燃气工程中的燃气输配技术分析

王 颖 米 健 刘姗姗
山东港华燃气集团有限公司 山东 济南 250014

摘 要：燃气输配技术是燃气工程的关键，对保障燃气稳定供应与安全至关重要。本文深入分析了燃气输配技术的基础架构、系统组成要素、运行管理及安全控制。涵盖管网体系、调压计量装置、储气调峰设施等组成，阐述压力流量调控、管网巡检等运行管理要点，以及防泄漏、应急响应等安全控制措施，旨在为燃气输配技术的优化与应用提供全面参考。

关键词：燃气工程；燃气输配；技术分析

引言

燃气作为现代能源体系的重要组成部分，广泛应用于工业生产、居民生活等各个领域。燃气工程中的燃气输配技术，作为连接气源与终端用户的关键环节，其重要性不言而喻。它不仅关乎燃气能否稳定、安全地输送到用户手中，还影响着整个能源系统的运行效率与可靠性。深入研究燃气输配技术，对于提升燃气供应质量、保障能源安全具有重大意义。

1 燃气输配技术基础架构

燃气输配技术作为燃气工程核心环节，承担着连接气源与终端用户的关键任务。该技术体系涵盖管道输送、储气调峰、调压计量及安全控制四大模块，核心功能在于实现燃气从高压气源到低压用户的稳定输送，满足不同场景下对压力、流量及用气连续性的需求。系统架构以管网为骨架，以调压站、储气设施为节点，通过智能监控与调度系统实现全流程动态管理。管网作为输送载体，需具备耐压、耐腐蚀特性；调压站作为压力转换枢纽，需实现精准调压；储气设施作为供需平衡调节器，需具备快速响应能力；安全控制系统作为运行保障，需覆盖全流程风险防控。

2 燃气输配系统组成要素

2.1 管网体系

管网体系依据压力等级划分为高压、中压、低压三级网络，不同等级管网在功能定位、设计参数、管材选用及布局规划上存在差异[1]。高压管网主要承担长距离输送燃气的任务，设计压力通常高于 4.0MPa。为确保在高压状态下输送过程的安全可靠，采用厚壁钢管，这种钢管具备足够的强度和韧性，能够承受高压燃气的冲击。配备超压保护装置，当管网内压力异常升高超过设定值时，该装置会自动启动，通过泄压等方式将压力控制在安全范围内，防止管道破裂等事故发生。中压管网作为区域分配网络，压力范围在 0.4-1.6MPa 之间。它连接高压管网与低压入户管网，起到承上启下的作用。在管材选用上，兼顾经济性与安全性，可采用 PE 管或无缝钢管。PE 管具有耐腐蚀、重量轻、安装方便等优点，适用于地质条件相对较好、对成本有一定要求的区域；无缝钢管则强度高、耐压性好，适用于对管道强度要求较高、地质条件复杂的区域。低压管网直接服务终端用户，压力低于 0.01MPa。为降低泄漏风险，同时简化安装维护流程，优先选用 PE 管。低压管网的布局需综合考量城市规划、地质条件及用户分布情况。要依据城市的功能分区和建设规划，合理确定管网的走向和敷设位置，确保管网覆盖全面，使所有用户都能便捷地使用燃气。

2.2 调压与计量装置

调压与计量装置在燃气输配系统中起着调节压力和准确计量用气量的关键作用。调压装置通过门站、区域调压箱等设备实现压力的逐级降低。根据不同的使用场景和调压要求，调压器分为多种类型。直接作用式调压器适用于低压小流量场景，其工作原理是依靠弹簧力直接控制阀门开度，当进口压力或出口流量发生变化时，弹簧力与燃气压力相互作用，使阀门开度相应改变，从而保持出口压力稳定。间接作用式调压器通过指挥器控制实现高精度调压，适用于中高压大流量场景。指挥器能够感知出口压力的变化，并根据变化情况调整主调压器的信号压力，进而精确控制阀门开度，确保出口压力稳定在设定值。组合式调压柜集成了过滤、调压、计量功能，将多个设备集成在一个柜体内，减少了设备占地

面积，提高了系统集成度，便于安装、维护和管理。计量仪表是准确记录用户用气量的重要设备，常采用涡轮流量计、超声波流量计等。涡轮流量计通过测量燃气流动时带动涡轮旋转的转速来计算用气量；超声波流量计则利用超声波在燃气中传播的时间差来测量流速，进而计算用气量。为提升计量精度，配备温压补偿模块，能够根据燃气的温度和压力变化对计量结果进行修正，消除温压变化对计量准确性的影响。智能远传系统通过通信模块实现数据的实时上传与远程阀控，燃气公司可以实时掌握用户的用气情况，为用气结算提供准确数据。

2.3 储气调峰设施

储气调峰设施用于平衡燃气供需之间的差异，确保在不同时间段内都能稳定供气，主要包括高压管道储气、LNG 储罐及地下储气库。高压管道储气利用管网的弹性调节日用气波动。当用气量较低时，通过提高管网压力储存燃气；当用气高峰到来时，降低管网压力释放燃气，适用于短期调峰需求。这种储气方式无需额外的储气容器，投资相对较小，但调峰能力有限[2]。LNG 储罐通过低温液化技术将燃气转化为液态进行高密度储存。它适用于季节调峰与应急供气，具有储存周期长、响应速度快的特点。在燃气需求较低的季节，可以将多余的燃气液化储存起来；当出现突发情况或用气高峰时，能够迅速将液态燃气气化并输入管网，保障供气的连续性。地下储气库利用岩层或盐穴储存燃气，储气容量大，是保障长期供气稳定的关键设施。其建设地点需根据地质条件进行选择，确保地下结构稳定，能够安全地储存大量燃气。储气设施选型需综合考虑用气规律、地理条件及经济性等因素，确保调峰能力与实际用气需求相匹配，实现燃气供应的稳定和经济运行。

3 燃气输配技术运行管理

3.1 压力流量动态调控

燃气输配系统采用分级调压方式实现压力平衡。高压管网压力由门站进行调控，门站作为燃气进入城市管网的关键节点，根据整体用气需求和管网运行状况，精确调节高压燃气的压力，使其符合后续输送和分配的要求。中压管网压力则由区域调压站负责调整，区域调压站根据特定区域内的用气特点和压力需求，将高压燃气进一步降压至中压，以满足该区域内各类用户的用气压力范围。低压管网压力通过用户端调压器维持稳定，用户端调压器根据用户设备的用气压力要求，将中压燃气降压至合适的低压，确保用户设备能够正常、安全地运行。流量调控基于用气负荷预测模型，并结合 SCADA 系统实时数据。用气负荷预测模型通过对历史用气数据、气象条件、节假日因素等多方面信息的分析和计算，预测不同时间段内的用气量。SCADA 系统则实时采集管网中的压力、流量、温度等参数，为流量调控提供准确的数据支持。根据这些数据，系统自动调节压缩机与储气设施的运行参数。在高峰时段，提升中压管网压力，以补充低压管网的需求，确保用户能够获得足够的燃气供应；在低谷时段，通过储气设施吸收多余的燃气，避免燃气在管网中积压，实现供需的动态平衡。在制定调控策略时，需要充分考虑管网的承压能力、设备的运行效率以及用户的用气特性。如果压力波动过大，可能会影响供气质量，导致用户设备无法正常工作，甚至引发安全事故。

3.2 管网巡检与泄漏检测

管网巡检采用人工与智能设备相结合的方式。人工巡检重点检查管道防腐层、阀门井及穿越段等关键部位。巡检人员通过目视观察管道表面是否有破损、腐蚀等情况，通过敲击管道听声音判断是否存在空洞等异常。智能设备包括巡检机器人、无人机等，这些设备搭载高清摄像头与传感器，能够对管道表面缺陷进行检测，并采集相关数据。巡检机器人可以在管道内部或地面沿着管道行走，对管道进行全方位的检查；无人机则可以从空中对大面积的管道区域进行巡查，提高巡检效率。泄漏检测技术包括激光甲烷遥测、红外热成像及声波检测等，覆盖地下管道全生命周期。激光甲烷遥测通过光谱分析原理检测燃气泄漏，当激光束照射到泄漏的燃气时，会根据燃气的光谱特性产生相应的信号，从而判断是否存在泄漏。红外热成像通过检测温度差异来定位泄漏点，燃气泄漏会导致周围环境温度发生变化，红外热成像仪可以捕捉到这些温度变化，进而确定泄漏位置。声波检测通过分析管道振动信号识别泄漏，燃气泄漏时会产生特定的振动信号，声波检测设备可以采集并分析这些信号，判断是否存在泄漏以及泄漏的位置[3]。智能巡检系统搭载 AI 算法，能够自动识别管道破损、第三方施工侵入等隐患，并生成数字化报告。系统通过对采集到的各种数据进行融合分析，实现泄漏风险预警与精准定位。

3.3 气质监测与净化处理

气质监测通过气相色谱仪连续分析燃气组分。气相色谱仪能够将燃气中的不同组分进行分离，并检测各组分的浓度，从而提供详细的燃气气质数据。通过监测甲烷含量、热值及沃伯指数等指标，确保燃气质量符合标准要求。净化处理采用分子筛脱水、胺法脱硫及活性炭吸附工艺。分子筛脱水利用分子筛的吸附作用去除燃气

中的水分，将水露点控制在规定范围内。胺法脱硫通过化学反应去除燃气中的硫化氢等酸性气体，将总硫含量控制在 5mg/m³ 以下。活性炭吸附则通过物理吸附作用去除燃气中的微量杂质，进一步提高燃气的纯度。净化系统配备在线监测装置，实时反馈处理效果，并根据处理效果自动调整工艺参数，以维持气质稳定，确保供气质量符合终端用户的需求。

4 燃气输配技术安全控制

4.1 防泄漏技术体系

管道材料选择上，高密度聚乙烯管与无缝钢管是常用选项。高密度聚乙烯管具备耐腐蚀、柔韧性佳的特性，无缝钢管则以强度高、耐压性好见长。接口连接采用激光焊接与机械密封技术。激光焊接利用高能量激光束实现管道精准连接，机械密封依靠密封件达成接口密封。涂层保护方面，采用环氧粉末与三层 PE 结构提升管道耐腐蚀性。环氧粉末涂层通过静电喷涂工艺均匀附着于管道表面；三层 PE 结构由熔结环氧底层、胶粘剂中间层和聚乙烯外层构成，各层协同作用增强防腐效果[4]。泄漏检测系统部署气体传感器，结合 SCADA 系统对管道运行状况进行 24 小时实时监控。一旦检测到燃气泄漏，系统自动触发报警并精准定位故障点，为后续处理提供准确信息。紧急切断装置安装在调压站、阀门井等关键节点，具备自动与手动操作功能。当发生泄漏时，可迅速切断气源，防止燃气进一步泄漏导致事故扩大，保障周边环境和人员安全。

4.2 应急响应机制

应急响应流程分为泄漏处置、用户疏散和供气恢复三个阶段。泄漏发生时，系统立即自动关闭上下游阀门，切断燃气供应路径，同时启动排风装置降低现场燃气浓度，降低爆炸风险。随后，通知消防、医疗等部门协同处置，消防部门负责现场灭火与救援工作，医疗部门对受伤人员进行及时救治。用户疏散通过广播、短信等多种方式迅速通知受影响区域用户，并设置临时安置点，为疏散用户提供基本生活保障，确保用户生命安全不受威胁。供气恢复阶段，在检测管网安全后逐步恢复压力。检测内容包括管道完整性、阀门密封性等，确保管网无泄漏、无损坏，避免因恢复供气引发二次事故。定期组织应急演练，通过实战演练验证应急响应流程的有效性，优化响应时间，提升整体应急处置能力。

4.3 安全培训与认证

从业人员需接受专业培训并通过认证考试，培训内容涵盖管道操作、设备维护及应急处置等模块。培训方式采用理论授课与实操演练相结合，理论授课包括燃气输配技术原理、安全规范等知识讲解，实操演练包括设备操作、泄漏处置等技能训练，确保员工熟练掌握安全操作技能[5]。企业建立安全档案，详细记录员工培训记录与考核结果，并将其作为岗位晋升的重要依据，激励员工主动提升安全意识与技能水平。

结语

燃气输配技术涉及多个复杂环节，从基础架构的搭建到系统组成要素的协同，从运行管理的精细调控到安全控制的全面保障，每一个方面都至关重要。通过不断优化管网体系、提升调压计量与储气调峰能力，加强运行管理中的压力流量调控、管网巡检与气质监测，以及完善安全控制中的防泄漏、应急响应与安全培训等措施，能够有效提升燃气输配技术的水平，为燃气的稳定供应和安全使用提供坚实保障，推动燃气行业持续健康发展。

参考文献

[1] 王皓. 燃气工程中的燃气输配技术分析 [J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2025(9):017-020.

[2] 王云龙. 燃气工程项目中的输配技术研究 [J]. 中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术,2026(1):124-127.

[3] 王义, 华文丹, 余弦, 李涛, 何开朝. 绿色施工技术在燃气发电工程中的应用 [J]. 能源新观察,2026(2):85-86.

[4] 姜乐, 吴斌. 基于城镇燃气输配中的智慧化燃气技术应用研究 [J]. 化工管理,2026(5):84-87+128.

[5] 吴鹏飞. 燃气输配技术在燃气工程项目中的应用分析 [J]. 中国厨卫,2025,24(5):278-280.