

【区域创新发展】

区域创新资源集聚：测算、网络结构特征与国际比较研究*

赵成伟 李文雅 陈红其 孙继红

摘要:创新资源的高效配置与整合是提升区域创新能力的关键途径,创新资源集聚可以产生规模效应、知识溢出和协同创新。采用空间基尼系数和社会网络分析方法,深入分析创新资源集聚与创新网络结构特征可以发现,中国创新资源集聚总体呈现波动式上升的时空演化特征,但存在明显的区域差异,东部沿海地区领先,中西部地区相对滞后,经济欠发达省份则呈现显著的“省会效应”;创新资源集聚与创新网络结构展现出协同演化特征,随着集聚程度的提高,创新网络形成多中心、多层次的复杂结构,高度集聚地区往往占据网络核心位置;国际比较显示,与美国硅谷、日本东京等科技强国的创新中心相比,中国创新资源集聚呈“局部高度集中,整体相对分散”特征,整体上尚未达到国际科技强国水平。未来还需要从畅通要素流动、构建多中心创新格局、完善区域创新体系、推进全球创新战略布局等多角度制定差异化的区域创新政策。

关键词:创新资源;集聚;网络结构特征;国际比较

中图分类号:F127 文献标识码:A 文章编号:2095-5766(2025)02-0024-12 收稿日期:2024-11-29

*基金项目:新疆维吾尔自治区教育科学规划重点课题“高水平大学科研创新服务新疆经济高质量发展研究”(HEK2024001);国家社会科学基金项目“‘双碳’目标下高耗能制造业转型升级研究”(22CJY057);新疆维吾尔自治区哲学社会科学基金“高质量发展视域下新疆产业升级的战略选择、机遇窗口与创新体系研究”(2023BJL046)。

作者简介:赵成伟,男,新疆大学经济与管理学院副教授,博士(乌鲁木齐 830046)。

李文雅,女,新疆大学经济与管理学院硕士生(乌鲁木齐 830046)。

陈红其,女,新疆大学经济与管理学院硕士生(乌鲁木齐 830046)。

孙继红,男,中国教育科学研究院研究员,博士,通信作者(北京 100088)。

一、引言

研究创新资源的空间集聚对于理解新质生产力的培育和发展具有重要意义。创新资源集聚不仅是数量上的简单聚合,更是质量上的优化整合,强调了创新资源的高效配置、协同互补和系统集成(刘冬梅等,2024)。尽管中国已成为世界第二大经济体,但区域发展不均衡问题依旧突出,创新资源

集聚呈现明显的异质性。要实现由“创新大国”向“创新强国”的跨越,其中创新资源的优化布局至关重要,这不仅要求人才、资金、技术、信息等多维度创新要素在地理空间上高度聚集,还要能显著提升创新效率。但创新资源集聚的外部性效应是一个复杂的动态过程,过度集中也可能引发资源错配、同质化竞争等负面效应。基于此,本文选取各省份和省会城市作为基础分析单位,利用多维度指标体系测算各区域创新资源集聚水平,结合社会网络分

析探究其结构特征,并通过国际比较为优化我国创新资源布局提供建议。

创新资源集聚的理论涉及多个学科,其发展历程反映了学界对此议题认识的不断深化。最初,Marshall的产业集聚理论为创新资源集聚研究奠定了基础,并指出企业在空间上集聚可以获得知识溢出、劳动力市场共享和中间投入品共享等外部性收益。这一理论虽然揭示了经济集聚的本质,但其过于强调静态外部性,忽视了动态的创新过程。新经济地理学的发展进一步丰富了创新资源集聚的理论基础,Krugman(1991)从收益递增、运输成本、需求外部性等角度解释了经济活动的地理集聚现象,为理解创新资源的空间分布提供了新的视角。该理论考虑了动态过程,但其主要关注经济活动的一般集聚,对创新活动的特殊性考虑不足。因此,为了更精准地把握创新资源集聚的内在机制,学者们开始系统地研究创新资源集聚,Asheim et al.(2011)提出的区域创新体系理论,以及Cooke(2004)进一步发展的区域创新体系理论,均强调了创新主体间的互动和制度环境的重要性,这些理论为理解创新资源集聚的系统性和复杂性提供了新的视角,但在解释微观层面的创新主体行为动机时仍存在局限。为了更好地解释驱动创新活动集中的竞争机制,Delgado et al.(2014)发展了集群理论,强调地理邻近对产业竞争力的重要性,并指出创新集群可以通过促进竞争和合作来提升区域创新能力,但其对集群形成的内生机制解释不足,且过于强调竞争而相对忽视了合作的重要性。在此背景下,学者们开始借鉴网络理论来研究创新资源集聚,Boschma et al.(2010)的“相关多样性”理论和Balland et al.(2019)的演化经济地理学框架为理解创新主体之间的互动和信息传播提供了新的思路。国内学者在这一领域也取得了显著进展,骆康等(2021)分析了长江经济带科技创新资源集聚能力的空间格局及网络结构,发现区域创新资源存在分布不均衡性和空间相互作用的特征;孙祥栋等(2024)则从网络嵌入性角度研究了创新资源集聚的影响因素,揭示了社会网络在创新资源空间组织中的重要作用。

关于创新资源集聚的网络结构,Lösch(1954)的中心地理论为分析创新资源集聚及其网络结构特征提供了新的思路,揭示了创新中心如何形成并

影响周边地区,这与创新资源集聚和创新网络的形成机制高度相关,即高阶创新中心往往拥有更多的创新资源和更强的创新能力,不仅能够形成局部的高度集聚,还通过知识溢出和技术扩散构建更广泛的创新网络。这些理论主要关注网络结构,对网络形成和演化的动态过程关注不足。Crescenzi et al.(2017)和Miguelez et al.(2018)的研究为创新资源集聚与创新产出之间的关系提供了实证支持,但这些研究主要基于发达国家数据,其结论是否适用于发展中国家尚需进一步验证。张玉梅等(2022)等学者的研究为理解本土创新资源集聚的特点提供了重要洞见,研究了创新要素集聚与科技创新的空间外溢效应,并分析了数字经济背景下创新资源空间重构的新趋势,揭示了创新资源集聚的动态过程,但这些研究多集中于静态分析,缺乏对创新资源集聚动态演化过程的深入探讨。随着研究的深入,学者们开始关注创新资源过度集聚可能带来的负面效应,即过度集聚可能导致拥挤效应和租金上升,从而抑制创新,这一研究方向十分重要,但目前仍缺乏系统的理论框架和充分的实证支持(Crescenzi et al., 2017)。

现有研究为理解创新资源集聚提供了多元视角和丰富实证,但仍存在以下不足:一是现有研究多集中于静态分析,难以捕捉集聚的动态演化过程及政策干预和外部环境的影响;二是创新资源集聚程度的有效测度仍待解决,现有方法难以全面反映其多维特征;三是研究多聚焦发达国家,对中国等大型发展中国家关注不足。因此,本文的贡献在于:一是将创新资源集聚置于新质生产力的分析框架下,探讨创新资源集聚与其创新网络结构特征的内在逻辑和动力机制;二是采用多维度、动态分析框架,运用社会网络等方法揭示集聚演化轨迹;三是进行国际比较,在全球背景下审视中国创新资源集聚程度。逻辑框架图如图1所示。

二、创新资源集聚现状分析

创新资源集聚是一个复杂的多维度概念,涉及人才、资金、科技等要素,探讨创新资源集聚需要首先明确如何衡量集聚程度这一核心问题。本文基于已有研究成果,从多个维度展开分析,以期全面把握中国创新资源集聚的特征与趋势。

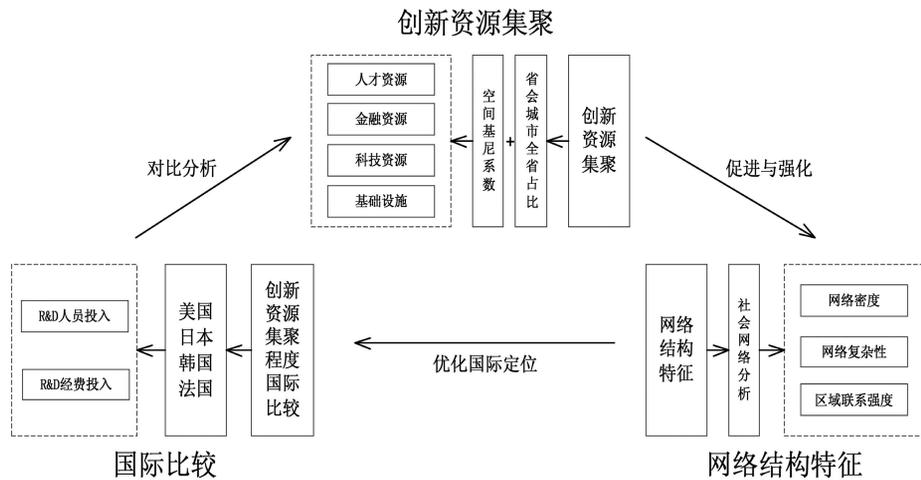


图1 逻辑框架图

资料来源:作者绘制。

(一)变量说明

借鉴余泳泽等(2013)、郭庆宾等(2017)、傅立平等(2024)和郝汉舟等(2022)的研究方法,本文构建了以人才资源、金融资源、科技资源和基础设施为核心的多维度创新资源集聚评价体系(见表1),原始数据主要来源于历年《中国城市统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》。

(二)计算方法

借鉴张贵等(2023)、赵成伟等(2024)利用基尼系数的测度方法,引入空间因素对基尼系数进行空间分解,得到空间基尼系数,进而运用空间基尼系数测算全国26个省份创新资源的空间集聚程度(见表2),用公式(1)表示。考虑到直辖市(北京、上海、天津、重庆)、特别行政区(香港、澳门)以及台湾和

西藏的特殊性,相关数据一方面难以获取,并可能影响数据的一致性和可比性,故剔除这些地区的数据。

$$Gini = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |x_i - x_j|}{2n^2 \bar{x}} \quad (1)$$

其中, x_i 和 x_j 分别为测度子区域 i 和子区域 j 不平等程度的变量,如区域的收入水平等, $|x_i - x_j|$ 为 x_i 和 x_j 差的绝对值, \bar{x} 为 x 的均值, n 为区域系统的子区域数量。空间基尼系数取值范围在0—1之间,取值为0时表明在空间分布上是均匀的,系数值越大表明集聚程度越高。由于计算指标数量过多,故先分别计算三级指标在2012年、2015年、2018年、2021年和2023年五年的空间基尼系数以及省会城市创新资源占比,并对计算得出的三级指标的相关

表1 创新资源集聚指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位	指标解释
创新资源集聚水平	人才资源	R&D人员投入	人	指从事研究与试验发展(R&D)活动的人员数量,包括科学家、工程师等专业技术人员
		在校大学生数	人	指在高等教育机构中的学生数量
	金融资源	金融业从业人员总数	人	指在银行、证券、保险等金融机构工作的人员总数
		每万人金融机构年末贷款余额	万元	指金融机构向社会发放的各种贷款在年末的余额,反映了金融对实体经济的支持程度
	科技资源	R&D经费投入	万元	指用于研究与试验发展活动的经费总额,包括人员费、原材料费、设备费等
		专利申请量	件	指向专利行政部门提交的发明、实用新型和外观设计专利申请数量
	基础设施	公共图书馆图书总藏量	千册	指公共图书馆收藏的各类图书总数,反映了知识资源的丰富程度
		人均道路面积	千米/人	指平均每个人拥有的道路面积,反映了交通基础设施的完善程度

资料来源:作者整理。

结果取平均值,即基尼系数1与省会占比(见表2),这几个时间点与中国“十二五”“十三五”和“十四五”规划周期对应,有助于分析创新资源集聚与国家战略规划的相关性。

(三)创新资源集聚的时间演化分析

1.创新资源集聚总体呈现阶段性上升趋势

2012—2023年,中国创新资源集聚的平均空间基尼系数1从0.390上升至0.477,该结果显示出资源集中度的显著增加。这一过程可分为三个阶段:初始集聚(2012—2015年,年均增长2%)、快速集聚(2015—2018年,年均增长4%)和高度集聚(2018—2023年,年均增长4%)。在此过程中,创新资源逐步向北京、上海、广州等传统经济和科技中心集聚,

形成以北京、上海、广深为核心的三大创新集群,这种集中趋势有利于形成创新高地,但也加剧了区域发展不平衡。2012年,大多数省份的创新资源集聚指数在0.300到0.400之间,分布相对均匀;到2023年,大部分省份的指数上升至0.400到0.600之间,个别省份甚至超过0.600,这一演变过程体现了创新资源集聚的总体趋势,同时也反映出区域间创新发展差异正在扩大。

2.创新资源集聚发展速度超越经济集聚

为了直接对比创新资源集聚与经济集聚的动态关系,在宋家鹏等(2021)、周清香等(2023)等学者的基础之上,本文从产业、人口等多个层面衡量经济集聚,采用人均GDP、第二产业产值占比、第三

表2 全国创新资源基尼系数与省会城市创新资源占比

省(区)	2012年			2015年			2018年			2021年			2023年		
	基尼系数1	省会占比	基尼系数2												
河北	0.424	0.236	0.381	0.432	0.244	0.449	0.445	0.265	0.429	0.458	0.286	0.344	0.467	0.300	0.287
山西	0.428	0.359	0.494	0.437	0.358	0.492	0.477	0.376	0.410	0.516	0.394	0.459	0.542	0.406	0.492
内蒙古	0.430	0.294	0.462	0.441	0.263	0.489	0.458	0.319	0.415	0.475	0.376	0.392	0.486	0.414	0.398
辽宁	0.429	0.267	0.481	0.435	0.283	0.371	0.532	0.331	0.412	0.628	0.379	0.492	0.692	0.411	0.545
吉林	0.421	0.513	0.509	0.429	0.587	0.424	0.523	0.693	0.496	0.617	0.799	0.404	0.680	0.830	0.343
黑龙江	0.417	0.430	0.388	0.421	0.401	0.358	0.492	0.552	0.427	0.564	0.702	0.494	0.612	0.750	0.539
江苏	0.413	0.221	0.494	0.420	0.206	0.458	0.452	0.205	0.404	0.484	0.205	0.495	0.505	0.205	0.556
浙江	0.413	0.336	0.470	0.421	0.326	0.414	0.454	0.327	0.417	0.489	0.328	0.486	0.512	0.329	0.532
安徽	0.413	0.296	0.412	0.424	0.305	0.452	0.477	0.386	0.464	0.530	0.467	0.475	0.565	0.521	0.482
福建	0.417	0.231	0.481	0.430	0.260	0.362	0.441	0.300	0.447	0.453	0.339	0.366	0.461	0.365	0.379
江西	0.419	0.380	0.401	0.428	0.360	0.396	0.450	0.328	0.442	0.471	0.296	0.452	0.485	0.300	0.459
山东	0.423	0.180	0.508	0.438	0.187	0.381	0.448	0.192	0.431	0.458	0.198	0.520	0.465	0.202	0.579
河南	0.419	0.281	0.438	0.442	0.276	0.376	0.417	0.338	0.499	0.401	0.400	0.346	0.390	0.441	0.349
湖北	0.423	0.495	0.387	0.443	0.478	0.485	0.514	0.548	0.401	0.586	0.617	0.392	0.634	0.663	0.396
湖南	0.412	0.422	0.380	0.437	0.421	0.367	0.497	0.453	0.466	0.557	0.485	0.470	0.597	0.506	0.473
广东	0.416	0.267	0.443	0.439	0.257	0.372	0.564	0.298	0.442	0.689	0.340	0.488	0.772	0.368	0.519
广西	0.394	0.327	0.417	0.422	0.289	0.357	0.519	0.338	0.416	0.616	0.387	0.430	0.681	0.420	0.439
海南	0.389	0.587	0.484	0.421	0.630	0.448	0.252	0.705	0.353	0.383	0.780	0.352	0.470	0.830	0.355
四川	0.396	0.451	0.497	0.425	0.459	0.390	0.532	0.646	0.414	0.640	0.833	0.384	0.712	0.850	0.394
贵州	0.352	0.500	0.456	0.364	0.489	0.430	0.422	0.611	0.367	0.509	0.734	0.503	0.567	0.816	0.594
云南	0.338	0.569	0.445	0.378	0.626	0.467	0.416	0.727	0.360	0.454	0.829	0.422	0.479	0.837	0.463
陕西	0.346	0.471	0.416	0.392	0.415	0.363	0.487	0.558	0.394	0.582	0.701	0.428	0.645	0.706	0.451
甘肃	0.286	0.509	0.395	0.297	0.546	0.481	0.431	0.703	0.435	0.566	0.860	0.495	0.656	0.875	0.535
青海	0.299	0.494	0.454	0.298	0.623	0.474	0.463	0.736	0.430	0.628	0.849	0.390	0.738	0.853	0.363
宁夏	0.347	0.561	0.438	0.375	0.699	0.392	0.458	0.692	0.425	0.541	0.685	0.479	0.596	0.680	0.515
新疆	0.329	0.236	0.373	0.509	0.244	0.389	0.552	0.505	0.492	0.595	0.766	0.501	0.624	0.770	0.507
平均值	0.390	0.381	0.442	0.419	0.394	0.417	0.476	0.466	0.426	0.534	0.540	0.442	0.477	0.468	0.437

数据来源:作者计算得到。

产业产值占比、人口密度四个指标,运用公式(1)计算经济集聚的空间基尼系数,数据来源于《中国统计年鉴》。通过对创新资源集聚(基尼系数1)和经济集聚(基尼系数2)的直接比较,得出2012—2023年区域创新资源空间分布与经济活动空间集中度的演变趋势(见表2)。

在初始集聚阶段,经济集聚程度普遍高于创新资源集聚程度,反映出经济活动的空间集中先于创新资源的集聚。2012年中国平均经济集聚的基尼系数为0.442,显著高于创新资源集聚的0.390,这一差距在大多数省份普遍存在;广东省2012年的经济集聚基尼系数为0.443,而创新资源集聚基尼系数仅为0.416;江苏省的这两个指标分别为0.494和0.413,两个省份均显示出经济活动高度集中而创新资源相对分散的特征,反映出中国的区域发展主要依赖传统的经济增长模式,创新资源的空间布局相对均衡,尚未形成显著的集聚态势。

进入快速集聚阶段,创新资源的空间集中度开始加速提升,逐渐缩小与经济集聚的差距。2015—2018年,全国平均创新资源集聚基尼系数从0.419上升到0.476,增幅达13.6%,而同期经济集聚基尼系数从0.417上升到0.426,增幅仅为2.2%,而部分省份的创新资源集聚程度甚至开始超过经济集聚程度,以广东省为例,2018年其创新资源集聚基尼系数达到0.564,首次超过经济集聚基尼系数0.442。四川省也呈现类似趋势,2018年创新资源集聚基尼系数为0.532,高于经济集聚基尼系数0.414,这些变化反映出创新驱动发展战略在全国范围内开始显现成效,创新资源的空间分布逐渐向重点区域集中。

在高度集聚阶段,创新资源的空间集中度继续快速提升,在多数省份超过了经济集聚程度。2021年,中国平均创新资源集聚基尼系数达到0.534,显著高于经济集聚基尼系数0.442,这一趋势在许多省份表现得更为明显,如广东省2021年的创新资源集聚基尼系数高达0.689,远超其经济集聚基尼系数0.488。江苏省与山东省作为典型的双核省份,虽然其创新资源集聚基尼系数低于经济集聚基尼系数,但是两省在推动创新发展时采取了注重区域平衡的策略,这体现了不同区域的独特发展路径。到2023年,全国平均创新资源集聚的基尼系数为0.477,较2021年有所降低,但仍高于经济集聚

的基尼系数0.437,表明创新资源在经历快速集聚后开始向更加平衡的空间分布演进。这一阶段的发展特征表明,创新资源的空间集中已成为推动区域发展的重要力量,创新驱动发展模式逐渐成为主导。

3.创新资源集聚的周期性变化特点

创新资源集聚的周期性变化与国家五年规划周期和经济周期密切相关,反映了政策导向和经济环境对创新资源空间分布的深刻影响。进一步分析2012—2023年的数据可以发现,创新资源集聚的阶段性变化与五年规划周期高度吻合。“十二五”规划末期(2014—2015年)创新资源集聚开始加速,“十三五”期间(2016—2020年)呈现快速增长态势,年均增长率达5%—7%,尤其是2018—2019年增长最为显著,这一变化趋势与国家创新驱动发展战略的实施进程高度一致。与经济周期的关系上,创新资源集聚呈现1—2年的滞后效应,但在经济下行压力增大时期反而加速集聚,这可能反映了在经济压力下,政府和企业更加重视通过创新寻求突破。

(四)创新资源集聚的空间演化分析

1.创新资源集聚的区域差异明显

创新资源集聚在全国范围内呈现显著的区域差异,整体上形成了“东部领先、中部追赶、西部崛起、东北低迷”的格局,东部沿海地区凭借其先发优势和政策支持,持续巩固并扩大其创新领先地位。2023年东部平均创新资源集聚指数达0.480,超过全国平均水平;中部地区在中部崛起战略推动下快速追赶,2012—2023年平均集聚指数增幅达27.8%,展示出强劲的增长潜力;西部地区虽起点较低,但增速显著,同期增幅高达76.2%,体现了西部大开发战略的成效;东北地区发展态势复杂,省际差异明显,反映出东北振兴战略在不同省份实施效果的不均衡性,这种区域差异化发展格局既反映了区域创新资源空间分布的现状,也凸显了制定差异化创新政策的必要性。

2.省会城市创新资源集聚效应显著

省会城市在创新资源集聚过程中展现出显著的“磁石效应”,这一现象在全国范围内普遍存在,但在经济相对落后的省份尤为突出。2021年作为“十四五”规划开局之年,分析该年数据能够捕捉政策初期的创新资源分布基础状态。2021年,26个省

级行政区中,80%以上省份的省会城市创新资源占比超过30%,其中12个省份超过50%,4个省份甚至超过80%,这种高度集中的“省会效应”在西部和中部的一些欠发达省份表现得最为明显。以甘肃为例,兰州集中了全省86%的创新资源,类似的情况也出现在云南昆明(占比82.9%)和青海西宁(占比84.9%)。这种现象反映了省会城市凭借其在政策支持、基础设施、人才吸引等方面的优势,成为所在省份创新资源的绝对主导聚集地,但这种高度集中也可能加剧省内区域发展的不平衡,为创新政策制定和区域协调发展提出了新的挑战。

3. 多中心创新资源集聚模式兴起

区域创新资源的空间分布正从单中心向多中心、网络化模式转变,这一趋势与国家创新体系的完善和区域协调发展战略的实施密切相关。在全国层面,创新资源集聚由最初的京津冀、长三角、粤港澳等传统创新高地,逐步扩展到成渝、武汉和西安等新兴创新中心,形成更加均衡的创新格局;在区域层面,原有的单一创新中心也向多中心结构演进,以长三角为例,创新活动不再仅依托上海,南京、杭州、苏州等城市也成为重要创新节点,构建起相互联系、优势互补的区域创新网络。这种多层次、网络化的创新资源分布格局反映了中国创新生态系统的日益成熟,为区域间创新协同和资源优化配置提供了新可能,有利于推动国家整体创新效能提升和区域创新均衡发展。

三、区域创新网络的结构特征

中心地理论为理解创新资源集聚与创新网络结构之间的动态关系提供了重要的分析框架,该理论最初用于解释城市体系的空间分布和层级结构,并应用于创新研究。该理论不仅解释了创新活动如何在特定中心地集聚,还阐明了这种集聚如何影响周边地区,进而形成更广泛的创新网络。创新资源更倾向于在不同层级的创新中心集聚,形成类似于城市体系的创新体系,如高能级创新中心提供更多样和高级的创新服务,进而拥有更大的市场范围和影响力,创新活动和知识首先在这些高级中心产生,然后通过网络结构向下级创新中心传播,形成“瀑布效应”。同时,网络的发展又反过来强化了创新中心的集聚效应,促进资

源流动和知识交换。随着时间推移,创新网络的空间结构可能从单中心向多中心演变,反映了区域创新能力的均衡发展。这种基于中心地理论的分析框架,有助于更好地理解创新资源的空间集聚和网络扩散过程。

(一) 研究方法

本文采用社会网络分析法构建创新网络,以全面把握创新集聚的结构特征和演化趋势。前文分析主要基于省级数据,但为了更细致地研究创新网络的结构,本文将分析单位细化到地级市以及自治州等,有助于提高精度、揭示省内差异以及跨省合作分析。网络构建将中国地级市作为网络节点,如果两个城市之间存在合作申请的专利,则在这两个城市节点之间建立一条边,边的权重依据合作专利的数量进行量化,以直观反映合作强度。

(二) 数据来源

本文从中国国家知识产权局专利检索系统中抓取了2012—2023年中国293个地级市以及自治州等的专利申请数据,共计358个城市,为确保数据能够反映城市间的实际合作关系,仅保留了申请人数量大于1的专利数据,并对多个专利申请人的地址进行了详细解析,将其精确定位到具体城市,最终获得了21904条有效专利数据。

(三) 计算结果

创新网络结构特征是理解区域创新体系运作机制的关键,通过对2012年、2015年、2018年、2021年和2023年五个时间节点的创新网络结构图进行深入分析,可以清晰地观察到区域创新资源集聚与创新网络结构的协同演化过程,这一过程大致可分为三个阶段,每个阶段都呈现出独特的集聚—网络互动特征。

1. 从时间演化来看,集聚与创新网络呈现同步发展趋势

在初始集聚阶段(2012—2015年),创新资源主要集中在北京、上海、广深等传统经济和科技中心,形成了若干离散的集聚点,这一时期的网络结构相对简单,反映了早期创新合作的局限性,这些点状集聚为初期网络的形成提供了基础,但网络的覆盖范围和影响力还相对有限。

进入快速集聚阶段(2015—2018年),创新资源的集聚程度开始加速提升,同时网络结构也呈现出快速扩张的趋势,网络密度和复杂性明显增加,网

络结构逐渐呈现出多中心、多层次的特征。这一阶段,集聚与创新网络之间的互动关系开始显现,一方面,高度集聚的创新中心(如北京、上海、广深)不断扩大其影响力,吸引着越来越多的合作伙伴;另一方面,网络开始反方向促进集聚,特别是在东部沿海地区和中西部的省会城市之间形成了跨区域的创新合作网络。

高度集聚阶段(2018—2021年),集聚与网络的协同效应达到了顶峰,这一时期,创新网络的密度和复杂性显著提升,反映出创新主体之间的联系更加紧密,合作频率大幅提高,表明创新资源在网络中的流动变得更加便捷和高效。同时,以北京、上海、广深为核心的三大创新集群的形成,这种高度集聚与网络的广泛铺开形成了良性互动。一方面,高度集聚的创新资源为网络提供了坚实的节点基础,使得网络结构更加稳固;另一方面,日益完善的网络通过促进知识流动和资源共享,进一步强化了集聚效应,形成了资源向核心区域汇聚、网络向更广阔地域延伸的良性循环。

2.从空间分布来看,集聚与网络扩散在整个演化过程中呈现明显协同特征

集聚与网络的协同构成了区域创新网络发展的主旋律,集聚为网络提供了核心节点和资源基础,而网络的扩展又促进了创新资源的进一步集聚和优化配置,这种动态互动过程不仅深化了区域内部的创新联系,也促进了跨区域的创新合作。具体来看,东部沿海地区的创新网络一直呈现出比中西部地区更高的密集度,反映了中国区域创新能力的不平衡发展,这种差异与经济发展水平、人才聚集、产业结构等因素密切相关。而随着时间推移,中西部地区的创新网络也在逐步形成和扩大,特别是成渝、武汉和西安等区域中心城市,其创新节点的亮度和联系强度都有明显提升,这种变化可能源于经济快速增长、人才流动、产业转移、基础设施改善以及相关政策支持的综合作用。从网络的层次结构来看,整个演化过程中始终可以观察到明显的等级特征,大型节点在网络中扮演着“枢纽”角色,通过广泛的连接带动众多小型创新节点共同发展,其影响力随时间不断扩大,反映了核心创新主体的关键作用,同时,越来越多的中小节点加入网络并与大节点建立联系,使得区域创新网络结构呈现出日益复杂化、多元化和层次化的趋势。

四、世界科技强国聚集程度现状分析

在分析了区域创新资源集聚的国内现状后,本文将视角转向国际比较,通过与世界主要科技强国的对标分析,进一步评估区域创新资源集聚的特点与不足,从而为未来发展提供借鉴。

(一)国际创新资源集聚比较对象选择

科技强国是科技原创水平高、创新引领能力强、区域发展均衡,同时经济实力、综合国力、世界影响力强的国家(陈凯华等,2024)。本文在分析国内聚集情况的基础之上,进一步与其他科技强国进行对比,主要对科技创新集群城市对应国家的科技创新发展情况进行跟踪评价。为进行更具针对性的国际比较,并涵盖全球创新的领先者和规模较小但创新能力突出的国家,本文主要关注 OECD 科技创新报告中全球科技创新集群排名前十的国家,以及作为小型创新强国代表的瑞士(排名第20位)(见表3)。

表3 全球科技创新集群排名前十位

排名	科技创新集群	所属经济体
1	东京—横滨	日本
2	深圳—香港—广州	中国
3	首尔	韩国
4	北京	中国
5	圣何塞—旧金山	美国
6	大阪—神户—京都	日本
7	波士顿—剑桥	美国
8	纽约	美国
9	上海	中国
10	巴黎	法国

资料来源:作者整理。

(二)创新资源集聚的衡量指标

本文选取 R&D 人员投入、R&D 经费投入和专利申请量这三个指标作为衡量标准,分别代表创新投入的人力资源、资金资源和创新产出,构成了一个相对完整的创新资源评估体系(见表4),符合 Crépon et al.(1998)提出的 CDM 模型,其被认定为衡量创新活动的核心指标,具有国际通用性。R&D 人员投入反映了人才资源的集聚程度,与 Akcigit et al.(2018)关于创新者在经济增长中作用的研究相呼应;R&D 经费投入体现了社会对创新活动的资源配置,与 Acemoglu et al.(2018)关于创新政策与经济增长的理论相契合;专利申请量作为创新产出的

代理变量,与Fang et al.(2017)关于创新产出测度的最新研究一致。

表4 国外创新资源集聚衡量指标

一级指标	二级指标	三级指标	单位
创新资源集聚	人才资源	R&D人员投入	万人
	科技资源	R&D经费投入	亿元
		专利申请量	万件

资料来源:作者整理。

(三)国内外数据对比分析

1.R&D人员投入的国际比较

在R&D人员投入方面,区域创新资源高度集中,这主要得益于创新驱动发展战略、区域差异化政策的支持、产业集群效应和发达地区对高素质人才的

吸引力。以2021年的数据为例,深圳、广州的R&D人员总数达到89.771万人,占广东省总数的72%,其中,仅深圳一市就占到了广东省总数的46.8%;北京的R&D人员数量为50.609万人,约占全国总数的9.6%。这种高度集中的态势在其他国家也有体现,但程度各不相同,韩国首尔的R&D人员数量为22万人,占全国总数的39%;巴黎大区作为法国的绝对创新中心,其R&D人员数量自2018年以来持续增长,至2021年已达17.500万人,法兰西岛大区R&D人员数量更是约占全国总数的40%;瑞士作为小型创新强国,其创新资源集聚同样显著,苏黎世R&D人员数量约占苏黎世州总数的50%,反映了苏黎世作为瑞士主要创新中心的地位(见表5)。

表5 2021年国外创新资源集聚水平数据表

国家	科技创新集群城市	R&D人员(万人)	城市所在州(市等)R&D人员(万人)	R&D经费	城市所在州(市等)R&D经费	专利申请量(万件)	城市所在州(市等)专利申请量(万件)
美国	圣何塞 旧金山	37.387 58.595	147.013	*硅谷地区 616 亿美元 旧金山湾区 564.300亿美元	加利福尼亚州 1634.600亿美元	**圣何塞—桑尼维尔—圣克拉拉大都市统计区 1.570 旧金山—奥克兰—伯克利大都市统计区 1.019	4.755
	波士顿 剑桥	35.595 3.041	47.331	大波士顿地区 256.700亿美元	马萨诸塞州 364.500亿美元	波士顿—剑桥—牛顿大都市统计区 0.774	0.845
	纽约	63.845	—	252.800亿美元	—	纽约—纽瓦克—泽西市都市统计区 0.926	—
日本	东京 横滨	25.340 7.400	神奈川县 12.270	2.800万亿日元 1.400万亿日元	神奈川县 2.200万亿日元	4.923 1.320	神奈川县 2.203
	大阪 神户 京都	4.400 2.400 2.900	大阪府 7.100 兵库县 3.390 京都府 3.700	1.750万亿日元	大阪府 1.400万亿日元 兵库县 0.700万亿日元 京都府 0.800万亿日元	1.350 0.390 0.628	大阪府 2.088 兵库县 0.658 京都府 0.835
	韩国	首尔	22.000	—	22.400万亿韩元	—	7.951
法国	巴黎	8.950	法兰西岛大区 16.537	120亿欧元	法兰西岛大区 200亿欧元	0.340	法兰西岛大区 0.660
瑞士	苏黎世	1.800	苏黎世州 2.891	51亿瑞士法郎	苏黎世州 89.700亿瑞士法郎	0.250	苏黎世州 0.328
中国	深圳 香港 广州	55.980 3.456 30.335	广东省 119.624	1530.500亿元 274.400亿港元 1048.130亿元	广东省 3369.520亿元	3.328 1.692 1.440	广东省 7.567
	北京	50.609	—	2214.800亿元	—	5.305	—
	上海	31.877	—	1658.800亿元	—	3.631	—

数据来源:作者整理。

注:*硅谷地区为圣何塞—桑尼维尔—圣克拉拉大都市统计区,旧金山湾区为旧金山—奥克兰—伯克利大都市统计区,大波士顿地区为波士顿—剑桥—牛顿大都市统计区。**由于美国专利商标局通常以都市统计区为单位发布数据,而非单独的城市,故表格中采用统计区数据代替单个城市数据。

造成R&D人员高度集聚的原因主要包括,一是中国的创新驱动发展战略导致创新资源向特定区域集中,深圳作为改革开放的前沿,北京作为首都,都获得了优先发展的政策支持;二是产业集群效应吸引了大量高素质人才;三是发达地区的高薪资和良好的工作环境对R&D人员具有强大的吸引力。而对于韩国和法国,其创新资源高度集中与这些国家的中心化创新战略和历史形成的经济文化中心地位密切相关;瑞士的情况则反映了小国集中创新资源的策略,苏黎世作为瑞士的金融、教育和研究中心,拥有独特的优势,特别是苏黎世联邦理工学院等世界顶级研究机构的存在,极大地提升了该地区对R&D人员的吸引力。

2.R&D经费投入的跨国对比

在R&D经费投入方面,中国的R&D经费投入主要集中在深圳和北京,反映出政策支持、科技企业布局和区域经济发展的综合推动,进一步巩固了这些地区的创新引擎地位。2021年,深圳市的R&D经费投入为1530.500亿元,占广东省总投入的45.4%,广州市占比约31.1%,两市合计占全国总投入的约10.6%;北京市的R&D经费投入达2214.800亿元,约占全国总投入的9.1%,这种集中趋势在其他国家也普遍存在,但程度有所不同。美国硅谷地区(圣何塞—旧金山)的R&D经费投入为616亿美元,占加利福尼亚州总投入的37.7%;日本R&D投入主要集中在首都圈和关西圈的核心地区,神奈川县的R&D经费投入为2.200万亿日元,反映了东京都市圈的强大创新实力;瑞士作为小型创新强国,其R&D经费投入同样呈现高度集中的特征;苏黎世州的R&D经费支出约为89.700亿瑞士法郎,在瑞士所有州中排名第一,苏黎世市的R&D经费支出约占苏黎世州总投入的60%,凸显了苏黎世作为瑞士主要创新中心的重要地位。

R&D经费投入的集中分布反映了各国创新体系的独特特征。由于多方面因素的复杂作用,中国的R&D经费投入高度集中体现了政府创新政策的重点倾斜和大型科技企业的战略布局,区域发展战略和人才集聚效应进一步强化了这种趋势;美国则呈现出相对均衡的分布,这得益于其成熟的市场经济体系、发达的风险投资网络和多中心的创新格局;日本的集中模式与其产业政策和大企业主导的创新体系密切相关,东京都市圈的经济中心地位发

挥了关键作用;韩国的集中分布反映了财阀企业的主导地位和首尔作为综合中心的吸引力;法国的情况凸显了巴黎地区作为历史性创新中心的地位;瑞士作为小国,其高度集中的R&D经费投入分布,反映了资源集中策略以及苏黎世等城市在金融、教育和研究领域的综合优势。

3.专利申请量的国际比较

在专利申请方面,中国展现出显著的地域集中趋势,特别是在深圳等创新核心区域,其专利申请量占广东省总数的44%,显示出深圳高科技产业和创新生态的领先地位,而其他地区则相对较弱,反映了各地创新能力与区域发展不均衡的现状。相比之下,美国的创新资源分布呈现出相对分散的特征,硅谷地区(圣何塞—桑尼维尔—圣克拉拉)的专利申请量占加利福尼亚州的33%;横滨和大阪分别占其所在县府总数的59.9%和64.6%;而韩国的创新资源集中更为明显,首尔一市的专利申请量就达到7.951万件,占韩国全国专利申请总数的约39.8%,凸显了其作为国家绝对创新中心的地位。中国对比美国的发展现状,美国的创新活动虽然也存在中心城市,但整体上分布更为均衡。与日本、瑞士和韩国相比,中国的创新资源在全国范围内的分布仍相对分散,因此,结合R&D人员投入与R&D经费投入的现状可以得出,中国的创新资源集聚整体呈现出“局部高度集中,整体相对分散”的特征(杨帮兴等,2023)。

这种专利申请数量分布差异的原因复杂多样,中国的“局部高度集中,整体相对分散”特征反映了其不均衡的区域发展现状和庞大国土面积带来的布局挑战,深圳等创新高地的发明专利申请量与其强大的高科技产业基础和创新文化密切相关;美国的相对均衡分布得益于其完善的知识产权保护体系、广泛的产学研合作网络,以及遍布全国的创新型中小企业;日本和韩国的高度集中则与其国土面积小、创新资源易于集中管理有关,同时也反映了这些国家长期以来形成的中心化创新体系;瑞士作为小型国家,其优秀的高等教育资源、强大的产业基础、良好的创新生态系统以及高效的知识产权保护和技术转化机制产生了高度集中的创新资源分布。

五、结论与建议

本文通过对区域创新资源集聚的多维度测算、

创新网络结构的深入分析,以及与国际科技强国的系统比较,获得了较为丰富的研究发现,此发现不仅有助于我们深入理解区域创新资源空间分布的特征与演化规律,也为制定差异化的区域创新政策提供了重要依据。

(一)结论

本文通过对区域创新资源集聚的多维度分析、创新网络结构的动态考察以及与国际科技强国的比较,揭示了区域创新资源空间分布的演变特征和分布规律,主要结论如下:

创新资源集聚呈现显著的时空演化特征,各省份创新资源集聚程度总体呈上升趋势,但存在明显的区域差异。东部沿海地区在创新资源集聚方面持续领先,中西部地区虽有进步但仍相对滞后,特别是在经济相对落后的省份,出现了显著的“省会效应”,省会城市对创新资源的集聚程度可达80%左右,这种集聚模式为新质生产力的形成提供了重要基础,但也带来了区域发展不平衡的挑战。

创新资源集聚与创新网络结构呈现协同演化特征,随着创新资源集聚程度的提高,创新网络结构日趋复杂,形成了多中心、多层次的特征。特别是北京、上海、广东等创新资源高度集聚的地区,往往在创新网络中占据核心节点位置,拥有更多的网络连接。这种网络结构有利于知识流动和创新协同,是新质生产力形成的关键支撑。

国际比较显示,中国的创新资源集聚呈现出“局部高度集中,整体相对分散”的特点,尚未达到国际科技强国的水平。从全国范围来看,与美国等科技强国相比,中国的创新资源呈现出更高的地理集中度,但与小型创新国家相比,其集聚程度又显得相对较低。这种分布格局反映了中国在构建新质生产力体系过程中的独特路径,既有利于形成创新高地,又面临着如何推动创新资源更广泛分布的挑战。

(二)政策建议

1.促进创新要素自由流动、畅通创新链

创新链畅通的本质要求是科技与经济的有效结合,最终实现产业化是衡量创新成功与否的标志,而创新要素的自由流动是提升创新效率、畅通创新链的关键,应着力破除阻碍要素流动的制度壁垒,构建统一开放的创新要素大市场、进一步畅通创新链底层逻辑(赵成伟等,2023)。同时,要注重

创新链、产业链、人才链和资金链的协同发展,实现四链同构,全面提升区域创新能力和产业竞争力。一是完善人才流动机制,推动高校、科研院所与企业间的人才多向流动,建立跨区域、跨行业的人才共享平台,设立“创新人才自由流动基金”,根据产业发展需求培养和引进人才,促进人才链与产业链的协同发展;二是深化金融改革,拓宽创新融资渠道,发展多层次资本市场,为创新活动提供多元化金融支持;三是推进数据要素市场化,建立数据资源确权、开放、流通、交易制度,激活数据要素潜能。

2.构建多中心、多网络创新格局

实施“区域创新中心培育计划”,选择5—10个具有潜力的二线城市,通过财政补贴、税收优惠等政策支持其发展特色创新产业,从而提升区域整体创新能力。同时,积极落实国家区域协调发展战略,基于地区特点实施差异化政策,重点推进京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设等重大区域战略,将成渝、武汉、西安等城市打造成新兴的创新节点,构建跨区域创新网络和多层次创新合作平台,从而形成以创新极点为主、多个次级节点为辅的多中心、多网络格局。此外,还需要对创新资源相对匮乏的地区实施“创新资源倾斜政策”,提供额外的研发经费补贴,鼓励组建创新联盟,并给予联盟项目优先支持,通过定期评估和调整各地区的创新资源配置,确保创新资源得到合理分配与高效利用。

3.完善区域创新体系

区域创新体系由相互关联的企业、大学、科研院所、政府和中介服务组织等创新主体构成,主要功能是配置创新资源、促进知识生产和技术扩散,为此,需要从三个维度进行推动和优化。一是对东部地区,支持建设具有全球影响力的科技创新中心,对中西部和东北地区,打造特色创新高地;二是通过各层级科技创新中心建设,统筹创新资源,推进科技计划管理改革,整合资源配置,搭建创新公共服务平台(刘冬梅等,2023),支持条件成熟地区建设综合性科学中心和区域科技创新中心,打造“双轮驱动”增长极(赵成伟等,2023);三是各区域应通过制度创新适应新技术范式,构建差异化创新体系,促进知识传播,提升竞争力。

4.推进全球创新战略布局

借鉴美国、日本、韩国等科技强国的发展经验可知,优化创新资源空间布局至关重要。具体而

言,中国应借鉴美国“向集聚中平衡”的经验,在促进创新资源向重点区域集聚的同时,注重区域间均衡发展,并参考日本和韩国的做法,提高创新资源使用效率,完善产学研协同创新机制,从而促进创新要素高效流动与整合。同时,培育世界级创新型企业,加大对具有核心技术和国际竞争力的企业的支持力度(陆铭,2019),并深化国际科技合作,积极参与全球科技治理,主动融入全球创新网络(喻红阳,2015)。

(三)未来研究展望

创新资源的集聚程度是一个相对复杂的概念,其评估需要从多个维度进行全面考量,研究可以采取更加系统和深入的方法来衡量创新资源集聚程度,并探究其溢出效应及影响因素。鉴于专利数据在反映创新网络结构方面的局限性,应考虑采用更全面的指标体系,如结合科研合作数据、人才流动数据、技术交易数据等多源信息,构建更加真实和动态的创新网络模型;在研究方法上,运用门槛效应模型来探究创新资源集聚的临界点,以回答创新资源集聚是否存在最优水平,以及超过这个水平后可能产生的影响等关键问题。同时,还可以进一步探讨影响创新资源溢出效应的关键因素,如地理距离、技术距离、制度距离等,有助于更好地理解创新资源集聚的空间效应。

参考文献

- [1]刘冬梅,杨洋,李哲.科技创新作为发展新质生产力的核心要素:理论基础、历史规律与现实路径[J].中国科技论坛,2024(7).
- [2]KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography [J]. Journal of political economy, 1991, 99(3).
- [3]ASHEIM B T, SMITH H L, OUGHTON C. Regional innovation systems: Theory, empirics and policy [J]. Regional studies, 2011, 45(7).
- [4]COOKE P, HEIDENREICH M, BRACZYK H J. Regional innovation systems: The role of governance in a globalized world[M]. London Routledge, 2004.
- [5]DELGADOM, PORTER M E, STERN S. Clusters, convergence, and economic performance [J]. Research policy, 2014, 43(10).
- [6]BOSCHMA R, MARTIN R. The handbook of evolutionary economic geography [M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2010.
- [7]BALLAND P A, BOSCHMA R, CRESPO J, et al. Smart specialization policy in the european union: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification [J]. Regional studies, 2019, 53(9).
- [8]骆康,郭庆宾,刘耀彬.长江经济带科技创新资源集聚能力空间格局及网络结构[J].长江流域资源与环境,2021, 30(8).
- [9]孙祥栋,潘越,李金培.虚拟集聚视角下中国城镇发展格局重塑:逻辑机理与实现路径[J].区域经济评论,2024(6).
- [10]LÖSCH A. The economics of location [M]. New Have: Yale University Press, 1954.
- [11]CRESCENZI R, JAAX A. Innovation in russia: the territorial dimension [J]. Economic geography, 2017, 93(1).
- [12]MIGUELEZ E, MORENO R. Relatedness, external linkages and regional innovation in Europe [J]. Regional studies, 2018, 52(5).
- [13]傅利平,张恩泽,黄旭.创新资源集聚、区域协同创新与京津冀高质量发展[J].科学学与科学技术管理,2024, 45(2).
- [14]张玉梅,吴先明,高厚宾.资源“集聚”与“辐射”视角下国际创新中心的成长机制研究:以粤港澳大湾区为例[J].中国工业经济,2022(11).
- [15]CRESCENZI R, JAAX A. Innovation in russia: The territorial dimension [J]. Economic geography, 2017, 93(1).
- [16]余泳泽,刘大勇.创新要素集聚与科技创新的空间外溢效应[J].科研管理,2013,34(1).
- [17]郭庆宾,张中华.长江中游城市群要素集聚能力的时空演变[J].地理学报,2017,72(10).
- [18]郝汉舟,徐新创,左珂怡,等.创新要素集聚与产业升级:中介效应和调节效应研究[J].长江流域资源与环境,2022,31(11).
- [19]张贵,赵一帆.京津冀高技术产业创新链与产业链空间演化与耦合发展[J].河北学刊,2023,43(6).
- [20]赵成伟,夏丹尼,张孟辉.基于边界、方式和目标维度视角下的区域协同创新研究[J].区域经济评论,2024(2).
- [21]宋家鹏,陈松林.经济集聚对中国三大城市群土地利用生态效率的影响[J].自然资源学报,2021,36(11).
- [22]周清香,李娟娟.经济集聚对绿色发展效率的影响效应及作用机制[J].统计与决策,2023,39(12).
- [23]陈凯华,温馨,张超.国家科技竞争力测度、演进与国际比较[J].中国科学院院刊,2024,39(1).
- [24]秦铮,韩佳伟.世界科技强国:内涵、特征与建设思考[J].中国科技论坛,2022,(11).
- [25]CRÉPON B, DUGUET E, MAIRESSEC J. Research, innovation and productivity: An econometric analysis at the firm level [J]. Economics of innovation and new technology, 1998, 7(2).

- [26] AKCIGIT U, KERR W R. Growth through heterogeneous innovations[J]. *Journal of political economy*, 2018, 126(4).
- [27] ACEMOGLU D, AKCIGIT U, ALP H, et al. Innovation, reallocation, and growth[J]. *American economic review*, 2018, 108(11).
- [28] FANG L H, LERNER J, WU C. Intellectual property rights protection, ownership, and innovation: Evidence from China[J]. *The review of financial studies*, 2017, 30(7).
- [29] 杨帮兴, 杜宝贵, 张植炫. 美国科技资源配置组态模式及启示: 基于50个州级行政区划的fsQCA分析[J]. *中国科技论坛*, 2023(11).
- [30] 赵成伟, 游志斌, 蓝琳琳. 新时期构建创新要素全国统一大市场[J]. *上海商学院学报*, 2023, 24(1).
- [31] 刘冬梅, 赵成伟. 科技创新中心建设的内涵、实践与政策走向[J]. *中国科技论坛*, 2023(5).
- [32] 赵成伟, 张孟辉, 李文雅, 等. 京津冀协同创新机制探讨: 基于主体协同与区域协同视角[J]. *中国科技论坛*, 2023(12).
- [33] 陆铭, 李鹏飞, 钟辉勇. 发展与平衡的新时代: 新中国70年的空间政治经济学[J]. *管理世界*, 2019, 35(10).
- [34] 喻红阳. 战略性新兴产业全球开放式创新模式研究[J]. *区域经济评论*, 2015(3).

Innovation Resource Agglomeration: Measurement, Network Structure Characteristics and International Comparative Study

Zhao Chengwei Li Wenya Chen Hongqi Sun Jihong

Abstract: The efficient allocation and integration of innovative resources is a key way to enhance regional innovation capability. Agglomeration can produce scale effect, knowledge spillover and collaborative innovation. This study focuses on the characteristics of innovation resource agglomeration and innovation network structure. It is found that the agglomeration of innovation resources in China generally shows the characteristics of fluctuating spatial and temporal evolution, but there are obvious regional differences. The eastern coastal areas are leading, the central and western regions are lagging behind, and the economically underdeveloped provinces show a significant “capital effect”. The agglomeration of innovation resources and the structure of innovation network show the characteristics of co-evolution. International comparison shows that compared with the innovation centers of science and technology powers such as Silicon Valley in the United States and Tokyo in Japan, the agglomeration of China’s innovation resources is characterized by “local high concentration and overall relative dispersion”, which has not yet reached the level of international science and technology powers as a whole. In the future, it will remain necessary to formulate differentiated regional innovation policies from multiple perspectives, including unblocking factor flows, constructing a multi-center innovation landscape, improving regional innovation systems, and advancing the strategic deployment of global innovation

Key Words: Innovation Resources; Agglomeration; Network Structure Characteristics; International Comparison

(责任编辑:文 锐)