【专题：海绵城市 / Sponge City】

·特邀专题策划：刘建，任心欣·

海绵城市排水分区绩效达标规划实施路径探索

——以深圳市国家试点区域某排水分区为例

吴亚男¹，孔雷霆¹，任心欣¹，黄海涛²，张明亮²，葛永学²，汤伟真²

1) 深圳市城市规划设计研究院有限公司，广东深圳 518049，2) 深圳市光明区水务局，广东深圳 518107

摘要：针对当前各地海绵城市建设推进工作中，普遍存在的问题底数不清、上下游绩效关系不明和无科学有效的评价体系等问题，以深圳市光明区国家海绵城市建设试点区域2[#]排水分区为例，创新探索出排水分区绩效达标的规划实施路径，即在上层次规划基础上明晰片区总体目标，摸清片区问题底数，厘清“流域-片区-项目”的绩效联系，再结合片区建设时序建立绩效目标“一图一表”的实施方案，最后通过科学监测和模型评估体系分析片区绩效达标情况。旨在供其他地区海绵城市规划建设工作参考。

关键词：海绵城市；低影响开发；生态城市；生态修复；排水分区；系统方案；规划实施路径；片区绩效达标；监测评价

中图分类号：X-1；N91

文献标志码：A

doi: 10.3724/SP.J.1249.2021.01010

Exploration on a planning and implementation method of reaching the sponge city performance standard at catchment level: taking a catchment in national pilot area of Shenzhen as an example

WU Yanan¹, KONG Luting¹, REN Xinxin¹, HUANG Haitao²,
ZHANG Mingliang², GE Yongxue², and TANG Weizhen²

1) Shenzhen Urban Planning and Design Institute Co. Ltd., Shenzhen 518049, Guangdong Province, P. R. China

2) Water Resources Bureau of Guangming District of Shenzhen, Shenzhen 518107, Guangdong Province, P. R. China

Abstract: There are some common problems in the promotion of sponge city construction in different cities, such as the unclear background conditions, the uncertain interrelationship among the upstream and downstream performance, and the absence of the scientific and effective evaluation system. An innovative catchment-level implementation path for reaching the sponge city performance standard is proposed according to the practical experience in No. 2 catchment of the national pilot area in Guangming District of Shenzhen City. Firstly, the catchment objectives should be defined on the basis of the upper level planning and the problems need to be clarified from the background condition. Then, the interrelationship among basin-catchment- and project-level sponge city performance should be stated. According to the interrelationship and the construction sequence of the area, the implementation plan could

Received: 2020-08-31; Accepted: 2020-10-18

Foundation: National Natural Science Foundation of China (52078006)

Corresponding author: Professorate senior engineer REN Xinxin. E-mail: Rxx@upr.cn

Citation: WU Yanan, KONG Luting, REN Xinxin, et al. Exploration on a planning and implementation method of reaching the sponge city performance standard at catchment level: taking a catchment in national pilot area of Shenzhen as an example [J]. Journal of Shenzhen University Science and Engineering, 2021, 38(1): 10-19. (in Chinese)

be established in the form of “one map and one list”. Finally, a scientific monitoring and model evaluation system would be used to assess the performance of the catchment. This method provides reference for the planning and construction of sponge city in other areas.

Key words: sponge city; low impact development (LID); ecological city; ecological restoration; catchment; systematic solutions; planning and implementation method; standards compliant at catchment-level; monitoring and evaluation

随着海绵城市试点工作^[1]的深入推进, 海绵城市建设要以相对独立的排水分区或小流域为单位, 以雨水全过程管理为切入点统筹谋划, 厘清“区域目标-项目目标”之间关系的要求愈发明确。

从国际上类似海绵城市建设的做法来看, 亦十分重视区域的整体性。美国环保局在2007年发布的国家污染物排放消除系统(national pollutant discharge elimination system, NPDES), 要求基于流域视角制定技术指南与实施指南, 旨在以流域为基础来分析点源与非点源污染物排放情况, 并制定相应的管控策略^[2]。例如, 美国西弗吉尼亚州制定了完善的管理机制, 地块开发商可通过场地外建设相应规模的雨水设施的方式达到径流控制要求^[3]。美国科罗拉多州城市流域排水总体规划要求以径流峰值流量排放管控为依据, 在“地块-排水分区-流域”不同尺度内设置相应的集中或分散调蓄设施^[4]。

2017年, 章林伟等^[5]在《浅析海绵城市建设的顶层设计》一文中呼吁, 要科学划定排水分区, 海绵城市管控分区要以排水分区为基础。2019年8月, GB/T 51345—2018《海绵城市建设评价标准》正式施行, 明确提出海绵城市建设绩效评价要以排水或汇水分区为单元进行综合评价^[6]。

由此可见, 以排水分区或小流域为单位开展海绵城市规划建设是必然的发展方向。但从目前各地实施推进情况来看, 规划设计人员往往无从着手, 难以找准分区达标的规划方案和建设实施路径, 除部分海绵城市建设国家试点城市外, 其他地区多是以地块为单位组织实施, 缺乏片区整体谋划和实施推进以及后期的科学评估。

深圳市光明区国家海绵城市建设试点区域总结了水专项低影响开发相关课题的经验^[7-9], 从2016年试点工作开展起, 就以厘清“项目-片区-流域”的关系为核心, 着手编制试点区域海绵城市建设详细规划、系统化实施方案。本研究以深圳市光明区国家海绵城市建设试点区域2[#]排水分区为例, 在上层次规划明确的总体目标、指标基础之上, 摸清片区问题底数, 厘清“流域-片区-项目”的绩效联

系, 再结合片区建设时序建立绩效目标“一图一表”(项目建设分布图和实施项目一览表)的实施方案, 最后通过建立科学的监测和模型评估体系分析片区绩效达标情况, 探索出片区绩效达标的规划实施路径。

1 区域概况

深圳市国家海绵城市建设试点区域位于深圳市西北部, 光明区南部, 茅洲河流域中上游, 总面积为24.6 km², 其中, 城市建设区面积为16.4 km² (图1)。

图1 深圳市光明区国家海绵城市建设试点区域区位图

Fig. 1 Location of the national pilot area in Guangming district, Shenzhen

试点区域包含完整的东坑水流域和鹅颈水流域, 东坑水流域以新建用地为主, 鹅颈水流域以老旧城区为主。根据水文和地形地貌等自然条件, 结合试点区域排水管网和城市竖向等建设情况, 将试点区细分为19个排水分区, 如图2。

2[#]排水分区位于东坑水流域, 总面积为102.3 hm²。区内除25 hm²既有建筑或道路外, 以新建用地为主。用地类型主要为政府用地、学校、医院、

图 2 试点区域排水分区划分图

Fig. 2 Catchment division map of pilot area

市政公园以及保障性住房，是光明区“十三五”期间重点开发建设片区之一。

2[#]排水分区地形复杂，上接依山而建的新城公园，下接东坑水，区域地势高差最高达 50 m。该片区是光明区最早开展低影响开发建设的集中示范区之一，在成为国家海绵城市建设试点区域前已建成了多个低影响开发的示范项目，如公园路、和润家园等，为

后期海绵城市的集成与转化提供了基础条件和技术支撑。

2 建设目标与问题梳理

2016 年，光明区组织编制了《深圳市国家海绵城市试点区域海绵城市建设详细规划》，依据三部委试点建设批复指标，结合现状存在问题，将试点区域（东坑水流域和鹅颈水流域）绩效指标分解到各片区。其中，2[#]排水分区海绵城市主要建设目标如下：① 年径流总量控制率达到 72%；② 消除片区内 2 处内涝积水点，达到内涝防治标准；③ 消除片区雨污混接，实现完全雨污分流；④ 新建雨水管渠设计标准达到 5 年一遇。

2016 年，国家海绵城市建设试点展开之前，2[#]排水分区管网、道路等基础设施尚不完善，加之地形地势较为复杂，山地雨水排水不畅，导致局部存在内涝现象。经实地调查和查阅三防部门相关资料数据发现，存在公园路原公安局门前路段和光明大道（高速桥底至观光路）两处内涝点。

同时，结合试点工作对区域排水管网进行全面排查，发现区内老旧的怡景小区存在排水管网私接乱排，碧眼路存在市政管网雨污水错接等问题，导致片区雨污分流不彻底（表 1）。

表 1 试点前 2[#]排水分区存在问题一览表

Table 1 List of existing problems before the pilot at No. 2 catchment

类别	存在问题	问题描述	原因分析
水安全	存在内涝积水点	公园路公安局门前路段存在内涝面积 2 000 m ² ，积水深度 0.4 m	山水汇集、排水管网不完善
		光明大道高速桥底至观光路存在内涝面积 500 m ² ，积水深度 0.3 m	排水设施管养不善
水环境	雨污分流不彻底	怡景花园小区存在雨污混流	住户和经营性排水户并存，存在私接乱接，导致雨污混流
		碧眼路市政雨污水错接	碧眼路与公园路间存在“高低管”，导致雨水错接至污水

3 规划方案

结合片区规划建设时序和建设条件，在东坑水流域总体目标的指导下，结合 2[#]排水分区存在的问题和建设目标，以水安全保障、水环境改善和源头典型项目实施效果为发力点，以海绵城市水量、水质绩效为纽带，理顺项目与项目、项目与分区、分区与流域之间的关系，坚持“源头减排、过程控

制、系统治理”的规划方案，统筹推进。2[#]排水分区海绵城市建设技术路线如图 3。

3.1 水安全保障技术方案

针对排查发现的内涝点制定了系统的技术方案。公园路公安局门前路段内涝点主要由于华裕路未建设，雨水需经碧眼路 d1000 管道排出，山地汇水面积过大，与排水通道不匹配，导致内涝积水，见图 4（a）紫色区域。技术方案一方面通过细化排水分区，打通公园路至光明大道之间华裕路的雨水

通道, 截流公园路上游径流雨水, 缓解内涝点排水压力, 保障排水安全; 另一方面, 内涝点相邻的新建项目全部高要求落实源头海绵管控要求, 尽最大

可能在场地内滞蓄雨水, 延长雨水峰现时间; 双管齐下, 从而有效缓解内涝积水问题, 整治前后对照片见图 4 (b) 和(c)。

图3 2#排水分区海绵城市建设技术路线

Fig. 3 Technical route of sponge city construction for No. 2 catchment

图4 公园路公安局门前路段内涝点治理方案及整治前后对比

Fig. 4 Treatment scheme of waterlogging point in front of the Public Security Bureau on Gongyuan road and comparison before and after treatment

3.2 水环境治理技术方案

针对局部存在的雨污混接问题, 首先通过实施光明核心片区污水支管网工程, 完善市政雨污水管网系统, 对碧眼路存在的混错接进行接驳完善; 随后对怡景小区开展正本清源改造, 实现全链条的雨污分流。试点区域不仅从工程层面提出了管网完善方案, 还从管理层面提出实施“排水管理进小区”,

通过将包括市政管网和小区管网在内的水务设施一体化交于排水公司专业化、网格化运营管理, 建管并重, 有效地保障了雨污分流的建设成效。

3.3 源头典型项目实施技术方案

对于新建项目, 以目标管控为主, 实施“+海绵”策略, 即在项目规划设计之初将年径流总量控制率、初雨污染控制等指标落实到规划部门的“一

书两证”（项目选址意见书、建设用地规划许可证和建设工程规划许可证）之中，确保新建项目从设计阶段就严格落实海绵城市要求，同时加强过程巡查，严把验收关，实现项目全过程技术管控。对于改造项目，实施“海绵+”策略，即对没有海绵设施的项目在改造中，根据场地条件，合理增加海绵设施，协调周边雨水径流竖向关系，最大可能实现雨水的“自然积存、自然渗透、自然净化”。片区内按照能改尽改的原则，因地制宜落实海绵城市要求，打造片区的连片效应。

4 实施情况

根据上述片区规划方案，结合 2[#]排水分区建设时序梳理、筛选出“十三五”期间绩效项目“一图一表”，见图 5 和表 2。并按图管理项目实施进度，经梳理 2[#]片区绩效支撑项目 14 项，规划管控项目 6 项，基本实现了片区海绵化全覆盖。

图 5 2[#]排水分区项目分布

Fig. 5 No. 2 catchment area project distribution diagram

表 2 2[#]排水分区实施项目一览表

Table 2 List of project implementation plan in No. 2 catchment

项目类别	项目名称	面积/hm ²	建设类型	绩效类别
绩效支撑项目	万丈坡拆迁安置房(一期)	2.98	建筑小区	源头减排
	万丈坡拆迁安置房(二期)	2.51	建筑小区	源头减排
	光明社会福利院	0.40	建筑小区	源头减排
	深圳市实验学校	7.45	建筑小区	源头减排
	污水管网碧眼路接驳完善工程		管道工程	过程控制
	新城公园低影响开发雨水综合利用示范工程	20.65	公园绿地	源头减排
	华裕路(光明大道-公园路)市政工程	1.00	道路广场	源头减排系统治理
	光明核心片区污水支管网工程	5.90 ¹⁾	城市水务	过程控制
	试点区域海绵化改造(牛山路)	5.20	道路广场	源头减排
	试点区域海绵化改造(碧明路)	1.10	道路广场	源头减排
	试点区域海绵化改造(仁安路)	1.60	道路广场	源头减排
	和润家园	4.10	建筑小区	源头减排
	怡景小区正本清源	2.80	城市水务	过程控制
	现状保留	现状保留区域(道路和已建绿色建筑等)	27.16	现状保留
海绵城市规划建设管控	万丈坡城市更新项目	4.95	建筑小区	源头减排
	电建地产	1.85	建筑小区	源头减排
	新城学校	2.86	建筑小区	源头减排
	龙光玖龙台(三期)	6.38	建筑小区	源头减排
	乐府广场	5.20	建筑小区	源头减排
	光明文化艺术中心	2.89	建筑小区	源头减排

1) 支管网长度为 5.90 km

至 2019 年底, 14 项绩效支撑相关的项目已全部完工; 6 项规划管控的项目海绵城市设计方案已通过海绵城市技术审查, 处于建设状态。

5 监测模型评估

5.1 监测方案

住建部发布的《海绵城市建设绩效评价与考核方法(试行)》指出, 应采取实地考察、查阅资料及监测数据分析相结合的方式, 科学评估海绵城市建设成效^[10]。

海绵城市建设思路是构建“源头减排-过程控制-末端治理”的全过程理念, 因此, 为全面、科学的评估海绵城市各层级建设成效, 应该构建全过程、系统化的海绵城市的监测网络体系^[11-12]。

参照住建部的相关技术标准, 光明区于 2018 年启动了光明新区智慧海绵城市信息化建设项目, 构建了从典型下垫面到典型设施、典型地块, 再到分区的排口多层次监测网络体系, 从而实现光明区海绵城市从局部到整体运行效果的科学评估。

根据片区管网分布、项目类型和建设情况, 2[#]排水分区共布置 9 台监测设备。其中, 固体悬浮物(suspended solids, SS)质量浓度通过 SS 浊度仪监测, 详见表 3 和图 6。

表 3 2[#]排水分区智慧海绵监测设备一览表

Table 3 List of monitoring equipment in No. 2 catchment

监测对象	设备位置	设备类型	设备数量/台
典型下垫面	碧眼路(牛山路—光明广场路)	流量计	2
	新城公园北侧, 草沟出口处	流量计	1
典型设施	仁安路中心医院西北, 生态树池	流量计	2
	和润家园西	流量计	1
典型地块	中外排口	流量计	1
管网排口	光明大道—东坑水桥下, 河道右岸	SS 浊度仪	1
	创投路—东坑水桥下, 河道右岸	流量计	1
水系排口	光明大道跨河处, 排水分区和河道交界监测断面	流量计	1

图 6 2[#]排水分区监测设备分布

Fig. 6 Monitoring equipment distribution map for No. 2 catchment

5.2 片区监测分析典例

根据 GB/T 51345—2018《海绵城市建设评价标准》的要求, 海绵城市建设评价应对典型项目、排水管网和城市水体等进行监测, 以不少于 1 年的连续监测数据为基础。片区监测方案实施后, 已采集到 2018—2019 年完整雨季监测数据。

为有效评价 2[#]排水分区的建设成效, 选取“2-1”号排口, 以典型降雨事件为例说明分析过程。采用近 5 年连续降雨数据, 利用模型评估 2[#]排水分区的绩效达标情况。

5.2.1 径流总量特征分析

选取 2019-05-07 降雨事件, 降雨量为 19.2 mm, 降雨等级达到中雨, 雨量峰值出现时间为第 78 分钟, 降雨总历时约 100 min, 总降雨量体积为 10 537 m³。径流量峰值出现时间为第 90 分钟, 总出流量为 2 888 m³。经分析, 径流峰值较雨量峰值延迟 12 min, 此次降雨控制容积为 7 649 m³, 场次径流控制率为 72.6%。降雨与径流关系图见 7(a)。

5.2.2 径流污染物特征分析

选取 2019-06-03 降雨事件, 降雨量为 15.1 mm, 降雨等级达到中雨, 出流开始 3 min 后悬浮物质量浓度达到峰值为 77.29 mg/L, 之后逐渐下降, 在 71 min 时检测到最后一次有效质量浓度为 6.70 mg/L。2[#]排水分区的 SS 质量浓度变化见图 7(b)。

(a) 2#排水分区“2-1”号排口降雨与径流量关系

(b) 2#排水分区“2-1”号排口SS质量浓度变化

图7 2#排水分区“2-1”号排口典型降雨监测水量水质分析

Fig. 7 Water quantity and quality analysis under typical rainfall monitoring of “2-1” outfall in No. 2 catchment

5.3 片区模型模拟分析典例

根据2#排水分区海绵城市建设实施情况,结合排水管网和物探等信息,利用地理信息系统(geographic information system, GIS)将各个子汇水区的面积、不透水比例、坡度、下垫面状况和管网等信息输入到暴雨洪水管理模型(storm water management model, SWMM)模型中,搭建2#排水分区的雨水径流模型,并将整个研究区域概化为67个子汇水区,97个节点,1个排放口,划分结果见图8,相关模型基础参数参照文献[13-14].

根据2015—2019年连续降雨历史数据的模拟结果可见,随着海绵城市试点工作的开展,2#排水分区的年径流总量控制率和SS去除率逐年提升,至2019年,年径流总量控制率为78%,SS去除率为70%,见表4.

图8 2#排水分区SWMM模型概化图

Fig. 8 SWMM model generalization in No. 2 catchment

表4 2[#]排水分区近5年海绵城市建设成效模拟一览表

Table 4 List of the modelling result of sponge city construction achievement during recent 5 years in No. 2 catchment

年 份	径流系数	年径流总量控制率/%	SS 削减率/%
2015 年	0.35	65	63
2016 年	0.31	69	65
2017 年	0.26	74	66
2018 年	0.24	76	67
2019 年	0.22	78	70

6 实施效果和典型项目

6.1 实施效果

1) 水安全得以保障. 经过系统治理、高效运维, 不仅消除了片区内原有两处历史内涝点, 而且2017年至今未出现内涝现象, 片区水安全性整体提升.

2) 水环境得到提升. 通过正本清源和污水支管网建设以及错接乱排改造, 实现了片区的雨污分流, 旱季雨水管无水流, 同时实现了从小区场地管网、市政管网的一体化、专业化运维.

3) 水生态得以恢复. 区内75.14 hm²的用地已达到海绵城市建设源头管控要求, 占比73.4%, 形成了深圳实验学校光明部、新城公园、万丈破和华裕路等一大批典型示范项目.

上述实施路径不仅在2[#]片区取得了较优的实施效果, 也在东坑水流域的其他片区成功应用, 使得东坑水流域在全市率先成为“海绵达标流域”, 实现了“小雨不积水、大雨不内涝、水体不黑臭、热岛有缓解”的建设目标.

6.2 典型项目

6.2.1 公园绿地——新城公园

新城公园位于东坑水流域中上游片区, 总占地面积约57 hm² (2[#]排水分区约21 hm²). 早期公园管养维护水平较差, 存在土地裸露, 水土流失, 地表径流面源污染较为严重等问题, 并且随着周边逐步开发建设, 山洪需要穿越建成区排往下游, 对城市安全存在影响. 海绵改造方案根据公园地形条件, 充分利用池塘和谷田等自然资源, 布局植草沟、旱溪、收集回用设施为核心的地表排水系统. 项目建成后, 周边排水压力显著减少. 对2[#]排水分区的径流总量削减贡献度为18.3%, 径流峰值削减贡献度为16.4% (图9).

图9 新城公园旱溪

Fig. 9 Dry stream in Xincheng Park

6.2.2 建筑小区——深圳实验学校光明部

深圳实验学校光明部位于东坑水流域中上游, 背靠新城公园, 下接公园路, 片区下游原公安局门前路段存在内涝点, 项目用地面积为90 493.06 m², 为片区内新建管控项目. 在水安全保障方面, 结合排水分区优化, 在项目北侧和南侧各建设一条600 mm × 600 mm 截洪沟, 将新城公园旱溪溢流口雨水安全排入牛山路市政雨水管, 打通了排水通道. 项目内部综合采用转输草沟、雨水花园、多级雨水花园、透水铺装和雨落管断接等设施, 项目对2[#]排水分区径流总量削减贡献度为18%, 径流峰值延后8 min, 减缓了对原内涝点的影响 (图10).

图10 深圳实验学校光明部多级雨水花园

Fig. 10 Rain garden in Shenzhen Experimental School (Guangming)

7 结 论

从 2[#]排水分区规划实施全过程来看,笔者认为片区达标的规划实施路径离不开以下几个步骤:

1) 结合上位规划,明晰排水分区目标和指标。

2) 理清问题成因和影响要素。对土壤、地下水、水系、降雨特征、下垫面、排水系统和排放口及其类型、排水量等现状情况进行摸查,找准造成问题的影响要素。

3) 理顺规划方案,建立区域绩效目标和项目绩效指标的关系。根据上层次规划,结合区域存在问题,从问题和目标两方面出发,坚持“源头减排、过程控制、系统治理”的规划方案,统筹推进。

4) 结合片区规划方案和建设时序制定涵盖“排水分区绩效目标-试点建设项目绩效”的“一图一表”实施方案。

5) 按照国家相关标准合理制定监测方案,通过监测数据集加以合理评估,辅以模型加以评估。

上述规划实施路径有力支撑了深圳市国家海绵城市试点工作,加快了全市海绵城市建设从单个项目达标向片区达标转变。至 2020 年年底,深圳市基本达到海绵城市建设要求的片区(流域)共 43 个,合计建成区面积 200.95 km²,占全市建成区面积的 22.01%。下一步,深圳还将坚持“法制化、标准化、社会化”,通过持续完善海绵城市机制体制,加强片区达标建设,加强社会共建共治共享,为 2030 年全市 80% 以上的建成区面积达到海绵城市要求奠定坚实的基础。

基金项目:国家自然科学基金面上资助项目(52078006)

作者简介:吴亚男(1989—),深圳市城市规划设计研究院工程师。研究方向:海绵城市规划与建设。E-mail: 632707191@qq.com

通讯作者:任心欣(1981—),深圳市城市规划设计研究院有限公司教授级高级工程师。研究方向:海绵城市规划与建设,水污染防治。E-mail: Rxx@upr.cn

引 文:吴亚男,孔露露,任心欣,等. 海绵城市排水分区绩效达标规划实施路径探索——以深圳市国家试点区域某排水分区为例[J]. 深圳大学学报理工版, 2021, 38(1): 10-19.

参考文献 / References:

- [1] 刘 建, 龚小强, 任心欣, 等. 深圳市海绵城市的建设与创新[J]. 深圳大学学报理工版, 2020, 37(4): 334-346.

LIU Jian, GONG Xiaoqiang, REN Xinin, et al. Sponge city construction and innovation in Shenzhen [J]. Journal of Shenzhen University Science and Engineering, 2020, 37(4): 334-346. (in Chinese)

- [2] LIU Yan, WANG Xiaolei, LIU Jian, et al. Innovative design of the sponge city facilities in a vehicle depot [C]// CRIOCM 2018, Proceedings of the 23rd International Symposium on Advancement of Construction Management and Real Estate. Guiyang, China: Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021, 1-14.

- [3] EPA-833-B-98-003. Center for Watershed Protection. Guidance for developing an off-site stormwater compliance program in West Virginia [S]. West Virginia: West Virginia Department of Environment Protection, 2012.

- [4] 杨 正, 李俊奇, 王文亮, 等. 对海绵城市建设中排水分区相关问题的思考[J]. 中国给水排水, 2018, 34(22): 1-7.

YANG Zheng, LI Junqi, WANG Wenliang, et al. Reflections on drainage zoning in sponge city construction [J]. China Water and Wastewater, 2018, 34(22): 1-7. (in Chinese)

- [5] 章林伟, 牛璋彬, 张 全, 等. 浅析海绵城市建设的顶层设计[J]. 给水排水, 2017, 53(9): 1-5.

ZHANG Linwei, NIU Zhangbin, ZHANG Quan, et al. A brief analysis of the top design of sponge city construction [J]. Water and Wastewater Engineering, 2017, 53(9): 1-5. (in Chinese)

- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于发布国家标准《海绵城市建设评价标准》的公告[EB/OL]. (2018-12-26) [2020-08-01]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201904/t20190409_240118.html.

Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Announcement on the release of the national standard sponge city construction evaluation standard [EB/OL]. (2018-12-26) [2020-08-01]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201904/t20190409_240118.html. (in Chinese)

- [7] 汤伟真, 吴亚男, 任心欣. 海绵城市专项审查要点与方法研究[J]. 中国给水排水, 2018, 34(17): 123-127.

TANG Weizhen, WU Yanan, REN Xinxin. Outlines and methods of special review in sponge city construction [J]. China Water and Wastewater, 2018, 34(17): 123-127. (in Chinese)

- [8] 吴亚男. 基于 SWMM 的海绵城市径流总量控制指标分

- 解及验证[D]. 西安建筑科技大学, 2016.
- WU Yanan. Decompose the control target of urban total runoff of sponge city and validate it by SWMM model [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2016. (in Chinese)
- [9] LIU Jian, LIU Ru, Wu Lingyi, et al. Operation and maintenance of the sponge city facilities at Shenzhen University [C]//Operation & Maintenance of Stormwater Control Measures Conference. Denver, Colorado: ASCE, 2017: 6-9.
- [10] 曹会保. 住建部出台“海绵城市”建设绩效评价与考核办法[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2015(4): 54.
- CAO Huobao. Ministry of Housing and Urban-rural Development issued the performance evaluation and assessment method of “sponge city” construction [J]. Structures Units & Units Architecture, 2015(4): 54. (in Chinese)
- [11] 宫永伟, 刘超, 李俊奇, 等. 海绵城市建设主要目标的验收考核办法探讨[J]. 中国给水排水, 2015, 31(21): 114-117.
- GONG Yongwei, LIU Chao, LI Junqi, et al. Discussion on acceptance evaluation method of main objectives for sponge city construction [J]. China Water and Wastewater, 2015, 31(21): 114-117. (in Chinese)
- [12] 杨松文, 陈铁, 周志鹏, 等. 海绵城市径流指标评估监测网络的构建方法[J]. 环境工程学报, 2020, 14(11): 3225-3233.
- YANG Songwen, CHEN Tie, ZHOU Zhipeng, et al. Construction method of monitoring network for runoff index evaluation in sponge city [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(11): 3225-3233. (in Chinese)
- [13] 杨少平, 胡爱兵, 任心欣. 基于模型的海绵型道路年径流总量控制率影响因素研究[J]. 建设科技, 2019(7): 31-36.
- YANG Shaoping, HU Aibing, REN Xinxin. Research on influence factors of sponge roads' volume capture ratio of annual rainfall using hydrology model [J]. Construction Science And Technology, 2019(7): 31-36. (in Chinese)
- [14] 吴亚男, 熊家晴, 任心欣, 等. 深圳鹅颈水流域SWMM模型参数敏感性分析及率定研究[J]. 给水排水, 2015, 51(11): 126-131.
- WU Yanan, XIONG Jiaqing, REN Xinxin, et al. Sensitivity analysis and calibration study on the parameters of SWMM for Ejing watershed in Shenzhen [J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 51(11): 126-131. (in Chinese)
- 【中文责编: 晨 兮; 英文责编: 之 聿】