

市政工程中管道维修项目的全流程技术管理探究

卢礼耀

广东广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2024120001

摘要：市政管道维修项目的全流程技术管理涵盖立项需求分析、勘察设计、施工准备、施工过程及运维阶段。立项阶段通过多维度数据分析确定优先级，勘察设计融合环境约束优化工艺选择，施工准备聚焦组织与材料选型，施工过程注重质量控制与安全管理，运维阶段强调智能监测与长期性能跟踪。应用机器学习及分布式光纤传感，提升修复效率与管网可靠性，兼顾水生态系统服务效益。科学管理各环节技术要点，确保项目质量与经济社会效益的平衡。

关键词：市政管道维修；技术管理；全流程

Research on Full-Process Technical Management of Municipal Pipeline Repair Projects

Lu Liyao

Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： Technical management for municipal pipeline repair projects spans multiple phases. These include preliminary project initiation and demand analysis, where project prioritization and requirements are determined through multi-factor considerations. The survey and design phase emphasizes environmental factors, while the construction preparation phase focuses on construction organization control. Material selection leverages BIM technology, repair processes require parameter optimization, and management highlights interface treatment and robotic operation. Post-repair operation and maintenance involves intelligent monitoring and tracking of long-term performance. The integration of these technologies aims to enhance repair efficiency and pipeline reliability, while also assessing the resultant improvements in aquatic ecosystem services and ensuring a balance between project quality and socioeconomic benefits.

Keywords： municipal pipeline repair; technical management; full-process

引言

市政工程中管道维修项目的全流程技术管理对保障城市基础设施运行至关重要。随着城市化进程加速，地下管网的总里程不断增加，与此同时，管道破损、淤积等问题也愈发严重，导致管道渗漏、内涝频发，对城市基础设施的运行和居民生活造成了极大困扰，亟需系统化的技术管理手段提升管道维修类项目质量与效率。《城市排水与污水处理条例》（2023年修订）明确要求加强排水设施全生命周期管理，为管道维修提供政策指引。项目前期需综合城市规划、积水点区域、高风险管段分布区域，科学确定维修需求与技术路线；勘察阶段需融入环境约束与管道缺陷产生原因，优化修复方案；施工过程强调质量控制与安全管理；运维阶段通过智能监测确保长期稳定性。同时，应用人工智能及分布式光纤传感等先进手段，可显著提升管理精度与生态效益，为城市可持续发展提供技术支撑。

一、市政管道维修项目前期技术管理

（一）工程立项与需求分析

工程立项需基于多维度因素综合决策，紧密结合城市规划与发展需求。通过系统分析城市积水点区域、高风险管段分布区域、既有管道服役状态及区域功能定位，科学确定维修项目的优先级与实施范围^[1]。需求分析涵盖功能缺陷诊断、环境影响评估及社会效益预判，明确修复目标与技术路线。重点识别管网结构

性隐患与水力性能短板，量化渗漏、淤堵等问题的严重程度，为后续技术方案制定提供精准依据。立项阶段需统筹考虑政策合规性、财政预算约束及公众诉求，确保项目技术可行性与经济社会效益的统一。

（二）勘察设计与方案论证

勘察阶段需针对工程环境特殊性展开，通过精细化地质勘探、既有管线测绘及周边构筑物调查，获取关键基础数据。设计阶段需融合环境约束条件（如敏感区域保护、交通影响），结合

管道材质、缺陷类型、尺寸、埋深、管道缺陷产生原因及修复目标，比选开挖修复、非开挖修复、局部置换等工艺的适用性^[2]。方案论证重点评估技术可行性、施工风险及经济效益，依托 BIM 技术模拟不同工况下的修复效果与潜在影响。

二、施工准备阶段技术管控

（一）施工组织专项设计

施工组织专项设计需针对维修管道可能穿越历史街区、生态保护区等环境敏感区域的特点，制定科学合理的专项技术方案^[3]。该方案应在精细化地质勘察数据的基础上，综合评估敏感区域的地质条件、既有管线分布状况及周边环境约束因素，据此选用适配的非开挖修复工艺，并科学设定顶进力、顶进速度及出土量等关键施工参数。同步开展施工扰动、地面沉降等风险预控研究，结合实时监测数据设定变形预警阈值，制定包括地层加固和隔离屏障在内的针对性防护措施。通过优化设备布局与作业流程，严格控制施工振动与噪声影响，最大限度降低对敏感区域环境及设施的干扰，保障工程安全高效实施。

（二）材料与设备选型管理

材料与设备选型须匹配缺陷类型与工艺，紫外光固化内衬、点状固化等需满足弹性模量、粘结力等指标。通过实验与仿真验证其在内外压、温差下的适应性，预判剥离、应力集中^[4]。结合裂缝、腐蚀、地下水位及设计寿命量化适配度。设备按光源波长、机器人定位精度等参数模拟优化，确保质量可控、工程可靠。

三、施工过程技术管理

（一）质量控制技术体系

1. 开挖修复技术应用

开挖修复技术应根据工程地质条件、管道埋深及周边环境选择适宜的开挖与支护方式。对于土质稳定性较差或邻近重要构筑物的区段，需采用钢板桩、型钢支撑等支护结构，严格控制坑壁变形。管道置换或修复须依据原有管材、管径及损坏程度确定工艺，重点保障新旧管段连接密封性与结构整体性。回填作业须分层压实，优选粗砂等易密实材料，确保回填区密实度与周边土体一致，减少后期沉降。施工全程需监测基坑稳定性及邻近管线位移，及时调整技术参数，保证修复质量及环境安全。

2. 非开挖修复技术应用

非开挖修复需依据缺陷类型与工况条件选择适配工艺。紫外光固化内衬需精密调控工艺参数，确保树脂达到设计厚度与环刚度；点状原位固化应精准控制气压与固化时间，实现局部结构补强；螺旋缠绕须严格控制带材张力与搭接精度。施工中采用修复机器人监测内衬贴合与覆盖质量，并借助内窥镜验证内部密实度与平整性^[5]。修复后需经闭水试验等验证关键性能指标，保证管道结构完整和水力性能，杜绝剥离变形风险。

3. 管道接口处理工艺

管道维修项目中的接口处理核心在于解决新旧管段衔接、局

部置换或非开挖修复分段形成的接口密封与结构稳定性问题。针对微型顶管形成的接口，采用双组分环氧树脂高压注入结合不锈钢锁环机械压紧的复合工艺，封堵渗漏路径并增强接口抗剪切能力。对于传统维修产生的接口，优先应用高性能遇水膨胀橡胶止水带或热熔焊接技术，并依据既有管道材质及老化状态调整工艺参数。施工前必须彻底清洁并打磨接口基面，确保粘结剂有效渗透。固化过程需实时监控环境温湿度，防止材料性能衰减^[6]。最终质量通过严苛的气密性试验及三维激光扫描检测接口错台量进行验收，保障接口与管体协同受力，满足长期服役要求。

（二）安全文明施工管理

1. 有限空间作业风险防控

市政管道维修常涉及有限空间作业，需建立系统性风险防控机制。作业前必须强制实施管道内部强制通风，有效置换内部积聚的有害气体，确保作业环境安全。通风后需使用多气体检测仪对氧气浓度、可燃气体及硫化氢、一氧化碳等有害气体进行实时连续监测，数据异常时立即启动撤离程序^[7]。作业人员须严格佩戴自给式空气呼吸器（SCBA）或长管呼吸器等正压式防护装备，配备安全绳、通讯设备及紧急呼救装置。现场需配置专业监护人员全程值守，制定详尽的应急救援预案并配备相应器材。作业人员需接受专项安全培训，熟知有限空间作业规程、危害辨识及应急处置流程，确保险情下能快速响应与自救互救。

2. 施工扰民控制技术

市政管道维修需严格控制施工对周边环境及居民的干扰。振动控制方面，优先选用低振动设备，加装减振垫或液压减振系统，优化施工参数以减少振动输出；临近敏感构筑物时设置隔振沟或地下屏障阻断传播路径^[8]。噪声控制采用低噪声设备，设置移动声屏障，合理安排高噪声工序时段。现场落实物料分类堆放、机械定点停放、完工场清制度，通过围挡喷淋、裸土覆盖等措施抑制扬尘，减少交通阻碍，维护环境整洁有序。

四、验收阶段技术管理

（一）功能性验收与性能验证

1. 闭水试验与密封性验证

闭水试验是验证管道修复后密封性能的关键环节，通过分段封闭管段并注水至设计水位，持续监测水位变化与渗漏情况^[9]。试验需严格依据规范控制稳压时间与允许渗水量，借助高精度水位传感器与流量计实时采集数据。任何异常渗漏均需定位并分析原因，必要时采用声呐或示踪气体辅助检测，确保接口与管体无渗漏，满足结构性密封要求，为后续运行提供可靠性保障。

2. 内窥镜与 CCTV 内部检测

内窥镜与 CCTV 检测技术用于直观评估管道内壁修复质量，包括内衬贴合度、表面平整性及缺陷修复情况。高清摄像头沿管道内部行进，实时传回影像数据，识别是否存在剥离、褶皱、空鼓等质量问题。结合图像处理软件定量分析缺陷尺寸与位置，生成检测报告作为验收依据。该技术非接触、高精度，显著提升验收效率与客观性，确保修复后管道内部结构符合设计要求。

3. 水力性能与结构变形测试

水力性能测试通过模拟实际运行条件，测量修复管道的流速、流量与沿程水头损失，评估过流能力是否恢复至设计标准。结构变形测试采用分布式光纤传感或激光扫描技术，监测管道在内外压作用下的变形与应变分布，验证其长期结构稳定性。测试数据与理论模型对比，综合判断管道水力效率与结构安全状态，为运维阶段提供基线数据与性能预警阈值。

(二) 竣工资料与运维移交

1. 全流程技术文件汇编

全流程技术文件汇编是项目验收的基础性工作，系统整理从立项、勘察、设计、施工到验收各阶段的技术文档。内容包括工程地质报告、设计图纸、施工记录、材料检测报告、质量验收文件及变更签证等。所有文件需按规范分类编码，确保完整性、准确性与可追溯性。汇编成果作为工程档案的核心组成部分，为后续运维管理、故障诊断与责任追溯提供权威依据，保障项目全生命周期管理的连续性与规范性。

2. 数字化档案与 BIM/GIS 集成

竣工资料需转化为数字化档案，并与 BIM（建筑信息模型）和 GIS（地理信息系统）平台集成。BIM 模型整合管道几何信息、材料属性及维修历史，实现三维可视化管理与空间分析；GIS 系统提供管网拓扑关系与地理坐标绑定，支持区域管网状态综合查询与风险模拟。通过数据接口实现动态更新与共享，提升档案利用效率与决策支持能力，为智慧管网系统提供底层数据支撑，强化市政基础设施的精细化与智能化管理水平。

3. 运维移交与培训

运维移交需将竣工资料、数字化模型及设备操作手册全面交付运维单位，并组织专项技术培训。培训内容涵盖系统操作流程、常见故障诊断、应急处理预案及智能监测平台使用方法。通过现场实操与案例讲解，确保运维人员熟练掌握管道状态评估、维护操作及数据解读技能。移交过程需签署确认文件，明确维护责任界面与技术支持机制，保障管道系统长期稳定运行，实现项目管理向运维阶段的无缝衔接与责任延续。

(三) 修复效果综合评估

1. 短期效能与质量评价

短期效能评价聚焦修复后管道的即时性能表现，通过闭水试

验密封性达标率、内窥镜检测缺陷修复完整度及水力参数恢复程度等指标进行量化评估^[10]。结合施工记录与验收数据，分析材料适配性、工艺合规性与质量控制有效性，识别短期运行中可能出现的接口渗漏、内衬变形等潜在问题。评价结果直接反映修复工程的施工质量与技术适用性，为工程验收与结算提供依据，并为后续同类项目工艺优化提供数据支持。

2. 长期性能跟踪与监测

长期性能跟踪依托分布式光纤传感、智能传感器与定期 CCTV 检测，持续监测管道结构形变、腐蚀速率、渗漏风险及水力性能演变趋势。通过建立性能衰减模型与预警阈值，评估修复材料老化规律与环境荷载作用的长期影响。监测数据接入 BIM-GIS 运维平台，实现动态可视化分析与风险预测，为预防性维护决策提供支持，延长管道服役寿命，降低全生命周期运维成本。

3. 全生命周期效益反馈

全生命周期效益反馈需统筹技术、经济与社会环境维度，量化修复工程在渗漏控制、内涝缓解、运行能耗降低及维护费用节约等方面的贡献。结合碳足迹分析与生态系统服务价值评估，综合评价项目对城市韧性提升与可持续发展的长期影响。通过建立项目后评价数据库，反馈至前期规划与设计环节，形成闭环管理机制，推动管道维修技术标准的迭代优化与资源分配的科学决策。

五、总结

市政管道维修项目的全流程技术管理是保障城市基础设施安全高效运行的核心。系统化的技术管理贯穿项目立项、勘察设计、施工准备、过程控制及验收运维各阶段，通过科学决策、工艺优化与智能技术融合，显著提升修复质量与管网可靠性。数字化手段如 BIM/GIS 集成与智能监测强化了精细化管控能力，而全生命周期效益评估为资源优化与标准迭代提供依据。未来需进一步推动数字孪生、人工智能技术与管道运维深度融合，构建智慧化管理体系，支撑城市基础设施可持续发展。

参考文献

- [1] 张海芝. 浅谈市政道路管道工程施工实践技术 [J]. 房地产导刊, 2015, 000(030): 138-138.
- [2] 权锋. 市政工程勘察过程地下管线保护难点与措施分析 [J]. 冶金丛刊, 2019, 004(006): 219-220.
- [3] 洪冬寒. 市政管道常见施工问题及其对策 [J]. 赤子, 2015, (3): 287-287
- [4] 袁琳. Y 工程设计公司技术管理优化研究 [D]. 河北工业大学, 2022.
- [5] 段卫民, 黎云杰, 张涛. 排水管道非开挖修复技术应用实例 [C]// 上海 (第二届) 水业热点论坛论文集. 2010.
- [6] 张良, 郑静静. 市政工程施工各阶段技术管理研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2015, 5(24): 8025-8026.
- [7] 田军月, 何震旭. 焦化企业全流程超低排放改造方案探析 [J]. 山西化工, 2023, 43(1): 218-220.
- [8] 计建丽. 浅析市政排水管道施工技术 [J]. 科学与财富, 2011, 000(4): 32
- [9] 华威程. 市政给排水管道工程质量控制 [J]. 中华民居: 学术刊, 2011, 000(001): P.202-202.
- [10] 舒亚俐. 既有市政给排水管道现状及检测修复综合分析 [J]. 给水排水, 2013, 39(004): 121-125.