

Application and Optimization of Water Quality Monitoring Technology in the Treatment of Urban Black and Odorous Water

Yuan Meng

Laohekou City Ecological Environment Monitoring Station, Xiangyang, Hubei, 441800, China

Abstract

As urban black and odorous water body remediation enters an advanced phase, precise and efficient water quality monitoring technologies have become pivotal for pollution source tracing, project evaluation, and long-term management. Addressing practical governance needs, this study systematically analyzes the current monitoring system's limitations in response timeliness, spatial coverage, and data integration. It proposes optimization pathways including establishing a "fixed-mobile-remote sensing" multi-dimensional perception network, advancing an integrated monitoring-early warning-response mechanism, and enhancing multi-source data fusion with operational coordination. By considering local fiscal capacity, operational sustainability, and technology transfer efficiency, the research explores technical adaptation strategies to strengthen the monitoring system's support for dynamic black and odorous water body remediation.

Keywords

black and odorous water; water quality monitoring; optimization

城市黑臭水体治理中水质监测技术的应用与优化研究

孟源

老河口市生态环境监测站, 中国·湖北 襄阳 441800

摘要

随着城市黑臭水体治理进入深化阶段, 精准高效的水质监测技术成为支撑污染溯源、工程评估与长效管理的关键。本文围绕治理实际需求, 系统分析当前监测体系在响应时效、空间覆盖与数据融合等方面存在的短板, 提出构建“固定—移动—遥感”多维感知网络、推进监测—预警—响应一体化机制、强化多源数据融合与业务协同等优化路径。研究结合地方财政能力、运维可持续性 & 成果转化效率, 探讨技术适配策略, 旨在提升监测体系对黑臭水体动态治理的支撑能力。

关键词

黑臭水; 水质监测; 优化

1 引言

近年来, 随着城市化进程加快, 部分城市水体因长期接纳生活污水、工业废水和地表径流, 出现黑臭现象, 严重影响居民生活质量和城市形象。在此背景下, 水质监测不仅是判断黑臭状态、评估治理成效的基础工具, 更是实现科学决策和动态调控的关键环节。

2 水质监测技术在黑臭水体治理中的核心应用场景

2.1 污染源快速识别与溯源支撑

黑臭水体治理启动阶段, 首要任务是摸清污染来源。

【作者简介】孟源 (1973–), 男, 中国湖北襄阳人, 本科, 工程师, 从事环境工程水污染治理研究。

传统人工排查效率低、盲区多, 难以应对复杂城市管网系统。当前多地已采用便携式多参数水质检测仪、搭载传感器的移动监测车或无人机, 在河道沿线开展高频次、高密度巡查^[1]。这些设备可实时获取氨氮、溶解氧、氧化还原电位等关键指标, 通过空间分布图快速识别异常点位。例如某城区利用无人船沿支流扫描, 发现一处隐蔽排口在夜间持续排放高浓度有机废水, 随即纳入截污改造计划。此类技术手段大幅缩短了污染源定位周期, 使控源截污从“广撒网”转向“精准打”, 有效提升初期治理效率。

2.2 治理工程效果动态评估

治理工程实施过程中, 水质变化具有高度动态性, 仅靠竣工后一次性检测难以反映真实成效。实践中, 固定在线监测站配合临时布设的浮标式或岸基式设备, 对清淤段、曝气区、生态湿地出口等关键节点进行连续观测, 形成时间序

列数据。这些数据不仅用于比对工程前后指标差异，还能揭示措施间的协同或冲突效应。例如某市在河道曝气后发现溶解氧虽提升，但底泥扰动导致氨氮短暂升高，据此调整了清淤与曝气的施工时序。

2.3 长效管理机制的数据基础

黑臭水体治理易出现“整治—反弹—再整治”的循环困境，根源在于缺乏持续监管能力。建立覆盖全流域的常态化监测网络，成为巩固治理成果的关键。当前不少城市在主干河道及敏感区域布设低成本微型水质站，实现7×24小时数据回传。长期积累的数据可揭示水质季节性波动规律，如雨季合流制溢流导致的短期恶化，或夏季高温引发的溶解氧下降。这些信息为河长履职、网格员巡查和执法响应提供客观依据。当某断面指标连续偏离基准值时，系统可自动预警，触发溯源排查，防止小问题演变为黑臭复发，真正实现从“运动式治理”向“制度化管护”转变。

3 当前水质监测体系在黑臭水体治理中存在的主要问题

3.1 监测响应滞后难以支撑动态决策

当前多数城市对黑臭水体的水质监测仍以人工采样配合实验室化验为主，从采样、送检到出具结果通常需2至5个工作日。这种模式在应对突发性污染事件时明显力不从心。例如某城区河道在周末夜间出现明显黑臭，但因采样安排在周一上午，待数据确认异常时已过去72小时以上，排污源头早已中断或转移，无法锁定责任主体。即便部分区域设有在线监测设备，也常因维护不到位、校准不及时导致数据失真或中断。现有流程缺乏将监测结果快速转化为管理行动的机制，即使发现指标超标，也难以在短时间内联动排水、执法或应急部门采取措施。这种“事后确认”而非“事中干预”的模式，使治理工作长期处于被动状态，无法实现对污染过程的动态跟踪与精准调控，削弱了整体治理效能。

3.2 空间覆盖不均关键节点存在盲区

监测点位布局不合理是当前水质监测体系的普遍短板。为满足考核要求，布点往往集中在主干河道、国控或市控断面，而大量支流、沟渠、箱涵、雨水排口等潜在污染通道被忽略^[2]。这些区域虽小，却是生活污水直排、管网渗漏、地表径流汇集的高发地带。某南方城市曾对一条已“消除黑臭”的河道开展地毯式排查，发现其3条未设监测点的支流氨氮浓度超过主河道5倍以上，雨天时直接汇入干流引发返黑。由于日常监测未覆盖此类节点，治理成效评估仅反映“表面干净”，掩盖了系统性风险。公众日常接触的往往是小区边的小河浜或排水沟，若这些区域持续黑臭而官方数据却显示“达标”，极易引发信任危机。空间盲区不仅影响治理精准度，也割裂了技术判断与群众感知之间的联系，使黑臭水体整治陷入数字达标、现实依旧的困境。

3.3 数据整合不足分析支撑能力薄弱

水质监测数据在实际管理中由环保、水务、市政等多

个单位分别采集和管理，彼此之间缺乏统一标准和共享机制。有的来自在线监测站，有的源于人工采样报告，还有的出自科研项目或第三方服务，数据格式、时间维度、指标体系各不相同。这种碎片化状态导致即使拥有大量信息，也难以有效融合使用。例如一次暴雨后河道黑臭复发，若无法同步调取降雨量、管网液位、泵站运行及上游水质变化等数据，就难以准确判断是溢流污染、内源释放还是外部偷排所致。部分城市虽建有数据平台，但仅实现可视化展示，未嵌入分析模型，无法自动识别异常关联。更多地方则停留在Excel表格或纸质档案阶段，数据沉睡在不同科室的电脑里。这种割裂不仅拖慢问题响应速度，也使趋势研判、风险预警等高级应用无从谈起。治理决策因此更多依赖经验判断或个案处置，缺乏基于多源数据融合的系统性支撑。

4 面向治理需求的水质监测技术优化路径

4.1 构建固定移动遥感多维感知网络

针对传统监测点覆盖不足、响应迟缓的问题，当前技术条件已支持构建多层次、互补式的感知体系。在主干河道和重点排口布设低成本微型水质站，实现溶解氧、氨氮、电导率等核心参数的连续自动采集；同时配备无人船或车载走航设备，对支流、暗渠、箱涵出口等难以布设固定站点的区域开展每周或每旬一次的动态巡查。这类移动单元可快速部署，在雨后、节假日等污染高风险时段加密监测频次。利用高分辨率卫星影像或无人机多光谱数据，反演水体色度、透明度及藻类指数，形成对数十公里河网的整体态势感知。例如某中部城市将20个固定站、4艘无人船与月度无人机航拍结合，成功识别出多个隐蔽排污点，并在汛期前完成管网修复。这种“定点守+机动查+全域看”的组合模式，既保障了关键断面的高频监控，又填补了空间盲区，使监测从静态快照转向动态画像。

4.2 推进监测预警响应一体化机制

仅有数据采集还不够，关键在于让数据驱动行动。当前优化方向是打通“监测—预警—处置”链条，形成闭环管理。依托实时回传的水质数据流，建立基于本地水体特征的动态阈值模型，如夏季溶解氧低于2毫克/升且氨氮超过5毫克/升持续两小时，即判定为黑臭风险等级升高。系统自动向河长、运维单位和执法平台推送告警信息，并附带疑似污染源位置与历史对比曲线^[3]。部分地区已试点将预警信息接入城市运行管理中心，联动泵站调度、管网巡查和环卫清淤力量，在24小时内完成现场核查与初步处置。这种机制改变了过去“发现问题—层层上报—开会研究—安排整改”的冗长流程，使响应时间从数天缩短至数小时。通过记录每次预警与处置结果，可不断校准模型参数，提升未来判断的准确性，逐步实现从被动应对向主动防控转变。

4.3 强化多源数据融合与业务协同能力

解决数据碎片化问题，需要从制度和技术两端同步推进。一方面，推动生态环境、水务、住建等部门签订数据共

享协议,明确水质、水量、降雨、管网液位、泵站启停等关键数据的采集标准、更新频率和接口规范;另一方面,建设统一的城市水环境智能管理平台,将分散数据汇聚到同一时空坐标下,支持交叉比对与关联分析。例如当某断面氨氮突升时,平台可自动调取上游3小时内降雨量、附近泵站运行状态及周边企业排水许可信息,辅助判断是否为合流制溢流、管网破裂或非法排放。部分先进城市已引入轻量化AI模型,对历史数据进行训练,实现污染成因的初步归类和处置建议生成。这种融合不仅提升单次事件的研判效率,也为长期治理策略提供依据,如识别反复溢流的薄弱管段,优先纳入改造计划。数据真正成为连接监测、管理与工程的纽带,而非孤立的考核指标。

5 优化路径落地中的现实制约与适配策略

5.1 技术选型需匹配地方财政与运维能力

水质监测技术的先进性必须与地方实际承载能力相匹配。部分中小城市在试点智能监测时,盲目引进高成本、高维护的进口设备,结果因缺乏专业运维队伍和稳定经费,设备运行率不足50%,数据中断频繁,反而造成资源浪费。应该采用模块化、可扩展的轻量化方案:优先部署国产化、低功耗、自清洁的微型水质传感器,单点建设成本控制在5万元以内;通信采用4G/NB-IoT等成熟网络,避免依赖专网;数据平台依托现有政务云资源,减少重复投入。某西部地级市通过“先试点3个断面、运行半年再评估”的方式,验证了低成本设备在本地气候和水质条件下的稳定性,后续才逐步推广。这种“小步快跑、以用促建”的策略,既控制了风险,又确保了技术真正融入日常管理,而非沦为形象工程。还需考虑长期运维的成本和技术支持体系。例如,建立区域性的技术支持中心,提供远程诊断和现场维修服务,确保设备正常运转。同时,地方政府应制定详细的预算计划,包括设备购置、安装调试、日常运维以及人员培训等方面的费用,保证资金链的连续性和稳定性。

5.2 建立可持续的运维与责任机制

再完善的监测体系,若缺乏稳定运维,也难以长期发挥作用。当前不少城市将设备安装视为项目终点,忽视后续校准、清洗、故障修复等环节,导致“建而不用、用而不准”。解决这一问题,关键在于明确运维主体与考核标准。部分地区探索“建设—运维一体化”模式,由中标单位负责至少三年的全周期服务,并将数据有效率、设备在线率纳入绩效支付条款;另一些城市则将监测设施纳入市政公共设施管理体系,由排水或河道养护单位统一维护,环保部门负责数据审核与应用。同时,建立区级水环境调度中心,专人负责每日

查看数据异常、派发工单、跟踪闭环,使监测真正嵌入业务流程。只有当设备有人管、数据有人看、问题有人跟,技术才能从“摆设”变为“工具”。需要建立健全的运维手册和应急预案,定期组织技术人员进行技能培训,提高其应对突发情况的能力。针对不同类型的监测设备,制定差异化的维护方案,确保每台设备都能得到针对性的保养。利用信息化手段提升运维效率,可以开发专门的APP或平台,实现报修、调度、反馈的一站式处理,缩短响应时间,提高工作效率。

5.3 推动监测成果向治理行动有效转化

监测的最终价值不在于生成报表,而在于驱动治理行为改变。现实中,部分地方虽积累了大量水质数据,但未与执法、工程、考核等环节挂钩,导致“数据好看、黑臭依旧”。优化方向是建立“数据—决策—行动—反馈”的闭环机制。例如,将连续超标河段自动纳入年度整治清单,作为河长述职评议的重要依据;对反复出现异常的排口,启动联合执法并追溯排污许可合规性;在编制下一年度治水项目时,优先安排数据支撑充分、问题突出的区域。某东部城市规定,凡监测显示返黑返臭的水体,必须在15日内提交成因分析与整改方案,逾期未办则扣减属地考核分值。这种制度设计使监测数据从“参考信息”升级为“管理抓手”,真正推动治理重心从“完成任务”转向“解决问题”。可以通过大数据分析挖掘潜在规律,如识别污染源的时空分布特征,预测未来的污染趋势,从而提前采取预防措施。

6 结语

本研究围绕城市黑臭水体治理中水质监测技术的实际应用,系统梳理了其在污染识别、工程评估与长效管理中的关键作用,指出了当前监测体系在时效性、空间覆盖和数据融合方面的现实短板,并提出了多维感知网络构建、监测预警响应闭环及数据驱动治理转化等优化路径。这些措施并非追求技术堆砌,而是强调与地方财政能力、运维水平和管理机制相适配,确保技术真正落地见效。未来,随着传感器成本持续下降、边缘计算能力提升以及城市数字孪生平台的普及,水质监测有望从“辅助工具”升级为水环境治理的“神经中枢”。

参考文献

- [1] 陈晶晶.生态环境监测技术在水体污染治理中的应用研究——以某城市河流水质监测为例[J].生态与资源,2025,(04):166-168.
- [2] 陈茜茜.福建省漳州市农村黑臭水体及其污染源情况调查分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(23):94-96.
- [3] 刘玉明.污水处理技术在黑臭水体治理中的应用[J].皮革制作与环保科技,2023,4(09):10-12.