

Comprehensive Management Model and Application Practice of River Water Environment Based on Ecological Restoration

Xianfeng Shi

Water Affairs Bureau of Qingyuan Manchu Autonomous County, Liaoning Province, Qingyuan, Liaoning, 113300, China

Abstract

With the acceleration of social economy and urbanization, the health of river ecosystems is facing unprecedented challenges. The traditional water environment governance model mainly based on engineering measures has become difficult to achieve the overall restoration of the river basin ecosystem. In recent years, a comprehensive river management model based on the concept of ecological restoration has emerged, emphasizing the restoration of ecological structure and function, enhancing the self-purification capacity of water bodies, and achieving sustainable development. This article sorts out the integration mechanism of ecological restoration and river management, summarizes the main technical types and comprehensive management models, and analyzes the effectiveness of ecological restoration in improving water quality, restoring aquatic organisms and enhancing ecological services through case studies. Research indicates that in the future, river governance needs to enhance the multi-faceted collaboration of “engineering - ecology - society”, promote digitalization and public participation, improve the management and assessment system, and facilitate the deep integration and continuous innovation of ecological restoration and water environment governance.

Keywords

ecological restoration; river water environment; comprehensive management; multi-stakeholder collaboration; application practice; watershed management

基于生态修复的河流水环境综合治理模式及应用实践

石险峰

辽宁省清原满族自治县水务局, 中国·辽宁 清原 113300

摘 要

随着社会经济和城市化进程加快, 河流生态系统健康面临前所未有的挑战, 传统以工程措施为主的水环境治理模式已难以实现流域生态系统的整体恢复。近年来, 基于生态修复理念的河流综合治理模式兴起, 强调生态结构与功能的恢复, 提升水体自净能力, 实现可持续发展。本文梳理了生态修复与河流治理的融合机制, 总结了主要技术类型与综合治理模式, 并结合案例分析了生态修复在提升水质、恢复水生生物和改善生态服务等方面的成效。研究指出, 未来河流治理需强化“工程—生态—社会”多元协同, 推动数字化与公众参与, 完善管理与评估体系, 促进生态修复与水环境治理的深度融合和持续创新。

关键词

生态修复; 河流水环境; 综合治理; 多元协同; 应用实践; 流域管理

1 引言

近年来, 受人口增长、工业扩张和农业开发等多重因素影响, 河流水体污染、断流、生态退化等问题日益突出, 严重威胁城乡居民生活与生态安全。我国不少河流出现水质恶化、生态系统结构单一、生物多样性丧失等现象, 单一依赖工程措施的传统治理模式难以根本扭转生态退化趋势。基于生态修复的河流水环境综合治理模式, 强调系统性、预

防性和可持续性, 通过恢复水体自净机制、修复生态结构、增强生态服务功能, 实现河流健康与区域发展双赢。随着流域综合管理理念深化, 生态修复技术与流域治理工程深度融合, 已成为当前水环境治理的主流趋势。本文将系统阐述基于生态修复的河流水环境综合治理模式的理论基础、技术路径和应用成效, 结合典型案例分析其优势、挑战与发展前景, 旨在为流域水环境健康和区域可持续发展提供理论支持和实践借鉴。^[1]

【作者简介】石险峰（1968–），男，中国辽宁清原人，本科，从事水利工程研究。

2 生态修复理念下河流水环境综合治理的理论基础

2.1 生态修复与河流系统健康的耦合机理

生态修复是指采用生态学原理和工程措施相结合的手段,对受损生态系统进行恢复、重建和功能提升,使其逐步恢复到结构完整、功能健全、服务多样的健康状态。河流系统作为区域生态安全格局的核心,其健康状态依赖于水体质量、水量调控、生态结构多样性与系统自我调节能力。生态修复理念在河流水环境治理中的应用,强调恢复水体自然循环与能量流动,改善底栖生境结构,提升生态系统的自我修复和抗扰能力。

2.2 综合治理模式的理论创新与系统性逻辑

河流水环境综合治理模式以生态系统的整体性、结构性和多样性为核心理念,融合污染控制、水资源管理、生态修复、景观提升和社会参与等多元要素,致力于实现“源—流—汇”全链条系统管理。这一模式突破了传统治理中“头痛医头、脚痛医脚”的碎片化局限,强调以流域为单元,从整体上科学优化水环境结构与功能。治理过程中,首先对流域进行科学分区,精准识别各类污染源和生态风险点,实施针对性和差异化的治理策略,兼顾生态保护与区域发展需求。同时,推动多部门协同、产学研联合、工程措施与生态修复并重,强化流域综合治理的整体协同性与高效性。理论创新还体现在数字孪生、人工智能等新一代信息技术的赋能应用,通过智慧化、动态化的管理平台,实现水环境的实时感知、动态分析和精准决策,大幅提升了流域治理的科学化和智能化水平,为流域生态安全和可持续发展提供有力支撑。^[2]

2.3 水生态服务功能与治理成效评价体系

河流水环境综合治理不仅关注水质达标与污染削减,更强调水生态服务功能的全面提升,包括供水调节、洪涝调蓄、水生生物栖息、景观娱乐、碳汇固存等。系统构建水生态服务功能评价指标体系,能够全面反映治理成效和生态修复绩效。科学的评价体系应覆盖水体水质、生态结构完整性、生物多样性、生态系统稳定性与韧性、社会经济综合效益等维度,为流域治理成效监测和政策优化提供客观依据。

3 基于生态修复的河流综合治理主要模式与技术路径

3.1 生态基底修复与自然岸带重建

恢复河流的自然属性和生态系统基底功能,是河流综合治理的首要任务和基础环节。生态基底修复以底泥治理、河床结构调整与自然岸带重建为核心。通过采用天然材料重塑河床地形,营造分汊、浅滩、缓流等多样性微地貌,不仅增强了水体的自净力,还为水生生物创造了多样化的栖息空间。自然岸带重建以本地原生或乡土植被为主,形成多层次、立体化的生态绿化带,有效提升河流生物多样性与生态廊道

功能。岸带植被的恢复能够有效拦截地表径流中的氮、磷等污染物,缓解面源污染对水体的压力,同时改善了水陆交错带的生态过渡效果。底泥污染区域则结合物理疏浚、生态覆盖和原位生物修复等手段,协同提升河流基底环境质量。通过上述措施的系统实施,河流的自然属性、生态连通性和环境承载力显著提升,为流域综合治理和可持续发展奠定坚实基础。^[3]

3.2 多元协同治理与分区分级管控

现代河流水环境治理强调多元主体协同和分区分级精细化管控。治理措施需充分结合流域自然条件、污染特征及社会经济功能定位,科学划分上游、中游、下游和重点生态区,因地制宜实施差异化管理。上游以水源涵养、生态保育为主,注重原生态保护和自然修复;中游重在面源污染控制与受损水体修复,推进农业减排、生态拦截等措施;下游则以湿地净化、景观营造和生态旅游开发为重点。多元协同治理强调政府主导、企业参与、社会组织和公众共治,创新跨部门、跨行业、跨区域的联动治理机制,实现水资源调度、污染控制、生态修复的统筹推进。针对重要流域、敏感水体及特殊生态区,实行动态监测、分区预警和措施调整,提升治理的科学性、精准性和长效性。^[4]

3.3 生态技术与智能化管理融合应用

新型生态修复技术与智能化管理手段的融合,为河流水环境治理带来了变革性动力。生物修复、人工湿地、生态浮岛、生态护坡、微生物强化等绿色低碳技术,在污染物削减、水体净化和生态功能提升中发挥了关键作用。例如,人工湿地与生态浮岛可高效吸收氮、磷污染物,改善河道微环境,促进生态系统服务能力提升。与此同时,数字孪生、物联网感知和大数据分析等智能化手段日益广泛应用于流域治理实践。基于物联网的水质传感网络实现对河流水质、水量和生物多样性的全流程实时监测。数字孪生平台通过虚实映射和数据驱动,实现水环境的动态模拟、风险预警和治理决策智能化。各类智能管理工具的集成应用,使治理模式从传统的“被动响应”转向“主动预防”和“系统优化”。生态技术与智能管理的深度融合,为河流生态修复与综合治理的现代化、科学化、智慧化发展提供了坚实支撑。

4 生态修复综合治理模式的应用成效与典型案例

4.1 流域水质改善与水生态系统恢复

基于生态修复理念的综合治理模式在我国多个重点流域推广实施以来,水质和生态系统状况实现了显著改善。治理工程通过底泥原位修复、水动力条件优化和污染负荷削减,有效提升了流域断面达标率和优良水体比例。底泥污染区域经过生物修复、生态透水铺装等手段,水体透明度、溶解氧等生态指标持续优化,黑臭水体现象逐步消除。岸带状植被恢复和湿地重建,显著提高了流域的生态连通性和

生物多样性。以太湖、海河等流域为代表的综合治理项目,通过底泥修复和生态岸带营造,实现了水生态系统的明显恢复。水生生物群落结构更加丰富,生态系统稳定性和自净能力显著增强。水生态系统的重建不仅提升了流域整体环境承载力,也为后续水资源管理和生态服务能力提供了坚实的支撑,成为我国流域治理的示范典范。^[5]

4.2 多功能生态景观与社会效益提升

生态修复措施的系统实施,使河流空间功能日趋多元化,推动了“水体净化—生态修复—景观提升—社会服务”一体化发展。城市河道综合治理中,人工湿地、生态浮岛与岸带绿化带协同建设,打造了集水质净化、水文调节、科普教育、休闲娱乐于一体的多功能生态公园。这类生态景观不仅改善了城市人居环境,提升了市民生活质量,也带动了周边房地产增值、生态旅游和绿色经济发展。河流生态修复项目为社区营造了绿色公共空间,促进了社会公众的环保参与和生态文明教育,增强了社会凝聚力。多地经验表明,河流生态修复已成为带动区域经济升级、改善人居环境和提升社会整体福祉的重要抓手,实现了生态、经济与社会效益的多赢格局。

4.3 治理模式创新与管理能力提升

生态修复驱动下的河流综合治理不断推动流域管理模式和能力的创新升级。各地以数字化、智能化平台为依托,集成水质在线监测、生态预警和动态评价,实现了对水环境变化的实时感知和快速响应。流域管理由传统的分部门、分区域模式向跨部门、跨区域、跨行业的协同治理转型,政府、企业、科研机构和公众等多元主体共同参与,形成了合作治理新格局。为保障治理措施落实,管理部门建立了严格的考核评价体系和奖惩机制,持续优化治理流程与责任分工,有效提升了治理成效与资源配置效率。新模式下,流域治理更加科学、规范和高效,为我国河流生态修复与可持续管理提供了坚实的体制保障和创新样板。

5 面向未来的河流水环境综合治理路径创新

5.1 “工程—生态—社会”多元协同治理体系完善

未来河流水环境综合治理需在坚持生态修复为主导的基础上,进一步健全“工程—生态—社会”多元协同治理体系。具体而言,应推动工程措施与生态修复深度融合,强化生态廊道建设与防洪减灾工程的协同优化,实现污水处理与生态岸带营造、流域统一调度与生态补水等关键环节的系统衔接。多元协同治理不仅要整合水利、环保、城乡建设等部门资源,还需明晰权责边界,优化协调机制,构建政府主

导、企业参与、公众共治的流域治理共同体。通过提升社会多方主体的协作深度与治理能效,为河流水环境的系统性、持续性改善奠定坚实基础。

5.2 数字化智能管理与评估体系创新

数字化与智能化是现代河流治理转型升级的重要方向。应大力发展数字孪生、智慧水务、物联网感知、人工智能等前沿技术,推进河流监测、数据采集、风险预警与智能决策的协同一体化。建立完善的水环境动态监测与治理成效评估体系,实现水质、水量、水生态全过程动态感知和智能分析。

5.3 制度创新与公众参与机制强化

制度创新是推进生态修复与河流综合治理落地见效的根本保障。需完善流域生态补偿机制,建立健全河流治理考核、第三方绩效评估及激励约束机制,推动生态产品价值实现和流域管理制度现代化。同时,强化公众参与机制,通过拓展公众监督、志愿服务、社会宣传等多元渠道,增强公众的环保意识和参与意愿。应鼓励各类社会组织、志愿团体、企业与居民广泛参与河流治理项目,形成政府引导、社会协同、公众共建的多元治理格局。只有凝聚全社会力量,才能实现河流水环境持续向好与生态安全的长效守护。

6 结语

基于生态修复的河流水环境综合治理模式,是实现河流生态健康、流域可持续发展的必然选择。实践表明,只有坚持系统治理、生态优先、多元协同,才能实现流域水质持续改善和生态功能全面恢复。未来应进一步加强技术融合、数字管理、制度创新和公众参与,推动河流水环境治理由“治标”向“治本”、由“工程”向“生态—社会”融合转变,为建设美丽中国和生态文明社会提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 苏永伟,高红霞.黄河流域生态修复测度、空间分布及影响因素——基于黄河流域56个城市面板数据的分析[J].西北大学学报(自然科学版),2025,55(04):759-771.
- [2] 吴桂香.基于生态恢复理念的河流生态修复技术研究[J].水上安全,2025,(13):91-93.
- [3] 王晓义.城市河流项目中的环境影响评价与生态修复实施策略[J].资源节约与环保,2025,(08):92-95.
- [4] 陈清静,赵进勇,丁洋,等.基于过程进行水文地貌重建的河流生态修复:以美国基西米河为例[J/OL].水利水电技术(中英文),1-18[2025-09-23].
- [5] 陈球.廉江河综合治理与景观生态修复方案设计研究[J].水利科技,2025,(02):75-78.