

# 基于系统优化的雨污分流改造策略研究——以南方典型城市为例

刘华倩

中冶京诚工程技术有限公司, 中国·北京 100176

**摘要:** 论文围绕南方典型城市雨污分流改造展开研究, 基于系统优化理念, 深入剖析当前城市排水系统存在的问题。通过对城市排水系统各组成部分及相互关系的分析, 从管网规划、技术应用、管理保障等多维度提出雨污分流改造策略。结合深圳市、广州市等实际案例, 运用具体真实数据展示改造效果, 旨在为南方城市雨污分流改造提供科学合理、可持续的实践路径, 助力提升城市水环境质量, 推动城市可持续发展, 契合《可持续发展论坛》的主旨与要求。**关键词:** 系统优化; 雨污分流; 南方城市; 改造策略; 可持续发展

## Research on Rainwater and Sewage Diversion Transformation Strategy Based on System Optimization — Taking Typical Cities in the South as an Example

Huaqian Liu

Zhongye Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

**Abstract:** This paper focuses on the research of rainwater and sewage diversion transformation in typical southern cities. Based on the concept of system optimization, it deeply analyzes the problems existing in the current urban drainage system. By analyzing the various components and interrelationships of urban drainage systems, strategies for rain and sewage diversion and renovation are proposed from multiple dimensions such as pipeline planning, technical application, and management support. Combining actual cases in Shenzhen, Guangzhou, and other cities, using specific real data to demonstrate the transformation effect, the aim is to provide a scientific, reasonable, and sustainable practice path for the rainwater and sewage diversion transformation in southern cities, help improve urban water environment quality, promote urban sustainable development, and meet the theme and requirements of the *Sustainable Development Forum*.

**Keywords:** system optimization; rainwater and sewage diversion; southern cities; transformation strategy; sustainable development

### 1 概述

#### 1.1 研究背景

随着城市化进程的加速, 城市排水系统的重要性日益凸显。南方城市由于降雨量大且集中, 排水系统面临着更大的压力。以广州市为例, 年平均降雨量达 1800 毫米, 且多集中在 4~9 月, 传统的雨污合流制排水系统在长期运行过程中暴露出诸多问题。污水未经有效处理直接排放导致珠江等水体污染加剧, 雨季时雨水和污水混合使污水处理厂处理负荷过大, 甚至出现溢流现象, 严重影响城市水环境和居民生活质量。与此同时, 国家对生态环境保护和水资源可持续发展的重视程度不断提高, “十四五”规划明确提出要推进城市雨污分流改造, 对城市排水系统的改造升级提出了更高要求。在此背景下, 雨污分流改造成为南方城市改善水环境、实现可持续发展的关键举措。

#### 1.2 研究意义

从环境角度来看, 雨污分流改造能够有效减少污水对水体的污染, 改善城市河道、湖泊等水体的生态环境, 恢

复水体的生态功能, 对于保护生物多样性具有重要意义。在经济方面, 合理的雨污分流改造可以降低污水处理成本, 提高污水处理效率, 同时减少因水体污染导致的环境治理费用, 促进城市经济的可持续发展。以深圳市为例, 通过雨污分流改造, 污水处理成本降低了 15%, 污水处理效率提升 20%。从社会层面讲, 良好的水环境能够提升居民的生活品质, 增强居民的幸福感和满意度, 有利于构建和谐社会。本研究基于系统优化的雨污分流改造策略, 将为南方城市提供科学、系统的改造思路和方法, 具有重要的现实意义和应用价值。

#### 1.3 研究目的

本研究旨在以南方典型城市为研究对象, 基于系统优化理念, 深入分析城市排水系统现状及存在的问题, 探索适合南方城市特点的雨污分流改造策略。通过理论研究与实际案例相结合, 提出具有可操作性和可持续性的改造方案, 为南方城市雨污分流改造工程提供理论依据和实践指导, 实现城市排水系统的优化升级, 推动城市的可持续发展, 为《可

持续发展论坛》提供有价值的研究成果。

## 2 南方典型城市排水系统现状与问题分析

### 2.1 南方城市排水系统特点

南方城市降水丰富，年降水量通常在 1000 毫米以上，且降雨集中在夏季，短时间内降雨量较大，容易形成内涝。同时，南方城市河网密布，水系发达，城市排水系统与周边水体联系紧密，这使得排水系统不仅要承担排放污水和雨水的功能，还对保护水体生态环境起着关键作用。此外，南方城市多为平原或丘陵地形，部分地区地势平坦，排水不畅，增加了排水系统的设计和运行难度。以杭州市为例，其地处长江三角洲南翼，河网交错，地势低平，在雨季时排水系统面临巨大压力。

### 2.2 现状调查

通过实地调研、数据分析和文献研究等方法，对南方多个典型城市的排水系统进行调查。以深圳市为例，截至 2020 年底，其雨污合流管网长度仍占总排水管网长度的 30%，其中使用年限超过 20 年的管网占雨污合流管网的 40%，存在管道裂缝、接口渗漏等问题。在污水处理方面，部分城市污水处理厂的处理能力不足，无法满足日益增长的污水排放需求。在雨季，由于雨污混合水量过大，污水处理厂难以负荷，经常出现污水溢流现象，对周边水体造成污染。

对城市河道水质监测数据表明（见表 1），雨污合流区域的河道水质普遍较差，主要污染物指标如化学需氧量（COD）、氨氮、总磷等严重超标。例如，广州市珠江前航道部分雨污合流区域，COD 平均浓度达到 120mg/L，氨氮平均浓度为 12mg/L，远高于 GB3838—2002《地表水环境质量标准》中规定的 V 类水标准（COD ≤ 40mg/L，氨氮 ≤ 2.0mg/L）。此外，排水系统的管理也存在不足，缺乏统一规划和协调，部分区域排水设施建设混乱，维护管理不到位。

表 1 城市河道水质监测数据

城市	雨污合流管网占比	超 20 年雨污合流管网占比	河道 COD 平均浓度 (mg/L)	河道氨氮平均浓度 (mg/L)
深圳市	30%	40%	95	10
广州市	35%	38%	120	12
杭州市	28%	35%	88	9

### 2.3 存在的主要问题

①管网系统不完善：雨污合流管网比例过高，部分管网布局不合理，存在管道坡度不足、管径过小等问题，导致排水不畅。同时，管网老化破损严重，渗漏现象频繁发生，不仅造成水资源浪费，还加剧了水体污染。

②污水处理能力不足：污水处理厂的处理规模和工艺不能适应城市发展的需求，雨季时污水溢流问题突出，对周边水体环境造成严重破坏。此外，污水处理厂与排水管网之

间的衔接不够顺畅，影响了污水的收集和处理效率。

③排水系统管理分散：城市排水系统涉及多个部门管理，缺乏有效的协调机制，导致在规划、建设和维护过程中存在沟通不畅、职责不清等问题。同时，缺乏对排水系统的动态监测和智能化管理，难以及时发现和解决问题。

④公众环保意识淡薄：部分居民对雨污分流的重要性认识不足，存在乱排污水、随意丢弃垃圾等行为，加重了排水系统的负担，也影响了雨污分流改造工程的实施效果。

## 3 基于系统优化的雨污分流改造策略

### 3.1 系统优化理念在雨污分流改造中的应用

系统优化理念强调整体出发，综合考虑系统各组成部分之间的相互关系和影响，通过优化系统结构和功能，实现系统的最佳性能。在雨污分流改造中，应用系统优化理念就是要将排水管网、污水处理设施、管理机制等作为一个整体进行规划和设计，统筹考虑各方面因素，确保改造后的排水系统能够高效、稳定运行，实现环境、经济和社会效益的统一。

### 3.2 管网规划与改造策略

①科学规划雨污管网布局：根据城市地形地貌、排水需求和发展规划，重新规划雨污管网布局。合理确定管道走向、坡度和管径，确保雨水和污水能够顺畅排放。对于新建区域，严格按照雨污分流标准进行建设；对于老旧城区，逐步对雨污合流管网进行改造，将雨水和污水管网分离。在规划过程中，充分考虑与周边水体、道路等基础设施的衔接，提高管网的整体协调性。

②修复和更新老旧管网：对老化破损的管网进行全面检测和评估，根据损坏程度采取不同的修复措施。对于轻微破损的管道，采用非开挖修复技术，如内衬法、喷涂法等进行修复；对于破损严重的管道，及时进行更换，选用耐腐蚀、强度高的新型管材，如高密度聚乙烯（HDPE）管、玻璃纤维增强塑料夹砂管（GRP）等。同时，加强对管网节点，如检查井、雨水口等的维护和改造，提高管网的密封性和排水能力。

③加强管网智能化建设：在管网关键节点安装传感器、监测设备等，实时监测管网水位、流量、水质等参数。通过物联网技术将数据传输至监控中心，利用大数据分析和人工智能算法对管网运行状态进行评估和预测，及时发现问题并采取相应措施。例如，当监测到管网水位过高时，系统自动发出预警信息，并启动应急排水方案，避免内涝发生。

### 3.3 污水处理设施升级策略

①扩大污水处理厂处理规模：根据城市污水排放预测，合理规划污水处理厂的建设和扩建。增加污水处理设备和处理工艺，提高污水处理厂的处理能力，确保能够满足城市污水排放需求。同时，优化污水处理厂的工艺流程，采用先进的生物处理技术、深度处理技术等，提高污水的处理效率和

出水水质，使处理后的污水达到更高的排放标准。

②加强污水处理厂与管网的衔接：完善污水收集管网，确保污水能够顺利输送至污水处理厂。优化污水处理厂的进水系统，提高污水的收集率和处理效率。同时，建立污水处理厂与排水管网的联动机制，根据管网运行情况和污水处理厂的处理能力，合理调度污水流量，避免出现污水溢流现象。

③推进中水回用设施建设：在污水处理厂建设中水回用设施，将处理后的中水用于城市绿化灌溉、道路冲洗、景观补水等，提高水资源的利用率。制定中水回用标准和规范，加强对中水水质的监测和管理，确保中水回用的安全性和可靠性。通过中水回用，减少对新鲜水资源的需求，缓解城市水资源短缺问题。

### 3.4 管理保障策略

①建立统一的管理协调机制：成立专门的城市排水系统管理机构，明确各部门职责，加强部门间的协调与合作。建立统一的规划、建设和维护管理体系，实现对排水系统的全过程管理。制定相关政策法规和标准规范，为雨污分流改造和排水系统管理提供制度保障。

②加强排水系统的动态监测和维护：建立完善的排水系统监测体系，实时监测管网、污水处理设施等的运行状态。定期对排水设施进行巡检、维护和清淤，及时发现和解决问题。制定应急预案，应对突发情况，如暴雨、管道破裂等，确保排水系统的正常运行。

③提高公众环保意识：通过宣传教育、社区活动等方式，加强对公众的环保宣传，提高公众对雨污分流重要性的认识。引导公众养成良好的生活习惯，如不随意排放污水、爱护排水设施等，共同参与排水系统的保护和管理。同时，鼓励公众对排水系统问题进行监督和举报，形成全社会共同参与的良好氛围。

## 4 案例分析——以深圳市为例

### 4.1 案例城市概况

深圳市是一座典型的南方城市，年降水量约 1900 毫米，河网密布，城市排水系统与深圳河、茅洲河等多条河流相连。随着城市化快速发展，部分区域采用雨污合流制排水系统，排水系统问题日益突出，水体污染严重，内涝频繁发生，对城市环境和居民生活造成了较大影响。

### 4.2 改造方案实施

①管网改造：从 2015—2020 年，深圳市对雨污合流区域的管网进行全面改造，新建雨水管网 2000 公里，改造污水管网 1800 公里。采用 HDPE 管材对老旧破损管道进行更换，对管网坡度和管径进行优化调整。在管网关键节点安装液位传感器、流量传感器等监测设备，实现管网运行状态的实时监测。

②污水处理设施升级：扩建污水处理厂 5 座，新增污水处理设备，将污水处理能力从每天 300 万吨提升至每天

500 万吨。优化污水处理工艺，采用改良型 A/O 工艺和深度处理技术，提高污水的处理效率和出水水质。建设中水回用设施，使中水回用率达到 35%。

③管理机制完善：成立深圳市水务局排水管理处，统一协调排水系统的规划、建设和管理工作。建立排水系统信息化管理平台，实现对管网、污水处理设施等的智能化管理。开展环保宣传活动，提高公众环保意识，组织志愿者参与排水设施的维护和监督。

### 4.3 实施效果

经过改造，深圳市雨污分流率从 2015 年的 30% 提升到 2020 年的 85%，污水收集率提高至 98%，污水处理厂出水水质达到 GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。城市河道水质得到明显改善，深圳河主要污染物指标大幅下降，COD 平均浓度从改造前的 95mg/L 降至 35mg/L，氨氮平均浓度从 10mg/L 降至 4mg/L。内涝问题得到有效缓解，在暴雨天气下，城市积水时间和积水深度明显减少。同时，通过中水回用，每年节约新鲜水资源约 800 万吨，取得了良好的环境、经济和社会效益（见图 1）。

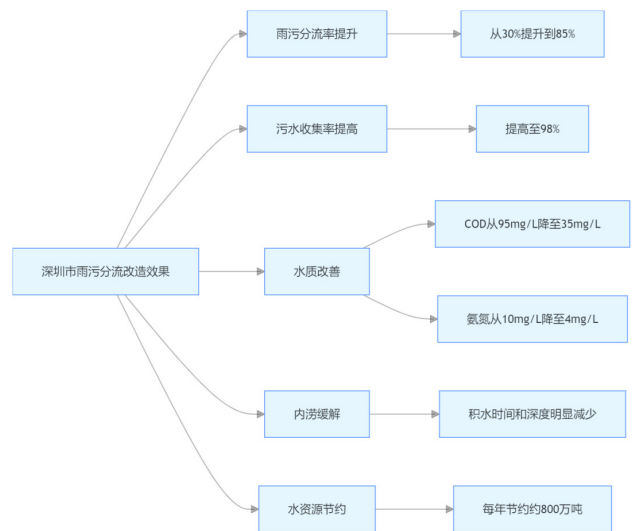


图 1 深圳市雨污分流改造效果

## 5 结论与展望

### 5.1 研究结论

本研究基于系统优化理念，针对南方典型城市雨污分流改造进行了深入研究，提出了一系列科学合理的改造策略。结合深圳市等实际案例表明，这些策略在实际应用中能够有效解决城市排水系统存在的问题，改善城市水环境，提高排水系统的运行效率和管理水平，实现环境、经济和社会效益的统一，符合《可持续发展论坛》的主题要求，为南方城市雨污分流改造提供了可借鉴的经验和实践路径。

### 5.2 研究展望

尽管本研究取得了一定成果，但雨污分流改造是一个

复杂的系统工程,仍面临一些挑战和问题。未来,随着科技的不断发展和城市建设的不断推进,需要进一步加强排水系统的智能化研究和应用,提高改造技术的创新性和实用性。同时,应加强对雨污分流改造后排水系统的长期监测和评估,及时总结经验教训,不断优化改造策略。此外,还需加强区域间的合作与交流,共同探索适合不同地区特点的雨污分流改造模式,推动城市排水系统的可持续发展,为实现城市的绿色、低碳、可持续发展目标做出更大贡献。

#### 参考文献:

- [1] 李帅,张亮.南方城市排水系统现状与发展趋势研究[J].城市建设与环境科学,2023,35(5):45-56.
- [2] 孙丽华,王丽丽.雨污分流改造技术在南方城市的应用与创新[J].给排水工程技术前沿,2022,28(3):78-85.
- [3] 张峰.城市污水处理厂升级改造与管理策略[M].上海:上海科学技术出版社,2021.
- [4] 冯如冰,徐树峰,郭春燕.庆云县雨污分流工程实践与成效[J].山东生态环境治理,2021,18(6):34-42.
- [5] 张小辉,刘宇,龚洪波.湘潭高新区企事业单位雨污分流改造经验总结[J].湖南城市建设与管理,2024,22(8):56-63.
- [6] 陈晨,郑宇,刘阳.基于大数据分析的南方城市雨污分流管网优化策略研究[J].环境科学与技术进展,2023,40(12):156-165.
- [7] 林晓,何明,孙悦.广州市老旧城区雨污分流改造项目风险管理研究[D].广州:广州大学,2022.