

“金砖国家”创新体系的技术效率 与单因素效率评价^①

进方法,对“金砖国家”创新体系的技术效率与单因素效率进行全面测度,并与美国等发达国家进行比较分析。研究发现,“金砖国家”研发效率远远低于发达国家水平,科技向经济的转化效率则正在赶超发达国家;两阶段的单因素效率都普遍偏低,尤其是政府研发投入效率与专利产出效率。

关键词 “金砖国家” 创新体系 技术效率 单因素效率 数据包络分析

中图分类号 F204 **文献标识码** A **JEL分类号** O3

DOI:10.13653/j.cnki.jqte.2014.05.005

Measurement on Technology Efficiency and Single Factor Efficiency of Innovation System of BRICS

Abstract: Based on a two-stage conceptual model of innovation process, by DEA method and its improved mode, this paper evaluates the technology efficiency and the single factor efficiency of national innovation system of BRICS and makes a comparative analysis with developed countries such as America. The results show that the R&D efficiency of BRICS is far lower than that of the developed countries, but the efficiency in the stage of technology transforming into economy is overtaking that of the developed countries. The single factor efficiency of two stages is low, especially R&D efficiency of the government and patent efficiency of every labor force.

Key words: BRICS; Innovation System; Technology Efficiency; Single Factor Efficiency; DEA

^① 本文获得国家自然科学基金项目“基于规模优势的大国经济增长模型与实证研究”(71373075)、国家社会科学基金重大项目“大国经济发展理论研究”(11&ZD144)、教育部人文社科基金项目“中国钢铁企业低碳经济效率及其影响因素研究”(12YJC630014)的资助。

引 言

自 Freeman (1987) 首次提出国家创新体系 (National Innovation Systems, NIS) 这一概念, 国家创新体系的建立一直被视为促进一国经济发展以及提升国际竞争力的重要手段, 尤其在全球化竞争日益激烈的今天, 更为新兴大国实现跨越式追赶提供了有效途径。“金砖国家”作为主要的新兴大国正在致力于建立完善的国家创新体系^①。人们往往用创新投入与产出指标从一个侧面来衡量一个国家创新体系的完善程度。从总量上, “金砖国家”都在不断加大对创新的投入, 但与美国等发达国家相比还存在很大差距, 而在创新产出方面则差距更大。根据 2006 年的数据, 中国、俄罗斯、印度、巴西的研发资金投入强度分别是美国的 54%、40%、30%、38%; 研发人员投入强度方面, 尽管俄罗斯是美国的 82%, 但中国、印度、巴西仅为美国的 13%、6%、14%。从创新产出来看, 2006 年, 俄罗斯人均三方专利数不及美国的 1%, 中国、印度、巴西则分别只有美国的 6‰、4‰、7‰; 在高质量论文 (每百万劳动力三系统收录的论文数) 方面, 中国、俄罗斯、印度、巴西分别仅为美国的 6%、14%、3%、9%。因此, “金砖国家”在建设国家创新体系的过程中, 不仅要注重创新资源的投入总量, 更应注重其效率问题。

有关国家创新体系效率的研究一直是国内外学者关注的焦点。Nasierowski 和 Arcelus (2000, 2003) 采用 DEA 方法, 检验了不同国家创新体系效率与研发生产能力间的关系。Furman 等 (2002) 采用国家创新能力 (NIC) 概念发展了国家创新绩效的跨国比较模型, 并通过建立回归方程模型对 17 个工业化国家的创新能力进行了实证研究。在此基础上, Porter 和 Stern (2002) 借鉴国家创新能力的概念和方法, 对 75 个国家的创新能力进行调查, 并根据结果进行排序。Hu 和 John (2005) 将 Furman 的框架模型扩展到亚洲国家和地区。Hariolf 和 Mary (2004) 回顾了美国、西欧、日本科技指标的发展过程, 并采用敏感性分析指出单纯采用科技指标组合测度国家创新体系的缺陷。国内学者大多集中于国家创新体系效率评价指标体系的设计与探讨。张宏性和程晔 (2005) 从创新动力、创新资源、创新运行及创新价值 4 个维度构建了国家创新评价指标体系。王亚刚和席西民 (2007) 引入和谐管理理论构建了国家创新体系评价的基本框架。林昭文 (2007) 则考虑了一国创新的网络特征及其外溢效应, 将创新效率拓展和定义为包含市场效率与外溢效率在内的二元效率。官建成和何颖 (2009) 运用数据包络分析 (DEA) 及其改进方法对中国和 20 个 OECD 主要国家的创新活动效率进行了比较研究。钟惠波和郑秉文 (2011) 对金砖四国政府构建国家创新体系政策措施的相似之处及相异点做了梳理和比较。

可见, 国内外学者围绕国家创新体系效率主题做了大量的研究工作, 取得了颇为丰富的研究成果, 但概括起来还存在一些不足: 第一, 尽管现有研究已逐步从侧重对发达国家创新体系的效率评价转向对中国等新兴大国的效率测度, 但专门针对“金砖国家”创新体系效率的比较研究还较为缺乏; 第二, 关于国家创新体系效率评价指标体系的设置, 现有研究通常将研发经费或研发人员作为笼统的投入指标, 而企业、高校与政府是创新活动的主要投入主体, 但目前文献少有从这三类不同创新投入机构层面进行单独设置, 这样的话一方面无法揭示企业、高校与政府等不同创新主体在效率中的地位和作用, 另一方面综合起来的效率测算

^① 金砖国家中, 由于南非属于一般大国, 无论人口数量、国土面积还是国家 GDP 等, 都与中国、俄罗斯、印度、巴西 4 个特大国相差甚远, 无共性, 因此本文选择中国、俄罗斯、印度、巴西 4 个金砖国家的国家创新体系效率进行评价。

实际上是对各创新主体的效率评价是有偏的且不合理；第三，现有研究基本是对国家创新体系技术效率的总体评价，忽略了对其进行单因素效率测度，从而很难体现不同创新要素所存在的效率差异，使得相关政策措施缺乏针对性。鉴于此，本文聚焦于金砖国家创新体系效率问题，从创新过程的角度将国家创新体系效率评价分为两阶段，运用数据包络分析（DEA）及其改进方法进行技术效率评价与单因素效率测度，并深入分析其具体原因，在此基础上提出相关对策建议。

与相关文献比较，本文的创新点在于：第一，将企业、高校与政府的研发经费或研发人员分开作为单独的投入指标，合理设置国家创新体系效率评价指标体系，这为国家创新体系效率提供了科学的评价依据；第二，运用 DEA 方法从横向角度静态分析“金砖国家”与发达国家创新体系同一时期的效率差异，从纵向角度动态比较“金砖国家”创新体系不同时期的效率变化，这有利于我们全面把握“金砖国家”创新体系效率现状及动态变化过程；第三，运用 DEA 改进方法对国家创新体系效率进行单因素效率测度，以揭示不同创新要素使用效率的差异，从而找到影响国家创新体系效率的关键因素，这使得“金砖国家”创新体系效率提升研究具有很强的针对性和可操作性。

一、模型设定

数据包络分析（Data Envelopment Analysis, DEA）由美国著名的运筹学家 Charnes 等（1978）提出，是评价具有多个投入与产出的决策单元相对有效性的一种系统分析方法。这种分析方法可以较为客观地反映决策单元的投入产出效率，全面评估决策单元的现有水平以及改进方向。其优点在于不需考虑投入产出之间的生产函数，从而避免因错误函数形式带来的问题；不要求对所有指标进行统一的量纲处理，可以处理不同类型的数据；不需预先估计任何参数与权重，从而保证评价的客观性。

DEA 方法中最常用的模型有 CCR 模型与 BCC 模型。CCR 模型用于“规模收益不变”（Constant Return to Scale, CRS）假设下的决策单元有效性评价，其基本原理是：

假设有 n 个决策单元（Decision Making Unit, DMU），各决策单元有 m 种投入 x_{ij} ($i=1, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$)， s 种产出 y_{rj} ($r=1, \dots, s; j=1, 2, \dots, n$) ($x_{ij} \geq 0, y_{rj} \geq 0$)，对于某个选定的 DMU_0 ，判断其有效性模型的 CCR 对偶规划可表示为：

$$\text{Min } [\theta_0 - \epsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)] = \nu_0$$

$$\text{s. t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta_0 x_{i0}$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0}$$

$$\theta_0, \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0$$

$$i=1, 2, \dots, m \quad r=1, 2, \dots, s \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

其中， θ_0 为 DMU_0 在规模报酬不变（CRS）下的效率值， λ_j 为投入产出指标的权重系数， ϵ 为非阿基米德无穷小量（一般取 $\epsilon=10^{-6}$ ）， s_i^- 为各投入的松弛向量， s_r^+ 为各产出的松弛向量。设以上对偶规划的最优解为 θ_0^* ， λ^* ， S^-* ， S^+* ，当满足以下条件时 DMU_0 为非 DEA 有效：第一， $\theta_0^*=1$ ，且 $S^-*=S^+*=0$ ，则 DMU_0 为 DEA 有效，即在这 n 个决策单元组成的评价系统中， DMU_0 在原投入 x_0 的基础上所获得的产出 y_0 已达到最优；第二，

$\theta_0^* = 1$, 且 $S^{-*} \neq 0$ 或 $S^{+*} \neq 0$, 则 DMU_0 为 DEA 弱有效, 即在这 n 个决策单元组成的评价系统中, DMU_0 的投入 x_0 可减少 s^{-*} 而保持原产出 y_0 不变, 或在投入量 x_0 不变的情况下可将产出量 y_0 提高 s^{+*} ; 第三, $\theta_0^* < 1$ 。

BCC 模型用于“规模收益变动”(Variable Return to Scale, VRS) 假设下的决策单元有效性评价, 在 CCR 模型中加入约束条件 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$, 可以得到基于规模收益变动的 BCC 模型, 其表达式为:

$$\begin{aligned} \text{Min } & [\eta_0 - \epsilon (\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+)] = \nu_0 \\ \text{s. t. } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \eta_0 x_{i0} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{r0} \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & \eta_0, \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0 \\ & i=1, 2, \dots, m \quad r=1, 2, \dots, s \quad j=1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (2)$$

其中 η_0 表示 DMU_0 在可变规模收益 (VRS) 下的效率值。设以上对偶规划的最优解为 η_0^* , 若 $\eta_0^* = 1$, 则 DMU_0 为 DEA 有效; 若 $\eta_0^* \neq 1$, 则 DMU_0 为非 DEA 有效。

由 CCR 模型得到的效率值为技术效率 (总体效率) 值 (TE), 可进一步分解为规模效率 (SE) 与纯技术效率 (PTE), 即技术效率 = 规模效率 × 纯技术效率, 而纯技术效率值可由 BCC 模型直接得到, 由此便可求得规模效率值, 当规模效率值等于 1 时表示决策单元处于最适规模效率水平, 规模效率值小于 1 时则表示决策单元处于规模无效率状态。进一步通过规模报酬值可判断决策单元是处于规模报酬递增、递减还是不变状态。

对于任何生产系统, 我们不仅要关注其生产效率, 同时还要确定非有效决策单元的关键影响因素 (Chen 和 Zhu, 2003)。由 CCR 模型与 BBC 模型得到的效率值是对决策单元所有要素的综合评价, 其所有要素都是按照相同的比例进行缩放的, 它不能体现不同要素使用效率的差异, 因此无法根据这样的模型确定非有效决策单元的关键影响因素。如果将生产效率进行单因素效率分解, 那么我们就可以找出生产低效率的主要原因究竟是由何种要素的低效率引起, 从而找到非有效决策单元的关键影响因素。单因素效率的测度, 可借助式 (3) 和式 (4) 中改进的 DEA 模型来进行 (Zhu, 2000)。

对于非 VRS 有效的决策单元 DMU_d , 第 k 个投入变量和第 q 个产出变量的单因素分析模型可由式 (3) 和式 (4) 的线性规划模型表示。

对于第 k 个投入变量:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta_d^k = \theta_d^{k*} \quad d \in N \\ \text{s. t. } & \sum_{j \in E} \lambda_j^d x_{kj} = \theta_d^k x_{kd} \quad k = \{1, \dots, m\} \\ & \sum_{j \in E} \lambda_j^d x_{ij} \leq x_{id} \quad i \neq k \\ & \sum_{j \in E} \lambda_j^d y_{rj} \geq y_{rd} \quad r = 1, \dots, s \\ & \sum_{j \in E} \lambda_j^d = 1 \end{aligned}$$

$$\lambda_j^d \geq 0 \quad j \in E \quad (3)$$

对于第 q 个产出变量:

$$\begin{aligned} \text{Max } \phi_d^q &= \phi_d^q & d \in N \\ \text{s. t. } \sum_{j \in E} \lambda_j^d y_{qj} &= \phi_d^q y_{qd} & q \in \{1, \dots, s\} \\ \sum_{j \in E} \lambda_j^d y_{rj} &\geq y_{rd} & r \neq q \\ \sum_{j \in E} \lambda_j^d x_{ij} &\leq x_{id} & i = 1, \dots, m \\ \sum_{j \in E} \lambda_j^d &= 1 \\ \lambda_j^d &\geq 0 & j \in E \end{aligned} \quad (4)$$

其中, E 和 N 分别代表由式 (2) 中 BCC 模型计算得到的有效 DMU 和非有效 DMU 的下标集。

本文采用式 (1) 和式 (2), 从技术效率、纯技术效率和规模效率来全面评估“金砖国家”的国家创新体系效率。通过技术效率值可反映国家创新的整体投入产出情况, 通过纯技术效率值可反映国家的资源配置能力与创新管理水平, 通过规模效率值可反映国家创新是否达到最适规模状态。然后, 运用式 (3) 和式 (4) 对非 VRS 有效的国家进行单因素效率测度, 以确定非 VRS 有效国家的关键影响因素。

二、指标选取与数据来源

国家创新体系的创新过程包括创新主体从研发投入到科技成果产出再到经济产出的过程, 即研发投入产出过程与科技向经济的转化过程两个子过程。因此, 本文用两阶段模型来描述国家创新体系的创新过程, 国家创新体系的效率评价也分为两个阶段: 研发效率评价与科技向经济的转化效率评价, 如图 1 所示。

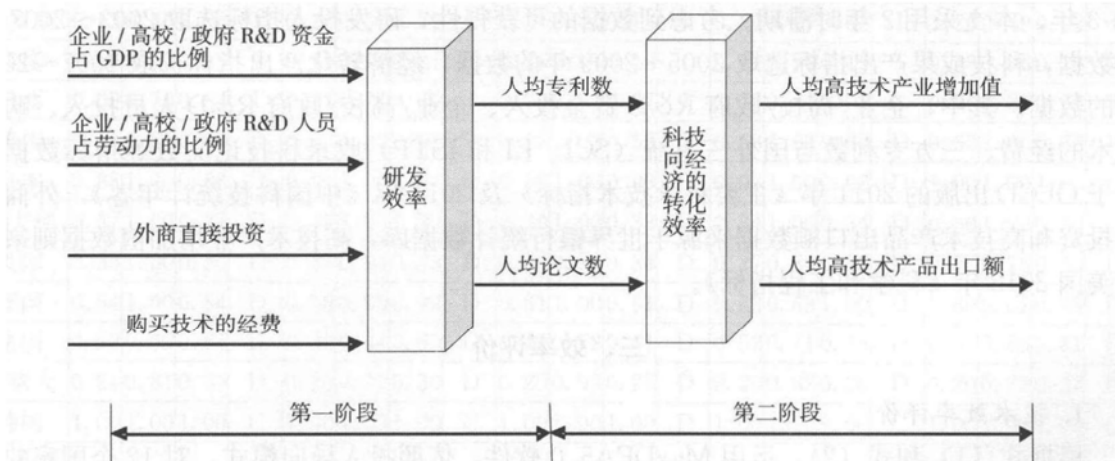


图 1 国家创新体系效率评价的两阶段模型

第一阶段, 我们主要评价国家的研发效率。关于研发投入指标, R&D 资金投入和 R&D 人员投入是公认的衡量研发活动的投入指标。为了进一步明确企业、高校和政府这三

类机构的研发活动在国家创新体系中所起的作用, 本文将企业、高校与政府的研发经费及研发人员分开作为单独的投入指标。同时, 为了克服不同国家 GDP 及人口基数不同的影响, 本文以 R&D 资金投入占 GDP 的比例和 R&D 人员占国家劳动力的比例作为具体测量指标。此外, 外商直接投资不仅为企业的发展提供了资金, 而且为某些技术的国际转移提供了重要的渠道, 因此也成为衡量国家创新活动的一项投入指标; 国家通过技术引进可以弥补或增强自身的技术弱项, 因此, 购买技术的经费也被认为是一项创新投入。因此, 本文设置企业/高校/政府 R&D 资金投入占 GDP 的比例、企业/高校/政府 R&D 人员占全国劳动力的比例、外商直接投资和购买技术的经费共八项投入指标。关于科技产出指标, 常用专利授权数与科技论文发表数来表示(虞晓芬等, 2005)。本文采用三方专利数与国外三系统(SCI、EI 和 ISTP) 收录科技论文数作为专利与科技论文评价指标。相应地, 为了克服人口基数的影响, 本文选取人均三方专利数与人均三系统收录的科技论文数(按劳动力平均)作为科技产出测量指标。

第二阶段, 我们主要评价科技向经济的转化效率。第一阶段的科技产出指标即为第二阶段的经济转化投入指标, 经济转化产出指标则应选择能够突出科技成分的经济指标(Ahuja 和 Katila, 2001)。由于高技术产品的科技含量较高, 且可以看成专利技术与高质量科技论文向直接生产力的一种硬转移的结果, 而一国的商品出口格局则反映该国的国际相对竞争优势(Yue 和 Hua, 2002), 因此本文采用人均高技术产业增加值与人均高技术产品出口额(按劳动力平均)作为第二阶段的经济转化产出指标。

本文选取 G7 成员国和韩国共 8 个发达国家与“金砖国家”进行比较。这些国家都属于大国, 具有幅员广阔、人口众多、国内市场巨大、资源总量丰富等共同特征(欧阳晓和罗国华, 2010)。又由于这些国家有的是世界上创新能力最强的国家, 有的是新兴的工业化国家, 同时它们也多是市场经济比较发达的国家, 将它们进行比较, 可以分析出“金砖国家”与发达大国在国家创新体系效率上的异同。

由于创新活动的周期性和投入产出之间的时滞性, 因此需要考虑研发投入、科技成果产出、经济转化产出指标间的时间差异问题。国际上在作此分析时一般将这个时滞期确定为 1~3 年, 本文采用 2 年时滞期。考虑到数据的可获得性, 研发投入指标选取 2003~2007 年的数据, 科技成果产出指标选取 2005~2009 年的数据, 经济转化产出指标选取 2007~2011 年的数据。其中, 企业/高校/政府 R&D 资金投入、企业/高校/政府 R&D 人员投入、购买技术的经费、三方专利数与国外三系统(SCI、EI 和 ISTP) 收录科技论文数等指标数据来源于 OECD 出版的 2011 年《主要科学技术指标》及 2011 年《中国科技统计年鉴》, 外商直接投资和高技术产品出口额数据来源于世界银行统计数据库, 高技术产业增加值数据则来源于美国 2012 年《科学和工程指标》。

三、效率评价

1. 技术效率评价

根据式(1)和式(2), 运用 MaxDEA5.0 软件, 依照投入导向模式, 对 12 个国家的创新体系两阶段效率值进行测度, 结果如表 1 和表 2 所示。

表1 各国在第一阶段的有效性

	2003年				2004年				2005年				2006年				2007年			
	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS
中国	0.02	0.09	0.21	I	0.02	0.13	0.18	I	0.02	0.13	0.19	I	0.02	0.10	0.20	I	0.03	0.15	0.17	I
俄罗斯	0.79	0.92	0.86	I	0.41	0.91	0.45	I	0.24	0.60	0.40	I	0.23	0.63	0.36	I	0.16	0.55	0.29	I
印度	0.09	0.80	0.12	I	0.10	0.85	0.12	I	0.10	0.95	0.11	I	0.09	0.93	0.10	I	0.07	0.96	0.07	I
巴西	0.10	0.24	0.43	I	0.14	0.51	0.28	I	0.12	0.47	0.26	I	0.13	0.54	0.25	I	0.19	0.84	0.23	I
美国	0.16	0.30	0.56	D	0.21	0.38	0.55	D	0.13	0.23	0.57	D	0.16	0.27	0.61	D	0.13	0.21	0.60	D
日本	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C
意大利	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C
英国	0.63	1.00	0.63	I	0.55	1.00	0.55	I	0.36	1.00	0.36	I	0.25	1.00	0.25	I	0.27	1.00	0.27	I
德国	0.52	1.00	0.52	D	0.62	1.00	0.62	D	1.00	1.00	1.00	C	0.55	1.00	0.55	D	0.48	1.00	0.48	D
法国	0.95	1.00	0.95	I	0.91	1.00	0.91	I	0.78	1.00	0.78	I	0.84	1.00	0.84	I	0.81	1.00	0.81	I
加拿大	0.65	1.00	0.65	I	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	0.69	1.00	0.69	I	0.58	1.00	0.58	I
韩国	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C
金砖国家均值	0.25	0.51	0.41		0.17	0.60	0.26		0.12	0.54	0.24		0.12	0.55	0.23		0.11	0.63	0.19	
发达国家均值	0.74	0.91	0.79		0.79	0.92	0.83		0.78	0.90	0.84		0.69	0.91	0.74		0.66	0.90	0.72	

注: TE为技术效率, PTE为纯技术效率, SE为规模效率, RTS为规模报酬, D为规模报酬递减, I为规模报酬递增, C为规模报酬不变。

表2 各国在第二阶段的有效性

	2005年				2006年				2007年				2008年				2009年			
	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS	TE	PTE	SE	RTS
中国	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C
俄罗斯	0.43	0.46	0.93	I	0.29	0.36	0.79	I	0.34	0.46	0.74	I	0.26	0.49	0.52	I	0.26	0.49	0.52	I
印度	0.16	0.90	0.18	I	0.19	0.92	0.21	I	0.17	0.94	0.18	I	0.17	0.90	0.19	I	0.18	0.96	0.19	I
巴西	0.59	0.70	0.84	I	0.73	0.74	0.99	I	0.73	0.75	0.97	I	0.75	0.81	0.92	I	0.76	0.83	0.91	I
美国	0.53	0.81	0.65	D	0.50	0.82	0.61	D	0.52	1.00	0.52	D	0.63	1.00	0.63	D	0.62	1.00	0.62	D
日本	0.88	1.00	0.88	D	0.90	1.00	0.90	D	0.93	1.00	0.93	D	0.93	1.00	0.93	D	1.00	1.00	1.00	C
意大利	0.37	1.00	0.37	D	0.39	1.00	0.39	D	0.38	1.00	0.38	D	0.34	1.00	0.34	D	0.30	1.00	0.30	D
英国	0.35	1.00	0.35	D	0.31	0.94	0.33	D	0.30	0.88	0.34	D	0.27	0.84	0.32	D	0.26	0.75	0.35	D
德国	0.54	1.00	0.54	D	0.58	0.58	0.99	D	0.61	1.00	0.61	D	0.63	0.63	1.00	D	0.60	0.61	0.99	D
法国	0.39	0.62	0.64	D	0.38	0.64	0.60	D	0.47	0.78	0.61	D	0.52	0.71	0.73	D	0.52	0.65	0.81	D
加拿大	0.24	0.81	0.30	D	0.23	0.77	0.30	D	0.25	0.93	0.27	D	0.20	0.82	0.25	D	0.20	0.77	0.27	D
韩国	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	D	1.00	1.00	1.00	C	1.00	1.00	1.00	C
金砖国家均值	0.55	0.77	0.74		0.55	0.76	0.75		0.56	0.79	0.72		0.55	0.80	0.66		0.55	0.82	0.65	
发达国家均值	0.54	0.91	0.59		0.54	0.84	0.64		0.56	0.95	0.58		0.57	0.88	0.65		0.56	0.85	0.67	

注: 同表1。

第一阶段（以投入时间计算：2003~2007年），根据表1，5年间“金砖国家”的技术效率均值均远远低于发达国家均值，表明“金砖国家”的研发效率还处于较低水平。从发展趋势来看，“金砖国家”与发达国家均呈现下降趋势，表明“金砖国家”研发效率的低水平状态不但未得到改善，反而在不断恶化。

观察具体国家的研发效率，“金砖国家”的技术效率普遍偏低，四国中俄罗斯技术效率相对稍好，但5年间呈急剧下滑状态，到2007年仅为0.16；巴西尽管稳中有升，但到2007年也仅为0.19；中国、印度则一直不高于0.1，这表明“金砖国家”投入产出在整体运作上还处于较差状态。进一步分解，5年间印度的纯技术效率相对较好，其值一直保持在0.8以上；俄罗斯、巴西的纯技术效率变动幅度较大，其中俄罗斯呈不断下降状态，巴西则呈不断上升状态；中国的纯技术效率最差，最高值也仅为0.15。“金砖国家”的规模效率普遍较差，而从规模报酬来看，5年间“金砖国家”均处于规模报酬递增状态。这表明“金砖国家”研发效率较差，尽管有研发资源配置、研发管理政策及水平等方面的原因，但更主要是由于研发资源投入的严重不足所致。发达国家技术效率差别较大，5年间技术效率均为1的国家有日本、意大利、韩国，位于效率前沿面，说明其投入产出在整体运作上最好，资源配置达到最优；法国的技术效率稍微欠佳，但也基本保持在0.8以上；加拿大、德国的技术效率不太稳定，其中加拿大2004年与2005年的效率值均为1，德国2005年的效率值也为1，但两国其他年份的效率值均不高于发达国家均值。美国、英国的技术效率则远远低于发达国家

发达国家，其科技向经济的转化效率都不太理想，同时也说明，“金砖国家”正在赶超发达国家。

观察具体国家的经济转化效率，“金砖国家”中技术效率最高的是中国，5年间其效率值均为1；其次为巴西，其效率值均高于金砖国家均值；俄罗斯、印度则远远低于金砖国家均值。进一步分解，“金砖国家”纯技术效率与规模效率差异较大，5年间中国的纯技术效率与规模效率都为1；印度的纯技术效率接近效率前沿面，但其规模效率仅在0.2左右；巴西的规模效率接近效率前沿面，其纯技术效率也保持在0.8左右；俄罗斯的纯技术效率则不到0.5，其规模效率相对稍好，但5年间在逐年下滑，到2009年仅为0.52。发达国家中5年间技术效率均为1的国家有韩国；日本的技术效率值均保持在0.88以上；德国、美国的技术效率值接近发达国家均值；排名相对靠后的国家依次是法国、意大利、英国、加拿大，5年间其技术效率值均低于发达国家均值。进一步分解，发达国家的纯技术效率相对较高，5年间日本、意大利、韩国的纯技术效率均为1；美国、英国、加拿大的纯技术效率也处于较高水平；法国的纯技术效率相对欠佳；只有德国的纯技术效率很不稳定。发达国家的规模效率普遍不理想，除韩国、日本表现较好外，德国的规模效率很不稳定，其余各国基本处于较差状态。以上表明“金砖国家”与发达国家的经济转化效率都不太理想，既体现在纯技术效率方面，也体现在规模效率方面，这意味着这些国家大多存在着资源尚未得到有效使用，规模效益难以发挥的问题，但后者问题相对更为突出。不同的是，从规模报酬来看，“金砖国家”基本是规模报酬递增，说明其在科技向经济的转化中投入严重不足，影响规模效益的

发挥,而发达国家则是规模报酬递减,说明其投入相对过剩,资源未得到充分利用。

综上所述,对于所研究的12个国家,第一阶段和第二阶段的创新活动有效性分布很不均匀。第一阶段“金砖国家”远远低于发达国家,高效率的国家全部都是发达国家,“金砖国家”普遍处于低效率水平,而第二阶段“金砖国家”则正在赶超发达国家。从第一阶段与第二阶段的纵向比较来看,“金砖国家”与发达国家正好相反,其研发效率大大低于科技向经济的转化效率。

2. 单因素效率评价

根据式(3)和式(4),运用MaxDEA5.0软件,对非VRS有效国家在第一阶段与第二阶段的单因素效率进行测度,结果如表3和表4所示。

表3 第一阶段非VRS有效国家单因素效率测度结果

		投入指标								产出指标	
		企业 R&D 资金占 GDP的 比例	高校 R&D 资金占 GDP的 比例	政府 R&D 资金占 GDP的 比例	企业 R&D 人员占 劳动力的 比例	高校 R&D 人员占 劳动力的 比例	政府 R&D 人员占 劳动力的 比例	外商直 接投资	购买技 术的 经费	人均 专利数	人均 论文数
2003 年	中国	0.04	0.09	0.02	0.19	0.37	0.06	0.01	0.02	58.83	2.36
	俄罗斯	0.12	0.54	0.06	0.07	0.25	0.02	0.21	0.74	17.16	1.00
	印度	0.12	0.19	0.01	0.61	1.00	0.02	0.02	0.11	12.36	1.00
	巴西	0.13	1.00	0.02	0.52	0.21	0.49	0.02	0.11	17.07	1.00
	美国	0.74	1.00	0.62	0.50	1.00	1.00	0.06	0.11	1.11	1.00
	金砖国家均值	0.10	0.46	0.03	0.35	0.46	0.15	0.07	0.25	26.36	1.34
2004 年	中国	0.04	0.10	0.02	0.19	0.41	0.07	0.01	0.03	43.60	2.24
	俄罗斯	0.11	0.50	0.06	0.06	0.24	0.02	0.12	0.44	20.88	1.28
	印度	0.09	0.30	0.01	0.50	0.99	0.02	0.03	0.09	11.75	1.00
	巴西	0.12	1.00	0.02	0.46	0.16	0.36	0.05	0.13	16.15	1.00
	美国	0.76	1.00	0.67	0.50	1.00	1.00	0.11	0.15	1.08	1.00
	金砖国家均值	0.09	0.48	0.03	0.30	0.45	0.12	0.05	0.17	23.10	1.38
2005 年	中国	0.04	0.11	0.03	0.21	0.42	0.10	0.01	0.03	36.07	1.81
	俄罗斯	0.12	0.54	0.07	0.06	0.19	0.02	0.06	0.28	26.50	1.19
	印度	0.12	0.22	0.01	0.52	1.00	0.02	0.03	0.09	11.57	1.00
	巴西	0.14	1.00	0.03	0.45	0.15	0.42	0.03	0.15	14.00	1.00
	美国	0.74	1.00	0.69	0.48	1.00	1.00	0.05	0.15	1.23	1.00
	金砖国家均值	0.11	0.47	0.04	0.31	0.44	0.14	0.03	0.14	22.04	1.25

(续)

		投入指标								产出指标	
		企业 R&D 资金占 GDP 的比例	高校 R&D 资金占 GDP 的比例	政府 R&D 资金占 GDP 的比例	企业 R&D 人员占劳动力的比例	高校 R&D 人员占劳动力的比例	政府 R&D 人员占劳动力的比例	外商直接投资	购买技术的经费	人均专利数	人均论文数
2006 年	中国	0.05	0.06	0.03	0.19	0.37	0.11	0.01	0.03	31.96	1.75
	俄罗斯	0.12	0.26	0.07	0.07	0.18	0.02	0.06	0.21	28.66	1.37
	印度	0.11	0.12	0.01	0.51	1.00	0.03	0.02	0.10	9.34	1.00
	巴西	0.12	1.00	0.03	0.42	0.11	0.43	0.03	0.14	6.73	1.00
	美国	0.70	0.77	0.62	0.48	0.90	1.00	0.05	0.13	1.38	1.00
	金砖国家均值	0.10	0.36	0.04	0.30	0.42	0.15	0.03	0.12	19.17	1.28
2007 年	中国	0.05	0.11	0.04	0.12	0.37	0.12	0.01	0.02	32.67	1.56
	俄罗斯	0.12	0.40	0.07	0.02	0.16	0.02	0.02	0.15	30.70	1.39
	印度	0.13	0.15	0.01	0.03	1.00	0.03	0.01	0.08	8.48	1.00
	巴西	0.14	1.00	0.03	0.54	0.12	0.54	0.03	0.13	14.10	1.00
	美国	0.67	0.88	0.60	1.00	0.84	1.00	0.02	0.15	1.25	1.00
	金砖国家均值	0.11	0.42	0.04	0.18	0.41	0.18	0.02	0.10	21.49	1.24

第一阶段，所有的“金砖国家”均非 VRS 有效。根据表 3，5 年间“金砖国家”投入指标的单因素效率均值都低于 0.5，说明“金砖国家”的所有投入要素都具有一定的改善空间，其中最具有降低潜力的投入指标是政府 R&D 资金投入占 GDP 的比重，其他改善程度相对较大的要素依次是外商直接投资、企业 R&D 资金投入占 GDP 的比重、政府 R&D 人员占全国劳动力的比重、购买技术经费，它们的效率均值均不高于 0.25，其中外商直接投资效率均值最高仅达到 0.07。这意味着“金砖国家”政府研发投入相对过剩现象较为严重，政府与企业研发资金没有得到合理配置，外商直接投资作用并没有有效发挥，通过直接购买而得的技术并没有得到充分消化吸收与利用。“金砖国家”最具有提升潜力的产出指标是人均专利数，而人均论文产出接近有效值。这表明“金砖国家”在研发活动中更热衷于论文发表。具体到各国，从投入来看，中国的单因素效率最差，其中外商直接投资改善潜力最大；俄罗斯、印度与巴西相对稍好，其改善潜力最大的分别是政府研发人员投入占比与政府研发资金投入占比。从产出来看，中国、俄罗斯、印度与巴西在人均专利产出的提升空间都很大。发达国家仅美国 VRS 无效，其外商直接投资、购买技术经费投入要素具有较大的降低潜力，人均专利产出接近有效值，而人均论文产出则达到有效值。

表 4 第二阶段非 VRS 有效国家单因素效率测度结果

		投入指标		产出指标	
		人均专利数	人均论文数	人均高技术产业增加值	人均高技术产业出口额
2005 年	俄罗斯	0.43	0.24	2.32	15.54
	印度	0.09	0.14	6.21	18.65
	巴西	0.59	0.49	1.69	7.45
	美国	0.04	0.51	1.89	5.83
	法国	0.03	0.39	2.73	2.55
	加拿大	0.05	0.22	4.08	5.99
	金砖国家均值	0.37	0.29	3.41	13.88
	发达国家均值	0.04	0.37	2.90	4.79
2006 年	俄罗斯	0.29	0.22	3.48	17.61
	印度	0.13	0.19	5.14	14.25
	巴西	0.73	0.63	1.37	6.00
	美国	0.04	0.49	2.01	6.15
	英国	0.06	0.30	3.20	5.34
	德国	0.03	0.58	1.73	1.91
	法国	0.03	0.38	2.69	2.62
	加拿大	0.06	0.22	4.34	6.58
	金砖国家均值	0.38	0.35	3.33	12.62
发达国家均值	0.04	0.39	2.79	4.52	
2007 年	俄罗斯	0.34	0.25	2.94	11.75
	印度	0.13	0.17	5.73	12.21
	巴西	0.73	0.71	1.37	5.91
	英国	0.05	0.30	3.34	4.73
	法国	0.04	0.47	2.62	2.11
	加拿大	0.06	0.25	4.02	5.85
	金砖国家均值	0.40	0.38	3.35	9.96
	发达国家均值	0.05	0.34	3.33	4.23

(续)

		投入指标		产出指标	
		人均专利数	人均论文数	人均高技术产业增加值	人均高技术产业出口额
2008年	俄罗斯	0.26	0.17	3.89	9.13
	印度	0.13	0.17	5.93	7.34
	巴西	0.75	0.65	1.34	5.59
	英国	0.06	0.27	3.76	4.23
	德国	0.04	0.63	1.95	1.60
	法国	0.05	0.51	2.79	1.93
	加拿大	0.06	0.20	4.93	5.47
	金砖国家均值	0.38	0.33	3.72	7.35
	发达国家均值	0.05	0.40	3.36	3.31
2009年	俄罗斯	0.26	0.17	3.88	10.77
	印度	0.13	0.16	5.47	9.74
	巴西	0.76	0.50	1.31	7.02
	英国	0.05	0.26	3.85	4.27
	德国	0.03	0.60	2.19	1.72
	法国	0.05	0.50	3.13	1.92
	加拿大	0.06	0.20	4.89	5.99
	金砖国家均值	0.38	0.28	3.55	9.18
	发达国家均值	0.05	0.39	3.52	3.48

第二阶段,除中国外,其余3个“金砖国家”均非VRS有效。由表4可知,5年间,“金砖国家”无论专利投入还是论文投入的转化效率均不高于0.4,说明它们都具有较大的降低潜力,同时也说明“金砖国家”还有大量科技成果并没有真正转化为现实生产力。从产出来看,“金砖国家”的单因素效率均大于1,尤其是人均高技术产品出口额,说明无论人均高技术产品增加值还是出口额都有较大的提升空间,同时也说明“金砖国家”的高技术产品主要还是低附加值产品,国际竞争力还处于较差状态。具体而言,巴西的单因素效率稍好,俄罗斯次之,印度最差。发达国家的专利投入与论文投入的转化效率也都低于0.4,但其专利转化效率明显低于论文转化效率,5年间其均值均不高于0.05,说明发达国家的专利闲置现象特别严重;从产出来看,发达国家的人均高技术产品增加值与出口额都还存在一定的提升空间。

四、原因分析

“金砖国家”创新体系无论其技术效率还是单因素效率基本都处于较低水平。分析其关键原因:一是创新资源投入严重不足;二是创新行为主体地位及其联动机制较为缺失;三是

以市场为导向的科技管理体制与创新机制还不完善。

从创新资源来看,无论创新资金投入强度还是创新人才投入强度,都处于低水平状态,这在源头上制约着“金砖国家”的创新活动。首先,充足的创新资金是创新主体创新活动顺利进行的前提。尽管“金砖国家”都在不断加大对创新的投入力度,但与发达国家相比,其创新资金投入强度严重不足。2006年,中国的研发支出占GDP的比重约为1.42%,巴西约为1.02%,俄罗斯约为1.07%,印度约为0.79%,它们仅为或不到G7国家均值的一半。其次,创新人才投入强度及素质高低是国家创新是否取得成效的关键。与发达国家相比,“金砖国家”存在更大差距。这可以从每万名劳动力中科学家与工程师人数得到体现。2006年,中国每万名劳动力中科学家与工程师人数为16人,巴西为12人,俄罗斯为63人,而同期美国有91人,日本达到107人,这也是“金砖国家”人均专利产出严重不足的重要原因。

从创新行为主体来看,完善的国家创新体系应以政府为主导、企业为主体、高校与科研机构为依托、中介机构为桥梁。但“金砖国家”是一种典型的政府主导型创新模式,政府在国家创新体系中处于中心位置,发挥的是一种驱动作用,企业、高校、科研机构、中介机构则基本处于被动从属地位,且缺乏互动联系,这势必会阻碍科技成果的产生及其向现实生产力的转化,并且影响整个创新体系的循环流转。首先,在“金砖国家”,研发基本是一种政府行为,产业界自身的研发积极性较低,企业还没有真正成为创新的主体。这可以从研发经费中政府投入的比例得到说明。2006年,印度、巴西来自政府的研发经费分别占75%与51%,尽管俄罗斯、中国来自政府的研发经费分别只占27%与19%,但与日本的8%相比还存在较大的差距。其次,高校作为基础研究的重要依托,作为创新型人才培养的重要基地,其作用尚未真正凸显。中国高校基础研究力量薄弱,原始性创新不足,而研发与生产企业的脱节,则制约了科技成果的转化与应用。在人才培养或教育模式上,中国仍是一种知识传授式,而不是对未知知识探索与研究模式,因而难以输送足够的高素质创新型人才。尽管巴西的高等教育备受重视,并培养了大量高素质人才,创造了大量的科技成果,但由于其大学长期形成的一种独立于经济发展的科研模式,使得多数科技成果未应用于生产和社会领域。俄罗斯把高校主要作为教育部门,研究开发在学校的地位不重要。经济转轨以来俄罗斯高校开展研发活动的比重仅为5%,而日本和美国的这一比例达到14%~15%,许多私营大学基本没有科研活动,这使得高校在国家创新系统中的作用非常有限。而印度则高等教育的入学率较低,研究型大学少且缺乏创新的文化。第三,中介机构作为科技成果传递、扩散的桥梁尚未真正建立。“金砖国家”服务于创新的中介机构力量薄弱,其资本市场、技术市场发展滞后,无法满足创新要素的整合与扩散以及充分发挥创新网络功能的需要。

从创新管理体制机制来看,处于转型过程中的“金砖国家”以市场为导向的科技管理体制与创新机制还不完善,基本还是一种以政府为主体的科技管理体制,影响了创新主体的积极性和创造性的发挥,影响了创新资源的有效配置与充分利用,这有力解释了“金砖国家”为什么会出现创新资源不足与过剩同时并存的现象。中国由于长期受计划经济体制的科研体系和激励机制影响,企业还不完全是自主创新与科技成果商业化的主力,多数企业缺乏技术创新能力,部分高校和科研机构还保留行政管理的方式,学术民主不够充分。此外,中国促进科技创新的相关法律法规还不完善,知识产权缺乏保护,缺乏扶持原始创新与科技成果转化的融资体系。俄罗斯的市场机制还未真正建立,资源由政府配置,科技和经济分离,科研机构、大学游离于企业之外,而在科研内部,上中下游之间、部门之间、大学与国家研究机构之间也是脱节的,这种脱节造成大量科技成果得不到应用。印度实行的是一种中央政府主

导的科研体制,强调精英道路,过分偏重国防技术,其政府研发与企业研发的严重错位,科技的公共投入与私营投入衔接不配套,这使得印度无法真正实现“产学研”的有效结合。巴西重视高等教育而忽视基础教育、注重人文科学和社会科学教育而忽视自然科学和工程学等理工学科教育的教育体制和与之相应的知识结构不利于创新。

五、结论与建议

本文应用DEA方法对“金砖国家”创新体系技术效率进行了评价,并与美国等发达国家进行比较分析,结果表明,无论研发效率还是科技向经济的转化效率都不理想,尤其是研发效率,进一步分析发现其低效率既源自纯技术效率的无效也源自规模效率的无效,这意味着“金砖国家”还存在着创新资源配置与管理水平较低以及规模收益不佳等方面的问题。在此基础上,本文运用DEA改进方法对非VRS有效国家进行了单因素效率测度,结果显示,绝大部分要素的效率都偏低,尤其是政府研发投入效率与专利产出效率。原因主要在于创新资源投入不足、创新主体及其联动机制缺失以及以市场为导向的科技管理体制与创新机制还不完善。因此,“金砖国家”可以从如下几方面来提升创新体系的效率水平:第一,不断加大各种创新资源的投入力度,尤其是高素质创新型人才的投入力度,同时应合理配置各种创新资源,促进创新资源的消化、吸收和充分利用。第二,进一步明确创新主体的功能定位,促进创新主体之间的相互协调与联合,努力形成以政府为主导、企业为主体、市场为导向、产学研紧密结合的科技创新格局。第三,努力深化科技管理体制的改革,建立基于市场导向的分配激励机制、有利于创新资源和要素流动与互动的公平竞争机制、保证创新活动客观、公正和科学的评价监督机制,从而实现由政府计划为主的科技管理体制向市场引导演变。

参考文献

- [1] Ahuja G., Katila R., 2001, *Technological Acquisition and the Innovation Performance of Acquiring Firms: A Longitudinal Study* [J], *Strategic Management Journal*, 3 (22), 197~220.
- [2] Charnes A., Cooper W. W., Rhodes E., 1978, *Measuring Efficiency of Decision Making Units* [J], *European Journal of Operational Research*, 6 (2), 429~444.
- [3] Chen Y., Zhu J., 2003, *DEA Models for Identifying Critical Performance Measures* [J], *Annals of Operations Research*, 11 (124), 225~244.
- [4] Freeman C., 1987, *Technology and Economic Performance: Lessons from Japan* [M], London: Pinter.
- [5] Furman J. L., Porter M. E., Stern S., 2002, *The Determinants of National Innovative Capacity* [J], *Research Policy*, 6 (31), 899~933.
- [6] Hariolf G., Mary E. M., 2004, *Indicators for National Science and Technology Policy: How Robust are Composite Indicators?* [J], *Research Policy*, 9 (33), 1373~1384.
- [7] Hu M. C., John A. M., 2005, *National Innovative Capacity in East Asia* [J], *Research Policy*, 9 (34), 1322~1349.
- [8] Nasierowski W., Arcelus F. J., 2003, *On the Efficiency of National Innovation Systems* [J], *Socio-Economic Planning Sciences*, 3 (37), 215~234.
- [9] Nasierowski W., Arcelus F. J., 2000, *On the Stability of Countries' National Technological Systems* [C], Zanakis S. H., Doukidis G., Zopounidis C., *Decision Making: Recent Developments and Worldwide Applications*, Kluwer, Dordrecht.
- [10] Porter M. E., Stern S., 2002, *National Innovative Capacity* [M], In *World Economic Forum*,

The Global Competitiveness Report 2001~2002, Oxford University Press, New York.

[11] Yue C. J., Hua P., 2002, *Does Comparative Advantage Explains Export Patterns in China?* [J], *China Economic Review*, 2-3 (13), 276~296.

[12] Zhu J., 2000, *Multi-factor Performance Measure Model with an Application to Fortune 500 Countries* [J], *European Journal of Operation Research*, 1 (123), 105~124.

[13] 池仁勇、虞晓芬、李正卫:《我国东西部地区技术创新效率差异及其原因分析》[J],《中国软科学》2004年第8期。

[14] 官建成、何颖:《科学—技术—经济的联结与创新绩效的国际比较研究》[J],《管理科学学报》2009年第5期。

[15] 林昭文:《国家创新体系的效率及其增进研究》[J],《学术界》2007年第4期。

[16] 欧阳晓、罗会华:《大国的概念:涵义、层次及类型》[J],《经济学动态》2010年第8期。

[17] 王亚刚、席西民:《国家创新体系的构建与评估:基于和谐管理理论的系统探讨》[J],《中国软科学》2007年第3期。

[18] 虞晓芬、李正卫、池仁勇、施鸣炜:《我国区域技术创新效率:现状与原因》[J],《科学学研究》2005年第2期。

[19] 张宏性、程晔:《国家创新模型及评价指标体系研究》[J],《统计研究》2005年第7期。

[20] 钟惠波、郑秉文:《金砖四国在“国家创新体系”(NIS)中政府作用的比较——趋同性与根植性的分析角度》[M],社会科学文献出版社,2011。

(责任编辑:陈星星)

(上接第36页)

[18] Olivero M. P. and Y. V. Yotov, 2012, *Dynamic Gravity: Endogenous Country Size and Asset Accumulation* [J], *Canadian Journal of Economics*, 45, 64~92.

[19] Barman D., 2006, *How to Estimate It: An Introduction to Difference and System GMM in*

[22] WTO, 2010, *Report to the TPRB from the Director-General on trade-related developments* [OL/R], available at http://www.wto.org/english/news_e/news10_e/report_tprb_june10_e.pdf.

[23] 陈龙江、温思美:《经济复苏下的国际贸易保护措施新趋势及中国的对策》[J],《世界经济研究》2011年第7期。

[24] 陈秀莲:《全球金融危机下的贸易保护主义》[J],《世界经济研究》2010年第10期。

[25] 王丽军、周世俭:《金融危机与贸易保护主义》[J],《国际贸易》2010年第6期。

[26] 王小梅、秦学志、尚勤:《国外非关税措施研究综述》[J],《国际贸易问题》2013年第4期。

[27] 薛荣久、杨凤鸣:《全球金融危机下贸易保护主义的特点、危害与应对》[J],《国际经贸探索》2009年第11期。

[28] 易波:《反倾销对中国出口影响的实证研究》[J],《世界经济与政治论坛》2011年第7期。

[29] 张秀娥、张波:《技术性贸易壁垒对我国出口贸易影响的实证研究》[J],《科技管理研究》2012年第2期。

(责任编辑:王喜峰)