

市政工程排水管道非开挖修复技术研究

文 / 赵鹏宇 济南城建集团有限公司

郝建业 济南城建集团有限公司

摘要：市政工程排水管道作为城市基础设施的重要组成部分，其运行状态直接影响到城市的排水能力和居民的生活质量。然而，由于管道老化、破损、腐蚀等原因，排水管道常常需要进行修复和更换。传统的开挖修复方式不仅施工周期长、成本高，而且对城市交通和居民生活造成较大影响。因此，非开挖修复技术应运而生，并逐渐成为市政工程排水管道修复的主流趋势。

关键词：市政工程；排水管道；非开挖修复技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.014

引言

市政排水管道是城市基础设施的重要组成部分，承担着雨水、污水的排放任务。然而，随着使用年限的增加，管道不可避免地会出现老化、腐蚀、破裂等问题，导致排水功能下降，甚至引发城市内涝、环境污染等严重后果。传统的开挖修复方法虽然能够有效解决管道问题，但其施工过程对城市交通、环境和居民生活造成较大影响，且成本高、工期长。因此，探索一种高效、环保的修复方法成为市政工程领域的重要课题。

一、非开挖修复技术概述

（一）技术原理

非开挖修复技术的核心在于最小化对地表和周围环境的干扰，同时高效地恢复管道的功能，其技术原理主要依赖于先进的设备和方法，如管道内衬修复（CIPP）、管道置换修复（Pipe Bursting）和局部修复（Spot Repair）。CIPP技术通过在旧管道内部安装新的内衬材料，形成新的管道结构，这种方法不仅能够恢复管道的功能，还能增强其结构强度和耐久性，适用于各种材质的管道。Pipe Bursting技术则是通过爆破旧管道并同时拉入新管道，这种方法特别适用于老旧管道的整体更换，能够在一次施工中完成管道的更新，大幅缩短工期。局部修复技术则针对管道的特定损坏部位进行修补，例如点状内衬法和注浆法，能够快速修复局部裂缝、孔洞或腐蚀问题，适用于小范围损坏的管道。这些方法不仅减少了施工对交通和居民生活的影响，还显著降低了施工成本和时间，成为现代管道修复领域的重要技术手段。非开挖修复技术还结合了智能检测设备、机器人技术和新型材料，进一步提升了修复精度和效率。

（二）技术优势

首先，其施工速度极快，由于无需进行大面积的地表开挖，能够迅速完成修复工作，大大缩短了工期。例如，原位固化法可以在数小时内完成管道修复，而传统开挖修复方法可能需要数天甚至数周。其次，非开挖修复技

术对环境的破坏极小，施工过程中对城市交通、周边环境和居民生活的干扰被降至最低，有效维护了城市秩序和居民生活质量。这种技术特别适用于城市中心区域、交通繁忙路段以及历史建筑保护区等敏感地带。此外，该技术显著降低了施工成本，通过减少土方开挖、回填等繁琐工序，节省了大量人力和物力资源，同时避免了因开挖导致的道路修复和绿化恢复费用。更为重要的是，非开挖修复技术具有广泛的适用性，无论是各种材质的管道（如混凝土、铸铁、PVC等），还是不同管径和埋深的情况，都能灵活应对，展现出其强大的应用潜力。例如，滑衬法适用于大管径管道，而螺旋缠绕法则适用于中小管径管道。这些优势使得非开挖修复技术在市政供水、排水、燃气、石油等领域得到了广泛应用，成为解决管道老化、损坏和更新问题的高效、环保和经济的选择。未来，随着技术的不断创新和标准化推进，非开挖修复技术将在更多领域发挥重要作用，为城市基础设施的可持续发展提供有力支持。

二、非开挖修复技术的主要方法

（一）管道内衬修复技术

管道内衬修复技术是一种高效的非开挖修复方法，通过在管道内部安装新的内衬管，恢复管道的结构强度和功能，延长其使用寿命。该技术主要包括三种常用方法：螺旋缠绕法、滑衬法和原位固化法。螺旋缠绕法通过螺旋缠绕的方式，在管道内部安装新的内衬管，特别适用于中小管径的管道，具有施工灵活、适应性强的特点。滑衬法则是将预制好的内衬管滑入原有管道内部，这种方法适用于大管径的管道，能够快速完成修复工作，且对管道原有结构影响较小。原位固化法是一种更为先进的技术，通过将浸渍树脂的软管拉入管道内部，利用加热或紫外线固化，形成新的内衬管，这种方法适用于各种管径的管道，具有修复效果好、耐久性强的优势（见图1）。这些内衬修复技术不仅能够有效修复管道的损坏部位，还能显著提升管道的整体性能，减少渗漏和破裂

的风险。此外，内衬修复技术施工过程中对地表和周围环境的干扰极小，能够最大限度地减少对城市交通和居民生活的影响，同时降低施工成本，成为现代管道修复领域的重要技术手段。

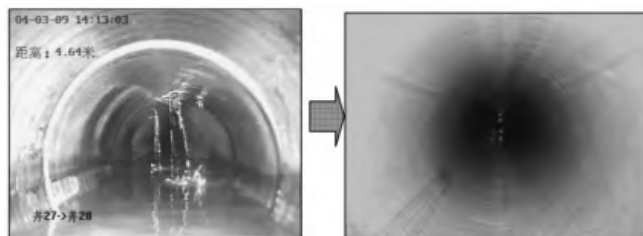


图1 效果修复图

（二）管道置换修复技术

管道置换修复技术是一种通过非开挖方式将原有管道替换为新管道的先进修复方法，能够在不破坏地表和周围环境的情况下，高效完成管道的更新和升级。该技术主要包括两种常用方法：爆管法和顶管法。爆管法是一种高效且广泛应用的置换技术，通过利用爆管设备将原有管道破碎，同时将新管道拉入原有管道的位置，这种方法适用于各种材质的管道，包括混凝土、铸铁、PVC等，具有施工速度快、适用范围广的特点。爆管法不仅能够快速完成管道的替换，还能有效减少对周围土体和基础设施的干扰，特别适用于城市地下管网的更新和维护。顶管法则是一种适用于大管径管道的置换技术，通过顶管设备将新管道顶入原有管道的位置，这种方法施工精度高，能够在不影响地表交通和建筑物的情况下完成管道的替换，特别适用于城市主干道、铁路、河流等复杂环境下的管道工程。顶管法的优势在于其施工过程中对周围环境的干扰极小，能够最大限度地减少对城市交通和居民生活的影响，同时确保新管道的安装质量和长期稳定性。管道置换修复技术不仅能够解决管道老化、腐蚀、渗漏等问题，还能提升管道的整体性能和承载能力，延长其使用寿命。该技术具有施工成本低、效率高、环境影响小的特点，成为现代管道修复和更新领域的重要技术手段。其广泛的应用范围和高度的适应性使得管道置换修复技术在市政供水、排水、燃气、石油等领域得到了广泛应用，为城市基础设施的可持续发展提供了有力支持。

（三）局部修复技术

局部修复技术是一种针对管道局部损坏部位进行精准修复的非开挖方法，能够有效恢复管道的功能并延长其使用寿命。该技术主要包括两种常用方法：点状内衬法和注浆法。点状内衬法通过在管道局部损坏部位安装内衬管，快速修复小范围的损坏，这种方法操作简便、施工速度快，特别适用于管道局部裂缝、孔洞或腐蚀等

问题，能够在不影响整体管道结构的情况下完成修复。注浆法则是一种更为灵活的技术，通过注浆设备将浆液注入管道损坏部位，填充裂缝和空洞，适用于各种材质的管道，包括混凝土、铸铁、PVC等。注浆法不仅能够修复管道的结构问题，还能增强管道的整体强度和密封性，防止渗漏和进一步损坏。这两种局部修复技术都具有施工效率高、成本低、对环境影响小的特点，能够在不破坏地表和周围环境的情况下完成修复工作，最大限度地减少对城市交通和居民生活的干扰。局部修复技术还广泛应用于市政供水、排水、燃气、石油等领域的管道维护中，成为解决管道局部损坏问题的首选方法。其灵活性和高效性使得局部修复技术在现代管道修复领域占据了重要地位，为管道的长期稳定运行提供了可靠保障。

三、非开挖修复技术的应用现状

（一）国内应用现状

近年来，随着城市化进程的加快和基础设施老化的加剧，国内市政工程排水管道的非开挖修复技术得到了广泛应用，并取得了显著的经济和社会效益。北京、上海、广州等一线城市率先采用非开挖修复技术，成为国内推广应用的典范。例如，北京市在2018年采用原位固化法对某段排水管道进行修复，施工周期仅为传统开挖修复方法的三分之一，成本降低了40%，且对城市交通和环境影响极小，极大地提升了施工效率和城市管理水平。此外，上海市在2020年通过螺旋缠绕法修复了多条老旧排水管道，不仅快速恢复了管道的功能，还显著减少了施工对居民生活和交通的干扰。广州市则通过滑衬法成功修复了大管径排水管道，展现了非开挖修复技术在大规模工程中的高效性和适用性。这些成功案例不仅验证了非开挖修复技术的优越性，也为其他城市提供了宝贵的经验借鉴。目前，非开挖修复技术已逐步推广至全国二三线城市，成为市政管道修复的主流方法。其高效、环保、经济的特点，不仅解决了传统开挖修复带来的诸多问题，还为城市基础设施的可持续发展提供了有力支持。

（二）国际应用现状

国际上，非开挖修复技术起步较早，技术成熟度高，美国、德国、日本等发达国家在这一领域的研究和应用处于全球领先地位。美国作为非开挖修复技术的先驱，在2017年采用爆管法对某段排水管道进行置换修复，施工周期仅为传统开挖修复方法的一半，成本降低了30%，且对城市交通和环境影响极小，充分展现了该技术的高效性和环保优势。德国则以其严谨的工程技术和先进的设备制造能力，在管道内衬修复和局部修复技术方

面取得了显著成果，广泛应用于市政、能源和工业领域。日本作为地震多发国家，非开挖修复技术在应对管道震后修复中发挥了重要作用，其原位固化法和滑衬法在复杂地质条件下的应用尤为突出。这些国家的成功经验不仅推动了非开挖修复技术的全球发展，也为其他国家提供了宝贵的技术支持和实践参考。目前，非开挖修复技术已在全球范围内得到广泛应用，成为解决管道老化、损坏和更新问题的主流方法，为城市基础设施的可持续发展提供了重要保障。

四、非开挖修复技术的发展趋势

（一）技术创新

随着科技的飞速发展，非开挖修复技术正迎来新一轮的技术创新浪潮，智能机器人技术、3D打印技术等新兴技术的应用，为这一领域注入了新的活力。智能机器人技术的引入，使得管道内部的检测和修复工作更加精准和高效，机器人能够深入管道内部，实时采集数据并执行修复任务，大幅降低了人工操作的风险和成本。3D打印技术的应用则为管道修复提供了全新的解决方案，通过快速制造定制化的内衬管或修复材料，能够针对不同管道的损坏情况提供个性化的修复方案，显著提升了修复效果和耐久性。此外，物联网技术的应用使得管道修复过程实现了智能化管理，通过实时监控和数据分析，能够及时发现管道问题并制定最优修复策略。这些技术创新不仅提高了非开挖修复技术的精度和效率，还进一步扩大了其应用范围，为复杂环境下的管道修复提供了更多可能性。

（二）材料创新

材料创新是非开挖修复技术发展的重要驱动力，新型材料的研发和应用将显著提升该技术的性能和适用范围。例如，高强度、耐腐蚀的复合材料在内衬管中的应用，不仅能够大幅提高管道的使用寿命，还能增强其抗压、抗拉和抗冲击性能，有效应对复杂地质条件和恶劣环境下的管道修复需求。这些复合材料通常由纤维增强聚合物（FRP）或碳纤维等高性能材料制成，具有重量轻、强度高、耐腐蚀性强等特点，能够适应各种管道材质和工况条件。纳米材料的引入也为非开挖修复技术带来了新的突破，纳米涂层技术可以在管道内壁形成一层致密的保护膜，有效防止腐蚀、磨损和微生物附着，进一步提升管道的耐久性和安全性。环保型材料的研发则顺应了可持续发展的趋势，例如可降解树脂和再生材料的使用，不仅减少了对环境的污染，还降低了修复成本。这些材料创新不仅提高了非开挖修复技术的修复效果和长期稳定性，还为其在更广泛领域的应用提供了可能。未来，随着材料科学的不断进步，非开挖修复技术将结合更多高性能、环保型材料，为城市基础设施的维护和升级提

供更加高效、经济和可持续的解决方案，推动管道修复技术迈向新的高度。

（三）标准化和规范化

随着非开挖修复技术的广泛应用，标准化和规范化已成为未来发展的重要趋势，制定统一的技术标准和施工规范，对于提高该技术的质量、安全性和可靠性具有重要意义。首先，标准化能够为非开挖修复技术的设计、施工和验收提供明确的指导，确保不同项目和地区之间的技术一致性，减少因技术差异导致的质量问题。例如，通过制定内衬材料性能标准、施工工艺规范和检测验收标准，可以确保修复后的管道满足长期使用要求，降低后期维护成本。其次，规范化施工流程能够有效提升施工效率和安全性，通过明确施工步骤、设备操作要求和安全防护措施，减少施工过程中的失误和事故风险，保障施工人员和周边环境的安全。标准化和规范化还有助于推动非开挖修复技术的国际交流与合作，通过与国际标准接轨，促进技术引进和输出，提升国内技术水平和竞争力。目前，许多国家和地区已经开始制定相关标准和规范，例如美国的ASTM标准、欧洲的EN标准和中国的GB标准，这些标准的实施为行业健康发展提供了有力保障。

结语

非开挖修复技术作为一种高效、环保的管道修复方法，在市政工程排水管道修复中具有广阔的应用前景。本文通过对非开挖修复技术的系统研究，总结了其技术原理、主要方法、应用现状及发展趋势，为相关工程实践提供了理论依据和技术支持。未来，随着技术的不断创新和材料的不断进步，非开挖修复技术将在市政工程排水管道修复中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1] 吴迪. 市政工程排水管道非开挖修复技术研究[J]. 中华建设, 2025, (02): 166-168.
- [2] 陈永海. 市政管养中排水管道非开挖修复技术的运用[J]. 石材, 2025, (02): 163-165.
- [3] 岑彪, 岑明. 非开挖技术在城市排水管道修复工程中的实践[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(12): 73-75.
- [4] 李涛. 排水管道非开挖修复技术在城市地下工程中的应用[J]. 科学技术创新, 2024, (23): 155-158.
- [5] 武艺锋. 城市排水管道非开挖修复技术分析[J]. 重庆建筑, 2024, 23(08): 82-84.
- [6] 杜杰. 市政工程排污主干管道塌陷非开挖修复技术研究[J]. 黑龙江科学, 2024, 15(14): 139-141+145.
- [7] 庄奇翼. 非开挖技术在排水管道修复中的应用[J]. 散装水泥, 2024, (01): 66-68.