

环境保护在水利水电工程管理中的实践与策略

马庆丰

国家能源集团西藏电力有限公司忠玉分公司

DOI:10.12238/jpm.v6i10.8471

[摘要] 水利水电工程作为清洁能源开发与水资源调控的核心基础设施，在保障能源安全、防洪减灾、农田灌溉等方面发挥着不可替代的作用。然而，工程建设与运营过程中对区域生态系统、水文情势、土壤及大气环境的扰动，已成为制约其可持续发展的关键瓶颈。本文系统梳理了水利水电工程对环境的多维度影响，总结了当前工程管理中环境保护的实践成效与突出问题，并从制度完善、技术创新、过程管控、公众参与四个层面提出优化策略，旨在实现水利水电工程效益与生态保护的平衡，为我国生态文明建设与“双碳”目标达成提供支撑。

[关键词] 水利水电；工程管理；环境保护；策略

Practice and Strategy of Environmental Protection in Water Conservancy and Hydropower Engineering Management

Ma Qingfeng

Zhongyu Branch of National Energy Group Xizang Electric Power Co., Ltd.

[Abstract] Water conservancy and hydropower engineering, as the core infrastructure for clean energy development and water resource regulation, plays an irreplaceable role in ensuring energy security, flood control and disaster reduction, and agricultural irrigation. However, the disturbance of regional ecosystems, hydrological conditions, soil, and atmospheric environment during the construction and operation of engineering projects has become a key bottleneck restricting their sustainable development. This article systematically reviews the multidimensional impacts of water conservancy and hydropower projects on the environment, summarizes the practical achievements and prominent problems of environmental protection in current project management, and proposes optimization strategies from four levels: institutional improvement, technological innovation, process control, and public participation. The aim is to achieve a balance between the benefits of water conservancy and hydropower projects and ecological protection, and provide support for China's ecological civilization construction and the achievement of the "dual carbon" goal.

[Key words] water conservancy and hydropower; Engineering management; environmental protection; strategy

引言

在全球能源转型与水资源短缺的双重背景下，水利水电工程作为兼具能源生产与水资源调配功能的复合型工程，成为我国基础设施建设的重点领域。截至 2023 年底，我国水电装机容量已突破 4.1 亿千瓦，占全国可再生能源装机总量的 23%，三峡、白鹤滩、溪洛渡等世界级水利水电工程的建成，显著提升了我国能源供应的稳定性与水资源调控能力。但与此同时，水利水电工程的大规模建设也带来了一系列环境问题，不仅威胁区域生态系统的完整性，也制约了工程综合效益的长期发挥^[1]。在此背景下，系统分析工程对环境的影响机制，总结现有环保实践经验，探索科学可行的管理策略，对于推动水利水电工程向“绿色化、生态化、可持续化”转型具有重要的理论与现实意义。

一、水利水电工程对环境的影响

（一）对生态系统的扰动与破坏

陆生生态方面，因为工程建设需占用大量临时（如料场、施工道路）与永久（如水库淹没区）土地，导致区域植被群落破坏、栖息地碎片化，以三峡工程为例，其水库淹没区涉及 13 个县市，约 1.2 万公顷陆生植被受损，虽通过迁地保护挽救部分珍稀植物，但区域植被多样性仍短期下降，且金沙江流域部分工程还导致黑熊、猕猴等动物活动范围缩小、种群数量下降；同时，水利水电工程对水生生态影响更为突出，大坝建设直接阻断中华鲟、长江刀鱼等洄游性鱼类的繁殖通道，如葛洲坝建成后中华鲟洄游产卵场大幅缩减，2022 年其自然繁殖活动近乎停止，且水库蓄水改变原河道水流速度、水温等条件，水流减缓易引发浮游生物大量繁殖导致水体富营养化，水分层现象还会影响鱼类生长繁殖，部分冷水性鱼类因水温升高被迫迁移。

(二) 对水文情势的改变

水利水电工程通过大坝拦蓄与泄流调节, 直接改变原河道水文情势, 会对沿河道上下游、河道与周边湿地、湖泊造成影响。上游水库蓄水使河道水位抬升、流速减缓, 泥沙淤积加剧, 如黄河小浪底工程上游库区年均泥沙淤积达 3.5 亿立方米, 虽经“调水调沙”缓解, 但长期淤积仍致水库库容缩减、航道变浅; 下游则因泄流调节打破天然径流“丰枯节律”, 枯水期泄流不足易引发河道断流, 影响沿岸饮水与灌溉, 汛期泄流过量可能诱发洪水, 且泄流携沙量减少会加剧下游河道冲刷、导致河岸坍塌。横向来看, 水库蓄水使周边地下水位上升, 引发“水库浸没”, 如黑龙江尼尔基水库建成后, 周边 2000 公顷农田因水位上升出现盐碱化, 湿地植被从“草本沼泽”向“水生植被”演替, 生态功能受损; 此外, 水库拦截地表径流还会减少下游湖泊、沼泽补给水量, 如长江中下游部分湖泊枯水期水位下降、面积缩小, 湿地生态系统退化^[2]。

(三) 对大气与土壤环境的影响

大气环境受影响集中在施工期与运营期, 施工期的土方开挖、砂石加工及运输会产生大量扬尘, 导致区域 PM10、PM2.5 浓度升高; 而运营期因水库淹没大量植被, 有机质分解产生甲烷等温室气体, 虽水电可替代火电减少碳排放, 但水库自身的温室气体排放仍需纳入环境评估。土壤环境方面, 施工期土方与边坡开挖会破坏土壤结构, 引发水土流失, 周边农田因泥沙淤积导致肥力下降; 此外, 水库蓄水会引发土壤盐碱化, 施工期润滑剂、农药等化学品泄漏还会造成土壤污染, 二者均对区域土壤质量与农业生产产生负面影响。

二、现有环境保护实践及成效

(一) 工程前期规划阶段的环境影响评价制度常态化

《中华人民共和国环境影响评价法》明确要求, 水利水电工程在立项前必须开展环境影响评价 (EIA), 编制环境影响报告书并通过生态环境部门审批。当前, 我国已建立“环评+审批+验收”的全流程管控体系, 环评内容涵盖生态保护、水文调控、污染防治等多个维度, 且引入公众参与机制。例如, 白鹤滩水电站环评报告中专门设置“水生生物保护”章节, 提出建设鱼类增殖放流站、修建鱼道等措施, 并通过专家论证与公众意见征集, 优化了工程方案, 减少了对长江上游生态系统的影响。此外, “三线一单” (生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线、生态环境准入清单) 制度的推行, 进一步明确了水利水电工程的生态准入标准, 从源头遏制了高环境风险工程的建设。

(二) 绿色施工技术广泛应用于工程施工阶段

施工期是水利水电工程环境影响最集中的阶段, 当前已普遍应用绿色施工技术控污减损: 水土保持方面, 通过修建截水沟、种植狗牙根等先锋植被、覆盖防尘网等措施, 控制开挖边坡水土流失量, 提高修复率; 扬尘与噪声控制上, 采用湿法作业、密闭运输、设置隔声屏障等方式, 降低噪声; 施工废弃物则实现资源化利用, 弃渣用于筑路填坑、混凝土废料破碎复用, 资源化率超 30%, 有效减少固体废弃物污染。

(三) 工程运营阶段的生态调度与修复措施逐步落地

在生态流量保障上, 依据规范要求水库保障下游最小生态流量, 如向家坝水电站通过“生态流量调度方案”, 确保枯水期下游生态流量不低于 1000m³/s, 缓解断流风险; 水生生物保护方面, 建设鱼类增殖放流站 (如三峡工程累计放流中华鲟等超 500 万尾), 部分工程还尝试修建鱼道, 为生物保护提供新路径; 陆生生态修复则针对水库淹没区、弃渣场, 种植马尾松等本地树种, 来提升植被覆盖率, 降低土壤侵蚀模数^[3]。

三、水利水电工程环境保护实践中存在的突出问题

(一) 制度执行流于形式, 监管机制不健全

尽管我国已建立完善的环评与环保管理制度, 但在实际执行中仍存在“重审批、轻监管”的问题。一方面, 部分工程环评报告为通过审批过度理想化环保措施, 未充分考虑地形、资金等实际条件, 如某山区水电站环评提出修鱼道, 却因客观限制未落实, 导致洄游鱼类保护失效; 另一方面, 工程多位于偏远山区, 生态环境与水利部门监管难覆盖全流程, 部分工程存在“先施工后补环评”“环保不达标仍运营”现象, 且监管多依赖人工检查, 缺乏卫星遥感等实时监测技术, 难以及时发现环境问题。

(二) 施工期环保管理粗放, 责任落实不到位

施工期是环保问题高发阶段, 但部分工程建设单位将环保责任推诿给施工单位, 导致环保管理粗放。一方面, 部分施工单位为追求进度, 未设置临时截水沟、防尘网等措施, 如某水电站施工期弃渣场未采取防护, 暴雨后引发泥石流淹没周边农田, 造成严重水土流失与污染; 另一方面, 施工人员多为农民工, 因环保培训不足, 环保意识薄弱且不熟悉洒水设备使用、化学品废弃物处理等操作, 常因操作不当引发环境问题。

(三) 运营期生态调度执行不力, 长期修复投入不足

运营期的生态保护需要长期投入, 但部分工程运营单位以“经济效益优先”, 忽视生态调度与修复。一方面, 为保障发电效益, 部分运营单位在枯水期减少下泄流量, 导致下游河道生态流量不达标, 如某水电站 2022 年枯水期实际下泄流量仅为规定的 60%, 造成下游 5 公里河道断流、沿岸植被枯死; 另一方面, 鱼类增殖放流、植被恢复等措施需持续资金支持, 可部分运营单位在工程竣工后大幅削减环保投入, 直接导致增殖放流数量减少、已恢复植被区域出现退化问题。

(四) 公众参与机制不完善, 信息公开不充分

公众参与是环境保护的重要监督力量, 但当前水利水电工程环保公众参与仍存在诸多障碍。一方面, 部分工程建设单位未按规定及时公开环评报告、环保措施执行情况等信息, 导致公众难以获取工程环境影响的真实数据, 无法有效开展监督; 另一方面, 公众参与渠道较为单一, 多集中于环评阶段的听证会, 且听证会代表选择不够广泛, 多为政府官员与专家, 缺乏当地居民代表, 使得公众意见难以充分采纳, 同时公众也缺乏有效反馈渠道, 即便发现环境问题也无法及时向监管部门反映^[4]。

四、环境保护在水利水电工程管理中的优化策略

(一) 完善制度体系: 筑牢环保管理基础

制度是环境保护的根本保障, 需通过立法完善、监管强化

与责任落实，构建“源头防控—过程监管—后果严惩”的制度链条：一是细化环评与验收标准，结合长江流域、黄河流域等不同区域的生态特征，制定差异化环评技术导则，明确生态流量、鱼类保护、植被恢复等核心指标的量化要求，如针对长江上游珍稀鱼类保护区，严格限制大坝建设，确需建设的须配套鱼道、增殖放流站等措施并纳入环评强制要求，同时强化环评验收“事后评估”，对环保措施落实情况开展1-3年跟踪评估，不达标者责令整改；二要建立跨部门协同监管机制，整合生态环境、水利、林业、农业等部门职责，搭建“联合执法+信息共享”平台，利用卫星遥感、无人机巡查、物联网监测等技术实时监控施工区水土流失、生态流量下泄等情况，数据同步至各部门避免监管空白，此外引入第三方监测机构开展独立评估，结果作为运营许可重要依据；同时落实环保责任终身追究制，明确建设、施工、运营单位主体责任，将环保绩效与工程款支付、运营补贴挂钩，对环保措施不到位引发重大环境事故的，依法追究相关责任人责任，形成有效震慑^[5]。

（二）创新技术应用：提升环保实践效能

技术创新是解决水利水电工程环境问题的关键，需结合工程实际需求，推广绿色施工技术与生态修复技术。绿色施工方面，推广“模块化施工”技术，在工厂预制大坝构件与厂房设备以减少现场施工量，如某水电站采用该技术使工期缩短30%、施工区扬尘浓度下降40%，同时应用“低扰动开挖”技术控制开挖坡度、分层开挖，搭配“土壤固化剂”处理施工便道，减少山体植被破坏与土壤流失；生态修复方面，水生领域研发“仿自然鱼道”“生态泄洪设施”提升洄游鱼类通过率，推广“人工鱼巢”与沉水植物种植，如某水电站在库湾种苦草、黑藻构建生态链，缓解水体富营养化，陆生领域遵循“乡土树种优先”原则恢复植被，应用“微生物修复技术”改良污染土壤，还通过“3S技术”动态监测修复效果以调整方案；此外，整合物联网、大数据与AI技术构建“智慧环保管理平台”，安装水位、流量、水质传感器实时监测下游生态情况，利用AI算法预判富营养化、水土流失等风险并发出预警，实现环保智能化管理。

（三）强化过程管理：覆盖工程全生命周期

环境保护需贯穿水利水电工程规划、施工、运营、退役的全生命周期，实现“全过程管控、全方位覆盖”。水利水电工程建设公司在规划阶段要坚持生态优先、科学选址，优先选生态敏感度低的区域，避开生态红线区域，确需穿越敏感区的工程需开展“生态影响专题论证”优化方案，如某水电站原规划淹没珍稀植物栖息地，经论证后调整大坝位置、缩小库容，避免栖息地被淹；施工阶段推行精细化管理以严控污染，制定“施工期环保专项方案”明确措施要求与责任人并纳入承包合同，同时加强施工人员环保培训，设环保监督岗开展日常检查，及时纠正违规操作；运营阶段注重生态调度与长期修复，结合水文情势和生物需求制定“生态调度方案”（如中华鲟繁殖期增泄流量模拟天然径流刺激产卵），还建立“长期生态修复基金”，由运营单位按发电量比例提取资金保障环保工作持续性；退役阶段则明确生态恢复要求，制定“退役期生

态修复方案”统筹大坝拆除、水库清淤等工作，如对达标退役的小型水电站，拆坝后恢复河道天然径流、清淤并种乡土植被，恢复河道生态功能。

（四）健全参与机制：凝聚环保协同合力

公众参与是环境保护的重要补充，需通过完善信息公开机制、拓宽参与渠道，构建“政府监管、企业负责、公众监督”的协同治理格局。依据《环境信息公开办法》，建设单位与运营单位需及时公开工程环评报告、环保措施执行情况、环境监测数据等信息，通过政府官网、工程现场公示栏、社交媒体等渠道发布，如某水电站每月在官网发布下游河道生态流量监测数据与鱼类增殖放流情况，保障公众知情权与监督权；在拓宽参与渠道方面，环评阶段需扩大听证会代表范围，确保当地居民、环保组织代表占比不低于50%，并建立“公众意见采纳反馈机制”，对合理意见说明采纳情况、未采纳意见说明理由，同时建立“公众监督举报平台”，开通举报电话、邮箱及微信公众号，监管部门需及时调查处理举报问题并反馈结果；此外，还通过举办环保科普讲座、发放宣传手册、组织工程环保参观活动普及知识，如某水电站定期组织当地学生参观鱼类增殖放流站，讲解鱼类保护知识，培养青少年生态保护意识，提升公众整体环保认知，引导其理解并支持工程环保工作^[6]。

结语

综上所述，水利水电工程作为我国能源与水资源安全的重要保障，其可持续发展离不开环境保护的支撑。本文通过分析水利水电工程对生态、水文、大气、土壤环境的多维度影响，总结了当前工程管理中环境保护的实践成效与突出问题，并从制度完善、技术创新、过程管控、公众参与四个层面提出了优化策略，旨在缓解工程对环境的负面影响，实现水利水电工程“经济效益、社会效益、生态效益”的统一。未来，随着我国生态文明建设的深入推进与“双碳”目标的加快实现，水利水电工程环保管理需进一步加强科技创新、提升国际合作水平，推动水利水电工程向更高质量、更可持续的方向发展，为我国经济社会发展与生态环境保护提供坚实支撑。

【参考文献】

- [1]黄圣源. 环境保护在水利水电工程管理中的实践与策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (08): 64-66.
- [2]卢有霖. 水利水电工程管理中精细化管理理念的实施探讨[J]. 水上安全, 2024, (04): 142-144.
- [3]方钟奎. 现代化水利水电工程管理现状及改进策略研究[J]. 工程建设与设计, 2024, (01): 235-237.
- [4]赵文赞, 林毅. 水利水电工程管理现状及改进策略探究[J]. 水上安全, 2023, (08): 76-78.
- [5]杨鹤. 现代化水利水电工程管理现状分析及其改进对策[J]. 水上安全, 2023, (06): 67-69.
- [6]汤雪晖. 新时代下水利工程管理与生态环境的创新融合路径分析[J]. 产业科技创新, 2023, 5(03): 53-55.

作者简介：马庆丰，1986.12.04，男，四川凉山，回族，大学本科，助理工程师，研究方向：水电工程管理等。