

# Optimization and application analysis of municipal road rainwater and sewage comprehensive pipe network construction technology

Zhao Huang

Yunnan Free Trade Zone Construction Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650000, China

## Abstract

This paper systematically explores the construction techniques for integrated rainwater and sewage networks in municipal roads. Based on current construction technology characteristics and existing issues, it combines multi-dimensional measurement data and typical engineering cases to provide a deep analysis of the entire pipeline construction process. By studying the technical optimization paths for key stages such as pipeline planning and design, trench excavation and support, pipeline foundation treatment, pipeline installation and connection, water retention tests, and backfilling, the paper proposes comprehensive solutions that include technological innovation and management improvements. The aim is to enhance the construction quality, operational efficiency, and lifecycle reliability of integrated rainwater and sewage networks in municipal roads, providing theoretical and practical guidance for the high-quality development of urban drainage systems.

## Keywords

municipal road; rainwater and sewage comprehensive pipe network; construction technology; quality control; BIM technology; trenchless technology

# 市政道路雨污水综合管网施工工艺优化与应用分析

黄钊

云南自由贸易试验区建设工程有限公司, 中国·云南昆明 650000

## 摘要

本论文系统探讨市政道路雨污水综合管网施工工艺, 基于当前施工技术特征与现存问题分析, 结合多维度实测数据及典型工程案例, 对管网施工全流程进行深度解析。通过对管网规划设计、沟槽开挖支护、管道基础处理、管道安装连接、闭水试验及回填等关键环节的技术优化路径研究, 提出涵盖技术创新、管理提升的综合解决方案, 旨在提升市政道路雨污水综合管网的施工质量、运行效率与全生命周期可靠性, 为城市排水系统高质量建设提供理论与实践依据。

## 关键词

市政道路; 雨污水综合管网; 施工工艺; 质量控制; BIM技术; 非开挖技术

## 1 引言

市政道路雨污水综合管网作为城市基础设施的核心组成部分, 承担着收集、输送城市雨水与污水的重要功能, 直接关系到城市防洪排涝安全、水环境质量及居民生活品质。据《中国城市建设统计年鉴》数据显示, 近十年我国城市排

水管道长度年均增长约 8%, 但管网运行效率低下、病害频发等问题依然突出。随着城市地下空间开发复杂化、极端天气事件增多, 传统施工工艺在面对复杂地质条件、密集管线交叉等场景时, 暴露出施工效率低、质量管控难、环境影响大等局限性。因此, 系统研究雨污水综合管网施工工艺优化路径, 对推动城市基础设施高质量发展具有重要现实意义。

## 2 市政道路雨污水综合管网施工现状与问题

### 2.1 施工现状分析

当前我国市政道路雨污水管网施工呈现“传统工艺主导、新技术逐步渗透”的特征。根据 2023 年全国市政工程施工技术调研数据(图 1), 开槽埋管工艺仍占据 65% 以上的市场份额, 而顶管、盾构等非开挖技术应用比例不足 20%。在材料应用方面, HDPE 双壁波纹管、玻璃纤维增强

【作者简介】黄钊(1983-), 男, 本科, 中国河南信阳人, 园林中级工程师, 市政公用工程高级工程师, 建筑工程一级建造师, 市政公用工程一级建造师, 民航机场一级建造师, 一级注册消防工程师。从事市政公用工程、道路工程、生态绿地修复、园林绿化、环保工程、给排水污水管网、房建室外公共配套等研究。

塑料夹砂管等新型管材市场渗透率逐年提升，2023年占比已达38%。但整体施工仍存在机械化水平较低的问题，例如管道安装机械化率仅为42%，远低于发达国家70%的水平。此外，施工过程中的信息化管理水平不足，导致施工效率和质量难以得到有效保障。

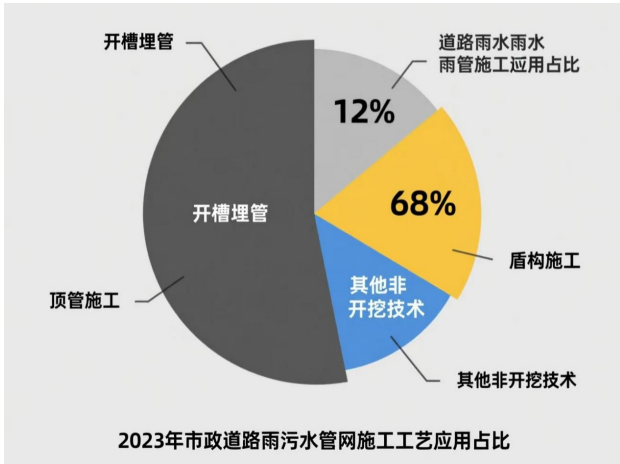


图1 2023年市政道路雨污水管网施工工艺应用占比

## 2.2 核心问题诊断

### 2.2.1 规划设计缺乏系统性

部分城市管网设计未充分考虑城市化进程对排水需求的动态变化。如某市旧城区改造项目，因初期管径设计未预留扩容空间，导致改造后3年内管网排水能力饱和，雨季积水点从改造前的12处增加至18处。据统计，我国约有30%的城市管网存在管径设计不合理的问题，导致排水能力不足。<sup>[1]</sup>

### 2.2.2 施工质量控制薄弱

关键工序质量不稳定问题突出。据住建部门抽检数据（图2），2022年全国市政管网工程沟槽开挖深度合格率仅为83%，管道基础压实度达标率不足80%，直接导致后期管道沉降变形。某地铁沿线管网工程因未严格执行深基坑监测制度，发生基坑坍塌事故，造成工期延误45天。

### 2.2.3 多专业协同难度大

管网施工常涉及电力、燃气、通信等10余种管线交叉作业。某城市主干道改造工程中，因各管线单位施工计划不协调，导致重复开挖现象频发，施工成本增加22%，工期延长30%。

## 3 市政道路雨污水综合管网施工关键工艺优化

### 3.1 智慧化规划设计体系构建

基于GIS与水力模型的数字化设计技术成为趋势。以某海绵城市示范区为例，采用SWMM模型模拟百年一遇暴雨工况，通过调整管网坡度与管径组合，将原设计DN1000雨水管道优化为DN1200，结合调蓄池设置，使区域内涝风险降低65%。BIM技术在管网综合排布中的应用可显著减少管线冲突，某项目通过BIM碰撞检测发现设计问题137处，

避免了施工阶段的设计变更。此外，大数据分析技术可整合城市降雨数据、人口分布数据等，为管网设计提供更科学的依据。<sup>[2]</sup>



图2 2022年市政管网工程关键工序合格率

## 3.2 沟槽开挖与支护技术创新

### 3.2.1 分层分段开挖工艺

采用“阶梯式分层开挖+跳仓法施工”，某深达6.5m的沟槽工程，通过分层开挖控制每层深度不超过2m，配合轻型井点降水，有效避免了基底隆起问题。在开挖过程中，采用GPS定位技术实时监控开挖深度和坡度，确保开挖精度。

### 3.2.2 新型支护结构应用

SMW工法桩在软土地区表现优异，某沿海城市管网工程采用SMW工法桩支护，桩体强度达25MPa，监测数据显示基坑最大变形仅12mm，远低于规范限值。此外，新型装配式支护结构可实现快速安装和拆卸，显著提高施工效率。

## 3.3 复杂地质条件下的基础处理技术

针对软土地基，高压旋喷桩复合地基技术效果显著。某淤泥质土区域管网工程，采用直径800mm的高压旋喷桩，桩间距1.5m，处理后地基承载力从45kPa提升至180kPa，满足DN1500管道承载要求。在冻土地区，采用聚苯乙烯泡沫板隔热层，可使地基土温度维持在-0.5℃以上，有效防止冻胀破坏。对于膨胀土地区，可采用灰土换填或化学加固等方法，提高地基稳定性。<sup>[3]</sup>

## 3.4 管道安装连接工艺升级

### 3.4.1 智能化管道安装

管道机器人辅助安装技术在复杂环境中优势明显，某穿越河道的顶管工程，通过管道机器人定位系统，实现管道轴线偏差控制在±5mm以内。此外，无人机巡检技术可实时监测管道安装进度和质量，及时发现和解决问题。

### 3.4.2 新型连接技术应用

电熔焊接技术在 HDPE 管道连接中可靠性更高,某污水管网项目采用电熔焊接,经 CCTV 检测,接口密封性合格率达 100%,较传统热熔焊接提升 15%。对于大口径钢筋混凝土管道,可采用承插式橡胶圈连接,并辅以密封胶处理,确保连接质量。

### 3.5 质量检测与回填技术优化

#### 3.5.1 智能闭水试验系统

某项目应用的自动化闭水试验装置,可实时监测水位变化,数据采集频率达 1 次/分钟,试验效率提升 40%,数据误差率小于 3%。此外,声呐检测技术可对管道内部状况进行全面检测,及时发现裂缝、渗漏等问题。

#### 3.5.2 生态回填材料应用

采用发泡混凝土等轻质回填材料,某隧道上方管网工程通过轻质回填,将覆土荷载降低 30%,有效保护了隧道结构安全。对于道路下方的管网回填,可采用级配砂石或水稳材料,确保回填质量和道路稳定性。<sup>[4]</sup>

## 4 典型工程案例深度剖析

### 4.1 项目概况

某市新区主干道雨污水管网工程全长 4.8km,包含雨水管道 DN800-DN1800、污水管道 DN400-DN800。施工区域穿越古河道沉积区,地下水位高,存在流沙层,且需与地铁隧道、燃气管道交叉施工。工程面临地质条件复杂、施工空间受限、环保要求高等多重挑战。

### 4.2 关键技术应用

#### 4.2.1 复杂地质处理

采用“搅拌桩+降水井”联合处理方案,布置搅拌桩 1200 根,设置降水井 32 口,将地下水位降至基底以下 2m,成功解决流沙问题。通过实时监测降水效果,动态调整降水方案,确保施工安全。

#### 4.2.2 BIM+GIS 协同管理

建立三维管网模型,优化管线交叉节点设计,减少冲突点 23 处;通过 GIS 系统进行施工进度管理,实现各工序无缝衔接。利用 BIM 技术进行施工模拟,提前发现并解决潜在问题,避免施工返工。

#### 4.2.3 非开挖修复技术

对穿越地铁段的污水管道采用 CIPP 原位固化修复技术,避免了对地铁运营的影响,施工周期缩短 60%。该技术具有施工速度快、环境影响小等优点,适用于城市中心区域的管网修复。

### 4.3 实施效果

工程质量验收显示,管道安装合格率 99.2%,闭水试验一次性通过率 100%。项目通过技术创新实现工期提前 28 天,节约成本 320 万元,获得省级优质工程奖。此外,工程施工过程中未发生安全事故,对周边环境影响较小,得到了社会各界的广泛认可。

## 5 施工质量全周期管控体系

### 5.1 数字化监控系统

部署物联网传感器对基坑变形、管道沉降等关键指标进行实时监测,某项目通过实时预警系统,成功避免 2 起基坑失稳事故。利用大数据分析技术对监测数据进行处理,实现风险预测和预警。

### 5.2 全过程溯源管理

建立材料二维码追溯体系,实现从生产、运输到安装的全流程信息可查,材料进场检验不合格率下降 40%。通过对材料质量的严格管控,确保工程质量可靠。

### 5.3 标准化作业流程

编制《雨污水管网施工标准化手册》,规范 38 项关键工序操作标准,使施工质量变异系数从 0.15 降至 0.08。通过定期培训和考核,确保施工人员熟练掌握标准化操作流程。

## 6 结论与展望

本研究通过理论分析与工程实践结合,系统提出了市政道路雨污水综合管网施工工艺优化方案。研究表明,数字化技术应用可提升施工效率 20%~30%,新型材料与工艺能使管网使用寿命延长 15 年以上。未来,随着物联网、人工智能等技术的发展,市政管网施工将向智能化、绿色化方向发展,非开挖技术、装配式施工等新型工艺将得到更广泛应用,为城市基础设施建设提供新动能。同时,需要进一步加强施工过程中的环境保护和资源节约,实现市政管网建设的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 秦汉.市政工程雨污水管网施工技术要点分析[J].工程技术研究,2022,7(19):52-54.
- [2] 张东靖.污水管道工程施工重难点及工程管理研究[J].建筑与预算,2023(06):65-67.
- [3] 刘绍喆.市政道路的雨污水管网施工关键技术分析[J].建设科技,2024(12):33-35.
- [4] 刁传杰.市政雨污水管道施工质量问题及控制措施[J].工程技术研究,2020,5(09):184-185.