



中国高技术产业创新效率 及其影响因素研究

肖仁桥^{1,2}, 钱丽³, 陈忠卫³

1 安徽财经大学 统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030

2 华中科技大学 管理学院, 武汉 430074

3 安徽财经大学 工商管理学院, 安徽 蚌埠 233030

摘要:从价值链的角度出发,构建规模报酬可变情形下的两阶段链式关联DEA模型,对2005年至2009年中国28个省份高技术产业创新整体效率和两阶段效率进行实证分析,探索两阶段间的关联有效程度,并给出创新资源利用方式的4种模式,然后利用Tobit模型检验创新效率的影响因素。研究表明,考察期内中国高技术产业整体效率和分阶段效率偏低,且呈现U型变化趋势,资源利用模式主要为低研发低转化型;企业规模、滞后期效率值等对知识创新效率影响显著,劳动者素质、产业结构等对科技成果商业化效率的作用明显,政府支持、金融环境等对技术创新的整体效率有较为显著的影响;最后提出进一步提高职业高等教育水平、开展产学研合作机制、营造良好金融环境、完善知识产权法律等政策建议。

关键词:高技术产业;价值链;创新效率;网络DEA模型;Tobit模型

中图分类号:F264.2

文献标识码:A

文章编号:1672-0334(2012)05-0085-14

1 引言

高技术产业是国民经济的重要战略性产业,其作为知识密集型和技术密集型产业,已成为当前和未来经济发展中新的增长点。在市场经济条件下,高技术产业是目前社会经济中从事技术创新活动最为活跃的领域,技术创新已成为高技术产业发展的核心动力和不竭源泉。近年来,中国高技术产业的研发投入不断增加,且非常重视引进国内外先进技术,并坚持原始创新、消化吸收再创新以及集成创新,目前在生产能力方面已有较大幅度的提高。

但这种一味地增加研发投入却忽视提升创新效率的做法是不符合中国高技术产业可持续发展要求的。据统计,2009年高技术产业总产值高达60430亿元人民币,产业规模和产品出口额均位居世界前两位^[1]。然而,中国国内拥有自主知识产权核心技术

的企业不足万分之三,99%的企业没有申请过专利,一半以上的企业没有注册商标^[2],在关键设备和高端产品等方面明显落后于发达国家。一方面,研发投入在不断增加;另一方面,新产品销售收入等经济效益指标并未有明显的改善。那么,在创新资源从投入向产出转化这一价值创造过程中,必定是某些环节出现了问题。为此,本研究从价值链角度出发,探索中国高技术产业创新效率的时空差异,并在此基础上提出有针对性的政策建议,对于促进产业结构升级、转变经济增长方式以及实现中国社会经济的可持续发展都具有重要的现实意义。

2 相关研究述评

对高技术产业创新效率进行测度,有利于高技术产业向集约型方式转变,并可同时辅助改善其技

收稿日期:2012-02-15 修返日期:2012-07-30

基金项目:教育部人文社会科学项目(10YJC790166);安徽省高校人文社会科学重点研究基地项目(2011sk743,2011sk738zd);安徽财经大学基地项目(ACJD1103)

作者简介:肖仁桥(1982-),男,湖北武汉人,华中科技大学管理学院博士研究生、安徽财经大学统计与应用数学学院讲师,研究方向:技术创新管理等。E-mail: xrq0104@yahoo.com.cn

术创新活动^[3]。Sun等^[4]从行业比较的角度出发,利用数据包络分析法(DEA)对韩国制造业的技术创新效率进行测度,结果显示,技术进步既存在于高技术产业,也存在于低技术产业,需从技术进步和技术效率两方面同步改进;Raab等^[5]从区域差异的角度出发,对2002年美国50个州的高技术产业技术效率进行评价和分析;Chen等^[6]应用DEA的Malmquist指数法对1991年至1999年台湾地区新竹科技园6个高技术产业的技术创新效率进行评价,结果表明,计算机、半导体行业和精密仪器行业因其效率较高而备受欢迎,其他行业则具有巨大的发展潜力。在此基础上,Lu等^[7]选取微观企业为研究对象,利用DEA-Tobit模型对台湾194家高技术企业的研发效率进行评价,并对效率的影响因素进行分析,探索高技术企业效率无效的原因;朱有为等^[8]、刘志迎等^[9]、官建成等^[3]、冯纛等^[10]和冯尧^[11]分别运用随机前沿模型(SFA)或DEA模型从行业或区域差异角度对高技术产业创新效率进行评价;官建成等^[3]运用DEA模型对15个高技术行业的创新效率进行评价,研究表明高技术产业的规模效率水平持续下降,而纯技术效率呈现递增趋势;冯尧^[11]利用DEA模型对中国各省份高新技术产业科技成果转化效率的研究发现,科技成果转化效率总体水平呈现递减趋势,东部地区效率偏高,而中部地区效率最低。

上述研究为高技术产业创新效率的研究提供了参考,但是这些研究主要基于传统的DEA模型展开,将高技术产业创新活动作为黑箱进行处理,并不清楚高技术产业创新系统内部的运行机制和转化过程。近年来,随着对高技术产业的创新过程和价值链的理解不断深入^[12],既关注知识创新、又注重科技成果转化二阶段DEA模型受到学者们的青睐。余泳泽^[13]从两阶段价值链视角出发,将两阶段看成独立的单元,连续使用松弛变量的DEA模型,然后利用两阶段DEA效率的乘积表示整体效率,探索高技术产业创新效率的区域差异,并利用Tobit模型检验创新效率的影响因素,结果表明纯技术无效导致两阶段效率值都处于较低水平,企业规模、政府支持等对创新效率的提升具有积极影响;付强等^[2]重复使用传统DEA模型,选取5大高技术行业为研究对象,对其创新效率进行评价;冯锋等^[14]从区域差异的角度出发,运用两阶段DEA模型,探索中国29个省市科技投入产出效率之间的差异,并根据测算结果将中国各省份区分为“效率兼优”等4类。

然而,上述研究都将两个阶段看做独立的单元,没有考虑子单元之间的关联性以及创新的整体性,出现了“各阶段效率不为1,系统整体效率为1”等违背事实的现象。这种两阶段DEA模型其实是网络DEA模型的一种形式,Färe等^[15]、Lewis等^[16]和段永瑞等^[17]分别根据各自的研究领域构造网络DEA模型,虽然研究了子过程对系统效率的影响,但仍然把它看做相互独立的单元处理;在此基础上,Guan等^[18]从两阶段价值链角度出发,将高技术产业创新

过程分解为R&D和科技成果商业化两个相互关联的子过程,利用Kao^[19]提出的关联型网络DEA模型测算2002年至2003年中国各省份高技术产业创新效率值,具有重要的理论贡献。不过,该研究基于规模报酬不变的假设过于严苛,反映的是系统的综合效率,而规模报酬可变情形下的DEA模型剔除了规模效应的影响,反映出不同技术政策和制度影响下的管理效率^[20],从而可提供更多的管理决策信息;另外,该研究将引进技术、消化吸收等费用以及第一阶段R&D产出作为第二阶段的投入。Grossman等^[21]提出,技术引进可以使本国企业R&D人员跟踪国际技术前沿,通过不断学习先进技术和积累宝贵经验,从而迸发出二次技术创新的灵感,余泳泽^[13]的研究也印证了这一观点。因此,在技术引进的同时,加强消化吸收费用的投入,不仅能促进技术的经济转化,更会对知识创新过程产生重要影响,故可将其纳入第一阶段资金投入,从而形成链式关联型过程;Guan等^[18]的研究仅对企业资金和政府资金这两个因素进行了相关性检验,尚未对创新效率的影响因素做深入分析。

本研究延续并拓展Guan等^[18]和余泳泽^[13]的研究,将高技术产业创新系统分解为知识创新和科技成果转化两个相互关联的链型子过程,认为前一过程的产出即为后一过程的投入,基于规模报酬可变的假设,建立链式关联型网络DEA模型,首先对2005年至2009年中国大陆28个省、市、自治区的高技术产业创新的整体效率和各阶段效率进行分析,探索考察期内中国以及东部、中部、西部3个地区高技术产业创新整体效率和各阶段效率差异;根据两阶段效率值,给出高技术产业创新资源利用的4种模式;最后,利用Tobit模型检验中国高技术产业创新效率的影响因素,以期对高技术产业创新发展政策的制定提供科学依据。

3 研究方法

3.1 两阶段链式关联型网络DEA模型

创新效率的评价方法主要有DEA和SFA法,SFA法不仅需要确定生产函数的具体形式,还要设定分布假设,一旦生产函数形式和分布假设有误,结果就会出现偏差。而DEA直接利用投入产出数据构造生产可能集的前沿面,无需对指标数据进行标准化处理,也不用事先对指标权重进行假定,该方法基于全要素生产率理论,考虑经济主体各种投入要素之间的相互作用对技术创新效率的影响^[22]。DEA模型是由Charnes等^[23]提出的,它基于规模报酬不变假设,测算的是决策单元的综合效率;Banker等^[24]构建基于规模报酬可变的BCC模型,计算决策单元的纯技术效率,适合不同规模评价单元之间的比较。然而,这些DEA模型只关注最初投入和最终产出,Färe等^[15]提出评价决策单元内部有效性的网络DEA方法。后来学者们发展了网络DEA理论,Kao^[19]基于规模报酬不变的假设,通过对同种要素设定相同

的权重体现子过程间的关联性,构建关联型网络DEA模型,目前已被广泛应用于商业银行效率和国家创新系统效率研究中^[25,26]。基于此,本研究构建规模报酬可变情形下高技术产业创新的链式关联型网络DEA模型,具体如下。

设 X_i 为第 i 个评价单元(DMU)第一阶段的投入, $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})^T$; Z_i 为第 i 个评价单元(DMU)第一阶段的产出, $Z_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ik})^T$; 第二阶段的投入为第一阶段的产出,产出为 $Y_i, Y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{is})^T$ 。链式过程如图1所示。

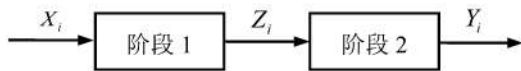


图1 具有两阶段的DMU链式过程
Figure 1 Two-stage Chain Process of DMU

如果考虑DMU两阶段的关联性,则在进行效率评价时必须满足如下条件。①每个阶段都满足前沿条件,即累积产出不超过累积投入;②中间产出在两阶段的权重应该是相等的。在满足上述条件的基础上,本研究构建模型(1)式计算评价单元的整体纯技术效率(E),即

$$E = \max \frac{u^T Y_i + \sum_{d=1}^2 \mu_i^{(d)}}{v^T X_i}$$

$$s. t. \begin{cases} u^T Y_j + \sum_{d=1}^2 \mu_i^{(d)} - v^T X_j \leq 0, j=1, 2, \dots, n & (1.1) \\ \delta^T Z_j + \mu_i^{(1)} - v^T X_j \leq 0, j=1, 2, \dots, n & (1.2) \\ u^T Y_j + \mu_i^{(2)} - \delta^T Z_j \leq 0, j=1, 2, \dots, n & (1.3) \\ u \geq \varepsilon I_s, v \geq \varepsilon I_m, \delta \geq \varepsilon I_k, \mu_i^{(1)} \in R^1, \mu_i^{(2)} \in R^1 \end{cases}$$

其中, u^T 为第二阶段产出变量的权重向量, $u^T = (u_1, u_2, \dots, u_s)$; v^T 为第一阶段投入变量的权重向量, $v^T = (v_1, v_2, \dots, v_m)$; δ^T 为中间产出变量的权重向量, $\delta^T = (\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k)$; ε 为阿基米德无穷小量; $I_s^T = (1, \dots, 1) \in R^s, I_m^T = (1, \dots, 1) \in R^m, I_k^T = (1, \dots, 1) \in R^k$; j 为第 j 个评价单元的下标, $j=1, 2, \dots, n$; $\mu_i^{(d)}$ ($d=1, 2$)为两个不受条件约束的实变量,它反映模型(1)式中第 i 个决策评价单元(DMU_i)的规模报酬状态特征。当 $\mu_i^{(1)} = \mu_i^{(2)} = 0$ 时, DMU_i 处于最佳生产规模状态,属于规模报酬不变;而当 $\mu_i^{(1)} \neq 0, \mu_i^{(2)} \neq 0$ 时,表明 DMU_i 处于规模报酬递增或递减状态。约束条件(1.1)是评价单元作为整体需要满足的前沿条件,约束条件(1.2)和(1.3)分别是阶段1和阶段2要满足的前沿条件,从而使模型(1)式满足上述条件①;同时模型中相同要素的权重均相同,符合条件②的要求;中间产出在两个阶段中的权重一致性体现了两子阶段之间的关联性。

由于约束条件(1.1)等于约束条件(1.2)与(1.3)

之和,因此可删除(1.1),并对(1)式进行变换,令 $t = \frac{1}{v^T X_i}, \mu = tu, \varphi = t\delta, \omega = tv, \eta_i^{(1)} = t\mu_i^{(1)}, \eta_i^{(2)} = t\mu_i^{(2)}, \tilde{\varepsilon} = t\varepsilon$,得到模型(2)式,即

$$E = \max \mu^T Y_i + \sum_{d=1}^2 \eta_i^{(d)}$$

$$s. t. \begin{cases} \varphi^T Z_j + \eta_i^{(1)} - \omega^T X_j \leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \mu^T Y_j + \eta_i^{(2)} - \varphi^T Z_j \leq 0, j=1, 2, \dots, n \\ \omega^T X_i = 1 \\ \mu \geq \tilde{\varepsilon} I_s, \omega \geq \tilde{\varepsilon} I_m, \varphi \geq \tilde{\varepsilon} I_k, \\ \eta_i^{(1)} \in R^1, \eta_i^{(2)} \in R^1 \end{cases} \quad (2)$$

其中, φ 为变换后中间产出变量的权重向量, μ 为变换后第二阶段产出变量的权重向量, ω 为变换后第一阶段投入变量的权重向量,且 $\eta_i^{(d)}$ ($d=1, 2$)是由 $\mu_i^{(d)}$ ($d=1, 2$)经上述变换后得到的一维实变量,其含义与 $\mu_i^{(d)}$ ($d=1, 2$)类似,表示模型(2)中 DMU_i 的规模报酬状态特征。 $\tilde{\varepsilon}$ 为变换后的阿基米德无穷小量。若记 $\mu^*, \omega^*, \varphi^*, \eta_i^{(1)*}, \eta_i^{(2)*}$ 为模型(2)式的最优解,则评价单元的整体效率(E)及两阶段效率($E^{(1)}, E^{(2)}$)分别为

$$E = \mu^{*T} Y_i + \sum_{d=1}^2 \eta_i^{(d)*} \quad (3)$$

$$E^{(1)} = \frac{\varphi^{*T} Z_i + \eta_i^{(1)*}}{\omega^{*T} X_i} \quad (4)$$

$$E^{(2)} = \frac{\mu^{*T} Y_i + \eta_i^{(2)*}}{\varphi^{*T} Z_i} \quad (5)$$

其中,(3)式测度整体效率,(4)式计算第一阶段的效率值,(5)计算第二阶段的效率值。

为了反映两阶段按照系统结构方式相互补充和制约而产生的结构和组织效应,下面用关联指数描述两阶段间的联系强度。关联指数 RC 为

$$RC = \frac{E}{E^{(1)} \cdot E^{(2)}} \quad (6)$$

若 $RC > 1$,即评价单元的整体效率值大于两个子阶段效率值的乘积,则称评价单元内部的两阶段间关联有效;若 $RC = 1$,即评价单元的整体效率值等于两个子阶段效率值的乘积,则称评价单元内部的两阶段间关联弱有效;若 $RC < 1$,即评价单元整体效率值小于两个子阶段效率值的乘积,则称评价单元内部的两阶段间关联无效。

3.2 Tobit 模型

为了解中国高技术产业创新效率差异的显著影响因素,在DEA分析的基础上衍生出一种两步法。第一步利用DEA模型测算各地区高技术产业的创新效率值,第二步以技术创新效率值作为因变量、以创新效率的各影响因素作为自变量构建多元线性回归模型。由于DEA模型测算出的效率值大于0,倘若

直接采用普通最小二乘法,会产生有偏和不一致。为此,第二步采用 Tobit 截取回归分析,它是因变量受限模型的一种,当因变量为切割值或片断值时采用。Tobit 模型具体形式为

$$Y_k = \begin{cases} X'_k \beta + \mu_k, & X'_k \beta + \mu_k > 0 \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (7)$$

其中, Y_k 为样本数据第 k 组观察值的受限因变量, X_k 为解释变量, β 为未知参数向量, $\mu_k \sim N(0, \sigma^2)$, $k=1, 2, 3 \dots$ 。

4 指标体系的理论依据、变量和数据的选取

4.1 两阶段价值链视角下的创新效率及其影响机制分析

Roper 等^[27] 提出,创新生产是一系列功能性创新活动和实施阶段运营的总和,被认为是一个连续的过程,且由多个相关联的子过程组成; Hansen 等^[28] 认为,许多创新活动的失败通常是由于没有认识到创新是一个链条,需要加强每一个子过程的管理,以获取成功。高技术产业技术创新是一个复杂的系统工程,初期的研发投入、中期的科技产出以及最后的经济转化过程紧密相连,缺一不可。技术创新活动可看做是由知识创新和科技成果商业化两阶段完成。第一阶段为大学、科研院所以及企业开展的知识创新过程,它是科技创新资源向技术成果转化的转换环节^[13],该阶段的运行与研究、开发、测试以及干中学等活动密切相关;第二阶段则是以企业为主导的科技成果商业化过程,它是科技成果向经济效益转化的重要过程,该阶段的运行与营销、商业策划以及制造等经济活动有关^[18]。

根据高技术产业创新过程的特点,本研究测度产业创新的整体效率、知识创新效率和科技成果商业化效率。第一阶段的知识创新效率为科技产出与研发投入的比值,体现高技术产业利用创新资源实现和提升技术创新的水平。对于效率水平较低的地区,增加其研发投入(如 R&D 人力投入)并不能带来相应比例的科技产出(如发明专利数),为了使知识创新效率达到最优,需在保证一定科技产出水平下实现研发投入的最小化,或者是在既定投入水平下使科技产出达到最大值。第二阶段的科技成果商业化效率为经济产出与科技产出的比值,主要反映高技术产业技术创新成果的社会转化能力,同时检验技术成果本身的应用价值和市场导向,从而与技术创新使命吻合^[2]。对于该阶段效率偏低的地区,需从系统内部管理效率出发,在既定科技产出的基础上实现经济产出(如新产品销售收入)的最大化。总之,两阶段的技术创新过程将高技术产业创新的研究进一步细化,揭示出创新过程中具体的低效率环节,以期更加深入地阐释科技投入与经济效益背离等问题^[18]。

下面对创新效率的影响机制进行分析。高技术

产业创新不仅与自身的产业特征(如企业规模、企业资金等)有关,而且与它所处的区域环境(如劳动者素质、市场环境等)有关,而政府部门的相关政策以及金融机构的支持力度也会对创新行为产生影响。

(1) 劳动者素质。李习保^[29] 认为,劳动者素质的提高对于地区创新能力的提升具有积极的作用。对于高技术产业创新活动而言,地区教育水平越高,相应的高技术企业员工素质越高,员工消化吸收先进技术以及再创新的能力越强,地区高技术产业的创新效率水平也相应提升。因而,劳动者素质对于科技成果转化效率的提升具有积极的作用,但由于第一阶段更多地涉及研发人员的投入,其对知识创新效率的影响可能并不明显。

(2) 市场环境。Gu 等^[30] 认为,技术供给方和需求方之间的沟通与合作对于提高技术利用率和科技成果转化效率具有重要影响,因而许多地方纷纷建立不同层次的技术市场。技术市场成熟度会对高技术产业的创新活动产生相应效应,无论是对技术需求方还是对供给方都会形成一定的促进作用,市场环境越成熟,高技术产业的创新效率越高。

(3) 产业聚集度。Schumpeter^[31] 认为垄断与研发效率有着较为密切的联系,市场集中度越高,越有利于激励企业从事研发活动以获取垄断利润; Arrow^[32] 则最早对垄断能够促进研发效率的观点提出质疑,他认为竞争性环境可以给研发活动带来更大的激励。学术界大多数研究支持 Arrow^[32] 的观点,本研究认为,随着地区高技术企业数量的增加,使产业以及行业间的合作与竞争程度越来越高,较高的产业聚集度促进企业间隐性知识的交流和传播,且强化了企业的危机意识,从而实现研发效率的不断提高,而在科技成果商业化阶段,企业可能由于竞争的加剧和低级别产品竞争导致创新效率的负增长。

(4) 产业结构。Malerba^[33] 认为,不同产业的创新过程、投资需求和知识基础都存在一定的差异,因此产业结构会对企业创新绩效产生影响。探索二者之间的关系有利于明确高技术产业发展政策和产业结构的调整方向,相关实证研究较为少见。

(5) 企业规模。Chen 等^[34] 提出 R&D 效率的提升需要一定的规模效应,企业规模与 R&D 效率正相关;朱有为等^[8] 的结论也证实了这一观点;而 Pavitt 等^[35] 的研究表明,企业规模较大和较小的企业 R&D 效率较高,而规模处于中等水平的企业 R&D 效率相对偏低,呈 U 型关系; Scherer 等^[36] 认为,随着企业规模不断扩大,会出现企业管理控制能力的降低或者过度的官僚控制等现象,这些都会导致内耗增加,使企业研发效率不断下降。还有部分学者认为二者之间没有任何关系。本研究认为, R&D 效率更多的依赖于研发部门的投入产出效率,规模较大的中国企业,其研发能力并没有很好的体现。但是在科技成果商业化阶段,企业规模越大,规模经济效益越明显,科技成果转化效率越高。

(6) 政府支持。Guan 等^[18] 的研究表明,企业资

金对高技术产业创新效率的提升具有积极作用,而政府资金与创新效率显著负相关;余泳泽^[13]认为,政府支持有利于高技术产业创新效率的提升。结论不一致的原因在于测度效率的方法以及样本数据的年份不同。对于处在不同发展阶段的企业而言,政府经济资助和协调管理的影响效果也会存在差异,企业应成为创新的主体,在创新活动中需拥有更多的主导权和责任感,企业需将更多的资源投入到创新活动中去。而政府资金只是一种辅助手段,起到引导和协调作用,政府部门更需要关注的是产学研合作,使企业能够充分利用科研院所的研发能力,并将其转化为经济效益。

(7)金融环境。Sullivan 'O^[37]认为,企业技术创新活动离不开银行和风险投资机构的支持。一个成功的企业需要有一定的资产负债能力,而良好的融资环境给地区高技术产业的发展提供了优越的发展机会。但也有学者认为,企业应将更多的创新资源投入到研发活动中,金融支持只起辅助作用。因此,金融支持对创新效率的影响尚无定论,有待进一步检验。

4.2 指标体系的建立

根据上述分析,本研究构建高技术产业创新效率的评价指标体系,具体如图2所示。

第一阶段的知识创新效率是技术创新成果产出与研发投入资源之比,能够衡量科技投入产出的指标很多,投入指标包括 R&D 资金投入、R&D 人员全时当量、科学家和工程师数量、R&D 资本存量等,产出指标有专利申请量、论文发表等。本研究认为投入指标包括人力投入和资金投入两个方面^[18,28],选取 R&D 人员全时当量作为人力投入的代理指标,资金投入一般选取 R&D 经费来衡量,而冯缨等^[10]提出应该包括引进技术和消化吸收等费用。考虑到目前全国大多数高技术企业还是以引进技术和消化吸收再创新为主要创新模式,本研究用 R&D 经费与引进、改造技术和消化吸收费用之和表示资金投入。

产出指标包括专利申请量和拥有发明专利量,Furman 等^[38]和 Guan 等^[18]认为,用专利衡量科技产出虽然已受到一些质疑,原因在于有些专利经济转化效率低下,但尚未发现能更好反映科技产出的其他指标。本研究的目的是检验科技转化效果,因而选取该指标进行研究具有一定的意义。拥有发明专利量代表技术创新的中间成果,是高技术企业在技术上的成就和质的提升,同时也是国际上用于衡量科技产出的通用指标^[39],而专利申请量可反映企业在科技研发工作中所做出的努力,是一种潜在的科技产出,即使专利授权未获批准,也会对后续工作产生积极影响。

第二阶段的成果商业化效率为经济效益产出与技术成果投入之比,因此投入变量为第一阶段科技产出,产出变量为经济产出。衡量经济产出的指标很多,如高技术产业新产品产值、新产品销售收入、新产品销售收入占有产品销售收入比例、新产品出口额等^[3,33]。经济产出可分为竞争性产出和收益性产出,竞争性产出主要通过技术创新使企业的竞争力或竞争优势发生变化,这里用新产品产值作为竞争性产出的代理指标^[13];收益性产出主要通过销售新产品或技术给企业带来收益,故选取新产品销售收入表示,且 Liu 等^[40]认为,它能体现创新成果的应用价值和商业化水平,是反映创新经济产出的最好指标。

4.3 样本和数据的选择

本研究选取中国大陆28个省份为基本评价单元,为了数据处理的方便,西藏、新疆、海南、台湾、香港、澳门不在研究范围之内,时间跨度为5年(2005年至2009年),探索中国各省份高技术产业效率的时空差异。由于研发投入转化为最终经济产出具有一定时滞性,按照通常的做法,取滞后期为2年。第一阶段投入指标为2003年至2007年数据,科技产出为2004年至2008年数据,第二阶段经济产出为2005年至2009年数据,数据特征如表1所示。

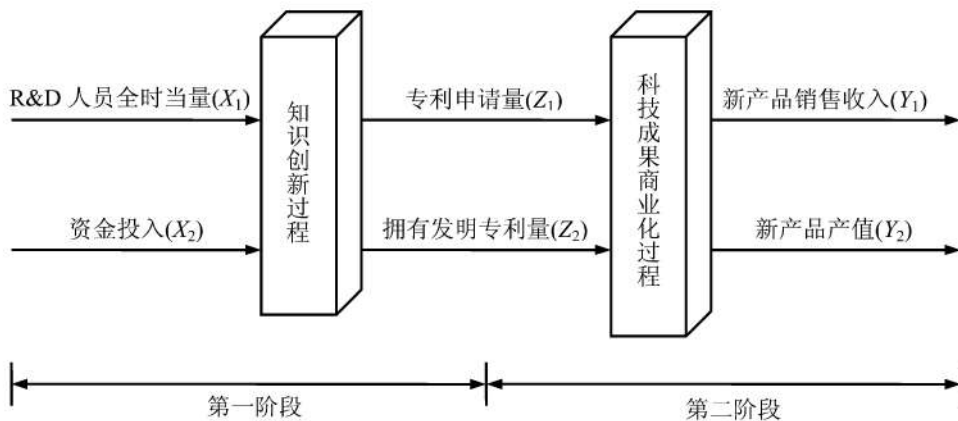


图2 高技术产业创新的两阶段链式过程

Figure 2 Two-stage Chain Process of High-tech Industry Innovation

表1 样本投入产出变量的描述性统计(2003年至2009年)
Table 1 Descriptive Statistics of Samples' Input and Output Variables (2003 to 2009)

变量	R&D 人员全时当量 (人年)	资金投入 (亿元)	专利申请量 (个)	拥有发明专利量 (个)	新产品销售收入 (亿元)	新产品产值 (亿元)
最小值	1	0.004	1	1	0.001	0.007
最大值	92 877	227	21 185	12 579	3 573	3 605
平均值	6 135	24	901	404	372	378
标准差	10 728	36	2 878	1 235	634	643

注:数据源于2004年至2010年的《中国高技术产业统计年鉴》,经整理而得。

表2 投入、产出变量之间的 Pearson 相关系数
Table 2 Pearson Correlation Coefficient between Input and Output Variables

变量	R&D 人员 全时当量	资金投入	专利 申请量	拥有发明 专利量	新产品 销售收入	新产品 产值
R&D 人员全时当量	1.000					
资金投入	0.913**	1.000				
专利申请量	0.918**	0.847**	1.000			
拥有发明专利量	0.906**	0.791**	0.891**	1.000		
新产品销售收入	0.798**	0.910**	0.760**	0.757**	1.000	
新产品产值	0.810**	0.916**	0.779**	0.764**	0.998**	1.000

注:**为 $p < 0.050$,下同。

运用 DEA 模型测度高技术产业技术创新效率时,样本数据需要满足一个条件,即样本产出随投入的增加而变大,这种性质称为等张性^[22]。运用 Pearson 相关分析检验本研究选取的样本数据是否满足该性质,计算结果如表 2 所示,样本投入与产出变量之间存在显著的正相关关系,满足模型的等张性要求。第一阶段投入指标 R&D 人员全时当量(X_1)和资金投入(X_2)与产出指标专利申请量(Z_1)和拥有发明专利量(Z_2)显著正相关,相关系数分别为 0.918、0.906、0.847 和 0.791;第二阶段投入指标专利申请量(Z_1)和拥有发明专利量(Z_2)与产出指标新产品销售收入(Y_1)和新产品产值(Y_2)也显著正相关,相关系数分别为 0.760、0.779、0.757 和 0.764。因此,利用该样本数据建立的 DEA 效率测度模型有效。

5 实证分析

5.1 中国省际高技术产业创新效率测算结果及分析

本研究选取 2005 年至 2009 年中国省际高技术产业数据,基于规模报酬可变的两阶段链式网络 DEA 模型,利用 Lingo 10 软件编程,计算高技术产业技术创新的整体效率、各阶段效率及关联系数,评价结果

见表 3。

(1)表 3 给出部分年份的效率值。通过各地区、各年份效率值,我们得出 2005 年至 2009 年中国 28 个省份的高技术产业创新整体效率、知识创新效率和科技成果商业化效率的均值分别为 0.246、0.412 和 0.428,无论是整体效率还是各阶段效率,均处于较低水平,具有很大的提升空间。图 3 给出全国整体和分阶段效率均值的变化趋势,可以看出全国分阶段效率均值与整体效率均值的变化特征相似,均呈现先降后升的态势,只是略高于整体效率均值而已。考察期内整体效率呈现先降后升的 U 型变化趋势,2006 年效率值降至拐点,2009 年达到最高。此外,中国高技术产业创新整体效率的变异系数较大,效率差异明显,但呈现略微递减的趋势,2009 年效率差异值为 0.956,表明中国各省份高技术产业创新效率差距逐渐缩小。

(2)从单个省份来看,考察期内技术创新的整体效率存在显著差异。北京、天津、山西、内蒙古、上海、福建、山东、广东、青海等省份各年份均值均高于全国平均水平,创新效率相对较高,资源利用和科技经济产出效率处于较高水平。以北京、上海、广东为

表3 2005年至2009年中国省际高技术产业创新效率评价结果
 Table 3 Evaluation Result of China's Provincial High-tech Industry's Innovation Efficiency
 (2005 to 2009)

地区	2005年				2007年				2009年			
	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	RC	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	RC	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	RC
北京	0.209	0.860	0.320	0.758	0.855	0.855	1.000	1.000	0.588	1.000	0.588	1.001
天津	1.000	1.000	1.000	1.000	0.474	0.474	1.000	1.000	0.558	0.810	0.688	1.001
河北	0.026	0.067	0.261	1.515	0.013	0.184	0.077	0.888	0.092	0.423	0.201	1.077
山西	0.213	0.321	0.428	1.547	0.091	0.216	0.454	0.925	0.952	0.952	1.000	1.000
内蒙古	0.998	1.000	0.766	1.303	0.111	0.111	1.000	1.000	0.219	0.219	1.000	1.000
辽宁	0.068	0.158	0.435	0.996	0.073	0.306	0.291	0.823	0.106	0.304	0.342	1.022
吉林	0.084	0.382	0.103	2.141	0.032	0.524	0.034	1.808	0.288	0.616	0.451	1.036
黑龙江	0.041	0.046	0.853	1.029	0.004	0.042	0.063	1.604	0.030	0.173	0.155	1.130
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	0.708	1.000	0.751	0.943	0.343	0.423	0.810	1.000
江苏	0.161	0.235	0.739	0.926	0.239	0.497	0.543	0.884	0.340	0.340	1.000	1.000
浙江	0.146	0.597	0.359	0.681	0.072	0.409	0.194	0.907	0.132	0.460	0.285	1.005
安徽	0.069	0.097	0.595	1.195	0.019	0.072	0.187	1.405	0.212	0.377	0.550	1.023
福建	0.787	0.961	0.850	0.963	0.245	0.245	1.000	1.000	0.216	0.216	1.000	1.000
江西	0.058	0.087	0.673	0.992	0.011	0.111	0.106	0.913	0.061	0.114	0.517	1.031
山东	0.255	0.540	0.571	0.828	0.218	0.615	0.372	0.953	0.307	0.615	0.499	1.001
河南	0.072	0.160	0.354	1.268	0.020	0.387	0.141	0.371	0.111	0.480	0.224	1.027
湖北	0.019	0.153	0.053	2.329	0.049	0.679	0.121	0.598	0.175	0.345	0.508	0.998
湖南	0.037	0.129	0.170	1.685	0.010	0.319	0.037	0.845	0.367	0.714	0.504	1.019
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.128	0.344	0.156	2.371	0.017	0.119	0.056	2.521	0.092	0.383	0.178	1.352
重庆	0.080	0.132	0.512	1.180	0.021	0.305	0.200	0.338	0.257	0.382	0.664	1.012
四川	0.178	0.680	0.446	0.588	0.133	0.331	0.430	0.932	0.132	0.200	0.660	1.003
贵州	0.039	0.192	0.117	1.724	0.009	0.135	0.041	1.669	0.073	0.466	0.144	1.088
云南	0.173	1.000	0.055	3.158	0.071	1.000	0.034	2.107	0.406	1.000	0.352	1.155
陕西	0.020	0.036	0.560	0.997	0.028	0.153	0.240	0.759	0.040	0.157	0.249	1.033
甘肃	0.033	0.056	0.252	2.331	0.016	0.110	0.053	2.789	0.110	0.400	0.189	1.455
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宁夏	0.133	0.198	0.327	2.050	0.030	0.046	0.398	1.644	0.081	0.197	0.383	1.073

代表的东部地区,科技能力较强,人力资源丰富,市场开放度高,为该地区高技术产业的发展创造了优越的条件。而山西、内蒙古、青海等省份在考察期内同样表现出相对较高的效率水平,这些地区的技术条件明显不如东部地区优越,但它们利用较少的创新资源投入,却得到了一定的科技经济产出。山西省重视经费投入、员工培训等工作,纳米氧化锌等新材料产业走在全国前列;青海利用青藏高原特色动植物优势资源,形成以生物技术、中藏药为主导的高科技生物产业集群;内蒙古则在稀土产业和特色装备制造等领域具有较强的竞争优势。而河北、黑龙江、江西、河南、贵州、陕西等省份考察期内创新效率值一直处于较低水平,这些地区产业结构大多以劳动密集型的制造业和农业为主,且技术水平、融资环境明显劣于东部沿海地区,许多地区生产同类型的高技术产品,造成这些省份高技术产业存在投入资源拥挤现象,利润率偏低。

(3) 高技术产业创新的整体效率可分解为知识创新效率、科技成果商业化效率和关联系数,通过对三者的分析得出高技术产业创新发展的制约因素。2005年至2009年中国高技术产业的知识创新效率和科技成果商业化效率平均值分别为0.412和0.428,

且各年份效率差异并不明显,表明无论是科技研发阶段还是成果转化阶段,都还有巨大的发展潜力。考察期内科技研发阶段与科技成果商业化阶段的关联系数均值为1.560,说明中国高技术产业在两阶段间的协作、沟通关联环节上处理得很好,从而有效地提升了高技术产业的整体效率。

5.2 中国各地区高技术产业技术创新效率区域差异分析

中国幅员辽阔,各地区经济发展不平衡,高技术产业创新效率也可能有所不同。按照传统的行政区划,将中国分为东、中、西3个地区,探索各地区高技术产业创新效率差异。东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部地区包括内蒙古、广西、四川、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏。研究结果如表4所示。

(1) 由表4可知,3个地区高技术产业创新效率差异显著。东部地区高技术产业创新整体效率最高(0.361),高于中部地区(0.108)和西部地区(0.241),呈现东、西、中地区创新效率递减趋势。这与冯尧^[11]的结论类似,但与其他部分学者意见相左,主

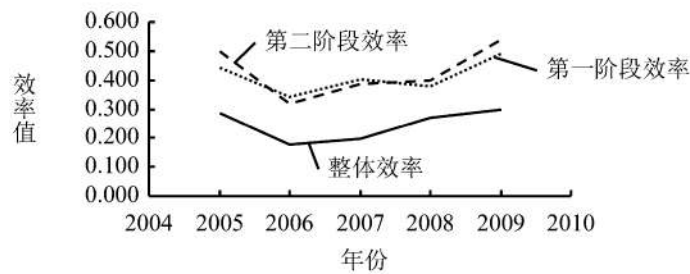


图3 中国高技术产业技术创新效率变化图(2005年至2009年)

Figure 3 Figure of Technology Innovation Efficiency's Variation in China's High-tech Industry (from 2005 to 2009)

表4 中国3个地区高技术产业创新整体效率及各阶段效率

Table 4 Total Efficiency and Two Stages Efficiencies of High-tech Industry in China's Three Major Areas

年份	东部地区			中部地区			西部地区			全国		
	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$	E	$E^{(1)}$	$E^{(2)}$
2005	0.465	0.642	0.653	0.074	0.172	0.404	0.278	0.464	0.419	0.287	0.444	0.498
2006	0.279	0.429	0.512	0.041	0.164	0.171	0.182	0.402	0.244	0.176	0.344	0.319
2007	0.390	0.559	0.623	0.030	0.294	0.143	0.144	0.331	0.345	0.199	0.402	0.387
2008	0.302	0.438	0.664	0.120	0.204	0.193	0.358	0.462	0.294	0.270	0.380	0.397
2009	0.368	0.559	0.641	0.274	0.471	0.489	0.241	0.440	0.482	0.296	0.492	0.541
平均	0.361	0.525	0.619	0.108	0.261	0.280	0.241	0.420	0.357	0.246	0.412	0.428

要原因在于以往研究并未将创新过程分为知识创新和科技成果商业化两阶段,没有考虑两者之间的关联性和系统的整体性,且考察年份也有所不同,从而导致创新效率测算结果存在一定的偏差。

(2)考察期内东、西、中地区知识创新效率值依次递减,效率均值分别为0.525、0.420和0.261,3个地区在技术水平、研发创新能力方面存在差异。一方面,东部地区利用雄厚的经济实力、较高的人才聚集度以及国家的倾斜政策,为高技术产业的发展创造了优越的条件,同时也保证了知识创新效率的进一步提高。另一方面,由于中西部地区长期以来科技基础相对薄弱、研发投入不足、人才资源匮乏以及要素配置不合理,导致知识创新效率一直处于较低水平。如果该地区能向东部地区学习先进的技术和管理理念,那么全国的知识创新效率水平势必会有较大幅度的提升。

(3)东、西、中3个地区科技成果商业化效率均值分别为0.619、0.357和0.280,整体水平偏低,东、西、中3个地区效率值依次递减。东部地区是中国最早实现对外开放的地区,该地区利用独特的地理位置、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,为科技成果的经济转化提供了必要的保证。而中、西部地区大部分省份处于科技成果商业化效率偏低水平,在技术成果向经济效益转化环节还有待进一步加强。

5.3 中国省际高技术产业的技术创新资源利用模式分类

下面探讨中国高技术产业创新资源利用方式与科技研发、成果转化二者的关系,通过两种效率测算结果的比较,得到中国省际高技术产业的效率模式分类图,如图4所示。

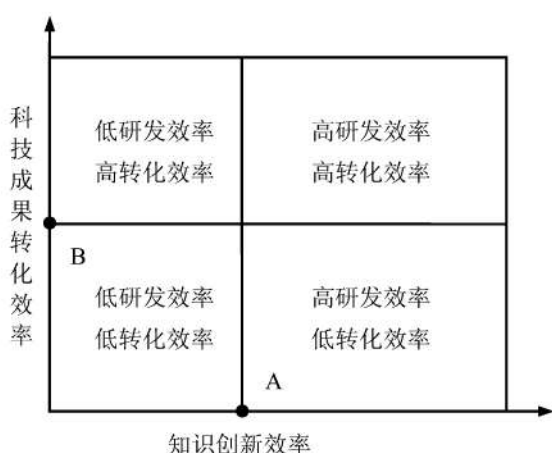


图4 2005年至2009年中国省际高技术产业创新效率模式分类图

Figure 4 Classification of China's Provincial High-tech Industry Innovational Efficiency Model from the Year 2005 to 2009

图4中,水平方向为知识创新效率,垂直方向为

科技成果转化效率。2005年至2009年上述两种效率均值分别为0.412和0.428,分别用A、B两个实心圆点表示,过这两点的垂线将平面区划为4个部分,依次表示创新资源利用的4种模式,即高研发高转化、低研发高转化、低研发低转化、高研发低转化型。通过计算,得出考察期内中国省际高技术产业创新资源的利用模式,结果见表5。

表5 中国省际高技术产业创新资源利用模式的分类(2005年至2009年)

Table 5 Classification of China's Provincial High-tech Industry Innovational Resource Utilization Efficiency Model (from the Year 2005 to 2009)

资源利用效率模式	包括地区
高研发效率 高转化效率	北京、天津、山西、内蒙古、上海、广东、青海
低研发效率 高转化效率	江苏、福建、四川
低研发效率 低转化效率	河北、辽宁、黑龙江、浙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南、广西、重庆、贵州、陕西、甘肃、宁夏
高研发效率 低转化效率	吉林、山东、云南

由表5可知,①考察期内中国28个省份中,高技术产业效率模式为高研发、高转化效率型的省市只有7个,占25%,这些省份主要来自东部经济发达地区,优越的地理位置、较高的技术水平和成熟开放的市场环境为该地区知识创新与成果转化创造了良好的条件,从而使这些省份成为中国高技术产业科技研发与成果转化的领跑者。青海、内蒙古等地利用丰富的矿产和动植物资源,发展具有地区特色的高技术产业,取得一定的成效。②还有15个省份属于低研发、低转化效率型,主要来自中西部欠发达地区和东北老工业基地,无论是技术研发,还是经济转化,均处于较低水平,高技术产业创新资源存在极大的浪费。因而,需调整相关技术政策和制度,在提升研发效率的同时,促进科技成果的商业化。③低研发、高转化效率模式包括江苏、福建、四川3个省份,这些省份通过引进技术、创造良好的投融资环境以及开放市场,利用现有的专利水平创造较高的经济产出。但较大的研发投入并未带来相应的科技产出,需在引进技术的基础上加强消化吸收再创新的能力,同时注重基础研究,开展产学研合作创新,提高员工的基本素质和创新能力等。④吉林、山东、云南属于高研发、低转化效率型,说明这些省份科技投入产出相关机制运转良好,但是在科技成果转化方面存在问题,出现了科技与经济“两张皮”的现象,

创新未能对高技术产业经济发展起到推动作用,需进一步树立市场导向机制,建立有效的风险投资机制,营造良好的创业和创新环境等。

5.4 中国高技术产业创新效率的影响因素分析

通过上述分析,发现东部与中西部地区之间、各省份之间效率差异明显,为了提出相应的提升对策,有必要对创新效率的影响因素进行分析。根据前面影响机制的分析和当前发展的需要,检验高技术产业创新效率的显著影响因素。

(1) 劳动者素质 (*LABOR*), 地区较高的劳动者素质有利于提升高技术产业的创新效率, 本研究用初中及以上受教育程度人数所占比例表示劳动者素质。

(2) 市场环境 (*MARK*), 市场环境越成熟, 高技术产业的创新效率越高, 选取技术市场成交额作为市场环境的代理变量。

(3) 产业聚集度 (*FOCUS*), 高技术企业数量的增加使产业及行业间的合作和竞争程度越高, 创新效率得到提升, 本研究用各地区高技术企业数量表示。

(4) 产业结构 (*INDUS*), 本研究用第二产业总值占地区 *GDP* 的比例表示。

(5) 企业规模 (*SCALE*), 规模越大的企业越容易发挥规模经济效应, 从而促进科技成果的经济转化, 企业规模指标采用高技术产业从业人员平均人数表示。

(6) 政府支持 (*GOVM*), 对于处在不同发展阶段的企业而言, 政府的经济资助和协调管理的影响效果也会存在差异。本研究从经费投入角度出发, 选取上一年科技活动经费中政府资金所占比例作为代理指标。

(7) 金融环境 (*FINAN*), 企业技术创新活动离不开银行和风险投资机构的支持, 但对于高技术产业创新效率的影响目前尚无定论, 用上一年科技活动经费中金融贷款所占比例表示金融环境。

(8) 滞后期效率值 ($E_{i,t-1}$), 技术创新效率不断演变, 滞后期效率值会对本期产生影响。

根据以上分析, 构建技术创新整体效率和分阶段效率的多元线性回归模型, 即

$$E_{i,t} = C + \alpha_1 LABOR_{i,t} + \alpha_2 \ln(MARK)_{i,t} + \alpha_3 \ln(FOCUS)_{i,t} + \alpha_4 INDUS_{i,t} + \alpha_5 \ln(SCALE)_{i,t} + \alpha_6 GOVM_{i,t} + \alpha_7 FINAN_{i,t} + \alpha_8 E_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

$$E_{i,t}^{(1)} = C + \alpha_1 LABOR_{i,t} + \alpha_2 \ln(MARK)_{i,t} + \alpha_3 \ln(FOCUS)_{i,t} + \alpha_4 INDUS_{i,t} + \alpha_5 \ln(SCALE)_{i,t} + \alpha_6 GOVM_{i,t} + \alpha_7 FINAN_{i,t} + \alpha_8 E_{i,t-1}^{(1)} + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

$$E_{i,t}^{(2)} = C + \alpha_1 LABOR_{i,t} + \alpha_2 \ln(MARK)_{i,t} + \alpha_3 \ln(FOCUS)_{i,t} + \alpha_4 INDUS_{i,t} + \alpha_5 \ln(SCALE)_{i,t} + \alpha_6 GOVM_{i,t} + \alpha_7 FINAN_{i,t} + \alpha_8 E_{i,t-1}^{(2)} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

$$\alpha_8 E_{i,t-1}^{(2)} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

其中, $E_{i,t}$ 为表 3 中 2005 年至 2009 年中国第 i 个省份第 t 年的高技术产业创新整体效率值, $E_{i,t}^{(1)}$ 为表 3 中 2005 年至 2009 年中国第 i 个省份第 t 年的高技术产业创新第一阶段效率值, $E_{i,t}^{(2)}$ 为表 3 中 2005 年至 2009 年中国第 i 个省份第 t 年的高技术产业创新第二阶段效率值, $LABOR_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的劳动者素质, $MARK_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的市场环境, $FOCUS_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的产业聚集度, $INDUS_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的产业结构, $SCALE_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的企业规模, $GOVM_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的政府支持, $FINAN_{i,t}$ 为第 i 个省份第 t 年的金融环境, $E_{i,t-1}$ 为整体的滞后期效率值, $E_{i,t-1}^{(1)}$ 为第一阶段的滞后期效率值, $E_{i,t-1}^{(2)}$ 为第二阶段的滞后期效率值, C 为常数项, $\alpha_1 \sim \alpha_8$ 为待估系数, $\varepsilon_{i,t}$ 为随机扰动项。

根据上述分析, 本研究选取 2005 年至 2009 年中国高技术产业多个横截面数据, 数据源自各年份《中国高技术产业统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国统计年鉴》, 运用 Tobit 截取回归模型, 通过 Stata 12.0 软件进行计算, 结果如表 6 所示。

(1) 由表 6 可知, 知识创新效率的影响因素有 3 个, 其中前一期效率值影响最为显著, 而企业规模和产业聚集度指标均在 10% 的检验水平下显著, 说明知识创新效率提升是一个逐渐改善的过程, 需将技术创新活动作为一项长期工作来开展。企业规模对创新效率呈现较为显著的负相关关系, 说明现阶段中国高技术产业的企业规模越大, 越不利于知识创新效率的提高。这可能是因为知识创新过程涉及研发人员的活动, 而体现其规模经济效应之处则更多的偏向于科技成果商业化阶段, 这在第二阶段的效率影响因素检验中得到证实 (0.137**)。其他诸如劳动者素质、产业结构、金融环境等对知识创新效率的影响均不显著, 但对科技成果商业化效率的影响则尤为显著。

(2) 显著影响第二阶段效率的因素较多, 滞后期效率值在 1% 的检验水平下显著正相关, 劳动者素质、产业结构、企业规模均在 5% 的检验水平下显著正相关, 且影响程度依次递减, 金融环境则在 5% 的检验水平下显著负相关。劳动者受教育水平越高, 越有利于员工对技术的消化和吸收, 也有助于科技成果的经济转化, 因而开展产学研合作机制对员工自身发展以及企业创新效率的提高都具有一定的积极作用。企业规模越大, 越有利于发挥企业的规模经济效应, 从而在第二阶段获取更大经济效益。金融贷款比例越大, 企业技术创新效率越低, 这与许多学者观点一致, 因为企业是技术创新的主体, 人员、经费也应主要来自企业, 这样企业才会有更多的主导权和责任感, 政府资金和金融贷款都只是辅助手段。产业结构对第二阶段效率呈现较为显著的正相关关系, 这可能是因为现阶段中国高技术产业主要生产的是制造业产品, 其对传统制造业的改造升级

起到一定的作用,但在涉及农业和服务业方面的高技术产业创新能力仍有待进一步提高。

表6 中国高技术产业技术创新效率的影响因素分析结果

Table 6 Analysis Results of China's High-tech Industry Innovational Efficiency Impact Factors

影响因素	一阶段效率	二阶段效率	整体效率
劳动者素质	-0.284 (0.377)	0.807** (0.018)	0.054 (0.840)
市场环境	0.031 (0.220)	-0.004 (0.876)	0.027 (0.207)
产业集聚度	0.120* (0.097)	-0.107 (0.179)	-0.073 (0.254)
产业结构	-0.559 (0.101)	0.806** (0.024)	0.091 (0.749)
企业规模	-0.125* (0.063)	0.137** (0.049)	0.048 (0.391)
政府支持	-0.306 (0.115)	-0.321 (0.113)	-0.283* (0.081)
金融环境	-0.205 (0.546)	-0.738** (0.039)	-0.474* (0.098)
滞后期值	0.579*** (0.000)	0.528*** (0.000)	0.633*** (0.000)
常数项	1.009** (0.016)	-1.310*** (0.005)	-0.362 (0.296)
$LR\chi^2(8)$	75.740	87.640	106.110
Prob	$Prob > \chi^2$ = 0.000	$Prob > \chi^2$ = 0.000	$Prob > \chi^2$ = 0.000
Pseudo R^2	1.406	1.165	2.408
对数似然值	10.942	6.194	31.020

注:***为 $p < 0.010$,*为 $p < 0.100$ 。

(3)在高技术产业整体效率方面,除滞后期效率值之外,政府支持和金融环境也在10%的检验水平下显著,但二者都呈现负相关关系,与Guan等^[18]的观点一致。说明研发能力越强、技术创新需求越大的企业愿意投入更多的资金进行研究、开发新技术和新产品,而不是依赖政府和金融机构的支持,但是对于经济基础薄弱、技术创新活动处于起步阶段的企业而言,政府的支持和良好的融资环境则显得尤为重要。因此,政府和金融机构需更多地关注科技型

中小企业的技术创新活动,加大其经费支持和相关政策法规的完善。

无论是研发效率还是科技成果转化效率,或者是整体效率,市场环境的影响均不显著,这可能是由于中国技术市场交易领域还不成熟,许多国外企业不愿转让先进的技术,提出发展中国家只需引进适用技术的谬论;国内技术许可与转让机制尚不健全,企业各自为营,大量重复引进国外比较成熟的技术,造成极大的资金浪费。因而,市场环境对技术创新效率的影响需进一步检验。

6 结论

本研究基于规模报酬可变的假设,建立链式关联网络DEA模型,对中国28个省份的高技术产业创新的整体效率、各阶段效率及关联强度进行分析,探索3个地区高技术产业创新整体与各子阶段效率差异,根据两阶段效率值给出高技术产业创新资源利用的4种模式,利用Tobit模型检验中国高技术产业的显著影响因素。研究结果如下。

(1)中国高技术产业技术创新的整体效率偏低,且呈现U型变化趋势,经济增长仍然处于高投入、低研发产出、低经济转化阶段。知识创新阶段和科技成果商业化阶段效率不高,二者成为制约中国高技术产业发展的共同因素,关联系数处于较高水平,在一定程度上提升了企业的整体创新效率。中国各省份以及东、中、西地区创新效率差异明显,东部沿海地区的创新效率相对较高,中、西部地区效率较低,是未来高技术产业发展的重点地区。

(2)中国高技术产业创新资源利用模式处于高研发、高经济转化型的地区仅占25%,这些省份主要来自东部沿海地区和青海等少数中、西部地区。有一半以上的地区高技术产业发展模式属于低研发、低转化型,主要来自中、西部地区,创新资源存在较大的浪费,需从知识创新和科技成果商业化两个环节同步改善。

(3)Tobit回归分析表明,企业规模、产业集聚度、滞后期效率值对知识创新效率都有较显著的影响,劳动者素质、企业规模、产业结构、金融环境和滞后期效率值等对科技成果商业化效率作用明显,而政府支持、金融环境和滞后期效率值对技术创新的整体效率影响较为显著,市场环境对高技术产业技术创新效率的影响还有待进一步研究。

以上结论蕴含了下面几点启示。

(1)继续把技术创新作为高技术产业当前生存和未来发展的战略重点。在坚持自主研发的同时引进国内外先进技术,然后进行消化吸收再创新,中国高技术产业知识创新和科技成果商业化效率水平都不高,因而需适度控制研发投入规模,注重技术创新资源配置的有效性和使用的合理化,加强技术创新和制度创新。

(2)东部地区要进一步发挥自身的科技优势和区位优势,加强与国际高技术领域的合作,坚持以自

主创新为主导,在保证自身创新效率不断提高的同时,带动中西部地区向低投入、高研发转化、高产出的方向发展。中西部地区需利用较好的国家扶持政策,加大产业结构调整和优化升级,充分利用独特的自然禀赋,发展具有特色的高技术产业,并通过模仿、学习先进地区高技术产业的技术和管理知识,进一步提升高技术产业的创新效率。

(3) 加强职业技术教育以及高等教育的培养力度。提高国民素质是高技术产业科技竞争的可靠保证,与此同时,需进一步开展产学研合作机制,通过各种培训和进修机会,提升员工的创新思维和基本技能,促进消化吸收和再创新能力的提高。

(4) 政府和金融机构需更多地关注科技型中小企业的发展困境,提供必要的资金保障和政策支持。对于大型研发企业,则需进一步加强官产学研机制的开展,起到协调和监管作用。另外,高技术产业需更多的涉及现代农业、生产性服务业等领域,促进产业结构优化升级,实现高技术产业和区域经济的可持续发展。

(5) 通过对开展技术创新活动的企业进行适当的补贴和减免税收等政策,激励高技术企业从事科技研发、成果转化等技术创新活动;另外,通过健全和落实知识产权等相关法律,保护研发人员的切身利益,采取一些激励政策留住人才;最后,建立一套更为科学合理的高技术企业创新绩效动态评估体系,监测企业各部门以及人员技术创新水平等。

参考文献:

- [1] 陈凯华,官建成,寇明婷. 中国高技术产业“高产出、低效益”的症结与对策研究:基于技术创新效率角度的探索[J]. 管理评论, 2012, 24(4):53-66.
Chen Kaihua, Guan Jiancheng, Kou Mingting. The cruxes and countermeasures of China's high-tech Industries' "high outcomes, low benefits": An empirical investigation based on the productive efficiency analysis of technological innovation activities [J]. Management Review, 2012, 24(4):53-66. (in Chinese)
- [2] 付强,马玉成. 基于价值链模型的我国高技术产业技术创新双环节效率研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(8):93-97.
Fu Qiang, Ma Yucheng. Double-efficiency research of technological innovation of high-tech industry in China based on value chain [J]. Science of Science and Management of S. & T., 2011, 32(8):93-97. (in Chinese)
- [3] 官建成,陈凯华. 我国高技术产业技术创新效率的测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, 26(10):19-33.
Guan Jiancheng, Chen Kaihua. Measuring innovation performance of Chinese high-tech industries [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2009, 26(10):19-33. (in Chinese)
- [4] Sun C H, Kalirajan K P. Gauging the sources of growth of high-tech and low-tech industries: The case of Korean manufacturing [J]. Australian Economic Papers, 2005, 44(2):170-185.
- [5] Raab R A, Kotamraju P. The efficiency of the high-tech economy: Conventional development indexes versus a performance index [J]. Journal of Regional Science, 2006, 46(3):545-562.
- [6] Chen C J, Wu H L, Lin B W. Evaluating the development of high-tech industries: Taiwan's science park [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2006, 73(4):452-465.
- [7] Lu Y H, Shen C C, Ting C T, Wang C H. Research and development in productivity measurement: An empirical investigation of the high technology industry [J]. African Journal of Business Management, 2010, 4(13):2871-2884.
- [8] 朱有为,徐康宁. 中国高技术产业研发效率的实证研究[J]. 中国工业经济, 2006(11):38-45.
Zhu Youwei, Xu Kangning. The empirical research on R&D efficiency of Chinese high-tech industries [J]. China Industrial Economy, 2006(11):38-45. (in Chinese)
- [9] 刘志迎,叶蓁,孟令杰. 我国高技术产业技术效率的实证分析[J]. 中国软科学, 2007(5):133-137.
Liu Zhiying, Ye Zhen, Meng Lingjie. An empirical analysis on technical efficiency of China's hi-tech industry [J]. China Soft Science, 2007(5):133-137. (in Chinese)
- [10] 冯缨,滕家佳. 江苏省高技术产业技术创新效率评价[J]. 科学学与科学技术管理, 2010, 31(8):107-112.
Feng Ying, Teng Jiajia. Evaluation on technology innovation efficiency of high-tech industry in Jiangsu Province [J]. Science of Science and Management of S. & T., 2010, 31(8):107-112. (in Chinese)
- [11] 冯尧. 基于 DEA 方法的我国高技术产业科技成果转化效率研究[J]. 学术交流, 2011(3):101-105.
Feng Yao. An analysis on science & technology transfer efficiency of China's high-tech industries [J]. Academic Exchange, 2011(3):101-105. (in Chinese)
- [12] Bernstein B, Singh P J. An integrated innovation process model based on practices of Australian biotechnology firms [J]. Technovation, 2006, 26(5/6):561-572.
- [13] 余泳泽. 我国高技术产业技术创新效率及其影响因素研究:基于价值链视角下的两阶段分析

- [J]. 经济科学, 2009(4):62-74.
- Yu Yongze. The empirical research on technical innovation efficiency and its impacts of China's high-tech industry: Based on the two stages analysis from the perspective of value chain [J]. *Economic Science*, 2009(4):62-74. (in Chinese)
- [14] 冯锋, 张雷勇, 高牟, 马雷. 两阶段链视角下科技投入产出链效率研究: 来自我国29个省市数据的实证[J]. *科学学与科学技术管理*, 2011, 32(8):33-38.
- Feng Feng, Zhang Leiyong, Gao Mu, Ma Lei. Research on S&T input-output chain efficiency from two-stage perspective: Evidence from 29 provinces of China [J]. *Science of Science and Management of S. & T.*, 2011, 32(8):33-38. (in Chinese)
- [15] Färe R, Grosskopf S. Network DEA [J]. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2000, 34(1):35-49.
- [16] Lewis H F, Sexton T R. Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure [J]. *Computers & Operations Research*, 2004, 31(9):1365-1410.
- [17] 段永瑞, 田澎, 张卫平. 具有独立子系统的 C^2GS^2 : ISS模型及应用研究[J]. *管理科学学报*, 2005, 8(2):31-37.
- Duan Yongrui, Tian Peng, Zhang Weiping. C^2GS^2 : ISS model with independent subsystems and its application [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(2):31-37. (in Chinese)
- [18] Guan J, Chen K. Measuring the innovation production process: A cross-region empirical study of China's high-tech innovations [J]. *Technovation*, 2010, 30(5/6):348-358.
- [19] Kao C. Efficiency decomposition in network data envelopment analysis: A relational model [J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 192(3):949-962.
- [20] 陈凯华, 官建成. 创新活动的动态绩效测度指数研究: 基于高校科学创新活动的建模与应用[J]. *科研管理*, 2012, 33(1):103-111.
- Chen Kaihua, Guan Jiancheng. The measurement index for the dynamic performance of innovation activities: Modeling and applications based on scientific innovations in Chinese universities of science and engineering [J]. *Science Research Management*, 2012, 33(1):103-111. (in Chinese)
- [21] Grossman G M, Helpman E. Innovation and growth in the global economy [M]. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology Press, 1991:55-58.
- [22] 汪克亮, 杨宝臣, 杨力. 考虑环境效应的中国省际全要素能源效率研究[J]. *管理科学*, 2010, 23(6):100-111.
- Wang Keliang, Yang Baochen, Yang Li. China's provincial total-factor energy efficiency considering environmental effects [J]. *Journal of Management Science*, 2010, 23(6):100-111. (in Chinese)
- [23] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision-making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6):429-444.
- [24] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1984, 30(9):1078-1092.
- [25] 黄祎, 葛虹, 冯英俊. 基于链形系统的关联网DEA模型: 以我国14家商业银行为例[J]. *系统工程理论与实践*, 2009, 29(5):106-114.
- Huang Yi, Ge Hong, Feng Yingjun. Relational network DEA model based on series system: Application of 14 commercial banks in China [J]. *Systems Engineering - Theory & Practice*, 2009, 29(5):106-114. (in Chinese)
- [26] Guan J, Chen K. Modeling the relative efficiency of national innovation systems [J]. *Research Policy*, 2012, 41(1):102-115.
- [27] Roper S, Du J, Love J H. Modelling the innovation value chain [J]. *Research Policy*, 2008, 37(6/7):961-977.
- [28] Hansen M T, Birkinshaw J. The innovation value chain [J]. *Harvard Business Review*, 2007, 85(6):121-130.
- [29] 李习保. 区域创新环境对创新活动效率影响的实证研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2007, 24(8):13-24.
- Li Xibao. An empirical analysis of the effect of institutional factors on regional innovation performance [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2007, 24(8):13-24. (in Chinese)
- [30] Gu S, Lundvall B A. China's innovation system and the move toward harmonious growth and endogenous innovation [J]. *Innovation: Management, Policy & Practice*, 2006, 8(1/2):1-26.
- [31] Schumpeter J A. Capitalism, socialism and democracy [M]. London: George, 1943:44-45.
- [32] Arrow K J. Economic welfare and the allocation of resources for invention [M]. Princeton: Princeton University Press, 1962:609-625.
- [33] Malerba F. Sectoral systems: How and why innovation differs across sectors [M] // Nelson R R, Mowery D C, Fagerberg J. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005:380-406.
- [34] Chen C T, Chien C F, Lin M H, Wang J T. Using DEA to evaluate R&D performance of the computers and peripherals firms in Taiwan [J]. *International Journal of Business*, 2004, 9(4):347-359.

- [35] Pavitt K, Robson M, Townsend J. The size distribution of innovating firms in the UK: 1945-1983 [J]. *Journal of Industrial Economics*, 1987, 35(3): 297-316.
- [36] Scherer F M, Ross D. *Industrial market structure and economic performance* [M]. Boston: Houghton Mifflin Company, 1990: 125-134.
- [37] Sullivan O M. Finance and innovation [M] // Nelson R R, Mowery D C, Fagerberg J. *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2005: 240-265.
- [38] Furman J L, Porter M E, Stern S. The determinants of national innovative capacity [J]. *Research Policy*, 2002, 31(6): 899-933.
- [39] Guan J C, Gao X. Exploring the h-index at patent level [J]. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009, 60(1): 35-40.
- [40] Liu X, Buck T. Innovation performance and channels for international technology spillovers: Evidence from Chinese high-tech industries [J]. *Research Policy*, 2007, 36(3): 355-366.

Research on the Innovation Efficiency and Its Affecting Factors in China's High-tech Industries

Xiao Renqiao^{1,2}, Qian Li³, Chen Zhongwei³

1 School of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, China

2 School of Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China

3 School of Business Administration, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, China

Abstract: In the perspective of value chain, the author builds the two-stage chain relational DEA model in the variable returns to scale, then analyzes the total efficiency and two-stage efficiency of high-tech industry in 28 provinces of China from 2005 to 2009. Further explore the relational effectiveness between the two stages, the author gives four models of using innovation resources, and then employs the Tobit model to test the influence factors of innovation efficiency. The results show that the total and two-stage efficiency is relatively low during the review period, and there is a U-shaped trend. The model of using resources is low R&D and low conversion of scientific and technological achievements mostly. The scale of firm, and lag efficiency are related to knowledge innovation significantly, the quality of laborers and industry structure affect the conversion efficiency of scientific and technological achievements, the government support and financial environment influence on innovation total efficiency significantly. Finally, the author suggest that we should improve the level of vocational and advanced education, carry out the mechanism of industry-college-institute cooperation, create a favorable financial environment, make the intellectual property laws perfect and so on.

Keywords: high-tech industry; value chain; innovation efficiency; network DEA model; Tobit model

Received Date: February 15th, 2012 **Accepted Date:** July 30th, 2012

Funded Project: Supported by the Humanity Social Science Project of Ministry of Education of China(10YJC790166), the Key Humanity Social Science Research Basis Project of Colleges and Universities in Anhui(2011sk743, 2011sk738zd) and the Basis Project of Anhui University of Finance & Economics(ACJD1103)

Biography: Xiao Renqiao, a Hubei Wuhan native(1982 -), is a Ph. D. candidate in the School of Management at Huazhong University of Science and Technology and a lecturer in the School of Statistics and Applied Mathematics at Anhui University of Finance & Economics. His research interests include technology innovation management, etc. E-mail: xrq0104@yahoo.com.cn □