

海绵城市

镇江市基于多目标的海绵城市建设顶层设计研究

胡 坚¹, 王红武², 傅 源³, 翟月娇², 戴晓虎², 喻一萍³, 张 宁³

(1. 镇江市住房和城乡建设局, 江苏 镇江 212050; 2. 同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092;
3. 镇江市给排水管理处, 江苏 镇江 212001)

摘 要: 海绵城市建设是一项复杂的系统工程, 海绵城市专项规划是城市总体规划的重要组成部分, 对城市水生态、水环境保护、水资源利用及水安全保障具有重要作用。在城市层面, 海绵城市规划不仅仅是简单的决策和计算, 从源头、过程到末端的治理是一个复杂的系统性问题。在整个过程中需要一个顶层设计来连接总体规划目标到落地项目, 以顺利推进海绵城市的建设。镇江市开展了基于多目标的海绵城市建设顶层设计研究, 为规划及后续设计、污染治理技术和工程实施提供了依据。介绍了镇江市在推进海绵城市建设方面的顶层设计, 以期为其他城市提供参考。

关键词: 海绵城市; 顶层设计; 定量分解; 智慧城市

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)02-0001-05

Research on Top-level Design of Sponge System Construction Based on Multi-objective in Zhenjiang City

HU Jian¹, WANG Hong-wu², FU Yuan³, ZHAI Yue-jiao², DAI Xiao-hu²,
YU Yi-ping³, ZHANG Ning³

(1. Bureau of Housing and Urban-Rural Construction of Zhenjiang City, Zhenjiang 212050, China;
2. College of Environmental Science & Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
3. Zhenjiang Water Supply and Drainage Department, Zhenjiang 212001, China)

Abstract: Construction of sponge city is a complex system project. The special planning of sponge city is an important part of the overall urban planning, which can play a huge role on urban water ecology, water environmental protection, water resources utilization and water security. At the city level, sponge city planning is not only a simple process of decision and calculation, but also a complex and systematic problem from the source control, the middle control, and the end control. In the whole process of construction, a top-level design is needed to connect the overall planning target to the specific landing project, in order to smoothly promote the construction of sponge city. A research on top-level design of sponge city construction based on multiple objectives was carried out in Zhenjiang City. And furthermore, the top-level design of Zhenjiang sponge city was introduced in this paper, which could provide a reference for other cities.

Key words: sponge city; top-level design; quantitative analysis; wisdom city

海绵城市建设是对城市公共设施、生态系统的改造和升级。编好海绵城市专项规划、做好顶层设计是科学有序推进海绵城市建设的基础^[1]。“顶层设计”在城市改革发展的战略决策模式中,成为贯彻科学发展观、追求可持续发展的重要指导思想^[2]。如何系统开展海绵城市建设以科学的方式达到建设目标,解决内涝和面源污染问题,以及老城区的海绵城市建设、内涝治理和黑臭河道治理等难点和重点问题,镇江市开展了多目标的海绵建设顶层设计研究。

1 海绵城市系统性顶层设计方案

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》中提出规划引领、生态优先等原则进行海绵城市建设。系统性顶层设计方案是在海绵城市专项规划基础上,把控整个试点片区,提供具有可实施性的设计方案,为后续初步设计和施工图设计提供方向性指导,具有强烈的落地性和可达性,是后续设计的指向,具有承上启下的作用。海绵城市低影响开发雨水系统构建技术流程见图1。

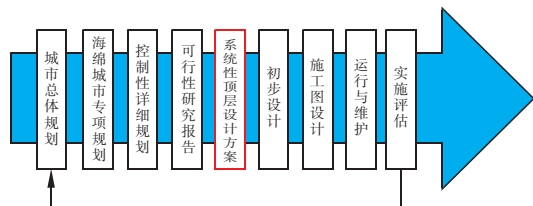


图1 海绵城市低影响开发雨水系统构建技术流程

Fig.1 Flow chart of sponge city LID system construction

2 镇江市海绵城市试点区系统性顶层设计

2.1 系统性顶层设计的必要性和依据

随着镇江市的快速发展和城区范围的扩大,城区内不透水地表面积不断增大,同时暴雨强度逐年增加,使得城市雨水径流总量与峰值流量增大,城市内涝排蓄条件不断恶化^[3]。同时,市内河道水质较差,水环境整治迫在眉睫。因此,镇江市在申报第一批海绵城市试点城市之后,编制了《镇江海绵城市基础设施评估和规划》,编写了《镇江市海绵城市专项规划》,对海绵城市试点区进行整体性规划建设。此外,《镇江市海绵城市建设综合达标工程可行性研究报告》和《镇江市海绵城市建设专项治理工程可行性研究报告》从系统工程角度对镇江海绵城市建设进行方案研究和工程建设论证。

镇江市海绵城市的顶层设计依据该市相关规划

和现状,调查了解研究区域的社会经济和生态环境概况,收集区域内水系自然地理特征及蒸发量、降雨量、降雨时空分布、径流量、河道水量、水位、流速等水文资料;监测区域内水体物理、化学指标及河道信息,识别污染源和污染物。在《镇江市城市总体规划》、《镇江市海绵城市专项规划》等基础上,针对镇江老城区雨污合流和合流制溢流(CSO)污染问题、初期雨水污染问题和河道治理问题的现状需求,加上海绵城市年径流总量控制率、年径流污染控制率和内涝防治的三大目标要求,将规划落实,进一步指导工程建设,就必须对镇江整个试点区进行具有地方特色的且具有可实施性的系统性顶层设计,综合考虑水质水量目标,提出源头生态化改造、中段管网转输以及末端调蓄处理的综合性全流程控制方案。

2.2 总体思路

镇江市海绵城市系统性顶层设计方案主要编制范围为镇江 29.28 km² 的海绵城市试点区,结合海绵城市要求,并借鉴国内外雨洪控制和污染物总量管控的成功经验,从镇江市实际情况出发,通过容积法和水文水力模型法进行片区、连片和整体性顶层方案设计。镇江市试点区主要控制目标为:①示范区的年径流总量控制率达到 75% 以上;②示范区的面源污染(以 TSS 计)削减 60% 以上;③示范区内受纳水体短期内消除黑臭,中期达到地表水Ⅳ类,长期达到地表水Ⅲ类;④城市内涝点明显减少,能有效应对 30 年一遇内涝;⑤示范区内居住小区景观明显提升。海绵城市的顶层设计主要是将以上目标逐一分解到各个海绵相关项目中,为下一步的工程设计提出依据和要求。海绵城市的顶层设计是指导项目落地的重要依据,是一个多目标的分解过程,也是一个多目标的优化问题。

镇江市海绵城市试点区建设的总体布局根据汇水范围及地形划分为 11 个汇水分区,采取源头控制、过程管网改造、末端处理等工程措施,绿色-灰色雨水基础设施相结合,源头-中段-末端控制措施相统一,综合实现水质-水量目标相耦合,综合达到海绵城市建设目标。具体工程包括源头专项达标工程、排水防涝专项达标工程、水环境质量提升工程、综合达标工程、亮点工程、智慧海绵系统建设等。工程方案内容包括源头 LID 设施建设、排涝泵站建设、河道水环境修复、大口径管道调蓄、排口湿地、生态浮岛建设工程等。镇江市海绵城市试点区建设思

路框架见图 2。

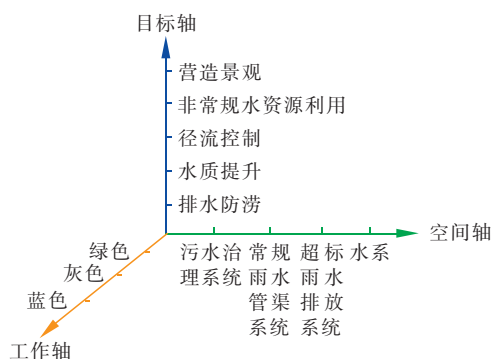


图 2 镇江市海绵城市试点区建设思路框架

Fig. 2 Framework of the construction of sponge city pilot area in Zhenjiang

3 海绵城市顶层设计具体方案

3.1 目标体系定量与分解研究

利用地理信息技术和计算机模拟技术,进行镇江市试点区下垫面解析,分析试点区的径流特征、内涝特征和面源污染特征,定量识别镇江市海绵城市试点区水量和水质问题。

具体步骤如下:①查阅文献和实地监测确定模拟条件,并解析下垫面土地覆盖类别;②选择 PCSWMM 模型模拟降雨-径流过程,利用管网布置图、地形图、排水流向、GIS 图等构建各个汇水分区的水文、水力、水质模型;③利用模型和监测数据对现状径流总量和面源污染进行模拟;④基于国内外针对内涝能力、径流污染物控制、径流总量控制、非常规水资源利用率的评估及量化方法,以汇水区现状值作为本底值,提出适合镇江试点区海绵城市目标的计算方法;⑤引入国外流域污染物总量控制(TMDL),确立污染物削减率及降雨径流控制目标,将污染物总量分配到排水分区及工程设施上,通过源头-过程-末端处理技术来达到水质和水量的耦合;⑥模拟规划区内不同场景下现状常规管网的排水能力(1年一遇、3年一遇、5年一遇、10年一遇),统计管道超载及溢流点分布;⑦根据④的结果,结合城市暴雨内涝情况,通过一维、二维模型模拟分析不同场景的内涝风险。

3.2 各汇水分区顶层设计

镇江市海绵城市试点区中金山湖风景区、头摆渡、黎明河、虹桥港、玉带河及焦东六个汇水区为独立汇水区,其余片区(运粮河、江滨、古运河、绿竹巷和解放路)以老城区为主。

各个片区系统性设计方案主要流程为:①现状分析,包括下垫面、建筑与小区、排水系统、水体分析;②现状指标评估,对方案的防涝能力、径流污染控制能力、径流总量控制能力、常规雨水管渠排水能力和非常规水资源利用率进行评估,制定绿色源头 LID 工程方案、过程灰色管网修复工程方案、末端处理工程方案;③目标可达性分析,通过容积法和模型法对指标再次复核,结合现状可实施性,达到目标的落地性和可达性。具体技术路线见图 3。

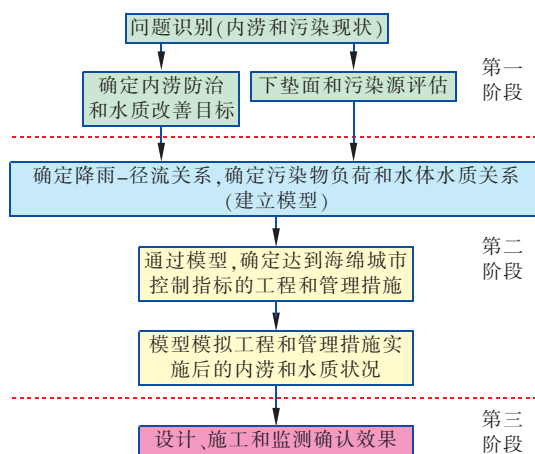


图 3 顶层设计方案技术路线

Fig. 3 Technology roadmap of top-level design plan

3.3 连片老城区大口径管道系统方案

经镇江市海绵城市试点区前期的探索实践,结合区域特征,发现试点区金山湖沿线的运粮河、古运河、解放路、绿竹巷及江滨汇水区均以老城区为主,建筑密度高,仅靠源头 LID 设施的分散式布设无法系统性解决径流污染、内涝及 CSO 污染等问题,而且连片老城区直接影响金山湖的水质,因此提出了老城区连片汇水区综合治理设计方案——镇江市沿金山湖多功能大口径管道系统工程(见图 4)。

方案提出金山湖 TMDL 管控思路,当年径流总量控制率为 94.5% 时,对应设计降雨量为 80.5 mm,在此条件下考虑汇水区源头 LID 控制,径流系数为 0.565。大口径管道系统需控制约 $39.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的降雨径流量,减去污水处理厂和调蓄池的处理量,多功能大口径管道(DN4 000)的调蓄量为 $7.7 \times 10^4 \text{ m}^3$,末端集中式雨水处理设施规模为 $40.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。结果证明,连片老城区大口径管道系统工程不仅可以集中解决五个汇水区内的内涝问题,更为重要的是可以控制五个汇水区的径流污

染以及CSO污染,大口径管道系统工程对金山湖的水质形成强有力的保护;同时,连片老城区的目标可达性对镇江海绵城市整个试点区的目标实现有着重要的作用。



图4 镇江市海绵城市老城区连片汇水区布置

Fig.4 Catchment arrangement of sponge city construction in old urban areas of Zhenjiang

3.4 试点区智慧海绵监测系统顶层设计

海绵城市是一个复杂的多维系统,需要从水务系统整体考虑,并采用智慧化手段进行辅助决策。智慧海绵城市系统是以新一代信息技术(以云计算、大数据、移动互联网、物联网等为代表)和科学管理理论为基础,对城市范围内水循环的全过程进行最优化管理,提高政府和相关各方在规划控制、投资决策、运营管理、预警和应急指挥等方面的综合绩效和科学化水平,有效应对自然灾害和生态危机,在城市化过程中促进人与水、人与自然相和谐。核心理念是运用新一代信息技术,通过智能设备实时感知水务状态,采集水务信息,并基于统一融合的公共管理平台,将海量信息及时分析与处理,利用模型辅助进行决策,以更加精细、动态的方式管理水源、制水、供水、用水、排水、防涝、中水回用等整个水务生产和服务流程,以提升城市水务管理服务水平。

2011年镇江市开始建设给排水行业数字化管理平台^[4]。在成为海绵城市试点后又基于收集整理的大量数据,构建了海绵城市综合管理数据库;并开展海绵城市系统(蓝色、绿色和灰色基础设施)网络结构拓扑分析,识别城市水量和水质管理的关键点;在关键点进行长期在线监测,开展排水防涝系统运行特征分析,综合海绵城市设施的运行效能,开发了海绵城市监控和效能评估一体化系统。在此基础上,综合应用地理信息互联网技术、云计算、在线监

测、自动化控制、数据库、计算机模型等建设集镇江市海绵城市规划、设计、工程建设、应急指挥、运营调度、管理养护于一体的智慧化管理系统和智慧化监管系统。镇江智慧海绵系统总体架构见图5。

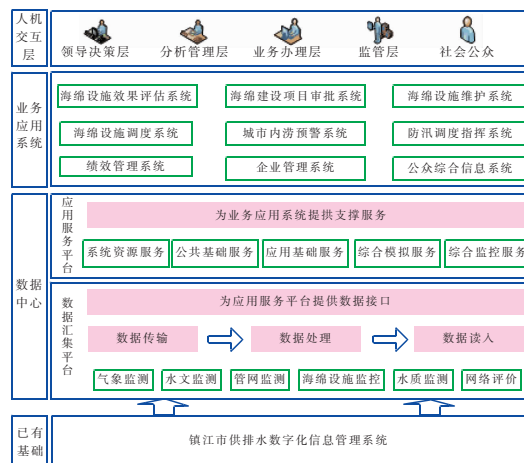


图5 智慧海绵系统总体架构

Fig.5 Overall system architecture of smart sponge city

3.5 试点区海绵城市水文化建设工程

镇江市在海绵城市建设过程中注重历史文化名城的保护和自然景观的开发利用。征润州水源地原水水质安全保障工程是海绵城市建设的亮点工程之一(见图6),通过建设长江进水涵闸、双向泵房、原水前置调蓄池、配套监测系统、应急处置系统和导试水厂等项目,提高了饮用水安全系数;打造了集海绵功能和景观特色的海绵展示公园(见图7、8),园内建设多级生物滤池、生物滞留池等海绵单体以及湿地系统,同时设置展览中心,提高镇江水环境、水文化水平;孟家湾水库及玉带河流域治理工程以玉带河综合整治为纽带,以孟家湾湿地公园和江苏大学海绵校园建设为重点,在达到海绵城市建设多目标要求的同时,大大提升了区域的水景观及水文化。

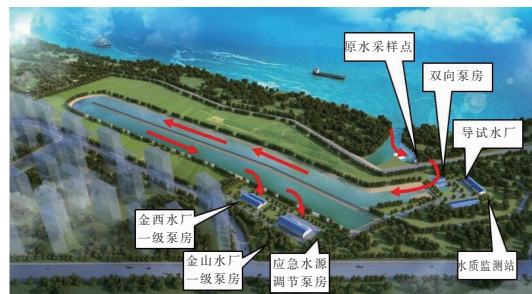


图6 征润州水源地原水水质安全保障工程

Fig.6 Schematic diagram of water quality security project of Zhengrunzhou water resource area



图7 海绵公园总平面

Fig.7 General layout of sponge city park



图8 海绵公园景观

Fig.8 Landscape of sponge city park

4 结语

镇江市的海绵城市顶层设计根据年径流总量控制、内涝控制、面源污染削减这三个主要目标,利用模型计算各排水分区的源头、过程和末端的径流、内涝和面源污染控制需求,综合考虑源头分散型和过程区域性低影响开发措施,以及管网运行优化、处理设施提标升级、溢流调蓄等措施,以多目标控制效果最优为目标,将总目标先分级到各排水分区再逐级分解到各个项目中。系统性顶层设计方案不仅解决了建设过程中存在的问题,还对下一步项目设计提供了依据,是海绵城市达到建设目标的必要条件。

参考文献:

- [1] 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,2017,43(9):1-5.

Zhang Linwei, Niu Zhangbin, Zhang Quan, *et al.* Brief analysis of top-level design of sponge city construction [J]. Water & Wastewater Engineering, 2017, 43(9): 1-5 (in Chinese).

- [2] 杨学军,徐振强. 智慧城市背景下推进智慧环保战略及其顶层设计路径的探讨[J]. 城市发展研究, 2014, 21(6): 22-25.

Yang Xuejun, Xu Zhenqiang. Investigation on promoting smart environmental strategy and top-level policy design path under the background of smart city establishment [J]. Urban Development Studies, 2014, 21(6): 22-25 (in Chinese).

- [3] 胡坚,赵宝康,刘小梅,等. 镇江市主城区排水能力与内涝风险评估[J]. 中国给水排水, 2015, 31(1): 100-104.

Hu Jian, Zhao Baokang, Liu Xiaomei, *et al.* Assessment of drainage capacity and waterlogging risk in central zone of Zhenjiang City [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(1): 100-104 (in Chinese).

- [4] 赵宝康,傅源,喻一萍,等. 镇江市给排水数字化信息管理系统设计[J]. 中国给水排水, 2012, 28(12): 66-70.

Zhao Baokang, Fu Yuan, Yu Yiping, *et al.* Design of digital information system for water supply and drainage management in Zhenjiang City [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(12): 66-70 (in Chinese).



作者简介:胡坚(1967-),男,江苏丹阳人,博士,研究员级高工,研究方向为城市水资源管理、雨洪控制和利用。

E-mail: yuyiping395@163.com

收稿日期:2018-06-26