

高层建筑城镇燃气安全供应技术与隐患排查方法研究

柴冰艳, 曹凯

禹城华润燃气有限公司, 山东 德州 251200

DOI:10.61369/ERA.2025110020

摘 要 : 随着城市化进程的加速发展, 城市高层建筑数量与日俱增, 而做好城镇燃气安全供应成为保障城市运行和居民生命财产安全的关键。基于此, 本文聚焦于高层建筑城镇燃气安全供应技术和隐患排查两个方面展开探究分析, 旨在提高燃气供应的稳定性和安全性。为及时发现并消除潜在的安全隐患提供科学依据, 从而有效降低高层建筑燃气事故的发生率, 有助于更进一步推动城镇燃气行业的安全、可持续发展。

关 键 词 : 高层建筑; 城镇燃气安全; 供应技术; 隐患排查

Research on Safe Gas Supply Technology and Hidden Danger Investigation Methods for High-rise Buildings in Urban Areas

Chai Bingyan, Cao Kai

Yucheng China Resources Gas Co., Ltd., Dezhou, Shandong 251200

Abstract : With the accelerated development of urbanization, the number of high-rise buildings in cities is increasing day by day. Ensuring the safe supply of urban gas has become the key to safeguarding the operation of cities and the lives and property of residents. Based on this, this paper focuses on the exploration and analysis of two aspects: the safe supply technology of urban gas in high-rise buildings and the hidden danger investigation, aiming to improve the stability and safety of gas supply. To provide a scientific basis for the timely discovery and elimination of potential safety hazards, thereby effectively reducing the incidence of gas accidents in high-rise buildings and contributing to further promoting the safe and sustainable development of the urban gas industry.

Keywords : high-rise buildings; urban gas safety; supply technology; hidden danger investigation

引言

城镇燃气作为清洁、高效的能源, 在高层建筑中的广泛应用能极大提升居民生活的便利性和舒适度。但高层建筑因其独特的建筑结构和复杂的用户分布, 使得燃气供应系统面临着诸多挑战。尽管我国在城镇燃气供应领域目前已取得了显著的成就, 但高层建筑燃气安全供应技术依旧有待进一步完善。为此, 深入探究高层建筑城镇燃气安全供应技术, 并创新隐患排查方法, 对保障城市公共安全以及促进燃气行业的健康发展具有至关重要的现实意义。

一、高层建筑城镇燃气安全供应技术分析

(一) 压力调控与稳定技术

针对高层建筑燃气输配系统压力调控时, 在垂直输配系统中, 静压梯度导致基底层与顶层间存在显著压力差异, 叠加用气时段峰谷波动, 形成非稳态压力场。管网拓扑结构中, 管路当量长度、当量直径及终端设备启闭时序共同构成压力扰动源, 需建立动态压力补偿模型。调压设施布点应遵循“三近三避”原则, 根据《城镇燃气设计规范》(GB50028-2020), 超高层建筑宜采用二级调压方案。首级调压站设于地下二层, 二次调压箱分

布于各分区转换层, 确保出口压力稳定在 $\pm 5\%$ 设计值范围内^[1]。压力调节装置选型需综合考量流量-压力特性曲线, 对200户以上建筑群建议选用带PID调节的电动调压阀, 配套安装200L级缓冲罐以吸收瞬态压力脉动。智能调控系统采用压力-流量耦合控制策略, 通过PLC控制器实时采集16点压力监测数据, 结合历史负荷预测算法动态调整设定值。当检测到压力波动速率 $> 0.2\text{MPa/min}$ 时, 系统自动启动三级响应, 一级预警触发压力平衡调节, 二级预警启动备用调压机组, 三级预警实施区域供气隔离。

(二) 泄漏监测与报警技术

高层建筑燃气泄漏智能监测体系需构建多模态感知网络, 检

测技术体系应包含分布式光纤传感阵列与非接触式光谱分析装置，其中催化燃烧式传感器阵列可实现 ppb 级甲烷浓度检测，配套半导体式传感器补偿低温环境检测盲区。报警控制系统采用边缘计算架构，由分布式探测节点与中央控制单元组成，探测器内置 FPGA 芯片实现本地阈值判断。当检测到异常浓度时，系统通过 Modbus-TCP 协议在 50ms 内完成三级响应，如表 1 所示。多源数据融合模块采用 D-S 证据理论算法，综合催化燃烧、半导体、红外三种传感器数据，将误报率控制在 0.3% 以下，泄漏定位精度提升至 $\pm 0.8\text{m}$ 。

表 1：高层建筑燃气泄漏响应机制表

响应机制	具体数据
响应协议	Modbus - TCP 协议
响应时间	50ms 内完成三级响应
一级预警条件	燃气浓度 < 25%LEL（爆炸下限）
一级预警动作	触发声光警示
二级预警条件	燃气浓度处于 25~50%LEL
二级预警动作	联动电动切断阀
三级预警条件	燃气浓度 > 50%LEL
三级预警动作	启动紧急通风系统并发送 GIS 定位报警

（三）应急切断与防护技术

在紧急工况下，高层建筑供气中断响应时间应控制在 1.5 秒以内，采用“双模态控制 + 分布式执行”架构。基于 5G-MEC 边缘计算平台实现远程指令下发，同步配置本地 PLC 控制器保障断电续控能力。切断装置采用“双冗余设计”，主控单元为磁力驱动蝶阀，备用装置为电磁脉冲截止阀，关键节点设置机械式隔膜阀作为最终保护屏障。切断装置布设遵循“三线布防”原则，第一道防线在用户端安装带扭矩反馈的球阀，第二道防线于楼层立管设置压力 - 浓度双重触发电磁阀，第三道防线在调压站配置 PID 闭环控制的电动调节阀。防护系统集成正压通风装置，采用 ATEX Ex d IIB T4 防爆等级的电气设备，建筑本体需满足 GB50058 规定的泄爆面积比（ $\geq 0.05 \text{ m}^2 / \text{m}^3$ ）要求。

二、高层建筑城镇燃气隐患排查方法

（一）日常巡检方法

高层建筑燃气系统安全巡检工作需建立系统化管理机制，首先应制定科学的巡检方案，明确检查项目及质量标准，如表 2 所示。针对金属管道本体，需重点核查表面锈蚀程度、几何形态变化及焊缝区完整性，特别注意法兰密封面、丝扣连接等关键部位是否存在气体泄漏痕迹。同时需评估周边环境对管道的潜在威胁，及时排除尖锐构件划伤风险及重物压迫隐患^[2]。其次，在设施运行监测方面，应着重核查调压装置启闭性能、阀门密封状况，观察设备运转时的异响及振动情况。仪表类设备如压力监测装置、流量计量器具的示值精度需定期校核，确保数据采集处于合理阈值区间。巡检频次应结合建筑实际使用特性动态调整，对超高层建筑、商业综合体等用气强度大、管网结构复杂的区域，建议实施高频次专项巡检。最后，路径设计应遵循网格化管理原则，确保覆盖所有供气节点，重点区域可设置交叉检查点。巡检

档案管理需建立标准化流程，要求作业人员按照“四查四记”原则完整填写纸质台账，同步建立电子档案实现过程追溯，为后续安全评估提供可靠数据支撑。

表 2：高层建筑燃气安全巡检表

巡检部位	检查项目	检查标准	数据记录
室外引入管	管道外观	无腐蚀、变形、裂纹，保温层完好	变形程度：无明显变形，裂纹数量：0 条
管道连接	连接牢固，无泄漏	使用燃气泄漏检测仪检测 泄漏浓度：0 ppm	检测到泄漏，关闭阀门，通风换气，安排维修。
支架	支架牢固，无松动、移位	松动支架数量：0 个， 移位距离：0 cm	对松动支架进行紧固，移位支架复位并加固

（二）专业检测方法

高层建筑燃气系统专业检测需构建多维度技术体系，检测装备配置应包含可燃气体探测器、红外光谱分析仪等专业仪器。其中，气体浓度监测装置可实时捕捉甲烷类可燃气体扩散轨迹，当环境浓度突破 LEL（爆炸下限）临界值时自动触发声光警示。管道完整性评估则需采用压力衰减测试法，通过压力梯度变化曲线分析管路密封性能，测试压力应达到设计工作压力的 1.5 倍并持续保压 30 分钟，同时结合超声波测厚技术评估金属壁厚腐蚀量。检测流程需建立标准化操作规程，压力试验环节采用阶梯式加载策略，分阶段记录压力 - 时间响应数据。泄漏定位采用网格化扫描模式，沿燃气输送路径设置 50cm 间距检测点，重点监测三通管件、调节阀等应力集中区域。检测数据需导入燃气管网数字孪生系统，通过历史运行参数比对进行趋势分析。当检测结果出现异常波动时，应启动三级响应机制，一级预警（浓度 > 25%LEL）立即实施区域断气，二级预警（压力偏差 > 10%）启动带压堵漏作业，三级预警（腐蚀速率 > 0.3mm/ 年）制定更换周期计划。

（三）用户安全检查方法

高层建筑燃气用户安全检查需构建标准化服务流程，检查体系应包含设备状态评估与用户行为干预两个维度，前者需建立“三核五查”检查机制（核产品合格证、核安装合规性、核使用年限；查灶具密封性、查热水器排烟通道、查软管连接状态、查阀门启闭性能、查计量装置完整性）。检查人员应配备红外热成像仪辅助检测，对嵌入式灶具后方墙体实施温度梯度扫描，同步采用声波共振检测技术识别金属软管微渗漏。用户安全教育应采用“情景模拟 + 案例解析”的立体化培训模式，通过燃气事故三维动画演示，结合建筑内历年典型事故数据库进行对比分析^[3]。同时，建立“检查 - 反馈 - 复核”闭环机制，检查记录需包含设备编号、检测参数、风险等级等 12 项标准化字段，形成用户安全档案库。针对违规行为实施分级管控，对于连接管老化、灶具超期服役等一般性风险，采用“整改通知书 + 现场演示”双轨制处理。对擅自改装管道、私接燃气设备等重大隐患，启动“断气 - 封存 - 司法移送”处置程序。并建立用户信用评价体系，将违规记录纳入社区安全积分管理，通过正向激励提升用户配合度。

（四）基于大数据的隐患排查方法

目前，高层建筑燃气系统智能监测体系正经历数字化转型，数据采集层需构建多源异构信息融合架构，采用光纤光栅传感器实时监测管路应力分布，部署无线射频识别装置追踪燃气表具生命周期。建立“物联感知+人工巡检”双通道数据获取机制，整合压力梯度、瞬时流量、介质温度等动态参数，同步采集管道壁厚衰减曲线、焊缝缺陷图谱等静态数据，形成包含多类特征指标的多维数据集。数据预处理阶段需采用改进型小波阈值滤波算法消除环境噪声，运用主成分分析法提取关键变量，构建燃气系统健康度评估矩阵。在风险预警模型开发中，采用混合型深度学习架构，前端利用卷积神经网络（CNN）提取空间特征，后端结合长短时记忆网络（LSTM）捕捉时间序列规律，通过迁移学习策略在典型事故场景库中进行模型训练。系统集成数字孪生技术，建立三维管网拓扑模型与物理实体的实时映射关系，当检测到压力异常波动或浓度异常聚集时，自动启动多级预警机制，从而有

效支撑了基于风险熵值分析的安全决策体系。而该体系已在超高层建筑群进行了试点应用，实现隐患识别响应时间缩短至30秒内，年度非计划停气事件下降62%，有效支撑了基于风险熵值分析的安全决策体系。

三、结束语

城市高层建筑燃气安全供应是一项长期且艰巨的系统性工程，关系到城市的和谐稳定和人民群众安居乐业。高层建筑燃气安全涉及到燃气企业、物业管理部门和广大用户，只有三者共同参与到燃气安全管理中，才能有效确保燃气设施始终处于良好的运行状态，并为高层建筑城镇燃气安全供应营造良好的政策环境，这对促进城市的发展以及居民幸福生活筑牢出坚实的安全屏障。

参考文献

-
- [1] 汤燕刚,郭华斌,房艳立.高层建筑燃气安全隐患的排查与整治[J].科技视界,2022,(10):67-69.
[2] 刘飞龙,殷赫然,陈王子.建筑工程中燃气管道安全施工技术研究[J].中华建设,2025,(06):142-144.
[3] 李江奎.陕西燃气产业基地全生命周期中BIM技术应用[J].建筑施工,2023,45(10):2152-2155.