DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.251145

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

陈　威,张　伟,张　旭
(上海勘测设计研究院有限公司,上海市 200434)

摘　要: 针对老旧小区排水管网老化失修、雨污混接普遍、排查效率低下等突出问题,提出一种融合多技术手段的精准排查方案。通过系统梳理老旧小区排水系统典型病害特征,剖析传统排查方法与单一水质水量分析技术的局限性,构建"基础调查—重点筛查—精准检测"的三阶技术框架。该框架整合管网属性普查、水质快速监测、流量动态追踪及CCTV/QV管道检测等技术,实现问题管段的精准识别与优先级排序。实践表明,该技术体系可大幅缩减无效检测范围,降低排查成本30%以上,为老旧小区排水管网提质增效改造提供可靠技术支撑。

关键词: 老旧小区;排水管网;精准排查;水质水量监测;提质增效
中图分类号: TU992　　**文献标志码:** A　　**文章编号:** 1009-7716(2026)01-0024-05

Research and Application of Precise Inspection Technology for Quality Improvement and Efficiency Enhancement of Drainage Pipe Networks in Old Residential Areas

CHEN Wei, ZHANG Wei, ZHANG Xu
(Shanghai Inverstigation Design and Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200434, China)

Abstract: Aiming at the prominent problems such as the aging and disrepair of drainage networks, the widespread mixed connection of rainwater and sewage, and the low efficiency of inspection in old residential areas, a precise inspection scheme integrating multiple technical means is proposed. By systematically sorting out the typical disease characteristics of drainage systems in old residential areas, and analyzing the limitations of traditional inspection methods and single water quality and quantity analysis technologies, a three-stage technical framework of "basic investigation - key screening - precise detection" is constructed. This framework integrates the technologies such as pipeline network attribute census, rapid water quality monitoring, dynamic flow tracking and CCTV/QV pipeline detection to realize the accurate identification and priority ranking of problematic pipeline sections. Practice shows that this technical system can significantly reduce the scope of invalid detection, lower the inspection cost by more than 30%, and provide the reliable technical support for the quality and efficiency improvement, and reconstruction of drainage pipe networks in old residential areas.

Keywords: old residential areas; drainage pipe network; precise inspection; water quality and quantity monitoring; quality and efficiency improvement

0　引　言

2019年住房和城乡建设部等三部门联合印发的《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》明确提出,需重点解决老旧城区污水收集处理设施短板问题[1]。然而,老旧小区因建成年代久远、维护管理缺失,排水管网普遍存在管理体制混乱、混错接严重、管道老化等综合性病害,导致污水收集率偏低、雨季溢流污染突出等问题[2]。

目前,老旧小区管网排查主要采用传统普查与全面CCTV检测相结合的方式,存在作业周期长、成本高昂、居民干扰大等弊端。虽有学者提出基于水质水量分析的预诊断技术,但单一方法在精度控制或场景适应性方面存在局限[3]。为此,本文立足老旧小区排水系统特点,构建多技术融合的精准排查

收稿日期:2025-09-07
基金项目:上海勘测设计研究院有限公司科研项目[2024YF(5)-001]
作者简介:陈威(1991—),男,硕士,工程师,从事地下管网排查工作。

体系，旨在提升问题识别效率与准确性，为科学制定改造方案提供依据。

1　老旧小区排水系统主要问题解析

1.1　排水体制矛盾突出

高密度建成区老旧小区多建于2000年前，内部排水系统以合流制为主，且与周边市政管网缺乏协同规划。部分小区虽经简易改造实现“表面分流”，但因接驳混乱形成“半分流制”，导致旱季污水混入雨水管道、雨季雨水挤占污水管网，引发污水处理厂进水浓度波动、溢流污染加剧等连锁问题。

1.2　雨污混接形成机制复杂

立管混接历史性遗留：2003年前执行的《建筑给水排水设计规范》（GBJ 15—88）未要求阳台排水独立设置，导致阳台废水与屋面雨水共用立管；2003年新版规范（GB 50015—2003）虽明确阳台排水独立设置，但未强制要求接入污水系统，形成“合规性混接”[4]。

埋地管网人为错接：雨水管网破损积水时，居民私自将雨水接入污水管；住宅小区一楼管道容易淤堵，私自将污水管道接入邻近雨水管；沿街商铺为图便利，直接将餐饮废水、洗涤污水排入雨水箅子，形成新增混接污染源。

1.3　管道设施老化加剧系统失效

老旧小区排水管道服役年限多超30年，混凝土管、铸铁管等传统管材普遍出现破裂、腐蚀、变形等结构性缺陷。南方地区因地下水位高，地下水通过破损处持续渗入污水管，导致污水浓度被稀释；同时，化粪池渗漏、自来水管道破损等外来水侵入，进一步加剧系统运行负担。

1.4　管理维护短板放大系统问题

小区物业对排水设施缺乏专业管护，管道排水不畅，污水冒溢至雨水井；沿街商铺未按规范设置隔油设施，餐饮废水直接排入雨水系统；垃圾收集点渗滤液、垃圾桶冲洗水无序排放，形成隐蔽性混接，导致雨水系统污染物浓度异常升高。

2　现有排查技术应用局限分析

2.1　传统全面检测模式效率低下

传统方法依赖管网普查结合全域CCTV、QV检测，需对所有管段进行封堵、抽水作业，不仅工期长达数月，且单次检测成本超万元/km。对于居民密集的老旧小区，大规模施工占道作业易引发投诉，难以满足提质增效的时效及经济要求[5]。

2.2　单一水质水量分析技术存在瓶颈

（1）晴天污水量法：通过总水量与原生污水量差值估算地下水渗入量，虽操作简便，但仅能反映区域年均入渗水平，无法定位具体渗漏管段[6]。

（2）夜间最小流量法：基于凌晨2：00—4：00流量监测数据估算入渗量，精度提升至日尺度，但随着城市夜经济发展，夜间生活用水量占比上升，导致误差率增至15%以上[7]。

（3）污染物负荷法：通过COD与流量在线监测数据拟合计算入渗量，需连续监测72 h以上，且拟合曲线选取缺乏统一标准，易受突发排污影响[8]。

（4）同位素示踪法：利用2H、18O同位素组成差异量化地下水渗入量，精度可达90%以上，但需满足“日常用水与区域降水同位素组成存在显著差异”的前提，在水源单一地区适用性受限[9]。

3　精准排查技术体系构建

3.1　技术框架设计思路

基于“基础调查-重点筛查-精准检测”原则，构建多技术协同的排查体系：通过前期属性调查及出门井水质水量分析锁定重点小区，结合小区管网普查及水质水量监测筛选可疑管段，最终对高优先级管段开展精细检测，形成“范围逐步缩小、精度逐层提升”的排查链条。

3.2　三阶技术路线实施流程

3.2.1　基础数据整合与属性调查

（1）收集小区地形图、管网竣工图、历史检测报告等基础资料，建立数字化底图。

（2）对排区内的排水单元进行属性调查，通过管网调查确认排水单元的排水体制是合流制还是分流制，以及排水单元与市政接驳口位置。

（3）利用水质检测和流量检测技术，确定雨污水接驳口的水质水量情况。通过对排水单元的雨水排口的水质水量进行分析，确定其晴天对整个排区排涝泵站前池污染物贡献量；通过对排水单元污水接驳口的水质水量分析，确定污水管网存在地下水渗漏及雨污混接情况；根据排水单元属性调查结果，为排水单元是否进一步改造提供决策依据。

3.2.2　重点问题筛查

根据排水单元属性调查结果，对需要进一步改造的排水单元进行排水管网普查。管网普查要求较传统普查方法对以下重点问题进行筛查：（1）小区内部管网情况调查：管网普查工作开展前，应和小区物

业沟通,了解小区内存在的积水点、管网存在问题等。现场普查时应重点关注问题管段,查清存在问题。(2)重要节点水质水量检测:根据现场普查情况,对重要节点进行水质水量检测,标注水质水量变化的重要管段,为后续管段检测提供依据。

3.2.3 靶向检测与成果信息化

根据管网普查结果,对普查无法查清的问题及上下游水质水量存在差异较大的管段进行管道检测,优先开展CCTV检测,重点核查破裂、渗漏、混接等缺陷;对管径≤300 mm的支管采用QV检测,提高检测灵活性。如现场检测工作开展难度大,无法查清的问题管道应将实际情况标注在图面,及时反馈设计,后续设计根据现场情况直接进行整改。

将管道位置、材质、缺陷类型、水质数据等信息关联标注,形成管网缺陷分布图;建立排查成果数据库,支持与GIS系统对接,为改造设计提供数据支撑。

4 项目实践应用

4.1 项目概况

4.1.1 项目背景

基于环保督查的高压态势,在市住建局、水治办的指导要求下,安徽某城区高度重视辖区城市水环境综合治理及提升,但在水污染防治、城市排水基础设施方面仍有短板,为进一步巩固当前城市黑臭水体治理成效,实现城区排水系统从源头到末端的顺畅衔接与良好运转,实施中心城区污水系统提质增效项目。该城区排涝分区共有9大区域,分别为板城埠排区、保兴埠排区、陶沟排区、二沟排区、陡门巷排区、花津桥排区、金马门排区、袁泽桥排区、及弋江排区,本工程项目实践以花津桥排区为例。

4.1.2 排区内排水单元排水体制现状

近年来,市、区两级政府推进了一系列市政管网与源头排水单元的污水管网收集完善项目,但由于推进过程中缺少统一的技术标准和验收考核要求,缺少系统梳理与管控,过程管控相对薄弱,导致存量排水系统和增量排水系统存在不同程度的混接,“合流合的不完整、分流分的不彻底、下分上不分、上分下不分、雨污水管道相互串接”的情况较为普遍。

4.2 存在问题

4.2.1 排涝泵站现状

花津桥排涝泵站前池因上游雨水系统存在大量混接情况导致污水直接进入泵站,由于环保问题,泵站雨天不能正常开启,同时泵站前雨水管道和污水管道连通,造成雨天大量雨水进入污水管网。本项目组于2023年2月20日对泵站前池进行了水质水量监测,泵站前池进水量为4 392.37 m^3/d,COD_{cr}浓度为112 mg/L,氨氮浓度为9.96 mg/L,由此分析,泵站进水水质差,亟须进行泵站溯源排查整治,保证泵站雨天正常开启。

4.2.2 排水系统混接现状

花津桥排区共有市政管网混接8处,涉及杨家巷、吴家花园路、黄山中路、二街、西内街5条道路;排水单元接驳混接25处,涉及13个小区、5个公共事业单位;6个小区存在内部混接;4个公共事业单位存在内部混接;1个景区存在内部混接;沿街商铺倾倒7处,涉及杨家巷和新宇花苑北侧两处。

4.2.3 源头排水单元混接情况

排水单元混接情况较为复杂,主要有以下几个方面:

(1)棚户区、临时板房的零散排放

城区内棚户区、临时板房的生活污水未能及时纳入污水管,或私自就近接入雨水管,导致的零散排放。

(2)居住小区阳台洗衣废水、厨房废水乱接

部分小区业主在房屋装修时私自对上下水进行改造,在阳台上放置洗衣机或做饭,将洗衣废水和厨房废水接入雨落管,最终进入小区雨水管。

(3)低层业主私自改造

由于部分楼房下水排水不畅,下水道容易堵塞,尤其是低层表现的问题更为突出。因此,部分低层业主对自家下水道进行改造,将下水道接入雨水井。

(4)小区底商餐饮废水乱排

部分底商在建设时没有上下水。底商餐饮商家为了方便,对上下水进行私改,将下水管接入雨水管道。

4.3 小区属性调查情况

排水单元作为排水系统的源头起点,对于后续污水收集处理系统以及雨水排口污水直排起着基础性作用,然而在长期以来的城市建设过程中,源头用户排水存在巨大问题,规划分流制管网不同程度上存在错接、混接,实质上已变成混流制排水,此外由错综复杂的历史原因所造成的棚户区、城中村、老旧小区在中心城区普遍存在,大部分仍为直排区或截流式合流制排水,截流设施设置的不合理以及混流制排水给整个城市的排水系统运行造成了巨大冲击。

经过小区属性调查，共发现该排区内 6 个小区雨水出门井水质 COD、氨氮超标，其中 3 个小区污水出门井水质 COD 小于 300。

4.4　重点问题筛查情况

根据小区属性调查情况，对小区内存在混接，需要改造的小区进行排水管线普查，普查时对小区内无法查清的管段进行标注，并对管道重要节点进行流量和水质检测，对变化的管道作为后续检测的重点。根据初步普查结果，各小区需要重点检测的管段统计如表 1 所示。

表 1　各个小区需要管道检测长度

序号	小区	排水体制	排水管道总长度/m	需要检测管道长度/m	检测率
1	富春园	分流制	4 666.29	2 247.77	48.17%
2	新宇花苑	分流制	1 996.21	1 165.42	58.38%
3	兴安花园	分流制	2 349.92	1 117.03	47.53%
4	柳春园	分流制	608.18	307.35	50.54%
5	沿河小区一组团	分流制	1 166.04	636.45	54.58%
6	地税局宿舍	分流制	597.31	379.80	63.59%
7	合计/m		11 383.95	5 853.82	51.42%

4.5　管道检测情况

根据小区重点问题筛查，小区内需要检测管段共约 51%，累计减少检测管道长度约 5 530.13 m，大大减少了检测成本，提高工作效率。本次筛查中各个小区检测缺陷占比情况如图 1 所示。

4.6　项目改造效果

根据排水管网排查与检测结果（见图 2），结合针对性改造设计方案的实施，项目改造效果显著，主要体现在以下 3 方面：

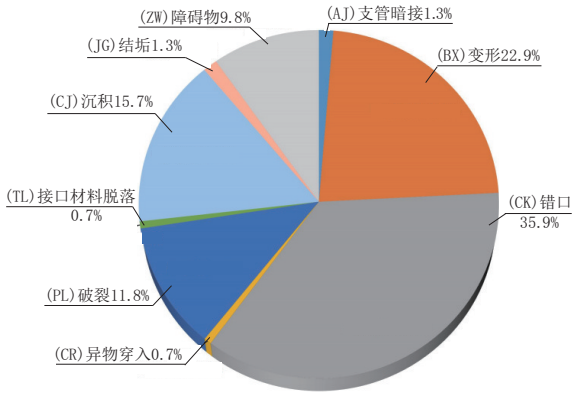


图 2　管道检测缺陷图

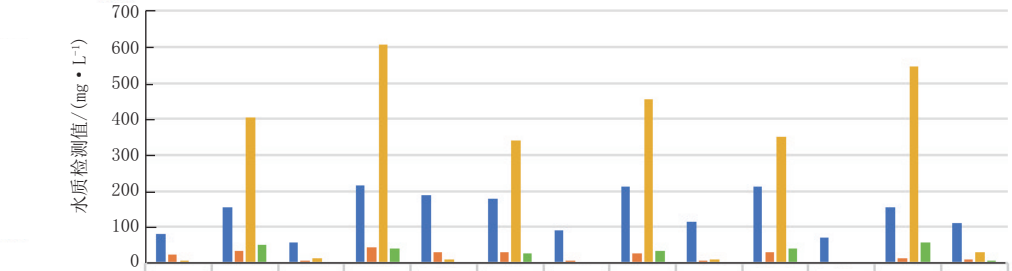
（1）雨水出口水质提升：改造后，各小区雨水出口水质较改造前实现较大幅度改善，部分小区在晴天工况下，雨水出口基本无水流排出，有效避免了晴天雨水管网内积存污水的排放问题；

（2）污水出口水质优化：小区污水出口水质指标（COD、氨氮）较改造前显著提升，为后续污水处理厂的高效处理奠定基础；

（3）泵站前池水质达标：雨水泵站前池水质在改造后已基本满足相关排放标准，成功解决了晴天时泵站水排入污水管道的问题，进一步提高了污水处理厂的进水水质稳定性与处理效率。

5　结　语

老旧小区排水管网精准排查是提质增效工作的前提与基础，传统技术模式已难以适应新形势下的工作要求。本文构建的多技术融合排查体系，通过整合基础调查、水质水量监测与靶向检测手段，实现了问题管段的精准定位与高效识别。



改造前COD	80	156	56	217	187	179	90	211	113	211	72	156	112
改造前氨氮	23	32	3	43	29	30	3	28	6	31	4	12	9.9
改造后COD	8	405	12	608	9	341	0	454	9	351	0	545	31
改造后氨氮	0.4	50.8	1.0	39.5	1	27.1	0	32.20	0.6	41	0	57.1	2

图 2　改造前后水质分析对比图

通过利用“水质水量预筛查+靶向检测”模式,通过关键节点监测将检测范围缩减49%以上,解决传统全面检测效率低下的问题,减少无效检测管段,降低设备租赁与人工成本30%~40%,单小区排查周期缩短5~10 d。

通过建立“基础属性—运行参数—缺陷特征”三维数据库,实现排查成果的数字化,为改造方案优化提供数据支撑;通过小区改造效果对老旧小区排水管网精准排查技术方法得到进一步验证。

参考文献:

[1] 住房和城乡建设部,生态环境部,国家发展和改革委员会.城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)[Z].北京:住房和城乡建设部,生态环境部,国家发展和改革委员会,2019.
[2] 李田,张善发,时珍宝.上海市排水管道的地下水渗入量测评[J].中国给水排水,2003,19(7):2-15.
[3] 赵冬泉,王浩正,陈吉宁.城市排水管网混接调查技术方法研究进展[J].中国给水排水,2011,27(8):1-5.
[4] GB 50015—2003,建筑给水排水设计规范[S].
[5] 周玉文,李树平,刘翔.排水管道检测与评估技术应用现状及发展[J].中国给水排水,2013,29(17):1-6.
[6] 董文艺,王建龙,吴俊奇.城市污水管网地下水入渗量计算方法对比分析[J].中国给水排水,2008,24(19):1-4.
[7] 张辰,范晓军,周骅.夜间流量分析法在排水管网入渗评估中的改进与应用[J].中国给水排水,2020,36(3):1-5.
[8] 杨敏,刘成,李咏梅.基于水质-水量耦合分析的排水管网缺陷诊断技术[J].环境科学学报,2016,36(2):401-408.
[9] 王浩,张丽珍,赵冬泉.同位素示踪技术在排水系统混接溯源中的应用[J].中国给水排水,2019,35(9):1-7.

(上接第23页)

监督管理办法》答记者问[J].给水排水,2024,60(11):129.
[5] 张见昕.入河排污口水质在线监测与预警系统的构建[J].现代农业科技,2021(12):193-194;203.
[6] 孔祥龙,徐从海,王世伟,等.基于天地图的入河排污口智慧管理系统设计与实现研究——以山东省兰陵县为例[J].皮革制作与环保科技,2023,4(3):157-159.
[7] 韩琳,闵兴华,吕婷,等.GIS在南京长江入河排污口信息管理系统的应用[J].绿色科技,2021,23(10):69-71;74.
[8] 于晓英,冯可心,李爽,等.黑龙江省入河排污口监督管理现状及重点关注方向研究[J].环境科学与管理,2024,9(10):5-9;19.
[9] 郭杨.辽宁省入海排污口监测信息管理平台应用研究[J].现代农业科技,2021(18):177-179.
[10] 办公室.济宁市鱼台县:数字赋能,水系治理变“智理”[N/OL].山东省大数据局,2024-06-14[2025-06-21].http://bdb.shandong.gov.cn/art/2024/6/14/art_79179_10328432.html.
[11] 朱雪萍,钱慧慧.台州黄岩数字赋能生态环境智治,“天罗地网”守护青山绿水[N/OL].中国环境APP,2022-12-10[2025-06-23].https://www.cenews.com.cn/news.html?aid=1022981.
[12] Redmon Joseph, Santosh Divvala, Ross Girshick, *et al*. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection[J/OL]. Computer Vision & Pattern Recognition, 2016:1-7(2016-05-09)[2025-06-21].https://arxiv.org/abs/1506.02640.
[13] Zheng Z, Wang P, Liu W, *et al*. Distance-IoU Loss: Faster and Better Learning for Bounding Box Regression[C]//Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. Washington, DC: Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 2025: 12993-13000.