

燃气管道施工关键技术与应用研究

张志强

宿迁中石油昆仑燃气有限公司, 江苏 宿迁 223800

[摘要]燃气管道工程作为城市基础设施建设的重要组成部分,直接关系到民生保障、城市的公共安全以及燃气行业的稳定运行。文章对城镇燃气管道施工核心技术进行系统性的分析,明确各个环节关键技术要点以及实操管控要求,在此基础上构建全过程的质量管控体系,对施工风险防控的核心要点进行深入剖析,探讨燃气管道施工智能化升级、绿色低碳建造的未来发展方向。研究表明,实施全流程的标准化施工模式、应用先进的施工工艺、落实全周期闭环管控机制,可以确保燃气管道施工的质量,规避各类安全风险,以供参考。

[关键词]燃气管道; 施工关键技术; 管道敷设; 防腐防护; 质量管控; 试压验收

DOI: 10.33142/sca.v9i3.19376

中图分类号: TU996.7

文献标识码: A

Research on Key Technologies and Applications of Gas Pipeline Construction

ZHANG Zhiqiang

Suqian PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Suqian, Jiangsu, 223800, China

Abstract: As an important component of urban infrastructure construction, gas pipeline engineering is directly related to people's livelihood security, urban public safety, and the stable operation of the gas industry. The article systematically analyzes the core technologies of urban gas pipeline construction, clarifies the key technical points and practical control requirements of each link, and constructs a quality control system for the entire process based on this. It deeply analyzes the core points of construction risk prevention and control, and explores the future development direction of intelligent upgrading and green low-carbon construction of gas pipeline construction. Research has shown that implementing a standardized construction mode throughout the entire process, applying advanced construction techniques, and implementing a closed-loop control mechanism throughout the entire cycle can ensure the quality of gas pipeline construction and avoid various safety risks for reference.

Keywords: gas pipeline; key construction technologies; pipeline laying; anti-corrosion protection; quality control; pressure test acceptance

引言

随着我国新型城镇化建设进程的持续推进,城镇燃气基础设施配套体系也不断完善,燃气管网建设规模逐渐扩大,燃气普及应用不仅有助于提高城乡居民的生活质量,而且可以推进我国能源结构转型以及绿色低碳发展。城镇燃气管道工程具有作业环节繁多、施工工序繁杂、技术管控节点密集等特点,施工工艺的管控质量对工程的整体安全以及后期运行的稳定性有着直接的影响。目前城镇燃气管道工程建设中受地下管线交叉施工干扰、沿线地质条件复杂多变等相关因素的影响,任何一项工艺执行不规范、技术把控不到位,均会引发燃气泄漏、爆炸等重大安全事故。基于此,系统梳理城镇燃气管道核心施工技术体系,规范各类关键技术的现场实施流程与管控标准对于提高燃气管道工程整体建设质量尤为关键,保障燃气输配系统

长期安全稳定运行。

1 燃气管道特点分析

在燃气管道的建设过程中,为了契合建筑设计的整体布局以及满足现场复杂的施工环境,通常需要铺设较长距离的管道,属于远距离传输状态。然而,这种特性使得天然气管道在长期运行过程中容易出现脱节、裂缝等结构性问题。一旦发生异常情况,天然气便会发生泄漏,对人类的安全造成严重的威胁,同时也会导致巨大的财产损失。同时,鉴于燃气管道太长,难以保证天然气能够稳定地传输至既定距离,这就需要在实际传输过程中施加高压,但是对于高压的压力程度要精确控制,避免压力过大导致管道炸裂,也要避免压力不足,天然气传输距离过近。所以,为了确保燃气管道系统的高效、稳定、安全运行,在燃气管道施工前要合理布局、精确规划。

2 燃气管道施工前期勘测与准备关键技术

2.1 施工现场精准勘测技术

施工现场实施地上、地下一体化综合勘察，地表重点测绘建筑物的分布，地形地貌以及交通状况等；地下部分主要探查既有管线的走向、土层特性以及地下水水位。对于复杂的区段，建议采用专业无损探测设备进行非接触的扫描，精准生成地质剖面以及管线综合成果图，开展土壤腐蚀性等级评定、高程与坐标精密测控，科学确定管道轴线走向及埋设深度，确保现场施工全过程严格契合设计标准。

2.2 图纸会审与技术交底技术

图纸的会审工作实行多方联合审核机制，通过由施工、建设、设计、监理四方共同参与图纸的会审工作，在会审过程中重点核对管线的埋设深度、走向、压力等级等关键参数，对图纸错漏与矛盾之处进行排查，优化重难点段落施工方案，形成正式的会审纪要归档。技术的交底严格执行分级分层管理制度，首先由设计单位向施工总承包单位进行综合设计交底，同时需要详细阐述设计理念、质量控制要点、关键构造、技术标准等相关要点。由项目技术的负责人向作业班组开展分工序的专项技术交底，同时需要详细讲解施工工艺流程，安全防护措施，质量验收标准等，确保各级人员可以全面、正确地掌握技术要求，杜绝违规操作。

2.3 管材与设备选型检验技术

燃气管道管材主要分为两大类，一类是钢管，另一类是聚乙烯（PE）管。在管材的选用上，PE 管材适用于中低压工况，无缝钢管适用于次高压工况。管材的选型必须严格按照设计文件以及国家现行标准执行，在材料进场之前首先进行全面的质量检测，PE 管核验熔体流动速率等关键性能参数，钢管重点检测壁厚偏差等指标，确保所有的材料合格，配套附属设备均需完成强度试验与严密性试验。

3 燃气管道核心施工关键技术研究

3.1 管道敷设施工技术

管道敷设分为开挖敷设与非开挖敷设两大类，两类技术参数与适用范围详见表 1。

开挖敷设施工工艺造价经济，成熟可靠，通常是常规路段管道的首选施工方式。在沟槽开挖的过程中对槽底高程以及边坡稳定性进行严格的控制，严禁挖超并避免扰动原状的基底土体。在沟槽开挖的过程中如果遇到软土、软弱夹层等不良地基时，根据具体的情况采取加固、换填或改良处理。为了防止管材损伤及防腐层破损脱落，管道吊装就位采用专用柔性吊具与合理吊点布置，且注意轻吊稳放。非开挖敷设技术无需大面积破除路面与开挖地表，对

周边的交通、建筑物绿化干扰较小，尤其适用于管线密集、场地受限且环境敏感复杂的路段。但是在施工的过程中需要实时监测导向轨迹，防止管道偏移；回拖/顶进阶段匀速连续作业、平稳控制力，避免管道受力不均出现管道变形、接口开裂及防腐破坏。

表 1 燃气管道不同敷设方式技术参数对比

敷设方式	适用场景	核心工艺要点	质量控制指标
开挖敷设	开阔地段、无地下障碍物、交通压力小区域	沟槽开挖→基底处理→管道吊装就位→沟槽回填	沟槽边坡坡度符合土质要求，基底平整无尖锐杂物；管道埋深满足冰冻线与荷载要求，中心线偏差≤50mm，高程偏差≤±15mm
非开挖敷设（定向钻、顶管）	城区主干道、穿越河流/建筑物、地下管线密集区域	导向孔施工→扩孔→管道回拖/顶进→孔洞封堵	管道轴线偏差≤100mm，无管道扭曲、破损，孔洞封堵严密无渗漏

3.2 管道连接与密封技术

管道连接与密封是防止燃气泄漏的核心工序，不同管材适配不同连接方式，连接质量直接决定管道系统的密封性与结构稳定性，核心连接技术分为钢管连接与 PE 管连接两大类。

钢管连接采用焊接连接与法兰连接，焊接优先选用钨极氩弧焊打底+电弧焊填充盖面复合焊接工艺，在焊接前需要进行预处理，对管材坡口进行打磨处理，将铁锈、油污、氧化皮等杂质彻底清除干净，避免焊接缺陷。在焊接过程中，根据管材的材质以及壁厚，合理控制焊接的电流、电压以及焊接速度。焊接完成之后进行全面的检测，确保焊缝外观成型饱满，无咬边、裂纹、气孔、未焊透等缺陷，未存在质量缺陷后方可进入下道工序施工。法兰连接时需要确保端面的平衡度，同轴度，对法兰密封面进行彻底的清理，去除锈渍、杂质、划痕等。根据管道的设计压力、输送介质特性，合理选择密封垫片，螺栓均匀涂覆防咬合剂，对称均匀拧紧，控制紧固力矩一致，确保法兰连接处密封严密，无渗漏隐患。

PE 管连接采用热熔对接连接与电熔连接，热熔对接施工过程中对加热的温度、吸热压力、加热时间等相关参数进行严格的把控，加热温度宜稳定控制在 200~230℃ 区间，防止温度偏低导致界面熔融不足、接头强度下降，温度过高造成管材热氧化、碳化降解。电熔连接尤其适用于小口径管道与复杂节点，在焊接之前，对管材以及电熔管件的接触面进行彻底的清洁处理，将杂质、水分、油污去除干净。在焊接的过程中要确保供电电压的稳定性，熔

接完成之后严禁进行外力敲击。两种连接工艺施工完成之后，需要进行严格的破坏性剥离试验以及外观质量检测，确保无孔洞、裂纹、脱开、渗漏等质量缺陷。

3.3 管道防腐与防护技术

埋地燃气管道长期处于土壤环境中，容易受到电化学腐蚀、土壤腐蚀等相关因素的影响，从而造成管道壁厚减薄、破损泄漏。基于此，为了延长导管的使用寿命，防腐与防护技术是关键，核心分为外防腐层施工与阴极保护技术两大类，技术体系结构如图1所示。

埋地钢质管道外防腐层优先采用三层聚乙烯（3PE）防腐层，该体系的综合性能优异，具备抗机械冲击、耐化学腐蚀、密封性好等优势。在施工阶段对成型的质量进行严格把控，确保表面无翘边、破损、气泡等外观缺陷，防腐层与钢管基体界面黏结紧密。针对管道局部补伤或焊口接口区域，选用辐射交联聚乙烯热收缩带实施补口修复作业，在补口之前对管道表面进行除锈处理，表面清洁度必须达到 Sa2.5 级喷射除锈标准，热收缩带搭接宽度符合规范要求，补口完工后采用电火花检漏仪进行全覆盖无损检测，检测电压 15000V，无漏点判定施工合格。

阴极保护技术作为防腐层的辅助防护手段，适用于长距离埋地钢管与强腐蚀地质，牺牲阳极法施工简便、无需外部电源，适用于中小管径管道；外加电流法保护范围广、效果持久，适用于大管径、长距离高压管道。阴极保护系统安装完成后，测试管道保护电位，确保电位控制在 $-0.85V \sim -1.2V$ 之间，达到长效防腐效果。

3.4 管道试压与验收技术

管道试压是检验管道施工质量、密封性与承压能力的最后一道技术关口，分为强度试验与严密性试验，两项试验依次进行，严禁省略或简化流程，试验介质优先采用压缩空气或氮气，严禁使用氧气与可燃性气体。

强度试验压力为管道设计压力的 1.5 倍，且不低于

0.4MPa，试验时缓慢升压，达到试验压力后稳压 1h，观察管道有无变形、破损，压降不超过试验压力的 10% 为合格。严密性试验在强度试验合格后进行，试验压力为设计压力的 1.15 倍，稳压时间不低于 24h，压降不超过允许范围为合格。试验过程中设置警示区域，严禁无关人员进入，试验合格后对管道进行吹扫清理，去除管道内部杂物、水分，确保管道内部洁净，方可完成竣工验收。

4 燃气管道施工质量与安全管控技术

4.1 全过程质量管控技术

采用“事前预防、事中控制、事后验收”的全过程质量管控模式，事前制定专项施工方案与质量控制细则，明确各工序质量标准；事中实行工序交接检验制度，每道工序完成后经监理单位检验合格，方可进入下一道工序，重点管控焊接、防腐、试压等关键工序，实行专人专岗负责；事后建立完整的施工技术资料档案，包含勘测记录、材料检验报告、施工记录、试压报告等，确保工程质量可追溯。

4.2 施工安全防护技术

燃气管道施工现场的安全管控重点围绕防爆、防火、防坍塌、防触电重大风险隐患实施精准管控。施工现场需要配齐合规的消防器材，在焊接动火之前，彻底清理作业半径内可能残留的危险品，搭设密闭防火隔离围挡，阻断火源蔓延路径。现场临时用电严格执行三相五线制布设，所有用电设备分级配置高灵敏度漏电保护，规范线路架空或埋地敷设，避免因漏电触电及电气引燃隐患。严格依据地质勘察土质参数及开挖深度规范放坡，搭设专项支护加固体系，在一定程度上防止土体发生滑坡或沟槽坍塌事故。同步专项编制施工应急处置预案，明确管道破损泄漏、燃气逸散、土方坍塌等突发险情分级响应、警戒封堵、抢修处置及人员疏散救援流程。定期组织全员参加应急演练活动，全面提高作业人员的风险预判能力以及实操救援能力。

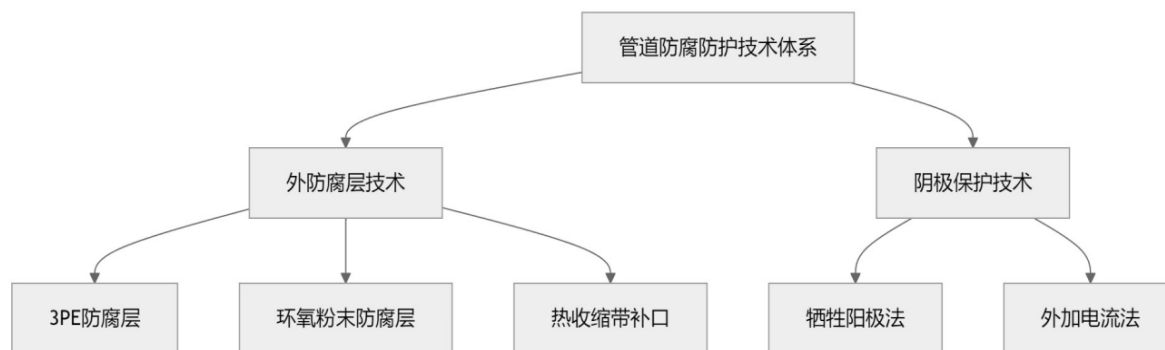


图1 燃气管道防腐防护技术体系框架

5 燃气管道施工技术发展趋势

随着现代工程建设标准的不断提高以及科技水平的持续迭代升级,结合行业技术革新规律与工程应用实际,燃气管道施工技术依托建筑信息模型(BIM)技术搭建管道施工全生命周期三维数字化模型,对施工全过程进行精准化的管控,从源头上避免施工偏差以及安全隐患。采用智能焊接机器人、自动化试压设备,替代传统人工操作模式,通过应用智能装备提升施工精度与效率。紧密围绕绿色低碳工程建设的要求,优化非开挖敷设工艺,减少地表植被破坏,土方大规模开挖以及扬尘污染。推广环保型防腐材料,优化施工废弃物回收处置流程,降低施工污染。研发高强度、耐腐蚀、轻量化新型管材,创新管道连接与防腐工艺,进一步提升管道使用寿命与安全性能。

6 结论

本文明确了施工前期勘测准备、管道敷设、连接密封、防腐防护、试压验收五大技术的工艺要点与质量控制标准,证实了各项关键技术的规范化、标准化实施,是保障燃气管道工程质量的核心前提。燃气管道施工属于高危专业性工程,为了实现工程质量达标、运行安全可靠,必须严格、精准把控每一道工序的技术参数,同时配套完善的质量与安全管控体系。

后续研究可进一步聚焦智能化施工技术与新型防腐材料的应用优化,突破复杂地质条件下的施工技术瓶颈,推动燃气管道施工技术向更高水平发展,为城镇燃气输配

系统的安全稳定运行提供更坚实的技术保障。

[参考文献]

- [1]罗亮,黄震.燃气管道工程的方案优化和施工技术管理[J].居舍,2019(13):53-53.
- [2]代骏.关于城镇燃气管道施工技术重点与注意事项的研究[J].科技创新与应用,2020(26):156-157.
- [3]安喆.城镇燃气管道施工技术重点与注意事项[J].山西化工,2021,41(6):86-88.
- [4]刘洋.城镇燃气管道施工技术重点及其注意事项[J].科技与创新,2018(6):66-67.
- [5]黄军.PE 管道燃气工程质量管理的关键控制环节[J].甘肃科技,2008,24(18):79-81.
- [6]代梅.城市燃气管道安装关键技术及施工管理要点阐述[J].中国石油和化工标准与质量,2017,37(22):59-60.
- [7]张灿立,王恕鹏.城镇燃气管道建设期完整性管理研究[J].石油石化物资采购,2019(10):108-108.
- [8]巩学林.燃气管道工程质量与技术管理[J].数码设计,2020,9(20):61-61.
- [9]陈罗彬.燃气管道施工过程管理和现场安全管理分析[J].工程建设与设计,2021(2):220-221.

作者简介:张志强(1989.2—),毕业院校:河北石油职业技术学院,所学专业:工程监理,当前就职单位:宿迁中石油昆仑燃气有限公司职务:技术员,职称级别:助理工程师。