

· 管理与改革 ·

环境空气应急监测的多技术手段与典型案例研究

崔彤^{1,2}, 李金香^{1,2}, 邹本东^{1,2}, 杨妍妍^{1,2}, 郑海涛^{1,2}, 王欣^{1,2}, 姜磊^{1,2}

(1. 北京市生态环境监测中心, 北京 100048; 2. 大气颗粒物监测技术北京市重点实验室, 北京 100048)

摘要:通过调研 2003—2018 年全国 189 起突发环境空气事件, 分析事件特征和现场应急监测存在的问题, 结合新修订发布的环境应急监测标准和文件, 以 2019 年某火灾事件应急监测为案例, 探讨基于多技术手段联用的监测布点方案、应急监测技术和监测方式在实际工作中的应用成效。实践表明, 采用多来源监测资源与新发展监测技术联合应用的新型环境空气应急监测模式, 可实现多技术部门协作及现场应急多元监测资源的高效利用, 提高突发环境空气事件的应急监测效率。

关键词: 应急监测; 突发环境空气事件; 多技术手段联用

中图分类号: X830.7

文献标志码: B

文章编号: 1006-2009(2023)05-0001-04

Study on Multi-technical Means and Typical Case of Ambient Air Emergency Monitoring

CUI Tong^{1,2}, LI Jin-xiang^{1,2}, ZOU Ben-dong^{1,2}, YANG Yan-yan^{1,2}, ZHENG Hai-tao^{1,2}, WANG Xin^{1,2},
JIANG Lei^{1,2}

(1. Beijing Municipal Ecological and Environmental Monitoring Center, Beijing 100048, China;

2. Beijing Key Laboratory of Atmospheric Particle Monitoring Technology, Beijing 100048, China)

Abstract: By investigating 189 ambient air emergency events in China from 2003 to 2018, analyzing the characteristics of the events and the problems in on-site emergency monitoring, combining the newly revised environmental emergency monitoring standards and documents, and taking the emergency monitoring of a fire event in 2019 as an example, this paper explored the application effectiveness of monitoring site setting, emergency monitoring technology and monitoring method in practical work based on the combination of multi-technical means. Practices showed that the new ambient air emergency monitoring mode that combined multi-source monitoring resources with newly developed monitoring technologies could achieve multi-technology department collaboration and the efficient utilization of on-site emergency multiple monitoring resources, improve the efficiency of ambient air emergency monitoring.

Key words: Emergency monitoring; Ambient air emergency event; Combination of multiple technical means

环境应急监测是突发环境事件应急响应的重要环节。由于突发环境空气事件污染物瞬时危害大、扩散速度快、浓度削减快, 因而需要迅速开展应急监测, 以支持事故处置。相较于其他环境技术领域, 便携式环境空气监测技术及其在应急监测领域的应用研究进展相对缓慢, 客观上对应急监测发展构成限制^[1-3]。

2014 年, 国务院办公厅印发《国家突发环境事件应急预案》(国办函[2014]119 号), 生态环境部门随后出台多项应急监测领域的管理办法和指导

文件, 包括《突发环境事件应急管理办法》(环境保护部令第 34 号)《关于加强生态环境应急监测工作的意见》(环办监测[2018]40 号)《生态环境应急监测能力建设指南》等, 其中关于突发环境事件应急监测的技术标准仅 1 项, 即《突发环境事件应

收稿日期: 2022-11-15; 修订日期: 2023-07-03

基金项目: 国家重点研发计划“密集网高效监测技术研究”基金资助项目(2017YFC0209903)

作者简介: 崔彤(1990—), 女, 北京人, 高级工程师, 硕士, 主要从事环境监测工作。

急监测技术规范》(HJ 589—2021)(以下简称《技术规范》)。《技术规范》规定了突发环境事件处置的全流程,包括应急指挥体系、监测预警、事件分级及响应机制等,修订完善了应急监测启动及工作原则、污染态势初步判别、应急监测方案、跟踪监测、应急监测终止等相关内容,对监测布点仅提出原则性要求,对现场应急监测工作的实际指导存在一定不足。因此,生态环境部于2022年印发《重特大突发环境事件空气应急监测工作规程》(以下简称《工作规程》),针对空气应急监测的采样布点、技术方法和设备选用等环节给予详细指导,更具操作性。今结合《技术规范》和《工作规程》,通过调研突发环境空气历史事件,分析典型案例,探究多技

术手段联合应用的环境空气应急监测新模式。

1 突发环境空气事件应急监测分析

1.1 突发环境空气历史事件统计

调研了2003—2018年全国189起突发环境空气事件,按照事件性质和发生过程,将其分为火灾爆炸、泄漏、恶臭3类,总结了事件特征和典型污染因子,结果见表1。由表1可见,火灾爆炸事件数量最多,产生的污染物众多且复杂,典型污染因子为苯系物和卤化物等;有毒有害物质泄漏事件数量次之,典型污染因子为氯气和氨气等;恶臭事件数量最少,典型污染因子为苯系物、卤代烃和含硫化合物。

表1 2003—2018年全国突发环境空气事件统计

Table 1 Statistics of atmospheric environmental emergencies in China from 2003 to 2018

事件类型	占比/%	典型事件	典型污染因子
火灾爆炸	58	原材料储存火灾,如丙烯腈储罐爆燃;生产车间爆炸,如甲苯反应釜燃烧爆炸;家电、农用物资等仓库起火	苯、甲苯、二甲苯、苯乙烯、硝基苯、苯胺、甲醇、一氧化碳、盐酸雾、氯化氢、丙烯腈、氯气、氟化物、氯化氢
有毒有害物质泄漏	38	原料、产品泄漏,如化工厂氯气泄漏,氯磺酸储槽泄漏,冷饮公司液氨泄漏、井喷	氯气、氨气、硫化氢、氯磺酸、硝基苯
恶臭	4	污水厂、垃圾场、工业园区异味恶臭事件	非甲烷总烃、苯系物、卤代烃、含硫化合物、酚类、二甲基甲酰胺

1.2 环境空气应急监测存在问题分析

通过分析突发环境空气历史事件监测方案,发现主要存在以下问题:①部分涉及有机污染物的应急事件,其现场定量监测能力明显不足;②根据污染扩散态势动态调整监测方案的意识较薄弱;③污染物最大落地点浓度监测、事故污染影响评估等工作开展较少;④应急现场在线监测技术设备应用较少,离线检测数据频次较低,数据代表性受影响。如在重庆市某化工厂含苯物料爆炸事件中,采用挥发性有机物(VOCs)手持检测仪在厂界附近巡回检测,并选取8个点位采集样品,送至实验室气相色谱-质谱联用法(GC-MS)检测。分析表明,该案例存在不具备有机物现场定量监测能力、监测数据代表性不足、仅聚焦事件厂界环境污染而缺乏下风向区域监测结果等问题,不利于全面研判事故污染影响。

期事态演变和处理处置需求调整”。事件初期,需要对污染物开展监测,快速定性,尽快定量,确定污染影响范围和程度;事件中期,以评估事故造成的环境污染为重点,捕捉污染浓度高值区域,对环境敏感点进行趋势性监测;事件中后期,以跟踪评估处置措施效果为主,对周边环境空气持续监测,为科学制定事故处理措施提供技术支持。

《工作规程》要求,事故初期,在厂界或事故点周边主导风向的下风向布设点位,原则上按照500 m~5 000 m间隔的扇形布设点位;无明显主导风向时,以敏感点所在方向为重点按圆形布设点位,在敏感点内部按500 m~1 000 m间隔增设监测点位。确定特征污染物扩散趋势后,重点围绕敏感点布设点位,并根据风向变化及时调整。

此外,还可充分利用环境监测资源,包括生态环境部门和企业自建的监测站点网络、卫星遥感监测资源、气象观测预报资源等,掌握事件影响范围和发展趋势,指导应急监测人员制定初步的布点监测方案^[4]。部分区域或重点风险源若具备条件,则可建立气体扩散模型预测事故影响,辅助布点方案的调整^[5-6]。通过扇形或圆形布点法^[7-8],选择事故

2 应急监测技术联合应用研究

2.1 监测布点方案

《技术规范》规定,应急监测布点方案从“上、下风向扇形布点,环境敏感点布点”的原则性要求转变为“根据突发环境空气事件的初期、中期和后

点附近开展定点监测,规划走航路线。综合各种监测资源结果,动态调整事件中后期布点位置。

2.2 应急监测技术

气体检测仪、便携式气体检测仪等化学和电化学仪器因方便快捷,在大气应急监测工作中得到广泛应用^[9-15]。《技术规范》规定,在应急监测中可使用便携式仪器和非标准监测方法,并明确了其监测结果的应用条件。在重大突发环境事件愈发呈现有毒化学品种类多、危害性大、行为复杂的情况下^[16],原环境保护部发布了《环境空气 无机有害气体的应急监测 便携式傅里叶红外仪法》(HJ 920—2017),该方法可针对 10 种无机有害气体开展应急监测。同时,便携式 GC-MS 仪也被越来越多地应用于有机污染物定性/半定量现场监测,尤其是适用于现场污染物不明的情形^[17-18],成为应急监测的常备能力。例如,在 2011 年南京市甲苯槽罐车燃烧事件中,采用便携式 VOCs 检测仪对现场空气中的 VOCs 进行检测^[19];在 2015 年淄博市异味恶臭溯源中,初步应用便携式 GC-MS 仪开展现场监测^[20];在 2019 年响水爆炸事件应急监测中,配备了多台便携式 GC-MS 仪检测 VOCs 环境浓度^[2,20]。

此外,其他光学技术也逐渐成熟,在环境应急监测中得到应用。例如,开放光路式的红外/紫外 DOAS/激光 TDLAS 监测技术、抽取式的红外/紫外监测技术,以及被动扫描式的红外/紫外监测技术,其监测结果能直观展示,且部分技术可以配合走航方式开展监测^[21-22]。卫星遥感观测技术可以利用热红外通道检测的火点,识别爆炸火灾现场和烟羽扩散范围,准确追踪污染物扩散方向,时间分辨率可达 10 min。

2.3 应急监测方式

传统的定点监测方式受限于监测人员和仪器设备数量,获取的监测数据有限,代表性不足,不利于全面把握事故现场情况。随着车载、无人机载走航监测方式的推广使用,监测数据从点拓展到线和面,可以快速锁定重点污染区域、污染物种类和浓度,以及污染范围和变化趋势。此外,无人机载走航监测还具备立体监测、地形干扰小等优点^[23]。

目前,应急监测技术与走航方式相结合的模式已得到应用。例如,在 2019 年响水爆炸事件中采用车载走航飞行时间质谱仪监测 VOCs 环境浓度,作为传统手工应急监测技术的重要补充,为事故应

急处置提供了更加丰富的决策参考信息^[2,20]。河北省环境监测部门在突发环境污染事故污染物识别和污染源追踪中,采用地面机器人、空中机器人搭载检测模块的方式,快速开展多维度立体监测^[24]。

2.4 多技术手段联用应急监测案例

2.4.1 污染事件概况

2019 年北京市某企业库房发生火灾,事故燃烧物为润滑油、机油、彩钢板等。事发当日以晴为主,西南偏南风 2~3 级,大气扩散条件好。现场剧烈燃烧产生大量黑色烟团向高空扩散,烟团抬升较高,污染扩散范围较大。事故与居住区、学校等环境敏感点距离较近,周边人口密集。

2.4.2 应急监测工作情况

事故发生后,环境应急监测人员携带仪器设备奔赴现场,开展事故周边环境空气应急监测。为科学、迅速地制定监测方案,尤其是确定监测布点位置,应急人员调取附近监测资源,包括颗粒物高密度监测站、空气质量监测站和卫星遥感数据,以及气象观测预测资料。受技术资源限制,此次应急响应未开展车载走航监测。

应急人员参考历史案例等资料,初步确定污染因子主要为苯系物、丙酮等有机污染物。根据卫星遥感观测反演烟羽扩散方向和路径,污染气团自北京通州东部边界向东北方向扩散,移动至顺义东部和平谷交界区域(见图 1)。综合研判颗粒物高密度监测数据和气象观测预测数据,应急人员在事故点下风向 3.8 km 环境敏感点和下风向 26 km 浓度

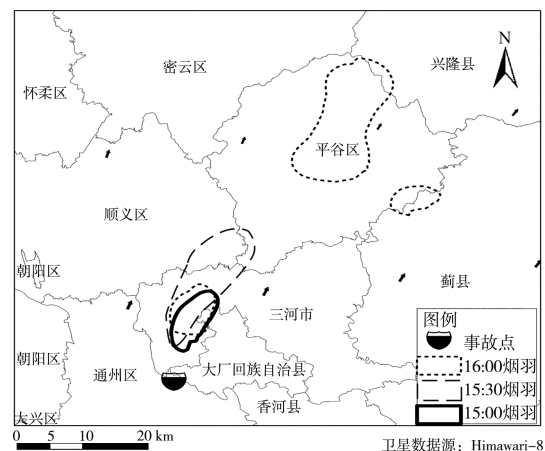


图 1 卫星遥感观测烟羽扩散变化趋势

Fig. 1 The trend of smoke plume diffusion observed by satellite remote sensing

高值区布点,采用便携式气体检测仪、便携式傅里叶红外仪和便携式 GC-MS 仪现场检测,同时采集气体样品送至实验室 GC-MS 分析。

监测结果显示,事发后 6 h~10 h 苯系物和丙酮等主要污染物浓度较上月大气环境浓度均值高 0.4~10.8 倍。参照北京市《大气污染物综合排放

标准》(DB 11/501—2017)中单位周界无组织排放监控点浓度限值,监测结果均未超标。此次事件未对周边造成严重环境影响,未构成跨省环境污染事件。案例采用的各项应急监测手段和数据结果见表 2。

表 2 多技术手段联用应急监测结果

Table 2 Results of emergency monitoring using multiple technologies

监测手段	监测结果
卫星遥感监测	烟团快速扩大,事发后 1 h 达到峰值,在偏南风作用下扩散影响顺义和平谷地区。
颗粒物高密度监测	事发后 3 h~10 h,下风向地区出现颗粒物浓度相对高值,主要分布在顺义东北部、平谷西南部地区。
现场应急监测 (便携式 GC-MS 仪)	事发后 7 h,事故点下风向 3.8 km 环境敏感点主要污染物丙酮和苯的质量浓度分别为 0.064 mg/m ³ 和 0.022 mg/m ³ ; 事发后 10 h,下风向 26 km 浓度高值区主要污染物丙酮和苯的质量浓度分别为 0.063 mg/m ³ 和 0.016 mg/m ³ 。检出的污染物均未超标,较上月大气环境浓度均值高 1.7~10.8 倍。
实验室分析 (GC-MS)	事发后 6 h,事故点下风向 3.8 km 环境敏感点主要污染物丙酮、氯甲烷和苯的质量浓度分别为 0.027 mg/m ³ 、0.013 mg/m ³ 和 0.005 mg/m ³ ;下风向 26 km 浓度高值区主要污染物丙酮、氯甲烷和苯的质量浓度分别为 0.015 mg/m ³ 、0.014 mg/m ³ 和 0.004 mg/m ³ 。另有甲苯和二氯甲烷等污染物检出,检出的污染物均未超标,较上月大气环境浓度均值高 0.4~6.8 倍。

2.4.3 工作措施分析

应急人员根据现场情况和历史案例信息,迅速确定污染因子,配备便携式傅里叶红外仪和便携式 GC-MS 仪,具有现场有机物检测能力,满足应急监测需求。在赶赴现场的同时,利用卫星遥感观测和颗粒物高密度监测网络等资源初步判断污染影响区域,掌握污染物扩散趋势,捕捉浓度高值区,制定应急监测方案。此次应急监测行动体现了新型环境空气应急监测模式在统筹多种监测资源和新技术方面科学高效的优势,为管理部门事故处置和后期影响评估工作提供了及时、准确的信息数据支撑。

3 结语

随着监测技术和监测方式的创新与集成,突发环境空气事件的应急监测模式也应与时俱进。在监测技术方面,加快建立便携式环境空气监测方法技术规范,创新应用红外/紫外光谱扫描成像、卫星遥感监测等新技术;在监测方式方面,将定点监测与车载、无人机载走航监测相结合,获得点线面高效密集的监测数据,支撑应急现场决策,及时调整监测方案;在应急监测组织模式上,借鉴过往案例经验,充分利用已建成的环境监测资源,重视气象观测预测信息,完善应急监测中的多技术部门协作机制,依靠新技术和多种监测方式的优势互补,提

升事故污染监测信息的密集性和全面性。

[参考文献]

- [1] 袁懋. 突发环境事件应急监测应对思路[J]. 环境影响评价, 2017, 39(1): 28-31.
- [2] 郁建桥, 宋兴伟, 徐亮, 等. 江苏响水爆炸事件环境应急监测工作几点思考[J]. 中国环境监测, 2021, 37(2): 148-156.
- [3] 徐国津, 杜宇峰, 赵建平, 等. 新形势下突发性环境应急监测存在的问题及对策研究[J]. 环境保护, 2016, 44(11): 68-69.
- [4] 杨芊, 王洪涛. 关于工业园区突发环境事件应急管理体系的思考[J]. 环境监测管理与技术, 2022, 34(3): 1-5.
- [5] 雷洋, 袁九毅, 全纪龙, 等. 大气环境风险预测在应急监测布点上的应用[J]. 环境科学与技术, 2008, 31(6): 94-97.
- [6] 全纪龙, 王皓, 雷洋, 等. 有毒气体扩散预测法在大气环境应急监测布点中的应用[J]. 环境工程, 2010, 28(2): 102-105.
- [7] 王明贤, 陈英, 张先宝, 等. 突发性大气环境污染事故应急监测布点研究[J]. 中国环境监测, 2007, 23(4): 9-13.
- [8] 唐娜, 毕坤鹏, 蒋倩. 在突发化学事故中大气环境应急监测布点研究[C]//中国化学会. 第五届全国“公共安全领域中的化学问题”暨第三届危险物质与安全应急技术研讨会论文集. 北京: 中国人民公安大学出版社, 2015: 65-67.
- [9] 俞宁, 肖军. 突发性大气污染事故的应急环境监测[J]. 中国环境监测, 1997, 13(1): 57-58.
- [10] 肖勇泉, 齐燕红. 突发环境事件应急处置中的监测支持[J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(2): 4-6.
- [11] 郑淑英, 李萍. 突发性大气污染事故及其应急监测[J]. 化学工程与装备, 2010(10): 189-192.

(下转第 8 页)