

物的协同去除。部分地区还应用双碱法和循环流化床吸收工艺,以提高氯化氢和二氧化硫的去除能力。不同工艺模式的选择往往需要根据污泥成分和排放标准要求进行综合考虑。

4.3 二噁英及有机污染物的控制技术

二噁英及有机污染物的控制难度较大,必须依靠全过程防控和末端治理的有机结合。高温完全燃烧是抑制二噁英生成的关键条件,焚烧炉内应保持850摄氏度以上的温度,并延长烟气停留时间,以保证有机质彻底氧化。急冷措施在尾气系统中发挥重要作用,通过将烟气快速降温至200摄氏度以下,避免二噁英在中温区的再合成反应。活性炭喷射吸附是常见的末端治理手段,其多孔结构能够有效捕获有机分子,并与布袋除尘器结合发挥拦截作用。部分工艺采用催化分解技术,在特定金属氧化物催化剂作用下,将二噁英分解为二氧化碳和水,从而降低排放浓度。为了进一步提高治理效果,工程中还引入等离子体分解和光催化氧化方法,这些新兴技术在实验研究中展现出较高的降解效率。控制措施不仅依赖单一环节,而是通过燃烧条件优化、急冷与吸附、催化氧化的多重组合来实现对二噁英和有机污染物的稳定控制,这一体系对保障环境安全具有决定性意义。

5 污泥焚烧废气排放的综合治理与优化措施

5.1 焚烧工艺条件优化与源头减排

源头减排是降低废气污染的基础环节,焚烧工艺条件优化直接决定污染物生成量。通过提高污泥脱水和预处理水平,可以降低进炉物料的含水率,减少燃烧过程中因不完全燃烧而释放的有害成分。合理控制炉温在850至1050摄氏度之间,并保持稳定的氧气供给,有助于有机质彻底燃烧,降低一氧化碳和有机污染物生成。燃烧室的结构设计也对减排起到关键作用,多级燃烧和分级供风技术能够改善气固混合效果,减少氮氧化物的生成。为了进一步实现源头控制,可以通过污泥改性和药剂添加手段改变污染物释放特性,将部分重金属固定在固相中。工艺条件的持续优化不仅能降低污染物排放,还能提升能源利用效率,为后续治理环节减轻负担。

5.2 多污染物协同控制与耦合治理技术

多污染物协同控制已成为污泥焚烧废气治理的重要方向,其核心在于通过系统集成实现颗粒物、酸性气体和有机污染物的同步去除。喷雾干燥与布袋除尘的组合能够在脱酸的同时高效捕集颗粒物和吸附二噁英。循环流化床反应器在脱硫和脱氯方面表现出较强适应性,并能为多组分反应提供良好条件。活性炭喷射与催化氧化工艺的耦合则能在去除酸

性气体的同时分解有机污染物,形成协同效应。部分工程还探索将等离子体处理与传统除尘装置结合,借助自由基反应加速污染物分解。协同治理不仅提高了综合去除效率,还减少了单一工艺带来的能耗和副产物问题。在政策推动和技术进步下,协同与耦合治理模式正逐步从实验阶段走向实际应用,对实现污染物整体达标排放具有重要意义[4]。

5.3 监测评估体系与排放标准的完善

废气治理不仅依赖工艺技术,还需要完善的监测评估体系和标准规范。在线监测系统的应用能够实现对颗粒物、酸性气体和有机污染物的实时追踪,通过数据采集与分析及时发现异常情况。多参数监测平台可以将烟气流量、温度和成分与排放浓度进行比对,为工艺优化提供依据。排放评估需要建立科学的风险评价模型,将污染物的排放强度与环境容量进行对照,判断其潜在环境影响。标准的完善是监管的重要保障,当前部分污染物限值尚未覆盖所有有机成分,标准的细化有助于推动企业采取更高水平的治理措施。政府与科研机构应协同推进监测技术更新,制定与国际接轨的排放限值体系,并结合实际情况调整实施细则。健全的监测与标准框架能够形成从数据采集到风险管控的闭环体系,为污泥焚烧废气治理提供长期支撑。

6 结语

污泥焚烧作为污泥资源化与无害化的重要途径,在提升处置效率的同时也带来了复杂的废气污染问题。颗粒物、重金属、酸性气体以及二噁英等多类污染物的排放特征表明,其对大气环境、生态系统和人体健康均存在潜在威胁。针对不同污染物的控制手段已逐渐完善,从高效除尘、脱酸工艺到有机污染物分解形成了较为系统的技术体系。未来需要在工艺条件优化、协同治理和全过程监控方面持续推进,推动新型低能耗高效治理技术的应用,同时完善排放标准和监测体系,实现源头减排与末端控制相结合。通过技术与管理双重驱动,能够有效提升污泥焚烧的环境友好性,为生态文明建设和可持续发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 汪超,钱娟婷,杨蕴.某污泥焚烧项目污泥中氨对脱硝设施影响的分析[J].绿色科技,2022,24(02):174-177.
- [2] 李思畅.污泥植物干化污泥及干化污泥焚烧特性研究[D].导师:吴启堂.华南农业大学,2021.
- [3] 沈怡雯,汪喜生,鲍悦,吕瑞滨.污泥焚烧烟气处理工艺探究[J].资源节约与环保,2019,(03):97-98.
- [4] 周玲,廖传华.污泥焚烧烟气的污染物控制[J].中国化工装备,2018,20(06):6-10.

Research on Emergency Monitoring Technology for Sudden Water Environmental Pollution in River Basins

Yuan Yue Yingna Liu

Liaoning Province Benxi Ecological Environment Monitoring Center, Benxi, Liaoning, 117000, China

Abstract

Basin-scale sudden water pollution incidents are characterized by abrupt onset, rapid spread, and severe consequences, posing significant threats to ecological environments and public safety. Efficient and precise emergency monitoring serves as the critical support for effectively addressing such events. This study systematically analyzes the types and features of sudden water pollution incidents in river basins, and thoroughly explores a modern emergency monitoring technology system encompassing portable rapid detection devices, mobile laboratory analysis, automated online monitoring, and remote sensing monitoring. The research focuses on establishing an integrated “ground-space synergy, fixed-mobile hybrid” emergency response model, detailing a comprehensive monitoring protocol that progresses from rapid screening and qualitative-quantitative analysis to dynamic tracking. Through case simulation analyses, the technical system demonstrates notable advantages in swiftly identifying pollution sources, assessing contamination scope and trends, evaluating ecological risks, and supporting scientific decision-making.

Keywords

Sudden water pollution; Emergency monitoring; Technical system; River basin environment; Rapid response

流域突发水环境污染应急监测技术研究

岳园 刘莹娜

辽宁省本溪生态环境监测中心, 中国·辽宁 本溪 117000

摘要

流域突发水环境污染事件具有发生突然、扩散迅速、危害严重等特点,对生态环境和公共安全构成严重威胁。高效、精准的应急监测是有效应对此类事件的关键支撑。本文系统分析了流域突发水污染事件的类型与特征,深入探讨了包括便携式快速检测、移动实验室分析、自动在线监测及遥感监测在内的现代化应急监测技术体系。研究重点在于构建一个“天地一体、固定与移动结合”的应急监测响应模式,并详细阐述了从快速筛查、定性定量到动态追踪的全流程监测方案。通过案例模拟分析,验证了该技术体系在快速锁定污染源、研判污染范围与趋势、评估生态风险以及支撑科学决策等方面的显著优势。

关键词

突发水污染; 应急监测; 技术体系; 流域环境; 快速响应

1 引言

流域作为重要的地理单元和生态系统,其水环境安全直接关系到区域经济社会可持续发展和人民群众健康。然而,随着工业化、城镇化进程的加速,由生产安全事故、交通运输事故、非法排污等引发的流域突发水环境污染事件频发,如松花江硝基苯污染、汀江镉污染等重大事件,造成了巨大的生态损失和社会影响。与常规污染不同,突发水污染事件具有极强的不可预测性、应急处置的紧迫性以及污染影响的跨区域性,这对环境应急监测工作提出了极高的要求。应急监测不仅是事件预警的“前沿哨兵”,更是应急处置的

“决策大脑”,其核心任务在于快速准确地回答“是什么污染、污染范围多大、浓度多高、去向如何”等关键问题。

传统的实验室分析模式虽精度高,但耗时较长,难以满足突发事件分秒必争的决策需求。因此,研究如何整合与应用快速、灵敏、高效的现代化监测技术,构建一套科学、规范的流域水环境应急监测技术体系,具有极其重要的现实意义和紧迫性。本文旨在系统梳理现有技术,提出一个集成化、流程化的应急监测方案,以提升应对流域突发水污染的快速响应与精准管控能力。

2 流域突发水污染事件特征与应急监测需求分析

2.1 事件特征

流域突发水污染事件通常表现出以下鲜明特征:

【作者简介】岳园(1982-),女,本科,工程师,从事生态环境监测研究。

突发性与不确定性：事件发生时间、地点、污染物种类往往难以预知。扩散性与衍生性：污染物进入水体后，随水流扩散、迁移，并可能发生物理、化学和生物转化，产生次生污染。

危害的严重性与公共性：事件可能直接威胁饮用水源安全、水生生态系统健康，甚至引发社会恐慌。^[1] 应急处置的时效性：必须在“黄金救援期”内迅速采取有效措施，控制污染态势。

2.2 应急监测的核心需求

基于上述特征，应急监测工作需满足以下核心需求：

快速性：要求监测队伍能快速抵达现场，并能在短时间内获得初步监测结果。

准确性：监测数据必须可靠、准确，为指挥决策提供科学依据。

针对性：能根据事件线索（如气味、颜色、企业类型）快速判断污染物类型，选择有针对性的监测方法和设备。

动态性：能对污染带进行持续、跟踪监测，掌握其迁移、转化和削减规律。

综合性：需具备对多种污染物（如重金属、有机毒物、石油类等）的监测能力。

3 应急监测关键技术及其集成应用

现代应急监测技术已从单一的现场采样 - 实验室分析，发展为多技术融合的立体化监测体系。

3.1 现场快速筛查技术

此阶段目标是快速判断污染概貌，锁定重点区域。便携式检测设备：如便携式气相色谱 - 质谱联用仪（GC-MS）、重金属快速测定仪、生物毒性检测仪等。这些设备可直接在现场对水样进行半定量或定量分析，在几分钟到几十分钟内给出结果。例如，便携式 GC-MS 可快速识别挥发性有机污染物（VOCs）。快速检测管 / 试纸：针对特定污染物（如氰化物、苯胺等），操作简单，成本低廉，适合大范围初步筛查。^[2]

3.2 移动实验室分析技术

移动实验室（车载、船载）是现场快速筛查与实验室精确分析之间的关键桥梁。它将精密的实验室仪器（如液相色谱 - 质谱联用仪 LC-MS/MS、电感耦合等离子体质谱仪 ICP-MS）集成于移动平台上，兼具机动性强和分析精度高的双重优势，可在现场完成复杂水体样品的精确定量分析，有效避免了样品运输过程中的变质和延误。

3.3 在线自动监测技术

在敏感断面（如饮用水源地取水口、省市级行政边界）布设的水质自动监测站，可对常规指标（pH、电导率、溶解氧、氨氮、高锰酸盐指数等）进行连续监控。一旦发生污染事件，自动站的实时数据异常可作为早期预警信号，并为判断污染锋面到达时间提供关键信息。

3.4 遥感与无人机（UAV）监测技术

对于大范围、可视化的污染（如大面积油污、藻华、水体颜色异常），卫星遥感和无人机遥感技术具有无可替代的优势。无人机搭载高光谱或多光谱成像仪，可快速获取大范围水域的影像数据，直观展示污染空间分布，并可用于人员难以抵达的危险区域监测。^[3]

3.5 技术集成与流程化应用

上述技术并非孤立存在，而应按照“空间 - 地面 - 点位”的逻辑进行集成，形成一套标准化的应急监测流程，如下所示图 1

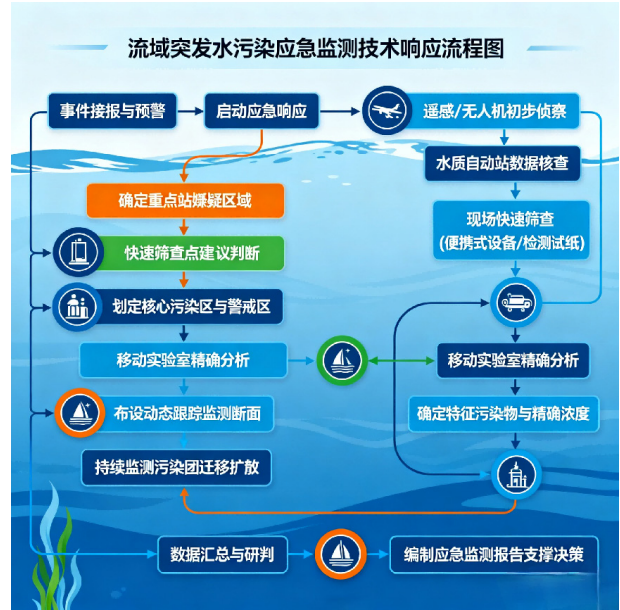


图 1 流域突发水污染应急监测技术响应流程表

4. 应急监测体系的构建与案例分析

4.1 一体化应急监测体系构建

一个完善的应急监测体系应包括：

- 组织管理体系：明确指挥机构、执行单位及其职责，建立跨部门、跨区域的联动协调机制。
- 技术装备体系：根据流域风险源分布，合理配置不同层级的快速检测、移动实验室和自动监测设备。
- 方案预案体系：针对不同类型风险源（化工园区、尾矿库、航运通道等），制定差异化的应急监测预案。
- 数据管理与支持体系：建立应急监测数据库和会商平台，实现数据的快速传输、分析和可视化。

4.2 案例模拟：某河流苯系物泄漏事件

假设某流域上游一化工厂发生泄漏，苯系物进入河道。

阶段一（0-2 小时）：接到报警后，立即调取下游饮用水源地自动站数据，发现特征指标异常。同时，派出无人机对可疑河段进行航拍，快速锁定泄漏点附近出现异常颜色水域。