

# 城市韧性模型构建——以巴塞罗那为例\*

Urban Resilience Model Construct: A Case of Barcelona

张思凝  
ZHANG Si-ning

**摘要:** 城市韧性思维在城市规划与建设中的重要性逐渐凸显。但目前我国仍缺乏系统的城市韧性模型,需不断从国外韧性城市构建中探寻经验。通过定性分析巴塞罗那政府官方资料,如机构文件、倡议计划、统计数据等,结合半结构化访谈,总结了巴塞罗那城市韧性发展模型与经验。以全球性的政策纲领与科学的韧性理论指导为根基,政府定制了符合本土发展的政策法规与计划方案等,从气候韧性、社会韧性、基础设施与城市服务韧性3个维度,分别制定了34项行动措施,以降低城市脆弱性,提升其韧性。

**关键词:** 城市韧性模型;韧性城市;巴塞罗那;气候变化

**中图分类号:** TU984

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2641(2022)04-0043-05

**投稿日期:** 2021-11-27

**修回日期:** 2022-04-20

**Abstract:** The importance of urban resilience thinking in urban planning and construction has gradually become prominent. However, China still lacks a systematic urban resilient model, and it is necessary to continuously learn from the development of resilient cities abroad. This article summarizes the urban resilience model of Barcelona and its development experience through semi-structured interviews, as well as a qualitative analysis of a number of official materials, such as the institutional documents and initiatives, and data of the official statistics bureau. Based on global policy guidelines and scientific resilience theory guidance, the government customized localization policies, regulations, and plans. It has formulated 34 strategies from the three dimensions of the resilience model, i.e., climate resilience, social resilience, infrastructure and urban service resilience, which aims to reduce urban vulnerability and increase urban resilience.

**Key words:** Urban resilience model; Resilient city; Barcelona; Climate change

全球正面临严峻的气候变化挑战。极端天气事件(如暴雨、城市内涝、热岛效应)频率与强度的增加严重威胁着城市安全<sup>[1-2]</sup>,大幅降低了生态系统服务供给能力<sup>[3]</sup>。而城市居住了50%以上的世界人口,预计2050年将升至67%。这都表明了迫切需要增强城市韧性。联合国政府间气候变化专门委员会认为韧性是社会、经济和环境系统应对危机或干扰的能力,以保持其基本功能、特性和结构的方式进行响应或重组,并保持适应、学习和转型的能力<sup>[4]</sup>。城市韧性是指一个系统(城市)适应和调整内在或外部过程变化的能力<sup>[5]</sup>。其理念有助于城市系统预见、抵御、适应和缓解任何可能的危害或风险,并从中

恢复。

因此,将“城市韧性思维”<sup>[6]</sup>纳入城市规划,已成为国内外研究热点<sup>[7-8]</sup>。虽然我国相关研究起步较晚,但大量学者进行探索并取得了成果。如刘彦平提出了城市韧性发展指数框架,测评了我国288个城市韧性系统<sup>[9]</sup>。田甜等从空间、经济、基础、社会和制度韧性入手提出应“全风险、全过程、全领域”建设长春市韧性<sup>[10]</sup>。陈智乾等将韧性城市理念融入国土空间规划体系中<sup>[11]</sup>。但目前我国仍缺乏系统的本土城市韧性模型,需不断学习国外做法与自我实施过程中探寻经验。巴塞罗那拥有成熟的可持续城市发展、治理、更新和风险管理经验,韧性模型极

具参考价值,被联合国人居署(UN-Habitat)纳入城市韧性促进计划(City Resilience Profiling Programme, CRPP)<sup>①</sup>,2014年洛克菲勒基金会选其为“100个韧性城市”<sup>②</sup>之一。本文分析巴塞罗那近年来关于构建城市韧性模型的经验与策略,为相关研究及我国城市韧性的建设与发展提供参考。

## 1 研究方法

本文定性分析巴塞罗那政府官方资料,如网站、年鉴、机构文件、倡议计划、统计数据等,总结了其城市韧性发展模型的框架构成。并通过半结构化访谈,完善相关资料,如发展

\*基金项目:国家自然科学基金项目(编号52008345);中央高校基本科研业务费专项基金项目(编号2682020CX43);教育部社科基金(21YJAZH100);四川省自然科学基金青年基金项目(2022NSFSC1108)

①CRPP是一项由UN-Habitat发起的推动城市韧性投资,制定创新评估工具的计划。用于综合评价一系列城市风险,确定风险等级,以供决策者参考。该计划于2012年11月选出10个城市,其韧性部门将直接参与制定和测试CRPP城市韧性框架、工具和指标。

②洛克菲勒100个韧性城市计划:洛克菲勒基金会开发的韧性城市框架与指标体系是100个韧性城市开展韧性实践的理论指导。

背景、相关实施情况、案例等。以深度访谈为主,利用滚雪球抽样筛选确定受访对象(标准:就职于巴塞罗那市议会/城市基础服务设施韧性委员会(Taula de Infraestructuras Serveis Urbans, TISU),或相关研究人员;工作≥三年;精通英语或西班牙语<sup>①</sup>)。根据不同部门、职位与专业性等设计不同的访谈提纲,因人而异进行调整,并在后期整理中“标准化”处理口语化内容。访谈时间:2020年11月30日—2021年6月3日;方式:线上。

## 2 城市韧性建设背景

巴塞罗那三面邻水,是欧洲人口最多的城市之一,流动人口达852万(2019年)<sup>[12]</sup>,人口密度近16千人/km<sup>2</sup>,空间密集,给城市服务带来了巨大挑战。2005年,地铁五号线隧道坍塌致一千多人受影响<sup>[13]</sup>;2006—2008年极端干旱造成恶劣影响,使政府采取措施应对,如,颁布《节水法(第108/2008号干旱法令)》,将人均用水量降至104 L(世界卫生组织建议100 L/人)<sup>[14]</sup>;2007年,前拜耳工厂倒塌促使政府出台市政咨询协议以预防再发,同年停电事件致使323 337名用户停电近57 h,城市供电服务全部中断<sup>[15]</sup>,同年铁路事故使R2和R10火车线路停滞40天。上述突发事件使政府开始思考如何建立城市韧性机制。

此外,巴塞罗那年平均降雨量约600 mm,10年重现期对应的5 min最大降雨强度为204.7 mm/h<sup>[16]</sup>。2011年遭遇严重洪水,48 h降雨量达100 mm<sup>[17]</sup>。加之,市内多为合流制排水系统,高度不透水面积约占全市70%,及特殊的地形坡度,导致城市洪涝和合流下水道溢流等问题严重<sup>[18]</sup>。研究表明,巴塞罗那将遭受气候变化的严重威胁<sup>[19]</sup>。气候预测显示2071—2100年的最大降雨强度

将增加12%~16%<sup>[20]</sup>,可能导致42%经济损失,增加9%交通中断风险与70%电力系统风险<sup>[21]</sup>。

因此,当局希望建设韧性城市,有能力预测风险并进行积极干预,确保城市从风险中尽快恢复,降低对城市公众生存与生活的影响。

## 3 巴塞罗那城市韧性模型

2009年,为协调各方利益者与减少城市脆弱性,巴塞罗那成立了由多学科团队组成的TISU,包括市议会与20多个公共和私人组织,共72名专业人员。2014年,成立了城市韧性部门(el departament de Resiliència Urbana dins l'Àjuntament de Barcelona),成为世界上首个设有专项部门的城市。其在国际组织引领与合作、政府主导的上位规划与政策法规下开展城市韧性模型构建。

### 3.1 国际组织的引领与合作

巴塞罗那城市韧性模型构建一直受世界前沿韧性理论与实践的带领。2013年4月2日,与CRPP签署了合作协议,CRPP提供了先进的风险分析和评估工具,并制定衡量韧性指标体系,纳入市议会规划、管理和决策过程;同月,加入由国际减灾战略(International Strategy for Disaster Reduction, UNISDR)推动的“使城市具有韧性”运动。2014年第7届世界城市论坛,城市韧性被纳入城市发展议程,十多个组织签署了合作协议,如UN-Habitat、UNISDR、洛克菲勒基金会等。目的是共享知识和财政资源,以帮助城市抵御气候变化、自然灾害和其他系统性干扰。2015年与2016年,成功举办“巴塞罗那城市韧性经验”活动与“巴塞罗那韧性周”。2020年,与CRPP承诺未来四年实现全球议程目标并提出《2030年议程和可持续发展目标》。

建立城市韧性国际合作网络,搭

建全球韧性城市建设实践与理论前沿交流平台,分享理论、工具、方法、经验等,实现城市之间的合作与共赢,有助于在全球范围内创建可持续的城市韧性发展模式。

### 3.2 政府主导的上位规划与政策法规

为了使城市更加绿色、公平、高效和健康,政府先后出台多项法规政策,以应对危机,或不断完善城市服务(如电力、水、交通、安全性等),希望至2030年能建设成为包容、安全、有韧性和可持续的城市和人类住区<sup>[22]</sup>。通过整理政府相关文件与访谈,本文筛选出52个与城市韧性直接相关的政府措施和战略计划文件,及其对应试图解决的问题整理如表1,其中包括与缓解气候变化相关的措施(如能源效率和节能,空气质量计划等)、促进和激励市民行动相关措施等。

### 3.3 城市韧性模型内涵

传统的灰色或蓝绿基础设施能有效地适应与缓解气候变化<sup>[23-24]</sup>,缓解内涝<sup>[25]</sup>,应对洪水灾害风险等<sup>[26]</sup>。基于政府主导的上位规划与政策,巴塞罗那城市韧性模型不仅考虑了城市灰色或蓝绿基础设施,还涵盖了社会与经济等方面。通过多源数据分析与访谈,本文绘制了巴塞罗那城市韧性模型(图1),将其分为3个实施阶段,3个韧性提升内容与34项行动目标与措施。其围绕基础设施与城市服务韧性、社会韧性、气候韧性3个维度,通过风险管理、风险分析与风险降低3个阶段,结合国际合作、政策规划与公众参与,形成螺旋式持续进阶机制,互相协调促进以增强城市韧性。这也意味着市政管理的范式从垂直的个体管理演变为多系统统筹交叉管理。

#### 3.3.1 实施阶段

表2显示风险管理、风险分析与风险降低等3个实施阶段及相应的管理与操作部门或工具,及其韧性任

<sup>①</sup>巴塞罗那官方语言为西班牙语和加泰罗尼亚语,但部分官员坚持只使用加泰罗尼亚语。这给笔者采访造成语言障碍。

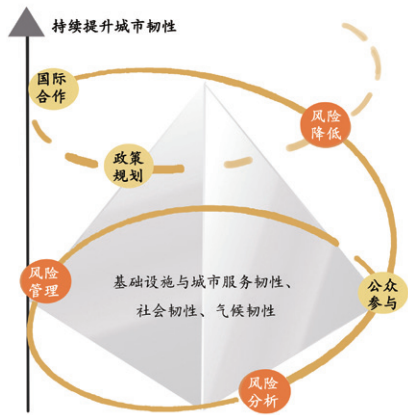


图1 巴塞罗那城市韧性模型

务。可见，跨部门合作是3个实施阶段有效运营的关键支撑点，建立信息和分析平台并有效共享进行大数据联合分析，是协调各部门沟通与联合工作的必要根基，有效支持战略制定和运营决策。此外，TISU负责实施改进项目，以预测或减轻问题，预防再发，并提高未来应对能力。

### 3.3.2 韧性维度与行动措施

3个韧性维度是指社会韧性、气候韧性、基础设施与城市服务韧性，相对应34项行动措施（图2）。这些行动分别由TISU下设的8个分委员会（社会服务、地下基础设施与城市管道、能源、水循环、流动性与公共交通、城市服务、电网、城市规划）及近40个机构、公司和市政部门共同执行。为了持续评估各项行动措施，模型还规定了6项指标（影响、行动、资源、环境、感知与绩效指标），以监测其对城市的实际影响。既能展现治理成效，也能及时纠正实施过程中的偏差以调整行动。

1) 气候韧性。极端温度从31.7℃(2014年)上升到37.2℃(2018年)<sup>[27]</sup>。为提高气候韧性，模型的13项行动措施旨在达成五大次级目标——机构设置、降温减排、气候公平、洪水内涝与应对干旱。

首先，政府机构设立气候应急委员会，采取缓解和适应措施，如加强完善城市气象站网络，促进数据平台研发；设立科普教育基地，开办环

表1 2006年以来巴塞罗那与城市韧性有关的政府措施和战略计划

年份	与城市韧性有关的政府措施和战略计划	缓解	适应	气候公平	市民激励
2006	巴塞罗那综合下水道网络计划	—	+	—	—
2007	综合海岸线管理计划	—	+	—	—
2010	市政建筑能源改进计划	—	+	—	—
2011	能源、气候变化和空气质量计划（2011—2020）	+	—	+	—
2012	巴塞罗那城市垃圾预防计划（2012—2020）	+	—	—	+
2012	市民对可持续发展的承诺（2012—2022）	+	+	—	+
2013	巴塞罗那绿色基础设施和生物多样性计划（2013—2020）	—	+	+	+
2013	城市交通计划（2013—2018）	+	—	—	+
2014	在巴塞罗那推广生活露台和绿色屋顶	+	+	—	+
2014	防火、灭火和救援服务局总体规划（2014—2025）	—	+	—	—
2014	可持续城市发展战略（2014—2020）	+	+	+	+
2015	巴塞罗那空气质量改善计划（2015—2018）	+	+	+	+
2015	巴塞罗那的绿地、街道和广场停止使用草甘膦	—	+	—	—
2016	在巴塞罗那创建超级街区“让街道充满生机”	+	+	+	+
2016	巴塞罗那街区邻里计划（2016—2020）	+	+	+	+
2016	巴塞罗那零废物战略（2016—2020）	+	—	—	+
2016	建立能源咨询中心和基本供应保障	+	+	+	+
2016	食品政策促进策略（2016—2019）	+	—	—	—
2016	性别公正计划（2016—2020）	—	—	+	—
2016	大气污染防治措施方案	+	+	+	+
2016	负责任消费促进策略（2016—2019）	+	—	+	+
2016	住房权计划（2016—2025）	+	+	+	+
2016	社会团结经济促进计划（2016—2019）	+	—	+	+
2016	向能源主权过渡	+	—	+	+
2016	城市韧性计划	+	+	+	+
2016	巴塞罗那健康计划——战略路线（2016—2020）	—	+	+	+
2016	紧急情况基本计划	+	+	+	+
2017	民主化护理（2017—2020）	—	—	+	+
2017	干旱议定书	—	+	+	+
2017	市政建筑节能改造规划（2017—2020）	+	—	—	—
2017	巴塞罗那太阳能发电推广计划（2017—2019）	+	—	—	—
2017	城市绿色基础设施推进计划	—	+	+	+
2017	巴塞罗那城市数字化转型规划（2017—2020）	+	+	+	+
2017	多水源供水计划（2017—2022）	—	+	—	+
2017	包容性和减少社会不平等战略（2017—2030）	+	+	+	+
2017	生存之树：巴塞罗那树木总体规划（2017—2037）	+	+	+	+
2018	自行车战略	+	—	—	+
2018	社会正义合作总体规划（2018—2021）	—	—	+	—
2018	巴塞罗那电动汽车发展计划	+	—	—	—
2018	奥林匹克港总体规划	—	+	—	—
2018	城市沿海区域战略规划（2018—2025）	—	+	—	+
2018	替代水资源利用技术方案	—	+	+	—
2018	巴塞罗那普遍无障碍计划（2018—2026）	—	—	+	+
2018	气候计划（2018—2030）	+	+	+	+
2018	巴塞罗那路灯总体规划和路灯改造规划（2018—2020）	—	+	—	—
2019	公共空间游憩计划（2019—2030）	—	+	+	+
2019	巴塞罗那都市农业战略（2019—2030）	+	+	+	+
2019	科塞罗那自然公园保护计划	+	+	—	—
2020	巴塞罗那科学计划（2020—2023）	+	+	+	+
2020	气候紧急宣言	+	+	+	+
2020	巴塞罗那污水和排水系统综合总体规划（2020—2100）	—	+	—	—
NA	防止热浪对人类健康影响的行动计划（年度）	—	+	+	+



表2 巴塞罗那城市韧性模型3个实施阶段

阶段	部门/工具	任务
风险管理	城市空间运营中心; 其他城市控制中心	各市政中心协调、管理与预防城市的紧急事件,确保快速减少或消除危害。采取全年无休运营模式。
风险分析	信息管理与韧性分析系统	建立城市韧性信息和分析平台,整合信息和支持工具,分析问题,实时可视化和管理城市。
风险降低	TISU及其下属八个分委员会	制定和实施提升城市韧性计划和项目,降低基础设施和服务相关风险,提高城市应急响应能力。

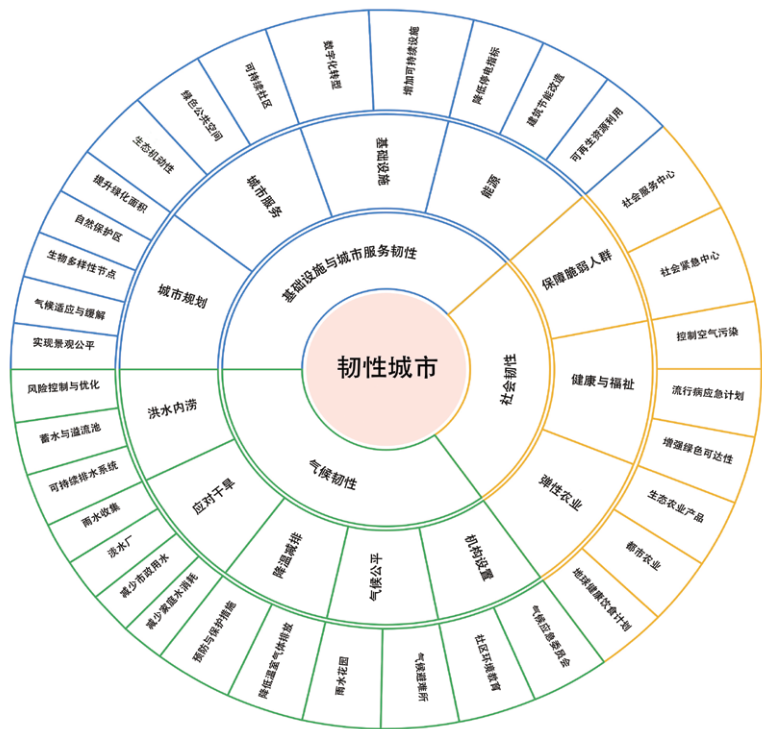


图2 巴塞罗那城市韧性维度与行动措施

境教育讲习班,结合市民社区环境教育以提高公民意识。其次,推行降温减排,《巴塞罗那气候承诺》提出2015—2017年应对气候变化承诺,《市民对可持续发展的承诺2012—2022》预计2030年人均排放量减少40%(相比2005年);倡导可再生能源利用、房屋建筑节能、更换家庭过时电力装置、优化新能源电器等。第三,气候公平秉持以人为本,为不同年龄、性别、健康和社会经济状况的人群改善住宅和公共设施的热舒适度。如为弱势群体提供家居室内改造计划,改善隔热和隔音性能,确保无污染材料等;创建高温避难场所,为公众提供庇护与服务。此外,建造与改善雨水花园;调节局部气温,并提

供热舒适的公共空间。第四,根据《巴塞罗那综合下水道网络计划》与《巴塞罗那污水和排水系统综合总体规划》,通过风险控制与优化、蓄水与溢流池、可持续排水系统、水库、绿色屋顶,或增加城市透水面积等方式来调节径流,降低洪水内涝。最后,为应对干旱,扩建海水淡化厂、制定《替代水资源计划》,充分利用雨水、再生水和灰色水,扩大地下水系统,增加特许权的年产量;通过地下水箱、屋顶花园、蓄水池等设施储存雨水、处理和再利用。

2) 社会韧性。核心是人,包括3个次级目标与8项行动措施。

为提升“个体韧性”,将弱势群体置于政策核心。政府设置了社会服

务中心与社会紧急中心,保障其基本需求,确保社会服务的连续性和普遍性,如保障全民能源权,保证弱势家庭的可获取性,防止断气/电/水等突发情况。此外,大力发展绿色就业、自主创业和生态创业,如太阳能电池安装和维护等岗位的发展。并通过提升空气质量与增强城市绿色空间的可达性等措施来提高市民的健康福祉。另外,通过发展生态农业产品与健康饮食计划保障市民健康,减少能源消耗与温室气体排放,如提高物流网络效率,鼓励公共餐厅购买当地生态产品和季节性果蔬;提高公众对气候受食物(分配、饮食习惯和消费模式)重要影响的认识(如学校传播健康和可持续饮食观)等。

3) 基础设施和城市服务韧性。包含能源、基础设施、城市服务与城市规划4个方面,共13项行动措施。

2019年,巴塞罗那可再生能源消耗仅占5.68%,能源贫困影响10.6%的市民<sup>[12]</sup>。因此,建设环境友好型基础设施,促进技术的创新,以实现减排。如加大对低碳能源技术的投资<sup>[4]</sup>,调整能源结构和消费模式,部署市政能源运营商,推动城市可再生能源生产,促进公共与私人空间使用;倡导建筑节能改造,制定适应城市法规的工具与手段(如经济激励),推行公共建筑安装发电系统政策(如太阳能发电系统推广计划)等,减少了建筑物和设施的能源需求。

其次,优化城市服务,推动可持续社区建设,增加绿色公共空间。如预计2030年,市区增加屋顶与立体绿化34 100 m<sup>2</sup>,种植植被/食物、保存雨水、局部降温与产生再生能源。如Teixonera市场,1 400 m<sup>2</sup>生产性农业屋顶;注重提升生态机动性,通过优化交通网络,压减机动车道宽度,扩宽行人空间,鼓励人们选择更高效的交通工具与可持续的出行方式。如截至2019年,巴塞罗那为市民提供了308 km的自行车道与相应基础设施,实现了自行车道网络全覆盖;创建城市电动汽车配套的新基础设施,如增加市政停车场的充电站数量,城

市货物配送、出租车等充电站的试点测试；完善弱势群体的公共出行服务与行动网络。

优化城市规划，采取持续建设自然保护区（如科塞罗那自然公园），增加生物多样性节点，提升绿化面积等措施。如计划2030年增加绿地面积1.6 km<sup>2</sup>，2037年树木覆盖增加5%；《树木总体规划》制定树木选择标准，保障了物种多样性；起草绿色和生物多样性宪章，规定了技术、环境和设计标准；提倡景观公平，如优化景观布局，优先考虑贫穷社区等。

## 4 结论

我国也不断遭受着气候变化挑战。2020年自然灾害共造成全国1.38亿人受灾，591人死亡，直接经济损失3701.5亿元<sup>①</sup>。郑州2021年7月特大暴雨，1h超过200mm，达到历史极值<sup>②</sup>。应思考如何在危机前及时预防和长期适应，危机时积极应对和有效承受，危机后及时恢复？汲取他方经验，同时因地制宜创建本土化的韧性框架是成功的关键。综上所述，巴塞罗那城市韧性模型构建有以下4点值得借鉴。

首先，全球韧性理念的引领与国际合作是根基与推进器。我国未来的城市韧性建设应秉承人类命运共同体观念，寻求更多国际合作，实现共赢。其次，我国相关政策法规还存在不足，应进一步完善。政策与应对、缓解和适应危机、降低风险的措施，城市规划的韧性措施等直接相关。其三，应进一步提升我国公众对加强城市韧性建设的重要性与必要性的普遍意识，引导公众参与的可能性与积极性。最后，应建立长期稳定的伙伴关系，包括政府部门、公私组织、利益相关者、研究人员、普通市民等，实现一体化建设韧性城市系统。

注：本文图表均为作者自绘。

### 参考文献：

- [1] 王艳姣, 任福民, 闫峰. 中国区域持续性高温事件时空变化特征研究[J]. 地理科学, 2013, 33(3): 314-321.
- [2] 孔锋, 刘凡, 吕丽莉, 等. 1961—2010年中国大尺度区域暴雨时空分布特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(4): 631-640.
- [3] 杨玉盛. 全球环境变化对典型生态系统的影响研究：现状、挑战与发展趋势[J]. 生态学报, 2017, 37(1): 1-11.
- [4] IPCC. Climate Change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II, and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Geneva, Switzerland: 2014.
- [5] PICKETT STA, CADENASSO ML, GROVE JM. Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 69: 369-384.
- [6] ELMQVIST T. Urban resilience thinking[J]. Solutions, 2014, 5(5): 26-30.
- [7] 许振宇, 杨鹏鹏, 张心馨, 等. 基于知识图谱的国内外韧性城市研究热点及趋势分析[J]. 人文地理, 2021, 36(2): 82-90.
- [8] 陈轶, 葛怡, 陈睿山, 等. 气候变化背景下国外城市韧性研究新进展——基于citespace的文献计量分析[J]. 灾害学, 2020, 35(2): 136-141.
- [9] 刘彦平. 城市韧性系统发展测度——基于中国288个城市的实证研究[J]. 城市发展研究, 2021, 28(6): 93-100.
- [10] 田甜, 闫士忠, 辛培源, 等. 长春市韧性城市规划建设实施路径探索[J]. 规划师, 2020, 36(S2): 81-84.
- [11] 陈智乾, 胡剑双, 王华伟. 韧性城市规划理念融入国土空间规划体系的思考[J]. 规划师, 2021, 37(1): 72-76, 92.
- [12] Anuari Estadístic de la ciutat de Barcelona[EB/OL]. Barcelona: 2020. <https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/catala/index.htm>.
- [13] Ajuntament de Barcelona. Rutes Històriques a Horta-Guinardó—El Carmel: Passatge Calafelln. d[EB/OL]. <http://www.bcn.cat/horta-guinardo/rutes/ruteshistoriques/9-12.shtml> (accessed August 6, 2021).
- [14] World Health Organization. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda[M]. Ginebra: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., 2011.
- [15] Diari de Girona. Fecsa Endesa haurà d'indemnitzar els afectats per l'apagada de 2007 2015[EB/OL]. <https://www.diaridegirona.cat/catalunya/2009/07/15/fecsa-endesa-haura-d-indemnitzar-49595827.html> (accessed August 6, 2021).

- [16] RUSSO B, SUNYER D, VELASCO M, et al. Analysis of extreme flooding events through a calibrated 1D/2D coupled model: the case of Barcelona (Spain) [J]. Journal of Hydroinformatics, 2015, 17: 473-91.
- [17] De Catalunya SM. Climatologia comarcal[EB/OL]. Recuper [Http://Www20 Gencat Cat/Portal/Site/Meteocat/Menuitem Dab8a3403688f69c5c121577 B0c0e1a0](http://www20.gencat.cat/Portal/Site/Meteocat/Menuitem/Dab8a3403688f69c5c121577B0c0e1a0) 2011.
- [18] Martínez-Gomariz E, Forero-Ortiz E, Russo B, et al. A novel expert opinion-based approach to compute estimations of flood damage to property in dense urban environments. Barcelona case study[J]. Journal of Hydrology, 2021, 598: 126244.
- [19] Russo B, Velasco M, Monjo R, et al. Evaluación de la resiliencia de los servicios urbanos frente a episodios de inundación en Barcelona. El Proyecto RESCCUE[J]. Ingeniería Del Agua, 2020, 24: 101.
- [20] Velasco M, Russo B, Martínez M, et al. Resilience to cope with climate change in urban areas—a multisectorial approach focusing on water—The RESCCUE Project[J]. Water, 2018, 10: 1356.
- [21] Russo B, Velasco M, Locatelli L, et al. Assessment of urban flood resilience in barcelona for current and future scenarios. the RESCCUE project[J]. Sustainability, 2020, 12: 1-2.
- [22] Barcelona City Council. Barcelona's 2030 Agenda. SDG targets and key indicators[M]. Barcelona: Barcelona City Council, 2020.
- [23] 栾博, 柴民伟, 王鑫. 绿色基础设施研究进展[J]. 生态学报, 2017, 37(15): 5246-5261.
- [24] 张炜, 刘晓明. 武汉市蓝绿基础设施调节和支持服务价值评估研究[J]. 中国园林, 2019, 35(10): 51-56.
- [25] DEMUZERE M, ORRU K, HEIDRICH O, et al. Mitigating and adapting to climate change: multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure[J]. Journal of Environment Management, 2014, 146: 107-15.
- [26] BASSOLINO E. The impact of climate change on local water management strategies. Learning from Rotterdam and Copenhagen[J]. UPLanD-Journal of Urban Planning, Landscape & Environment Design, 2019, 4(1): 21-40.
- [27] Ajuntament de Barcelona. Statistical Yearbooks of the City of Barcelona: territory, climate and environment, 2019[EB/OL]. <https://ajuntament.barcelona.cat/estadistica/angles/Anuaris/Anuaris/anuari19/cap01/C0102010.htm>.

### 作者简介：

张思凝/1989年生/四川绵阳人/博士/西南交通大学建筑学院风景园林系(成都611756)/讲师/研究方向为风景园林规划与设计、气候适应性与缓解性

①中华人民共和国应急管理部·应急管理部发布2019年全国自然灾害基本情况：[https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202101/t20210108\\_376745.shtml](https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202101/t20210108_376745.shtml)

②中国气象局新闻：[http://www.cma.gov.cn/2011wmhd/2011wzbf/2011wftzb/202107/t20210720\\_581150.html](http://www.cma.gov.cn/2011wmhd/2011wzbf/2011wftzb/202107/t20210720_581150.html)