

Application of Ecological Water Conservancy Engineering in River Management

Bin Suo

Qih River and Yellow River Water Affairs Bureau, Dezhou, Shandong, 251100, China

Abstract

With the rapid advancement of urbanization and industrialization, the degradation of river ecosystems has become increasingly severe. The traditional “engineering-dominated, ecologically neglected” governance model can no longer meet the demands of sustainable development. Based on the theory of ecological water conservancy engineering and combined with typical urban river governance practices, this study systematically explores its core design logic and application pathways. By comparing multi-dimensional indicators such as hydrology, water quality, and biology before and after governance, it verifies the restoration efficacy of ecological water conservancy projects on river ecological functions and proposes optimization directions. The research indicates that ecological water conservancy projects, through measures like simulating natural hydrological processes and reconstructing biological habitats, can significantly enhance river ecological service functions, providing a scientific paradigm for river governance.

Keywords

ecological water conservancy engineering; river channel management; ecosystem restoration; hydro-ecological synergy

生态水利工程在河道治理中的应用研究

索彬

齐河黄河水务局, 中国·山东 德州 251100

摘要

随着城市化与工业化快速推进, 河道生态系统退化问题愈发严峻, 传统“工程主导、忽视生态”的治理模式已难以适应可持续发展需求。基于生态水利工程理论, 结合典型城市河道治理实践, 系统探讨其核心设计逻辑与应用路径。通过对比治理前后水文、水质、生物等多维度指标变化, 验证生态水利工程对河道生态功能的修复效能, 并提出优化方向。研究表明, 生态水利工程通过模拟自然水文过程、重构生物栖息地等措施, 可显著提升河道生态服务功能, 为河道治理提供科学范式。

关键词

生态水利工程; 河道治理; 生态系统修复; 水文-生态协同

1 引言

河道作为流域生态系统的关键廊道, 兼具行洪排涝、水资源调配、生物多样性维持等多重功能。然而, 长期受“硬化护岸、裁弯取直、过度开发”等传统治理模式影响, 河道自然属性被严重破坏: 水文连通性阻断导致洪枯水位波动异常, 生境碎片化致使生物多样性锐减, 硬质界面阻隔削弱了水体自净能力。近年来, “生态优先、系统治理”理念逐步成为共识, 生态水利工程作为一种融合工程安全性与生态功能性的新型技术体系, 通过协调“人-水-自然”关系, 为河道生态修复提供了创新路径。本文以典型城市内河道综合治理工程为研究对象, 从理论框架、技术措施到效果验证

展开系统分析, 旨在为同类河道生态治理提供可复制的经验参考。

2 生态水利工程的核心理论与设计原则

2.1 核心内涵

生态水利工程以生态学原理为基础, 强调水利工程的工程性与生态系统的自组织性相协同, 通过模拟自然水文节律、构建生物友好型环境, 实现防洪、供水、生态等多目标平衡。其本质是“顺应自然规律, 强化系统韧性”, 而非单纯依赖工程措施控制自然过程^[1]。

2.2 设计原则

(1) 水文连通性优先: 保留或恢复河道自然形态(如弯曲河道、浅滩深潭交替序列), 维持水流空间与时间的多样性, 保障物质能量交换畅通; (2) 生物栖息地适配: 针对不同水生生物(鱼类、底栖动物、水生植物)的生境需求,

【作者简介】索彬(1976-), 男, 本科, 工程师, 从事水利工程施工建设研究。

设计多样化微环境（如缓流区、遮蔽物、产卵场）；（3）生态材料替代：采用透水混凝土、生态砖、石笼网等可渗透、可生长的材料，替代传统硬质护岸，增强界面生态活性；（4）动态适应性调控：结合河道水文特征与生态演替规律，预留工程调整空间，适应气候变化与生态系统的自我修复需求。

3 生态水利工程在典型河道治理中的应用实践

3.1 治理背景与问题诊断

选取某平原城市内一条典型河道（全长约 7.5km，流域面积约 10km²）作为研究对象。治理前河道面临三大核心问

题：① 护岸硬化率超 85%，切断了陆域与水域的物质循环；② 直线化改造导致生境单一，鱼类仅存 4-5 种（多为耐污广布种），底栖动物密度不足 10ind/m²；③ 水体滞留时间长达 15 天以上，COD、氨氮年均浓度超 V 类标准，自净能力近乎丧失。

3.2 主要工程措施与生态目标

针对诊断结果，项目采用“生态修复+功能协同”综合方案（表 1），重点围绕水文连通性、生物栖息地与水质净化三大维度展开。

表 1 “生态修复+功能协同”综合方案主要内容

工程模块	关键技术/措施	核心生态目标
护岸生态化改造	替换硬质混凝土为“松木桩+植草砖+沉水植物”复合结构，局部保留自然弯曲段（占比≥10%）	恢复水陆物质交换，构建底栖动物与两栖类栖息地
河道形态重塑	恢复 2-3 处浅滩深潭序列，增设 3 处生态岛（面积占比约 5%）	增加水流紊动性，提供鱼类产卵场与避难空间
水生植被系统重建	分层种植沉水植物（苦草、轮叶黑藻）、挺水植物（芦苇、香蒲）及浮叶植物（睡莲）	提升水体自净能力，构建“水下森林”生物栖息网络
生态流量调控	建设阶梯式生态堰坝，结合季节特征模拟自然涨落（日均流量波动幅度提升至 25%-30%）	维持水生生物生命周期所需的水文条件（如产卵期涨水信号）

4 治理效果评估

4.1 评估方法与数据来源

研究采用多维度指标对比法，系统评估生态水利工程对河道生态系统的修复效能。评估周期选取治理前（2017 年）与治理后（2022 年）两个关键时间节点，覆盖水文、水质、生物及景观功能四大类核心指标，确保结果的时效性与可比性。具体指标包括：水文维度选取平均流速、水体滞留时间等反映水动力条件的参数；水质维度监测 COD、氨氮、总磷等常规污染物浓度及溶解氧水平；生物维度重点调查鱼类物种丰富度、底栖动物密度（ind/m²）及水鸟种类数；景观功能则通过护岸植被覆盖率、岸坡地表温度差值等量化生态服务价值^[2]。

数据来源涵盖三方面：其一，河道沿线布设的 5 个长期监测站，配备自动水位、流速仪及水质多参数传感器，连续 6 年采集水文与水质基础数据，经标准化校准后形成时序数据库；其二，委托专业生态研究院开展生物专项调查，采用样方采样（水生植物覆盖度）、网捕法（鱼类与底栖动物）及样线法（水鸟观测）获取生物群落数据，样本量均满足统计学要求；其三，结合遥感影像解译与公众问卷调研，分析景观功能提升的直观效益。所有数据经 SPSS 26.0 进行配对 t 检验与相关性分析，验证治理前后指标变化的显著性，确保结论科学可靠。

4.2 关键指标变化分析

4.2.1 水文与水质改善

水文与水质的协同修复是生态水利工程最直观的成效体现。治理前，硬化护岸彻底阻断了陆域与水域的物质交换，河道水动力陷入“滞止”状态——平均流速仅 0.12m/s，水

体滞留时间超 15 天，污染物因无法及时扩散而持续累积，COD、氨氮浓度长期超标，河道一度呈现黑臭特征。工程通过恢复浅滩深潭自然序列、重构“透水护岸+水生植物”复合界面，重新激活了水文循环：河道平均流速提升至 0.25m/s，水体滞留时间缩短至 7 天以内，水动力条件的改善显著增强了自净能力；同时，沉水植物的根系吸附与微生物膜降解作用，配合生态流量调控带来的涨落脉冲，有效削减了水中悬浮颗粒物与营养盐^[3]。

4.2.2 生物多样性恢复

生物多样性的回升是生态系统功能修复的核心标志。治理前，生境碎片化与恶劣水质导致生物群落“极度简化”：鱼类仅存 4-5 种耐污广布种（如食蚊鱼），底栖动物密度不足 10ind/m²，水鸟因缺乏食物与隐蔽场所几乎绝迹。工程针对不同生物的生境需求精准施策：松木桩+植草砖的护岸为螺类、蚌类等底栖动物提供了缝隙庇护所，分层种植的苦草、芦苇形成了“水下-岸边”的立体植被网，浅滩深潭与生态岛则为鲫鱼、鳊鱼等土著鱼类提供了产卵场与幼鱼避难所。

4.2.3 生态服务功能提升

生态服务功能的强化是生态水利工程“人水和谐”理念的最终落地。治理前，硬化护岸将河道异化为“工程设施”，不仅割裂了人与水的自然联系，其高反射率还导致夏季岸坡温度高达 45℃以上，毫无休闲价值。工程通过“生态化改造”实现了功能叠加：护岸植被覆盖率从不足 5% 提升至 80% 以上，挺水植物（芦苇、香蒲）与灌木的组合形成了兼具景观与生态功能的缓冲带，夏季岸坡地表温度较原硬化护岸降低 6-8℃，显著改善了区域小气候；自然化的河道形态与生

机盎然的植被景观,使原本封闭的排水渠转变为开放的公共空间。

5 生态水利工程在河道治理存在的挑战与优化建议

5.1 生态水利工程在河道治理存在的挑战

5.1.1 长期生态演替监测体系不完善

生态水利工程的可持续性高度依赖对生态系统演替规律的认知,但当前长期监测体系的缺失已成为关键短板。多数项目仅聚焦治理后3-5年的短期成效评估,如水质达标率、植被覆盖度等显性指标,对生物群落结构、底泥环境演变、水文连通性维持等长期动态缺乏系统性跟踪。监测手段多依赖人工周期性采样与定点观测,自动化传感器、遥感监测及大数据模型的应用仍处于探索阶段,难以捕捉季节性波动、极端天气干扰下的细微变化;数据积累呈碎片化特征,跨年份对比分析、区域关联性研究薄弱,导致无法准确判断生态系统是否真正进入稳定期^[4]。

5.1.2 多部门协同机制待强化

河道治理涉及水利、生态环境、自然资源、农业农村等多部门,权责交叉与管理目标差异导致协同效率低下。水利部门侧重防洪调度与工程安全,生态环境部门关注水质达标与污染防治,自然资源部门管控岸线土地用途,农业农村部门则需保障沿岸农业生产用水,各部门管理边界模糊、标准不一。例如,生态流量调控需减少农业灌溉引水,易引发用水矛盾;生态岛建设涉及滩涂地权属争议,常因协调不畅延误施工;资金投入分散于各主管部门,难以形成集中效应。协同机制缺失还导致前期规划缺乏统一技术标准。

5.1.3 公众参与深度不足

公众参与是生态水利工程社会价值实现的关键,但当前参与多停留在“告知”层面,未形成实质性互动。工程设计阶段鲜少征求沿岸居民意见,部分措施(如护岸植被选择、生态岛功能定位)因脱离实际需求引发争议;运营期虽设置宣传牌,但缺乏常态化参与机制(如生态监测志愿者、公众开放日),公众对工程核心功能(如生物栖息地保护、径流调节)的认知局限于“景观美化”。

5.2 生态水利工程在河道治理优化建议

5.2.1 构建“智慧监测+模型模拟”平台

针对长期生态演替监测体系薄弱问题,需搭建“智慧监测+模型模拟”一体化平台。在关键节点部署自动化水质传感器、水文流量计及生物群落摄像头,实时采集溶解氧、流速、底栖动物活动等数据,通过5G传输至云端数据库;同步整合历史监测数据与遥感影像,构建河道生态数字孪生模型。利用机器学习算法模拟不同工况下(如降雨、生态补

水)的生态响应,预测生物群落演替趋势及水质波动风险。该平台不仅能填补长期数据空白,还可为工程维护(如植被补植、流量调控)提供精准决策依据,推动管理从“经验驱动”向“数据驱动”转型,切实保障生态系统稳定性^[5]。

5.2.2 建立跨部门协调机制

破解多部门协同低效困境,需构建“顶层统筹+基层联动”的协调体系。成立由水利、生态环境、自然资源等部门组成的河道治理专班,明确职责分工与考核标准,避免权责交叉;制定统一的生态修复技术规范(如护岸型式、植被选择),消除标准差异引发的矛盾。建立跨部门信息共享平台,实时互通土地利用规划、农业用水需求等关键数据,统筹解决生态流量调度与灌溉用水冲突、生态岛建设与滩涂权属争议等问题。通过机制创新,将分散的资金、土地资源集中用于核心生态工程,形成“规划一张图、建设一盘棋”的高效治理格局。

5.2.3 深化公众参与与科普教育

针对公众参与深度不足短板,需构建“认知-参与-监督”的全链条互动机制。开展常态化生态科普活动,通过河道开放日、科普讲座、短视频宣传等形式,普及生态护岸的水文调节功能、生物栖息地对水质的净化作用等知识,扭转“硬化护岸更耐用”的认知偏差。组建“河道守护者”志愿者团队,吸纳居民参与植被养护、垃圾清理及生物群落观测,增强责任感;设立线上反馈平台,鼓励公众举报非法捕捞、倾倒垃圾等行为,将社会监督融入日常运维。通过双向互动,使公众从“旁观者”转变为“参与者”,让生态水利工程的生态价值真正转化为公众获得感与社会认同。

6 结语

生态水利工程通过模拟自然水文过程、重构生物栖息地,在保障河道基本功能的同时,显著提升了生态服务能力,实现了工程安全与生态价值的协同。未来需加强技术创新与机制保障,推动河道治理向“韧性生态”方向转型,为流域可持续发展提供支撑。

参考文献

- [1] 杜文华. 基于生态水利工程的河道治理生态设计分析[J]. 河南水利与南水北调, 2025, 54 (04): 37-38+80.
- [2] 袁鹏, 杨青森, 杨杰. 基于生态水利工程的农村河道治理思路[J]. 云南水力发电, 2025, 41 (02): 147-149.
- [3] 曾祥君. 浅析生态水利设计理念在河道治理工程中的应用[J]. 皮革制作与环保科技, 2025, 6 (03): 134-136.
- [4] 韩进军. 生态水利技术在河道治理工程中应用的探讨[J]. 价值工程, 2024, 43 (35): 142-144.
- [5] 张良磊. 基于生态水利技术的水利工程河道治理研究[J]. 现代工程科技, 2024, 3 (22): 64-67.