

城市排水管网雨污分流改造的施工技术与效果评估

赵颖超

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

【摘要】：本文聚焦城市雨污合流管网现存的结构破损、输水效能降低、改造与既有设施适配困难等核心问题，系统阐述雨污分流改造的核心施工技术与效果评估方法。施工中采用管网病害精准探测、旧管修复与新管铺设、施工期导流防渗等技术，针对复杂工况优化适配工艺；效果评估依托水力特性检测、水质采样检验、工程质量合规性评定等手段，建立异常数据排查处置闭环。实践表明，该套施工与评估技术可有效解决合流管网顽疾，实现雨污有序分流，提升排水系统效能、减少水体污染，为城市水环境治理及市政建设提供技术支撑。

【关键词】：雨污分流改造；施工技术；效果评估；管网病害；水力特性

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.020

引言

城市排水管网是保障城市正常运转、守护生态环境的重要市政基础设施，其运行效能直接关系到居民生活质量与城市可持续发展。当前，我国多数城市仍沿用老旧雨污合流管网，长期运行中逐渐暴露出诸多工程难题，不仅影响排水系统正常功能发挥，还易引发水体污染、管网拥堵等一系列问题，制约城市生态建设与高质量发展。雨污分流改造作为优化城市排水体系、改善水环境质量的核心理程，涉及施工技术适配、病害防控、效果核验等多个关键环节。本文结合城市合流管网现存痛点，系统探讨雨污分流改造核心施工技术应用，构建科学的效果评估体系，为改造工程高效落地、长效运维提供技术支撑与实践参考。

1 城市雨污合流管网现存工程问题及技术痛点

1.1 老旧合流管网结构破损及功能衰减难题

老旧合流管网多建成于数十年前，受当时施工工艺、材料性能及设计标准限制，长期承受地下土壤压力、地下水侵蚀及管道内污水腐蚀，结构破损问题突出且呈常态化。管道内壁易出现混凝土脱落、钢筋锈蚀现象，部分管段发生接口松动、裂缝甚至坍塌，导致地下水、地表水大量渗入管网，同时管网内污水也会渗漏至周边土壤及地下水系，造成二次污染。随着使用年限增长，管网功能持续衰减，管道内壁结垢、淤积问题严重，污水中悬浮杂质长期附着管壁，缩小过流断面，降低排水能力，降雨时易出现管网拥堵、溢流现象，无法实现雨污有序分流，既影响城市排水系统正常运转，也给后续雨污分流改造施工带来诸多阻碍，增加改造难度与施工成本。

1.2 雨污混流引发的管网输水效能降低现象

雨污混流状态下，生活污水所含油脂、厨余废弃物与雨水夹带的泥沙、落叶等污染物相互掺杂，易在管网内壁附着形成

沉积物。长期淤积会缩减管网过水断面、加大水流阻滞力，致使管网实际输水能力明显下滑，污水中的黏性组分包裹管道内壁，降低管壁光滑程度，减缓水流速率，让同管径管网输水效率较分流状态大幅降低。降雨期间大量雨水与污水叠加涌入管网，超出管网设计承载范围，易引发管内水位骤升、水流停滞，部分低洼路段管网还会出现倒灌现象，加剧输水不畅问题，混流污水中的腐蚀性成分会加速管网内壁老化破损，形成局部渗漏造成部分输水量损耗，进一步弱化管网整体输水效能，干扰排水系统正常运行。

1.3 改造作业与城市既有设施的协同适配阻碍

城区地下空间布局繁杂，供水管道、燃气管道、通信光缆、电力管线及老旧构筑物的埋深走向缺乏完整精准记录，雨污分流管网的开挖铺设常与各类既有管线形成位置冲突，施工扰动极易造成管线破损、介质渗漏等安全风险^[1]。原有道路路基与地下构筑物结构稳固性欠佳，新管网沟槽开挖会破坏土体原有受力状态，诱发路面沉降、路基开裂等病害。老旧街区建筑基础较浅且周边构筑物排布密集，大作业面施工受到空间制约，新型管网布设标准难以适配现有地下廊道，原有管网接口标准、管材质量与新建分流管道适配性欠佳，接驳改造易出现密封疏漏、衔接偏差等状况。施工工序安排难以统筹日常交通运行、市政管护及周边居民生活，多设施交叉施工干扰突出，整体工序衔接难度明显加大。

2 城市雨污分流改造核心施工技术应用

2.1 管网病害精准探测与定位手段

地下管网各类隐患精细甄别及方位判定依托多类专业技术应用，覆盖现存管网破损淤堵、管线错连、结构脱节、介质渗漏各类隐患全域甄别与坐标确定。管道闭路电视检测搭载高清采集设备深入管体内部，内壁实景画面实时回传，管壁

腐蚀状况、裂隙形态、淤积厚度、衔接部位密闭程度均可完整呈现, 管体内部潜藏隐患点位均可完成判别与坐标标定^[2]。声响检测适配积水淤泥覆盖管段工况, 依托声波回波特征解析管体断面形变、杂物淤堵区域、水下结构损伤位置, 补足影像检测在高积水环境内应用短板。地质雷达依托地下电磁信号传导特性采集周边地层异常信息, 明确管线敷设走向、埋藏深度, 甄别地层沉降诱发的管体破损偏移问题, 相关空间数据及隐患特征能够支撑后续工程施工作业, 维护现场施工部署合理落地。

2.2 旧管修复工艺与新管铺设流程

旧管修复工艺需结合管道破损程度、周边地质条件选用适配方式(见图1), 对腐蚀、渗漏较轻的管道采用非开挖内衬修复, 通过高压清洗去除管内积泥与杂物后, 将树脂内衬材料均匀附着于管内壁, 固化后形成致密防渗层, 有效解决旧管渗漏、淤积问题, 同时避免大面积开挖对城市交通与周边环境造成影响。对破损严重、无法修复的旧管, 采用开挖式拆除更换, 精准划定开挖范围并做好支护防护, 防止基坑坍塌。新管铺设前需进行基底平整与压实处理, 选用符合雨污分流标准的HDPE管或钢筋混凝土管, 按设计坡度精准铺设, 接口处采用热熔焊接或密封胶密封, 确保接口严密无渗漏, 铺设过程中实时监测管道高程与坡度, 避免出现倒坡、错口等问题, 保障新管排水通畅, 衔接旧管修复段落形成完整的分流管网。

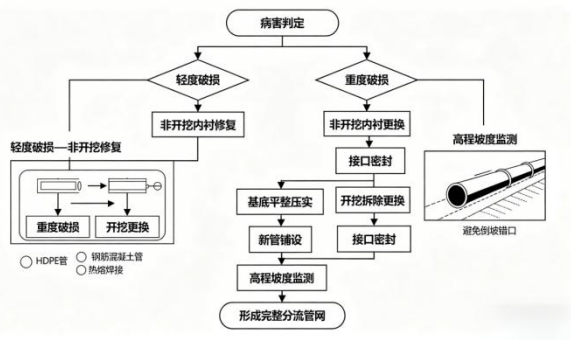


图1 旧管破损分级修复及新管铺设工艺流程

2.3 施工期管网临时导流及防渗防控措施

施工期管网临时导流结合原有管网走向、管径及现场水文条件, 采用临时管道导流与坑内集水抽排结合的方案。选用HDPE双壁波纹管或玻璃夹砂管作为临时导流管材, 管径适配原管网设计流量, 接口采用橡胶圈密封, 防止导流期间漏水、溢水。导流管道铺设避让施工作业面, 埋深控制0.8~1.2m, 每50米设置一处检修口, 方便快速疏通堵塞隐患。防渗防护重点覆盖施工基坑、临时导流管道周边及原有管网接口部位: 基坑周边铺设厚度不小于30cm的膨润土防水毯, 搭接宽度不

低于20cm, 接口用膨润土密封胶压实密封; 原有管网接口采用聚氨酯材料填充, 并外侧缠绕防水卷材。同时在施工区域布设排水沟与集水井, 及时抽排基坑渗水, 避免地下水侵入污染土壤与周边水体, 保障施工期间管网正常运行及周边生态环境安全。

3 雨污分流改造工程效果评估技术方法

3.1 管网水力特性评估指标及探测手段

管网水力特性评估核心指标涵盖管内流速、充满度、流量分配及水头损失, 其中管内流速需控制在0.6m/s以上以满足自清要求, 最大流速不超过5m/s(非金属管), 充满度在雨水管网设计重现期内不超过0.8、污水管网不超过0.7, 流量分配需满足雨污分流后雨水管网仅承接降雨径流、污水管网全收集生活及工业污水的核心要求, 水头损失需控制在设计阈值内确保管网输水通畅。探测手段以无损检测为主, 结合现场实测, 采用管道超声流量计精准采集不同时段管内流量及流速数据, 运用CCTV管道检测机器人直观观测管内壁淤积、破损及雨污混接情况, 借助雷达探测技术排查地下管网走向及埋深, 配合水位计实时监测管内水位变化, 通过数据整合分析精准掌握改造后管网水力运行状态, 为水力特性评估提供全面、准确的实测依据。

3.2 雨污分流成效现场采样及检验方式

结合改造区域管网布设走向、检查井分布位置、排污口点位及河道汇水范围, 按照均匀布点、重点加密的原则划定采样点位, 对雨水管网、污水管网、接驳支管、末端排口分批次开展水体采样作业^[3]。采样过程严格遵循水环境监测规范, 固定采样深度、采样时段与采样频次, 规避降雨初期径流、外源杂物干扰, 同步留存水样容器标识、现场环境影像等原始资料。水样送检后针对化学需氧量、氨氮、总磷、悬浮物、浊度及水体色度等核心指标开展实验室检测, 采用分光光度法、滴定分析法完成各项参数定量化验。同时结合管网流量监测数据, 对比分析不同时段管网水体水质波动特征, 核验混接错接点位整改情况, 通过现场实测数据直观反映管网水体洁净程度与雨污水体分离实际状态。

3.3 改造工程质量合规性评定技术

改造工程质量合规性评定技术以国家及地方相关排水管网施工规范、质量验收标准为核心依据, 聚焦管网施工全流程关键环节的合规性检测与核验。针对管网管材质量, 采用外观检测、材质抽样送检、耐压试验等方式, 核查管材规格、壁厚、抗压强度及耐腐蚀性能是否符合设计要求, 杜绝不合格管材投入使用^[4]。对于管道敷设质量, 通过管道轴线偏差检测、高程控制复核、接口密封性能测试等手段, 确认管道坡度、埋深、

接口衔接等参数符合规范,防止出现接口渗漏、轴线偏移等质量隐患。同时,对检查井、截流井等附属构筑物的砌筑质量、防渗性能、安装精度进行全面检测,核查井室尺寸、井盖安装、防渗层施工等是否达标,同步核验施工资料的完整性与规范性,确保每一项施工环节均满足合规要求,为工程质量筑牢基础。

4 雨污分流改造施工与评估技术落地应用

4.1 复杂工况下施工工艺的适配优化

复杂工况主要包含老城区管线密集区、交通繁忙路段、软土地质区域及老旧破损管网地段,施工需结合现场条件动态优化施工工艺^[5]。老城区地下管线繁杂、施工场地受限,工程摒弃传统大开挖方式,选用微型顶管、水平定向钻等非开挖施工技术,精准调控施工轨迹,规避各类既有管线,降低施工对周边构筑物及地下设施的扰动影响。软土地质区域优化基坑支护体系,采用钢板桩结合锚杆支护,并配合降水作业疏排地下水,有效防范基坑失稳、土体沉降等问题。交通繁忙路段采取分段围挡、错峰施工方式,压缩单次施工时长,同步铺设临时排水系统保障排水通畅,减少施工对道路交通、居民生活的干扰,实现施工工艺与现场复杂工况高效适配,全面提升工程施工安全水平与整体施工效率。

4.2 评估数据异常的排查溯源及处置方案

本次评估数据异常排查溯源严格遵循从现象到本质的定量验证逻辑。当管网液位、流量、水质出现异常,如雨天污水处理厂处理量达日均2.6倍、排口氨氮浓度超地表水IV类限值2倍以上时,即刻启动闭环管理。结合在线监测与降雨气象数据开展关联性分析,初步判断管网雨污混接等问题;依托管网拓扑结构,运用分区监测、对照验证精准定位问题管段,避免全域盲目排查。针对重点区域由下游至上游逆向溯源,辅以开井核查、现场水质检测,查明管网破损、雨污混错接等隐患。整改坚持一点一策,对混接点实施管道改造实现雨污彻底分

流,对管网老化沉降造成的渗漏点位封堵修复,并完成管道清淤疏浚。全过程建立问题、责任、整改三项清单,整改完成后开展点位复测复核,消除数据异常,构建数据预警、精准溯源、工程治理、复核销号的全链条工作闭环。

4.3 施工与评估手段的现场适配改良

针对老城区管网错综复杂、地下管线交叉密集、施工空间受限的现场工况,对原有施工手段进行针对性适配改良,采用小型化、低扰动施工设备替换传统大型机械,减少对周边道路、建筑物及地下管线的破坏,同时优化施工流程,将沟槽开挖与管线铺设的衔接工序进行精细化调整,适配狭窄施工区域的作业需求。评估手段同步改良,结合现场实际检测条件,优化水质、流量监测点位的布置,摒弃传统固定点位监测的局限性,采用移动监测与固定监测相结合的方式,提升监测数据的全面性和时效性,针对老旧管网渗漏、错接等隐蔽问题,引入管道内窥检测技术并优化检测参数,确保精准识别施工隐患,使施工与评估手段完全适配现场复杂工况,保障改造施工有序推进。

5 结语

城市排水管网雨污分流改造是破解老旧管网顽疾、提升城市水环境治理能力的关键举措,需立足现存结构破损、输水效能不足、设施适配性差等痛点,精准运用管网探测、旧管修复、新管铺设及施工防控等核心技术,实现改造施工的科学性与安全性。效果评估需依托水力特性检测、水质采样检验及质量合规性评定等多元手段,全面核验改造成效,及时排查处置数据异常,推动施工与评估手段适配现场工况。改造工程的落地,不仅能完善城市排水系统功能、减少水体污染,更能夯实城市生态建设基础,为城市高质量发展提供坚实的市政保障,后续需持续优化施工与评估技术,提升改造工程长效运维水平。同时应健全全过程监管机制,强化多方协同管控,针对复杂地段制定专项方案,进一步提升改造工程的系统性与长效性。

参考文献:

- [1] 刘雪文.城市排水管网雨污分流工程改造技术难点和应对措施的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(30):192-195.
- [2] 王继红.老城区雨污分流改造难题与解决对策探讨[J].天津建设科技,2020,30(03):51-53.
- [3] 王志华.城市排水管网雨污混流成因分析及治理对策浅析[J].绿色环保建材,2020,(05):67+69.
- [4] 杨辰,蔡瑜.城市排水管网雨污分流改造方案分析——以武汉某项目为例[J].环境保护与循环经济,2024,44(12):15-18.
- [5] 齐猛.基于GIS技术的海绵城市雨污分流排水管网规划研究[J].中国资源综合利用,2025,43(01):40-42.