

# 天然气场站安全运行技术与用户端应用技术研究

胡学雷 (沧州中油燃气有限公司, 河北 沧州 061113)

**摘要:** 天然气作为当前主力清洁能源, 其输配系统安全性直接关系到城市运行与民生保障。本文根据天然气场站及用户端安全运行的需求, 对调压保护、泄漏检测、电气防爆等关键技术进行了系统的论述, 并且分析了用户侧智能计量、室内控制、终端调压等应用手段。就二者的协同管理技术瓶颈而言, 给出数据融合、联动响应、标准化运维机制创建途径。建立安全高效的智能化燃气运行系统, 为天然气系统的系统化、数字化发展提供理论依据和技术支持。

**关键词:** 天然气场站; 安全运行; 用户端; 终端调压

**中图分类号:** TE88      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 002-0127-03

## Research on safety operation technology and user-end application technology of natural gas field station

Hu Xuelei (Cangzhou Zhongyou Gas Co., Ltd., Cangzhou Hebei 061113, China)

**Abstract:** As the current main clean energy, the safety of natural gas transmission and distribution system is directly related to the operation of cities and the protection people's livelihood. According to the demand for safe operation of natural gas stations and user terminals, this paper systematically expounds the key technologies such as pressure regulation and protection, leakage, and electrical explosion prevention, and analyzes the application means such as intelligent metering at the user side, indoor control, and terminal pressure regulation. With regard to the technical bottleneck collaborative management of the two, the way of data fusion, linkage response, and the establishment of standardized operation and maintenance mechanism is given. It is necessary to establish a safe and intelligent gas operation system to provide theoretical basis and technical support for the systematization and digital development of natural gas system.

**Keywords:** Natural gas station; Safe operation; side; Terminal pressure regulation

能源结构转型、城市燃气需求不断增大, 天然气场站作为输配系统的关键枢纽, 安全运行技术已经成了保证能源稳定供应的重要环节。同时用户端对于智能化、高效化的用气系统需求也越来越大, 促使应用技术不断发展。本文从全链条运行角度出发, 对场站本体的安全防护机制和用户侧的技术融合模式做进一步的研究, 为建设高效、可靠、智慧型天然气系统提供技术支撑和实践参考。

### 1 天然气场站安全运行技术分析

#### 1.1 调压与超压保护系统的安全控制技术

调压系统属于天然气场站的重要功能单元, 调压系统运行状况同下游管网压力稳定、系统安全存在直接联系。设计调压系统时要保证调压器灵敏度高、反应快, 在输入压力波动大时也能稳定输出目标压力。安全运行技术的主要目标是防止调压器卡阻、密封失效、输出压力漂移等, 在技术途径上应该采用并联冗余结构、设定精确的切换逻辑等, 保证任何一个调压通道出现异常时系统仍然可以正常运行。超压保护装置属于调压系统防线之一, 需要装设泄压阀、紧急切断阀、缓闭控制装置等多重联动单元, 依靠压力传感器实时采集输出管道数据并与设定阈值比较, 压力接近临界值时立即触发响应机制, 迅速释放系统内压力

或者断开气源来保护后端设施。保护系统要有自诊断、自校准的功能, 定时检测阀门响应速度、弹簧疲劳程度、密封性能等, 并把数据传送到中央监控平台, 方便进行系统的安全评价和运维决策, 保证调压系统长时间处于受控、安全、高效的工作状态。

#### 1.2 可燃气体泄漏监测预警技术

天然气场站运行时存在高压气体输送、阀门操作频繁、连接件多等特点, 任何一点泄漏都会在很短的时间内积聚成爆炸性的气体环境, 所以建立高灵敏度、低误报率的可燃气体泄漏监测系统十分重要。系统由多点分布的红外或者催化燃烧式传感器组成, 分布在阀门井、调压箱、过滤器基座、计量舱等有可能发生泄漏的地方, 和数据采集模块形成一个监控系统。传感器要具有抗干扰性好、响应时间快、能适应浓度波动等特点, 还要具有自动标定、远程状态管理的功能, 在温度湿度剧烈变化的环境下仍能保持高精度。

预警机制要同视频监控、声光报警、SCADA 系统联动起来, 设立三级响应模型, 即浓度达标提示、超限报警、紧急处置联动, 不同的级别对应不同的应急策略, 比如启动排风系统、切断上游电磁阀、联动消防水幕系统。为了提高系统的可靠性, 应该加入数据冗余和异常值识别算法, 在数据中心对传感器的读数

做趋势建模和实时误差校核，滤除偶发的波动，降低误报率，提高响应精度，使泄漏隐患在变成事故之前被发现并消除。

### 1.3 电气防爆设施布置和接地保护技术

天然气场站内的绝大多数设备都处在可燃气体环境中，因此，电气系统是否符合防爆要求就成为了决定安全等级的关键因素。所有的电气设备都必须选用符合国家或者行业标准的防爆等级产品，并根据危险区域划分图合理布置，保证点火源远离可燃混合气体扩散区域。设备选型上要优先选择隔爆型、正压型或者本质安全型电气装置，对每台设备实行唯一编码并进行生命周期管理，保证其在使用周期内一直保持防爆性能。

布线系统要采用金属穿管方式，接头和出线口要用防爆密封连接件，对线缆进行温升监测防止由于负载异常造成绝缘击穿。电气系统接地技术也很重要，应采用多点接地的方式达到电位平衡的目的，防雷接地、保护接地和信号接地要分区实施、严格隔离，防止地电位差产生感应电压或者造成系统误动作。接地电阻设计上一般用镀锌角钢或铜包钢接地体，用接地电阻测试仪周期性测量并记录值的变化趋势，保证接地电阻一直处在安全范围内。另外配电柜、控制箱等处应设置故障电弧检测装置及过电流保护单元，发现异常放电立即切断电源，最大程度降低电气故障引起的爆炸风险，保证整个场站本质安全水平。

## 2 天然气用户端应用技术

### 2.1 智能燃气表远程计量与数据管理技术

智能燃气表属于用户端精细化管理的关键设备，拥有实时计量、远程通信、异常预警以及数据存储的功能，可以对用户的用气全过程实施可视化与智能化管理。本类表计大多采用超声波或者膜式计量原理，并内置有微处理器和无线通信模块，支持 NB-IoT、LoRa、4G 等几种数据传输方式，可以在低功耗的状态下长时间保持在线。表体采用防水防爆结构设计，能适应高湿度、复杂的安装环境，精度等级一般为 1.5 级或者更高，可以对小流量段进行准确的采集。数据集中平台利用 API 接口同燃气公司营业系统进行对接，可以实现用户用气数据实时上传、异常流量报警、远程充值扣费、阀门控制等，可以有效地代替传统的抄表方式。

系统具有负荷预测和用量分析的功能，可以对突增突减的行为进行建模识别，及时触发报警，保证供气的安全。系统具备自诊断功能，可以实时对通信状态、电池电量、阀门开关状况等数据加以检测，给维修与运维赋予参照。为了提高系统的稳定性，需要配

置冗余服务器和本地数据缓冲机制，当出现通信中断时可以自动存储数据，在通信恢复之后补传数据，保证数据不丢失、计量连续性好。

### 2.2 室内燃气泄漏自动切断控制技术

用户端室内燃气系统面临最大的风险就是泄漏事故，因此自动切断控制技术在家庭、餐饮、商业等场景中起着关键的安全保障作用。该系统主要由气体浓度传感器、电磁切断阀、控制模块、报警装置组成，传感器持续检测空气中可燃气体浓度，当其达到设定阈值（LEL 的 10% 或者 15%）时，立即将信号传给控制器启动断气程序。电磁阀大多采用常闭式结构，接到控制信号后瞬间闭合，完全阻断燃气通道，防止长时间泄漏形成爆炸危险。控制器可以同时启动高分贝声光报警，也可以连接智能家居系统给用户手机推送警报信息，实现远程风险通知。部分高端系统还带有一种联动风机排气和开窗通风的功能，可以提高空气在泄漏的情况下得到及时排出的速度。设备安装应符合国家相关技术规范，气体比空气轻时把传感器安在 30cm 高天花板上，气体比空气重时把传感器放 30cm 高地上，定期做响应测试和校准，使探测精度和响应速度一直维持在标准范围内。断气电磁阀的复位必须人工确认，不能依靠系统自行开阀来避免二次危险的发生，并且在断电状态下保持阀门关闭状态，以满足被动防护的要求。

### 2.3 用户端调压装置安全稳定运行技术

调压装置是天然气用户端连接市政中压或者低压管道的重要节点，它的主要任务是在保证流量供应的基础上，将上游压力稳定地转换成终端可用的压力。该装置一般由调压阀、安全切断阀、安全放散阀、过滤器、压力表等组成，依靠力平衡原理来达到压力控制和异常情况下自我保护的目的。调压阀要具有响应灵敏、调压精度高、调节范围广等特点，在用户负荷频繁波动时也能保持稳定的输出压力。安全切断阀使用的是弹簧加载式的结构，在输出压力大于设定的范围时会自行切断气源，只有人工才能使阀门复原。放散阀用来在轻微超压时放散一部分气体到大气中，防止频繁触发切断装置影响供气的连续性。过滤器要定期清洗或者更换滤芯，保证燃气杂质不会进入下游系统造成调压元件的磨损或者堵塞。调压箱应该具备防腐蚀、防雨淋、防冻裂的功能，并应加装温度补偿装置，在极端天气情况下也能保持较好的运行稳定性。为保证长期运行的可靠性，对调压装置实行周期性的检验，进行输出压力波动试验、启闭试验和泄漏试验，发现隐患并排除，保证终端用户用气系统长期处在安全可控状态。

### 3 场站与用户端协同安全管理机制构建路径

#### 3.1 数据融合驱动的分分布式安全感知体系构建

场站与用户端协同安全管理的基础就是数据层级实时互通、深度融合,也就是建设统一的数据感知、交换。场站端有压力、流量、阀门状态、设备运行等各类工业级实时数据,用户端有末端用气负荷、泄漏报警、燃气表工况等分散的数据资源。两端的数据使用相同的协议接入到云平台或者边缘计算节点,利用物联网网关和通信模块来达到低延迟传输的目的,这是建立协同机制的前提。平台要设置多维数据接口标准,并且部署事件触发规则引擎,当系统能结合实时数据变化自动发现高风险运行状态,比如某区域用户用气突然增多或突然减少、表端气量异常与场站压力波动之间存在关系,那么就认为存在系统泄漏、设备故障或者非法干预的行为。数据处理模型应该具有自学习能力,用历史运行数据训练预测模型,对常态和非常态状态赋予数字标签,使系统具备趋势预测和风险识别的主动性。同时需要给数据结构中增加访问权限、加密传输和日志审计机制,保证数据在多主体之间交换的过程中是安全的、完整的并且可溯源的,为场站和用户端的协同感知提供强有力的技术支持。

#### 3.2 联合调控的多级联动响应机制设计

天然气输配系统中任何一处局部异常如管网泄漏、调压失效、阀门误动作等都会沿链条向下游和上游传导,因此建立统一指挥、分级处置、快速反应的联动响应机制是保障场站和用户端协同安全的重要途径。在系统架构上应该设置源端、中转、用户三级风险节点,并且规定出每一个风险事件应该由谁来处理以及处理流程。当用户端发生燃气泄漏报警时,平台接收到信号之后,应该判断该信号是否真实,如果确认为异常,则可以联动场站关闭相应的支线阀门,或者调整调压输出压力来减少流量供应,并调度维修人员到现场进行排查处理。在事件等级较高时,系统应进入应急模式,由主调度中心统一控制,禁用手动干预防止误操作扩大事故。联动机制要配备数字化作战图,对各种设施的状态、应急资源的位置以及事件的发展情况进行实时的展示,方便指挥人员做出决策。该机制应能进行跨部门的通信标准,可以同消防、城建、电力等公共系统打通接口,达到信息同步共享、联合应急的目的,形成以场站为中枢、用户端为响应末端的全链条协同防控。

#### 3.3 标准化运维体系与培训机制协同建立

创建场站同用户端协同安全管理机制,要依靠标准化运维体系和一致性的操作规范,达成不同主体之间流程的兼容以及风险闭环的控制。从运行层面来说,

场站及用户端的设施维护周期、检修标准、巡检频率等要统一建模,形成完整的设备台账、操作日志、隐患整改单,保证所有的关键节点设备运行状态都处在平台可视化监管之下。运维系统应该配备移动终端和手持检修仪器,使一线人员在场站或者用户端的任何点位都可以完成设备状态上传、风险项登记、处置方案匹配等闭环操作。

同时所有的操作人员均应进行一致性的培训和考核,设置模拟演练模块(燃气泄漏事故演练、管网压力异常模拟等)提高一线人员反应速度。培训机制要建立岗位胜任力体系,对场站值守、用户端巡检等不同的模块的培训内容作出安排,用视频教学、AR 演练、考试评估的方式保证操作行为与平台策略、安全规范一致。在标准化体系建立之后,还要加入第三方审计与安全评估机制,定时对场站同用户端的协同能力展开诊断、复盘并加以改善,塑造起自适应、闭环演进的运行机制。

### 4 结束语

总之,天然气系统高效安全运行要依靠场站和用户端协同技术体系建设。当前形势下,要依靠数据驱动、安全感知、智能响应三大核心要素来清除场站同终端之间的信息壁垒,提升系统的风险控制水平。在不断改善硬件设备性能的同时,推进操作标准统一、运维机制规范、应急体系闭环,将使燃气行业形成一个稳定高效的运行防线。随着技术的不断进步与应用的加深,协同机制为城市能源结构调整、公共安全提供越来越好的技术支持。

#### 参考文献:

- [1] 刘浩,郭伟,韩玉龙.天然气场站自动化与智能化建设研究[J].自动化应用,2024,65(11):255-257.
- [2] 王正宏,魏均涛,傅江钦,等.天然气场站智能锁定管理[J].化工设计通讯,2024,50(05):162-167.
- [3] 刘洪威,姚琪,何维乐.天然气场站消防安全管理探讨[J].消防界(电子版),2024,10(08):13-15.
- [4] 马成.天然气场站防爆巡检机器人系统的应用[J].上海煤气,2024(02):17-20.
- [5] 马倩倩,董常龙,李光让.数字化无人值守天然气场站建设探讨及实践[J].油气田地面工程,2024,43(04):63-67.
- [6] 王益富,张军,谢辉,等.安眼系统对天然气场站安全管理价值分析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(19):80-82.

#### 作者简介:

胡学雷(1984-),男,汉族,河北沧州人,本科,助理工程师,研究方向:油气储运。