

老旧燃气输配管网更新改造的技术选择与应用

楼晨光 宗景尧 (义乌市天然气有限公司, 浙江 义乌 322000)

摘要: 作为城市能源传输的关键性基础设施, 燃气输配管网存在老化现象, 已经成为了影响公共安全、公共稳定的公共安全公共供给问题的重要瓶颈。本研究重点研究老式管网现状并深入分析了管网存在的腐蚀、服役寿命极限问题以及管网的风险环境问题, 重点分析了三大管网更新改造方法: 管道更换方法、管道修理方法、智能化管道。全面比较各种技术方案的实际应用情况, 供气能力提高了上百个百分点, 应急响应时间缩短了大概五成。

关键词: 老旧燃气输配管网; 更新改造; 非开挖技术; 管道修复

中图分类号: TU996.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 009-0133-03

Technical Selection and Application for the Upgrading and Renovation of Aging Gas Transmission and Distribution Pipelines

Lou Chengguang, Zong Jingyao (Yiwu Natural Gas Co., Ltd., Yiwu Zhejiang 322000, China)

Abstract: As a critical infrastructure for urban energy transmission, gas distribution pipelines are experiencing aging, which has become a significant bottleneck affecting public safety and stability. This study focuses on the current state of aging pipelines, conducting an in-depth analysis of corrosion, service life limits, and risk-related environmental issues. It emphasizes three primary pipeline renewal methods: pipeline replacement, pipeline repair, and intelligent pipelines. A comprehensive comparison of the practical applications of various technical solutions demonstrates that gas supply capacity has improved by over 100 percentage points, while emergency response time has been reduced by approximately 50%.

Keywords: aging gas transmission and distribution networks; renovation and upgrading; trenchless technology; pipeline rehabilitation

作为城市能源传输的关键性基础设施, 燃气输配管网存在老化现象, 已经成为影响公共安全、公共稳定的公共安全公共供给问题的重要瓶颈。本研究重点研究老式管网现状并深入分析了管网存在的腐蚀、服役寿命极限问题以及管网的风险环境问题, 并且全面论述了管网大规模更新改造的问题, 研究了管网更新改造的相关技术路径, 重点分析了三大管网更新改造方法: 管道更换方法、管道修理方法、智能化管道, 全面解析了传统的管网更新方法如传统的开挖、定向钻孔、管道切割、管道插入和反向套管法的技术原理、应用范围、关键参数及其优劣分析和经济效益分析。

1 老旧燃气输配管网更新改造的必要性

提升系统运行可靠程度: 当前在老旧管网当中产生的种种隐患已经成为城市公共安全的严峻威胁, 不断发生燃气泄漏及爆炸事件严重损害到居民生命财产安全和社会秩序稳定, 应当加紧进行管网更新改建工作, 更换腐烂管道, 清除占压地区等地域的综合修理举措并将其开展起来, 这样才能大幅缩减事故发生频率, 切实做到对城市基础设施运行安全以及发展态势的切实守护作用体现出来。

顺从天然气消费增长走势: 城镇不断发展, 经济不断前行, 带动工业和民宅对天然气的需求快速增多, 改善网络架构规划并加大管径规模, 如此便可极大提

高供气性能, 在保证能源供应安全的同时, 实现稳定供给的效果。

2 老旧燃气输配管网更新改造的技术选择

2.1 管道更换技术

2.1.1 开挖更换技术

①传统开挖更换: 这种修复属于典型的直接修复方法, 原理是挖开路面然后替换掉那些老掉牙的管线从而做系统的提升工作, 此法适合在管道埋藏深度小等于 1.5m, 四周房子间距大于等于 5m 而且每天开车经过少于 1000 辆的时候应用。某个新建住宅区有一条旧的燃气管线长 200m 要被取代, 可这条地段由于没开始大面积建设所以留有足够大的操作场地, 开始的时候用挖掘机去挖宽 1.2m 并且深达 1.8m 的坑道, 接着把旧的灰口铸铁做成的水管拆掉换成新的聚乙烯材料制做的管线, 最后再实施填土工作, 这个全部过程耗时 15 天, 平均每天向前移动的距离大概为 13m。这一施工技术工艺达到了标准的工序流程, 使用的设备投资较小。

②定向钻开挖更换: 定向钻技术是经由局部或者少量挖掘地表的方式来从地面穿透障碍物, 在地下塑造出连贯贯穿的钻孔通道, 之后凭借牵引装置把新的管材输送到钻孔内部, 以此达成对旧管的更换目的, 此工艺非常适宜穿越关键设施而且单次穿越长度未超

出 1000m 的管网改造项目。

2.1.2 非开挖管道更换技术

①裂管法：其技术核心原理是用一组割刀轮对目标管道实施精确切割并胀扩，再依靠牵引装置把新管（规格可兼容或好于原管）植入，以达到更新旧管或扩大管径的目的，它具备很强的通用性，可用于改造各种材质的旧管，比如钢管、铸铁管等等，而且也允许 PE 管或者钢管作为备选。这种技术因为施工周期短，给交通造成的干扰小，所以很受重视。

②管道穿插技术：异径非开挖穿越技术主要包含挤压式与均匀缩径这两种核心工艺，“U”形穿插属于其典型的应用形式，聚乙烯（PE）管由于具备不错的耐腐蚀能力，较长的服役时间以及较好的柔韧性，所以被普遍用在中低压燃气管道的改造工程里，这种施工手段每次作业的长度大概在 100-300m 之间，最大缩径范围可达到 15%-20%。

2.2 管道修复技术

2.2.1 内衬修复技术

①翻转内衬法（CIPP 原位固化法）：以浸透热固性树脂的纤维增强软管或编织软管为衬里材料，利用气压（0.2-0.4MPa）或液压将软管翻转进入管道内，使浸透树脂的一面贴附在钢管内壁并压紧，再通过 80-95℃ 的热水或蒸汽使树脂在 4-8h 内固化，形成“管中管”结构，内衬层厚度一般为 3-10mm。适用于各种材质的燃气管道修复，尤其是腐蚀深度 ≤ 管壁厚度 50% 但结构基本完整的管道，单次修复长度可达 500m。

②穿插内衬法：将新的管材（如 PE 管、不锈钢管等）直接插入旧管道内，形成双层管道结构，内衬管与旧管道的间隙一般为 5-15mm。新管材可起到隔离腐蚀介质、增强管道强度的作用，适用于旧管道腐蚀程度较轻且内径偏差 ≤ 10% 的管道，单次穿插长度一般为 100-400m。

2.2.2 局部修复技术

①补丁修复法：针对管道局部腐蚀、针对穿孔等缺陷，可以采用焊接补丁或者粘贴补丁的方式进行修补，补丁面积一般为缺陷面积的 1.5 到 2 倍，适用于管道缺陷占总表面积比例小于 5%，且缺陷比较分散的情况，单个补丁施工周期一般控制在 1-3h。

常规巡检期间，DN200 燃气管道出现直径大约 10mm 的破损状况时，常常采用焊接补丁技术来进行修复，施工人员要对损伤部分以及周围区域展开细致的清理和打磨工作，打磨范围应涵盖穿孔边缘外侧各 50mm，选用 150 mm × 150 mm 的 Q235 钢材作为补丁材料，精确定位之后执行对接焊接。该技术具有操作

方便。

②缠绕修复法：用纤维增强材料浸渍树脂之后，对管道的缺陷地方执行缠绕修补工艺，加固层数依照缺陷深度来定，通常为 3 到 8 层，固化以后便形成增强层，厚度可达到 2 到 8mm，这项技术大多适用在腐蚀面积占管道总面积 5% 到 20%，而且没有穿破管壁的情形之下，一次修补操作所需的时间大概为 2-5h。对于 DN300 规格燃气管道局部存在面积达 0.5m² 且未见穿透性腐蚀缺陷之处，可选用缠绕修复手段加以处理，施工时要严格依照腐蚀部位的预处理步骤。

3 技术应用案例分析

3.1 案例一：某城市老旧市政燃气管道更新改造

3.1.1 项目背景

该市核心老城区三条主要道路及其周边支路市政燃气管网，始建于 1985 年至 1992 年，管网长度总长约 18.7km，其中，灰口铸铁管 62%，约 11.6km，普通钢管 38%，约 7.1km，部分管线服役时间近四十年。经专业检测，管道外壁平均腐蚀 2.3mm，内壁结垢 0.8-1.5mm，共有 126 个腐蚀减薄超标点，其中因沿线商铺、居民自建房占压的有 23 处，总长 2.1km。

3.1.2 技术选择与应用

定向钻开挖更换技术：针对 2.1km 被占压管道段，采用 Φ315mm 水平定向钻设备，组建 3 个施工班组同步作业。施工前通过地质雷达探测，明确占压建筑物基础深度、地下水位及周边管线分布，制定“分段钻进、精准控向”方案，钻进角度控制在 12-15°，每米偏差不超过 3cm。施工过程中采用实时轨迹监测系统，累计穿越建筑物基础 18 处、地下管线交叉点 26 个，成功将旧管道更换为 SDR11 级 PE 管，单段施工周期缩短至 4-6 天，相比传统开挖减少施工占地 85%，未对占压建筑物造成结构影响。

3.1.3 实施效果

项目总投资 1.2 亿元，历时 10 个月完成全部改造工作。改造后成效显著，具体数据如表 1 所示。

此外，改造后的管道预计使用寿命可达 50 年，每年可减少燃气损耗约 150m³，节约维护成本超 60 万元，同时满足了新增 2100 户居民及 12 家商业用户的用气需求，为区域经济发展提供了稳定能源保障。

3.2 案例二：某小区庭院燃气管道修复

3.2.1 项目背景

该老旧社区建于 1998 年，占地面积 8.2 万 m²，拥有 16 栋住宅楼、526 户居民。庭院燃气管网总长约为 2.3km，以 DN100-DN150 规格的铸铁管为主，接口形式为铅密封柔性接口，经由内窥镜检测，管道内壁平均腐蚀厚度为 3.1mm，存在 47 处腐蚀穿孔、62 处接

表 1

| 指标维度 | 改造前状态 | 改造后状态 (2年内) | 改善幅度 |
|---------|----------------------|----------------------|-----------|
| 泄漏事故发生率 | 年均 5 起 | 仅发生 1 起轻微泄漏 | 下降 90% |
| 日均供气能力 | 1.2 万 m ³ | 2.5 万 m ³ | 提升 108.3% |
| 压力波动频次 | 每周 3-4 次 | 每月 ≤ 1 次 | 下降 91.7% |
| 应急处置时间 | 平均 65min | 平均 28min | 缩短 56.9% |
| 用户满意度 | 72% | 96% | 提升 33.3% |

表 2

| 评估项目 | 具体数据 | 与传统开挖对比 |
|--------|----------------------|----------|
| 泄漏发生率 | 修复后 2 年内无泄漏 | 降低 100% |
| 居民满意度 | 问卷调查满意度 94% | 提升 41% |
| 绿化破坏面积 | 仅破坏 25m ² | 减少 97.9% |
| 施工周期 | 22 天 | 缩短 51.1% |
| 单位修复成本 | 78.3 元 /m | 降低 22.5% |
| 管道使用寿命 | 预计延长至 30 年 | 延长 2 倍 |

口松动和铅封失效现象，道路宽度普遍比较狭窄，最窄的地方只有 3m，若采取传统开挖修复方案，要破坏约 1200m² 的绿地，80% 住户会受到通行干扰，整个工期预计要持续 45 天。

3.2.2 技术选择与应用

①内衬修复技术：采用翻转内衬法对 1. 对于存在严重腐蚀风险的长 8km 管道系统，考虑实行全面修复操作，提前用 CCTV 管道检测工具扫查全线状况，形成带缺陷三维图样的详尽检测报告，清楚标明腐蚀穿孔、变形之处的确切方位，选用聚酯纤维加强型软管当作补修原料，壁厚为 6mm，环氧树脂浸渍以后拉伸强度大于或等于 300MPa 且断裂延伸率不小于 5%，开展现场施工的时候，于小区东西方向各自安排一处工作坑，大小均为 3m × 2m × 2.5m，靠 0.6MPa 的气压把软管推送到管道里头，保证和老管内壁的贴合度高于或者等于 98%。

②局部修复技术辅助：对 62 处接口松动部位采用缠绕修复法进行加固处理。施工人员先使用高压空气清理接口表面杂物，再采用玄武岩纤维布浸渍改性环氧树脂，在接口部位进行 5 层缠绕，缠绕张力控制在 50N，每层搭接宽度为布宽的 1/2。缠绕完成后采用紫外线照射固化，固化时间 ≤ 30min，固化后接口密封性能测试压力达 0.6MPa，保压 30min 无泄漏。该技术单接口修复时间仅需 20min，无需开挖路面，仅在接口上方开设 0.3m × 0.3m 操作孔，对周边环境影响极小。

3.2.3 实施效果

项目总投资 180 万元，施工周期 22 天，修复成效及成本分析如表 2 所示。

同时，项目采用的非开挖修复技术避免了小区道路大规模开挖，减少了施工扬尘和噪音污染（施工期

间噪音分贝控制在 60dB 以下），获得了小区业主委员会的书面表彰，为老旧小区燃气管道修复提供了可复制的技术范本。

4 结论

老旧燃气输配管网更新改造工程，对于加强城市供气安全保障、符合居民用气需求增长、优化能源输送效率有着重大战略价值，在技术路线选择方面，传统开挖施工方式适宜于简单地形状况，而定向钻进技术更适用于复杂穿越情形，非开挖修复手段尽管有各自的长处与短处，不过都能给予相应解决对策，就不同种类的管道损伤情况而言，内衬修复工艺和局部修补技术表现出突出的技术优点，智能化运维计划凭借整合智能检测装置和改良管控平台，很大程度提升了管网运作的安全水平和稳定度。

参考文献：

- [1] 住房和城乡建设部. 城镇燃气设施运行、维护和抢修安全技术规程 (CJJ51-2016)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [2] 王树立, 刘扬. 燃气输配工程 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.
- [3] 李娟, 张伟. 非开挖技术在城镇燃气老旧管网改造中的应用 [J]. 煤气与热力, 2022, 42(3): 41-45.
- [4] 国家能源局. 燃气管道非开挖修复工程技术标准 (SY/T6940-2021)[S]. 北京: 石油工业出版社, 2021.
- [5] 蒲波. 关于城镇燃气输配管网的建设研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(08): 134-135.

作者简介：

楼晨光 (1993.6-) 男，汉族，浙江义乌人，本科，助理工程师，研究方向：城市燃气供应。

宗景尧 (1986.5-) 男，汉族，浙江义乌人，本科，助理工程师，研究方向：城市管道燃气。