

doi:10.3969/j.issn.1000-7695.2024.18.019

全球研发投入2500强中国企业聚集强度影响因素及其作用机制

周丙锋¹, 史静¹, 谢新水², 刘晟³

1. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048;
2. 首都师范大学管理学院, 北京 100048;
3. 安徽大学商学院, 安徽合肥 230601)

摘要: 研究全球研发投入2500强中国企业的研发经费投入影响因素有助于揭示企业战略和决策的动因, 从而为企业管理和政策制定提供理论支持。以欧盟委员会发布的全球研发投入2500强中国企业作为样本, 运用首位度、基尼系数、全局空间自相关、局部空间自相关、核密度、时空地理加权回归(GTWR)模型等指标和模型, 分别从人员和经费两方面探讨其失控分布特征, 并进一步研究政府支持、研发环境、人均生产总值和交通条件对研发投入与企业聚集强度之间的作用机制。结果发现: 全球研发投入2500强中国企业呈现出“东南多、西北少”的典型特征; 研发经费集中在少数高投入的领域或机构中, 而研发人员的空间聚集性较强, 存在一定集聚现象; 政府R&D经费内部支出与研究及开发机构数为影响企业数量的主导影响因素。为此, 政府需要关注集聚过程中可能导致的人才和资源不均衡分布问题, 鼓励企业加强对研发人员的培训与支持, 提高其整体素质和分布均衡性。

关键词: 全球研发投入; 企业研发投入; 企业聚集强度; 时空格局; 空间聚集演变; 中国企业

中图分类号: F272; F224; G301

文献标志码: A

文章编号: 1000-7695(2024)18-0170-08

The Influencing Factors and Mechanisms of the Agglomeration Intensity of Chinese Enterprises in the Top 2 500 Global R&D Investors

Zhou Bingfeng¹, Shi Jing¹, Xie Xinshui², Liu Sheng³

1. College of Resources, Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100048, China;
2. School of Management, Capital Normal University, Beijing 100048, China;
3. School of Business, Anhui University, Hefei 230601, China)

Abstract: Investigating the factors influencing funding allocations in the Chinese companies Chinese enterprises in the top 2 500 global R&D investors (hereinafter referred to as "the Top 2 500") significantly reveals the underlying motivations behind corporate strategies and decision-making processes, thereby providing theoretical support for enterprise management and policy formulation. Utilizing the sample of the Top 2 500 published by the European Commission, this paper employs various advanced metrics and models, including degree centrality, Gini coefficient, global spatial autocorrelation, local spatial autocorrelation, kernel density estimation, and spatiotemporal geographically weighted regression (GTWR), to explore the characteristics of the uncontrolled distribution of R&D investments from both personnel and funding perspectives. Furthermore, it delves into how government support, the R&D environment, per capita GDP, and transportation conditions affect the intensity of R&D investment and the degree of corporate aggregation. It reveals that the Top 2 500 exhibits a distinct pattern of "more in the southeast, fewer in the northwest." R&D funding is concentrated in a small number of high-investment fields or institutions, while the spatial clustering of R&D personnel is more pronounced, indicating a certain degree of agglomeration. Besides, government R&D internal expenditures and the number of research institutions are the primary factors influencing the number of enterprises. Therefore, the government must address potential issues of uneven distribution of talent and resources that may arise from this clustering, and encourage enterprises to strengthen the training and support of R&D personnel to improve

收稿日期: 2024-03-01, 修回日期: 2024-05-29

基金项目: 国家社会科学基金重大项目“统筹发展和安全理念下建设‘更高水平的平安中国’测评的理论、方法与指标体系研究”(21ZDA112); 北京市科学技术研究院智库研究项目“北京民营企业科技创新能力现状及提升路径研究”(24CC00903)

their overall quality and promote a more balanced distribution.

Key words: global R&D investment; enterprise R&D investment; enterprise agglomeration intensity; spatiotemporal pattern; spatial agglomeration evolution; Chinese companies

0 引言

企业在国家科技创新体系中扮演着重要的角色,肩负着将科技向生产力转化的使命,而创新投入产出指标已成为创新活动的重要衡量标准^[1]。科技创新是中国经济增长的关键推动力,伴随各行业技术研发水平的不断提升,大量新兴技术相继涌现。在这一背景下,研发投入成为企业创新的重要驱动力。2018—2023年,中国(未含港澳台地区,下同)全社会研发经费投入强度从2.1%提高到2.5%以上,国家在研发方面的投入份额只增不减^[2]。增加研发投入已经成为企业保持竞争优势的必要手段之一,研发投入对企业在不同时期和地点的竞争地位产生深远影响^[3]。欧盟发布的全球研发投入 2 500 强榜单具备全球视角,榜单的数据透明度和标准化程度较高,确保了企业间的可比性。因此,以入选该榜单的中国企业作为研究对象能够反映中国在国际研发中的相对地位;同时,研究全球研发投入 2 500 强中国企业的经费投入影响因素有助于揭示企业战略和决策的动因,从而为企业管理和政策制定提供理论支持。

目前,国内已经在研发投入的空间格局方面取得了一系列的研究成果。学者关于研究方法主要可分为两类,包括用全局空间自相关(如邹琳等^[4]、魏和清等^[5])、变异系数(如滕堂伟等^[6])、基尼系数(如王琴梅等^[7])、标准差椭圆(如渠兴勤等^[8])等方法进行总体空间格局分析,以及用泰尔指数、核密度(如沈泽洲等^[9])、熵值法(如顾伟男等^[10])、莫兰指数(Moran's I)等方法探究局部空间格局的分异特征。在研究尺度选取方面,有学者对全球、国家等大区域进行探究,如Breschi^[11]以欧洲为例分析了创新研发投入活动的空间差异及演变规律,指出不同欧洲国家创新研发投入活动的空间分布模式相似。也有学者对城市群、省份或城市等小区域进行研究,其中城市群尺度的研究多集中于长三角地区(如邹琳等^[4]、滕堂伟等^[6])、珠三角地区(如赵赛^[12])、粤港澳大湾区(如孙建平等^[13])、京津冀地区(如龙晓君等^[14])等区域,而城市层面的研究有如王纪武等^[15]对杭州市创新活动分布格局的时空演化进行分析发现,其形成了多中心、片段化集聚的空间分布格局。

自 20 世纪 60 年代起,西方学者开始着眼于企业研发投入影响的外部宏观因素研究。根据 Feldman

等^[16]的观点,企业的研发经费投入在空间上应该与其经济规模、区域人口等因素相适应。企业的研发经费投入影响因素研究方法可主要分为如下两类:第一类用定性方法进行影响因素的空间叠合分析(如刘青等^[17]的研究);第二类用定量方法进行影响因素的显著性探究,如齐红明等^[18]、蒋天颖^[19]等学者采用计量经济学领域的普通最小二乘法(OLS)回归模型及相关回归模型解决影响因子的多重共线性问题;曹贤忠等^[20]采用柯布-道格拉斯生产函数解决短期内影响因子显著性问题;也有方远平等^[21]、李军峰^[22]等学者运用地理加权回归(GWR)模型、空间滞后模型(SLM)、空间误差模型(SEM)、空间杜宾模型(SDM)等空间模型探究影响因子的空间分异特征和依赖强度。在时间尺度选取方面,大致分为空间截面数据和空间面板数据,其中部分学者运用截面数据探究研发投入的影响因素,反映某一时间点影响因子的差异性;而何啸等^[23]学者则运用面板数据探究研发投入影响因素,但该研究未能反映影响因素的空间分异性。

企业研发投入是指企业为推动新产品或新技术的开发而进行的资金和资源投入,涵盖范围广泛,通常包括资金、人员、技术设备等方面^[24]。这些投入不仅是企业创新活动的经济基础,更反映了其在获取、整合、应用外部知识和技术资源方面的能力。通过对研发的持续投入,企业能够提高创新能力,优化技术转化过程,最终增强其在市场中的竞争优势与适应性。在R&D投入要素的指标选择方面,大多学者选取指标相似。例如,赵建吉等^[25]认为大部分研究多选取R&D经费和研发人员数量等作为R&D投入的指标;Daniele等^[26]学者同样以R&D经费和研发人员数量作为主要测度指标;进一步地,邹琳等^[4]学者在分析长三角城市群研发投入的空间分异特征和时空演变时,直接选择了R&D经费和人员数量作为分析指标。因此,关于R&D投入要素的指标选择主要围绕两大核心要素展开,即研发人员数量和研发经费。结合现有相关研究成果,本文将讨论的重点锁定在研发经费和研发人员这两项核心要素,探讨它们对全球研发投入 2 500 强中国企业聚集强度的影响。

上述文献为本文奠定了坚实的研究基础,但还存在以下不足:一是在研究内容方面,对于研发投入空间演变的探究,大多学者仅采用某一年的截面数据进行探究,停留在时间维度上静态层面的分异,

缺少对动态层面的研究；二是研究区域方面，部分学者仅聚焦于世界 500 强中国企业，样本数量有限，难以充分反映中国企业整体研发水平的变化。三是有关研究缺少某一时间序列上对研发投入对企业发展影响因素的研究。为此，本文以全球研发投入 2 500 强的中国企业为样本，涵盖更多元的行业和企业类型，更全面地揭示中国企业研发投入的时空演变特征及其发展影响因素，以期对未来政策的制定和优化提供理论参考。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

近几年来，中国企业在全球研发竞争中不断崛起，由于 2016 - 2021 年欧盟公布的有关统计数据更为详尽，涵盖了多个企业和指标，能够更准确地反映中国企业的研发投入情况，因此，选取 2016 至 2021 年进入全球企业研发投入 2 500 强榜单的中国企业（以下简称“TOP 2 500”）为样本，数据来源于欧盟委员会官方网站（<https://iri.jrc.ec.europa.eu/data>）。其中，进入该榜单的企业数量逐年递增，2016—2021 年分别为 344 家、404 家、470 家、497 家、561 家和 648 家。各样本企业所在位置通过高德地图应用程序编程接口（API）提取；其余有关数据则来源于 2016—2021 年《中国科技统计年鉴》和《中国统计年鉴》等。

1.2 研究方法

1.2.1 首位度

首位度是用来评估研究区域内研发投入要素集中程度的指标，它不仅衡量了研究区域整体的研发投入水平，还能反映出不同区域之间的研发投入差距变化趋势。其计算方式通常是将最大值与次大值进行比较，当最大值显著高于次大值时，表明该地区在研发资源配置上占据主导地位，集中程度较高；反之，则意味着资源分布较为分散。较高的首位度表示该区域具有更为集中和强大的研发力量，而较低的首位度则表示该区域研发投入相对分散或发展不平衡的情况。首位度不仅揭示了资源的不平衡分布，还能反映出该地区在全国或全球竞争中的相对优势，可为政策制定和资源优化提供重要依据。参考周一星^[27]的研究，区域首位度计算模型如下：

$$S = \frac{P_1}{P_2} \quad (1)$$

式（1）中： P_1 代表最大的研发投入要素值； P_2 代表第二大的研发投入要素值。

1.2.2 基尼系数

基尼系数是一种常用的衡量不平等程度的统计指标，能够反映研发投入空间聚集程度。基尼系数

越小，该区域研发投入越均衡。根据王洪桥等^[28]的研究，基尼系数的表达形式如下：

$$G = 1 + \frac{1}{N} - \frac{2}{N^2 \bar{y}} (y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_N) \quad (2)$$

式（2）中： \bar{y} 是整个研究区域研发投入要素平均值； y_N 代表第 N 个区域的研发投入要素值。

1.2.3 探索性空间数据分析

（1）全局空间自相关。全局空间自相关用于描述企业研发投入整体分布状况，以此判断此企业研发投入在空间是否有聚集特性存在。常用计算 Moran's I 来评估企业研发投入在空间上的关联性程度。根据 Anselin^[29]的研究，其表达形式如下：

$$\text{Moran's } I = \frac{N}{S_0} \times \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (3)$$

式（3）中： x_i 、 x_j 分别是区域 i 、 j 的研发投入要素； \bar{x} 是区域研发投入要素 x_i 的平均值； W_{ij} 是 i 和 j 地区的空间权重矩阵。Moran's I 值在 $[-1, 1]$ 范围内。当该值大于 0 时，表明具有空间正相关关系，企业 R&D 投入水平相近的区域在空间上聚集；当该值小于 0 时，表明具有空间负相关关系，企业 R&D 投入呈空间极化趋势；当该值等于 0 时，表明不存在空间相关关系，企业 R&D 投入在空间上属于随机分布。

（2）局部空间自相关。局部空间自相关可以描述不同地点或区域与周围环境之间的相互影响和关联程度，同时能够推算出企业研发投入聚集地的范围。局部空间自相关一般用空间联系局部指标（LISA）来衡量，表达形式为：

$$\text{LISA}_i = Z_{ij} \sum_j W_{ij} Z_j \quad (4)$$

式（4）中：标准化值 Z_i 和 Z_j 分别表示区域 i 和 j 的观测值； $\sum_j W_{ij} = 1$ 。

局部自相关通过研究每个要素与其邻近要素之间的空间关系，可以揭示特定位置或区域内的局部集聚模式和空间异常，其结果以 H-H、L-H、L-L 和 H-L 等 4 种类别来描述研发投入在不同区域间的空间分布特征。具体而言，H-H 表示高研发投入的区域聚集在一起；L-H 代表高研发投入的区域周围环绕着低研发投入的区域；L-L 表示低研发投入的区域聚集在一起；而 H-L 则表示高研发投入的区域被低研发投入的区域环绕着。

1.2.4 核密度

核密度法是通过将点要素集合转换为连续的平滑表面，用于计算点要素在周围邻域中的密度的一种方法，其中高密度区域表示研发投入额集聚程度较高的区域，而低密度区域表示研发投入额较为分散的区域。根据吕安民等^[30]的研究，核密度表达形式为：

$$\int_n(x) = \frac{1}{nw} \sum_{i=1}^n k \left(\frac{x-x_i}{w_n} \right) \quad (5)$$

式(5)中： $\int_n(x)$ 表示中国企业研发投入额的核密度估计值； n 为研究区域数； w 为平滑参数； k 为核函数。

1.2.5 时空地理加权回归 (GTWR) 模型

GTWR 模型是 Shi 等^[31]在 2010 年提出的一种用于分析空间数据在时间维度上变化的方法，具体表达形式如下：

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i, t_i) + \sum_{s=1}^m \beta_s(u_i, v_i, t_i)x_{is} + \varepsilon_i \quad (6)$$

$(i = 1, 2, \dots, n)$

式(6)中： u_i 、 v_i 、 t_i 分别表示第 i 个样本点的经度、纬度和时间坐标； $\beta_0(u_i, v_i, t_i)$ 表示第 i 个样本点的回归常数； $\beta_s(u_i, v_i, t_i)$ 表示第 i 个样本点的第 s 个解释变量的回归系数； ε_i 为模型误差项。

2 空间演变特征分析

2.1 总体分布分析

2.1.1 样本企业空间分布

总体而言，样本企业主要分布在胡焕庸线东部，呈现出“东南多，西北少”的典型特征，企业空间分布极不均衡，与中国经济发展的格局相一致。在 2016—2021 年间，样本企业的空间分布格局逐渐发生演变，除了在经济发达的珠三角、长三角和京津冀地区形成空间集聚外，也开始在其他地区出现空间集聚趋势。2017 年，东部沿海地区的山东省和江苏省开始出现样本企业的空间集聚；中部地区的样本企业数量则不断增加，且带动了周边地区企业的发展，进而在一定程度上促进了西部地区的经济发展。2020—2021 年间，新疆和内蒙古地区也出现了样本企业空间集聚趋势，且这一趋势愈发显著。

2.1.2 样本企业的 R&D 投入要素全局分析

目前学界对 R&D 投入要素的研究主要涉及研发人员和经费两个核心要素，因此，本文将政府研发投入经费内部支出和研发投入人员全时当量作为研究要素，运用首位度、基尼系数和 Moran's I 等方法深入分析上述两种要素的空间集聚情况，计算结果如表 1 所示。可见，在 2016—2021 年期间，样本企业 R&D 经费内部支出的首位度呈逐年上升趋势，从 1.004 增加到 1.164。R&D 经费内部支出的基尼系数整体保持在较稳定的水平，从 0.551 下降到 0.548。R&D 经费内部支出的 Moran's I 值整体保持在较低水平，从 0.242 下降到 0.178，即研发经费的机构分布相对均衡，没有明显的空间集聚现象。

在同一时期，R&D 人员全时当量的首位度呈波动下降趋势，从 1.054 下降到 1.171，这表明研发人员聚集在少数高投入部门所占的比例逐年降低，研

发人员的分布更加均衡。R&D 人员全时当量的基尼系数波动在 0.534 到 0.561 之间，整体维持相对稳定的水平，但表现出一定程度的分布不均等性。R&D 人员全时当量的 Moran's I 值保持在 0.244 到 0.226 之间，表明研发人员的空间聚集性较强。

综上可知，研发经费的分配相对均衡，而研发人员的分布更加均衡。然而，在 R&D 经费内部支出方面存在一定的不平衡现象。另外，研发人员的空间聚集性较强，表明研发人员存在一定集聚现象。

表 1 样本企业 R&D 投入要素首位度、基尼系数、Moran's I 分析结果

年份	政府研发投入经费内部支出			研发投入人员全时当量		
	首位度	基尼系数	Moran's I	首位度	基尼系数	Moran's I
2016	1.004	0.551	0.242	1.054	0.534	0.244
2017	1.037	0.553	0.241	1.009	0.539	0.218
2018	1.080	0.554	0.209	1.361	0.560	0.162
2019	1.115	0.553	0.176	1.264	0.558	0.166
2020	1.158	0.550	0.176	1.304	0.561	0.181
2021	1.164	0.548	0.178	1.171	0.554	0.226

2.2 聚集特征分析

2.2.1 企业 R&D 投入要素的 LISA 分析

经过全局自相关分析发现，样本企业的研发经费投入存在一定程度的空间分异现象，而研发人员则表现出明显的空间聚集特征，因此，本文运用局部自相关显著性水平指标深入研究样本企业的研发投入要素的空间集聚程度。结果表明，在 2016—2021 年期间，R&D 投入要素存在集聚和分异的空间分布特征。其中，R&D 投入经费时空演变特征以 H-H 水平集聚为主，且存在 L-H 水平分异现象；R&D 人员全时当量时空演变特征则以 H-H、L-L 水平集聚为主。总体上，少数位于中国东部沿海省份的 R&D 投入经费分布表现出明显的空间聚集特征，而其他省份的 R&D 投入经费分布相对较为分散或不具备显著的集聚现象。即，R&D 投入经费的集聚程度呈现出向中国南部沿海省份发展的趋势，形成“S”型的集聚模式。具体而言，江苏省、山东省、上海市、浙江省一直处于 H-H 聚集状态，这些省份在 R&D 投入经费内部支出方面水平相对较高，并在 R&D 投入经费的分布上相互促进，形成了强烈的聚集效应。2018 年，安徽省由于政府研发经费内部支出较低，面临着资源匮乏和创新能力不足的特殊环境，这一特殊性不仅体现在资金投入的短缺，还包括相对较弱的技术基础和人才储备，在这种背景下，安徽省积极寻求与周边高支出区域的联系与合作，逐步改善自身的研发经费内部支出水平，并显著提升其创新能力，成功实现了从 L-H 离散分异状态向 H-H 聚集状态的转变。同年，福建省受周围省份的带动

从不显著状态也转变为 H-H 聚集状态。上述转变表明，在区域合作与资源共享的推动下，不同省份之间的创新能力和研发投入水平相互促进，彰显了区域协同发展的重要性。

从 2016—2021 年的 R&D 人员全时当量集聚的总体情况来看，R&D 人员投入存在显著的区域聚集特征，其中 H-H 聚集区域主要分布在中国东部沿海省份，但其数量呈现波动趋势，并出现了减少的情况：2016 年至 2017 年间 H-H 聚集区均涉及 6 个省份，而在 2018 年减少至 4 个省份，到 2021 年又回升至 5 个省份，这一情况表明原本聚集的区域逐渐失去一部分 R&D 人员投入。L-L 聚集区域主要集中在我国西北部区域，表明这些区域在 R&D 人员投入方面相对较弱，缺乏有效的聚集效应，从而限制了其经济和技术的进步；此外，L-L 聚集区域向西北方向减少，这一趋势侧面反映出地方政策和市场环境的优化，进而推动了资源的重新配置和创新活动的开展。

2.2.2 企业研发投入额的空间分布

借助核密度分析的方法研究发现，样本企业的研发投入额呈现出全国范围内的空间聚集特征，这种聚集模式表现为“双核心”，且正逐渐向“三核心”的趋势发展。“双核心”指研发投入额的聚集地区包括北京市和珠三角地区；2018 年，上海、江苏、浙江等地凭借其地理位置、经济发展水平和政策支持等优势推动了企业研发投入额的增长，长三角地区逐渐成为新的研发投入额聚集中心，在全国逐步形成“三核心”的趋势。这种发展趋势不仅促进了北京、珠三角和长三角地区之间的区域合作与协同创新，也带动了周边地区企业研发投入额的增加。与此同时，中部地区的研发投入额聚集程度也在逐渐增加，而东部沿海地区的研发投入额不断聚集并呈现扩张趋势。另外，2020 年，以乌鲁木齐为中心的西部地区也出现了研发投入额的聚集现象。然而，全国大部分地区仍然呈现出低研发投入额的聚集态势。

3 基于 GTWR 模型的样本企业研发投入影响因素分析

3.1 数据检验及指标选取

考虑到数据的可获得性和科学性，以及参考 Feldman 等^[16]、刘青等^[17]学者的相关研究，评估政府支持、研发环境、经济基础和交通条件 4 个方面在企业研发投入与各地区样本企业数量之间发挥的影响作用。

政府支持方面，采用政府 R&D 经费内部支出作为指标，因政府的财政和政策支持对企业科技创新至关重要。研发环境方面，采用研究与开发机构数

来衡量，这一指标反映了地区内研发资源的充足程度，对企业创新氛围和资源供给具有显著影响。经济基础方面，考察了人均地区生产总值（GDP），因为这一指标反映了地区经济实力的差异，不同的经济基础可能对企业研发投入水平产生显著影响。交通条件则选取了客运量来测度，因为交通对企业物流和市场接触的便捷性会影响企业的研发决策和投入。具体来说，客运量反映了区域内人员流动的活跃度，高客运量通常意味着交通基础设施较为完善，企业能够更便捷地获取市场信息、资源和人才。因此，客运量不仅可以反映交通的发达程度，还能间接体现企业进行创新活动时所依赖的市场和物流支持。

在进行 GTWR 模型回归分析之前，本文采用回归分析方法检验全部变量的多重共线性，且剔除方差膨胀因子在 10 以上的变量，最终确定政府 R&D 经费内部支出、研究与开发机构数、人均 GDP、客运量 4 个指标作为解释变量，将 2016—2021 年 TOP 2 500 数量作为因变量。结果表明，GTWR 模型的 R^2 值为 0.938 6，表明该模型可以解释 93.86% 的影响因素。

GTWR 模型的具体回归结果如表 2 所示。可以看出，在不同的省份和时间段内，4 个解释变量对样本企业数量的影响程度存在差异。其中，政府 R&D 经费内部支出对样本企业的数量影响最为显著；其次是研究与开发机构数和人均 GDP；而客运量对样本企业数量的解释能力较弱。这表明了政府支持在促进样本企业数量增加方面具有重要的作用，而研发环境和经济基础也在一定程度上对企业数量产生影响。

3.2 影响因子的时空演变

利用 ArcGIS 软件对各变量影响因子的回归系数进行可视化表达，以便从时空维度分析样本企业数量影响因素的演变趋势。本文以省域为最小研究单位，采用 ArcGIS 自然断点法将 2016 至 2021 年每一年的各影响因子回归系数划分为 5 个区间等级，在这些区间中，数值为正的区间被称为正向区，而数值包含负值的区间则被称为负向区。具体而言，在正向区中，数值最大的区间等级被定义为正向高值区，表示该区域在研发投入等指标上表现尤为突出，具有显著的优势和竞争力；在负向区中，绝对值最大的区间等级被定义为负向高值区。这种划分方法有助于清晰地识别不同区域在影响因子上的表现，从而为后续的分析提供依据。

在政府支持方面，政府 R&D 经费内部支出对样本企业数量的影响力保持在平稳水平。2015—

2019 年，正向高值区主要集中在华北、东北地区；2020—2021 年，正向高值区主要分布在华北北部地区，东北地区的正向高值区省份数量减少。回归系数绝对值较低的区域在 2016—2019 年主要分布在新疆，2020—2021 年则逐渐向浙江、上海等东部沿海地区扩散，并且处于正向高值区的区域数量逐渐增多。总体而言，正值区域和负值区域的数量并未发生显著变化，说明政府 R&D 经费内部支出对样本企业数量的影响相对稳定。

在研发环境方面，研究与开发机构数对样本企业数量的影响日益显现，且主要呈现正向影响，在空间上存在较为明显的差异。正向高值区的分布特征呈现出以新疆为倒“C”字形的顶部，向中国南部延伸形成倒“C”状结构，同时这一结构主要向西南地区东部、华南、华中和华东地区扩展，表明这些区域在研发投入方面具有较强的优势和竞争力。此外，研究与开发机构数影响因子的回归系数随着时间的变化逐渐增大，表明研究与开发机构数对样本企业数量的解释力越来越强。

人均 GDP 对样本企业数量的影响作用从中国东部沿海向西部¹⁾方向增强，但区整体数值较小，影响程度相较于以上两个影响因子较弱。人均 GDP 影响因子的空间分布格局相对较为稳定，2015—2019 年，正向高值区主要分布在山东省、长三角及其周围地区；2020—2021 年受新冠疫情影响，正向高值区的省份数量减少且主要集中在长三角周边。负向高值区在 2016—2021 年的空间格局相对稳定，主要分布在中国西南和西北东部地区。总体而言，相较于 2016 年，人均 GDP 回归系数区间中的正向高值区所包含的省份数量有所增加，这表明人均 GDP 对样本企业数量的影响正在逐渐增强。这一现象主要集中在长三角地区周边，说明这些区域在经济发展和企业数量增长方面表现突出。

在交通条件方面，客运量对样本企业数量的影响较小，其回归系数有负有正，但相对于其他解释变量的回归系数绝对值较小。正向高值区主要分布在京津冀及山东地区，随着时间的推移对上述地区的影响力逐渐变弱，同时对西藏和华南地区的影响力增强。负向低值区所包含的省份数量相对较少，并且这一区间的省份数量表现出一定的波动性。

从各影响因子的回归系数平均值、最大值以及回归系数区间的绝对值来看（见表 2），政府 R&D 经费内部支出和研究与开发机构的数量是样本企业数量的主导影响因子，这表明政府支持和研发环境在推动企业研发投入方面起到了关键作用。政府在 R&D 方面的资金支持不仅直接促进了企业创新活动

的开展，还通过构建良好的研发基础设施，为企业创造了更具竞争力的创新环境，进而提升了中国企业在全球研发投入中的表现。

表 2 变量的 GTWR 模型回归结果

变量	最小值	最大值	平均值	标准差
政府 R&D 经费内部支出	-0.100 93	0.043 17	0.017 84	0.016 58
研究与开发机构数	-0.032 45	0.028 86	-0.000 70	0.006 78
人均 GDP	-0.000 04	0.000 57	0.000 16	0.000 14
客运量	-0.000 24	0.000 36	0.000 01	0.000 08

3.3 样本企业聚集强度影响机制

基于以上研究结果，根据回归系数绝对值大小归纳出 TOP 2 500 中各省份企业集聚强度的主导影响因素时空分布模式。对 2016—2021 年每个省份的样本企业数量进行统计，并利用 ArcGIS 自然断点法将其分为 5 个不同的聚集强度等级：若某省份的样本企业数量为 [0, 5) 家，则被定义为低企业聚集强度；含有 [5, 20) 家的则为中低企业聚集强度；含有 [20, 38) 家的则为中等企业聚集强度；含有 [38, 60) 家的则为中高企业聚集强度；当企业数量大于等于 60 家时，则为高企业聚集强度。此外，还将政府 R&D 经费内部支出和研究与开发机构数量这两个主导影响因子与样本企业数量的聚集强度进行叠加分析，通过 ArcGIS 进行可视化处理，以探讨政府支持和研发环境对企业聚集的影响。

结果表明，影响样本企业聚集强度的主导因子趋于稳定，但也存在一定波动，大部分地区仍以政府 R&D 经费内部支出为主导影响因子，极少数地区以研究与开发机构数为主导影响因子。具体而言，2016—2019 年，样本企业高聚集地区主要集中在华南和华东南部沿海地区（见表 3），但总体来看企业聚集强度的主导影响因子不同。其中，华南和西南地区企业聚集强度主要受研究与开发机构数的影响，华东南部沿海地区企业聚集强度高，其主导影响因子为政府 R&D 经费内部支出，而其余地区也以政府 R&D 经费内部支出为主导影响因子；2020—2021 年，大部分地区的样本企业聚集强度持续增强，并在北部进一步聚集，位于东部沿海地区的福建、浙江、上海、广东和广西等省份成为高企业聚集强度地区，且政府 R&D 经费内部支出成为了高企业聚集强度地区的主导影响因子，而西南地区企业聚集强度受研究与开发机构数的影响较大，政府 R&D 经费内部支出仍为这些地区企业集聚强度的主导影响因子。

整体来看，样本企业聚集强度受多种因素的综合影响，各影响因素之间的相互作用持续对样本企业的空间格局产生影响，其主导影响因子的变化则反映了空间格局的动态变化和影响因素的耦合状态。

表 3 样本企业聚集强度主导影响因子结构模式的时间演变

地区	省份	2016—2019 年		2020—2021 年	
		企业聚集强度	主导影响因素	企业聚集强度	主导影响因素
京津冀地区	北京、天津、河北	中等	研究与开发机构数	中高	研究与开发机构数
华北部分地区	内蒙古、山西	低	研究与开发机构数	中低	研究与开发机构数
东北地区	辽宁、吉林、黑龙江	中低	研究与开发机构数	中低	研究与开发机构数
华东南部沿海地区	福建、浙江、上海	高	研究与开发机构数	高	研究与开发机构数
华东西部地区	江西、安徽	中低	研究与开发机构数	中低	研究与开发机构数
华东北部沿海地区	山东、江苏	中等	研究与开发机构数	中高	研究与开发机构数
华中地区	河南、湖北、湖南	中低	研究与开发机构数	中低	研究与开发机构数
华南地区	广西、广东、海南	高	政府 R&D 经费内部支出	高	研究与开发机构数
西南地区	西藏、四川、云南、贵州、重庆	低	政府 R&D 经费内部支出	低	政府 R&D 经费内部支出
西北地区	新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西	低	研究与开发机构数	中低	研究与开发机构数

4 结论与讨论

4.1 研究结论

在空间分布方面，样本企业整体空间分布极不均匀，呈现“东南多，西北少”的特征，与中国经济发展的格局相一致。2016 年，中国开始加大科技经费投入力度，样本企业主要聚集在经济发达的长三角、珠三角和京津冀地区；2017 年，位于东部沿海地区的山东省和江苏省开始出现企业空间聚集现象，中部地区企业数量不断增加；2020—2021 年间，新疆和内蒙古地区也出现了企业空间聚集的迹象。这反映了全球研发投入 2 500 强中国企业的空间分布格局逐渐演变，不仅仅分布于经济发达地区，也开始出现在经济发展水平较低的地区。

在聚集特征方面，企业研发投入额与样本企业分布大致相同，其聚集模式表现为“双核心”，且正逐渐向“三核心”的趋势发展，其中“双核心”聚集地区主要集中在北京市和珠三角地区，长三角地区逐步成为“第三核心”。这表明中国在科技创新布局方面正经历着深刻的变革，由集中型向分散型、多元化发展。

在影响因素方面，政府支持中的政府 R&D 经费内部支出对样本企业数量的影响最为显著，政府在促进企业研发活动中发挥着“牛鼻子”的关键作用。研究与开发机构同样是关键影响因素之一，研究与开发机构的分布为企业提供了技术支持和创新资源，形成了良好的创新生态系统，从而大幅提升了企业的研发能力和投入水平。相比之下，交通条件中的客运量对样本企业数量的解释能力较弱，交通条件对科技创新的影响存在复杂性和多样性，不同行业或地区的企业对交通条件的敏感度各异。

在影响机制方面，大部分地区仍以政府 R&D 经费内部支出为主导影响因子，即政府在研发投入中具有引导和资金支持作用的普遍性；在少数地区，研究与开发机构数成为主导影响因子，这些地区注重发展研究基础设施、促进研发机构与企业的合作，

通过提高研发机构数量和质量，间接推动企业提高研发投入水平。

4.2 建议与对策

第一，实施西北地区激励措施。政府应在西北地区实施定制化的税收优惠政策和专项资金支持，鼓励企业设立研发中心，并通过建立区域合作平台促进与高校及科研机构的合作。

第二，促进集聚效应的正向发展。虽然集聚效应在一定程度上有助于提升企业的创新能力，但政府需要关注集聚过程中可能导致的人才和资源不均衡分布问题，为此，政府应鼓励企业加强对研发人员的培训与支持，提高其整体素质和分布均衡性。此外，优化人才培养机制，确保高层次的研发人才能够更均衡地分布在各个区域，避免人才集中在少数核心城市，从而实现区域间的协调发展。

第三，推动区域间合作。建立跨区域创新联盟，鼓励企业间的技术交流与资源共享，尤其是在“双核心”和“三核心”地区，以减轻创新资源过度集聚带来的区域压力；同时，政府应通过财政补贴和政策支持，促进新兴地区的技术研发与产业发展，使新兴地区逐步成为新的创新中心。此外，定期举办区域合作论坛，促进各地区企业的交流与合作，从而形成协同创新的良性循环，推动整体科技进步。

注释：

- 1) 根据《中共中央 国务院关于促进中部地区崛起的若干意见》《国务院发布关于西部大开发若干政策措施的实施意见》等经济政策文件，将中国 31 个省份（未含港澳台地区）划分为东、中、西部和东北地区四大区域。其中，东部包括北京市、天津市、河北省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省、海南省；中部包括山西省、安徽省、江西省、河南省、湖北省、湖南省；西部包括内蒙古自治区、广西壮族自治区、重庆市、四川省、贵州省、云南省、西藏自治区、陕西省、甘肃省、青海省、宁夏回族自治区、新疆维吾尔自治区；东北地区包括辽宁省、吉林省、黑龙江省。

参考文献：

- [1] ACS Z J, ANSELIN L, VARGA A. Patents and innovation counts as

- measures of regional production of new knowledge [J]. *Research Policy*, 2002, 31(7):1069–1085.
- [2] 杨文佳, 陈昊. 从政府工作报告数据看潜力预期 在更高起点上推进高质量发展 [EB/OL]. (2023-03-06) [2024-03-01]. https://www.ccdi.gov.cn/specialn/2023qglh/2023qglhyw/202303/t20230306_250632.html.
- [3] 郭嘉玉. 研发投入对汇顶科技公司企业绩效的影响研究 [D]. 福州: 闽江学院, 2021.
- [4] 邹琳, 曾刚, 曹贤忠. 基于 ESDA 的长三角城市群研发投入空间分异特征及时空演化 [J]. *经济地理*, 2015, 35(3):73–79.
- [5] 魏和清, 方智. 我国研发投入要素的区域差异及时空演化特征 [J]. *统计与决策*, 2020, 36(6):48–53.
- [6] 滕堂伟, 方文婷. 新长三角城市群创新空间格局演化与机理 [J]. *经济地理*, 2017, 37(4):66–75.
- [7] 王琴梅, 赵婧如. 基于专利的我国省域创新能力时空演变及影响因素研究 [J]. *中国科技资源导刊*, 2021, 53(6):81–91.
- [8] 渠兴勤, 殷杰. 康旅耦合协调发展时空态势及其影响因素研究 [J]. *地理与地理信息科学*, 2022, 38(6):126–134.
- [9] 沈泽洲, 王承云, 王永正. 中国大陆上市公司研发投入空间格局及动力机制: 以 500 强为例 [J]. *经济地理*, 2020, 40(11):131–139.
- [10] 顾伟男, 申玉铭. 我国中心城市科技创新能力的演变及提升路径 [J]. *经济地理*, 2018, 38(2):113–122.
- [11] BRESCHI S. The geography of innovation: a cross-sector analysis [J]. *Regional Studies*, 2000, 34(3): 213–229.
- [12] 赵赛. 珠三角城市群创新能力差异和驱动因素研究: 基于面板数据的实证分析 [J]. *技术经济与管理研究*, 2022(1):26–31.
- [13] 孙建平, 李振福, 匡海波. 1994—2014 年中国港口业与沿海区域经济增长的重心移动轨迹和时空差异分析 [J]. *管理评论*, 2021, 33(12):52–59.
- [14] 龙晓君, 洪秋鑫, 李小建. 粤港澳大湾区、长三角、京津冀城市群科技创新辐射空间格局及效应测算 [J]. *统计与决策*, 2021, 37(24):62–66.
- [15] 王纪武, 孙滢, 林倪冰. 城市创新活动分布格局的时空演化特征及对策: 以杭州市为例 [J]. *城市发展研究*, 2020, 27(1):12–18, 29.
- [16] FELDMAN M P, FLORIDA R. The geographic sources of innovation: technological infrastructure and product innovation in the United States [J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1994, 84(2):210–229.
- [17] 刘青, 李贵才, 仝德, 等. 基于 ESDA 的深圳市高新技术企业空间格局及影响因素 [J]. *经济地理*, 2011, 31(6):926–933.
- [18] 齐红明, 许小伟. 欠发达地区创新能力及影响因素的 OLS 分析: 以辽西北地区为例 [J]. *科技和产业*, 2012, 12(9):71–74, 126.
- [19] 蒋天颖. 我国区域创新差异时空格局演化及其影响因素分析 [J]. *经济地理*, 2013, 33(6):22–29.
- [20] 曹贤忠, 曾刚, 邹琳, 等. 基于面板数据的研发投入对区域经济增长影响分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2016, 25(2):208–218.
- [21] 方远平, 谢蔓. 创新要素的空间分布及其对区域创新产出的影响: 基于中国省域的 ESDA-GWR 分析 [J]. *经济地理*, 2012, 32(9):8–14.
- [22] 李军峰. 基于空间杜宾模型的市域科技创新能力的影响因素研究: 以河北省为例 [J]. *江苏商论*, 2022(2):71–75.
- [23] 何啸, 朱奇云. 高新技术企业研发投入影响因素研究: 基于南通市高企样本 [J]. *江苏科技信息*, 2023, 40(18):9–14.
- [24] 董文婷, 张靖佳, 王伟楠, 等. 互补效应下企业研发投入与创新能力的相互关系研究 [J]. *科研管理*, 2024, 45(9):155–165.
- [25] 赵建吉, 曾刚. 创新的空间测度: 数据与指标 [J]. *经济地理*, 2009, 29(8):1250–1255.
- [26] DANIELE A, ALBERTO C. Measuring technological capabilities at the country level: a survey and a menu for choice [J]. *Research Policy*, 2005, 34(2):175–194.
- [27] 周一星. *城市地理学* [M]. 北京: 商务印书馆, 1995: 254–306.
- [28] 王洪桥, 袁家冬, 孟祥君. 东北地区 A 级旅游景区空间分布特征及影响因素 [J]. *地理科学*, 2017, 37(6):895–903.
- [29] ANSELIN L. Local indicators of spatial association: LISA [J]. *Geographical Analysis*, 1995, 27(2):93–115.
- [30] 吕安民, 李成名, 林宗坚, 等. 人口密度的空间连续分布模型 [J]. *测绘学报*, 2003, 32(4):344–348.
- [31] SHI Y, HO H C, XU Y, et al. Improving satellite aerosol optical depth: PM2.5 correlations using land use regression with microscale geographic predictors in a high-density urban context [J]. *Atmospheric Environment*, 2018, 190:23–34.

作者简介: 周丙锋 (1981—), 男, 安徽涡阳人, 副研究员, 博士, 主要研究方向为地理信息系统和遥感应用; 史静 (1999—), 女, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要研究方向为地理信息系统和遥感应用; 谢新水 (1973—), 通信作者, 男, 湖南涟源人, 教授, 博士, 主要研究方向为政治学理论、政务诚信; 刘晟 (1976—), 女, 浙江湖州人, 副教授, 硕士, 主要研究方向为新型城镇化与公共管理。

(责任编辑: 叶伊倩)