

水污染溯源解析在水环境质量控制中的应用与挑战

李娜 蔡盈盈 许婷婷 戴聪聪

浙江中环检测科技股份有限公司 浙江 温州 325000

摘要: 水污染溯源解析作为水环境质量控制的关键技术,通过识别与量化分析水体中污染物的来源、传输路径及贡献比例,为制定针对性治理策略、实施有效监管及保障水资源可持续利用提供科学依据。文章综述了水污染溯源解析的基本理论与方法,并分析了面临的技术、数据、管理和社会经济挑战。在此基础上,提出应对策略与建议,旨在推动水环境质量的持续改善。

关键词: 水污染溯源解析;水环境质量控制;应用;挑战

1 水污染溯源解析的基本理论与方法

1.1 水污染溯源解析的概念

水污染溯源解析,即运用科学的技术手段与方法,对水体中污染物的来源、传输路径以及贡献比例进行识别与量化分析的过程。在复杂的水环境体系中,污染物可能源于工业废水排放、生活污水直排、农业面源污染、大气沉降以及水体自身的内源释放等多种途径。通过水污染溯源解析,能够精准定位污染源头,明确不同污染源对水体污染的相对贡献程度,为制定针对性的水污染治理策略、实施有效的环境监管以及保障水资源可持续利用提供关键依据。例如,在上海某一出现水质恶化的城市河流中,通过溯源解析,检测到水体中重金属铅的浓度远超正常标准,达到了 0.15mg/L (正常标准为 0.01mg/L 以下),经稳定同位素分析等技术手段,判断出是附近工业企业违规排放含重金属废水所致,从而为后续治理工作指明方向^[1]。

1.2 水污染溯源解析的主要方法

水污染溯源解析涵盖多种方法,化学指纹识别技术是其中重要的一类。稳定同位素技术基于不同污染源排放的污染物具有独特的稳定同位素组成特征来进行溯源。例如,氮、氧稳定同位素在追踪水体中硝酸盐污染源方面应用广泛。农业化肥中的氮同位素组成与工业排放或生活污水中的有所差异,通过分析水体中硝酸盐的氮、氧同位素比值,可推断其来源于农业面源、工业废水还是生活污水。有机污染物指纹图谱技术则通过构建有机污染物的特征指纹来识别污染源。不同工业生产过

程排放的有机污染物具有特定的成分与结构组合,如多环芳烃指纹图谱可用于识别石油类污染来源。石油开采、炼油厂排放以及汽车尾气等来源的多环芳烃,其各组分的相对含量和比例呈现出不同特征,以此可实现对石油类污染的精准溯源。

微生物溯源技术也在水污染溯源中发挥着重要作用。指示微生物检测技术通过检测常见指示微生物,如大肠杆菌、肠球菌等,来判断水体是否受粪便污染。这些指示微生物通常与人类或动物粪便相关联,若在水体中检测到高浓度的指示微生物,则表明水体可能受到粪便污染。该方法存在一定局限性,无法准确区分污染源是人类粪便还是动物粪便,也难以确定具体的污染来源位置。微生物源追踪技术则基于微生物群落结构分析、特定微生物基因标记等手段,能够更精准地溯源人类、动物粪便污染以及特定工业微生物污染。

2 水污染溯源解析在水环境质量控制中面临的挑战

2.1 技术挑战

水污染溯源解析在技术上面临多重挑战,现有的溯源技术虽然种类繁多,但每种技术都有其适用条件和局限性。例如,物理化学分析法虽然精确度高,但成本昂贵且操作复杂;同位素示踪技术虽然能有效区分自然与人为污染源,但标记物的选择和追踪过程需要高度专业技能;生态学方法依赖于长期监测和数据积累,短期内难以获得显著结果。

2.2 数据挑战

数据是水污染溯源解析的基础,但在实际操作中,数据的获取、处理和整合往往面临诸多挑战。一方面,数据采集点的布局 and 密度可能不足以全面反映水污染状况,导致溯源结果存在偏差。另一方面,由于不同部门或机构之间的数据共享机制不完善,数据孤岛现象普遍存在,限制了溯源分析的深度和广度。数据质量也是一

通讯作者: 李晓琳,1991年3月出生,汉族,女,浙江温州人,单位:浙江天祥质量技术服务有限公司温州分公司,职位:化学技术负责人,职称:工程师,学历:本科,邮编:325006,邮箱:360769272@qq.com,研究方向:化学检测。

大挑战,包括数据的准确性、完整性和时效性等方面,都直接影响溯源结果的可靠性^[2]。

2.3 管理挑战

管理挑战主要体现在政策法规、监管执行和协调机制等方面。首先,相关法律法规可能不够完善,缺乏明确的溯源要求和处罚措施,导致溯源工作缺乏法律依据和执行力。其次,监管部门的监管力度和协调能力直接影响溯源工作的推进。在实际操作中,不同部门之间的职责划分可能不明确,导致监管空白或重复监管现象;跨部门、跨地区的协调机制也是一大挑战,需要建立有效的合作机制来共同应对水污染问题。

2.4 社会经济挑战

水污染溯源解析还面临社会经济方面的挑战,一方面,溯源工作需要投入大量的人力、物力和财力,对于经济欠发达地区来说,资金短缺可能成为制约溯源工作开展的关键因素。另一方面,溯源结果的应用和推广也可能受到社会经济因素的制约。公众对环境保护的意识和参与度也是影响溯源工作顺利推进的重要因素。

3 水污染溯源解析在水环境质量控制中的应用

3.1 水污染溯源解析在污染源识别中的应用

通过科学的方法和先进的技术手段,溯源分析能够精确定位污染物的来源,包括工业排放、农业面源、城市污水、自然因素等多个方面。在实际应用中,溯源分析可以结合地理信息系统(GIS)、遥感技术和数学模型模拟等多种手段,对水体中的污染物进行全面监测和分析。通过对比不同时间、不同地点的水质数据,结合污染源的历史记录和地理信息,可以逐步缩小污染源的范围,最终确定具体的污染源头。例如,在某化工园区周边河流的溯源分析中,利用GIS技术绘制污染物空间分布地图,结合水质监测数据中化学需氧量(COD)、氨氮等指标的变化,以及对周边企业生产工艺和废水排放记录的调查,精准定位到一家违规排放高浓度有机废水的化工企业,该企业排放的废水中COD浓度高达2000mg/L,远超排放标准(500mg/L以下)。

3.2 水污染溯源解析在污染预警与应急响应中的应用

水污染溯源解析在污染预警与应急响应体系中扮演着至关重要的角色,能够为及时、有效的污染防控提供有力支撑。在污染预警方面,通过持续监测水体中污染物的化学指纹、微生物特征以及利用水质模型模拟污染物迁移转化趋势,可提前预判潜在污染风险。例如,水质模型如QUAL2K可根据实时监测的水流速度、流量、污染物初始浓度等参数,模拟污染物在水体中的扩散路径与浓度变化情况。结合稳定同位素分析和微生物溯源

数据,能够对可能出现的污染事件进行早期预警。若监测到某区域水体中特定稳定同位素比值出现异常变化,且微生物群落结构呈现与已知污染源相关的特征,同时水质模型预测污染物浓度将在未来一段时间内上升,便可及时发出污染预警,提醒相关部门采取防控措施^[3]。

3.3 水污染溯源解析在水环境治理与修复中的应用

水污染溯源解析为水环境治理与修复提供了精准的方向指引,是实现有效治理与生态恢复的重要依据。在制定水环境治理方案时,基于溯源结果能够明确不同污染源对水体污染的贡献比例,从而针对性地制定治理措施。以湖泊富营养化治理为例,通过稳定同位素和模型模拟等技术追踪湖泊氮、磷等营养盐来源,若发现农业面源污染对湖泊富营养化贡献较大,治理措施可侧重于推广生态农业,减少化肥使用量,建设生态拦截工程,拦截农田径流中的氮、磷等污染物。若城市污水排放是主要污染源,则重点加强城市污水处理设施建设与升级改造,提高污水达标处理率。在某湖泊的治理中,经溯源分析确定农业面源污染贡献60%的氮、磷营养盐,随后在周边农田推广生态种植技术,减少化肥施用量30%,并建设5公里的生态拦截带,一年后湖泊水体中总氮、总磷浓度分别下降15%和12%。

在水环境修复过程中,水污染溯源解析可用于评估修复效果。通过对比修复前后水体中污染物的化学指纹、微生物特征以及利用模型模拟水质变化情况,判断修复措施是否有效。例如,在某河流生态修复工程中,采取底泥清淤、水生植物种植等措施。通过稳定同位素分析水体中氮、磷等污染物的来源与浓度变化,以及微生物源追踪技术监测微生物群落结构的恢复情况,若发现修复后水体中来自底泥释放的污染物稳定同位素特征减弱,微生物群落结构逐渐向健康水体的特征转变,且水质模型模拟结果显示水质指标持续改善,表明修复措施取得了良好效果。同时,根据溯源结果,可及时调整修复策略,如发现某区域修复效果不佳是由于外源污染持续输入,可进一步加强对该区域污染源的管控,保障水环境修复工作顺利推进,实现水环境质量的持续提升与生态系统的有效恢复。

4 水污染溯源解析在水环境质量控制中的应对策略与建议

4.1 加强水污染溯源解析技术的研发

持续加大对水污染溯源解析技术研发的投入至关重要,积极推动新型溯源技术的探索。例如,利用纳米技术开发高灵敏度的污染物检测传感器,能够精准捕捉水体中痕量污染物,为更细微污染源的识别提供可能。

同时,深入挖掘新型微生物标记物,借助基因编辑与检测技术,开发针对特定污染源的专属微生物标记,提高微生物源追踪的精准度。注重现有技术的优化与集成。整合稳定同位素、有机污染物指纹图谱以及微生物溯源等技术,构建多技术协同的综合溯源体系。通过建立统一的数据标准与分析流程,实现不同技术数据的高效融合,弥补单一技术的局限性,提升水污染溯源解析的准确性与可靠性,为水环境质量控制提供更有力的技术支撑。

4.2 建立完善的数据管理系统

第一,要优化水环境监测网络,增加监测点位的数量与覆盖范围,尤其是在污染源集中区域以及生态敏感地带,确保能够全面、准确地采集水体数据。同时,提高监测频率,实现对水体动态变化的实时追踪;第二,建立严格的数据质量控制机制,对监测数据进行多环节审核,及时处理数据缺失与异常值问题。采用先进的数据清洗与校准技术,确保数据的准确性与可靠性。第三,搭建跨部门、跨区域的数据共享平台,打破数据壁垒。统一数据格式与接口标准,建立数据安全保障体系,鼓励不同监测机构、科研单位以及管理部门之间的数据交流与共享,为水污染溯源解析提供丰富、全面的数据资源,促进溯源分析的深入开展与治理决策的科学制定^[4]。

4.3 加大执法力度,确保政策法规的有效实施

强化执法力度是确保水污染溯源解析成果转化为实际水环境质量改善的重要手段。制定详细、可操作的水污染溯源与治理相关政策法规细则,明确各责任主体在水污染溯源、污染防治以及治理修复中的职责与义务。加大对违法排污行为的惩处力度,提高违法成本,对偷排、漏排工业废水,违规排放生活污水以及肆意倾倒危险废物等行为进行严厉打击。建立常态化的执法监督机制,定期对企业、污水处理设施以及重点排污区域进行检查,确保各项政策法规得到有效执行。加强环保执法部门与其他相关部门的协同合作,形成执法合力,共同

推进水污染溯源与治理工作,保障水环境质量控制工作依法、有序开展。

4.4 加强公众教育与宣传,提高环保意识

公众参与是水环境质量控制的重要力量,加强公众教育与宣传意义重大,通过多种渠道,如学校教育、社区宣传活动、媒体报道等,普及水污染溯源解析的重要性以及水污染对生态环境和人体健康的危害知识。开展环保科普讲座,向公众介绍常见的水污染来源以及个人在日常生活中可采取的环保行动,如节约用水、合理使用洗涤剂、不随意丢弃废旧电池等,提高公众对水污染问题的认知水平。鼓励公众积极参与水环境监测与监督,设立举报奖励机制,激发公众参与热情,形成全社会共同关注、共同参与水污染防治的良好氛围,助力水污染溯源解析工作在水环境质量控制中发挥更大作用,推动水环境质量持续改善。

结束语

综上所述,水污染溯源解析在水环境质量控制中发挥着不可替代的作用。面对诸多挑战,需要持续加强技术研发、完善数据管理系统、加大执法力度并提高公众环保意识。通过这些综合措施的实施,可以有效推动水环境质量的持续改善,为经济社会可持续发展提供坚实的生态保障。未来,随着科技的不断进步和政策的不断完善,水污染溯源解析将在水环境质量控制领域发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]倪红强,张锐,刘洪军.城市水环境治理工程质量管理[J].云南水力发电,2024,40(01):191-193.
- [2]许志芳.浅谈城市水污染控制与水环境综合整治策略[J].清洗世界,2022,38(01):64-66.
- [3]裴志强.城市水环境综合整治与污染控制治理探究[J].皮革制作与环保科技,2022,3(01):106-108.
- [4]张晶.城市水污染控制与水环境综合整治策略探析[J].环境与发展,2020,32(03):60,62.