

韧性城市研究的国内外进展及展望*

Domestic and Overseas Research Progress and Trend on Resilient City

郭文韬 鲁钰雯 翟国方 GUO Wentao, LU Yuwen, ZHAI Guofang

摘要 城市发展面临着诸多安全挑战,韧性城市已经成为当下抵御和适应城市灾害风险的研究和实践热点。基于文献计量分析方法,使用CiteSpace和VOSviewer可视化工具,分别对1991—2022年中英文文献的韧性城市研究进行知识图谱分析。结果表明:(1)中英文发文量都呈现早期增长缓慢、后期爆发式增长的趋势,目前仍处于增长过程中。(2)中文研究机构合作分散,英文研究机构合作更为紧密,国内机构与国外机构的合作力度有待加强。(3)研究热点聚集于规划设计、气候灾害、社会经济、社区治理4大视角。(4)英文的韧性城市研究已迈入成熟化阶段,中文的韧性城市研究尚处于应用化阶段的后期。最后,对韧性城市的理论研究、评估方法、技术探索、规划实践和效应评价5个方面的趋势进行展望,以期为我国韧性城市研究进一步深入提供参考。

Abstract The rapid development of cities has brought safety challenges, and the resilient city has become the research and practice hotspot for resisting and adapting to urban disaster risks. Based on the bibliometric analysis method, the article carries out a knowledge graph analysis of the resilient city research in the Chinese and English literature from 1991 to 2022 by CiteSpace and VOSviewer visualization tools. The research results show that: (1) the volume of Chinese and English literature has shown a trend of slow growth in the early stage and explosive growth in the later stage, and is still growing. (2) The cooperation between Chinese research institutions is scattered, while the cooperation between English research institutions is closer. The cooperation between domestic institutions and foreign institutions needs to be strengthened. (3) Research mainly focuses on urban planning and design, climate disasters, social economy, and urban governance. (4) The research on the resilient city in English has entered a mature stage, while the Chinese research is still in the late stage of application. Finally, the article looks ahead to the trend of the theory research, evaluation methods, technology exploration, planning practice and effect evaluation of resilient cities, in order to provide references for further study of the resilient city in China.

关键词 韧性城市;知识图谱;文献计量;演进脉络;热点分析

Key words resilient city; knowledge map; bibliometrics; evolution; hot spot analysis

文章编号 1673-8985 (2022) 06-0008-08 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20220602

作者简介

郭文韬

南京大学建筑与城市规划学院
南京大学城市安全发展研究中心
硕士研究生

鲁钰雯

南京大学建筑与城市规划学院
南京大学城市安全发展研究中心
助理研究员, 博士

翟国方 (通信作者)

南京大学建筑与城市规划学院
南京大学城市安全发展研究中心
教授, 博士生导师, guofang_zhai@nju.edu.cn

0 引言

极端天气和快速城镇化使城市面临诸多安全挑战。近年来,城市内涝、洪水、地震、流行疾病等各类突发事件不断涌现,如2021年河南郑州发生的“7·20”特大暴雨洪涝事件,给人民生命财产和社会安定带来极大的威胁。作为复杂适应系统,城市如何防范并应对不确定性成为学界和业界关注的焦点问题。

韧性已经成为当下景观生态研究和城市研究中的重要议题之一。韧性城市指的是城市系统能够通过协调、优化和重组来缓冲和吸收风险因素对其产生的不利影响,以实现

系统的正常运行。该理论提供了一种适应环境变化和应对自然灾害的城市发展模式,已成为预防和抵御日益频发的城市灾害风险的研究和实践热点^[1]。

近年来韧性城市的研究已拓展到规划、技术、经济、制度等多个交叉领域,多学科融合的研究范式为韧性城市研究提供了多元的研究视角^[2]。国内学者对韧性城市的概念演进、演化机理、评估方法^[3]进行了系统综述^[4],另有学者从气候变化、公共管理、防灾减灾、基础设施^[5]的不同视角对韧性城市研究进行梳理。近年来多有研究利用文献计量方法进

*基金项目:江苏省自然科学基金“洪涝灾害情境下基于深度学习的城市精细时空尺度空间韧性动态优化路径”(编号BK20220782)资助。

行可视化分析,以揭示该领域研究热点和趋势的规律^[6]。发达国家经过数十年的探索,韧性城市研究已经涵盖规划、工程、经济、治理和技术诸多研究视角^[7],而当前国内研究多关注规划策略、治理措施和评价方法,存在一定的局限性。总体来说,城市韧性研究在不同领域和环节开展得较为深入,但对城市韧性研究的演变趋势关注较少,随着研究的不断深入,亟待全面、系统地对比分析韧性城市国内外研究的相关理论研究、技术方法和实践经验。

基于此,本文在对1991—2022年韧性城市中英文文献收集整理的基础上,利用VOSviewer及CiteSpace引文可视化分析软件,从多学科视角对中英文的韧性城市领域的研究热点和前沿进行回顾,分析讨论差异并提出研究展望,以期为我国韧性城市研究的理论创新和学科发展提供参考和借鉴。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 数据来源

本文的文献来源为1991年1月至2022年6月的中国知网数据库和Web of Science核心合集数据库,考虑到中英文表达的差异性、检索范围的准确性和样本的全面性,设置中国知网的检索规则为主题= (“城市” + “区域”) AND主题= (“韧性” + “弹性” + “抗逆力” + “恢复力”),数据库选择EI来源期刊、核心期刊、CSSCI与CSCD索引期刊,选取建筑科学与工程、宏观经济管理与可持续发展、经济体制改革领域,经

去重分析后共得到1 790条文献记录;Web of Science中的检索规则为主题= “urban resilience” or “regional resilience”,选择区域研究、地理学、建筑学、土木工程、经济学等相关研究领域,选择文献类型为Article和Review,去重分析后共计7 396条文献记录。

1.2 研究方法

根据施耐德^[8]提出的学科进化理论,科学研究的生命周期将经历概念化、工具化、应用化、成熟化4个阶段。该理论提供了一种从科学领域内部发展视角来探索科学发展阶段的方法。科学知识图谱是近年来科学计量、信息计量领域的新兴研究方法,通过可视化方法展示某一学科领域的结构关系与发展脉络^[9]。本文选用VOSviewer和CiteSpace6.1软件分别对中英文韧性城市研究文献进行可视化分析,通过发文量趋势、研究机构合作网络揭示该领域研究的总体规律,通过关键词网络、关键词聚类揭示韧性城市研究的热点及知识社群,最后基于关键词频率图把握韧性城市的研究热点和前沿问题,并依据学科进化理论,归纳其发展阶段、各阶段特征及现存问题,以揭示韧性城市研究的发展脉络和趋势。

2 韧性城市相关研究统计与分析

2.1 韧性城市研究的发文量与时间特征

发文量随时间变化的特征可以反映韧性城市研究领域文献的发展程度和趋势。总体而言,中英文发文量的变化趋势相近,早期文献

数量都增长缓慢,2020年之后中文文献数量激增,而英文文献发文量在2006年之后快速增长(见图1)。根据Web of Science的检索报告可知,韧性城市的重要研究领域为生态环境科学、环境研究、可持续科学、水资源,其次是生态学、城市研究、地理学,接下来是区域城市规划、土木工程、经济学及其他领域。

作为舶来的学科概念,我国学者将“resilience”译作“弹性”的文献在城市韧性研究中出现得最早,随后“恢复力”被引入。2015年之后,“韧性”成为该研究领域的主流译法(见图2)。在此过程中,城市韧性的概念经历了从恢复到平衡到适应的演化过程,研究对象和学科领域不断拓展。

2.2 韧性城市研究的机构合作网络

研究机构合作网络能够呈现出重点研究主体及机构之间的合作情况,使用VOSviewer软件分别绘制机构合作网络图谱,并使用CiteSpace计量科研机构发文量。结果表明,中文科研机构形成以南京大学建筑与城市规划学院、同济大学建筑与城市规划学院、中国科学院地理与资源研究所、北京大学城市与环境学院、天津大学建筑学院等几所科研机构为中心的合作关系(见图3,表1)。英文科研网络发育更为完善,呈现以中国科学院、美国亚利桑那州立大学、瑞典斯德哥尔摩大学、加州大学伯克利分校等几所科研机构为中心的网络(见图4)。

鉴于国际合作研究的重要性,在CiteSpace

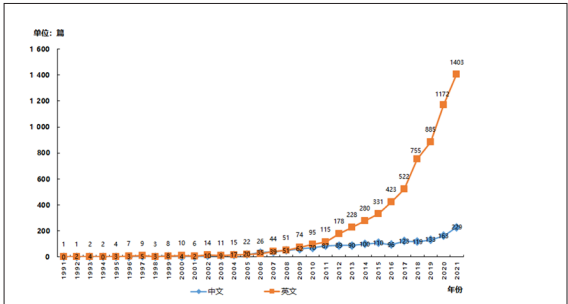


图1 韧性城市研究领域的中英文文献发文量
Fig.1 Volume of literature published in Chinese and English on urban resilience

资料来源:笔者自绘。

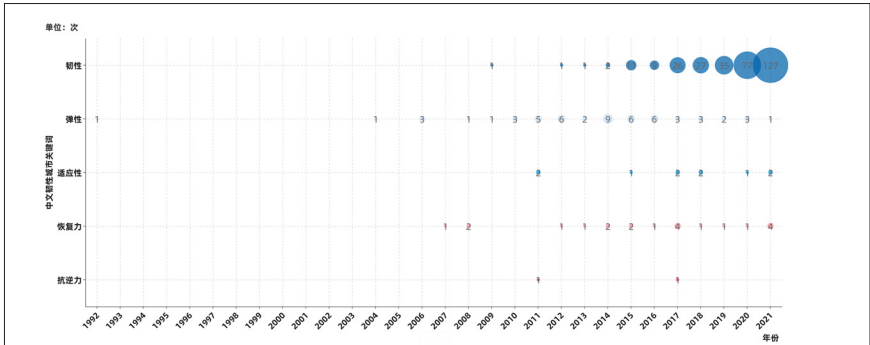


图2 韧性的中文译法词频变化图
Fig.2 Word frequency variations of the translation of resilience

资料来源:笔者自绘。

表1 中文文献发文量前10的研究机构

Fig.1 Top ten research institutions publishing Chinese literature on urban resilience

序号	机构	发文量	中心度
1	南京大学建筑与城市规划学院	23	0.00
2	同济大学建筑与城市规划学院	21	0.00
3	天津大学建筑学院	19	0.00
4	中国科学院地理科学与资源研究所	15	0.01
5	北京大学城市与环境学院	14	0.02
6	中国城市规划设计研究院	13	0.01
7	华南理工大学建筑学院	11	0.00
8	哈尔滨工业大学建筑学院	11	0.01
9	东南大学经济管理学院	11	0.00
10	中国城市规划学会	10	0.00

资料来源:笔者自制。

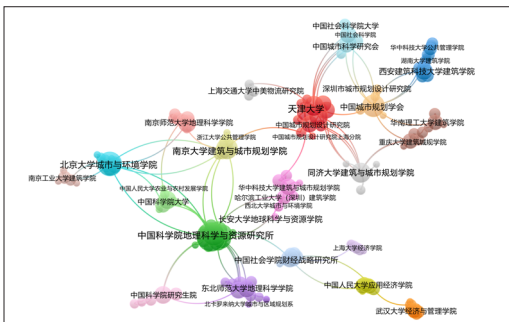


图3 中文文献研究机构合作图谱

Fig.3 Research institutions collaborative atlas of Chinese literature
资料来源:笔者使用VOSviewer绘制。

表2 英文文献发文量前10的研究机构

Fig.2 Top ten research institutions publishing English literature on urban resilience

序号	机构	所在国家	发文量	中心度
1	中国科学院	中国	141	0.16
2	斯德哥尔摩大学	瑞典	104	0.33
3	亚桑尼亚州立大学	美国	98	0.29
4	墨尔本大学	澳大利亚	97	0.08
5	埃克塞特大学	英国	70	0.05
6	加州大学伯克利分校	美国	65	0.07
7	昆士兰大学	澳大利亚	63	0.06
8	伦敦大学学院	英国	63	0.05
9	英属哥伦比亚大学	加拿大	62	0.13
10	中国科学院大学	中国	62	0.01

资料来源:笔者自制。

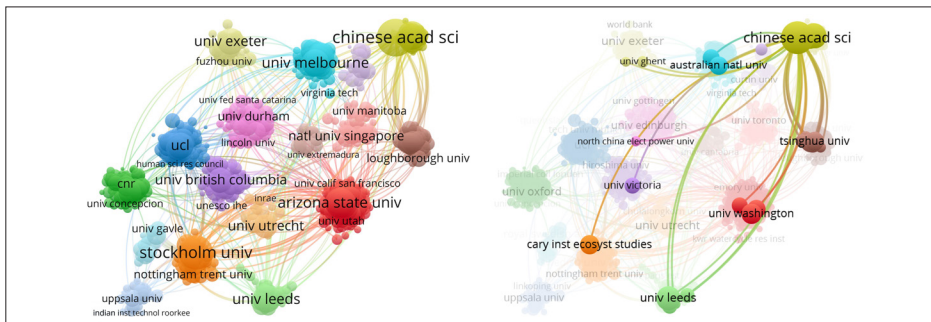


图4 英文文献韧性城市研究机构合作图谱

Fig.4 Research institutions collaborative atlas of English literature

资料来源:笔者使用VOSviewer绘制。

软件中得到国际发文排名前10的国家、发文量及其中心性,美国的发文量显著高于其他地区,英国和中国次之,其余国家按照发文量递减分别是澳大利亚、意大利、德国、加拿大、荷兰、西班牙和瑞典(见表2)。其中,中国的中心度数值接近于0,说明我国科研机构与国际单位的合作力度有待加强。以中国发文量最高的机构中科院为例,其重点合作机构包括清华大学、武汉大学、四川大学等国内知名院校,海外合作局限于利兹大学、华盛顿大学、澳洲国立大学等少数几所机构(见图4)。

3 韧性城市的知识集群

为进一步把握研究热点内容,本文利用CiteSpace软件进行关键词共现分析,并采用LLR算法分别绘制关键词聚类图谱,中英文关键词聚类的模块度均不显著,表明各个知识集群之间联系紧密,研究并非彼此孤立而是互相渗透(见图5-图6)。软件分析形成的聚类标识是提取出的具体名词短语,较难把握聚类的总体特征,应结合

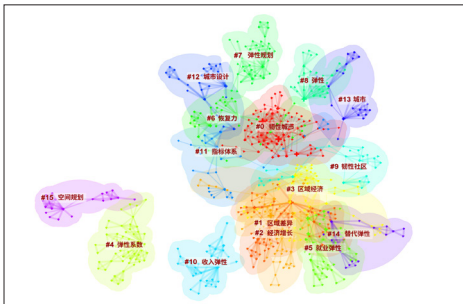


图5 中文韧性城市研究关键词共现图谱

Fig.5 Co-presented keyword clusters of Chinese literature
资料来源:笔者使用CiteSpace绘制。

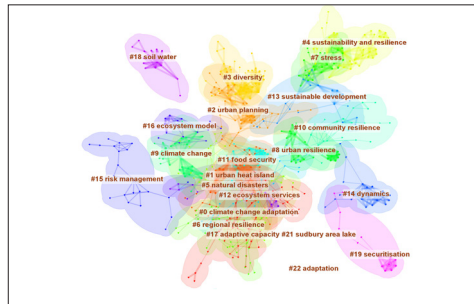


图6 英文文献的关键词共现聚类

Fig.6 Co-presented keyword clusters of English literature
资料来源:笔者使用CiteSpace绘制。

聚类名及内部关键词探索其潜在关系。为便于进行深入讨论,本文将韧性城市的研究聚类归纳为城市规划、气候灾害、社会经济、社区治理4个知识集群,按照“理论构建—评估模型—技术探索—实践策略—效应评价”的研究思路,分别对中英文研究的各知识集群进行梳理和总结(见表3-表4)。

3.1 规划设计视角下的韧性城市研究

英文文献中该主题的研究聚类包括城市规划、城市韧性、可持续发展3个关键词集群。

国外研究起源于对韧性概念的拓展和创新。“韧性”一词最初在生态系统领域提出^[10]。随后学者整合生态学、社会经济和规划领域的韧性城市含义及模型^[11],将适应性纳入韧性的关键构成部分^[12]。评估方法方面,国外学者对韧性城市的评价体系研究呈现出“单一工程性—时空动态性—多维社会性”的演变趋势^[13]。早期的评价体系通过赋权换算,如构建4R指标体系、社会脆弱性指数等;随后出现的复杂性模型将PDCA、景观格局指数等时空模型应用到评价中^[14];后期的模型将经济、社

表3 中文韧性城市研究关键词聚类
Tab.3 Keyword clusters of Chinese literature

聚类主题	聚类编号	聚类名称	轮廓值	子聚类名
规划设计	8	弹性	0.963	弹性; 刚性; 土地利用; 效率; 控制性详细规划
	11	指标体系	0.913	指标体系; 评价指标; 脱钩理论; 广东
	12	城市设计	0.964	城市设计; 控规; 弹性控制; 经济布局
	13	城市	0.976	城市; 承载力; 节点设计; 高层建筑
	14	替代弹性	0.960	替代弹性; 城市规模; 生产率; 绩效
	15	空间结构	0.977	空间结构; 公共提供; 黄土高原; 地租
气候灾害	0	韧性城市	0.892	韧性城市; 城市韧性; 经济韧性; 空间规划
	6	恢复力	0.947	恢复力; 矿业城市; 区域; 主导产业
	7	弹性规划	0.950	弹性规划; 敏感性; 产业系统; 区域规划
社会经济	2	经济增长	0.957	经济增长; 面板数据; 碳排放; 城市化
	3	区域经济	0.945	区域经济; 人力资本; 集聚弹性; 弹性分析
	4	弹性系数	0.987	弹性系数; 城市用地; 城市扩展; 时空分异
	5	就业弹性	0.964	就业弹性; 城镇化; 农民工; 产业结构
	10	收入弹性	0.963	收入弹性; 第二产业; 第一产业; 城镇居民
城市治理	1	区域差异	0.955	区域差异; 中国; 就业; 价格弹性
	9	韧性社区	0.958	韧性社区; 产出弹性; 要素; 城市商圈

资料来源:笔者自制。

会、信息等因素一并考量^[15]。技术探索方面,建设规划支持系统(PSSs)^[16]为韧性实践提供技术平台,同时流体动力学、城市形态学等学科模型被应用于建成环境模拟^[17]。实践方面,世界各国的城市从宏观框架、城市设计、地下空间的不同方面开展探索^[18],典型案例有洛克菲勒基金会的100个韧性城市计划(100RC)。

中文文献中该主题的研究聚类包括弹性、指标体系、城市设计、空间结构等6个关键词集群,既包括对韧性城市理论的宏观认识,也包括空间规划设计的应用探索。理论研究方面,国内学者明确了包括生态韧性、工程韧性、经济韧性和社会韧性在内的韧性城市研究领域^[19]。评估方法方面,社会经济要素被纳入韧性评估模型的指标体系^[20];DSM差分技术、遥感影像识别等技术被应用于量化研究,但在模型开发方面仍与英文研究存在一定差

距。此外,智慧城市衍生的技术变革对城市韧性的积极效应^[21]也广受关注。实践策略方面,国内借鉴日本^[22]、荷兰^[23]等国的先进经验,制定韧性规划框架及策略,并在深圳、上海等城市开展实践。但总体来说,目前国内尚未形成广泛认可的韧性城市规划指南,实践城市和区域也较为局限。

3.2 气候灾害视角下的韧性城市研究

英文文献中该主题的研究聚类包括气候变化适应、自然灾害、生态系统服务等12个关键词集群,该主题在气候适应、生态管理、灾害防治的背景下进行理论与实践探索,典型的评价框架有RCPF韧性城市规划框架^[24]。诸多量化模拟的模型工具和参数标准研究关注火灾模拟、洪水模型、避难路径选择等应用情境^[25]。国外的实践研究侧重于关注气候生态

表4 英文韧性城市研究关键词聚类
Tab.4 Keyword clusters of English literature

聚类主题	聚类序号	聚类名称	轮廓值	子聚类名
规划设计	2	城市规划	0.855	城市规划; 海平面上升; 气候适应; 森林
	8	城市韧性	0.933	城市韧性; 植被; 威尔士; 景观格局
	13	可持续发展	0.920	可持续发展; 智慧城市; 城市脆弱性; 城市管理
气候灾害	0	适应气候变化	0.813	适应气候变化; 政策; 法国; 科学
	1	城市热岛	0.821	城市热岛; 地表温度; 基于自然的解决方案; 城市林业
	3	差异	0.977	差异; 生物多样性; 功能冗余; 珊瑚礁
	5	自然灾害	0.855	自然灾害; 城市发展; 地震
	9	气候变化适应	0.951	气候变化适应; 土地使用; 影响; 社会
	11	食品安全	0.944	食品安全; 都市农业; 生态韧性; 脆弱性
	12	生态系统服务	0.869	生态系统服务; 绿色基础设施; 绿地
	15	风险管理	0.976	风险管理; 洪水风险; 雨水; 脆弱性
	16	生态系统模型	0.930	生态系统模型; 决策支持工具; 珊瑚礁动力学; 中位
	18	土壤水	0.979	土壤水分; 耕种; 外来草原; 低地
社会经济	19	证券化	0.882	证券化; 自然草本; 森林韧性; 开普敦干旱
	21	萨德伯里地区湖	1.000	萨德伯里地区湖; 溶解有机碳; 酸化; 社区响应
	4	可持续性和韧性	0.948	可持续性和韧性; 交通与社会; 公共交通; 发展中国家的交通
	6	区域韧性	0.930	区域韧性; 经济危机; r11; 演化经济地理学
	7	压力	0.966	压力; 城市韧性; 青年; 位置感
	10	社区韧性	0.965	社区韧性; 经济韧性; 抗灾能力; 社会脆弱性
	14	机制	0.936	动力机制; 公共卫生; 城市健康; 城市韧性
	17	适应能力	0.973	适应能力; 导管; 越南; 水敏城市
城市治理	20	适应	1.000	适应; 特殊环境; 自组织; 干旱风险

资料来源:笔者自制。

的一般化应对方法,并涌现出一批典型的城市实践案例,如洛杉矶县的社区抗灾项目的公共卫生领域实践框架^[26]。此外,绿色基础设施^[27]等韧性实践工具产生的社会文化、经济系统和生态气候效应也广受关注。

中文文献中该主题的研究聚类包括韧性城市、恢复力、弹性规划3个关键词集群。理论研究方面,韧性城市理论在区域、城市和社区3个层级系统防灾领域中得以应用^[28],但韧性概念的接受度远不如综合防灾,其理论体系研究有待进一步明确。评估方法方面,国内学者针对供水系统、雨洪灾害、生态韧性模拟等构建评估模型,多基于国外研究进行改进^[29]。技术探索方面,系统动力学、BP神经模拟等新方法被应用于风险场景进行仿真模拟研究^[30]。韧性实践方面,国内学者针对气候变化、自然灾害提出防灾与基础设施^[31]等方面的策略及方案,典型

案例如合肥市市政基础设施韧性提升规划。

3.3 社会经济视角下的韧性城市研究

英文文献中该主题的研究聚类包括可持续性和韧性、区域韧性2个关键词集群。经济韧性是中英文韧性研究的重要聚类,随着演化韧性被学界广泛认可,其对区域持续发展、经济韧性的演化以及地理分异特征的解释力也不断增强。现有的评估方法主要包括指标体系法和核心变量法。指标体系方法被科研机构 and NGO 组织广泛采用,但目前没有普遍认可的指标和权重^[32];核心变量法通常选取就业人数、GDP、贸易量等变量以测算经济韧性,对研究的时空尺度界定准确性要求较高。效应评价方面,英文研究关注城市韧性与经济韧性的相互作用,识别灾害事件对经济韧性造成影响的因素,典型事件有波特兰都市区大地震后水系统中断^[33]。

中文文献中该主题的研究聚类包括经济增长、区域经济、弹性系数等5个关键词集群。地理探测器、多维综合评价方法^[34]等被应用于测度经济韧性。随着演化韧性理论研究的深入,技术探索研究拓展到基于复杂网络理论的城市群网络结构韧性范畴^[35],长江中游城市群、成渝城市群、哈大城市群等成为热点区域。区域经济韧性的影响因素、时空分异规律、城市韧性与经济韧性的协调关系等经济地理学热点话题广受关注^[36]。目前社会经济视角的研究多停留在理论模型阶段,对规划实践的指导较为缺失。

3.4 城市治理视角下的韧性城市研究

英文文献中该主题的研究聚类包括社区韧性、机制、适应能力等5个关键词集群。社区是社会治理的基础单元,韧性城市目标的实现离不开社区治理机制和发展路径的转型,这已成为学界的普遍共识。理论研究方面,学者从稳定能力、恢复能力、适应能力^[37]等方面总结社区适应灾害的特性,将社区韧性视为成功适应风险的结果以及实现治理的重要抓手,并开发CDRF模型^[38]和DORP模型^[39]等社区韧性测度模型。实践方面,地理空间ICI、协

作响应设计等是重要的韧性治理路径^[40]。英文文献中强调社会治理对城市韧性的影响机制,多元主体参与、多中心多层次的制度、政府有效行为被证明是重要的韧性治理因素^[41]。

中文文献中该主题的研究聚类包括区域差异、韧性社区2个关键词集群。理论研究方面,国内学者完善了本土化的社区韧性内涵,强调社区韧性在冲击下保持稳定、迅速复原以及实现进化的特征^[42]。国内已有学者总结国外社区韧性评估方法并进行改进^[43],但总体而言,目前对社区韧性的评价和测度研究较为欠缺。此外,有研究基于美国、日本等国的实践经验,从复杂适应性理论、数字技术治理等方面提出社区韧性的治理方案^[44]。效应评价方面,管理模式增强城市韧性的机制开始受到关注^[45]。但总体而言,目前对社区韧性的评价测度和效应评价的研究较为欠缺。

4 韧性城市研究的热点演化与发展阶段

4.1 国内韧性城市研究的热点演化

4.1.1 韧性理念引入与初探 (1991—2005年)

伴随着20世纪七八十年代的改革开放和科学化浪潮,规划学界开始从经验主义的研究方法转向利用科学方法尤其是计量模型进行空间研究,引入韧性城市等发源于西方意识形态的规划理论,并进行洋为中用的探索。特别是2003年以后,城市规划虽然仍承担快速城市化和物质空间大规模建设的任务,但其根本定位已向公共政策属性转变,视野转向关注可持续发展等领域,韧性理论在这一时期被引入国内经济地理学研究中。高频关键词包括弹性、城市化等。

4.1.2 韧性研究丰富与拓展 (2006—2015年)

2005年,灾害学领域的学者第一次将韧性城市的研究引入国内,早期的研究主要关注韧性概念、适应性、脆弱性等核心概念,介绍国外研究动态,对韧性与相关概念的区别、联系进行探讨,并逐步探索城市韧性在防灾减灾、气候变化等视角下的评价体系。此外,基于动态面板数据的经济韧性测度成为该时期的研究重点。高频关键词包括区域差异、经济增长等。

4.1.3 规划建设与实践应用 (2016—2019年)

2015年,南京大学团队编制《合肥市市政设施韧性提升规划》。国家“韧性雄安”应急课题和中国地震局“韧性城乡”科技创新工程的实施,带动了一批韧性城市的研究与建设实践。另外,我国有黄石、德阳、海盐和义乌4个城市入选洛克菲勒基金会100个韧性城市成员,借助国际资源有力地推动了我国韧性城市的规划建设探索。随着气候适应性城市建设的提出,韧性城市研究进入集中应用化阶段。高频关键词包括韧性城市、风景园林、弹性城市等。

4.1.4 新时期的多样化实践 (2020年至今)

2020年以来,受到国土空间规划转型、双碳战略、新冠疫情及灾害风险的多重冲击,城市韧性已经成为应对日益复杂的气候变化和安全风险的共识,也成为我国“十四五”时期重点推动实现的城市建设目标。研究方向呈现多元化态势:既强调韧性治理在灾害风险应对中的重要作用,又关注新技术和新方法在韧性规划中的应用。高频关键词包括碳排放、气候变化、海绵城市等(见图7)。

4.2 国际韧性城市研究的热点演化

4.2.1 理念引入与理论构建 (1991—2000年)

生态韧性理念被学者从生态学领域引入城市研究中,是韧性城市理论萌芽的起点。1990年代,霍林创立了环境科学家联盟,旨在促进韧性理论在国际环境和发展项目中的使用^[46],学界处于认识和学习韧性概念的过程中,在社会生态、气候适应和生态系统等领域搭建研究的理论框架。高频关键词包括韧性、风险等。

4.2.2 评估工具补充和完善 (2001—2010年)

全球气候变化和灾害频发背景下,世界各国、机构和NGO组织都开始关注韧性城市评估框架的完善。2002年,倡导地区可持续发展国际理事会(ICLEI)提出韧性城市议题,由此掀起评价工具研究的浪潮,韧性城市理论逐渐成为应对气候变化、基础设施保护、自然灾害和流行病风险的重要工具。高频关键词包括生态系统、保护、作用机制等。

4.2.3 政策研究与实践应用 (2011—2015年)

随着韧性城市理念逐步被广泛接受,城市战略框架和公共政策中高频出现韧性城市理论,如2012年联合国减灾计划署(UNISDR)启动亚洲城市应对气候变化行动,世界银行发布《东亚城市韧性建设指南》。学者从气候变化、经济社会、生态系统等不同领域提出具体的提升韧性实践策略^[47],关注重心转移至适应性的策略研究。高频关键词包括基础设施、适应性、生态危机等。

4.2.4 理论整合与多元繁荣 (2016年至今)

随着全球各国积极推进韧性城市评估工具,学者们开始对韧性研究和实践进行总结、整合和反思:商业化的韧性评估手段并未提升城市公平,技术创新对城市韧性的积极效应受到质疑^[48]。此外,这一时期的研究延续了对气候变化、灾害风险的关注,并从绿色基础设施、生物多样性等角度强调提升城市应对风险的恢复适应能力。高频关键词包括趋势、基于自然的解决方案、智慧城市、能源等(见图8)。

4.3 基于4阶段理论的韧性城市研究阶段特征

国内韧性城市研究仍处于应用化阶段的后期。概念化阶段开始于从国外引入韧性城市理论。近年来韧性、脆弱性等关键词热度较高,弹性的比例降低,表明理论研究处于持续更新迭代中。工具化阶段则于2005年前后起步,该时期评价指标体系的研究较为多见,早期区域经济、城市化等经济韧性的关键词走热,后期脆弱性、弹性等规划设计和气候灾害视角的关键词占比较高,表明研究热点有所转移。2015年前后进入应用化阶段,伴随着新技术的涌现和韧性规划实践快速发展,最近韧性实践规范化和标准化的制度瓶颈逐渐显露,关注方法改进^[49]的研究已经出现。

国际韧性城市的研究已经迈入成熟化阶段。1990年前后,韧性理念的引入是概念化阶段的开始,作为落实城市治理的概念性工具,韧性城市理论不可避免地产生争议性和矛盾性,因此开放性是其生命力的重要组成部分,国外学者持续从不同学科视角完善其

理论内涵。2000年左右,研究进入工具化阶段,自第二次世界减灾大会举办后,关注灾害风险、机制、管理的研究迅速增长。2011年起,研究进入应用化阶段,开始从理论探索转向物质空间层面的规划模式探索。2015年之后,研究进入成熟化阶段,关键词的词频比例趋于稳定,一方面整合韧性城市理论^[50]的评述性文章不断涌现,另一方面实践领域拓展到能源、生物多样性等多元范畴(见图9)。

5 结论与展望

韧性城市领域的相关研究经过多年的理论和实践探索取得了明显进展。本文通过绘制文献计量图谱描绘中英文城市韧性的研究图景,梳理当下韧性城市的研究热点及演化趋势:从发文量与时间特征来看,中英文韧性城市研究成果近年来不断涌现,其中英文研

究起步相对较早。从发文机构及合作来看,英文文献已经形成一定规模的合作网络,而中文文献的机构合作网络较为松散,且国内机构与国外机构间的合作力度有待进一步加强。从研究热点来看,中英文韧性城市的研究热点可以分为规划设计、气候灾害、社会经济、社区治理4个主要的知识集群,相较而言,英文研究在4个知识集群的技术探索、实践策略和效应评价方面更为深入。从研究热点演化来看,英文的韧性城市研究已迈入成熟化阶段,中文韧性城市研究相对滞后,尚处于应用化阶段的后期。

当前我国正处于社会经济转型变革期,城市系统的脆弱性和复杂性制约着城市安全发展。在我国未来城市韧性研究中,应当密切关注生态文明建设、双碳战略等发展方向,探索因地制宜的韧性城市实践模式,助力我国可持续发展目标的实现。我国韧性城市研究后续在理

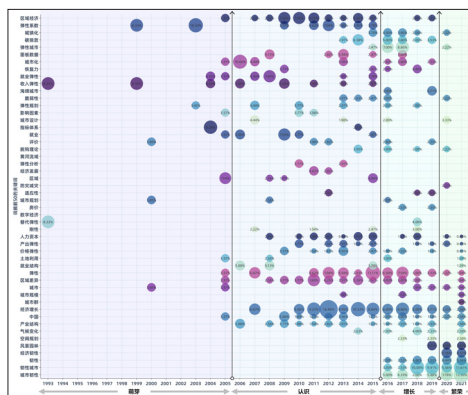


图7 中文韧性城市词频前50的关键词占比
Fig.7 Proportion of top 50 high-frequency keywords in Chinese research of urban resilience

资料来源:笔者自绘。

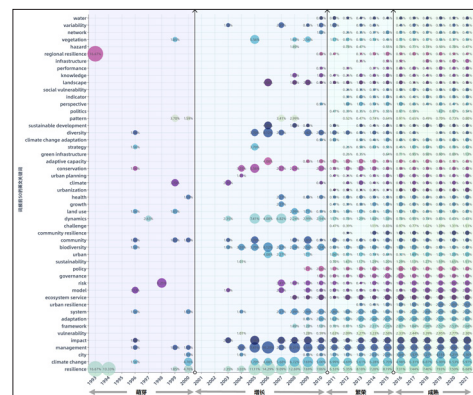


图8 英文韧性城市词频前50的关键词占比
Fig.8 Proportion of top 50 high-frequency keywords in English research of urban resilience

资料来源:笔者自绘。

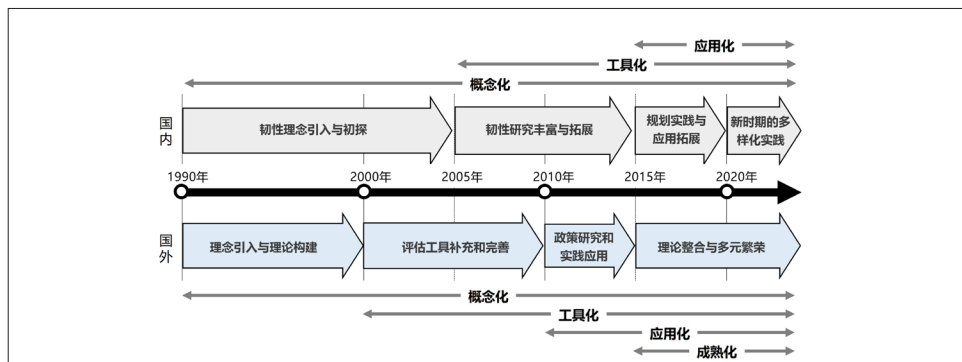


图9 国内外韧性城市研究的发展阶段
Fig.9 Development stage of domestic and overseas resilient city research

资料来源:笔者自绘。

论研究、韧性评估、技术探索、规划实践和效应评价方面仍有进一步深入的空间(见图10)。

一是围绕热点前沿领域加强理论研究。这有助于促进韧性城市与交叉学科的深度交融、丰富研究内容。具体来说,首先要建立起宏观统筹的本土化理论框架,其次要强化针对不同情景的理论研究,如生态设施、生态服务系统、雨洪管理等具体情景,最后针对不同地区的韧性建设差异性需求,有必要分类细化研究框架。

二是推进韧性城市评价工作进展。我国于2021年发布《安全韧性城市评价指南》,在评估对象、评估目标和评估方法等层面为我国韧性城市评价工作提供指导。随着对城市韧性的认识不断加深,我国的韧性城市评价工作方法研究应当持续关注多重视角、多元主体、多元场景。

三是探索多元量化的韧性实践支撑技术。既有的韧性城市规划策略研究以理论研究居多,相对而言利用大数据、新方法的技术探索较为缺失。一方面可通过大数据爬虫、传感器技术、数字图像识别、交叉学科建模方法等新技术为韧性规划提供支撑;另一方面,应当积极开展韧性技术的本土化研究,针对国土开发适宜性、资源环境承载力、生态化减灾技术等情景开发评价模型。

四是深化韧性提升策略及实践。目前国

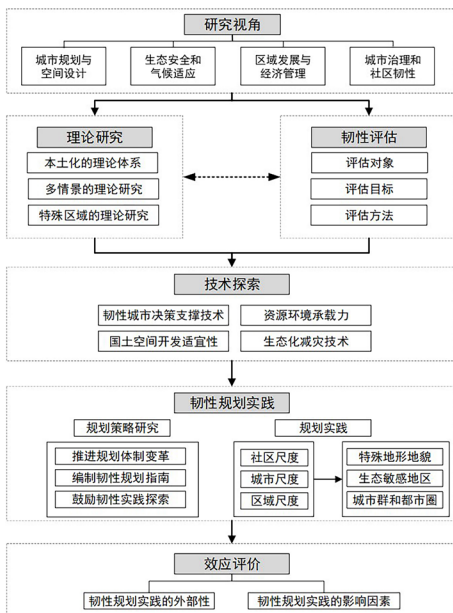


图10 韧性城市研究展望

Fig.10 Research trend of urban resilience

资料来源:笔者自绘。

内有关韧性城市的实践研究较少涉及具体的规划范式及政策工具。应顺应国土空间规划变革,搭建多层次、立体化、系统化的韧性实践框架。同时有必要编制韧性规划指南,为不同城市地区的韧性实践提供范本,更应鼓励探索韧性规划领域的创新方法。此外,现有实践在少数社区、城市和区域开展,应推进海岸带、山地城市等特殊地域的韧性规划。

五是建立韧性实践评估反馈机制。完善的规划评估和反馈机制是韧性实践的重要内容,但国内实施评估研究相对较为缺失。可从城市韧性实践产生的效应和城市韧性的影响因素两方面开展研究,并探索建立反馈机制的制度方法,以形成韧性城市规划的良性循环。

参考文献 References

- 钱少华,徐国强,沈阳,等.关于上海建设韧性城市的路径探索[J].城市规划学刊,2017(z1):109-118.
QIAN Shaohua, XU Guoqiang, SHEN Yang, et al. An exploration about the path toward a resilient city for Shanghai[J]. Urban Planning Forum, 2017(z1): 109-118.
- 赵瑞东,方创琳,刘海猛.城市韧性研究进展与展望[J].地理科学进展,2020,39(10):1717-1731.
ZHAO Ruidong, FANG Chuanglin, LIU Haimeng. Progress and prospect of urban resilience research[J]. Progress in Geography, 2020, 39(10): 1717-1731.
- 段怡嫣,翟国方,李文静.城市韧性测度的国际研究进展[J].国际城市规划,2021,36(6):79-85.
DUAN Yiyao, ZHAI Guofang, LI Wenjing. International research progress on measuring urban resilience[J]. Urban Planning International, 2021, 36(6): 79-85.
- 杨秀平,王里克,李亚兵,等.韧性城市研究综述与展望[J].地理与地理信息科学,2021,37(6):78-84.
YANG Xiuping, WANG Like, LI Yabing, et al. Review and prospects of resilient city theory[J]. Geography and Geo-Information Science, 2021, 37(6): 78-84.
- 李亚,翟国方,顾福妹.城市基础设施韧性的定量评估方法研究综述[J].城市发展研究,2016,23(6):113-122.
LI Ya, ZHAI Guofang, GU Fumei. Review on methods of quantification of urban infrastructure resilience[J]. Urban Studies, 2016, 23(6): 113-122.
- 许振宇,张心馨,曹蓉,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.

XU Zhenyu, ZHANG Xinxin, CAO Rong, et al. Research status and trend analysis of resilience city based on knowledge map[J]. Human Geography, 2021, 36(2): 82-90.

- 陈扶,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.
CHEN Yi, GE Yi, CHEN Ruishan, et al. New development of urban resilience research in foreign countries under the background of climate change[J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(2): 136-141.
- SHNEIDER A M. Four stages of a scientific discipline; four types of scientist[J]. Trends in Biochemical Sciences, 2009, 34(5): 217-223.
- 陈悦,陈超美,刘则渊,等.CiteSpace知识图谱的方法论功能[J].科学学研究,2015,33(2):242-253.
CHEN Yue, CHEN Chaomei, LIU Zeyuan, et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. Studies in Science of Science, 2015, 33(2): 242-253.
- HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Ecology, Evolution, and Systematics, 1973, 4(1): 1-23.
- PICKETT S T A, CADENASSO M L, GROVE J M. Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 69(4): 369-384.
- FOLKE C, CARPENTER S R, WALKER B, et al. Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability[J/OL]. (2010-11-15)[2020-01-18]. Ecology and Society, 2010. <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/>.
- 罗紫元,曾坚.韧性城市规划设计的研究演进与展望[J].现代城市研究,2022(2):51-59.
LUO Ziyuan, ZENG Jian. Research evolution and prospect of resilience urban planning and design[J]. Modern Urban Research, 2022(2): 51-59.
- DUZGUN H, YUCEMEN M S, KALAYCIOGLU H S, et al. An integrated earthquake vulnerability assessment framework for urban areas[J]. Natural Hazards, 2011, 59(2): 917-947.
- COTE M, NIGHTINGALE A J. Resilience thinking meets social theory: situating social change in social-ecological systems (SES) research[J]. Progress in Human Geography, 2012, 36(4): 475-489.
- BRAIL R K, KLOSTERMAN R E. Planning support systems: integrating geographic information systems, models, and visualization tools[M]. Redlands: ESRI Press, 2001.
- LEÓN J, MARCH A. Urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: a case study of Talcahuano, Chile[J]. Habitat International, 2014, 43: 250-262.
- PAPA R, GALDERISI A, VIGO MAJELLO M C, et al. Smart and resilient cities. A systemic approach for developing cross-sectoral strategies in the face

- of climate change[J]. *TeMA Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 2015, 8(1): 19-49.
- [19] 蔡建明,郭华,汪德根. 国外弹性城市研究述评[J]. *地理科学进展*, 2012, 31 (10): 1245-1255.
- CAI Jianming, GUO Hua, WANG Degen. Review on the resilient city research overseas[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(10): 1245-1255.
- [20] 孙阳,张落成,姚士谋. 基于社会生态系统视角的长三角地级城市韧性度评价[J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27 (8): 151-158.
- SUN Yang, ZHANG Luocheng, YAO Shimou. Evaluating resilience of prefecture cities in the Yangtze River Delta region from a socio-ecological perspective[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(8): 151-158.
- [21] 李伟健,龙瀛. 技术与城市: 泛智慧城市技术提升城市韧性[J]. *上海城市规划*, 2020 (2): 64-71.
- LI Weijian, LONG Ying. Technologies and cities: general smart city technologies promote city resilience[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2020(2): 64-71.
- [22] 翟国方. 日本洪水风险管理研究新进展及对中国的启示[J]. *地理科学进展*, 2010, 29 (1): 3-9.
- ZHAI Guofang. Progress in Japanese flood risk management research[J]. *Progress in Geography*, 2010, 29(1): 3-9.
- [23] 鲁钰雯,翟国方,施益军,等. 荷兰空间规划中的韧性理念及其启示[J]. *国际城市规划*, 2020, 35 (1): 102-110, 117.
- LU Yuwen, ZHAI Guofang, SHI Yijun, et al. Resilience within spatial planning in the Netherlands and its implications[J]. *Urban Planning International*, 2020, 35(1): 102-110, 117.
- [24] JABAREEN Y. Planning the resilient city: concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk[J]. *Cities*, 2013, 31: 220-229.
- [25] FRANCINI M, ARTESE S, GAUDIO S, et al. To support urban emergency planning: a GIS instrument for the choice of optimal routes based on seismic hazards[J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2018, 31: 121-134.
- [26] PLOUGH A, FIELDING J E, CHANDRA A, et al. Building community disaster resilience: perspectives from a large urban county department of public health[J]. *American Journal of Public Health*, 2013, 103(7): 1190-1197.
- [27] MEEROW S, NEWELL J P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 159: 62-75.
- [28] 杨敏行,黄波,崔翀,等. 基于韧性城市理论的灾害防治研究回顾与展望[J]. *城市规划学刊*, 2016 (1): 48-55.
- YANG Minxing, HUANG Bo, CUI Chong, et al. Review and prospect: urban disaster resilience[J]. *Urban Planning Forum*, 2016(1): 48-55.
- [29] 李亚,翟国方. 我国城市灾害韧性评估及其提升策略研究[J]. *规划师*, 2017, 33 (8): 5-11.
- LI Ya, ZHAI Guofang. China's urban disaster resilience evaluation and promotion[J]. *Planners*, 2017, 33(8): 5-11.
- [30] 黄晶,余靖雯,袁晓梅,等. 基于系统动力学的城市洪涝韧性仿真研究——以南京市为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29 (11): 2519-2529.
- HUANG Jing, SHE Jingwen, YUAN Xiaomei, et al. Simulation of urban flood resilience based on system dynamic model: a case study in Nanjing[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(11): 2519-2529.
- [31] 吴浩田,翟国方. 韧性城市规划理论与方法及其在我国的应用——以合肥市市政设施韧性提升规划为例[J]. *上海城市规划*, 2016 (1): 19-25.
- WU Haotian, ZHAI Guofang. Resilient city planning theory and method and its practice in China: a case study of the improvement planning of Hefei infrastructure's resilience[J]. *Shanghai Urban Planning Review*, 2016(1): 19-25.
- [32] BRIGUGLIO L, CORDINA G, FARRUGIA N, et al. Conceptualizing and measuring economic resilience[M]//BRIGUGLIO L, CORDINA G, KISANGA E J. Building the economic resilience of small states. Malta: Islands and Small States Institute of the University of Malta and London: Commonwealth Secretariat, 2006: 265-288.
- [33] ROSE A, LIAO S Y. Modeling regional economic resilience to disasters: a computable general equilibrium analysis of water service disruptions[J]. *Journal of Regional Science*, 2005, 45(1): 75-112.
- [34] 杜文瑄,施益军,徐丽华,等. 风险扰动下的城市经济韧性多维测度与分析——以长三角地区为例[J]. *地理科学进展*, 2022, 41 (6): 956-971.
- DU Wenxuan, SHI Yijun, XU Lihua, et al. Multidimensional measurements and analysis of urban economic resilience under the disturbance of economic risks: a case study of the Yangtze River Delta, China[J]. *Progress in Geography*, 2022, 41(6): 956-971.
- [35] 魏冶,修春亮. 城市网络韧性的概念与分析框架探析[J]. *地理科学进展*, 2020, 39 (3): 488-502.
- WEI Ye, XIU Chunliang. Study on the concept and analytical framework of city network resilience[J]. *Progress in Geography*, 2020, 39(3): 488-502.
- [36] 朱瑜蕙. 演化经济地理学视角下城市经济弹性的影响因素及提升路径[J]. *商业经济研究*, 2015 (28): 46-48.
- ZHU Yucong. Path of promoting city economic resilience based on evolutionary economic geography[J]. *Journal of Commercial Economics*, 2015(28): 46-48.
- [37] BRUNEAU M, CHANG S E, EGUCHI R T, et al. A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities[J]. *Earthquake Spectra*, 2012, 19(4): 733-752.
- [38] PEACOCK W G, BRODY S D, SEITZ W A, et al. Advancing the resilience of coastal localities: implementing and sustaining the use of resilience indicators[R]. 2010.
- [39] CUTTER S L, BARNES L, BERRY M, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters[J]. *Global Environmental Change*, 2008, 18(4): 598-606.
- [40] COLLIER M J, NEDOVIĆ-BUDIĆ Z, AERTS J, et al. Transitioning to resilience and sustainability in urban communities[J]. *Cities*, 2013, 32: S21-S28.
- [41] LEBEL L, ANDERIES J M, CAMPBELL B, et al. Governance and the capacity to manage resilience in regional social-ecological systems[J]. *Ecology and Society*, 2006, 11(1): 19.
- [42] 唐庆鹏. 风险共处与治理下移——国外弹性社区研究及其对我国的启示[J]. *国外社会科学*, 2015 (2): 81-87.
- TANG Qingpeng. Resilient community research in foreign countries and the enlightenment[J]. *Social Sciences Abroad*, 2015(2): 81-87.
- [43] 王冰,张惠,张韦. 社区弹性概念的界定、内涵及测度[J]. *城市问题*, 2016 (6): 75-81.
- WANG Bing, ZHANG Hui, ZHANG Wei. Definition, connotation and measurement of community resilience[J]. *Urban Problems*, 2016(6): 75-81.
- [44] 于洋,吴茸茸,谭新,等. 平疫结合的城市韧性社区建设与规划应对[J]. *规划师*, 2020, 36 (6): 94-97.
- YU Yang, WU Rongrong, TAN Xin, et al. Planning and construction of resilient community that integrates normal and epidemic situations[J]. *Planners*, 2020, 36(6): 94-97.
- [45] 赵冬月,施波,陈以琴,等. 协同管理对城市韧性增强机制的影响[J]. *管理评论*, 2016, 28 (8): 207-214.
- ZHAO Dongyue, SHI Bo, CHEN Yiqin, et al. Effect of collaborative management on enhancement mechanism of urban resilience[J]. *Management Review*, 2016, 28(8): 207-214.
- [46] WALKER J, COOPER M. Genealogies of resilience: from systems ecology to the political economy of crisis adaptation[J]. *Security Dialogue*, 2011, 42(2): 143-160.
- [47] ROBERTS D, BOON R, DIEDERICHS N, et al. Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: "learning-by-doing" at the local government coal face[J]. *Environment & Urbanization*, 2012, 24(1): 167-195.
- [48] ZHOU Q, ZHU M, QIAO Y, et al. Achieving resilience through smart cities? Evidence from China[J]. *Habitat International*, 2021, 111: 102348.
- [49] 翟国方,夏陈红. 我国韧性国土空间建设的战略重点[J]. *城市规划*, 2021, 45 (2): 44-48.
- ZHAI Guofang, XIA Chenhong. Strategic emphasis on the construction of resilient cities in China[J]. *City Planning Review*, 2021, 45(2): 44-48.
- [50] MEEROW S, NEWELL J P, STULTS M. Defining urban resilience: a review[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 147: 38-49.