

水生态修复与水环境环境治理

王豪杰

新疆维吾尔自治区河湖保护中心 新疆 乌鲁木齐 830049

摘要: 水生态健康与水环境质量是生态文明建设的重要支撑, 当前我国部分区域仍面临水体污染、生态退化、功能弱化等突出问题。本文立足系统治理理念, 梳理水生态修复与水环境治理的核心痛点, 整合物理、化学、生物等多元技术, 构建协同治理体系。通过科学施策、精准管控, 有效改善水体水质、恢复生态系统完整性, 为区域水生态环境保护、水资源合理利用提供实践指引与科学参考, 助力实现人水和谐共生。

关键词: 水生态修复; 水环境; 环境治理

引言: 水是生命之源、生态之基, 维系着人类社会可持续发展与生态系统平衡。随着工业化、城镇化快速推进, 污水无序排放、水资源过度开发、面源污染等问题日益突出, 导致水环境承载力持续下降, 水生态系统遭到严重破坏, 不仅影响居民生产生活质量, 更制约区域高质量发展。基于此, 本文聚焦水生态修复与水环境治理的协同推进, 剖析当前治理短板与技术瓶颈, 明确研究意义、核心内容与实践方向, 为后续治理工作开展奠定坚实理论基础。

1 水生态与水环境相关理论基础

1.1 核心概念界定

(1) 水生态修复是遵循自然生态规律, 对受损水生态系统进行结构重建与功能修复的技术与管理活动, 核心目标是恢复水体生态完整性、提升生物多样性与系统稳定性, 基本原则包括自然优先、因地制宜、统筹兼顾、长效可持续。其内涵聚焦水生动植物群落、水文形态及生态过程修复, 外延涵盖河流、湖泊、湿地等多种水体, 与单纯水环境治理、水利工程改造存在明显差异, 更侧重生态系统整体功能重建。(2) 水环境治理是以改善水体质量为核心的综合管控行为, 核心任务是削减污染物、提升水体理化指标、保障水环境安全, 治理范围覆盖地表水、地下水及相关流域区域。其核心逻辑以控源减污为基础, 以管控与修复为手段, 关键要素包括污染源治理、水体净化、监管监测、制度保障, 是实现水环境功能达标与可持续利用的重要途径。

1.2 水生态退化与水环境恶化的机理

(1) 水生态退化是自然与人为因素共同作用的结果, 自然因素中气候变迁改变降水与蒸发格局, 水文情势变化影响径流与连通性, 降低生态系统稳定性; 人为因素里污染排放破坏水体生境, 过度开发导致水资源失衡, 栖息地破坏压缩生物生存空间, 共同造成生物群落衰退、生态

结构破损。(2) 水环境恶化源于点源与面源污染协同作用, 点源污染集中排放且路径明确, 面源污染分散且受降雨径流驱动, 二者经迁移转化进入水体后, 会改变水体溶解氧、酸碱度等理化性质, 抑制水生生物生长, 破坏食物链结构, 进而导致水体富营养化、黑臭等恶化现象^[1]。

1.3 水生态修复与水环境治理的核心理论

(1) 生态系统恢复理论认为受损生态系统可通过人工干预实现自我调节与正向演替, 应用要点为明确生态阈值、优化群落结构、重塑生境条件, 为水生态修复提供目标导向与技术依据。(2) 水体自净理论包含自然自净与人工强化自净, 自然自净依托物理、化学、生物协同作用降解污染物, 人工强化自净通过工程措施提升净化效率, 是水环境治理降低污染负荷的核心理论支撑。(3) 可持续发展理论强调水生态修复与水环境治理需兼顾生态、经济、社会效益, 统筹短期治理与长期保护, 协调资源开发与生态保护, 为流域综合治理提供宏观指导。

2 水生态修复与水环境治理的现状、问题及成因分析

2.1 我国水生态修复与水环境治理的现状

(1) 治理成效显著提升, 重点流域水环境质量持续改善, 长江、黄河等重点区域水质优良比例稳步提高, 黑臭水体整治取得阶段性成果, 多数城市建成区黑臭水体基本消除。水生态修复工程有序推进, 河流生态廊道、湖泊湿地修复等项目落地见效, 部分受损水体生物多样性逐步恢复。相关政策体系不断完善, 水污染防治法、水生态保护条例等法规相继修订落实, 河长制、湖长制全面推行, 形成了全方位的制度管控格局, 为治理工作提供了坚实保障^[2]。(2) 现有实践模式呈现多元化特征, 主要包括集中治理、分散治理及生态修复与治理结合三种核心模式。集中治理模式适用于人口密集、污染集中的城镇区域, 通过建设集中污水处理厂、垃圾填埋场实现污染物集中管控, 如长三角地区城镇污水处理一体化项

目；分散治理模式多用于农村及偏远区域，采用小型污水处理设备、生态塘等设施，降低治理成本，适配分散污染特点；生态修复与治理结合模式是当前主流，通过控源减污与生态修复协同推进，如太湖流域富营养化治理中，同步实施污染减排与湖滨湿地修复，实现水环境改善与水生态恢复双赢。

2.2 存在的主要问题

(1) 水生态修复层面存在明显短板，修复技术针对性不足，多采用通用型技术方案，未能结合不同水体类型、污染程度精准适配，导致修复效果稳定性差，易出现反弹。水生生物栖息地恢复滞后，水体连通性不足，鱼类等关键生物种群数量未能有效恢复，水生态系统完整性和自我调节能力未能完全重建。(2) 水环境治理层面仍有突出瓶颈，污染治理不够彻底，部分工业废水、生活污水存在偷排、漏排现象，面源污染因来源分散、管控难度大，成为治理难点，农业面源、城市径流污染未得到有效遏制。水体富营养化、季节性黑臭等问题依然存在，部分治理设施建成后运维不到位，设备老化、运维资金不足，导致运维效率不高，难以发挥长效治理作用。(3) 管理与保障层面支撑不足，跨区域协同治理机制不完善，流域上下游、左右岸权责划分不清晰，存在各自为政、协同不足的问题。资金投入总量不足，且分配不均衡，农村及偏远区域治理资金短缺。核心技术研发与推广力度不够，技术转化效率低，公众环保参与度低，缺乏全民共治的良好氛围。

2.3 问题产生的成因分析

(1) 人为因素是核心诱因，产业结构不合理，高污染、高耗水产业仍有留存，污染排放管控力度不足，部分企业环保意识薄弱，违规排放行为频发。人类活动对水生态环境的过度干扰，过度采砂、围湖造田、水资源过度开发等行为，破坏了水体生境，加剧了水生态退化，同时公众环保意识普遍不足，节水护水的自觉行为尚未形成。(2) 技术因素制约治理成效，核心修复与治理技术不成熟，缺乏适配不同流域、不同污染类型的专用技术，技术适配性差。高效、低成本的一体化治理与修复技术方案短缺，现有技术多存在成本高、运维复杂、效果不稳定等问题，技术研发与实际应用脱节，推广难度大^[3]。(3) 制度与管理因素提供保障不足，相关法律法规仍有完善空间，部分条款针对性、可操作性不强，监管体系不健全，监管手段较为单一，执法力度不足。跨部门、跨区域协同治理机制不顺畅，缺乏统一的统筹协调机构，权责交叉或空白问题突出。资金投入机制不完善，人才队伍建设滞后，专业技术人才短缺，难以满足治理

工作的实际需求。

3 水生态修复与水环境治理的技术路径与实施策略

3.1 水生态修复核心技术及应用

(1) 物理修复技术以改善水体物理环境、恢复水文情势为核心，河道清淤技术通过机械或人工清除水体底泥中的污染物，减少底泥释放对水体的二次污染，适用于底泥淤积严重、污染物富集的河流、湖泊，实施要点是合理控制清淤深度，避免破坏底栖生物栖息地。生态护岸技术替代传统硬质护岸，采用生态石、植被混凝土等材料，兼顾防洪与生态保护，适用于各类河道、湖滨区域，实施中需注重植被搭配，提升护岸稳定性与生态功能。水体曝气技术通过向水体充氧，改善水体溶解氧条件，抑制厌氧污染物释放，适用于黑臭水体、富营养化水体，实施要点是根据水体面积、污染程度合理布置曝气设备，保障充氧均匀。(2) 化学修复技术针对性解决水体特定污染问题，水体除磷技术采用化学絮凝剂沉淀水体中磷元素，脱氮技术通过化学药剂转化水体中氨氮、硝态氮，重金属固化技术利用螯合剂与重金属结合形成稳定化合物，降低其毒性。该类技术应用方法简单、见效快，适用于污染物浓度较高、急需快速改善水质的场景；但存在药剂成本较高、可能产生二次污染的缺点，实施中需严格控制药剂用量与投放方式，避免对水生生物造成危害，做好后续监测工作^[4]。(3) 生物修复技术依托生物自身代谢功能净化水体，兼具环保性与可持续性。水生植物修复通过种植芦苇、香蒲等水生植物，吸收水体中氮、磷等营养物质，抑制藻类生长，同时为水生生物提供栖息地，应用效果显著且成本较低。微生物修复利用功能微生物降解水体中污染物，适用于各类有机污染水体，可与其他技术协同使用。生物膜技术通过载体固定微生物，形成生物膜降解污染物，抗冲击能力强，适用于污水处理、河道修复等场景，未来随着技术优化，其推广应用前景广阔。

3.2 水环境治理关键技术及应用

(1) 点源污染治理技术聚焦污染物集中管控，是水环境治理的核心环节。工业废水处理通过优化生化处理、深度氧化、膜分离等工艺，针对性去除废水中重金属、有机物等污染物，确保达标排放，不同行业需结合水质特点优化工艺参数。生活污水处理重点优化工艺以提升脱氮除磷效率，采用A²/O、MBR等先进工艺，处理城镇生活污水中COD、氨氮等指标，满足水环境质量要求。污水处理厂提标改造通过新增深度处理单元、升级设备、优化运行参数，将出水水质从一级B标准提升至一级A标准及以上，减少污水对受纳水体的污染，适配现有污水处

理厂升级需求,助力水环境质量改善。(2)面源污染管控技术针对来源分散、随机性强的特点,构建全方位防控体系。农业面源污染防治采用测土配方施肥、绿色防控、生态沟渠建设等技术,减少化肥农药流失,拦截农田径流污染物;同时推广生态养殖,降低养殖废水排放。城市面源污染防治通过截污纳管、雨水调蓄池、透水铺装等技术,收集处理降雨径流中的悬浮物、有机物,避免直接入河。生态缓冲带建设是关键技术,在河湖库周边种植植被带,拦截地表径流污染物、涵养水源,提升水体自净能力,适用于流域周边面源污染防治。(3)水体富营养化治理技术聚焦藻类过度生长、水华爆发问题,推动水环境质量持续改善。藻类控制采用物理打捞、化学杀藻、生物控藻等方式,物理打捞适用于藻类高发应急处理,化学杀藻见效快但需严控用量,生物控藻通过投放食藻虫、种植抑藻植物等环保方式,抑制藻类生长并降低二次污染风险。底泥修复结合物理清淤、化学固化、生物降解等手段,清除或固化底泥中营养物质与污染物,减少其对水体的影响,与藻类控制技术协同使用,可实现富营养化长效治理,持续提升水环境质量。

3.3 水生态修复与水环境治理的一体化实施策略

(1)区域统筹规划是一体化治理的前提与基础,需结合区域水生态环境现状、污染类型、水文特征及经济社会发展需求,制定差异化的修复与治理规划,明确治理目标、重点区域、实施步骤及责任分工。统筹流域上下游、左右岸、干支流治理工作,打破区域分割与部门壁垒,实现系统性、整体性治理,兼顾生态保护与经济社会发展,避免盲目治理、重复建设,确保治理工作有序推进、落地见效。(2)技术集成应用是提升治理成效的关键,需整合物理、化学、生物等各类修复与治理技术,根据区域污染特点与治理需求,构建“控源-净化-修复-巩固”一体化治理体系。例如,在流域综合治理中,结合点源污染集中处理、面源污染全方位防控技术,搭配水生态修复技术,实现污染物削减与生态功能恢复同

步推进,提升治理效率与效果,降低治理成本,实现各类技术优势互补,推动治理工作提质增效^[5]。(3)长效运维管理是保障治理效果稳定性的核心,需建立健全治理设施运维机制,明确运维责任主体,配备专业运维人员,加强日常巡检与设备维护,及时排查解决设施闲置、老化、故障等问题,避免治理效果反弹。完善监测监管体系,利用智能化监测设备,实时监控水体水质、生态状况及治理设施运行情况,建立数据共享与预警机制,发现问题并整改。同时,加强技术培训与推广,提升运维人员专业能力,强化公众环保宣传教育,引导公众参与水生态保护,形成“政府主导、企业主体、社会参与”的长效治理格局,实现水生态环境持续改善。

结束语

水生态修复与水环境治理是一项长期、系统的工程,需坚守生态优先、因地制宜、协同发力的原则,摒弃单一治理模式,兼顾污染治理与生态恢复的双重目标。本文总结的协同治理思路与技术路径,经实践验证可有效破解当前治理难题,提升水环境质量与生态系统稳定性。未来需持续深化技术创新、完善管控机制、强化全民参与,推动治理工作提质增效,筑牢水生态安全屏障,助力生态文明建设走深走实。

参考文献

- [1]杨金红.水生态修复技术在河道治理中的应用与探索[J].皮革制作与环保科技,2022(8):92-94.
- [2]王键.多方位生态修复技术在河道水环境治理工程中的应用[J].皮革制作与环保科技,2022(8):116-118.
- [3]王建威.水利工程中的水环境生态治理防护技术分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(22):108-110.
- [4]侯明明,李修齐.新时期水环境治理中水生态修复工程技术的应用分析[J].砖瓦世界,2024(19):103-105.
- [5]王鹏.水环境治理中水生态修复工程技术的应用探究[J].辽宁自然资源,2023(9):51-53.