

供排水监测设施运行管理与业务实践

魏锦程, 王真臻, 吴爽, 等. 系统化全域建设背景下平原河网地区海绵城市监测体系构建[J]. 净水技术, 2024, 43(8): 140–145, 153.

WEI J C, WANG Z Z, WU S, et al. Construction of sponge city monitoring system in plain rivernet area under the background of systematic global construction[J]. Water Purification Technology, 2024, 43(8): 140–145, 153.

系统化全域建设背景下平原河网地区海绵城市监测体系构建

魏锦程^{1,2}, 王真臻^{1,2,*}, 吴爽^{1,2}, 程小文^{1,2}, 赵亚君^{1,2}, 熊子卿^{1,2}

(1. 住房和城乡建设部饮用水安全保障工程技术创新中心, 北京 100044; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)

摘要 在系统化全域海绵城市建设背景下, 为支撑平原河网地区海绵城市建设成效评价, 应建立以典型片区为核心的系统化全域监测体系。针对平原河网地区排水系统特征与海绵城市监测难点, 研究了根据空间布局、下垫面特征、地形、水系特征、海绵城市建设情况等因素确定典型片区数量、位置、边界等关键信息的方法, 提出了片区内“本底特征、源头减排、过程控制和系统治理”系统化监测体系的构建方法。以宿迁市为例, 介绍了海绵城市建设概况、典型片区选取方案与依据, 并制定了2个典型片区系统化监测体系的构建方案, 该方案有效支撑了宿迁市各层级海绵城市建设成效评价。

关键词 系统化全域 海绵城市 监测体系 平原河网 典型片区

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2024)08-0140-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.08.019

Construction of Sponge City Monitoring System in Plain Rivernet Area under the Background of Systematic Global Construction

WEI Jincheng^{1,2}, WANG Zhenzhen^{1,2,*}, WU Shuang^{1,2}, CHENG Xiaowen^{1,2}, ZHAO Yajun^{1,2}, XIONG Ziqing^{1,2}

(1. Engineering Technology Innovation Center for Drinking Water Safety and Security, Ministry of Housing and Urban-Rural Development, Beijing 100044, China;

2. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China)

Abstract In the context of systematic and global sponge city construction, in order to support the evaluation of the effectiveness of sponge city construction in plain river network areas, a systematic and comprehensive monitoring system with typical areas as the core should be established. A method for determining key information such as the number, location, and boundaries of typical areas based on factors such as spatial layout, underlying surface characteristics, terrain, water system characteristics, and sponge city construction was studied in response to the characteristics of drainage systems in plain river network areas and difficulties in monitoring sponge cities. A systematic monitoring system for "background characteristics, source emission reduction, process control, and systematic governance" within the area was proposed. Taking Suqian City as an example, this paper introduced the overview of sponge city construction, the selection plan and basis of typical areas, and formulates the construction plan of two systematic monitoring systems for typical areas. This plan effectively supports the evaluation of the effectiveness of sponge city construction at all levels in Suqian City.

Keywords systematic and global sponge city monitoring system plain rivernet typical area

[收稿日期] 2024-05-03

[基金项目] 国家重点研发计划项目: 黄河流域污染源数据库与风险源分布热点图(2021YFC3200802)

[作者简介] 魏锦程(1983—), 男, 博士, 研究方向为市政给排水工程规划, E-mail: weijc@caupd.com。

[通信作者] 王真臻, 硕士, 城市规划师, 主要从事生态城市、韧性城市、饮用水安全保障等研究工作, E-mail: 349004128@qq.com。

海绵城市监测是指导海绵城市规划、设计、建设、运行和管理的重要手段,可以为海绵城市规划设计与运维管理提供基础数据,为城市海绵绩效评价提供基础数据和量化指标,还可以为城市排水相关的管控平台提供基础数据,并为城市内涝预警应急与排水防涝设施运行调度提供数据支撑^[1-2]。

研究者针对海绵城市监测开展了一系列研究与实践。现有研究主要是针对某一试点区内的典型排水分区监测,或是针对某一海绵项目或设施的监测。Leng 等^[3]以苏州典型平原河网区的某一典型片区为例,通过建立水量水质综合评价模型对比了不同海绵城市建设方案的效果,但未构建不同层级的监测体系。王燕等^[4]以镇江市海绵城市试点区为例,构建了由降雨、下垫面、海绵设施、项目地块、排水分区、河湖、流域监测等组成的多层次有机嵌套海绵城市监测对象体系。洪德松^[5]以深圳市龙岗区面积为 4.9 km² 的某片区为研究对象,在片区、项目和水环境监测的基础上构建区域评估模型,对海绵城市建设效果进行量化考核评估。李萌等^[6]针对宁波市海绵城市试点区,从整体考核、排水分区考核、典型项目效果分析和典型设施效果分析方面对海绵城市在雨水径流水量的控制效果进行了监测和综合评价。还有研究者^[7-8]分别针对小区和学校类海绵项目的监测开展了研究。

在系统化全域海绵城市建设背景下,海绵城市建设范围由试点区拓展到全市范围,如何科学合理制定监测方案是研究者面临的新的挑战。同时,针对平原河网地区独特的排水系统特征,海绵城市监测研究和实践报道较少。本文通过典型监测片区选取、系统化监测方案构建等方面的方法研究和实践,为其他城市尤其是平原河网地区的海绵城市监测提供借鉴。

1 平原河网地区特点与监测难点

1.1 平原河网地区排水系统特点

平原河网地区位于我国东部,为冲积平原。该区域河网密布、纵横交错且地势平坦,河道流向受周边骨干水系水位的影响,存在不确定性。平原河网地区通常利用骨干河道的防洪堤进行圈圩筑堤,并设置水闸、泵站,以外御洪水、内除涝水,从而形成封闭的防洪排涝保护区域^[9]。因此,相较于地形存在一定起伏的城市或北方平原城市而言,平原河网地

区的河道难以划定清晰的汇水范围边界。平原河网地区在进行海绵城市建设或者排水防涝方案制定的过程中,通常以整个圩区或者治涝片区作为一个独立的排水单元,面积通常为几十甚至上百平方千米。同时,由于河道密度高、雨水管网排水路径短,单个排水子分区面积小,仅为几公顷或者几十公顷,因此,单位面积内的排口数量远高于非平原河网地区。

1.2 监测方案编制难点

根据《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)^[10]的要求,海绵城市建设评价应对典型项目、管网、城市水体等进行监测。同时,为支撑利用模型对排水分区年径流总量控制率开展的评价,应选择至少 1 个典型的排水分区,在市政管网末端排放口及上游关键节点处设置流量计,与分区内的监测项目同步进行连续自动监测。

在系统化全域海绵城市建设背景下,平原河网地区相较于其他地区,监测方案制定的最大独特性也是难点在于典型排水分区的选取。一方面是要突出典型性。海绵城市建设在城市建成区全面开展,从控制成本的角度出发,监测方案无法覆盖所有的海绵城市建设区域,应在建成区范围内选择一定数量的具有代表性的典型排水分区,并以典型排水分区为核心进行监测。因此,如何结合平原水网排水系统的特征和海绵城市建设情况,确定具有代表性的排水分区的数量、空间位置,就成为制定监测方案的首要问题,也是最重要的问题。另一方面是具备科学性和合理性。在平原河网地区的排涝片区或圩区内,排水系统通常没有明确边界。如果按照水系的汇水范围,难以划定独立且汇水边界清晰的排水分区;如果按照雨水管网的汇水范围划定,河网密布导致排水管网的排口众多,单个排口对应的子排水分区过小。因此,单个典型排水分区的面积确定与边界的划定也存在一定难度。

2 监测体系构建方法

2.1 典型片区选取

根据全域海绵城市建设和评价的要求、平原水网地区排水系统特征以及宿州市海绵城市监测的实践经验,海绵城市监测的典型排水分区可以采用典型片区作为替代方案,一个典型片区可以包括多个面积较小的子排水分区,并对多个子排水分区同步开展监测。

对于平原水网地区典型监测片区的选择,主要分为两步。第一步是确定典型片区的数量和空间位置,主要从以下 7 个方面考虑:一是要空间分布均衡,覆盖主要排涝分区;二是应位于海绵达标区内,重点结合特色示范片区;三是地形和水系分布特征上要有典型性;四是兼顾新老城区、新建与改造项目,以及不同的用地类型;五是片区内海绵城市源头项目覆盖度较高且已基本完工,监测条件较好;六是片区下游的排水受纳水体要具有典型性,比如水质较差有待提升或是水质较好但敏感性较高;七是不应选择河道水位顶托作用严重,影响排口监测的区域。第二步是明确单个片区的具体边界,主要从以下两个方面考虑:一是为了将监测点位数量控制在合理范围内,单个典型监测片区的面积不宜过大,一般以 $2 \sim 3 \text{ km}^2$ 为宜,排口和关键节点数量不宜过多,监测成本可以承受;二是片区内的子排水分区边界以及雨水管网上下游结构较为清晰,不存在严重缺陷或混错接等问题。

2.2 片区监测体系构建

确定典型片区的范围后,要梳理片区内各个子排水分区内源头-管网-排口对应关系,明确划定各个子排水分区的范围。针对重点的子排水分区,按照“本底特征-源头减排-过程控制-系统治理”4 个方面构建完整的监测体系。本底特征监测是对产汇流过程的背景和本底条件的监测,包括降雨监测和下垫面监测。为消除降雨在空间上的差异对监测结果的影响,提高降雨监测数据的准确性,在每个典型片区内应分别设置一个降雨监测点位。源头减排监测是在径流排入市政管网前,监测地块范围内的径流量和污染物控制情况,包括典型设施与典型项目监测。过程控制监测是针对径流在市政管网内排放过程的监测,内容包括针对雨水管网的监测和易积水区域的监测。管网监测又包括管网关键节点监测和排口监测。系统治理监测则是考察海绵城市建设对受纳水体影响的监测,监测内容包括受纳水体的水质和水位变化。水质监测点位包括黑臭水体和水质较好的水环境敏感水体。

监测对象的选择要遵循典型性、集中性、系统性和适宜性的原则。典型性是指所选择的监测对象可以代表该城市海绵城市建设特征,并兼顾各种项目和设施类型;集中性是指项目、设施和下垫面优先在典型片区内选择,兼顾其他达标片区;系统性是指设

施、下垫面选择与海绵项目、管网关键节点、排口与水系监测相匹配,具备“产汇流-管网输送-水体排放”的上下游关系;适宜性是指监测对象的选择规模适当、汇水边界清晰、进出口明确并具备监测条件。

3 宿迁市海绵城市监测

3.1 海绵城市建设概况

宿迁市位于江苏省北部腹地,横跨淮河、沂沭泗水系,北依骆马湖、南临洪泽湖。中心城区建成区面积为 131 km^2 ,地势平坦,多数区域高差仅 $15 \sim 25 \text{ m}$,常住人口约为 100 万人。宿迁市中心城区水系发达、河网密布,中运河、黄河故道穿城而过,西民便河、总六塘河等 50 余条河流遍布城区,河网密度超过 1 km/km^2 ,是典型的苏北水乡平原。宿迁市多年平均降雨量为 907.6 mm ,雨量年际变化较大,年内分布也不均匀,主要集中在夏秋两季,汛期 5 月—9 月降雨量约占全年降雨量的 74.4%。宿迁市中心城区土壤类型以黄河故道南北两侧冲积平原的黄泛冲积物为主,中心城区土壤渗透系数为 $0.019 \sim 0.052 \text{ m/h}$,整体渗透性能较差。

根据宿迁市中心城区地形、水系布局、现状排水体系、外排出路以及涝灾成因等因素,以中运河、古黄河、总六塘河为界,将中心城区划分为西南片区、老城片区、宿豫片区、湖滨片区 4 大排水分区。

2017 年,宿迁市入围江苏省省级海绵城市试点城市,并以试点区为重点开展海绵城市建设。截至试点期末,79 个试点项目全面完成。2021 年,宿迁市入围全国首批系统化全域推进海绵城市建设示范城市,宿迁市按照系统化全域推进海绵城市建设的要求,系统谋划,以达标区为重点在全市开展海绵城市建设。在示范期内,中心城区完成了 238 项海绵项目建设,打造了 12 个海绵达标区、5 个特色示范片区,海绵城市达标区面积为 69.05 km^2 ,达到城市建成区面积的 52.8%,城市易涝积水点位全面消除,河道无黑臭现象,8 类 20 项指标已全部达标。

3.2 典型片区选取

基于上述原则,宿迁市海绵城市监测方案选择了湖滨片区、西南-1 片区、西南-2 片区、老城片区和宿豫片区共 5 个典型片区,各个片区的分布如图 1 所示,各片区的特征和问题如表 1 所示。

在源头监测方面,下垫面监测选择了宿迁的



图 1 宿迁市海绵城市达标片区及典型监测片区分布

Fig. 1 Distribution of Sponge City Standard Areas and Typical Monitoring Areas in Suqian City

表 1 海绵城市监测典型片区特征与问题

Tab. 1 Characteristics and Problems of Typical Areas of Sponge City Monitoring

典型片区	所在排涝分区	面积/ km ²	地形特征与排水方式	下垫面特征	受纳水体特征	主要问题与需求
湖滨	湖滨片区	3.27	地势西高东低,自排	新建区域、水网密度和绿地率较高	骆马湖为饮用水源地	径流污染控制
西南-1	西南片区	2.82	地势较平坦,自排	现状建成区绿地率较高,水网密度一般	古黄河水环境敏感度较高	径流量与径流污染控制
西南-2	西南片区	2.86	地势平坦,自排与强排相结合	新建区域、水网密度很高	已消除黑臭,但水环境仍需提升	径流量控制,排水管网混错接改造
老城	老城片区	2.32	地势南高北底,自排	老城区建设密度较高,绿地率和水网密度较低	中运河为南水北调通道,水环境敏感度高	径流污染控制,排水管网混错接改造
宿豫	宿豫片区	2.49	地势平坦,强排	新建与改造地块相结合,水网密度较高	已消除黑臭,但水环境仍需提升	径流量控制与排水管网混错接改造

海绵项目完工率较高,多为新建海绵小区。该片区的主要问题及解决思路包括:一是强降雨引发的河道水位上涨对管网造成顶托,导致排水不畅,该问题需通过源头径流控制和西南片区排水系统整体改造解决;二是片区内受纳水体原为黑臭水体,虽然已完成治理,但排水管网混错接以及径流污染等问题,导致河道水质仍有待进一步改善。该问题需通过源头

4种主要下垫面类型:屋面、铺装、绿地与裸地,可以基本覆盖宿迁市建成区的各类用地类型。典型设施监测选择了在宿迁市使用较为普遍的5种类型:雨水花园、植草沟、生态旱溪、湿塘、雨水收集池。典型项目监测选择了5种数量最多的源头海绵城市项目类型:新建小区、改建小区、公共建筑、公园绿地、海绵道路。上述监测对象主要集中分布在典型片区内,在典型片区以外的其他达标区域,选择典型片区内未涉及或者相对较少的监测对象作为补充,使监测体系更加完整。

3.3 片区监测方案实例

3.3.1 高密度河网新建片区

西南-2典型监测片区位于西南排涝片区,汇水范围位于泰州路以南,苏州东路以北,富康大道-西民便河以西,世纪大道以东,面积为2.86 km²。该片区地势平坦,河网密度较高,为典型的平原河网地区。雨水径流通过雨水管汇入杨大河、西民便河、树仁河。由于河网的分隔,单个排水分区的面积较小,径流在雨水管网内的流程较短,因此,雨水排口多达14个。

该片区为新建片区,用地类型以居住用地为主,

径流污染控制以及混错接监控进行治理。

为了对该片区海绵城市建设成效进行全面监测,针对14个排口梳理了排水管网结构以及子排水分区的范围,选取了蜀兴苑、曼哈顿、十里金樾等新建海绵小区进行本底和源头监测,并在过程监测环节对所有排口设置了流量和水质监测设备,最后选取了部分集中的区域进行河道水质和水位监测。监

测点位分布如图 2 所示,监测体系中各监测点位对应子排水分区的径流“产、汇、输、排”上下游关系如表 2 所示。



图 2 西南-2 片区海绵城市监测点位分布
Fig. 2 Distribution of Sponge City Monitoring Points
in the Southwest-2 Area

表 2 西南-2 片区监测点位上下游对应关系

Tab. 2 Correspondence between the Upstream and Downstream of the Monitoring Points in the Southwest-2 Area

系统治理监测			过程监测	源头监测		本底监测	
水系	水环境	河道水位	排口及 关键节点	项目	设施	下垫面	降雨
南环路排涝沟	水环境-南环路排涝沟-1	—	⑩	—	—	—	—
西民便河	—	水位-西民便河-富康大道	⑪	—	曼哈顿雨水花园	曼哈顿铺装	—
			⑫	—	—	—	—
			⑬	—	十里金樾雨水花园	十里金樾铺装	—
洋大河	水环境-洋大河-1	—	①~④	—	—	—	—
			⑤	蜀兴苑新建小区	蜀兴苑雨水花园、雨水收集池	蜀兴苑铺装	蜀兴苑雨量计
			⑥~⑨	—	—	—	—
树仁河	水环境-树仁河-1	—	⑭	—	—	—	—

对 4 个管网关键节点和所有排口设置了流量和水质监测设备,最后选取了片区排口下游进行河道水质和水位监测。监测点位分布如图 3 所示,监测体系中各监测点位对应子排水分区的径流“产、汇、输、排”上下游关系如表 3 所示。

3.4 监测效果评估

监测工作的开展,有力支撑了建设成效评估。

3.3.2 水环境敏感及易积水改造片区

西南-1 典型监测片区位于西南排涝片区,汇水范围北至古黄河,西至迎宾大道,东至发展大道,南至微山湖路,面积为 2.54 km²。片区地势较为平坦,雨水径流通过雨水管网向北汇入古黄河,共有 3 个雨水排口。

该片区建设年份在 2000 年左右,用地类型以公建、公园绿地为主。海绵城市建设项目以海绵型公园改造和公建改造项目为主。

该片区的主要问题及解决思路包括:一是部分管网应对短时强降雨能力不足,国际饭店等点位存在积水风险,该问题可以通过源头径流控制加以解决;二是片区接纳水体古黄河水质为Ⅲ类,水环境较为敏感,需要对径流污染和排水管网混错接等问题进行有效控制。

为了对该片区海绵城市建设成效进行全面监测,针对 3 个排口梳理排水管网结构以及子排水分区的范围,选取了英雄园绿地、鸟悦园绿地和兴鸿一品小区等进行本底和源头监测,并在过程监测环节

在设施、项目和典型片区层级,利用典型降雨数据计算径流控制体积,并与设计方案中的理论值进行对比,可以分析径流控制情况。将流量数据与人工水质分析结果相结合,可以计算径流污染物排放情况,同时,通过与下垫面监测结果推算出的理论排放量对比,可以计算径流污染削减情况。此外,将监测数据用于达标片区评估模型的率定和验证,有效提升



图3 西南-1片区海绵城市监测点位分布

Fig. 3 Distribution of Sponge City Monitoring Points in the Southwest-1 Area

表3 西南-1片区监测点位上下游对应关系

Tab. 3 Correspondence between the Upstream and Downstream of the Monitoring Points in the Southwest-1 Area

系统治理监测		过程监测			源头监测		本底监测
水系	水环境	排口	管网关键节点	易积水点	项目	设施	降雨量
古黄河	水环境-古黄河-1	①	a	—	英雄园绿地	英雄园生态旱溪	—
			b	—	—	—	兴鸿一品小区
		②	c	—	—	骨科医院湿塘	—
			—	市政府	鸟悦园绿地	鸟悦园生态旱溪	—
		③	d	—	—	—	—
			—	国际饭店	—	—	—

大,以便将监测点位数量控制在合理范围内。

(3)在典型片区内,通过系统梳理子排水分区内降雨、下垫面、设施、项目、管网关键节点、排口、受纳水体等监测对象和点位的上下游关系,构建包括“本底特征-源头减排-过程控制-系统治理”4个方面的完整监测体系。

参考文献

- [1] XIA J, ZHANG Y Y, XIONG L H, et al. Opportunities and challenges of the sponge city construction related to urban water issues in China[J]. Science China (Earth Sciences), 2017, 60(4): 652-658.
- [2] 郭瀛莉, 汤钟, 孙静, 等. 海绵城市设施建设效果监测体系构建与应用[J]. 中国给水排水, 2023, 39(24): 8-15.
- GUO Y L, TANG Z, SUN J, et al. Establishment and application of the monitoring and assessment system of sponge city facilities construction[J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(24): 8-15.
- [3] LENG L Y, MAO X H, JIA H F, et al. Performance assessment of coupled green-grey-blue systems for sponge city construction[J]. Science of the Total Environment, 2020, 728: 138608. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138608.
- [4] 王燕, 虞美秀, 陆智聪. 海绵城市监测对象体系建立与实施——以镇江为例[J]. 人民珠江, 2022, 43(10): 80-89.
- WANG Y, YU M X, LU Z C. Establishment and implementation of sponge city monitoring system—A case study of Zhenjiang[J]. Pearl River, 2022, 43(10): 80-89.
- [5] 洪德松. 基于监测及排水模型的海绵城市片区建设效果评估[J]. 中国建筑装饰装修, 2022(20): 80-82.
- HONG D S. Evaluation of the construction effect of sponge city area based on monitoring and drainage model[J]. Interior Architecture of China, 2022(20): 80-82.

(下转第153页)

(1)为了制定合理的漏损控制目标,应实施城市供水水量平衡分析,针对漏损水量构成提出拟采取的漏损控制措施并预测措施漏损控制潜力,最后确定漏损控制目标并识别工作重点。

(2)华北平原城市可从摸清家底、更新设施、调控压力、提升计量、引智赋能、完善机制 6 个方面开展城市公共供水管网漏损控制工作。

(3)对于以小区管网漏损为主的城市应采取自下而上的分区计量建设路线,并完善分区计量平台、建立管理体制、规范工作流程。

参考文献

- [1] 王瑞彬,陈峰,张蕊,等. DMA 管理在济南市供水漏损控制中的应用[J]. 净水技术, 2019, 38(2): 1-6, 46.
WANG R B, CHEN F, ZHANG R, et al. Application of DMA management in leakage loss control in Jinan water supply [J]. Water Purification Technology, 2019, 38(2): 1-6, 46.
- [2] 张志果. 论城市公共供水管网漏损控制的内涵与要求[J]. 净水技术, 2022, 41(4): 1-3, 22.
ZHANG Z G. Discussion on connotations and requirements of leakage control for public water supply networks [J]. Water Purification Technology, 2022, 41(4): 1-3, 22.
- [3] 梁灵君,刘翠珠. 降水及人类活动对北京市平原区地下水位变化影响分析[J]. 净水技术, 2021, 40(10): 78-85, 143.

LIANG L J, LIU C Z. Influence of precipitation and human activities on groundwater level change in plain area of Beijing City [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(10): 78-85, 143.

- [4] 胡颖梦. 基于水量平衡分析的供水管网漏损研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2022.
HU Y M. Study on leakage of water supply pipe network based on water balance analysis [D]. Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2022.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇供水管网漏损控制及评定标准: CJJ 92—2016[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2016.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Standard for water loss control and assessment of urban water distribution system: CJJ 92—2016 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [6] 李辰晨,李晶. 管道漏点漏失流量的数值模拟计算[J]. 城镇供水, 2020(2): 33-36, 11.
LI C C, LI J. Numerical simulation of leakage flow in pipeline leak point [J]. City and Town Water Supply, 2020(2): 33-36, 11.
- [7] 施焱. 基于区域供水实际的供水管网分区及漏损控制[J]. 净水技术, 2021, 40(s2): 1-5.
SHI Y. Division and leakage control of water supply network based on regional water supply practice [J]. Water Purification Technology, 2021, 40(s2): 1-5.

(上接第 145 页)

- [6] 李萌,郭效琛,徐一凡,等. 宁波市海绵城市在线监测体系构建及应用[J]. 给水排水, 2019, 55(9): 133-138.
LI M, GUO X C, XU Y F, et al. The building and application of sponge city online monitoring system in Ningbo City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(9): 133-138.
- [7] 郑涛,唐志芳,张敏. 基于监测及排水模型的海绵城市小区建设效果评估[J]. 中国给水排水, 2022, 38(9): 118-122.
ZHENG T, TANG Z F, ZHANG M. Assessment of community reconstruction performance during sponge city construction based on online monitoring and drainage model [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(9): 118-122.
- [8] 郭效琛,赵冬泉,辛克刚,等. 基于在线监测的海绵城市源头项目径流控制效果评价研究[J]. 给水排水, 2020, 56(1): 57-63.
GUO X C, ZHAO D Q, XIN K G, et al. Research on runoff volume control assessment of source control projects in sponge city

based on on-line monitoring [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(1): 57-63.

- [9] 吕永鹏,张格,莫祖澜,等. 再谈平原河网地区汇水分区划分[J]. 给水排水, 2019, 55(9): 55-59.
LÜ Y P, ZHANG G, MO Z L, et al. A new approach for watershed delineation in plain river network area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 55(9): 55-59.
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家市场监督管理总局. 海绵城市建设评价标准: GB/T 51345—2018[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2019.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation of the People's Republic of China. Assessment standard for sponge city construction effect: GB/T 51345—2018 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2019.