

长江中游经济区城市韧性水平测度及障碍因子诊断

——基于新基建视域的考察

李毅, 何宇娟, 安虹宇

(湖南农业大学 商学院, 湖南 长沙 410128)

摘要: 立足我国正适度超前部署新型基础设施建设的时代背景, 构建“生态-经济-社会-设施”四维城市韧性分析框架, 采用时空极差熵权-TOPSIS法测算2011—2022年长江中游经济区31个城市的韧性水平, 运用核密度估计法、自然断点法分析区域城市韧性的时空演进, 并借助障碍度模型进一步识别主要障碍因子。研究表明: 2011—2022年长江中游经济区的总体韧性水平呈现上升趋势, 但2015年、2020年出现两次拐点; 城市间韧性水平出现分化、等级差距明显, 形成了以武汉、长沙和南昌为核心的三大分区, 并呈现东南高西北低的分布格局; 制约长江中游经济区城市韧性提升的主要障碍因子集中在社会韧性和设施韧性两个维度。因此, 从强化区域合作、社会保障、数智赋能等方面提出对策建议, 以助力长江中游经济区高质量发展与高水平安全。

关键词: 新基建; 长江中游经济区; 城市韧性; 时空演变; 障碍因子

中图分类号: TU984.2

文献标识码: A

文章编号: 1009-2013(2025)05-0104-11

Urban resilience and its obstacles in Middle Reaches of the Yangtze River Economic Zone: Evidence from a New Infrastructure Perspective

LI Yi, HE Yujuan, AN Hongyu

(College of Business, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: Against the backdrop of China's proactive deployment of new infrastructure, this study constructs a four-dimensional analytical framework of urban resilience-ecological, economic, social, and infrastructural. The resilience levels of 31 cities in Middle Reaches of the Yangtze River Economic Zone from 2011 to 2022 is measured by using the spatio-temporal entropy weighted-TOPSIS model. Kernel density estimation and natural breaks classification are employed to examine the spatio-temporal evolution of resilience, while the obstacle degree model is applied to identify the major hindering factors. The results show that the overall resilience in the region showed an upward trend from 2011 to 2022 with two inflection points in 2015 and 2020. Significant disparities emerged among cities, forming a hierarchical pattern with three sub-regional cores centered on Wuhan, Changsha, and Nanchang, and a spatial distribution characterized by higher resilience in the southeast and lower resilience in the northwest. The main obstacles to resilience improvement are concentrated in the dimensions of social resilience and infrastructural resilience. Accordingly, policy recommendations are proposed in terms of strengthening regional cooperation, enhancing social security, and promoting digital-intelligent empowerment, with a view to advancing high-quality development and high-level security in Middle Reaches of the Yangtze River Economic Zone.

Keywords: new infrastructure; Middle Reaches of the Yangtze River Economic Zone; urban resilience; spatio-temporal evolution; obstacle factors

收稿日期: 2025-02-18

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(2021JJ30368);
长沙市自然科学基金项目(kq2502029); 湖南省教育厅科学研究重点项目(23A0166)

作者简介: 李毅(1979—), 男, 湖南耒阳人, 讲师、博士, 主要研究方向为区域经济。

一、问题提出与文献综述

近年来, 地震、台风、洪涝等自然灾害频发。在诸多不确定因素冲击下, 城市高质量发展和人民

群众生命财产安全面临严峻挑战。在各类突发事件中,城市风险往往因事前难以预测、事中响应迟缓、事后处置滞后等原因造成重大人员伤亡和直接经济损失。2024年6月,南昌、萍乡等9市66县发生洪水,36.5万人受灾^①;2024年7月,衡阳、郴州等地发生洪涝与地质灾害,因灾死亡失踪94人,直接经济损失241.3亿元^②。党和政府高度重视人民群众生命财产安全,习近平总书记2024年在重庆考察时强调:“全面推进韧性城市建设,有效提升防灾减灾救灾能力。”2024年11月,中共中央办公厅、国务院办公厅颁布《关于推进新型城市基础设施建设打造韧性城市的意见》提出:“推进数字化、网络化、智能化新型城市基础设施建设,打造承受适应能力强、恢复速度快的韧性城市,增强城市风险防控和治理能力。”2025年政府工作报告再次强调“发展数字化、智能化基础设施……打造宜居、韧性、智慧城市”。如何通过提升城市韧性,应对城市发展中的诸多不确定性风险成为一个非常重要的研究议题。

当前,学界普遍认为城市高质量发展、高水平安全的关键在于提升城市韧性。梳理现有文献后发现,目前城市韧性研究尚处于起步阶段,多围绕城市韧性理论演进^[1,2]、概念梳理^[3,4]、构建模型测量韧性水平^[5-7]、韧性时空演变^[5,8,9]以及治理策略^[10]等方面展开。在城市韧性测度指标体系构建上,一部分学者从经济韧性、社会韧性、生态韧性、工程韧性、设施韧性等多维度构建城市韧性水平评价指标体系^[5,10,11];另一部分学者则从城市韧性应具有 的抵抗力、吸收力、疏解力、恢复力、创新力等多维度构建城市韧性水平评价指标体系^[12,13]。在城市韧性测量方法上,学界主要采用层次分析法(AHP)^[14]、熵权-TOPSIS^[12,15]、熵值法^[14,16]等方法。在障碍因子分析方面,学者们基本采取建立障碍度模型、进行主要障碍因子识别等方法^[17,18],分析影响城市韧性提升的障碍。

已有研究主要以城市韧性提升为指向,基本形成了融内涵界定、指标构建、时空演化和策略提升于一体的理论分析框架,为后续研究打下了坚实基础,但也存在一些亟待拓展和深化的领域。第一,研究尺度方面。现有研究从社区、城市、省份等“点”式切入偏多,而连“点”成“线”、从“线”式层面考虑区域内城市韧性偏少;第二,研究视角方面。目前研究主要从整体视角、过程视角、可持续视角和复杂系统视角等切入,尚未立足我国适度超前部

署新型基础设施建设(以下简称新基建)的视角进行深入分析;第三,研究方法方面。现有城市韧性水平测量,主要使用熵权-TOPSIS法,较少结合时空极差熵权-TOPSIS法进行测量,未充分考虑时空双重因素。

长江中游经济区地跨湖南、湖北和江西三省,处于承东启西、连接南北的要冲,是长江经济带的重要组成部分,其以全国3.3%的国土面积,集聚了全国约9%的经济和人口总量,是促进中部地区崛起、巩固“两横三纵”城镇化战略格局的重点区域,在我国经济社会发展格局中具有举足轻重的地位。近年来,长江中游经济区自然灾害频发、公共卫生事件突发,给当地造成了巨大的人员伤亡和经济损失,亟待提升城市韧性水平。鉴于此,本文基于新基建的时代背景,构建“生态-经济-社会-设施”四维城市韧性分析框架,使用长江中游经济区31个地级市2011—2022年多指标数据,采用时空极差熵权-TOPSIS、核密度估计法、自然断点法和障碍度模型,对城市韧性进行定量评估并对影响城市韧性提升的障碍因子进行诊断,探寻影响长江中游经济区城市韧性提升的关键因素,以期为全国城市高质量发展、高水平安全提供借鉴。

二、理论分析与评价指标体系构建

(一) 理论分析

“韧性”源于拉丁语“resilio”,意为“回复到原始状态”。19世纪中期,随着工业文明的发展,韧性被引入机械学领域,用来描述金属变形后的复原能力^[19]。20世纪中叶,西方心理学兴起,韧性被用来描述人遭遇精神创伤后的恢复能力^[20]。1973年,Holling首次将韧性应用于生态学,用来描述生态系统受到扰动后恢复到稳定状态的能力^[21]。20世纪90年代以来,随着人们对系统论认识的不断深化,韧性理念从生态系统扩展到人-地耦合系统,发展成为整合了生态学、社会学和经济学的社会生态韧性^[22]。社会生态韧性不再追求均衡状态,转而关注非均衡的发展与演变,所以也称之为演进韧性^[23,24]。以上韧性理论的演进,体现了学界对韧性系统认知的飞跃,这为城市韧性研究奠定了理论基础。

城市是一个由社会、经济、生态和设施等多要素组成的高度复杂巨系统,面临着诸多外部冲击与内部扰动。城市韧性自2002年首次在联合国峰会提出以来,被认为是应对城市风险的重要术语^[25]。目

前,城市韧性研究已经成为国内外经济学、生态学、地理学、灾害学、城乡规划等多学科的研究热点,城市韧性的概念也在不同领域各有侧重。韧性联盟将其定义为:城市消化并吸收外界扰动,保持原有主要特征、结构和关键功能的能力^[26]。有学者认为城市韧性是城市在遭受任何持续性的压力或突然性的灾害冲击时具备的生存、适应并持续发展的能力^[27]。尽管城市韧性的定义尚未统一,学界大多认可韧性使城市具备抗冲击、吸收、适应、反应、重建、学习等能力来应对复杂的生态、经济、社会 and 设施等问题^[28],因此学者多从生态韧性、经济韧性、社会韧性和设施韧性四个维度来测量城市韧性^[18,25,28,29]。

当前,世界面临百年未有之大变局,以信息智能技术为代表的全球新一轮科技革命正在深刻影响世界发展格局。2018年12月,中央经济工作会议将5G、人工智能、工业互联网、物联网建设定义为“新基建”,并作出加快推进新基建等战略安排^③。2020年4月,国家发改委正式明确了新型基础设施的定义,即以新发展理念为引领,以技术创新为驱动,以信息网络为基础,面向高质量发展需要,提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系^④。2022年,国家发改委首次将新基建明确为信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施三方面。新基建成为支撑和推动城市韧性提升的重要保障^[30],是实现“人民城市人民建,人民城市为人民”的物质基础。新基建对城市韧性的提升是一个

多维度、多层次的综合作用过程,主要体现在生态韧性、经济韧性、社会韧性和设施韧性四个方面,具体而言:在生态韧性方面,利用物联网、人工智能等技术,对城市供水、供电、燃气等传统基础设施进行数字化改造,显著提升生态治理效能,促进资源的循环利用与环境保护。同时,通过在城市水系、生态廊道等生态领域部署传感器网络,实现水质、水量、土壤等生态指标的全时段、全方位监测,有效推动城市生态服务指标的持续优化,使城市生态系统功能得以重构,增强城市生态恢复力。在经济韧性方面,依托数据中心等算力平台,加快城市交通、能源、环保、产业等各领域数据的互联互通与高效流动,实现城市数字化对经济的赋能作用,推动经济结构向二三产业转型升级,为城市经济发展注入新的活力,从而增强城市应对风险的预防力。在社会韧性方面,对医疗、教育、文化等公共服务系统进行智能化改造,有效推动每万人床位数、社会保障支出占财政支出比重等社会治理指标的不断提升,为城市居民提供更加优质、便捷的公共服务,筑牢城市的“安全线”,从而显著增强城市应对风险的抗逆力。在设施韧性方面,依托高校、科研院所以及产业创新基础设施网络化协作,搭建产学研平台,为城市输送高素质人才和高科技产品,助力攻关关键核心技术,提升城市多主体学习力、适应力,为城市基础设施的升级与改造提供有力支撑。基于上述分析,构建新基建视域下城市韧性提升机制理论框架,如图1所示。



图1 新基建视域下城市韧性提升机制理论框架

(二) 评价指标体系构建

综合上文理论分析,遵循指标建立的科学性、全面性、有效性和可操作性等基本原则,从生态韧

性、经济韧性、社会韧性和设施韧性四个维度出发,构建了包含4个一级指标,11个二级指标和27个三级指标的城市韧性水平评价指标体系(表1)。

表1 长江中游经济区城市韧性水平评价指标体系及权重

目标层	准则层	领域层	指标层	权重	单位	指标性质
城市韧性	生态韧性(0.233 9)	生态服务力(0.077 9)	人均公园绿地面积(X_1)	0.039 0	m ²	+
			建成区绿化覆盖率(X_2)	0.038 9	%	+
		危害处理力(0.156 0)	生活垃圾无害化处理率(X_3)	0.039 2	%	+
			污水处理率(X_4)	0.039 1	%	+
			工业固体废物综合利用率(X_5)	0.039 0	%	+
			环保支出占财政支出比重(X_6)	0.038 7	%	+
	经济韧性(0.231 8)	经济实力(0.077 7)	GDP增速(X_7)	0.039 1	元	+
			城镇居民人均可支配收入(X_8)	0.038 6	元	+
		经济多样性(0.039 2)	第二产业占GDP比重(X_9)	0.039 2	%	+
		经济稳定力(0.114 9)	粮食产量(X_{10})	0.037 5	万吨	+
			居民消费价格指数(CPI)(X_{11})	0.039 2	%	-
			城镇失业率(X_{12})	0.038 2	%	-
	社会韧性(0.231 0)	人的适应力(0.038 8)	人口密度(X_{13})	0.038 8	人/km ²	-
		社会保障力(0.114 8)	城镇职工基本养老保险参保率(X_{14})	0.038 4	%	+
			城镇职工基本医疗保险参保率(X_{15})	0.037 6	%	+
			社会保障支出占财政支出比重(X_{16})	0.038 8	%	+
		风险应对力(0.077 4)	每万人床位数(X_{17})	0.038 8	张	+
			公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重(X_{18})	0.038 6	%	+
	设施韧性(0.303 2)	联通力(0.102 0)	智能轨道交通技术(X_{19})	0.026 4	个	+
			公路客运量(X_{20})	0.036 8	万人	+
			排水管道密度(X_{21})	0.038 8	km/km ²	+
		供排力(0.099 5)	新能源充电桩技术(X_{22})	0.021 0	个	+
			用水普及率(X_{23})	0.039 3	%	+
			用气普及率(X_{24})	0.039 2	%	+
			数据中心技术(X_{25})	0.025 4	个	+
		联络力(0.1017)	互联网宽带入户率(X_{26})	0.037 5	%	+
			移动电话普及率(X_{27})	0.038 8	%	+

生态韧性是城市生态系统在面对外界冲击、干扰时，自我修复、适应和持续发展的能力。生态环境是城市韧性的重要支撑，是城市的“绿色家底”。城市生态压力来源于自然灾害与人类污染两方面，本文选取人均公园绿地面积和建成区绿化覆盖率表征生态服务力，采用生活垃圾无害化处理率、污水处理率、工业固体废物综合利用率和环保支出占财政支出比重表征危害处理力。其中，生态服务力两个指标主要反映城市应对地质灾害、洪涝、热岛效应等自然冲击时的适应能力；危害处理力四个指标主要反映城市对污水、垃圾、固体废弃物等各类人类污染物的处置能力。

经济韧性强调城市经济系统在面对内外部冲击时，能够保持其经济活动的稳定性或遭受冲击后

快速恢复的能力，重点包括经济持续增长、居民稳定就业和保供稳价等方面。经济实力方面，GDP增速从宏观方面反映城市经济总体实力状态，城镇居民人均可支配收入从居民微观层面反映个体实力状态。在经济多样性方面，第二三产业占GDP比重能很好地反映整个城市的经济结构，其占比越高，意味着城市经济结构越多元，抵御外部冲击能力就越强，并具有越高的城市经济韧性。在经济稳定力方面，粮食产量是保证居民吃饭的关键前提；居民消费价格指数是消费商品与服务价格变动的“晴雨表”，反映着城市经济整体健康状况和应对冲击能力；城镇失业率反映一段时期内城市劳动人口中失业人员比重，这事关城市经济发展与社会稳定，是城市经济韧性的重要指标。

社会韧性强调城市社会组织与结构遭遇破坏时,表现出维持社会整合与实现有效运转的能力,其核心聚焦于民生福祉、社会保障和公共管理服务等方面。在人的适应力方面,人口密度增大,居民获取公共服务的可得性会降低,公共卫生事件突发时,居民被感染的风险会大幅提升;在社会保障力方面,选取城镇职工基本养老保险参保率、城镇职工基本医疗保险参保率、社会保障支出占财政支出比重三个指标,参保率和比重越高,表明居民受保障的程度越高,就越能适应经济、社会的冲击;在风险应对力方面,选取每万人床位数、公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重两个指标,每万人床位数越多,公共管理和社会组织从业人员越多,表明城市医疗支持和社会托底能力越强,应对公共事件与各类灾害能力越强。

设施韧性强调城市基础设施能否保障城市生产生活正常以及城市安全运行,具体包括公共设施与交通系统的正常运转,水、电、气等稳定供应以及通信网络的畅通。在联通力方面,选取智能轨道交通技术、公路客运量和排水管道密度三个指标,其中智能轨道交通技术越多、公路客运量越大,出现突发状况时越能保障城市正常运转;排水管道密度越大,遭遇洪涝等灾害时城市的防洪排涝能力越强;在供排力方面,采用新能源充电桩技术、用水普及率和用气普及率三个指标表征,新能源充电桩技术越多,用水普及率与用气普及率越高,城市出现突发情况时,就越能保障水电气等居民基本生活条件。在联络力方面,采用数据中心技术、互联网宽带入户率和移动电话普及率三个指标,数据中心技术越多,互联网宽带入户率和移动电话普及率越高,城市在紧急情况下就越能够迅速地传递信息,协调各方资源,共同应对挑战。

三、评价方法与数据来源

(一) 评价方法与步骤

1. 时空极差熵权-TOPSIS法

时空极差熵权法在评价过程中融入了时空因素,充分反映了评价指标从时空双重维度对评价对象的区分度,并能够动态调整各指标在不同时间点的权重,从而更准确地反映实际情况^[31]。TOPSIS法通过计算各评价对象与正负理想解的距离,进而

确定各对象的相对优劣顺序^[32]。本文将时空极差熵权法和TOPSIS法相结合建立评价模型对长江中游经济区城市韧性水平进行评价。具体步骤是:首先,对各评价指标进行无量纲化处理;其次,参照张友国等^[31]的做法确定评价指标的时空极差熵权;最后,参照夏方舟等^[12]的做法计算出评价对象的TOPSIS相对贴近度,以此来反映长江中游经济区城市韧性水平。

2. 核密度估计

核密度是一种非参数估计方法,通过构建连续密度曲线描绘随机变量的分布状况,进而反映变量的分布位置、形态以及延展性特征^[33]。本文通过核密度估计分析长江中游经济区城市韧性的时间演变特征,计算公式如下:

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{y_i - x}{h}\right) \quad (1)$$

$$K(x) = (1/\sqrt{2\pi})(-x^2/2) \quad (2)$$

其中, $f(x)$ 为随机变量 x 的密度函数, $K(x)$ 为核函数。

3. 障碍度模型

本文通过障碍度模型对影响长江中游经济区城市韧性的主要障碍因子进行测算并排序分析,以确定各障碍因素对各城市韧性水平的影响程度,为针对性地调整和促进城市韧性发展提供定量依据。计算公式如下^[12]:

$$O_{ij} = W_j \times I_{ij} / \left(\sum_{j=1}^m I_{ij} \times W_j \right), I_{ij} = 1 - X_{ij} \quad (3)$$

其中, O_{ij} 为第 j 项指标对城市韧性的障碍度; W_j 为第 j 项指标的权重; I_{ij} 为指标偏离度,用指标标准化值 X_{ij} 与理想值1的差距表示; m 为指标个数。

(二) 数据来源及预处理

2010年12月,国务院印发的《全国主体功能区规划》中,明确将以武汉城市圈、长株潭城市群和鄱阳湖生态经济区为主体构成的区域列为“国家重点开发区域”。鉴于此重要规划背景,本文以2011年为研究起始年份,2022年为截止年份。所使用的各项指标数据均来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》《湖北统计年鉴》《湖南统计年鉴》《江西统计年鉴》以及长江中游经济区各城市的统计年鉴和官方统计公报。个别缺失数据采用多重插补法补齐。

四、评价结果及其分析

(一) 长江中游经济区城市韧性水平评价及时空演化

1. 城市韧性水平测度结果及总体特征

由表2可知,长江中游经济区31个城市韧性水平较2011年均有显著提升,但湖北的黄冈、孝感、天门、荆州,湖南的益阳、娄底,以及江西的鹰潭、上饶等城市的韧性水平低于区域内平均韧性水平;长江中游经济区总体韧性水平呈波动上升趋势,由2011年的0.432上升至2022年的0.491,增长幅度为13.66%,但在上升过程中出现了两次拐点(2015年、

2020年)。可能原因是,2015年上半年,长江中游经济区遭遇严重洪涝灾害,导致大片农作物受损,房屋倒塌,多条公路中断,企业被迫停工停产,这不仅严重损害人民群众生命财产安全,也对经济社会活动造成了严重阻碍,进而影响了区域内城市韧性,造成了2015年城市韧性水平的暂时性下降。2019年12月底,武汉暴发新冠疫情并迅速蔓延全国,疫情对武汉及其周边城市造成巨大冲击,企业停工停产,交通受阻,供应链中断,经济活动减缓,人民生活受限,对整个长江中游经济区造成了巨大冲击。同时,由于医疗资源紧张,武汉及周边城市医疗设

表2 2011—2022年长江中游经济区城市韧性得分情况

城市	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
武汉	0.477	0.495	0.494	0.517	0.553	0.527	0.519	0.507	0.503	0.491	0.508	0.525
黄石	0.434	0.453	0.471	0.494	0.460	0.484	0.475	0.455	0.468	0.476	0.491	0.479
鄂州	0.432	0.440	0.457	0.476	0.457	0.458	0.502	0.453	0.482	0.467	0.490	0.490
黄冈	0.389	0.420	0.428	0.464	0.422	0.419	0.456	0.456	0.452	0.465	0.454	0.448
孝感	0.412	0.433	0.429	0.420	0.454	0.430	0.445	0.458	0.452	0.444	0.489	0.476
咸宁	0.383	0.404	0.412	0.427	0.437	0.465	0.457	0.456	0.488	0.474	0.503	0.495
仙桃	0.438	0.447	0.444	0.461	0.440	0.464	0.469	0.463	0.482	0.469	0.480	0.468
潜江	0.428	0.412	0.434	0.442	0.458	0.461	0.475	0.475	0.486	0.474	0.487	0.488
天门	0.385	0.428	0.447	0.450	0.459	0.454	0.434	0.465	0.411	0.457	0.501	0.475
襄阳	0.447	0.470	0.483	0.484	0.451	0.475	0.472	0.471	0.488	0.491	0.518	0.504
宜昌	0.443	0.473	0.436	0.452	0.445	0.443	0.464	0.475	0.480	0.470	0.497	0.487
荆州	0.372	0.394	0.368	0.416	0.402	0.450	0.424	0.457	0.445	0.421	0.447	0.483
荆门	0.435	0.453	0.469	0.481	0.458	0.462	0.464	0.469	0.461	0.454	0.489	0.496
长沙	0.465	0.488	0.478	0.483	0.479	0.495	0.491	0.505	0.521	0.513	0.528	0.540
株洲	0.453	0.465	0.477	0.494	0.491	0.479	0.477	0.504	0.506	0.486	0.473	0.484
湘潭	0.463	0.464	0.473	0.478	0.471	0.502	0.488	0.467	0.480	0.479	0.495	0.480
岳阳	0.454	0.468	0.483	0.514	0.484	0.477	0.451	0.450	0.463	0.476	0.493	0.505
益阳	0.369	0.397	0.416	0.439	0.435	0.446	0.456	0.466	0.466	0.477	0.511	0.499
常德	0.468	0.461	0.489	0.490	0.464	0.460	0.506	0.510	0.517	0.503	0.482	0.503
衡阳	0.455	0.409	0.431	0.438	0.437	0.446	0.461	0.483	0.465	0.466	0.447	0.469
娄底	0.395	0.412	0.443	0.444	0.448	0.449	0.442	0.438	0.446	0.451	0.444	0.470
南昌	0.425	0.444	0.449	0.470	0.464	0.462	0.468	0.491	0.466	0.475	0.503	0.515
九江	0.446	0.441	0.443	0.455	0.457	0.476	0.449	0.463	0.488	0.480	0.504	0.496
景德镇	0.437	0.441	0.448	0.456	0.454	0.482	0.480	0.475	0.477	0.485	0.498	0.491
鹰潭	0.417	0.426	0.449	0.449	0.465	0.477	0.476	0.475	0.490	0.435	0.484	0.490
新余	0.467	0.493	0.478	0.493	0.484	0.480	0.476	0.491	0.489	0.474	0.518	0.519
宜春	0.436	0.445	0.450	0.475	0.493	0.477	0.475	0.498	0.495	0.489	0.508	0.500
萍乡	0.438	0.440	0.435	0.453	0.457	0.477	0.457	0.490	0.490	0.481	0.501	0.497
上饶	0.425	0.445	0.426	0.448	0.426	0.441	0.432	0.453	0.473	0.470	0.466	0.459
抚州	0.452	0.427	0.454	0.474	0.450	0.466	0.467	0.480	0.477	0.475	0.489	0.494
吉安	0.440	0.461	0.465	0.486	0.469	0.483	0.473	0.482	0.489	0.481	0.507	0.504
均值	0.432	0.444	0.450	0.465	0.459	0.467	0.467	0.474	0.477	0.473	0.490	0.491

施超负荷运转,人民生命财产受到严重损害。这些问题不仅阻碍了城市的正常运作秩序,更进一步加剧了经济和社会的不稳定性,导致2020年城市韧性水平明显下降。

综上所述,长江中游经济区城市韧性水平虽整体呈上升趋势,但在面对自然灾害和公共卫生事件等重大外部风险冲击时,表现出明显的脆弱性和波动性。因此,在提升城市韧性过程中,要注重生态保护、经济增长、社会治理和智能设施建设的深度

融合,以实现更高质量、更高水平的韧性发展目标。

2. 城市韧性的时间演化特征

为进一步探究长江中游经济区城市韧性的时间演变特征,本文运用Stata17.0软件,采用核密度估计法分析长江中游经济区整体及武汉都市圈、环长株潭城市群、环鄱阳湖城市群城市韧性的动态演变趋势。由于样本量过大,选取具有代表性的2011年、2015年、2020年和2022年绘制核密度曲线图(图2)。

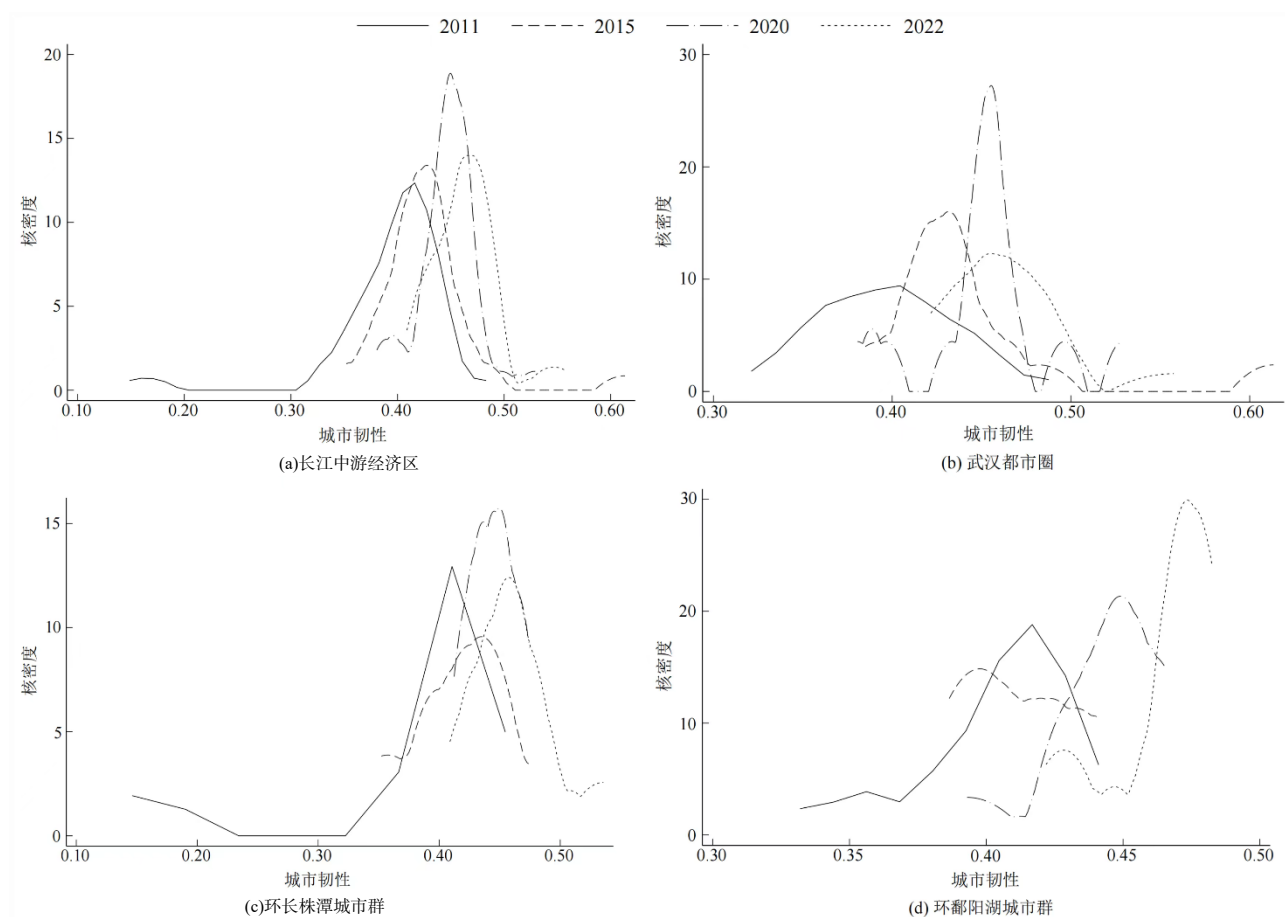


图2 长江中游经济区城市韧性核密度分布

图2(a)揭示了长江中游经济区整体韧性水平的核密度曲线特征,该曲线呈单峰分布,且随时间推移逐渐向右偏移,曲线左尾显著缩短,右尾呈拖尾形态,这反映出长江中游经济区整体韧性水平逐年提升,低水平韧性城市的数量逐年减少,但城市间韧性水平出现分化现象。究其原因:区内各城市依托长江中游优越的地理位置、丰富的自然资源和良好的产业基础,实现了城市韧性水平的整体跃升;但各城市推进新基建的速度,对城市韧性建设的重视程度,加上自然禀赋的差异,导致各城市韧性水平提升程度不一。

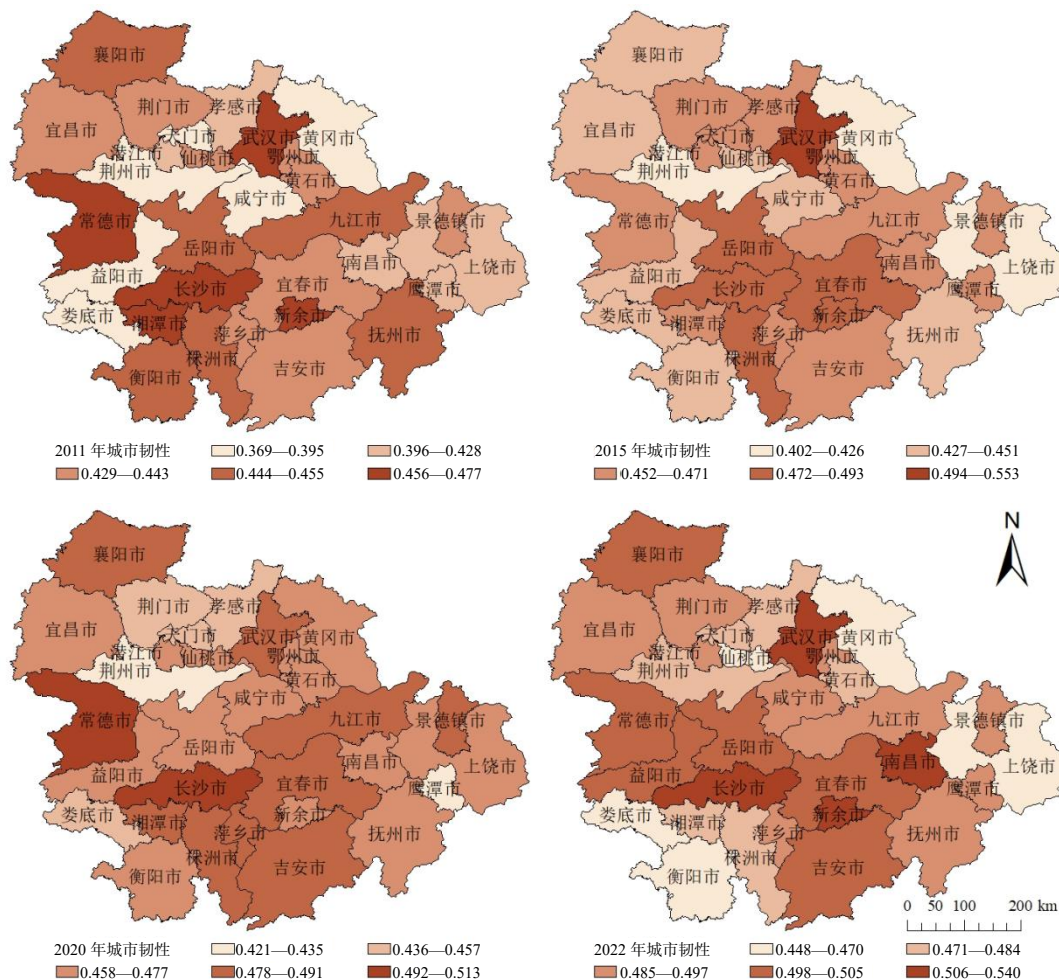
分区域看,如图2(b)、图2(c)、图2(d)所示,武汉都市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群城市韧性的核密度曲线总体呈现出向右移动趋势,说明三大区域的城市韧性水平逐年上升。2011—2022年,武汉都市圈的核密度曲线呈现多峰形态,且右尾拖尾明显,这表明武汉都市圈城市间韧性水平呈多层级分异特征,其中武汉城市韧性水平位列第一等级,而黄冈、咸宁、天门、荆州等城市的韧性水平相对较低。相比之下,环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群的核密度曲线右尾无拖尾特征,表明这两个区域城市韧性水平相对均衡,这得益于两大区域

注重一体化发展,城市韧性水平的分化程度较低。

3. 城市韧性的空间演化特征

为进一步探究长江中游经济区城市韧性的空间演变特征,本文运用ArcGIS10.2软件,采用自然

断点法将长江中游经济区31个城市的韧性水平划分为“低值区-较低值区-中值区-较高值区-高值区”五个类型,同样选取2011、2015、2020和2022年的城市韧性进行可视化分析(图3)。



注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2024)0650号标准地图制作,底图无修改。

图3 长江中游经济区城市韧性的空间分布

2011年,长江中游经济区大部分城市韧性等级处于较低值区和中值区,三省城市间韧性等级存在显著差异。湖北省各城市韧性等级差异尤为明显,西北部城市如襄阳和宜昌展现出较高的韧性等级,而靠近武汉市南部的城市则普遍处于较低值区,武汉市北部城市的韧性等级则分散在低值区和较低值区。湖南省各城市韧性等级以长沙、湘潭为核心,向外围逐渐降低。相比之下,江西省除新余处于高值区,其余城市韧性等级相对均衡,均处于中值区和较高值区。

2015年,大部分城市的韧性等级较2011年出现了下滑趋势。湖北省的襄阳和宜昌的韧性等级分别从较高值区、中值区降至低值区,且省内城市之间

的韧性等级差距依然显著。湖南省长沙市的韧性等级由高值区降为较高值区,湘潭和衡阳由高值区、较高值区分别下降为较低值区。江西省的九江、上饶、新余和抚州等城市的韧性等级也均出现不同程度的下降。究其原因,该年长江中游经济区遭遇了严重的洪涝灾害,导致城市生产、居民生活受到严重影响,加剧了城市的脆弱性。

2020年,湖北省内部城市之间的韧性等级差异依旧明显,湖北省除武汉和襄阳处于较高值区,其他城市主要分布在中值区和较低值区,潜江和荆州更是处于低值区。相比之下,湖南省和江西省内部城市间的韧性差异相对较小。其中,湖南省除娄底处于较低值区、长沙和常德处于高值区,其他城市

则多处于中值区。江西省大部分城市都处于较高值区和中值区。

2022年,城市间的韧性等级仍均存在显著差异,韧性等级差异跨度大,湖南、湖北、江西三省内城市均存在韧性等级的高值区与低值区。总体而言,从空间分布来看,整体形成了以武汉、长沙和南昌为引领的三大核心区域,并呈现东南高西北低的分布格局。这表明长江中游经济区在韧性建设方面仍面临诸多挑战,需要三省共同努力,加强区域合作,以实现更加均衡和可持续的城市韧性发展。

(二) 长江中游经济区城市韧性的障碍因子识别

1. 准则层障碍因子识别

2011—2022年长江中游经济区城市韧性准则层障碍因子的变化趋势反映了其在生态韧性、经济韧性、社会韧性、设施韧性四个维度的动态过程和发展趋势(图4)。其中,准则层的平均障碍度从大到小排序为设施韧性(34.95%)>社会韧性(26.52%)>经济韧性(21.77%)>生态韧性(16.75%),设施韧性和社会韧性是影响城市韧性的主要障碍因子,是制约城市韧性提升的重要因素。整体而言,2011—2022年各准则层障碍度的变化趋势较小。生态韧性的障碍度整体处于较低水平,由2011年的17.06%下降至2022年的15.61%,下降了1.45%,表明各城市在生态环境保护方面取得了积极成效,生态环境有所改善,为抵御灾害风险构建了更加牢固的生态屏障;经济韧性的障碍度整体呈现波动上升趋势,由21.88%上升至23.29%,上升了1.41%,表明区内城市间的经济发展水平和产业结构存在差异,导致整体经济韧性的提升受到制约。社会韧性的障碍度整体波动较小,由26.47%上升至26.72%,各城市在社会治理、公共服务等方面的表现相对稳定。设施韧性的障碍度虽有波动但整体呈下降趋势,由

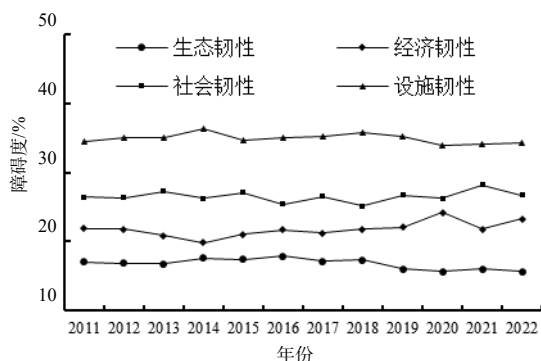


图4 长江中游经济区城市韧性准则层障碍因子

34.59%下降至34.38%,下降了0.21%,但其障碍度仍处于较高水平,表明各城市基础设施仍有待完善。

2. 指标层障碍因子识别

为深入分析评价指标对长江中游经济区城市韧性的影响,在准则层障碍因子识别的基础上,进一步开展指标层障碍因子识别。由于样本量过大,同样选取2011、2015、2020和2022年的数据进行指标层障碍因子分析(图5)。结果表明:城镇居民人均可支配收入(X_8)、城镇职工基本医疗保险参保率(X_{15})、公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重(X_{18})、公路客运量(X_{20})、互联网宽带入户率(X_{26})和移动电话普及率(X_{27})六个指标是制约长江中游经济区城市韧性提升的主要障碍因子。同时,障碍因子并非一成不变,会随时间推移不断发生变化。具体而言,2011年,城镇居民人均可支配收入(X_8)是制约城市韧性提升最主要的障碍因子,互联网宽带入户率(X_{26})紧随其后,公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重(X_{18})位列第三。2011年正值我国“十二五”开局之年,国内正处于经济转型期,面临着内需驱动不足、创新基础薄弱及治理效能待提升等诸多挑战,在这一时代背景下,这三个指标恰好反映了当时经济社会发展的突出问题,成为影响城市韧性的关键因素。2015年,城镇居民人均可支配收入(X_8)依旧是最主要的障碍因子,但城镇职工基本医疗保险参保率(X_{15})超越互联网宽带入户率(X_{26}),上升为第二大障碍因子,说明社会保障对城市韧性的影响正逐年增强。2020年,公路客运量(X_{20})超越城镇居民人均可支配收入(X_8)成为最主要的障碍因子,城镇居民人均可支配收入(X_8)变为第二大障碍因子,公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重(X_{18})继续位居第三。受疫情影响,人员流动受限,公路客运量遭受重创,彰显出城市基础设施对于城市韧性发展的重要性。2022年,公路客运量(X_{20})、城镇居民人均可支配收入(X_8)和公共管理和社会组织从业人员占就业人口比重(X_{18})继续位居前三。从准则层层级来看,主要障碍因子集中在社会韧性和设施韧性方面,这与准则层障碍因子识别结果相吻合。同时,部分指标障碍度呈逐年下降趋势,显示了长江中游经济区城市韧性提升的有效路径。比如,污水处理率的障碍度从2011年的

2.67%逐步下降至2022年的1.06%，这表明随着区域共治、协同推进生态环境污染治理“4+1”工程的不断推进，长江中游经济区在污水处理、生态环境建设方面取得了显著成效。

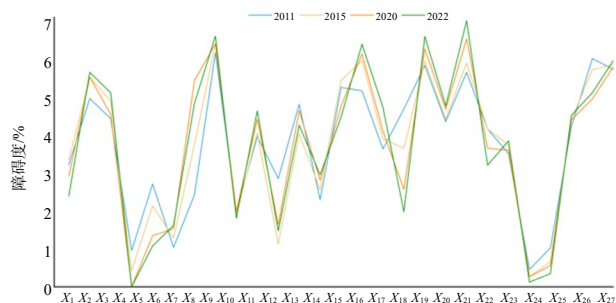


图5 长江中游经济区城市韧性指标层障碍因子

五、结论与建议

本文基于新基建背景，从“生态-经济-社会-设施”四个维度选取27个指标构建城市韧性水平评价指标体系，采用时空极差熵权-TOPSIS法测算出2011—2022年长江中游经济区31个城市的韧性水平，运用核密度估计法和自然断点法分析城市韧性的时空演进特征，并借助障碍度模型对城市韧性准则层和指标层障碍因子进行识别。研究结论如下：时间维度上，2011—2022年，长江中游经济区城市韧性水平整体呈上升趋势，但2015年、2020年出现两次拐点，且城市间韧性水平出现了明显分化；空间维度上，长江中游经济区城市韧性整体形成了以武汉、长沙和南昌为引领的三大核心区域，并呈现东南高西北低的分布格局，各城市之间韧性等级差距明显；障碍因子诊断方面，社会韧性和设施韧性是制约长江中游经济区城市韧性提升的最主要障碍因子，城镇居民人均可支配收入、城镇职工基本医疗保险参保率、公共管理和社会组织从业人员占就业人数比重、公路客运量、互联网宽带入户率和移动电话普及率6个指标是主要指标层障碍因子。基于上述结论，本文提出以下建议：

第一，强化区域合作，实现城市韧性均衡发展。一是强化省会城市的引领作用，以武汉、长沙、南昌为战略支点，依托其在科技创新、产业升级和公共服务领域的显著优势，通过“核心驱动、轴带串联、多点支撑”的协同发展模式，辐射带动周边城市协同共进。二是建立健全多层次、常态化的区域合作机制，包括设立专项合作基金，支持基础设施

互联互通、生态环境共保联治以及应急管理体系共建等重点领域项目，形成“以强带弱、以城带乡、以点带面”的均衡发展格局，增强长江中游经济区的整体抗风险能力。

第二，强化社会保障，着力提升城市社会韧性。一是要推动跨区域社会保障一体化，完善社会保障与公共服务协同机制，逐步实现“政策接轨、待遇互认”；二是要推动城市产业多元、产业结构稳定升级，强化劳动力技能培训，增加城镇居民就业机会和收入；三是增强社会公众防灾减灾救灾意识，提升全体市民安全素质和避险技能，形成“人人知晓、人人参与、人人尽责”城市安全文化氛围；四是要整合高校、科研院所、企业和社会组织多方力量，激发社会各方力量参与韧性社会建设热情，形成稳态社会。

第三，强化数智赋能，以新基建提升城市韧性。一是打造城市智能底座，以人民为中心，推进城市传统基础设施进行数字化改造，形成物理硬件、智慧软件和网络空间融合的城市生命体，实现城市自我更新、自我进化和自我适应；二是建设智慧决策中枢，以新一代信息技术为依托，深度融合GIS、大数据、人工智能和数字终端，提升城市风险灾害预警、响应和联动能力；三是积极探索城市治理创新模式，着力构建人-城-系统治理体系，强化跨区域协同治理与应急联动，培育韧性居民、韧性家庭、韧性社区和韧性街区，实现多元共治提升城市韧性。

注释：

- ① 数据来源：江西省应急管理厅，https://yjglt.jiangxi.gov.cn/jxsyjglt/col/col37542/content/content_1854635441217269760.html。
- ② 数据来源：国家应急管理部，<http://www.mem.gov.cn/xw/yjg1bgzdt/202501/t20250117-518491.shtml>。
- ③ 资料来源：中央人民政府，https://www.gov.cn/xinwen/2018-12/21/content_5350934.htm。
- ④ 资料来源：中央人民政府，https://www.gov.cn/xinwen/2020-04/21/content_5504561.htm。

参考文献：

- [1] 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.
- [2] MEEROW S, NEWELL P J, STULTS M. Defining urban resilience: A review[J]. Landscape and Urban planning, 2016, 147, 38-49.

- [3] RUSHIKESH K, SHIPRA G, ASHWANI K, et al. Challenges in practical implementation of the concept of urban resilience in cities [J]. International journal of disaster risk reduction, 2023, 99: 104142.
- [4] 杜力. 何谓城市韧性?——对韧性城市基本概念的分析 [J]. 天津行政学院学报, 2022, 24(3): 46-56.
- [5] 刘海龙, 安芷萱, 王焕珂, 等. 京津冀城市群县城城市韧性与创新效率耦合协调时空演变及影响因素的空间异质性[J]. 地理研究, 2025, 44(2): 577-602.
- [6] 尹建军, 胡静, 黄宇瑄. 长江中游城市群城市韧性时空演化特征及动态预测研究[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(11): 2312-2325.
- [7] 胡雨晨, 张梦琳, 毛义华, 等. 基于多灾害的城市韧性评估及应用研究[J]. 城市发展研究, 2024, 31(2): 35-43.
- [8] 王璇, 王成新, 史佳璐. 中原城市群城市韧性时空演进及跃迁机制[J]. 地理科学, 2024, 44(7): 1206-1216.
- [9] 吴佳. 从规划到治理: 超大城市韧性提升的复合逻辑[J]. 探索, 2025(1): 114-124.
- [10] 姚翠友, 田一凡, 王听听, 等. 京津冀城市群城市韧性时空演变及协调度分析[J]. 生态经济, 2025, 41(3): 95-102.
- [11] 刘成杰, 苏虹, 李勇. 长江经济带城市韧性时空演变、区域差异与空间收敛性研究[J]. 统计与信息论坛, 2024, 39(8): 29-42.
- [12] 夏方舟, 李宇萌. 京津冀城市群城市韧性水平评估及障碍因子分析[J]. 北京联合大学学报(人文社会科学版), 2024, 22(3): 85-95.
- [13] 王儒奇, 陶士贵. 中国实体经济韧性的测度及影响因素分析[J]. 江苏大学学报(社会科学版), 2025, 27(1): 43-60.
- [14] 陈建刚, 龚应安, 郑凡东, 等. 基于AHP和熵权法的北京水务韧性评价体系构建[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2024, 60(5): 782-788.
- [15] 孟晓静, 陈鑫, 陈佳静, 等. 组合赋权-TOPSIS在洪涝灾害下城市区域韧性评估中的应用[J]. 安全与环境学报, 2023, 23(5): 1465-1473.
- [16] 辛慧, 耿晓磊, 厉成伟, 等. 基于PSR模型及熵权法的城市公园韧性评估及影响分析——以上海市为例[J]. 复旦学报(自然科学版), 2025, 64(1): 64-79.
- [17] 姜海宁, 郑舒婷, 杨琪, 等. 黄河流域资源型城市人居环境韧性水平演化及其障碍度[J]. 资源科学, 2024, 46(10): 2047-2063.
- [18] 黄琼, 崔子怡. 中国城市韧性发展水平测度、差异分解与动态演变及障碍因子识别[J]. 统计与决策, 2023, 39(13): 106-111.
- [19] 李国庆. 韧性城市的建设理念与实践路径[J]. 人民论坛, 2021(25): 86-89.
- [20] 肖竞, 钟海洁, 邵筱萱, 等. 文旅融合背景下历史街区社会韧性测度与业居关联微干预调节——以重庆市磁器口街区为例[J]. 现代城市研究, 2024(9): 66-73.
- [21] HOLLING C S. Resilience and stability of ecological systems[J]. Annual review of ecology and systematics, 1973, 4(4): 1-23.
- [22] PENG Y, WANG Z, ZHANG Y, et al. Facilitating or hindering? The impact of low-carbon pilot policies on socio-ecological resilience in resource-based cities[J]. Land, 2025, 14(1): 147-147.
- [23] 任园园, 张勤. 演进韧性视角下城市社区治理转型: 从结构到过程的建设路径[J]. 南京社会科学, 2024(2): 65-73, 85.
- [24] 王璇, 王成新, 史佳璐. 中原城市群城市韧性时空演进及跃迁机制[J]. 地理科学, 2024, 44(7): 1206-1216.
- [25] 尹德挺, 营立成, 陈革梅. “韧性城市”建设: 理论逻辑、评估机制与实践路径[J]. 广州大学学报(社会科学版), 2023, 22(2): 113-121.
- [26] ALLIANCE R. Urban resilience research prospectus[M]. Canberra: Csiro, 2007.
- [27] SPAANS M, WATERHOUT B. Building up resilience in cities world wide-rotterdam as participant in the 100 resilient cities programme[J]. Cities, 2017, 61: 109-116.
- [28] 应超, 李加林, 刘永超, 等. 东海海岸带县域城市韧性演化及影响因素[J]. 地理学报, 2024, 79(2): 462-483.
- [29] 付媛, 岳由. 智慧城市试点政策对城市韧性的影响: 效应及机制[J]. 人文杂志, 2024(3): 130-140.
- [30] 张立新, 张家瑞. 中国新基建与区域韧性耦合协调发展: 时空差异与演变趋势 [J]. 干旱区地理, 2024, 47(12): 2164-2176.
- [31] 张友国, 窦若愚, 白羽洁. 中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(8): 83-102.
- [32] 陈有川, 张延奇, 段文婷, 等. 基于多源数据的省域县城韧性发展水平评价研究——以山东省为例[J]. 城市发展研究, 2024, 31(11): 18-23.
- [33] 刘成杰, 苏虹, 李勇. 长江经济带城市韧性时空演变、区域差异与空间收敛性研究[J]. 统计与信息论坛, 2024, 39(8): 29-42.

责任编辑: 曾凡盛