

# 非开挖技术在市政排水管道修复中的应用

任亚丹

上海信立生态环境工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5051

**[摘要]** 随着市政排水管道服役年限增长,管道易出现破裂、腐蚀、接口脱节等结构性问题,传统开挖换管方式对城市交通及居民生活干扰显著。非开挖修复技术在缩短工期、降低环境扰动、提升综合效益方面优势突出。本文以市政排水管道缺陷治理为目标,系统介绍CIPP原位固化法、点状原位固化法、螺旋缠绕法、碎(裂)管法的技术原理与适用场景,明确技术选型原则,并提出全流程工程保障措施。合理选型与全流程管控,可显著提升排水管网更新改造的技术经济性与绿色施工水平。

**[关键词]** 非开挖技术; 市政排水管道; 管道修复; 绿色施工

中图分类号: TU992.05 文献标识码: A

## Application of Trenchless Technology in the Rehabilitation of Municipal Drainage Pipelines

Yadan Ren

Shanghai Xinli Ecological Environment Engineering Co., Ltd.

**[Abstract]** With the increasing service life of municipal drainage pipelines, structural problems such as pipe rupture, corrosion, and joint dislocation have become more common. Traditional excavation and pipe replacement methods cause significant disruption to urban traffic and residents' daily lives. Trenchless rehabilitation technologies offer significant advantages in shortening construction periods, reducing environmental disturbance, and improving overall benefits. Aiming at the treatment of defects in municipal drainage pipelines, this paper systematically introduces the technical principles and applicable scenarios of CIPP (Cured-in-Place Pipe), localized CIPP repair, spiral wound lining, and pipe bursting methods. It also clarifies the principles for technology selection and proposes comprehensive engineering assurance measures throughout the entire process. Appropriate technology selection combined with full-process management can significantly improve the technical and economic efficiency of drainage network renewal projects and promote greener construction practices.

**[Key words]** Trenchless Technology; Municipal Drainage Pipeline; Pipeline Rehabilitation; Green Construction

### 引言

城市基础设施进入存量提质阶段,早期敷设的排水管道因材料老化、荷载超限及介质腐蚀等影响,普遍出现破裂、错口、渗漏等缺陷,严重影响排水安全。传统开挖修复需破除路面、迁移管线,在交通繁忙或地下管线密集区域难以实施。非开挖修复可在不大面积开挖路面的前提下完成管道修复与更新,成为城镇排水管网改造的主流技术。本文系统介绍四种主流非开挖修复技术,并提出全流程工程保障措施,为工程实践提供参考。

### 1 市政排水管道常见缺陷及修复技术

#### 1.1 常见缺陷类型及危害

市政排水管道长期埋于地下,受地质条件、施工质量、运行

年限、介质腐蚀、外力扰动等多种因素影响,易产生各类缺陷。依据CJJ181-2012《城镇排水管道检测与评估技术规程》,市政排水管道缺陷分为结构性缺陷与功能性缺陷两大类。

**结构性缺陷:** 主要指管道本身结构受到破坏,影响管道承载能力和密封性,常见类型包括:管道破裂、变形、腐蚀、错口、起伏、脱节、渗漏等<sup>[1]</sup>。此类缺陷会导致管道漏水、漏泥,不仅影响排水效率,还可能引发地下水污染、路面沉降等问题,影响城市交通和建筑物安全。结构性缺陷是管道修复的重点和难点。

**功能性缺陷:** 主要指管道内部出现堵塞、淤积、结垢等问题,影响管道的过流能力,但未破坏管道结构,常见类型包括:管道沉积、结垢、障碍物、树根、残墙、浮渣等<sup>[1]</sup>。此类缺陷会

导致雨污水排放不畅,容易引发城市内涝,尤其是在雨季,淤积严重的管道会导致雨水无法及时排出,影响居民出行和城市正常运行。长期淤积还会导致管道腐蚀加剧,诱发结构性缺陷。

### 1.2 市政排水管道修复技术分类

市政排水管道修复技术主要分为开挖修复和非开挖修复两大类。开挖修复技术是传统方式,适用于管道缺陷严重、无法采用非开挖技术修复的场景,但扰民、扬尘大、工期长、综合成本高。非开挖修复技术是指在基本不破坏地面设施的前提下,通过地下作业完成管道修复的技术总称。

与传统开挖修复技术相比,非开挖修复技术具有以下核心优势:

(1) 施工干扰小,无需大面积开挖路面,对交通与居民生活影响低;

(2) 施工效率高,单段修复周期短;

(3) 综合成本低,节省路面破除、回填与恢复费用;

(4) 修复效果好,修复后管道的密封性、耐腐蚀性和承载能力显著提升;

(5) 环保节能,施工过程中产生的建筑垃圾少,扬尘、噪声污染小,符合绿色施工要求。

### 2 非开挖技术在市政排水管道修复中的具体应用

根据施工功能与技术原理,非开挖修复技术可分为三大类:一是整体内衬修复,通过在原有管道内部铺设新的内衬材料,恢复管道的结构完整性与输水功能;二是局部修复,针对管道局部破裂、渗漏等缺陷进行定点修复;三是管道更新置换,通过专用设备将原有破损管道取出或挤碎,同步拉入新管道,实现整体更新。各类技术适配不同的缺陷类型与管道条件,为市政排水管道修复提供了多样化的解决方案。以下重点介绍市政排水管道修复中应用最广泛的几种非开挖技术。

#### 2.1 CIPP原位固化法

CIPP原位固化法是目前市政排水管道非开挖修复中应用最广泛、适配性最强的整段修复技术,其中紫外光固化(UV-CIPP)是应用广泛的迭代升级工艺。该技术核心原理是先对待修复管道进行彻底清洗、疏通,去除管内淤积、杂物及油污,再将浸有光固化树脂或热固化树脂的玻璃纤维软管,通过牵引设备拉入待修复管道内部,随后利用紫外光照射或热固化方式,使树脂软管与旧管内壁紧密贴合并固化,形成一层高强度、无缝的内衬层,实现管道结构补强与渗漏治理。

该技术适用于DN200-DN2400的各类管材(混凝土管、铸铁管、塑料管等),主要针对管道大面积腐蚀、渗漏、轻微变形等中度整体性缺陷。其核心优势在于施工扰动极小、工期短、无需大面积开挖,尤其适合城市主干道、繁华商圈、居民区等环境敏感区域,同时固化质量可实时监测、追溯。但该技术对管道清淤要求较高,需彻底清除管内障碍物;对严重变形或复杂支管接口的适应性有限。

#### 2.2 点状原位固化法

点状原位固化法主要针对管道局部破损、渗漏、裂缝、接口松动等集中性轻度缺陷,以“精准定位、靶向治理”为核心原则,无需对管道进行整体修复,具有施工速度快、成本低、对环境干扰极小的特点。其核心原理是通过CCTV检测精准定位管道破损点,将浸有环氧树脂的玻璃纤维毡附着在专用气囊上,将气囊送入破损位置后充气扩张,使玻璃纤维毡与管道破损处紧密贴合,通过常温或蒸汽加热使树脂固化,形成局部内衬层,实现破损部位的密封与补强<sup>[2]</sup>。

该技术适用于DN200-DN1500的各类管道,单处修复仅需2~4小时,修复后管道过流能力基本不受影响,无需断水或仅短暂断水,对居民生活和城市排水影响极小,尤其适合老旧管网的日常维护与紧急抢修,可有效降低整体修复成本,避免因局部缺陷扩大导致的管道整体失效。但该技术仅适用于局部缺陷,无法解决整体结构问题,属于“多点小损”的高效经济型修复方法。

#### 2.3 螺旋缠绕法

螺旋缠绕法是一种适用于大口径管道的非开挖修复技术,核心原理是利用专用缠绕机将PVC或HDPE型材在管道内部螺旋缠绕锁扣,形成一条新管,贴合于旧管内壁,间隙通常注浆加固。该技术适用于大口径(DN600-DN3000)、长距离排水管道。

螺旋缠绕法的关键优势在于:新管内壁光滑,可一定程度补偿管径缩小带来的过流损失;可连续施工;能适应一定程度的管道椭圆变形、接口错位。但该技术会减小过水断面;需对内衬与旧管间隙注浆,工序繁琐;对管道直线度、基础稳定性要求高;小口径使用不经济。

#### 2.4 碎(裂)管法

碎(裂)管法又称碎管置换法,属于管道原位更新技术,是解决管道严重结构性缺陷的常用方案,主要适用于铸铁、陶土、老旧塑料等可破碎管材的严重变形、重度腐蚀、失效管道。该技术常采用液压或气动裂管设备,通过专用牵引设备提供稳定且可控的拉力,驱动锥形钢制裂管头在旧管道内部缓慢匀速推进,利用裂管头的锥形结构对旧管内壁施加均匀的径向扩张力,将原有破损、老化的管道逐步胀裂、挤碎,同时将破碎后的管体碎片均匀挤压至周边土体孔隙中,在裂管头推进的同时,其后方同步牵引或顶入新管道(多为PE管),实现旧管原位更换<sup>[3]</sup>。

该技术可实现同径更换或适度扩径(可扩径1~2个公称直径等级),施工仅需设置小型始发井与接收井,对城市交通、周边环境的干扰极小。根据管材敷设形式的不同,可分为整管拉入式与短管置换式两大细分形式,其中短管置换式液压碎(裂)管法更适用于施工场地狭小、长距离盘管难以运输敷设的老旧城区小巷、居民区内部等复杂工况,在老旧管网更新改造中应用广泛。

但相较于内衬修复技术,该技术对周边环境扰动略大,施工前需评估周边管线与建筑安全;旧管须具备可破碎性,钢筋混凝土管需提前用管内切割机器人切断钢筋。

#### 2.5 四大主流方法对比与选型原则

四大主流方法核心对比：

方法	核心原理	典型适用场景	关键优势	限制条件
CIPP原位固化法	树脂软管置入管内，加热/紫外光固化成整体内衬	整段腐蚀、渗漏、裂缝，城区敏感区域	无缝密封、适应性强、工期短、占地极小	需彻底清淤；对严重变形/复杂支管适应性有限
点状原位固化法	气囊+树脂补丁定点黏合固化	局部裂缝、孔洞、接口渗漏(单处/少量点)	成本低、速度快、精准修复	仅适用于局部缺陷，无法解决整体结构问题
螺旋缠绕法	型材在管内螺旋缠绕锁扣形成新管	大口径、长距离管道	连续施工、适应错位	缩径；需注浆；对直线度与基础要求较高
碎(裂)管法	破碎旧管同步拉入/顶入新管，实现同径/扩径	严重变形、错口、无法修复的旧管更新	彻底更换，可扩径、提升过流能力	需评估周边安全；钢筋混凝土管不可直接碎管

在技术选型时，应遵循科学、合理、适配的原则，结合多维度因素综合研判，对管道缺陷类型与严重程度、管道所处场景与环境条件、管道材质与规格、经济成本与施工周期等因素综合考量，做到一管一策，杜绝单一技术套用或盲目选型。

3 非开挖修复技术的工程应用保障措施

非开挖修复技术的成功应用，离不开施工前检测评估、过程质量控制及后期维护管理的全流程保障。本章从管道检测评估、施工质量控制、后期维护管理及全生命周期成本优化四个方面，系统阐述其工程应用保障措施。

3.1 管道检测与评估体系

非开挖修复前，需对管道全面检测评估，为选型和方案设计提供依据。采用CCTV检测系统扫描管道内部，识别缺陷类型、位置及严重程度；复杂缺陷管道可通过激光三维扫描建模，精准获取关键参数。结合检测数据，按规范将管道缺陷分为 I~IV 级，对应不同修复建议；复杂工况需通过现场试验或数值模拟，验证修复方案可行性。

3.2 施工过程质量控制

施工过程质量控制是工程质量的核⼼，需从四方面管控。材料进场需核查质量证明，关键材料需复验并规范储存；施工前校准检修关键设备，确保运行正常。严格控制各工艺参数，适配不同修复技术要求；同时监测作业周边环境，处置地下水位、地面沉降等问题，妥善处理施工废弃物，避免污染<sup>[4]</sup>。

3.3 修复后检测与维护管理

修复完成后需验收检测并建立后期维护机制。采用CCTV全段检测修复质量，针对性检测内衬厚度、固化度等指标，验收记录归档。重要管道设置长期监测点，按规范频率评估修复效果稳定性。将管道纳入日常维护，定期清淤，建立健康档案，制定应急预案，及时处置异常管道缺陷。

3.4 全生命周期成本优化

非开挖修复的经济优势需通过全生命周期成本评估来体现，其成本包括设计检测、材料设备、施工维护等。虽然初期投入可能较高，但无需承担路面恢复等费用，且长期维护成本低。具体优化策略包括：在技术选型阶段对不同方案进行全生命周期成本比选，优先选择综合效益最优方案；对于区域性的多个修复项目，可采用集约化采购方式降低材料单价；逐步建立企业级成本数据库，为后续类似项目的方案决策提供参考依据。

4 结语

本文系统梳理非开挖修复技术体系，重点阐述CIPP原位固化法、点状原位固化法、螺旋缠绕法及碎(裂)管法的原理、适用场景与选型原则，并从检测评估、质量控制、维护管理及成本优化提出工程保障措施。研究表明，CIPP原位固化法适配性最广，点状原位固化法适合局部缺陷快速治理，螺旋缠绕法为大口径优选，碎(裂)管法适用于严重破损管道原位更新。通过精准检测、科学选型与全流程管控，非开挖技术可高效绿色完成管网改造，为城市地下基础设施提质提供支撑。

[参考文献]

[1] 邹福海. 非开挖技术在市政给排水管道修复与更换中的应用研究[J]. 科学技术创新, 2025(11):98-101.  
 [2] 周俊, 杨辉, 徐伟. 市政排水工程中管道非开挖修复技术的应用研究[J]. 工程建设与发展, 2026, 5(1):156-158.  
 [3] 住房和城乡建设部. 城镇排水管道检测与评估及非开挖修复技术应用指南[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.  
 [4] 王利军. 市政排水管道非开挖修复更新技术的实践应用[J]. 四川建材, 2024, 50(10):145-147.