

中心密集城区排水系统控污提标改造规划研究

李 硕

[上海市城市建设设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200125]

摘 要: 近年来,随着气候变化以及规划标准的提高,部分排水系统在初雨污染控制和防汛排涝等方面均存在着短板,系统提标改造的需求日益凸显。但在已建城区,尤其是中心密集城区,受限于建设条件,大范围管网翻排的传统方式改造困难。针对该行业痛点,以上海市新延安东排水系统为例,在研究分析系统现状及存在问题的基础上,提出了施工影响小、实施性强的控污提标改造方案。研究表明:通过新建中部调蓄设施及部分小管道翻排,能够巧妙地实现系统内初期雨水污染治理和防汛提标的双重目标,可为其他中心密集城区的排水系统改造提供参考借鉴。

关键词: 中心密集城区;排水系统改造;雨水调蓄设施;初雨控污;防汛提标

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2025)01-0135-04

Study on Pollution Control and Upgrading Planning of Drainage System in Central Dense Urban Area

LI Shuo

[Shanghai Urban Construction Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200125, China]

Abstract: In recent years, with the climate change and the improvement of planning standards, there are the shortcomings of initial rainwater pollution control, flood control and waterlogging drainage in some drainage systems. The demand of upgrading and reconstructing the system is becoming more and more prominent. However, in the built urban areas, especially in the central dense urban areas, limited by the construction conditions, it is difficult to reconstruct the system by the traditional way of large-scale pipe network renewal. Aiming at the pain point of the industry, taking the Xinyan'andong Drainage System in Shanghai as an example, on the basis of studying and analyzing the current situation and existing problems of the system, the pollution control, upgrading and reconstruction scheme with little construction impact and strong implementation are put forward. The research shows that through the construction of new central storage facilities and the renewal of some small pipes, the dual goals of initial rainwater pollution control and flood control upgrading of the system can be realized cleverly, which can provide the reference for the reconstruction of drainage system in other central dense urban areas.

Keywords: central dense urban area; reconstruction of drainage system; rainwater storage facilities; pollution control of initial rainwater; flood control and upgrading

0 引 言

城镇雨水排水设施不仅是保障城市防汛安全的重要基础设施,也是实现初期雨水污染治理功能的重要载体,具有很强的公益性和基础性^[1]。目前,上海市中心城区形成了以强排模式为主的排水格局,但随着近年来全球性气候变化,短历时强降雨和灾害性天气增多,城市防汛排水设施面临着巨大压力,初期雨水径流污染问题也日益引起大家的广泛关

注,部分已建排水系统在防汛排涝和初雨截流控制方面均存在着不同程度的短板^[2-3]。以上海市黄浦区新延安东排水系统为例,评估分析了该系统现状问题及需求,并因地制宜地提出了系统控污提标改造的规划方案,详细论证了总体改造途径、设施选址、设计规模、工程内容及运行思路,可为其他中心密集城区的排水系统改造提供借鉴参考。

1 系统现状及问题需求

1.1 排水系统现状

新延安东排水系统位于黄浦区中北部,为合流制排水系统,总服务面积约1.68 km²。系统基本呈东

收稿日期: 2024-07-31

作者简介: 李硕(1993—),男,硕士,工程师,从事排水工程规划与设计工作。

西长条型走向,管渠系统已基本建成,两根合流总管分别沿着延安路与人民路敷设,最终汇入中山东二路、新开河路口的新延安东合流泵站,系统主管走向详见图1。现状泵站雨水配泵流量 $12\text{ m}^3/\text{s}$,雨水排放黄浦江;污水配泵流量 $1.25\text{ m}^3/\text{s}$,截流倍数约为1.5,经截流进入污水二期,最终进入白龙港污水厂处理排放。

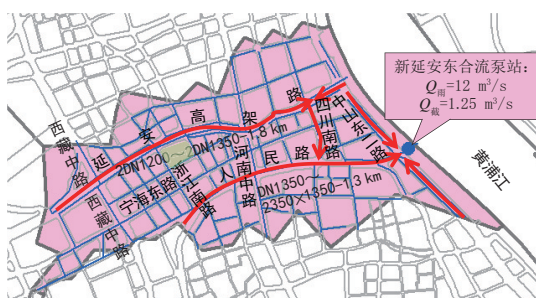


图1 排水系统现状图

1.2 存在问题及需求

新延安东排水系统设施比较完善,但普遍存在管径偏小、管道排水能力不足的问题。采用InfoWorks ICM水力模型对现状排水设施进行排水能力模拟,选取芝加哥雨型、降雨历时2 h,在设计暴雨重现期 $P=1\text{ a}$ 及 $P=5\text{ a}$ 下,其积水分布范围和深度详见图2及图3。可见, $P=1\text{ a}$ 时,系统基本无积水点,说明该系统现状能够达到1 a一遇的排水能力;但在 $P=5\text{ a}$ 时,系统内出现部分积水点,主要集中在广东路及宁海东路两个区域,积水总量约 $8\,000\text{ m}^3$,最大积水深度约31 mm,平均退水时间约96 min。表明该系统排水能力明显低于5 a一遇,难以满足地区高标准的防汛要求。



图2 现状排水系统模拟结果($P=1\text{ a}$)

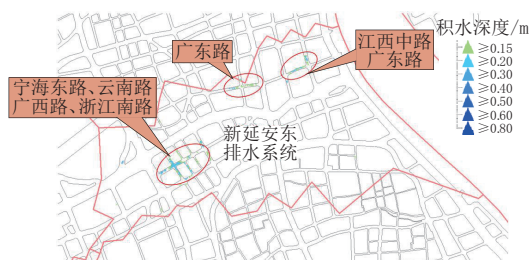


图3 现状排水系统模拟结果($P=5\text{ a}$)

此外,关于初雨截流方面,新延安东合流泵站是该系统中现状唯一的初雨截流设施,污水配泵流量 $1.25\text{ m}^3/\text{s}$,折合服务范围初雨截流富余量仅为 1.91 mm ,未能满足新标准下面源污染控制的新要求。

因此,新延安东系统现状在防汛排涝和初雨截流上均存在着短板和不足,需要进行控污和提标改造。根据上位规划,系统排水能力需提升 $P=5\text{ a}$,初雨截流标准需提升至 11 mm 。但是该系统位于中心密集城区,地块开发成熟,地上建筑物密集,地下管线错综复杂,成片系统改造重建存在着建安费高、管线搬迁量巨大、社会影响大等制约因素,因此,需瞄准系统短板研究综合影响较小、实施性强的系统改造方案。

2 总体途径与设施选址

2.1 控污提标改造总体途径

通常,针对强排模式的已建排水系统,雨水设施控污提标改造的途径主要包括:(1)对于合适位置有建设用地的排水系统,可通过新建提标泵站、初雨调蓄池来补足现状泵站排涝能力、初雨截流的缺口;(2)对于没有合适的建设用地但现状泵站有改造条件的排水系统,可对现状泵站进行提标扩能及附加调蓄设施的改造;(3)对于既没有现状泵站改造条件也没有泵站新建条件的排水系统,可通过新建调蓄设施实现削峰调蓄及初雨截流^[4]。

新延安东排水系统位于黄浦区中心城区,东临黄浦江,末端现状泵站位于外滩核心景观区域,采用全地下式,是与外滩观光平台融为一体的“开放型”泵站,没有新建泵站以及现状泵站改造的条件和可能性,因此考虑通过新建调蓄设施来补足现状泵站控污能力和提标能力。具体的总体实施途径详见图4,通过新建调蓄设施(根据功能需求分为控污调蓄池和提标调蓄池)及配套截流总管,来收集和临时储存排水系统的初期雨水和提标雨水,以实现初雨截流能力和防汛能力的提升。初期雨水在雨后放空排至合流现状管网中,最终截流进入污水系统中;提标雨水在雨峰后放空排至合流现状管网中,通过现状泵站排江或雨停后截流进入污水系统中。

2.2 调蓄设施选址研究及建设型式

根据调蓄池在排水系统的位置,通常可分为中间调蓄池和末端调蓄池^[5]。该系统新建调蓄池位于已建中心密集城区,其选址的比选应遵循以下主要

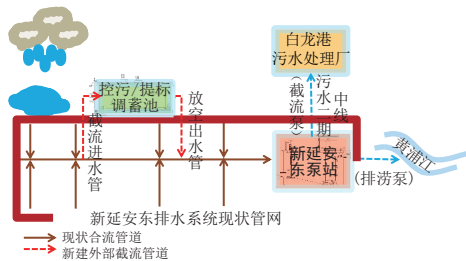


图 4 系统改造总体实施途径

原则:(1)应充分结合控污和提标的功能需求,根据初雨截流范围及重要积水点区域选择合适的调蓄池位置,以便发挥理想的环境效益;(2)开发成熟区域单独征用市政设施用地的可行性较小,根据上海市相关政策导则,新建调蓄池的选址宜优先选择利用现状绿地、广场、规划绿地等用地;(3)应充分考虑截流总管实施可能性,截流总管应尽可能避免或减少与地铁、铁路、高速公路等重要节点的交叉或并行。根据以上原则,对该系统调蓄设施的选址进行了充分比选。

结合区级控制性规划,在该系统服务范围内,现状及规划绿地有人民广场、延福公园、豫园、古城公园等6处,具体位置详见图5。但人民广场由于现状地下重大设施较多,且位于排水系统起端、控污提标作用较差等原因不具备新建调蓄池的条件;古城公园、豫园等由于受人民路隧道隔离、进水总管实施条件差等原因不具备新建调蓄池的条件;四川小区处虽规划为绿地,但现状为小区、学校,近期不具备拆迁条件。而延福公园面积充裕、地下无重大设施,且位于延安东路与人民路排水主管之间、截流总管实施条件好,是该系统内有工程实施可能的唯一用地。同时,延福公园位于系统中部宁海东路积水点附近,削峰调蓄效益好,初雨截流服务面积大,因此考虑新建调蓄设施选址位于延福公园。此外,为节约用地、尽量减少施工影响,考虑采用集约化建设的地下调蓄池型式,控污调蓄池与提标调蓄池分仓合建。

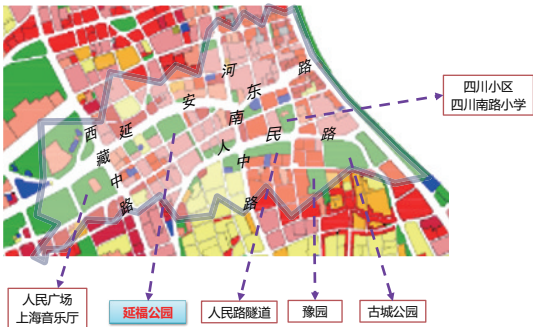


图 5 调蓄设施选址

3 工程建设规模论证

3.1 控污调蓄规模

系统初雨截流应优先利用现状泵站的截流能力,现状泵站截流能力扣除服务系统的旱流污水量后,则为可用于初雨截流的现状设施截流量。经复核,新延安东合流泵站初雨截流量为 $0.58\text{ m}^3/\text{s}$,折合初雨调蓄量为 $2\,088\text{ m}^3$ 。

新建控污调蓄池的规模根据数学计算法求得,具体可按下式计算:

$$V=10\,HF\,\psi\,\beta$$

式中: V 为控污调蓄池设施规模, m^3 ; H 为面积调蓄深度, mm ,本工程取 11 mm ; F 为汇水面积, hm^2 ,本工程为 168 hm^2 ; ψ 为综合径流系数,本工程为 0.65 ; β 为安全系数,一般取 $1.1\sim 1.5$,本工程取 1.2 。

该系统共需截流初雨量为 $V=10\,HF\,\psi=10\times 11\times 168\times 0.65=12\,012\text{ m}^3$,扣除现状泵站截流能力后,所需新增初雨截流量为 $9\,924\text{ m}^3$,考虑安全系数,则所需新建初雨调蓄设施规模 $11\,908\text{ m}^3$,取 1.2 万 m^3 。

3.2 提标调蓄规模

新建提标调蓄池的规模采用 ICM 数学模型法测算。现状系统积水点主要位于广东路和宁海东路两个区域,而延福公园位于宁海东路积水区域,提标调蓄池的设置,不仅能够解决宁海东路积水点问题,也可释放下游管网的过流能力,辅以部分的小管道翻排,带动下游广东路积水点的消除。在 InfoWorks ICM 现状模型中增加提标调蓄池及小管道翻排,再次模拟得出 $P=5\text{ a}$ 工况下提标调蓄池的累计进水量为 1.13 万 m^3 ,累计进水时间为 63 min ,因此,提标调蓄池设计规模取 1.2 万 m^3 。在该工况下,系统内无积水,表明该系统能够达到 5 a 一遇的排水能力,具体结果详见图6。



图 6 规划排水系统模拟结果 ($P=5\text{ a}$)

3.3 截流总管设计规模

需新建截流总管将现状管网的初期雨水和提标雨水截流至相应调蓄池,考虑到初期雨水进水与提标雨水进水不同时,为进一步增加工程效益,两调蓄

池合用一根截流进水总管。该系统现状合流总管位于延安东路与人民路,故本工程截流总管考虑设置于调蓄设施紧邻的浙江南路(北至延安东路,南至人民路)。按照《室外排水设计规范》(GB 50014—2021)及上海工程经验,调蓄池进水时间宜采用0.5~1.0 h,故本次截流总管流量采用12 000 m³/h设计,并采用24 000 m³/h复核。根据水力计算得,该段截流管管径取 $\Phi 2000$,坡度取1.5‰。

4 工程建设内容及系统运行思路

4.1 工程建设内容

本工程主要工程内容见图7,于延福公园新建控污提标调蓄池,调蓄设施规模总计2.4万m³,初雨调蓄设施规模及提标调蓄设施规模均为1.2万m³。此外,于浙江南路(延安东路—人民路)新建截流总管,管径为 $\Phi 2000$,长度约450 m。

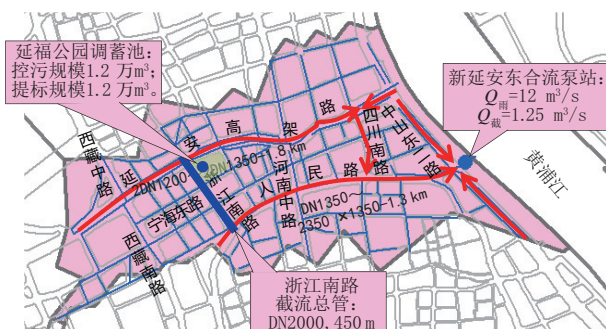


图7 工程实施内容

4.2 系统运行思路

该系统通过新建控污与提标调蓄池,并与现状延安东泵站联合调度、有机衔接,共同实现系统初期雨水控制和防汛提标的双重目标,具体的系统运行方式与控制思路如下:

(1)初雨截流模式(场次降雨量 ≤ 11 mm)。降雨初期,系统雨水泵站不开启,提标调蓄池不开启,控污调蓄池开启。部分初期雨水经新延安东截流泵站排至污水系统,超出污水泵站负荷的初期雨水通过截流管道收集后进入控污调蓄池。待控污调蓄池满后,关闭该调蓄池进水。

(2)雨水排水模式[$11 \text{ mm} < \text{场次降雨量}$,且降雨

强度 $\leq 36 \text{ mm/h}$ ($P=1 \text{ a}$ 对应降雨量)]。当持续降雨时,初雨截流完成后,系统末端雨水泵站开启,持续降雨通过雨水泵提升后排江。

(3)雨水提标模式[36 mm/h ($P=1 \text{ a}$ 对应降雨量) $< \text{场次降雨量} \leq 58 \text{ mm/h}$ ($P=5 \text{ a}$ 对应降雨量)]。当雨量加大且泵站前池水位大于最高水位或系统内将要出现积水时(此时 $P > 1 \text{ a}$),提标调蓄池进水,启用提标调蓄池进行雨水削峰调蓄。

(4)提标调蓄池放空模式。待雨峰过后、调蓄池下游管道排水能力有余量时,开启提标调蓄池放空泵,临时储存的提标雨水经放空泵就近排放至下游合流管道,最终经泵站雨水泵提升排江,雨停后也可经泵站截污泵进入污水系统。

(5)控污调蓄池放空模式。待雨停后且提标调蓄池放空完成后,控污调蓄池放空泵开启,控污雨水经放空泵就近排放至下游合流管道,最终经泵站截污泵截流进入污水系统。

5 结语

位于中心密集城区的排水系统改造往往存在着多种制约因素,本研究以黄浦区新延安东排水系统为例,结合系统在防汛排涝和初雨污染控制方面的问题需求以及有限的建设条件,提出了于系统中部增加控污提标调蓄设施的改造途径,并通过与现状泵站有机衔接,最终实现了“排水能力提升至五年一遇、初雨截流标准提升至11 mm以上”的规划要求,可为其他中心密集城区的排水系统改造提供参考借鉴。

参考文献:

- [1] 唐建国.城市雨水排水系统提标改造与建设途径[J].给水排水,2021,47(5):1-6.
- [2] 周吉君,邵钦,查文桂,等.受限空间下上海中心城区排水系统设计对策[J].城市道桥与防洪,2023,39(9):190-192.
- [3] 曾木海,谢小龙.初雨调蓄池在武汉市某湖泊综合整治工程中的应用[J].中国给水排水,2021,37(12):93-97.
- [4] 杨静泊,时珍宝,严寒.华泾西和华泾北雨水排水系统提标改造规划方案[J].净水技术,2020,39(增刊2):126-130.
- [5] 谢磊,解铭,薛江儒.调蓄池在排水系统中的应用及发展方向探讨[J].中国给水排水,2023,39(12):37-43.