

智能气体侦测器系统的安全运行与管控

刘亚运

合肥芯投微电子有限公司 安徽合肥 230000

摘要：工业生产中易燃易爆、有毒有害气体泄漏风险突出，对厂区安全构成严重威胁，智能气体侦测器系统成为防范此类风险的核心装备。以下围绕该系统的安全运行与管控展开，阐述其组成、工作原理及安全运行关键技术，构建全维度管控体系。厂区配备甲烷、可燃气体、氢气等探测器，特气GDS系统可监测氨气、硅烷、氟气、三氯化硼等气体。通过保障传感器精准性、数据传输可靠性，优化安装布局，结合制度建设与数字化平台，实现气体风险的实时防控，为厂区安全生产筑牢防线。

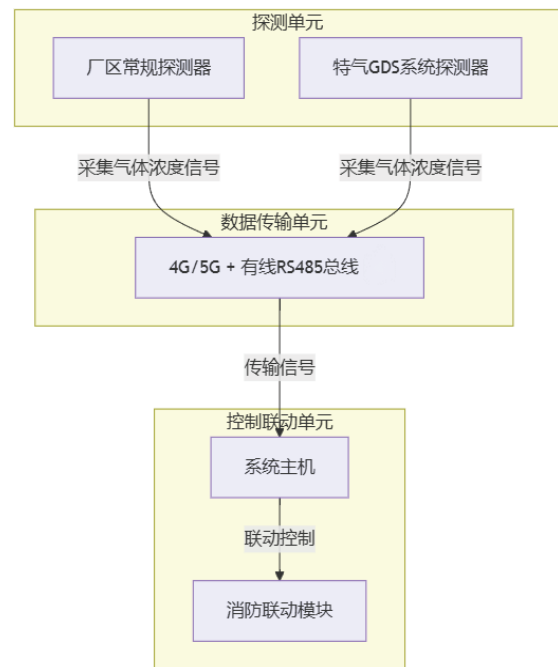
关键词：智能气体侦测器系统；特气GDS系统；气体侦测设备；安全管控

随着工业生产工艺日趋复杂，厂区内气体使用及存储的场景日益增多，由气体泄漏引起的爆炸、中毒等安全事故时有发生，直接对人员的生命财产安全构成威胁。气体探测器是一种气体泄漏浓度检测的仪器，当现场被测气体浓度达到或超过设定值时，控制器将发出声、光报警信号并启动相应的继电器动作（如风机，区域警灯），从而避免重大事故的发生。厂区内气体的类别十分多样，不但要借助甲烷探测器、可燃气体探测器、氢气探测器等以及配套消防系统，来防控一般性气体风险，还需要借助特气GDS系统，精准检测氨气、硅烷、氟气、三氯化硼等特种气体。特种气体大多体现出高毒性、高腐蚀性、易燃易爆的特点，泄漏后危害区域广、处理难度大，常规管控途径难以达成安全需求。因此，构建高效实用的智能气体检测装置系统，提升其安全运行及全流程管控，凭借技术后盾及制度保障提升气体风险预警和应对水平，成为厂区安全生产管理的核心。

一、智能气体侦测器系统的组成与工作原理

智能气体侦测器系统核心由探测单元、数据传输单元与控制联动单元共同构成，一般用于各类工业厂区开展气体安全防控，如图一。探测单元含厂区常规探测器及特气GDS系统探测器，每台探测器带三色指示灯（正常状态绿色，报警红色，故障黄色），带一体化声光报警。每台探测器分别用屏蔽线连接到气体控制器上，气体控制器安装在控制室等安全的监控场所，多路控制器在一起可以放置在一个控制箱体内，每路控制器向现场气体探测器供电，接收探测器输出的电流信号。控制器能够实时显示气体类型、浓度、故障和报警等信息。控制联动单元集成系统主机与消防联动模块，可做到数据

分析、预警及设备联动。其工作原理遵循“探测—传输—处理—联动”的闭环；以某电子厂区特气GDS系统为例，当氨气浓度超标时，探测器可迅速感应情况并把电信号转变为数字信号，依靠传输单元实时上传至主机，主机1秒内唤起声光预警，同时启动通风设备、消防系统进入待命模式，若浓度一直处于上升状态，则自动切断气源阀门。此流程从探测到联动响应的全程时间不超过5秒，能切实控制泄漏风险，保障厂区气体安全^[1]。



图一 智能气体侦测器系统组成及工作流程示意图

二、智能气体侦测器系统安全运行的关键技术要素

（一）传感器的精准性保障技术

传感器作为智能气体侦测器系统的核心感知组件，其

精准程度直接影响风险预警的有效性,是系统实现安全运行的首要基础。就厂区多元气体的场景而言,要结合气体特性针对性选择传感器类型,采用催化燃烧式传感器检测常规可燃气体、甲烷,如硅烷、氨气、硫化氢的有毒有害气体,以及特气GDS系统中的氟气、三氯化硼,采用电化学或者光离子化传感器,从根源层面提升探测适配性。为抵消温湿度、气压、粉尘等环境干扰,需引入动态补偿算法,实时校准探测数据,保障硅烷探测器精度处在 $\pm 3\%FS$ 以内,对硫化氢、氨气等有毒气体的探测误差不超出 $\pm 5\%FS$ ^[2]。同时制定定期校准机制,日常借助标准气体开展多点校准,每月开展1次现场校验,每年与第三方机构共同进行精准标定,同步记录校准数据形成溯源档案。针对传感器老化、漂移问题,搭建实时自诊断模块,若探测偏差高于阈值,自动触发告警且锁定故障单元,避免因传感器失效导致漏报、误报。

(二) 数据传输与处理的可靠性技术

数据传输及处理的稳定性是达成气体风险实时管控的核心部分,应打造“双模传输+智能处理”的可靠方案体系。传输层面采用4G/5G无线通信与有线RS485总线双模架构,厂区空旷区域借助无线传输实现灵活安排,特气存储区、管道密集区着重强化有线总线连接,双重保障使得数据传输成功率达99.8%以上,避免单一传输方式出现故障引起信号中断。就特气GDS系统的高敏感数据而言,采用端到端加密方式,对氟气、三氯化硼等特种气体的探测数据实施加密传输,防止数据被篡改、外泄。数据处理环节配备边缘计算模块,在本地快速开展数据降噪、滤波及异常识别,剔除环境干扰带来的无效数据,对甲烷、可燃气体等浓度波动数据进行趋势分析,提早预判泄漏隐患。设置数据冗余备份举措,核心服务器采用双机热备的架构,实时同步探测数据,若主服务器故障可无缝切换至备用服务器,确保数据不丢失、处理不中断,为后续管控决策提供可靠的数据后盾。

(三) 系统安装与布局优化

正确的安装与布局是充分展现系统探测效能的关键,应结合气体特性、厂区布局以及工艺流程精准谋划。安装前需开展现场勘查,按照气体密度的差别调整探测器高度:氢气等轻质气体的探测器应安装在距天花板0.3—0.6米处,硫化氢、氨气这类重质气体探测器离地面距离为0.3—0.6米,甲烷和可燃气体探测器安装位置为泄漏源上风侧或侧风侧1—2米范围内。特气GDS系统探测器应贴近硅烷、氟气存储罐、管道接口等关键泄漏点,间距不超过5米,同时要避开通风口、障碍物这类干扰区

域,保证探测范围没有盲区。安装时严格把控施工的精度,探测器与管道、设备的水平距离需达到0.5米及以上,防止振动干扰探测的稳定性,接线采用可防腐蚀、抗干扰的线缆,实施密封处理,防止特气的腐蚀。布局采用“分区覆盖+重点加密”的组合模式,常规生产区布置探测器,按每台对应50—80平方米的密度操作,特气区、危化品存储区把探测器布置的密度加密至20—30平方米/台,同时兼顾与消防系统、通风设备的联动间距,为后续应急处置工作预留空间,保证系统可以迅速捕捉各区域气体浓度的实时变化^[3]。

(四) 应急响应与联动控制技术

高效的应急响应与联动控制技术是遏制气体泄漏风险扩大的关键,需构建“分级预警+自动联动”的闭环处理体系。按照不同气体的安全限定值,划分三级预警机制:一级预警(浓度趋近阈值)触发本地声光警示,一同上传至管控平台;二级预警(浓度达到阈值),联动把对应区域的通风设备开启,截断非关键气源阀门;三级预警(浓度超出阈值)立即开启消防系统,联动特气GDS系统,把硅烷、氟气等特气总阀断开,触发应急状态下的疏散广播,做到风险分级管控^[4]。系统需与厂区消防系统、应急照明、疏散通道门等设备达成深度联动,以氨气泄漏为例,探测到浓度超出临界值后,1秒内激活告警,3秒内借助联动开启防爆通风机,5秒内切断氨气储罐阀门,消防系统进入待命状态。为增进应急的可靠性,搭建应急模拟演练模块,定期开展不同气体泄漏场景的联动测试,优化响应逻辑以及动作时序,杜绝联动设备误动作、慢动作。同时预留手动控制接口,若自动联动系统出现故障时,操作人员可借助管控平台手动下达应急处置指令,保障应急响应全面无缺,最大程度降低泄漏事故的影响。

三、智能气体侦测器系统的管控体系构建

(一) 管理制度体系建设

管理制度对智能气体侦测器系统的规范运行起着核心保障作用,应创建“通用规范+专项细则”的双层模式,兼顾合规性与实操性。依照《石油化工可燃气体和有毒气体检测报警设计标准》等国家相关标准,制定系统运行管理相关总则,明确各部门的职责边界:安全管理部门承担统筹监管,生产部门配合现场布置,动力运维部门承担日常养护,造就“全员介入、层层压实”的责任链条。鉴于特气GDS系统的独特特性,另行制定氟气、三氯化硼等高危气体侦测器专项管理细则,强化对泄漏预警与应急处置的特殊要求。同时改进巡检、校准、

故障处理等配套制度，要求常规探测器每日点检、每月巡检、每年校准。建立奖惩机制，对规范操作、能及时排查隐患的人员给予表扬，对违规运维操作、存在漏报瞒报的行为严肃追责，保证制度落实到位且见成效，对系统管控给予刚性支持^[5]。

（二）全生命周期管控流程

全生命周期管控需覆盖系统“采购—安装—运行—报废”全部环节，达成各阶段的封闭循环管控，排除管控的盲区。采购阶段认真把控好选型关，常规的甲烷、可燃气体探测器需符合防爆、防腐标准，特气GDS系统探测器需符合硅烷、氨气等气体高毒性、高腐蚀性的性质，优先选用经第三方鉴定的合格产品。安装阶段实施“方案审核—现场监理—验收备案”流程，以布局规范为参照核查安装位置及接线质量，验收合格后才能投入使用。运行阶段搭建动态管控台账，清晰记录巡检数据、校准结果以及故障处理情况，针对特气探测器开展性能衰减的测试。报废阶段依照环保及安全原则，对老化、失去作用的探测器做分类处理，把含重金属部件交给专业相关机构回收，同时更新系统配置信息，保障新旧设备衔接顺畅无阻，依靠全流程管控，切实降低设备选型出错、安装不合规等风险。

（三）人员能力与培训管控

人员是推进管控体系落地的关键一环，应设立“分层培训—考核认证—定期复训”的能力提升体系。针对不同岗位规划差异化培训内容：操作岗重点开展探测器启停操作、数据读取、基础故障判别及应急告警处理培训，掌握甲烷、硫化氢等常规气体与硅烷、氟气等特气的侦测差异；运维岗加深传感器校准、线路检修以及系统联动调试技能，掌握特气GDS系统的特殊运维需求；管理岗聚焦制度解读、风险分析及应急统筹能力建设^[6]。培训采用理论与实操相结合模式，实操阶段模拟气体泄漏场景，检验人员预警响应、设备联动操作的熟练水平。实行考核认证机制，培训考核合格后才可上岗，未能通过考核的人员暂停岗位工作。每半年开展一轮复训，同步更新行业新标准及新设备操作知识，针对特气侦测工作新增案例分析课程，持续提升全体人员管控能力，筑牢系统安全运转的人力防线。

（四）数字化管控平台应用

数字化管控平台是提升系统管控水平的关键手段，应达成“数据整合—实时监控—智能联动”的一体化协同管理。平台与厂区常规气体探测器与特气GDS系统完

成对接，实时收集甲烷、氨气、三氯化硼等各类气体的探测结果，通过可视化界面呈现浓度的变化走向和设备运行状态，支持按区域、气体种类精准筛选数据。搭建智能分析模块，自动识别数据偏差并触发分级预警，同步把告警信息推送至相关人员的手机和电脑终端，做到早发现、早提醒。加大平台联动功能的力度，与消防系统、通风设备、气源阀门深度集成，若特气浓度超过规定值时，自动配合启动防爆通风机、切断气源主阀，形成“侦测—预警—处置”闭环。同时具备数据追溯以及统计功能，自动生成巡检、校准、故障处理等报表，为管理决策提供数据后盾。平台还支持远程管控，运维人员可远程查看设备状态、调试设备参数，减少现场作业的风险，极大增强系统管控的智能化与高效化水平。

结束语

综上所述，智能气体探测器系统是厂区气体安全防控的核心后盾，其稳定的运行以及科学的管控直接影响着安全生产的大局。本文从系统组成、关键技术、管控体系三方面，构建气体安全防控的整体框架，兼顾了普通气体探测器与特气GDS系统的应用要求。采用技术优化、制度改进、数字化赋能，能有效推动各类气体侦测设备发挥预警作用，达成风险早发现、早处置。未来需持续更新技术及管控模式，以适应厂区气体安全出现的新需求，凭借智能系统筑牢安全壁垒，给工业生产营造安稳的环境。

参考文献

- [1] 常嘉豪, 吴子健, 姜世博, 吴志芳. 气体探测器发展历程及现状 [J]. 同位素, 2025, 38 (06): 608-617.
- [2] 林颖轩. 浅析红外技术在可燃气体和火焰探测器的应用 [J]. 流程工业, 2025, (09): 92-95.
- [3] 仲慧峰, 郭涛. 特种气体探测器在半导体厂房设计和应用研究 [J]. 现代职业安全, 2025, (07): 53-56.
- [4] 白家林, 彭梓晴, 袁昊雨, 等. 无人机搭载气体探测器快速识别林地火及产物的技术 [J]. 消防科学与技术, 2025, 44 (04): 553-558.
- [5] 周恒旭, 周长成. 火焰侦测器的设计以及与特气系统的联动 [J]. 广州化工, 2024, 52 (16): 23-25.
- [6] 谭震, 加保瑞, 李孝利, 等. 矿井复杂危险环境侦测机器人研究应用 [J]. 能源与环保, 2023, 45 (01): 250-254.