

城市更新背景下老旧小区排水改造技术研究

——以上海某小区为例

贺小军

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 针对老旧小区改造中排水能力提升和面源污染控制两大改造难点,以上海市某老旧小区改造项目为例,提出了一种“量质双控”的改造方案。采用以“源头减排”为核心的综合性改造策略。在雨污分流上,对无法单独纳管的混流点选用以雨水为判别依据的雨污分流技术;在排水能力提升上,通过“边进边出、缓释控流排放”工艺及设施,滞蓄峰值径流,实现雨水径流峰值削减;在污染控制上,通过控制污染严重的初期径流,实现面源污染的削减。项目实施后,在6月27日和7月18日降雨情况下,排口处外排峰值流量削减率分别为68.46%和58.53%,同步有效解决改造前征询确认的强降雨易诱发小区积水隐患。

关键词: 源头减排;积水点改造;峰值削减;面源污染控制;排水能力提升;无动力延时调节

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2026)04-0280-06

Research on Drainage Reconstruction Technology for Old Residential Areas under Background of Urban Renewal

HE Xiaojun

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Aiming at the two major challenges in the reconstruction of old residential areas, such as enhancing drainage capacity and controlling non-point source pollution, taking a reconstruction project of an old residential area in Shanghai as an example, a “quantity and quality dual control” reconstruction scheme is proposed. A comprehensive reconstruction strategy centered on “source reduction” is adopted. For the separation of rainwater and sewage, a rainwater-based rainwater and sewage separation technology is selected for mixed flow points that cannot be separately connected to the pipe network. To enhance drainage capacity, the “inlet-outlet simultaneous operation, slow-release and flow-controlled discharge” process and facilities are used to detain and store peak runoff, realizing the reduction of rainwater runoff peak. In terms of pollution control, the reduction of non-point source pollution is achieved by controlling the initial runoff with severe pollution. After the implementation of the project, under the rainfall events on June 27th and July 18th, the reduction rates of the external discharge peak flow at the outlet were 68.46% and 58.53% respectively, simultaneously and effectively addressing the potential hazard of waterlogging in the residential area confirmed through consultation before the reconstruction due to heavy rainfall.

Keywords: source reduction; waterlogging point reconstruction; peak flow reduction; non-point source pollution control; drainage capacity enhancement; unpowered delay adjustment

0 引言

2024年7月,国务院印发了《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》(国发[2024]17号)^[1],文件明确要求实施城市更新和安全韧性提升行动。推进城镇老旧小区改造,因地制宜实施小区环境及配套设施改造建设;加强城市洪涝治理,

加快构建“源头减排、管网排放、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系,加强雨水管网和泵站建设改造,开展排涝通道系统整治,稳妥推进雨污分流改造和海绵城市建设。

老旧小区排水系统改造是城市更新行动的重要内容之一。由于建设年代较早,老旧小区排水系统建设标准普片偏低,老化、破损、淤堵等情况严重,同时雨污混错接进一步占用雨水通道,导致遭遇强降雨时,积水问题频现,为居民日常生活带来严重影响^[2-4]。

收稿日期: 2025-10-26

作者简介: 贺小军(1981—),男,学士,高级工程师,从事排水设计工作。

为城市更新背景下老旧小区改造后能切实有效的实现积水治理、兼顾削减面源污染,本文以上海某小区改造项目为例,从阶段积水问题和面源污染控制方案设计到项目实施,再到建成后实际监测效果等重点、难点环节进行全面分析,以期同类项目提供实践范本。

1 工程概况

上海市位于长江三角洲的最东部,属北亚热带季风气候,年降水量 1 414.2 mm、蒸发量 967.8 mm (2024 年上海统计年鉴),具有地下水位高、土地利用率高、不透水面积比例高和土壤入渗率低的特点。研究小区位于上海市杨浦区江湾片区,建成于 20 世纪 80 年代中期,隶属于曾经的“大上海计划”规划区域,属于典型的老旧小区。

小区总占地面积 12 198 m²,综合径流系数 0.66,内部下垫面可分 3 类,分别为建筑屋面、道路铺装和绿地,其中建筑屋面投影面积 3 699 m²、道路铺装 5 120 m²、绿地 3 379 m²、绿地率 27.7%。区域共有 2 个排水出口,位置如图 1 所示,排入区域周边市政道路排水系统,区域内部现状排水体制为合流制,未经过雨污分流改造。



图1 研究区域示意图

2 存在问题

区域建成至今已近 40 年,由于建设年代久且经项目前期征询,该小区暴雨天积水问题突出。

2.1 排水管网建设标准偏低

根据上位规划要求,小区雨水管渠排水能力应不小于 5 年一遇标准,但经初步排查核算,小区内部除雨水口连管及部分起端支管外均低于 5 年一遇标准,排水管渠达标率约为 43.73%;小区现状外排市政总管处管径过小排水能力不足 1 年一遇,导致排水

系统整体排水能力不足 1 年一遇。强降雨时雨水径流超过雨水管渠排泄流量,路面积水不能及时通过雨水管渠排除,雨水沿路面坡向一路向低点漫流,最终造成路面积水。如图 2 所示为某场暴雨后现场积水情况。



(a) 小区某楼栋前积水

(b) 小区某主干道积水

图2 暴雨小区现场积水照片

2.2 管渠老化破损严重

由于日常缺乏有效的维护管养且年久失修,区域内 CCTV 报告显示管道缺陷严重,如图 3 所示截取管道老化破损严重,局部管网淤积严重的 CCTV 图像,管道缺陷将进一步降低了整体排水能力。经排查小区内共发现 27 处管道缺陷,其中 7 处 1 级缺陷、12 处 2 级缺陷、5 处 3 级缺陷、3 处 4 级缺陷。



(a) CCTV 缺陷照片截取

(b) CCTV 缺陷照片截取

图3 管道老化破损、淤积等 CCTV 图像

2.3 竖向设计不合理

由于小区开发建设时尚未出现海绵城市建设理念,小区内绿地设计高程大多高于道路,各类下垫面产生的雨水径流均直接汇入排水系统,降雨时绿地无法发挥其渗透、滞蓄雨水的作用。

2.4 外界排水系统排水能力不足

小区周边的市政排水系统同样因建设年代较早存在排水能力偏低的问题,经系统评估,小区外部排水系统排水标准仅为 1 年一遇,远低于规划、标准要求的 5 年一遇排水能力。

3 更新改造策略与方案

3.1 改造目标

小区位于上海市主城区——杨浦区,根据相关标准要求雨水管渠排水能力应不低于 5 年一遇^[5];同时,根据《上海市杨浦区海绵城市建设规划(2018—2035)》要求,确定年径流总量控制率不低于 70%(对

应设计降雨量 18.7 mm), 年径流污染控制率不低于 50%, 雨污混接改造率 100%。

3.2 改造难点分析

3.2.1 雨污分流改造难点

部分建筑混流立管因空间受限、施工难度大成本高、居民协调困难等原因, 导致无法单独纳管分流。

小区内污染严重的垃圾厢房初期雨水和冲洗废水无法使用两路管道将其与中后期雨水径流分流后单独处理排放。基于此, 如何对无法单独立管的混流管进行分流、如何将垃圾厢房初期雨水和冲洗废水与相对洁净的中后期雨水分流排放成为本项目雨污分流改造的难点。

3.2.2 排水能力提升难点

由于小区外部市政主管网埋深较浅, 加之小区内部其他管线错综复杂, 导致总排口处排水管管径可放大幅度受限, 难以通过简单扩大管径的方式来让小区内部的排水管渠排水能力提升至 5 年一遇的目标。就现状而言, 小区两个总排口处管径最大均仅能扩大至 DN400, 扩大管径后排水能力仅能提升至约 1.5 年一遇水平。

同时, 由于小区外部市政排水系统只有 1 年一遇排水能力, 即使能通过扩大管径将小区内排水系统排水能力提升至 5 年一遇, 在遭遇 5 年一遇降雨时, 小区外排雨水的径流峰值也将超过 1 年一遇降雨对应的峰值, 这不符合“对于排水标准仅为 1 年一遇的排水系统, 地块雨水外排量的径流峰值应不超过 1 年一遇降雨对应的径流峰值^[6]”这一规定。

基于此, 采用何种技术手段实现小区内排水系统排水能力达到 5 年一遇, 又要确保小区在 5 年一遇降雨下外排峰值流量不超过 1 年一遇降雨对应的径流峰值成为了本项目排水能力提升需要解决的重点问题。

3.3 改造策略

3.3.1 雨污分流改造

本项目中对建筑混流立管主要采用单独纳管的方式进行分流改造, 对于无法单独纳管分流的混流立管, 采用雨污分流技术进行分流改造。同时小区垃圾房同样采用雨污分流技术将初期雨水径流和冲洗废水分流至污水系统, 相对洁净的中后期雨水分流至雨水系统。

目前常见的雨污分流技术主要有两类, 一类是通过流量大小作为判排依据的雨污分流技术; 另一

类是通过纯雨水作为判别依据的雨污分流技术。由于降雨的不规律性和住户排水的不确定性, 以流量大小作为判别依据的流量值无法准确确定, 故常常会发生误判的情况, 难以实现精准的雨污分流; 而以雨水作为判别依据的雨污分流技术, 在降雨时少量的初期雨水弃流后关闭污水口, 能更为精准的实现雨污水的分流。综上, 本项目采用了“上海市建设领域“十四五”重点推广技术中”推荐的以纯雨水作为判别依据的“无动力智能雨污分流技术”。

3.3.2 排水能力提升

从前述的改造难点分析中可知, 小区应在 5 年一遇降雨下外排峰值流量不超过 1 年一遇降雨对应的径流峰值。实现此目标的方式有 2 种, 一为建设源头减排设施, 从源头削减进入排水管渠的径流流量, 让外排流量整体降低; 另一为扩建小区内管渠至 5 年一遇排水能力, 同时在末端设置调蓄池, 削减外排流量峰值。但由于小区末端排水管渠最大仅能扩大至 1.5 年一遇排水能力, 末端调蓄池只能减轻出水口下游系统的负荷^[7], 无法提升其上游管渠的排水能力, 故采用小区排水出口末端设置调蓄池的方式不可行。因此, 本项目拟采用源头减排的方式实现排水能力不低于 5 年一遇的目标。

上海市地方标准中对用于雨水管渠提标削峰的雨水调蓄设施给出了相应的设计计算^[8], 其根据设计要求, 通过比较设施上下游的流量过程线, 来计算设施所需要的有效调蓄容积, 计算公式见式(1):

$$V = \int_0^T [Q_i(t) - Q_0(t)] dt \quad (1)$$

式中: V 为调蓄量或雨水调蓄设施有效容积, m^3 ; Q_i 为雨水调蓄设施上游设计流量, m^3/s ; Q_0 为雨水调蓄设施下游设计流量, m^3/s ; T 为设计降雨过程中的总持续时间, s (一般取 3 600 s)。

当缺乏上下游流量过程线资料时, 可采用脱过系数法, 按下式计算:

$$V = 60 \cdot \left[- \left(\frac{0.65}{n^{1.2}} + \frac{b}{t} \cdot \frac{0.5}{n + 0.2} + 1.10 \right) \cdot \lg(\alpha + 0.3) + \frac{0.215}{n^{0.15}} \right] \cdot Q_i t \quad (2)$$

式中: V 为调蓄量或雨水调蓄设施有效容积, m^3 ; b 为上海市暴雨强度公式参数, 取值为 7.0; n 为上海市暴雨强度公式参数, 取值为 0.656; α 为脱过系数, 取值为雨水调蓄设施下游和上游设计流量之比; t 为设计降雨历时, $\min$; Q_i 为雨水调蓄设施上游设计流量, m^3/s 。

从上述公式可以看出,用于雨水管渠提标削峰的雨水调蓄设施采用的是脱过法,即边进边出、控流排放的方法。式(1)中,设施上游流量过程线根据雨水管渠设计重现期计算确定,本项目雨水管渠设计重现期目标为5年,即上游流量过程线即为5年一遇降雨下的产流过程线。下游的流量过程线根据调蓄设施下游系统受纳能力确定,为设施出流流量过程,例如本项目小区外部市政管网为1年一遇,故源头减排设施在5年一遇降雨下出流流量过程原则不得超过1年一遇时的设计流量。若实现可有效缓解附近市政管网排水负担。

3.3.3 径流污染控制

相关研究表明,城镇径流存在明显的初期冲刷作用。当屋面的弃流量为2~3 mm时,即可控制整场降雨60%以上的径流污染负荷;路面的情况更为复杂,数据变化幅度更大,但一般弃流量为6~8 mm可控制约60%以上的污染量^[9]。本项目年径流污染控制目标为不低于50%,若以有效控制初期雨水径流中污染物总量来实现年径流污染控制目标,则需要设施污染物去除率不小于83.5%(初期雨水污染负荷按整场降雨总污染负荷的60%计)。

雨水径流中SS以 $\leq 250 \mu\text{m}$ 的为主^[10],且沉淀性能良好,李俊奇等人对雨水径流的沉淀实验研究成果,沉淀120 min,浊度的去除率可达35%~90%,静沉480 min后,浊度的去除率可达50%~95%^[11];张梦等人对上海市地表径流沉降特性的研究中也表明,径流中SS的2h沉降去除率高达58%~88%^[12]。

本项目拟通过延时沉淀工艺控制道路6 mm、建筑3 mm初期雨水径流,以实现年径流污染控制率目标。

3.4 实施方案

本项目拟通过雨污分流改造、破损管道修复、淤堵管道清淤等手段恢复及保障小区内管道最佳排水能力;同时在源头分散设置源头减排设施,通过设施消纳、滞蓄、净化雨水径流,实现雨水径流的污染控制和峰值控制,提升管网综合排水能力。改造思路示意图如图4所示。

3.4.1 雨污分流及管道修复、清淤

将小区内原状态良好的合流管道改为污水管道,新建雨水管道;原无法再利用的管道,将其移除,新建雨、污水管道。

原建筑混流立管改作污水管接入污水系统,原雨水斗抬升用作伸顶通气,新增雨水立管,接至雨水

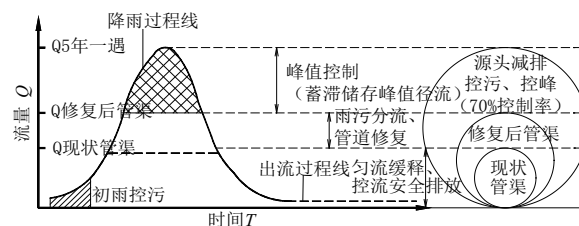


图4 改造思路示意图

系统;无法新增雨水立管处,断接混流立管,采用智能雨污分流技术分流。

垃圾厢房处建设收水横截沟并采用智能雨污分流技术,将初期雨水和冲洗废水分流。

对破损、淤堵的管道进行修复更换,恢复管渠排水能力。

3.4.1 源头减排

因地制宜选择源头减排技术。从小区的现实情况和问题出发,科学规划布局,选用适当的设施和工艺合理设计。如图5所示,采用分质分段工艺设置源头减排系统。对地表径流水质特征进行水质和时段上的区分,针对不同水质和时段的径流采用具有不同技术优势的设施进行有效控制,共同实现雨水径流的量质双控。污染较重的建筑屋面及道路初期径流收集、净化处理,降雨结束后有序排放;中后期径流通过源头匀流缓释、控流排放,削减径流峰值流量,进一步协同提升管网排水能力,增强排水韧性、缓解小区积水问题^[13-14]。选用低运维、低影响的源头减排设施。选用设施满足老旧小区使用条件和维护管理能力,应具有易维护、低运维、无动力驱动、自动运行能力。同时优先选用绿色低碳的装配式施工方式和设施,缩短施工工期,降低施工对小区居民的影响。

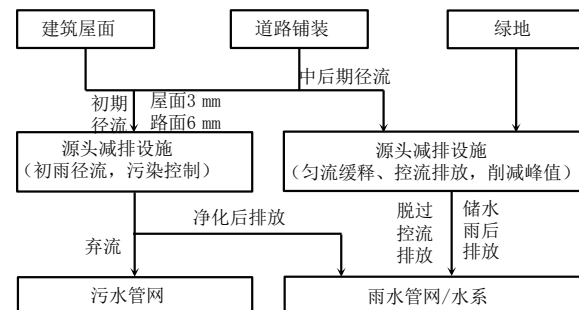


图5 源头减排技术路线图

根据容积法计算可得到本项目至少需要设置149.7 m³有效调蓄容积的源头减排设施,其中用于控制初期雨水径流污染的源头减排设施41.9 m³,用于管渠提标削峰的源头减排设施107.8 m³。

本项目用于控制初期雨水径流污染的源头减排

设施选用地面上装配式延时调节设施和地下装配式延时调节设施,其中地上装配式延时调节设施用于控制建筑屋面3 mm初期雨水径流,地下装配式延时调节设施用于控制道路铺装6 mm初期雨水径流。该类设施能有效延长雨水在设施中的停留时间,提升污染去除效果,同时模块化、装配式的施工方式缩短建设工期、提高了施工质量、减轻对小区居民的影响。经实测,SS去除率可达85%~90%,使用后能够实现本项目年径流污染控制率不低于50%的目标。

本项目用于管渠提标削峰的源头减排设施选用装配式生物滞留设施,其利用无动力延时技术对传统生物滞留设施的主要功能和结构进行标准化、模块化改造,能有效控制渗滤速度,实现出水的匀流缓释和控流排放,极大地增强了设施的峰值控制效果。考虑到老旧小区维护管养等相对落后,管网内淤积等情况不可避免,同时设计时末端管渠较之源头处管渠管渠内流行时间取值更大,故设施控流排放流量设定为1年重现期设计流量的70%,预留一定的冗余量,确保排水安全。

4 实施后排水能力提升效果模拟

采用SWMMH模型模拟本项目实施后的效果,采用上海现行暴雨强度公式,雨型选用芝加哥雨型,降雨历时1 h,雨峰位置系数0.405^[15],具体见式(1):

$$q = \frac{1600(1 + 0.846 \lg P)}{(t + 7.0)^{0.656}} \quad (1)$$

式中: q 为设计暴雨强度, $L/(hm^2 \cdot s)$; t 为降雨历时,min; P 为设计重现期,年。

4.1 实施后排水能力提升效果模拟

分别模拟改造实施前1年一遇降雨和实施后5年一遇降雨下小区末端排口处外排流量过程,如图6模拟结果所示,小区两个排口外排流量峰值均小于改造实施前1年一遇降雨下外排峰值流量,说明通过源头减排措施实施改造后,小区综合排水能力可达到不低于5年一遇标准。

4.2 远期改造方案

根据《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035)》中相关要求,至2035年全市成雨水系统基本要达到3~5年一遇排水能力,杨浦区属于主城区,排水能力应不低于5年一遇。

本项目当前由于各方面因素限制,小区总排出口段管渠仅能达到1.5年一遇排水能力,同时外部市政管网排水能力也只有1年一遇。当远期外部市政

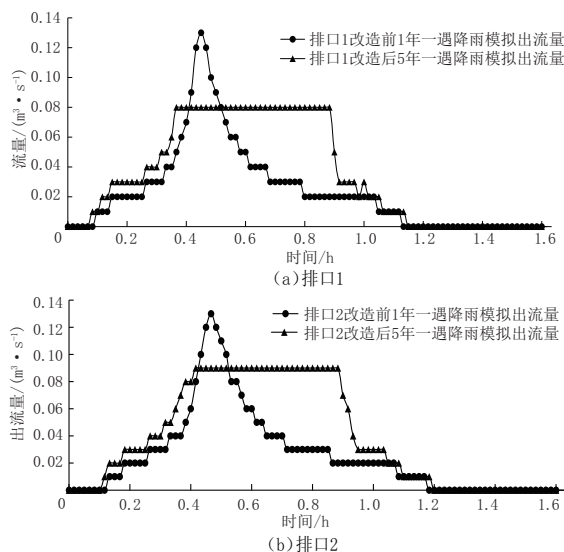


图6 SWMMH模型模拟各排口改造前1年一遇降雨及改造后5年一遇降雨时外排流量过程对比图

管网改造更新达到5年一遇排水能力时,可对小区总排口处局部管渠扩径升级至5年一遇排水标准;远期升级后,如图7所示,在结合现阶段所建设的量质双控源头减排系统共同作用下,可将排水能力进一步提升至约15年一遇降雨水平。

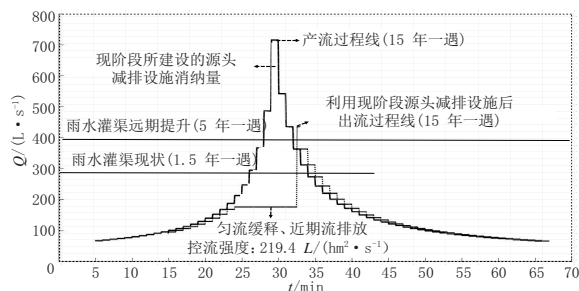


图7 远期排水能力升级后15年一遇降雨时小区外排流量过程

5 实测排水能力提升效果

本项目改造后于小区排口2处设置流量监测装置,由于改造前没有流量监测装置,故通过SWMMH模拟同样降雨强度下改造前排口2流量与改造后排口2实测流量对比排水能力。

通过对2025年6月27日与7月18日两场降雨实测排口2流量数据与模拟排口2同样降雨下改造前流量过程对比,如图8和图9所示:6月27日降雨时长3 h、总降雨量91 mm,接近大暴雨级别。排口2外排峰值流量削减率高达68.46%;7月18日降雨时长25 min、总降雨量17.5 mm,达到短时暴雨标准,排口2外排峰值流量削减率高达58.53%。

同时SWMMH模拟结果显示,在6月27日同等降雨强度下,改造前小区内局部3处管段出现超载,3处局部节点出现积水,与改造前征询居民得到的暴

雨常出现积水问题符合。但通过排水改造后,两场降雨小区内均未发生任何积水现象,说明本方案改造源头减排建设显著提升了小区内部管渠排水能力。

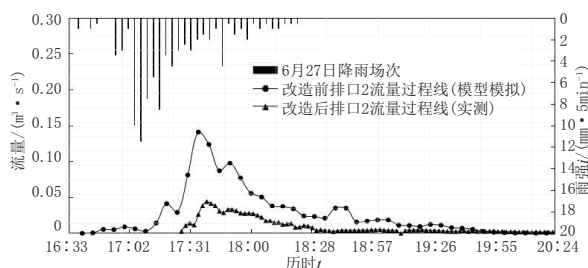


图8 2025年6月27日降雨发生时排口2实测改造后流量与改造前模拟流量过程线对比图

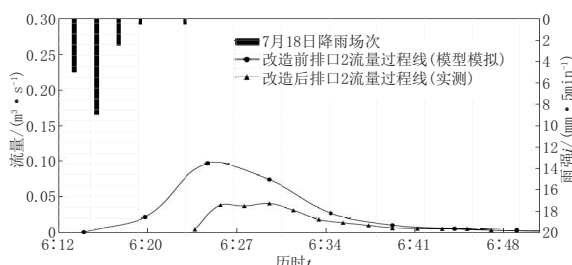


图9 2025年7月18日降雨发生时排口2实测改造后流量与改造前模拟流量过程线对比图

6 结 语

老旧小区改造作为城市更新行动的重点任务之一,因其建设年代久远,排水系统排水能力提升往往受到多方面条件的限制,难以通过传统扩大管径的方式实现排水能力提升。

(1)本文以上海某老旧小区为例,通过源头减排项目建设综合实现雨水径流的“量质双控”。

(2)其主要方案为采用“分质分段”的设计原则,在源头采用“延时沉淀”工艺控制初期径流污染,实

现面源污染的有效控制,同时在源头采用“边进边出、缓释控流排放”工艺滞蓄峰值径流,实现雨水径流峰值控制效果。

(3)该小区通过源头减排建设后,在2025年6月27日与7月18日的两场短历时暴雨下,小区内部均为出现积水现象,通过排口2实测数据与模型模拟数据对比,两场降雨下排口2处峰值削减率分别为68.46%和58.53%。

参考文献:

- [1] 尚照辉. 国务院印发《深入实施以人为本的新型城镇化战略五年行动计划》[J]. 乡村科技, 2024, 15(15): 1-2.
- [2] 朱森. 老小区雨污分流设计要点论述[J]. 给水排水, 2021, 57(增刊1): 316-319.
- [3] 吴江涛, 秦晓梅, 胡颖慧, 等. 老旧小区室外给排水管网提升改造设计分析[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(增刊2): 168-171.
- [4] 高小平. 老城区雨污分流改造工程的对策与思考[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 16-21.
- [5] DG/TJ 08-2298—2019 海绵城市建设技术标准[S].
- [6] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 关于印发《海绵城市建设系统方案编制大纲》的通知[EB/OL]. (2025-02-19). <https://zjw.sh.gov.cn/jsgl/20250325/06c05d117cfa4585836a138dfbc277cf.html>.
- [7] 许文斌, 李益飞, 吴雪军, 等. 海绵设施的径流峰值控制贡献及调蓄溶剂计算方法[J]. 中国给水排水, 2022, 38(19): 120-125.
- [8] DG/TJ08-2432—2023 雨水调蓄设施技术标准[S].
- [9] GB51174—2017 城镇雨水调蓄工程技术规范[S].
- [10] 朱伟, 边博, 李磊. 镇江城市径流颗粒粒径分布及其与污染物的关系[J]. 环境科学学报, 2008, 28(4): 764-771.
- [11] 李俊奇, 车伍, 刘燕, 等. 城市雨水沉淀特性及其颗粒分布研究[J]. 中国给水排水, 2004, 20(3): 43-46.
- [12] 张梦, 李田. 上海市排水系统雨天出流及地表径流沉降特性初探[J]. 环境污染与防治, 2007, 29(9): 668-670.
- [13] 王建龙, 涂楠楠, 席广朋, 等. 已建小区海绵化改造途径探讨[J]. 中国给水排水, 2017, 33(18): 1-8.
- [14] GB55014—2021 园林绿化工程项目规范[S].
- [15] DB31/T1043—2017 暴雨强度公式与设计雨型标准[S].