

成品油库中手动阀门在线监测系统的应用设计

张鹏程

中国石油天然气股份有限公司河北销售分公司 河北 石家庄 050000

摘要: 本文围绕成品油库手动阀门管理痛点,设计一套在线监测系统,结合传感检测、LoRa无线传输、数据预处理等核心技术,实现阀门开关位置、扭矩、泄漏等关键参数的实时监测。系统遵循实用、可靠等设计原则,采用分层硬件与软件架构,完成监测终端、传感器等设备选型与集成,适配油库复杂工况,可与现有SCADA系统无缝对接,有效提升阀门管理智能化水平,降低安全隐患,为成品油库安全稳定运行提供技术支撑。

关键词: 成品油库;手动阀门;在线监测系统;应用设计

引言:成品油库手动阀门作为流体控制核心单元,其运行状态直接关系到储运安全与运营效率,传统人工巡检模式存在响应滞后、误差大、隐患排查不及时等问题,难以适配油库易燃易爆、高湿度的复杂工况。随着油库智能化转型推进,对阀门监测的实时性、准确性和可靠性提出更高要求。为此,本文设计手动阀门在线监测系统,破解传统管理痛点,实现阀门状态全流程智能化管控,助力油库安全高效运营。

1 成品油库手动阀门在线监测系统相关理论与技术基础

1.1 成品油库手动阀门特性与监测需求

(1) 手动阀门特性:成品油库手动阀门主要包括截止阀、闸阀、球阀等类型,其中截止阀结构紧凑、密封性能好,适用于介质流量调节;闸阀启闭省力、流通能力强,多用于主管道开关控制。阀门运行过程中,开关位置、操作扭矩、介质泄漏情况是核心状态参数,开关位置直接决定介质通断精度,扭矩异常可能预示阀门卡涩、磨损,泄漏则会引发安全隐患与资源浪费。(2) 监测核心需求:实时性需求要求阀门状态数据采集周期不超过10秒,确保异常情况及时预警;准确性需求需将位置、扭矩采集误差控制在 $\pm 2\%$ 以内,降低数据偏差影响;可靠性需求要求设备适应油库易燃易爆、高湿度、强电磁干扰的复杂工况,具备防爆、防水等级;兼容性需求需实现与油库现有SCADA系统、业务管理系统无缝对接,实现数据共享与联动控制。

1.2 在线监测核心技术

(1) 传感检测技术:根据阀门类型选型,行程开关选用防水防爆型,用于捕捉阀门开关位置信号;扭矩传感器采用非接触式设计,避免影响阀门手动操作,其通过采集阀门轴端扭矩变化,转换为电信号传输。传感器安装采用抱箍式固定,适配不同规格手动阀门,确保信

号捕捉稳定、无干扰。(2) 数据传输技术:对比无线DTU模块与有线传输,无线方式安装便捷、无需布线,适配油库复杂管线布局,选用LoRa协议保障传输距离与稳定性;有线传输适用于固定点位阀门,传输速率高、抗干扰性强。传输协议采用加密设计,防止数据泄露,确保复杂环境下数据稳定传输^[1]。(3) 数据处理技术:采用小波包分解方法对采集的传感器信号进行预处理,过滤环境干扰噪声;通过主成分分析压缩数据维度,提升处理效率,结合阈值判断算法识别异常数据并过滤,有效提升监测数据的完整性与有效性。

2 成品油库手动阀门在线监测系统总体设计

2.1 系统设计原则与目标

(1) 设计原则:实用性原则核心是贴合成品油库易燃易爆、高湿度的实际工况,结合油库阀门分布分散、手动操作频繁的管理需求,避免冗余功能设计,确保系统落地即可投入使用;可靠性原则要求系统硬件具备防爆、防水、抗电磁干扰能力,软件具备故障自诊断、自动恢复功能,保障长期稳定运行;经济性原则通过优化设备选型、简化布线设计,控制系统前期设计与后期运维成本,兼顾性价比;可扩展性原则采用模块化设计,预留接口与功能扩展空间,便于后续新增阀门监测点位、拓展数据分析等功能。(2) 设计目标:核心目标是实现成品油库手动阀门状态的全流程智能化管理,具体包括手动阀门开关位置、扭矩、泄漏等关键参数的实时监测,异常情况的快速报警,以及所有监测数据的存储与便捷查询,全面提升阀门管理的智能化、精细化水平。量化目标明确:数据采集准确率不低于99%,有效降低数据误差对管理决策的影响;异常响应时间不超过2s,确保阀门异常能够及时发现、快速处置;系统连续稳定运行时间不低于10天,减少系统故障对监测工作的影响,保障油库生产安全。

2.2 系统总体架构设计

(1) 硬件架构：采用分层设计，分为三层结构。监测终端层是系统的数据采集前端，主要由阀门监测器、各类传感器（行程开关、扭矩传感器等）和供电模块组成，阀门监测器负责汇总传感器信号并初步处理，供电模块采用防爆锂电池与市电冗余供电，适配油库复杂工况；传输层负责数据中转，包括无线网关、有线传输线路，无线网关采用LoRa模块，实现监测终端数据的无线汇总与转发，有线传输线路作为冗余备份，确保数据传输不中断；监控中心层是系统的核心管控端，由服务器、监控终端组成，服务器负责数据存储、处理与指令下发，监控终端供工作人员实时查看阀门状态、操作管控系统^[2]。(2) 软件架构：采用分层设计模式，各层独立运行、协同联动。数据采集层负责对接硬件设备，实现传感器信号的采集、转换与初步过滤，确保原始数据的完整性；数据处理层对采集到的原始数据进行深度处理，包括异常数据识别、数据压缩、格式转换等，提升数据有效性；应用服务层是系统功能核心，集成监控管理、异常报警、数据查询等核心服务，支撑系统各项功能落地；界面展示层设计简洁易用的可视化界面，直观展示阀门状态、监测数据、报警信息等，方便工作人员操作与管控，实现数据流转从采集、处理到展示的全流程闭环。

2.3 系统功能模块划分

(1) 数据采集模块：作为系统的数据输入核心，负责采集手动阀门的开关位置、操作扭矩、介质泄漏等关键参数，通过传感器将物理信号转换为电信号，经过初步滤波、放大处理后，传输至数据传输模块，确保采集数据的实时性与准确性，为后续数据处理提供可靠支撑。(2) 数据传输模块：承担采集数据向监控中心的传输任务，支持无线与有线冗余传输模式，无线传输依托LoRa无线网关实现远距离、抗干扰传输，有线传输作为备份，适用于固定点位阀门，有效避免单一传输方式故障导致的数据丢失，确保所有监测数据稳定传输至监控中心。(3) 监控管理模块：是系统的核心管控模块，实现阀门状态实时可视化展示，支持按阀门编号、区域等条件进行数据查询，可追溯历史监测数据，同时具备设备管理功能，能够对传感器、监测终端等设备进行状态监控、参数配置与故障排查，提升管理效率。(4) 异常报警模块：针对阀门异常开关位置、介质泄漏、传感器故障等各类异常情况，自动触发声光报警、短信提醒功能，工作人员可通过监控终端快速接收报警信息，同时支持报警阈值自定义，可根据不同区域、不同类型阀门

的实际需求，灵活设置报警标准，提升报警的针对性与实用性^[3]。

2.4 系统接口设计

(1) 硬件接口：重点设计两类接口，一是传感器与监测终端的接口，采用标准化接口设计，适配不同类型、不同规格的传感器，确保信号传输稳定、无干扰；二是监测终端与无线网关的接口，采用防水、防爆接口，贴合油库复杂工况，保障数据从监测终端向传输层的稳定中转。(2) 软件接口：分为两类核心接口，一类是与油库现有SCADA系统、业务管理系统的对接接口，采用标准化通信协议，实现监测数据与现有系统数据的共享，支撑协同管理，避免数据孤岛；另一类是用户操作接口，设计简洁、直观的监控界面，布局合理、操作便捷，工作人员无需专业培训即可快速上手，实现阀门状态监控、数据查询、报警处理等操作。

3 成品油库手动阀门在线监测系统详细设计

3.1 硬件系统详细设计

(1) 监测终端设计：箱体采用不锈钢材质，按ExdIIBT4防爆等级、IP65防水等级设计，密封性能优良，可抵御油库高湿度、易燃易爆环境侵蚀；安装模块选用可调节支架与防腐抱紧螺栓，支架适配不同规格手动阀门，安装时无需拆卸阀门，通过抱紧螺栓固定于阀门阀杆附近，不影响现场手动操作与阀门正常启闭。

(2) 传感器选型与安装：行程开关选用防爆型微动行程开关，适配截止阀、闸阀等不同类型阀门，安装于阀门阀杆行程末端，精准捕捉开关到位信号；扭矩传感器选用非接触式霍尔扭矩传感器，安装于阀杆中部，避免接触式设计影响手动操作。主令开关安装于阀门操作手柄处，行程开关与主令开关协同配合，确保阀门位置信号采集精准，安装后进行调试校准，消除信号偏差。(3) 传输设备选型：无线DTU模块选用LoRa型，传输距离可达1-3km，抗电磁干扰能力强，适配油库复杂管线与建筑遮挡环境；无线网关选用工业级防爆网关，支持多终端接入与数据汇总转发。有线传输线路采用防爆铠装电缆，路由沿油库管线支架铺设，避开易燃易爆区域，管线接口做密封防护处理，防止油气侵蚀与信号干扰^[4]。

(4) 供电模块设计：采用锂电池与市电冗余供电模式，市电正常时由市电供电并为锂电池充电，市电中断时自动切换为锂电池供电；供电模块加入节能芯片，监测终端闲置时自动进入低功耗模式，降低能耗，延长锂电池使用寿命，锂电池续航能力不低于30天，满足油库长期监测需求。

3.2 软件系统详细设计

(1) 数据采集软件设计: 开发传感器信号采集程序, 支持多通道同步采集, 采集周期可灵活设置(1-10秒可调); 嵌入数据预处理程序, 通过滤波算法去除环境电磁噪声干扰, 对异常波动数据进行初步筛选, 确保采集数据的完整性与准确性, 为后续处理提供可靠支撑。(2) 数据处理软件设计: 采用小波包分解与支持向量机(SVM)结合的算法, 小波包分解用于进一步过滤噪声、提取特征参数, SVM算法对特征参数进行分析, 实现阀门正常、卡涩、泄漏等状态的精准识别与异常判断; 数据存储采用SQL Server数据库, 按时间戳分类存储监测数据、异常记录与设备运行日志, 支持数据批量导出与长期追溯。(3) 监控界面设计: 采用模块化布局, 包含阀门状态实时展示界面, 以图标、数值直观呈现阀门位置、扭矩等参数; 数据查询界面支持按阀门编号、时间范围查询历史数据; 报警管理界面集中展示报警信息、处理状态; 设备管理界面可进行传感器、监测终端参数配置与故障排查, 整体界面简洁易用, 适配油库工作人员操作习惯^[5]。(4) 报警软件设计: 明确报警逻辑, 当阀门位置异常、扭矩超标、传感器故障时, 自动触发报警信号; 采用声光报警与短信提醒双渠道模式, 短信实时推送至相关管理人员手机; 支持报警记录查询、统计与导出, 可自定义报警阈值、报警频次, 提升报警针对性与实用性。

3.3 系统集成设计

(1) 硬件集成: 按架构设计完成监测终端、传感器、传输设备与监控中心设备的连接, 对各硬件接口进行调试, 确保信号传输顺畅; 模拟油库实际工况, 进行全流程联动测试, 排查设备兼容性问题, 确保各硬件设备协同工作、稳定运行。(2) 软件集成: 将数据采集、处理、展示、报警等软件模块进行整合, 优化数据流转逻辑, 实现全流程顺畅运行; 与油库现有SCADA系统、业务管理系统进行集成调试, 采用标准化通信协议, 打

通数据接口, 实现监测数据与现有系统数据共享、协同管理。

3.4 系统安全性设计

(1) 硬件安全性: 所有硬件设备均符合成品油库安全标准, 严格执行防爆、防水、抗电磁干扰设计; 监测终端与传感器安装采用防误操作设计, 预留安全操作空间, 避免设备安装或运行时影响阀门正常启闭, 防止安全隐患。(2) 软件安全性: 数据传输采用AES加密算法, 防止数据泄露或篡改; 采用分级用户权限管理设计, 按岗位分配操作权限, 管理员拥有全权限, 操作人员仅拥有查看、报警处理权限, 禁止越权操作, 确保系统与数据安全。

结束语

本文完成了成品油库手动阀门在线监测系统的总体设计与详细设计, 涵盖硬件选型、软件开发、系统集成及安全性设计, 解决了传统阀门监测效率低、隐患难排查的问题。系统可精准采集阀门关键参数, 快速响应异常情况, 适配油库复杂工况, 实现与现有系统协同联动。后续可结合实际应用场景优化算法, 拓展数据分析功能, 进一步提升系统适配性与实用性, 为成品油库智能化管理提供更有力的保障。

参考文献

- [1]李鑫,崔琪琳,常红梅.大型油库自动化计量系统现状[J].化工管理,2024,5(24):30-34.
- [2]孙文军,谢巍.浅谈民航油库消防自动化系统的建设[J].科技创新导报,2023,9(1):60-65.
- [3]盛佳涛,刘宇恒,俞洪明,等.仓储油库自动化系统标准化建设的研究[J].石油化工自动化,2023,49(4):135-138.
- [4]韩冕.成品油库自动化改造的探讨[J].新材料新装饰,2024,18(4):92-94.
- [5]宋春红.油库安全自动化系统设计与实现[J].自动化博览,2024,31(11):76-78.