

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2026.14.023

污水收集系统排查技术及提质增效实践

何 涛

(合肥市市政设计研究总院有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘 要: 当前我国部分城镇污水收集系统建设尚不完善,外来水入流问题较为突出,造成污水收集系统高水位、低浓度运行的现象频繁出现。因此,开展污水收集系统提质增效工作势在必行。南京市D污水收集系统的排水管网疏通、检测、排查、设计、施工一体化工程,通过筛查潜在外来水入流点,并结合现场排查结果同步开展整改工作后,污水处理厂进水COD同比上升15.1%,连续3个月平均进水COD为240 mg/L以上,成效显著。实践表明,在污水收集系统提质增效工作中,开展外来水入流点的筛查并同步采取“挤外水”措施是一种既经济又快捷的方法,具有推广价值。

关键词: 污水收集系统; 提质增效; 外来水入流; 外水与管网排查; 低浓度; 高水位

中图分类号: TU992 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2026)14-0157-06

Sewage Collection System Investigation Technology and Practices for Quality Improvement and Efficiency Enhancement

He Tao

(Hefei Municipal Design & Research Institute Co. Ltd., Hefei 230001, China)

Abstract: At present, the construction of sewage collection system in some cities and towns in China is not perfect, and the problem of inflow of external water is more prominent, resulting in the frequent phenomenon of high water level and low concentration operation of sewage collection system. In view of this, it is imperative to improve the quality and efficiency of sewage collection system. Taking the drainage pipe network cleaning, detection, troubleshooting, design and construction integration project of D sewage collection system in Nanjing as an example, through screening potential inflow points of foreign water, and combining with the on-site troubleshooting results, the rectification work was carried out synchronously. The influent COD concentration of the sewage treatment plant increased by 15.1% year-on-year, and the average influent COD was above 240 mg/L for three consecutive months, with remarkable results. The results show that in the work of improving the quality and efficiency of the sewage collection system, it is an economic and fast method to carry out the screening of the inflow points of external water and take measures to “squeeze the external water” at the same time, which has the significance of popularization.

Keywords: sewage collection system; quality improvement and efficiency enhancement; external water infiltration; external water and pipe network troubleshooting; low concentration; high water level

我国多数城市污水收集系统建设年代较早,系统老化与结构性缺陷普遍存在,污水泄漏造成环境

污染以及外来水入流隐患突出^[1]。当外来水入流引起污水系统的水量显著超过污水处理厂设计处理规模时,将引发多重运行困境,这不仅会显著增加污水处理厂的综合运营成本,更对城镇水环境安全构成潜在威胁^[2]。所以,开展污水收集系统外来水入流问题的研究至关重要^[3]。

2019年,《关于印发城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)的通知》中明确要求建立污水管网排查和周期性检测制度,实施管网混错接改造、管网更新、破损修复改造等工程^[4]。该方案实施以来,地方各级政府高度重视污水收集系统的提质增效工作,并分别从管理、工程两个角度积极探索“挤外水”的对策。但是,由于污水收集系统具有服务范围广、地下管网复杂且隐蔽的特点,对污水收集系统开展全面排查,面临工作量大、效率低、难度高等挑战。因此,应该开展针对性排查,重点筛查污水收集系统内潜在的外来水入流点,同步采取工程措施阻断外来水入流的途径,才能在短期内实现提质增效^[5-6]。基于对污水收集系统外来水入流途径的分析,以南京市D污水收集系统排水管网疏通、检测、排查、设计、施工一体化的工程实践为例,介绍针对性排查整改的思路与方法,可为今后污水管网的排查检测工作提供参考。

1 外来水入流途径分析

外来水入流是指通过管道破损点、雨污混接点等非正常途径进入污水收集系统的外来水体,其污染物(如COD、氨氮等)浓度远低于正常生活污水或工业废水。根据水源类型可将其细分为河(湖)水、山涧水、引补水、自来水、地下水、工地基坑排水以及雨水等。外来水入流的途径可归纳为污水设施缺陷点、雨污混接点、截流设施3种,具体见图1~3。

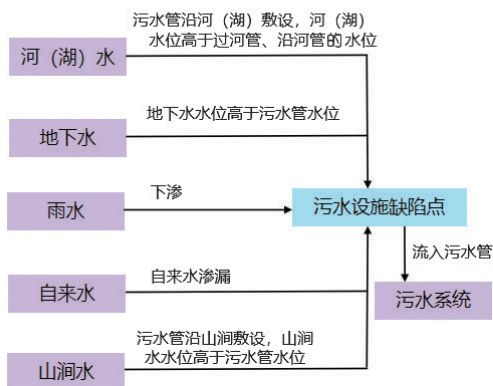


图1 外来水通过污水设施缺陷点入流示意

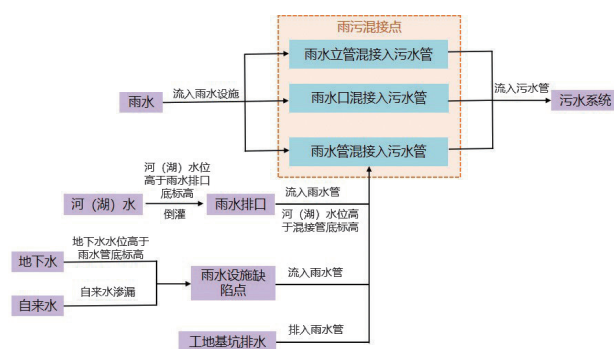


图2 外来水通过雨污混接点入流示意

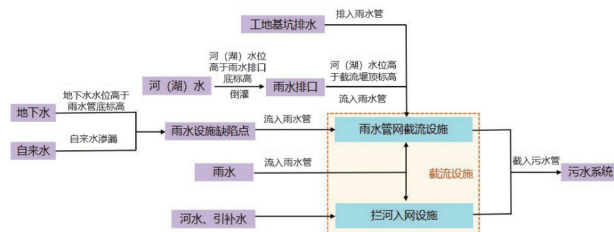


图3 外来水通过截流设施入流示意

其中,管道缺陷包括结构性缺陷(破裂、错口、脱节、接口材料脱落、支管暗接、异物传入、渗漏)和功能性缺陷(树根),检查井的结构性缺陷主要包括井壁裂缝、井壁渗漏、管道与检查井连接处密封不严等。

2 工程案例

2.1 工程概况与特点

2.1.1 工程概况

南京市D污水收集系统的服务范围为主城东南地区,总覆盖面积约164 km²,污水管网长度约为349 km。污水主干管分别沿凤台南路、绕城公路、中和桥路、友谊河路等敷设,管道直径为800~1 800 mm,最终汇入D污水处理厂,处理后的尾水排放至运粮河(见图4)。



图4 污水管网系统

D 污水处理厂设计规模为 35 万 m^3/d , 采用改良型 AAO 工艺, 出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准。其中, 一、二期设计规模为 20 万 m^3/d , 设计进水 COD 为 300 mg/L ; 三期设计规模为 15 万 m^3/d , 设计进水 COD 为 350 mg/L 。

根据 2010—2019 年的污水系统监测数据, 该系统现状运行存在以下问题:

① 高水位运行

晴天 D 污水收集系统的主干管下游充满度为 100%, 污水系统处于高水位运行; 污水处理厂进水量约 32.8 万 m^3/d , 达到设计规模的 80%, 前池超设计水位运行。其中, 污水处理厂一、二期自 2010 年开始进水量逐年增加, 2019 年达到 17.9 万 m^3/d ; 三期自 2018 年开始进水量增加, 2019 年 6 月达到 14.9 万 m^3/d 。

② 低浓度进水

晴天 D 污水处理厂进水水质低浓度显著, 其中, COD 平均为 208.8 mg/L , 低于设计值 (300 mg/L), 进水浓度低致使污水处理厂运行负荷远小于设计负荷。

③ 雨天对系统运行影响大

雨天 D 污水收集系统各污水主干管水位均明显提高, 部分污水主干管的晴雨天水位差为 1~3 m, 污水处理厂前池晴雨天水位差约 4 m, 污水处理厂一、二期前池和三期前池水位恢复至晴天正常水位分别需要 6、4 d。

2.1.2 原因分析

D 污水收集系统上游为岗地, 下游为圩区, 上、下游竖向变化较大, 晴天大量低浓度外水通过截流设施、雨污混接点等接入系统, 造成下游部分主干管高水位运行, 雨天气雨水通过截流设施、雨污混接点等汇入系统, 导致下游部分处于低洼地带的点位存在污水管漫溢风险。

2.1.3 工程特点

① 复杂地理环境

本工程区域内含山地、圩区以及河流密布地区, 山水资源十分丰富。紫金山南麓、青龙山西片区和牛首山北麓均为低山, 雨花台、菊花台为丘陵岗地, 秦淮河、友谊河、运粮河、响水河、秦淮新河、南河水系贯穿。D 污水收集范围地势高程为 6.0~96.9 m, 地形高差达 90.0 m。污水管网系统示意图

图 5。D 污水收集范围分别属于城南排涝区和宁南排涝区, 服务区域内水系发育良好, 外秦淮河以南地下水水位 < 2 m, 外秦淮河以北地下水水位在 1~3 m 之间, 紫金山和青龙山地区地下水水位 > 3 m, 总体地下水水位 < 3 m 的区域占 94.1%。服务范围内地下水埋深多变 (1~3 m), 管网易受山涧水倒灌及河湖水位波动影响。

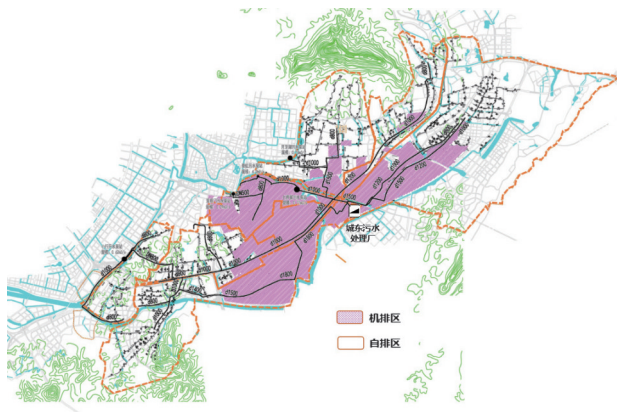


图 5 污水管网系统分析

② 系统隐蔽性强

D 污水收集系统服务范围广, 包含雨花台区、秦淮区、江宁区、栖霞区、玄武区, 其中涉及的秦淮区、玄武区范围多为老城区, 地下排水管网建设年代久远, 管网拓扑复杂, 雨污混接、截流设施缺陷等隐蔽问题难以快速定位。

③ 时间紧、目标多

D 污水收集系统排水管网疏通、检测、排查、设计、施工一体化工程旨在短期内降低污水系统运行水位、提升污水处理厂前池水质, 同时兼顾长效运维需求, 需要尽快识别并消除外来水入流途径, 从而提升污水收集系统的密闭性与运行效能。

2.2 方法与技术路线

针对式排查是指在污水收集系统提质增效工作中, 针对低浓度外来水入流问题, 通过梳理系统运行数据、分析水质特征及管网拓扑结构, 聚焦截流设施、涉河管道、雨污混接点等潜在的外来水入流风险点, 采用人工巡查、仪器检测、分段闭水试验等手段, 开展目标明确、重点突出、精准高效的系统性排查工作。为解决 D 污水收集系统高水位、低浓度运行的问题, 本项目采用针对性排查, 重点筛查污水系统内现状重点设施 (如截流设施、涉河管道)、关键节点 (如雨污混接点、污水节点井), 采用

“筛查-诊断-修复”全流程技术路线(见图6)。

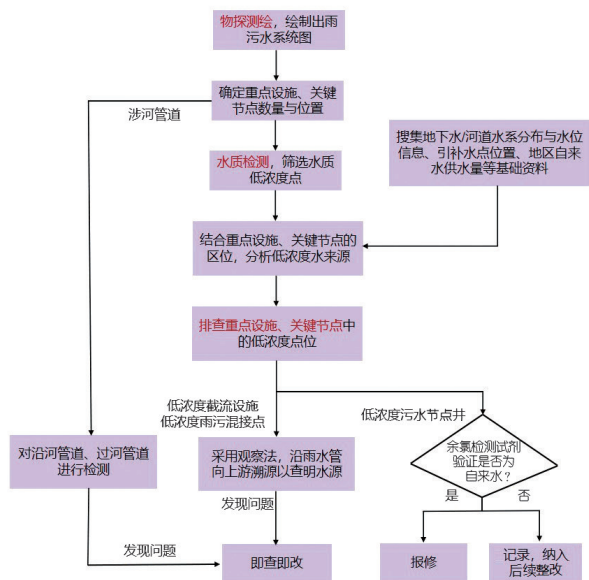


图6 针对性排查的技术路线

① 低浓度点位筛查

结合雨污水管网图、水质检测数据,将截流设施、污水节点井的水质数据标注在图面上,构建水质“一张图”,结合现状地下水水位、河道水系分布、引补水点位置、自来水漏损等资料,综合分析水质浓度低的原因。

② 重点设施排查

优先排查涉河管道、雨污混接点、低浓度的截

流设施以及污水节点井等,通过氨氮仪检测、人工溯源、闭路电视(CCTV)检测、潜望镜(QV)探查等方式排查重点设施、关键节点,探明低浓度外来水进入途径。

③ 即查即改

对引起外来水入流的点位,结合污水管网运行的现状,依据现场排查结果,在工程内同步设计、施工,对渗漏点采用非开挖修复(如紫外光固化修复),对雨污混接点等采取整改措施,可缩短工期。

2.3 实施过程与结果

2.3.1 精准筛查阶段

对D污水收集系统的污水节点井、污水管网、污水泵站、污水处理厂进行物探,同步测绘雨水管道,摸清材质、管径、标高、流向、支管接入等基本属性,明确重点设施、关键节点的位置、数量以及运行情况,理清管网拓扑关系,绘制雨污水系统图。对污水收集系统内部截流设施、污水节点井进行布点,开展水质跟踪检测,分析水质浓度变化,筛选出低浓度点位并在雨污水系统图上标注,缩小排查范围。

本工程借助物探测绘完成管网系统图,共排查出98座截流设施、132处涉河管道、213处雨污混接点、1741座污水节点井。通过连续7d的水质数据对比可知,COD<100 mg/L的截流设施共计29座,COD<100 mg/L的拦河设施共计12座,共查出COD<100 mg/L的污水节点井224座,具体见表1。

表1 D污水收集系统重点设施清单

重点设施		现状设施数量	低浓度设施数量/座	备注
截流设施	雨水管网截流设施	76座	29	重点设施
	拦河入网设施	22座	12	
涉河管道	污水沿河管	49条	—	
	污水过河管	83道	—	关键节点
雨污混接点	雨污水管道混接	73处	—	
	雨水口混接污水管	140处	—	
污水节点井		1741座	224	

2.3.2 重点设施排查阶段

① 截流设施评估

D污水收集系统范围内雨水管网截流设施共76座。其中,10座雨水管网截流设施晴天无水,另外66座雨水管网截流设施的水质水量监测结果表明,COD<100 mg/L的共计29座,总水量约1.5万m³/d;100 mg/L≤COD<200 mg/L的共计18座,总水量约4000 m³/d;200 mg/L≤COD<300 mg/L的共计9座,总

水量约2500 m³/d;COD≥300 mg/L的共计10座,总水量约3700 m³/d。

D污水收集系统范围内拦河入网设施共22座。其中,1座晴天无水,另外21座拦河入网设施的水质水量监测结果表明,COD<100 mg/L的共计12座,总水量约1.3万m³/d;100 mg/L≤COD<200 mg/L的共计7座,总水量约8500 m³/d;200 mg/L≤COD<300 mg/L的1座,水量约1100 m³/d;COD≥300 mg/L的1座,水

量约 1 600 m³/d。

借助氨氮仪、QV、CCTV 检测机器人等工具,通过人工排查的方式开展截流设施的溯源工作,查明低浓度外水的来源。排查结果显示,D 污水收集系统范围内截流设施的低浓度水主要来源于地下水、河水、山涧水、自来水渗漏等。

② 涉河管道检测

D 污水收集系统范围内共有过河管 83 处,长度 8.2 km,其中,混凝土管 60 处、塑料管 13 处、金属管 10 处。本工程采用 CCTV 检测的过河管共计 67 处,采用水质检测的过河管共计 16 处。CCTV 检测结果表明,存在管道缺陷的过河管共 39 处。其中,15 处存在三、四级缺陷,17 处存在渗漏问题;过河管渗漏情况不多,且大多为一、二级渗漏,整体渗漏水量较小。水质检测结果表明,COD 为 250~290 mg/L 的过河管为 3 处,COD 为 150~210 mg/L 的过河管为 13 处。

D 污水收集系统范围内共有 49 条沿河管,共计 57.49 km,管道直径为 400~1 500 mm,管材涉及混凝土管、塑料管、金属管 3 种。本工程采用 CCTV 检测的沿河管共计 45 条,另外 4 条大管径、大流量的进厂主管采用水质检测。CCTV 检测结果表明:存在管道缺陷的沿河管共计 44 条,1 条沿河管无缺陷,沿河管共计存在 1 125 处结构性缺陷(三、四级结构性缺陷 241 处)、219 处功能性缺陷(三、四级功能性缺陷 71 处),且有 35 条沿河管存在三、四级缺陷,其中,二级及以上渗漏缺陷共 52 处。水质检测结果表明,COD 为 150~160 mg/L 的沿河管为 2 条,COD 为 260~280 mg/L 的沿河管为 2 条。

③ 关键节点调研

对 224 座 COD<100 mg/L 的污水节点井、213 处雨污混接点进行现场调研。利用手持氨氮仪对低浓度的污水节点井水质进行复核,针对流量大、浓度低的污水节点井,采用余氯试剂进行检测,同时通过人工排查的方式向小区内部溯源,复核其是否源于片区内部自来水管道的渗漏。通过现场调研查明 213 处雨污混接点的晴天水流情况,具备人工排查条件的向上游追溯外水的来源,判断其是否具备封堵的条件。调研后做好详细记录,以便纳入后续整改。

调研结果表明,12 座污水节点井晴天水流量较大,总水量约 5 000 m³/d,主要为工地来水、自来水泄

漏;4 处混接点晴天水流量较大,总水量约 1 700 m³/d,主要为河水倒灌、地下水渗漏。

2.3.3 整改修复阶段

为了短期内实现提水质、降水位的目标,针对排查评估发现的问题进行系统化整改,鉴于排查检测项目资金有限,依照轻重缓急、逐步整改的原则,优先整改投资小、见效快的污水系统缺陷问题。

① 截流设施改造

本次对 10 处晴天无水、9 处水质浓度较低的截流设施进行改造;对 1 处晴天无水、7 处水质浓度较低的拦河设施进行改造;其余 57 处雨水管网截流设施、14 处拦河入网设施水质浓度较高,查明上游污水来源后,列入后续整改问题清单,待上游雨污分流完成后,再进行整改。

② 涉河管道修复

本次优先对渗漏严重、缺陷集中的污水管道采取非开挖修复。共发现渗漏缺陷 850 处,修复三、四级渗漏缺陷点 64 处,其余 786 处一、二级渗漏缺陷点位置分散、渗漏量较小,列入后续整改问题清单。

③ 关键节点整改

本工程排查出 213 处混接点,其中雨污水主管混接 73 处,雨水口混接 140 处。整改雨污水主管混接 55 处、雨水口混接 124 处。其余未整改的 18 处雨污水主管混接,有 7 处存在污水管道无下游的情况,11 处存在雨水管道无下游的情况;其余未整改的 16 处雨水口混接存在上游污水接入的情况。该 34 处雨污混接点位不具备封堵条件,列入后续整改问题清单,与污水管网改造工程同步实施。

针对 224 座低浓度污水节点井,对发现的自来水渗漏及时报修,对发现的工地排水督促整改,其余 212 座水质浓度低且水量较小的污水节点井列入后续整改问题清单,纳入片区雨污分流整改工程实施。

2.4 实施效果

本次 D 污水收集系统排查整改的低浓度外来水主要有河(湖)水、自来水、工地基坑排水、地下水、山涧水等。根据南京市污水系统提质增效相关要求:在正常情况下,排查工程竣工后,污水处理厂进水 COD 连续 3 个月同比提高 10% 以上(含 10%),通过排查检测与即查即改后,D 污水收集系统提质增效明显:2020 年 3—5 月与排查前 2018 年 3—5 月相比,污水处理厂 COD 从 208.8 mg/L 提升到 240.4

mg/L,提升15.1%,工程目标已实现。随着污水收集系统后续整改问题清单的落实,污水处理厂的进水水质浓度有望进一步提升。

3 结论与建议

3.1 结论

在本次提质增效工程实践中,依托雨污水管网的物探测绘、重点设施与关键节点的水质跟踪检测,采取针对式排查的思路,对污水收集系统内潜在的外来水入流风险点开展筛查工作,查明了众多外来水入流点的位置,并且针对发现的问题进行系统谋划,制定分期实施计划,对实施投资小、见效快的缺陷点位优先整改,在短时间内削减了污水系统的外来水量,实现了提质增效的目标。实践表明,采取针对性排查、系统谋划分期实施、同步排查同步整改的方法,科学有效、针对性强,具有推广意义。

3.2 建议

① 设计。在地下水水位较高或靠近河道的地区,污水设施建设应提高标准,保证密封性,污水管道宜采用球墨铸铁管、混凝土管;宜采用现浇钢筋混凝土检查井、预制装配式钢筋混凝土检查井,并且做好检查井与管道连接口的防水处理;沿山区敷设的污水管道,宜采用一体化污水处理设施集中收集处理,防止山涧水对污水收集系统的冲击;采取末端截污措施前,需考虑后续污水收集系统的输送能力和下游污水处理厂的处理能力。

② 施工。污水管道施工前应勘察地下水位,禁止带水作业;选择合格管材及接口材料;施工时应严控沟槽开挖与基础处理,确保管道安装精度,接口密封(柔性接口采用耐老化密封圈,刚性接口加防水剂),检查井体与井盖密封,做好地下水阻

隔;验收时进行闭水试验、检查井密封性检测,控制回填压实度。

③ 养护管理。排水设施应加强养护,并开展阶段性检测排查,对检测排查发现的缺陷应及时整改修复;施工降水和基坑排水要确保达标排放,避免清水排入污水收集系统,挤占污水收集处理空间,增加能耗。

参考文献:

- [1] 周倩倩,蒲贵兵,卫然.基于统计分析的城市污水系统统计指标优化建议[J].净水技术,2023,42(7):73-80.
- [2] 李一平,郑可,周玉璇,等.南方城市污水处理系统效能评估与提质增效策略制定[J].水资源保护,2022,38(3):50-57.
- [3] 周文磊,戚心怡.某市河西片区污水管网高水位运行成因分析及对策探讨[J].市政技术,2024,42(4):254-260.
- [4] 庞晶津,黄棚兰,陈仪,等.市政污水管网的外水水量估计与定位研究进展[J].水利水电技术,2023,54(2):190-204.
- [5] 齐国辅,沈小华,封汇川,等.污水收集系统过河管检测技术、案例及分析[J].中国给水排水,2022,38(10):141-146.
- [6] 刘洋,郑欣欣,庄兆恒,等.基于污水系统提质增效的老城区合流暗涵排查整治[J].中国给水排水,2024,40(24):106-111.

作者简介:何涛(1994—),男,安徽合肥人,硕士,工程师,主要从事市政给水排水设计和研究工作。

E-mail:1461363587@qq.com

收稿日期:2025-07-07

修回日期:2025-08-05

(编辑:衣春敏)