

海绵城市

镇江海绵城市系统性顶层设计与实践

刘绪为¹, 胡坚², 方帅¹, 白永强¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 2. 镇江市住房和城乡建设局, 江苏 镇江 212050)

摘要: 结合镇江海绵城市建设实践,对海绵城市系统性顶层设计框架与路径进行了探究与分析,从海绵城市多目标需求衍生出主要管控指标,提出控制策略和控制方法。最后,以镇江市试点区海绵城市建设为例,提出了包括源头、过程、末端的“最优海绵组合工程包”,以期对其他城市或片区海绵城市系统性顶层设计提供方法和思路。

关键词: 海绵城市; 水环境; 系统性顶层设计; 最优海绵组合工程包

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)04-0001-04

Practice and Systematic Top-level Design Method of Zhenjiang Sponge City

LIU Xu-wei¹, HU Jian², FANG Shuai¹, BAI Yong-qiang¹

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China;
2. Bureau of Housing and Urban-Rural Construction of Zhenjiang City, Zhenjiang 212050, China)

Abstract: Based on Zhenjiang sponge city construction, the systematic top-level design framework and path were further investigated and analyzed. The main specific control indexes were derived, control strategies and methods were further put forward according to multi-objective requirements of sponge city. Finally, taking Zhenjiang sponge city as an example, the optimal combination of sponge city technologies including control of source, process and end was illustrated, which could be used as reference and guidance for systematic top-level design of other sponge cities construction.

Key words: sponge city; water environment; systematic top-level design; optimal combination of sponge city technology

《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)》(以下简称《指南》)指出:海绵城市建设应实现修复城市水生态、改善城市水环境、保障城市水安全、提升城市水资源承载能力和复兴城市水文化等多重目标。由多重目标衍生出包括年径流总量控制率、径流污染控制率等在内的系列管控指标。进行海绵城市系统性治理设计,是综合统筹海绵城市多重目标、系统落实管控指标的重要顶层设计方法^[1-3]。以镇江海绵城市实践为例,进行海绵城市系统性治理设计方法的探索与研究,以强化

管控指标的可实施性和可落地性。

1 海绵城市系统性顶层设计框架

根据《指南》、相关理论以及海绵城市试点建设实践,对海绵城市系统性顶层设计框架进行梳理,结果如图1所示。

海绵城市从多目标需求可分为水安全、水环境、水生态、水资源和水文化五个方面。五个方面的目标需求呈层层递进的关系,从解决水安全、水环境问题递进至水生态修复,进而至水资源提升和水文化的打造。从多重目标衍生出相对应的主要管控指标

有:内涝防治能力、常规雨水管渠能力、年径流总量控制率、年径流污染控制率、水资源利用率和公众参与满意度。不同的控制指标有其相应的计算方法,包括模型法、容积法、经验公式法等。

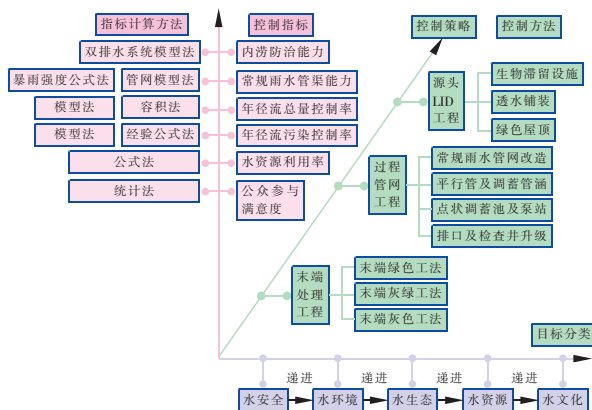


图1 海绵城市系统性顶层设计框架

Fig.1 Systematic top-level design framework of sponge city

针对控制指标,通过源头 LID 工程、过程管网工程和末端处理工程的系统性控制策略可实现指标控制,进而实现海绵城市建设目标。其中,源头 LID 工程可采用生物滞留设施、透水铺装、绿色屋顶等措施实现雨水的源头储存、净化。过程管网控制包括常规雨水管网改造、平行管、点状调蓄池及泵站等。末端处理工程控制方法有人工湿地等生态处理措施、自循环高密度悬浮污泥滤沉技术和磁絮凝等灰色处理手段。

2 海绵城市系统性顶层设计路径

通过海绵城市系统性顶层设计框架构建,进一步对系统性顶层设计路径进行分析,如图2所示。

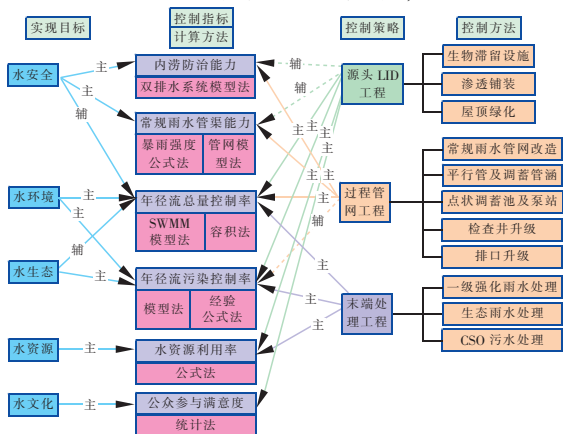


图2 海绵城市系统性顶层设计路径

Fig.2 Systematic top-level design method of sponge city

从系统性设计路径分析,不同控制策略对控制指标有主、辅之分,且不同控制指标对最终实现目标也有主辅之分。具体为:①当水安全为实现目标时,其主要控制指标为内涝防治能力和常规雨水管渠能力,辅助控制指标为年径流总量控制率;②针对水环境目标的主要控制指标为年径流污染控制率和年径流总量控制率;③针对水生态目标的主要控制指标为年径流污染控制率,辅助控制指标为年径流总量控制率;④针对水资源和水文化目标,其对应的主要管控指标分别为水资源利用率和公众参与满意度。

此外,不同的控制策略对控制指标实现也有主次之分。源头 LID 工程在年径流总量控制率、年径流污染控制率、水资源利用率和公众参与满意度方面起主要作用,而对内涝防治能力和常规雨水管渠能力的提升起辅助作用。过程管网工程对内涝防治能力、常规雨水管渠能力和年径流总量控制率的指标实现起主要作用。末端处理工程对年径流总量控制率、年径流污染控制率、水资源利用率起到主要贡献作用。

通过对海绵城市系统性设计路径分析,从实现目标到控制策略、控制方法,控制指标在其中起到了承上启下的作用,因而对不同控制指标计算方法的进一步探究尤为重要。

3 镇江海绵城市系统性顶层设计方案案例

镇江市是全国第一批 16 个海绵试点城市之一,试点区总面积约 29.3 km²,其中运粮河片区、古运河片区、解放路片区、绿竹巷片区和江滨片区共 5 个汇水区,组成连片老城区,面积为 8.75 km²,共有 6 个合流制排口和 1 个雨水排口直接排入金山湖。以镇江试点区内连片老城区为例,进行海绵城市系统性顶层设计方案探究。

① 问题识别

对镇江市现状水问题进行调研分析,存在老城区雨污合流和 CSO 溢流污染的治理需求、初期雨水污染治理以及金山湖水环境治理的问题需求。

② 基于最大日负荷总量(TMDL)的水环境容量的确立

试点区海绵城市建设重点目的之一为控制镇江市主城区面源污染以及 CSO 溢流污染对金山湖水质的影响,依据 TMDL 理念进行金山湖水环境容量的确立(见图3),其要点有:a. 标明水体用途及目标,金山湖水系以防洪排涝、生态景观及旅游休闲为

主要功能,其水质目标为Ⅲ类水标准;b.确定水质管理区,金山湖是镇江最大、最重要的水体,同时也是虹桥港、运粮河、古运河的受纳水体;c.分析确定以TP作为水环境容量和污染负荷削减的项目指标;d.根据现状排口类型、负荷等作为软件输入边界条件;e.通过TP稳态平衡,确定金山湖为维持Ⅲ类水标准需控制排入金山湖的TP为 3.44 t/a ,通过TP平均浓度,换算成控制径流总量约 $330.36 \times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。

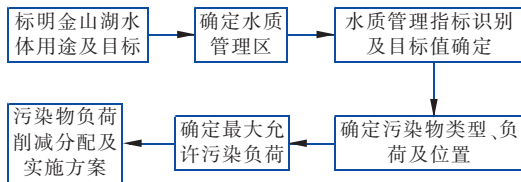


图3 基于TMDL的水环境容量的确立流程

Fig.3 Establishment flow of water environment capacity based on TMDL

③ 基于TMDL的污染物负荷分配及控制目标的确立

根据 $300 \times 10^4\text{ m}^3$ 年径流总量控制目标,进行目标优化分解(见表1)。由表1可知,在片区目标实现的情况下,可控制排入金山湖的年径流总量为 $300.36 \times 10^4\text{ m}^3$,满足径流量的控制要求,最终达到金山湖水环境容量控制目标。

表1 基于TMDL各片区年径流总量控制率分解目标

Tab.1 Annual runoff total control rate decomposition target based on TMDL

项目	面积/ hm^2	年降雨量/ 10^4 m^3	目标控制后年 径流量/ 10^4 m^3	控制 率/%
古运河片区	306.90	328.60	17.42	91.3
虹桥港片区	509.19	545.19	136.30	75.0
江滨片区	209.93	224.77	11.91	91.3
解放路片区	132.37	141.73	7.51	91.3
绿竹巷片区	65.48	70.11	3.72	91.3
头摆渡泵站服务片区	214.05	229.18	30.48	91.3
运粮河片区	160.50	143.10	7.58	91.3
南水桥泵站服务片区	600.00	642.42	85.44	86.7
总计	2 171.57	2 325.10	300.36	86.0

④ 现状服务范围本底值的分析与测算

通过模型法对现状服务范围的本底值进行测算与分析,其要点有:a.通过对镇江现状水文分析,确立不同模拟目标下的相应雨型;b.进行下垫面解析、汇水区划分及参数识别和排水管网系统构建;c.

分别进行现状径流总量、现状径流污染、现状排水防涝能力、现状常规雨水管网排水能力的分析。

⑤ 源头LID工程、过程管网工程、末端处理工程方案调研和确定

在现状服务范围本底值的分析与测算时,同步开展源头LID工程方案、过程管网工程方案和末端处理工程方案的调研及确定工作。其中:源头LID工程调研过程为地块调研→地块踏勘→地块评估→组织各方研讨→再踏勘→终评估,最终确定了68个源头LID区块;过程管网工程方案调研流程为模型评估→现场踏勘→走访管网运维人员→组织各方研讨→再现场踏勘→终评估,最终确定9项过程控制项目;经调研分析,末端处理最终确定为3项。

⑥ “最优的海绵组合工程包”比选

通过对整个片区的调研分析,根据问题导向,最终确定技术可行、经济最优、可落地设施的“最优海绵组合工程包”,其应为“源头-过程-末端”的最优组合以及“绿色-灰色”的最优组合。

基于LID预测的低投资和低成本,2015年最先开始镇江江二社区LID改造工程,后续开展了将近60个小区的海绵建设。镇江海绵城市试点区为高密度老城区,全面LID改造建设难度大,协调困难,且实际工程直接费比当初测算明显偏高(见表2),此外,仅仅源头LID工程并不能满足海绵城市的多目标需求。

表2 不同措施的经济技术对比

Tab.2 Comparison of economic technology for different methods 元· m^{-3}

项目	分类	工程费	
		测算	实测
源头LID工程	绿色设施	800	4 446 ^a
生态湿地工程	绿色设施		2 000 ^b
管道调蓄	灰色设施		3 000 ^b
调蓄池/一级强化处理	灰色设施	5 000	10 909 ^c

注: ^a指以镇江完成预算的43个源头LID区块进行计算,总调蓄量为 $39\,533\text{ m}^3$,工程直接费为17 575万元;^b指未完成实际案例;^c指以镇江边检站调蓄池案例计算。

基于镇江高密度老城区特点,源头LID区块应做尽做,在此基础上,为实现海绵城市多目标需求,进一步比较了雨污分流、分散式点状调蓄和线性管道调蓄三种整体方案。其中,完全的雨污分流方案

工程投资高、实施周期长,且不能解决初雨污染问题。分散式点状调蓄在高密度老城区实施难度巨大、落地性差。结合工程投资以及工程可落地性和可实施性,最终确定“源头 LID + 线性管道调蓄 + 末端生态处理”的系统性方案,其“最优海绵组合工程包”为源头 LID 改造项目 68 个、过程控制工程 9 项和末端处理工程 3 项(见图 4)。



图 4 镇江最优海绵城市组合工程包

Fig. 4 The optimal combination of sponge city technologies in Zhenjiang

⑦ 控制指标可达性分析

包括源头 LID 工程、过程管网工程和末端处理工程的“最优海绵组合工程包”建设完成后,镇江连片老城区年径流总量控制率、年径流污染(以 TSS 计)控制率可分别提升至 91.3%、87.8%;排水防涝能力达到应对 30 年一遇降雨;常规雨水管渠排水能力提高到 3 年一遇;排入金山湖的 TP 污染负荷量为 3.44 t/a,满足金山湖水环境容量目标。

通过控制指标达标,实现了镇江金山湖流域水安全、水环境、水生态、水资源和水文化五个方面最终目标。

4 结论

① 对海绵城市系统性设计框架进行了分析,从水安全、水环境、水生态、水资源和水文化的多重目标衍生出主要管控指标;主要管控及评价指标有:内涝防治能力、常规雨水管渠能力、年径流总量控制率、年径流污染控制率、水资源利用率和公众参与满意度。

② 对海绵城市系统性设计路径进行了分析,针对五个目标、六个主要管控指标,提出源头 LID 工程、过程管网工程和末端处理工程的控制策略与控制方法;且彼此之间具有不同的主辅关系。

③ 以镇江金山湖流域为例,进行了海绵城市

系统性设计方法探究,提出了包括 68 个源头 LID 改造项目、9 项过程控制工程和 3 项末端处理工程的“最优海绵组合工程包”,即技术可行、经济可行且可落地实施的工程组合。

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] 王建龙,王明宇,车伍,等. 低影响开发雨水系统构建关键问题探讨[J]. 中国给水排水,2015,31(22):6-12.
Wang Jianlong, Wang Mingyu, Che Wu, et al. Discussion on key issues in construction of stormwater drainage system based on low impact development [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(22): 6-12 (in Chinese).
- [3] 徐连军,张善发,朱砂砾,等. 城市陆域排水防涝体系构建方法与技术关键探讨[J]. 中国给水排水,2013,29(19):141-145.
Xu Lianjun, Zhang Shanfa, Zhu Shali, et al. Construction and key techniques of urban drainage and flood control system [J]. China Water & Wastewater, 2013, 29(19): 141-145 (in Chinese).



作者简介:刘绪为(1984-),男,天津人,硕士,高级工程师,注册公用设备工程师(给水排水),注册咨询(投资)工程师,华北院第九设计院副总工,主要从事市政给水排水、海绵城市、水环境治理的研究和设计工作。

E-mail: liuxuwei06@foxmail.com

收稿日期:2018-05-17