

排水管道非开挖修复

张广臣 李庆腾

中建八局第二建设有限公司 山东 济南 250014

摘要：排水管道非开挖修复技术是一种高效、环保的地下管道维护方法，通过CIPP现场固化法、短管内衬法、螺旋内衬法及局部修复法等手段，在不破坏路面的情况下修复管道破损、渗漏等问题。该技术具有施工速度快、对交通影响小、修复质量高、环境友好等优势，但也面临技术难度大、成本控制不易等挑战。未来，随着材料、设备技术的创新和多样化修复技术的应用，非开挖修复技术前景广阔。

关键词：排水管道；非开挖；修复

引言：城市化快速发展背景下，排水管道系统的安全高效运行对城市生活至关重要。然而，传统开挖修复方式不仅破坏路面交通，且施工周期长、成本高。排水管道非开挖修复技术作为一种创新解决方案，凭借其施工快捷、环境影响小、修复质量高等特点，逐渐成为城市管道维护的首选方法。本文综合分析非开挖修复技术的主要方法、优势与挑战，旨在为城市管网维护提供理论依据和实践指导。

1 排水管道非开挖修复技术概述

1.1 非开挖修复技术的定义与分类

1.1.1 定义阐述

排水管道非开挖修复技术是指在不进行大面积开挖地面的前提下，借助专业设备和技术手段，对地下排水管道的破损、渗漏、变形等问题进行修复或更新的技术体系。它突破了传统开挖修复需要破坏路面、影响交通和周边环境的局限，通过在管道内部或外部实施修复作业，实现管道功能的恢复与提升，是地下管网维护领域的重要技术革新。

1.1.2 主要分类

目前主流的非开挖修复技术可分为整体修复和局部修复两大类。整体修复技术包括CIPP（原位固化法），通过将浸有树脂的软管拉入旧管内，经加热固化形成新的管道内衬；短管内衬法，采用预制的短管在管道内拼接形成内衬层；螺旋内衬法，将带状型材在管道内螺旋缠绕形成连续的内衬管道。局部修复技术则针对管道局部破损点进行处理，如点状修复法，使用树脂或密封材料对渗漏点进行封堵；补丁法，通过特制补丁覆盖局部破损区域；注浆法，向管道破损处周边注入密封材料以阻止渗漏^[1]。

1.2 非开挖修复技术的优势与挑战

1.2.1 优势分析

该技术具有显著优势：施工速度快，省去了开挖、

回填等环节，单段管道修复通常可在数小时至数天内完成；对交通影响小，无需封闭大面积路面，减少了对城市交通通行的干扰；修复质量高，形成的内衬管道具有良好的密封性和结构强度，使用寿命可达数十年；环境友好，施工过程中产生的噪音、粉尘污染少，对周边居民生活和生态环境影响小；综合成本可控，长期来看，因减少了路面修复等费用，经济性较为突出。

1.2.2 面临的挑战

在实际应用中仍面临诸多挑战：技术难度较大，对施工设备精度和操作人员技能要求高，尤其在复杂管线环境中易出现内衬定位偏差等问题；成本控制不易，专用材料和设备投入较高，对于小口径管道修复，单位成本相对昂贵；材料选择受限，部分修复材料在耐腐蚀性、耐高温性等方面难以满足特殊工况需求，且材料老化问题可能影响修复寿命；前期检测要求高，需精确掌握管道内部缺陷情况，否则易导致修复方案不合理，影响修复效果。

2 排水管道非开挖修复的主要方法

2.1 CIPP现场固化法

2.1.1 技术原理及操作流程

CIPP现场固化法以树脂浸渍的软管为修复材料，利用水或压缩空气的压力将软管翻转送入待修复管道内部，使其紧密贴合旧管内壁。随后通过热水、蒸汽或紫外线照射等方式促使树脂固化，形成与旧管紧密结合的高强度内衬管，从而恢复管道的结构性能和输水功能。

操作流程主要包括：前期对管道进行清洗、检测，确定缺陷位置和尺寸；根据管道规格定制浸有树脂的软管；将软管一端固定在翻转头上，通过压力将其翻转送入管道内；待软管完全展开并贴合管壁后，启动固化设备使树脂固化；固化完成后切割端口，进行闭水试验和竣工验收^[2]。

2.1.2 适用范围与优缺点分析

适用范围广泛,可用于修复DN50-DN2000mm的各类材质管道,包括混凝土管、钢管、铸铁管等,尤其适用于存在结构性破损、渗漏、腐蚀等问题的管道。

优点:修复后管道整体性强,抗压和抗腐蚀性能优异,使用寿命可达50年以上;施工对周边环境影响小,无需大面积开挖;可一次性修复较长距离管道,施工效率高。

缺点:材料成本较高,尤其是大口径管道修复费用显著;固化过程受环境温度影响较大,低温环境需采取额外保温措施;对管道内的尖锐杂物敏感,若清理不彻底易造成内衬破损。

2.2 短管内衬法

2.2.1 方法介绍及施工步骤

短管内衬法是将预制的短节管材(如PVC、PE、不锈钢等)通过专用设备逐节送入待修复管道内,采用机械或液压方式使短管之间及短管与旧管之间紧密连接,形成连续的内衬结构。

施工步骤为:先对管道进行预处理,清除淤积和障碍物;在工作井内安装导向设备,确保短管安装轴线精准;将短管逐节推入管道,通过密封圈或焊接方式连接;利用膨胀设备使短管与旧管内壁紧密贴合;最后进行端口处理和密封性检测。

2.2.2 优缺点及适用条件探讨

优点:预制短管质量易把控,施工工艺成熟可靠;对施工环境要求较低,可在潮湿或有少量渗水的管道内作业;后期维护方便,单节损坏可单独更换。

缺点:管道过流断面会有一定损失,影响输水能力;接口数量多,若密封不当易出现渗漏;施工速度相对较慢,不适用于长距离管道修复。

适用条件:适用于DN200-DN1500mm的管道,尤其适合管道局部破损或结构性缺陷不严重的情况,对管道的原有走向和坡度要求较高,不适用于严重变形或错位的管道。

2.3 螺旋内衬法

2.3.1 螺旋制管原理与施工方法

螺旋内衬法利用带状型材在管道内部通过专用设备连续螺旋缠绕形成内衬管道,型材之间通过锁扣结构连接,形成具有一定刚度和密封性的整体结构。同时,可通过注入水泥砂浆等材料填充内衬与旧管之间的间隙,进一步增强结构稳定性。

施工方法:先对管道进行清理和检测,确定缠绕起点;将带状型材通过送料设备送入管道内,利用缠绕机使型材螺旋缠绕并锁定;随着缠绕过程推进,内衬管不

断向前延伸,直至覆盖整个修复段;最后处理端口并进行密封处理。

2.3.2 修复效果与适用性分析

修复效果:形成的内衬管道内壁光滑,水力性能良好;锁扣结构保证了整体密封性,可有效解决管道渗漏问题;内衬具有一定的柔韧性,能适应管道的轻微沉降。

适用性分析:适用于DN150-DN3000mm的管道修复,对管道的变形、错位有一定的适应能力;尤其适合于圆形或椭圆形管道,在非圆形管道中应用需特殊处理;施工速度快,可在不停水情况下作业,适合交通繁忙区域的管道修复。但对于管道内有严重凸起或尖锐物体的情况,需先进行预处理^[3]。

2.4 局部修复法

2.4.1 局部修复技术的种类

局部修复技术主要针对管道局部破损点进行修复,常见种类包括:不锈钢套环修复法,采用不锈钢套环配合密封材料对破损处进行固定密封;化学注浆法,通过注入化学浆液填充裂缝或孔洞,达到止水和加固目的;点状树脂固化法,将浸有树脂的补丁覆盖在破损处,通过固化形成局部密封层;气囊扩张法,利用气囊将修复材料压贴在破损处,待固化后形成修复层。

2.4.2 每种方法的操作流程与效果评估

不锈钢套环修复法:操作流程为清理破损部位,选择合适规格的套环,在套环内侧放置密封胶条,将套环套在破损处,通过螺栓紧固使套环与管壁紧密结合。效果评估:密封性能好,可承受一定压力,适用于中小口径管道的局部穿孔、裂缝修复,使用寿命可达20年以上,但对管道变形量有一定要求。

化学注浆法:操作流程为确定渗漏点,钻孔并植入注浆嘴,按照比例配置化学浆液,通过注浆泵将浆液注入渗漏部位,待浆液固化后拆除注浆嘴。效果评估:能快速封堵渗漏,施工灵活,适用于各种材质管道的裂缝、接头渗漏修复,但浆液固化后强度有限,不适用于结构性破损修复^[4]。

点状树脂固化法:操作流程为清理破损区域,将浸有树脂的修复材料贴附在破损处,使用气囊加压使材料紧密贴合管壁,通过紫外线或热水固化。效果评估:修复后表面光滑,与管壁结合紧密,适用于小面积破损修复,但其修复范围有限,无法解决长段管道缺陷。

气囊扩张法:操作流程为将带有修复材料的气囊放入破损位置,充气使气囊膨胀,将修复材料压在管壁上,待材料固化后放气取出气囊。效果评估:施工便捷,对周边环境影响小,适用于管道局部凹陷、裂缝修

复,但修复强度依赖材料性能,长期使用易出现脱落。

3 排水管道非开挖修复技术的发展前景与挑战

3.1 技术发展趋势预测

3.1.1 材料技术的发展与创新

材料技术是推动非开挖修复技术升级的核心动力。未来,高性能树脂材料将成为研发重点,如具备自修复功能的智能树脂,可在微小破损时自动愈合,延长管道寿命;环保型材料的应用比例将大幅提升,生物可降解树脂、再生塑料复合材料等能减少施工和后期维护对环境的污染。此外,新型复合材料(如碳纤维增强复合材料、石墨烯改性材料)将进一步优化,在提高强度的同时降低重量,提升施工便捷性。功能性涂层材料也将突破,如抗菌涂层可抑制管道内微生物滋生,抗腐蚀涂层能适应复杂水质环境。

3.1.2 施工设备的智能化与自动化

施工设备正朝着“智能感知+自动操作”方向发展。智能导向系统将整合AI视觉识别和激光雷达技术,实时监测管道内部环境,自动调整修复设备的运行轨迹,减少人工操作误差;自动化施工机器人将实现多工序集成,如同时完成管道清洗、缺陷检测、内衬铺设等作业,大幅提升施工效率。远程操控技术的成熟将使操作人员在地面即可完成地下管道修复,降低安全风险;设备状态监测系统可通过传感器实时反馈运行参数,提前预警故障,减少停机时间。此外,设备小型化趋势明显,适用于狭窄空间和复杂管网的微型修复设备将得到广泛应用。

3.1.3 修复技术的多样化与综合应用

单一修复技术的局限性逐渐凸显,未来将形成“多种技术协同”的综合修复体系。例如,对严重破损管道采用“局部预处理+整体内衬”组合工艺,先通过局部注浆加固薄弱段,再实施CIPP整体修复;对复杂管网采用“分段差异化修复”策略,根据管道材质、破损程度选择螺旋内衬、短管内衬等适配技术。同时,预防性修复技术将从概念走向实践,结合管道健康监测数据,在管道出现明显破损前进行预防性内衬处理,降低后期大修成本。跨行业技术融合加速,如借鉴医学领域的微创手术理念,开发更精准的局部修复技术,进一步减少对管道原有结构的干扰。

3.2 面临的挑战与应对策略

3.2.1 技术普及与培训需求

当前非开挖修复技术对操作人员技能要求高,但行业内专业人才短缺,技术普及难度大。应对策略包括:建立标准化培训体系,由行业协会联合高校、企业开发课程,涵盖理论知识和实操训练,通过考核颁发资质

证书;推广“校企合作”模式,企业向院校提供实训设备,院校为企业定向输送技术人才;利用虚拟现实(VR)技术开发模拟培训系统,让学员在虚拟环境中练习复杂工况下的操作,降低实际培训成本和风险。此外,定期举办行业技术交流会,分享施工案例和经验,促进技术扩散。

3.2.2 成本控制与效益分析

非开挖修复技术的初期设备和材料投入较高,制约了其在中小城市的推广。应对策略有:规模化生产降低材料成本,通过行业联盟集中采购原材料,推动树脂、型材等核心材料的国产化替代;优化施工方案提升效益,结合BIM技术模拟施工流程,减少材料浪费和返工;建立全生命周期成本核算体系,对比非开挖修复与传统开挖修复的长期成本(如维护费用、寿命周期),向业主展示其经济性优势。政府可通过补贴、税收优惠等政策,降低企业初期投入压力,鼓励技术应用。

3.2.3 法规政策与行业标准的完善

目前行业缺乏统一的技术标准和验收规范,导致修复质量参差不齐。应对措施包括:加快标准制定进程,由住建部门牵头,组织科研机构、企业制定涵盖材料性能、施工流程、质量验收的全链条标准,明确各技术的应用边界;完善法规保障体系,将非开挖修复技术纳入城市管网维护强制性规范,要求新建和改造项目优先采用;建立第三方检测机制,引入独立机构对修复效果进行评估,确保符合标准要求。同时,推动行业信用体系建设,对违规企业实施惩戒,规范市场秩序。

结束语

排水管道非开挖修复技术以其独特的优势,在城市管网维护中发挥着越来越重要的作用。随着技术的不断进步和材料科学的创新,非开挖修复将更加高效、环保,能够更好地适应复杂多变的管道环境。未来,我们应继续探索和优化非开挖修复技术,推动其标准化、智能化发展,同时加强行业交流与合作,共同提升城市管道系统的运行效率和安全性,为城市可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]赵明,李晓明.非开挖修复技术的研究与应用[J].管道工程,2020,34(6):45-50.
- [2]陈伟,高东.非开挖技术在排水管道中的应用研究[J].工程技术,2021,25(4):123-130.
- [3]袁红丹.上海地区排水管道非开挖修复设计要点分析[J].建筑科技,2023,7(06):8-11.
- [4]徐彤生.探讨市政项目排水管道非开挖修复技术[J].居业,2023(11):31-33.