

城镇燃气管网技术运维中智能监测系统的应用与效率优化研究

李丽

西昌市燃气有限公司

DOI:10.32629/etd.v6i5.16903

[摘要] 随着物联网、人工智能等技术在城市能源基础设施领域的深度应用,智能监测系统已成为突破城镇燃气管网传统运维瓶颈的关键手段。传统运维依赖人工巡检,存在响应滞后、覆盖范围有限、故障预判能力薄弱等问题,难以满足当前大规模管网的安全运行与高效管理需求。基于此,本文聚焦城镇燃气管网技术运维场景,分析智能监测系统的应用现状、具体实践及效率优化路径,以期提升燃气管网运维智能化水平、降低安全风险提供参考。

[关键词] 城镇燃气管网; 技术运维; 智能监测系统; 数据融合; 流程优化

中图分类号: TV547.5 文献标识码: A

Research on the Application and Efficiency Optimization of Intelligent Monitoring Systems in Urban Gas Pipeline Network Technical Operation and Maintenance

Li Li

Xichang Gas Co., Ltd

[Abstract] With the deep integration of technologies such as the Internet of Things and artificial intelligence into urban energy infrastructure, intelligent monitoring systems have become a key solution to overcoming the operational bottlenecks of traditional urban gas pipeline networks. Conventional maintenance relies on manual inspections, which suffer from delayed responses, limited coverage, and weak fault prediction capabilities, making it difficult to meet the current demands for safe operation and efficient management of large-scale pipeline networks. Based on this, this paper focuses on the technical operation and maintenance scenarios of urban gas pipeline networks, analyzing the current applications, practical implementations, and efficiency optimization pathways of intelligent monitoring systems, aiming to provide insights for enhancing the intelligent operation and maintenance of gas pipeline networks and reducing safety risks.

[Key words] urban gas pipeline network; technical operation and maintenance; intelligent monitoring system; data integration; process optimization

城镇燃气管网是城市能源供应的核心基础设施,其运维质量直接关系到居民生活与公共安全,传统运维依赖人工巡检,存在响应慢、覆盖有限、故障预判难等痛点,难以满足大规模管网的管理需求,智能监测系统依托物联网、人工智能等技术,可实现管网状态实时感知与动态管控,成为破解运维难题的关键手段。

1 城镇燃气管网技术运维中智能监测系统的应用现状分析

1.1 数据碎片化问题显著,制约监测价值发挥

不同监测设备来自不同厂商,传感器采集的数据格式与传输协议不统一,导致数据无法直接互通。例如泄漏监测传感器采集的“浓度-时间”数据,与压力传感器采集的“压力-位置”数据,需人工二次整理才能关联分析,这样就无法实现管网状态的实时综合研判,数据利用率不足50%。

1.2 算法模型的实用性与适应性不足,误报漏报现象频发

现有系统的分析算法多基于实验室环境训练,未充分考虑实际运维中的干扰因素,比如在交通繁忙区域,声波监测系统易将车辆振动误判为泄漏信号,误报率高达15%;在冬季低温环境下,电化学传感器的灵敏度下降,导致泄漏信号识别延迟,漏报率约8%。此外,算法模型未针对不同管网材质、敷设环境进行定制优化,通用模型在复杂场景下的监测精度大幅降低。

1.3 系统协同性差,形成“信息孤岛”

智能监测系统与燃气企业现有的GIS、SCADA、运维管理系统缺乏有效对接。例如监测系统发现泄漏后,需要人工在GIS系统中查询泄漏点地理位置,再在运维管理系统中手动创建维修工单,整个过程平均耗时30分钟,无法实现“监测-定位-派单”的自动衔接,部分企业因系统接口不兼容,甚至需要安排

专人负责不同系统的数据录入与传递,增加了运维成本与人为误差。

1.4 运维人员的系统操作能力不足

智能监测系统需要运维人员具备基础的数据分析与系统操作能力,但多数一线人员仍习惯传统巡检模式,对系统的数据分析功能使用较少。例如系统生成的管网压力趋势报告,多数人员仅查看是否存在预警,未深入分析压力波动与管网老化的关联;在系统出现轻微故障时,约60%的人员无法自主排查,需等待技术人员到场处理,导致监测中断时间平均达2小时。

2 城镇燃气管网技术运维中智能监测系统的具体应用

2.1 燃气泄漏智能监测与精准定位应用

燃气泄漏智能监测系统通过多传感器协同捕捉定位泄漏信号,核心流程分为“感知-传输-分析-定位”四步,感知环节按管网类型选择传感器。地下钢管管网用分布式光纤传感器,借助光纤特性感知泄漏带来的温度、振动变化,覆盖长距离连续管网;PE管网用电化学传感器,检测泄漏气体中的甲烷浓度,达到一定浓度就自动采集数据;人员密集区的架空管网搭配声波传感器,通过采集泄漏产生的高频噪音识别信号,减少环境干扰。传输环节采用“边缘节点+无线传输”模式,传感器采集的原始数据先送边缘节点降噪,过滤掉交通、施工等干扰信号,再通过无线技术上传云端,这样一来能减少无效数据传输,降低网络压力,保证泄漏信号及时上传^[1]。分析与定位依赖人工智能算法,云端用组合算法融合多传感器数据:先提取泄漏信号特征,排除虚假干扰;再结合传感器位置和信号强度,计算泄漏点坐标,系统确认泄漏后会自动划分等级,推送至运维人员移动端指导处置,大幅缩短泄漏发现和处置时间,提升整体效率。

2.2 管网压力、流量动态监测与实时调控应用

管网压力流量动态监测系统围绕“实时监测-动态分析-自动调控”运行,核心是保障管网安全且满足用气需求,监测点按“主干线+支线+调压站”布局。主干线设压力-流量联合监测点,实时采集运行参数;支线管网在进入小区前设点,关注压力稳定性;调压站用多通道终端,同步采集压力、流量、温度等数据,及时捕捉参数变化。动态分析依靠云端的压力-流量耦合模型,该模型结合管网物理参数和历史数据,建立压力与流量的关联,当流量变化时,模型自动分析压力变化趋势,判断是否存在压力不足或超压风险。比如早高峰用气需求增加时,能提前识别压力下降风险并触发预警。调控分为自动和人工两种模式:主干线压力异常时,系统自动向调压站发送指令进行调整;支线波动较小时通过微调阀门解决,波动大则推送预警让人员现场排查。此外,系统还能分析历史用气数据和天气情况,提前预测用气高峰,指导调压站提前调整压力,避免高峰时段压力异常,减少用户投诉并降低能耗。

2.3 关键设备状态监测与故障预警应用

关键设备监测预警系统以“状态感知-故障诊断-预警推送”为核心,提前发现故障避免停气或安全事故,状态感知按设备故

障类型配传感器。阀门用“振动+位置”传感器,判断是否卡涩、内漏;调压器用“压力+温度+振动”传感器,跟踪压力稳定性和阀体温度,预防压力失控;流量计通过监测流量数据稳定性,判断是否堵塞或传感器故障。故障诊断采用“规则库+机器学习”双重模式:规则库基于行业经验和故障特征建立,识别已知故障;机器学习模型分析历史故障数据,自主学习隐性特征,发现潜在未知故障,提升诊断准确性,预警按故障严重程度分级:紧急故障立即推送给负责人和现场人员,要求快速到场;重要故障推送给运维人员,在规定时间内处置;轻微故障由设备专员安排次日排查。每个预警包含设备位置、故障特征和建议方案,运维人员处置后上传结果,形成“预警-处置-反馈”闭环,缩短设备故障停机时间,减少停气事故并降低维护成本。

3 城镇燃气管网技术运维中智能监测系统应用效率优化策略分析

3.1 多源监测数据融合与智能分析算法优化

多源监测数据融合是解决当前数据碎片化问题的核心,需从“数据标准化”与“融合架构”两方面入手,同时结合算法优化提升数据解读能力。在数据标准化环节,要统一数据采集格式与传输协议,燃气企业需制定企业级的《智能监测数据标准》,明确不同类型传感器的数据格式,规定数据字段,确保数据的一致性。对于传输协议,优先采用行业通用的MQTT协议,对于老旧设备采用的私有协议,通过部署协议转换网关,将私有协议数据转换为MQTT协议后再上传,这样一来,不同厂商的传感器数据就能直接接入云端平台,无需人工二次转换。数据融合架构采用“边缘-云端”二级融合模式,边缘节点负责局部数据融合,云端负责全局数据融合,边缘节点部署在管网的区域监测中心,将该区域内泄漏监测、压力流量监测、设备监测的局部数据进行融合;边缘融合后的数据再上传至云端,云端平台结合GIS系统的管网地理数据、历史运维数据进行全局融合,建立“管网状态-历史故障-运维策略”的关联模型。智能分析算法优化需聚焦“抗干扰”与“场景适配”两大方向,针对算法误报率高的问题,采用“多特征融合+环境补偿”的优化方式:在泄漏监测算法中,除了传统的浓度、振动特征,增加“温度变化率”“湿度影响系数”等特征;在设备故障诊断算法中,引入“设备健康度”指标,结合设备的使用年限、维护记录、运行负荷,动态调整故障判断阈值。

3.2 跨系统协同与接口标准化

跨系统协同的核心是打破智能监测系统与GIS、SCADA、运维管理系统的“信息孤岛”,实现数据互通与业务联动,而接口标准化是协同的基础,需要明确协同的系统范围与核心需求。智能监测系统需向GIS系统提供监测点的实时状态数据,以便在地理地图上直观显示异常位置;需向SCADA系统提供压力、流量数据,以支撑管网的实时调控;需从运维管理系统获取设备的维修记录,优化故障预警模型;同时,运维管理系统需从监测系统获取预警信息,自动生成维修工单,基于这些需求,需制定统一的接口标准,包括数据接口标准、业务接口标准与通信协议标准。

数据接口标准需明确数据的格式、字段定义与传输频率,数据格式优先采用行业通用的JSON或XML格式,确保不同系统都能解析;字段定义需统一,例如“泄漏预警”的字段需包含预警ID、监测点ID、预警等级、发生时间、经纬度、预警描述,避免因字段名称不一致导致的数据误解;传输频率根据业务需求设定,实时性要求高的场景,数据传输频率设为1次/秒;非实时场景,传输频率设为1次/小时。业务接口标准需规范系统间的业务交互流程,明确交互的触发条件、请求方式与反馈机制,例如“监测预警触发维修工单”的业务流程,触发条件为智能监测系统推送一级或二级预警;请求方式为监测系统向运维管理系统发送HTTPPOST请求,携带预警数据;运维管理系统接收到请求后,自动生成工单,并向监测系统返回“工单已生成”的反馈;维修完成后,运维管理系统向监测系统发送“工单已闭环”的反馈,监测系统更新预警状态,这种标准化的业务接口,避免了人工干预的环节,实现业务流程的自动衔接。

3.3 运维流程与智能监测结果的联动优化

运维流程与智能监测结果的联动,核心是将监测数据转化为运维行动,形成“监测预警-工单生成-现场处置-结果反馈-流程优化”的闭环,提升运维响应速度与处置质量,需重构运维流程,打破传统“人工巡检-发现问题-上报-派单”的线性流程,建立以“智能预警”为起点的主动运维流程。流程的第一步是“预警分级与自动派单”,根据监测系统推送的预警等级,设定不同的响应时限与派单规则:一级预警响应时限30分钟,系统自动向距离故障点最近的2名运维人员推送工单,并同步通知运维负责人;二级预警响应时限2小时,系统根据运维人员的当前工单负荷,自动分配空闲人员;三级预警响应时限24小时,由运维专员统一汇总后,安排次日的批量处置,派单规则中还需加入“人员技能匹配”机制,例如阀门故障预警派送给具备阀门维修资质的人员,调压器故障派送给调压器专项人员,避免因技能不匹配导致的处置延误^[2]。流程的第二步是“现场处置与数据实时回传”,运维人员通过移动端APP接收工单后,APP会自动导航至故障点,并显示监测系统提供的故障特征,指导现场排查,处置过程中,运维人员需通过APP实时上传处置进展,并拍摄现场照片上传至系统,监测系统会实时采集处置后的监测数据,与运维人员的处置结果进行比对,判断处置效果。流程的第三步是“结果反馈与流程优化”,每次工单闭环后,系统会自动生成“运维处置报告”,包含预警响应时间、现场处置时间、处置效果、耗材使用情况等数据,运维管理部门定期分析这些数据,识别流程中的瓶颈环节。

3.4 运维人员智能监测系统操作技能培训与规范

运维人员的技能水平直接决定智能监测系统的应用效果,需建立“分层培训+实操考核+定期复训”的培训体系,同时制定系统操作规范,确保人员能熟练、规范地使用系统,需根据运维人员的岗位分工,划分培训层次,明确不同层次的培训内容与目标。基础层的培训重点是系统的基础操作,包括移动端APP的工单接收、故障点导航、现场数据上传、简单预警的识别,目标是能独立完成基础的现场处置与数据反馈;进阶层的培训重点是系统的的功能分析功能,包括查看监测数据趋势图、判断故障原因、使用系统的故障诊断工具,目标是能通过数据分析辅助故障排查;专家层的培训重点是系统的高级功能,包括算法参数的微调、系统与其他系统的协同操作、系统故障的应急处理,目标是能解决系统应用中的复杂问题,优化系统配置^[3]。培训方式需结合运维人员的工作特点,采用“线上理论+线下实操+模拟演练”的组合模式,线上理论培训通过企业内部的学习平台开展,制作短视频课程,讲解系统的功能模块、操作步骤、常见问题,人员可利用碎片化时间学习,学习完成后需通过线上考试才能进入实操培训;线下实操培训在企业的实训基地开展,基地配备与现场一致的监测设备、系统终端与模拟管网,人员在导师指导下进行实操训练。

4 结束语

总之,智能监测系统是城镇燃气管网运维从传统模式转向智能化的核心支撑,既破解了人工巡检响应慢、故障预判难等痛点,又为管网安全运行提供了技术保障,但数据碎片化、系统协同不足等问题仍限制其效能发挥。本文提出的多源数据融合、跨系统协同、流程联动及人员培训四大优化策略,可针对性解决现存问题,切实提升系统应用效率与运维质量。未来随着数字孪生、5G等技术的深化落地,智能监测系统将进一步实现管网全域感知与智能决策,为城市能源供应安全筑牢防线。

[参考文献]

- [1]李江.人工智能时代政府网站安全监测系统的设计与实现[J].信息与电脑(理论版),2024,36(16):105-107+111.
- [2]唐明珠,陈荐.换流阀状态监测与智能评估系统实践教程[M].中国水利水电出版社,2022.06.143.
- [3]高欢,俎洋辉.基于人工智能的配网站房辅助监测系统的设计及应用[J].农村电气化,2022,(01):30-32+68.

作者简介:

李丽(1991—),女,汉族,四川西昌人,非全日制本科、助理工程师(城市燃气工程)。研究方向:燃气行业。