

试论城市河道水质提升和生态修复技术

章小军¹ 刘 亮²

1. 宁波涌岭生态科技有限公司 浙江 宁波 315000

2. 宁波碧城生态科技有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：城市河道是城市生态系统的核心载体，当前普遍面临COD、氨氮超标、黑臭淤积等问题，点面源与内源污染交织，生态功能严重受损。本文分析城市河道污染现状、成因及危害，系统阐述物理、化学、生物及新型高科技水质提升技术，探讨河道形态与水生态修复路径，提出技术、政策、资金协同的优化策略，为推动城市河道水质改善、生态系统恢复，实现人水和谐及城市生态宜居发展提供理论与实践参考。

关键词：城市河道；水质提升；生态修复技术

引言：随着城市化进程加快，污水直排、管网不完善等问题导致城市河道污染日益突出，既破坏水生态平衡、威胁人居健康，也制约城市高质量发展。城市河道兼具生态、景观、供水等多重功能，是维系城市可持续发展的“蓝色动脉”。当前，我国城市河道治理已从单一水质改善转向生态系统全面修复，系统研究相关技术、破解治理难题，对打造生态宜居城市、推动生态文明建设具有重要现实意义。

1 城市河道水质现状及污染成因分析

1.1 城市河道水质现状

(1) 水质整体状况：我国城市河道普遍存在COD、氨氮等指标超标问题，部分河道深陷黑臭困境，雨季受污染冲击影响显著，水质波动较大、稳定性不足，难以达到合格水质标准。(2) 典型污染特征：呈现新旧污染交织、点面污染交汇、时空污染交叉的复杂态势，底泥中富集的重金属、抗生素等污染物构成潜在生态隐患，水体自净能力大幅下降，污染治理难度增加。

1.2 城市河道主要污染类型及来源

(1) 点源污染：工业废水、生活污水直排或管网渗漏，加之污水错接混接问题突出，污染物浓度高、成分复杂，是城市河道全年污染的主要来源。(2) 非点源污染：雨天初期雨水冲刷携带地表污染物，结合城市干湿沉降、新污染物远距离输送等，成为雨天污染的核心诱因，其中60%的污染负荷来自管道沉积物。(3) 内源污染：河道底泥中沉积的各类污染物易释放，包括常规污染与微量高毒性污染物，形成“二次污染”，长期损害上覆水体质量，加剧污染程度^[1]。

1.3 城市河道污染核心成因

(1) 管网设施不完善：污水管网建设不健全，“最后一公里”未打通，雨污混接错接现象普遍，导致大量

污染负荷直接排入河道。(2) 生态流量不足：雨源型河流晴天缺乏足够生态流量，水流不畅，水体溶解氧含量偏低，自净能力弱化，易形成“死水”污染。(3) 人为干扰与管理缺失：河道渠化、裁弯取直等工程破坏原有生态结构，后期运维资金不足、管理机制不健全，导致治理效果难以持续。

1.4 城市河道污染的生态危害

(1) 破坏水生生态系统：导致水生生物多样性下降、底栖动物减少，甚至出现“无生命河流”，破坏生态系统自适应与自平衡能力。(2) 威胁人居健康：污染物通过介水环境传播，抗性基因、内分泌物等引发健康风险，微塑料等污染物干扰生态系统代谢。(3) 影响城市发展：破坏城市景观，降低居民生活质量，制约城市生态宜居水平提升，影响生态产品价值实现。

2 城市河道水质提升核心技术及应用

2.1 物理类水质提升技术

(1) 河道疏浚与底泥处理技术：针对底泥内源污染问题，摒弃传统疏浚方式，采用精准清理工艺，重点去除水体表层浮泥和深层淤泥，从源头减少底泥中污染物释放，有效规避清理过程中产生的二次污染，保障水体环境稳定。(2) 生态流量调控技术：结合河道闸门调控与自然潮汐规律，采用潮引潮排等科学方式，持续补充河道生态流量，改善水流不畅现状，提升水体溶解氧含量，增强水体自身净化能力，破解“死水”污染难题。(3) 物理拦截与过滤技术：在河道入口及地表径流汇入处设置专用拦截装置，高效过滤地表径流中的悬浮污染物、固体废弃物等，减少非点源污染输入，降低河道整体污染负荷，为水质提升奠定基础。

2.2 化学类水质提升技术

(1) 化学氧化技术：选用高效环保氧化剂，针对性

降解水体中的难降解有机污染物,抑制蓝藻等有害藻类生长繁殖,快速优化COD、氨氮等核心水质指标,实现水质的快速改善。(2)水质净化药剂投加技术:投加符合环保标准的净化药剂,通过化学反应高效去除水体中的氮、磷等营养物质,降低水体富营养化程度,阻断藻类爆发和水质恶化的链条,维持水体水质稳定。(3)底泥钝化技术:向河道底泥投加专用钝化剂,通过化学反应固定底泥中的重金属及其他有毒污染物,抑制其向水体中释放,从根本上降低内源污染风险,巩固水质治理效果^[2]。

2.3 生物类水质提升技术

(1)微生物修复技术:通过激活水体土著微生物活性,或引入高效功能菌株,利用微生物代谢作用降解水体中的有机污染物,协同改善水质,同时严格控制菌株引入量,避免引发生物入侵,保障水生态安全。(2)水生植物净化技术:合理种植沉水、挺水、浮叶类水生植物,通过植物根系吸收水体中氮、磷等营养物质,抑制藻类过度繁殖,同时为水生生物提供栖息环境,促进水生生态系统恢复。(3)人工湿地净化技术:模拟自然湿地生态结构,构建基质层、水生植物、微生物群落协同作用的净化系统,高效处理河道污水,吸附降解污染物,持续提升水质,实现生态治理与水质改善双赢。

2.4 新型高科技水质提升技术

(1)量子水体治理技术:采用“六不工艺”,借助量子同频共振技术,高效降解水体中的有机污染物,消解底泥中的污染物,实现水体与底泥的协同治理,兼顾治理效果与生态保护。(2)智能监测与精准治理技术:整合自动监测站、无人机等智能化设备,实时捕捉水质变化数据,精准分析污染源头和程度,针对性投放治理措施,大幅提升水质治理的效率和精准度,降低治理成本。

3 城市河道生态修复技术及实践应用

3.1 河道形态与岸线生态修复技术

(1)河道形态修复:重点连通城市断头河网,对淤积河道进行科学疏浚、合理拓宽,恢复河道自然弯曲形态,重构浅滩与深潭相间的自然结构,有效提升水流连通性和流动性,改善河道生态环境基底。(2)生态护岸技术:摒弃传统硬质驳岸,推广植物护岸、生态混凝土护岸、石笼护岸等生态型护岸模式,既能实现水土保持、防止岸坡侵蚀,又能为水生生物提供栖息环境,促进水体与岸线的良性交换。(3)岸线景观与生态缓冲带建设:优先种植本土植被,构建多层次生态缓冲带,既能拦截地表径流中的污染物,减少入河污染负荷,又

能美化城市岸线景观,实现生态保护与人文价值的共生共赢^[3]。

3.2 水生生态系统修复技术

(1)水生生物群落重构:科学投放本土水生植物、底栖动物及鱼类,丰富水生生物多样性,修复受损的食物链,逐步恢复水生生态系统的自然平衡,增强生态系统的稳定性和抗干扰能力。(2)微生物群落优化:通过定向投加营养物质等方式,优化水体与底泥中的微生物群落结构,激活微生物降解污染物的活性,进一步增强生态系统的自净能力,巩固水质提升效果。(3)外来入侵物种防控:建立完善的外来入侵物种监测机制,定期排查河道内入侵物种,采取物理、生态等防控措施,严防外来物种破坏本土生态系统,保障修复后生态系统的完整性。

3.3 技术集成与典型案例

(1)苏州河治理案例:整合河长制管理、截污治污、生态流量调控等多项技术,构建全方位治理体系,实现河道水质与生态功能的显著提升,总结出可复制、可推广的城市河道治理经验。(2)宝山老市河治理案例:重点应用量子水体治理技术,聚焦低氨氮清水打造,形成标准化治理样板,深入分析高科技技术在河道修复中的应用成效,为同类河道治理提供技术参考和推广价值。(3)案例启示:城市河道生态修复需坚持因地制宜,注重多技术协同发力,结合长效管理机制,才能破解治理难题,实现修复效果的持续稳定,推动河道生态系统长效向好。

3.4 生态修复效果评价指标与方法

(1)评价指标:涵盖三大核心维度,水质指标包括COD、氨氮等常规污染指标,生态指标包括生物多样性、植被覆盖率等,功能指标包括生态流量、水体自净能力等,全面衡量修复成效。(2)评价方法:采用实地监测、历史数据对比、综合评分等多种方式,系统评估生态修复效果,精准识别治理短板,为后续修复技术优化、治理方案完善提供科学依据。

4 城市河道水质提升与生态修复的优化策略及长效管理

4.1 技术优化策略

(1)差异化技术选择:结合城市河道不同区域的污染类型、水文地质条件、水质现状及治理目标,精准研判单一技术适配性,杜绝“一刀切”。点源污染突出河道优先用截污治污与化学净化技术;非点源污染为主区域重点采用物理拦截与生态缓冲带技术;底泥污染严重河道搭配底泥清理与钝化技术,必要时整合技术形成集

成方案,提升治理针对性。(2)技术创新与推广:加大高科技治理技术研发投入,重点突破量子水体治理等新技术核心瓶颈,优化工艺、降低成本。梳理各地试点成熟技术与经验,建立推广清单,完善技术标准规范,明确操作流程、适配条件及验收标准,推动成熟技术广泛应用,提升整体治理技术水平^[4]。(3)技术集成优化:打破单一技术局限,构建“污染拦截—水质净化—生态修复”一体化体系,实现各环节协同发力。前端拦截污染、中端净化水质、后端修复生态,形成“预防—治理—修复—巩固”闭环模式,推动水质提升与生态修复同步推进、双向赋能。

4.2 政策与管理优化

(1)完善政策支持:衔接城市生态建设、水资源保护等相关规划,出台针对性河道治理扶持政策,明确治理目标、责任分工及时间节点。健全跨部门协同机制,推动环保、水利、住建等部门各司其职、密切配合,破解部门壁垒,凝聚合力,确保治理措施落地见效。(2)健全长效管理机制:明确政府主导、企业主体、公众参与的责任体系,组建专业运维队伍,加强河道日常巡查、水质监测与设施管护,及时排查隐患、补齐短板。完善监测预警体系,实现水质、水生态实时监测与动态调控,建立治理效果评估反馈机制,依据评估结果优化方案,保障治理效果稳定^[5]。(3)强化公众参与:通过线上线下科普宣传、主题活动,普及河道保护知识,提升全民水环保意识。建立志愿者机制,鼓励公众参与河道巡查、垃圾清理等志愿活动,畅通监督渠道,保障公众知情权、参与权和监督权,营造“全民护河、共治共享”的良好氛围。

4.3 资金保障体系建设

(1)多元化资金筹集:加大政府财政投入力度,将河道治理资金纳入年度财政预算,保障核心治理工程有序推进。积极引导社会资本参与,推广PPP模式,鼓励企业、社会组织投入河道治理与运维,打破单一政府投入模式,实现资金来源多元化,缓解资金压力。(2)资金精准投放:建立资金使用精细化管理机制,明确资金投放优先级,优先投入污水管网改造、生态流量调控、底泥治理等核心关键环节,避免资金浪费。加强资金使用

监管,建立全程跟踪审计机制,确保资金专款专用、高效运转,提高资金使用效率,为河道水质提升与生态修复提供坚实的资金保障。

4.4 未来发展趋势与展望

(1)发展趋势:未来城市河道治理将逐步向高科技、生态化、一体化、长效化方向转型,摒弃传统单一治理模式,更加注重“水—陆—生”复合生态系统的构建,推动水质提升、生态修复与城市发展深度融合。智能化监测、精准化治理技术将广泛应用,实现治理过程的高效化、精细化管控。(2)未来展望:加强跨区域协同治理,打破行政区域壁垒,推动上下游、左右岸协同发力,破解跨界河道治理难题。加快治理技术标准的推广应用,推动形成全国统一的河道治理技术体系。积极探索生态产品价值实现机制,推动河道生态优势转化为发展优势,助力城市水生态可持续发展,打造生态宜居、人与自然和谐共生的城市水环境。

结束语

城市河道水质提升与生态修复是长期系统工程,需立足污染成因,兼顾技术适配性与长效性。物理、化学、生物及高科技技术协同应用,结合科学的形态修复与水生群落重构,是河道治理的有效路径。同时,需完善政策支撑、健全管理机制、拓宽资金渠道,巩固治理成效。未来需推动技术创新集成,强化协同治理,将河道生态优势转化为发展优势,助力实现人与自然和谐共生的城市水环境目标。

参考文献

- [1]张赤洁,诸志杰.对河道治理及生态修复的思考[J].皮革制作与环保科技,2021,2(8):130-131.
- [2]欧楠.城市浅山区河道的综合治理和生态修复初探[J].资源节约与环保,2021,(3):16-17.
- [3]司恒波.城市河道水环境生态治理探究[J].节能与环保,2020,(5):58-59.
- [4]张志军.生态修复技术在城市河道污染治理中的应用[J].清洗世界,2024,40(12):139-141.
- [5]黄东明.城市河道水生态修复技术与策略研究[J].广东化工,2023,50(21):113-115.