

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.18.007

基于海绵城市理念的新区规划方法探索及案例实践

张 伟, 张海行

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司 北京分公司, 北京 100081)

摘 要: 海绵城市建设是城市发展新理念,理念的落实是提升城市韧性的重要支撑。科学融入海绵城市理念,构建系统的水安全保障、水环境提升、水生态保护与修复建设方案,是传统新区城市规划建设需要探索和补短板的重要内容。对新区海绵城市建设的目标,以及在规划中的实施路径进行了思考与总结,提出新区海绵城市理念的落实应以“保护生态、保障安全、提高水质、增补水源”为目标,通过科学的竖向管控与设施布局,实现雨水径流的有效组织与控制。以宁波慈城新城东片区的海绵城市规划建设为例,通过系统的海绵城市规划建设方案,综合统筹灰色设施与绿色设施建设,探索了新区海绵城市规划建设的有效实施路径。

关键词: 海绵城市; 新区规划; 慈城新城

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2024)18-0042-06

Exploration and Case Practice on New District Planning Method Based on Sponge City Concept

ZHANG Wei, ZHANG Hai-xing

(Beijing Branch, North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd.,
Beijing 100081, China)

Abstract: The sponge city construction is a new concept in urban development and the implementation of the concept is an important support to enhance the resilience of the city. The scientific integration of the sponge city concept and the systematic construction for water security, water environment enhancement and water ecology protection and restoration are important elements that need to be explored and shortcomings filled in the traditional urban planning and construction of new districts. In this paper, the goal of sponge city construction in new district and the implementation path in the planning are considered and summarized. The implementation of the sponge city concept in the new district is aimed at “preserving ecology, ensuring safety, improving water quality and increasing water sources” through scientific vertical control and layout of facilities to achieve effective organization and control of rainwater runoff. The east zone of Cicheng new town provides a case reference for the planning and construction of sponge city in the new district. Through a systematic sponge city planning and construction plan, the construction of grey facilities and green facilities is comprehensively coordinated, and an effective implementation path for sponge city planning and construction in the new district is explored.

Key words: sponge city; new area planning; Cicheng new town

近些年,我国城镇化规模不断扩大,城市与水 的问题并没有得到有效解决,城市建成区频繁出现

内涝积水、水环境恶化等水安全、水生态、水环境问题^[1]。海绵城市建设理念的提出为实现城市与水可持续发展开辟了一条崭新的路径^[1-2],《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)明确了海绵城市是一种城市发展方式,通过加强城市规划建设管理,充分发挥建筑、道路和绿地、水系等生态系统对雨水的吸纳、蓄渗和缓释作用,有效控制雨水径流,实现自然积存、自然渗透、自然净化。2016年2月《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中提出了基于海绵城市建设理念可有效提升水源涵养能力、缓解雨洪内涝压力、促进水资源循环利用、保护和改善城市生态环境。“十三五”期间,财政部、住房和城乡建设部、水利部开展了30个国家海绵城市建设试点城市的建设工作,其中包括贵安新区、西咸新区等国家级新区,也包括南宁五象新区、宁波慈城新城、厦门翔安新城等城市重点新建区域。在这些新区建设中,海绵城市建设理念得到了应用^[3-6]。传统的新城区规划建设多侧重于用地规划,市政工程属于配合部分,缺乏对场地竖向的有效管控。目前,在新常态下城市发展方式转型时期,海绵城市理念已经逐步融入城市规划建设中^[7-9]。如何在新城区建设过程中,科学落实海绵城市理念,系统性地构建海绵城市建设体系,需要进一步的梳理与总结。

1 新城区海绵城市建设初心

海绵城市建设是城市发展方式的转型,是提高城市涉水基础设施系统性的重要抓手。海绵城市建设需综合统筹“源头减排、过程控制、系统治理”,协调水生态、水安全、水环境、水资源之间的关系。新城建设区需梳山理水识别本底,以生态本底为基础造地营城,科学制定海绵城市建设目标,实现水促城市发展、城护河湖水脉,保证人与水、城与水的有机结合和协调发展。

① 保护生态。以生态为根本,实现新城区开发前后不影响水文的自然循环是海绵城市建设的出发点,也是生态文明建设的重要体现。新区海绵城市建设应充分尊重生命共同体,保护和修复自然生态本底,对场地进行生态性开发建设,通过山水林田湖草等生态系统对雨水进行吸纳、蓄渗和缓释,有效控制雨水径流,打造自然积存、自然渗透、

自然净化的生态城市。

② 保障安全。城市安全是新城区建设的基本保障,排水防涝是保障城市安全的重要组成部分。城市规模的快速扩张、城市开发强度高、大量硬质铺装的应用,改变了原有的自然生态本底水文特征。城市每逢遭遇高强度降雨时,经常出现“城内看海”现象,“逢暴雨必涝”已成为我国大部分城市的现实写照。新城区建设需要统筹绿色基础设施和灰色基础设施建设科学构建城市排水防涝系统,实现“小雨不积水、大雨不内涝”的海绵城市建设目标。

③ 提高水质。良好的水环境,是体现城市活力和吸引力的重要因素。目前,已建城区由于多种原因其城市污染尚未得到完全控制,大部分城市水体水环境质量一般,严重影响城市居民的生活品质。营城先理水,新城区开发建设前,部分水体环境尚未受到外界干扰,部分水体可能由于农业面源及农村点源污染而出现水质恶化。结合海绵城市建设理念,保护和提升水生态环境是新城区海绵城市建设的重要目标之一。

④ 增补水源。水资源是决定城市人口规模和制约城市经济社会发展的刚性约束,新城区的建设发展首先是以水定人、以水定产。根据世界银行数据,我国人均水资源占有量只有2 200 m³,仅相当于世界人均水资源占有量的1/4。据统计,全国669座城市中有400座供水不足,110座严重缺水;在32个百万人口以上的特大城市中,有30个长期受缺水困扰。海绵城市建设通过对雨水的收集和利用,将雨水回用于道路喷洒、绿地浇灌等,实现了水资源的“开源节流”。

2 新城区海绵城市建设系统化实施路径

新城区建设为实现海绵城市建设目标,可以通过“三识、三控、三定”来进行系统化建设方案的构建。

① 识别本底。本底特征的识别是系统化方案构建的基础,结合现状踏勘及遥感影像解译,识别山、水、林、田、湖、草等生态要素,充分认识生态本底特征;结合现状自然岸线,生态用水需求、河道水质监测数据等资料,识别水生态及水环境本底特征;结合历年降雨数据资料,详细分析降雨特征,包括年际变化特征(年降雨情况、丰平枯年降雨量、降

雨日数)和年内变化特征(月降雨情况)、日降雨特征(年径流总量控制率与雨量对应关系和降雨频次与雨量对应关系)。其中,不同重现期的长历时降雨和短历时降雨的雨型设计用于分析内涝和校核雨水管网规模,历史暴雨情况用于内涝分析和模型参数率定,典型年的分析用于年径流总量控制率的计算和污染测算、水资源配置方案的模拟;根据水文地质资料分析地下水埋深情况,根据地勘数据分析土壤特征和土壤渗透性情况(包含土壤特征、孔隙率、含水率、渗透系数等),明确区域的土壤和下渗特点。

② 辨识路径。排水出路是保障城市排水安全的重要举措。根据现状地形地貌,利用GIS水文分析,识别自然径流汇水路径。结合现状水系布局及汇水路径分析,确定建设区重要的排水通道,如果重要汇水路径上没有水系分布,可结合规划用地布局进行排水通道的预留。

③ 识取洼地。根据现状地形地貌,利用GIS低洼地分析功能,或者利用MIKEFLOOD快速内涝风险评估功能,识别区域内容易积水的低洼地区。低洼地往往是区域内径流的汇集处,对该区域雨水的收集与调蓄有着重要作用。新城在建设过程中,应重视低洼地城市排水系统中的作用,对低洼地进行合理的保护和建设。

④ 水面管控。蓝绿空间是海绵城市建设的重要载体。新城在建设前应评估现状水面率,在建设过程中应坚持水面“零净损失”的基本原则。规划水面的布局应充分结合现状水系布局、排水路径分析、低洼地识别等前期基础分析,优先保护河湖、坑塘、湿地的自然形态,恢复自然深潭浅滩和泛洪漫滩,合理确定规划水面的边界,提倡形成蜿蜒曲折的自然河道形态,避免渠道化的顺直。河道水面的管控不仅要保证城市生活品质的需求,还要保障排水路径的连通性以及水体的调蓄空间。

⑤ 岸线管控。结合现状自然和生态岸线分布,以及上位规划确定的生态岸线建设目标,同时衔接水系周边用地布局,合理确定岸线建设方式,坚持景观及安全功能兼顾原则,倡导以生态岸线为主的建设模式,明确河道洪枯水位间的消落带(一般性河流至少要做常、枯、洪3个水位的分析)等,合理划定河道蓝线和绿线,并加强蓝线和绿线的协调,实现蓝绿交织。

⑥ 竖向管控。合理的竖向控制是保障雨水径流有效组织的基础条件,也是海绵设施能够实现海绵功能的重要前提。在系统化方案中,竖向控制是汇水分区(排水分区)划分的基础。竖向控制应以自然地形地貌为基础,根据规划用地布局合理调整局部竖向标高。竖向控制包括场地竖向控制、道路竖向控制、河流水系水位控制,重点控制场地与道路竖向的衔接、道路与市政管网竖向的衔接、管网与河道水位之间的衔接。

⑦ 确定源头指标。新建城区应落实生态本底对应的年径流总量控制率要求,作为用地管控指标。结合下垫面、土壤、降雨特性等本底特征,分析降雨产汇流关系,同时充分考虑水环境建设需求,科学确定年径流总量控制率等指标,并结合地块中绿地率和建筑密度等指标以及道路红线和断面形式,科学确定每个地块和每条道路的年径流总量控制率等刚性指标,以及生物滞留设施占比、透水铺装率、屋顶绿化率等指引性指标。

⑧ 确定水质水量平衡。海绵城市建设系统化方案中重点关注两个平衡,即水量平衡和水质平衡。水量平衡主要体现在蓄排平衡,规划重现期下的降雨径流在一定的河流水系湖泊等调蓄空间内能够容纳的水量也是有限的,针对超标降雨无法容纳的水量,需要配置相应能力的排水设施进行外排,避免城市发生内涝积水。排水设施的排水能力需要利用水力模型进行降雨过程模拟,根据内涝积水的峰值流量及径流总量来确定。水质平衡主要体现在水环境容量与污染负荷之间的平衡,新城区建设前需科学评估现状污染源及污染负荷,结合规划用地及规划人口,计算将来产生的污染负荷(点源污染和面源径流污染)。在规划水质目标下,计算将来能够容纳的水环境容量,污染负荷超过水环境容量时,通过源头减排、过程控制、系统治理等综合措施进行污染物的削减,实现水环境容量与污染负荷之间的平衡。

⑨ 确定设施用地。新城区海绵城市建设需要确定的用地主要包括三个方面:一是源头海绵设施用地。源头绿色海绵设施用地基本可以通过地块的绿地率、建筑密度等指标的管控,结合生物滞留设施占比、透水铺装率、屋顶绿化率等海绵设施建设指标来实现。二是保障城市水安全的河流水系、低洼调蓄空间、排水设施(泵站)等的用地。对

于内涝风险比较高的区域,需要重点保留低洼地或者湖泊作为区域的调蓄水体,调蓄水体的用地规模及调蓄水深需结合内涝风险评估进行合理确定,对于规划用地中的低洼地和阻碍径流路径的建设用地,需要进行适当调整,调整用地以绿地或湿地为主,不建议布置规划建设用地。三是保障水质相关的设施用地,主要是湿地、污水处理设施等相关用地。

3 实施案例——宁波慈城新城东片区

3.1 基本情况

慈城新城东片区为宁波市海绵城市试点片区之一,片区西至官山河,东至狮子山,北至慈溪,南至北外环线,总占地面积为 1.92 km²。

该片区为新建城区,本底特征:①地势平坦开阔,区域内高程基本在 3 m 以下,坡度低于 5°;②整体降雨多而集中,多年平均降雨量为 1 457 mm,易受“风、暴、洪、潮”三碰头或四碰头影响,易发涝灾;③典型平原河网水系,山西河、姚家河水体流动性差,区域自净能力不足,河流通过泵站闸门与慈江相连;④整体生态性能不足,区域水面率 1.58%,岸线以自然为主;⑤表层土壤以淤泥质粉质黏土与淤泥质黏土为主,渗透系数介于 10⁻⁷~10⁻⁶ m/s 之间,渗透性能差;⑥区域内部用地多为待开发用地,地表径流趋于自然状态,主要径流通道为现状河道,内部低洼地主要位于农田区域。

3.2 建设目标

通过片区海绵城市建设,综合统筹区域内水安全保障、水环境提升、水生态保护、水资源利用等策略,达到片区建设要求,具体建设指标见表 1。

表 1 慈城新城东片区海绵城市建设指标

Tab.1 Sponge city construction indicators for east zone of Cicheng new town

类别	指标	目标
保生态	年径流总量控制率/%	≥80
	水面率/%	≥6
	水生态岸线比例/%	100
提水质	地表水环境质量	整体不低于地表水Ⅴ类
	雨水径流污染控制(以 TSS 计)/%	≥60
增水源	雨水资源利用率/%	≥10
保安全	排水设计标准	3 年一遇(对应降雨量 63 mm)
	内涝防治标准	50 年一遇(对应降雨量 282 mm)

3.3 系统化实施方案

慈城新城东片区建设为实现保护水生态、保障水安全、提高水质、增补水源的海绵城市建设目标,在“三识”基础上,通过“三控、三定”来进行系统化建设方案的构建。慈城新城东片区系统化实施方案路线见图 1。

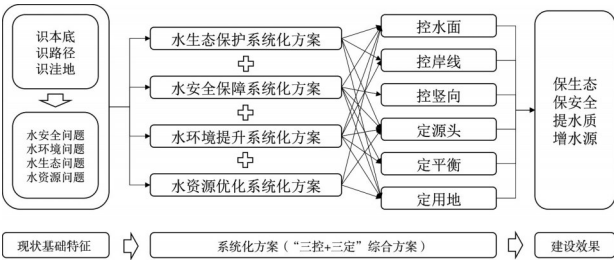


图 1 慈城新城东片区系统化实施方案路线

Fig.1 Roadmap of systematic implementation plan for east zone of Cicheng new town

3.3.1 水安全保障系统化方案

慈城新城东片区水安全保障方案统筹绿色基础设施和灰色基础设施,科学构建城市排水防涝系统。控制片区水面率,增加河道水体调蓄量;控制片区竖向,保障区域排水顺畅;结合源头海绵低影响开发,控制源头径流量;确定区域蓄排平衡,应对内涝防治标准对应降雨;确定源头海绵设施、管网泵站、河道水系用地。在竖向控制基础上,构建源头减排、过程转输、蓄排平衡的排水体系,以保障区域排水安全。

① 竖向管控。该片区本底竖向较低,结合该区域东湖建设,多余土方用于片区竖向提高。场地整体标高在 3.5 m 以上,道路竖向控制在 2.6~3.5 m 之间,整体由西向东逐渐降低,最终排入新建东湖。

② 源头径流减排。片区范围内地块类用地及道路类用地在规划建设过程中全面落实海绵城市建设理念,通过源头 LID 设施建设,经核算片区整体建设完成后,地块调蓄量达 3.95×10⁴ m³,片区年径流总量控制率达 80% 以上,可实现源头径流量和径流峰值的控制。

③ 管网布局。片区雨水管网建设主要是将设计暴雨重现期下的雨水径流顺利排放至河道,根据上位规划,保留现状建成雨水管道,新建市政雨水管网按 3 年一遇以上重现期进行建设,新建管网约 9.6 km,管径集中在 DN400~800 之间。

④ 调蓄水体与强排泵站(蓄排平衡体系)。

在狮子山西侧新建1座水域面积为12.6 hm²、可调蓄容积约为14×10⁴ m³的湖泊(东湖),作为该区域的主要调蓄水体和排水出路,东湖最高水位控制在2.2 m。为防止强降雨下东湖水位过高而溢流进入城区导致内涝,在慈江与东湖连接处设置一道防洪闸门及一座强排泵站,水泵规模为9 m³/s。

3.3.2 水环境提升系统化方案

在新城建设中,结合海绵城市建设理念,控制点源和面源污染,保护和提升水生态环境。结合东湖建设,增加该区域水面面积,提高区域水面率(7.8%),增大区域水环境容量;建设源头海绵设施,削减雨水径流面源污染;通过污水管网系统的完善,控制生活点源污染。

① 控源截污方案:a. 点源污染控制。结合已建管网、在建管网,完善区域污水系统,通过污水管网建设做到区域内全覆盖、全收集、全处理,完全消除区域内的点源污染。在片区开发建设过程中,沿慈江东路、荷塘街、锦绣东街、云山街等规划道路铺设污水管网,片区内污水经慈孝南路污水管收集输送至北外环西路污水干管,最终排至宁波北污水处理厂,处理达标后排放。b. 面源污染控制。在片区开发建设过程中,地块、道路全面落实海绵城市建设理念,建设完成后,区域年径流总量控制率可达80%,其面源污染削减率可达60%。对于地块类海绵城市建设,根据海绵城市建设管控指标要求,结合地块雨水管网分布划分汇水分区,按分区核算LID设施规模,并根据分区需求合理布置雨水花园、下凹式绿地、透水铺装等设施。片区内道路在建设过程中也应落实海绵城市建设理念,通过合理布置LID设施削减道路面源污染。

② 片区水生态修复保护方案:a. 生态清淤。在构建生态沟渠与湿地系统的基础上,对河道进行生态清淤,以减少水体自身内源污染。现状河道清淤厚度以0.3 m计,则姚家河需清淤3 100 m³,山西河需清淤5 700 m³。b. 植被缓冲带建设。姚家河及山西河在建设需拓宽并改道,沿河岸建设宽度为0.5 m的植被缓冲带,削减农业面源污染。其中,姚家河建设植被缓冲带2.56 km,山西河建设3.8 km。c. 片区水面建设。为优化片区水生态系统及提高区域水环境容量,在片区东侧新建东湖(面积12.6 hm²、可调蓄容积约为14×10⁴ m³)。按照海绵城市建设理念,构建东湖水生态系统,以整体提升区域水

生态性能,并提高区域水环境容量,使片区水质平衡。

3.3.3 水生态保护系统化方案

该方案侧重维持开发前后的水文特征,片区开发建设前本底径流系数为0.4,通过源头海绵城市建设,雨水花园及生物滞留设施较开发前增加30 hm²,透水铺装增加约37 hm²,经核算径流系数为0.45,与开发前基本保持不变。

在源头减排的基础上开展河道水系建设,其中东湖建设侧重于区域水面、河道岸线建设,通过岸线及水系统建设,构建片区健康水循环系统。

3.3.4 水资源优化系统化方案

片区雨水资源利用主要体现在地块调蓄池存储雨水利用及河道雨水利用方面。其中,在源头减排方面,主要为地块雨水调蓄设施存储雨水的利用,经核算片区建设开发完成后,每年可实现30×10⁴ m³左右的雨水资源利用;在河道水利用方面,主要侧重于姚家河、山西河、东湖等河道湖泊水体的利用,经核算每年可回用的雨水资源为20.7×10⁴ m³,主要用于市政道路喷洒及公园绿地浇灌。

4 结语

城市建设需要科学的城市规划作为重要支撑,传统的城市规划侧重于人口、产业、用地、交通等城市功能,相对于城市出现的水安全、水环境等问题,韧性考虑不足。海绵城市建设是基于新时代城市发展的新型建设理念,是实现人-水-城和谐共处的重要途径。在新城区发展建设前期,应更多地从自然的角度出发,通过“反规划”的思维方法,为城市规划注入坚韧的根基,为城市水安全保障、水环境提升奠定良好的基础。

海绵城市建设包括水安全、水环境、水生态、非常规水资源利用等多项内容。新区城市规划应科学构建城市水安全保障、水环境提升、水生态保护与修复系统建设方案,并因地制宜地开展雨水、再生水等非常规水资源利用。在城市水安全保障方面,竖向控制是基础,管网转输系统是常规措施,区域径流调蓄空间和强排能力建设是最后的防线。在水环境提升方面,生活点源污染控制体系已经非常成熟,海绵城市理念为面源污染控制提供了科学的技术与方法。基于区域河流水系布局,结合自然生态的设计理念,综合考虑安全与景观,可构建良

好的水生态系统。

宁波慈城新城东片区的规划与建设,为海绵城市理念的实践提供了样板。海绵城市理念的落实,提升了新区的城市韧性。通过科学的竖向控制,实现了雨水径流的有效组织;通过区域径流蓄排平衡分析与调蓄空间的布局,实现了50年一遇的内涝防治标准;通过场地及道路的源头管控,对初期雨水径流与污染进行了有效控制,实现了面源污染控制。

参考文献:

- [1] 章林伟. 海绵城市建设概论[J]. 给水排水, 2015, 41(6): 1-7.
ZHANG Linwei. Introduction to the construction of sponge cities [J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41(6): 1-7(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, 39(6): 26-36.
YU Kongjian, LI Dihua, YUAN Hong, *et al.* “Sponge city”: theory and practice [J]. City Planning Review, 2015, 39(6): 26-36(in Chinese).
- [3] 施萍, 郭羽, 刘龙. 上海浦东新区海绵城市建设规划探索与实践[J]. 中国给水排水, 2020, 36(10): 35-40.
SHI Ping, GUO Yu, LIU Long. Exploration and practice of sponge city construction planning in Pudong New Area of Shanghai[J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(10): 35-40(in Chinese).
- [4] 农佳莹, 李毅明, 尹锦艳, 等. 南宁五象新区绿色生态城区海绵城市规划[J]. 规划师, 2016, 32(11): 51-54.
NONG Jiaying, LI Yiming, YIN Jinyan, *et al.* Sponge city planning of Wuxiang Green Ecological District, Nanning[J]. Planners, 2016, 32(11): 51-54(in Chinese).
- [5] 夏洋, 曹靓, 张婷婷, 等. 海绵城市建设规划思路及策略——以浙江省宁波杭州湾新区为例[J]. 规划师, 2016, 32(5): 35-40.
XIA Yang, CAO Liang, ZHANG Tingting, *et al.* Sponge city planning concept and construction strategies: Hangzhou Bay New City, Ningbo [J]. Planners, 2016, 32(5): 35-40(in Chinese).
- [6] 张亮. 西北地区海绵城市建设路径探索——以西咸新区为例[J]. 城市规划, 2016, 40(3): 108-112.
ZHANG Liang. Path of sponge city construction in northwestern China: an empirical study on Xixian new area[J]. City Planning Review, 2016, 40(3): 108-112 (in Chinese).
- [7] 周岚, 崔曙平. 新常态下城市规划的新空间[J]. 城市规划, 2016, 40(4): 9-14, 26.
ZHOU Lan, CUI Shuping. New space of urban planning in the new normal[J]. City Planning Review, 2016, 40(4): 9-14, 26 (in Chinese).
- [8] 翟国方, 邹亮, 马东辉, 等. 城市如何韧性[J]. 城市规划, 2018, 42(2): 42-46, 77.
ZHAI Guofang, ZOU Liang, MA Donghui, *et al.* How can cities become resilient [J]. City Planning Review, 2018, 42(2): 42-46, 77(in Chinese).
- [9] 张伟, 王翔, 赵晨辰, 等. 海绵城市建设实施路径探索——以宁波国家试点区系统化方案实施为例[J]. 给水排水, 2021, 47(S1): 145-151.
ZHANG Wei, WANG Xiang, ZHAO Chenchen, *et al.* Exploration on the implementation way of sponge city construction: a case study of the systematic plan of the national pilot area in Ningbo[J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(S1): 145-151(in Chinese).

作者简介: 张伟(1987-), 男, 河南商丘人, 硕士, 高级工程师, 主要从事市政工程规划设计、海绵城市建设、水环境综合治理、污水处理提质增效领域的相关工作。

E-mail: weizhang_66@163.com

收稿日期: 2022-09-23

修回日期: 2022-10-24

(编辑: 丁彩娟)