

# 我国区域供应链韧性测度及时空分异特征研究

贺远琼, 欧阳航, 孟家琪

(华中科技大学 管理学院, 武汉 430070)

**摘要:**基于供给侧、连通侧、需求侧、保障侧4个维度构建了我国区域供应链韧性评价指标体系,测算不同省份和区域的供应链韧性水平;运用多种研究方法,分析我国2017—2022年各区域供应链韧性的时空分异特征。研究发现:(1)我国不同区域供应链韧性存在明显差异,总体上东部地区供应链韧性高于中部和西部地区;(2)2017—2022年我国各区域供应链韧性演变可分为波动向好型、稳步发展型、略显衰退型三种类型;(3)各区域供应链韧性水平均有所上升,且东部地区提升明显,中部次之,西部最小;(4)我国供应链韧性整体差异逐渐增大,东部地区区域内供应链韧性差异最大;(5)我国供应链韧性存在显著的空间正相关性,同时空间集聚态势近年来有所减弱。

**关键词:**区域供应链韧性;评价指标体系;时空特征

**DOI:**10.13956/j.ss.1001-8409.2025.06.06

**中图分类号:**F274

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-8409(2025)06-0034-09

## Resilience Measurement and Spatio-temporal Characteristics of China's Regional Supply Chains

HE Yuan-qiong, OUYANG Hang, MENG Jia-qi

(School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430070)

**Abstract:** This paper constructs an evaluation index system for assessing the resilience of China's regional supply chains across four dimensions: supply, connect, demand, and support, enabling comprehensive evaluation across provinces. Using data from 2017 to 2022, the study analyzes the spatiotemporal patterns of resilience. Key findings are: (1) significant regional variations exist, with the eastern region showing higher resilience than the central and western regions; (2) resilience evolution from 2017 to 2022 follows three trends: positive fluctuations, steady growth, and slight decline; (3) all regions have improved, with the eastern region showing the greatest enhancement; (4) regional disparities in resilience have widened, with the eastern region exhibiting the largest intraregional differences; (5) while spatial correlation in resilience persists, spatial agglomeration has weakened.

**Key words:** regional supply chain resilience; evaluation index system; spatio-temporal characteristics

近年来,全球政治、经济环境持续动荡,突发性公共卫生事件、贸易摩擦、区域冲突等频发,对我国供应链安全和稳定带来了巨大挑战。习近平总书记在中共中央政治局第十一次集体学习时强调,要围绕发展新质生产力布局产业链,提升产业链供应链韧性和安全水平,保证产业体系自主可控、安全可靠。因此,如何提升供应链韧性、保障区域供应链安全稳定成为当前政府部门、工业界以及学术界等各方重点关切的问题。

现阶段对供应链韧性的研究多数基于微观层面,主要从企业视角出发,采取定性或定量的方法探究企业提

升供应链应对风险能力的具体路径<sup>[1,2]</sup>,关注供应链运行的高效性与稳定性<sup>[3]</sup>;另外,宏观层面考察供应链韧性的研究虽然有所增加,但更侧重于探讨宏观经济风险与供应链安全之间的关系<sup>[4]</sup>,或是结合粮食<sup>[5,6]</sup>、能源<sup>[7]</sup>、制造<sup>[8,9]</sup>等特定行业开展的产业链供应链安全评估,强调产业体系的要素构成与完整性,并未对我国不同区域的供应链韧性量化及韧性差异开展进一步研究。考虑到我国各区域所具备的资源禀赋、基础设施、产业结构、政策体系、供需能力等发展要素之间的异质性较强<sup>[10]</sup>,不同区域的供应链抗风险能力存在明显差异,相

收稿日期:2024-05-28

基金项目:国家自然科学基金项目(72272058)

作者简介:贺远琼(1978—),女,江西南昌人,博士、教授,研究方向为战略管理;欧阳航(2000—),男,湖北钟祥人,硕士研究生,研究方向为供应链韧性(通讯作者);孟家琪(1998—),女,河南漯河人,博士研究生,研究方向为企业战略管理。

应的供应链韧性也会有显著区别,所以有必要对我国各区域供应链韧性的演变规律与区域差异进行精准识别,以推动我国各区域资源优化配置、增强供应链抗风险能力。

基于此,本文将聚焦区域供应链运作,立足韧性相关理论,构建区域供应链韧性评价指标体系,在科学测算不同区域供应链韧性水平的基础上,分析韧性演变规律和区域差异特征,从而为我国供应链高质量发展提出针对性的政策建议。本文的边际贡献包括:第一,基于区域视角,通过解构供应链的不同环节,建立基于供给侧、连通侧、需求侧、保障侧4个维度的区域供应链韧性评价指标体系,丰富了宏观层面的供应链韧性研究;第二,利用核密度估计、Dagum基尼系数分解法与Moran's I指数等方法全方位刻画我国区域供应链韧性的空间分布、区域差异及演变规律,为我国供应链安全体系建设提供决策参考。

## 1 文献回顾

供应链中断是指任何导致产品的生产、销售或分销中断的事件。一般而言,供应链的中断会给企业造成重大的财务和运营损失,而有些组织及其供应链拥有从中断中恢复的能力,该能力即“供应链韧性”。

供应链韧性的概念历经了工程视角、生态视角、演化视角3个阶段演变。供应链韧性最早被定义为“供应链受到干扰后能够恢复到原状态或者更加理想状态的能力”<sup>[11]</sup>,这一定义将供应链视作某种“静态、封闭的工程系统”,其与外部环境存在明确界限。然而现实情况下供应链同外界并非完全割裂,其在中断前后所处环境必然相异,这就使得“仍旧能够回归原始平衡”的单一假设不再有绝对说服力。所以,更多学者引入社会-生态学观点开展探讨,将供应链韧性重新解释为“复杂、自组织的适应性系统”,强调供应链在不可预测的破坏性环境中适应和改造系统本身的能力<sup>[12]</sup>。演化视角阶段则进一步深化了供应链韧性的内涵,它挑战了工程视角和生态视角供应链韧性都认可的系统平衡的概念,认为供应链系统本身是复杂的、非线性的、可以自我组织的,供应链系统不仅受外部风险影响,也可能由于系统内部压力而发生变化。生态视角和演化视角实际上强调了人类能动性的作用,供应链参与者可以使用多种策略来增强供应链韧性<sup>[13]</sup>。

随着供应链韧性概念的拓展,供应链韧性的研究也逐渐从企业微观层面延伸到国家宏观层面,关注整个产业体系的安全与稳定。以2019年底暴发的全球性新冠疫情为例,其作为近年来具有代表性的突发事件,对全球经济造成了一系列连锁反应,严重破坏了各地供应链系统。众多学者就新冠疫情如何影响供应链韧性开展

了深入研究,例如,Graves等分别从需求、供给及物流维度分析新冠疫情对于供应链整体的影响<sup>[14]</sup>,Xu等分别从需求侧和供给侧论证新冠疫情带给供应链管理的威胁与挑战<sup>[15]</sup>。

另外,学者们也从不同角度探讨了供应链韧性的评价指标和测量方法。主要分为以下几类:(1)能力视角,即识别与测量影响供应链韧性的关键能力。例如黎方中和张磊磊从反应能力、适应能力、恢复能力3个方面构造了制造企业供应链韧性量化指标体系<sup>[16]</sup>。(2)绩效视角,即基于供应链发生中断前后的绩效变化衡量供应链韧性。如Munoz和Dunbar以一个多维度、多层次的运营供应链韧性指标来对中断发生后的瞬态响应措施进行定量评估,以此分析供应链在中断事件发生后恢复到预期水平所需时间<sup>[17]</sup>。(3)网络视角,基于供应链的网络体系进行测量。如Kim等通过考察网络中实体之间的结构关系来概念化供应网络中断和韧性,并提出了基于节点/弧中断总数的供应网络韧性指标<sup>[18]</sup>;沈曦等基于多层复杂网络理论,建立了镍矿资源供应链网络模型,并据此对我国镍矿供应链网络节点中的风险韧性进行了评价<sup>[7]</sup>。

可以发现,目前供应链韧性的评价指标和方法主要基于企业微观视角,忽略了宏观供应链的结构特征及其运行的支撑体系,其成果难以直接应用在区域层面的相关研究中。因此,本文通过解构供应链的不同环节,从供给侧、连通侧、需求侧、保障侧4个维度构建了区域层面的供应链韧性评价指标体系,并在此基础上测度分析了我国区域供应链韧性现状和时空分异特征。

## 2 研究方法与数据说明

### 2.1 区域供应链韧性评价指标体系构建

供应链运作贯穿产品或服务从供给端到消费端的全流程,上游的生产者、中间的运输者、下游的需求者共同构成了供应链上的关键“节点”。依靠“节点”间的商流、物流、信息流和资金流的有序传导与交互,最终形成一个多维立体的价值网络体系<sup>[19,20]</sup>。

区域供应链韧性反映的是特定地区供应链网络体系抗风险能力。在区域供应链网络中,任一关键节点的波动都会对整个供应链的稳定性造成巨大冲击,因此,衡量区域供应链韧性水平,需从供应链的各构成环节出发,系统性地考察整个供应链网络的运作情况。具体包括以下方面:①供给能力和需求水平。供应活动与消费活动的平衡是供应链运行的基础,因此,需首先从区域供应链的供给能力和需求水平方面考察区域供应链韧性。②连通侧的对接效率。运输活动是保证供给端和消费端之间形成有效互动的关键纽带。从供给端来看,供应活动是供应链的起点,是运输需求产生的驱动力,

区域内产品的供给能力会影响运输活动的具体规模和频率;同时,区域运输能力限制又会反作用于供应端的产品规模和结构。从需求端来看,消费活动是供应链的终点,是运输能力发展的导向力量,区域内的消费需求特征精准决定了运输活动的方向、流量以及质量;同时,区域供应链的运输可及性和服务质量又反作用于需求端的商品流通和消费决策。因此,连通侧的对接效率是衡量供给端和消费端互动匹配程度的重要指标。③政策环境与支持力度。资金、能源、劳动供给等基本要素是维系供应链高效运行的重要保障,政府通过财政、金融等手段,能够及时调节区域内的供给、运输和消费活动之间的互动匹配关系。因此,还需从政策环境与支持力度视角出发,考虑政府发挥的保障侧作用。

基于此,本文采取构建指标体系的方法,选取4个维度22个经济指标对区域供应链韧性进行量化,具体如下:

(1)供给侧韧性,代表特定区域供给能力,涵盖供给规模和供给质量等方面。选用地区生产总值、企业法人单位数、电力消费量反映区域供应链的供给规模,选用工业生产者购进价格指数、工业生产者出厂价格指数、商品零售价格指数反映区域供应链的供给质量。

(2)需求侧韧性,代表特定区域需求水平,涵盖需求规模和消费水平等方面。选用社会消费品零售总额指标反映区域供应链的需求规模,选用居民人均消费支出、居民消费价格指数共同指标反映区域供应链的消费水平。

(3)连通侧韧性,代表特定供应链网络中供给端和需求端的互动对接程度。节点对接效率会影响整个区域内供给端到需求端的运行稳定性和顺畅程度,本文选用运输路线长度、航空邮路长度、邮政营业网点数指标衡量区域内的基础运输能力,选用货物周转量、机场货邮吞吐量、港口货物吞吐量指标衡量区域内运输活动与供给活动的对接效率,选用快递业务量、民用汽车拥有量、社会物流总额指标衡量区域内运输活动与消费活动的对接效率。

(4)保障侧韧性,代表特定区域保证供应链运行的保障能力。选用金融机构人民币贷款余额、能源生产量、地方政府财政支出、就业人员数指标反映政府在资金、能源、人力资本等方面发挥的保障作用。

## 2.2 指标权重确定

相较于主观赋权法,熵值法有利于避免主观评价而带来的误差,其被广泛应用于经济韧性、城市发展水平等的研究中<sup>[9]</sup>。本文采用熵值法(式(1)至式(5))确定区域供应链韧性评价指标体系中各指标权重,结果如表1所示。

熵值法计算指标权重的主要步骤如下:

### ①原始数据标准化处理

正向指标

$$X^* = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (1)$$

负向指标

$$X^* = \frac{\max(X) - X}{\max(X) - \min(X)}$$

### ②计算i省指标j的比重 $P_{ij}$

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}^*}{\sum_{i=1}^n X_{ij}^*} \quad (2)$$

③计算指标j的信息熵 $e_j$ ,其中k为常数,其大小与样本数量m相关, $k = \frac{1}{\ln m}$

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n (P_{ij} \times \ln P_{ij}) \quad (3)$$

### ④计算指标j的差异系数 $d_j$

$$d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

### ⑤计算得到各指标权重 $w_j$

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (5)$$

## 2.3 主要研究区域

本文参照国务院发展研究中心的划分原则,仅选取全国31个省、市、自治区作为研究样本,将其划分为八大经济区(见表2)进行研究。同时,限于西藏自治区部分数据不全,本文未将其纳入研究样本。

## 2.4 数据来源及处理

2017年,国务院办公厅印发我国首个针对供应链创新发展的指导性文件《关于积极推进供应链创新与应用的指导意见》,此后并陆续出台了一系列支持供应链韧性建设的相关政策条例,标志着我国逐渐将供应链韧性建设置于战略高位。因此,本文选取2017—2022年作为研究区间,考察我国供应链韧性的时空分异特征。本文数据主要来源于中经网统计数据库、国家统计局、历年各省市《统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国港口统计年鉴》。为更清晰地研究我国区域供应链韧性的演变情况,本文采用季度数据对供应链韧性进行测度,由于数据可得性问题,本文部分指标的季度数据由年度数据使用二次插值法转换处理形成。

## 3 我国区域供应链韧性总体情况分析

### 3.1 我国区域供应链韧性测度

在前文已利用熵值法求得区域供应链韧性评价体系各指标权重的基础上,本部分进一步采用TOPSIS法(式(6)至式(9))对我国30省市供应链韧性进行综合评估。具体步骤如下:

#### ①构建加权决策矩阵, $w_j$ 为各指标权重

$$R = (R_{ij})_{min} = (w_j^* X^*)_{min} \quad (6)$$

表 1 我国区域供应链韧性评价指标体系

| 一级指标  | 二级指标        | 单位    | 性质 | 指标权重  |
|-------|-------------|-------|----|-------|
| 供给侧韧性 | 工业生产者购进价格指数 |       | -  | 0.002 |
|       | 地区生产总值      | 亿元    | +  | 0.038 |
|       | 工业生产者出厂价格指数 |       | -  | 0.002 |
|       | 商品零售价格指数    |       | -  | 0.004 |
|       | 企业法人单位数     | 个     | +  | 0.050 |
|       | 电力消费量(实物量)  | 亿千瓦时  | +  | 0.034 |
|       | 运输路线长度      | 千米    | +  | 0.025 |
|       | 航空邮路长度      | 千米    | +  | 0.058 |
| 连通侧韧性 | 货物周转量       | 亿吨千米  | +  | 0.039 |
|       | 机场货邮吞吐量     | 万吨    | +  | 0.087 |
|       | 港口货物吞吐量     | 万吨    | +  | 0.111 |
|       | 快递业务量       | 万件    | +  | 0.117 |
|       | 民用汽车拥有量     | 万辆    | +  | 0.037 |
|       | 社会物流总额      | 亿元    | +  | 0.105 |
|       | 邮政营业网点数     | 处     | +  | 0.034 |
|       | 社会消费品零售总额   | 亿元    | +  | 0.040 |
| 需求侧韧性 | 居民人均消费支出    | 元/人   | +  | 0.030 |
|       | 居民消费价格指数    |       | -  | 0.005 |
|       | 就业人员数       | 万人    | +  | 0.032 |
| 保障侧韧性 | 能源生产量       | 万吨标准煤 | +  | 0.082 |
|       | 地方政府财政支出    | 亿元    | +  | 0.025 |
|       | 金融机构人民币贷款余额 | 亿元    | +  | 0.043 |

注: + 表示正向指标, - 表示负向指标

表 2 我国经济区域划分

| 区域   | 子区域    | 省份             |
|------|--------|----------------|
| 东部地区 | 北部沿海地区 | 山东、河北、北京、天津    |
|      | 东部沿海地区 | 江苏、浙江、上海       |
|      | 南部沿海地区 | 广东、福建、海南       |
|      | 东北地区   | 辽宁、吉林、黑龙江      |
| 中部地区 | 长江中游地区 | 湖南、湖北、江西、安徽    |
|      | 黄河中游地区 | 陕西、河南、山西、内蒙古   |
| 西部地区 | 西南地区   | 广西、云南、贵州、四川、重庆 |
|      | 西北地区   | 甘肃、青海、宁夏、新疆    |

②利用加权矩阵确定正负理想值  $R^+$  和  $R^-$

$$R^+ = \max(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{ij})$$
$$R^- = \min(r_{1j}, r_{2j}, \dots, r_{ij}) \quad (7)$$

③计算欧氏距离  $D_i$

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^+)^2}$$
$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (r_{ij} - R_j^-)^2} \quad (8)$$

④计算相对贴进度  $C_i$ ,  $C_i$  越大表明该省份供应链韧性水平越高

$$C_i = \frac{D_i^+}{D_i^+ + D_i^-} \quad (9)$$

3.2 各区域供应链韧性横向比较

为更好呈现各省市供应链韧性水平及差异,本文将

30 省市 2017—2022 年供应链韧性得分取均值处理,并对其进行排序,结果如表 3 所示。

可以看出,我国不同区域供应链韧性差异显著,呈现出明显的非均衡发展特征。其中,广东供应链韧性综合得分最高,是排在最后一位青海的 17.12 倍。在 30 省市中,供应链韧性综合得分前五的分别是广东、江苏、浙江、山东、上海,得分最低的分别是青海、宁夏、海南、甘肃、吉林。

从一级指标得分上看,各省份在 4 个一级指标下均存在较大差异。在连通侧韧性下各省供应链韧性的离散系数达到 0.912,差异性最为明显;其次为供给侧韧性;需求侧韧性和保障侧韧性的差异性相对较小。

从驱动因素上看,综合得分排在前五位的省份在 4 个一级指标下的得分排名均比较高,但其驱动因素有所差异。其中,广东、江苏、浙江各一级指标得分均位于前列,使得其综合得分值明显领先于其他省份;与之不同的是,上海虽在供给侧韧性和保障侧韧性表现一般,但因其连通侧韧性和需求侧韧性得分较高,使其综合得分进入前五。综合得分排在后五位的省份在各一级指标上均表现较弱。其中,海南、青海、宁夏在供给侧韧性和保障侧韧性劣势明显;青海同时在连通侧韧性劣势突出,得分仅为倒数第二位宁夏的 1/3。

表 3 2017—2022 年各省供应链韧性平均得分及排序

| 编号 | 省份   | 供给侧韧性 |    | 连通侧韧性 |    | 需求侧韧性 |    | 保障侧韧性 |    | 综合得分  |    |
|----|------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
|    |      | 数值    | 排序 | 数值    | 排序 | 数值    | 排序 | 数值    | 排序 | 数值    | 排序 |
| 1  | 北京   | 0.032 | 12 | 0.077 | 14 | 0.038 | 5  | 0.027 | 20 | 0.186 | 12 |
| 2  | 天津   | 0.015 | 24 | 0.039 | 23 | 0.020 | 15 | 0.015 | 26 | 0.098 | 24 |
| 3  | 河北   | 0.046 | 6  | 0.142 | 6  | 0.018 | 16 | 0.041 | 9  | 0.246 | 6  |
| 4  | 山西   | 0.025 | 16 | 0.045 | 20 | 0.011 | 24 | 0.081 | 2  | 0.225 | 7  |
| 5  | 内蒙古  | 0.034 | 11 | 0.089 | 9  | 0.022 | 13 | 0.037 | 13 | 0.199 | 9  |
| 6  | 辽宁   | 0.028 | 14 | 0.083 | 11 | 0.018 | 17 | 0.028 | 17 | 0.158 | 16 |
| 7  | 吉林   | 0.012 | 27 | 0.032 | 24 | 0.010 | 25 | 0.013 | 27 | 0.063 | 26 |
| 8  | 黑龙江  | 0.014 | 25 | 0.024 | 28 | 0.012 | 23 | 0.023 | 23 | 0.067 | 25 |
| 9  | 上海   | 0.027 | 15 | 0.156 | 5  | 0.042 | 4  | 0.029 | 16 | 0.305 | 5  |
| 10 | 江苏   | 0.092 | 2  | 0.216 | 3  | 0.049 | 2  | 0.067 | 4  | 0.414 | 2  |
| 11 | 浙江   | 0.068 | 4  | 0.252 | 2  | 0.043 | 3  | 0.055 | 7  | 0.413 | 3  |
| 12 | 安徽   | 0.036 | 10 | 0.078 | 13 | 0.024 | 11 | 0.040 | 10 | 0.163 | 14 |
| 13 | 福建   | 0.039 | 7  | 0.089 | 8  | 0.030 | 7  | 0.027 | 19 | 0.167 | 13 |
| 14 | 江西   | 0.025 | 17 | 0.062 | 16 | 0.016 | 18 | 0.024 | 22 | 0.117 | 19 |
| 15 | 山东   | 0.084 | 3  | 0.182 | 4  | 0.035 | 6  | 0.064 | 5  | 0.334 | 4  |
| 16 | 河南   | 0.049 | 5  | 0.114 | 7  | 0.026 | 10 | 0.052 | 8  | 0.211 | 8  |
| 17 | 湖北   | 0.037 | 9  | 0.081 | 12 | 0.028 | 8  | 0.037 | 12 | 0.162 | 15 |
| 18 | 湖南   | 0.031 | 13 | 0.066 | 15 | 0.024 | 12 | 0.035 | 15 | 0.137 | 17 |
| 19 | 广东   | 0.104 | 1  | 0.383 | 1  | 0.053 | 1  | 0.091 | 1  | 0.582 | 1  |
| 20 | 广西   | 0.024 | 19 | 0.053 | 18 | 0.012 | 21 | 0.025 | 21 | 0.107 | 22 |
| 21 | 海南   | 0.007 | 30 | 0.028 | 26 | 0.009 | 26 | 0.003 | 30 | 0.057 | 28 |
| 22 | 重庆   | 0.022 | 22 | 0.060 | 17 | 0.021 | 14 | 0.020 | 24 | 0.120 | 18 |
| 23 | 四川   | 0.038 | 8  | 0.085 | 10 | 0.027 | 9  | 0.062 | 6  | 0.188 | 11 |
| 24 | 贵州   | 0.020 | 23 | 0.042 | 22 | 0.012 | 22 | 0.028 | 18 | 0.099 | 23 |
| 25 | 云南   | 0.024 | 20 | 0.044 | 21 | 0.014 | 20 | 0.036 | 14 | 0.108 | 21 |
| 26 | 陕西   | 0.025 | 18 | 0.051 | 19 | 0.015 | 19 | 0.069 | 3  | 0.191 | 10 |
| 27 | 甘肃   | 0.013 | 26 | 0.025 | 27 | 0.008 | 28 | 0.017 | 25 | 0.059 | 27 |
| 28 | 青海   | 0.007 | 29 | 0.007 | 30 | 0.007 | 30 | 0.007 | 28 | 0.034 | 30 |
| 29 | 宁夏   | 0.009 | 28 | 0.020 | 29 | 0.008 | 29 | 0.006 | 29 | 0.056 | 29 |
| 30 | 新疆   | 0.023 | 21 | 0.031 | 25 | 0.009 | 27 | 0.038 | 11 | 0.113 | 20 |
| -  | 离散系数 | 0.720 | -  | 0.912 | -  | 0.579 | -  | 0.611 | -  | 0.695 | -  |

### 3.3 各区域供应链韧性时序特征

为便于纵向比较不同地区供应链的韧性演变趋势,本文将 30 省市划分为八大区域(表 2)进行研究。通过对 2017—2022 年八大区域供应链韧性测度值的梳理,发现各区域可据其供应链韧性演变特征划分为波动向好型、稳步发展型和略显衰退型三类。

(1)波动向好型,即供应链韧性随时间变化逐步提升的区域,如图 1 所示。属于该演变类型的区域有东部沿海、南部沿海、长江中游和北部沿海地区。该类型区域的供应链受到 2019 年以来的几波新冠疫情冲击明显,在 2020 年一季度、2021 年一季度、2022 年四季度等时间节点供应链韧性呈现明显下降趋势。但整体而言,

这些区域的供应链韧性在受到冲击下滑后均会较快恢复到原有水平甚至提升到更高水平。

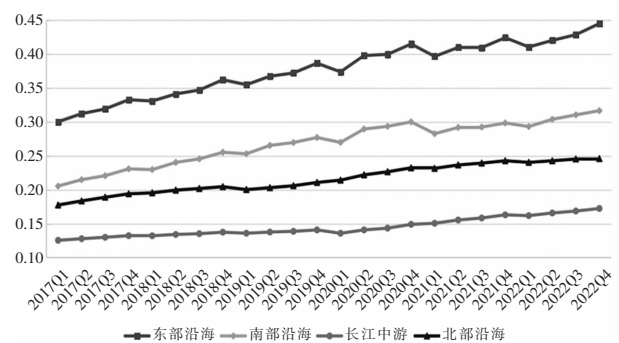


图 1 波动向好型区域

(2) 稳步发展型,即供应链韧性无明显波动且总体而言有所上升的区域,如图2所示。该类型区域在受到2019年新冠疫情暴发冲击后供应链韧性未发生明显下滑,且保持稳步提升,其中以黄河中游地区和西南地区表现明显。

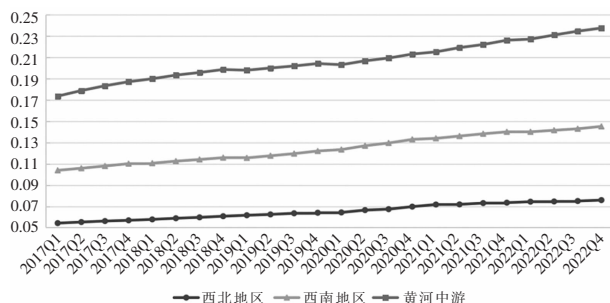


图2 稳步发展型区域

(3) 略显衰退型,即2022年供应链韧性低于以往年份的区域。该类型的主要代表是东北地区,图3显示了东北地区在2017年第四季度以后供应链韧性呈明显下滑趋势,虽然此后还有所回升,但未改变其供应链韧性随时间衰退的趋势。

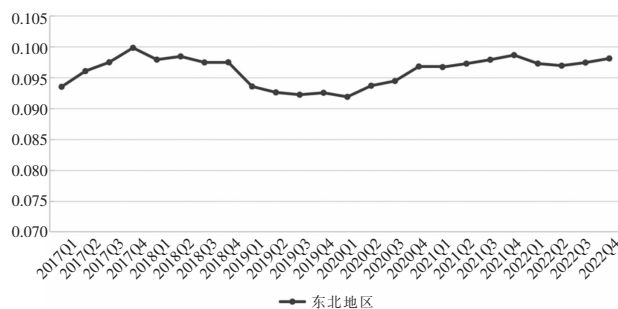


图3 略显衰退型区域

#### 4 我国区域供应链韧性分布特征分析

##### 4.1 核密度估计

核密度估计是目前较为成熟的研究不平衡分布的方法,本文选取核密度估计中常用的高斯核函数<sup>[4,21]</sup>,将全国根据东部、中部、西部地区分为三组,分析我国各区域供应链韧性的分布特征及动态演进过程。

##### 4.2 分布特征及动态演进过程

图4至图7为我国整体、东部、中部、西部地区供应链韧性的核密度分布图。为更直观展示区域供应链韧性动态演进过程,本部分只截取2017年第四季度、2018年第四季度、2019年第四季度、2020年第四季度、2021年第四季度、2022年第四季度6个时间点来进行分析。

结果表明,我国整体、东部、中部和西部地区核密度分布曲线均存在明显的主峰,意味着这些区域的子区域供应链韧性均呈现明显的极化现象。且相对于东部地区而言,这种极化现象在西部和中部更为突出,表明西

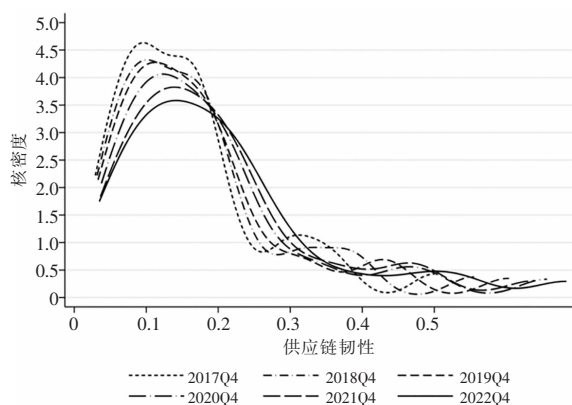


图4 全国供应链韧性核密度

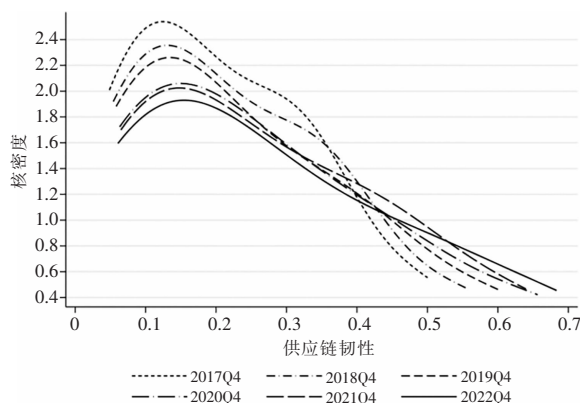


图5 东部地区供应链韧性核密度

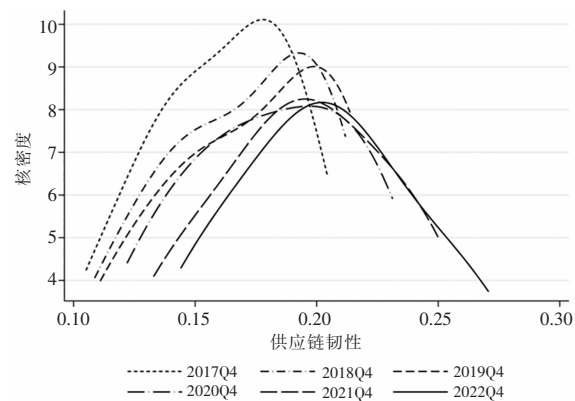


图6 中部地区供应链韧性核密度

部和中部的子区域供应链韧性的差异相对较小。

从分布位置上看,无论是我国整体,还是东部、中部以及西部地区,其供应链韧性的核密度曲线主峰均明显向右偏移,意味着我国整体和各区域的供应链韧性均有所上升。其中,东部地区主峰右移幅度最大,西部地区右移幅度最小,表明我国供应链韧性提升幅度呈现由东至西递减态势。

从分布延展性上看,东部、西部地区的供应链韧性核密度分布曲线均存在明显的右拖尾现象,说明东部和西部地区区域内存在供应链韧性较高的省市。同时东部地区右拖尾呈延长趋势,西部地区右拖尾呈先延长后

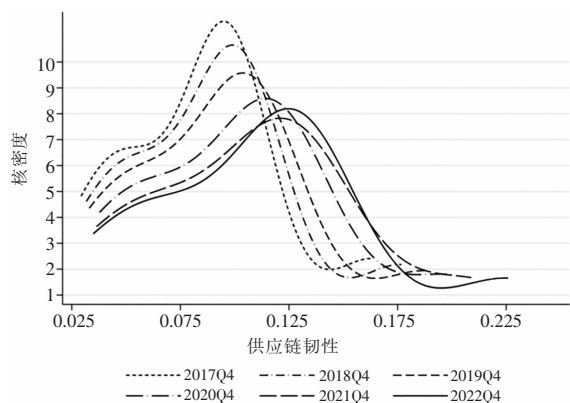


图7 西部地区供应链韧性核密度

缩短趋势,表明东部地区区域内的韧性差异有扩大趋势,而西部地区区域内差异则是先扩大后缩小。

## 5 我国区域供应链韧性区域差异分析

Dagum 基尼系数分解法可有效利用区域间样本交叉影响的信息,准确识别差距的来源及其变化趋势,在分析空间非均衡现象方面具有明显优势<sup>[22]</sup>。本文采用Dagum 基尼系数分解法对我国供应链韧性区域差异进行分析。图8、图9为我国整体和东部、中部、西部地区基尼系数折线图。

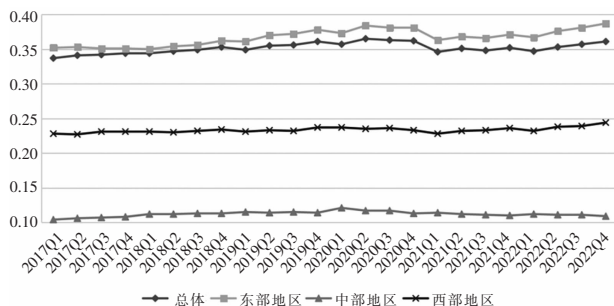


图8 总体及区域内基尼系数

### (1) 总体差异分析

图8显示,2017—2022年,我国供应链韧性总体基尼系数波动上升,表明我国供应链韧性整体差异呈扩大趋势。值得注意的是,总体基尼系数波动主要出现在2020年一季度至2022年一季度,其原因在于此期间新冠疫情对我国供应链体系冲击较大,造成供应链韧性的异常。

### (2) 区域内部差异特征

图8显示,我国东部、中部、西部地区的区内基尼系数存在明显差异。东部地区区域内基尼系数由2017年一季度的0.352上升至2022年四季度的0.387,上升幅度约为10%,说明东部地区区域内供应链韧性差异较大,同时差异上升幅度也较大。其中,2017年一季度至2019年四季度呈平稳上升趋势;2020年一季度至2022年一季度呈波动趋势,此后又恢复上升趋势,出现上述

走势的原因在于2019年至2022年我国新冠疫情反复、疫情防控政策严格。

中部地区区域内基尼系数由2017年一季度的0.104上升至2022年四季度的0.109,上升幅度仅为4.8%,说明中部地区子区域之间的供应链韧性的差异较小、差异上升幅度也相对较小。其中,2017年一季度至2020年一季度,中部地区基尼系数呈缓慢上升态势,但在2020年一季度之后,中部地区基尼系数一直持续下降。其主要原因在于新冠疫情最早在中部地区暴发,对中部地区破坏性影响较大,尤其是原本供应链韧性较强的湖北省等地受到了最大的冲击,供应链韧性水平下降明显,进而导致中部地区内部各地区之间的供应链韧性差异有所缩小。

西部地区区域内基尼系数由2017年一季度的0.228上升至2022年四季度的0.244,上升幅度为7%,且上升趋势主要出现在2022年二季度之后。

综合比较可以发现,2017—2022年我国东部地区区域内供应链韧性差异最大,且差异上升幅度最大;中部地区区域内供应链韧性差异最小,差异上升幅度也最小。

### (3) 区域间差异特征

图9为各区域间供应链韧性基尼系数差异,可以看出,东部地区与西部地区的区域间差异最大,中部地区与西部地区的区域间差异最小。2017—2022年,东部地区与西部地区、东部地区与中部地区间的供应链区域间差异均呈波动上升趋势;中部地区与西部地区间则呈现波动下降趋势。

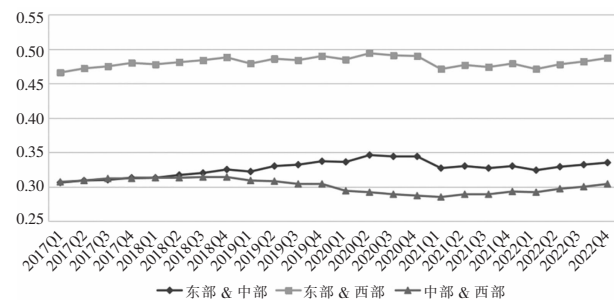


图9 区域间基尼系数

## 6 我国区域供应链韧性空间效应分析

### 6.1 Moran's I 指数分析

本文借鉴李云燕等人<sup>[23]</sup>的研究,采用Moran's I指数进行空间关联性研究。Moran's I指数包括全局莫兰指数(Global Moran's I)和局部莫兰指数(Local Moran's I),前者可以反映全国整体供应链韧性是否存在空间关联性;后者则可以用来反映某省份与周围省份之间的供应链韧性是否存在关联性。

$$Global\ Moran's\ I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij}) \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \quad (10)$$

$$Local\ Moran's\ I = (\frac{x_i - \bar{x}}{s^2}) \times \sum_{j=1}^n \omega_{ij} (x_j - \bar{x})$$

式(10)中, $x_i$ 、 $x_j$  分别表示不同省份的供应链韧性水平; $\bar{x}$  表示各省份供应链韧性的平均值; $s^2$  是  $x_i$  的离散方差值; $n$  表示研究省份总数; $\omega_{ij}$  代表空间权重矩阵。

6.2 空间关联特征

6.2.1 全局空间自相关

利用式(10),得到我国供应链韧性的全局莫兰指数计算结果(表4)。结果显示,2017—2022 年期间,我国供应链韧性的全局莫兰指数均大于 0,并且在 95% 的置信水平下显著,表明我国供应链韧性存在明显的空间自相关性,呈现出典型的空间集聚特征,即供应链韧性高(低)的省市在空间上集聚。同时,2017—2022 年,我国供应链韧性的全局莫兰指数呈现波动下降趋势,意味着我国供应链韧性空间集聚态势近年来有所减弱。

6.2.2 局部空间自相关

本部分采用局部莫兰指数具体分析供应链韧性的

集聚特征。借助局部莫兰指数散点图,可以将供应链韧性的集聚类型分为高-高、高-低、低-高、低-低四种。图 10 为我国 2017 年一季度、2018 年四季度、2020 年四季度、2022 年四季度局部莫兰指数散点图。可以发现,大部分省份均属于第一、第三象限,即高-高、低-低型集聚,表明我国区域供应链韧性存在显著的空间正相关性,这与全局莫兰指数的结论一致。

表 4 我国供应链韧性全局莫兰指数

| 时间     | Global Moran's I | p     | 时间     | Global Moran's I | p     |
|--------|------------------|-------|--------|------------------|-------|
| 2017Q1 | 0.247            | 0.010 | 2020Q1 | 0.224            | 0.014 |
| 2017Q2 | 0.250            | 0.009 | 2020Q2 | 0.216            | 0.016 |
| 2017Q3 | 0.250            | 0.009 | 2020Q3 | 0.212            | 0.018 |
| 2017Q4 | 0.256            | 0.008 | 2020Q4 | 0.221            | 0.015 |
| 2018Q1 | 0.255            | 0.008 | 2021Q1 | 0.242            | 0.010 |
| 2018Q2 | 0.251            | 0.008 | 2021Q2 | 0.246            | 0.009 |
| 2018Q3 | 0.251            | 0.008 | 2021Q3 | 0.245            | 0.010 |
| 2018Q4 | 0.257            | 0.007 | 2021Q4 | 0.251            | 0.008 |
| 2019Q1 | 0.256            | 0.007 | 2022Q1 | 0.243            | 0.010 |
| 2019Q2 | 0.248            | 0.009 | 2022Q2 | 0.233            | 0.012 |
| 2019Q3 | 0.244            | 0.009 | 2022Q3 | 0.230            | 0.013 |
| 2019Q4 | 0.243            | 0.009 | 2022Q4 | 0.233            | 0.012 |

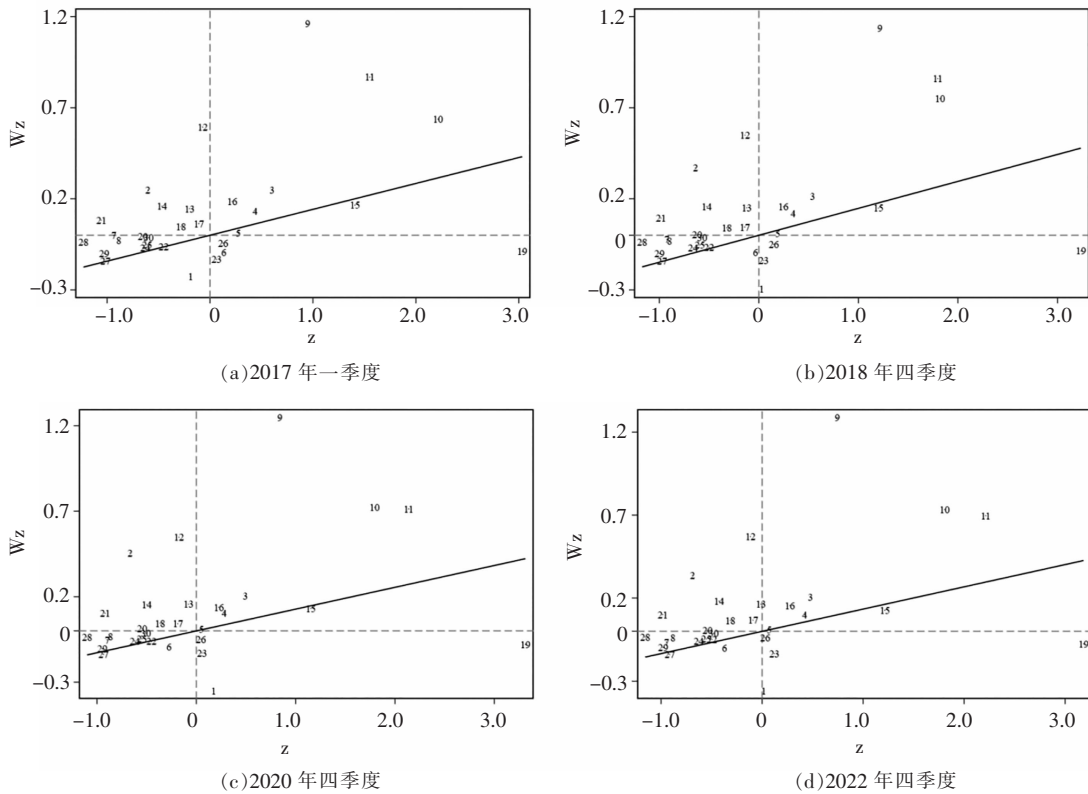


图 10 局部莫兰指数散点图

注:图中数字 1~30 分别代表 30 个省市,编号顺序如表 3 所示

具体而言,甘肃、宁夏、吉林等省市为典型的低-低集聚类型,说明这些省份为低供应链韧性地区且周边地

区也分布着低韧性省份;江苏、浙江、上海等省市为典型的高-高集聚类型,意味着这些省份为高供应链韧性地

区且其周边也分布着高韧性省份,进而表明高供应链韧性地区对周边地区的供应链韧性有一定的辐射带动作用。此外,2017年一季度至2022年四季度,“高-高”聚集类型省份有明显增加趋势,说明我国供应链韧性的协同效应有所增强,有更多省份的供应链韧性提升对邻近省份起到了促进作用。

## 7 研究结论与政策建议

本文基于2017—2022年我国30个省份的面板数据,通过构建我国区域供应链韧性的指标体系,测度了不同区域的供应链韧性水平,并进一步分析了不同区域供应链韧性时空分异特征,得到以下结论:

(1)横向对比发现,2017—2022年我国不同省份、不同区域的供应链韧性差异明显。总体上,东部地区供应链韧性高于中部和西部地区。从一级指标看,各省份在连通侧韧性差异性最为突出;其次为供给侧韧性、需求侧韧性、保障侧韧性。

(2)从时序特征上看,2017—2022年各区域供应链韧性演变可分为波动向好型、稳步发展型、略显衰退型三种类型,我国有七大经济区均属于前两种类型,表明我国多数地区供应链韧性在增强。

(3)核密度估计结果显示,我国整体与各区域的供应链韧性水平均有所上升。东部地区供应链韧性提升最为明显,中部地区次之,西部地区提升最小。同时,全国整体和东部地区供应链韧性区域内差异呈逐渐扩大趋势;中部和西部地区供应链韧性的区域内差异则呈现先扩大后缩小的特征。

(4)基尼系数分析结果显示,我国供应链韧性整体差异逐渐增大。区域内基尼系数表明,东部地区区域内供应链韧性差异最大,且差异上升幅度也最大;中部地区区域内供应链韧性差异最小,差异上升幅度也最小。区域间的基尼系数显示,东部地区与西部地区的供应链韧性区域间差异最大。

(5)空间关联特征分析结果显示,我国供应链韧性高(低)的省市在空间上聚集,且2017—2022年该空间集聚态势有所减弱。同时,2017—2022年我国各省供应链韧性的协同效应有所增强,更多省份的供应链韧性提升对邻近省份起到促进作用。

基于以上研究结论,本文对我国供应链韧性建设提出以下政策建议:

(1)完善供应链管理顶层设计,建立政企双向联动的安全体系。我国不同区域供应链韧性差异明显,要实现供应链韧性的整体提升,首先要从顶层设计出发,积极探索构建跨部门的、由中央到地方的供应链管理指挥体系,明确相应的规范措施和权责制度,制定供应链安全常态化治理机制。其次,要充分发挥企业在供应链网

络中的重要“节点”作用,积极引导企业参与区域供应链安全管理,实现政企双向联动,共同维护供应链网络体系安全稳定。

(2)加强跨区域供应链协同发展,推动国内资源合理配置。高供应链韧性区域对周边区域有一定辐射带动作用。我国应充分发挥内循环产业链的优势,积极引导东部地区与中西部地区跨区域深度合作,推动东中西部地区供应链要素整合,进而更好发挥高韧性区域的辐射带动作用;同时,可以尝试构建跨区域的协调工作机制、信息共享机制,形成整合供应链管理,实现我国整体供应链韧性提升。

(3)把握区域独特定位,明确供应链韧性提升路径。即使是同一区域的不同地区,也因其供给侧、连通侧、需求侧、保障侧等各种因素的不同,导致其供应链韧性有所差异。因此各区域应当根据其供应链韧性的驱动因素和薄弱环节,充分发挥自身优势、补齐短板,明确提升本区域供应链韧性的方向和侧重点。例如东部地区可以转移部分产业以降低资金、能源、用工等成本;中西部地区可以推进本地产业转型升级,弱化连通侧和需求侧等方面劣势。

## 参考文献:

- [1] 石大千,李雪琴,李丹丹.智慧供应链建设如何提升企业绩效?——基于供应链韧性优化视角的分析[J].中国管理科学,2023(4):1-13.
- [2] Shen Z M, Sun Y. Strengthening Supply Chain Resilience During COVID-19: A Case Study of JD.com[J]. Journal of Operations Management, 2023, 69(3): 359-383.
- [3] 宋华.中国供应链韧性建设与高质量发展:内涵、机制与路径[J].供应链管理,2023,4(9):5-24.
- [4] 刘家国,许浩楠.双循环视角下我国全球供应链韧性体系建设研究[J].中国软科学,2023(9):1-12.
- [5] 戴媛媛.中国粮食产业链供应链韧性分布动态与区域差距[J].统计与决策,2024,40(18):114-119.
- [6] 卢昱嘉,陈秧分,吴振磊.全球供应链风险评估与韧性测度——以大豆为例[J].地理学报,2024,79(10):2651-2669.
- [7] 沈曦,郭海湘,成金华.突发风险下关键矿产供应链网络节点韧性评估——以镍矿产品为例[J].资源科学,2022,44(1):85-96.
- [8] 王会艳,陈优,谢家平.数字赋能中国制造业供应链韧性机理研究[J].软科学,2024,38(3):8-13.
- [9] 张伟,李航宇,张婷.中国制造业产业链韧性测度及其时空分异特征[J].经济地理,2023,43(4):134-143.
- [10] 贾若祥,王继源,窦红涛.以新质生产力推动区域高质量发展[J].改革,2024(3):38-47.
- [11] Shekarian M, Parast M M. An Integrative Approach to Supply Chain Disruption Risk and Resilience Management: A Literature Review[J]. International Journal of Logistics, 2020(2):1-29.

- [12] Wieland A, Durach C F. Two Perspectives on Supply Chain Resilience[J]. Journal of Business Logistics, 2021, 42(3): 315-322.
- [13] Olsson P, Folke C, Berkes F. Adaptive Comanagement for Building Resilience in Social - Ecological Systems [J]. Environmental Management, 2004, 34: 75-90.
- [14] Graves S C, Tomlin B T, Willems S P. Supply Chain Challenges in the Post - Covid Era[J]. Production and Operations Management, 2022, 31(12): 4319-4332.
- [15] Xu X Y, Sethi S P, Chung S, et al. Reforming Global Supply Chain Management Under Pandemics; The GREAT - 3Rs Framework. Production and Operations Management, 2023, 32(2), 524-546.
- [16] 綦方中, 张磊磊. 基于改进灰色预测模型的供应链韧性评价与预警研究[J]. 工业技术经济, 2022, 41(12): 100-107.
- [17] Munoz A, Dunbar M. On the Quantification of Operational Supply Chain Resilience[J]. International Journal of Production Research, 2015, 53(22): 6736-6751.
- [18] Kim Y, Chen Y, Linderman K. Supply Network Disruption and Resilience; A Network Structural Perspective[J]. Journal of Operations Management, 2015, 33-34(1): 43-59.
- [19] 汪彬, 阳镇. 双循环新发展格局下产业链供应链现代化: 功能定位、风险及应对[J]. 社会科学, 2022(1): 73-81.
- [20] 宋华, 杨雨东. 中国产业链供应链现代化的内涵与发展路径探析[J]. 中国人民大学学报, 2022, 36(1): 120-134.
- [21] 方梓旭, 戴志敏. 中国制造业高质量发展水平测度及时空特征研究[J]. 软科学, 2024, 38(2): 27-34.
- [22] 赵川, 程广斌, 李伟. 中国城市包容性增长——空间集聚、区域差异及收敛特征[J]. 软科学, 2024, 38(1): 31-36+52.
- [23] 李云燕, 张硕, 张玉泽. 绿色金融视角下中国省域碳排放的时空演变及减排研究[J]. 软科学, 2023, 37(12): 39-48.
- (责任编辑: 秦 颖)