

城镇燃气工程设计与施工

刘 飞

新疆新捷能源有限公司博州城市燃气分公司 新疆 博乐 833400

摘要: 燃气工程设计需精准计算负荷并合理规划输配系统, 门站、储配站等场站工艺设计需兼顾功能性与安全性。管道工程需科学布置路由、优化结构设计, 并强化腐蚀控制与附属设施配套。施工阶段应严格把控土方开挖、管道安装及穿越工程等关键技术, 通过动态焊工管理、无损检测等措施保障焊接质量。同时, 需建立危险源识别、应急预案等安全管理体系, 落实燃气泄漏防控措施, 确保工程全生命周期安全高效运行。

关键词: 城镇燃气工程; 工程设计; 施工技术; 质量控制; 安全管理

引言: 随着城镇化进程加快, 城镇燃气需求持续增长, 燃气工程设计与施工质量愈发关键。合理设计能确保燃气系统高效经济运行, 满足不同用户需求; 规范施工可保障工程安全可靠, 减少事故隐患。因此, 深入研究城镇燃气工程设计与施工技术, 对推动燃气行业发展、保障居民生活及工业生产用气安全具有重要现实意义。

1 燃气工程设计原理与方法

1.1 燃气负荷计算与预测

在燃气工程设计中, 准确计算与预测燃气负荷是确保系统安全经济运行的基础^[1]。居民用户负荷具有明显的季节性与日变化特征, 冬季采暖用气需求大幅上升, 形成全年负荷峰值, 夏季负荷显著下降, 日时段内早中晚三餐时段用气集中, 低谷时段负荷处于较低水平。工业与商业用户负荷波动相对平缓, 部分工业用户随生产周期出现规律性负荷变化, 商业用户负荷受经营时段影响较为突出。负荷计算采用分项统计方式, 结合各类用户用气定额、数量及用气时长核算基础负荷, 同时纳入管网输送效率与自然漏损因素。负荷预测结合城镇总体规划、经济发展速度及产业结构调整方向, 运用趋势分析与弹性系数等方法, 预判远期用气规模变化, 预留充足扩容空间, 保障系统长期稳定供应。

1.2 燃气输配系统构成

燃气输配系统通过压力级制划分实现高效运输与安全供应。高压管网承担长距离输送任务, 次高压管网实现区域调压, 中压管网连接调压站与用户端, 低压管网直接服务终端用户。压力级制选择需综合考虑气源压力、用户需求、地形条件及经济性, 大城市通常采用多级管网系统, 中小城市可采用中低压两级系统。管网拓扑结构分为环状、枝状及环枝结合三种类型, 环状管网具有供气可靠性高的优势, 枝状管网建设成本较低, 环枝结合结构兼顾安全与经济性。调压装置配置遵循“分级调压、就

近供应”原则, 根据用户压力需求设置区域调压站、专用调压站及用户调压装置, 确保供气压力稳定。

1.3 燃气场站工艺设计

门站作为城镇天然气的核心入口场站, 主要承担燃气接收、计量、调压、净化等功能, 场站工艺围绕核心功能设计过滤分离、计量加臭、压力调节等关键环节。过滤分离环节去除燃气中杂质与水分, 加臭处理确保泄漏时可及时察觉, 通过各环节的有序衔接, 保障进站天然气的参数达标, 为后续管网稳定输配提供可靠基础, 契合城镇燃气输配的整体运行需求。

储配站以天然气储备与调峰为核心功能, 依托高压储气罐、低压湿式储气罐等专用设备实现燃气的存储与供需调节。工艺设计需综合考量储气容量、充装效率等实用指标, 严格按照规范要求设置设备及建构筑物间的安全间距, 兼顾场站运营的经济性与安全性, 全面保障场站运行安全, 应对用气高峰时段的供需平衡问题。压缩天然气加气站的工艺设计围绕卸车、压缩、储存、加气核心流程展开, 设备选型需结合实际工况把控核心性能指标, 注重设备运行的稳定性与节能效果。站区整体布局严格契合防爆区域划分相关规范要求, 强化安全防护措施, 在保障加气作业效率的基础上, 筑牢场站生产安全防线, 满足各类车辆的加气需求^[2]。

1.4 材料与设备选型

管材选型综合考量输送介质、工作压力、使用温度及环境条件, 钢管适配高压大口径管道, PE管适用于中低压埋地管道, 球墨铸铁管因抗冲击、抗沉降性能优异, 适配穿越道路等特殊工况, 相较钢管更耐土壤腐蚀、相较PE管抗碾压能力更强, 为该工况的优选管材。阀门选型重点关注密封性能、启闭扭矩及流通能力, 调压阀需具备精准压力调节与稳定运行能力, 切断阀需满足快速关闭与双向密封要求。过滤器选型根据杂质粒径与流量

确定过滤精度, 计量仪表选型符合贸易结算要求, 膜式燃气表适用于居民用户, 工业大用户为保障计量精度, 优先选用超声流量计。

2 燃气管道工程设计

2.1 管道布置规划

路由选择需综合考量地形地貌、地质条件、城镇规划及现有地下设施分布。优先选择直线敷设路径, 减少弯头数量以降低水力损失, 同时避开不良地质区域与地震断裂带^[2]。走向确定应与城镇道路、铁路、河流等线性工程保持合理交叉角度, 降低施工难度与后期维护成本。地下管线综合协调需统筹给水、排水、电力、通信等各类管线空间布局, 遵循“压力管让重力管、小管径让大管径、易弯曲管让刚性管”原则, 确保各类管线安全间距满足规范要求。安全间距控制需严格执行相关标准, 与建筑物基础水平净距不小于规定值, 穿越铁路、公路时需设置保护套管, 与电力电缆交叉时垂直净距需符合电气安全要求。

2.2 管道结构设计

管壁厚度计算基于巴洛公式, 综合考虑输送介质压力、管材许用应力、焊接系数及腐蚀裕量等因素, 确保管道在最大操作压力下具有足够强度。柔性设计通过设置补偿器或利用管道自然弯曲吸收热胀冷缩变形, 避免因温度变化产生过大应力导致管道破坏^[3]。应力分析采用CAESARII等专业软件, 建立管道三维模型, 模拟运行工况下的位移、应力分布, 验证设计合理性。特殊地段处理措施包括: 穿越河流时采用定向钻或顶管工艺, 穿越铁路时加装钢制套管并填充绝缘材料, 经过不稳定边坡时设置柔性接头或管沟保护。

2.3 附属设施设计

阀门井设置遵循“便于操作、利于维护”原则, 在管道分支、调压装置前后及用户接入点等位置设置, 井室尺寸需满足阀门启闭与检测设备安装要求。放散管布置在调压站、储配站等关键节点, 高度需满足排放燃气扩散要求, 顶部安装阻火器防止回火。凝水缸设置在管道低点, 定期排放冷凝水, 防止液体积聚影响输气效率。标志桩沿管道走向每隔50米设置, 标注管道走向、管径、压力等级等信息, 警示带敷设于管顶上方, 采用黄颜色标识地下燃气管道位置。

2.4 腐蚀控制设计

土壤腐蚀性评价通过现场取样分析土壤电阻率、含水量、氯离子含量等参数, 划分腐蚀等级为弱、中、强, 为防腐设计提供依据。阴极保护系统设计根据管道长度、土壤环境选择牺牲阳极或外加电流方式, 牺牲阳极采用镁

合金或锌合金材料, 外加电流系统需配置恒电位仪与辅助阳极地床。防腐层选择需考虑输送介质特性、运行温度及土壤环境, 三层PE结构防腐层具有优异机械性能与防渗性能, 环氧粉末涂层适用于高温工况, 沥青玻璃布涂层适用于经济性要求较高场景。施工要求包括: 防腐层涂敷前进行喷砂除锈至Sa2.5级, 涂敷过程中控制环境湿度与粉尘浓度, 涂敷完成后进行电火花检测确保无漏点。

3 燃气工程施工技术

3.1 土方工程施工

沟槽开挖需根据地质条件选择机械或人工方式, 在软土地层采用分层分段开挖, 硬质岩层采用爆破配合机械清渣。支护结构根据开挖深度与土质情况选用钢板桩、拉森桩或土钉墙, 深基坑需设置腰梁与角撑增强整体稳定性。地基处理针对不同地质条件采取换填、夯实或注浆加固措施, 确保地基承载力满足设计要求。回填作业分层夯实, 每层虚铺厚度不超过300毫米, 管顶500毫米范围内采用细粒土回填并人工夯实, 避免损伤防腐层。路面恢复按原结构层厚度逐层摊铺压实, 沥青路面需控制摊铺温度与碾压遍数, 混凝土路面需设置传力杆并做好切缝养生。

3.2 管道安装工艺

钢管焊接采用氩弧焊打底、手工电弧焊填充盖面工艺, 坡口角度与钝边尺寸严格按规范加工, 环境风速超标时需设防风棚保障质量。聚乙烯管连接根据管径选用适配工艺, 小口径 (de90及以下) 宜电熔焊接, 较大口径优先全自动热熔对接, 特殊场景大口径可电熔连接。连接前需擦拭管材杂质、校直管端, 确保端面平整对齐, 加热板温度精准控制, 焊接压力与冷却时间严格遵循参数, 冷却期间严禁施加外力。钢制管道下沟采用专用吊具平稳吊装, 避免划伤防腐层; 曲线段设柔性接头或冷弯工艺敷管, 满足走向需求。管道敷管后, 根据管材特性开展功能性试验。钢制管道需水压试验, 执行强度与严密性试验, 压力及稳压时间符合标准; 聚乙烯管道开展对应压力试验, 全程规范操作, 确保承压与密封达标。

3.3 穿越工程施工

顶管施工根据管径选择泥水平衡或土压平衡顶管机, 导轨安装垂直度偏差不超过3毫米。顶进过程中应实时监测管道轴线偏差, 及时通过调整千斤顶行程与方向实施纠偏。定向钻施工先进行导向孔钻进, 每钻进2米需检测一次轨迹数据。扩孔作业分级进行, 最终扩孔直径应达到管道外径的1.5倍。回拖阶段须精确控制拖速与泥浆流量, 保障管线回拖顺畅。架空跨越施工采用桁架结构或独立墩柱, 支架安装前需完成基础承载力检测。管道跨

越铁路或公路时,净空高度必须满足相关交通规范要求。所有焊接作业完成后,应对环焊缝进行超声波探伤。穿越工程各项工艺均需严格遵循专业技术标准,确保结构安全与施工质量符合工程设计要求^[4]。

3.4 场站设备安装

储罐安装前核查基础沉降观测数据,采用液压千斤顶配合倒链进行就位,安装垂直度偏差不超过高度的1‰。储罐高度为10米时,垂直度偏差不超过10毫米。工艺管道预制在专用平台进行,组对时控制错边量与间隙,焊接完成后进行酸洗钝化处理。错边量不超过壁厚的10%且不大于1毫米,组对间隙为1-3毫米。设备调试先进行单机试运转,检查电机转向与轴承温升,联动调试时模拟实际工况验证控制系统可靠性,试运行期间连续监测压力、流量等参数,记录设备运行状态数据。电机轴承温升不超过40℃,试运行时间不少于72小时。

4 质量控制与安全管理

4.1 施工质量控制体系

材料进场检验程序严格遵循"三证一标"原则,核查质量证明文件、出厂检验报告及合格证,对管材、阀门等关键材料进行外观尺寸抽检与性能复验,不合格材料立即清退并记录归档。工序质量控制点设置覆盖开挖、焊接、回填等关键环节,明确各环节验收标准与责任人,例如沟槽开挖需检测底宽、边坡坡度,焊接工序需核查焊工资质与工艺评定报告。质量记录与档案管理采用电子化与纸质化并行模式,施工日志、检验报告、试验数据等资料按分部分项工程分类存储,确保可追溯性,工程竣工后移交建设单位与城建档案馆双重保管。

4.2 焊接质量控制

焊工资格管理实施动态考核制度,持证焊工需定期参加技能复审,项目开工前进行现场实操考核,不合格者禁止参与关键焊缝施工。焊接工艺评定依据管道材质、规格及输送介质编制专项方案,经监理单位审批后实施,评定报告需包含焊接参数、热处理曲线及力学性能试验数据。无损检测方法要根据管道材质与压力等级合理选择,其中钢管对接焊缝采用射线检测;聚乙烯管热熔接头则进行外观及翻边检查,由专业人员做好记录,且要注意,无损检测单位不可出具聚乙烯燃气管道的检测报告。

4.3 施工现场安全管理

危险源识别与控制通过LEC分析法评估风险等级,对

高处作业、动火作业、有限空间作业等高风险工序制定专项控制措施,例如动火区域设置警戒线并配备灭火器材。安全防护措施实施涵盖个人防护与设备防护,施工人员配备安全帽、防静电服、防护手套,施工机械安装漏电保护装置与防护罩,交叉作业区域设置硬质隔离棚。应急预案制定要点包括明确应急组织架构、响应程序与救援资源,定期组织消防演练与燃气泄漏处置模拟,确保应急物资储备充足且处于有效期内。

4.4 燃气泄漏防控

施工中泄漏预防措施包括采用防爆型施工设备、控制动火作业范围、对已安装管道进行氮气置换,管道连接部位使用肥皂水进行气密性检查,发现气泡立即返工处理^[5]。带气作业安全规程要求作业前制定专项方案并报燃气管理部门审批,作业区域划定警戒范围并疏散无关人员,操作人员穿戴防静电服并使用铜制工具,作业过程中持续监测燃气浓度,浓度超标立即停止作业。通气前需开展全面安全检查,重点核查钢制管道强度试验、各类管道严密性试验及管道吹扫的完整记录,同时对调压站、阀门井等关键节点进行人工复检,使用可燃气体检测仪逐段排查,确认无泄漏隐患后签署通气确认单,保障通气作业安全。

结束语

城镇燃气工程设计与施工是一项复杂且系统的工程,涉及多个环节与众多细节。从设计阶段的精准规划到施工过程中的严格把控,再到质量与安全管理的全面落实,每一个步骤都紧密相连、缺一不可。只有做好这些工作,才能打造出高质量的燃气工程,为城镇居民提供稳定、安全的燃气供应,促进城镇能源结构的优化与可持续发展。

参考文献

- [1]贾林.探究城镇燃气工程设计与施工[J].房地产导刊,2022(8):135-137.
- [2]朱尧尧.基于顶管施工技术的城镇燃气管道建设方案[J].科学技术创新,2025(7):189-192.
- [3]张晨.城镇燃气设计和施工中存在的问题及对策[J].中国高新科技,2022(16):150-151.
- [4]张超.城镇燃气管道工程设计与施工[J].中国化工贸易,2022(25):130-132.
- [5]孙士娇.城镇燃气管道工程质量与安全技术管理措施[J].石化技术,2025,32(4):353-354.