

王贤萍, 解明利. “One Water”理念下南方多雨地区分流制污水管网提升改造思路[J]. 净水技术, 2026, 45(1): 109–116.

WANG X P, XIE M L. Ideas for upgrading and reconstruction of separate sewage pipelines network in southern rainy areas under the concept of "One Water" [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(1): 109–116.

“One Water”理念下南方多雨地区分流制污水管网提升改造思路

王贤萍*, 解明利

(浙江省城乡规划设计研究院, 浙江杭州 310007)

摘 要 【目的】 本文围绕“改善污水管网质量、提高污水处理厂进水浓度、改善城市水环境”的目标, 针对南方多雨地区 A 城市水环境质量差的现象, 分析得出主要问题是污水系统不健康。【方法】 同时通过数据分析、水质调查、污水溯源、闭路电视(CCTV)管道内窥检测、水力模型模拟等方法分析了造成问题的主要成因; 污水管网整体质量差、雨污混接明显, 城市内涝导致涝水进入污水系统, 污水管网的良好运维机制尚未建立等。【结果】 提出了全域整治、雨污统筹、顶层保障等系统性对策, 通过增加污水泵站降低末端污水管道埋深, 采用开挖和非开挖修复对市政污水管网进行改造; 政府主导改造区块内部污水管网重点进行雨污混接改造, 同时按照区块旱季污水入网水质进行不同程度的污水管道修复。同时督查企业自行排查和改造, 政府进行事前指导、事中监督、事后验收; 改造区块内均考虑雨水立管断接, 临河区块构建地表径流通道, 从源头上减少雨水进入污水系统。城市更新时, 统筹考虑雨水的入渗、调蓄和超标行泄通道的构建; 最后, 需要从企业污水收费机制、雨污污水管网建设管理办法、源网厂河一体化运维机制、数字化平台的常态化污水管网健康诊断等方面建立顶层保障机制。【结论】 (1) 针对当前错综复杂的污水管网问题, 急需建立从顶层设计到技术创新的系统性治理措施, 才能从根本上取得成效。(2) 污水管网质量的提升, 必须考虑城市内涝治理问题。(3) 经济下行背景下, 建议采用“二八”原则, 应用低成本常态化诊断方法, 把有限的资金投入到问题最严重区域, 强调资金使用绩效。

关键词 “One Water”理念 全域整治 雨污统筹管理 常态化污水管网健康诊断 一体化运维

中图分类号: TU992 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-0177(2026)01-0109-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.01.013

Ideas for Upgrading and Reconstruction of Separate Sewage Pipelines Network in Southern Rainy Areas under the Concept of "One Water"

WANG Xianping*, XIE Mingli

(Zhejiang Urban and Rural Planning Design Institute, Hangzhou 310007, China)

Abstract [Objective] This paper centered around the goal of "improving the quality of sewage pipelines, increasing the influent concentration of wastewater treatment plants, and improving the urban water environment", in response to the poor water environment quality in City A, a rainy region in the south, it is analyzed that the main issue stems from an unhealthy sewage system. [Methods] Through methods such as data analysis, water quality surveys, wastewater source tracing, closed circuit television(CCTV) endoscopic inspection, and hydraulic model simulation, the primary causes of the problem had been identified: the overall poor quality of the sewage pipe network, evident mixed rainwater and sewage connections, urban flooding leading to water entering the sewage system, and the lack of a well-established operation and maintenance mechanism for the sewage pipe network. [Results] Systematic measures such as comprehensive rectification, rain and sewage coordination, and top-level guarantee had been proposed; reducing the burial depth of end sewage pipelines by increasing sewage pumping stations, and renovating municipal sewage pipelines through excavation and non excavation repair; The government was leading the renovation of the internal sewage pipeline network in the block, with a focus

[收稿日期] 2025-07-31

[通信作者] 王贤萍(1975—), 女, 正高级工程师, 主要从事海绵城市、城市内涝防治、水环境治理、水务系统顶层设计等工作, E-mail: 605247235@qq.com.

on the rainwater and sewage mixing transformation. At the same time, different degrees of sewage pipeline repair would be carried out according to the quality of sewage entering the network during the dry season in the block. At the same time, supervise enterprise to conduct self inspection and transformation, and the government provided pre guidance, in-process supervision, and post effect acceptance; The rainwater riser disconnection was considered in the renovation block, and a surface runoff channel was constructed in the riverside block to reduce rainwater entering the sewage system from the source. When urban renewal, it was necessary to consider the infiltration, regulation and storage of rainwater, as well as the construction of channels for excessive discharge. Finally, it was necessary to establish a top-level guarantee mechanism from the aspects of enterprise sewage charging mechanism, rainwater and sewage pipe network construction and management measures, integrated operation and maintenance mechanism of source network, plant and river, and normalized health diagnosis of sewage pipe network relying on digital platforms. [Conclusion] (1) In response to the current complex sewage pipe network issues, it is urgent to establish systematic governance measures from top-level design to technological innovation in order to achieve fundamental result. (2) The improvement of sewage pipe network quality must consider the issue of urban flooding control. (3) In the context of economic downturn, it is recommended to adopt the "80-20" principle, apply low-cost normalized diagnostic method, allocate limited funds to the most severely affected areas, and emphasize the performance of fund use.

Keywords "One Water" concept comprehensive remediation integrated stormwater and sewage management regular health diagnosis of sewage pipelines network integrated operation and maintenance

随着城镇化的进展,城镇污水管网的数量也随之增加。经过多年的运行,庞大的污水管网系统逐渐露出一系列问题。南方多雨地区降雨量大、地下水位高、河网密布,污水管网的问题尤其复杂,很难通过单一措施达到提升污水系统收集效率的目的。“One Water”理念是指把污水系统、内涝防治、水资源综合利用等方面进行统筹考虑^[1],从而取得事半功倍的效果。采用“One Water”理念,需要进行污涝共治,并从机制体制、系统统筹、长效运维等方面综合施策,才能够有效挤出外水、提升污水管网质量、提高污水处理厂进水浓度。

1 南方多雨地区 A 市基本情况

1.1 A 市水文气象情况

A 市是典型的南方多雨地区,多年水面蒸发量为 700~1 000 mm。多年平均降水量为 1 508.8 mm,其中主汛期(4 月—7 月)降水量占全年的 51.1%,少雨期(9 月—次年 2 月)降水量占全年的 31.6%,其中枯水期(11 月—次年 1 月)降水量仅占全年的 13.4%。地下水位较高,本文研究区域的地下水埋深仅为 2 m 左右。土壤以红壤为主,渗透性较差,不利于雨水下渗。

1.2 A 市研究区域污水系统现状情况

研究区域规划面积约为 49.24 km²,目前基本已建成,属于工业区与居民区混合形式,污水以工业污水为主。现状污水系统总体形成 1 个“2+4+17”的排水格局,包括 2 座污水处理厂、4 座永久污水泵站、17 个现状排水分区,排水分区总体较为规整。2

座污水处理厂包括污水处理厂 1 和污水处理厂 2。污水处理厂 1 规划规模为 9 万 m³/d,现状规模为 4 万 m³/d;污水处理厂 2 规划规模为 10 万 m³/d,现状规模为 2 万 m³/d。4 座永久污水泵站现状规模分别为 2.00 万、2.50 万、0.85 万、0.15 万 m³/d。污水处理厂 1 现状总服务范围约为 21.56 km²,污水处理厂 2 现状总服务范围约为 27.66 km²。污水系统现状情况如图 1 所示。

1.3 A 市研究区域的内涝防治系统情况

本研究区域横向河道 2 条,竖向河道 4 条,形成 1 个“两横四纵”的水系。上游为湖库,湖库水流向下排入本次研究区域,最后通过 3 座排涝泵站(其中 1 座部分时段可实现自排,其他均为强排)排入长江。本区域地势平坦,高程为 17~19 m(1985 年国家高程基准,下同)。长江年平均最高水位为 17.46 m,最低水位为 6.21 m,中水位为 13.22 m,区域内河道水位基本为 12.00~13.75 m。区域内雨水管网均为重力入河,规划设计标准为 3 年一遇(48 mm/h)。系统情况如图 2 所示。

1.4 A 市研究区域的水环境情况

因本区域属于长江冲积平原,河道流动性差,加上污染物入河明显,该区域水环境较差。根据 A 市生态环境局检测情况,该区域水体基本为劣 V 类水体,主要超标因子为氨氮,具体如表 1 所示。

2 A 市研究区域水环境差成因分析

经研究,该区域的污水系统问题较严重,以下从



图 1 A 市研究区域污水系统

Fig. 1 Sewage System of Research Area in City A

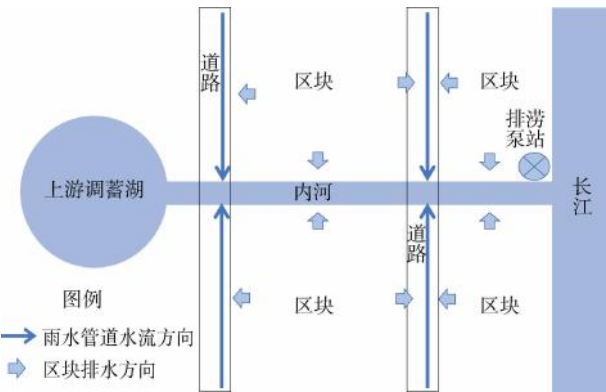


图 2 A 市研究区域内涝防治系统示意图

Fig. 2 Schematic Diagram of Urban Waterlogging Prevention and Control System of Research Area in City A

表 1 水体水环境质量情况
Tab. 1 Water Quality of Water Body

检测 点位	总磷(TP)/ (mg·L ⁻¹)	氨氮/ (mg·L ⁻¹)	化学需氧量 (COD)/(mg·L ⁻¹)	水质类别
点位 1	1.06	5.31	34	劣 V 类
点位 2	0.47	3.58	17	劣 V 类
点位 3	0.56	4.83	17	劣 V 类
点位 4	0.61	4.72	19	劣 V 类
点位 5	0.81	3.99	19	劣 V 类
点位 6	0.91	4.42	20	劣 V 类
点位 7	1.70	6.50	32	劣 V 类

污水处理、污水收集、内涝风险 3 个方面进行

分析。

2.1 污水处理问题

污水处理厂 1 和污水处理厂 2 均存在污水进水浓度低现象,且浓度和降雨量负相关,进水量和降雨量正相关。

调取 2024 年 3 月 13 日—2025 年 6 月 30 日的污水处理厂水质、水量和降雨数据分析,3 月—9 月,日降雨量超过 20 mm 时,2 座污水处理厂进水浓度明显下降,处理水量明显增加。污水处理厂 1 平均进水 COD 质量浓度为 99 mg/L,平均进水量为 9 894 m³/d;最小进水 COD 质量浓度为 32.8 mg/L,最大进水量为 26 064 m³/d,具体如图 3 所示。污水处理厂 2 的平均进水 COD 质量浓度为 61 mg/L,平均进水量为 4 236 m³/d;最小进水 COD 质量浓度为 27.7 mg/L,最大进水量为 7 415 m³/d,具体如图 4 所示。

2 座污水处理厂平均进水量仅约为 1.5 万 m³/d,按照自来水公司提供的用水数据,该区域平均自来水量达到 5.4 万 m³/d,说明大量的污水并没有得到有效收集和处理,污水处理厂的负荷明显偏低,未发挥出应有的环境效益。

2.2 污水收集问题

污水收集问题分为市政污水管和区块污水管 2 个方面,通过排口污染溯源、物探、水质检测和闭路电视(CCTV)管道内窥检测等多种手段进行污水管网的诊断。

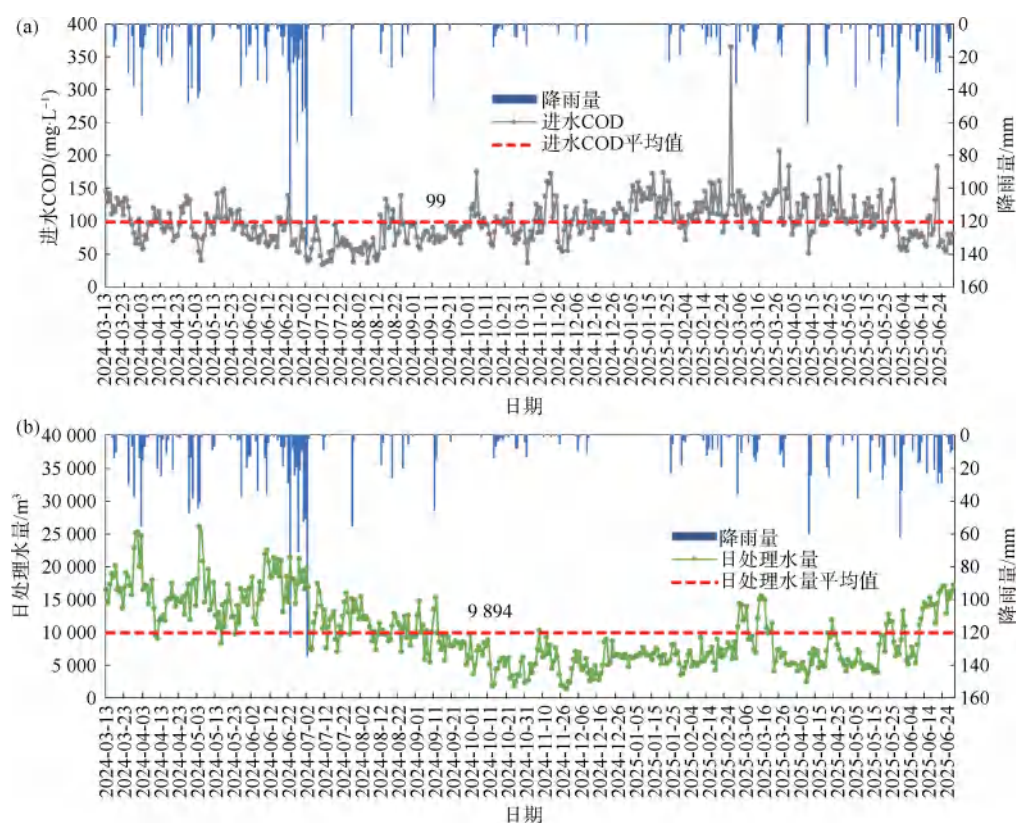


图3 污水处理厂1进水水质、水量和降雨量关系

Fig. 3 Relationship of Influent Quality, Capacity, and Rainfall in WWTP 1

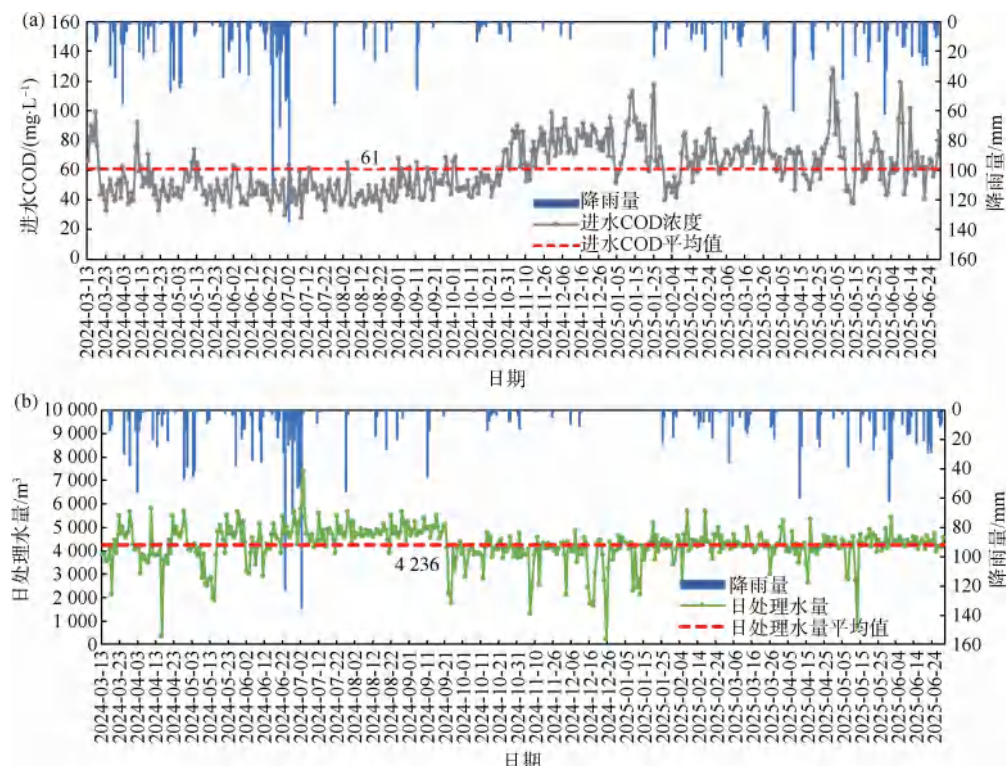


图4 污水处理厂2进水水量、水质和降雨量关系

Fig. 4 Relationship of Influent Quality, Capacity, and Rainfall in WWTP 2

2.2.1 市政污水管

该片区市政污水管道总长约为 91.41 km,不同管材管道分别有平口混凝土管道、承插钢筋砼管道、承插塑料管道。经排查,该区域存在雨(河)污水混接 21 处,其中河水混接入污水管道 3 处,其余均为雨水混接入污水管道。经 CCTV 管道内窥检测,无缺陷管道长度为 6.01 km,占比约为 6.5%;修复等级为 I 级、II 级、III 级、IV 级的缺陷管道长度分别为 9.22、33.14、26.69、16.35 km,占比分别约为 9.9%、35.6%、28.7%、17.6%。

市政污水管缺陷情况为:结构性缺陷以脱节、错口、破裂为主,占比分别为 46.3%、22.5%、15.4%;功能性缺陷以树根、障碍物为主,占比分别约为 47.5%、30.3%。

2.2.2 区块污水管

研究片区共 842 座雨水排口(包括小区、公建、企业),排查发现,有污水混接的雨水排口占比高达 37%,片区内有 109 个区块(包括小区、公建、企业)存在污水接入雨水管道现象。

进一步对公建、居住小区、国有权属的厂区进行物探和 CCTV 排查发现,18 个区块内部存在明显的雨污混接和污水管道缺陷,混接点达到 710 处。18 个区块污水管道长度约为 83 km,无缺陷管道仅为 17.8 km,占比仅为 21.4%,III 级、IV 级缺陷管道合计达 37 km,占比约为 44.6%。

此外,旱季时抽检研究区域内的 35 家重点企业、9 个居住小区和公建入市政污水管网前水质,检测结果显示 COD 质量浓度大于 100 mg/L 的工业企业仅有 9 家,占比为 26%;COD 质量浓度 <100 mg/L 的工业企业共有 26 家,占比为 74%。9 个居住小区和公建 COD 质量浓度 >200 mg/L 的有 2 个;COD 质量浓度在 150~200 mg/L 的有 3 个;COD 质量浓度为 100~150 mg/L 的有 1 个;另外 3 个区块的 COD 质量浓度 <100 mg/L。

此外,调取部分重点企业 2024 年 3 月 13 日—2025 年 6 月 30 日在线数据(图 5)发现,企业入市政污水管网的水质和降雨量呈负相关,降雨量、水质浓度降低,说明企业内部的雨水接入污水现象明显。

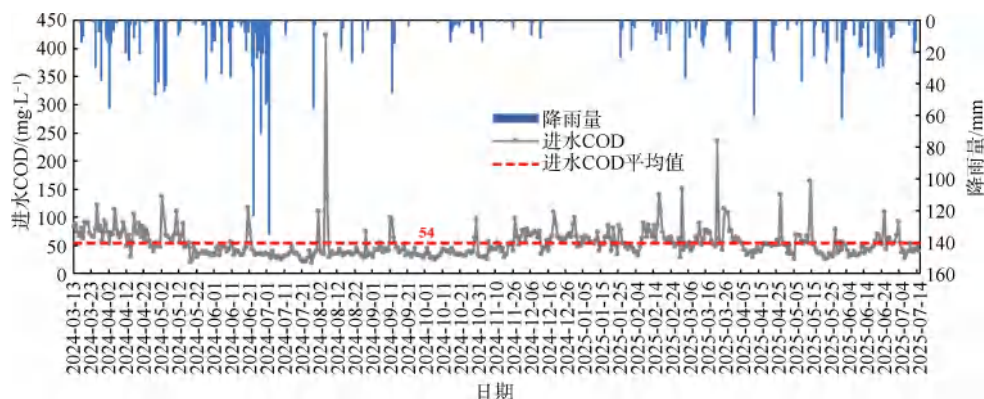


图 5 某企业入市政污水管网的水质和降雨量关联情况

Fig. 5 Correlation between Water Quality and Rainfall of an Enterprise Discharge into the Municipal Sewage Network

2.3 内涝问题

通过收集雨水管网、地形竖向和河道水位等数据,建立模型分析后发现,该片区 25% 管线不能满足规划要求的 3 年一遇(48 mm/h)重现期要求。30 年一遇内涝标准降雨[222 mm/(24 h)]下,存在 1.8 km² 区域的内涝风险区,如图 6 所示。南方多雨地区降雨量大,受极端气候影响,超标降雨情况频发,积水容易进入污水系统导致污水漫溢从而影响水环境。

3 污水管网提升对策措施

针对以上原因,需要采用全域整治、雨污统筹、

顶层保障等系统性对策。

3.1 全域整治

本研究区域的问题较多,需要对市政污水管道、区块污水收集管网进行全域改造。

3.1.1 市政污水管道改造

鉴于该研究区域属于长江冲积平原,地基承载力不高。现状进污水处理厂主管最大埋深已达到 9 m,坍塌明显。即使修复,未来运维风险和成本仍较高。本次改造思路从“深埋管、少泵站”转变到“浅埋管、多泵站”,在原来基础上增加 6 座泵站,最深管道从 9.0 m 抬高到 6.5 m。一方面可以降低工

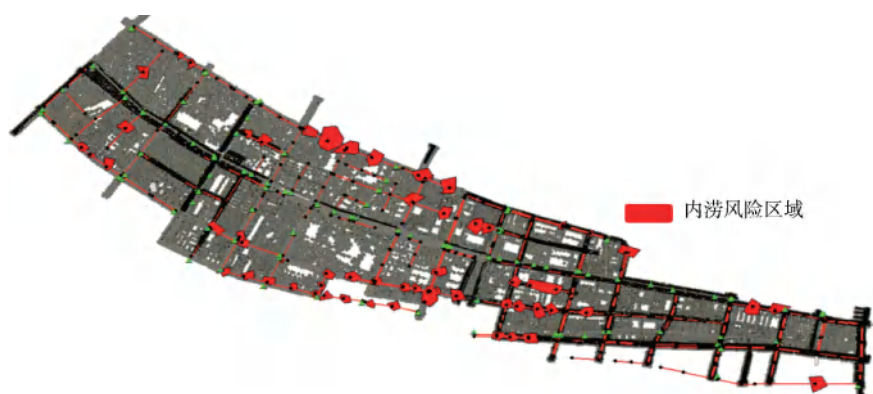


图6 内涝风险模拟

Fig. 6 Simulation of Waterlogging Risk

程投资和管道运维成本,另一方面也降低了未来管道出现问题的风险,具体如图7所示。



图7 污水系统优化

Fig. 7 Optimization of Sewage System

本区域共 93.1 km 市政污水管网,翻建(管径、水流方向均不变,原管位或者新管网开挖埋管,标高按照优化后系统抬升)管道长度为 26.1 km,占比为 28.0%;开挖修复管道长度为 15.7 km,占比为 16.9%;非开挖整体修复管道长度为 14.2 km,占比为 15.3%;非开挖局部修复管道长度为 3.5 km,占比为 3.7%;保留利用管道长度为 33.6 km,占比为 36.1%。翻建和开挖修复管道管材采用球墨铸铁管,检查井采用现浇钢筋砼井。非开挖整体修复时管径 \leq DN1500 时,采用紫外光固化法,管径 $>$ DN1500 时,推荐采用原位固化法(CIPP)翻转法。考虑到本区域地下水位高,采用普通喷涂方法可持续性难以保障。因此,检查井修复采用 CIPP 翻转法。对于管径 $>$ DN1200 的管道,局部修复推荐采用不锈钢双胀环修复。同时,对于脱节和错口等缺陷,管径 $<$ DN800 的管道的局部修复推荐采用不锈钢快速锁,管径 $>$ DN800 的管道采用不锈钢双

胀环。

3.1.2 区块污水收集管网

本研究区域内 16 个区块由政府主导进行改造,此部分区块内部污水管网按照污水出水水质进行分类改造。COD 质量浓度 $>$ 200 mg/L 的区块,只改造 IV 级缺陷管道和雨污混接情况。COD 质量浓度在 100~150 mg/L 的区块,改造 III 级、IV 级缺陷和雨污混接情况。COD 质量浓度 $<$ 100 mg/L 的区块,II 级以上缺陷污水管道均需改造,同时整改雨污混接。

非政府主导的区块主要是企业,由企业自行整改,政府进行事先指导、事中监督、事后验收。鉴于本次研究城市收取企业污水处理费全部按照自来水用量进行。因此,污水排出量和浓度均和企业利益无关,企业对管理容易忽视。建议企业排查初雨收集池和污水系统的关系,避免雨水长时间进入污水系统。事后验收时重点验收改造前后的水质对比、污水量占自来水量比例关系的对比。

无论是政府主导改造还是企业自行改造区块,均考虑雨水立管断接,临河区块构建地表径流通道,

从源头上减少雨水进入污水系统。具体做法如图 8 所示。



图 8 源头雨水减量措施

Fig. 8 Measures of Rainwater Reduction from the Source

3.2 雨污统筹

该研究区域内积水风险较高,加上极端天气频发,超标降雨事件经常发生。假如城市雨水不易排除,积水必然汇入污水系统。因此,解决城市内涝问题,对污水系统的健康提升具有极大帮助。

本区域地势平缓、水系较发达且绿地率较高,但现状绿地空间基本未利用,建议城市更新时,统筹考虑雨水的入渗、调蓄和超标行泄通道的构建。具体做法如图 9 所示。



图 9 内涝缓解局部路段措施

Fig. 9 Measures of Alleviating Local Waterlogging on Certain Road Sections

3.3 顶层保障

该研究区域内存在大量企业,且目前针对企业污水收费机制是按照自来水用量进行收费,企业对自身污水系统的外水进入控制、企业污水预处理的稳定运行能力提升方面缺乏积极性,建议对企业污水处理收费按照多因子收费进行改革,在要求出水浓度以下污水量降低收费标准,超出此浓度的污水量按照污染物排放量加价收费。此举措一方面可以改善营商环境,另一方面有利于环境保护。

此外,探索建立 1 套政府部门的管理办法,具体

分为规划建设管理办法、移交接管办法和日常运维管理办法。规划建设管理办法主要明确规划条件出具、设计、施工和竣工验收各阶段行政主管部门的职责以及具体管理方面的流程和要求,主要目的是确保新、改、扩建工程中室外排水管网实施的质量。移交接管办法主要明确室外排水管网建成后如何移交,包括资料清单、质量抽检、各方主体职责等,主要目的是杜绝“带病移交”情况,分清建设和运维的主体责任。日常运维管理办法主要明确运维主体、运维资金来源、运维方式和监管方法等,主要目的是维持排水管网处于健康状态,防止污水管网外水进入等情况发生。

要积极探索污水和雨水系统委托同一家企业进行运维的模式,行政主管部门落实监督责任、明确运维要求,从而真正实现“厂网一体、污涝统筹”的良好局面。

最后,要建立依托数字化平台的常态化污水管网健康诊断。污水管网诊断评估是城镇污水处理提质增效的前提^[2],目前污水管网诊断主要分为物探检测和数值化诊断 2 种方法^[3]。通过研究分析多个南方多雨城市的污水管网问题发现,依托健康评估法进行管网初步诊断,抓住污水系统的主要重点问题片区,可以针对性地制定下一步工作计划,从而可以节约物探检测的资金和时间。健康评估法需要设计师从系统角度,用规划思维去分析问题,辅助以现场踏勘,通过对旱季、雨季污水泵站流量和降雨量、用水量进行比较,同时有针对性地对局部污水系统单元进行水质检测,识别出重点问题片区。针对

识别出的重点问题片区,通过 CCTV、声呐、管道潜望镜检测(QV)等方法开展排查,识别出问题节点,形成项目清单。健康评估法从突击型地毯式普查进化到常态化“打靶式”排查,最终实现经费有限的前提下,用“二八”原则改造污水管网,即提升 20% 的管网就可以解决 80% 的问题,赶出外水、收集真正的污水。建议每年对污水系统进行 1 次健康评估。

4 结论

(1) 针对当前错综复杂的污水管网问题,亟需建立从顶层设计到技术创新的系统性治理措施,才能从根本上取得成效。

(2) 污水管网质量的提升,必须考虑城市内涝治理问题。

(3) 经济下行背景下,建议采用“二八”原则,应用低成本常态化诊断方法,把有限的资金投入到问题最严重区域,强调资金使用绩效。

参考文献

- [1] 王贤萍,解明利,唐建国. “One Water”理念下的城市内涝防治对策思考[J]. 给水排水, 2024, 50(3): 53–58, 64.
WANG X P, XIE M L, TANG J G. Reflections on prevention and control measures for urban waterlogging under the concept of “One Water”[J]. Water & Wastewater Engineering, 2024, 50(3): 53–58, 64.
- [2] 陈小龙,李心梅,余黎,等. 城镇排水管网分区监测诊断方法与应用[J]. 中国给水排水, 2022, 38(10): 40–45.
CHEN X L, LI X M, YU L, et al. Technology and application of zoning-monitoring and diagnosis of urban drainage network[J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(10): 40–45.
- [3] 黄晓敏,傅肖蔚,赵志超,等. 基于分区水质监测的污水管网收集效能评估[J]. 水资源保护, 2023, 39(6): 152–157.
HUANG X M, FU X W, ZHAO Z C, et al. Evaluation of collection efficiency of sewer network based on water quality zoning monitoring[J]. Water Resource Protection, 2023, 39(6): 152–157.
- (上接第 108 页)
- [17] HAO X D, LIU R B, HUANG X. Evaluation of the potential for operating carbon neutral WWTPs in China[J]. Water Research, 2015, 87: 424–431. DOI: 10.1016/j.watres.2015.05.050.
- [18] KAMPSCHREUR M J, TEMMINK H, KLEEREBEZEM R, et al. Nitrous oxide emission during wastewater treatment[J]. Water Research, 2009, 43(17): 4093–4103.
- [19] ESLOOVER J, VLAEMINCK S E, CLAUWAERT P, et al. Strategies to mitigate N₂O emissions from biological nitrogen removal systems[J]. Current Opinion in Biotechnology, 2012, 23(3): 474–482.
- [20] 赵晴,杨伟明,邱林清,等. S/N 质量比对硫化物自养反硝化过程 N₂O 还原与积累的影响[J]. 环境工程学报, 2017, 11(5): 7–15.
ZHAO Q, YANG W M, QIU L Q, et al. Effect of S/N ratio on N₂O reduction and accumulation during sulfide-driven autotrophic denitrification[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2017, 11(5): 7–15.
- [21] 许可,周红明,张德跃,等. 城市生活污水处理行业温室气体排放结构及发展趋势[J]. 中国给水排水, 2023, 39(14): 27–31.
- XU K, ZHOU H M, ZHANG D Y, et al. Structure and development trend of greenhouse gas emissions in urban domestic sewage treatment industry[J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(14): 27–31.
- [22] 郝晓地,赵梓丞,李季,等. 污水处理厂的能源与资源回收方式及其碳排放核算:以芬兰 Kakolanmäki 污水处理厂为例[J]. 环境工程学报, 2021, 15(9): 2849–2857.
HAO X D, ZHAO Z C, LI J, et al. Analysis of energy recovery and carbon neutrality for the Kakolanmäki WWTP in Finland[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(9): 2849–2857.
- [23] 郝晓地,张璇蕾,刘然彬,等. 剩余污泥转化能源的瓶颈与突破技术[J]. 中国给水排水, 2014, 30(18): 1–7.
HAO X D, ZHANG X L, LIU R B, et al. Bottlenecks and breakthroughs of energy conversion from excess sludge[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(18): 1–7.
- [24] AVERFALK H, INGVARSSON P, PERSSON U. Large heat pumps in Swedish district heating systems[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 79: 1275–1284. DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.135.