

城市燃气工程安全设计措施探析

柯 敏

武汉能源规划设计有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要：城市燃气工程是城市民生基建体系的核心构成，其设计质量直接决定燃气系统运行的稳定性与安全性。为消解燃气输送、存储及使用环节的潜在安全隐患，从设计源头把控工程安全底线，本文结合城市燃气工程运行特性，从设计原则、核心隐患诱因、精细化安全设计策略等维度展开深度探析，系统性梳理适配现代城市发展的燃气工程安全设计路径，为提升燃气工程安全运维水平提供技术参考。

关键词：城市燃气工程；安全设计；管网布局；风险防控；系统优化

引言：城镇开发持续推进，燃气管网覆盖不断拓宽，用气类型更加多样，燃气设施运行压力与安全管控难度随之加大，安全设计作为工程全程管控的首要步骤，可减少漏气、爆燃类事故，不少老旧燃气项目存在管线排布、设备适配、安全防护方面的设计短板，优化设计体系、完善防控细则，能够保障供气稳定，维护城市公共安全。

1 城市燃气工程安全设计核心原则

燃气安全设计属于覆盖规划、管线排布、结构搭建、防护配套的完整系统工程，不能只做局部技术调整，规范的设计准则能够搭建完整方案框架，从前期规避结构性安全问题，源头防控准则要求设计提前预判各类风险，城市地质、楼栋分布、人口疏密、管线铺设环境都作为参考，高压输气、管线交错、密闭铺管等危险区域提前排查，依靠调整方案消除先天隐患，不用依靠后期维护弥补，适配性准则要求设计适配不同片区建设情况，兼顾老区管线翻新、新区管网搭建、商住分区供气的不同要求，管线参数、器械搭配、排布方式按需调整，防止照搬统一方案产生适配漏洞，系统协同准则要求输气管线、调压器械、存储设施、防护配件各项参数互相匹配，各部件功能保持联动，单一构件设计缺陷不会引发整套系统故障，冗余安全准则针对器械老化、管线磨损、用气负荷波动等长期问题，设计预留安全缓冲余量，强化系统抗风险水平，保障特殊工况稳定运转，夯实燃气工程整体安全基础^[1]。

2 城市燃气工程安全设计常见隐患及成因分析

2.1 管网布局设计缺乏科学性

管网布局是燃气工程设计的核心内容，其合理性直接决定燃气输送的稳定性与风险可控性。现阶段部分燃

气工程在管网规划设计中，存在空间布局无序、敷设路径不合理的核心问题。部分城区燃气管网敷设未充分考量地下管线复杂环境，与给排水、电力、通信等管线间距不足，长期运行中易受周边管线施工扰动、挤压影响，造成管网破损、接口松动等问题。同时，部分老旧城区改造项目中，管网设计未结合原有建筑结构与道路规划，存在管网弯折角度过大、敷设密度过高、分支节点过多等问题，大幅增加燃气输送阻力，易造成局部压力积聚，提升泄漏风险。此外，部分城郊区域管网设计存在路径冗余、跨度偏大的问题，未结合区域用气负荷精准规划管网层级，导致管网长期处于低负荷或超负荷波动运行状态，加速管道老化损耗，埋下长期安全隐患。

2.2 设备选型与参数设计匹配度不足

燃气工程各类设备的选型、参数设定与系统运行工况的匹配度，是保障安全运行的基础条件，当前设计环节的设备适配性缺陷较为突出。一方面，部分项目设备选型过于侧重经济性，忽视区域用气特性与运行环境差异，高压调压设备、截断装置、过滤设备等核心组件选型标准偏低，无法适配高峰时段用气负荷波动与复杂环境工况，易出现调压失灵、设备卡顿、功能失效等问题。另一方面，设备参数设计缺乏精细化考量，未结合管网输送距离、区域压力梯度、用气峰值变化等要素精准设定参数，存在压力阈值、流量参数设置不合理的情况。部分低压管网配套设备参数适配高压运行工况，或高压系统设备参数预留空间不足，导致设备长期处于临界运行状态，容错率大幅降低，一旦出现工况波动极易引发系统故障，诱发安全事故^[2]。

2.3 安全防护配套设计存在短板

完善的安全防护设计是燃气工程抵御风险、控制事故范围的关键屏障,但诸多工程在设计阶段存在重主体、轻防护的认知偏差,防护体系设计存在明显短板。其一,预警监测体系设计不完善,部分管网区段、密闭用气空间未配套燃气浓度监测、压力监测装置,或监测点位布设密度不足、布设位置不合理,无法实现隐患的实时感知与提前预警。其二,应急隔断防护设计缺失,部分长距离输送管网、多分支管网系统未合理设置应急截断阀,或截断阀布设间距过大、位置隐蔽,出现泄漏问题时无法快速隔断故障区段,导致隐患扩散蔓延。其三,防腐、抗震、抗老化防护设计薄弱,地下管网未结合土壤酸碱度、地下水侵蚀特性优化防腐设计,地上设备未考量极端天气、地质轻微波动的影响,防护层设计标准偏低,长期运行中易出现管道腐蚀、设备损坏等问题,大幅缩短工程安全运行周期。

2.4 工况适配与动态调控设计缺失

城市各类燃气使用需求存在时段起伏的变化规律,居民、商铺、工厂的用气时间和气量差距较大,会对燃气配套系统的实时适配水平提出相应标准,市面上大部分燃气项目都沿用固定参数的设计方案,缺少可灵活调节工况的配套机制,方案编制只依照日常平均用气规模设定管道、设备规格,没能综合考虑假期用气峰值、恶劣天气用气上涨、片区用气结构改变等变动条件,系统调节能力因此偏弱,用气需求突增时管道供气压力不足,输气速度随之降低,用气需求锐减时管内压力失调,部分燃气堆积在管道内部,频繁交替的负荷变化会加速管线设备磨损,城区拆改建房、道路施工这类城市规划变动也没有在燃气工程里预留扩容改造的调整空间,项目适配、拓展性能偏弱,极易滋生阶段性安全隐患。

3 城市燃气工程精细化安全设计优化策略

3.1 优化管网整体布局,构建科学输送体系

规范合理的管网排布能够为燃气工程安全设计打下重要根基,布局优化工作要综合城市空间规划,地下管线铺设状态以及片区用气规模多项条件同步推进,新建城区燃气方案设计阶段要先完成整片区域地下管线勘测,完整整理给排水、电力、通信、热力管线的铺设点位,埋设深度与运行数据,燃气管道和其余管线的安全间隔需要严格管控,以此避开管线交错重叠、近距离并排铺设的各类隐患,城市道路与楼栋分布可作为参考搭建主次分明的输气管网,管道铺设疏密程度和分叉节点数量需要合理调控,弯折、变径、跨管线穿插这类特殊管道设计应当适当缩减,让燃气输送状态保持平稳,

防止局部气压堆积,弯折、爬坡、跨路等特殊管段可调整管道弧度与铺设倾角,加固节点构造来增强管道抗变形、抗外界干扰的性能,老旧城区管网升级不能只选用整段更换或是局部修补的单一方案,原有管线走向、街巷与建筑条件可用来重新规划铺设线路,老化多余管段做剔除处理,杂乱分支管线同步规整以简化整体管网构造,片区人口数量、用气住户与建筑用途可用来划定独立用气分区,均匀分摊各段管道承载负荷,防止局部管线过载运行,依靠布局调整消除结构类安全隐患,提升整套燃气输送系统运行稳定性^[3]。

3.2 精准匹配设备系统,提升工况适配能力

整套供气设备和现场工况保持契合,是维持燃气工程稳定运转的重要条件,项目设计环节应当脱离统一设备选型的固定思路,区域供气实际情况可作为依据完成专属设备挑选和参数设定,区域用气峰值、日常供气负荷、季节用气变化、管道输送长度、管线压力变化等关键数据,会通过工况摸排机制完整汇总,汇总数据能够明确调压、过滤、断气、计量装置的选用指标,商业区、居住区、工业园区等不同用气区域要搭配不同规格设备,高负荷区域配备余量充足的大功率供气装置,零散小型用气点位搭配灵敏轻便的小型设备,管线分层结构可用来划定压力、流量控制范围,各级管道配套设备参数逐层对应,防止参数搭配失衡干扰供气状态,调压、切断、监测装置的运行速度与指标需要相互协调,联动配合完成供气调控,运行稳定、损耗偏低的成熟设备可优先选用,兼顾设备适配效果与使用时长,依托合理的设备配置拉高燃气工程整体安全运行水平。

3.3 完善全方位防护设计,强化风险抵御能力

完整的安全防护框架需要覆盖事前预防、实时监控、紧急处置与长期防护多个层面,燃气工程设计环节需要补齐各类防护薄弱环节,搭建多层递进的安全保护屏障,监控预警相关设计可以参照管线排布与用气场地特点安放燃气浓度、压力、流量检测仪器,密闭空间、管线节点、设备机房、地下管沟这类危险区域需要重点布置监测点位,点位的安装高度与布设密度做好合理调配,燃气渗漏、压力失衡、流量突变等问题能够做到全天不间断识别,配套的数据传输线路可以同步联动,异常信号能够快速传递并且锁定故障位置,紧急防护设计需要调整切断装置的布置方案,管线层级与输送距离可以用来规划阀门间隔,主干分叉、管线跨路、片区供气出口等关键点位加装应急切断构件,故障出现时能够快速分区隔离,缩小风险扩散范围,长期物理防护工作需要优化管线防腐、抗震、抗外力干扰相关构造,铺设场

地土壤酸碱、地下水腐蚀情况匹配对应的防腐材料与处理工艺,管道接口、转弯等薄弱位置增加双重防护层,城市地质条件用来调整管线基座与固定构件,管线抵御震动、地面沉降的能力得到提升,露天摆放的设备加装遮雨、遮阳、防尘保护构造,自然环境带来的器械损耗能够有所减少,设备安全使用时长也会相应增加^[4]。

3.4 融入智能设计理念,搭建动态调控体系

城市用气状态时常出现起伏变化,智能化、动态化思路可以融入燃气安全相关设计,传统固定化设计存在的不足能够被突破,一套具备调节、适配、预判作用的智能安全系统得以建成,物联网、数据采集、远程调节等技术能够在设计环节搭建统一管控框架,管线压力、通气流量、燃气浓度、器械运转情况等监测信息统一汇总,整套供气系统的运行状况能够随时直观查看,用气总量起伏对应的智能调压模块会配套设计,实时采集的数据能够自动调整管线压力与通气量,适配用气高低峰的不同运行状态,人工调节不及时带来的运行紊乱现象能够得到规避,大数据能够梳理长期运行信息,智能分析模块可提前分辨管线磨损、器械老化、运行失常等潜在风险,城市后续扩建、用气类型变更的发展情况也会纳入设计考量,智能平台升级、器械扩容、监测点位增设的预留空间会提前规划,整套燃气安全架构能够跟随城市建设持续完善,长期维持稳定适配与风险防范效果。

3.5 细化特殊场景设计,消除差异化安全隐患

城市燃气用气场景复杂多元,老旧城区、高层建筑、地下密闭空间、商业综合体等特殊场景的安全风险特征差异显著,需针对性细化专项安全设计方案,消除差异化安全隐患。针对老旧城区空间狭窄、管网密集、建筑老旧的特征,设计阶段优先选用小型化、高灵敏度设备,优化管网隐蔽敷设设计,减少管网裸露区

段,同时强化老旧管网接口、节点的密封与加固设计,降低泄漏风险。针对高层建筑用气场景,结合高层管网竖向输送压力梯度变化,分层优化压力调控设计,设置多级调压装置,规避高层管网压力过高、气压不稳的问题,同时在楼层立管关键位置增设监测与截断设备,实现分层精准防控。针对地下管廊、密闭机房等通风较差的场景,优化通风配套设计,搭配燃气监测与排风联动系统,一旦出现燃气泄漏可自动启动通风设备,降低燃气积聚爆燃风险。针对商业综合体、餐饮街区等高频用气、大负荷场景,加密监测点位,增设多级应急防护装置,优化管网负荷承载设计,提升系统抗波动、抗风险能力,通过场景化专项设计,实现全场景安全防控全覆盖^[5]。

结束语:燃气工程安全设计关系城市公共安全与民生设施稳定,直接决定供气设施长期运行状态,文章梳理相关设计准则,分析管网、设备、防护、工况匹配各类设计问题并给出多元优化方案,从设计源头落实安全管控,化解各类潜藏隐患,增强燃气设施运行稳定程度,为供气系统长效平稳运转提供技术依托。

参考文献

- [1] 谢豪世.城市燃气工程施工及安全生产运行管理措施研究[J].行车指南,2026(1):0022-0024.
- [2] 袁冰.城市燃气管网老化更新工程技术路径与安全保障措施[J].石化技术,2026,33(4):465-466.
- [3] 雷璐蔚.城镇燃气工程施工现场安全管理措施研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2026(4):149-152.
- [4] 张强.燃气调压站工艺设计与安全防护措施研究[J].石油石化物资采购,2026(7):141-143.
- [5] 马烨.城市燃气用户安全风险特征工程及画像构建技术研究[J].科技资讯,2026,24(7):188-190.