

# 水利工程生态影响评估与绿色修复技术探讨

杜志刚

卓资县水利局

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6771

**[摘要]** 水利工程在保障社会经济发展的同时,会对水文情势、生物多样性、土壤植被及生态系统服务功能产生系统性生态影响。本文分析了上述核心影响,构建了水文连通性修复、生物多样性恢复、土壤与水环境修复、景观生态修复的绿色修复技术体系,提出规划、施工、运营全周期协同优化对策及政策-技术-管理三位一体保障体系,为水利工程生态影响评估与绿色修复实践提供参考,助力生态与经济效益协调统一。

**[关键词]** 水利工程; 生态影响评估; 绿色修复技术

**中图分类号:** TV **文献标识码:** A

## Discussion on Ecological Impact Assessment and Green Restoration Technology of Water Conservancy Project

Zhigang Du

Zhuozhi County Water Resources Bureau

**[Abstract]** While supporting socio-economic development, water conservancy projects exert systemic ecological impacts on hydrological conditions, biodiversity, soil-vegetation interactions, and ecosystem services. This study analyzes these core impacts and establishes a green restoration framework encompassing hydrological connectivity restoration, biodiversity recovery, soil-water environment remediation, and landscape ecological rehabilitation. It proposes integrated optimization strategies for the entire lifecycle (planning-construction-operation) and a tripartite policy-technology-management support system. The findings provide references for ecological impact assessment and green restoration practices in water conservancy projects, facilitating the harmonious integration of ecological and economic benefits.

**[Key words]** hydraulic engineering; ecological impact assessment; green restoration technology

### 引言

水利工程是水资源调控与防灾减灾的核心基础设施,但其建设运营易打破自然生态平衡,引发径流改变、栖息地碎片化等生态问题。本文聚焦核心问题,剖析多维度生态影响,构建绿色修复技术体系与全周期协同优化对策,推动水利工程向生态友好型转型,实现水资源开发与生态保护良性互动。

### 1 水利工程主要生态影响分析

#### 1.1 对水文情势的影响

水利工程的建设与运行首先会对区域水文情势产生系统性扰动。工程设施对天然径流的拦截与调控,打破了自然状态下径流的时空分配格局,导致汛期径流量减少、枯水期补水量增加,进而改变流域内水资源的自然分配节律;同时,库区水位因蓄水显著抬升,而下游河道水位可能出现阶段性下降,水流流速减缓则会降低水体交换能力,影响流域内的水文动力过程;此外,大坝等工程设施会直接阻断河流廊道的连续性,破坏上下游及河湖之间的水文连通性,导致流域水文循环的完整性受损。

#### 1.2 对生物多样性的影响

水利工程对生物多样性的影响贯穿陆生与水生生态系统。在陆生生态方面,工程建设占用土地、库区淹没等行为会直接破坏陆生生物栖息地,同时将完整的栖息地分割为孤立斑块,加剧栖息地碎片化程度;在水生生态方面,大坝的阻隔会阻碍鱼类等水生生物的洄游通道,库区水位变化与水流条件改变还会破坏产卵场、索饵场的原有环境,影响水生生物的繁殖与摄食;上述栖息地破坏与环境改变最终会导致区域物种多样性呈现下降趋势,且适应能力较强的优势物种会逐渐替代原有敏感物种,引发群落结构的逆向演替<sup>[1]</sup>。

#### 1.3 对土壤与植被的影响

水利工程的实施还会对土壤与植被系统造成显著影响。工程施工过程中的土方开挖、植被清除等行为会直接扰动地表土壤,加剧区域土壤侵蚀风险;库区周边因地下水位抬升易引发土壤盐碱化,而下游河道因径流量减少可能出现土壤沙化现象,进一步恶化土壤质量;植被系统则因工程占用、淹没及土壤环境

变化,导致覆盖度明显降低,原有植被群落的组成结构被打破,耐水、耐贫瘠等适应性较强的植被类型占比上升,原生植被群落的稳定性与完整性遭到破坏。

#### 1.4对生态系统服务功能的影响

水利工程对生态系统服务功能的影响具有多元性与复杂性。在供给服务与调节服务方面,工程虽能提升水资源供给的调控能力、增强区域防洪的调节功能,但也可能因水文情势改变影响渔业资源供给,且水流流速减缓会降低水体自净能力,导致水质调节服务功能弱化;在文化服务与支持服务方面,工程建设可能破坏原有自然景观,影响生态旅游、文化传承等文化服务价值,同时土壤质量下降、栖息地破坏会干扰土壤形成、养分循环、生物栖息地维持等支持服务,削弱生态系统的基础支撑能力<sup>[2]</sup>。

### 2 水利工程区域绿色修复技术体系

#### 2.1水文连通性修复技术

水文连通性修复是水利工程区域生态修复的核心前提,其技术体系聚焦于打破工程阻隔、重构自然水文循环与生态连通格局。生态型堤岸构建技术摒弃传统硬质堤岸对水陆交互的阻断弊端,采用格宾石笼、生态混凝土、植被根系固坡等复合结构组合,在保障堤岸防洪稳定性的基础上,为水陆生物提供栖息与迁移通道,同时促进堤岸周边土壤与水体的物质交换,提升堤岸生态系统的自我调节能力;鱼道与生态廊道建设技术则针对大坝、水闸等设施造成的生物迁徙障碍,结合流域内关键水生生物的习性特征,设计适配的鱼道类型,同时构建串联碎片化陆生栖息地的生态廊道,打通生物迁徙的关键路径,恢复物种基因交流通道;径流调控与水系重构技术立足流域水文特征,通过修建生态堰坝调节径流节律、梳理河网水系打通断头河、科学调控生态流量保障关键时段水资源供给等措施,优化径流时空分布状态,修复受损的水系连通网络,重塑健康的流域水文循环系统。

#### 2.2生物多样性恢复技术

生物多样性恢复技术以“生态适配性”为核心原则,构建陆生与水生生态系统协同恢复的技术体系,助力重建稳定的区域生态群落。陆生植被重建与优化技术在实施前先开展区域生境本底调查,明确原生植被类型与群落结构特征,优先选用乡土乔木、灌木及草本植物,通过植苗、直播、植被抚育等综合措施重建植被覆盖层,同时根据不同立地条件优化群落层次结构,提升植被群落的抗干扰能力、水土保持能力及生态承载力;水生生物栖息地人工修复技术针对工程破坏的产卵场、索饵场、越冬场等关键生境,采取清理河道淤积物、平整河床地形、布设人工鱼巢与水生植物床、调控水体流速与水质等针对性措施,改善水生生物生存的核心环境条件;乡土物种筛选与培育技术重点围绕本土物种的生态适应性、抗逆性及群落兼容性开展筛选,通过人工繁育、幼苗驯化培育等手段扩大乡土物种种群规模,同时建立乡土物种种植示范区域,引导自然扩散,有效规避外来物种入侵风险,保障生物多样性恢复的稳定性与可持续性<sup>[3]</sup>。

#### 2.3土壤与水环境修复技术

土壤与水环境修复技术聚焦工程区域土壤退化、水体污染

等核心问题,构建“改良-净化-治理”一体化修复体系,为生态系统恢复奠定良好的基质基础。土壤改良与植被固土技术针对工程扰动引发的土壤侵蚀、沙化、盐碱化等不同问题,采取差异化修复措施:对侵蚀土壤采用施加有机肥、生物改良剂提升肥力,搭配根系发达的固土植物构建防护层;对沙化土壤通过铺设秸秆覆盖层、种植沙生植被改善土壤结构;对盐碱化土壤采用暗管排水、脱硫石膏改良等技术降低盐分含量,同步结合植被种植实现土壤肥力与固土能力的协同提升;生态净化技术综合运用人工湿地、生态浮岛、生物膜净化系统等多种形式,利用水生植物的吸收作用、微生物的降解作用及基质的截留作用,高效拦截和去除水体中的氮、磷、有机物等污染物,提升水质净化效能;水体富营养化治理技术采用“预防+治理”相结合的思路,前期通过生态拦截措施减少外源营养盐输入,后期利用微生物控藻剂、水生植物竞争抑制、曝气增氧等生态手段,抑制藻类暴发,降低水体营养盐浓度,逐步恢复水体生态功能。

#### 2.4景观生态修复技术

景观生态修复技术以景观生态学“斑块-廊道-基质”理论为指导,聚焦优化区域生态格局、提升生态服务价值,构建功能完善的景观生态体系。景观格局优化与破碎化治理技术针对水利工程建设导致的景观破碎化、生态斑块孤立化等问题,通过整合相邻孤立生态斑块、修复受损的景观基质、增设生态缓冲带与过渡带等措施,减少景观破碎化程度,提升景观的连通性、整体性与稳定性;同时结合区域生态功能定位,优化不同景观类型的比例与空间布局,实现生态、经济与社会效益的协调。生态节点与廊道网络构建技术以区域内重要生态节点为核心,以生态廊道为纽带,科学规划廊道走向与宽度,串联各类生态斑块,形成“核心节点辐射、廊道连通全域”的景观生态网络;通过完善生态网络的物质循环、能量流动与生物迁移功能,提升区域生态系统的抗干扰能力与自我修复能力,推动景观生态功能与生态服务价值的协同提升<sup>[4]</sup>。

### 3 水利工程生态影响评估与绿色修复的协同优化对策

#### 3.1规划阶段:源头防控与生态融入

规划阶段的协同优化核心在于实现源头防控与生态融入的深度衔接,从根源上降低水利工程对生态环境的潜在影响。一方面,需以生态红线为刚性约束,优化工程规划布局,严格避让生态敏感区、核心栖息地等关键区域,通过多方案比选确定对生态扰动最小的建设路径;另一方面,应推行生态影响评估前置制度,将评估流程嵌入规划初期,对规划方案开展全面的生态可行性论证,重点研判工程建设对水文连通性、生物多样性等核心生态要素的影响,确保规划方案既满足工程功能需求,又契合生态保护要求,实现工程建设与生态保护的协同规划。

#### 3.2施工阶段:过程管控与影响减缓

施工阶段的协同优化聚焦过程管控与影响减缓,通过全流程生态管控实现施工扰动的最小化。在技术应用层面,大力推广生态友好型施工技术与工艺,例如采用少扰动施工设备、干法施

工替代湿法施工、分段分时施工等方式,减少对地表植被、土壤结构及水体环境的破坏;在监测与修复层面,构建施工期动态监测体系,重点监测施工区域的水质、土壤理化性质、植被覆盖度等生态指标,一旦发现生态扰动超出阈值,立即启动即时修复措施,如临时植被覆盖、边坡防护、水体净化等,实现“边施工、边监测、边修复”的动态协同管控。

### 3.3运营阶段：长期监测与修复调适

运营阶段的协同优化关键在于长期监测与修复调适的持续发力,保障生态系统的长期稳定。首先,需构建全要素、全周期的生态影响长期监测体系,明确监测指标、频次与范围,重点跟踪水文情势、生物群落结构、生态系统服务功能等核心指标的变化趋势,为修复效果评估提供数据支撑;其次,建立修复效果动态评估机制,定期对照生态修复目标开展成效评估,若发现修复效果未达预期或生态环境出现新的问题,及时分析原因并优化修复方案,通过“监测-评估-调适”的闭环管理,实现生态修复与工程运营的动态协同<sup>[5]</sup>。

### 3.4保障体系：政策、技术与管理协同

保障体系的协同优化是实现生态影响评估与绿色修复长效衔接的重要支撑,需构建政策、技术与管理三位一体的协同保障机制,各维度核心任务与实施要点

可通过下表清晰梳理:

表1 协同优化保障体系政策-技术-管理三维度核心任务与实施要点

保障维度	核心任务	实施要点
政策保障	明确协同优化制度边界	完善生态评估与修复相关法律法规,界定各主体生态责任,统一评估标准与修复要求
技术保障	突破协同关键技术瓶颈	强化生态友好型施工、修复效果量化评估等技术研发,搭建成果转化与推广平台
管理保障	提升协同实施监管效能	整合政府监管、第三方评估、公众参与力量,建立权责清晰的多元化管理监督机制

在此基础上,需推动三大维度深度融合:政策层面为技术研发与管理实施提供制度遵循,技术层面为政策落地与管理优化提供支撑,管理层面保障政策执行与技术应用的实效,最终形成全方位、多层次的保障合力,确保协同优化对策长效落地。

## 4 结语

综上所述,水利工程的生态影响具有系统性与多元性,绿色修复需立足整体性构建差异化方案。实现生态保护与工程功能协同,关键在于“规划-施工-运营”全周期管控与政策、技术、管理三位一体保障,形成闭环管理模式。未来需强化评估精准化、技术创新与对策落地,让水利工程在发挥核心功能的同时,保障流域生态安全与可持续发展。

## [参考文献]

- [1]孙明.黄河流域水利工程施工期生态影响评估与保护策略研究[C]//中国智慧工程研究会.2025智慧设计与建造经验交流论文集.山东安澜工程建设有限公司,2025:181-183.
- [2]史红霞,赵辉,宋超.浅析水利工程建设中的生态影响及保护措施[J].中原文化与旅游,2025,(04):95-97.
- [3]王英丽,陈俊昂.水利工程对河流形态生态影响的定量评价方法研究及应用[J].水利规划与设计,2025,(03):39-43.
- [4]钟杰宽,黄晓倩,杨炀.水利工程对桂林漓江风景名胜区景观及生态影响评价研究[J].绿色科技,2024,26(15):23-27+34.
- [5]韩鹏,陈姗姗.水利工程对水环境生态影响评价综合体系的构建与研究[J].陕西水利,2024,(06):83-86.

## 作者简介:

杜志刚(1982--),男,汉族,内蒙古自治区乌兰察布市人,本科,毕业于内蒙古工业大学,高级工程师,主要从事水利工程方面研究。