

中国非可再生能源生产效率评价： 基于数据包络分析方法的实证研究^{*}

陈 军 成金华

摘要：能源效率对中国经济发展产生了越来越显著的制约作用。近年来，中国非可再生能源的生产效率总体上呈现不断提高的趋势。但是，在国家整体非可再生能源生产效率得到提高的同时，部分省区的非可再生能源生产利用还存在规模不经济问题，其原因在于这些省区非可再生能源生产的技术效率不足。要从根本上提高中国非可再生能源的生产效率，我们需要继续完善国家的能源节约机制，大力推广利用先进的生产和节能技术，结合非可再生能源生产利用的区域特征，合理选择区域能源投入，加强非可再生能源生产效率的管理，提高技术进步对非可再生能源全要素生产力的贡献率。

关键词：非可再生能源 生产效率 DEA

一、引言

近年来，中国政府把节能优先、提高能效放在了国家能源战略的核心地位上，强调以最小成本向终端用户提供优质能源服务，为解决当前中国经济发展的能源约束问题提供了努力的方向。研究显示，根据目前中国能源利用水平，今后相当一段时间内保持能源利用效率的提高速度具有较大的可能性。

中国正处于经济社会发展的关键时期，以石油、煤炭和天然气为主体的非可再生能源的节约使用是确保经济社会持续发展的重要驱动力。然而，中国非可再生能源利用效率的提高却受到了来自区域层面的挑战：在不同的省区，节能技术的实施程度、能源要素的投入与经济产出以及能源生产效率存在显著的差异性，人们对这种差异性的模糊认识使得国家能源部门有针对性地完善和实施能源政策、优化配置能源资源、提高节能潜力遇到了阻碍。因此，针对非可再生能源在区域经济发展中的投入产出情况，采用科学有效的方法对中国各省区的非可再生能源生产效率进行评价，对进一步认识和挖掘中国能源的节能潜力，完善国家的能源配置方式具有较强的参考价值。

本文试图利用数据包络分析方法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 对 2001 - 2005 年中国 30

个省(直辖市、自治区，后文简称“省”)非可再生能源生产的规模效率、技术效率、技术进步及曼奎斯特 (Malmquist) 生产力指数进行了实证研究，对中国非可再生能源生产效率的总体水平和区域特征进行了评价，并在此基础上探讨促进提高中国非可再生能源生产效率的政策建议。

二、能源效率研究文献综述

(一) 国外学者关于能源生产效率的研究

关于生产效率的差异性和收敛性的思考来源于经济增长理论的研究。Solo 与 Swan (1956) 分别独立地提出了经济增长模型，为人们利用大量数据资料对不同国家和地区之间经济效率的差别性和收敛性进行研究提供了理论基础。随着能源稀缺性的不断凸现，20 世纪后半期研究人员开始对能源要素生产效率进行研究。Murray G. Patterson (1996) 总结了传统意义上能源效率的内涵，并从热力学、物力热力学、经济热力学、经济学的角度对能源效率的内涵进行了界定并对能源效率的计量方法进行了总结。Nick Eyre (1998) 以英国能源效率为研究对象，探讨了自由主义的能源市场内能源效率的影响机制。Gale A. Boyd 与 Joseph X. Pang (2000) 把能源效率和生产效率联系起来，指出全部生产过程生产效率的提高来源于能源消耗的减少，揭示了生产力与能源效

^{*} 国家自然科学基金项目“中国非再生能源战略评价模型与实证研究”(批准号 70573100)。

率的内在联系。Arif Hepbasli 和 Nesrin Ozalp (2003) 对土耳其工业能源效率管理的发展历程、不同的能源效率管理政策对国家能源使用的影响进行了研究。Brenda Boardman (2004) 分析了英国的装备制造业的能源使用效率和节能政策对能源和环境发展的影响,提出了最低能耗标准。

尽管现存的大量文献对能源效率的影响机制进行了比较深入的研究,但在能源经济研究领域关于能源生产率差别性的研究还比较少。J. W. Sun 与 T. Meristo (1999) 建立了一个基于物质化和非物质化的概念框架,构建了一个完整的分解模型对能源效率进行测度。通过对 1960 - 1995 年经济合作与发展组织 (OECD) 国家的拉斯贝尔指数进行统计分析,计算出了 OECD 国家的年均效率和节能潜力。Mulder 与 de Groot (2003) 利用行业数据对经济合作发展组织成员国的能源生产率的差别性和收敛性进行了研究; Miketa 和 Mudler (2005) 搜集了比较详尽的面板数据对 56 个国家的能源生产率差别性和收敛性进行了研究。他们在计量分析的基础上,认为在多数产业部门能源生产率体现了收敛性,并且不同的国家和地区的能源生产率收敛于不同的水平。

(二) 国内学者关于能源效率的研究

中国学者关于能源效率的研究主要集中在宏观意义上能源效率与产业结构的相互关联和作用机制上。谢志军、庄幸 (1996) 利用能源转移份额分析方法评价了产业结构的变化和部门能源效率的改进对宏观能源节约的贡献。刘红玫、陶全 (2002), 王玉潜 (2003), 齐志新、陈文颖 (2006), 王少平、杨继生 (2006), 吴巧生、成金华 (2006), 胡萌 (2006) 等应用因素分解法,分析了产业结构变化对能源使用效率提高的影响,阐述了技术进步对提高中国能源效率的作用。蒋金荷 (2004) 对能源效率、节能的内涵进行了界定,从能源物理效率、单位产值能耗、单位产品能耗等方面分析了中国能源效率的现状特征,以及与先进能源效率水平国家的差距。

中国学者也对能源效率的区域差异进行了研究。邹艳芬、陆宇海 (2005) 利用空间自回归模型分析了中国能源利用效率的区域特征,发现中国省域能源利用效率与地区经济发展之间具有明显的空间依赖性,而且空间差异比较明显。高振宇、王益 (2006) 整理了中国各个省区 1995 - 2003 年的数据,并以此为基础来研究这些省区能源生产率的分类情况及差别原因。通过聚类分析将各省划分为能源高效区、中效区和低效区三类,并利用面板数据计量分析了经济发展水平、产业结构、投资情况以及能源价格等因素对能源生产率的影响。史丹 (2006) 揭示了

中国能源效率的区域差异,中国能源效率较高的省市主要集中在东南沿海地区,能源效率最低的地区主要是煤炭资源比较丰富、以煤炭消费为主的内陆省区,并通过统计方法计算了中国各个省区的节能潜力。

以上研究对中国能源问题的探讨得出了许多有意义的结论并提出了一些合理的建议,但从能源要素投入和经济产出的角度,运用 DEA 方法,通过评价技术效率、规模效率、技术进步及 Malmquist 生产力指数以揭示中国非可再生能源生产效率及区域差异的研究尚未涉及。

三、数据包络分析方法效率评价模型

数据包络分析是数学、运筹学、数理经济学和管理科学的一个交叉领域,它使用数学规划模型来评价具有多个输入,特别是多个输出的部门或单位(称为决策单元, Decision Making Unit, 简称 DMU) 间的相对有效性。依据 DEA 方法、模型和理论,可以直接利用输入和输出数据建立非参数的 DEA 模型进行经济分析,使用 DEA 对决策单元进行效率评价可以获得更多的管理信息(魏权龄, 2004)。从 1978 年 A. Charnes 和 W. W. Cooper 开创了 DEA 领域的研究之后,作为一种有效的效率分析方法从理论上和应用上得到了极大的丰富和发展。

经济学中主要用生产函数描述生产技术关系,即达到既定生产成本下的最大产量和既定产量下的最小成本,这种理论生产函数所描述的生产可能性边界称为最佳实践边界或者称为生产可能边界、恰当技术 (Fare et al., 1994)。Charnes (1978) 提出了用 DEA 方法来构造最佳实践边界,其最大的特点就是无需对生产系统的投入产出之间进行任何形式的生产函数假定,只要把投入转化为产出的生产决策单位 DMU 就可以仅仅依靠 DMU 的实际观测数据,利用线性规划技术将 DMU 线性组合起来,构造出“悬浮”在整个样本观测点上的分段超平面,即生产边界面,并由此来评估生产的相对效率。

以省为 DMU 的非可再生能源生产绩效主要体现在生产力水平的高低上,虽然这种生产力可以通过生产规模的扩大来实现,但是能源生产要素的增加并不意味着生产力水平的提高。能源生产力水平的提高取决于能源要素使用效率和技术进步的提高,即生产可能曲线向外移动 (Coelli et al., 1998)。生产效率 (TE) 是指能源投入转化为经济产出的效率,在缺少价格信息的条件下,不能对资源配置效率进行评价 (Lovell, 1993); TE 可以分解为纯效率 (PE) 和规模效率 (SE)。

由于存在规模经济和不经济,因此,规模效率是能源生产绩效的内在组成部分,同样,技术进步也是生产力增长的内在组成部分,技术进步是指生产可能性曲线从原点向外移动。在使用距离函数的模型中,曼奎斯特生产力指数(Malmquist Productivity Index,MPDI)可以用于在没有确定行为目标的情况下(如利润最大化或者成本最小化)的多投入、多产出分析(Freund and Premont,1995),它可以分为投入型和产出型。在特定技术条件下,对距离函数已经进行了广泛的讨论(Barro,1995,1994;Banker,et al.,1984)。在每一项生产条件下,我们可以定义产出或者投入数

$$MPI(y_s, x_s, y_{s+1}, x_{s+1}) = \left[\frac{d_0^s(x_{s+1}, y_{s+1})}{d_0^s(x_s, y_s)} \times \frac{d_0^{s+1}(x_{s+1}, y_{s+1})}{d_0^{s+1}(x_s, y_s)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

(1)式中, $d_0^s(x_{s+1}, y_{s+1})$ 为从s时刻的观察值到s+1时刻的观察值的距离,如果MPI大于1,表明从s时刻到s+1时刻的TFP的增长为正值;反之,则表

$$MPI(y_s, x_s, y_{s+1}, x_{s+1}) = \frac{d_0^{s+1}(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^{s+1}(y_s, x_s)} \left[\frac{d_0^s(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_0^{s+1}(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^{s+1}(y_s, x_s)} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2)$$

(2)式中, $\frac{d_0^{s+1}(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^{s+1}(y_s, x_s)}$ 为从s时刻的观察值到s+1时刻的产出型总效率(TE), $\left[\frac{d_0^s(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^s(y_s, x_s)} \times \frac{d_0^{s+1}(y_{s+1}, x_{s+1})}{d_0^{s+1}(y_s, x_s)} \right]^{\frac{1}{2}}$ 是投入为 x_{s+1} 和 x_s 从s时刻到s+1时刻生产技术移动的几何平均计量产出型效率(TC)。

在规模经济不变的情况下,单个DMU的能源投入和产出分析的示意图见图1。各DMU在s时刻的生产点为D,在s+1时刻的生产点为E,每个时期各个DMU能源生产的产出不高于技术的最大产出,即在每个时刻存在技术非效率因素。根据公式(2),MPI的计算可以用如下公式表示:

$$MPI = \frac{y_{s+1}/y_c}{y_s/y_a} \left[\frac{y_{s+1}/y_b}{y_{s+1}/y_c} \times \frac{y_s/y_a}{y_s/y_b} \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

在计算Malmquist生产力指数时需要计算每个DMU生产效率的4个组成部分:技术效率变化指数(EFF)、技术进步指数(TEC)、纯技术效率变化指数(PTE)、规模效率变化指数(SE)。对于规模经济不变情况下的投入主导型数据包络分析CCR模型,每个DMU能源生产TFP可以通过对下面公式的求解获得:

$$TC_j = \min \{ \lambda : T(x_j, y_j) = 0 \} \quad j = 1, 2, 3, \dots, N \dots \dots \dots (4)$$

在可变规模经济条件下的投入主导型数据包络分析BBC模型,则需要加上限制性因素:

据包络分析模型。假设获得N个省非可再生能源生产的K项投入、M项产出,对于第j个省而言,也就是: $x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_k) \in R^{k+}$; $y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_m) \in R^{m+}$,式中,x和y分别表示能源投入和由此导致的经济产出。技术集合可以表示为: $T = \{ (x, y) : x \in R^{k+}, y \in R^{m+} \}$ 。因此,N个省的能源投入和产出矩阵分别为 $X = K \times N, Y = M \times N$ 。

根据Fare、Grosskopf、Lindgren、Ross(1992)和Fare等(1994)定义的Malmquist生产力指数,s时刻和s+1时刻之间的产出型MPI可以采用如下公式计算:

明从s时刻到s+1时刻的TFP的增长为负值。(1)式等价于如下公式:

$$\dots \dots \dots (5)$$

总效率可以分解为规模效率SE和纯技术效率PTE。规模效率SE可以通过(6)获得:

$$SE = \frac{CRSTE}{VRSTE} \dots \dots \dots (6)$$

CRSTE为DEA中不可变规模技术效率;VRSTE为DEA中可变规模的技术效率。

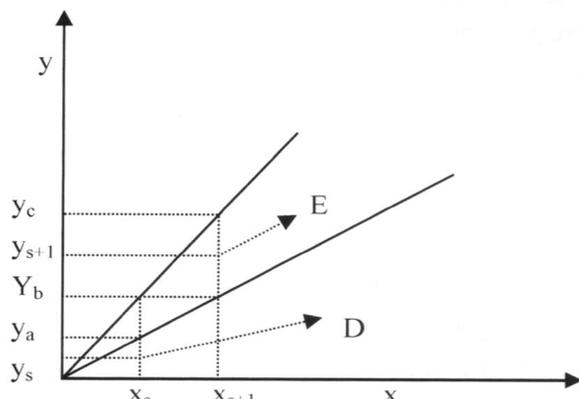


图1 生产力指数MPI示意图

TFP的计量模型分为投入型Malmquist TFP模型和产出型Malmquist TFP模型。投入型Malmquist TFP通过计算相对于同一技术条件下的两个时期的每个DMU数据的距离比率。为了获得投入型Malmquist TFP,需要采用DEA方法,对如下线性规划问题进行求解:

$$\begin{aligned} & \left[d_0^{s+1}(y_{s+1}, x_{s+1}) \right]^{-1} = \max \lambda, \quad \text{St: } -y_{s+1} + \\ & Y_{s+1} \lambda - 0, x_{s+1} - X_{s+1} \lambda = 0, \quad 0; \\ & \left[d_0^s(y_s, x_s) \right]^{-1} = \max \lambda, \quad \text{St: } -y_s + Y_s \lambda - 0, x_s - \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_s &= 0, \quad 0; \\
 [d_0^{s+1}(y_s, x_s)]^{-1} &= \max \quad , \quad , St: - y_{is} + Y_s = 0, \\
 x_{is} - X_s &= 0, \quad 0; \\
 [d_0^s(y_{s+1}, x_{s+1})]^{-1} &= \max \quad , \quad , St: - y_{is+1} + \\
 Y_{s+1} &= 0, x_{is+1} - X_{s+1} = 0, \quad 0;
 \end{aligned}$$

四、实证研究

(一) 变量选择与数据来源

DEA 分析方法以决策单元 DMU 的投入产出资料为衡量要素,投入产出项是否合适将会对效率测度结果产生影响,投入产出项之间具有正相关性是 DEA 模型的一个假设前提。区域经济增长和特定区域内的产业结构及其所依靠的能源消费联系在一起。李俊(1993),Sun(1998),史丹(1999,2001),韩智勇、魏一鸣(2004)等学者的研究表明,能源效率的提高主要原因在于产业能源效率的提高。因此,本文在讨论中国非可再生能源生产效率时,选择能源消费总量(万吨标准煤)、原油(万吨)、成品油(万吨)、煤炭(万吨)和天然气(亿立方米)4种非可再生能源的消费量作为各决策单元的投入变量,选择 GDP(万元)、第一产业增加值(万元)、第二产业增加值(万元)、第三产业增加值(万元)为各决策单元的产出变量。考虑到能源投入转化为经济产出的时滞效应,本文假定时滞期为1年,在采集数据时,分别将2000年、2001年、2002年、2003年、2004年的投入和2001年、2002年、2003年、2004年、2005年的经济产出进行对比,来计算中国非可再生能源的生产效率。

本文选取的各个投入变量的数据主要来自于《中国能源统计年鉴2005》,各个产出变量的数据主要来源于《中国统计年鉴2006》和中宏统计数据库。另外,因为西藏、中国香港、中国澳门和中国台湾的各项投入产出变量数据不全,本文在选择决策单元时将上述区域进行了剔除。对选择的决策单元在个别指标上缺失的数据,本文运用插值法进行了修补。本文所用软件为 Coelli T. J. (1996) 基于包络技术开发的软件 DEAP2.1,在估计中采取投入导向的模式,分析既定经济产出下中国非可再生能源投入的生产效率。

(二) 研究结果分析

1. 中国非可再生能源生产的规模效率与技术效率

本文通过估计 CRSTE、VRSTE 和 SE,分析2001 - 2005 年间每年中国非可再生能源生产的相对效率。其中 CRSTE 能细分为纯技术效率与规模效率。在固定规模报酬下的生产不具效率时,可以由这两种

效率说明其不具效率的来源是缺乏纯技术效率 (VRSTE) 或规模效率 (SE) 所致。VRSTE 指各省在每年投入的非可再生能源能否被有效运用,使产出最大化或投入最小化,该值表示投入要素在使用上的效率。SE 则代表各省在每年产出与投入的比例是否适当,实现产出最大化,该值越高代表规模越适合,生产力也越高。

将省当做决策单元 DMU,能源要素投入的技术效率和规模效率揭示了各个决策单元非可再生能源相对的生产效率,即从生产要素层面来看,各个决策单元之间非可再生能源生产效率的差异也就主要表现为非可再生能源投入规模与使用效率的差异。根据估计结果将不同时段各省非可再生能源规模报酬状态、效率参数列于表 1。从 CRSTE、VRSTE 和 SE 的平均值来看,在 2001 - 2005 年间相对规模效率和纯技术效率都有不同程度提高。因此,从效率的平均值趋势来看,可认为中国非可再生能源无论在投入要素的使用效率及要素组合方面都呈现缓慢上升的稳定状态。

表 1 中国非可再生能源规模报酬统计结果

| | 规模报酬状态与决策单元数量 | | | 效率参数均值 | | |
|------|---------------|------|------|--------|-------|-------|
| | 规模不变 | 规模递减 | 规模递增 | CRSTE | VRSTE | SE |
| 2001 | 16 | 12 | 2 | 0.832 | 0.9 | 0.922 |
| 2002 | 16 | 12 | 2 | 0.83 | 0.903 | 0.912 |
| 2003 | 18 | 9 | 3 | 0.855 | 0.925 | 0.92 |
| 2004 | 18 | 9 | 3 | 0.881 | 0.945 | 0.93 |
| 2005 | 19 | 7 | 4 | 0.893 | 0.96 | 0.925 |

但是,通过表 1 可以发现,在 2001 - 2005 年间,中国大部分省并不处于最佳规模报酬状态:要么处于规模报酬递增状态要么处于规模报酬递减状态,其中每年有近 23% ~ 40% 左右的省区处于规模报酬递减状态中。由此可认为,在考察期内中国大部分省份非可再生能源生产技术效率和规模效率虽然在明显提高,但是未能实现规模经济的省份数量较多,进一步改进的空间较大。

根据 Michael Norman 与 Barry Stocker(1991)的方法,依据 VRSTE 和 SE 可将中国各省加以分类,以考察究竟是哪种原因导致了非可再生能源的生产效率。表 2 中将各个决策单元分为五种类型,这种分类进一步显示了中国各省非可再生能源生产效率状况较好:2001 - 2005 年间规模最优的省份数量由 15 个增加到 18 个,占全国 50% ~ 60%,但是,需要注意的是,技术无效率省份数量每年为 3 ~ 4 个,占全国 10%,这些省份的突出特征是要素投入并未得以利用而使用效率低下,因此表现为规模有效率而技术无效率;规模过大的省份数量也保持在平均每年 4

个左右,这表明这些省份投入-产出比例失衡,相对于产出而言而规模偏大;规模过小的省份每年为2个左右,这些省份相对于产出而言能源利用的规模不足,投入的能源要素不能实现规模经济;易改进省份可认为逐渐实现了规模效率和技术效率。从动态

角度来看,非可再生能源生产非最优规模的各省主要问题是非可再生能源生产的技术效率不足,即各种能源要素在现有技术条件下没有充分得以利用。所以在各决策单元的非可再生能源在投入生产时,规模上接近最优效率,而在技术效率上存在明显不足。

表2 中国非可再生能源生产效率状况省份分类

| | 最优规模 | 规模过小 | 技术无效率 | 易改进 | 规模过大 |
|------|--|--------------|---------------------------|---------------------------|-----------------|
| | SE = 1, VRSTE = 1 | SE < 0.9 IRS | 0.9 < SE < 1, VRSTE < 0.9 | 0.9 < SE < 1, VRSTE > 0.9 | SE > 0.9 DRS |
| 2001 | 15,京、津、晋、内蒙古、辽、黑、沪、浙、赣、粤、桂、琼、贵、甘、宁 | 2,闽、青 | 4,吉、闽、渝、云 | 4,江、皖、湘、新 | 7,吉、苏、皖、湘、渝、云、新 |
| 2002 | 16,京、津、晋、内蒙古、辽、黑、沪、浙、皖、赣、粤、桂、琼、贵、甘、宁 | 2,闽、青 | 3,陕、鄂、吉 | 2,苏、新 | 5,吉、苏、鄂、陕、新 |
| 2003 | 18,京、津、晋、内蒙古、辽、黑、沪、浙、皖、赣、湘、粤、桂、琼、贵、甘、宁、新 | 2,闽、青 | 3,吉、鄂、云 | 1,陕 | 3,鄂、陕、云 |
| 2004 | 17,晋、内蒙古、辽、吉、黑、沪、浙、皖、赣、湘、粤、桂、琼、贵、甘、宁、新 | 2,闽、青 | 3,渝、云、陕 | 4,京、津、苏、鄂 | 5,京、苏、鄂、渝、陕 |
| 2005 | 18,晋、内蒙古、辽、吉、黑、沪、浙、皖、闽、赣、鄂、湘、粤、桂、琼、贵、甘、宁、新 | 2,吉、青 | 2,云、陕 | 1,京 | 1,陕 |

注:表中省份统计栏中的数字为省份个数。IRS 和 DRS 分别表示规模递增和规模递减。

2. 中国各省非可再生能源 Malmquist 生产力指数评价

由前面的分析可知,中国非可再生能源的生产效率受到技术效率和规模效率的影响,而表示生产力变动的 Malmquist 生产力指数可以进一步描述技术效率变动和技术变动的基本特征。其中,技术效率变动表示能源要素投入区域经济系统后消费利用中管理水平的高低对能源生产效率的影响,而技术变动表示能源生产利用的技术进步。技术效率变动又可以进一步分解为纯技术效率变动和规模效率变动。

表3列出了中国非可再生能源2001-2005年4个年度的 Malmquist 生产力指数。由表3可以看出,2002-2003年、2004-2005年中国非可再生能源的 Malmquist 生产力指数大于1,而2001-2002年、2003-2004年中国非可再生能源的 Malmquist 生产力指数小于1,这表明中国非可再生能源的生产力总体上呈现波动上升的趋势:2001-2002年的 Malmquist 生产力指数为0.717,这说明中国非可再生能源的全要素生产率较上年下降了28.3%,这主要来源于技术变动率指数27.8%的下降以及技术效率变动指数7%和规模效率指数9%的下降;2002-2003年的 Malmquist 生产力指数为1.205,这显示中国非可再生能源的全要素生产率较2001-2002年上升了20.5%,进一步分析发现,这种上升主要来源于技术进步的贡献,2002-2003年中国非可再生能源的技术进步贡献率上升了16.1%,同时,技术效率和规模效率分别提高了4.5%和2.9%;2003-2004年的

Malmquist 生产力指数为0.902,这较2002-2003年又下降了9.8%,这种变动主要来源于技术进步贡献率23%的下降,与此同时,这一年中国非可再生能源的技术效率、纯技术效率和规模效率都呈现了2%左右小幅度的下降,这也是导致2002-2003年中国非可再生能源 Malmquist 生产力指数下降的因素。2004-2005年的 Malmquist 生产力指数为1.205,这表示中国非可再生能源的全要素生产率较2001-2002年上升了2.5%,而这种上升仍然来源于技术进步指数上升的贡献。通过以上分析可以发现,2001-2005年,在技术进步指数增长较快的年份,中国非可再生能源 Malmquist 生产力指数就会上升,在技术进步指数下降较快的年份,中国非可再生能源 Malmquist 生产力指数就会下降。

表3 中国非可再生能源平均 Malmquist 生产力指数及各项效率变动

| 效率评价区间 | 技术效率变动 | 技术变动 | 纯技术效率变动 | 规模效率变动 | Malmquist 生产力指数 |
|-----------|--------|-------|---------|--------|-----------------|
| 2001-2002 | 0.993 | 0.722 | 1.002 | 0.991 | 0.717 |
| 2002-2003 | 1.038 | 1.161 | 1.018 | 1.02 | 1.205 |
| 2003-2004 | 1.036 | 0.87 | 1.016 | 1.019 | 0.902 |
| 2004-2005 | 1.025 | 1 | 1.022 | 1.003 | 1.025 |

注:本文在通过表3计算各项指标数值的上升和下降幅度时,假定上一年度的各项指标的值为1,然后用下一年度的值减去1求百分比,得出各项指标两个相邻年度之间的上升和下降幅度。表4的各项指标的上升和下降幅度计算与此相同。

中国非可再生能源生产率指数是以各省的非可再生能源生产效率的评价为基础的。以省为决策单元的非可再生能源 Malmquist 生产率指数的高低从

区域层面对中国非可再生能源的生产效率产生着影响。本文按照中国三大地带的划分,来讨论中国非可再生能源生产效率的区域差异和形成原因。表4列出了中国三大区域非可再生能源 Malmquist 生产力指数的分布与分解情况。

从表4可以看出,2001 - 2005年之间,中国东部、中部、西部三大区域的非可再生能源 Malmquist 生产力指数分别为0.974、0.943和0.929,呈现一个明显的递减分布状态,这表明,东部地区的非可再生能源全要素生产力要高于中部和西部地区,而中部地区的非可再生能源全要素生产力又要高于西部地区。2001 - 2002年,中国三大区域的 Malmquist 生产力指数较上一年度都呈现下降的趋势,但是东部地区的下降幅度为24.9%,而中部和西部地区的下降幅度分别为31.2%、26.5%。东部地区的 Malmquist 生产力指数在三大区域中处于最高水平,这主要因素为东部地区非可再生能源利用技术进步指数下降的相对优势。2002 - 2003年,东部、中部和西部地区非可再生能源 Malmquist 生产力指数分别为1.227、1.252、1.211,这表明各地区非可再生能源的全要素生产力较上年分别上升22.7%、25.2%、21.1%。通过比较可以发现,东部地区 Malmquist 生产力指数上升的主要因素还是在于非可再生能源利用技术进步指数上升的优势,分别高出中西部3.8%、9.2%,尽管中西部地区在技术效率和规模效率上一定幅度地超过了东部地区,但是这些因素并未超过东部地区非可再生能源利用中技术进步的优势。2003 - 2004年,三大区域的 Malmquist 生产力指数较上一年又呈现了下降的趋势,但是,在这一年度中, Malmquist 生产力指数最高的是中部地区,形成这一局面的主要因素在于中部地区在技术效率、规模效率和纯技术效率上较东、西部地区所占有的优势。2004 - 2005年,东部地区非可再生能源 Malmquist 生产力指数为1.202,中部和西部地区分别为1.002、1.005。三大区域非可再生能源全要素生产力分别增长20.2%、0.2%、0.5%。这一结果的出现主要来源于东部地区在非可再生能源生产技术效率、技术进步、规模效率和纯技术效率上的改进。尤其是技术进步指数,中部和西部在这一年呈现下降的趋势,而东部地区却上升了9%。在三大区域技术效率、规模效率和纯技术效率增长幅度差别不大的状态下,较高的技术进步指数促成了东部地区 Malmquist 生产力指数的优势。

以上的比较分析显示,中国三大区域非可再生能源 Malmquist 生产力指数的高低主要来源于非可再生能源利用中的技术进步。能源生产利用的技术

进步已经成为影响中国非可再生能源生产力的主要因素。利用技术扩散效应,加快中国非可再生能源利用中的技术进步已经成为提高非可再生能源生产力的战略选择。

表4 中国非可再生能源 Malmquist 生产力区域指数及其分解

| | 年度 | 技术效率 变化指数 | 技术进步 指数 | 纯技术效率 变化指数 | 规模效率 变化指数 | Malmquist 生产力 指数东部 |
|----|------------|--------------|------------|---------------|--------------|--------------------------|
| 东部 | 2001 | 0.988 | 0.761 | 0.993 | 0.995 | 0.751 |
| 中部 | - | 0.984 | 0.702 | 0.988 | 0.997 | 0.688 |
| 西部 | 2002 | 1.010 | 0.727 | 1.026 | 0.985 | 0.735 |
| 东部 | 2002 | 0.998 | 1.226 | 1.011 | 0.987 | 1.227 |
| 中部 | - | 1.066 | 1.181 | 1.008 | 1.056 | 1.252 |
| 西部 | 2003 | 1.081 | 1.122 | 1.036 | 1.039 | 1.211 |
| 东部 | 2003 | 1.078 | 0.861 | 1.008 | 1.070 | 0.919 |
| 中部 | - | 1.083 | 0.879 | 1.061 | 1.019 | 0.944 |
| 西部 | 2004 | 0.981 | 0.900 | 0.999 | 0.983 | 0.878 |
| 东部 | 2004 | 1.056 | 1.090 | 1.034 | 1.020 | 1.202 |
| 中部 | - | 1.019 | 0.992 | 1.014 | 1.001 | 1.002 |
| 西部 | 2005 | 1.024 | 0.979 | 1.028 | 0.998 | 1.005 |
| 东部 | 2001 | 1.023 | 0.950 | 1.010 | 1.013 | 0.974 |
| 中部 | - | 1.032 | 0.914 | 1.016 | 1.016 | 0.943 |
| 西部 | 2005 均值 | 1.019 | 0.911 | 1.020 | 1.000 | 0.929 |

五、结论与启示

本文采用DEA方法对2001 - 2005年中国30个省的非可再生能源生产效率进行了评价,通过实证研究我们可以较为清晰地发现中国非可再生能源生产效率的发展轮廓。研究结果表明,在考察时期内,中国非可再生能源的生产效率总体上呈现不断提高的趋势,这种趋势主要来自于被考察的大部分决策单元非可再生能源平均意义上生产的规模效率和技术效率的提高,中国非可再生能源的生产利用处于良性发展的轨迹上。但是,在国家整体非可再生能源生产效率得到提高的同时,部分省区的非可再生能源生产利用还存在规模不经济问题,其原因在于这些省份非可再生能源生产的技术效率不足,即各种能源要素在现有技术条件下没有充分得以利用。同时,本文进一步利用 Malmquist 生产力指数法测算了中国非可再生能源全要素生产率及其分解成分和区域特征,这种方法不需要假设一种具体的生产函数形式,避免函数形式错误的出现并可以对全要素生产率进行分解,从而发现了中国非可再生能源全要素生产率增长的主要影响因素在于生产利用中的技术进步。

中国实现全面小康的社会目标对能源的需求与消费具有的依赖性日益增强,在工业化和城市化进程不断加快的背景下,要解决中国非可再生能源的供给与消费矛盾所形成的制约社会经济持续发展的

瓶颈,必须从非可再生能源生产的技术效率和技术进步上加以改进。结合前文的研究,得出以下政策建议:

(一) 继续完善国家的能源节约机制,大力推广利用先进的生产和节能技术

能源管理部门需要根据市场运行的规律,科学制定非可再生能源的市场价格,并以此作为非可再生能源利用中推广先进的生产技术和节能技术的导向。市场选择的作用将促使非可再生能源消费单位淘汰落后的生产技术、工艺与技术标准。与此同时,国家能源发展规划需要根据市场变化的规律加大对非可再生能源生产与利用领域研究的投入,提高生产利用关键技术和共性技术的研发投入,并运用财政、税收、信贷和法律手段,促进能源科技成果的产业化,不断推进区域和生产单位非可再生能源生产的技术进步。

(二) 结合非可再生能源生产利用的区域特征,合理选择区域能源投入

中国各省由于经济社会发展的差异,非可再生能源的生产效率和规模效率也不尽相同。各省需要对本省的各类非可再生能源技术效率、规模效率、技术进步变化指数等生产特征进行年度评价,及时调整各类非可再生能源的投入。如,规模过小的省区如福建、青海等,需要进一步加大非可再生能源的投入,以促使其实现能源生产的规模经济;规模过大的省区如陕西等省,则需要减少非可再生能源的投入,促使这些地区的非可再生能源投入既满足经济发展的需要又不产生投入过多资源而导致浪费。对于技术无效率和易改进的区域,则需要加快非可再生能源生产的技术进步,提高生产技术水平,确保既定的能源投入充分发挥技术效率而得到充分的利用。

(三) 加强非可再生能源生产效率的管理,提高区域非可再生能源生产效率

中国各省可以设立专门的节能管理部门,负责地方的节能事务,负责区域的节能政策的制定、执行和监督,做好法规规划、标准标识、宣传引导、技术促进、监督执行、节能培训、人才引进、促进节能经验和技术的区域交流等工作,并建立区域节能信息体系,形成快捷、高效的节能政策、技术、管理信息传播渠道。加强政府节能管理体系的建设,需要切实转变政府职能,建立和完善能源节约的经济激励机制,建立终端用能设备能效标准和标识体系,建立符合市场规律的节能机制。

注释:

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、海南等省市;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南等省市;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆等省市自治区。

因篇幅限制,故省去各个省的具体数据,读者若有需要,可向作者索要全套资料。

参考文献:

1. 齐中英:《中国能源科技发展战略形势与对策分析》,见“十五”国家高技术发展计划能源技术领域专家委员会编:《能源发展战略研究》,北京,化学工业出版社,2004。
2. Patterson, Murray G., 1996. "What is Energy Efficiency? Concepts, Indicators, and Methodological Issue." *Energy Policy*, Vol. 25, pp. 377 - 390.
3. Eyre, Nick, 1998. "A Golden Age or A False Dawn? Energy Efficiency in UK Competitive Energy Markets." *Energy Policy*, Vol. 26, pp. 963 - 972.
4. Boyd, Gale A. and Pang, Joseph X., 2000. "Estimating the Linkage between Energy Efficiency and Productivity." *Energy Policy* Vol. 28, pp. 289 - 296.
5. Hepbasli Arif and Ozalp, Nesrin, 2003. "Development of Energy Efficiency and Management Implementation in The Turkish Industrial Sector." *Energy Conversion and Management*, Vol. 44, January, pp. 231 - 249.
6. Boardman, Brenda, 2004. "Achieving Energy Efficiency Through Product Policy: The UK Experience." *Environmental Science & Policy*, 7, pp. 165 - 176.
7. Sun, J. W. and MERISTO, T., 1999. "Measurement of Dematerialization Materialization: A Case Analysis of Energy Saving and Decarbonization in OECD Countries, 1960 - 1995." *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 60, pp. 275 - 294.
8. Mulder, Peter and de Groot, Henri, 2003. "International Comparisons of Sectoral Energy - and Labour Productivity Performance: Stylized Facts and Decomposition of Trends." CPB Discussion Paper, No. 23, November.
9. Miketa, A., 2001. "Analysis of Energy Intensity Developments in Manufacturing Sectors in Industrialized and Developing Countries." *Energy Policy* Vol. 29, pp. 769 - 775.
10. 谢志军、庄幸:《宏观经济结构与能源密度的变化》,载《中国能源》,1996(5)。
11. 刘红玫、陶全:《大中型工业企业能源密度下降的动因探析》,载《统计研究》,2002(9)。
12. 王玉潜:《能源消耗强度变动的因素分析方法及其应用》,载《数量经济技术经济研究》,2003(8)。
13. 齐志新、陈文颖:《结构调整还是技术进步——改革开放后我国能源效率提高的因素分析》,载《上海经济研究》,2006(6)。
14. 王少平、杨继生:《中国工业能源调整的长期战略与短期措施——基于12个主要工业行业能源需求的综列协整分析》,载《中国社会科学》,2006(4)。
15. 吴巧生、成金华:《中国能源消耗强度变动及因素分解:1980 - 2004》,载《经济理论与经济管理》,2006(10)。
16. 胡萌:《再论我国能源强度降低问题》,载《统计研究》,2006(3)。
17. 蒋金荷:《提高能源效率与经济结构调整的策略分析》,载《数量经济技术经济研究》,2004(10)。

(作者单位:中国地质大学经济学院 武汉 430074)

(责任编辑:Q、K)