

化工园区危险气体泄漏智能检测与预警策略研究

张锋 高连芬 曾玲

浙江新鸿检测技术有限公司 314001

【摘要】化工园区危险气体泄漏易引发爆炸、中毒等重特大安全事故，严重威胁人员生命安全与生态环境，完善智能检测与预警体系是企业防范安全风险的核心举措。本文结合化工园区危险气体泄漏的特性与现有检测预警短板，系统分析智能检测技术的应用要点，构建多维度预警指标体系，提出针对性优化策略，为企业提升危险气体泄漏防控能力、保障园区安全生产提供理论支撑与实践参考。

【关键词】化工园区；危险气体泄漏；智能检测；预警策略；安全生产

Research on Intelligent Detection and Early Warning Strategies for Hazardous Gas Leaks in Chemical Industrial Parks

Zhang Feng Gao Lianfen Zeng Ling

Zhejiang Xinhong Detection Technology Co., Ltd. 314001

【Abstract】 Hazardous gas leaks in chemical industrial parks can easily trigger major safety incidents such as explosions and poisoning, posing severe threats to human lives and the ecological environment. Enhancing intelligent detection and early warning systems is a core measure for enterprises to mitigate safety risks. This paper combines the characteristics of hazardous gas leaks in chemical parks with existing limitations in detection and early warning technologies, systematically analyzes key application aspects of intelligent detection technologies, establishes a multi-dimensional early warning indicator system, and proposes targeted optimization strategies. The findings provide theoretical support and practical references for enterprises to strengthen their capabilities in preventing hazardous gas leaks and ensuring safe production within industrial parks.

【Key words】 Chemical industrial park; Hazardous gas leakage; Intelligent detection; Early warning strategy; Work safety

化工园区作为化工产业集聚载体，涉及大量易燃易爆、有毒有害危险气体，泄漏事故发生率较高。泄漏事故具有突发性、扩散快、危害范围广等特点，一旦处置不及时，将造成严重人员伤亡与财产损失^[1]。企业作为安全生产责任主体，其检测预警能力直接决定泄漏事故的防控成效。当前部分企业的检测预警模式存在滞后性，难以满足园区安全防控的精细化需求，因此，开展危险气体泄漏智能检测与预警策略研究具有重要现实意义。

1 化工园区危险气体泄漏的核心特征与防控现状

1.1 危险气体泄漏的核心特征

化工园区危险气体种类繁多，涵盖烃类、醇类、有毒卤化物等多种类型，不同气体的理化性质存在显著差异，导致泄漏后的扩散规律与危害程度各不相同。泄漏源头具有隐蔽性，多源于设备腐蚀、管道破损、阀门失效等设备故障，部分泄漏点位于密闭空间或高空区域，初期难以被发现。泄漏过程具有突发性，受生产负荷、压力波动、环境温度等因素

影响，泄漏发生时间与泄漏量难以提前预判。同时，泄漏气体的扩散受风向、风速等气象条件影响较大，易形成无规则扩散轨迹，扩大危害范围，增加防控难度。

1.2 危险气体泄漏防控现状

企业对于危险气体泄漏防控工作越来越重视，大部分企业配备了基本的检测设备和预警装置，建立了初步的防控管理制度。但从实际应用效果来看，仍然存在诸多不足。检测环节中部分企业仍然使用传统的检测手段，检测精度低、响应慢，不能实现泄漏的早期识别和精准定位^[2]。预警环节预警指标设置单一，主要以气体浓度作为唯一预警依据，没有充分考虑环境、设备运行等各方面因素，预警准确性不高，容易出现误报、漏报。另外，企业的检测预警系统缺乏联动性，检测数据和预警信息不能很好地整合起来，不能给应急处置提供及时全面的支持，防控工作的主动性、科学性有待提高。

2 化工园区危险气体泄漏智能检测技术体系构建

2.1 智能检测技术选型原则

企业在选择危险气体智能检测技术的时候,要遵照针对性、精准性、稳定性以及兼容性这些准则。针对性要求根据园区内危险气体种类、理化性质、泄漏风险点分布选择合适的检测技术,保证可以检测出目标气体。精准性指的是检测技术要具有较高的检测精度和分辨率,可以发现低浓度的泄漏信号,实现泄漏的早期发现。稳定性要求检测设备能适应化工园区高温、高压、高湿度、强腐蚀的复杂环境,长期稳定运行,减少设备故障对检测工作的影响。兼容性即检测技术与企业现有的生产控制系统、应急处臵系统无缝对接,便于数据整合和协同运作^[3-4]。

2.2 核心智能检测技术应用

气体传感器技术是智能检测体系的核心,根据检测需求选择不同的气体传感器。催化燃烧式传感器适合于易燃易爆气体的检测,响应速度快、检测范围广,可以快速捕捉气体浓度的变化,电化学传感器适合于有毒有害气体的检测,灵敏度高,可以实现低浓度气体的精准检测,红外吸收式传感器具有抗干扰能力强、检测精度高的特点,适合于复杂环境下的多组分气体同时检测。为了提高检测的覆盖面和准确度,企业可以建立分布式传感器网络,将传感器布置在泄漏风险较高的区域,对园区危险气体进行全方位、实时的监测。在反应釜进料口、管道接口、储罐区、污水处理单元等关键风险点位上加密布置传感器,根据园区地形和气体扩散特性划分监测单元,保证无监测盲区,实时捕捉各个点位的气体浓度变化并同步传输到数据平台^[5]。

除传感器检测技术外,企业还可以采用无人机巡检技术和红外热成像检测技术来弥补传统检测手段的不足。无人机巡检可以对高空、密闭空间等人员难以到达的地方进行检测,通过气体检测模块和高清摄像头实时传输检测数据和图像信息,提高泄漏检测的全面性。红外热成像检测技术依靠气体泄漏引发的温度异常来定位泄漏点,适合于夜间或者复杂气象条件下进行泄漏检测,从而提高检测工作的效率和准确性。夜间无光照、大雾、暴雨等传统检测手段难以发挥作用的时候,企业可以部署红外热成像检测设备,红外热成像检测设备可以清楚地捕捉到泄漏气体和周围环境的温度差值,生成可视化的热成像图,快速定位泄漏点位和泄漏范围,给检测人员提供准确的指引,大大缩短检测时间,降低漏检概率。

2.3 检测数据处理与优化

检测数据的准确性关系到智能检测体系的运行效果,企业要建立完善的检测数据处理机制。利用数据滤波技术去除环境干扰、设备误差等对检测数据造成的影响,提高数据的可靠性。利用数据融合技术,把不同的检测设备、不同的检测点位的检测数据结合起来,达到互补的效果,从而提高泄

漏识别的准确性。同时建立数据存储和分析平台,对检测数据进行实时存储、统计分析,挖掘出数据背后泄漏的规律以及设备运行的隐患,给预警策略的制定和设备的维护提供数据支持。

3 化工园区危险气体泄漏智能预警体系优化

3.1 预警指标体系构建

企业需突破单一浓度指标的预警局限,构建多维度、多层次的预警指标体系。核心指标包括危险气体浓度指标,结合不同气体的安全阈值,划分不同等级的预警阈值;设备运行指标,涵盖管道压力、阀门开关状态、设备腐蚀程度等,实时监测设备运行状态,预判泄漏风险;环境影响指标,包括风向、风速、温度、湿度等气象参数,分析其对泄漏气体扩散的影响,精准判断危害范围;应急能力指标,评估企业应急物资储备、应急队伍配备、应急处臵流程等情况,为预警响应提供依据。各指标根据其重要性设置不同权重,通过综合评分实现对泄漏风险的精准评估。

3.2 预警等级划分与响应机制

结合泄漏风险程度,企业将预警等级划分为四级:一级预警(一般风险),指检测到气体浓度接近安全阈值,未出现明显扩散迹象,设备运行正常;二级预警(较大风险),气体浓度达到安全阈值,出现轻微扩散,设备存在潜在故障;三级预警(重大风险),气体浓度超过安全阈值,扩散范围扩大,设备出现明显故障;四级预警(特别重大风险),气体浓度大幅超过安全阈值,扩散速度快,可能引发严重事故。针对不同预警等级,制定差异化的响应机制,明确各部门、各岗位的职责,确保预警信息发布后,能够快速启动相应的防控措施与应急处臵流程。

3.3 预警信息传递与协同联动

企业要创建起有效的预警信息传达体系,保证预警信息可以迅速准确地传达给各个部门以及人员。搭建智能预警信息平台,把检测数据和预警信息整合起来,用短信、声光报警、系统弹窗等方式向用户发出预警信息。同时加强企业内部各部门之间协同联动,建立检测、预警、应急处臵一体化机制,保证预警信息发布之后技术部门、安全管理部门、应急救援部门可以迅速响应、协同配合,及时采取泄漏控制、人员疏散、应急处臵等措施,减少事故损失。另外加强同园区管理部门、周边企业之间的信息共享和协同联动,建立区域联防联控体系,提高整体防控能力。

4 化工园区危险气体泄漏智能检测与预警策略实施保障

4.1 技术保障

企业要加大技术研发和投入,引进先进的智能检测、预警技术,对现有的检测设备、预警系统进行升级改造,提高检测设备、预警系统的智能化水平和运行稳定性。建立技术创新机制,同科研院所、行业企业合作,针对化工园区危险气体泄漏检测和预警的难点问题开展技术攻关,开发出适合园区实际需求的检测技术和预警算法。加强技术培训,提高有关人员智能检测设备、预警系统操作人员和维护人员的操作水平和维护能力,保证系统正常运行,充分发挥系统的作用。

4.2 管理制度保障

完善的管理制度是智能检测与预警策略得以有效实施的保障。企业应建立健全安全生产管理制度,明确检测预警工作职责分工、工作程序和考核标准,将检测预警工作纳入到日常安全生产管理体系之中。制定检测设备维护管理制度,定期对检测设备进行校准、检修、维护,及时更换老化、故障的检测设备,保证检测设备的准确性、稳定性。且企业可建立预警信息管理制度,对预警信息的发布、传递、处置程序进行规范,保证预警信息能够得到及时有效的响应。加强监督检查,定期对检测预警工作开展情况开展检查评估,及时发现并整改存在的问题。

4.3 人员保障

人员素质决定检测预警工作的好坏,企业要重视人才的培养。引进具有化工安全、智能检测、数据分析等专业知识的人才充实检测预警工作队伍。建立完善的培训体系,定期进行专业技能培训和安全知识培训,提高相关人员的专业素质和应急处置能力,使其能够熟练掌握智能检测设备的操作方法、预警系统运行原理和应急处置流程。建立激励机制,调动相关人员的积极性、主动性,提高工作积极性、主动性,为智能检测与预警策略的实施提供人力保障。

4.4 资金保障

智能检测与预警体系的建设、运行、维护需要大量的资

金支持,企业要合理安排资金投入,保证各项工作顺利开展。增加智能检测设备、预警系统、数据平台等硬件设施的投入,保证系统先进性、稳定性。安排专项资金用于技术研发、设备维护、人员培训等工作,提高检测预警工作的专业化水平。建立资金使用监督机制,对资金使用情况实施监督,保证资金专款专用,提升资金使用效率,给智能检测和预警策略的长久推行赋予资金支撑。

5 结论与展望

5.1 结论

化工园区危险气体泄漏智能检测与预警,是企业防范安全生产风险、保证园区安全稳定运行的重要措施。本文通过对危险气体泄漏主要特点以及企业防控现状的分析,创建起包含多种检测技术的智能检测体系,改良了多方面预警指标体系和响应机制,提出技术、制度、人员、资金四方面保障措施。研究表明,完善的智能检测和预警系统可以大大提高企业对于危险气体泄漏的早期发现、准确预警和及时处置的能力,从而减少泄漏事故的发生率和事故造成的损失,给化工园区安全生产提供有力的保障。

5.2 展望

随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,化工园区危险气体泄漏智能检测与预警技术将会朝着更加智能化、精准化、协同化的方向发展。未来企业可以继续加强智能化技术的融合应用,用人工智能算法做泄漏风险的精准预判和智能决策,提高预警的前瞻性、准确性。加强检测预警系统同企业生产控制系统、应急救援系统深度融合,实现数据共享、协同联动,创建一体化的安全防控体系。加强行业内技术交流与合作,推广先进的检测预警技术及经验,提高化工园区危险气体泄漏防控水平,为化工产业安全、绿色、高质量发展提供支撑。

参考文献

- [1]钱寒霄. 面向化工园区的危险气体泄漏监测方法研究[D]. 合肥工业大学, 2024.
- [2]陶新. 硫化氢管道泄漏扩散规律与风险分级预警研究[D]. 西安科技大学, 2022.
- [3]马博雅. 危险化学气体泄漏事故源项反演方法研究及应用[D]. 福建师范大学, 2022.
- [4]李兴华,王媛媛,袁子龙. 基于新一代信息技术的化工园区气体泄漏监测预警系统 [J]. 中国安全生产科学技术, 2021, 17 (S1): 10-14.
- [5]王海顺. 基于有限损失的化工事故应急处置策略研究[D]. 中国地质大学(北京), 2020.

作者简介: 张锋, 出生年月: 1988.11.16, 男, 汉族, 籍贯: 浙江嘉兴, 学历: 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 化工安全;

高连芬, 出生年月: 1989.11.22, 女, 汉族, 籍贯: 浙江杭州, 学历: 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 化学分析;

曾玲, 出生年月: 1993.7.25, 女, 汉族, 籍贯: 重庆, 学历: 本科, 现有职称: 中级工程师, 研究方向: 化工安全。