

# 气体泄漏检测技术在化工安全生产的应用

李林林

陕西秦风气体股份有限公司 陕西省西安市 710000

**摘要:** 化工生产过程充斥着气体泄漏风险, 精准有效的气体泄漏检测技术是保障安全生产的核心要素。本文深入探讨多种气体泄漏检测技术在化工安全生产中的应用, 详细阐释光学、电化学、声波等检测技术原理, 全面分析其在化工装置与设备巡检、管道及储存设施监测等场景的应用情况, 深入剖析应用优势与面临问题, 并创新性地提出一系列涵盖多类气体监测系统及报警管理等应用策略。旨在为化工行业运用先进检测技术提升安全生产水平提供坚实理论基础与实践指导, 助力化工产业安全稳健发展。

**关键词:** 气体泄漏检测技术; 化工安全生产; 应用策略; 检测系统

化工行业作为国民经济的重要支柱, 生产过程涉及大量易燃易爆、有毒有害气体。一旦发生气体泄漏, 极易引发火灾、爆炸、中毒等严重事故, 不仅对人员生命安全造成巨大威胁, 还会给环境带来灾难性破坏, 导致难以估量的经济损失。据相关统计, 近年来因气体泄漏引发的化工安全事故频发, 造成了严重的社会影响。因此, 研发和应用高精度、高可靠性的气体泄漏检测技术, 成为化工安全生产领域亟待解决的关键问题。

## 一、常见气体泄漏检测技术原理

### (一) 光学检测技术

光学检测技术依托气体对特定波长光的独特作用特性。其核心在于利用不同气体对特定红外波段光的吸收差异, 当气体泄漏时, 泄漏气体吸收相应波长的光, 致使光强改变, 通过精准检测光强变化量便能确定气体种类与浓度。以红外吸收光谱技术为例, 每种气体都有其特征吸收光谱, 如同人类的指纹般独一无二。通过对比吸收光谱与标准光谱库, 可准确识别气体成分。激光吸收光谱技术则凭借高分辨率、高灵敏度的激光束, 能够实现远距离、微量气体泄漏的精准探测。在化工生产环境中, 该技术可对大型储罐、管道等设备周边气体环境进行实时监测, 具备检测速度快、非接触式等显著优势, 有效规避了接触式检测可能带来的安全风险, 为化工安全生产提供了一种高效、安全的检测手段。

### (二) 电化学检测技术

电化学检测技术基于气体在电极表面发生的电化学反应来实现气体泄漏检测。当泄漏气体与传感器中的电解液接

触, 在电极上发生氧化或还原反应, 进而产生与气体浓度成正比的电流信号。常见的电化学气体传感器对氧气、一氧化碳等气体具有较高的检测灵敏度。其结构设计相对简单, 成本较低, 这使得它在化工车间、仓库等场所的气体泄漏检测中得到广泛应用。通过实时监测工作环境中的气体浓度, 为作业人员的安全提供了可靠保障。在实际应用中, 传感器的电极材料和电解液成分会根据检测气体的特性进行优化选择, 以提高检测的准确性和稳定性, 满足化工生产复杂环境下对气体检测的需求。

### (三) 声波检测技术

声波检测技术利用气体泄漏时产生的声波特性变化来进行检测。当气体从管道或容器泄漏时, 会产生具有独特频率、强度等特征的声波信号, 这些特征与泄漏量、泄漏孔径等因素密切相关。通过合理布置声波传感器, 采集并深入分析这些声波信号, 能够精准定位泄漏源并估算泄漏量。该技术特别适用于检测高压管道、复杂管网等隐蔽部位的气体泄漏, 其优势在于不受光线、电磁干扰影响, 在化工生产的巡检工作中发挥着关键作用。在复杂的化工生产环境中, 声波检测技术能够穿透障碍物, 准确捕捉到泄漏产生的声波信号, 为及时发现和处理气体泄漏隐患提供了有力支持。

## 二、气体泄漏检测技术在化工安全生产中的应用场景

### (一) 化工装置与设备的日常巡检

化工装置与设备的日常巡检是保障安全生产的重要基础工作。在化工企业中, 利用便携式气体泄漏检测设备, 如基于光学或电化学原理的手持式检测仪, 巡检人员能够在装

置与设备周围迅速开展检测工作,及时察觉潜在的气体泄漏点。这些便携式设备操作简便,可快速对局部区域进行扫描检测,大大提高了巡检效率。通过定期巡检,能够在气体泄漏初期便发现问题,避免泄漏扩大引发严重事故,确保化工装置与设备的稳定运行。同时,巡检过程中积累的数据还可用于分析设备的运行状况,提前预判可能出现的故障,为设备维护提供依据,进一步提升化工生产的安全性和稳定性。

### (二) 管道系统的泄漏监测

化工生产高度依赖庞大的管道系统来输送各类气体。气体泄漏检测技术在管道系统中应用广泛,通过在管道沿线安装分布式光纤传感器(基于光学原理)、声波传感器等,能够实现对管道的实时在线监测。一旦管道发生泄漏,传感器能够迅速捕捉到信号变化,利用先进的算法精确定位泄漏位置,为及时维修提供准确依据,有效防止因管道泄漏导致的物料损失与安全事故。分布式光纤传感器能够实时感知管道沿线的温度、应变等参数变化,通过分析这些参数与气体泄漏之间的关联,实现对管道泄漏的早期预警。声波传感器则可根据泄漏产生的声波特征,准确判断泄漏位置和泄漏程度,为管道维护提供重要参考。

### (三) 储存设施的安全防护

化工企业的气体储存设施,如储罐、气柜等,是气体泄漏防范的重点部位。运用光学成像技术、电化学阵列传感器等,可对储存设施周边气体环境进行全方位监测。光学成像技术能够通过分析气体对特定波长光的吸收或散射情况,生成气体浓度分布图像,直观显示泄漏区域和泄漏程度。电化学阵列传感器则可同时检测多种气体浓度,提高检测的全面性和准确性。同时,结合自动化控制系统,当检测到气体泄漏浓度超过安全阈值时,系统会自动启动报警装置,并迅速采取相应的应急措施,如切断气源、启动通风系统等,保障储存设施的安全运行,有效防止大规模泄漏事故的发生。

## 三、气体泄漏检测技术应用优势

### (一) 提高安全性

气体泄漏检测技术能够及时察觉泄漏隐患,使企业能够在事故萌芽阶段迅速采取措施,有效避免火灾、爆炸、中毒等重大事故的发生。通过早期发现和处理气体泄漏,极大地提高了化工生产的安全性,切实保障了人员生命与财产安全。在化工生产过程中,安全是首要考量因素,气体泄漏检测技术作为安全生产的第一道防线,能够有效降低事故风

险,营造安全的生产环境,为企业的稳定发展提供坚实保障。

### (二) 降低经济损失

早期发现气体泄漏,企业可及时安排维修,减少物料损失,避免因大规模泄漏导致的生产中断、环境污染治理等高额费用。据估算,及时发现并处理气体泄漏,可减少物料损失约 30%~50%,同时避免因生产中断造成的潜在经济损失。这不仅降低了企业的经济损失,还提升了企业的经济效益。通过应用先进的气体泄漏检测技术,企业能够实现精细化管理,优化生产流程,降低运营成本,提高市场竞争力<sup>[1]</sup>。

## 四、气体泄漏检测技术在化工安全生产的应用策略

### (一) 构建智能可燃有毒气体泄漏监测系统

构建智能可燃有毒气体泄漏监测系统是化工安全生产的关键举措。在研发过程中,运用前沿的多传感器融合技术,将光学、电化学、催化燃烧等多种类型传感器有机集成。不同传感器对各类可燃有毒气体具有独特的响应特性,通过融合它们的检测数据,可极大提高检测的全面性与准确性,实现对诸如氢气、硫化氢、氯气等多种危险气体的同时监测。引入先进的人工智能算法,如深度学习中的卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),对传感器采集的海量数据进行实时深度分析。CNN 擅长提取气体特征图像中的空间信息,RNN 则能有效处理时间序列数据,精准识别气体泄漏类型、浓度变化趋势以及泄漏源的动态位置。当检测到异常情况时,系统迅速通过 5G 等高速无线通信技术将预警信号及详细数据实时传输至管理人员的移动终端,如具备增强现实(AR)显示功能的智能安全帽或手持终端。管理人员可借助 AR 技术,直观看到泄漏区域在工厂布局中的精确位置及周边环境信息,实现高效远程监控与管理。该系统还能与工厂自动化控制系统联动,自动启动相关应急设备,如喷淋装置、通风系统等,极大提升对可燃有毒气体泄漏的监测效率与应急响应能力,为化工生产安全筑牢坚实防线<sup>[2]</sup>。

### (二) 创新一氧化碳运输监测系统

针对一氧化碳运输过程中潜在的高风险,创新设计一套全面且智能的监测系统。在运输车辆上,安装具备抗干扰能力的高精度一氧化碳传感器,该传感器采用最新的微机电系统(MEMS)技术,体积小巧但灵敏度极高,能精准检测极微量的一氧化碳泄漏。结合全球定位系统(GPS)和物联网(IoT)技术,实现对运输过程中一氧化碳浓度和车辆位置的实时动态监测。传感器数据通过低功耗、高可靠性的无

线通信模块,如窄带物联网(NB-IoT)技术,实时上传至监控中心。在监控中心,利用大数据分析技术,构建基于机器学习的预测模型,对上传数据进行深度挖掘与分析。一旦发现一氧化碳浓度异常升高或车辆偏离预定路线,系统立即发出多模态警报,包括声光警报、短信推送以及语音提示等。同时,自动启动应急预案,如通知附近的应急救援团队前往处置,向周边单位和居民发布预警信息。此外,通过对长期历史数据的分析,运用优化算法,可动态调整运输路线,避开交通拥堵、复杂地形及人口密集区域,结合车辆性能和天气状况,优化运输方案,如调整车速、控制运输时间间隔等,最大程度降低运输过程中的安全风险,确保一氧化碳运输安全可靠<sup>[3]</sup>。

### (三) 优化甲烷泄漏监测系统

甲烷作为重要化工原料和强效温室气体,其泄漏监测极为关键。在优化甲烷泄漏监测系统时,采用先进的高灵敏度量子级联激光吸收光谱传感器,该传感器基于量子力学原理,对微量甲烷泄漏具有卓越的检测能力,检测精度可达十亿分之一量级。在化工生产区域、储存设施及运输管道等关键部位,依据区域特点和气体扩散模型,科学布置传感器,构建全方位、无死角的监测网络。利用云计算技术,搭建强大的数据存储与分析平台,对监测数据进行集中处理与实时分析。通过实时监测甲烷浓度变化,结合气象数据,如风向、风速等,运用数值模拟算法,精准预测甲烷泄漏的扩散路径和范围。同时,开发基于虚拟现实(VR)/增强现实(AR)技术的可视化监测平台。管理人员通过佩戴VR头盔或使用AR移动设备,能身临其境地直观展示甲烷泄漏位置、浓度分布情况,以立体、动态的方式呈现泄漏场景。这便于快速做出决策,如精准指挥应急人员前往泄漏点进行封堵作业,合理调配消防、环保等资源,采取有效措施控制甲烷泄漏,最大程度减少对环境 and 生产的不利影响<sup>[4]</sup>。

### (四) 强化系统的报警管理

建立完善的报警管理机制是有效应对气体泄漏的重要保障。首先,深入研究不同气体的危险特性,如爆炸极限、毒性等级等,结合化工生产环境特点,运用风险评估模型,科学合理地设置报警阈值。根据危险程度分级设置报警级别,例如将氢气泄漏划分为三级报警,一级为轻微泄漏,二级为中度泄漏,三级为严重泄漏。当检测到气体泄漏时,系

统依据报警级别发出多样化警报,如一级报警采用柔和的声光提示,提醒巡检人员前往查看;二级报警则增加短信通知相关技术人员;三级报警除声光、短信外,还会触发高分贝警报声,并自动拨打应急救援电话。同时,对报警信息进行详细记录,运用数据挖掘技术中的关联规则挖掘算法,找出报警规律,如特定时间段、特定区域的报警频率及原因。基于这些规律,优化报警系统参数,如调整传感器的灵敏度、改变报警触发条件等,减少误报和漏报现象。此外,制定详细的报警响应流程,明确各部门职责,如安全部门负责现场指挥救援,生产部门负责切断气源、停止相关生产流程,环保部门负责监测泄漏气体对环境的影响等,通过明确行动步骤,提高应急响应效率,确保在气体泄漏事故发生时能够迅速、有序地采取措施,最大程度降低事故损失<sup>[5]</sup>。

### 结语

气体泄漏检测技术作为化工安全生产的关键支撑,在保障人员安全、降低经济损失、满足环保要求等方面发挥着不可替代的作用。尽管目前在应用中面临检测精度、检测范围、设备成本等诸多挑战,但通过构建智能监测系统、创新运输监测方案、优化特定气体监测系统、强化报警管理等一系列创新应用策略的实施,能够有效提升气体泄漏检测技术在化工安全生产中的应用水平。展望未来,随着科技的不断进步,气体泄漏检测技术将朝着更高精度、更宽检测范围、更低成本、更智能化的方向发展,为化工行业的安全生产保驾护航,助力化工产业实现安全、绿色、可持续发展的宏伟目标。

### 参考文献:

- [1] 卞广涛,刘信刚,李娜.红外气体检测技术在化工安全生产中的运用探析[J].山西化工,2023,43(06):186-187.
- [2] 王吉锁,邵正军,方磊.化工生产企业冷却装置中可燃气体检测与预警控制系统设计[J].中国高新技术,2021,(22):31-32.
- [3] 杨勇.化工生产中气体检测报警仪的安全应用[J].中国氯碱,2020,(10):27-28.
- [4] 王红亮.试析红外气体检测技术在化工企业安全生产中的应用[J].化工管理,2019,(14):85-86.
- [5] 张乐.气体检测报警器在化工生产中的作用与安装技术[J].河南化工,2012,29(Z4):5-7.