

# 基于空间面板数据模型的 R&D 活动中 知识生产与溢出效应研究

白少君<sup>1</sup>, 赵立雨<sup>2</sup>

(1.西安外国语大学 商学院, 陕西 西安 710128; 2.西安理工大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

**摘 要:**在对相关文献进行系统梳理的基础上,以 R&D 经费、R&D 人员投入等要素作为变量构建知识生产函数的空间面板数据模型,并以 1986-2007 年有关数据对我国 R&D 活动中的知识生产与溢出效应的影响因素进行实证分析。研究表明,我国 R&D 活动中的 R&D 人员知识生产效率较低,知识生产活动中存在正的溢出效应。提出加大 R&D 人力资本投资力度、调整 R&D 人员结构、提高 R&D 经费投入强度等政策建议。

**关键词:**空间面板数据模型; R&D; 知识生产; 溢出效应

**DOI:** 10.3969/j.issn.1001-7348.2010.21.01

中图分类号: G302

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2010)21-0001-04

在知识经济时代, R&D 活动中的知识存量和溢出效应成为影响创新活动成败的重要因素。与国外相比,知识存量不足是我国 R&D 活动缺乏创新的主要原因之一。由于 R&D 活动具有公共产品的外溢性特点,落后地区有效利用知识溢出效应,可以推动该地区的经济和社会发展。本文从知识生产的空间相关性出发,以知识生产函数构建空间面板数据模型进行实证分析。

## 1 相关文献回顾

目前,国内外学者已开始关注知识生产及其溢出效应等问题,但从 R&D 活动角度去研究的成果还很少。Griliches<sup>[1]</sup>、Cohen & Klepper<sup>[2]</sup>等通过研究发现, R&D 活动的重要成果之一是创造出新知识,并且这些新知识会在不同区域发生溢出效应。Griliches<sup>[1]</sup>最早采用知识生产函数来度量 R&D 和知识溢出对生产率增长的影响;随后, Jaffe<sup>[3]</sup>进一步发展了知识生产函数,认为 R&D 经费和人员投入的重要产出是新知识。这些成果为研究如何促进知识生产提供了理论借鉴。

鉴于以往研究没有考虑到空间因素,忽视了知识在不同区域之间的相互流动及吸收能力, Anselin<sup>[4]</sup>应用空间计量经济学理论扩展了知识生产函数,提出了空间滞后模型。Fischer<sup>[5]</sup>考虑到区域内与区域间的溢出效应和知识生产的时滞性,提出了精炼的知识生产函数模型。而 Greunz<sup>[6]</sup>在考虑区域间地理溢出的同时,也充分考虑到技术溢出因素,认为混合知识生产函数模型在知识生产与溢出过程中具有

重要作用,并认为选择区位时要基于两个标准,即与技术领先的区域相邻和与技术层次相近的区域相邻。他利用技术相邻指数构建出如下模型:

$$P_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m f_{ik} f_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m f_{ik}^2} \sqrt{\sum_{k=1}^m f_{jk}^2}} \quad k=1, \dots, m; i, j=1, \dots, N \quad (1)$$

式(1)中,  $f_{ik}$  表示第  $i$  个区域在第  $k$  个技术领域内拥有专利的比重。如果区域  $i$  与  $j$  的技术层次相似,  $p_{ik}=1$  则成立。研究表明,区域创新能力不仅取决于其自身 R&D 活动过程中的知识因素,还会受到地理相邻区域 R&D 活动中知识溢出因素的影响。

目前,国内学者对知识生产、知识存量与溢出效应的研究较少,且多属定性研究。如蔡虹、许晓雯等对我国技术知识存量的构成进行了分析,并与国际作了比较研究<sup>[7]</sup>;蔡虹、张永林等对我国区域间外溢技术知识存量进行了测度研究<sup>[8]</sup>;杨鹏对我国区域 R&D 知识存量进行了计量分析<sup>[9]</sup>。这些研究对增加知识存量发挥了一定的理论指导作用,但是能够从 R&D 活动与空间计量经济学角度分析影响知识存量增加因素的文献较少,而就如何有效利用知识溢出方面的研究则更是鲜见。

## 2 知识生产函数模型修正与空间面板数据模型的实证分析

由于在 R&D 过程中精确测度隐性知识比较困难,这给

收稿日期: 2010-07-13

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目(09XJC630009); 陕西省教育厅科学技术研究项目(09JK165); 陕西省社科联基金项目(2010Z040); 西安市社科基金项目(10J84); 西安外国语大学科研基金项目(09XWB13)

作者简介: 白少君(1966-), 男, 陕西长安人, 西北大学经济管理学院博士研究生, 西安外国语大学商学院副教授, 研究方向为企业管理; 赵立雨(1976-), 男, 江苏沐阳人, 西安理工大学经济与管理学院讲师, 研究方向为公共管理、人力资源管理。

知识存量的科学度量带来了一定的困难；同时，现有知识生产函数模型也没有考虑到客体的知识吸收能力，因此还需要进一步完善和发展。

Romer<sup>[10]</sup>提出的知识积累模式对本文研究具有一定的借鉴意义。考虑到知识存量的溢出效应主要受空间地理距离影响，故本研究中以省际区域为界限。

### 2.1 基于省际区域的知识生产函数构建

由于空间地理距离是影响知识生产及溢出效应的一个重要因素，因此在测度知识生产和溢出效应时，本文构建如下区域间知识生产函数：

$$P_{i,t+\theta} = e^{\alpha_0} K_{i,t}^{\alpha_1} L_{i,t}^{\alpha_2} A_{i,t}^{\alpha_3} e^{\varepsilon_{i,t}} \quad (2)$$

式(2)中， $i=1,2,\dots,I$ 代表区域间的各个省份， $t=1,2,\dots,T$ 代表年份。在知识生产过程中，产出指标主要用每个省份的专利授权数来表示。因为知识生产的周期具有滞后性特征，故将第  $t$  年的专利授权数看作是第  $t-\theta$  年的 R&D 活动产出。一般来说，专利申请与专利授予平均相隔年限为两年，故取  $\theta=2$ 。而在知识生产的 R&D 投入方面，各省份的 R&D 经费投入用  $K$  表示，R&D 人员投入用  $L$  表示， $A_t$  是第  $t$  年的知识存量。由于获取知识存量的统计数据较困难，所以只能对知识存量进行估算。对式(2)两边取对数，得到以下知识生产函数：

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

式(2)中存在的一个主要问题，是没有考虑到知识产出的空间自相关性。而 Greunz 等学者通过研究发现，知识的空间溢出的确是客观存在的。利用空间计量方法，判断空间自相关的显著性后，建立空间面板数据模型来分析知识生产函数。Anselin<sup>[11]</sup>提出了两种方法研究空间自相关，即在普通的回归模型中引入内生变量或者剩余项。引入加权的内生变量的模型，即空间滞后模型(SAR)：

$$Y = \rho WY + \beta X + \varepsilon \quad (4)$$

引入剩余项的是空间误差模型(SEM)。该模型假定地区间的相互关系通过外生冲击发生作用，模型形式如下：

$$Y = \beta X + \varepsilon \quad \varepsilon = \lambda W\varepsilon + \mu \quad (5)$$

式(4)、式(5)中， $Y$  代表因变量， $X$  代表自变量， $\beta$  为变量系数， $\rho$ 、 $\lambda$  分别为空间滞后回归系数和空间误差回归系数。因为  $\lambda$  既包括未观察到的空间异质性因素，还包含遗漏掉的空间滞后自变量  $\rho$  的影响，所以  $\lambda$  的数值要大于  $\rho$ 。 $\varepsilon$  和  $\mu$  为随机误差项。 $W$  为  $N \times N$  的空间权重矩阵( $N$  为地区数)。

因此，基于区域省际因素考虑，构建知识生产函数的空间滞后模型(SAR)为：

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \rho W \ln P_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{i,t} \sim N(0, \sigma^2 I)$$

知识生产函数的空间误差模型(SEM)为：

$$\ln P_{i,t+2} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln K_{i,t} + \alpha_2 \ln L_{i,t} + \alpha_3 \ln A_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{i,t} = \lambda W \varepsilon_{i,t} + \mu_{i,t} \quad \mu_{i,t} \sim N(0, \sigma^2 I)$$

其中， $\varepsilon_{i,t}$ 、 $\mu_{i,t}$  为随机误差项。若  $\alpha_0$  为固定常数，则以上两个模型是固定效应模型；若  $\alpha_0$  是随机变量，且与其

它自变量不相关，则是随机效应模型。由于本文是对我国内地所有省份进行分析，所考察的截面单位是总体的所有单位，因此采用固定效应模型更加合适。

### 2.2 基于省际区域的空间面板数据模型实证分析

在对式(6)、式(7)进行实证分析时，变量  $K_{i,t}$  为各省的年度 R&D 经费支出(万元)， $L_{i,t}$  为各省各年度的 R&D 人员数， $P_{i,t}$  为各省所授权的专利数，它们均可在《中国科技统计年鉴，2008》中查得； $A_{i,t}$  为各省的科技知识存量。所选样本数据的时间跨度为 2000-2007 年。

由 1986-2006 年我国区域各省份知识生产的数据(即授权专利数)(见图 1)可以看出，东部地区(如广东)在知识存量及其增长速度等方面上远高于西部地区，我国区域知识生产呈现出不平衡状态。我国西部地区在知识生产、增加知识存量等方面应向东部地区学习，利用知识溢出效应机制，使处于优势地位的东部地区的知识有效“流”向处于劣势地位的西部地区。

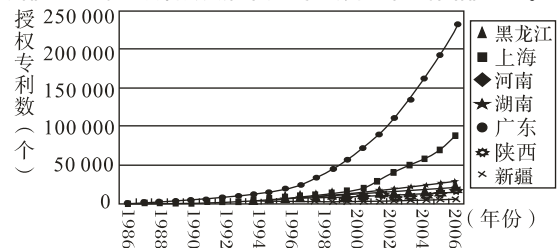


图1 我国代表性省份知识存量(以授权专利为代表)曲线(1986-2007年)

数据来源：《中国科技统计年鉴，2008》。

邓明和钱争鸣等学者<sup>[12]</sup>通过实证研究发现，我国区域间的知识产出在空间分布上具有显著的正自相关关系(临界值为 1.96)，即我国知识生产的空间分布表现出一种空间集群形态。知识的空间集群形态，一方面有利于促使先进地区在知识生产方面更具优势；另一方面也可以利用溢出机理，使更多的知识向其它地区扩散。

在数据分析过程中，考虑到区域间地理分布状况，将海南省的地理空间处理为与广东、广西相邻，而将四川和重庆作为一个区域单位看待。其中  $N=30$ ， $T=8$ (考虑到 R&D 投入产出的滞后，文中使用的数据为 6 期)。使用 Matlab 软件，计算结果见表 1。

表1 空间面板数据模型估计结果

模型参数	固定效应 面板数据 模型	SAR模型			SEM模型		
		地区固定	时间固定	地区、时间 固定	地区固定	时间固 定	地区、时间固 定
1	0.318*** (4.747)	0.301*** (4.742)	0.331*** (3.929)	0.289*** (8.693)	0.235*** (3.336)	0.276*** (6.350)	0.321*** (8.810)
	0.134* (1.718)	0.103 (0.741)	0.098 (0.813)	0.117 (1.042)	0.061 (0.809)	0.501 (1.132)	0.454 (0.965)
2	0.766*** (4.237)	0.646*** (4.719)	0.657*** (4.512)	0.728*** (5.693)	0.653*** (4.838)	0.589** (2.867)	-11.127*** (4.469)
		0.247*** (3.791)	0.319*** (4.395)	0.269*** (4.528)			
R <sup>2</sup>	0.817	0.764	0.764	0.652	0.744	0.705	0.737
	LO G-L	121.304	134.332	134.332	84.315	128.362	98.743

注：\*、\*\*、\*\*\*分别代表在 10%、5%、1%显著性水平下显著，括号里为 T 统计量。

从表 1 中可以看出, 文中所处理的空间面板数据模型的拟合度均在 60% 以上, 表明其能够很好地拟合区域间的知识生产活动。在区域间的 R&D 活动中, 知识生产表现出显著的正的空间自相关。知识生产在区域间具有溢出效应, 处于优势地位的区域(各个省份)可以将知识有效输送到处于劣势地位的区域; 落后地区若充分学习先进地区的 R&D 经验, 其知识吸收能力就会不断增强。

### 2.3 知识生产与知识溢出的影响因素分析

影响知识生产与知识溢出的因素众多, 其中 R&D 人员和 R&D 经费是两个重要因素。目前, 我国 R&D 人员数量虽呈现逐年增加趋势(见表 2), 但并不能显著提高专利的产出水平。由于对 R&D 人员缺乏的有效激励机制, R&D 人

员的知识生产效率还有待提高。同时, 基础研究、应用研究和试验发展所占的 R&D 人员比例不合理: 从事基础研究的 R&D 人员较少, 2008 年只占整个 R&D 人员总数的 7.84%, 而从事试验发展的 R&D 人员很多, 占整个 R&D 人员总数的 77.44%(见表 3)。基础研究是增强一个国家创新能力的根本和基础, 是新知识产生的重要源泉, 因此要合理调整这三者之间的 R&D 人员比例, 从而为知识生产创造更好的条件。另一方面, 我国还应该特别注重加大 R&D 经费投入。2008 年我国 R&D 经费总支出达到 4 616 亿元, 比上年增长 905.8 亿元, 增长 24.4%; R&D 投入强度为 1.54%, 达到国内历史最高水平。但与发达国家及新兴工业化国家相比, R&D 经费投入总量与 R&D 投入强度水平均较低(见图 2)。

表 2 我国 R&D 人员、经费增长情况

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
R&D 人员(万人年)	95.65	103.51	109.48	115.26	136.48	150.25	173.62	196.54
R&D 经费(亿元)	1 042.5	1 287.6	1 539.6	1 966.3	2 450.0	3 003.1	3 710.2	4 616.0
R&D 投入强度(%)	1.09	1.07	1.13	1.23	1.33	1.42	1.49	1.54

资料来源: 根据《中国科技统计年鉴, 2009》整理而得。

表 3 我国 3 类 R&D 人员数及比例情况

(单位: 万人年)

年 份	R&D 人员 全时当量	基础研究		应用研究		试验发展	
		人数	比例(%)	人数	比例(%)	人数	比例(%)
2001	95.65	7.88	8.24	22.60	23.63	65.17	68.13
2002	103.51	8.40	8.12	24.73	23.90	70.39	67.98
2003	109.48	8.97	8.20	26.03	23.78	74.49	68.02
2004	115.26	11.07	9.60	27.86	24.17	76.33	66.23
2005	136.48	11.54	8.46	29.71	21.77	95.23	69.77
2006	150.25	13.13	8.74	29.97	19.95	107.14	71.31
2007	173.62	13.81	7.96	28.60	16.47	131.21	75.57
2008	196.54	15.40	7.84	28.94	14.72	152.20	77.44

资料来源: 根据《中国科技统计年鉴, 2009》相关数据计算而得。

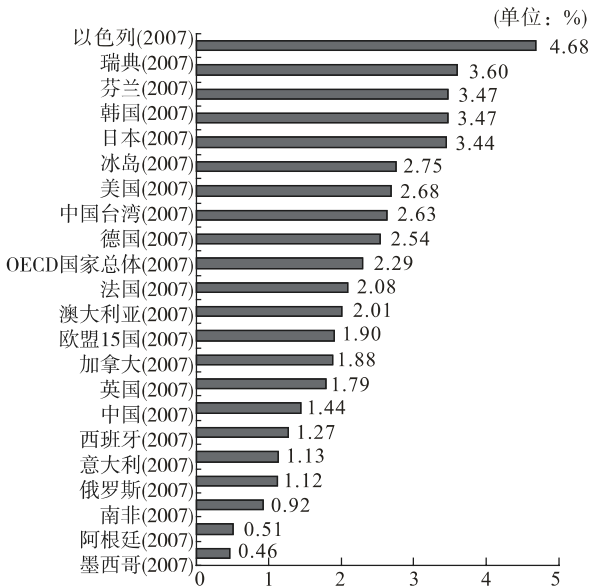


图 2 部分国家 R&D 经费支出总额与 GDP 之比

从国内各地区来看, 区域之间的 R&D 经费投入差异很大。以 2008 年为例, 北京、江苏和广东等省份的 R&D 经费投入较多, 而中西部地区一些省份(如甘肃、贵州和云南等)的 R&D 经费投入则较少(见表 4), 这对部分省份的知识生产影响较大。因此要实现我国自主创新战略的宏伟目标, 增加知识存量, 还需进一步加大 R&D 投入, 提高我国 R&D 整体投入强度。

### 3 结论及对策分析

本文在对传统知识生产函数进行修正后, 构建空间面板数据模型并进行了实证分析。研究表明, 我国 R&D 人员的产出弹性较低, R&D 人员在知识生产中的积极性没有得到充分发挥; R&D 活动中的知识生产存在正的空间溢出效应; R&D 活动中的知识生产受到 R&D 经费、R&D 人员投入等多种因素的影响。基于此, 本文建议从以下几个方面采取措施, 提高我国的知识存量。

(1) 应充分重视并加大 R&D 人力资本投入力度, 提高 R&D 人员素质。增强区域的吸收能力和研发水平, 提高知识生产水平。充分调动 R&D 人员的积极性, 建立、健全 R&D 人员的激励机制, 提高知识生产效率与知识存量水平。合理改善 3 类 R&D 人员的比例关系, 促使更多的 R&D 人员从事基础研究工作, 从而创造出能提高我国自主创新能力的知识。

(2) 由于 R&D 活动中存在正的知识空间溢出, 因此应重点营造有利于 R&D 空间溢出的环境。充分发挥政府和市场的重要作用, 加强区域间的合作与交流, 积极为区域之间的 R&D 组织搭建良好的交流平台, 营造有利于 R&D 空间溢出的各种环境, 真正发挥溢出效应对知识生产的促进作用。经济发展落后地区应考虑政策的空间效应, 加大有效吸收、利用外部溢出的技术能力, 这对于增加该地区的知识存量、促进其经济发展具有重要意义。

表4 2008年各地区R&amp;D经费支出情况

地区	R&D经费支出(亿元)	R&D经费投入强度(%)
全国	4616.0	1.54
北京	550.3	5.25
天津	155.7	2.45
河北	109.1	0.67
山西	62.6	0.90
内蒙古	33.9	0.44
辽宁	190.1	1.41
吉林	52.8	0.82
黑龙江	86.7	1.04
上海	355.4	2.59
江苏	580.9	1.92
浙江	344.6	1.60
安徽	98.3	1.11
福建	101.9	0.94
江西	63.1	0.97
山东	433.7	1.40
河南	122.3	0.66
湖北	149.0	1.31
湖南	112.7	1.01
广东	502.6	1.41
广西	32.8	0.46
海南	3.3	0.23
重庆	60.2	1.18
四川	160.3	1.28
贵州	18.9	0.57
云南	31.0	0.54
西藏	1.2	0.31
陕西	143.3	2.09
甘肃	31.8	1.00
青海	3.9	0.41
宁夏	7.5	0.69
新疆	16.0	0.38

(3)各区域应加大 R&D 经费投入力度,缩小区域之间 R&D 经费投入差距,提高 R&D 投入强度(即提高 R&D 经费投入在 GDP 中的比值)。R&D 经费投入是促进区域知识生产的重要因素。要形成以政府(包括地方政府)为主导、企业为主体、高校等科研机构为补充的多元化 R&D 经费投入体系,以更有效地促进知识生产。

(4)完善知识生产与溢出网络体系。完善的技术创新网络有利于创新模块间的知识流动、传播与共享,区域间的知识互补能力将会得到很大提高。Brousini<sup>[14]</sup>认为技术创新网络中的核心模块能够协调网络内部的知识流动,但是各模块对创新活动和创新网络联系也具有自主控制力,即自己决定信息流动的类型和数量,以及信息流动路径的建立与中断、加强和减弱。

(5)找到影响知识溢出的瓶颈因素。首先,空间地理距离是影响知识溢出的一个基本因素<sup>[15]</sup>。大量研究表明,空间上集中的经济主体能从溢出中获益,空间地理距离较短的主体间能更加容易地进行信息交流和缄默性知识转移。反之,距离越远,知识溢出效应就越弱,缄默知识的转移就越困难。其次,知识领域对溢出效应的影响也较为

明显。不同技术领域内的溢出效应对企业创新的影响不同;不同技术领域间的知识溢出,较之其内部的知识溢出要少<sup>[15]</sup>。最后,知识溢出能否成功,知识溢出效应可否实现,与知识接受者的消化吸收能力关系很大。因此,需要强化知识接受者(如企业)对外来知识的吸收、学习和模仿能力,使其拥有更强的技术能力去吸收外部知识溢出。

#### 参考文献:

- [1] GRILICHES ZV. Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth [J]. Bell Journal of Economics, 1979, (10) 92-116.
- [2] COHEN W, KLEPPER S. The Trade off Between Firm Size and Diversity in the Pursuit of Technological Progress [J]. Small Business Economics, 1992(4) :1-14.
- [3] JAFFE A B. Real effects of Academic Research [J]. American Economic Review. 1989, 79(5) 957-970.
- [4] LANSELIN A, VARGA Z. ACS. Local Geographic Spillovers between University Research and High Technology Innovations [J]. Journal of Urban Economics, 1997 (42) : 422-448.
- [5] FISCHER A. Local academic knowledge spillovers and concentration of economic activity [J]. Journal of Regional Science, 2000(40) 289-309.
- [6] GREUNZ L. Geographically and technologically mediated knowledge spillovers between European regions [J]. Ann Reg Sci, 2003(37) 657-680.
- [7] 蔡虹,许晓雯.我国技术知识存量的构成与国际比较研究[J]. 研究与发展管理, 2005(4) :15-20.
- [8] 蔡虹,张永林.我国区域间外溢技术知识存量的测度及其经济效果研究[J]. 管理学报, 2008(4) :568-575, 590.
- [9] 杨鹏.我国区域 R&D 知识存量的计量研究[J]. 科学学研究, 2007(3).
- [10] ROMER P M. Endogenous technological change [J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5) :71-102.
- [11] Anselin L. Spatial econometrics: methods and models [M]. Dordrecht: Kluwer Academic, 1988.
- [12] 邓明,钱争鸣.我国省际知识存量、知识生产与知识空间溢出[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(5) :42-53.
- [13] 中国科技统计网站. <http://www.sts.org.cn>, 2009/12/25.
- [14] 李玲,党兴华,贾卫峰.网络嵌入性对知识有效获取的影响研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2008(12) :97-100, 140.
- [15] 王艳,赵立雨,师萍.知识溢出效应影响因素、机理及测度模型研究[J]. 图书情报工作, 2009(20) :110-113.

(责任编辑:赵峰)