

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2024. 06. 001

## 厦门市海绵城市建设达标面积评价方法研究

黄黛诗, 王开春, 谢鹏贵, 陈俊宇, 王彦  
(厦门市城市规划设计研究院有限公司, 福建 厦门 361012)

**摘要:** 基于政策背景解析,结合厦门实际,探索研究了一套指标明确、方法清晰、切合实际的海绵城市建设达标面积评定方法。该方法以国土空间总体规划城镇开发边界为评价对象、以管控单元为评价单元,以年径流总量控制率、历史易涝点消除、内涝防治标准达标、城市水体环境质量、可渗透地面面积比例、天然水域面积变化为指标,通过明确各项指标的评价方法及海绵城市建设达标面积核算方法,将海绵城市建设理念本土化、具体化,以进一步科学引导、有序推进厦门市海绵城市建设。

**关键词:** 海绵城市; 达标面积; 指标体系; 评价方法

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)06-0001-06

### Research on Evaluation Method of Sponge City Qualified Area in Xiamen

HUANG Dai-shi, WANG Kai-chun, XIE Peng-gui, CHEN Jun-yu, WANG Yan  
(Xiamen Urban Planning & Design Institute Co. Ltd., Xiamen 361012, China)

**Abstract:** Based on the analysis of policy background and incorporated the reality in Xiamen, an evaluation method for identifying sponge city qualified areas was explored and proposed with explicit indexes, distinct methodology and good reality correspondence. It is proposed that use urban development boundary in comprehensive territorial spatial planning as the evaluation object, and take control unit as the evaluation unit. The evaluation system includes six indexes: volume capture ratio of annual rainfall, elimination of historical flooding points, qualification of flooding prevention standard, environmental quality of urban water bodies, pervious surface ratio and area change of natural waters. The evaluation methods of each index and sponge city qualified area are established, which can be effectively applied to localize and refine sponge city concept, thereby facilitating the sponge city construction in Xiamen.

**Key words:** sponge city; qualified area; index system; evaluation method

近年来,国家持续高度重视海绵城市建设。2015年和2016年,分2批共计30座城市成功获批为海绵城市试点城市,各城市积极探索形成具有地域特色、可复制、可推广的海绵城市建设模式。2021年—2023年,国家财政部、住房和城乡建设部、水利

部继续开展海绵城市示范市的竞争性选拔,3年共计确定60个系统化全域推进海绵城市建设的示范城市。

根据《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发[2015]75号),2020年、2030年各

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(52378065)

通信作者: 王开春 E-mail: xmwkc@163.com

地市分别要实现20%、80%以上的城市建成区面积达到海绵城市建设要求。为推动落实海绵城市达标面积的评价工作,住房和城乡建设部发布了《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),提出一套以城市建成区为评价对象、以排水分区统计评价结果的标准方法。以此为基础,住房和城乡建设部开展了2020年度海绵城市建设评估工作,重点从自然生态格局管控、水资源利用、水环境治理、水安全保障等方面对海绵城市建设成效进行评估。2022年,针对海绵城市建设中存在的“认识不到位、理解有偏差、实施不系统”等问题,住房和城乡建设部印发《关于进一步明确海绵城市建设工作有关要求的通知》(建办城〔2022〕17号),厘清了海绵城市建设内涵与主要目标,强调了“系统施策”的重要路径,转变只注重“末端”治理或只强调生态措施和源头治理的做法,要求生态与工程措施相融合,系统推进“源头减排、过程控制、系统治理”。在这一系列的顶层政策文件引领下,各地市因海绵城市建设方向与重点存在差异,仍需因地制宜地探索海绵城市建设达标面积的评价方法<sup>[1-3]</sup>,基于本地实际,将国家提出的海绵城市建设理念更好地本土化、具体化。因此,为进一步科学引导、有序推进海绵城市建设,以评促建,以评促管,开展了厦门海绵城市建设达标面积评价方法的研究,探索形成了一套指标明确、方法清晰、切合实际的评定方法,作为各行政区达标面积考核的依据,同时为做好各区年度海绵城市建设任务制定、住房和城乡建设部海绵城市建设年度绩效考核自评、2030年海绵城市建设终期考核自评等工作奠定基础。

## 1 厦门海绵实践

厦门作为第一批海绵城市试点城市之一,积极探索并推广马銮湾新城和翔安南部新城试点经验,构建形成了“全市域推广、全流程管控、全社会参与”的海绵城市建设治理体系<sup>[4]</sup>。近年来在径流指标管控、内涝治理、黑臭水体整治等方面取得显著成效,为推进海绵城市建设达标面积评价打下了良好的工作基础。

在径流指标管控方面,厦门已编制完成市级、区级、重点片区的海绵城市专项规划<sup>[5-6]</sup>,统筹明确全市各类用地径流控制指标,并与国土空间总体规划、详细规划做好衔接。在此基础上,将海绵城市

管控要求嵌入项目建设各个审批环节,构建形成“指标下达、方案指导、设计审批、施工抽查、竣工核查”的全过程管控制度<sup>[7]</sup>,实现全市域的常态化管控。

在历史易涝点及内涝风险点治理方面,厦门于2015年—2020年期间,共完成129处易涝点和内涝风险点的整治工作,易涝点消除比例达87%。为继续提升内涝治理成效,2022年由市政园林主管部门启动编制《厦门市城市内涝治理系统化实施方案》,在全市建成区范围开展内涝风险模拟,全面梳理现存历史易涝点及潜在的内涝风险点,并针对性地提出内涝防治系统实施方案。

在黑臭水体整治方面,厦门市原6处黑臭水体(湖明路18号排洪沟、新阳主排洪渠、浯溪、芸溪、日东公园水体和埭头溪)已于2017年底完成整治。为实现长制久清,厦门市政府于2019年制定发布《厦门市城市黑臭水体治理攻坚战实施方案》,要求加快实施城市黑臭水体治理工程、建立城市黑臭水体治理长效机制、强化城市黑臭水体治理监督检查,全面保障黑臭水体的彻底消除。

## 2 评价方法构建

### 2.1 评价对象

根据《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),海绵城市建设效果评价以城市建成区为对象、以排水分区为单元,结合厦门实际进一步明确细化。

① 关于城市建成区的界定。由于现状建成区一般较为零散,难以获得确切数据并统计,因此以国土空间总体规划城镇开发边界为评价范围,即相当于将远期节点的建成区作为评价范围的基数,范围明确且基数相对稳定,有利于每年度的滚动评价。

② 关于评价单元的确定。年径流总量控制率是海绵城市建设效果评价的一项重要指标,也是厦门的一项刚性管控指标,为了判定评价单元是否达到年径流总量控制率目标,要求有确切的规划依据。厦门已编制的市级、区级、重点片区的海绵城市专项规划中已按照排水分区划定了不同层级的管控单元,并统筹确定了各个管控单元的年径流总量控制率目标值<sup>[8]</sup>,因此基于排水系统性及规划目标依据的考虑,建议采用管控单元作为评价单元。

## 2.2 指标体系

根据《关于推进海绵城市建设的指导意见》(国办发[2015]75号)、《关于开展2020年度海绵城市建设评估工作的通知》(建办城函[2020]179号)、《福建省海绵城市建设工作指南(试行)》《福建省“十四五”城乡基础设施建设专项规划》,对照《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),结合厦门实际,明确海绵城市达标面积核算工作涉及6项指标:年径流总量控制率、历史易涝点消除情况、内涝防治标准达标情况、城市水体环境质量、可渗透地面面积比例、天然水域面积变化情况。各指标要求见表1。

表1 海绵城市建设达标面积指标体系

Tab.1 Index system of sponge city qualified area

指标	层级	评价要求
年径流总量控制率	单元	符合上位规划要求
历史易涝点消除情况		在城市内涝防治标准内的降雨条件下,消除全部历史易涝积水点
内涝防治标准达标情况		在城市内涝防治标准内的降雨条件下,不出现内涝
城市水体环境质量		城市水体不得出现黑臭现象
可渗透地面面积比例	单元或行政区	不低于40%
天然水域面积变化情况		城市开发建设前后天然水域总面积不减少

在6项指标中,年径流总量控制率、历史易涝点消除情况、内涝防治标准达标情况、城市水体环境质量、天然水域面积变化情况为住房和城乡建设部在2020年度海绵城市建设评估工作中提出的针对所有城市的核心指标;可渗透地面面积比例为各地市结合实际选用的指标,在《福建省海绵城市建设工作指南(试行)》中明确了不低于40%的指标要求。此外,雨水资源化利用率、污水再生利用率等针对缺水城市的指标,作为厦门市级层面指标,不纳入本次考核评价指标体系。

该评价方法已应用于2023年厦门市6个行政区达标面积的考核,故结合湖里区的评价实践进行阐述。

## 2.3 指标评价方法

### ① 年径流总量控制率

该项指标主要针对管控单元年径流总量控制率进行评价,管控单元的边界及对应的年径流总量控制率目标的依据次序为重点片区海绵城市实施

规划、分区海绵城市专项规划、全市海绵城市专项规划。在上位规划管控单元边界内进一步细分的评价单元,也应按照排水分区进行划分,其年径流总量控制率不低于该上位规划管控单元要求。本项指标采用监测数据、模型评估的方法进行评价(见图1):管控单元内设有监测点位的区域,根据不少于1年的连续流量监测数据评价年径流总量控制率<sup>[9]</sup>;无监测点位的区域,根据管控单元现状下垫面情况,建立管控单元径流控制模型(海绵城市建设项目按设施尺度模拟,其他项目按地块尺度模拟),核验管控单元的年径流总量控制率是否符合上位规划要求。

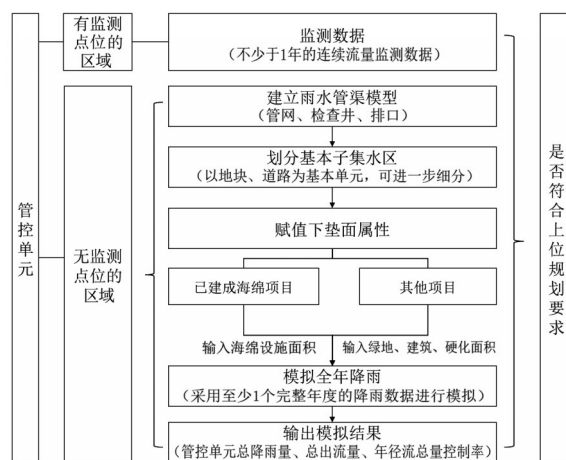


图1 年径流总量控制率评价方法

Fig.1 Evaluation method of volume capture ratio of annual rainfall

以湖里区为例。该行政区内共有22个管控单元,海绵城市建设项目244个,无监测点位。利用InfoWorks ICM建立管控单元径流控制模型,导入排水管网,划分子集水区,共概化4 468个子集水区,提取各子集水区下垫面组成面积。采用2017年厦门市全年降雨数据,模拟得出湖里区大部分地块的年径流总量控制率为55%~65%,部分地块超过85%。按管控单元进行统计,除高崎、机场北、火炬园、虎仔山单元的年径流总量控制率低于规划目标外,其他均达到规划指标。

### ② 历史易涝点消除及内涝防治标准达标

此2项指标针对管控单元内历史易涝积水点消除情况、内涝防治能力达标情况进行评价,采用模型评估方式,按照排水管网溯源排查和正本清源工作的最新成果,搭建管控单元现状排水模型。在城



市内涝防治标准内的降雨条件下,对管控单元内的历史易涝点积水情况、内涝积水风险进行模拟,模拟结果(积水深度、退水时间等)应符合现行《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)与《城镇内涝防治技术规范》(GB 51222—2017)规定。易涝点及内涝防治模型模拟流程见图2。

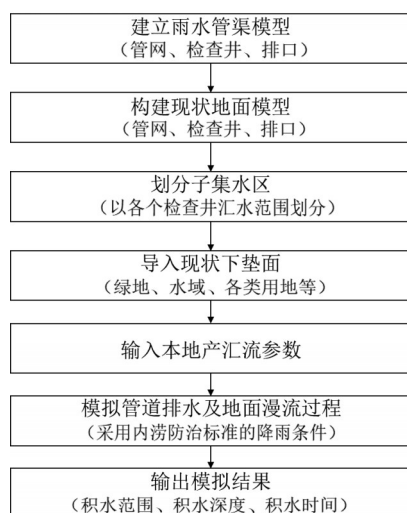


图2 易涝点及内涝防治模型模拟流程

Fig.2 Simulation process of flooding points and flooding prevention

以湖里区为例。该区历史涝点共计20处,内涝防治标准为50年一遇,在该标准内的降雨情景下内涝风险模拟结果如图3所示。模拟结果与历史涝点吻合度较好,同时反映出其他潜在的内涝风险区域,如五通、火炬园、鼻子沟上游等。叠加管控单元进行分析,共计10个管控单元无历史涝点或已消除历史涝点,且内涝防治能力达标,总面积约27 km<sup>2</sup>。

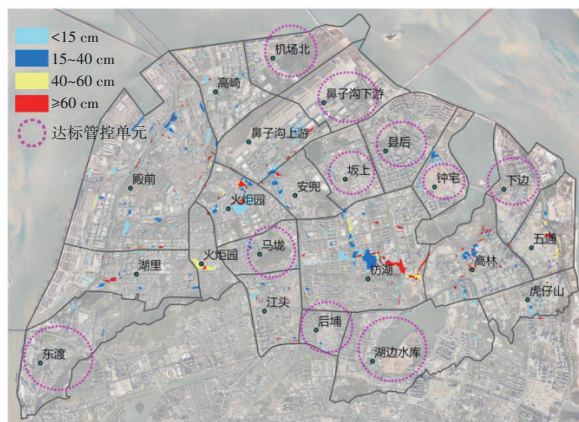


图3 湖里区内涝风险模拟结果

Fig.3 Simulation results of waterlogging risk in Huli District

### ③ 城市水体环境质量

该指标主要对城市水体环境质量进行评价,要求城市水体不出现黑臭现象。采用核查监测资料的方式,对城市重要水体及政府通报过为黑臭水体的水域进行水质考核,即达标管控单元内及下游陆域水体的水质监测指标需满足《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)中“水体不黑臭”要求,即:透明度>25 cm(水深<25 cm时,该指标按水深的40%取值),溶解氧>2.0 mg/L,氧化还原电位>50 mV,氨氮<8.0 mg/L。对于下游排海的管控单元,本项指标不进行评价。

湖里区主要陆域水体为新丰湖、埭辽湖、湖边水库,根据2023年度水质监测数据,上述水体水质为地表水Ⅱ类~劣Ⅴ类,但均不存在黑臭现象,本项指标所有管控单元均达标。

### ④ 可渗透地面面积比例

该指标针对管控单元(或行政区)城镇开发边界范围内可渗透地面面积比例进行评价。采用面积核算的方式,核验管控单元(或行政区)城镇开发边界范围内的可渗透地面面积比例是否不低于40%,依据为《福建省海绵城市建设工作指南(试行)》。该项指标同时作为单元级、区级层面指标考虑,由于不同区域建成区的下垫面组成差异较大,而目前缺乏分解该项指标的相关规划作为支撑,若按统一的指标要求(40%)进行考核评价,不切合实际,因此建议适当放宽至行政区层面进行统筹。

可渗透地面面积比例有2种计算方式:一是通过直接统计透水地面面积进行计算,二是通过扣除统计的不透水硬化地面面积的方式间接计算。其中,透水地面包括透水铺装、绿地、耕地、林地、裸土、沙滩、水域(不含渠底硬化水系)等;不透水硬化地面包括不透水的硬化铺装、道路、广场等。计算公式如下:

$$\eta_{\text{透}} = \frac{S_{\text{透}}}{S_{\text{总}}} \times 100\% \quad (1)$$

$$S_{\text{总}} = S_{\text{开发}} - S_{\text{建}} \quad (2)$$

$$S_{\text{透}} = S_{\text{总}} - S_{\text{硬}} \quad (3)$$

式中: $\eta_{\text{透}}$ 为可渗透地面面积比例; $S_{\text{透}}$ 为透水地面面积; $S_{\text{总}}$ 为总地面面积; $S_{\text{开发}}$ 为城镇开发边界面积; $S_{\text{建}}$ 为建(构)筑物占地面积; $S_{\text{硬}}$ 为不透水硬化地面面积。

以湖里区为例。采用GIS软件识别行政区城镇

开发边界范围内的建(构)筑物,占地面积为 26.8 km<sup>2</sup>,则总地面面积为 39 km<sup>2</sup>;识别公共绿地、林地、裸土、沙滩、水域等 10.2 km<sup>2</sup>,小区绿地面积 7.8 km<sup>2</sup>,透水铺装面积 1.7 km<sup>2</sup>,可透水地面面积为 19.7 km<sup>2</sup>。由此可计算得出可渗透地面面积比例为 50.3%,满足本项指标达标要求。

### ⑤ 天然水域面积变化

该指标针对管控单元(或行政区)城镇开发边界范围内海绵城市建设工作开展以来的天然水域面积变化情况进行评价。根据《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),天然水域特指陆域范围内的天然湿地、水系、湖泊、水库等,不包含人工景观水体、坑塘。采用比对卫星遥感影像的方式进行指标评价,统计行政区城镇开发边界内开发建设前后天然水域总面积,天然水域总面积不减少的则认定为达标。厦门自2018年正式提出全域推进海绵城市建设的工作部署,因此采用2018年度作为海绵城市建设前的基准时间节点。

以湖里区为例,通过识别卫星遥感影像,行政区域城镇开发边界内2018年、2023年天然水域总面积分别为3.14、3.16 km<sup>2</sup>,天然水域面积未减少,满足天然水域面积变化情况指标的达标要求。

## 2.4 达标面积核算方法

根据6项指标的评价结果,按以下原则核算海绵城市达标面积:管控单元内年径流总量控制率、历史易涝点消除情况、内涝防治标准达标情况、城市水体环境质量、可渗透地面面积比例(或行政区城镇开发边界范围整体达标)、天然水域面积变化情况(或行政区城镇开发边界范围整体达标)6项指标都达标,则该管控单元内城镇开发边界范围可整体计入海绵城市达标面积(见图4)。若有一项指标不达标,则管控单元的城镇开发边界范围内已落实的海绵城市建设项目面积、公共绿地面积、公共水域面积(不含黑臭水体)可计入海绵城市达标面积(见图5)。

综上,湖里区共计8个管控单元(见图6)符合6项指标达标要求(其中可渗透地面面积比例、天然水域面积变化情况为行政城镇开发边界范围整体达标),可整体计入达标面积为19.9 km<sup>2</sup>。其他未达标管控单元中,海绵城市建设项目面积为2.0 km<sup>2</sup>,公共绿地面积为3.6 km<sup>2</sup>,不涉及公共水体。因此,海绵城市建设总达标面积为25.5 km<sup>2</sup>,占比

38.8%,满足年度考核目标。

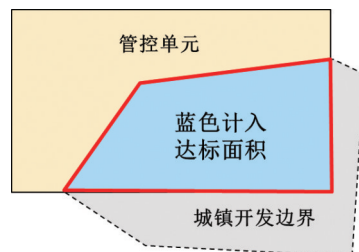


图4 “全部达标”面积核算示意

**Fig.4 Schematic diagram of area counting as all qualified**

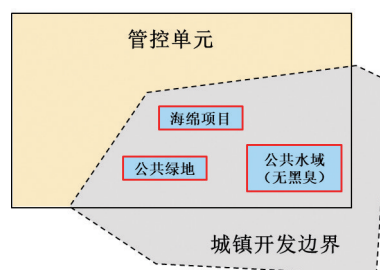


图5 “任一不达标”面积核算示意

**Fig.5 Schematic diagram of area counting as not all qualified**

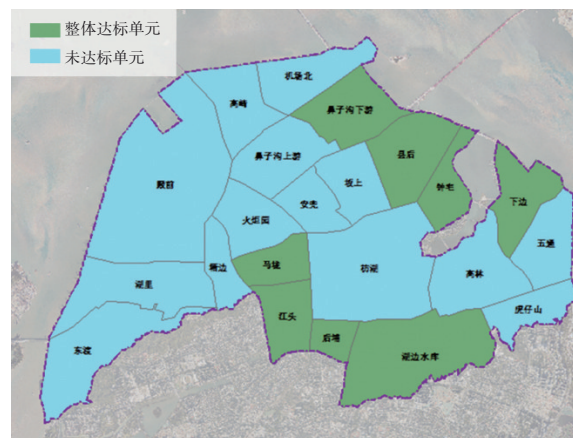


图6 湖里区海绵城市建设达标单元分布

**Fig.6 Distribution of qualified standard units for sponge city construction in Huli District**

### 3 结语

为了更好地指导市域内各行政区开展海绵城市建设自评工作,基于政策文件要求,立足厦门实际,清晰界定评价对象、评价单元,针对性地提出6项评价指标:年径流总量控制率、历史易涝点消除情况、内涝防治标准达标情况、城市水体环境质量、可渗透地面面积比例、天然水域面积变化情况,充分应用模型评估、量化计算等方法,进一步明确各项指标评价方法、海绵城市建设达标面积核算方

法,形成一套适于厦门的海绵城市建设达标评定方法。

目前,本研究提出的海绵城市建设达标面积评价方法已在厦门6个行政区进行了应用,改变了传统按项目列表完成度的碎片化考核做法,将海绵城市建设的系统性理念通过评价方法的向下传导,能够更好地引导各行政区开展年度海绵城市建设:一方面利用6项指标的综合考核强调海绵城市建设的流域性、系统性;另一方面通过逐年滚动、量化评价,将2025年50%、2030年80%以上的城市建成区面积达到海绵城市建设要求的目标进行逐年分解,促进各区循序渐进完成海绵城市建设终期目标。下一步结合实际应用情况,将继续修正完善评价方法,可进一步融入智慧化平台建设,实现海绵城市达标面积的实时评价。

#### 参考文献:

- [1] 丁孟达,张晨晖,佟彤,等. 海绵城市建设评价指标研究[J]. 给水排水, 2022, 48 (S1): 22-25.  
DING Mengda, ZHANG Chenhui, TONG Tong, *et al.* Research of sponge city construction evaluation index [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48(S1): 22-25 (in Chinese).
- [2] 温禾,陈永,宫永伟,等. 关于海绵城市建设评价方法的选用研究及建议[J]. 给水排水, 2022, 48 (S1): 621-626.  
WEN He, CHEN Yong, GONG Yongwei, *et al.* Selection research and suggestions of evaluation method of sponge city construction [J]. Water & Wastewater Engineering, 2022, 48 (S1): 621-626 (in Chinese).
- [3] 祝宏燕. 海绵城市建设效果评估体系的构建与应用研究——以厦门为例[D]. 厦门: 厦门大学, 2019: 5-18.  
ZHU Hongyan. Construction and Application of Sponge City Assessment System—A Case Study in Xiamen [D]. Xiamen: Xiamen University, 2019: 5-18 (in Chinese).
- [4] 谢鹏贵,缪沁园. 厦门市全域推进海绵城市建设的策略研究[J]. 福建建筑, 2022 (8): 21-25.  
XIE Penggui, MIAO Qinyuan. Research on the strategy of promoting the construction of sponge city in Xiamen [J]. Fujian Architecture & Construction, 2022 (8): 21-25 (in Chinese).
- [5] 王宁. 厦门海绵城市专项规划编制实践与思考[J]. 城市规划, 2017, 41 (6): 108-115.  
WANG Ning. Practice and reflections on the sponge city planning compilation of Xiamen [J]. City Planning Review, 2017, 41 (6): 108-115 (in Chinese).
- [6] 王宁,吴连丰. 厦门海绵城市建设方案编制实践与思考[J]. 给水排水, 2015, 41 (6): 28-32.  
WANG Ning, WU Lianfeng. Practice and reflection of the urban municipal construction plan edition of sponge city, Xiamen [J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41 (6): 28-32 (in Chinese).
- [7] 关天胜. 厦门市海绵城市建设全过程管控机制探讨[J]. 给水排水, 2019, 45 (12): 43-46.  
GUAN Tiansheng. Discussion on the control mechanism of the whole process of sponge city construction in Xiamen [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45 (12): 43-46 (in Chinese).
- [8] 谢鹏贵,吴连丰,黄黛诗,等. 厦门市海绵城市建设径流控制指标的探索与实践[J]. 给水排水, 2019, 45 (8): 36-41.  
XIE Penggui, WU Lianfeng, HUANG Daishi, *et al.* Exploration and practice of target index of runoff control in sponge city construction of Xiamen City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45 (8): 36-41 (in Chinese).
- [9] 吴连丰. 厦门市海绵城市管控平台的探索与实践[J]. 给水排水, 2019, 45 (11): 117-122.  
WU Lianfeng. Exploration and practice of the sponge city management and control platform in Xiamen City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45 (11): 117-122 (in Chinese).

**作者简介:**黄黛诗(1990—),女,福建南安人,硕士,工程师,主要研究方向为海绵城市建设、市政给排水规划、水环境综合治理等。

**E-mail:**709696878@qq.com

**收稿日期:**2023-12-06

**修回日期:**2023-12-22

(编辑:丁彩娟)