

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2016.03.005

# 我国高技术产业技术创新路径与效率实证分析

罗小芳<sup>1</sup>, 范新垒<sup>2</sup>

(1. 中南财经政法大学 经济学院, 湖北 武汉 430073; 2. 交通银行河南省分行, 河南 郑州 450000)

**摘要:** 本文运用 1998—2012 年中国高技术产业 5 大行业 15 个细分行业的面板数据, 构建超越对数随机前沿生产函数模型, 将技术创新过程分解为技术研发与技术成果转化两个阶段, 实证分析了自主创新、国内技术购买、国外技术引进与外资研发四种技术创新路径对技术创新效率的影响。研究表明, 我国高技术产业的四种技术创新路径与技术创新效率之间并不完全是简单的线性关系, 自主创新、国内技术购买、外资研发与技术创新效率之间存在 U 型或倒 U 型关系; 自主研发有利于提高技术创新效率, 而且在技术创新过程中采用多种技术途径相结合的方式比单纯依赖一种技术方式的效率更高。

**关键词:** 技术创新; 创新路径; 创新效率; 高技术产业

**中图分类号:** F124.3; F260 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-626X(2016)03-0030-09

## 一、问题的提出与文献回顾

技术创新是提高一国生产能力和国际竞争优势的重要途径。对科技创新的重视带来了我国科技投入的大幅增长和科技产业的迅猛发展, 然而, 创新能力与创新效率并没有随着创新投入同比增长, 技术创新路径的不当选择所导致的低效制约了技术创新能力的进一步提高, 企业是应该自主研发、技术引进还是合作研发? 由于不同的创新模式对于技术创新效率存在着不同的影响, 因而, 技术创新路径与创新效率的研究受到学术界的关注。

技术创新与生产率之间的关系是学界研究的热点之一。国内外不少学者研究了不同的技术创新模式的影响。Crisuolo 等对英国企业的研究表明, 自主研发中的产品创新与企业绩效显著正相关,<sup>[1]</sup> Griffith 等运用英、法和西班牙等国的企业数据也得到相似的结论。<sup>[2]</sup> Belderbos、Faems 等发现合作创新对企业投入产出效率有显著正影响。<sup>[3][4]</sup> Hu 等指出自主研发、国外技术引进对生产率有明显正影响, 国内技术引进的作用不显著。<sup>[5]</sup> 李小平的研究也表

明自主研发、国外技术引进对生产率有显著促进作用, 国内技术引进的作用不明显, 并且地区差异明显。<sup>[6]</sup> Hall 等以意大利的企业为研究对象, 发现产品创新和工艺创新对高技术企业与非高技术企业的绩效均有显著促进作用。<sup>[7]</sup> 于明超和申俊喜对 1998—2007 年我国省级工业面板数据的分析认为, 知识的内部获取、外部获取对创新产出有不同影响, 自主研发、技术消化吸收对其有显著的正向影响, 而国内外技术引进存在的影响则为负。<sup>[8]</sup> 上述文献考察了不同技术创新路径对生产绩效的影响, 大多数文献采用总产出作为技术进步成果的衡量指标, 而总产出指标不能完全反映技术创新的活动成果。

近期的研究深入到技术创新效率层面。Aghion 等的研究表明机构所有权对技术创新效率有显著正影响。<sup>[9]</sup> 吴延兵的研究显示, 所有制结构、企业规模、对外开放度、行业异质性对知识生产效率存在较大影响, 产权性质对企业技术创新具有激励作用。<sup>[10][11]</sup> 白俊红对区域创新系统的研究表明, 创新主体关系、金融支持力度、政策支持力度对创新效率有重要影

收稿日期: 2016-04-08

作者简介: 罗小芳(1968-), 女, 湖北武汉人, 中南财经政法大学副教授, 经济学博士, 主要从事新制度经济学研究; 范新垒(1989-), 男, 河南安阳人, 交通银行河南省分行职员, 主要从事技术经济学研究。

响。<sup>[12]</sup>钟廷勇和安辉对中国1998—2009年文化创意产业的实证分析表明,经济发展水平、社会资本、信息化水平和科技水平等多维区域异质性对文化产业的技术创新效率有显著影响且效率差异收敛。<sup>[13]</sup>陈建丽等将技术创新过程划分为两个阶段,运用DEA模型对我国高技术行业技术创新效率的变动趋势作了研究。<sup>[14]</sup>上述文献大多是基于创新环境对技术创新的影响分析,而从创新路径的视角研究技术创新效率的文献还比较少。

基于此,本文采用两阶段方法,通过建立超越对数随机前沿生产函数模型,比较四种创新路径对技术创新效率的影响。本文不仅分析了四种技术创新路径与技术创新效率之间的线性关系、U型关系,还考察了不同路径对技术创新效率的交互影响。与以往的分析结论不同,本文发现技术创新路径与技术创新效率并不仅仅是简单的正向或者负向相关,而是存在着U型或者倒U型的关系;在技术创新的两个阶段,同一种技术创新路径对创新效率呈现出不同的影响。这些研究成果深化与丰富了技术创新的理论研究。

## 二、模型设定与变量选择

依照波特的价值链理论,一个价值链就是从资源投入到产生经济效益的一个完整过程。技术创新的实质就是从知识获取的经费投入到新技术产业化应用产生经济效益的价值创造过程,技术创新过程可以分为两个阶段,第一阶段是“知识获得—新技术产生”,是以发明专利为代表产出的技术研发阶段;第二阶段是“新技术—新产品”的技术成果转化阶段。本文分别考察技术研发与成果转化两个阶段的技术创新效率。

目前,学界主要采取参数法与非参数法分析技术效率。非参数法以数据包络分析(DEA)为代表,参数法则以随机前沿分析(SFA)为代表,本文采用参数法中的随机前沿分析方法。与非参数方法DEA

相比,随机前沿SFA方法将生产函数估计的误差项分为随机误差与技术非效率两个部分,这使得模型更加贴近现实。

假设随机前沿生产函数为:

$$Y_{it}=f(L_{it}, K_{it}, \alpha, \beta) e^{v_{it}-u_{it}} \quad (1)$$

公式(1)中 $Y_{it}$ 表示*i*行业*t*期的技术创新产出; $L_{it}$ 、 $K_{it}$ 分别表示*i*行业*t*期劳动与资本的投入; $\alpha$ 、 $\beta$ 为待估计参数; $u_{it}$ 表示非效率因素,即能够控制的因素产生的技术非效率误差项, $u_{it}$ 非正表示产出不能超出生产可能性曲线的边缘; $v_{it}$ 是由外界不可控变量决定的随机扰动误差项。

从函数性质上看,C-D生产函数要求替代弹性不变的技术中性假设,而超越对数形式生产函数的普遍性能更好。本文分别对C-D随机前沿生产函数与超越对数随机前沿生产函数进行了估计,实证分析的结果表明:SFA的分析方法是适合的,而且,超越对数随机前沿生产函数的估计效果更好。因此,本文采用超越对数随机前沿生产函数,公式(2)与公式(3)分别为技术研发阶段与技术成果转化阶段的超越对数随机前沿生产函数。公式(4)是技术非效率模型,各公式中的变量含义参见表1, $t$ 为时间,表示技术变化。

$$\ln P_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RDL_{it} + \beta_2 \ln KAF_{it} + \beta_3 \ln FRD_{it} + \beta_4 t + \beta_5 (\ln RDL_{it})^2 + \beta_6 (\ln KAF_{it})^2 + \beta_7 (\ln FRD_{it})^2 + \beta_8 \ln RDL_{it} \ln KAF_{it} + \beta_9 \ln RDL_{it} \ln FRD_{it} + \beta_{10} \ln KAF_{it} \ln FRD_{it} + \beta_{11} t^2 + \beta_{12} t \ln RDL_{it} + \beta_{13} t \ln KAF_{it} + \beta_{14} t \ln FRD_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (2)$$

$$\ln Q_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RDL_{it} + \beta_2 \ln PDK_{it} + \beta_3 \ln P_{it} + \beta_4 t + \beta_5 (\ln RDL_{it})^2 + \beta_6 (\ln PDK_{it})^2 + \beta_7 (\ln P_{it})^2 + \beta_8 \ln RDL_{it} \ln PDK_{it} + \beta_9 \ln RDL_{it} \ln P_{it} + \beta_{10} \ln PDK_{it} \ln P_{it} + \beta_{11} t^2 + \beta_{12} t \ln RDL_{it} + \beta_{13} t \ln PDK_{it} + \beta_{14} t \ln P_{it} + v_{it} - u_{it} \quad (3)$$

$$u_{it} = \delta_0 + \delta_1 OII_{it} + \delta_2 TII_{it} + \delta_3 TBI_{it} + \delta_4 FRI_{it} + \delta_5 OIP_{it}^2 + \delta_6 TIP_{it} + \delta_7 TBP_{it} + \delta_8 FRP_{it}^2 \quad (4)$$

此外,本文采用广义似然统计量来检验超越对数随机前沿生产函数与C-D随机前沿生产函数的

表1 变量说明

投入指标	产出指标	创新路径指标	测算方法
变量	变量	变量	
研发人员全时当量(RDL)	发明专利有效申请数量(P)	自主研发创新强度(OII)	研发经费/(知识获取经费+外资研发经费)
知识获取经费(KAF)	专利革新生产总产值(Q)	国外技术引进强度(TII)	国外技术引进经费/(知识获取经费+外资研发经费)
外资研发经费(FRD)	新产品产值(Y)	国内技术购买强度(TBI)	国内技术购买经费/(知识获取经费+外资研发经费)
R&D经费内部支出(RDK)		外资研发强度(FRI)	外资研发经费/(知识获取经费+外资研发经费)

适合性,以 LR 表示广义似然率,那么:

$$LR = -2[\ln L(H_0) - \ln L(H_1)] \quad (5)$$

上式中  $L(H_0)$ 、 $L(H_1)$  分别为在原假设  $H_0$ 、备择假设  $H_1$  下的对数似然函数值。如果 LR 大于临界值,则拒绝原假设,接受备择假设,即接受超越对数随机前沿模型。检验结果表明,本文应该选择含有技术进步变量  $t$  的超越对数随机前沿生产函数模型。

### 三、数据说明与指标测算

本文选取 1998—2012 年的医药制造、航空航天器制造、电子及通信设备制造、电子计算机及办公设备制造、医疗设备及仪器仪表制造 5 大高新技术产业 17 个细分行业的统计数据,本文数据来源于 1998—2012 年《中国统计年鉴》、《中国人口年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国劳动统计年鉴》和《中国高技术产业统计年鉴》。由于航空航天制造业、电子及通信设备制造业的 FDR 数据无法获得,本文只选取了其他的 15 个分行业,观测样本数为 225 个,各类指标的测算方法如下。

1. 专利革新生产总值的测算。技术研发阶段的产出指标采用发明专利有效申请数量  $P$ 。由于新产品产值并不一定全部是新技术带来的纯技术增值,为了更准确地估算技术创新对生产总值增长的贡献,本文采用专利革新产值  $Q$  作为技术转化阶段的产出指标,它的计算方法见公式(6)。在技术转化阶段的投入指标中,人力投入采用研发人员全时当量,资本投入采用 R&D 经费内部支出,为了避免重复计算,在 R&D 经费内部支出中扣除了 R&D 人员劳务支出(见表 1)。

专利革新生产总值 = 生产总值 × 技术经济贡献率 × 专利技术贡献率  $(6)$

(1) 专利技术贡献率的测算。影响只有发明专利才对技术专利革新有深刻,将有效发明专利数占专利申请数的比值作为专利贡献估计值是可行且合理的,1998—2012 年高技术产业有效发明专利数占总专利申请数的算术平均估计值为 64.02%。

(2) 技术经济贡献率的测算。本文将从业人员的人力资本存量  $H_t$  引入到高技术产业生产函数中,根据索罗余值法构造公式(7)计算技术进步率:

$$\ln \frac{Y_{it}}{L_{it}} = \alpha_0 + \beta_0 t + \beta_1 \ln \frac{K_{it}}{L_{it}} + \beta_2 \ln \frac{H_{it}}{L_{it}} + \beta_3 \ln \frac{P_{it}}{L_{it}} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中  $L$  表示某产业从业人员,  $\beta_0$  为技术进步率,它与技术经济贡献率的关系参见公式(8):

$$\text{技术经济贡献率} = \frac{\text{技术进步率}}{\text{产业增长率}} = \frac{\beta_0}{Y} = 35.5207\% \quad (8)$$

其中,产业增长率 =

$$\left( \sqrt[14]{\frac{2012 \text{ 年的产业实际成产总值}}{1998 \text{ 年的产业实际成产总值}}} - 1 \right) \times 100\% = 22.3388\%$$

2. 从业人力资本投入  $H$ 、R&D 人力资本投入  $RDH$  的测算。人力资本存量  $H = H_k L$ , 其中  $L$  表示某产业从业人员,  $H_k = \sum_{n=1}^6 E_n h_n c$  是知识智慧水平,  $E_n$  表示各类学历受教育年限,小学 6 年,初中 9 年,高中 12 年,大专学历 15 年,大学 16 年,研究生及以上 20 年;  $h_n$  表示不同学历占从业人员平均数的比值;  $c$  是高新区平均受教育年限与高新区所在省域行业的平均受教育程度的比值。由于统计年鉴中缺少高技术产业从业人员受教育程度的数据,本文首先获得全国的高技术产业所属行业的平均受教育年限,然后乘以全国 54 个高新区平均受教育年限与其所在省域行业的平均受教育程度的比值,间接求得高技术产业从业人员的行业平均受教育水平。

$RDH$  表示自主研发中的人力资本规模,是标准人有效劳动的投入量,而非自然人的投入量,可从知识智慧水平、技术人才丰度和技术研究强度、机能健康水平四个维度来测量,用数学公式具体可以表示为:

$$RDH = h_k^{RD} h_i^{RD} h_r^{RD} h_f^{RD} RDL \quad (9)$$

其中,  $RDL$  为科技活动人员数量; 技术人才丰度  $h_i$  用科技活动人员中科学家和工程师的比重来衡量; 技术研究强度  $h_r$  用国际通用的研发活动人力规模 R&D 人员全时当量与科技活动人员的比值来衡量; 相对知识智慧水平  $h_k$  用受教育年限经过处理

获得, 具体公式为:  $h_k^{RD} = \frac{\sum_{n=1}^4 E_n^{RD} h_n^{RD}}{h_k}$ ,  $E_1^{RD}$ 、 $E_2^{RD}$ 、 $E_3^{RD}$

表示研究人员中本科学历、硕士学历、博士学历受教育年限,分别为 16 年、19 年、22 年;  $E_4^{RD}$  表示其他学历受教育年限,为小学学历、初中学历、高中学历、大专学历受教育年限的算数平均数;  $h_1^{RD}$ 、 $h_2^{RD}$ 、 $h_3^{RD}$ 、 $h_4^{RD}$  表示研究人员中不同学历者占全部研究人员  $RDL$  的比重;  $h_f^{RD}$  表示科技活动人员机能健康水平,为简化计算,取值为 1。

3.  $K$  存量、 $KAF$  存量、 $FRD$  存量与  $P$  存量的测

算。KAF 为知识获取经费, 以自主研发的 RD 经费和包含技术改造、技术消化吸收的非研发经费 NRD 以及国内技术引进经费 DT 和国外技术购买 IT 组成, 由于 RD 与 NRD 存在滞后效应, 本文参照吴延兵<sup>[11]</sup>的做法, 采取永续盘存法测算 RD 与 NRD 的存量资本, 参见公式(10)。

$$RD_t = (1 - \delta_{RD}) RD_{t-1} + E_t^{RD} \quad (10)$$

其中,  $E_t^{RD}$  表示年 RD 支出,  $\delta_{RD}$  表示 RD 支出折旧率,  $\delta_{RD}$  的经验值为 15%, 有学者用专利数据计算的折现率为 25%, 本文取这两个数值的平均值, 为 20%。

测算存量时还应该剔除通货膨胀的影响。本文设定 RD 支出价格指数 =  $\alpha_1$  居民消费价格指数 +  $\alpha_2$  设备工器价格指数 +  $\alpha_3$  其他费用价格指数。其中,  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$  表示三种价格指数的权重, 分别用劳务费支出、仪器设备支出、其他费用支出占科技活动经费内部支出的比重来衡量; 其他费用价格指数是居民消费价格指数、设备工器具价格指数、固定资产投资价格指数和工业生产者购进价格指数四者的平均值。

1998 年以前 R&D 支出增长率为 1998—2012 年 RD 支出经平减之后实际数值增长率的算术平均  $g_{RD}$ , 那么 RD 支出基期存量为:  $RD_1 = \frac{(1 + g_{RD}) E_1^{RD}}{g_{RD} + \delta_{RD}}$ 。

K 存量、NRD 存量的测算方法同此, 但是测算 K 存量时, 采用固定资产投资价格指数平减, 折旧率为  $\delta_k = 12\%$ , 该值是王小鲁、樊纲等<sup>[15]</sup>计算的 8% 与张军等<sup>[16]</sup>计算的 15% (假定设备的寿命期为 20 年所算得的折旧率) 的平均值。增长率  $g_k$  为 1998—2011 年 K 支出实际增长率的算术平均数; 而测算 NRD 存量时采用 NRD 支出价格指数平减, NRD 折旧率  $\delta_{NRD} = 20\%$ , NRD 增长率  $g_{NRD}$  为 1998—2012 年 NRD 支出实际增长率的算术平均数, NRD 支出分为技术改造经费支出和消化吸收经费支出, 那么 NRD 支出价格指数的计算公式为:

NRD 支出价格指数 = (居民消费价格指数 + 设备工器具价格指数 + 固定资产投资价格指数 + 工业生产者购进价格指数) / 4

K 支出与 NRD 支出的基期存量分别为:

$$K_1 = \frac{(1 + g_k) E_1^k}{g_k + \delta_k} \quad (11)$$

$$NRD_1 = \frac{(1 + g_{NRD}) E_1^{NRD}}{g_{NRD} + \delta_{NRD}} \quad (12)$$

那么由 KAF 的定义, 利用  $KAF_t = RD_t + NRD_t + DT_t + IT_t$ , 便得到 KAF 存量的数值。其中, DT、IT 存量的测算参照吴延兵<sup>[11]</sup>的做法, 按照当年经费投入量对固定资产价格指数平减, 折旧率分别为 25%、15%, 平均增长率都设定为与  $g_{RD}$  相同的增长率, 另外, FRD 的计算方法参照 RD, 折旧率设为 15%。

P 存量代表的是一种技术知识存量, 其核算方法与 RD、NRD 等类似, 考虑到我国技术的平均使用年限为 14 年, P 存量的折旧率可以取为 1/14 (等于 0.0714), 依旧采用永续盘存法来衡量以专利申请量表示的技术知识存量。

#### 四、实证分析

本文以发明专利有效申请数量为技术研发阶段产出, 以专利革新生产总值为技术转化阶段产出, 将技术创新路径作为技术非效率项的影响因素, 利用 Frontier4.1 分别对技术研发阶段和技术成果转化阶段的模型进行了拟合。由于假设检验表明存在技术进步, 因此应该构建包含技术进步因素  $t$  的超越对数随机前沿模型。

##### (一) 超越对数随机前沿生产函数的实证分析

对模型(2)、模型(3)的估计结果参见表 2, 方差的估计值表明, 高技术产业技术研发阶段与成果转化阶段都存在无效率, 效率偏差主要来源于技术非效率效应, 模型的误差项是包含无效率因素的复合结果。在只考虑技术创新路径一次项的情况下, 不管在研发阶段还是在转化阶段, 技术非效率函数中 TII 的回归系数均显著为负, 意味着国外技术引进模式对技术创新效率有正的影响, 其技术溢出效应对技术效率的提升有促进作用。FRI 的系数均为负数, 但是不显著, 说明外资研发对企业的技术效率提升作用不大。因为, 外商资本进入中国的目的是为了获得中国的市场而不是转让技术, 也不会系统地投资于研发。TBI 系数在两个阶段中均显著为正, 表明国内技术购买对技术创新效率的影响为负, 依赖国内购买获得的技术不利于技术效率的提高。这与其他学者的结论相似, 可能是因为国内企业的技术水平比较接近, 技术引进空间较小, 对技术创新效率的提高意义不大。

值得注意的是, 在技术创新的两个阶段自主创新对创新效率的影响不同。在研发阶段自主创新是负面影响, 而在技术成果转化阶段它是正面影响。自主创新投入越大, 企业的创新能力越强, 创新效

率是当然的,因此,自主创新的正向影响合乎常理。令人存疑的是为什么自主创新在技术研发阶段是负向影响?一个可能的原因是自主创新前期投入较大,存在一定的盲目性和重复投资现象;另一方面,我国企业的自主创新效率太低,高技术产业各行业的技术转化效率都高于研发效率,而且两个效率差距拉大,这是我国高技术企业重视应用研发、忽视基础研究的结果。

自主创新与技术创新效率是否为简单的线性关系?变量的二次项或者交叉项是否对创新效率也有影响呢?为此,本文有必要考察不同路径的二次

项和交叉项的影响。

(二)不同技术创新路径与创新效率的U型关系检验

为了减少行业差异对分析结果的影响误差,本文在控制行业特征的前提下进一步分析了不同技术创新路径与创新效率的关系,分析结果见表3。

表3中,在技术研发阶段,OII、TII的一次项系数为负,而二次项系数显著为正,因而OII、TII与技术创新效率呈现倒U型关系,FRI一次项系数的估计参数不显著。TBI的一次项系数为负,二次项系数不显著,这说明国外技术购买对技术创新效率有正

表2 只考虑技术非效率函数一次项时的估计结果

技术研发阶段				技术转化阶段			
随机前沿模型		技术非效率函数		随机前沿模型		技术非效率函数	
常数项	-7.190*** (-6.957)	常数项	4.340*** (6.446)	常数项	-10.271*** (-3.681)	常数项	1.758** (2.299)
lnRDL	2.043** (2.384)	OII	2.780*** (3.884)	lnL	1.614** (1.930)	OII	-0.018*** (6.342)
lnKAF	-0.070 (-0.078)	TII	-0.099*** (-5.883)	lnK	4.319*** (5.413)	TII	-0.030*** (-5.796)
lnFRD	2.578*** (3.585)	TBI	0.023* (1.558)	lnP	-1.214** (-2.207)	TBI	0.098** (2.952)
t	0.593*** (4.595)	FRI	-0.010 (-1.240)	t	-0.400** (-2.522)	FRI	-0.002 (-0.611)
lnRDL*lnRDL	0.090 (0.897)	判定参数		lnL*lnL	0.175* (1.528)	判定参数	
lnKAF*lnKAF	0.106 (0.977)	$\sigma^2$	0.414*** (3.861)	lnK*lnK	-0.102 (-0.848)	$\sigma^2$	0.199** (10.444)
lnFRD*lnFRD	0.019 (0.567)	$\gamma$	0.470** (2.609)	lnP*lnP	-0.048* (-1.374)	$\gamma$	0.999*** (4.195)
lnRDL*lnKAF	-0.005* (-1.281)	对数似然函数值	-165.245	lnL*lnK	-0.307* (-1.449)	对数似然函数值	-127.650
t*t	-0.388** (-2.117)	样本数量	225	t*t	0.015*** (3.554)	样本数量	225
lnRDL*lnFRD	0.111*** (1.440)			lnL*lnP	-0.167* (-1.559)		
lnKAF*lnFRD	0.106** (1.291)			lnK*lnP	0.356*** (3.453)		
t*lnRDL	0.063*** (2.132)			t*lnL	0.141*** (5.010)		
t*lnKAF	-0.051* (-1.779)			t*lnK	-0.090** (-2.960)		
t*lnFRD	-0.020* (-1.410)			t*lnP	-0.032* (-1.390)		

注:括号内为t值;\*\*\*、\*\*、\*分别表示显著性为10%、5%、1%;假设检验临界值为显著性水平为1%下的临界值。下表同。

向影响。从参数的估计值来看,在研发阶段,自主创新对技术创新效率的影响力是最大的,它是提高技术创新能力的重要途径,国内技术购买、国外技术购买对企业提高技术效率也都有积极意义。因此,企业在注重培养自主创新能力的同时,还可以多方利用国内外的技术创新成果来降低成本、实现规模效应,在技术创新过程中采用多种技术途径相结合的方式比单纯依赖一种技术方式的效率更高。

在技术转化阶段,OII一次项系数为正,而二次项系数为负,因而OII与技术创新效率呈U型关系。TII一次项系数显著为负,二次项系数不显著,因而TII与技术创新是线性关系。TBI、FRI的一次

项系数都不显著,可见TBI、FRI对技术创新效率的影响不大。

探其究竟,我们不难理解,在自主研发之初,企业的自主创新非常艰难,创新效率不增反降,但是当技术投入达到一定水平,量变引起质变,企业技术创新的困境会有大的突破,同时企业也具备了一定的研发实力,技术创新活动的规模经济收益使得技术创新效率呈现出大幅提高。相比之下,购买外部的新技术带来的收益在短期中见效快,投入却比较小,因而短期中的技术创新效率相对高,但是长期的重引进、轻研发会形成企业对技术购买的路径依赖,不利于自主研发能力的提高,其技术创新效

表3 不同技术创新路径对创新效率的影响

技术研发阶段(控制行业环境)				技术转化阶段(控制行业环境)			
随机前沿模型		技术非效率函数		随机前沿模型		技术非效率函数	
常数项	7.479*** (7.529)	常数项	0.233 (0.216)	常数项	-11.058*** (-9.927)	常数项	0.181 (0.462)
lnRDL	2.529** (2.743)	OII	-0.041** (-6.925)	lnRDL	-0.689 (-0.934)	OII	0.122*** (6.257)
lnKAF	0.754 (1.018)	TII	-0.021** (-2.707)	lnRDK	4.772*** (6.848)	TII	-0.065** (-2.386)
lnFRD	-3.624*** (-4.775)	TBI	0.218*** (6.385)	lnP	-1.065** (-2.487)	TBI	-0.061 (-0.907)
t	0.463*** (3.151)	FRI	0.034 0.435	t	-0.227* (-1.403)	FRI	-0.002 (-0.224)
lnRDL*lnRDL	0.042 (0.402)	(OII) <sup>2</sup>	0.004*** (-3.979)	LnRDL*lnRDL	0.269** (2.344)	(OII) <sup>2</sup>	-0.002*** (-5.814)
lnKAF *lnKAF	0.011 (0.100)	(TII) <sup>2</sup>	0.002 (1.015)	lnRDK *lnRDK	-0.061 (-0.557)	(TII) <sup>2</sup>	0.001 (0.592)
lnFRD*lnFRD	0.059 (1.312)	(TBI) <sup>2</sup>	-0.042** (1.805)	lnP*lnP	-0.100** (-2.445)	(TBI) <sup>2</sup>	0.009* (1.483)
t* t	-0.008** (-1.857)	(FRI) <sup>2</sup>	-0.002*** (-5.060)	t* t	0.007* (1.508)	(FRI) <sup>2</sup>	-0.001* (-1.326)
lnRDL*lnKAF	-0.320* (-1.702)	判定参数		lnRDL*lnRDK	-0.423** (-2.195)	判定参数	
lnRDL*lnFRD	0.071 (0.707)	σ <sup>2</sup>	0.566*** (5.548)	lnRDL*lnP	-0.069 (-0.654)	σ <sup>2</sup>	0.145*** (7.506)
lnKAF*lnFRD	0.153 (1.288)	γ	0.676*** (4.432)	lnRDL*lnP	0.117*** (3.295)	γ	0.079*** (9.461)
t*lnRDL	0.066** (1.828)	对数似然函数值	-170.807	lnRDK*lnP	0.307*** (3.269)	对数似然函数值	-100.920
t*lnKAF	-0.014 (-0.459)	样本数量	225	t*lnRDK	-0.094*** (-3.306)	样本数量	225
t*lnFRD	-0.043** (2.359)			t*lnP	0.001 (0.031)		

率在长期增长乏力。这样的分析结论与现实契合,由于自主研发的投入大、风险大、见效慢等原因,很多企业更倾向于购买技术,加以外型、包装等方面的简单改造后就投入生产环节,企业仍然缺乏核心技术。可见,自主创新需要一定的积累过程,企业在选择技术创新路径时应该具有更长远的发展眼光。

### (三)不同创新路径对创新效率的交互影响分析

由于自主研发具有技术创新能力和吸收能力的双重属性,吴延兵<sup>[1]</sup>通过 R&D 与国外技术引进和国内技术引进的交互作用来考察 R&D 吸收能力对生产率的影响。受此启发,本文分析了不同技术创新路径的交互作用对技术创新的影响。分析结果参见表 4 与表 5。限于篇幅,表 4 和表 5 的数据只选取了关于技术非效率函数的估计结果。

由表 4 可知,在技术研发阶段,OII\*FRI 的参数在 0.01 的水平上显著为正,说明自主研发与外资研发的结合有利于技术创新效率的提高,而 TII\*FRI 的参数在 10%的水平上显著为负,即国外技术引进与外资研发的结合不利于创新效率的提高。

由表 5 可知,在技术转化阶段,OII\*TII、OII\*FRI、

TII\*TBI、TII\*FRI、TBI\*FRI、OII\*TBI 的参数估计值均在 10%的水平上显著,但是包含 TBI 的交叉项系数均为正。这说明国内技术购买不利于创新效率的提高,因为我国的高技术产业技术含量偏低,相关配套技术存在短板,从国内购买技术无法有效提高企业技术创新能力,对其投入过大反而会导致资源浪费,制约了对其他技术创新路径的选择,阻碍了创新效率的提高。以上结果表明,除国内技术购买以外,其他创新路径的结合均有助于技术创新效率的提高。

### (四)稳健性检验

为验证实证分析结果的稳健性,本文将所有影响创新效率的技术创新路径因素都考虑在内重新做了实证分析,所得结论与前文一致,因此本文的研究结论是稳健可靠的。

## 五、结论与政策建议

本文采用我国高技术产业 1998—2012 年 15 个细分行业的面板数据,运用随机前沿的分析方法,建立超越对数生产函数模型,分两个阶段研究了四种不同创新路径对技术创新效率的影响。

表 4 技术研发阶段不同技术创新路径交互作用对创新效率的影响

	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
技术非效率函数						
常数项	-16.306 (-0.158)	0.458* (1.415)	2.457*** (7.056)	-13.649 (-0.774)	-0.931 (0.909)	0.441 (0.985)
OII*TII	0.018 (0.174)					
OII*TBI		-0.011 (-0.803)				
OII*FRI			-0.001*** (-4.581)			
TII*TBI				-0.065 (-0.820)		
TII*FRI					0.002* (1.432)	
TBI*FRI						-0.004 (-0.771)
判定参数						
$\sigma^2$	0.507*** (17.555)	0.401** (2.023)	0.344*** (6.771)	0.551*** (8.879)	0.343*** (7.719)	0.356*** (4.905)
$\gamma$	0.951*** (3.393)	0.227*** (3.931)	0.510** (2.110)	0.954*** (17.672)	0.368*** (3.995)	0.001*** (4.357)
对数似然函数值	-192.851	-191.729	-176.474	-194.115	-181.508	-189.262
样本数量	225	225	225	225	225	225

表 5 技术转化阶段不同技术创新路径交互作用对创新效率的影响

	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11	模型 12
技术非效率函数						
常数项	2.537*** (9.585)	4.981 (1.183)	1.974*** (6.373)	-0.503*** (-7.557)	1.535*** (8.975)	6.337* (1.607)
OII*TII	-0.002*** (-5.689)					
OH*TBI		0.010*** (8.891)				
OH*FRI			-0.001*** (-5.383)			
TII*TBI				0.037*** (7.794)		
TII*FRI					-0.003*** (-5.846)	
TBI*FRI						0.010*** (8.446)
判定参数						
$\sigma^2$	0.431*** (10.295)	0.349*** (10.031)	0.443*** (7.797)	0.377*** (10.439)	0.358*** (6.663)	0.354*** (10.198)
$\gamma$	0.999*** (6.210)	0.996*** (5.021)	0.444** (2.459)	0.398*** (5.327)	0.353** (2.797)	0.995*** (4.687)
对数似然函数值	-208.944	-187.455	-198.943	-195.567	-182.708	-189.070
样本数量	225	225	225	225	225	225

实证分析的结果表明,两个阶段中技术创新路径与创新效率之间的关联不尽相同,不能都简单地概括为线性关系。无论在哪个阶段,自主研发对技术创新效率的影响力度都是最大的,而引进国外技术和购买国内技术对其均有正向影响,所以,技术创新的关键仍在于内因,若完全依赖外部力量,企业的技术创新能力与效率难以提高。

在技术创新的不同阶段,同一创新路径对技术创新效率的影响存在差别。比如,自发原始创新在技术研发阶段与技术创新效率之间存在倒 U 型关系,在技术成果转化阶段则为 U 型关系。因此,在技术研发的初步阶段,适当引进国外技术可以避免在自主原始创新上的过度投入造成的资源浪费,减少技术非效率损失,应该保持开放的姿态,发挥不同创新路径对技术创新效率的提升作用。

此外,国内技术购买并不能够对创新效率的提高起到良好的促进作用,审慎引进同行业技术,减少在国内技术购买上的投入是理性的,这可能是由于我国高技术产业总体上技术水平偏低,在技术转化阶段,购买国内技术带来的市场价值较少,这也

反映了我国技术创新成果转化难的问题。

根据上述分析,本文对于技术创新政策的建议为:第一,高技术产业应该坚持自主创新,为此,政府可以优化企业创新环境,给予中小企业财政与金融支持;第二,企业应合理引进外资,避免外资引进过度。在技术水平达到一定程度之后,国外技术的引进对于技术创新的影响不确定,其影响取决于引进技术的溢出效应与挤出效应。当技术引进过度时,它对本土技术的挤出效应大于溢出效应,从而不利于本土企业的自主创新;第三,政府在鼓励技术创新,走创新驱动发展战略的同时,应当发挥政策调控作用,引导企业对不同创新路径做出合理选择,实现创新资源在不同路径的合理分配,避免因对某一路径的过度依赖而导致的非系统性“偏食”。

#### 参考文献:

- [1] C. Criscuolo, J. Haskel. Innovations and Productivity Growth in the UK: Evidence from CIS2 and CIS3[R]. Ceriba Working Paper, 2003.
- [2] R. Griffith, E. Huergo, J. Mairesse, B. Peters. Innovation and



- Productivity across Four European Countries [J].Oxford Review of Economic Policy,2006,(4):483-498.
- [3] Belderbos R., Carree M.,Lokshin B. R&D Cooperation and Firm Performance. Research Policy [J],2004, (10): 1477-1492.
- [4] D. Faems,B.Van Looy, K. Debackere.Interorganizational Collaboration and Innovation: Toward a Portfolio Approach [J].Product Innovation Management,2005, (3): 238-250.
- [5] Albert G.Z. Hu, G.H.Jefferson, Qian Jinchang. R&D and Technology Transfer: Firm-Level Evidence from Chinese Industry [J].Review of Economics and Statistics, 2005, (4):780-786.
- [6] 李小平.自主 R&D、技术引进和生产率增长[J].数量经济技术经济研究,2007,(7):15-24.
- [7] B.H.Hall, F.Lotti, J.Mairesse. Innovation and Productivity in SMEs: Empirical Evidence for Italy[R].NBER Working Paper, 2008.12.No.14594.
- [8] 于明超,申俊喜.区域异质性与创新效率[J].中国软科学, 2010,(11);182-192.
- [9] Philippe Aghion, John Van Reenen, Luigi Zingales. Innovation and Institutional Ownership [J].American Economic Review,2013,(1):277-304.
- [10] 吴延兵,米增渝.创新、模仿与企业效率——来自制造业非国有企业的经验证据 [J]. 中国社会科学,2011,(4): 77-94.
- [11] 吴延兵.自主研发、技术引进与生产率——基于中国地区工业的实证研究[J].经济研究,2008,(8):51-63.
- [12] 白俊红.企业规模、市场结构与创新效率——来自高技术产业的经验数据[J].中国经济问题,2011,(9):7-18.
- [13] 钟廷勇,安焯.文化创意产业技术效率的空间差异及影响因素[J].中南财经政法大学学报,2014,(1):69-75.
- [14] 陈建丽,孟令杰,姜彩楼.两阶段视角下高技术产业技术创新效率及影响因素研究[J].数学的实践与认识,2014,(2):63-74.
- [15] 樊纲,王小鲁,马光荣.中国市场化进程对经济增长的贡献[J].经济研究,2011,(9):4-16.
- [16] 张军,吴桂英,张吉鹏.中国省际物质资本存量估算: 1952—2000[J].经济研究,2004,(10):35-44.

(责任编辑:彭晶晶)

## An Empirical Study on Efficiency of Technology Innovation of High-tech Industries in China

LUO Xiao-fang<sup>1</sup>, FAN Xin-lei<sup>2</sup>

(1. School of Economics,Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan Hubei 430073, China; 2. Bank of Communications Henan Provincial Branch,Zhengzhou Henan 450000, China)

**Abstract:** The paper separates the technological innovation process into two stages of research and achievements transformation based on value chain theory. Constructing the trans-log stochastic frontier production function and using the panel data of 15 subdivision industries of China's high-tech industries from 1998 to 2012, the paper researches the effects of original innovation, purchasing domestic technology, importing foreign technology and foreign investment on technological innovation efficiency. The analysis suggests that the relationships are not simple linear. The further research also shows there are U-shape or inverted U-shape curves between four technological innovation paths and innovation efficiency. Multiple parameters in the paper prove original innovation has positive impact on technological innovation efficiency. And the combining of several technological innovation paths is more efficient than just relying on the only way in the process of technology innovation.

**Key words:** technological innovation; innovation path; innovation efficiency; high-tech industry