

R&D 活动的规模和强度反映了一国的科技实力和核心竞争力。研究与开发活动对经济效率增长的推动程度,不仅取决于 R&D 投入量,还取决于 R&D 效率。如何在 R&D 投入不断增长的同时追求 R&D 效率最优化是 R&D 研究的热点问题。本期将刊发一组文章探讨相关的问题,以供参考。

——编者

应用三阶段数据包络模型分析 R&D 效率

宋文飞¹ 王 珏² 韩先锋²

(1. 西安交通大学经济与金融学院, 陕西西安 710061; 2. 西北大学经济管理学院, 陕西西安 710127)

摘 要: 文章基于三阶段 DEA 方法对我国区域 R&D 效率进行了测算分析, 实证结果表明: 环境效应和随机因素对 R&D 效率产生了重要影响; 我国区域 R&D 整体效率水平不高, R&D 效率提升的空间还很大。因此, 文章进一步提出在加大政府对科技力度、提高信息化水平和贸易依存度的同时要注意 R&D 经费支出的有效性、善于利用外商直接投资所带来的技术溢出效应和实现 R&D 人员的有效利用以提高 R&D 整体效率的建议。

关键词: 三阶段 DEA 模型; 环境效应; 随机误差; R&D 效率

中图分类号: F222.3

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2011.04.002

R&D Efficiency Analysis Based on Three-stage DEA Model

Song Wenfei¹, Wang Jue², Han Xianfeng²

(1. School of Economics and Finance of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061;

2. School of Economics and Management of Northwest University, Xi'an 710127)

Abstract: Based on three-stage DEA approach this paper measures and analyzes China's regional R&D efficiency and the results show that: Environmental effects and random factors make a strong impact on the R&D efficiency. China's overall regional R&D efficiency level is not high and there is still a big room to improve the R&D efficiency. Therefore, the paper proposes that when the government further increases the input in science and technology and improves the informationization level and the trade dependency, attention must also be paid on the effectiveness of the R&D expenditures, making good use of technology spillover effect brought by foreign direct investment and achieving effective use of the R&D personnel in order to improve the overall R&D efficiency.

Keywords: three-stage DEA model, environmental effects, random error, R&D efficiency

1 引言

R&D 效率问题是经济增长理论中的核心议题。关于我国 R&D 效率问题的研究已得到理论

界的广泛关注。如 Zhang Anming 等 (2003)^[1], 朱有为、徐康宁 (2006)^[2], 冯根福、刘军虎、徐志霖 (2006)^[3], 史修松、赵曙东、吴福象 (2009)^[4] 等运用 SFA (随机前沿分析法) 对我国 R&D 效

第一作者简介: 宋文飞 (1983—), 男, 西安交通大学经济与金融学院区域经济学博士, 主要研究方向: 区域经济理论与政策。

基金项目: 陕西省社会科学基金项目 (08E031); 教育部哲学社会科学研究项目 (08jq0052)。

收稿日期: 2010 年 6 月 13 日。

率问题的研究;池仁勇(2003)^[5]、孙凯和李煜华(2007)^[6]应用数据包络分析(DEA)方法对我国R&D效率问题的研究等。但是现有的文献仅仅局限于SFA(随机前沿分析法)或传统的DEA模型,很少有学者对R&D效率问题的研究采用三阶段DEA方法。传统的一阶段DEA模型将产出、投入和可观察的环境变量全部纳入一个方程,很难解释环境效应和随机误差因素对生产效率的作用。两阶段DEA模型是在第一步充分利用投入产出数据的基础上评估出决策单位的效率值,进而在第二步利用可观测的环境变量值估计出环境效应对生产者效率的影响方向与影响强度。如果第二步是基于DEA分析技术,则两阶段模型是确定性的,且不可能对随机误差因素的效应进行解释;如果第二步是基于回归分析技术,则两阶段模型可以部分解释随机误差项对生产效率的影响的缺陷。三阶段DEA模型正是克服了传统的DEA分析技术忽略环境效应和随机误差因素对生产效率的影响的缺陷,可以得出更加可观、精确和科学的结论。本文运用三阶段DEA模型对我国区域R&D效率进行了分析以求得到较为精确的结论。

2 模型与方法

2.1 基于初始DMU投入产出数据的DEA分析

传统的DEA模型主要分为投入导向型^[2]和产出导向型^[3]两种。投入导向型是指在产出水平一定的情况下,使投入最小化的规划问题。产出导向型是指在投入水平一定的情况下,使产出最大化的规划问题。我国区域R&D强度(R&D/GDP)虽然在不断提高,但是如何在有限投入的条件下实现R&D效率最大化对于我国走自主创新的发展道路有着重要的现实意义。本文采用在投入导向下规模报酬可变的BCC^①模型进行DEA分析。

假设有K个决策单位(DMU),每个决策单位使用N种投入和生产M种产出,则某一特定决策单位的效率值的线性规划形式可以表示为:

$$\begin{cases} \min \theta_k / \theta^k \\ s.t. \sum_{k=1}^K \gamma_k x_{n,k} \leq \theta_k x_{n,k} (n=1,2,\dots,N) \\ y_{m,k} \leq \sum_{k=1}^K \lambda_k y_{m,k} (m=1,2,\dots,M) \\ \lambda_k \geq 0 (k=1,2,\dots,K) \\ \sum_{k=1}^K \lambda_k = 1 \end{cases} \quad (1)$$

式中, $x_{n,k}$ 表示第k个决策单位的第n项投入变量; $y_{m,k}$ 表示第k个决策单位的第m项产出变量; λ_k 表示投入和产出的加权系数; θ_k 表示第k个决策单位的相对效率值,其值介于0与1之间,越接近1表示相对效率越高,若等于1则表示决策单位的效率在该样本组中最高。

2.2 第二阶段相似SFA模型分析

Fried等(2002)指出第一阶段DEA分析得出的投入或产出松弛变量受外部环境因素、随机误差因素和内部管理因素的影响。而第一阶段传统DEA分析有其局限性:在不考虑外部环境因素、随机误差因素和内部管理因素对效率值影响的情况下对相对效率值进行分析得出的结论往往是有偏差的,因此需要构建相似SFA(随机前沿分析法)模型以分别测出以上三因素的影响,找出仅是由管理无效率造成的DMU投入冗余。

在构建相似SFA模型之前,首先定义松弛变量为:

$$s_{n,k} = x_{n,k} - \sum_{k=1}^K \lambda_k x_{n,k} \geq 0 \\ (n=1,2,\dots,N; k=1,2,\dots,K) \quad (2)$$

式中, $s_{n,k}$ 表示第一阶段DEA分析中得到的第k个生产者的第n个投入松弛变量。

其次,建立相似SFA模型:

$$s_{n,k} = f^n(z_k; \beta^n) + v_{n,k} + \mu_{n,k} \\ (n=1,2,\dots,N; k=1,2,\dots,K) \quad (3)$$

其中, $z_k = [z_{1,k}, z_{2,k}, \dots, z_{p,k}]$, $k=1,2,\dots,K$ 为P个可观测的环境变量; $f^n(z_k; \beta^n)$ 为松弛前沿函数,一般可取 $f^n(z_k; \beta^n) = z_k \beta^n$ 表示环境变量对松弛变量的影响方式; $v_{n,k} + \mu_{n,k}$ 表示混合误差项,其中 $v_{n,k}$ 表示随机误差项,并假设服从 $N(0, \sigma_{v,n}^2)$, $\mu_{n,k}$ 表

① BCC模型(Banker Charnes Cooper model)是由R. D. Banker, A. Charnes, W.W. Cooper在1984年给出的DEA模型,是规模报酬可变的DEA模型,在CCR模型的基础上进一步将技术效率分配为纯技术效率和规模效率。

示管理无效率项,并假设其服从截断正态分布,二者独立不相关。用 $\gamma = \sigma_{u,k}^2 / (\sigma_{u,k}^2 + \sigma_{v,k}^2)$ 来判断对管理无效率的影响是随机因素还是内部控制因素, γ 值越趋近于 0 则表示随机误差的影响占主导,越趋近于 1 则表示内部控制的因素占主导。

为了将随机误差从管理无效率中分离出来, Jondrow 等 (1982) 提出分离随机误差的估计方法^[7], 即利用 SFA 回归分析中的 $(\hat{\beta}^n, \hat{\mu}^n \hat{\sigma}_{v,k}^2, \hat{\sigma}_{u,k}^2)$ 和管理无效率条件估计 $\hat{E}[u_{n,k}/v_{n,k} + u_{n,k} + u_{n,k}]$ 得到随机误差的条件估计 $\hat{E}[v_{n,k}/v_{n,k} + u_{n,k}]$ 。具体做法如下:

$$\hat{E}[v_{n,k}/u_{n,k}] = s_{n,k} - z_k \hat{\beta}^n - \hat{E}[u_{n,k}/v_{n,k} + u_{n,k}] \quad (4)$$

为了进一步剔除环境因素和随机误差因素的影响,运用 SFA 回归分析的结果向上调整那些处于相对有利环境或相对好运的 DMU 的投入,原则是将所有 DMU 调整到拥有相同的环境条件或运气。基于最有效率的决策单位,以其投入量为基准,对其他决策单位的调整公式如下所示:

$$x_{n,k}^A = x_{n,k} + [\text{Max}_k \{z_k \hat{\beta}^n\} - z_k \hat{\beta}^n] + [\text{Max}_k \{ \hat{v}_k \} - \hat{v}_k]$$

$$(n = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, K) \quad (5)$$

式中, $x_{n,k}^A$ 为调整后的投入量, $\hat{\beta}^n$ 为环境变量的参数估计值, $\hat{v}_{n,k}$ 为随机干扰项的估计值。第一个中括号代表把全部决策单位调整到相同环境中,使所有生产者处于共同的营运环境中,即样本中所观测的最差的环境;第二个中括号代表通过调整使所有生产者处于共同的自然状态,即样本中遇到的最不幸的状态。这样,使每个 DMU 均面对相同的营运环境和经营运气。

2.3 第三阶段调整后的 DEA 模型。

用调整后的投入数据代替原始投入数据再次运用规模报酬可变的 BCC 模型进行 DEA 分析。至此,得到的我国区域 R&D 效率值是排除营运环境和随机因素的影响,客观地反映了我国区域 R&D 技术效率的真实情况。

3 实证分析

3.1 数据及变量选取

研究样本为 2008 年我国 30 个省市区 (不包括港澳台地区和西藏自治区) 数据,并划分为东、中、西部地区^[4]。东部包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广

东和海南 11 个省市;中部包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南 8 个省;西部包括内蒙古、重庆、四川、陕西、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、广西、新疆 11 个省市区。文中所有原始数据均来源于《中国科技统计年鉴》(2009)、《中国统计年鉴》(2009)、《新中国五十五年统计资料汇编》。沿袭 Griliches (1990) 等学者的研究^[8],将 R&D 行为视为生产过程,每个省份视为 R&D 活动的生产单元,各自使用一定的 R&D 投入资源,得到 R&D 产出。

(1) 产出指标

Goto、Suzuki 等 (1989) 指出 R&D 与专利之间存在高度显著的相关性^[9]。专利是衡量创新活动的可靠指标^[10]。专利包括专利受理量和专利授权量两个指标。由于专利授权量受政府专利机构等人为因素的影响及其有较大的不确定性,因而专利申请受理量比专利申请授权量更能反映 R&D 产出的真实水平^[11]。鉴于此,本文选国内专利申请受理量 (单位:项) 作为衡量 R&D 活动的产出指标。

(2) 投入指标

文献中常选用 R&D 经费支出和 R&D 人员来衡量投入,如 Bound 等 (1984)^[12]、Sharma 和 Thomas (2008)^[13] 等。根据 R&D 活动的特征及我国统计指标的特点,本文选取 R&D 人员全时当量 (单位:人年),作为衡量 R&D 活动的人员投入指标。现行的统计年鉴中只有 R&D 经费支出数据,没有 R&D 资本存量数据,根据 Goto、Suzuki (1989)^[9] 等的做法,本文采取永续存盘法来核算 R&D 资本存量。R&D 资本存量的测算模型如下:

$$K_{it} = (1 - \delta) K_{i(t-1)} + E_{i(t-1)} \quad (6)$$

式中, K_{it} 和 $K_{i(t-1)}$ 分别表示第 i 个省区第 t 和 $t-1$ 期的 R&D 资本存量, δ 为折旧率,根据 Griliches (1990)^[8]、吴延兵 (2006)^[14] 等对 R&D 资本折旧率的估计,取 $\delta = 15\%$, $E_{i(t-1)}$ 表示第 i 个省区第 $t-1$ 的实际 R&D 经费支出,其值用朱平芳和徐伟民 (2003)^[15] 构造的 R&D 价格指数,即 R&D 价格指数 $= 0.55 \times$ 消费价格指数 $+ 0.45 \times$ 固定资产投资价格指数,以 1998 年为基期,对 R&D 经费支出进行平减。

估算 R&D 基期资本存量时,本文假设 R&D

资本存量的增长率等于 R&D 经费的增长率。基期资本存量的测算模型如下:

$$K_{i0} = E_{i0} / (g + \delta) \quad (7)$$

式中, K_{i0} 为 R&D 基期资本存量, E_{i0} 为基期实际 R&D 经费支出, g 为考察期内实际 R&D 经费支出的平均增长率, δ 为 R&D 资本折旧率。根据模型 (6) 和模型 (7) 即可计算出 1999–2008 年我国 30 省市区的 R&D 资本存量 (单位: 万元)。

(3) 影响因素变量

① GOV_{it} 表示政府对科技活动的支持强度, 为 i 省 t 年度的财政科技投入占总投入的比重。
② $TRAD_{it}$ 表示贸易依存度, 为 i 省 t 年度的进出口贸易总额与当年 GDP 的比值, 其中, 对于用美元表示的所有进出口总额数值, 均按当年的人民币平均汇率将其换算为人民币。
③ FDI_{it} 表示外资依存度, 为 i 省 t 年度的实际利用外商直接投资额与当年 GDP 的比值, 它可以从整体上反映各省份所吸收外商直接投资的相对规模。其中, 实际利用外商直接投资额按照当年人民币的平均汇率换算为人民币, 再进行测算。
④ IND_{it} 表示工业化水

平, 为 i 省 t 年度的工业总产值与 GDP 的比值, 用来反映工业化水平对 R&D 活动无效率的影响。

⑤ INF_{it} 表示信息化水平, 为 i 省 t 年度的邮电业务总量与全国邮电业务总量的比值。

3.2 实证分析结果

3.2.1 第一阶段传统 DEA 分析结果

利用 DEAP2.1 软件对 2008 年我国区域 R&D 综合技术效率、纯技术效率、规模效率进行了测算, 结果如表 1 所示。

表 1 所示的是在不考虑环境效应和随机因素影响的情况下我国区域 R&D 效率的测算结果。其中, 综合技术效率值均值为 0.918, 纯技术效率均值为 0.927, 规模效率均值为 0.990, 综合技术效率值、纯技术效率值和规模效率值都等于 1 的省区只有江苏和海南两个省区, 说明我国区域 R&D 效率的改进空间还很大。从规模报酬变化的地区分布来看, 处于规模报酬递减状态的有山西、黑龙江、安徽、河南、湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、新疆, 大部分属于中、西部地区, 而东部地区除广东、浙江、福建

表 1 2008 年我国区域 R&D 综合技术效率、纯技术效率、规模效率测算值

地区	TE	PTE	SE	规模报酬	地区	TE	PTE	SE	规模报酬
北京	0.910	0.918	0.992	递增	河南	0.935	0.941	0.993	递减
天津	0.946	0.958	0.988	递增	湖北	0.940	0.943	0.997	递减
河北	0.891	0.901	0.989	递增	湖南	0.937	0.941	0.996	递减
山西	0.864	0.870	0.993	递减	广东	0.975	0.983	0.992	递减
内蒙古	0.845	0.850	0.994	递增	广西	0.895	0.917	0.976	递减
辽宁	0.922	0.930	0.991	递增	海南	1.000	1.000	1.000	不变
吉林	0.883	0.888	0.994	递增	重庆	0.923	0.928	0.995	递减
黑龙江	0.885	0.887	0.997	递减	四川	0.936	0.938	0.998	递减
上海	0.983	0.990	0.993	递增	贵州	0.928	0.940	0.988	递减
江苏	1.000	1.000	1.000	不变	云南	0.904	0.907	0.997	递减
浙江	0.995	1.000	0.995	递减	陕西	0.889	0.896	0.991	递增
安徽	0.909	0.910	0.998	递减	甘肃	0.835	0.840	0.995	递增
福建	0.917	0.921	0.996	递减	青海	0.848	0.953	0.890	递增
江西	0.850	0.862	0.986	递增	宁夏	0.888	0.896	0.991	递增
山东	0.957	0.957	1.000	不变	新疆	0.937	0.953	0.983	递减
均值	0.918	0.927	0.990						

注: TE为综合技术效率, PTE为纯技术效率, SE为规模效率, $TE = PTE \times SE$ 。

表 2 第二阶段 SFA 回归结果

变量及参数	资本存量松弛变量	t 统计量	R&D 人员松弛变量	t 统计量
β_0	0.030304	0.307808	0.095336	1.695602
GOV	0.265865*	1.739061	-0.21915*	-1.69858
TRAD	0.23571***	5.635513	-0.01637	-0.51204
FDI	-0.02949	-1.42697	-0.00503	-0.33313
IND	-3.18558***	-3.78762	1.83262**	2.246562
INFit	0.863341	1.203711	-1.70846**	-2.55319
σ^2	0.007663**	2.450471	0.004077****	3.087519
γ	0.003388	0.018023	0.004078	0.022324
μ	-0.01019	-0.05063	-0.00815	-0.05306
LogL	30.55126		40.02543	

注: γ 衡量技术无效率因素的影响, 反映随机扰动项中技术无效率项所占的比例, 它的取值范围是0到1之间, 其值越接近0, 表示随机扰动主要来自于外界的不可控随机因素; μ 衡量技术效率因素; σ^2 表示方差; LogL 为自然对数似然函数值, 其值越大表明模拟结果越理想。

外其他地区都实现了规模报酬递增, 说明中、西部地区大部分省区存在 R&D 投入浪费情况, 而东部地区则很好地实现了 R&D 资源的有效利用。

3.2.2 第二阶段 SFA 分析结果

将第一阶 DEA 分析得到的松弛变量作为因变量, 而将上文提到的影响因素作为解释变量, 运用 Frontier4.1 软件进行回归, 结果如表 2 所示。

由表 2 可知, γ 值仅为 0.003388, 接近于 0, 说明在 R&D 研发过程中管理无效率的差异并不存在, 而随机误差因素对松弛变量的影响占主导地位, 因此使用 SFA 分析技术并不可取, 但也没有充分的证据表明 R&D 的变异都来自于随机误差因素。由于松弛变量为被解释变量, 所以当回归系数为负时, 增加环境变量有利于减少投入冗余, 减少投入变量的浪费或降低负产出。需要指出的是 t 检验不显著仍然表明存在方向性的影响。

(1) 政府对科技活动的支持强度对资本存量松弛变量来讲是不利因素, 而对 R&D 人员松弛变量来讲是利因素, 表明政府对科技活动的支持越大可能会加大资本投入冗余, 减少 R&D 人员浪费。政府科技活动的支持强度加大也带来了政府对 R&D 经费支持的有效性, 往往会带来人为的浪费, 但是可以使有限的 R&D 人员资源得到充分利用, 减少 R&D 人员浪费。

(2) 贸易依存度对资本存量松弛变量来讲是不利因素, 而对 R&D 人员松弛变量来讲是利因素, 表明贸易依存度越大可能会加大资本投入冗余, 减少 R&D 人员浪费。贸易依存度提高会使有效的 R&D 人员资源投入生产, 但是也会往往会产生盲目追求利润而产生的 R&D 投资过剩。

(3) 外资依存度对资本存量松弛变量和 R&D 人员松弛变量都是利因素, 表明外商直接投资对 R&D 投入节约有着正的溢出效应。外商直接投资与 R&D 效率有着直接联系, 它带来的技术溢出效应将有利于我国区域 R&D 投入产出结构的优化, 促进 R&D 效率的提高。

(4) 工业化水平对资本存量松弛变量来讲是利因素, 而对 R&D 人员松弛变量来讲是不利因素, 表明工业化水平越高越有利于 R&D 经费的有效利用, 但也会加大 R&D 人员投入冗余。随着经济发展水平的提高, 国家对自主研发活动的重视力度不断加大, 为了培养高层次研发人才, 国家可能会不计成本地加大 R&D 人员投入和培养力度, 从而使 R&D 经费支出得到有效利用。

(5) 信息化水平对资本存量松弛变量来讲是不利因素, 而对 R&D 人员松弛变量来讲是利因素, 这可能是由于信息化水平本身就会带来 R&D 经费支出冗余, 但是信息透明度的提高将促

表 3 调整后的 R&D 效率测算结果

地区	TE	PTE	SE	规模报酬	地区	TE	PTE	SE	规模报酬
北京	0.809	0.933	0.867	递增	河南	0.823	0.946	0.870	递减
天津	0.837	0.973	0.860	递增	湖北	0.828	0.953	0.869	递减
河北	0.782	0.916	0.854	递增	湖南	0.824	0.947	0.870	递减
山西	0.762	0.879	0.867	递减	广东	0.854	0.983	0.869	递增
内蒙古	0.746	0.865	0.863	递增	广西	0.789	0.924	0.854	递减
辽宁	0.811	0.945	0.858	递增	海南	1.000	1.000	1.000	递增
吉林	0.779	0.903	0.863	递增	重庆	0.813	0.934	0.870	递增
黑龙江	0.785	0.907	0.865	递减	四川	0.826	0.949	0.870	递减
上海	1.000	1.000	1.000	递增	贵州	0.819	0.949	0.863	递减
江苏	1.000	1.000	1.000	递增	云南	0.799	0.919	0.869	递减
浙江	1.000	1.000	1.000	递减	陕西	0.786	0.911	0.863	递减
安徽	0.801	0.922	0.869	递增	甘肃	0.741	0.855	0.867	递增
福建	0.809	0.931	0.869	递减	青海	0.736	0.968	0.760	递减
江西	0.747	0.877	0.852	递增	宁夏	0.784	0.911	0.861	递增
山东	0.844	0.972	0.868	递增	新疆	0.829	0.972	0.853	递增
均值	0.825	0.938	0.879						

注：TE为综合技术效率，PTE为纯技术效率，SE为规模效率， $TE = PTE \times SE$ 。

进 R&D 人员结构的优化调整。

3.2.3 第三阶段调整后的 DEA 分析结果

根据式 (5) 对 R&D 投入进行调整，并将调整后的投入数据和原始的产出数据重新代入规模报酬可变的 BCC 模型进行 DEA 分析，R&D 效率测算结果如表 3 所示。

对比表 1 和表 3 的分析结果，可以发现，在考虑环境效应和随机因素之后的 R&D 效率与传统的 DEA 分析结果有着显著的差别。平均技术效率值由 0.918 下降为 0.825，平均规模效率由 0.990 下降为 0.879，而平均纯技术效率则由 0.927 上升到 0.938。各省市在第三阶段考虑环境因素和随机因素之后的纯技术效率都有所提升，其中上海、江苏、浙江、海南综合技术效率、纯技术效率和规模效率都为 1，处于技术效率前沿面；而在考虑环境效应和随机因素之后的技术效率值和规模效率值都普遍有所下降，说明我国区域 R&D 效率水平不高。此外，从规模报酬变化情况来看，原来的规模报酬不变的省区全部变为规模报酬递增，部分地区如广东、新疆等由规模报酬递减变

为规模报酬递增，而陕西、青海等则由规模报酬递增变为规模报酬递减，但从总体来看，我国区域 R&D 规模报酬则以递增为主。

4 结论及建议

本文基于三阶段 DEA 方法对我国区域 R&D 效率进行了测算分析，实证结果表明：对 R&D 投入调整前和调整后的测算出来的 R&D 效率有着显著的差别，说明环境效应和随机因素确实对 R&D 效率产生了重要影响；由调整后的测算结果看，我国区域 R&D 整体效率水平不高，R&D 效率提升的空间还很大。因此，本文提出以下政策建议：

第一，在加大政府对科技力度、提高信息化水平和贸易依存度的同时，要注意 R&D 经费支出的有效性。由于本文实证结论表明政府对科技活动的支持越大、贸易依存度越高、信息化水平越高，R&D 资本投入冗余也可能越大，因此在加大政府对科技力度、提高信息化水平和贸易依存度的同时对 R&D 经费支出的有效利用是十分必要的。

第二，要善于利用外商直接投资所带来的技术

溢出效应。外商直接投资与 R&D 活动有着千丝万缕的联系, 它对于提升 R&D 效率也是最直接的。因此, 要善于利用外商直接投资所带来的技术溢出效应, 将自主研发与外部引进有效地结合起来, 优化 R&D 投入产出结构, 提高 R&D 整体效率水平。

第三, 实现 R&D 人员的有效利用。对于提升 R&D 活动质量来讲, R&D 人员起着关键作用, 只有实现 R&D 人员的有效利用才能提高 R&D 整体效率水平。

参考文献

- [1] Zhang Anming, Zhang Yimin, Zhao Ronald. A Study of the R&D Efficiency and Productivity of Chinese Firms[J]. Journal of Comparative Economics, 2003 (31): 444-464.
- [2] 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)
〔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.〕
- [3] Feng Genfu, Liu Hujun, Xu Zhilin. Study on the Factors on Chinese Industries R&D Efficiency[J]. China Industrial Economy, 2006(11): 46-51. (in Chinese)
〔冯根福, 刘军虎, 徐志霖. 中国工业部门研发效率及其影响因素实证分析[J]. 中国工业经济, 2006(11): 46-51.〕
- [4] Shi Xiusong, Zhao Shudong, Wu Fuxiang. Analysis of Regional Innovation Efficiency and Spatial Discrepancy in China[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2009(3): 45-55. (in Chinese)
〔史修松, 赵曙东, 吴福象. 中国区域创新效率及其空间差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(3): 45-55.〕
- [5] Chi Renyong. Enterprise Technological Innovation Efficiency And Its Influencing Factors[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2003(6): 105-108. (in Chinese)
〔池仁勇. 企业技术效率及其影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2003(6): 105-108.〕
- [6] Sun Kai, Li Yuhua. Technological Innovation Efficiency Analyzed and Compared in Chinese Provinces[J]. Forum on Science and Technology in China, 2007(11): 8-11. (in Chinese)
〔孙凯, 李煜华. 我国各省市技术创新效率分析与比较[J]. 中国科技论坛, 2007(11): 8-11.〕
- [7] James Jondrow, C A Knox Lovell, Ivan S Materov, Peter Schmidt. On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model[J]. Journal of Econometrics, 1982, 19(2/3): 233-238.
- [8] Griliches Z. Patents Statistics as Economic Indicators: A Survey[J]. Journal of Economic Literature, 1990, 28: 1661-1707.
- [9] Goto A, Suzuki K. R&D Capital, Rate of Return on R&D Investment and Spillovers of R&D in Japanese Manufacturing Industries[J]. Review of Economics and Statistics, 1989(4): 555-564.
- [10] Acs Z J, Anselin Luc, Varga Attila. Patents and Innovation Counts as Measures of Regional Production of New Knowledge[J]. Research Policy, 2002 (31): 1069-1085.
- [11] Zhang Haiyang. Two Faces of R&D, Activity of FDI and the Growth of Productivity of Domestic Manufacturing in China[J]. Economic Research Journal, 2005(5): 107-117. (in Chinese)
〔张海洋. R&D 两面性、外资活动与中国工业生产率增长[J]. 经济研究, 2005(5): 107-117.〕
- [12] Bound John, Clint Cummins, Zvi Griliches, Bronwyn H Hall, Adam B Jaffe. Who Does R&D and Who Patent? [M]// Zvi Griliches. R&D, Patent and Productivity. Chicago: University of Chicago Press, 1984.
- [13] Seema Sharma, Thomas V J. Inter Country R&D Efficiency Analysis: An Application of Data Envelopment Analysis[J]. Scientometrics, 2008, 76(3): 483-501.
- [14] Wu Yanbing. Calculation of Knowledge Production Efficiency of Industry across Regions of China[J]. Journal of Finance And Economics, 2008, 34(10): 4-14. (in Chinese)
〔吴延兵. 中国地区知识生产效率测算[J]. 财经研究, 2008, 34(10): 4-14〕
- [15] Zhu Pingfang, Xu Weimin. On the Impact of Government's S&T Incentive Policy on the R&D Input and Its Patent Output of Large and Medium-sized Industrial Enterprises in Shanghai[J]. Economic Research Journal, 2003(6): 45-53. (in Chinese)
〔朱平芳, 徐伟民. 政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究[J]. 经济研究, 2003(6): 45-53.〕