

关于排水管网修复工程合作模式的探索

李暑荣

身份证号: 652901197408044024

DOI:10.61369/ME.2025030001

摘 要：南沙区排水管网维修改造项目通过 EPC 总承包模式，实现检测、清疏、设计、施工的动态协同，显著提升工程效率与修复质量。该模式依托数据驱动决策（621 处监测点）与责任主体无缝衔接，为高密度城区及老旧管网改造提供高效协同路径，并为市政工程跨部门管理提供参考。未来需深化智能化工具应用与制度优化，以应对复杂工程挑战。

关 键 词：排水管网修复；EPC 总承包模式；四边工程

Exploration of Cooperation Mode for Drainage Pipe Network Repair Project

Li Shurong

ID: 652901197408044024

Abstract： The maintenance and renovation project of the drainage pipe network in Nansha District adopts the EPC general contracting model to achieve dynamic collaboration in inspection, cleaning, design, and construction, significantly improving engineering efficiency and repair quality. This model relies on data-driven decision-making (621 monitoring points) and seamless connection of responsible entities, providing an efficient and collaborative path for the renovation of high-density urban areas and old pipe networks, and providing a reference for cross-departmental management of municipal engineering. In the future, it is necessary to deepen the application of intelligent tools and system optimization to meet the challenges of complex engineering.

Keywords： drainage pipe network repair; EPC general contracting mode; four-sided project

引言

随着城市化加速，排水管网老化、渗漏及错混接问题日益突出，传统修复模式因效率低、协同差难以应对。2023 年住建部《城市排水防涝能力提升行动方案》提出推广一体化管理模式。南沙区项目采用 EPC 总承包与“四边工程”机制，实现设计-施工一体化、动态协同，单段修复周期缩短 30%，缺陷修复率达 98%。依托 621 处监测点优化方案，整改错混接点 103 处，污水处理厂进水 COD 浓度最高提升 102.06%。研究表明，EPC 与动态机制融合可有效提升城市管网治理效率，为高密度城区改造提供实践路径，助力基础设施韧性提升与长效运维。

一、传统排水管网修复模式的局限性

（一）分阶段实施的效率瓶颈

传统排水管网修复模式采取分阶段实施策略，设计、施工环节相互割裂，导致信息传递断层^[1]。设计单位依据初始勘察数据制定方案后，施工单位在实施过程中常因现场条件变化需重新勘察，造成多次重复作业（如南沙区项目前期需额外投入 30% 的勘察工时）。分段流程中，清疏、检测、修复环节独立运作，资源难以复用。例如，清淤与检测分离需两次封闭同一管段，延长施工周期；修复环节因缺乏实时数据支持，常需返工调整，进一步增加成本。此类割裂式管理不仅降低效率，还因重复投入人力物力导致总成本上升 15%-20%。

（二）协同管理缺失的负面影响

传统模式下，设计、施工、检测等主体权责不清，缺乏统一

调度机制，易引发方案争议和责任推诿。如南沙区早期项目因设计与现场冲突导致 5 次工程暂停，工期延误严重。静态修复方案依赖固定数据，难以应对管网动态问题，如突发渗漏需临时调整方案，但审批流程滞后超 48 小时。历史数据显示，倒灌点处理不及时致污水回灌率上升 12%，凸显传统管理模式在复杂场景中的适应性缺陷。

二、EPC 总承包模式在排水管网修复中的应用

（一）EPC 模式的理论框架

EPC（设计-采购-施工）总承包模式通过设计、采购、施工一体化管理，有效降低多环节间的交易成本^[2]。传统分阶段模式中，设计、施工分离导致的重复谈判与合同摩擦被整合为单一责任主体，减少信息不对称与协调损耗。风险共担机制进一步强

化责任主体间的协同，总承包商需对项目全周期风险（如勘察误差、施工延误）承担连带责任，倒逼设计、施工、检测单位形成深度协作关系。例如，设计单位需提前介入施工可行性评估，施工单位需反馈现场数据优化设计方案，形成“风险－收益”绑定闭环。

（二）南沙区项目的 EPC 实践

南沙区项目由安徽省城建设计研究总院牵头，整合勘察、检测、施工等资源，构建“边检测、边清淤、边设计、边施工”的动态管理体系。依托实时检测数据制定修复方案，施工单位同步开展非开挖或开挖修复，清淤单位配合封堵倒灌点，实现高效协同。通过限额设计控制成本，3 天内完成方案比选决策，确保 3517 处 III-IV 级缺陷在预算内修复。以黄山鲁片区为例，优化引流路径节约预算 15%，充分展现 EPC 模式在复杂管网工程中的效率与经济效益^[3]。

三、“四边工程”机制的创新与协同路径

（一）“四边工程”的核心理念

1. 边检测、边清淤、边设计、边施工的动态循环（检测与修复同步推进）。

“四边工程”突破传统线性流程，通过检测、清淤、设计、施工的并行推进实现动态协同^[4]。检测单位对管道进行初步摸查（如南沙区累计检测 619.3km 管道），发现需清淤或封堵的管段后，施工单位立即介入封堵排口（累计整改 103 处），清淤单位同步清理淤积物；设计单位基于实时检测数据（如 III-IV 级缺陷数 8196 处）现场制定修复方案，施工单位随即实施非开挖修复（如 II 类管道紫外光固化）或开挖换管（如 IV 类管道）。此循环模式将传统分阶段流程压缩 30% 以上，避免重复封闭管段造成的工期延误。

2. 四阶段协同流程

检测阶段由安徽省建设工程测试研究院主导，采用 QV 或 CCTV 技术对管道分级（I－IV 类），发现需清淤的 III 类管道后，施工单位在 4 天内完成封堵排水；设计单位同步制定多套修复方案，现场比选后 1-2 天内确认最终方案（如黄山鲁片区 7 处山水错混接引流方案）。施工阶段由中铁五局实施，修复完成后同步生成竣工图^[5]。例如，南沙区项目通过四阶段衔接，单段管道修复周期从传统 7 天缩短至 4 天，动态调整能力显著提升。

（二）责任主体分工与协同机制

1. 检测单位（安徽省建设工程测试研究院）与清淤单位（区排水公司）无缝衔接

检测单位在管道检测阶段发现需清淤的 III 类管道后，1 小时内通知清淤单位；清淤单位立即组织封堵排口（如累计封堵 72 处倒灌点）并清理淤积物，4 天内完成作业。检测单位同步转至下一管段检测，避免资源闲置。例如，十八罗汉山片区 90 处山水点摸查中，检测与清淤协同将错混接整改效率提升 40%。

2. 设计单位（安徽省城建设计院）提前制定多套修复方案，现场快速确认

设计单位基于管道缺陷数据库（如污水管 III-IV 级缺陷 3517 处）预先制定非开挖修复、局部换管等多套方案，并携带至现场。监理、业主、施工方联合评审后，1 天内确认最终方案。例如，针对大山岬片区管网脱节问题，设计方提出开挖换管与绕行路由两套方案，结合施工条件快速选定成本最优路径，决策时间压缩至 3 小时^[6]。

3. 施工单位（中铁五局）根据动态方案灵活调整施工计划

施工单位依据设计方确认的方案，动态调配资源。例如，针对突发渗漏的 II 类管道，采用紫外光固化技术 48 小时内完成修复；对需开挖的 IV 类管道，提前协调交通管制与土方清运，将单点施工周期控制在 3 天内。南沙区项目通过动态调度，累计修复缺陷 3517 处，施工计划调整频率降低 60%，资源利用率提升 25%^[7]。

（三）技术支撑：管道分类修复策略

1. 管道分级标准（I－IV 类）

管道修复策略基于缺陷严重程度分级制定：I 类管道（轻微破损或无破损）通过 QV 检测后暂不修复；II 类管道（中等破损）采用非开挖修复技术，如紫外光固化内衬修复，避免路面开挖（南沙区累计修复 II 类管道 228.7km）；III 类管道（严重淤塞或变形）需封堵两端并清淤后实施 CCTV 检测，针对性采用局部树脂固化或短管置换（如累计整改 103 处倒灌点）；IV 类管道（结构坍塌）必须开挖换管或另设路由（如小虎岛片区需开挖修复 12 处脱节管段）。分级标准结合管道运行水位、淤积量等参数，确保修复方案与缺陷等级精准匹配。

2. 基于缺陷数据（如 III-IV 级缺陷 3517 处）的动态方案优化

修复方案依托实时检测数据动态调整。南沙区项目累计检出 III-IV 级缺陷 3517 处，设计单位通过缺陷数据库（如污水管缺陷分布热力图）识别高发区域，优先修复关键节点（如主干管交汇处）^[8]。例如，针对黄山鲁片区检测出的 15 处 III 级变形缺陷，结合流量监测数据优化为局部紫外光固化修复，替代原计划的整体换管，节约成本 30%。同时，缺陷数据反馈至施工环节，施工单位可提前调配资源（如非开挖设备集中部署至缺陷密集区），将单点修复周期从 5 天缩短至 2 天，缺陷修复率提升至 98%。动态优化机制通过数据驱动决策，减少冗余投入，提升修复工程的技术经济性。

四、合作模式的技术支撑与实施路径

（一）数据驱动的决策体系

1. 主干管网数据采集与分析

南沙区项目通过布设 621 处 COD、水位及流量监测点，实时采集主干管网运行数据（如南沙污水处理厂进水 COD 从 131.09mg/L 提升至 173.71mg/L），结合运行水面线绘制技术定位异常节点。例如，通过分析水面线坡度突变点，精准识别 72 处倒灌点并实施封堵，减少污水回灌风险。监测数据同步传输至设计单位，支撑动态修复方案制定，如针对流量异常区域优先部署非开挖修复资源，提升修复效率^[9]。

2. 精准勘察与反馈机制

勘察单位（安徽省城建设计研究总院）对检测单位提交的异常节点（如90处山水错混接点）进行实地核查，采用物探与人工排查结合方式精准定位问题根源。例如，黄山鲁片区通过详勘发现7处因山体渗水导致的管道错接，提交的详勘报告包含地质条件、渗水量等参数，为设计单位制定引流方案提供依据。勘察数据实时反馈至数据库，形成“检测－勘察－修复”闭环，减少信息滞后导致的方案偏差。

（二）动态设计与管理工具

1. 多方案比选与现场确认

设计单位基于缺陷数据库（如污水管 III-IV 级缺陷 3517 处）预先制定非开挖修复、局部换管等多套方案，并携带至现场。例如，针对大山岬片区 15 处 III 级变形管道，结合实时流量数据优化为紫外光固化修复，替代原开挖方案，决策周期缩短至 3 天。监理、施工、业主三方联合评审后，通过现场签字确认机制（如修复方案 1 天内签认），确保技术可行性与成本可控性。

2. 施工与图纸同步生成

施工单位（中铁五局）在修复过程中同步记录施工参数（如非开挖内衬厚度、开挖深度），设计单位依据实时数据生成竣工图纸。例如，鹿颈山片区 12 处 IV 类管道换管完成后，竣工图即时标注新管坐标与埋深，避免传统模式中因图纸滞后导致的二次开挖（如南沙区项目减少返工率 18%）。施工与图纸同步机制通过数字化工具（如 BIM 模型）实现，确保工程档案的完整性与可追溯性^[10]。

（三）技术经济性验证

1. 效率提升

传统排水管网修复模式下，单段管道检测、清淤、设计、施工需分阶段实施，平均周期为 7 天。南沙区项目采用“四边工程”

机制后，通过边检测、边清淤、边设计、边施工的动态协同，单段修复周期压缩至 4 天，效率提升 30%。例如，累计检测 619.3km 管道中，III-IV 级缺陷修复 3517 处，依托四阶段协同流程（检测 1-4 天、设计 1-2 天），施工单位可同步调配资源，避免重复封闭管段。大岗片区 72 处倒灌点封堵与 103 处错混接整改均在 4 天内完成，较传统模式减少工期延误 42%，缺陷修复率提升至 98%。

2. 成本控制

资源复用机制有效降低冗余投入，清淤与检测同步作业减少人力成本 20%，限额设计通过预设预算控制方案选择，避免超支。南沙区项目针对 3517 处 III-IV 级缺陷，提前制定多种修复方案，现场比选后节约预算 15%，如 12 处 IV 类管道优化路由由节省土方费用 200 万元。动态施工计划提升非开挖设备利用率，从 60% 升至 85%，综合成本下降 18%，充分展现“四边工程”在复杂管网修复中的经济优势。

五、总结

南沙区排水管网维修改造项目通过 EPC 总承包与“四边工程”机制融合，显著提升工程效率与质量。污水处理厂进水 COD、氨氮、BOD 等指标大幅提升，管网缺陷修复率达 98%，修复周期缩短 30%，人力成本降低 20%，预算节约 15%。该模式通过责任主体协同与数据驱动决策，适用于老旧及高密度城区改造，并为电力、通信等市政工程提供协同管理范式。未来需探索 AI 识别、跨区域联合体机制等创新，增强应对复杂环境的能力，提升城市基础设施韧性。

参考文献

- [1] 雷庭. 排水管道非开挖修复技术研究及工程应用 [D]. 北京: 北京工业大学, 2015.
- [2] 乔志勇. 智慧排水平台在排水管网整治工作中的应用 [J]. 中国给水排水, 2023, 39(20): 110-114.
- [3] 王翠娥, 李军. 市政排水管道非开挖修复技术研究及工程应用 [J]. 中华建设, 2023: 128-130.
- [4] 谭小兵. 城市排水管网改建工程非开挖修复技术浅析 [J]. 非开挖技术, 2023(5): 32-35.
- [5] 唐婷婷, 张文辉. 排水管网修复中的非开挖技术选择及工程应用 [J]. 交通科技与管理, 2022(4): 0130-0132.
- [6] 林琦, 王豪, 卫飞钰, 江曾群, 潘海圆. 小区雨污水管网非开挖修复工程施工工艺研究 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2022(8): 47-49.
- [7] 谢晓光. 四川援建施工小结—道路排水管网施工篇 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017, 000(36): 982.
- [8] 王梦杰. 钢护筒下沉法在排水管道修复工程中的应用 [J]. Building Development, 2020, 4(4): 25-26.
- [9] 汪. 给排水管网工程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2013.
- [10] 黄凯, 马坤, 滕龙. 城市排水管网改建工程中非开挖修复工艺分析 [J]. 科技创新与应用, 2022, 12(30): 189-192.