

行业间知识溢出与中国产业发展

——基于贝叶斯层级模型的实证研究

雷 欣 陈继勇*

摘要: 二十一世纪以来,中国工业经济进入了平稳、快速增长时期。与此同时,中国工业经济中的结构性问题也日益凸显,主要表现为产业发展失衡、产业创新能力不足等。其中,产业研发投入不足、知识产出有限,是导致上述结构性问题的重要原因。而产业间的知识溢出则是影响各产业知识产出的重要因素。为此,本文在利用贝叶斯空间层级模型测度中国行业间知识溢出效应的基础上,致力于检验行业间知识溢出对中国产业发展的影响。实证结果显示:行业间知识溢出通过推动各产业的知识生产,能够有效促进产业发展。本文提出,应进一步加大产业,特别是具有较大知识溢出输出效应的基础性产业的研发投入,加快其人力资本开发和积累,以促进中国产业结构优化升级和长期稳定增长。

关键词: 知识溢出 产业结构 贝叶斯层级模型

一、引言与文献综述

二十世纪以来,中国工业经济实现了持续稳定的增长,与此同时,产业间的发展失衡问题也日益凸显。2001-2010年,黑色金属采选业工业总产值的年均增速达到54%,煤炭采选业达40%,而通信电子设备制造业为25%,医药制造业为24%^①。产业间工业增加值的增长态势也与之类似。可见,产业增长呈现出传统产业增长迅速,高科技产业增长相对缓慢的不平衡增长格局。这种不平衡的产业增长模式已经成为中国经济持续健康发展的潜在障碍。

改变工业行业的发展现状,实现工业经济均衡增长的根本途径在于积极推动产业结构的优化升级,调整优化原材料工业,发展先进装备制造业,提升高技术行业的生产效率。为此,亟需以自主创新能力提升为重点,引导产业链向高端延伸。要实现工业产业创新能力的提升,可以从两方面着手。一方面,产业的创新在很大程度上取决于其自身的知识结构和知识存量。因此,通过加大产业研发投入和提高产业研发效率,以增强产业自身的研发能力,是提高产业创新能力的基础。另一方面,产业创新能力的提高还需要积极吸收产业外部的知识。通过学习、交流和贸易等多种形式,掌握其他产业的创新知识,充分利用“知识溢出”效应,是提升本产业创新能力的关键。

值得注意的是,任何行业都不可能独立地进行生产,必然处于产业链条的某一环节,并与其他行业形成前向或后向联系。这些行业通常在特定产品的生产与供给、企业经营与协调、产品技术研发合作和收益分配等多个领域,或多或少存在一定内在联系,相互之间拥有顺畅的联系机制和传播途径。当特定行业出现知识创新或技术进步时,这些创新知识或技术就会通过上下游行业间的传播渠道,溢出到上游行业或下游行业,从而影响到其上下游行业的技术研发和知识创新,推动这些关联行业的技术创新或知识进步。与此同时,这种创新知识或技术的溢出效应不仅可以单方向转移和渗透,还可以实现反向传播,即上下游关联企业的知识

* 雷欣,武汉大学经济与管理学院,邮政编码:430072,电子信箱:leixin8317@163.com; 陈继勇,武汉大学经济与管理学院,邮政编码:430072,电子信箱:cjyhubei@163.com。

本文受国家社科基金重大项目“后金融危机时代中国参与全球经济再平衡的战略与路径研究”(11&ZD008)、教育部人文社科青年基金项目“外商直接投资与中国适度收入不平等问题研究”(11YJC790075)、高等学校博士学科点专项科研基金课题“开放经济下的中国适度收入不平等问题研究”(20110141120080)、武汉大学自主科研项目“知识溢出与外商在华直接投资地区非均衡分布问题研究”(20110424)的资助。感谢匿名审稿人宝贵的意见,当然文责自负。

①根据《中国统计年鉴》数据计算得到。

创新或技术进步,会反方向对这一特定行业进行知识溢出,进一步促进该行业知识和技术水平的提高,从而实现行业间的双向知识转移和技术吸收,最终推动整个产业的技术进步和知识创新,促进产业结构的优化升级。

自 Romer 将知识溢出视为经济增长的发动机,并将知识作为独立要素引入生产函数,建立了知识溢出的内生增长模型以来,对知识溢出与产业发展的研究日益增多。Forni 和 Paba(2002)通过实证分析产业间的知识溢出效应,发现知识溢出与投入产出紧密相关,通常在上下游产业部门之间发生,并且产业间知识溢出的动态联系促进了产业整体的发展。基于这一思想,研究者针对各国的具体数据分析了产业间的知识溢出对产业经济增长的影响。Glaeser 等(1992)对美国 170 个城市的 6 个产业部门的面板数据分析发现,产业间的知识溢出能显著促进就业增长。Stel 等(2004)分析了荷兰工业部门 1987-1995 年的数据,结果表明,产业之间知识外溢对产业部门经济增长具有显著影响。Deidda 等(2002)对意大利 1991-1996 年工业与服务业数据的实证分析发现,产业间的知识溢出效应对产业发展极其重要。Blien 等(2006)对德国工业及服务业的实证研究也得到了相似的结论,研究显示产业间与产业内的知识溢出效应均对产业发展存在显著正向影响,其中,产业间的知识溢出对于工业的影响高于其对服务业的影响。Caniels 等(2003)基于欧洲的区域面板数据,实证检验了产业区内及区际知识溢出与制造业劳动生产率的关系,结果显示,两种知识溢出均能显著促进制造业劳动生产率的提高。

国内学者在这一领域也取得了丰硕的研究成果。何洁(2000)通过建立内、外资部门的生产函数模型,实证分析了 28 个省(市、自治区)1993-1997 年工业部门的数据,结果显示 FDI 的流入对中国工业部门具有明显的知识溢出效应。姚洋等(2001)利用大样本的微观企业数据,发现在中国各个省内部,外资企业对本地企业具有显著的知识溢出效应,但这一效应在行业间并不显著。潘文卿(2003)基于中国工业部门的行业面板数据,实证分析了外商资本流入对中国工业部门产出的影响,结果显示,外资的流入能够显著促进中国工业部门产出的增长,外商资本的知识溢出效应明显。陈涛涛(2003)在分析中国制造业数据时发现,内、外资企业能力差距越小,外资企业对国内企业的溢出效应越明显。李小平和朱钟棣(2006)的研究发现,国际研发主要通过国际贸易这一渠道形成对中国的知识溢出,而且,国际研发的知识溢出效应能够有效促进中国工业技术的进步。闫逢柱和乔娟(2010)则认为,外资的大量进入促进了资本密集型产业集聚效应的演化,从而推动了这些产业的发展。

与国外研究不同,国内文献主要侧重于研究通过外商直接投资和国际贸易等渠道实现的国际知识溢出效应,而忽视了本国产业通过投入-产出的上下游产业联系而实现的本地知识溢出效应。事实上,无论是外商直接投资还是国际贸易,其对东道国的知识溢出效应都是在商品、资本等中间产品融入到东道国产业链后才实现的。因此,本文致力于测度中国工业行业间的知识溢出效应,并分析行业间的知识溢出对行业发展的影响。本文余下部分的结构安排如下:第二部分,对知识溢出效应进行实证测度;第三部分,检验知识溢出效应对行业发展的影响;第四部分是结论与政策建议。

二、行业间知识溢出的测度

(一) 知识溢出模型的构建

作为一种外部性,知识溢出的流入大幅降低了产业创新的成本,为提升产业创新能力提供了捷径,有助于推动工业产业的增长。为检验知识溢出的这一效应,首先必须对产业间知识溢出进行有效测度,掌握知识溢出的程度和方向,才能为政府制定相关的产业制度和政策提供可靠的定量依据。目前,测度产业间知识溢出的方法主要有两种:一是以 Jaffe(1986)为代表的专利表示法,即利用专利数据与专利引用来直观地测度企业间知识溢出;二是以 Griliches(1979)为代表的知识生产函数法,将创新的研发投入纳入柯布-道格拉斯生产函数中,运用回归分析实现对外部知识溢出效应的测度。

已有研究在测度知识溢出效应方面取得了许多重要的成果,但仍存在以下不足:(1)专利表示法和知识生产函数法都只是单一地从知识的产出或者知识的投入方面来衡量知识溢出效应,忽视了潜在的不可测因素对知识溢出的影响;(2)两种方法都无法识别产业间知识溢出的内在传导机制和途径,也无法确定知识溢出的方向,因而无法利用测度结果分析知识溢出对产业结构优化升级的具体影响。

为解决上述问题,本文在借鉴 Parent 和 LeSage(2008)以及陈继勇等(2010)方法的基础上,运用贝叶斯层级模型来测度产业间的知识溢出效应。与已有研究相比,贝叶斯层级模型的创新之处在于:(1)以投入-产出关系体现工业产业间知识溢出的传导;(2)引入空间随机效应项,有效控制影响知识生产的潜在不可测因素;(3)可以根据各产业知识溢出效应的符号,确定知识溢出的输出地区和输入地区。模型的构建过程如下:

首先,我们在 Griliche(1979)的模型框架下,建立知识生产函数模型:

$$Y = X\beta + u \quad (1)$$

其中, Y 代表各产业的知识产出,用各产业拥有发明专利量表示; X 表示解释变量,本文主要选取了与知识生产相关的两个生产投入变量:人力资本的投入,用各产业的科技活动人员数衡量;物质资本投入,用各产业的研发经费支出衡量。模型中,变量均取对数。

观察中国各产业的专利申请授权数据,我们发现,各产业拥有发明专利数量存在明显的差别,比如,2007年机械设备制造业拥有发明专利的数量最高,金属产品制造业次之,但机械设备制造业拥有发明专利数量却是金属产品制造业的6.2倍,与最低的电力、热力及水的生产和供应业相比,机械设备制造业拥有发明专利数量则是后者的67倍。因此,方程(1)很有可能存在异方差,从而违背了干扰项独立同分布的假设。因此,我们将(1)式改写为:

$$Y = X\beta + \varphi + v \quad (2)$$

(1)式中的干扰项被分解为两个部分:代表产业结构部分的随机效应项 φ 和代表非结构部分的误差项 v 。通过对模型中 φ 的估计,可以控制产业间知识生产的交互影响。

本文假定产业的知识生产不仅取决于自身的研发努力等内部因素,还取决于其他产业相关知识的可获得性。相比而言,前者通常是可观测的,在本文中用表示“固定效应”的解释变量 x 来衡量;后者通常是不可观测的,受到诸如与人力资本有关的外部性、公共投资、网络外部性、集聚经济等因素的影响,在本文中用表示“随机效应”的 φ_i 来衡量这些不可测因素。

根据模型设定,我们可以得到: $\varphi_i = y_i - x_i\beta - v_i$,忽略代表非结构部分的误差项 v ,则有 $\varphi_i = y_i - x_i\beta$,因此 φ_i 可以用于衡量知识产出与固定效应的结构性偏差。按照产业 i 的创新能力,每增加1%的 x_i 投入,产业 i 的创新产出将增长 $\beta_i\%$ 。如果 φ_i 为正,说明产业 i 创新产出的实际增长率要高于 $\beta_i\%$,高出部分为 φ_i 。因此 φ_i 反映了产业 i 创新产出中受到的外部影响,即相关产业对该产业知识生产的影响。事实上,这种对知识生产的影响就是“知识溢出”。所以,我们可以将 φ_i 视为相关产业对产业 i 的知识溢出程度。同时, φ_i 的符号反映了产业间知识溢出的流动方向, $\varphi_i > 0$ 说明产业 i 的创新生产从其他产业中获益,是知识溢出的输入方; $\varphi_i < 0$ 说明产业 i 的创新生产受到了其他产业的负向影响,即产业 i 生产的创新流向了其他产业,产业 i 向外输出知识溢出(陈继勇、雷欣,2010)。

根据(2)式,下面,我们可以构建知识生产函数的贝叶斯模型:

1. 第一级模型(似然函数):

$$f_i(y_i | \mu_i, \sigma^2) \sim N(\mu_i, \sigma^2) \quad (3)$$

(3)式意味着,产业的知识产出服从均值为 μ_i ,方差为 σ^2 的独立正态分布。

2. 第二级模型(先验分布):

$$\mu_i = x_i\beta + \varphi_i \quad (4)$$

(4)式中通过设定产业结构先验参数 φ_i ,引入了产业相关性。我们假定 φ_i 服从一个高斯条件自回归设定(CAR),则 $\varphi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$ 的联合先验分布表达式为:

$$f(\varphi | \sigma_\varphi^2) \propto \frac{1}{\sigma_\varphi^2} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma_\varphi^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j < i} w_{ij} (\varphi_i - \varphi_j)^2 \right] \quad (5)$$

其中, w_{ij} 表示权重矩阵 W 中的第 (i, j) 个元素,反映产业 i 对产业 j 的影响途径。对工业产业而言,不同产业之间的相互联系主要是通过投入-产出的生产过程形成的。上游产业通过向下游产业提供原材料和中间产品来影响下游产业的生产,而工业产品的多样性使得各产业形成了一个交错复杂的产业链。因此,一个产业不仅能够影响与其直接联系的产业的生产,而且还会随着产业链的传递间接影响所有产业的生产。龙志和与蔡杰(2008)的研究显示产业的关联度与知识溢出效应紧密相关。鉴于完全消耗系数能有效反映某一产业每提供一单位最终产品所需要直接和间接消耗各产业产品的价值量,因此,我们利用完全消耗系数作为权重矩阵 W ,以体现产业之间相互依存的数量关系^①。

^①设定完全消耗系数为空间权重矩阵,并不是限定知识溢出仅存在于纵向产业链之间,而是为了确定不同产业对特定产业知识生产行为影响的程度和大小。完全消耗系数是直接消耗系数和间接消耗系数之和,其中,直接消耗系数反映的是上下游产业间的直接技术经济联系,间接消耗系数反映的是产业间的间接技术经济联系。根据中国的投入-产出完全消耗系数表,各个产业两两之间完全消耗系数都不为零。因此,即便是两个在经济属性上差别较大的产业,比如纺织业和煤炭采选业,也能够通过间接消耗系数,发生程度不一的技术经济联系。由于这一联系并非仅存在于纵向产业链的上下游产业间,因而在一定程度上也能够反映产业间的横向技术相关性。

在给定 σ_φ^2 (产业结构部分的总体方差) 的情况下 φ 的均值为 0 ,它的方差 - 协方差矩阵的逆矩阵的对角元素为 $\frac{w_{i+}}{\sigma_\varphi^2}$,其中 $w_{i+} = \sum_{j \in \delta_i} w_{ij}$ (δ_i 为所有与产业 i 相关的产业的集合) ,因此 w_{i+} 就等于产业权重矩阵中所有与产业 i 相关的元素的总和。在给定其余所有产业 $\varphi_j (j \neq i)$ 的情况下 φ_i 的正态先验分布的均值和方差分别为:

$$E(\varphi_i | \varphi_j, j \in \delta_i, \sigma_\varphi^2) = \frac{\sum_{j \in \delta_i} \varphi_j}{w_{i+}}, \text{Var}(\varphi_i | \varphi_j, j \in \delta_i, \sigma_\varphi^2) = \frac{\sigma_\varphi^2}{w_{i+}}$$

为确保模型可识别,我们设定 $\sum_i \varphi_i = 0$,即产业随机效应的和为 0 ,产业间的知识溢出的输入与输出相互抵消^①。

3. 第三级模型(前定先验分布):

在这一层级中,需要对参数的前定先验分布进行设定。为此,我们假定 σ^2 、 σ_φ^2 和 σ_v^2 服从逆伽玛分布 β 服从正态分布。

$$\begin{cases} f(\beta_0) \sim N(h_0, T_0) \\ f(\beta_p) \sim N(h, T), p = 1, 2 \\ f(\sigma^2) \sim Ga^{-1}(a, b) \\ f(\sigma_\varphi^2) \sim Ga^{-1}(c, d) \\ f(\sigma_v^2) \sim Ga^{-1}(e, g) \end{cases} \quad (6)$$

(6) 式中的 $a, b, c, d, e, g, h_0, h, T_0$ 和 T 等参数为前定参数。在估计过程中,需事先设定这些前定参数值。一般情况下,都会设定所谓的“无知”的前定参数,以使前定先验分布所含的确定信息尽可能少。遵循既有研究的惯例,我们做如下设定: $h_0 = 0, T_0 = 10^{-5}, h = 0, T = 10^{-5}, a = c = e = 0.5, b = d = g = 0.0005$ 。

根据以上三个层级设定,可以得到参数的后验分布:

$$\begin{aligned} f(\mu, \beta, \varphi, \sigma^2, \sigma_\varphi^2, \sigma_v^2 | y) &\propto \frac{1}{\sigma^{2n}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n (y_i - \mu_i)^2 \right] \times \frac{1}{\sigma_v^{2n}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma_v^2} \sum_{i=1}^n [\mu_i - (x_i\beta + \varphi_i)]^2 \right] \\ &\times \frac{1}{\sigma_\varphi^{2n}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma_\varphi^2} \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j < i} w_{ij} (\varphi_i - \varphi_j)^2 \right] \right] \times \exp \left(-\frac{1}{2} \frac{a}{\sigma^2} \right) \left(\frac{1}{\sigma^2} \right)^{\frac{1}{2}b-1} \\ &\times \exp \left(-\frac{1}{2} \frac{c}{\sigma_\varphi^2} \right) \left(\frac{1}{\sigma_\varphi^2} \right)^{\frac{1}{2}d-1} \exp \left(-\frac{1}{2} \frac{e}{\sigma_v^2} \right) \left(\frac{1}{\sigma_v^2} \right)^{\frac{1}{2}g-1} \end{aligned} \quad (7)$$

然而,我们无法直接计算出(7)式的联合后验分布,因此,本文将在实证分析部分采用 Monte Carlo 抽样法,进行大样本抽样,以获得连续的数值样本,进而计算参数的后验均值与 95% 的置信区间。

(二) 知识溢出的测度结果

1. 数据来源与说明

参照《中国统计年鉴》上对中国工业行业的分类标准,我们选择 23 个工业行业作为样本^②。本文利用中国 2002 - 2008 年的产业面板数据进行实证分析。其中,各产业拥有的发明专利数、科技活动人员数和研发经费支出均来源于历年《中国科技统计年鉴》;完全消耗系数来源于 2008 年的《中国统计年鉴》。

2. 测度结果

(1) 模型估计结果

^①当然,在模型中也应考虑研发的代际联系,即代际间的知识溢出现象。事实上,按照空间层级模型对随机效应项 φ_i 的设定,只要是其他产业的影响,无论是当期的还是以前期的,都应该包括在 φ_i 之中。以投入 - 产出完全消耗系数来设定产业间知识生产的相关影响程度,隐含着如下假定:同期消耗系数大的产业间,不仅同期知识生产相互影响程度大,而且与其他产业相比,代际间知识生产的相互影响程度也更大。我们认为这一假设在某种程度上也是符合经济直觉的。

^②选择的工业行业代号及名称如下:1 煤炭开采业;2 石油和天然气开采业;3 金属矿采选业;4 非金属矿及其他矿产采选业;5 食品制造及烟草加工业;6 纺织业;7 纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制造业;8 木材加工及家具制造业;9 造纸印刷及文教体育用品制造业;10 石油加工、炼焦及核燃料加工业;11 化学工业;12 非金属矿物制品业;13 金属冶炼及压延加工业;14 金属制品业;15 通用、专用设备制造业;16 交通运输设备制造业;17 电气机械及器材制造业;18 通信设备、计算机及其他电子设备制造业;19 仪器仪表及文化、办公用机械制造业;20 工艺品及其他制造业;21 电力、热力的生产和供应业;22 燃气生产和供应业;23 水的生产和供应业。

表 1 汇报了贝叶斯层级模型的参数估计结果。其中 R_b^2 衡量模型的拟合优度 R_b^2 越大,模型的拟合效果越好。可以看到 7 个模型的 R_b^2 均大于 0.90,模型拟合效果都比较好。表中的 σ_v^2 是非结构部分误差项的方差 σ_φ^2 是产业联系结构部分的方差,二者之和反映了样本数据的总体变异程度; γ 用于衡量代表产业联系结构部分的随机效应在模型设定中的重要性 γ 值越大,表明产业联系结构部分在模型中的作用越重要。从表 1 中可以看到 γ 的值除在 2006 年仅为 0.595 外,在其他年份均大于 0.600。这说明,随机效应项能显著提高模型的解释力度。

β_1 反映的是研发资金投入对创新行为的影响弹性。从表 1 可见,在知识生产过程中,研发支出发挥着主导作用。2002-2008 年 β_1 的后验均值最低为 0.066,最高为 0.308。 β_2 反映的是科技活动人员对创新行为的影响弹性。从表 1 可见 7 个模型中 β_2 的参数抽样样本 95% 的置信区间均包含 0,这说明科技活动人员在知识生产中的作用并不明显。同时,比较年度间 β_2 后验均值的演变趋势可以发现 β_2 的估计值总体上呈现出上升趋势。这一现象表明,科技人员在产业知识创新过程中的作用正在逐步加强。导致这一情况的原因可能在于,人力资本投入是一项长期投资,其投入和产出之间存在着较长的“时滞”,即要将人力资本投入转化为知识创新产出需要较长的时间。

表 1	模型参数后验均值汇总表						
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
β_0	-3.977* (1.129)	-4.349* (1.334)	-5.711* (1.359)	-4.815* (0.952)	-4.265* (1.105)	-3.819* (1.087)	-4.011* (0.716)
β_1	0.183 (0.169)	0.308 (0.252)	0.646* (0.243)	0.066 (0.239)	0.240 (0.238)	0.067 (0.295)	0.155 (0.233)
β_2	0.667* (0.119)	0.5932* (0.176)	0.405* (0.164)	0.828* (0.179)	0.646* (0.171)	0.875* (0.226)	0.963* (0.181)
σ_φ^2	538.2 (1142.0)	346.8 (955.0)	576.0 (1169.0)	313.3 (895.5)	401.7* (999.4)	541.7 (1138.0)	867.2 (1349.0)
σ_v^2	481.0* (1106.0)	671.7 (1248.0)	432.6 (1053.0)	701.1* (1274.0)	604.2* (1208.0)	478.4* (1100.0)	159.0 (663.5)
γ	0.678 (0.479)	0.6606 (0.453)	0.642 (0.475)	0.674* (0.438)	0.595 (0.463)	0.679 (0.475)	0.603 (0.353)
R_b^2	0.896 (0.095)	0.931 (0.092)	0.895 (0.090)	0.966 (0.046)	0.945 (0.063)	0.923 (0.070)	0.946 (0.024)

注: 括号中为参数的标准误; * 表明参数抽样样本的 95% 置信区间包含 0。

(2) 行业间知识溢出效应
对每一年的贝叶斯层级模型进行蒙特卡洛抽样估计,得到产业间随机效应 φ_i 的后验均值。图 1 到图 7 分别汇总了 2002-2008 年 23 个工业产业 φ_i 的测度结果。图中横线表示 φ_i 的后验均值,柱状部分为样本的 95% 置信区间。

实证结果表明: (1) 2002-2008 年,知识溢出效应均为正的产业包括,石油和天然气开采业,木材加工及家具制造业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,化学工业,金属制品业,工艺品及其他制造业,以及电力、热力的生产供应业,表明这些行业能从其他产业的知识生产过程中获益;知识溢出效应均为负的行业包括,非金属矿及其他矿采选业,纺织业,纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制造业,交通运输设备制造业,表明这些行业向其他产业溢出知识。(2) 2002-2008 年,知识溢出效应由正向负转变的行业包括,煤炭采选业、食品制造及烟草加工业、金属冶炼及压延加工业、通用和专用设备制造业,说明这 4 个行业从知识溢出的输入方向输出方转变。其中,煤炭采选业、金属冶炼及压延加工业 7 年知识溢出的平均值分别 -0.353 和 -0.125,说明尽管其知识溢出的输出效应总体偏小,但作为知识溢出输出方的地位已经得到确立;而食品制造及烟草加工业、通用和专用设备制造业 7 年知识溢出的均值分别为 0.154 和 0.012,表明这两个行业依旧以知识溢出输入为主。(3) 2002-2008 年,知识溢出效应由负向正转变的行业包括,金属矿采选业、非金属矿物制品业、电气机械及器材制造业、通信设备、计算机及其他电子设备制造业,说明这 4 个行业由知识溢出的输出方转向知识溢出的输入方。其中,金属矿采选业 7 年知识溢出的平均值为 -0.256,表明该行业知识溢出以流出效应为主,总体上属于知识溢出输出方;而非金属矿物制品业,电气机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业知识溢出的平均值均大于 0,总体上体现为知识溢出的流入效应。(4) 造纸印刷及文教体育用品制造业,仪器仪表及文化、办公用机械制造业,燃气生产和供应业以及水的生产和供应业的知识溢出效应波动较大。从各年份的具体数值来看,4 个行业知识溢出的输出和输入效应交替出现,没有明确的规律。

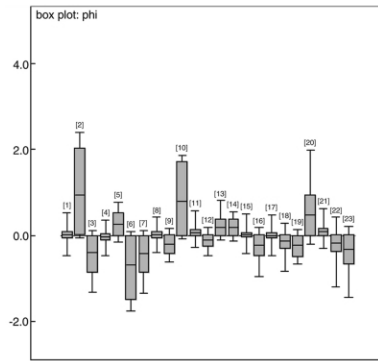


图 1 2002 年 φ_i 的估计结果

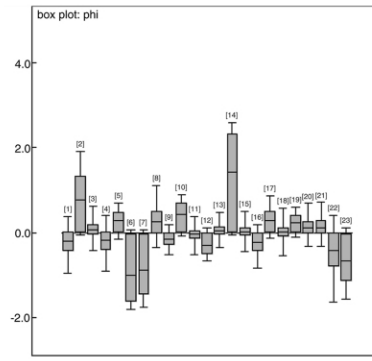


图 2 2003 年 φ_i 的估计结果

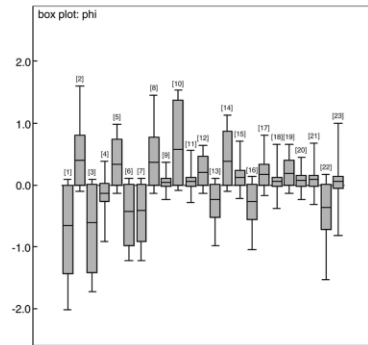


图 3 2004 年 φ_i 的估计结果

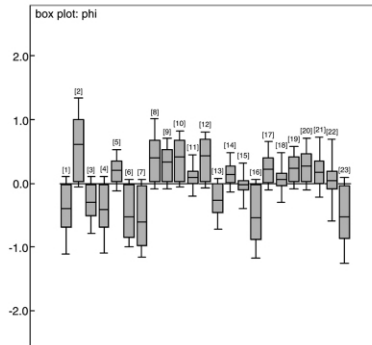


图 4 2005 年 φ_i 的估计结果

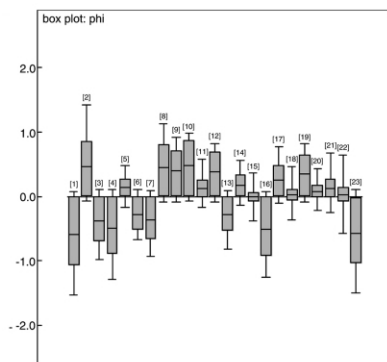


图 5 2006 年 φ_i 的估计结果

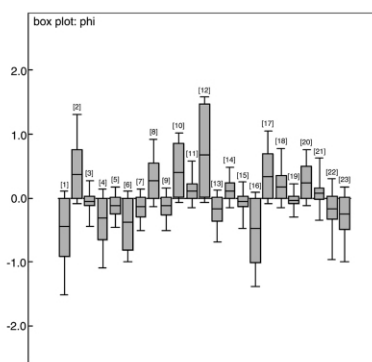


图 6 2007 年 φ_i 的估计结果

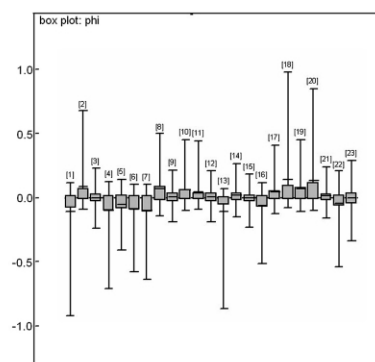


图 7 2008 年 φ_i 的估计结果

三、知识溢出与产业发展的关系的再检验

应用本文测度的知识溢出指标以及已有研究采用的知识溢出指标,实证检验知识溢出与中国工业经济发展的关系,并对不同指标得到的回归结果进行比较。借鉴潘文卿(2003)以及李小平和朱钟棣(2006)的分析框架,本文构建如下面板数据回归模型:

$$y_{it} = c + a_i + \beta_1 spillovers_{it} + \beta_2 K_{it} + \beta_3 L_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中 $i=1, 2, \dots, 23$; $t=2002, 2003, \dots, 2008$ 。 y_{it} 为工业行业 i 在 t 年的产出,我们用各行业工业总产值表示,并用各行业的工业品出厂价格指数将当年价的总产值折算成以 2001 年为基期的可比价; K 为资本投入,遵循李小平和朱钟棣(2006)的做法,用固定资产净值年均余额指标表示; L 为劳动投入,用职工人数表示。 a_i 为截面固定效应项; c 为常数项; ε_{it} 为干扰项。 $spillovers_{it}$ 为工业行业 i 在 t 年的知识溢出效应,为将本文测度的数据与已有文献进行对比,本文分别将上文测度的知识溢出效应数据、专利数据,以及研发投入数据引入方程(8)中进行比较。其中,专利数据用各工业行业拥有专利数表示。在运用研发投入数据体现知识溢出效应时,本文借鉴李小平和朱钟棣(2006)的做法,选择其他行业的 R&D 支出作为衡量指标。模型中知识溢出程度的数据来自于上文的计算,工业总产值以及其他外生变量的数据根据历年《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》的数据计算整理得到。模型中的产出、资本投入、劳动投入、专利数据,以及研发投入数据均取对数值。根据 Hausman 检验结果,需采用固定效应模型,检验结果见表 2。

表 2

知识溢出与工业经济发展关系的检验结果

	模型 1	模型 2	模型 3
解释变量	上文测度结果	以研发投入表示知识溢出指标	以专利数据表示知识溢出指标
<i>spillovers</i>	0.0775 *** (1.8977)	0.0611 * (1.4075) 0.1617	-0.0286 (-1.0105)
<i>K</i>	0.3445 **** (3.7796)	0.3046 **** (3.3187)	0.3534 **** (3.7900)
<i>L</i>	0.2043 **** (2.7998)	0.2281 **** (3.0759)	0.2034 **** (2.7773)
<i>R</i> ²	0.9931	0.9932	0.9930
F - statistic	742.9958	750.1291	737.5198
Prob(F)	0.0000	0.0000	0.0000
Hausman 值	36.7891	13.7875	29.7022
Prob(H)	0.0000	0.0032	0.0000
模型设定	FE	FE	FE
观测值	161	161	161

注: ****、***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 和 15% 水平上显著; 括号内为 *T* 检验值。

由表 2 可以看到,在 3 个模型中,资本和劳动投入对工业经济发展都具有显著地正向影响,这与目前大部分研究的结论是一致的。但是不同的知识溢出指标对工业经济发展的影响效应并不相同。其中,当以知识生产投入(国内其他行业的 R&D 资本)为知识溢出指标时,其系数为正,且在 15% 的水平上显著,说明其他行业的知识创新投入有利于促进本行业总产值的增加,这一结论与李小平和朱钟棣(2006)的结论一致。当以知识产出(专利数)为知识溢出指标时,其系数为负且不显著。专利数据能否有效衡量行业间的知识溢出效应值得商榷。因为,本行业的知识产出不仅受到知识溢出的影响,更大程度上还受到本行业的知识生产投入(研发资金、研发人员等)的影响。由此可见,在研究知识溢出与行业发展的关系时,单一地选择知识投入变量或者知识产出变量来衡量知识溢出效应,其结果存在着较大的差距。

在模型 1 中,本文测度的知识溢出效应的系数为正,且在 5% 水平上显著,表明工业行业间的知识流动有利于促进工业的发展,这一结论不仅与已有大部分研究的结论一致,而且符合当前中国工业经济发展的现状。正如路江涌和陶志刚(2006)指出的,在工业化进程中,中国的行业区域集聚正处于一个上升阶段,而这种集聚在某种程度上正是为了促进行业间的知识溢出效应从而实现工业的整体发展而形成的。因此,本文测度的知识溢出指标有效地反映了知识溢出对工业经济发展的影响。

四、结论与政策建议

(一) 基本结论

通过分析可以发现,新世纪中国工业产业结构的基本格局是良好的,行业间的知识溢出效应能有效地促进工业产业的发展。但是,从各行业知识溢出效应的具体情况来看,还存着一定的问题,主要体现在:

1. 高新技术产业(机械设备制造业、炼焦和煤气及石油加工业等)尽管拥有丰裕的知识生产资金和所需的高科技人才,其知识生产对其他行业的辐射和扩散效应却有限,特别是通信设备、计算机及其他电子设备制造业、电气机械及器材制造业等高端技术行业主要表现为从其他工业产业的知识生产中吸收知识溢出。
2. 资源型产业(采掘业等)的研发资金投入相对较少,知识生产过程主要依赖其他产业的知识溢出,因此无法对产业结构的优化升级提供稳定的发展动力。
3. 基础设施产业(电力、热力、燃气及水电生产和供应业等)受到产业内科技研发资金和人员不足的制约,知识溢出的扩散效应无法充分展现。

(二) 政策建议

鉴于中国工业产业间知识溢出结构存在的问题,在中国工业产业结构的优化升级过程中,可以从以下方面做出努力:

1. 着力发展高新技术产业,大力开发高新技术的知识溢出效应。高新技术产业对优化产业结构、带动经济发展具有重要作用。然而,作为典型高新技术产业代表的机械设备制造业和石油加工、炼焦及核燃料加工业,目前还处于吸收其他工业产业知识创新成果的阶段,没有对其他产业形成知识的扩散和辐射效应。这一现状如果长期存在,将严重制约中国高新技术的发展,从而削弱中国商品在国际市场上的竞争力。因此,必须加快推进机械、石油、化工产业高新技术的开发,通过构建自主创新的基础技术,形成并巩固高新技术产业知识的辐射和扩散效应。此外,可以通过加强高新技术产业与其他相关产业之间的人员交往,促进知识溢出的扩散。
2. 重视资源型产业的知识生产,促进社会与自然和谐发展。工业经济的整体发展需要自然资源的支撑,

而自然资源的承载能力也制约着工业经济的发展。为此,必须充分重视对有限资源的合理配置和高效利用,使工业经济的发展与资源的承载能力相适应。然而,实证分析结果却显示,资源型产业的知识溢出效应不明显,无法为产业结构的优化升级提供稳定的发展动力。因此,必须加大对资源型产业知识生产的资金和人力投入,以增强其知识生产能力,提高该产业对资源的开采效率,减少资源浪费,降低损耗,为工业经济整体资源利用效率的提升奠定坚实的基础,推进资源节约型社会的构建。

3. 加大基础产业研发投入,调整产业知识生产结构。基础设施产业能对其他工业产业的发展形成知识扩散效应。因此,必须大力促进电力等基础设施产业知识生产的发展。为此,可以通过加大基础产业的研发资金投入,来提升该产业的知识生产能力,从而加强该产业的知识扩散能力,促进相关产业的共同发展。此外,由于人力资本对产业的知识生产具有“时滞”效应,需要建立有效的人力资本积累和流动机制,加强产业间和产业内的联系,通过人力资本开发、交流和积累,加速产业间知识创新资源的利用效率,加快科学技术和科研成果向现实生产力的转化,从而有效促进中国工业产业结构的调整和优化升级。

参考文献:

1. 陈继勇、雷欣、黄开琢 2010 《知识溢出、自主创新能力与外商直接投资》,《管理世界》第7期。
2. 陈继勇、雷欣 2010 《我国区域间知识溢出的数量测度》,《科技进步与对策》第1期。
3. 陈涛涛 2003 《影响中国外商直接投资外溢效应的行业特征》,《中国社会科学》第4期。
4. 何洁 2000 《外商直接投资对中国工业部门外溢效应的进一步精确量化》,《世界经济》第12期。
5. 李小平、朱钟棣 2006 《国际贸易、R&D 外溢和生产率增长》,《经济研究》第2期。
6. 龙志和、蔡杰 2008 《中国工业产业发展中知识溢出效应的实证研究》,《经济评论》第2期。
7. 路江涌、陶志刚 2006 《中国制造业区域聚集及国际比较》,《经济研究》第3期。
8. 潘文卿 2003 《外商投资对中国工业部门的外溢效应:基于面板数据的分析》,《世界经济》第6期。
9. 姚洋、章奇 2001 《中国工业企业技术效率分析》,《经济研究》第10期。
10. 闫逢柱、乔娟 2010 《产业集聚一定有利于产业成长吗?——基于中国制造业的实证分析》,《经济评论》第5期。
11. Blien J., J. Suedekum, and K. Wolf. 2006. “Local Employment Growth in West Germany: A Dynamic Panel Approach.” *Labour Economics*, 13(4): 445 – 458.
12. Caniels, M. C. J., and H. A. Romijn. 2003. “Firm – level Knowledge Accumulation and Regional Dynamics.” *Industrial and Corporate Change*, 12(6): 1253 – 1278.
13. Deidda S., R. Paci, and S. Usai. 2002. “Spatial Externalities and Local Economic Growth.” Centre for North South Economic Research, University of Cagliari and Sassari, Working Paper No. 06.
14. Forni M., and S. Paba. 2002. “Spillovers and the Growth of Local Industries.” *The Journal of Industrial Economics* 50(2): 151 – 171.
15. Glaeser E. L., H. D. Kallal, J. A. Scheinkman, and A. Shleifer 1992. “Growth in Cities.” *Journal of Political Economy*, 100(6): 1126 – 1152.
16. Griliches Z. 1979. “Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth.” *The Bell Journal of Economics*, 10(1): 92 – 116.
17. Jaffe, A. 1986. “Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firms’ Patents, Profits, and Market Value.” *The American Economic Review*, 76(5): 984 – 1001.
18. Parent O., and J. P. LeSage. 2008. “Using the Variance Structure of the Conditional Autoregressive Spatial Specification to Model Knowledge Spillovers.” *Journal of Applied Econometrics* 23(2): 235 – 256.
19. van Stel, André, and H. R. Nieuwenhuijsen. 2004. “Knowledge Spillovers and Economic Growth: An Analysis Using Data of Dutch Regions in the Period 1987 – 1995.” *Regional Studies* 38(4): 393 – 407.

Industrial Knowledge Spillovers and the Development of China’s Industry: An Empirical Study Based on Bayesian Hierarchical Model

Lei Xin and Chen Jiyong

(Economics and Management School of Wuhan University)

Abstract: Since the 21st century, China’s industrial economy has come to a stage of steady and rapid growth. While at the same time, the structure problem is increasingly prominent, such as imbalance development among industries, lack of industrial innovation, and so on. The most important reason for this is lack of industrial R&D input and the limit of knowledge output. As the industrial knowledge spillovers are the key factor that effects the industrial knowledge output, we measure the knowledge spillovers among China’s industries by the Bayesian hierarchical model, and test the effect of inter – industrial knowledge spillovers on China’s manufacture industrial development. The results show that we can promote the upgrading of the industrial structure and keep long – term stable growth by increasing R&D input and accelerating the accumulation of human capital.

Key Words: Knowledge Spillovers; Industrial Structure; Bayesian Hierarchical Model

JEL Classification: O14, O33

(责任编辑: 孙永平、陈永清)