

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.04.009

小流域海绵城市系统化方案的编制及思考

俞露^{1,2}, 曾思育¹, 汤钟², 张亮²

(1. 清华大学 环境学院, 北京 100084; 2. 深圳市城市规划设计研究院股份有限公司,
广东 深圳 518028)

摘要: 随着海绵城市建设从规划阶段向实施阶段的过渡,建设思路也由单一海绵项目发展为片区整体解决方案。小流域海绵城市系统化方案采用系统化的思维,对现有海绵规划设计进行优化和统筹,可转变规划设计思维,按照海绵城市建设的总体要求,统筹安排各项建设任务;量化分析建设任务的工程绩效和对规划目标的贡献程度,评估方案的可行性和有效性;深化规划的落实和设计的统筹,明确工程措施与海绵绩效的关系,整合优化海绵建设任务,提高工程的实施效率和效果。以某小流域为例,针对该流域的重点问题,提出了自然本底保护、水环境治理和水安全提升三方面的海绵建设策略,并通过模型评估等技术手段,对方案的实施效果进行了量化评估。该研究成果可为类似小流域海绵城市系统化方案编制提供参考。

关键词: 海绵城市; 系统化方案; 片区达标; 小流域; 水力模型

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)04-0052-07

Compilation and Thinking of Systematic Planning Scheme of Sponge City in Small Watershed

YU Lu^{1,2}, ZENG Si-yu¹, TANG Zhong², ZHANG Liang²

(1. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Urban Planning & Design Institute of Shenzhen, Shenzhen 518028, China)

Abstract: With the construction of sponge city from the planning stage to the implementation stage, the construction method has also developed from a single sponge project to the overall solution for the region. The systematic planning scheme of sponge city in small watershed adopts a systematic thinking to optimize and coordinate the existing sponge planning and design, and achieves the following purposes: I. change the planning and design thinking, and arrange the construction tasks according to the overall requirements of the sponge city construction; II. quantitatively analyze the engineering performance of construction tasks and their contribution to planning objectives, and evaluate the feasibility and effectiveness of the scheme; III. deepen the planning implementation and design coordination, and clarify the relationship between the engineering measures and the sponge performance, integrate and optimize the sponge construction tasks, and improve the efficiency and effectiveness of project implementation. Taking a small watershed as an example, this paper proposes three sponge construction strategies including natural background protection, water environment management and water safety improvement. This paper also uses technical means such as model evaluation to quantitatively evaluate the implementation effect of the scheme. The research results can provide

基金项目: 国家自然科学基金资助面上项目(51978374)

reference for the compilation of systematic planning scheme of sponge city in similar small watershed.

Key words: sponge city; systematic planning scheme; catchment standard; small watershed; hydraulic model

当前,海绵城市已经成为城市建设的必备要求之一,部分城市将海绵建设的完工面积、建设质量、建成效果等指标纳入政府绩效考核和生态文明考核^[1]。近年来,各地编制的海绵城市类规划主要从确定海绵城市建设指标、进行海绵城市建设适宜性分析等方面构建海绵城市体系,在指导具体项目的实施落地方面存在短板。根据《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),海绵城市建设以片区整体达标为目标,小流域是片区达标的基本单位^[2],因此,需在海绵城市专项规划、海绵城市详细规划等基础上编制针对小流域的海绵城市系统化方案,以问题为导向,进一步定量分析水环境、水安全、水生态等方面的问题和成因,针对性地提出工程措施,直接指导工程设计和建设,并确保多工程体系优化组合后的问题解决和复合效益最佳^[3]。以某小流域为例,通过系统化方案的编制来指导工程的实施并对流域项目整体进行量化评估,以期为类似流域海绵城市编制系统化方案提供参考。

1 对小流域海绵城市建设的理解

小流域作为城市汇水区的基本单元,承担着片区海绵达标的任务。小流域一般面积较小,主要根据大流域排水分区和流域支流,以分水线界限划分,其雨水排入流域干流。因此,小流域海绵城市建设具有以下特点:

① 导向明显。新区以目标为导向、老区以问题为导向来编制系统性方案。按照汇水分区、现状及其存在问题,从源头减排(建筑小区、道路广场)、过程控制(雨污水管网、调蓄处理设施等)、系统治理(河湖水系治理)等方面科学确定、分解建设任务,落实建设项目。

② 绩效关联。海绵城市不只是单独的项目,而是从源头到末端的一个系统。因此不仅要求项目的建设,而且要求明确项目与整体绩效的关联;明确建设任务与建设目标的关系;量化分析每一项建设任务的工程绩效和对目标的贡献程度。

③ 专业统筹。在专业上避免碎片化,需要综合城市建设的各个方面(给排水、水利、园林、道路、

小区建设等),实现系统最优。按照对城市生态环境影响最低的开发建设理念,合理控制开发强度,在城市中保留足够的生态用地,控制城市不透水面积比例,最大限度地减少对城市原有水生态环境的破坏。同时,根据需求适当开挖河湖沟渠,增加水域面积,促进雨水的积存、渗透和净化。

2 小流域的主要特点和问题分析

本次规划流域属于新建城区,规划地块包括重要的商业、城市综合体及公共设施基地。上游为新城中心,中游有城市综合体、工业等,下游为调蓄湖和湿地。流域面积约 7.1 km²,河道为雨源型河流,基流少,现状按照排洪渠标准进行建设,防洪标准已达到 50 年一遇,流域雨污分流情况较好,部分存在雨污混流现象。小流域问题及需求分析见表 1。

表 1 小流域问题及需求分析

Tab.1 Analysis of issues and demand of small watershed

存在问题	成因分析	规划目标
部分排水管网排水能力不足,管道老化,水安全存在隐患	部分排水管网建设达不到规划标准,排水能力有待提升	推进排水防涝建设,提升水安全水平
	局部管段老化破损,水力条件较差	
	部分区域存在内涝问题,水安全仍有隐患	
黑臭水体已治理完成,水质同比大幅改善,但雨季水质有所反复	截污系统污水溢流	强化污染全过程管控,改善水环境质量
	城市雨污排水设施不完善	
	生态基流短缺	
水资源利用存在问题	供水对区外引水依赖度高	挖潜利用本地水源,推进非常规水资源利用
	非常规水资源利用率不高	
生态品质较好,但需进一步维系保护	生态岸线比例较高,需进一步加强生态保护,维系生态空间	保护优良自然生态格局,提升水生态功能
	生态基线、蓝线、绿线的管控情况较好,需进一步维系保护	
	加强蓝绿空间融合	

3 小流域海绵城市系统化方案编制探索

3.1 系统化方案目标及指标

通过海绵城市建设,统筹城中村雨污分流、源头正本清源等,消除现状黑臭水体,实现“水清、岸绿、景美、生态”。在梳理分析上位规划基础上,确

定了如表 2 所示的小流域海绵城市建设分项目标。

表 2 系统化方案指标
Tab.2 Systematic planning scheme indicators

分项指标		目标值
年径流总量控制率/%		70(降雨量为 31.3 mm)
生态岸线恢复率/%		100
水环境改善	水体水质目标	达到水环境功能区水质标准;不劣于试点前且不黑臭
	直排污水控制	旱天污水全截流
	年均溢流污染物总量削减率(以 SS 计)/%	≥80
	面源污染控制(以 SS 计)/%	≥60
水安全提升	雨水管渠设计标准	一般地区为 5 年一遇,重要地区为 10 年一遇
	内涝防治标准	50 年一遇,24 h 降雨量为 407 mm

表 3 方案比选

Tab.3 Comparison and selection of different schemes

项目	源头	中途	末端	旱季点源污染处理情况	全年面源污染处理情况(以 SS 计)/%	可控制污染情况分析	投资造价	效费比	实施难度	整体评价
方案一	全面源头正本清源及海绵改造			全处理	70	点源污染;被海绵设施控制的面源污染	高	低	大	主要通过全面的源头改造来削减污染物,现状已建地块也需要进行海绵化改造,实施难度较大
方案二	全面源头正本清源,海绵应做尽做	混流口全截污	总口截污	全处理	60	旱季点源污染;雨季部分点源污染、被海绵设施控制的面源污染	中	高	低	通过在源头的应做尽做,在河道中修建针对混流口的截污管,效果较好且实施难度低,有利于工程的快速开展
方案三	全面源头正本清源	排水口全截流(初期雨水、混流污水均截流)		全处理	65	旱季点源污染;雨季部分点源污染、被海绵设施控制的面源污染	最高	低	中等	主要通过河道中修建大型截污箱涵,将混流口和雨水口的初期雨水全部截流,整体投资较大 ^[4]

3.3 本底保护系统化方案

① 汇流路径保护

利用 GIS 和卫星数字影像,提取流域片区自然地貌下的汇流路径,并根据汇流量对汇流路径分级,得到如下结论:流域内道路走向与雨水排放竖向设计应与 2 级汇流路径走向基本一致,河道走向基本与 3 级汇流路径一致。在城市建设中,应注意保留自然地貌下的汇流路径,避免填埋占用,保障河、渠、坑、塘、低洼湿地等重要汇水通道的畅通,增强易涝地区的滞水、排水能力,维护城市水安全。

② 自然低洼地保护

利用 GIS 平台提取该流域的自然低洼地块,低

3.2 方案比选建议

为了达到流域的海绵城市建设目标,保证海绵城市建设顺利推进,综合考虑经济性、可行性等因素,提出多个方案建议并进行比选。各方案的比选通过建立概化 SWMM 模型评估污染物去除情况,并通过技术经济分析计算投资造价。最后通过专家打分法确定最终的实施方案。不同方案的比选结果见表 3。

从实际工作的推进难度可知,全面的源头海绵化建设仅适用于新建区。对于近期新建、无突出问题的项目,建议保留现状。对于生态区域未开展建设项目的,建议保留现状。通过上述分析,该小流域应选择方案二,即“全面源头正本清源,海绵应做尽做”,可实现实施效益最优。

洼地主要分布在沿河两侧居住区、商业区、校区、工业区、水库周边、山体自然郊野周边。城市建设用地的选择应避让低洼地块,保留天然滞水空间,增强易涝地区的滞水、排水能力,维护城市水安全。对于已完成建设的低洼地,规划用地类型多为居住用地、商业用地、工业用地、生态用地,建议在城市更新改造情况下进行用地类型调整,将其规划为水面、绿地等,最大限度地恢复自然下垫面,维持蓄水、渗水能力;对于未完成建设的低洼地,多为居住、工业用地类型,建议进行用地类型调整,规划为水面、绿地等调蓄空间;已为生态用地、公园用地的,建议加强滞水空间的生态保护与提升^[5]。

③ 河道蓝绿线保护

蓝线控制:现已划定蓝线,水域控制线范围内不得占用、填埋,必须保持水体的完整性,确有必要改造的应保证蓝线区域面积不减少,并建议加强河道蓝线两侧绿化带的生态提升^[6]。

山林保护:加强公园、水库及其周边生态基本控制线内的山体、郊野地带的生态保护,补种本地树种,使山体植被复绿,恢复生物多样性,增强与周边湿地公园的生态通廊联系。

绿道保护:重视对道路两侧绿带、街旁绿地的保护,配置丰富的乔灌木以及园林基础设施。

湿地保护:加强公园核心区保护,维护原生态环境,适当建设生态浮岛等设施,丰富湿地生境^[7]。

3.4 源头海绵系统化方案

① 思路与原则

针对流域旧工业区、已建项目、在建及未建项目,分别提出源头减排的思路与原则,如图1所示。

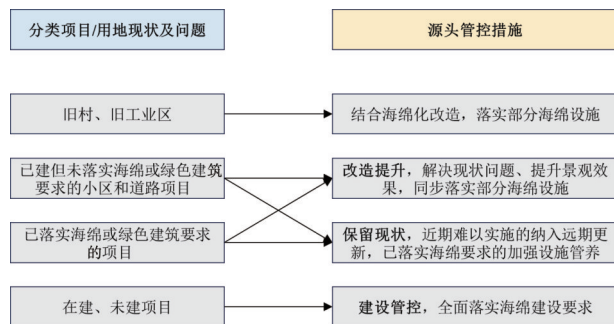


图1 源头减排思路及原则

Fig.1 Ideas and principles of emission reduction at source

② 旧村、旧工业区

结合旧工业区项目特征,提出海绵化改造建议(见表4),落实海绵城市设施^[8]。

表4 旧工业区海绵化改造建议

Tab.4 Suggestions on sponge transformation of old industrial zone

级别	特征	海绵化改造建议
第一级	绿地相对充足、厂区环境较为整洁(无散乱物料堆放)、地面无油污	雨污分流、雨落管断接、下沉式绿地、雨水花园、高位花坛、环保型雨水口、透水铺装
第二级	绿地面积较小、厂区环境较为整洁(无散乱物料堆放)、地面无油污	雨污分流、雨落管断接(高位花坛)、环保型雨水口、透水铺装
第三级	工艺或物料堆放等造成的场地面源污染较重	雨污分流、雨落管断接(高位花坛)、环保型雨水口
第四级	无绿地	雨污分流、环保型雨水口

以流域内某工厂为例。该厂区绿地面积较大,厂区建筑较为整洁,基本无物料堆放。在正本清源过程中,结合项目实际,落实海绵化改造,主要包括:a. 雨污水管线正本清源,将原有混接雨污水管线分流至雨污水管渠系统;b. 硬化停车场改造为生态停车场,采用植草砖;c. 雨落管就近断接至周边绿地;d. 部分现状绿地改造为下沉式绿地;e. 下沉式绿地周边路缘石开口。

③ 已建项目海绵化提升改造

针对已建项目进行海绵城市理念的落实,主要分为已建海绵项目提升、已建传统项目海绵化改造及已建项目保留三类,具体的改造建议见表5。

表5 已建项目海绵化提升改造建议

Tab.5 Suggestions for sponge improvement and renovation of existing projects

分类	海绵化改造建议
已建海绵项目提升	部分已建绿色建筑或建成时间较长的海绵城市项目,实施项目提升工程
已建传统项目海绵化改造	对于经过现场调研,认为需要海绵化改造的传统项目,实施项目改造工程
已建项目保留	对于已落实海绵或绿色建筑要求的近期建成项目,以及居民无诉求、问题不突出、本底条件差的项目,保留现状,不予改造

④ 在建及规划项目

所有在建项目均已通过海绵办海绵城市设计审查,在方案设计、施工图设计中落实海绵城市理念。规划项目在项目推进过程中,按照海绵城市详细规划要求进行规划设计和建设,全面落实海绵城市建设管控要求,并加强项目建设过程中水土保持等工作。

3.5 污染管控系统化方案

① 新建污水管线

经运营单位普查,河道两岸混接排污口集中在下游段,主要为附近工厂、居民区漏排污水,故安排该片区开展污水支管网工程,完善排水系统,减少漏排污水量。本次规划随道路建设新建污水管网,总长约4 400 m。

② 完善河道截污系统

水质改善的目标是河道水体水质达到水环境功能区水质标准。下游河道排放口较为密集,河道水质明显变差,故对沿河排放口进行截流。新建截污管,将漏排污水接入干流截流箱涵,截污管的管道规模为DN300~800,总长为1.26 km。现场调查

发现有漏排污水入河,漏排口共22处,污水量总计约2 753.6 m³/d。

a. 平面布置。由于用地和竖向原因,截污管道建设在河道蓝线内,截污管直径为DN600~1 200。现有27个混排口,其中位于非建成区的排放口排水水质较好,可作为基流补水,排放口不进行处理;其他混排口均在入河处设置截流井。

b. 排放口截流设计。根据排放口和截流管的相对位置关系、排放口尺寸、排放口底高程,设计了三种排放口截流方式,见表6。各类型排放口均在出口设截流井,截流井与截污管通过埋管连接。将 $d \leq 400$ mm的排放口直接接入截流管,不设置溢流管, $d > 400$ mm的排放口则需设置溢流、限流管,溢流管尺寸按照排放口流量的2倍截流标准计算。为便于从源头进行日常清淤维护和安全防护, $d > 400$ mm的排放口在接入截流井前均设置竖向拦污栅。针对近期排放水质为清水且穿越建成区的排放口,将其均归为截流范围,并在进入截流管前设置闸门,避免出现污水无法截流至截污管的问题。

表6 不同排放口截流型式统计结果

Tab.6 Statistics results of different types of discharge closure

类型	排放口/个	截污井/座	适用条件
A型	2	2	无条件采用其他截污井形式的排口
B型	23	21	底标高低于截流管的管道及方形排污口标高
C型	2	2	底标高低于截流管的管道标高

c. 溢流控制。由于流域为雨污分流区域,除少数混流排口外,无污水直排现象,因此溢流污染的削减主要通过对混流排口的整治来实现,彻底解决截污箱涵仅收纳初期雨水问题。以流域下游区域为例:此区域共有旱季混流排口8个,主要为混流污

水接入,经过正在进行的正本清源改造后近期可消除该区域旱季直排污水。

③ 活水提质方案

补水水源有两种可供选择:污水处理厂尾水(水质为一级A标准,规模为5 000 m³/d)以及调蓄湖人工湿地尾水(水质为地表水Ⅳ类,规模为2×10⁴ m³/d)。经统筹考虑,确定采用双补水水源供水方式:一是从调蓄湖取水即利用人工湿地尾水补水,敷设DN400补水管至补水点,补水规模为2×10⁴ m³/d,旱季河道水深可达到0.3~0.5 m,基本能满足河道景观需水量要求;二是人工湿地尾水出水不稳定且水质较差时利用污水处理厂尾水作补水,从预留补水接口敷设DN400补水管至补水点,补水规模为5 000 m³/d,满足河道最小生态需水量要求。

3.6 安全提升系统化方案

① 项目推进措施

结合流域内市政道路建设,按照5年一遇标准建设雨水管渠,完善雨水管网系统。其中,重点片区的雨水管渠按照10年一遇进行设计。

② 排涝除险方案

规划河道防洪标准为50年一遇,整治长度为4.0 km。根据批复用地范围和河道两岸建设现状,结合周边城市规划,河道上游段两岸用地受限,在下游段规划建设滞洪调蓄湖。调蓄湖实际建设用地面积为14.05×10⁴ m²,由北侧主湖体区与东南侧调节池池顶(3×10⁴ m²)组成。在调蓄湖西侧,利用东长路桥底空间设置溢流堰,连通茅洲河干流,洪水通过溢流堰进入调蓄湖,起到为茅洲河干流滞洪削峰作用。

4 效果评估

根据流域项目实施情况及进度,选出4个时间节点(见表7)进行效果模型评估。

表7 实施效果评估时间节点

Tab.7 Evaluation time node of implementation effect

时间节点	2016年以前	2018年	2020年	2030年
地块和道路	按2016年建设情况	按2018年建设情况	按2020年前预计能完工项目	规划地块全部建设
管网	按2016年建设情况	按2018年建设情况	按2020年前预计能完工项目	规划管网全部建成
海绵建设	部分水专项已建海绵设施	补充2016年—2018年新建海绵项目	补充2018年—2020年预计完工海绵项目	除已建地块外,全面落实海绵要求
漏排污水	有	有	大部分漏排污水消除	无
截污系统	未建	已建	已建	已建,用于削减部分初期雨水
河道断面	未整治	已整治	已整治	已整治

4.1 年径流总量控制率效果评估

使用SWMM 5.1.13进行年径流总量控制率模拟,主要依据已实施的海绵项目及规划目标等进行评估,结果见表8。

表8 年径流总量控制率效果评估

Tab.8 Effect evaluation of the annual total runoff control rate

时间节点	2016年 以前	2018 年	2020 年	2030 年
年径流总量控制率/%	50.4	58.8	66.7	72.2
海绵化地块面积占比/%	32.4	43.3	52.6	83.4
对应降雨量/mm	17.15	22.33	28.33	33.45

4.2 水环境整治效果评估

使用SWMM 5.1进行合流制溢流污染模拟,模拟方法主要依据美国环境保护局的 Storm Water

Management Model Applications Manual 及相关手册。模拟结果表明,河道旱季基流较少,降雨时流量迅速增加;旱季时,截污管流量等于漏排污水量,降雨时迅速充满直至满管溢流,与实际情况相吻合。截污管点源污染物浓度随降雨不断波动,由于低影响开发设施的缓排作用,降雨后污染物浓度会有一定的下降。截污管面源污染物随溢流进入河道,部分溢流污水进入河道,与实际情况吻合度较高。

采用SWMM模型连续模拟全年降雨工况、不同下垫面产汇流过程及污染累计冲刷情况,估算污染负荷污染物削减结果。经模型计算,到2020年试点期末,流域面源污染控制率为70.23%(以COD计),污染物总量削减率为81.9%(以COD计),满足规划指标要求。流域污染物削减情况具体见表9,流域污染物排放情况评估见表10。

表9 流域污染物削减情况(以COD计)

Tab.9 Reduction of pollutants in the watershed (measured by COD)

项目	旱季截流点源污染/(t·a ⁻¹)	雨季/(t·a ⁻¹)				控制比例/%	
		雨季点源污染		雨季面源污染			
		截流	溢流	截流	溢流	污染物总量控制	面源污染控制
现状	145.39	58.12	35.42	44.59	202.04	51.10	18.08
规划	145.39	79.51	14.03	172.64	73.99	81.87	70.23

表10 流域污染物排放情况

Tab.10 Pollutant discharge in watershed

t·a⁻¹

项目	旱季截流点源污染	雨季截流污染			雨季溢流污染		
		点源	面源	小计	点源	面源	小计
TSS	289.53	142.72	260.42	403.14	25.19	111.61	136.79
氨氮	10.86	6.38	21.63	28.01	1.13	9.27	10.40
COD	145.39	79.51	172.64	252.15	14.03	73.99	88.02

4.3 水安全提升效果评估

使用DHI MIKE进行水安全模拟,主要依据已实施的排水管网项目及河道治理方案等进行评估。经评估,流域项目实施后,可以达到良好的水安全提升效果^[9](见表11)。

表11 不同重现期下管网排水能力效果评估

Tab.11 Effect evaluation of drainage capacity of pipe network under different return period %

项目	2016年 以前	2018年	2020年	2030年
一年一遇以下占比	25.7	21.8	17.1	7.1
1~2年一遇占比	25.9	26.8	28.9	33.7
3~5年一遇占比	19.7	22.3	24.5	28.6
5年一遇以上占比	28.7	29.1	29.5	30.6

5 结论及建议

系统化方案作为连接项目规划和项目实施的桥梁,对建立流域目标和项目绩效的可达性具有重要的作用。针对某小流域,根据问题和目标双向,在深入分析现状的基础上,制定多套实施方案,构建流域海绵城市建设评估体系,优化系统化方案在治污染、保安全等方面的效益。但是目前关于系统化方案编制的方法和量化评估等仍显不足,应尽快制定系统化方案编制的相关政策、编制大纲等顶层设计,因地制宜地建立海绵城市系统化方案体系,指导流域项目的开展。

参考文献:

[1] 马洪涛. 关于海绵城市系统化方案编制的思考[J]. 给

- 水排水, 2018, 44(4): 1-7.
- MA Hongtao. Reflections on the systematic programming of sponge city [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2018, 44(4): 1-7(in Chinese).
- [2] 周丹, 马洪涛, 常胜昆, 等. 基于问题导向的老城区海绵城市建设系统化方案编制探讨[J]. *给水排水*, 2019, 45(7): 32-38.
- ZHOU Dan, MA Hongtao, CHANG Shengkun, *et al.* Discussion on the systematic plan of sponge city construction in old urban areas based on problem orientation [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019, 45(7): 32-38(in Chinese).
- [3] 李亚军, 张文彬, 江旭东. “海绵城市”理念下系统化治理福州市内涝问题研究[J]. *产业创新研究*, 2019(5): 27-29.
- LI Yajun, ZHANG Wenbin, JIANG Xudong. Study on systematic control of urban waterlogging in Fuzhou under the concept of sponge city [J]. *Industrial Innovation*, 2019(5): 27-29(in Chinese).
- [4] 贾楠, 王文亮, 车伍, 等. 美国合流制溢流控制标准分析及对我国的启示[J]. *中国给水排水*, 2019, 35(7): 121-127.
- JIA Nan, WANG Wenliang, CHE Wu, *et al.* Analysis of combined sewer overflow control standards of the United States and its enlightenment to China [J]. *China Water & Wastewater*, 2019, 35(7): 121-127(in Chinese).
- [5] 席广朋, 王建龙, 赵梦圆, 等. 城市雨水调蓄池水质控制效果及其影响因素分析[J]. *环境工程*, 2018, 36(12): 98-102.
- XI Guangpeng, WANG Jianlong, ZHAO Mengyuan, *et al.* Water quality control effect of urban rainwater storage tank and its influencing factors [J]. *Environmental Engineering*, 2018, 36(12): 98-102(in Chinese).
- [6] 赵泽坤, 车伍, 赵杨, 等. 美国合流制溢流污染控制灰绿设施结合的经验[J]. *中国给水排水*, 2018, 34(20): 36-41.
- ZHAO Zekun, CHE Wu, ZHAO Yang, *et al.* Experiences of combination of gray-green infrastructure for combined sewer overflow control in the United States [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34(20): 36-41(in Chinese).
- [7] 王文亮, 王二松, 贾楠, 等. 基于模型模拟的合流制溢流调蓄与处理设施规模设计方法探讨[J]. *给水排水*, 2018, 44(10): 31-34.
- WANG Wenliang, WANG Ersong, JIA Nan, *et al.* Discussion on design method of overflow storage capacity and treatment facility scale of combined sewer system based on model simulation [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2018, 44(10): 31-34(in Chinese).
- [8] 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 & Wastewater*, 2018, 34(17): 123-127(in Chinese).
- [9] 郭效琛, 赵冬泉, 崔松, 等. 海绵城市“源头-过程-末端”在线监测体系构建——以青岛市李沧区海绵试点区为例[J]. *给水排水*, 2018, 44(8): 24-28.
- GUO Xiaochen, ZHAO Dongquan, CUI Song, *et al.* Construction of “source-process-end” on-line monitoring system in sponge city—a case study of sponge test area in Licang district, Qingdao City [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2018, 44(8): 24-28(in Chinese).
- 作者简介:** 俞露(1982-), 女, 浙江绍兴人, 博士研究生, 教授级高工, 现任深圳市城市规划设计研究院副院长兼生态总监, 长期致力于生态文明理念的传播和实践工作, 自2005年开始开展水系统、低碳生态和海绵城市相关研究, 主持编制百余项相关规划、研究、科研课题和技术标准制定。主持主创的生态环境、海绵城市相关科研课题和规划设计获得国家、部、省、市级奖项50多项。
- E-mail:** yul@upr.cn
- 收稿日期:** 2022-07-15
- 修回日期:** 2022-08-12

(编辑: 丁彩娟)