

# 全球高技术发明人才地理： 技术中心度与多中心外围式变迁

郑江淮 章激扬

**内容提要:** 本文通过研究 1980—2015 年发明人才跨国流动技术中心度变化趋势,揭示高技术行业创新地理演进特征。结果显示:(1)全球高技术行业发明人才在地理上呈现多中心集聚的发展态势,美国、德国和日本依然保持强劲竞争优势,中国在高技术领域逐步崛起。(2)在生物医药行业,美国是全球绝对领先者,以中国为技术中心的“中心—外围”结构尚不明显;在计算机行业,中美技术中心度差距要大于中美在高技术领域的整体差距。(3)行业创新能力越强,往往伴随着发明人才的“大进大出”;行业创新能力对技术中心度具有显著提升作用,但主要体现在中高收入国家和地区样本。(4)产业相对比较优势具有显著的正向调节效应,但技术相对比较优势调节效应尚不显著;全球技术中心对发明人才流动存在显著的正向作用。基于此,中国在全球发明人才战略布局上,对于面向未来和使命导向型的高技术创新领域,需通过产业竞争优势形成一批全球代表性的技术集群,广纳全球发明人才;同时,强调本地化激励,着重发挥本土高校、企业与科研院所之间的互动,强化三者的基础性研究投入。

**关键词:** 发明人才 跨国流动 高技术行业 生物医药行业 计算机行业 技术中心度

**中图分类号:** F299

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7636(2023)01-0003-22

## 一、问题提出

党的二十大报告指出,“教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,……”科技人才在当今知识经济中扮演着重要的角色,由于知识具有集聚的属性,在 20 世纪 90 年代,创新集聚机制受到了经济地理学研究领域的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。早期研究主要关注以本地化学习为代表的创新网络的形成,随着世界范围内全球化的深入,以产业分工为基础和以投入产出联系为主的贸易依赖关系成为全球创新网络研究的重点。在区域创新研究领域,

收稿日期:2022-07-08;修回日期:2022-12-17

基金项目:国家社会科学基金重大项目“创新链与产业链耦合的关键核心技术实现机理与突破路径研究”(22&ZD093);教育部人文社会科学重点研究基地武汉大学经济发展研究中心重大项目“基于中国实践的创新发展理论研究”;南京大学长江三角洲经济社会发展研究中心和中国特色社会主义经济建设协同创新中心联合专项重大研究课题“长三角实践创新中国发展经济学:从产业集群到技术集群”(CYD2022006)

作者简介:郑江淮 南京大学长江三角洲经济社会发展研究中心/经济学院教授、博士生导师,南京,210093;

章激扬 南京大学经济学院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

经济地理学者们指出空间存在相互作用力,其中以知识和技术为代表的创新要素流动构成了创新空间关联存在的内在动力<sup>[3]</sup>。人才作为知识的重要载体,对于突破性创新和科学发现以及协调和指导其他人的行动方面具有卓越的直接贡献,能够推动知识前沿发展并刺激经济增长<sup>[4]</sup>。知识和人才的流动性对于提高生产力至关重要,近年来受到学术界广泛的关注。

发明人才跨国流动拉开了创新地理研究的新序幕,现有研究大多以国家为研究单元考察发明人才流动对东道国或目的国产生的经济影响。在经济全球化的背景下,国家之间的创新竞争已演化到诸如生物医药、计算机等高新技术领域的人才竞争。随着行业层面发明人才流动数据的可获取性增强,越来越多的研究基于跨国发明人才考察全球创新地理演化的新格局,但仍然存在一些悬而未决的问题,如发明人才在生物医药、计算机行业的跨国流动具有怎样的特征,高技术行业发明人才在全球创新地理上呈现怎样的集聚发展态势,中国在世界创新地理中的技术中心度呈现怎样的变化,何种因素影响发明人才的跨国流动以及全球技术中心度的提升等都是本文亟待解决的问题。

## 二、文献综述

在全球科技活动交流日益频繁的知识时代,人才的流动和集聚受到国内外学者的广泛关注。在城市经济学研究中,创新人才的集聚和流动总是与特定的城市群联系在一起<sup>[5]</sup>。许多学者尝试从城市吸引力<sup>[6]</sup>、城市舒适性<sup>[7-8]</sup>、地区宜居性<sup>[9]</sup>等视角讨论创新人才空间流动、集聚以及基于创新人才跨国流动的全球创新网络形成<sup>[10-11]</sup>。在宏观层面,国家之间共同推动技术领域的突破与发展,发明人才流动对东道国创新能力的的作用已经在很大程度上得到强调、衡量以及经验证明<sup>[12-15]</sup>。高技能移民对经济存在显著的影响,他们扩大了居住地经济的生产潜力,从而提高全要素生产率增长<sup>[16]</sup>。发明者的资金流入对一个地区向更复杂的创新模式发展的能力有积极的影响。发明人才的流入影响了各地区在创新环境中改变创新模式的能力,在这些创新环境中,发明人才的流动性可以加强现有知识网络并建立全新的知识网络<sup>[17]</sup>。随着微观企业发明人才流动的可获得性增强,学术界围绕发明人才流动与企业创新活动的关系展开了一系列相关研究,如发明人才的流动被认为是企业之间知识溢出的关键渠道,采用欧洲研发投资公司样本分析表明发明人才流动对公司层面专利活动存在显著的正向影响<sup>[18]</sup>。发明人才的个体流动往往与公司开发可申请专利的想法密切相关<sup>[19]</sup>。在更微观的层面,移动发明人才将基础知识转移和转化为新的技术并有效地整合到公司的创新过程中,合作伙伴关系一方面提高了移动发明人才自身价值捕获的能力,另一方面也带来了发明人才的社会价值在不同地区的流动<sup>[20]</sup>。科达-扎贝塔等(Coda-Zabetta et al., 2021)利用全球专利和发布的地理定位数据也发现,全球创新热点和集聚网络背后的行动者是高技能移民<sup>[21]</sup>。

近年来,新兴国家在诸如生物医药和计算机等高新技术领域加速发展,对全球经济的可持续增长起到了重要的作用<sup>[22]</sup>。中国表现较为抢眼,无论是从物质资本还是人力资本的产生方面,中国都已上升为全球研发的第二大产出国<sup>[23]</sup>。中国在高技术创新领域取得了长足发展,印度和新加坡等许多新兴经济体也越来越多地投资于高新技术领域,引发了学界的广泛关注。以生物医药行业为例,弗里德曼(Friedman, 2010)通过调查药物创新的地理位置来证实美国在全球制药领域的主导地位,并在国家层面探索了2000—2009年医药创新的地理位置,重点关注特定国家药品专利发明人的分离频率<sup>[24]</sup>。进一步研究发现,美国在全球创新网络中仍然占据主导地位,尤其在关键核心发明方面。然而与之前时间段相比,2006—2010年美国在总新药或新分子实体药物创新网络中的显著性略有下降,网络中心性细微下降充分显示了这一点<sup>[25]</sup>。考虑到研究合作和网络目前被认为是在一般知识经济中产生创新的基本要素,在制药行业也是如此,对这种跨国研发合

作的分析构成了调查美国在全球制药创新中的主导地位时的一个重要的附加因素。一方面,这与寻找新药的复杂性日益增加有关;另一方面,这也与研究资源在地理空间中的可及性和流动性显著提高有关。

通过梳理相关文献可以看出,现有文献基于专利的地理分布、国外专利申请和授权以及专利引用和被引用信息等考察全球创新网络的变迁趋势,而发明人才作为知识和技术的重要载体,其流动频率在很大程度上能够反映国家行业在创新网络中的地位,也是现有研究容易忽视的一个部分。同时,尽管越来越多的文献开始关注移民发明者对目的国经济或创新的影响,诸如弗里德曼等知名学者及其相关著作也未考虑跨国互动关系,而仅仅是考虑到移民单向流动对目的国创新能力的影响。鉴于此,本文可能的边际贡献包括:(1)理论上,本文为行业创新能力对发明人才的双向流动以及所引致的全球技术“中心—外围”结构的地理变迁提供学理支撑,在工资溢价、自我选择机制、地区与人才双向匹配和知识流动等分析框架下补充了行业创新能力促进发明人才双向流动和提升技术中心度的理论机制;(2)实证上,本文验证国家行业创新能力对高技术行业技术中心度的提升作用,并综合考察产业相对比较优势和技术相对比较优势对行业创新能力与技术中心度之间关系的调节作用,为以产业相对比较优势为基础构建全球代表性技术集群进而广纳全球发明人才提供经验支持。

### 三、行业创新能力对全球高技术发明人才地理的影响

#### (一)行业创新能力对全球发明人才流动的影响

马歇尔将移民劳动力划分为一般性人力资本和专用性人力资本,他认为人力资本的结构特征决定了人力资本价值的结构性特征,较高级或专业性人力资本在出让产权时会获得较高的收益权,即经济价值也会更大;反之,较低层级或一般性人力资本的收益相对较低。因此,人力资本的结构特征在一定程度上决定了人力资本的流动性。大量研究表明,一些个人或群体在地理上的流动性更大,并且对区域工资差异的反应更大。例如采用丹麦人口的面板数据研究发现更大的地域流动性源于他们可以预期的显著的工资跨地区差异,那些能够获取较高工资溢价的地区往往能够吸引更多的移民发明家<sup>[26]</sup>。高技术行业作为专利密集型行业的典型代表,有能力提供较高的工资水平,因此对全球发明人才的吸引力较大。与此同时,高技术行业往往具有高投入、高风险和高技术门槛,其专利是具有重大经济价值的创新性知识,其所含知识的复杂程度对相关技术领域的专业化人才需求较为固定,只有与特定研发岗位需求相适应的发明人才才能形成良好的匹配效应。创新能力相对较强的行业通常表现为技术更迭速度快于普通行业,对专业化和多样化的知识需求更强,这一过程往往也需要通过发明人才的更迭实现。本文认为行业创新能力越强,全球发明人才的流入和流出越频繁。基于以上分析,本文提出如下研究假设。

假设 1:行业创新能力越强,则全球发明人才流动越频繁。

许多研究移民的文献将劳动力分为技能劳动力和非技能劳动力。通常情况下,技能劳动力的生产效率高于非技能劳动力<sup>[27-29]</sup>,与选择留在原籍地的类似个体相比,移民发明家往往具有更高的技术、更年轻、受过良好教育和更有创业精神,即移民的积极自我选择机制。给定贸易成本水平下,由于存在与一个地区高技能匹配相关的生产率溢价,高技能工人比低技能的工人更愿意迁移。行业创新能力越强,生产率越高,与之相匹配的发明人才也越多。同时,地区发明人才之间的互动又可以通过知识扩散过程提高每个工人的生产率,即技能溢价是内生的,并且随着发明人才的区域配额而不断增加。因此,一个拥有更高创新能力的行业往往比一个拥有较低创新能力的行业能吸引更多的发明人才。此外,保持足够的创新能力也是区域维持高技能人力资源的重要方式。综上,相对于发明人才流出而言,能够流入并且稳定加入本地研发团队的发明人才的自选择效应往往更强,他们通常能够提供与工资水平相适应的熟练技能。本文认为行业创新能力

对发明人才流入的净效应具有显著的促进作用。基于以上分析,本文提出如下研究假设。

假设2:行业创新能力能够显著促进发明人才的净流入。

## (二)行业创新能力对全球发明人才跨国流动网络的影响

根据卢卡斯(Lucas,1988)的观点,国家行业技能水平可以解释为经济中发明人才的存量<sup>[30]</sup>,人力资本积累是正外部性溢出的来源,有理由认为工人的技能是通过学习和交流思想而提高的,工人通过与周围的人互动来提高他们的生产力。生产过程通常由多个任务组成,所有这些任务都必须成功完成才能使产品具有完整的价值。因此,在生产过程中匹配熟练工人可提高成功执行这些任务的可能性。在均衡状态下,技术工人在核心区域被匹配在一起,其最终的结果是,思想传播的外部性越强。并且伴随着地区的高生产率,工人从人力资本平均水平低的地区迁移到平均水平高的地区的动机越强,地区也越有可能形成技术集聚,从而成为全球技术中心。利用全球专利统计数据库提供的1985—2018年发明专利申请信息,郑江淮等(2022)研究发现,随着全球产业分工的深化、信息技术的发展以及不断下降的贸易成本,创新活动的地理范围在全球呈现不断扩大的趋势,国家间广泛的技术合作显著促进了拥有发明专利的个体跨国流动动机<sup>[31]</sup>。因此,本文认为,与创新能力较弱的行业相比,创新能力较强的行业对外部性知识获取的需求更大,而发明人才流动活跃的行业更有可能吸收来自全世界范围内多样化的知识,也越有可能成为技术交流合作的中心。基于以上分析思路,本文提出如下研究假设。

假设3:地区行业创新能力越强,在发明人才跨国流动网络中相对重要程度也越高,该地区越有可能成为全球技术中心。

在许多欧盟成员国,地区差异明显且非常持久,创新活动的空间分布很不均匀,在各个地理层面都可以观察到创新集聚的现象<sup>[32]</sup>。如卡利诺等(Carlinio et al.,2012)研究发现,创新部门的公司表现出强烈地按研究领域在地理上集聚的趋势<sup>[33]</sup>。现有研究主要聚焦于这种空间不平等的起源以及研究全球化程度的加深,对空间集聚程度的影响,在克鲁格曼(Krugman,1991)的基本模型中,区域间劳动力迁移、规模经济、运输成本和空间固定需求来源之间的相互作用产生了集聚和分散的力量<sup>[34]</sup>。由于某些生产要素在空间上具有流动性,当运输成本低于临界水平时,集聚就会变得足够强大,从而形成“核心—边缘”结构。自20世纪80年代以来,研发全球化成为全球范围内的一个特别强烈的趋势<sup>[35]</sup>。跨国公司是发明人才流动的主要载体。高技术行业通常属于知识密集型行业,从事知识创造和创新的代理人、公司和机构在某种程度上植根于当地环境和各自的文化背景,这在新知识的产生阶段尤其重要。这些阶段依赖于面对面的交流和想法的本地化验证,并且对本地环境结构高度敏感。然而,这些社区和组织形成的知识创造和创新过程不能简化为地方知识库。它们依赖于其他地方的知识库,由其构建并与之融合在一起。因此,知识创造的地方和全球层面是内在交织的,并产生了基本的跨地方和跨国家反馈循环,这些反馈循环通过持续的知识流通过程传导<sup>[36]</sup>。因此,伴随着大型跨国公司成为创新活动国际化的驱动力,本文认为将会有越来越多的外围国家依附于技术中心国家。基于以上分析,本文提出如下研究假设。

假设4:随着知识交流和跨国公司研发全球化,发明人才地理呈现由单中心向多中心的转变,以及技术外围国家增多的趋势。

## 四、研究设计

### (一)数据来源

本文研究的时间跨度为1980—2015年。研究数据主要来源于两个部分:一是用于识别高技术行业技术

中心的发明人才流动数据,来源于欧洲专利局全球专利统计数据库(PATSTAT)。伦齐(Lenzi,2009)指出发明人才的职业道路很少反映在他们的专利申请活动中,使用专利统计数据往往会低估流动现象的强度<sup>[37]</sup>。为此,本文直接采用行业层面发明人才双向流动信息构建发明人才跨国流动网络,考察全球技术中心度与多中心外围式变迁。二是实证分析所包含的国家和地区行业层面相关变量数据来源于世界投入产出数据库(WIOD)。在行业的选取上,参照联合国统计委员会构建的国际标准产业分类体系(ISIC)和经济合作与发展组织(OECD)制造业技术分类标准<sup>[38]</sup>,选取基础药品和制剂制造(C21,以下简称医药行业)以及计算机、电子、光学产品制造(C26,以下简称计算机行业)两个行业作为高技术行业代表。为了简化,将两个行业合并之后的总样本视为高技术行业代表。

## (二) 研究方法

### 1. 发明人才跨国流动网络中心识别

PageRank 中心度最初用于谷歌浏览器对网页的排名分析<sup>[39]</sup>。该算法基于“从许多优质的网页链接过来的网页必定还是优质网页”的回归关系来判定网页的重要性。近年来,在国际贸易领域和创新网络的研究中得到广泛的运用<sup>[40-42]</sup>。本文主要利用全球发明人才在国家和地区行业层面双向流动信息,构建全球发明人才流动网络并以此识别国家和地区行业在网络中节点的相对重要性。通常而言,PageRank 中心度需要经过修正规则进行多次迭代,最终收敛于一个稳定值,即初始给定所有节点的  $PageRank(0)$  值满足  $\sum_i PageRank(0)_{pit} = 1$ , 经过多次迭代,第  $k$  步的  $PageRank$  值与第  $k-1$  步的  $PageRank$  值基本保持一致,具体如式(1)所示。

$$R_{t+1} = (dM + \frac{1-d}{n}E)R_t = dMR_t + \frac{1-d}{n}I \quad (1)$$

式(1)中,  $R_{t+1}$  和  $R_t$  分别表示  $t+1$  期和  $t$  期发明人才流动的可能性,系数  $d$  为阻尼因子,  $E$  是全为 1 的矩阵,  $I$  是所有分量为 1 的  $n$  维向量。 $dMR_t$  表示状态平稳分布时依照转移矩阵  $M$  流向各个结点的概率,  $\frac{1-d}{n}I$  表示完全随机访问各个结点的概率。阻尼因子  $d$  取值由经验决定,当  $d$  接近 1 时,随机游走主要依照转移矩阵  $M$  进行;当  $d$  接近 0 时,随机游走主要以等概率随机访问各个结点。本文根据布林和佩杰(Brin & Page,1998)提出的 PageRank 算法经验值<sup>[43]</sup>,将  $d$  设定为 0.85,经过多次迭代,直至  $\lim_{t \rightarrow \infty} R_{t+1} = R_t$ 。行业层面的  $PageRank$  值综合利用发明人才的流入和流出信息,可以用来衡量国家和地区相关行业对发明人才的集聚和分散能力,该值越大表明发明人才双向流动的频率越高,该行业在某些国家和地区更密集地集聚,使其成为全球技术中心。因此,可以根据 PageRank 排名衡量识别不同国家和地区高技术行业在发明人才跨国流动网络中的相对重要程度。

### 2. 发明人才跨国流动网络外围识别

在已有技术中心国家和地区的基础上,借鉴泰勒和迪布鲁德(Taylor & Derudder,2015)的相对关联度法<sup>[44]</sup>,对其外围国家和地区进行识别。将国家/地区  $i$  与其他国家/地区  $j$  的联系强度  $V_{ij}$  与这些国家/地区的总关联度  $N_j$  进行回归分析,进而分析残差,具体见式(2)。

$$V_{ij} = a + b(N_j + R_{ij}), (j = 1, 2, \dots, n; j \neq i) \quad (2)$$

式(2)中,  $N_i = \sum_{j=1}^n V_{ij}$  为总关联强度,表示国家/地区  $i$  在创新网络中的影响力。 $R_{ij}$  为残差,表示国家/地区  $i$  与  $j$  之间的联系强度。若残差为正,表明两者之间是强联系单元,反之则为弱联系单元。考虑到各样本间的残差数值差异较大,不能很好地显示观测值明显偏离回归值的情况。参考泰勒的识别方法,本文根据残差值的大小反映外围国家/地区与技术中心国家/地区联系的紧密程度,具体划分标准如表 1 所示。

表1 标准残差与联系强弱的对应关系

外围层级	联系强度	范围
第一层外围	强联系单元	$R > 1$
第二层外围	较强联系单元	$0 < R \leq 1$
第三层外围	较弱联系单元	$-1 \leq R \leq 0$
第四层外围	弱联系单元	$R < -1$

注:通常情况下,取前两层级国家/地区单元作为技术中心国家/地区的外围国家/地区。

根据以上方法可以识别发明人才跨国流动网络的“中心—外围”国家/地区的分布情况。首先,在识别技术中心国家/地区方面,按照行业 *PageRank* 值由大到小排名取前 5 作为技术中心国家/地区;其次,在识别外围国家/地区方面,若与技术中心国家/地区标准残差大于 0 则视为外围国家/地区。按照上述两步法可以得出样本期内高技术行业在全球范围内技术“中心—外围”分布的动态变化特征。

## 五、行业层面创新网络地理演进典型特征事实

### (一) 高技术行业发明人才跨国流动全球技术中心演变特征

表 2 汇报了 1980—2015 年代表性国家高技术行业技术中心度<sup>①</sup>的结果。首先,从全球范围 *PageRank* 值的变化来看,一方面,高技术行业技术中心从早期单中心转变为多中心,主要体现在全球发明人才流动涉及的国家越来越多;另一方面,高技术中心与外围地区建立了较为密切的联系,以地理为边界,发明人才流动呈现了一定程度的“高高集聚”和“低低集聚”特征。其次,从代表性国家 *PageRank* 值的变化趋势来看,美国、德国和日本在高技术行业始终保持着较强的竞争优势。从不同年份技术中心度数值大小来看,上述三国在高技术领域基本位居前列,在全球具有较强的竞争优势。中国在高技术领域成为技术中心存在一定滞后。数据显示,中国在 1985 年前既不是技术中心地区,也不是外围地区;1990 年前后开始在世界崭露头角;20 世纪以后中国在全球范围内悄然崛起,*PageRank* 值逐年上升,2015 年中国技术中心度升至第二,成为仅次于美国的全球技术中心。但是从平均意义而言,中国的 *PageRank* 值与美国、德国和日本等发达国家相比仍然较低,并且美国、德国和日本技术中心度波动相对平稳。

表 2 代表性国家高技术行业发明人才跨国流动技术中心度

国家	1980 年	1985 年	1990 年	1995 年	2000 年	2005 年	2010 年	2015 年
美国	0.048 9	0.090 4	0.071 8	0.086 9	0.072 4	0.061 9	0.071 4	0.091 7
巴西	0.000 0	0.009 8	0.000 0	0.000 0	0.005 9	0.003 3	0.003 1	0.007 9
加拿大	0.000 0	0.000 0	0.013 7	0.022 7	0.024 6	0.028 2	0.023 2	0.022 1
英国	0.000 0	0.042 2	0.032 4	0.065 0	0.046 3	0.039 6	0.040 8	0.036 6
法国	0.016 6	0.067 0	0.034 9	0.038 5	0.023 5	0.025 1	0.030 2	0.028 3
德国	0.041 2	0.066 1	0.048 8	0.040 0	0.053 2	0.042 6	0.048 4	0.050 1
意大利	0.016 6	0.032 7	0.040 3	0.028 8	0.023 0	0.031 3	0.011 3	0.016 2
瑞士	0.051 1	0.042 1	0.042 9	0.037 0	0.044 6	0.037 1	0.036 3	0.034 6
荷兰	0.083 9	0.009 8	0.049 5	0.003 5	0.033 5	0.025 9	0.026 1	0.030 2
中国	0.000 0	0.000 0	0.006 7	0.005 6	0.017 2	0.033 5	0.042 4	0.063 2
韩国	0.000 0	0.016 5	0.013 7	0.014 2	0.014 2	0.022 4	0.024 7	0.024 5
日本	0.139 0	0.028 8	0.046 7	0.034 8	0.030 4	0.041 5	0.039 1	0.049 2

① 限于篇幅,本文仅汇报 5 年为一个间隔期代表性国家高技术行业 *PageRank* 值,若对完整年份其余国家和医药行业、计算机行业细分行业测算结果感兴趣,可联系作者。

## (二) 医药和计算机行业发明人才跨国流动全球技术中心演变特征

表3汇报了1980—2015年代表性国家医药行业技术中心度的结果。总体上,遵循了高技术行业技术中心度在全球演变的规律。落实到中国的创新发展实践,呈现出一些新的特征,即相较于高技术行业和计算机行业,中国在医药行业与外围国家建立的技术联系要小于前两者,主要体现在相对关联强度和广度方面。可能的原因在于,相比于高技术行业和计算机行业,各个国家在医药行业创新研发的不相关多样化程度相对较高,导致医药技术扩散相对缓慢。

表3 代表性国家医药行业发明人才跨国流动技术中心度

国家	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
美国	0.5000	0.3561	0.2143	0.1652	0.1239	0.0957	0.0987	0.1434
巴西	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0043	0.0000
加拿大	0.0000	0.0000	0.0291	0.0501	0.0344	0.0325	0.0349	0.0280
英国	0.0000	0.3208	0.0534	0.0511	0.0770	0.0554	0.0480	0.0418
法国	0.0000	0.0591	0.0664	0.0844	0.0308	0.0291	0.0282	0.0292
德国	0.0000	0.0775	0.0900	0.0797	0.0738	0.0535	0.0507	0.0512
意大利	0.0000	0.0000	0.0466	0.0178	0.0271	0.0184	0.0043	0.0114
瑞士	0.0000	0.0184	0.0747	0.0454	0.0594	0.0420	0.0362	0.0329
荷兰	0.5000	0.0184	0.1026	0.0535	0.0650	0.0435	0.0332	0.0393
中国	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0171	0.0367	0.0506	0.0867
韩国	0.0000	0.0295	0.0291	0.0268	0.0265	0.0263	0.0253	0.0327
日本	0.0000	0.0262	0.0760	0.0847	0.0560	0.0569	0.0741	0.0677

表4汇报了1980—2015年代表性国家计算机行业技术中心度。与高技术行业和医药行业所不同的是,中美在计算机领域的差距要大于两国在高技术领域和医药领域中心度的整体差距。可能的原因在于,中国计算机的发展总体上经历了从依赖他国到自主研发转变的过程。而在美国,很多产业围绕计算机发展生成了一种产业生态并形成了一条完整的产业链,涵盖了各种材料的研发、各种零件的制造、芯片技术的发展、整机的装配以及其外围的各种设备。因此,美国计算机的整个产业线条是十分庞大的,并且在全球范围占据着非常重要的地位,这导致中美在计算机领域技术中心度差距相对较大。

表4 代表性国家计算机行业发明人才跨国流动技术中心度

国家	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
美国	0.1679	0.1071	0.2553	0.1599	0.1207	0.1073	0.1351	0.1754
巴西	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0103	0.0044	0.0000	0.0176
加拿大	0.0000	0.0000	0.0121	0.0218	0.0259	0.0409	0.0180	0.0322
英国	0.0000	0.0587	0.0879	0.1080	0.0453	0.0354	0.0549	0.0697
法国	0.0707	0.1224	0.0321	0.0459	0.0183	0.0361	0.0452	0.0524
德国	0.1679	0.1347	0.0854	0.0577	0.0791	0.0807	0.0718	0.1145

表 4(续)

国家	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年	2015年
意大利	0.000 0	0.103 3	0.035 6	0.036 6	0.013 0	0.067 3	0.019 4	0.026 7
瑞士	0.130 8	0.157 5	0.102 8	0.051 4	0.085 9	0.052 9	0.056 9	0.056 1
荷兰	0.000 0	0.000 0	0.098 0	0.037 4	0.043 3	0.026 2	0.017 0	0.033 9
中国	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.012 0	0.022 9	0.042 6	0.052 7
韩国	0.000 0	0.000 0	0.050 5	0.021 4	0.012 5	0.021 1	0.031 9	0.016 9
日本	0.213 4	0.024 1	0.090 5	0.041 3	0.040 8	0.041 8	0.026 4	0.035 7

图 1 为代表性国家和地区高技术行业、医药行业和计算机行业发明人才跨国流动技术中心度均值的变化趋势<sup>①</sup>。

从高技术行业来看,欧洲在 1980—1985 年呈现小幅上升趋势,1985 年后呈现稳中有降的变化趋势。美洲在样本期内经历了先升后降的倒 U 型变化趋势,整体稳中有升。东亚在 1980—1985 年经历了大幅度下滑,随后总体保持平稳上升趋势。中国在 1980—1995 年稳中有升,1995 年以后上升趋势明显,2005 年后超过欧洲、美洲和东亚代表性国家发明人才跨国流动技术中心度平均水平。从医药行业来看,欧洲总体呈现稳中有降的变化趋势。美洲在 1980—2005 年下降趋势明显,2005 年以后基本保持平稳。东亚在 1980—1995 年上升趋势明显,1995 年之后基本保持平稳。中国医药行业在 1980—1995 年尚未崭露头角,2010 年后超过欧洲、美洲和东亚代表性国家发明人才跨国流动技术中心度平均水平。

从计算机行业来看,欧、美、东亚在 1980—1990 年波动幅度较大,1990—2015 年欧洲和美洲呈现先降后升的 U 型变化趋势,东亚 1990—1995 年降幅明显,随后保持平稳。尽管中国在 1995 年之后快速上升,并于 2007 年超过东亚代表性国家发明人才跨国流动技术中心度平均水平,但是与欧洲和美洲代表性国家的平均水平仍然存在一定的差距。

综上,在高技术行业、医药行业和计算机行业,中国发明人才跨国流动技术中心度在 1995 年后上升态势明显,除计算机行业之外,陆续超越欧、美和东亚代表性国家的平均水平,逐渐成为全球技术中心国家。

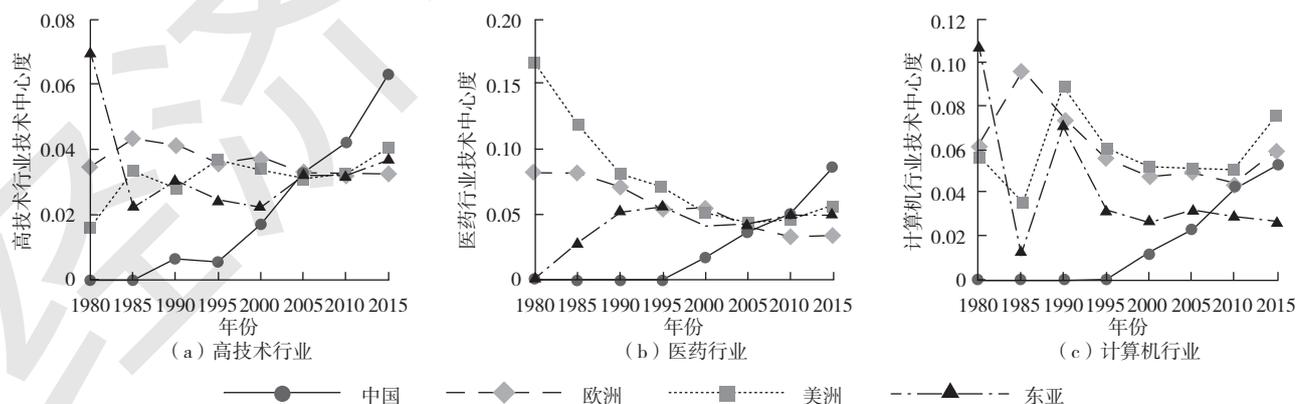


图 1 代表性国家和地区发明人才跨国流动技术中心度

① 欧洲代表性国家为英国、法国、德国、意大利、瑞士和荷兰;美洲代表性国家为美国、巴西和加拿大;东亚代表性国家为韩国和日本。

## 六、实证检验

### (一) 计量模型设定

为考察创新能力对发明人才跨国流动以及国家和地区行业技术中心度的影响,本文构建了如式(3)所示的计量模型。

$$\ln inflow_{ijt}(\ln outflow_{ijt}, PageRank_{ijt}) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln pat_{ijt} + \sum \alpha_k \ln controls_{ijt} + \lambda_{country} + \mu_{industry} + \tau_{year} + \varepsilon_{ijt} \quad (3)$$

式(3)中,  $\ln inflow_{ijt}(\ln outflow_{ijt}, PageRank_{ijt})$  分别为行业发明人才流入、流出数加 1 取自然对数以及行业全球技术中心度指数;  $\ln pat$  为对应行业发明专利申请数加 1 取对数;  $controls$  为一系列相关控制变量;  $\lambda_{country}$ 、 $\mu_{industry}$  和  $\tau_{year}$  分别表示国家/地区固定效应、行业固定效应和年份固定效应,  $\varepsilon$  表示误差项。

### (二) 变量选取

#### 1. 被解释变量

本文被解释变量包含三个:(1)发明人才流入(*inflow*),以流入到行业发明人才数量表示;(2)发明人才流出(*outflow*),以行业发明人才流出数量表示。本文根据专利发明人连续申请专利所属组织的变化对发明人才流动进行追踪,即当专利发明人申请的发明专利信息中含有的企业、国家/地区信息与其他年份申请的发明专利不同时,识别为发明人才流动;(3)技术中心度(*centre*),以高技术行业、医药行业和计算机行业 *PageRank* 值表示。

#### 2. 解释变量

本文核心解释变量为行业创新能力(*pat*)。帕洛梅拉斯和梅莱罗(Palomerias & Melero, 2010)依靠专利数据来跟踪发明家在公司之间的流动,研究发现在国际商业机器公司(IBM)工作的发明家所体现的知识类型与他们迁移的可能性存在强烈的正向关系<sup>[45]</sup>。巴斯卡拉巴特拉等(Bhaskarabhatla et al., 2021)使用 37 年的美国专利活动数据研究发现,流入地专利存量越大,则与流入的发明人才相关的专利和发明同行越大<sup>[46]</sup>。参考现有研究,本文采用发明专利申请数量表征行业创新能力。通常而言,一个国家行业创新能力是内生于本国的研发物质资本和人力资本,来自国外发明人才更多起到锦上添花的作用,国外发明人才对目的国创新产出增量的边际贡献相对较小。因此,来自国外发明人才对本国创新能力的影响有限。

#### 3. 控制变量

为了尽可能避免因为遗漏变量带来的内生性问题,选取行业层面的控制变量主要有:(1)行业生产状况(*ind*),以行业总产值表示;(2)从业人数规模(*lab*),以行业就业人员数量表示;(3)资本密集程度(*cint*),以行业总固定资产除以就业人员数表示;(4)经济发展水平(*gdp*),以美元计价的人均国内生产总值(GDP)表示。此外,为了减弱模型可能存在的异方差性,本文对上述相关数据加 1 取对数处理。同时,为了避免潜在离群值对回归结果的干扰,对相关变量进行前后 1% 的缩尾处理。

相关变量描述性统计如表 5 所示。

表 5 相关变量描述性统计

变量	观测值	平均值	标准差	最大值	最小值
<i>PageRank</i>	1 260	0.019	0.025	0.182	0
<i>pat</i>	1 260	4 313	14 471	146 827	1
<i>ind</i>	1 260	6 152 985	32 345 652	335 414 090	0
<i>lab</i>	1 260	234 939	1 093 089	13 174 269	0
<i>cint</i>	1 230	1.558	1.539	22.007	-0.920
<i>gdp</i>	1 260	30 657	22 979	111 968	827

### (三) 实证检验结果

#### 1. 基准回归结果

基于式(3),表6进一步汇报了行业层面创新能力对发明人才流入和流出的影响,列(1)—列(3)  $\ln pat$  的系数均在1%的显著性水平为正,表明行业创新能力对发明人才流入具有显著的促进作用;类似地,列(4)—列(6)的结果表明,行业创新能力对发明人才流出也具有显著的促进作用。此外,为了进一步考察行业创新能力对发明人才流动的净效应,以流入到行业的发明人才数量减去流出该行业发明人才数量表示净流入( $net\_inflow$ )。由行业专利绝对数( $pat$ )对行业发明人才净流入的影响可以看出, $pat$ 的系数在1%的显著性水平下为正,表明行业创新能力显著促进发明人才的净流入。综上,行业创新能力促进了发明人才的双向流动,并且对发明人才净流入具有显著的正向效应。

表6 创新能力对发明人才流动的检验结果

变量	$\ln inflow$			$\ln outflow$			$net\_inflow$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
$\ln pat$	0.538*** (0.043)	0.339*** (0.083)	0.137*** (0.052)	0.595*** (0.047)	0.351*** (0.078)	0.169** (0.067)	
$pat$							0.248*** (0.051)
$\ln ind$	0.148** (0.059)	0.080 (0.186)	-0.126 (0.094)	0.130** (0.059)	0.156 (0.175)	-0.132 (0.093)	0.253*** (0.077)
$\ln lab$	-0.005 (0.060)	0.171 (0.142)	0.416*** (0.139)	-0.082 (0.067)	0.011 (0.135)	0.346** (0.156)	-0.085 (0.086)
$\ln cint$	0.004 (0.017)	0.022 (0.033)	-0.043 (0.045)	-0.003 (0.023)	0.073* (0.041)	0.008 (0.045)	-0.030 (0.033)
$\ln gdp$	0.645** (0.259)	1.278*** (0.419)	0.885** (0.351)	0.760*** (0.269)	1.515*** (0.424)	0.680* (0.368)	0.795** (0.329)
常数项	-8.565*** (2.874)	-15.170*** (3.883)	-10.796*** (4.031)	-9.111*** (2.956)	-16.694*** (4.121)	-7.940** (4.038)	8.029** (3.652)
样本量	1 229	599	630	1 229	599	630	1 229
$R^2$	0.921	0.928	0.959	0.902	0.910	0.946	0.793
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制	控制

注:列(1)—列(3)分别为高技术行业、医药行业和计算机行业发明专利数量对相应行业发明人才流入的影响;列(4)—列(6)为发明专利数量对相应行业发明人才流出的影响。括号内为标准误差,\*\*\*、\*\*和\*分别表示1%、5%和10%的显著性水平,后表同。

表7汇报了行业创新能力对技术中心度的影响。可以看出,列(1)—列(3)  $\ln pat$  的回归系数至少在5%的显著性水平下为正,表明行业创新能力能够显著提升行业技术中心度。类似地,列(4)—列(6)  $\ln pat$  的回

归系数均在1%的显著性水平为正,表明在加入相关控制变量之后,创新能力对行业技术中心度提升依然具有显著的促进作用,假设3得到验证。综上,行业创新能力在促进行业发明人才双向流动的同时,也提升了行业在发明人才跨国流动网络中的重要程度。

表7 创新能力对行业层面 PageRank 检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>lnpat</i>	0.005 *** (0.000)	0.002 ** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.004 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)
<i>lnind</i>				0.004 *** (0.001)	-0.001 (0.002)	-0.001 (0.001)
<i>lnlab</i>				-0.003 *** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.003 * (0.001)
<i>lncint</i>				-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 * (0.000)
<i>lngdp</i>				0.009 ** (0.003)	0.014 *** (0.005)	0.020 *** (0.004)
常数项	-0.012 *** (0.004)	0.010 * (0.006)	-0.013 ** (0.006)	-0.107 *** (0.038)	-0.131 ** (0.051)	-0.241 *** (0.047)
样本量	1 260	630	630	1 229	599	630
$R^2$	0.880	0.879	0.937	0.887	0.880	0.943
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)—列(3)分别为不加入控制变量情形下高技术行业、医药行业和计算机行业创新能力对行业 PageRank 值的普通最小二乘(OLS)法检验结果,列(4)—列(6)分别为加入相关控制变量情形下相应的检验结果。

## 2. 稳健性检验

### (1) 替换解释变量

为了尽可能利用国家行业层面的生产和创新信息,本文采用如下代理变量替换原有解释变量,主要包括:①行业专利总量(*patall*),采用同时包含发明、实用新型和外观设计专利的行业专利总量数据表示;②发明专利增长率(*growth\_rate*),专利增速越快的话,则行业在创新方面通常越具有竞争力;③专利强度(*pat\_strength*),以每万元 GDP 发明专利数量来表示。表8汇报了替换原有解释变量的稳健性检验结果。列(1)—列(3)*lnpatall*的回归系数均在1%的显著性水平下为正,表明行业专利总量对技术中心度具有显著的促进作用。类似地,列(4)—列(6)*growth\_rate*的回归系数也均在1%的显著性水平下为正,表明行业发明专利增长率越快,则该行业越有可能成为全球技术中心。列(7)—列(9)*pat\_strength*的回归系数至少在10%的显著性水平为正,表明行业专利强度对全球技术中心度的提升具有显著的正向促进作用。

表8 替换解释变量的稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>lnpatall</i>	0.001 *** (0.000)	0.002 *** (0.000)	0.001 *** (0.000)						
<i>growth_rate</i>				0.003 *** (0.001)	0.007 *** (0.002)	0.003 *** (0.001)			
<i>pat_strength</i>							0.035 *** (0.005)	0.018 *** (0.009)	0.020 *** (0.006)
<i>lnind</i>	0.004 *** (0.001)	-0.001 (0.002)	-0.001 (0.001)	0.007 *** (0.001)	-0.001 (0.003)	-0.001 (0.001)	0.004 *** (0.001)	-0.000 (0.002)	-0.001 (0.001)
<i>lnlab</i>	-0.003 *** (0.001)	-0.000 (0.001)	0.002 (0.001)	-0.005 *** (0.001)	-0.000 (0.002)	0.001 (0.002)	-0.003 *** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.003 * (0.001)
<i>ln cint</i>	-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 ** (0.000)	0.000 (0.000)	0.002 ** (0.001)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 * (0.000)
<i>lngdp</i>	0.009 *** (0.004)	0.015 *** (0.005)	0.021 *** (0.004)	0.009 ** (0.005)	0.018 *** (0.007)	0.026 *** (0.005)	0.011 *** (0.004)	0.015 *** (0.005)	0.022 *** (0.004)
常数项	-0.103 *** (0.039)	-0.136 *** (0.050)	-0.239 *** (0.046)	-0.088 * (0.049)	-0.161 ** (0.065)	-0.260 *** (0.047)	-0.127 *** (0.039)	-0.135 ** (0.053)	-0.252 *** (0.048)
样本量	1 229	599	630	950	481	469	1 229	599	630
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.883	0.882	0.943	0.868	0.873	0.942	0.885	0.880	0.943
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)—列(3)分别为高技术行业、医药行业和计算机行业专利总量对相关行业 *PageRank* 值的影响,列(4)—列(6)为采用发明专利增速作为解释变量对应行业的检验结果,列(7)—列(9)为采用专利强度作为解释变量对应行业的检验结果。

(2) 替换被解释变量

为了进一步验证行业创新能力对技术中心度的影响,本文采取技术密度指标替换 *PageRank* 值对行业创新能力与技术中心度的关系再次进行检验。借鉴豪斯曼和克林格(Hausmann & Klinger, 2007)<sup>[47]</sup> 技术密度指标的测算方法,使用国家/地区 *i* 具有比较优势的技术 *k* 与技术 *l* 的邻近度之和与技术 *l* 与所有技术邻近度之和的比值来反映不同国家/地区在技术空间的非均质性以及国家/地区在技术领域相对地位的变化<sup>[48]</sup>,具体测算如式(4)所示。

$$Den_{k,i} = \frac{\sum_i Prox_{k,l} \times M_{l,i}}{\sum_l Prox_{k,l}} \quad (4)$$

式(4)中, *Den<sub>k,i</sub>* 为技术 *k* 在国家/地区 *i* 中的技术密度。 $\sum_i Prox_{k,l} \times M_{l,i}$  表示国家/地区 *i* 拥有比较优势的技术 *l* 与技术 *k* 之间的邻近度的总和;  $\sum_l Prox_{k,l}$  为各项技术之间的邻近度之和。如果国家/地区 *i* 与技

术  $k$  邻近的各项技术中均具有比较优势,那么技术密度  $Den_{k,i}$  等于 1;反之,如果与技术  $k$  所邻近的技术仅有一小部分具有比较优势,则技术密度值很小。

表 9 汇报了采用技术密度作为被解释变量的检验结果,鉴于发明专利与其滞后一期相关,并且滞后变量已经发生,从当前来看其取值已经固定,可能与当前的扰动项不相关。因此,同时满足相关性和无关性假定,在一定程度上减少了内生性。不难看出,除了列(5)  $lnpatall$  的回归系数未能通过显著性检验之外,其余列中  $lnpat$ 、 $lnpatall$  和  $L.lnpat$  的回归系数至少在 5% 的显著性水平下为正。由此表明,行业创新能力对国家技术密度具有显著的提升作用,从而进一步验证了基准回归的结论。

表 9 替换被解释变量的稳健性检验结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
$lnpat$	0.031 *** (0.003)			0.011 *** (0.003)			0.008 *** (0.003)		
$lnpatall$		0.005 *** (0.001)			0.002 (0.002)			0.001 *** (0.001)	
$L.lnpat$			0.030 *** (0.003)			0.011 *** (0.003)			0.007 *** (0.001)
$lnind$	-0.007 ** (0.003)	-0.004 (0.004)	-0.007 ** (0.003)	-0.011 *** (0.001)	-0.011 *** (0.001)	-0.011 *** (0.001)	0.006 *** (0.001)	0.006 *** (0.001)	0.006 *** (0.001)
$lnlab$	0.024 *** (0.004)	0.027 *** (0.005)	0.024 *** (0.004)	-0.007 * (0.004)	0.001 (0.003)	-0.007 * (0.004)	-0.010 *** (0.001)	-0.004 *** (0.001)	-0.010 *** (0.001)
$lncint$	0.002 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.002 *** (0.001)	0.009 *** (0.001)	0.009 *** (0.001)	0.009 *** (0.001)	0.000 (0.002)	0.001 (0.002)	0.000 (0.002)
$lngdp$	-0.009 (0.014)	-0.005 (0.014)	-0.009 (0.014)	-0.021 *** (0.005)	-0.011 *** (0.004)	-0.020 *** (0.005)	0.001 (0.002)	0.009 *** (0.002)	0.000 (0.002)
常数项	0.364 ** (0.152)	0.433 *** (0.150)	0.371 ** (0.154)	0.927 *** (0.059)	0.802 *** (0.053)	0.925 *** (0.059)	0.166 *** (0.025)	0.067 *** (0.024)	0.167 *** (0.025)
样本量	1 229	1 229	1 229	599	599	599	630	630	630
$R^2$	0.971	0.968	0.971	0.209	0.192	0.209	0.328	0.274	0.327
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)一列(3)分别为发明专利数量、三类专利总量和发明专利数量滞后一期对高技术行业总体样本技术密度的检验结果。列(4)一列(6)和列(7)一列(9)分别为相应情形下医药行业样本和计算机行业样本的检验结果。

#### (四) 进一步分析

##### 1. 基于经济发展水平的异质性分析

为了进一步探究上述研究结论在不同收入水平国家样本中是否具有异质性,根据世界银行(World Bank)对收入水平的划分标准,本文将高收入和中等偏上收入组统一归为中高收入组,将中等偏下收入和低

收入组统一归为中低收入组,分别对两个组别进行检验。表 10 汇报了按照收入水平划分的异质性检验结果<sup>①</sup>。列(1)—列(3) *lnpat* 的回归系数至少在 5% 的显著性水平下为正,表明行业创新能力对技术中心度的促进作用在中高收入组样本的检验中依然成立。相反,列(4)—列(6) *lnpat* 的回归系数均未通过显著性检验,表明以上结论在中低收入组样本并不显著。出现上述现象可能的原因在于,相比于中低收入组,中高收入组更多地掌握世界前沿技术,从而能够汇集更多的发明人才。此外,中高收入组在诸如生活基础设施、子女受教育水平、环境质量等方面也基本优于中低收入组,并且来自不同国家的发明人才能够在特定的技术领域形成良好的互补效应,从而有利于发明人才的集聚。但是,随着人才集聚效应超过一定阈值之后,竞争效应大过互补效应,使得那些在技术研发中处于竞争劣势的发明人才或团队开始寻求新的出路,从而导致中高收入组在相关行业发明人才中表现为“大进大出”的现象。

表 10 按照收入水平划分的国别分类的异质性检验结果

变量	中高收入组			中低收入组		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>lnpat</i>	0.005 *** (0.001)	0.003 ** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.000 (0.002)	0.004 (0.003)	0.002 (0.004)
<i>lnind</i>	0.004 *** (0.001)	-0.001 (0.002)	-0.000 (0.001)	0.006 * (0.003)	0.009 (0.012)	-0.006 (0.005)
<i>lnlab</i>	-0.004 *** (0.001)	-0.001 (0.001)	0.001 (0.002)	0.001 (0.003)	-0.005 (0.013)	0.000 (0.004)
<i>lncint</i>	-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 * (0.000)	0.002 ** (0.001)	-0.001 (0.003)	-0.000 (0.001)
<i>lngdp</i>	0.002 (0.003)	0.010 * (0.006)	0.014 *** (0.004)	0.065 *** (0.013)	0.074 *** (0.021)	0.064 *** (0.015)
常数项	-0.039 (0.036)	-0.091 (0.061)	-0.169 *** (0.044)	-0.604 *** (0.111)	-0.650 ** (0.260)	-0.520 *** (0.126)
样本量	1 108	542	566	121	57	64
<i>R</i> <sup>2</sup>	0.891	0.883	0.946	0.891	0.893	0.959
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)—列(3)分别为中高收入组高技术行业、医药行业和计算机行业创新能力对技术中心度的影响,列(4)—列(6)为中低收入组样本相应的检验结果。

## 2. 基于技术和产业比较优势的调节效应检验

为了进一步考察行业创新能力对技术中心度的影响是否会受到技术比较优势和产业比较优势的调节作用,本文在基准回归的基础上,分别以技术相对比较优势和产业相对比较优势为调节变量考察创新

<sup>①</sup> 研究样本仅仅包含在相关行业有发明人才流动记录的样本国家和地区,而将未记录有发明人才流动的国家和地区剔除。

能力对相关行业技术中心度的影响,具体模型如式(5)所示。

$$PageRank_{ijt} = \beta_0 + \beta_1 \ln pat_{ijt} + \beta_2 trca_{ijt}(rca_{ijt}) + \beta_3 \ln pat_{ijt} \times trca_{ijt}(\ln pat_{ijt} \times rca_{ijt}) + \sum \beta_k \ln controls_{ijt} + \lambda_{country} + \mu_{industry} + \tau_{year} + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

式(5)中,  $trca_{ijt}$  和  $rca_{ijt}$  分别为  $i$  国家/地区  $j$  行业  $t$  年技术相对比较优势和产业相对比较优势,其余变量如前文所述。其中,技术相对比较优势与产业相对比较优势测算如式(6)所示。

$$trca_{ijt} = \frac{pat_{ijt}/pat\_all_{ijt}}{pat_{jt}/pat\_all_{jt}} \quad (6)$$

式(6)中,技术相对比较优势 ( $trca_{ijt}$ ) 采用  $i$  国家/地区  $j$  行业第  $t$  年发明专利数量占该国家/地区发明专利总量比例与全球  $j$  行业第  $t$  年发明专利数量占全球发明专利总量比例之比表示,若  $trca_{ijt} > 1$ , 则表明该行业存在技术相对比较优势,反之亦然。类似地,如式(7)所示,产业相对比较优势 ( $rca_{ijt}$ ) 采用行业产值数据测算。

$$rca_{ijt} = \frac{ind_{ijt}/ind\_all_{ijt}}{ind_{jt}/ind\_all_{jt}} \quad (7)$$

表 11 汇报了基于式(5)调节效应的回归结果。不难发现,列(1)和列(3)  $trca$  的回归系数至少在 5% 的显著性水平下为负,表明技术相对比较优势对高技术行业和医药行业在发明人才流动网络中相对重要程度具有显著的负向作用;列(2)  $trca$  的系数不显著,表明技术相对比较优势对计算机行业  $PageRank$  值尚未产生影响。同时,列(2)和列(3)  $\ln pat \times trca$  的回归系数也未通过显著性检验,表明技术相对比较优势的调节作用不显著。相反,列(4)和列(6)  $rca$  的回归系数在 1% 的显著性水平为正,表明产业相对比较优势对高技术行业和计算机行业技术中心度具有显著的促进作用,并且列(4)—列(6)  $\ln pat \times rca$  的回归系数至少在 5% 的显著性水平下为正,表明产业相对比较优势的调节作用显著。本文认为可能的原因在于:产业相对比较优势可以通过行业内企业生产经营活动进行外部反映,在短期内对于在相关技术领域寻求工资溢价的全球发明人才具有广泛的虹吸效应,从而可以强化国家行业创新能力对技术中心度的影响,而技术相对比较优势的产生则相对隐晦,需要在更长的时间范围内才能促成全球技术中心度的形成。

表 11 技术和产业相对比较优势调节效应检验结果

变量	技术相对比较优势			产业相对比较优势		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$\ln pat$	0.001 *	0.003 **	0.003 ***	0.003 ***	0.003 **	0.002 ***
	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)	(0.001)
$trca$	-0.006 ***	-0.001	-0.010 **			
	(0.001)	(0.002)	(0.004)			
$\ln pat \times trca$	0.002 ***	0.000	0.001			
	(0.000)	(0.001)	(0.001)			
$rca$				0.007 ***	0.001	0.008 ***
				(0.001)	(0.003)	(0.003)
$\ln pat \times rca$				0.001 ***	0.001 ***	0.002 ***
				(0.000)	(0.001)	(0.000)

表 11(续)

变量	技术相对比较优势			产业相对比较优势		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
lnind	0.003 *** (0.001)	-0.000 (0.002)	-0.001 (0.001)	0.003 *** (0.001)	-0.002 (0.002)	-0.001 (0.001)
lnlab	-0.003 *** (0.001)	-0.000 (0.001)	0.002 (0.001)	-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)	0.001 (0.001)
lncint	-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 * (0.000)	0.000 (0.000)	-0.000 (0.001)	-0.001 * (0.000)
lngdp	0.012 *** (0.003)	0.013 *** (0.005)	0.020 *** (0.004)	0.011 *** (0.003)	0.017 *** (0.005)	0.018 *** (0.004)
常数项	-0.123 *** (0.037)	-0.134 *** (0.050)	-0.232 *** (0.043)	-0.131 *** (0.037)	-0.149 *** (0.054)	-0.209 *** (0.044)
样本量	1 229	599	630	1 229	599	630
R <sup>2</sup>	0.893	0.880	0.944	0.895	0.881	0.945
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)—列(3)分别为纳入技术相对比较优势情形下高技术行业、医药行业和计算机行业的检验结果,列(4)—列(6)分别为纳入产业相对比较优势情形下相应的检验结果。

### 3. 全球发明人才中心外围式变迁

#### (1) 全球范围内技术中心外围地区分布特征

表 12—表 14 汇报了 1985 年、2000 年和 2015 年高技术行业“中心—外围”国家和地区分布<sup>①</sup>,主要呈现如下特征:从联系广度来看,技术中心国家和地区与越来越多的外围国家和地区形成联系。随着时间的推移,技术中心国家和地区的前三层级外围国家和地区的数量均呈现不断增多的趋势。其次,从联系强度来看,技术中心国家和地区与外围国家和地区之间的联系在加强。1985 年前中心国家和地区与第一层外围几乎没有联系,只有少数的第二层外围和第三层外围的国家和地区,即与技术中心发生强联系的单元较少。2000 年以后,不同层级的外围国家和地区数量明显增多,并且相对关联系数也呈现扩大的趋势。

表 12 1985 年高技术行业“中心—外围”国家分布

中心	第一层外围	第二层外围	第三层外围
美国		德国	瑞士、法国、英国、匈牙利、日本、荷兰、巴拿马
法国		英国、意大利、美国	德国、日本、荷兰
德国		法国	比利时、瑞士、丹麦、韩国、美国
英国			法国、美国
瑞士		奥地利、德国、意大利	美国、日本

① 鉴于第四层级涉及的外围国家较多,并且处于联系程度最弱的一个层级,限于篇幅,本文仅罗列了与高技术中心国家具有强联系、较强联系以及较弱联系的外围国家,相关附属岛屿计入对应的主权国家。为了节省篇幅,本文仅罗列了高技术样本外围国家。

此外,从美国和中国在高技术行业的外围国家和地区分布来看,有四个比较明显的特征:(1)美国在全球范围依然保持强劲的影响力。与美国建立起强联系和较强联系的单元最多,并且从分布来看,基本上是欧美发达国家/地区以及亚洲的日本和韩国。(2)从中国外围国家和地区分布来看,第一层级主要以地理邻近的国家和地区为主,第二层级主要是传统的欧美发达国家和地区为主。(3)中国与美国的技术联系在日益加强,中美互为强联系单元。(4)全球范围内高技术中心的板块呈现了一定的分化,基本形成了以美国为中心的美洲板块“中心—外围”结构,以德国为中心的欧洲板块“中心—外围”结构以及新出现的以中国为中心的东亚板块“中心—外围”结构。

表 13 2000 年高技术行业“中心—外围”国家和地区分布

中心	第一层外围	第二层外围	第三层外围
美国	澳大利亚、加拿大、瑞士、德国、法国、英国、以色列、日本、荷兰、新加坡	巴巴多斯、比利时、中国、丹麦、芬兰、中国香港、意大利、韩国、卢森堡、墨西哥、瑞典、中国台湾	阿根廷、奥地利、巴西、匈牙利、爱尔兰、印度、伊朗、挪威、新西兰、斯洛文尼亚、乌拉圭
德国	瑞士、法国、英国、美国	丹麦、日本、韩国、荷兰、瑞典、新加坡	奥地利、澳大利亚、巴巴多斯、比利时、保加利亚、加拿大、中国、西班牙、芬兰、匈牙利、以色列、意大利、挪威、俄罗斯、中国台湾
英国	美国	比利时、瑞士、中国、意大利、荷兰、新西兰、瑞典、中国台湾	奥地利、澳大利亚、加拿大、塞浦路斯、德国、丹麦、法国、中国香港、爱尔兰、印度、约旦、日本、挪威、南非
瑞士	德国	奥地利、澳大利亚、丹麦、卢森堡、美国	加拿大、中国、芬兰、法国、英国、意大利、日本、荷兰、瑞典、中国台湾
荷兰		加拿大、瑞士、德国、英国、日本、美国	澳大利亚、比利时、丹麦、芬兰、法国、以色列、意大利、韩国、挪威、瑞典、中国台湾

表 14 2015 年高技术行业“中心—外围”国家和地区分布

中心	第一层外围	第二层外围	第三层外围
美国	瑞士、中国、德国、英国、日本、韩国、荷兰、新加坡、中国台湾	奥地利、澳大利亚、比利时、加拿大、丹麦、芬兰、法国、中国香港、爱尔兰、以色列、印度、卢森堡、瑞典	巴哈马、西班牙、意大利、墨西哥、挪威、波兰、塞浦路斯、沙特阿拉伯
中国	美国、新加坡、中国香港、中国台湾	加拿大、瑞士、德国、丹麦、法国、英国、爱尔兰、日本、韩国、瑞典	澳大利亚、比利时、芬兰、以色列、卢森堡、荷兰
德国	美国、奥地利	瑞士、丹麦、法国、英国、日本、荷兰	澳大利亚、比利时、中国、西班牙、芬兰、爱尔兰、韩国、卢森堡、挪威、瑞典、新加坡、斯洛文尼亚、中国台湾、中国香港
日本	中国、韩国、美国	德国、芬兰、英国、中国台湾	澳大利亚、加拿大、瑞士、法国、爱尔兰、印度、卢森堡、荷兰、新加坡、泰国、中国香港
英国		美国	比利时、巴西、加拿大、瑞士、中国、德国、芬兰、法国、爱尔兰、印度、意大利、日本、荷兰、挪威、瑞典、中国台湾

(2) 基于中心外围的实证检验

为了进一步考察行业创新能力对发明人才流动的影响是否会受到技术中心或外围的调节作用,本文构建如式(8)所示的技术中心调节效应方程。

$$PageRank_{ijt} = \gamma_0 + \gamma_1 lnpat_{ijt} + \gamma_2 centre_{ijt} + \gamma_3 lnpat_{ijt} \times centre_{ijt} + \sum \gamma_k lncontrols_{ijt} + \lambda_{country} + \mu_{industry} + \tau_{year} + \varepsilon_{ijt} \quad (8)$$

式(8)中,  $centre_{ijt}$  为是否为技术中心的调节变量,若  $i$  国  $j$  行业  $t$  年为技术中心,则记为 1,反之为 0。表 15 汇报了纳入技术中心调节变量的检验结果。列(1)—列(6)  $centre$  的回归系数至少在 10% 的显著性水平为正,表明技术中心国家的发明人才流动更为频繁。此外,除了计算机样本  $lnpat \times centre$  的回归系数不显著外,高技术样本和医药样本  $lnpat \times centre$  的回归系数均在 1% 的显著性水平为正,表明是否为全球技术中心对发明人才的流动存在显著的正向调节作用。

表 15 技术中心调节效应检验结果

变量	lninflow			lnoutflow		
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>lnpat</i>	0.005 *** (0.000)	0.002 *** (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.004 *** (0.000)	0.002 *** (0.001)	0.002 *** (0.001)
<i>centre</i>	0.085 *** (0.009)	0.097 *** (0.012)	0.060 ** (0.028)	0.086 *** (0.009)	0.095 *** (0.012)	0.047 * (0.027)
<i>lnpat × centre</i>	0.007 *** (0.001)	0.009 *** (0.002)	0.004 (0.003)	0.007 *** (0.001)	0.009 *** (0.002)	0.003 (0.003)
<i>lnind</i>	0.002 *** (0.000)	-0.000 (0.002)	-0.000 (0.001)	0.003 *** (0.001)	0.000 (0.002)	-0.001 (0.001)
<i>lnlab</i>	-0.007 *** (0.001)	-0.001 * (0.000)	0.002 (0.002)	-0.001 * (0.001)	-0.001 (0.001)	0.002 (0.001)
<i>ln cint</i>	0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 * (0.000)	-0.000 (0.000)	0.001 ** (0.000)	-0.001 (0.000)
<i>lngdp</i>	0.007 *** (0.002)	0.009 ** (0.004)	0.015 *** (0.003)	0.006 ** (0.003)	0.009 ** (0.004)	0.015 *** (0.003)
常数项	-0.012 *** (0.003)	0.011 ** (0.005)	-0.010 * (0.005)	-0.085 *** (0.031)	-0.081 * (0.047)	-0.180 *** (0.037)
样本量	1 260	630	630	1 229	599	630
$R^2$	0.911	0.913	0.947	0.915	0.914	0.950
年份效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业效应	控制	未控制	未控制	控制	未控制	未控制

注:列(1)—列(3)分别为加入是否为技术中心调节变量情形下高技术行业、医药行业和计算机行业创新能力对发明人才流入的检验结果,列(4)—列(6)为相应情形下对发明人才流出的检验结果。

## 七、结论与政策建议

本文以 1980—2015 年高技术行业发明人才跨国流动数据为样本,采用 PageRank 算法考察了高技术行业全球技术中心度的变化特征,并结合相对关联度方法识别了外围国家和地区分布情况。基于以上测

度,本文进一步实证分析了行业创新能力对发明人才双向流动和技术中心度的影响,主要结论如下。

第一,从全球高技术行业技术中心度变化特征来看,样本考察期内全球高技术行业发明人才在地理上呈现多中心集聚发展态势,既表现为全球技术中心度指数整体呈现上升趋势,又表现为以中国为代表的新兴国家和地区的兴起。从技术中心外围国家和地区变化特征来看,在联系广度方面,中心国家和地区与越来越多的外围国家和地区形成联系;在联系强度方面,两者之间的联系在加强。美国在全球范围依然保持着强劲的影响力,而中国在全球范围内悄然崛起,中国与美国之间的技术联系在日益加强;从中国的外围分布来看,第一层级外围主要以地理邻近国家和地区为主,第二层级外围主要以欧美发达国家和地区为主。

第二,从代表性行业来看,医药行业和计算机行业整体上基本遵循高技术行业发明人才流动的地理特征,但是中国在以上两个行业发明人才跨国流动创新网络中存在一定的分异特征:就医药行业而言,美国是全球绝对领先者,以中国为技术中心的“中心—外围”结构尚不明显。相较于计算机行业,中国在医药行业与外围国家和地区建立的技术联系强度和广度均要小于前者。就计算机行业而言,中国成为全球技术中心存在一定的滞后,并且中美在计算机领域的差距要大于中美在高技术行业技术中心度的整体差距。

第三,实证结果显示,行业创新能力在促进发明人才流入的同时,也加速了发明人才的流出,并且对行业技术中心度具有显著的提升作用。进一步分析表明,行业创新能力对全球技术中心度的影响仅在中高收入国家和地区样本显著,在中低收入国家和地区样本尚不明显;产业相对比较优势对行业创新能力与技术中心度具有显著的调节作用,但技术相对比较优势的调节效应尚不显著;技术中心国家的发明人才流动更为频繁,表明是否为全球技术中心对发明人才的流动存在显著的正向调节作用。

基于上述研究结论,本文政策建议如下。

首先,就发明人才跨国流动性而言,相对于无人问津的行业,那些门庭若市的行业更有可能成为全球技术中心。为此中国在发明人才战略布局上,对外要派遣专业技能科研人员到世界技术前沿国家和地区学习本国不具备比较优势的先进技术和成熟管理经验,对内要积极主动地营造良好的科研合作条件和氛围,多增设一些能够提供发明人才面对面科技交流活动的平台。此外,从外围国家和地区的分布特征来看,虽然样本期内中国与美国发明人才双向互动频率在提升,但是目前中国第一层级外围国家和地区主要是以地理邻近为主。为此,一方面要与欧美日韩等发达国家进行广泛的科技合作交流,通过发明人才的双向互动增强海外知识储备的存量;另一方面要善于利用外围国家和地区生产要素和资源禀赋,形成全球创新与生产活动的合理布局,盘活国内外知识流量。

其次,从目前分析来看,美德日等国在高技术行业仍然保持着强劲竞争力,中国在短期内可能无法实行全盘赶超,加之近年来受中美贸易摩擦影响,美国单方面公布了对华实体制裁名单,导致目前中国在发明人才对外输出和对内引进方面难度均日益增大。因此,在更长的时间范围内,注重发明人才引进的同时,也要强调本土化激励。可以通过增加基础研发投入,尤其在高技术领域中一些面向未来和使命导向型的创新领域,着重打造新型比较优势,广纳全球发明人才。同时,注重发挥本土高校、企业与科研院所之间的互动,强化三者的基础性研究投入,增强对复合型发明人才的吸引力。此外,要规范择才取才标准,建立科学合理的人才评价机制,采取柔性用才取才措施,为海内外发明人才的发展提供健康良好的科研成长环境,做到“不求所有,但为所用”。

再次,高技术产业创新能力是吸引全球发明人才的基础,为此行业发展既要迎合国家发展需要,又要在

高精尖技术领域力争突破,以发明人才流动为契机,打破固有的技术和产业分工均衡,打造全球范围内的特色产业,构建产业竞争优势。一方面,要通过强化国内高技能劳动力国内市场,采取弹性工资条款抢占全球发明人才资源;另一方面,通过产业优势有效扩大发明人才的交流活动,尤其是在工业4.0技术革命背景下,加速低技术产业升级转型,加快高技术产业发展,在国内形成一批代表性的技术集群,助推国家在高科技领域的发展。

---

#### 参考文献:

- [1] SCOTT A J. Cultural economy and the creative field of the city[J]. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 2010, 92(2): 115–130.
- [2] MASKELL P. Accessing remote knowledge—the roles of trade fairs, pipelines, crowdsourcing and listening posts[J]. *Journal of Economic Geography*, 2014, 14(5): 883–902.
- [3] 马海涛. 知识流动空间的城市关系建构与创新网络模拟[J]. *地理学报*, 2020, 75(4): 708–721.
- [4] KERR S P, KERR W, ÖZDEN C, et al. Global talent flows[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2016, 30(4): 83–106.
- [5] FLORIDA R, MELLANDER C, STOLARICK K, et al. Cities, skills and wages[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012, 12(2): 355–377.
- [6] FLEISHER B, LI H Z, ZHAO M Q. Human capital, economic growth, and regional inequality in China[J]. *Journal of Development Economics*, 2010, 92(2): 215–231.
- [7] PARTRIDGE M D. The duelling models: NEG vs amenity migration in explaining US engines of growth[J]. *Papers in Regional Science*, 2010, 89(3): 513–536.
- [8] VAN DER WAAL J. Cultural amenities and unemployment in Dutch cities: disentangling a consumerist and productivist explanation for less-educated urbanites' varying unemployment levels across urban economies[J]. *Urban Studies*, 2013, 50(14): 2869–2885.
- [9] 张文忠. 宜居城市建设的核心框架[J]. *地理研究*, 2016, 35(2): 205–213.
- [10] STORME T, FAULCONBRIDGE J R, BEAVERSTOCK J V, et al. Mobility and professional networks in academia: an exploration of the obligations of presence[J]. *Mobilities*, 2017, 12(3): 405–424.
- [11] 侯纯光, 杜德斌, 段德忠, 等. “一带一路”沿线国家或地区人才流动网络结构演化[J]. *地理科学*, 2019, 39(11): 1711–1718.
- [12] LISSONI F. International migration and innovation diffusion: an eclectic survey[J]. *Regional Studies*, 2018, 52(5): 702–714.
- [13] MIGUELEZ E, TEMGOUA C N. Inventor migration and knowledge flows: a two-way communication channel? [J]. *Research Policy*, 2020, 49(9): 103914.
- [14] BAHAR D, CHOUDHURY P, RAPOPORT H. Migrant inventors and the technological advantage of nations [J]. *Research Policy*, 2020, 49(9): 103947.
- [15] MIGUELEZ E, MORRISON A. Migrant inventors as agents of technological change[J/OL]. *The Journal of Technology Transfer*, 2022[2022-07-20]. <https://doi.org/10.1007/s10961-022-09927-z>.
- [16] CHISWICK B R. High-skilled immigration in a global labor market[M]. Washington, DC: AEI Press, 2011.
- [17] CAPELLO R, LENZI C. Structural dynamics of regional innovation patterns in Europe: the role of inventors' mobility[J]. *Regional Studies*, 2019, 53(1): 30–42.
- [18] RAHKO J. Knowledge spillovers through inventor mobility: the effect on firm-level patenting[J]. *The Journal of Technology Transfer*, 2017, 42(3): 585–614.
- [19] KOSKI H, PAJARINEN M. Mobility of ideas for innovation: the role of inventor-specific knowledge flows[Z]. ETLA Working Papers No. 27, 2015.
- [20] CASSIMAN B, VEUGELERS R, ARTS S. Mind the gap: capturing value from basic research through combining mobile inventors and partnerships [J]. *Research Policy*, 2018, 47(9): 1811–1824.
- [21] CODA-ZABETTA M, CHACUA C, LISSONI F, et al. The missing link: international migration in global clusters of innovation[Z]. Bordeaux Economics Working Papers No. 2021-02, 2021.

- [22] Organisation for Economic Co-operation and Development. Innovation and growth; rationale for an innovation strategy [ R ]. Paris: OECD Publishing, 2007.
- [23] PETERS R C. R&D spending growth continues while globalization accelerates [ J ]. R&D: Research and Development, 2011, 53(7): 35 – 37.
- [24] FRIEDMAN Y. Location of pharmaceutical innovation; 2000 – 2009 [ J ]. Nature Reviews Drug Discovery, 2010, 9(11): 835 – 836.
- [25] HU Y J, SCHERNGELL T, MAN S N, et al. Is the United States still dominant in the global pharmaceutical innovation network? [ J ]. PLoS ONE, 2013, 8(11): e77247.
- [26] DAHL M S, SORENSON O. The migration of technical workers [ J ]. Journal of Urban Economics, 2010, 67(1): 33 – 45.
- [27] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Low-skill and high-skill automation [ J ]. Journal of Human Capital, 2018, 12(2): 204 – 232.
- [28] FARROKHI F. Skill, agglomeration, and inequality in the spatial economy [ J ]. International Economic Review, 2021, 62(2): 671 – 721.
- [29] ROSSI F. The relative efficiency of skilled labor across countries; measurement and interpretation [ J ]. American Economic Review, 2022, 112(1): 235 – 266.
- [30] LUCAS R E. On the mechanics of economic development [ J ]. Journal of Monetary Economics, 1988, 22(1): 3 – 42.
- [31] 郑江淮, 陈喆, 康乐乐. 国家间技术互补变迁及其对发明人才跨国流动的影响——一个国际技术发现假说与检验 [ J ]. 中国工业经济, 2022(4): 23 – 41.
- [32] CONIGLIO N D. Regional integration and migration; an economic geography model with heterogeneous labour force [ Z ]. University of Glasgow Working Paper, 2002.
- [33] CARLINO G A, HUNT R M, CARR J, et al. The agglomeration of R&D labs [ R ]. Federal Reserve Bank of Philadelphia Working Paper No. 12 – 22, 2012.
- [34] KRUGMAN P. Increasing returns and economic geography [ J ]. Journal of Political Economy, 1991, 99(3): 483 – 499.
- [35] PATEL P, PAVITT K. Large firms in the production of the world’s technology; an important case of “non-globalisation” [ J ]. Journal of International Business Studies, 1991, 22(1): 1 – 21.
- [36] GERYBADZE A, REGER G. Globalization of R&D; recent changes in the management of innovation in transnational corporations [ J ]. Research Policy, 1999, 28(2/3): 251 – 274.
- [37] LENZI C. Patterns and determinants of skilled workers’ mobility; evidence from a survey of Italian inventors [ J ]. Economics of Innovation and New Technology, 2009, 18(2): 161 – 179.
- [38] Organisation for Economic Co-operation and Development. ISIC Rev. 3 technology intensity definition; classification of manufacturing industries into categories based on R&D intensities [ S ]. Paris: OECD, 2011.
- [39] PAGE L, BRIN S, MOTWANI R, et al. The PageRank citation ranking; bringing order to the web [ R ]. Stanford, CA: Stanford InfoLab Technical Report, 1998.
- [40] 杜大伟, 莱斯, 王直. 全球价值链发展报告(2017)——全球价值链对经济发展的影响: 测度与分析 [ M ]. 北京: 社会科学文献出版社, 2018.
- [41] 洪俊杰, 商辉. 中国开放型经济的“共轭环流论”: 理论与证据 [ J ]. 中国社会科学, 2019(1): 42 – 64, 205.
- [42] 吕越, 尉亚宁. 全球价值链下的企业贸易网络和出口国内附加值 [ J ]. 世界经济, 2020, 43(12): 50 – 75.
- [43] BRIN S, PAGE L. The anatomy of a large-scale hypertextual web search engine [ J ]. Computer Networks and ISDN Systems, 1998, 30(1/2/3/4/5/6/7): 107 – 117.
- [44] TAYLOR P, DERUDDER B. World city network; a global urban analysis [ M ]. London: Routledge, 2015.
- [45] PALOMERAS N, MELERO E. Markets for inventors; learning-by-hiring as a driver of mobility [ J ]. Management Science, 2010, 56(5): 881 – 895.
- [46] BHASKARABHATLA A, CABRAL L, HEGDE D, et al. Are inventors or firms the engines of innovation? [ J ]. Management Science, 2021, 67(6): 3899 – 3920.
- [47] HAUSMANN R, KLINGER B. The structure of the product space and the evolution of comparative advantage [ Z ]. CID Working Paper No. 146, 2007.
- [48] 郑江淮, 戴玮. 中国技术空间雁行式变迁缩小了地区经济差异吗——基于地区间技术邻近度的假说和实证 [ J ]. 财贸经济, 2021, 42(12): 133 – 149.

## Geography of Global High-tech Inventors: Technology Centrality and Polycentric Peripheral Change

ZHENG Jianghuai, ZHANG Jiyang  
(Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract:** In the era of economic globalization, the competition for innovation among countries increasingly evolves into the competition for inventors in high-tech fields such as biomedicine and computing. Focusing on the innovation and development of representative countries and regions, this paper investigates the characteristics of transnational flows of inventors in high-tech industries, the agglomeration of the inventors and the changes of China's technology centrality in the global innovation geography.

Based on the PageRank algorithm, this paper constructs a global inventor flow network to measure the agglomeration and dispersion ability of high-tech industries for inventors, using the two-way flow information at the national or regional industry level. Then, it compares the relative importance of high-tech industries in the transnational flow network of inventors.

The main findings are as follows. Firstly, the inventors in global high-tech industries geographically present a trend of multi-center agglomeration. Specifically, the United States, Germany and Japan still maintain competitive advantages, and China gradually rises in the high-tech field. Secondly, in the biomedical industry, the center-periphery structure with China as the technology center is not fully revealed compared with the United States. Meanwhile, the gap in technology centrality in the computing industry is more significant than in the high-tech field. Thirdly, the stronger the industrial innovation ability, the faster the flow of inventors. Furthermore, the industrial innovation ability significantly affects technological centrality, but mainly in the sample of middle and high-income countries and regions. Fourthly, the regulatory effect is significantly positive in the relative comparative advantage of the industry, rather than that of technology. Whether it is a global technology center also has a significant positive effect on the flow of inventors.

Therefore, it is necessary to send professional and skilled researchers abroad to learn advanced technologies and mature management experience, actively creating conditions for domestic scientific research cooperation. Meanwhile, focusing on introducing inventors, localization incentives should be emphasized more in developing new comparative advantages and attracting global inventors. Moreover, China should grasp the global inventor resources by strengthening the domestic market of highly skilled labor and adopting flexible wage clauses, thus forming representative technology agglomeration and boosting the development in the high-tech field.

**Keywords:** inventor; transnational flow; high-tech industry; biomedical industry; computing industry; technical centrality

责任编辑:宛恬伊