

文章编号: 1003-2053(2011)07-1021-08

# 基于技术差距的中国区域全要素能源效率研究

汪克亮<sup>1</sup>, 杨宝臣<sup>2</sup>, 杨力<sup>1</sup>

(1. 安徽理工大学经济与管理学院, 安徽淮南 2320011; 2 天津大学管理学院, 天津 300072)

**摘 要:** 基于全要素方法, 充分考虑到中国各地区能源利用的技术差距, 利用数据包络分析 (DEA) 方法构建非参数前沿, 在共同前沿方法框架下分析比较 2001-2007 年中国全要素能源效率的区域差异, 在此基础上采用“共同技术率 (MTR)”指标衡量中国区域之间能源利用的技术差距。实证结果表明: 考察期内中国全要素能源效率整体水平较低且区域差异显著, 还存在巨大的节能增产空间; 从区域技术差距视角来看, 三大地区差距明显, 其中东部地区接近全国最优水平, 实现了全国潜在最优能源技术的 98% 以上, 而中西部地区距离全国最优能源技术还分别存在 23.3% 和 30.3% 的改进空间。当前, 必须采取行之有效的措施以防止三大地区能源技术差距的进一步拉大。

**关键词:** 全要素能源效率; 技术差距; 共同前沿; 区域差异; 共同技术率

中图分类号: F124.5

文献标识码: A

在全球面临化石能源枯竭和严重环境危机的现实背景下, 作为世界上仅次于美国的第二大能源消费国, 中国能源利用效率的高低已经引起世界各国政府和社会公众的广泛关注。国内外众多学者基于不同视角对中国能源效率问题展开了有益的探讨, 取得了丰硕的研究成果。自 20 世纪 70 年代石油危机以来, 能源经济开始成为经济学的一个全新研究领域, 能源效率则是其研究异常活跃的一个分支。传统的能源效率研究方法称为“单要素能源效率”, 其中最常用的指标是单位 GDP 能耗, 数值上等于一国或地区的能源消费总量去 GDP 之比, 也称为能源强度。单要素能源效率的突出优点在于: 直观、计算简单及很强的操作性。长期以来, 该方法一直是能效研究的主流。然而, 其主要缺点在于: 本身包含了大量的结构因素, 无法反映能源利用过程之中各项投入要素之间的相互作用, 不能反映诸如产业结构变动、能源构成变化和各项投入要素相互替代对能源强度的影响, 以至于无法准确反映能源利用的潜在技术效率<sup>[1][2]</sup>。近年来, 一种全新的能源效率研究方法——“全要素能源效率 (TFEE)”方

法<sup>[3]</sup>得到了广泛应用<sup>[4-10]</sup>。该方法基于全要素生产理论和 DEA 技术, 有效考虑到能源利用过程中各投入要素之间的相互作用, 在一定程度上克服了传统单要素能源效率方法的缺陷, 已经逐渐成为国内外能源效率研究的首选方法。当前, 已有学者<sup>[11-16]</sup>陆续将 TFEE 方法引入到中国能效问题研究之中, 取得了较好的研究效果, 也在一定程度上证实了该方法研究中国能效问题的优势。

全要素能源效率的提出为研究能源效率提供了全新视角和方法, 并为改善中国能源效率提供了理论依据, 因此是十分有意义的。然而, 已有研究尚存在以下两点需要拓展的地方: (1) 绝大多数文献在研究过程中都将节能作为唯一目标, 忽视了另外一个非常重要的宏观经济目标——经济增长。作为世界上人口最多的发展中国家, 经济发展的意义对中国来说至关重要。因此, 节能必须以不损害中国经济增长为前提。而只有将经济增长与节能联系起来, 才能保证在经济增长条件下实现节能降耗最大化。因此, 中国的全要素能效指标与发达国家不同, 它还应该

收稿日期: 2011-01-10 修回日期: 2011-04-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71071003); 教育部人文社会科学基金资助项目 (09YJC630004); 安徽省高校省级自然科学基金资助项目 (KJ2010B322)

作者简介: 汪克亮 (1980-), 男, 安徽枞阳人, 博士, 讲师, 研究方向为能源与环境管理。

杨宝臣 (1966-), 男, 河北唐山人, 博士, 教授、博士生导师, 研究方向为技术经济。

杨力 (1972-), 男, 安徽淮南人, 博士, 教授, 研究方向为能源经济与政策。

与经济增长直接相关。(2)一般来说,技术效率比较的前提必须是所有生产单元都具备类似的技术水平,否则可能会因缺乏统一的比较标准而无法定位其效率缺失的真正原因,特别是以国家或地区作为研究对象时,这一问题将更为重要。中国区域经济、社会发展的显著不平衡同样导致各地区技术水平发展的差异。因此,中国三大地区(东部、中部和西部)各省份的技术前沿是不同的,东部地区的能源技术水平显然高于中西部地区。但是,已有中国全要素能源效率的研究几乎都是基于三大地区具有相同参考技术这一假定,没有考虑到区域技术差距现实。这种做法将面对不同技术前沿的生产单元置于相同标准下进行比较,有失合理性,最终可能会导致无法测度各省份的真实能源利用水平。

本文试图从以下两个方面对现有文献进行拓展。(1)将节能与经济增长目标共同引入到全要素能效指标之中,在经济和资源双重约束下研究中国全要素能效问题。(2)充分考虑到区域间技术水平的差距,依据 Battese 和 Rao<sup>[17][18]</sup>、Donnell<sup>[19]</sup>等创立并发展的非参数共同前沿(metafontier)理论为基础,测度 2000-2007 年中国各省份全要素能源效率,并在此基础上比较其区域差异。本文研究最终目标是为中国各省份制定节能和能源技术发展政策提供科学的决策依据。

### 1 研究方法

本文将采用非参数前沿方法来构造中国各省份全要素能效前沿及相关指数,其基本思路是通过包络所有样本点得到效率生产前沿面,进而采用方向性距离函数计算效率指数。

#### 1.1 全要素能效测度模型

传统的全要素能源效率测度方法都是基于 Shephard 距离函数,该函数只能在投入或产出某一个方向上实现比例性调整,实现投入最小化或产出最大化,从而无法有效兼顾节能和经济增长双重目标。为了改进这一缺陷,本文在构建生产技术集的基础上,引入方向性距离函数(Directional Distance Function, DDF)来测算全要素能源效率。该函数由 Chambers 等<sup>[20]</sup>提出,是 Shephard 距离函数的拓展一般形式,其具体形式为:

$$\beta_{g_y}) \in T_t \} \tag{1}$$

其中,  $x_t \in \mathbf{R}^N, y_t \in \mathbf{R}^M, T_t$  (本文  $x_t = (K, L, E, Y)$ ,  $y_t = (Y_t)$ , 其中 K, L, E, Y 分别为资本、劳动、能源与经济产出)为决策单元第 t 期的投入产出向量和生产技术集。 $\vec{D}_t(\cdot)$  即为方向向量  $g = (-g_x, g_y)$  下的方向性距离函数。其中,方向向量  $g$  的选择并不唯一,取决于研究者需要和偏好。本文选择的方向向量为  $-g_x = (0 - E), g_y = Y$ , 此时  $\vec{D}_t(\cdot)$  度量的是生产单元经济产出和能源投入在方向向量所确定的矢量路径上成同比例增减的程度,从而可以将节能与经济增长目标共同融入到全要素能效指标之中,如图 1 所示。

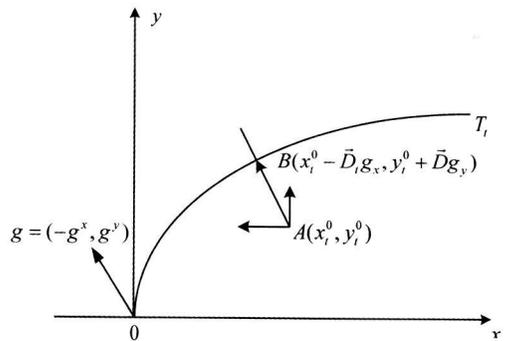


图 1 同时考虑节能和经济增长目标的方向性距离函数

如何计算方向性距离函数是全要素能源效率测度的基础。本文选择 Chames 等<sup>[21]</sup>提出的数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)方法来计算方向性距离函数的值,可以通过一个线性规划来实现:

$$\begin{aligned} \vec{D}_t(x_t^0, y_t^0; -g_x, g_y) = \max_{\beta \geq 0} \beta \\ s.t. \sum_{j=1}^n \lambda_j K_{jt} \leq K_t^0; \sum_{j=1}^J \lambda_j L_{jt} \leq L_t^0; \sum_{j=1}^J \lambda_j E_{jt} \leq (1-\beta)E_t^0; \sum_{j=1}^J \lambda_j Y_{jt} \geq (1+\beta)Y_t^0; \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, J; t = 1, 2, \dots, T. \end{aligned} \tag{2}$$

其中,  $\vec{D}_t(\cdot)$  越小,说明待评单元实际生产点越接近生产前沿面,效率越高,当且仅当  $\vec{D}_t(\cdot) = 0$  时,待评单元位于生产前沿面上。因此,待评决策单元的全要素能效可以界定<sup>[22]</sup>为:

$$TFEE_t^0 = 1 - \vec{D}_t(x_t^0, y_t^0; -g_x, g_y) \tag{3}$$

#### 1.2 非参数共同前沿方法

假设生产技术为转化投入为产出的知识与能力。依据共同前沿方法的要求,首先,按照传统的划

分方法, 将中国分为三大区域: 东部、中部和西部<sup>①</sup>。将每个区域所包含省份的可行投入产出组合归属于同一技术集合  $T^k$  ( $k = 1, 2, 3$ )。此时, 相应区域的生产可能集  $P(x)$  为  $P_i^k(x)$ 。 $P_i^k(x)$  的上界即为“区域前沿”, 隐含了三大区域间能源技术差距无法被“超越”下, 各省份追求最佳投入产出组合的技术边界<sup>[17][18]</sup>。此时, 生产单元的全要素能效为:

$$TFEE_i^k(x_i, y_i) = 1 - \vec{D}_i^k(x_i, y_i; -g_x, g_y) \quad (4)$$

假设研究整体中存在  $k$  个子技术集合  $T^k$ ,  $k = 1, 2, \dots, K$  (本文  $K = 3$ ), 运作于一共同的技术集合  $T^*$  下, 此共同的技术集合为各子技术集合的并集:

$$T_i^* = \{T_i^1 \cup T_i^2 \cup \dots \cup T_i^K\} \quad (5)$$

此时生产可能集可表示为  $P_i^*(x)$ 。 $P_i^*(x)$  的上界即为“共同前沿 (metafrontier)”, 也可译为“超越前沿”。不同于区域前沿, 共同前沿隐含三大区域间的能源技术差距可以被“超越”, 且所有生产单元具有取得相同能源技术潜力下, 实现投入产出最优化<sup>[17][18]</sup>。此时, 各生产单元面临的生产前沿为共同前沿, 而不再是各自区域前沿。同理,  $\vec{D}_i^*(x_i, y_i; -g_x, g_y)$  衡量的是生产单元实际投入产出水平与全国共同前沿上投入产出水平的距离。故基于共同前沿的全要素能效可表示为:

$$TFEE_i^*(x_i, y_i) = 1 - \vec{D}_i^*(x_i, y_i; -g_x, g_y) \quad (6)$$

另外, 共同前沿为一不低于区域前沿的包络曲线。所以, 在共同前沿和区域前沿下, 生产单元的能源效率存在如下关系:

$$\vec{D}_i^*(x_i, y_i; -g_x, g_y) \geq \vec{D}_i^k(x_i, y_i; -g_x, g_y) \Rightarrow TFEE_i^*(x_i, y_i) \leq TFEE_i^k(x_i, y_i) \quad (7)$$

共同前沿框架下最重要的指标为“共同技术率 (Meta-Technology Ratio, MTR)”, 也称为“技术缺口比 (Technology Gap Ratio, TGR)”。本文共同技术率数值上等于共同前沿和区域前沿下生产单元全要素能效的比值, 反映了区域前沿与共同前沿能源技术水平之间的差距。即:

$$0 \leq MTR_i^k(x_i, y_i) = \frac{1 - \vec{D}_i^*(x_i, y_i; -g_x, g_y)}{1 - \vec{D}_i^k(x_i, y_i; -g_x, g_y)} = \frac{TFEE_i^*(x_i, y_i)}{TFEE_i^k(x_i, y_i)} \leq 1 \quad (8)$$

亦可表达为:

$$TFEE_i^*(x_i, y_i) = TFEE_i^k(x_i, y_i) \times MTR_i^k(x_i, y_i) \quad (9)$$

① 其中东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南; 中部地区为山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南; 西部地区为内蒙古、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。为了便于资料整理, 重庆、西藏、台湾、香港和澳门不包括在分析范围之内。

共同前沿、区域前沿及共同技术率可以由图 2 来说明。

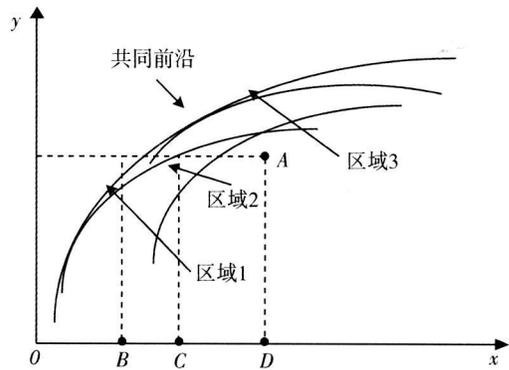


图 2 共同前沿与区域前沿

在图 2 内假设中国三大地区的区域前沿分别为区域 1、2 和 3 另外假设共同前沿为凸函数, 则省份 A 基于共同前沿、区域前沿下的全要素能源效率和共同技术率可以分别表示为:

$$TFEE^*(A) = \frac{OB}{OD}, \quad TFEE^2(A) = \frac{OC}{OD},$$

$$MTR^2(A) = \frac{OB/OD}{OC/OD} = \frac{OB}{OC} \quad (10)$$

## 2 实证研究

### 2.1 样本、变量与数据

本文以 2000-2007 年中国 29 个省份 (包括省、直辖市和自治区, 统称省份。为了便于资料整理, 重庆、西藏、台湾、香港和澳门不包括在分析范围之内) 为基本研究单元, 选取资本、劳动和能源为投入变量, 各省份 GDP 为经济产出变量, 从技术差距视角出发, 利用非参数共同前沿方法研究中国全要素能源效率及区域差异。投入产出变量的界定如下: (1) 资本存量。以各省份资本存量作为资本投入的代理指标。由于该数据无法直接获得, 故而采用“永续盘存法”进行换算。本文直接利用张军<sup>[23]</sup>的换算结果并利用其方法更新至 2007 年。(2) 劳动投入。劳动投入的具体指标采用当期从业人数。计算公式为: 当期从业人数总数 = (当期末从业人数 + 上期末从业人数) / 2。由于缺乏更为详尽的资料, 故没有对其进行质量上的调整。(3) 能源

① 其中东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南; 中部地区为山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南; 西部地区为内蒙古、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。为了便于资料整理, 重庆、西藏、台湾、香港和澳门不包括在分析范围之内。

投入。以各省份的能源消费量来表示能源投入,数据直接来源于相关年份的《中国统计年鉴》,年鉴中已经对不同类型的能源进行了折标煤计算。(4)经济产出。本文选择中国各省份 GDP 为经济产出指标,并利用 GDP 平减指数以 2000 年为不变价进行了缩减。

以上变量数据均根据相应年份《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及中国各省份统计年鉴整理得到。

### 2.2 中国全要素能源效率区域差异分析

利用 DEA 方法建立效率测度模型必须满足一个条件:即在决策单元各项投入增加的情况下,产出也应增加,这种性质被称为“等张性(isotonicity)”。

本文经过 Pearson 相关分析进行验证,结果证实三大地区和全国的投入产出数据在 1% 的检验水平下均符合等张性条件,所以利用本文样本建立的 DEA 模型是可靠的,检验结果从略。此外,在利用 DEA 方法求解方向性距离函数时,本文采用两年窗口分析法<sup>[24]</sup>(windows analysis)以避免决策单元过少、数据稀疏引起的线性规划无解问题,即每一年的参考技术由当期和前期的投入产出值所决定,所以计算时段的初始年份由 2000 年改变为 2001 年。利用 Matlab 7.0 软件分别在区域前沿和全国共同前沿下测算了中国各省份 2001-2007 年的全要素能源效率和共同技术率,其统计描述结果如表 1 和图 3 所示。

表 1 共同前沿和区域前沿下中国全要素能源效率的统计描述 (2001-2007)

省份	共同前沿				区域前沿			
	最小值	最大值	平均值	标准差	最小值	最大值	平均值	标准差
北京	0.806	0.971	0.899	0.061	0.806	0.971	0.899	0.061
天津	0.746	1.000	0.901	0.106	0.746	1.000	0.901	0.106
河北	0.521	0.835	0.668	0.125	0.521	0.835	0.669	0.126
山西	0.311	0.396	0.359	0.032	0.630	0.706	0.664	0.030
内蒙古	0.463	0.822	0.607	0.159	0.663	1.000	0.877	0.159
辽宁	0.736	0.914	0.835	0.063	0.959	1.000	0.984	0.017
吉林	0.569	0.774	0.650	0.068	0.784	1.000	0.900	0.092
黑龙江	0.643	0.813	0.745	0.065	0.817	1.000	0.924	0.078
上海	0.947	1.000	0.990	0.020	0.947	1.000	0.990	0.020
江苏	0.907	0.965	0.932	0.021	0.907	0.965	0.932	0.021
浙江	0.845	0.927	0.895	0.028	0.845	0.927	0.895	0.028
安徽	0.918	1.000	0.977	0.036	1.000	1.000	1.000	0.000
福建	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
江西	0.775	0.854	0.829	0.026	1.000	1.000	1.000	0.000
山东	0.758	0.871	0.821	0.049	0.758	0.871	0.822	0.049
河南	0.673	0.754	0.701	0.029	0.942	1.000	0.980	0.027
湖北	0.676	0.720	0.706	0.017	0.852	0.955	0.913	0.037
湖南	0.752	0.805	0.771	0.019	0.998	1.000	1.000	0.001
广东	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
广西	0.761	0.860	0.789	0.035	1.000	1.000	1.000	0.000
海南	0.891	0.958	0.937	0.025	0.891	0.958	0.937	0.025
四川	0.655	0.705	0.676	0.022	1.000	1.000	1.000	0.000
贵州	0.326	0.387	0.364	0.022	0.681	0.736	0.708	0.019
云南	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
陕西	0.619	0.672	0.654	0.019	0.816	0.890	0.854	0.028
甘肃	0.468	0.530	0.504	0.026	0.725	0.805	0.763	0.035
青海	0.389	0.445	0.406	0.020	0.574	0.644	0.612	0.028
宁夏	0.287	0.334	0.306	0.018	0.532	0.582	0.567	0.018
新疆	0.491	0.535	0.514	0.015	0.761	0.783	0.774	0.008
东部	0.521	1.000	0.898	0.109	0.521	1.000	0.912	0.108
中部	0.311	1.000	0.717	0.170	0.630	1.000	0.923	0.115
西部	0.287	1.000	0.582	0.207	0.532	1.000	0.815	0.160
全国	0.287	1.000	0.739	0.213	0.521	1.000	0.882	0.138

由表 1 可知, 2001-2007 年中国全要素能源效率整体水平偏低且存在显著的地区差异, 节能和经济增长仍有很大潜力可控。其中, 在共同前沿下, 全国和三大地区的全要素能效均值分别为 0.739、0.898、0.717 和 0.582。东部地区的能源效率显然高于中西部地区。以中部地区的湖南为例, 其能效均值为 0.771, 表示如果采用全国潜在最佳的生产技术, 湖南的能源节约和经济增长都还存在 22.9% 的改进空间。而在区域前沿下, 全国和三大地区的全要素能效均值分别为 0.882、0.912、0.923 和 0.815。对比共同前沿下的效率测度, 如图 3 所示, 我们可以发现, 对每一个省份而言, 区域前沿下的全要素能效不会小于共同前沿下的相应值。主要原因在于共同前沿隐含了全国潜在最佳的生产技术水

平, 而区域前沿只能代表相应区域内的最佳生产技术。以西部地区的甘肃为例, 其区域前沿下的平均能效为 0.763, 表示如果采用西部地区的最佳生产技术, 其节能和经济增长率均还能够改进 23.7%。而参照共同前沿, 甘肃的平均能效仅为 0.504, 效率改进空间可以提升至 49.6%, 远高于区域前沿下的 23.7% 的改进幅度, 两者之间的缺口达到 25.9%。其他众多省份的比较也得到了类似的结果。然而, 东部地区的绝大多数省份 (河北、辽宁除外) 两种前沿下的全要素能效点是重合的, 两者之间没有任何区别。其主要原因在于: 两种前沿下的潜在最优参考技术集是相同的, 即表明东部地区蕴涵了全国能源利用的最优技术水平。

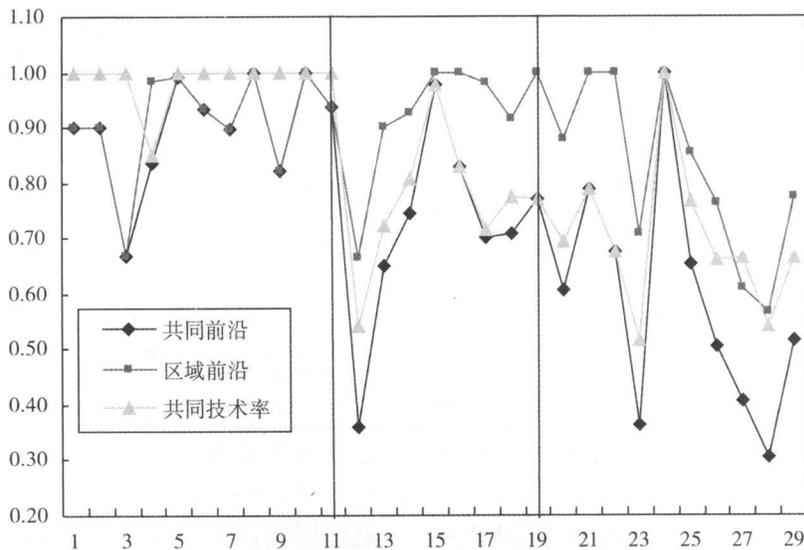


图 3 两种前沿下中国各省份全要素能效均值与共同技术率

注: 其中 1-11 分别代表东部地区各省份; 12-19 代表中部地区各省份; 20-29 代表西部地区各省份。

从区域的角度来看, 在共同前沿下, 东部地区能效最高, 其次为中部地区, 西部地区最低; 而在区域前沿下, 则呈现中部-东部-西部的不同发展格局。

为了验证两种前沿下中国全要素能源效率的差异性, 本文进一步通过 Mann-Whitney 检验这种非参数统计方法来进行分析, 检验结果如表 2 所示。

表 2 两种前沿下中国全要素能源效率差异的 Mann-Whitney 检验结果

指标	东部地区	中部地区	西部地区	全国
z 检验值	1.038	6.361	-6.348	7.140
Prob >  z	0.300	0.000**	0.000**	0.000**

注: “\*”、“\*\*”、“\*\*\*”分别代表了 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

由表 2 的检验结果可知, 全国以及中、西部地区, 两种前沿下的全要素能效在 1% 水平下存在显著差异。主要原因在于: 各省份区域前沿条件下的参考技术只能反映各区域自身现实条件下的能源利用水平; 而在共同前沿条件下的参考技术反映的是全国能源利用的潜在最优水平。由于中国三大地区经济、技术发展显著不平衡, 就能源技术水平而言, 中西部地区远远落后于东部沿海发达地区, 所以中西部地区的参考技术前沿远低于东部地区, 因此, 其区域前沿下的全要素能效远高于共同前沿下的全要素能效, 所以两种前沿下的测度结果存在显著差异。而东部地区却显示出不同的检验结果,  $p$  值达到 0.300 说明在 1% 的检验水平下, 其区域前沿和共同前沿下的能效测度结果没有任何差别。其原因也是显而易见的, 由于东部地区代表了全国最优的能源技术水平, 全国共同前沿的技术边界均由东部地区省份组建, 因此东部地区各省份两种前沿条件下的全要素能效测度结果基本上没有明显区别。

总之, 中国三大地区实现技术完全趋同是一个长期过程, 所以共同前沿下的全要素能效只能反映中国各省份节能增产的潜在水平, 而区域前沿下的全要素能效可以反映中国各省份节能增产的现实水平。

### 2.3 中国区域间能源技术差距分析

前文已经提及, “共同技术率”是共同前沿方法框架下最重要的分析指标, 可以反映生产单元现实生产技术与共同前沿最优技术之间的差距。因此, 本文在测量中国各省份全要素能效的基础上, 利用“共同技术率”指标考察中国能源技术的区域差距。如图 3 所示, 东部地区绝大多数省份的共同技术率在考察期的每一年均为 1, 达到了最高水平, 而中西部地区各省份的共同技术率则处于较低水平, 还存在很大改进空间。为了进一步证实中国三大地区的能源技术差距, 本文将采用非参数 Kruskal-Wallis 检验方法, 通过共同技术率指标进行定量比较。检验结果如表 3 所示。

表 3 中国三大地区能源利用共同技术率的统计描述及 Kruskal-Wallis 检验结果

地区	最小值	最大值	平均值	标准差
东部地区	0.736	1.000	0.986	0.049
中部地区	0.486	1.000	0.767	0.120
西部地区	0.463	1.000	0.697	0.137
Kruskal-Wallis 检验	Chi-squared= 117.805		p-value= 0.000***	

注: “\*”、“\*\*”、“\*\*\*”分别代表了 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

由表 3 共同技术率的统计描述和 Kruskal-Wallis 检验结果可知, 中国三大地区的能源技术差距非常明显。平均而言, 东部地区的能源技术显著高于中西部地区, 实现了全国潜在能源最优技术的 98.6%, 是全国能源技术革新的引领者。而中西部地区的平均共同技术率分别为 0.767 和 0.697, 距离全国潜在最优能源技术还存在 23.3% 和 30.3% 的改进潜力。

从动态视角考察, 如图 4 所示, 中国三大地区共同技术率呈现不同的发展态势。样本期内东部地区的共同技术率一直维持在 0.98 以上, 与全国范围内的潜在最优能源技术水平几乎没有差异。东部地区作为我国改革开放的前沿, 是我国经济、技术、管理和对外政策的窗口, 在吸收和利用国内外先进的节能技术方面存在很大优势。一般来说, 国外先进能源技术都是经由东部地区引进和吸收, 然后再向内

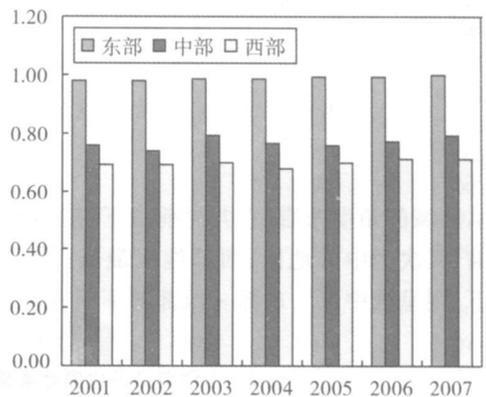


图 4 中国三大地区的共同技术率

地扩散。此外, 东部地区的自主创新能力、管理模式和制度安排都处于全国最先进水平。所以, 东部地区的能源利用基本代表了全国最高水平, 是其他地区的标杆。考察期内, 中西部地区的能源技术发展

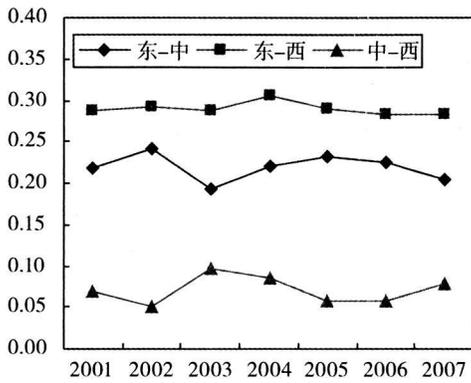


图 5 中国三大地区能源技术差距

基本处于停滞状态,在个别年份甚至出现了倒退,前景不容乐观,主要原因可能是在当前节能降耗对能源技术水平要求不断提升的现实背景下,中西部地区各省份的能源领域技术革新力度较弱且严重滞后,已跟不上形势的发展。从三大地区能源技术差距的视角分析,通过共同技术率的比较,中西部地区的能源利用技术与东部地区还存在很大差距,平均缺口分别在 0.22 和 0.29 左右。如图 5 所示,样本期内中西部与东部的能源技术差距曲线波动较为剧烈,近年来能源技术差距似乎已经出现了缩小的趋势,但是 2007 年东-西部地区之间的差距又有反弹迹象。总之,由于存在众多不确定因素,中西部与东部之间的能源技术差距仍有进一步扩大的危险。长期非均衡的区域发展战略对中西部地区的挤压和索取,是加剧区域失衡和技术差距扩大的重要原因之一,再加上中西部地区自身开放度、交通条件和人力资本水平的限制,最终导致了我国三大地区能源技术发展的严重失衡。我们相信,随着“西部大开发”战略的深入推进、“中部崛起”战略的有效实施和“振兴东北工业基地”战略的全面落实,三大地区之间的技术差距一定会得到根本的改善,中西部地区的能源利用水平有望能迈上一个全新的台阶。

### 3 结 论

中国长期“粗放型”的经济发展模式导致了大量能源资源的消耗。在当前处于工业化和城市化全面加速的历史背景下,能源供需矛盾已经从根本上束缚了中国经济、社会的可持续发展。为了缓解能源供需矛盾,当前最有效、最现实的途径是采取节能优先、提高能源效率的能源战略,而科学研究中国各省份的能源效率是制定节能降耗政策的基本依据。

具有重要现实指导意义。在已有研究的基础上,本文的主要工作包括:首先,将节能和经济增长目标共同融入到全要素能效指标之中,丰富了能效指标的内涵。新能效指标在一定程度上可以衡量地区经济增长与资源利用之间的协调水平。其次,从区域技术差距现实出发,基于 DEA 和共同前沿方法,对中国各省份全要素能源效率进行了测算并比较了区域差异。在此基础上利用共同技术率衡量中国三大地区之间的能源技术差距。得到的主要结论如下:

(1) 中国全要素能效整体还处于较低水平,距离全国潜在最优水平还存在 26% 的改进空间,节能增产潜力巨大。(2) 共同前沿下的全要素能效可以反映中国各省份的潜在效率改进空间,而区域前沿下的全要素能效能够反映中国各省份的现实效率改进空间。(3) 就三大地区而言,东部地区的全要素能效最高,中部地区次之,西部地区最低。共同技术率显示东部地区实现了全国潜在能源技术的 98% 以上,代表了全国最高水平,而中西部与东部地区之间的技术差距非常明显且还存在进一步扩大的危险,应该引起相关决策部门的高度重视。积极采取行之有效的措施以扭转当前被动的能源经济发展局面,以防止三大地区能源技术差距的进一步扩大是当务之急。

### 参考文献:

- [1] Wilson B, Trieu L H, Bowen B. Energy efficiency of regions in China [J]. Energy Policy, 1994, 22 (4): 287-295
- [2] Patterson M G. What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues [J]. Energy Policy, 1996, 24 (5): 337-390
- [3] Hu J L, Wang S C. Total-factor energy efficiency of regions in China [J]. Energy Policy, 2006, 34 (17): 3206-3217.
- [4] Hu J L, Kao C H. Efficient energy-saving targets for APEC economies [J]. Energy Policy, 2007, (35): 373-382.
- [5] Mukherjee K. Energy use efficiency in US manufacturing: a nonparametric analysis [J]. Energy Economics, 2008, (30): 76-96
- [6] Mukherjee K. Energy use efficiency in the Indian manufacturing sector: an interstate analysis [J]. Energy Policy, 2008, 36 (2): 662-672
- [7] Mukherjee K. Measuring energy efficiency in the context of an emerging economy: the case of Indian manufacturing

- ing [ J ]. European Journal of Operational Research 2010 ( 201 ): 933- 941.
- [ 8 ] Homa S, Hu J L. Total- factor energy productivity growth of regions of Japan [ J ]. Energy Policy, 2009 ( 37 ): 3941- 3950
- [ 9 ] Zhou P, Ang B W. Linear programming models for measuring economy- wide energy efficiency performance [ J ]. Energy Policy, 2008 ( 36 ): 2911- 2916
- [ 10 ] Shi G M, Bi J, Wang J N. Chinese regional industrial energy efficiency evaluation based on a DEA model of fixing non- energy inputs [ J ]. Energy Policy, 2010, 38 ( 10 ): 6172- 6179
- [ 11 ] Wei Y M, Liao H, Fan Y. An empirical analysis of energy efficiency in China's iron and steel sector [ J ]. Energy, 2007 ( 32 ): 2262- 2270
- [ 12 ] 魏楚, 沈满洪. 能源效率及其影响因素: 基于 DEA 的实证分析 [ J ]. 管理世界, 2007 ( 8 ): 66- 76
- [ 13 ] 杨红亮, 史丹. 能效研究方法和中国各地区能源效率的比较 [ J ]. 经济理论与经济管理, 2008 ( 3 ): 12- 20
- [ 14 ] 师博, 沈坤荣. 市场分割下的中国全要素能源效率: 基于超效率 DEA 方法的经验分析 [ J ]. 世界经济, 2008 ( 9 ): 49- 59
- [ 15 ] 王群伟, 周德群. 中国全要素能源效率变动的实证研究 [ J ]. 系统工程, 2008 26(7): 74- 80
- [ 16 ] 屈小娥. 中国省际全要素能源效率变动分解—基于 Mahalanobis 指数的实证研究 [ J ]. 数量经济技术经济研究, 2009 ( 8 ): 29- 43
- [ 17 ] Battese G E, Rao D S P. Technology gap, efficiency and a stochastic metafrontier function [ J ]. International Journal of Business and Economics, 2002, 1(2): 87- 93
- [ 18 ] Battese G E, Rao D S P, O'Donnell C J. A metafrontier production function for estimation of technical efficiencies and technology gaps for firms operating under different technologies [ J ]. Journal of Productivity Analysis, 2004 ( 21 ): 91- 103
- [ 19 ] O'Donnell C J, Rao D S P, Battese G E. Metafrontier frameworks for the study of firm- level efficiency and technology ratios [ J ]. Empirical Economics, 2007, ( 34 ): 231- 255.
- [ 20 ] Chambers R G, Fare R, Grosskopf S. Productivity growth in APEC countries [ J ]. Pacific Economic Review, 1996, 1(3): 181- 190
- [ 21 ] 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
- [ 22 ] Mandal S K, Madheswaran S. Environmental efficiency of the Indian cement industry: an interstate analysis [ J ]. Energy Policy, 2010 ( 38 ): 1108- 1118
- [ 23 ] 张军, 吴桂荣, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952- 2000 [ J ]. 经济研究, 2004 ( 10 ): 35- 44
- [ 24 ] Charnes A, Clark C T, Cooper W W, et al. A Development Study of data envelopment analysis in measuring the efficiency of maintenance units in the US air force [ J ]. Annals of Operational Research, 1985, 2(1): 95- 112

## Study on China's regional total- factor energy efficiency based on technology gap

WANG Ke-liang<sup>1</sup>, YANG Bao-chen<sup>2</sup>, YANG Li<sup>1</sup>

(1. School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China

2. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract** On the basis of total factor method and considering the technology gap of energy utilization among China's each area sufficiently, this paper constructs non- parametric frontier by Data Envelopment Analysis (DEA). Under the framework of metafrontier, an analysis and comparison have been made of the regional disparities in total- factor energy efficiency throughout China from 2001 to 2007. Additionally, a quantitative MTR- based analysis has been made on the technology gap on regional energy use in China. Empirical conclusions to be drawn are as follows: the overall level of China's total- factor energy efficiency is on the low side and its regional disparities are significant during the sample period. There exists tremendous room for energy conservation and output growth. From the perspective of regional technology disparities, there are significant disparities among China's three major areas. The east area is close to China's optimal level and achieves the country's potential optimal energy technology over 98%, while the central area and the west area have 23.3% and 30.3% room for improvement away from the country's potential optimal energy technology respectively. As a result, we must take effective measures to prevent from the expanding of three areas' energy technology gap at present.

**Key words** total- factor energy efficiency; technology gap; metafrontier; regional disparities; Meta- Technology Ratio (MTR)