

# 市政雨污分流改造工程设计与效果分析

蔡光宁

新疆北方建设集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 833200

**摘要：**随着我国城市化加速与生态文明建设推进，城市水环境治理成关键议题。合流制排水系统雨天溢流污染问题突出，雨污分流改造是根本举措，其科学性与系统性决定工程成效。本文旨在系统阐述市政雨污分流改造工程的核心设计理念、关键技术路径与多维度效果评估体系。文章首先剖析了合流制系统的主要弊端及其改造的必要性；其次，深入探讨了改造工程前期诊断、方案比选、管网系统重构、源头控制与末端协同等核心设计环节；再次，构建了一个涵盖水环境质量、防洪排涝能力、资源化利用效率及社会经济效益的综合性效果分析框架；最后，对当前面临的挑战与未来发展趋势进行了展望。研究表明，成功的雨污分流改造是一项复杂的系统工程，需以流域统筹、精准诊断、技术集成与长效管理为支撑，方能实现水环境根本性改善与城市韧性提升的双重目标。

**关键词：**雨污分流；合流制改造；排水管网；水环境治理；效果评估

## 引言

城市排水系统关乎城市水安全、环境与资源可持续利用。快速城市化进程中，大量早期城市区域采用合流制排水系统，晴天可有效输送污水至处理厂，但雨天混合污水量超负荷时，未经充分处理的污水会经溢流口排入水体，形成合流制溢流（CSO）污染。CSO携带多种污染物，是导致城市水体黑臭、富营养化及生态系统退化的关键污染源之一。面对水环境压力与政策要求，对既有合流制区域实施雨污分流改造，建立独立的雨水排放和污水收集处理系统，是改善城市水环境质量、提升基础设施现代化水平的必然选择。但雨污分流改造涉及面广、技术复杂、投资大且影响深远，成功依赖于科学顶层设计、精细化实施及全面效果评估。本文超越具体项目实践，从宏观与中观层面梳理改造工程的设计逻辑、关键技术与效果评价维度，为相关决策与实践提供理论参考。

## 1 雨污分流改造的必要性与挑战

### 1.1 合流制系统的固有缺陷

合流制系统的核心矛盾在于其无法适应现代城市对水环境质量的高要求。其主要弊端体现在：（1）严重的水环境污染：CSO事件频发，向水体输入大量污染物，破坏水生态平衡，威胁饮用水源安全，并影响滨水空间的景观与休闲功能。（2）污水处理厂效能低下：雨季大量雨水进入污水系统，稀释了污水浓度，降低了污水处理厂生化处理单元的效率，增加了能耗，并可能导致出水水质不达标。（3）内涝风险加剧：合流管渠设计标准通常较低，在遭遇强降雨时极易发生满管甚至冒溢，导致道路积水，影响交通与市民生活。（4）水资源浪费：

本可作为潜在资源的雨水被当作污水处理，增加了不必要的处理负荷，同时失去了雨水就地利用与回补地下水的机会。

### 1.2 改造工程面临的主要挑战

尽管改造势在必行，但其推进过程充满挑战：（1）地下空间复杂性：老城区地下管线密布（给水、燃气、电力、通信等），新设雨水或污水管道的空间受限，施工协调难度大，易引发次生灾害。（2）高昂的投资成本：改造涉及大规模的土建开挖、管道敷设、用户接驳及路面恢复，初期投资巨大，对地方政府财政构成压力。（3）社会扰动：施工期间的道路封闭、噪音、扬尘等对沿线居民和商户的生产生活造成显著干扰，需要有效的公众沟通与补偿机制<sup>[1]</sup>。（4）技术方案的复杂性：如何在有限空间内优化管网布局，如何处理难以彻底分流的区域（如阳台立管接入雨水管），如何与现有设施（泵站、调蓄池）有效衔接，均需精细化的技术方案。（5）长效管理机制缺失：若缺乏后续严格的执法监管与维护，可能出现私接、混接等“返潮”现象，使改造成果付之东流。

## 2 雨污分流改造工程的核心设计体系

一个成功的雨污分流改造工程设计，应是一个以问题为导向、以目标为引领、多专业协同的系统性解决方案。

### 2.1 前期诊断与基础数据调查

精准的诊断是科学设计的前提。此阶段需开展详尽的“体检”工作：（1）管网测绘与探测：利用CCTV（闭路电视）、声呐、QV（潜望镜）等技术，全面摸清现状合流管网的走向、管径、材质、埋深、连接关系、结构性与功能性缺陷（如破裂、变形、沉积、树根侵入

等)。(2)水质水量监测:在关键节点(如溢流口、主干管交汇处、污水处理厂进水泵房)设置在线或人工监测点,获取旱季、雨季不同工况下的流量、液位、COD、SS、氨氮等关键指标数据,量化CSO污染负荷。

(3)用户接入调查:逐户排查建筑内部及外部的排水连接情况,重点识别阳台洗衣机、厨房废水等错接、混接点,绘制详细的用户接入图。(4)水文地质与地形分析:收集区域降雨资料、土壤渗透性、地下水位及数字高程模型(DEM),为雨水径流路径规划与源头控制措施布局提供依据。

## 2.2 改造目标与方案比选

基于诊断结果,明确改造的总体目标(如消除特定水体黑臭、削减XX%的CSO污染负荷、达到X年一遇的内涝防治标准),并制定可行的技术路线。(1)完全分流制:理想目标,即彻底分离雨水与污水系统。适用于具备足够地下空间、建筑改造条件允许的区域。(2)截流式分流制:在难以完全分流的区域,保留部分合流管段,但增设截流干管和调蓄设施,在雨季初期截流高浓度混合污水送至污水处理厂,后期较清洁的雨水溢流。这是一种过渡性或补充性策略<sup>[2]</sup>。(3)源头-过程-末端协同治理:将雨污分流改造与海绵城市建设理念深度融合。在源头,通过绿色屋顶、透水铺装、下沉式绿地等LID(低影响开发)设施削减径流总量、延缓峰值;在过程,优化管网水力设计;在末端,结合人工湿地、生态塘等自然净化设施,形成多级屏障。方案比选需综合考虑技术可行性、经济成本、环境效益、社会影响等因素,通过多目标决策分析(如AHP层次分析法)确定最优方案。

## 2.3 污水收集系统重构设计

改造的核心是构建一个高效、可靠的污水收集系统。(1)污水管网布局优化:根据地形、地块划分及用户分布,重新规划污水干、支管走向,确保重力流为主,减少提升泵站数量。管径计算需充分考虑远期发展,并留有适当余量。(2)高水位运行与防倒灌设计:为防止地下水渗入和河水倒灌,污水管应维持高水位运行,并在穿越河道等敏感区域设置可靠的防倒灌措施(如鸭嘴阀、拍门)。(3)用户精准接驳:制定详细的用户接驳技术导则,强制要求所有生活污水(包括阳台废水)接入新建污水管。对于老旧小区,可采用建筑立管改造、增设专用污水立管等方式解决。

## 2.4 雨水排放系统重构设计

新建的雨水系统旨在安全、快速地排除地表径流,并兼顾资源化与生态化。(1)雨水管网水力设计:依

据当地暴雨强度公式和设计重现期(通常高于原合流管标准),计算设计流量,合理确定管渠断面。推广使用水力模型(如SWMM)进行动态模拟,优化系统布局。

(2)与海绵设施的耦合:将LID设施作为雨水系统的“第一道防线”。设计时需明确各LID设施的汇水分区、调蓄容积、溢流路径,并将其产汇流过程纳入整体雨水管网模型,确保系统协同增效。(3)初雨污染控制:考虑到初期雨水仍含有较高污染物,可在关键排口前设置旋流分离器、弃流井或小型调蓄池,对初期雨水进行截污处理,避免其直接排入敏感水体。

## 2.5 与现有设施的协同整合

改造不是孤立的,必须与城市现有水务设施无缝衔接。(1)污水处理厂:评估改造后进厂污水水质、水量的变化,必要时对污水处理厂进行扩容或提标改造,以适应更稳定、更高浓度的进水<sup>[3]</sup>。(2)合流制调蓄池/泵站:对于保留的截流式系统中的调蓄设施,需重新核算其调蓄容积与运行调度策略,使其在新的分流格局下发挥最大效益。(3)防洪排涝系统:确保新建雨水管渠的出口能顺畅接入城市骨干排涝河道或泵站,避免形成新的内涝瓶颈。

## 3 雨污分流改造的多维度效果分析框架

对改造效果的评估不应局限于工程本身的完成度,而应构建一个涵盖环境、安全、资源与社会经济的综合性评价体系。

### 3.1 水环境质量改善效果

这是最直接、最重要的评价维度。(1)CSO污染负荷削减率:通过改造前后对溢流口的长期水质水量监测,定量计算COD、BOD<sub>5</sub>、TN、TP、SS等主要污染物的削减比例。这是衡量工程环境效益的核心指标。(2)接纳水体水质响应:监测改造区域下游河湖水体的关键水质指标(如溶解氧DO、透明度、叶绿素a、底泥污染物含量)的变化趋势,评估水体自净能力的恢复与生态系统健康的改善程度。(3)黑臭水体消除情况:对于原本存在黑臭问题的水体,评估其是否达到《城市黑臭水体整治工作指南》中的“长制久清”标准。

### 3.2 城市防洪排涝能力提升效果

分流后的雨水系统专管专用,其排水能力得到释放和提升。(1)内涝点消除率:统计改造区域内历史内涝点的数量,评估改造后内涝发生的频率、范围和积水深度的改善情况。(2)管网系统承载力:通过水力模型模拟不同重现期降雨情景,评估改造后雨水管网的充满度、流速等参数是否满足设计要求,系统整体排水能力是否达标。(3)应对极端天气韧性:评估系统在超标准

降雨事件中的表现,是否因分流而减少了污水冒溢的风险,提升了城市整体的气候适应能力。

### 3.3 水资源循环利用与生态效益

分流制为雨水资源化利用创造了条件。(1)雨水资源化潜力:评估通过LID设施和雨水收集系统所实现的雨水径流控制率、下渗补给量及可回用量(用于绿化、道路浇洒等),量化其节水效益<sup>[4]</sup>。(2)地下水保护:由于污水不再渗漏,可有效遏制对地下水的污染,长远来看有助于保护地下水资源。(3)生物多样性与微气候改善:通过构建生态化的雨水排放末端(如人工湿地),可为水生动植物提供栖息地,并通过蒸腾作用调节局部微气候,增加城市绿意。

### 3.4 社会经济效益分析

全面的效益评估还需考量投入产出比及社会影响。

(1)成本效益分析(CBA):量化工程总投资(包括建设、征迁、管理成本)与所产生的效益(如水环境改善带来的旅游收入增加、房地产价值提升、居民健康支出减少、污水处理厂运行成本节约等),计算净现值(NPV)、内部收益率(IRR)等指标。(2)社会效益:评估工程对提升城市形象、改善居民生活环境满意度、促进社会公平(尤其惠及低洼易涝区居民)等方面的贡献。(3)全生命周期成本(LCC):不仅考虑建设成本,还需预估未来数十年的运维、更新、能耗等成本,确保项目的长期经济可行性。

## 4 讨论:挑战、对策与未来展望

### 4.1 挑战及对策

尽管雨污分流改造前景广阔,但仍需正视并解决一系列深层次问题。(1)挑战一:改造的“最后一公里”难题。建筑内部的错混接是顽疾,仅靠工程手段难以根除。对策在于强化法规约束,将排水许可制度落到实处,并建立常态化的执法巡查与举报奖励机制。(2)挑战二:资金筹措与长效机制。一次性巨额投入难以为继。对策是探索多元化投融资模式,如PPP(政府和社会资本合作)、发行专项债券,并将改造后的环境效益货币化,争取生态补偿资金。同时,必须同步建立专业化、市场化的管网运维体系,确保“建管并重”。(3)挑战三:系统协同不足。雨污分流若孤立推进,可能与

其他涉水工程(如河道整治、海绵城市建设)产生冲突或重复建设。对策是推行“流域统筹、系统治理”的理念,以流域为单元,统一规划、统一标准、统一实施,实现水务一体化管理。

### 4.2 未来展望

展望未来,雨污分流改造将呈现以下趋势:(1)数字化与智能化: BIM(建筑信息模型)技术将贯穿设计、施工、运维全过程;基于物联网的智能感知网络将实时监控管网运行状态,实现精准调度与预警。(2)绿色化与生态化:灰色基础设施(管道、泵站)与绿色基础设施(LID、湿地)的深度融合将成为主流,追求工程功能与生态美学的统一。(3)资源化导向:从单纯的“污染治理”向“资源回收”转变,探索污水中能源(沼气)、养分(磷、氮)的回收技术,构建城市水-能-营养物质耦合循环系统。

## 5 结语

市政雨污分流改造是破解城市水环境难题、推动高质量发展的关键,本质是深刻的基础设施变革,非简单铺管。本文指出其设计应遵循“精准诊断—科学规划—精细设计—协同整合”逻辑,重视前期调研、综合比选方案及理念融合。效果评估需构建多维体系,涵盖水环境、内涝防治、资源利用和社会经济等方面,全面客观衡量工程价值。未来,雨污分流改造将在挑战中创新深化,唯有秉持系统思维,强化科技支撑,完善长效机制,以人民对美好水生态环境的向往为指引,才能实现“水清、岸绿、景美、城安”愿景,为现代化城市筑牢水安全根基。

### 参考文献

- [1] 闫浩宇.市政工程雨污分流改造设计研究[J].江西建材,2023,(07):117-118.
- [2] 曾欢.市政给排水工程中雨污分流改造的设计要点研究[J].工程建设与设计,2026,(01):83-85.
- [3] 邓婉贤.市政排水系统雨污分流改造工程管道施工质量控制分析[J].中国建筑金属结构,2025,24(19):63-65.
- [4] 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.