

智慧排水技术在雨污混接分析中的应用

夏兆辉^{1,2,3}

[1. 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092; 2. 上海城市排水系统工程技术研究中心, 上海市 200092; 3. 超大城市基础设施韧性设计工程技术创新中心, 上海市 200092]

摘要: 城镇雨污水管网混错接问题, 是制约城市更新提质与水环境治理的突出短板, 严重影响排水系统稳定运维。雨水混入污水管网会增加管道运行负荷, 导致污水管道溢流, 并降低污水处理厂进水 BOD 浓度; 污水错接至雨水管网, 会造成污染物直排河湖, 破坏水生态环境。传统的人工排查雨污水管网混错接的方式存在隐蔽点位难以发现、工作效率偏低等短板。随着城市更新行动持续推进, 依托智慧排水数字化技术, 整合管网液位、流量等在线监测数据, 对比不同时段管网运行状态, 可实现对片区雨污混接问题的精准研判与动态识别, 从而提高排查效率与研判质量。以智慧排水物联网监测设备采集数据为基础, 聚焦管网上游汇水区域开展混接溯源分析, 可高效压缩人工排查范围、降低整治成本, 为城市更新背景下排水管网提质改造、混错接综合治理及精细化运维管控提供数据支撑与技术参考。

关键词: 智慧排水; 物联网设备; 管网监测; 雨污混接; 城市更新

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)06-0044-04

Application of Intelligent Drainage Technology in Analysis of Rainwater and Sewage Mixing Connection

XIA Zhaohui^{1,2,3}

[1. Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China; 2. Shanghai Urban Drainage System Engineering Technology Research Center, Shanghai 200092, China; 3. Engineering Technology Innovation Center for Megacity Infrastructure Resilience Design, Shanghai 200092, China]

Abstract: The mixing and misconnecting problems of urban rainwater and sewage pipeline networks are prominent bottlenecks restricting the urban renewal, quality improvement and water environment governance, which seriously impair the stable operation of the drainage system. The rainwater mixed into the sewage pipeline network will increase the operational load of pipelines, trigger the overflow of sewage pipeline and reduce the influent BOD concentration of wastewater treatment plant (WWTP). And the sewage misconnected into the rainwater pipeline network will make the pollutants directly discharge into rivers and lakes, resulting in the degradation of aquatic ecological environments. There are the shortcomings such as difficulty in discovering hidden points and low working efficiency in the traditional manual method of checking the mixed and misconnected rainwater and sewage pipeline networks. With the advancement of urban renewal, relying on the digital technology for intelligent drainage, the on-line monitoring data of water level and flow rate in the pipeline network are integrated, and the operational status of pipeline networks in the different periods are compared, which can accurately judge and dynamically identify the mixing problems of rainwater and sewage in the areas so as to improve the inspection efficiency and judging quality. Based on the data collected by IoT monitoring devices for intelligent drainage, the focus is on analyzing the traceability of mixing pipeline networks on the upstream catchment areas, which can effectively reduce the scope of manual inspection and lower the cost of treatment, providing the data support and technical references for the quality improvement and reconstruction of drainage pipeline networks, the comprehensive treatment of mixing and misconnection, and refined operation and maintenance management in the context of urban renewal.

Keywords: intelligent drainage; IoT equipment; pipeline network monitoring; rainwater and sewage mixing connection; urban renewal

0 引言

收稿日期: 2026-04-30

作者简介: 夏兆辉(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事市政排水工程设计工作。

雨污水管网作为市政基础设施的关键构成, 是

城市更新进程中提升水环境质量与基础设施水平的重要支撑。雨污混接问题会扰乱污染物迁移规律：一方面稀释污水处理厂进水浓度，削减生化处理效能；另一方面易引发污水直排河湖，持续侵蚀城市水生态环境^[1]。尤其在老旧城区，合流制与分流制管网交织，混接问题更易引发合流制溢流污染，进一步加剧水环境压力^[2]。

伴随城市更新工作常态化推进，传统人工巡检、粗放式管网管理模式已难以满足运维需求。智慧排水管理平台和物联网在线监测模式逐步普及落地。通过搭建智慧排水平台，可系统性摸排管网底数、厘清管网拓扑关系；在管网关键节点布设液位、流量、水质等物联网监测终端，能够实时采集管网运行动态数据。依托多维度、长时序监测数据优化设备布设方案，可显著提升数据采集精度与稳定性，精准研判管网水力运行状态、量化评估管网运行短板^[3]。同时，结合SWMM等水力模型与在线监测数据，可进一步提升混接判别与治理方案的科学性^[4]。

本文依托浙江某区域智慧排水实际工程项目，结合旱天、雨天两种工况下的管网液位、流量在线监测数据，开展雨污混接定性判别和定量分析，精准锁定混接问题范围，为城市更新背景下排水管网修复、改造及精细化运维提供科学技术依据。

1 区域排水管网现状与智慧监测体系建设

1.1 区域排水管网需求现状

研究区域现状排水体制以分流制为主，仅老旧城区局部保留合流制系统。受早期规划标准偏低、城市快速扩张、运维管理滞后、短期碎片化整治等多重因素叠加影响，现状分流制管网普遍存在功能性缺陷，逐步演变为名义分流、实质混流的运行状态。其中，老旧小区阳台洗衣机废水错接雨水管、沿街商铺污水乱接管网等问题，是混接乱象的主要表现形式^[5]。

区域内雨污混接、管网错接问题突出，不仅造成污水厂进水浓度长期偏低、处理效能不足，还频繁引发旱季污水入河、雨季管网冒溢等问题。同时，现有混接溯源排查工作碎片化、覆盖不全，管网问题底数不明，严重制约区域水环境综合治理成效^[6]。在城市水环境治理常态化背景下，精准识别雨污混接点位、量化混接水量，已成为排水系统提质增效的首要工作^[7]。

1.2 智慧排水平台与监测设备配置

目前该区域智慧排水一体化管理平台已建成投用，在雨污水主干管、重点管控片区全覆盖布设流量计、液位计、水质在线监测站等物联网设备，可实时采集水温、流速、瞬时流量、管内液位等核心运行参数，数据同步上传至平台实现集中管控^[8]。平台还集成了管网GIS系统与运维管理模块，实现监测数据与管网台账的联动管理，提升运维效率^[9]。

本次研究核心监测设备选用多普勒超声波流量计，集成流量、液位、温度一体化监测功能。流量采用速度-面积法测算，液位依托压力传感原理监测，适配市政排水管渠、排口、节制闸等多场景长期在线监测。设备本地存储与无线远传双模式运行，基础采集频次为1次/min，数据上传频次可根据管网液位风险等级自动切换(1/5/15 min可调)，保障极端降雨工况下的数据加密采集。物联网在线监测技术凭借高时效性、连续性优势，已广泛应用于管网运行状态动态感知与异常工况识别领域^[10]，其数据精度与稳定性也得到了工程实践的充分验证^[11]。

2 基于在线监测数据的雨污混接多维度分析

结合雨、污水管网关键点位长时序监测数据，通过旱季基线对比、雨季数据突变分析，判别雨水入渗污水管、污水错接雨水管、外水入侵等典型混接问题，解析管网高水位、超负荷运行、排水不畅等异常工况诱因^[12]。利用流量、液位时序数据开展干湿工况差异化分析，是现阶段低成本、高效率判定雨污混接的主流技术手段^[13]。

2.1 污水管网监测数据混接特征分析

2.1.1 1#污水监测点

1#污水监测点位设于市政道路污水管，北侧紧邻住宅小区，南侧覆盖幼儿园、社区医院，为管道起端关键控制节点，如图1所示。



图1 1#污水监测点位置示意图

如图2所示,常态工况下,管道瞬时流量<10 L/s,稳定液位≤0.1 m。根据气象监测数据,区域累计降雨量达74 mm,受降雨影响,该点位管内液位升至0.3 m,瞬时流量增至43 L/s,两项指标明显高于旱天基准值,初步判断有雨水混入管网系统。

结合点位区位与汇水范围综合研判,经过现场踏勘并查阅管网资料确认,该段DN300污水管无外源补水通道。雨天流量、液位突发性抬升,直接佐证雨水错接入污水管网。混接源头集中于道路两侧住宅小区、公建地块内部庭院管网错接,是该片区雨天污水管网超负荷运行的核心诱因。老旧小区内部管网改造滞后,庭院管网错接是城市分流制片区雨污混接的主要原因^[14],该现象在全国多数老旧城区普遍存在^[15]。

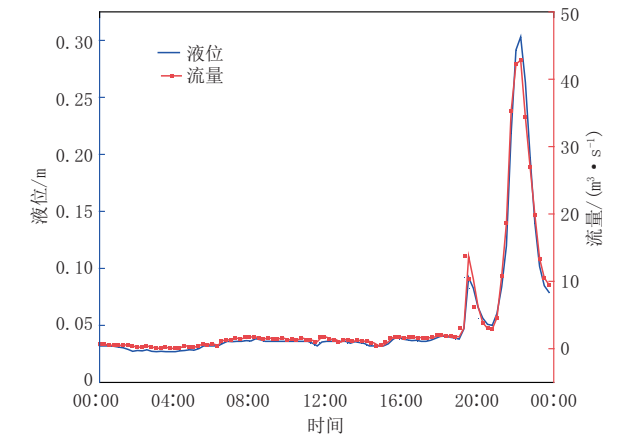


图2 1#污水监测点监测数据

2.1.2 2#污水监测点

2#监测点位于城市道路交叉口,上下游覆盖多个居住小区,服务范围辐射北一路至南一路、西一路至东一河全域,如图3所示。

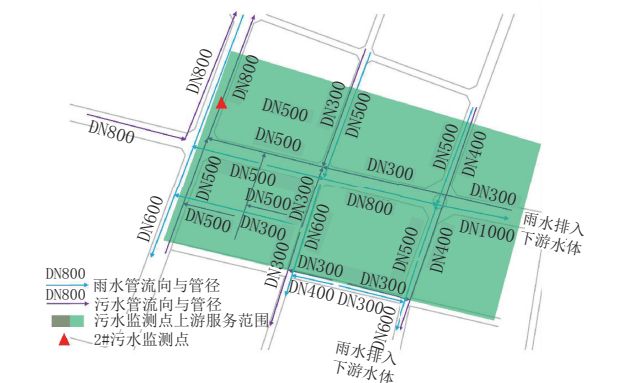


图3 监测点位置示意图

如图4所示,常态运行条件下,管道稳定流量<60 L/s,常规液位约0.5 m。受降雨影响,管内液位升至1.0 m以上,瞬时流量达到120 L/s,管网运行负荷翻倍。

2#污水监测点数据分析表明,该点位异常诱因主要有两点:一是管道上游服务范围片区存在大范围雨污混接或地下水入侵,大量外水涌入污水主干管;二是管道下游输水能力不足,叠加管段淤积、结构性缺陷、障碍物堵塞等问题,存在局部积水、污水冒溢风险。管网结构性缺陷与功能性淤积会大幅降低排水系统冗余能力,加剧雨季混接带来的内涝与污染风险^[16],而智慧监测技术可实现此类缺陷的早期预警与精准定位^[17]。

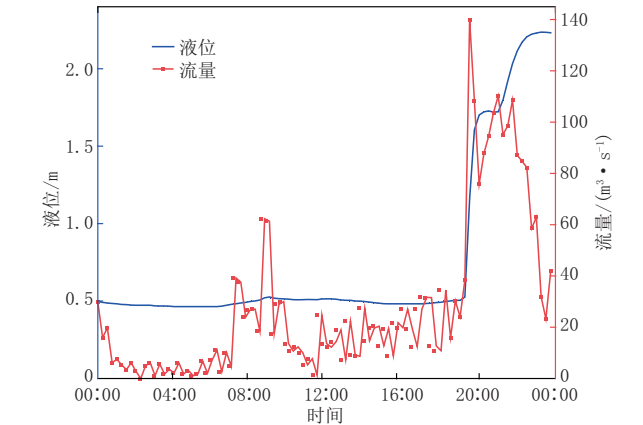


图4 2#污水监测点数据

2.2 雨水管网监测数据混接特征分析

1#雨水监测点位于片区北部道路交叉口南侧,上游转输片区南侧雨水径流,最终经排涝泵站入河,汇水区域以住宅、商业用地为主,如图5所示。

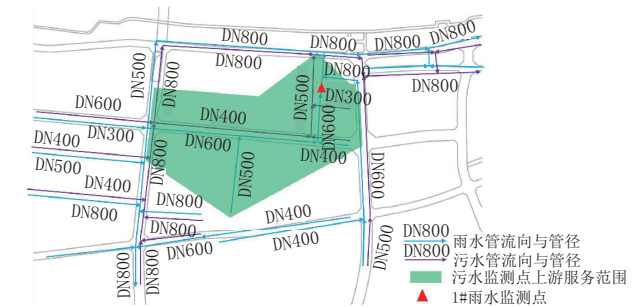


图5 监测点位置示意图

旱天基线特征异常:如图6所示,无降雨条件下,管道维持15~30 L/s流量,稳定液位0.8 m,不符合雨水管网旱季无流水、液位为零的运行规律,表明存在持续性外源混入,初步判定为生活污水错接或地下水长期入侵,需结合CCTV内窥检测进一步溯源定位。

降雨工况下,受74 mm集中降雨影响,管道液位升至1.0 m、瞬时流量达220 L/s,属于正常雨水汇流响应。结合旱天基线特征,综合判断片区或存在上游地块污水管网接入雨水系统,是区域旱季河道污染的重要隐患点。

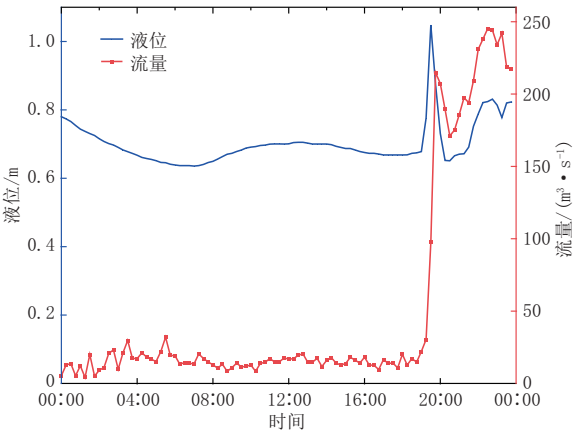


图6 1#雨水监测点数据

3 智慧排水平台的管网综合评估与运维应用

依托智慧排水平台海量监测数据,融合管网拓扑、设施台账、运维记录等静态资料,构建排水管网大数据评估模型,实现排水系统全维度动态研判。智慧排水大数据分析技术可有效整合多源监测信息,为排水系统长效管理提供模型支撑,核心应用方向如下:

(1)混接错接精准评估:基于早雨季流量、液位差值分析,定量识别管网错接、混接、漏接点位及影响范围,替代传统人工拉网式排查,大幅降低排查成本,同步形成的长时序流量、液位监测数据,可为后续管网改造设计提供坚实的数据支撑。

(2)管网健康状况研判:结合输水能力水力计算,量化评估管道渗漏、破损、淤积、变形等结构性与功能性缺陷,建立管网健康档案。

(3)治理成效量化评价:融合流量、水质双维度监测指标,科学评估管网改造、雨污分流整治等工程实施效果。

(4)全域调度优化管控:耦合水力仿真模型,整合排涝、防洪、泵站调度体系,实现排水设施联动调控,提升城市内涝防御与污水系统调度精细化水平。

4 结 语

本文基于物联网在线监测设备长时序液位、流量数据,通过旱天与雨天工况对比分析,快速锁定污水管雨水入渗、雨水管污水错接等典型问题,精准缩小混接排查范围,有效提升管网问题溯源效率。针

对研判发现的管网排水能力不足、管道结构性缺陷等隐患,可结合 CCTV 检测、现场踏勘进一步核实,通过支管改造、缺陷修复、混接整改等工程措施,完善区域雨污分流体系。

随着智慧感知、大数据、水力模型技术的持续迭代,定制化智慧排水管控平台将成为城市排水运维的核心工具。以在线监测数据为基础、机理模型为支撑,可实现雨污混接长效监管、管网病害动态预警、排水设施智能调度,为城市更新背景下水环境综合治理、市政排水系统长效稳定运行提供坚实保障。

参考文献:

[1] 吴逸飞. 精细化治理下城市住宅小区雨污混接系统性改造方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2025(9): 290-293.

[2] 史秀芳, 卢亚静, 潘兴瑶, 等. 合流制溢流污染控制技术、管理与政策研究进展[J]. 给水排水, 2020, 56(增刊1): 740-747.

[3] 程珣, 张明凯, 刘艳臣, 等. 污水管网典型混流制区域水量水质波动特征解析[J]. 环境科学, 2016, 37(5): 1845-1851.

[4] 李志丽, 姜明洁, 潘冉, 等. 北京市延庆区排水管网监测及运行状态分析[J]. 中国给水排水, 2021, 37(20): 99-105.

[5] 詹鸿峰. 上海浦东某街镇住宅小区雨污混接改造设计探讨[J]. 环境保护与循环经济, 2023, 43(4): 14-18.

[6] 陈威, 张伟, 张旭. 老旧小区排水管网提质增效精准排查技术方法研究与应用[J]. 城市道桥与防洪, 2026(1): 24-28.

[7] 韩元, 郭军庭, 宋胜男, 等. 南方多雨城市污水管网提质增效的系统化治理体系构建[J]. 环境工程, 2026, 44(5): 37-49.

[8] 罗志逢, 郭聪, 黄泽, 等. 源网厂河一体化智慧管控平台建设研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023(8): 157-160.

[9] 吴桂良, 滕峰, 李泽鹏, 等. 智慧水务在某流域水环境综合整治中的应用[J]. 中国给水排水, 2025, 41(2): 127-131.

[10] 杨梅先. 物联网技术在城市智慧排水系统中的应用研究[J]. 中国宽带, 2025, 21(9): 136-138.

[11] 邓墨扬, 朱畅, 曾翱. 给排水管网渗漏隐患识别与长效修复策略探究[J]. 新城建科技, 2026, 35(4): 110-112.

[12] 田志勇. 超声波多普勒流量计在排水管网流量监测中的应用[J]. 市政技术, 2008(1): 62-64.

[13] 赵亮, 张坤林, 田乐琪. 基于在线监测诊断城市排水管网雨污混接和入流渗入问题研究[J]. 给水排水, 2024, 60(增刊1): 812-817; 830.

[14] 王捷. 某超大城市雨污混接综合治理现状分析及对策[J]. 城市道桥与防洪, 2024(7): 128-132.

[15] 冷玉洁, 王嘉君, 朱民涛. 城市老旧小区雨污分流改造设计与分析[J]. 中国住宅设施, 2026(2): 7-9.

[16] 崔佳鑫, 邵军荣, 孙凌凯, 等. 南昌市某片区污水管网系统问题诊断及整治思路[J]. 中国给水排水, 2025, 41(2): 14-21.

[17] 何彬, 王雪妙, 孙芸. 基于水环境数学模型的地下污水管网外水量评估[J]. 低碳世界, 2025, 15(9): 118-120.