

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.09.045

受限空间下上海中心城区排水系统设计对策

周吉君¹, 邵钦¹, 查文桂², 徐文征², 朱嘉祺²

[1.上海市城市排水有限公司,上海市 200233; 2.上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:以上海中央商务区排水系统为例,系统性地讨论了在受限空间下,泵站及调蓄池的合建方案以及管网的施工方案。通过合理布局优化建设空间,在泵站用地仅《上海市控制性详细规划技术准则》建议值60%左右的情况下完成了雨污水泵房的布置,并通过纵向空间的利用,进一步实现了泵站与初雨调蓄池的合建;同时,通过对比分析,采用盾构法作为合流干管的施工工艺,较传统顶管法在主干道路上减少了50%的施工井数量,减轻了对现状交通的影响。

关键词:排水系统;受限空间;中心城区;合建泵站

中图分类号: TU992.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0190-03

0 引言

近年来,在气候变暖的大背景下,全国多个城市发生严重的城市内涝事件,国家对城市内涝安全日益重视,出台了一系列新的政策和规定,包括《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》(国办发〔2013〕23号)、《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》(国发〔2013〕36号)等。为贯彻新一轮城市总体规划的要求,构建与现代化国际大都市发展定位相适应的城镇雨水排水体系,上海市在《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035年)》中提出中心城区雨水排水系统将从现状1 a一遇为主提高到5 a一遇,并实现分流制初期雨水5 mm、合流制初期雨水11 mm的控污标准,以持续提升防汛安全保障能力和改善水环境质量。

由于发展早期规划不足,城市中心城区排水设施建设普遍存在用地空间受限的问题^[1]。以上海中央商务区排水系统为例,该系统服务面积为1.86 km²,根据规划,按照5 a一遇的标准需新建一座排水能力为26 m³/s的泵站,而控制性规划预留泵站建设的用地面积仅为2922 m²,约为《上海市控制性详细规划技术准则》中建议值的60%不到,同时,为实现11 mm初期雨水的截留目标,该泵站还需同步设置一座规模1.32万 m³的初雨调蓄池,进一步加剧了用地紧张情况;此外,该排水系统中规划用于建设系统总管的道路为繁华闹市区,区域交通繁忙,高峰时

段车流饱和度接近满负荷,因而如何尽可能降低管道敷设过程中对交通影响也至关重要^[2]。

基于此,如何结合地区区域排水规划,在受限空间下完善城市中心城区排水系统,提高系统防洪控污标准,同时降低施工过程中对地面交通的影响,是目前城区排水系统改造需要面临的关键问题之一^[3-4]。本文依托于上海市中心城区中央商务区排水系统改造工程,系统性地讨论了在受限空间下,泵站及调蓄池的合建方案以及管网的布置及施工方案,以期为我国其他城市中心城区排水系统改造提供参考。

1 工程概况

1.1 项目基本情况

中央商务区排水系统位于上海市黄浦区,系统服务范围东起中山东二路,西至温州路,南起广东路、福州路,包括部分南京东路街道及外滩街道,是上海市繁华闹市区,总服务面积为1.86 km²。中央商务区现状排水系统为已建合流制系统,规划平均日污水排放量约为2.09万 m³/d,现状排水重现期为P=1 a,共建有3座排水泵站,总规模为13.71 m³/s。

根据《中央商务区排水系统专业规划(2020—2035)》及其批复,本系统规划标准由1 a一遇提标志5 a一遇,近期拟通过新建系统泵站、系统总管、翻建部分支管等将系统标准提升至3 a一遇(5 a一遇地面不积水校核),远期通过苏州河深隧工程进一步将系统标准提高至5 a一遇。主要工程内容包括新建系统合流泵站、初期雨水调蓄池、系统总管、截污管等配套设施。

收稿日期: 2022-11-01

作者简介: 周吉君(1987—),男,学士,工程师,从事市政工程建设管理工作。

1.2 合流泵站用地受限情况

根据规划,新建合流泵站雨水泵配泵规模为 26 m³/s,污水泵配泵规模为 1.18 m³/s。根据控制性详细规划局部调整的批复,中央商务区泵站选址位于浙江中路以东、厦门路以北、苏州河南岸 135 街坊内 135-03 地块(见图 1),总用地面积为 2 922 m²,远低于《上海市控制性详细规划技术准则》(2016 年修订版)中同规模合流泵站建议用地面积 5 104 m²。同时,基于初期雨水控制需求考虑,本工程中泵站需与初雨调蓄池进行合建,初期雨水调蓄池有效容积为 13 200 m³。因此,受限于用地面积,本工程中对合流泵站集约化设计提出了较高要求。

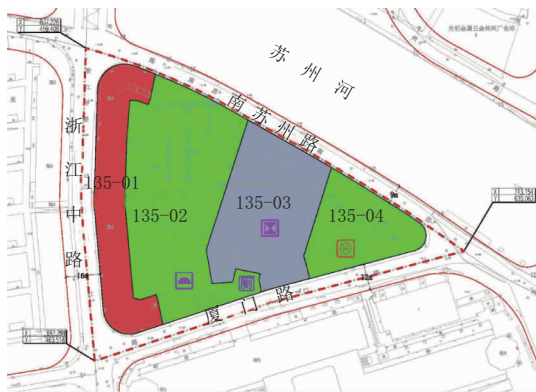


图 1 合流泵站用地示意图

1.2 管道施工受限情况

根据规划,拟建系统总管沿北京东路(西藏中路—浙江中路)/(四川中路—浙江中路)—浙江中路(北京东路—厦门路)—厦门路(浙江中路—泵站)敷设,管道管径为 φ4 000,系统总管与系统现状南北向干管相连通。

根据表 1 中现状道路交通情况可知,北京东路、浙江中路交通繁忙,车流饱和度较高,道路接近满负荷运行,因而在施工过程中应合理优化施工工艺,尽量减少对道路的占用^[2]。

表 1 现状道路交通情况

道路名称	高峰期车流情况		备注
	流量/(车次·h ⁻¹)	车流饱和度	
北京东路	西向东:1 259	0.6	双向 4 车道,仅机动车道
	东向西:731	1.0	
浙江中路	北向南:382	0.95	单向 2 车道,非机动车
厦门路	西向东:52	0.38	单向 1 车道,非机动车

2 排水系统提标改造方案

2.1 受限空间下合流泵站设计

本工程新建泵站为合流泵站,设置由雨水泵房

和截污泵房,其中截污泵配泵规模为 1.18 m³/s。截污泵房可以设置在雨水泵房一侧,也可以设置在雨水泵房两仓之间,见图 2。初雨调蓄池与泵房合建有两种方式,一种是左右并列布置,一种是上下叠放布置,见图 3。

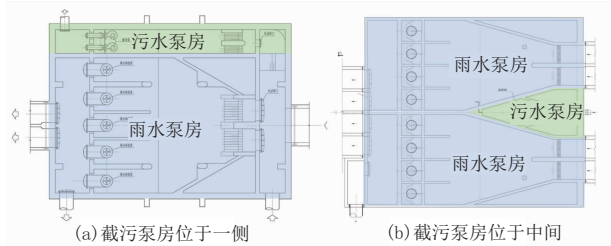


图 2 雨水泵房与截污泵房两种布置形式示意图

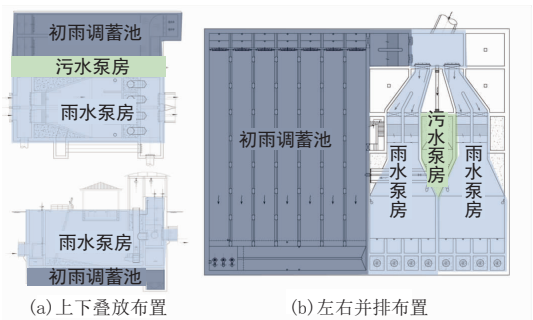


图 3 泵房与调蓄池两种布置形式示意图

建设形式取决于泵站的用地条件,相对而言规模较大的截污泵房建议设置在雨水泵房一侧,而泵房与调蓄池左右并列布置的方案埋深较浅,运行检修较为方便^[6]。本工程泵站用地面积为 2 922 m²,呈不规则形状,宽度方向约为 43.9 m,而雨污水泵房部分结构约为 30.5 m,考虑到两侧需预留 4 m 车行道,因此截污泵房设置在雨水泵房的中间,同时初雨调蓄池与泵房无左右并列布置的条件,只能上下叠放布置,初雨调蓄池位于泵房下方。

合流泵站的设计见图 4。泵房平面内尺寸为 37.4 m × 28.9 m,雨水泵房分成东西两仓,污水泵房位于两座雨水泵房中间,雨污水泵房公用进水闸门井,通过闸门控制合流污水流向。初雨调蓄池位于泵房下方,总平面尺寸 28.9 m × 45.2 m,通过设置于泵房两侧的廊道进水,进水通过电动偏心半球阀进行控制。格栅间、变配电间、设备起吊间及除臭设备间位于泵房上方。相比较于泵房调蓄池左右平行布置方案极大的提高了土地利用效率。

2.2 受限空间下管网施工方式研究

上海地区地下浅层属于软土层,含水量大,抗剪强度低,当沟槽深度深时,施工降水、沟槽壁支护等都需要相应的加强;并且施工降水对周围地面的影响较大,会造成地面沉陷,可能会引起周围建(构)筑

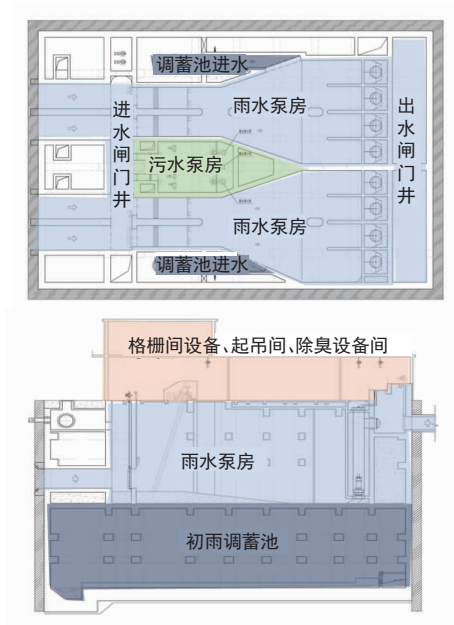


图4 泵房平面及剖面图

物的损坏。综合来看,当管道埋深大于6.0 m时,开槽埋管的工程费用一般大于非开挖埋管,并对交通造成较大影响。

本项目中,合流总管管径大且埋深较深(管径为4 m,埋深为11.6~12.5 m),不适用于开挖埋管施工。常用于大管径管道的非开挖埋管施工方式有顶管法、盾构法等。顶管法和盾构法均为采用机械切削进行掘进开挖的施工方式,其主要区别在于,顶管法是采用液压方式将管节顶入掘进机形成的孔洞中形成管道结构,盾构法则是在掘进机成孔后拼装预制混凝土管片形成管道结构。总体而言,顶管法施工费用较低,但转弯半径大、单个施工井掘进距离短;盾构法转弯半径小、掘进距离长,但施工费用相对较高^[7]。本项目中对顶管法和盾构法两种施工方式进行了比较,见图5。

从图5中可知,采用顶管施工方案,共需设置8座顶管工作井,其中6座位于北京东路;采用盾构施工方案,则仅需设置5座盾构施工井,其中3座位于北京东路。考虑北京东路为区域主干道路之一,高峰时期双向车流流量接近2 000辆/h,且现状道路已接近满负荷运行,若因施工占用道路过多则会对交通产生严重影响。此外,若采用顶管法施工,则需进行大管径管材的运输,将进一步挤占道路空间,加剧交通拥堵情况。相较而言,盾构法施工方案对道路空间占用更少,且管材可采用管片运输的方式,对交通影响更小。综合考虑,在此受限空间条件下采用盾构施工可大大减小对区域交通的影响。

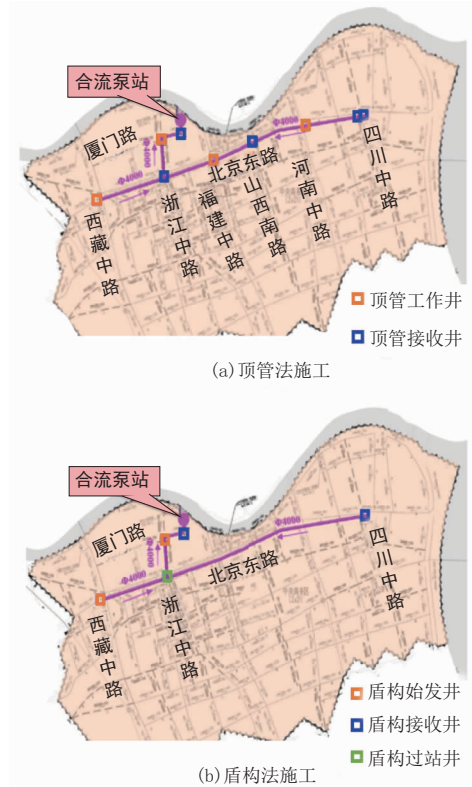


图5 合流总管顶管法、盾构法施工比较

3 结论

(1)在泵站用地面积为2 922 m²,仅《上海市控制性详细规划技术准则》建议值60%左右的情况下,通过合理布局优化建设空间,完成了雨水泵房(26 m³/s)、污水泵房(1.18 m³/s)的布置;并在此基础通过采用上下叠放的半地下建设形式,进一步完成了容积13 200 m³初雨调蓄池的合建,可实现中央商务区排水系统11 mm的初期雨水截流及3 a一遇雨水排放需求。

(2)在现状道路交通拥挤、接近满负荷运行的情况下,通过综合对比分析,选择盾构法作为拟建φ4 000合流干管的施工工艺,较传统顶管法在主干道路北京东路减少了50%的施工井数量,减轻了对现状交通的影响。

参考文献:

[1] 李晓宇.基于大排水系统构建的城市竖向规划研究[D].北京:北京建筑大学,2020.
 [2] 王盈盈,王建强,郭水,等.现状道路下空间集约型排水系统设计[J].给水排水,2021,57(7):108-111.
 [3] 魏杰,任大伟,杨伟明,等.超大城市系统化内涝防治规划探索与实践[J].给水排水,2022,58(7):57-63.
 [4] 王江波,王子初,温佳林,等.香港城市防洪排涝对策及启示[J].中国给水排水,2022,38(6):48-54.

(下转第197页)

生能源的渗透比例与消纳能力,实现雨水调蓄设施的绿色低碳运行。

针对本调蓄池的应用场景及运行工况,本工程设置一套光储直柔一体化智能系统,该系统集成市电、光伏、储能、能量转换装置、直流配电、柔性控制器于一体,通过 750 V 直流母线为调蓄池放空泵以及直流负荷供电,同时根据天气情况及系统调度指令对调蓄池不同运行工况下的能量消耗进行调节控制,优先高效利用光伏可再生资源,实现系统性的节能降碳,可进一步减少污染,降低成本,改善综合效益。

3.5 调蓄池运行调度^[8,9]

(1)晴天模式:不使用调蓄池,将进水闸门关闭。

(2)进水模式:雨天时开启调蓄池进水闸门,先是重力进水,待调蓄池水位分别升高至 -4.50 m、-4.00 m、-3.50 m、-3.00 m 后,依次启动 4 台调蓄池雨水泵进水。

(3)满水模式:当调蓄池内液位分别到达 0.30 m、0.80 m、1.30 m、1.80 m 时,依次关停调蓄池雨水泵,当水位到达 1.80 m 时,关闭调蓄池进水闸门,雨水进入雨水泵房排放河道。

(4)调蓄池排空模式:在液位为 1.80 m 的情况下执行对应的控制操作,使得进水闸门、放空泵分别处于关闭、开启状态,将调蓄池调蓄的初期雨水用泵放空至化工路新敷设的 DN600 污水管中。当液位达到 -8.30 m 时,调蓄池排空结束,关排放空泵。

(5)冲洗模式:调蓄池放空后,关闭进水闸门,开启门式自冲洗设施,对调蓄池进行冲洗。

(6)存水放空模式:开启放空泵,对冲洗水进行

放空。

4 结论

(1)为控制区域性面源污染,在雨水排水系统末端建设初雨调蓄池是十分必要的;

(2)为贯彻落实“双碳战略”,可在调蓄池顶部设置光伏发电系统,实现节能降碳;

(3)调蓄池进水可采用重力进水、水泵进水或两者相结合的形式,从经济效益的角度建议采用重力与泵提升协同进水的方式。

参考文献:

[1] WILKINSON M E,QUINN P F,BARBER N J,et al.A framework for managing runoff and pollution in the rural landscape using a Catchment Systems Engineering approach[J].The Science of the total environment,2014(468/469):1245-1254.

[2] QIN H P,HE K M,FU G.Modeling middle and final flush effects of urban runoff pollution in an urbanizing catchment [J].Journal of Hydrology,2016,534:638-647.

[3] 金敦.城市排水系统中初期雨水调蓄池的设计探讨[J].城市道桥与防洪,2013(7):130-132.

[4] 刘阳.初期雨水调蓄池调蓄能力研究[D].重庆:重庆大学,2014.

[5] 黄鸣,陈华,程江,等.上海市成都路雨水调蓄池的设计和运行效能分析[J].中国给水排水,2008(18):33-36.

[6] 刘洪波,高赛赛,朱梦羚,等.初期雨水调蓄池的运行问题及解决方案[J].中国给水排水,2014,30(17):3.

[7] 俞士静,彭弘,羊寿生.浅谈粉碎型格栅在排水泵站中的应用[J].给水排水杂志,2007,33(1):85-88.

[8] 刘洪波,潘定,高赛赛,等.典型初期雨水调蓄池的运行控制模式[J].净水技术,2015,34(5):96-99.

[9] 陶贤成.雨水调蓄池设计的关键问题探讨[J].净水技术,2019,38(5):41-44.



(上接第 192 页)

[5] 曹业始,Abegglen Christian,刘智晓,等.改造当前国内污水管网需要综合考虑的四个因素[J].给水排水,2021,57(8):125-137.

[6] 莫群青.受限空间内排水泵站与调蓄池合建的布置及配泵优化设计

[J].给水排水,2021,57(9):32-36.

[7] 沈云.排水管道非开挖修复技术的造价分析[J].城市道桥与防洪,2020(1):221-223.