

城镇雨污分流改造工程关键技术研究与实践

罗益会

旬阳市城镇污水垃圾处理监测站 陕西 安康 725700

摘要: 随着我国城镇化进程的不断加速,城市水环境问题日益凸显,传统合流制排水系统已难以满足现代城市发展的需求。雨污分流改造作为改善水环境、防治水污染、提升城市韧性的重要举措,已成为当前城市基础设施建设的重点任务。本文旨在系统梳理和深入研究城镇雨污分流改造工程中的关键技术,并结合国内外成功实践案例,探讨其应用效果与优化路径。文章首先阐述了雨污分流改造的必要性与政策背景,随后重点分析了管网检测与现状评估技术、管道修复与建设技术、雨污混接点改造技术以及智能管网管理技术等四大核心环节。在此基础上,本文进一步探讨了保障工程顺利实施的规划设计、政策支持与资金保障、工程管理与长效运维等关键措施。最后,通过总结实践经验,为未来城镇雨污分流改造工程的科学化、精细化和智能化发展提供理论参考与实践指导。

关键词: 雨污分流; 管网改造; 混接点; 非开挖修复; 智能监测

引言

快速城镇化中,我国许多城市早期排水系统多采用雨污合流制。晴天时,该模式能将生活污水和工业废水送至污水处理厂处理;但降雨时,雨污混合径流常超管网和污水处理厂承载力,大量未经充分处理的混合污水溢流入河湖,造成严重水污染。同时,合流制稀释了污水处理厂进水水质,降低处理效率、增加运行成本,还导致雨季内涝频发、道路积水,影响居民生活和城市安全。为此,国家出台“水十条”等政策法规,要求加快推进雨污分流改造。雨污分流通过构建两套独立排水管网,分别收集、输送和处理雨水和污水,可解决合流制溢流污染问题,提升污水处理效能,缓解城市内涝,为构建海绵城市等奠定基础。因此,系统研究其关键技术并总结实践经验意义重大。

1 城镇雨污分流改造关键技术体系

1.1 管网检测与现状评估技术

改造前的精准“体检”是确保后续工作有的放矢的前提。传统的依靠图纸和人工经验的方式已无法满足现代精细化改造的需求。当前,一套集多种先进技术于一体的综合检测与评估体系已成为行业标准。

1.1.1 资料收集与现场普查

首先,需全面收集历史设计图纸、竣工资料、历年维修记录等文档,并结合GIS地理信息系统进行初步整合。随后,开展地毯式现场普查,对检查井、雨水口、排放口等关键节点进行逐一登记,记录其位置、规格、连接关系及周边环境,建立初步的管网“家底”台账。

1.1.2 先进检测技术应用

(1) CCTV(闭路电视)管道机器人检测:这是目

前最主流的管道内部状况检测手段。机器人携带高清摄像头在管道内行进,可直观、清晰地记录管道内部的结构性缺陷(如破裂、变形、脱节)和功能性缺陷(如淤积、树根侵入),并生成详细的检测报告和视频资料,为后续修复决策提供直接依据。(2)声呐(Sonar)检测:适用于充满水或淤泥的管道。通过发射声波并接收回波,可以精确测量管道的断面形状、淤积厚度和水下障碍物,尤其在满管流条件下优势明显^[1]。(3)地质雷达(GPR)检测:作为一种非侵入式的地面探测技术,GPR通过向地下发射高频电磁波,根据反射信号判断地下管线的埋深、走向、材质及周围土体的空洞、疏松等情况,对于定位无井段管道和探测浅层地质隐患极为有效。(4)示踪剂与烟雾/染色试验:用于追踪水流路径和识别混接点。通过在特定位置注入无害的化学示踪剂、烟雾或染色剂,然后在下游各排放口进行采样或观察,可以快速锁定非法连接或渗漏点。

1.1.3 系统性评估与建模

在获取海量检测数据后,需运用专业软件(如InfoWorks ICM, SWMM等)构建排水管网水力模型。该模型能够模拟不同降雨情景下管网的运行状态,精准评估现有系统的排水能力、识别瓶颈管段和易涝区域,并量化混接率、入流入渗量等关键指标,为改造方案的制定提供强大的数据支撑和仿真验证平台。

1.2 管道修复与建设技术

在精准评估的基础上,针对老旧破损管网的修复和新分流管网的建设是改造工程的主体。如何在保障城市正常运转的前提下,高效、经济、环保地完成施工,是技术选择的核心考量。

1.2.1 非开挖修复技术

为最大限度减少对城市交通和居民生活的干扰，非开挖技术已成为老旧管网修复的首选。(1)原位固化法(CIPP)：其中又以紫外光固化(UV-CIPP)和热水固化为代表。该技术将浸渍有热固性树脂的软管通过翻转或牵引的方式置入旧管道内，然后通过紫外线灯链或热水使其固化，形成一层光滑、坚固、耐腐蚀的新管，实现“管中管”的修复效果。该方法施工周期短、对地面影响小，适用于管径较大的主管道修复^[2]。(2)局部修复技术：如不锈钢双胀环、点状原位固化等，专门用于修复管道局部的破裂、接口渗漏等点状缺陷，成本更低，效率更高。(3)机械制螺旋缠绕法：适用于大口径管道的整体修复，通过在旧管内连续缠绕带状型材并锁紧，形成新的承压结构。

1.2.2 新建管道施工技术

对于需要新建的雨、污水管道，应遵循“先地下、后地上”、“先深后浅”的原则，科学组织施工。(1)顶管/定向钻技术：在穿越河流、铁路、主干道等敏感区域时，采用顶管或水平定向钻技术，可以在不开挖路面的情况下完成管道铺设，有效保护既有设施。(2)模块化预制装配技术：推广使用预制混凝土检查井、一体化泵站等标准化构件，可大幅缩短现场湿作业时间，提高工程质量，降低安全风险。(3)绿色施工理念：施工过程中应严格落实扬尘控制、噪声管理、建筑垃圾资源化利用等环保措施，践行绿色建造理念。

1.3 雨污混接点改造技术

混接点是雨污分流系统失效的“罪魁祸首”。这些混接点可能存在于市政道路、住宅小区、企事业单位甚至居民阳台，形式多样、隐蔽性强，是改造工程中最棘手的难题。

1.3.1 源头排查与精准定位

混接点改造的前提是精准识别。除了前述的检测技术外，还需采取“网格化+入户”的排查策略。以社区为单位，划分责任网格，工作人员逐户上门，检查阳台立管、厨房、卫生间等排水设施的接入情况，绘制详细的“一户一档”混接图谱。

1.3.2 分类施策与改造方案

(1)建筑立管改造：对于老旧小区，普遍存在阳台洗涤废水接入雨水立管的问题。改造方案通常是在阳台增设专用污水立管，或将原有雨水立管改造为污水立管，并重新布设雨水收集系统^[3]。(2)小区内部管网改造：梳理小区内部错综复杂的管网，切断非法连接，新建独立的雨、污水支管，并确保所有污水源(包括化粪池)

均接入污水系统。(3)市政管网接口改造：在市政道路与小区、单位的接口处，是混接高发区。需仔细核查每一个接入点，通过增设截流井、改造检查井等方式，确保雨、污水各行其道。(4)末端智能分流技术：在一些难以彻底改造的区域，可采用智能分流井等末端截污技术作为补充。该设备能根据管道内水位和水质自动判断，在晴天截流污水，在雨天初期截流高污染的初期雨水，后期则允许清洁雨水直排，是一种有效的兜底措施。

1.4 智能管网管理技术

雨污分流改造的最终目标不仅是“建起来”，更要“管得好”。智能管网管理技术通过数字化、网络化、智能化的手段，实现了对排水系统的全要素感知、全过程监控和全方位管理。

1.4.1 在线监测感知网络

在雨、污水管网的关键节点(如泵站、排放口、重要交汇处)部署液位计、流量计、水质(COD、氨氮等)传感器、雨量计等物联网设备，构建覆盖全域的实时监测网络。这些设备如同城市的“神经末梢”，源源不断地将管网运行数据上传至云端。

1.4.2 智慧化平台与数据分析

基于云计算和大数据技术，构建统一的智慧排水管理平台。平台能够对海量监测数据进行实时分析，自动识别异常工况(如非降雨期雨水管有流量、降雨期污水管水位异常升高等)，精准预警混接、堵塞、溢流等风险^[4]。通过机器学习算法，平台还能预测未来降雨下的管网负荷，为防汛调度提供决策支持。

1.4.3 闭环管理与移动应用

将监测预警、工单派发、现场处置、结果反馈等环节纳入统一平台，形成业务闭环。管理人员可通过手机APP随时随地查看管网状态、接收告警信息、指挥调度抢修，极大地提升了应急响应速度和日常运维效率。

2 雨污分流改造工程的关键支撑措施

除核心技术外，一系列配套支撑措施是确保工程顺利推进并取得长效的关键。

2.1 加强顶层设计与规划设计

改造工程必须坚持规划先行、系统治理。要将雨污分流改造纳入城市总体规划和海绵城市建设专项规划，统筹考虑流域治理、防洪排涝、生态修复等多重目标。设计方案应充分尊重现状，因地制宜，避免“一刀切”。对于老城区，应以问题为导向，优先解决影响水环境质量最突出的区域；对于新区，则要严格执行雨污分流标准，杜绝新增混接。

2.2 完善政策支持与资金保障

雨污分流改造投资巨大,回报周期长,必须建立多元化的资金保障机制。一方面,地方政府要切实履行主体责任,加大财政投入,并积极争取中央和省级专项资金支持;另一方面,要创新投融资模式,鼓励采用政府和社会资本合作(PPP)、特许经营等方式,引导社会资本参与。例如,山西省、山东省等地均设立了省级奖补资金,并出台了一系列激励政策,有效撬动了地方改造的积极性。

2.3 优化工程管理与长效运维

高效的工程管理是项目成败的保障。应建立健全项目法人责任制、招投标制、工程监理制和合同管理制,严把工程质量关。同时,要注重施工过程中的公众沟通,通过提前公示、设立热线等方式,最大限度减少施工扰民。工程竣工后,必须同步建立起长效的运维管理机制,明确管养责任主体,将智能监测平台与日常养护工作深度融合,确保改造成果能够长期稳定发挥效益。

3 典型实践案例分析

3.1 案例一:山东邹城市——源头分流与能效提升

邹城市自2021年以来,累计投资7.7亿元,全面推进雨污合流管网改造。其成功经验在于狠抓“源头分流”:一是对全市住宅小区进行全面排查,实施“一次性告知”制度,要求开发商和物业单位严格落实雨污分流要求;二是将管网施工质量与房地产项目预售资金拨付挂钩,形成强有力的约束机制。改造成效显著,2023年两个主要污水处理厂的进水BOD5浓度较2020年分别提升了52.6%和164.8%,汛期进水量大幅下降,水环境质量得到根本性改善。

3.2 案例二:湖南湘潭高新区——机制创新与高效推进

湘潭高新区连续三年在全市率先完成年度雨污分流改造任务,形成了可复制的“高新样板”。其核心在于高位推动和机制创新:建立了“主要领导月调度、分管领导周跟进”的工作机制,并实施“三个第一时间”工作法(第一时间动员、勘测、反馈),极大提升了项目推进效率。通过将雨污分流改造与优化营商环境相结合,赢得了园区企事业单位的广泛支持与配合,实现了政府主导与社会协同的良性互动。

3.3 案例三:山西高平市——民生导向与精细施工

高平市在实施康乐东街等小街巷雨污分流改造时,充分体现了民生导向。施工前,工作人员密集走访社区、商户、学校等,详细了解各方诉求,制定了“分段施工、应接尽接”的精细化方案,最大限度减少对居民出行和商户经营的影响。改造后,困扰多年的积水、返臭问题得到彻底解决,赢得了市民的高度赞誉,真正做到了“改”到群众心坎上,“造”出城市幸福感。

4 结语

城镇雨污分流改造意义重大,是功在当代、利在千秋的系统工程。本文梳理出以“精准检测评估、高效修复建设、精细混接改造、智慧长效管理”为核心的技术体系,还指出规划设计、政策资金和工程管理是关键支撑。国内外成功实践显示,需将技术创新与机制创新结合、工程建设与民生改善统一,才能确保改造实效。展望未来,改造将呈现新趋势:一是更智能化,BIM+GIS+CIM技术深度融合,实现管网全生命周期数字化管理;二是更绿色化,海绵城市理念融入,通过建设雨水花园等设施,实现雨水自然处理;三是更系统化,改造工程与城市更新等国家战略紧密结合,推动城市高质量可持续发展。

参考文献

- [1]赵祥新.城镇雨污分流改造工程施工管理难点与对策[J].新型城镇化,2026,(04):43-44.
- [2]赵帅.基于污水收集的城镇雨污分流提升改造工程施工技术研究[J].辽宁省交通高等专科学校学报,2024,26(06):26-29.
- [3]余兴春,罗成付,王家雁.城镇雨污分流管网改造常见实施方案分析及比选[C]//《施工技术》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2023年全国土木工程施工技术交流会论文集(下册).云南省建设投资控股集团有限公司总承包三部,2023:974-976.
- [4]吕维先,耿娇,高丽,等.城镇雨污分流管网系统建设及改造风险分析与应对措施技术研究[C]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司.2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册).云南建投临沧建设有限公司;云南省建设投资控股集团有限公司;昆明学院,2024:397-399.