

中国城市群国际贸易增长的时空演化 和发展曲线模拟

曾 鹏¹, 程 寅²

(1. 广西民族大学民族学与社会学学院, 南宁 530006; 2. 广西民族大学经济学院, 南宁 530006)

摘 要:城市群的形成发育过程中,存在城市间国际贸易的“竞合博弈”现象,具体表现为城市群国际贸易增长呈爬升形态。论文为探究中国城市群国际贸易增长的时空演化及发展规律,首先通过对城市群国际贸易增长爬升规律进行基本原理分析并构建数理模型得出城市群国际贸易增长的几何表达式,其次运用CRITIC综合赋权法计算得出2010—2019年城市群整体及内部各城市的国际贸易增长综合水平,构建了城市群国际贸易的竞合强度和门槛模型,最后通过卡方拟合优度检验对中国城市群国际贸易增长爬升规律进行拟合验证。结果表明:①中国城市群内各城市国际贸易增长的变化过程遵循爬升规律,国际贸易增长具有空间上的不均衡性,城市群整体的国际贸易增长区位特征主要表现为“东南高、西北低”的形态。②中国城市群内各城市国际贸易发展存在竞合门槛的限制,不同城市群的竞合强度突破竞合门槛的时间存在差异,国家级城市群在国际贸易发展中的竞争优势更为明显,而区域级和地区级城市群在国际贸易发展中的竞争力相对较弱。③中国城市群国际贸易增长爬升曲线得到了实践验证,各城市群间的拟合曲线相似性较大,拟合效果良好,城市群国际贸易增长变化规律与爬升函数模型基本一致。国际贸易增长发展规律的研究可为促进中国城市群国际贸易发展及区域贸易提供理论支撑和决策参考。

关 键 词:城市群;国际贸易增长;爬升规律;竞合门槛;模拟验证

近年来,国家推进高水平对外开放,加快建设贸易强国^[1]。在此基础上提升国际循环质量和水平,这为国际贸易一体化加快发展带来全新机遇,并提出了更高发展要求^[2-3]。然而在推进国际贸易发展的进程中面临诸多瓶颈,着重表现在国内国际贸易规则和机制无法有效连接,统筹国内国际资源、市场的能力不强以及国内外贸易融合发展不顺畅等方面^[4]。从城市群的角度分析国际贸易发展问题是有必要的。首先,城市群是中国经济发展的重要支撑,城市群内及城市群间的贸易活动对于促进国内国际贸易一体化发展具有重要作用^[5]。城市群间存在不同的产业结构和经济规模,因此,加强城市群之间的贸易合作和资源互补,有助于实现更加优化的产业布局 and 资源配置^[6]。其次,城市群是构

建“一带一路”倡议的核心区域,促进城市群间的贸易合作和经济联系,有助于推动“一带一路”建设的高质量发展。此外,城市群的国际贸易增长状况能较为客观地反映中国内外贸未来所能达到的一体化程度,研究城市群的国际贸易增长对于推动中国内外贸一体化乃至建成国内统一大市场具有重要现实意义^[7]。研究城市群的国际贸易增长状况和问题,有助于发现国内外贸发展中的瓶颈和问题,并提出相应的政策和措施,促进城市群之间的贸易合作和经济联系的发展,实现中国经济体系的高质量发展^[8]。因此,本文从城市群的角度研究国际贸易增长对于推动中国内外贸一体化乃至建成国内统一大市场具有重要现实意义。

目前关于国际贸易增长相关的研究主要集中在

收稿日期:2023-02-27;修订日期:2023-06-27。

基金项目:国家社会科学基金重大项目(20&ZD157)。[Foundation: Major Projects of the National Social Science Foundation of China, No. 20&ZD157.]

第一作者简介:曾鹏(1981—),男,广西桂林人,博士,教授,博士生导师,研究方向为城镇化与区域增长。

E-mail: zengpengfast@163.com

引用格式:曾鹏,程寅.中国城市群国际贸易增长的时空演化和发展曲线模拟[J].地理科学进展,2023,42(10):2006-2018.[Zeng Peng, Cheng Yin. Spatiotemporal evolution and development curve of international trade growth in Chinese urban agglomerations. Progress in Geography, 2023, 42(10): 2006-2018.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2023.10.012

于对国际贸易发展水平的综合评价、国际贸易的特征和国际贸易与其他系统的耦合方面。在关于国际贸易发展水平的综合评价方面,有学者发现,中国对外贸易发展存在明显的区域不平衡现象^[9]。与此类似的还有,通过构建外贸高质量发展的评价指标体系得出中国货物贸易和服务贸易存在结构性失衡以及国际贸易发展的新旧动能未能实现完全转换的结论^[10]。另外,有研究通过构建对外贸易可持续发展的评价指标体系,研究出口额、出口商品结构等因素对国际贸易可持续发展程度的影响^[11]。研究发现出口商品结构、出口额同对外贸易可持续发展分别呈正相关、负相关关系^[12]。

在关于地区国际贸易特征方面,有研究测算了城市群内各城市使用外资效率,发现全国范围内的城市群表现出明显的地区差异性^[13]。在边疆地区的研究中,通过分析边疆地区国际贸易发展水平,提出推动边疆地区国际贸易增长需注重边疆地区城市政府治理效率的提高和国际贸易公共服务的提高这两个基本点,相关研究还制定了具有针对性的绿色贸易发展建议^[14]。另外,还有从双边贸易的角度通过TOPSIS法分析得出中美贸易综合得分排名首位,论证出中美国际贸易联系紧密的特征^[15],这同样也体现在张慧^[16]的研究中,其在构建贸易强国指标体系的基础上通过主成分分析法得出各国的综合得分,发现中国贸易对美国 and 欧盟等发达国家和地区市场依赖程度较深以及中国科技创新能力明显增强,在国际市场的参与度日益提升。

在关于国际贸易与其他系统的耦合方面,研究在构建对外贸易—经济—环境耦合模型的基础上提出城市群内城市对外贸易—经济—环境耦合协调度大小虽有差异,但整体发展情况良好,需分别推动3个子系统的发展,才能有效推动整个耦合系统的协调发展^[17]。此外,研究发现,“一带一路”沿线城市内部区域发展虽存在不平衡现象,但“对外贸易—经济—环境”耦合协调度表现出逐步升高态势,并通过空间计量模型揭示出贸易规模和政府重视等因素显著促进了耦合协调度的提升^[18]。另外,在全球化和地缘环境背景下,有研究通过构建中尼口岸贸易可持续性评价指标体系将中国和尼泊尔口岸贸易系统与跨境交通系统结合起来研究耦合协调性^[19]。由此可知,现有国际贸易增长方面尚未有以城市群为研究对象,衡量比较其区域内各城市间国际贸易增长的研究。因此,现有研究难以满足新时

期准确把握城市群为主要载体的国际贸易增长的理论需求,本文讨论城市群国际贸易增长的时空演化与发展规律具有重要理论意义。

1 理论机制

1.1 基本原理

城市群国际贸易不断发展的过程就是中心城市不断与周边城市联合进而提高内外贸一体化乃至建设全国统一大市场的过程。具体来看,根据城市群的形成与发育规律^[20],本文认为城市群在其形成发育过程中,所囊括的范围在不断扩大,城市内外贸发展情况也逐步走向规划、建设、运营以及管理的一体化发展。当城市群内部只一个城市时,单个城市的国际贸易发展到一定规模和程度后已无法继续增进区域民生福祉、无法继续满足经济高质量发展需求,此时该城市就会寻求周边城市进行国际贸易竞合博弈。首先,在城市寻求竞合发展的初期,城市与城市之间存在行政区划上的“硬分割”,国际贸易竞合发展初期的城市就必须打破区域间的行政壁垒,实现区域要素自由流动和资源有效配置,为城市间更高效地聚合打下坚实基础^[21]。其次,当新联合的城市国际贸易规模滞后于原有城市,二者高度拮抗,国际贸易增长在这一阶段下降,经过一定时间的竞合发展,新联合城市的国际贸易增长逐渐同步于原有城市,此时二者低度拮抗,表现为国际贸易增长下降幅度逐步减缓,经过城市间的不断磨合与发展,整体国际贸易增长同步于经济发展质量,二者高度协调,表现为国际贸易增长提高速度较快,双方城市在该阶段实现了国际贸易增长竞合发展(图1)。此后,国际贸易增长受到双方城市规模、区域要素和资源的限制,国际贸易增长提高速度逐渐降低,二者低度协调。以此类推,当联合第 $N-1$ 个城市的国际贸易增长无法进一步提升时,自然会联合第 N 个城市,整合其国际贸易系统以提升自身发展能力,而在联合第 N 个城市国际贸易系统的过程中,城市群国际贸易增长同样在短期内没有提升甚至下降,经过一段拮抗期后,整个城市群的国际贸易增长才会有一定程度的提高。因此,推动城市间的不断竞合,是促成城市群国际贸易增长提升的重要路径。

1.2 函数模型及构建

本文引入指数函数来反映城市群国际贸易增

长在拮抗期的回落以及在协调期的上升,提出“城市群国际贸易增长波浪式爬升曲线”,该曲线展示了城市群国际贸易增长波浪式爬升能力的动态演化过程。依据城市群国际贸易增长演化规律的基本原理将其通过数理函数模型进行表达:

$$P_t = kt + e^{|\alpha \sin(\beta t)|} \quad (1)$$

式中: P_t 表示 t 时期下城市群国际贸易增长; k 是线性函数斜率,即爬升率,表示城市群国际贸易增长爬升能力的变化率,且 $k = \Delta P / \Delta t$, 其中 ΔP 是两个周期之间国际贸易增长波谷的差值, Δt 是函数的波浪周期,且 $\Delta t = \pi / \beta$, $\alpha = \frac{\ln(\Delta P' - k\Delta t')}{|\sin(\beta \Delta t')|}$ 。 α 是

三角函数的振幅,表示城市群国际贸易增长的阻滞系数; β 表示城市群国际贸易增长的周期系数, π / β 为三角函数频率; $\Delta P'$ 表示城市群国际贸易增长发展过程中竞合发展阶段的波峰与波谷的差值; $\Delta t'$ 表示城市群国际贸易增长发展过程中的竞合发展时间。

为了提高数理模型的准确性,现对其进行改进。对中心城市分别赋予国际贸易增长初始时间 t_0 和初始值 P_0 , 分别代表初期时间和初期城市群国际贸易增长指数值,则爬升函数曲线模拟公式优化后的表达式为:

$$P_t = P_0 + k(t - t_0) + \{e^{|\alpha \sin[\beta(t - t_0)]|} - 1\} \quad (2)$$

$$P'_t = \begin{cases} k + \alpha \beta \cos[\beta(t - t_0)] e^{\alpha \sin[\beta(t - t_0)]} & t \in \left[\frac{2k\pi + \beta t_0}{\beta}, \frac{\pi + 2k\pi + \beta t_0}{\beta} \right] \\ k - \alpha \beta \cos[\beta(t - t_0)] e^{-\alpha \sin[\beta(t - t_0)]} & t \in \left[\frac{\pi + 2k\pi + \beta t_0}{\beta}, \frac{2\pi + 2k\pi + \beta t_0}{\beta} \right] \end{cases} \quad (3)$$

由改进的计算公式推导得出城市群国际贸易增长函数曲线定量解析图(图1),求导后得到 P'_t , 其大小表示城市群国际贸易增长爬升速度。

2 方法与数据

2.1 CRITIC 综合赋权法

在采用综合指数对国际贸易增长的评价中,客观科学地进行权重赋予关系到评价结果的真实可靠性。本文采用 CRITIC 赋权法^[22]对国际贸易增长各项指标进行合理赋权并计算汇总,基于城市群国

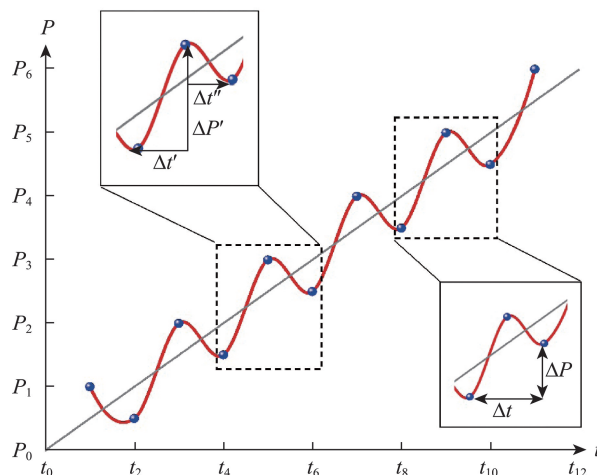


图1 城市群国际贸易增长演化机理

Fig.1 Climbing mechanism of international trade growth in urban agglomerations

际贸易增长评价指标的对比强度和指标间的冲突性来综合衡量国际贸易增长指标的客观权重。

2.2 核密度分析法

核密度估计是用连续的密度曲线描述随机变量的分布形态的一种非参数检验方法,主要用于估计未知密度函数。假设随机变量 Y 的密度函数为 $f(y)$, 随机变量 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ 独立同分布, \bar{y} 为均值, n 为城市群内城市的数量, h 为窗宽, 密度函数的平滑程度即由 h 所决定, $K(\cdot)$ 定义为核函数, 本文采用高斯核函数来进行密度估计。

$$f(y) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{y_i - \bar{y}}{h}\right) \quad (4)$$

$$K(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) \quad (5)$$

2.3 竞合强度与门槛模型

城市群国际贸易增长的竞合强度与城市的国际贸易增长和地区生产总值呈正相关, 与城市之间的距离呈负相关, 通过构建城市之间的竞合强度模型来体现城市群国际贸易增长的竞合强度情况。城市间国际贸易增长竞合强度表达式如下:

$$f_{ij} = \frac{\sqrt{E_i \times E_j} \times \sqrt{G_i \times G_j}}{D_{ij}^2} \quad (6)$$

$$F_{ij} = \frac{f_{ij} - \min(f_{ij})}{\max(f_{ij}) - \min(f_{ij})} \times 100 \quad (7)$$

式中: f_{ij} 表示某城市群中城市 i 与城市 j 的国际贸易增长竞合强度; F_{ij} 为国际贸易增长竞合强度的

标准化结果; E_i 、 E_j 表示城市 i 、 j 的国际贸易增长; G_i 、 G_j 表示城市 i 、 j 的地区生产总值; D_{ij}^2 表示城市 i 和城市 j 之间的距离。

本文通过城市之间的竞合强度模型计算出城市群内各城市之间的国际贸易增长竞合强度,以所有城市历年来国际贸易增长竞合强度均值的1/2作为衡量中心城市是否应联合新的城市实现竞合,门槛值计算公式如下:

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{a \times b} \times \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n F_{ij} \quad (8)$$

式中: λ_{ij} 表示城市群内各城市之间的竞合门槛值; F_{ij} 国际贸易增长竞合强度的标准化结果; a 表示评价年份数量, b 表示评价城市数量。

2.4 指标体系与数据来源

国际贸易增长模型是研究城市群国际贸易增长的基础,可通过城市群国际贸易数据的收集和分析建立起来。而指标评价体系则是对城市群国际贸易增长的各方面进行评价的工具,可通过模型中的数据对城市群国际贸易增长的结构、发展和效益等方面进行评价。指标评价体系可对变量进行量化分析,从多个角度评价城市群国际贸易增长的发展状况。这些评价结果可以反过来用于完善和优化函数模型,提高其准确性和可靠性。

在方法层面上,函数模型与评价指标体系之间存在密切的逻辑关系。具体来说,评价指标体系是用于评估城市群国际贸易增长的综合性指标体系,其中包含了不同层次的指标和要素。这些指标和要素与函数模型中的变量有着直接的关联,可以用于解释城市群国际贸易增长的动态演化过程。城市群国际贸易增长的非线性复合型爬升曲线模型展示的是国际贸易增长的动态演化过程,而评价指标体系中的相对增长率、增加强度、弧弹性和绝对增量加权指数等指标则可以用来衡量城市群国际贸易增长的增速、增长强度和稳定性,从而进一步解释城市群国际贸易增长的动态演化过程。因此,函数模型和评价指标体系之间的逻辑关系是相互促进的,评价指标体系可以用于解释函数模型中的变量,从而更加深入地理解城市群国际贸易增长的动态演化过程。

本文遵循构建指标体系的全面性、系统性、典型性和数据可得性等原则,构建国际贸易增长评价指标体系,其中包含国际贸易结构、国际贸易发展和国际贸易效益3个板块层;国际贸易比重指数、比

重增量、相对增长率、增加强度、弧弹性、绝对增量加权指数和效益度7个结构层及33项要素层(表1)。本文的研究范围为中国19大城市群(港澳台地区数据暂缺),选取城市群内的196个地级市2010—2019年的国际贸易数据进行研究,数据来源于2011—2020年的《中国城市统计年鉴》。

3 国际贸易增长爬升规律及过程演化的实证分析

该节从5个方面进行分析:其一是城市及城市群国际贸易增长的数据统计分析,旨在反应城市群国际贸易增长的整体分级情况;其二,运用ArcGIS软件绘制了城市群国际贸易增长的时空格局图,旨在初步分析城市群国际贸易增长的时空演化规律;其三,展示了城市及城市群国际贸易增长的核密度分析结果,旨在反映全国城市国际贸易增长数据在坐标轴上的“疏密程度”;其四,展示了中国城市群国际贸易增长竞合强度突破竞合门槛的时间分布表,说明了城市群内的城市何时与中心城市展开竞合博弈的时间分布,在时间和空间的角度下呼应并解释了本文的理论机制部分;其五,对城市群国际贸易增长数据进行多次曲线拟合,从数据拟合的角度验证本文提出的爬升规律及函数模型。

3.1 增长统计分析

将各城市群所属的国际贸易增长得分进行算术平均得到中国城市群的增长综合得分,并用自然间断点分级法进行等级划分,该法可最大化城市群之间的差距(表2)。

由表2可知,中国城市群间的国际贸易增长差距较大,重点建设国家级城市群的国际贸易增长相对较强。其中珠三角、长三角和京津冀的国际贸易增长最强,始终居于全国城市群的前三位,珠三角、长三角和京津冀地区位于中国东部沿海或交通要道附近,拥有良好的区位优势,便于与国际贸易伙伴进行联系和交流,且其紧邻港口、机场和国际物流网络,便利了货物和资金的流通,促进了国际贸易的增长。中原、山西中部、粤闽浙沿海、山东半岛和哈长城市群的国际贸易增长居于全国所有城市群的中间位置,还有较大的提升空间。相对于国际贸易增长较强的城市群,其相对较远离海岸线和国际交通要道,与国际市场的接触相对有限,其产业结构相对较为单一,主要依赖传统资源型产业和基

表1 国际贸易增长评价指标体系

Tab.1 Evaluation indicator system for international trade growth

目标层	板块层	结构层	要素层	计算方法
国际贸易 贸易 增长	国际 贸易 结构	国际 贸易 比重 指数	实际利用外资比重指数	地区实际利用外资比重指数/全国实际利用外资比重指数
			外商直接投资合同项目数量比重指数	地区外商直接投资合同项目数量/全国外商直接投资合同项目数量
			外资工业企业数量比重指数	地区外资工业企业数量/全国外资工业企业数量
			进口额比重指数	地区进口额/全国进口额
			出口额比重指数	地区出口额/全国出口额
	国际 贸易 发展	国际 贸易 比重 增量	实际利用外资比重增量	实际利用外资比重指数第 t 年与第 $(t-1)$ 年的比重指数之差
			地区进口额比重增量	地区进口额比重指数第 t 年与第 $(t-1)$ 年的比重指数之差
			地区出口额比重增量	地区出口额比重指数第 t 年与第 $(t-1)$ 年的比重指数之差
			外商直接投资合同项目数量比重增量	外商直接投资合同项目数量比重指数第 t 年与第 $(t-1)$ 年的比重指数之差
			外资工业企业数量比重增量	外资工业企业数量比重指数第 t 年与第 $(t-1)$ 年的比重指数之差
		国际 贸易 相对 增长 率	实际利用外资相对增长率	实际利用外资增加量占全国增加量的比重
			外商直接投资合同项目数量相对增长率	外商直接投资合同项目数量增加量占全国增加量的比重
			外资工业企业数量相对增长率	外资工业企业数量增加量占全国增加量的比重
			地区进口额相对增长率	地区进口额增加量占全国增加量的比重
			地区出口额相对增长率	地区出口额增加量占全国增加量的比重
		国际 贸易 增加 强度	实际利用外资增加强度	实际利用外资增加量与其总量之比
			外商直接投资合同项目数量增加强度	外商直接投资合同项目数量增加量与其总量之比
			外资工业企业数量增加强度	外资工业企业数量增加量与其总量之比
			地区进口额增加强度	地区进口额增加量与其总量之比
			地区出口额增加强度	地区出口额增加量与其总量之比
	国际 贸易 弹性	国际 贸易 弧弹 性	实际利用外资弧弹性	(实际利用外资增加量/实际利用外资总量)/(地区GDP增加量/地区GDP总量)
			外商直接投资合同项目数量弧弹性	(外商直接投资合同项目数量增加量/外商直接投资合同项目数量总量)/(地区GDP增加量/地区GDP总量)
			外资工业企业数量弧弹性	(外资工业企业数量增加量/外资工业企业数量总量)/(地区工业企业增加量/地区工业企业总量)
			地区进口额弧弹性	(地区进口额增加量/地区进口额总量)/(地区GDP增加量/地区GDP总量)
			地区出口额弧弹性	(地区出口额增加量/实际利用外资总量)/(地区出口额增加量/地区GDP总量)
		国际 贸易 绝对 增量 加权 指数	实际利用外资绝对增量加权指数	实际利用外资相对增长率 $\times(1/\text{GDP})$
			外商直接投资合同项目数量绝对增量加权指数	外商直接投资合同项目数量相对增长率 $\times(1/\text{GDP})$
			外资工业企业数量绝对增量加权指数	外资工业企业数量相对增长率 $\times(1/\text{GDP})$
			地区进口额绝对增量加权指数	地区进口额相对增长率 $\times(1/\text{GDP})$
			地区出口额绝对增量加权指数	地区出口额相对增长率 $\times(1/\text{GDP})$
	国际 贸易 效益	国际 贸易 效益 度	外资效益度	实际利用外资额/社会消费品零售额
			对外开放度	实际利用外资额/地区GDP
			人均旅游外汇收入	旅游外汇收入/地区人口数

础产业,限制了其在国际贸易中的发展。而关中平原、宁夏沿黄和兰西城市群的国际贸易增长落后于其他城市群,居于全国城市群的末三位。这些地区的经济结构相对较为单一,以传统的资源型产业为主导,缺乏高附加值和知识密集型产业的支撑,导致这些城市群在国际贸易中缺乏竞争力,难以生产和出口高价值的产品。相对于国际贸易增长较强

的城市群,关中平原、宁夏沿黄和兰西城市群可能缺乏良好的营商环境和政策支持,缺乏便利的商业登记和审批程序、不完善的物流网络以及政府的支持政策,从而限制了国际贸易的发展。从空间演化格局来看,京津冀地区、东部沿海地区和珠三角地区城市的国际贸易增长相对较强,说明这些城市的国际贸易制度相对完善,完全有能力给企业提供完

表 2 全国 19 大城市群国际贸易增长统计

Tab.2 Statistics of international trade growth in the 19 major urban agglomerations in China

城市群	2010 年	2013 年	2016 年	2019 年	均值	等级
珠三角	0.304	0.394	0.339	0.386	0.361	强
长三角	0.300	0.365	0.344	0.381	0.345	强
京津冀	0.285	0.376	0.302	0.328	0.321	强
辽中南	0.262	0.341	0.318	0.355	0.316	较强
黔中	0.234	0.327	0.319	0.352	0.311	较强
呼包鄂榆	0.245	0.329	0.313	0.342	0.304	较强
长江中游	0.243	0.324	0.303	0.351	0.302	较强
中原	0.237	0.332	0.296	0.345	0.301	中等
山西中部	0.229	0.325	0.305	0.336	0.299	中等
粤闽浙沿海	0.247	0.326	0.298	0.325	0.298	中等
山东半岛	0.240	0.322	0.296	0.333	0.297	中等
哈长	0.233	0.323	0.301	0.322	0.295	中等
成渝	0.235	0.318	0.286	0.335	0.292	较弱
滇中	0.233	0.321	0.279	0.324	0.288	较弱
北部湾	0.230	0.321	0.284	0.335	0.288	较弱
天山北坡	0.229	0.316	0.287	0.320	0.287	较弱
关中平原	0.228	0.307	0.279	0.320	0.282	弱
宁夏沿黄	0.239	0.307	0.276	0.314	0.280	弱
兰西	0.228	0.298	0.281	0.316	0.275	弱

善的营商环境。

3.2 增长时空演化分析

为了更直观地分析中国城市群内部各城市的国际贸易增长演化情况,计算出中国城市群所辖城市的国际贸易增长综合得分,运用 ArcGIS 10.8 绘制出 2010、2013、2016 和 2019 年城市群国际贸易增长区域分级图(图 2)。从整体空间演化格局来看,中国城市群国际贸易增长整体呈上升状态,2010—2019 年,国际贸易增长弱的城市大部分都有较好发展,国际贸易增长强城市数量显著提高。中国城市群内部国际贸易增长在空间上分布不均衡,胡焕庸线以东地区的国际贸易增长总体上要强于西部地区,尤其是其中的省会城市以及各城市群内经济发展较好城市的国际贸易增长强于周边城市或地区,这与区位优势、经济发展水平和政府政策是密切相关的。从时间演化格局来看,中国城市群国际贸易增长的城市数量一直在稳步提升,前期增长等级较弱的城市其国际贸易增长势头在逐年变好,增长等级较强的城市其国际贸易增长向周围城市呈“阶梯式”扩散。

国际贸易增长较弱的城市逐渐有所改善,原因可能是由于政府通过一系列政策措施,鼓励和引导这些地区的经济发展和国际贸易增长。例如,提供税收优惠等措施有助于提升较弱城市的国际贸易

水平;政府积极推进区域合作,建立城市群间的合作机制,加强资源共享、互补优势和合作发展,这种合作模式促进了相对较弱的城市与经济发达地区的互动,为它们提供了更多的发展机会和贸易合作的平台;在政府政策的推动下,一些较弱的城市逐渐进行了产业结构的转型和升级,注重发展高技术产业、创新型产业和服务业等具有较高附加值的领域,这些转型举措提高了这些城市的国际竞争力和吸引力,有利于推动国际贸易增长;政府加大了对基础设施建设和物流体系的投资,提高了较弱城市的物流效率和贸易便利化水平。

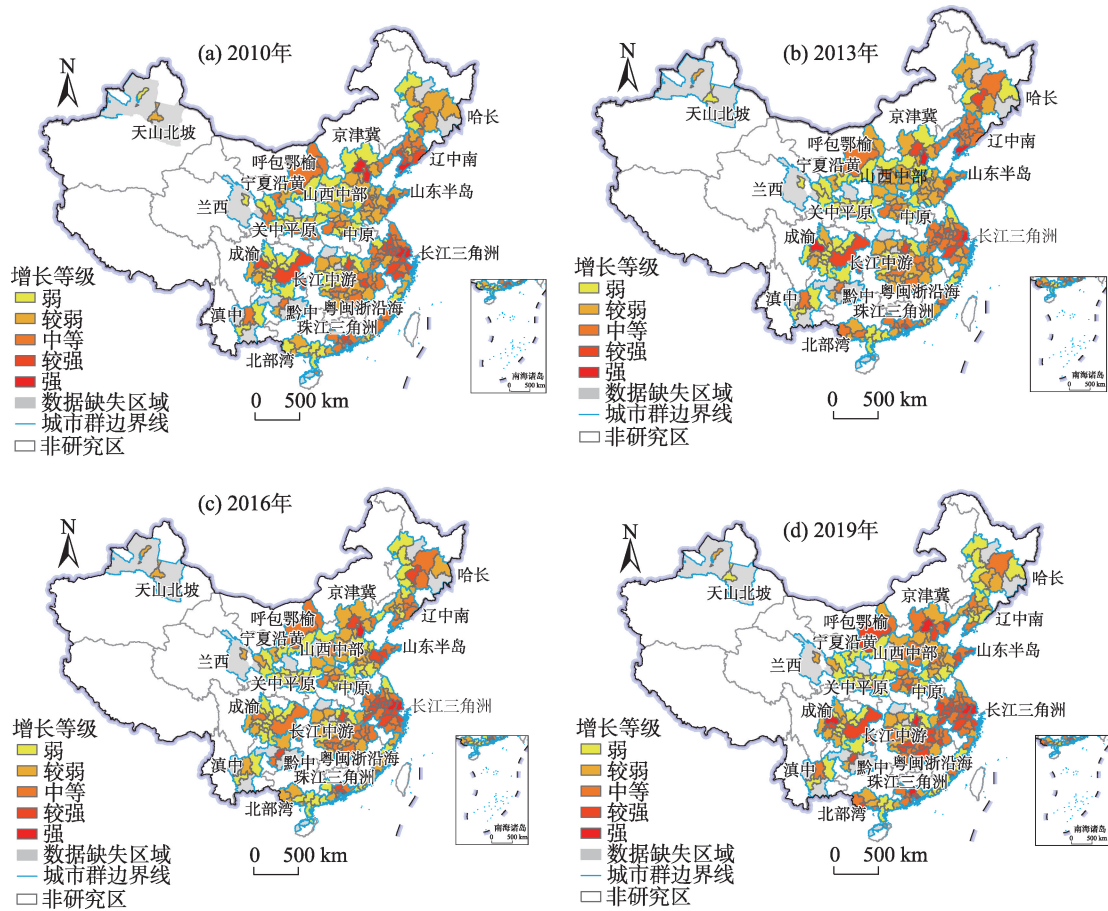
综上所述,国际贸易增长较弱的城市在考察期内的的发展逐渐好转,主要得益于政府政策的调整和支持、区域合作机制的加强、经济结构的调整和基础设施的改善等因素的综合作用,这些措施促进了较弱城市的经济发展和国际贸易增长,使其逐渐赶上甚至超过周边城市或地区的发展水平。

3.3 增长核密度分析

图 3 展示了二维和三维核密度图,三维核密度是将空间中所有的点通过核函数的加权计算,对其进行概率密度估计,三维核密度图详尽真实地反映了历年城市群国际贸易增长的点分布及演变情况;二维核密度是将二维平面中的所有点通过核函数的加权计算,对其进行概率密度估计,本文选取了

间隔相同的几个年份进行展示,更能清晰地说明城市群国际贸易增长在坐标轴上“疏密程度”的分布演变情况。

由图3可知,从波峰来看,全国城市群国际贸易增长核密度的波峰集中分布在0.2~0.4之间,说明在0.2~0.4范围内的城市最密集,在2019年波峰有轻



注:本图基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2019)1825号的标准地图制作,底图无修改。

图2 城市群内国际贸易增长时空演化

Fig.2 Spatiotemporal evolution of international trade growth within urban agglomerations

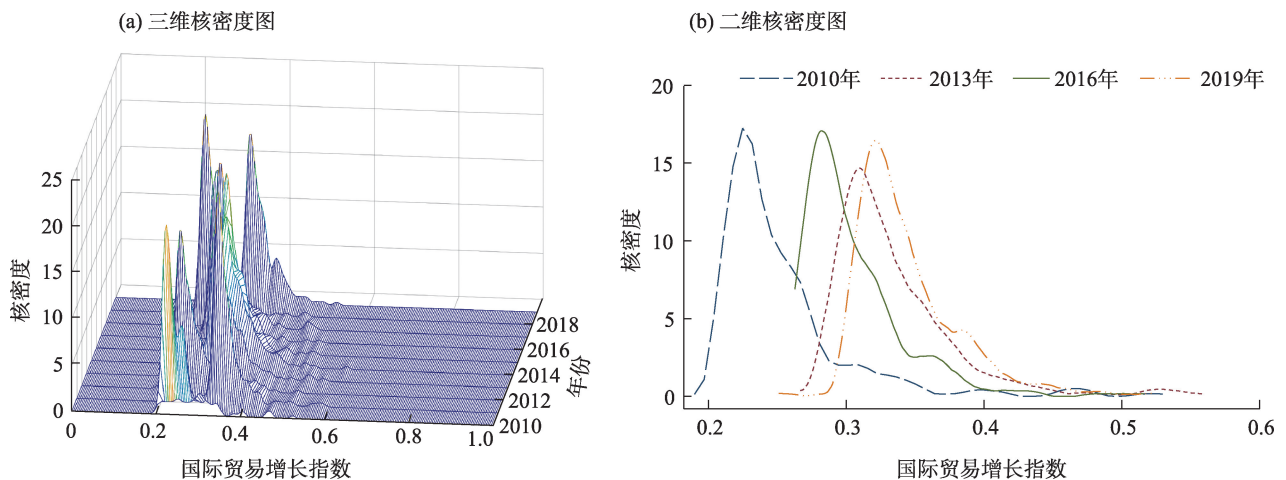


图3 全国19大城市群国际贸易增长核密度分析

Fig.3 Kernel density of international trade growth in the 19 major urban agglomerations in China

微下降说明该年份城市国际贸易增长分布的密集程度有所下降,各年份并未出现明显的多峰形态,说明城市之间未出现两极分化现象;从分布形态来看,右拖尾存在逐年拉长的现象,其分布延展性存在一定程度的拓宽趋势,说明全国范围内国际贸易增长的空间差距在逐步扩大,一些城市的国际贸易增长较快,而其余城市的增长相对较慢。造成这种现象的原因可能有以下3个方面:首先,地理位置和区位优势是影响城市国际贸易增长的重要因素。沿海城市和经济发达地区通常具有更好的海陆交通条件和更便利的国际贸易接触机会,从而促进了其国际贸易增长。其次,经济发展水平和产业结构差异也可能导致城市之间国际贸易增长的差异。经济较为发达和产业更为多样化的城市群往往具有更强的国际贸易增长能力,这些城市在吸引外商投资、推动产业升级和创新方面同样更具竞争力。此外,政府政策和支持措施在塑造城市群国际贸易增长的空间格局方面也起着重要作用。政府在国际贸易促进和吸引外资方面的政策导向和扶持力度可能会对不同城市群的国际贸易增长产生影响。

3.4 竞合强度与门槛分析

通过式(6)~(8)计算得出城市国际贸易增长的竞合强度和竞合门槛值,从而得到中国城市群国际贸易增长竞合强度突破竞合门槛的时间分布表(表3),旨在反映城市群国际贸易增长竞合强度突破竞合门槛的时间分布。

由表3可知,国家级城市群中,京津冀、长江中游和成渝城市群的中心城市向周边城市发展的情况基本呈现“阶梯式”扩散形态。区域级城市群中,

辽中南、山东半岛、粤闽浙沿海和哈长城市群内部城市的国际贸易增长的竞合强度大多都超过了竞合门槛,中原、关中平原、北部湾和天山北坡城市群内部城市大多还未达到竞合门槛,未与中心城市展开竞合博弈。地区级城市群中,山西中部、呼包鄂榆和黔中城市群内城市与中心城市的竞合能力要高于滇中、兰西和宁夏沿黄城市群。以上结果说明城市群国际贸易增长的竞合强度与国际贸易增长和经济水平呈正相关,与城市间的距离呈负相关。

中国城市群内各城市的竞合强度存在很大的差异,这主要是有以下4个方面原因。一是规模和发展水平。国家级城市群通常具有更大的经济规模和更高的发展水平,其中心城市在国际贸易中扮演着重要角色,周边城市则通过与中心城市的合作和互补发展来推动国际贸易增长。二是区位和地理条件。一些城市群拥有的良好区位条件使其能够更好地连接国际市场,这使得这些城市群内部城市的国际贸易增长竞合强度较高。三是政策和战略规划。国家级城市群通常受到国家政策和战略规划的支持,享有更多的政策优惠和资源投入,有利于推动国际贸易增长。而一些地区级城市群可能在政策和资源方面相对较弱,导致其国际贸易增长竞合强度相对较低。四是合作与竞争。国家级和区域级城市群内部的城市往往存在合作和竞争关系。城市群内城市之间的合作可以促进资源共享和市场开拓,从而推动国际贸易增长。竞争门槛的超越将引发城市之间的竞合博弈,激发国际贸易增长。总的来说,中国城市群国际贸易增长的竞合强度受到多个因素的影响,包括经济规模、地理位

表3 中国城市群国际贸易增长竞合强度突破竞合门槛的时间分布

Tab.3 Temporal distribution of international trade growth and competitiveness in Chinese urban agglomerations breaking through the competitiveness threshold

融入时间	国家级城市群	区域级城市群	地区级城市群
2010年之前融入	深圳、苏州、天津、成都、珠海、东莞、无锡、宁波、杭州、马鞍山、嘉兴、南京、常州、镇江、舟山、湖州、芜湖、长沙、池州、惠州、南昌、九江、扬州、合肥	大连、厦门、青岛、长春、盘锦、丹东、鹤壁、营口、本溪、威海、洛阳、潍坊	鄂尔多斯、阳泉、包头、晋中
2010—2019年间融入	金华、鹰潭、佛山、吉安、绍兴、秦皇岛、湘潭、南通、中山、宣城、肇庆、新余、滁州、上饶、铜陵、萍乡、景德镇、江门、泰州、株洲、廊坊、台州、宜春、衡阳、盐城、石家庄、唐山	烟台、漯河、葫芦岛、日照、锦州、漳州、鞍山、吉林、防城港、抚顺、新乡、晋城、泉州、辽阳、北海、焦作、福州、海口	安顺、长治、遵义、中卫、忻州
截至2019年未融入	乐山、宜昌、眉山、安庆、邯郸、常德、娄底、保定、抚州、黄石、承德、张家口、岳阳、鄂州、荆门、雅安、绵阳、邢台、孝感、衡水、德阳、遂宁、益阳、咸宁、沧州、自贡、泸州、宜宾、内江、荆州、资阳、南充、广安、黄冈、达州	崇左、淄博、铁岭、许昌、辽源、钦州、泰安、开封、东营、莆田、济宁、汕尾、牡丹江、克拉玛依、滨州、临汾、齐齐哈尔、平顶山、潮州、阳江、大庆、宝鸡、临沂、商洛、汕头、宁德、松原、运城、周口、铜川、揭阳、商丘、湛江、茂名、菏泽、枣庄、德州、咸阳、渭南、聊城、玉林、四平、平凉、天水	吴忠、西宁、玉溪、白银、曲靖、榆林、石嘴山、定西

置、政策支持和城市间的合作与竞争。这些因素共同作用,导致了城市群内部城市的国际贸易增长竞争强度的差异。

3.5 增长爬升规律的模拟与验证

根据2010—2019年之间城市群国际贸易增长时间序列指数值,对中国城市群国际贸易增长爬升函数(式(2))进行多次曲线拟合,可得各城市群国际贸易增长演化规律的最优函数表达式(表4)。

最优函数表达式是将国际贸易增长竞争强度值代入式(2)所得的城市群爬升曲线函数表达式,并通过卡方拟合优度检验。运用Matlab软件进行拟合可以得到中国城市群国际贸易增长爬升曲线的最优表达,所成图像是判断城市群国际贸易增长是否呈波浪式爬升发展态势最直观的判断依据。

根据城市群国际贸易增长的最优函数表达式,可以得出以下规律:一是波浪式攀升的发展态势。最优函数表达式反映了城市群国际贸易增长呈现出波浪式攀升的发展趋势。这意味着在一定时间

段内,国际贸易增长会出现上升的阶段,随后可能会有一定程度的下降,然后再次上升。这种波浪式的变动表明城市群国际贸易增长存在周期性波动,而非线性增长。二是普遍适用性。最优函数表达式在中国城市群的国际贸易增长演化规律中得到了验证,并具有普遍适用性。这意味着这个函数表达式可以用来描述和预测其他城市群国际贸易增长的演化规律,其提供了一种有效的工具,可帮助理解和解释城市群国际贸易增长的变化趋势。三是拟合效果良好。通过对中国19大城市群的国际贸易增长综合得分进行多次波浪曲线拟合,发现各城市群之间的拟合曲线相似性较大,并且与城市群国际贸易增长的波浪式爬升函数模型基本一致。这说明最优函数表达式在描述城市群国际贸易增长演化规律时具有较好的拟合效果,可以有效地揭示城市群国际贸易增长的变动规律。

进一步加强对城市群国际贸易增长演化规律的分析,最优函数表达式还可以说明以下问题:一

表4 中国城市群国际贸易增长爬升曲线最优函数表达式

Tab.4 Optimal function expression for the climbing curve of international trade growth in Chinese urban agglomerations

分类	城市群	最优函数表达式
国家级城市群	长江三角洲	$P_t = -9.271 + 0.005304(t - 219.3) + \{e^{[0.01892 \sin[0.4263(t - 219.3)]]} - 1\}$
	京津冀	$P_t = -8.107 + 0.004633(t - 207.8) + \{e^{[0.02389 \sin[0.5369(t - t_0)]]} - 1\}$
	珠江三角洲	$P_t = -11.96 + 0.006212(t - 39.58) + \{e^{[0.04186 \sin[0.6489(t - 39.58)]]} - 1\}$
	成渝	$P_t = -10.65 + 0.005034(t + 141.5) + \{e^{[0.01094 \sin[0.6264(t + 141.5)]]} - 1\}$
	长江中游	$P_t = -7.262 + 0.004256(t - 259.8) + \{e^{[0.003724 \sin[0.5762(t - 259.8)]]} - 1\}$
区域级城市群	辽中南	$P_t = -6.043 + 0.003165(t - 38.38) + \{e^{[0.01859 \sin[0.6135(t - 38.38)]]} - 1\}$
	山东半岛	$P_t = -9.016 + 0.004844(t - 101.7) + \{e^{[0.005392 \sin[0.9005(t - 101.7)]]} - 1\}$
	哈长	$P_t = -4.216 + 0.001975(t + 227.9) + \{e^{[0.01585 \sin[0.5952(t + 227.9)]]} - 1\}$
	北部湾	$P_t = 34.23 - 0.01309(t + 595.7) + \{e^{[0.1922 \sin[0.1989(t + 595.7)]]} - 1\}$
	关中平原	$P_t = 13.13 - 0.005384(t + 435.6) + \{e^{[0.2559 \sin[0.1518(t + 435.6)]]} - 1\}$
	天山北坡	$P_t = -13.81 + 0.006451(t + 161) + \{e^{[0.02392 \sin[0.3706(t + 161)]]} - 1\}$
	粤闽浙沿海	$P_t = -9.62 + 0.004873(t - 1.702) + \{e^{[-0.01608 \sin[0.6586(t - 1.702)]]} - 1\}$
	中原	$P_t = -8.856 + 0.004055(t + 219.7) + \{e^{[0.01546 \sin[0.7297(t + 219.7)]]} - 1\}$
	宁夏沿黄	$P_t = 0.03038 - 0.0003069(t + 263) + \{e^{[0.6224 \sin[0.05445(t - 263)]]} - 1\}$
	滇中	$P_t = -29.2 + 0.01252(t + 330.7) + \{e^{[0.08512 \sin[0.313(t + 330.7)]]} - 1\}$
地区级城市群	黔中	$P_t = -13.19 + 0.006781(t - 37.23) + \{e^{[-0.0003904 \sin[0.6287(t - 37.23)]]} - 1\}$
	兰西	$P_t = -6.589 + 0.003936(t - 293) + \{e^{[0.0008179 \sin[1.078(t - 293)]]} - 1\}$
	山西中部	$P_t = -6.585 + 0.003249(t + 68.75) + \{e^{[0.03574 \sin[0.2857(t + 68.75)]]} - 1\}$
	呼包鄂榆	$P_t = -8.577 + 0.004707(t - 145.3) + \{e^{[0.0123 \sin[0.5258(t - 145.3)]]} - 1\}$

注: P_t 表示城市群国际贸易增长; t 表示研究时期。

是周期性波动的原因。最优函数表达式的波浪式攀升形态反映了城市群国际贸易增长存在周期性波动的特点。经济周期性的波动、贸易政策的变化以及全球经济格局的演变都可能对城市群国际贸易增长产生影响,导致其呈现出周期性波动的趋势。二是城市群间的相似性。最优函数表达式在不同城市群的国际贸易增长数据拟合中展现了较高的相似性。这说明不同城市群之间在国际贸易增长方面存在一定的共性和相似的发展趋势。可能是由于宏观经济环境、政策导向、地理位置等因素的共同影响,导致不同城市群之间的国际贸易增长演化规律具有一定的相似性。三是增长速度的差异。虽然最优函数表达式揭示了波浪式攀升的发展态势,但城市群国际贸易增长的具体增速在不同城市群之间可能存在差异,一些城市群可能在特定时期经历了更快的增长,而另一些城市群可能增长较为缓慢。这与城市群的发展阶段、产业结构、市场竞争等因素有关。

综上所述,最优函数表达式对城市群国际贸易增长演化规律进行了较全面的分析,其不仅揭示了波浪式攀升的趋势和周期性波动的原因,还说明了城市群间的相似性、增长速度差异以及空间差距的扩大,其有助于深入理解城市群国际贸易增长的发展模式,为相关决策和规划提供科学依据。

4 结论、讨论与政策启示

4.1 结论

本文通过构建国际贸易增长评价指标体系,对中国城市群国际贸易增长波浪式爬升规律及城市群内部各城市相互竞合博弈过程进行分析,得出以下结论:

第一,中国城市群内包含的城市国际贸易增长的变化过程遵循爬升规律。通过对中国城市群国际贸易增长进行全局空间分析,发现中国城市群国际贸易增长具有空间上的不均衡性,城市群整体的国际贸易增长区位特征主要表现为“东南高、西北低”的形态,胡焕庸线以东地区的城市群国际贸易增长要优于西部地区。城市群间的国际贸易增长差异较大,国家级城市群的国际贸易增长相对较高,国际贸易增长较低区域由国家级城市群逐步向区域级和地区级扩张,不同城市群区位条件不同、国家战略规划不同等因素是导致这种现象的可能

原因。

第二,中国城市群内包含的城市国际贸易发展存在竞合门槛的限制。通过对国家级城市群、区域级城市群和地区级城市群竞合门槛值的计算,可知城市群国际贸易增长的竞合强度与国际贸易增长和经济水平呈正相关,与城市间的距离呈负相关,同时可分析城市群内不同城市何时超过竞合门槛值进而加入城市群内城市与中心城市的竞合博弈过程,该过程说明了多因素共同作用导致了城市群内部城市的国际贸易增长竞合强度的差异。

第三,中国城市群国际贸易增长爬升曲线得到了实践验证。通过对中国19个城市群的国际贸易增长综合得分进行多次波浪曲线拟合后发现,各城市群之间的拟合曲线相似性较大,并呼应了中国城市群国际贸易增长演化曲线,拟合效果良好,说明城市群国际贸易增长演化规律与城市群国际贸易增长的波浪式爬升函数模型基本一致。

4.2 讨论

第一,中国城市群的国际贸易增长呈现出波浪式的爬升趋势。这意味着城市群国际贸易增长在不同时间段会有起伏,并且整体上呈现出逐渐增长的态势。同时,中国城市群国际贸易增长存在空间上的不均衡性,表现为东南地区的城市群国际贸易增长相对较高,而西北地区较低。这种区域差异可能受到城市群的区位条件和国家战略规划等因素的影响。该结论一定程度上验证了方创琳等^[23]关于核心城市在城市群形成发育过程中不断联合周边城市提升自身发展能力的爬升规律曲线的研究结论,同时响应了方创琳等^[24]提出的“城市群的形成发育过程是一个各城市之间由竞争变为竞合的漫长演化过程”这一结论。

第二,中国城市群内的城市国际贸易发展受到竞合门槛的限制。通过计算竞合门槛值,可以观察到不同级别的城市群内城市何时超过竞合门槛值并加入城市群内部的竞争博弈过程。这表明城市群内部的国际贸易发展受到竞争门槛的制约,城市需要具备一定的条件才能参与城市群内的竞争。Tan^[25]认为城市群存在一体化边界效应,在一定程度上印证了本文所研究的城市群国际贸易发展进程中存在的竞合门槛限制,同时任以胜等^[26]提出区域行政边界影响了经济发展差异的缩小速度,限制了区域经济一体化进程,进一步说明了城市群在形成发育过程中存在的阻碍及门槛限制。

第三,中国城市群国际贸易增长爬升曲线得到了实践验证。这说明波浪式爬升函数模型能够较好地描述中国城市群国际贸易增长的演化规律,该模型对于解释城市群国际贸易增长的变化趋势具有较好的拟合效果,从实践验证的角度支持了该模型的可靠性。该模拟验证结果是在方创琳等^[24]对于京津冀城市群综合可持续爬升能力曲线的模拟结果基础上对城市群国际贸易增长的发展进行规律探析,可为推动各城市群国际贸易发展提供定量决策支持依据。

4.3 政策启示

第一,对于中国城市群国际贸易增长的变化过程以及增长空间上的不均衡性,可采取优化区位优势战略,应实施更加有针对性和差异化的区域协调发展政策。对于东南地区的城市群,可以进一步提升其国际贸易增长的竞争力,加强资源整合和产业升级。对于西部地区的城市群,可以加强基础设施建设和政策扶持,吸引投资和拓展国际市场。政府可引导和支持西部地区发展先进制造业和高科技产业,提高其对外贸易竞争力,从而缩小东西部地区在国际贸易增长方面的差距。另外,应鼓励各城市群间加强合作和交流,政府可以建立起跨城市群的信息平台和交流渠道,推动各城市群间的产业合作和协同发展,以实现城市群整体发展的提升。此外,可以进一步优化城市群内部的空间结构,提高城市群的整体运行效率和竞争力。

第二,对于中国城市群内城市国际贸易发展存在的竞合门槛限制,可采取一系列措施来引导和规范城市群内的竞争,可适时调整和优化竞合门槛值,鼓励更多城市加入城市群内城市与中心城市的竞合博弈过程。同时,提供支持和激励措施,帮助城市提高竞争力,突破竞合门槛,实现国际贸易增长。首先,政府部门可加强市场监管,遏制不正当竞争,鼓励公平竞争。其次,政府部门可以引导各城市之间进行合作和协同发展,共同提升城市群整体的国际贸易水平。例如,政府可以建立城市群协作机制,促进城市之间互利合作,推动城市群内的优势互补,实现共赢发展。此外,政府还可以通过提高城市群内的交通、信息等基础设施建设水平,促进城市群内的国际贸易发展。同时,政府部门也可以采取税收政策等经济手段,对城市群内的国际贸易发展进行引导和激励。

第三,对于中国城市群国际贸易增长爬升曲线

的实践验证,政府可通过实施经济互补性政策来促进不同城市群之间的协同发展,确保国家战略规划与城市群发展目标相一致,提供良好的政策环境和支持,推动城市群国际贸易增长的有序发展。具体而言,政府可引导不同城市群间进行资源互补;同时,各级政府部门还可鼓励人才流动,为企业和城市群的发展提供更多人力资源支持。此外,也应该鼓励企业加强创新,提高产品和服务的竞争力。例如可通过减税降费等政策来支持企业的技术研发和创新活动,同时还可鼓励企业开展国际合作,加强市场拓展,提升企业的国际竞争力。

参考文献(References)

- [1] 陈韬, 贺灿飞. 国际贸易地理研究进展 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(10): 1732-1746. [Chen Tao, He Canfei. A review on geographies of international trade. Progress in Geography, 2020, 39(10):1732-1746.]
- [2] 黄群慧, 倪红福. 中国经济国内国际双循环的测度分析: 兼论新发展格局的本质特征 [J]. 管理世界, 2021, 37(12): 40-58. [Huang Qunhui, Ni Hongfu. Measurement of domestic and international double cycle of China's economy: The essential characteristics of the new development pattern. Journal of Management World, 2021, 37(12): 40-58.]
- [3] 王文宇, 贺灿飞. 关系经济地理学与贸易网络研究进展 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(3): 461-476. [Wang Wenyu, He Canfei. Relational economic geography and trade network research. Progress in Geography, 2022, 41(3): 461-476.]
- [4] 陈波, 荆然. 金融危机、融资成本与我国出口贸易变动 [J]. 经济研究, 2013, 48(2): 30-41, 160. [Chen Bo, Jing Ran. Crisis, financial costs, and export margins: Evidence from China. Economic Research Journal, 2013, 48(2): 30-41, 160.]
- [5] 黎诗扬, 朱华晟, 丁玥. 国际贸易对地区劳动力技能升级的影响: 基于中国大陆地区地级市的数据分析 [J]. 地理科学进展, 2019, 38(10): 1514-1522. [Li Shiyang, Zhu Huasheng, Ding Yue. The impact of international trade on regional skill upgrading: Analysis of prefecture-level cities in the mainland of China. Progress in Geography, 2019, 38(10): 1514-1522.]
- [6] 任卓然, 贺灿飞, 王文宇. 演化经济地理视角下的经济复杂度与区域经济发展研究进展 [J]. 地理科学进展, 2021, 40(12): 2101-2115. [Ren Zhuoran, He Canfei, Wang Wenyu. Progress of research on economic complexity and regional economic development in the perspective of evolutionary economic geography. Progress in Geogra-

- phy, 2021, 40(12): 2101-2115.]
- [7] 方创琳. 新发展格局下的中国城市群与都市圈建设 [J]. 经济地理, 2021, 41(4): 1-7. [Fang Chuanglin. China's urban agglomeration and metropolitan area construction under the new development pattern. Economic Geography, 2021, 41(4): 1-7.]
- [8] 朱希伟, 朱胡周. 量化空间经济学研究进展 [J]. 经济地理, 2022, 42(12): 1-12. [Zhu Xiwei, Zhu Huzhou. A review of quantitative spatial economics. Economic Geography, 2022, 42(12): 1-12.]
- [9] 贾怀勤, 吴珍倩. 我国贸易质量综合评价初探 [J]. 国际贸易, 2017(4): 40-44. [Jia Huaiqin, Wu Zhenqian. A preliminary study on the comprehensive evaluation of trade quality in China. Intertrade, 2017(4): 40-44.]
- [10] 曲维玺, 崔艳新, 马林静, 等. 我国外贸高质量发展的评价与对策 [J]. 国际贸易, 2019(12): 4-11. [Qu Weixi, Cui Yanxin, Ma Linjing, et al. Evaluation and suggestions of high-quality development of China's foreign trade. Intertrade, 2019(12): 4-11.]
- [11] 李凯杰, 曲如晓. 中国对外贸易可持续发展影响因素的实证分析 [J]. 经济学家, 2012(7): 53-61. [Li Kaijie, Qu Ruxiao. Empirical analysis on the influencing factors of sustainable development of China's foreign trade. Economist, 2012(7): 53-61.]
- [12] 杨丽华. 我国进口贸易可持续发展评价体系的构建及实证研究 [J]. 财贸经济, 2010(11): 95-101. [Yang Lihua. The construction and empirical study of the evaluation system for the sustainable development of China's import trade. Finance and Trade Economics, 2010(11): 95-101.]
- [13] 李霄, 梁伟民. 实用外资对珠三角地方经济影响的实证分析: 以佛山为例 [J]. 国际经贸探索, 2006(1): 25-28. [Li Xiao, Liang Weimin. The influence of the FDI utilization on the local economy in the Pearl River Delta. International Economics and Trade Research, 2006(1): 25-28.]
- [14] 高丹, 黄华. 边疆地区对外贸易高质量发展内涵与实现路径研究 [J]. 国际贸易, 2021(5): 55-63. [Gao Dan, Huang Hua. Research on the connotation and path of realizing high-quality development of foreign trade in border areas of China. Intertrade, 2021(5): 55-63.]
- [15] 郝乐. 双边贸易水平的综合评价与比较 [J]. 国际经贸探索, 2018, 34(12): 70-80. [Hao Le. Comprehensive evaluation and comparison of bilateral trade level. International Economics and Trade Research, 2018, 34(12): 70-80.]
- [16] 张慧. 中国服务贸易国际竞争力的影响因素及变动情况: 基于1982—2011年数据的经验研究 [J]. 国际经贸探索, 2014, 30(6): 56-67. [Zhang Hui. An empirical study on the influencing factor and trend of China's services trade competitiveness based on the data of 1982-2011. International Economics and Trade Research, 2014, 30(6): 56-67.]
- [17] 田泽, 沈雨婷, 任芳容. 我国对外贸易—经济—环境耦合协调度与空间效应对比研究: 基于长江经济带与次区域比较视角 [J]. 工业技术经济, 2019, 38(10): 137-145. [Tian Ze, Shen Yuting, Ren Fangrong. Comparative study on coordination degree and spatial effect of China's foreign trade-economic-environment coupling: Based on the comparative perspective of the Yangtze River Economic Belt and the sub-region. Journal of Industrial Technological Economics, 2019, 38(10): 137-145.]
- [18] 田泽, 程飞. “一带一路”沿线省市对外贸易—经济—环境耦合关系与空间效应研究 [J]. 软科学, 2018, 32(7): 25-29. [Tian Ze, Cheng Fei. Research on coupling relationship and spatial effect of foreign trade-economy-environment along the provinces and cities along "The Belt and Road". Soft Science, 2018, 32(7): 25-29.]
- [19] 冶莉, 葛岳静, 胡伟, 等. 中尼口岸贸易与跨境交通耦合协调研究 [J]. 地理科学进展, 2022, 41(3): 371-384. [Ye Li, Ge Yuejing, Hu Wei, et al. Coupling and coordination of ports trade and cross-border transportation of China and Nepal. Progress in Geography, 2022, 41(3): 371-384.]
- [20] 曾鹏, 魏旭, 胡月, 等. 中国城市群发育与规划适配性的时空演变研究 [J]. 人文地理, 2022, 37(3): 88-98. [Zeng Peng, Wei Xu, Hu Yue, et al. Spatial and temporal evolution of urban agglomeration development and planning adaptability in China. Human Geography, 2022, 37(3): 88-98.]
- [21] 曾鹏, 黄晶秋. 创新型城市建设与发展的机制与路径 [J]. 云南师范大学学报(哲学社会科学版), 2022, 54(4): 52-61. [Zeng Peng, Huang Jingqiu. Mechanism and paths of innovative urban construction and development. Journal of Yunnan Normal University (Humanities and Social Sciences Edition), 2022, 54(4): 52-61.]
- [22] 傅为忠, 储刘平. 长三角一体化视角下制造业高质量发展评价研究: 基于改进的CRITIC-熵权法组合权重的TOPSIS评价模型 [J]. 工业技术经济, 2020, 39(9): 145-152. [Fu Weizhong, Chu Liuping. Research on the evaluation of high quality development of manufacturing industry from the perspective of integration of the Yangtze River Delta: TOPSIS evaluation model based on improved CRITICAL-entropy weight method. Journal of Industrial Technological Economics, 2020, 39(9): 145-152.]
- [23] 方创琳, 梁龙武, 王振波. 京津冀城市群可持续爬升规律的定量模拟及验证 [J]. 中国科学: 地球科学, 2020, 50(1): 104-121. [Fang Chuanglin, Liang Longwu, Wang Zhenbo. Quantitative simulation and verification of upgrade law of sustainable development in Beijing-Tianjin-

- Hebei urban agglomeration. *Science China: Earth Science*, 2020, 50(1): 104-121.]
- [24] 方创琳, 王振波, 马海涛. 中国城市群形成发育规律的理论认知与地理学贡献 [J]. *地理学报*, 2018, 73(4): 651- 665. [Fang Chuanglin, Wang Zhenbo, Ma Haitao. The theoretical cognition of the development law of China's urban agglomeration and academic contribution. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(4): 651-665.]
- [25] Tan R H, Liu P C, Zhou K H, et al. Evaluating the effectiveness of development-limiting boundary control policy: Spatial difference-in-difference analysis [J]. *Land Use Policy*, 2022, 120: 106229. doi: 10.1016/j.landusepol.2022.106229
- [26] 任以胜, 陆林, 虞虎. 新安江流域行政区经济非均衡性的行政边界效应 [J]. *经济地理*, 2020, 40(9): 46- 52. [Ren Yisheng, Lu Lin, Yu Hu. Administrative border effect of economy non-equilibrium in the Xin'an River Basin. *Economic Geography*, 2020, 40(9): 46-52.]

Spatiotemporal evolution and development curve of international trade growth in Chinese urban agglomerations

ZENG Peng¹, CHENG Yin²

(1. School of Ethnology and Sociology, Guangxi Minzu University, Nanning 530006, China;

2. School of Economics, Guangxi Minzu University, Nanning 530006, China)

Abstract: In the process of urban agglomeration formation and development, there exists a phenomenon of "competitive cooperation" in international trade among cities, specifically manifested as an ascending pattern of international trade growth in urban agglomerations. This study explored the spatiotemporal evolution and development patterns of international trade growth in Chinese urban agglomerations. First, through a fundamental analysis of the ascending growth pattern of international trade in urban agglomerations and the construction of a mathematical model, a geometric expression for international trade growth in urban agglomerations was derived. Second, the CRITIC comprehensive weighting method was employed to calculate the overall and individual international trade growth levels of urban agglomerations and their constituent cities from 2010 to 2019. A model for the competitiveness intensity and threshold of international trade in urban agglomerations was developed. Finally, the chi-square goodness-of-fit test was conducted to validate the ascending growth pattern of international trade in Chinese urban agglomerations. The results indicate that: 1) The process of international trade growth in individual cities within Chinese urban agglomerations followed an ascending pattern, and the growth demonstrated a spatial imbalance. The locational characteristics of international trade growth in urban agglomerations were primarily characterized by a "high in the southeast and low in the northwest" pattern. 2) There were competitiveness threshold restrictions on the development of international trade in different urban agglomerations, with varying times for the competitiveness intensity to exceed the competitiveness threshold. National-level urban agglomerations exhibited more pronounced competitive advantages in international trade development, while regional-level and local-level urban agglomerations displayed relatively weaker competitiveness. 3) The ascending curve of international trade growth in Chinese urban agglomerations was validated through empirical analysis, showing a high degree of similarity in the fitting curves among different urban agglomerations and a good fit overall. The observed patterns of international trade growth in urban agglomerations align closely with the ascending function model. This study provides a theoretical support and decision-making references for promoting the international trade development of Chinese urban agglomerations and regional trade.

Keywords: urban agglomeration; international trade growth; climbing pattern; competitiveness threshold; simulation verification