

水利水电工程对生态环境的影响与保护策略

邹 婷

雅安城利水电开发有限责任公司 四川 雅安 625000

【摘要】：水利水电工程在提升能源利用和水资源管理效率的过程中，对生态环境产生显著影响，包括水体污染、生物多样性下降和生态系统破坏等。工程建设和运行过程中若缺乏有效保护措施，会加剧环境问题。通过实施科学规划、生态修复、环境监测及水资源合理调控，可减缓生态压力，维护生态平衡，同时保证工程效益。实践表明，结合技术与管理手段的综合策略在改善水质、保护生物栖息地及维护河流健康方面具有显著效果，为水利水电工程可持续发展提供可行路径。

【关键词】：水利水电；生态环境；保护策略；生态修复；环境监测

DOI:10.12417/2705-0998.26.08.009

引言

水利水电工程在能源供应和水资源调控中发挥核心作用，但其建设和运行对自然环境带来深远影响。河流流量变化、水体污染、湿地破坏和生物栖息地丧失等问题日益突出，直接影响区域生态系统的稳定性和多样性。有效的生态保护策略不仅可以减缓环境退化，还能保障工程可持续运行。通过综合分析水利水电工程建设的生态效应，结合规划优化、技术改进和生态修复措施，可实现经济发展与环境保护的协调，提升生态系统韧性，并为相关工程实践提供科学依据和策略参考。

1 水利水电工程引发的生态问题

1.1 水体污染及水质变化

水利水电工程的建设和运行会导致水体水质显著变化。大规模截流、蓄水及水流调控会改变河流水动力环境，使沉积物重新分布，增加水体浊度，并促使底泥中污染物释放。水库蓄水形成的静水区降低自净能力，易造成富营养化，氮、磷等养分累积加剧水华发生风险。施工阶段排放的混凝土废水和施工泥浆，以及运行过程中水库的溶解氧减少和温度分层，都可能导致微生物群落结构改变，影响水生生态系统稳定性。持续监测与科学调控水流量、优化库区水质管理成为维持水体健康的关键措施。

1.2 生物多样性减少与栖息地破坏

水利水电工程的蓄水和调流行为会改变河流生态环境，导致栖息地分割和生物多样性下降。河段断流、湿地淹没以及水位季节性变化，造成水生植物和水生动物栖息环境消失或退化，鱼类洄游路线被阻断，繁殖和觅食行为受到限制^[1]。工程区段水流结构单一化，水温和水化学参数变化显著，促使原有生态群落结构重组，部分敏感物种数量锐减。长期生态压力可能导致生态系统服务功能下降，如水质调节、生物生产力和生态稳定性减弱，生态连通性破坏进一步加剧了生物多样性流失。

1.3 河流生态系统功能削弱

大规模水利水电工程会干扰河流生态系统的自然功能，改

变能量流动和物质循环模式。河道调控导致沉积物输移受阻，河床形态稳定性下降，河岸植被恢复困难，天然洪泛区消失，河流自净和调节洪水能力减弱。水库调节水温和溶解氧梯度，改变底层生态条件，影响水生生物种群结构和营养级关系。长期运行形成的季节性水位调控，削弱了河流生态系统的韧性，使河流对外界干扰适应能力降低，生态服务功能受损。河流水生生态系统与陆生生态系统的联动效应减弱，整体生态系统健康水平出现持续下降趋势。

2 工程规划与设计优化策略

2.1 科学选址与流域综合评估

水利水电工程选址需基于流域整体特征和生态承载力进行系统评估，以最小化生态破坏并优化水资源利用效率。流域综合评估应包括水文特性、地质条件、河道形态及生态敏感区分布，确保水利设施布局符合自然水文循环规律，减少水体截流对下游生态系统的冲击。工程规划应对潜在淹没面积、水位波动范围和流域生态连通性进行模拟，预测施工和运行可能造成的环境压力，并制定调控方案。结合生态修复理念，通过调整坝址位置、优化蓄水规模和控制库区水位起伏幅度，可保护湿地、河滩和沿岸植被，同时减少对水生生物繁殖栖息的干扰。系统性的空间分析和多因素权衡能够在保障能源和水利效益的前提下，实现生态环境与工程建设的协调，推动流域管理从单一工程功能向生态功能与经济功能融合发展转型。

2.2 生态通道与河流连通性维护

生态通道设计是保障河流生态系统功能和生物多样性的关键手段。水利工程造成河段断流或水位长期控制，阻隔鱼类洄游和生境连接，对生态网络造成破坏。通过科学规划生态通道，保持水流连通性和栖息地连续性，可支持水生生物迁徙、繁殖及食物链完整性。通道设计应考虑流量、流速、深度和结构多样性，以模拟天然河流环境，同时兼顾洪水调控和水能利用。与通道建设相结合的河岸生态设计包括湿地保护、河岸植被恢复及缓冲带设置，可减缓水体污染和水土流失，提高河流自净能力^[2]。连通性维护策略需通过水文模拟和生态指标监测，

动态调整调蓄方式和通道运行方案,实现对水库蓄水与生态流量的平衡,使生态网络在工程运行期间仍能维持稳定,确保河流生态系统功能持续发挥。

2.3 水库调控与生态流量保障

水库调控应在保证发电、水资源利用和防洪功能的同时,维持生态系统所需流量和水文特征。通过建立科学的生态流量方案,可维持下游河道湿地、河滩和水生栖息地的水位动态,支持生物繁殖和生长周期。调控策略需考虑季节性降水、径流变化及生态关键时期的流量需求,结合分层放水、梯度调控和调蓄库容管理,实现生态与工程效益的优化。生态流量方案还需与水质管理相结合,确保溶解氧、温度及营养盐浓度维持适宜水平,以保护水生生态系统稳定性。长期运行中,通过生态监测和水文数据分析,可调整调控策略,实现动态优化,减少断流、水位骤变对生态环境的负面影响。水库调控与生态流量保障的整合,不仅维持河流生态功能完整性,还为水利水电工程的可持续发展提供科学依据和技术保障。

3 施工及运行阶段的环境保护措施

3.1 污染物控制与废水处理

水利水电工程施工和运行过程中,土石方开挖、混凝土浇筑及设备运行会产生大量悬浮物、化学物质和营养盐,对水体造成潜在污染。科学控制污染物排放需要在施工阶段建立全程管理体系,包括施工场地截污、泥浆回收及废水预处理设施的建设。废水处理不仅要满足排放标准,还应兼顾对水库和下游生态系统的保护,通过沉淀、过滤、化学中和及生态湿地处理等多层次技术,降低污染物浓度和富营养化风险。在运行阶段,水库管理应对排放水质、溶解氧、温度和营养盐浓度进行动态调控,避免水体分层和水华形成。通过建设集成化污染控制系统,实现污水循环利用和生态缓冲区治理,可将水质干扰降至最低,为水利水电工程运行期间生态环境安全提供有效保障。

3.2 土壤与植被保护措施

施工区土壤破坏和植被丧失是水利水电工程的重要生态风险。土壤裸露会导致侵蚀加剧、径流污染增加及河岸结构不稳定,植被丧失则影响水土保持和生态连通性^[3]。保护措施需在施工前进行土壤类型和植被特征调查,结合分区管理进行保护和分级恢复。采取梯级开挖、临时覆盖、护坡结构和生态植被覆盖等手段,可减少土壤流失,保持水土结构完整性。植被恢复应注重本土物种选择和生境适应性,形成稳定的缓冲带和生态廊道。运行阶段,植被动态管理结合水位调控,确保岸线和库区植被健康,增强抗洪能力和生态承载力。通过精细化土壤管理和生态工程措施,可在工程建设和运行过程中保持土壤肥力、水文功能和生态系统连贯性,实现工程与自然环境的高度融合。

3.3 生态监测与应急管理

生态监测和应急管理是确保水利水电工程环境安全的核心保障手段。建设和运行过程中,应建立覆盖水质、生物多样性、水文条件及土壤稳定性等关键指标的监测体系,通过遥感、自动监测站和人工巡查等方式,形成实时数据网络。监测数据可用于判断生态压力点,识别潜在环境风险,指导调度和保护措施优化。应急管理需制定水污染、突发水位变化和生态破坏的快速响应方案,包括污染源隔离、流量调控和生态修复干预,确保突发事件对生态系统的影响降至最低。长期监测与应急管理结合,可实现生态系统健康状态的连续评估和风险可控,为水利水电工程运行提供科学依据和技术保障,同时推动工程管理模式从单纯技术运行向生态智能化管理转型,提高整体生态韧性和水利工程可持续性。

4 生态修复与补偿机制

4.1 湿地恢复与水生植物栽植

湿地恢复是缓解水利水电工程生态影响的核心手段,通过重建湿地水文条件和植被结构,可增强水体自净能力和生态系统稳定性。恢复过程中需对原有湿地水位、流量及土壤湿度进行调控,以适应水生植物生长需求。水生植物栽植应选择适应库区水位波动的本土物种,优化群落结构,实现功能多样化,包括水质净化、岸线固土和生境提供等。通过生态坡岸设计和湿地微地形重塑,可提升湿地缓冲能力,减缓径流冲刷和污染负荷输入。湿地与周边生态系统连通,形成生物栖息廊道,提高生态网络完整性,实现水利工程区域生态系统功能的再生和强化。

4.2 鱼类洄游通道建设

鱼类洄游通道建设是恢复水利水电工程截断生态连通性的关键措施,通过为鱼类提供安全迁徙路径,维持种群繁殖和生态平衡^[4]。通道设计需考虑水流速度、流量分布和深度条件,以满足不同鱼类生物学特性,保障洄游过程中的能量消耗和安全性。结合梯级设计、模拟自然河道的流态和生态廊道结构,可减少鱼类在通过水坝和水库时的生理压力。通道运行与生态流量管理紧密结合,通过动态水位调控保障关键繁殖期和觅食期的水生生境条件,提升生物多样性恢复效果。长期监测通道功能,可优化运行参数和结构布局,实现鱼类种群恢复与工程运行效率的双重兼顾。

4.3 人工生态系统与自然补偿结合

人工生态系统建设与自然补偿结合,是提升水利水电工程生态服务功能的重要策略。在生态修复区域,通过构建人工湿地、水生植物带和生态岛屿,可模拟自然生态过程,增强水质净化能力和生境多样性。自然补偿措施包括湿地延伸、岸线保护和河段生态连通性恢复,确保人工生态系统与自然环境协同运作,形成稳定的生态网络。生态工程布局应遵循水文、水力

和生态规律,使人工系统能够调节水位波动、沉积物输移和营养盐循环,优化水库和下游生态条件。结合长期监测与管理,人工生态系统与自然补偿结合可实现生态功能增强、物种栖息环境恢复及生态系统韧性提升,为水利水电工程的可持续运行提供系统性保障。

5 综合策略与效果评估

5.1 环境管理体系建设

环境管理体系建设是确保水利水电工程生态安全和可持续发展的核心支撑。体系应覆盖工程建设、运营和维护各环节,明确生态保护目标、责任分工及监管机制,形成科学化、规范化、动态化管理模式。通过建立信息采集、数据分析和风险评估平台,可实时监控水质、生态指标及环境压力点,为决策提供依据。体系设计需整合生态修复、污染控制和生境保护措施,实现工程与环境目标的协同优化。制度化、标准化操作流程和多层次监督机制能够提高环境风险防控能力,保证生态管理措施落地,并增强工程对生态突发事件的应对能力,实现生态保护与工程运行的系统化协调。

5.2 技术措施与政策协调

技术措施与政策协调在水利水电工程生态保护中起到桥梁作用,通过技术手段与政策制度的互补实现生态目标。技术措施包括水质净化、生态流量调控、湿地恢复及生物栖息地重建,要求与工程运行策略紧密结合以提高效率和可行性。政策

协调涉及水资源管理、生态补偿及环境保护法规的同步实施,确保技术措施在制度框架内有效执行^[5]。通过建立工程运行技术规范与政策标准的联动机制,可动态调整运行策略和生态修复方案,实现工程目标与生态保护的平衡。多层次技术与政策协同,能够优化生态资源配置,强化监管效果,提升水利工程整体环境治理能力。

5.3 生态效益与工程效益评价

生态效益与工程效益评价是衡量水利水电工程综合绩效的重要手段。通过建立系统化评价指标,包括水质改善、生物多样性维护、湿地恢复及水资源调控效率,可量化生态系统响应与工程功能实现程度。结合生态流量监测、生态修复效果跟踪及工程运行数据,分析生态措施对水体健康和物种栖息环境的具体贡献,同时评估工程在发电、防洪及供水方面的效能。评价结果为优化设计、运行调控和生态管理提供科学依据,实现工程建设与生态保护的协同增效。系统化、量化和动态的评价方法,可为水利水电工程可持续发展提供参考和保障,确保生态效益与经济效益双向提升。

6 结语

水利水电工程在实现能源与水资源利用功能的同时,不可避免地会对生态系统产生多方面影响。通过构建系统化管理机制、实施生态修复与补偿、强化技术与政策协同、动态评估工程与生态效益等措施,可平衡工程需求与生态保护,实现水利水电工程与环境系统的协调共生。

参考文献:

- [1] 张泽锋.水利水电工程对生态环境的影响及保护策略研究[J].绿色中国,2025(1):133-135.
- [2] 张安斌.分析水利水电工程对生态环境的影响及保护对策[J].区域治理,2025(6):0073-0075.
- [3] 赵莉莉,宋红娟,王涛.水利水电工程对生态环境的影响及保护措施研究[J].水上安全,2025(11):83-85.
- [4] 李绍为.水利水电工程对周边生态环境的影响及其治理措施探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(9):078-081.
- [5] 宝音图,孙小强.水利水电工程建设对生态环境的影响分析[J].内蒙古水利,2025(4):65-66.