

DOI:10. 3880/j. issn. 1004 - 6933. 2017. 05. 003

水生态文明城市与海绵城市的初步比较

胡庆芳^{1,2},王银堂^{1,2},李伶杰¹,刘 勇^{1,2},崔婷婷^{1,2}

(1. 南京水利科学研究院水文水资源与水利工程科学国家重点实验室,江苏 南京 210029;
2. 南京水利科学研究院-天健(集团)海绵城市联合研究中心,江苏 南京 210029)

摘要:结合文献资料及各地规划建设工作,初步梳理了水生态文明城市 and 海绵城市的区别与联系。结果表明,水生态文明城市 and 海绵城市虽然具有一定交叉性,但在技术源流、基本内涵、建设内容及构建途径上均有明显差异:水生态文明城市注重城市人水关系的整体和谐与协调,其服务目标的多元性和建设内容的综合性明显超过海绵城市;而海绵城市则专注于城市雨洪综合管理,其核心是将雨洪管理及低影响开发贯穿于城市规划建设,构建综合性城市雨污水系统;海绵城市是对城市雨洪管理的细化和深化,可视为水生态文明城市的一个重要组成部分;水生态文明城市建设应充分吸收融合海绵城市建设的经验与成果,更加有效地推动我国城市水问题的系统解决。

关键词:水生态文明城市;海绵城市;城镇化;城市水问题;生态文明

中图分类号:X321 **文献标志码:**A **文章编号:**1004 - 6933(2017)05 - 0013 - 06

Preliminary comparison between water-ecological civilization city and sponge city

HU Qingfang^{1,2}, WANG Yintang^{1,2}, LI Lingjie¹, LIU Yong^{1,2}, CUI Tingting^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China;
2. Nanjing Hydraulic Research Institute-Tianjian United Research Centre of Sponge City, Nanjing 210029, China)

Abstract: Combining literature data with planning practices in some cities, this paper preliminarily compared the differences and relation between water-ecological civilization city (WECC) and sponge city (SC). Study results indicate that although there are some overlapping natures between them, their technology origins, basic connotation, construction content and methodology are apparently different. WECC Lays emphasis on the overall harmony and coordination between the urban human and water, its diverse service objectives and comprehensiveness of construction content are obviously beyond the scope of SC, which concentrates on urban rainstorm integrated management, the core of which carries out rainsrom mangement and low impact throughout urban planning and development, constructs a comprehensive urban rainwater wastewater system. SC can be viewed as an important part of WECC. However, SC refines and deepens urban rainstorm management. To effectively promote systematically solving urban water problems in China, WECC should adequately absorb experiences and achievements of SC.

Key words: water ecological civilization city; sponge city; urbanization; urban water problem; ecological civilization

基金项目:水利部公益性行业科研专项(201501007);国家自然科学基金(51479118);中国工程院重大咨询研究项目(2015-ZD-07-02, 2015-ZD-07-07);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(y516034)

作者简介:胡庆芳(1981—),男,高级工程师,博士,主要从事水文水资源的研究工作。E-mail: hqf_work@163.com

21 世纪以来,我国城镇化进程明显加快。全国人口城镇化率 1981 年仅为 20.16%,2015 年已达到 56.10%^[1];全国城市建成区面积相应由 0.74 万 km² 增长至 5.21 万 km²^[2]。城镇化对推动我国经济社会现代化起到了至关重要的作用。然而,我国城镇化也表现出明显的粗放性特征,导致了极其严峻的资源环境问题,成为全社会不可承受之重。为此,国家做出了“大力推进生态文明建设”的战略决策,将生态文明建设纳入“五位一体”发展格局,坚持走绿色发展和新型城镇化道路。

我国快速城镇化进程中,城市水问题极其突出。大规模的城市人类活动对水文循环及其伴生过程的强烈干扰,导致城市及其毗邻区人水关系严重失衡,极大影响了城市人居环境和公共安全。在众多城市,洪涝灾害、水资源短缺和水环境恶化及水生态退化并存,这些情况在现代化程度较高的城市更为突出。针对我国复杂的城市水问题,国内学者从工程、技术、管理等角度开展了大量研究^[3-7],各级政府治理力度也不断加大。2012 年以来,具有影响力的城市水问题治理措施当属水生态文明城市建设^[8]和海绵城市建设^[9]。其中,水生态文明城市建设于 2013 年以来在全国 105 个城市开展试点,2016 年水利部水资源司又在试点探索经验的基础上出台了《水生态文明城市建设评价导则》^[10]。而海绵城市建设则自 2015 年以来在 30 个城市开展试点,中华人民共和国住房和城乡建设部(简称住建部)印发了《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》^[11],各地还普遍开展了海绵城市建设专项规划编制。同时,国内有济南、宁波等 12 个城市同时被选作水生态文明城市和海绵城市试点建设城市。

水生态文明城市建设和海绵城市建设作为解决我国城市水问题、协调城镇化与环境资源保护之间矛盾的重大举措,在产生广泛社会影响的同时,也引发了不少争议^[12-15]。然而,作为并行推进的城市水问题重大治理措施,两者有何联系和区别?在目标和功能上有没有相通之处?在构建途径上能否相互借鉴、补充融合?厘清这些问题无论从学术还是实践上均很有必要,然而目前尚未有文献对此加以讨论。鉴于此,笔者从生态文明理念和我国城市水问题出发,阐述水生态文明城市和海绵城市产生的实践背景和技术源流,进一步结合相关文献资料和建设实践,对两者的基本内涵、发展目标、建设内容及途径等加以比较,以期深化对两者的认识与理解,旨在对推进我国城市水问题的系统治理有所裨益。

1 社会需求背景与理论实践源流

1.1 社会需求背景

水生态文明城市和海绵城市概念的正式提出,时间上略有先后,但两者产生的社会需求类似,均源于对粗放式的城市发展模式的否定。长期以来,我国城市发展严重忽视资源环境代价,高强度甚至掠夺式的开发对自然环境造成了严重损害,最终严重危及人类自身利益。具体到城市水问题方面,由于高强度人类活动干扰压力与日俱增,自然水循环功能持续退化,经过长期积累,以城市洪涝、河湖黑臭等形式集中爆发。充分尊重和顺应自然,建立以人水和谐为核心的城市水问题治理新模式成为全社会的共识和重大实践需求。这一新的治理模式总体上是从人类自身行为方式调整和水循环功能修复两手发力。一方面,从根本上转变原有粗放的城市发展模式,构建绿色生产和消费方式,减轻人类活动对水循环系统正常功能的干扰破坏;另一方面,在遵循自然规律的前提下,提高城市水系统的完整性,有效修复其循环承载功能。正是在这一根本性社会需求的驱动下,以生态文明发展和新型城镇化建设为契机,水生态文明城市建设和海绵城市建设终于成为政府层面大力推动城市水问题治理的战略体现。水生态文明城市和海绵城市均是生态文明理念和发展模式在城市水问题治理方面的具体实现。

1.2 理论实践源流

除城市化进程中水问题治理的社会需求外,水生态文明城市和海绵城市的产生还有较长的理论与实践源流。水生态文明城市建设试点启动前,20 世纪 90 年代末以来我国先后开展了资源水利^[16]、节水型社会^[16]、水利现代化^[17]、最严格水资源管理制度^[18]、河湖健康评价^[19]等一系列理论和实践的探索,内容涉及城市防洪治涝、水资源高效利用、水环境保护与水生态修复、水管理能力提升、水文化发展等各个方面,这是水生态文明城市建设最直接的理论和实践源流。而海绵城市建设的理论和实践源流则可以直接追溯至国外自 20 世纪 70 年代以来逐步形成和成熟的最佳管理措施(best management practices, BMPs)^[20]、可持续排水系统(sustainable drainage systems, SUDS)^[21]、低影响开发(low impact development, LID)^[22-23]、水敏感城市(water sensitive urban design, WSUD)^[24]等城市雨洪管理模式。同时我国现代城市雨洪管理也走过了 20 余年的历程,这是海绵城市得以在我国明确提出的重要基础。海绵城市建设的相关理论与实践源流主要集中于城市雨洪源头控制、排水系统规划设计、水景观生态构建

的理念与技术等方面。因此,尽管水生态文明城市建设和海绵城市建设产生的社会需求背景基本一致,两者在基本科学思想上也类似,但前者的理论和实践源流显然较后者更为宽广。

2 基本内涵与发展目标

2.1 基本内涵

随着水生态文明城市建设和海绵城市建设的推进,诸多学者对两者的基本内涵进行了阐述。综合《水生态文明城市建设评价导则》^[10]等相关文献,水生态文明城市可以理解为:通过将生态文明的理念贯穿于经济社会发展和自然-人工水循环的各个方面,融入水资源开发、利用、节约、保护、治理、修复的各方面和水利规划、建设、管理的各环节,实现城市人水和谐和协调发展。因此,水生态文明城市的核心内涵是城市水系统既能够维系良性循环和自我更新,又能够为人类社会可持续发展提供永续支撑和保障。从人类角度而言,经济社会发展的水资源和生态环境约束瓶颈得以破解,水资源具有作为基础性生态要素、战略性经济资源和重要文化载体的服务功能与价值,与水相关的城市公共安全保障有效可靠;从自然角度而言,水循环的自然规律得到尊重和顺应,城市人类活动对水文循环的干扰强度在其承载能力允许的范围内,水文循环及其伴生的物质及能量要素有序流动、动态平衡,水生生态系统具有良好的完整性和多样性。

而关于海绵城市的内涵,《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》等文献也给出相应阐述,一般可以理解为:遵循自然保护和生态优先等原则,将自然途径与人工措施相结合,在确保城市排水防涝安全的前提下,最大限度地实现雨水在城区的渗透、积存、净化和利用,使城市在适应环境

变化和应对自然灾害等方面具有良好“弹性”。海绵城市建设的核心要义在于将低影响开发理念融入城市规划建设中,充分发挥对雨水的渗、滞、蓄、净、用、排作用,全过程控制雨水径流和污染迁移,促进城市洪涝防治、雨水资源利用和生态环境保护的有机结合,从而提升城市对洪涝、干旱和水质污染的韧性。

2.2 发展目标

尽管水生态文明城市和海绵城市的基本理念一致,但在具体内涵方面具有明显差异,这导致两者在发展目标及服务功能上也不同。水生态文明城市的目标更加综合和多元,服务于水资源、水节约、水环境、水监管、水文化等城市涉水事务各个方面,其主要目标包括落实最严格水资源管理制度等。而海绵城市主要目标是基于城市雨洪及污染物迁移转化全过程,通过优化生态保护格局,构建雨洪径流消纳、滞蓄、排放和净化系统,以有效防控城市洪涝灾害、消除城市水体黑臭、缓解城市热岛现象。尽管海绵城市服务功能也涉及水资源、水生态、水环境等方面,但主要是健全管理制度、建成节水型社会、构建科学合理的水资源配置格局、完善水资源保护与河湖健康保障体系、构建有效的城市雨污收集处理排放系统。关于水生态文明城市和海绵城市服务目标和功能的差异,可进一步通过比较两者指标体系加以阐述。表 1 根据《水生态文明城市建设评价导则》^[10]与《海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)》^[25],给出了水生态文明城市和海绵城市指标体系的对比情况。水生态文明城市和海绵城市均有 6 类指标,又分别包括 23 项和 18 项指标。在指标类型方面,两者均包括了水安全、水生态、水环境 3 个方面,同时在水节约、水资源方面也比较接近。此外,在这 4 类指标方面,至少有 5 个分项指标具有较强相似性。但两者指标体系的差异还是比较明显的,

表 1 水生态文明城市与海绵城市指标比较

类 别	指 标	
	水生态文明城市	海绵城市
水安全	4 项:防洪排涝达标率;降雨滞蓄率;集中式饮用水源地安全保障达标率;自来水普及率	2 项:城市暴雨内涝灾害防治;饮用水安全
水生态	6 项:河流生态基流满足程度;河流纵向连通性指数;河流生态护岸比例;水域空间率;水生生物完整性指数;水土流失治理程度	4 项:年径流总量控制率;生态岸线恢复;地下水位;城市热岛效应
水环境	3 项:水功能区水质达标率;水质优良度;废污水达标处理率	2 项:水环境质量;城市面源污染控制
水节约	4 项:万元工业增加值用水量相对值;农田灌溉水有效率用系数;生活节水器具普及率;公共供水管网漏损率	
水资源		3 项:污水再生利用率;雨水资源利用率;管网漏损控制
水监管	3 项:用水总量控制达标情况;水资源监控能力指数;水生态文明建设重视程度	
制度建设及执行		6 项:规划建设管控制度;蓝线、绿线划定与保护;技术规范与标准建设;投融资机制建设;绩效考核与奖励机制;产业化
水文化	3 项:水文化传承载体数量;水生态文明建设公众认知度;水生态环境质量公众满意度	
显示度		1 项:连片示范效应

除有两类指标互不相同外,在具体指标设置上区别也很明显,如水生态文明城市通过设置用水总量、用水效率等指标凸显了最严格水资源管理制度建设的重要地位以及对推进节水型社会建设的重视,在水生态方面也突出了对全方位构建水资源保护与河湖健康保障体系的导向性。而对于海绵城市而言,将年径流总量控制率作为基本指标凸显了雨洪管控的核心地位,同时设置雨水资源利用率、污水再生利用率、城市面源污染控制等指标,反映其目标和功能明显侧重于通过强化雨污的收集、处理和利用,促进城市水生态修复和水环境改善。此外,海绵城市还专门设置了规划建设管控制度等指标,反映了通过城市规划建设落实雨洪控制目标的导向性。总体上看,指标体系的差异反映了水生态文明城市建设和海绵城市建设目标与服务功能的侧重有所不同。相比于海绵城市建设,水生态文明城市建设的目标更加多元、涉及范围更广,而海绵城市建设在内涝防治、雨洪利用、面源污染控制方面的集中性和针对性更加突出。

3 建设内容与途径

3.1 建设内容

在国家和地方推动下,我国水生态文明城市建设和海绵城市建设已向纵深推进,有必要从建设内容和构建途径方面对两者加以对比。根据已开展的试点建设工作及《水生态文明城市建设评价导则》,水生态文明城市建设的主要内容包括:水管理体系、水安全保障体系、节水型社会、水环境治理与保护、水生态保护与修复体系、水文化体系6个主要方面。其中在水管理能力体系方面,核心内容是实施最严格水资源管理制度,全面建立“三条红线”和“四项制度”,建立水资源监控体系、推进涉水事务统一管理、健全管理责任与考核制度。在水安全方面,其内容包括连通河湖水系、建设洪水和水量调配工程,完善城乡供水设施和水源地安全保障设施,强化洪涝灾害防治和供水水量水质安全保障能力。在节水型社会建设方面,主要是构建节水型生产和消费方式,创建各类节水工程和载体,推广节水技术、工艺和器具,扩大城市再生水等非常规水源的利用规模。在水环境治理与保护方面,主要是完善水污染治理基础设施体系,加强工业和生活污染源控制,严格控制入河湖排污总量,实施河湖水环境综合整治。水生态保护与修复方面,主要内容为推进水土保持、保护修复重要生态保护区和河湖湿地、建设生态河道、保护地下水。在水文化体系建设方面,主要内容是倡导先进水生态伦理价值观和生产生活方式,传承先进水文化,加强水文化宣传教育,培育水生态文明意识。因此,

水生态文明城市建设是将生态文明的理念融入城市涉水事务中,是近年来城市水务工作的集成与提升。

海绵城市建设的核心内容是城市雨洪综合管理,但在开始阶段就超越了国外传统低影响开发的范畴。从济南、宁波、深圳等地的海绵城市试点建设或专项规划来看,海绵城市建设在水生态方面,首先是保护城市原有生态系统,维持城市生态空间,控制不透水面积比例,包括对城市山水林田湖自然空间格局和水生态敏感单元的原位保护和对城市建设用地范围内公共水体、绿地等开放空间的维护,还包括修复传统城市建设模式下受损的水体和其他自然生态要素。在水安全方面,核心是统筹城市河湖、雨水管渠、园林绿地、市政道路、建筑小区的规划建设,构建城市综合排水防涝系统,实现从单一性管渠排水模式向渗、滞、蓄、净、用、排六位一体的全过程模式转变,具体措施包括拓浚城市河湖水系,强化雨洪行泄通道,完善雨水管渠及其配套设施,建设雨洪调蓄设施和透水铺装、雨水花园、下沉式绿地等绿色雨水基础设施。在水环境方面,从点源污染控制和面源污染控制两方面出发,综合污水收集管网、雨污分流、污水处理、生态湿地及河湖岸线建设等措施,完善雨污收集-输送-处理-利用系统,统筹推进城市水环境综合整治。在水资源方面,主要是扩大再生水利用规模,推进雨洪资源利用,主要措施包括结合建筑小区、市政道路、园林绿地低影响开发设施并充分利用城市河湖、地下雨水调蓄池等收集存蓄雨水径流,用于城市公用、景观生态等;同时,完善再生水供水系统,扩大再生水利用规模,缓解水资源供需矛盾。

可见,无论水生态文明城市还是海绵城市均涉及水生态、水安全、水环境等方面的内容,且包含若干交叉内容,但二者仍存在明显差异。水生态文明城市涉及的内容无疑更为广泛,其综合性和宏观性更强。首先在水管理方面,实施最严格水资源管理制度是水生态文明城市建设的一个极为重要的组成部分,同时节水型社会建设也是水生态文明城市的核心内容。对于城市水环境治理而言,控制用水总量、提升用水效率、强化节水减排是真正的源头性措施,能够从根本上调整人类涉水行为方式、减轻对自然水循环的不利扰动和影响,也是生态文明理念的重要体现。同时在水安全方面,水生态文明不仅强调城市防洪治涝安全,而且将城市供水安全保障及供水设施完善等作为重要内容。而这些水生态文明建设的重要内容是海绵城市基本不涉及的。海绵城市在水环境、水资源、水安全等方面的所有建设内容均围绕城市雨洪管理而开展,其核心措施是把雨洪管理贯穿于城市下垫面管理和基础设施规划建设

中,可用渗、蓄、滞、净、用、排 6 个方面加以概括。一些学者认为,海绵城市是水生态文明城市的重要组织部分,是对水生态文明城市中有关排水防涝、水环境整治、非常规水资源利用等内容的细化。

3.2 构建途径

在具体建设思路和方式上,水生态文明城市 and 海绵城市也有所不同。由于水生态文明城市的综合性,其在建设目标上侧重于与城市总体规划、国民经济和社会发展规划、生态文明规划要求相衔接,在建设途径上侧重对水利、环保、农业等涉水行业规划相关内容进行整合和提升。而海绵城市作为一项交叉性内容,其核心是将雨洪管理及低影响开发措施贯穿于城市规划建设。为实现雨洪管理目标和低影响开发措施的落地,海绵城市建设比较注重与城市排水防涝、污水系统、绿地系统、道路交通、竖向管线、综合管线等专业规划的衔接,并提出相关调整方案。另外,水生态文明城市通常以整个行政区域为建设范围,其部分内容涉及城区以外的区域,同时水生态文明城市的建设目标与任务一般是以下一级行政区为单元进行分解;而海绵城市的重点建设范围是主城区(建成区)或重点城镇,其径流控制等目标一般详细分解到各城市片区,乃至各用地类型。

4 总结与建议

水生态文明城市建设与海绵城市同为治理我国城市水问题、缓解城镇化与资源环境保护之间矛盾的重大举措,在不同部门的主导下正在并行推进。科学阐明两者的联系与区别,理顺其相互关系、合理定位各自服务功能,对于有序推进我国城市水问题治理具有重要意义。

a. 水生态文明城市 and 海绵城市产生的基本社会需求背景类似,均为解决粗放式城市发展模式所导致的城市水问题,且两者均尊崇尊重和保护自然的基本理念,是生态文明在城市水问题治理方面的具体体现。但水生态文明的理论和实践源流是 20 世纪 90 年代以来国内在节水型社会建设、水利现代化、最严格的水资源管理等制度的探索,而海绵城市则主要源自 20 世纪 70 年代以来国外低影响开发等现代城市雨洪管理技术及实践。

b. 水生态文明城市建设将生态文明的理念贯穿于城市经济社会发展和自然-社会水循环的各个方面和环节,实现城市人水关系的整体和谐与协调,其服务目标涉及水安全、水节约、水环境、水文化等多个方面;而海绵城市的核心要义是构建基于低影响开发理念的城市雨污全过程管理模式,提升城市应对洪涝、干旱和水质污染的弹性,其核心目标是防

控城市洪涝、消除水体黑臭。水生态文明城市的发展目标和服务功能更为多元、综合性更强,而海绵城市的集中性和针对性更为突出。

c. 水生态文明城市建设包括构建现代水管理体系、强化水安全保障体系、建设节水型社会、水环境治理与保护、水生态保护与修复、水文化体系建设等广泛内容,并且包括一些更为根本性、源头性的措施,如节水减排、用水和水资源消费方式的优化调整等;而海绵城市的相关建设内容均围绕城市雨洪管理而展开,其核心内容是构建城市雨水综合收集排放系统。

d. 水生态文明城市在构建途径上侧重对水利、环保、住建等行业涉水内容的整合与提升,坚持制度建设和工程建设并重;而海绵城市的核心措施是将雨洪管理及低影响开发贯穿城市规划建设,注重与市政雨污水处理,园林绿地、道路交通、综合管线建设等衔接。另外,水生态文明城市通常以整个行政区域为建设范围,以次级行政区域为单元分解目标和任务,而海绵城市则主要以城区为建设范围,以城市排水片区为单元分解目标和任务。

总之,水生态文明城市 and 海绵城市虽然哲学理念相同,且具有若干交叉内容,在核心指标方面也有共同之处,但两者的理论和实践源流不同,在基本内涵、建设内容及构建途径上也具有明显差异,因此是两种不同类型的城市水问题治理举措。水生态文明城市更具综合性和多元性,注重城市乃至城乡水问题的统筹解决,其内容的广泛性明显超过海绵城市,且涉及更深层次的城市水问题治理措施。而海绵城市则专注城市雨洪综合管管理,其核心是将雨洪管理及低影响开发贯穿于城市规划建设。笔者总体上倾向于认为海绵城市是水生态文明城市的重要组成部分之一,是水生态文明城市中雨洪管理相关内容的细化。因此,在我国城市水问题治理研究与实践中,对于两者要有更加准确清晰的定位,不应本末倒置。一方面,海绵城市并不能解决城镇化进程中面临的所有水问题,更不是唯一的途径,故对其不应有不切实际的苛求,也不能因此其忽略其他有效措施;另一方面,现有水生态文明城市建设总体上对城市雨洪管理考虑不足,故应充分吸收海绵城市建设的积极经验,并随着城市发展动态调整建设重点、布局治理措施,以期更为有效地推进我国城市水问题的解决。

参考文献:

[1] 国家统计局. 2015 年国民经济和社会发展统计公报 [R]. 北京: 国家统计局, 2016.

- [2] 住房和城乡建设部. 2015 年城乡建设统计公报[R]. 北京:住房和城乡建设部,2016.
- [3] 国务院. 国务院关于实行最严格水资源管理制度的意见(国发[2012]3 号)[EB/OL]. [2012-01-12]. <http://www.foodmate.net/law/qita/174368.html>.
- [4] 杜鹏飞,钱易,杜文涛. 面向可持续发展的城市水环境基础设施建设[J]. 城市环境与城市生态,1997,10(3):39-42. (DU Pengfei, QIAN Yi, DU Wentao. The construction of water infrastructure of city towards sustainable development[J]. Urban Environment and Urban Ecology,1997,10(3):39-42. (in Chinese))
- [5] 刘世庆,许英明. 中国快速城市化进程中的城市水问题及应对战略探讨[J]. 经济体制改革,2012(5):57-61. (LIU Shiqing, XU Yingming. Discussion on urban water problems and countermeasures under rapid urbanization process in China[J]. Reform of Economic System,2012(5):57-61. (in Chinese))
- [6] 尹澄清. 城市面源污染问题:我国城市化进程的新挑战[J]. 环境科学学报,2006,26(7):1053-1056. (YIN Chengqing. Urban diffuse pollution-a new challenge to the rapid urbanization in China [J]. Acta Scientiae Circumstantiae,2006,26(7):1053-1056. (in Chinese))
- [7] 张建云,宋晓猛,王国庆,等. 变化环境下城市水文学的发展与挑战:I. 城市水文效应[J]. 水科学进展,2014,25(4):594-605. (ZHANG Jianyun, SONG Xiaomeng, WANG Guoqing, et al. Development and challenges of urban hydrology in a changing environment:I. hydrological response to urbanization [J]. Advances in Water Science, 2014,25(4):594-605. (in Chinese))
- [8] 水利部. 水利部关于加快推进水生态文明建设的意见(水资源[2013]1 号)[EB/OL]. [2013-01-05]. http://www.czs.gov.cn/slj/zwgk/tzgg/content_285240.html.
- [9] 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(国办发[2015]75 号)[EB/OL]. [2015-10-11]. http://www.law-lib.com/law/law_view.asp?id=507812.
- [10] SL/Z738—2016 水生态文明城市建设评价导则[S]. 北京:中国水利水电出版社,2016.
- [11] 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(试行)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2014.
- [12] 唐克旺. 水生态文明的内涵及评价体系探讨[J]. 水资源保护,2013,29(4):1-4. (TANG Kewang. Discussion on concept and assessment system of aquatic ecological civilization [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(4):1-4. (in Chinese))
- [13] 张建云,王小军. 关于水生态文明建设的认识和思考[J]. 中国水利,2014(7):1-4. (ZHANG Jianyun, WANG Xiaojun. Issues related to building of water ecological civilization[J]. China Water Resources, 2014(7):1-4. (in Chinese))
- [14] 张伟,车伍. 海绵城市建设内涵与多视角解析[J]. 水资源保护,2016,32(6):19-26. (ZHANG Wei, CHE Wu. Connotation and multi-angle analysis of sponge city construction [J]. Water Resources Protection, 2016, 32(6):19-26. (in Chinese))
- [15] 胡庆芳,王银堂,徐海波,等. 海绵城市建设的 5 点技术思考[J]. 水资源保护,2016,32(5):152-153. (HU Qingfang, WANG Yintang, XU Haibo, et al. Five technical considerations on sponge city construction [J]. Water Resources Protection,2016,32(5):152-153. (in Chinese))
- [16] 汪恕诚. 资源水利:人与自然和谐相处[M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.
- [17] 陈莹,刘昌明,赵勇. 节水及节水型社会的分析和对比评价研究[J]. 水科学进展,2005,16(1):82-87. (CHEN Ying, LIU Changming, ZHAO Yong. Adoption of water conservation practices in the society and comparison evaluation study[J]. Advances in Water Science,2005,16(1):82-87. (in Chinese))
- [18] 陈雷. 全面落实最严格水资源管理制度 保障经济社会平稳较快发展[J]. 中国水利,2012(10):1-6. (CHEN Lei. The full implementation of the most stringent system of water resources management, ensuring steady and relatively fast economic and social development[J]. China Water Resources,2012(10):1-6. (in Chinese))
- [19] 张凤玲,刘静玲,杨志峰. 城市河湖生态系统健康评价:以北京市“六海”为例[J]. 生态学报,2005,25(11):3019-3027. (ZHANG Fengling, LIU Jingling, YANG Zhifeng. Ecosystem health assessment of urban rivers and lakes for six lakes in Beijing[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005,25(11):3019-3027. (in Chinese))
- [20] United States Environmental Protection Agency (US EPA). Construction site stormwater discharge control: an inventory of current practices [R]. Washington D C: United States Environmental Protection Agency,1991.
- [21] BUTLER D, PARKINSON J. Towards sustainable urban drainage [J]. Water Science & Technology,1997,35(9):53-63.
- [22] COUNTY P G. Low-impact development design strategies: an integrated design approach [R]. Maryland: Department of Environmental Resources, Programs and Planning Division, Prince George's County,1999.
- [23] DIETZ M E. Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions [J]. Water, Air & Soil Pollution, 2007, 186(1):351-363.
- [24] WONG T H F. An overview of water sensitive urban design practices in Australia [J]. Water Practice & Technology, 2006,1(1):1-8.
- [25] 住房和城乡建设部. 住房城乡建设部办公厅关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)的通知(建办城函[2015]635 号)[EB/OL]. [2015-07-10]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201507/t20150715_222947.html#1.

(收稿日期:2017-02-21 编辑:彭桃英)