

基于物联网的智能化工厂可燃气体监测系统

王 晓

武汉烽火信息集成技术有限公司 湖北 武汉 430000

摘要:为解决智能化工厂可燃气体监测的实时性与精准性问题,本文设计基于物联网的可燃气体监测系统。阐述了物联网四层架构及可燃气体检测原理,明确系统实时采集、智能分析等核心需求。随后完成各层设计:感知层开发工业级采集终端,网络层构建“有线+无线”混合传输通道,平台层采用“边缘+云端”架构处理数据,应用层开发多终端交互系统。最后建设设备、数据、网络全维度安全防护及标准化运维机制。系统实现气体浓度秒级监测与智能预警,为工厂安全防护提供可靠技术支持。

关键词:物联网;智能化工厂;可燃气体监测系统;核心层设计与实现

引言:智能化工厂生产环境复杂,可燃气体泄漏易引发安全事故,传统监测系统存在响应滞后、数据精度低等缺陷。物联网技术的发展为解决这一问题提供了契机,其层级化架构可实现数据从采集到应用的全流程管控。本文聚焦智能化工厂安全需求,以物联网技术为核心,结合可燃气体检测原理,设计一套集实时监测、智能分析、联动处置于一体的监测系统。

1 基于物联网的智能化工厂可燃气体监测系统技术理论

1.1 物联网技术架构及核心组件

物联网技术架构以层级化形式实现数据的采集、传输、处理与应用,核心分为以下四个部分。(1)感知层作为数据采集入口,负责获取物理世界的各类信息,核心组件包含各类传感器、数据采集终端及智能网关,其核心功能是实现信息的精准感知与初步处理。(2)网络层承担数据传输职责,通过各类通信技术构建连接通道,核心组件涵盖通信模块、路由设备及传输协议,确保数据在不同设备与平台间高效流转。(3)平台层是数据处理核心,由数据存储系统、计算引擎及分析模块组成,实现数据的存储、清洗、融合与智能分析。(4)应用层则根据具体场景需求,将处理后的数据转化为实际应用服务,核心组件包括应用程序与交互界面,完成信息的呈现与业务的联动。

1.2 可燃气体检测原理与传感器技术

可燃气体检测原理基于气体与检测元件的特异性作用,通过将气体浓度转化为可测量的电信号实现监测。常见检测原理包括催化燃烧式、电化学式、红外吸收式等,不同原理依据气体的化学特性或物理特性实现浓度检测,核心是利用气体与敏感材料的相互作用引发检测元件的特性变化。传感器技术是检测功能实现的核心支

撑,其性能直接决定检测的精度与可靠性。传感器的核心构成包括敏感元件、信号转换模块及信号调理电路,敏感元件负责与可燃气体发生特异性反应,信号转换模块将反应产生的物理或化学变化转化为电信号,信号调理电路则对电信号进行放大、滤波等处理,为后续数据传输与分析提供稳定可靠的信号源,确保检测数据能够准确反映气体浓度状态^[1]。

2 智能化工厂可燃气体监测系统需求分析

智能化工厂对可燃气体监测的需求聚焦于实时性、精准性与联动性,以构建全流程安全防护体系。(1)实时性需求源于可燃气体泄漏的突发性,需实现气体浓度数据的秒级采集与传输,避免因延迟导致风险扩散。(2)精准性要求监测设备能在复杂工业环境中过滤干扰因素,稳定输出符合精度标准的数据,为风险判定提供可靠依据。(3)联动性需求则强调监测系统与工厂应急体系的无缝对接,当气体浓度超标时,可自动触发警报、切断关联设备及启动通风系统,形成闭环处置机制。(4)智能化管理需求推动监测数据向云端汇聚,通过数据分析实现泄漏趋势预判与设备运维优化,降低被动应对风险的概率^[2]。

3 基于物联网的智能化工厂可燃气体监测系统核心层设计与实现

3.1 感知层设计:可燃气体数据采集终端开发

感知层作为系统数据采集的核心载体,可燃气体数据采集终端的开发要以工业级稳定性与数据精准性为核心目标,从硬件选型、电路设计到固件开发形成完整技术链路。(1)硬件核心组件选型聚焦适配工业场景需求,气体传感模块选用电化学原理传感器,具备低功耗、高灵敏度特性,支持宽范围浓度检测,同时集成温湿度补偿模块,抵消环境因素对检测精度的影响。主控

单元采用工业级微处理器,具备多接口扩展能力,可兼容不同类型传感器与通信模块,且支持边缘计算基础功能,实现数据本地预处理。电源模块采用双路供电设计,主电源接入工厂工业电源,备用锂电池支持断电后48小时连续工作,保障监测不中断。(2)电路设计遵循抗干扰与稳定性原则,采用信号隔离技术减少工业电磁辐射对采集信号的干扰,设计独立的模拟信号处理电路,通过滤波、放大等环节提升信号质量。通信接口电路预留RS485、LoRa、NB-IoT等多类型接口,支持根据工厂实际环境灵活配置通信方式。硬件电路集成硬件看门狗模块,当终端出现程序异常时可自动重启,提升设备运行可靠性。(3)固件开发重点实现数据采集与基础处理功能,采用模块化编程思想,开发传感器数据采集模块、数据预处理模块、通信传输模块与设备自诊断模块。数据采集模块支持定时采集与触发式采集双模式,可根据气体浓度变化动态调整采集频率;数据预处理模块实现异常数据过滤、零点校准与温湿度补偿计算,提升数据有效性。

3.2 网络层设计:物联网数据传输通道构建

网络层作为数据传输的关键链路,要构建兼具可靠性、实时性与经济性的物联网传输通道,结合工厂空间布局与监测点分布,采用“有线+无线”混合组网模式,实现数据从感知层到平台层的高效传输。(1)传输架构设计采用分层组网策略,现场监测终端根据安装位置与环境特性选择适配的传输方式。对于位于厂房内固定区域、布线便捷的监测点,采用工业以太网接入,通过TCP/IP协议直接与网关通信,保障数据传输的高速与稳定;对于分布在户外、移动设备或布线困难区域的监测点,采用无线通信方式,优先选用LoRa技术实现短距离数据汇聚,再通过NB-IoT或5G模块接入公网或工厂私有网络,降低部署成本。(2)网关设备作为网络层核心节点,承担数据汇聚、协议转换与链路管理功能。网关需支持多协议接入,可兼容感知层不同终端的通信协议,将采集到的异构数据统一转换为标准IP协议后上传至平台层。(3)传输安全与质量保障通过多重技术手段实现,数据传输过程采用AES加密算法对数据进行加密处理,防止数据被窃取或篡改。在网络链路设计上采用冗余备份机制,关键区域的传输通道设置备用链路,当主链路故障时自动切换至备用链路,保障传输连续性。通过设置合理的传输周期与心跳包机制,平台层可实时监测终端与网关的在线状态,及时发现并排查链路故障。

3.3 平台层设计:数据处理与智能分析系统

平台层作为系统的数据中枢,承担数据存储、处

理、分析与设备管理的核心功能,采用“边缘计算+云计算”的混合架构,既保障数据处理的实时性,又实现大规模数据的长期存储与深度分析。(1)数据处理体系分为边缘处理与云端处理两个层级,边缘计算节点部署于工厂本地,与网关协同工作,对采集到的实时数据进行快速处理,包括数据清洗、格式转换、异常值剔除与初步分析,筛选出有价值的信息后再上传至云端,减少网络传输压力与云端处理负荷。云端处理聚焦大规模数据的综合分析,通过分布式计算框架对多维度数据进行聚合分析,挖掘数据背后的关联规律与变化趋势。(2)数据存储系统采用混合存储架构,根据数据类型与使用需求选择适配的存储方式。实时采集的高频数据采用时序数据库存储,保障数据写入与查询的高效性,满足实时监测需求;设备日志、报警记录等结构化数据采用关系型数据库存储,便于数据的关联查询与统计分析;传感器校准数据、系统配置文件等静态数据采用对象存储方式,提升存储的经济性与扩展性。(3)智能分析模块依托数据挖掘与机器学习技术实现核心功能,开发气体浓度趋势预测模型,基于历史数据与实时环境参数,预测未来一段时间内气体浓度变化趋势,为风险预警提供依据。构建异常检测模型,通过对比实时数据与正常数据模式的差异,精准识别气体泄漏等异常情况,减少误报与漏报。(4)设备管理系统实现对感知层终端与网络层网关的全生命周期管理,功能涵盖设备注册、身份认证、状态监控、远程控制与固件升级。通过标准化接口与设备通信,实时获取设备运行状态参数,当设备出现故障时自动触发报警并推送维修提醒。支持批量远程固件升级,降低设备维护成本,同时通过设备权限分级管理,保障设备操作的安全性与规范性。

3.4 应用层设计:可视化与交互系统开发

应用层作为系统与用户交互的核心载体,需以用户需求为导向,开发简洁直观、功能实用的可视化与交互系统,支持不同角色用户的业务需求,实现监测数据的有效呈现与系统的便捷操作。(1)系统架构采用B/S模式,支持通过浏览器在电脑、平板、手机等多终端访问,无需安装专用客户端,提升系统使用的便捷性。前端开发采用响应式设计,根据不同终端的屏幕尺寸自动适配界面布局,保障用户操作体验的一致性。(2)可视化监控模块采用数据可视化技术,构建工厂级、车间级、设备级三级监控界面。通过电子地图精准标注监测点位置,以不同颜色实时呈现气体浓度状态,浓度超标时自动闪烁报警。集成实时数据仪表盘,直观展示关键指标,包括当前在线设备数量、报警次数、平均浓度值

等。支持数据曲线展示功能，可查询任意时间段内的气体浓度变化曲线，为数据分析提供直观支撑。(3)报警与应急处置模块实现报警信息的快速传递与高效处置，当监测到气体浓度超标或设备故障时，系统自动触发多级报警机制，通过平台弹窗、短信、邮件等方式将报警信息推送至相关责任人。报警信息包含报警类型、发生位置、浓度数据等详细内容，便于责任人快速定位问题。系统内置应急处置流程指引，提供标准化的处置步骤建议，同时支持一键触发联动控制指令，如远程切断阀门、启动通风设备等，提升应急响应效率。(4)数据管理与报表模块支持数据的多维度查询与统计分析，用户可根据时间、区域、设备等条件筛选数据，生成自定义报表。系统内置标准化报表模板，包括日报、周报、月报等，涵盖监测数据汇总、报警统计、设备运行状态分析等内容，支持报表导出为Excel、PDF等格式，为工厂安全管理与生产决策提供数据支撑。(5)权限管理模块采用基于角色的访问控制机制，根据用户岗位与职责设置不同的操作权限，分为管理员、操作员、查看员等不同角色。管理员具备系统配置、用户管理、权限分配等全部操作权限；操作员具备数据查看、设备控制、报警处理等权限^[3]。

4 智能化工厂可燃气体监测系统安全与运维保障

4.1 全维度系统安全防护体系

系统安全防护需覆盖设备、数据、网络三个核心维度，构建纵深防御机制。(1)设备安全聚焦硬件与固件层面，监测终端采用隔爆外壳与本安电路设计，符合工业防爆标准，从物理层面杜绝火花引发的风险；固件内置安全校验机制，防止恶意篡改与固件劫持，定期通过平台推送安全补丁完成升级。(2)数据安全通过全生命周期加密实现，采集阶段采用传感器数据签名技术，传输过程应用TLS加密协议，存储环节对敏感数据进行脱敏处理并采用加密数据库，访问时执行权限分级与操作日志审计，确保数据可追溯且防泄露。(3)网络安全依托工厂私有网络边界防护，部署防火墙与入侵检测系统，

限制非法终端接入，对通信协议进行安全加固，防范数据劫持与网络攻击。

4.2 标准化运维保障机制

运维保障以“预防为主、快速响应”为原则，建立标准化流程与智能支撑体系。(1)日常运维实行定期巡检制度，明确传感器校准周期与设备清洁规范，通过平台远程监测设备运行参数，自动生成运维提醒。针对传感器漂移问题，制定定期校准流程，采用标准气体进行精度校准，校准数据同步上传平台备案。(2)故障运维构建分级响应机制，平台实时监测设备离线、数据异常等故障，通过智能诊断模块初步定位故障类型，推送至对应运维人员；建立备品备件库，确保关键部件快速更换。(3)搭建运维管理平台，整合巡检记录、故障处理、校准数据等信息，形成设备运维档案，通过数据分析优化运维周期，结合预测性维护模型，提前识别设备潜在故障，降低系统停机风险，保障监测连续性^[4]。

结束语：本文围绕物联网技术在工厂可燃气体监测中的应用展开研究，完成了系统从理论分析到设计实现的全流程工作。通过分层设计明确各模块功能，解决了传统监测的核心痛点，构建了覆盖感知、传输、处理、应用的完整体系，且安全与运维保障机制进一步提升了系统可靠性。未来可结合更先进的传感器技术与AI算法，增强系统的环境鲁棒性与预测精度，为智能化工厂安全管理提供更全面的技术赋能。

参考文献

- [1]杨嘉嘉,路晶.基于物联网的智能化工厂可燃气体监测系统[J].物联网技术,2023,13(3):3-5.
- [2]王艳芳,姜晓梅,张维,刘晓娟.可燃气体浓度在线监测系统设计[J].自动化与仪表,2025,40(9):104-108.
- [3]陈伟,夏锦亚,徐帆,高运祥,张德勇.基于物联网技术的气体智能检测装置远程监控与管理[J].中国新通信,2025,27(6):17-19.
- [4]张永东.一种可燃气体在线监测报警物联网系统的设计与应用[J].海峡科学,2023(9):79-83.