

# 中国先进制造业集群水平:测度、动态演进及收敛性

朱旭森<sup>1</sup> 张海涛<sup>2,3</sup>

(1. 重庆社会科学院 产业经济研究所 重庆 400020;

2. 重庆师范大学 数学科学学院博士后流动站 重庆 401331;

3. 重庆联合产权交易所集团股份有限公司 博士后工作站 重庆 401221)

**摘要:**发展先进制造业集群是中国建设制造强国的必然要求,也是实现经济高质量发展的关键举措。本文以“产业集群理论”为基础,运用熵权-TOPSIS法测度了中国七大地区的先进制造业集群水平,并探究其动态演进和收敛性。研究发现,从整体来看,中国七大地区先进制造业集群水平呈显著的梯度分布态势。粤港澳、长三角、京津冀依托早期政策红利与创新网络外部性,形成规模经济,推动集群向高阶形态跃迁;东北地区受传统重工业刚性锁定与市场化滞后制约;成渝、长江中游和陕甘宁地区面临基础设施薄弱与创新生态缺失,陷入“低水平均衡陷阱”。从动态演进来看,先进制造业集群水平的地区差异扩大并趋向多极化分布,集群规模呈阶梯式演进,集群联系度与专业化程度极化趋势增强。从收敛性来看,先进制造业集群水平及细分维度均未呈现显著的 $\sigma$ 收敛趋势。本文的研究为合理缩小地区差异,助推中国先进制造业集群发展提供参考意见。

**关键词:**先进制造业集群;区域差异;动态演进;收敛性

**中图分类号:**F424.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0429(2025)03-0060-13

**DOI:**10.19742/j.cnki.50-1164/C.250307

## 一、引言

先进制造业是实体经济最具活力和变革性的部分,是形成和发展新质生产力的主阵地,事关中国式现代化建设。党的二十届三中全会提出,“加快推进新型工业化,培育壮大先进制造业集群”,将集群发展提升到国家战略层面。当前,全球产业链重构加速演进,发达国家纷纷通过“制造业回流”重塑竞争优势,我国制造业既面临关键技术“卡脖子”的风险挑战,也遭遇传统要素成本优势弱化的现实困境。在此背景下,如何通过先进制造业集群建设突破创新瓶颈、提升产业链韧性,已成为关乎制造强国战略成败的关键命题。经过多年来的发展,尽管中国已创建45个国家级先进制造业集群、100个中小企业特色产业集群,覆盖了如信息技术、高端装备、新材料、新能源及智能网联汽车等多个制造强国重点建设领域,但客观审视集群发展现状,仍存在区域布局失衡、产业链协同不足、创新要素集聚度低等突出问题。这种发展现状与“培育世界级先进制造业集群”的战略目标尚存显著差距,亟待构建更具靶向性的发展路径。因此,深入探究中国各区域先进制造业集群的发展情况,从而提出具有针对性和可操作性的

**收稿日期:**2025-03-18

**作者简介:**朱旭森,男,区域经济学博士,重庆社会科学院研究员,主要研究方向:区域经济学。

**基金项目:**重庆市哲学社会科学创新工程重大项目“成渝地区双城经济圈优势产业集群发展研究”(2024CXZD18)。

效能提升策略,对于破解当前集群发展瓶颈具有重大现实意义。

学术界对先进制造业集群进行了深入研究,主要分为三类。第一,先进制造业集群的国际经验与实践路径。袁红林等<sup>[1]</sup>通过分析美国、德国、日本先进制造业集群发展经验,提炼出“市场驱动—标准引领—政企协同”的差异化发展范式,为中国政策设计提供分类指导框架。张佩等<sup>[2]</sup>通过剖析德国工业4.0 旗舰集群竞争力提升机制,发现“核心企业主导的创新生态”与“跨行业技术融合”是集群突破产业链低端锁定的关键路径。王恺乐等<sup>[3]</sup>通过研究美国、德国、法国和日本的先进制造业集群发展历程,为成渝地区双城经济圈建设提供启示,例如,借鉴德国中小企业扶持机制与日本产研协同模式。第二,先进制造业集群的空间演化与地区发展。陈香等<sup>[4]</sup>基于集群系统构建与可靠性关系研究发现,我国先进制造业集群亟需进行空间重构,提出需通过产业要素再配置实现空间重构,尤其需强化中西部地区的产业链衔接能力。陈晓峰等<sup>[5]</sup>立足于制度变迁一般规律和地区产业发展基本实践,为长三角先进制造业集群提供政策建议,指出地方政府需建立动态政策调整机制以匹配集群发展阶段,例如,通过税收优惠引导专业化分工、以基建投资优化要素流动效率。第三,先进制造业集群的影响因素。吴松强等<sup>[6]</sup>认为知识溢出与企业创新关联有效促进先进制造业集群成长,冯德连等<sup>[7]</sup>研究发现 FDI 技术、技术创新对先进制造业集群发展有促进作用。总的来说,目前量化研究先进制造业集群水平的文献比较少见。部分文献通过地区产业集聚度、先进制造业就业人数等指标,或从先进制造业集群度<sup>[7-8]</sup>、基于研究开发、产品质量、市场份额、利润盈余和品牌建设等五个方面衡量先进制造业集群成长<sup>[9]</sup>。这些衡量方式尽管能在一定程度上反映先进制造业集群度,仍无法全面反映先进制造业集群的内涵。

鉴于此,本文以“产业集群理论”为基础,基于七大地地区 2007—2022 年的面板数据,构建包含集群规模、集群联系度和集群专业化程度三大维度的先进制造业集群指标体系,采用熵权-TOPSIS 法测度先进制造业集群水平,在此基础上探明中国先进制造业集群水平的时空变化特征、动态演进及收敛性。本文的边际贡献在于:一是理论框架的重塑与重构。打破以往单一维度衡量标准,依托产业集群相关理论,从“规模—联系度—专业化”三个维度将集群概念进行统一归类 and 科学表述,从而有效解决集群内生机理碎片化的现象。二是方法论上的交叉集成与实证突破。利用熵权-TOPSIS 法对中国七大地地区板块中的先进制造业集群进行深入细致的分析,最终得出中国先进制造业集群  $\sigma$  不收敛结论。三是通过使用核密度函数的方法刻画“多极化—非均衡”演进轨迹的变化情况,即“创新极化”“低水平均衡陷阱”,弥补国内关于区域间差异动态演化过程缺乏机制研究的问题。

## 二、先进制造业集群综合评价指标体系及测度方法

### (一)先进制造业集群综合评价指标体系构建

本文基于“产业集群理论”,并借鉴有关学者的研究<sup>[10-11]</sup>,结合基础数据的可得性,从集群规模、集群联系度和集群专业化程度三大维度构建由 19 个指标构成的我国先进制造业集群评价指标体系,如表 1 所示。

集群规模包含经济发展水平、产业营收水平、外商直接投资水平、大中型企业占比、企业就业人员数量、城镇化水平、通信用户密度 7 个测度指标,分别反映集群规模的经济规模、企业规模和人口规模。集群联系度包括政府与市场联系度、经济与社会联系度、信息与技术联系度 3 个一级指标。政府与市场联系度用政府干预力度和科技财政支持强度衡量,经济与社会联系度用企业财务关联性和企业市场融入年限衡量,信息与技术联系度用数字化融合度和信息基础设施普及率衡量。集群专业化程度分为技术创新、产业结构和产权与经营专业化。分别用技术创新活力、研发深度指数、先进制造业企业占比、销售收入占比、产权性质和盈利能力专业化的 6 个测度指标衡量。

表 1 中国先进制造业集群评价指标体系

| 准则层     | 一级指标     | 二级指标      | 衡量方法                   | 属性 |
|---------|----------|-----------|------------------------|----|
| 集群规模    | 经济规模     | 经济发展水平    | 人均地区生产总值               | 正向 |
|         |          | 产业营收水平    | 规模以上企业营业收入             | 正向 |
|         |          | 外商直接投资水平  | 外商直接投资与 GDP 之比         | 正向 |
|         | 企业规模     | 大中型企业占比   | 大中型企业占比                | 正向 |
|         |          | 企业就业人员数量  | 先进制造业企业就业人数            | 正向 |
|         | 人口规模     | 城镇化水平     | 城镇化率与人口数之积             | 正向 |
|         |          | 通信用户密度    | 移动电话年末用户               | 正向 |
| 集群联系度   | 政府与市场联系度 | 政府干预力度    | 用财政支出与 GDP 之比衡量        | 正向 |
|         |          | 科技财政支持强度  | 地方财政科学技术支出             | 正向 |
|         | 经济与社会联系度 | 企业财务关联性   | 资产负债率                  | 负向 |
|         |          | 企业市场融入年限  | 企业上市年限                 | 正向 |
|         | 信息与技术联系度 | 数字化融合度    | 企业应用数字技术、现代信息系统等的词频衡量  | 正向 |
|         |          | 信息基础设施普及率 | 互联网宽带接入口个数             | 正向 |
|         |          | 技术创新活力    | 专利申请数                  | 正向 |
| 集群专业化程度 | 技术创新     | 研发深度指数    | R&D 经费支出               | 正向 |
|         |          | 先进制造业企业占比 | 先进制造业占制造业的比例           | 正向 |
|         | 产业结构     | 销售收入占比    | 先进制造业销售收入占规模以上企业销售收入比例 | 正向 |
|         |          | 产权性质      | DER 产权比率               | 正向 |
|         | 产权与经营专业化 | 盈利能力专业化   | 净资产收益率                 | 正向 |
|         |          |           |                        |    |

## (二) 研究范围

先进制造业集群是指在某一地理区域内,围绕先进制造技术领域,由众多相互关联的企业与机构通过协同合作所构成的一种网络化、集群化的产业组织形式,这是制造业实现高质量发展的一个重要标志。基于中国经济版图和地区产业分布,本文选取成渝、京津冀、粤港澳、长三角、东北地区、陕甘宁、长江中游地区七大经济地区作为研究先进制造业集群的地区。这些地区的选取不仅反映了中国先进制造业的多样性和复杂性,也体现了不同地区在制造业发展中的独特贡献和潜力。通过研究这些地区的先进制造业集群,可以深入了解中国先进制造业的发展状况、特点和趋势,为制定相关政策提供有力支持。

## (三) 测度方法选择

现有文献中测度指标体系的构建方法主要可分为三大类,各具特点与局限:一是主观赋权法,该方法主要是根据专家的经验确定每个指标的权重,并赋予不同的分值。其优点是能较好地体现决策者的真实意愿以及满足特定的实际需求;缺点是由于权重是由专家凭主观判断得出的,在一定程度上体现了专家自身的价值判断标准及思维习惯,带有很大的随机性和任意性。而且这种方法忽略了数据本身蕴含的信息,导致最后得到的权重不能准确反映指标之间的相对重要程度。二是客观赋权法。该种方法是根据数据自身的特点而制定出来的,可以消除人为主观因素的影响,但是它也有不足之处,即可能会忽略掉某些实际应用的要求或条件限制;运算比较繁琐,所得的结果不易于理解,对于数据的

质量要求比较高,如果出现一些离群点则会导致整个系统发生错误。三是主客观相结合的赋权法。例如 AHP-熵值组合赋权法,这种方法克服了前两者的缺点,但仍然没有摆脱人的主观因素,同时计算量大,需要较高的专业水平才能完成。

熵权-TOPSIS 法则很好地克服了上述问题,它采用一种全新的思路 and 方式将两者有机地结合在一起<sup>[12-13]</sup>;第一部分是利用熵权法进行客观赋权。根据信息熵原理求出各个指标的信息熵值作为相应的权数;整个过程都是从数据中提取出来的,并且没有人为因素参与其中,因此所得的结果是公正合理的。第二部分就是利用 TOPSIS 法进行综合排序。TOPSIS 法通过对每个样本点距离正向最优点和反向最显著缺点的大小关系来进行排序,这样可以最大限度地保证所得到的结果真实可靠并且不丢失任何信息维度,同时又可以根据这些数值直观地表现各个地区产业集群的发展情况。最后通过实证发现这种方法对于“规模—联系度—专业化”三者之间相互影响的关系有很强的把握能力,并且它的评估结果同实际经济发展状况相符合的程度要比其他传统的办法要高很多,而且这种方法还有很好的拓展空间,可以与其他的一些方法比如  $\sigma$  收敛分析、核密度估计等等结合起来一起使用,这就为我们以后更加全面地研究产业集群发展变化提供了一个很强大的工具。

#### (四) 数据说明

本文运用 19 个具体指标测算了我国七大经济地区 2007—2022 年的中国先进制造业集群指数及三个子系统指数。指标体系中的所有原始数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》,以及 Wind 数据库、CSMAR 上市公司数据库、中国经济社会大数据研究平台等。

### 四、测度结果分析

#### (一) 中国先进制造业集群水平结果分析

图 1 为我国七大经济地区先进制造业集群水平时间趋势演变走势图。

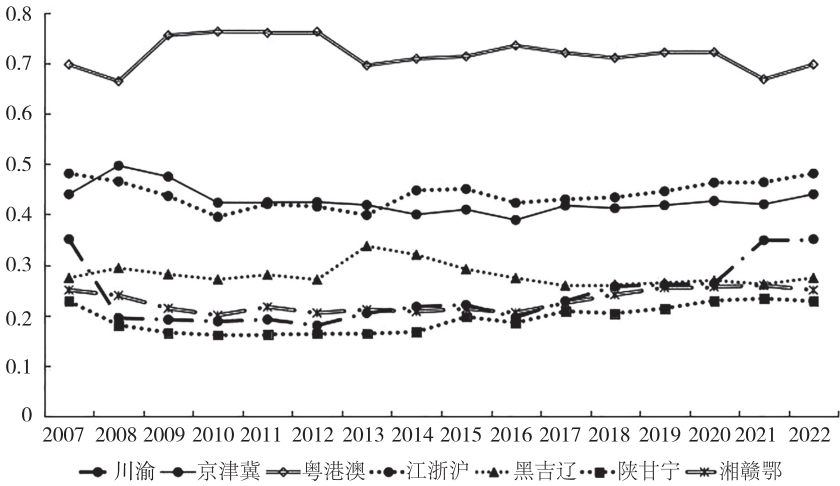


图 1 2007—2022 年中国先进制造业集群水平时间趋势演变图

结合表 2 测算的数值可以看出,2007—2022 年先进制造业集群水平最高的为粤港澳先进制造业集群,其次是长三角和京津冀先进制造业集群,其余四大经济地区先进制造业集群水平整体偏低,四大集群按顺序排名依次是东北地区先进制造业集群、成渝先进制造业集群、长江中游地区先进制造业集群和陕甘宁先进制造业集群,这表明中国先进制造业集群水平差异显著,呈现显著的梯度分布态势,整体分成了三个层级。

表 2 2007—2022 年中国七大地区先进制造业集群水平

| 地区     | 成渝      | 京津冀     | 粤港澳     | 长三角     | 东北地区    | 陕甘宁     | 长江中游地区  |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2007 年 | 0.351 3 | 0.440 4 | 0.697 2 | 0.481 4 | 0.274 5 | 0.228 4 | 0.250 3 |
| 排序     | 4       | 3       | 1       | 2       | 5       | 7       | 6       |
| 2008 年 | 0.195 0 | 0.496 8 | 0.664 0 | 0.465 7 | 0.293 9 | 0.181 1 | 0.239 7 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2009 年 | 0.191 9 | 0.475 1 | 0.755 0 | 0.436 7 | 0.281 5 | 0.166 2 | 0.214 3 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2010 年 | 0.188 3 | 0.423 5 | 0.762 3 | 0.395 3 | 0.271 4 | 0.161 2 | 0.200 4 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2011 年 | 0.192 2 | 0.424 5 | 0.759 7 | 0.420 7 | 0.280 6 | 0.163 1 | 0.217 1 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2012 年 | 0.180 3 | 0.424 8 | 0.762 1 | 0.415 8 | 0.271 0 | 0.163 9 | 0.205 0 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2013 年 | 0.204 8 | 0.419 0 | 0.695 4 | 0.399 0 | 0.337 5 | 0.164 2 | 0.211 7 |
| 排序     | 6       | 2       | 1       | 3       | 4       | 7       | 5       |
| 2014 年 | 0.217 4 | 0.400 2 | 0.708 7 | 0.447 9 | 0.320 5 | 0.167 4 | 0.207 7 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2015 年 | 0.221 1 | 0.409 9 | 0.713 3 | 0.450 7 | 0.291 8 | 0.197 5 | 0.213 5 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2016 年 | 0.196 3 | 0.389 3 | 0.734 7 | 0.423 1 | 0.274 2 | 0.185 6 | 0.205 5 |
| 排序     | 6       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 5       |
| 2017 年 | 0.228 5 | 0.417 7 | 0.720 2 | 0.430 3 | 0.259 2 | 0.208 4 | 0.224 8 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2018 年 | 0.257 7 | 0.412 8 | 0.710 2 | 0.434 0 | 0.261 0 | 0.204 3 | 0.241 0 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2019 年 | 0.260 9 | 0.418 4 | 0.721 1 | 0.446 2 | 0.264 9 | 0.214 2 | 0.255 2 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2020 年 | 0.263 5 | 0.426 9 | 0.721 5 | 0.463 2 | 0.269 4 | 0.229 5 | 0.256 7 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |
| 2021 年 | 0.349 1 | 0.420 4 | 0.667 9 | 0.464 0 | 0.262 0 | 0.233 7 | 0.259 5 |
| 排序     | 4       | 3       | 1       | 2       | 5       | 7       | 6       |
| 2022 年 | 0.351 3 | 0.440 4 | 0.697 2 | 0.481 4 | 0.274 5 | 0.228 4 | 0.250 3 |
| 排序     | 4       | 3       | 1       | 2       | 5       | 7       | 6       |
| 均值     | 0.240 6 | 0.427 5 | 0.718 2 | 0.441 0 | 0.280 5 | 0.193 6 | 0.228 3 |
| 排序     | 5       | 3       | 1       | 2       | 4       | 7       | 6       |

依据表 2 的结果,从平均值看,粤港澳先进制造业集群水平以 0.718 2 的均值领先,这充分展现了其在先进制造业集群水平上的显著优势。长三角先进制造业集群水平以 0.441 0 的均值紧随其后,表明长三角地区在先进制造业集群方面也拥有强大的实力和良好的发展基础。随后,京津冀先进制造业集群水平平均值达到 0.427 5,与长三角先进制造业集群水平差距较小。东北地区、成渝、长江中游地区先进制造业集群水平的均值则位于中游,显示出这些地区在先进制造业方面有一定的基础和发展潜力,但仍需进一步加强。而陕甘宁先进制造业集群水平的均值最低,仅为 0.193 6,这反映出陕甘宁地区在先进制造业集群发展上的相对滞后,未来需要加大集群各个维度的投入和力度,以提升先进制造业集群水平。

从变化趋势看,粤港澳地区的先进制造业集群水平在观察期间虽然有所波动,但整体呈稳定上升趋势,且始终保持在一位。长三角地区的先进制造业集群水平也相对稳定,且在某些年份有超越京津冀地区的表现,显示出其强大的竞争力和发展潜力。京津冀地区的先进制造业集群水平在观察期间虽然有所波动,但整体上也呈上升趋势,且大部分时间都保持在前三名之内。成渝、东北地区、长江中游地区的先进制造业集群水平排名和水平在观察期间有所波动,但整体上呈缓慢上升趋势,说明这些地区在努力提升先进制造业集群水平。陕甘宁地区的水平虽然有所上升,但整体上仍然较低,且始终排名最后,说明该地区在先进制造业集群发展方面仍需加强<sup>[14]</sup>。

总之,中国七大地地区先进制造业集群水平呈现出整体上升趋势,这一变化主要得益于国家及地方政府的政策支持与引导,为集群发展提供了坚实的政策保障。

(二) 中国先进制造业集群分维度结果分析

为探究中国七大地地区先进制造业集群水平在不同维度的变化,本文计算得出 2007—2022 年中国七大地地区先进制造业集群水平分维度均值,见下表 3。

表 3 2007—2022 年中国七大地地区先进制造业集群水平分维度均值

| 地区     | 集群规模    | 集群联系度   | 集群专业化程度 |
|--------|---------|---------|---------|
| 成渝     | 0.178 6 | 0.352 8 | 0.217 8 |
| 京津冀    | 0.491 7 | 0.389 2 | 0.364 0 |
| 粤港澳    | 0.748 7 | 0.604 8 | 0.778 6 |
| 长三角    | 0.563 0 | 0.444 9 | 0.281 9 |
| 东北地区   | 0.262 3 | 0.380 1 | 0.238 2 |
| 陕甘宁    | 0.023 4 | 0.340 2 | 0.143 3 |
| 长江中游地区 | 0.186 7 | 0.273 5 | 0.241 4 |

成渝地区在先进制造业集群的构建与发展过程中,展现出了初步的规模基础与潜力,但仍具有提升空间。具体而言,该地区集群规模的平均值达到 0.178 6,虽显示出一定的产业集聚雏形,但相较于其他地区,其规模尚显不足,亟待通过政策引导与市场机制进一步扩大集群效应。集群联系度的平均值为 0.352 8,表明成渝地区内在先进制造业领域的企业间存在一定的互动与合作,然而,联系紧密度仍有待加强,以促进更高效的资源共享与协同创新。至于集群专业化程度,其平均值为 0.217 8,揭示出该地区在先进制造业的专业化分工与精细化发展上尚需深化,以提升产业链的整体竞争力。

京津冀地区在先进制造业集群的发展上,呈现出较为显著的规模优势与协同潜力。该地区集群规模的平均值为 0.491 7,标志着其已形成了较为可观的产业集聚现象,为地区经济的持续增长提供了坚实基础。集群联系度的平均值为 0.389 2,显示出京津冀地区内先进制造业企业间的联系与合作相对紧

密,有利于促进技术创新与产业升级。在集群专业化程度方面,其平均值为0.364 0,表明该地区在先进制造业的专业化布局与精细化管理上已取得一定成效,但仍需持续优化以巩固领先地位。

粤港澳地区在先进制造业集群的发展上,无疑处于全国的领先地位。其集群规模的平均值为0.748 7,远高于其他地区,彰显了该地区强大的产业集聚能力与市场竞争力。集群联系度的平均值为0.604 8,同样位居前列,反映出粤港澳地区内先进制造业企业间形成了高度紧密的合作网络,为地区创新体系的构建提供了有力支撑。在集群专业化程度上,其平均值为0.778 6,这更是凸显了该地区在先进制造业领域的深厚积累与高度专业化分工,为持续推动产业升级与经济发展奠定了坚实基础。

长三角地区在先进制造业集群的发展上,同样展现了较强的综合实力。该地区集群规模的平均值为0.563 0,位于全国前列,表明其已形成了较为显著的产业集聚效应。集群联系度的平均值为0.444 9,显示出长三角地区内先进制造业企业间的联系与合作较为紧密,有利于推动技术创新与产业升级。然而,在集群专业化程度方面,其平均值为0.281 9,相较于其他方面的优势,该地区在先进制造业的专业化与精细化发展上仍有较大的提升空间。

东北地区在先进制造业集群的发展上,虽展现出一定的基础与潜力,但仍面临诸多挑战。该地区集群规模的平均值为0.262 3,相对较小,需通过政策扶持与市场机制进一步扩大集群效应。集群联系度的平均值为0.380 1,虽有一定的基础,但仍有待加强,以提升整体协作效率。在集群专业化程度上,其平均值为0.238 2,同样显示出该地区在先进制造业的专业化与精细化发展上还需加大投入力度。

陕甘宁地区在先进制造业集群的发展上,相较于其他地区,尚处于较为滞后的状态。其集群规模的平均值为0.023 4,远低于全国平均水平,显示出该地区产业集聚效应的微弱。集群联系度的平均值为0.340 2,虽有一定的基础,但仍有较大提升空间,以促进更高效的资源共享与协同创新。在集群专业化程度上,其平均值为0.143 3,更是凸显了该地区在先进制造业领域的薄弱环节,亟待通过政策引导与市场机制加以改善。

长江中游地区在先进制造业集群的发展上,虽展现出一定的规模基础,但联系度与专业化程度仍有待提升。该地区集群规模的平均值为0.186 7,相对较小,但仍有发展潜力。然而,在集群联系度方面,其平均值为0.273 5,是各地区中最低的,显示出该地区在先进制造业企业间的联系与合作上亟待加强。至于集群专业化程度,其平均值为0.241 4,也相对较低,但仍有一定的提升空间,以推动产业升级与经济发展。

总之,中国七大地地区在先进制造业集群的发展上呈现出显著的地域差异与不平衡性,不仅反映了各地区在资源禀赋、政策支持和市场环境上的差异,也深刻体现了产业集群发展的内在经济规律。基于演化经济学理论,先进制造业集群的形成与升级具有显著的路径依赖特征。粤港澳和长三角地区凭借早期对外开放的政策红利、优越的地理区位以及密集的创新要素投入,吸引了大量外资和技术密集型产业,这种先发优势通过“干中学”和知识溢出效应不断强化,形成了规模经济与范围经济的双重驱动,从而在集群规模、联系度和专业化程度上占据领先地位。相比之下,东北地区虽拥有雄厚的工业基础,但受制于传统重工业结构的刚性约束,在向先进制造业转型过程中面临较高的路径转换成本。国有经济比重过高、市场化改革滞后以及创新生态薄弱等问题,导致其难以突破既有发展模式的锁定效应,集群升级进程缓慢。而成渝、陕甘宁等中西部地区,尽管近年来通过政策倾斜和产业转移承接取得一定成效,但其产业集群发展仍受限于基础设施短板、要素流通壁垒和本地市场需求不足,难以形成自我强化的良性循环<sup>[15]</sup>。

此外,中国七大地地区先进制造业集群水平的显著差异,不仅体现在静态的梯度分布上,更蕴含着动态演化的复杂特征,这种区域异质性是否随时间扩大或收敛?其背后的分布动态遵循何种规律?要深入理解这一问题,需进一步考察先进制造业集群的时空演进趋势,并检验其是否存在收敛可能性。

## 五、中国先进制造业集群水平的分布动态及收敛性分析

为了更透彻地探究中国先进制造业集群水平的绝对差异特性,本研究采用核密度估计方法,旨在揭示全国及七大区域范围内先进制造业集群水平的绝对差异状况、其变动趋势、分布延展性,以及潜在的极化倾向。

### (一) 研究方法

Kernel 估计作为一种非参数统计方法,通过构建连续的密度曲线来估算随机变量的概率密度<sup>[16]</sup>。相较于其他估计方法,它展现出较低的模型依赖性和较高的稳健性<sup>[17]</sup>。假设  $f(x)$  是随机变量  $x$  的密度函数,公式表达为:

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{x_i - \bar{x}}{h}\right) \quad (1)$$

其中,  $N$  为观测值的总数,  $x_i$  为具有独立同分布特性的观测值,  $\bar{x}$  表示全部观测值的均值,  $K(x)$  为核密度函数,如公式(1);  $h$  为宽带,若宽带越大,则密度函数图像越光滑,说明估计的精确度越低,相反,若宽带越小,密度函数越不光滑,其精确度越高<sup>[18]</sup>。本文运用高斯核对中国七大地地区先进制造业集群水平的动态演进进行估计,公式如下:

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

### (二) 中国先进制造业集群水平的分布动态及演进

图 2(a)~(d) 为我国七大地地区 2007—2022 年先进制造业集群水平以及分维度集群规模、集群联系度和集群专业化程度的动态演进情况。

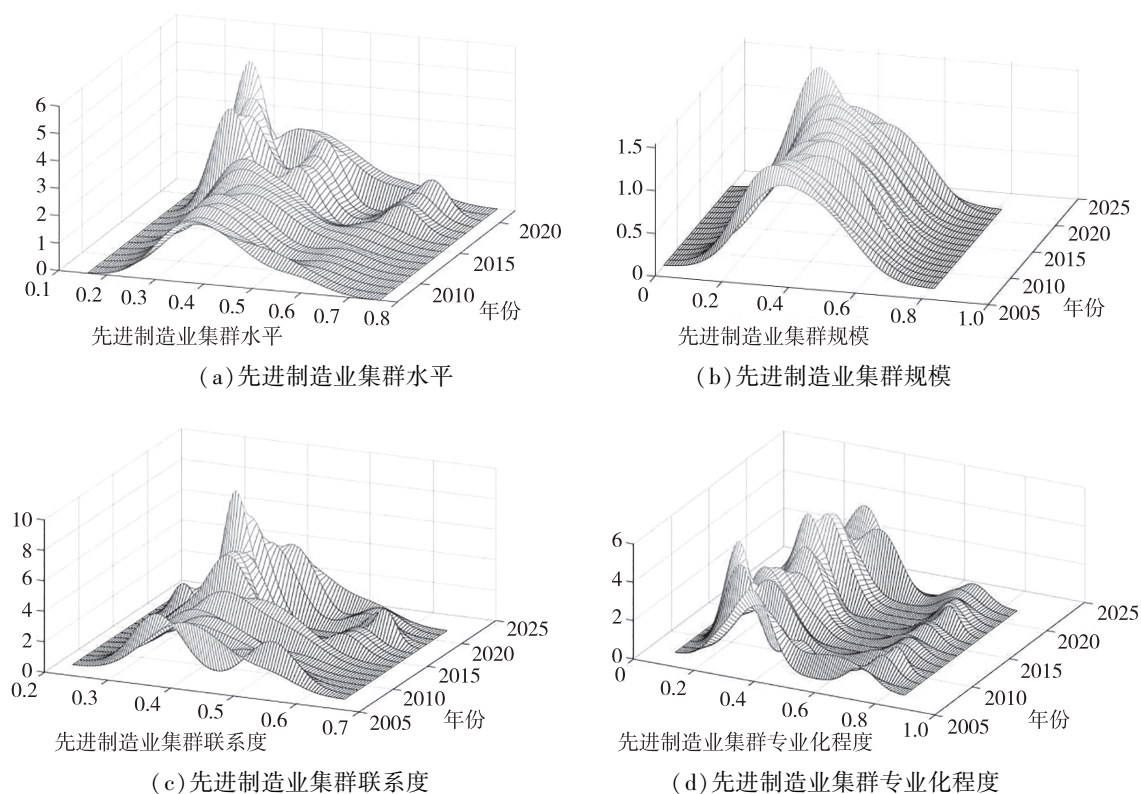


图 2 中国先进制造业集群水平分布动态

在考察期间,通过观察图 2(a),可清晰辨识中国先进制造业集群的发展动态展现出几个突出特征:首先,中国先进制造业集群指数的分布重心持续向左侧偏移,这一变化揭示了各地区先进制造业集群能力在不断提升。其次,该指数的分布呈现出左拖尾现象,暗示了部分地区的先进制造业集群已达到较高的发展水平。再次,从 2007—2015 年间,中国先进制造业集群指数的分布仅呈现出一个较为平缓的单峰形态,表明此阶段全国范围内先进制造业集群的发展尚未形成显著的分化格局。最后,自 2015 年起,该指数的分布开始从单峰向双峰乃至多峰转变,且各波峰之间的间隔逐渐增大,这标志着中国先进制造业集群的发展正趋向多极化,同时地区间的发展不均衡问题也在逐步加剧。综上所述,中国先进制造业集群的整体发展表现为水平持续提升与地区差异扩大并行的动态演变态势。

从图 2(b) 观察发现,集群规模的动态演进有如下特点:考察期内七大地地区总体分布呈左移趋势,且分布曲线主峰高度上下轻微波动,位置位于 0.3 左右,体现了成渝、京津冀、粤港澳、长三角以及东北地区先进制造业集群规模的发展情况,呈阶梯状;考察期内存在一个单峰,而且较为陡峭,体现了中国先进制造业集群规模出现明显的极化趋势。

由图 2(c) 可得,集群联系度的动态演进有如下特点:第一,中国先进制造业集群联系度的分布重心不断向左移动,这说明各地区的先进制造业集群联系度呈现不断上升的趋势。第二,中国先进制造业集群联系度呈现出“双峰—单峰—双峰”转变的趋势,波峰的跨度逐渐拉大。这说明 2005—2007 年间中国地区先进制造业集群联系度差距拉大,但在 2008—2014 年间差距缩小,在 2015—2022 年出现明显的极化趋势。

图 2(d) 的结果表明,集群专业化程度的动态演进有如下趋势:首先,考察期内七大地地区总体分布呈双峰,且分布曲线主峰与侧峰跨度相距较远,这说明中国先进制造业集群专业化程度呈显著的多极化趋势,地区间的发展差距很大。其次,主峰位置位于 0.3 左右,体现了京津冀、粤港澳、长三角先进制造业集群专业化程度的发展情况,一直居于高位,而侧峰位置位于 0.7,反映了东北地区、陕甘宁的先进制造业集群专业化程度的发展情况。最后,考察期内,中国先进制造业集群专业化程度的分布重心不断向左移动,这说明各地区的先进制造业集群专业化程度呈不断上升的趋势<sup>[19]</sup>。

### (三) 中国先进制造业集群水平的收敛性分析

基于前文对中国先进制造业集群水平的现状分析,可以发现我国先进制造业集群水平及集群规模、集群联系度和集群专业化程度存在明显的地区异质性,为考察先进制造业集群水平及其细分维度的演变趋势和收敛性,采用  $\sigma$  收敛分析方法对其进行检验。

$\sigma$  收敛是对收敛概念的直观理解,如果各地区先进制造业集群水平差距是减小的,那么就存在  $\sigma$  收敛,反之则不存在  $\sigma$  收敛,其反映的是各省份先进制造业集群水平与全国平均水平的差异,一般可以通过变异系数来进行测度<sup>[20]</sup>,具体公式如下:

$$\sigma_t = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(AMC_{it} - \bar{AMC}_t)^2}{N}}}{\bar{AMC}_t} \quad (3)$$

其中, $N$  为考察期内包含的地区( $N=7$ ), $AMC_{it}$  表示  $i$  地区在时间  $t$  年的先进制造业集群水平; $\bar{AMC}_t$  表示全国工业绿色低碳转型指数在时间  $t$  年的均值。然后,结合前文测算的 2007—2022 年中国七大地地区先进制造业集群指数得分,分别计算先进制造业集群水平、集群规模、集群联系度和集群专业化程度的  $\sigma$  收敛指数<sup>[21]</sup>,并绘制成图 3。

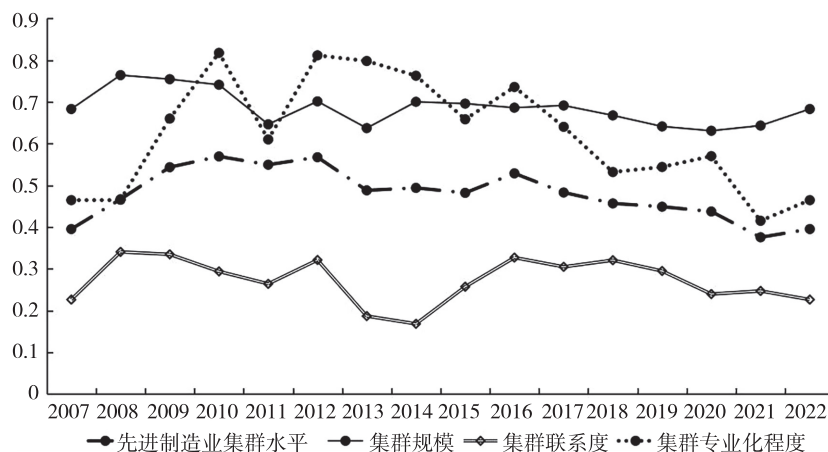


图3 中国先进制造业集群水平的 $\sigma$ 收敛变化趋势

由图3,从中国先进制造业集群水平来看,中国先进制造业集群水平在2007—2012年间呈现上升趋势,2010年达到峰值(0.5695),随后在2013—2022年间波动下降,2021年达到最低点(0.3758),2022年略有回升。 $\sigma$ 收敛指数在观察期内波动较大,表明集群水平在各年度间的差异较为显著,收敛性不强<sup>[22]</sup>。

从集群规模来看,集群规模指数在2007年至2008年间显著上升,随后在2009—2011年间有所下降,2011年后呈现波动趋势,2014年达到小高峰(0.7005),之后略有下降。集群规模的 $\sigma$ 收敛指数在观察期内相对稳定,但仍有波动,表明集群规模在各年度间虽有一定的收敛性,但仍有显著差异。

从集群联系度来看,集群联系度指数在2007—2008年间显著上升,2009—2010年间略有下降,随后在2011—2013年间大幅下降,2013年后呈现波动上升趋势。集群联系度的 $\sigma$ 收敛指数波动较大,表明集群联系度在各年度间的差异较大,收敛性较弱。

从集群专业化程度来看,集群专业化程度指数在2007—2010年间显著上升,2010年达到峰值(0.8178),随后在2011—2013年间有所下降,2013年后呈现波动趋势。集群专业化程度的 $\sigma$ 收敛指数在观察期内波动较大,表明集群专业化程度在各年度间的差异显著,收敛性不强。

总之,中国先进制造业集群水平及其细分维度在观察期内呈现一定的波动趋势,且收敛性不强。可能的原因可从外部环境、产业动态和区域要素禀赋差异三个维度进行解析。第一,从外部环境来看,全球经济环境的波动,如金融危机、贸易政策调整等,对集群的外部环境造成了直接冲击,沿海外向型集群凭借更强的适应能力实现快速调整,而内陆地区则面临转型滞后的困境,这种非对称冲击导致区域差距持续存在;第二,从产业动态视角来看,行业内部的竞争合作态势、技术进步的速度以及市场需求的快速变化,都要求集群企业不断调整策略以适应新环境,技术领先区域通过持续创新投入构建竞争壁垒,而传统工业基地则受制于既有发展路径,难以实现有效转型;第三,从区域要素禀赋条件来看,国内地区经济发展不平衡也是导致集群发展差异的重要原因,不同地区的资源禀赋、产业基础和政策支持存在差异,影响了集群的均衡发展。东部地区的综合优势与中西部地区的相对劣势形成鲜明对比。

## 六、结论与建议

本文基于“产业集群理论”,从集群规模、集群联系度和集群专业化程度三大维度构建了由19个指

标构成的先进制造业集群评价指标体系。首先,采用熵权-TOPSIS法对2007—2022年我国七大地地区先进制造业集群水平及各细分维度的指标进行了测算,并分析其时空演变特征。其次,运用核密度估计对中国先进制造业集群水平及细分维度的动态分布及演进进行考察。最后,运用 $\sigma$ 收敛法对中国先进制造业集群水平及细分维度的收敛性进行了判断。研究结果表明:

第一,从中国先进制造业集群水平来看,2007—2022年中国先进制造业集群水平最高的为粤港澳先进制造业集群,其次是长三角和京津冀先进制造业集群,其余四大经济地区先进制造业集群水平整体偏低,按顺序排名依次是东北地区先进制造业集群、成渝先进制造业集群、长江中游地区先进制造业集群和陕甘宁先进制造业集群,这表明中国先进制造业集群水平差异显著,呈现显著的梯度分布态势,整体分成了三个层级。

第二,从细分维度来看,中国各地区先进制造业集群发展呈现三大特点:一是集群规模不一。粤港澳、长三角集群规模领先,京津冀次之,成渝、东北地区、长江中游地区有一定基础但相对较小,陕甘宁最为滞后。二是集群连续度有待提升。粤港澳联系最紧密,长三角、京津冀次之,其他地区企业间互动合作仍需加强。三是集群专业化程度分化明显。粤港澳专业化分工深厚,长三角、京津冀已有一定成效,但成渝、东北地区、长江中游地区及陕甘宁地区在专业化与精细化发展上仍有较大提升空间。

第三,根据核密度估计的动态分布,中国先进制造业集群发展展现出四大核心动态特征:首先,先进制造业集群水平呈现整体攀升态势,伴随地区间差异扩大,趋向多极化分布格局。其次,集群规模呈现阶梯式演进,极化现象显著,以成渝等地为代表的地区形成明显梯度。再次,集群联系度经历复杂演变,从双峰至单峰再回归双峰,波峰跨度增大,表明联系度极化趋势增强。最后,集群专业化程度呈现显著多极化,京津冀、粤港澳等地领先,而东北地区、陕甘宁等地相对滞后,各地区专业化程度均有所提升。

第四,从先进制造业集群指数的 $\sigma$ 收敛趋势看,在2007—2022年样本期内,先进制造业集群水平、集群规模、集群联系度和集群专业化程度均未呈现显著的 $\sigma$ 收敛趋势,表明我国先进制造业集群发展的非均衡性现象在全国范围内长期存在。

基于本文的实证研究结论和相关分析,提出以下对策建议:

第一,强化梯度发展战略。针对中国先进制造业集群水平的梯度分布,应进一步强化梯度发展战略。加大对粤港澳、长三角和京津冀等高水平集群的支持力度,推动其向更高层次迈进;同时,对东北地区、成渝地区、长江中游地区及陕甘宁等相对落后地区实施差异化扶持政策,促进其快速追赶,缩小地区间发展差距。

第二,优化细分维度的发展策略。针对集群规模、连续度和专业化程度的差异,应制定精细化的发展策略。对于规模领先的粤港澳、长三角等地,应着重提升集群的创新能力和国际竞争力;京津冀等地则需进一步优化集群结构,提升集群效率。对于规模较小和连续度不足的地区,应加强企业间互动合作,促进资源共享。在专业化程度方面,应鼓励各地区根据自身优势,深化专业化分工,提升产业链水平。

第三,推动多极化与均衡发展。针对先进制造业集群发展的多极化趋势和非均衡性现象,应积极推动多极化与均衡发展。一方面,要支持各地区根据自身特色和优势,打造具有竞争力的先进制造业集群;另一方面,要通过政策引导和市场机制,促进资源在全国范围内的优化配置,缩小地区间发展差距,实现均衡发展。

第四,建立长效收敛机制与评估体系。鉴于先进制造业集群水平、集群规模、集群联系度和集群专业化程度均未呈现显著的 $\sigma$ 收敛趋势,表明非均衡性现象长期存在,因此,需建立长效的收敛机制与评估体系。这包括设定合理的收敛目标和时间表,通过政策激励、资金投入和技术支持等手段,促进各地区先进制造业集群的均衡发展;同时,构建全面的评估体系,定期对集群发展进行监测和评估,及时发现并解决发展中的问题,确保收敛机制的有效实施。

## [参 考 文 献]

- [1] 袁红林,辛娜. 全球生产网络下我国先进制造业集群的国际经验与政策建议[J]. 国际贸易, 2019(5): 61-68.
- [2] 张佩,赵作权. 世界级先进制造业集群竞争力提升机制及启示——以德国工业 4.0 旗舰集群为例[J]. 区域经济评论, 2020(5): 131-139.
- [3] 王恺乐,熊永兰,宫庆彬,等. 国际先进制造业集群发展经验对成渝地区双城经济圈的启示[J]. 科技管理研究, 2021(10): 119-125.
- [4] 陈香,李新剑. 先进制造业集群供应链空间布局合理度评估模型构建——基于集群可靠性分析[J]. 科技管理研究, 2020(20): 43-49.
- [5] 陈晓峰,张其松. 在区域一体化进程中共建长三角世界级先进制造业集群[J]. 区域经济评论, 2023(6): 48-55.
- [6] 吴松强,蔡文洁. 知识溢出对先进制造业集群升级的影响研究——基于企业合作的中介和政府支持的调节作用[J]. 华东经济管理, 2019(10): 58-65.
- [7] 冯德连,周丽华,韩梦. 长三角城市群 FDI、技术创新与先进制造业集群发展[J]. 华东经济管理, 2024(2): 13-21.
- [8] 于泳波,周子为,易子涵,等. 先进制造业集群对区域间技术转移的影响——基于产业结构升级与市场潜能视角[J]. 武汉金融, 2022(1): 8-15.
- [9] 吴松强,黄盼盼,蔡文洁,等. 知识溢出与先进制造业集群成长——企业创新关联的中介效应研究[J]. 科学学研究, 2022(3): 516-524.
- [10] 陈子曦,青梅. 中国城市群高质量发展水平测度及其时空收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022(6): 42-60.
- [11] 崔子婵,张砚,李小勇,等. 中国林业产业集群时空格局与空间溢出效应[J]. 林业经济问题, 2024(1): 80-88.
- [12] Sun L Y, Miao C L, Yang L. Ecological-economic efficiency evaluation of green technology innovation in strategic emerging industries based on entropy weighted TOPSIS method[J]. Ecological Indicators, 2017: 554-558.
- [13] 于婷,于法稳. 基于熵权 TOPSIS 法的农业高质量发展评价及障碍因子诊断[J]. 云南社会科学, 2021(5): 76-83.
- [14] Tassey G. Competing in advanced manufacturing: The need for improved growth models and policies[J]. Journal of Economic Perspectives, 2014(1): 27-48.
- [15] Xiang W, Yu K, Han F L, et al. Advanced manufacturing in industry 5.0: A survey of key enabling technologies and future trends[J]. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2024(2): 1055-1068.
- [16] Chen Y C. A tutorial on kernel density estimation and recent advances[J]. Biostatistics & Epidemiology, 2017(1): 161-187.
- [17] Węglarczyk S. Kernel density estimation and its application[J]. ITM Web of Conferences, 2018: 00037.
- [18] Moreo A, González P, del Coz J J. Kernel density estimation for multiclass quantification[J]. Machine Learning, 2025(4): 92.
- [19] Chen Z H, Zhang Q, Tang T Z, et al. Strategic alignment of technological innovation for sustainable development: Efficiency evaluation and spatial analysis in China's advanced manufacturing industry[J]. Systems, 2025(3): 139.
- [20] Cifuentes-Faura J, Fülöp M T, Topor D I. Financial autonomy in Spanish local governments: Empirical evidence of beta and sigma convergence[J]. International Review of Administrative Sciences, 2024(3): 599-614.

- [ 21 ] Fan Q W, Kang Q, Zurada J M. Convergence analysis for sigma-pi-sigma neural network based on some relaxed conditions[ J]. Information Sciences, 2022; 70–88.
- [ 22 ] Sunley P, et al. Renewing industrial regions? Advanced manufacturing and industrial policy in Britain[ J]. Regional Studies, 2023( 6): 1126–1140.

## The Level of China's Advanced Manufacturing Clusters: Measurement, Dynamic Evolution and Convergence

Zhu Xusen<sup>1</sup> Zhang Haitao<sup>2,3</sup>

( 1. Institute of Industrial Economics, Chongqing Academy of Social Sciences, Chongqing 400020;

2. Postdoctoral Research Station, School of Mathematical Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

3. Postdoctoral Workstation, Chongqing United Assets and Equity Exchange Group Co. , Ltd. , Chongqing 401221, China)

**Abstract:** The development of advanced manufacturing clusters is an inevitable requirement for China to build a manufacturing power and a key measure to achieve high-quality economic development. Based on the “cluster theory”, the entropy weight-TOPSIS method was used to measure the level of advanced manufacturing clusters in the seven major regions of China, and their dynamic evolution and convergence were explored. The research found that, on the whole, the level of advanced manufacturing clusters in the seven major regions of China shows a significant gradient distribution trend. The Pearl River Delta, the Yangtze River Delta, and the Beijing-Tianjin-Hebei region, relying on early policy dividends and the externalities of the innovation network, have formed a scale economy that promotes the cluster to leap to a higher stage. The Northeast region is constrained by the rigid lock-in of traditional heavy industry and the lag of marketization, and the Chengdu-Chongqing, the Central Yangtze River, and the Shaanxi-Gansu-Ningxia regions are trapped in a “low-level equilibrium trap” due to weak infrastructure and the lack of an innovation ecosystem. From the perspective of dynamic evolution, the regional differences in the level of advanced manufacturing clusters have expanded and tend to be multi-polarized, the cluster scale has evolved in a stepwise manner, and the polarization trend of cluster connectivity and specialization has intensified. From the perspective of convergence, the level of advanced manufacturing clusters and its sub-dimensions have not shown a significant  $\sigma$  convergence trend. This study provides suggestions for reasonably narrowing regional differences and promoting the development of advanced manufacturing clusters in China.

**Keywords:** advanced manufacturing clusters; regional differences; dynamic evolution; convergence

[ 责任编辑:邹柳馨]