集水面积达 12.9 万 km^2，占雅砻江全流域的 94.9%，系统目前共有 271 个遥测站（设备），其中包括：水文（位）站 65 个、雨量站 189 个、自动气象遥测站 17 个。系统通信主要采用北斗卫星和 GSM 移动通信 2 种信道组成的混合通信方式。

截止 2024 年底，水情自动测报系统总体畅通率为 98.2%，重要站点畅通率达到 99%，野外遥测站和系统中心站总体运行情况良好。

6.1.8.2 牙根二级站网布设规划

牙根二级施工期以现有雨量站和水文站资料为基础，在大坝上、下游围堰等地，设立若干组水尺进行水位测报。在施工指挥部附近建立水情预报分中心，水情预报中心与雅砻江水情自动测报系统联网。

运行期在坝上及厂房下游附近各建一个永久水位站，配置水位计、通信和遥测设备，并更新所需设备及软件。在牙根二级电站办公大楼建立水情自动测报系统分中心站，实时完成两河口电站、牙根一级电站水情预报成果信息接收；坝上、尾水断面水位数据采集。根据两河口各预见期洪水预报成果经两河口电站和牙根一级电站调节计算，完成牙根二级水情预报作业，并与雅砻江水情自动测报系统联网。

6.1.8.3 生态流量在线监测规划

牙根二级水电站生态流量在线监测系统应充分利用电站设置的水情自动测报系统，设置计算机监控系统和工业电视系统，实时接收水情自动测报系统观测的水位数据和计算机监控系统的各泄水建筑物闸门开度及其泄流数据，计算并输出电站总下泄流量。考虑到上述 3 个系统之间相对比较独立，而生态流量在线监测系统是针对生态流量监控的一个完整系统，需要把上述 3 个系统已利用的各个模块/单元集成一个相对独立的生态流量显示和调度系统，设置与水情自动系统通讯传输设备相匹配的数据接收器，实时接收水情数据。

生态流量在线监测系统可通过计算机设置流量下限阈值，当电站总下泄流量低于生态流量下限值时，会自动发出报警信号给电站中控室，以便电站及时调整调度。为满足生态环境及行业主管部门的系统接入要求，需为外部接入留有接口。

依据牙根二级站网布设规划，将在电站尾水渠附近建成永久水位站，牙根二级水电站建设、运行期间，可依托该站点对坝下生态流量进行辅助监测。同时，霍曲河已建成霍曲水文站，也可监测鱼类繁殖季节霍曲水位变化情况。

6.2 水温缓解措施

6.2.1 分层取水要求

水库建成蓄水后，改变了天然河道水温分布，出现库区水温分层和下泄低温水现象，下游对水温敏感的水生生物将受到一定程度的不利影响，分析具体的水温敏感对象及其水温需求，是开展低温水缓解措施研究的基础。

根据前述水生生态调查结果，牙根二级水电站工程河段多为冷水性鱼类，多数鱼类繁殖期在 3～7 月，无产漂流性鱼类产卵场分布，产卵对象主要为裂腹鱼类、鮡科鱼类以及高原鳅类。根据 5.3 节水温影响预测与评价计算成果，鱼类繁殖期下泄水温均较现状水温有所降低。因此，为缓解水库下泄低温水现象对鱼类产卵繁殖的影响，有必要开展低温水缓解措施研究。

6.2.2 分层取水选型

目前，国内外已建和在建的分层取水建筑物多种多样，根据水流特点将其分为以下几种：多层取水口、叠梁门分层取水、前置挡墙、隔水幕布、立式导叶阀。其中，多层取水口、叠梁门和立式导叶阀分层取水多应用于大型水库工程；前置挡墙和隔水幕布取水多应用于中小型水库工程。各取水口形式和主要特征详见下表。

常见分层取水型式一览表

表 6.2-1

名称	结构特点	适用范围	方案特点	方案缺点
多层取水口	组成：闸门、取水口、过水廊道等 运行：根据库水位启闭不同进水闸门	适用于大型深水库，如美国的埃尔克里克和格伦峡谷大坝等	应用在大中型水电站时，库水位变幅通常较大，为满足分层取水需在每个进水口设置 3 个及以上高程的底板及闸门	进水口体型臃肿，工程投资巨大；取水口高程固定，运行中对取水深度控制不够灵活
叠梁门	组成：叠梁门、储门槽、门机等 运行：根据水库水位、水温分布调整叠梁门层数	适用于流量较大，水头较高的大型水库，如白鹤滩、溪洛渡水库等	结构简单，技术成熟，运行可靠	数量多、规模大，运行繁琐且耗时过长；可以改善低温水下泄问题，不能实现无级取水
前置挡墙	组成：混凝土前置挡墙、引水管道等 运行：固定高程及位置	适用于中、小型水库，如董箐水库等	适用于库区消落深度较小的电站	一般只适用于库区消落深度较小的电站；调节水温不灵活，对于库区消落深度较大的水电站，无法满足改善下泄水温的需求
隔水幕布	组成：帷幕、引水管道等 运行：根据水库水位、水温分布调节控制幕布的位置	适用于中、小型水库，如美国田纳西州切罗基、三板溪水库等	控制幕布可以有效改善下泄水温，操作便捷，水头损失小，调度运行简单	主绳两端需要设置抗拉强度较大的锚点，适应锚固宽度有限且对需底部锚固，对地质条件有一定要求
分层立式导叶阀	组成：门框、支门叶、传动机构、驱动机构、泄压阀及卷线机构等 运行：根据需求开启对应深度的导叶阀	适用于大型深水库，如玛尔挡水库、美国的沙斯塔大坝等	分层立式导叶阀控制便捷，每扇导叶阀均可独立控制启闭动作，可在指定深度取水，实现按需分层取水	操作机构组成部件较多，阀门传动机构和电缆布置在水下，设备防水要求高，且检修维护不太方便；导叶阀支承框架以及导叶处于水流中间，会造成一定的水头损失

6.2.2.1 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，考虑到牙根二级坝址区为典型的峡谷地貌，场地布置有限，因此不将该方案作为牙根二级水电站工程分层取水比选措施纳入。

6.2.2.2 叠梁门

叠梁门是一种国内外最为常见的溢流式分层取水装置，可以结合水库水位变化和水温要求，通过增加或吊起相应层数叠梁门的方式调节取水高度，尽量引取水库表层水体，提高下泄水温其具有结构稳定，安全性更高的特点，但是不能随着水位变化实现无极取水。是目前我国实际应用较为广泛的水温影响减缓措施。典型工程有溪洛渡、锦屏一级等大型工程。叠梁门实际运行过程中，前期由于受限于门机起吊技术，运行效率普遍偏低。目前，为了缩短单层叠梁闸门操作时间，锦屏一级等部分大型工程已计划采用多机操作，提起一层叠梁门(24 扇)总时间由 15d 减少到目前的 6~9d。同时，锦屏一级、两河口水电站已通过将叠梁门提至孔口锁、待调整完成后再将叠梁门吊至储门槽、取消叠梁门孔口盖板、加强培训等系列措施，将控制启闭一层叠梁门(24 扇)时间由 6~9d 缩短为 2~3d。考虑到目前叠梁门的应用技术较为成熟，且本工程具备布置叠梁门的条件，推荐将其作为本工程分层取水措施比选方案之一。

6.2.2.3 前置挡墙

前置挡墙属于在电站进水口前设置的一种低温水影响减缓措施，通过建在进水口前缘上的墙体拦挡中下层低温水，实现电站取用表层水提高下泄水温的目的。前置挡墙措施在贵州省董箐水电站建成运行并通过竣工环保验收，此后相继在大渡河金川水电站和金沙江旭龙水电站获批采用。该方案适用于日常运行消落深度较小的日调节电站，墙顶高程固定，取水高程固定，鉴于牙根二级水电站与前述三个水电站的工程特点相近，本工程具备布置前置挡墙的条件，推荐作为本工程分层取水措施比选方案之一。

6.2.2.4 隔水幕墙

隔水幕墙是在坝前一定位置建设合适挡水高度的柔性不透水幕墙，改变坝前水域水温分布结构，达到改善下泄水温的目的。隔水幕墙总体由索塔系统、浮箱系统、锚固系统和幕墙组成。目前该措施在三板溪水库有运用实例。该方案具有水头损失小，调节方式简单等特点。对于牙根二级水电站，具备布置隔水幕墙的条件，可结合主体工程枢纽

如上游围堰等设施布置，同时坝前地质条件能够满足索塔系统布置要求。因此，推荐作为本工程分层取水措施比选方案之一。

6.2.2.5 立式导叶阀

立式导叶阀的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。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，可灵活调节取水深度，从而实现真正的按需取水。从措施形式来说，立式导叶阀与叠梁门所需布置条件相同，低温水缓解效果基本相同，仅启闭门叶的方式不同。我国黄河流域玛尔挡水电站应用了该分层取水措施。由于该项措施目水下结构复杂，可能存在运行维护难度较大、影响工程引水发电安全等问题，考虑到本项目发电取水流量较大，水体流态更加复杂，因此不将该方案作为牙根二级水电站工程分层取水比选措施纳入。

6.2.3 分层取水拟定

6.2.3.1 比选方案初步工程设计

(1)前置挡墙

1) 最小淹没水深及挡水高度要求

对于前置挡墙方案，随着前置挡墙高度增加，拦污栅前水流行进流速增大，水面波动增加，前置挡墙前后水面落差增大，拦污栅入栅最大流速及流速不均匀系数也不断增大。为防止对电站进水口引水造成不利影响，前置挡墙应满足最小淹没水深要求。

为确定前置挡墙方案的最小淹没水深，参考《孟底沟水电站减缓低温水下泄措施设计专题报告》及其物模成果。对于孟底沟水电站固定式前置挡墙方案，前置挡墙布置在进水口前缘 30.00m 处，物理模型试验建议最小淹没深度取值为 10m，此时进水塔及其前部引渠内水面波动较轻微，水面基本平顺，无跌落。前置挡墙淹没水深小于 10m 时，进水塔前水面波动较大，水流流态较差，挡墙前后出现水面跌落。

对于牙根二级水电站，由于进水口前缘地形限制，前置挡墙轴线距离进水口前缘 26.6m，小于孟底沟水电站。为不影响进水口水流流态，在最低运行水位 2545.00m 运行时，发电引用流量 1919m^3/s，挡墙顶部垂线过流断面流速控制在 1.0m/s，挡墙长度 147.8m，计算得到最小淹没水深为 13.0m，即前置挡墙顶部高程 2532.00m。

2)结构设计

根据牙根二级水电站进水口前地形条件，采用预留岩梗+前置挡墙布置形式，即在

在 3#进水口及 4#进水口上游侧前缘范围保留岩梗，抬高引水渠高程，形成 2532.00m 高程平台，起到取用表层水的效果，而 1#进水口和 2#进水口前缘受地形影响无法保留完整岩梗的部位，平台高程调整为 2520.00m 高程，并布置固定式前置挡墙，挡墙顶部高程 2532.00m，与上游侧岩梗平台等高程。3#进水口下游侧前缘部分受地形限制，挡墙底部需回填混凝土加强挡墙基础，保证挡墙的安全稳定。由于 1#进水口前缘开挖线与坝肩边坡结合部位距离进水口较近，下游侧边缘沿边坡倾斜斜向布置前置挡墙，预留岩梗+前置挡墙方案布置如图 6.2-1 所示。

进水口塔体共布置 4 个进水口，平面上呈“一”字型排布，进水口塔体基础高程 2508.50m，在进水塔前引渠段采用平坡，平坡高程为 2511m。上游岩梗部位在进水口前缘 5m 处采用 1:0.5 的反坡，将引渠底板由 2511m 抬高至 2532m，形成 2532m 平台，引渠采用钢筋混凝土贴坡保护，护坡厚 0.5m，预留岩梗布置典型断面如图 6.8.2-33 所示。下游前置挡墙部位以 2#进水口轴线为例，进水塔前平坡长度 5m，平坡高程为 2511m，采用 1:0.5 的反坡，将引渠底板由 2511m 抬高至 2520m，形成 2520m 平台作为前置挡墙的基础，布置固定式前置挡墙，挡墙顶部高程 2532.00m。由于地形限制，部分区域需回填混凝土补充。前置挡墙布置典型剖面如图 6.2-2 所示。

另外，部分电站采用改进型前置挡墙，为达到尽可能取表层水，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。考虑到受进水口前缘地形条件影响，前缘 2520m 高程平台具有两侧宽、中部窄的特点，其中两侧 1#塔、4#塔部位平台宽度为 40m~55m，中部 2#塔、3#塔部位平台宽度最窄约为 28m。考虑到淹没水深、临界流速和工程安全等限制因素，对于改进型前置挡墙方案，挡墙中部需布置于进水口前缘上游侧 35m，挡墙两侧布置于进水口前缘 25m，考虑到进水口前缘地形条件，挡墙中部基础悬空，牙根二级水电站不具备布置改进型前置挡墙的条件。

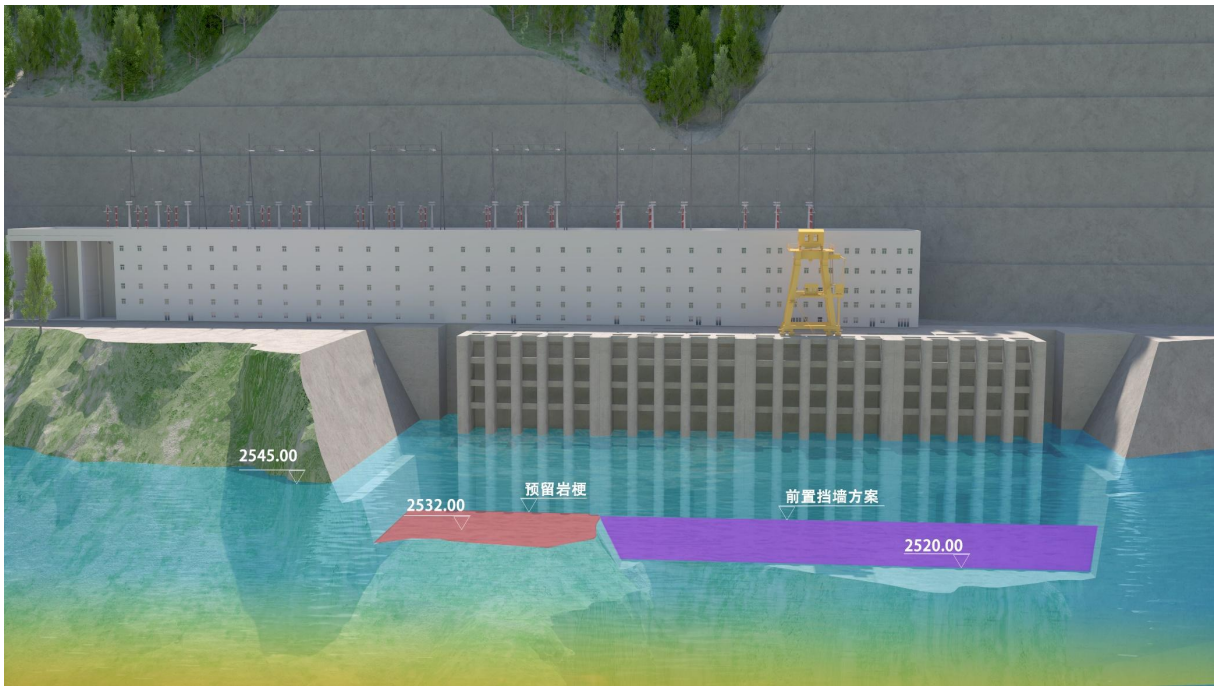


图 6.2-1　预留岩梗+前置挡墙方案

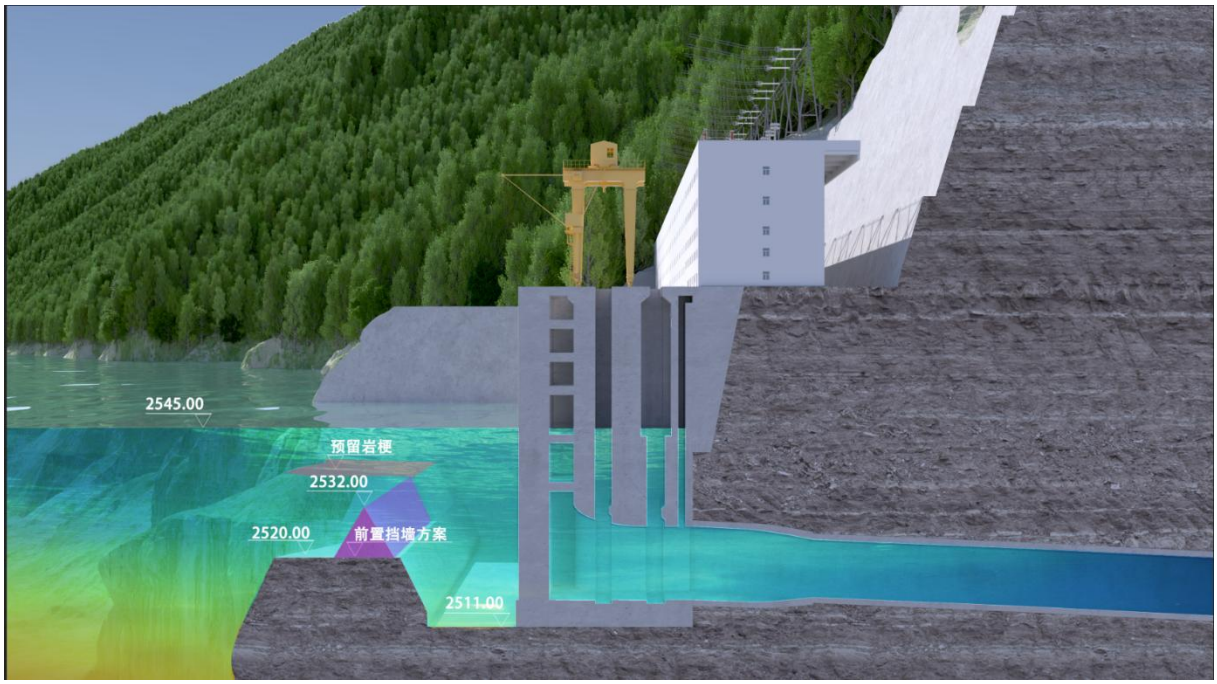


图 6.2-2　预留岩梗+前置挡墙预典型断面

(2) 叠梁门

1)最小淹没水深及挡水高度要求

牙根二级水电站每单元进水口设置 5 孔拦污栅，每孔净宽 4.0m。叠梁门与拦污栅并排布置，以过栅流速控制叠梁门淹没水深。过栅流速计算公式为：

v=Q/A

其中：Q=单机引用流量，为 479.75m³/s；

A=拦污栅净过流面积

拦污栅净过流面积按孔口面积的 75%考虑，过栅净流速考虑取 1.2m/s，计算得到叠梁门顶部最小淹没水深为 27.00m。

2)结构设计

为使下泄水温更接近坝址处天然水温，在进水口拦污栅后布置叠梁门，水流经拦污栅、叠梁门顶进入竖向通仓流道，通仓宽度根据流量、流速及地形条件确定为 7.50m，通仓流道前拦污栅及叠梁闸门段顺水流向长度 5.30m，每个进水口设置 5 孔拦污栅，5 孔叠梁门，每孔净宽 4.0m。两栅墩间设置了拦污栅胸墙或横撑连接，以加强拦污栅结构的整体性。通仓流道后闸门塔体段长度 20.35m，采用喇叭形进口，内设检修闸门槽、工作闸门槽和通气孔。拦污栅闸和主塔体之间采用隔墙和纵撑连接，顶部设置一台门机。布置叠梁门的进水口顺水流向长度 33.7m，四个进水口“一”字型平行布置，前缘宽度共 136.86m，结构布置图如图 6.2-3、6.2-4 所示。

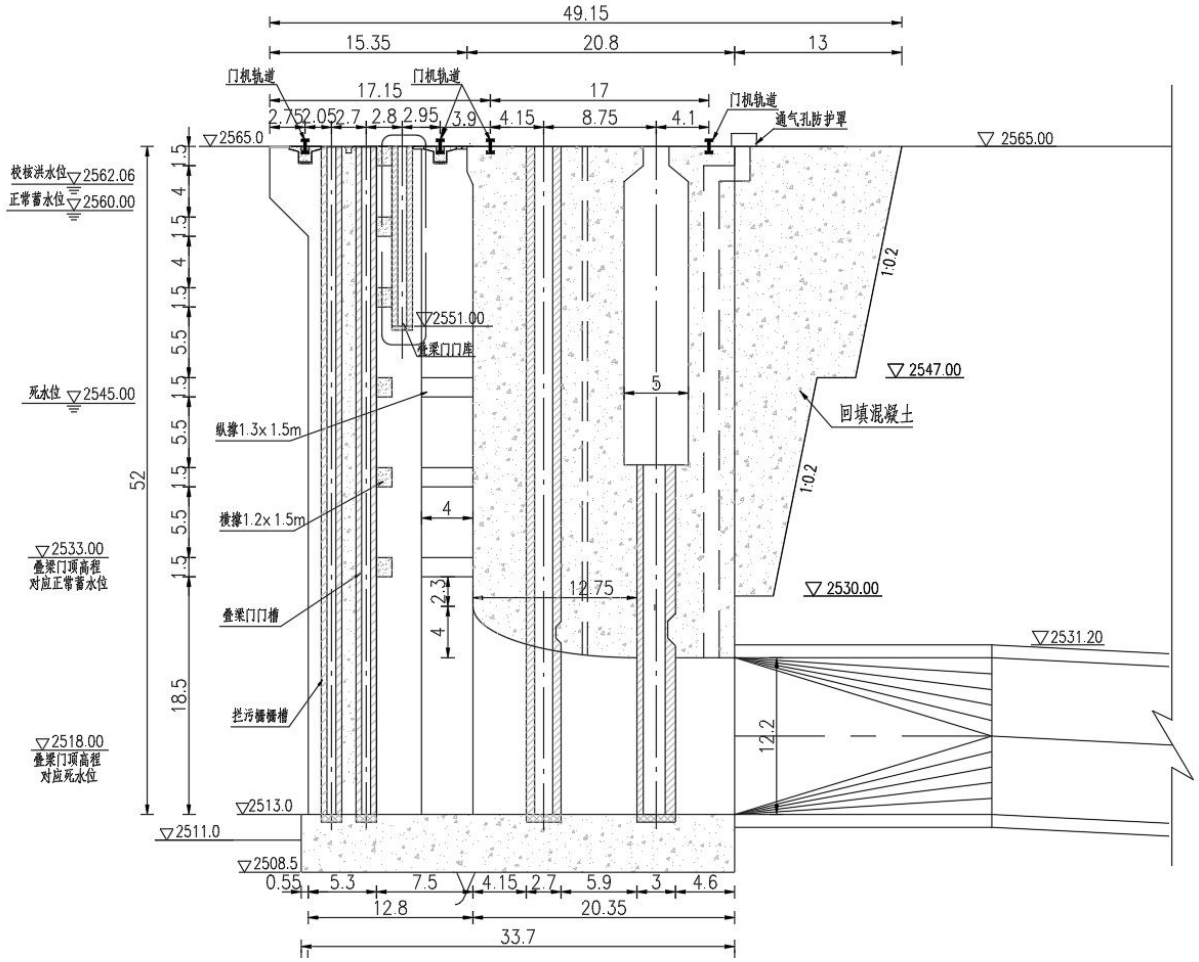


图 6.2-3　叠梁门进水口布置典型断面

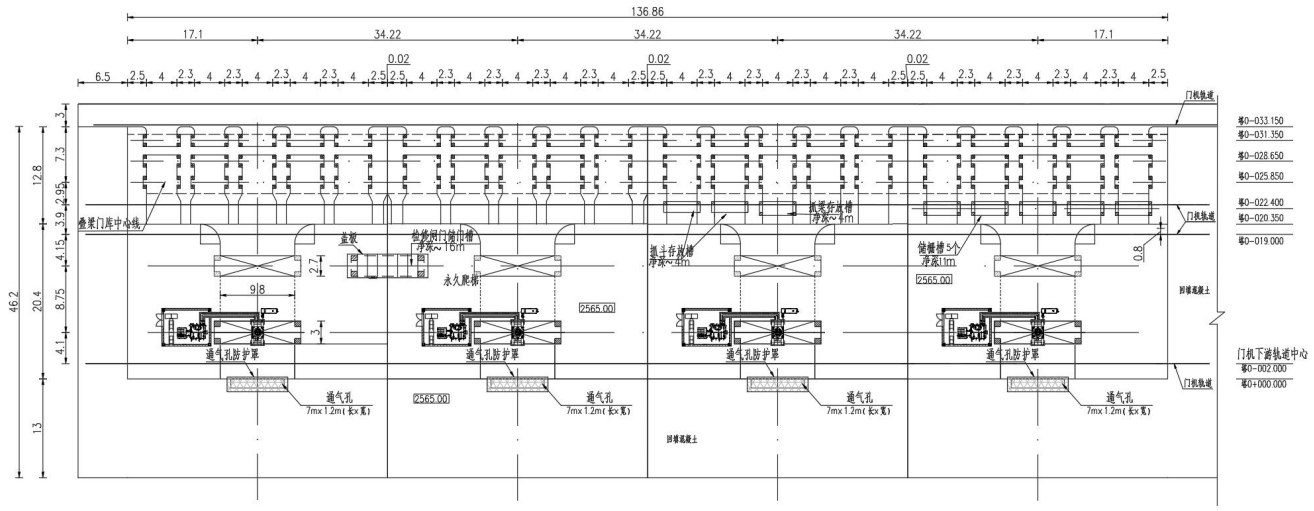


图 6.2-4　叠梁门进水口平面布置图

① 引水建筑物的闸门及启闭设备：牙根二级水电站引水建筑物位于左岸，布置型式为岸塔式，4 台机组进水塔呈“一”字型并排布置，每台机组各设 1 孔进水单元，共 4 孔。每台机顺水流方向依次布置有进水口拦污栅、进水口挡水叠梁门、进水口检修闸门、进水口快速闸门。其中挡水叠梁门门槽与备用栅槽共用。挡水叠梁门布置方案的金属结构包括进水口叠梁门门叶、叠梁门储门槽及其启闭设备。进口底槛高程为 2513.00m，塔顶平台高程为 2565.00m。引水建筑物的金属结构包括进水口的拦污栅、进水口叠梁门、检修闸门、快速闸门及其启闭设备。

② 进水口拦污栅及清污抓斗、启闭机：拦污栅布置在进水口前缘，为保证拦污栅检修时不停机，减少污物堵塞拦污栅，设置多跨连通式两道直立栅槽，前一道为备用栅槽，后一道为工作栅槽。当工作栅提栅检修时，可由门机先将备用栅放入需工作的备用栅槽中，然后才能将工作栅提出，拦污栅的检修和维护在 2565.00m 高程进水口塔顶平台进行。为降低过栅流速，每台机组进口前缘由栅墩分成 5 个过水栅孔，每孔宽 4m。厂房进口设工作栅 20 扇，备用栅 1 扇。工作栅和备用栅的高度按校核洪水位设计，并考虑一定的超高，实际栅叶高度为 49.5m。拦污栅强度按 4m 水头差设计，总水压力为 7920kN。拦污栅采用滑动支承，栅叶结构主要承重材料为 Q235B，共分 15 节，每 3 节间通过销轴和吊板连接成一个起吊单元，共 5 个起吊单元。工作栅和备用栅的操作方式均为动水启闭，提栅时上、下游水位差不大于 1m。工作栅和备用栅均采用进水口 3200kN/2×250kN 双向门机上游侧容量为 2×250kN 的副起升机构通过自动抓梁进行操作。工作栅栅前的污物利用进水口 3200kN/2×250kN 双向门机上游侧容量为 2×250kN 的副起升机构通过清污抓斗进行清污操作，清污抓斗利用备用栅槽作为导向槽进行升降，

可方便快捷地实现清污目的，提高清污效果。污物由汽车转运至合适的地点填埋。备用栅与工作栅结构相同，平时分 5 个单元存放在坝顶的 5 个储栅槽内。自动抓梁和清污抓斗平时分别存放在储抓梁槽和储抓斗槽内。

③ 进水口检修闸门及启闭机：在进水口拦污栅后设置检修闸门，其孔口尺寸为 9.8m×12.785m×47.63m，4 孔共用 1 扇闸门。闸门按设计洪水位 2561.22m 设计，总水压力为 52646kN。闸门门型为潜孔平面滑动闸门，下游止水，单吊点。门叶结构主要承重材料为 Q355B，分 4 个制造运输单元，在工地焊接成为整体。闸门顶部设有充水阀。门槽下游胸墙设有通气孔。闸门的操作方式为静水闭门，启门时先通过门顶充水阀充水，待上下游水位差≤3m 后静水启门。闸门采用进水口 3200kN/2×250kN 双向门机上容量为 3200kN 的主起升机构通过液压自动抓梁操作，门机轨距为 17m，轨上扬程为 19m，总扬程为 68m。检修闸门及液压自动抓梁平时储放在储门槽内。闸门的检修在坝顶平台上进行。

④ 进水口快速闸门及启闭机：每台机组进口在检修闸门后面设置一扇 9.8m×12.2m×47.63m 快速闸门，采用潜孔平面滑动闸门，下游止水，闸门按设计洪水位 2561.22m 设计，总水压力为 50612kN。闸门采用上游面板，顶、侧止水布置在下游，底止水布置在上游，滑动支承。门叶结构主要承重材料为 Q355B，分 4 个制造运输单元，在工地焊接成为整体。闸门顶部设有充水阀。门槽下游胸墙设有通气孔。闸门的操作方式为利用水柱压力动水闭门，利用门顶充水阀充水平压后（上、下游水位差不大于 5m）静水启门。快速闸门采用容量为 8000kN/4000kN（持住力/启门力）的液压启闭机进行操作，启闭机工作行程 13.4m。液压启闭机活塞杆吊头与闸门吊耳通过拉杆相连，闸门平时用液压启闭机悬挂在孔口以上约 1m 处，当机组发生事故时，均可在中控室或启闭机房内操作关闭闸门，闭门时间≤5min，闸门接近底槛时的闭门速度≤5m/min。采用一门一机一站的布置方式，每套泵站设两台油泵电动机组，互相备用。液压启闭机可现地操作，也可在电站中控室集中控制。现地操作室设在 2565.00m 高程的平台上。进水口 3200kN/2×250kN 双向门机可对液压设备及快速闸门进行检修时的起吊。为方便快速闸门的安装和维护，在高程为 2565.00m 平台以下设永久爬梯至孔口高度位置，即 2545.50m 高程处。

⑤ 进水口叠梁闸门及启闭机：根据水库多年平均运行水位、机组引用流量及过栅流速的要求，设定一定的叠梁闸门顶高程，通过运行叠梁闸门实现不同的取水高程，达到分层取水的目的。考虑到牙根二级水库实际运行中水位变化速率较快，结合调度需求，

层数设置以相对较少为宜，以达到提调操作频率提高的需求。共设置 3 层门，第 1 层、第 2 层门高 6.5m，第 3 层门高 5m。

叠梁门门顶高层对应运行水位

表 6.2-2

方案：5m+2×6.5m		
	叠梁门顶	水位范围
第 3 层	2518	2545≤H≤2551.5
第 2 层	2524.5	2551.5＜H≤2558
第 1 层	2531	2558＜H≤2560

根据闸门操作运行要求，叠梁挡水闸门采用进水口 2 台 2×250kN 双向智能门机通过液压自动抓梁操作分节起吊。采用智能门机具有对位精准、对位时间短，操作方便、劳动强度低等特点。叠梁门提起可放入在备用储门槽内或锁锭叠梁门槽顶部。

门机操作属于特种设备，同时操作环境又在野外，考虑一天的工作时间为 6h，操作前准备工作、设备的维护保养初估 1 小时，每天的有效工作时间 5h，初拟门机启闭速度约 5m/min，考虑到门机操作叠梁门时，涉及到抓梁对位、抓梁入槽、提升叠梁门、水平转运叠梁门、将叠梁门放入储门槽等一些列流程，估算每台门机操作一节闸门的一个工艺流程大概时间为 1h，每台门机一天大约可操作 5 节门叶，挡水叠梁闸门共 20 孔，单层共 20 节闸门，两台门机同时操作，大约需要 2~3d 的时间完成一层门叶分层取水工艺流程。上述时间为正常条件下（风压：250N/m^2）需要时间，未考虑大风等极端不可控天气因素。

3)调度运行方案

按照淹没水深限制，常规运行工况库水位日内在 2558~2560m 之间消落时三层门挡水，对应挡水门顶高程 2531m，库水位低于 2558m 之前需提起第 1 层门，库水位低于 2551.5m 前需提起第 2 层门。2518m 为固定层，目前调度工况下不需提调。

以牙根二级水电站工程运行的典型工况为例，特殊工况 22d 为一个周期，前 9d 共计 216h 为放水期，库水位由 2558m 逐步消落至死水位 2545m。后 13d 共计 312h 为蓄水期，库水位由 2545m 逐步蓄至 2558m。

A 周期开始前需提前提起第 1 层门，由第 2 层+第 3 层门挡水。

B 进入特殊工况周期后从 0h 起库水位从 2557.99m 开始向 2551.5m 消落，在第 93h 时库水位消落至 2551.6m，历时 93h，在第 94h 库水位开始低于 2551.5m，因此需在 94h 之前需提起第 2 层门，由第 3 层门挡水。

C 第 2 层门提起后即能满足从 2551.5m 至死水位 2545m 之间的过流需求，满足从 94h~216h 之间库水位过流要求，总时长 122h。

D 从 217h 开始进入蓄水期，从 217~370h 之间库水位低于 2551.5m，总时长 153h，保持此前第 2 层门提起状态，从第 218h 起，库水位开始高于 2551.5m，此时应及时放回第 2 层门，由第 2 层+第 3 层门挡水。

E 371~528h 之间保持 2 层门挡水状态，直到特殊工况周期结束，总时长 157h。当库水位高于 2558m 时应及时放回第 1 层门，由第 1 层+第 2 层+第 3 层门挡水。

在未考虑大风等极端不可控天气因素前提下，两台门机同时操作，大约需要 2 天的时间可以完成一层门叶分层取水工艺流程。

(3) 隔水幕墙

1) 工作原理

在坝前一定位置建设有效深度的不透水柔性隔水幕墙，如图 6.2-5 所示，根据坝前水温分层结构，设置合适的挡水高度，将中层和底层水体阻隔在幕墙前，使表层温度较高水体通过幕墙。

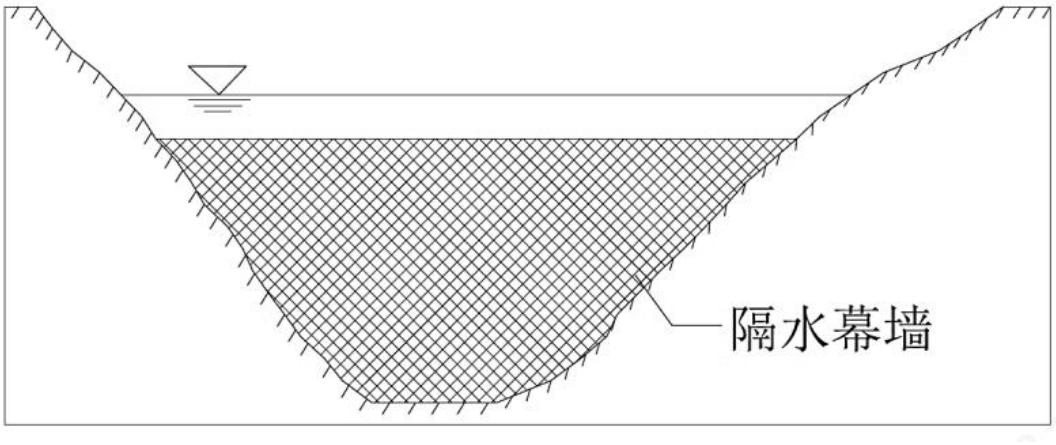


图 6.2-5 隔水幕墙表层取水示意图

隔水幕墙的实施，仅允许上层高温水体通过。由于过流断面减小，水体流速加快。这部分水流中，一部分直接进入电站进水口；另一部分则在坝前形成环流，加速了幕墙下游的水体混合扩散与热交换，如图 6.2-6 所示。

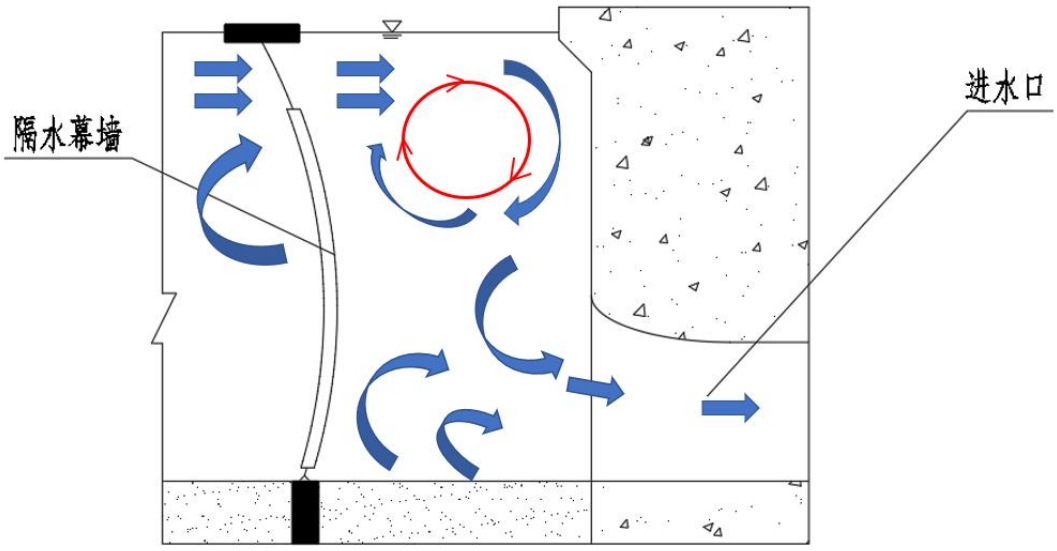


图 6.2-6 隔水幕墙下游水体循环扩散

2) 结构组成

隔水幕墙主要由浮箱系统、牵引系统、幕墙和锚固系统组成。

浮箱系统由多组浮箱通过主缆串联形成，浮箱系统通过浮力作用始终浮于水面，浮箱系统带动牵引系统随水位变化而升降。幕墙上部与浮箱系统连接，在浮箱上设置卷扬机，卷扬机通过纵向拉索与幕布上纲连接，可实现幕布提起或放下操作，从而实现取表层高温水。

牵引系统位于隔水幕墙两侧，可由滑槽+滑车组成，滑车与浮箱系统的主缆连接，牵引系统将浮箱系统的荷载传递给土建结构。

幕墙主体由幕布、纵向拉索、上纲、下纲及横向辅助拉索构成。幕布为隔水核心，通过预留套孔与上纲、下纲固定，中部与纵向拉索缝合连接；纵向拉索上下端分别铰接浮箱系统与锚固系统，传递水流冲击力；上纲决定着幕墙的过水深度，采用迪尼玛绳，穿过幕布顶部预留套孔固定，与纵向拉索在节点处固定连接。上纲配置合适重量的钢绞线，克服幕墙浮力。下纲采用钢缆绳并作防腐处理，穿过幕布底部预留套孔固定，与纵向拉索在节点处固定连接，兼具固定结构形状和防止幕布底部浮起的作用，横向辅助拉索用于限制纵向拉索反向位移，避免幕布撕裂。幕墙上部与浮箱系统连接，幕墙下部与锚固系统连接。

锚固系统设计采用地锚形式，保证幕墙在水流冲击和水压变化等外力情况下，将幕墙底部牢固锚固在库底。锚固系统将幕墙的荷载传递给土建结构。

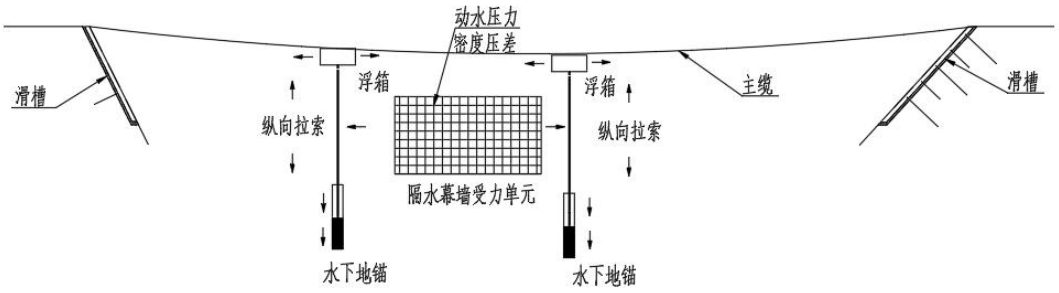


图 6.2-7 隔水幕墙荷载传递示意图

隔水幕墙的设计使用年限约为 20 年。为保障水温提升效果，需对幕布进行定期检修，以应对意外冲击可能造成的破损。20 年使用期满后，因幕布材料强度衰减，需利用浮箱系统上的卷扬机对其进行整体置换。与此同时，滑槽、浮箱系统、地锚等其他永久结构无需更换，可继续使用。

3) 设计方案

结合本工程枢纽布置特点，结合电站上游围堰布置隔水幕墙方案。参考类似工程经验，隔水幕墙幕布最小淹没水深按照顶部过流流速不大于 0.7m/s 控制。幕布最小淹没水深取 9.0m，正常蓄运行工况幕布顶高程 2549.0m.

隔水幕墙方案三布置在大坝上游约 290m 处，与上游施工围堰结合布置，主要由幕墙、水面浮箱系统、纵向拉索系统及水下锚固系统组成。跨端部牵引系统采用滑槽+滑车结构，两侧滑槽布置在库区河道边坡，浮箱系统的主缆两端与滑车连接，从而约束浮箱系统，主缆跨度约 360m；幕墙底部采用地锚形式锚固系统作为固定支点，布置于上游围堰堆石料内的地锚采用覆盖层预应力锚索，牵引系统与锚固系统协同承受动水及波浪荷载，为主要承力结构。

隔水幕墙上游侧浮箱滑槽布置在上游围堰处，距进水塔约 150m，两侧浮箱滑槽布置于两岸河道边坡，轴线总长 357.5m。水下地锚结构间距为 13m，沿线共布置 24 束水下地锚，其中 8 束地锚为覆盖层预应力锚索，地锚长度为 80m~160m。

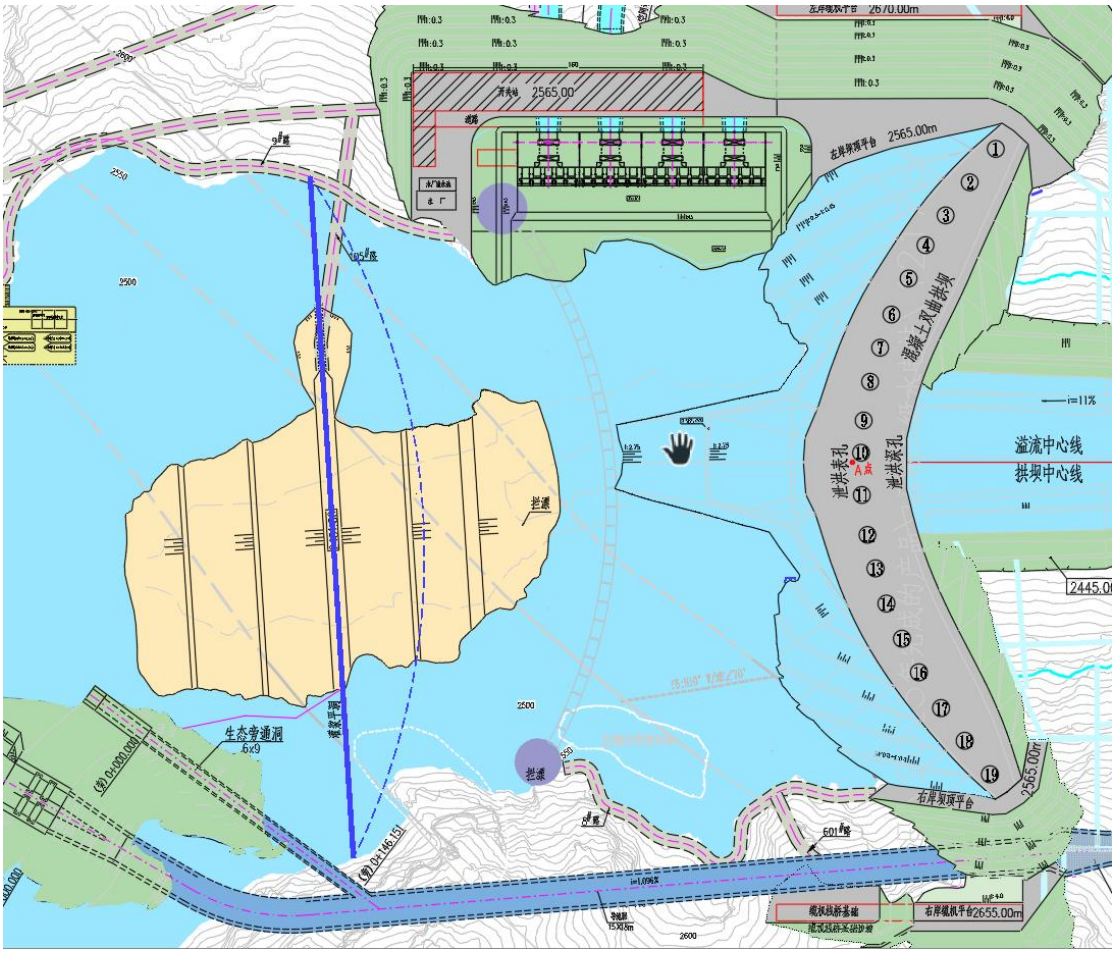


图 6.2-8 隔水幕墙平面图

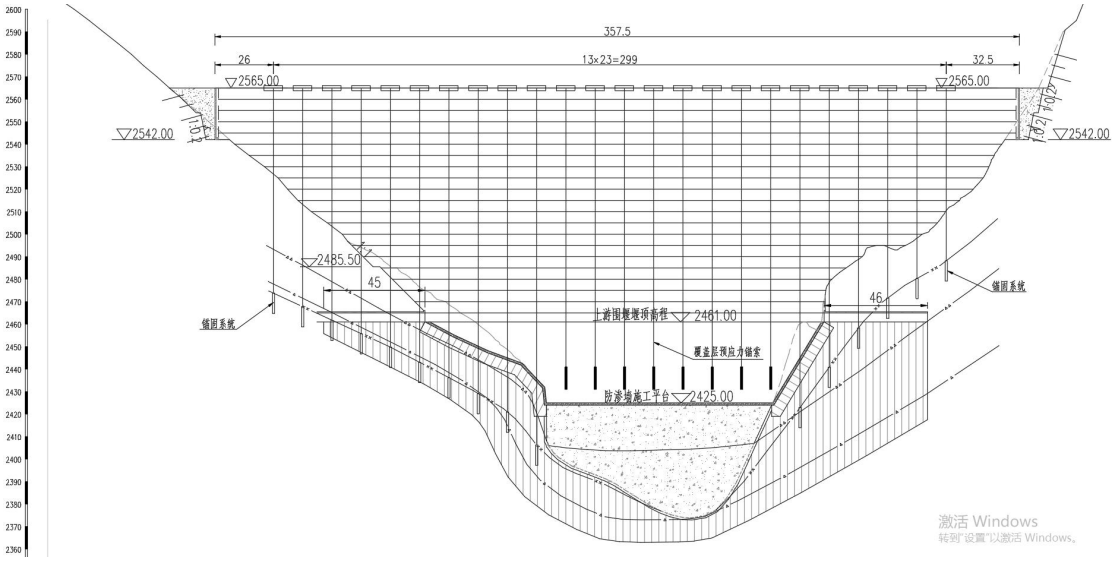


图 6.2-9 隔水幕墙立面图

4) 调度运行

隔水幕墙设计采用浮箱串联连接形成浮箱系统，浮箱系统全年始终浮于水面，隔水幕墙上部与浮箱系统连接，在浮箱上设置卷扬机，每年对幕墙进行一次升降。根据坝前

水温分层结构，设置合适的挡水高度，将中层和底层水体阻隔在幕墙前，使表层温度较高水体通过幕墙。

隔水幕墙运行方案结合浮筒滑槽和主缆“跳绳原理”，利用大跨度柔性索结构适应水位变幅。主缆两端连接在滑槽内端部浮筒上，幕布通过纵向拉索悬挂于水面浮箱，浮箱通过吊索与主缆连接。浮箱随水位变化始终浮于水面，以此来达到水位变化时幕布的自主升降目的，而主缆起到固定水面浮箱及幕墙系统的作用。

(4) 水温减缓措施比选论证

隔水幕墙方案布置在大坝上游约 290m 处，横跨主河道，位于拦污漂上游。根据隔水幕墙运行特点，幕布发生破损，会影响提高水温的效果，因此需要定期检修。而隔水幕墙长期位于水下，需要专业检修单位采用水下机器人定期检修。同时本工程水温敏感时段为 3-7 月，其中 6-7 月份为主汛期，为便于度汛，隔水幕墙在汛期需下降至泄洪深孔 2470m 高程以下，对缓解低温水效果减弱。综合考虑到安全性，牙根二级水电站不适合采取隔水幕墙。

对比前置挡墙和叠梁门方案，从水温缓解效果角度分析，由于最小淹没水深差异较小，挡墙与叠梁门方案水温改善效果基本一致。从经济效益角度分析，叠梁门方案投资远高于前置挡墙方案；从运行维护角度分析，叠梁门顶高程需变化的情形仅发生在水库需保供降低库水位时，该情形发生频次低和持续时长较短，且叠梁门方案运行便捷程度低于前置挡墙方案。综合水温缓解效果、经济效益与运行维护等方面考虑，叠梁门方案运行维护更为复杂，因此，综合比选后推荐前置挡墙方案作为本工程水温缓解措施方案。

6.2.3.2 前置挡墙水温减缓效果研究

前文 5.3.4 水库水温及下泄水温分析结果表明，不考虑设置水温减缓措施的情况下，与坝址现状水温（指已经受两河口和牙根一级影响）相比，水库对下游水温影响较为有限，月均对低温降幅的贡献最大不超过 1.0℃(平)、1.1℃(丰)、1.3℃(枯)，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃(平)、1.5℃(丰)、2.1℃(枯)。

经计算，平水年 3-7 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.8~1.0℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.5~0.7℃，较无措施情况下改善 0.1-0.3℃。9 月~翌年 1 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.1~1.7℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.2~1.1℃，较无措施情况下改善 0.1-0.2℃。

丰水年 3-7 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.7~1.1℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.5~0.8℃，较无措施情况下改善 0.2-0.4℃。9 月~翌年 1 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.2~1.6℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.1~1.6℃，较无措施情况下改善 0.1-0.2℃。

枯水年 3-7 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.7~1.3℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了 0.3~1.1℃，较无措施情况下改善 0.1-0.3℃。9 月~翌年 1 月，无措施情况下，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.8~2.2℃；设置水温减缓措施后，下泄水温与坝址现状水温相比，升高了 0.6~1.9℃，较无措施情况下改善 0.2-0.3℃。按旬统计的下泄水温变幅与按月统计基本一致。

采用挡墙取水后，各典型年下泄水温到达 13.7℃的时间比天然水温延迟 24-30d，比现状水温延迟 6-10d。

前置挡墙取水措施减缓效果分析(逐月)

表 6.2-3　　单位：℃

月份	坝址天然水温	平水年						丰水年						枯水年					
		坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙 - 现状	挡墙 - 单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙 - 现状	挡墙 - 单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙 - 现状	挡墙 - 单层
	a1	b1	b2	b3	b4	b5	b6	c1	c2	c3	c4	c5	c6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
1 月	1.8	6.1	6.2	6	0.1	-0.1	-0.2	4.9	4.7	4.5	-0.2	-0.4	-0.2	6.2	6.7	6.6	0.5	0.4	-0.1
2 月	4.3	7.1	6.4	6.5	-0.7	-0.6	0.1	6.1	5.3	5.4	-0.8	-0.7	0.1	7.3	6.7	6.8	-0.6	-0.5	0.1
3 月	7.5	8	7.2	7.5	-0.8	-0.5	0.3	7.7	6.6	7	-1.1	-0.7	0.4	8	7.3	7.5	-0.7	-0.5	0.2
4 月	11	10	9	9.3	-1	-0.7	0.3	10.4	9.3	9.6	-1.1	-0.8	0.3	10	9	9.3	-1	-0.7	0.3
5 月	13.7	11.6	10.8	11	-0.8	-0.6	0.2	12.3	11.5	11.7	-0.8	-0.6	0.2	11.5	10.7	10.9	-0.8	-0.6	0.2
6 月	15.7	14.7	13.9	14.1	-0.8	-0.6	0.2	15	14.3	14.5	-0.7	-0.5	0.2	14.8	13.5	13.7	-1.3	-1.1	0.2
7 月	16.2	16.4	16.3	16.4	-0.1	0	0.1	16.3	16.4	16.4	0.1	0.1	0	16.4	16	16.1	-0.4	-0.3	0.1
8 月	16.2	16.5	16.5	16.5	0	0	0	16.3	16.1	16	-0.2	-0.3	-0.1	16.5	16.5	16.5	0	0	0
9 月	14.7	15.2	15.5	15.4	0.3	0.2	-0.1	15.1	15.3	15.2	0.2	0.1	-0.1	15.4	16.2	16	0.8	0.6	-0.2
10 月	11	13.3	14	13.8	0.7	0.5	-0.2	12.3	12.9	12.7	0.6	0.4	-0.2	13.5	14.9	14.6	1.4	1.1	-0.3
11 月	5.7	10.3	12	11.8	1.7	1.5	-0.2	8.6	10.2	10.2	1.6	1.6	0	10.6	12.8	12.5	2.2	1.9	-0.3
12 月	2.2	7.3	8.5	8.4	1.2	1.1	-0.1	5.5	6.6	6.5	1.1	1	-0.1	7.6	9.3	9.2	1.7	1.6	-0.1
年均	10	11.4	11.4	11.4	0	0	0	10.9	10.8	10.8	-0.1	-0.1	0	11.5	11.6	11.6	0.1	0.1	0
最大值	16.2	16.5	16.5	16.5	0	0	0	16.3	16.4	16.4	0.1	0.1	0	16.5	16.5	16.5	0	0	0
最小值	1.8	6.1	6.2	6	0.1	-0.1	-0.2	4.9	4.7	4.5	-0.2	-0.4	-0.2	6.2	6.7	6.6	0.5	0.4	-0.1
年内变幅	14.4	10.4	10.3	10.5	-	-	-	11.4	11.7	11.9	-	-	-	10.3	9.8	9.9	-	-	-

前置挡墙取水措施减缓效果分析(旬均)

表 6.2-4　　单位：℃

月份	月份	坝址天然水温	平水年						丰水年						枯水年					
			坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层
		a1	b1	b2	b3	b4	b5	b6	c1	c2	c3	c4	c5	c6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
1月	上旬	2	6.1	6.5	6.4	0.4	0.3	-0.1	4.7	4.9	4.6	0.2	-0.1	-0.3	6.2	7.2	7	1	0.8	-0.2
	中旬	1.2	6	6.1	5.9	0.1	-0.1	-0.2	4.8	4.6	4.4	-0.2	-0.4	-0.2	6	6.6	6.4	0.6	0.4	-0.2
	下旬	2.2	6.2	6	5.9	-0.2	-0.3	-0.1	5.1	4.7	4.6	-0.4	-0.5	-0.1	6.3	6.4	6.3	0.1	0	-0.1
2月	上旬	2.9	6.8	6.2	6.1	-0.6	-0.7	-0.1	5.7	5	5	-0.7	-0.7	0	7	6.6	6.5	-0.4	-0.5	-0.1
	中旬	4.4	7.2	6.4	6.5	-0.8	-0.7	0.1	6.2	5.3	5.4	-0.9	-0.8	0.1	7.4	6.8	6.9	-0.6	-0.5	0.1
	下旬	4.9	7.4	6.6	6.8	-0.8	-0.6	0.2	6.6	5.6	5.8	-1	-0.8	0.2	7.6	6.9	7.1	-0.7	-0.5	0.2
3月	上旬	6	7.6	6.8	7.1	-0.8	-0.5	0.3	7	6	6.3	-1	-0.7	0.3	7.6	7	7.3	-0.6	-0.3	0.3
	中旬	8.1	7.9	7.1	7.4	-0.8	-0.5	0.3	7.6	6.5	6.9	-1.1	-0.7	0.4	7.9	7.1	7.4	-0.8	-0.5	0.3
	下旬	8.9	8.5	7.6	7.9	-0.9	-0.6	0.3	8.5	7.3	7.7	-1.2	-0.8	0.4	8.5	7.6	7.9	-0.9	-0.6	0.3
4月	上旬	10.1	9.4	8.4	8.6	-1	-0.8	0.2	9.6	8.4	8.7	-1.2	-0.9	0.3	9.4	8.3	8.6	-1.1	-0.8	0.3
	中旬	11.6	10.1	9.1	9.3	-1	-0.8	0.2	10.5	9.4	9.7	-1.1	-0.8	0.3	10.1	9.1	9.3	-1	-0.8	0.2
	下旬	11.5	10.6	9.7	9.9	-0.9	-0.7	0.2	11.1	10.2	10.4	-0.9	-0.7	0.2	10.5	9.6	9.9	-0.9	-0.6	0.3
5月	上旬	12.6	10.9	10.1	10.3	-0.8	-0.6	0.2	11.6	10.7	10.9	-0.9	-0.7	0.2	10.8	10	10.3	-0.8	-0.5	0.3
	中旬	12.9	11.4	10.7	10.9	-0.7	-0.5	0.2	12.2	11.4	11.6	-0.8	-0.6	0.2	11.3	10.5	10.8	-0.8	-0.5	0.3
	下旬	15.1	12.4	11.6	11.8	-0.8	-0.6	0.2	13.1	12.3	12.5	-0.8	-0.6	0.2	12.4	11.4	11.7	-1	-0.7	0.3
6月	上旬	15.7	13.7	12.7	12.8	-1	-0.9	0.1	14.2	13.2	13.3	-1	-0.9	0.1	13.8	12.5	12.6	-1.3	-1.2	0.1
	中旬	16.1	14.8	14	14.2	-0.8	-0.6	0.2	15.1	14.4	14.7	-0.7	-0.4	0.3	14.9	13.5	13.7	-1.4	-1.2	0.2
	下旬	16.4	15.6	15	15.2	-0.6	-0.4	0.2	15.7	15.3	15.4	-0.4	-0.3	0.1	15.7	14.5	14.7	-1.2	-1	0.2
7月	上旬	16.5	16.1	15.8	16	-0.3	-0.1	0.2	16.1	16	16.1	-0.1	0	0.1	16.2	15.4	15.6	-0.8	-0.6	0.2
	中旬	16.2	16.4	16.4	16.5	0	0.1	0.1	16.3	16.5	16.5	0.2	0.2	0	16.4	16.1	16.2	-0.3	-0.2	0.1
	下旬	16.1	16.7	16.7	16.8	0	0.1	0.1	16.5	16.6	16.6	0.1	0.1	0	16.6	16.5	16.5	-0.1	-0.1	0
8月	上旬	16.6	16.7	16.7	16.7	0	0	0	16.5	16.4	16.3	-0.1	-0.2	-0.1	16.7	16.6	16.6	-0.1	-0.1	0
	中旬	16.8	16.6	16.5	16.5	-0.1	-0.1	0	16.4	16.1	16	-0.3	-0.4	-0.1	16.6	16.5	16.5	-0.1	-0.1	0
	下旬	16.2	16.2	16.3	16.3	0.1	0.1	0	16.1	15.9	15.8	-0.2	-0.3	-0.1	16.3	16.5	16.4	0.2	0.1	-0.1

月份	月份	坝址天然水温	平水年						丰水年						枯水年					
			坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层	坝址现状水温	单层下泄水温	挡墙下泄水温	单层-现状	挡墙-现状	挡墙-单层
		a1	b1	b2	b3	b4	b5	b6	c1	c2	c3	c4	c5	c6	d1	d2	d3	d4	d5	d6
9月	上旬	15.4	15.7	16	15.9	0.3	0.2	-0.1	15.7	15.7	15.7	0	0	0	15.9	16.5	16.3	0.6	0.4	-0.2
	中旬	14.9	15.2	15.5	15.4	0.3	0.2	-0.1	15.2	15.4	15.3	0.2	0.1	-0.1	15.4	16.3	16.1	0.9	0.7	-0.2
	下旬	14.7	14.7	15	14.9	0.3	0.2	-0.1	14.4	14.7	14.6	0.3	0.2	-0.1	14.9	15.9	15.7	1	0.8	-0.2
10月	上旬	13.4	14.1	14.5	14.4	0.4	0.3	-0.1	13.5	13.8	13.7	0.3	0.2	-0.1	14.3	15.4	15.1	1.1	0.8	-0.3
	中旬	11.9	13.4	14	13.9	0.6	0.5	-0.1	12.4	12.9	12.7	0.5	0.3	-0.2	13.6	14.9	14.6	1.3	1	-0.3
	下旬	9.7	12.5	13.4	13.3	0.9	0.8	-0.1	11.2	11.9	11.8	0.7	0.6	-0.1	12.7	14.4	14.1	1.7	1.4	-0.3
11月	上旬	7.2	11.4	12.8	12.7	1.4	1.3	-0.1	9.8	11.1	11.1	1.3	1.3	0	11.7	13.7	13.5	2	1.8	-0.2
	中旬	6.3	10.3	12.1	11.9	1.8	1.6	-0.2	8.6	10.3	10.3	1.7	1.7	0	10.6	12.8	12.6	2.2	2	-0.2
	下旬	4.6	9.2	11	10.9	1.8	1.7	-0.1	7.4	9.2	9.1	1.8	1.7	-0.1	9.6	11.8	11.6	2.2	2	-0.2
12月	上旬	3.5	8.2	9.8	9.8	1.6	1.6	0	6.3	7.9	7.8	1.6	1.5	-0.1	8.5	10.6	10.5	2.1	2	-0.1
	中旬	3.1	7.3	8.5	8.5	1.2	1.2	0	5.4	6.6	6.5	1.2	1.1	-0.1	7.6	9.3	9.2	1.7	1.6	-0.1
	下旬	1.5	6.6	7.4	7.2	0.8	0.6	-0.2	4.9	5.5	5.3	0.6	0.4	-0.2	6.8	8.1	8	1.3	1.2	-0.1
	年均	10.2	11.4	11.4	11.4	0	0	0	10.9	10.8	10.8	-0.1	-0.1	0	11.5	11.6	11.7	0.1	0.2	0.1
	最大值	16.8	16.7	16.7	16.8	0	0.1	0.1	16.5	16.6	16.6	0.1	0.1	0	16.7	16.6	16.6	-0.1	-0.1	0
	最小值	1.2	6	6	5.9	0	-0.1	-0.1	4.7	4.6	4.4	-0.1	-0.3	-0.2	6	6.4	6.3	0.4	0.3	-0.1
	年内变幅	15.6	10.7	10.7	10.9	-	-	-	11.8	12	12.2	-	-	-	10.7	10.2	10.3	-	-	-

挡墙取水下泄水温延迟时间对比

表 6.2-5

项目	天然水温到达13.7℃的时间	现状水温到达13.7℃的时间	单层取水			挡墙取水		
			下泄水温到达13.7℃的时间	比天然延迟	比现状延迟	下泄水温到达13.7℃的时间	比天然延迟	比现状延迟
平水年	5月16日	6月5日	6月13日	28天	8天	6月11日	26天	6天
丰水年	5月16日	6月1日	6月10日	25天	9天	6月9日	24天	8天
枯水年	5月16日	6月5日	6月17日	32天	12天	6月15日	30天	10天

6.3 气体过饱和影响减缓措施

6.3.1 泄水建筑物优选

根据前述第 5.6 章气体过饱和生成与释放预测结果，在上下游水位和泄水流量相当、不考虑发电尾水掺混的前提下，采用 2 表孔泄水产生的过饱和 TDG 饱和度为 140.5%，4 表孔泄水产生的过饱和 TDG 水平为 138.2%，说明多个表孔泄水生成 TDG 饱和度更低。因此，在满足工程安全的前提下，建议牙根二级水电站尽量启用多个泄水孔分配泄水流量，尽可能减小泄水单宽流量，降低泄水生成的 TDG 饱和度。

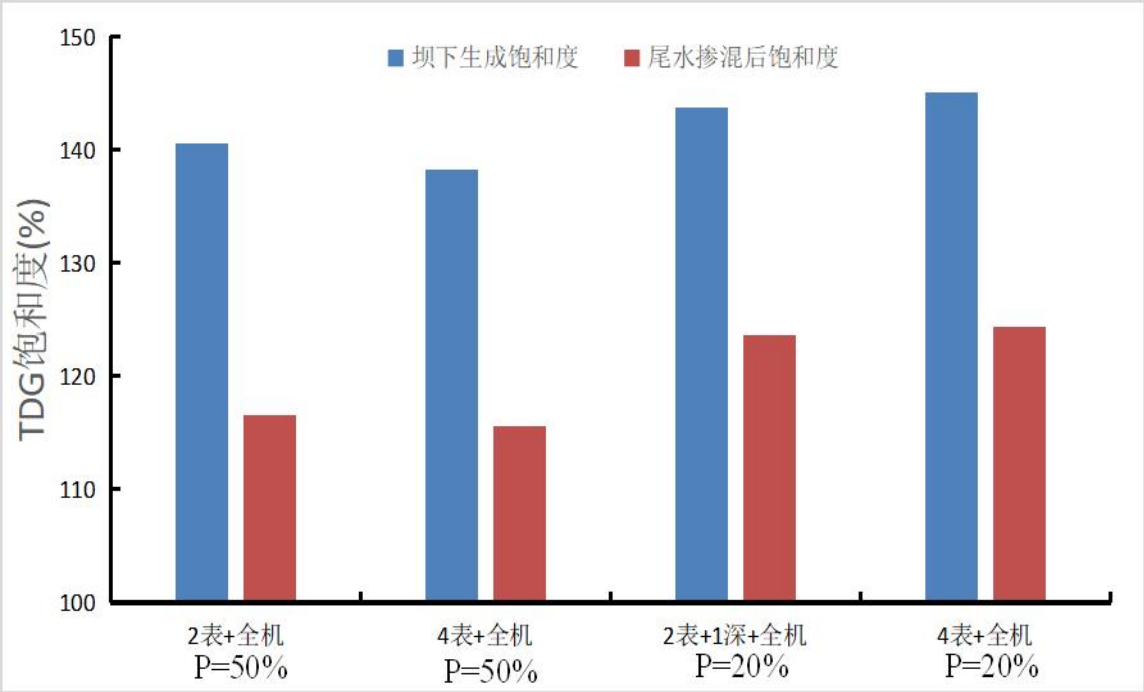


图 6.3-1　不同泄水建筑物产生 TDG 饱和度对比图

6.3.2 实施梯级联合调度

牙根二级水电站泄洪时段主要集中在汛期。从流域角度考虑，雅砻江中游梯级电站建成运行后将形成水库群，能对洪水起到较强的调控作用，泄洪时段将大大缩短。因此，从减缓 TDG 过饱和影响、保护水生生物角度，应统筹研究流域各水电站的联合调度运行，在提高水量利用率的同时达到减小各梯级弃水的目的。

6.3.3 泄洪期间机组尽量满发，减小泄洪流量

研究成果显示，发电尾水不会导致 TDG 增加，且会对泄水产生的过饱和 TDG 产生稀释作用，因此建议泄洪期间尽可能地保证机组满发，减小泄洪建筑物的泄洪流量，从

而降低生成的 TDG 饱和度。

6.3.4 制定风险防控措施

运行期结合电站泄洪运行工况和后续监测成果，制定气体过饱和风险防控措施。

6.4 库区水质保护措施

6.4.1 库底卫生清理

为防止淹没于牙根二级水电站水库内的树木、杂物及人畜粪便等对水质造成污染和对水库安全运行的影响，在牙根二级水库蓄水前必须对库底进行清理。根据现状调查结果，清理对象主要包括常规的粪坑、畜圈、宅基、坟墓、植物等。该项费用在水库淹没处理专项费中列支。

6.4.2 库周污染源控制

(1)为保护库周环境及水库水质，库周及库区上游干、支流建议严禁发展污染企业，严禁设置各类排污口，禁止人畜粪便、垃圾、生活污水直接下河；建设单位应配合地方相关部门做好库区及上游环境污染管理工作。

(2)保护库周植被，涵养水源，控制水土流失，保证库区水质良好。电站运行期应配合地方相关部门做好库周环境管理和宣传教育工作。

(3)合理规划、严格管理库周旅游发展，控制库区机动船数量，避免库区旅游对水质及景观造成不利影响。

(4)限制库区养殖业的发展，以免引起营养物质富集，造成局部水域富营养化，影响水质与景观。

(5)定期对库区(特别是支库、库湾、坝前等水流较缓区域)漂浮物进行打捞。

(6)建议严格依照地表水环境功能区划管理规定，加强库区上游水污染源的管理，避免对牙根二级库区水质造成局部污染。

(7)加强库区水质监测和库区富营养化的巡查工作。

6.4.3 运行期电站废污水处理措施

6.4.3.1 生活污水处理

牙根二级水电站运行期管理人员生活营地延用施工期业主营地，其生活污水处理装置也延用施工期生活污水处理及回用设施，可保证处理后实现“零排放”。

厂区生活污水主要由值班人员及运行维护人员产生，在厂区附近设置成套生活污水处理设备，生活污水处理系统出水回用于绿化。

6.4.3.2 油污水处理

电站机组检修时，为了防治油污染，一方面要加强管理，避免污油泄漏，做到清洁生产；另一方面在四周设置排水沟，收集油污水。规划购买一套油污水分离器，用以处理机组检修的油污水。

开关站主变器下设主变油坑，并设置总事故油池，由专业单位回收处理。

6.5 地下水环境保护措施

6.5.1 施工期

(1)地下工程涌水防治措施

在工程地下厂房、隧洞等地下洞室施工过程中，应采取超前预报和预注浆等措施进行预防，及时衬砌、支护，此类工程费用已计入主体工程中，不单独计列。同时加强地下水监测，一旦出现涌水、漏水等情况，应及时采取注浆等措施治理隧洞漏水，以降低影响程度。

(2)地下工程地下水水质保护措施

本工程地下工程施工排水主要来自于洞室排水，包括渗漏水与受污染的地下水，需对其进行“清污分流”，洞室排水费用已计入水环境保护工程中。洞室内施工时，在掌子面附近设置集水池收集生产污水，经初步沉淀后抽排至洞口设置的污水沉淀池进一步沉淀处理，处理后回用于洒水降尘。在开挖完成的洞室设置临时清水集水池收集渗流地下水，直接抽排至洞外排放。

(3)地下水环境风险防治措施

本工程布置的危险废物贮存库、油库等都会有一定的泄漏风险，对地下水带来一定的环境威胁。为防治危废、油料等泄漏对地下水的威胁，工程施工过程中对工区设置的危险废物贮存库、油库等存在渗漏风险进而影响地下水水质的工区，严格按照设计标准和设计规范予以建设，设置安全防护距离，采取防渗措施，危险废物贮存库、油库等设施须经专业单位设计、施工和验收。

6.5.2 运行期

牙根二级水库运行期随着库区水位的上升，临水侧附近土壤由于毛细水上升将产生

浸没影响，对库周以及支库区的部分阶地会产生一定影响，根据水库浸没对场地的影响以及水库回水的防洪要求等方面综合分析，考虑采用垫高防护措施加以治理。

此外，运行期应持续开展地下水环境长期监测工作，枢纽区预留地下水长观孔，监测地下水水位变化情况。

6.6 水生生态保护措施

6.6.1 规划调整环评中提出的水生生态保护措施要求

雅砻江中游水电规划调整环评提出的水生生态保护措施主要包括栖息地保护、过鱼设施、鱼类增殖放流、生态流量下泄及生态调度等。

栖息地保护方面，规划调整环评在2013年回顾评价提出的流域层面的“两区一段”栖息地保护及局部水域栖息地保护基础上，结合2020年流域综合规划环评、中游各已建、在建梯级项目环评批复栖息地保护范围，以及2024年流域回顾性评价审查意见要求，提出了雅砻江中游栖息地保护方案。其中，回顾性评价审查意见将霍曲河干流纳入栖息地保护范围，规划环评进一步细化保护方案。同时提出了力丘河分级管控要求及保护措施规划，新增开展栖息地补偿机制研究、力丘河口鱼类栖息地微生境及鱼类繁育习性调查研究等科研工作。

过鱼设施方面，推荐牙根二级采用升鱼机形式，建议开展牙根二级和楞古水电站联合过鱼方案论证研究。

增殖放流方面，对中游河段待开发的牙根二级~楞古河段初拟了增殖放流方案，主要放流对象为长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼，放流地点选择牙根二级库尾河段、支流霍曲河、支流力丘河、干流楞古减水河段。

生态调度方面，建议楞古尽量同期运行以保证牙根二级~楞古河段流水段水位变幅。若牙根二级先期建成单独运行，应开展生态调度，控制坝下水位日变幅，满足下游生态需求。

6.6.2 牙根二级水生生态保护措施体系

6.6.2.1 保护原则

(1)流域统筹，整体协调原则：牙根二级水电站地处雅砻江中游，是雅砻江中游七级规划中的第三个梯级，水生生态保护措施应根据流域水生生态保护总体布局，从整个中

游流域范畴统筹规划，处理好上游与下游、干流与支流，整体与局部、近期与远期等的关系。

(2)因地制宜，生态优先原则：本工程地处雅砻江高山峡谷河段，其水生生态措施设计应结合本工程河段地质、地形和地貌条件，针对本工程河段生境及鱼类保护需求，以生态保护优先的原则开展。

(3)重点突出，可操作性原则：针对工程建设的主要水生生态影响问题，环境保护措施应予以重点研究，避免工程建设对工程所在流域水生生态造成重大影响和破坏。提出的水生生态环境保护措施应突出技术经济可行性，确保提出的环境保护措施能够有效实施，达到预期保护效果。

6.6.2.2 保护目标

综合保护鱼类的资源现状和栖息地特征与分布现状，确定总体保护目标为通过各项保护措施的实施，保护水生生物多样性，保障保护鱼类顺利完成生活史过程并保持一定资源量，保证其生物多样性不降低；维护支撑这些鱼类完成完整生活史的自然河流生境的完整性、健康性和多样性，鱼类“三场”得到有效保护，功能质量有所提高。

具体保护目标为：

(1)对于现存资源量较少，分布范围较窄的保护目标，如鮠类、高原鳅等物种，保护目标为种群数量得以维持，关键产卵场得到保护和维持，种群和生境存在的关键水流特征得以维系。

(2)对于资源量相对丰富的裂腹鱼类，如长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼和齐口裂腹鱼等物种，梯级实施后其资源量将有大幅下降。这些鱼类的保护目标为种群数量、种群结构得以有效恢复，其繁殖、栖息环境等关键生境得到有效恢复和保护，物种遗传多样性和与生境质量极度相关的水流特征和水温得以维持。

6.6.2.3 对上位规划的响应

本次环境影响评价工作中，水生生态保护措施的设计充分考虑并响应了 2020 年流域综合规划环评、2024 年流域回顾性评价、中游规划调整环评审查意见对牙根二级水电站的具体要求，并对部分措施局部细化，其中：

针对规划调整环评提出的“霍曲河干流纳入栖息地保护范围”的栖息地保护方案，本次环评进一步细化了霍曲河保护方案，包括提出已建唐岗电站具体的拆除方案、明确河道生境修复的具体要求。

针对规划调整环评提出“推荐牙根二级采用升鱼机形式”，本次环评根据牙根二级水电站枢纽布置特点、水文条件及地形条件，细化了升鱼机布置。升鱼机设施主要由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施、转运系统和附属设施四大部分组成，并考虑了下行过鱼要求，推荐依托上游牙根一级过鱼设施以实行下行过鱼的要求。同时规划调整环评“建议开展牙根二级和楞古水电站联合过鱼方案论证研究”。考虑到下游梯级楞古水电站建设周期尚未明确，建议楞古水电站环评期间开展梯级联合过鱼方案论证研究工作。

针对规划调整环评提出的增殖放流要求，本次环评结合工程河段分布鱼类保护需求和生境条件明确了放流种类，根据渔产潜力明确了放流规模，同时分析了依托两河口鱼类增殖站的可行性，并提出两河口鱼类增殖站改造方案的初步构想，以满足增殖放流要求。

针对规划调整环评提出的联合生态调度的要求，本次环评考虑本工程河段鱼类产卵孵化时间，结合天然径流的水文节律特点，提出了工程生态调度的具体要求。

6.6.2.4 牙根二级水生生态保护措施体系

牙根二级水电站评价河段鱼类区系以适应高原隆升而形成的裂腹鱼类、高原鳅类和鮡科鱼类为主体，共分布有鱼类 23 种。其中国家二级保护鱼类 2 种，即厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡；四川省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡。长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。

雅砻江中游规划梯级电站开发后，原有河流生境将被“河流-水库”取代，干流库区江段流水生境丧失，喜急流生境鱼类的栖息地和产卵场面积将大幅减少，生存空间被压缩，鱼类物种多样性将受到明显的影响，再加上阻隔、水温、气体过饱和、径流调节等影响，如不采取措施，将对现有鱼类造成显著影响。

为了更好地保护评价河段以及雅砻江中游河流生态系统生物多样性和景观异质性，本次评价基于雅砻江流域综合规划环评、历次水电规划环评及回顾性评价提出的鱼类保护措施，并结合历次调查成果，在鱼类资源现状、鱼类“三场”分布特征、地理种群遗传差异以及栖息地物理特征的基础上，整体把握牙根二级水电站对评价河段以及整个雅砻江中游的水生生态影响，从全局和宏观角度出发，提出了更为完善的水生生态保护措施体系，以期为雅砻江流域河流生态系统的保护和流域水电开发运行管理提供科学依据。

牙根二级河段水生生态保护措施体系的制定主要针对评价范围内优先保护对象(厚

唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅)的物种分布、地理种群遗传差异、物种多样性、鱼类资源量等方面，通过干支流栖息地统筹保护、鱼类增殖放流、过鱼措施、生态调度、科学研究与监测、综合监管等措施，保护评价河段以及雅砻江中游鱼类多样性。

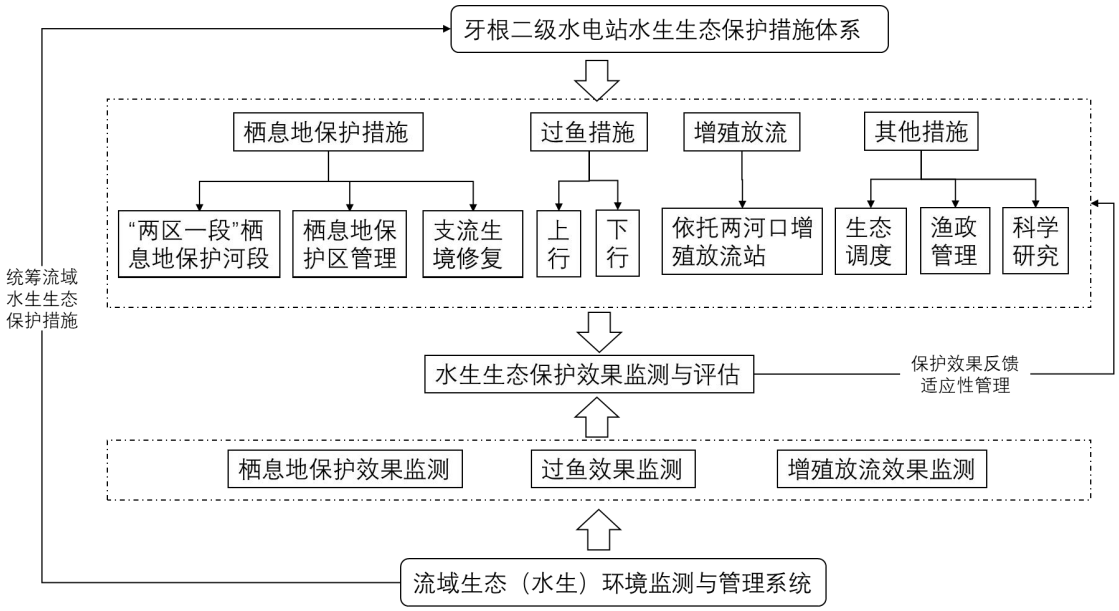


图 6.6-1　牙根二级水电站水生生态保护措施体系

6.6.3 施工期及蓄水初期保护措施

(1)加强宣传，制定施工期生态环境保护手册，设置水生生物保护警示牌，增强施工人员的环保意识。

(2)加强监管，严格按环保要求施工，生活污水和施工废水按环保要求处理后回用或综合利用，杜绝影响水生生境的污染事故发生。

(3)建立鱼类保护应急机制，针对汛期围堰漫流后可能滞留在围堰基坑内的鱼类，应结合工程施工特点，在施工排水期间，按照渔政管理要求进行救助放流，放流区域主要选择在坝下河段，并做好相关工作记录。如捕捞到受伤的重点保护鱼类，应转移到地方渔政管理部门进行暂养与救护。

6.6.4 栖息地保护

6.6.4.1 上位规划对本工程栖息地保护要求

2024 年雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告及其评审意见（环办环评函[2024]475 号）要求“严格落实流域综合规划环评、2013 年回顾性评价以及各项目环评和环

保竣工验收批复中关于鱼类栖息地保护的要求，进一步将霍曲河等纳入保护范围”。

2025 年雅砻江中游水电规划调整环评在充分响应 2024 年回顾性评价审查意见的基础上，进一步细化了霍曲河栖息地保护方案，提出拆除霍曲河最下游已建唐岗电站、已建梯级达阿果进行过鱼设施补建恢复上下游连通性、并对减水河段河道进行生境修复的保护措施，并要求牙根二级项目环评阶段进一步拟定具体实施方案。

6.6.4.2 栖息地保护范围筛选

牙根二级库区相对较大的常年流水性支沟包括麻子石沟、热公林沟、磨子沟、本孜绒沟、阿洛宗沟、卡茨拉沟、霍曲河。其基本情况及开发现状详见表 6.6-1。

牙根二级库区一级支流基本情况及开发现状统计表

表 6.6-1

入汇河流	支流名称	岸别	距坝址(km)	流域面积(km^2)	多年平均流量(m^3/s)	河长(km)	比降(‰)	开发现状
雅砻江	麻子石沟	左岸	34	111.2	2.7	30	75.7	未开发
	热公林沟	左岸	29	86.4	2.1	13.5	114.6	未开发
	磨子沟	左岸	19	44.2	0.9	11.7	105.1	未开发
	本孜绒沟	左岸	13.5	53.8	1.0	13.5	113.2	未开发
	阿洛宗沟	右岸	37	36.4	0.6	9.9	65.1	未开发
	卡茨拉沟	右岸	29	29.5	0.5	10	136.5	未开发
	霍曲河	右岸	28	3339	50.3	172	12.3	干流一库三级、支流吉珠沟一库四级开发。干流最后一级达阿果电站、支流吉珠沟最后一级葛达电站已建成，其余梯级未建，另当地政府在霍曲河干流汇口段建成唐岗电站

据调查，在上述支沟中，流量相对较大(5m^3/s 及以上)、比降相对较小(30‰左右及以下)的支流仅有霍曲河，该支流鱼类资源相对较丰富；其余支流流量小、比降大，鱼类资源较贫乏，水文水动力条件较差，河流的环境容纳量低，生境适宜性不高。

因此，依据 2024 年回顾性评价、2025 年雅砻江中游水电规划调整环评的具体要求，结合牙根二级水电库区各支流河流特点，本次环评拟将霍曲河干流纳入栖息地保护范围加以保护。

6.6.4.3 霍曲河生境现状

(1)流域概况

霍曲河是雅砻江右岸一级支流，发源于理塘县的夏吉降洼和哈加可草原，由北向南经理塘县的莫次桑多，沿雅江、理塘交界线而下，在没马桑欠小河交汇处进入雅江县内，又经过柯拉乡的益因一村、火拉村，德差乡的上德差、中德差、下德差、吕村、布孜村，

然后在麻郎措镇牙巴村的各列与吉珠沟交汇，注入雅砻江。霍曲河河流全长 172km，全流域面积 3339km^2，雅江县境内河流长 115.09km，平均河宽 20m，河口多年平均流量 50.3m^3/s。霍曲河上游河段宽阔、水势较缓，下游河床狭窄，水势湍急。全河段落差 1830m，平均比降 17‰。霍曲河在牙根二级库区右岸汇入，距离牙根二级水电站坝址约 28km。

吉珠沟为霍曲河流域最大的一条支流，发源于雅江县境内觉热冬则 4600m 的高山草甸，从西北流向东南，在汪堆附近与左岸支流汇合后，经牛角洞、巴德，在亚巴附近从左岸汇入霍曲河。吉珠沟流域面积 1233km^2，河道全长 103km，天然落差 1670.5m，平均比降 16.2‰，河口多年平均流量 19.1m^3/s。流域为高山曲流深切“V”型峡谷地貌，山顶海拔高程约 4000m～5000m，相对河床高程一般在 2589m～2606m，高差 1000m～2000m。河谷两岸斜坡高陡，山顶部位冰川地貌发育，可见明显的冰川“U”型谷、角峰、刃脊、终碛垄等冰川地貌发育。

霍曲河流域雅江段主要支流统计表

表 6.6-2

序号	河流名称	干支流级别	境内河长	面积（km^2）	流量（m^3/s）	行政区域
1	吉珠沟	左岸一级支流	103	1233	19.1	红龙、西俄洛、麻郎措
2	柯拉柯	左岸一级支流	27.68	129.9	2.05	红龙、柯拉
3	中德差沟	左岸一级支流	22.44	139.8	2.22	德差
4	哈依柯	右岸一级支流	3.18		0.99	柯拉
5	折弄柯	右岸一级支流	0.67		1.55	德差
6	嘎永柯	右岸一级支流	9.32	93.8	1.52	德差
7	鸡马拉山沟	左岸一级支流	16.93	86.4	1.43	红龙

(2)水电规划及开发情况

2008 年，四川省发展改革委、省水利厅以“川发改能源[2008]57 号”批复了《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划报告》。根据批复的规划报告，霍曲河干流河段规划推荐采用“一库三级”开发方案，自上而下依次为德差(72MW)、雄美(80MW)和达阿果水电站(200MW)，规划总装机容量 352MW；霍曲河支流吉珠沟推荐采用“一库四级”开发方案，自上而下依次为汪堆(32MW)、盆达(22MW)、巴德(38MW)和葛达水电站(52MW)。其中德差、汪堆为混合式开发，其余均为引水式开发。

霍曲河干流目前仅规划的最后一级达阿果水电站已建成，电站采用引水式开发，坝址~厂房间形成约 16.6km 减水河段；支流吉珠沟仅最后一级葛达水电站已建成发电，电站为引水式开发，闸址～厂址间形成约 13.3km 的减水河段。吉珠沟汇口至唐岗电站库尾长约 4km 的干流河段为两座电站共同的减水河段。

同时，本世纪初，在霍曲河干流及支流吉珠沟开展水电规划工作前，雅江县实施“送电下乡”工程，在霍曲河干流上建成唐岗水电站，装机规模 7.5MW。唐岗水电站采取引水式开发，工程坝址距霍曲河汇口约 7km，厂房距汇口约 6km，长江经济带小水电清理整改期间，被列为保留类电站。

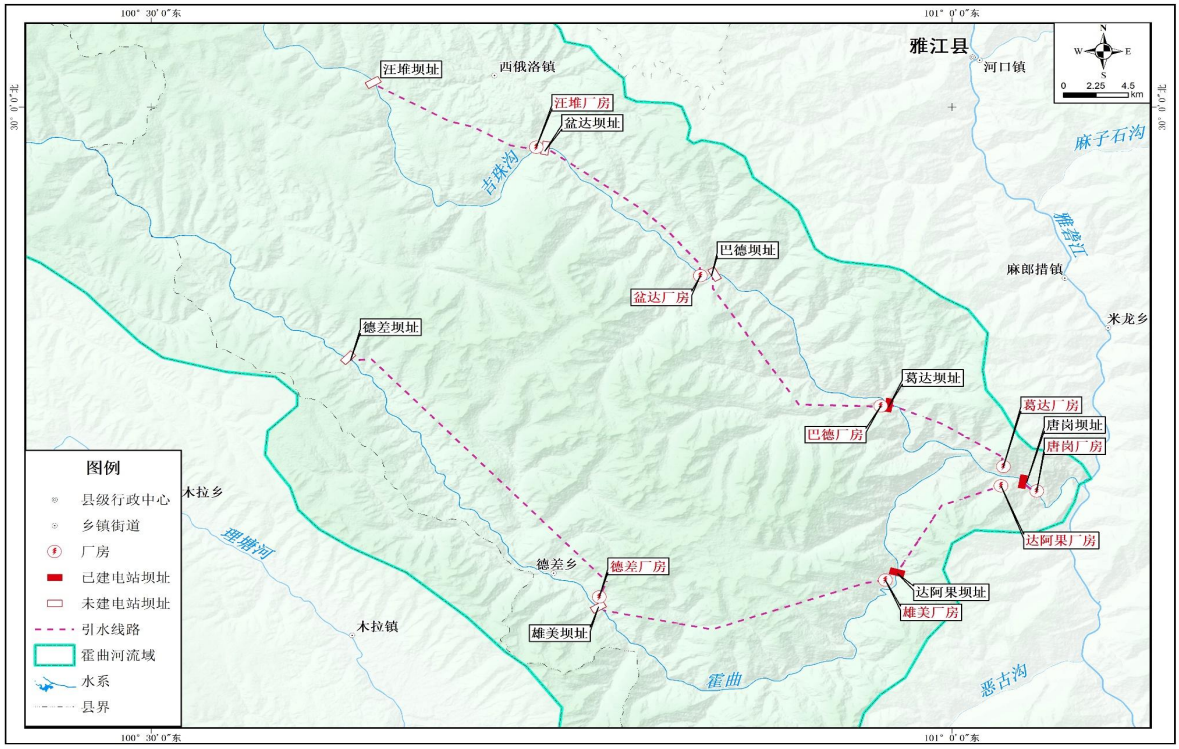


图 6.6-2　霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划梯级布置示意图

受流域水电开发、河道减水影响，霍曲河干流及支流吉珠沟河道生境产生一定变化。干流达阿果水电站坝址下游~吉珠沟汇口长约 13km 的河段河流切割深，形成河谷狭窄、谷壁陡峭、比降达 36.8‰的峡谷河段，河段河道堆积较严重，存在较多孤石，河床被束窄，并存在多处比降较大的急流水河段。



图 6.6-3　达阿果坝下大块石河段

支流吉珠沟葛达电站坝址~汇口长约 9.5km 的河段，比降达 21.3‰，河床裸露，岩石、礁石零散分布。



图 6.6-4　吉珠沟汇口段（右侧为葛达减水河段）

(3)流域生境现状

1)鱼类资源

① 2007 年鱼类资源调查成果

根据《四川省甘孜州霍曲河干流及支流吉珠沟水电规划环境影响报告书》现状成果，霍曲河分布有鱼类 10 种，其中裂腹鱼亚科有 5 种，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼和四川裂腹鱼这三种鱼类在霍曲河主要分布在干流德差以下河段、支流吉珠沟巴德以下河段，厚唇裸重唇鱼分布与前三种鱼类基本相似，软刺裸裂尻鱼在霍曲河全流域均有分布，在霍曲河上游和较大支流中有较大种群。霍曲河有 4 种鳅科鱼类，其中斯氏高原鳅和梭形高原鳅在全流域均有分布，短尾高原鳅和细尾高原鳅主要分布在中、下游水域。鮡科仅存在 1 种，为青石爬鮡，主要分布在下游水域，中游河段较少。

② 2008 年鱼类资源调查结果

根据《四川省甘孜州雅江县达阿果水电站环境影响报告书》《四川省甘孜州雅江县葛达水电站环境影响报告书》调查成果，霍曲河干流吉珠沟汇口之上分布有 4 种鱼类，

包括软刺裸裂尻鱼、青石爬鮡、梭形高原鳅和斯氏高原鳅。在吉珠沟汇口之下分布的鱼类有 8 种，包括梭形高原鳅、斯氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、软刺裸裂尻鱼和青石爬鮡。

③ 2022 年 8 月鱼类资源调查结果

四川农业大学于 2022 年 8 月对霍曲河开展鱼类资源调查，共计 5 个采样点，采集到鱼类 6 种，共计 87 尾。

2022 年 8 月采样点及鱼类资源情况

表 6.6-3

地址	海拔（m）	鱼类资源情况	尾数	体长范围（cm）	体重范围（g）
达阿果库尾	3276	软刺裸裂尻鱼	25	4.6-19.3	1-133.2
达阿果减水河段（吉珠沟汇口以上）	3201	未捕捞到鱼类			
葛达减水河段（吉珠沟汇口以上）	2930	山鳅	1	8.1	9.9
达阿果减水河段（吉珠沟汇口以下）	2706	齐口裂腹鱼	17	10.6-25.3	74.6-318.4
		软刺裸裂尻鱼	8	12-18.3	41.5-92.2
唐岗电站闸址下游（减水河段及厂房下游）	2615	齐口裂腹鱼	13	9.1-22.3	12.1-199.4
		四川裂腹鱼	1	24.4	245.3
		软刺裸裂尻鱼	14	9.7-15.4	13.9-56.2
		山鳅	3	6-8.2	4.3-10
		青石爬鮡	2	11.3-14.6	20.5-50.5
		黄石爬鮡	3	16.5-19.3	54.7-114.4
合计			87		

④ 2025 年 8 月鱼类资源调查结果

2025 年 8 月，成都清禾环保科技有限公司对霍曲河开展鱼类资源调查，共计 8 个采样点，调查到鱼类 6 种，共 283 尾。

2025 年 8 月采样点及鱼类资源情况

表 6.6-4

地址	海拔（m）	鱼类资源	尾数	体长范围（cm）	体重范围（g）
达阿果坝址上游（德差乡，距离坝址 33km）	3643	软刺裸裂尻鱼	19	11.5±27	23.6~201.8
		短尾高原鳅	21	1.3±11.1	6.8~16
达阿果坝址上游（布孜村，距离坝址 19km）	3581	短尾高原鳅	47	8.5~11.5	5.6~15.9
		软刺裸裂尻鱼	12	10.5~16.2	19.6~60.9
		细尾高原鳅	29	4.5~7	0.9~3.8
达阿果库尾	3276	软刺裸裂尻鱼	14	11.7~33.8	24.4~91.3
达阿果坝下减水河段（距坝址 3.1km）	3201	未捕捞到鱼类			
达阿果坝下减水河段（距坝址 10km）	2743	未捕捞到鱼类			
达阿果坝下减水河段	2706	软刺裸裂尻鱼	30	10.8±22.5	18.5~182.6

地址	海拔（m）	鱼类资源	尾数	体长范围（cm）	体重范围（g）
（吉珠沟汇口段）		短须裂腹鱼	9	10.5±25.6	23.5~284.6
		齐口裂腹鱼	12	12.3±21.6	29.2~190.6
唐岗电站减水河段	2615	软刺裸裂尻鱼	27	4.3±25.5	2.3~378.2
		短须裂腹鱼	5	18±28.5	97.7~431.3
		黄石爬鮡	1	16.1	76.7
唐岗电站厂房下游	2610	短须裂腹鱼	15	10.6~33.4	17.8~614
		软刺裸裂尻鱼	20	11.3~17.5	21.8~82.8
		短尾高原鳅	14	8~11.8	6.1~19.2
		细尾高原鳅	8	4.7~6.8	0.7~2.8
			283		

历史及现状资料鱼类种类组成对比分析

表 6.6-5

河段		鱼类种类组成			
		规划环评（2007 年）	2008 年	2022 年	2025 年
吉珠沟（葛达减水河段）		霍曲河鱼类有 10 种，长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼和厚唇裸重唇鱼主要分布在干流德差以下河段，支流吉珠沟巴德以下河段；软刺裸裂尻鱼、斯氏高原鳅和棱形高原鳅在霍曲河全流域均有分布；短尾高原鳅和细尾高原鳅主要分布在中、下游水域；青石爬鮡也主要分布在下游水域，中游河段较少。	未调查	山鳅	未调查
达阿果坝上河段			未调查	软刺裸裂尻鱼	软刺裸裂尻鱼、短尾高原鳅、细尾高原鳅
达阿果减水河段	雄美瀑布以上		软刺裸裂尻鱼、青石爬鮡、梭形高原鳅和斯氏高原鳅	未捕捞到鱼类	未捕捞到鱼类
	雄美瀑布以下~唐岗电站坝址		梭形高原鳅、斯氏高原鳅、短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、软刺裸裂尻鱼和青石爬鮡	软刺裸裂尻鱼、齐口裂腹鱼	软刺裸裂尻鱼、齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼
唐岗电站坝下				软刺裸裂尻鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、山鳅、青石爬鮡、黄石爬鮡	软刺裸裂尻鱼、短须裂腹鱼、短尾高原鳅、细尾高原鳅、黄石爬鮡

从渔获物调查可知，霍曲河唐岗电站区域鱼类资源较丰富，主要以裂腹鱼类为主，此外，鮡科鱼类和鳅科鱼类也有分布，优势种为软刺裸裂尻鱼。受水电开发河段减水及河段天然地形地貌影响，达阿果减水河段雄美瀑布群已对河段造成了实质性的物理阻隔，雄美瀑布群以上减水河段在 2022 年及 2025 年调查区间均未采集到渔获物。葛达电站减水河段鱼类资源较为匮乏，仅在 2022 年调查到山鳅。

2)栖息地河段生境特点

①霍曲河干流唐岗电站坝址~汇口段

该河段长约 7km，包括河段唐岗电站减水河段 1km（流量 1.16m³ /s）+唐岗电站厂房至雅砻江汇口段 6km（流量约为 50.3m³/s），坡度相对平缓，分布有深潭、浅滩，缓流急流相间分布，且连续有适宜鱼类产卵河段，属干流自然河段，水文情势、水动力条件、

地形地貌均为天然状况，生境适宜性高。调查结果显示，该河段鱼类资源相对较为丰富，调查到软刺裸裂尻鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、山鲃、青石爬鮡、黄石爬鮡等鱼类，物种多样性程度较高，具有较好的保护价值。

②霍曲河干流唐岗电站坝址~吉珠沟汇口段

该河段长约 4.6km，包括唐岗电站 600m 库区河段及达阿果及葛达共同的减水河段长约 4km，河段平均流量约为 4.98m^3/s（达阿果下泄生态流量 3.12 m^3/s+葛达下泄生态流量 1.86 m^3/s），调查到鱼类 3 种，分别为软刺裸裂尻鱼、齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼，整体上该河段流量较小，鱼类资源不丰富，生态价值一般。

③霍曲河干流吉珠沟汇口段~达阿果坝址

该河段长约 13km，河段平均流量约为 3.12m^3/s，达阿果坝下部分河段河道堆积较严重，存在较多孤石，河床被束窄，并存在多处比降较大的急流水河段，当地称为雄美瀑布河段，存在天然阻隔现象，总体上比降大、流量小、生境差，鱼类上溯较为困难。雄美瀑布河段以上至达阿果坝址段未调查到鱼类分布，雄美瀑布以下河段鱼类资源分布与吉珠沟汇口段类似。

④霍曲河干流达阿果库尾以上河段

该河段内规划有德差、雄美两级水电站，目前均未建设，河段水文情势、水动力条件、地形地貌均为天然状况。河段平均流量约为 31.2m^3/s，河道宽，走势曲折，河道中滩沱较多，具有良好的生境多样性。但由于海拔较高，基本位于 3300m 以上，鱼类资源不丰富，以软刺裸裂尻鱼和高原鲃类为主。

⑤支流吉珠沟汇口段~葛达坝址

该河段长约 9.5km，河段平均流量约为 1.86m^3/s，由于区间流量较小，鱼类资源较为匮乏，仅在 2022 年调查到一种鱼类，为山鲃。总体上流量小、比降大，生境适宜性不高。

3)产卵场分布情况

本阶段在支流霍曲河调查到的鱼类均产粘沉性卵。其中，软刺裸裂尻鱼多在砾石底、水清澈、保持流水形态的河滩处产卵。产出的卵呈黄色，带有油脂光泽，壳膜坚韧，入水不膨胀，刚产出的卵遇水具有微粘性，沉入水底或被流水冲到砾石的间隙处发育孵化，孵出的鱼苗多在浅水缓流或回水处觅食。高原鲃类大多产卵于缓流河滩边，卵落入石缝间在水流不断冲击下发育，其对产卵场要求并不严格，一般规模不大，其适宜繁殖场所

分布较为广泛。总体而言，这几类鱼对产卵环境要求并不严苛，大多需要浅水河滩，颗粒大小不等的砾石河床，适宜的产卵水温。

调查发现，在霍曲河与雅砻江汇口江段（29.73725491°N，101.08267210°E）以及汇口上游约 2km 处、唐岗电站厂房下游（29.73233107°N，101.06982798°E）分布有鱼类产卵场。产卵场面积分布约 29133.1m^2 和 86785.7m^2。支流霍曲河汇口处底质主要为礁石、卵石和砾石堆，水流较为湍急，为鮡科鱼类产卵场。汇口上游约 2km 处底质主要为砾石、沙砾，水面比较开阔，是裂腹鱼类的产卵场。



霍曲河唐岗电站厂房下游产卵场　　霍曲河汇口鱼类产卵场

图 6.6-5　霍曲河产卵场

6.6.4.4 栖息地保护措施

(1)保护目标

通过对栖息地的严格保护，实施科学的管理，切实保护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。

(2)保护对象

根据支流霍曲河分布的鱼类种类及现场渔获物采集情况，综合确定栖息地保护对象为四川裂腹鱼、长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、青石爬鮡和黄石爬鮡。

(3)总体保护方案

结合霍曲河各河段的鱼类资源和河道形态、比降等生境特点，对霍曲河不同河段进行重要性分级，根据不同分级情况开展保护措施规划。

霍曲河栖息地保护河段采用核心保护河段、重点保护河段和一般保护河段 3 种重要性分级，进行重要性分级时主要从鱼类资源丰富度、河道形态、比降等生境特点方面进行综合考虑，其中核心保护河段 1 个，重要保护河段 1 个，一般保护河段 3 个。各分段中，霍曲干流

河口以上 7km 河段，鱼类资源丰富，生境多样性丰富，具有较高的保护价值，划分为核心保护河段；唐岗电站坝址~吉珠沟汇口 4.6km 河段，区间比降较小、河道形态较为多样，吉珠沟汇口处河漫滩发育，分布有一定的鱼类资源，划分为重要保护河段；吉珠沟汇口至达阿果水电站坝址约 13km 河段，比降较大，流量较小，且存在雄美瀑布等天然阻隔河段，鱼类资源匮乏，划分为一般保护河段。阿果水电站库区以上河段维持天然状态，但由于海拔较高，鱼类资源不丰，划分为一般保护河段。吉珠沟汇口至葛达水电站坝下约 9.5km 河段，河道生境及鱼类分布与干流减水河段类似，也划为一般保护河段。

霍曲河栖息地保护措施

表 6.6-6

栖息地保护河段划分	核心保护河段	重要保护河段	一般保护河段		
河段	河口~唐岗坝址	唐岗坝址~吉珠沟汇口	吉珠沟汇口~达阿果坝址	达阿果坝址以上	吉珠沟汇口~葛达坝址
河段长度(km)	7.0	4.6	13	约 148km	9.5
比降	0.38%	4.57%	3.68%	1.7%	2.13%
渔获物现状	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、 齐口裂腹鱼、 软刺裸裂尻鱼、短尾高原鳅、细尾高原鳅、黄石爬鮡 青石爬鮡、山鳅	软刺裸裂尻鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼	未调查到	软刺裸裂尻鱼、短尾高原鳅、细尾高原鳅	山鳅
河段存在的问题	水库淹没影响、唐岗电站通道阻隔影响	河段流量较低，河流生境适宜性降低	减水影响；坝下跌水天然阻隔影响；鱼类资源匮乏	天然河道，与下游段被达阿果水电站阻隔	减水影响；坝下河段生境适宜性降低
保护措施	唐岗电站拆除、库区清理；生境修复、增殖放流、加强监测、调查，开展相关科研等。	采用人工产卵场+深潭系统方式进行生境修复、增殖放流，加强监测、调查，开展相关科研等。	增殖放流，加强监测、调查，开展相关科研等。	增殖放流，加强监测、调查，开展相关科研等。	增殖放流，加强监测、调查，开展相关科研等。

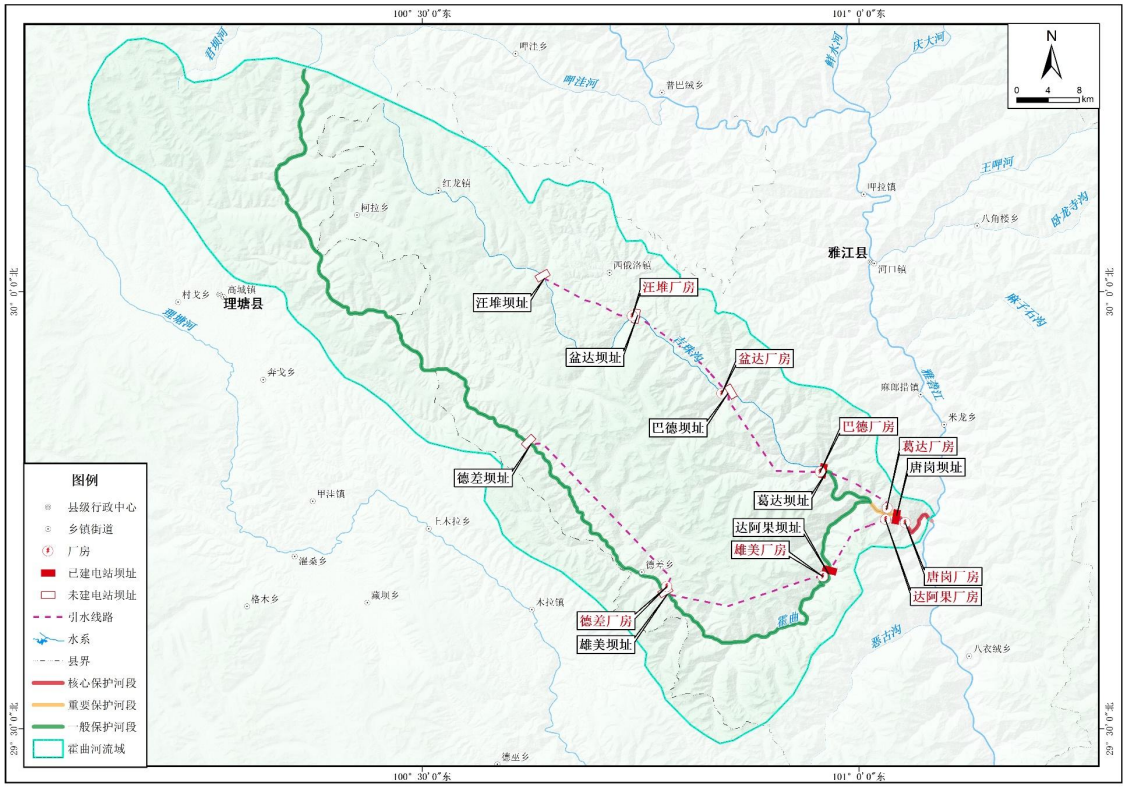


图 6.6-6　霍曲河栖息地分级管控分区

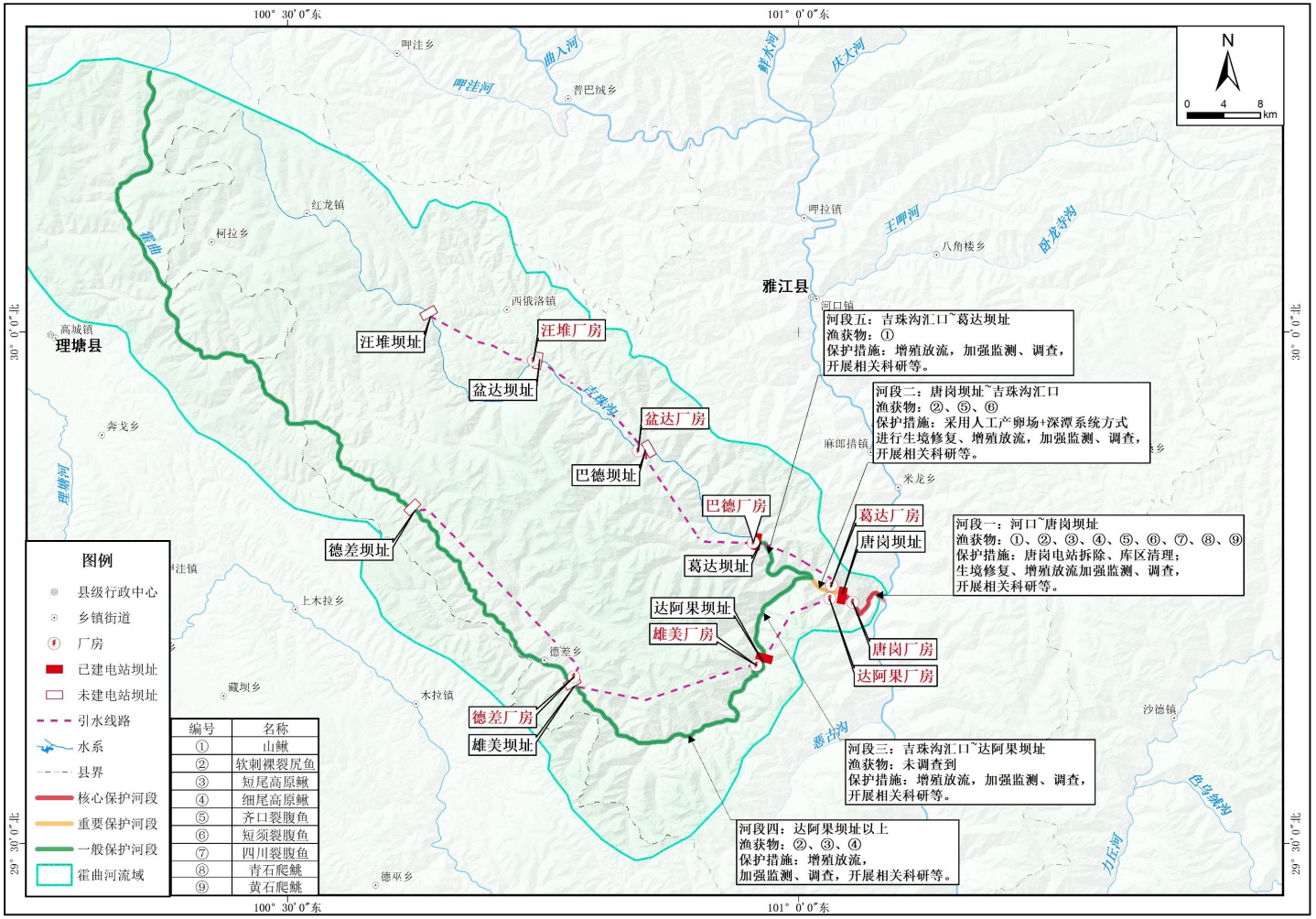


图 6.6-7　霍曲河栖息地渔获物组成及管控分区保护措施要求

1) 核心保护河段保护措施规划

为恢复河段的连通性，规划对唐岗电站进行拆除，包括对其首部枢纽建（构）筑物和机电设备拆除，辅以必要的库区清理、河道整治及生境修复措施。该河段与雅砻江干流可形成支流+河库复合生态系统，作为区域珍稀保护及特有鱼类的栖息繁衍河段。同时依托牙根二级电站增殖放流以补充该河段鱼类资源，放流鱼类主要为长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼。

① 唐岗电站拆除

A 工程概况

唐岗电站位于距雅江县县城 40km 的麻郎措镇唐岗村境内，厂区枢纽距霍曲河与雅砻江交汇口处约 6km 处。唐岗水电站开发任务为发电，无其它综合利用要求。唐岗水电站为低闸坝取水的引水式电站，装机二台，总装机容量 7.5MW，属 V 等小（2）型工程。唐岗电站引用流量 37.8m^3/s，额定水头 26m，保证出力 2695kW，多年平均年发电量 4778 万 kW·h。2007 年电站建成，当前唐岗电站仍在运行，电站拦河闸坝对坝址上下游造成阻隔。

唐岗水电站工程由首部枢纽、引水系统和厂房建筑等组成。

其中，首部枢纽由拦河泄洪冲砂闸、闸前右岸岸边进水闸、右岸连接坝段、闸前砼水平防渗铺盖及水泥灌浆帷幕、闸下消能防冲护坦、右岸上坝公路及闸顶公路桥等建筑物组成。闸顶全长 31.0m，闸顶高程 2594.2m，最大闸高 9.7m。

引水系统位于霍曲河右岸，由进水闸、引水道、前池、压力管道等组成。引水道为无压组合型水道，首尾段均为隧洞，中段为暗渠，总长 1408 m，均为城门洞型，引水流量 37.8 m3/s。前池正常设计水位为 2591.23 m，前池池箱长为 17.98 m。压力管道采用单机单管方式供水，管径 2.4m，管道长#1 机为 45m，2#机为 47m。

厂区枢纽布于霍曲河右岸，尾水直接流入霍曲河。厂区包括主副厂房、尾水、开关站、进厂公路、办公生活区等。主厂房为地面式厂房，长×宽×高=21.12 m×16.26 m×23.66 m。尾水管末端仅设临时叠梁闸槽。副厂房长×宽=19.5 m×11.0 m，分上下两层，副厂房建筑面积 429m^2。升压站长×宽=12m×10m，站内地坪为 2576.759 m。

经现场调查，电站通过冲砂闸门下泄不低于 1.16m^3 /s 的生态流量，同步在闸坝处建成在线监测系统并通过动态视频监控系统实时传输数据至省级监管平台，电站未规划建设过鱼设施。



唐岗电站坝址



唐岗电站厂房

B 拆除计划

唐岗电站阻隔河流通道的部位为首部枢纽的泄洪冲沙闸，因此拆除这部分后可恢复河道上下游的连通性。为保证河道有足够的流量、避免霍曲河水进入原唐岗电站的引水道，需对唐岗电站的进水口进行封堵，同时拆除厂房部分。为防止厂房尾水倒灌，厂房尾水应采取封堵措施，确保机电设备拆除工程和厂内拆除工作的安全。为平整泄洪冲沙闸和厂房拆除后的场地，在上述区域进行砂卵石回填。

计划采用泄洪冲沙闸完全打开进行泄流放空的操作，为拆除提供干地施工条件，后期再对进水闸进行封堵。水库放空后，修建上下游围堰，将上游侧来水通过右岸两孔闸门下泄，拆除左岸两孔闸室及其金属结构部分。然后重新修建上下游围堰，将上游侧来水通过左岸已拆除的闸室段下泄，拆除右岸两孔闸室及其金属结构部分，同时对进水闸门进行封堵。

将底板高程以上建筑物拆除后，对因建筑物拆除施工造成的局部坑洼处，采用拆除混凝土料及利用开挖和附近岸坡的砂卵石进行回填，同时，本次设计利用河流悬移质的沉降来自然形成河底的沙粒层，不再回填沙粒，避免人工工程的过多干扰。此外，为了有利于闸首岸坡的稳定性，并适当归顺水流，两岸侧边墙不拆除。剩余拆除弃渣就近在河道两侧岸坡进行码放，厚度约 50cm，作为河床护脚，既可减缓河流对岸坡的冲刷，又可以营造鱼类栖息生境。

② 河道生境修复

A 库区清淤

为防止电站拆除后河水水量及流速变化对河道天然形态的改变，需对库区内部分淤积的泥沙进行清理，使得电站库区附近河段水流恢复河流自然特性。唐岗电站所处河道

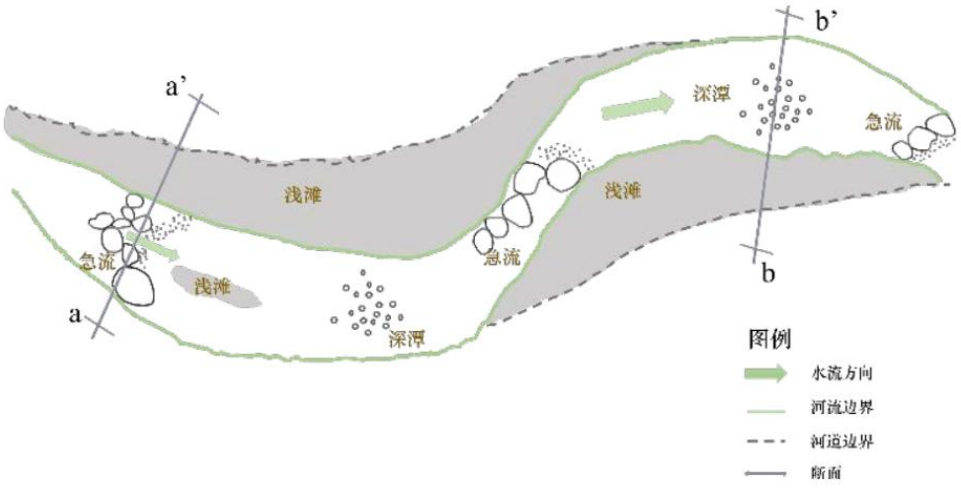
坡陡水急，坝址上下游河道河宽小于 30m，低闸挡水，挡水深 6.5m，回水长约 150m。对于唐岗电站的库区清淤，拟按照河道平均清理宽度 30m，清理深度按照 1.5m 考虑，清理河道长约 150m。下阶段建议开展栖息地修复专项设计工作，细化库区清淤具体清淤量及相关清理措施。

B 生境修复

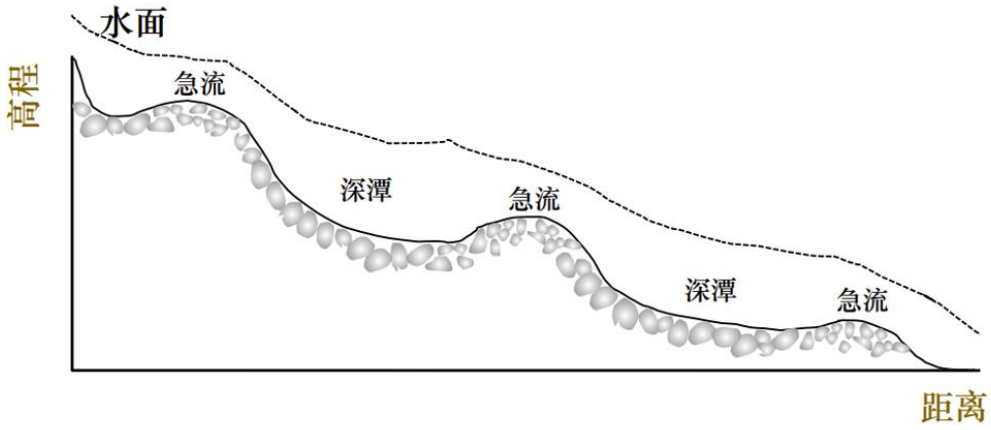
河流生境修复主要包括河道形态多样化修复、生态护岸修复、栖息地改善等。

a 河道形态多样化修复

常见的河流自然形态恢复的方法主要包括：恢复河流蜿蜒性、恢复多样化河道断面、人工营造浅滩-深潭序列和人工营造阶梯-深潭等方法，其目的都在于通过改变河流物理结构，恢复河道自然多样性及连通性。唐岗电站拆除后，原唐岗厂房下游河道通过库区清淤恢复到天然状态，但未达到鱼类适应上溯和生存的河道形态。自然界中的河流的纵断面通常表现为深浅交替的浅滩和深潭。由于深潭和浅滩可产生急流、缓流等多种水流条件，能形成丰富的生物群落，可把创建深潭-浅滩序列作为本次河流修复的主要措施之一。深潭-浅滩能够增加河流水力条件多样性，能够产生急流、缓流、层流、紊流、螺旋流等多种水流条件，丰富水生生境。深潭为鱼类提供覆盖物、营养物和活动空间，为其提供越冬场所。浅滩中的卵、砾石底质利于大型底栖无脊椎动物的生存，成为鱼类等高等水生动物的觅食场所。



深潭浅滩平面系统



深潭浅滩剖面系统

b 生态护岸

河流护岸作为水陆交错的过渡地带，是河流生态系统的重要组成部分。健康的河岸生态系统应具备保持水土、调节径流、涵养水源、净化水体及提供生物栖息地等多重功能。本次设计将基于河道现状，遵循“近自然修复”原则，采取生态型护岸方式对岸坡进行生态改造。唐岗电站拆除后，通过考虑原有河岸现状走向、水流条件、地形地质条件等因素，总体上顺天然河岸大趋势走向布置，生态护岸模仿自然岸坡形态，以原生植被、土壤、缓坡等自然要素为主，缓坡入水（坡度通常＜1:3），岸线曲折，保留自然起伏和浅滩。



生态护岸示意图

c 栖息地改善

唐岗电站坝址拆除后，大量泥沙在水力作用下向下游运动，由于河段砂石占比较大，小粒径泥沙淤积不利于藻类、鱼类等生物的生存繁殖。针对该河段生存的主要鱼类（裂腹鱼、鮡科鱼类），对河道进行底质改善，适当增加卵、砾石的组成，构建砾石群，创

造多样化的水深河流速，增加底栖无脊椎动物多样性和着生藻类的附着，营造适合裂腹鱼类和石爬鮡类产卵、索饵的底质环境，以期作为潜在产卵场和索饵场。

建议专项设计阶段进一步论证生境修复相关措施的可行性，提出科学、合理、可行的栖息地修复措施，并在唐岗电站拆除及库区生境修复措施完成后跟踪监测上下游鱼类资源及“三场”的恢复情况，适时开展鱼类产卵场修复及营造工作，进一步恢复霍曲河流域的鱼类资源多样性。

2)重要保护河段保护措施规划

规划对吉珠沟汇口段采用人工产卵场+深潭系统方式进行生境修复。使得原本河床底质、水深和流速条件得到改善，多样性提升。同时依托牙根二级电站增殖放流以补充该河段鱼类资源，放流鱼类同核心保护河段一致。

在吉珠沟汇口上游约 700m 处，霍曲河干流具有适宜鱼类产卵的适宜生境。通过对该处河段进行栖息地改善，可以为特有鱼类营造较为适宜的产卵场生境。

结合现场河滩地场地实际地形，并根据不同鱼类的产卵习性，确定产卵场服务对象为短须裂腹鱼、软刺裸裂尻、青石爬鮡和黄石爬鮡，产卵场分成 A、B 两个区域。其中 A 区水体流速相对较缓，设置 2-64mm 粒径为主的沙粒、细砾以及粗砾底质，服务于短须裂腹鱼、软刺裸裂尻，产卵场设置水深为 0.5-0.8m，设置流速为 0.2-0.6m/s；B 区水体流速相对较急，设置硬质粗砾石或岩石底质，砾石粒径较大，多在 10~30 cm，产卵场设置水深为 0.5~1m，流速约 1.2~1.8m/s，服务于青石爬鮡和黄石爬鮡产卵场总面积 9400m^2，A 区 4900m^2，B 区 4500m^2。产卵场布置示意图如下图所示。



人工产卵场生境营造示意图

3)一般保护河段保护措施规划

达阿果电站库尾以上干流河段受人为干扰较小，目前基本维持天然河道状态，人口分布稀少，入河污染物较小，结合当地以藏民族为主，基本没有人为捕捞现象。规划的德差、雄美梯级以上河段按照“自然恢复为主”的指导思想，暂采用维持目前天然状态、减少人工干预，加强巡护监管及加强监测与跟踪评价作为主要保护方案。后续河段规划的德差、雄美梯级实施时，需落实过鱼设施以维持河段的连通性。

达阿果电站坝址至吉珠沟汇口段存在天然阻隔河段(长约 9km)，如采取河段大块孤石清理等措施，工程量巨大且修复效果不可预见；葛达减水河段未调查到鱼类分布，采取河道生境修复措施的意义不大，上述两处河段暂维持目前状态，后依据栖息地保护监测结果，论证相关保护措施实施的可能性及必要性。同时依托牙根二级电站增殖放流以补充该河段鱼类资源，放流鱼类地点选择阻隔河段上游、达阿果库尾以上河段及葛达减水河段，放流鱼类主要为软刺裸裂尻鱼及高原鳅类。

6.6.4.4 栖息地管理

(1)栖息地保护规划

从流域层面编制栖息地保护总体规划，雅砻江中游各梯级电站根据栖息地保护总体规划分配的任务落实栖息地保护工作，并分摊相应的费用。牙根二级水电站截流前完成栖息地保护方案研究及方案设计，栖息地保护建设完成后开展保护效果调查。

(2)栖息地管理机构设置

本工程规划的鱼类栖息地保护水域主要涉及雅江县，为方便管理，建议参照两河口水电站鱼类栖息地运行管理经验，依托雅江县渔业行政主管部门设置栖息地保护站，不另行单独建设。在栖息地保护河段乡级、村级可设置保护站工作点以便于开展工作，且由县级栖息地保护站进行统一管理。建设单位以签订合同形式支付相关的运行、管理、管护基础设施建设与管护能力建设等资金。

1)主要职责

栖息地保护站主要职责是处理发生在鱼类栖息保护地的违法案件，负责栖息保护地的日常管护、巡视检查、渔政执法和宣传教育等各项工作。具体内容如下：

①对所管辖的鱼类栖息地进行巡护，依法开展渔政执法工作，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。其中，在鱼类繁殖期（每年 3 月至 7 月）加强巡护，禁止一切影响、干扰鱼类繁殖活动的行为。

②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。在栖息地保护区河流沿岸设立宣传教育牌以加强宣教力度。

③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。

2)运行管理

①鱼类栖息保护站运行管理实施

由雅砻江公司与地方政府签订协议，将审批资金直接划拨给地方政府，由地方政府组织鱼类栖息地保护区的建设与后期的运行管理。

②河长制

为进一步加强两河口栖息地保护范围所涉及的三条流域的保护管理工作，落实属地责任，健全长效机制，建议各县以河长制对栖息地保护站进行协调管理，从而加强对栖息地保护流域的管理力度。主要工作内容如下：

A 协助开展栖息地保护区流域范围的划定工作，并埋设界碑界桩。落实保护区各流域的河长责任归属，以便于保护管理。

B 协助栖息地保护站开展执法巡查、专项执法检查和整治行动，严厉打击涉河库违

法行为，坚决清理整治非法排污、设障、捕捞、毒鱼炸鱼、养殖、采砂、采矿、围垦、侵占水域岸线等活动。同时在鱼类繁殖期禁止一切影响、干扰鱼类繁殖活动的行为。

C 协助栖息地保护站开展有关保护珍稀特有鱼类资源的宣传教育活动，开展禁渔宣传，提高人民群众对鱼类资源的认识和保护意识。

D 协助栖息地保护站进行管理人员培训，提高管理人员业务水平和政治思想觉悟。

(3)栖息地效果分析

牙根二级水电站蓄水后，霍曲河形成支库长约 5.6km，回水至唐岗电站厂房下游，相对于天然状态，霍曲支库水位抬高约 38.26~50.55m，原河口段两处产卵场将被淹没，且霍曲河干流上游有唐岗、达阿果两座电站的阻隔影响，河段鱼类繁殖适宜生境降低。

为实现霍曲河干流的有效保护，采取人工干预手段，对唐岗电站拦河闸坝进行拆除，恢复河段原有连通性，对库区进行清淤及生境修复，恢复其自然河段的水文情势、水动力条件；已建达阿果电站减水河段开展人工生境修复、后续德差、雄美梯级提出连通性要求；在上述措施落实前提下，区域河段将形成干流库区+霍曲河支库(5.6km)+天然流水河段(唐岗库尾~支库库尾长约 2km)+达阿果减水河段(长约 16.6km)+达阿果以上天然河段(德差、雄美未建)的流水加库区的复合生态系统。栖息地保护方案实施后 3~5 年内开展生态监测及保护效果研究，根据研究结果动态优化栖息地保护方案。

6.6.5 过鱼措施

6.6.5.1 过鱼目标

(1)过鱼设施建设的必要性

1)法律法规及其它相关文件要求

《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”。

《中华人民共和国渔业法》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”。主要补救措施包括修建过鱼措施、开展人工增殖放流、加强生态环境监测、加强渔政监督和监管。

2)维持河流生态系统的连通性、河流的遗传及生物多样性的需求

牙根二级水电站为雅砻江中游规划的第三个梯级电站，上游为牙根一级水电站，下游为楞古水电站。牙根二级水电站建成后，大坝将对该河段鱼类洄游造成阻隔影响。由于大坝的阻隔，完整的河流环境被分割成不同的片段，削弱了河流作为生物和营养元素交流廊道的功能。鱼类上行通道被完全阻断，鱼类生境的片段化和破碎化导致鱼类种群间基因不能正常交流，各个种群将受到不同程度的影响。种群数量较大的鱼类，群体间将出现遗传分化；种群数量较少的鱼类可能逐步丧失遗传多样性，导致种群灭绝的概率显著增加。同时，鱼类下行也受到一定程度的阻碍，虽然鱼类可以通过泄洪设施和生态流量泄放措施到达坝下，但是受精卵和仔幼鱼通过水轮机组下行过坝的存活率将会大大降低。

因此，牙根二级水电站有必要建设过鱼设施，主要目的是满足鱼类上溯洄游的繁殖需求，同时兼顾鱼类下行，提高下行鱼类的存活率，缓解工程建设对河段水生生态的影响，维持河流生态系统的连通性，满足河流的遗传及生物多样性的需求。

3)上位规划的要求

《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告》及其审查意见的函“环办环评函[2024]475 号”要求“拟定牙根二级、楞古电站过鱼措施设计，牙根二级拟采用升鱼机方案、楞古选用鱼道方案，鱼道进口、出口及集鱼位点设计水位覆盖电站所有运行工况，满足全年过鱼要求。”

(2)过鱼对象

综合考虑工程河段鱼类的洄游需求、分布和保护等级，并结合鱼类资源量现状，确定本工程的主要过鱼对象为长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼和软刺裸裂尻，兼顾过鱼对象为厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、高原鳅属鱼类以及其他土著鱼类。

过鱼对象统计表

表 6.6-7

过鱼对象	鱼类名称	国家级保护鱼类	省级保护鱼类	红色名录
主要过鱼对象	短须裂腹鱼			
	齐口裂腹鱼			VU
	长丝裂腹鱼			VU
	四川裂腹鱼			VU
	软刺裸裂尻			
兼顾过鱼对象	厚唇裸重唇鱼	二级		VU
	青石爬鮡	二级		EN
	黄石爬鮡		▲	EN
	高原鳅属鱼类			
	其它土著鱼类			

(3)过鱼季节

鱼类洄游以生殖洄游需求为主，同时也需要满足索饵和越冬的需求。

本阶段建议在牙根二级水电站过鱼设施建成后，设置 3 年的试运行期，试运行期过鱼设施全年运行，后期根据试运行期过鱼设施的实际过鱼情况，适当调整过鱼季节。

(4)过鱼规格

牙根二级水电站过鱼设施的主要功能是为保障繁殖群体的上溯，促进工程上下游河段鱼类遗传交流，从而对鱼类基因库形成有效补充。因此，过鱼规格参数设计的主要依据是过鱼对象的最大性成熟体长。

根据牙根二级水电站鱼类基础生物学现场调查及资料分析，主要过鱼对象中的裂腹鱼类的性成熟个体最大，最大体长达到约 0.6m。因此，牙根二级水电站过鱼设施主要过鱼规格设置为 0.6m。

(5)过鱼数量

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，每种鱼类的最小繁殖群体数量应至少保证在 500 尾以上。鱼类每年的繁殖群体中包含有补充个体。补充个体是指初次性成熟参与繁殖的个体，其携带的遗传基因是对现有繁殖群体遗传基因库的新补充。按照补充群体占繁殖群体大小 10%～20%的比例计算，繁殖群体每年的新补充数量是 50 尾～100 尾。

1)上行过鱼数量

根据以上理论，初步拟定牙根二级水电站主要过鱼对象中的每种鱼类的上行规数量建议为每年最少过鱼 100 尾，兼顾过鱼对象的上行过鱼数量不做要求。

2)下行过鱼数量

鱼类下行过坝分为主动下行和被动下行，鱼类产卵繁殖之后，鱼苗游泳能力较弱，大部分鱼苗可在汛期被洪水被动带到坝下，从而对下游河段的基因库进行补充。考虑到鱼类被动下行时通过泄洪设施和机组，可能导致其存活率下降，牙根二级下行过鱼依托牙根一级过鱼设施进行主动集鱼后转运至牙根二级坝下，以提高鱼类下行的存活率。由于鱼类下行过坝通道没有被绝对阻断，因此，本阶段下行过鱼数量暂不做要求，鱼类下行过坝的主要目的是提高下行鱼类存活率。

3)过鱼数量设置

综上所述，本阶段建议过鱼设施建成后的3年试运行期内，每种鱼类上行过鱼数量设置为不少于100尾，年上行过鱼总数不少于600尾，后期根据试运行期的实际过鱼情况，适当调整各种鱼类的过鱼数量。考虑到鱼类下行通道未完全阻断，鱼类可通过泄洪、生态流量和发电流量下行，库区集鱼主要为了提高鱼类过坝的存活率，因此，本阶段建议暂不设置下行过鱼数量。

6.6.5.2 过鱼方案比选

(1)过鱼型式比选

根据国内外已经投入运行的过鱼设施类型统计，过鱼设施主要可分为鱼道、仿自然通道、集运鱼系统和升鱼机等类型。

鱼道是水利水电工程应用最多的过鱼设施类型，其主要特点是根据鱼类的克流能力设置合理的底坡，同时在鱼道内部设置隔板进行消能，保证鱼类可以顺利洄游。鱼道的优点是可以利用鱼类的自然洄游趋性，在几乎没有人为干预的情况下为鱼类提供洄游通道。考虑到鱼类的游泳能力有限，鱼道底坡一般不超过3%，根据《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T35054-2015），鱼道一般应用于水头不超过60m的中低水头水利水电工程。

仿自然鱼道的运行原理与鱼道类似，但是与鱼道相比，仿自然鱼道坡底更小，其内部根据鱼类的生活习性增加了仿自然生境，以便于鱼类可以更快更好地适应环境，提高其洄游的成功率。考虑到仿自然鱼道的底坡较小，在实际应用中一般结合工程附近的支流进行施工和布置。

集运鱼系统一般应用于高坝大库，主要由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施、转运设施和附属设施等部分组成。我国最早的集运鱼系统彭水集运鱼系统采用集运鱼船作为坝下集鱼设施和转运设施。随着技术的发展，坝下集鱼设施又演变成了集鱼平台等结构形式，转运设施也由船舶演变成了运鱼车、AGV小车和索道等方式。

升鱼机与集运鱼系统的结构组成和运行原理基本一致，也是由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施、转运设施和附属设施组成。升鱼机的坝下集鱼设施一般为一段鱼道或集鱼槽等定点的集鱼设施。

牙根二级水电站两岸为V型峡谷，最大坝高约210m，库区水位一般情况下变幅2m，特殊工况下消落深度15m，枢纽建筑物主要由挡水建筑物、水垫塘、二道坝、泄水建筑物、引水发电建筑物等组成。如果选择鱼道或仿自然鱼道作为牙根二级水电站的过鱼设施，将在工程区占用非常大的面积，同时带来规模庞大的土石方开挖和隧洞工程，施工

难度大，工程投资高。另外，牙根二级库区较大的水位变幅对鱼道和仿自然鱼道的运行调度也带来了较大的影响，出口闸门频繁调度也将降低过鱼效率。

集运鱼系统和升鱼机都适用高水头的拦河工程，其结构组成和运行原理基本一致。主要区别在于集运鱼系统的坝下集鱼设施一般为船体之类的可灵活移动的设施，而升鱼机的坝下集鱼设施一般为固定的构筑物。考虑到牙根二级水电站坝下为非通航河段，在下游楞古水电站运行调度的影响下，水位变幅高达 9m，且受自身发电下泄流量的冲击较大，对集鱼平台的结构安全和运行效果都有较大的影响。

综上所述，牙根二级水电站过鱼设施采用升鱼机工程，主要由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施、转运设施和附属设施等部分组成。

(2)过坝转运方案比选

升鱼机和集运鱼系统的运行原理与鱼道额仿自然鱼道的运行原理有所不同，升鱼机和集运鱼系统收集鱼类之后，需要通过转运设施将鱼类运输过坝。根据国内外已有的过鱼转运设施，主要有运鱼船、AGV 小车和运鱼车三种，另外还有近年来新兴发展起来的基于卫星导航的无人机转运过坝技术。

彭水集运鱼系统的集运鱼船是船舶运鱼的典型代表，考虑到牙根二级水电站位于雅砻江中游，工程河段为非通航河段，不利于船舶安全行驶。另外，牙根二级水电站坝下水位受出库流量和楞古库区的水位的影响，日变化较大，也对船舶在坝下的运行带来了较大的影响。

AGV 小车是应用于码头的一种自动化运输设施，其工作原理是在地下埋设磁条，利用 AGV 车身上的电磁感应装置引导车辆按照指定的路线行驶，减少了驾驶人员的投入，节省了运行成本。但是根据黄登、大华桥和苏洼龙等工程的 AGV 小车实际运行情况总结，其行驶速度太慢，工作效率较低，且埋于地下的磁条容易损坏，维护维修不便。

近几年，无人机技术在国内外广泛兴起，其应用范围逐渐扩展到军事、通讯和农业等领域，结合北斗卫星导航和基站定位技术，部分专家创新性的提出利用无人机开展鱼类转运过坝。设计团队通过对国内外无人机现有技术的调研发现，目前的无人机载重范围一般为 200kg-500kg，而现有的运鱼车设计载重质量普遍可达 5000kg，运鱼车可以运载更多的水体从而缓解鱼类在转运过程中的应急反应。另外，无人机运载还有较大的缺陷是无法在转运过程中提供维生、供养和温控功能，从而导致鱼类在转运过程中经历更多潜在的风险。

国内外最初的运鱼车版本是在商品鱼运输车的基础上改进，在增加了水质净化设备和温控设备后，用于转运珍稀土著鱼类。其制动化和智能化水平较低。结合目前国内新能源汽车技术的发展，电动新能源汽车在动力和续航上有了长足的进步，自动驾驶技术也日趋成熟。牙根二级水电站拟在传统运鱼车的基础上研究自动化多功能运鱼车，采用清洁能源和无人驾驶技术，充分利用电厂的已有交通条件，满足鱼类转运过坝的需求。

(3)过鱼方案推荐

牙根二级水电站是雅砻江中游两河口至卡拉河段规划(含规划调整)的第 3 个梯级电站，坝型为混凝土双曲拱坝，最大坝高约为 210m，上游为牙根一级水电站，牙根一级水电站坝址和牙根二级水电站坝址之间的距离约 76km，两电站之间有约 6km 的天然保留河段。下游与楞古水电站衔接，楞古水电站回水范围到达牙根二级水电站坝下，两电站坝址间距离约为 5km。

为了满足牙根二级水电站坝址上游鱼类基因交流的需求，综合考虑牙根二级水电站工程特点，推荐升鱼机作为牙根二级水电站的过鱼方案。升鱼机主要由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施和转运设施等部分组成。

其中坝下集鱼设施为牙根二级水电站升鱼机的核心组成部分。推荐在牙根二级水电站 1#尾水洞靠下游侧布置集鱼站，利用电站的持续下泄发电水流进行诱鱼，在牙根二级水电站 2#尾水洞布置移动式集鱼设施，同样利用电站的持续下泄水流进行诱鱼。

考虑到牙根二级水电站的上游梯级牙根一级水电站配置了鱼道工程过鱼，因此，牙根二级水电站的下行过鱼任务推荐依托牙根一级水电站的鱼道开展。基本方案是将牙根一级水电站的部分鱼道段进行局部改造，使其具备鱼类收集和提升的功能。牙根一级鱼道集鱼之后，转运至牙根二级坝下河段进行放流。

牙根二级水电站转运设施推荐“自动化多功能运鱼车+智能化多功能运鱼箱”的方案，该方案可利用牙根二级水电站、牙根一级水电站和楞古水电站之间现有的交通进行转运，在保障转运安全性和可靠性的基础上，最大程度上提高工程的经济性。

6.6.5.3 主要工艺参数设计

(1)集鱼位点

1)鱼类集群特点分析

根据《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T35054-2015），进鱼口一般选择在有持续水流下泄的区域，并避开水质污染或漩涡等不利水力学条件的水域，同时结合物理屏障

布置提升鱼类找到进鱼口的概率。

牙根二级水电站枢纽建筑物主要由挡水建筑物、泄水建筑物、引水发电建筑物等组成。挡水建筑物采用混凝土双曲拱坝，坝高 210m；拱坝下游布置有二道坝，形成了工程河段鱼类洄游的物理屏障。二道坝和拱坝之间形成水垫塘用于消能，泄水建筑物采用全坝身泄洪孔口（4 表孔+3 深孔）；发电建筑物采用左岸地下厂房，安装 4 台混流式水轮机组，发电尾水由二道坝下游的 1#和 2#尾水洞流出，可提供持续的下泄水流。

牙根二级水电站 1#、2#尾水洞出口净尺寸为 16.0m×16.0m（宽×高）的矩形，尾水洞底板高程为 2390.00m，尾水洞出口顶平台高程为 2406.00m，尾水洞出口闸门总高 16.0m。尾水洞出口下游链接明渠与河床相接，明渠顺水流方向长度 10m，起点断面为 16.0m×16.0m（宽×高）的矩形，之后设置 10m 长的扭面渐变为梯形断面，明渠底板高程为 2390.00m，明渠顶高程为 2406.00，明渠渠底采用渐扩型式，平面扩散角为 5°。梯形断面后设置反坡段，坡比 1：2.5，反坡段后同河床衔接。坝下流量为生态流量 119.8m^3/s 时，尾水明渠水位为 2402.23m，水深 12.23m。考虑楞古梯级建成后正常蓄水位的顶托作用，牙根二级水电站 4 台机组满发时，尾水明渠水位为 2413.44m，水深 23.44m。

近 10 年来，国内水利水电工程均要求建设过鱼设施，同时也开展了较多的坝下鱼类集群与行为特点的研究。以雅砻江下游的桐子林水电站为例，研究成果显示，喜流水性鱼类（裂腹鱼类）大部分在发电尾水水域活动，喜静水性鱼类（四大家鱼）大部分在泄洪闸下游的静水水域聚集，尤其是天气晴朗的时候，喜欢浮于水面。国内已建成的乌东德水电站升鱼机工程，在左右岸尾水渠布置了集鱼系统诱集流水性鱼类，在二道坝下游的静水水域布置了集鱼槽，诱集静水性鱼类，运行以来结合尾水渠布置的集鱼系统取得了较好的效果。

对于牙根二级水电站，由于其主要过鱼对象均为喜流水性的裂腹鱼亚科鱼类，因此，建议将集鱼位点设置于 1#尾水洞出口和 2#尾水洞出口处，过鱼设施运行时可以利用电站尾水诱鱼，提升集鱼效率。

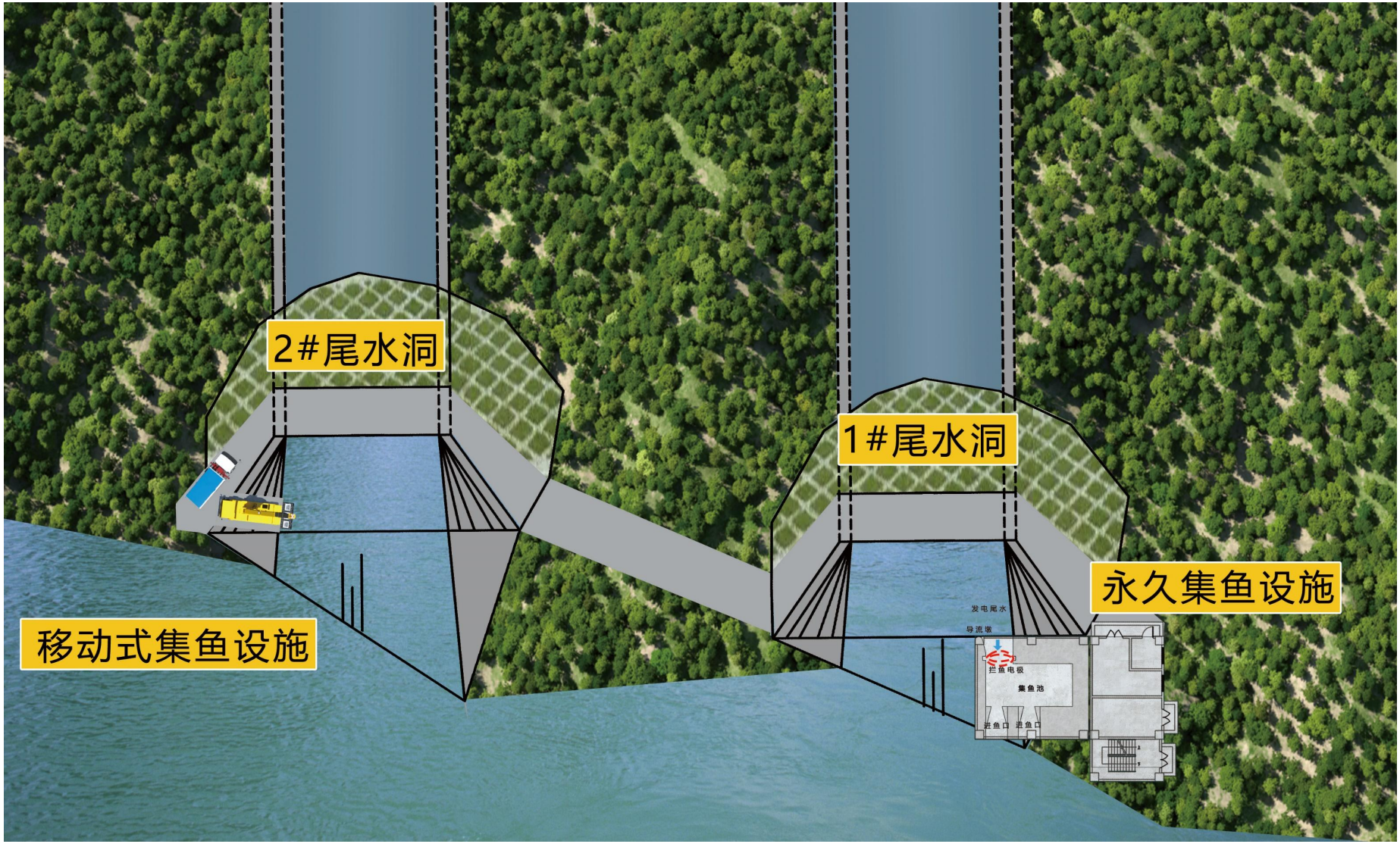


图 6.6-8　牙根二级集鱼位点示意图

2)坝下流场分析

① 研究工况

根据雅砻江中游水电规划调整意见，牙根二级水电站和楞古水电站同期建成，坝下流场分析采用物理模型试验和数值模拟计算对楞古水电站建成后牙根二级水电站 1#尾水洞和 2#尾水洞不同机组组合运行时下游河道流场分布进行了研究，选择理论上最小下泄流量和电站正常运行情况下最大下泄流量 2 个工况进行模拟，即生态流量下泄和电站满发工况，模拟工况详见下表。

模拟工况设计

表 6.6-8

编号	流量运行方式	运行方式
工况 1	生态流量 119.8m^3/s	1#尾水洞出流
工况 2	下泄流量 1919m^3/s	四台机满发、1#、2#尾水洞出流

② 模拟结果分析

工况 1 为 1#尾水洞开启、下泄生态流量 119.8m^3/s，由于下泄流量较小，下游河道流速整体不大，流速分布较为均匀。1#尾水洞出口处流速约为 0.2m/s～0.4m/s，尾水渠内主流流速约为 0.4m/s。水流流出尾水渠后，基本沿着河道向下游流动，少部分水流折向上游，形成小范围低强度回流区。1#尾水洞出口下游 100m 范围内流速约为 0.08m/s。由于下游河床清理范围结束、河道底部高程逐渐抬高，水深减小，流速略有增大，清淤区下游河道主流流速为 0.1m/s～0.15m/s，岸边流速为 0.04m/s～0.08m/s。

工况 2 为 1#尾水洞和 2#尾水洞共同下泄流量 1919m^3/s，由于下泄流量较大，下游河道流速明显升高。1#尾水洞出口处主流流速约为 2.5m/s～3.5m/s，尾水渠内主流流速约为 3.5m/s。由于洞轴线与下游河道夹角较大，水流流出尾水洞后顶冲对岸，主流集中于河道右岸，主流流速约为 2m/s～3m/s，同时在 1#尾水洞出口水流左侧区域（桩号 0m～-100m）形成回流区，主流最大回流流速为 2.5m/s。1#尾水洞出口下游 200m 后的河道流速分布较为均匀，主流流速为 1.6m/s～2m/s，岸边受到边界效应的影响存在低流速区，流速范围为 0.4m/s～0.8m/s。

综上所述，牙根二级水电站以工况 1 运行时河道内整体流速较小，河道内不存在影响鱼类上溯的流速屏障，最大流速分布于 1#尾水洞出口附近，流速约为 0.4m/s-0.5m/，可提供较好的诱鱼条件。牙根二级水电站以工况 2 运行时，尾水洞下游河道流速明显增大，主流达到 2.5m/s-3.5m/s，主流向河道右岸偏转，在 1#尾水洞出口左侧水域内形成一

定范围的回流区。根据数值模拟成果分析，机组满发工况下，虽然坝下河道主流显著增大，甚至超过了鱼类的最大克流速度，但是在尾水洞两侧和河道左右岸岸边仍然保留了0.4m/s～0.8m/s 的低流速区，为鱼类从下游洄游至尾水洞口提供了通道。

3)集鱼位点推荐

综合喜流水性鱼类分布特点和坝下流场特点分析，推荐 1#尾水洞下游侧和 2#尾水洞上游侧 2 个集鱼位点。同时，考虑到牙根二级水电站至楞古水电站之间仅有约 5km 的库区河段，生境承载力有限，在 1#尾水洞下游侧固定式永久集鱼设施，使其可以充分利用 1#尾水洞和 2#的发电流量，主要承担牙根二级水电站的坝下集鱼任务。移动式集鱼设施布置于 2#尾水洞上游侧，其功能是承担 1#尾水洞不发电，仅有 2#尾水洞发电工况下的集鱼任务。

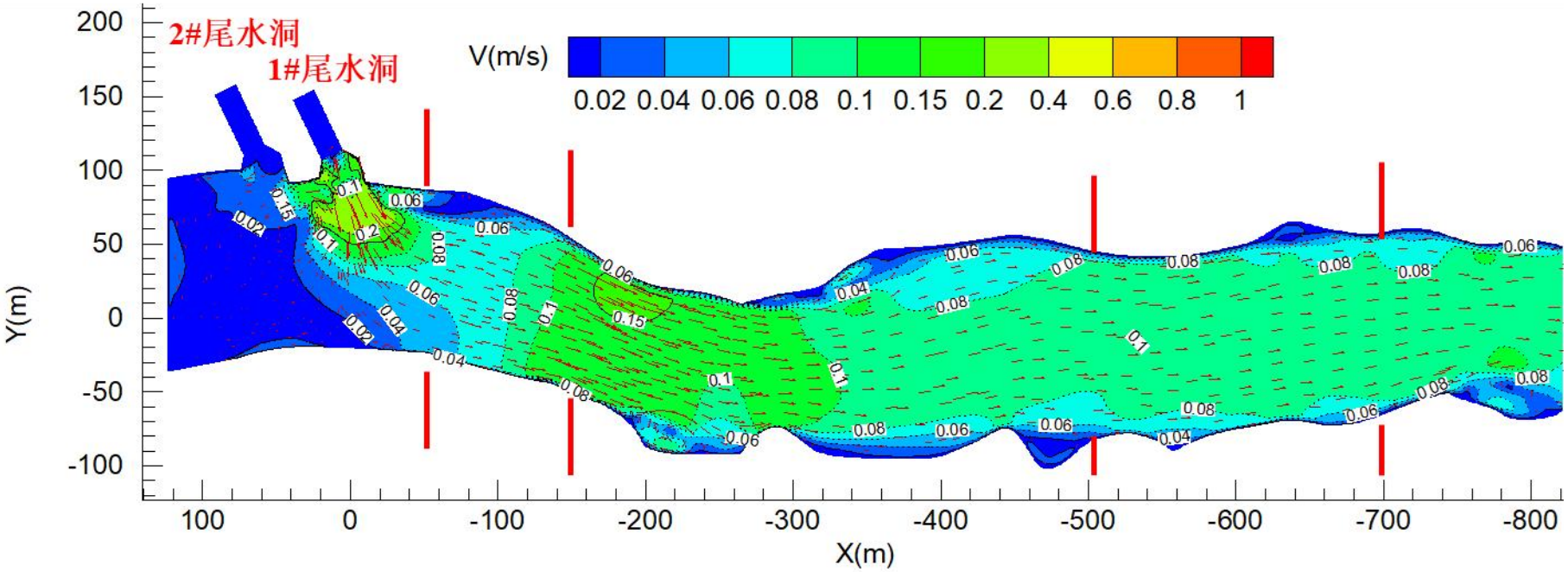


图 6.6-9　Q=119.8m³/s 工况下游河道流速分布

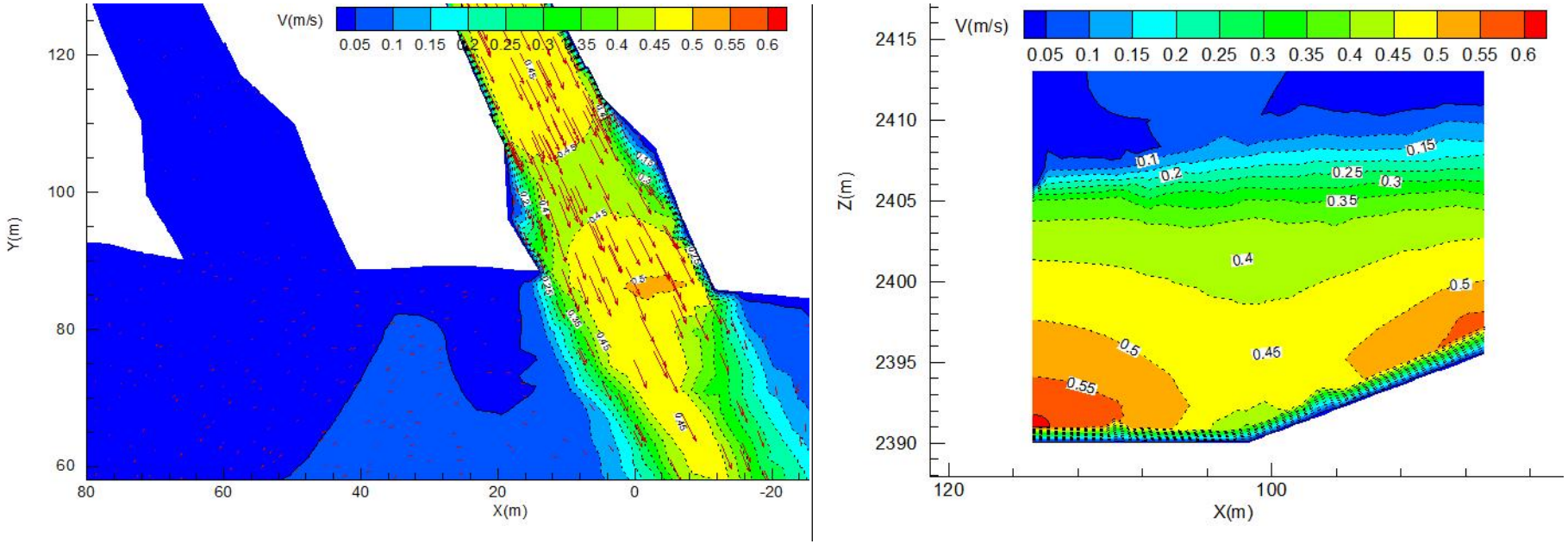


图 6.6-10　Q=119.8m³/s 工况下 1#尾水渠附近平剖面流场分布

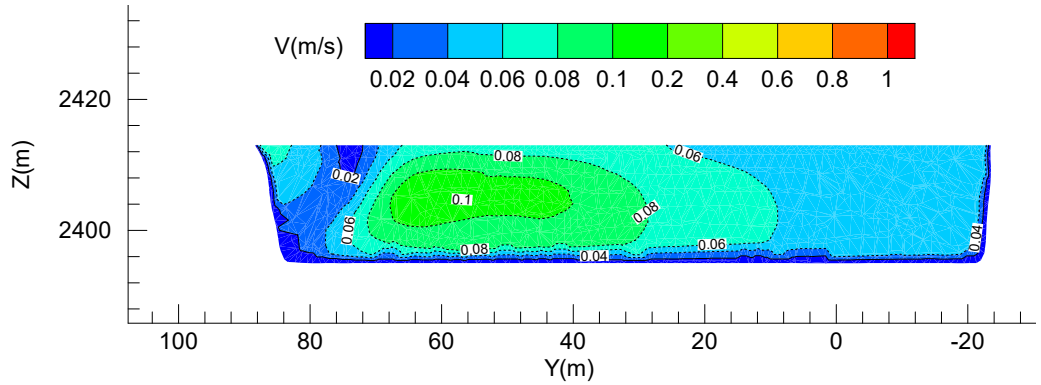


图 6.6-11　Q=119.8m³/s 工况下 A-A 剖面流场分布

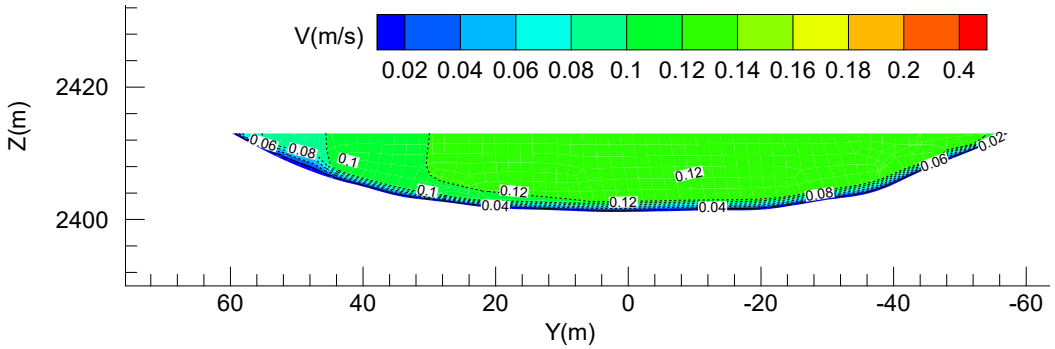


图 6.6-12　Q=119.8m³/s 工况下 B-B 剖面流场分布

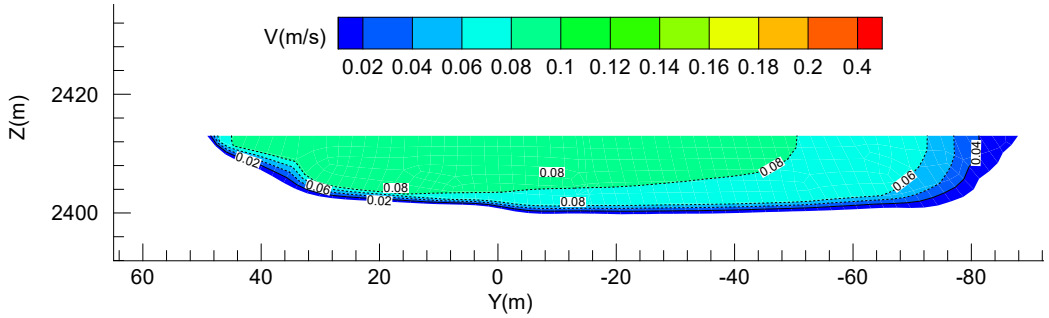


图 6.6-13　Q=119.8m³/s 工况下 C-C 剖面流场分布

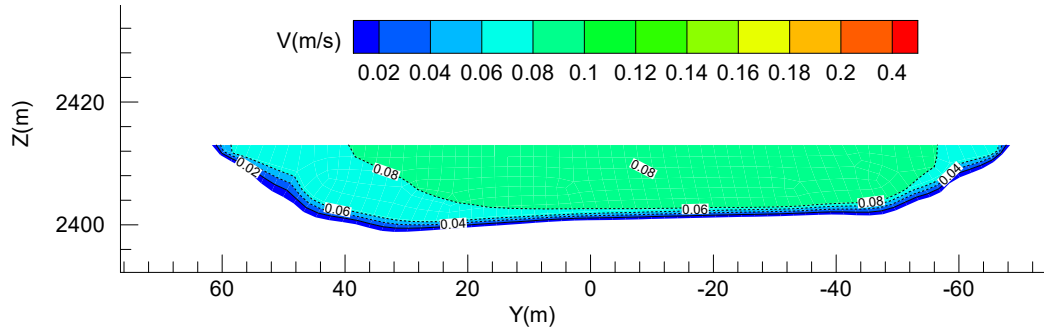


图 6.6-14　Q=119.8m³/s 工况下 D-D 剖面流场分布

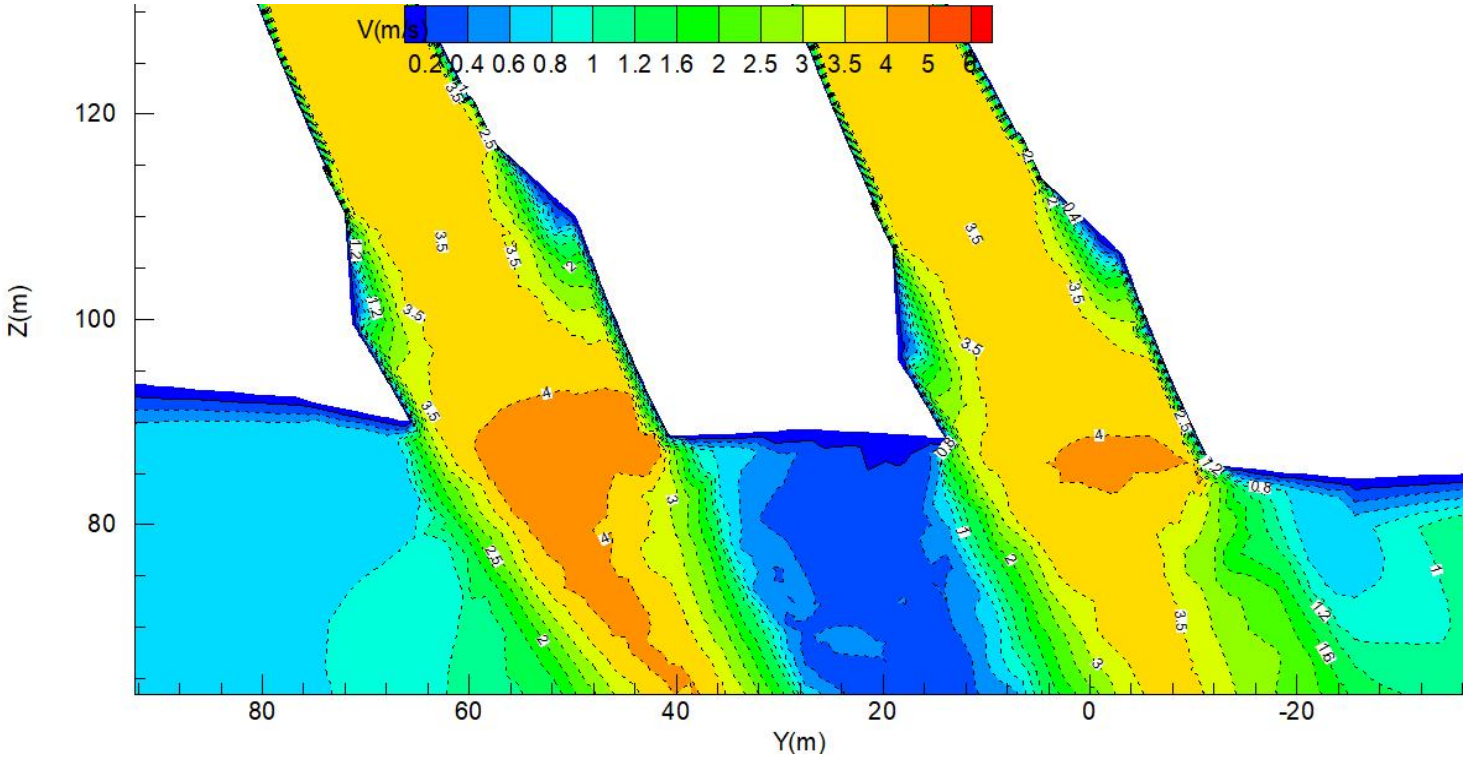
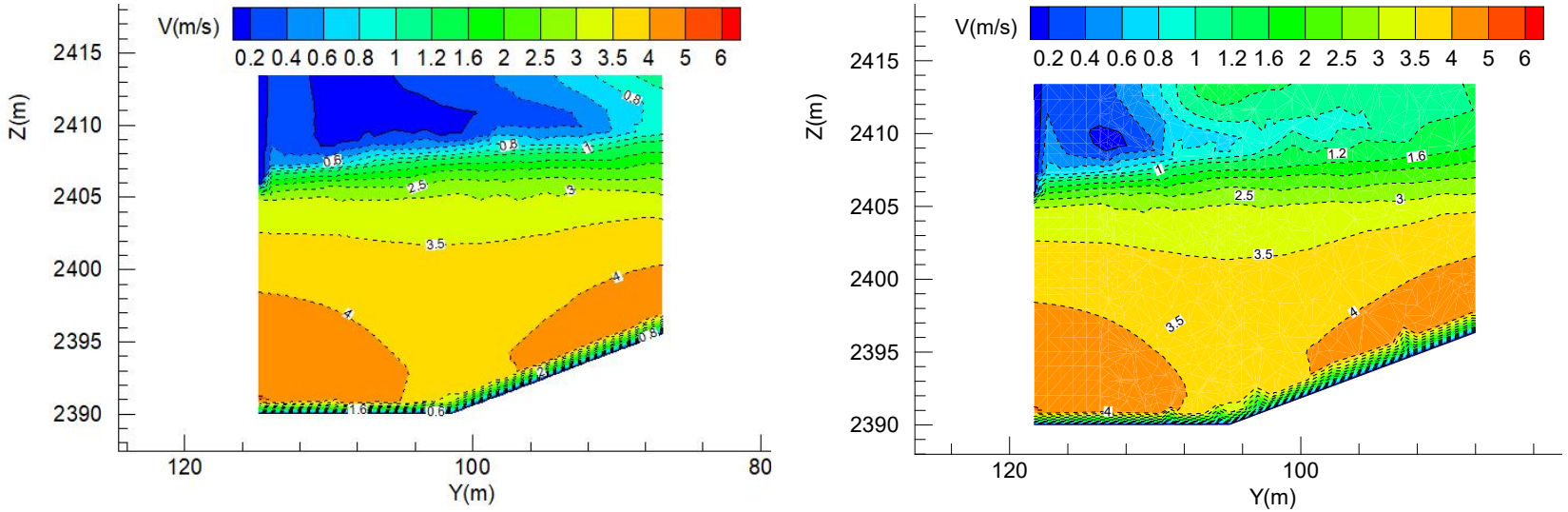


图 6.6-15 Q=1919m3/s（1#、2#尾水洞分别出流）工况下 1#、2#尾水渠附近流场分布图（Z=2400m）



1#尾水渠中心剖面　　2#尾水渠中心剖面

图 6.6-16 Q=1919m3/s（1#、2#尾水洞分别出流）工况下 1#、2#尾水渠剖面流场分布图

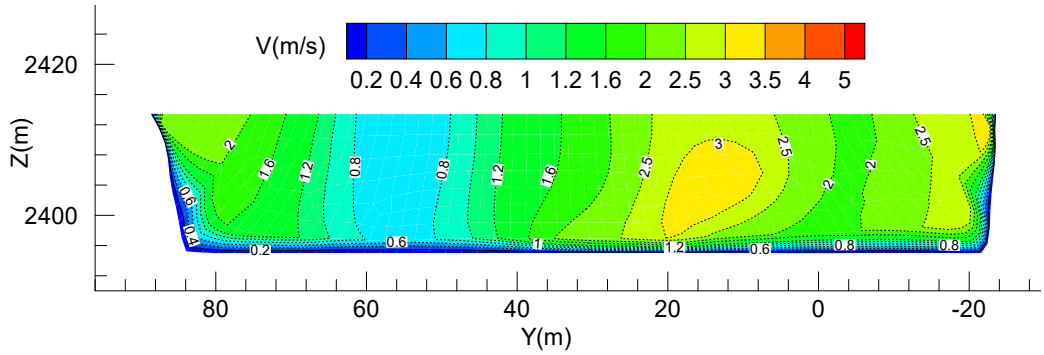


图 6.6-17　Q=1919m³/s（1#、2#尾水洞出流）工况下 A-A 剖面流场分布

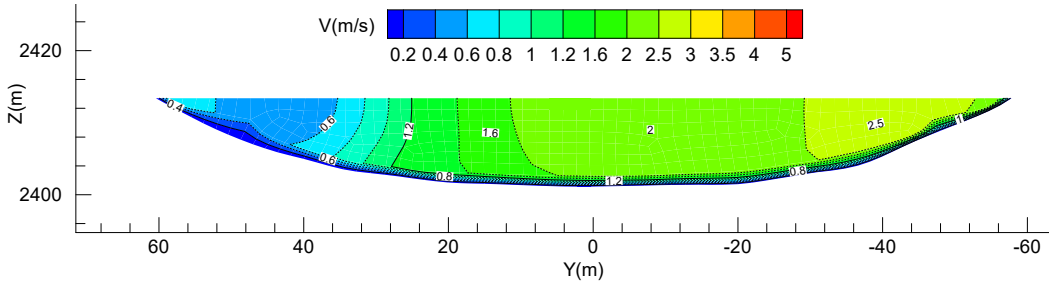


图 6.6-18　Q=1919m³/s（1#、2#尾水洞出流）工况下 B-B 剖面流场分布

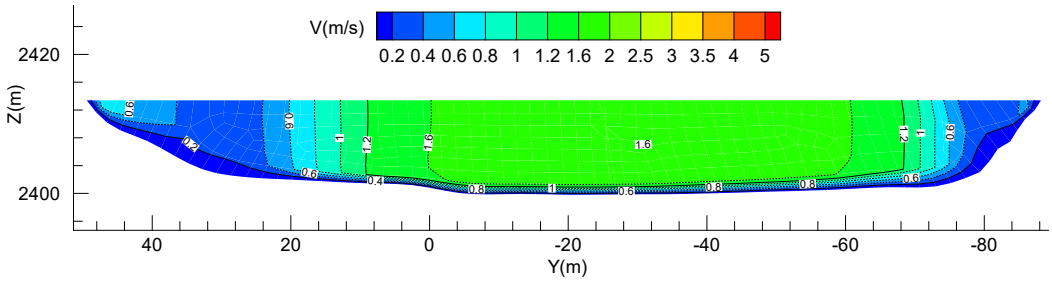


图 6.6-19　Q=1919m³/s（1#、2#尾水洞出流）工况下 C-C 剖面流场分布

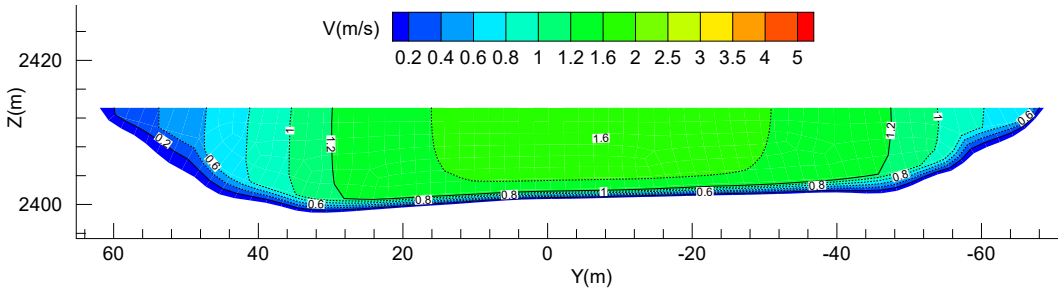


图 6.6-20　Q=1919m³/s（1#、2#尾水洞出流）工况下 D-D 剖面流场分布

(2) 设计水位

1)坝下集鱼系统运行水位

根据牙根二级水电站建成后规划的入库流量、出库流量和发电流量统计表，受到上游龙头水库两河口水电站调蓄的影响，各典型年牙根二级水电站的全年入库流量均用于发电。为了最大程度上保障牙根二级水电站过鱼设施的运行保证率，过鱼设施运行水位设计如下。

最低运行水位：和下游楞古梯级死水位保持一致，即本系统最低运行水位为2404m。

最高运行水位：和下游楞古梯级正常蓄水位保持一致，即本系统最高运行水位为2413m。

运行水位最大变幅约为9m。

2)坝上集鱼系统运行水位

坝上集鱼系统依托牙根一级鱼道，与牙根一级水电站鱼道运行水位变幅保持一致。

(3)设计流速

根据《水电工程过鱼设施设计规范》，过鱼设施进口及内部流速一般不小于各主要过鱼对象的最大感应流速，以为鱼类在进入过鱼设施的过程中提供流速诱导。过鱼设施进口及内部的流速一般不大于各主要过鱼对象的突进流速，从而最大程度上保证各种主要过鱼对象的过鱼效果。本阶段根据两河口升鱼机设计经验，设计流速取0.2m/s-1.67m/s。

(4)过鱼设施运行过程简述

牙根二级水电站过鱼设施主要由坝下集鱼设施、坝上集鱼设施、转运系统和附属设施四大部分组成。其主要运行过程如下。

鱼类上行：①坝下集鱼设施布置于尾水出口，电站运行须考虑过鱼设施运行优先的原则，通过合理调度发电机组，保障1#尾水洞在任何时刻有流量下泄，在水流诱鱼的作用下将洄游上溯的鱼类诱集至集鱼池中；②移动式集鱼设施布置于2#尾水洞出口上游侧；③待鱼类收集到一定数量之后，启动集鱼池，将集鱼池中的鱼类提升至综合楼进行分拣（移动式集鱼设施收集的鱼类由人工转运至分拣观察室进行分拣）；④将分拣的鱼类利用放流槽下滑至运鱼车上的运鱼箱中；⑤由运鱼车搭载运鱼箱转运过坝至坝上通过库区工作船进行放流。

鱼类下行：①坝上集鱼设施提托牙根一级水电站鱼道，利用牙根一级水电站鱼道进口段特殊池室集鱼；②当鱼类采集到一定数量后，由人工转移至运鱼车上的运鱼箱中；③由自动化多功能运鱼车搭载运鱼箱运输至牙根二级库尾与库区工作船对接；④由库区

工作船将运鱼箱转运至牙根二级坝前码头与运鱼车对接；⑤最后由运鱼车搭载运鱼箱转运至牙根二级坝下放流位点放流。

另外，由于鱼类下行通道并不像鱼类上行通道完全被阻断，部分鱼类可通过下泄流量到达坝下，从而补充下游的鱼类基因库。

6.6.5.4 坝下集鱼设施

(1)建筑物级别

牙根二级水电站正常蓄水位为2560.00m，正常蓄水位以下库容约9.91亿m^3，最大坝高210m，电站装机2400MW。根据《水电工程等级划分及洪水标准》（NB/T 11012-2022）及《防洪标准》（GB 50201-2014）的有关规定，本工程为一等工程，工程规模为大（1）型，挡水、泄洪、引水及发电等永久性主要建筑物为1级建筑物，永久性次要建筑物为3级建筑物，临时性水工建筑物为4级建筑物。

根据《水电工程过鱼设施设计规范》（NB/T35054-2015）1.0.4条：“过鱼设施的级别应根据其与水工建筑物结合情况确定，水工建筑物的级别划分应按现行行业标准《水电枢纽工程等级划分及设计安全标准》DL5180有关规定执行。过鱼设施与水电工程主要建筑物相结合部分，其级别应与该水工建筑物相同，其余与挡水建筑物不结合部分及独立的过鱼设施宜按次要建筑物确定其级别。”

根据上述相关要求，本工程集鱼系统下游集鱼建筑物与尾水出口结合布置，按永久主要1级建筑物设计，安全级别为Ⅰ级；上游运鱼船舶停靠平台工程建筑物级别为3级，安全级别为Ⅱ级。

(2)设计标准

1)洪水标准

《水电工程等级划分及洪水标准》（NB/T 11012-2022）明确了水电枢纽工程中雍水、泄水建筑物、水电站厂房、水电站副厂房、主变压器场地、开关站、出线场和进厂交通洞等的洪水设计标准。本工程集鱼系统建筑物属非壅水、非泄水建筑物，参照《水电工程等级划分及洪水标准》（NB/T 11012-2022）中山区、丘陵区3级水电站厂房的洪水设计标准，相应取设计标准按50年一遇洪水设计，200年一遇洪水校核。

2)抗震设计标准

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)，本工程场址区基本烈度为VII度，按照《水电工程水工建筑物抗震设计规范》（NB 35047-2015），本工程大坝按甲类工程

抗震设防，在基本烈度基础上提高一度，按 VIII 度作为设计烈度。

大坝抗震设防标准以 100 年为基准期，超越概率为 2%，校核地震以 100 年为基准期，超越概率为 1%。引水发电系统等其他主要永久建筑物及枢纽区重要边坡（A 类 I 级边坡）抗震设计标准取 50 年基准期超越概率 5%。其他边坡抗震设计标准取 50 年基准期超越概率 10%。

本工程集鱼系统建筑物抗震设防类别为丙类，抗震设计标准取 50 年超越概率 10%，基岩地震动峰值加速度为 144.3gal。

(3)坝下集鱼设施布置

坝下游集鱼设施布置在 1#尾水出口靠下游侧和 2#尾水出口上游侧，利用发电尾水诱鱼。

1)固定集鱼站

集鱼站数量为 1 个，布置于 1#尾水洞出口下游侧。集鱼点对外交通连接平台设计高程 2426.00m，高于下游 200 年一遇校核洪水位 2417.24m。

集鱼站在 2426m 以下主要为集鱼结构，平面尺寸为 10.5m×9.5m（长×宽），顺水流向依次有：进水口、集鱼池和进鱼口，底板高程与尾水隧洞出口高程一致，均为 2390m。进水口宽度 2.5m，集鱼池平面尺寸为 4m×8m（长×宽），进鱼口立面上布置 8 层，每层 2 个，平面上并列布置，每个进鱼口宽度 2.0m，高度 3m，每层进水口设 50cm 高度的横撑分隔。

集鱼站结构与尾水出口结合布置，边坡开挖与尾水明渠边坡形成连片开挖，内侧坡微新岩体采用直立开挖边坡，上部边坡开坡坡比为 1:0.5，边坡支护采用系统锚喷支护。下阶段开展电站与过鱼设施耦合性运行管理方案研究，通过电站发电运行与过鱼设施运行的联合调度，最大程度上保障 1#尾水洞的下泄流量，提高过鱼设施的过鱼效率。



图 6.6-21　固定式永久集鱼设施平面图

2)综合楼

本过鱼工程包括 1 栋综合楼，共 2 层，总高度约为 9m，顺流方向长度约为 9.5m，宽度约为 22m，单层建筑面积约为 209m，总建筑面积约为 418m^2，建于集鱼站 2426.00m 高程水工排架上及大体积混凝土回填平台上。建筑为戊类厂房，结构形式为框架结构，结构安全等级为二级，设计使用年限为 50 年，抗震设防烈度为 VII 度，建筑耐火等级二级，屋面防水等级为一级。1 层高度为 6m，布置有分拣操作区、办公区、二次设备室；2 层高度为 3m，布置有卷扬机室、配电室，楼梯间，吊物平台。集鱼综合楼通过一部楼梯贯通上下，楼梯净宽>1.1m，坡度<45°。下阶段根据尾水洞上方危岩体治理情况进一步细化综合楼细部结构设计。

3)金属结构

本过鱼工程的金属结构相关设施设备包括 1 个集鱼箱、1 套集鱼箱启闭机、16 个防逃笼、2 套防逃笼提升设备和 1 套拦鱼电栅提升设备。

其中每个集鱼箱启闭机采用 1 套 2×320kN-57m 固定卷扬式启闭机，可将集鱼箱提升至尾水平台以上；每个防逃笼提升机采用 2 台 10t-37m(扬程)电动葫芦，可将进口防格栅提升至检修高程进行日常的检修和维护；每个拦鱼栅提升设备采用 1 台 10t-37m(扬程)电动葫芦，可将备用拦鱼电栅提升至检修高程进行日常的检修和维护。

集鱼箱长约 3.0m，宽约 8m，高约 2m，上部 1.5m 为镂空结构，底部采用倾斜结构，

并留有存水部分，存水深度约 0.5m，在提升时可保持鱼类健康存活。提升箱一侧设有放鱼门，在提升到位，与放鱼滑道对接后，可打开放鱼门，将箱内鱼类放流。提升箱与集鱼池四周侧壁之间保持 5cm 间隙，以保证提升箱在提升过程中的顺畅性，为防止提升过程中鱼类从提升箱与集鱼池四周侧壁之间的缝隙逃逸，顶面外沿安装有长 5cm 的密毛刷，可封闭间隙，防止鱼类逃逸。集鱼箱在集鱼作业时沉在集鱼池底部，集鱼完成后通过提升设备将集鱼池内的鱼类提升至分拣观察室。

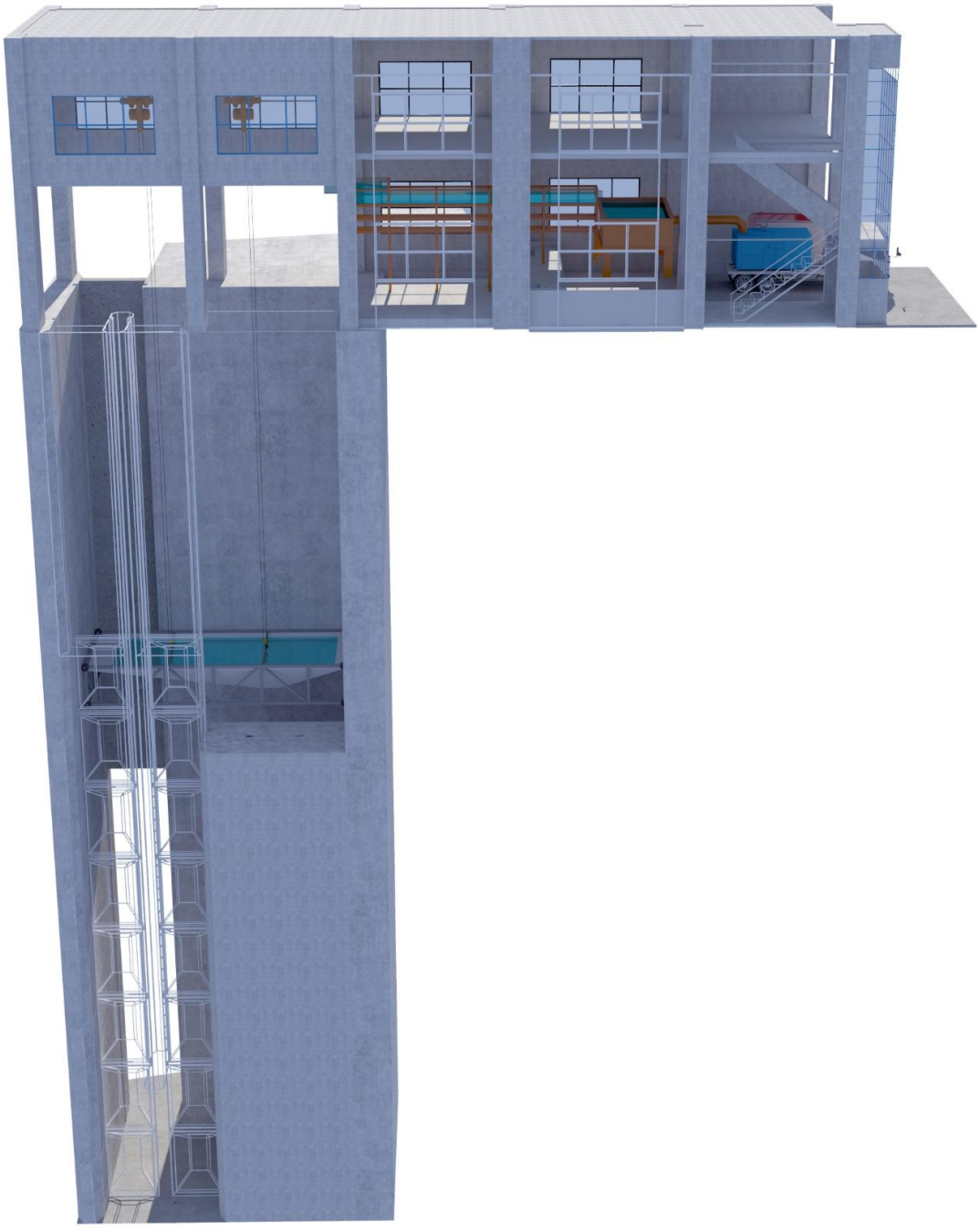


图 6.6-22 固定式集鱼站透视示意图

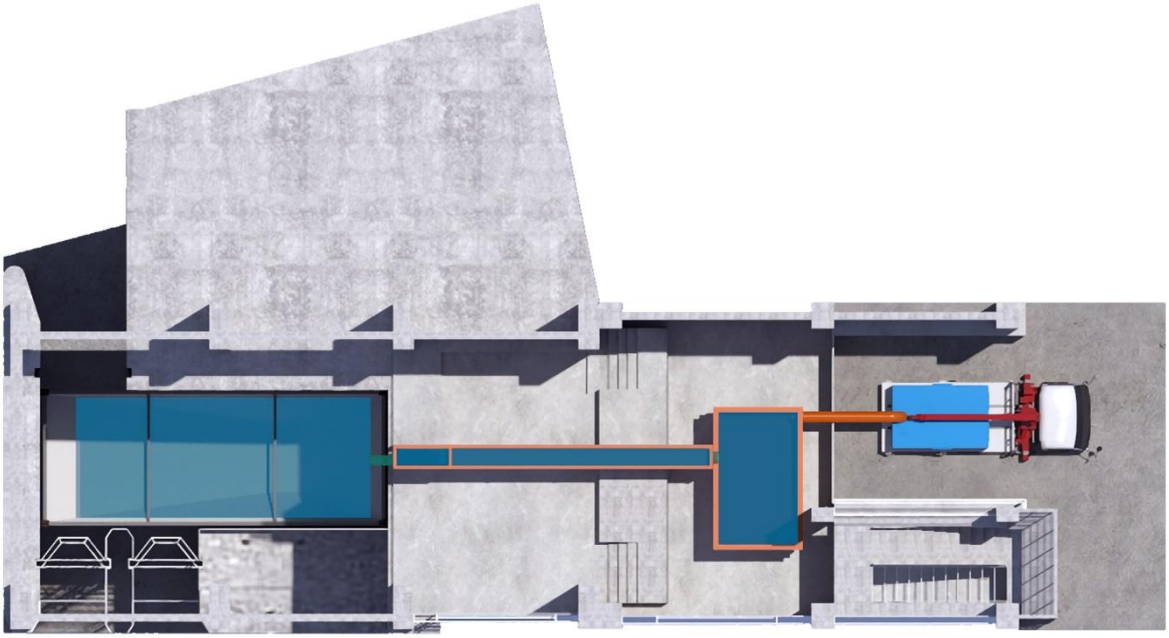


图 6.6-23　固定式集鱼站集鱼流程平面示意图

4)移动式集鱼设施

在 2#尾水洞出口附近布置移动式集鱼设施，设施主要包括钢筋地笼和固定滑道。钢筋地笼规格为 2m（长）*6m（宽）*4m（高），下部 1m 深为不锈钢材质，1m 以上部分为钢筋镂空结构，以便于钢筋地笼提起之后可以保留 1m 的水深供鱼类暂存，避免鱼类受伤，提高鱼类存活率。钢筋地笼上一共开 8 个喇叭形状 1.0m*1.0m（外部）~0.2m*0.2m（内部）的进口，其中上侧 3 个进口，前侧 3 个进口，左右两侧各 1 个进口，其作用是有利于鱼类进入而难于出逃。

移动式集鱼设施集鱼工作流程如下：首先由 25T 汽车吊吊起钢筋地笼通过尾水平台行驶至 2#尾水洞平台；启动吊臂将钢筋地笼沿布置于边坡的滑轨将钢筋地笼下放至尾水渠底部；约 3 个小时后，利用 25T 汽车吊将钢筋地笼沿滑轨吊起，将收集的鱼类转移至 1#集鱼站综合楼暂养；再启动吊臂将钢筋地笼沿滑轨下放至尾水渠底部，开启新一轮集鱼工作，每一轮集鱼工作时间不少于 3 小时。每年 7 月汛期，为保障人员和设备安全，利用汽车吊将钢筋地笼转移至鱼类暂养点度汛。

每次捕捞作业全部完成后，技术人员将在 1#集鱼站综合楼对鱼类进行分拣，详细记录渔获物捕捞时间、地点、种类、数量、规格等信息，并将鱼类继续暂养，直至其应激反应消除，恢复摄食，体外伤痕痊愈之后方可进行转运放流。移动式集鱼设施与 1#尾水

洞集鱼站共用 1 套转运设施。



图 6.6-24　移动式集鱼设施布置示意图

6.6.5.5 坝上集鱼设施设计

雅砻江流域水电开发有限公司统筹雅砻江流域各梯级电站的建设，牙根二级水电站的下行过鱼设施依托牙根一级水电站的过鱼设施进行集鱼和转运。

牙根一级水电站目前已经通过可研设计阶段评审，其过鱼方案采用“鱼道+集鱼转运”的型式。其中牙根一级鱼道过坝段部分池室被改造，使其具备鱼类收集和转运的功能。收集的一部分鱼类可以转运至牙根二级水电站的坝下河段和楞古水电站的坝下河段。

6.6.5.6 转运放流设施设计

转运放流设施主要包括分拣系统、运鱼车、运鱼箱、起吊设备和放流设施。其主要功能是实现鱼类的分拣、运输和放流。

(1)分拣设施

工程配置 1 台分拣设施，布置于分拣观察室，主要功能是鱼类分拣与统计。分拣系统长 4.0m，宽 1.0m，高 1.2m，由分拣池和放鱼池两部分组成。其中分拣池长 3.0m，宽 1.2m，高 1.2m。放鱼池长 1.0m，净宽 1.2m，高 1.2m，底部为凹形设计，底部中间为放鱼孔，直径 30cm，便于鱼类排出进入运鱼箱中。

分拣池和放鱼池内要求保持水流交换为 2 倍/10min，溶氧不低于 5mg/L，有维持水温的功能，单次鱼类分拣能力不少于 100 尾。

分拣系统配备增氧设备，增氧设备的作用是维持分拣系统中水体的氧气，建议功率不低于 120W，电压为 220V，排气量不低于 12m³/h，另搭配适宜数量的分流管和气石。

分拣系统配备静音水泵，水泵的作用是促进分拣系统内的水体交换，功率不低于 1.5kw，要求水泵降噪效果较好，以减小鱼类的应急反应。

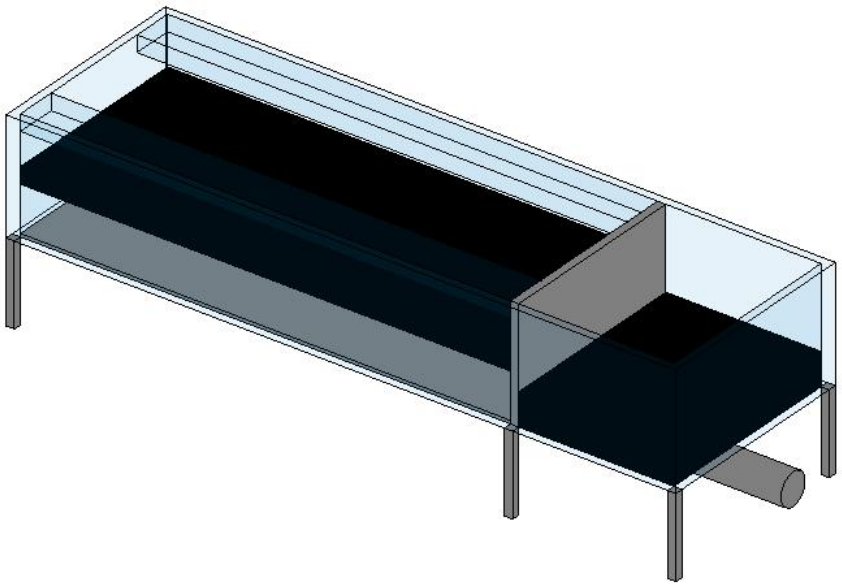


图 6.6-25　分拣设施

(2)转运设施

1)自动化无人驾驶转运设施

项目配置 1 台自动化无人驾驶转运设施，自动化无人驾驶转运设施的功能是搭载运鱼箱，将收集到的鱼类通过指定路线转运过坝。自动化无人驾驶转运设施配备北斗导航定位功能，具备无人驾驶自动导航功能。自动化无人驾驶转运设施搭载运鱼箱自动监控系统，可以自动接收运鱼箱中的溶解氧、温度等监测数据。监测数据本地备份，支持远程传输。自动化无人驾驶转运设施还配备有独立供电系统，温控系统和增氧系统，在运输过程中可以维持水中溶氧含量并保证运输水温稳定，降低鱼类在运输过程中的应激性。

2)运鱼箱

运鱼箱数量为 2 台，一备一用。单个运鱼箱规格如下：长 2.0m，宽 1.5m，高 1.0m。不锈钢材质，耐磨损，起吊方便。内含照明系统、监控系统和水质分析系统。智能化多功能运鱼箱与自动化多功能运鱼车上的供氧系统和温控系统匹配，预留有电路和管路接口。智能化多功能运鱼箱内部配备自动监控系统，可以自动监测运鱼箱中的水质、溶解

氧、水温等数据，监测数据本地备份，支持远程传输。

(3)转运路线

利用牙根二级水电站、牙根一级水电站和楞古水电站之间的现有公路进行转运。

(4)起吊设施

本工程建议选用 75t 汽车吊。主要用于将集鱼箱在运鱼车与运鱼船之间的调运，主要工作技术参数如下。整机尺寸（长×宽×高）为 14×2.75×3.7m；最大行驶速度为 80km/h；最小转弯半径为 23m；最大爬坡度为 40%；接近角/离去角为 20t；额定起重量为 75t；额定起重力矩为 2400KN.m；额定起重力矩全伸臂为 318KN.m；最小工作幅度为 3m；最大起升高度-基本臂为 12m；最大起升高为 45m；最大起升高度-基本臂+副臂为 61m；起重臂长度-基本臂为 11.8m；起重臂长度-全伸臂为 45m；起重臂长度-基本臂+副臂为 61m；副起重臂安装角度为 30°。

后期可根据牙根二级库区码头的实际情况，研究利用软管对接运鱼车和库区工作船实现鱼类转运的方案。如该方案成立，可以节省起吊设施。



图 6.6-26　汽车吊

(5)放流设施

牙根二级水电站放流设施采用移动式放流槽，不锈钢材质，设施移动灵活耐用，可由运鱼车搭载行驶至指定的放流地点进行放流。

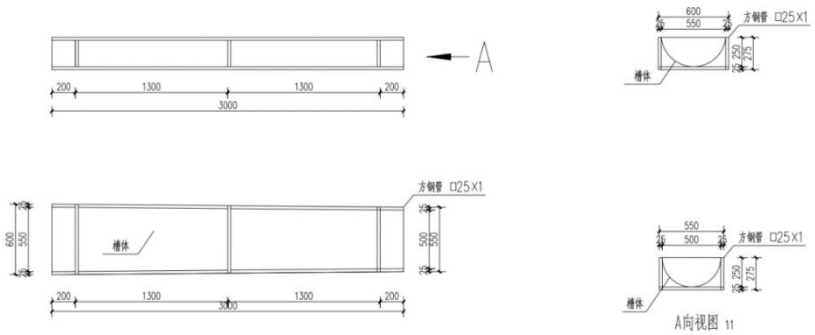


图 6.6-27　放流槽结构示意图

6.6.5.7 附属设施设计

附属设施主要包括诱鱼设施、中控室和监测设备等。其主要功能是辅助坝下集鱼系统和坝上集鱼系统完成相关集鱼和监测工作。

(1)灯光诱鱼

灯光诱鱼设施布置于进鱼口处，数量为 1 套，采用水下可调节射灯进行诱鱼，射灯可调节光强、光色范围应包含蓝光、绿光、红光。

(2)拦鱼电栅

拦鱼电栅布置于坝下集鱼系统的进水口处，数量为 1 套，其作用为阻挡集鱼池中的鱼类从进水口游出，拦鱼电栅 2 个电极竖向安装，分别安装在进水口 2 侧，相距 2.5m，不对进水产生影响。电极位于集鱼池上游 1.0m 处，根据鱼类对电场的反应，此距离可保证电极和集鱼箱之间不存在死角，同时也不会影响进鱼口的进鱼效果。

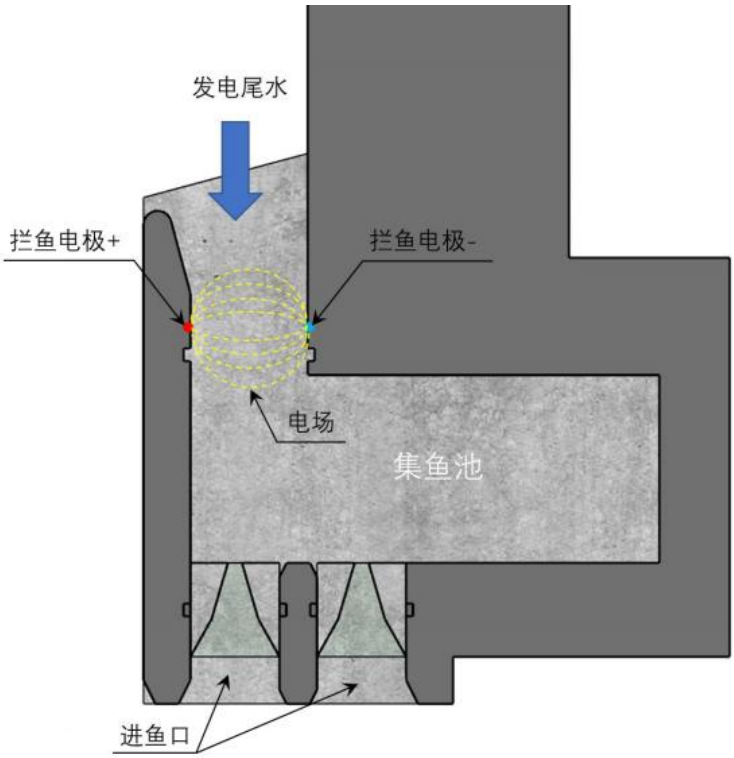


图 6.6-28　拦鱼电栅布置示意图

(3)中控室

升鱼机监控采用“有人值守”的监控模式，全厂设一个升鱼机运行中控室(设置在观察分拣室)和一个远程运行中控室(设置在电站内部中控室)，当其中一个中控室获得控制权后另一个中控室处于监视状态。当计算机监控系统因故退出时，通过现地设置的升鱼机控制设备仍然可以实现对升鱼机设备运行最基本的监视控制功能。

(4)监测设备

1)安全监控摄像头

安全监控摄像头布置 2 套，其中坝下集鱼系统安装 1 套，坝上船舶停靠点安装 1 套。要求摄像头像素不低于 500M，摄像头可旋转，自带补光功能，摄像头具有夜间红外线监控功能，可进行人脸识别，并且具有智能化报警功能（如火灾）。

2)水下摄像头

水下摄像头布置 2 套，布置于坝下集鱼系统的进鱼口处和集鱼池内，对坝下集鱼系统内部的整体情况进行监测。要求水下摄像头带视觉识别功能，可对鱼类进行抓拍，对鱼类通过的视频进行选择性保存，并将数据传输至服务器，服务器可根据信息内容对过鱼种类、数量和规格进行分析。

3)水质监测设备

水质监测设备布置于坝下集鱼系统的集鱼池内，数量为 1 套，至少配备水温、溶解氧、pH 和浑浊度等探头，可对水温、溶解氧、pH 和浑浊度进行监测。同时要求可记录数据，并实现数据远程传输。

4)流速流量检测设备

流速流量监测设备置于坝下集鱼系统的进鱼口和进水口处，共 2 套，可对流速和流量进行实时监控，并可记录流速流量数据，实现将数据远程传输。

5) PIT 监控设备

在进鱼口处配备 PIT 设备 2 套，布置于坝下集鱼设施进口处（2 列进鱼口各 1 套）。要求 PIT 设备接收天线具备射频标记定位观测系统，采用高速的符合 ISO 标准的无线电收发器，以保障接受效果。固定式的接收器加强了蓄电池容量，通过程序设置来适应变化的环境，提高了滤噪能力，能同时和其他读卡器同步使用。

6)水声学设备

配备便携式水声学设备 1 套。采取 1MHz 以上的高频率超声波形成 512 个波束，在浑水条件下，能够实现鱼类的判断和识别，获取过鱼的轮廓、测量其尺寸、对其进行计数。

7)在线监测系统

在线监测系统包括电脑端平台和手机端 APP，可在线查看视频、水温、溶解氧和流速流量等数据，并对数据实施存储和分析，对过鱼数量、规格和节律等进行分析，并生成报表。

6.6.5.8 上下游梯级统筹过鱼初步方案

根据《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价研究报告》及其审查意见的函（环办环评函〔2024〕475 号）要求“拟定牙根二级、楞古电站过鱼措施设计，牙根二级拟采用升鱼机方案、楞古选用鱼道方案，鱼道进口、出口及集鱼位点设计水位覆盖了电站所有运行工况，满足了全年过鱼要求。”

根据《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》及其审查意见的函（川环建函〔2025〕31 号），要求“在建梯级按环评批复要求建设过鱼设施，牙根二级和楞古梯级统筹过鱼设施”。

目前，下游楞古梯级已完成预可行性研究报告，根据预可阶段设计成果，楞古水电站鱼道全长约 526m，鱼道建筑物由进鱼口、明渠段、过坝段、明渠段和出鱼口等组成，其附属设施主要有观测房等。鱼道槽身段综合坡比约 2.1%，鱼道整体爬升约 11 米，暗

渠段长度约为 175.62m，明渠段长度为 350.38m。

鱼道进口布置于首部枢纽生态电站尾水出口附近，利用下泄生态流量进行诱鱼，共设置 1 个鱼道进口，进口底高程为 2397.00m，进口缝宽为 0.70m，控制运行水位 2399.00m～2397.60m，进鱼口处设置一道工作闸门。槽身段为净宽 2.0m 的渠道，并设有竖缝，槽身段沿程按每 4m 落差左右布置一个休息池，休息池底坡 i=0，休息池宽度为 2.0m，长度为 4.0m。暗渠段末端设置一道节制闸门，上游护岸共设置 2~3 个鱼道出口。

同时考虑对鱼道局部进行改造，使其具备鱼类收集功能，收集的鱼类可以直接运送至牙根二级的库区。初步考虑在楞古鱼道过坝段的一个池室内设置集鱼斗，当需要集鱼时将集鱼斗通过启闭机下放，置于鱼道池室内。收集到一定数量的鱼类上，通过启闭机提升，再打开集鱼斗侧边的放鱼阀，将目标鱼类转移至运鱼箱中，最后通过运鱼车运送至牙根二级库区进行放流。

楞古梯级环评阶段，将进一步深入分析论证上下游梯级联合过鱼方式，择优确定适合的生境连通性恢复措施。

6.6.6 增殖放流措施

6.6.6.1 流域增殖放流规划

根据《雅砻江流域综合规划环境影响报告书》《四川省雅砻江干流中下游河段水电开发环境影响回顾性评价研究报告》《四川省雅砻江干流水电开发环境影响回顾性评价报告》《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》对中下游干流鱼类增殖站的统筹规划成果，以及《雅砻江两河口水电站环境影响报告书》《雅砻江牙根一级水电站环境影响报告书》《四川省雅砻江两河口鱼类增殖放流站工程设计报告》相关要求，两河口增殖站承担两河口、牙根一级、牙根二级共 3 个水电站的增殖、放流、科研任务。

6.6.6.2 放流种类

《水电工程鱼类增殖放流站设计规范》(NB/T 35037-2014)规定，对于放流对象的选择应遵循“统筹兼顾”“突出重点”的原则，结合流域鱼类资源保护以及相关放流工作基础，优先选择珍稀濒危、特有鱼类以及受影响程度大且难以形成自然种群的鱼类。

结合工程河段分布鱼类保护需求和生境条件，拟选取长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼作为增殖放流的重点对象，具体理由如下：

(1)长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼均为长江上游特有鱼类，根据水生调查结果，工程影响的雅砻江干流河段渔获物重量百分比中长丝裂腹鱼(30.81%)、短须裂腹鱼(19.19%)、软刺裸裂尻鱼(13.57%)、四川裂腹鱼(9.33%)，牙根二级水库形成后，随着库区水文情势的变化，上述原来适应于底栖急流、砾石等底质环境的鱼类逐渐退缩至干流库尾及上游保留河段，其在库区种群数量将明显减少，因此将其作为增殖放流对象。

(2)厚唇裸重唇鱼属国家二级保护鱼类，调查河段种群数量较少，为少见种。另外，两河口鱼类增殖站内运行管理方于 2020 年委托西南大学开展《雅砻江两河口水电站厚唇裸重唇鱼繁殖生物学及主要栖息地研究》工作，目前已取得了阶段性成果，目前站内已收集了厚唇裸重唇鱼 2～5 龄个体约 70 尾进行驯养，个体经驯化已摄食人工配合饲料，增殖站内已有人工繁殖成功的鱼苗，综上将厚唇裸重唇鱼作为近期放流对象。需要注意的是此鱼易生长小瓜虫，适合流水条件下养殖，野生亲鱼数量少，放流规模不易过大。

(3)青石爬鮡属国家二级保护鱼类，黄石爬鮡属四川省级保护鱼类，牙根二级水库形成后，喜急流环境的青石爬鮡及黄石爬鮡流水生存的空间越来越小，种群也将相应变小。因此，选取青石爬鮡、黄石爬鮡为增殖放流对象，但考虑到目前青石爬鮡、黄石爬鮡的人工繁殖技术尚未攻克，故待其人工繁殖技术成功后开展放流工作。

综上所述，牙根二级水电工程影响河段放流对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼。

6.6.6.3 放流规模复核

(1)渔产潜力分析

环评阶段，对牙根二级水电站放流规模进行了计算，计算方法采用《水利水电工程鱼类增殖增殖站设计规范》(SL/T 822-2024)推荐的渔产潜力分析法，计算方法如下：

$$F_{总}=(F_{浮游植物}+F_{浮游动物}+F_{底栖动物})\times 放流对象的渔获物比例 \quad (6.6\text{-}1)$$

式中：

$F_{浮游植物}$——浮游植物提供的鱼产力，t；

$F_{浮游动物}$——浮游动物提供的鱼产力，t；

$F_{底栖动物}$——底栖动物提供的鱼产力，t。

$$F=W\times M\times P/B\div K\times S\times H$$

式中：

F——水体中某类饵料生物提供的渔产潜力，g；

W——饵料生物量，g/m^3；

M——饵料利用率；

P/B——P/B 系数；

K——饵料系数；

S——有效水域面积，m^2；

H——有效水深，m。

根据本次环评阶段工程河段水生调查结果，干流浮游植物、浮游动物、底栖动物生物量平均为 0.4599mg/L、0.1703mg/L、0.1744g/m^2，类比同类型水电站成库后水生生物的变化情况，预测牙根二级成库后，浮游植物、浮游动物、底栖动物生物量平均为 0.6626mg/L、0.4474mg/L、0.2916g/m^2。牙根二级正常蓄水位 2560m，以浮游植物和浮游动物为食的鱼类设计有效水深选取 5m，有效水体体积为 5696 万 m^3，以底栖动物为食的产鱼有效水域面积为 11.39km^2，计算得出牙根二级水电站库区总水体渔产潜力为 12306.4kg；对于支流霍曲河，以浮游植物和浮游动物为食的鱼类设计有效水深选取 2m，水面宽 28m，河道长度 172km，有效水体体积为 34.4 万 m^3，以底栖动物为食的产鱼有效水域面积为 0.172km^2，计算得出霍曲河河段总水体渔产潜力为 110.5kg。

综上，经计算牙根二级影响河段总渔产潜力为 12416.9kg，库区总水体渔产潜力为 12306.4kg，支流霍曲河总水体渔产潜力为 110.5kg。

(2)放流规模确定

根据牙根二级水电工程水生调查成果及渔产潜力计算结果，放流规模约 17.9 万尾/年可满足本工程影响河段的增殖放流任务，放流规模计算详见下表。

牙根二级水电站放流规模计算表

表 6.6-9

内容	长丝裂腹鱼	短须裂腹鱼	四川裂腹鱼	厚唇裸重唇鱼	软刺裸裂尻鱼	黄石爬鮡	青石爬鮡
渔获物比例(100%)	0.31	0.19	0.09	0.002	0.14	0.0025	0.0007
渔产潜力(kg)	3805.77	2370.38	1153.53	19.87	1676.28	31.04	8.69
平均体重(kg/尾)	0.54	0.52	1.44	0.30	0.41	0.08	0.04
放流规模(万尾)	0.70	0.45	0.08	0.007	0.406	0.038	0.024
存活率	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08
理论放流规模(万尾)	7.05	4.53	0.80	0.08	5.07	0.47	0.31
实际放流规模(万尾)	7.00	4.50	0.50	0.10	5.00	0.50	0.30
合计(万尾)	17.9						

6.6.6.4 放流地点、放流规格和数量

(1)放流地点

牙根二级水电站鱼类增殖放流对象主要为喜急流生境的鱼类，故放流地点主要选择流水性河段，避免在坝前缓流区放流。据此确定牙根二级水电站设 3 个放流点，即牙根二级库尾河段、库区支流霍曲河及坝下河段，相对位置详见下表。

放流地点位置

表 6.6-10

序号	放流地点	距离
1	牙根二级库尾	距牙根二级坝址约 70.2km
2	坝下河段	/
3	霍曲河	距牙根二级坝址约 37km

(2)放流规格

根据本阶段水生调查的渔获物组成情况，结合珍稀保护鱼类的保护要求，确定的放流对象数量及规格详见下表。

牙根二级水电站鱼类增殖放流规格和数量

表 6.6-11

种类		体长(cm)	放流数量(万尾/年)	备注
放流对象	长丝裂腹鱼	6~8	7.0	
	短须裂腹鱼	5~7	4.5	
	四川裂腹鱼	8~10	0.5	
	软刺裸裂尻鱼	3~5	5.0	
	青石爬鮡	3~5	0.3	待繁殖成功后放流
	黄石爬鮡	3~5	0.5	待繁殖成功后放流
	厚唇裸重唇鱼	3~5	0.1	
合计(万尾)		/	17.9	

(3)放流时间

从截流后开始逐年放流，放流时间选择在第二年春季较为合适，并伴随牙根二级建设及运行的全生命周期，每 3~5 年后根据该水域物种资源恢复情况调整放流对象与放流数量。

6.6.6.5 两河口鱼类增殖站工程概况

(1) 工程设计情况

根据两河口环境影响报告书相关要求，2014 年 1 月，建设单位委托我公司编制完成《四川省雅砻江两河口鱼类增殖放流站设计报告》；同年 2 月，水电水利规划设计总院

在成都市召开了该设计报告审查会议，我公司根据审查意见对报告进行了补充完善；同年 7 月提出该设计报告的审定本；同年 9 月，水电水利规划设计总院在成都市召开了该设计报告审查收口会；2015 年 4 月，水电水利规划设计总院以《关于印发<四川省雅砻江两河口鱼类增殖放流站设计报告>审查意见的函》(水电规环保[2015]31 号)出具了审查意见。

根据设计报告，两河口鱼类增殖站设计放流规模 50 万尾/年，其中近期放流规模 35 万尾/年(长丝裂腹鱼 21 万尾/年、短须裂腹鱼 10 万尾/年、四川裂腹鱼 4 万尾/年)，远期放流规模 15 万尾/年(厚唇裸重唇鱼 4 万尾/年、裸腹叶须鱼 6 万尾/年、青石爬鮡 5 万尾/年)，同时远期放流对象也是人工繁殖研究对象。

各梯级电站放流规模一览表

表 6.6-12　　单位：万尾

梯级名称	近期			远期		
	长丝裂腹鱼	短须裂腹鱼	四川裂腹鱼	裸腹叶须鱼	厚唇裸重唇鱼	青石爬鮡
两河口	11.34	5.4	2.16	3.24	2.16	2.7
牙根一级	4.2	2	0.8	1.2	0.8	1
牙根二级	5.46	2.6	1.04	1.56	1.04	1.3
合计	21	10	4	4	6	5

(2) 工程建设情况

依据工程施工总结报告，两河口鱼类增殖放流站位于两河口水电站坝址下游 15km 处，雅砻江左岸业主白玛营地下侧江边，工程占地约 74 亩，雅砻江流向从场地西侧自北向南。场地进口处左侧三角区为门卫室。其它建(构)筑物在场地内从上游向下游进行纵向布置。场地外侧(临河)从上游至下游布置有生态鱼池、亲鱼培育车间 1、亲鱼培育车间 2、鱼苗培育车间 1、养殖弃水池、一体化污水处理设备；场地内侧(临山)从上游至下游布置有配电及发电机房、停车场、综合用房、催产孵化车间、鱼苗培育车间 2、饵料池、12 个室外鱼苗池、仿生态亲鱼池、回收水池和污水管理房。

场地外侧和内侧分别设置一条从上游至下游的纵向场内道路，路宽 3.5m，内外侧纵向道路间根据构(建)筑物位置设置 6 条 3.5m 和 1 条 8m 宽横向道路形成了场内的网状交通。取水工程布置在场地上游侧岸边河床上，高位水池根据给排水需要布置于场地的后缘边坡 2622.60m 平台上，并修建梯步与场地内部连接。

两河口鱼类增殖放流站于 2016 年 9 月正式开工，2019 年 12 月开展试运行，2020 年 8 月 30 日投入运行，实际建设费用约 7900 万元。

两河口鱼类增殖放流站主要建(构)筑物技术指标表

表 6.6-13

序号	名称	单位	数量	备注
1	建筑物			
其中	1)催产孵化车间	m^2	991.44	
	2)亲鱼培育车间	m^2	3288．20	共 2 栋，面积均为 1644.10m^2
	3)鱼苗培育车间	m^2	3201.36	共 2 栋，面积分别为 1897.20m^2 和 1304.16m^2
	5)办公楼	m^2	312.40	
	6)门卫室	m^2	26	
	7)配电及发电机房	m^2	102	
	8)污水管理房	m^2	68	
2	构筑物(池类)			
其中	9)室内亲鱼培育池	个	24	16.3m×4.0m×1.5m 共 12 个； 8.0m×4.0m×1.5m 共 12 个；
	10)室内鱼苗池	个	18	规格：6.3m×6.0m×1.5m
	11)防疫隔离池	个	4	规格：3.0m(直径)×1.0m
	12)催产池	个	4	规格：4.0m×2.0m×1.0m
	13)室外鱼苗池	个	6	规格：6.0m×3.0m×1.5m
	14)饵料池	个	1	规格：6.0m×3.0m×1.5m
	15)环形亲鱼池	个	1	规格：宽 2.5m、深 2.3
	16)仿生态亲鱼池	个	1	梯形断面，底宽 0.5m~1.6m， 池壁高 1.1m，池壁坡度为 1:0.5；
	17)弃水池	个	1	规格：20.0m×13.0m×2.5m
	18)回用水池	个	1	规格：10.0m×8.0m×2.7m
	19)沉砂池、高位水池	个	1	高位水池容积 1500m^3
3	养殖设施			
其中	20)璃钢孵化槽	个	14	规格：2.0m×0.8m×0.6m
	21)尤先科孵化器	个	2	规格：3.2m×0.8m×0.6m
	22)高密度开口苗培育缸	个	4	规格：5.0m×0.8m×1.0m
	23)鱼苗开口培育缸	个	90	规格：1.0m(直径)×1.0m






图 6.6-29 两河口增殖站现场面貌

(3) 运行管理情况

两河口鱼类增殖站由雅砻江流域水电开发有限公司环境保护管理中心负责自主运行管理，二滩实业公司负责提供辅助技术服务工作。

依据现场调查情况，两河口鱼类增殖站运行正常，站内日常运行管理及增殖放流、科研等工作正常开展，鱼类增殖站内野生亲本捕捞、驯养、人工繁殖和苗种培育、科研等工作按计划有序开展，建立了完善的日常管理、运行制度及配备了充足的技术人员。

近年来，两河口鱼类增殖站在开展增殖放流工作的同时，也在积极探索科学研究工作，先后成立厚唇裸重唇鱼（国家二级保护动物）、黄石爬鮡（国家二级保护动物）、裸腹叶须鱼和增殖放流体系相关的科研项目 6 项，申报国家发明和实用型专利 2 项，发表科研学术论文 32 篇。2022 年突破厚唇裸重唇鱼人工繁殖技术，2023 年首次实现在长江上游区域开展增殖放流；石爬鮡人工驯养时长突破 32 个月，人工驯养技术处于行业领先水平；国内首次开展小瓜虫生态防治技术研究，并成功攻克该项世界性难题，小瓜虫在鱼类增殖站不再是“绝症”。2022-2025 年，连续四年荣获甘孜州雅江县“水生生物保护先进集体”。

(4) 鱼类增殖放流活动开展情况

据统计，2017 年至 2026 年共计放流各种鱼类 241.6 万尾，其中长丝裂腹鱼 106.7 万尾、短须裂腹鱼 93.75 万尾、四川裂腹鱼 36.96 万尾、厚唇裸重唇鱼 0.6 万尾、软刺裸裂尻鱼 3.59 万尾。苗种平均长度达 8cm，放流苗种无伤残和病害、体格健壮，符合放流质量与品种要求，放流地点选择两河口及牙根一级库区。

6.6.6.6 依托两河口鱼类增殖站的可行性

目前，两河口鱼类增殖站(承担两河口、牙根一、二级水电站增殖放流任务)已建成并投入运行，设计放流规模 50 万尾/年(两河口 27 万尾，牙根一级 10 万尾，牙根二级

13 万尾)。根据生态环境部“关于四川省雅砻江牙根一级水电站环境影响报告书的批复”(环审[2022]167 号)，牙根一级增殖放流规模增加为 14.6 万尾/年，两河口及牙根一级的放流规模合计 41.6 万尾/年。本次论证的牙根二级电站增殖放流规模约 17.9 万尾/年，目前，增殖站内需增加 9.5 万尾/年的设计规模来满足牙根二级的增殖放流需求。

(1)改造方案比选

初步考虑对以下三个改造方案进行比选：1)增加养殖密度，不新增养殖设施；2)增加室外养殖设施，增大养殖水体面积；3)改造现有车间，增大养殖水体面积。

1)方案一：增加养殖密度，不新增养殖设施

据现场调查，目前两河口鱼类增殖站内养殖鱼类有短须裂腹鱼、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、修长叶须鱼、青(黄)石爬鮡、软刺裸裂尻鱼等亲鱼、后备亲鱼及鱼苗，养殖分布情况详见表 6.6-14。

两河口鱼类增殖放流站现有养殖设施统计表

表 6.6-14

养殖区域	鱼池个数	鱼池总面(m^2)	养殖鱼类品种及数量	备注
亲鱼一车间	12	576	短须裂腹鱼后备亲鱼（300kg）	
亲鱼二车间	12	576	长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等后备亲鱼（500kg）	
鱼苗一车间	18	648	短须裂腹鱼、四川裂腹鱼等鱼苗（15 万尾）	
鱼苗二车间	96	301	厚唇裸重唇鱼、修长叶须鱼、青（黄）石爬鮡、软刺裸裂尻鱼等科研鱼（210kg）及鱼苗（200kg）	养殖面积告急
催产孵化车间		125		仅作为人工催产及鱼苗孵化使用
仿生态池	1	108	长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼等亲鱼（315kg）	
室外小池	12	144	培育鱼苗 20 万尾	作为生物饵料培育使用后放鱼苗
大规格鱼苗培育池	1	100	长丝裂腹鱼苗（20 万尾）	
环形亲鱼池	1	166 ㎡	短须裂腹鱼亲鱼（480kg）	

由上表可知，两河口鱼类增殖站目前已达到设计最大养殖放流规模。根据两河口鱼类增殖放流站专项设计报告，两河口鱼类增殖站亲鱼培育密度取 1kg/m^2(规范要求亲鱼养殖密度一般为 0.2~0.3kg/m^2)；开口苗培育密度取 0.4 万尾/m^3(规范取 0.2~0.4 万尾/m^3)；鱼苗培育密度取 0.15 万尾/m^3(规范取 0.12~0.15 万尾/m^3)。亲鱼及鱼苗的设计养殖密度已取最高值，故本次改造方案不宜采用提高现有养殖密度来增加养殖规模。

2)方案二：增加室外养殖设施，增大养殖水体面积

根据现场调查了解，两河口鱼类增殖站回用水池旁及鱼苗培育车间 2 附近有空间可以利用(见下图)，考虑利用此处空地新增养殖水体，满足增殖放流要求。

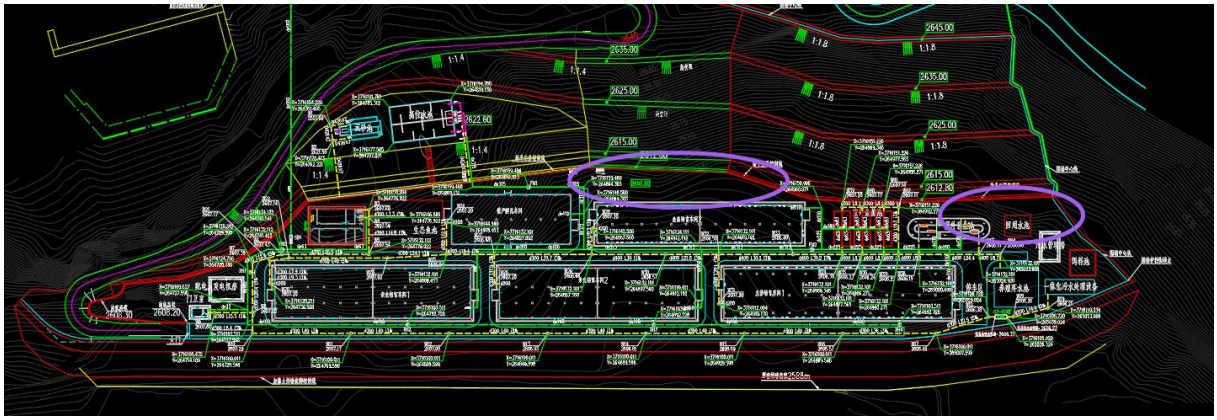


图 6.6-30　两河口鱼类增殖站可利用空地示意图

3)方案三：改造现有车间，增大养殖水体面积

本方案拟对现有亲鱼培育车间、鱼苗培育车间(见图 6.6-30~6.6-32)进行改造，增大养殖水体面积。

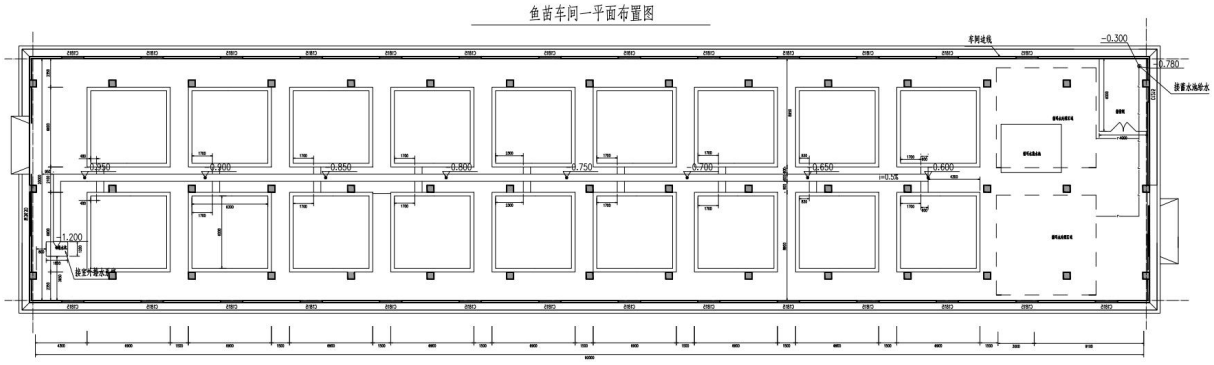


图 6.6-31　两河口鱼类增殖站鱼苗车间一平面布置

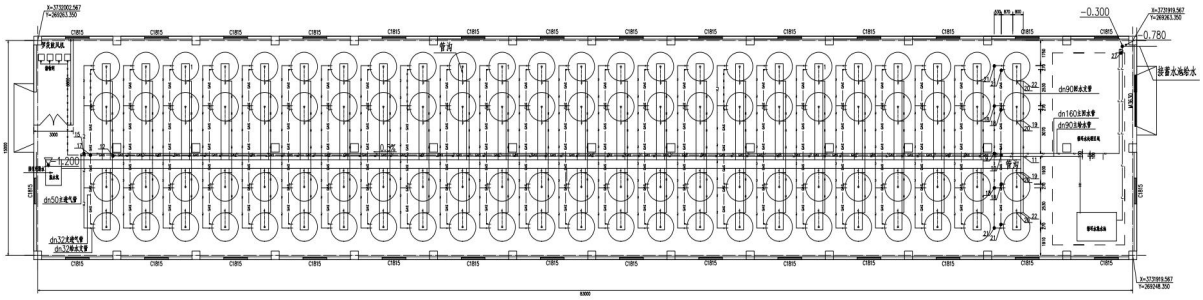


图 6.6-32　两河口鱼类增殖站鱼苗车间二平面布置

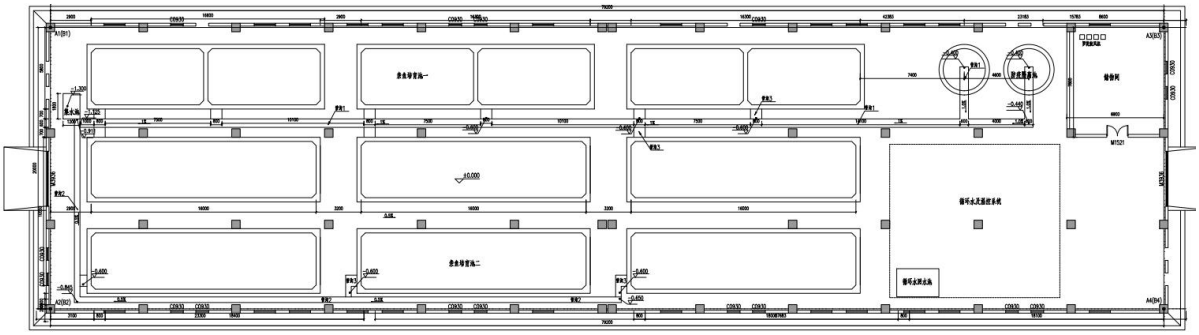


图 6.6-33　两河口鱼类增殖站亲鱼车间一、二平面布置

由上图可知，现有车间布置较紧凑，车间内无多余可利用空间，且车间内采用循环水养殖工艺，进出水管路复杂，车间内各养殖设施满负荷运行，改造工程施工期间将影响车间生产。

综上所述，方案一和三可行性较低，本次推荐采用方案二，增加室外养殖设施，增大养殖水体面积，满足 9.5 万尾/年的放流规模。

(2)工艺计算

根据增殖放流的数量、鱼类的平均产卵量、催产率、受精率、孵化率、鱼苗成活率，推算出达到放流规模所需要的各种成熟雌性亲鱼重量。渔业生产人工授精中，人工繁殖技术成熟、操作人员熟练时，所需雄性亲鱼数量要少于雌性。本工程雌雄比选择为 1.5：

1。经计算，两河口增殖站改扩建工程繁殖用亲鱼为92.21kg。同时，由于每年在人工繁殖操作过程中亲鱼有一定的损失，并且因年老需自然淘汰一部分亲鱼，故需准备一定数量的后备亲鱼作为补充群体，本设计后备亲鱼比例按25%考虑，为23.05kg。本增殖站亲鱼需要量计算见表6.6-15，经计算，两河口增殖站改扩建工程共需亲鱼115.26kg。

放流对象苗种、受精卵及亲鱼需求量表

表6.6-15

种　类	受精卵(万粒)	受精率	产卵量(万粒)	催产率	雌性亲鱼重(kg)	雄性亲鱼重(kg)	后备亲鱼(kg)	小计(kg)
黄石爬鮡	7.29	70%	10.42	0.65	20.03	13.35	8.35	41.73
软刺裸裂尻鱼	25.69	70%	36.71	0.65	35.29	23.53	14.71	73.53
合　计	32.99		42.12		55.33	36.88	23.56	115.26

(3) 主要构筑物及设施

根据苗种和亲鱼数量计算鱼类增殖站各养殖设施(构筑物)的规格及数量。考虑到放流对象生活繁殖习性，通过对催产孵化及苗种的生产安排，部分养殖设施(构筑物)可重复使用。经计算，养殖设施统计详见表6.6-16。改造工程内容详见下表6.6-17。

养殖设施统计表

表6.6-16

序号	养殖设施	尺寸	数量	备注
1	催产池		/	改造
2	孵化槽		/	
3	孵化桶		/	
4	孵化瓶		/	
5	开口苗培育缸		/	
6	亲鱼培养缸	3(直径)*1.5(高)	20	新建
7	鱼苗培养缸	2(直径)*1.5(高)	15	新建
8	饵料池		/	室外，利旧
9	仿生态亲鱼池		/	室外，利旧
10	野化驯养池		/	室外，改造

两河口鱼类增殖站改造工程内容

表6.6-17

序号	改(扩建)类型	主要内容
1	新建	设置亲鱼培育缸、鱼苗培育缸及补气设备、养殖水回用设备
2	改造	对催产孵化车间催产池、孵化槽、孵化桶、开口苗培育缸等升级改造
3	改造	野化驯养池给排水系统

(4) 生产用水

牙根二级水电站与两河口、牙根一级共用同一鱼类增殖站，增殖站内需增加9.5万尾/年的设计规模来满足牙根二级的增殖放流需求，新增取水量为26.8万m^3/a(需水量计

算详见表 6.6-16)，两河口增殖站目前取水规模为 146.8 万 m^3/a。原设计取水口年最大取水量为 219 万 m^3/a，原取水设施够满足牙根二级增殖放流需求。

两河口鱼类增殖放流站新增用水量计算表

表 6.6-18

序号	养殖设施名称	半径（m）	深（m）	水深（m）	个数（个）	水体体积（m3）	换水频率	日需水量（m3/d）	备注
1	圆形亲鱼池	1.5	1.5	1.2	20	169.56	3	509	
2	圆形鱼苗池	1	1.5	1.2	15	56.52	4	226	
合计								734.76	
日需水量（m^3/s）								0.009	

(5) 生产退水

各生产车间、室外亲鱼池、室外鱼苗池、饵料池废水均通过排水管道及检查井统一排至养殖退水池，排入养殖退水池中的生产废水，经停留沉淀后，其上部清水直接排放，底部浓度较高、营养物含量较高的污水进入污水处理系统。

(6)改造工程工程量

经计算，两河口鱼类增殖站改造工程工程量详见表 6.6-19。

两河口鱼类增殖站改造工程工程量清单

表 6.6-19

序号	名称	型号规格	材质	单位	数量	备注
1	亲鱼培育缸	直径 3000mm，成品玻璃钢	玻璃钢	个	20	
2	鱼苗培育缸	直径 2000mm，成品玻璃钢	玻璃钢	个	15	
3	室外管沟	宽 1000mm×高 600mm	混凝土	m	120	含盖板
4	回用水管	dn200，PN1.0MPa	PE	m	250	尾水池，埋地
5	进水主管	dn160，PN1.0MPa	PE	m	200	埋地
6	进水支管	dn32，PN1.0MPa	PE	m	150	接养殖设施
7	弯头	dn63，PN1.0MPa	PE	个	81	
8	弯头	dn200，PN1.0MPa	PE	个	10	
9	变径三通	dn160×63，PN1.0MPa	PE	个	27	
10	闸阀	DN200	铸铁	个	1	仿生态亲鱼池进水
11	球阀	dn32	PE	个	27	进水支管
12	阀门井	直径 1400mm，07MS101-2,页 13	混凝土	座	1	仿生态亲鱼池进水
13	潜水泵	150WQ150-35-37（Q=150m^3/h,H=35m）	铸铁	台	2	排水回用，一用一备
14	罗茨鼓风机	RB11，供气流量 3m^3/min，配套电机 2.2kW	铸铁	台	2	一用一备
15	进气主管	dn63，PN1.0MPa	PE	m	150	埋地
16	进气支管	dn32，PN1.0MPa	PE	m	100	接养殖设施
17	变径三通	dn63×32，PN1.0MPa	PE	个	27	

序号	名称	型号规格	材质	单位	数量	备注
18	球阀	dn32	PE	个	27	进气支管
19	室外排水管	DN400，UPVC 双壁波纹管	UPVC	m	120	埋地
20	检查井	直径 1000mm，国标图集 20S515,页 30	混凝土	座	6	
21	排水主管	DN300，UPVC 双壁波纹管	UPVC	m	120	管沟内
22	排水支管	DN150，UPVC 双壁波纹管	UPVC	m	150	管沟内
23	正三通	DN300，UPVC	UPVC	个	1	仿生态亲鱼池
24	闸阀	DN300	铸铁	个	2	仿生态亲鱼池进水
25	阀门井	直径 1400mm，07MS101-2,页 13	座	座	1	仿生态亲鱼池排水
26	室外养殖设施截水沟	宽 300mm×高 300mm	混凝土	m	200	
27	土方开挖			m^3	2760	管道沟槽开挖
28	土方回填			m^3	750	管道沟槽回填
29	中粗砂			m^3	1980	管道基础
30	电气及自控			项	1	潜水泵和鼓风机
31	催产孵化车间改造			项	1	

综上，本次需要在站内新增 20 个直径 3m 的亲鱼培养缸，16 个直径 2m 的鱼苗培养缸，其余养殖设施利用现有设施，对现有设施进行改造，不新增用地，新增养殖设施初步布置详见图 6.6-34。通过改造工程的实施可满足牙根二级水电站增殖放流任务要求。

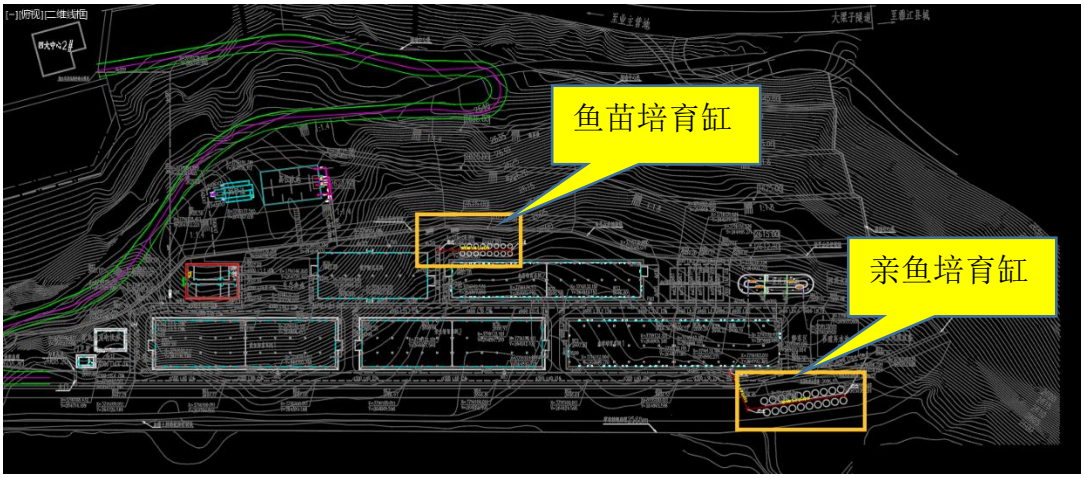


图 6.6-34　牙根二级增殖放流新增养殖设施初步布置示意图

6.6.7 生态调度

6.6.7.1 生态调度目标

生态调度的目标为在鱼类繁殖期间，利用两河口的调节能力，加大流量下泄，并人为制造数个径流涨落变化和流量脉冲过程，尽可能恢复河道水文环境的天然变化过程，保障适宜鱼类生存繁殖的生境条件，同时为河段鱼类保护和水电站生态调度提供较为完

善的生态流量过程线。

6.6.7.2 牙根二级生态调度方案设计

(1)生态调度原则

1)牙根二级水电站仅具有日调节性能，不会改变年内径流过程，逐日下泄流量受上游两河口水电站控制过程，因此，生态调度主要结合上游梯级生态调度同步开展。

2)生态调度期间，牙根二级出库流量需满足下游河段鱼类繁殖所需生态流量，即下泄流量不低于 154.4m^3/s。

3)本工程评价河段涉及的鱼类主要为裂腹鱼类，以产粘沉性卵鱼类为主，依据其繁殖特性，生态调度期间提供相对稳定的流量、水位、水温过程，满足其繁殖需要。

4)依据雅砻江中游河段梯级电站建设时序，上游牙根一级、两河口混蓄电站(2028年投产)早于牙根二级约 8 年建成发电，期间牙根二级坝下河段产卵生境已受上游梯级日内调峰影响。生态调度期间，牙根二级利用其调节库容，尽量均化出库流量过程，坝下河段日内水位波动以维持或减缓上游梯级影响为宜。依据两河口混蓄电站环评预测结果，要求生态调度期间，以牙根二级坝下力丘河汇口下游产卵场为控制断面，其日内水位变幅不得超过 0.88m。

(2)日内流量过程

1)上游来流

依据审批的上游梯级生态调度要求，两河口、牙根一级、两河口混蓄三座电站生态调度期间，牙根一级坝下 4 月流量在 613m^3/s~902m^3/s、5 月流量在 675m^3/s~961m^3/s、6 月流量在 648m^3/s~940m^3/s、7 月流量在 655m^3/s~920m^3/s，流量泄放过程见下图。

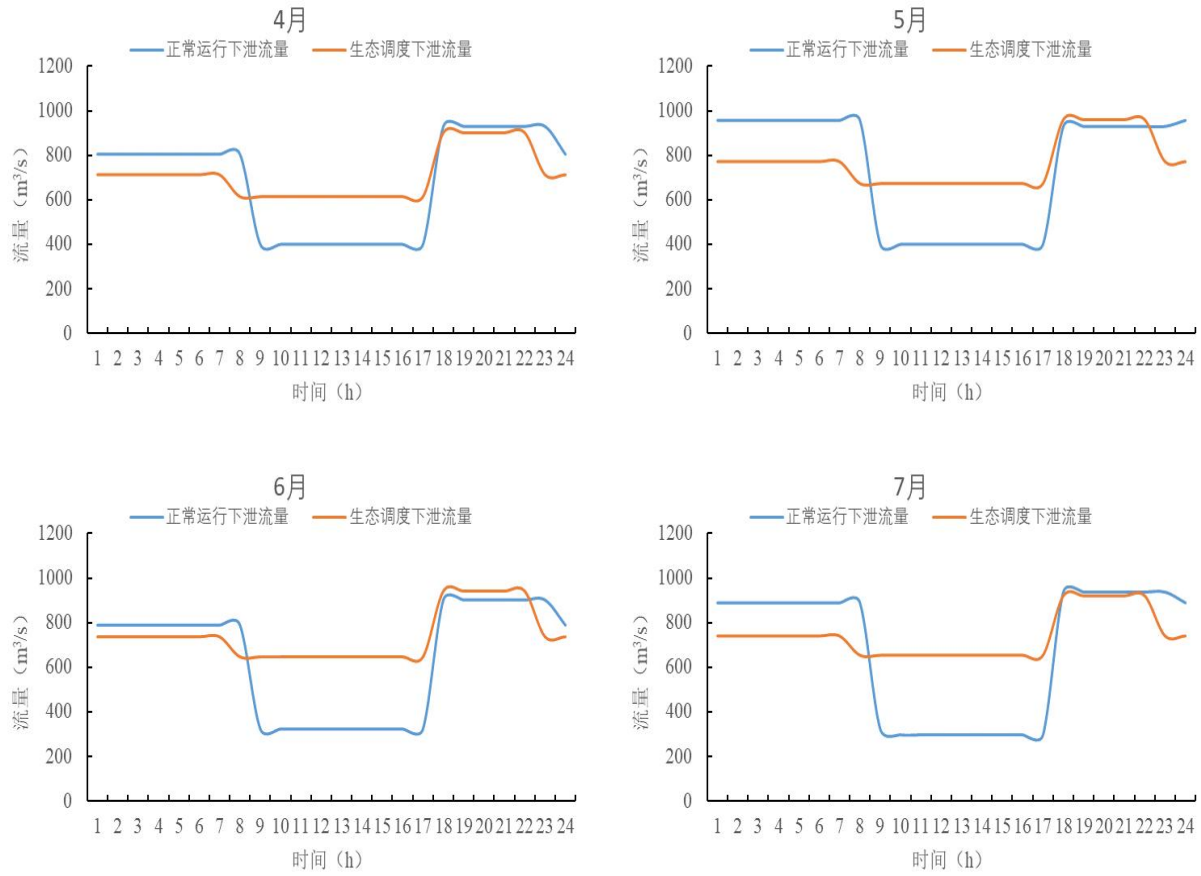


图 6.6-35　上游梯级联合生态调度期间日内流量下泄过程（平水年）

2)牙根二级出库流量

① 楞古建成前

根据工程河段主要裂腹鱼类、鮡科鱼类繁殖特性以及对水文情势的适应范围，并协调考虑两河口、牙根一级牙根二级承担四川电力系统调峰作用需求，根据牙根二级调节库容规模，提出平水年牙根二级生态调度主要产卵期典型日内流量过程，见表 6.6-18 及图 6.6-36~图 6.6-39。生态调度期间，牙根二级坝下 4 月流量在 656.6m³ /s~889.2m³ /s、5 月流量在 725.1m³ /s~974.4m³ /s、6 月流量在 790.8m³ /s~1056.7m³ /s，7 月流量在 784.0m³ /s~1046.5m³ /s，泄放流量过程在满足鱼类产卵繁殖所需流量要求的同时，进一步均化日内出库流量过程。

生态调度期间典型日内流量过程(平水年)

表 6.6-20

时间	4 月		5 月		6 月		7 月	
	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后
1h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
2h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5

时间	4 月		5 月		6 月		7 月	
	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后	生态调度前	生态调度后
3h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
4h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
5h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
6h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
7h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1006	1420.5	1005
8h	1017.5	657	1092.5	725	1261.1	790.8	1255.7	784
9h	374.8	656.6	485.7	725.1	710.6	790.8	739.9	784
10h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
11h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
12h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
13h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
14h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
15h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
16h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
17h	210.8	656.6	216	725.1	211	790.8	216	784
18h	210.8	656.6	216	725.1	224.2	790.8	359.5	784
19h	661.9	656.6	786	725.1	820.7	790.8	910.2	784
20h	1174.4	764	1207.4	898	1288.2	1056.7	1304	1046.5
21h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
22h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
23h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5
24h	1209	889.2	1345.7	974.4	1466.1	1056.7	1420.5	1046.5

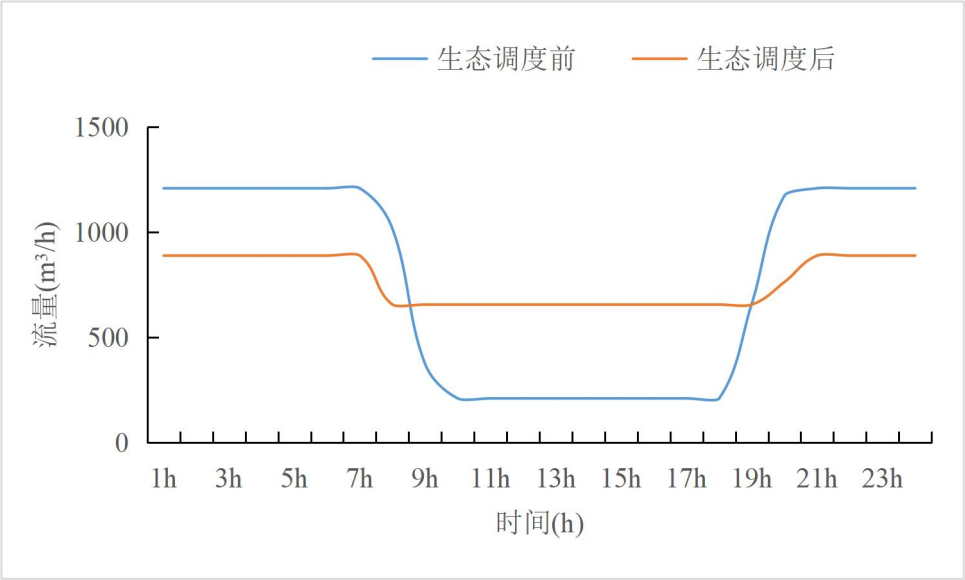


图 6.6-36　平水年 4 月联合生态调度下泄流量过程

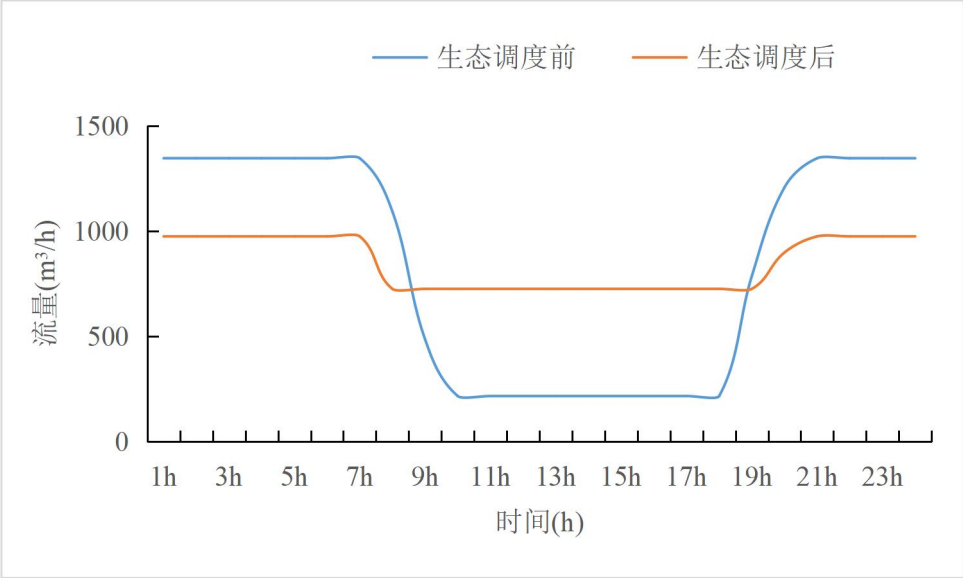


图 6.6-37　平水年 5 月联合生态调度下泄流量过程

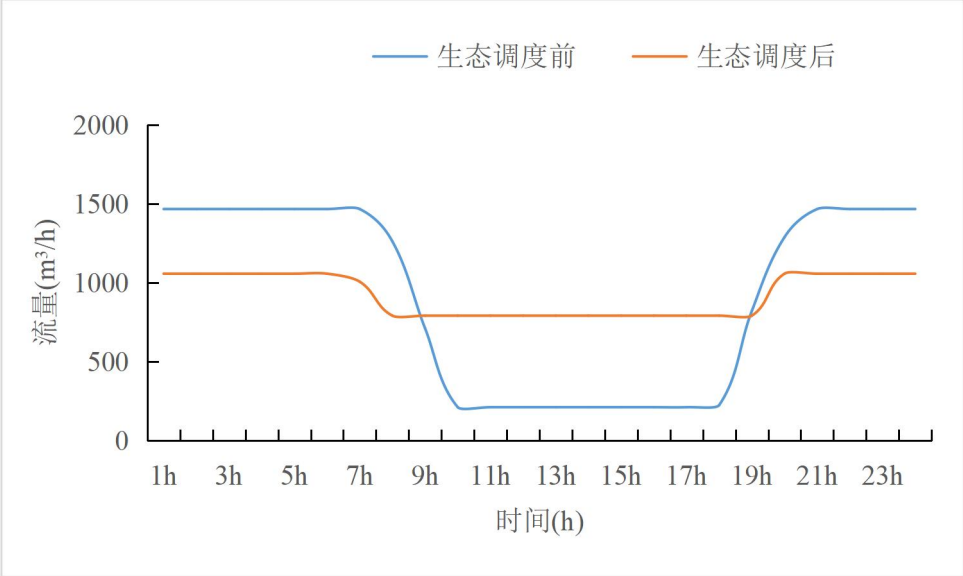


图 6.6-38　平水年 6 月联合生态调度下泄流量过程

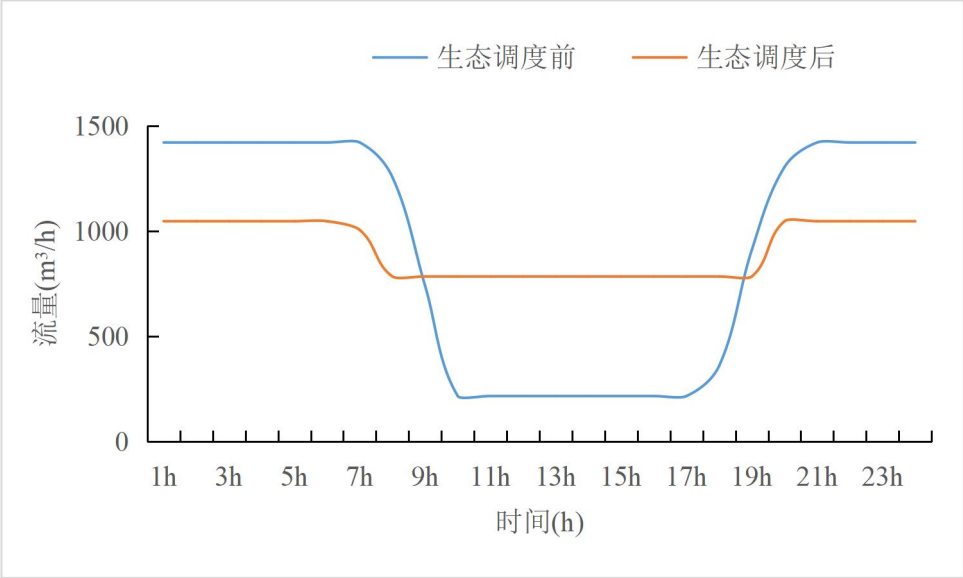


图 6.6-39　平水年 7 月联合生态调度下泄流量过程

② 效果评估

生态调度期间，各典型月流量过程满足鱼类产卵繁殖所需流量要求。

选取平水年裂腹鱼繁殖高峰期典型日（5 月）、鮠科鱼类繁殖高峰期（7 月）开展分析，根据纵向一维数值模拟，生态调度期间各典型日牙根二级坝下主要产卵场断面日内水深变幅见图 6.6-40~图 6.6-41。与正常运行工况水深变化情况见表 6.6-21。

从表、图中可见，生态调度期间，各产卵场断面日内水深变化均优于正常运行工况。以力丘河汇口产卵场断面为例，生态调度期间，5 月水深最大日内变化为 0.75m，较正常运行工况下减少 3.2m；7 月水深日内最大变化为 0.65m，较正常运行工况减少了 2.87m。日内水位变幅较上游梯级日内调峰影响结果（0.88m）有所改善。

总体看来，生态调度期间，牙根二级坝下各产卵场断面日内水深变化均控制在 0.8m 以内，较正常运行工况降低 80%左右，优化了坝址下游河段鱼类产卵生境。

生态调度期间坝下产卵场断面日内水深变化情况统计

表 6.6-21　　单位：m

断面名称	力丘河汇口下游产卵场		马蹄村产卵场	
	5 月	7 月	5 月	7 月
正常运行工况	3.95	3.52	2.59	2.49
生态调度期间	0.75	0.65	0.52	0.51
变幅差值	-3.2	-2.87	-2.07	-1.98
变幅（%）	-81.01%	-81.53%	-79.92%	-79.52%

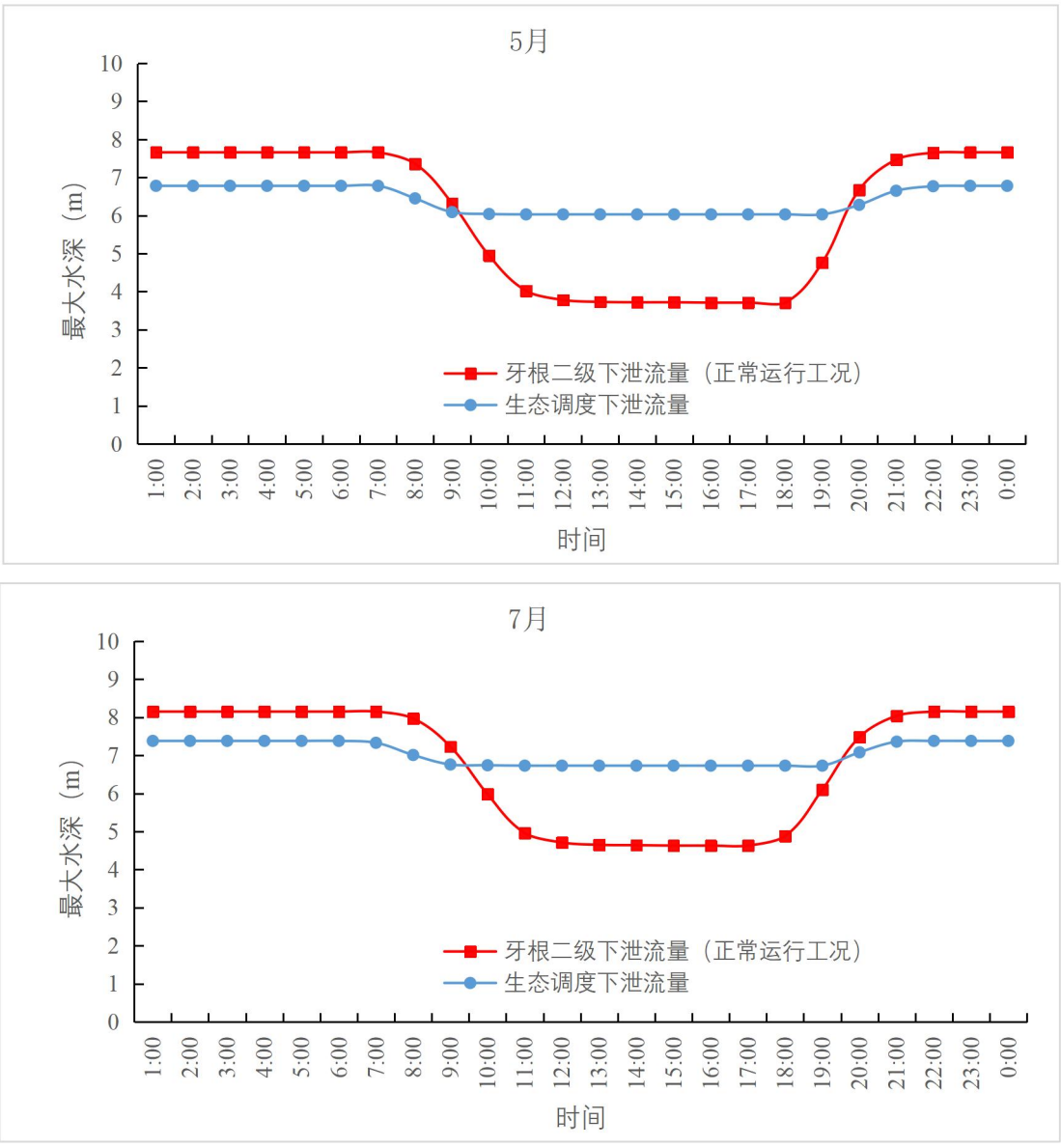
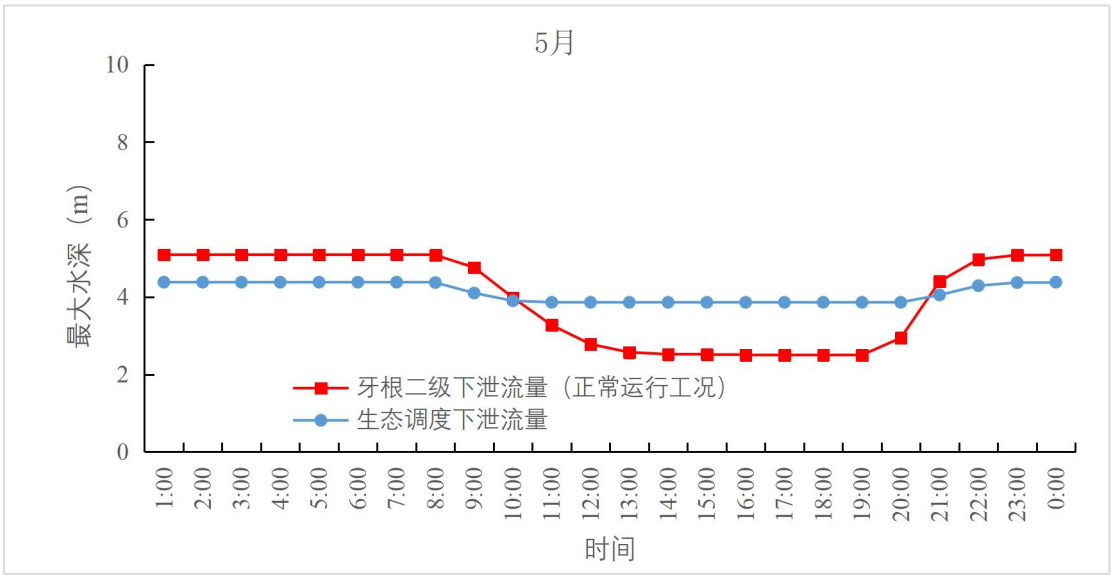


图 6.6-40　生态调度期间力丘河汇口下游产卵场断面日内水深变化



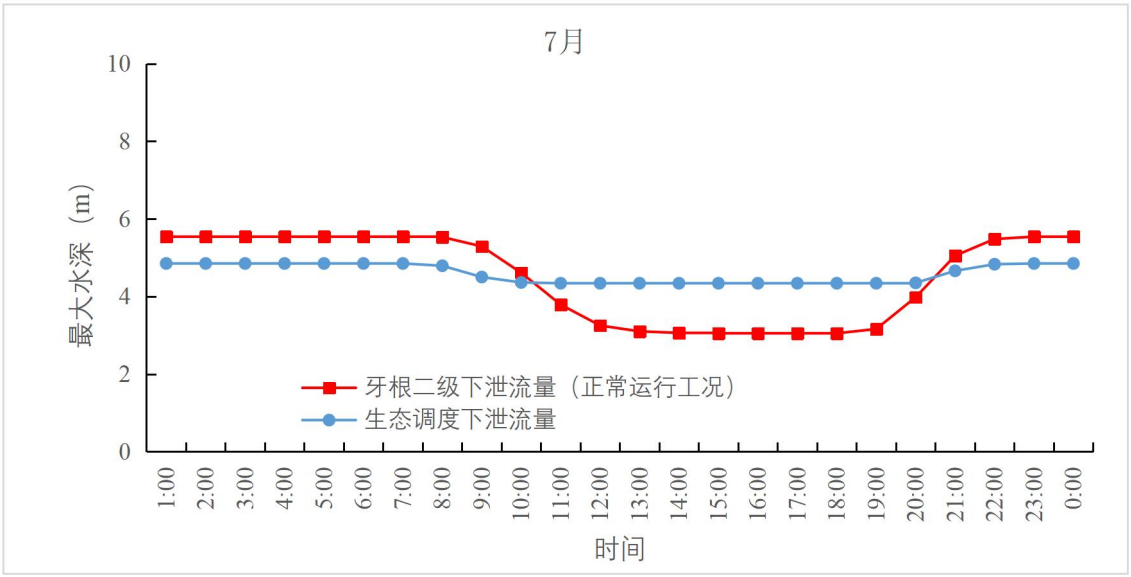


图 6.6-41　生态调度期间马蹄村产卵场断面日内水深变化

② 楞古建成后

楞古建成后，生态调度期间，坝下河段日内流量过程由楞古水库调度。

6.6.7.3 下阶段工作建议

目前，建设单位已委托开展雅砻江流域梯级联合生态调度研究工作，建议将牙根二级生态调度要求纳入上述研究工作中。综合分析雅砻江中下游干流鱼类资源状况，评估雅砻江中下游梯级水库调度运行对鱼类自然繁殖的影响，开展河段联合生态调度研究，科学制定调度方案，并及时开展效果监测和评估。

6.6.8 科学研究

《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）文提出：要

开展流域水电开发环境保护关键技术研究，积极开展“干流和支流开发与保护”生态补偿试点。进一步开展高寒地区生态影响和恢复措施、珍稀特有鱼类人工驯养繁殖、导鱼过鱼设施、河流与水库生境修复等研究。建立健全流域水电开发环境保护统筹机制，优化梯级电站生态调度。

《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）文提出：积极开展水电工程环境保护关键技术研究。从流域、项目两个层面开展模拟生态水文过程调度、生态流量保障、水温恢复、过鱼设施、增殖放流、珍稀特有鱼类人工驯养繁殖、河流与水库生境修复、栖息地建设等关键技术研究，为水电工程环境保护工作的深入开展提供技术支撑。基于上述文件要求，并结合流域规划环评、历次回顾性评价及水电规划环评相关建议，拟定牙根二级水电站水生生态环境保护相关科研规划。

6.6.8.1 鱼类栖息地保护相关研究

依据《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》及其审查意见要求，雅砻江中游后续未开发梯级牙根二级及楞古电站需承担流域栖息地保护科研课题，并分担科研费用。

(1)雅砻江中游鱼类栖息地补偿机制研究

研究栖息地补偿原则、补偿标准、补偿目标、主客体关系、补偿机制等。

(2)雅砻江中游鱼类栖息地管理模式、制度和策略研究

收集分析国内外典型流域、区域鱼类栖息地管理模式、法规制度及其成效；结合雅砻江中游栖息地保护要求，研究适应于雅砻江中游的栖息地管理模式、制度和办法。

(3)雅砻江中游鱼类栖息地保护效果评价体系研究

构建包含生物多样性、关键物种种群、生境连通性等多指标、多维度栖息地保护效果综合评价指标体系等。

(4)雅砻江中游鱼类栖息地生态环境监测系统和智慧化管理平台研究与建设

开发实时、自动化的栖息地关键环境因子（水质、水温、流量、地形）监测系统；构建集数据采集、存储、分析、预警与决策支持于一体的智慧化管理平台，实现栖息地状态可视化与动态管理等。

(5)雅砻江优势种鱼类生长繁育与水温、水文节律响应关系研究

通过野外和室内调查、监测、试验等手段，研究优势种鱼类生长速度、性腺发育、产卵时间等与水温变化、水文过程的响应关系。

(6)霍曲河修复措施及保护效果研究

针对霍曲河小水电拆除后应及时对河段开展生态修复措施研究，为鱼类提供畅通的洄游通道和良好的栖息环境；开展栖息地水动力学研究，对鱼类产卵场的水文条件开展监测，明确重要鱼类繁殖偏好水文条件，为生境修复和生境再造提供依据；开展栖息地保护效果跟踪监测研究，根据栖息地保护河段鱼类资源和“三场”变化，评估栖息地保护效果，必要时开展栖息地保护方案的优化调整。

6.6.8.2 过鱼相关技术研究

(1)电站与过鱼设施联合运行调度研究

为长期保障电站运行获得经济效益的同时保证过鱼设施发挥环保功能，有必要研究电站与过鱼设施联合运行调度对过鱼效果的影响，研究电站与过鱼设施耦合运行的最佳过鱼工况，并编制项目过鱼设施运行规程。

(2)过坝后保护效果研究

过鱼设施设计、建设与运行的最终目的是沟通工程河段上下游鱼类的基因交流，因此有必要开展鱼类过坝后的保护效果研究。相关研究内容包括鱼类的过坝后的生活史和遗传多样性变化情况。

(3)上下游梯级统筹联合过鱼设计方案研究

考虑到楞古水电站库尾与牙根二级水电站坝下尾水衔接，楞古库区长度仅有约 5km，且受到楞古水电站发电影响，库水位变动频繁，不利于鱼类生存和繁殖。建议在楞古梯级环评阶段，从鱼类收集、分拣、转运和放流等方面开展研究，进一步统筹优化楞古水电站上下游梯级联合过鱼设计方案。

(4)自动化高效鱼类转运技术深化研究

专项设计阶段开展无人机鱼类转运方案研究，自动化多功能运鱼车研发以及智能化多功能运鱼箱的研发，提高鱼类转运效率和可靠性，完善鱼类转运设计方案，保障转运方案满足牙根二级水电站过鱼设施的运行需求。

6.6.8.3 鱼类增殖放流相关技术研究

依托两河口鱼类增殖站，对于人工繁殖技术难度大、尚没有成熟的鱼类开展驯养、繁殖和苗种培育技术研究，尽快达到规模化增殖放流目的，牙根二级按比例分摊部分科研费用。

6.6.8.4 生态调度研究

下阶段进一步做好雅砻江流域梯级联合生态调度研究工作，建立与生态关联的统筹

调度机制，科学制定调度方案。提出既满足下游水生生态、特别是鱼类繁殖的需求，又能够充分发挥未来电力系统中水电调峰发电作用的生态调度方案。

6.7 陆生生态保护措施

6.7.1 陆生植物保护措施

6.7.1.1 避让措施

(1)优化工程布置，工程选址应尽量避免占用区域林地，应尽量选择荒地、未利用地，减少对自然生态和植被的破坏。

(2)优化施工方案，项目弃渣场、坝址等工程的设置要在最大限度上做到挖填平衡，减少土石方远距离调运，尽可能地减轻在施工过程中因土石方运输造成的扬尘污染以及雨季施工潜在的水土流失等对植被的破坏。

(3)保护区域农田植被，优化施工时序，建议在农作物收获后施工。

(4)加强森林防火工作，设置警示牌，对施工人员和周边的居民进行宣传教育严禁携带火种进山，严防放火烧荒，避免对林地的损毁。

(5)施工前开展详细的陆生调查工作，施工过程中如发现珍稀保护植物，应通报地方林业部门开展就地或迁地保护。

6.7.1.2 减缓措施

(1)加强森林资源保护，工程施工时应防止对其周边森林资源的滥砍乱伐和过量采伐林木及毁林等不良现象发生，同时应保护好评价区内现有的森林。

(2)划定施工活动范围，加强施工监理工作。应确保施工人员在征地范围内活动，从而减轻非施工因素对周围植物及植被的占用与压踏。

(3)设置警示牌，施工期间，在坝址区域、生产生活区域、施工工厂设施区域、砂石加工系统、混凝土拌和系统等各主要施工区及周边植被较好的地段设置生态保护警示牌。警示牌上标明工程施工区范围，禁止越界违规施工占地或砍伐林木，尽量减少占地造成的植被损失。

(4)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。

(5)加强宣传教育活动，强化生态保护意识。施工前印发生态保护手册，加强对施工人员的法律和生态保护知识的宣传教育。

(6)加强植物检疫。在施工建设过程中要加强包装材料的检疫工作，防止森林病虫害

的爆发。

(7)加强水土流失的治理工作。对于施工过程中扰动的地表应及时的进行植被恢复，因工程不能及时恢复的应做好相应遮挡防护等临时措施。

6.7.1.3 恢复与补偿措施

施工结束后，应结合水土保持方案开展场内植被恢复及临时占地复垦工作。依据本项目水土保持方案报告书设计成果，坚持分区防治原则，其中植物措施设计根据当地立地条件，按“适地适树、适地适草”的原则，选择适应性强、根系发达、生长速度快、容易种植、成活率高的品种，此外，工程所采取树草种充分结合环境要求，选择适宜的树草种进行配置，在满足防治水土流失的前提下，美化环境。施工区各防治区采取的植被恢复措施如下：

(1)枢纽区

1)枢纽工程区

施工过程中，在大坝左、右岸边坡上缘设置混凝土截水沟；2565m 高程以上马道内侧设置浆砌石马道排水沟；马道排水沟外侧设置 60cm 宽浆砌石马道种植槽；施工期间对裸露边坡采取土工布苫盖；施工后期对种植槽及左右岸坝肩景观绿化范围进行覆土并对种植槽进行灌草绿化、景观绿化范围进行园林绿化。

2)弃渣场区

工程施工前期新建挡水坝、沿沟底铺设临时排水涵管及碎石盲沟用于排导排水涵洞施工期间的上游来水，渣脚新建混凝土挡墙，弃渣场两侧山体设置混凝土截水沟；由于弃渣场堆存时间较长、最大堆渣高度较高，在永久截（排）水沟建成前需在适当位置新建临时排水沟、临时沉沙池以导流坡面汇水；堆渣结束后，沿渣场左侧山地修建应急排洪渠，渣场顶部、坡面可恢复植被区域进行覆土、土地整治，对日岗沟弃渣场渣顶进行复耕，其余覆土区域采取种植灌草进行植被恢复。

3)渣料转存场区

施工前期，进行表土剥离并集中堆存至临时表土堆存场；新建挡水坝、沿沟底铺设排水涵管用于排导暂存料堆存期间的上游来水，渣脚新建混凝土挡墙，渣料转存场两侧山体设置混凝土截水沟；由于暂存场堆存时间较长、最大堆渣高度较高，在截（排）水沟建成前需在适当位置新建临时排水沟、临时沉沙池以导流坡面汇水；场地使用结束后，对占地范围 2560m 正常蓄水位以上区域进行覆土、土地整治，并采取种植灌草进行植被

恢复。

4)表土堆存场区

堆存表土前，在表土堆存场下游坡脚设置钢筋石笼挡墙，周边设置浆砌石临时排水沟；表土堆存期间，采取撒播植草进行临时防护；表土回采利用完毕后，对堆存场地进行土地整治并复耕。

5)交通设施区

施工过程中，在永久道路挖方边坡坡脚设置混凝土排水沟并引接至自然沟道，临时道路挖方边坡坡脚设置土袋挡墙临时拦挡，挡墙外临时道路在挖方边坡坡脚设浆砌石临时排水边沟，对施工期裸露边坡采取临时苫盖，对永久道路采取栽植行道树及撒播植草进行绿化美化；施工结束后，对道路可绿化区域进行土地整治，并采取撒播植草进行植被恢复。

6)施工生产生活区

施工前，进行表土剥离并集中堆存至临时表土堆存场；施工前期施工场地周边设置浆砌石排水沟，施工期间对备料区采取土工布苫盖；施工结束后，可恢复植被区域进行覆土、土地整治，种植乔灌草进行植被恢复，对占用耕地的采取复耕。

7)水库淹没及影响区

工程建设及运行期间，建议建设单位对水库库岸的稳定性进行定时监测，若发现有失稳迹象，建设单位应及时采取相应的水土保持工程措施、植物措施等以减少水土流失；下闸蓄水前对库区部分表土进行剥离并运至渣场顶部进行集中堆存。

(2)移民安置区

施工前，将对占压耕地、园地、林地及草地区域采取表土剥离，集中堆存在电站枢纽工程区设置的表土堆存场内，相应的措施及投资计入电站枢纽工程区的表土堆存场区；施工过程中，在开挖边坡上游来水侧设置截水沟，坡脚、道路及构筑物周边设置排水沟，排水沟顺接原有排水沟或沟道；施工结束后，对本区可恢复植被区域进行覆土、全面整地，并种植乔草进行植被恢复。

6.7.1.4 重要植物保护措施

评价区内分布有 4 种国家二级保护植物，分别为五小叶槭、光核桃、芒苞草、松茸（真菌）。

五小叶槭的保护措施由五小叶槭专章详细介绍。

根据评价区国家重点保护野生植物的分布海拔及生境条件，评价区内松茸主要分布在海拔 3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中，而牙根二级水电站的工程布置区域主要在河岸两侧，海拔在 2400-2800m 区间，工程建设对其无直接影响。芒苞草主要分布在远离河道的灌丛林地下，工程用地范围离芒苞草的分布较远。在磨子沟调查到 1 株光核桃、麻郎措镇沟口调查到 10 株光核桃左右，均位于工程淹没线以上。

但是由于库区回水距离较长，淹没范围广，而陆生生态评价受地形、交通等因素影响无法对淹没范围实施全覆盖调查，在项目淹没红线确定后清库时应重点关注上述保护植物的分布区块，进一步核实有无上述保护植物分布，采取如下保护措施：①在库区淹没红线勘察放线完成后应对淹没范围进行清查。②上述国家重点保护植物移植难度小、成活率较高，移栽措施可以达到有效保护的目的。在库区蓄水前应将淹没范围内有分布的保护植物植株统一靠后移植出库区淹没区。③加强对施工人员的管理，禁止施工人员擅自离开施工区进入林区内采挖上述保护植物植株，避免给保护植物分布生境带来干扰，确保评价区内的保护植物资源量不因电站相关施工活动而减少。

松茸是重要的经济菌类，与藏区人民的收入紧密相关。工程建设不会对松茸的生长环境带来直接侵占影响，但应加强对施工人员的管理，禁止施工人员在评价区及周边环境参与采摘松茸，保护这些珍贵菌类的资源量并避免与当地原住民发生民事纠纷。

6.7.1.5 五小叶槭专项保护措施

为了科学合理地解决好牙根二级水电站建设影响区域五小叶槭的保护与利用问题，最大程度降低工程建设对其造成的影响和破坏，本次环评阶段，我公司联合中国科学院成都生物研究所和四川省林业科学研究院于 2023 年 6 月共同编制完成了《雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题》（以下称《专题报告》）。同月，四川省林业和草原局组织召开《专题报告》专家评审会，并于同年 8 月出具了“关于《雅砻江牙根二级水电站五小叶槭影响和保护措施规划专题报告》审查意见的函”（详见附件 12）。

本节内容依据《专题报告》及其批复意见要求，结合优化后的施工布置和施工进度计划，进一步明确和完善了五小叶槭保护措施。

(1)保护思路及措施布局

1)保护思路

为减小水电工程对五小叶槭植物的影响，协调好工程和珍稀保护植物的关系，最大限度地保护区域内五小叶槭种群，减少工程建设对该物种的影响和破坏，以实事求是、

科学处置、遵循物种生物学和生态学特征、生态保护和社会经济效益协调发展为原则，从避让、修复、管理、监测、科研等角度提出了一套五小叶槭保护措施。保护措施规划涵盖全雅砻江流域的五小叶槭居群，并重点关注受牙根二级水电站影响的雅江县五小叶槭居群。

通过五小叶槭原生境保护、种质资源收集保存、野生植株移栽迁地保护等措施，减少工程实施对野生植株个体的影响；通过采取影响区域种源人工扩繁、野外回归、生境营造、社区辅助管理等措施，促进种群遗传资源保护与种群复壮；通过提升移栽和栽培的管理技术并加强监测，动态掌握五小叶槭种群变化趋势，优化保护措施；通过对五小叶槭良种培育与推广景观利用，促进五小叶槭野外种群保护。

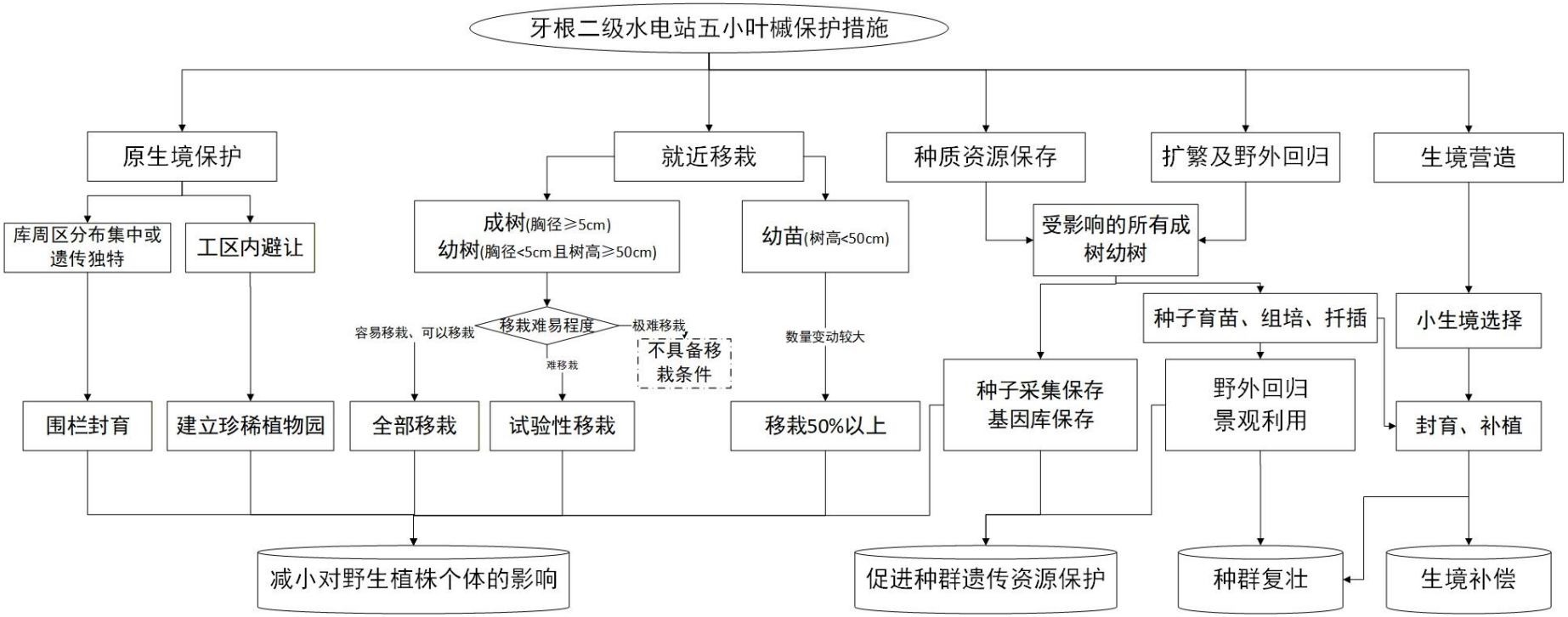


图 6.7-1　五小叶槭保护总体思路

2) 保护目标

通过小生境改造，就近移栽、野外回归（造林），以及 10 年时间的封山育林、补植和管护，培育成总面积不少于 3.1km^2 的五小叶槭林，其中的五小叶槭不少于 23314 株。分项保护目标如下：

①原生境保护

选择工程河段五小叶槭遗传多样性较为独特且分布较为集中的原生生境，开展保护和管理。本阶段已明确可开展原生境保护的五小叶槭共 413 株，包括木灰村 124 株、茨卡村 211 株、唐岗村 78 株。

②就近移栽

坚持“能移尽移，大小通移”的原则，就近生境改造，对具备移栽条件的地块，除原生境保护的植株外，移栽至少 1356 株成树、幼树（其中 592 株为试验性移栽）和至少 1173 株幼苗。对采挖移栽施工安全无保障或者移栽成活难的植株，尽量连续数年采集种子保存与播种。暂定不同径级五小叶槭 1 年综合成活率达 60%以上、3 年综合保存率达 50%以上。其中，暂定幼苗成活率 70%以上、保存率 60%以上，幼树成活率 60%以上、保存率 50%以上，成树成活率 50%以上、保存率 40%以上，后续开展五小叶槭阶段性移栽，根据移栽结果予以修正。

③种质资源保存

对工程影响范围内的 1714 株五小叶槭成树和幼树均进行种质资源的保存，保证受工程影响的五小叶槭遗传资源不损失。对有种子的植株进行采种保存；没有种子的植株采集枝条、叶片等部位进行保存。

④人工扩繁及野外回归

对采集的 1714 株五小叶槭种质资源进行有性及无性扩繁，利用扩繁后的种苗进行野外回归与景观利用。野外回归（造林）3.1km^2，初植五小叶槭至少 20785 株（影响数量五倍以上并不低于 2023 年 8 月四川省林草局批复意见要求的数量）。在小生境选择、营造的基础上，实施整地（穴状、条带状）、植苗造林、封育、补植、播种（点播、撒播）和管护等措施，逐步实现种群壮大。

⑤小生境选择、营造

沿水库及河流两岸，在五小叶槭适宜生境范围内选择相似立地条件的地块。根据五小叶槭生境选择和生活史需求，开展生境改造和维护，总面积不少于 3.1km^2，用于野外

回归造林和就近移栽。

⑥封育与补植

连续 10 年封育、补植和小生境维护，五小叶槭总面积不少于 3.1km^2，其中的五小叶槭不少于 23314 株（野外回归数量加移栽数量总数以上，不低于 2023 年 8 月林草批复意见要求的数量 23064 株）。达到保护目标后，逐步解除封育、补植和小生境维护措施。

⑦科研及监测管理

加强科学研究和技术支撑，规范和加强野生植物的动态监测，有效管理研究及监测数据，扩大宣传教育，提高民众的保护意识。

3)保护措施总体布局

五小叶槭保护措施总体布局采用“一心，一带，多节点”的总体布局，并开展相应的监测与科研工作。

“一心”即以雅江县木灰村珍稀植物园为核心；“一带”为构建以牙根二级水电站库周复建路及 G318 国道为基础的五小叶槭景观绿化带，有机地连接雅江县多个五小叶槭保护节点；“多节点”则是综合考虑五小叶槭居群分布情况、居群内植株生长状况和居群遗传多样性等因素，在雅江县范围内设置多个综合保育基地，并结合牙根二级水电站的景观绿化和植被恢复工程，设置多个五小叶槭保护节点。

五小叶槭保护措施总体布局

表 6.7-1

序号	措施布局			内容	面积
1	一心	雅江县木灰村珍稀植物园		原生境保护五小叶槭 124 株； 移栽迁入五小叶槭成树幼树 656 株； 建立科学实验基地、人工繁育基地、雅砻江流域五小叶槭科教中心。	132 亩
2	一带	道路绿化带		通过牙根二级水电站库周复建路道路绿化带、G318 国道绿化带连接雅江县多个节点。回归栽培繁育苗木约 6000 株。	-
3	多节点	原生境保护、就近迁地保护、种植扩繁与种苗回归	雅江县唐岗村综合保育基地	围栏保护五小叶槭 78 株； 移栽迁入五小叶槭成树幼树 350 株。	46 亩
			雅江县茨卡村综合保育基地	围栏保护五小叶槭 211 株； 回归栽培繁育苗木 3000 株。	104 亩
			雅江县霍曲河口综合保育基地	移栽迁入五小叶槭成树幼树 350 株； 回归栽培繁育苗木 3000 株； 建立原生境繁育苗圃。	按雅江县林草局意见划定
			牙根二级水电站施工临时占地区	回归栽培繁育苗木 8785 株	3279 亩
		景观绿化	工程占地区景观绿化	对牙根二级水电站的施工临时占地区、永久营地、枢纽大坝等区域进行景观绿化。	-
		生境营造	库周适宜生境区域	沿水库及河流两岸，营造五小叶槭原生境不少于 3.1km^2。	(4650 亩)
4	其他	监测措施		开展原生境种群及迁地保护区种群监测、开展五小叶槭保护效果监测。	-
		科研措施		围绕牙根二级水电站工程影响及保护的五小叶槭开展种子采集与	-

序号	措施布局		内容	面积
			储藏、种子雨和幼苗构建、野生植株移栽、人工扩繁技术、群落构建、气候及土壤条件对生长影响等方面的研究。	

(2) 原生境保护

1)工程避让

牙根二级水电站工程布置遵循“能避尽避”原则，通过施工布置的优化，可集中避让雅江县木灰村两处五小叶槭集中分布区域，避让两区域面积约 27800m^2，共保护五小叶槭植株 124 株，占木灰村原有种群数量的 63%。同时，依托工程避让的两处五小叶槭居群和木灰村拟建业主营地，在雅江县木灰村规划建设珍稀植物园。木灰村珍稀植物园位于牙根二级水电站永久征地范围内，采取建设单位出资建设、与地方政府联合管理维护的方式进行实施。

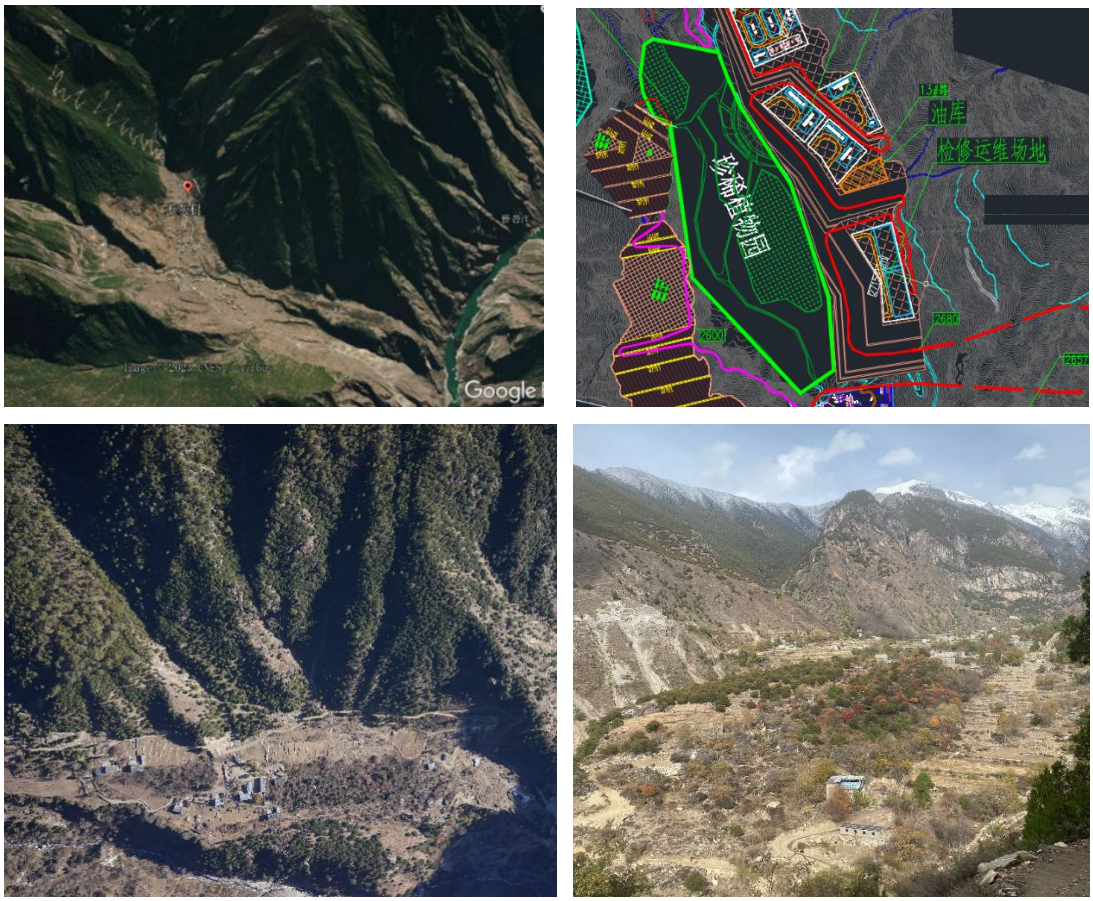


图 6.7-2　雅江县木灰村概况与规划图

2)原生境围栏保护

原生境保护是保护生物学里的基本措施，以保护植物群体、生境及景观为重点，并保护生境的完整性，避免来自人类的干扰，使生境免受破坏，故能有效地保护珍稀濒危植物。通过围栏封育保护的方式来对五小叶槭进行原生境保护，是可行且有效的保护措

施。

通过调查数据分析表明，五小叶槭仅分布于甘孜州和凉山州的雅砻江及其支流流域，区域内分布零散、局部呈现斑块化，对局部生境条件有强依赖性。根据野外调查数据和遗传多样性分析评估，针对临近工程建设区但不在工程直接影响范围内的五小叶槭居群，考虑五小叶槭遗传多样性独特、交通便利、便于开展社区共建等条件，将一定面积的五小叶槭原生境划分出来，开展原生境保护和管理。初步选择在工程所在的雅江县木灰村（珍稀植物园）（132亩共计124株）、唐岗村（26亩共计78棵）和茨卡村（104亩共计211棵）3处区域作为原生境保护单元，形成封育保护区，原生境保护的植株总计413株，总计面积262亩。

原生境保护操作流程参考“极小种群野生植物保护技术 第1部分—就地保护及生境修复技术规程（LY/T 3086.1—2019）”相关技术操作，在后期的实际操作过程中可做必要细化及调整。

木灰村珍稀植物园已纳入工程征地范围内，采取建设单位出资建设、与地方政府联合管理维护的方式进行实施。唐岗村原生境保护区属于国有林地，茨卡村原生境保护区属于集体林地，这两处保护点实施方式初步计划采用由电站业主出资，对保护区内的五小叶槭进行围栏、挂牌；后期管护由业主出资，委托地方林草部门进行定期管护。

五小叶槭原生境保护点概况

表 6.7-2

地点	面积/亩	数量/株	选取依据
雅江县木灰村 （珍稀植物园）	132	124	纳入工程征地范围内，紧邻业主营地，交通便利
雅江县唐岗村	26	78	唐岗村五小叶槭居群呈现出与邻近居群不同的遗传成分，与阿姜居群共同形成一个独立谱系，该居群遗传多样性较低，且分布区域较小，易受到人为干扰，需开展人工保护
雅江县茨卡村	104	211	分布比较集中，在村子旁边， 便于开展社区共建保护小区
小计	262	413	-

(3) 就近移栽

根据五小叶槭《专题报告》野生资源调查成果，结合优化调整后的工程布置，牙根二级水电站水库淹没、工程占地共涉及五小叶槭3932株，其中成树1038株、幼树676株、幼苗2218株。对受工程直接影响的五小叶槭野生植株，坚持“能移尽移，大小通移”的原则，对具备移栽条件的地块，除原生境保护的植株外，移栽至少1356株成树、幼树（其中592株为试验性移栽）和至少1173株幼苗，并在大规模开展移栽迁地保护前，先选择工程影响区不同径级的五小叶槭开展移栽试验。

1)幼苗移栽规模

在工程影响范围内，共调查记录到五小叶槭幼苗 2218 株，这些幼苗大部分为 1 至 2 年生幼苗，多分布于成树母树周围，受环境变化和群落物种间竞争影响较大，幼苗的生存与否、是否能够建成存在很大不确定性，幼苗数量及其生长位置都处于动态变化中。另一方面，五小叶槭的播种繁育和栽培保护已有较成熟的技术成果，可实现幼苗的大量繁育或移栽，幼苗移栽要求相对简单。因此，本次环评提出，后续在实际开展五小叶槭迁地保护时，在施工前先开展工程影响区内五小叶槭植株详查，根据五小叶槭幼苗分布的实际情况实施幼苗的迁地移栽保护。计划在实施五小叶槭大树移栽过程中，先对其周围高度大于 15cm 的五小叶槭幼苗进行移栽，幼苗采取移栽至营养钵后实施人工抚育的方式进行迁地保护。高度小于 15cm 的五小叶槭幼苗，由于其后续建成存在极大的不确定性，暂不考虑移栽。移栽幼苗数量不少于影响数量的 50%，根据林草局批复意见幼苗移栽应不少于 1173 株。暂定幼苗成活率 70%以上、保存率 60%以上，后续开展五小叶槭阶段性移栽，根据移栽结果予以修正。

2)成树幼树移栽规模

①移栽难易程度评价

在工程影响范围内，共调查记录到五小叶槭成树和幼树 1714 株，对每株生长的立地条件如坡向、坡度、土壤类型、土壤结构等进行统计，以便于评价每株的移栽难易程度。

牙根二级水电站工程影响评价范围内五小叶槭成树幼树立地条件情况统计

表 6.7-3

序号	生境		株数	序号	生境		株数
1	坡向	东北	133	3	坡度	斜	382
		东	510			险	255
		东南	145			缓	174
		西南	774			平	21
		西	0	4	土壤类型	山地棕壤	1175
		北	26			山地石灰性褐土	286
		南	79			山地草甸土	236
		西北	47			山地褐土	17
2	坡位	下	1375	5	土壤酸碱度	微酸性	1689
		中	299			微碱性	25
		上	28	6	土壤结构	粒状	1689
		谷	12			块状	25
3	坡度	陡	530	7	土壤湿润度	潮	1714
		急	352				

注：1.坡向划分：北坡 338-22°、东北坡 23-67°、东坡 68-112°、东南坡 113-157°、南坡 248-292°、西南坡 203-247°、

西坡 158-202°、西北坡 293-337°；2.坡位划分：上坡为脊部以下至山谷范围内山坡三等分的最上部、中坡为中间部分、下坡为下面部分、山谷（谷）为合水线两侧的谷地、平地为平原或台地的地段；3.坡度分级：0°-5°为平坡，>5°-15°为缓坡，>15°-25°为斜坡，>25°-35°为陡坡，>35°-45°为急坡，>45°为险坡。

综合地形、位置、交通、五小叶槭生长势与五小叶槭生境情况，并结合实地踏勘的照片资料对 1714 株五小叶槭的移栽难易程度进行了初步评价，分为 a、b、c、d 四个等级，具体评价方法和数量见下表。工程影响区五小叶槭移栽难易程度主要依据五小叶槭人工繁育苗木野外回迁试验数据、五小叶槭的生境分布资料和实地踏勘现场情况，综合考虑其生长位置、胸径、距道路距离等因素进行综合判定。

移植难度简易评估表

表 6.7-4

苗木生长位置坡度	苗木规格	苗木距道路距离	移植难度简易评估
≤25°坡面	≤5cm 胸径	不考虑	a
		不考虑	a
	5cm~10cm 胸径	不考虑	b
		不考虑	b
	＞10cm 胸径	≤17.7m	b
		＞17.7m	c
25°~30°坡面	≤5cm 胸径	不考虑	b
		不考虑	b
	5cm~10cm 胸径	≤17.7m	b
		＞17.7m	c
	＞10cm 胸径	≤17.7m	c
		＞17.7m	d
＞30°坡面	≤5cm 胸径		c
			c
	5cm~10cm 胸径	≤17.7m	c
		＞17.7m	d
	＞10cm 胸径	≤17.7m	c
		＞17.7m	d

注：a-容易移栽，b-可以移栽，c-难移栽，d-极难移栽；17.7m 为 8 吨吊车的最远安全作业面

工程影响五小叶槭成树幼树移栽难易程度评价及数量统计

表 6.7-5

序号	移栽难易程度	成树株数	幼树株数	合计株数
1	容易移栽(a)	30	193	223
2	可以移栽(b)	339	202	541
3	难移栽(c)	311	281	592
4	极难移栽(d)	358	0	358
5	合　计	1038	676	1714



容易移栽（a）



可以移栽（b）



难移栽（c）



极难移栽（d）

图 6.7-3　移栽难易程度判定标准示意图

总体来看，按照移栽难度等级划分，容易移栽（a）的有 223 株；可以移栽（b）的有 541 株；难移栽（c）的有 592 株；极难移栽（d）的有 358 株。分别占工程影响区五小叶槭成树幼树总量的 13.01%、31.56%、34.54%和 20.89%。

施工占地区分为临时占地区和永久占地区。其中，临时占地区施工占地分布五小叶槭成树幼树 126 株，均判定为可以移栽（b），包括成树 78 株、幼树 48 株；永久占地区分布五小叶槭成树幼树 109 株，均判定为可以移栽（b），包括成树 52 株、幼树 57 株。

水库淹没区分布的五小叶槭成树幼树共 1479 株，其中容易移栽（a）、可以移栽（b）、难移栽（c）和极难移栽（d）分别有 223 株、306 株、592 株和 358 株。在实地踏查过程中发现，水库淹没区仅有少部分五小叶槭生长在路边、山脚等容易移栽的位置，大部分五小叶槭位于斜坡、靠近江边和河谷的乱石堆中以及远离公路的山坡上。五小叶槭自身的生境特征会对移栽工作造成一定的难度，加之工程影响区域内相当一部分五小叶槭生长在没有道路的山上和江对岸，这也导致了工程淹没区五小叶槭难移栽和极难移栽数

量占比较高。

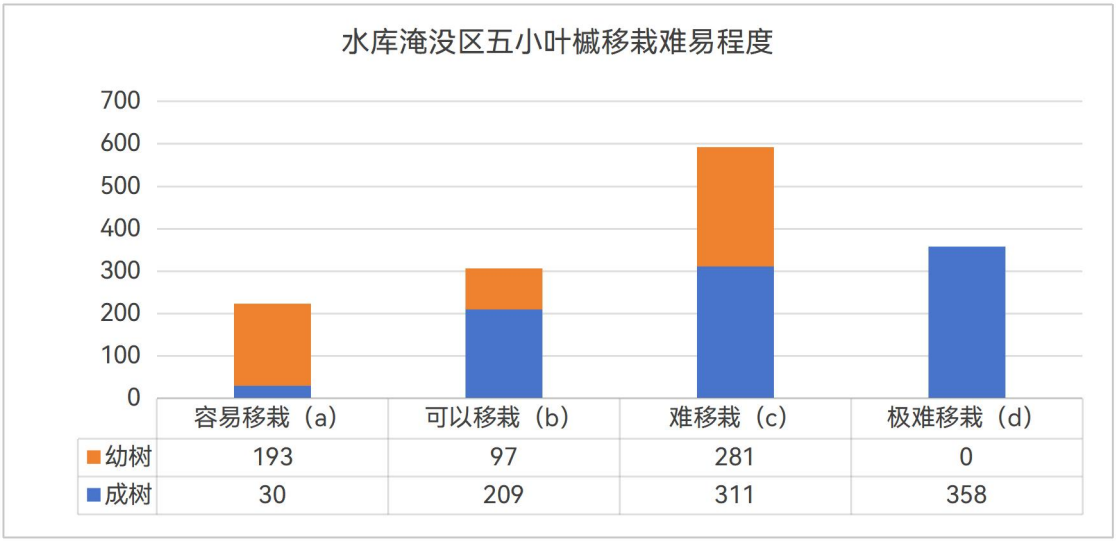


图 6.7-4　水库淹没区五小叶槭移栽难易程度

②移栽保护规模

对受牙根二级水电工程影响的五小叶槭成树和幼树植株中“容易移栽（a）”和“可以移栽（b）”的共 764 株五小叶槭全部进行移栽迁地保护，其中幼树 395 株、成株 369 株，共占受影响的同规格植株的 44.57%。

对于“难移栽（c）”的 592 株（34.54%）五小叶槭（包括幼树 281 株，成树 311 株），拟采取试验性移栽方式。在实际移栽实施时，现场交通情况可能有一定程度改善或者移栽工艺技术有一定程度的提升，本着“能移尽移”原则，将这 592 株相对“难移栽”植株纳入计划移栽范围。可尝试采取适用于不同立地条件的多种移栽工艺或技术开展试验性移栽，暂不设定其移栽成活率目标。

对于“极难移栽（d）”的 358 株（21.5%）植株，由于强行移栽需新修道路，且难以保证工作人员安全，可能对区域生态环境、五小叶槭生境和个体生长情况造成更为严重的破坏，属于不具备移栽条件的植株，通过连续数年采集种子保存种质资源和播种扩繁的方式进行保护，后依据相关法律法规申请伐除。

综上，工程影响五小叶槭成树及幼树共 1714 株，拟移栽 1356 株，占受影响的同规格植株的 79.11%（不少于林草批复意见的 1106 株）。移栽保护应遵循物种的生物学和生态学特性，选择相似立地环境，进行迁地移栽。具体的操作流程参考“极小种群野生植物保护技术 第 2 部分 迁地保护技术规程（LY/T 3086.2—2019）”相关技术操作。

另外，由于工程影响范围内的五小叶槭植株幼苗、幼树和成树（特别是幼苗）的数量和生长位置一直处于动态变化中，应在开展迁地移栽保护前，进一步组织五小叶槭详

查，确定需要移栽的五小叶槭，移栽成树、幼树数量不少于 1356 株，幼苗不少于 1173 株。

3)移栽时间规划

五小叶槭迁地移栽工作分两期实施。其中，第一期主要针对受施工占地区直接影响的五小叶槭以及上游围堰挡水可能淹没影响的五小叶槭，需在工程开工前全部完成移栽，其中，施工占地区需要移栽的五小叶槭成树和幼树共 235 株、幼苗 41 株，上游围堰挡水淹没影响需要移栽的五小叶槭成树和幼树共 12 株（具体数据根据开始移栽前的详查进一步确定）。同时，考虑到需利用施工便道以满足大型机械的进出场和植株运输需求，移栽工作可在开工前三年的筹建准备期内与前期施工便道和左右岸场内公路的建设协同进行，在筹建准备工程开工前进一步明确移栽开挖时间节点，确保五小叶槭在迁地之前不被施工破坏。在移栽过程中，系统总结各环节关键技术要点，分别统计幼苗、幼树及成树的成活率，并在此基础上编制《雅砻江流域五小叶槭迁地保护技术指南》，为后续移栽工作提供系统性的技术支撑与规范指导。

第二期主要针对水库淹没区其余没有移栽的五小叶槭，包括幼苗、幼树和成树，计划蓄水前完成。由于部分植株分布于坡度陡峭、远离公路、以岩石为基质的复杂地形区域，移栽难度较大，实施过程中，须在确保人员与作业安全的前提下，合理采用大型起吊机械等专业设备开展施工，保障移栽工作安全、有序推进。

工程影响五小叶槭移栽时间规划

表 6.7-6

移栽分期	移栽对象	开始节点	完成节点	备注
第一期	施工占地范围内和上游围堰水库淹没影响的五小叶槭幼苗、幼树和成树	筹建期	开工前	幼苗与母树同步移栽
第二期	水库淹没范围内其余没有移栽的五小叶槭	开工第一年	水库蓄水前	幼苗与母树同步移栽

4)就近移栽地选择

五小叶槭对生境条件要求严格，为确保迁移区生境相似，移栽地应尽量选择生境相近的地方进行后靠移栽，并且符合五小叶槭的生物学特性要求。基于以上原则，结合五小叶槭适宜生境模拟结果，结合雅江县林业和草原局意见，在目标物种原生境的临近区域内，初步选择气候条件优越，地质结构稳定且人为干扰较弱的区域作为迁地保护用地。原生地与移栽地在气候、土壤、地形、海拔等环境因素上基本一致，以保证植物生长环境的相同从而提高存活率。且后靠移栽区域与植株原生位置距离较近，以避免长距离运输带来的投资增加。此外，

移栽地需交通便利，邻近项目工程生产生活区，以便于养护管理。

经前期调查数据和分析结果，依据上述的移栽地选择条件筛选后，初步选择了 3 块规划后靠迁移区，面积共 70 亩。各小区立地条件与被迁移五小叶槭生长区域一致，是同一地区的区系成分，利于被迁移五小叶槭尽快适应近似的生境和生态系统，从而正常生长发育、繁衍后代和保持原有的遗传性，同时也便于保护和科学研究。

后续在实施后靠移栽过程中，根据现场实际情况，结合地形、迁移距离、移栽地生境条件、管护便利程度等，在与地方充分协商的基础上，进一步选取适宜可行的后靠移栽区域，将五小叶槭分散后靠移栽至水库淹没区以上的多个移栽区内。

五小叶槭迁移地规划统计表

表 6.7-6

迁入地	拟使用总面积/亩	拟接受数量/株	迁出地	备注
雅江县木灰村	30	656 株幼树、成树和 1173 株幼苗	工程占地区和库首淹没区	木灰村珍稀植物园、原生境
雅江县唐岗村	20	350 株幼树、成树	库中淹没区	五小叶槭原生生境
雅江县霍曲河河口	20	350 株幼树、成树	库中淹没区	雅江县林草局推荐区域

在五小叶槭就近迁地保护区选址中，木灰村和唐岗村均位于五小叶槭原生分布区，计划将迁地保护的植株移栽至原有五小叶槭野生群落附近，迁地保护区与五小叶槭原生境的生境条件相似或相同，能够在一定程度上保证植株存活率；霍曲河口迁地保护区位于五小叶槭高适生区内，该区域地势平坦、空地面积大、土壤特征与五小叶槭原生境类似，具体生境情况如图 6.7-5 和图 6.7-6 所示。

雅江县霍曲河口立地条件为：西南坡向、下坡位、斜坡，土壤类型为山地石灰性褐土，土壤质地为壤土，土壤母质为砾岩，土壤结构为粒状，土壤湿度为潮土，酸碱度为弱酸性。

雅江县唐岗村立地条件为：东南坡向、下坡位、斜坡，土壤类型为山地石灰性褐土，土壤质地为壤土，土壤母质为砾岩，土壤结构为粒状，土壤湿度为潮土，酸碱度为弱酸性。



图 6.7-5　雅江县唐岗村就近迁地保护区生境状况



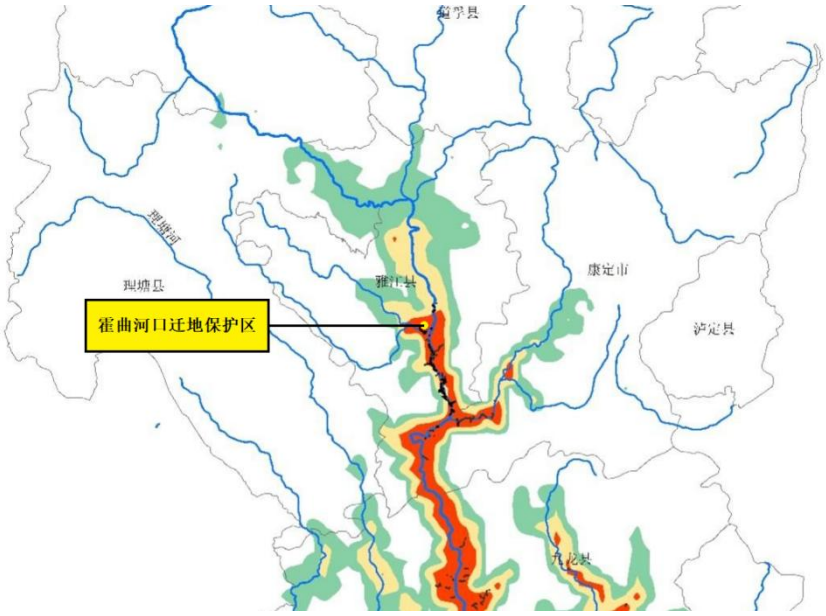


图 6.7-6　雅江县霍曲河口就近迁地保护区生境状况

5)移栽技术要点

① 移栽时间：根据五小叶槭的生物学特性，4 月开花、9 月结果，考虑到移栽地点实地情况，建议移栽时间选择在春季 3-4 月进行，先低海拔后高海拔；其次选择在秋季 10-11 月进行，先高海拔后低海拔。

② 移栽地点：优先选择采取就近后靠集中移栽，保证移栽环境一致性，减少起苗、运输等过程中对树体的损伤，提高成活率；其次，在就近移栽条件不能满足的情况下，根据人工苗木移栽实验和成树移栽调研结果，综合考虑五小叶槭分布海拔、生境条件、交通便利性、水源距离和人员管护等综合条件，并与雅江县相关部门进行沟通协调后选择适宜移栽地点，初拟移栽地为木灰村、唐岗村和霍曲河河口。

③ 移栽工具、材料：

A 工具：移栽过程所需工具主要包括，运输车辆、水泵及配件、水带、铁锹、尖镐、锄头、喷雾器、枝剪、挖改螺旋钻机、四冲程挖树机、手锯等。

B 材料：移栽过程中所需的主要材料包括，种植袋、腐熟的人畜有机肥、氮磷钾有机复合肥、草绳、广谱抗菌药、高锰酸钾营养液、抗蒸腾剂、生根剂、遮阳网、铁丝网及配件等。

④移栽程序：

五小叶槭移栽前，测量需移栽植株的枝下高指标。

A 起挖：对移植对象的五小叶槭提前 2-3 年进行不同方位断根处理，标记树体朝向，起挖时尽量保证根系完整并带土球，在土球挖掘过程中尽量避免损伤到五小叶槭的根系，为了保证移栽树木成活率及搬运，除保留主干及一级枝外，其余的侧枝全部清除，一级枝截除四分之三，保留四分之一；移栽地需进行整地、消毒挖坑处理，做好喷灌设施铺设，利于补水灌溉、逐年修剪疏枝、喷洒抗蒸腾剂等工作，整地时应尽量保护周边原生植被不被破坏。

B 搬迁：在搬运过程中要尽量缩短时间，对树木进行慢装轻放、支垫稳固、适时喷水等耐心细致的工作。在挖掘时同步装车运输，搬迁运输过程中尽量保证运输平稳，防止运输过程中引起机械损伤导致五小叶槭的木质部、根系等损坏和土球松散，以及长时间运输过程中小气候变化对五小叶槭生理活动的影响。

C 栽植：对机械损伤进行涂伤口涂抹剂保护处理，对原生病虫害进行药物防治处理，防止损伤和病虫害影响五小叶槭成活率；根据土球大小和移栽五小叶槭的根系分布形态挖掘种植穴并对种植穴消毒预防病菌，一般种植穴较土球直径大 60-80cm，较树木土球

厚度大 30-50cm；树木栽植后进行回填覆土并且定植，必要时增加支架和挂设营养液辅助树木生长。

D 养护：对移栽区全部进行封育，并加强巡护，禁止人为活动和牲畜进入，杜绝人畜践踏、破坏；对专门的管护人员进行土壤、水分、病虫害防治管理方面的培训。建议按照《极小种群野生植物保护技术 第 2 部分迁地保护技术规程》（LY/T 3086.2-2019）规定进行养护、管理、监测。

⑤移栽处理：结合前期经验，五小叶槭可分为树高<0.5 m（幼苗），树高≥0.5 m 且胸径<5 cm（幼树），胸径≥5 cm（成树），应根据五小叶槭的不同径级进行不同移栽方式。五小叶槭幼苗和幼树建议直接进行移栽；成树则建议进行截干修枝、喷施抗蒸腾剂（移栽前 5 天喷施一次为宜，一般在下午 6 点后使用，用后 6 小时内不能向树体浇水）和进行遮阴处理，根据五小叶槭人工苗木回迁实验结果发现，截干修枝、喷施抗蒸腾剂和遮阴处理能够降低五小叶槭的蒸腾作用，提高成活率。

⑥ 注意事项：

A 起挖时，应沿树干外沿 60cm-100cm 向外垂直向下挖掘 60-80cm 宽的沟，直到规定深度为止，挖掘土坨打好土球用湿润的草帘、草袋或草绳包扎，以免散坨。在起挖过程中，应仔细寻根避免操作时伤害根系，同时还应注意保护措施、树干保湿、伤口处理三个环节。

B 土球包装时，对挖好的土球使用草袋片、草绳全部进行包扎，包装时先将草袋片、草绳湿润。起挖、转运、栽植应同步进行。根据迁移地和移栽地的立地条件和实际，自起挖结束至栽植开始，植株在空气中的暴露离土时间应不多于 24 小时或更短，减少人为影响移栽成活因素。

C 搬运时，植株在装运过程中，应保护树干，防止损伤树皮，不得损坏土球。注意保湿、轻装、轻放，防止根、枝折断和根部泥土散失，同时防止其他障碍物破坏、损伤移栽的保护树种。

D 栽植时，栽植深度不应过高，根系需要有一定的空气流量，并且不耐涝渍，保证根系生长部位排水和透气性良好。根据以往栽植经验，覆土高度以不超过原树木根际线为宜。植时还应考虑定植地点的地势、地貌、土壤质地、地下水位和排水状况。

E 定植时，必须及时浇足定根水，保持土壤湿润，浇水时可淋湿裹干保湿带，可提高树体环境湿度、促进树木根系与土壤紧密接触。第一次浇水应浇透，第二天若是晴天

再补浇 1 次水。以后浇水喷雾间隔期可适当延长，但要保证土壤中水分含量又不致造成局部涝害，促进林木尽快适应栽植环境。

F 养护时，在后期管理过程中应注意树木的养护频次：

对树干进行保湿时，用保湿带等材料严密包裹树干和比较粗壮的分枝；及时喷水保湿，喷水要求细而均匀。

土壤管护应定期进行检查和松土除草，土壤检查一般在雨后进行。

移栽后进行水分管理时，根据天气状况不定期进行浇水和排涝旱季增加灌水次数和灌水量，保持土壤湿润。五小叶槭为耐旱树种，所以浇水次数不宜过多。

病虫害防治据当地病虫害发生时期仔细观察，适时采取预防措施。

6)移栽及后期养护实施主体

木灰村珍稀植物园内移栽的植株依托植物园进行统一管护。唐岗村及霍曲河口移栽的植株实施方式采取电站业主实施移栽，后期管护由电站业主出资，委托地方林草部门进行管护的方式。

(4)种质资源采集与保存

1)种子资源采集与保存

对于受牙根二级水电工程影响的 1714 株五小叶槭的种子采集应做到能采尽采，收集尽量多的植株的种子。采集而得的种子预处理后，一部分作为种子资源备份储藏，进行-20℃低温长期冷冻保存。本项工程中，计划依托木灰村珍稀植物园开展种子保存工作，并计划在中国西南野生生物种质资源库进行备份保存。种质保存成果与地方政府共享。

2)基因库保存

计划对未能采集到种子的五小叶槭进行基因库保存。对五小叶槭的物种泛基因组尺度下的全基因组遗传资源进行提取与保存，包括全基因组（核基因组、叶绿体基因组和线粒体基因组）和全转录组。初步计划依托木灰村珍稀植物园开展五小叶槭基因库保存工作，并计划在中国西南野生生物种质资源库进行备份保存。

(5)人工扩繁及野外回归

1)种质扩繁

①实生苗繁育存留

建立五小叶槭苗圃基地，推进种苗资源储备的工作，不仅能有效保护物种资源，还

能满足市场所需。将采集而得的当季种子，经过晾干、脱翅和初筛等操作后，放入 4℃冰箱暂存；在来年春季进行大田种子萌发。具体操作流程参考“极小种群野生植物苗木繁育技术规程（LY/T 3186—2020）”相关技术操作。鉴于五小叶槭种群数量少，若采用扦插繁殖，适合繁殖的茎段有限，无法实现大规模育种，鉴于此，本项目中的五小叶槭的种苗繁育采用大棚种子育苗。此过程包含：育苗大棚及苗床准备、种子预处理、播种、苗期管理。需要严格进行管理，期间及时剔除死苗、病株，根据病虫害发生状况进行针对性防治。

本次环评结合生境相似性、管护便利性和地方政府意见，初步选择在雅江县木灰村和霍曲河河口建立繁育苗圃，苗圃总面积约 20 亩。繁育苗木用于种群回归、植被恢复、道路绿化等项目。木灰村珍稀植物园内的苗圃将依托植物园进行统一管理；霍曲河口原生境繁育苗圃计划由业主出资，地方林草部门具体实施与开展后期维护。

五小叶槭种苗繁育基地位置及占地面积

表 6.7-8

地点	繁育面积/亩	林地权属
雅江县霍曲河河口	12	国有林地
雅江县木灰村（珍稀植物园）	8	已纳入牙根二级水电站征地范围

②组培快繁体系建设

组培快繁是一种高效的种苗生存技术，可采用该技术对五小叶槭进行离体材料保存。于春季采集五小叶槭嫩芽或（及）花粉，在无菌人工培养基上诱导培养，摸索最佳激素配比和培养环境条件，最终可建立五小叶槭组培快繁体系。一般情况下，作种质保存之用；在有需求的情况下，进行材料的脱分化、再分化及生根诱导等技术操作，可快速获得大量的无菌种苗。本工程计划在木灰村珍稀植物园建立相关无性繁殖体系。

2)回归栽植与景观利用

以人工繁育方式育成种苗来促成野外回归栽培及景观利用，可快速的提升物种的数量，是濒危植物保护工作的最重要方式之一。根据现状调查及影响情况判断，五小叶槭种群受到工程影响包括幼苗、幼树和成株。种子是五小叶槭的重要繁殖体，野外调查时选取健康成熟的种子进行采集和繁育。同时根据生境状况及自然分布等，利用扦插、无菌播种和组织培养等多种技术手段，对五小叶槭种群进行扩繁和复壮。建立种苗繁殖示范基地，提供足够的种苗应用于回归栽植；最终使因受工程影响而被破坏的种群数量，能显著修复与复原。

①野外回归及景观利用规模

回归植株最小数量应要求是满足最小生存种群个体数量。综合考虑五小叶槭作为极小种群、牙根二级水电工程影响的五小叶槭个体数量较大，且五小叶槭种源获取、种苗繁育技术相对成熟、没有阻碍。现阶段考虑按回归和利用 20785 株（四川省林草局批复意见要求）五小叶槭苗木，有助于促进五小叶槭这一珍稀物种雅江种群数量的增长。

②野外回归地

根据五小叶槭习性，本项目初选优选适生区内的 3 处地块，进行有序的种苗回归栽植。基于初步分析评估，结合雅江县林业和草原局意见，备选地分别为雅江县茨卡村、雅江县霍曲河河口及施工临时占地区。野外回归由业主出资实施，并在后期出资委托地方林草部门进行统一管护。

牙根二级水电站五小叶槭回归地点概况

表 6.7-9

回归区域	数目	面积	林地权属
雅江县茨卡村	3000 株	104 亩，计划茨卡村在原生五小叶槭群落中回归	集体林地
雅江县霍曲河河口	3000 株	按雅江县林草局意见划定，不少于 30 亩	国有林地
施工临时占地植被恢复区	8785 株	施工临时用地范围内	牙根二级水电站征地范围
合计	14785 株		



图 6.7-7　茨卡村野外回归区生境状况

雅江县茨卡村五小叶槭野外回归保护区位于五小叶槭野生群落内，计划将野外回归的五小叶槭苗木回归至茨卡村五小叶槭原生群落附近，茨卡村五小叶槭原生群落面积大、植株数量多、植株生长状况良好，其生境条件与五小叶槭原生境相同或相似，能够在一

定程度上保证野外回归植株的存活率。雅江县茨卡村立地条件为：西坡向、下坡位、缓坡，土壤类型为山地棕壤。

③景观利用地

计划在道路和社会绿化带等地进行景观利用五小叶槭约 6000 株。如雅江县林草主管部门需要苗木用于 G318 国道、格西沟自然保护区等区域的五小叶槭野外回归与景观利用，电站业主将提供苗木材料与资金支持。

④种苗选择

待苗木发育健壮，根系健壮发达，具有较强的适应力，具备开展野外回归种植的“身体条件”时，再进行野外回归栽培。每个区域移栽 1-3 年龄种苗，每个年龄段数量不低于 100 株，持续开展数年。

⑤后期监测

植株成功栽植成活后，随即开展短期和长期跟踪监测，进行回归五小叶槭的适应性和生长调查。并且，在回归栽培过程中，须适当移植栽培与之相关的伴生植物，人为重构种群结构。

(6)生境营造

沿水库及河流两岸，选择五小叶槭适宜生境 3.1km^2，通过野外回归、人工造林、苗木移栽、封育、经营管护等措施，营造五小叶槭原生境。并对于不满足五小叶槭回归造林和移栽需要的部分地块，针对性采取带状或点状整地等措施开展生境修复、改造。野外回归（造林）初植五小叶槭不少于 20785 株；对死亡的植株，可采取补植、点播、撒播弥补。

当栽植的五小叶槭面积稳定、无减少趋势，人工造五小叶槭林可开花结实，栽植的种群天然下种生长出实生苗，人工造林形成的自然群落中五小叶槭的郁闭度达到 0.2 以上后，解除生境营造、封育和补植等措施。

生境营造措施由业主出资实施，并在后期出资委托地方林草部门对生境营造区域进行统一管护。

(7)监测措施

1)原生境种群监测

①监测区域与范围大小

在具体的保护工作实施过程中，首先划定监测区域。可根据五小叶槭的立地环境条

件，尤其是群落异质性圈设固定样方，固定样方优选设定在雅江县原生境保护区域。样方大小可为 100m*100m，并细分成 25 个 20m*20m 的固定小样方。每个小样方内基于群落代表性而设置 1 个 5m*5m 的灌木样方，对样地内的灌木进行固定样方监测；并且在每个灌木样方的中心位置固定一个 1m*1m 的草本样方，以对草本植物进行长期监测。固定样地确定之后，搭建公示牌，四角埋设标识界桩。

②监测周期与频次

基于水电工程的建设以及后期的运营，根据相应需求，五小叶槭原生地种群的监测是一项长期工作。参考国家有关样地监测的具体频率，该样地跟踪监测的频次为 3 年一次。

③监测指标内容

对确定的固定样地内的每株五小叶槭个体进行挂牌定位，定期监测其生长、繁殖和更新的特征。同时，对原生境的土壤、小气候、生物、自然和人为干扰等影响因素也要进行监测。样地内乔木（成年树和幼树）和灌木（基径大于 1cm）挂设定制数字铝牌。具体监测指标内容如下：

A 生境跟踪调查

按要求逐项调查固定样地所处地理位置，目标物种所处生境类型；地貌、海拔、坡度、坡向、坡位、土壤类型等；植物群落的名称、郁闭度和盖度；群落乔灌草层的物种多样性；人为干扰方式与程度；保护状况等。

B 物种监测

a 生长量监测

乔木监测：固定样方内，对目标物种在内的乔木（成年树和幼树）进行监测；监测记录树高、胸径、冠幅和健康状况等指标。并对样地内目标物种的幼苗进行实数统计。

灌木监测：对 5m*5m 的灌木样方内基径大于 1cm 的灌木进行平均高度测量和物种分盖度监测。

草本监测：对 1m*1m 的草本样方内的草本种类多样性进行监测记录，以及每种草本的平均高度和物种分盖度进行测定。

b 物候学观察记录

对监测样地内的五小叶槭每年进行物候学监测。详细记录萌芽期、展叶期、开花期、结果期、红叶期、落叶期与休眠期。

c 病虫害监测

对移栽野生植株的病虫害监测，应该是专人负责，日常工作中，多频次进行。做到适时监控。对植物主要的病虫害应该是全覆盖监测。

d 影像资料记录

影像资料能直观反应植株的生长状况。定期拍摄目标植株的影像资料并存档，以作后期跟踪与反馈分析。根据监测的具体工作时间，合理安排影像记录的时间节点。在关键物候节点，选择晴朗天气，利用高像素、高分辨率的单反相机拍摄植株整体与局部照片；并可结合无人机高空成像装置，拍摄群落整体外貌。

2)移栽和回归植株监测

①监测目标

该部分工作主要针对移栽和回归的五小叶槭。

②监测目的

通过完善的监测评估，动态掌握移栽和回归的五小叶槭的生长状况，包括成活率、复壮、物候等。

③监测周期与频次

鉴于移栽后复壮管理的重要性，建议在野生植株移栽后的复壮期内每年都开展监测，连续开展 3 年，每年监测三期，分别于春季萌芽期、夏季花果期以及秋季红叶期。复壮成功后，可降低监测频次，具体可参考固定样方监测频次。

④监测主要内容

主要包括物候学观察记录、病虫害监测、影像资料记录，监测工作可结合前述原生境种群监测统筹开展。

3)气象监测站搭建

每个固定样方可搭建一套小型气象站及远程太阳能监控系统，以搜集气候数据及影像数据，以备数据分析与目标种生长动态评估。

4)监测信息化处理平台（系统）搭建

通过设置固定样方开展目标物种个体保护、居群保护以及生境保护。对固定样方五小叶槭种群与移栽野生植株进行监测，建立跟踪数据库，实行长期周期性动态监测。可记录分布点的地理坐标、树高、胸径、冠幅和树龄等基本信息。

5)保护措施效果监测与评估

通过建立保护效果监测与评价体系，从科学性、代表性、有效性等方面评价牙根二

级水电站保护措施实施后对五小叶槭的保护效果。保护效果的评价体系主要从以下 7 个方面进行科学的综合评价：① 种质资源的收集与保存率；② 五小叶槭种子萌发率、扦插成活率、组织培养等人工繁育措施保存率；③ 移栽成活率及生长状况；④ 原生境保护效果；⑤ 迁地保护效果；⑥野外回归群落构建效果；⑦ 示范效果。

(8)管理措施

1)完善管理制度与政策

当前，生境破坏、气候变化、人为砍伐、环境污染等诸多因素给五小叶槭的生存带来了严峻的挑战。在五小叶槭的保护工作推进过程中，应该政策先行，落实责任，完善管理制度。加强对该物种资源的保护、获取、利用和惠益分享的管理和监督。

建立生态环境保护责任制，在施工招标文件、承包合同中，明确环保设施与措施条款，由各施工承包单位负责组织实施，由环境监理部门负责定期检查，并将检查结果上报建设单位环境保护办公室及环境保护领导小组，并对检查中所发现的问题督促施工单位整改。

此外，生态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，是进行生态环境管理的主要依据。从节约经费开支和保证成果质量的角度出发，建议采用合同管理的方式，委托当地具备相应监测资质的单位，对工程施工区及周围的生态环境质量按环境监控计划要求进行定期监测。并对监测成果实行定期编制环境质量报告以及年审的制度。同时，应根据生态环境质量监测成果，对环保措施进行相应调整，以确保生态环境质量符合国家所确定的标准和省、地市确定的功能区划要求。

2)优化工程施工过程

对于工程施工也应当进行监管与优化，杜绝野外施工，暴力施工，以把因施工造成的植被破坏降到最低。一方面，提升工程施工人员职业素养，落实绿色施工理念；加强施工过程监管，规范作业，严惩野蛮施工。工作人员应当主动汲取更好的技术和经验，加快自身的发展；更新陈旧的施工理念，将施工边坡植被保护作为工程建设的重要工作之一，将提升边坡植被保护效果作为工作的重要考核指标。此外，对不按照相应施工条例操作的施工团队或个人，应及时叫停相关施工工作，并采取强制性惩罚措施；避免对生态环境造成进一步的破坏。另一方面，对于工程占地内的原生植株，做到保护性的挖离。挖取的各类植物活体，均需要就近假植，以作后期区域植被恢复的素材。如此处理可节约项目经费开支；其次，也可一定程度上摒除“拆东墙，补西墙”的传统植被恢复

的操作。

3)强化科普与宣传力度

从国家到地方，各层级管理单位应协调统一工作步调，加大宣传力度，增强从业人员当地居民的保护意识。加强区域五小叶槭植株多样性保护工作；定期定点开展科普教育活动。

首先，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，施工区环境保护办公室应经常采取广播、宣传栏、专题讲座等方法对工程建设者进行生态保护宣传，提高环保意识，使每一个工程建设者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。

其次，对生态环保的专业技术人员而言，应定期邀请环保专家进行讲课、培训，组织考察学习，以提高其职业素养。以及适时组织管护人员参加管护技术与复壮技术的培训会，提升管护队伍的业务技能。

最后，应积极宣传保护政策，提高当地居民的保护意识。有关部门应定期开展植物多样性保护的宣传活动与科普教育，尤其是开展如五小叶槭等珍稀濒危植物保护主题宣传活动，提升当地群众对保护植物的价值认同及保护意识。严禁乱砍乱伐，对相关行为应适度进行行政惩罚。此外，可在分布区内普及保护五小叶槭的宣传教育，大力宣传保护五小叶槭的重要意义；重点加强五小叶槭生长的山林周边或村院的宣传教育工作；并将制作的各种宣传警示牌树立在五小叶槭旁边或村口、道路边，通过多种形式宣传，使区域的人民真正认识到保护五小叶槭资源的重要性。

4)发展社区共建保护体系

五小叶槭目前已被列为木里藏族自治县人民政府的“县树”，这是五小叶槭观赏价值从野外应用到社会中发挥社会效益的首次体现，也是政府与群众发挥共同力量对五小叶槭进行保护的体现，随后雅江县也成功挂牌了 2 个生物多样性保护基地，依托科研院所对其开展移植培育保护。在五小叶槭的保护实践中，无论是政府还是群众，都有着息息相关的义务，因此，使政府和群众共同参与到保护五小叶槭的行动中势在必行。

在本工程中，建议通过社区共建的管理模式，对计划在雅江县设立的 3 处五小叶槭综合保育基地进行管理与植株养护。

(9)科研措施

加强科学研究，尤其是对濒危保护植物的保护生物学探究，是推动濒危保护植物理

论与实践创新的必要措施。对于五小叶槭的相关研究，前期有一定的积累，如种质繁育与人工栽培的相关技术；然而基于物种的有效保护，以降低人类活动对其种群的不利影响，现今的相关研究，如种质资源保存、野生植株移栽、种质扩繁与野外回归、水库建成后的局地气候变化、淹没对五小叶槭生长的影响、保护措施效果评价等方面还有待进一步规划完善。为进一步加大对五小叶槭的保护，本阶段提出以下九个方面的科研措施工作内容。

1)五小叶槭种子采集和储藏技术研究

①研究目的

水电站施工和移栽会对野生五小叶槭的种群、群落造成影响，可能会使五小叶槭生境发生变化。种子是物种保存、植株生长发育、繁衍的关键，种子库能够反映群落现在和将来的特点、保存植株过去状况，对植物群落被扰后恢复起到重要作用。目前对于五小叶槭种质资源保存（包括种子采集要求、种子的处理、种子存储技术等）研究尚未开展。开展种子采集和储藏技术研究，将完善五小叶槭的保育链条，为牙根二级水电站影响的五小叶槭的采种保存工作提供有效的技术支撑。

②研究内容

根据五小叶槭物种特性研究以居群为对象的采种技术要求、采后处理技术要点以及含水量、种子活力检测方法，在种子入库储藏期间，开展不同储藏方式和不同储藏时间与种子活力变化以及萌发特性研究。不同储藏方式包括常温干藏、常温沙藏、低温沙藏等等方式，低温储藏方式设置不同温度梯度进行比较研究。

2)五小叶槭种子雨和幼苗建成研究

①研究目的

种子和幼苗是植物生长的重要阶段，对于种群个体繁育、种群扩展、种群扰后恢复有重要作用。种子雨阶段是植物更新的关键环节。它连接着繁殖生产与植物后续生活史阶段，对群落结构有着重要的影响。五小叶槭结实量巨大，但幼苗建成非常少，在牙根二级电站工程蓄水后有必要开展五小叶槭种子扩散方式、扩散距离以及野外幼苗建成相关研究，为工程保护区五小叶槭种群天然更新和种群恢复提供理论基础。

②研究内容

种子雨研究主要包括包括收集器的布置，种子雨的收集、分离和鉴定等 4 个方面内容。幼苗建成主要研究五小叶槭野外萌发的适宜条件和影响因素，并可以模拟野外埋藏

种子实验，模拟野外状态条件或人工辅助条件下（如添加植物生长调节剂、控制环境因子等）下五小叶槭的种子萌发特性，观测种子活性，为今后工程保护区域内的五小叶槭种子萌发提供基础信息。

3)五小叶槭野生植株移栽试验

①研究目的

野生植株的迁地保护中，起挖、搬迁、栽植、养护等环节的操作均会对野生植株移栽成活率造成影响。依照文献资料查阅和既往经验，一般植株在移栽工作时需要进行土球包扎、截干、根系保存或断根、喷洒蒸腾剂或遮阳网包裹等操作。本项目应根据五小叶槭的生物学特性、实际地理环境、操作难度、安全风险等因素针对性开展五小叶槭野生植株移栽试验，研究野生五小叶槭移栽在何种处理方式（或复合处理方式）下成活率最高。

②研究内容

主要针对不同生长条件下不同龄级的五小叶槭野生植株开展移栽过程中起苗、栽植和养护管理等关键技术开展科学研究。起苗时，应对五小叶槭野生植株的挖掘深度、土球具体规格、根系保存程度、截干长度、蒸腾剂用量、遮阳网包裹程度等方面开展研究；栽植时，应对种植穴规格、栽植深度、土壤回填高度、定植浇水量等方面开展相应研究；养护管理时，应对树干保湿、土壤管护、水肥管理和病虫害防治等技术进行试验。

4)五小叶槭人工扩繁技术研究

①研究目的

随着雅砻江牙根二级水电工程的实施，在工程影响区内的五小叶槭居群将不可避免地受到工程施工的影响。目前，除了五小叶槭种子实生苗繁育技术外，其他人工扩繁技术尚亟待完善。由于工程影响区内五小叶槭种群结构及工程时效性所限，在工程的执行周期内，将有一定比例的植株未到结果年龄，或者在某一个（或多个）自然生长期内未能成功结实。如何保证该部分植株个体的遗传多样性得到有效保护，避免因工程实施而造成不可逆的种质资源遗失，需要开展进一步的扩繁技术研究，为五小叶槭的遗传资源保护及野外复壮提供支撑。

②研究内容

重点针对受影响且没有种子结实的个体开展无性扩繁技术研究与体系构建。内容包括以下三方面：A 利用五小叶槭幼嫩茎尖或枝叶作为外植体，在无菌环境下，开展组织

培养研究，揭示不同基质与激素处理对五小叶槭外植体的脱分化与再分化等生理过程的影响，完成五小叶槭的无菌组培扩繁技术体系构建。B 采集五小叶槭的一年生或两年生枝条作为插条，在人工繁育大棚或人工气候箱里进行扦插繁殖，探讨不同促生长激素及培养的水光热条件对插条的生根影响，完成五小叶槭扦插扩繁技术体系构建。C 基于五小叶槭的多年生老枝或树干开展高空压条繁殖。对树干进行环剥、消毒、激素处理及不同人工基质绑缚，完成五小叶槭压条扩繁技术体系构建。

5)五小叶槭群落构建研究

①研究目的

群落构建对于物种共存和物种多样性的维持起着至关重要的作用，为了保证五小叶槭的种群延续和维持生态平衡，工程保护所移栽的野生五小叶槭和野外回归的五小叶槭苗木都需要进行群落构建来保证保护区域的五小叶槭群落稳定性。群落构建应根据实地调研结果对环境因子和生态因子等方面进行针对性研究。开展五小叶槭种群回归地立地质量评价，确立五小叶槭种群回归地立地质量评价体系，提出回归地类型划分及种群回归模式建议。

②研究内容

根据初步拟定的移栽回归地点，开展五小叶槭种群回归地立地质量评价，确立五小叶槭种群回归地立地质量评价体系，提出回归地类型划分。针对该区域优势植物五小叶槭、栾树、红泡刺藤、川滇蔷薇、圆锥山蚂蝗、四川木蓝等开展种群回归模式筛选试验，进行乔灌草不同混交模式和比例组合，按不同整地方式和不同密度栽植，并进行水肥管理和病虫害防治，通过持续连年监测，包括植物的生长指标、环境因子指标、土壤指标、生态学指标及种群结构等，筛选出最佳群落构建模式。

6)不同气候条件对五小叶槭生长、光合和生理的影响

①研究目的

水库形成的局地气候变化叠加，对区域气候和生态环境会产生着显著影响。雅砻江牙根二级水电工程大坝水库所形成的局地小气候会一定程度改变五小叶槭的生境条件，可能会影响五小叶槭的生长发育和环境适应性。因此，局地气候变化导致的温度变化和湿度变化的耦合效应对五小叶槭的生长发育是否有显著影响值得深入研究。这一问题的探讨和研究有助于预测水库形成和局地气候变化对五小叶槭种群更新和物种生存的影响，为五小叶槭的保护和科学管理提供理论依据。

②研究内容

控制实验条件下，以增减气温、增减湿度及其叠加处理的方式模拟水电开发后局地气候的变化，聚焦局地气候变化对五小叶槭生长和碳积累过程的影响，重点研究不同处理引起的五小叶槭幼苗生长状况、生物量积累、光合过程、碳水化合积累与分配的变化，阐明五小叶槭对模拟气候变化的敏感性、适应性及其相关的生理机制，为库区形成后五小叶槭幼苗更新、空间分布的科学预测提供理论依据，为该植物的生态保护和科学管理提供理论依据。

7)地下水位变化对五小叶槭根系生长的影响研究

①研究目的

根系是陆地植物生长、发育和进化的基础，其形态结构、生理生化和代谢功能对环境变化的响应和适应能力直接决定了植物在逆境胁迫下的存活与生长。水电开发后造成的淹水环境、水位变化将改变五小叶槭生境，并对其生长与存活产生影响。然而，目前针对五小叶槭根系及生长对环境的适应性研究几乎空白。以根系为切入点，从根系生长和生理代谢等方面系统地开展不同水位变化下五小叶槭根系生长响应和适应变化研究，识别五小叶槭根系生长应对水位变化的抗逆能力，综合评估水电工程实施后水位变化对五小叶槭生长与存活的潜在影响，初步提出针对受不同程度影响五小叶槭的保护措施和管理对策，从而逐步完善水电工程实施下五小叶槭的科学保护体系。

②研究内容

围绕水电开发后水库蓄水造成的淹水环境、水位变化等水分胁迫压力，拟以五小叶槭根系特征与水位变化关系为核心，基于水位变化控制性模拟试验，开展不同水位变化对五小叶槭根系影响研究，揭示不同水位变化情景对五小叶槭生长特征和生理代谢功能的影响，从根系视角评估五小叶槭在不同水位变化下的耐淹性和抗逆力，为水库建成后五小叶槭的保护措施设计提供方案及技术支撑。

8)五小叶槭采种保存与优树选育

①研究目的

五小叶槭因其独特的叶型和绚丽的色彩，被誉为世界上最具观赏价值的两种槭树之一，在西方园艺界与著名观赏树种中国鸽子树——珙桐齐名。在珍稀植物保护中，合理利用是最好的保护，因此对具有景观价值的五小叶槭植株，尤其是工程影响范围内的五小叶槭进行选育，并培育出更适合广泛应用的园林品种。

②研究内容

对受牙根二级水电工程影响的全部五小叶槭居群和雅砻江流域其他区域典型的五小叶槭居群的种子进行采集，并带回选育基地繁育，通过选种育苗手段，培育出观赏价值高的新品种五小叶槭，可以在后续的景观绿化过程中进行应用。

9)五小叶槭濒危原因和遗传多样性研究

①研究目的

利用保护基因组学研究手段探究五小叶槭对历史气候变化的适应策略，并预测水电工程的实施带来的局域气候变化对其适应性潜力的间接影响，从而综合评估水电工程实施影响到的居群将对五小叶槭整体遗传多样性及适应性潜力造成的影响，为保护措施的制定提供理论参考。

②研究内容

对五小叶槭现存野生居群进行全面调查和取样的基础上，收集其生态学和生物学特征数据和分子材料。通过全基因组水平的分子标记解析五小叶槭的进化历史、遗传多样性的地理分布格局并鉴定其演化显著单元，确定需要优先保护的居群；利用保护基因组学分析和研究手段，推测居群的历史动态变化并分析五小叶槭响应历史地质气候变化的策略和致危因素，预测其面对水电工程的实施带来的局域气候变化的适应性潜力。

(10)典型设计——雅江县木灰村珍稀植物园设计

1)珍稀植物园建设目标与定位

①建设目标

依托牙根二级水电站珍稀植物园，打造一个集“物种保护、科学研究、人工扩繁、宣传展示”为一体的多功能五小叶槭保护基地，同时服务于雅砻江流域五小叶槭生态保护工作。

②总体定位

牙根二级水电站珍稀植物园是国内第一个以保护五小叶槭为主题的专类园，是科研园、是生态园、也是低碳园。根据流域五小叶槭保护规划，本园主要功能定位为：

A 五小叶槭保护示范基地

通过原生境保护措施、移栽保护等措施，对受工程建设直接或间接影响的五小叶槭进行集中保护，便于集中管护及监测，积累保护技术经验，同时也为实生苗、无性苗提供亲本材料。

B 五小叶槭科研实验基地

本植物园是五小叶槭人工繁育研究场地，对人工繁育成功的幼苗实施野外回归以扩大现有种群规模和个体数量，保存五小叶槭基因多样性；同时亦是展示五小叶槭人工繁殖技术研究攻坚成果的平台。

C 五小叶槭生产种植基地

五小叶槭人工扩繁培育，是对五小叶槭极小种群野生植物的保护拯救工作，通过人工繁殖和规模栽培，使五小叶槭得以保护和发展，扩大野生植物种群。同时，五小叶槭具有极高的观赏价值和引种栽培前景，规模种植可产生一定的经济效益。

D 雅砻江流域五小叶槭保护科教中心

植物园内设五小叶槭科教中心，是向社会各界宣传展示整个流域五小叶槭保护工作的窗口。同时，深挖五小叶槭植物学特性，进行五小叶槭多维度深度科普教育，阐明五小叶槭保护工作的重要意义。

2)珍稀植物园规模分析

根据受牙根二级水电工程建设影响的五小叶槭保护方式及保护要求，结合本珍稀植物园功能定位，确定规模及用地需求。

珍稀植物园规模分析一览表

表 6.7-10

序号	保护方式	保护要求	用地面积需求
1	原生境保护	划定目标种保护单元，打围设栏进行原生境保护	根据实际情况，需原生境保护的五小叶槭共计约 2.60hm^2
2	移栽保护	对工程区内临近河段的 656 株成树、幼树和 1173 株幼苗进行移栽保护	2.0hm^2
3	科学实验	建立实验室、温室、荫棚等方式开展种子繁殖研究、扦插繁殖研究、组培研究	0.16hm^2
4	人工扩繁	建立生产种植基地，进行五小叶槭人工扩繁培育	1.40hm^2
5	科普宣传	建立科教中心，宣传五小叶槭保护工作的重要意义	0.05hm^2

由上表可知，牙根二级水电站珍稀植物园用地面积需求共计 6.21hm^2，考虑植物增长与自我更新、珍稀植物园运营管护需求，本次珍稀植物园规划面积共计约 8.8hm^2。

3)珍稀植物园总体方案

①项目选址

A 选址原则

a 交通易达，运营展示方便

珍稀植物园承担着五小叶槭保护及宣传展示功能，要求植物园周边基础设施完善，

道路交通条件良好，用水、用电方便，满足生产、生活的供水水源条件。

b 生境稳定、地质条件良好

选址需确保地质条件良好，不存在重大地质灾害隐患，不受洪水影响。

c 生境条件适宜，物种分布相近

因地制宜，合理选址，所选场地具体位置、立地条件及气候环境应符合五小叶槭生长所需的生境条件。

d 规模得当，满足功能

具有足够的面积和容纳量，能承载五小叶槭的增长与自我更新，满足珍稀植物保护及宣传展示功能。

B 场地现状分析

牙根二级水电站珍稀植物园拟建于木灰业主营地旁，场地分布于海拔高程2650m-2725m之间，周边规划有两条电站永久道路，交通易达，便于后期运营管护。

场地现状分布有124株五小叶槭野生种及其伴生种，工程建设尽量避开，利于开展五小叶槭原生境保护及就近移栽保护工作。

②总体布局与功能分区

A 布局原则

a 因地制宜，合理布置

遵循少扰动、生态化的原则，在地形处理上避免大动干戈人工造景，尽量减少因建设工程对五小叶槭原生境的扰动。从因地制宜、经济节约的角度入手，充分尊重地域原有地形地貌演变发展的脉络，为五小叶槭群落生长寻觅适宜的区域。

b 可持续发展原则

坚持可持续性发展的原则，贯彻资源节约型、环境友好型的生态设计手法。

c 满足功能，景观并重

本方案的设计应首先满足珍稀植物保护要求，同时模拟区域景观风貌，进行园区整体景观打造，力求简约而精致。

B 总体布局与功能分区

根据整体布局原则，牙根二级水电站珍稀植物园将形成“一心、三区、三环”的总体格局。

功能分区详表

表 6.7-11

序号	功能分区			内容	面积（m^2）	备注
1	一心	雅砻江流域五小叶槭保护科教中心		以五小叶槭保护为重点，科研监测为支撑的五小叶槭保护科普教育宣传中心。	250	
2	三区	五小叶槭核心保护区	原生境保护区	针对 124 株野生苗进行原生境保护。	26000	
			移栽保护区	针对受工程建设影响的 656 株成树、幼树和 1173 株幼苗进行移栽保护，并进行原生群落构建设计。	30000	
			温室	-	680	
			荫棚	-	860	
			实验室	-	100	
		五小叶槭生产种植区	人工扩繁	-	14000	
3	三环	园区三条环形道路		通过道路规划，将人为扰动频繁的区域与核心保护区隔离。	16110	沿道路环线布置园区配套工程，主要包括绿化隔离带、景观节点等。
合计					88000	

C 分区设计

a.“一心”

“一心”指科教服务中心，占地面积 250m^2，服务于整个雅砻江流域五小叶槭宣传保护，位于园区主入口区域，亦位于五小叶槭科研实验区中心位置。

b.“三区”

A)五小叶槭科研实验区

五小叶槭科研实验区位于园区主入口区域，用于开展五小叶槭种质资源、生物学特征、物种繁育等多种研究工作，总面积约 1640m^2，包括实验室 100m^2、温室 680m^2、荫棚 860m^2。

B)五小叶槭生产种植区

五小叶槭生产种植区位于整个园区中部，面积共计约 14000m^2，本区域被道路划分为多个部分，为繁育的五小叶槭提供生长场地，为后续野外回归、苗木利用作准备。

C)五小叶槭核心保护区

五小叶槭核心保护区位于园区两侧，面积共计约 56000m^2，包含原生境保护、移栽保护两大功能，其中原生境保护区四周设置围栏防护并竖立警示牌，避免人为因素对现状五小叶槭产生干扰破坏。移栽保护区采取原生群落移栽构建方式，模拟五小叶槭的原始生境。

c.“三环”

“三环”指园区内的三条道路环线。第一环指五小叶槭科研实验区前的道路广场，亦是园区主入口，连接园区内外交通；第二环指五小叶槭科研实验区与五小叶槭生产种植区之间的弧形道路；第三环指五小叶槭生产种植区与五小叶槭核心保护区之间的环形道路。三条道路环线由内到外，相互串联，满足整个园区的功能发挥和交通可达性。

D. 专项设计

a.建筑工程

A)科教服务中心

整体采用框架结构，满足当地抗震设防要求，建筑外立面与电站整体景观建筑风貌相协调，具备展示区、接待区等功能。

B)温室

用钢材搭建温室骨架，用玻璃、PC 板等透光性好的材料作为温室覆盖材料，同时在温室内配套遮阳保温系统、加热系统、通风及降温系统、加湿系统、补光系统等相关设施。

C)荫棚

用钢材搭建荫棚骨架，用遮阳网做为荫棚覆盖材料，为生长繁育的五小叶槭提供遮荫生长场所，避免强光灼伤。

b.道路工程

园区内道路主要划分为三个等级，一级道路宽度为 5m，采用混凝土路面，满足车辆通行和物资运输需要；二级道路宽度 2m，采用透水砖路面，为人行路，满足园区通达性，三级道路宽度 1.2m，采用块石路面，满足田间作业等功能需求。

c.景观绿化工程

A)绿化种植

对五小叶槭保护及种植区以外的入口、道路沿线、园区四周等区域进行地形整理及绿化种植，打造舒适宜人的植物园环境。

B)景观照明

园区内布置庭院灯、草坪灯、射灯等类型灯具，满足夜间照明需求，同时在珍稀植物核心保护等区域，需控制好灯光对珍稀植物生存和生长的影响。

C)标识标牌

主要包括导视牌、植物铭牌、植物解说牌、警示牌等内容。其中导视牌位于园区入口、道路交叉口等较明显位置；植物铭牌及解说牌位于五小叶槭生产种植及核心保护区，

用于介绍五小叶槭的特征习性及保护价值等信息；警示牌位于五小叶槭核心保护区，用于避免人为活动对五小叶槭生长产生不利影响。

D）构筑小品

主要包括围栏、休憩座椅、垃圾桶等。其中围栏布置于园区及五小叶槭原生境保护区四周；休憩座椅、垃圾桶等布置于园区各处，满足停留休憩等功能。

d.给排水工程

A)给水工程

给水工程主要包括建筑给水工程及绿化灌溉工程。建筑给水工程种，给水管网沿道路及建筑物铺设，在卫生间和用水设备区域设置支管和用水器具；绿化灌溉工程采用滴灌及喷灌相结合的方式对不同区域以不同方式进行灌溉，满足植物生长需要。

B)排水工程

排水工程包括生产生活污水排放工程和雨水排放工程。其中生产生活污水排放工程通过污水管网将园区内污水排放到电站统一规划的污水管网中；雨水排放工程通过在园区道路旁设置生态排水沟对雨水进行收集，统一排放至园区周围的排水系统中。

e.电气工程

综合考虑科研设备、生产设备、生活设备、照明设备等用电需求，在园区内设置变配电室，并预留一定用电容量。电气线路采用电缆埋地敷设方式，穿越道路和建筑物时加设保护套管。同时做好建筑防雷接地措施，设置接闪器、引下线和接地装置，防止雷击事故发生。

f. 监测工程

在园区布设监测系统，开展五小叶槭生长指标、环境要素、病虫害等相关监测，并将在线监测数据实时发回至中心站，使科教中心内亦可同步看到实时监测数据。

g.其他辅助设施

包括消防系统、安防系统等相关工程。

4)珍稀植物园运营管理规划

①物业管理

物业管理主要包括对园区内设施设备维护、园区解说、园区消防管理、环境卫生保洁、日常安全巡查，协助开展日常检查、宣传、参观工作等活动秩序维护，妥善处理突发公共事件，确保园区正常运转及参观、来访人员的人身财产安全等工作。

②植物管护

植物管护工作应包括对园区内各类植物的整形修剪、灌溉与排水、施肥、有害生物防治、松土除草、改植或补植、植物防护等内同。同时通过监测数据指示，对植物管护工作重点进行调整。

5)珍稀植物园分期建设规划

珍稀植物园拟分成两期工程进行建设，旨在抢抓五小叶槭移栽的施工窗口期，提高保护效率，降低五小叶槭移栽与植物园其他工程施工之间的相互干扰。

第一期工程在园区周围道路交通、临时用电、临时用水等基础施工条件初步成型时启动。一期工程聚焦五小叶槭移栽保护核心任务，对植物园进行场地平整，移栽区达到设计高程要求，结合电站工区各点位主体工程施工进度、施工条件，对受影响的五小叶槭，选择适宜季节陆续进行移栽，抢抓五小叶槭移栽的施工窗口期，保障五小叶槭移栽后的抚育管护需求。

第二期工程待五小叶槭移栽完成、现场无交叉施工冲突、园区周围永久供电、给排水等配套设施完善时启动。二期工程聚焦园区功能完善、景观提质、配套落地，完成全园剩余工程建设。具体包括建筑修建、道路铺设、给排水管网布设、供电照明、景观绿化等内容。使场地从“移栽保护先行区”向“功能完备的珍稀植物园”顺利转化。

6.7.1.6 管理措施

(1)制订工程建设的生态保护规定。成立项目生态保护工作领导小组，明确职责和工作范围，加强对工程建设过程中生态保护工作的领导和监督。

(2)在工程管理机构应设置生态环境管理人员，建立各种生态管理及报告制度。

(3)加强对施工人员、周边居民的宣传教育培训工作，树立生态绿色施工理念，提高环保认知。

(4)加强对施工人员及施工活动的管理。施工过程中，加强人员的管理，禁止施工人员对植被滥砍滥伐，严格限制施工人员在施工现场的活动范围，防止破坏沿线的生态环境。

6.7.2 陆生动物保护措施

6.7.2.1 避让措施

(1)渣场、施工场地、临时便道等临时占地，优先避开评价区内植被较好的区域，严禁越界施工，尽量少破坏动物生境。

(2)施工时的废水严禁不经处理直接排放，建筑物及其他材料应妥善堆放，建议采取

临时防风、防雨设施；对施工运输车辆应采取遮挡措施，尤其是运输水泥等材料时，避免废水、废渣等对周围动物生境的破坏。

6.7.2.2 减缓措施

(1)广泛开展宣传和教育

在认真做好库区库周生态环境建设和对动物栖息地保护的同时，还必需通过多种途径广泛开展保护野生动物的宣传和法制教育。在库区库周涉及乡镇宣传有关野生动物的知识及保护的意义，保护野生动物的栖息环境，禁止非法狩猎、诱捕、毒杀野生动物，有效控制其它威胁野生动物生息繁衍的活动。

根据本工程施工人员数量、移民安置人口，印发环境保护宣传手册，分发给本工程施工人员、部分移民及移民安置区的居民。

(2)施工期间加强弃渣场防护，防止水土流失。加强施工人员的各类卫生管理，避免生活污水的直接排放，减少水体污染。

(3)在工程施工过程中，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，避免污染两栖爬行类、涉禽以及傍水型鸟类的生境。施工期间的废水达标处理后回用，生活污水采用一体化处理设备进行处理，不外排；含油污水收集后经隔油池处理，废油由有相关资质的单位回收处理；采用向基坑中投加絮凝剂进行絮凝沉淀和酸性中和的方法，静置沉淀后外排。

(4)鉴于鸟类对噪声、振动和施工灯光特殊要求，施工尽可能在白天进行，晚上做到少施工或不施工；严禁高噪声设备在夜间施工，尽量减少鸣笛。防治施工噪声对野生动物的惊扰，对相关装备安装消声设备。

(5)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，禁止越界施工占地或砍伐林木、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。

(6)蓄水前搜救措施

由于水库蓄水历时较短，根据库周重点保护动物分布情况，对由于水库蓄水造成人为活动的干扰而受伤或食物暂时性短缺受影响的重点保护动物采取统一搜救措施。

1)搜救原则

本次工程库区库周重点野生保护动物救护应遵循以下原则：

①以国家重点保护动物为主，兼顾其余野生动物救护的原则。

②科学救护原则。救护野生动物的目的是使野生动物资源得到最大限度的保护，从救治、饲养、放归各环节都要采取科学措施，减少对野生动物的人为干扰和伤害。

③统一协调原则。成立专业的野生动物救护队伍，统一协调库区库周涉及区域的搜救任务，各单位及人员服从统一协调安排，充分发挥各单位及人员的优势。

④属地管理和就近、及时救护相结合的原则。野生动物救护原则上实行属地管理原则，特殊情况可遵循就近、及时救护原则。

2)搜救目标

根据国家重点保护动物的繁殖期，结合水库蓄水规划，确定本方案的搜救目标。主要为国家重点保护动物，兼顾其余受伤或年幼野生动物的搜救。

3)搜救方案

①组织及成员组成

鉴于国家重点保护动物搜救的繁杂性，本项任务主要依托水库库底清理计划，由建设单位委托具有相关资质及技术水平的单位(例如林业主管部门)开展工作；在水库库底清理人员组成中，由当地林业部门负责动物搜救，还应该包括环保部门、动物专家、兽医人员、设计单位及其它单位或人员。

②搜救人员技术培训

重点保护动物识别：采取集中培训或编写、发放重点保护动物图册方式，介绍国家及省重点保护动物的特征，能够识别国家及省级重点保护动物；重点保护动物的应急救治方法；对讲机等通讯设备的使用；搜救人员的安全培训等。

③搜救时间安排

野生动物的搜救工作时间结合水库库底清理随时启动进行。这是由于水库库底清理时，将砍伐正常水位线下的林木，届时对野生动物的干扰较大。

④搜救动物的管理

在野外搜到的动物应及时、就近交给当地林业主管部门进行治疗养护和放归。

6.7.2.3 恢复和补偿措施

由于工程修建和水库蓄水占用了野生动物的生境，其觅食范围也相应减小，工程完工后所占据的临时用地如弃渣场、临时道路、施工人员生活区等区域的植被恢复工作应尽快进行，并结合动物栖息地进行，以尽量减少生境破坏对动物的不利影响。

6.7.2.4 重要动物的保护措施

对于重要动物，除了进行一般动物的避让、减缓等保护措施外，还要重点加强有关野生动物法律法规宣传工作，在主要的施工区和施工人员的生活区设立野生动物保护的宣传栏，对重点保护动物做重点标示及说明，包括动物图片、保护级别、保护意义、法律责任等。在施工过程中，遇到珍稀保护动物，要暂停施工等待动物远离施工区后方可继续施工，如施工中发生这些动物受伤后，应该立即进行救护，并通知所在县乡的林业主管部门进一步救治。

6.7.2.5 管理措施

(1)施工过程中，施工人员必须遵守《中华人民共和国野生动物保护法》，严禁在施工区及其周围捕猎野生动物，特别是重点保护野生动物。在施工前，组织施工人员学习有关国家法律和法规，确保野生动物的保护落实到每一个环节。

(2)加强工程区的生态环境的监控和管理。加强工程区的生态环境的监控和管理，防止施工活动加剧造成的诸如动植物资源的破坏、水环境污染和森林火灾等对当地生物多样性的破坏。

6.7.3 库周消落带治理

牙根二级水电站具有日调节能力，水库正常蓄水位 2560m，死水位 2545m，存在 15m 消落带。根据水库运行方式，一般情况下牙根二级水库水位在正常蓄水位 2560m 以下 2m 范围内频繁消落，不存在消落带治理的空间。同时，由于库区河段位于典型的山区峡谷河段，库周地势陡峭，消落带面积较小。库区右岸分布有 S220 线，水库淹没线位于 S220 以下，该道路为雅江~盐源的通县公路，受公路建设影响，S220 线靠近河岸侧属道路边坡，自然植被分布稀少；库区左岸地势陡峭，大部分为悬崖，基本无自然植被分布。

总体上，根据工程运行特点及库区自然环境特征，牙根二级不宜开展消落带治理及库周生态缓冲带建设工作。

6.6.9 渔政管理措施

牙根二级水电站地处高山峡谷地区，加之当地居民不食鱼类的宗教习俗，鱼类资源保护较好；但随着牙根二级水电站的建设和运行，库区交通得到大力改善，外来人口增多，水产品需求增加，使该江段渔业捕捞压力增大。特别是在水库库尾及支流河段，是水库蓄水后工程江段鱼类残存的重要栖息水域，也是鱼类增殖放流、水生生物监测与调

查的重要水域，因此需强化渔政管理，有效保护鱼类资源。

(1)加强渔政队伍建设

建议当地渔政部门建立健全渔政管理机构，加强渔政队伍及其能力建设，提高渔政部门的执法能力和力度。加强鱼类资源保护宣传，严格执法，禁止禁渔区内任何渔业生产活动，特别是要禁止电鱼、炸鱼、毒鱼等违法捕鱼行为。

(2)严格执行禁渔期和禁渔区制度

结合长江禁渔及四川省的禁渔要求，制定禁渔期和禁渔区，在鱼类集群产卵容易捕捞的时段和河段禁止捕鱼，以保护鱼类能够顺利完成生命过程。将鱼类重要栖息地划定为禁渔区，禁渔区内禁止任何形式的渔业活动；将鱼类易捕和重要时段设为禁渔期，禁渔期间整个水域均为禁渔区，特别是鱼类比较集中的河段。

(3)加强渔业管理

限制渔具、渔法、渔具类型及其规格，保证幼鱼不被捕捞。某些渔法，如电鱼、炸鱼、毒鱼等，对鱼类资源的破坏是毁灭性的，必须严格禁止，以保护渔业资源的持续利用。同时应加强水污染防治工作，杜绝水污染事件的发生，保证鱼类良好的生活环境。

(4)控制生物入侵

牙根二级水库形成后，水体规模明显增加，部分适应流水环境的土著物种退出库区河段，生态位出现较大空缺，此时如果适应静水环境的外来鱼类进入库区，即存在生物入侵风险。入侵物种大量繁殖，将进一步占用土著物种的生态空间，导致土著物种种群规模进一步减小，对本地生物多样性产生危害。应严格管理，宣传普及防范外来物种知识，提高防范意识。

6.7.4 生物入侵风险防范

为保护电站周边生态系统的稳定性，须从工程设计和管理两个方面着手，防范生物入侵风险。

(1) 禁止景观绿化、植物措施等设计使用有入侵风险的物种。

(2) 加强对外来入侵物种危害性的宣传教育，提高施工和管理人员对外来入侵物种的防范意识，严禁施工过程中带入外来物种。

(3) 加强对外来入侵物种识别、防治技术、风险评估技术、风险管理措施的培训，对于外购材料和机械等，应按规定严格进行检验检疫和消杀处理。

(4) 加强对临时占地区及施工扰动区的外来入侵植物的监测工作，发现入侵物种及

时向主管部门汇报。

(5) 针对评价范围内发现的鬼针草 1 种外来入侵植物，主要采取物理防治措施。

1) 施工准备期，对占地区域内的入侵植物进行拔除，并将全部茎叶晒干。为防止其大肆繁殖蔓延，宜在开花结实之前进行拔除处理。

2) 拔除、割下的茎叶集中收集，就地晒干后清运或集中填埋，禁止随意堆放在地表，防止枝条再生、种子散落。

3) 施工期及植被恢复初期定期巡护，发现新生小苗及时拔除，阻断种群复燃。

4) 土地临时裸露区域铺设无纺布、秸秆覆盖，遮光抑制鬼针草种子萌发

6.8 土壤环境保护措施

(1)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”及时进行处理和处置，避免污染工程周边土壤环境。

(2)对工程区内耕地、园地、林地地块进行表土剥离，并运往表土堆存场集中堆置防护，用于后期植被恢复。

(3)加强施工机械设备的维护保养，减少机械设备油类的跑、冒、滴、漏对土壤环境的影响。

(4)运行期地方政府应需加强库周环境管理，确保水库库区良好的水质，避免因水质污染进而造成土壤的酸化、碱化和盐化现象。

6.9 人群健康保护措施

6.9.1 综合防治措施

6.9.1.1 传染源控制

(1)开展卫生防护。工程人员进入施工区和迁移人口迁入居民点时，对生活区和部分作业区进行卫生清理，即采取消毒、杀虫、灭鼠等卫生措施，对饮用水进行消毒。普及传染病防治知识，进行经常性的灭蚊、灭蝇和灭鼠等卫生清理，改善环境卫生，加强个人防护。

(2)确保饮用水安全。施工区、移民安置区应解决好施工生活饮用水净化、消毒设施，饮用水必须符合国家生活饮用水卫生标准，确保饮用水安全。

(3)对生活垃圾和污水进行无害化处置。施工区修建环保厕所、污水处理系统等设施，并对垃圾和粪便进行处置。移民安置点各户配套化粪池，对人畜粪便进行无害化处置。

6.9.1.2 传播途径控制

(1)配备体温监测仪、口罩和消毒液等防疫物资，及时向员工和务工人员发放必要的卫生防护用具，并早、晚各一次对办公生活区进行消毒。

(2)水电站施工区、生活营地配套医疗机构，负责对施工人员进行常见疾病的诊治、人群健康体检、预防接种和健康宣传教育，开展传染病的监测疫情报告和应急处理工作。

(3)健全工作安排机制。所有传染病病人、病原携带者和疑似病人一律不得从事易于使该病传播的职业或工种。

(4)加强项目封闭式管理和门卫制度管理，严格管控人员出入工地，及时掌握相关人员的动态信息；要杜绝外来人员到项目部人员密集场所停留，减少交叉感染风险。

(5)严格落实施工区、生活区(宿舍、食堂)环境和通勤车辆等公共区域和设备设施消毒制度，加大消毒和通风频次。

6.9.1.3 易感人群

做好公共卫生事件防疫、健康防护以及应急预案的知识培训，提高现场人员的自我防护技能。

6.9.2 自然疫源性疾病防治

(1)灭鼠防鼠。灭鼠应与防鼠紧密结合。搞好环境卫生及卫生整顿，清除鼠类栖息活动的隐蔽场所，综合采用器械灭鼠法、毒饵灭鼠法等方法，在施工生活区和迁移人口安置点开展经常性灭鼠和疫源地针对性灭鼠。

(2)灭蚤。施工人员的床、地面等要实施灭蚤，对鼠洞、家鼠或家禽窝及其他蚤类孳生场所也分别予以灭蚤，以消灭传播媒介。一般应在蚤类繁殖高峰之前进行，经 1 次灭蚤后效果可维持 3 个月之久。药物灭蚤主要使用有机磷和拟除虫菊酯等地面滞留喷洒。野外工地、野外住宿场所，用杀虫剂喷洒，杀灭病媒昆虫。

6.9.3 人群管理

水库蓄水淹没、运行时水位消落等将使鼠类、蚊虫等媒介生物的生境和分布范围发生改变，也将使人类与其接触的机会发生改变。工程施工期，由于居住较为集中，人口

流动性较强，施工人员劳动强度大；且施工区易形成积水坑和卫生死角，利于蚊蝇滋生，加之临时生活区条件较差，容易引发各类疾病。因此，对工程涉及区域人群应予管理。迁移人口安置点的人群管理由当地乡镇卫生院医务人员负责，施工区则需要相应部门确定相关人员承担传染病预防工作。

(1)传染病病人、病原携带者和疑似传染病病人不得从事易使传染病扩散的工作。

(2)有条件的地区，可在易感人群中开展免疫接种工作。如甲肝疫苗、伤寒疫苗、流感疫苗等疫苗的注射。

(3)在当地居民和施工人员中开展卫生知识宣传，普及常见传染病的相关知识。教育群众养成喝开水，食熟食，饭前便后洗净手，不随地吐痰和大小便的良好卫生习惯。

(4)提高群众的保健和防病意识，出现相关症状后要早就医，早治疗。

6.9.4 食品卫生管理

工程建设将涉及原居住人口的迁移、大量外来施工和服务人员的迁入，易造成急性食源性疾病等。定期对公共餐饮场所进行卫生清理和卫生检查。发生食物中毒时应及时报告当地的卫生行政部门，对病人采取紧急处理，对中毒食品控制处理。

6.10 移民安置环境保护措施

6.10.1 移民生活质量保障措施

根据《四川雅砻江牙根二级水电站移民安置规划》，结合本工程现阶段移民安置规划内容，对移民生活质量保障措施仅提出原则性要求如下：

(1)严禁不合理开垦土地，通过多种途径提供移民必需的基本生产资料，以满足移民基本口粮需要，并具备有扩大再生产的基础条件。

(2)对移民进行技术培训，提高其生产技能，同时，优化农业种植结构，提高粮食产量，增加农业收入。

(3)在大力发展大农业生产的同时，有针对性地发展适合移民的二、三产业项目，以增加移民的收入。

6.10.2 移民安置

至规划水平年，工程涉及农村搬迁安置人口 2224 人，全部采取分散安置。另迁建

三座集镇，分别为八衣绒集镇、麻郎措集镇和米龙集镇，共集中安置人口 749 人。移民安置规模总体不大，施工工期较短，局部水土流失量小，施工期对周边局部区域的水环境、声环境和环境空气等的影响有限。故移民安置工程施工区主要采取加强宣传和监督力度的措施，减少施工期的水土扰动和环境破坏。移民安置需充分考虑当地民俗习惯与宗教文化特点，居民点建筑风格需与既有建筑物协调一致。对工程完工移民迁入后，提出如下环境保护措施建议：

(1)生活污水处理措施

分散安置移民规划设计每户设置沼气池 1 座，对产生的生活污水、人畜粪便进行处理后用作农田灌溉或农家肥料。根据《户用沼气池标准图集》(GB/T4750-2002)，结合移民安置实际条件，可选择 6m³ 圆形沼气池。

迁建集镇分别设置一体化污水处理设施，经处理后回用，不得外排。

(2)生活垃圾处理措施

依据《四川省雅砻江牙根二级水电站建设征地移民安置规划报告》涉及成果，本工程移民安置区生活垃圾经收集分类后，运至片区统筹拟建的麻郎措垃圾处理厂集中处置。

结合《雅江县牙衣河特色种养殖片区国土空间总体规划（2021-2035 年）》，规划在麻郎措集镇周边设置垃圾处理厂 1 处。处理厂服务范围为八衣绒乡、波斯河镇、麻郎措镇和米龙乡 16 个行政村，服务人口规模约 8800 人。

麻郎措垃圾处理厂处理对象是八衣绒乡、波斯河镇、麻郎措镇和米龙乡 16 个行政村居民产生的生活垃圾，处理规模为 10t/d，运行时间 20 年，采用高温热解气化工艺。规划内容主要包括：垃圾处置系统和中央控制系统，包括垃圾的接收、贮存和输送，垃圾分拣，高温热解气化，余热回收，尾气净化，渗滤液的回收和处理，灰渣及飞灰的收集和处置；热解厂配套及附属工程，包括给排水系统、电气供电系统、环境监测系统等。

整个厂区根据工艺特点，结合建设条件进行功能分区，生活垃圾热解气化厂分为门卫及计量间、卸料大厅、分拣车间、垃圾中转区、热解焚烧气化区、渗滤液处理区。其中热解焚烧气化车间设有中控室、飞灰房、辅房、渣房、软水间等。项目新建一条道路与垃圾热解厂进厂道路相连接。垃圾开挖后通过皮带传输机运至分选厂房的上料口处，将分选后的不可燃垃圾以及焚烧后的灰渣就近运至指定垃圾埋场填埋。

移民生活垃圾以厨余等有机物为主，多用于家禽及牲畜饲养，垃圾产生量较少。生活垃圾采取分类收集模式，垃圾处置采用“村收集、镇运输、县处理”的方式，居民将生活垃圾投至垃圾收集点集中后，外运至麻郎措垃圾处理厂处置。

(3)人群健康防护措施

对集镇搬迁新址进行清理和消毒，切实做好灭鼠工作，预防和控制传染性疾病和自然疫源性疾病的流行，确保搬迁新址卫生环境安全。

(4)生态保护措施

开展移民安置区生态环境保护宣传活动，禁止捕杀野生动物、乱砍滥伐；从保护森林资源角度，移民建房木材及烧柴尽可能利用电站建设征地区的林木。

农村移民安置的居民点考虑在宅旁、村旁、道旁、水旁“四旁植树”，栽植乔木以山杨为主，灌木以鞍叶羊蹄甲为主，草本以早熟禾和披碱草为主。

6.10.3 专项设施复建

牙根二级水电站建设征地涉及专业项目包括交通运输工程、水利水电工程、电力工程、电信工程、文物古迹等。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牙根二级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，还需要采取相应的环境保护措施：

6.10.3.1 废水处理措施

(1)生产废水处理

专项设施复建工程施工废水主要有混凝土拌和机械冲洗废水、砂石加工废水等，主要以 pH、SS 为主，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。混凝土搅拌废水在沉淀池中加酸进行中和沉淀后回用。在施工机械车辆检修、冲洗场所布设检修平台，平台周围布设集水沟，并布置隔油池对施工机械冲洗及维修产生的油污水进行收集处理。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。

(2)生活污水处理

复建工程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。

6.10.3.2 生态环境保护措施

(1)在公路修筑过程首先应及时对上边坡中土质边坡段采取有效支护，防止崩塌、滑坡危害；其次施工中产生的废弃土石不应随意堆放在下边坡上，避免雨季垮塌产生二次水土流失。

(2)优化工区出渣方式，优化道路施工布置和减少道路开挖断面，采用半挖半填方式，从源头上减少地表破坏和扰动面积。

(3)完善施工公路必要的排水系统及挡护设施，包括道路两侧排水；根据施工场地条件和水土保持要求，选用当地乡土树种进行造林绿化。同时由于乔、灌木恢复需要一定的生长周期，在绿化方案设计时，结合水土保持植物措施，尽快恢复植被。

6.10.3.3 环境空气保护措施

(1)在靠近居民点施工时，应注意施工现场要设置围挡设施，并注重施工场地清洁；施工现场应设专人负责保洁工作，及时洒水清扫，减少扬尘。每个施工段安排 1 名员工定期对施工场地洒水以减少扬尘的飞扬。

(2)施工散料运输车辆应采用加盖篷布和湿法相结合的方式，减少扬尘对大气的污染，物料堆放时加盖篷布。

(3)公路施工设置的储料场、混凝土搅拌站应远离公路沿线居民点，布置在较为空旷的位置。

(4)利用现有道路作为施工道路进行材料输运等，应做好施工路线选择、车速控制、并在沿线有居民点处采取适当洒水降尘措施，降低二次扬尘污染。

(5)加强施工管理，提倡文明施工、集中施工、快速施工。工程开挖土方应集中堆放，及时回填，以缩小扬尘影响范围和影响时间。

6.10.3.4 声环境保护措施

(1)尽量采用低噪声机械，工程施工所用的施工机械设备应事先对其进行常规工作状态下的噪声测量，超过国家标准的机械应禁止入场施工。施工过程中还应经常对设备进行维修保养，避免由于设备性能差而使噪声增强现象的发生。

(2)合理安排好施工时间与施工场所，高噪声作业区应远离声环境敏感点布置，在敏感点附近路段施工时，如果敏感点监测不能满足相应的声环境质量标准，可以采取临时性的降噪措施，如设置临时降噪声屏障等措施来保护敏感目标。

(3)根据《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)要求，应合理确定工程施工场界，应尽量避免将施工营地设置在声环境敏感点附近。

6.10.3.5 固体废物处置措施

专项设施复建工程施工期固体废物多呈线性分布，若堆放不当或处置不及时，将直接破坏公路沿线生态环境，因此应通过加强施工管理，及时清运、处置，减少和防止固体废物影响。

施工期固体废物主要包括土石方开挖，房屋拆迁、施工残土产生的建筑垃圾和施工人员生活垃圾。公路施工所产生弃渣需设置弃渣场，并采取防护措施。生活垃圾可收集后就近运至所在乡镇垃圾临时堆存场，后由乡镇统一集中处理。

工程竣工后，应及时清理施工现场，清除临时工程废弃物，恢复原有地貌。

6.11 施工期环境保护措施

6.11.1 施工污（废）水处理措施

6.11.1.1 砂石加工系统

(1)废水概况

根据料源选择和施工总布置规划，结合施工进度计划安排，本工程拟设置 2 个砂石加工系统，分别是木灰沟砂石加工系统和拉最砂石加工系统。木灰沟砂石加工系统成品料生产能力为 580t/h，设计处理能力为 725t/h，二班制生产；拉最砂石加工系统成品料生产能力为 500t/h，设计处理能力为 625t/h，二班制生产。

根据工程污染源分析结果，本工程各砂石加工系统废水主要污染物为 SS，具有废水量大、SS 浓度高的特点，若不经处理直接排放，平枯期会对工程河段及下游水质造成较大的影响。根据《水电工程砂石系统废水处理技术规范》（DLT 5724-2015），砂石废水处理设计能力宜按系统设计用水量的 80%~85%确定，本阶段取 80%。根据本电站砂石料源特性和砂石加工方法分析，参考国内同类型工程施工期砂石加工系统生产废水排放量和悬浮物浓度的实测成果资料，悬浮物浓度约为 80000mg/L 左右。各砂石骨料的生产能力及废水排放情况详见表 6.11-1。

牙根二级水电站砂石加工系统及废水特性表

表 6.11-1

砂石加工系统名称	处理能力/生产能力 (t/h)	最大用水量 (m^3/h)	最大排水量 (m^3/h)	悬浮物浓度 (mg/L)
木灰沟砂石加工系统	725/580	654	523	80000
拉最砂石加工系统	625/500	514	411	80000

(2)处理目标

工程河段内执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)II类水域标准，禁止新建排污口，废（污）水处理后回用或洒水降尘等综合利用，禁止对外排放。SS 的处理目标为满足《水电工程砂石加工系统设计规范》(NB/T10488- 2021)中砂石加工系统回用水水质要求。

(3)方案比选

砂石加工系统生产废水的传统处理工艺一般为采用自然沉淀法和加药絮凝沉淀法，随着技术的发展，在水电工程中还出现了 DH 系列高效（旋流）污水净化器处理工艺以及磁介质混凝沉淀技术（MagCS）工艺。

方案 1：自然沉淀法，处理流程见图 6.11-1。含高悬浮物的废水从筛分楼流出，进入沉淀池，不使用凝聚剂，在沉淀池中进行自然沉淀，上清液循环使用。该方案特点是处理流程简单，基建技术要求不高，运行操作简单，运行费用少。为达到较好的处理效果，沉淀池的规模要求大，且很难达到回用水质要求。

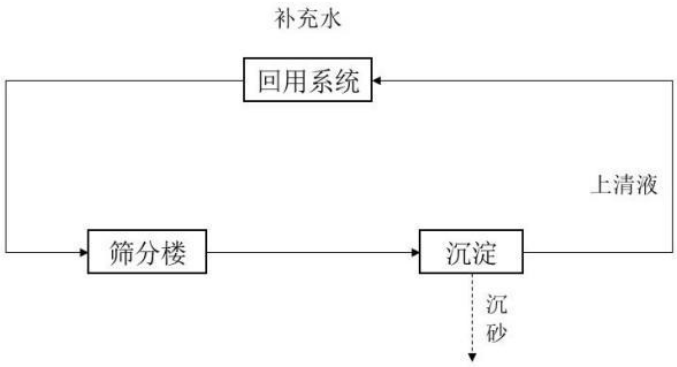


图 6.11-1　自然沉淀法工艺流程

方案 2：絮凝沉淀法，处理流程见图 6.11-2。废水经过厂区废水收集管渠，进入旋流沉砂池，进行初步沉淀。在废水进入快速反应池前投加絮凝剂，水和絮凝剂在快速反应池内利用快速搅拌机充分混合，然后进入慢速反应池，同样利用慢速搅拌器充分反应。慢速反应池出水进入平流式沉淀池，废水中的絮体状颗粒沉淀到池底，上清液直接排入清水池，回水泵站将清水池中的水送至厂区用水点。

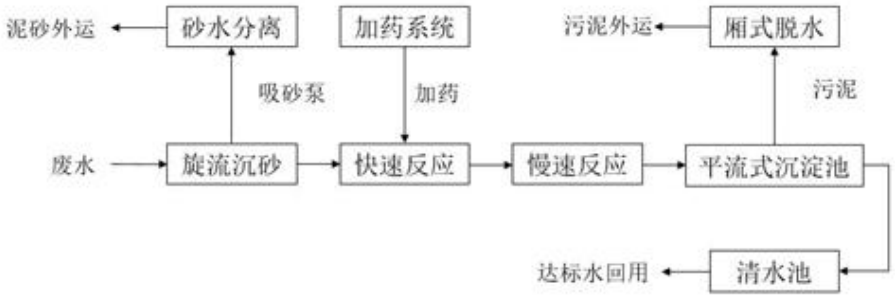


图 6.11-2　絮凝沉淀法工艺流程

方案 3：高效旋流净化法，处理流程图 6.11-3。砂石骨料冲洗废水进入调节池，经泵抽至高效旋流净化器，同时利用负压原理，将药剂与废水一并吸入管道中初步混合，进入高效旋流净化器。在高效旋流净化器内经混凝反应、离心分离、重力分离、动态过滤及污泥浓缩等过程从高效旋流净化器顶端排出净化后的净水，浓缩后的污泥从底部定时或连续排出。处理出水直接排入清水池，回水泵站将清水池中的水送至厂区用水点。

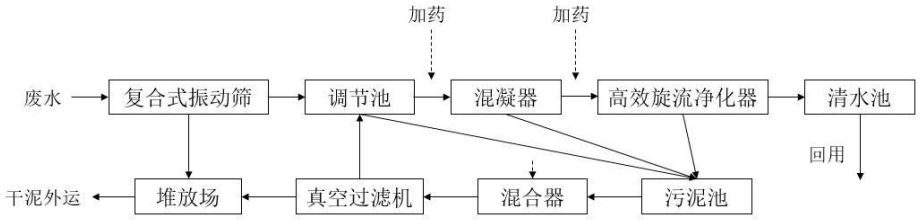


图 6.11-3　高效旋流净化法工艺流程

方案 4：磁基增效高浊废水集约化处理系统（MagCS），工艺流程图 6.11-4。砂石加工废水经废水收集池收集后泵送入膏体仓储浓密机中心筒，与絮凝剂充分混合后进入膏体仓储浓密机内高速沉降后进入磁基增效高浊废水集约化处理成套设备，出水用于药剂制备和回用，尾泥与膏体仓储浓密机底流混合，经压滤给料泵泵入高压隔膜压滤机进行压滤脱水，泥饼外运、填埋；滤液与膏体仓储浓密机溢流混合，再次进入磁基增效高浊废水集约化处理成套设备进行处理。整个工艺段连续运行，避免污泥淤池和人工清池。

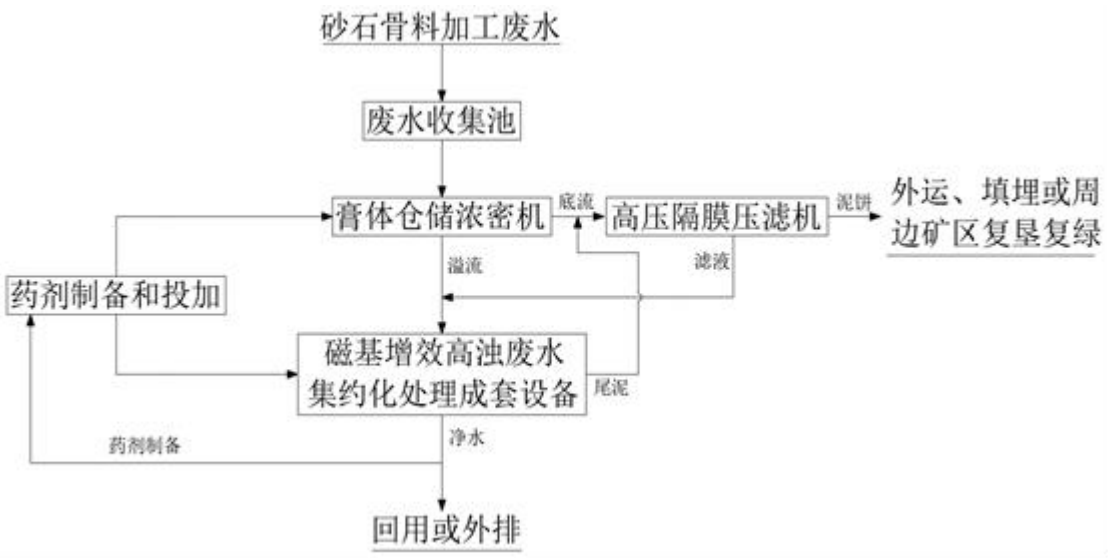


图 6.11-4　磁基增效高浊废水集约化处理系统工艺流程

MagCS 处理系统工艺流程主要包括磁混凝、磁沉淀和磁回收三个工艺单元。

磁混凝工艺：待处理水体由泵提升至混凝系统，首先进入折板式静态混合器中，定量加入混凝剂，充分混合后自流进入带有导流筒的磁介质混凝反应池（T1），加入（循环）磁介质和回流污泥，实现快速搅拌条件，强化聚凝段的混合效果，形成微细絮体；随后进入带有差速搅拌絮凝反应池（T2），加入助凝剂，通过差速搅拌多层级不同结构桨叶，将轴向流程划分为多级搅拌区域，实现“一级池体多级强度”的絮凝条件，形成包裹磁介质的密实絮团。

磁沉淀工艺：经磁混凝形成絮团的污水进入高效沉淀池，在沉淀区内污水从下向上流，包含磁介质的絮团污泥由于较大重力快速沉降并跌至底部污泥区，不易沉淀的微小絮体被斜管捕获，最终高质量清水通过沉淀池顶部的集水槽收集排出。底部污泥区中的磁泥由磁泥泵排出，进入磁回收单元。

磁回收工艺：剩余磁泥经分离后成磁介质和剩余污泥，磁介质由磁回收机回收至 T2 循环利用，剩余污泥则泵至污泥处理系统。

4 种处理工艺中，方案 1 采用自然沉淀法，特点是处理流程简单、基建技术要求低、运行操作简单且运行费用低，但竖流沉淀池对小颗粒絮凝物沉淀效果差，要达到较好的处理效果，须修建较大的竖流沉淀池，占地面积大，经济性太低，目前较少被采用。方案 2 采用传统絮凝沉淀工艺，其核心处理包括平流沉淀池、旋流沉淀池、斜管（板）沉淀池或辐流沉淀池等构筑物，相比自然沉淀法处理效率高、占地面积相对较小，但易出现泥渣板结、堵塞，清泥工作量大等问题。方案 1 与方案 2 处理工艺存在问题总结如下：

1)自然沉淀占地面积大，泥渣清理工作量大。

2)平流沉淀池悬浮物去除率较低，出水水质差，占地面积大，清泥频繁且工作量大，经常发生淤池现象。

3)旋流沉淀池运行费用相对较高，而且设备易磨损，维护费用高。

4)斜管（板）沉淀池要求入口悬浮物浓度一般不大于 3000～5000mg/L，适用于低悬浮浓度废水处理，在处理砂石加工系统废水时，往往处理能力低，出水水质差，斜管（板）易堵塞，清泥困难。

5)辐流沉淀池占地面积大，废水往往需要预沉淀以后再进行处理，以减轻处理负荷，从而造成工艺路线长，操作维护工作量大，沉淀池排泥管易堵塞，刮泥机械故障多，运行可靠性差。

方案 3 高效旋流净化法采用一体化设备，将直流混凝、微絮凝造粒、离心分离、重力分离、油水分离、动态把关过滤及污泥浓缩等过程有机融合为一体，在同一罐体内完成废水的多级净化，实现了在线式快速连续高效处理。但是该设备由于旋流作用，存在着设备易磨损等问题，其排泥也存在一定的问题，排泥过程容堵塞和板结。

方案 4 采用“磁基增效高浊废水集约化处理系统（MagCS）”工艺，该技术以重介质加载沉淀技术为基础，利用常规的絮凝沉淀法，通过混凝阶段投加高效可回收的磁介质提高絮体的沉降速度，并辅以污泥回流装置来提高混凝反应效果的技术。由于磁介质比重较大，通过在絮凝反应过程中和絮体有效的进行结合，使絮体大而密实，可以有效提高絮体的比重，在澄清池中高速沉降，以此有效提高澄清池的处理效率。其主要特点如下：

1)利用比重大的磁粉作为载体，极大加强其重力沉降性，沉降速度可达 50m/h，沉淀效率远超斜管沉淀池；

2)对 SS、TP 去除效果好，同时还对非溶解性 COD 有一定的去除效果；

3)耐冲击负荷能力强，出水稳定；

4)停留时间短，占地面积小，节约基建投资。采用两级混絮凝，系统工艺简单，水力总停留时间小于 20 min；占地省，土地利用率高，其沉淀池占地面积是斜管沉淀池的 1/5，传统沉淀池的 1/20，大大降低工程基建投资；

5)磁粉循环利用，回收率高于 99%，磁粉损失极少，且部分污泥回流，运行成本低；

6)设备无需反洗，自动化程度高，运行管理简单；设备功率小，磨损小，使用寿命

长；

7)将絮凝、沉淀等工艺流程融入一体化设备，无旋流磨损，同时充分利用重力排泥，适用于当地用地紧张，各种处理规模的砂石加工系统。

8)该技术已成功应用于两河口水电站下游围堰施工废水处理项目中（两河口水电站下游围堰施工废水处理系统现场见下图 6.11-6），应用结果表明：磁介质混凝沉淀技术作为一种深度净水技术，具有工艺简单、设备占地少、处理量大、耐冲击负荷能力强、运行成本低、设备使用寿命长、出水稳定等特点，经实践检验能够满足工程下游围堰灌浆废水、施工废水处理要求。本套工艺设备对砂石系统废水、冲洗废水、灌浆废水等均有良好的适应性；监测数据表明，设施进水口悬浮物浓度为 8000~20000mg/L，出水口悬浮物浓度为 8mg/L，出水口悬浮物浓度远低于《水电工程砂石加工系统设计规范》相关标准，废水处理效果十分显著。

综合上述分析，在广泛调研行业现有砂石加工废水处理工艺、装备和潜在市场竞争对手等基础上，结合自身项目实践经验和优势，现阶段推荐本项目砂石加工系统废水处理采用“磁基增效高浊废水集约化处理系统（MagCS）”工艺，下阶段根据现实情况可进行调整和优化

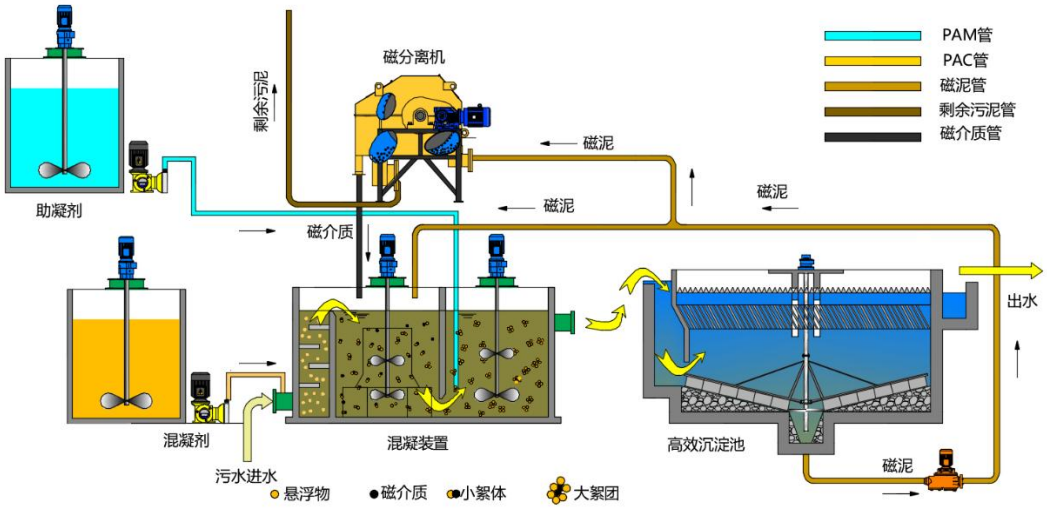


图 6.11-5　MagCS 处理系统工艺设备示意图



图 6.11-6　两河口水电站下游围堰施工废水处理系统现场及进出水对比

(4)方案设计

1)木灰沟砂石加工系统废水处理

① 工艺流程

木灰沟砂石加工系统废水产生量为 523m^3/h（废水密度约为 1t/m^3），采用“废水收集池+膏体仓储浓密机+磁基增效高浊废水集约化处理成套设备+高压隔膜压滤机+清水回用”的工艺流程。砂石加工废水经废水收集池收集后泵送入膏体仓储浓密机中心筒，与絮凝剂充分混合后进入膏体仓储浓密机内高速沉降，膏体仓储浓密机溢流进入，磁基增效高浊废水集约化处理成套设备出水用于药剂制备和回用，尾泥与膏体仓储浓密机底流混合，经压滤给料泵泵入高压隔膜压滤机进行压滤脱水，泥饼外运至渣场填埋；滤液与膏体仓储浓密机溢流混合，再次进入磁基增效高浊废水集约化处理成套设备进行处理。整个工艺段连续运行，避免污泥淤池和人工清池。

② 主要设备及构筑物设计

本砂石加工系统废水处理站占地面积约为1500m²。各设备及构筑物设计参数如下：

木灰沟砂石加工系统废水处理系统建构筑物及设备统计

表 6.11-2

序号	名称	型号或技术规格	数量（台/套）	备注
一	**设备和主要材料**			
1	废水输送泵	Q=600m³/h，H=20m，N=55kW 变频电机	2	1用1备
2	废水输送泵配套控制柜	N=55kW	1	
3	浓密机进水管道浓度计	NA22，环保型，DN250	1	
4	浓密机进水管道电磁流量计	DN250	1	
5	膏体仓储浓密机	Ø9×H12m，单台总容积约750m³，最大仓储容积为500m³； 废水处理量523m³/h以上，单台干泥处理量50t/h以上，底流质量浓度约45%-50%。	1	
6	絮凝剂制备投加装置	JY6000，最大制备能力6000L/h。三厢，含螺旋给料0.55kW、搅拌3×0.55kW、螺杆泵2×2.2kW、稀释泵1.5kW和加热3×5kW（根据需要）等。单套装机功率23.1kW，带电控柜。	1	
7	泥层高度测量系统	测量高度20米，精度1%	1	
8	磁基增效高浊废水净化设备	MagCS-15000，出水SS参照施工相关规范及要求； 含撬装集装箱：9125×2950×2896mm； 磁基增效混凝反应器：5820×2910×3800mm； 磁基增效沉淀池：6310×6310×4800mm；内装斜管填料斜长1000mm斜管沉淀和刮泥机，污泥回流泵、剩余污泥泵、磁回收机、PAC制备设备、PAM制备设备等，单台装机功率22.7kW。	1	
9	压滤给料泵	Q=200m³/h，H=100m，N=90kW 变频电机	2	1用1备
10	压滤给料泵配套控制柜	N=90kW	2	
11	高压隔膜压滤机	过滤面积550㎡，滤室容积10.9m³，功率N=拉板电机2.2kW+液压站电机18.5kW，含压滤机主体机架、滤板、滤布、拉板小车、液压站、接液翻板和电控柜等。	2	1用1备
12	空压机	容积流量：20m³/min，螺杆空压机，风冷，设备排气压力：1.3MPa，功率160kW，带电控	2	
13	储气罐	容积5m³，PN1.3MPpa，压榨供气	1	
14	储气罐	容积5m³，PN1.0MPa，反吹供气	1	
15	储气罐	容积2m³，PN1.0MPa，阀门供气，配套冷干机组和过滤器组	1	
16	液位控制系统	污水池	1	
17	电气自动化系统	含配电屏、操作箱、检修箱、线缆、照明、计算机控制系统、桥架和其他辅件等	1	
18	管件、阀门和非标等		1	
二	**土建工程**			
1	废水收集池	污水池尺寸7×4×3m，污水池体积84m³	84	
2	浓密机基础	D10×H0.8m，基础每台面积78.540㎡	78.540	
3	磁基增效高浊废水净化设备基础	D6.7×H0.8m，L9.5×B3.3×H0.8m， L6.3×B3.3×H0.8m，面积87.40m²	87.40	
4	回用水池	回水池尺寸10×8×3m，回用水池体积200m³	200	

序号	名称	型号或技术规格	数量（台/套）	备注
5	压滤车间	L20×B15×H14m，两层，建筑面积 600 ㎡	600	
6	辅助用房（泵房、配药和电控）	L15×B6×H10.5m，两层，建筑面积 180 ㎡	180	
7	地基处理	/	/	

2)拉最砂石加工系统废水处理

① 工艺流程

拉最砂石加工系统废水规模 411m³/h，采用“废水收集池+膏体仓储浓密机+磁基增效高浊废水集约化处理成套设备+高压隔膜压滤机+清水回用”的工艺流程。砂石加工废水经废水收集池收集后泵送入膏体仓储浓密机中心筒，与絮凝剂充分混合后进入膏体仓储浓密机内高速沉降，膏体仓储浓密机溢流进入，磁基增效高浊废水集约化处理成套设备出水用于药剂制备和回用，尾泥与膏体仓储浓密机底流混合，经压滤给料泵泵入高压隔膜压滤机进行压滤脱水，泥饼外运至渣场填埋处理；滤液与膏体仓储浓密机溢流混合，再次进入磁基增效高浊废水集约化处理成套设备进行处理。整个工艺段连续运行，避免污泥淤池和人工清池。

② 主要设备及构筑物设计

拉最砂石加工系统废水处理系统建构筑物及设备统计

表 6.11-3

序号	名称	型号或技术规格	数量（台/套）	备注
一	**设备和主要材料**			
1	废水输送泵	Q=450m³/h，H=20m，N=45kW 变频电机	2	1 用 1 备
2	废水输送泵配套控制柜	N=45kW	1	
3	浓密机进水管道浓度计	NA22，环保型，DN250	1	
4	浓密机进水管道电磁流量计	DN250	1	
5	膏体仓储浓密机	Ø8×H12m，单台总容积约 602.88m³，最大仓储容积为 452.16m³； 废水处理量 411m³/h 以上，单台干泥处理量 48t/h 以上，底流质量浓度约 45%-50%。	1	
6	絮凝剂制备添加装置	XNT6000，最大制备能力 6000L/h。三厢，含螺旋给料 0.55kW、搅拌 3×0.55kW、螺杆泵 2×2.2kW、稀释泵 1.5kW 和加热 3×5kW（根据需要）等。单套装机功率 23.1kW，带电控柜。	1	
7	泥层高度测量系统	测量高度 20 米，精度 1%	1	
8	磁基增效高浊废水净化设备	MagCS-10000，出水 SS 参照施工相关规范及要求执行； 含撬装集装箱：9125×2950×2896mm； 磁基增效混凝反应器：5610×3010×2930mm； 磁基增效沉淀池：5210×5210×4500mm；内装斜管填料斜长 1000mm 斜管沉淀和刮泥机，污泥回流泵、剩余污	1	

序号	名称	型号或技术规格	数量（台/套）	备注
		泥泵、磁回收机、PAC 制备设备、PAM 制备设备等，单台装机功率 15.85kW。		
9	压滤给料泵	Q=200m³/h，H=100m，N=90kW 变频电机	2	1 用 1 备
10	压滤给料泵配套控制柜	N=90kW	2	
11	高压隔膜压滤机	过滤面积 500 ㎡，滤室容积 9.7m³，功率 N=拉板电机 2.2kW+液压站电机 18.5kW，含压滤机主体机架、滤板、滤布、拉板小车、液压站、接液翻板和电控柜等。	2	1 用 1 备
12	空压机	容积流量：20m³/min，螺杆空压机，风冷，设备排气压力：1.3MPa，功率 160kW，带电控	2	
13	储气罐	容积 5m³，PN1.3MPpa，压榨供气	1	
14	储气罐	容积 5m³，PN1.0MPa，反吹供气	1	
15	储气罐	容积 2m³，PN1.0MPa，阀门供气，配套冷干机组和过滤器组	1	
16	液位控制系统	污水池	1	
17	电气自动化系统	含配电屏、操作箱、检修箱、线缆、照明、计算机控制系统、桥架和其他辅件等	1	
18	管件、阀门和非标等		1	
二	**土建工程**			
1	废水收集池	废水收集池尺寸 6×4×3m，污水池体积 72m³	72	
2	浓密机基础	D9×H0.8m，基础每台面积 63.617 ㎡	63.617	
3	磁基增效高浊废水净化设备基础	D5.6×H0.8m，L9.5×B3.3×H0.8m，L6.0×B3.3×H0.8m，面积 75.78m²	75. 78	
4	回水池	回水池尺寸 10×8×3m，污水池体积 240m³	240	
5	压滤车间	L20×B15×H14m，两层，建筑面积 600 ㎡	600	
6	辅助用房（泵房、配药和电控）	L15×B6×H10.5m，两层，建筑面积 180 ㎡	180	
7	地基处理	/	/	

(5)砂石加工系统运行管理要求

砂石废水处理系统在运行过程中主要需注意定时清淤。同时，考虑到废水处理工艺中的加药间与脱水机房机械化和自动化程度较高，对管理人员有一定技术要求，所以应组织废水处理站的管理维护人员在上岗前接受专项技术操作培训后，才能对电气仪表设备进行科学的操作与维护，并严格制订操作规程，以保证废水处理站的良好运行。同时，工程环境管理部门应定期对处理站的管理运行进行监督检查，掌握废水处理系统运行情况，对不良情况及时提出整改意见，杜绝事故排放。

为保证砂石废水处理系统正常运行，应开展定期维护工作，每月至少进行 1-2 次泥渣清理。同时砂石废水处理系统考虑以下应急措施。本工程 2 个砂石加工系统动力系统均配备了备用设备，万一设备出现故障，均可采用备用设备紧急替换。每个工程均配置了多台设备，并按照最大负荷设计，当某台出现故障，其他设备仍可正常工作，即使有剩余无法处理的泥浆也可通过专设的污泥回流管排入事故池，利用事故池临时贮存。

2 个砂石加工系统均采用 PLC 集中控制，在废水处理系统任何一个环节出现故障时，会很快响应并立即停止运行，同时管理人员应立即通知砂石系统工作人员停止砂石生产，减少进入系统的入水量，按半个小时左右的响应时间计算，响应前废水可临时储存于石粉回收系统或事故池中。

6.11.1.2 混凝土生产系统

(1)废水概况

牙根二级水电站工程共设置 3 个混凝土生产系统，分别为本工程共设置 3 个混凝土生产系统，分别为木灰沟混凝土生产系统、下游高线混凝土生产系统及下游低线混凝土生产系统，均为三班制生产。根据各混凝土生产系统的生产规模，预计各混凝土生产系统每台每次废水冲洗量分别为 4.0m^3、4.0m^3、3.0m^3，每台班冲洗一次，各混凝土生产系统废水总量分别为 24 m^3/d、24m^3/d 及 18m^3/d。类比同类工程，废水 pH 值约为 11，废水中悬浮物浓度约 5000 mg/L，具有 SS 浓度高、污水排放量小、间歇集中排放的特点。3 座混凝土拌和系统的废水特性详见下表。

牙根二级水电站混凝土生产系统废水情况表

表 6.11-4

名称	拌和楼型号	单台拌合楼额定生产能力(m^3/h)	每日处理废水量(m^3/d)
木灰沟混凝土生产系统	2 座 HL240-4F3000LB 型	240	24
下游高线混凝土系统	2 座 HL240-4F3000LB 型	240	24
下游低线混凝土系统	2 座 HL180-3F3000LB 型	180	18

(2)处理目标

工程涉及雅砻江干流江段为Ⅱ类水环境功能区，混凝土生产冲洗废水须经处理后回用，不得排放。

(3)处理方案及工艺设计

针对混凝土生产系统废水水量少、排放不连续、悬浮物浓度较高等特点，采用间歇式自然沉淀的方式去除易沉淀的砂粒，下阶段根据现实情况可进行调整和优化。间歇式自然沉淀的特点是构造简单、造价低、管理方便，仅需定期清池。虽冲洗废水 pH 值偏高，但因水量小，且循环利用，影响不大，故暂不考虑中和措施，如运行期间有较大影响，临时在处理池中投加酸性中和剂即可。

每个处理系统由平行布置的 1 座矩形沉淀池和 1 座清水池组成。每台班末的冲洗废水排入沉淀池内，静置沉淀至下一台班末后，上清液排入清水池回用于下一台班的冲洗，沉淀时间达 6h 以上。沉淀池的出水端设计为活动式，便于清运和调节水位。

(4)主要构筑物

牙根二级水电站混凝土生产系统废水处理设施的规模大小及主要工程量估算见下表。

混凝土生产系统废水处理主要工程量估算表

表 6.11-5

名称	沉淀池尺寸(长×宽×高，m)	清水池尺寸(长×宽×高，m)	开挖量(m^3)	回填量(m^3)	浆砌石(m^3)	占地面积(m^2)
木灰沟混凝土生产系统	2.5×2.5×2.0	2.5×2.0×1.5	29.8	9.8	60	11.3
下游高线混凝土系统	2.5×2.5×2.0	2.5×2.0×1.5	29.8	9.8	60	11.3
下游低线混凝土系统	2.0×1.5×1.5	1.5×1.5×1.5	13.3	5.5	60	5.3

(5)运行管理维护

由于混凝土冲洗废水量很小，处理构筑物简单，除回用水泵外，没有机械设备维护的问题，在运行过程中主要注意定时清淤。管理和维护工作纳入混凝土拌和系统统一安排，不另设机构和人员。

6.11.1.3 含油废水

(1)废水概况

牙根二级水电站规划有 1 个机械修配和汽车保养站。在机械修配和汽车的保养、修理过程中会有含石油类的污水产生。

机修系统污水中主要污染物有 COD_{Cr}、悬浮物和石油类，浓度分别为 25～198mg/L、500～4000mg/L 和 10～50mg/L。机修、保养、汽配系统的高峰生产用水总量为 24m^3/h，废水产生系数以 80%计，含油废水高峰时产生量为 19.2m^3/h。

(2)处理目标

废油尽可能回收利用，不能利用部分统一收集后交由有相应资质的单位处置；处理出水中石油类浓度控制在 5mg/L 以下，回用于场地冲洗与洒水降尘，禁止外排。

(3)处理方案及工艺流程

现阶段推荐采用沉淀池＋成套油水分离器的处理方案，下阶段根据现实情况可进行调整和优化。废水中的悬浮物和 COD_{Cr} 以及部分石油类在沉淀池中经絮凝沉淀后得以去除；沉淀池出水进入成套油水分离器处理，实现废油的回收利用与统一收集，以及处理出水中的石油类含量满足要求。该处理方案的工艺流程如图所示。

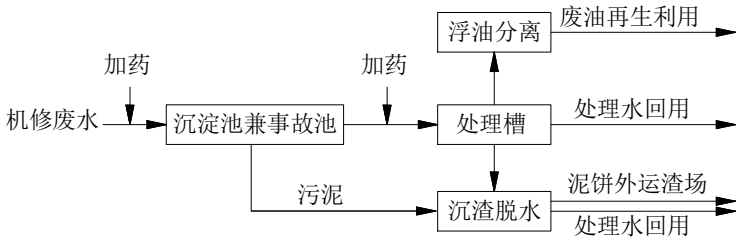


图 6.11-7　牙根二级水电站含油废水处理工艺流程图

(4)主要构筑物设计及设备选型

沉淀池采用平流式。考虑到事故储存功能，停留时间取 3h，有效容积 72m^3。沉淀池分为 2 格，单格尺寸为 5.0m(长)×2.4m(宽)×3.3m(高)，池子沿宽方向单排设 1 个砂斗，砂斗容积按大于 2h 存砂量设计。沉淀池表面负荷采用 1.00m^3/(m^2.h)，正常运行有效水深 3.0m，水平流速 0.93mm/s。沉淀池的规模大小及主要工程量估算见下表。

牙根二级水电站含油废水处理沉淀池规模及主要工程量估算表

表 6.11-6

名称	沉淀池分格数	单格规模尺寸(长×宽×高，m)	开挖量(m^3)	回填量(m^3)	C25 混凝土(m^3)	钢筋(t)	占地面积(m^2)
含油废水处理沉淀池	2	5.0×2.4×3.3	90.72	30.24	20.88	0.94	48.5

油水分离器采用 SFY 型含油废水处理成套设备对其进行处理。SFY 型含油废水处理成套设备在原水含油量≤1500mg/L，冲击负荷不超过 20000mg/L 的条件下，处理后出水含油量＜5mg/L，可达标排放。结合含油废水排放的水量及成套设备型号综合考虑，选定本工程含油污水成套处理设备的型号为 SFY-10。

由于甘孜州境内无专业的具有废油渣处理资质的单位，为使不能回收利用的废油渣得到妥善处置，需在工程区统一设置 1 处废油收集站，定期外运交由有资质的单位进行处理。

(5)运行管理和维护

由于含油污水量较小，处理构筑物和设备较简单，在运行过程中主要注意定时清理和巡护。管理和维护工作纳入站内统一安排，不另设机构和人员。

6.11.1.4 生活污水

(1)污水概况

牙根二级水电站施工期共规划 1 个业主营地和 3 个承包商营地，业主营地位于木灰沟，3 个承包商营地分别为木灰沟左岸承包商营地、木灰沟右岸承包商营地和多吉承包

商营地。业主人员 300 人，类比白玛营地生活污水产生量，业主营地生活用水量取 250L/人 •d，污水排放系数取 0.9，时变化系数取 2.5，管理人员生活污水排放量约为 67.5m^3/d。

工程施工高峰年施工人数约 6066 人，根据《四川省用水定额》(川府函〔2021〕8 号)，施工人员生活用水量参照西部高山高原区农村居民生活用水定额，取 120L/人 • d。污水排放系数取 0.9，时变化系数取 2.5，业主营地和承包商营地的排水量见下表。生活污水主要污染物有氨氮、BOD_5、COD_{Cr}，其浓度分别为 35mg/L、250mg/L 和 450mg/L 左右。

牙根二级水电站施工生活污水排放一览表

表 6.11-7

营地名称	施工高峰年人数（人）	污水排放量（m^3/d）	高峰时段生活污水排放量（m^3/h）
业主营地	300	67.5	7.03
木灰沟右岸承包商 1#营地	1492	161.14	16.79
木灰沟右岸承包商 2#营地	2586	279.29	29.09
多吉承包商营地	1988	214.70	22.37

(2) 处理目标

工程河段为Ⅱ类水域，废污水禁排，因此本工程生活污水经处理应达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）道路清扫、城市绿化的水质要求，处理后的生活污水主要用于绿化灌溉、施工降尘、道路清扫等，全部回用，实现生活污水零排放。

(3)工艺设计

考虑到本工程规模大、施工期长，且业主营地将作为永久营地使用，再加上水环境保护要求高，现阶段推荐采用运行稳定、耐冲击负荷的成套生活污水处理设备，下阶段根据现实情况可进行调整和优化。成套污水处理设施基于 MBBR 工艺，整个系统以 A^2/O 形式运行，O 段采用 MBBR 工艺。该系统同时具有生物膜和活性污泥两种特性。MBBR 的主要特点是：①处理负荷高；②氧化池容积小，降低了基建投资；③MBBR 工艺中可不需要污泥回流设备，不需反冲洗设备，减少了设备投资，操作简便，降低了污水的运行成本；④MBBR 工艺污泥产率低，降低了污泥处置费用；⑤MBBR 工艺中不需要填料支架，直接投加，节省了安装时间和费用；⑥适用于高寒高海拔地区。

成套生活污水处理设备的工艺流程详见下图。

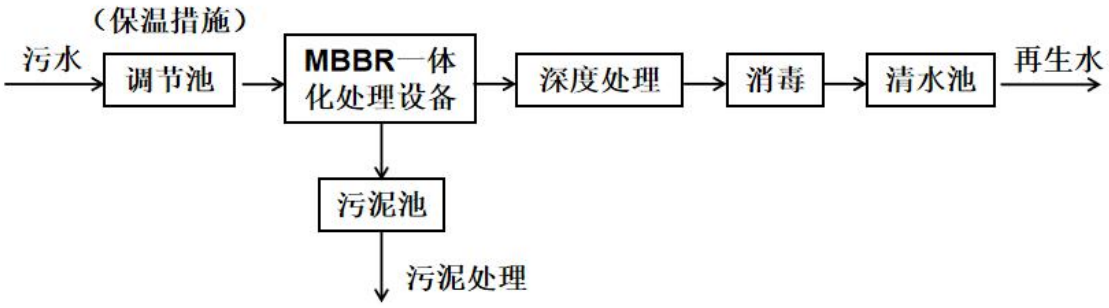


图 6.11-8　生活污水工艺流程图

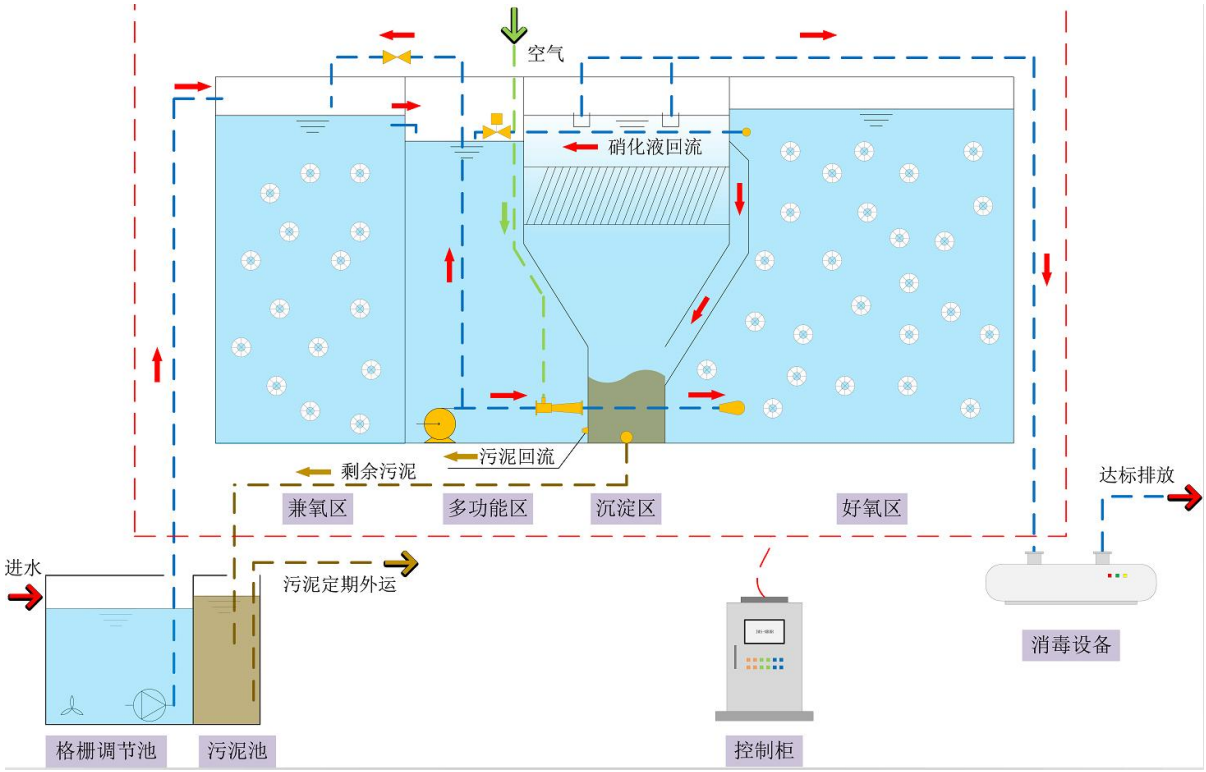


图 6.11-9　装配式一体化 MBBR 生活污水处理设备

生活污水处理站包括格栅池与调节池、污泥池、尾水池、MBBR 一体化污水处理设备、鼓风机房、电气控制柜和水质自动监测设备，其中格栅池与调节池、污泥池、尾水池合建。格栅池主要功能为将污水中较大的污染物、粗颗粒物等进行拦截去除，确保后续工艺连续稳定运行，格栅间隙 3mm。调节池主要功能为调节水质水量，确保后续工艺连续稳定运行，停留时间 HRT=5~6h（按平均小时流量计）。处理达标后尾水存储在尾水池内，尾水池设置回用水泵 1 套。生化部分产生污泥存储于新建污泥池，待污泥装满后转运至有资质的单位进行处理。

主处理设备采用装配式一体化 MBBR 生活污水处理设备，停留时间 HRT=21.0h。鼓风机房 2～3 台鼓风机(其中 1 台备用)，风机进出口部位配有消音设备，可设于地面或

地下。电控柜设于地面控制室，配有 PLC 控制系统，对风机、水泵及空气提升装置进行自动运行控制，也可手动控制。风机与水泵备用设备每隔 8h 自动切换一次。一体化 MBBR 生活污水处理设备后接滤布滤池，出水可达《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）城市绿化、道路清扫、施工降尘水质标准。

生活污水应配置在线监测设备，在污水处理设施进水口、出水口位置需安装流量计、水质在线监测设备（pH、SS、流量、COD、氨氮、总磷）。

此外，营地的职工食堂、中央厨房排水设施上应设置隔油池或成品隔油器，生活污水经隔油处理后再进入污水收集管网，生活污水处理站应配套设置除臭装置和危险废弃物暂存间。

(4)主要构筑物及设备选型

根据牙根二级水电站各生活营地的分布情况，各生活营地因相隔较远，因此各自单独修建。各个营地生活污水成套设备选型及主要工程量详见下表。

牙根二级水电站生活污水成套处理设备选型及主要工程量估算表

表 6.11-8

生活区名称	设计处理能力(m^3/h)	调节池容积(m^3)	成套设备			每套设备配套电器			占地面积(m^2)
			型号	套数	单套设备外形尺寸(长×宽×高，m)	鼓风机	潜污泵	功率(kW)	
业主营地	7.0	15	MBBR-S-75	1	12×3×3	2 套	2 套	20	100
木灰沟左岸承包商营地	27.18	40	MBBR-S-200	1	15×5×3	2 套	2 套	50	350
木灰沟右岸承包商营地	34.31	60	MBBR-S-300	1	20×5×3	2 套	2 套	60	500
多吉承包商营地	6.75	50	MBBR-S-250	1	18×5×3	2 套	2 套	55	400

(5)后期运行维护要求

各施工营地生活污水处理站在地面控制室配备管理人员，在上岗前由设备厂家负责其技术管理培训。操作人员应严格按照操作技术规程，进行正确的操作和定期的维护，并按时巡视检查构筑物、设备、电器和仪表的运行情况，并做好运行记录，若发现运行不正常时，应及时处理并同时上报主管部门。

6.11.1.5 施工区粪便污水

(1)处理工艺

针对施工现场零星生活污水，主要采取在施工区配置环保厕所的方式，实现对粪便、尿液等的无害化处理，并可循环用于冲厕。

环保厕所主要通过固液分离技术将排泄物分流，其中固态排泄物通过自动开启便盆进入发酵槽，在自动温控装置下依靠酵槽中的生物菌种将固态排泄物分解为二氧化碳和水；小便进入集尿槽和曝气槽，经曝气处理后粪尿分解成水和二氧化碳，从而实现粪尿异味去除和消化分解。经微生物处理后的污水流入蒸发反应槽，依靠槽的高温加工炭及其上附着的微生物再次对污水进行处理，水一部分蒸发，另一部分流入脱色槽，经脱色槽内的活性炭除去水中色素，出水储存在储水槽内，循环用于便器冲洗。经环保厕所的处理，粪尿的分解率可达 99%以上，且基本无沉淀生成。

(2)布置方案

环保厕所的布置主要考虑施工作业面，本工程共布置 30 个环保厕所。其中，大坝枢纽工区 20 个，拉最工区 7 个，日衣工区 3 个。由于各标段施工时序不尽相同，环保厕所应按实际情况合理调配。环保厕所纳入各工区环境卫生统一管理，不另设机构和人员。

6.11.1.6 基坑排水

(1)排水概况

基坑排水包括初期排水和经常性排水。其中初期排水包括基坑排水、堰体及岸边渗水、降雨等，水质与河流水质基本相似；经常性排水由基坑渗水、降雨汇水等组成，其主要污染物为 SS 等物质，其中 SS 浓度约 500mg/L。

(2)处理目标

由于初期排水水质与河流水质基本相似，故可直接排放；考虑到经常性排水包含了大量的渗水及降水，考虑沉淀处理后尽量综合利用，剩余部分直接排入河道。

(3)处理方案

借鉴两河口、孟底沟等水电项目对基坑排水的处理经验，本工程拟采用向基坑集水区投加絮凝剂(聚丙烯酰胺)，静置沉淀 2h 后抽出排放的处理措施；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。

(4)运行管理和维护

基坑排水处理措施简单，主要注意定时清淤，其管理和维护工作纳入大坝施工统一安排，不另设机构和人员。

6.11.1.7 洞室排水处理措施

(1)排水概况

洞室排水主要来源于隧洞施工期间排出的受污染的地下水（包括掌子面和隧道衬砌后的盲管所收集的两部分地下水，其余施工作业流程如钻孔和爆破、喷射和注浆等工序所产生的废水量较少）和掌子面附近的地下涌水（原为清水）经掌子面附近涌出并遇到岩粉、岩屑、水泥浆等后 SS 含量升高。

根据类似项目隧道洞室施工排水监测数据，洞室排水 SS 约 2000~5000mg/L，pH 呈碱性。为降低后续处理设备负荷，需尽可能地减少受到污染的排水，有必要采取清污分流的措施。类比川藏铁路项目施工经验，洞室涌水清污分流后清水部分占比约 60%。

(2)处理目标

洞室排水需清污分流，清水优先考虑回用于周边的施工降尘、砂石加工系统，确实无法回用的部分就近回归自然水体。洞室内混凝土养护和掌子面施工排水经预处理后，经收集管网送到就近砂石加工废水处理设施，经集中协同处理后回用于砂石加工生产。单独建设的洞室水处理设施，出水经处理后达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T 18920-2020）绿化灌溉、施工降尘的水质要求，主要用于绿化灌溉、施工降尘和道路清扫。

(3)处理措施

本项目交通隧道和地下洞室施工主要采用钻爆法，该施工工艺下隧道产生的洞室排水分为以下两种：

1)衬砌后的隧道由于岩石裂隙、孔隙水不断渗出产生的隧道渗漏水。通过衬砌后的盲管汇集到隧道。衬砌后的隧道也会由于岩石裂隙、孔隙水不断渗出产生隧道渗漏水，并通过衬砌后的盲管汇集到隧道。这股水属于山体赋存的自然地下水，不受施工活动干扰所以水质良好。但其水量不稳定，且随隧道延伸而不断增加，其水量最大时可能为隧道施工污染水的几倍，隧道越长，倍数越高。

2)施工期间排出的受污染地下水。包括隧道施工中进行冲洗、降尘等用途产生隧道施工作业污水和施工作业面或掌子面因还未进行衬砌而产生的渗涌水。施工作业污水和掌子面掺杂泥渣的渗涌水都是隧道掘进生产过程的污染水。根据川藏铁路工程经验，钻爆法隧道产生的渗水从岩隙中渗出时由于和施工作业面的岩屑、泥沙混合而受到 SS 污染成为受污染的废水。这部分废水 SS 含量较高，规模受隧道水文地质条件、围岩情况

和施工方法影响相差较大。

目前传统的隧道施工工艺不对两种来源的废水进行区分，统一汇集到隧道排水渠排放，因此末端收集到的隧道废水水量巨大。从减小后续废水处理设备负荷的角度考虑，应首先考虑对废水减量削排，对污水产生来源上进行源头控制。若能在隧道内实现掌子面(掘进段)、初衬段的污水与二衬段的涌水(清水)的清污分质分流，不仅可以有效地降低隧道污水处理设施的规模、工艺难度，也可以大幅降低此部分的建设成本和运行费用。

对交通隧道或地下洞室排水进行“清污分流”时，根据隧道内的坡向，可以分为适用于顺坡和逆坡的洞室排水清污分流的措施：

①顺坡段

利用两侧仰拱填充与边墙之间的预留沟槽作为清水沟，收集盲管或预埋泄水管所收集的清水，顺坡排至洞外，同时在隧道口设置清水观测池，当清水水质尤其是 pH 值较高时，可在隧道内或观测池投加药剂(PAC、PAM 或酸等)、处理后排放。在清水沟的边缘设置 2 道污水沟，同时利用洞内道路横坡 2%坡向两侧的污水沟，以收集路面冲洗水，同时利用中心水沟作为主污水沟，收集掌子面的施工污水并重力引至洞口的污水处理站处理合格后回用。

具体如下图所示：

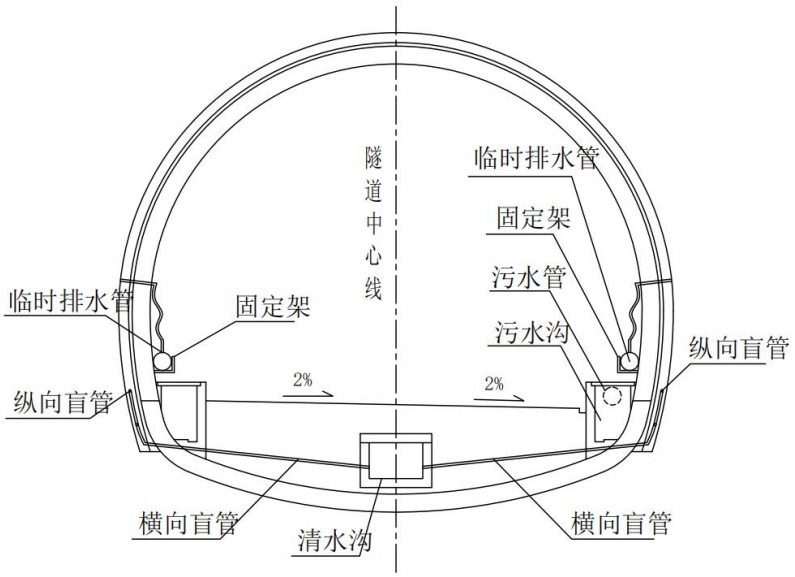


图 6.11-9　洞室施工排水清污分流收集断面示意图

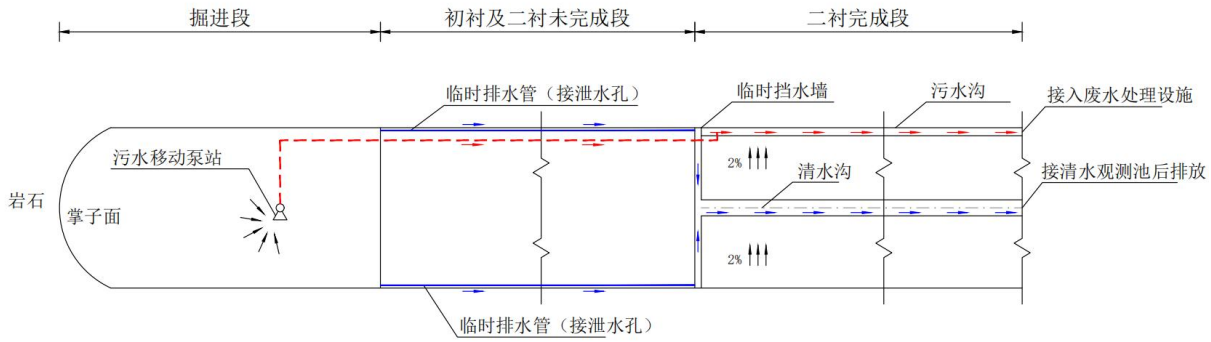


图 6.11-10　洞室施工排水清污分流收集顺坡段平面示意图

②反坡段

收集断面同顺坡段，即利用两侧仰拱填充与边墙之间的预留沟槽作为清水沟，在清水沟的边缘设置 2 道污水沟，利用中心水沟作为主污水沟，将掌子面掘进段范围内水作为污水，将水沟完成段的盲管或泄水管排水视为未经施工过程污染的清水。

在清水沟的末端设置移动清水泵站，同时在洞内每隔一段距离设置清水固定泵站，并在清水固定泵站处设置截留清水的拦水设施将上游清水分段引入泵站避免“高水低排”；已施工段的清水经分段收集后逐级提升至洞外清水观测池。

在掌子面处设置污水固定泵站，同时在洞内每隔一段距离设置污水固定泵站，并在污水固定泵站处设置截留污水沟(中心污水沟和两侧污水沟)的拦水设施将冲洗水分段引入泵站拦截，将洞内污水(掌子面污水和冲洗水)经收集后逐级提升至洞外污水处理站，经处理合格后优先回用。

交通隧道施工排水清污分流收集反坡段平面示意如下图所示：

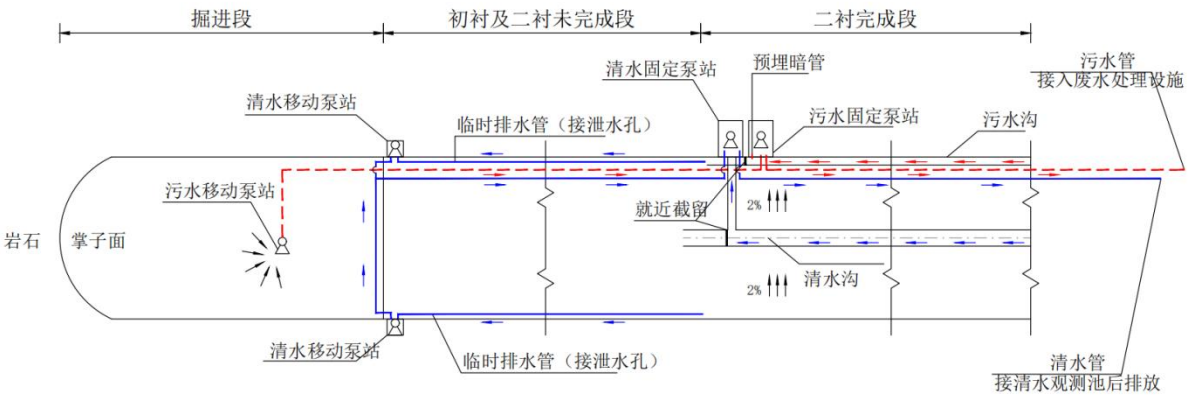


图 6.11-12　洞室施工排水清污分流收集反坡段平面示意图

洞室排水水质特性和砂石加工废水相似，废水呈碱性，主要污染因子为 SS，故可将洞室排水并入临近的砂石加工废水处理系统。

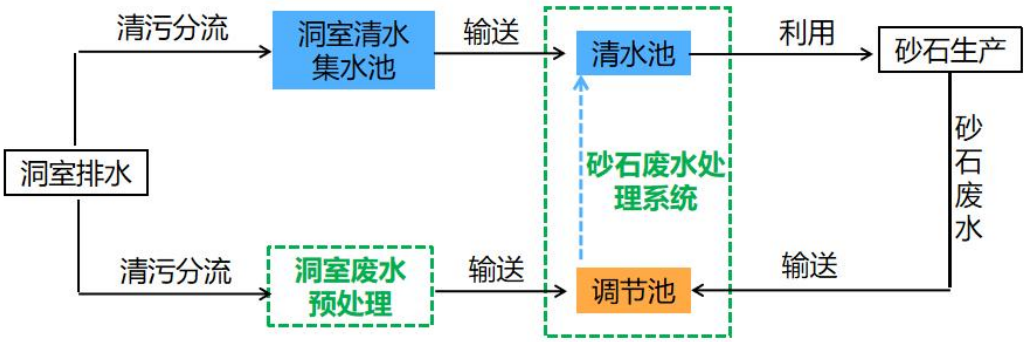


图 6.11-13　洞室排水和砂石废水集中处理系统图

根据砂石加工系统布置和工期规划，洞室排水就近纳入砂石加工废水处理系统，与砂石加工废水、混凝土冲洗废水集中处理，废水经处理后回用于砂石加工生产，以最大程度将产生的废污水资源化利用。洞室排水清污分流后的废水经沉淀除砂预处理后再输送至砂石加工废水处理系统，以避免管道堵塞。

当砂石加工系统运行周期与洞室施工时间不完全一致时，洞室排水需单独处理，处理后的废水由绿化洒水车用于周边生态修复绿化、林地灌溉或洒水降尘。

洞室排水单独处理时，设计规模按照预测水量的 1.2~1.5 倍考虑，处理设施设备采用多套并联运行，以适应用水量的变化。综合分析各洞室与洞室排水的处理方案见下图。

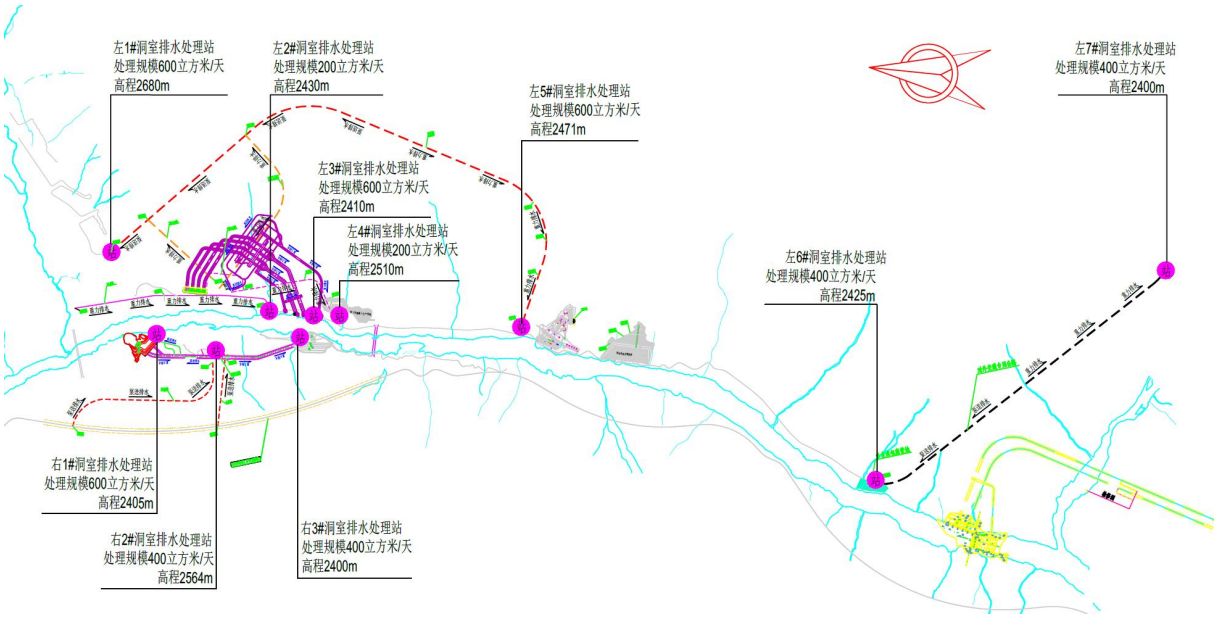


图 6.11-14　洞室废水处理方案总体布置图

3)典型设计

根据川藏铁路项目经验，隧道洞室需开展清污分流，从源头减少废水的产生；同时

在洞口设置废水处理站，当处理规模在 Q≤150m³/h 时时采用“沉砂-调节-混凝-沉淀-过滤”工艺，Q＞150m³/h 时，采用“沉砂-调节-澄清-过滤”工艺。处理规模在 600m³/h 及以上时，为进一步节省占地并提高处理效率，采用撬装式的高效澄清工艺。当相邻的隧道洞口有条件时，废水处理站按合建考虑。

牙根二级水电站根据自身洞室特点以及处理规模，采用高效澄清工艺。悬浮澄清设备是新型的一种高效污水处理设备，设备对原有澄清池的絮凝结构进行优化改进，提高絮凝效果并缩短絮凝时间，节省药剂投加，节约占地面积。水力悬浮澄清设备由涡流反应区和沉淀区组成，涡流反应器的核心是 ABS 塑料多孔球心体，球体内外表面制成粗糙状，表面开设小孔。涡流絮凝时间一般在 5min~8min，絮凝时间短，效果好，抗冲击力强。设备配套电动排泥阀，PLC 自动控制，排泥时间可设定，控制设备内污泥层高度，利用污泥层将絮凝出水中的絮体进行过滤截留，促使泥渣层内絮体颗粒增大、增重，提高沉速。设备内部结构如图图 6.11-15 所示。

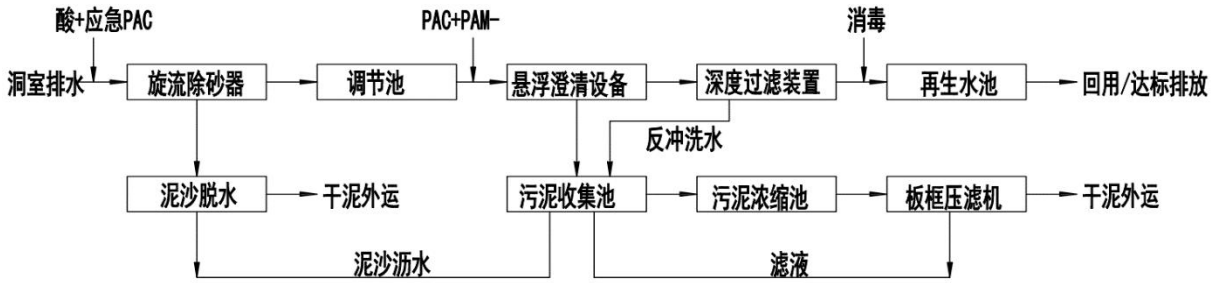


图 6.11-15　洞室排水处理工艺流程

洞室排水的主要污染物为大量 SS 并夹杂大量泥沙,废水经过三级沉淀池和泥水快速干化去除较重的无机颗粒，同时加酸进行 PH 调节，当检测到进水 SS 超高时，由人工投加应急 PAC，用以快速降低进水 SS，保证后续工艺的稳定运行。三级沉淀池去除较重的无机颗粒后流入调节池，调节池设置污水提升泵，污水提升泵由液位控制高开低停。调节池提升至悬浮澄清设备内，并同时投加 PAC 和 PAM，经过高效絮凝反应，使污水 SS 基本降至 20mg/L 以下，后续污水进入深度过滤装置，经过进一步高效过滤，出水水质可稳定保持 NTU 小于 10，pH 达到 6-9。处理后废水主要用于回用，回用时投加消毒剂进行杀菌消毒，无法回用部分进行外排。

旋流除砂器和砂水分离器产生的泥沙经初步脱水后视运行情况定期清掏送至板框压滤机脱水，然后运至渣场填埋。设备、操作间等的泥水排至收集池，收集池由污泥泵提升至污泥浓缩池，污泥浓缩后由压滤机脱水处理，脱水后泥饼外运至渣场填埋处理。

牙根二级水电站洞室排水处理站主要构筑物及设备(处理规模为 600m³/d)

表 6.11-9

序号	名称	单位	数量	规格型号	备注
一	土建				
1	调节池	座	1	钢筋砼，2500*6500*3000mm	
2	污泥收集池	座	1	钢筋砼，3000×2000×2000mm	
3	操作间设备房	套	1	板房，14m×7m×4.5m	
4	设备基础	项	1		
二	设备及控制仪表				
1	旋流除砂器	座	2	碳钢，2500*2000	
2	泥沙脱水设备	套	1		
3	悬浮澄清设备	套	1	处理能力 600m³/d	
4	深度过滤装置	套	1		
5	再生水池	套	1	碳钢防腐，φ3400*6000mm	
6	污泥收集池				
7	污泥浓缩池	套	1	碳钢防腐，Φ1500×3500mm	
8	板框压滤机	套	1	碳钢防腐，40m2，40/1000	
9	加药装置	项	1	一罐二泵一搅，酸、混凝剂投加	
10	消毒投加装置	套	1	一罐二泵一搅式，氯消毒投加	
11	控制仪表	项	1	电磁流量计、PH 计、SS 浓度计	
12	电器及自控	项	1		
13	管道工程	项	1		

4) 主要设施数量表

牙根二级水电站洞室排水主要设施表

表 6.11-10

序号	名称	单位	数量	规格型号	备注
一	清污分流				
1	交通隧道	km	16.6	清水最大 35m³/h，废水最大 25m³/h	
2	导流及引水发电系统	km	6.0	清水最大 35m³/h，废水最大 25m³/h	
二	洞室排水处理设施				
1	左 1#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m³/d	
2	左 2#洞室排水处理站	座	1	处理能力 200m³/d	
3	左 3#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m³/d	
4	左 4#洞室排水处理站	座	1	处理能力 200m³/d	
5	左 5#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m³/d	
6	左 6#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m³/d	
7	左 7#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m³/d	
8	右 1#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m³/d	
9	右 2#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m³/d	
10	右 3#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m³/d	

6.11.1.8 前期工程临时设施废水处理要求

施工筹建期，为修建渣场以及交通道路等工程，施工单位可能会设置临时砂石加工系统、临时混凝土生产系统及临时生活营地等设施，针对可能产生的生活、生产废污水提出以下处理要求。

(1)临时砂石加工系统废水处理要求

临时砂石加工系统废水处理标准与主体工程砂石加工系统废水处理标准相同，经污水处理后，全部回用，实现零排放。

对于采用湿法生产的砂石加工系统应配套建设相应的污水处理设施，选用高效污水净化器或采用其他污水处理工艺使得出水水质达标。污水处理系统具体工艺流程及设备设施选型，承包商应根据各临时砂石加工系统的废水产生量、废水水质以及生产方式进行详细设计，由工程监理审批并报备发包人后实施。此外，为防止施工区粉尘及环境空气污染，还应配套洒水降尘系统，定期对生产系统周围进行洒水降尘及地面清扫工作。

(2)临时混凝土拌和系统废水处理要求

临时混凝土拌和系统废水处理标准与主体工程混凝土拌和系统废水处理标准相同，应经沉淀处理后，循环用于转筒和料罐冲洗、场地清洗或洒水降尘等。

临时混凝土拌和系统应配套建设沉淀池及清水池用以处理生产废水，同时投加药剂使得出水 pH 达标。对于采用湿法进行筛分的混凝土系统，应设置高效污水净化器或采用其他污水处理工艺使得出水水质达标。污水处理系统具体工艺流程及设备设施选型，承包商应根据各临时混凝土拌和系统的废水产生量、废水水质以及生产方式进行详细设计，由工程监理审批并报备发包人后实施。此外，为防止施工区粉尘及环境空气污染，还应配套洒水降尘系统，定期对生产系统周围进行洒水降尘及地面清扫工作。

(3)临时机修含油废水处理要求

机修含油废水处理后，废油尽可能回收利用，不能利用部分统一收集后交由有相应资质的单位处置；处理后的废水回用于场地冲洗与洒水降尘，禁止外排。

应在含油废水产生车间或设施旁布置油水分离器或隔油沉淀池，具体工艺流程及设备设施选型，承包商应根据含油废水的产生量、废水水质等进行详细设计，由工程监理审批并报备发包人后实施。处理后产生的油渣和废油分别装于吨袋和油桶中，放置于危险废物贮存库或危险废物贮存库。含油废水处理设施应与相应的生产系统同时施工，同时投产使用，其设施及设备的管理和维护工作纳入各生产系统统一安排。

(4)临时承包商营地生活污水处理要求

临时营地生活污水采取自行处理的方式，规模较小的营区应设置化粪池、化粪罐等污水处理设备，较大的营区应设置生活污水处理系统。

根据建筑的功用和定员人数及排水定额等，计算最高日排污量，设计污水处理的规模。处理工艺需根据污水进水和出水的水质要求确定。

污水处理设备技术要求：

1) 污水站处理规模根据营区施工高峰期人数及排水定额等因素确定。

2) 污水处理后应达到《城市污水再生利用_城市杂用水水质》（GB/T18920-2020）要求。

3) 污水的生化工艺应采用 A2/O 生物接触氧化法或其他生物脱氮除磷工艺。承包人应充分考虑海拔、气候条件，对微生物生长培养的影响。保证出水水质达到设计要求。

4) 一体化污水处理设备含调节水池、污水处理段（含消毒）、臭气收集及处理系统、设备间（罐体内、地埋式），污水处理后排水应充分考虑污水处理系统配套的减震、降噪等措施，以防止对环境的二次污染。

5) 应设置臭气收集排放系统，充分考虑罐体的除臭措施，使罐体周围 10 米外不得有较大气味；收集排放管路采用不锈钢材质。

6) 污水处理设施在运行上应具有很大的灵活性和可调节性，以适应水质、水量和水温的变化。同时应保证操作管理方便，设备便于安装、检修维护。

7) 小型临时承包商营地无法设置污水处理系统的应配套建设环保厕所，产生的污水定期由吸粪车运至就近的污水处理站进行处理。

6.11.1.9 措施有效性分析

目前，上游雅砻江两河口水电站灌浆废水采用了磁基增效高浊废水集约化处理系统的废水处理工艺进行处理，处理后回用于系统本身；混凝土拌和系统均采用间歇式自然沉淀的方式去除易沉淀的砂粒，处理后回用于拌和系统及周边场地洒水降尘；生活污水采用地埋式污水处理装置进行处理，并采用回用水系统处理后用于营地绿化、道路洒水；含油废水采用沉淀池＋成套油水分离器的处理工艺进行处理后用于场地冲洗与洒水降尘。

根据两河口水电站环境保护验收调查报告，砂石料废水、混凝土系统废水、生活污水、含油废水均得到了有效处理，出水水质较好，处理后全部综合利用，有效避免了对地表水体的影响。牙根二级水电站与两河口水电站同属雅砻江中游，地点相近，环境基底相似，两河口的成果实践对本工程有极高参考价值。牙根二级水电站各项污（废）水

处理方式与两河口相似，部分设备更先进、型号更新，电站拟采取的措施将可以有效发挥作用，满足处理及回用要求。

6.11.2 环境空气保护措施

6.11.2.1 保护目标

控制并削减施工期环境空气污染物排放量，阻碍污染物扩散，改善施工现场环境状况，保护施工生活区及附近居民点等敏感点的环境空气质量，使其达到《环境空气质量标准》(GB3095-2026)二级标准，其中 TSP 的控制目标为日平均浓度≤0.30mg/m^3。

6.11.2.2 保护措施与方案

(1)爆破、开挖粉尘削减与控制

1)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；凿裂、钻孔以及爆破提倡湿法作业，降低粉尘量。

2)爆破钻孔设备要选用带除尘器的钻机，爆破时可考虑覆盖水袋湿法爆破，减少粉尘的排放量。

3)施工开挖料及时清运至弃渣场堆放。

4)在大坝、场内道路等边坡开挖多粉尘作业面配备人员及设备进行定期洒水，遇大风天增加洒水频次。

5)施工区域布置 4 套多功能抑尘车，依据施工进度各工区轮流使用。

(2)场内及道路交通扬尘污染控制措施

1)成立公路养护、维修、清扫专业队伍，及时清除路面洒落物体和浮土，保持道路清洁、运行状态良好。

2)严禁车辆超载，提倡遮盖运输。

3)配置洒水车在无雨日进行洒水降尘，同时考虑到工程区的气候干燥、蒸发量较大的气候特征，每日洒水次数应不低于 3 次。

4)结合水保措施，做好公路绿化，依不同路段地形情况，在绿化区段有针对性的种植树木或草坪，以降低扬尘污染。

(3)砂石骨料与混凝土系统粉尘控制措施

1)采用湿法筛分工艺(在筛分面进行喷淋冲洗)全封闭式砂石生产系统，主要生产车间设置布袋除尘系统，制砂生产过程中保证除尘装置正常运行，定期更换除尘布袋。

2)施工期配备洒水车，砂石加工系统与混凝土生产系统施工作业区定时洒水降尘，

无雨日每天洒水 4～5 次。

(4)弃渣场及表土堆场扬尘污染控制措施

1)在表土及弃渣场作业区合理设置车辆冲洗系统，确保表土及弃渣运输车辆进出场均得到全面的清洗，减少扬尘污染。

2)剥离表土及时运往表土堆场进行堆场，减少表土现场堆场时间，做好压实及遮盖措施。

3)弃渣运输车辆采取遮盖保护，防治渣土洒落扬尘污染。

4)及时开展弃渣压实，避免风起扬尘污染；未作业时临时遮盖及洒水降尘措施，有效减少扬尘污染。

5)弃渣场及表土堆存场区粉尘无组织排放必须满足《四川省施工场地扬尘排放标准》(DB51/2682-2020)中表 1 的规定要求。

(5)施工废气污染控制措施

选用符合国家有关卫生标准的施工机械和运输车辆，使用符合标准的油料或清洁能源，使其排放的废气能够达到国家标准。应执行《机动车强制报废标准规定》，依据机动车使用年限和行驶里程数引导报废；按《关于建立实施汽车排放检验与维护制度的通知》要求，形成联防联控机制，推动构建汽车排放检验与维护闭环管理制度，有效推进超标排放汽车维护修理，减少汽车排气污染物排放。

(6)敏感点环境空气保护措施

木灰沟砂石加工系统作业区面向珍稀植物园一侧、表土堆存场作业区面向木灰村一侧各设置围挡，长度分别约 150m、200m，并分别安装喷淋降尘装置，持续喷淋降尘。同时对 13#公路临近木灰村居民点路段增加洒水频率，限制车速，后续还可结合绿化降尘，使交通扬尘对其影响降至可接受水平，同时加强施工期监测。

6.11.2.3 措施有效性分析

根据两河口水电站施工期采取的大气环境保护措施调查结果，其主要采取了车辆冲洗、洒水降尘、路面清洁、临时遮盖等措施，根据施工期环境现状监测结果，可吸入颗粒物和总悬浮颗粒物测定值均在《环境空气质量标准》(3095-2026)二级标准限值内，可见，其采取的大气环境保护措施总体是有效的。

牙根二级水电站施工期间，类比两河口水电站施工期环境管理和环境监理经验，抓好措施落实的情况下，可有效避免出现超标情况，最大限度地发挥环保措施的作用，使

环境质量满足相应标准要求。

6.11.3 声环境保护措施

根据噪声预测及评价结果，施工期噪声会对周边环境产生一定的影响，本次环评从噪声源、传播途径及受体防护等方面提出声保护措施，噪声防治措施具体分述如下：

6.11.3.1 控制目标

施工区满足《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)，昼、夜间噪声限值分别为75dB(A)、55dB(A)；环境敏感点声环境执行《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准，昼、夜噪声控制标准分别为 60dB(A)、50dB(A)。

6.11.3.2 噪声控制措施

(1)总体要求

除主体工程等需要连续性施工作业的活动外，如洞室爆破、砂石料加工系统应尽量避免夜间作业。

应采用低噪音、低振动的施工机具进行施工；机械设备应定期保养维护。在施工场界对声环境进行实时自动监测。

施工噪音较大的机械设备应采取隔音与隔振措施，根据实际施工布置情况，选择隔声屏障、围挡等措施。

(2)砂石加工系统、混凝土拌和系统噪声防治

选用低噪声机械设备和工艺，对振动大的机械设备使用减振机座或减振垫，粗碎车间、中碎车间、超细碎车间及筛分车间等机械噪声较大的区域，在机械设备的底部加设隔振、减振装置。

加强施工设备的维护和保养，保持机械润滑，减少运行噪声。

合理安排施工时间，尽量避免夜间(22:00～6:00)进行生产运行。

砂石加工系统、混凝土拌和系统采用全封闭措施，包括各车间，料仓，皮带机等区域。对砂石系统强噪声源车间，在封闭材料上选择隔声吸声材料，进一步通过封闭隔离降低场界噪声。

(3)施工工厂噪声防治

在施工工厂、仓库场界范围内，将噪声影响较大的机械设备尽量布置在远离居民点一侧。

钢管加工厂、综合加工厂应禁止夜间(22:00～6:00)施工，金属结构拼装厂、转轮拼

装厂、机械修配厂、综合仓库和施工设备库也应尽量避免在夜间施工。

施工工厂内主要噪声源，采用封闭或遮挡措施。

(4)弃渣场、表土堆存场噪声防治

合理安排施工时间，如无特殊情况，尽量避免在临近居民点的区域进行施工作业。

(5)爆破噪声

减少单孔最大炸药量，减少预裂或光面爆破导爆索的用量；注意爆破投掷方向，尽量使投掷的正方向避开容易受影响的敏感点；合理安排施工时间，避免夜间露天爆破。

(6)场内交通噪声防治

1)交通管制措施

加强交通管制，在敏感路段设置交通标志牌，在施工交通沿线的业主营地及承包人营地等路段上下行进出口处分别设立交通警示牌，限制车辆时速在 20km 以内，并在路牌上标示禁止施工车辆鸣笛，降低噪声源强。

2)加强道路的养护和车辆的维护保养，降低噪声源。

3)各施工公路沿线加强行道树种植与养护，从传播途径上控制交通噪声影响。

4)使用的车辆必须符合《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)等相关要求。

5)划定施工运输路线，禁止运输车辆、施工机械未经许可驶入其他道路区。

(7)施工人员防护措施

工程施工噪声主要影响对象为场内施工人员，可采取配备使用耳塞、耳罩、防声头盔等个人防护措施进行保护。

(8)敏感点保护措施

1)措施比选

目前噪声污染治理措施一般采用噪声源控制、声传播途径控制及受声点的防护三种方式，声源控制公路有采用低噪声路面、设置限速标志等措施，声传播途径控制有设置声屏障、种植绿化林带等措施，受声点的防护有设置隔声窗、环保搬迁等措施。常用降噪措施对比情况见表 6.11-11。本次评价针对声环境敏感目标特点，对于环境敏感点进行声环境污染综合防治设计。

常用的降噪措施表

表 6.11-11

防治措施	优点	缺点	防治效果	实施费用	项目是否采用
声屏障	对距离较近的敏感点防噪效果好；节约土地，简单实用、有效，易实施	造价较高，影响行车安全	声屏障设计应由专业环保设计和结构设计单位承担，合理设计声屏障的位置、高度、长度、插入损失值、声学材料等。一般可降噪 5~15dB	1500~3000 元/延米(根据声学材料区别)，高度 3m	采用
低噪声路面	保持周围环境原有风貌，对减轻扬尘污染亦十分有效	降噪效果一般，需结合其他降噪方式共同使用	一般可降噪 3~5dB	可纳入主体工程投资	采用
房院围墙	对于不合适安装隔声窗的农村开放式结构房屋效果较好	降噪效果一般	适用于噪声超标量不大的农村地区一般可降噪 5~10dB	500 元/延米，高度 2.5m	不方便当地居民出行、不采用
环保搬迁	具有可永久性解决噪声污染的优点，环境效益和社会效益显著	综合投资大，同时实施搬迁也会产生新的环境问题	可彻底解决噪声扰民问题	以当地搬迁安置费用为准	暂不采用，作为预留措施
栽植绿化降噪林带	防噪、防尘、改善生态环境和美化环境，对人心里作用良好	占地较多，一般对绿化林带的降噪功能不佳	与林带的位置、高度、宽度配置方式以及植物种类有密切关系，增加林带宽度最多可降噪 10dB	纳入主体工程投资	采用

2)防治措施

经预测，本项目各声环境敏感点噪声预测值均达标，但考虑到各声环境敏感点距施工区较近，综合考虑经济、技术和噪声影响程度及实施的可行性等多方面因素选择噪声防治措施。

① 噪声源控制

在 13#公路沿线的木灰村居民点等敏感路段上下行进出口处分别设立 1 个交通警示牌，限制车辆时速在 20km 以内，并在路牌上标示禁止施工车辆鸣笛，降低噪声源强。

② 传播途径控制措施

加强道路的养护和车辆的维护保养，降低噪声源。同时，13#公路经由敏感点沿线结合水土保持工程种植行道树。

③ 受体保护措施

推荐在 13#路至表土堆存场路段靠近木灰村居民点一侧设置移动隔声屏障，长约 300m，高 3m。

④ 加强跟踪监测工作：为完善本工程噪声防治对策，要求加强施工期噪声监测及噪声影响评估工作，并预留后续措施费用。

6.11.3.3 保护措施有效性分析

(1)砂石料系统噪声防治措施有效性

两河口水电站瓦支沟砂石骨料加工系统生产期间，仅对局部设施加装防垫装置，未对整套系统采取全封闭生产。依据两河口水电站各年度声环境监测结果，两河口瓦支沟砂石骨料加工系统场界噪声均达到《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)。因此初步判断，在采用系统全封闭施工的基础上，本项目砂石加工系统场界噪声能够达标。

(2)环境敏感目标噪声防治措施有效性

根据噪声预测结果，声环境敏感目标噪声达标，为弥补预测与实际施工过程的偏差，环评中系统制定了禁止夜间施工、限速、移动隔声屏障、加强跟踪监测用等措施，在上述措施落实到位的前提下，预计声环境敏感目标能够满足《声环境质量标准》(GB3096-2008)2 类标准要求。

6.11.4 固体废弃物处理措施

6.11.4.1 设计原则

(1)依照环境保护要求处理施工区生活垃圾及危险废物，避免固体废弃物对环境的污染。

(2)结合固体废弃物产生量少、仅产生于施工期的特点，选择经济可行的处理方式。

6.11.4.2 设计目标

(1)保证施工区及营地区良好的卫生条件；

(2)防止生活垃圾随意堆放污染周边大气和水环境；

(3)确保施工区及营地区生活垃圾得到妥善处理，集中生活区生活垃圾处理率达到100%。

6.11.4.3 生活垃圾处理措施

(1)垃圾成分及特点

依据上游两河口水电站施工区生活垃圾组分特性研究成果，水电站施工区生活垃圾组分主要以厨余、渣土、纸类和塑料为主，其湿基质量百分比分别达到了 34.30%、20.67%、15.58%和 13.94%，其他组分(织物、木竹、玻璃、金属等)仅占 15.44%，其中电池等危废含量甚微，仅为 0.07%。同时可以看出，生活垃圾中可回收物所占比例为 40.9%，不可回收物占 59.1%。

水电站施工区生活垃圾湿基组分特性表

表 6.11-12

组分(%)	可回收物							不可回收物		
	有机物				无机物			有机物	无机物	其他
	纸类	木竹	织物	塑料	金属	玻璃	电池等危废	厨余	渣土	
春季	16.23	1.66	2.74	15.91	1.80	8.90	0.12	23.20	27.70	2.47
夏季	14.79	1.64	2.52	11.56	0.43	3.05	0.00	47.74	12.15	6.14
综合	15.58	1.65	2.64	13.94	1.18	6.26	0.07	34.30	20.67	4.13

(2) 处理规模

工程施工期平均劳动力人数为 3606 人，类比相似工程量工程，施工营地垃圾产生量以每人日产垃圾 0.6kg 计，业主营地垃圾产生量以每人日产垃圾 1.0kg 计（以 300 人考虑），每天垃圾产生量约 2.46t，施工期累计垃圾量约 7760t。

(3)方案比选

1)方案的提出

目前国内外城市生活垃圾的处理方法主要有四种：卫生填埋、焚烧、堆肥和综合处理。根据牙根二级水电站施工区垃圾成分特点、产生规模可知，堆肥法和综合法明显不适合处理本工程生活垃圾，因此提出以下备选方案：

方案一：外运处理。雅江县生活垃圾卫生填埋场位于河口镇本达宗村的银鸡山，于 2010 年 11 月建成投入使用，在 2021 年完成扩容工程，据调查了解，该生活垃圾卫生填埋场服务范围为雅江县城区、呷拉镇、呷拉教育园、八角楼乡、河口镇及两河口水电站和牙根一级水电站，目前运行多年，存在处理能力不足，库容不够的情况。

康定市新都桥镇生活垃圾卫生填埋场，位于康定市新都桥镇东俄洛二村 S215 公路西侧山谷，设计规模 40t/d，设计库容 58.78 万/m^3，设计服务年限 25 年（分两期建设，一期使用年限 15 年，二期使用年限 10 年），项目于 2020 年 9 月竣工，2020 年 10 月投入运行，采用卫生填埋的方式。牙根二级水电站距离该卫生填埋场车程距离约 113km，施工期垃圾日产生量约 2.46t/d，占康定市新都桥镇生活垃圾卫生填埋场日处理量的 6.15%。具备消纳牙根二级水电站施工区生活垃圾的能力。因此，牙根二级水电站施工期生活垃圾可考虑运往该填埋场一并处理。

方案二：兴建施工区垃圾卫生填埋场。

方案三：兴建施工区垃圾焚烧站。

2)方案确定

方案的确定主要从技术可行、运行管理和投资费用三方面进行分析比较。

①技术可行：从技术的角度看，上述三种方案均为可行的技术方案，但兴建施工区卫生填埋场，如果设计和施工管理不规范，将存在污染地下水的隐患和可能降低周围居民的生活卫生质量的问题；兴建施工区垃圾焚烧厂对环境的影响主要是产生二次大气污染隐患。而垃圾外运则不存在上述问题。因此从技术可行性的角度，方案一优于方案二和方案三。

②运行管理：兴建施工区垃圾卫生填埋场或焚烧厂无论大小，日常运行必须有一系列配套的作业工序，特别是焚烧厂管理难度较大，方案一垃圾外送方案除将垃圾外运处理无需再进行运行管理。因此在运行管理方面方案一也优于方案二和方案三。

③投资费用：虽然兴建施工区生活垃圾填埋场规模不大，但仍存在征占地问题，并按规范标准要求仍必须具备一套完整的填埋场总体布置，如拦挡建筑物、防渗工程、排水排气工程、渗滤水收集处理系统、填埋作业机械设备及管理人员等；垃圾焚烧厂也包括垃圾焚烧炉装置、供风换热系统、烟气净化系统、渗沥液收集系统等全套内容。可见，方案二和方案三均存在新增建设用地及一次投资大，运行期短的问题，其单位处理成本明显偏高，而方案一因运距适中，具有依托条件好及投资显著降低的优点。

因此，从技术可行、运行管理、投资费用等方面比较分析，推荐将施工期垃圾运往康定市新都桥镇生活垃圾卫生填埋场处理。

(4)运行管理

在施工区、业主营地和承包商营地设置垃圾桶，共需垃圾桶 20 个，垃圾中转站 3 处，配备垃圾车 1 辆，垃圾实行分选袋装，定期由垃圾车集中运送至康定市新都桥镇生活垃圾卫生填埋场一并处理。对各垃圾桶存放处经常喷洒灭害灵等药水，以防止蚊蝇等孳生，减免对施工人员的不利影响。

(5)运行期电厂生活垃圾处置

运行期电厂定员值班人员产生的少量生活垃圾纳入当地生活垃圾一并处理。

6.11.4.4 建筑垃圾和辅助企业生产垃圾措施

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、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竹木材、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，包括砂石加工系统、拌和系统脱水后的污泥等，统一运送至弃渣场。

6.11.4.5 危险废物处置措施

根据工程施工布置，并充分考虑地质地形条件以及危废贮存安全距离，在机械修配厂及保养站设置一处危险废物贮存库，对机修、含油废水处理后的浮油等废油以及废蓄电池进行临时贮存，并委托有资质单位定期清运处理。危废贮存场规模 40m^2，场址周边 300m 范围内无居民点分布，符合安全距离相关要求。

按照《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《危险废物规范化管理指标体系》（环办[2015]99 号）等相关法律规范，施工期加强对危险废物产生、收集、贮存、运输、转移、处置的全过程管理，具体要求如下：

1)建立、健全危废从产生、收集、贮存、运输、转移、处置全过程的污染环境防治责任制度，采取防治危险废物污染环境的措施。

2)建立固体废物管理台账，如实记录产生危险废物的种类、数量、去向等信息，并采取防治危废污染环境的措施。

3)对危险废物的容器和包装物以及收集、贮存、运输、利用、处置危险废物的设施、场所，设置危险废物识别标志。

4)按照国家有关规定制定危险废物管理计划，并通过国家危险废物信息管理系统向所在地生态环境主管部门申报危险废物的种类、产生量、流向、贮存、处置等有关资料。

5)按照国家有关规定和环境保护标准要求贮存危险废物，不得擅自倾倒、堆放。

6)按照危险废物特性分类进行收集，采用密闭专用容器收集储存危废；禁止混合收集、贮存、运输、处置性质不相容而未经安全性处置的危险废物。

7)转移危险废物，必须按照国家有关规定填写、运行危险废物转移联单。在转移危险废物前，向环保部门报批危险废物转移计划，并得到批准。

8)定期由有资质单位的专用运输车辆运输危险废物，并遵守国家有关危险货物运输管理的规定。禁止将危险废物与旅客在同一运输工具上载运。

9)危险废物须根据其种类交由相应危废处置资质单位进行处置，不得外排，不得对环境产生二次污染。

10)收集、贮存、运输、利用、处置危险废物的场所、设施、设备和容器、包装物及其他物品转作他用时，应当按照国家有关规定经过消除污染的处理，方可使用。

11)企业应当按照有关规定制定意外事故的防范措施和应急预案，并向所在地生态环境主管部门和其他固体废物污染环境防治工作的监督管理部门备案。

6.11.4.6 措施有效性分析

根据两河口水电站施工期采取的固体废弃物处理措施调查结果，对于工程废弃物中有用的下脚料，如金属、塑料等可回收物，由指定的物资回收部门定期回收利用；生活垃圾外运雅江县生活垃圾填埋场一并填埋处理。根据两河口水电站蓄水阶段环保验收调查报告，施工期生活垃圾得到妥善处置，未对区域环境造成不利影响。

牙根二级水电站生活垃圾处理措施也采用了分类收集，不可利用部分统一收集后外运处理的措施方案。类比分析可认为，牙根二级水电站施工期生活垃圾在妥善处置前提下，不会对区域环境造成不利影响。

6.12 其他保护措施

6.12.1 居民安全保护措施

(1)为减免电站运行给周围居民带来的生命安全隐患，须建立预警设施，在日调节水位发生突变时进行预警。

(2)在工程影响区域居民集中的河段，如米龙乡、麻郎措镇、恶古乡、八衣绒乡等居民点设立警示牌，禁止居民在库周和坝下活动和下水游泳，避免安全事故的发生。

(3)在工程运行的前两年，对当地居民、学生进行安全教育，使其对电站施工和运行特征予以了解，并引起足够的重视。

(4)在施工场地和可能危及居民人身安全的场所、设备、范围内设置安全警示牌。

6.12.2 景观提升措施

随着国家生态文明建设、美丽中国建设以及绿水青山就是金山银山理论的提出，国家及行业对水电工程建设的生态保护与环境品质要求持续提升。水电工程不仅要保证水资源利用、防洪、水力发电等核心功能，亦应关注电站生态景观环境保护与建设。

6.12.2.1 景观保护提升目标

为尽可能降低牙根二级水电站对区域生态景观的影响，在保障电站工程核心功能，满足水土保持措施要求的基础上，通过景观保护提升统筹规划，依托生态修复落地、景观空间营造、水电文化植入等手段，提升牙根二级水电站生态环境品质，构建“工程与自然共生”“工程风貌与自然风貌融合”的长效可持续景观体系，打造独属于牙根二级

水电站的工程生态景观。

6.12.2.2 景观保护提升原则

(1)因地制宜原则

基于自然山水肌理和电站工程主体，充分利用结合既有地形地貌，以自然景观为主体，依托水电站坝体、道路交通、施工场地等主体工程布局开展景观规划设计，打造电站工业景观风貌，实现景观与自然场地的高度适配。

(2)生态性原则

根据景观生态学、恢复生态学原理，尊重当地自然环境，选择适应性强的乡土植物，通过人工方式构建近自然植物群落，有效修复施工扰动受损创面，降低工程建设对陆生生态环境的影响，实现水电工程与周围自然环境的和谐共生。

(3)功能性原则

根据施工扰动面的立地条件，结合景观生态恢复目标，对各区域进行多样化的景观建设，贴合工程建设运行实际需求，满足生产运行、生态修复、休闲休憩、文化展示、示范引领等多样化的使用要求。

(4)文化性原则

设计应坚持以人文为本理念，将人文关怀、水电工程建设精神等融入水电工程景观保护规划中。同时设计应凸显水电工程主要建筑物的工业文化属性，在重要景观节点体现企业形象，打造水电工程宣传展示及示范空间。

6.12.2.3 景观保护提升措施

(1)大坝枢纽

1)大坝

牙根二级水电站采取坝式开发，大坝为混凝土双曲拱坝，大跨度坝体工程是电站工程最突出的地标。

在不影响大坝结构和功能安全的前提下，对大坝坝顶进行景观设计，通过规范路面标线标识、定制防护栏杆、标准化标识系统、设置成品花箱绿化等措施对其进行形象提升。



图 6.12-1　大坝坝顶提升示意图

2)大坝左右岸高程 2565m 坝顶平台

大坝左右岸高程 2565m 平台连接大坝坝顶，交通便利，视野绝佳，可俯瞰坝体全貌、库区蓄水景观、上下游河道及周边高山峡谷风光。观景平台设计以简约舒展为原则，展现电站工业美学。

设计将平台划分为生态绿地、科普宣传展示、休闲活动等功能空间，可通过景观雕塑、文化展板等形式融入雅砻江流域水电开发规划、牙根二级水电工程建设概况、攻坚克难历程、生态保护成果等内容，将高程 2565m 坝顶平台打造成集生态提升、工程科普、文化宣传、休憩观赏于一体的枢纽区核心标志性景观节点。



图 6.12-2　坝顶平台提升示意图

3)左右岸坝肩边坡

对于大坝左右岸视线敏感区域，选择部分因工程建设开挖形成的硬质高陡边坡，结合主体工程开挖支护设计，在满足边坡稳定性的基础上采取喷播绿化、生态袋绿化等方式对其进行生态恢复，弱化工程硬质观感，降低工程建设扰动痕迹，于电站枢纽工程区打造生态恢复示范样板。



图 6.12-3　坝肩边坡恢复提升示意图

(2)永久道路沿线

永久道路是串联电站工程各部位的重要脉络，是外来人员参观、工程建设运维通行的主要动线，也是展示工程建设风貌的重要展示窗口，设计采取“全线生态绿化打底、关键节点重点提升”的方式对其进行提升。

1)永久道路明线段

结合场地条件，选择适生乡土植物，对牙根二级水电站永久道路明线段道路两侧较为开敞的平地区域进行乔灌草组团绿化，打造道路沿线绿色廊道，改变道路沿线裸地风貌。



图 6.12-4　永久道路明线段开敞平缓区域提升示意图

对于道路转弯或交叉口等区域，采取乔灌草组团绿化，结合构筑小品、景观石等设施进行重点打造，构建道路视线焦点，凸显门户形象。



图 6.12-5　永久道路明线段转弯或交叉口区域提升示意图

同时在道路两侧因开挖填筑形成的主体工程挡土墙底面或墙面上方种植藤本植物，对挡墙硬质墙面进行绿化遮挡。



图 6.12-6　永久道路明线段挡墙区域提升示意图

对道路两侧开挖形成的裸露边坡落实水土保持植被恢复措施。在道路转角、交叉口等视线敏感的边坡区域，放置造型钢板装置、标识标语等设施，依托坡面绿化载体展示工程建设理念与雅砻江水电企业文化。



图 6.12-7　永久道路明线边坡区域提升示意图一



图 6.12-8　永久道路明线边坡区域提升示意图二

2)永久桥梁

在永久桥桥头两侧空地进行乔灌草绿化，种植观赏地被及灌木，打造局部绿化节点。同时，在桥面栏杆上悬挂成品花篮，花篮内种植观赏花灌木，兼顾栏杆垂直方向绿化美化，对桥面进行装点。



图 6.12-9　永久桥提升示意图

3)永久隧道洞口

隧道洞口多为混凝土结构，是水电站交通系统的重要节点，既是车辆与人员进出的通道，也是工程区与自然环境的 “过渡界面”。 对永久隧道洞口进行形象装饰设计，强化牙根二级水电站门户形象面貌。在永久隧道口洞脸上方土体种植植物进行绿化；对于隧道口前平台，可通过乔、灌、草木搭配进行绿化提升。

对永久隧道口洞脸进行景观打造，对于位于枢纽工程区及主干道上的隧道洞脸，以山水线条造型的混凝土墙面、文字标识等元素进行标准化设计，凸显电站形象，强化工程辨识度。



图 6.12-10　隧道洞口提升示意图一

对于位于支路上的隧道洞口，可以水泥塑石假山的方式对隧道洞脸进行装饰，弱化隧道洞口与周围自然山体之间的对比差异，实现洞口与周边山地的自然过渡。



图 6.12-11　隧道洞口提升示意图一

4)观景点

根据现场实际情况，在道路沿线视野开阔、视线绝佳处设置观景点，用于观赏库区

蓄水、坝体泄水等区域的电站工程风貌。观景点采用简约生态化设计，不做大范围场地硬化与土方开挖，配套设置简易观景平台、安全防护栏杆、科普解说牌、休憩坐凳等设施，满足建设人员休憩、外来访客驻足参观等使用需求。



图 6.12-12　观景点示意图

(3)业主营地

业主营地是水电工程建设人员工作、生活和休闲的核心场所，其景观环境直接关系人员居住舒适度、工作幸福感。设计应兼顾“工作化”及“生活化”。既保障通勤效率，又实现办公与生活的动静分离。

办公区整体风格宜庄重大气，整体空间以开敞通达为主，满足通行集散、形象展示、迎宾接待等功能。



图 6.12-13　办公区示意图

同时，办公区整体景观风格应打破景观的单一观赏属性，将工程及企业文化融入空间设计。可通过景观小品（如微型水轮机模型、大坝截面造型雕塑）、工程荣誉墙、员工风采角等场地建设，让工作人员和访客能够直观地感受到企业实干精神和文化底蕴。



图 6.12-14　宣传展示示意图

对于宿舍区域，可设置休闲座椅，种植遮阴效果较好的乡土乔木，注重营造小尺度和半私密空间的营造，为人员日常休憩、散步闲谈提供便利场地，打造提供舒适宜居的住宿环境。



图 6.12-15　宿舍区示意图

宿舍区周围可设置篮球场、健身场地等功能场所，满足日常健身活动需求。



图 6.12-16　运动场地示意图

营地边角闲置地块打造休闲区，通过建设游憩步道、疏林草地、果木林等场所，注重场景多样化，为单人散步规划静谧步道，为多人活动预留开阔草坪，确保每个空间都贴合工作人员的实际使用场景，避免功能闲置。



图 6.12-17　休闲区示意图

(4)施工区其他区域景观提升

在水保方案植被恢复措施的基础上，对有需要的区域增加灌溉措施，更有效地保证植被恢复及生长效果。对于工程区主要施工迹地，选择适应性强、具有一定观赏性的乡土植物，从种植设计方面对其进行生态景观提升，营造丰富、乡土化的生态植物景观。同时，为更好地保护利用五小叶槭，可充分结合五小叶槭移栽保护工程，利用五小叶槭

的色、叶及枝干观赏性，与其他植物进行搭配种植，将其应用于施工区植被恢复及景观提升中。

6.12.3 运行期固体废物处理措施

6.12.3.1 生活垃圾处置措施

运行期电站值班人员为 95 人，厂区设置垃圾收集箱，定期将生活垃圾收集后纳入电站主体垃圾收运体系处理。

6.12.3.2 危险废物处置措施

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，属于危险废物，产生量约 1.2t/a。

运行期发电厂房区设置危险废物贮存库，满足防火、防盗、防渗、防漏、防晒、防风、防雨等功能要求，设置危险废物识别标志，委托有资质单位定期清运处理，同时应加强厂区内含油废纸、废布的收集，不得随意堆放和丢弃。

6.12.4 泄洪雾化影响减缓措施

牙根二级水电站泄洪采取全坝身泄洪方式，泄洪雾化边坡激溅暴雨区为大坝至下游二道坝附近，顺河长 380m，横河宽 420m，岸边高程 2472~2615m；浓雾暴雨区为大坝下游 380m~550m 的范围，顺河长 170，横河宽 525m，岸边高程 2472~2615mm；大坝下游 550m 以下，2615m 高程以上为薄雾降雨区。

根据泄洪雾化区经验预测成果，参考同类工程，雾化区保护采取先避让、后保护的原则，拟定雾化区边坡处理范围为（坝）0+030.00~0+550.00、高程 2430.00m~2615m。其中（坝）0+30.00~（坝）0+380.00 范围内边坡结合拱坝抗力体、水垫塘、二道坝、护坦边坡进行处理；（坝）0+380.00~（坝）0+550.00 范围内边坡结合导流洞出口、集鱼平台边坡综合处理。处理措施主要包括：覆盖层清除、混凝土贴坡、坡面混凝土封闭、坡面排水、系统锚杆、预应力锚索、混凝土挡墙、被动防护网、主动防护网、截排水设施等，上述相关处理措施结合主体工程实施。

牙根二级坝区雾化范围防护措施

表 6.12-1

雾化分区	纵向桩号	岸边高程	横向宽度	防护措施
	（m）	（m）	（m）	
水舌主流区	0+000～0+160		100	水垫塘
水舌裂散区	0+000～0+290	2472.00m 高程以下	158	混凝土护坡及排水沟

雾化分区	纵向桩号	岸边高程	横向宽度	防护措施
	（m）	（m）	（m）	
激溅暴雨区	0+000～0+380	2472.00m～2615.0m高程	420	混凝土及喷锚护坡，马道，排水沟
浓雾暴雨区	0+380～0+550	2472.00m～2615.0m高程	525	清除浮土及松动岩块，随机主动防护网
薄雾降雨区	>0+550	2615m 高程以上		边坡不需防护

6.12.5 电磁环境保护措施

(1)本工程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；

(2)开关站内电气设备接地，站区地下设备接地网，以减小电磁场强度；

(3)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；

(4)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；

(5)开关站运行后，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；

(6)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。

6.13 环境保护措施实施计划

牙根二级水电站筹建工期 36 个月，施工总工期 105 个月，其中工程准备期 22 个月，主体工程施工期共 74 个月，完建工程工期 9 个月。以施工进度为依据，结合各项环境保护措施的特点，按照“三同时”原则，制定环境保护措施进度计划，见下表。

牙根二级水电站环境保护措施实施进度计划表

表 6.13-1

序号	项目及措施	实施进度										备注
		筹建期	施工期								完建期	运行期	
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年		
一	施工期环境保护措施												
1	地表水环境保护措施												各废水处理设施与相应生产设施同时建成投入使用
1.1	砂石骨料加工系统废水处理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
1.2	混凝土生产系统废水处理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
1.3	含油废水处理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
1.4	生活污水处理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	运行期沿用该处理措施
1.5	基坑排水处理							■	■	■	■		
1.6	洞室排水处理								■	■	■		
2	地下水影响减缓措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3	环境空气保护措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		施工前完成措施建设和设备配置
4	声环境保护措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		施工前完成措施建设和设备配置
5	固体废弃物处理措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	施工前完成措施建设和设备配置；运行后电厂生活垃圾沿用该处理措施
6	人群健康保护措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
二	水生生态保护措施												
1	鱼类栖息地保护	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	贯穿于工程建设与运行全过程
2	渔政管理	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	贯穿于工程建设与运行全过程
3	施工期及蓄水初期鱼类保护措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		施工前完成措施建设和设备配置
4	过鱼措施	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		工程蓄水前完成措施建设和设备配置

序号	项目及措施	实施进度											备注
		筹建期	施工期								完建期	运行期	
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年		
	鱼类增殖站提升改造												截流前完成
5	鱼类增殖放流												施工期即开始放流
三	土壤环境保护措施												贯穿于工程建设与运行全过程
四	陆生生态保护措施												
1	五小叶槭保护措施												贯穿于工程建设与运行全过程
(1)	原生境保护												蓄水前完成
(2)	就近保护												蓄水前完成
1)	第一期移栽工程												开工前完成
2)	第二期移栽工程												开工前三年内完成
3)	第三期移栽工程												蓄水前完成
(3)	扩繁及野外回归												技术成熟后实施
(4)	生境营造												贯穿于工程建设与运行全过程
(5)	珍稀植物园												工程蓄水前完成措施建设和设备配置
2	动物保护措施												贯穿于工程建设与运行全过程
3	植被恢复措施												贯穿于工程建设全过程
五	初期蓄水及运行期水环境保护措施												
1	库区清理												蓄水前完成
2	生态流量泄放措施												
3	地下水减缓措施												水库蓄水后开始开展
六	人群健康保护措施												贯穿于施工期全过程
七	居民安全保护措施												
八	移民安置及专项设施复建环保措施												按“移民安置总体实施规划”进度实施

序号	项目及措施	实施进度										备注
		筹建期	施工期								完建期	运行期
			第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年	第 7 年	第 8 年	第 9 年	
九	环境监测											全生命周期

6.14 环境保护措施效果综合分析

针对工程建设带来的不利环境影响，本工程制定的环境保护措施包括水环境保护措施、水生生态保护措施、陆生生态保护措施、移民安置环境保护规划以及其它环境保护措施等。通过对部分已、在建水电工程所采取的同类环境保护措施及其效果进行类比调查分析，可判断在采取相应的环境保护措施后，工程建设对水环境、环境空气、声环境、生态环境等的各种不利影响将得到有效减免。

牙根二级水电站环保措施及其效果分析详见下表。

牙根二级水电站环保措施及其效果分析

表 6.14-1

时期	项目	采取措施前的环境影响		环保措施	采取措施后的环境影响	
		影响分析	环境效果	措施内容	效果分析	环境效果
施工期	1.施工生产生活废(污)水	施工期生产废水中的主要污染物 SS 及石油类，生活污水中的主要污染物 COD、氨氮和 BOD_5 将影响河道水质	-2D	砂石废水：磁基增效高浊废水集约化处理系统，处理后回用或用于洒水降尘等综合利用	处理后综合利用	0
				混凝土生产系统废水：沉淀处理后回用		
				含油污水：成套设备处理后回用		
				生活污水：成套设备处理后用于施工营地冲厕及绿化浇灌		
				施工区粪便污水：环保厕所处理		
				基坑排水：基坑集水区投加絮凝剂沉淀处理后回归河道		
				洞室排水：“清污分流”，清水排放、污水处理后综合利用		
	2.施工区环境空气	施工期爆破及汽车运输产生 TSP 等大气污染物，对周围敏感点有影响	-2D	优化施工工艺及施工布置、强化施工管理；洒水降尘、施工围挡、喷淋措施、路面清扫等除尘措施	减少废气对工区大气环境的污染	-1D
	3.施工区声环境	噪声对周围敏感点有影响	-2D	敏感路段限制车速、禁止鸣笛；合理规划施工时间，禁止夜间施工；隔声屏障、加强监测、预留后续费用	减少对施工人员及周围环境的影响	-1D
	4.施工区生活垃圾	施工期施工人员生活垃圾若不采取适当的处理措施将可能影响水质及工区卫生	-2D	定期收集清运至新都桥镇垃圾填埋场	对环境影响轻微	0
运行期	1.水文情势	水电站的兴建，将使库区及下游河段的水文情势发生变化	-3C	初期蓄水期间通过坝身底孔和深孔向下游下泄生态流量；运行期通过基荷下泄生态流量；事故工况下通过开启表孔或深孔下泄生态流量	满足下游生态环境用水需求	-1C
	2.水温	牙根二级水库水温结构为稳定分层型，与两河口水库联合运行时，平水年下泄水温在 5 月降幅最大，为 2.4℃，12 月温升幅度最大，为 4.5℃；其中牙根二级对低温降幅的贡献最大不超过 1.4℃，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃	-2C	设置前置挡墙；下阶段开展进水口水力学模型实验，进一步研究前置挡墙设计方案	避免对敏感物种造成不利影响	-1C
	3.过饱和气体	牙根二级水库泄洪过程中，下游水体出现溶解性气体过饱和现象，对下游鱼类将造成一定影响	-2C	实施梯级联合调度，合理选择泄洪建筑物；优选深孔泄洪，泄洪期间机组尽量满发、减小泄洪流量；加强监测等	一定程度减小过饱和气体发生次数或降低过饱和浓度	-1C
	3.库区及坝下水质	水库蓄水初期库内污染物进入水库，水体中有机物含量增多；运行期对库区水质基本无影响；日调节电站不影响坝下流量，对坝下水质基本无影响	-1D	库底卫生清理、进行漂浮物打捞	减少树木、杂物在水库中腐烂对水质的影响；确保水环境需水	0
	4.地下水	水库蓄水后对库区地下水的影响主要表现在库岸稳定性、水库渗漏、浸没和塌岸影响等方面	-2C	水库运行期进行观测、巡视，并根据实际发生情况、危害性及影响对象及时采取处理措施	避免造成不利影响	-1C

时期	项目	采取措施前的环境影响		环保措施	采取措施后的环境影响	
		影响分析	环境效果	措施内容	效果分析	环境效果
生态环境	1.局地气候	库区对局地气候变化影响轻微	0			0
	2.陆生生态	工程施工及电站运行对陆生生态带来局部不利影响	-2C	加强动植物保护宣传教育，严禁盗猎，非法破坏植被；对重点关注物种五小叶槭采取针对性措施；工程施工及蓄水前库区清理过程中发现其他珍稀濒危保护植物，及时采取移栽等有效保护措施；及时对施工迹地进行植被恢复，修复生态	最大限度减少对植被、陆生生物的影响	-1C
	3.水生生态	水文情势变化、大坝阻隔、饵料生物变化，使鱼类的生存空间缩小	-3C	施工期与初期蓄水鱼类救护、泄放生态流量及生态调度、栖息地保护、修建过鱼设施、开展鱼类增殖放流、加强科学研究与渔政管理等	最大限度确保鱼类资源在保留的栖息地繁衍生息，尽可能补偿受影响鱼类资源，维持其物种多样性	-1C
居民安全		库区河段水位及流量变幅大，带来安全隐患	-1C	设立警示牌，加强安全教育	保证人群安全	0
移民安置及专项设施复建	1.移民安置	后靠建房分散安置，对环境影响轻微	-1D	搬迁过程中，作好相应的环保和水保措施	可有效减缓移民安置中的不利影响	0
	2.专项设施复建	道路等复建设施规模小，对环境影响较小	-1D	复建过程中，作好相应的环保和水保措施	可有效减缓专项设施复建过程的不利影响	0

注：1、“-、+、±”分别表示环境影响性质为：不利、有利、中性；

2、“C、D”分别表示影响时间为：长期、短期；

3、“0、1、2、3”分别表示影响程度为：无影响、弱、中、强。

7 环境风险评价与风险管理

7.1 评价目的

环境风险是指突发性事故对环境(或健康)的危害程度。环境风险评价的目的是分析和预测建设项目存在的潜在危险、有害因素，项目建设和运行期间可能发生的突发性事件或事故，引起有毒有害和易燃易爆等物质泄漏，所造成的人身安全与环境影响和损害程度，提出合理可行的防范、应急与减缓措施，以使建设项目事故率、损失和环境影响达到可接受水平。

参照《建设项目环境风险评价导则》(HJ 169-2018)、《外来物种环境风险评估技术导则》(HJ 624-2011)，通过风险识别、风险分析和风险后果计算等开展环境风险评价，为工程设计、环境管理和环境风险防范等提供资料和依据，达到降低危险、减少危害的目的。

7.2 环境风险识别

7.2.1 风险源概况

7.2.1.1 油库

根据施工布置，本工程设油库 1 处，位于木灰沟左岸台地上，占地面积 2500m^2。油库风险类型为油料泄露、火灾和爆炸，致危因素主要为雷电、静电、电气火花、储罐腐蚀穿孔、阀门损坏、储罐冒罐等。该油库远离居民点和营地，可能产生的环境危害包括爆炸对周边植被的破坏和油料泄漏对雅砻江水质的污染。

7.2.1.2 炸药库

本工程设炸药库 1 处，布设于日岗沟渣场上方，占地面积 5000m^2。炸药库周围人烟稀少，设计安全可靠，满足《民用爆破器材工厂设计安全规范》的要求，距离主要施工作业区也较远，且离雅砻江干流较远。因此炸药库若发生爆炸，引起的主要环境危害是森林火灾。其风险类型为爆炸，致危因素主要为雷电、静电、电气火花、人为因素等。

7.2.1.3 污废水事故源

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区和营地中施工人员和管理人员产生的

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、附近居民造成影响。

7.2.2 物质危险识别

按《物质危险性标准》《重大危险源辨别》(GBl8218-2000)、《职业性接触毒物危害程度分级》(GB50844-85)的相关规定，结合牙根二级水电站工程施工物资种类特点，识别本工程建设期间涉及的危险性物质为柴油、汽油、乳化炸药等。

7.2.2.1 柴油

柴油主要是由烷烃、烯烃、环烷烃、芳香烃、多环芳烃与少量硫(2～60g/kg)、氮(<1g/kg)及添加剂组成的混合物。相对密度(水=1)0.78～0.90，(空气=1)4.5，熔点-29.56℃，沸点180～370℃。

毒性：属低毒类。大鼠经口 LD507500mg/kg，兔经皮 LD＞5mL/kg，因杂质及添加剂(如硫化酯类等)不同而毒性有差异。对皮肤和粘膜有刺激作用，也有轻度麻醉作用。柴油为高沸点物质，吸入蒸气而致毒害的几率较少。

危险特性：遇热、火花、明火易燃，可蓄积静电，引起电火花。

燃烧(分解)产物：CO、CO_2和硫氧化物。

7.2.2.2 汽油

无色或淡黄色易挥发液体，具有特殊臭味；熔点＜-60℃，沸点：40～200℃；不溶于水，易溶于苯、二硫化碳、醇、脂肪；相对水密度为 0.70～0.79；相对空气密度为 3.5。

毒性：属低毒类。急性毒性：LD5067000mg/kg(小鼠经口)；LC50103000mg/m^3，2小时(小鼠吸入)；刺激性：人经眼为 140ppm(8h)，轻度刺激。亚急性和慢性毒性：大鼠吸入 3g/m^3，12～24h/d，78d(120 号溶剂汽油)，未见中毒症状。大鼠吸入 2500mg/m^3，130 号催化裂解汽油，4h/d，6d/周，8 周，体力活动能力降低，神经系统发生机能性改变。

危险特性：极易燃烧。其蒸气与空气可形成爆炸性混合物。遇明火、高热极易燃烧爆炸。与氧化剂能发生强烈反应。其蒸气比空气重，能在较低处扩散到相当远的地方，遇明火会引着回燃。

燃烧(分解)产物：CO、CO_2。

7.2.2.3 乳化炸药

乳化炸药主要是借助乳化剂的作用，使氧化剂盐类水溶液的微滴均匀分散在含有分散气泡或空心玻璃微珠等多孔物质的油相连续介质中，形成一种油包水型的乳胶状炸药，其主要成分有氧化剂、可燃剂、乳化剂、敏化剂、发泡剂和稳定剂等；其密度范围较宽；具有良好的抗水性能。

毒性：成分中不含有毒物质，基本无毒性。

危险特性：爆炸性能好，物理性能稳定，生产和贮存相对较为安全。

燃烧(分解)产物：CO_2、NO_2、N_2O_5。

7.2.2.4 物质危险性

根据以上物质特性，本工程所使用的危险品为易燃、可燃、低毒及爆炸性物品。主要危险性为爆炸和火灾带来的生命、财产损失；环境风险主要是燃烧、爆炸可能造成的森林火险，溢油对水体产生的石油类污染，以及运输事故造成危险品入江等。汽油被列入《危险货物品名表》(GB12268-2005)和《危险化学品名录》(2002 版)的易燃液体名单；《建设项目环境风险评价导则》附录 A1 和《重大危险源辨识》也将汽油列为易燃物质；从燃烧后产生的环境影响而言，由于柴油的含硫量较高，燃烧后还将产生一定量的硫氧化物，影响环境。炸药的危险性要体现在其爆炸特性上，爆炸产生的冲击波和高温高压会对周边环境和人员造成严重的破坏和伤害；此外，炸药爆炸还会产生有毒气体，如 CO 和氮氧化物，对人体健康构成威胁。

7.3 环境风险评价

7.3.1 风险潜势初判

根据《建设项目环境风险评价技术导则》(HJ169-2018)，牙根二级水电站工程属于水力发电行业，不涉及附录 C 中提及的行业。本次环评参照附录 B 中的要求对本项目的危险物质进行分析。

本工程施工期油库位于大坝枢纽工区，设计容量为 260m^3，其中柴油 200m^3，汽油 60m^3；换算后柴油最大存油量约 172t，汽油最大存油量约 43.8t；炸药库布设于日岗沟渣场上方，项目工期内使用乳化炸药量共计 6078t，每次乳化炸药储存量按施工使用半个月计，约 30t，主要成分硝酸铵含量约为 85%，临时存储量约为 25.5t；危险物质数量与临界量的比值(Q)按下式进行计算：

$$Q=\frac{q_1}{Q_1}+\frac{q_2}{Q_2}+\cdots+\frac{q_n}{Q_n}$$

式中：q_1，q_2，…，qn—每种危险物质的最大存在量，t。

Q_1，Q_2…Qn—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≥1 时，将 Q 值划分为：①1≤Q＜10；②10≤Q＜100；③Q≥100。

本工程危险物质数量与临界量的比值 Q=（172+43.8）/2500+25.5/50=0.60，小于 1，本项目环境风险潜势为I级。

7.3.2 环境风险评价等级

本次环境风险评价工作按《建设项目风险评价技术导则》(HJ 169-2018)中的相关要求，确定本项目环境风险评价等级。评价工作级别划分见下表。

建设项目环境风险评价等级

表 7.3-1

环境风险潜势	Ⅳ、Ⅳ+	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
评价工作等级	一	二	三	简单分析 a

a 是相对于详细评价工作内容而言，在描述危险物质、环境影响途径、环境危害后果、风险防范措施等方面给出定性的说明。

经分析，牙根二级水电站工程环境风险潜势为Ⅰ，工程环境风险评价工作等级为简单分析。

7.4 环境风险分析评价

7.4.1 事故可能性

7.4.1.1 油库事故可能性分析

(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)油品在装卸作业时，若流速过大易产生静电，在雷电等条件下可能引发火灾；

(3)由于油库操作人员的工作失误导致原油外溢，遇到火源易引发火灾。

从已有水电工程的施工情况看，发生油库事故的案例极少，且水电施工管理较为严格，因此本工程油库在施工期发生泄漏和爆炸的概率不大。

7.4.1.2 炸药库事故可能性分析

(1)管理人员违反规定，违章吸烟或未按有关规定操作产生火种，引燃炸药或触发雷管；

(2)由静电作用而造成炸药爆炸；

(3)由雷电引发电火花而引燃炸药。

炸药库设计严格按照相关标准要求，采取的安全措施包括各类消防设施、在库内设置避雷设施和各类防静电设施，设置事故报警系统，并按照《水电水利工程爆破施工技术规范》、《爆破安全规程》等有关规范，严格制定操作规程等。

爆破材料库是整个工程施工中的安全、消防管理重点，管理严格，事故防范措施严密，根据以往水电工程的施工情况，发生爆炸事故的概率很小。

7.4.1.3 施工废水处理系统故事可能性分析

(1)水处理设备检修或故障时、电力故障时，水处理设施无法正常运行；

(2)废水进水水质异常，而处理系统抗负荷冲击能力差，无法正常运行；

(3)水处理系统运行管理不善。

本工程废污水事故排放的可能性存在，须加强废水处理及回用系统的维护，保证其运行的可靠性，避免废水事故排放。

7.4.1.4 森林火灾

工程施工期由于施工机械、燃油、电器以及施工人员增多，火灾风险增加，对工程区内植被构成潜在威胁。根据施工规划，施工期将在施工区内建立防火及火灾警报系统，严格执行野外用火和爆破的相关报批制度。除此之外，还需要对施工人员进行防火宣传教育，并严格规范和限制施工人员的野外活动，严禁施工人员私自野外用火，作好吸烟和生活用火等火源管理，严格控制易燃易爆器材的使用。

7.4.2 事故影响分析

7.4.2.1 油库事故影响分析

(1)居民点安全风险

根据《石油库设计规范》(GB 50074-2014)要求，油库建设需要有 70m 的防火安全距离。本工程油库周边无居住区，符合规范对安全的要求。燃油及其挥发的蒸汽本身属于低毒类物质，对附近居民的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，对油库下风向的大气环境会造成一定的影响，事故过

程中污染程度最大，在火灾燃烧事故结束后短时间内影响可基本消除。

(2)引发森林火灾风险

油库布置于木灰沟左岸台地上，武警及公安营地旁，场地高程 2745m，场地硬化后周边无天然植被分布，万一发生火灾、爆炸事故，森林火灾的影响程度不大。

(3)水质污染风险

油库距离河道直线距离约 300m，正常情况下不会发生油料进入水体的情况，但事故情况下油料可能进入水体，对雅砻江水质造成污染，需采取措施予以防治。此外，由于工程场内主要交通道路均沿河布置，若油品在运输过程中由于事故原因倾倒入河，会对雅砻江水质造成一定影响，因此运输过程中须做好密封和安全运输等措施，避免发生交通事故而对雅砻江水体造成不良影响。

7.4.2.2 炸药库事故影响分析

本工程炸药库布置远离居民点，其设置满足《民用爆破器材工厂设计安全规范》的要求，安全可靠，即使发生爆炸事故，危险性也较小。同时，炸药库库周设围墙，并对占地范围内植被进行清除，因此由于事故引发周边火灾的可能性及影响均较小。此外，炸药库布设所在场地距雅砻江水平距离约 2.5km，即使发生事故也不会直接对雅砻江水质、水生生境造成严重破坏。

7.4.2.3 水质污染事故分析

施工废水事故排放可能形成岸边污染带，对雅砻江水质产生不利影响。根据前述第 5 章施工期水质影响预测结果可知，本工程生产、生活污水事故排放情况下对下游河道水质有一定影响，但影响距离和时间有限。为进一步保护工程河段水质，在施工期间，仍应加强废水处理及回用系统的维护，保证其运行的可靠性，避免事故排放。

7.5 环境风险防范措施

7.5.1 油库安全防护措施

(1)制定严格的安全管理制度，规范油料的运输、储存和使用。

(2)油库设立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，供生产及消防指挥使用。

(3)按照施工布置布设油库，严格按照《石油库设计规范》（GB50074-2014）要求，规范设计油库。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。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；其他建筑物分别按要求进行防雷设计。

(4)油库区的作业人员须穿戴抗静电工作服和具有导电性能的工作鞋。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。

7.5.2 炸药安全防范措施

(1)运输过程中须严格遵守危险货物运输的有关规定，炸药运输不得将炸药和雷管混装运输，确保不造成环境危害。

(2)炸药库位置的最终确定必须严格按安全防护距离要求，并汇同地方公安部门及管理部门进行现场选点协商确定，与施工营地需保持足够的安全距离，装运和发送须严格遵循《危险化学品安全管理条例》，严格火源控制并配备相应的消防器材。其他主要措施如下：

1)库房间均建造相应的防护土堤，形成两个建筑物均有防护屏障的格局；库区设大门及围墙，围墙距各库房的距离均大于 15m，库区内设置岗哨；值班室设置在距离库房 250m 以外的适当位置。

2)库房的门为双层外开门，外层为防火防盗门，内层为通风门；库房窗为高窗，外层为外开钢窗安玻璃，中间为钢筋防盗栏杆，内层为内开钢窗安钢板网及不锈钢纱网；窗下设带钢板百页、钢板网及不锈钢纱网的通风口；库房的地面为不发火水泥石屑地面。

3)炸药(导火索)库及雷管库外均设室外消防栓，消防水池设在库区外山坡上，其水压和水量均应满足规范要求。

4)库区内设一般室外照明电气设备，库房内按规范不设任何电气设备；库区内供电线路采用电缆暗敷，库区外供电线路采用架空敷设。

5)库房采用独立避雷针塔对库房进行一次防雷保护，确保库房避免遭受直接雷击；库房所有金属部位均进行等电位重复接地，以防库房产生静电。

6)库区设监控报警系统，同时在库房周边安装防盗报警设备。

7.5.3 森林火灾防范措施

(1)严格执行野外用火和爆破的相关报批制度；

(2)对施工人员进行防火宣传教育，并严格规范和限制施工人员的野外活动，严禁施工人员私自野外用火；

(3)作好吸烟和生活用火等火源管理，严格控制易燃易爆器材的使用；

(4)建议在施工区内建立防火及火灾警报系统；

(5)制定严格的爆破规程，爆破时采取有效隔离措施等；

(6)加强与地方森林消防单位的交流与协作，实行定期检查培训。

7.5.4 污废水事故外排对策措施

(1)建立安全责任制度，废污水处理系统的日常管理工作应落实到人，明确职责；

(2)加强对水处理系统及设施等的维护和管理工作；

(3)各污水处理系统都需设计事故蓄水池等废污水应急处理方案，一旦发生事故废水将暂时排放到蓄水池内，不排入水体；

(4)一旦发生事故，立即停止生产，从源头上控制废污水的产生，待环保设施恢复正常后方可继续生产。

7.6 突发环境事件应急预案

7.6.1 总则

(1)编制目的

为有效落实牙根二级水电站突发环境事件的应急防治各项工作，最大程度地减少牙根二级水电站突发环境事件造成的环境影响，保障人民群众的生命财产安全，制定应急预案。

(2)编制依据

依据《国家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》和相关法律、法规，结合牙根二级水电站工程区实际情况，制定应急预案。

(3)分类分级

牙根二级水电站突发环境事件包括火灾事故、环境污染、生态破坏和水质污染等。按突发环境事件的性质、严重程度、可控性和影响范围，原则上可分为特别重大(Ⅰ级)、重大(Ⅱ级)、较大(Ⅲ级)、一般(Ⅳ级)四级。

7.6.2 组织机构与职责

7.6.2.1 应急计划区划分

本工程应急计划区包括：(1) 油库区；(2) 爆破器材库区；(3)工程所在雅砻江河段。

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。

7.6.2.2 组织机构设置

(1)应急领导机构

应急总领导机构为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：①危险源控制组；②伤员抢救组；③医疗救护小组；④消防组；⑤安全疏散组；⑥安全警戒组；⑦物资供应组；⑧环境监测组；⑨专家咨询组；⑩综合协调组；⑪善后处理组。

(4)报警、通讯联络方式

①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)。

②应急通讯：应急领导机构与现场指挥通过对讲机、电话进行联系。

(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

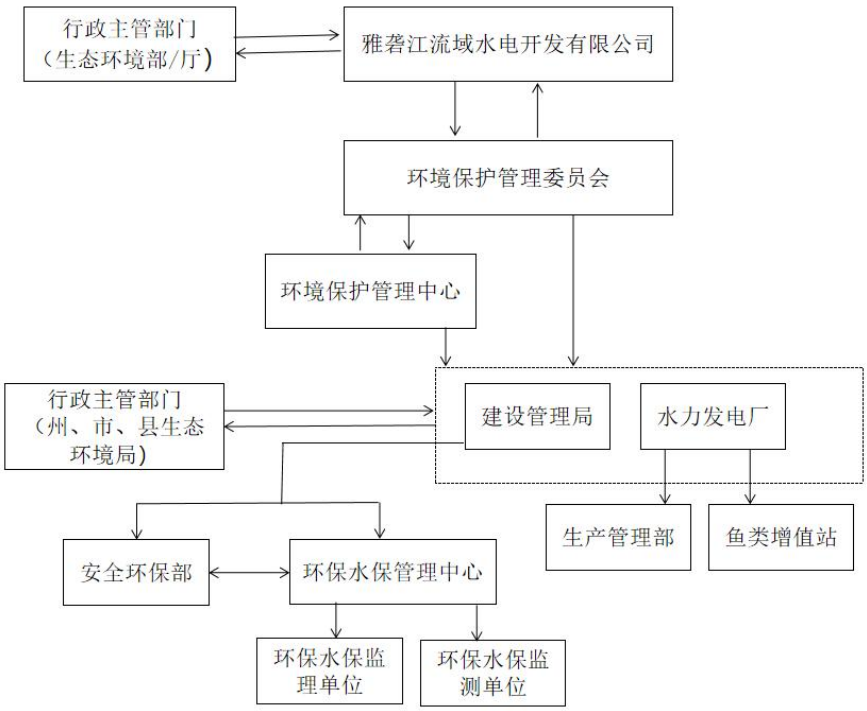
8.1.1 流域环境管理现状

8.1.1.1 管理体系

雅砻江流域水电开发有限公司设立了流域环境保护管理中心作为流域环境管理的总部职能机构，负责环境保护全过程管理，制订框架管理制度，统一负责对外宣传与协调，确定流域各项目环境保护工作的目标与定位，并对各项目环境保护工作进行指导、检查、监督和考核。

2000 年以前，二滩水电站建设时期，为满足世行贷款评估的要求，公司积极探索，创建了公司环保分管部门管理、世行特咨团咨询、环境监督评估小组评估、项目承包商实施的环保管理体系，且在 2000 年发文成立环境保护领导小组及办公室，并建立环保管理体系。在流域梯级开发开始后，公司施行“流域化、集团化、科学化”管理模式，2013 年 4 月 28 日，公司成立环境保护管理中心，由最初一个岗位、一个人逐步发展到一个部门、一批人，逐步建成一支有经验、能干事的管理队伍。2019 年 4 月 10 日，公司成立环境保护管理委员会，最终形成了以环委会统筹领导、环境保护管理中心职能归口管理、各单位具体落实的管理架构，各层级多管齐下，齐抓共管，开创了流域环保工作的新局面。

各建设管理局机构成立环保水保管理部门，负责环保水保的现场工作的管理与协调，同时采用合同聘用方式，引进环保水保专业单位，以“一班人马，两块牌子”的形式成立环保水保中心与环保水保监理中心的环保管理体系与公司各水力发电厂生产部配备环保管理人员负责现场环保工作，以及增殖站现场运营工作。



箭头所示工作关系：　　↓管理、监督、指导关系

←　接受管理、监督、指导，并向上汇报

↔　协作

图 8.1-1　雅砻江流域环境管理体系及组织机构

8.1.1.2 管理机构

雅砻江流域水电开发有限公司环境保护管理委员会统筹、协调、指导公司环境保护管理工作。环境保护管理中心为全流域的环境管理划定了归口部门。各个项目管理局下设立环境保护中心，各水力发电厂生产部配备环保管理人员，执行

具体的环境管理工作。

公司环保管理中心为公司环境保护和水土保持归口管理部门，负责全过程归口管理公司环境保护和水土保持工作，是公司环境保护和水土保持管理的职能部门。主要职责为：

(1)贯彻执行国家、地方环境保护和水土保持法律、法规、标准和方针政策。

(2)制定并组织实施公司环境保护和水土保持战略、规章和企业标准。

(3)负责公司流域开发研究、前期项目勘测设计、工程建设的环境影响评价、水土保持工作以及“三同时”的管理，负责工程项目的环境影响报告书及水土保持方案报告书的送审报批工作。

(4)负责公司流域开发研究、前期项目勘测设计、工程建设的环境保护和水土保持工

作计划和资金使用计划的制定及管理。

(5)指导、监督、参与工程建设项目中环保和水保工程项目及环保水保监理、监测工作的招标和实施。

(6)负责流域性环境保护和水土保持措施的计划、实施与管理。

(7)负责环保技术监督及公司所属各单位环境保护和水土保持工作的考核。

(8)负责和国家、省级相关行政主管部门对口联系和协调工作，负责重大环境污染、生态破坏，以及环境纠纷事故的配合调查和协调处理。

(9)负责编制公司环境保护年度工作报告。

8.1.1.3 管理制度

与“雅砻江流域水电开发有限公司”环境保护工作树状管理体系相适，环境保护管理制度由雅砻江流域水电开发有限公司总部制度、各建设项目管理制度两个层面组成。2006 年，雅砻江流域水电开发有限公司总部颁布实施了框架性管理制度——《环境保护与水土保持管理办法》，明确了公司环境保护工作的定位、职责、分工与管理流程，从环境保护与水土保持的设计管理、实施管理、验收管理、设施运行管理、科研、宣传教育与对外交流、监督管理以及奖惩等方面指定了具体的制度条款。

在雅砻江流域水电开发有限公司框架性管理制度的指导下，分别颁布了《环境保护管理办法（试行）》，各建设管理局根据现场环保管理要求，分别颁布了施工区环境保护、水土保持管理实施办法，环境监理及环境保护管理中心管理办法，施工区环境保护、水土保持违规行为的违约处罚实施细则，施工区环境卫生管理办法，工程环保水保技术实施细则、工程安全文明环保定期检查考评等制度。目前公司执行的环境保护管理相关规定见下表。

雅砻江公司层面现行环境保护管理制度（未含各二级单位相关制度）

表 8.1-1

序号	时间	制度内容
1	2021 年 1 月	环境保护与水土保持管理办法
2	2021 年 8 月	生态环境保护监督检查管理办法
3	2021 年 8 月	生态环境保护表彰奖励办法
4	2022 年 6 月	生态环境保护约谈办法
5	2022 年 7 月	生态环境保护考核和责任追究实施办法
6	2022 年 12 月	生态环境保护责任制规定
7	2022 年 12 月	生态环境保护风险防控和隐患排查治理管理办法
8	2024 年 9 月	招标阶段和技施阶段环保水保设计管理“三有”清单（试行）

8.1.2 牙根二级水电站环境管理

8.1.2.1 环境管理目的

环境管理是工程管理的一部分，是工程环境保护工作有效实施的重要环节。牙根二级水电站环境管理目的在于保证工程各项环境保护措施的顺利实施，减免工程施工和运行产生的不利环境影响，实现工程建设与生态环境保护、经济发展相协调。

8.1.2.2 环境管理原则

(1)预防为主、防治结合的原则

牙根二级水电站在施工和运行过程中，环境管理要优先采取防范措施，防止环境污染和生态破坏的行为发生，把预防作为环境管理的重要原则。

(2)分级管理原则

工程建设和运行应接受各级生态环境主管部门的监督，而在内部则实行分级管理制，层层负责，责任明确。

(3)相对独立性原则

环境管理是工程管理的一部分，需要满足整个工程管理的要求。但同时环境管理又具有一定的独立性，必须依据我国的环境保护法律法规体系，从环境保护的角度对工程进行监督管理，协调工程建设与环境保护的关系。

(4)针对性原则

工程建设的不同时期和不同区域可能会出现不同的环境问题，应通过建立合理的环境管理结构和管理制度，有针对性地解决出现的问题。

8.1.2.3 环境管理目标

(1)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，使各项环境保护设施正常、有效运行。

(2)预防污染事故的发生，保证各类污染物达标排放、合理回用，使工程区及其附近的水环境、环境空气、声环境和土壤环境质量达到环境功能区划要求的标准。

(3)生态破坏得到有效控制，并通过采取措施恢复原有的生态环境质量。

(4)做好施工区卫生防疫工作，完善疫情管理体系，控制施工人群传染病发病率，避免传染病爆发和蔓延。

(5)理清工程建设与环境保护的关系，保障工程建设的顺利进行，促进工区环境美化，以“环保工程、绿色电站”为总体目标。

8.1.2.4 环境管理体系

牙根二级水电站环境管理分为外部管理和内部管理两部分，并纳入整个牙根二级水电站环境管理体系之中。

(1)外部管理

指国家及地方生态环境主管部门，依据国家相关法律、法规和政策，按照工程需达到的环境标准与要求，依法对各工程建设阶段进行不定期监督、检查及竣工环境保护验收等活动。

本工程外部环境管理体系由国家和地方生态环境主管部门组成。

(2)内部管理

指建设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，并对工程建设全过程按环保要求进行管理。内部管理分施工期和运行期两个阶段。

施工期内部管理由建设单位负责，对工程施工期环境保护措施进行优化、组织和实施，保证达到国家及地方环保部门对建设项目的环境保护要求。施工期内部环境管理体系由建设单位、施工单位、设计单位和监理单位共同组成，通过各自成立的相应机构对工程建设的环保负责。

运行期由工程运行管理单位负责，对环境保护措施进行优化、组织和实施。

工程环境管理体系如下：

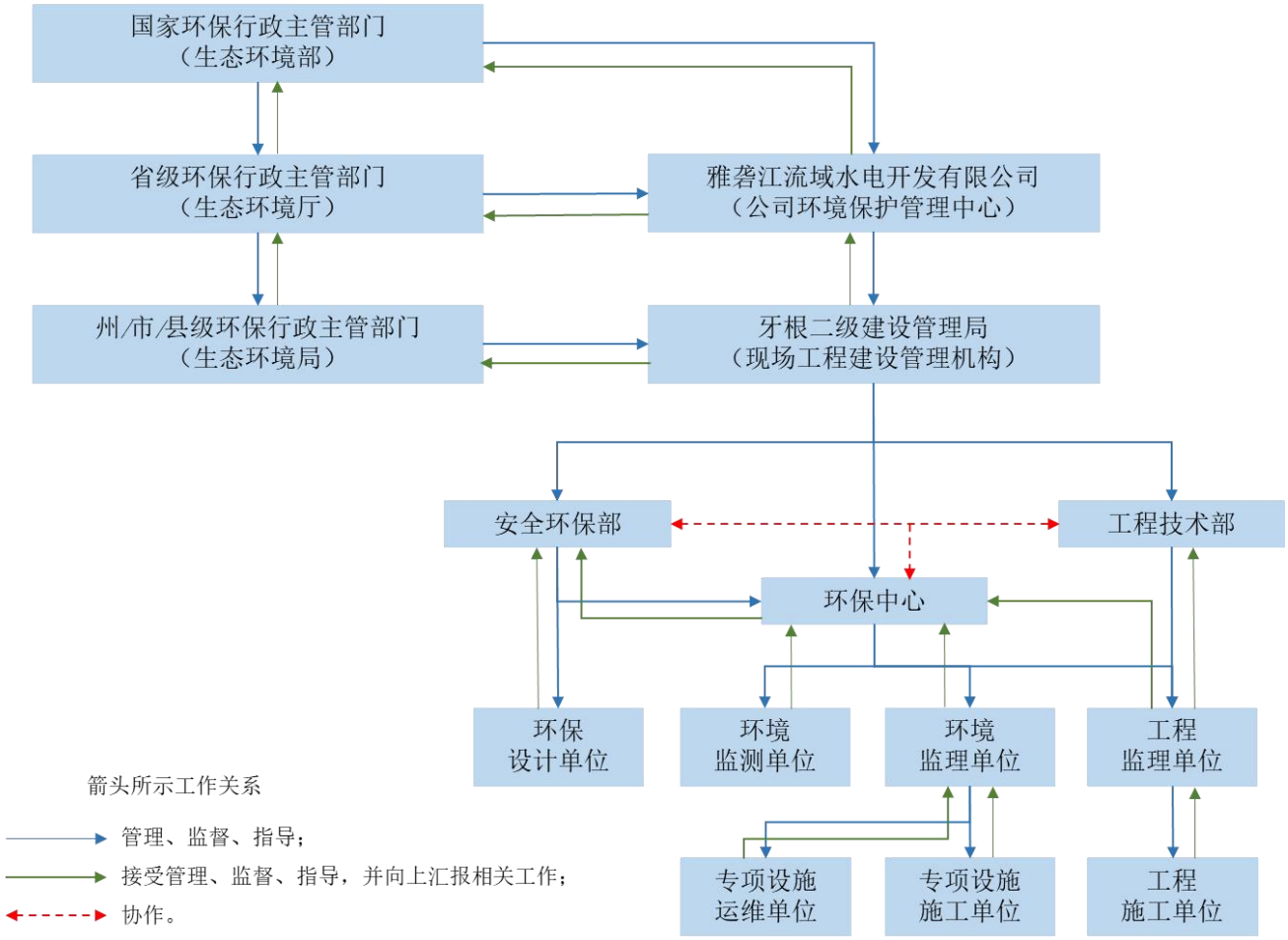


图 8.1-2　牙根二级水电站环境保护管理体系图

8.1.2.5 环境管理制度

(1)环境保护责任制

在环境保护管理体系中，建立环境保护责任制，明确各环境管理机构的环保责任。

(2)分级管理制度

在施工招标文件、承包合同中，明确污染防治措施与费用条款，由各施工承包单位负责组织实施。电站环保管理部门负责定期检查，并不定期向上级生态环境主管部门汇报工作。环境监理单位受建设单位委托，在授权范围内实施环境管理，监督施工承包单位的各项环境保护工作。

(3)监测和报告制度

环境监测是环境管理部门获取施工区环境质量信息的重要手段，是进行环境管理的主要依据。从节约经费开支和保证成果质量的角度出发，建议采用合同管理的方式，委托当地具备相应监测资质的单位，对工程施工区及周围的环境质量按环境监控计划要求进行定期监测。并对监测成果实行季报、年报和定期编制环境质量报告书以及年审的制

度。同时，应根据环境质量监测成果，对环保措施进行相应调整，以确保环境质量符合国家所确定的标准和省、地市确定的功能区划要求。

(4)“三同时”验收制度

根据《建设项目环境保护“三同时”管理办法》，工程建设过程中的污染防治措施必须与建设项目主体工程同时设计、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。环境保护设施不得擅自拆除或闲置。

(5)书面制度

日常环境管理中所有要求、通报、整改通知及评议等，均采取书面文件或函件形式。

(6)报告制度

施工承包商定期向工程建设环境管理机构和环境监理部提交环境月报、季报、半年报及年报，主要反映环境保护措施实施执行情况、存在的问题、整改方案和处理结果，阶段性总结等内容。

环境监理部定期向工程建设环境管理机构报告施工区环境保护状况和监理工作进展，提交监理月报、季报、半年报及年报。

(7)污染事故预防和处理措施

工程施工期间，如发生污染事故或其它突发性事件，造成污染事故的单位除立即采取补救措施外，要及时通报可能受到污染地区的政府部门和居民，并报告建设单位环保管理机构与当地生态环境主管部门，接受调查处理。建设单位接到事故通报后，应会同地方环保部门采取应急措施，及时组织对污染事故进行处理，并调查事故原因、责任单位和责任人，对有关单位和个人给予处罚。

8.1.2.6 环境管理职责

(1)建设单位

牙根二级建设管理局在地方政府、行业主管部门和公司总部的领导下履行建设项目的环水保统筹、协调、监督、指导等管理责任。

1)贯彻执行国家和地方环保水保方针、政策和法律、法规。

2)加强与地方政府、行业主管部门和上级单位的协调联系，取得其对建设项目环水保工作的支持和指导。

3)按照公司授权与合同负责工程环境监理的管理。

4)按照公司授权与界面划分，组织落实工程环境影响报告书、水土保持方案报告及其批复文件，组织建设项目重大环水保措施方案的咨询与初审。

5)负责公司授权的环保水保科研项目管理，组织开展环水保咨询活动。

6)制定和完善建设项目环保水保管理制度，监督检查其执行情况。

7)制定本单位年度环保水保工作计划，报公司总部批复后组织实施。

8)组织复核设计单位提交的设计文件，满足环境影响报告书、水土保持方案报告书及其批复文件要求。

9)督促参建单位履行环水保管理职责，组织季度检查与履约考核。

10)组织开展合同项目竣（完）工环水保专项验收，协助公司组织建设项目竣工环境保护专项验收。

11)组织开展建设项目的环保水保宣传、培训教育和信息报送。

12)组织建立健全环境突发事件应急管理体系，制订建设项目环境事件应急预案并演练。

13)协助公司完成环评、水保报告等文件的编制和初审工作。

14)按照环评报告及公司批复的年度计划，组织好环水保科研项目实施。

15)依照程序开展环水保项目的立项、招投标和组织实施工作。

16)组织或参与环保水保事件调查处理。

(2)设计单位

设计单位（含总承包所辖的设计单位）应依照法规和合同履行勘察、设计有关环水保责任，贯彻落实环境保护“三同时”要求，把工程环水保贯穿于设计工作的全过程，为工程建设环保水保工作提供技术服务和支持。其有关职责如下：

1)在设计文件中同步落实环境影响报告书、水土保持方案报告书及其批复文件要求，建立成果质量控制体系，不得出现违背批复要求的内容与设计。

2)根据工程实际优化设计，尽可能减少对环境的影响与破坏。

3)按照年度设计合同及时提交环水保专项设计文件，并确保其满足相关规范要求，具备经济技术合理性。

4)在招标设计与招标文件中明确环水保技术要求。

5)参与建设项目重大环保水保措施、方案的审查。

6)在设计中应用建设项目科研成果，合理应用新技术、新工艺、新材料。

7)对工程存在环水保疏漏和缺陷，及时提出完善意见和措施方案。

8)协助环水保事故的调查处理，对重大环水保事故应提出处理建议和意见。

9)参与建设项目竣工环水保专项验收。

(3)环境监理单位

环境监理单位依照国家和行业有关法律法规、监理合同等履行监理职责，受雅砻江公司委托负责监理合同项目的全面环水保监督、控制、协调和管理。

1)建立健全监理单位内部环水保管理体系，成立环水保机构并配置环保专职管理人员，制订和完善环水保管理制度、应急预案，明确各级各类人员环水保职责。管理局授权工程监理的环保专业监理工程师代行建设项目环水保管理职责，按照环水保监理规范开展工作，在授权范围内对设计（含总承包所辖的设计单位）、工程监理、承包人（含监测）进行监督、管理与协调、指导，环保专业监理工程师须参与监理技术工作，核实设计技术文件、施工方案对环境影响评价报告书、水土保持方案报告书的响应情况。

2)监督、检查、指导承包人依照法规和合同履行环水保管理职责，建立环水保管理体系，制订和完善环水保管理制度，落实合同项目建设期间环水保措施。

3)审批承包人编报的环水保方案并督促落实，确保其满足法规、标准、合同与设计要求。对方案实施质量、进度及投资进行检查、控制，保障环水保设施与工程建设进度相匹配，并监督各项设施的实施效果满足要求。

4)按照周、月、季度组织定期检查，适时开展不定期检查，及时组织专项检查，及时通报检查结果及整改要求等，跟踪处理进度及效果，直至其满足法规及合同要求，授权监理单位对重大环水保问题及时采取包括处罚、停工、停电、更换责任人等强制措施。对难以处理的问题提出处理意见和建议，向管理局报告。

5)定期、不定期组织召开环水保例会和专题会议，对各施工单位的环水保工作情况进行全面评价，对存在的环水保问题提出处理意见，并形成工作记录。

6)组织管理局或环水保监理人员参与合同项目中涉及的环水保措施的验收，并对出具的验收意见负责。

7)审查承包人提出的施工组织设计、现场平面布置、专项施工技术等时，充分考虑其对环境的影响，尽可能减轻对环境的破坏。

8)监督、检查承包人建设的环保水保设施运行情况，确保其始终处于有效运行状态。

9)督促承包人定期开展内部环水保检查、定期会议，开展施工期内部环境管控。

10)组织承包人建立环境突发事件应急管理体系，开展突发环境事件风险评估，制定突发环境事件应急预案并演练，完善突发环境事件风险防控措施。

11)组织排查治理环水保隐患，组织或参与环水保事故的调查与验收。

12)协助管理局开展工程环保水保的宣传、教育、培训等活动的组织、策划，检查、指导各参建单位的开展环境保护、水土保持宣传、教育和培训。

13)协助管理局完成各项综合环境管理工作, 包括编写定期工作报告和专题报告，提出环保、水保工作存在问题和解决方案，整理各专项环保水保工程实施及投资完成情况等资料。

14)收集整理按要求报送的各类环保水保资料，包括进度、质量、投资、监测成果等，编制环保水保工程月度、季度及年度进展报告；按管理局要求、环境影响报告书及其批复意见要求，编制各类报表、简报及报告。负责收集、审核、汇总各承包人报送的环水保信息文件，整理后正式文件报送管理局。

15)负责环保水保各类资料的收集、归类、整编与归档工作，为工程竣工各类阶段性环保水保验收提供验收资料。

16)为管理局环水保事务提供政策、技术咨询服务，及时提出工程环保水保缺陷和疏漏，为管理局决策提供技术支持。

17)协助管理局开展排污费测算、申报、核定等工作，协助管理局与地方政府进行沟通、协调及办理相关事务。

(4)施工单位

施工单位（含总承包单位）是其承建合同项目的环水保责任主体，依据国家法律法规、合同文件承担合同项目的合同约定范围内的全部环水保责任。

1)认真贯彻落实国家和地方环水保政策、法规、标准、合同和设计要求，严格执行管理局制度及文件。

2)接受各级环保、水务行政主管部门的监督、检查和指导，对其所辖工区范围内的环境质量负责。

3)建立本单位的环水保管理体系并确保其有效运行，依法成立环水保管理机构，制订和完善环水保管理制度，签订本单位内部环水保管理目标责任书。

4)落实环境影响评价报告、水土保持报告、合同文件、设计文件及经监理批复方案中的各项环水保措施。

5)在制定施工组织设计、技术方案、施工方案时充分考虑其对环境的影响，尽可能减少其对环境的破坏与影响。

6)按照法规、合同建设并有效运行挡渣、污废处理等环水保设施。

7)负责按照合同要求定期（每月 25 日前）向监理单位报送环保信息月报。

8)负责开展生产性环境监测，例如有毒有害气体、粉尘、噪声、水质监测。

9)不采购、不使用国家明令禁止使用的物资、材料和工艺。

10)组织开展本单位内部的环水保宣传、教育和培训。

11)建立健全本单位环水保应急管理体系，制订和完善应急预案并开展演练，做好应急物资储备。

12)组织或配合本单位环水保事故的调查处理。

13)负责缴纳合同约定环境质量标准与污染物排放标准外的超标排污费。

14)履行法规和合同中明确的其他环水保职责。

8.2 环境监测

8.2.1 监测目的

为及时掌握工程区域环境污染及环境影响，有必要设置环境监测点位和断面，以便连续、系统地观测工程建设前后环境因子的变化及其对当地环境的影响，明确工程建设排放的污染物是否符合国家及地区所规定的排放标准，了解工程影响区生态变化情况，验证环境影响评价结论，发现环境问题并及时提出对策措施，并根据需要调整环保措施。同时为施工期和运行期环境污染控制和环境管理及工程竣工验收提供基础和依据。

8.2.2 总体原则

(1)工程建设紧密结合的原则

监测的范围、对象和重点应结合工程施工、运行特点和周围环境敏感点的分布，及时反映工程施工和运行对周围环境敏感点的影响，以及环境变化对工程施工和运行的影响。

(2)针对性和代表性原则

根据环境现状、环境影响预测评价结果及环境保护措施的需要，选择对区域环境影响显著、具有控制性和代表性的主要因子进行监测，合理布设监测点位，力求做到监测方案有针对性和代表性。

(3)经济性与可操作性原则

按照相关专业技术规范，监测项目、频次、时段和方法以满足本监测系统主要任务为前提，尽量利用附近现有监测设施，新建断面设置可操作性强，采取人工监测结合在线智能监测方式，力求以较少的投入获得较完整的环境监测数据。

(4)统一规划、分步实施的原则

监测系统从总体考虑，统一规划，根据工程不同阶段的重点和要求，分期分步建立，逐步实施和完善。

8.2.3 监测总体规划

牙根二级水电站工程环境监测体系由枢纽工程区水环境（废污水、水质）、环境空气、声环境、土壤环境、生态流量监控、水温、气候、水生生态、陆生生态、移民安置区监测等组成。

牙根二级水电站环境监测体系规划

表 8.2-1

监测规划			牙根二级水电站监测规划
枢纽工程区	施工期	水环境	施工期地表水水质、供水水源水质、地下水水质监测
		环境空气	施工期环境空气质量监测
		声环境	施工期声环境质量监测
		土壤环境	施工期土壤环境质量监测
		施工污染源监测	施工期废污水、环境空气污染源、噪声源监测
	运行期	水文情势	运行期河段流量、水位监测
		生态流量	运行期生态流量监测
		水温	运行期水温监测
		水环境	运行期废污水、地表水水质
		土壤环境	运行期土壤环境监测
生态监测		气候	运行期气候监测
		水生生态	水生生态常规监测、鱼类栖息地保护、过鱼及增殖放流效果监测
		陆生生态	陆生植物、陆生动物监测计划
移民安置区		水环境	生活污水和饮用水水质监测
		陆生生态	陆生植物、陆生动物监测

8.2.4 施工期环境监测

8.2.4.1 水环境质量监测

(1)施工期污废水监测

1)监测点位布设

在满足《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91-2002)和《污水监测技术规范》(HJ

91.1-2019)要求的基础上，对主要生产废水和生活污水处理系统的进水与出水水质进行监测，具体点位详见下表。

2)监测技术要求

采取人工监测的方式，取样与采集按照《污水监测技术规范》(HJ 91.1-2019)的有关规定执行，样品分析按照《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）相关规定执行。

根据不同施工废(污)水污染特性确定的监测项目、监测周期、监测时段及频率详见下表。

施工废(污)水监测技术要求一览表

表 8.2-2

监测对象	监测点位	监测项目	监测频率及时间
砂石加工系统废水	木灰沟砂石加工系统废水处理设施进口及末端	pH、SS、流量	施工期每季度监测 1 期，每期 1d，每天监测 2 次。
	拉最砂石加工系统废水处理设施进口及末端		
混凝生产系统废水	木灰沟混凝土生产系统废水处理设施进口及末端	pH、SS、流量	
	下游高线混凝土系统废水处理设施进口及末端		
	下游低线混凝土系统废水处理设施进口及末端		
基坑排水	基坑排水点位	pH、SS、流量	
洞室排水	废水处理设施进口及末端	pH、SS、流量	
含油废水	机修含油废水处理系统的进水口、回用口	石油类、SS、流量	
生活污水	木灰业主营地污水处理系统进水口、回用口	流量、pH 值、悬浮物、COD、BOD_5、氨氮、总磷、粪大肠菌群，同步调查施工人数	施工期每季度监测 1 期，每期 3d，每天采样不少于 1h。
	木灰沟左岸承包商营地污水处理系统进水口、回用口		
	木灰沟右岸承包商营地污水处理系统进水口、回用口		
	多吉承包商营地污水处理系统进水口、回用口		

(2)施工期地表水监测

1)监测断面布设

为掌握工程施工对河流水质的影响，在工程建设区的上、下游河段共布设 5 个地表水质监测断面。监测项目重点结合工程涉及水域的水质本底状况以及施工期的特征污染物进行选择。考虑到目前国内常用的水质自动监测站能够监测的水质因子较少，不能完整反应河段水环境特征，因此地表水监测以人工采样监测为主。

2)监测技术要求

施工期地表水监测项目重点结合工程涉及水域的水质本底状况以及施工期的特征污染物进行选择。水质采样与样品分析方法按照《地表水和污水监测技术规范》（HJ/T91-2002）及《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)的相关规定执行。

施工期河流水质监测断面位置、监测因子、执行标准及监测频次见下表。

地表水质监测断面及监测技术要求一览表

表 8.2-3

河流	监测断面及编号	监测因子	执行标准	监测频次
雅砻江干流	鲁柯村断面，日岗渣场上游 1km(对照断面)	水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、COD、BOD_5、NH_3-N、TP、TN、硝酸盐、亚硝酸盐、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂、粪大肠菌群、铁、锰、悬浮物共 25 项	《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) II 类标准	施工期每季度监测一期，每期监测 3 天，每天监测 2 次
	拉最断面，坝址下游 2km(控制断面)			
	雨日村断面，力丘河汇口下游 2km(削减断面)			
霍曲河（支流）	霍曲汇口上游 100m			
力丘河（支流）	力丘河汇口上游 100m			

(3)施工期地下水监测

1)监测点位布设

为掌握工程施工对工程区地下水的影响，在建设区共布设 3 个地下水监测断面。

2)监测方法

地下水监测项目按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ 610-2016)规定的 28 项指标，同步监测地下水水位。参照《地下水环境监测技术规范》HJ/T164 执行。

施工期地下水水质监测断面位置、监测因子、执行标准及监测频次详见下表。

地下水监测断面及监测技术要求一览表

表 8.2-4

点位	监测项目	监测频率及时间
大坝枢纽工区	K++Na+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、$CO3^{2-}$、HCO3-、Cl-、$SO4^{2-}$、pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、氟、镉、铁、锰、溶解性总固体、高锰酸盐指数、硫酸盐、氯化物、总大肠菌群、细菌总数	每年监测 3 期（丰水期、平水期、枯水期），每期监测 3 天，每天取样 2 次
拉最工区		
日岗工区		

(4)生活饮用水监测

1)监测点位布设

根据施工规划，施工期对各个营地供水的水源水质进行监测。

2)监测方法

按《生活饮用水卫生标准》(GB5479-2006)相关规定执行。

施工期各个营地供水水源水质的监测位置、监测因子、执行标准及监测频次详见下表。

施工区生活饮用水监测断面及监测技术要求一览表

表 8.2-5

编号	点位	监测项目	监测频率及时间
SG1	木灰业主营地供水末端	色度、浑浊度、嗅和味、肉眼可见物、pH、总硬度、铁、锰、铜、锌、硫酸盐、氯化物、溶解性总固体、氟化物、硝酸盐、细菌总数、总大肠菌群	每季度监测一次，每期监测 2 天
SG2	木灰沟左岸承包商营地供水末端		
SG3	木灰沟右岸承包商营地供水末端		
SD4	多吉承包商营地供水末端		

8.2.4.2 声环境质量监测

(1)监测点位布设

为掌握工程建设对周围声环境敏感对象的影响，结合施工布置规划及声环境敏感对象的分布情况，同步监测典型施工噪声源及环境敏感对象的声环境质量，具体点位布设见下表。

(2)监测技术要求

监测项目、监测周期、监测时段及频率见下表。

(3)监测方法

按照《声环境质量标准》(GB3096-2008)和《建筑施工噪声排放标准》(GB12523-2025)的有关要求执行。

施工区声环境监测技术要求一览表

表 8.2-6

监测对象	监测点位	监测参数	监测频率及时间
噪声源	大坝枢纽工区	L_{eq}，夜间同时测量 L_{Amax}	施工期每季度各监测 1 次，每次监测 1d，每天 08:00～10:00、14:00～16:00 和 22:00～24:00 共 3 个时段各测 1 次
	日岗工区		
	拉最工区		
敏感点	木灰居民点	L_{eq}，同步测量车流量	施工期每季度各监测 1 次，每次监测 1d，24h 连续监测，并分别统计 Ld(06:00 ～ 22:00) 和 Ln(22:00～次日 06:00)

8.2.4.3 环境空气质量监测

(1)监测点位布设

为掌握工程建设对周围大气环境敏感对象的影响，结合施工布置规划及环境空气敏感对象的分布情况，对各施工工区周围的环境敏感点分别进行监测，具体点位布设见下表。

(2)监测技术要求

监测项目、监测周期、监测时段及频率见下表。

(3)监测方法

环境空气采样按照《环境空气质量监测规范(试行)》(国家环保总局公告 2007 年第 4 号)、《环境空气质量手工监测技术规范》(HJ/T194-2005)、《环境空气质量自动监测技术规范》(HJ/T193-2005)的有关要求执行；分析方法按《环境空气质量标准》(GB3095-2026)中表 2 所列各项污染物分析方法执行。

施工期环境空气监测技术要求一览表

表 8.2-7

监测对象	监测点位	监测参数	监测频率及时间
污染源	大坝枢纽工区、日岗工区、日衣工区	TSP、PM10	每季度监测 1 次，每期 7d，每天采样时间不少于 1h
敏感点	木灰居民点		

8.2.4.4 土壤环境质量监测

(1)监测目的

了解施工期及运行期土壤环境受影响情况，及时采取土壤污染防控措施。

(2)监测项目

土壤取表层样(0~0.2m 取样)。牙根二级坝址监测项目包括《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)规定的基本项目(45 项)、pH 及全盐量；木灰村监测项目包括《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)基本项目、pH 值及全盐量。

(3)监测点位及频次

监测点位及频次见下表。

工程施工期土壤环境监测计划一览表

表 8.2-8

监测点位	备注	监测频率
牙根二级坝址	建设用地土壤监测	施工期高峰期监测一次
木灰村	农用地土壤监测	

8.2.4.5 人群健康监测

(1)监测项目

根据当地环境卫生状况，施工期间需要重点监控的传染病病种为介水传染病，如细菌性痢疾、伤寒、副伤寒和病毒性肝炎，虫媒性传染病，疟疾、流行性乙脑炎等。

(2)监测内容

每月收集整理工程所在地各医疗机构发现的甲、乙、丙类传染病报告，作为施工区传染病防控参考；施工期每年对施工人员进行抽查检疫，抽取 10%的施工人员检疫 1 次；根据检疫结果对施工活动影响区的当地居民进行监测，调查外来疾病对当地居民健康的影响。

(3)突发疫情报告

出现突发疫情、不明原因公共卫生事件时应随时报告并通知当地疾控管理部门，并配合当地疾控管理部门开展流行病学调查，明确事件原因，通过疫情点封锁、环境消毒、预防服药、紧急接种、现场采样等方式，控制疫情扩散与蔓延。

8.2.5 运行期环境监测

8.2.5.1 生态流量监测

(1)监控目的

为确保生态流量下泄措施的有效运行，需对工程在不同阶段的下泄流量进行实时监控，同时可为生态流量对下游水生生态影响与效果研究提供基础资料。

(2)监控断面布设

考虑到本工程规划建设有水情自动测报系统对施工期和运行期进行水文观测。因此，根据牙根二级水电站施工期和运行期的生态流量泄放措施方案，并结合水情自动测报系统中水位站规划布设情况，拟在厂房尾水下游约 500m 处设生态流量自动监测系统。

(3)监控方案与技术要求

牙根二级水电站生态流量监测依托厂房下游水位站，将水位数据换算为流量。厂房下游水位站采用德国 SEBA 公司的 Sebapuls 雷达水位计，不受浑水、淤泥、水生植物等因素的影响，也不受环境温度、湿度、降雨、风沙的影响。仪器完全免维护，具有水面波浪滤波功能。监测系统服务器部署在牙根二级电站办公大楼，建立水情自动测报系统分中心站。

同时依据四川省水利厅、四川省发展和改革委员会、四川省生态环境厅、四川省农业厅、四川省林业厅《关于开展全省水电站下泄生态流量问题整改工作的通知》(川水函[2018]720 号)文件及甘孜州《关于加强水电站下泄生态流量监督管理的通知》（甘水函〔2020〕42 号）文件要求，牙根二级生态流量监测系统预留与甘孜州生态流量监管平台对接端口，同时电站尾水处安装生态流量监控视频摄像头，摄像头面向尾水出水口，能够拍摄到河道水流情况，并与甘孜州生态流量监控视频对接。

(4)监控时间要求

为满足初期蓄水阶段生态流量的监控要求，生态流量监测系统需在电站蓄水前安装完成，调试完成后即可开展监测工作。

8.2.5.2 水环境质量监测

(1)地表水水质监测

监测断面：雅砻江干流设置牙根二级库尾、牙根二级库中（恶古乡）、牙根二级坝前、尾水出口、孟底沟库尾共 5 个断面；另设置霍曲河汇口上游、力丘河汇口上游两处支流监测断面。

监测内容：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 28 项。

监测频率：每年监测 3 期(丰水期、平水期、枯水期)，每期连续监测 3 天。

监测时段：运行期逐年开展监测，并根据验收及后评价需求适时进行监测方案调整。

监测方法：以人工监测为主，水样采集按照《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91—2002)的规定方法执行，样品分析按照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)和《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91—2002)方法执行。

(2)水体富营养化

监测内容：在牙根二级库区（米龙乡、八衣绒乡）处进行水体富营养化监测，富营养化监测指标：总氮、总磷、叶绿素 a、透明度、高锰酸盐指数。

监测频次：一年监测一次，监测时间定在 6-8 月。

监测时段及费用规划：纳入运行期地表水水质监测内容。

(3)电厂运行人员生活污水监测

监测点布设：电站厂房中控楼一体化污水处理设备出口处。

监测项目：pH、COD、BOD_5、NH_3-N、TP、污水流量、SS、动植物油、流量等 9 项。

监测频率：每季度监测 1 期，每期监测 1 天，运行后连续监测 3 年。

监测方法：《地表水和污水监测技术规范》(GB/T91-2002)规定的监测方法。

8.2.5.3 库区及下泄水温监测

(1)观测目的

通过监测库区及下泄水温情况，为研究水库热效应、水库水温结构变化、下泄水温

变化以及对水环境、水生生态及珍稀保护鱼类的影响提供基础资料。

(2)断面布置

1)布设原则

能较好控制入库水温、库区水温结构以及下泄水温变化，并与水位、流量、泥沙等水文观测断面相结合，便于实施和管理。

2)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监测断面，坝前断面可结合电站主体构筑物如拦污漂等设施布置，坝下监测断面布置于尾水渠出口附近。

3)监测断面及垂线布设

根据以上断面布设原则，在牙根二级水电站干流库区的库尾、库中、坝前和坝下，霍曲河支库库尾共布设 5 个监测断面。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，库中和坝前断面监测垂向水温。

4)监测时间及频率

水温监测周期为水库蓄水前 2 年和蓄水后 2 年进行连续观测，每季度监测一次，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。

5)水温监测技术要求：

蓄水前采用人工监测，蓄水后坝前、坝下采用连续在线监测、库中和库尾采用人工监测；水温监测设备的精度至少应达到 0.1℃。在线水温监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。

牙根二级水库水温监测技术要求一览表

表 8.2-9

监测类型	监测点位	监测项目	监测时间与频次
入库断面	雅砻江干流库尾	测水面下 0.5m 处水温	水库蓄水前 2 年至水库蓄水后 2 年进行连续观测，每季度一次。
	霍曲河支库库尾		
库中断面	干流主库区坝址上游约 40km 处	蓄水前测水面下 0.5m 处水温；蓄水后分左、中、右 3 条垂线，分别测不同水深的水温垂向分布情况	水库蓄水前 2 年至水库蓄水后 2 年进行连续观测，每季度一次，采用人工监测。
坝前断面	大坝坝前		水库蓄水后开始在线观测，通过数据接收终端定期收集观测数据
坝下断面	尾水渠出口附近	测水面下 0.5m 处水温	

8.2.5.4 坝下溶解性气体监测

鉴于国内外对高坝泄流下游 TDG 过饱和问题缺乏深入系统的认识和研究，因此为及时了解牙根二级工程建成后高坝泄流下游 TDG 过饱和状况及其对鱼类的影响，验证数学模型预测结果，为工程环境保护及提高我国在高坝泄流过饱和领域的研究水平提供可靠数据和基础资料，有必要在电站泄水期间开展总溶解气体过饱和观测。

(1)监测点布设

在牙根二级坝前、发电尾水出口、泄水建筑物水垫塘出口下游布设观测点，同时在下游梯级楞古闸址处、孟底沟库尾各设置一个观测断面。各观测断面横向布置左、中、右三条垂线，各垂线测点分布视垂线水深而定，要求不少于上、中、下三点，垂向间隔不大于 20m。

(2)监测技术要求

观测要素主要包括水温、DO、TDG、气压，同时记录泄水建筑物运行情况，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。

由于目前市场上针对溶解性气体的自动监测设备不成熟，故暂采用人工监测的方式获取溶解性气体的监测数据，待后续市场上自动监测溶解性气体的设备发展成熟后，再调整为自动监测溶解性气体的站点。

(3)监测时间

牙根二级水电站泄洪期间，对不同表孔和深孔单独泄水以及组合泄水等泄水工况进行监测。监测频次为运行期第 1 年至第 5 年，每年泄洪期间至少开展 1 次。

8.2.5.5 电磁环境监测

(1)监测项目

工频电场强度、工频磁感应强度

(2)监测方法

按照《交流输变电工程电磁环境监测方法(试行)》(HJ681-2013)执行。

(3)监测点位

监测点位包括开关站、主变洞及电缆线路，点位布设见下表。

工程电磁环境监测点位一览表

表 8.2-8

监测点位	监测项目	监测频率
开关站东侧厂界	工频电场强度、工频磁感应强度	全部机组投产后监测一次
开关站南侧厂界		
开关站西侧厂界		
开关站北侧厂界		
主变室地面处		
场内电缆地面走线处		

8.2.6 生态监测

8.2.6.1 陆生生态监测

(1)陆生植物调查

1)调查内容

陆生维管植物物种组成与分布；特有种、珍稀保护物种的分布与多度；植被类型与分布，不同类型植被的群落特征；调查评价区域的生态系统/景观拼块类型、分布格局、多样性与连通性等情况；植被恢复措施执行情况、效果及植被覆盖率等。

施工期重点调查施工占地区植被破坏状况、临时占地区植被恢复情况、陆生植被覆盖情况。

2)调查范围与固定样地设置

施工期重点针对施工临时占地区进行调查，在施工临时占地区共设置三个固定样地，其中两个 2 个固定样地作为受影响的样地，另一个作为对照样地。

运行期结合报告书编制阶段调查范围、工程建设特点及影响分析结论，分别在牙根二级水库库尾、库中、坝址区共设置 3 个调查区。

3)生态修复措施效果调查

根据各生态修复区的特点进行针对性的植被群落特征调查。不同区域调查的侧重点有所不同。

施工期日岗工区、日衣工区和大坝枢纽工区以及坝址下游的拉最工区的临时占地区固定样地主要针对植被破坏区的植被恢复情况、陆生植被覆盖情况进行观测与调查(可以结合水土保持监测一起进行)。

运行期日岗沟渣场和木灰转存料场固定样地主要针对该区域的植被恢复措施执行情况、效果及植被覆盖率等情况进行观测与调查(可以结合水土保持监测一起进行)。

4)五小叶槭监测

详见报告 6.7.1.5 章节内容。

5)技术要求

① 样线调查

各调查区设置调查样线 3～5 条，各样线设置乔木、灌木、草本样方 3～5 个。沿着选定的样线，调查植物的垂直和水平分布、植物物种等。

② 样方调查

每种群落类型设置的样方数量不少于 3 个，样方调查包括植物种类、郁闭度、冠幅、胸径、枝下高、物候相、盖度、多度、生殖苗高度、叶层高度等。

③ 固定样地调查

各调查区固定样地设置要有代表性，能包含受影响的主要植被类型。每种类型的固定样地面积 20m×20m，用铁丝将样地围护起来，防止人为或其它干扰，对样地中乔木和灌木进行挂牌，并进行样地调查，记录乔木和灌木个体数量、盖度、胸径、高度、冠幅等指标，并用 GPS 进行定位，记录每个样地的海拔高度、经纬度等。

④ 访问

因样线和样方调查不能覆盖全部评价范围，为了对评价区域生态环境有更深入的了解和掌握，需通过访问当地居民和林业部门等对调查结果进行修正。

6)时间和频次

开展全生命周期生态监测。施工前监测一次，施工期间监测 1 次；蓄水后，每 2~3 年监测一次，每次调查时间为 4～10 月；此后根据前序调查结果制定进一步的长期监测计划，相应费用计入电站运行成本。

7)结果分析方法

以施工前植物、植被调查结果为基线，以后的每次调查结果均与此前的调查结果进行比较分析，从而获得施工、蓄水、运行各个阶段直接和间接影响区植物种类、分布、数量的变化；获得直接和间接影响区主要受影响植被类型面积、物种组成、物种数、各物种种群数量的相对比例等变化；评估植物物种与植被类型面积变化、植物地面质量受影响程度；评估植被恢复的成效。

(2)陆生动物调查

1)调查内容

野生动物区系组成、种类和特点，不同种类生境类型、地理分布与栖息地类型，珍稀保护动物的种类、种群规模、生态习性、种群结构、生境条件、分布范围、保护级别与保护状况等，水库淹没和工程占地范围内出现的保护动物的数量和采取的保护措施。

2)调查范围

工程区每种生境类型设置的野生动物调查样线数量不少于 3 条，各样线设置一定数量的样方对两栖类和小型兽类进行调查。

施工期重点针对施工临时占地和永久占地区进行调查，运行期重点针对日岗沟渣场、大坝枢纽工区等临时占地恢复区及库周进行调查。

3)技术要求

① 样线调查

沿着选定的样线，统计兽类、鸟类、两栖类和爬行类的物种及出现频率。

② 样方调查

两栖类样方：采用抓捕方式调查两栖类动物种类、数量、分布特征等。

小型兽类样方：采用日铗法调查小型兽类动物种类、数量、分布特征等。

③ 访问

因样线和样方调查不能覆盖全部评价范围，为了对评价区域生态环境有更深入的了解和掌握，需通过访问当地居民、林业部门等对调查结果进行修正。

④ 红外相机调查

在样线与访问调查的基础上，在受工程影响区域特别是进行生态恢复的临时占地区附近设置红外相机，监测鸟类与兽类的活动情况。

4)时间和频次

与陆生植物同步进行调查，尽量获得野生动物繁殖期、越冬期、迁徙期等关键活动期的现状资料。

5)结果分析方法

以施工前陆生动物调查结果为基线，以后的每次调查结果均与此前的调查结果进行比较分析，从而获得施工、蓄水、运行各个阶段直接和间接影响区动物种类、分布、数量的变化；评估动物物种受影响程度；评估植被恢复所带来的陆生动物种群恢复的成效。

(3)生态系统和景观调查

以施工前陆生生态系统和景观调查结果为基线，以后在各次植被调查和各对应时段

卫星照片解译基础上，制作评价区各调查时段生态系统和景观分布图，从而获得施工、蓄水、运行各个阶段生态系统和景观要素的变化，评估工程对生态系统和景观的影响程度。

8.2.6.2 水生生态监测

(1)常规调查

1)调查目的

通过对水生生物及其生境的监测，及时反映牙根二级水电站建设前后水生生态变化趋势与规律，预测不良趋势并及时预警，提出规避对策，为鱼类和水生生物多样性的保护提供科学依据。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)调查范围与断面设置

调查范围为牙根二级库尾～孟底沟库尾约 103km 雅砻江干流河段，包括区间主要支流霍曲河、力丘河。

根据牙根二级水电站工程特性及对工程江段水生生物的影响情况，初步拟定如下水生生态监测断面。

牙根二级水电站水生生态监测河段表

表 8.2-9

序号	断面所在河流名称	监测河段	断面名称
1	雅砻江干流库区河段	库尾段	保留河段
2		库中河段	库中恶古乡断面
3		牙根二级水电站坝前河段	牙根二级水电站坝前断面
4	雅砻江干流坝下河段	力丘河产卵场河段	力丘河产卵场断面
5		马蹄村产卵场河段	马蹄村产卵场断面
6	支流霍曲河	库区主要支流	霍曲河断面
7	支流力丘河	坝下主要支流	力丘河断面

3)技术要求

① 水生生态要素监测

浮游植物、浮游动物、底栖动物、水生维管束植物等水生生物的种类、分布密度、生物量，及其与工程江段水化学(主要为 N、P 各种形式组分动态)、水温、流态及坝下水体中的溶解性气体等的变化关系。

② 鱼类种群动态及群落组成变化监测

鱼类的种类组成、种群结构、资源量的时空分布及累积变化效应，重点监测珍稀保

护及特有鱼类的种群动态及鱼类群落构成的变化趋势。

③ 鱼类产卵场监测

监测水温、流速和水位等水环境要素，调查产卵场分布与规模变化、繁殖种群规模以及繁殖时间和频次。

4)调查方法

按《生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类》(HJ710.7—2014)和《内陆水域渔业自然资源调查规范》的规定执行。

5)时间和频率

开展全生命周期生态监测，调查时间为工程蓄水前 1 年开始，以后每 1 年调查 2 期，监测时间为每年 3～6 月、8～10 月各一次，产卵场情况调查应在鱼类产卵季节开展，工程蓄水后连续调查 5 年。此后根据水库蓄水初期监测结果、实际影响以及保护措施的进展情况，制定进一步的长期监测计划，相应费用计入电站运行成本。

(2)过鱼效果监测

水库蓄水后应开展过鱼设施效果的观测评估，包括集鱼效果、转运鱼效果、放鱼效果观测评估等。

1)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其它因素。

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 进行标志投鱼试验，估算正常运行情况下的进鱼比例。

2)运鱼效果观测评估

① 运鱼能力的观测。

② 鱼类损伤情况观测。

③ 运鱼系统与集鱼系统及放鱼系统之间的衔接程度观测。

3)放鱼效果观测评估

① 不同放鱼地点对鱼类上溯集后续生存影响的评估。

② 不同鱼类其最佳放流生境的观测。

4)时间和频率

工程蓄水后连续调查 5 年，之后列入工程运行费用。

(3)增殖放流效果调查

1)监测范围

为调查牙根二级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调查，调查断面同水生生态监测。

2)技术要求

根据两河口鱼类增殖放流站要求，通过水生生态要素监测、鱼类种群动态及群落组成变化监测、鱼类产卵场监测等常规项目，进行人工增殖放流效果监测评估，建立样本回收及监测网络，通过研究人工增殖种群的行为生态学差异、对自然种群的贡献率等，评估增殖放流效果，为物种保护决策提供科学依据。

3)监测方法

按照《生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类》(HJ710.7—2014)《内陆水域渔业自然资源调查手册》《淡水浮游生物研究方法》等有关要求进行。

4)监测周期

监测工作从开展鱼类放流前 1 年至首批放流鱼类达到性成熟年龄形成自然繁殖能力止，先期监测 5 年，监测于每年 3～6 月、8～11 月进行。5 年后根据增殖放流监测效果再定下一步监测计划。

(4)栖息地保护效果调查

1)调查范围

为研究牙根二级水电站鱼类栖息地保护效果，需对拟定栖息地保护方案涉及的河段进行全面的跟踪调查和监测。

2)调查时间

调查时间为水库蓄水后开始，连续监测 5 年，每年 2 次。

3)技术要求

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；并与雅砻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。

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。

8.2.7 移民安置环境监测

牙根二级水电站工程涉及移民安置，应对其安置环境进行连续、系统地观测，监测对象主要包括生活污水、饮用水水源水质和陆生生态，具体监测计划如下。

移民安置环境监测技术要求一览表

表 8.2-10

监测对象		监测点位	监测因子	监测时间与频次
生活污水		移民安置点生活污水处理设施进、出水口	pH、SS、BOD_5、COD、粪大肠菌群、氨氮、总磷、污水流量	每季度一次
饮用水水源水质		集中式水源地取水点	应符合现行《地表水环境质量标准》有关规定	每季度一次
陆生生态	植物	开发土地安置区迁建集镇	植被恢复情况及覆盖度；植物物种组成及生长状况；移栽植物存活及生长状况	移民安置工程竣工后开展 1 次全面监测
	动物		野生动物物种、数量、栖息活动情况，重要生境分布及人为干扰情况、保护措施效果	

8.3 环境监理规划

8.3.1 监理目的

为保证工程环境保护措施（包括水保措施）得以全面落实和达到预期效果，本工程需实施环境监理，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的实施和效果，及时处理和解决施工过程中出现的环境问题，使环境管理工作融入整个工程实施过程中，变事后管理为过程管理，变单纯的强制性管理为强制性和指导性相结合，从而使环境保护由被动治理污染和破坏变为主动预防和过程治理。工程环境监理与主体工程环境监理应保持连续性。同时施工期监理成果将作为开发项目实施验收工作的基础和验收报告必备的专项报告之一。

8.3.2 环境监理作用

施工期环境监理的作用主要有：

(1)预防功能：预测工程实施过程中可能出现的环境问题，优先采取措施进行防范，达到减少环境污染、保护生态环境的目的。

(2)制约功能：工程建设涉及的环境保护工作受到各种因素的影响，对此需要对各单位、各环节的工作进行及时检查、牵制和调节，以保证整个过程的平衡协调。

(3)参与功能：环境监理单位作为经济独立的、公正的第三方，参与工程建设全过程的环保工作，参与决策与工程有关的重大环境问题。

(4)反馈功能：监理单位在对监理对象的监督、检查过程中可以及时发现被监理单位和被监理事项中存在的问题，收集大量的信息，并随时对信息进行反馈，为有关单位改进工作提供科学依据。

(5)促进功能：环境监理的约束机制不仅有限制功能，还有促进功能，可以促进环保工作向规范化方向发展，更好地完成防治环境污染和生态破坏的任务。

8.3.3 环境监理范围和时段

环境监理工作应贯穿于水电工程建设的全过程，从水电工程筹建期至工程竣工环境保护验收截止。环境监理工作范围包括施工区、料场、弃渣场及所有因工程建设可能造成环境污染和生态破坏的区域。

8.3.4 监理目标

(1)进度目标：环保措施制定与执行进度保持与工程建设同步。

(2)质量目标：环保工程措施质量满足设计要求。

(3)投资目标：工程措施的费用控制在施工合同规定的相应额度内，环保措施费的使用按业主的有关规定执行。

(4)环境保护目标：污染治理、生态保护、环境质量达到经生态环境主管部门批复的环境影响报告书相关要求。

8.3.5 环境监理机构

根据本工程规模和施工规划，结合主体工程施工规划要求，建议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 1 人、兼职人员 1~2 人。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。

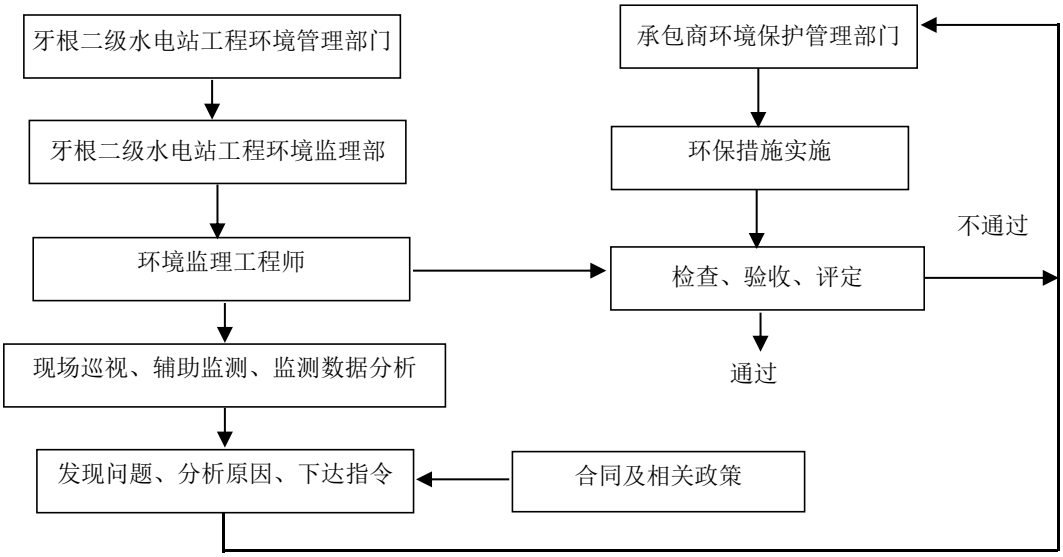


图 8.3-1　牙根二级水电站环境监理机构及工作程序图

8.3.6 环境监理工作制度

(1)工作记录制度

环境监理工程师应根据工作情况做出工作记录，重点描述现场环境保护工作的巡视检查情况，当时发生的主要环境问题，问题发生的责任单位，分析产生问题的主要原因，以及监理工程师对问题的处理意见。

(2)报告制度

监理部每月应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，指出存在的主要环境问题，提出处理意见，检查与监督处理结果。每半年提交阶段性评估报告，对半年的环境监理工作进行总结。

(3)函件来往制度

环境监理工程师与承包商双方需要办理的事宜均应通过函件进行传递或确认。监理工程师在现场检查过程中发现的环境问题，应通过下发问题通知单的形式通知承包商需要采取的纠正或处理措施。

(4)环境例会制度

环境监理部应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，承包商应对相应标段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，提出存在的问题及整改要求。每次会议都应形成会议纪要。

8.3.7 监理内容

遵循国家及当地政府关于环境保护的方针、政策、法令、法规，监督承包商落实与建设单位签定的工程承包合同中有关的环保条款。主要职责为：

(1)在业主委托的业务范围内，从事工程环境监理工作。

(2)编制环境监理计划，拟定环境监理项目和内容。

(3)对承包商进行环境监理，防止和削减施工作业引起的环境污染和对陆生生态、水生生态的破坏行为，同时防止火灾发生。

(4)全面监督和检查各施工单位环境保护措施的实施情况和实际效果，及时处理和解决临时出现的环境污染事件。

(5)全面检查施工单位负责的渣场、料场及其它施工迹地的处理、恢复情况，主要包括渣料场的降尘与噪声防治措施、施工迹地植被恢复措施等。

(6)负责落实环境监测的实施，审核有关环境报表，根据水质、环境空气、噪声等监测结果，对电站施工及管理提出相应要求，尽量减少工程施工给环境带来的不利影响。

(7)在日常工作中作好监理记录及监理报告，参与竣工环保验收。

8.3.8 环境监理工作方法

环境监理工作方法主要有：

(1)进行日常的监理巡视检查；

(2)出现异常现象时，由建设单位委托环境监测单位进行必要的监测；

(3)下发指令性文件，如整改通知等；

(4)组织召开环境例会；

(5)提交工程环境季报及其他报告；

(6)审查承包商环境季报和考评承包商的环境保护工作等。

9 环境保护措施分期实施计划及环境保护验收

9.1 环境保护措施项目

牙根二级水电站的环境保护措施可分为施工期环境保护措施、生态流量泄放措施、水温恢复措施、库区水质保护措施、地下水环境保护措施、水生生态保护措施、土壤环境保护措施、陆生生态保护措施、人群健康保护措施、移民安置环境保护措施、环境监测等方面。各项环保措施内容详见表 9.1-1。

牙根二级水电站环境保护措施一览表

表 9.1-1

措施分类	措施项目	措施内容	实施时段
施工期环境保护措施	地表水环境保护措施	砂石骨料加工系统废水处理：“磁基增效高浊废水集约化处理系统（MagCS）”工艺，污泥用压滤机脱水后运往渣场，上清液回用	施工期
		混凝土拌和系统废水处理：沉淀池进行自然沉淀，处理出水循环用于转筒和料罐冲洗或场地洒水降尘，底泥定期清掏运往转存料场	施工期
		含油废水处理：沉淀池+成套油水分离器处理，废油交由有资质的专业单位处理，处理出水用于场地冲洗与洒水降尘	施工期
		生活污水处理：集中生活区：装配式一体化 MBBR 生活污水处理设备，处理出水综合用于承包商营地冲厕及绿化浇灌等	施工期
		零星生活污水处理：环保厕所处理后，可循环用于冲厕	施工期
		基坑排水处理：基坑集水区投加絮凝剂沉淀处理，上清液外排，沉淀泥渣运往转存料场	施工期
		水温减缓：进水口前缘设置前置挡墙	施工期
	环境空气保护措施	砂石处理与混凝土拌和系统粉尘削减与控制：全封闭系统、除尘设备、洒水降尘	施工期
		爆破、开挖粉尘消减与控制：优先采用湿法作业、洒水降尘、钻孔安装除尘装置	施工期
		交通扬尘降尘处理：公路养护、洒水降尘	施工期
		施工现场扬尘控制：道路清洁、洒水，易起尘堆料覆盖、喷淋设施	施工期
		大气环境保护目标保护措施：增加洒水频率，结合绿化降尘、施工围挡	施工期
	声环境保护措施	声环境保护目标噪声控制：交通管制、禁止夜间施工、隔声屏障	施工期
		砂石系统及混凝土系统噪声控制：使用减振机座或减振垫	施工期
		爆破噪声源控制：注意爆破时间、减少炸药量	施工期
	生活垃圾处理措施	各施工生活区配备垃圾桶、废物箱，分类收集与处理	施工期
		不可回收部分配备垃圾车集中收集清运至新都桥镇生活垃圾填埋场处理	施工期
生态流量泄放措施	施工期	施工期和初期蓄水期间生态流量下泄由导流洞、生态旁通洞、表孔、深孔保障	施工期
	运行期	正常运行工况下，生态机组常年带基荷运行，不间断下泄流量；在发电机组低水头停止运行和检修期间，由坝身深孔或表孔承担生态流量泄放任务	施工期、运行期
库区水质保护措施		水库蓄水前进行库底卫生清理	蓄水前
		配合开展库周污染源控制，配置打捞船，对库区漂浮物进行打捞	运行期

措施分类	措施项目	措施内容	实施时段
水生生态保护措施	水质保护措施	对生活垃圾收集点采取地面硬化，并定期安排环卫部门清运；油库地面按相关要求做好防渗，采取地面硬化措施，设置事故收集池，加强监控；散料堆场采取覆盖措施	施工期
	环境地质影响减缓措施	采取防护等工程措施，加强对整个库区范围的巡视与调查	施工期、运行期
	施工期及蓄水初期鱼类保护措施	宣传教育，加强施工管理	施工期
		建立鱼类保护应急机制，施工期间应急鱼类救护	施工期
	过鱼措施	上行升鱼机过鱼，包含坝下集鱼系统、坝上集鱼系统和转运系统；下行采用“工作船搭配卵苗采集器”组成	施工期、运行期
	鱼类增殖放流措施	选取长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼作为增殖放流的重点对象	施工期、运行期
		依托两河口鱼类增殖站，放流 17.9 万尾/年	施工期、运行期
		放流点位分别为牙根二级库尾河段、库区支流霍曲河及坝下河段	施工期、运行期
		对放流鱼苗进行标记，建立监测系统，评估增殖放流效果	施工期、运行期
	鱼类生境保护措施	霍曲河干流纳入鱼类栖息地保护范围，拆除唐岗电站、开展生境修复等恢复河道连通性	蓄水前
	生态调度	优化工程调度运行方案，制定上下游梯级联合生态调度方案，保障产卵场河段产卵生境	运行期
	渔政管理	加强宣传，划定禁渔期，加强河道巡逻管护，禁止非法捕捞	施工期、运行期
		设置禁捕区和禁捕期	施工期、运行期
土壤环境保护措施	源头控制	设立表土堆存场、加强施工期及运行期各类污废水、固体废物处理，加强库周环境管理，确保水库库区良好的水质	施工期、运行期
	过程防控	加强库周环境管理和库区周边土壤含盐量和地下水水位的监测	运行期
陆生生态保护措施	陆生植物保护措施	优化施工布置，减少占地，加强施工管理	施工期
		宣传教育、设立陆生保护警示牌	施工期
		结合水土保持与景观恢复对施工迹地进行植被恢复等	施工期
		工程施工及蓄水前库区清理过程中发现其他珍稀濒危保护植物，及时采取移栽等有效保护措施	施工期
		加强宣传和检疫工作，防治外来入侵种	施工期
		修建木灰村珍稀植物园	施工期
		五小叶槭保护措施：①原生境保护五小叶槭 413 株，其中木灰村 124 株，唐岗村 78 株，茨卡村 211 株；②就近移栽 1356 株成树、幼树和至少 1173 株幼苗，其中木灰村珍稀植物园移栽接受 656 株，唐岗村移栽接受 350 株，霍曲河口移栽接受 350 株；③对影响的 1714 株成树、幼树进行采种保存；④建立繁育苗圃 20 亩，其中木灰村 12 亩，霍曲河口 8 亩，并人工扩繁和野外回归至少 20785 株五小叶槭幼苗，营造不少于 3.1km^2 的五小叶槭适宜生境。⑤加强五小叶槭监测、科学研究	施工期、运行期
	陆生动物保护措施	进行宣传教育，并加强施工管理	施工期
		施工和蓄水期间加强野生动物救护	施工期、蓄水期
人群健康保护措施	施工人员及施工区周边居民点	开展卫生防护、确保饮用水安全、对生活垃圾和污水进行无害化处置、依托雅江县及各乡镇医疗机构、加强进场人员健康管理；营地食堂卫生定期检查、施工人员定期体检，同时贯彻落实国家和地方关于各项突发疫情防控工作部署。	施工期、运行期
移民安置	农村移民安置	迁建集镇设置一体化污水处理设备，分散安置居民各户配套污水处理措施、生活垃圾集中收集外运	施工期

措施分类	措施项目	措施内容	实施时段
环境保护措施	专项设施复建	施工期废水采用沉淀池沉淀后回用，无雨日洒水降尘，夜间禁止施工、加强宣传教育保护生态环境	施工期
运行期电站管理区保护措施	电厂及业主营地生活污水处理措施	营地生活污水延用施工期生活污水处理及回用设施进行处理、厂区附近设置成套生活污水处理设备	运行期
		电站机组设置集油装置，收集油污	运行期
	生活垃圾处理措施	办公和生活区设置垃圾箱，定期将生活垃圾送至新都桥镇生活垃圾填埋场处理	运行期
居民安全保护措施		设立警示牌，加强安全教育	运行期
环境监测	枢纽工程施工环境监测	水环境监测、环境空气质量监测、声环境质量监测、土壤环境质量监测、污染源及排污口处理效果监测、人群健康监测	施工期
	枢纽工程运行环境监测	水文情势监测、生态流量监测、库区及下泄水温监测、坝下溶解性气体监测、水环境质量监测、土壤环境质量监测	运行期
	生态监测计划	气候监测、陆生生态监测、水生生态监测	运行期
	移民安置环境监测	饮用水水质监测、生活污水水质监测、人群健康调查	移民入住后
科学研究	陆生生态	五小叶槭种子采集和储藏技术研究、五小叶槭种子雨和幼苗建成研究、五小叶槭野生植株移栽试验、五小叶槭人工扩繁技术研究、五小叶槭群落构建研究、不同气候条件对五小叶槭生长、光合和生理的影响、地下水位变化对五小叶槭根系生长的影响研究、五小叶槭采种保存与优树选育、	施工期、运行期
	水生生态	栖息地连通性修复和生境修复措施研究	施工期、运行期
		过鱼设施的基础研究、模型试验以及过鱼效果观测研究	施工期、运行期
		鱼类增殖放流技术研究	施工期、运行期
		联合生态调度研究	运行期
	水环境	气体过饱和减缓技术研究、水温影响缓解措施及效果研究	运行期

9.2 环保验收管理

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和生态保护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，同时防治污染和保护生态的设施不得擅自拆除或闲置。结合分阶段环境保护工程实施要求，牙根二级水电站环境保护工程验收计划如下：

(1)蓄水阶段环境保护验收

1)施工期部分环境保护工程验收

施工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。

(2)工程竣工环境保护验收

主要是工程竣工后的环境保护验收，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》有关规定实施，验收内容包括枢纽工程各阶段各项环境保护设施，如污废水处理系统和监测、生态修复和监测措施等。移民安置及专项设施等相关内容纳入“其他需要说明的事项”中。

牙根二级水电站“三同时”竣工环境保护验收内容一览表

表 9.2-1

阶段	措施分类		环保措施	验收内容及重点	验收要求
竣工环保验收	地表水	生产废水	砂石加工系统废水处理	废水处理设施建成情况，废水处理设施、运行情况以及处理效果	满足设计要求，能够正常投运，不排放，实现全回用
			混凝土生产系统废水处理		
			含油废水处理		
			基坑排水处理		
		生活污水	业主营地、承包商营地生活污水处理、临时厕所	污水处理设施运行情况以及处理效果	
		运行期水质保护	库底清理	库区清理设计以及实施情况	满足规范要求
		生态流量泄放设施		施工期和初期蓄水期间生态流量通过导流洞、坝身表孔和深孔保证下泄；运行期通过机组或表孔、深孔下泄；生态流量在线监测系统	满足生态流量泄放要求
		电站厂房废污水处理	成套一体化设备处理	污水处理设施、影响调查及运行情况	处理后不外排
	环境空气	砂石处理与混凝土拌和系统粉尘削减与控制	全封闭系统、除尘设备、洒水	全封闭设施、洒水频率以及效果	满足区域环境功能要求
		交通粉尘削减与控制	道路清扫、洒水	洒水频率以及效果	
		施工现场扬尘控制	道路清洁、洒水，易起尘堆料覆盖、喷淋设施	措施及效果	
	声环境	交通噪声控制	在交通沿线敏感区设立限速标志和禁鸣标志；选用低噪声车辆；加强道路的养护和车辆的维护保养	管理和控制措施实施情况以及效果	满足区域环境功能要求
		爆破噪声控制	控制爆破规模和爆破时间	落实情况	
		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	措施实施情况以及效果	
		居民点噪声控制	警示牌、禁止夜间施工、隔声屏障、跟踪监测		

阶段	措施分类		环保措施	验收内容及重点	验收要求
	固体废物	施工区	施工期生活垃圾进行统一收集，填埋处理	垃圾桶、垃圾箱设置情况，垃圾外运填埋处置情况	生活垃圾无害化处理
		电站管理区	运行期生活垃圾进行统一收集，外运填埋处理	垃圾桶、垃圾箱设置情况，垃圾外运日常管理情况	外运处置
	土壤	对施工场地的表土进行剥离		表土堆存场的使用情况	满足表土剥离要求
	生态环境	陆生动植物	施工期环境管理	管理措施实施情况	对区域环境不产生明显影响
			重点保护植物移栽	五小叶槭保护措施落实情况	满足环境影响报告书移栽和管护要求
			各施工迹地清理后开展植被恢复或复垦	植被恢复效果以及影响	满足植被恢复要求
		水生生物	鱼类增殖放流	运行情况	满足鱼类增殖放流规模要求
			过鱼设施	升鱼机设计、建设情况、运行情况以及效果	满足鱼类上行的要求
			鱼类栖息地保护	建设情况及效果	满足流域栖息地保护要求
			相关科研	科研工作开展情况	满足设计要求
	移民安置	生活污水	建设污水处理系统	污水处理设施建设、运行情况	排放去向落实
		生活垃圾	集中收集后外运处理	垃圾收集设施以及外运情况	无害化处理
	环境管理			环境管理机构、环境管理制度的建立及落实情况	满足环境管理要求
	环境监理、监测			执行情况及其效果	

10 环境保护投资估算与环境影响经济损益分析

10.1 编制说明

10.1.1 编制依据

主要根据国家能源局（2023 年第 8 号公告）批准发布的《水电工程设计概算编制规定》（NB/T11408-2023）《水电工程费用构成及概（估）算费用标准》（NB/T11409-2023）《水电工程环境保护专项投资编制细则》(NB/T 35033-2025)确定费用标准。

10.1.2 编制原则

(1)环境保护作为工程建设的一项重要内容，其费用构成、估算依据、价格水平年与主体工程一致。

(2)主体工程本身具有环境保护措施费用列入主体工程概算，本概算不再重复计列。

(3)与其它水电站共用环保设施费用按所需规模分摊。

(4)主要材料价格及建筑工程单价与主体工程一致。

10.1.3 费用构成

根据相关规范要求和牙根二级水电站的实际情况，工程环境保护投资概算按措施内容划分，包括水环境保护费用、环境空气保护费用、声环境保护费用、水生生态保护费用、陆生动植物保护费用、生活垃圾处置费用、人群健康保护费用、环境监测费用等。按照项目划分，又可分为枢纽建筑、移民安置、独立费用等部分。

10.1.4 基础价格

10.1.4.1 人工预算单价

本工程地处四川省甘孜州雅江县境内，工程所在地属五类地区，按《水电工程费用构成及概（估）算费用标准》（NB/T 11409-2023）的规定计算。

本工程人工预算单价为：

高级熟练工	42.29 元/工时	熟 练 工	33.52 元/工时
半熟练工	28.04 元/工时	普 工	24.57 元/工时

10.1.4.2 材料预算单价

根据对本工程周边地区物资供应情况的调查确定主要材料来源，主要材料原价根据调研材料供应厂（商）大宗批发价和市场信息价确定，按 2025 年 2 季度价格水平确定主要材料原价（不含税）。

主要材料预算价格由材料原价、材料运杂费、材料运输保险费及采购保管费组成，按照施工组织设计初拟的施工交通运输方案进行编制。

各主要材料预算价格见下表：

主要材料预算价格一览表

表 10.1-1　　单位：元

序号	材料名称及规格	单位	供货来源	供货比例	价格（不含税）		运输方式及运距	最高限价
					原价	预算价		
一	**钢材**							
1	**钢筋（综合）**	**t**				**3492.92**		**3400**
	光圆钢筋 HPB300 φ16~18	t	成都市	30%	3157.68	3622.84	公路运输 460km 至工地仓库	3400
	螺纹钢筋 HRB400 φ20~25	t	成都市	70%	2947.50	3406.31		3400
2	**型钢**	**t**				**3566.77**		
	型钢	t	成都市	100%	3124.67	3588.83	公路运输 460km 至工地仓库	
3	**高强钢板**	t				**7164.89**		
	高强钢板 600MPa （整车：零担=9:1）	t	河南舞钢	100%	6372.00	7164.89	铁路运输 1232km，转公路运输 460km 至工地仓库	
二	**木材**	**m^3**				**1920.87**		
	板枋材	m^3	雅江县	100%	1749.67	1920.87	公路运输 182km 至工地仓库	
三	**水泥**	**t**						
1	**水泥 P.O.42.5（综合价）**					**653.51**		**440**
1.1	**峨胜水泥**	**t**		**50%**		**708.78**		**440**
	水泥 P.O 42.5（袋装）	t	峨胜水泥	30%	346.00	681.96	公路运输 426km 至工地仓库	440
	水泥 P.O 42.5（散装）	t	峨胜水泥	70%	327.00	720.27		440
1.2	**西南水泥**	**t**		**50%**		**598.24**		**440**
	水泥 P.O 42.5（袋装）	t	雅安西南水泥	30%	346.00	602.68	公路运输 293km 至工地仓库	440
	水泥 P.O 42.5（散装）	t	雅安西南水泥	70%	327.00	587.89		440
2	特种水泥	t						
	中热水泥	t	嘉华特种水泥	100%	442.48	788.48	公路运输 436km 至工地仓库	440
	低热水泥	t	嘉华特种水泥	100%	442.48	788.48	公路运输 436km 至工地仓库	440
四	**掺合料**							
1	**粉煤灰**	**t**				**582.38**		**260**
	粉煤灰	t	金堂县	100%	115.00	582.38	公路运输 517km 至工地仓库	260
五	**油料**							

序号	材料名称及规格	单位	供货来源	供货比例	价格（不含税）		运输方式及运距	最高限价
					原价	预算价		
1	**汽油**	**t**				**8525.22**		
	汽油	t	雅江县	100%	8106.00	**8525.22**	公路运输 182km 至工地仓库	
2	**柴油（综合价）**	**t**				**7733.00**		
	0# 柴油	t	雅江县	75%	7230.00	7622.77	公路运输 182km 至工地仓库	
	-10# 柴油	t	雅江县	25%	7658.00	8063.70		
六	**火工产品**							
1	**乳化炸药**	**t**				**10083.08**		**6800**
	乳化炸药	t	雅江县	100%	9500.00	10083.08	公路运输 182km 至工地仓库	**6800**
2	**数码电子雷管**	**发**	雅江县			**22**		**3**

10.1.4.3 施工用电、用水、用风价格

电　　0.62 元/kW.h

水　　1.84 元/m^3

风　　0.10 元/m^3

10.1.4.4 施工机械台时费

施工机械台时费执行 2024 年水电水利规划设计总院可再生能源定额站发布的《水电工程施工机械台时费定额（试行）》，定额缺项部分采用补充施工机械台时费计算。

10.1.4.5 砂石料预算价格

根据施工组织设计，本工程布置有木灰沟和拉最砂石加工系统。根据施工组织设计拟定的砂石料加工工艺流程、生产强度、加工设备选型、各砂石加工系统供应成品料的比例，经综合分析计算，砂石骨料预算价格见表 10.1-2。

砂石骨料预算价格表

表 10.1-2

序号	名称	单位	材料预算价	备注
1	砂	元/m^3	65.10	混凝土骨料
2	碎石	元/m^3	45.46	混凝土骨料
3	垫层料	元/m^3	54.96	
4	反滤料	元/m^3	49.54	
5	石粉	元/m^3	56.84	

10.1.4.6 混凝土材料价格

混凝土材料价格参考类似工程混凝土配合比试验资料确定。根据设计确定的不同工程部位的混凝土标号、级配和龄期，按耗量乘对应材料预算价格计算混凝土材料价格。

10.2 环境保护费用估算

10.2.1 环境保护投资总费用

牙根二级水电站环保总投资费用 86620.92 万元，其中枢纽建筑工程环保投 65521.3 万元，独立费用 16974.82 万元，基本预备费 4124.81 万元。

牙根二级水电站环境保护投资概算表

表 10.2-1

序号	项目	费用	备注
	第一部分：枢纽建筑环境保护投资	65521.30	
一	水环境保护措施	12377.52	
1	施工期水环境保护措施	10604.15	
1.1	砂石加工系统废水处理	3877.47	
1.2	混凝土拌和系统废水处理	157.00	
1.3	洞室排水	4640.00	
1.4	含油废水处理系统	64.39	油水分离装置
1.5	营地生活污水处理系统	974.00	一体化污水处理设备
1.6	施工区粪便污水处理	317.28	生态厕所
1.7	基坑排水	35.00	
1.8	前期工程废水处理设施	539.01	
2	运行期水环境保护措施	1773.37	
2.1	运行期厂房含油废水处理系统	50.00	一体化污水处理设备
2.2	厂区生活污水处理	72.00	
2.3	水温减缓措施	1651.37	
2.3.1	前置挡墙	1456.37	
2.3.2	水温自动监测	195.00	坝前水温智能在线监测
二	生态流量泄放	3993.38	生态旁通洞
三	环境空气保护工程	2786.51	
1	道路洒水、清扫	763.20	
2	砂石加工系统封闭除尘		自带
3	拌和系统封闭除尘	175.01	
4	车辆清洗装置	146.00	
5	弃渣场除尘	428.80	
6	表土堆存场降尘	76.00	

四	声环境保护措施	631.60	
1	限速、禁鸣标志	1.60	
2	隔振、减振器	300.00	
3	系统全封闭施工		设备自带
4	移动式隔声屏障	30.00	
5	隔声窗	300.00	
6	预留费用	300.00	
五	固废处置工程	1018.58	
1	生活垃圾	915.58	
2	危废处置及坝前漂浮物处置	107.50	
六	生态环境保护措施	41480.41	
1	陆生生态保护措施	22262.82	
1.1	培训费	32.00	
1.2	宣传费	11.40	
1.3	宣传标识牌	1.00	
1.4	动物保护与救治费	100.00	
1.5	景观提升	4470.00	
1.6	五小叶槭保护费用	17648.42	
1.6.1	五小叶槭移栽	6867.92	
1.6.2	苗圃建设	151.00	
1.6.3	采种	85.70	
1.6.4	保育基地建设	1239.60	
1.6.5	珍稀植物园建设	5580.00	
1.6.6	社区共建保护措施费用	462.80	
1.6.7	生境营造（野外回归）	1501.40	
1.6.7	科研	1760.00	
2	水生生态保护措施	19217.59	
2.1	过鱼措施	2686.76	集鱼+升鱼机
2.2	增殖放流	3863.99	按比例分摊两河口增殖放流站建设费及运行费

2.3	鱼类栖息地保护	10416.84	
2.4	科研	1950.00	栖息地保护、过鱼工程相关技术研究、梯级联合生态调度等
七	环境监测费用	3533.30	
1	水环境监测	1066.50	
2	陆生生态调查	1080.00	开展全生命周期生态监测。施工期间每年监测 1 次；蓄水后，每 2~3 年开展一次调查；同时包含五小叶槭监测
3	水生生态调查	1005.00	主要为常规监测、栖息地、过鱼及增殖放流
4	大气环境	84.00	
5	声环境	28.00	
6	土壤	0.80	
7	人群健康	264.00	
8	移民安置区	5.00	
第二部分		0.00	纳入移民投资
一	农村移民安置环保措施	1645.36	搬迁人口安置包干费用
1	化粪池	600.00	各户配套
2	生活垃圾处置	1000.00	
3	生态环境保护措施	22.00	
4	人群健康保护	13.36	
5	环境监测	10.00	
二	专业项目处理环保措施	180.00	
	一二部分合计	65521.30	
第三部分：独立费用		16974.82	
一	项目建设管理费	7422.69	
1	环境工程建设管理费	1801.84	按第一、二部分的 2.75%
2	环境监理费用	3000.00	类比同类工程计列
3	咨询服务费	1965.64	按第一、二部分的 3%
4	项目技术评估审查费	655.21	按第一、二部分总和的 1%
二	环境保护科研勘测设计费	9552.13	
1	勘察设计费	3276.07	按第一、二部分的 5%

2	施工科研试验费	655.21	第一部分的 1%
3	环评报告书编制费	3000.00	含专题费用
4	蓄水、竣工环境保护验收	655.21	按第一、二部分的 1%
5	环境影响后评价	655.21	按第一、二部分的 1%
6	科研及特殊专项费	1310.43	按第一、二部分的 2%
基本预备费		4124.81	按第一~三部分总和的 5%
静态总投资		86620.92	

10.2.2 水环境保护措施投资费用估算

本工程污废水处理费用主要包括砂石料冲洗废水处理系统、混凝土拌和系统冲洗废水处理系统、机修含油废水处理系统、业主营地和承包商营地生活污水处理系统、基坑排水处理、施工区粪便污水处理、运行期厂房含油废水处理系统及运行期厂房生活污水处理系统。

10.2.2.1 砂石加工系统废水处理投资

工程设置两个砂石加工系统，即木灰沟砂石加工系统和拉最砂石加工系统。各套砂石加工系统费用明细详见下表。其中，木灰沟砂石骨料加工废水处理系统费用 2367.17 万元；拉最砂石废水处理系统费用 1510.3 万元。

木灰沟砂石骨料加工废水处理系统费用

表 10.2-2

序号	名称	型号或技术规格	数量	单价	合价	备注
			（台/套）	（万元）	（万元）	
一	**设备和主要材料**				1149.14	
1	废水输送泵	Q=600m³/h，H=20m，N=55kW 变频电机	2	2.8	5.6	1 用 1 备
2	废水输送泵配套控制柜	N=55kW	1	2.4	2.4	
3	浓密机进水管道浓度计	NA22，环保型，DN250	1	10	10	
4	浓密机进水管道电磁流量计	DN250	1	2.35	2.35	
5	膏体仓储浓密机	Ø9×H12m，单台总容积约 750m³，最大仓储容积为 500m³； 废水处理量 523m³/h 以上，单台干泥处理量 50t/h 以上，底流质量浓度约 45%-50%。	1	185	185	
6	絮凝剂制备投加装置	JY6000，最大制备能力 6000L/h。三厢，含螺旋给料 0.55kW、搅拌 3×0.55kW、螺杆泵 2×2.2kW、稀释泵 1.5kW 和加热 3×5kW（根据需要）等。单套装机功率 23.1kW，带电控柜。	2	11	22	
7	泥层高度测量系统	测量高度 20 米，精度 1%	1	5	5	
8	磁基增效高浊废水净化设备	MagCS-15000； 含撬装集装箱：9125×2950×2896mm； 磁基增效混凝反应器：5820×2910×3800mm； 磁基增效沉淀池：6310×6310×4800mm；内装斜管填料斜长 1000mm 斜管沉淀和刮泥机，污泥回流泵、剩余污泥泵、磁回收机、PAC 制备设备、PAM 制备设备等，单台装机功率 22.7kW。	1	552.38	552.38	
9	压滤给料泵	Q=200m³/h，H=100m，N=90kW 变频电机	5	4.65	23.25	3 用 2 备
10	压滤给料泵配套控制柜	N=90kW	2	4.25	8.5	
11	高压隔膜压滤机	过滤面积 500 ㎡，滤室容积 9.7m³，功率 N=拉板电机 2.2kW+液压站电机 18.5kW，含压滤机主体机架、滤板、滤布、拉板小车、液压站、接液翻板和电控柜等。	4	53.8	215.2	3 用 1 备
12	空压机	容积流量：20m³/min，螺杆空压机，风冷，设备排气压力：1.3MPa，功率 160kW，带电控	2	12.8	25.6	
13	储气罐	容积 5m³，PN1.3MPpa，压榨供气	1	2.68	2.68	

序号	名称	型号或技术规格	数量	单价	合价	备注
			（台/套）	（万元）	（万元）	
14	储气罐	容积 5m³，PN1.0MPa，反吹供气	1	2.5	2.5	
15	储气罐	容积 2m³，PN1.0MPa，阀门供气，配套冷干机组和过滤器组	1	1.2	1.2	
16	液位控制系统	污水池	1	0.68	0.68	
17	电气自动化系统	含配电屏、操作箱、检修箱、线缆、照明、计算机控制系统、桥架和其他辅件等	1	48	48	
18	管件、阀门和非标等		1	36.8	36.8	
二	**土建工程**				225.85	
1	废水收集池	污水池尺寸 7×4×3m，污水池体积 84m³	84	0.12	10.08	
2	浓密机基础	D10×H0.8m，基础每台面积 78.540 ㎡	78.54	0.42	32.99	
3	磁基增效高浊废水净化设备基础	D6.7×H0.8m，L9.5×B3.3×H0.8m，L6.3×B3.3×H0.8m，面积 87.40m²	87.4	0.2	17.48	
4	回用水池	回水池尺寸 10×8×3m，回用水池体积 200m³	200	0.12	24	
5	压滤车间	L20×B15×H14m，两层，建筑面积 600 ㎡	600	0.15	90	
6	辅助用房（泵房、配药和电控）	L15×B6×H10.5m，两层，建筑面积 180 ㎡	180	0.285	51.3	
7	地基处理	/	/			
三	安装工程费				57.46	为设备费用的 5%
四	运行费		594.5 万 t	1.5	891.75	
五	调试费用				7.16	一~三合计的 0.5%
六	吊装及保险费				21.49	一~三合计的 1.5%
七	其它费用 (技术培训/现场服务/监护运行等)				14.32	一~三合计的 1%
合计					2367.17	

拉最砂石骨料加工废水处理系统费用

表 10.2-3

序号	名称	型号或技术规格	数量（台/套）	单价（万元）	合价（万元）	备注
一	**设备和主要材料**				965.86	
1	废水输送泵	Q=450m³/h，H=20m，N=45kW 变频电机	2	1.85	3.7	1 用 1 备
2	废水输送泵配套控制柜	N=45kW	1	1.65	1.65	
3	浓密机进水管道浓度计	NA22，环保型，DN250	1	10	10	
4	浓密机进水管道电磁流量计	DN250	1	2.35	2.35	
5	膏体仓储浓密机	Ø8×H12m，单台总容积约 602.88m³，最大仓储容积为 452.16m³；废水处理量 411m3/h 以上，单台干泥处理量 48t/h 以上，底流质量浓度约 45%-50%。	1	155	155	
6	絮凝剂制备添加装置	JY6000，最大制备能力 6000L/h。三厢，含螺旋给料 0.55kW、搅拌 3×0.55kW、螺杆泵 2×2.2kW、稀释泵 1.5kW 和加热 3×5kW（根据需要）等。单套装机功率 23.1kW，带电控柜。	1	11	11	
7	泥层高度测量系统	测量高度 20 米，精度 1%	1	5	5	
8	磁基增效高浊废水净化设备	MagCS-10000； 含撬装集装箱：9125×2950×2896mm； 磁基增效混凝反应器：5610×3010×2930mm； 磁基增效沉淀池：5210×5210×4500mm；内装斜管填料斜长 1000mm 斜管沉淀和刮泥机，污泥回流泵、剩余污泥泵、磁回收机、PAC 制备设备、PAM 制备设备等，单台装机功率 15.85kW。	1	475.85	475.85	
9	压滤给料泵	Q=200m³/h，H=100m，N=90kW 变频电机	3	4.65	13.95	1 用 1 备
10	压滤给料泵配套控制柜	N=90kW	2	4.25	8.5	
11	高压隔膜压滤机	过滤面积 500 ㎡，滤室容积 9.7m³，功率 N=拉板电机 2.2kW+液压站电机 18.5kW，含压滤机主体机架、滤板、滤布、拉板小车、液压站、接液翻板和电控柜等。	3	53.8	161.4	2 用 1 备
12	空压机	容积流量：20m³/min，螺杆空压机，风冷，设备排气压力：1.3MPa，功率 160kW，带电控	2	12.8	25.6	
13	储气罐	容积 5m³，PN1.3MPpa，压榨供气	1	2.68	2.68	

序号	名称	型号或技术规格	数量	单价	合价	备注
			（台/套）	（万元）	（万元）	
14	储气罐	容积 5m³，PN1.0MPa，反吹供气	1	2.5	2.5	
15	储气罐	容积 2m³，PN1.0MPa，阀门供气，配套冷干机组和过滤器组	1	1.2	1.2	
16	液位控制系统	污水池	1	0.68	0.68	
17	电气自动化系统	含配电屏、操作箱、检修箱、线缆、照明、计算机控制系统、桥架和其他辅件等	1	48	48	
18	管件、阀门和非标等		1	36.8	36.8	
二	**土建工程**				220.62	
1	废水收集池	废水收集池尺寸 6×4×3m，污水池体积 72m³	72	0.12	8.64	
2	浓密机基础	D9×H0.8m，基础每台面积 63.617 ㎡	63.617	0.42	26.72	
3	磁基增效高浊废水净化设备基础	D5.6×H0.8m，L9.5×B3.3×H0.8m，L6.0×B3.3×H0.8m，面积 75.78m²	75.78	0.2	15.156	
4	回用水池	回水池尺寸 10×8×3m，回用水池体积 240m³	240	0.12	28.8	
5	压滤车间	L20×B15×H14m，两层，建筑面积 600 ㎡	600	0.15	90	
6	辅助用房（泵房、配药和电控）	L15×B6×H10.5m，两层，建筑面积 180 ㎡	180	0.285	51.3	
7	地基处理	/	/			
三	安装工程费				48.29	为设备费用的5%
四	运行费		160.22 万 t	1.549	238.22	
五	调试费用				6.17	一~三合计的0.5%
六	吊装及保险费				18.52	一~三合计的1.5%
七	其它费用（技术培训/现场服务/监护运行等）				12.35	一~三合计的1%
合计					1510.3	

10.2.2.2 混凝土生产系统废水处理投资

牙根二级水电站枢纽工区共配套建设 3 套混凝土拌和系统废水处理设施，其投资费用构成详见下表。

混凝土生产系统废水处理投资费用构成表

表 10.2-4　　单位：万元

项目	工程费			运行费		总费用
	土建造价	设备总价	工程费小计	运行成本 (元/m^3)	运行费用	
木灰沟混凝土生产系统	3.1	20	23.1	2.04	33.95	57.05
下游高线混凝土系统	3.1	20	23.1	2.04	33.95	57.05
下游低线混凝土系统	2.43	15	17.43	2.04	25.47	42.9
合计	8.63	55	63.63	6.12	93.37	157

注：土建造价为沉淀池与清水池土建费用；设备价格为清水回用水泵价格

10.2.2.3 洞室排水处理投资

牙根二级水电站洞室排水处理措施共 4640 万，投资构成详见下表。

洞室排水处理投资费用构成表

表 10.2-5　　单位：万元

序号	名称	单位	数量	规格型号	土建及设备费（万元）	运维费（万元）	投资（万元）
一	清污分流						
1	交通隧道	km	16.6	清水最大 35m^3/h，废水最大 25m^3/h	1162	120	1282
2	导流及引水发电系统	km	6	清水最大 35m^3/h，废水最大 25m^3/h	420	50	470
二	洞室排水处理设施						
1	左 1#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m^3/d	260	108	368
2	左 2#洞室排水处理站	座	1	处理能力 200m^3/d	150	18	168
3	左 3#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m^3/d	260	162	422
4	左 4#洞室排水处理站	座	1	处理能力 200m^3/d	150	18	168
5	左 5#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m^3/d	260	108	368
6	左 6#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m^3/d	180	54	234
7	左 7#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m^3/d	180	54	234
8	右 1#洞室排水处理站	座	1	处理能力 600m^3/d	260	162	422
9	右 2#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m^3/d	180	72	252
10	右 3#洞室排水处理站	座	1	处理能力 400m^3/d	180	72	252
合计							4640

10.2.2.4 生活污水处理投资

牙根二级水电站施工期共规划布置 3 个承包商营地，1 个业主营地，各营地规划配套建设一座污水处理系统，其投资费用构成详见下表。

集中生活污水处理投资费用构成表

表 10.2-6

生活区	型号	台数(套)	土建费用（万元）	设备费用		运行费用			合计(万元)
				单台费用（万元）	小计（万元）	运行单价	日废水量	小计（万元）	
						(元/m³)	(m³/d)		
业主营地	MBBR-S-75	1	30	55	55	1.1	67.5	23.4	108
木灰沟左岸承包商营地	MBBR-S-200	1	70	110	110	1.1	161.1	55.8	236
木灰沟右岸承包商营地	MBBR-S-250	1	85	137	137	1.1	279.3	96.8	319
多吉承包商用地	MBBR-S-300	1	90	148	148	1.1	214.7	74.4	311
合计									974

10.2.2.5 施工期粪便污水处理投资

考虑施工作业面，牙根二级水电站施工区共布设 30 个环保厕所，其投资费用构成详见下表。

牙根二级水电站施工区粪便污水处理投资费用构成表

表 10.2-7

序号	工程名称	单位	数量	单价	总价	备注
				元	万元	
1	设备及安装费	座	30	20000	60	环保厕所
2	运行费				257.28	
2.1	消耗性材料费				113.28	
2.1.1	发泡剂	桶./座.月	3	70	60.48	
2.1.2	维护费	年	8	66000	52.8	
2.2	人工费	人.年	5	36000	144	5 人
合计					317.28	合计

10.2.2.6 机修汽配系统含油废水成套处理设备投资

施工规划拟在工地设置机械修配系统，包括机械修配厂和汽车保修厂，设置于日衣场地，考虑到机械修配厂和汽车保修厂场地毗邻，规划共用 1 座含油废水处理站，其费用构成详见下表。

含油废水处理投资费用构成表

表 10.2-8　　单位：万元

项目	工程费			运行费		总费用
	沉淀池土建造价	油水分离成套设备费	工程费小计	运行成本(元/m³)	运行费用	
含油废水成套处理设备	6.2	50	56.2	1.5	8.19	64.39

10.2.2.7 运行期厂房废水处理设备投资

为处理运行期厂房值班人员生活污水，在厂区附近设置成套生活污水处理设备，设备费及安装费用合计 72 万元；为便于电站机组检修，购置一套油污水分离器，设备购买费用 50 万元。

10.2.2.8 水温减缓措施投资

(1)前置挡墙

牙根二级水电站水温减缓措施拟考虑在进水口前缘设置前置挡墙，其工程措施投资为 1456.37 万元。

前置挡墙措施投资概算表

表 10.2-9

序号	项目名称	单位	工程量	单价（元）	合价（万元）
1	挡墙混凝土 C25 （二）	m^3	12438	654.02	813.44
2	贴坡混凝土 C25 （二）	m^3	6143	738.16	453.47
3	地面砂浆锚杆φ28，L=6.0m	根	85	386.00	3.28
4	钢筋制作安装（地面）	t	102	6780.50	68.89
5	固结灌浆钻孔	m	821	248.50	20.41
6	固结灌浆（100kg/m）	t	82	3350.87	27.52
7	其他（5%）	项	5%	13870183.71	69.35
	总计				1456.37

(2) 坝前水温自动监测系统

在坝前设置一处自动监测系统，合计 195 万元，其投资费用构成详见表 10.2-10。

坝前水温自动监测站投资估算表（一套）

表 10.2-10

序号	项目名称	单位	数量	单价（万元）	合计（万元）	备注
1	水温在线监测设备	套	3	30	90	高精度温度链设备，包含 30 个测点，包含含专用防水电缆
2	水温传感器备件	套	3	10	30	水温传感器及电缆易损坏，需考虑备件
3	浮标	套	3	5	15	包含浮标、太阳能供电、采集传输设备
4	辅材	套	3	5	15	包含钢缆、线材、线管、锁扣等
5	运杂费	项	1	5	5	
6	现场安装调试人工费	项	1	10	10	包括平台、传感器安装固定、设备调试等
7	中心站服务器(含监测软件)	套	1	30	30	包含服务器硬件和定制开发的监测软件
合计					195.00	

10.2.3 生态流量泄放保障措施投资费用

10.2.3.1 生态旁通洞

初期蓄水期间，导流洞封堵至表孔和深孔能过过流期间，通过生态旁通洞下泄生态流量。生态旁通洞按直线布置连接在导流洞洞身上，其结构主要由进口边坡及引渠、进口闸室、洞身组成。洞身长约 146m，采用城门洞形，洞室尺寸 6.0×9.0m。进口底板高程 2411m，工程投资见下表。

生态旁通洞投资概算表

表 10.2-12

编号	项目名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
1	生态旁通洞洞身(6×9m，L=146m)				2626.34
	石方洞挖	m^3	11787.00	167.26	197.15
	洞身衬砌抗冲磨混凝土 C35（二）	m^3	882.00	851.06	75.06
	洞身衬砌混凝土 C25（二）	m^3	1975.00	788.35	155.70
	闸室一期混凝土 C35（二）	m^3	2366.00	684.20	161.88
	闸室一期混凝土 C25（二）	m^3	11863.00	649.77	770.82
	闸室二期混凝土 C40（一）	m^3	391.00	1421.89	55.60
	回填混凝土 C20（二）	m^3	2474.00	490.29	121.30
	地下钢筋制作安装	t	1430.00	5671.62	811.04
	地下喷混凝土 C25（挂网，15cm）	m^3	612.00	1013.39	62.02
	地下钢筋网制作安装	t	14.00	6149.75	8.61
	地下砂浆锚杆Φ25mm，L=4.5m	根	4001.00	255.36	102.17
	地下底板插筋Φ25mm，L=3m	根	299.00	167.33	5.00
	回填灌浆	m^2	1162.00	102.46	11.91
	隧洞固结灌浆钻孔（L=6m）	m	407.00	40.61	1.65
	隧洞固结灌浆（120kg/m）	t	49.00	2373.92	11.63
	地下排水孔Φ50 以内（L=5m 以内）	m	620.00	26.68	1.65
	PVC 排水管Φ50	m	930.00	40.27	3.75
	旁通洞启闭机房	m^2	100.00	1790.11	17.90
	其他	%	0.02	25748400.00	51.50
2	闸门设备及安装工程				740.49
	旁通洞工作闸门门叶（弧形闸门，250t/扇×1扇)	t	250.00	15843.37	396.08
	旁通洞工作闸门门槽（15t/套×1 套）	t	15.00	17687.88	26.53
	旁通洞封堵闸门门叶（平面滑动门，130t/扇×1扇)	t	130.00	14518.57	188.74
	旁通洞封堵闸门门槽（80t/套×1 套）	t	80.00	16141.89	129.14
3	启闭设备及安装工程				530.07
	液压启闭机（3200/1600kN, 55t/台）	台	1.00	3305244.62	330.52
	固定卷扬式启闭机（2000kN, 55t/台）	台	1.00	1995470.41	199.55
4	旁通洞流道腔体排水设备及安装工程				96.48
	自耦合式安装潜污泵额定流量（Q=50m^3/h，扬程 H=70m，功率 P=22kW，U=380V；）	台	2.00	89505.48	17.90
	橡胶式鸭嘴止回阀（DN80,PN1.0MPa）	套	2.00	44752.74	8.95
	手动球阀（DN80,PN1.0MPa）	套	2.00	4475.28	0.90
	示流信号器	只	2.00	1611.10	0.32
	压力表	只	2.00	447.53	0.09

编号	项目名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	液位变送器	套	2.00	4833.30	0.97
	动力盘柜	套	2.00	13425.82	2.69
	电气控制盘柜	套	1.00	13425.82	1.34
	螺旋缝埋弧焊钢管（Ø1219mm×12mm）	m	40.00	11509.28	46.04
	不锈钢无缝钢管（Ø89mm×5mm）	m	100.00	213.54	2.14
	焊接钢管	m	50.00	179.01	0.90
	动力电缆	m	60.00	190.78	1.14
	埋件等	套	1.00	44752.74	4.48
	运杂费	%	11.00	331600.00	3.65
	安装费	%	15.00	331600.00	4.97
合计					**3993.38**

10.2.3.2 在线监测系统

计入主体投资。

10.2.4 环境空气、声环境保护投资费用概算

牙根二级水电站施工区大气污染防治费用包括砂石料、混凝土、渣场、各个施工区域交通粉尘消减与控制措施；声环境保护投资主要包括设立限速禁鸣标志、减振器、隔声屏障、预留防治费用等费用，费用合计 3418.11 万元，具体见下表。

大气环境、声环境保护措施投资概算表

表 10.2-13

序号	处理措施	单位	数量	单价（万元）	总价（万元）	备注
一	大气环境				2786.51	
1	混凝土生产封闭装置				175.01	
1.1	设备费	套	3	40	120	
1.2	运行费用	年	9.5	1.93	55.01	
2	砂石料加工系统封闭除尘				112	设备自带
2.1	除尘袋	个	280	0.4	112	两套系统、每套系统布置 4 个，每季度更换一次
3	道路洒水、清扫				706.5	
3.1	洒水车	辆	3	15	45	每个工区一辆
3.2	司机人工费	人.年	3	6	157.5	8.75 年
3.3	运行费用	车.年	3	12	315	8.75 年
3.4	保洁人工费	人.年	6	3.6	189	8.75 年
4	弃渣场降尘				400	
4.1	喷雾机	台	4	7	28	渣场、转存料场各 2 台
4.2	运行费用	台•年	4	3.6	126	
4.3	人工费	人•年	4	6	210	
4.4	覆盖材料	hm2	60	0.6	36	
5	机械设备清洗				137	
5.1	清洗装置	套	2	16	32	渣场、转存料场各 1 套

序号	处理措施	单位	数量	单价（万元）	总价（万元）	备注
5.2	运行费用	套•年	2	2.4	42	8.75 年
5.3	人工费	人•年	2	3.6	63	8.75 年
6	表土堆存场降尘				76	
6.1	施工围挡	m	350	0.02/m	7	木灰沟砂石加工系统作业区面向珍稀植物园一侧、表土堆存场作业区面向木灰村一侧，各设置装配式钢结构围挡、高 2m
6.2	喷淋装置	套	2	3	6	至施工结束
6.3	运行费用	套•年	2	3.6	63	至施工结束
7	重点施工区域抑尘				1180	
7.1	多功能抑尘车	辆	4	120	480	
7.2	运行费用	辆•年	35	20	700	共 4 量、施工期共 8.75 年
二	声环境保护措施				631.6	
1	限速禁鸣标志	处	20	0.08	1.6	
2	隔振、减振器		5	60	300	混凝土拌和站、砂石加工系统
3	砂石系统全封闭施工					设备自带
4	移动式隔声屏障	m	300	0.1	30	木灰村居民点
5	后续预留措施				300	暂列
合计					3418.11	

10.2.5 生态费用概算

10.2.5.1 陆生生态

(1)常规措施保护费用

牙根二级水电站陆生生态常规措施保护费共计 144.4 万元。陆生生态修复费用包括苗木、场地整理、覆土、植被种植、灌溉系统建设、管护技术服务等，该部分投资纳入水土保持费用，不重复计算。

陆生生态保护措施投资概算表

表 10.2-14

工程或费用名称	单位	单价(万元)	数量	费用(万元)	备注
培训费	次	2	16	32	4 年，每年 2 次
宣传费	次	1.2	9.5	11.4	
宣传标识牌	个	0.05	20	1	
动物保护与救治费	项	100		100	
合　计				144.4	

(2)五小叶槭保护措施费用

经估算，五小叶槭保护措施总费用为 15888.4 万元，其中五小叶槭移栽费用 6867.92 万元，苗圃建设 151.00 万元，采种 85.7 万元，保育基地建设 1239.6 万元，珍稀植物园建设 5580 万元，具体费用见下表所示。

牙根二级水电站五小叶槭保护措施费用概算表

表 10.2-15

项目名称	项目	单位	数量	单价 (万元)	总价 (万元)	备注
一、五小叶槭移栽	幼苗	株	1173	0.08	93.84	包括预处理、起挖、装运、栽植灌溉等操作，含人工费，不含临时道路修建费。
	幼树	株	395	0.9	355.5	
	成树	株	369	8	2952	
	试验性移栽幼树	株	281	1.08	303.48	按同规格平均单价增加 20%计
	试验性移栽成树	株	311	9.6	2985.6	
	养护管理	人·年	20	6	120	仅考虑木灰村移栽的五小叶槭管护，初计 2 人，唐岗村和霍曲河口养护管理计入保育基地，养护期 10 年
	移栽安全保障费	项	1	50	50	用于保障移栽施工安全
	警示宣传标牌	个	15	0.5	7.5	用于五小叶槭保护宣传
小计	**6867.92**					
二、苗圃建设	土壤改良	亩	12	0.75	9	包括整地、做床等
	水肥一体化设施建设	座	10	1	10	用于施肥、养护等
	大棚建设	亩	4	20	80	全钢结构，覆盖专用薄膜，包括喷灌设施建设
	土建费				50	包括建设用房、道路
	材料费				2	包括肥料、药品、塑料薄膜等
小计	**151**					
三、采种	采种（枝条）费	株	1714	0.05	85.7	包括人工费和工具
小计	**85.7**					
四、保育基地建设	苗木费	株	6000	0.04	240	用于植被恢复、保育和回归（含人工费）
	灌溉设施建设	座	6	5	30	主要为抽水设备
	土壤改良	亩	250	0.75	187.5	包括整地、做床等
	工具费	套	20	0.1	2	主要包括铲子、铁锹等工具和肥料、杀虫剂、营养液等
	养护管理	人·年	100	6	600	唐岗村 2 人，茨卡村 4 人，霍曲河口 4 人，管护期为施工期 10 年
	围栏	m	17510	0.01	175.1	三个保育基地，包含唐岗和茨卡两个原生境保护区
	警示宣传标牌	个	10	0.5	5	用于五小叶槭保护宣传
小计	**1239.6**					
五、珍稀植物园建设	建筑工程	m^2	2540	1	2540	包含科教中心、种质资源库、温室、荫棚、实验楼等
	景观工程	项	1	1900	1900	含道路、绿化种植、标识标牌、景观照明、构筑小品等
	给排水工程	项	1	500	500	
	电气工程	项	1	220	220	
	监测工程	项	1	280	280	五小叶槭生长监测、环境监测、病虫害监测等
	其他辅助设施工程	项	1	140	140	消防、安防等内容
小计	**5580**					
六、生境营造（野外回归）	苗木费	株	14785	0.04	591.4	用于植被恢复和五小叶槭回归（含人工费）
	生境改良	项	1	300	300	包括施工临时占地区、永久营地、枢纽大坝、库周等区域进行景观绿化
	养护管理	人·年	100	6	600	工程施工临时占地区、枢纽工程区、营地、复建路等绿化区域，初计 10 人，管护期为 10 年
	警示宣传标牌	个	20	0.5	10	用于五小叶槭保护宣传
小计	**1501.4**					
七、保障措施	社区共建保护措施费用	项	1	462.8	462.8	**按上述项目总投资的 3%考虑**
小计	**462.8**					

项目名称	项目	单位	数量	单价 (万元)	总价 (万元)	备注
合计（一~七项）	**15888.4**					

10.2.5.2 水生生态

(1)过鱼设施工程措施费用

工程拟结合工程枢纽布置，建设升鱼机方案，工程投资 2686.76 万元，过鱼工程总投资及各分项投资预算见下表。

牙根二级过鱼工程总投资表

表 10.2-16

编号	工程或费用名称	合计(万元)	占总投资比例(%)
一	过鱼设施工程投资	2686.76	89.67
(1)	过鱼设施工程	2686.76	89.67
(2)	施工辅助工程	82.12	2.74
(3)	建筑工程	459.99	15.35
(4)	设备及安装工程	2000.61	66.77
(5)	运行与维护	144.04	4.81

施工辅助工程概算表

表 10.2-17

	第一部分 施工辅助工程				82.12
一	安全生产措施				20.72
	安全生产措施费	%	2.50	8289000.00	20.72
二	其他施工辅助工程				61.40
	其他施工辅助工程	%	8.00	7675000.00	61.40

建筑工程概算表

表 10.2-18

编号	项目名称	单位	数量	单价（元）	合计（万元）
	第二部分 建筑工程				459.99
一	集鱼竖井工程				196.28
	石方开挖	m^3	600.00	76.54	4.59
	回填混凝土 C15（二）	m^3	913.00	486.91	44.45
	结构混凝土 C30（二）	m^3	1207.00	752.00	90.77
	地面钢筋制作安装	t	60.00	6126.37	36.76
	喷混凝土（洞外挂网，δ=12cm）	m^3	70.00	965.64	6.76
	地面钢筋网制作安装	t	3.00	6450.23	1.94
	地面锚杆（Φ25mm，L=4.5m）	根	135.00	234.28	3.16
	地面锚杆（Φ28mm，L=6m）	根	135.00	413.93	5.59
	地面锚杆（Φ28mm，L=9m）	根	10.00	1001.15	1.00
	地面锚筋束（3Φ28mm，L=12m）	束	5.00	2519.31	1.26
二	房屋建筑工程				246.02
	过鱼设施综合楼	m^2	418.66	5885.65	246.02
三	其他建筑工程				17.69
	其他建筑工程	%	4.00	4423000.00	17.69

设备及安装工程概算表

表 10.2-19

编号	名称及规格	单位	数量	单价（元）		合计（万元）		增值税（万元）		含税合计（万元）	
				设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费
	第四部分 机电设备及安装工程					1419.01	287.18	184.43	25.83	1603.44	313.01
一	电气设备及安装工程					101.84	143.28	13.24	12.89	115.08	156.17
	高压开关柜 10kV	面	2.00	88495.58		17.70		2.30		20.00	
	配电变压器 SC11-315/10.5，10.5/0.4kV，315kVA	台	2.00	106194.69		21.24		2.76		24.00	
	低压配电盘 0.4kV，630A	面	8.00	44247.79		35.40		4.60		40.00	
	插接母线 0.4kV，630A	100m/单相	0.14		549068.54		7.69		0.69		8.38
	检修动力箱 0.4kV	面	6.00	17699.12		10.62		1.38		12.00	
	电力电缆 YJV-0.6/1kV	km	1.00		96132.29		9.61		0.86		10.47
	电缆 ZA-YJY23-8.7/15-3x70	km	2.50		191154.25		47.79		4.30		52.09
	照明分电箱	面	4.00	442.48		0.18		0.02		0.20	
	LED 灯 3x18W	套	60.00	176.99		1.06		0.14		1.20	
	投光灯 1x250W	套	20.00	1769.91		3.54		0.46		4.00	
	疏散指示灯 3W，LED，带 90min 蓄电池	套	15.00	132.74		0.20		0.03		0.23	
	路灯 1x250W，LED 灯	套	12.00	1769.91		2.12		0.28		2.40	
	桥架	t	35.00		13761.47		48.17		4.34		52.51
	镀锌扁钢	m	1200.00		18.35		2.20		0.20		2.40
	铜绞线 120m ㎡	m	300.00		275.23		8.26		0.74		9.00
	设备运杂费	%	10.62	920600.00		9.78		1.27		11.05	
	设备安装费	%	21.25		920600.00		19.56		1.76		21.32
二	电气控制设备及安装					139.49	37.44	18.12	3.36	157.61	40.80
(一)	监控系统设备及安装					75.86	8.61	9.85	0.77	85.71	9.38
	主控级计算机兼操作员工作站	套	1.00	353982.30		35.40		4.60		40.00	
	工程师工作站	套	1.00	17699.12		1.77		0.23		2.00	
	通讯服务器	套	1.00	70796.46		7.08		0.92		8.00	
	时钟同步装置	套	1.00	44247.79		4.42		0.57		4.99	

编号	名称及规格	单位	数量	单价（元）		合计（万元）		增值税（万元）		含税合计（万元）	
				设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费
	网络设备	套	1.00	8849.56		0.88		0.11		0.99	
	打印机	套	1.00	13274.34		1.33		0.17		1.50	
	诱捕鱼系统现地控制单元	套	1.00	88495.58		8.85		1.15		10.00	
	过坝系统现地控制单元	套	1.00	88495.58		8.85		1.15		10.00	
	设备运杂费	%	10.62	685800.00		7.28		0.95		8.23	
	设备安装费	%	12.56		685800.00		8.61		0.77		9.38
(二)	直流系统					44.05	8.14	5.73	0.73	49.78	8.87
	直流系统 100Ah	套	1.00	265486.73		26.55		3.45		30.00	
	UPS 电源 5kVA	套	1.00	132743.36		13.27		1.73		15.00	
	设备运杂费	%	10.62	398200.00		4.23		0.55		4.78	
	设备安装费	%	20.45		398200.00		8.14		0.73		8.87
(三)	工业电视系统					19.58	2.66	2.54	0.24	22.12	2.90
	工业电视系统（8 个摄像机）	套	1.00	176991.15		17.70		2.30		20.00	
	设备运杂费	%	10.62	177000.00		1.88		0.24		2.12	
	设备安装费	%	15.00		177000.00		2.66		0.24		2.90
(四)	电缆						18.03		1.62		19.65
	计算机电缆	km	5.00		36063.40		18.03		1.62		19.65
三	运行设备设施					920.21	83.19	119.62	7.49	1039.83	90.68
	自动化无人转运设施	辆	1.00	1769911.50		176.99		23.01		200.00	
	运鱼箱	个	2.00	442477.88		88.50		11.51		100.01	
	集鱼池	个	1.00	442477.88		44.25		5.75		50.00	
	拦鱼电栅	套	1.00	442477.88		44.25		5.75		50.00	
	灯光诱鱼设施	套	1.00	176991.15		17.70		2.30		20.00	
	放流设施	套	2.00	88495.58		17.70		2.30		20.00	
	75 吨汽车吊	辆	1.00	707964.60		70.80		9.20		80.00	
	分拣系统	套	1.00	176991.15		17.70		2.30		20.00	
	移动式集鱼设施	套	1.00							400.00	
	设备运杂费	%	10.62	8318700.00		88.34		11.48		99.82	

编号	名称及规格	单位	数量	单价（元）		合计（万元）		增值税（万元）		含税合计（万元）	
				设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费	设备费	安装费
	设备安装费	%	10.00		8318700.00		83.19		7.49		90.68
四	监测设备					239.85	21.68	31.16	1.95	271.01	23.63
	红外线摄像头	个	2.00	88495.58		17.70		2.30		20.00	
	水下摄像头	个	2.00	221238.94		44.25		5.75		50.00	
	水质监测系统	套	1.00	44247.79		4.42		0.57		4.99	
	流速监测系统	套	2.00	88495.58		17.70		2.30		20.00	
	PIT 设备	套	2.00	176991.15		35.40		4.60		40.00	
	水声学设备	台	1.00	530973.45		53.10		6.90		60.00	
	在线监控系统	套	1.00	442477.88		44.25		5.75		50.00	
	设备运杂费	%	10.62	2168200.00		23.03		2.99		26.02	
	设备安装费	%	10.00		2168200.00		21.68		1.95		23.63
五	实验室设备					17.62	1.59	2.29	0.14	19.91	1.73
	标准试验台	套	1.00	88495.58		8.85		1.15		10.00	
	显微镜	台	2.00	17699.12		3.54		0.46		4.00	
	解剖工具	套	2.00	8849.56		1.77		0.23		2.00	
	电脑	台	2.00	8849.56		1.77		0.23		2.00	
	设备运杂费	%	10.62	159300.00		1.69		0.22		1.91	
	设备安装费	%	10.00		159300.00		1.59		0.14		1.73

金属结构设备及安装工程概算表

表 10.2-20

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
	第五部分 金属结构设备及安装工程					274.09	20.33
一	过鱼设施建筑物					274.09	20.33
1	启闭设备及安装工程					274.09	20.33
	电动葫芦（额定重量 5t，起升高度 37m）	台	6.00	176991.15	18168.89	106.19	10.90
	固定卷扬机（2×320kN，20t/台）	台	2.00	707964.60	47158.97	141.59	9.43
	设备运杂费	%	10.62	2477800.00		26.31	

(2)鱼类增殖放流

两河口水电站鱼类增殖放流站已建成投运，实际工程投资 7900 万元，每年运行管理费用 530 万，牙根二级水电站需按照放流规模分摊建设费及运行管理费用。其中，分摊建设费用 2634 万元；每年分摊运行管理费 177 万(运鱼车、人工等费用)，暂列 3 年，合计 530 万，后续运行管理费计入电站运行成本。另外，两河口鱼类增殖放流站现建成规模已不能满足牙根二级水电站增殖放流任务，需对两河口鱼类增殖放流站进行改造提升，改造费用共计 699.99 万元，由牙根二级水电站承担。

两河口鱼类增殖放流站改造费用概算表

表 10.2-21

序号	名称	型号规格	单位	数量	单价(元)	总价(万元)
1	圆形鱼缸	直径 3000mm，成品玻璃钢	个	20	39000	78
2	圆形鱼缸	直径 2000mm，成品玻璃钢	个	15	23400	35.1
3	室外管沟	宽 1000mm×高 600mm	m	120	2600	31.2
4	回用水管	dn200，PN1.0MPa	m	250	715	17.875
5	进水主管	dn160，PN1.0MPa	m	200	585	11.7
6	进水支管	dn32，PN1.0MPa	m	150	130	1.95
7	弯头	dn63，PN1.0MPa	个	81	195	1.5795
8	弯头	dn200，PN1.0MPa	个	10	299	0.299
9	变径三通	dn160×63，PN1.0MPa	个	27	234	0.6318
10	闸阀	DN200	个	1	5200	0.52
11	球阀	dn32	个	27	1950	5.265
12	阀门井	直径 1400mm，07MS101-2,页 13	座	1	6500	0.65
13	潜水泵	150WQ150-35-37（Q=150m³/h,H=35m）	台	2	19500	3.9
14	罗茨鼓风机	RB11，供气流量 3m³/min，配套电机 2.2kW	台	2	4160	0.832
15	进气主管	dn63，PN1.0MPa	m	150	195	2.925
16	进气支管	dn32，PN1.0MPa	m	100	130	1.3
17	变径三通	dn63×32，PN1.0MPa	个	27	234	0.6318
18	球阀	dn32	个	27	1950	5.265
19	室外排水管	DN400，UPVC 双壁波纹管	m	120	390	4.68

序号	名称	型号规格	单位	数量	单价(元)	总价(万元)
20	检查井	直径 1000mm，国标图集 20S515,页 30	座	6	5200	3.12
21	排水主管	DN300，UPVC 双壁波纹管	m	120	260	3.12
22	排水支管	DN150，UPVC 双壁波纹管	m	150	234	3.51
23	正三通	DN300，UPVC	个	1	260	0.026
24	闸阀	DN300	个	2	5200	1.04
25	阀门井	直径 1400mm，07MS101-2,页 13	座	1	6500	0.65
26	室外养殖设施截水沟	宽 300mm×高 300mm	m	200	2600	52
27	土方开挖		m^3	2760	65	17.94
28	土方回填		m^3	750	104	7.8
29	中粗砂		m^3	1980	260	51.48
30	电气及自控		项	1	650000	65
31	车间屋面改造		项	1	2600000	260
合计						669.9901

(3) 鱼类栖息地保护

本次环评将牙根二级库区支流霍曲河干流纳入栖息地保护范围，规划唐岗电站拆除、河道生境修复等措施，共计费用 10416.84 万元。

牙根二级水电站鱼类栖息地费用概算表

表 10.2-22

序号	名称	单位	数量	单价（元）	合价（万元）	备注
一	**唐岗电站拆除**				**8806.84**	
1	挡水建筑物拆除				225.94	
	钢筋混凝土拆除	m^3	2880	438.8	126.37	
	干砌石封堵	m^3	1250	352.14	44.02	
	砂卵石回填	m^3	520	299.07	15.55	
	闸门及启闭系统拆除	个	8	50000	40.00	
2	厂房部分拆除				193.17	
	地面以上厂房部分拆除	m^2	628	2000	125.60	三层楼，包含板梁柱、门窗等
	干砌石封堵	m^3	215	352.14	7.57	
	机电设备拆除	项	1	400000	40.00	包含水轮机设备、升压变电设备等
	闸门及启闭系统拆除	个	2	100000	20.00	包含叠梁闸门
3	施工辅助措施	项	1	1000000	100.00	
4	库区清淤	m^3	6750	55.89	37.73	
5	赔偿费用				8250.00	按照 1KW 赔偿费用为 1.1 万元计列
二	**河道生态修复**				**410.00**	
1	河流形态多样化修复	项	1	600000	60.00	
2	生态护岸	项	1	1500000	150.00	
3	栖息地底质改善	项	1	500000	50.00	
4	人工产卵场	项	1	1500000	150.00	
三	栖息地建设及运行管理费用	项	10	1200000	1200.00	依托当地渔业主管部门，维护时间暂按 10 年计算
	合计				**10416.84**	

10.2.5.3 景观提升费用

工程景观提升工程费用共计 4470 万元，详见下表。

牙根二级水电站景观提升费用概算表

表 10.2-23

序号	措施名称	单位	工程量	单价	投资（万元）	备注
（一）	**枢纽区**				**1858**	
1.1	大坝左右岸高程 2565m 坝顶平台	m^2	11000	800	880	地面铺装、景观绿化、景观雕塑、构筑小品、文化展板等
1.2	大坝右岸高程 2565m 坝顶平台景	m^2	1100	800	88	地面铺装、景观绿化、景观雕塑、构筑小品、文化展板等
1.3	大坝坝顶	项	1	500000	50	道路标线、花箱绿化、标识系统等
1.4	边坡修复示范	m^2	28000	300	840	
（二）	**永久道路沿线**				**972**	
2.1	明线段沿线绿化提升	m	7500	800	600	沿线绿化提升、挡墙等区域种植藤本进行绿化遮挡
2.2	明线段边坡修复及景观提升示范	m^2	5000	350	175	边坡修复、坡面小品装饰、宣传标识等
2.3	永久桥周围生态景观提升	个	2	85000	17	
2.4	永久隧道洞口洞脸	个	8	150000	120	隧道洞脸及周围绿化
2.5	观景点	个	2	300000	60	地面铺装、景观绿化、防护围栏等
（三）	**业主营地**				**1240**	
3.1	生态景观提升	m^2	31000	400	1240	地面铺装、景观绿化、构筑小品等
（四）	**其他施工场地**				400	
4.1	生态景观提升	项	1	4000000	400	
合计					**4470**	

10.2.6 固体废弃物处置费用

工程生活垃圾拟委托当地环卫部门外运至新都桥垃圾填埋场处置，外运处置包括输运费用及垃圾填埋场处置费等，费用计 911.08 元；危险废物及坝前漂浮物处置计 107.5 万元。

生活垃圾处置概算表

表 10.2-23

序号	项目	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)	
1	垃圾收集				64.50	
1.1	垃圾桶	个	90	0.05	4.50	业主营地 30 个、承包商营地各 20 个
1.2	垃圾中转站	个	4	15	60.00	
2	垃圾外送处置				794.08	
2.1	垃圾处置费用	t	6905	0.05	345.25	
2.2	垃圾外运费用	t	6905	0.065	448.83	

序号	项目	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)	
3	运输人工费用	人.年	8.75	6	52.5	
4	合计				911.08	

危险废物处置及坝前漂浮物处置概算表

表 10.2-24

序号	项目	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)	
1	施工期危险废物处置				82	
1.1	危险废物贮存库	m^2	50	0.5	25	
1.2	危险废物处置费	年	9.5	6	57	
2	运行期危险废物处理	年	3	6	18	运行初期 3 年，后纳入电站主体运行费用
3	坝前漂浮物清理	年	3	2.5	7.5	外包，运行初期 3 年
合计					107.5	

10.2.7 环境监测费用

本工程环境监测和调查费用共计 3533.3 万元，详见下表。

环境监测投资概算表

表 10.2-25

序号	项目	单价(万元)	点位	次数	合计(万元)	备注
1	水生生态				1005	
1.1	水生生态影响监测	30		6	180	工程蓄水前一次；蓄水后连续调查 5 年
1.2	过鱼设施效果观测	120		5	600	运行初期调查 5 年
1.3	增殖放流效果评估	20		5	100	连续调查 5 年，按比例分摊
1.4	栖息地效果监测	25		5	125	连续监测 5 年，后续长效监测纳入电站运行成本
2	陆生生态				1080	
2.1	陆生生态影响监测	20		5	100	施工期一次、施工期间 1 次；蓄水后，每 2~3 年监测一次
2.2	五小叶槭监测				980	
2.2.1	原生境种群监测	45		6	270	施工期监测 3 次，运行后连续监测 3 年
2.2.2	移栽和回归植株监测	45		6	270	移栽和回归后连续监测 3 年，后续每 3 年监测 1 次
2.2.3	气象监测站搭建	60	1		60	
2.2.4	监测信息化处理平台（系统）搭建	30			30	
2.2.5	保护措施效果监测与评估				50	
2.2.6	施工前五小叶槭详细调查				300	
3	水环境				1066.5	
3.1	施工期				688.9	
3.1.1	地表水水质监测	0.8	5	35	140	每季度一次
3.1.2	废污水水质监测	0.5	23	35	402.5	每季度一次
3.1.3	地下水水质监测	0.8	3	26	62.4	每年监测 3 次
3.1.4	饮用水水质监测	0.6	4	35	84	每季度一次
3.2	运行期				377.6	

序号	项目	单价(万元)	点位	次数	合计(万元)	备注
3.2.1	水质监测	0.8	7	15	84	运行初期连续监测 5 年
3.2.2	富营养化监测					纳入地表水工作中
3.2.3	厂房人员生活污水监测	0.3	1	12	3.6	运行初期连续监测 3 年，每季度一次
3.2.4	生态流量监测					计入主体费用
3.2.5	水温监测				140	
3.2.5.1	施工期	30		2	60	蓄水前人工监测 2 年
3.2.5.2	运行期	40		2	80	人工监测、在线监测运行维护费
3.2.6	溶解性气体监测	30		5	150	运行后连续监测 5 年
4	环境空气	0.6	4	35	84	每季度一次
5	噪声	0.2	4	35	28	每季度一次
6	土壤	0.4	2	1	0.8	
7	人群健康	0.04	600	11	264	每年一次
8	电磁环境	5		1	5	全部机组投产后监测一次
合计					3533.3	

10.2.8 科研费用

10.2.8.1 陆生生态科研费用

主要为五小叶槭科研费用，共计 1760 万元。

五小叶槭科研费用概算表

表 10.2-26

序号	研究内容	费用(万元)
1	五小叶槭种子采集和储藏技术研究	100.00
2	五小叶槭种子雨和幼苗建成研究	260.00
3	五小叶槭野生植株移栽试验	400.00
4	五小叶槭人工扩繁技术研究	180.00
5	五小叶槭群落构建研究	320.00
6	不同气候条件对五小叶槭生长、光合和生理的影响	150.00
7	地下水位变化对五小叶槭根系生长的影响研究	150.00
8	五小叶槭采种保存与优树选育	100.00
9	五小叶槭濒危原因和遗传多样性研究	100.00
合计		1760

10.2.8.2 水生生态科研费用

牙根二级水电站水生生态各类科研费用 1950 万元。

牙根二级水电站水生生态科研费用概算表

表 10.2-27

序号	研究名称		费用
1	栖息地保护	雅砻江中游鱼类栖息地补偿机制研究	250

序号	研究名称		费用
		雅砻江中游鱼类栖息地管理模式、制度和策略研究	250
		雅砻江中游鱼类栖息地保护效果评价体系研究	150
		雅砻江中游鱼类栖息地生态环境监测系统和 智慧化管理平台研究与建设	200
		雅砻江优势种鱼类生长繁育与水温、水文节律响应关系研究	100
		霍曲河连通性修复措施及保护效果研究	200
小计			**1450**
	过鱼工程相关技术研究	过坝后保护效果研究	300
		电站与过鱼设施联合运行调度研究	150
小计			**450**
3	鱼类增殖技术研究	依托两河口鱼类增殖站开展，分摊费用	50
小结			**50**
4	生态调度研究		300
合计			**1950**

10.3 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是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。

10.3.1 主要效益分析

牙根二级水电站装机容量 2400MW，工程建设将给当地带来大量的财政税收，为相关产业提供能源支持。随着牙根二级水电站工程的建设，工程资金的投入等，将为区域经济发展创造良好的机遇。因本效益难于货币化，暂不计列。

建设期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，将促进当地农业、餐饮业和其他服务业的发展，利于地方农业产业结构调整和第三产业的快速发展。

牙根二级水电站装机容量 2400MW，多年平均发电量 86.45 亿 kWh，考虑返还两河口水电站增加电量效益的 50%后，可替代燃气电站发电量 88.03 亿 kWh，每年可节约天然气 20.86 亿 m^3，减少二氧化碳排放 451 万 t，按照等价值折算每年可节约标准煤 277 万 t。具有较大的清洁能源效益，节能减排效益显著，能为“30·60 双碳目标”的实现提供有力支撑。

同时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通过人工手段增殖鱼类资源，其建立可为部分重点保护鱼类和经济鱼类的人工繁殖技术的研究和发展提供良好的条件。

该部分的环境效益难以货币化，暂不计列。

10.3.2 环境损失分析

根据环境经济学理论，如果建设项目引起环境质量下降，则恢复环境质量或生产性资产所花费的费用可作为环境效益损失的最低估价。本工程以减免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。

根据牙根二级水电站工程及工程区域环境特点，为减免、恢复或补偿不利环境影响所采取的环境保护措施主要包括以下内容：施工期环境保护措施及优化；移民安置环境保护；建设期环境监测、环境管理及环境监理；生态建设与水土保持；鱼类资源保护以及人群健康保护；景观保护及提升等，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，工程环境保护措施总费用 86620.92 万元，作为本工程可货币化的环境损失。

10.3.3 环境经济损益分析

根据以上分析，牙根二级水电站工程具有较好的经济、社会效益，在各项环保措施得到落实的情况下，其费用产生的环境效果较为明显，可较大程度地减免因环境损失而造成的潜在经济损失。因此从环境损益及环境经济角度分析，工程的建设是可行的。

11 评价结论与建议

11.1 评价结论

11.1.1 工程概况

牙根二级水电站是雅砻江中游两河口至卡拉河段规划(含规划调整)7 级电站的第 3 个梯级电站，其上游为在建的牙根一级水电站，下游为规划的楞古水电站。牙根二级水电站坝址位于四川省甘孜州雅江县境内雅砻江干流上，坝址距雅江县城约 80km，坝址处控制流域面积 7.16 万 km^2，多年平均流量 772m^3/s。

工程开发任务为发电，并促进雅砻江流域水风光一体化基地开发建设和地方经济社会发展。电站采用坝式开发，挡水建筑物为混凝土双曲拱坝，最大坝高 210m，水库正常蓄水位 2560 m，相应库容 9.91 亿 m^3，死水位 2545m，调节库容 2.57 亿 m^3，具有日调节能力。

电站厂房为首部式地下厂房，布置在左岸，总装机 2400MW，多年平均年发电量 86.45 亿 kWh(与两河口联合)。工程土石方开挖总量为 1571.31 万 m^3(自然方)，回用后工程剩余土石方总量总量 527.36 万 m^3(折合松方 670.85 万 m^3)。

电站建设总工期为 105 个月，工程施工期平均人数为 3606 人。牙根二级水电站工程建设总占地面积 2360.45hm^2，至规划水平年，共需生产安置 2153 人，均采取逐年货币补偿安置方式；农村搬迁安置 2224 人，全部采取分散安置，迁建集镇三座，集中安置 749 人。

11.1.2 环境质量现状

牙根二级水电站涉及四川省甘孜州雅江县米龙乡、麻郎措镇、八衣绒乡等地，地广人稀，经济发展水平较低，工业水平不发达，基本无工业污染源分布，农业面源污染和生活污水负荷也极低。根据工程区例行监测及本次环评补充现状监测结果可知，工程区水环境、环境空气、声环境及土壤环境质量总体良好，各项监测因子均可满足相应的环境质量标准要求。

工程区地下水以松散堆积层孔隙水、基岩裂隙水为主。其中，基岩裂隙潜水为坝址区最重要的地下水类型，分布广泛，主要受大气降水补给，排泄于雅砻江；松散堆积层孔隙潜水主要分布在沿岸冲积物、坡积物等各种成因的第四纪松散堆积体内。富水程度

往往受季节变化和地貌限制影响较大。泉水零星出露，规模较小，为侵蚀下降泉。总体来看，工程区河谷深切，岸坡陡峻，地下水位略高于雅砻江水位，由地下水补给江水。

牙根二级水电站位于雅砻江中游，属于干旱河谷地区，基带植被为干旱河谷灌丛，工程区域植被呈现明显的垂直带谱，从低海拔至高海拔依次为干旱河谷灌丛(基带)、侧柏林、川滇高山栎林、高山松林或以川滇高山栎、矮高山栎为主的栎类灌丛、冷云杉林、以小型杜鹃为主的高山灌丛。

评价区共有维管束植物 82 科 254 属 480 种，以被子植物物种数最多，共有 68 科 230 属 442 种。分布有国家二级保护植物五小叶槭、光核桃、松茸及芒苞草。芒苞草不在牙根二级水电站淹没范围内，远离施工场地；松茸主要分布在海拔 3200～4200m 左右的松林、硬叶高山栎林或松栎混交林中，牙根二级水电站对其无直接影响，水库淹没区可能零星分布有光核桃。工程所在的雅砻江河谷区域为五小叶槭的集中分布区域，调查发现，牙根二级工程影响范围内有五小叶槭共计 3932 株。

评价区共有陆生脊椎动物 21 目 68 科 220 种，以鸟类占绝对优势。有国家一级重点保护野生动物 3 种，国家二级重点保护野生动物 21 种。总体来看，工程所在中游河段生境条件较好，物种多样性较高，受人类干扰作用，工程所在区域分布的动物以中小型动物为主。

评价区生态系统的结构和功能稳定性尚好；在调节气候、涵养水源、保持水土、维持生物多样性等生态服务功能方面发挥了重要作用，整个评价区的景观格局和生态系统较为完整。

据现场调查和历史资料记载，评价河段分布有鱼类 23 种，其中国家二级保护鱼类 2 种，即厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡；四川省级保护鱼类 1 种，为黄石爬鮡；长江上游特有鱼类 10 种，包括戴氏山鳅、拟细尾高原鳅、西溪高原鳅、长丝裂腹鱼、四川裂腹鱼、短须裂腹鱼、齐口裂腹鱼、软刺裸裂尻鱼、黄石爬鮡和青石爬鮡。评价河段渔获物组成以裂腹鱼类及高原鳅类为主，总体来看，鱼类资源量不丰。

11.1.3 环境影响评价主要结论

11.1.3.1 有利影响

牙根二级水电站建设带来的有利影响，主要体现在发电效益和社会效益方面。牙根二级水电站装机容量 240 万 kW，与上游两河口水电站联合运行时年发电量 86.45 亿 kWh，减少二氧化碳排放 451 万 t，可改善能源利用结构、减少煤炭等不可再生化石能源的消

耗量、减轻对大气环境的污染，对实现“碳达峰、碳中和”目标具有重要作用。工程建设过程中将投入大量的建设资金，工程所需木材、砂石料和其它建筑材料主要依靠当地解决，可为当地居民或企业带来一定的市场，促进地方建材、运输和加工等行业的发展，提高经济效益。

11.1.3.2 不利影响

(1)施工期及初期蓄水影响

牙根二级水电站施工期的环境影响主要是工程施工以及移民安置对水土流失及陆生生态的影响，对施工占地区地表植被和部分鸟类、两栖爬行类及兽类的栖息环境造成一定破坏，使其迁移到远离施工区的生境中活动。同时，施工“三废”及噪声排放也将对水质、大气和声环境造成局部污染，对工程区居民、施工人员的生活环境、人群健康等带来一定影响。总体来看，上述影响仅限于施工期，其影响范围和程度均较小，采取合理有效的减免措施后可得到有效控制和减免，并随着工程完建后其影响也将逐渐消失。

工程区地下水类型主要以基岩裂隙水为主，其次为松散孔隙潜水。施工区范围内无重要的集中式饮用水源地，无地下水敏感保护目标。地下工程开挖过程中，对涌水段采取帷幕灌浆的处理方式等，能有效控制施工过程中出现的渗水、涌水现象，总体对地下水的影响较小。

电站截流和初期蓄水期间将造成下游河道流量的急剧变化，从而对生态环境带来一定影响。施工期截流和导流期间围堰上游蓄水量很少，上游来水根据不同高程和主体工程建设进度几乎全部通过导流洞下泄，下泄流量变幅小，因此水文情势变化主要集中在枢纽区，对其他河段水文情势影响总体不大。据生态需水计算结果，结合上层次规划要求，提出牙根二级水电站一般用水期下泄生态流量不低于 119.8m³/s(占多年平均流量的 15.52%)，鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m³/s(占多年平均流量的 20%)。据此拟定相应的生态流量泄放措施。在初期蓄水阶段，通过导流洞、生态旁通洞、表孔、深孔向下游下泄生态流量。

(2)运行期

牙根二级水电站运行期的环境影响主要包括水库蓄水与运行对水文情势、水温、水质、地下水、土壤、坝下溶解气体过饱和、水生生态、陆生生态以及移民安置环境影响等方面。

1)水文情势

① 库区

牙根二级水电站正常蓄水位 2560m，死水位 2545m，具有日调节能力。正常蓄水位以下库容 9.91 亿 m^3，调节库容 2.57 亿 m^3。水库形成后，库区河段水面面积、水位、水

深、水面宽、流速等水体形态将发生变化。水库正常蓄水位 2560m 时，干流库区水库长度 70.2km，霍曲河支库长度 5.6km。干流库区最大水面宽度 506m、平均水面宽度 244m，分别为天然状态的 3.7 倍、2.9 倍；正常蓄水位时库区面积约为 18.92km^2，约为天然状态的 31 倍；坝前水深 160m、库区平均水深 75m；库区平均流速为 0.25m/s，约为天然状态的 0.13。霍曲河支库最大水面宽度 185m、平均水面宽度 93m，分别为天然状态的 4.6 倍、3.3 倍；支库平均水面面积约为 0.54km^2，约为天然状态的 9.2 倍；支库最大水深 6.0m、平均水深 4.3m；支库平均流速为 0.38m/s，约为天然状态的 0.21 倍。

② 坝下

牙根二级水电站为日调节电站，对径流仅有日内分配能力，不影响月径流分布。两河口~牙根二级河段年内径流月度分配主要受龙头水库两河口影响，牙根二级水电站运行期对坝下河道的主要影响为日内调峰运行下泄流量变化引起的坝下河段流速、水深等水力学参数变化。以平水年为例，枯水期典型日（2 月）、春季初汛期产卵高峰典型日（5 月）、主汛期典型日（7 月）、秋季汛末典型日（9 月）各典型日日内出库流量变化趋势与电网调峰需求相符合，流量变化的时间点基本出现在日间 7:00~9:00 和夜间 17:00~18:00。2 月、5 月、7 月、9 月典型日日内流量最大变幅分别为 763.7m^3/s、1129.7m^3/s、1204.5m^3/s 和 1332.2m^3/s。由于牙根二级水电站为坝式开发，运行前后对坝下游日内水文情势的影响主要取决于出库流量值大小，出库流量越大，同一断面相应的流速、水深、水面宽也越大。楞古电站建成后，牙根二级坝下水文情势由楞古水电站运行调度控制。

2)水温

牙根二级水库水温结构为过渡型。在汛期 7-8 月大流量入库后库底快速升温，未形成稳定库底低温区。水库 4-9 月在垂向均存在明显温差，表层水温变幅，变幅为 5.9-19.3℃，底温变幅 4.9-12.8℃。与天然水温相比，水库对下游水温有明显影响，下泄低温水在 5 月降幅最大，最大降幅分别为 2.9℃(平)、2.2℃(丰)、3.0℃(枯)；最大升幅均在 11 月，最大升幅分别为 6.3℃(平)、4.4℃(丰)、7.0℃(枯)。与坝址现状水温相比，水库对下游水温影响有限。牙根二级下泄水温与天然水温的温差主要由上游梯级联合运行时的累积影响带来，在联合运行时对低温降幅的贡献最大不超过 1.0℃(平)、1.1℃(丰)、1.3℃(枯)，对高温升幅的贡献最大不超过 1.7℃(平)、1.5℃(丰)、2.1℃(枯)。

3)水质

牙根二级水电站工程所在雅砻江中游干流河段水量大、本底水质好，库区的库周及

上游人口少，居民生活污水及生活垃圾产生量小，氮、磷等营养元素输入量也小。同时，牙根二级水库为日调节水库，库水交换较频繁，加之工程区气温较低，大大限制了藻类的生长繁殖，预测牙根二级成库后库区富营养化指数属中营养状态，库区水质不会发生显著变化，库区发生富营养化的可能性较低。

4)地下水

牙根二级库区地下水类型以基岩裂隙水为主，其次为松散孔隙潜水，主要受大气降水及雪水的补给，化学类型主要为重碳酸钙镁型、重碳酸钙型。库区岩石以砂板岩为主，无灰岩、白云岩等可溶性岩石分布，岩体透水性微弱。两岸山体雄厚，无低矮邻谷，不存在向邻谷渗漏的问题。坝区主要大断裂带出露点高程均高于正常蓄水位，因此水库蓄水后也不存在沿断层渗漏的问题。

根据现场调查，米龙乡和恶古乡生活用水部分使用了当地地下水源。根据移民安置规划，米龙乡集镇在计划搬迁范围内，搬迁后将取地表水作为供水水源，不再取用地下水；恶古乡暂无搬迁计划，水电站建成后预计继续使用目前水源。恶古乡水源地下水出露点 2625m，远高于库区正常蓄水位，牙根二级水库建成后，恶古乡水源地下泉水出露点仍高于雅砻江水位，因此牙根二级水库蓄水后不会对其造成影响。

5)坝下溶解气体过饱和

采用纵向一维数学模型对牙根二级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预测。结果表明，牙根二级电站泄洪期间下游均会出现溶解气体过饱和现象，在泄洪流量相当条件下，不同泄流方式生成的 TDG 饱和度各不相同，基本呈现为表孔较低，深孔较高。出库水流的 TDG 饱和度在牙根二级水电站至孟底沟库尾的雅砻江河段沿程释放降低。

6)土壤

本项目的土壤盐化综合评分值为 1.4，工程建成后可能造成周边土壤轻度盐化现象，主要原因为区域干燥度比较高。长期以来，工程区域现有的干燥度水平并未造成目前河流两岸土壤的盐渍化，本项目建设不会造成库区两侧土壤地下水水位明显提升，也不会明确改变区域干燥度、土壤理化性质。总体上工程建设对库区两侧土壤基本影响不大，土壤盐渍化水平将与现状基本相当。

7)水生生态

水库蓄水、大坝阻隔等变化将使原流水性水生生境发生改变，缩小鱼类种群的生存

空间，加剧雅砻江鱼类种群及数量减少的趋势。牙根二级为日调节电站，对径流的年内变化、月内变化基本不会产生影响。各典型月月均流量与天然流量的差异主要受上游控制性水库两河口水电站的调节影响，逐月入库和出库流量基本一样，仅对日内下泄流量过程有一定影响，不同时段流量随电站出力而变化。牙根二级坝下各支流坡降总体较大，水位上升或下降影响各沟口区域的生境，牙根二级坝下分布有力丘河汇口下游、马蹄村两处鱼类产卵场，经计算，在鱼类主要繁殖期 5 月和 7 月，力丘河汇口下游产卵场水深最大日内变幅为 3.95m、3.52m；马蹄村产卵场水深最大日内变幅为 2.59m、2.49m，电站日内调峰下泄不稳定流对鱼类繁殖有一定的影响。此外，大坝枢纽汛期泄洪期间，泄洪时水体将产生溶解气体过饱和现象对坝下鱼类产生一定影响。

8)陆生生态

水库蓄水后将淹没河谷地区原有耕地和林草植被，对河谷地区原有野生动植物及其栖息环境带来不利影响。主要受影响的包括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，其种群数量将减少，但不会危及其种群生存和影响其物种多样性。水库蓄水后，将为两栖动物和爬行动物的生存、繁殖创造更好的条件，有利于其数量的恢复与增加；鸟类群落的优势种将发生一定变化，游禽的数量和物种多样性将显著增加，农耕区鸟类因适应能力强也将逐渐稳定，而适合森林和灌丛的鸟类将迁往高海拔生境；伴随人类生活的小型啮齿类和食虫类动物以及以鼠类为食的豹猫、黄鼬等兽类等种群数量会增加。

工程影响范围内有五小叶槭共计 3932 株，占五小叶槭调查资源总量的 24.71%。其中，成树 1038 株，占调查到五小叶槭成树总量的 15.01%；幼树 676 株，占调查到五小叶槭幼树总量的 33.14%；幼苗 2218 株，占调查到五小叶槭幼苗总量的 31.86%。

工程影响范围内的五小叶槭居群遗传多样性较小，对流域五小叶槭整体的遗传多样性影响不显著。从遗传结构分析结果来看，工程影响范围内居群的基因在其他地区也存在，所以工程对五小叶槭整体遗传多样性影响不大，但可能对库周低海拔区域的五小叶槭未来的扩散分化产生一定程度的阻碍。

11.1.4 主要环保措施及效果

11.1.4.1 水环境保护措施及效果

(1)水文情势影响减缓措施

1)施工期和初期蓄水

初期蓄水期间通过生态旁通洞、表孔、深孔，在一般用水期下泄生态流量不低于

119.8m³/s(占多年平均流量的 15.52%)，鱼类繁殖期下泄生态流量不低于 154.4m³/s(占多年平均流量的 20%)。

2)运行期

牙根二级水电站为坝式电站，设置 4 台单机容量 60 万 kW 混流式水轮发电机组，单机额定流量为 479.7m³/s，按 4 台混流机考虑的单机最小出力相应的单机基荷出力为 27 万 kW，对应发电流量为 216m³ /s，满足生态流量下泄要求。因此，正常工况下，通过基荷发电下泄流量可满足坝址下游生态流量的泄放要求。当发生电力系统故障，牙根二级电站的电量不能向外输送，或者机组全部停机，基荷流量不能通过机组下放的情况下，通过开启深孔或者表孔下泄生态流量。

(2)水质保护措施

1)施工期

施工废（污）水处理本工程涉及的雅砻江干流河段执行《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）II类水域标准，施工生产生活废水处理后综合利用或回用，禁止外排。为避免施工期地表水水质污染，本报告提出砂石加工系统废水采用磁基增效高浊废水集约化处理系统（MagCS）处理工艺处理后循环利用；混凝土生产系统冲洗废水自然沉淀后回用或洒水降尘；机修含油废水经沉砂、油水分离器处理后回用或用于场地冲洗与洒水降尘，废油集中收集后定期外运交由有资质的单位进行处置；生活污水采用一体化生活污水净化设备处理后综合利用于施工营地冲厕及绿化浇灌等。运行期水处理措施包括水库蓄水前进行库底卫生清理、生活污水成套处理达标后综合利用于林草灌溉和洒水除尘等。通过以上措施，施工废(污)水得到有效处理和综合利用，未新增排污口，对工程江段水质不会造成影响。

2)运行期

运行期水处理措施包括水库蓄水前进行库底卫生清理、库周污染源控制、设置打捞船定期对库区漂浮物进行打捞、厂区生活污水一体化设备处理后综合利用等，可有效预防库区水质恶化及富营养化发生。

(3)地下水

在地下工程施工过程中还应采取超前预报和预注浆等措施进行预防；同时加强地下水监测。对于库岸浸没问题，结合移民安置规划对上述浸没影响区采取如防洪堤、防洪墙等工程措施。

(4)水温

通过预留岩梗+前置挡墙作为减缓低温水下泄措施，抬高取水底板高程至2532.00m，起到取用表层水的效果。经预测，采用预留岩梗+前置挡墙的水温减缓措施后，相对牙根二级坝址现状水温，平水年3-7月降低了0.5~0.7℃，较无措施情况下改善0.2-0.3℃；9月~翌年1月升高了0.2~1.1℃，较无措施情况下改善0.1-0.2℃。丰水年3-7月，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了0.5~0.8℃，较无措施情况下改善0.2-0.4℃；9月~翌年1月，升高了0.1~1.6℃，较无措施情况下改善0.1-0.2℃。枯水年3-7月，下泄水温与坝址现状水温相比，降低了0.3~1.1℃，较无措施情况下改善0.1-0.3℃。9月~翌年1月，升高了0.6~1.9℃，较无措施情况下改善0.2-0.3℃。

11.1.4.2 水生生态保护措施

牙根二级水电站影响水域共有鱼类23种，根据鱼类的生物学及生态学特性，本工程提出了施工期及蓄水初期鱼类保护、栖息地保护、过鱼设施、增殖放流、生态调度、科学研究和渔政管理相结合的水生生态保护措施体系。

(1)施工期及初期蓄水保护措施

加强宣传教育及施工监管、杜绝影响水生生境的污染事故发生；建立鱼类保护应急机制，针对汛期围堰漫流后可能滞留在围堰基坑内的鱼类，加强巡查和保护。

(2)鱼类栖息地

根据流域栖息地保护总体布局，牙根二级库区右岸支流霍曲河干流纳入局部水域栖息地保护规划范围，并提出相应鱼类栖息地修复措施，主要包括对已建电站唐岗水电站进行拆除；河道生境修复；同时对规划的后续梯级电站提出连通性要求。

(3)过鱼措施

根据牙根二级水电站枢纽布置特点、水文条件及地形条件，经综合比选，推荐采取“1#尾水洞升鱼机+2#尾水洞移动式集鱼设施+自动化运鱼车转运过坝”的上行过鱼方案。同时依托牙根一级过鱼设施开展下行过鱼。

(4)增殖放流

依托两河口鱼类增殖站开展牙根二级水电站增殖放流任务，放流规模约17.9万尾/年，重点放流对象为长丝裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、厚唇裸重唇鱼、青石爬鮡、黄石爬鮡、软刺裸裂尻鱼。放流地点选择牙根二级库尾河段，坝下支流力丘河及支流栖息地霍曲河。从截流后开始逐年放流，放流时间选择在第二年春季较为合适，并伴随牙

根二级建设及运行的全生命周期，每 3~5 年后根据该水域物种资源恢复情况调整放流对象与放流数量。

(5)生态调度

牙根二级水电站生态调度时段原则拟与上游两河口水电站保持一致，在鱼类繁殖高峰期 4~7 月每月各开展 7~10d 的生态调度，在此期间，牙根二级水电站利用调节库容进一步均化日内流量过程，维持坝下水位变幅，优化坝址下游鱼类产卵生境。

(6)科学研究

开展栖息地连通性修复和生境修复措施研究、珍稀特有保护鱼类驯养繁育技术研究、过鱼设施效果评估研究、鱼类增殖放流效果评估、生态调度研究。

通过上述措施，可为工程江段鱼类保留部分生境，同时减轻大坝阻隔影响，促进鱼类种群基因交流，并补充鱼类种群数量，恢复鱼类资源。

11.1.4.3 陆生生态保护措施

陆生生态保护措施主要包括优化工程施工方案、表层土收集等，减少工程扰动范围和面积，以减缓工程建设对区域生态环境的影响。施工结束后分区对占地区域进行陆生生态修复。通过加强施工管理和宣教，建立生态破坏惩罚制度，严禁捕猎野生动物和乱砍树木；工程施工过程中发现珍稀保护动植物，及时采取移栽等有效保护措施；施工和蓄水期间加强野生动物救护。

为减小牙根二级水电工程对五小叶槭植物的影响，协调好工程和珍稀保护植物的关系，环境影响报告书提出了以下保护措施：①原生境保护五小叶槭 413 株，其中木灰村 124 株，唐岗村 78 株，茨卡村 211 株；②就近移栽 1356 株成树、幼树和至少 1173 株幼苗，其中木灰村移栽接受 656 株成树、幼树和 1173 株幼苗，唐岗村移栽接受 350 株成树、幼树，霍曲河口移栽接受 350 株成树、幼树；③对影响的 1714 株成树、幼树进行采种保存；④建立繁育苗圃 20 亩，其中木灰村 12 亩，霍曲河口 8 亩，并人工扩繁和野外回归至少 20785 株五小叶槭幼苗，营造不少于 3.1km^2 的五小叶槭适宜生境。⑤加强五小叶槭监测、科学研究。

通过以上措施，形成“一心，一带，多节点”的保护措施总体布局，其中，“一心”即以雅江县木灰村珍稀植物园为核心；“一带”为构建以牙根二级水电站库周复建路及 G318 国道为基础的五小叶槭景观绿化带，有机地连接雅江县多个五小叶槭保护节点；“多节点”为唐岗、茨卡、霍曲河口 3 个保育基地、施工占地区景观绿化、

生境营造区等。

11.1.4.4 施工期环境保护措施

(1)施工期声环境保护措施

主要包括选择低噪设备，优化施工工艺、施工布置及施工进度和时序，禁止夜间露天爆破；实施交通管制，设置标识牌，禁止夜间鸣笛、限制车速等；环境敏感点处加强交通管制，设置隔声屏障；工人戴耳塞、防噪头盔等施工人员防护措施等。

(2)施工期环境空气保护措施

主要包括合理选择施工机器、优化施工工艺和施工布置、强化施工管理、限制车速；洒水车洒水、工作面喷水或装捕尘器、路面清扫等降尘措施；结合水保措施，做好公路绿化，降低扬尘污染；施工通风、佩戴口罩等施工人员防护措施等。

(3)施工区生活垃圾处理措施

工区设施垃圾桶、修建垃圾池等，生活垃圾分选袋装，定期由垃圾车集中转运至新都桥镇垃圾处理场处理。对垃圾桶存放处、垃圾池等场所经常喷洒灭害灵等药水，以防止蚊蝇孳生。对于厨余垃圾，则通过宣传，鼓励附近居民收集后用于牲畜饲养等。

(4)人群健康保护措施

定期进行环境卫生清理，加强食品卫生管理及餐饮人员健康调查，开展施工人员卫生防疫和疫情监控等。

11.1.4.5 移民安置与专项设施复建环境保护措施

本工程移民安置主要包括农村移民安置与专项设施复建两个部分。对于分散安置移民规划设计每户设置沼气池 1 座、迁建集镇分别设置一体化污水处理设施，对生活污水、人畜粪便进行处理后用作农肥；生活垃圾分拣后有机部分用作农肥，无机垃圾纳入施工区垃圾一并进行处理，施工结束后，移民安置点产生的生活垃圾按照当地环境管理要求进行收集、处理、处置；对居民点周围进行生态保护与景观绿化等。

专项设施复建过程中做好水土保持工作，废水经处理后回用，加强施工管理，维护施工区居民点大气环境和声环境，加强宣传教育，维护当地生态环境。

11.1.4.6 环境风险及防范措施

根据牙根二级水电站施工特点、周围环境以及工程与周围环境的关系，主要的环境风险包括施工期油库事故风险、爆破事故风险、森林火灾风险及运行期库区外来物种入侵风险等。

施工期严格遵守危险货物运输和储存的有关规定；严格控制火源并配备相应的消防器材；施工区内建立防火及火灾警报系统；加强危险路段的交通管制；强化危险化学品运输车辆的安全检查及上路管理，成立应急事故领导小组，配备事故急救设备和器材，制定详细的事故应急预案；生物恢复措施选择本区域地方种，杜绝外来物种入侵；加强沟通，尊重当地居民民族信仰，化解矛盾。

11.1.5 环境管理与环境监测

11.1.5.1 环境管理

建设单位须设立环境管理机构，分为外部管理和内部管理两大部分。环境管理工作需贯穿于设计、招标、施工、竣工验收及运行等工程建设的全过程，应坚持预防为主、防治结合、分级管理、相对独立性和针对性等原则，建立环境保护责任制，分级管理制度，“三同时”验收制度，书面制度，报告制度，污染事故预防与处理等环境管理制度。

11.1.5.2 环境监理

依据国家有关文件规定，在电站施工期间，应根据环境保护设计要求，开展施工期环境监理，全面监督和检查各施工单位环境保护措施的实施和效果，及时处理和解决临时出现的环境污染事件，监理成果将作为建设项目环保验收工作的基础和验收报告必备的专项报告。环境监理范围包括牙根二级水电站施工区及影响区等所有可能造成环境污染和生态破坏的区域。

11.1.5.3 环境监测

牙根二级水电站地表水环境监测分为施工期和运行期两个时段。施工期主要包括水环境、声环境、环境空气、土壤环境和人群健康监测；运行期主要包括坝址下游生态流量监测、水环境监测、下泄水温和溶解性气体监测等内容。

陆生生态监测贯穿于工程全生命周期，主要监测评价区域植被及景观生态格局变化情况、工程占地区植被恢复效果及植被覆盖率等。

水生生态监测也贯穿于工程全生命周期，重点调查水生生物、鱼类种群动态、鱼类产卵场变化情况，调查过鱼、增殖放流、生态调度等措施效果等。

11.1.6 公众参与

依据《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。建设单位雅砻江流域水电开发有限公司于 2022 年 6 月 17 日在其官方网站上进行了本工

程的首次环境影响评价信息公示。2025 年 9 月 22 日，建设单位在其官方网站上进行了环境影响报告书征求意见稿公示，公布了报告书征求意见稿全本内容，并同步在雅江县县城、米龙乡、麻郎措镇、八衣绒镇、波斯河镇等乡镇政务公开栏对本项目环境影响评价相关信息进行了张贴公示，公示期限不少于 10 个工作日。2025 年 9 月 24 日和 2025 年 9 月 26 日分两次在西南商报上进行了环境影响报告书征求意见稿公示，公示期限不少于 10 个工作日；征求意见稿公示期间，在两河口建设管理局白玛营地内设置了环境影响报告书纸质版查阅场所。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，建设单位、环评单位均未收到公众对本工程提出关于环保方面的意见和建议。

建设单位于 2025 年 10 月 15 日在雅砻江流域水电开发有限公司公司官网对《四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响报告书》《四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响评价公众参与说明》进行了报批前公示。

11.1.7 综合评价结论

牙根二级水电站是雅砻江中游水电调整规划及规划环评推荐优先开发的梯级，符合国家产业政策和地方社会经济发展规划，符合长江经济带发展与保护战略要求；工程建设不涉及各类环境敏感区及生态保护红线，符合四川省“生态环境分区”管控要求。电站建成后不仅可以为电网提供大量优质的电能，而且可以促进当地藏族地区的经济社会可持续发展，提高库区周围藏族人民的生活水平和经济收入，维护民族团结及社会稳定，构建和谐社会。

牙根二级水电站在对经济社会发展起到重要作用的同时，也会对区域生态环境带来一定不利影响，主要表现在运行期库区水文情势变化对区域水生生态的影响，大坝的建设对雅砻江干流原有的鱼类阻隔影响，使鱼类生境片段化，降低鱼类种群间遗传基因交流的机会，削弱种群生存力；日内不稳定流对坝下河段鱼类繁殖产生一定的影响；水库为过渡型水库，下泄低温水也会对坝下河段鱼类繁殖产生一定的影响。水库淹没和工程占地对其原有陆生植被产生影响，特别是对五小叶槭种群数量和原生境面积会造成一定淹没损失；工程施工产生废水、废气、废渣、噪声等，对周围环境将产生一定不利影响；移民安置和专项设施复建也将对区域生态环境承载力造成一定影响。

针对工程建设和运行过程中产生的不利环境影响，本次评价制定了完善的生态环境保护措施体系，在采取相应的环境保护措施后，工程建设对水环境、环境空气、声环境、生态环境等的各种不利影响将得到有效减免，水库淹没损失能得到有效补偿，移民可获

得妥善安置。工程建设不存在重大环境制约因素，在落实报告书提出的各项环保措施的前提下，工程建设可行。

11.2 建议

(1) 建议重视工程实施产生的水生生态和陆生生态影响，实际工作中加强水文情势、水生生态、陆生生态监测与跟踪评价。

(2) 主体工程后续设计应进一步研究工程挖方的可利用性，提高土石方利用率，减少弃渣量和场地开采量，深化主体设计已有的水土保持措施。

(3) 建议结合工程实际进度及时开展环保措施技施设计工作，对环保措施进行进一步深入研究和细化设计，开展鱼类栖息地保护、增殖站改造、过鱼、珍稀植物园等后续专项设计；开展重要植物移栽试验、无性繁殖技术研究等专项研究工作；遵循“三同时”制度，加强施工期环境保护管理、监理和监测，并落实相应费用，确保各项环保措施的实施及效果。

(4) 开展鱼类栖息地保护实施规划工作，落实霍曲河干流鱼类栖息地，保障霍曲河鱼类栖息地保护措施落到实处，使雅砻江中游的珍稀特有鱼类资源及其重要栖息地得到有效的保护。

建设项目环境影响报告书审批基础信息表

填表单位（盖章）：雅砻江流域水电开发有限公司　　填表人（签字）：史飚　　项目经办人（签字）：王红梅

建设项目	项目名称	四川省雅砻江牙根二级水电站			建设内容	牙根二级水电站是雅砻江中游两河口至卡拉河段规划(含规划调整)7级电站的第3个梯级电站，其上游为在建的牙根一级水电站，下游为规划的楞古水电站。牙根二级水电站坝址位于四川省甘孜州雅江县境内雅砻江干流上，坝址距雅江县城约80km，工程开发任务为发电，并促进新能源开发和地方经济社会发展。电站总装机2400MW，多年平均发电量86.45亿kWh(与两河口联合)。		
	项目代码	2312-000000-04-01-990407							
	环评信用平台编号	为6505							
	建设地点	四川省甘孜州藏族自治州雅江县			建设规模	坝址处控制流域面积7.16万km^2，多年平均流量772m^3/s，电站采用坝式开发，挡水建筑物为混凝土双曲拱坝，最大坝高210m，水库正常蓄水位2560 m，相应库容9.91亿m^3，死水位2545m，调节库容2.57亿m^3，具有日调节能力。电站总装机2400MW，多年平均发电量86.45亿kWh(与两河口联合)。电站建设总工期为105个月，工程建设总占地面积2360.45hm^2，至规划水平年，共需生产安置2153人，农村搬迁安置2224人，全部采取分散安置，迁建集镇三座，集中安置749人。		
	项目建设周期（月）	105.0			计划开工时间	2026年12月			
	建设性质	新建（迁建）			预计投产时间	2037年12月			
	环境影响评价行业类别	41-88水力发电 4413			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	是			规划环评文件名	《雅砻江中游水电规划调整环境影响报告书》			
	规划环评审查机关	四川省生态环境厅			规划环评审查意见文号	川环建函（2025）31号			
	建设地点中心坐标（非线性工程）	经度 101.17	纬度	29.464722	占地面积（平方米）	236045000.000	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）	2634905.02			环保投资（万元）	86620.92		所占比例（%）	3.29%
建设单位	单位名称	雅砻江流域水电开发有限公司	法定代表人	孙文良	评价单位	单位名称	中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司	统一社会信用代码	91510000450751397l
			主要负责人	王红梅		编制主持人	姓名 张跃	联系电话	13981913412
	统一社会信用代码（组织机构代码）	91510002018702211H	联系电话	13739485743			信用编号 DH010226		
	通讯地址	四川省成都市成华区双林路288号				通讯地址	职业资格证书管理号 10355143507510275	四川省成都市温江区政和街8号	

			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）			区域削减量来源（国家、省级审批项目）
				①实际排放量（吨/年）	②许可排放量（吨/年）	③预测排放量（吨/年）	④"以新带老"削减量（吨/年）	⑤区域平衡替代本工程削减（吨/年）	⑥预测排放总量（吨/年）	⑦排放增减量（吨/年）	
污染物排放量	废水	废水量(万吨/年)									
		COD									
		氨氮									
		总磷									
		总氮									
		铅									
		汞									
		镉									
		铬									
		类金属砷									
		其他特征污染物									
	废气	废气量（万标立方米/年）									
		二氧化硫									
		氮氧化物									
		颗粒物									
		挥发性有机物									
		铅									
		汞									
		镉									
		铬									
		类金属砷									
		其他特征污染物									

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	（可增行）						□避让 □减缓 □补偿 □重建（多选）
	自然保护区	（可增行）						□避让 □减缓 □补偿 □重建（多选）
	饮用水水源保护区（地表）	（可增行）		/				□避让 □减缓 □补偿 □重建（多选）
	饮用水水源保护区（地下）	（可增行）		/				□避让 □减缓 □补偿 □重建（多选）
	风景名胜区	（可增行）		/				□避让 □减缓 □补偿 □重建（多选）
	其他	（可增行）						□避让 □减缓 □补偿 □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（编号）	无组织排放源名称		污染物种类			污染物排放					
							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	污染防治设施处理水量（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			污染物排放				
					名称	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	

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	自行利用工艺	自行处置工艺	是否外运
	一般工业固体废物				/	/		/	/	/	/	
					/	/		/	/	/	/	
					/	/		/	/	/	/	
	危险废物											是

雅砻江流域水电开发有限公司文件

雅砻江工程〔2022〕345 号

雅砻江流域水电开发有限公司
关于开展雅砻江牙根二级水电站环境影响评价工作的函

中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司：

牙根二级水电站位于甘孜藏族自治州雅江县境内的雅砻江干流上，为雅砻江中游两河口至卡拉河段规划的第三级电站，是《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210 号）明确的能源绿色低碳转型工程，是《四川省“十四五”能源发展规划》（川府发〔2022〕8 号）确定的重点项目，并被列入《2022 年四川省加快前期工作重点项目名单》（川发改项目函〔2022〕113

号)。工程采用坝式开发的方式，最大坝高 210m，水库正常蓄水位 2560m，电站装机容量 220 万 kW。工程预可行性研究工作已经完成，目前正在开展可行性研究工作。

根据《环境保护法》《环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》等法律法规要求，为减免工程建设造成的不利环境影响，促进工程环境保护工作的开展，提请贵公司及时开展牙根二级水电站环境影响评价工作。

请贵公司接到此函后，尽快依据国家相关规范、标准开展相关工作，并于 2022 年 12 月前完成《四川省雅砻江牙根二级水电站环境影响报告书》编制工作。

此函。

雅砻江流域水电开发有限公司

2022 年 6 月 9 日

雅砻江流域水电开发有限公司办公室　　2022 年 6 月 9 日印发

附图1-1 牙根二级水电站外环境关系示意图

101° 0′0″东

30° 0′0″北

29° 30′0″北

N W E S

0 3 6 km

理塘县

呷拉镇

王呷河

卧龙寺沟

牙根一级

八角楼乡

四川格西沟国家级自然保护区

雅江县

城乡村

河口镇

山背后村

下渡村

麻子石沟

麻子石村

四川雅江那溪措省级湿地公园

唐足村

燃公村

麻郎措镇

迁建集镇：麻郎措集镇→洛俄昔

霍曲河汇口段

雅砻江

程章村

祝桑乡

米龙乡

米龙村

迁建集镇：米龙集镇→斗地

吉珠沟

绒巴村

唐岗

唐俄村

雅江县

四川神仙山自然保护区

达阿果

唐岗村

五小叶槭

康定市

茨巴扎村

牙根村

迁建集镇：八衣绒集镇→鲁日

沙德镇

霍曲

恶古沟

八衣绒乡

大河村

色乌绒沟

楞古河段

鲁柯村

日岗村

日衣村

木灰村

牙根二级

拉最村

多吉村

楞古

雨日村

力丘河

普沙绒乡

马蹄村

波斯河镇

力丘河汇口

贡嘎山风景名胜区

吉居乡

孟底沟库尾

麦资沟

图例

- 县级行政中心
- 乡镇街道
- 居民点
- 五小叶槭点位
- 坝址
- 水系
- 县界
- 公路
- 正常蓄水位2560m
- 迁建集镇
- 临时用地
- 永久用地
- 水库
- 鱼类栖息地保护河段
- 自然保护地
- 生态保护红线

附表 1

建设项目大气环境影响评价自查表

工作内容		自查项目						
评价等级与范围	评价等级	一级 □		二级 □		三级 ☑		
	评价范围	边长=50km □		边长5~50km □		边长=5km □		
评价因子	SO_2 +NO_x排放量	≥2000t/a □		500 ~ 2000t/a □		＜500t/a ☑		
	评价因子	基本污染物：（TSP、PM_{10}） 其他污染物：				包括二次$PM_{2.5}$ □ 不包括二次$PM_{2.5}$ ☑		
评价标准	评价标准	国家标准 ☑		地方标准 □		附录D ☑		其他标准 □
现状评价	环境功能区	一类区 □		二类区 ☑		一类区和二类区 □		
	评价基准年	（2025）年						
	环境空气质量现状调查数据来源	长期例行监测数据☑		主管部门发布的数据□		现状补充监测☑		
	现状评价	达标区 ☑				不达标区 □		
污染源调查	调查内容	本项目正常排放源 ☑ 本项目非正常排放源 □ 现有污染源 □		拟替代的污染源 □		其他在建、拟建项目污染源 □		区域污染源 □
大气环境影响预测与评价	预测模型	AERMOD □	ADMS □	AUSTAL2000 □	EDMS/AEDT □	CALPUFF □	网格模型 □	其他 ☑
	预测范围	边长≥ 50km □		边长5～50km □			边长=5km□	
	预测因子	预测因子(TSP和PM_{10})				包括二次$PM_{2.5}$ □ 不包括二次$PM_{2.5}$ ☑		
	正常排放短期浓度贡献值	$C_{本项目}$最大占标率≤100% ☑				$C_{本项目}$最大占标率＞100% □		
	正常排放年均浓度贡献值	一类区	$C_{本项目}$最大占标率≤10% □			$C_{本项目}$最大标率＞10% □		
		二类区	$C_{本项目}$最大占标率≤30% ☑			$C_{本项目}$最大标率＞30% □		
	非正常排放1h浓度贡献值	非正常持续时长（ ）h		$C_{本项目}$占标率≤100% □		$C_{本项目}$占标率＞100%□		
	保证率日平均浓度和年平均浓度叠加值	$C_{叠加}$ 达标 ☑				$C_{叠加}$ 不达标 □		
	区域环境质量的整体变化情况	k ≤-20% ☑				k ＞-20% □		
环境监测计划	污染源监测	监测因子：（TSP、PM_{10}）			有组织废气监测 □ 无组织废气监测 ☑		无监测 □	
	环境质量监测	监测因子：（TSP、PM_{10}）			监测点位数（）		无监测 □	
评价结论	环境影响	可以接受 ☑		不可以接受 □				
	大气环境防护距离	距（ ）厂界最远（ ）m						
	污染源年排放量							
注：“□”为勾选项 ，填“√”；“（ ）”为内容填写项								

附表 2

建设项目地表水环境影响评价自查表

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="3">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="5">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="3">水污染影响型□；水文要素影响型 ☑；</td></tr>
<tr><td>水环境保护目标</td><td colspan="3">饮用水源保护区 □；饮用水取水 □；涉水的自然保护区 □；重要湿地 □；重点保护与珍稀水生生物的栖息地 ☑；重要水生生物的自然产卵场及索饵场、越冬场和洄游通道、天然渔场等渔业水体 ☑；涉水的风景名胜区 □；其他□</td></tr>
<tr><td rowspan="2">影响途径</td><td>水污染影响型</td><td colspan="2">水文要素影响型</td></tr>
<tr><td>直接排放 □；间接排放 □；其他 □</td><td colspan="2">水温 ☑；径流 ☑；水域面积 ☑；</td></tr>
<tr><td>影响因子</td><td>持久性污染物 □；有毒有害污染物□；非持久性污染物☑；pH 值□；热污染□；富营养化 □；其他 □</td><td colspan="2">水温 ☑；水位（水深）☑；流速☑；流量 ☑；其他 □</td></tr>
<tr><td colspan="2">评价等级</td><td>水污染影响型</td><td colspan="2">水文要素影响型</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>一级 □；二级 □；三级 A □；
三级 B □</td><td colspan="2">一级 ☑；二级 □；三级 □</td></tr>
<tr><td rowspan="8">现状调查</td><td rowspan="2">区域污染源</td><td colspan="2">调查项目</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td>已建 □；在建 □；
拟建 □；其他 ☑</td><td>拟替代的污染源
□</td><td>排污许可证 ☑；环评 ☑；环保验收☑；
既有实测 ☑；现场监测 ☑；入河排放口数据 ☑；其他 □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">受影响水体水环境质量</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期☑；平水期 ☑；枯水期 ☑；冰封区 □；
春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □</td><td>生态环境保护主管部门 ☑；
补充监测 ☑；其他 □</td></tr>
<tr><td>区域资源开发利用状况</td><td colspan="3">未开发 □；开发量 40%以下 ☑；开发量 40%以上 □</td></tr>
<tr><td rowspan="2">水文情势调查</td><td colspan="2">调查时期</td><td>数据来源</td></tr>
<tr><td colspan="2">丰水期 ☑；平水期 ☑；枯水期 ☑；冰封区□；
春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □</td><td>水行政主管部门 ☑；补充监测 ☑；其他 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="2">补充监测</td><td>监测时期</td><td>监测因子</td><td>监测断面或点位</td></tr>
<tr><td>丰水期 ☑；平水期 ☑；枯水期 ☑；冰封区 □；
春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 ☑</td><td>（水温、pH、悬浮物、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量（COD_{Cr}）、五日生化需氧量（BOD_5）、氨氮（NH_3-N）、总磷（以 P 计）、氰化物、总氮（以 N 计）、铜、锌、铬（六价）、氟化物、硒、砷、汞、镉、铅、挥发酚、石</td><td>监测断面或点位个数（6）</td></tr>
</table>

工作内容		自查项目		
			油类、阴离子表面活性剂、硫化物、粪大肠菌群、叶绿素 a、透明度）	
现状评价	评价范围	河流：长度 103km；湖库：河口及近岸海域：面积（ ）km^2		
	评价因子	（化学需氧量、氨氮、总磷）		
	评价标准	河流、湖库、海口：Ⅰ类 □；Ⅱ类 ☑；Ⅲ类 □；Ⅳ类 □；Ⅴ类 □ 近岸海域：第一类 □；第二类 □；第三类 □；第四类 □ 规划年评价标准（ ）		
	评价时期	丰水期☑；平水期☑；枯水期 ☑；冰封区 □； 春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 ☑		
	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 ☑；不达标 □ 水环境控制单元或断面水质达标状况 □：达标☑；不达标 □ 水环境保护目标质量状况：达标□；不达标 □ 对照断面、控制断面等代表性断面的水质状况 □：达标 □；不达标 □污染评价 □ 水资源与开发利用程度及其水文情势评价 □ 水环境质量回顾评价 □ 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 □	达标区☑ 不达标区□	
影响预测	预测范围	河流：长度 103km；湖库：河口及近岸海域：面积（ ）km^2		
	预测因子	（化学需氧量、氨氮、总磷 ）		
	预测时期	丰水期 ☑；平水期 ☑；枯水期 ☑；冰封区 □； 春季 □；夏季 □；秋季 □；冬季 □ 设计水文条件 □		
	预测情境	建设期 ☑；生产运行期 ☑；服务期满后 □ 正常工况 ☑；非正常工况 ☑ 污染控制和减缓措施方案 □ 区（流）域环境质量改善目标要求情境 □		
	预测方法	数值解 □；解析解 ☑；其他 □ 导则推荐模式 ☑；其他 ☑		
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）域环境质量改善目标要求☑；替代削减源 □		
	水环境影响评价	排放口混合区外满足水环境管理要求 □ 水环境功能区或水功能区、近岸海城环境功能区水质达标 □ 满足水环境保护目标水城水环境质量要求☑ 水环境控制单元或断面水质达标☑ 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 □		

<table>
<tr><td colspan="2">工作内容</td><td colspan="5">自查项目</td></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td></td><td colspan="5">满足区（流）域水环境质量改善目标要求 □
水文要素影响型建设项目同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 ☑
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 □
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 ☑</td></tr>
<tr><td rowspan="4">污染源排放量核算</td><td colspan="2">污染物名称</td><td colspan="2">排放量/（t/a）</td><td>排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">替代源排放情况</td><td>污染源名称</td><td>排污许可证编号</td><td>污染物名称</td><td>排放量/（t/a）</td><td>排放浓度/（mg/L）</td></tr>
<tr><td>（ ）</td><td>（ ）</td><td>（ ）</td><td>（ ）</td><td>（ ）</td></tr>
<tr><td>生态流量确定</td><td colspan="5">生态流量：一般水期（119.8）m^3/s；鱼类繁殖期（154.4m^3/s）；其他（ ）m^3/s
生态水位：一般水期（）m；鱼类繁殖期（≤0.88）m；其他（ ）m</td></tr>
<tr><td rowspan="6">防治措施</td><td>环保措施</td><td colspan="5">污水处理设施 ☑；水文减缓设施 ☑；生态流量保障设施 ☑；区域削减 □；依托其他工程措施 ☑；其他 □</td></tr>
<tr><td rowspan="4">监测计划</td><td></td><td colspan="2">环境质量</td><td colspan="2">污染源</td></tr>
<tr><td>监测方法</td><td colspan="2">手动 ☑；自动 □；
无监测 □</td><td colspan="2">手动 ☑；自动 □；
无监测 □</td></tr>
<tr><td>监测点位</td><td colspan="2">（库尾、坝前、坝下）</td><td colspan="2">（生产废水处理措施、生活污水处理站☑ ）</td></tr>
<tr><td>监测因子</td><td colspan="2">（SS、pH、DO、BOD5、CODCr、高锰酸盐指数、TN、TP、石油类、粪大肠菌群、阴离子表面活性剂、NH3-N、氟化物、氰化物、挥发酚、砷、汞、六价铬等 28 项指标 ）</td><td colspan="2">（pH、SS、流量）</td></tr>
<tr><td>污染物排放清单</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td colspan="2">评价结论</td><td colspan="5">可以接受 ☑；不可以接受 □</td></tr>
<tr><td colspan="7">注：“□”为勾选项 ，可“√”；“（ ）”为内容填写项；“备注”为其他补充内容</td></tr>
</table>

附表 3

土壤环境影响评价自查表

<table>
<tr><th colspan="2">工作内容</th><th colspan="4">完成情况</th><th>备注</th></tr>
<tr><td rowspan="8">影响识别</td><td>影响类型</td><td colspan="4">污染影响型□；生态影响型☑；两种兼有□</td><td></td></tr>
<tr><td>土地利用类型</td><td colspan="4">建设用地☑；农用地☑；未利用地☑</td><td></td></tr>
<tr><td>占地规模</td><td colspan="4">2360.45hm^2</td><td></td></tr>
<tr><td>敏感目标信息</td><td colspan="4">无</td><td></td></tr>
<tr><td>影响途径</td><td colspan="4">大气沉降□；地面漫流□；垂直入渗□；地下水位☑；其他（ ）</td><td></td></tr>
<tr><td>全部污染物</td><td colspan="4">pH、土壤含盐量</td><td></td></tr>
<tr><td>特征因子</td><td colspan="4">pH、土壤含盐量</td><td></td></tr>
<tr><td>所属土壤环境影响评价项目类别</td><td colspan="4">I类□；II 类☑；III 类□；IV 类□</td><td></td></tr>
<tr><td>敏感程度</td><td colspan="4">敏感□；较敏感□；不敏感☑</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">评价工作等级</td><td colspan="4">一级□；二级□；三级☑</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">现状调查内容</td><td>资料收集</td><td colspan="4">a）☑；b）☑；c）☑；d）☑</td><td></td></tr>
<tr><td>理化特性</td><td colspan="4">工程区域土壤主要为壤土，土壤含盐量＜2g/kg，土壤 5.5＜pH＜8.5。</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">现状监测点位</td><td></td><td>占地范围内</td><td>占地范围外</td><td>深度</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>表层样点数</td><td>1 个点位</td><td>2 个点位</td><td>0~0.2m</td></tr>
<tr><td>柱状样点数</td><td>无</td><td>无</td><td></td></tr>
<tr><td>现状监测因子</td><td colspan="4">《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600—2018)第二类用地的筛选值、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)对应风险筛选值</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">现状评价</td><td>评价因子</td><td colspan="4">与监测因子一致</td><td></td></tr>
<tr><td>评价标准</td><td colspan="4">GB 15618☑；GB 36600☑；表 D.1☑；表 D.2☑；其他（ ）</td><td></td></tr>
<tr><td>现状评价结论</td><td colspan="4">均满足相应质量限制要求</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">影响预测</td><td>预测因子</td><td colspan="4">pH、土壤含盐量</td><td></td></tr>
<tr><td>预测方法</td><td colspan="4">附录 E□；附录 F☑；其他（）</td><td></td></tr>
<tr><td>预测分析内容</td><td colspan="4">工程建设对库区两侧土壤基本无影响</td><td></td></tr>
<tr><td>预测结论</td><td colspan="4">达标结论：a）☑；b）□；c）□ 不达标结论：a）□；b）□</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="3">防治措施</td><td>防控措施</td><td colspan="4">土壤环境质量现状保障☑；源头控制☑；过程防控☑；其他（）</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">跟踪监测</td><td colspan="2">监测点数</td><td>监测指标</td><td>监测频次</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
</table>

工作内容		完成情况			备注
		2 个	《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB36600-2018)规定的基本项目(45 项)、pH 及全盐量;《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB15618-2018)基本项目、pH 值及全盐量	施工期高峰期监测一次	
	信息公开指标	无			
评价结论		项目建成后可能造成周边土壤轻度盐化现象，主要原因为区域干燥度比较高。长期以来，工程区域现有的干燥度水平并未造成目前河流两岸土壤的盐渍化，本项目建设不会造成库区两侧土壤地下水水位明显提升，也不会明确改变区域干燥度、土壤理化性质。因此，工程建设对库区两侧土壤基本无影响，土壤盐渍化水平将与现状基本相当。			

附表 4

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☑；国家公园□；自然保护区□；自然公园□；时间自然遗产□；生态保护红线□；重要生境 ☑；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 ☑；其他□
	影响方式	工程占用□；施工活动干扰□；改变环境条件□；其他☑
	评价因子	物种☑水生生态：浮游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻、鱼类；陆生生态：五小叶槭、光核桃、松茸、芒苞草 生境☑（水生生态：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；陆生生态：无） 生物群落☑（水生生态：浮游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻的种类、密度、生物量、多样性指数，鱼类的种类、资源量等；陆生生态：动植物群落） 生态系统☑（水生生态：水生生境、水生生物群落；陆生生态：森林、灌丛、农田、湿地、城镇生态系统） 生物多样性☑（水生生态：浮游植物、浮游动物、底栖动物、着生藻；陆生生态：植物、动物、植被、景观） 生态敏感区☑（水生生态：鱼类重要生境，包括产卵场、索饵场、越冬场） 自然景观□（ ） 自然遗迹□（ ） 其他☑（公益林 ）
评价等级		水生生态一级☑ 陆生生态一级☑ 三级□ 生态影响简单分析□
评价范围		陆域面积：（446.87）km^2；水域面积：（7.43）km^2
生态现状调查与评价	调查方法	资料收集☑；遥感调查☑；调查样方、样线☑；调查点位、断面；专家和公众咨询法□；其他□
	调查时间	春季☑；夏季；秋季☑；冬季□ 丰水期☑；枯水期☑；平水期☑
	所在区域的生态问题	水土流失□；沙漠化□；石漠化□；盐渍化□；生物入侵□；污染危害□；其他☑
	评价内容	植被/植物群落☑；土地利用☑；生态系统☑；生物多样性☑；重要物种☑；生态敏感区☑；其他□
生态影	评价方法	定性□；定性和定量☑

响预测与评价	评价内容	植被/植物群落☑；土地利用☑；生态系统☑；生物多样性☑；重要物种☑；生态敏感区☑；生物入侵风险☑；其他☐
生态保护对策措施	对策措施	避让☑；减缓☑；生态修复☑；生态补偿☑；科研☐；其他☐
	生态监测计划	全生命周期☑；长期跟踪☐；常规☐；无☐
	环境管理	环境监理☑；环境影响后评价☑；其他☐
评价结论	生态影响	可行☑；不可行☐
注：“☐”为勾选项，可√；“（　　）”为内容填写项。		