

复杂城区道路破碎雨污管网原位固化修复技术的应用

张子磊

山东土地集团建设投资有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4562

[摘要] 针对复杂城区道路密集、地下管线繁杂、传统开挖修复干扰大的痛点,本文探讨原位固化修复技术在破碎雨污管网中的应用。阐述该技术核心原理、类型及适配性,梳理施工流程、质量与安全控制要点,结合工程案例分析应用效果,总结技术选型与施工优化经验。实践表明,该技术非开挖、高效环保,能有效解决管网腐蚀、破裂等问题,降低对交通及居民生活的干扰,为同类复杂城区管网修复提供技术参考与实践借鉴。

[关键词] 复杂城区; 道路破碎; 雨污管网; 原位固化修复技术; 应用

中图分类号: TU992 文献标识码: A

Application of In-Situ Curing Repair Technology for Damaged Rainwater and Sewage Pipe Networks in Complex Urban Roads

Zilei Zhang

Shandong Land Group Construction Investment Co., Ltd.

[Abstract] To address the pain points of dense urban roads, complex underground pipelines, and significant disruption from traditional excavation repair in complex urban areas, this paper discusses the application of in-situ curing repair technology in damaged rainwater and sewage pipe networks. It elaborates on the core principles, types, and adaptability of this technology, sorts out key points of construction process, quality and safety control, analyzes application effects through engineering case studies, and summarizes experience in technology selection and construction optimization. Practice shows that this trenchless, efficient, and environmentally friendly technology can effectively solve problems such as pipeline corrosion and rupture, reduce disruption to traffic and residents' daily lives, and provide technical reference and practical guidance for pipe network repair in similar complex urban areas.

[Key words] complex urban area; road damage; rainwater and sewage pipe network; in-situ curing repair technology; application

引言

雨污管网是城市基础设施的“毛细血管”,直接关系水环境质量与城市安全韧性。复杂城区老旧管网因服役年限长、工况复杂,普遍存在腐蚀、破裂、渗漏等问题,传统开挖修复易造成交通拥堵、环境破坏,难以适配城区精细化治理需求。原位固化修复技术作为高效环保的非开挖工艺,成为复杂城区管网修复的优选方案,本文结合技术特性与工程实践,为破解修复难题提供支撑。

1 复杂城区道路破碎雨污管网原位固化修复技术基础

1.1 原位固化修复技术核心原理

(1) 核心机制: 材料固化原理是将浸渍树脂的内衬材料送入管道后,通过特定方式引发树脂交联反应,形成高强度内衬层;

结合机理是利用树脂的粘结性,与原有管道内壁紧密贴合,形成“旧管+内衬”的复合结构,实现共同承载。(2) 核心优势: 采用非开挖施工,无需大面积开挖路面,契合复杂城区道路密集、管线繁多的特点; 施工效率高,单段修复时长短,减少交通拥堵; 对周边环境影响小,无大量扬尘、噪音污染,避免破坏周边绿化与市政设施^[1]。(3) 对比分析: 相较于传统开挖修复,原位固化修复无需破路,施工周期缩短60%以上,综合成本更低; 对交通、居民生活干扰极小,而传统开挖易造成交通瘫痪、周边环境破坏; 修复后管道密封性、抗腐蚀性更优,使用寿命可达50年,优于传统开挖的重新铺管。

1.2 原位固化修复技术主要类型及适用范围

(1) 紫外光固化(UV-CIPP)修复技术: 原理是利用紫外光照射引发树脂固化,形成高强度内衬。适用于DN200-DN1600圆形雨

污管道, 适配轻微弯曲管线, 可处理中度至重度破裂、腐蚀等破损, 单次修复长度可达200米。(2) 热水固化(Steam-CIPP) 修复技术: 特点是通过热水循环加热固化树脂, 设备成本较低, 对管道变形适配性强; 适用于大口径、长距离管道修复; 局限性是施工周期较长, 易产生异味, 存在内衬起泡风险。(3) 技术选型原则: 优先选用非开挖工艺, 轻微破损选用局部修复, 中度至重度破损选用整体修复; 中小口径管道优先选UV-CIPP, 大口径长距离管道可选用热水固化; 兼顾施工效率与周边环境, 避开交通核心路段的长时间施工^[2]。

1.3 原位固化修复核心材料与设备

(1) 核心修复材料: 树脂需具备高强度、抗腐蚀、易固化特性, 适配复杂城区污水腐蚀环境; 内衬软管需柔韧性好、强度高, 能贴合管道内壁, 选型需匹配管道口径与破损程度。(2) 关键施工设备: 固化设备(紫外光灯车、热水锅炉)负责树脂固化; 检测设备(CCTV管道机器人)用于精准定位破损; 清淤设备用于修复前管道杂物清理, 保障修复效果, 适配复杂城区管道狭窄、杂物多的特点。(3) 适配性影响: 材料与设备型号不匹配会导致固化不充分、内衬贴合不紧密, 降低修复强度; 适配良好可确保内衬均匀固化, 提升管道密封性与承载能力, 延长修复后使用寿命。

2 复杂城区道路破碎雨污管网原位固化修复技术应用流程与施工控制

2.1 施工前期准备工作

(1) 管网现状检测与评估: 采用CCTV管道机器人、雷达探测等技术, 对复杂城区雨污管网进行全面排查, 精准定位破损位置、程度及范围, 明确管道腐蚀、破裂、渗漏等具体问题, 同时排查周边地下管线分布、地形地貌及交通状况, 形成详细检测报告, 为后续施工提供数据支撑。(2) 施工方案设计: 结合检测结果, 选用适配复杂城区工况的原位固化修复技术, 确定紫外光固化或热水固化工艺及施工参数; 合理规划施工点位、施工时段, 制定详细的交通疏导方案, 划分施工围挡区域, 明确安全防护措施, 兼顾施工效率与周边居民生活、道路通行需求。(3) 材料、设备进场验收与现场布置: 对进场的树脂、内衬软管等核心材料进行性能检测, 验收合格后方可投入使用; 检查固化设备、检测设备、清淤设备的完好性与适配性, 完成设备调试; 合理布置现场施工区域, 划分材料堆放区、设备操作区, 避开交通要道, 减少对通行的干扰。

2.2 核心施工工序及操作要点

(1) 管道预处理: 采用高压清洗设备与机械清淤相结合的方式, 彻底清除管内淤泥、杂物及锈蚀层, 对管道渗漏点进行提前堵漏, 对破损严重部位进行预处理, 确保修复面平整、干燥, 满足内衬铺设要求, 避免影响后续固化效果。(2) 内衬材料铺设与固定: 根据复杂城区管道走向、转弯角度及支管连接情况, 灵活调整内衬软管铺设速度, 确保软管与管道内壁紧密贴合, 对管道接口、转弯处等特殊部位进行加固处理, 避免铺设过程中出现褶皱、脱节等问题。(3) 固化施工: 严格控制固化温度、时间等核心参数,

适配城区施工空间有限、噪声管控严格的要求; 采用紫外光或热水固化工艺, 实时监测固化进度, 避免出现固化不充分、内衬起泡等质量问题, 确保固化效果达标^[3]。(4) 施工后清理与现场恢复: 施工完成后, 清理管内残留杂物及施工垃圾, 拆除施工围挡, 修复破损路面, 恢复交通标识, 快速清理现场, 最大限度减少对道路通行、居民生活的影响, 做到工完场清。

2.3 施工质量控制要点

(1) 施工全过程质量监测: 全程监测材料质量, 定期抽检树脂、内衬软管的性能; 跟踪施工各工序, 重点监测管道预处理、内衬铺设、固化施工等环节, 采用专业设备检测固化效果, 及时发现并整改质量隐患。(2) 复杂工况下质量隐患防控: 针对城区管道变形、交叉管线多等问题, 加强接口密封质量控制, 避免出现渗漏; 做好交叉管线的防护措施, 防止施工过程中损坏周边燃气、电力等管线; 应对管道转弯、支管连接等特殊工况, 优化施工操作, 确保修复质量。(3) 施工质量验收标准与流程: 按照市政管网修复验收规范, 采用CCTV检测、密封性试验等方式, 对修复后管道的强度、密封性等指标进行全面检测; 严格遵循“工序验收合格后方可进入下一工序”的原则, 确保工程质量符合设计要求^[4]。

2.4 施工安全与环保控制

(1) 城区施工安全防护: 落实交通管控措施, 设置警示标识、减速带及临时通行通道, 安排专人疏导交通; 规范高空作业、受限空间作业流程, 配备安全防护设备, 做好作业人员安全培训, 防范安全事故发生; 加强现场安全巡查, 及时排查安全隐患。(2) 施工环保措施: 控制施工噪声, 避开居民休息时段施工, 增设降噪设备; 采取洒水降尘措施, 减少施工扬尘; 分类处理施工废弃物, 妥善处置废弃树脂、内衬材料等, 避免污染土壤及地下水, 符合城区环保要求。(3) 应急处置方案: 针对施工中可能出现的管道渗漏、设备故障、管线破损等突发情况, 制定专项应急方案, 配备应急物资; 明确应急处置流程及责任人员, 确保突发问题能够快速响应、妥善解决, 减少对周边环境及交通的影响。

3 复杂城区道路破碎雨污管网原位固化修复技术应用案例分析

3.1 案例工程概况

(1) 工程背景: 本案例位于市中心老城区, 属典型复杂城区, 周边商业密集、居民小区集中, 涉及雨污管网总长860米, 管径DN300-DN1200。因管网铺设年限超30年, 存在严重腐蚀、破裂、接口渗漏等问题, 部分管道出现局部塌陷, 不仅影响雨污排放效率, 还易造成路面沉降, 对周边居民生活及交通通行带来安全隐患, 亟需开展修复工程, 实现管网功能恢复、消除安全风险。(2) 工程重难点: 该区域道路密集且狭窄, 主干道交通流量大, 高峰时段拥堵严重, 施工围挡及交通疏导难度大; 地下管线错综复杂, 燃气、电力、通信管线与雨污管网交叉重叠, 极易造成管线破损; 施工区域紧邻居民小区, 需严格控制施工噪声、扬尘, 减少对居民生活的干扰, 同时需兼顾施工效率与施工安全。(3) 修复技术选型依据: 结合管网检测报告, 管道以中度腐蚀、破裂为主, 部

分路段管道存在轻微变形, 适配原位固化修复工艺; 考虑到城区交通繁忙、地下管线复杂, 优先选用非开挖的紫外光固化(UV-CIPP)修复技术, 该技术施工效率高、噪声小、固化速度快, 无需大面积破路, 可有效降低对交通及周边环境的影响, 匹配工程复杂工况需求。

3.2 案例工程施工实施过程

(1) 前期检测与方案优化: 采用CCTV管道机器人对管网进行全面复测, 精准定位破损点位及程度, 结合现场交通流量、地下管线分布, 优化施工方案, 调整施工参数, 将单次修复长度调整为150米以内, 避开交通高峰时段施工, 优化围挡范围, 预留临时通行通道, 减少交通拥堵。(2) 核心工序施工过程及关键控制措施: 管道预处理阶段, 采用高压清洗+机械清淤结合方式, 彻底清除管内淤泥及杂物, 对渗漏点提前堵漏、锈蚀部位除锈, 确保修复面达标; 内衬铺设时, 根据管道转弯、支管连接工况, 灵活调整软管铺设速度, 确保内衬与管壁紧密贴合; 固化施工时, 严格控制紫外光照射温度在30℃左右, 实时监测固化进度, 避免出现固化不充分、内衬起泡等问题。(3) 施工过程中的问题及解决对策: 施工中出現管道局部变形导致内衬铺设困难, 采用专用扩张设备缓慢扩张管道, 调整内衬裁剪尺寸, 确保贴合紧密; 部分路段施工噪声超标, 增设降噪围挡, 调整施工时间为7:30-11:30、14:00-18:00, 避开居民休息时段; 地下管线探测时发现未知管线, 暂停施工, 联系相关部门确认管线属性后, 调整施工路线, 做好防护措施^[5]。

3.3 案例应用效果评估

(1) 质量验收结果: 修复完成后, 经CCTV检测及现场抽样检测, 管道内衬表面平整、无破损, 密封性达标, 无渗漏现象; 内衬强度符合设计要求, 抗压、抗腐蚀性性能良好, 各项指标均满足市政管网修复验收规范, 验收合格。(2) 经济与社会效益分析: 相较于传统开挖修复, 本工程施工周期缩短40%, 施工成本降低25%, 减少了路面开挖、恢复的费用; 施工期间未造成大面积交通瘫痪, 通过科学疏导, 交通影响降至最低; 无明显扬尘、噪声污染, 得到周边居民及商户认可, 有效改善了区域雨污排放条件, 消除了路面沉降安全隐患。(3) 修复后管道使用寿命预估及后期运维建议: 结合材料性能及施工质量, 预估修复后管道使用寿命可达

50年; 后期运维建议定期采用CCTV检测管网运行状态, 每年开展1次清淤维护, 避免管内杂物堆积, 及时处理轻微破损, 确保管网长期稳定运行。

3.4 案例经验总结与启示

(1) 适配性经验: 复杂城区原位固化修复技术选型需结合管网破损类型、交通工况、周边环境综合判断, UV-CIPP技术适配中小口径、中度破损管道, 且对交通、环境干扰小, 是复杂城区管网修复的优选方案。(2) 优化措施及推广价值: 施工方案需结合现场实际动态优化, 交通疏导、噪声控制等措施可有效降低施工干扰; 该案例的施工工艺、质量控制及安全环保措施, 可为同类复杂城区雨污管网修复工程提供参考, 具有较高的推广价值。(3) 问题及改进方向: 案例中暴露管道变形适配性不足、未知管线排查不全面等问题; 后续需加强施工前地下管线全面探测, 提前制定管道变形应对预案, 优化内衬材料适配性, 进一步提升施工效率和修复质量。

4 结束语

复杂城区雨污管网原位固化修复技术的应用, 有效弥补了传统修复工艺的不足, 实现了管网修复与城区交通、居民生活的协同兼顾。该技术凭借非开挖、高效节能、修复效果稳定等优势, 在解决管网破损问题、保障管网长效运行方面发挥重要作用。结合工程实践不断优化技术选型与施工工艺, 加强质量与环保管控, 可进一步提升技术适配性与应用效益, 为推进城市管网精细化治理、筑牢城市基础设施根基提供有力保障。

[参考文献]

- [1]李杨.城市排水管道非开挖检测及修复技术的应用研究[J].建材与装饰,2021,(27):52-53.
- [2]顾江海.排水管道非开挖修复技术探讨[J].建筑技术开发,2021,48(04):137-138.
- [3]旷小军,陈国卿.浅谈城镇排水管道非开挖修复技术[J].人民黄河,2021,43(S2):255-258.
- [4]戴恒宜.排水管道的紫外光原位固化法修复技术[J].装饰装修天地,2023,(21):78-81.
- [5]孙大雷,林荣,吕爱华.紫外光固化技术在管道修复工程中的应用[J].工程技术研究,2022,5(1):93-96.