

城镇给排水工程设计案例专栏

罗穆喜. 重装备工业区雨水系统联合提标改造分析[J]. 净水技术, 2024, 43(2): 162-167.

LUO M X. Analysis of joint upgrading and reconstruction for rainwater system in heavy equipment industrial zone[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(2): 162-167.

重装备工业区雨水系统联合提标改造分析

罗穆喜*

(上海浦东建筑设计研究院有限公司, 上海 201206)

摘要 为应对城市化建设进程中,因河浜和绿地的开发硬化以及极端气候的频发,而加剧的已建低标准雨水强排系统的内涝频率和风险,文中以重装备工业区雨水强排系统为研究对象,充分挖掘现状雨水泵站原位扩容潜能,调整汇水分区,辅以部分工程建设等联合提标措施。提标改造可解决管网瓶颈段和泵排能力缺陷等问题,减少工程措施,降低对现状雨水系统的影响,使各雨水系统排水能力提升至5年一遇。此外,文中提出了提标改造的技术路线,阐述了汇水分区调整、管网利用、现状泵站原位扩容、多系统联合提标等技术方案及要点。

关键词 工业区强排系统 联合提标技术路线 汇水分区调整 泵站原位扩容 多阶段提标

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-0177(2024)02-0162-06

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.02.020

Analysis of Joint Upgrading and Reconstruction for Rainwater System in Heavy Equipment Industrial Zone

LUO Muxi*

(Shanghai Pudong Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai 201206, China)

Abstract In response to the urbanization process, the frequency and risk of waterlogging in the existing low standard rainwater drainage system are exacerbated by the development and hardening of riverbanks and green spaces, coupled with frequent extreme weather events. This article takes the rainwater strong drainage system in the heavy equipment industrial zone as the research object, fully tapping into the potential for in-situ expansion of the current rainwater pump station, adjusting the catchment area, and supplementing it with joint standard improvement measures such as partial engineering construction, to solve problems such as bottleneck sections of the pipeline network and pump discharge capacity defects, effectively reducing engineering measures, reducing the impact on the current rainwater system, and improve the overall drainage capacity of each rainwater system to a 5-year return period. In addition, this article proposes a technical route for upgrading and renovating the standard, and elaborates on technical solutions and key points such as adjustment of catchment zones, utilization of pipeline networks, in-situ expansion of current pumping stations, and joint upgrading of multiple systems.

Keywords industrial zone drainage system technical route of joint upgrading adjustment of catchment area in-situ upgrading of pumping station multi-stage upgrading

随着城市化建设进程加快,具有调蓄空间的河浜和绿地被逐步开发硬化,径流系数增大,调蓄空间减

少,叠加极端气候频发,加剧了已建低标准雨水强排系统的内涝频率和风险^[1-2]。因此,为保障区域雨季排水安全,维持区域高质量稳定发展,促进地块功能布局和企业落户,亟需结合地块开发建设,完善区域基础设施,提升区域雨水系统的排水能力,降低内涝风险。

[收稿日期] 2023-05-25

[通信作者] 罗穆喜(1991—),男,硕士,研究方向为城市污水处理和雨污水管网系统, E-mail: luomuxi001@126.com。

近年来,城市雨水排水系统提标得到了广泛的关注,主要基于 Infoworks 和暴雨洪水管理模型(SWMM)等模型进行水力模拟^[1,3],采取增加管道调蓄、泵站等相关措施对城区雨水系统进行提标改造^[4-6]。然而,关于利用现状雨水泵站原位提标潜能,对工业区大地块多系统联合提标及技术要点的研究较少^[6]。本文基于重装备工业区路网稀疏、硬化率高、地块大、车辆通行要求高等特点,在现状管网排水能力基础上,结合 Infoworks ICM 模型,充分挖掘现状雨水泵站原位提标潜能,调整汇水分区,辅以部分工程措施,解决管网瓶颈段和泵排能力缺陷等问题,可有效减少管道翻建,降低工程建设过程中

对现状雨水系统的影响^[7]。通过联合提标改造,各雨水强排系统达到 5 年一遇的排水能力。

1 区域概况

为推动地区稳定发展,保障区域雨季运行安全,促进地块功能布局和企业落户,对该区域雨水强排系统进行提标改造,将现状地块 1 年一遇排水标准整体提升至 5 年一遇排水能力。本次研究对象位于上海某重装备工业区,主要为工业、仓储、港口运输等用地,具有路网稀疏、硬化率高、地块大、车辆通行要求高等特点。现状 3 个雨水强排系统,总服务面积约为 12.1 km²,总排水能力为 80.6 m³/s,各系统雨水经泵站提升后排至杭州湾(图 1)。

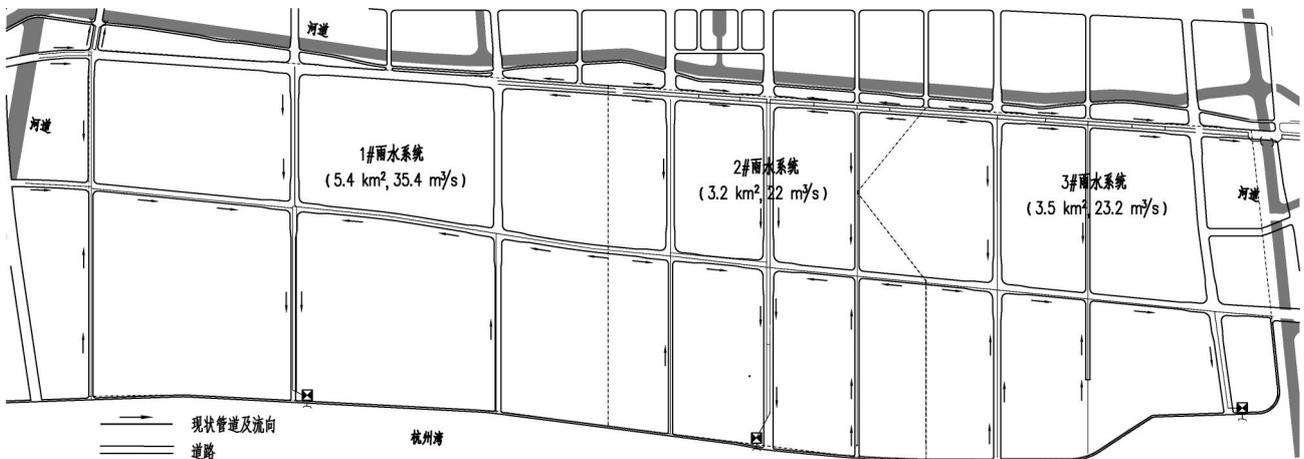


图 1 现状雨水系统分布

Fig. 1 Distribution of Existing Rainwater System

2 现状评估分析及技术路线

2.1 现状排水能力评估

区域排水系统体制为分流制,共有 1#、2#和 3#雨水强排系统(服务范围及泵站规模如图 1 所示),暴雨设计重现期为 1 年一遇,雨水经泵站提升后排

入杭州湾。采用 Infoworks ICM 模型,对区域 5 年一遇设计降雨工况下进行模型分析(图 2)。

模拟结果表明,该重装备工业区 1#、2#、3#雨水系统均无法满足规划径流系数条件下的 5 年一遇排水能力,积水路段约占 60%,平均积水深度约为

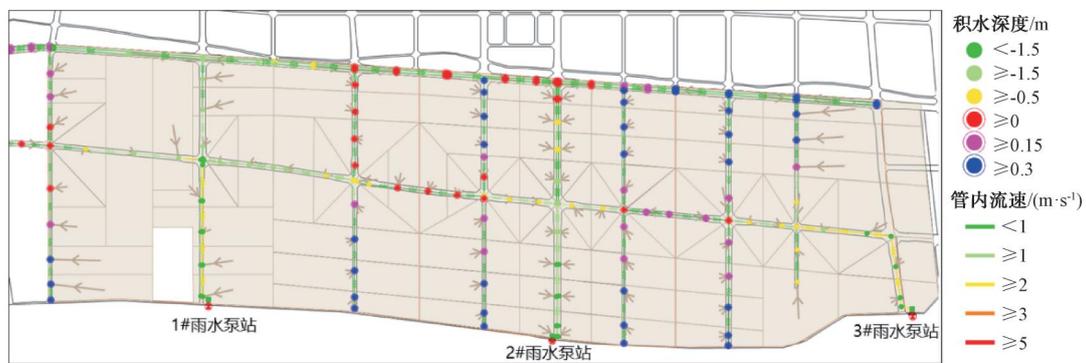


图 2 P=5 a 时现状雨水系统各路段雨水外溢情况

Fig. 2 Rainwater Overflow in Existing Rainwater Systems at P=5 a

0.25 cm, 平均积水时间约为 60 min。但由于地块建设处于逐步开发状态, 存在局部绿化、农田和河沟等, 有效降低了区域径流系数(现状综合径流系数分别为 0.55、0.60、0.53), 并起到了局部调蓄空间作用, 该区域近几年暂未发生全域重大内涝事件。然而, 随着近期地块逐步开发建设, 原本具有一定调蓄空间的绿地和河滨被硬化取代, 径流系数增大(规划综合径流系数分别为 0.66、0.68、0.68), 调蓄空间减少, 导致现状 1#雨水系统西南角、现状 2#雨水系统中东北角、现状 3#雨水系统中东北角等局部区域, 发生过内涝积水事件。亟需结合地块开发建设, 完善区域基础设施, 提升区域雨水强排系统的排水能力。

2.2 提标难点分析

该重装备工业区, 具有路网稀疏、硬化率高、地块大、车辆通行要求高等特点, 主要存在以下几个问题: 1) 区域内存在 3 个雨水强排系统(1 年一遇), 各系统均存在明显的排水能力不足和管网瓶颈段; 2) 存在汇水分区不明确、单个地块面积大(0.7~1.2 km²)、规划单元调整(取消了大量规划道路及其市政管网)等问题, 导致现状雨水系统收集系统存在较大缺陷; 3) 受限于区域内用地条件和重大公共管线, 并需尽可能地避免重点企业生命通道的管道改造, 以减少对现状企业运行的影响, 难以实现单系统或双系统提标; 4) 为减少对道路和现状排水的影响, 以及雨水管道的敷设和投资, 在现状排水管网能力和走向基础上, 需充分挖掘现状雨水泵站提标潜能, 减少新建雨水泵站规模和雨水管道等工程措施。

2.3 技术路线

已建雨水强排系统的联合提标改造涉及因素较多^[8], 主要有现状排水管网及泵站的建设和运行情况、各系统实际汇水范围、地形资料、地块开发及雨水出路、单元规划等, 以及区域内重要的燃气、电力、管廊等边界条件。以此为基础, 采用 Infoworks ICM 模型, 对现状排水系统进行评估, 进而确定现状排水管网系统的瓶颈段、泵站排水能力的缺陷容量等。结合区域雨水系统存在问题, 通过分析现状泵站原位扩容改造的可行性, 充分利用现状排水系统, 调整汇水分区, 辅以部分工程措施, 使得各雨水系统排水能力整体达标。具体技术路线如图 3 所示。

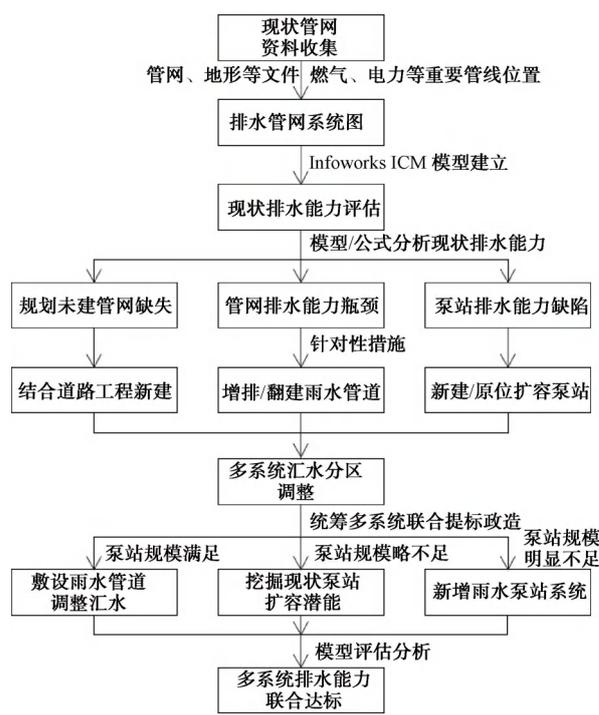


图 3 技术路线

Fig. 3 Technical Route

3 联合提标方案

3.1 技术要点分析

(1) 汇水分区, 按实调整

本次研究区域各雨水强排系统运行时间已超 15 年, 区域内地块雨水出路与原设计存在一定出入。尤其是区域地块单元调整后, 地块较大, 取消了大量规划道路及其市政管网(约 49%), 单个地块面积多集中在 0.7~1.2 km², 导致部分地块雨水无法穿越周边地块分散接入四周市政雨水管道, 而就近单侧排放。此外, 各系统边界汇水范围因地块开发建设时序和边界开发需求, 各地块排水路径复杂, 也会导致与原设计市政雨水管道汇水范围存在偏差^[2]。因此, 摸排和确定各系统地块汇水分区是整体提标改造的基础和关键。

(2) 现状管网, 少改造多利用

因该区域单元规划路网调整, 现状排水管网稀疏、次干管管径偏小、管网集水时间短、区域雨峰大, 系统管网瓶颈效应明显, 系统始端内涝风险大。经模型模拟分析, 调整汇水分区, 校核支管压力流排水能力, 解决雨水管道瓶颈点, 可有效减少管网改造。在系统划分后部分大口径雨水干管将作为调整后雨水系统的始端管道, 可充分利用该部分现状管

道作为调蓄空间,弥补周边偏小管径排水能力的不足,减少改造工程量。此外,管道提标改造应尽可能保留现状雨水管道作为道路雨水收集管,以减少新增雨水管道中设置的骑马井或检查井等工程^[9],并对现状管网进行检测修复,以提高现状雨水系统效能。

(3) 现状泵站,原位扩容

现状雨水泵站提升泵主要分为干式抽芯混流泵和湿式轴流泵。挖掘现状泵站原位扩容潜能,主要原则有:1) 现状进水总管是否满足系统提标要求,或者现状进水闸门井是否具备接入新增管道的空间;2) 现状提升泵基础(井筒)、集水池容积、泵组间距等是否满足泵组更换扩容要求;3) 提标扩容后的雨水排放口流速是否满足排放水体的相关要求,或者是否具备新增排放口的条件;4) 相关电气设备改造扩容是否具备建筑空间,且原则上不改变供电方式。以此尽可能地减少大规模土建改造,缩短施工周期,保障雨季排水安全,充分利用现状雨水泵站扩容潜能提升系统排水能力^[3]。

(4) 企业通道,低影响

本次研究对象位于重装备工业区,重型卡车较多,需在少改造多利用原则基础上,充分利用现状管道排水能力,采用局部增排、连通、系统平衡等多种相结合的方式提标改造。此外,根据现状道路和企业建设情况,结合道路红线宽度和管位资源,尽可能地避免企业生命通道的管道改造,以减少对现状企业运行的影响。

(5) 雨水系统,联合提标

各雨水强排系统处于同一区域,可优先考虑联合提标改造^[6-7]。现状雨水系统设计标准较低,无法满足区域排水能力要求。各系统单独提标会涉及大量管网翻排,并面临泵站扩容潜能不足而新建雨水泵站或调蓄池等问题,工程量大、周期长,难以保障施工期间雨水系统的运行安全。联合提标改造,可根据各系统中管网瓶颈段和泵站排水能力,采取部分工程建设,调整汇水分区,将各雨水系统的始端接入临近现状或新增雨水系统^[6],可有效降低工程投资和施工周期,并具备分批改造、逐步达标的条件。

3.2 联合提标总体方案

根据模型分析,结合各系统服务范围划分,1#、2#和3#现状雨水泵站总排水规模为 $80.6\text{ m}^3/\text{s}$,泵排规模无法满足区域5年一遇排水能力要求。此

外,根据该重装备工业区单元规划,结合地块开发/出让,以及现状道路和管网建设情况,因受限于地块开发、服务范围边界条件(东侧和南侧为海防大堤,西侧为特高压电力走廊,北侧为特高压液态燃气管和污水总管)等限制,区域内较难实施大规模的绿色调蓄设施和自排入河。此外,该区域位于重装备工业区,硬化率高、绿化面积小,大多属于已建区域,难以通过地块改造增加绿化或海绵来减小径流系数,降低径流总量^[6]。

因此,基于技术路线和要点分析,充分论证现状1#、2#、3#雨水泵站建设条件和改造可行性,以及现状管网排水能力,结合汇水分区的调整,总体考虑保留利用现状1#雨水泵站,原位扩容2#、3#雨水泵站,新建4#雨水泵站增加区域排水能力,并辅以相关管道工程的建设,将区域现状雨水系统的排水能力联合提标至5年一遇。

3.3 联合提标工程措施

结合各系统服务范围划分和总体方案,工程措施如下(图4)。

(1) 1#雨水系统提标工程方案

调整1#雨水系统服务面积由 5.4 km^2 缩减至 3.5 km^2 ,现状管网存在局部瓶颈段,泵站排水能力经服务范围缩小后可满足提标需求。通过增排沧海路(云水路-妙香路)雨水管道($\Phi 2400$)可解决该区域管网瓶颈问题,提升1#系统排水能力至5年一遇。

(2) 2#雨水系统提标工程方案

调整2#雨水系统服务范围面积由 3.2 km^2 缩减至 2.9 km^2 。现状管网存在局部瓶颈段、泵站排水能力不足等问题。通过增排沧海路(层林路-新元南路)雨水管道($\Phi 2700\sim\Phi 3000$)、倚天路(万水路-沧海路)雨水管道($\Phi 1350\sim\Phi 2400$),可解决该区域管网瓶颈问题。综合考虑现状雨水泵间距、布置条件,以及排海管过流能力等,通过局部土建改造、电力扩容、更换泵组等措施,泵排规模由 $22\text{ m}^3/\text{s}$ 原位提标至 $26.2\text{ m}^3/\text{s}$,可解决泵站排水能力不足问题,提升2#系统排水能力至5年一遇。

(3) 3#雨水系统提标工程方案

调整3#雨水系统服务范围,面积由 3.5 km^2 缩减至 2.7 km^2 。经系统服务范围调整后,现状管网不存在瓶颈段,但需结合周边地块开发实施拟建南芦公路(万水路-沧海路)雨水管道($\Phi 2400\sim$

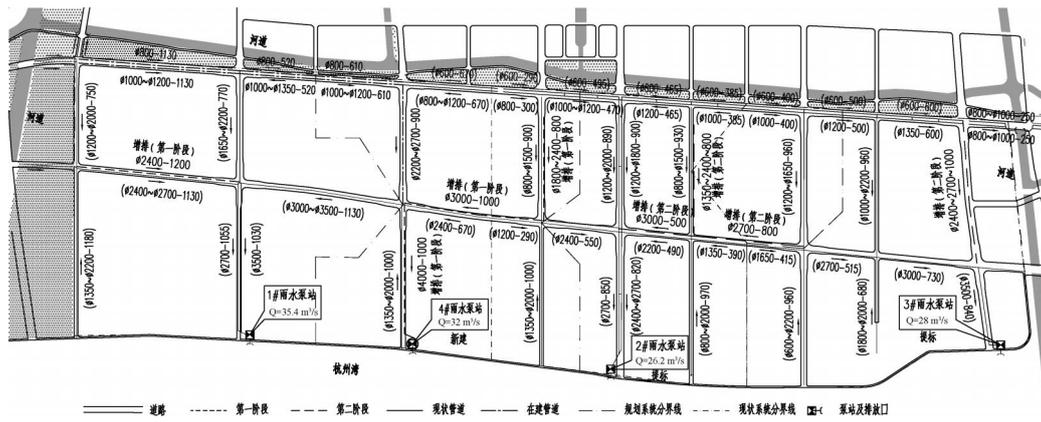


图4 提标改造各雨水系统规划

Fig. 4 Planning of Rainwater Systems for Upgrading and Reconstruction

Φ2700)。综合考虑现状雨水泵间距、布置条件,以及排水管过流能力等,通过局部土建改造、电力扩容、更换泵组等措施,泵排规模由 23.2 m³/s 原位提标至 28 m³/s,解决泵站排水能力不足问题,提升 3# 系统排水能力至 5 年一遇。

(4) 4#雨水系统提标工程方案

新建 4#雨水系统服务范围面积为 3.0 km²。充分利用现状雨水管道,新增玉宇路(沧海路-海堤路)雨水管道(Φ4000)系统总管,以及鸿音路(万水路-沧海路)雨水管道(Φ1800~Φ2400)、沧海路(鸿音路-玉宇路)雨水管道(Φ3000)等系统次干管。新建 4#雨水泵站,规模为 32 m³/s,雨水经泵站提升后排入杭州湾。通过新建 4#雨水泵站和局部管道的增排建设,新建 4#雨水系统形成“一站、一总、多支”的总体布局,提升该系统排水能力至 5 年一遇。

综上分析,充分挖掘现状雨水泵站提标潜能,辅以局部新建雨水泵站和雨水管道等工程措施,采用局部增排、连通、系统平衡等多模式结合的方式,可有效提升该区域各雨水系统满足 5 年一遇排水能力。

此外,考虑到该重装备工业区企业入驻率较高,具有路网稀疏、地块大、车辆通行要求高等特点,各系统联合提标可分为两个阶段实施。第一阶段实施现状 1#雨水系统提标改造和新建 4#雨水系统以提高整体区域排水能力,第二阶段实施现状 2#和 3#雨水系统提标改造,将该重装备工业区各雨水系统排水能力提升至 5 年一遇。经模型分析(图 5),第一阶段实施后,1#和 4#雨水系统可满足 5 年一遇排水能力要求。

现状 2#雨水系统部分服务范围划分至新建 4#

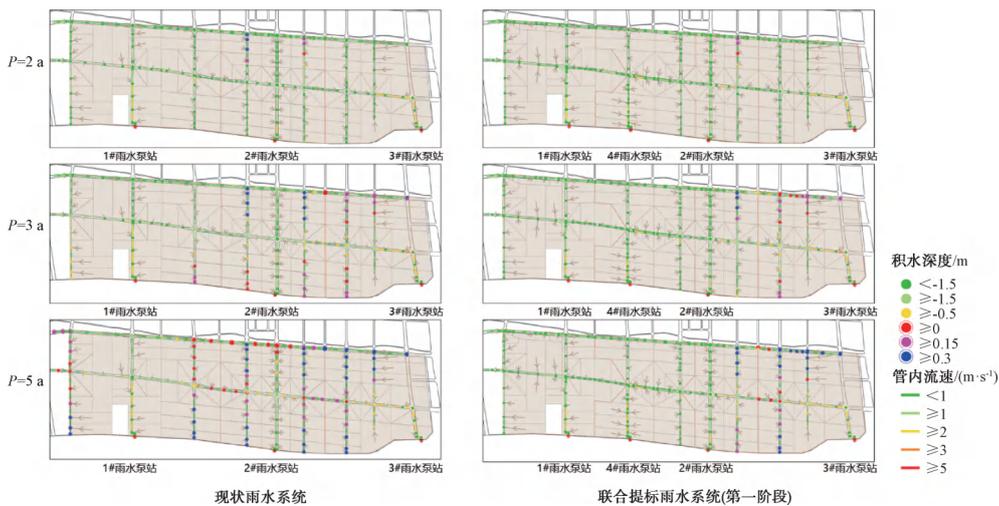


图5 P=2、3、5 a 时现状雨水系统和联合提标雨水系统(第一阶段)积水情况

Fig. 5 Waterlogging in Existing Rainwater System and Joint Upgrading Rainwater System (Phase I) at P=2, 3, 5 a

雨水系统,现状3#雨水系统因现状雨水系统间连通管作用部分雨水可以进入2#雨水系统。因此,2#和3#雨水系统虽无法达标,但总体高于现状雨水系统排水能力。该区域在 $P=2、3、5$ a 情况下,检查井溢水情况明显减少,有效保障区域排水安全,减少对周边企业运行的影响,可有序按需地开展第二阶段雨水系统联合提标改造。

4 结论

雨水强排系统的联合提标改造,需结合现状管网排水能力,充分挖掘现状雨水泵站原位扩容潜能,按实调整汇水分区,辅以相关管道增排或新建雨水泵站等措施,提标至5年一遇排水能力。此外,各雨水系统达标后,虽可满足相关上位规划要求,但由于原预留街坊管管径多为DN600~DN800,管径大多偏小,建议结合企业地块内部雨水提标方案和排放口位置,根据地块提标需求,按实际情况分段实施街坊管的翻建。本文结合重装备工业区雨水强排系统提标改造实际案例,揭示了各雨水系统联合提标的技术路线,明确了技术方案要点,有助于为区域雨水强排系统联合提标改造提供更多的选择方向。

参考文献

- [1] 李建勇. Infoworks ICM 在城市排水系统分析中的应用[J]. 中国给水排水, 2014, 30(8): 21-24.
LI J Y. Application of Infoworks ICM in analysis of urban drainage system[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(8): 21-24.
- [2] 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, 57(5): 1-6.
TANG J G. Upgrading and constructing ways of urban rainwater drainage system[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 57(5): 1-6.
- [3] 汉京超. 应用 InfoWorks ICM 软件优化排水系统提标方案[J]. 中国给水排水, 2014, 30(11): 34-38.
HAN J C. Optimization of upgrading schemes of drainage systems by InfoWorks ICM software[J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(11): 34-38.
- [4] 陶贤成. 排水模型在排水系统提标改造中的应用[J]. 净水技术, 2019, 38(s1): 364-367.
TAO X C. Application of drainage model on improvement and reconstruction of drainage system [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(s1): 364-367.
- [5] 梁飞鹏. 老城区雨水排水系统改造工程设计案例[J]. 净水技术, 2021, 40(1): 140-145, 154.
LIANG F P. An engineering design case of renovation of rainwater drainage system in old urban district [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(1): 140-145, 154.
- [6] 张显忠, 朱浩川, 时珍宝, 等. 典型排水系统提标改造方案分析与费用测算[J]. 中国市政工程, 2021(6): 38-41, 127.
ZHANG X Z, ZHU H C, SHI Z B, et al. Scheme analysis & cost calculation of upgrading & reconstruction of typical drainage system[J]. China Municipal Engineering, 2021(6): 38-41, 127.
- [7] 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(s2): 126-130.
YANG J B, SHI Z B, YAN H. Upgrading and reconstruction of rainwater drainage system of West Huajing and North Huajin [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(s2): 126-130.
- [8] 张芹藻, 张建频, 谭琼, 等. 上海已建多排水系统统筹提标改造方案研究[J]. 给水排水, 2014, 50(12): 21-25.
ZHANG Q Z, ZHANG J P, TAN Q, et al. upgrading plan of the existing drainage system in Shanghai City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2014, 50(12): 21-25.
- [9] 何黎. 基于 InfoWorks ICM-2D 耦合模型的上海某片区排水系统排水能力分析[J]. 中国市政工程, 2021(4): 36-40, 107.
HE L. Analysis of drainage capacity of drainage system in some area of Shanghai based on InfoWorks ICM-2D coupling model [J]. China Municipal Engineering, 2021(4): 36-40, 107.

(上接第 50 页)

- [91] 姚宏, 向鑫鑫, 薛宏慧, 等. 紫外光芬顿-膜分离耦合体系降解金霉素[J]. 中国环境科学, 2020, 40(4): 1577-1585.
YAO H, XIANG X X, XUE H H, et al. Study on degradation of chlortetracycline by photo-Fenton ceramic membrane coupling system [J]. China Environmental Science, 2020, 40(4): 1577-1585.
- [92] ZHANG Y Y, HE C, SHARMA V K, et al. A new reactor coupling heterogeneous Fenton-like catalytic oxidation with membrane separation for degradation of organic pollutants [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2011, 86(12): 1488-1494.
- [93] FAN D, DING L, HUANG H, et al. Fluidized-bed Fenton coupled with ceramic membrane separation for advanced treatment of flax wastewater [J]. Journal of Hazardous Materials, 2017, 340: 390-398. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2017.05.055.