

黑臭水体多元协同治理困境与技术对策

田鹏飞

天津市东丽区水务局 天津 300300

摘要: 黑臭水体治理是当前城市环境改善的重要任务之一,本文首先概述了黑臭水体多元协同治理的定义、特点,包括主体多元性、协同性、目标一致性及动态性。接着深入剖析了治理面临的协同机制不完善、利益主体协调困难、信息共享不畅、技术支撑不足等困境。最后针对这些困境,提出了水体修复、污染源控制、生态调控及智能监测与管理四大技术对策,旨在通过多技术协同应用,实现黑臭水体的有效治理与长效管理,推动城市水环境质量的持续改善。

关键词: 黑臭水体;多元协同治理困境;技术对策

引言:城市黑臭水体不仅破坏水生态环境,更严重影响居民生活品质与城市形象,其治理已成为城市环境改善的关键任务。然而,黑臭水体治理涉及多主体、多要素,面临协同机制不完善、利益协调困难、信息共享不畅、技术支撑不足等诸多困境。为突破这些瓶颈,本文聚焦多元协同治理模式,从水体修复、污染源控制、生态调控及智能监测与管理四大维度提出技术对策,旨在为黑臭水体长效治理提供理论支撑与实践路径。

1 黑臭水体多元协同治理的概述

多元协同治理指相关部门、企业、社会组织、公众等多个主体在黑臭水体治理过程中建立协同机制、整合各方资源以形成治理合力并共同实现治理目标的过程,强调各主体平等合作、信息共享与利益协调以达成黑臭水体有效治理与可持续发展。多元协同治理具有多方面特点,主体多元性体现在涉及多个不同类型主体,相关部门掌握制度制定权与监管权,能从宏观层面规划治理方向与标准,企业具备技术与资金优势,可投入先进治理技术与充足资金推动治理工作开展,社会组织能发挥桥梁纽带作用,上传下达各方需求与意见,公众作为水环境直接受益者与监督者,可提供日常监督与反馈^[1]。协同性要求各主体建立协同机制,通过信息共享让各方及时了解治理进展与问题,资源整合能将分散资源集中利用提高治理效率,行动协调可避免各自为政现象,使各方行动有序衔接;目标一致性表现为尽管各主体利益诉求有差异,但在改善水环境质量、提升城市生态品质与居民生活质量这一黑臭水体治理目标上高度一致;动态性是由于黑臭水体治理受气候变化、城市发展等多种因素影响,是一个动态过程,多元协同治理需根据实际情况不断调整治理策略与方法,如根据不同季节水质变化、城市规划调整带来的污染源变化等,及时优化治理手段以适应不断变化的环境。

2 黑臭水体多元协同治理的困境

2.1 协同机制不完善

(1) 组织协调机制不健全,多元协同治理涉及相关部门、企业、社会组织、公众等多个主体,但缺乏统一组织协调机构,各主体间沟通渠道不顺畅、协调难度大。相关部门内部不同部门间存在职责界定不清晰情况,在面对黑臭水体治理任务时,容易出现相互推诿、扯皮现象,影响治理工作推进效率;企业和社会组织参与治理时,因没有统一协调机构,得不到有效指导和支持,难以精准发力,无法充分发挥自身技术和资源优势。(2) 制度体系不完备,当前我国针对黑臭水体多元协同治理的制度尚不完善,在责任划分和激励机制方面存在明显缺失。对于各主体在治理过程中的权利和义务没有清晰明确规定,导致部分主体不清楚自身在治理中的定位和应承担责任,参与治理积极性不高,甚至存在观望态度。(3) 监督评估机制缺失,由于没有有效监督评估机制,难以对各主体治理行为和治理效果进行及时、准确评价。这使得一些主体在治理过程中缺乏外部约束,存在敷衍了事、弄虚作假行为,不能真正投入精力和资源开展治理工作,进而影响黑臭水体整体治理效果,阻碍多元协同治理目标实现。

2.2 利益主体协调困难

其一是利益诉求差异大,相关部门、企业、社会组织和公众在治理中利益诉求各不相同。将城市形象塑造与生态环境改善置于重要位置,期望通过黑臭水体治理提升城市整体品质与竞争力;企业作为市场主体,更看重经济效益,参与治理时往往会考虑投入产出比,希望以较小成本获取较大经济收益;社会组织致力于推动社会公益事业发展,期望在黑臭水体治理中发挥自身专业优势与桥梁纽带作用,促进社会和谐进步;公众作为水环境直接相关者,最关注自身健康和生活质量,期望治

理能带来清洁、舒适的生活环境^[2]。这些不同诉求使各主体在治理目标、方式和重点上难以达成一致，增加协调难度。其二是利益分配不均衡，在多元协同治理中，部分主体承担较多责任与成本，如企业投入大量资金用于技术研发与设备购置，社会组织投入人力物力开展宣传与监督工作，但却未得到相应利益回报；而有些主体可能凭借自身优势获取不合理利益，这种不均衡易引发各主体间矛盾冲突，削弱治理积极性。其三是利益协调机制缺乏，目前没有有效机制平衡各主体利益关系，当利益冲突出现时，缺乏规范流程和有效方法进行协调解决，导致矛盾不断激化，影响治理工作顺利开展与整体效果。

2.3 信息共享不畅

信息孤岛现象严重是首要表现，不同部门、企业与社会组织间存在明显信息壁垒，各自掌握的数据资源难以有效流通。环保部门的水质监测数据、城建部门的排水管网信息、水利部门的水文资料等，因缺乏统一信息平台整合，形成数据孤岛，导致治理决策时无法获取全面信息支撑，难以制定精准科学的治理方案，影响治理效果评估与动态调整。信息传递渠道不畅进一步加剧信息共享困境，部分地区仍依赖纸质文件流转和会议口头传达等传统方式，信息传递效率低下且易失真延误。缺乏双向反馈机制使治理进展与问题无法及时互通，企业可能因不知晓制度调整而重复投入，公众因不了解治理进度而产生误解，社会组织因信息滞后难以发挥协调作用，形成治理主体间的信息断层。信息安全与隐私问题则构成信息共享的心理障碍，黑臭水体治理涉及企业生产工艺、排污数据等商业秘密，以及公众个人信息、健康数据等敏感内容，若缺乏加密传输、权限管理等安全保障措施，信息泄露风险将抑制主体共享意愿。企业担忧技术秘密外泄影响竞争力，公众顾虑个人隐私暴露引发权益损害，导致各方在信息共享时持保留态度，进一步削弱协同治理的信息基础。

2.4 技术支撑不足

核心技术缺乏体现在关键治理技术自主化程度低，污水深度处理中的高效脱氮除磷技术、生态修复中的本土物种筛选与群落构建技术等仍依赖进口，导致治理成本居高不下且效果不稳定，部分项目因技术适配性差需反复调整方案。技术应用能力不足表现为先进技术落地转化率低，部分地区引进的智能监测设备因操作人员未接受系统培训，出现数据采集误差大、设备故障率高的问题；生态浮床等生态修复技术因后期维护缺失，导致植物枯死、系统崩溃，影响治理持续性。技术创新动力不足源于市场机制缺陷，当前治理项目多采用低价中标模

式，企业为压缩成本往往选择成熟但低效的技术方案，缺乏研发新型技术的资金投入；科研机构因成果转化渠道不畅，其研发的微生物强化处理技术、新型生态基质材料等因缺乏中试平台支持，难以从实验室走向工程应用，形成“产学研用”脱节局面，制约技术迭代速度。技术支撑不足最终导致治理项目重建轻运营，难以实现长效达标。

3 黑臭水体多元协同治理的技术对策

3.1 水体修复技术

(1) 物理修复技术，以底泥疏浚与引水冲污为核心，底泥疏浚通过机械挖掘清除水体底部沉积的污染底泥，阻断内源污染物释放路径，直接降低水体中氮、磷及重金属等污染物浓度；引水冲污则借助清洁水源的引入增强水体流动性，通过稀释效应降低污染物局部富集程度。两类技术均具有操作直接、见效快的特征，但需重点关注疏浚底泥的脱水固化处理及引水水源的水质保障，防止底泥堆放产生的渗滤液污染及引水带来的外来物种入侵等二次生态风险。(2) 化学修复技术，通过投加氧化剂、沉淀剂等化学药剂实现污染物转化去除，氧化剂如过氧化氢可快速分解水体有机物，降低化学需氧量(COD)与生化需氧量(BOD)，沉淀剂通过络合反应固定重金属离子形成不溶性沉淀物。该技术适用于应急治理场景，但需严格管控药剂投加剂量与反应条件，避免过量氧化剂破坏水体微生物群落结构，或沉淀剂残留导致水体硬度升高。(3) 生物修复技术，依托微生物与植物的代谢活动实现污染物降解，微生物修复通过投加功能菌剂强化土著微生物对有机物、氮磷的分解效率；植物修复利用芦苇、香蒲等水生植物的根系吸附作用及植物体内酶促反应去除重金属与营养盐。该技术生态相容性高但修复周期较长，常需与物理、化学技术联用以实现短期效果与长期生态恢复的平衡。

3.2 污染源控制技术

点源污染控制聚焦工业废水与生活污水治理，工业领域需强化企业污水处理设施建设，采用膜生物反应器(MBR)、反渗透(RO)等高效工艺提升废水处理标准，确保达标排放；生活污水治理则侧重城市排水管网优化，通过管网改造与延伸提高污水收集率，将污水集中输送至处理厂进行深度处理，同时推广节水器具与雨水回用技术以减少污水产生量。面源污染控制针对农业与城市径流双重源头，农业面源通过生态农业模式推广减少化肥农药使用量，配套建设农田退水处理设施拦截氮磷流失；城市径流污染防控依托海绵城市建设，采用雨水花园、植草沟、下沉式绿地等低影响开发设施，实现雨水

径流的截留、渗透与净化,降低初期雨水冲刷携带的悬浮物、重金属等污染物入河负荷。内源污染控制重点遏制底泥污染物释放,除底泥疏浚外,原位覆盖技术通过铺设砂、砾石等清洁材料形成物理隔离层,阻断底泥与上覆水体的物质交换;环境调控技术则通过投加氧化剂提升水体氧化还原电位,或调节pH值改变污染物存在形态,抑制底泥中重金属溶出及有机物分解产臭过程。三类技术需协同应用,点源治理保障入河水质基准,面源防控削减污染通量,内源控制阻断内源释放,形成全链条污染管控体系。

3.3 生态调控技术

水生生态系统构建通过种植苦草、菖蒲等本土水生植物,投放鲢鱼、鳙鱼等滤食性鱼类及硝化细菌等功能微生物,形成植物—动物—微生物协同的立体生态网络。水生植物根系吸收氮磷等营养盐抑制藻类增殖,其茎叶为鱼类提供产卵场;鱼类通过摄食控制浮游生物密度;微生物分解有机物实现碳氮循环,三者共同提升水体溶解氧含量与生物多样性,增强系统自净能力。生态护岸技术采用天然材料替代传统硬质护坡,石块堆砌、木材桩基等结构既保障岸坡抗冲刷性能,又形成多孔隙栖息环境。植草护岸通过草本植物根系固土,生态袋护岸以可降解材料填充种植土形成柔性边坡,两类技术均保留水陆交错带生态功能,为两栖类、底栖动物提供迁徙通道,促进物质交换与能量流动^[3]。生态补水技术针对水量匮乏水体实施水源补给,优先选用水质达标的再生水、雨水蓄积水等非常规水源,通过流量调控装置实现精准补水。补水过程需结合水质监测数据动态调整补水量与频次,避免因水流冲刷导致底泥再悬浮或水温骤变引发生态应激。补水后同步启动水生植物种植与微生物投加,利用新增水量扩大生态修复范围,形成“以水养生态、以生态保水质”的良性循环,最终实现黑臭水体向清水稳态的转化。

3.4 智能监测与管理技术

水质在线监测技术依托多参数传感器网络,实时采集pH值、溶解氧、化学需氧量、氨氮等核心指标,通过物联网传输至云端平台进行动态分析,生成水质变化曲

线与污染预警模型。系统内置阈值管理模块,当监测数据超标时自动触发警报机制,同步推送至监管终端与责任单位,实现污染事件的快速响应。污染源追溯技术融合地理信息系统(GIS)定位与全球定位系统(GPS)轨迹追踪,通过构建污染扩散模型反向推演污染物迁移路径,结合企业排污许可数据与管网拓扑结构,精准锁定污染源空间位置与排放主体。大数据分析模块可挖掘污染源时空分布规律,识别高风险区域与行业,为差异化监管提供数据支撑。智能管理平台作为技术集成中枢,整合水质监测、污染溯源、工程进度等多元数据,建立“一水一档”数字化台账,通过可视化界面展示治理工程实时状态与水质改善成效。平台内置智能调度算法,可根据水质波动自动优化治理设备运行参数,提升资源利用效率。公众服务模块开放水质数据查询接口与投诉举报通道,支持手机APP端实时查看周边水体状况,形成“相关部门—企业—公众”协同治理机制,推动黑臭水体治理向精细化、长效化方向演进。

结束语

综上所述,黑臭水体多元协同治理是一项复杂且长期的系统工程,需从机制完善、利益协调、信息共享、技术支撑等多维度协同推进。通过物理、化学、生物修复技术,污染源全链条管控,生态调控技术构建健康水生态系统,以及智能监测技术实现精准治理,可有效摆脱当前治理困境。未来需持续强化技术创新与制度保障,推动多元主体形成治理合力,最终实现黑臭水体治理的常态化、长效化,为城市生态可持续发展与居民高品质生活提供坚实保障。

参考文献:

- [1]兰旭凌.城市黑臭水体治理的生命历程与整合策略研究[J].北京社会科学,2020(4):21-34.
- [2]闫霞亮.城市黑臭水体治理的生态修复模式与长效管理机制[J].生态学与可持续发展研究,2025,2(2):79-81.
- [3]赵振宇.基于生态修复技术的城市水体污染治理案例研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2025(5):138-141.