

老旧燃气管道改造技术标准与案例分析

韩 迎 (济南港华环通市政工程有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要: 在城市化进程高速推进的当下, 我国存在数量庞大的燃气管道, 其中许多已服役超过 20 年。这些老旧管道长期经受复杂环境因素的侵蚀, 普遍面临老化、腐蚀等严峻问题, 由此滋生诸多安全隐患, 给城市燃气供应安全带来巨大挑战。本文深入且系统地梳理了国内外老旧燃气管道改造技术标准体系, 以严谨的学术态度, 全面剖析不同标准的特点与适用范围。同时, 紧密结合丰富的工程实践经验, 创新性地提出一套涵盖风险评估、管材选型、施工工艺、验收评价等环节的全流程技术标准框架。在风险评估环节, 详细阐述多种科学评估方法, 精准识别管道潜在风险; 管材选型方面, 对比各类管材性能, 提供合理选型依据; 施工工艺则明确关键步骤与操作规范; 验收评价构建完善指标体系, 确保改造质量达标。

关键词: 老旧燃气管道; 改造工程; 技术标准; 风险评估; 案例分析

中图分类号: TU996.7

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 025-0091-03

Renovation of old gas pipelines: technical standards and case studies

Han Ying (Jinan Ganghua Huantong Municipal Engineering Co., Ltd., Jinan Shandong 250000, China)

Abstract: At the moment of rapid urbanization, there are a large number of gas pipelines in China, many of which have been in service for more than 20 years. These old pipelines have been eroded by complex environmental factors for a long time, and are generally facing severe problems such as aging and corrosion, which breed many potential safety hazards and bring great challenges to the safety of urban gas supply. This paper deeply and systematically sorts out the technical standard system for the renovation of old gas pipelines at home and abroad, and comprehensively analyzes the characteristics and scope of application of different standards with a rigorous academic attitude. At the same time, combined with the rich engineering practice experience, a set of whole-process technical standard framework covering risk assessment, pipe selection, construction technology, acceptance evaluation and other links is innovatively proposed. In the risk assessment process, a variety of scientific assessment methods are elaborated to accurately identify potential risks of pipelines. In terms of pipe selection, compare the performance of various pipes and provide a reasonable basis for selection; The construction process clarifies the key steps and operation specifications; Acceptance evaluation builds and improves the index system to ensure that the quality of the transformation meets the standards.

Keywords: aging gas pipelines; retrofitting engineering; technical standards; risk assessment; case study

截至 2023 年底, 我国城镇燃气管道历经多年建设与发展, 总里程已超过 120 万 km。根据中国城市燃气协会 2024 年发布的数据, 其中约 35% 的管道由于长期服役, 已逐步进入老化期。这些老旧管道长期暴露于复杂的环境中, 面临土壤腐蚀、介质侵蚀以及自然环境变化等多重因素影响, 同时接口处的密封材料也因老化而出现失效现象。本文将深入聚焦改造工程中的技术标准体系构建以及实际应用实践, 旨在为整个行业提供一套具有高度可复制性的技术方案, 助力城镇燃气管道老化更新改造工作高效推进。

1 老旧燃气管道改造技术标准体系

1.1 国际标准解析

ISO 13623:2017 标准详细规定了管道完整性管理的全流程, 从管道规划设计、施工建设到运行维护, 再到废弃处置, 每一个环节都有明确的规范指引。该标准着重强调风险评估的重要性, 通过科学的方法识别管道可能面临的内外部风险因素, 诸如腐蚀、第三方破坏、地质灾害等。同时, 在寿命预测方面, 整合

多种数据模型与分析技术, 综合考量管道材质、运行环境、使用年限等, 以精准预估管道剩余使用寿命, 为老旧燃气管道改造提供关键决策依据。

ASME B31.8S-2020 标准由美国机械工程师协会于 2020 年发布, 在老旧燃气管道改造领域发挥着关键作用。该标准精心构建了一套科学严谨的管道风险评估矩阵, 从多维度对管道风险进行量化分析, 为准确识别风险等级提供了清晰的指引。在腐蚀防护与修复技术要求方面, 它明确规定了一系列详细且严格的技术指标与操作规范, 涵盖防腐涂层的选择与施工工艺、腐蚀检测方法以及修复方案的制定等, 助力行业提升老旧燃气管道的安全性与可靠性。

1.2 国内标准框架

1.2.1 管材选型标准

在老旧燃气管道改造工程中, 管材的合理选型极为关键。依据 CJJ/T 33-2020《城镇燃气输配工程施工及验收规范》, 推荐优先选用 PE 管或不锈钢波纹管。PE 管具备耐腐蚀、柔韧性好、施工便捷等优势, 能

有效降低管道后期维护成本；不锈钢波纹管则以其高强度、抗疲劳性能佳等特点，在复杂工况下可保障燃气输送安全，为燃气管道的稳定运行奠定基础。

1.2.2 施工工艺标准

施工工艺直接影响改造工程的质量与效率。CJJ/T 140-2019《城镇燃气管道非开挖修复更新工程技术规范》对各类先进施工工艺做出规范，如内衬修复工艺，可在不破坏原有管道周边环境的前提下，通过在旧管内部铺设新的内衬层，提升管道的密封性与输送能力；裂管法能利用专用设备将旧管破碎，并同步拉入新管，实现高效的管道更新，且对交通及周边居民生活影响较小。

1.2.3 验收评价标准

科学合理的验收评价是确保改造工程达标的重要环节。T/CGAS 101-2023《城镇燃气管道老化评估与更新改造技术导则》致力于建立一套完善的改造效果量化评估体系，从管道的承压能力、泄漏率、使用寿命预测等多维度进行考量，通过具体数据精准判断改造工程是否符合预期目标，为燃气管道的安全稳定运行提供坚实保障。

2 改造工程关键技术要点

2.1 风险评估技术

采用层次分析法（AHP）确定风险因素权重，重点关注：

2.1.1 腐蚀程度

管道的腐蚀情况是评估其安全性的关键指标之一，尤其是点蚀问题，需格外关注。当专业检测发现管道出现点蚀，且点蚀深度超过 2mm 时，这一数据清晰表明管道的结构强度已遭受严重削弱。金属管道的管壁因点蚀不断变薄，如同被蛀虫侵蚀的梁柱，难以承受内部燃气压力与外部环境压力。在这种情况下，继续使用该管道，犹如在头顶悬着一颗随时可能引爆的炸弹，存在极大安全隐患。因此，一旦检测到此类严重点蚀，必须及时对受影响部分的管道进行更换处理，从根源上消除安全威胁，保障燃气输送的稳定与安全。

2.1.2 周边环境

燃气管道周边环境的人口密度，对管道安全管理起着决定性作用。若燃气管道周边为人口密集区，诸如大型居民区，众多居民在此生活起居，人员分布密集；或是学校，大量学生与教职工日常聚集；亦或是商业中心，人来人往、热闹非凡，这些区域人流量大且人员活动频繁。

一旦燃气管道在此类区域发生泄漏，燃气会迅速在人群中扩散，极有可能引发爆炸、火灾等重大事故，

造成的人员伤亡与财产损失将远超普通区域。鉴于此，在人口密集区域的燃气管道风险等级需提升一级。这意味着在日常巡检、维护频率、安全监测技术手段等方面，都要全面强化，以最大程度加强安全管理，提升风险防控力度，确保周边民众的生命财产安全不受威胁。

2.2 管材选型策略

2.2.1 不锈钢波纹管

因具备优良的柔韧性，不锈钢波纹管尤其适用于地形复杂、管道铺设难度较大的区域。相较于传统管材，其抗震性能显著提升约 30%，能有效抵御地震等自然灾害引发的地面位移、震动，降低燃气泄漏风险，确保在极端情况下燃气输送系统的稳定运行。

2.2.2 复合管应用

在某老旧燃气管道改造项目中，创新性地采用了钢骨架 PE 复合管。该管材融合了钢材的高强度与 PE 材料的耐腐蚀性、柔韧性。经实际检测与数据对比，其承压能力较纯 PE 管大幅提高 40%，能够适应更高压力的燃气输送需求，为老旧小区燃气供应的安全性与稳定性提供了有力保障。

2.3 非开挖修复技术

2.3.1 内衬修复法

在旧管内穿插高密度 PE 内衬管，该方法施工时无需大面积开挖路面，对周边环境和居民生活影响较小。施工过程中，通过专业设备将定制的高密度 PE 内衬管精准地导入旧管道内，紧密贴合管壁。修复后，管道承压能力可有效恢复至原设计值的 95%，能显著提升老旧燃气管道的安全性与可靠性，延长管道使用寿命。

2.3.2 裂管法

借助先进的液压胀管设备，该设备通过精准控制的高压液体产生强大推力，作用于旧管道内壁，将旧管道均匀破碎成小块。与此同时，利用与之配套的牵引装置，以稳定且匀速的方式同步拉入全新管道。在实际工程案例中，相较于传统开挖法，裂管法可显著缩短施工周期。例如在某城市老旧燃气管道改造项目里，传统开挖法完成一段同等长度管道改造需耗时 30 天，而采用裂管法仅用 10 天，施工效率提升约 2 倍。这一优势极大减少对周边交通的堵塞时长，居民日常生活受到的干扰也大幅降低，如减少了因施工噪音导致的作息影响等。

3 应用案例分析

3.1 项目概况

某省会城市在 2021-2023 年间大力推进老旧管道改造工程，致力于提升城市燃气输送的安全性与稳定

性。该工程规模宏大,涉及管道总长达 120 km。在这些待改造的管道中,灰口铸铁管占比高达 45%,其服役年限普遍处于 25-30 年区间,因长期经受复杂环境侵蚀、内部燃气压力冲击等因素影响,管道老化、腐蚀现象严重。

改造前,该区域燃气管道状况堪忧,年均泄漏次数多达 18 次,给居民生活和城市安全带来极大隐患。通过精心规划、高效施工,完成改造后,管道性能大幅提升,年均泄漏次数锐减至 3 次,显著增强了燃气供应的可靠性与安全性。

3.2 技术方案实施

3.2.1 管材选择

在老旧燃气管道改造工程中,管材的选用至关重要。经过严谨的评估与考量,主干管选定为 SDR11 PE 管,该管材公称压力达 0.4MPa,具备良好的耐腐蚀性、柔韧性以及抗冲击性能,能有效应对复杂的地下环境,确保燃气输送的稳定性与安全性。支管则采用不锈钢波纹管,其优势在于安装便捷、可弯曲性强,能够灵活适应各种铺设需求,并且在抗老化和密封性能方面表现卓越,极大地降低了燃气泄漏风险。

3.2.2 施工工艺

本次改造施工工艺多元化,其中非开挖修复技术占比达 60%。非开挖修复凭借不开挖路面的显著特点,极大地减少了对周边交通和居民生活的影响,同时能够精准定位管道问题并高效修复。开挖修复部分采用“分段降压+带压封堵”技术,此技术先通过分段降压确保施工区域压力可控,再运用带压封堵手段,在不停止燃气供应的情况下,对故障管道进行安全、快速地修复,最大程度保障了燃气供应的连续性,减少因施工导致的停气时长,将对居民生活和工商业运营的干扰降至最低。

3.3 实施效果

改造完成后,管道运行压力波动范围得到了显著改善,相较于改造前,波动范围大幅缩小,如今能够精准控制在 $\pm 0.02\text{MPa}$ 区间内。这一成果为燃气输送过程提供了坚实保障,有效降低了因压力波动引发的安全风险,确保了燃气供应的稳定性与安全性。从经济成本层面来看,改造工程对管网运行维护成本的控制成效显著。

依据中国城市燃气协会于 2024 年发布的权威数据,改造后的管网年均维护成本减少额度高达 240 万元。这一数据直观反映出,通过老旧燃气管道改造,不仅提升了燃气输送的稳定性,还切实提高了燃气供应系统的经济效益与运营效能,为城市燃气事业的可持续发展注入了强劲动力。

4 结论与建议

在老旧燃气管道改造进程中,新型管材与原有设备接口兼容性成为极为关键且亟待解决的难题。新型管材凭借其优异性能,如更高的耐腐蚀性、更强的抗压能力等,在提升燃气输送安全性与稳定性方面具有巨大潜力。然而,由于原有设备在设计标准、材质选用以及接口规格等方面存在多样性与局限性,致使新型管材与之衔接时困难重重。

一方面,不同年代、不同厂家生产的原有设备接口尺寸偏差较大,与新型管材难以精准匹配,导致安装过程中需要耗费大量时间进行现场调整与适配,严重影响施工效率。

另一方面,原有设备接口处的密封方式与新型管材可能不兼容,极易引发燃气泄漏隐患,即便完成安装,后续的长期运行中也可能因接口问题出现故障,增加维护成本与安全风险。

因此,加强新型管材与原有设备接口兼容性研究,制定统一、科学的接口标准,开发适配性更强的连接技术与配件,对保障老旧燃气管道改造工程顺利推进意义重大。

建议大力推广“智慧改造”模式,深度集成物联网监测技术与 BIM 技术。借助物联网监测技术,实时收集燃气管道的压力、流量、温度等关键数据,实现对老旧燃气管道运行状态的全天候、全方位感知。同时,充分发挥 BIM 技术在三维建模、可视化管理以及协同作业方面的优势,对管道改造项目进行精准设计、高效施工与精细运维,提升改造的整体效能与管理水平。

因地制宜制定差异化补贴政策,全力支持中小城市老旧管网改造。根据不同中小城市的发展水平、财政状况以及管网老化程度,科学合理地确定补贴标准与范围。对于经济相对落后、管网改造任务艰巨的城市,加大补贴力度,从资金上为其老旧管网改造工程提供坚实保障,助力中小城市顺利推进老旧燃气管道改造工作,提升城市燃气供应的安全性及稳定性。

参考文献:

- [1] 张玉杰,任学昌.基于代谢组学的燃气管道腐蚀机理研究[J].环境科学学报,2023,43(6):212-219.
- [2] 张羽.燃气工程施工安全管理模式创新[J].中国安全科学学报,2022,32(9):143-149.
- [3] 中国城市燃气协会.2023年中国城市燃气行业发展报告[R].北京:中国建筑工业出版社,2024.
- [4] 张羽.燃气工程施工安全管理模式创新[J].中国安全科学学报,2022,32(9):143-149.