

【国民经济】

# 区域协同创新效率的多维溢出效应

赵增耀<sup>1,2</sup>, 章小波<sup>3</sup>, 沈能<sup>1</sup>

- (1. 苏州大学东吴商学院, 江苏 苏州 215021;  
2. 苏州大学中国特色城镇化研究中心, 江苏 苏州 215021;  
3. 苏州大学公共管理学院, 江苏 苏州 215021)

**[摘要]** 基于价值链活动, 本文将创新过程划分为两个相互关联的子阶段(知识创新和产品创新), 并构建了两阶段非合作博弈的创新效率评价方法, 对中国(区域)知识创新效率、产品创新效率及整体创新效率进行测算。在此基础上, 将空间溢出和价值链溢出纳入统一的分析框架中检验中国创新效率的多维溢出效应。研究结果显示, 创新价值链不同环节之间存在显著主从关联, 知识创新效率和产品创新效率之间相互牵制成为制约中国创新的共同因素。两阶段效率失衡问题明显, 产品创新效率明显低于知识创新效率。创新价值链中知识创新的前向关联溢出效应显著, 而产品创新的后向关联效应缺失。中国创新效率空间依赖性明显, 具有地理空间集群特征, 这种溢出效应在东部地区显得更加突出。创新溢出和传播会受到创新主体之间地理距离的限制, 随着空间距离的扩大, 创新溢出强度呈现脉冲式衰减。一方面, 要破除行政壁垒篱笆, 促进创新资源在不同地区之间的互通有无, 实现创新空间外部性最大化; 另一方面, 要加强不同创新环节的合作和联系, 尤其是要充分利用产品创新的后向关联效应, 实现创新价值链的协同创新。

**[关键词]** 创新效率; 非合作博弈; 空间溢出

**[中图分类号]**F124.3 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2015)01-0032-13

## 一、问题提出

随着技术创新活动非线性、网络化、全球化特征凸现, 传统以线性和链式为主的技术创新模式已经向以多元创新主体合作为基础的协同创新模式转变。协同创新模式日益受到学术界和政策制定者的关注, 被认为是创新型国家(地区)培育创新竞争力的一种新型组织和创新过程。Romer<sup>[1]</sup>认为技术外溢是实现报酬递增、生产率提升和经济增长的重要源泉。尽管外溢的知识具有某种公共产权的特性, 但是, 各国创新实践表明, “个体理性与集体非理性”的冲突并非不可调和, 不仅没有出现创

**[收稿日期]** 2014-11-10

**[基金项目]** 国家自然科学基金项目“基于群落生态学的高校科技创新系统演化机理、识别与调控研究”(批准号 71073107); 国家自然科学基金项目“中国企业在东亚生产网络的嵌入与升级研究”(批准号 71373168); 国家自然科学基金项目“区域低碳创新网络共生机理与路径仿真: 以苏南自主创新示范区为例”(批准号 71373169)。

**[作者简介]** 赵增耀(1963—), 男, 陕西礼泉人, 苏州大学东吴商学院、苏州大学中国特色城镇化研究中心教授, 博士生导师; 章小波(1971—), 女, 江苏苏州人, 苏州大学公共管理学院副教授; 沈能(1976—), 男, 浙江平湖人, 苏州大学东吴商学院副教授。

新的“锁定效应”,反而其溢出效应得以进一步强化。协同创新本质上关注的是不同创新主体之间的技术溢出问题,是新形势下创新外溢理论的深入拓展和创新政策的现实依据。

Arrow<sup>[2]</sup>最早阐明了知识积累过程及其经济含义,Romer<sup>[1]</sup>在此基础上建立了基于知识溢出的内生增长模型以考察创新溢出问题。Jaffe and Henderson<sup>[3]</sup>和 Fritscha and Franke<sup>[4]</sup>研究发现,大学与科研机构作为知识发送方能对企业等知识接受方产生明显的溢出效应;关于企业间创新溢出,大部分文献集中在 FDI 技术溢出和产业集群内部的模仿性创新<sup>[5]</sup>,研究表明,不论是跨国公司对本土企业还是产业集群(产业链)内部的技术溢出都是普遍存在的。以往文献关注的是创新价值链上的单一路径(“学研”向“产”的创新外溢)或同类组织内部创新溢出问题,忽视了创新价值链上的反馈路径和循环效应,对于企业创新是否可以激发大学和科研机构创新关注不够。实际上,随着协同创新战略的推进,创新价值链上不同创新环节之间的互动趋势愈发明显。现实中,大学与科研机构创新活跃的地区往往集中在东部沿海发达地区,那么,中国东部沿海地区大学与科研机构较高的创新绩效是否与当地企业频繁的创新活动密切相关,是否存在企业向大学的逆向溢出,价值链前后反馈机制的发生面临哪些条件等问题需要进一步验证和解释。目前研究对象主要针对的是微观企业和宏观区域。由于外部性的存在,企业的创新投入和产出之间并无直接因果关系,将企业作为创新溢出的研究对象并不合适<sup>[6]</sup>。由于企业创新产出很大程度上取决于外部总体经济活动,创新溢出研究对象针对城市和区域等较广的范围更有意义。随着空间经济学的发展,学者们开始关注地理空间范围内的创新溢出问题,考察区域范围内知识空间分布特征和溢出机制,有的文献甚至测度出了创新外溢的地理距离(如符森<sup>[7]</sup>)。然而,以上创新溢出的两条路径(空间溢出和价值链溢出)往往是并行考察的。虽然余泳泽<sup>[8]</sup>将空间溢出和价值链溢出同时纳入创新效率分析模型中,但一方面,创新价值链不同阶段创新行为不是对等的,需要对其主从关系加以界定,另一方面,空间溢出强度的空间距离规律也需要进一步考察。我们需要思考的是为什么长三角地区的产学研协同创新要比东北地区甚至环渤海地区更活跃?创新价值链溢出是否和特定的空间有联系?如果有联系,那么,当前所谓的大经济区概念,诸如泛珠三角联盟的成立以及长三角城市联盟的扩容是否能取得预期的成效?要回答这些问题,我们可能需要从多维度深入考察区域协同创新的溢出问题。为此,本文拟构建两阶段非合作博弈的创新效率评价方法,对中国(区域)知识创新效率、产品创新效率及整体创新效率进行测算,在此基础上,将创新空间溢出和价值链溢出纳入统一的框架中检验中国创新效率的溢出效应与距离强度问题,为中国协同创新战略政策制定提供启示和参考。

## 二、非合作博弈的区域创新效率评价

### 1. 模型设计

传统效率研究大多把生产系统视为一个黑盒子,普遍忽略了生产过程中从投入至产出之间的过程。两阶段效率模型假设各阶段的生产行为不会互相影响。事实上,决策单元会根据预计的最终产出产量来决定中间产出的产量,因此各生产阶段并不是全然独立,于是 Chen and Zhu<sup>[9]</sup>以及 Kao and Hwang<sup>[10]</sup>分别提出将各阶段联立求解效率值的模型。Chen and Zhu<sup>[9]</sup>采用包络形式模型,假设决策单元第一阶段的生产行为为投入导向,而第二阶段为产出导向。Kao and Hwang<sup>[10]</sup>则采用乘数形式(Multiplier Form),假设两个阶段皆为产出导向。进一步地,Liang et al.<sup>[11]</sup>将博弈的思想纳入 DEA 模型中,提出了合作( Cooperative)博弈和非合作( Non-cooperative)博弈的二阶段 DEA 模型。其中非合作博弈又称为史塔贝克模型( Stackelberg Model)。史塔贝克模型假设市场上有制造商和零售商,其中制造商为领导者( Leader),零售商为跟随者( Follower),因此,制造商会先决定极大化自身的效率,之后零售商受制于制造商效率,再来追求自身的效率。合作( Cooperative)模型则是假设制造商与零售商具有相同的议价能力( Bargaining Power),先共同合作来获取最大的整体效率之后,再各别计算双方本身最大的效率。就创新系统而言,一方面,创新价值链不同环节有可能互相溢出,大学和

科研院所的知识创新存在向企业的知识溢出,同时企业的产品创新也有可能反向作用于大学知识创新活动;另一方面,企业是创新的主体这一观点也达成一致共识,即第二阶段的产品创新是地方政府最重视的经营绩效,所以,本文假设创新价值链符合经典的非合作博弈两阶段问题,即第二阶段(产品创新)为领导者,第一阶段(知识创新)为跟随者。借鉴非合作博弈的思想<sup>[2]</sup>,首先对处于主导地位的子系统(产品创新)B来说,其效率评价模型为:

$$\begin{aligned}
& \max \frac{\mu_A^T Y_{Ak} + \nu_A^T \bar{P}_{Ak}}{\omega_A^T X_{Ak}} = e_k^A \\
& \text{s.t.} \quad \frac{\mu_A^T Y_{Aj} + \nu_A^T \bar{P}_{Aj}}{\omega_A^T X_{Aj}} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& \quad \mu_A^T, \omega_A^T, \nu_A^T \geq 0
\end{aligned} \tag{1}$$

模型(1)在评价子系统B的效率时,最大化其期望产出,并最小化其投入。模型(1)可转化为下列等价的线性规划模型:

$$\begin{aligned}
& \max \mu_A^T Y_{Ak} + \nu_A^T \bar{P}_{Ak} = e_k^A \\
& \text{s.t.} \quad \mu_A^T Y_{Aj} + \nu_A^T \bar{P}_{Aj} - \omega_A^T X_{Aj} \leq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& \quad \omega_A^T X_{Ak} = 1 \quad \mu_A^T, \omega_A^T, \nu_A^T \geq 0
\end{aligned} \tag{2}$$

由于产品创新子系统B在整个创新系统中处于主导地位,知识创新子系统A处于从属地位,在评价子系统A的效率时,必须保证B的效率值不变,为此,基于模型(2),假设 $e_k^{B*}$ 为子系统B的效率值(最优解),将 $e_k^{B*}$ 作为约束引入子系统A的效率评价模型中;另外, $\bar{P}_{Bk}$ 是子系统B的投入及子系统A的产出,此时子系统A中 $\bar{P}_{Ak}$ 的权重设置必须参考其在子系统B中的权重设置,不妨设 $w_B^T = Q\nu_A^T$  ( $Q \geq 0$ )。基于这些约束条件,可得到子系统A的效率评价模型:

$$\begin{aligned}
& \max e_k^B = \frac{\mu_B^T Y_{Bk} + \nu_B^T \bar{P}_{Bk}}{\omega_B^T X_{Bk} + Q\nu_A^T \bar{P}_{Ak}} \\
& \text{s.t.} \quad \frac{\mu_B^T Y_{Bj} + \nu_B^T \bar{P}_{Bj}}{\omega_B^T X_{Bj} + Q\nu_A^T \bar{P}_{Aj}} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& \quad \mu_A^T Y_{Ak} + \nu_A^T \bar{P}_{Ak} = e_k^{A*} \\
& \quad \mu_A^T Y_{Aj} + \nu_A^T \bar{P}_{Aj} - \omega_A^T X_{Aj} \leq 0, \quad j=1, 2, \dots, n \\
& \quad \omega_A^T X_{Ak} = 1 \quad \mu_A^T, \omega_A^T, \nu_A^T \geq 0
\end{aligned} \tag{3}$$

在假设子系统B效率不变下保证子系统A效率的最大化,进一步可以转化为下列模型:

$$\begin{aligned}
& \max e_k^B = \frac{\frac{1}{Q}\mu_B^T Y_{Bk} + \frac{1}{Q}\nu_B^T \bar{P}_{Bk}}{\frac{1}{Q}\omega_B^T X_{Bk} + \nu_A^T \bar{P}_{Ak}} \\
& \text{s.t.} \quad \frac{\frac{1}{Q}\mu_B^T Y_{Bj} + \frac{1}{Q}\nu_B^T \bar{P}_{Bj}}{\frac{1}{Q}\omega_B^T X_{Bj} + \nu_A^T \bar{P}_{Aj}} \leq 1, \quad j=1, 2, \dots, n
\end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \mu_A^T Y_{Ak} + \nu_A^T P_{Ak} &= e_k^{A*} \\ \mu_A^T Y_{Aj} + \nu_A^T P_{Aj} - \omega_A^T X_{Aj} &\leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega_A^T X_{Ak} &= 1 \quad \mu_A^T, \omega_A^T, \nu_A^T \geq 0 \end{aligned}$$

令  $\bar{\mu}_B^T = \frac{1}{Q} \mu_B^T, \bar{\nu}_B^T = \frac{1}{Q} \nu_B^T, \bar{\omega}_B^T = \frac{1}{Q} \omega_B^T$ , 则模型(4)可等价转化为下列模型:

$$\begin{aligned} \max \quad e_k^B &= \bar{\mu}_B^T Y_{Bk} + \bar{\nu}_B^T P_{Bk} \\ \text{s.t.} \quad \bar{\mu}_B^T Y_{Bj} + \bar{\nu}_B^T P_{Bj} - \bar{\omega}_B^T X_{Bj} - \nu_A^T P_{Aj} &\leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \bar{\omega}_B^T X_{Bk} + \nu_A^T P_{Ak} &= 1 \\ \mu_A^T Y_{Ak} + \nu_A^T P_{Ak} &= e_k^{A*} \\ \mu_A^T Y_{Aj} + \nu_A^T P_{Aj} - \omega_A^T X_{Aj} &\leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega_A^T X_{Ak} &= 1 \quad \mu_A^T, \omega_A^T, \nu_A^T, \bar{\mu}_B^T, \bar{\nu}_B^T, \bar{\omega}_B^T \geq 0 \end{aligned} \tag{5}$$

求解模型(5),即可得到子系统 A 的效率值,同时可以得到系统(决策单元)的各个投入/产出指标的实际权重,进而可计算出系统的效率值。

## 2. 变量选取和数据处理

本文样本涵盖了中国 29 个省份,不包括西藏、海南和港、澳、台地区。考虑到中国不同地区经济发展阶段、技术创新能力、资源禀赋的差异,本文将中国分为东、中、西和东北四个区域。研究周期为 2000—2012 年,数据来自于历年《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》和国研网。

知识创新阶段是创新价值链的上游,是知识(原始性创新)的生产阶段,其创新主体是高校和科研机构。知识创新投入包括人员投入和资金投入。人员投入指标包括科学家和工程师人数、R&D 活动人员折合全时当量;研发资金投入指标包括 R&D 经费内部支出、购买和引进技术经费。产出指标选择专利申请数和发明专利数。其中,专利申请数体现了创新的规模和程度,发明专利数是创新竞争力的具体表征。

产品创新阶段是创新价值链的下游,技术(应用性创新)的生产阶段,其创新主体是企业。产品创新投入包括资金、技术和人员投入。资金投入包括产品开发过程中的新产品开发经费、技术改造和消化吸收经费;技术投入为知识创新阶段所取得的成果(专利申请数和专利数);人员投入为科技活动人员。产品创新产出包括新产品销售收入和利润总额,这些指标体现了创新的商业化运用成果。

本文用 LINGO9.0 软件处理两阶段网络方向距离函数的线性规划问题,计算中国(区域)创新的整体效率、各阶段效率,评价结果见表 1。

表 1 给出了中国创新效率值。2000—2012 年,中国整体创新效率处于较低水平(0.379),其中,知识创新效率和产品创新效率分别为 0.451 和 0.306,知识创新效率略高于产品创新效率,两者都具有很大的提升空间。中国四个地区创新效率差异显著。东部地区、东北、中部地区和西部地区的整体创新效率分别为 0.531、0.373、0.322 和 0.284,呈现东部、东北、中部和西部依次递减趋势。知识创新效率也呈现出东部、东北、中部和西部地区依次递减,产品创新效率整体水平偏低,东部、中部、东北和西部四个地区效率值依次递减。

为了考察创新价值链不同环节创新活动是否存在某种关联,本文利用 Spearman 相关系数检验两种创新效率的关联度。检验结果表明知识创新效率和产品创新效率的相关系数为 0.544,并通过了 1%的显著性水平,说明价值链不同环节的创新活动不是孤立的,知识研发和技术产业化二者虽然存在一定差异,但知识创新和产品创新之间是高度相关的,过于专注于某一个环节不利于整体创

表 1 2000—2012 年中国创新效率评价

地区	知识创新效率	产品创新效率	整体效率	地区	知识创新效率	产品创新效率	整体效率
北京	0.625	0.389	0.504	河南	0.402	0.310	0.338
天津	0.589	0.380	0.487	湖北	0.435	0.285	0.367
河北	0.520	0.356	0.429	湖南	0.445	0.274	0.358
山东	0.545	0.393	0.512	内蒙古	0.402	0.308	0.324
上海	0.658	0.454	0.624	中部平均	0.389	0.295	0.322
江苏	0.612	0.439	0.550	广西	0.330	0.247	0.285
浙江	0.598	0.420	0.567	重庆	0.389	0.268	0.305
福建	0.580	0.402	0.522	四川	0.425	0.260	0.312
广东	0.635	0.468	0.586	贵州	0.308	0.212	0.245
东部平均	0.595	0.411	0.531	云南	0.334	0.221	0.260
辽宁	0.552	0.286	0.451	陕西	0.428	0.285	0.327
吉林	0.458	0.252	0.340	甘肃	0.356	0.245	0.297
黑龙江	0.429	0.241	0.328	青海	0.309	0.201	0.266
东北平均	0.480	0.260	0.373	宁夏	0.320	0.195	0.250
安徽	0.332	0.296	0.289	新疆	0.365	0.208	0.289
江西	0.328	0.305	0.275	西部平均	0.356	0.234	0.284
山西	0.378	0.288	0.304	全国平均	0.451	0.306	0.379

资料来源:作者计算整理,以下各表同。

新效率的提升。提升知识创新能力表面上是大学、科研院所内部的改革,但内在核心驱动因素仍然在于市场(产品)导向下的协同制度和环境建设。因此,设计一套好的协同创新政策环境不仅能提高知识创新效率和产品创新效率,而且还能促进两者的协同创新。

### 三、区域创新效率的多维溢出分析

#### 1. 计量模型

现实中世界各国或地区的创新绩效差异较大。探究其原因,外部性对创新行为(过程)产生了极大的影响。近年来,诸多学者对创新过程及创新主体进行了分解和细化<sup>[13]</sup>。Hansen and Birkinshaw<sup>[14]</sup>从系统的观点提出了创新价值链的概念,认为创新系统内部是一个多环节、多要素的价值链传递过程,不同环节的互动实现了价值链的溢出效应。除此之外,协同创新不仅表现为价值链不同环节之间的外部性,而且表现为不同创新空间之间的外部性,两种外溢效应(价值链溢出和空间溢出)交织在一起发挥合力的作用。基于以上考虑,本文借鉴 Lööfa and Heshmatib<sup>[15]</sup>和余泳泽<sup>[8]</sup>的内生技术能力模型,设计了测算创新效率不同维度溢出的计量实证模型。

创新价值链环节可以划分为知识创新(K)和产品创新(P)两个阶段。假设创新投入与产出之间具有线性关系。一般对于空间外溢效应的研究普遍采用了空间计量模型<sup>[16]</sup>。空间计量模型分为空间滞后模型(SLM 模型)和空间误差模型(SEM 模型)。空间误差模型(SEM)侧重于考察解释变量在不同地区中误差冲击的相互影响。由于分析的是特定渠道下的空间溢出效应,借鉴 Perkins and Neumayer<sup>[17]</sup>的思想,本文采用空间误差模型(SEM)来进行估计。根据上述命题假设,本文实证研究所设定的基础分析模型如下:

命题 1:创新价值链价具有后向溢出效应,创新价值链前端(知识创新)会受到创新价值链后端(产品创新)溢出的影响,且不同空间主体之间知识创新也存在溢出效应。计量模型见式(6)。

$$K_{it} = \delta W K_{it} + \alpha_1 P_{it} + \alpha_2 W P_{it} + X\beta + \varepsilon; \quad \varepsilon = \lambda W \varepsilon + \mu \quad (6)$$

$K_{it}$  表示知识创新效率,一方面受到知识创新自身效率空间溢出的影响,一方面也会受到来自于

产品效率( $P_{it}$ )后向溢出以及空间溢出  $WP_{it}$  的影响。 $X$  表示影响知识(产品)创新效率的其他因素。 $\alpha_1$  和  $\alpha_2$  分别表示创新的价值链溢出效应。 $\varepsilon$  和  $\mu$  表示随机误差向量, $\lambda$  表示空间误差系数。

命题 2: 创新价值链价具有前向溢出效应, 创新价值链后端(产品创新)会受到创新价值链前端(知识创新)溢出的影响, 且不同空间主体之间产品创新也存在溢出效应。计量模型见式(7)。

$$P_{it} = \delta WP_{it} + \alpha_1 K_{it} + \alpha_2 WK_{it} + X\beta + \varepsilon; \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (7)$$

$P_{it}$  表示产品创新效率, 一方面受到产品创新自身效率空间溢出的影响, 一方面也会受到来自于知识效率( $K_{it}$ )前向溢出以及空间溢出  $WK_{it}$  的影响。

以上命题体现了创新活动的多维溢出效应(价值链外溢效应和空间外溢效应)。一方面, 知识创新产出为技术转化提供了成果基础, 同时市场导向下的创新活动通过增进投入和资产优化配置机制正向作用于知识创新环节, 通过价值链后向溢出效应提升了知识创新效率, 而这种效率改进又通过价值链前向溢出效应作用于产品创新效率; 另一方面, 不同空间创新主体具有地理依赖性, 不同空间的创新要素相互影响, 相互作用, 使得创新行为在地理上扩散和集聚。而且, 两种不同的外溢效应相互作用, 形成了创新效率提升的空间外溢和价值链外溢的协同效应。

## 2. 实证分析

(1) 空间权重矩阵的构建。空间邻接权重矩阵: 设立的依据是空间决策单元之间是否地理邻接, 可以表示为:

$$W_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当区域 } j \text{ 和区域 } i \text{ 相邻, 空间相关} \\ 0, & \text{当区域 } i \text{ 和区域 } j \text{ 不相邻, 空间不相关} \end{cases} \quad (8)$$

式中,  $i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m; i \neq j$ 。

地理距离空间权重矩阵: 地理距离空间权重矩阵假定技术扩散的速度和强度取决于空间单元之间的地理距离。依据地理距离标准,  $W_{ij} = \begin{cases} 1/d^2; & \text{当 } i \neq j \\ 0; & \text{当 } i=j \end{cases}$ , 其中  $d$  为省会城市之间的直线距离。

人力资本距离权重矩阵: 本地创新活动很大程度上取决于人才的地区流动性和知识扩散性。人力资本空间权重矩阵表示为:

$$W_3 = W_d \text{diag}\left(\frac{\bar{H}_1}{\bar{H}}, \frac{\bar{H}_2}{\bar{H}}, \dots, \frac{\bar{H}_n}{\bar{H}}\right) \quad (9)$$

其中,  $\bar{H}_i = 1/(t_0 - t_1 + 2) \sum_{t_0}^{t_1} H_{it}$ ,  $\bar{H} = 1/(t_0 - t_1 + 1) \sum_{t_0}^n \sum_{t_0}^{t_1} H_{it}$ 。

$W_d$  为地理距离空间权重矩阵,  $\bar{H}_i$  为第  $i$  地区人力资本存量,  $\bar{H}$  为总人力资本存量,  $t$  为时间。考虑到人力资本与人才素质正相关, 本文用每 100 万人在校大学生作为人力资本代理指标。

(2) 变量设计与指标选取。不同创新阶段影响创新效率的因素  $X$  不尽相同。就知识创新环节而言, 知识创新活动主要集中在高校和科研院所, 基础性的创新研究较少受制于市场环境的影响, 因此, 影响知识创新效率的控制变量主要包括国家(地区)宏观因素(政府扶持力度、高等教育投入、受教育水平等); 价值链因素(产学研合作程度); 自身因素(人均经费、创新投入的偏向性)。在产品创新阶段, 技术创新产业化环节更多受制于市场环境的影响, 控制变量主要包括地区宏观因素(经济发展水平、金融支持力度、市场化水平、产业结构); 价值链因素(产学研合作程度); 自身因素(经费支持、企业规模、国外技术引进、引进技术消化吸收、创新投入的偏向性)。

政府扶持力度( $GOVE$ )以该地区科技经费筹集中央政府投入所占比重表示; 受教育水平( $EDUA$ )采用平均受教育年限表示, 借鉴了陈钊等<sup>[8]</sup>的方法; 高等教育投入( $HIGH$ )采用高等教育投入占教育总投入比重衡量; 经济发展水平( $GDP$ )采用地区人均 GDP 度量; 金融支持力度( $FINA$ )使用各地区研发经费来源中金融机构贷款占比水平。市场化水平( $MAR$ )采用中国各地区市场化进程相对指数<sup>[9]</sup>; 企业规模变量( $SCAL$ )采用各地区企业的平均产出规模。国外技术引进变量( $INTR$ )采用国外

技术引进经费占 R&D 经费的比重;引进技术消化吸收力度(*ABSO*)采用技术消化吸收支出与技术引进费用的比例衡量。人均经费(*R&D*)采用人均 R&D 经费度量。产学研合作程度(*COOP*)是影响创新效率的一个重要因素,创新主体从自身的比较优势出发,形成创新合作联盟,通过协同创新获得各自所需的资源,进而提高区域创新效率。知识创新阶段,该指标采用高校和科研机构研发经费中企业的投入比重;在产品创新阶段选择企业研发经费支出中对高校和科研机构的支出比重反映。创新各阶段创新投入的偏向性(*BIAS*),研发经费投入包括资本性投入和劳动性投入,不同创新阶段投入偏向(比重结构)会对创新效率产生不同的影响。该指标用高校、科研机构及企业研发经费中资产性支出比重表示。

空间面板文献大都采用固定效应模型。为此,本文使用空间固定效应模型,同时用极大似然法(*MLE*)进行模型估计。根据对空间效应和时间效应的不同控制方法,进一步细分为四种模型,分别是无固定效应(*nonF*)、空间固定效应(*sF*)、时间固定效应(*tF*)、既有空间又有时间固定效应(*stF*),估计结果见表 2 和表 3。

对于知识创新效率模型拟合效果,三种空间权重矩阵模型中既有空间又有时间固定效应(*stF*)更符合客观实际,空间项参数( $\lambda$ )估计值通过了 1%显著性水平,表明中国知识创新效率空间依赖性明显,具有地理空间集群特征,若忽视这种空间依存性可能导致计量模型结果出现偏差。而且本地区对相邻地区的创新效率冲击更多体现出整体区域结构性特征,即假设误差冲击。本文比较关注的是,实证结果显示产品创新效率对知识创新效率的提升没有明显的反馈作用,创新价值链后端(产品创新)尚未形成对前端(知识创新)的后向关联效应。这一结论与余泳泽<sup>[8]</sup>的观点不一致,一个可能的原因在于对创新阶段的划分界定有差别。之所以这种后向关联效应缺失,重要的原因在于中国高校和科研院所是相对独立完成各自的科研工作,忽视了对市场产品的关注,没有很好与其实现互动。创新投入资产偏向性系数显著为负,表明不同类型资产在知识创新中的作用是有差异的,过多投入到有形资产,或忽视人力资本等无形资产会抑制知识创新效率的提升。

对于产品创新效率模型实证结论,所有空间权重矩阵模型均表明中国产品创新效率具有明显的空间依赖特征。值得关注的是,知识创新的前向溢出作用明显,产品创新效率的提升很大程度上得益于知识创新效率的改善。这说明中国产学研合作中,由“研学”方向“产”方的传导较为畅通。当

表 2 知识创新外溢效应实证结果

模型 变量	邻接空间权重矩阵				地理空间权重矩阵				人力资本空间权重矩阵			
	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>
<i>GOVE</i>	0.105**	0.098**	0.125**	0.208***	0.269**	0.247**	0.258***	0.304***	0.254*	0.287***	0.211***	0.338***
<i>EDUA</i>	0.156**	0.187**	0.220**	0.298***	0.232**	0.198***	0.202**	0.257***	0.198*	0.218**	0.202**	0.248***
<i>HIGH</i>	0.124**	0.188**	0.168***	0.150***	0.221***	0.252***	0.265***	0.212***	0.255*	0.265**	0.254***	0.285***
<i>R&amp;D</i>	0.225**	0.327***	0.278***	0.304***	0.196**	0.234**	0.254***	0.260***	0.229**	0.232***	0.241***	0.251***
<i>COOP</i>	0.135*	0.105*	0.068**	0.089***	0.055*	0.058**	0.062**	0.045**	0.081**	0.068**	0.074**	0.065***
<i>BIAS</i>	-0.068**	-0.071**	-0.064**	-0.067**	-0.074*	-0.078**	-0.070**	-0.078**	-0.065*	-0.068**	-0.067**	-0.062**
$K_{t-1}$	0.147*	0.114**	0.127**	0.147***	0.202*	0.192*	0.180*	0.168**	0.192**	0.217**	0.232**	0.214***
<i>P</i>	0.068	0.047	0.088	0.057*	0.028	0.018	0.020*	0.027*	0.047	0.525	0.047*	0.054*
$W \times P$	0.202	0.297	0.234	0.268	0.298	0.232	0.260	0.296	0.254	0.285	0.298	0.201
$\lambda$	0.369*	0.388**	0.401**	0.452***	0.457*	0.499*	0.486**	0.520***	0.485**	0.502**	0.510***	0.557***
$\log L$	-24.035	-45.524	-35.524	-29.250	-24.054	-28.321	-54.024	-65.241	-14.251	-22.650	-12.325	-17.242
$R^2$	0.587	0.598	0.648	0.638	0.623	0.653	0.688	0.698	0.674	0.697	0.689	0.721
<i>F</i>	10.240	26.254	15.650	12.574	19.274	23.254	12.361	18.320	28.201	21.021	28.224	35.320

注:\*表示在 10%水平下显著,\*\*表示在 5%水平下显著,\*\*\*表示在 1%水平下显著。

表 3 产品创新外溢效应实证结果

模型 变量	邻接空间权重矩阵				地理空间权重矩阵				人力资本空间权重矩阵			
	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>	<i>nonF</i>	<i>sF</i>	<i>tF</i>	<i>stF</i>
<i>GDP</i>	0.343**	0.312***	0.335***	0.347***	0.365**	0.370***	0.362***	0.341***	0.307*	0.321***	0.328***	0.337***
<i>MAR</i>	0.087**	0.074**	0.078***	0.082***	0.047**	0.052***	0.049***	0.058***	0.078*	0.087***	0.080***	0.082***
<i>INTR</i>	0.376**	0.366**	0.376***	0.387***	0.390**	0.388**	0.394***	0.379***	0.366*	0.360**	0.354***	0.361***
<i>ABSO</i>	0.141	0.158*	0.128*	0.130*	0.185	0.197	0.177*	0.181**	0.196	0.189*	0.195*	0.186*
<i>FINA</i>	0.201**	0.198**	0.208**	0.212***	0.232**	0.217***	0.222**	0.234***	0.188*	0.197**	0.188**	0.190***
<i>SCAL</i>	-0.132**	-0.124**	-0.120***	-0.114***	-0.134***	-0.136***	-0.130***	-0.135***	-0.120*	-0.122**	-0.128***	-0.125***
<i>R&amp;D</i>	0.330***	0.328***	0.341***	0.328***	0.298***	0.302***	0.289***	0.296***	0.320***	0.322***	0.321***	0.328***
<i>BIAS</i>	0.089**	0.079**	0.093***	0.077***	0.098*	0.093***	0.087***	0.089***	0.112*	0.124*	0.109***	0.112***
<i>COOP</i>	0.098*	0.112	0.087	0.096	0.078*	0.068	0.078	0.096*	0.088	0.096	0.078	0.077*
<i>P<sub>t-1</sub></i>	0.254*	0.244**	0.265**	0.250**	0.225*	0.235*	0.234**	0.320**	0.332**	0.347**	0.349**	0.324***
<i>K</i>	0.128**	0.135**	0.127**	0.111***	0.135*	0.139***	0.140***	0.139***	0.150**	0.152**	0.157***	0.147***
<i>W×K</i>	0.098**	0.088**	0.095**	0.096***	0.078*	0.079**	0.068**	0.068**	0.075**	0.070***	0.065***	0.060***
$\lambda$	0.450*	0.462**	0.435***	0.459***	0.478*	0.441*	0.480**	0.502***	0.498**	0.487**	0.490***	0.517***
<i>logL</i>	-45.041	-57.024	-37.201	-35.781	-27.111	-42.985	-47.605	-58.274	-28.632	-27.678	-42.102	-19.278
<i>R<sup>2</sup></i>	0.654	0.567	0.665	0.665	0.612	0.601	0.618	0.620	0.633	0.645	0.650	0.635
<i>F</i>	17.274	22.254	24.674	26.350	11.28	15.630	17.352	15.524	24.274	29.698	32.750	25.441

注：\*表示在 10%水平下显著，\*\*表示在 5%水平下显著，\*\*\*表示在 1%水平下显著。

前中国企业在产品开发过程中开始关注对高校和科研院所知识成果的消化吸收，主动寻求技术支持。比如，企业与高校和科研机构联合建立技术实验室就是一个很好的企业主动向高校和科研院所寻求合作的办法。通过这种价值链前向溢出实现了不同创新环节的有效协同。与知识创新阶段不同，创新投入的资本偏向性能显著改善产品创新效率。所以，企业在产品开发过程中应加大对有形资产的投资，尤其是中试阶段的设备资产投入，但同时必须关注设备投入的适宜性和针对性。技术引进和引进技术消化吸收力度提升了企业产品创新效率，表明中国改革开放以来实施的市场换技术的战略取得了一定的成绩。企业规模变量系数显著为负，表明中国企业规模越大知识创新效率越低。

本文按照中国四大区域分别进行回归，并作稳定性分析，仍然采用 SEM 固定效应模型。检验结果见表 4 和表 5。知识创新效率溢出和产品创新效率溢出中，东部地区模型的  $\lambda$  值显著大于全国值，表明东部地区的创新效率空间集聚特征更加明显，呈现出“空间俱乐部”收敛趋势，只不过发达地区向高值收敛，欠发达地区向低值收敛。分区域的实证结果显示，经济发达的东部地区，无论是创新的价值链外溢效应还是空间外溢效应，比中西部等欠发达地区更显著，这说明经济发达地区创新要素的流动性越大，越能为创新的空间溢出创造良好的外部条件；而经济发达的地区内部经济联系越密切，创新价值链各个环节前后向互动机制越能够得到充分发挥。

#### 四、区域创新效率溢出的边界分析

虽然部分学者考虑了创新的空间溢出问题，但是囿于技术方面的原因，尚未考察跨越区域边界及地理距离因素对创新溢出的影响。事实上，创新技术溢出等正外部性无不与地理距离接近密切相关。一方面，技术的传播和扩散往往局限在有限的地理空间范围内，获得技术外溢的成本随地理距离而增加；另一方面，中国生产要素的流动受到了行政分割和地理距离的制约，较短的地理距离有助于强化技术的研发合作和便利共享技术。假设两个省会城市之间的距离区间为 $[d_{\min}, d_{\max}]$ ，将(10)



表 4 中国区域知识创新外溢效应实证结果

地区	东部			中部			西部			东北		
	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵
GOVE	0.315***	0.327***	0.347***	0.250***	0.241***	0.260***	0.210***	0.232***	0.241***	0.204***	0.224***	0.237***
EDUA	0.350***	0.367***	0.314***	0.267***	0.274***	0.223***	0.241***	0.255***	0.218***	0.228***	0.216***	0.217***
HIGH	0.226***	0.257***	0.297***	0.205***	0.216***	0.209***	0.182***	0.196***	0.202***	0.172***	0.180***	0.192***
R&D	0.378***	0.360***	0.377***	0.314***	0.298***	0.290***	0.253***	0.267***	0.268***	0.214***	0.229***	0.227***
COOP	0.159***	0.175**	0.188***	0.121***	0.132**	0.117***	0.102***	0.111**	0.123***	0.085***	0.075**	0.077***
BIAS	-0.058**	-0.062**	-0.074**	-0.054**	-0.060**	-0.066**	-0.047**	-0.041**	-0.0639**	-0.057**	-0.052**	-0.048**
K <sub>t-1</sub>	0.157***	0.165**	0.144***	0.174***	0.170**	0.152***	0.155***	0.148**	0.144***	0.142***	0.147**	0.139***
P	0.098**	0.090**	0.085**	0.075**	0.062**	0.065**	0.051**	0.059**	0.0651**	0.054**	0.057**	0.064**
W×P	0.125**	0.106**	0.145**	0.101**	0.112**	0.109**	0.085**	0.092**	0.098**	0.064**	0.071**	0.066**
λ	0.782***	0.812***	0.907***	0.547***	0.520***	0.487***	0.352***	0.365***	0.347***	0.302***	0.314***	0.318***
logL	-28.325	-45.238	-21.254	-18.320	-25.235	-25.027	-14.521	-21.380	-32.038	-22.574	-27.412	-30.325
R <sup>2</sup>	0.658	0.666	0.674	0.623	0.651	0.662	0.652	0.641	0.655	0.644	0.635	0.657
F	21.387	14.374	30.304	17.301	19.204	28.338	14.989	28.556	25.110	17.954	20.352	21.132

注：\*表示在 10%水平下显著,\*\*表示在 5%水平下显著,\*\*\*表示在 1%水平下显著。

表 5 中国区域产品创新外溢效应实证结果

地区	东部			中部			西部			东北		
	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵	邻接权 重矩阵	地理权 重矩阵	人力权 重矩阵
GDP	0.398***	0.388***	0.380***	0.314***	0.320***	0.307***	0.280***	0.286***	0.274***	0.294***	0.289***	0.292***
MAR	0.112***	0.104***	0.124***	0.089***	0.085***	0.076***	0.049***	0.055***	0.048***	0.041***	0.042***	0.035***
INTR	0.321**	0.318**	0.324***	0.309***	0.324**	0.331**	0.326***	0.319***	0.307*	0.309**	0.311***	0.305***
ABSO	0.185*	0.196**	0.180*	0.208*	0.221**	0.217*	0.247*	0.249**	0.239*	0.212*	0.219**	0.229*
FINA	0.255***	0.261***	0.230**	0.222***	0.214***	0.205**	0.174***	0.165***	0.186**	0.135***	0.142***	0.139**
SCAL	-0.099***	-0.102***	-0.104***	-0.129***	-0.135***	-0.28***	-0.104***	-0.111***	-0.121***	-0.089***	-0.085***	-0.078***
R&D	0.335***	0.305***	0.312***	0.321***	0.355***	0.349***	0.356***	0.374***	0.374***	0.385***	0.398***	0.402***
BIAS	0.076**	0.071**	0.086***	0.072**	0.077*	0.086***	0.082***	0.079***	0.089*	0.098*	0.101***	0.108***
COOP	0.136**	0.142**	0.138**	0.097**	0.086**	0.079**	0.046**	0.051**	0.046**	0.033**	0.039**	0.041**
P <sub>t-1</sub>	0.277**	0.290**	0.301***	0.255**	0.267**	0.274***	0.212**	0.219**	0.202***	0.232**	0.245**	0.240***
K	0.165***	0.174***	0.179***	0.169***	0.166***	0.182***	0.122***	0.134***	0.131***	0.136***	0.140***	0.144***
W×K	0.145***	0.138**	0.133***	0.111***	0.108**	0.119***	0.074***	0.064**	0.061***	0.052***	0.050**	0.056***
λ	0.649***	0.612***	0.608***	0.459***	0.498***	0.467***	0.333***	0.356***	0.364***	0.301***	0.318***	0.309***
logL	-28.752	-47.607	-14.638	-21.025	-38.565	-24.658	-56.112	-48.568	-35.748	-44.065	-40.211	-39.765
R <sup>2</sup>	0.687	0.680	0.672	0.644	0.649	0.632	0.678	0.688	0.681	0.655	0.678	0.683
F	20.341	19.027	21.857	15.025	17.087	16.127	19.128	11.445	19.188	27.857	21.432	25.225

注：\*表示在 10%水平下显著,\*\*表示在 5%水平下显著,\*\*\*表示在 1%水平下显著。

式的空间权重矩阵分别代入模型进行连续回归(既有空间固定又有时间固定效应 SEM 模型),以考察创新效率溢出的空间地理规律。

$$\{W_d|d=d_{\min},d_{\min}+\tau,d_{\min}+2\tau,\dots,d_{\max}\} \tag{10}$$

其中,  $\tau$  为  $d_{\min}$  到  $d_{\max}$  的步进距离。  $W_d = [w_{ij,d}]_{N \times N}$  为权重矩阵,  $w_{ij,d} = \begin{cases} e^{-\frac{d_{ij}-d_{\min}}{\tau}(P_i/P_j)}, & \text{当 } d_{ij} \geq d \\ 0, & \text{当 } d_{ij} < d \end{cases}$ 。

设定阈值  $d$  的目的是将距离  $d$  以内的地区从空间权重矩阵中删去<sup>[20]</sup>, 以便测算邻近地区间创新效率空间溢出效应和辐射范围。考虑到省会(直辖市)之间最短距离是 112.9 公里, 本文的距离阈值从 112.9 公里, 每隔 20 公里对创新效率模型进行一次回归, 直到 1190 公里<sup>①</sup>。然后记录每次回归的结果(空间相关系数和  $t$  值)。图 1 曲线反映了整体创新效率模型、知识创新和产品创新效率模型在不同距离阈值下的效率空间相关系数。空间相关系数值的显著程度都在 1% 以上, 说明在特定空间范围内空间相关系数是可信的。其中, 对于整体创新效率, 该曲线大致可以划分为三段, 第一段是密集溢出区, 距离从 112 公里到 520 公里。空间相关系数基本上在 0.5 以上, 表明在该地理区间内, 创新效率溢出效应明显, 且辐射范围为省内及周边地区。第二段是快速衰减区, 距离从 520 公里到 760 公里, 空间相关系数下降到 0.15 附近, 表明随着地理距离的扩大, 创新效率溢出效应迅速衰减, 创新效率溢出的减半距离为 600 公里。第三段是随机波动区, 地理距离大于 760 公里, 空间相关系数在 0.15 附近噪声波动。同理, 本文分别对知识创新效率和产品创新效率每隔 20 公里做一次回归, 可以发现, 整体创新效率溢出的密集距离范围明显大于分阶段创新效率溢出的密集距离范围(知识创新和产品创新效率的密集溢出区的上限分别为 380 公里和 360 公里)。究其原因在于: 中国产品创新效率区域差异较大, 而技术(效率)势差的扩大有利于产品创新效率的空间溢出和扩散。

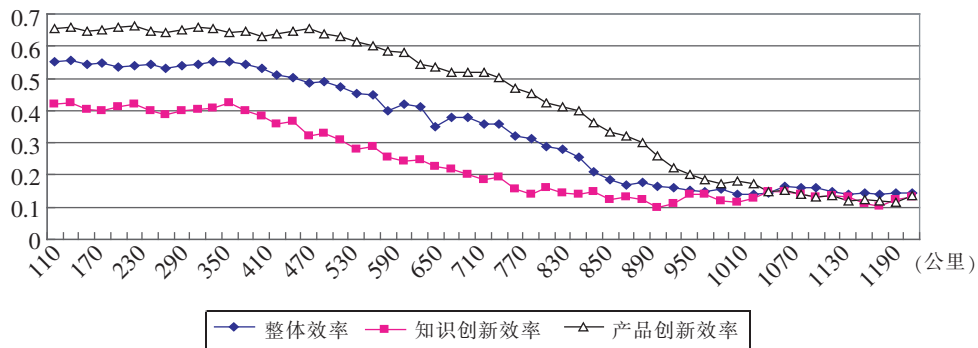


图 1 创新效率溢出的空间距离和边界

资料来源:作者计算整理。

## 五、对策与建议

基于价值链视角, 本文将创新过程分解为上游的知识创新与下游的产品创新两个相互关联的子阶段, 针对创新过程两阶段存在主从博弈的问题, 构建了两阶段非合作博弈的创新效率评价方法, 对中国(区域)整体创新效率、知识创新效率和产品创新效率进行测算。在此基础上, 将创新空间溢出和价值链溢出纳入统一的分析框架中, 综合采用多种空间计量模型检验中国创新效率的空间外溢效应和价值链外溢效应, 并测算创新溢出的距离强度。研究表明: ①全国测算结果来看, 中国整体创新效率、知识创新效率和产品创新效率均处于较低水平, 知识创新效率和产品创新效率之间存在显著主从关联, 两阶段效率相互牵制成为制约中国创新的共同因素。两阶段效率失衡问题明显, 产品创新效率明显低于知识创新效率。②从分区域结果来看, 中国东、中、西、东北地区创新效率差异明显, 各阶段创新效率均表现为东部地区要明显高于其他地区, 尤其是产品创新效率, 说明东

① 当对创新效率模型进行连续回归时, 发现所有模型中超过 1190 公里距离阈值后, 空间相关系数受异常值影响出现较多的噪声, 因此本文仅采纳 1190 公里之内的结果。

部地区凭借雄厚的经济实力、独特的地理位置、较高的市场开放度、良好的融资和创业环境以及成熟的产学研合作机制,为研发与成果转化创造了良好的条件,成为中国创新的领跑者。而中西部欠发达地区和东北老工业基地,无论是技术研发,还是成果转化过程中,创新资源存在严重的浪费,科技与经济“两张皮”的现象突出。③中国创新价值链具有单向溢出效应,即存在知识创新效率提升能改善产品创新效率的前向溢出效应,产品创新效率对于知识创新效率的后向溢出效应不明显。④中国知识(产品)创新效率具有明显的空间依赖特征,创新效率具有族群特征,高(低)创新效率的地区相互比邻。由于区域内部均质化程度较高,中国区域内部创新效率的趋同特征明显,呈现“俱乐部收敛”的趋势。经济越发达、经济联系越紧密的地区,无论是创新的空间外溢效应还是创新的价值链外溢效应都显得更加突出。⑤创新活动的地理空间效应不可忽视。纵向来看,随着时间的推移,中国各地区间创新效率的空间相关性在逐渐加强。静态来看,技术的传播和扩散往往局限在有限的地理空间范围内,随着地理距离的扩大,创新效率溢出效应迅速衰减。知识(产品)创新效率势差的扩大有利于产品创新效率的空间溢出和扩散,使得分阶段创新效率溢出的密集距离范围明显大于整体创新效率溢出的密集距离范围。根据以上研究得出的结论,可以对提高区域协同创新效率得出以下建议和启示:

(1)正确对待经济区或城市圈扩容。世界经济正朝着全球化和经济一体化的方向发展。在这个大背景下,顺应全球经济一体化趋势,加强区域创新资源整合,加强区域内部的技术溢出,促进不同地区之间创新协同发展是一个必然选择。进入20世纪,“大经济区”概念出现在党和国家最高领导人的讲话中,2003年,“泛珠三角”区域合作应运而生,其陆地面积占到了全国面积的1/5,全国人口总数的1/3。无独有偶,2007年,长三角的地理范围定调——从原来的16市扩容到2省1市(上海、江苏和浙江),激辩多年的长三角边界之争终于告一段落。对于那些梦寐以求想要加入“大经济圈”的城市而言,现在虽然如愿以偿,名正言顺地成为“大经济圈”的一分子,但是,千万不要以为这是“天上掉馅饼”。加入“大经济圈”,初衷是更好地接受增长极的辐射,分享增长极的发展成果,但是,行政性的圈地,概念性的炒作就是世界级的经济圈吗?答案是否定的。有竞争力的经济圈固然依靠的是产业(企业)的协同创新,但首先作为一个地域经济概念,经济圈的认定是无法回避地理边界的,尤其是在中国目前产业结构组织联系松散,合作氛围不浓的状况下,行政性的地理扩容对实现区域协同创新无太大帮助。从实证结果来看,创新活动的地理空间效应不可忽视。纵向来看。随着时间的推移,中国各地区间创新效率的空间相关性在逐渐加强。静态来看,技术的传播和扩散往往局限在有限的地理空间范围内,随着地理距离的扩大,创新效率溢出效应迅速衰减。因此,对于经济区的地理扩容值得商榷,大经济区的扩容不在于数字多少,城市间能否真正实现合作与分工,共享发展红利才是关键所在。如果在制度、产业一体化创新上没有突破的话,经济区的地理扩容是没有实质意义的。

(2)从制度、体制、机制等多方入手,充分发挥区域协同创新的溢出效应。首先要打破地区封锁,实现物品、生产要素、投资和创新要素在区域间的自由流动。2014年,诺贝尔经济学奖得主梯若尔在中国接受采访时曾说,他对中国跨省之间的贸易互相征税很吃惊,虽然中国对外竞争做得很好,但内部相互征税不是好事,应该提倡自由贸易,否则就会重演别国的失误。时至今日,利用税收、准入审批、政策歧视等手段进行地方保护、限制外地竞争的现象仍在很多地区不同程度的存在,人为地割裂地区之间的经济联系和协作,推高地区之间贸易、投资和要素流动的成本。不打破这种地区垄断,区域经济内部的合理分工和一体化就很难实现,以邻为壑的非合作博弈就会成为主导,区域协同创新及其溢出效应也就无从谈起。区域创新溢出强度和方向会受到地方保护主义的牵制,而且随着空间距离的扩大,信息对称程度和创新主体之间信任关系会迅速衰减。为此,一方面中央政府要打破地方政府分割、以邻为壑的局面,出台相关鼓励各级地方政府之间合作交流的政策措施,通过双边或多边协议,实现共赢局面;另一方面要加强诚信体系建设,营造诚信合作氛围,努力降低交

易成本,扩大创新外溢半径。

(3)重视创新价值链的外溢效应,特别是产品创新的后向溢出效应。创新价值链以及产学研协同创新各环节应该是互动互促,互为因果。而本文的实证结果却显示,中国创新价值链具有单向溢出效应,即产品创新效率的提升很大程度上得益于知识创新效率的改善,而产品创新效率对知识创新效率的反馈效应不明显。这在一定程度上说明在中国产学研结合方面,企业的主动性和积极性较高,由“研学”向“产”方面结合良好,在面临技术难题时,会主动向高校和科研机构寻求帮助,重视对其基础知识的商业化转化和应用。而高校和科研机构相对被动,“产”向“研学”方面的反馈路径尚未形成。中国高校和科研机构对科研的评价存在着重数量轻质量,重学术贡献轻实际应用现象,导致研发活动与企业 and 产业实际需要结合不紧密,缺乏市场导向,更多是象牙塔内部的自我循环。要改变高校目前这种单打独斗的松散状态,需要提升产学研合作的组织化程度,尤其是注重运用经济杠杆和政策措施,给予“研学”方人财物和政策方面的倾斜。可以借鉴美国官产学研合作做法,以市场需求为导向,以项目为纽带,通过政策扶持促进企业、高校和科研院所共同组建研究实体,培养坚实的研发能力。另外,也应重视大企业特别是实力雄厚的行业领先企业在知识创新以及“产”向“研学”溢出效应中的作用。发达国家一些实力强大的跨国公司,不但十分重视应用技术研发和产品创新,还对与此关系紧密的基础研究增加投入,一旦在这些领域取得突破,就很快投入应用,知识创新与产品创新以及由“产”向“研学”的结合十分紧密。中国一些实力强大的行业领先企业也可借鉴这种做法。

(4)在科研资金使用特别是智力资本密集(如软件、设计、动漫等创意产业和一些基础性研究)的研发资金使用中,对科研人员的劳动报酬以及人才培养等人力资本支出应予以足够重视。本文的实证研究发现,在产品创新环节,创新投入的资产偏向性为正,说明产品创新环节,尤其是中试阶段成功与否很大程度上取决于中间试验设备投入规模以及设备的先进性,资本偏向性创新投入会提升产品创新效率。但在知识创新环节中,创新投入的资产偏向性为负,说明知识创新环节过多的资产投入会抑制知识创新效率的提升。这也从一个侧面反映了中国目前的基础研究投入领域中,一直过度强调建设大型实验室和购置设备,严禁在经费的使用、报销范围列支科技人员的正当报酬支出。由于不少基础研究和创意性研究更多依赖于科技人员的脑力劳动和智慧,过于强调基础研究中的资产投入,一方面会造成研究设备过度投入以至多次购买或重复购买,降低知识创新效率,另一方面对研发人员的额外劳动没有在报酬上得到应有体现,对人才培养重视不够,不仅影响了科技人员的积极性和知识创新的效率,也是造成目前科研经费使用乱象的一个原因。因此,政府基础研究领域的经费支出应当调整支出结构,适当向科技人员倾斜,充分反映脑力劳动者的合理报酬,增加人才培养支出。

#### [参考文献]

- [1]Romer, P.M. New Goods, Old Theory and the Welfare Costs of Trade Restrictions [J]. *Journal of Development Economics*, 1994, (43):5-38.
- [2]Arrow. Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention [A]. National Bureau of Economic Research. *The Rate and Direction of Inventive Activity*[C]. Princeton;Princeton University Press, 1962.
- [3]Jaffe, A.B., M. Trajtenberg., Henderson. Geographic Localization of Knowledge Spillovers as Evidenced by Patent Citations[J]. *Quarterly Journal of Economics*, 1993, (108):577-598.
- [4]Fritscha, M., G., Frankeb. Innovation, Regional Knowledge Spillovers and R&D Cooperation [J]. *Research Policy*, 2004, (33):245-255.
- [5]Segerstrom, P.S. Innovation, Imitation and Economies Growth [J]. *Journal of Political Economy*, 1991, (99): 807-819.
- [6]Audretsch, D.B., M.P. Feldman. R&D Spillovers and Geography of Innovation and Production [J]. *American Economic Review*, 1996, (86):630-641.

- [7]符淼. 地理距离和技术外溢效应——对技术和经济集聚现象的空间计量学解释[J]. 经济学(季刊), 2009,(4): 1549-1565.
- [8]余泳泽. 我国区域创新效率的空间外溢效应与价值链外溢效应[J]. 管理世界, 2013,(8):6-20.
- [9]Chen Y., Zhu J. Measuring Information Technology. A Direct Impact on Firm Performance [J]. Information Technology & Management Journal, 2004,(5):9-22.
- [10]Kao C., Shiiuh-Nan Hwang. Efficiency Development in Two-stage Data Envelopment Analysis: An Application to Non-Life Insurance Companies in Taiwan [J]. European Journal of Operational Research, 2008,(185),418-429.
- [11]Liang L., Cook W., Zhu J. DEA Models for Two or Stage Processes: Game Approach and Efficiency Decomposition[J]. Naval Research Logistics, 2008,(55):643-653.
- [12]卞亦文. 非合作博弈两阶段生产系统的环境效率评价[J]. 管理科学学报, 2012(7):11-19.
- [13]余泳泽. 要素集聚、政府支持与科技创新效率[J]. 经济评论, 2011,(2):93-103.
- [14]Hansen, M.T., Birkinshaw, J. The Innovation Value Chain[J]. Harvard Business Review, 2007,(85):121-135.
- [15]Lööfa H., Heshmatib. Knowledge Capital and Performance Heterogeneity:A Firm Level Innovation Study [J]. International Journal of Production Economics, 2007,(76):61-85.
- [16]Anselin,L. Spatial Econometrics: Methods and Models[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988.
- [17]Perkins., Neumayer. Fostering Environment-efficiency through Transnational Linkages? Trajectories of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>:1980-2000[J]. Environment and Planning, 2008,(40):2970-2989.
- [18]陈钊,陆铭,金煜. 中国人力资本和教育发展的区域差异:对于面板数据的估算[J]. 世界经济, 2004,(12):25-31.
- [19]樊纲,王小鲁,朱恒鹏. 中国市场化指数:各地区市场化相对进程 2005 年报告[M]. 北京:经济科学出版社, 2005.
- [20]Halpem., Murakozy. Does Distance Matter in Spillover[J]. Economics of Transition, 2007,(15):785-805.

## Multidimensional Spillover Effect of Regional Cooperative Innovation Efficiency

ZHAO Zeng-yao<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiao-bo<sup>3</sup>, SHEN Neng<sup>1</sup>

- (1. School of Business, Soochow University, Suzhou 215021, China;  
 2. Centre for Chinese Urbanization Studies, Soochow University, Suzhou 215021, China;  
 3. School of Public Administration, Soochow University, Suzhou 215021, China)

**Abstract:** Based on the perspective of value chain, this paper decomposes the innovation stage into interrelated sub stages, namely knowledge innovation and product innovation, and constructs innovation efficiency evaluation method of two-stage non-cooperative game to calculate the efficiency of knowledge innovation, product innovation and overall innovation of China. On this basis, the spatial spillover and value chain innovation spillover are integrated into innovation analysis framework. And a variety of spatial econometric models are used to test innovation efficiency of spatial and value-chain spillover effects of China. The study found that: there is significant correlation between the knowledge innovation and product innovation, mutual restraint between the efficiency of knowledge innovation and product innovation has become the common factors restricting Chinese innovation. The imbalance of efficiency of two stages is obvious, the efficiency of product innovation is obviously lower than that of knowledge innovation. Forward spillover effect of knowledge innovation to product innovation is obvious, backward feedback of product innovation to knowledge innovation is missing. The knowledge (product) innovation efficiency has obvious spatial dependence, the spatial spillover effect and value chain spillover effect of the eastern region is more outstanding. Innovation spillover and dissemination will be subjected to geographic distance between innovation subjects, with the expansion of space distance, innovation spillover intensity presents pulse attenuation.

**Key Words:** innovation efficiency; non-cooperative game; spatial spillover

**JEL Classification:** C44 L52 R38

[责任编辑:王燕梅]