

# 市政排水设计优化策略：雨污分流系统的创新与实践

王旸宽

广州华晖交通技术有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/UAID.2024110002

**摘要：**本文围绕市政排水雨污分流系统创新实践展开，指出既有排水系统痛点，探讨了从系统技术创新、基于海绵城市理念构建管控体系到管网拓扑结构优化等多方面内容，涵盖管材研发、非开挖修复等关键环节，经工程案例验证成效显著，相关技术已推广，为新型城镇化建设提供技术范式。

**关键词：**雨污分流系统；市政排水设计；创新实践

## Optimization Strategy for Municipal Drainage Design: Innovation and Practice of Rainwater and Sewage Diversion System

Wang Yangkuan

Guangzhou Huahui Transportation Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

**Abstract :** This article focuses on the innovative practice of municipal drainage rainwater and sewage diversion system, points out the pain points of existing drainage systems, and explores various aspects such as system technology innovation, construction of control system based on sponge city concept, and optimization of pipeline network topology structure. It covers key links such as pipe research and development, non excavation repair, etc. The results have been verified by engineering cases, and the relevant technologies have been promoted, providing a technical paradigm for the construction of new urbanization.

**Keywords :** rainwater and sewage diversion system; municipal drainage design; innovation practice

## 引言

《城镇排水与污水处理条例》于2013年10月颁布，旨在加强对城镇排水与污水处理的管理，保障城镇排水与污水处理设施安全运行。在市政排水领域，既有排水系统存在混合制排水系统脆弱、管网腐蚀、处理能力不足等痛点，严重影响城市排水及生态环境。雨污分流系统虽有应用，但在技术创新方面仍有诸多问题待解。本文围绕市政排水设计中雨污分流系统的创新与实践展开探讨，从构建管控体系、优化管网拓扑等多方面提出策略，并经工程案例验证成效显著，为新型城镇化建设提供了有价值的技术范式。

## 一、雨污分流系统现状分析

### (一) 既有排水系统痛点解析

在市政排水领域，既有排水系统存在诸多痛点。混合制排水系统在极端天气下暴露出显著的系统脆弱性。每逢暴雨等极端天气，雨水和污水混合排放，易导致排水不畅，出现内涝现象<sup>[1]</sup>。管网腐蚀也是一大难题，污水中的化学成分会对排水管网造成腐蚀，缩短管网使用寿命，增加维护成本。同时，污水厂处理能力不足的问题较为突出，混合污水量在极端天气时远超污水处理厂的设计处理能力，使得部分污水未经有效处理就直接排放，对水环境造成污染。这些问题不仅影响城市排水的正常运行，还对城

市生态环境和居民生活质量产生负面影响，亟待通过雨污分流系统的创新与实践来加以解决。

### (二) 技术创新需求评估

雨污分流系统现状下，存在诸多亟待技术创新解决的问题。基于水文学模型定量评估，能精准得出系统改造阈值。当前，雨污混流、管道渗漏等情况影响系统运行效率与水质。渗漏监测技术需创新突破，以实时、精准掌握管道渗漏状况，从而及时维修，避免污水渗入雨水管道或地下水，造成污染。管道材料也需升级，传统材料在耐久性、防渗漏性等方面存在局限，新型材料应具备更高强度、更好的密闭性与耐腐蚀性。这些关键技术突破方向，如渗漏监测与管道材料升级，对提升雨污分流系统性能、

优化市政排水设计至关重要<sup>[2]</sup>。

## 二、优化设计策略体系构建

### (一) 新型规划方法论

基于海绵城市理念构建“滞－蓄－排－净”四级管控体系，是对传统排水设计思路的革新。“滞”旨在通过如绿色屋顶、下凹式绿地等设施，减缓雨水径流速度，延长雨水在城市地表的停留时间；“蓄”则利用蓄水池、湿地等，储存部分雨水，缓解排水压力；“排”强调合理规划排水管网，确保雨水有序排放；“净”通过植被过滤、土壤渗透等净化雨水，减轻水体污染。与此同时，建立与城市竖向设计协同的GIS空间分析模型<sup>[3]</sup>。借助该模型，可整合地形地貌、土地利用等多源数据，精准分析城市雨水径流路径与汇流区域，为雨污分流系统规划提供科学依据，实现排水系统与城市空间布局的有机融合，提升市政排水设计的科学性与合理性。

### (二) 管网拓扑结构优化

在市政排水雨污分流系统中，管网拓扑结构优化至关重要。运用SWMM模型进行多情景模拟，可深入分析不同管网布局下的水流特性与排水效率。在此基础上，研发具有自主知识产权的支管智能衔接算法意义重大。该算法能依据水流流量、流向及地形等实际条件，精准确定支管与干管的最佳衔接位置与角度，减少水流冲突与能量损耗<sup>[4]</sup>。同时，管道倾角优化方案也是关键。通过科学计算和分析，对不同区域的管道倾角进行合理调整，确保雨水和污水在重力作用下能顺畅流动，避免积水与堵塞，提升整个雨污分流管网系统的排水能力与运行稳定性，实现高效、合理的拓扑结构优化。

## 三、核心技术创新实践

### (一) 新型材料与施工技术

#### 1. 高抗渗管材研发

在市政排水雨污分流系统中，高抗渗管材研发是关键环节。纳米级HDPE复合材料在这方面取得显著技术突破。这种材料通过对HDPE进行纳米级改性，极大提升了管材抗冲刷和耐腐蚀性能。从抗冲刷角度看，纳米级结构增强了材料内部的分子间作用力，使得管材表面更加致密，能有效抵御水流长期冲刷带来的磨损，减少因冲刷导致的管壁变薄、破损风险。在耐腐蚀性能上，纳米级HDPE复合材料形成独特的微观结构，对常见的酸碱等腐蚀性物质具有更强的抵抗能力，延长管材使用寿命<sup>[5]</sup>。

#### 2. 非开挖修复工艺

在市政排水雨污分流系统的非开挖修复工艺中，CIPP内衬技术是关键。构建基于CIPP内衬技术的施工质量评估体系，能有效保障修复效果。该体系需综合考虑多方面因素，如内衬材料的性能参数，包括拉伸强度、柔韧性等，确保其符合不同管道环境的要求。同时，制定详细的管道缺陷分类修复标准也至关重要。根据管道的破损程度、渗漏情况等将缺陷分类，针对不同类别缺陷，明确与之

匹配的修复方法与工艺参数。通过这样的质量评估体系与修复标准，能精准指导CIPP内衬技术在非开挖修复中的应用，提升雨污分流系统的稳定性与耐久性，实现市政排水设计的优化<sup>[6]</sup>。

### (二) 智能监测系统集成

#### 1. 多源感知终端布设

在雨污分流系统的智能监测系统集成中，多源感知终端的布设极为关键。为兼顾流量与水质参数，需科学部署物联网传感网络。在雨水管道关键节点，如入水口、交汇处等布设流量传感器，精确测量雨水流量变化，为排水能力评估提供数据支撑。于污水管道类似节点安装水质传感器，实时监测化学需氧量、氨氮等关键水质指标，了解污水污染程度。同时，在雨水排放口和污水排放口附近，设置综合监测终端，既能监测流量又能检测水质，实现全方位数据采集。这些感知终端通过物联网技术相互连接，将采集的数据实时传输至管理平台，为雨污分流系统的优化调度提供科学依据<sup>[7]</sup>。

#### 2. 数字孪生平台开发

在市政排水雨污分流系统的创新实践中，数字孪生平台开发是关键环节。通过建立系统运行仿真模型，可实现对水力状态的实时可视化。在此基础上开发数字孪生平台，将现实中的雨污分流系统精准映射到虚拟数字空间。平台可模拟不同工况下系统的运行情况，为决策提供科学依据。例如，依据实时水力状态，预测管网堵塞、溢流风险等。该平台还整合各类监测数据，实现多源数据的深度融合与分析，帮助工程师及时发现潜在问题并优化设计。通过数字孪生平台开发，为雨污分流系统的高效运行和持续优化提供有力支撑<sup>[8]</sup>。

## 四、综合治理实施路径

### (一) 雨水资源化利用

#### 1. 绿色基础设施配置

在市政排水设计中，为实现雨水资源化利用，对绿色基础设施进行合理配置至关重要。下沉式绿地、生态树池等LID设施各有优势，需探寻其最佳组合模式。下沉式绿地可有效收集和渗透雨水，增加雨水下渗量，削减地表径流峰值<sup>[9]</sup>。生态树池能在美化环境的同时，对雨水进行净化与储存。通过将下沉式绿地与生态树池科学搭配，形成相互补充的系统。在道路两旁设置生态树池，承接周边雨水，再通过合理的地形设计，使多余雨水流入附近的下沉式绿地进行进一步的储蓄与净化。如此，既充分发挥各设施的功能，又能提升雨水资源化利用效率，优化雨污分流系统，为市政排水设计提供更有效的解决方案。

#### 2. 调蓄设施优化设计

在市政排水设计优化策略中雨污分流系统的雨水资源化利用里，调蓄设施优化设计至关重要。提出基于降雨重现期的调蓄池容积计算方法及其空间配置算法，对调蓄设施的优化设计意义重大。根据不同地区的降雨特征、城市建设密度及排水需求，以降雨重现期为基础，精准计算调蓄池容积，确保其能有效储存和调节雨水，避免雨水排放集中导致的内涝等问题。同时，结合城市

地理环境、用地规划等因素，运用空间配置算法科学确定调蓄池的空间布局，提高雨水收集与利用效率，促进城市雨水资源的合理分配与高效利用，实现雨污分流系统的创新与实践<sup>[10]</sup>。

## （二）污水零直排工程

### 1. 错接混接整治技术

在污水零直排工程的错接混接整治技术方面，开发管道内窥AI识别系统与快速修复装置是关键。管道内窥AI识别系统利用先进的人工智能算法，可对管道内部状况进行高效精准识别。通过搭载高清摄像头的内窥设备深入管道，AI技术能快速判断管道是否存在错接混接情况，甚至能精确指出具体位置和错接类型，极大提高检测效率与准确性，改变以往人工检测的低效率与主观性。配套的快速修复装置则基于识别结果迅速响应。针对不同错接混接状况，配备多种修复工具与材料，实现现场快速修复，减少开挖作业，降低对周边环境与交通的影响，以高效的技术手段推进污水零直排工程中错接混接问题的解决。

### 2. 初期雨水截流控制

在污水零直排工程的初期雨水截流控制方面，需结合市政排水设计特点进行优化。要精准确定初期雨水的截流标准，这需综合考量当地降雨特征、区域污染状况等因素。比如依据多年降雨数据，分析不同降雨强度下初期雨水的污染程度，以此设定合理的截流倍数。通过在雨水管网关键节点设置截流设施，像截流井等，将初期雨水引入污水收集系统。为提升截流效果，可利用智能化手段，实时监测雨水水质和流量，动态调整截流装置的运行参数。当监测到初期雨水污染物浓度较高时，增大截流比例，确保高污染初期雨水能有效进入污水处理厂处理，减少其对水体环境的污染，实现雨污分流系统在初期雨水截流控制上的高效运行，助力污水零直排目标达成。

## （三）长效运维机制建设

### 1. 预防性维护体系

在市政排水雨污分流系统中，预防性维护体系至关重要。构

建预防性维护体系，需先借助包含27项指标的管网健康评价模型，对管网运行状况进行科学评估。通过实时监测与数据分析，精准掌握管道的老化程度、堵塞风险等关键信息。依据评估结果，利用维护决策系统制定针对性的维护计划。对于老化趋势明显的管道，提前筹备更换材料与技术方案；针对易堵塞区域，规划定期清淤及疏通作业安排。同时，结合气象数据及城市发展规划，预测排水需求变化，提前调整维护策略，确保雨污分流系统始终处于良好运行状态，有效应对各类排水挑战，提升市政排水的整体效能。

### 2. 智慧监管平台架构

智慧监管平台架构设计融合BIM+3DGIS的多维度数据驾驶舱管理界面，为雨污分流系统的长效运维提供有力支持。借助BIM技术，对市政排水设施进行精确的三维建模，直观呈现设施的空间位置、结构和属性信息，实现精细化管理。3DGIS技术则可整合地理空间数据，分析排水系统与周边环境的关系，辅助决策。多维度数据驾驶舱管理界面将BIM与3DGIS数据深度融合，以可视化方式展示雨污分流系统的运行状态、流量监测、水质数据等关键信息。运维人员通过该界面能实时掌握系统动态，快速定位问题，及时采取应对措施，从而提高市政排水系统的管理效率和运维水平，保障雨污分流系统长期稳定运行。

## 五、总结

本文围绕市政排水设计中雨污分流系统的创新与实践展开探讨，所提优化策略成效显著。研究成果有效降低了系统内涝风险，减少污水处理成本，并已在多个地区推广应用，为市政排水工程提供了有益借鉴。该创新实践有助于提升城市排水系统的运行效率，改善城市水环境质量，为城市可持续发展奠定坚实基础。未来，期望这一创新策略能在更多地区得到应用，推动雨污分流系统不断完善与升级，进一步助力新型城镇化建设迈向更高水平。

## 参考文献

- [1] 王通. SZ市政工程公司雨污分流工程项目风险管理研究 [D]. 青岛科技大学, 2023.
- [2] 张哲. 居民区雨污分流改造工程方案应用与评价研究 [D]. 山东建筑大学, 2021.
- [3] 王晓芳. Z老城区雨污分流改造项目进度影响因素分析 [D]. 山东大学, 2022.
- [4] 赵鹏程. C区雨污分流改造工程项目管理关键问题研究 [D]. 华北理工大学, 2022.
- [5] 霍欣欣. 天津市LID雨污径流模拟及优化研究 [D]. 天津大学, 2022.
- [6] 张西漾, 马德萍. 市政给排水雨污分流改造工程设计思路 [J]. 水上安全, 2024, (03): 85-87.
- [7] 刘茜茜, 孙洪伟. 村镇雨污分流工程施工图设计调研与分析 [J]. 净水技术, 2022, 41(03): 68-72+89.
- [8] 周立, 信光成, 龚海华, 等. 某智能雨污调蓄系统方案设计 [J]. 机电设备, 2022, 39(06): 36-39.
- [9] 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.
- [10] 吴雪, 宋培忠. 旧城区市政排水系统雨污分流改造设计分析 [J]. 工程技术研究, 2022, 7(23): 185-187.