

化工装置泄漏事故周边环境应急检测与污染范围界定

吴丽惠¹ 周双宝² 国维栋³

1.湖州宝丽环境技术有限公司 313000;

2.杭州福斯特药业有限公司 310000; 3.浙江圣泰安全技术有限公司 310007

【摘要】化工装置泄漏事故对周边环境构成严重威胁,及时有效的应急检测与准确界定污染范围是减少事故危害、保护生态环境和公众健康的关键。本文深入探讨了化工装置泄漏事故周边环境应急检测的内容、方法与技术,包括气体、液体泄漏物的检测指标、采样与分析技术等。同时,详细阐述了污染范围界定的方法,如基于模型模拟、现场监测数据分析和地理信息系统(GIS)技术等。分析了应急检测与污染范围界定过程中面临的问题,如检测技术的局限性、数据处理的复杂性等,并提出了相应的对策。最后,通过实际案例分析,验证了应急检测与污染范围界定方法的可行性和有效性,为化工装置泄漏事故的应急处置提供了理论支持和实践指导。

【关键词】化工装置泄漏事故; 周边环境应急检测; 污染范围界定

Environmental emergency detection and pollution range definition around chemical plant leakage accident

Wu Lihui¹ Zhou Shuangbao² Guo Weidong³

1.Huzhou Baoli EnvironmentaTechnology Co., LTD. 313000;

Hangzhou Foster Pharmaceutical Co., LTD. 310000; 3.Zhejiang Shengtai Safety Technology Co., LTD. 310007

【Abstract】Chemical plant leakage accidents pose a significant threat to the surrounding environment. Timely and effective emergency monitoring and accurate delineation of the pollution area are crucial for reducing the impact of such accidents, protecting the ecological environment, and safeguarding public health. This article delves into the content, methods, and technologies of emergency monitoring in the vicinity of chemical plant leakage accidents, including detection indicators for gas and liquid leaks, sampling, and analysis techniques. It also details methods for delineating the pollution area, such as model simulation, on-site monitoring data analysis, and Geographic Information System (GIS) technology. The article analyzes the challenges faced during emergency monitoring and pollution area delineation, such as the limitations of detection technology and the complexity of data processing, and proposes corresponding solutions. Finally, through case studies, it verifies the feasibility and effectiveness of emergency monitoring and pollution area delineation methods, providing theoretical support and practical guidance for the emergency response to chemical plant leakage accidents.

【Key words】chemical plant leakage accident; surrounding environment emergency detection; pollution scope definition

一、引言

化工行业作为国民经济的重要支柱产业,在推动经济发展和社会进步方面发挥着重要作用。然而,化工装置在生产、储存和运输过程中,由于设备老化、操作失误、自然灾害等原因,可能发生泄漏事故。化工装置泄漏事故往往伴随着有毒有害物质的释放,这些物质一旦进入周边环境,会对空气、水体、土壤等造成严重污染,威胁生态环境和公众健康。在化工装置泄漏事故发生后,迅速开展周边环境的应急检测,准确界定污染范围,是制定科学合理的应急处置措施、控制污染扩散、降低事故损失的重要前提。应急检测能够及时掌握泄漏物质的种类、浓度和分布情况,为污染范围界定提供数据支持;而准确的污染范围界定则有助于合理调配应急资源,有针对性地开展污染治理和生态修复工作。因此,深入研究化工装置泄漏事故周边环境应急检测与污染范围界定具有重要的现实意义。

二、化工装置泄漏事故的特点及对周边环境的影响

(一) 化工装置泄漏事故的特点

突发性强:化工装置泄漏事故往往在瞬间发生,事先难以准确预测。例如,由于设备突发故障或人为操作失误,导致管道破裂、阀门失效等,使有毒有害物质迅速泄漏。

危害性大:泄漏的化学物质大多具有毒性、腐蚀性、易燃易爆性等特点,一旦泄漏,会对周边环境造成严重破坏,威胁人员生命安全。如氯气、氨气等有毒气体泄漏,可导致人员中毒甚至死亡;苯、甲苯等有机溶剂泄漏,会对土壤和水体造成长期污染。

扩散速度快:泄漏物质在风力、地形等因素的作用下,会迅速扩散到周边区域。气体泄漏物会随着空气流动快速扩散,液体泄漏物则会沿着地面流淌或渗入土壤和地下水,扩大污染范围。

处置难度大:化工装置泄漏事故的处置需要专业的技术和设备,涉及多个领域和部门。不同类型的泄漏物质需要采用不同的处置方法,而且处置过程中还存在二次污染的风险。

(二) 对周边环境的影响

对大气环境的影响:气体泄漏物会直接进入大气,导致周边空气质量恶化。高浓度的有毒有害气体可引起人员呼吸道刺激、中毒等症状,长期暴露还可能增加患癌症等疾病的

风险。同时，一些挥发性有机物（VOCs）还会参与光化学反应，形成臭氧等二次污染物，进一步加剧大气污染。

对水环境的影响：液体泄漏物如果进入地表水或地下水，会对水体造成污染。有毒有害物质会改变水体的化学性质，影响水生生物的生存和繁殖。例如，重金属泄漏会导致水体富营养化，破坏水生态平衡；有机污染物可能会在生物体内富集，通过食物链传递，对人类健康造成潜在威胁。

对土壤环境的影响：泄漏物质渗入土壤后，会改变土壤的物理、化学和生物性质。一些有毒有害物质会在土壤中积累，影响土壤的肥力和透气性，导致农作物减产甚至绝收。此外，土壤污染还可能通过雨水冲刷等方式，进一步扩散到周边水体，造成二次污染。

三、化工装置泄漏事故周边环境应急检测

（一）应急检测的内容

泄漏物质的种类鉴定：通过现场快速检测和实验室分析，确定泄漏物质的化学成分。不同的泄漏物质具有不同的物理化学性质和环境危害，准确鉴定泄漏物质的种类是制定应急处置措施的基础。

泄漏物质的浓度检测：检测泄漏物质在周边环境空气、水体和土壤中的浓度，了解污染的程度。浓度检测数据可以为污染范围界定和风险评估提供重要依据。

气象参数监测：监测事故现场的风向、风速、气温、气压等气象参数。气象条件对泄漏物质的扩散和迁移有重要影响，准确掌握气象参数有助于预测污染物的扩散方向和范围。

水体参数监测：如果泄漏物质进入水体，需要监测水体的pH值、溶解氧、化学需氧量（COD）、生化需氧量（BOD）等参数，评估水体的污染程度和水质变化情况。

（二）应急检测的方法与技术

气体泄漏物的检测方法

便携式气体检测仪：便携式气体检测仪具有操作简单、响应速度快、便于携带等优点，适用于现场快速检测。常见的便携式气体检测仪有电化学传感器式、红外传感器式、催化燃烧传感器式等，可用于检测氯气、氨气、硫化氢、一氧化碳等有毒有害气体。

傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）：FTIR可以同时检测多种气体成分，具有检测灵敏度高、选择性好等优点。它能够对气体样品进行快速扫描和分析，确定气体的种类和浓度。

激光气体检测技术：激光气体检测技术利用激光与气体分子之间的相互作用，实现对特定气体的高精度检测。该技术具有抗干扰能力强、检测距离远等优点，适用于对远距离或复杂环境下的气体泄漏进行监测。

液体泄漏物的检测方法

便携式水质分析仪：便携式水质分析仪可用于快速检测水体中的pH值、电导率、溶解氧、COD等参数。通过这些参数的变化，可以初步判断水体是否受到污染。

气相色谱-质谱联用仪（GC-MS）：GC-MS是一种高灵敏度、高选择性的分析技术，可用于检测水体和土壤中的有机污染物。它能够对复杂的有机混合物进行分离和鉴定，确定污染物的种类和含量。

原子吸收光谱仪（AAS）和电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）：AAS和ICP-MS可用于检测水体和土壤中的重金属元素。它们具有检测精度高、灵敏度好等优点，能够准确测定重金属的含量。

采样技术

气体采样：气体采样可采用主动采样和被动采样两种方式。主动采样使用采样泵将气体样品吸入采样袋或采样管中；被动采样则利用扩散原理，使气体样品自然进入采样器。采样点的选择应根据泄漏物质的扩散方向和范围，在事故现场的下风向和周边敏感区域合理布置。

水体采样：水体采样应根据水体的类型（地表水、地下水）和污染情况，选择合适的采样点和采样方法。对于地表水，可在河流、湖泊的不同断面和深度进行采样；对于地下水，可采用井水采样或土壤溶液采样器进行采样。

土壤采样：土壤采样应根据泄漏物质的渗入深度和扩散范围，分层采集土壤样品。采样点应覆盖事故现场及周边可能受到污染的区域，采样深度可根据实际情况确定。

（三）应急检测的组织与实施

建立应急检测队伍：化工企业应组建专业的应急检测队伍，配备必要的检测设备和人员。应急检测人员应具备丰富的专业知识和实践经验，能够熟练掌握各种检测技术和仪器的操作方法。

制定应急检测预案：制定详细的应急检测预案，明确应急检测的流程、职责分工、检测方法和标准等内容。预案应定期进行演练和修订，确保在事故发生时能够迅速、有效地开展应急检测工作。

现场检测与数据传输：在事故发生后，应急检测队伍应迅速赶赴现场，按照预案要求开展检测工作。检测数据应及时传输到应急指挥中心，为应急处置决策提供依据。同时，检测人员应注意自身安全，采取必要的防护措施。

四、化工装置泄漏事故污染范围界定

（一）污染范围界定的意义

准确界定化工装置泄漏事故的污染范围，有助于合理调配应急资源，制定科学合理的污染治理和生态修复方案。它可以明确污染的核心区域、缓冲区域和安全区域，为人员疏散、环境监测和污染控制提供指导，最大限度地减少事故对周边环境和公众健康的影响。

（二）污染范围界定的方法

基于模型模拟的方法

高斯烟羽模型：高斯烟羽模型是用于预测气体污染物在大气中扩散的经典模型。该模型假设污染物在大气中呈高斯分布，通过输入泄漏源参数（如泄漏速率、泄漏高度）、气象参数（如风向、风速、大气稳定度）等，可以计算出污染物在不同距离和方向上的浓度分布，从而界定污染范围。

多相流模型：对于液体泄漏物在水体和土壤中的扩散，可采用多相流模型进行模拟。多相流模型考虑了液体、气体和固体之间的相互作用，能够更准确地预测污染物的迁移和扩散规律。例如，对于地下水污染，可采用数值模拟软件（如MODFLOW）建立地下水流动和溶质运移模型，模拟污染物在地下水中的扩散过程。

基于现场监测数据分析的方法

浓度等值线法：根据现场检测得到的污染物浓度数据，绘制浓度等值线图。将浓度超过环境质量标准的区域界定为污染范围。浓度等值线法直观、简单，但需要大量的现场监测数据支持。

统计分析法：运用统计学方法对现场监测数据进行分析，如计算污染物的平均浓度、标准差、变异系数等，确定污染物的分布特征和污染范围。统计分析法可以综合考虑数据的离散性和不确定性，提高污染范围界定的准确性。

基于地理信息系统（GIS）技术的方法

空间数据整合：将现场监测数据、地形地貌数据、气象数据等整合到GIS平台中，建立空间数据库。通过GIS的空间分析功能，可以对污染物的扩散和迁移进行可视化展示和分析。

污染范围绘制：利用GIS的缓冲区分析、叠加分析等功能，结合模型模拟结果和现场监测数据，绘制污染范围图。GIS技术可以直观地显示污染范围的空间分布，为应急处置和决策提供直观的支持。

（三）污染范围界定的流程

数据收集与整理：收集事故现场的相关数据，包括泄漏物质的种类、泄漏量、气象参数、地形地貌信息以及现场监测数据等。对收集到的数据进行整理和分析，确保数据的准确性和完整性。

模型选择与参数设置：根据泄漏物质的性质、泄漏场景和环境条件，选择合适的污染范围界定模型。设置模型的参数，如泄漏源参数、气象参数、扩散系数等，确保模型的模拟结果与实际情况相符。

模型模拟与结果分析：运行选定的模型，进行污染范围模拟。对模拟结果进行分析，评估污染的范围、程度和扩散趋势。将模拟结果与现场监测数据进行对比验证，如有必要，对模型参数进行调整和优化。

污染范围确定与可视化展示：根据模型模拟结果和现场监测数据分析，确定最终的污染范围。利用GIS技术将污染范围进行可视化展示，生成污染范围图，为应急处置提供直观的依据。

五、应急检测与污染范围界定过程中面临的问题及对策

（一）面临的问题

检测技术的局限性：现有的检测技术虽然能够满足大部分化工装置泄漏事故的应急检测需求，但仍存在一定的局限性。例如，一些检测方法的灵敏度不够高，无法检测到低浓

度的污染物；部分检测仪器的响应时间较长，不能及时反映污染物的变化情况。

数据处理的复杂性：应急检测过程中会产生大量的数据，包括气象数据、监测数据等。这些数据的处理和分析需要专业的知识和技能，而且数据之间可能存在不确定性和误差，增加了数据处理的复杂性。

模型模拟的不确定性：污染范围界定模型是基于一定的假设和简化条件建立的，在实际应用中可能存在一定的不确定性。例如，气象条件的复杂性和变化性、地形地貌的影响等因素都可能导致模型模拟结果与实际情况存在偏差。

部门之间协调困难：化工装置泄漏事故的应急处置涉及多个部门和单位，如环保、消防、安监、卫生等。各部门之间在信息共享、职责分工等方面可能存在协调困难的问题，影响应急检测和污染范围界定工作的效率。

（二）对策

加强检测技术研发与创新：加大对检测技术研发的投入，鼓励科研机构和企业开展新型检测技术和仪器的研发。提高检测技术的灵敏度、选择性和响应速度，满足不同类型化工装置泄漏事故的应急检测需求。

建立数据处理与分析平台：建立统一的数据处理与分析平台，整合应急检测过程中的各类数据。利用大数据、人工智能等技术对数据进行深度挖掘和分析，提高数据处理的效率和准确性。同时，加强对数据处理人员的培训，提高其专业水平。

优化模型参数与验证：通过大量的实验研究和现场监测数据，对污染范围界定模型的参数进行优化和校准。定期对模型进行验证和评估，根据实际情况调整模型参数，提高模型模拟的准确性。

加强部门之间的协调与合作：建立健全部门之间的协调机制，明确各部门的职责和分工。加强信息共享和沟通，建立统一的信息平台，实现应急检测数据和污染范围界定结果的实时共享。定期开展联合演练，提高各部门之间的协同作战能力。

结语

化工企业应加强对化工装置的安全管理，定期进行设备维护和检查，提高员工的安全意识和操作技能，从源头上减少化工装置泄漏事故的发生。同时，政府和相关部门应加强对化工行业的监管，完善应急预案和法律法规，提高应对化工装置泄漏事故的能力，保护生态环境和公众健康。

参考文献

- [1] 石油化工企业安全生产现状分析及IT技术应用[J]. 孙文峰. 化工管理, 2019(20)
- [2] 石油化工中火灾的处理及应对措施初探[J]. 吴志琳; 杨阿明. 中国石油和化工标准与质量, 2017(23)
- [3] 浅谈石油化工火灾特点及扑救对策[J]. 张延明; 周航; 于忠; 范学宇; 杨青山. 石油化工建设, 2017(01)