

市政道路老旧管网改造施工技术应用分析研究

文 红

(四川元丰建设的项目管理有限公司)

摘 要：市政道路老旧管网的升级改造，是当前城市基础设施更新与城市更新进程中的核心攻坚内容。早期建成的管网受服役年限增长、材料性能自然衰减、早期施工工艺局限以及长期运行损耗的多重影响，普遍出现腐蚀破损、渗漏淤堵、布局合理性不足等典型病害，传统的开挖施工模式，已经难以适配现代城市对交通通行保障、生态环境保护以及施工效率提升的现实要求。本文以绵阳市核心城区的老旧管网改造工程作为实践研究背景，针对老旧管网改造过程中存在的核心施工难点，搭建了“精准探测定位-微创修复作业-智能动态管控”的一体化施工技术体系，系统探讨了精准探测评估、非开挖修复、精细化开挖作业以及智能化管控等多项关键技术的实际应用要点，同时提出了覆盖施工全流程的质量与安全保障措施。研究结果显示，该技术体系能够有效降低施工活动对城市交通与居民日常生活的干扰，显著提升改造工程的施工质量与综合效益，改造完成后，管网漏损率较改造前降低9.5个百分点，施工工期较传统施工模式缩短60%以上，能够为同类城市的老旧管网改造项目提供可参考的技术路径，推动改造工程逐步向高效、绿色、精准的方向发展。

关键词：市政道路；老旧管网改造；非开挖修复；施工管控；城市更新

Research on the Application of Construction Technologies for Renovation of Old Pipe Networks in Municipal Roads

Hong Wen

Sichuan Yuanfeng Construction Project Management Co., Ltd.

Abstract : The upgrading and renovation of old pipe networks beneath municipal roads is a key and challenging task in the renewal of urban infrastructure and urban regeneration. Affected by extended service life, natural deterioration of material properties, limitations of early construction techniques and long-term operational wear, pipe networks built in the early stage commonly suffer from typical defects such as corrosion, damage, leakage, blockage and unreasonable layout. The traditional open-cut construction method can no longer meet the practical requirements of modern cities in terms of traffic guarantee, ecological environment protection and construction efficiency. Taking the old pipe network renovation project in the core urban area of Mianyang as the research background, this paper addresses the major construction difficulties in the renovation process, and establishes an integrated construction technology system featuring accurate detection and positioning, trenchless rehabilitation, and intelligent dynamic management and control. It systematically elaborates on the key application points of core technologies including accurate detection and evaluation, trenchless rehabilitation, refined open-cut construction and intelligent management. Meanwhile, full-process quality and safety assurance measures for construction are proposed. The research results indicate that this technology system effectively reduces the disturbances of construction to urban traffic and residents' daily lives, and greatly improves the construction quality and overall benefits of renovation projects. After reconstruction, the leakage rate of pipe networks drops by 9.5 percentage points, and the construction period is shortened by over 60% compared with the traditional construction mode. This study provides a referable technical approach for similar old pipe network renovation projects in other cities, and promotes the development of such projects toward high efficiency, environmental friendliness and high precision.

Keywords : municipal road; old pipe network renovation; trenchless rehabilitation; construction management and control; urban regeneration

前言：

伴随我国城市化进程推进，20 世纪 90 年代前建成的市政管网已逐步进入老化周期，服役超 20 年的管道受材料衰减、地质变化与车辆荷载作用影响，开裂渗漏、腐蚀淤积等病害凸显，不仅造成资源浪费，还易诱发路面塌陷、内涝、燃气泄漏等安全事故，影响公共服务与居民生活。同时，早期管网规划标准缺失，雨污混流、管径失衡等遗留问题，与当前排水防涝、生态环保需求严重脱节。

作为四川首批城市更新试点，绵阳近年启动核心区老旧管网改造，覆盖多片区共 102 公里，旨在消除安全隐患、提升基础设施承载能力。但改造项目多位于核心区，面临空间、交通、管线、资料等多重约束，传统开挖施工易引发交通中断、环境破坏、成本攀升等问题，已无法满足现代城市更新需求。

近年来，国内外学者针对该领域开展了大量研究，为技术升级提供了理论支撑：吴甜等 [1] 对比了传统与非开挖技术的指标，指出紫外光原位固化技术优势显著；陈钰林等 [2] 提出了非开挖注浆修复技术，验证了其可靠性与经济性；章厚林等 [3] 梳理了主流非开挖技术的适用条件，明确了国内外技术差距；林晓晖等 [6] 提出了非开挖修复的质量控制要点，为施工管控提供了实践指引。在此背景下，本文结合绵阳改造实践，梳理施工难点与技术体系，为同类项目提供参考。

一、市政道路老旧管网改造的核心施工难点

（一）基础资料匮乏，管网现状不明

早期的市政管网建设历经数十年的时间跨度，受当时的行业管理模式与技术条件的局限，竣工图纸遗失、技术档案残缺、施工变更记录未及时留存归档的现象十分普遍，最终形成了“管网信息缺失、图纸与实际工况不匹配”的现实困境。以绵阳市的老城区为例，部分片区的管网建设可以追溯到 20 世纪 80 年代，相关的档案资料缺失问题十分严重，管网的材质混杂多样，既有早期的灰口铸铁管、普通混凝土管，也有简易加工的 PVC 管等，其实际服役年限、管径大小、埋设深度等核心技术参数，都缺乏完整可查的依据。而阀门、检查井等配套的附属设施，因为长期暴露在自然环境中或者被掩埋，普遍出现了严重锈蚀、功能失效的情况，难以通过常规的手段实现精准定位与有效操控，这直接导致改造方案的设计工作缺乏可靠的数据支撑，施工过程中因为信息不明引发的盲目性风险明显增高。

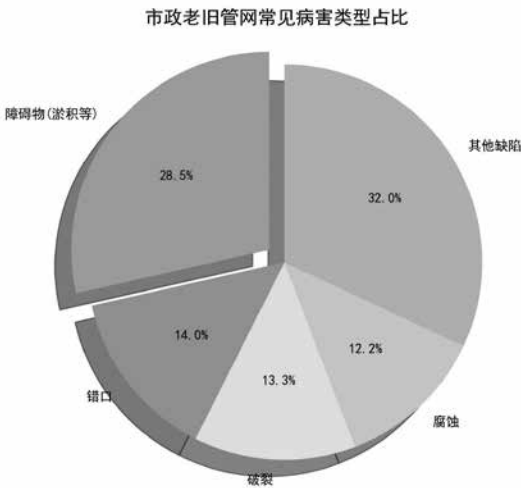


图 1 市政老旧管网常见病害类型占比

（二）地下空间拥挤，施工干扰严重

市政道路的地下区域，早已形成了多类管线立体交织的格局，供水、燃气、电力、通信等不同功能的管线相互叠压、高程交错，构成了复杂程度极高的地下“管线网络”。在绵阳市南河片区的改造项目中，部分路段的地下管线密度达到了 12 条 / 米，各类管线的高程差不足 0.5 米，施工环节如果不能全面掌握管线的实际分布情况，极易发生误挖损坏管线的事故，进而引发停水停气、通信中断等民生问题，极端情况下还可能诱发爆炸、触电等重大安全事件。

与此同时，老旧城区的道路本身就比较狭窄，加上建筑密度大、人车流量常年处于高位，施工可利用的作业空间被大幅压缩，大型的施工机械设备难以顺利进场开展作业。以九洲大道为例，该路段是城市的主干道，日均车流量超过 3 万辆，道路作为城市的交通要道，无法长时间封闭，这就使得交通导改方案与施工时序的协调工作难度陡增，施工过程中对周边居民的日常生活、沿街商铺的正常经营，都会产生较为明显的干扰。

（三）地质条件复杂，安全隐患突出

管网周边的土壤，长期受管道渗漏水体的持续浸润，尤其是绵阳作为南方城市，地下水位普遍偏高，软土的分布范围也比较广，这直接导致土壤质地松散、承载能力不足。在基坑开挖施工的过程中，极易出现边坡失稳垮塌、管基沉降不均、地下水倒灌基坑等各类问题。部分老旧管网的埋设深度较浅，同时承受着路面车辆通行的荷载与施工过程中土体扰动的双重影响，在改造施工期间，容易引发周边路面出现开裂、沉降等病害，直接威胁道路结构的

完整性与周边建（构）筑物的使用安全。

除此之外，老旧管道自身经过数十年的服役，结构强度已经大幅衰减，材质也因为老化变得脆弱，在拆除与改造的操作过程中，很容易发生破碎、坍塌的现象，这会进一步加剧土体扰动的程度，让施工的安全风险进一步放大。

（四）新旧系统衔接难度大，质量管控复杂

改造工作大多采用“局部修复、分段更新”的模式，新旧管道在材质、管径、接口形式上都存在差异，衔接的位置容易出现应力集中、渗漏、通水不畅等问题。多数的施工都需要在不停水、不停气、不断流的条件下进行，接驳的精度要求极高。同时，改造工作涉及多专业的交叉作业，从探测、开挖、修复到回填、路面恢复，各个环节的质量管控点都十分密集，监督验收的难度也比较大。

二、市政道路老旧管网改造关键施工技术应用

（一）精准探测与评估技术：筑牢改造基础

施工前期搭建“资料核查—物探检测—人工复核”三位一体探测体系，是改造精准推进的核心前提，通过多维度数据交叉验证摸清管网实况。先归集城建与权属档案，梳理管网分布、材质、管径，标注病害与交叉节点，绘制初步分布图。

再通过地质雷达、管线探测仪、CCTV 内窥、声呐等物探手段识别隐蔽信息，对管线密集区、关键节点人工开挖复核，划定安全禁区。

最后整合数据构建三维模型，评估管道风险、分级制定改造方案，梓潼县项目应用后，管网信息准确率由 62% 升至 98%，为方案设计提供了可靠支撑。

（二）非开挖修复技术：核心施工方式

非开挖修复工艺的核心优势，在于少破路、低扰动，如今已经成为城市老旧管网更新改造的主流选择。随着技术的持续升级，其适用场景也在不断拓展，成功破解了城区施工空间局促、交通干扰等突出难题。

1. 原位固化法（CIPP）

原位固化法是当前应用最为广泛的核心修复技术，主要分为翻转式与紫外光固化两类。翻转式工艺借助水压或者气压的作用，将浸透热固性树脂的纤维软管翻转送入旧管的内部，经过加热固化之后，形成与旧管内壁紧密贴合的高强度“管中管”结构，实现旧管的补强修复。

紫外光固化法则是近年来快速推广的新型工艺，通过以下步骤实现管道的修复：首先进行管道的预处理，完成清淤、检测与局部缺陷的修复；随后将浸渍光固化树脂的玻璃纤维软管，通过检查井拉入待修复的管道；之后利用光固化

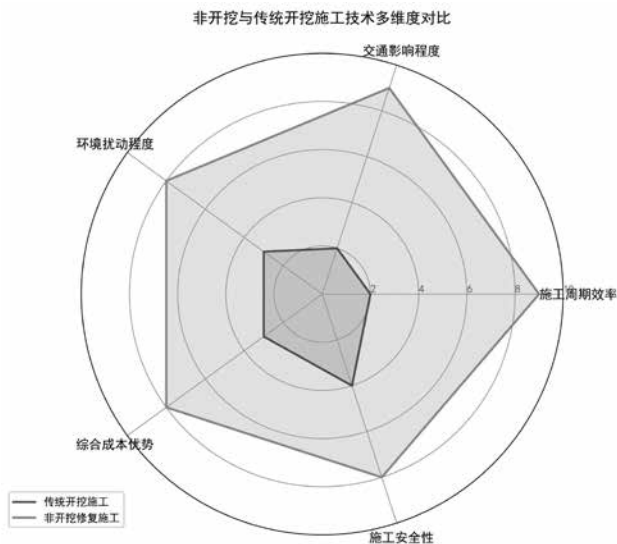


图 2 非开挖与传统开挖施工技术多维度对比

车辆对软管充气打压，使其紧贴旧管的内壁；最后将搭载大功率紫外灯组的爬行器送入管内，以 1-1.5m/min 的速度移动照射，使树脂在 3-5 小时内快速聚合交联，形成高强度的内衬管。该技术固化后的内衬管环向抗拉强度可以达到 50MPa 以上，壁厚均匀，能够有效提升旧管的结构强度，使用寿命可以达到 50 年 [1]，而且配套的设备轻便、施工周期短，适配多种规格的给排水管道的全结构修复，在交通繁忙、作业空间狭小的城市核心地段，优势更为显著。

2. 内衬穿插修复技术

内衬穿插修复技术通过牵引或者胀管工艺，将 HDPE、PVC 等新型管材嵌入旧管道的内部。这类新型管材具备独立的承载能力，而且耐腐蚀性强、使用寿命长，既能够达到“旧管换新管”的改造目标，又不需要大面积开挖路面，同时还能够明显提升管网的水力传输效率。在绵阳市的燃气管道改造项目中，该技术被应用于老旧钢管的更换，将原有的腐蚀钢管更换为 PE 管，从根源上降低了燃气泄漏的风险，改造后的管道设计寿命达到了 50 年。

3. 点状修复技术

点状修复技术专门针对管道的局部裂缝、管壁破损、接口渗漏等非结构性病害，采用树脂修复片、不锈钢套筒等材料进行靶向修补。该技术施工便捷、成本经济，能够灵活填补整体修复技术在局部病害处理上的空白，实现精准修复，避免了“小病大治”造成的成本浪费。

4. 顶管与微型盾构技术

顶管与微型盾构技术适用于大口径管网的新建或者更换工程，通过专业的掘进设备在地下定向推进，同步完成

管道的敷设。该技术能够顺利穿越城市主干道、密集建筑群等关键区域，有效避开地下管线的交叉冲突与地面交通的阻断问题，对周边环境和地面设施的干扰极小，施工的安全性也更有保障。

以绵阳市九洲大道的排水管网改造工程为例，该路段是城市的主干道，日均车流量超过3万辆，如果采用传统的开挖施工，将会导致交通中断至少15天，而且容易对周边密集的电力、通信管线造成破坏。项目最终采用了微型顶管技术，在地下4米的深处完成了直径1.8米排水管道的敷设，施工期间仅占用单侧1/3的车道，交通导改的压力大幅降低，整个施工周期仅用7天就完成了该段管道的改造，较传统开挖工期缩短了80%以上，取得了良好的实施效果。

（三）传统开挖精细化施工技术：局部场景补充工艺

管网报废、坍塌或空间受限等特殊场景下，传统开挖仍不可替代，需通过精细化作业严控施工影响。采用“短段施工、快速推进、及时恢复”模式减少破路，机械开挖时预留表层土体人工清理，避免扰动管基与周边土体。

软土、高地下水位区域，采用钢板桩、锚杆等基坑支护，配套井点降水将水位降至基坑底以下，防范坍塌与积水风险。

安装接驳环节，优先选用球墨铸铁管、HDPE等耐腐蚀管材，采用柔性连接、专用过渡接头，提升密封性与抗沉降能力，保障水力通畅。涪城区盐业小区改造中，该技术完成1020米雨水、616米污水管网铺设，彻底解决了小区积水内涝问题。

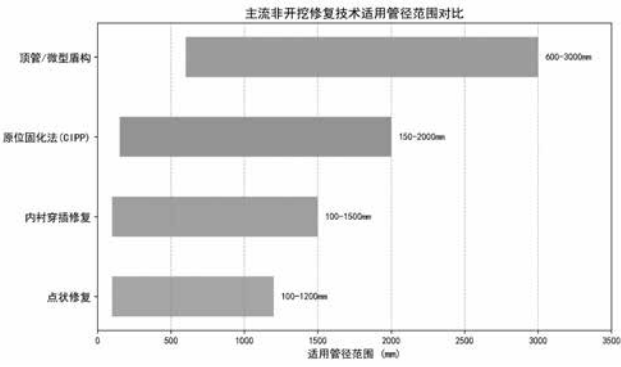


图3 主流非开挖修复技术适用管径范围对比

三、施工质量与安全保障措施

（一）施工全过程质量管控

建立“探测-设计-施工-验收”全流程的闭环管控体系：在探测阶段，实行探测数据的双人复核制度，确保管网的基础信息准确无误，为后续的工作提供可靠的依据；在设计阶段，结合探测结果与工程的实际情况优化施工方案，

明确技术标准与材料的质量要求，避免设计缺陷；在施工阶段，严格执行技术交底制度，对管道接驳、内衬固化、土方回填夯实等关键工序实行旁站监督，规范施工的操作流程，及时纠正施工的偏差，针对非开挖修复施工，重点管控内衬管的固化温度、充气压力等核心参数，确保施工质量符合要求[6]；在验收阶段，综合采用CCTV检测、闭水试验、压力试验、回填土密实度检测等多种手段，逐项核验工程的质量，确保改造工程达到设计标准与使用要求。

（二）施工安全风险防控

搭建全维度施工安全风险防控体系：施工前完成管线交底与安全培训，明确保护范围与应急处置流程，强化作业人员安全意识与实操能力。开挖区布设警示标识与防护围栏，夜间增设警示灯，机械作业安排专人指挥，严控开挖范围，杜绝违规操作。针对燃气管线等高危设施，提前与产权单位对接落实保护措施，同步制定坍塌、管线破损等突发事件应急预案，配套应急物资并定期演练，强化突发情况处置能力。

在此基础上搭建全过程动态监测体系，对基坑位移、地下水位、管线变形及区域气体浓度开展实时监测，通过物联网平台实现超限自动预警，将传统被动管控转为主动预警，有效压降施工安全风险。

结语：

市政道路老旧管网改造是城市更新的重要内容，面对核心城区施工的多重约束，传统的施工模式已经无法满足现代城市的发展需求。本文结合绵阳市老旧管网改造的工程实践，搭建了“精准探测定位-微创修复作业-智能动态管控”的一体化施工技术体系，通过精准探测技术摸清管网的现状，以非开挖修复技术为核心、精细化开挖技术为补充，配合全流程的质量安全管控措施，有效解决了老旧管网改造的施工难点。实践结果表明，该技术体系能够有效降低施工对城市交通与环境的干扰，提升改造工程的质量与综合效益，绵阳市核心城区改造项目完成之后，管网漏损率从改造前的18.7%降至9.2%，施工工期较传统模式平均缩短60%以上，取得了良好的经济与社会效益。

未来，应当进一步强化数字化、智能化技术的融合，完善管网信息数据库与监测平台，推动施工技术向标准化、精细化、绿色化方向发展。与此同时，加强多方的协同联动，建立长效的管控机制，实现改造与城市更新的协同推进，为城市的可持续发展筑牢基础设施的基础，为建设宜居、韧性、智慧城市提供有力的支撑。

参考文献:

[1] 吴甜,刘奇.紫外光原位固化法非开挖技术在管道修复中的应用[J].水利水电技术(中英文),2024.

[2] 陈钰林,郑登登.城市地下排水管网渗漏非开挖注浆修复施工技术分析[J].工程技术研究,2024.

[3] 章厚林,杨义飞,王佳豪.浅谈市政排水管道非开挖技术[J].西南给排水,2023.

[4] 孔祥利,文韬,樊星,等.管道非开挖修复技术在城市水环境治理中的应用研究[J].施工技术,2024.

[5] 伍炳敬.城市地下老旧钢质燃气管道改造案例浅析

[J].非开挖技术,2019(3).

[6] 林晓晖,黄文明.城市排水管道非开挖修复技术及质量控制重点[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023.

[7] 杨波.非开挖修复技术在上海市燃气管道老化更新改造工程中的应用及展望[J].非开挖技术,2024(4).

作者简介:文红(1978.02-),男,汉族,四川绵阳人,本科学历,高级工程师,国家注册监理工程师,一级造价工程师,一级建造师,主要从事项目管理及造价控制、工程监理相关工作、市政工程施工技术。