

河道水环境治理工程中多方位生态修复技术的应用分析

许化栋

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：河道水环境与自然生态及城市生态环境都密切相关，河道水环境的好坏直接影响区域生态平衡和周边居民生活质量。随着工业化与城市化进程的加快，河道水体污染问题也日渐复杂严重，单一化的治理手段已无法满足当下水生态治理和修复方面的需求。而多方位生态修复技术通过综合水文调控、水质净化、生物修复、地貌重塑等多种技术手段，能够更好地实现对河道水环境的科学合理改善和持续修复。本文在详细分析多方位生态修复技术概念与技术应用优势的基础上，结合河道治理工程进一步探讨多方位生态修复技术的具体应用方案，以供参考。

【关键词】：河道水环境；生态修复；多方位技术；治理工程；应用分析

DOI:10.12417/2811-0528.25.20.025

引言

传统河道治理多采用截污纳管、清淤疏浚、混凝土硬化等工程性措施，虽能在短期内改善局部水质或行洪能力，但忽视生态系统的整体性与自我修复能力，导致水体自净功能下降。而多方位生态修复技术以恢复河道生态系统的自然属性为核心，通过多技术协同、多目标统筹，实现水环境、水生态、水景观的综合提升，其在河道水环境治理中具有更加良好的应用效果。

1 多方位生态修复技术的概述

1.1 多方位生态修复中的常用技术分析

在河道治理中，常用的生态修复技术主要有以下几种。

(1) 水文水动力调控技术。水文水动力调控是利用河道疏浚、闸坝调度等方式优化水位与流速，以此来增强区域水体的流动性，为污染的净化和扩散营造良好条件^[1]。该技术一般用于水流缓慢、水体交换能力差、自净能力弱的河道环境，在多方位生态修复中多作为其他技术应用的基础，能够为其他生态修复技术实施营造良好环境。

(2) 物理净化技术。人工湿地、生态浮岛等物理净化技术主要是通过吸附、沉淀、过滤等作用去除水体悬浮颗粒物与部分污染物，比如人工湿地能够利用其内部循环系统截留、吸附和降解水体中的污染物；湿地植物既能够吸收水体中的氮、磷等营养物质，其根系还为微生物提供附着场所，而微生物则通过代谢活动分解有机污染物^[2]。生态浮岛通过植物根系的吸附、吸收作用，以及浮岛载体的拦截作用，去除水中的悬浮物和部分污染物，并且浮岛植物能够通过光合作用增加水体中的溶解氧含量。物理净化技术适用于污染程度较轻、生态功能退化的河道，可作为河道生态修复的前期处理手段，或与其他修复技术联合使用。

(3) 化学修复技术。化学修复通过底泥钝化、药剂氧化等手段快速降低污染物浓度，其中底泥钝化技术通过向污染底泥中添加钝化剂，使底泥中污染物转化为低毒、低迁移性的物质；而药剂氧化技术则是利用高锰酸钾、过氧化氢等强氧化剂，氧化分解水体中的有机污染物和还原性无机物，从而达到快速去除污染物的目的。化学修复技术的见效非常快，适用于突发性污染事件或污染严重且急需改善水质的河道，但是化学药剂使用可能对水生态系统造成一定影响，所以该技术在应用中必须严格把控药物用量，防止造成二次污染。

(4) 生物修复技术。生物修复技术是借助微生物降解、水生植物吸收氮磷、水生动物参与物质循环等方式，形成一个更加完整的生态链，以此来增强水体的自净能力^[3]。生物修复技术能够适用于各种不同类型的河道生态修复，特别是适用于污染程度适中、生态系统尚未完全破坏的河道，该技术的合理应用能够帮助河道形成更加稳定的生态系统。

(5) 地貌景观优化技术。该技术属于工程建设技术，其实利用构建生态护岸、恢复河岸带植被等方式实现河道治理的目的。传统护岸多采用硬质护岸，虽然能够起到有效的防护作用，但是容易破坏沿线生态系统，而生态护岸则是透水性、柔韧性的护栏结构，且既能够满足防洪功能等要求，同时还能够为水生生物和周边生物提供良好的生存环境；河岸带植被恢复则是根据原有河道周边被破坏的自然生态环境，制定相对应的修复方案，恢复原有植被群落，从而起到涵养水源、保持水土、净化水质、美化景观等多种生态作用^[4]。该类技术一般用于城市河道与景区周边河道的治理修复，其既能改善河道生态环境，同时还能够营造良好的景观生态。

1.2 多方位生态修复技术应用中的核心目标与基本原则

多方位生态修复技术的应用目标在于，通过各种修复技术整合，在降低水体污染物浓度的同时营造更加健康可持续的水

生态系统，尽可能恢复河道自我净化与生态平衡能力，实现人与自然和谐共存。多方位生态修复技术的应用应遵循“自然修复为主，人工干预为辅”的基本原则，从河道水环境实际情况入手，选择合理的技术组合方案，尽可能发挥自然生态系统的修复潜力，再配合人工措施进行引导强化，在确保短期修复目标实现的同时，保障河道生态系统的长期健康稳定循环。

2 多方位生态修复技术的优势

多方位生态修复技术在中应用，通过将河道视为由水体、底泥、生物群落、河岸带等要素构成的有机整体，能够从整体入手，同步解决污染源控制、水文条件改善、生物群落重建等问题，使生态系统各要素间形成良性互动。例如在控制外源污染的同时，通过水生植物种植吸收水体营养盐，再结合生态护岸减少水土流失，在多种措施的共同作用下，能够获得更加稳定彻底的修复效果^[5]。与此同时，多方位生态修复技术在修复生态功能的同时，更加注重对河道社会服务价值的挖掘，通过景观重塑、河道修复等增强河道周边环境及设施的服务价值，实现生态效益与社会效益的统一。

3 多方位生态修复技术在河道水环境治理工程中的实例分析

3.1 工程概况

某城市内河治理工程位于城市建成区，河道全长 5.2km，平均宽度 25m，流域面积 18.6km²。该河道为典型的城市纳污河道，沿岸分布有居民区、小型工业区及农田，长期受生活污水、工业废水及农业面源污染影响，水环境问题突出，必须及时进行修复。具体问题如表 1 所示。

表 1 河道环境问题汇总

项目	现状描述
水质情况	治理前河道水质为劣 V 类，COD 浓度 85mg/L、氨氮浓度 15mg/L、总磷浓度 2.3mg/L，水体黑臭
底泥状况	河道底泥平均厚度 0.8m，有机质含量高达 6.5%，污染严重
生态系统	历史上混凝土硬化河岸导致河道生态系统严重破坏，水生植物几乎绝迹，仅存少量耐污藻类，水生动物种类不足 5 种
水流与自净	河道水流缓慢，部分河段存在死水区域，水体复氧能力差，自净功能基本丧失

3.2 多方位生态修复技术方案分析

3.2.1 污染源控制

污染源控制是河道治理的首要环节，从生活、工业污水及农业面源污染多维度入手，切断污染物入河途径。具体分为截污纳管和农业面源污染治理两部分。

(1) 截污纳管。在河道沿岸污水直排口设置 8.5km 的污水收集管网，污水管网采用高强度耐腐蚀材料，以确保其的长期使用性能。污水收集完成后统一接入城市污水处理厂，经专业处理达标后排放，日截污量约在 0.8 万 m³，能够有效遏制污水对河道的污染。

(2) 农业面源污染治理。在河道沿岸 50m 范围内，建设 3.8km 长、5~8m 宽的植被缓冲带，缓冲带选用芦苇、菖蒲等适应性强、净化能力突出的乡土植物，形成天然生态屏障。这些植物通过根系吸附、微生物降解等作用，拦截农业生产中随地表径流汇入河道的氮、磷污染物，降低面源污染负荷。

3.2.2 水文水力改善

水文水力条件的优化是提升河道自净能力的关键，通过清淤、补水和闸坝改造等措施进行改造。

(1) 清淤疏浚：利用清淤设备清除河道内沉积的污泥，累计清除 3.2 万 m³，平均清淤深度达 0.6m。施工中采用环保绞吸船作业，以尽可能减少对周边水体的扰动，避免二次污染。同时对清出的底泥进行无害化处理，防止污染物扩散。

(2) 引水补水：在河道上游选址建设小型提水泵站，通过科学论证确定每日引入 1.2 万 m³清洁水源。水源引入后，加快了河道水体的流动速度，使水体停留时间缩短至 3 天以内，增强了水体的稀释和自净能力，改善了河道水质。

3.2.3 水质净化

水质净化通过生物和生态手段，构建多层次净化体系，提升水体清洁度。

(1) 生态浮岛：在河道中设置 12 处，总面积达 1500m²的生态浮岛。浮岛选用种植美人蕉、风车草等水生植物，这些植物既能够吸收水中的氮、磷等营养物质，抑制藻类生长，同时还能够通过植物根系微生物协同作用，进一步净化水体。

(2) 沉水植物种植。在水深 1.5m 以内的河段，种植苦草、黑藻、狐尾藻等沉水植物，使沉水植物覆盖率达到 65%。通过沉水植物的光合作用，改善水体容量条件，同时吸收水中的悬浮物营养盐等物质，进而实现水质净化的目的。

(3) 微生物处理。在底泥表面铺设生物膜载体，每平方米投放 50g 芽孢杆菌、硝化细菌等功能性微生物菌剂，通过微

生物分解底泥和水体中的有机污染物。

3.2.4 重建水生生态系统

水生生态系统重建通过投放生物和种植植物,恢复河道生物多样性,构建稳定的生态群落。

(1) 投放底栖动物。在沉水植物生长良好的区域,按 20 只/m² 的密度投放螺、蚌等底栖动物。底栖动物能够摄食底泥中的有机碎屑和藻类,改善底质环境,促进水体物质循环和能量流动,为水生生态系统的稳定运行奠定基础。

(2) 种植挺水植物:在河岸带与水体交界处,种植菖蒲、芦苇等挺水植物。挺水植物扎根于底泥,茎叶挺出水面,既能水生生物提供产卵、栖息场所,又能通过根系固土护坡,减少水土流失,同时还能吸收水体中的污染物,净化水质。

3.2.5 河岸带修复

河岸带修复注重生态与功能结合,通过改造护岸和植被覆盖,重塑健康的河岸生态环境。

(1) 生态护岸改造。将 2.5km 混凝土直立岸墙拆除,改为格宾石笼+植被混凝土组合结构。格宾石笼具有良好的透水性和柔韧性,可适应地基变形,稳固岸坡;植被混凝土为植物生长提供基质,二者结合既保证了护岸的稳定性,又为植物生长和生物栖息创造了条件,增强了河岸带的生态功能。

(2) 植被覆盖。在剩余河段的岸坡种植爬山虎、紫藤等攀缘植物,这些植物生长迅速能够迅速起到固土护坡的作用,并且其还有助于美化河岸景观,改善河道周边生态环境。

3.3 多方位生态修复技术中的应用要点

3.3.1 污染源控制施工要点

截污纳管施工前需利用测绘仪器对排放口位置、地形地貌进行二次复核,确保管网走向与设计方案误差控制在±5cm 以内。管网沟槽开挖采用钢板桩支护防止塌方,管道热熔连接完成后需按照 1.5 倍设计压力的闭水试验,持续时间不少于 30 分钟,确保无渗漏。植被缓冲带施工时,先对表层 20cm 土壤进行深翻改良,混入腐殖土提升肥力。植物种植遵循“乔-灌-草”的模式,采用梅花形错位种植法,相邻植株间距保持在 80~100cm,种植后覆盖无纺布保湿,如果成活率不够,则需要及时补助。

3.3.2 水文水动力改善施工要点

清淤疏浚作业中,环保绞吸船作业需通过 GPS 定位系统控制挖掘轨迹,确保清淤厚度均匀。底泥运输采用全封闭槽罐车,避免沿途洒落;无害化处理采用高温好氧堆肥技术,处理后的底泥需检测重金属含量达标才可回收利用。饮水补水泵站

需要配套建设水质在线监测系统,实时监控引水浊度、pH 值等指标。

3.3.3 水质净化施工要点

生态浮岛框架采用 HDPE 材质,通过锚固绳与水下地锚连接,锚固点间距根据水流速度调整(0.5m/s 以下水流间距 5m, 0.5~1m/s 水流间距 3m)。植物种植前需进行根系消毒处理,种植后每月测定植物生物量,评估净化效果;沉水植物种植采用抛投法种植,需将植物与营养土混合制成“种植球”,投放密度根据水深调整(1m 水深投放 10 球/m²,每增加 0.5m 水深增加 2 球/m²);生物膜载体铺设前需对底泥表面进行平整处理,载体铺设密度控制在 80% 覆盖率;微生物菌剂在无风晴天采用机械撒布的方式进行投放。

3.3.4 水生生态系统重建施工要点

底栖动物投放选择在清晨或傍晚,投放前需对底栖动物进行暂养驯化,适应水体盐度、pH 值等环境参数。投放后设置采样点,每月监测种群密度变化。挺水植物种植采用穴植法,种植穴深度 30~40cm,株行距 1m×1m。种植后设置围栏防止人为破坏,定期清理周边杂草,保证植物生长空间。

3.3.5 河岸带修复施工要点

生态护岸改造中,格宾石笼填充石料需选用粒径 8-12cm 的坚硬卵石,填充率不低于 90%;植被混凝土配比严格控制(水泥:腐殖土:草籽=1:3:0.05),喷射厚度 8-10cm。施工后覆盖土工布养护,定期喷水保持湿度。攀缘植物种植时,在岸坡每隔 2m 设置镀锌钢丝网(网孔 5cm×5cm)作为攀爬辅助。种植后每季度修剪枝条,促进侧枝生长,提高覆盖效率。

3.4 应用效果

经过 18 个月的治理与养护,该河道水环境质量与生态系统状况得到显著改善,多方位生态修复技术的应用取得了预期效果。

(1) 水质改善效果良好。河道水质由治理前的劣 V 类提升至 IV 类标准,主要污染物浓度大幅下降。COD 浓度降至 25mg/L,较治理前降低 70.6%;氨氮浓度降至 1.2mg/L,降低 92%;总磷浓度降至 0.25mg/L,降低 89.1%;水体溶解氧含量提升至 5.8mg/L,消除了黑臭现象,水体透明度由治理前的 0.3m 提升至 1.2m,水环境质量得到根本性改善。

(2) 生态系统恢复迅速,水生生物群落结构趋于完善。水生植物覆盖率达到 68%,苦草、黑藻等沉水植物形成稳定群落,挺水植物与浮水植物分布均匀,植物种类增加至 15 种;底栖动物种类恢复至 8 种,密度达到 35 只/m²,生态系统的物质循环与能量流动功能恢复正常。

从长期监测数据来看,治理完成后6个月内,各项指标保持稳定,未出现明显反弹,表明多方位生态修复技术构建的生态系统具有较强的自我维持能力,修复效果具有长效性。

4 结论

多方位生态修复技术通过整合污染源控制、水文调控、水质净化、生态系统重建等多种技术手段,能够在河道水环境治理中发挥更加良好的修复效果,增强河道水环境的自我净化能

力。但是在技术应用中,需要因地制宜尽可能选择乡土物种,并做好对技术方案实施过程的动态监测和适应性调整,以确保技术方案的应用效果。随着生态修复技术的不断发展,多方位生态修复技术在河道水环境治理中的应用将发挥着更加重要的作用,但是在今后研究中应进一步探索其与智慧监测、大数据分析等现代技术的融合,以提升生态修复的精准化和智能化水平;同时还需要进一步研究不同技术措施对生态系统的影响路径,为各种技术方案的组合优化提供更好的依据。

参考文献:

- [1] 李汉榆.河道水环境治理工程中多方位生态修复技术的应用分析[J].黑龙江环境通报,2025,38(07):125-127.
- [2] 刘鑫,赵钰,刘淼,等.多方位生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用[J].清洗世界,2024,40(10):148-150.
- [3] 王玉岭.基于多方位生态修复技术的河道水环境治理工程应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(17):100-102.
- [4] 滕云.河道水环境治理中多方位生态修复技术应用分析[J].黑龙江环境通报,2024,37(04):166-168.
- [5] 王多平.城市水环境治理中多方位生态修复技术应用研究[J].未来城市设计与运营,2024,(01):44-46.