

本地知识基础对新兴产业创新集群形成的影响 ——以中国燃料电池产业为例

宓泽锋¹,周 灿²,尚勇敏³,马 双³,曾 刚⁴

(1. 浙江工业大学 经济学院,杭州 310000; 2. 浙江工商大学 经济学院,杭州 310000;
3. 上海社会科学院生态与可持续发展研究所,上海 200020; 4. 华东师范大学
中国现代城市研究中心,上海 200062)

摘要: 新兴产业的区位选择一直是经济地理学研究的重点问题,以中国燃料电池产业为例,本研究重点对“区域产业分叉”理论在燃料电池创新集群形成中的适用性进行探究。本文将知识基础区分为解析型知识、合成型知识、符号型知识,采集中国2000—2016年291个地级市燃料电池产业的专利信息、专利引证及被引信息、学术论文信息,通过ArcGIS、Stata软件进行空间和计量分析,得到如下结论:①从格局上来看,燃料电池创新集群发展主要集聚于发达省会城市,并且在格局演化过程中路径依赖作用明显,291个地级市在2000—2005年、2011—2016年两个时期的创新集群指数相关系数高达0.904,呈现显著的强相关性。②本地解析型、合成型、符号型知识库以及创新集群指数滞后一阶项的回归系数均显著为正,说明知识基础对新兴产业创新集群发展具有显著的积极影响,成为支持“区域产业分叉”的重要证据。③燃料电池产业创新集群形成主要以“区域产业分叉”方式进行,城市在知识基础上的优势对创新集群的形成具有积极作用,而创新集群的发展又使得知识基础进一步积累,实现良性循环,路径依赖现象显著;创新集群指数排名前20位城市中,直辖市和省会城市就占据了75%,一般城市的区位机会窗口较难打开。

关键词: 区域产业分叉; 区位机会窗口; 新兴产业; 创新集群; 燃料电池

DOI: 10.11821/dlyj020190595

1 引言

产业的区位选择一直是经济地理学界关注的传统领域,而新兴产业区位选择更是讨论的热点。经济地理学者在对新产业区位的研究过程中,“区位机会窗口”与“区域产业分叉”理论先后被提出。“区位机会窗口”认为新兴产业在产业体系上不连续、生产环境上有新要求,以及受偶然事件的影响巨大,其产生区位是相对自由的^[1,2]。而“区域产业分叉”理论则认为新兴产业更有可能脱胎于地方现有的产业体系,其观点建立在两个重要的地理学概念之上:第一,空间上邻近的地区更容易成为知识的溢出地,即地理邻近有助于知识溢出到邻近地区^[3];第二,特定领域知识的积极外部效应更可能扩散到在同一领域的第三方当中^[4],即技术邻近会对知识溢出产生重要影响。随着知识经济时代到来,

收稿日期: 2019-07-15; 修订日期: 2020-02-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(41701140, 41901157, 71774145); 教育部人文社科基地重大项目(17JJD790006); 浙江工业大学人文社科预研基金项目

作者简介: 宓泽锋(1991-),男,浙江余姚人,博士,讲师,研究方向为创新与区域发展。

E-mail: mizefeng1991@163.com

通讯作者: 周灿(1988-),女,河南信阳人,博士,讲师,研究方向为创新网络与产业集群。

E-mail: zc070260046@126.com

新技术的产生对知识储备的依赖程度逐渐加深^[5]，“区域产业分叉”理论受到更多来自实证上的支持^[6,7]，如 Boschma 等学者研究发现英国汽车工业新技术的产生与地方知识基础具有重要的关联，由相关行业产生技术衍生的特征明显^[8]；刘志高等则从产业分叉的角度分析了中国高新技术发展的问题^[9]。上述研究显示新兴产业的“区域产业分叉”现象在知识经济时代下普遍出现，基于此认识，本研究重点对“区域产业分叉”理论展开探究。从城市角度而言，一方面，知识基础与城市新兴产业间的关系是“区域产业分叉”理论是否成立的关键点；另一方面，新兴产业是国家间角逐的必争之地，在中美贸易战背景下科技领域的竞争持续加剧，探究新兴产业的区位规律对城市和国家而言均具有重要战略意义。从而，本地知识基础是否对新兴产业的产生和发展具有积极影响成为重要的理论和现实问题。

本地知识基础对新兴产业的影响在空间上表现为集群的产生。产业集群是经济地理学研究的传统领域，代表学者王缉慈认为产业集群是一组在地理上靠近的相互联系的公司和关联的机构，它们同处或相关于一个特定的产业领域，由于具有共性和互补性而联系在一起^[10]。创新集群则是与产业集群既有联系又有区别的概念，钟书华通过研究综述将创新集群的内涵归纳为：创新集群是由企业、研究机构、大学、风险投资机构、中介服务组织等构成，通过产业链、价值链和知识链形成战略联盟或各种合作，具有集聚经济和大量知识溢出特征的技术——经济网络^[11]。两者的主要差别在于，产业集群关注生产与效率，而创新集群关注创新与技术；其共同点均要求具有地理空间上的集中以及内部具有紧密联系^[12]。由于产业集群与创新集群的内涵不同，在传统产业中创新集群与产业集群的区位往往是有差异的。而在新兴产业这一特殊领域，技术创新是产业的核心竞争力所在，是产业发展的典型标志^[13]，并且在新技术实现大规模商品化之前，新兴产业产品的形成和市场的开发极为依靠技术上的突破来推动，注重研发的创新集群既是先行形成的集群形式，也为产业集群的发展提供了铺垫和基础^[14]。从而，创新集群成为研究新兴产业的重要突破口，据此本研究拟重点探讨本地知识基础对新兴产业创新集群形成的影响。

典型产业选择以及知识类型划分是本研究重要的前期基础工作。在典型产业选择上，燃料电池产业是国内外公认的新兴产业^[15]，并被明确列入《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录（2016版）》当中，并且燃料电池产业尚未进入大规模商品化阶段，是研究新兴产业技术发展初期的良好案例^[16]，据此本文选取燃料电池产业为案例。知识基础的划分是本研究的另一重要前提。1995年著名知识管理大师野中郁次郎提出的 SECI 知识创造模型阐述了知识转化的四种模式，他把知识划分为“显性知识”和“隐形知识”^[17]，这种二分类法受到了学界广泛的认可，也为知识类型的划分提供了前期经验。1998年 Laestadius 根据知识创造的特性将知识界定为解析型和合成型两种类型^[18]。在此基础上，Asheim 等学者进一步界定了解析型（Analytic）、合成型（Synthetic）、符号型（Symbolic）的知识三分法，并建立了基础分析框架^[19]。由于“解析型知识”“合成型知识”“符号型知识”三分法是基于知识创造特性进行类型划分的，因此 Grillitsch 等学者指出三分法在理论上更加有利于探讨知识与创新之间的互动过程，并且比显性知识、隐形知识等二分法更加明晰^[20]。诸如 Martin^[21]、Marek 等^[22]、李琳等^[23,24]、牛盼强^[25]、叶琴等^[26] 等国内外学者均以三分法对知识基础进行了拓展性研究。据此，本研究运用适合研究知识与创新互动过程的“解析型知识”“合成型知识”“符号型知识”三分法来对知识基础进行分类。

本文从上海市知识产权（专利）公共服务平台下载2000—2016年全国所有燃料电池

专利, 以此为基础数据进行分析。本文的研究有助于认识“区域产业分叉”理论对中国新兴产业领域的适用性, 以及帮助理解中国新兴产业创新集群与地方知识基础之间的关联。

2 创新集群衡量、变量选择及数据来源

2.1 创新集群的衡量

目前学界对创新集群的识别尚缺乏统一的定量标准, 基于对创新集群定义的认识, 借鉴周灿的研究^[4], 本文从下述三方面对创新集群进行定量刻画: ① 创新集群由企业、大学、研究机构等创新主体构成的, 是创新主体的聚集地, 因此创新主体的规模是创新集群产生的基础之一; ② 创新集群内部会因为产业链、价值链、知识链等形成战略联盟或合作, 从而创新主体间联系的紧密程度是创新集群产生的另一重要基础; ③ 创新集群具有集聚经济特征和知识溢出的能力, 因此创新集群的专业化程度是创新集群的重要特征。

基于此, 本文进一步构建创新集群的评价指标体系: ① 用“创新主体数量”来表示创新集群规模。通过对燃料电池产业所有发明专利进行分析, 提取申请专利的创新主体名称和地址, 并归入所属城市, 由此得到“创新主体数量”的数据; ② 用同城市内部的“专利合作数量”和“专利引证数量”来表示该城市的创新集群内部联系。基于燃料电池产业的专利联合申请、专利引证数据, 筛选出本地合作的专利数量以及本地引证的专利数量; ③ 用“区位熵”来表示创新集群的专业化程度, 区位熵是大尺度上计算产业专业化程度的行之有效的办法, 计算公式为:

$$LQ_{ij} = (p_{ij}/p_i)/(p_j/p) \quad (1)$$

式中: LQ_{ij} 表示城市 i 的 j 产业的区位熵; p_{ij} 表示城市 i 的 j 产业的发明专利数; p_i 表示城市 i 的发明专利总数; p_j 表示中国的 j 产业的发明专利总数; p 表示中国所有产业的发明专利总数。本文中, 计算的 j 产业为燃料电池产业。

据此本研究制定表1的指标体系来评价创新集群的衡量指标体系, 共计三大方面、4个具体指标。指标权重的确定是衡量创新集群的重要工作, 当前学界已开发出众多赋权重的方法, 由于指标数据往往表现出不稳定性, 使得根据内涵赋权重这一基础赋权方法在当前仍旧占据着重要地位, 本研究即从创新集群的内涵特征出发确认各指标权重。王缉慈通过其大量调查和研究认为, 创新集群不仅仅是空间上的集聚和规模优势, 更重要的是集群内部存在紧密联系, 使得创新知识交互和创新效率大幅提升^[27]。据此, 本研究将构成创新集群的基础要素“创新集群规模”和“创新集群专业化程度”赋权重为1/4; 将更为重要的“创新集群内部联系”赋权重为1/2, 并进一步将表征内部联系的“专利合作数量”“专利引证数量”分别赋权重为1/4。

最后, 由于四个指标的权重相同, 通过相加得到各城市的“创新集群指数 ICI ”:

表1 创新集群评价指标体系

Tab. 1 The index system of innovation cluster evaluation

三大方面	具体指标	指标变量	单位	权重
创新集群规模	创新主体数量	NIS	个	1/4
创新集群内部联系	专利合作数量	NPC	条	1/4
	专利引证数量	NPQ	条	1/4
创新集群专业化程度	区位熵	LQ	-	1/4

注: 所有指标均进行标准化处理。

$$ICI_i = NIS_i + NPC_i + NPQ_i + LQ_i \quad (2)$$

式中: ICI_i 是指城市 i 的创新集群指数。

2.2 变量选取

本研究重点探讨各影响因素对创新集群产生的影响, 因而将“创新集群指数 ICI ”作为被解释变量。

解释变量选择上, 本地知识库是本文关注的核心变量, 分为“解析型知识库”“合成型知识库”“符号型知识库”。其中, 解析型知识被认为是理解和解释自然世界特征的理论知识, 其主要与科学原理和能力有关。合成型知识主要通过应用现有的知识或者创造性的组合和应用现有的知识来进行创新, 其主要与工程技术有关。符号型知识主要关注创造力、设计和文化的价值, 用于展示设计和美学在许多产品和服务中日益增长的重要性。学术论文是基础研究的主要载体^[28]。而基础研究的主要目的便是为了获取自然规律、原理, 因此本文用城市的学术论文来衡量“解析型知识库”。专利是创新产出的另一大重要形式。根据现行的《中华人民共和国专利法》中对发明专利、实用新型和外观设计进行的界定, 发明专利与合成型知识都注重对知识的运用, 因此将发明专利作为合成型知识的衡量指标。而实用新型、外观设计专利更加侧重于在外观、结构等方面进行再创新, 则更贴合符号型知识中强调的设计、文化等要素。因此, 本文用城市的发明专利来表征“合成型知识库”, 用城市的实用新型、外观设计专利来表征“符号型知识库”。

控制变量的选择上, ① 本文首先关注企业用工成本对创新集群产生的影响, 用“职工平均工资”来表示, 同时这一指标也在一定程度上反映了城市的收入水平, 为避免重复, 后续不再加入收入类指标; ② 城市为企业的创新提供着政策、资金支持等配套作用, 城市对科技的重视程度是创新集群产生的重要推动因素, 因此本文用政府支出中的“科技支出占公共财政支出比例”作为衡量指标; ③ 城市吸引投资的能力影响着创新集群的资金宽裕程度, 因此用指标“固定资产投资”来衡量城市的吸引投资水平; ④ 内资和外资代表着两种不同的资本形式对集群的作用一直存在着争议, 本文“外资企业工业总产值占工业总产值的比例”来衡量资本属性对创新集群产生的影响。具体指标选择结果见表2。

表2 中国燃料电池本地知识基础对创新集群影响的指标选取

Tab. 2 Selection of indicators for the impact of local knowledge base of fuel cell industry on innovation cluster in China

指标	表征含义	指标变量(变量类型)	单位
创新集群指数	创新集群的形成程度	ICI (被解释变量)	-
本地解析型知识库	解析型知识库	$Analytic$ (解释变量)	篇
本地合成型知识库	合成型知识库	$Synthetic$ (解释变量)	条
本地符号型知识库	符号型知识库	$Symbolic$ (解释变量)	条
职工平均工资	用工成本	$AWSW$ (解释变量)	元
科技支出占公共财政支出比例	城市创新投入	Ti (解释变量)	%
外资企业工业总产值占比	外资占比	FIE (解释变量)	%
固定资产投资	资金	FAI (解释变量)	万元

为进行回归分析, 本文对所有数据进行了取对数处理以减小数据的异方差, 由于存在指标中存在0值, 本文取对数的公式选择如下:

$$\ln x = \ln(1+x) \quad (3)$$

式中: $\ln x$ 表示数据 x 取对数后的值; x 表示需要取对数的数据。

2.3 数据来源及处理步骤

本文对主要指标的数据搜索分为以下几个步骤：① 首先在上海市知识产权（专利）公共服务平台上下载“燃料电池”类目的所有发明专利；② 根据专利申请号，在国家知识产权局（SIPO）专利信息服务平台分别查询并逐个下载该专利的引证专利情况和被引证专利情况；③ 根据引证专利和被引专利的申请号在国家知识产权局（SIPO）专利信息服务平台上查询并下载引证专利和被引专利的具体信息（如申请年份、申请单位、地址、主分类号等）；④ 根据查询到的地址信息将燃料电池技术的发明专利、引证专利、被引专利数据分别归入291个地级市中；⑤ 在中国知网上搜索以燃料电池为主题的论文，将之按照年份和地址归入到所属年份和城市，形成本文的相关科学知识基础。

按照上述步骤，共计搜索得到历年291个地级市燃料电池领域的发明专利9065项，42573条引证专利信息，18736条被引专利信息，实用新型和外观设计专利3401项，学术论文5924篇，提取出合作以及引证等内部联系数据，由此得到了本文所需要的291个地级市历年的“解析型知识库”“合成型知识库”“符号型知识库”，并通过再计算得到“创新集群指数 ICI ”。其余指标数据来自于历年的《中国城市统计年鉴》。

3 创新集群的发展总体格局

从燃料电池创新集群的分布格局上来看，总体上发达城市的燃料电池创新集群发展较好。表3显示2000—2016年平均创新集群指数排名前20位的城市中，省会城市或直辖

表3 2000—2016年各阶段年平均创新集群指数变化情况（前20位）

Tab. 3 Change of annual average innovation cluster index from 2000 to 2016 (Top 20)

排名	城市	2000—2016年	2000—2005年	2006—2010年	2011—2016年
1	北京	0.9854	0.4763	0.9100	1.5574
2	上海	0.7968	0.3861	0.8228	1.1857
3	大连	0.4122	0.1330	0.4983	0.6195
4	武汉	0.2358	0.0850	0.1954	0.4203
5	深圳	0.2247	0.0852	0.3827	0.2325
6	苏州	0.2199	0.0194	0.1279	0.4970
7	广州	0.2141	0.0974	0.1849	0.3550
8	南京	0.2047	0.0822	0.1667	0.3588
9	天津	0.1766	0.1303	0.1690	0.2292
10	杭州	0.1655	0.0589	0.1464	0.2878
11	成都	0.1611	0.0456	0.1319	0.3009
12	哈尔滨	0.1205	0.0474	0.1338	0.1825
13	长春	0.1156	0.1012	0.0659	0.1714
14	合肥	0.1116	0.1008	0.1151	0.1194
15	青岛	0.1082	0.0347	0.0895	0.1973
16	沈阳	0.1025	0.0577	0.1009	0.1486
17	西安	0.1022	0.0366	0.0967	0.1724
18	长沙	0.1011	0.0280	0.1259	0.1534
19	重庆	0.0953	0.0494	0.1162	0.1238
20	马鞍山	0.0927	0.1189	0.1011	0.0594

市占据15个;少数一般城市表现突出,如大连的燃料电池创新集群发展位列全国第三,仅居于北京、上海之后,但前20位中除省会城市和直辖市之外剩余的5个城市也基本分布在发达的东部沿海地区,这说明了一般城市虽有一定发展机会,但总体上一般城市的区位优势窗口较难打开。

从表3中2000—2016年燃料电池产业创新集群指数的空间格局演变来看,燃料电池产业创新集群的发展具有较为明显的连续性,291个地级市在2000—2005年、2011—2016年两个阶段的平均创新集群指数得分的Pearson相关系数高达0.904,呈现显著的强相关关系;北京、上海一直处于燃料电池产业创新集群发展的第一梯队,是燃料电池产业创新集群发展的领先城市;大连、武汉、深圳、苏州、广州等城市处于创新集群发展的第二梯队。从整体格局上来看,长三角城市群是燃料电池产业创新集群发展最为集中的地区,上海、苏州、杭州、南京、合肥、马鞍山等6个长三角城市的创新集群指数进入前20位;其余主要城市群的燃料电池创新集群发展基本由个别城市主导,如京津冀城市群中北京、天津表现优秀,长江中游城市群仅武汉、长沙表现优秀。哈尔滨、长春、沈阳、大连为代表的“一”字型区域总体上在创新集群发展上表现优秀,上述城市均进入前20位。

4 回归结果及分析

4.1 模型选择与单位根检验

本文聚焦于探讨创新集群与各变量间的关系,而合适的模型选择是合理分析的前提。①从理论上而言,创新集群的发展通常被认为有助于创新绩效的提升^[24],从而有助于各类知识基础的进一步积累,形成循环;并且创新集群的发展与绩效的提升能够促进创新投入的加大以及员工工资的增长,从而模型中可能存在一定的内生性问题。②通过Hausman检验模型中是否存在内生性,发现三个模型Hausman检验的P值均为0.0000,进一步支持了模型中存在内生性问题,从而普通面板OLS回归并不是理想的选择。③本研究采用系统二步GMM方法来解决模型中的内生性问题。系统GMM方法能够很好的解决内生性问题以及差分GMM方法存在的弱工具变量问题,并且二步系统GMM估计值的标准误比一步系统GMM方法有明显的下降,从而本研究通过二步系统GMM方法对模型进行估计。设定模型中被解释变量“创新集群指数(LnICI)”的1阶滞后变量为工具变量;设定内生变量“解析型知识库(LnAnalytic)”“合成型知识库(LnSynthetic)”“符号型知识库(LnSymbolic)”“职工平均工资(LnAWSW)”“科技支出占公共财政支出比例(LnTi)”的0到4阶变量为工具变量。

为避免模型回归中存在虚假回归问题,首先对各指标数据进行单位根检验。单位根检验是为了测试指标数据是否平稳,如果存在单位根,则指标不平稳,反之则平稳。Fisher面板单位根检验的原假设H0为存在单位根,本文用Stata软件对指标进行Fisher面板单位根检验,结果见表4。

表4结果可见无论是P、Z、L*还

表4 Fisher 面板单位根检验结果

Tab. 4 Fisher panel unit root test results

	P	Z	L*	Pm
<i>LnICI</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnAnalytic</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnSynthetic</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnSymbolic</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnAWSW</i>	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
<i>LnTi</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnFIE</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>LnFAI</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

是Pm情景下，各指标均拒绝原假设。原假设为指标存在单位根，则检验结果显示拒绝原假设，意味着各指标均不存在单位根，即各指标的数据是平稳的。

4.2 回归结果

从表5的二步系统GMM回归结果可以看出：

(1) 核心变量中，三类知识库均对燃料电池创新集群发展具有显著的积极影响。“解析型知识库 (*LnAnalytic*)”“合成型知识库 (*LnSynthetic*)”“符号型知识库 (*LnSymbolic*)”对“创新集群指数 (*LnICI*)”的回归系数分别为0.0569、0.0572、0.0712，均显著为正，这支持了本地知识库的三种主要知识库均对创新集群的形成有正向影响；并且被解释变量的滞后1阶项 (*LnICI* L.1) 在三个模型中均显著为正，说明城市的创新集群基础越好，越能够为创新集群的后续发展提供正向影响，这成为支持“区域产业分叉”理论的重要证据。

(2) 控制变量中：①“职工平均工资 (*LnAWSW*)”的回归系数显著为负，表明用工成本在当前阶段是燃料电池产业创新集群需要重视的因素，成本过高可能会抑制燃料电池产业创新集群的产生。②“科技支出占公共财政支出比例 (*LnTi*)”的回归系数显著为正，支持了城市对创新的投入和重视程度有利于创新集群的形成。③“外资企业工业总产值占比 (*LnFIE*)”的回归系数显著为正，外资企业的占比一定程度上衡量城市的外向性，且燃料电池产业虽然属于新兴产业，该现象表明发达国家在燃料电池产业发展上仍占据技术优势，中国的燃料电池产业总体上处于追赶阶段，城市中外资企业工业总产值占比大，有助于吸收国外的创新知识，促进形成创新集群。④“固定资产投资 (*LnFAI*)”的回归系数显著为正，说明资金是创新集群产生的重要支撑，固定资产投资大的城市有利于支持产业集群的形成。

4.3 结果的有效性检验

两步面板系统GMM回归的结果仍需通过sargan检验以及abond检验来保证回归结果的可信性，本文依次进行上述检验。sargan检验是用来检验工具变量是否存在过度识别问题的检验方法，保证工具变量的有效性。sargan检验的原假设H0为：所有工具变量均有效。因此通过sargan检验需要显著值P在0.1以上，拒绝原假设，使得工具变量均有效成立。根据表6中的sargan检验结果可知，所有模型的P值均大于0.1，不拒绝原假设

表5 本地知识基础对燃料电池产业创新集群影响的
二步系统GMM回归结果

Tab. 5 2-step system GMM regression results of the impact of local knowledge base on innovation cluster of fuel cell industry

变量	<i>LnICI</i>		
	模型1	模型2	模型3
<i>LnICI</i> L.1	0.3631*** (0.0007)	0.2350*** (0.0005)	0.2926*** (0.0003)
<i>LnAnalytic</i>	0.0569*** (0.0001)		
<i>LnSynthetic</i>		0.0572*** (0.5120e-04)	
<i>LnSymbolic</i>			0.0712*** (0.0001)
<i>LnAWSW</i>	-0.0032*** (0.8410e-04)	-0.0086*** (0.6100e-04)	-0.0053*** (0.4500e-04)
<i>LnTi</i>	0.0006*** (0.2720e-04)	0.0005*** (0.1200e-04)	0.0014*** (0.1860e-04)
<i>LnFIE</i>	0.0023*** (0.7000e-04)	0.0042*** (0.5740e-04)	0.0023*** (0.3520e-04)
<i>LnFAI</i>	0.0003*** (0.4120e-04)	0.0005*** (0.3970e-04)	0.0023*** (0.3300e-04)
常数项	-0.0032*** (0.0001)	0.0195*** (0.0002)	0.0029*** (0.0001)
样本数	4365	4365	4365
城市数量	291	291	291

注：*** $p < 0.01$ ；()内数值为标准误差值。

H0, 因此所有的工具变量均有效。说明模型中的工具变量选择是可行的。

进一步进行 *abond* 检验, 该检验的目的为检验扰动项是否有序列相关的问题, 其原假设 H0 为: 扰动项无序列相关。如果要证明原模型扰动项无自相关, 则需要在一阶时 P 值小于 0.1 拒绝原假设, 一阶序列自相关, 在二阶及以上时 P 值大于 0.1 不拒绝原假设, 二阶及以上序列无自相关。表 7 中的检验结果显示, 所有模型在一阶时均拒绝原假设, 一阶存在自相关, 二阶及以上时均不拒绝原假设, 无自相关。因此各模型均通过了 *abond* 检验。

本文进一步用不同计量方法进行回归来检验第二步系统 GMM 回归结果的稳健性。第二步面板差分 GMM 回归能够很好的比较同工具变量下第二步面板系统 GMM 的回归结果是否稳健, 而普通面板 OLS 回归方法能够比较在无工具变量设置下回归结果是否稳健, 因而本文选用上述方法进行结果的稳健性检验。表 8 中的结果显示, 第二步面板差分 GMM 回归与第二步系统 GMM 回归结果相同; 而面板 OLS 回归结果除个别控制变量的上的显著程度与第二步系统 GMM 回归结果稍有不同外, 整体结果与第二步系统 GMM 回归结果保持一致。上述结果支持了表 5 中的第二步系统 GMM 回归结果是稳健的。

5 结论与讨论

第一, 发达城市占据绝对优势是中国燃料电池创新集群发展的显著特点, 并且创新集群发展的路径依赖现象极为显著。在创新集群发展的前 20 位中, 北京、上海、广州等 15 个省会城市或直辖市进入其中, 占比高达 75%, 可见燃料电池创新集群倾向于向发达的省会城市或直辖市集聚。而 291 个地级市在 2000—2005 年、2011—2016 年两个阶段的平均创新集群指数得分的 Pearson 相关系数高达 0.904, 表明燃料电池创新集群的发展具有显著的路径依赖。少数一般地级市在燃料电池产业创新集群发展过程中发现优秀, 典型代表如大连, 其创新集群指数位列全国第三, 究其原因, 早期大连就把握住了燃料电池产业发展的契机, 在 2000—2005 年就成为了全国燃料电池创新集群排名第 3 位的城市, 这为后续的创新集群发展奠定了雄厚的知识基础, 从而实现超越。

第二, 本地知识基础对燃料电池产业创新集群的发展具有显著积极影响。在模型 1、模型 2、模型 3 中本地的解析型知识库、合成型知识库、符号型知识库均显示出对燃料电池创新集群具有稳定的正向影响, 这说明在燃料电池发展过程中, 本地知识基础对创新集群形成起到了显著的推动作用, 支持了“区域产业分叉”中论述的观点。而被解释变

表 6 各模型的 *sargan* 检验结果

Tab. 6 Sargan test results for each model

模型	<i>sargan</i> 检验
模型 1	Prob > chi2 = 0.2829
模型 2	Prob > chi2 = 0.3081
模型 3	Prob > chi2 = 0.2758

表 7 模型的 *abond* 检验结果

Tab. 7 Abond test results for each model

模型	Order	z	Prob > z
模型 6-1	1	-4.5685	0.0000
	2	1.8006	0.1718
	3	-0.1800	0.8572
模型 6-2	1	-4.1063	0.0000
	2	1.4816	0.1684
	3	0.3682	0.7127
模型 6-3	1	-4.2401	0.0000
	2	1.6201	0.1452
	3	-1.0813	0.2796

表8 基于二步面板差分GMM和面板OLS方法的稳健性检验
Tab. 8 Robustness test based on 2-step panel difference GMM and panel OLS

变量	<i>LnICI</i>					
	二步面板差分GMM方法			面板OLS回归		
	模型1	模型2	模型3	模型1	模型2	模型3
<i>LnICI</i> L.1	0.5070*** (0.0007)	0.1620*** (0.0002)	0.3930*** (0.0004)			
<i>LnAnalytic</i>	0.0217*** (0.9270e-04)			0.0525*** (0.0017)		
<i>LnSynthetic</i>		0.0640*** (0.4940e-04)			0.0675*** (0.0009)	
<i>LnSymbolic</i>			0.0422*** (0.4670e-04)			0.0746*** (0.0015)
<i>LnAWSW</i>	-0.0045*** (0.0001)	-0.0038*** (0.5600e-04)	-0.0008*** (0.4170e-04)	-0.0005*** (0.0001)	-0.0002* (0.0001)	-0.6220e-04** (0.0000)
<i>LnTi</i>	0.0014*** (0.2120e-04)	0.0007*** (0.1780e-04)	0.0013*** (0.1660e-04)	0.0048*** (0.0009)	0.0006 (0.0007)	0.0031*** (0.0009)
<i>LnFIE</i>	0.0004*** (0.0001)	0.0027*** (0.7450e-04)	0.0024*** (0.7260e-04)	0.0004*** (0.0002)	0.0002** (0.0001)	0.1130e-04** (0.0000)
<i>LnFAI</i>	0.0041*** (0.7660e-04)	0.0013*** (0.3720e-04)	0.0015*** (0.2790e-04)	0.0014*** (0.0004)	0.0005* (0.0003)	0.0024*** (0.0004)
常数项	0.0047*** (0.0010)	0.0129*** (0.0006)	0.0046*** (0.0008)	-0.0158*** (0.0024)	0.0040** (0.0018)	-0.0095*** (0.0022)
样本数	4365	4365	4365	4365	4365	4365
城市数量	291	291	291	291	291	291

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$; ()内数值为标准误差值。

量的滞后1阶项 (*LnICI* L.1) 在三个模型中同样均显著为正, 说明创新集群的发展基础对创新集群的后续发展具有积极影响, 这一方面支持了燃料电池创新集群格局中显著的路径依赖现象, 另一方面也支持了“区域产业分叉”理论在燃料电池领域的正确性。

第三, 以燃料电池为新兴产业的典型例子, 本文研究结果支持了“区域产业分叉”是燃料电池产业领域创新集群形成的主要方式。在燃料电池产业发展早期, 少量以大连为代表的一般城市实现了在燃料电池创新集群领域的突破; 而燃料电池创新集群前20位中, 非省会城市或直辖市的普通地级市仅占据5个, 并且这5个城市也基本分布在发达的东部沿海地区, 这说明一般城市的区位优势窗口较难打开。燃料电池创新集群的发展过程中, 路径依赖作用显著, 2000—2005年、2011—2016年两个阶段的创新集群相关系数高达0.904, 创新集群指数的滞后1阶项 (*LnICI* L.1) 在三个模型中也显著为正, 发达省会城市的创新集群发展优势得以延续; 并且, “解析型知识库”“合成型知识库”“符号型知识库”均对创新集群指数具有显著的积极影响, 表明知识基础对创新集群产生具有重要作用。上述现象说明知识基础有优势的发达城市对发展燃料电池产业的创新集群具有优势, 而早期的创新集群发展优势又能够实现知识基础的正向累积, 进而再反过来促

进创新集群的发展, 实现良性循环, 从而本文研究结果支持了“区域产业分叉”是中国燃料电池创新集群发展的主要方式。

致谢: 感谢二位评审专家客观、详实的意见, 使得笔者在理论梳理、模型解释、结论得出等诸多方面受益匪浅, 特此致以诚挚的感谢!

参考文献(References)

- [1] Scott A J, Storper M. High technology industry and regional development: A theoretical critique and reconstruction. *International Social Science Journal*, 1987, (39): 215-232.
- [2] Boschma R A, Van der Knaap G A. New high-tech industries and windows of locational opportunity: The role of labour markets and knowledge institutions during the industrial era. *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography*, 1999, 81(2): 73-89.
- [3] Tanner A N. Regional branching reconsidered: Emergence of the fuel cell industry in European regions. *Economic Geography*, 2014, 90(4): 403-427.
- [4] Xiao J, Boschma R, Andersson M. Industrial diversification in Europe: The differentiated role of relatedness. *Economic Geography*, 2018, 94(5): 514-549.
- [5] 周开国, 卢允之, 杨海生. 融资约束、创新能力与企业协同创新. *经济研究*, 2017, 52(7): 96-110. [Zhou Kaiguo, Lu Yunzhi, Yang Haisheng. Financial constraints, innovative capability and firms' collaborative innovation. *Economic Research Journal*, 2017, 52(7): 96-110.]
- [6] 赵建吉, 王艳华, 苗长虹. 区域新兴产业形成机理: 演化经济地理学的视角. *经济地理*, 2019, 39(6): 36-45. [Zhao Jianji, Wang Yanhua, Miao Changhong. Formation mechanism of new emerging industry: From the perspective of evolutionary economic geography. *Economic Geography*, 2019, 39(6): 36-45.]
- [7] 贺灿飞. 区域产业发展演化: 路径依赖还是路径创造?. *地理研究*, 2018, 37(7): 5-19. [He Canfei. Regional industrial development and evolution: Path dependence or path creation?. *Geographical Research*, 2018, 37(7): 5-19.]
- [8] Boschma R A, Wenting R. The spatial evolution of the British automobile industry: Does location matter?. *Industrial and Corporate Change*, 2007, 16(2): 213-238.
- [9] 刘志高, 张薇. 中国大都市区高新技术产业分叉过程及动力机制: 以武汉生物产业为例. *地理研究*, 2018, 37(7): 101-115. [Liu Zhigao, Zhang Wei. The process and dynamics of high-tech industrial branching in China's metropolitan areas: A case study of biotechnology industry in Wuhan. *Geographical Research*, 2018, 37(7): 101-115.]
- [10] 王缉慈, 王敬甯. 中国产业集群研究中的概念性问题. *世界地理研究*, 2007, (4): 89-97. [Wang Jici, Wang Jinning. Conceptual problems of industrial clusters studies in China. *World Regional Studies*, 2007, (4): 89-97.]
- [11] 钟书华. 创新集群: 概念、特征及理论意义. *科学学研究*, 2008, 26(1): 178-184. [Zhong Shuhua. Innovation clusters: Conception, character and theoretical meaning. *Studies in Science of Science*, 2008, 26(1): 178-184.]
- [12] 丁魁礼, 钟书华. 创新集群的本质涵义及其与产业集群的区分. *科技进步与对策*, 2010, (10): 49-54. [Ding Kuili, Zhong Shuhua. The essential meaning of innovation cluster and the distinction between innovation cluster and Industry Cluster. *Science & Technology Progress and Policy*, 2010, (10): 49-54.]
- [13] 张敬文, 李一卿, 陈建. 战略性新兴产业集群创新网络协同创新绩效实证研究. *宏观经济研究*, 2018, (9): 109-122. [Zhang Jinwen, Li Yiqin, Chen Jian. Empirical research on synergy innovation performance of strategic emerging industry cluster innovation network. *Macroeconomics*, 2018, (9): 109-122.]
- [14] 周灿. 中国电子信息产业集群创新网络演化研究: 格局、路径、机理. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2018: 80-89. [Zhou Can. The dynamics of China's electronic information industry cluster innovation networks: Pattern, path and mechanism. Shanghai: Doctoral Dissertation of East China Normal University, 2018: 80-89.]
- [15] Tanner A N. The emergence of new technology-based industries: The case of fuel cells and its technological relatedness to regional knowledge bases. *Journal of Economic Geography*, 2015, 16(3): 611-635.
- [16] 宓泽锋. 本地知识基础对中国燃料电池技术创新的影响. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2019: 23-25. [Mi Zefeng. The impact of local knowledge base on China's fuel cell technology innovation. Shanghai: Doctoral Dissertation of East China Normal University, 2019 :23-25.]
- [17] 野中郁次郎, 竹内弘高. 知识创造的螺旋: 知识管理理论与案例研究. 北京: 知识产权出版社, 2012: 1-349. [Ikujiro

- Nonaka, Hirotaka Takeuchi. *The Spiral of Knowledge Creation*. Beijing: Intellectual Property Publishing House, 2012: 1-349.]
- [18] Laestadius S. Technology Level, Knowledge Formation and Industrial Competence in Paper Manufacturing. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1998: 212-226.
- [19] Asheim B, Coenen L, Vang J. Face-to-face, buzz, and knowledge bases: Socio spatial implications for learning, innovation, and innovation policy. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 2007, 25(5): 655-670.
- [20] Grillitsch M, Martin R, Srholec M. Knowledge base combinations and innovation performance in Swedish regions. *Economic Geography*, 2017, 93(5): 458-479.
- [21] Martin R. Differentiated knowledge bases and the nature of innovation networks. *European Planning Studies*, 2013, 21(9): 1418-1436.
- [22] Marek D, Jiří Blažek. The challenge of breaking the academia-business firewall in Czechia: Comparing the role of differentiated knowledge bases in collaborative R&D projects. *European Planning Studies*, 2016, 24(4): 809-831.
- [23] 李琳, 蒋婷, 徐洁. 我国区域产业知识基础的测算及动态变化. *经济地理*, 2016, 36(5): 107-114. [Li Lin, Jiang Ting, Xu Jie. The measurement and dynamic change of China's regional industrial knowledge base. *Economic Geography*, 2016, 36(5): 107-114.]
- [24] 李琳, 龚晨. 多维邻近性对不同知识基础产业创新的影响: 基于ANN和OLS回归双重检验. *科学学研究*, 2017, 35(8): 1273-1280. [Li Lin, Gong Chen. Multi-dimensional proximity effects on industry innovation of different knowledge base: Double test based on ANN and OLS regression. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(8): 1273-1280.]
- [25] 牛盼强. 上海产业知识基础配置的格局研究. *科研管理*, 2018, 39(9): 86-92. [Niu Panqiang. A study of the basic configuration structure of industrial knowledge in Shanghai. *Science Research Management*, 2018, 39(9): 86-92.]
- [26] 叶琴, 曾刚. 解析型与合成型产业创新网络特征比较: 以中国生物医药、节能环保产业为例. *经济地理*, 2018, 38(10): 142-154. [Ye Qin, Zeng Gang. Comparison of innovation networks of analytical and synthetic industries: An empirical analysis on China biomedicine and environmental protection industry. *Economic Geography*, 2018, 38(10): 142-154.]
- [27] 王缉慈. *创新集群三十年探索之旅*. 北京: 科学出版社, 2018: 230-238. [Wang Jici. 30 Years' Exploration Tour of Innovation Cluster. Beijing: Science Press, 2018: 230-238.]
- [28] 施嵘, 姜田, 徐夕生. 关于“基础研究”的探讨. *中国高校科技*, 2017, (8): 18-20. [Shi Rong, Jiang Tian, Xu Xisheng. Discussion on "Basic Research". *Chinese University Science & Technology*, 2017, (8): 18-20.]

The impact of local knowledge base on the formation of innovation clusters in emerging industries: The case study of China's fuel cell industry

MI Zefeng¹, ZHOU Can², SHANG Yongmin³, MA Shuang³, ZENG Gang⁴

(1. School of Economics, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310000, China; 2. School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310000, China; 3. Shanghai Academy of Social Sciences, Shanghai 200020, China; 4. The Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: The location choice of emerging industries has always been the focus of economic geography research. "Windows of Locational Opportunity" and "Regional Branching" have different understandings about the relationship between local knowledge base and location choice of emerging industries. This study distinguishes the concepts of innovation cluster and industrial cluster, and holds that innovation cluster is more conducive to focusing on the location selection of emerging industries. Then taking China's fuel cell industry as an example, this study focuses on the applicability of "regional industry bifurcation" theory in the formation of fuel cell innovation cluster. And this paper divides the knowledge base into analytical knowledge, synthetic knowledge and symbolic knowledge. This paper collects patent information, patent citation and cited information, academic papers information of 291 prefecture-level cities in China from 2000 to 2016. With the aid of ArcGIS and Stata software, this paper carries out a spatial pattern analysis and two-step panel system GMM regression analysis, and draws the following conclusions. (1) From the perspective of pattern, the development of fuel cell innovation cluster is mainly concentrated in developed provincial capital cities, and a few other major cities such as Dalian. In the process of innovation cluster development, path dependence is obvious. The correlation coefficient of innovation cluster index of 291 prefecture-level cities in 2000-2005 and 2011-2016 is as high as 0.904, showing significant strong correlation. (2) Local analytical, synthetic and symbolic repositories all have significant effects on the development of innovation clusters, and the lagged first-order term of innovation cluster index is significantly positive, which supports that the local knowledge base has a significant positive impact on the development of emerging industry innovation cluster, and becomes an important evidence to support "Regional Branching". (3) The formation of fuel cell industry innovation cluster is mainly carried out in the way of "Regional Branching". The advantages of developed cities on the knowledge base help them to occupy an advantage in the formation of fuel cell innovation cluster, which leads to the further accumulation of knowledge-based advantages. Therefore, the virtuous circle between knowledge base and innovation cluster is formed, and path dependence is significant. Among the top 20 cities in innovation cluster index, the number of municipalities (at provincial level) and provincial capitals account for 75%, almost all other cities are located in the eastern coastal areas, which shows that it is difficult to open the location opportunity window of ordinary cities.

Keywords: regional branching; windows of locational opportunity; emerging industries; innovation cluster; fuel cell