

# 市政排水系统雨污分流改造技术分析

黄暨周

湖南省建筑科学研究院有限责任公司 湖南 长沙 410000

**摘要：**市政排水系统雨污分流改造技术通过独立铺设雨水与污水管网，实现污水全量处理与雨水自然排放，有效缓解城市内涝、减少水体污染。核心改造技术包括管网探测与混接点识别、管道非开挖修复、智能监测与运维系统构建等。改造需应对复杂地质条件、既有管网衔接等技术挑战，并通过政策支持、技术创新及公众参与推动项目实施，最终提升城市排水系统效能与可持续发展能力。

**关键词：**市政排水系统；雨污分流；改造技术

**引言：**随着城市化进程加速，合流制排水体制导致的雨季污水溢流、水体污染及城市内涝等问题日益突出，成为制约城市水环境改善的关键瓶颈。雨污分流改造作为系统性解决方案，通过构建独立的雨水与污水管网体系，可实现污水全量处理、雨水自然排放，对提升城市防洪排涝能力、改善水生态环境具有战略意义。本文聚焦改造核心技术、经济性评估及实施挑战，为推进城市排水系统高质量发展提供理论支撑与实践参考。

## 1 市政排水系统现状与问题分析

### 1.1 现有排水体制类型

当前，我国市政排水体制主要分为合流制与分流制两种类型。合流制是将生活污水、工业废水与雨水纳入同一管网系统进行收集与输送，具体包括直排式合流制和截流式合流制。该体制具有管网建设成本相对较低、施工简便等优势，但其核心弊端在于雨季溢流污染严重，难以满足日益严格的环境保护要求。分流制则构建两套相互独立的管网系统，分别输送污水与雨水：污水输送至污水处理厂进行净化处理，雨水则就近排入自然水体。该体制在污染控制、系统运行维护等方面具有明显优势，但需铺设两套管网系统，工程投资较大，对城市地下空间资源占用较多。

### 1.2 常见问题诊断

(1) 合流制系统弊端：当前部分老旧城区仍沿用合流制排水系统，其突出问题主要表现在两方面：一是雨季溢流污染频发。合流制管网输送能力有限，降雨期间雨水与污水流量叠加，当混流污水量超过截流干管输送能力时，未经处理的混合污水直接排入受纳水体，造成严重水环境污染。二是管网超负荷运行与渗漏问题并存。部分合流制管网建设标准偏低且运行年限较长，管道沉积堵塞导致排水能力下降，加剧雨季内涝风险；同时，老旧管网结构性缺陷导致地下水入渗严重，既增加

输送及处理设施负荷，也削弱系统截污效能。(2) 分流制系统缺陷：新建城区普遍采用分流制，但实际运行中仍面临挑战。首先，雨污混流问题突出。一方面，部分居民或商户私接乱排，将生活污水接入雨水管网；另一方面，管网施工质量不达标，接口密封不严导致雨水渗入污水管网，致使分流制难以发挥预期效能。其次，管网老化问题凸显。部分分流制管网运行年限较长，管道腐蚀、破损、堵塞等结构性缺陷频发，不仅影响排水能力，还可能引发路面塌陷等次生灾害，且老旧管网改造涉及面广、技术难度大，给城市更新带来较大挑战<sup>[1]</sup>。

### 1.3 改造需求与挑战

市政排水系统改造迫在眉睫，但面临多重挑战。城市空间限制明显，现有建成区地下管线密集，排水管网改造难以拓展新路由；施工过程中易干扰交通通行、影响居民正常生活，协调难度大；改造需大量资金投入，涵盖管网铺设、设施更新、后期运维等，资金压力较大；此外，公众参与度不足，部分居民对雨污分流、管网改造的认知不够，配合度不高，影响改造进度与效果。

## 2 市政排水系统雨污分流改造核心技术体系

### 2.1 管网系统诊断与优化技术

(1) 管网探测与混接点识别：精准的管网普查是雨污分流改造的基础前提，目前主要采用管道闭路电视检测与水质特征因子监测相结合的技术路径。CCTV检测系统通过机器人搭载摄像探头进入管道内部，可直观识别破损、变形、沉积、堵塞及雨污错接等缺陷，实现管网健康状况的可视化评估。在此基础上，布设水质监测点位，选取化学需氧量、氨氮、总磷等特征指标进行分析，利用雨污水分流时段的水质差异，快速判定混接点位及类型，为改造方案精准设计提供可靠数据支撑，避免盲目开挖施工。(2) 管网扩容与截流设施优化：针对管网输水能力不足及雨季倒灌问题，采取系统性改造措

施：一是对管径偏小、坡度不当的老旧管段实施扩容改造，提升管网排水能力；二是优化截流设施设计，通过功能分区提升系统效能：在雨水出水管末端安装鸭嘴阀等防倒灌装置，阻隔外部水体回流，同时增设调蓄腔，暂存超标污水，待管网负荷降低后再输送至污水处理厂，减少污水溢流污染<sup>[2]</sup>。（3）管道非开挖修复技术：为降低改造工程对城市运行的干扰，优先采用非开挖修复技术对存在结构性缺陷的管道进行修复。原位固化法应用最为广泛：通过将浸润树脂的软管拉入待修管道，利用气压或水压使其紧贴管壁，经加热或常温固化后形成高强度内衬层，显著提升管道的密封性与结构强度。针对局部破损点，可采用点状修复技术，通过专用气囊定位并填充树脂，实现精准修复。非开挖技术可大幅减少路面开挖，缓解交通压力，缩短工期，综合降低社会成本。

## 2.2 分流制与合流制过渡技术

（1）截流式合流制改造模式：针对合流制管网覆盖范围广、一次性全面分流改造难度大的老旧城区，宜采用截流式合流制作为过渡性改造方案。该模式的核心技术为“末端截流+调蓄处理”：在合流管网末端增设截流干管及截流泵站，实现旱季全部生活污水、工业废水及雨季污染浓度较高的初期雨水的有效拦截，统一输送至污水处理厂处理；同步配套建设雨水调蓄设施，对超出截流能力的雨季混流污水进行临时储存，待降雨结束后逐步输送处理。该模式在兼顾改造成本与实施可行性的前提下，可显著削减合流制溢流污染，为远期完全分流奠定基础，是老旧城区渐进式改造的优选路径。（2）雨污完全分流模式：适用于新建城区、城市更新片区等改造条件成熟的区域，核心是铺设两套完全独立的雨水管网与污水管网，严格划分排水路径、杜绝交叉污染。污水管网专门收集居民生活污水、工业生产废水，实现全量收集、全量处理，确保污水不直排、不渗漏；雨水管网专门收集天然降雨，经格栅、沉砂等简单预处理后，就近排入河流、湖泊等自然水体，或接入雨水调蓄设施回收利用，彻底杜绝雨污混流现象，实现雨污分流的核心改造目标，是新建区域排水系统的首选模式<sup>[3]</sup>。

## 2.3 源头控制与海绵城市技术

（1）绿色基础设施源头减排技术：从雨水产生源头入手，减少雨水径流污染，降低管网排水压力，广泛应用雨水花园、透水铺装、植草沟等绿色基础设施。雨水花园布设于小区、公园、道路两侧，通过植被-土壤-填料系统过滤吸附初期雨水，削减污染物进入管网；透水铺装采用透水混凝土、透水砖等材料替代传统硬化路面，

增强雨水下渗能力，补充地下水并减少路面积水；植草沟沿道路绿地布设，形成线性排水通道，在输送雨水的同时实现植被净化，发挥“渗、滞、净”生态功能。

（2）低影响开发（LID）与雨水资源化利用：践行海绵城市理念，合理控制城市硬化面积，保留绿地、湿地等自然下渗空间，减少对自然水文循环的干扰。同时推进雨水资源化利用，将经绿色基础设施预处理后的雨水用于绿化灌溉、道路清扫、景观补水等非饮用水场景，提高水资源利用率，实现生态、社会、经济效益的统一。

## 2.4 智能监测与运维技术

（1）排水管网数字化建模：借助专业模拟软件构建管网数字化模型，整合管径、坡度、高程等基础数据，耦合降雨水文信息，模拟不同工况下管网的水力运行状态。通过模型分析，可预测内涝风险点、评估溢流频次、优化截流设施调度，为改造设计、运行调度及应急预案提供科学依据，推动排水管理向量化、精细化转变。（2）实时监测与预警系统：在管网关键节点、截流井、调蓄池及污水处理厂进水口布设液位、流量、水质传感器，通过物联网传输数据至智能监控平台，实现管网运行状态24小时动态监控；当出现液位超标、流量异常、水质超标等异常情况时，系统自动发出声光预警，同步推送预警信息至运维人员手机终端，提醒工作人员及时赶赴现场处置，大幅提升管网运维效率与应急处置能力，保障改造后系统稳定运行<sup>[4]</sup>。

## 3 市政排水系统雨污分流改造技术经济性分析

### 3.1 成本构成

（1）直接成本：作为改造项目的核心支出，主要涵盖管道铺设、设备采购、施工费用三大板块。管道铺设费用占比最高，包括雨水、污水管网的管材采购、沟槽开挖、管道安装及回填等；设备采购费用主要用于截流井、水泵、水质监测设备、非开挖修复材料（如CIPP内衬）等核心设施的购置；施工费用包含施工人员薪酬、施工机械租赁、现场管理及安全防护等相关支出，直接与改造工程量、施工难度正相关。（2）间接成本：易被忽视但影响项目整体经济性，主要包括交通影响、环境补偿、长期运维费用。施工期间占道开挖会影响城市交通，产生交通疏导、临时便道铺设等费用；施工过程中产生的噪音、扬尘等污染，需支付环境治理及周边居民补偿费用；长期运维费用则涵盖管网巡检、设备检修、故障处置、水质监测等后续支出，是保障改造后系统稳定运行的必要投入。

### 3.2 效益评估

（1）环境效益：主要体现在水污染负荷削减与受纳

水体水质改善两个方面。一方面,通过构建独立污水收集系统,实现生活污水、工业废水的全量收集与输送,显著提高污水处理厂进水浓度与处理效率,有效削减化学需氧量、氨氮、总磷等污染物向自然水体的排放量;另一方面,通过截断雨季合流制溢流污染路径,减少雨天污水直排对河流、湖泊的水质冲击,为黑臭水体治理与水生态系统修复创造基础条件,进而降低区域水环境长效治理的后续投入成本。(2)社会效益:重点提升城市基础设施保障能力,一方面优化排水系统功能,提升城市防洪排涝能力,减少雨季内涝对居民生活、城市运行的影响;另一方面,改善居民居住环境,减少污水异味、水体黑臭等问题,提升居民生活舒适度与满意度,同时完善城市基础设施配套,助力城市品质提升<sup>[5]</sup>。

#### 4 市政排水系统雨污分流改造的挑战与对策建议

##### 4.1 技术挑战

(1)复杂地质条件下的施工风险:城市建成区地质条件多样,部分区域存在软土地基、地下水位高、岩土稳定性差等问题,管网开挖施工中易出现边坡坍塌、管道沉降、基坑积水等风险,不仅增加施工难度,还可能延误工期、增加施工成本;同时,地下管线密集,易与燃气、电力、通信等管线冲突,进一步提升施工安全风险与技术难度。(2)既有管网与新建系统的衔接:老旧城区既有管网铺设年限长、管径不一、走向混乱,部分管网破损、错接严重,与新建雨污分流管网衔接时,易出现接口不匹配、水流不畅、渗漏等问题;此外,部分合流制管网改造后需与现有污水处理设施、调蓄设施衔接,如何实现新旧系统平稳过渡、协同运行,成为重要技术挑战。

##### 4.2 管理挑战

(1)多部门协同机制缺失:雨污分流改造涉及住建、城管、水利、交通等多个部门,各部门职责分工不同,缺乏有效的协同配合机制,易出现权责交叉、沟通不畅、推诿扯皮等问题,导致项目审批效率低、施工协调难度大,影响改造工作进度。(2)公众参与度不足:部分居民对雨污分流改造的重要意义、改造流程及相关政策了解不深入,误以为改造施工会影响日常生活,对施工占道、噪音干扰等存在抵触情绪;同时,缺乏有效的公众参与渠道,居民的意见和建议难以得到及时采纳,导致改造工作缺乏群众基础,影响改造成效。

##### 4.3 对策建议

(1)强化政策支持:加大政府政策扶持力度,设立雨污分流改造专项资金,保障项目施工、设备采购及后期运维资金需求;完善相关标准规范,明确改造技术要求、施工流程及验收标准,为改造工作提供制度支撑,规范改造行为。(2)推动技术创新:积极推广模块化设计、非开挖修复等先进技术,降低复杂地质条件下的施工风险,减少对城市交通和居民生活的干扰;推进智能化运维技术应用,搭建管网智能监测平台,提升系统运维效率,实现新旧管网协同高效运行。(3)加强公众宣传与社区共建:通过社区公告、新媒体、入户宣讲等多种形式,宣传雨污分流改造的重要意义及长远效益,消除居民抵触情绪;搭建公众参与渠道,广泛征求居民意见建议,推动社区共建共治,凝聚改造合力,提升改造工作的群众认可度。

##### 结束语

市政排水系统雨污分流改造是破解城市水环境治理难题、提升排水系统韧性的关键路径。通过管网精准探测、非开挖修复、截流设施优化及智能监测等技术创新,可实现改造效率与生态效益的协同提升。然而,改造实施仍需突破复杂地质施工、新旧系统衔接等技术挑战,以及跨部门协同不畅、公众参与不足等管理难题。未来,随着海绵城市理念的深化与智慧运维技术的普及,雨污分流改造将向精细化、系统化、可持续方向演进,通过政策引导、技术创新与社会参与的协同发力,为构建健康城市水循环体系、推动城市高质量发展奠定坚实基础。

##### 参考文献

- [1]成嘉玮.论市政排水基础设施的雨污分流改造重点及方案[J].居业,2024,(08):55-57.
- [2]杨魁志.旧城区排水管网雨污分流改造设计与思考[J].环境保护与循环经济,2024,44(06):33-38.
- [3]鲁婷婷.市政雨污管网分流改造设计研究[J].江西建材,2024,(05):125-127.
- [4]易军旗.城市排水系统雨污分流改造技术[J].建筑技术开发,2022,49(10):110-112.
- [5]刘伟利,管荣政,陈光.城市排水雨污分流改造难点和措施分析[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(09):74-76.