

智能化监测技术在工业气体项目 全流程安全管理中的实践探讨

徐 飞

(宜兴市恒昌工业气体有限公司, 江苏 无锡 214200)

摘 要 工业气体项目具有易燃易爆、有毒有害等特性, 全流程安全管理是保障项目稳定运行的核心。本文以智能化监测技术为研究对象, 探讨其在工业气体项目立项、建设、运营及退役全流程中的应用价值。通过分析技术应用基础、实践路径及保障措施, 阐述物联网、人工智能等技术如何解决传统安全管理的难点。研究表明, 智能化监测技术可实现风险预警精准化、管理决策科学化, 为工业气体项目安全管理提供高效支撑, 对提升行业安全管理水平具有重要意义。

关键词 智能化监测技术; 工业气体项目; 全流程安全管理; 风险预警; 物联网

中图分类号: TP2; X93; TQ116

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.34.035

0 引言

工业气体作为制造业、能源等领域的基础原料, 其项目全流程涉及气体生产、储存、运输等多个环节, 任一环节出现安全问题都可能引发爆炸、中毒等重大事故。传统安全管理依赖人工巡检, 存在响应滞后、风险识别不全面等缺陷。随着物联网、大数据等技术的发展, 智能化监测技术为解决这一难题提供了可能。本文聚焦智能化监测技术在工业气体项目全流程中的实践, 分析技术应用逻辑与实施方法, 为提升项目安全管理效能提供实践参考。

1 智能化监测技术在工业气体项目安全管理中的应用基础

1.1 工业气体项目全流程安全管理的核心需求

工业气体项目全流程涵盖立项评估、工程建设、生产运营及退役处置, 各阶段安全管理需求呈现差异化特征。立项阶段需精准评估选址周边环境风险, 避免与敏感区域冲突; 建设阶段要监控施工过程中设备安装精度、管线密封性等关键指标, 防止后期隐患; 运营阶段则需实时掌握气体浓度、设备运行参数、环境温湿度等数据, 快速响应异常; 退役阶段重点关注设备拆解、气体残留处理等环节的安全管控^[1]。在传统管理模式, 各阶段信息割裂, 风险识别依赖经验, 难以满足全流程闭环管理需求。而智能化监测技术可通过数据实时采集与共享, 实现各阶段风险的动态感知, 契合全流程安全管理中“事前预警、事中处置、事后追溯”的核心需求, 为项目安全提供全周期保障。

1.2 智能化监测技术的核心架构与技术特征

智能化监测技术在工业气体项目中的应用架构主要包括感知层、传输层、数据层及应用层。感知层通过气体传感器、温度传感器、振动传感器等设备, 实现对各类安全参数的实时采集; 传输层依托 5G、工业以太网、LoRa 等通信技术, 构建稳定高效的数据传输通道, 确保监测数据及时上传; 数据层由云计算平台、边缘计算节点组成, 负责数据存储、清洗及初步分析; 应用层则通过智能预警系统、可视化管理平台等, 实现风险识别、预警发布及决策支持。其核心技术特征体现为三个方面: 一是实时性, 传感器数据采集间隔可精确至毫秒级, 满足工业气体泄漏等突发事件的快速响应需求; 二是智能化, 通过人工智能算法对数据进行深度分析, 实现风险的精准识别与预测; 三是协同性, 各层级技术无缝衔接, 形成“采集—传输—分析—应用”的完整链路, 打破传统监测的信息孤岛, 为全流程安全管理提供技术支撑。

1.3 智能化监测与传统安全管理模式的差异对比

传统工业气体项目安全管理以“人工巡检+定期检测”为主, 存在明显局限性。在监测范围上, 人工巡检受人力限制, 难以实现对偏远区域、高空管线等特殊位置的全面覆盖, 易出现监测盲区; 在响应速度上, 传统模式依赖人工发现异常后逐级上报, 从隐患出现到处置启动往往需要数十分钟甚至数小时, 错过最佳处置时机; 在数据应用上, 定期检测数据多以纸质记录形式保存, 难以进行历史数据对比分析, 无法实现

风险趋势预测。而智能化监测技术则有效弥补了这些缺陷,监测范围可覆盖项目全区域,特殊位置通过无人机、机器人等设备实现无死角监测;异常数据可实时触发预警,响应时间缩短至秒级;监测数据数字化存储,通过大数据分析可挖掘风险演变规律,实现从“被动应对”到“主动预防”的转变。此外,智能化监测还能降低人工成本,减少人为操作失误,提升安全管理的稳定性与可靠性^[2]。

2 智能化监测技术在工业气体项目全流程中的实践路径

2.1 立项评估阶段: 风险预判与选址优化

立项评估是工业气体项目安全管理的首要环节,智能化监测技术可通过多维度数据采集实现风险精准预判。该阶段通过接入区域气象数据、地质灾害历史数据、周边企业分布信息等,利用地理信息系统(GIS)构建风险评估模型,对选址区域的自然风险、人为风险进行量化分析^[3]。同时,通过环境监测传感器实时采集选址点的空气质量、土壤成分等数据,结合工业气体项目的生产特性,评估项目投产后对周边环境的潜在影响。例如:对于生产剧毒气体的项目,系统可自动测算泄漏扩散范围,判断选址是否符合安全距离要求。通过智能化分析,为项目选址提供科学依据,从源头规避高风险区域,降低后期安全管理压力。

2.2 建设施工阶段: 过程管控与质量追溯

建设施工阶段的设备安装、管线铺设质量直接决定了项目后期安全运行水平,智能化监测技术可实现施工过程的全程管控。在设备安装环节,通过高精度传感器监测设备安装的水平度、垂直度等参数,实时反馈安装偏差,确保设备符合运行标准;对于管线焊接等关键工序,采用机器视觉技术对焊接焊缝进行实时检测,识别裂缝、虚焊等缺陷并及时预警。同时,利用射频识别(RFID)技术为设备、管线赋予唯一身份标识,将施工过程中的监测数据与设备信息绑定,形成全生命周期质量档案。施工人员通过移动终端实时上传施工进度与监测数据,管理人员通过可视化平台实现远程监管,确保施工过程符合安全规范,为后期运营奠定良好的基础。

2.3 生产运营阶段: 实时监测与智能预警

生产运营阶段是工业气体项目安全管理的核心,智能化监测技术可实现风险的实时感知与快速处置。在生产车间,部署气体浓度传感器、设备振动传感器、温度压力传感器等,实时采集气体泄漏浓度、压缩机运行振动值、储罐压力等关键参数;通过视频监控系

统结合行为识别算法,监测工作人员是否规范佩戴防护用品、是否违规操作设备等情况^[4]。当监测数据超过预设阈值时,系统自动触发声光报警,同时将预警信息推送至管理人员手机终端,并启动应急联动机制,如关闭相关阀门、启动通风系统等。此外,通过大数据分析设备运行数据,预测设备故障风险,实现预防性维护,减少非计划停机与安全事故发生概率。

2.4 退役处置阶段: 残留监测与安全拆解

工业气体项目退役处置阶段易因气体残留、设备老化等问题引发安全事故,智能化监测技术可保障处置过程安全可控。在设备拆解前,通过便携式气体检测仪与固定监测点相结合的方式,对储罐、管线内的气体残留量进行全面检测,确保残留浓度低于安全标准;利用无人机搭载红外热像仪对设备外部结构进行检测,识别腐蚀、破损等隐患。在拆解过程中,通过传感器实时监测作业区域的气体浓度、环境参数,结合智能机器人完成高危区域的拆解作业,减少人员暴露风险。同时,将拆解过程中的监测数据实时上传至管理平台,形成退役处置安全档案,确保处置过程可追溯、可管控,避免环境污染与安全事故。

3 智能化监测技术应用的保障措施与优化方向

3.1 技术保障: 构建稳定可靠的监测系统

技术保障是智能化监测系统稳定运行、发挥效能的核心支撑,需从设备选型、系统架构、运维管理等多维度构建全链条保障体系。在设备选型环节,必须严格依据工业气体项目的工况特点,优先选用通过防爆认证、耐腐蚀性强、测量精度高的工业级传感器及通信设备,例如针对高纯度气体监测需选用精度达ppm级的电化学传感器,针对高温储罐区域需配备耐高温的光纤传感器,确保设备在极端环境下仍能稳定采集数据。在系统架构设计上,采用“边缘计算+云计算”的混合模式,边缘节点部署在生产现场,负责实时处理传感器数据并触发本地应急响应,有效降低网络延迟;云计算平台则承担海量数据存储、历史趋势分析及模型优化任务,通过分布式架构提升系统抗干扰能力。同时,建立全生命周期运维机制,利用设备管理模块实时监测传感器、通信模块的运行状态,设置设备故障预警阈值,当出现电池电量不足、数据传输中断等问题时自动提醒运维人员;定期开展设备校准工作,采用标准气体校准仪对气体传感器进行精度校准,确保监测数据的准确性,为安全决策提供可靠依据。此外,强化网络安全防护,部署工业防火墙、入侵检测系统,对数据传输过程进行加密处理,防止恶意攻

击导致监测系统瘫痪或数据泄露，保障整个智能化监测体系的安全稳定。

3.2 管理保障：完善配套管理机制

管理保障是推动智能化监测技术落地见效的关键，需建立健全与技术应用相匹配的管理体系，实现“技术赋能+管理提效”的双重目标。首先要完善组织架构，明确安全管理部门、技术部门、生产部门在智能化监测工作中的职责分工，安全管理部门负责制定监测标准及应急处置流程，技术部门承担系统运维及技术升级任务，生产部门负责配合设备安装、数据采集及异常响应，形成协同联动的工作机制。其次需制定标准化管理制度，包括监测数据采集规范、预警信息处置流程、系统日常运维细则等，明确数据采集的频率、范围及精度要求，规定预警信息从接收、核实到处置的时间节点，例如一级预警需在 1 分钟内通知现场负责人，5 分钟内启动应急措施，确保异常情况得到快速响应^[5]。在人员培训方面，构建分层分类培训体系，针对管理人员开展智能化监测技术原理及决策应用培训，使其掌握数据解读及风险研判方法；针对一线操作人员开展系统操作及应急处置培训，提升其规范使用监测设备、快速响应预警的能力；定期组织实操演练，模拟气体泄漏、设备故障等场景，检验人员与系统的协同处置能力。同时建立考核激励机制，将智能化监测系统的使用情况、预警处置成效与员工绩效挂钩，对及时发现隐患、规范处置预警的人员给予奖励，对操作失误、响应滞后的人员进行问责，充分调动员工参与安全管理的积极性，确保智能化监测技术真正融入日常安全管理工作。

3.3 优化方向：推动技术融合与创新应用

智能化监测技术的优化应聚焦工业气体项目的安全需求痛点，推动技术融合创新，实现从“监测预警”向“预测防控”的升级。一方面要深化多技术融合应用，将人工智能、数字孪生、区块链等技术与监测系统深度融合，构建全流程数字孪生模型，整合项目从立项到退役的所有监测数据，通过三维可视化场景实时呈现设备运行状态、气体流动轨迹及风险分布情况，模拟不同工况下的风险演变过程，为应急演练及方案制定提供虚拟仿真支撑。利用深度学习算法优化预警模型，通过分析历史监测数据及事故案例，不断调整模型参数，提升对复杂场景下风险的识别能力，例如区分设备正常振动与故障振动的差异，避免因环境干扰导致的误报、漏报。另一方面要推动监测体系智能化升级，开发具备自诊断、自校准功能的智能传感器，

减少人工运维成本；利用物联网技术实现设备间的互联互通，构建“传感器—设备—系统”的智能联动机制，当某一区域出现气体泄漏时，系统可自动触发周边设备的联动响应，如关闭相邻储罐阀门、启动区域通风系统等。同时关注监测数据的价值挖掘，通过大数据分析构建设备健康评估模型，基于运行参数预测设备剩余使用寿命，提前制定维护计划；建立项目安全风险数据库，整合不同工况、不同气体类型的监测数据，为同类项目的安全管理提供数据支撑。此外，推动监测设备的国产化与小型化发展，降低设备采购及部署成本，提升技术在中小工业气体企业的普及度，助力全行业安全管理水平的整体提升。

4 结束语

工业气体项目全流程安全管理的复杂性与高风险性决定了传统管理模式难以满足现代安全管理的需求，而智能化监测技术以其实时性、智能化、协同性的特征，为解决这一问题提供了有效路径。从立项评估阶段的风险预判，到建设施工阶段的过程管控，再到生产运营阶段的智能预警及退役处置阶段的安全保障，智能化监测技术贯穿项目全生命周期，实现了安全管理从“被动应对”向“主动预防”的转变。通过技术、管理、政策三方面的保障措施，可进一步提升技术应用的稳定性与普及度，而技术融合与创新则为未来发展指明了方向。实践表明，智能化监测技术的应用能够显著提升工业气体项目安全管理的精准度与效率，降低安全事故发生率，对推动工业气体行业安全、健康、可持续发展具有重要的现实意义。未来，随着技术的不断进步与应用不断深化，智能化监测技术将在工业气体项目安全管理中发挥更加重要的作用，为行业安全发展提供坚实的保障。

参考文献：

- [1] 伏建军. 项目安全管理的安全控制要素[J]. 大众标准化, 2023(10):65-67.
- [2] 马浩然. 谏壁发电厂脱硫废水环保项目安全管理的研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2022.
- [3] 秦思嘉, 孙德华, 郑庆涛, 等. 固定式气体检测报警器在线计量安全隐患分析[J]. 低温与特气, 2025, 43(04):48-50.
- [4] 赵学臣, 李强. 氯碱化工生产流程及副产氢气的安全高效利用[J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39(04):172-175.
- [5] 张欣玥. 危险气体安全监测系统的设计[D]. 重庆: 重庆理工大学, 2025.