

论市政项目天然气高压管道安装及防腐施工技术

隆永强

湖南建科工程项目管理有限公司 湖南长沙

DOI : 10.12238/jpm.v6i3.7767

[摘要] 市政高压燃气管道是城市能源供应系统的重要组成部分，其安装与防腐施工技术关乎燃气供应的安全稳定。高压燃气管道多处于复杂环境条件中，腐蚀问题是影响管道使用寿命的重要因素。基于此，文章分析了市政高压燃气管道安装过程中的关键技术，包括管道对接及焊接工艺、法兰连接方式、管道铺设等安装技术，探讨了阴极保护、涂层防腐及管材防腐等防腐技术，旨在提高管道的整体安全性，为市政项目中燃气管道系统的安全运行提供参考。

[关键词] 市政项目；燃气管道；管道安装；管道防腐

On the installation and anticorrosion construction technology of high-pressure pipeline of natural gas in municipal projects

Long Yongqiang

Hunan Jianke Engineering Project Management Co., LTD., Changsha, Hunan province

[Abstract] Municipal high-pressure gas pipeline is an important part of the urban energy supply system, and its installation and anti-corrosion construction technology are related to the safety and stability of the gas supply. The high pressure gas pipelines are mostly in complex environmental conditions, and the corrosion problem is an important factor affecting the service life of pipelines. Based on this, the paper analyzes the key technology in the process of municipal high pressure gas pipeline installation, including pipeline docking and welding process, flange connection mode, pipeline laying installation technology, discusses the cathode protection, coating and pipe anticorrosion technology, aims to improve the overall safety of pipeline, for the safe operation of gas pipeline system in municipal projects.

[Key words] municipal project; gas pipeline; pipeline installation; pipeline anticorrosion

引言

天然气高压管道是重要的市政基础设施，承担着城市能源供应的关键任务。随着城市化进程的不断推进，燃气管道系统的运行压力日益增加，高压燃气管道的安全性、稳定性和耐久性成为亟需解决的核心问题。管道施工质量直接影响燃气输送的安全性，防腐技术的应用则是延长管道使用寿命、防止腐蚀损害的重要保障。为应对复杂的施工环境及严峻的腐蚀挑战，需不断提高市政高压燃气管道的安装与防腐施工技术水平。本文探讨市政项目天然气高压管道安装及防腐施工技术，旨在为提高市政燃气管道系统的安全性提供参考。

1 市政高压燃气管道施工关键技术

1.1 管道对接与焊接工艺

市政高压燃气管道施工中的焊接工艺是确保管道安全稳定运行的关键技术之一。管道对接过程中，首先要确保焊接接口的紧密度、稳定性。

(1) 坡口必须全面清理，确保焊接处的内外管壁无明显

污垢或铁锈。例如，聚乙烯管道施工中翻遍切除检查是必要步骤，可去除可能影响焊接效果的杂质。

(2) 管道安装定位要求严格，管道中心线必须对齐，确保同一水平线，保证管道内壁平整。对接管道的厚度应保持一致，焊缝厚度控制在管道厚度的10%以内。如管道厚度不同，焊缝厚度需控制在相对管道厚度最小的20%以内，确保焊接处强度。

(3) 焊接作业时选择合适的电焊方式，预留1~2mm空隙，保证焊点数量、管道管径相匹配，焊点尺寸控制在6~13mm之间。焊接前的准备工作，包括对管道材质的检查与清洗，确保焊接处没有污染物，管道内壁平整稳定。焊接质量要经过严格的试验验证，试件材质应与燃气管道一致，且电焊一致性要好。

1.2 法兰连接方式

法兰连接是市政高压燃气管道的主要连接方式，其主要优势在于操作简便、拆卸方便，适应各种工况。

(1) 法兰类型的选择：根据管道工作压力、工作环境选择适合的法兰类型。常见法兰类型包括平焊法兰、对焊法兰、螺纹法兰等。高压燃气管道一般采用对焊法兰，其具有更好的密封性、耐压能力；

(2) 密封面处理：法兰密封面直接影响连接的密封效果，常见密封方式包括平垫密封和楔形垫片密封。对于高压管道，密封面需进行精密加工，确保表面光滑平整，以提高密封垫片的压紧效果，避免接口处泄漏；

(3) 法兰紧固工艺：法兰紧固需根据规定的扭矩值均匀施加力矩，避免因不均匀的紧固力造成密封失效或法兰变形。对于大口径法兰，使用螺栓交叉拧紧法，以确保法兰连接牢固；

(4) 安装时的环境要求：高压燃气管道施工中需确保法兰连接部位的清洁，避免杂质进入法兰间隙影响密封效果。安装时需确保法兰与管道中心对齐，避免因偏斜造成密封不严。

1.3 燃气管道铺设

燃气管道的铺设涉及管道的埋设深度、支撑结构、施工工艺等多个技术要点。

(1) 埋深要求与安全规范：高压燃气管道的埋深直接影响其安全性。根据规范高压燃气管道的埋深不低于1.2m，需避免外部冲击、机械损伤。特殊地段，如穿越交通密集区域或易受灾害影响的地区，埋深可适当增加，以确保管道安全。

(2) 管道支撑固定：铺设过程中需设置支撑结构，防止因地面沉降导致管道变形断裂。支撑常采用钢制支架、混凝土基础等形式，要求具有足够的强度。支撑间距不超过2m，确保管道受力均匀，避免因局部压力过大引发管道破裂。

(3) 管道焊接：管道焊接严格按照《钢制管道焊接技术规程》进行，确保焊缝无裂纹、气孔等缺陷，避免焊接不良导致管道破裂。焊接质量通过X射线检测、超声波检测等无损检测手段验证。为防止腐蚀，焊接区域需做好表面清理，涂覆防腐涂层，确保焊接接头长期耐腐蚀性。焊接过程中注意焊接工艺控制，避免因热影响区的过度加热降低钢管机械性能。焊接后需进行管道冷却处理，减小应力集中，避免管道开裂。

(4) 管道排水设计：对于长距离铺设的燃气管道，必须考虑管道坡度设计。要求管道有适当坡度(0.1%-0.3%)，以便天然气在管道中顺畅流动，避免积水或气体回流问题。必要时需设置排水装置，以保证管道内部干燥，防止水分对燃气质量产生不良影响。

2 市政高压燃气管道防腐技术

2.1 阴极保护技术

阴极保护技能有效延缓管道的电化学腐蚀，增加管道使用寿命。其核心原理是通过外加电流或牺牲阳极方式，使管道表面成为阴极，抑制腐蚀反应的发生。

(1) 外加电流法：外加电流法(也称为强制电流阴极保护)是最常用的阴极保护方式。通过在管道外部设置阳极(如铝合金、钢铁阳极等)，通过直流电源提供电流，确保管道表

面电位降低至安全范围(-0.85V到-1.1V相对于铜/硫酸盐电极)。该方法适用于长距离、难以直接接触的管道防腐，且电流强度通常为几安培，以保证均匀保护。

(2) 牺牲阳极法：牺牲阳极法相对简单，一般采用镁、锌或铝合金等材料作为阳极，利用这些金属材料在腐蚀过程中优先腐蚀的特性，保护管道不受腐蚀。该方法适用于较小范围的管道保护，其安装周期短，经济性较好，常见的牺牲阳极保护系统设计电流密度一般为10-20 A/m²。

(3) 电位监测维护：为确保阴极保护效果，需定期监测管道表面电位，可使用便携式电位测量仪(如参比电极法)检测管道表面与参考电极之间的电位差。通过调整电源输出或更换阳极，保持管道电位在防腐范围内。电位监测的频率通常为每年一次，腐蚀高风险区域需增加监测频次。

(4) 防护区域：实际应用中，阴极保护系统设计需根据管道的埋深、土壤电阻率、管道材质等因素来定制。土壤电阻率是影响电流分布的关键因素，高电阻率土壤需要增加阳极的数量或提高电流强度。一般阴极保护防护半径可达50m，具体值需根据现场电流密度和土壤条件调整。

2.2 涂层防腐

管道表面涂覆特定防腐涂层，形成物理屏障，可避免管道与外部环境接触，达到防腐目的。涂层防腐，主要技术如下：

(1) 涂层材料选择：高压燃气管道的涂层材料需具备优异的耐腐蚀性、耐高温性和机械强度。常用涂层材料包括环氧树脂、聚乙烯、聚氯乙烯(PVC)以及聚脲涂层等。环氧树脂涂层因其优异的抗水性和附着力，广泛应用于管道内外涂覆。聚乙烯涂层则因其良好的抗磨损性、电绝缘性，适合于管道外层防腐。涂层厚度在500-1000 μm之间，以确保足够的保护性能。

(2) 涂层施工工艺与质量控制：涂层施工工艺对防腐效果至关重要。首先，管道表面必须彻底清理，进行表面处理，以去除锈蚀、油污及杂质。常见表面处理包括喷砂处理、酸洗等，表面粗糙度应达到2.5-3.0 μm，以提高涂层的附着力。涂层施工可采用手工涂刷、喷涂或滚涂等方法，喷涂时控制喷涂距离、涂层均匀性，确保涂层厚度符合规范要求。

(3) 涂层与管道的结合强度：涂层的附着力直接影响防腐效果，使用拉拔试验(ASTM D4541)来测试涂层与管道的结合强度。根据相关标准，涂层附着力应大于3 MPa，以确保管道在高压、动态环境下涂层不脱落。涂层施工过程中，需避免涂层表面产生气泡或裂纹，以防止防腐效果降低。

(4) 涂层的耐久性：涂层防腐技术的长期效果与涂层材料的耐久性密切相关。高压燃气管道处于地下潮湿环境，涂层需要具备良好的抗渗透性、抗紫外线性及抗机械冲击性。聚乙烯涂层对湿气的阻隔性较强，而环氧涂层则在耐酸、碱等化学介质方面表现突出。对于腐蚀性较强的环境，选用双层防腐体系，即在管道表面涂覆环氧涂层作为底层，聚乙烯作为外层。

(5) 涂层的检测维护：涂层施工完成后需进行全面检测，

以确保其防腐效果。如涂层厚度测量、涂层附着力的检测、气密性测试等。涂层厚度通常要求在 500-1000 μm 之间, 使用涂层厚度计进行无损检测。定期维护是涂层防腐技术有效性的保证, 定期检查涂层的完整性, 修复剥离、裂纹或磨损的部分, 避免局部腐蚀引发安全事故。

2.4 管材防腐措施

钢管是高压燃气管道常用的基础材料。通过优化钢材的合金成分, 增强管材的抗腐蚀性。例如, 钢材中添加铬 (Cr)、镍 (Ni) 等元素, 可提高钢管的抗氧化性和耐酸性。耐腐蚀钢材 (如不锈钢) 广泛用于腐蚀环境较为严重的区域, 具有较强的抗化学腐蚀能力, 尤其在地下土壤及水分较多区域。某些特殊环境中, 铸铁管材因其较强的抗腐蚀性能而被采用。灰口铸铁和球墨铸铁管材具有较好的耐腐蚀性, 特别是在土壤酸性较强的地区。球墨铸铁管在管道内壁会形成一层天然的氧化膜, 从而增强其抗腐蚀性。通常铸铁管材的壁厚在 5-12mm 之间, 可以承受较高内外压力。

近年来, 复合材料管道 (如玻璃纤维增强塑料管) 逐渐应用于燃气管道中。这类管道材料不仅具有优异的耐腐蚀性, 还具备较轻的重量和较高的强度。复合管道可通过优化树脂配方, 提高其耐化学腐蚀能力。其内外层的纤维结构能够有效防止水分和有害物质的渗透, 适用于化学腐蚀环境较为严重的区域。

2.5 管道内部防腐技术

燃气管道内部防腐技术主要针对管道内壁气体流动引起的水分、杂质及管道内气体引起的化学腐蚀, 主要包括以下内容:

(1) 环氧树脂内涂层: 环氧树脂内涂层广泛应用于燃气管道内壁防腐。环氧树脂具有优异的耐化学腐蚀性、良好的附着力和抗水性, 能够有效隔绝气体中的水分和腐蚀性物质。内涂层通常厚度为 200-400 μm , 能有效防止管道内部的腐蚀反应。

(2) 聚氨酯内涂层: 聚氨酯材料耐高温、耐溶剂, 具有良好的粘附性, 能在长期气流作用下保持稳定, 涂层厚度一般为 300 μm 左右。

(3) 化学清洗: 管道初期安装时可通过化学清洗 (如酸洗、碱洗等) 去除管道内部的锈垢和污物, 涂覆防腐层。这种方法可以有效减少内部腐蚀源头, 确保管道内壁光滑, 防止腐蚀物质积聚。

(4) 内衬复合材料管道: 内衬复合材料管道 (如玻璃钢) 在管道内部涂覆一层增强材料, 具有较强的耐腐蚀性、抗磨损性。其使用寿命长, 且能够有效防止气体中的水分、杂质引起的腐蚀。

结语

综上所述, 本文分析了市政燃气管道施工过程中的关键技术及防腐措施, 得出以下主要结论:

(1) 焊接、法兰连接和管道铺设等施工工艺需要严格按照标准规范执行, 特别是在管道对接、定位、焊接质量控制方

面应采取细致的技术手段, 以确保接头强度与密封性能。

(2) 管道的防腐技术是保障管道运行的关键, 阴极保护、涂层防腐和管材防腐等多种防腐方法的有效组合能显著延长管道使用寿命。阴极保护通过外加电流或牺牲阳极的方法, 抑制管道腐蚀; 而涂层防腐则通过优质涂料形成屏障, 抵御外部环境腐蚀。

(3) 选用耐腐蚀合金钢和复合材料的创新应用, 可增强管道的抗腐蚀能力。通过综合应用多种施工技术和防腐措施, 可有效保障市政高压燃气管道的安全运行, 减少维护成本, 提升管道系统的长期稳定性。

[参考文献]

[1]原一丁.燃气管道安装及其防腐技术分析[J].中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (08): 170-172;

[2]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 (06): 86-88;

[3]赵伟.燃气管道安装及其防腐技术探讨[J].河北农机, 2021, (08): 150-151;

[4]肖剑, 孙轶, 王怡, 等.燃气管道安装及其防腐技术探讨[J].能源技术与管理, 2020, 45 (02): 155-156+177;

[5]李宜阳.城市燃气管道安装关键技术及施工管理要点[J].化学工程与装备, 2021, (12): 145-146;

[6]孙伟, 易晓玲.城市燃气管道安装关键技术及施工管理要点分析[J].中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (02): 90-92;

[7]于芳蕾, 吉彦彬.长输燃气管道的防腐控制技术研究[J].山东化工, 2023, 52 (15): 167-169;

[8]湛立宁, 卢俊文, 周璐璐, 等.基于智能化技术的埋地燃气管道检测装置研究[J].化工装备技术, 2022, 43 (04): 9-12;

[9]戴世玉.埋地管道防腐层检测技术在燃气管道检测中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量, 2020, 40 (23): 60-62;

[10]刘冬.长输燃气管道的防腐控制技术探讨[J].中国石油和化工标准与质量, 2020, 40 (21): 186-188;

[11]谭思宇.分析天然气管道及设施安装过程中践行环境保护思想的有效路径[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(上册).苍溪港华燃气有限公司; , 2023: 4.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.007977;

[12]李宁.市政燃气管道施工过程中的质量控制与策略[C]//中国城市燃气协会安全管理工作委员会.2022年第五届燃气安全交流研讨会论文集(下册).潍坊港华燃气有限公司; , 2023: 2.DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.008306;