

基于非开挖技术的给水管道修复工艺与质量控制探讨

梁志立 王宇* 靳陶然

贵阳北控水务有限责任公司 贵州 贵阳 550001

摘要：城市化快速推进背景下，传统开挖修复给水管道的的方法日益显示出其局限性。非开挖技术，作为一种创新手段，显著减少了对环境的干扰并降低了维修成本。文章分析了非开挖修复的主要工艺，如内衬法与拉拔法等，并对各技术的优劣进行了评估。研究还深入讨论了质量控制措施，提出了提升修复质量和工艺优化的策略，旨在为城市水管维护工作提供更有效和环保的解决方案。

关键词：非开挖技术；给水管道的；修复工艺；质量控制；城市维护

引言

随着城市基础设施的迅速扩展，传统的给水管道的修复方法往往难以应对复杂的城市环境和高昂的修复成本。非开挖技术作为一种创新性的修复手段，以其对环境影响小、施工周期短等优势，正逐渐成为解决城市管道老化问题的理想选择。这项技术不仅减少了对道路和建筑物的破坏，还提高了修复的效率和质量。探索非开挖技术在给水管道的修复中的应用，不仅有助于提升城市基础设施的维护水平，更为环境保护和资源节约提供了新的思路。

1 非开挖技术概述及其在给水管道的修复中的应用

1.1 非开挖技术的基本概念

非开挖技术是一种在不破坏地表的情况下，对地下管道进行修复、替换或升级的施工方法。这种技术源于20世纪70年代的欧洲，逐步引入并发展成为现代城市基础设施维护的重要手段。相较于传统的开挖技术，非开挖技术具有显著的优势，包括减少对道路和建筑物的干扰、缩短施工时间、降低修复成本及减轻对环境的影响。主要的非开挖技术包括管道内衬法、管道拉拔法、定向钻探法等，这些技术在处理不同类型的管道问题时展现出了各自的独特优势和适用场景。

1.2 管道内衬法与管道拉拔法的技术特点

管道内衬法（CIPP, Cured-In-Place Pipe）和管道拉拔法（Bursting Method）是非开挖技术中两种常用的方法。管道内衬法通过将一种树脂浸渍的管道衬里（通常由纤维增强复合材料制成）插入原管道内，再通过加热

或紫外线固化，使衬里与原管道内壁紧密贴合，从而形成一个新的管道层。此方法适用于修复管道内壁腐蚀、漏水等问题，施工过程中对周围环境几乎没有影响，且修复效果持久。

管道拉拔法则是通过在旧管道内拉拔一个新管道来替代原有管道。这种方法通常使用专用的拉拔机，将新的管道通过旧管道的位置拖入，过程中旧管道会被破碎并挤出。这种技术适用于管道需要整体替换的情况，能够有效应对管道严重变形或堵塞等问题。两种方法各具优势，选择合适的技术可以根据实际情况、管道材质及修复要求来决定。

1.3 非开挖技术在给水管道的修复中的应用实例

在实际应用中，非开挖技术已经在多个城市基础设施项目中取得了显著的成果。例如，在某些城市老旧管道网络的更新过程中，通过管道内衬法成功解决了管道内壁腐蚀和漏水问题，减少了对城市交通的干扰。另一案例中，管道拉拔法被用来替换市中心区域的老化给水管道的，施工过程避免了大规模的道路开挖，极大地减轻了对居民生活和商业活动的影响。

非开挖技术的应用不仅提升了修复效率，还对环境保护做出了贡献。例如，在涉及到生态敏感区域的管道修复项目中，非开挖技术能够有效降低施工对地表植被和生态系统的破坏。随着技术的不断发展和创新，非开挖技术在给水管道的维护中的应用前景广阔，未来有望在更多城市和环境条件下得到推广和应用。

2 管道内衬法与管道拉拔法：技术原理与应用效果比较

2.1 管道内衬法的技术原理与应用效果

管道内衬法（CIPP, Cured-In-Place Pipe）是一种通过在现有管道内安装一种固化的管道衬里来进行修复的技术。其核心原理是利用一种经过特殊处理的树脂和纤

作者简介：梁志立，男，1981.06，汉，籍贯：贵州贵阳人，学历：本科，助理工程师，主要从事：工程现场管理。

通讯作者简介：王宇，男，1993.03，汉，籍贯：贵州贵阳人，学历：本科，中级工程师，主要从事：工程现场管理。

维增强材料制成的衬里，首先将其压缩或折叠，插入旧管道内部。随后，通过加热、蒸汽或紫外线等方法固化树脂，使衬里与旧管道内壁形成一个新的坚固内层，从而恢复管道的结构强度和功能。这种方法在修复过程中不会破坏原有地面和结构，施工相对简单，对周围环境的干扰较小。

管道内衬法的应用效果显著，特别适用于修复腐蚀、漏水、内壁损坏等问题。由于固化后的衬里具有良好的耐腐蚀性和抗化学性，可以有效延长管道的使用寿命。此外，内衬法还具有很高的施工灵活性，可以适应各种管道的形状和尺寸。然而，该方法也有一定的局限性，例如对管道内径和曲率的要求较高，修复过程中需要保证衬里材料的均匀固化，否则可能影响最终的修复效果。

2.2 管道拉拔法的技术原理与应用效果

管道拉拔法是一种通过在旧管道内拉拔一个新管道来替代原有管道的非开挖修复技术。该方法的基本原理是使用拉拔设备将一个新管道通过旧管道内部逐渐推进，过程中，新管道会挤压破碎的旧管道，并在其后形成一个新的管道通道。这种方法适用于管道需要替换或扩径的场景，尤其在旧管道已严重损坏或变形时，能有效解决管道承载能力不足的问题。

管道拉拔法的应用效果显著，能够在较短的时间内完成管道的替换工作，且对周围环境的影响较小。通过这一方法，能够实现对旧管道的彻底替换，同时确保新管道的规格和功能符合现代需求。此外，拉拔法还具有较高的施工效率，能够在较短的时间内完成施工任务，减少对交通和周边区域的干扰。然而，这种方法也存在一些挑战，例如对土壤条件的要求较高，不同土壤类型对拉拔过程的影响可能会造成施工难度的增加。

2.3 管道内衬法与管道拉拔法的比较

在选择管道修复方法时，管道内衬法与管道拉拔法各有其独特的优缺点。管道内衬法主要优点在于施工过程对现有管道的破坏性小，适用于各种管道形状和尺寸，且能有效解决管道内壁的腐蚀和漏水问题。其缺点是对管道内径和曲率有一定要求，且固化过程可能受环境因素的影响。相比之下，管道拉拔法则能够处理旧管道严重损坏或需要扩径的情况，施工效率高，适用于土壤条件较好的场景。但该方法对周围环境的影响较大，对土壤类型和管道走向有一定要求。

3 非开挖修复工艺的关键技术与实施步骤

3.1 关键技术概述

非开挖修复工艺包括多种技术，每种技术都有其特定的关键技术要点。管道内衬法（CIPP）和管道拉拔法

（Bursting Method）是两种常见的非开挖修复技术。管道内衬法的关键技术在于衬里材料的选择与处理。这些衬里通常由纤维增强复合材料制成，需经过预处理和浸渍处理，以保证固化后的强度和耐用性。此外，固化过程中的温度和压力控制也是确保修复质量的关键因素。管道拉拔法则主要依赖于拉拔设备的设计与操作精度，需要确保新管道的尺寸和形状能够与旧管道完美配合，以实现顺利替换。

3.2 施工步骤详解

无论是管道内衬法还是管道拉拔法，施工步骤的规范化是确保修复效果的关键。以管道内衬法为例，施工步骤包括：首先进行管道的清理和检查，确保内部没有障碍物；然后将树脂浸渍的衬里通过气压或机械方式插入管道内部；接下来，通过加热或紫外线固化衬里，使其与旧管道内壁紧密贴合；最后，进行修复效果的检测和管道功能的恢复。每一步都需要严格控制操作条件，以防出现固化不均或衬里粘附不良的问题。

管道拉拔法的施工步骤则包括：首先通过钻孔设备在地面上钻取进入管道的孔洞；然后使用拉拔装置将新管道逐步拉入旧管道内，过程中需要保持均匀的拉拔速度和力矩；在新管道到位后，拆除拉拔设备并进行接口密封；最后，对新管道进行压力测试和功能检查，确保其正常运作。与管道内衬法类似，拉拔过程中对设备的精确操作和施工环境的控制也是保证修复质量的重要环节。

3.3 质量控制与维护

非开挖修复工艺的质量控制主要体现在施工过程中的监控和修复效果的评估。施工过程中，应实时监测管道内衬法的固化过程，确保衬里材料均匀固化，并进行必要的温度和压力调整。对管道拉拔法而言，需检查新管道的安装位置和连接状态，确保没有漏水或接缝问题。完成施工后，需进行全面的检验，包括管道的压力测试、流量测试和视觉检查，以确认修复质量符合标准。此外，定期的维护和监测也是确保修复效果长期可靠的必要措施，能够及时发现潜在问题并进行调整，以延长管道的使用寿命。

4 给水管道修复中的质量控制方法与标准

4.1 质量控制方法

在给水管道的非开挖修复过程中，确保修复质量至关重要。首先，施工前的管道检测是关键步骤之一，包括对原有管道的状况进行详细勘查。采用闭路电视（CCTV）检查系统可以准确评估管道内的破损程度、堵塞情况及其他问题，为选择合适的修复方法提供依据。其次，在修复过程中，严格按照技术规范和施工操作规

程进行,以确保修复材料的配比、施工工艺等符合标准。例如,在管道内衬法施工中,树脂的浸渍和固化过程必须在控制的温度和湿度下进行,以确保衬里能够均匀固化并有效粘附于管道内壁。

4.2 质量检测与评估

修复完成后,进行细致的质量检测是核心环节,确保修复效果符合标准要求。对于采用管道内衬法的给水管道,常用的检验方法包括高压水流测试和气密性测试,这些测试能有效评估新内衬的密封性和耐压性。闭路电视系统的使用则可以仔细观察管道内部情况,如内衬是否存在气泡、脱落或其他结构缺陷。对于管道拉拔法,重点检查新旧管道的接口,确保连接处无漏水现象,连接紧密。最后,还需对地面及周边环境进行全面的恢复检查,验证施工是否对环境造成持久影响,及时修复施工过程中造成的地面破坏和其他痕迹,保证施工区域的环境和美观得到有效恢复。这些步骤共同确保了给水管道修复工作的高质量完成。

4.3 质量标准与维护

质量标准在非开挖管道修复中提供了明确的执行规范,保证修复工程的可靠性与长期稳定性。一般而言,非开挖技术的质量标准包括材料的选择标准、施工工艺规范以及检测验收标准。例如,国际上对管道内衬材料的质量要求通常包括抗腐蚀性、耐压性、耐磨损性等性能指标。同时,国家和地方也会制定相关的行业标准和规范,规定施工过程中应遵循的技术要求和验收标准。为了保持修复效果,管道修复后需建立定期检查和机制,及时发现和处理潜在的问题,确保管道系统的长期稳定运行。

5 非开挖技术在城市给水管道维护中的发展趋势与挑战

5.1 发展趋势

非开挖技术在城市给水管道维护中的发展趋势主要体现在技术创新和应用范围的扩展。随着科技的进步,非开挖修复技术不断引入新材料和新工艺。例如,智能传感器和监测系统的应用使得管道修复过程更加精准。实时数据监控技术能够对管道的状态进行持续跟踪,提前预警潜在问题,从而优化修复方案。此外,非开挖技术在施工效率和经济性方面的提升也显著。新型固化材料和先进的施工设备使得修复速度加快,成本降低,同时施工对交通和环境的影响也大幅减少。越来越多的城市开始采用非开挖技术进行管道修复,以应对城市基础设施的快速老化和维护需求。

5.2 技术挑战

尽管非开挖技术在城市管道维护中具有诸多优势,

但仍面临一些技术挑战。首先,技术的复杂性和专业性要求高,操作和施工人员需要接受专门的培训,以确保技术的正确应用。其次,非开挖技术对管道的适用性有限。例如,管道内径过小或曲率过大的情况下,部分非开挖技术可能无法有效应用。此外,现有技术在处理大规模管道系统时可能面临一些瓶颈,如施工现场空间受限、设备负荷过大等问题。解决这些技术挑战需要不断的研究和改进,例如开发新型材料、优化施工工艺等。

5.3 未来展望

未来,非开挖技术在城市给水管道维护中有望迎来更多的发展机会和应用前景。随着智能化和自动化技术的发展,非开挖技术将更加智能化,施工过程将逐步实现自动化和无人化。人工智能和机器学习的引入,可以提高管道修复过程的预测精度和决策效率。此外,绿色环保技术的应用将成为非开挖技术发展的重要方向。未来的技术将更加注重减少施工对环境的影响,推广使用可再生和环保材料,以实现可持续发展。政府和企业也应加强合作,推动技术研发和应用,制定相关标准和法规,以支持非开挖技术在城市基础设施维护中的广泛应用。

结语

非开挖技术作为城市给水管道维护的重要手段,凭借其对环境干扰小、施工效率高等优势,正逐步取代传统的开挖修复方法。然而,面对技术复杂性和应用局限性等挑战,持续的技术创新和优化仍然是关键。未来,随着新材料和智能技术的不断进步,非开挖技术有望在城市基础设施维护中发挥更大作用,提高修复质量和效率。通过不断克服现有挑战,非开挖技术将为城市管道系统的可持续发展提供更加可靠的解决方案。

参考文献

- [1] 顾卫东.常用城镇供水管道非开挖整体修复工艺的分析比较及展望[J].城镇供水,2022(05):61-64+91. DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2022.05.002.
- [2] 钱吉洪,陈威任,王喆.非开挖CIPP常温固化翻转内衬修复技术在供水管道的应用[J].城镇供水,2021(04):48-51. DOI:10.14143/j.cnki.czgs.2021.04.011.
- [3] 廖军,刘辛悦,韩冰,吴潇勇,耿冰,王婷婷.给水管道非开挖内壁喷涂修复工艺在上海的工程应用[J].净水技术,2018,37(S1):178-180+189. DOI:10.15890/j.cnki.jsjs.2018.s1.046.
- [4] 杨雄.非开挖顶管工艺在供水管道修复中的应用研究[J].山西建筑,2009,35(01):204-205.
- [5] 张敬琳.小口径给水管道除锈喷涂修复工艺介绍[J].净水技术,2005(06):71-72. DOI:10.15890/j.cnki.jsjs.2005.06.021.