

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.05.008

上海中心城区污水干线模型构建及连通研究

张彦晶

(上海市城市排水有限公司, 上海 200233)

摘要: 上海市中心城区共有5条污水外排干线,分别为西干线、南干线、合流一期总管、污水二期总管、污水三期总管,污水输送总量约占全市污水处理总量的60%,在上海市中心城区污水治理中发挥了核心作用。但是,这些排水干线之间相对独立,并且存在无法停水检修、无法实现统一运行调度、接纳额外的增量污水能力较差等问题。为此,利用InfoWorks ICM建立了上海市中心城区污水干线水力模型,模拟在旱天和典型雨天工况下排水系统的运行情况,分析排水干线上存在的薄弱管段,并在敏感点建立连通管,起到错峰和调配水量的作用。结果表明,在排水干线的上游、中游和下游设置三处连通管基本上能互补跨区域调度能力,充分利用管道余量,提高排水系统的输送安全性。

关键词: 排水系统; 干线总管; 连通管; InfoWorks ICM

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)05-0054-05

Modeling and Connection of Sewage Trunk Lines in Downtown Shanghai

ZHANG Yan-jing

(Shanghai Urban Drainage Co. Ltd., Shanghai 200233, China)

Abstract: There are five sewage drainage trunk lines in downtown Shanghai, namely the west trunk line, the south trunk line, the phase I combined sewage line, the phase II sewage line, and the phase III sewage line. The total sewage transportation accounts for approximately 60% of the total sewage treatment capacity of the city. These trunk lines have played a central role in sewage treatment of downtown Shanghai. However, these drainage lines are relatively independent, and there are problems such as unable to stop sewage transportation for maintenance, unable to achieve unified operation and scheduling, and poor capacity to accept additional incremental sewage. Therefore, a hydraulic model of the sewage trunk lines in downtown Shanghai was established by InfoWorks ICM to simulate the operation of the drainage system in dry and typical rainy days. The weak pipe sections in the drainage trunk lines were analyzed, and connecting pipes at sensitive points were installed to achieve peak shifting and allocate sewage flow. Three connecting pipes in the upstream, middle and downstream of the drainage trunk lines can basically complement the trans-regional dispatching capacity, make full use of the pipeline redundancy, and improve the transportation safety of the drainage system.

Key words: drainage system; main trunk pipe; connecting pipe; InfoWorks ICM

基金项目: 上海市“科技创新行动计划”社会发展领域项目(17DZ1202600)

1 上海市中心城区污水干线现状

自20世纪70年代以来,上海市中心城区的污水通过三大片区(石洞口污水处理厂、竹园污水处理厂和白龙港污水处理厂),由5条污水干线总管集中外排,分别为西干线、南干线、合流一期总管、污水二期总管(含吴闵外排干线和苏州六支流干线)、污水三期总管(含两港截流干线),位置分布关系如图1所示。根据《上海市污水处理系统及污泥处理处置规划(2017—2035)》,在中心城区污水处理厂功能调整后,五大干线的污水输送总量约为 $690 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,约占全市污水处理总量($1\,150 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)的60%,在上海市中心城区污水治理中发挥了核心作用。



图1 上海市中心城区排水主干线的分布情况

Fig.1 Distribution of drainage main trunk lines in downtown Shanghai

目前在役的干线总管互通性较差(例如合流污水一期与污水二期管涵无互通),应急调度功能较弱,一旦出现严重影响管涵运营的损坏险情,如停水检修,将导致干线服务区域内污水无法输送的局面;此外,排水干线总管输送量与输送能力不平衡,如石洞口片区管道输送能力已基本饱和,竹园污水厂和白龙港污水厂服务管道输送能力尚有富余,导致干线接纳额外增量的污水能力较差,尤其在应对时空分布不均匀的突发灾害性气候时,无法借助相邻厂际之间设施的能力容纳超量污水,会造成局部地区内涝现象^[1]。为此,笔者利用InfoWorks ICM建立五大干线的水力模型,对这些干线的旱天和雨天现状进行分析,找出薄弱管段,在敏感处建立连通管,使得原先相对独立运行的各污水总管形成一张

网,实现片区排水系统的流量制衡,达到错峰和调配水量的目的。

2 研究对象概况

西干线主要接纳苏州河两岸普陀、静安、长宁、黄浦四个地区的部分合流污水,以及桃浦、南翔和宝钢地区的生活污水,全长约25.6 km,主要节点泵站为新村、苏北3#、蕰藻浜和月罗路泵站。

合流一期总管全线经过普陀、虹口、杨浦、宝山等地区以及浦东新区,由合流污水治理一期工程、污水治理三期A块及原曹杨污水系统组成,全长33.42 km,主要节点泵站为彭越浦泵站、汶水(污)泵站和一期出口泵站。

污水二期主干线由污水二期工程(中线、南线)、吴闵污水外排、六支流南片、罗山路连接管、白龙港污水处理厂等组成,主要接纳黄浦江上游吴泾、闵行、徐汇、黄浦等地区以及浦东新区的大部分污水,干线上有吴闵1#、SA、SB、M1和M2等重要中途提升泵站。

污水三期B块干线收集苏州河以北、黄浦江以西、合流污水一期工程服务范围以南地区的污水,最后至竹园第二污水处理厂,全长约14.46 km,主要节点泵站为两港中途泵站、佳木斯污泵站、浦东北路泵站。

南干线是上海市中心城区建设的第一条污水输送干线,全长约32.2 km,中途有5座污水泵站。

3 模型构建与验证

上海市中心城区污水干线总管模型包括西干线、合流一期、污水二期、污水三期以及南干线模型,其运行调度联系紧密。研究区域覆盖总面积为 $1\,270 \text{ km}^2$,管线总长约454.5 km,共89座主要泵站,整个污水系统模型如图2所示。

选取具有代表性的两组48 h旱天数据和3组48 h雨天数据用于模型参数的率定和验证。模型率定以每条主干线上重要节点泵站的前池水位为依据,例如,合流一期和西干线模型的率定以新村和彭越浦泵站为重要泵站,污水二期模型的率定以M1、M2、SA和SB为重要泵站,污水三期模型的率定以两港中途和浦东北路泵站为重要泵站,在率定和验证过程中不断完善和修正模型,直至模拟数据与实测数据差异较小^[2-4]。

图3为2018年6月7日—9日(旱天)和6月19

日—21 日(大雨)两种工况下,新村泵站水位的实测值和模拟值。

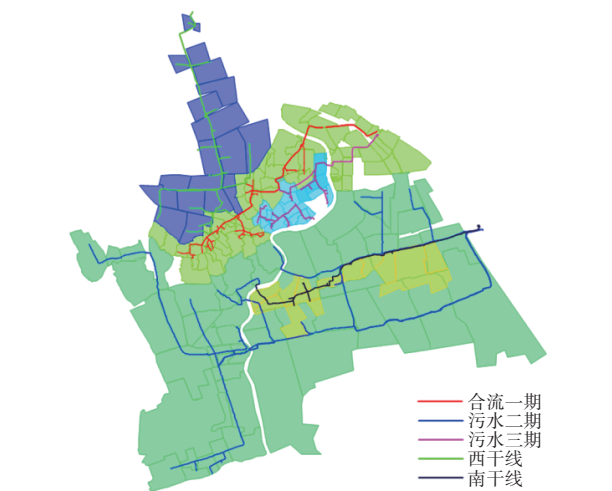


图2 上海市中心城区污水干线总管模型
Fig.2 Model of sewage trunk lines in downtown Shanghai

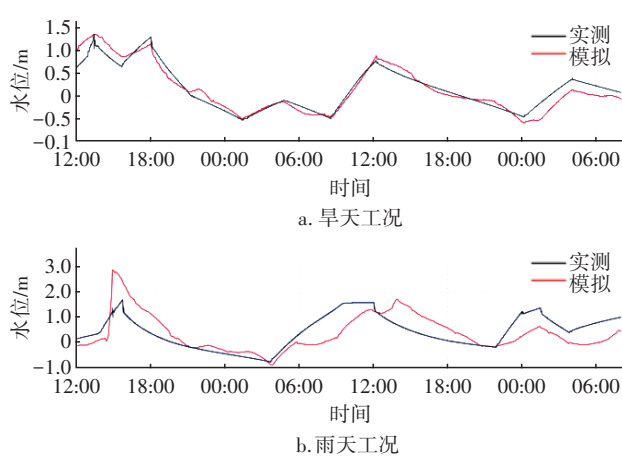


图3 新村泵站验证结果
Fig.3 Verification results of Xincun pump station

4 污水干线薄弱段分析

根据上海中心城区污水干线水力模型平台,模拟分析了旱天和大雨条件下的管线运行状况,各干线总管的主要薄弱段具体见表1。

表1 中心城区污水干线薄弱段
Tab.1 Weak pipe section of sewage trunk lines

项 目	薄弱管段	旱天	大雨	原因
西干线	月罗路泵站后	√		管段水位超过地面,存在冒溢风险
	蕴藻浜泵站上游及部分支线	√		流速小,容易淤积
	新村泵站至宝山5#泵站		√	管线水位超地面,管道压力较大,有冒溢风险
合流一期	六支流支线至苏北3#泵站	√		流速小,容易淤积
	中山北路16#泵站至彭越浦泵站		√	高水位运行,有冒溢风险
	彭越浦泵站下游		√	超负荷运行,水位较高,有冒溢风险
污水二期	吴闵南支线3#泵站至吴闵4#泵站	√	√	流速小、管段水位很高
	吴闵1#泵站至SB泵站前	√	√	非高峰时段,满流运行,运行水位高
	吴闵支线2#泵站至1#泵站	√		流速小,容易淤积
	纪王1#泵站至2#泵站	√		
	吴闵2#泵站附近	√		
	中线浦西过江倒虹管至M1前池	√		
	M1泵站至M2泵站		√	M1后池水位超出高位井,有溢流风险
	SA泵站至M2泵站		√	管段压力比较大
	SB泵站至M2泵站		√	管段水位较高
	纪王1#泵站至2#泵站		√	管线水位超出地面,污水冒溢
污水三期	C泵站出水井后		√	局部水位较高,有冒溢风险
	总管四平路接入点至佳木斯泵站接入点	√		流速小,容易淤积

5 污水干线连通研究

根据中心城区污水干线水力模型平台的模拟结果,从污水片区干线总管上游、中游和下游建立连通管,具体位置见图4,使得原先相对独立运行的各污水总管形成一张网,实现片区间排水系统的流

量制衡,起到错峰和调配水量的目的。

① 六支流南片与北片连通

将六支流南片与北片连通,连通管的管径为DN1 500,主要减缓纪王1#泵站至B泵站的管段压力以及解决污水冒溢问题。

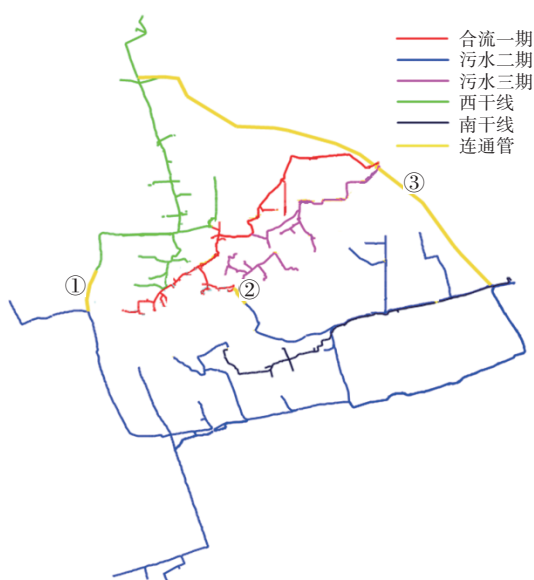


图4 污水干线连通管的位置

Fig.4 Location of connecting pipes of sewage trunk lines

由于六支流南支线A泵站的污水进入虹桥污水处理厂和B泵站的污水通过连通管进入六支流北支线,B泵站至C泵站的管道水位大幅下降,减轻了管道压力。

当六支流北支线发生故障时,六支流北支线的污水通过连通管进入六支流南支线,连通后,六支流北支线的水位可以下降0.2~0.4 m。干线连通前后管道的水力状态对比如图5所示。

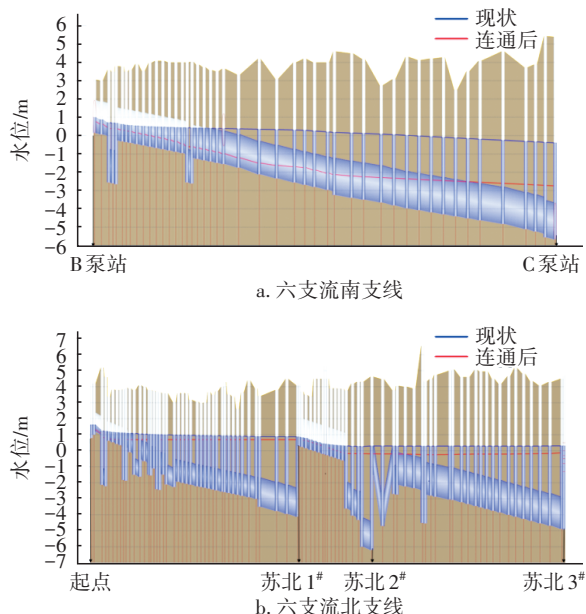


图5 干线连通前后管道的水力状态对比

Fig.5 Comparison of pipeline hydraulic status before and after trunk line connection

② 合流一期与污水二期南线连通

合流一期与污水二期南线连通沿内环附近,连通管管径为DN1 500,主要减缓合流一期上游总管或者污水二期南线上游总管的输水压力。

污水二期南线浦西段总管收集市中心黄埔区域的污水,通过过江管输送到白龙港污水处理厂。合流一期大统路支线江西中泵站出水管在旱天时,总管水位处于低水位运行,未满管。若污水二期南线浦西过江管出现故障,将污水二期南线上游端连通到合流一期大统路支线江西中泵站出水管,起始管水位从2.7 m上升到3.5 m,流速从0.8 m/s增加到1.0 m/s。当大统路支线江西中泵站发生故障时,污水二期南线浦西段可收集这一区域的污水,且保证污水二期南线安全运行。

③ 石洞口-竹园-白龙港厂际连通

石洞口污水处理厂与竹园污水处理厂连通,连通管管径为DN3 000,竹园污水处理厂与白龙港污水处理厂连通,连通管管径为DN4 000,厂与厂之间连通,可实现上海市中心城区跨区域水量调度。

6 结论

① 利用InfoWorks ICM构建了上海市中心城区污水外排干线统一模型平台,分析了旱天和雨天不同工况条件下的管线运行状况,找出了薄弱管段。

② 在旱天工况下,排水干线运行时部分管段存在流速偏低的情况,这些管段极易发生淤积,如合流一期主要出现在六支流支线至苏北3#泵站的管段;西干线主要出现在蕹藻浜泵站上游及部分支线的管段;污水二期主要出现在纪王1#泵站至2#泵站、吴闵支线2#泵站至1#泵站、吴闵南支线3#泵站至吴闵4#泵站、吴闵2#泵站附近、中线浦西过江倒虹管至M1前池的管段。现状工况下,合流一期可以利用彭越浦泵站前的上游总管调蓄容量来降低下游总管的水位;污水二期管段吴闵地区受设施规模限制,旱天容易发生冒溢,远期仍需通过增大吴闵污水管道规模来解决此问题。

③ 在雨天工况下,合流一期和西干线管段存在较大的冒溢风险,仅通过降低开泵水位并不能解决管道高水位运行问题,建议建立连通管;污水三期B块总管关键节点未达到溢流水位,通过降低两港中途泵站和浦东北路泵站的运行水位,可起到增

加管道调蓄空间、削减降雨径流峰值的效果,并达到雨天安全运行、减少污染物排江、改善城市水体水质的目标。

④ 可通过在六支流南片与北片、合流一期与污水二期南线连通沿内环附近、石洞口-竹园-白龙港厂际设置连通管,形成干线总管之间的“两两互通”,实现管道检修、污水量跨片区调配、超量初期雨水调蓄和污水量错峰调蓄等目的。

参考文献:

- [1] 张欣,周骅,谢宇铭,等.上海城市排水干线连通策略[J].净水技术,2020,39(4):6-11.
ZHANG Xin, ZHOU Hua, XIE Yuming, et al. Strategies of interlinked sewage mains in urban area of Shanghai[J]. Water Purification Technology, 2020, 39(4): 6-11 (in Chinese).
- [2] 张留臻,王辉,谭琼,等.水力模型用于干线对区域排水系统运行影响的研究[J].中国给水排水,2017,33(15):122-125.
ZHANG Liuli, WANG Hui, TAN Qiong, et al. Application of hydraulic model in assessment of influence of safe operation of SSP II on regional

drainage systems [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(15): 122-125(in Chinese).

- [3] 彭海琴,张留臻.上海污水干线总管网络模型构建与调度研究[J].城市道桥与防洪,2020(1):143-146,158.

PENG Haiqin, ZHANG Liuli. Study on construction and operation of sewage main network model in Shanghai [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2020(1): 143-146, 158 (in Chinese).

- [4] 王诗婧.基于降雨情景模拟的排水系统内涝风险评估与分析[J].中国给水排水,2020,36(11):112-116.

WANG Shijing. Waterlogging risk assessment and analysis of urban drainage system based on rainfall scenario simulation [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(11): 112-116 (in Chinese).

作者简介:张彦晶(1971-),女,辽宁丹东人,硕士,高级工程师,主要从事排水信息化、智慧排水、排水模型等研究工作。

E-mail:zhangyj1@smc.sh.cn

收稿日期:2020-09-09

修回日期:2020-12-09

(编辑:刘贵春)

· 信息 ·

连续缠绕玻璃钢夹砂顶管在工程使用中获得好评

引江济淮工程(安徽段)派河截污导流水质保护工程合肥经开区支线段顶管施工于2021年下半年开始,施工单位为中铁四局,目前正在顺利进行中。本次工程选用了连续缠绕工艺生产的玻璃钢夹砂顶管,这种管材以其特有的优势在施工过程中获得业主单位、施工方以及监理单位的好评。

引江济淮工程是安徽省政府确定的重大基础设施标志性“一号工程”项目,是一项以城乡供水和发展江淮航运为主、结合灌溉补水和改善巢湖及淮河水生态环境等综合利用的大型跨流域调水工程。经开区支线段顶管工程采用DN2400连续缠绕玻璃钢夹砂顶管,全长3.3 km,压力等级为0.4 MPa,土质为硬质黏土。目前,工程中最长的三个施工段均已完成,单坑顶进长度分别为883、653、632.5 m,创造了国内玻璃钢管道顶管施工单坑最大顶进距离的纪录。

本次工程中选用的管材是福建路通管业科技股份有限公司生产的连续缠绕玻璃钢夹砂顶管,以其外表光滑、质量轻(为混凝土管道的1/10)、顶进阻力小、顶进过程纠偏容易、顶进距离长,且管外表面憎水,不会产生管抱死现象等优点而得到了业主单位、施工单位、监理单位的一致好评。中铁四局四公司盾构分公司派河截污导流项目技术负责人胡昊评价连续缠绕玻璃钢夹砂顶管施工时说:“比起传统混凝土管顶进节省了一半工期,这不仅意味着减少成本增加效益,也标志着该项目建设取得了突破性进展,更是为安徽省内大管径玻璃钢夹砂管施工提供了重要的施工经验。”

(本刊编辑部 供稿)