

Rapid response and disposal strategy of the automatic pollution source monitoring system in the environmental emergency scenario

Wenlong Ye Anman Yu Jin Li

Yunnan Research Academy of Eco-environmental Sciences, Kunming, Yunnan, 650034, China

Abstract

The problem of environmental pollution is becoming increasingly serious, especially in the emergency environmental events, the timely monitoring and effective disposal of pollution sources is very important. With the development of science and technology, the automatic monitoring system has gradually become an important tool to deal with environmental emergencies. This paper discusses the rapid response and disposal strategy of the pollution source automatic monitoring system in environmental emergency scenarios, first analyzes the basic composition and working principle of the automatic monitoring system, then expounds the application of the system in environmental emergency requirements, mainly discusses how to through real-time data acquisition, rapid data processing and intelligent decision support, to quickly identify the pollution sources and start the emergency response. The research shows that the automatic monitoring system of pollution sources is of great significance in environmental emergency response, and improving its response speed and accuracy will provide a more scientific and efficient decision-making basis for environmental management.

Keywords

environmental emergency; pollution source monitoring; rapid response; emergency response; intelligent system

环境应急场景下污染源自动监控系统的快速响应与处置策略

叶文龙 余安满 李金

云南省生态环境科学研究院, 中国 · 云南 昆明 650034

摘 要

环境污染问题日益严峻, 尤其是在突发环境事件中, 污染源的及时监测和有效处置至关重要。随着科技的发展, 污染源自动监控系统逐渐成为应对环境应急事件的重要工具。本文探讨了环境应急场景下污染源自动监控系统的快速响应与处置策略, 首先分析了自动监控系统的基本构成及其工作原理, 随后阐述了该系统在环境应急中的应用需求, 重点讨论了如何通过实时数据采集、快速数据处理和智能决策支持, 快速识别污染源并启动应急响应。研究表明, 污染源自动监控系统在环境应急中具有重要意义, 提升其响应速度与准确性, 将为环境管理提供更加科学、高效的决策依据。

关键词

环境应急; 污染源监控; 快速响应; 应急处置; 智能化系统

1 引言

环境污染已成为全球性难题, 突发环境污染事件更是给生态系统和公众健康带来了严重威胁。随着污染源种类和污染事件的复杂性增加, 传统的环境监控手段已经无法满足快速响应的需求。自动化、智能化的污染源监控系统应运而生, 成为环境应急管理中的重要组成部分。该系统通过实时监测和数据分析, 能够迅速识别污染源并提供科学依据, 为应急处置提供有力支持。有效的自动监控系统不仅能提高响

应速度, 减少污染扩散, 还能帮助决策者做出科学、准确的决策。然而, 现有系统在实际应用中仍存在数据传输延迟、应急响应不够灵活等问题, 因此, 研究如何提升污染源自动监控系统的快速响应与处置能力, 已成为当前环境应急管理领域的重要课题^[1]。

2 污染源自动监控系统概述

污染源自动监控系统是一种基于先进传感技术、自动化控制和数据处理的环境监测系统, 旨在实时检测和评估污染源的排放状况。该系统通过安装在污染源附近的传感器和监测设备, 自动采集水、气、土壤等环境介质中的污染物浓度数据, 并传输至监控平台进行实时分析。污染源自动监控系统主要由传感器、数据采集单元、通信模块、数据处理平

【作者简介】叶文龙 (1986-), 男, 中国云南嵩明人, 本科, 工程师, 从事污染源管理、生态环境执法、环境风险管控研究。

台和显示终端等组成。传感器负责污染物的实时检测,通过检测空气、水、土壤中的污染物浓度,将数据转化为电信号。数据采集单元将传感器收集到的信号进行处理、传输至远程监控平台。通信模块通过无线或有线网络将数据传输至中央控制系统,确保信息的及时传递。数据处理平台采用大数据分析技术,对采集到的实时监测数据进行处理、分析和存储,形成趋势报告并进行预警。显示终端提供可视化的数据展示和操作界面,供操作人员查看和管理监控信息。整个系统通过实时监控和自动化操作,能够高效地实现污染源的持续监测、实时预警和事故响应,提高污染源管理的精准度与效率^[2]。

3 环境应急场景的特点与需求

3.1 环境应急的类型与分类

环境应急事件可根据污染源的不同特征和危害程度进行分类。常见的环境应急事件包括空气污染、水污染、土壤污染以及突发性的生态灾害。空气污染通常由工业排放、汽车尾气等引发,可能导致大气污染指数上升并危害人类健康;水污染通常由化学品泄漏、废水排放等引起,可能导致水体污染并影响生态系统;土壤污染则主要来源于农药、重金属等化学物质的滥用,可能对土壤生态造成长期影响;生态灾害如油污泄漏、重金属泄漏等,则可能对特定生态区域或物种造成严重影响。不同类型的环境应急事件具有不同的应急响应要求和处理措施,需要根据事件的性质和范围进行准确分类与及时处置。科学的分类有助于应急决策者采取合理的预防与处置措施。

3.2 环境应急响应中的时效性要求

环境应急响应的时效性是处理环境污染事件的关键因素。在突发污染事件中,污染物的扩散速度和污染源的变化需要及时掌握,以便尽早采取应急措施,防止污染蔓延。及时发现污染源并快速评估污染范围,有助于迅速采取防控手段,如污染物转移、净化处理等。应急响应的延误可能导致污染程度加重,进一步影响生态环境和居民健康。因此,监控系统的实时性和数据准确性是提高应急响应效率的关键。

4 污染源监控系统的快速响应机制

4.1 数据采集与实时监测

污染源监控系统的数据采集依赖于高精度传感器和自动化监测设备,每天可产生数百万条污染物浓度数据。例如,在工业排放监测中, SO_2 、 NO_x 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等污染物浓度数据每10秒更新一次,确保污染源排放的实时性评估。水污染监测中,COD、氨氮等指标可通过在线分析仪在1分钟内检测并上传至数据中心。大规模污染监测系统通常采用分布式采集架构,支持上千个站点同步采集数据,数据量每天可达10TB以上。数据传输采用光纤网络、4G/5G通信和卫星技术,城市区域数据传输延迟通常低于1秒,远程地区可能在5秒左右。实时监测的核心在于数据完整性和准确性,传感器校准频率通常为7天,误差控制在 0.5 mg/m^3 以内。大

气监测站点密度平均每10平方公里设有一个,水质监测点覆盖主要河流和湖泊流域,总体监测范围可覆盖90%以上的工业排放源。

4.2 快速数据处理与预警机制

污染源监控系统的数据处理能力决定了预警响应的速度。当前数据处理平台采用云计算架构,可在1秒内分析超过100万条污染数据。基于AI的污染趋势预测模型可提前2小时预测污染浓度变化,误差控制在10%以内。在空气污染监测中,系统会实时计算AQI指数,并结合气象数据预测污染物扩散路径,精准度可达85%以上。数据清洗和异常值筛选是数据处理的关键环节,每天约有5%~10%的监测数据因噪声、设备故障等因素被标记为异常数据。预警机制采用多级响应方式,如 SO_2 浓度在10分钟内连续超过 $500 \mu\text{g/m}^3$,系统将触发一级预警,并自动向环保部门发送预警通知;若超过 $1000 \mu\text{g/m}^3$,系统会同步启动应急响应预案,包括污染溯源、企业排放控制指令等。数据处理中心每天生成超过500份污染监测报告,为决策提供科学依据,图1为污染源在线监测系统工作示意图。

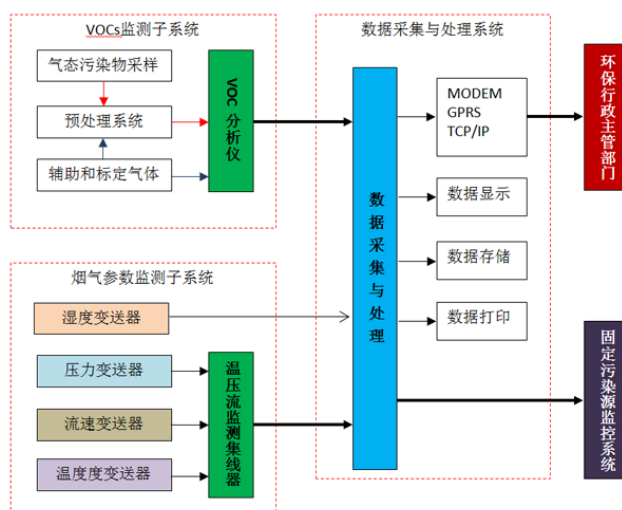


图1 污染源在线监测系统工作示意图

4.3 自动化决策支持系统

自动化决策支持系统通过整合多源数据,提高污染事件的响应速度和决策精准度。基于机器学习的污染扩散模型可在30秒内完成一次污染物扩散模拟,误差控制在20%以内。污染源识别系统结合历史数据和实时监测数据,准确率可达90%,在短时间内锁定主要污染源。系统包含超过1000种污染物的环境影响评估模型,可自动计算污染影响半径,例如,某工业区氨气泄漏,系统可在1分钟内预测其影响范围,并给出3种不同等级的应急处置方案。在重大污染事件中,决策系统可同步向政府、企业和公众发送预警信息,提高信息共享效率,减少污染扩散和治理时间^[3]。

4.4 系统响应的速度与准确性要求

污染事件的快速响应能力取决于监控系统的数据处理

速度、通信延迟和决策执行效率。污染物数据采集时间通常不超过 10 秒,数据传输延迟控制在 1 秒以内,污染趋势预测模型可在 30 秒内计算出未来 1 小时的污染变化情况。应急响应系统要求在 5 分钟内完成污染扩散评估,并在 10 分钟内启动污染控制措施。例如,在一次化工厂 VOC 泄漏事件中,自动监测系统在 120 秒内检测到污染物浓度异常,并在 3 分钟内完成污染源溯源,最终在 15 分钟内控制了泄漏点。准确性要求主要体现在数据误差控制和污染物识别精度上,如 SO_2 浓度检测误差需小于 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 污染物浓度变化趋势预测误差控制在 15% 以内。提高响应速度的关键是优化数据处理算法和通信网络,如采用边缘计算技术可将数据分析时间缩短至 500 毫秒,减少污染源识别的时间,提高监测系统的整体响应效率。

5 污染源监控系统的处置策略

5.1 污染源识别与评估

污染源识别依赖于实时监测数据和历史排放记录的对比分析。大气污染监测系统每天接收超过 1000 万个数据点,通过机器学习算法,可在 30 秒内完成污染源匹配,识别准确率达到 85% 以上。在水污染监测中, COD、氨氮、重金属等污染物的浓度变化是污染源追踪的关键因素,例如,当某河流段 COD 浓度在短时间内上升 $50 \text{ mg}/\text{L}$, 系统会自动分析上游排放源,并结合水流模型进行污染溯源。工业污染排放评估采用排放因子法,通过企业生产工艺、原料消耗量与污染物排放量的关系计算排放总量,误差控制在 10% 以内。例如,某化工园区每日二氧化硫排放量约 500 kg , 系统通过与历史数据对比,在 1 小时内发现异常排放点。污染源评估不仅关注浓度,还涉及影响范围,如一次燃煤电厂超标排放事件,污染扩散模型预测下风向 10 公里范围内 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度将上升 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 为后续应急处置提供科学依据^[4]。

5.2 处置策略的分类与选择

污染源处置策略根据污染类型、排放量和影响范围分为源头控制、过程治理和末端治理三类。源头控制主要针对污染源企业的生产工艺优化,如某电厂通过燃煤优化,每年减少二氧化硫排放 2000 吨。过程治理侧重于污染物削减,如污水处理厂采用生化处理技术,可将 COD 降低 $80 \text{ mg}/\text{L}$ 。末端治理是指污染物进入环境后采取的修复措施,如大气污染应急喷洒降尘,每小时可降低 PM_{10} 浓度 $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。应急响应时,根据污染事件的严重程度选择不同策略,如轻度污染事件可通过调整企业排放参数控制,如一次水污染事件,工厂提前 1 小时降低废水排放量 30%,防止下游水体恶化。

对于重度污染,可能采取停产、污染物收集、应急处理等措施,如一次重金属污染事件,2 小时内完成事故企业停产,3 小时内启动重金属吸附处理,减少土壤污染面积 500 平方米。

5.3 快速处置方案的制定与实施

快速处置方案的制定依赖于污染源监测数据、历史案例分析和专家系统支持。污染事件发生后,系统可在 3 分钟内完成污染源识别,并在 10 分钟内生成应急处置方案。方案内容包括污染物扩散预测、控制措施建议和资源调配方案。例如,在一次氨气泄漏事件中,监测系统在 90 秒内检测到浓度异常,污染扩散模型预测下风向 1 公里范围内氨气浓度将超标,系统自动推荐封锁措施,并在 15 分钟内组织人员进行密封处理^[5]。应急实施过程中,调度系统可实时监控处置进度,污染数据每 5 分钟更新一次,确保控制效果,如一次油污泄漏事件,吸附材料投放后 2 小时内水面油污减少 70%。快速处置的关键是协调各部门资源,确保行动同步,如某化工厂爆炸后,消防、环保和应急部门在 30 分钟内完成污染物收集,2 小时内启动水体修复,确保环境影响降至最低。

6 结语

污染源自动监控系统在环境应急管理中发挥着重要作用,通过实时数据采集、快速处理与智能决策,提高了污染事件的响应效率和处置能力。精准识别污染源、优化处置策略以及快速实施应急方案,有助于降低污染扩散的风险,减少对生态环境和公众健康的危害。未来的环境管理将更加依赖自动化和智能化技术,推动监控系统向高精度、高时效方向发展,加强多部门协作和信息共享,提高应急处置的整体效率。

参考文献

- [1] 程霜,朱静,范双艳,龚海群.快速消解分光光度法用于测定水质化学需氧量的可行性研究——以应急监测为例[J].中国资源综合利用,2025,43(01):55-57.
- [2] 郭杰,欧阳俊,张家俊,朱深河,覃浩,冯俊杰.环境水样及核电厂液态流出物中 γ 核素的快速富集方法研究[J].辐射防护,2025,45(01):27-33.
- [3] 李小梅.突发环境事件中应急监测的应用分析[J].黑龙江环境通报,2024,37(12):50-52.
- [4] 张仲华,袁金良.完善流域生态环境监测工作的思考[J].黑龙江环境通报,2024,37(12):74-76.
- [5] 李廷标.突发性环境污染应急监测及污染修复方法分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(21):114-116.