

# 燃气管道老化更新常用技术探讨

李昊 (中机国际工程设计研究院有限责任公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 城市燃气管网老化腐蚀问题加剧安全风险, 更新改造需求迫切。传统开挖法虽彻底可靠、适配复杂工况, 但存在成本高、周期长、环境干扰大等问题; 非开挖技术(含穿插法、翻转内衬法、碎管法等)以“微创”为核心优势成为主流。本文梳理两类技术的原理、优劣及适用场景, 经多维度对比明确决策关键因素, 结合案例验证实践效果, 为燃气管网安全高效更新提供参考。

**关键词:** 燃气管道; 老化更新; 传统开挖法; 非开挖技术

**中图分类号:** TU996      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 001-0151-03

## Discussion on Common Technologies for Aging and Updating Gas Pipelines

Li Hao (China Machinery International Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 210000, China)

**Abstract:** The aging and corrosion problems of urban gas pipelines exacerbate safety risks, and there is an urgent need for renovation and upgrading. Although traditional excavation methods are thoroughly reliable and suitable for complex working conditions, they suffer from problems such as high costs, long cycles, and significant environmental interference; Non excavation techniques (including insertion method, flipping lining method, pipe crushing method, etc.) have become mainstream with “minimally invasive” as their core advantage. This article summarizes the principles, advantages and disadvantages, and applicable scenarios of two types of technologies, clarifies key decision-making factors through multidimensional comparison, and verifies practical effects through case studies, providing reference for safe and efficient updates of gas pipelines.

**Keywords:** gas pipeline; Aging updates; Traditional excavation method; Non excavation technology

城市燃气管网是保障城市运行的关键基础设施。随着使用年限增长, 大量早期建设的管道已进入“老龄化”阶段, 材料老化、腐蚀等问题日益严重, 导致泄漏、爆炸等安全事故风险增加。传统大规模开挖换管方法虽然可靠, 但存在交通中断、成本高昂、环境影响大等弊端, 难以适应现代城市发展的需求<sup>[1,2]</sup>。在此背景下, 各种非开挖更新技术(如穿插内衬法、翻转内衬法等)因其占地面积小、施工快、综合成本低的优势, 已成为解决管道老化问题的主流方向。非开挖更新技术能在最小化社会影响的前提下, 高效恢复管道功能<sup>[3]</sup>。本文旨在系统探讨目前主流的燃气管道更新技术, 分析比较其优缺点与适用范围, 以期为工程实践中的技术选择提供参考, 助力燃气管网的安全、高效更新。

### 1 主流更新改造技术原理与适用性分析

随着全球城市化进程的不断深入, 大量埋地管道已进入“老龄化”阶段, 其运行安全与可靠性对城市生命线的正常运转构成了严峻挑战。管道更新改造已成为保障能源输送、水资源分配及废弃物排放系统安全高效运行的核心任务。相应地, 一系列更新改造技术应运而生, 主要可分为传统开挖更新法和非开挖更新技术体系两大类。

#### 1.1 传统开挖更新法

传统开挖更新法技术原理与定位在于通过开挖作

业沟槽, 将旧管道完全取出并更换为新管道, 是一种从根本上解决管道问题的“外科手术式”方法, 核心价值体现在“彻底性”与“绝对可靠性”上。新管道在开阔的沟槽中敷设, 管基处理、接口焊接与质量检验、外防腐层施工等关键工序均能在最佳条件下进行, 从而确保了管道系统在未来长期服役中具有最优的结构完整性与运行安全性。并且, 传统开挖法能彻底解决旧管道所有结构性缺陷与性能衰退问题, 为大幅提升管道输送能力提供最大自由度, 可根据需求直接更换为更大管径或更高压力等级的管道<sup>[4]</sup>。

然而, 传统开挖更新法的劣势亦不容忽视, 最重要的问题在于社会成本高昂。大规模开挖作业对城市交通、商业活动与居民生活造成严重干扰, 伴随产生的噪声、粉尘污染对环境的影响巨大, 且路面、绿化及地下其他附属设施的破坏与修复成本极高。此外, 传统开挖更新法施工周期长, 从前期审批、交通导改到土方开挖、管道安装、回填压实及路面结构恢复, 整个流程耗时远长于大多数非开挖工法。所以, 传统开挖法并不是落后淘汰的技术, 而是在管线密集区、复杂地质条件、管道严重变形或塌陷, 以及需大幅提升输送压力或管径等特定场景下的最终且可靠的解决方案。传统开挖更新法的采纳取决于综合效益与工程实际需求的权衡。

## 1.2 非开挖更新技术体系

非开挖更新技术体系以“微创”或“无创”的特点，在现代管道修复工程中具有越来越重要的地位。非开挖更新技术体系主要可分为穿插法、翻转内衬法、碎管法几大类。

①穿插法（滑衬法与紧衬法）：穿插法的原理可简要概括为将一条直径略小于旧管道的新管，通过牵引或顶推的方式直接插入原有管道内部，从而形成复合管结构。根据新管与旧管之间的间隙大小，可分为存在环状间隙的“滑衬法”和通过机械力使新管紧密贴合旧管内壁的“紧衬法”。穿插法的施工速度快，工艺流程相对简单，相较于其他非开挖技术和传统开挖法，成本相对较低，具有较好的经济性<sup>[5]</sup>。然而，穿插法的技术瓶颈亦十分突出。首要问题是管径损失。由于新管需要在旧管内穿行，其有效流通直径必然小于原管道。对于滑衬法，环状间隙的存在进一步加剧了过流能力的下降；紧衬法虽能改善水力性能，但仍无法避免管径的减小。

②翻转内衬法（CIPP）：翻转内衬法，即原位固化法，是一种采用树脂浸渍的软管作为衬里材料，通过水压或气压将其翻转紧贴于旧管道内壁，然后利用热水或紫外线等方式使其固化，从而在旧管内形成一个高强度、光滑的新管。翻转内衬法形成的衬管整体性强、抗渗性好，且基本无接头，彻底解决了管道接口处的渗漏风险。新衬管能够适应原管道的轻微变形与弯曲，对管道的不规则性有较好的包容度。但是，翻转内衬法材料成本较高，尤其是高性能的树脂与增强纤维材料；施工质量控制要求极为严格，树脂混合的均匀度、固化温度与时间的控制直接影响最终产品的性能，任何一个环节的疏忽都可能导致工程失败。

③碎管法：碎管法是一种通过液压碎管设备，从管道内部将旧管道破碎，并同时拉入或顶入原管位的更新方法，本质上是一种“原位替换”技术。碎管法的核心优势在于能够实现管径的等径或扩径更新，是少数几种能够在不增大开挖工作坑的情况下提升管道过流能力的技术。同时，碎管法彻底替换了旧管，效果最接近于传统开挖法，新管性能独立且可靠。碎管法的缺陷在于破碎旧管的过程会对周围土体产生地层扰动，虽然其影响小于全线开挖，但仍需评估对邻近地下管线及构筑物的潜在风险。

## 2 多维度技术经济对比与决策因素分析

燃气管道老化更新改造已从单一的“以开挖为主”的模式，发展为多种技术路径并行、相互补充的综合性工程体系。科学合理地选择更新技术，是实现安全、

经济、高效改造目标的核心环节。

为直观展示不同更新技术的特点，本文对四种主流技术进行综合对比，详见表1。

表1 燃气管道更新主流技术对比概要

技术名称	核心优势	主要局限	关键适用场景
传统开挖更新法	彻底更换，可靠性最高，可扩径	社会与环境成本较高，周期长	管线需扩容、周边环境允许大规模开挖的场景
穿插法（紧衬法）	施工快捷，成本经济，对交通影响小	存在管径损失，依赖原管结构	原管结构完好、对流量损失不敏感的经济性改造
翻转内衬法（CIPP）	整体密封性好，适应变形，防腐优异	成本较高，工艺复杂，设计压力受限	防腐防漏要求高、穿越重要设施的非开挖修复
碎管法	可实现原位等径或扩径替换	地层扰动较大，对邻近管线要求高	脆性旧管（如铸铁管）的彻底非开挖替换

分析表1可知，没有任何一种技术是普适的“最优解”，选择本质上是一个基于具体项目边界条件的多维度权衡过程，必须系统性地综合考量管道自身条件、外部环境因素以及经济与运营需求三大类关键因素。管道自身条件是技术选择的内在依据，管材、管径直接决定了技术的可行性，碎管法不适用于延性好的钢管；而管道的腐蚀与变形状况则是决定性因素，若管道已严重坍塌，则所有内衬类技术均告失效。同时，运行压力这一运营需求也构成了技术选择的物理边界，如CIPP内衬管通常存在设计压力上限。

项目预算是最直接的约束，在资金有限的情况下，经济性突出的穿插法常成为首选。然而，若从全生命周期成本视角审视，初期投资较高的CIPP技术因其卓越的防腐性能可能带来更低的长期维护成本，从而更具经济性。工期要求同样是关键变量，对于应急抢险工程，施工速度成为首要考量。所以，燃气管网更新技术的选择是一个典型的“条件—目标”匹配过程，唯有通过系统化的综合分析，才能在错综复杂的现实约束中找到安全、经济、高效且可持续的最优路径。

## 3 工程案例实证分析

在城市地下管网修复的工程实践中，非开挖技术的选择与应用是一门需要综合权衡的科学与艺术。以下通过两个深入剖析的案例，具体展示穿插紧衬法与翻转内衬法（CIPP）在现实场景中的决策逻辑、实施细节与深远影响。

### 3.1 老城动脉的微创手术——穿插紧衬法化解交通与腐蚀双重危机

在华东某历史文化名城的中心区域，一条作为供水“大动脉”的DN300灰口铸铁主干管，已在地下运

行超过三十年。近年来,管道内壁腐蚀结垢严重,有效过水断面缩小逾 30%,局部管壁最大蚀余厚度不足 3mm,爆管风险日益增加。该管道正上方是双向四车道的主干道,日均车流量超过五万辆,道路下方密布着电力、通信、燃气等十余种其他管线,传统的开槽挖路施工法在此几乎被判定为“不可行”。

项目团队对多种非开挖方案进行了比选。顶管法虽无需全线开挖,但需要建设大型工作井,对狭窄的老城区而言空间不足;碎管法虽能扩大管径,但其产生的巨大振动可能对邻近的古老建筑基础构成威胁。经过反复论证,穿插紧衬法因其施工速度快、地表干扰极小的核心优势脱颖而出。项目团队首先采用高压水射流与机械链铲相结合的方式,对原管道内壁的坚硬水垢和锈瘤进行了彻底清刮,为内衬管顺利穿入扫清障碍。随后在地面预先焊接成长段的、外径略小于旧管内径的 SDR17 系列高密度聚乙烯(HDPE)管,并通过大吨位牵引机以匀速缓慢地将“新管”拖入“旧管”之中。整个穿插过程在夜间车流低峰时段进行,仅占用一个车道,历时六个小时即告完成。

换管施工后 HDPE 管优越的耐腐蚀性能从根本上杜绝了管道未来的腐蚀与泄漏,保证了水质安全。然而,修复后管道内径由原来的 300mm 减小至约 276mm,理论过流面积减少了约 15%。通过后期流量与压力监测数据发现,在用水高峰时段,管网末梢的压力恢复良好,基本满足需求;但在每日早晚用水高峰时段,最不利点处的供水压力较理论计算值下降了约 5%,证实了管径损失对系统输送能力确实存在可测量的负面影响。由实践案例警示换管工程设计者,在采用穿插法时,必须进行精细的水力计算,若原有管道输送能力已无富余,则需考虑采用能保持内径的工法,或将此流量折减作为区域远期规划升级的明确依据。

### 3.2 穿越河流的“隐形铠甲”—CIPP 翻转内衬法重塑生命线

在华南某工业园区的能源供应网络中,一条穿越宽达 80m 河流的 DN400 钢质输水管道发生了泄漏。该管道埋深在河床下 5m 处,是园区生产的“生命线”。泄漏不仅导致水资源浪费,更对河道水质构成了潜在威胁。鉴于河流的通航需求、堤坝的安全稳定性以及水下开挖惊人的造价和不可控风险,任何形式的围堰开挖方案都被第一时间否决。

在此背景下,翻转内衬法(CIPP)因其独特的整体成型优势被确定为最终解决方案。CIPP 工艺能够在不开挖的情况下,从管道内部形成一个完整连续的“新管”,特别适用于此类无法进入的穿越段;固化后的

树脂内衬层具有极佳的化学惰性,能够抵抗输送介质中可能含有的腐蚀性成分,其设计使用寿命可达 50 年。在施工过程中,工程人员首先在河岸一侧搭建临时作业平台,将工厂中浸渍有专用环氧树脂的玻璃纤维软管(袜筒)准确固定在翻转头上。随后,利用灌浆车将河水持续泵入袜筒内,借助水的压力使袜筒由入口检查井开始,将软管由内向外翻转入旧管道中,直至覆盖整个修复段,确保了树脂层与旧管壁的 360 度无死角紧密贴合。最后,通过循环加热系统对管道内的水进行精确控温,在长达 10 小时的固化周期内,树脂最终形成一个与旧管道轮廓完美契合、坚硬的、光滑的玻璃钢复合管。

CIPP 技术的整体性和防腐优势在此得到了体现。长期监测数据显示,修复段管道接口的渗漏率为零,内壁粗糙系数显著降低,反而提升了管道的输送效率。从成本效益角度评估,虽然该次 CIPP 修复的单个直接工程投入较高,约为一千二百万元,但若采用传统的河流开挖换管法,预估的直接成本(包括围堰、排水、河床恢复、堤岸加固等)将超过两千万,且尚未计算因施工导致的航道中断、生态补偿以及园区停产所带来的巨大间接经济损失。

## 4 结论

城市燃气管网老化更新是保障城市能源安全的关键工程,技术选择需立足实际、兼顾多维度需求。研究表明,管网更新无绝对最优技术,仅存在场景适配的最佳方案。传统开挖法虽成本高、周期长,但凭借彻底性与高可靠性,仍是复杂工况、扩能需求等场景的核心保障;穿插法经济高效,适配腐蚀严重但形变不大的钢质管道;翻转内衬法密封性与整体性突出,是高标准修复及穿越段管道的优选;碎管法可实现等径或扩径更新,适用于脆性管道彻底替换。未来,新型复合材料、智能修复、数字化决策等技术的发展,将推动燃气管网更新向更安全、高效、经济的方向演进,为构建安全韧性管网体系提供支撑。

### 参考文献:

- [1] 王宁,徐凡.城市钢质燃气管道更新改造技术实践与应用分析[J].低碳世界,2025,15(07):100-102.
- [2] 关进璞.城市老旧小区燃气管道改造施工技术探析[J].建材发展导向,2025,23(21):91-93.
- [3] 顾方.城镇燃气管道更新中不停输工艺的设计选用[J].上海煤气,2025,(03):4-6.
- [4] 李秀芳.城市燃气管道老化更新改造分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(13):118-120.
- [5] 杜维泉.复杂城区环境下燃气管道非开挖施工轨迹精准控制方法[J].石化技术,2025,32(11):272-274.