

河道治理工程中生态恢复与水质改善的协同效应

王晖

长武县水旱灾害防御中心（长武县河湖库管护中心），陕西咸阳，713600；

摘要：在城市化与工业化的快速推进下，河道生态退化与水质污染问题日益严峻。传统单一的治理模式难以实现长效改善，而生态恢复与水质改善间存在天然的协同关联。本文系统剖析两者互馈机制，构建涵盖理论基础、技术体系、实施路径、效果评估及保障体系的协同治理框架。通过生物 - 物理 - 化学技术的融合创新，结合跨部门管理与公众参与机制，为河道治理从污染控制向生态修复转型提供系统性解决方案，推动实现人水和谐共生的可持续发展目标。

关键词：河道治理；生态恢复；水质改善；协同效应；综合治理

DOI：10.69979/3060-8767.25.11.034

引言

随着城市化进程加快，河道面临工业废水排放、生活污水直排、生态岸线硬化等多重压力，导致水体黑臭、生物多样性锐减、生态服务功能退化。传统河道治理多聚焦于水质净化工程，如截污纳管、化学药剂投放，或孤立开展生态修复，如植被种植、湿地建设，忽视了生态系统与水质间的内在联系。事实上，健康的水生态系统可通过生物降解、物理沉淀等过程净化水质，而优质水体又为生态群落提供生存基础。挖掘生态恢复与水质改善的协同效应，成为破解河道治理难题、实现生态环境可持续发展的关键。

1 河道生态恢复与水质改善协同效应理论基础

1.1 生态 - 水质互馈机制解析

河道生态系统与水质间存在双向动态关联。一方面，水生植物通过根系吸附、微生物共生等作用，可去除水体中氮、磷等污染物，降低化学需氧量；底栖生物通过搅动底泥促进物质循环，抑制有害藻类生长。另一方面，水质改善能为鱼类、两栖动物等提供适宜生存环境，促进物种多样性恢复，而生物群落的丰富度又进一步增强生态系统的自净能力。例如，在某城市河道治理中，通过种植芦苇、菖蒲等挺水植物，构建水下森林，不仅显著提升水体透明度，还吸引候鸟栖息，形成“植物净化 - 生物栖息 - 生态平衡”的良性循环。

1.2 协同效应的科学内涵与特征

协同效应本质上是生态系统结构与功能的耦合体现，具有系统性、动态性与自适应性特征。系统性表现为生物、物理、化学要素的相互作用，如河道底质改良可改变水体溶氧条件，进而影响微生物活性；动态性体

现在治理过程中，生态与水质指标随时间变化相互影响；自适应性则要求治理方案需根据河道类型、污染程度等条件灵活调整^[1]。理解这些特征，有助于避免“头痛医头、脚痛医脚”的碎片化治理模式，实现从单一目标向综合效益的转变。此外，协同效应还具有整体性特征，强调生态修复与水质改善需作为有机整体推进，任何单一要素的改变都可能引发连锁反应。

1.3 协同效应的影响因素分析

协同效应的发挥受自然条件、人类活动与技术手段多重因素制约。自然因素包括河道地形、水文条件、气候特征等，如山区河道流速快，需采用更稳固的生态护坡结构；人类活动如沿岸土地利用类型、排污强度直接影响治理难度；技术手段的选择则决定治理效率，例如错误的植物选型可能导致生态修复失败。此外，政策导向、资金投入与管理水平也间接影响协同效应的实现，需在治理中统筹考虑。其中，政策法规的引导作用尤为关键，合理的产业布局规划能从源头减少污染排放；资金投入的持续性和针对性则保障治理措施落地；而科学的管理水平可优化资源配置，提升生态 - 水质协同改善的效率，这些因素相互交织，共同决定协同效应的最终成效。

2 协同治理技术体系构建与创新

2.1 生物修复与水质净化技术耦合

生物修复技术通过培育水生植物、投放微生物菌剂等方式，利用生物代谢作用降解污染物。与人工湿地、生态浮岛等水质净化技术结合，可形成立体修复体系。例如，在富营养化河道治理中，种植狐尾藻、苦草构建水下植被带，搭配漂浮的美人蕉生态浮岛，既能吸收水

体营养盐，又能为水生动物提供栖息地。同时，投放复合微生物菌剂加速有机物分解，实现生物群落构建与水质净化的协同增效。此外，可通过筛选耐污性强、净化能力高的本地物种，增强生态系统稳定性；结合微生物菌群调控技术，优化水体微生物结构，提升污染物降解效率，构建从水下到水面的多层次生态净化网络。

2.2 物理生态工程与化学调控协同应用

物理生态工程如河道清淤、岸线生态化改造，可改善水体流动性与栖息地质量；化学调控则通过精准投加絮凝剂、除藻剂等，快速降低污染物浓度。两者结合需把握时机与剂量，例如在清淤后及时投放生态基质，促进有益微生物繁殖；在藻类暴发期使用环保型除藻剂，并同步恢复水生植被，避免化学干预对生态系统的二次破坏。某城郊河道通过“清淤 - 生态护岸 - 化学应急处理”组合方案，既解决黑臭问题，又保留了河道生态功能^[2]。此外，可引入生态清淤技术减少底泥扰动，采用生态透水材料构建护岸，降低化学药剂依赖，实现物理措施改善生境、化学手段应急控污的动态平衡。

2.3 景观生态设计与水质改善功能融合

将景观美学与生态功能相结合，通过滨水绿地、生态驳岸等设计，提升河道观赏性的同时增强水质净化能力。例如，采用透水铺装、雨水花园等海绵城市设施，减少地表径流污染；设计蜿蜒河道与浅滩深潭交替的形态，延长水流停留时间，促进污染物沉降。此外，通过设置亲水步道、科普标识，将生态治理成果转化为公众教育资源，实现生态、社会与经济效益的统一。进一步可融入地域文化元素，打造特色滨水景观带；利用景观地形设计生态滞留区，强化雨水调蓄与净化功能；结合夜景照明设计，营造兼具生态与美学价值的河道空间，推动生态治理与城市品质提升协同发展。

3 协同治理实施路径设计

3.1 不同河道类型的差异化治理策略

城市河道需兼顾防洪排涝与景观需求，采用截污纳管、生态护岸、人工湿地等技术；农村河道应结合农田面源污染治理，推广生态沟渠、塘堰湿地；山区河道则需重点防治水土流失，通过谷坊工程、植被缓冲带稳固河岸。例如，某平原城市河道通过“截污 + 生态调蓄池 + 景观水系连通”方案，既解决内涝问题，又恢复城市滨水生态空间；而山区河道采用“石笼网护坡 + native 植物固土”技术，有效减少泥沙入河。此外，针对城郊结合部河道，可探索城乡污染协同治理模式，

整合农村分散污水处理与城市管网系统；对季节性河流，设计动态水位调控方案，平衡生态补水与防洪需求，实现分类施策、精准治理。

3.2 治理工程全周期协同推进方案

治理过程需贯穿规划、设计、施工与运维阶段。规划阶段通过多学科联合评估，确定生态与水质目标；设计阶段采用 BIM 技术模拟不同方案的协同效果；施工中遵循“最小干预”原则，减少对现有生态的破坏；运维阶段建立动态监测系统，根据水质与生态指标变化调整治理措施。例如，某河道治理项目在施工前利用无人机测绘与 GIS 技术优化工程布局，施工中采用模块化生态浮岛快速安装，运维期通过水质传感器实时预警污染风险^[3]。此外，可建立数字化管理平台，整合各阶段数据资源，实现规划动态调整、施工进度监控、运维智能决策的全流程数字化管理，提升工程协同推进效率。

3.3 技术集成与工程布局优化方法

针对复杂污染问题，需集成多种技术形成治理方案。例如，在重度黑臭河道治理中，可采用“原位曝气 + 生物膜反应器 + 生态浮岛”组合技术；在污染源头控制上，结合农村生活污水微动力处理、农田生态拦截带建设等措施。工程布局应遵循“源头 - 过程 - 末端”全链条治理理念，如在河道上游设置湿地净化面源污染，中游构建生态廊道提升自净能力，下游建设人工湿地保障出水达标。此外，可引入系统工程思维，通过模型模拟不同技术组合的治理效果，优化工程布局；考虑河道与周边生态系统的连通性，构建“河道 - 湿地 - 绿地”复合生态网络，增强流域整体生态韧性。

4 协同治理效果评估体系

4.1 多维度评估指标体系构建

评估体系需涵盖水质、生态、社会与经济指标。水质指标包括溶解氧、氨氮、总磷等常规参数，以及生物毒性等综合指标；生态指标涉及生物多样性指数、群落结构完整性；社会经济指标关注公众满意度、土地增值效应等^[4]。例如，通过香农多样性指数评估生物群落恢复程度，采用模糊综合评价法量化治理综合效益，避免单一指标导致的评估偏差。此外，可增设生态服务价值评估指标，如固碳释氧、洪水调蓄能力；引入公众参与评分机制，将居民对河道景观、休闲功能的评价纳入考核体系，构建全面反映治理成效的评估框架。

4.2 动态监测与效益追踪方法

建立“天地空”一体化监测网络，利用卫星遥感

监测植被覆盖变化,无人机巡查岸线生态状况,水质传感器实时传输数据。通过大数据分析模型,预测生态与水质指标变化趋势,及时调整治理策略。例如,某河道治理项目通过物联网设备实时监测溶解氧、浊度等参数,结合机器学习算法分析数据异常,提前预警藻类暴发风险,实现精准治理。进一步可整合气象、水文数据,构建多源数据融合的预测模型;开发移动端监测应用,支持公众参与数据采集与反馈,形成政府主导、科技支撑、公众监督的动态监测体系。

4.3 治理效果的持续优化机制

基于监测结果,建立“评估-反馈-优化”的闭环管理机制。定期开展治理效果后评估,总结经验教训;针对未达预期的环节,通过专家论证、公众参与提出改进方案;同时,将新技术、新理念融入后续治理,如引入智能曝气系统提升水体溶氧效率,应用基因测序技术优化微生物修复方案。此外,可设立长期生态观测站,跟踪生态系统演变规律;建立治理效果后评估数据库,为同类项目提供经验参考;探索“以评促改”机制,将评估结果与资金分配、绩效考核挂钩,推动治理方案持续迭代升级。

5 协同治理保障体系建设

5.1 跨部门协同管理机制创新

打破水利、环保、自然资源等部门的职能壁垒,建立联席会议制度,统筹规划、资金、技术等资源。例如,成立河道治理专项工作组,由水利部门负责防洪工程,环保部门监督水质达标,自然资源部门保障生态用地,实现政策协同、信息共享与执法联动^[6]。同时,引入第三方评估机构,确保治理过程透明化、科学化。此外,可探索建立流域统一管理机构,整合上下游、左右岸治理权责;推行“河长制+网格化”管理模式,明确各级责任人职责;搭建跨部门数据共享平台,实现水文、水质、生态数据互联互通,提升协同管理效能。

5.2 政策法规与标准规范完善

制定针对性政策法规,明确河道治理各方责任与义务,如出台《河道生态保护条例》《滨水空间建设标准》。完善技术规范,统一生态修复工程验收标准、水质监测频率等要求。此外,建立激励机制,对生态治理成效显

著的区域给予财政补贴,鼓励社会资本参与河道治理 PPP 项目。进一步可探索生态补偿机制,协调上下游地区利益分配;制定绿色金融政策,引导银行、基金等机构支持生态治理项目;推动地方性法规立法,将河道保护纳入法治化轨道,为协同治理提供制度保障。

5.3 公众参与和社会监督体系构建

通过社区宣传、环保志愿活动等方式,提升公众生态保护意识,鼓励参与河道巡查、水质监测等活动。搭建线上反馈平台,收集居民对治理方案的建议;设立举报热线,监督企业排污、非法侵占河道等行为。例如,某城市开展“认养一段河”活动,引导市民参与滨水绿地养护,形成政府主导、公众共治的治理格局。此外,可组织河道治理成果展、生态科普讲座,增强公众认同感;建立企业环保信用评价体系,将排污行为与企业信用挂钩;培育环保社会组织,发挥其在监督、宣传、志愿服务中的桥梁作用,构建多元共治的社会参与网络。

6 结论

河道治理工程中生态恢复与水质改善的协同效应,是实现水环境可持续发展的核心路径。本文通过构建理论、技术、实施、评估与保障五大体系,系统阐述了协同治理的科学内涵与实践方法。未来河道治理需进一步强化多学科交叉融合,推动智能化监测与生态修复技术创新,同时完善制度保障与公众参与机制,真正实现生态效益、经济效益与社会效益的协同提升,助力美丽中国建设。

参考文献

- [1] 牟学银. 河道防洪治理生态保护措施应用研究[J]. 农业灾害研究, 2025, 15 (02): 251-253.
- [2] 武昀鹏. 城市河道生态治理与绿地规划改造设计研究[J]. 居业, 2024, (06): 136-138.
- [3] 王少帅, 袁渊博. 水生态修复技术的主要类型及其在河道治理中的应用[J]. 水上安全, 2023, (09): 67-69.
- [4] 苗宇宏. 河道水环境综合整治策略与实施效果研究[J]. 工程技术研究, 2025, 10 (01): 145-147.
- [5] 马景健. 浅析城市河道生态治理措施[J]. 水与水技术, 2021, (00): 162-166.