

城镇燃气SCADA系统报警泛滥问题分析与应对措施研究

陈森森

中石油昆仑燃气有限公司湖南分公司 湖南 长沙 410000

摘要：城镇燃气SCADA系统在管网安全监控中承担着关键职能，但报警泛滥问题正严重削弱系统的实际预警能力。系统中大量无效、冗余与重复报警占用了调度资源，使真正的险情信号被淹没在噪声之中。本文从报警体系运行机制出发，剖析了参数配置不合理、现场设备异常、信号传输干扰与报警层级混乱等成因，揭示了冗余报警、无效报警、重复报警与杂乱报警对运行监测、运维秩序、故障识别与系统稳定性的干扰路径。在此基础上，从参数优化、设备运维、分级筛选与降噪管控四个维度提出针对性应对措施，为提升SCADA系统报警的精准性与可用性提供技术参考。

关键词：城镇燃气；SCADA系统；报警泛滥；干扰机理；分级筛选

引言：城镇燃气SCADA系统是管网安全运行的信息中枢，报警功能承担着异常状态识别与险情预警的双重任务。然而在实际运行中，报警数量远超运行人员的处置能力，大量非关键性报警持续涌入调度终端，真实险情反而被淹没在密集的噪声信号之中。报警泛滥已成为制约系统效能发挥的突出瓶颈，从成因梳理到干扰机理再到应对策略，有必要对这一问题进行系统性分析。

1 城镇燃气 SCADA 系统报警体系与运行机制

1.1 城镇燃气SCADA系统整体架构组成

城镇燃气SCADA系统由数据采集层、通信传输层、监控调度层与人机交互层四个功能层级逐级衔接构成。数据采集层部署于各燃气场站与管网关键节点，通过压力变送器、流量计、温度传感器等仪表实时获取管网运行参数^[1]。通信传输层承担着将前端采集数据上传至调度中心的任务，光纤与无线网络在长距离传输中各有优劣，实际部署往往采用混合组网方式以兼顾覆盖率与可靠性。监控调度层配备SCADA服务器与数据库，对上传数据进行集中处理与逻辑判断。人机交互层则以调度大屏与操作终端为载体，向运行人员呈现管网运行状态与报警信息。

1.2 SCADA系统报警功能分类与触发机制

SCADA系统报警功能按触发方式可分为硬报警与软报警两类。硬报警由物理量越限直接触发，当管道压力超过设定上限或跌破下限时系统立即生成告警，这类报警与设备安全密切相关，触发逻辑较为刚性。软报警则基于参数变化趋势或多条件组合判定，管网某段压力虽未越限但持续下降，系统经斜率计算后判定异常并发出预警。两类报警在触发条件、响应时限与处置优先级上存在明显差异，硬报警要求即时响应，软报警允许运行

人员在短时间窗口内进行研判。触发机制的设计还需考虑报警确认与复位逻辑，已触发报警在参数恢复正常后需经人工确认方可消除，避免因数据短暂波动导致报警反复弹出。

1.3 燃气场站设备报警信息传输逻辑

场站内各类设备产生的数据信号，需经RTU或PLC处理后生成报警信号，方可进入SCADA服务器。单台设备报出的原始信号往往携带大量冗余信息，PLC在采集阶段即对信号进行过滤处理，确保数据的准确性与稳定性。场站级报警经通信链路传输至调度中心时，需经过协议转换与数据解包后送达服务器。传输过程中网络抖动可能造成信号丢失或重复送达，系统通过对报警数据的校验与处理，确保调度终端接收到的报警信息与场站实际状态保持一致。

1.4 系统报警信息存储与推送机制

SCADA系统对所有报警事件均进行持久化存储，数据库中记录报警发生时间、触发设备、报警类型、参数值与确认状态等完整字段，为后续运维分析提供数据支撑。报警推送遵循分级分发原则，对于三级架构的调度模式，各级调度室按报警级别进行差异化展示：一级调度室只显示一级报警信息，二级调度室显示一、二级报警信息，三级调度室则显示全部报警信息。一旦报警产生，各级调度员需第一时间确认、处理报警信息。

2 城镇燃气 SCADA 系统报警泛滥的成因梳理

2.1 系统参数配置不合理引发的冗余报警

报警阈值的设定直接决定了报警触发的频率与密度。当阈值范围划定过窄时，管网运行参数在正常波动区间内便频繁触及边界，导致大量本不需要人工干预的状态变化被判定为报警事件^[2]。部分场站在系统上线初期

未根据实际工况对阈值进行校核,沿用出厂默认参数运行,使得报警数量远超运行人员的处置能力。报警死区与回差设置不当也是重要诱因,缺乏回差机制的报警在参数临界点附近反复触发与消除,形成锯齿状的报警序列。参数配置层面的问题往往具有隐蔽性,运行人员在日常操作中容易忽略阈值漂移带来的报警增量,直到报警数量累积到难以应对的程度才被察觉。

2.2 现场设备运行异常引发的重复报警

前端传感设备在长期运行中不可避免地出现性能衰退,常见故障包括压力变送器零点漂移、接线松动及流量计测量元件磨损。零点漂移导致传感器输出信号偏离真实值,系统依据偏差数据反复生成越限报警,即便现场工况并未发生实质性变化。设备接触不良或接线端子氧化则会造成信号断续,系统将信号丢失误判为设备故障并持续报警。部分场站的PLC程序缺乏完善的滤波逻辑,传感器输出的微小抖动被直接传递至服务器,在调度终端呈现为密集的短时报警簇。现场设备层面的异常若未及时排查,将持续向系统输入虚假报警信号,消耗运维资源。

2.3 信号传输干扰引发的无效报警

SCADA系统的通信链路暴露在复杂的电磁环境中,场站内变频器、大功率电机产生的电磁噪声会耦合至信号线缆,导致采集数据出现毛刺与跳变。无线通信方式在雷雨天气或周边建设施工期间容易受到干扰,数据包丢失后系统按超时处理并触发通信中断报警。光纤链路虽抗干扰能力较强,但接头氧化或弯折过度仍会造成光衰增大,信号质量下降后服务器接收的数据出现畸变,报警判定逻辑基于畸变数据做出错误响应。传输干扰引发的报警往往具有突发性与集群性特征,短时间内涌入大量通信类报警,掩盖了真正需要关注的工艺报警。

2.4 报警层级划分混乱引发的叠加报警

当系统中缺少清晰的报警分级体系时,不同优先级的报警混杂在同一推送队列中,高优先级报警被低优先级信息淹没,运行人员难以在短时间内识别真正的紧急事件。部分场站将设备状态变化与工艺参数越限设定为同一级别,导致调节阀开关动作与管道超压报警同时弹出,调度人员无法快速判断处置顺序。报警分区与管理层级不对应也会加剧叠加问题,场站级报警与管网级报警未经分类便汇入同一展示界面,信息密度过高反而降低了报警的实际引导价值。

3 城镇燃气 SCADA 系统报警泛滥的干扰机理

3.1 冗余报警对系统运行监测的干扰机理

冗余报警大量占用调度终端的屏幕空间与弹窗资

源,真正反映管网异常的关键信号被淹没在密集的低优先级报警列表中^[3]。运行人员在长时间面对高密度报警弹出后,注意力会逐步分散,对单条报警的敏感程度随之降低,这种注意力衰减使得部分重要报警在弹出后被忽略或延迟处理。冗余报警还会干扰调度人员对管网整体运行态势的判断,当大量非关键性报警覆盖主监控界面时,操作人员难以快速识别出真正需要处置的工艺异常,运行监测的准确性与时效性均受到显著削弱。

3.2 无效报警对运维工作秩序的干扰机理

无效报警将运行人员从正常工作节奏中反复抽离,每一次报警弹出都要求值班人员进行确认与记录,大量无效报警使得值班人员将大量精力耗费在非实质性的报警响应上。运维排班与巡检计划被频繁打断,原本按部就班推进的设备维护工作被迫中断,工作秩序陷入碎片化状态。长期处于高频率报警响应环境中,运行人员容易产生疲劳与麻木心理,对报警信息的处置态度从主动研判退化为被动确认,工作质量随之下滑。

3.3 重复报警对有效故障识别的干扰机理

重复报警在短时间内以相同或相近内容反复出现,使得运行人员无法判断该报警究竟反映了持续性故障还是瞬时性波动。故障源定位过程中,大量重复信号掩盖了真正的故障特征,技术人员需要在众多重复条目中逐一甄别才能锁定故障点,排查效率大幅降低。重复报警还会造成故障时间线的混乱,多条重复记录在数据库中留下冗余时间戳,后续进行故障回溯分析时数据可信度下降,有效故障的识别路径被大量噪声信息阻塞。

3.4 杂乱报警对系统稳定运行的干扰机理

杂乱报警在调度终端呈现为多类型、多来源、多优先级信号的无序混合,运行人员在接收到此类信息后往往无法在短时间内理清处置顺序。高优先级报警与低优先级报警交织弹出,操作人员可能因优先处理了低级别报警而错过高级别报警的最佳响应时机。杂乱报警还会引发误操作风险,当多条报警信息在界面上密集堆叠时,运行人员可能误触非目标报警的确认按钮,导致已处理状态被错误标记,系统运行状态记录出现偏差,进而影响后续调度决策的可靠性。

4 城镇燃气 SCADA 系统报警泛滥针对性应对措施

4.1 优化系统报警参数配置规则

报警阈值的划定应以场站实际运行工况为基准,在系统投运前针对管网压力、流量、温度等核心参数完成逐级校核。阈值范围需覆盖管网正常运行时的波动区间,过窄的阈值设定会使参数在常规波动中频繁越限,制造大量非必要报警^[4]。报警死区与回差参数应经过充分

测试后确定,有了回差机制的保护,参数在临界值附近的小幅震荡便不会反复触发与消除。不同场站因管网规模与工艺运行存在差异,参数配置不宜套用统一模板,应根据各场站的运行特征制定差异化方案。参数校准工作需要定期开展,设备老化与管网工况变化会导致原有阈值逐渐偏离实际需求,定期回溯与修正能够从配置层面有效控制报警增量。

4.2 规范现场设备运维与信号采集机制

前端传感设备的运行状态直接决定报警信号的可靠性,建立定期巡检与校准制度能够从源头减少误报与重复报警。压力变送器、流量计等核心仪表应按固定周期进行零点校验与量程比对,发现漂移超标的设备应及时更换或送修。PLC与RTU的程序逻辑需要定期审查,滤波参数与信号去抖设置应随设备运行状态动态调整,避免将传感器的正常抖动直接传递至服务器。通信链路的信号质量应纳入日常监测范围,线缆接头与光纤熔接点的状态需定期检查,发现衰减异常应立即处理。现场设备运维的规范化能够在信号采集端有效降低无效报警的发生率。

4.3 搭建分级分类的报警筛选处理机制

报警信息在进入调度终端前应经过分级筛选,依据工艺安全等级与处置紧迫程度将报警划分为紧急、重要、一般三个层级。在三级调度架构中实现差异化的信息展示:一级调度室仅接收紧急报警,二级调度室同时接收紧急、重要报警,三级调度室显示全部报警信息。报警推送通道应与管理层级严格对应,不同岗位的运行人员只接收与职责范围匹配的报警信息,降低信息过载对处置效率的冲击。

4.4 完善系统报警降噪与优化管控机制

报警降噪需要从信号处理与管理管控两个维度协同

推进。信号层面可引入滤波与趋势判定逻辑,对短时毛刺与瞬时跳变进行识别与过滤,仅将持续超出阈值的参数变化判定为有效报警。管理层面应建立报警统计与分析制度,运维团队定期梳理报警数据,识别高频报警点位并追溯根源,针对性地调整阈值或修复设备^[5]。报警数据库中应完整记录每条报警的触发原因、处置过程与确认结果,为后续参数优化与策略调整提供数据支撑。降噪与管控机制的持续运转能够使报警系统在长期运行中保持较低的误报率与合理的报警密度。

结束语

报警泛滥是城镇燃气SCADA系统运行中的一项系统性难题,涉及参数配置、设备状态、信号传输与管理流程等多个环节。参数不合理导致冗余报警叠加,设备老化与传输干扰制造大量无效信号,层级混乱则使各类报警相互交织形成叠加效应。从阈值优化、设备运维、分级筛选到降噪管控,每一个环节的改进都在为系统减负。报警治理不是一次性的技术调整,而是一项需要持续迭代的长效工作,只有将技术手段与管理制度结合起来,才能让SCADA系统的报警功能真正回归预警本职。

参考文献

- [1]王良锋.危化企业可燃气体检测报警系统设计与应用的思考[J].现代职业安全,2023(1):38-39.
- [2]肖恒,李莉.可燃气体报警控制器的电池管理系统研究及实现[J].现代信息技术,2026,10(2):31-36,42.
- [3]姜继楠,张颖.基于TRIZ理论提高可燃气体报警器检测效率[J].机电产品开发与创新,2026,39(1):145-148.
- [4]李浩锋,周立军,肖珍芳,等.燃气报警器检定影响因素分析及对策[J].计量与测试技术,2026,52(2):55-57,61.
- [5]罗晨光.基于物联网的燃气阀门井泄漏报警监测系统研究[J].中国设备工程,2023(13):11-13.