

雨洪韧性导向的生态城市空间塑造

——以中法武汉生态示范城为例

Eco-city Space Shaping Guided by Flood Resilience: A Case Study of the Sino-French Wuhan Ecological Demonstration City

杨正光 张旭超 董芳 YANG Zhengguang, ZHANG Xuchao, DONG Fang

摘要 提升雨洪韧性被认为是解决全球日益严重的洪涝灾害的有效途径,而雨洪韧性的作用主体与生态城市的空间要素有诸多角度可以形成合力,作用于生态城市空间的塑造,并在不同尺度上综合地解决生态环境问题和防洪排涝问题。基于雨洪韧性与生态城市的概念,探讨两者的交汇点和合力点,并通过梳理分析雨洪防治理念的演化历程及对城市空间的影响,明确雨洪韧性导向的生态城市空间塑造在宏观、中观、微观3个尺度上的作用途径,最后结合中法生态城案例,介绍在城市空间格局、规划结构、组团肌理、多用途空间、建筑和场地塑造上的设计实践,为生态城市的空间塑造提供可供借鉴的跨学科交互式设计方法。

Abstract Improving flood resilience is considered to be an effective way to alleviate the increasingly serious flood disasters around the world. The main actors of flood resilience and the spatial elements of the eco-city can form a synergy in many aspects, which contribute to the eco-city space shaping and comprehensive solutions to environmental and drainage problems. The article explores the common characters of flood resilience and eco-city based on concept analysis, sorts out the evolution of flood control measures and their impacts on urban space, identifies the paths to shape the space of flood-resilience eco-city on different scales, and introduces planning practices of the urban spatial pattern, planning structure, group texture, multi-purpose space, architectural and site creation in the case of Sino-French Wuhan Ecological Demonstration City. This article provides an interdisciplinary interactive design method that can be used for reference for the spatial shaping of the eco-city.

关键词 韧性;雨洪韧性;生态城市空间;中法武汉生态示范城

Key words resilience; flood resilience; eco-city space; Sino-French Wuhan Ecological Demonstration City

文章编号 1673-8985 (2022) 03-0068-07 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220310

作者简介

杨正光

武汉市规划研究院

高级工程师, 47342105@qq.com

张旭超

武汉市规划研究院

高级工程师

董芳

中国移动通信集团公司

0 引言

全球气候变化问题加剧了雨洪灾害的危害程度,联合国关于自然灾害的报告中指出,雨洪灾害在当前各类灾害中影响最大,1995年至2015年间,雨洪灾害在所有气候相关灾害中占比达47%,其影响人群占有所有气候相关灾害影响人群的比重超过56%,而其中亚洲和非洲更是重灾区^[1]。针对减轻和应对雨洪灾害影响的思考和研究在近年指向“韧性”,通过在雨洪防治决策和措施中强化雨洪韧性的理念,引导城市朝更可持续的水治理方向发展。

我国自2014年启动并在全国推广海绵城市建设,以期用更为高效可持续的水资源综合管理强化城市雨洪韧性。武汉市入选首批试点城市后,在市域范围全面推进并取得良好表现,在2020年长江严峻汛情的考验下,城内渍水内涝现象较往年明显缓解^[2]。中法武汉生态示范城(以下简称“中法生态城”)以生态发展理念为立“城”之本,充分吸收武汉市以雨洪韧性为导向的水资源管理实践经验,藉由不同载体对中法生态城的空间塑造起到管控和引导作用,形成一套行之有效的规划方法。

1 雨洪防治理念的演化及对城市空间的影响

1.1 传统雨洪防治理念对城市空间的塑造

中国古代城镇在与雨洪内涝长期斗争的过程中,总结形成了传统的雨洪防治理念,其核心措施集中在“趋避”和“排水”。前者体现在选址上与水体保持安全距离,即《管子》所论述的“下毋近水而沟防省”,后者则希望尽快将雨水通过渠道管网排入附近水体,以降低城市内涝风险,如唐扬州城内的交织河网,除了满足交通供水也是城市排水排洪的干渠^[3]。在传统雨洪理念的导向下,城市空间被动地受到河湖水网的反向形塑而发展出适应性空间特征,其中最具有代表性的便是江南地区,六朝时期的都城(建康)中心城区的人工水系和水利设施便是整个城市形态构成的重要基础^[4],而现代江南地区更是形成极具特色的“双棋盘格局”和相互耦合的聚居空间。河湖水网可以起到缓解雨洪内涝的作用,但是江南地区降雨量大、地势低平的特性使其仍然常年面临内涝的风险,近年来不断下降的水面率和不断增加的“工程性”防洪排涝措施更是进一步导致了水质恶化、生境恶化、景观丑化、洪涝频发等问题,对城市空间造成负面影响^[5]。

1.2 雨洪韧性导向下城市空间塑造的新理念

相较于传统雨洪防治理念,雨洪韧性理念继承了韧性概念的3个主要内涵,即防御灾害、快速恢复和保留原有功能特性^[6-9],主张构建统筹自然生态功能和人工干预功能的可持续性水资源综合管理系统。雨洪韧性导向下,城市空间的塑造存在3方面变化:一是作用机制上从被动适应变为主动引导;二是覆盖广度上从局部改造变为全面塑造;三是实施方式上从单一手段变为多式并举。围绕雨洪韧性理念,国内外形成丰富的理论和政策,对城市空间的塑造各有侧重。国内以国家政府和部委为主体提出综合性的海绵城市理念和水生态文明城市理念,刘海龙等^[10]结合项目设计提出景观水文与历史场所的融合;汪洁琼等^[11]针对江南地区空间形态重构提出水生态系统服务;YU^[12]基

于我国黄泛平原区“水城”提出洪涝适应性景观;周艺南等^[13]提出雨洪韧性城市设计等(见表1)。

国外可持续雨洪管理的理念得到广泛发展和应用,我国学者对美国、英国、澳大利亚、新西兰等国的成功经验有大量研究介绍^{[13][14][15]}。在对城市空间的塑造上,美国的低影响开发(LID)和英国的可持续城市排水系统(SUDS)与我国的海绵城市较为类似,关注水系湿地、绿化、道路、广场和建筑等径流来源,并提倡通过运用规划和设计手段创造具有功能性的水景观。澳大利亚的水敏感城市设计(WSUD)和新西兰的低影响城市设计与开发(LIUID)借鉴了美国低影响开发(LID)理念,但理论视角进一步拓宽,将整个流域视为设计和管理的基本空间单元^{[14][17]},在城市设计和建筑形式层面整合并保护城市水循环系统的各个方面。WSUD和LIUID将城市与生态环境作为一个整体进行考虑,通过一套综合方法提高环境的可持续性,与生态城市最初提出的“重建城市与自然的平衡”宗旨可谓殊途同归。从空间塑造的作用主体上来说,WSUD和LIUID相较于海绵城市等理念涉及面更广,如《墨尔本水敏感城市设计导则》(City Of Melbourne WSUD Guidelines)提出所有城市空间都可

以促进市域可持续水资源管理^{[16][14]}(见图1),表现出一定程度的泛化。

2 雨洪韧性导向下生态城市空间塑造的作用途径

2.1 雨洪韧性与生态城市的互动性关系

本文论述的城市空间塑造主要集中在物理空间环境层面,而雨洪韧性的作用主体与生态城市的空间要素有诸多角度可以形成合力,作用于生态城市空间的塑造,并在不同尺度上综合地解决生态环境问题和防洪排涝问题。例如最大限度地保护水生生态系统,维持山水林田湖草等生态空间的比例和城市开发前的自然水文特征;修复因粗放式发展受损的城市绿地、水体、湿地等,恢复其水文循环特征和生态功能,促进城市生态多样性的提升;通过种种低影响措施,合理控制开发强度,促进居住区和商业区、城市道路、广场、绿地等功能空间的生态化改造,减少能源消耗和温室气体排放,并减少地表水径流量和径流污染等。

考虑到我国当前发展阶段的适用性要求,可以明确雨洪韧性对生态城市空间进行作用的3个层面,即区域层面的湖泊、河流、池塘、沟渠、树林、大型盆地、雨洪沼泽、湿地和滞留池等,组团层面的道路网络、公园廊道、雨水花

表1 国内雨洪韧性导向下城市空间塑造的相关政策、理论和策略研究
Tab.1 Research on relevant policies, theories and strategies of urban space shaping based on storm water resilience in China

类型	名称	倡导者	城市空间塑造的作用主体
国家政策	水生态文明城市	水利部	以解决城市水生态退化、水资源短缺、水灾害威胁为目的的城市发展模式。其作用主体包含所有与水相关的空间载体
	海绵城市	国家政府	以“海绵体”为载体塑造空间,通过各种水系湿地、绿化、道路、广场和建筑等自然生态载体和人工干预载体对雨水的吸纳、蓄渗及缓释作用,有效控制雨水径流
相关理论和策略研究	景观水文	刘海龙等	提倡把基于水文学及给排水专业的雨洪管理技术措施,与各类场地景观要素结合起来开展设计。落脚在微观层面,包括场地景观要素的空间序列、功能、形式、植物等
	水生态系统服务	汪洁琼等	通过径流调节、雨洪调节、水体自净等措施重构江南地区空间形态,宏观层面包括土地利用方式、城市要素与水体的布局关系等,微观尺度包括滨水植被的宽度、层次或种类等
	洪涝适应性景观	俞孔坚等	对既有的城市或区域因经历洪涝灾害所形成的适应性整体空间形态的总结。落脚于对传统人水关系及洪涝适应性景观的保护和整合利用
	雨洪韧性城市设计	周艺南等	设计并整合土地利用、街区结构、肌理类型、建筑单元、景观和基础设施系统等城市空间环境

资料来源:笔者自制。

园、广场等,街区层面的建筑屋顶、地面道路、绿化、停车场等。

2.2 生态城市空间塑造的作用途径

生态城市往往被视作代表一种城市或社区发展的目标和方向^[17],其应用场景非常广泛。如完全实现无碳化和可再生能源供应、良好的城市规划布局和公共交通系统、资源保护、水和废物回收、绿色屋顶、城市环境修复及其他社会、经济、文化层面的场景。每一个地区或城市在进行生态城市建设时都有其本地化适应的需求,因此生态城市的空间塑造首先应基于对自身特色和生态优势的挖掘,明确空间发展的原则性导向。在此基础上,生态城市空间塑造的作用途径与上述3个层面相呼应。

(1) 宏观层面主要是对城市空间格局、城市规划结构等进行框定。通过梳理生态本底条件,明确现有资源中的山水林田湖草等重要生态元素。将区域内水资源纳入整体流域进行考虑,强化水网连通循环,并判定重要河湖、湿地和沟渠与城镇集中建设区的相互关系,为城市规划结构确立提供支撑。以雨洪承载力分析等多种量化手段界定主要水体面积和边界,保障排蓄能力,并对建设用地规模和选址进行限制,避免未来的城市建设和土地开发进一步破坏水系统的结构和功能,由此框定城市整体空间格局。

(2) 中观层面主要是对城市组团空间肌理及多用途空间塑造进行控制和引导。城市排水系统与地形条件具有高度相关性,从重力排水的角度来说,城市排水系统与城市道路顺应地形条件布局能够达到最好的泄洪效果,相应地影响用地布局和建筑排布,雨洪韧性在这个过程中成为塑造城市特色肌理的推动力;在多用途空间塑造上,从城市空间的适用性和可塑性特征出发,综合考虑公园廊道、雨水花园、广场等作用主体的城市景观功能、生物栖息地功能和公共活动功能,达到空间共赢和时间共享,使综合效益最大化。

(3) 微观层面主要是针对街区内居住区和非住宅项目进行建筑和场地空间营造。这一尺

度对应的是对建设项目采用与景观结合的生态化措施,并集成绿色雨水基础设施,在营造微空间水文景观基础上,最大程度减小项目开发对环境的干扰。已建小区对建筑屋顶、小区道路及地面停车场进行改造,采用绿色屋顶、渗透铺装和绿色停车场,减小雨水径流量和径流污染;新建小区建设下凹式绿地、植被浅沟、雨水花园等绿色雨水基础设施,降低综合径流系数,控制开发建设后的雨水径流量不超过开发前。

3 雨洪韧性导向下的中法生态城空间塑造

3.1 生态本底和空间发展导向

中法生态城位于武汉市西部,处在主城区与新城接合处的过渡地带,总面积为39 km²。其设立的初衷是中法两国通过全方位的合作打造可复制、可推广的生态文明建设典范。中法生态城范围内和紧邻区域拥有丰富的水体,

构成其最具特色的资源环境,如中部大面积的什湖湿地水体,北面紧邻长江最大支流汉江,南边紧邻约32 km²的后官湖湿地公园。水体修复是其生态修复过程中最大的难点,快速城市化背景下围垦造田造成什湖湿地不断被切割,中心水面不断萎缩,代之以零碎的季节性小斑块湿地和养殖水面,湿地功能退化,水环境恶化(见图2,表2)。河流、湖泊和湿地虽然有一条人工沟渠相连,但长期淤塞,存在连通性差

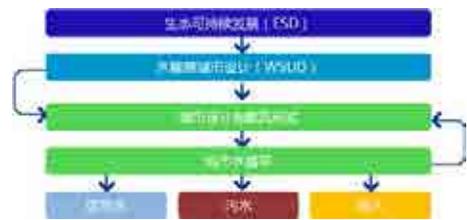


图1 澳大利亚墨尔本WSUD规划框架
Fig.1 WSUD planning framework for Melbourne, Australia

资料来源:参考文献[16][15]。

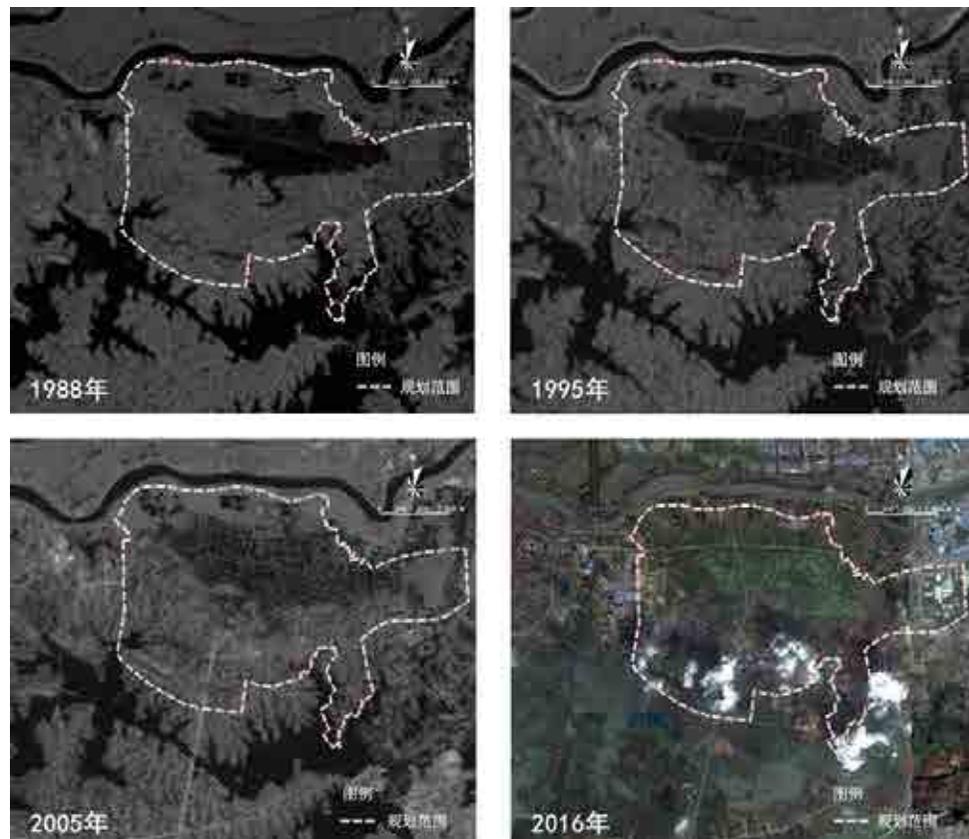


图2 什湖湿地历史演变(均选取12月份影像)
Fig.2 Historical changes of Shihu wetland (images in December were selected)

资料来源:earth.google.com。

表2 什湖湿地水面情况变化一览表

Tab.2 List of changes of wetland water surface in Shihu Lake

年份	什湖湿地水体总面积 /hm ²	小斑块湿地和养殖水面 /hm ²	成片水面面积 /hm ²	水体状态描述
1988年	669	396	273	以东西向土堤为界,南部以成片水面为主,北部出现大块分割的养殖水面,并保留有少量成片水面
1995年	939	749	190	以东西向土堤为界,南部出现大块分割的养殖水面,并保留了一定规模的成片水面,北部全部被养殖水面所分割
2005年	976	910	66	养殖水面覆盖率进一步提高,切割度进一步变大;成片中心水面面积骤减,并主要集中在知音湖大道以东;同时出现小斑块湿地
2016年	1 059	1 011	48	成片中心水面面积进一步缩减,养殖水面和小斑块湿地不断扩大,成为主要水体

资料来源:笔者自制。

的问题。

在这一生态本底条件下,中法生态城的在前期研究阶段明确了空间塑造的4个导向:①推动人与自然和谐发展,建构“山水城相融”的城市空间格局;②尊重城市发展规律,采用中低强度开发模式;③鼓励混合发展,塑造“小街区、密路网”的城市肌理;④保护生物多样性,维护生物栖息地的完整性和连续性。在此基础上,雨洪韧性理念的引入为各层次城市空间的明晰落地和量化管控提供指导。

3.2 区域层面:通过水生态系统梳理分析,塑造城市空间格局

3.2.1 基于雨洪承载力分析,框定北静南动空间格局

为提升区域内雨洪韧性,优化城市生态环境,在宏观层面从两个角度进行管控。一是通过扩大水面占比提升对雨水的吸纳、蓄渗和缓释能力,削减城市径流污染负荷。主要通过退塘还湖、河塘清淤等方式,围绕当前仅存什湖中心水面,将季节性小斑块湿地、人工养殖水面整合还原为“大片湖面+成片湿地”,扩大核心水域面积,将规划范围内水面率提升至19%。这一措施基本确定了整个北部以生态保育为主的空间格局。

二是通过雨洪承载力分析严格控制城市建设用地规模和开发强度上限,保障绿地、山体和水系在用地中的占比,降低地区综合径流

系数(见图3),保证地区蓄水能力满足相应排涝标准下雨水不外排,与其他建设区在汛期错峰排放,不增加汉江河道的行洪负担,以保障汉江流域排涝防洪安全。雨洪承载力分析设定在一定排涝标准下,核算地区的降雨量、蓄水量,从而得到在保障排涝安全的前提下,地区能达到的最大综合径流系数。对应100年重现期标准来明确城市建设用地规模,并主要布局在南部低生态敏感性区域。规划以定量的方式在前期研究中实现对水面率和建设用地的管控,提升区域雨洪韧性,并基本框定中法生态城“北静南动”的城市空间格局。

3.2.2 江湖水网连通,构建多廊多组团空间结构

河流水系连通程度决定着水文循环过程和区域水资源配置,有利于增加水环境承载力和水系排泄调蓄能力,能有效减少洪涝灾害,并缓解水环境污染、水生态恶化等问题。中法生态城所处的大汉阳地区“六湖连通”水网工程(见图4)已自成体系,但中法生态城内部水系尚存在江湖阻隔、分割严重的问题,蓄水单元间连通性的缺失导致河道和沟渠堵塞严重,什湖周边水系大幅萎缩,雨水不能有效存储和调蓄。通过河道沟渠清淤疏浚、新修连通道等整治措施,将内部湖泊向北与汉江进行连通,向南经地势低洼处形成多条纵向蓝绿廊道,经后官湖与汉阳地区6大湖泊连通对接,最终进入长江,将中法生态城内部水系纳入整个流域,并形成“江湖连通”动态水网,提高

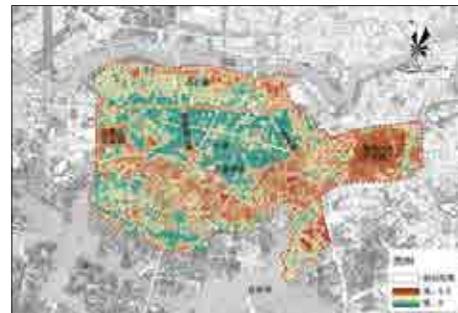


图3 径流系数分析图

Fig.3 Runoff coefficient analysis diagram

资料来源:笔者自绘。

河湖水系的蓄泄能力和生态修复能力。蓝绿廊道同时也成为楔入城镇集中建设区的生态缓冲带,由缓冲带分隔开的各片区围绕轨道交通站点生长为TOD导向的产城融合组团,塑造了中法生态城“多廊、多组团”式的整体空间结构(见图5)。

3.3 组团层面:功能互动叠加,塑造空间肌理和复合空间

3.3.1 因形就势,引导组团路网布局和用地肌理

场地地形地貌对城市用地布局至关重要,古代城乡聚落布局一般也要求“土高水深”以固地基,避雨洪,纳雨水。中法生态城海拔最高区域为南侧马鞍山,海拔约110 m,最低区域为北侧什湖及周边湿地,海拔约19 m,而最适合城市建设的“居高”区域则在两者之间呈带状分布,海拔21—25 m(见图6),从脊线向南北两侧逐次降低,因此规划将城市建设用地主要布局在该区域内(见图7),建设强度也从中间向两侧逐次降低。规划因势利导,排水管网布局根据高程变化选择最合适的排水路径,有效缩短集水时间,继而决定用地规划肌理、路网排布方向和建筑排布格局。

此外,考虑到雨水沿城镇集中建设区向南北两侧分别排往什湖和后官湖,为加强集中建设区与非集中建设区之间的生态缓冲与雨水过滤,进一步延长雨水的渗透时间、增加地区的生态涵养功能,在南侧结合后官湖滨湖绿带内现状连续水塘、农田布局了1条200—300 m宽

的雨水花园,北侧结合快速路防护绿地形成1处带状雨水花园,均具有储存和净化雨水的功能,实现雨水的收集与利用。这两处雨水花园同时承担了水景观的功能,成为联系城市建设区与汉江、马鞍山及后官湖生态景观体系的衔接带。

3.3.2 三位一体,塑造适应性复合空间

中法生态城基于生态适宜性评价和生物多样性保护要求,构建了“生物多样性中心+缓冲区+生态廊道”的整体生态框架。生态廊道最初的设想主要从生态角度出发,包含作为公园绿地服务居民的功能,以及作为动植物栖

生地和动物迁徙廊道的功能。在设计演化中,生态廊道作为适应性复合空间的需求不断显现,并主要体现在“蓝绿复合”“活绿复合”和“丰枯复合”3个方面。

“蓝绿复合”强调海绵排蓄功能和生态功能的复合,基于现状排水渠、生态廊道形成4级纵向蓝绿廊道(见图8)。一级廊道宽200—300 m,依托现状排水渠、重要道路沿线绿带,形成城市生态系统的结构性廊道,锁定组团发展边界,其中水廊道宽度约为50 m;二级廊道宽100—120 m,作为组团内部的水系统设施

廊道,实现组团之间的水循环、水净化,水廊道宽度约为25 m;三级廊道宽30 m,作为生态街区的核心要素,水廊道宽度约为9 m;四级廊道宽27.5—30.0 m,作为住区之间的休憩空间,并布局景观水体。“活绿复合”强调公共活动功能和生态功能的复合,多级廊道同时作为水岸空间,复合文化空间、体育设施、娱乐休闲等功能。结合一级、二级廊道布局体育休闲场地,结合三级廊道布局小广场、科教活动场地,结合四级廊道布局共享花园,同时将社区邻里中心尽量紧邻绿化廊道布局,为居民提供类型丰



图4 大汉阳地区“江湖连通”动态水网
Fig.4 Water network in Dahanyang area

资料来源:笔者自绘。

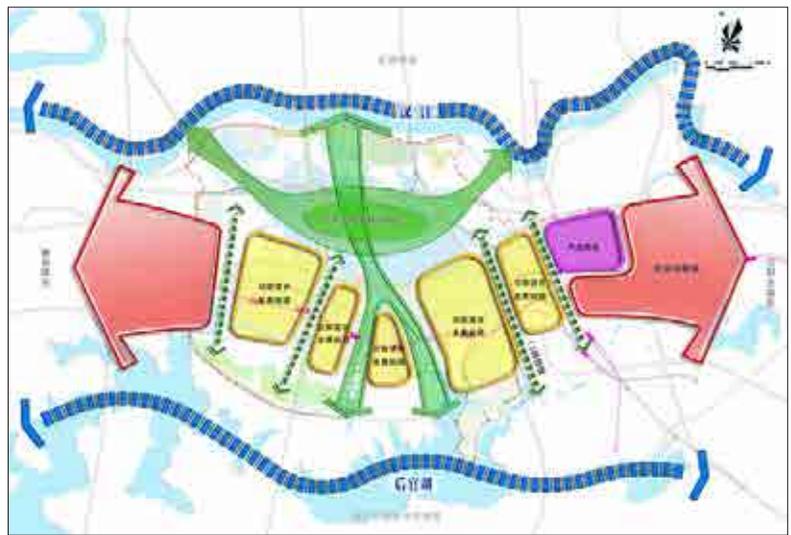


图5 中法生态城规划结构
Fig.5 Planning structure of the Sino-French Wuhan Ecological Demonstration City

资料来源:参考文献[18]41。

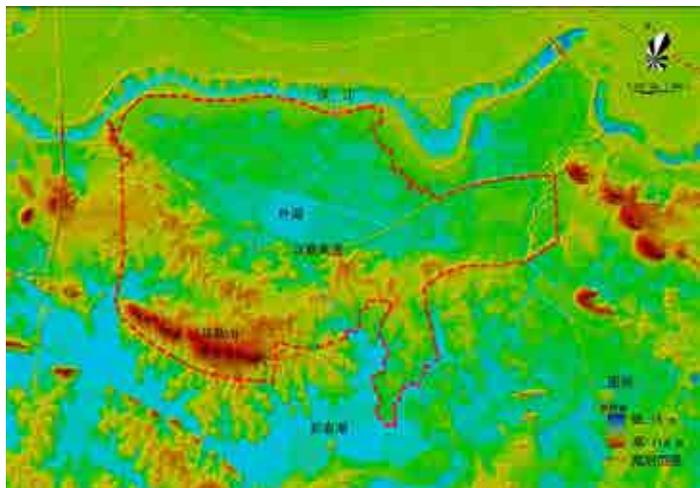


图6 地形高程分析图
Fig.6 Terrain elevation analysis diagram

资料来源:参考文献[19]28。



图7 用地规划图
Fig.7 Land use plan

资料来源:参考文献[18]42。

富、开放共享的城市空间。“丰枯复合”则强调排蓄功能和公共活动功能在时间上的复合,根据丰水位、常水位、枯水位等不同条件下雨水存蓄量的不同,形成不同等级的淹没次序,并根据淹没水体两侧公共活动绿地的宽度不同,复合开展不同的公共活动,最大化利用生态廊道(见图9)。适应性复合空间的塑造是在需求基础上对传统空间的多样化诠释,体现了生态功能、雨洪排蓄功能、公共活动功能在空间和时间上的综合平衡。

3.4 街区层面:指标体系引导和法规约束,营造第五立面和场地空间特色
中法生态城围绕“创新产业、协调发展、

环保低碳、中法合作、和谐共享”制定了5大类共24小项的规划指标体系,以控制、引导实施并适时评估反馈。针对街区层面的雨洪韧性提升,在全域范围内年径流总量控制率 $\geq 85\%$ 的基础上,“建成区绿地率”和“绿色建筑”的指标间接对屋顶和地面场地径流提出控制要求,对建筑第五立面和场地景观营造造成影响。一是建成区绿地率要求不小于42%,高于《武汉市城市绿化条例》《武汉市建设工程项目配套绿地面积审核管理办法》等相关技术标准、规范的要求,由此促进居住用地绿地率的提升和非住宅项目绿色屋顶覆盖率,达到减小雨水径流量和径流污染的目的。二是绿色建筑按4个等级提出不同要求,

其中一星级建筑需满足100%覆盖率,二星级需不少于50%覆盖率,三星级需不少于10%覆盖率,大型公共建筑需满足中国三星级和法国HQE双认证。根据2019年新发布的《绿色建筑评价标准》(GBT50378-2019),“场地生态与环境”中将“利用场地空间设置绿色雨水基础设施”纳入评分项,“节水与水资源利用”中将“结合雨水综合利用设施营造室外景观水体”纳入评分项,引导居住建筑和公共建筑在场地空间内建设景观性雨水基础设施以降低综合径流系数,下凹式绿地、雨水花园等特色水景观将成为中法生态城街区空间塑造中的必选项。

此外,为确保街区层面的韧性设施落地,武汉市自然资源和规划局出台了一系列文件规定,要求中法生态城范围内新建开发项目必须编制海绵城市专项规划,连同建筑总平面方案同步报批。设计文件对开发项目的年径流总量控制率、面源污染削减率、峰值径流系数、可渗透硬化地面占比、下沉式绿地率及蓄水设施总容积等指标按照不同区域要求进行取值,对蓄水设施在地块总平面上的布局予以明确。地块开发方对各指标及设施进行承诺,后期规划条件核实若不达标将在信息平台予以公示,并被责令限期整改。



图8 四级纵向廊道和雨水花园布局示意图
Fig.8 Layout diagram of four-level corridor and rain garden

资料来源:参考文献[19]184。



图9 功能复合廊道丰水期和枯水期场地利用示意(以二级廊道为例)
Fig.9 Site utilization schematic of a functional-composite corridor in wet season and dry season (taking the secondary corridor as an example)

资料来源:参考文献[19]207。

4 结语

生态城市丰富的生态载体及其所推崇的空间发展导向,给雨洪韧性提升及不同尺度上的特色空间塑造提供了良好条件,继而进一步促进了城市、人与自然的和谐相处。当前我国城市发展正处于传统外延增长向生态文明转型的过渡阶段^[20],生态城市建设进入快车道,《中国生态城市建设发展报告(2019)》认为中国生态城市建设已经进入城市群阶段,这也保障了雨洪韧性导向下城市空间塑造的实践基数。从实施情况来看,国家和地方城市当前仍主要以海绵城市为抓手来强化城市雨洪韧性,并形成了具体的指导意见和实施方案,但在城市空间的关注上有所局限,主要集中在居住小区、公共建筑、公园绿地、道路的海绵性改

造及城市水系生态修复和形态保护等中、微观层面。本文论述的雨洪韧性导向下的生态城市空间塑造策略作为一种跨学科的整合性规划方法,可以为不同发展模式下的生态城市拓宽视野并提供借鉴,有待在未来进行深入研究和实践。

参考文献 References

- [1] WAHLSTROM M, GUHA-SAPIR D. The human cost of weather-related disasters 1995–2015[R]. 2015.
- [2] 成培兴,朱惠,邓鹏飞,等.“海绵城市”助解内涝困局——武汉2020防汛思辨录[N].湖北日报, 2020-08-06.
CHENG Rongxing, ZHU Hui, DENG Pengfei, et al. "Sponge City" to help solve the waterlogging dilemma: Wuhan 2020 flood control thoughts record[N]. Hubei Daily, 2020-08-06.
- [3] 吴庆洲. 中国古城防洪的历史经验与借鉴[J]. 城市规划, 2002 (4): 84-92.
WU Qingzhou. Historical experience and reference of flood control in ancient cities of China[J]. City Planning Review, 2002(4): 84-92.
- [4] 郑辰晖. 江南都城城市形态变迁研究[D]. 南京: 东南大学, 2019.
ZHENG Chenwei. Study on the urban morphology change of Jiangnan capital[D]. Nanjing: Southeast University, 2019.
- [5] 徐洁. 江南水网地区水城特色塑造对策研究[D]. 苏州: 苏州科技学院, 2013.
XU Jie. Study on the countermeasures of building characteristics of water city in Jiangnan water network area[D]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology, 2013.
- [6] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1973, 4(1): 1-23.
- [7] HOLLING C S. Engineering resilience versus ecological resilience[M]//National Academy of Engineering. Engineering within Ecological Constraints. Washington DC: The National Academies Press, 1996: 32.
- [8] MILETI D. Disasters by design: a reassessment of natural hazards in the United States[M]. Washington DC: Joseph Henry Press, 1999.
- [9] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. 城市韧性的定义评述[J]. 城市规划学刊, 2016 (3): 125-126.
MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. A review on the definition of urban resilience[J]. Urban Planning Forum, 2016(3): 125-126.
- [10] 刘海龙,张丹明,李金晨,等. 景观水文与历史场所的融合——清华大学胜因院景观环境改造设计[J]. 中国园林, 2014, 30 (1): 7-12.
LIU Hailong, ZHANG Danming, LI Jinchun, et al. The integration of landscape hydrology and historical sites: the design of landscape environment renovation of Shengyin College of Tsinghua University[J]. Chinese Landscape Architecture, 2014, 30(1): 7-12.
- [11] 汪洁琼,刘滨谊. 基于水生态系统服务效能机理的江南水网空间形态重构[J]. 中国园林, 2017, 33 (10): 68-73.
WANG Jieqiong, LIU Binyi. Reconstruction of water network spatial form based on water ecosystem service efficiency mechanism in the south of the Yangtze River[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(10): 68-73.
- [12] YU K J. Make friends with flood[C]//The 1st International Symposium on Development of Urban Waterscapes and Water Management. Yangzhou, 2005: 30-31.
- [13] 周艺南,李保炜. 循水造形——雨洪韧性城市设计研究[J]. 规划师, 2017, 33 (2): 90-97.
ZHOU Yinan, LI Baowei. Water forming: urban design of stormwater resilience[J]. Planners, 2017, 33(2): 90-97.
- [14] 赵晶. 城市化背景下的可持续雨洪管理[J]. 国际城市规划, 2012, 27 (2): 114-119.
ZHAO Jing. Sustainable stormwater management in the context of urbanization[J]. Urban Planning International, 2012, 27(2): 114-119.
- [15] 王思思,张丹明. 澳大利亚水敏感城市设计及启示[J]. 中国给水排水, 2010, 26 (20): 64-68.
WANG Sisi, ZHANG Danming. Water sensitive urban design in Australia and its enlightenment[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(20): 64-68.
- [16] City of Melbourne. City of Melbourne WSUD guidelines[Z]. 2015.
- [17] ROSELAND M. Dimensions of the eco-city[J]. Cities, 1997, 14(4): 197-202.
- [18] 武汉市规划研究院. 中法武汉生态示范城总体规划[Z]. 2017.
Wuhan Planning and Research Institute. Master plan of Sino-French Wuhan Ecological Demonstration City[Z]. 2017.
- [19] 宋洁,徐昊,何浩,等.“融”解生态城——中法武汉生态示范城规划探索与实践[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
SONG Jie, XU Hao, HE Hao, et al. "Integration" of eco-city: exploration and practice of Sino-French Ecological Demonstration City planning in Wuhan[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008.
- [20] 仇保兴. 我国城市发展模式转型趋势——低碳生态城市[J]. 城市发展研究, 2009, 16 (8): 1-6.
QIU Baoxing. The transformation trends of urban development model in China: low carbon eco-city[J]. Urban Development Research, 2009, 16(8): 1-6.