

锚定重大敏感突发环境事件应对需求 全面深入推动环境应急科技创新变革

李天威

(生态环境部环境应急与事故调查中心, 北京 100006)

【摘要】我国环境安全形势依然严峻, 重大敏感突发环境事件时有发生。环境应急技术是应对重大敏感突发环境事件的重要保障条件。本文结合我国环境应急实践, 全面阐述近年来环境应急科技支撑现状, 分析环境应急科技支撑存在的突出问题, 提出以环境应急实战需求为目标指向, 全面深入推动环境应急科技创新变革的政策建议。

【关键词】突发环境事件; 应急响应; 风险防控; 科技创新

中图分类号: X21 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2024) 03-0008-06 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202403008

习近平总书记高度重视生态环境安全, 党的十八大以来, 多次对重大敏感突发环境事件作出重要指示批示。深入学习贯彻习近平生态文明思想和总体国家安全观, 及时妥善科学处置突发环境事件, 科技支撑是重要条件。要实现科学应急、精准应急、智慧应急, 就必须加快推进环境应急科技创新变革。

1 我国环境应急科技支撑现状

1.1 环境应急科技发展情况

2005 年松花江水污染事件后, 我国在突发环境事件风险评估、风险控制、监测预警、应急处置技术、应急装备及信息化应用等方面开展了一系列科学研究与探索, 并取得了阶段性成果。2020 年 11 月, 中央编办批复生态环境部华南环境科学研究所加挂生态环境部生态环境应急研究所牌子, 有力推动了环境应急领域科技发展。

突发环境事件风险评估技术方法基本确立。以环境风险物质清单为基础, 建立了环境风险源分类分级综合评价技术方法, 出台了《企业突发环境事件风险评估指南(试行)》《尾

矿库环境风险评估技术导则(试行)》《企业突发环境事件风险分级方法》等指导性文件。建立了基于危害性、脆弱性和控制措施的层次分析法, 出台了《行政区域突发环境事件风险评估推荐方法》, 为区域突发环境事件风险评估和管控提供依据。

流域突发环境事件风险控制技术逐步成形。基于大量突发水污染事件应急处置经验, 提炼了“以空间换时间”为核心的流域突发水环境风险控制思路(即“一河一策一图”), 印发《流域突发水污染事件环境应急“南阳实践”实施技术指南》。化工园区环境应急三级防控体系建设暨“一园一策一图”试点工作也于 2024 年启动, 将有力支撑“厂区-园区-流域”环境风险防控体系建立完善。流域和化工园区环境风险控制技术的总结凝练和推广应用, 推动我国环境应急准备工作发生重大转变, 使环境应急从“被动应对”变为“主动准备”。

突发环境事件监测预警能力明显提升。在应急处置实践中, 形成一系列现场监测方法标准, 包括水质方面 26 项、环境空气方面 10 项、土壤方面 2 项, 覆盖常规指标、有机污染物、重

作者简介: 李天威, 生态环境部环境应急与事故调查中心主任。

金属、生物毒性等指标近 400 种。探索水生生物综合毒性预警等方法,在 150 多个饮用水水源地建设了基于生物、理化等不同技术手段的水源地水质预警系统,推进水环境风险应急预案机制建立。在嘉陵江流域、丹江口水库周边等跨界、敏感区域建成了铊、锑等重金属监测预警体系,有效防控环境风险。

突发水污染应急处置技术体系初步构建。“十二五”至“十三五”期间,在突发环境事件应急处置中,溯源分析、精准预测等技术不断突破。特别是在工程削污技术方面,通过工艺优化和技术改良,实现处置能力显著提升。2012 年广西龙江镉污染事件应对中,镉单级投药去除率从 30% 增加到 60% 以上(最高达 82%),被业界誉为“创造了奇迹”;到 2021 年河南三门峡锑异常事件应对时,锑混凝削减率最高已达到 99%。以“溯源分析-源头阻断-截流引流-工程削污-调水稀释-供水保障”为主线的突发水污染事件应急处置技术体系,在多起重大和敏感事件中发挥了关键作用。

环境应急装备逐步实现自主创新和国产替代。我国环境应急监测装备发展迅速,部分环境应急监测关键技术已实现从“跟跑”到“领跑”角色转变。车载电感耦合等离子体质谱仪(ICP-MS)、便携式气相色谱质谱联用仪(GC-MS)等高精度现场快速监测的仪器设备和关键技术已实现国产替代并广泛应用,部分应急监测设备已处于国际领先水平。无人机、无人船等设备已普遍用于现场采样,卫星遥感、走航监测在部分重大敏感事件中探索应用,为突发环境事件应对提供了高效支撑。在应急处置环节,开展了环境应急工具箱、移动式应急处理导试水厂等环境应急专用装备的探索。

环境应急信息化管理和辅助决策能力逐步形成。基本完成环境应急物资库、技术库、应急空间与设施数据库信息化建设,构建了全国十大流域水系矢量数据,完成生态环境部环境应

急指挥平台迭代升级,初步实现环境应急相关数据整合和业务协同,形成突发水污染事件“一张图”分析研判模式,为环境应急指挥决策提供信息化支撑。

1.2 环境应急科技在实战中发挥了重要作用

近年来,环境应急领域科技研发成果在监测预警、污染溯源、拦截控制、污染物工程削减等环节发挥了重要支撑作用,为及时妥善科学处置重大敏感突发环境事件、坚决守牢环境安全底线作出重要贡献。

运用精准溯源技术指导水质异常事件的原因识别和应急应对。2014 年汉江武汉段发生氨氮超标事件,造成武汉市供水中断。专家组通过计算流域氨氮污染通量,初步判定事故排放类型为含氨氮大宗排水。在调阅水文水质及水利设施运行资料基础上开展水质关联分析,推断汉川泵站闸排渍水为氨氮超标原因。基于上述假设对污染水团锋面迁移过程进行模拟,与实际浓度变化趋势完全吻合,由此确认汉川闸、汉川泵站闸抢排渍水确是事故污染源,这一结果为氨氮浓度过峰后恢复供水提供了重要依据,也为后续类似事故防范提供了有力指导。2022 年广西百色市某自来水厂生物观察池中发生不明原因的多种鱼类活动异常和死亡,全县紧急停水引发舆论关注。专家从鱼类异常行为分析、病理解剖特征因果关联和生物组织有机物非靶向筛查等多个角度同步切入,迅速查明水质异常原因,并指导污染排查和水质全因子监测工作,为保障饮用水安全提供了强有力的技术支撑。

运用工程削污技术优化为流域水生态和供水安全提供保障。2015 年甘肃陇南锑污染事件中,嘉陵江上游太石河水体锑浓度超标近 200 倍,造成跨三省的突发水污染事件。随着现场气温降低,低温低浊条件下化学反应变慢、混凝剂水解受限、自然裹挟沉降效果变差,传统的混凝沉淀和化学沉淀方法对锑的去除率急剧

下降到 10%~60%,难以满足处置要求。专家组提出“弱碱性硫化钠-铁盐混凝沉淀法”,在现场实验验证后实施,在不提高投药量的前提下使锑去除率最高达到 99%;这一方法发挥了“化学沉淀”和“混凝沉淀”各自优势,解决了流域“低温低浊”水环境中锑高效安全去除的难题。2020 年黑龙江鹿鸣矿业尾矿库泄漏次生突发环境事件中,250 余万立方米含钼尾矿浆泄漏,造成依吉密河、呼兰河约 340 公里河道水体污染。专家组突破低温高浊条件下泥水共治技术难题,以“PAM 调质浓缩沉砂+聚合硫酸铁混凝”取代经典的“先混凝后絮凝”工艺流程,实现单级钼削减率从 20% 提高到 70%,极大减少投药量,缓解跨多个省份大规模长距离调度药剂的压力,为事件成功处置提供了关键支撑。

运用事故废水应急处置技术有效控制重大生产安全事故次生环境风险。2019 年江苏响水天嘉宜化工企业爆炸事故产生了类型繁多、组分复杂的大量事故废水。其中 2.1 万方强酸性、高 COD、高氨氮的爆炸大坑废水挑战最大,传统观念认为废水无法生物降解,而现场芬顿、臭氧等高级氧化技术去除率仅 10%~20%。专家组使用便携式应急试验工具箱在现场迅速开展了混凝、高级氧化、吸附、生物强化、污泥活性等应急工艺实验,取得有效的实验数据超过 500 个,在 72 小时内解决了事故废水应急处理的关键技术问题,创造性提出“活性炭好氧强曝气”预处理技术,COD 和氨氮去除率提高到 90% 以上,成功破解新丰河污水、三排河污水及爆炸大坑废水等现场应急处置难题。指导企业在 48 小时内将调节池改造为预处理池,打通了事故废水应急现场处置的关键环节,在实践中发展了事故废水“快速封堵—安全转移—妥善处置”的应急技术链条,成为我国重大化工爆炸事故次生环境风险科学防控和成功化解的优秀范例。

2 环境应急科技支撑存在的突出问题

2.1 环境应急科研与环境应急实战相脱节

处置技术以通用性措施为主,与复杂多变的现场实际脱节。在应急处置技术领域,我国开展了一系列技术研究,以吸附、混凝等通用措施为主,但工艺及参数多在实验室模拟条件下开展,难以反映应急现场在复杂多变条件下的实际效能。我国幅员辽阔,自然地理、气候气象、水化学条件等差异大,突发环境事件中水质水量波动大,影响处置效果;污染物种类和形态多样化,部分场景污染物组分极为复杂;物资保障、人员能力、自然条件也限制工程实施的可行性,因此,差异化是应急处置的必然特点。环境应急通用工艺及技术参数在甲地效果好、乙地效果差的情况已在多起突发环境事件中出现,通用技术在处置涉及低温低浊、低温高浊、高酸高毒性等突发环境事件时难以奏效等,已成为现场处置的关键堵点问题之一。

溯源技术探索过于依赖基础信息,在环境应急处置中应用受限。国内外开发了基于过程模拟反演、组分比对(污染指纹)等路线的污染溯源技术,在部分流域开展了应用示范,但往往仅能满足特定区域特定场合下的应用需要。如模型方法依赖丰富、准确的观测数据,组分比对方法依赖对流域内环境风险源的全面掌握,在缺少基础数据和前期研究的流域中,难以即时应用。突发环境事件污染源识别过程还存在诸多其他不确定性因素,会进一步限制上述技术的推广应用。

2.2 在环境应急重要环节存在科技支撑短板

突发环境事件预警预判技术能力尚未形成。针对重点环境风险源的环境风险预警技术体系尚未建立,围绕重点流域、敏感受体的环境风险预警技术能力不足,仅能对少数常规水质指标或污染物进行预警。由于突发环境事件诱因、污染物质等复杂多变,而主要发挥预警功能

的自动监测站数量分布稀少、监测因子单一,导致“逃过”监测站网预警的突发环境事件时有发生。水文、气象等因素与环境风险的耦合进一步增加了预测预警的不确定性。如2021年河南卢氏县五里川河镉污染事件,8月强降水造成矿区镉浸出污染地表水,由于沿线自动监测站没有镉因子监测,直至11月石门水库人工监测才发现水质异常,造成整个水库镉浓度超标,严重影响环境应急时效性。此外,突发环境事件预警仍然以定性为主,没有形成定量分析预判能力,“一体化”“智能化”预警系统研发不足,快速预测模拟和预警响应能力薄弱。

部分环境应急标准规范存在空白。环境应急标准体系不完善成为制约应急处置的关键问题,包括环境应急状态下的环境质量标准、污染物最高浓度排放标准、特征污染物健康参考值等缺失,以及标准衔接不够、更新不及时等问题。其中,应急处置状态下环境质量标准的缺失,对环境应急目标的制定产生不利影响,而以常规环境质量标准评价应急中的环境损害,可能造成过度处置甚至引发次生损害风险。此外,未纳入我国现行环境质量标准的化学品,如乙醚、四氯化碳等,应急处置时无据可依;有环境质量标准限值的物质缺少行业排放标准,导致监测、监管和污染防治缺乏依据,直接影响突发环境事件防控;标准限值在上下游不同省市或水功能区存在差异,特别是上游标准更为严格时,以较严格的限值作为处置目标会造成人力物力过度消耗。

尚未实现环境风险要素评估管控全覆盖。环境风险源头防控侧重危化品生产和使用企业、尾矿库等固定风险源。危化品交通运输次生突发环境事件约占全国突发环境事件的40%以上,这类风险源的识别、评估、管控技术还处于探索阶段。全球气候变化条件下,异常气候和自然灾害次生的环境风险尚无有效评估和防控手段。巨灾大灾下突发环境事件发生演

化过程机理研究不充分。此外,流域环境风险评估研究相对滞后,缺乏对风险因素的系统识别和科学排序,导致重要敏感目标和重点管控对象不够明晰,环境应急响应较为被动。

2.3 现有环境应急科技支撑能力不强、水平不高

环境应急处置队伍专业技术水平参差不齐,缺少科学定量指导。科学精准高效是突发环境事件应急处置的根本要求,但实际工作中存在处置工艺选择不当、工艺参数设定缺乏科学依据等问题,甚至有的处置工艺会产生更强毒性物质。污染物应急处置的理化机理、快速决策、工程实施、设备研发和生态影响评估等方面缺乏系统研究,应急处置技术路线的确定依赖现场实施条件、专家个人经验与技术水平。

环境应急处置技术和装备储备不足,专业化、自动化程度低。环境应急装备缺乏、应急物资保障渠道不够畅通等问题广泛存在。工程削污技术源自工业水处理技术,但实际应用场景差异巨大,在水质水量急剧波动的应急现场,去除效果难以保障、次生环境风险不明等问题突出,也存在新化学物质应急技术储备不足等问题。处置装备不能充分适应现场需求,野外快速部署能力差;通用设备往往需要现场改造,容易延误时机;工艺参数确定和动态调整依赖现场人员,难以实现精准化、智能化控制。此外,环境应急处置技术和装备研发与储备主要集中在地表水应急处置,土壤和地下水应急处置技术和装备不足,应急处置复合技术匮乏。

环境应急信息化技术发展滞后,科学系统的研判决策支撑体系尚未完全建立。环境应急信息化基本完成了框架构建和数据库建设,开展了决策模型构建和应用尝试,但尚未实现环境应急过程全覆盖。受限于先验知识不足,仅能有效满足数据集成、查询、简单模拟、处置技术推荐等需求,尚未完成从“信息化”到“智慧

化”的关键转型。缺乏对大数据、5G、AI 等技术的有效利用,未充分利用污染源普查、执法、监测、排污许可证等数据信息。此外,科学系统的环境应急研判和决策支撑体系未完全建立,风险感知、趋势研判、预警决策在整体应急中的工作机制尚未理顺。应急指挥缺少强有力的信息技术支撑,高效的物资分布与调度、区域联动机制仍需探索。

3 以实战需求为目标指向,全面深入推动环境应急科技创新变革

全面深入贯彻落实习近平生态文明思想和全国生态环境保护大会精神,有力有效保障生态环境安全,必须坚持问题导向、目标导向和应用导向,必须坚持稳中求进工作总基调,系统谋划推进环境应急科技创新变革,为及时妥善科学处置重大敏感突发环境事件提供坚实的科技支撑。

3.1 组织研究拟制环境应急科技支撑战略需求清单

围绕全过程全链条突发环境事件应急管理,聚焦重大敏感突发环境事件风险防控、感知预警、溯源断源、应急决策、应急处置、损害评估和环境修复等关键环节,聚焦突出问题短板,研究制定环境应急科技支撑战略需求清单,在基础理论、技术产品、政策支撑和集成应用等方面形成全方位突破。

夯实环境应急科学基础,在风险识别与感知、污染溯源、应急决策等领域形成一批原始创新成果。形成一批技术产品,总结凝练经过实战检验的有效应急科技成果,加强集成创新,推动5G、人工智能等新技术在模拟预警、研判决策等环节的深度融合,开发具有差异化、自动化、智慧化的环境应急新技术新装备。强化政策支撑,推动解决部分环境应急标准体系空白问题,深入探索基层环境应急能力提升路径。推动集成应用,以长江、黄河、跨国界河流、丹江

口库区及上游等高风险、高敏感性重点流域环境应急能力建设需求为契机,开展突发环境事件风险识别-预警-防控-应对体系建设探索,为技术迭代更新和应用验证提供参考示范。

3.2 将环境应急科技研发纳入生态环境重大科技项目

以中央科技体制改革为契机,以重大科研任务部署实施为突破口,充分发挥生态环境领域科技攻关新型举国体制优势,聚焦环境应急领域突出战略需求、重大科技问题和关键核心技术,谋划一批环境应急重大科技项目。

组织实施重大科技项目攻关,瞄准关键核心技术与装备、“卡脖子”问题设计科技创新项目,推动环境应急关键技术与装备积累。结合实际开展应急攻关项目动态立项,针对重大及敏感突发环境事件处置的新需求和难点,通过“揭榜挂帅”等机制设立技术或装备攻关项目,建立“攻关研发-应用验证-反馈优化”链条,做到任务可检验、可核实。围绕环境应急能力提升的迫切需求,立足中央本级事权谋划设计重大增支项目,在长江、黄河、跨国界河流等重点和敏感流域开展风险防控与应急能力系统提升试点应用,形成平战结合的环境应急科技支撑能力,在应对“灰犀牛”和“黑天鹅”事件中,成为防范风险的先手和应对化解挑战的高招。

3.3 加强财政和资本市场等支持,推进环境应急科技创新

建立健全科研资金多元投入机制,充分发挥财政资金的杠杆和引导作用,带动金融资本和民间投资进入环境应急领域。在各级政府主导的科技转化引导基金设立子基金时,可将环境应急技术装备纳入优先资助领域;鼓励创新创业共同体、新型研发机构等发起设立科技创新基金。强化对环境应急科技型企业的信贷、税收支持,扩大科技型企业金融服务覆盖面,助力环境应急科技型人才创新创业。

加强部门间政策协同,助力环境应急领域关键技术发展。助力精准识别环境应急领域瞪羚企业、小巨人企业,优先支持突破关键技术的科技型企业上市融资、并购重组、债券发行。推动建立融投资信息共享机制,在符合商业和技术保密要求的前提下,地方政府和生态环境主管部门协助推送环境应急领域科创企业研发能力、预期前景等项目申报及评审信息,为金融投资机构评估审查提供条件保障。

3.4 推进环境应急科技“产学研用”一体化

加强环境应急科技需求与企业研发需求、科技攻关需求、人才培养需求协调贯通,避免基础技术研究与应急实战需求脱节。推动环境应

急课程进入高校环境专业培养体系,加强高校教学与实践衔接。鼓励环境应急领域专业研究机构、前沿技术企业与一批特色高校建立联合培养基地,支持有条件的科创企业设立博士后工作站。

支持优化科学观测研究站,支持生态环境应急重点实验室、工程技术中心等建设,探索形成覆盖环境应急技术研究、概念验证、中试熟化、产业孵化、应用探索的成果转化和应用平台。结合我国突发环境事件风险特征,建设国家和区域性环境应急移动实验室和综合实训基地,支撑应急实训、演练和事件应对,全面提升环境应急专业化科学化水平。

Anchor the response needs of major and sensitive environmental emergencies Comprehensively and deeply promote the innovation and reform of environmental emergency science and technology

LI Tianwei

(Center of Environmental Emergency and Accident Investigation, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100006, China)

Abstract: The environmental security situation in China is still severe, as major and sensitive environmental emergencies occur from time to time. Environmental emergency technology is crucial to deal with severe and sensitive environmental emergencies. Combined with the practice of environmental emergency response in China, this paper comprehensively expounds the current situation of environmental emergency science and technology in recent years, analyzes the outstanding problems existing in environmental emergency science and technology, and puts forward policy suggestions to comprehensively and deeply promote the innovation and reform of environmental emergency science and technology based on the actual needs of environmental emergency response.

Keywords: environmental emergency; emergency response; risk prevention and control; technological innovation

(责任编辑 张燕)