

市政地下管网非开挖修复技术应用效果与经济性对比研究

张宇飞

包头市绿源市政公用工程有限责任公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16832

[摘要] 市政地下管网非开挖修复技术作为现代城市管道维护的重要手段,其技术选择与应用效果直接关系到城市基础设施的稳定运行与经济效益。本文详细探讨了市政地下管网非开挖修复技术的分类、应用效果及经济性对比,在应用效果上,整体修复技术在密封性、强度和耐腐蚀性上表现更佳,但施工复杂、成本较高;局部修复技术则施工快捷、成本低,适合局部破损。经济性方面,局部修复技术在材料、设备和人工成本上相对较低,而整体修复技术虽成本高,但长远看具有更好的综合经济效益。文章还提出了不同场景下的经济性选择建议,为市政地下管网修复提供了科学指导。

[关键词] 市政地下管网; 非开挖修复技术; 应用效果; 经济性; 对比

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A

Comparative Study on Application Effectiveness and Economic Efficiency of Trenchless Rehabilitation Technologies for Municipal Underground Pipeline Networks

Yufei Zhang

Baotou Lvyuan Municipal Public Works Co., Ltd.

[Abstract] As a crucial approach in modern urban pipeline maintenance, the selection and application effectiveness of trenchless rehabilitation technologies for municipal underground pipeline networks directly impact the operational stability and economic benefits of urban infrastructure. This paper provides a detailed analysis of the classification, application effectiveness, and economic comparison of these trenchless technologies. In terms of application effectiveness, comprehensive rehabilitation technologies demonstrate superior performance in sealing capacity, structural strength, and corrosion resistance, albeit with greater construction complexity and higher costs. Conversely, localized rehabilitation technologies offer rapid implementation and lower costs, making them suitable for addressing isolated damages. From an economic perspective, localized rehabilitation techniques incur relatively lower expenditures in materials, equipment, and labor, whereas comprehensive rehabilitation technologies, despite higher initial costs, yield better long-term comprehensive economic benefits. Furthermore, this study proposes scenario-specific recommendations for economic technology selection, providing scientific guidance for the rehabilitation of municipal underground pipeline networks.

[Key words] Municipal Underground Pipeline Networks; Trenchless Rehabilitation Technologies; Application Effectiveness; Economic Efficiency; Comparison

引言

随着城市化进程的加速,市政地下管网作为城市基础设施的重要组成部分,其稳定运行直接关系到城市功能的发挥和居民生活质量。然而,传统开挖修复方式存在诸多弊端,非开挖修复技术应运而生。本文旨在深入探讨市政地下管网非开挖修复技术的分类、应用效果及经济性对比,分析不同技术的特点和适用场景,为合理选择修复技术、保障管网高效运行、实现经济效益与社会效益的双赢提供科学依据。

1 市政地下管网非开挖修复技术概述

市政地下管网非开挖修复技术分为局部修复与整体修复两大类,局部修复技术包含不锈钢快速锁修复技术、点状原位固化法等,其中不锈钢快速锁修复技术借助不锈钢套环的机械作用,将套环稳固于管道破损部位实现密封加固;点状原位固化法是向管道破损点注入树脂,利用其固化特性在破损处形成坚固内衬完成修复。整体修复技术有紫外光固化法、热塑成型法、管中管法等,紫外光固化法是把浸渍光敏树脂的软管拉入待修复

管道, 充气使其紧贴内壁, 再用紫外光照射使树脂固化形成紧密内衬层; 热塑成型法是将加热后的热塑材料管拉入待修复管道, 加压使其贴合内壁, 冷却后形成坚固内衬; 管中管法是在原有管道内插入新管道, 通过注浆等填满新旧管道间空隙形成复合结构。局部修复技术针对性强、施工速度快、成本低, 适用于管道局部破损修复, 但修复范围有限, 对整体状况差的管道不适用; 整体修复技术能全面修复管道, 提高整体性能与使用寿命, 不过施工工艺复杂、成本较高。不同非开挖修复技术适用不同管道材质、管径、破损类型及程度, 如不锈钢快速锁修复技术主要用于管径较小的金属管道局部破损修复, 紫外线固化法适用于各种材质管道整体修复且对管道弯曲度有要求^[1]。实际应用中要依据管道材质、管径大小、破损类型、破损程度轻重等具体情况, 合理选择非开挖修复技术, 以保障修复的效果最佳, 确保市政地下管网正常运行。

2 市政地下管网非开挖修复技术应用效果对比

2.1 修复质量对比

密封性上, 整体修复技术中的紫外线固化法、热塑成型法等, 所形成的内衬层与管道紧密贴合, 密封性良好, 可有效防止渗漏。局部修复技术里的不锈钢快速锁修复技术, 正确安装时能保证密封性, 然而面对复杂破损形态, 其密封效果相较于整体修复技术稍逊一筹。强度方面, 整体修复技术形成的内衬层强度较高, 能提升管道承载能力。像管中管法构建的复合管道结构, 强度比原有管道有明显提高。而局部修复技术主要聚焦于管道局部破损修复, 对管道整体强度提升的作用不大。耐腐蚀性上, 采用具备耐腐蚀性能材料进行修复的非开挖技术, 如紫外线固化法所用树脂材料, 可有效增强管道耐腐蚀性, 延长管道使用寿命。局部修复技术使用的材料也具备一定耐腐蚀性, 但整体修复技术在耐腐蚀性方面的表现更为优异。总体而言, 整体修复技术在密封性、强度和耐腐蚀性上综合表现更好, 能全面提升管道质量, 不过施工相对复杂、成本较高; 局部修复技术施工便捷、成本较低, 在应对局部破损时能快速发挥作用, 但修复范围和效果存在一定局限性。

2.2 施工效率对比

①施工周期方面, 局部修复技术效率极高, 通常数小时即可完成修复。以针对单个破损点的不锈钢快速锁修复技术为例, 一般1~2小时就能完工。反观整体修复技术, 施工周期较长。如紫外线固化法, 需经历软管拉入、充气、紫外光照射固化等多道复杂工序, 整个施工过程可能持续数天。②施工便捷性方面, 局部技术优势尽显。其施工设备简单, 操作便捷, 对施工场地的要求较低, 无论是狭窄街道还是空间有限的区域, 都能快速开展作业。而整体修复技术对施工设备和工艺要求较高, 需要较为复杂的设备与特定工艺流程, 对施工场地的空间和条件有一定限制。像热塑成型法, 就必须有较大空间来放置加热设备和热塑材料管, 否则难以顺利施工^[2]。③对交通和环境的影响方面, 非开挖修复技术整体优于传统开挖修复方式。局部修复技术因施工范围小, 对交通和环境的干扰微乎其微。整体修复技术施工时虽会

产生一定噪声和废气, 如热塑成型法加热过程、紫外线固化法设备运行等, 但与传统开挖修复相比, 其对交通和环境的影响已大幅降低。总体来说, 局部修复技术适合紧急、小范围的管道修复; 整体修复技术则更适用于全面、系统的管道修复工程。

2.3 环境影响对比

一是废弃物产生方面, 传统开挖修复方式在作业过程中会生成大量建筑垃圾与废弃物, 对环境造成严重污染; 而非开挖修复技术产生的废弃物较少, 其中局部修复技术几乎不产生废弃物, 整体修复技术所产生的废弃物主要是修复过程中使用的包装材料等, 对环境的影响相对较小。二是能源消耗上, 非开挖修复技术施工时能源消耗较低, 局部修复技术主要依靠人力并消耗少量电力, 整体修复技术中紫外线固化法主要耗电, 热塑成型法需消耗一定燃气来加热热塑材料, 但总体能源消耗仍低于传统开挖修复方式, 毕竟传统开挖修复涉及挖掘、运输、回填等多个环节, 需要大型机械长时间运转, 能源消耗巨大。三是生态破坏方面, 传统开挖修复方式会破坏地面植被和土壤结构, 施工时机械的碾压、挖掘会使地表植被受损、土壤结构改变, 影响植物生长和土壤生态功能, 还可能引发水土流失等问题, 对生态环境造成较大破坏; 而非开挖修复技术无需开挖地面, 不会破坏地表植被和土壤结构, 通过地下作业完成管道修复, 避免了对地面生态系统的直接干扰, 有利于保护城市生态环境、维持生态平衡, 减少对周边生物栖息地和生态链的影响, 更契合可持续发展的要求, 在环境保护方面优势明显。

3 市政地下管网非开挖修复技术经济性对比

3.1 成本构成对比

在材料成本方面, 不同非开挖修复技术所用材料不同, 导致成本各异。具体而言, 局部修复技术中, 不锈钢快速锁修复技术采用的不锈钢套环成本较高; 点状原位固化法使用的树脂材料, 其成本则因品牌与质量的不同而有所变化。整体修复技术中, 紫外线固化法所用的光敏树脂和软管成本较高, 热塑成型法使用的热塑材料管成本也相对较高^[3]。设备成本上, 局部修复技术所用设备相对简单, 成本较低; 而整体修复技术需要配备较为复杂的设备, 如紫外光固化法需紫外光固化设备, 热塑成型法需加热设备和拉管设备等, 导致设备成本较高。人工成本方面, 局部修复技术施工工艺相对简单, 对施工人员技术要求不高, 因此人工成本较低; 整体修复技术施工工艺复杂, 需要专业技术人员操作, 人工成本相对较高。其他成本如运输成本、管理成本等, 不同技术间差异通常较小, 但在特殊情况下, 如施工场地与材料供应地距离较远时, 运输成本会相应增加。在市政地下管网非开挖修复技术中, 局部修复技术在材料、设备、人工成本上相对较低, 而整体修复技术成本偏高, 但具体成本还会受到多种因素的影响, 因此需要综合考量各项成本以选择合适的修复技术。

3.2 经济效益对比

在经济效益对比方面, 从直接经济效益看, 修复工程成本数据显示, 局部修复技术成本低, 适用于管道局部破损且程度不重的状况, 能以较少投入完成修复。整体修复技术成本虽高, 但当

管道整体状况差、需全面修复时,采用该技术可一次性解决问题,避免多次局部修复带来成本增加,从长远角度具有一定直接经济效益。间接经济效益上,非开挖修复技术优势明显。其对交通和环境影响小,可减少施工引发的交通拥堵及环境污染治理费用,间接提升城市经济效益。在管道运行保障方面,该技术能快速高效修复,缩短管道停运时间,保障城市生产生活正常运转。若管道出现故障,不仅修复成本高昂,还会因停运造成工业生产中断、商业活动受阻、居民生活不便等经济损失。非开挖修复技术通过快速恢复管道功能,避免了这些潜在损失,而且城市基础设施良好运行有助于吸引投资、推动商业发展,提升城市整体经济活力^[4]。市政地下管网修复时要综合考虑经济效益,要根据管道实际状况,如破损位置、程度、整体情况等,合理选择修复技术。对于局部轻微破损的管道,可选用局部修复技术;对于整体状况差、需全面修复的管道,整体修复技术更为合适。通过科学选择修复技术,实现经济效益最大化。

3.3 成本效益分析方法

在成本效益分析领域,净现值法与内部收益率法是评估非开挖修复技术方案经济性的重要手段。净现值法聚焦于不同方案净现值的计算与对比。净现值是把项目未来各期现金流量,依据特定折现率换算到当前时点的价值总和,若某方案净现值大于零,意味着该方案在经济层面具备可行性,能够为项目带来正向收益。在多个方案同台竞技时,净现值越大的方案,其经济性越突出,所创造的经济价值也更为可观。内部收益率法亦是常用的分析方法。内部收益率指的是能让项目净现值恰好为零的折现率,这一指标能够直观反映项目的实际盈利能力。内部收益率越高,表明项目在整个生命周期内的收益水平越高,盈利能力越强,经济性也就越佳。在实际操作过程中,针对不同的非开挖修复技术方案,需分别计算其内部收益率,并进行细致对比。通过这种对比,能够清晰明了地判断出各个方案在经济性方面的优劣程度。在此基础上,从众多方案中挑选出经济性最优的方案。这对于市政地下管网非开挖修复项目而言至关重要,能够为其决策提供科学、可靠的依据,确保项目在实施过程中既能有效解决管道修复问题,又能在经济层面实现效益最大化,避免资源的无效投入与浪费。

3.4 不同场景下的经济性选择

①当管道出现局部破损且破损程度较轻时,局部修复技术展现出较高的经济性。像不锈钢快速锁修复技术、点状原位固

化法等局部修复手段,其成本较低,施工速度较快。在满足修复要求的基础上,可最大程度降低修复成本,以较低投入实现管道局部问题的解决,避免过度修复造成资源浪费。②若管道整体状况较差,需要进行全面修复,整体修复技术则更为合适。紫外线固化法、管中管法等整体修复技术,尽管前期成本相对较高,但能够一次性处理管道存在的所有问题。通过全面修复,可显著提升管道的整体性能,延长其使用寿命。从长远角度考虑,减少了后续因管道频繁出现问题而产生的多次修复成本,综合经济性更优。③当工程对施工时间和交通影响有较高要求时,需优先选择施工效率高、对交通影响小的非开挖修复技术。部分非开挖修复技术具备施工周期短的特点,能在较短时间内完成修复任务^[5]。这类技术虽可能成本偏高,但可有效减少施工对交通的干扰,避免因长时间施工引发交通拥堵,降低交通管理成本以及因交通不畅给城市运行带来的间接经济损失,综合权衡成本与效益,此类技术能更好地满足特定场景下的需求,实现经济性与实用性的平衡。

4 结语

综上所述,市政地下管网非开挖修复技术中的局部与整体修复技术各有优劣。整体修复技术虽在密封性、强度、耐腐蚀性等方面表现出色,但成本高、施工复杂;局部修复技术施工快、成本低,但是修复范围有限。在经济性上,不同技术适用于不同场景,所以在实际应用中,应综合考虑管道材质、管径、破损情况、工程要求及经济成本等因素,科学合理地选择修复技术,以实现市政地下管网的高效、经济修复,保障城市基础设施的稳定运行。

[参考文献]

- [1]陈强.非开挖技术在市政给排水工程中的应用[J].城镇建设,2021(22):147-148.
- [2]齐杰.城市排水管道非开挖修复技术研究[J].工程技术研究,2020,5(13):87-88.
- [3]林奇.市政给排水管道非开挖修复技术的原理、工艺及应用对比[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(7):92-95.
- [4]郝技.非开挖修复技术在市政供水管网改造中的应用[J].中国给水排水,2025,41(14):101-106.
- [5]桑逢建.老旧城区市政管网改造中的非开挖修复技术应用与经济性分析[J].现代工业工程,2025(11):88-90.