

水利工程施工中生态保护措施的实践路径与效果评价

雷晓明 王志永

开封黄河河务局兰考黄河河务局 河南 开封 475300

摘要: 随着生态文明建设理念的深入贯彻,水利工程建设在保障国家水安全、促进经济社会发展的同时,也面临着日益严峻的生态环境压力。如何在施工阶段有效实施生态保护措施,已成为实现水利工程可持续发展的关键议题。本文系统梳理了当前水利工程施工过程中常见的生态问题,从制度设计、技术手段、管理机制和公众参与四个维度构建了生态保护的实践路径,并结合典型案例对措施实施效果进行多维度评价。研究表明,通过全过程生态管控、绿色施工技术集成应用以及动态监测评估体系的建立,可显著降低施工活动对生态系统的影响。最后,文章提出优化建议,旨在为未来水利工程生态友好型建设提供理论支撑与实践参考。

关键词: 水利工程; 施工阶段; 生态保护; 实践路径; 效果评价; 绿色施工

引言

水利工程作为国家基础设施的重要组成部分,在防洪减灾、供水灌溉、水力发电、生态补水等方面发挥着不可替代的作用。然而,传统水利工程建设往往以“工程优先”为导向,忽视了对自然生态系统的保护,导致水土流失、生物栖息地破坏、水质污染、河流连通性中断等一系列生态问题。近年来,随着“绿水青山就是金山银山”理念的深入人心,以及《长江保护法》《黄河保护法》等法律法规的相继出台,水利工程建设必须向生态友好型、资源节约型方向转型。施工阶段是水利工程对生态环境扰动最剧烈的时期。此阶段涉及大规模土石方开挖、河道改道、围堰筑坝、临时占地等活动,极易造成植被破坏、土壤侵蚀、水体浑浊、噪声污染及野生动物迁徙受阻等问题。因此,如何在施工过程中科学、系统地实施生态保护措施,不仅关系到工程本身的合规性与可持续性,更关乎区域生态安全与生物多样性保护。

1 水利工程施工中的主要生态问题

1.1 水土流失与土地退化

在水利工程施工过程中,由于大量地表被剥离、边坡开挖频繁以及临时堆土缺乏有效覆盖,裸露土壤极易在降雨冲刷作用下发生严重水土流失。这种流失不仅造成表层肥沃土壤的丧失,还可能引发滑坡、泥石流等地质灾害,进一步加剧土地退化。据水利部相关统计数据显示,部分大型水利项目在施工高峰期的土壤侵蚀模数可达自然背景值的十倍以上,对周边农田、林地乃至下游水体均构成潜在威胁。长期来看,若不及时采取防护与修复措施,将导致区域土地生产力持续下降,生态功能难以恢复。

1.2 水体污染与水质恶化

施工活动不可避免地产生各类废水,包括混凝土搅拌废水、机械设备清洗水、含油污水以及施工人员生活污水等。若这些废水未经有效处理而直接排入附近水体,将显著增加悬浮物、化学需氧量(COD)、石油类及重金属等污染物浓度,破坏水体原有理化性质,抑制水生植物光合作用,威胁鱼类及其他水生生物的生存。此外,施工机械在河道内作业或围堰施工扰动底泥,可能释放沉积多年的内源污染物,如氮、磷和有机毒物,进一步加剧水质恶化。尤其在水源保护区或生态敏感水域,此类污染风险更为突出,亟需通过系统化的水环境保护措施加以防控。

1.3 生物多样性受损

许多水利工程穿越或邻近自然保护区、湿地、河岸带等生物多样性热点区域,施工活动对当地野生动植物构成多重压力。施工机械产生的高强度噪声和夜间照明会干扰鸟类、两栖类及哺乳动物的正常行为节律,甚至迫使其迁离原有栖息地。更为严重的是,大坝、堤防等永久性构筑物可能切断河流纵向连通性,阻断鱼类洄游通道,导致依赖特定产卵场或越冬场的物种无法完成生命周期,种群数量锐减甚至局部灭绝^[1]。例如,长江流域部分水电站建成后,中华鲟、胭脂鱼等珍稀洄游鱼类的自然繁殖已基本停滞。这种生物多样性的丧失不仅削弱了生态系统的稳定性,也降低了其服务人类福祉的能力。

1.4 河流生态系统结构破坏

传统水利工程施工常采用裁弯取直、岸线硬化、漫滩填埋等工程手段,虽提升了防洪或输水效率,却严重破坏了河流自然形态与生态过程。天然蜿蜒的河道被拉直后,水流速度加快,冲刷加剧,河床稳定性下降;硬

质护岸取代了原有的草本—灌木—乔木复合植被带，使河岸失去缓冲、过滤与栖息功能；而天然漫滩的消失则剥夺了洪水期的调蓄空间与生物避难所。这些改变共同导致“河—岸—滩”一体化生态系统的解体，河流自净能力减弱，生态韧性显著降低，最终影响整个流域的生态健康与可持续性。

2 水利工程施工中生态保护的实践路径

2.1 制度保障路径：健全法规标准与责任机制

要实现水利工程施工阶段生态保护的有效落地，首先必须依靠健全的制度体系予以保障。当前，我国已初步形成以《环境影响评价法》《水土保持法》《长江保护法》等为核心的法律框架，为生态约束提供了基本依据。然而，关键在于将这些原则性要求转化为可操作的工程实践。具体而言，应在项目前期审批阶段严格落实生态红线制度，明确禁止开发区域与生态敏感区的避让要求，并将生态保护目标纳入工程可行性研究报告的强制性内容。同时，应推动建立施工单位生态环保责任制，将水土保持、污染防治、生物保护等具体任务写入施工合同，明确违约责任，并将其纳入企业信用评价与履约考核体系。通过“谁施工、谁负责、谁修复”的闭环管理机制，倒逼参建各方主动履行生态保护义务，从源头上减少生态扰动。

2.2 技术创新路径：推广绿色施工与生态工法

技术创新是破解生态保护与工程建设矛盾的核心动力。在水土保持方面，应逐步淘汰传统的混凝土硬质护坡，转而采用三维植被网、生态袋、植生毯等柔性生态护坡技术。这些材料既能有效固土防蚀，又能为植物根系提供生长空间，实现工程防护与生态恢复的双重目标。同时，施工过程中应全面实施表土资源保护策略，即在开挖前先行剥离表层30-50厘米的肥沃土壤并集中堆放，待工程完工后用于复垦或绿化，最大限度保留土地生产力。在水环境保护方面，需建设标准化的施工废水处理设施，确保混凝土废水经沉淀、中和后回用，含油污水经隔油、吸附处理达标后再排放，真正实现“零直排”。针对生物多样性保护，应科学规划施工时序，主动避开鸟类繁殖季、鱼类产卵期等生态敏感时段；在不可避免穿越动物迁徙路径的区域，应设置生态廊道或涵洞式通道；对于拦河工程，则需配套建设仿自然鱼道或升鱼机等过鱼设施，保障水生生物的纵向连通性^[2]。此外，推行“边施工、边修复”的同步治理模式，对临时施工便道、堆料场等区域及时进行植被恢复，利用乡土植物构建稳定群落，有助于加速生态系统自我修复进程。

2.3 管理优化路径：全过程生态管控

生态保护不能仅依赖末端治理，而应贯穿于工程全生命周期。为此，有必要构建覆盖“前期—施工—验收—运营”各阶段的全过程生态管控体系。在前期阶段，应开展精细化的生态本底调查，识别关键物种、敏感栖息地及生态过程，为工程选址与布局提供科学依据。进入施工阶段后，须编制专门的《生态保护专项实施方案》，明确各项措施的技术参数、实施节点与责任人，并设立专职生态监理岗位，对措施落实情况进行独立监督。同时，应布设涵盖水质、噪声、土壤侵蚀、生物活动等要素的监测网络，利用自动化传感器与遥感技术实现实时数据采集与风险预警。在工程竣工验收环节，应将生态修复成效（如植被覆盖率、水体透明度、鱼类过坝率等）作为硬性指标纳入验收标准，未达标者不予通过。唯有通过这种系统化、制度化的全过程管理，才能确保生态保护从“纸面承诺”真正转化为“现场实效”。

2.4 公众参与路径：构建多元共治格局

生态保护不仅是政府与企业的责任，也离不开社会公众的广泛参与。当前，部分水利项目因信息不透明、沟通不充分而引发公众质疑甚至抵制。因此，应积极构建政府、企业、社区、环保组织与科研机构多元协同的共治格局。一方面，可通过官方网站、公示栏、听证会等形式，及时公开工程生态影响评价报告、施工方案及监测数据，保障公众知情权；另一方面，可邀请当地居民、环保志愿者参与生态巡查或植被种植活动，增强其主人翁意识^[3]。例如，三峡集团在金沙江下游水电开发中定期举办“生态保护公众开放日”，组织学生、村民参观鱼道运行与增殖放流现场，既提升了工程透明度，也增强了社会对生态保护工作的理解与支持。这种开放、包容的参与机制，有助于形成共建共治共享的生态保护新生态。

3 生态保护措施的效果评价

3.1 评价指标体系构建

科学评价生态保护措施的实施效果，需建立系统、可量化的指标体系。本文提出从“目标达成度、过程合规性、生态恢复效果”三个维度构建综合评价框架。

表1 评价指标体系构建

维度	一级指标	二级指标示例
目标达成度	生态保护目标实现率	水土流失控制率、水质达标率、珍稀物种保护率
过程合规性	措施执行规范性	方案覆盖率、监测频次、整改及时率
生态恢复效果	生态系统恢复水平	植被覆盖率、生物多样性指数、河岸带完整性

3.2 评价方法

在具体评价方法上,应坚持定量与定性相结合、静态与动态相统一的原则。定量分析主要依托长期监测数据,如通过水质自动站获取pH、COD、氨氮等参数,利用无人机遥感解译植被覆盖变化,或通过样线法、红外相机等手段评估野生动物活动频率。定性评估则可采用德尔菲法或专家打分法,邀请生态、水利、规划等领域专家对措施合理性、实施难度及长期可持续性进行综合判断^[4]。此外,设置对照区(如邻近未施工河段)与实验区(施工影响区)进行对比分析,有助于剥离自然波动因素,更准确地识别施工扰动的真实影响及恢复潜力。

3.3 典型案例分析

南水北调中线工程河南段穿越丹江口水库水源保护区,生态保护要求极为严格。项目实施过程中,全线采用封闭式输水箱涵,彻底避免与地表水交叉污染;所有施工废水经处理后全部回用,实现零排放;表土资源100%剥离并用于后期生态复绿;同时,在动物迁徙路径上设置了37处生态通道。效果监测显示,施工期间库区水质始终保持在Ⅱ类以上标准,沿线临时占地植被恢复率达95%,红外相机多次拍摄到野猪、貉等中大型兽类穿越通道,表明生态廊道功能有效发挥。另一典型案例是雅砻江锦屏二级水电站,针对鱼类洄游受阻问题,工程配套建设了国内首条高坝仿自然鱼道,并联合科研机构开展珍稀鱼类人工增殖放流。监测数据显示,鱼道年均过鱼效率达68%,远高于传统垂直slot鱼梯;下游齐口裂腹鱼等土著鱼类种群数量较施工前仅下降约15%,显著优于同类工程30%以上的平均降幅。这两个案例充分证明,只要措施得当、执行到位,大型水利工程完全可以在保障功能的同时实现高水平生态保护。

4 存在的问题与优化建议

4.1 存在的问题

尽管当前水利工程施工生态保护取得显著进展,但仍存在若干深层次问题。首先,部分项目仍存在“重工程进度、轻生态预防”的思维惯性,生态保护被视为事后补救而非前置条件,导致措施被动、成本高昂。其次,生态工法缺乏统一的国家级技术标准,各地执行尺

度不一,影响措施的规范性与可比性。再次,生态监测数据分散于不同部门,尚未实现跨平台共享,难以形成监管合力。最后,多数效果评价止步于工程竣工验收,缺乏对运营期5-10年的长期跟踪,无法真实反映生态系统的恢复轨迹与潜在风险。

4.2 优化建议

针对上述问题,建议从四个方面加以优化:一是推动“生态优先”理念制度化,将生态流量保障、栖息地连通性、生物多样性维持等核心指标纳入工程可行性研究与初步设计的强制性审查内容;二是加快制定《水利工程绿色施工技术导则》,统一生态护坡、鱼道设计、噪声控制等关键技术参数,提升行业标准化水平;三是建设智慧生态监管平台,整合卫星遥感、物联网、人工智能等技术,实现生态风险智能识别与动态预警;四是建立重大水利工程生态后评估机制,明确运营期10年内的生态监测与评估责任主体,推动生态保护从“阶段性任务”转向“长期性承诺”。

5 结语

水利工程施工阶段的生态保护已从被动应对走向主动融合。通过制度约束、技术创新、精细管理和多元参与的协同发力,可有效缓解工程建设对生态系统的负面影响。本文提出的“四位一体”实践路径及“三维”效果评价体系,为提升水利工程生态友好性提供了系统解决方案。未来,应进一步强化全生命周期生态管理,推动水利工程从“灰色基础设施”向“绿色生态基础设施”转型,真正实现人水和谐、工程与自然共生的可持续发展目标。

参考文献

- [1]金鹏举.水利工程施工中生态保护技术的应用[J].工程建设与设计,2025,(16):156-158.
- [2]张泽.水利工程施工及生态环境保护措施研究[J].水上安全,2025,(17):108-110.
- [3]郭健.水利工程施工中的环境保护与生态恢复措施[J].石材,2025,(08):165-167.
- [4]王小莉.水利工程施工中环境保护与生态建设分析[J].水上安全,2025,(08):88-90.