

超高密度核心功能区海绵城市规划实践

——以上海市龙阳路交通枢纽为例

Practice of Sponge City Planning in High-Density Core Functional Zones: A Case Study of the Longyang Transportation Hub Area

刘龙 郭羽 丁一 钱昊

LIU Long; GUO Yu; DING Yi; QIAN Hao

摘 要 规划新建的高能级核心功能区是集中展示超大型城市生态绿色高品质发展的良好载体。针对这些区域开发强度高、环境品质要求高、资源节约利用标准高、空间资源有限的特点,本文提出了“因地制宜、绿灰结合,景观优先、立体实施,创新形式、强化利用”的高密度核心功能区海绵城市建设思路。选取上海市龙阳路交通枢纽为例,结合城市设计方案开展了海绵城市精细规划设计实践,为后续建筑方案的设计、海绵城市建设实施等环节提供了更精确、更可行、更直观的指引。

关键词 海绵城市,核心功能区,详细规划,精细规划

Abstract New core functional zones, which are excellent carriers to demonstrate the high quality green development of mega cities, play an important role in the construction of sponge city of Shanghai. In consideration of some particular factors including high development intensity, high environmentally friendly requirement, high standard of resource conservation, and severe space limitation, this paper proposes a comprehensive sponge city construction strategy that highlights adaptation to local condition, combination of LID facilities and drainage system, landscape priority, three-dimensional implementation, innovative forms and enhanced utilization. Taking Longyang transportation hub in Shanghai as an example, combined with the urban specific architectural design, a detailed sponge city plan was carried out, which provided more specific suggestions for subsequent designing and construction.

Keywords sponge city, core functional zone, regulatory detailed planning, sophisticated planning

- 中图分类号: TU984
- 文献标识码: A
- DOI: 10.12049/j.urp.201902005
- 文章编号: 2096-3025(2019)02-0041-08

作者信息

- 刘 龙 上海市城市规划设计研究院
规划师
- 郭 羽 上海市城市规划设计研究院
规划师
- 丁 一 上海市城市规划设计研究院
规划师
- 钱 昊 上海市城市规划设计研究院
规划师

1 研究概述

海绵城市是当前中国城市建设的核心理念之一。上海市近年来大力推进海绵城市建设,经过一系列持续性的课题研究和实践探索,形成了一套相对完善的海绵城市规划、设计、建设、管理的体系。其中,海绵城市规划体系以全市专项规划为纲领,以区级海绵城市建设规划来承上启下,以控制性详细规划单元和街坊层面的海绵城市建设规划为落实抓手^[1],形成了一套全域覆盖、层次分明、逻辑严密,与超大型城市规划管理体系相契合的“上海特色”海绵城市规划管理体系,为引导全市海绵城市建设分区分类、逐层落实提供了基本依据。

上海市主城区内的海绵城市建设是全市海绵城市建设的重要内容^[2]。受建设空间和实施条件的制约,主城区内的海绵城市建设须结合其他建设活动同步实施。而在上海建设“全球城市”的过程中,主城区内将逐步新建一些高能级、高定位、高密度的核心功能区域,这些地标性项目既有落实海绵城市建设要求的实施契机,也有良好的海绵城市设计、建设和运营管理的资源。因此,新建的高能级核心功能区有条件成为承担主城区海绵城市建设任务,集中展示上海当前城市生态、绿色、高品质发展的代表性区域。

与其他普通城市建设区域相比,高密度核心功能区域具有开发强度高、环境品质要求高、资源节约利用标准高、空间资源有限等显著特点。传统的以分配地块年径流总量控制指标为主的海绵城市规划方法,有可能出现误判地块建设条件、规划措施难落地的问题^[3-4]。因此,这些区域的海绵城市规划必须在传统规划方法的基础上进一步深化、细化,结合控制性详细规划附加图则、城市设计方案甚至是建筑设计方案,充分考虑地区特点,重点协调有限的空间资源与海绵设施布局的关系、区域形象品质与海绵设施景观的关系、地表径流控制与建筑节能要求的关系,以此确保规划目标可达、指标合理、策略可行。

基于上述思考,本文提出“因地制宜、绿灰结合,景观优先、立体实施,创新形式、强化利用”的高密度核心功能区海绵城市建设思路,通过海绵城市规划指标精细化

落地、海绵城市设施多样化配置、地块降水资源化利用等途径,引导上位海绵城市规划管控指标的科学实施。

2 规划区域概况

本文以上海市龙阳路交通枢纽地区为例,开展高密度核心功能区海绵城市规划的探索实践。

在《上海市城市总体规划(2017—2035)》中,龙阳路地区被正式纳入花木副中心的范畴,花木—龙阳路地区成为中心城区内五个城市副中心之一,同时也是主城区客运交通枢纽之一。2016年,龙阳路交通枢纽地区中片区(下文简称“规划单元”)的控制性详细规划编制完成,这是上海市中心城区内少数实施集中新建的区域之一。

规划单元位于龙阳路综合交通枢纽南侧,规划建成绿色低碳、高效便捷、功能多元的现代化综合商务核心区。在规划单元范围内,商业服务业用地和商业办公用地占比达到56%,主要分布于北侧、中部;少量绿地和水域分布于南侧(图1)。

参照其他市级副中心建设的情况,该地将实施高强度开发,各地块(不含公共绿地)平均容积率超过5.4,地块内部绿化率普遍低于10%—15%,建筑塔楼高度达到80—200m,整个单元高定位、高密度的特点极其显著。因此,虽然规划单元是集中新建区域,但下垫面条件不佳,地块内适宜设置LID设施的建筑空间极其有限(图2)。

3 规划建设目标

《浦东新区海绵城市建设规划(2017—2035)》将规划单元作为浦东新区海绵城市近期集中建设区之一,要求单元年径流总量控制率不低于73.3%,其中源头削减部分不低于58.6%。

结合单元发展定位和高密度建设特点,规划提出全新的海绵城市建设理念:改善单元降雨径流治理水平,建设绿色韧性的安全街区;提升地区生态环境品质,打造径流治理功能与景观融合的高品质宜人、宜业社区;创新雨水资源多元化利用方式,创建示范性的低碳节水商务区标杆。

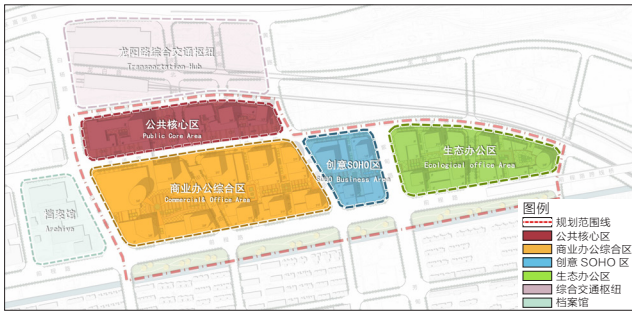


图1 本文规划单元功能布局结构示意图

Fig.1 Functional layout of planning unit

资料来源：上海市城市规划设计研究院，单元控制性详细规划

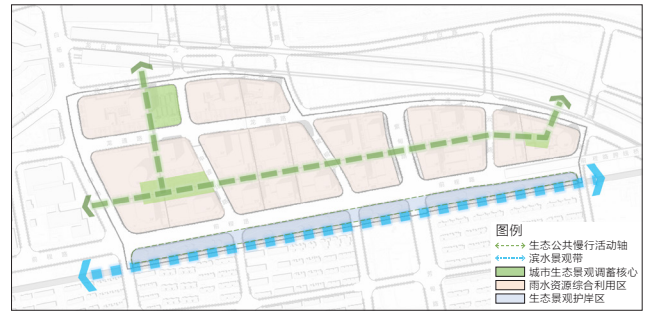


图3 海绵城市功能布局规划示意图

Fig.3 Functional layout of sponge city planning

资料来源：笔者自绘



图2 本文规划单元城市设计空间形态

Fig.2 Spatial form of planning unit

资料来源：上海市城市规划设计研究院，单元控制性详细规划

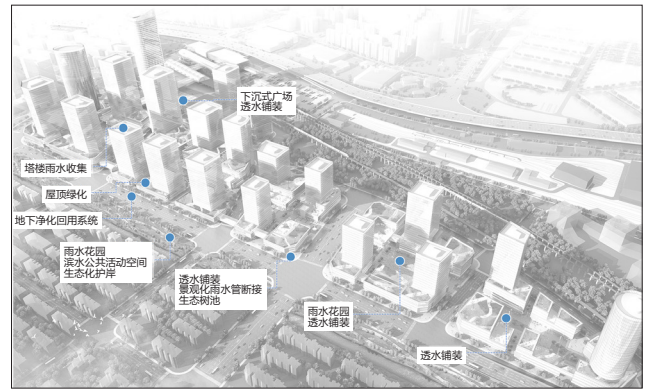


图4 海绵城市设施建设布局导向示意图

Fig.4 Functional layout of sponge city planning

资料来源：笔者自绘

4 海绵城市规划方案

为充分发挥单元内有限建设空间的海绵城市建设潜力，首先，从平面布局上，将规划单元作为一个整体，统筹区域公共绿地、水体、公共活动空间等空间资源，提出一体化的地区海绵城市空间结构方案；其次，从立体布局上，针对建筑塔楼、裙楼、地面公共通道、地下空间等不同高度的建设空间，提出立体化的海绵城市设施配置策略；最后，在明确不同区域海绵城市建设策略的基础上，精细分解单元海绵城市建设的指标，并提出海绵城市设施落地的最终方案。

4.1 海绵城市布局结构规划

为促进海绵城市建设与单元开发和谐统一，结合城市功能布局及规划单元内市民活动需求，充分发挥蓝绿生态本底要素和公共活动空间径流治理的潜力，规划形成“一轴、一带、两区、三心”的海绵城市功能格局，对具体的海绵城市设计和建设进行规范和引导（图3）。

生态公共慢行活动轴：以单元“T”字形公共活动通道为轴线，串联单元主要功能区域，采取低影响开发和景观化绿色基础设施建设，控制通道内的降雨产流，优化人行空间的生态品质。



图5 裙楼绿色屋顶建设效果
Fig.5 Renderings of green roof

资料来源：来源于网络



图6 塔楼雨水收集回用系统示意图
Fig.6 Rainwater collection and recycling system of tower

资料来源：笔者自绘



图7 景观化屋顶雨水管断接建设效果
Fig.7 Landscape-oriented disconnected rainwater pipes

资料来源：来源于网络

滨水景观休闲带及生态景观护岸区：依托王家浜和滨河绿带，实施河道生态修复、绿地景观提升改造，优化南侧滨水区域的活动环境，有机连通浦东文化公园和北蔡楔形绿地，提升地区生态服务价值。

雨水资源综合利用区：在单元主要的建设地块实施低影响开发，综合考虑建筑与市政用水需求，完善地块雨水资源利用策略，提高建筑绿色低碳水平。

城市生态景观调蓄核心：地块内的绿地广场应充分发挥其优良的生态调蓄功能，增加灰绿调蓄设施配置，提高雨水径流消纳能力，有效兼顾周边建筑的雨水治理需求，打造高端商务区和公共活动中心的开敞空间，形成海绵城市建设亮点。

4.2 海绵城市规划建设策略

针对建筑、绿地/广场、慢行步道、滨河生态景观绿带等区域，提出针对性的海绵城市设施建设导向^[5]（图4）。

4.2.1 建筑

针对建筑裙楼、塔楼、超高层雨水排水系统、地块内部步行空间等区域，提出因地制宜的海绵城市建设指引。

（1）裙楼区域：裙楼屋顶面积规模较大，建筑高度适宜，应采用以绿色屋顶为主的海绵城市建设策略，对屋面雨水进行滞蓄、吸附、净化，同时结合景观设计，形成适宜短时游憩和社交休闲的高品质屋顶活动空间。此外，部分区域还可以结合建筑整体造型需求，设置立体的绿化设施，进一步丰富地区生态景观形态（图5）。

（2）塔楼区域：塔楼建筑高度较高，不适宜设置屋顶绿化。塔楼屋面雨水污染程度相对较轻，且势能较高，可考虑经下落消能后，引入地下蓄水、净水设施，经初步处理后作为非常规水资源利用（图6）。

（3）建筑雨水系统：单元内的塔楼高度接近或超过100m，屋顶雨水势能较大，在超高层雨水管设计中应采取消能设计；经设计单位论证，有条件的还可以考虑将雨水消能设计与发电设施相结合，将雨水势能转化为电能，进

一步提高建筑的绿色环保效益。裙楼高度较低,且以商业、文娱等业态为主,建筑界面的景观设计要求较高,雨水管可采用形态新颖的景观化断接技术,将经过绿色屋顶初步处理后的雨水引入高位花坛、景观雨水桶、低势导流绿地等设施中输送、排放(图7)。

(4) 地块周边步行空间:根据规划功能和业态,地面步行空间人流量较大,对地面材质、防水渗水性能、景观效果都有较高的要求。建议地块步行空间采用透水铺装、线性排水等措施,并优化微地形,引导地面雨水汇入地块中具有调蓄功能的绿色基础设施,实现地块径流控制的目标(图8)。

4.2.2 地块内绿地及城市广场

地块内的绿地和城市广场是落实地块径流控制要求的主要载体。同时,地下设置雨水资源蓄存、净化及回用模块,对地面、周边塔楼等区域的雨水径流进行收集和处理,用于地面清洗、绿化浇灌等。

为提升开敞空间的海绵城市调蓄能力,建议城市广场、地块内部集中空地采用下沉式设计,设置雨水花园、下凹式绿地等绿色设施(图9)。

4.2.3 慢行步道

慢行步道应尽可能采用新型透水铺装材料,结合生态雨水口、线性排水沟、景观雨水沟等设施,形成高效排水系统。步道的竖向设计应与地块内的下沉式广场、雨水花园等调蓄设施相结合,根据设施调蓄能力合理划定汇水区。

4.2.4 滨河蓝绿空间

河道水体是海绵城市建设理念中降雨径流控制“末端治理”的主要载体。在维持河道安全设计底线,确保河道保持引排结合、雨洪兼治功能的基础上,应对单元南侧河道实施生态修复,重视水系和滨水空间的疏浚整治及生态景观建设。

建议实施护岸生态化改造,设置生态浮床、曝气设备

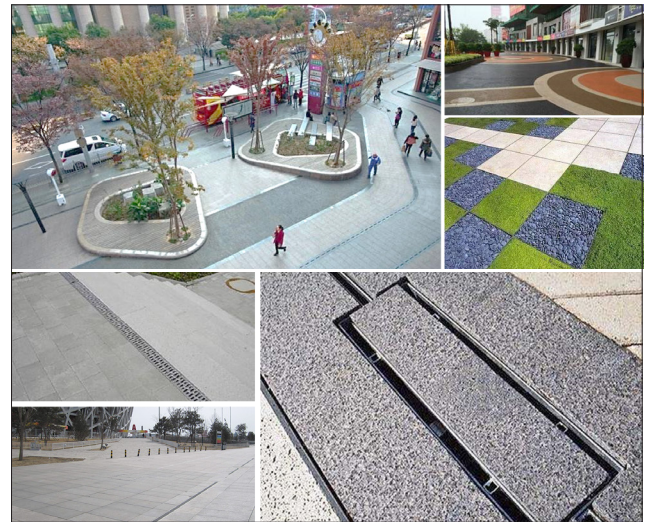


图8 步行区域透水铺装及线性排水设施

Fig.8 Permeable pavement and linear drainage ditches in pedestrian area

资料来源:来源于网络

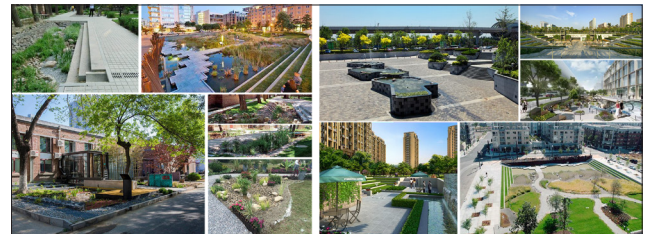


图9 商业区域雨水花园、下沉式广场建设效果图

Fig.9 Rain garden and sinking square in commercial district

资料来源:来源于网络

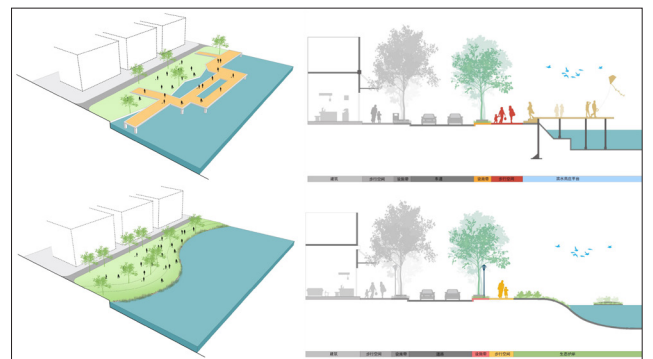


图10 滨河公共空间打造和护岸生态化示意图

Fig.10 Construction of riverside public space and ecological revetment

资料来源:《上海市河道规划设计导则》

表 1 地块海绵城市设施（径流削减功能）配置指引表
Tab.1 Configuration guide for sponge city facilities (runoff reduction function)

地块编号	地类	地块面积 (m ²)	年径流总量控制率	设计降雨量 (mm)	年径流污染控制率	综合径流系数	绿色屋顶面积 (m ²)	下凹式绿地 (m ²)	地下灰色调蓄设施规模 (m ³)
01-01	C8	19771.8	72.3%	21.8	53.3%	0.63	2548.8	296.6	260
01-02	S5	8590.2	68.3%	20.4	53.3%	0.60	/	515.4	
02-01	C8	15763.9	72.3%	21.8	53.3%	0.65	2541.7	189.2	300
02-02	C8	9969.4	72.3%	21.8	53.3%	0.63	886.2	199.4	
03-01	C8	21101.4	72.3%	23.4	53.3%	0.65	3269.8	253.2	570
03-02	C8	14024.2	72.3%	23.4	53.3%	0.74	834.6	210.4	
03-03	C8	11353.8	70.3%	20.2	53.3%	0.66	815.8	170.3	
03-04	C8	12863.5	70.3%	20.2	53.3%	0.73	1632.1	128.6	
04-01	C8	15183.6	72.3%	21.8	53.3%	0.65	3306.2	121.5	520
04-02	C8	11965.8	72.3%	21.8	53.3%	0.63	2510.1	95.7	
04-03	C8	7440.7	72.3%	21.8	53.3%	0.66	734.9	74.4	
04-04	C8	8072.1	70.3%	20.2	53.3%	0.66	1199.5	80.7	
04-05	C8	8952.7	70.3%	20.2	53.3%	0.65	1578.5	71.6	
04-06	C8	9273.0	70.3%	20.2	53.3%	0.66	1641.4	74.2	
05-01	G1	9386.9	82.3%	29.2	56.3%	0.20	/	1877.4	/
06-01	G1	9678.2	82.3%	29.2	56.3%	0.20	/	1935.6	/
07-01	C8	18239.7	72.3%	21.8	53.3%	0.66	2327.5	145.9	240
07-02	C8	11750.7	70.3%	20.2	53.3%	0.62	2004.2	94.0	
07-03	G1	1840.2	82.3%	29.2	56.3%	0.35	/	368.0	/
08-01	G1	1805.7	82.3%	29.2	56.3%	0.20	/	361.1	/
08-02	C8	18002.3	72.3%	21.8	53.3%	0.59	4773.4	180.0	230
08-03	C8	15914.6	70.3%	20.2	53.3%	0.67	2162.7	127.3	
09-01	C8	10861.6	70.3%	20.2	53.3%	0.63	2202.8	108.6	150
09-02	C8	13692.0	70.3%	20.2	53.3%	0.66	1731.2	205.4	
10-01	G1	4318.3	82.3%	29.2	56.3%	0.20	/	863.7	/
11-01	G1	10899.3	82.3%	29.2	56.3%	0.20	2548.8	2179.9	/

注：①地下灰色调蓄设施规模已考虑了南侧绿地的协同消纳能力；②01、02街坊的地下调蓄设施可结合设置；③地下调蓄设施优先考虑设置在地块中部的下沉式广场或绿地之下，也可以结合建筑的中水回用系统设置；④当地下灰色调蓄设施建设难度较大时，可通过增加屋顶绿化覆土、提高屋顶绿化径流调蓄能力的方式，减少灰色调蓄设施规模；⑤本方案仅为规划阶段引导性分析结论，具体的海绵城市建设措施和规模应以设计阶段的海绵城市专篇设计方案为主。

资料来源：笔者整理

等设施，加强水体自身的动力条件和生态自净能力，逐步恢复良好的水生态系统。定期实施河道清淤，避免河道底泥释放污染物，造成二次污染。同时将沿河绿化带打造成为单元区域内重要的休闲游憩空间。为提升滨河公共活动区域的生态环境品质，应加强水岸联动，通过优化陆域生态景观建设和河道生态修复等措施，提升滨水区域整体的吸引力，充分发挥河道和绿地的公共服务、生态服务价值^[6]。具体建设方面，可采用透水铺装、雨水花园、下凹式绿地等设施（图 10）。

4.3 海绵城市设施配置方案

规划根据现有的控制性详细规划及附加图则成果，初步落实各地块海绵城市设施的配置。根据上述功能布局、不同类型地块和建筑区域的建设策略，提出各地块海绵城市设施配置的方案^[7]。

结合单元总体特征和各地块条件差异，应在上述建设策略指引下，进行一定的优化：

（1）具有径流调蓄功能的技术措施，如下凹式绿地、雨水花园、灰色调蓄池或调蓄模块等，应作为承担地块径流总量控制要求的主要技术手段，根据地块集水、蓄水条件确定规模。

（2）裙楼屋顶设置屋顶绿化，规模按屋顶面积的 50% 计；部分屋顶面积略小的裙楼，屋顶绿化面积按 40% 计。

（3）根据《上海市绿化条例》，地块内的绿地率取 0.35。地块中的绿地、下凹式绿地的比例不低于 10%；公共绿地中的下凹式绿地比例不低于 20%；广场绿化中的下凹式绿地比例不低于 30%。下凹式绿地的调蓄深度按 0.15m 计。下凹式绿地中设置一定比例的雨水花园，根据景观需求确定。

（4）地块内的路面透水铺装比例不低于 80%。雨水管断接、生态树池等设施可结合建筑设计方案确定。

根据以上策略，各地块主要的海绵城市设施规模如表 1 所示。须注意的是，绿地可部分地承担周边地块的径流控制需求；地块存在径流控制缺口的，推荐以街坊为单位统一设置地下雨水调蓄、净化和回用模块，个别地块无条件

建设地下雨水调蓄设施的,可考虑增加屋顶绿化覆土厚度,提升屋顶绿化的径流调蓄能力。

5 建设效果评估

采用SWMM软件模拟规划单元海绵城市建设效果^[8-9]。本文侧重于判断海绵城市建设对地块和区域降雨径流控制的效果,且由于当前缺乏道路雨水管网实际设计方案,因此对管网进行适度简化。通过细化每个地块的海绵城市建设设施规模,将详细的海绵城市设施配置方案导入概化模型,校核不同降雨情景下单元径流控制的效果(图11)。

5.1 典型单次降雨情景下规划单元的径流控制效果

选取“5年一遇”降雨情景,基于全市暴雨强度公式,按芝加哥雨型计算2小时的降雨过程,模拟单元整体出流节点(西南侧路口下水主干管)的流量变化情况。模拟结果显示,实施海绵城市建设后,单元整体2小时内总径流量可减少约74.4%(图12)。

5.2 典型全年降雨过程的径流控制效果

规划选取2010年上海市全年实测日降雨量数据进行模拟,考虑长时段模拟雨水蒸发的因素,评估海绵城市设施的实施效果。根据模拟结果,单元整体出流节点的全年总流量减少约74.7%,能够实现单元海绵城市建设目标的要求(图13)。

6 结论

高密度核心功能区域是承载上海市“全球城市”建设目标的重要功能节点,也是集中展示上海市城市建设成就的地标性区域,同时也可以作为超大型城市中心城区海绵城市建设和生态理念发展的重要的承载区域,成为城市未来发展的新亮点。本文针对高密度核心功能区域开发强度高、环境品质要求高、资源节约利用标准高、空间资源有限的“三高一限”特点,基于传统控规层面海绵城市规划的方法,提出了与城市设计和建筑方案结合更紧密、指标



图 11 规划单元海绵城市概化模型

Fig.11 Planning unit of sponge city generalization model

资料来源:笔者自绘

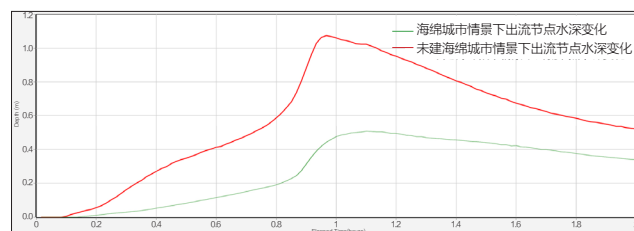


图 12 海绵城市建设前后规划单元出流节点水深变化(“5年一遇”降雨)
Fig.12 Water depth change of unit outflow node before and after construction of sponge city (rainfall once every 5 years)

资料来源:笔者自绘

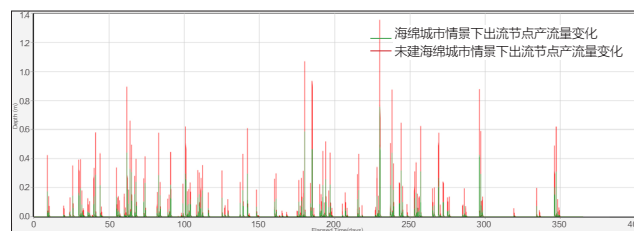


图 13 海绵城市建设前后规划单元出流节点水深变化(全年)

Fig.13 Water depth change of unit outflow node before and after construction of sponge city (year-round)

资料来源:笔者自绘

分配更精细化、规划方案更具可操作性、实施效果更量化的海绵城市规划建设方法与思路。

在上海市龙阳路交通枢纽区域的海绵城市规划设计中,该方法较好地指导了海绵城市规划管控指标的落地实施,可以为后续建筑方案的设计、海绵城市建设实施等环节提供更精确、更可行、更直观的指引,也为其他类似区域的海绵城市规划管理和建设提供一定的参考经验。 **URP**

参考文献 References

- [1] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 上海市海绵城市建设技术导则(试行)[Z]. 2016.
- [2] 上海市城市规划设计研究院. 上海市海绵城市专项规划(2016—2035)[R]. 2017.
- [3] 郭羽, 丁一, 刘龙. 详规层面海绵城市规划困局探因——以上海海绵城市规划体系在实践中的问题为例[J]. 上海城市规划, 2017(z1): 1-4.
- [4] 李岩. 城市规划层面落实海绵城市建设的措施研究[J]. 中国科技信息, 2015(5): 26-27.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)[Z]. 2014.
- [6] 上海市规划和自然资源局. 上海市河道规划设计导则[Z]. 2018.
- [7] 上海市住房和城乡建设管理委员会. 上海市海绵城市建设指标体系(试行)[Z]. 2015.
- [8] 常晓栋, 徐宗学, 赵刚, 等. 基于SWMM模型的城市雨洪模拟与LID效果评价——以北京市清河流域为例[J]. 水力发电学报, 2016, 35(11): 84-93.
- [9] 施萍, 郭羽. 基于“生动、生态、生机”理念的海绵城市规划实践——以上海张家浜楔形绿地规划设计为例[J]. 给水排水, 2017, 43(2): 59-62.

上接 17 页

参考文献 References

- [1] 中华人民共和国国务院办公厅. 关于推进海绵城市建设的指导意见[Z]. 2015.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于印发海绵城市专项规划编制暂行规定的通知[Z]. 2016.
- [3] 上海市人民政府办公厅. 关于贯彻落实《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》的实施意见[Z]. 2015.
- [4] 上海市城市规划设计研究院, 等. 上海市海绵城市专项规划[Z]. 2018.
- [5] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 等. 上海临港试点区海绵城市专项规划[Z]. 2017.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于印发海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建(试行)的通知[Z]. 2014.
- [7] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 关于印发海绵城市建设绩效评价与考核办法(试行)的通知[Z]. 2015.
- [8] 中华人民共和国水利部. 关于印发推进海绵城市建设水利工作的指导意见的通知[Z]. 2015.
- [9] 王文亮, 李俊奇, 车伍, 等. 海绵城市建设指南解读之城市径流总量控制指标[J]. 中国给水排水, 2015, 31(8): 18-23.
- [10] 车伍, 赵杨, 李俊奇, 等. 海绵城市建设指南解读之基本概念与综合目标[J]. 中国给水排水, 2015, 31(8): 1-5.
- [11] 任心欣, 汤伟真. 海绵城市年径流总量控制率等指标应用初探[J]. 中国给水排水, 2015, 31(13): 105-109.
- [12] 仝贺, 王建龙, 车伍, 等. 基于海绵城市理念的城市规划方法探讨[J]. 南方建筑, 2015(4): 108-114.
- [13] 任心欣, 俞露. 深圳市城市规划设计研究院. 海绵城市建设规划与管理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [14] 上海市住房和城乡建设管理委员会, 等. 关于印发《上海市海绵城市建设指标体系(试行)》的通知[Z]. 2015.
- [15] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 等. 上海市普陀区海绵城市建设规划(报批稿)[Z]. 2018.