



DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2016.01.027

李运杰, 张弛, 冷祥阳, 等. 智慧化海绵城市的探讨与展望[J]. 2016, 14(1): 161-164, 171.

LI Yur jie, ZHANG Chi, LENG Xiang yang, et al. Exploration and expectation of smart sponge city[J]. 2016, 14(1): 161-164, 171. (in Chinese)

## 智慧化海绵城市的探讨与展望

李运杰, 张 弛, 冷祥阳, 刘海星

(大连理工大学 水利工程学院, 辽宁 大连 116024)

**摘要:** 海绵城市和智慧城市都是新一代的城市管理理念, 都是为了让城市变得更加美好。将智慧城市的智慧化理念融入到海绵城市之中, 实现海绵城市的智慧化, 对于加快推进海绵城市的建设步伐和更好更高效地发挥海绵城市的作用, 有很重要的意义。本文首先介绍了海绵城市的智慧化理念, 然后从海绵城市的规划建设、运行管理和绩效评价三个阶段分别探讨了智慧化理念在海绵城市中的应用, 以期智慧的海绵城市发展提供一些借鉴和启示。

**关键词:** 海绵城市; 智慧化; 规划建设; 运行管理; 绩效评价

**中图分类号:** TV 213      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1672-1683(2016)01-0161-04

### Exploration and expectation of smart sponge city

LI Yur jie, ZHANG Chi, LENG Xiang yang, LIU Hai xing

(School of Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

**Abstract:** Both sponge city and smart city are the new generations of concept for urban management to make the city become better. It can help the sponge city to become intelligent by adding the intelligent concept of smart city into the sponge city, which can be of great significance by speeding up the pace to construct the sponge city and taking advantage of the sponge city more efficiently. This article first introduced the intelligent concept of sponge city, and then discussed the application of intelligent concept in sponge city from the three stages of planning and construction, operation and management, and performance evaluation, in order to provide some reference and revelation for the development of smart sponge city.

**Key words:** sponge city; intelligent; planning and construction; operation and management; performance evaluation

建设具有自然积存、自然渗透、自然净化功能的海绵城市是生态文明建设的重要内容, 是实现城市和环境资源协调发展的重要体现, 是建设美丽中国的重要方式, 也是今后我国城市建设的重大任务<sup>[1-2]</sup>。2013年12月, 习总书记提出了建设海绵城市的指导方针; 2014年10月, 住建部发布了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试用)》; 2015年3月, 住建部牵头评审出了16个

首批海绵城市试点城市。自此, 以试点城市为先导, 全国范围内掀起了海绵城市建设的热潮。

海绵城市建设的核心是推行现代雨洪管理体系<sup>[3]</sup>。到2015年年底, 各地在推进海绵城市建设方面取得了一些成果, 同时也出现了许多问题。一些试点城市对海绵城市建设工作难度和城市自身实际情况等认知不足, 从而对建设目标和控制指标规划不当; 还有一些试点城市出现了“建”“管”严重偏离

收稿日期: 2016-01-10    修回日期: 2016-02-23    网络出版时间: 2016-02-27  
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20160227.1631.012.html>  
基金项目: 国家自然科学基金(面上项目, 51279021)

**Fund:** National Natural Science Foundation of China(General Program, 51279021)

**作者简介:** 李运杰(1988-), 男, 辽宁大连人, 主要从事海绵城市及雨水资源利用研究。E-mail: 1072729477@qq.com

**通讯作者:** 张 弛(1975-), 男, 辽宁大连人, 教授, 博士, 主要从事变化条件下水资源高效利用研究。E-mail: czhang@dlut.edu.cn

的问题,只偏重于工程建设,而不注重规划和管理;同时大多试点城市在海绵城市建设中仍在利用比较传统的技术和方法,而很少结合新一代信息技术理念,从而导致重复建设、新建绿色设施效果差、建设进度滞后等问题<sup>[4]</sup>。2015 年 10 月,国务院办公厅印发了《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》(下称《指导意见》),要求加快推进海绵城市的建设步伐,同时也在一些关键问题上给出了指导意见。但在具体的实施和落实上仍要经过大量的研究和实践探索。

因此,对于如何加快推进我国的海绵城市建设,发挥海绵城市的社会、生态、环境、资源、防灾等方面的效益,达到修复城市水生态、涵养水资源,增强城市防涝能力,提高雨水资源利用量和效率、改善城市生态环境,促进人与自然和谐发展的目的<sup>[5]</sup>,将会是国内外学者重点研究的课题。针对目前海绵城市建设中存在的问题和未来研究动态,笔者认为可以从智慧城市的理念去考虑,将海绵城市与国家正在开展的智慧城市建设工作相结合,实现海绵城市的智慧化,从而使我国城市能够迅速、智慧、弹性地来应对城市水危机。

## 1 海绵城市的智慧化理念

智慧城市是指运用以物联网、云计算、大数据为核心的新一代信息技术来感测、分析、整合城市各项信息,从而对包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出快速、智能响应,提高城市运行效率,为居民创造更美好的城市生活<sup>[6]</sup>。海绵城市的智慧化就是在海绵城市中融入智慧城市的理念,通过物联网、云计算、大数据等信息技术,把各种各样的集中或分布式的能源、绿色设施和海绵城市建设设施协同起来,从而使海绵城市的建设与管理更加高效和智慧<sup>[8-9]</sup>。海绵城市的智慧化遵循这样一个总体思路:首先,通过传感器等物联网智能传感系统,对涉及到的各种信息进行监测和收集;然后,通过互联网、3G/4G 等网络传输方式,将这些数据信息传输到服务器;其次,利用云计算等手段对数据信息进行处理、分析,利用各种模型对数据进行模拟,对涉及的问题给出优化的解决方案;同时,通过对方案的准确指挥和迅速执行,解决出现的各种问题;最后,通过全面合理的绩效评价,对结果进行反馈和修正。五个部分形成一个完整的信息回路(见图 1),但在具体的智慧化海绵城市应用中,可根据实际情况,有效地选取信息的收集、处理、分析、决策等步骤。海绵城市智慧化的优势是使

原来非常难于获取的监测数据和难于决策的控制参数,变得容易实现<sup>[10]</sup>,并使海绵城市更好、更高效地发挥其在排水防涝、雨水资源利用和生态环境保护等方面的作用。

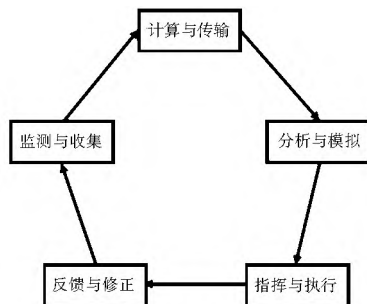


图 1 海绵城市智慧化思路流程

Fig. 1 Flow chart of smart sponge city

因此,海绵城市智慧化对于解决海绵城市建设和管理中存在的一些问题将会是一种高效且应用前景广阔的新思路和新方法。下文将从海绵城市的规划建设、运行管理、绩效评价三个阶段分别来探讨智慧化理念的应用。

## 2 海绵城市规划建设阶段的智慧化

海绵城市的规划建设中,一些试点城市出现了诸如年径流总量、径流污染等控制目标规划过大或建设方案生搬硬套一些发达地区的做法和模式、缺少城市或区域尺度内各类设施的系统性规划设计、专项规划中缺少各种低影响开发设施之间和设施与管网系统之间的有效衔接、实施方案中僵化分割控制指标与项目建设方案等问题<sup>[11-12]</sup>。这些问题的出现与对城市自身实际情况了解不清、没有因地制宜和科学地进行规划建设有很大关系。而现代信息技术在信息的监测、收集、整合、分析、模拟、优化等方面有着传统技术不可比拟的优势。因此,为了因地制宜确定建设目标和具体指标,科学编制和严格实施相关规划,需要将智慧化理念应用到海绵城市的规划建设之中,发挥智慧的优势。智慧化理念可应用在规划建设阶段的多个方面:对规划所需信息进行监测、收集、分析,从而提供数据支撑;对规划建设方案进行模型模拟,优化设施组合、规模和平面布局;对各方案的效果进行直观显示,选取优化方案等。下面以城市的排水防涝综合规划为例,说明在城市规划建设阶段如何利用现代信息技术实现智慧化。

城市的排水防涝综合规划涉及的条件复杂,是海绵城市规划建设中的一个难点问题<sup>[13]</sup>。对该规划实现智慧化的思路如下:(1)应用传感器、3S 和 LIDAR 等信息技术,对城市易涝点雨量、下垫面条

件、土地利用情况、管网分布、淹没情况等相关信息进行监测收集,并对这些信息进行栅格化、精细化整合和分析;(2)利用获得的信息对城市排水防涝能力和内涝状况进行评估,结合海绵城市总体规划要求,确定径流总量控制目标和综合控制指标;(3)利用模型模拟的方法,对径流总量控制目标和综合控制指标(单位面积控制容积)进行分解,合理选择蓄水池、渗透塘、雨水湿地等低影响开发设施及其规模;(4)给出初步的低影响开发设施规划方案,利用SWMM模型对方案进行模拟,按照先渗、滞、蓄、净、用,最后排放的原则,优化设施组合和平面布局,确定最终优化的低影响开发设施规划方案;(5)利用SWMM、MIKE等模型模拟和云计算技术,对优化的低影响开发设施的雨水消纳能力和管网的排水能力进行分析,并结合排水防涝的总体目标,确定低影响开发雨水系统与雨水管渠系统以及超标雨水排放系统的连接方式,实现三者的有效衔接,并给出排水防涝综合规划方案;(6)对满足控制目标的多种方案进行分析,还可利用三维展示等多媒体仿真技术,对各方案的效果进行直观显示,取社会效益、环境效益和景观效果较优且成本较低的方案作为优选方案。具体步骤见图2。



图2 排水防涝综合规划流程图

Fig. 2 Flow chart of comprehensive plan for flood and draining waterlogging

### 3 海绵城市运行管理阶段的智慧化

海绵城市建设项目实际效益的发挥,受制于后期的运行管理<sup>[14]</sup>。无论是小型、分散的低影响开发设施,还是大型的雨水湿地、多功能调蓄水体设施,如果缺少后期管理与维护或者管理不当,不但其作用不能有效发挥,甚至可能出现水质污染、水体破坏、雨水资源浪费等现象。因此,在运行管理阶段,

维护和管理的实时、科学和高效至关重要,而智慧城市作为一种新的城市管理理念,其突出的一个优势就是可实现城市方便、快捷、智能、高效的管理<sup>[15]</sup>。

智慧化理念在运行管理阶段的应用体现在多个方面:对排水和雨水收集智能控制,实现智慧排水与雨水收集;对管网和一些海绵设施的进水口或溢流口进行监测,判断其是否堵塞或渗漏并实时反应;对水体污染情况监测,实现智慧水污染控制和治理;对雨情和积水情况实时监测,实现防洪排涝预警控制;对用水量进行智能控制,实现雨水的高效利用,比如可通过监测雨情、墒情、植物生长情况等并结合降雨预报信息,判断浇水时间、次数和用水量,进行智能灌溉,从而实现节水和雨水高效利用的目的。

又如,管道的堵塞和渗漏是管网系统里常见又难于解决的问题,管道堵塞会导致排水不畅,管道渗漏则会导致污水污染环境<sup>[16]</sup>。可采用智慧化的理念实现管网的智能监测管理:(1)利用遥感等技术探测管网走向和布局,并将探测数据上传至服务器;(2)对数据进行处理,利用MIKE、ArcGIS、SWMM、CAD等软件获得现状管网的布局和走向平面图;(3)对管网进行分类、分段、编号,并标出管网的分叉、汇集等特殊点;(4)在每个编号段的合适位置以及一些特殊点上布设流量传感器,实时监测流量和上传数据;(5)利用云计算等技术对大量数据进行分析、计算,将布设点实时监测的流量,与利用水力模型推算出的该点流量进行比对,并对流量差别较大点进行预警,分析流量变化的原因(如流量变大的可能是因为堵塞,变小的可能是因为渗漏);(6)及时对预警点进行排查和维修,疏堵或补漏(见图3)。

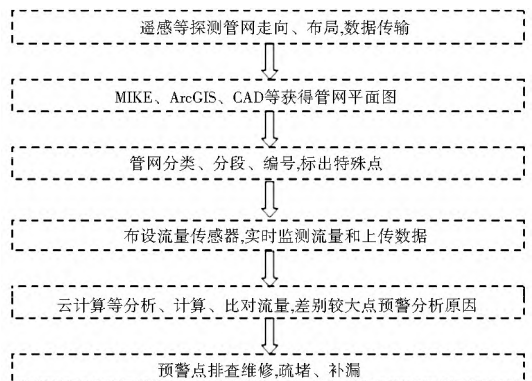


图3 管网智能监测管理流程图

Fig. 3 Flow chart of intelligent monitoring and management of pipe network

### 4 海绵城市绩效评价阶段的智慧化

针对获批的试点城市,加强其创建过程与成果的绩效评价,对于发挥国家级示范的引领带头作用,

加快推进海绵城市建设具有十分重大的意义<sup>[17]</sup>。2015 年 7 月 10 日,住建部办公厅印发了《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》,要求在推进海绵城市建设中参照执行。但在执行过程中,对于涉及到水生态、水环境、水资源、水安全的一些指标具体该如何评价,还存在很多问题,即还没有一套行之有效的绩效评价体系可供建设的示范项目使用。因此,尽快解决指标评价的方法问题,并研究制定行之有效、精准全面的绩效评价体系是十分重要和迫切的。海绵城市的绩效评价多是一个监测、统计、计算、比对的过程,完全可以结合智慧化理念,发挥传感器、3S、大数据、云计算在监测、统计、计算等方面的优势,建立包含多种指标的绩效评价模型,如年径流总量控制率、雨水资源利用率、城市面源污染控制率、城市暴雨内涝灾害防治水平等指标。

按照《指导意见》要求,海绵城市建设项目年径流总量控制率必须达到 70%,这是一个硬性指标。对于年径流总量控制率的评价,可按照以下方式进行:首先,查看降雨数据、相关设计图纸、设施规模,进行现场勘测,并利用互联网、大数据对涉及到项目的图片、文本进行提取、统计、分析,了解清楚建设项目的具体情况;然后,根据实际情况,在雨水排放口、关键管网节点等安装计量装置和雨量传感器,连续(不少于一年、监测频率不低于 15 分钟/次)进行监测;同时,将监测数据实时上传,用大数据对所有的数据信息统一进行整合和统计,并利用云计算对处理后的数据进行计算分析,得到每年的降雨形成的径流总量(即外排水量)以及没有外排水的降雨场次和降雨量值,这一过程中也可以借助 SWMM、MIKE 等软件建立模型,用模型模拟的方法来获得某些值;最后,结合该区域每年降雨总量、年径流总量控制要求和设计降雨量,对所得数值进行比对,得到年降雨径流总量控制率,从而做出评价并给出反馈和修正意见(见图 4)。

对于城市面源污染控制率,也可采用类似的方法,在管网排放口、水体中布设传感器等设备,监测流量和 COD、BOD、TSS 等水质指标,从而对城市面源污染控制率做出评价。

## 5 结语

本文针对海绵城市建设和管理中存在的问题和不足之处,结合国家正在开展的智慧城市试点工作,提出了海绵城市的智慧化理念及其在海绵城市规划建设、运行管理和绩效评价三个不同阶段的应用思路,并详细给出了易涝点排水防涝专项规划的规划流程、管网堵塞或渗漏问题的智慧解决方法、年径流总量控制率的绩效评价步骤等。相信在未来,智慧化理念在海绵城市中的应用将会更加广泛,城市运行也会更加高效、智慧、协调。

### 参考文献(References):

- [1] 住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南-低影响开发雨水系统构建[R]. 2014. (MOHURD. Technical Guides of Sponge City Development Low Impact Development of Rainwater System[R]. 2014. (in Chinese))
- [2] 俞孔坚,李迪华,袁弘,等.“海绵城市”理论与实践[J]. 城市规划. 2015(06): 26-36. (YU Kongjian, LI Dihua, YUAN Hong, et al. "Sponge City": theory and practice[J]. City Planning Review, 2015(06): 26-36. (in Chinese))
- [3] 车伍,闫攀,赵杨,等. 国际现代雨洪管理体系的发展及剖析[J]. 中国给水排水. 2014(18): 45-51. (CHE Wu, YAN Pan, ZHAO Yang, et al. Development and analysis of international updated stormwater management systems[J]. China Water & Wastewater, 2014(18): 45-51. (in Chinese))
- [4] 车伍,赵杨,李俊奇. 海绵城市建设热潮下的冷思考[J]. 南方建筑. 2015(04): 104-107. (CHE Wu, ZHAO Yang, LI Junqi. Considerations and discussions about sponge city[J]. South Architecture, 2015(04): 104-107. (in Chinese))
- [5] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见[R]. 2015. (General Office of the State Council of the People's Republic of China. Guidance about Promoting Sponge City Development[R]. 2105. (in Chinese))
- [6] 巫细波,杨再高. 智慧城市理念与未来城市发展[J]. 城市发展研究. 2010(11): 56-60. (WU Xi bo, YANG Zai gao. The concept of smart city and future city development[J]. Urban Studies, 2010(11): 56-60. (in Chinese))
- [7] 赵大鹏. 中国智慧城市建设问题研究[D]. 长春: 吉林大学, 2013. (ZHAO Da peng. the Research on the Construction of the Smart City in China[D]. Changchun: Jilin University, 2013. (in Chinese))
- [8] 张国锋. 解决缺水内涝等难题 建海绵城市是好出路[N]. 新快报. (ZHANG Guo feng. Sponge City is the Best Way to Solve Problem such as Water Shortage and Waterlogging[N]. Express News. (in Chinese))

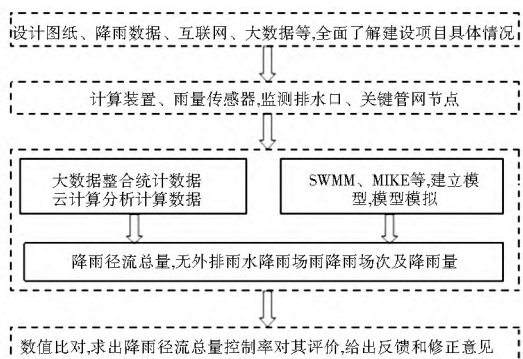


图 4 年径流总量控制率评价流程图

Fig. 4 Flow chart of evaluating total annual runoff control rate

(下转第 171 页)

- ZHANG Hua lun. Study on Pricing model of emission permits benchmark price under paid allocation[J]. Environmental Pollution & Control, 2015, 37(1): 93-99. (in Chinese)
- [12] 储益萍. 排污权交易初始价格定价方案研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(12H): 380-382. (CHU Yi ping. Study on the initial pricing scheme of emission trading[J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34(12H): 380-382. (in Chinese))
- [13] 潘济民. 水污染补偿的居民支付意愿研究以岷江流域成都段为例[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012. (PAN Ji min. Water pollution compensation of residents' willingness to pay: A case study of Chengdu section of the Min River[D]. Ya'an: Sichuan Agricultural University, 2012. (in Chinese))
- [14] 沈满洪, 谢慧明. 公共物品问题及其解决思路: 公共物品理论文献综述[J]. 浙江大学学报: 人文社会科学版, 2009, 39(6): 133-144. (SHEN Man hong, XIE Hu ming. On the issue of public goods and its solution: A review on the public goods theory[J]. Journal of Zhejiang University: Humanities and Social Sciences, 2009, 39(6): 133-144. (in Chinese))
- [15] 杨金田, 王金南. 中国排污收费制度改革与设计[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. (YANG Jin tian, WANG Jin nan. Reform and design of China charging system[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1998. (in Chinese))
- [16] 张慧博, 潘保原, 李晶. 水环境容量租金分配新模式及理论基础研究[J]. 环境科学与管理, 2010, 35(7): 22-24. (ZHANG Hui bo, PAN Bao yuan, LI Jing. Study for the theory and new model of rental allocation of water environmental capacity[J]. Environmental Science and Management, 2010, 35(7): 22-24. (in Chinese))
- [17] 温莲香. 自然资源价值: 马克思劳动价值论的诠释[J]. 济南大学学报: 社会科学版, 2009, 19(6): 36-39. (WEN Xiang lian. Value of natural resources: the interpretation of Marxist Labor[J]. Journal of University of Jinan: Social Science Edition, 2009, 19(6): 36-39. (in Chinese))
- [18] 梅林海, 邱晓伟. 从效用价值论探讨自然资源的价值[J]. 生产力研究, 2012(2): 18-19, 104. (MEI Lin hai, QIU Xiao wei. Explore the value of natural resources from the utility theory of value[J]. Productivity Research, 2012(2): 18-19, 104. (in Chinese))
- [19] 河南省统计局. 河南统计年鉴 2013[EB/OL]. 2013. <http://www.ha.stats.gov.cn/hntj/lib/tjnj/2013/index.ch.htm>. (Statistics office of Henan province. Henan Statistical Yearbook in 2013[EB/OL]. 2013. <http://www.ha.stats.gov.cn/hntj/lib/tjnj/2013/index.ch.htm> (in Chinese))
- [20] 於方, 王金南, 曹东, 等. 中国环境经济核算技术指南[M]. 中国环境科学出版社, 2009. (YU Fang, WANG Jin nan, CAO Dong, et al. Guideline for chinese environmental and economic accounting[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2009. (in Chinese))
- [21] 国家卫生和计划生育委员会. 中国卫生和计划生育统计年鉴 2013[EB/OL]. 2013. <http://www.nhfp.gov.cn/htmlfiles/zwgkzt/ptjnj/year2013/index2013.html>. (National Health and Family Planning Commission. Health and Family Planning Statistics Yearbook of China in 2013[EB/OL]. 2013. <http://www.nhfp.gov.cn/htmlfiles/zwgkzt/ptjnj/year2013/index2013.html>. (in Chinese))
- [9] 史璐. 智慧城市的原理及其在我国城市发展中的功能和意义[J]. 中国科技论坛, 2011(5): 97-102. (SHI Lu. Smart city theory and its function and significance of Chinese urban development[J]. Forum on Science and Technology in China, 2011(5): 97-102. (in Chinese))
- [10] 仇保兴. 海绵城市(LID)的内涵、途径与展望[J]. 建设科技, 2015(01): 11-18. (QIU Bao xing. The connotation, way and expectation of sponge city(LID)[J]. Construction Science and Technology, 2015(01): 11-18. (in Chinese))
- [11] 车伍, 武彦杰, 杨正, 等. 海绵城市建设指南解读之城市雨洪调蓄系统的合理构建[J]. 中国给水排水, 2015(08): 13-17. (CHE Wu, WU Yan jie, YANG Zheng, et al. Explanation of sponge city development technical guide: rational building of urban stormwater detention and retention system[J]. China Water & Wastewater, 2015(08): 13-17. (in Chinese))
- [12] 崔煜晨. 海绵城市建设应有章可循[N]. 中国环境报. (CUI Yu chen. Guidance is necessary for Sponge City Development[N]. China Environmental News. (in Chinese))
- [13] 车伍, 张鹏, 赵杨. 我国排水防涝及海绵城市建设中若干问题分析[J]. 建设科技, 2015(1): 22-25, 28. (CHE Wu, ZHANG Kun, ZHAO Yang. Analysis on problems of waterlogging drainage and sponge city in our country[J]. Construction Science and Technology, 2015(1): 22-25, 28. (in Chinese))
- [14] 王国荣, 李正兆, 张文中. 海绵城市理论及其在城市规划中的实践构想[J]. 山西建筑, 2014(36): 5-7. (WANG Guo rong, LI Zheng zhao, ZHANG Wen zhong. On sponge city theory and its application ideas in urban planning[J]. Shanxi Architecture, 2014(36): 5-7. (in Chinese))
- [15] 李德仁, 姚远, 邵振峰. 智慧城市中的大数据[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2014(6): 631-640. (LI De ren, YAO Yuan, SHAO Zhen feng. Big Data in Smart City[J]. Geomatics and information Science of Wuhan University, 2014(6): 631-640. (in Chinese))
- [16] 鲍国栋. 城市地下排水管道渗漏模拟及不锈钢套管修复技术研究[D]. 北京: 清华大学, 2014. (BAO Guo dong. Simulation of Urban Underground Drainage Pipes' Leakage and Development of the Stainless Steel Sleeve[D]. Beijing: Tsinghua University, 2014. (in Chinese))
- [17] 徐振强. 中国特色海绵城市试点示范绩效评价概念模型的建立与应用——兼论我国海绵城市创新体系平台的建设[J]. 中国名城, 2015(5): 16-25. (XU Zhen qiang. The establishment and application of the concept of Chinese sponge city pilot city performance evaluation model[J]. China Ancient City, 2015(5): 16-25. (in Chinese))

(上接第 164 页)