

DOI: 10.15918/j.jbitss1009-3370.2015.0204

# 基于 SBM-undesirable 和 Meta-frontier 模型的 APEC 能源效率研究

陶雪萍, 王平, 朱帮助

(五邑大学 经济管理学院, 广东 江门 529020)

**摘要:** 准确测算能源效率与提升潜力可以为制定有效的节能减排策略提供科学依据。为进一步完善跨国研究中由于技术异质性导致的能源效率测算偏差, 采用 SBM-Undesirable 模型和 Meta-frontier 生产函数, 测算了 APEC 17 个成员 1990—2012 年期间的能源效率。同时, 采用“共同技术比率”定量考察了各成员能源利用的技术差距, 并从“生产技术”和“管理”两个维度将能源利用无效率分解为“技术差距无效率”和“管理无效率”来探寻能源效率提升途径。研究发现: 发达国家和地区在共同前沿和群组前沿下的能源效率没有差异, 发展中国家和地区在两种前沿下的能源效率有显著差异; 发展中国家与潜在的最优技术水平的差距有扩大的趋势; 发达国家和地区应从管理方面提高能源效率, 发展中国家和地区则要从技术和管理两方面来提高能源效率。

**关键词:** SBM-undesirable 模型; 共同前沿生产函数; 共同技术比率; 技术差距无效率; 管理无效率

**中图分类号:** F062

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1009-3370(2015)02-0020-09

## 引言

能源在一个国家或地区的发展过程中起到非常重要的推动作用, 伴随能源消费过程产生的一系列环境问题, 对人类的生存产生了极大的负面影响, 引起了世界各国的关注和研究。亚太经合组织(APEC)是当前全球规模最大的多边区域经济集团化组织, 其经济增长很大程度上依赖于能源的大量消耗, 2012 年, APEC 各成员国国内生产总值之和约占全球总量的 55%, 能源消费量约占全球总量的 50%, CO<sub>2</sub> 排放约占全球总量的 60%, 因而 APEC 各成员应积极承担起节能减排的责任。提高能源利用效率是解决“经济发展”和“环境保护”两难问题的一个有效途径, 因此, 准确测算 APEC 各成员能源效率与提升潜力可以为制定适合各国或地区实际情况的节能减排策略提供科学依据。

数据包络分析(DEA)是一种研究多投入与多产出情况下决策单元的相对效率的方法, 该方法充分考虑能源利用过程中各投入要素的替代作用, 揭示一个国家或地区要素禀赋结构对能源效率的影响。近年来, 越来越多的研究证实了 DEA 方法测度的科

学性、严谨性和普适性<sup>[1-9]</sup>。最近, 一些学者在全要素能源效率框架下应用 DEA 方法探索了 APEC 成员能源效率及能源技术差异<sup>[10-12]</sup>。现有成果为制定相关节能减排政策提供了重要依据, 但仍存在一些需要改进之处。第一, 大多研究虽然考虑了环境影响, 但基于相同的标准来评价具有不同技术水平的国家或地区的能源效率, 不能真实地反映不同国家或地区的技术差异。第二, 多数文献采用径向的、导向的 DEA 方法进行研究, 此时假设投入和产出要素严格按比例变化, 这不符合实际; 而从投入导向或产出导向的研究文献仅考虑了投入的减少或期望产出的增加, 实际上可能同时存在投入和产出冗余, 期待能够同时考虑投入的减少和非期望产出的减少。第三, 大多数研究没有挖掘不同国家或地区能源无效率的深层次原因, 进而无法提供提升各自能源效率有针对性的政策建议。为进一步完善跨国研究中由于技术异质性导致的能源效率测算偏差, 本文采用 SBM-undesirable 模型和 Meta-frontier 生产函数, 测算了 APEC 17 个成员 1990—2012 年期间的能源效率。同时, 采用“共同技术比率”定量考察了各成员能源利用的技术差距, 并从“生产技术”和“管

收稿日期: 2014-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71303174); 广东省社科规划基金资助项目(GD14XYJ21); 广东省自然科学基金资助项目(S2012010009991); 江门市科技计划项目(江科[2014]145号); 江门市社科规划基金资助项目(江社规办[2014]7号); 五邑大学青年科研基金资助项目(2014zk02)

作者简介: 陶雪萍(1980—), 女, 讲师; 王平(1979—), 女, 副教授; 朱帮助(1979—), 男, 管理学博士, 教授, 通讯作者, E-mail: wpzbz@126.com

理”两个维度将能源利用无效率分解为“技术差距无效率”和“管理无效率”来探寻能源效率提升途径。

本文研究的目的在于进一步探索 APEC 各成员能源效率及能源技术差异,并从以下 3 个方面拓展已有的研究工作:第一,从“节能”和“减排”的双重角度,基于无导向、非径向、能够考虑非期望产出的 DEA 模型构建非参数的共同前沿和群组前沿,试图同时减少能源投入和非期望产出,进而测算了 1990—2012 年 APEC 17 个成员能源效率。第二,充分考虑到发达国家或地区与发展中国家或地区资源禀赋和能源利用技术的差异,将 APEC 17 个成员划分为发达国家和发展中国家两个群组,采用“共同技术比率”分析不同技术环境下各成员能源效率及能源技术差异。第三,从“生产技术”和“管理”两个维度将能源利用无效率分解为“技术差距无效率”和“管理无效率”,以进一步挖掘不同国家或地区能源利用无效率的深层次原因,为制定适合各国国情的节能减排策略提供科学依据。研究结果发现,发达国家和地区在共同前沿和群组前沿下的能源效率没有差异,发展中国家和地区在两种前沿下的能源效率有显著差异;发展中国家与潜在的最优技术水平的差距有扩大的趋势;发达国家和地区主要从管理方面提高能源效率,发展中国家则要从技术和管理两个方面提高效率,各个国家或地区的侧重各有不同。

## 一、研究方法

### (一)SBM-undesirable 模型

#### 1.SBM-DEA 模型

数据包络分析(DEA)通过建立线性规划模型来评价多投入、多产出情况下决策单元(DMU)的相对效率,近年来,DEA 方法逐渐成为能源效率测度研究的主流方法。传统的 CCR-DEA、BCC-DEA 等模型大多需要投入与产出同比例地变化,且单纯从“投入导向”或“产出导向”研究效率,而大多数情况下投入与产出是不能严格按比例变化的,且可能同时存在投入与产出的冗余;在规模报酬不变的假设下,投入导向和产出导向得到的效率结果没有差异,但在规模报酬可变的假设下,投入导向和产出导向得到的效率结果往往有差异。Tone(2001)<sup>[13]</sup>提出一种无导向、非径向 DEA 模型即 SBM(slacks-based measurement)模型,不需要考虑导向的选择问题,且投入与产出不需要严格按比例变化,能够更真实地衡量各决策单元的效率。

设  $x \in R^m, y \in R^s$  分别为投入和产出要素,定义

举矩阵  $X=[x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n}, Y=[y_1, \dots, y_n] \in R^{s \times n}$ , 假定  $X>0, Y>0$ , 生产可能性集  $P: P=\{(x, y) | x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\}$ , SBM-DEA 模型定义为

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{n} \sum_{r=1}^s \frac{S_r^+}{y_{r0}}} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x_0 = X\lambda + s^-; y_0 = Y\lambda - s^+; \\ \lambda \geq 0; s^- \geq 0; s^+ \geq 0$$

其中,  $s^-, s^+$  分别表示投入和产出的松弛变量, 当且仅当  $s^-=0, s^+=0$ , 也就是  $\rho^*=1$  时, 决策单元是有效率的。

#### 2.SBM-Undesirable 模型

尽管 SBM-DEA 模型具有诸多优点, 然而 SBM-DEA 模型不能处理具有非期望产出的效率评价问题; 如将非期望产出作为投入要素纳入 SBM-DEA 模型, 或将数据转换为期望产出, 势必会扭曲要素之间的关系, 并破坏模型的约束条件。为更真实地衡量环境问题等负的外部性对效率的影响, Tone Cooper 等(2007)<sup>[14]</sup>提出了基于 SBM-DEA 的 SBM-Undesirable 模型:

设  $x \in R^m, y^g \in R^{s_1}, y^b \in R^{s_2}$  依次为投入、期望产出、非期望产出要素, 矩阵  $X=[x_1, \dots, x_n] \in R^{m \times n}, Y^g=[y_1^g, \dots, y_n^g] \in R^{s_1 \times n}, y^b=[y_1^b, \dots, y_n^b] \in R^{s_2 \times n}$ , 假定  $X>0, Y^g>0, y^b>0$ , 生产可能性集  $P: P=\{(x, Y^g, y^b) | x \geq X\lambda, Y^g \leq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda \geq 0\}, \lambda \in R^n$

基于规模报酬不变假设下的 SBM-Undesirable 模型定义为

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{S_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{S_1 + S_2} \sum_{r=1}^{s_1} \frac{S_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{S_r^b}{y_{r0}^b}} \quad (2)$$

$$\text{s.t. } x_0 = X\lambda + S^-; y_0^g = Y^g\lambda - S^g;$$

$$y_0^b = Y^b\lambda + S^b; \lambda \geq 0;$$

$$S^- \geq 0; S^g \geq 0; S^b \geq 0$$

其中,  $S^-, S^g, S^b$  分别表示投入、期望产出、非期望产出的松弛变量。当且仅当  $S^-=0, S^g=0, S^b=0$ , 也就是当  $\rho^*=1$  时决策单元是有效率的, 此时决策单元处于前沿面上; 当  $\rho^*<1$  时, 表示决策单元是处于前沿面的下方, 可以通过减少投入、降低非期望产出或扩大期望产出来使决策单元到达有效率的前沿面。

#### (二)Meta-frontier 生产函数

Battese、Rao 和 O'Donnell 等(2004)<sup>[15]</sup>基于共同边界生产函数分析框架, 利用随机前沿分析方法

(SFA)构建出共同边界和群组边界,在此基础上分析共同技术效率和群组技术效率,并将两者的比值设定为共同技术比率,用以衡量不同技术水平下的技术差距。在此基础上,O'Donnell等(2008)<sup>[16]</sup>基于共同边界生产函数分析框架利用DEA方法构建共同边界和群组边界,下面简单介绍基于DEA的共同前沿方法。

设 $x \in R^m, y \in R^n$ 分别为投入和产出向量,包含所有投入和产出的共同技术集合为: $T^{meta} = \{(x, y) : x \geq 0, y \geq 0, x \text{ 可生产 } y\}$ ,所对应的生产可能性集为: $P^{meta}(x) = \{y : (x, y) \in T^{meta}\}$ ,共同技术效率(MTE)等价于共同距离函数( $D^{meta}$ )

$$0 \leq D^{meta}(x, y) = \inf_{\theta} \left\{ \theta > 0; \left( \frac{y}{\theta} \right) \in P^{meta}(x) \right\} = MTE(x, y) \leq 1 \quad (3)$$

群组技术集合: $T^k = \{(x, y) : x \geq 0; y \geq 0; \text{在群组 } k \text{ 中 } x \text{ 可生产 } y\}$ ,所对应的生产可能性集: $P^k(x) = \{y : (x, y) \in T^k\}$ ,则群组技术效率(GTE)等价于群组距离函数( $D^k$ )

$$0 \leq D^k(x, y) = \inf_{\theta} \left\{ \theta > 0; \left( \frac{y}{\theta} \right) \in P^k(x) \right\} = GTE(x, y) \leq 1 \quad (4)$$

其中,距离函数 $D^{meta}$ 和 $D^k$ 分别用共同前沿和群组前沿下式(2)所示的SBM-Undesirable模型进行测算。

共同前沿框架下的共同技术比率(MTR)反映了群组前沿与共同前沿技术水平之间的差距。MTR越大,表示实际利用的生产技术越接近潜在的生产技术水平;MTR越小,表示实际利用的生产技术离潜在的技术水平越远,MTR可以表示为

$$0 \leq MTR(x, y) = \frac{D^{meta}(x, y)}{D^k(x, y)} = \frac{MTE(x, y)}{GTE(x, y)} \leq 1 \quad (5)$$

即,共同技术效率可以分解成群组技术效率和共同技术比率两者之间的乘积: $MTE(x, y) = GTE(x, y) \times MTR(x, y)$ 。

### (三)能源利用无效率分解

尽管MTR指标可分析各个国家或地区的能源利用水平与潜在最优能源利用水平之间的差距,但仍无法判断不同地区能源效率差异的真正原因,给政策的制定与实施带来困难。为了更好地挖掘各个国家和地区能源效率提升的推动和制约因素,本研究参考Chiu(2012)<sup>[17]</sup>的方法进一步将共同前沿下APEC各成员的能源利用无效率(IE)分解为技术差距无效率(TIE)与管理无效率(MIE)

$$IE = 1 - MTE = TIE + MIE \quad (6)$$

$$TIE = GTE \times (1 - MTR) \quad (7)$$

$$MIE = 1 - GTE \quad (8)$$

其中,TIE是不同国家或地区生产技术差异导致的无效率;MIE是一个国家或地区在一定的技术水平下由于内部管理水平不当导致的无效率。通过这种分解可以进一步发现发达国家与发展中国家能源效率提升的制约因素,为科学制定共同而有区别的节能减排政策提供理论依据。

## 二、样本、数据与变量

本文选取1990—2012年APEC 17个成员(文莱、巴布新几内亚和越南在样本期的统计数据存在严重缺失,中国台湾的数据无法从国际组织处直接获得。鉴于此,本文没有将这4个成员纳入研究样本中。)的投入和产出数据为研究样本,并将研究样本按照经济发展水平分为发达国家和发展中国家2个群组,发达国家或地区组包括:美国、日本、中国香港、新加坡、澳大利亚、新西兰、加拿大、韩国;发展中国家组包括:中国、俄罗斯、印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国、墨西哥、智利、秘鲁。以资本、劳动和能源为投入变量,GDP为期望产出,CO<sub>2</sub>为非期望产出,在共同前沿框架下分析APEC各成员能源效率和能源技术差异。投入产出指标说明如下:

**期望产出。**选取各国或地区的GDP作为期望产出的指标,并利用GDP平减指数以2005年的不变美元价格表示。GDP数据来自世界银行数据库,单位:亿美元。

**非期望产出。**选取各国或地区的CO<sub>2</sub>排放量为非期望产出指标,这是因为CO<sub>2</sub>排放量约占温室气体排放总量的80%。CO<sub>2</sub>排放量数据来自《BP能源统计年鉴》,单位:百万吨CO<sub>2</sub>。

**劳动投入。**选取各国或地区的就业人员数量为劳动投入的指标。就业人员数据来自世界银行数据库,单位:万人。

**能源投入。**选取各国或地区一次能源消费量作为能源投入的指标,一次能源消费量数据来自《BP能源统计年鉴》,折算成标准油,单位:百万吨标准油。

**资本投入。**选取各国或地区的资本形成总额为资本投入指标,以2005年的不变美元价格表示。资本形成总额数据来自世界银行数据库,单位:亿美元。

## 三、实证分析

DEA方法求解要求决策单元数至少是投入产出指标数的两倍以上,由于分组后的决策单元数较少,不能构造合适的前沿面,本文参考Tulkens和Vanden(1995)<sup>[18]</sup>“跨时期前沿方法”(intertemporal

frontier),将决策单元在样本期的所有投入产出作为当期的参考技术集。

### (一)共同技术效率和群组技术效率分析

表1是在共同前沿和群组前沿下1990—2012年APEC各成员能源效率的测算结果。可见,发达国家的平均MTE为0.763,表明如采用潜在的最优生产技术,发达国家或地区还有23.7%的效率提升空间,平均共同技术效率表现最好的是新西兰,其平均MTE达到了0.978,最差的是韩国,其平均MTE仅为0.326;发达国家或地区的GTE与MTE差距很小,表明发达国家或地区本身就代表了先进的能源利用水平。发展中国家在群组前沿下的能源效率明显高于

共同前沿下的能源效率,发展中国家的平均MTE仅为0.358,表明在共同前沿下发展中国家能源效率有64.2%的提升空间,表现最好的秘鲁和表现最差的中国分别有18.2%和89.1%的效率提升空间。发展中国家的平均GTE较MTE有较大提高,达到0.610,这意味着在群组前沿下发展中国家依然还有39%的效率改善空间,表现最好的智利和表现最差的泰国分别还有1.2%和67.9%的效率提升空间。在共同前沿下,中国的能源效率较低,约是美国的1/7、日本1/8和中国香港的1/8.6。在群组前沿下中国能源效率平均为48.8%,表明在发展中国家现有的能源利用水平下,中国的能源效率还有51.2%的效率提升空间。

表1 共同前沿和群组前沿下APEC成员全要素能源效率(1990—2012年)

国家或地区	MTE				GTE				
	平均值	标准差	累积能源效率提升率/%	平均能源效率提升率/%	平均值	标准差	累积能源效率提升率/%	平均能源效率提升率/%	
发达国家或地区	美国	0.782	0.116	52.749	1.859	0.782	0.116	52.749	1.859
	日本	0.857	0.080	27.968	1.078	0.857	0.080	27.968	1.078
	加拿大	0.476	0.059	38.777	1.435	0.476	0.059	38.777	1.435
	澳大利亚	0.905	0.058	7.813	0.328	0.917	0.051	6.160	0.260
	新西兰	0.978	0.028	0.000	0.000	0.978	0.028	0.000	0.000
	新加坡	0.838	0.140	-40.777	-2.252	0.838	0.140	-40.777	-2.252
	中国香港	0.942	0.057	0.000	0.000	0.942	0.057	0.000	0.000
	韩国	0.326	0.038	25.123	0.979	0.326	0.038	25.123	0.979
	平均值	0.763	0.072	13.956	0.428	0.764	0.071	13.75	0.419
	发展中国家	墨西哥	0.412	0.010	2.237	0.096	0.976	0.024	5.414
智利		0.661	0.164	-55.041	-3.416	0.988	0.025	0.000	0.000
马来西亚		0.348	0.049	-40.832	-2.256	0.510	0.036	13.683	0.559
秘鲁		0.818	0.135	-47.876	-2.793	0.927	0.067	-16.400	-0.776
泰国		0.201	0.020	-30.749	-1.585	0.321	0.023	4.951	0.210
中国		0.109	0.035	172.454	4.454	0.488	0.303	533.541	8.358
菲律宾		0.384	0.042	-11.995	-0.554	0.514	0.074	22.487	0.886
印度尼西亚		0.176	0.013	-19.406	-0.934	0.333	0.017	8.521	0.356
俄罗斯		0.112	0.021	77.087	2.516	0.439	0.211	71.995	2.386
平均值		0.358	0.054	5.097	-0.496	0.610	0.086	71.576	1.356

图1进一步展示了1990—2012年共同前沿下APEC各成员的能源效率变化趋势。在共同前沿下,新西兰、澳大利亚、中国香港一直处于能源效率的较高位置;美国、日本紧随其后,在样本期分别以平均每年1.86%和1.08%的速度提升;加拿大、韩国的能源效率处于发达国家中的较低位置,且在样本期提升幅度很小。智利和秘鲁是发展中国家中能源效率最高的国家,但在样本期能源效率分别平均以每年3.4%、2.79%的速度下降,其主要原因是智利和秘鲁的GDP以年均5.5%和6.3%的速度增长,CO<sub>2</sub>排放却以年均9.2%和9%的速度增长,属于典型的高

污染、高排放的“粗放式”经济发展方式;中国和俄罗斯是发展中国家能源效率最低的国家,但其能源效率分别以平均每年4.45%、2.52%的速度提高。

图2展示了1990—2012年群组前沿下APEC成员的能源效率变化趋势。在群组前沿下,发达国家或地区群组成员的能源效率与图1共同前沿下的能源效率几乎没有差异。发展中国家群组成员群组前沿能源效率比共同前沿下的效率高,墨西哥、智利、秘鲁的能源效率一直处于较高的位置,代表着发展中国家群组先进能源利用水平;菲律宾、马来西亚次之;印度尼西亚、泰国、俄罗斯以及中国的

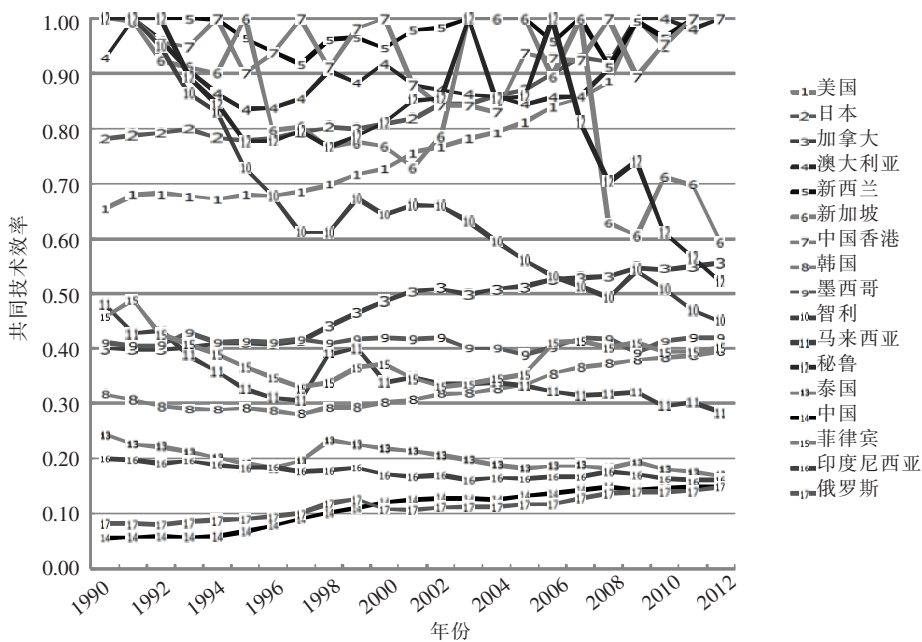


图1 共同前沿下 APEC 成员的能源效率(1990—2012年)

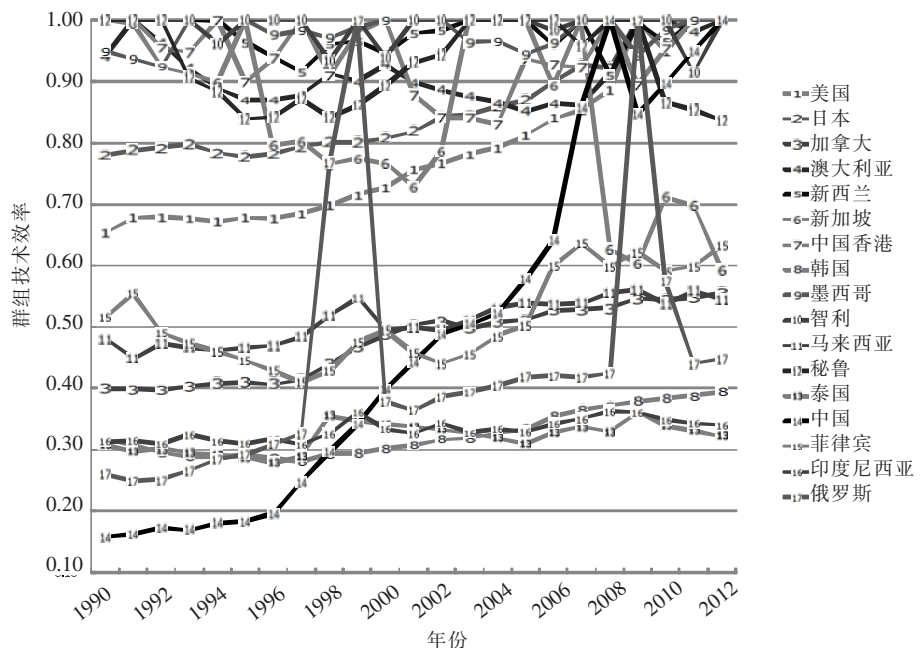


图2 群组前沿下 APEC 成员的能源效率(1990—2012年)

能源效率处于相对偏低的位置,印度尼西亚和泰国的能源效率在样本期没有出现显著改善,俄罗斯的能源效率在样本期出现2次较大波动(1999年和2009年),这主要是由于经济的大幅波动所造成的,其能源效率在波动前后发生根本性变化;中国的能源效率以年均8.35%的速度提升,并在2008年后达到了发展中国家群组较高水平,超过了能源消费增长速度和CO<sub>2</sub>排放速度,表明中国在提高能源效率方面做出了非常大的努力。

(二)能源效率差异的显著性检验

本文应用非参数的 Mann-Whitney 检验来分析

发达国家或地区与发展中国家在不同的前沿面下,能源效率是否存在显著性差异,结果如表2所示。发达国家或地区在两种前沿下的能源效率没有显著差异,发展中国家在两种前沿下的能源效率在1%的水平上存在显著差异,这是因为群组前沿是以各发展中国家的现有的技术水平构造技术前沿,而共同前沿是以 APEC 所有成员的潜在最优能源利用水平为参考构造前沿面,从检验结果可知,在群组前沿下发展中国家的能源效率明显被高估,发展中国家与发达国家或地区在能源利用水平上存在很大差距。

(三)共同技术比率分析

共同技术比率(MTR)反映了特定群组技术水平与潜在共同前沿技术水平之间的差距。当MTR越高时,表示该决策单元的实际技术水平越接近潜在的最优技术水平。由表3可知,发达国家或地区的MTR较大,除澳大利亚以外,其他发达国家的MTR平均都达到了1,表明发达国家或地区的技术水平基本上代表了潜在最优的技术水平。而发展中国家的MTR较小,表明发展中国家与潜在最优技术水平的差距较大,且发展中国家的

MTR 平均增长率几乎都为负值,表明发展中国家与潜在最优技术水平之间的差距有扩大的趋势。

表2 两种前沿下发达国家与发展中国家能源效率差异的 Mann-Whitney 检验

指标	发达国家	发展中国家
Z value	-0.107	-8.919
Asmp.sig	0.915	0.000**

注:\*\*代表1%的显著水平。

图3进一步展示了 APEC 各成员 MTR 变化趋势。美国、日本等发达国家的 MTR 一直处于最高位置,总体上代表着最优的生产技术。秘鲁、智利、马来

表3 APEC成员共同技术比率(1990—2012年)

国家或地区	MTR				
	平均值	标准差	累积增长率/%	平均增长率/%	
发达国家或地区	美国	1.000	0.000	0.000	0.000
	日本	1.000	0.000	0.000	0.000
	加拿大	1.000	0.000	0.000	0.000
	澳大利亚	0.987	0.012	1.557	0.067
	新西兰	1.000	0.000	0.000	0.000
	新加坡	1.000	0.000	0.000	0.000
	中国香港	1.000	0.000	0.000	0.000
	韩国	1.000	0.000	0.000	0.000
	发展中国家	墨西哥	0.422	0.006	-3.014
智利		0.669	0.163	-55.041	-3.416
马来西亚		0.689	0.131	-47.954	-2.799
秘鲁		0.880	0.116	-37.652	-2.033
泰国		0.629	0.077	-34.016	-1.791
中国		0.271	0.082	-56.995	-3.602
菲律宾		0.755	0.081	-28.152	-1.427
印度尼西亚		0.531	0.058	-25.734	-1.285
俄罗斯		0.281	0.059	2.960	0.127

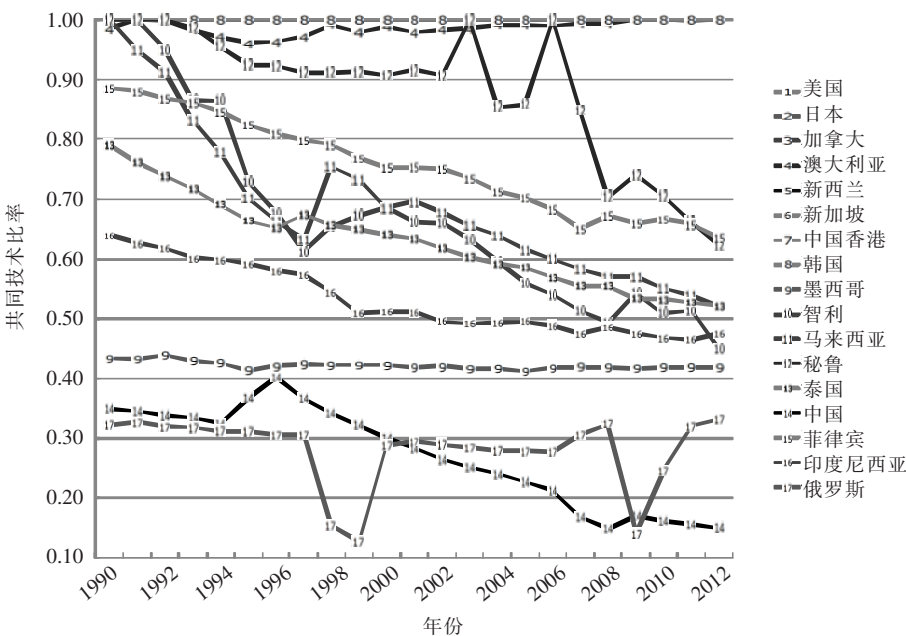


图3 APEC成员的共同技术比率(1990—2012年)

西亚、菲律宾等国是发展中国家 MTR 较高的国家,墨西哥和印度尼西亚次之,中国和俄罗斯的 MTR 较低,但发展中国家的 MTR 都有不同程度的下降趋势,其中,中国、智利 MTR 分别以平均 3.60% 和 3.42% 的速度在下降,秘鲁、马来西亚、泰国、印度尼西亚等国的 MTR 都有下降的趋势,因此需要进一步研究发展中国家与发达国家能源效率差距扩大的根源。

#### (四)能源利用无效率分解

为了进一步剖析发展中国家与发达国家或地区能源效率差距扩大的根源,挖掘能源效率提升的制

约因素,本文分析了 APEC 各成员共同前沿下的能源利用无效率(IE)以及技术差距无效率(TIE)与管理无效率(MIE),分解结果如表4所示。美国、日本、加拿大、新西兰、新加坡、中国香港、韩国等发达国家或地区的 TIE 均为 0, MIE 为 100%, 澳大利亚的平均 MIE 为 87.7%, TIE 只占到整个能源利用无效率的 12.3%。这表明发达国家或地区拥有最好的经济发展环境,代表了潜在最优的能源利用水平,能源利用无效率都是因为管理无效率造成的,发达国家或地区应该进

一步提升管理能力。而发展中国家墨西哥、智利的能源利用无效率主要来自技术差距无效率, TIE 对能源利用无效率的贡献达到 90% 以上,这些国家的能源利用技术严重不足,这些国家今后的能源效率的提升主要依赖于能源技术环境的改善。马来西亚、泰国、菲律宾、印度尼西亚等国的能源利用无效率主要来自管理无效率, MIE 均占到了 80% 左右,这些国家应该加强管理能力的提升。秘鲁、中国、俄罗斯等国的 TIE 和 MIE 均占到了较大比例,因而需要从技术和管理两个方面共同努力,提升能源利用效率。

表4 APEC成员能源利用无效率均值和提升效率的重点策略(1990—2012年)

国家或地区	IE	TIE		MIE		提升效率的重点	
		无效率均值	占比/%	无效率均值	占比/%	提升生产技术	提高管理能力
发达国家或地区	美国	0.217 885	0.000 0	0.0	0.217 9	100.0	√
	日本	0.14 345	0.000 0	0.0	0.143 4	100.0	√
	加拿大	0.523 936	0.000 0	0.0	0.523 9	100.0	√
	澳大利亚	0.095 149	0.011 7	12.3	0.083 5	87.7	√
	新西兰	0.022 358	0.000 0	0.0	0.022 4	100.0	√
	新加坡	0.16 174	0.000 0	0.0	0.161 7	100.0	√
	中国香港	0.058 219	0.000 0	0.0	0.058 2	100.0	√
	韩国	0.674 189	0.000 0	0.0	0.674 2	100.0	√
发展中国家	墨西哥	0.58 847	0.564 9	96.0	0.023 5	4.0	√
	智利	0.338 964	0.327 3	96.6	0.011 7	3.4	√
	马来西亚	0.651 755	0.161 8	24.8	0.490 0	75.2	√
	秘鲁	0.181 529	0.109 0	60.0	0.072 5	40.0	√
	泰国	0.799 484	0.120 0	15.0	0.679 5	85.0	√
	中国	0.891 016	0.379 5	42.6	0.511 5	57.4	√
	菲律宾	0.615 913	0.129 4	21.0	0.486 5	79.0	√
	印度尼西亚	0.824 066	0.156 7	19.0	0.667 3	81.0	√
	俄罗斯	0.888 106	0.326 6	36.8	0.561 5	63.2	√

注:√表示需要重点提升的能力。

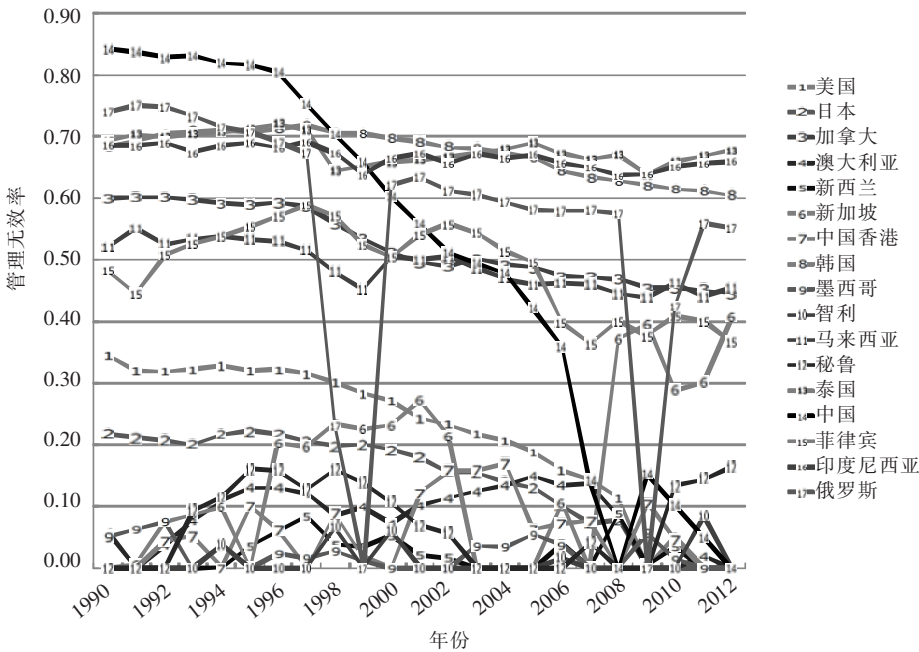


图4 APEC成员管理无效率(MIE)(1990—2012年)

表4从平均意义上分析了能源利用无效率的两个方面,为了解样本期各国家或地区在管理和技术上的变化,需要进一步分析管理无效率和技术差距无效率的变化趋势,如图4和图5所示。由图4可知,美国、日本、澳大利亚、新西兰等发达国家或地区的MIE较低;且美国、日本的MIE以平均每年1.86%和1.08%的速度减少,结合表4,表明美国和日本的管理效率的提升是其能源效率提升的主要原因;加拿大、韩国的管理无效率较高,且在样本期变化较小,这是加拿大和韩国在样本期能源效率较低的原

因。发展中国家中的泰国、印度尼西亚、菲律宾MIE较高,且在样本期没有明显的降低,这些国家的管理无效率是其能源效率低的重要原因。墨西哥、智利的MIE较低,表明管理无效率并不是这些国家能源效率较低的主要原因。俄罗斯的MIE波动最大,综合图2、图4和图5可知,俄罗斯MIE和TIE波动是由于经济的大幅波动所引起,其能源利用水平没有发生根本变化,管理无效率依然是俄罗斯能源效率较低的重要原因;尽管中国的MIE平均为0.379,但在样本

期中国的MIE降低的速度最快,在2008年后达到较低的水平,表明中国政府制定的一系列节能减排、环境保护措施是有效的。

由图5可以发现,美国、日本、新西兰、澳大利亚等发达国家或地区的TIE几乎都为0,这些国家或地区拥有最先进的生产技术。墨西哥、智利、秘鲁、印度尼西亚、中国等发展中国家的TIE较大,且都有上升的趋势,表明发达国家与发展中国家的能源利用技术差距有扩大的趋势。综合表4、图4和图5分析可知,发达国家或地区可以通过提升管理水

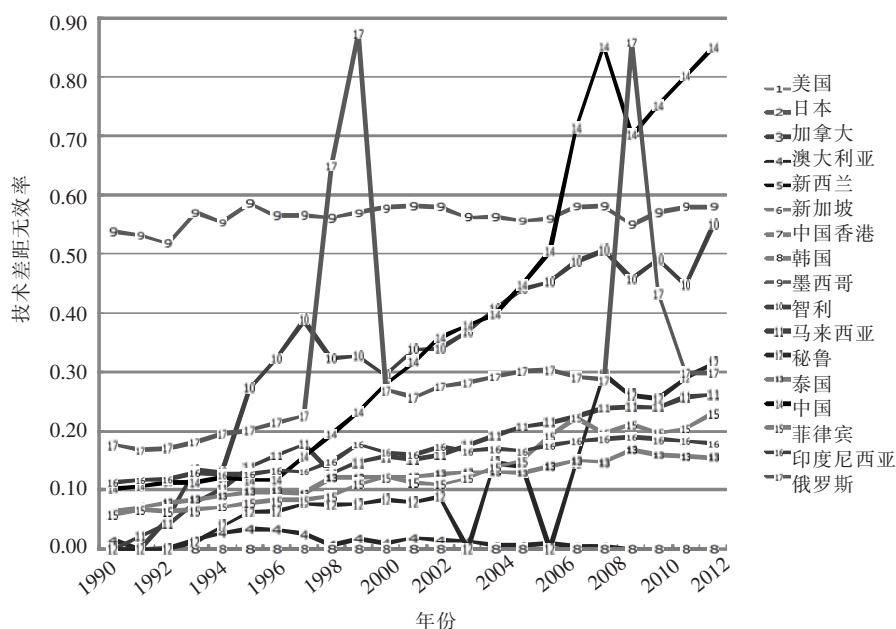


图5 APEC成员技术差距无效率(TIE)(1990—2012年)

平进一步提高能源效率,发展中国家提高能源效率的侧重点各有不同,智利和墨西哥应该加大技术创新工作。泰国、印度尼西亚、马来西亚、菲律宾等国的TIE较低,而MIE较高,这些国家应该注重管理水平的提升,制定更加有效的节能减排政策。中国的TIE在样本期出现大幅上升的趋势,抵消了由于管理效率提高带来的能源效率提升;表明中国政府制定的一系列强有力的节能减排政策并取得一定的效果,管理能力提高了;中国与潜在最优能源利用水平差距扩大的主要原因是技术差距无效率的提高,中国应该加大节能减排技术的创新和推广工作。

#### 四、结论与政策性建议

本文在非参数共同前沿分析框架下,比较分析了1990—2012年APEC各成员能源效率,以及发达国家和发展中国家的共同技术比率(MTR),得出以下主要结论:(1)发达国家或地区在共同前沿和群组前沿下的能源效率没有差异,发展中国家在两种前沿下的能源效率有显著差异,在共同前沿下能源效率低于群组前沿下的能源效率,这是因为发达国家

或地区本身就代表了APEC最优秀的能源技术,发展中国家与发达国家在能源利用水平上存在很大差距。(2)发展中国家MTR较低而且存在下降的趋势,表明发展中国家与潜在的最优技术水平的差距有扩大的趋势。(3)发达国家或地区的能源利用无效率主要是由于管理无效率造成的,这些国家应该进一步提升管理能力以提高能源效率;总体上发展中国家的技术差距无效率有上升的趋势,技术差距无效率是发展中国家与潜在的最优能源利用水平之间差距扩大的主要原因。发展中国家的能源利用无效率

也有管理方面的原因,各个国家或地区的侧重各有不同:墨西哥、智利能源效率提升依赖于技术的进步,马来西亚、泰国、菲律宾、印度尼西亚等国应该注重管理能力的提升,秘鲁、俄罗斯等国需要从技术和管理两方面共同努力;中国的管理无效率降低的幅度很大,中国与先进能源利用水平差距扩大的主要原因是技术差距无效率的提高;因此,中国应该加大节能减排技术的创新和推广工作。

发达国家或地区的历史碳排放和人均碳排放都比发展中国家高出很多,虽然发展中国家只占全球温室气体排放量的1/3,却承受了气候变化所造成损失的75%~80%(林毅夫,2009)<sup>[19]</sup>。发达国家或地区应该进一步加大节能减排技术研发,特别要提升管理水平以提高能源利用效率;发展中国家目前为了消除贫困发展经济,对煤炭等资源的依赖很强,而发展中国家低碳技术远远落后与发达国家,因此发达国家应该兑现国际承诺,对发展中国家进行资金和技术援助,帮助发展中国家进行技术更新,发展中国家自身也应该努力提升管理水平,大力开展节能减排技术创新工作;共同为应对全球气候变化等环境问题做出共同而有区别的努力。

#### 参考文献:

- [1] Hu J L, Wang S. Total-factor energy efficiency of regions in China[J]. Energy Policy, 2006, 34(17): 3206-3217.
- [2] Song M L, Zhang L L, Liu W, et al. Bootstrap-DEA analysis of BRICS' energy efficiency based on small sample data [J]. Applied Energy, 2013, 112(12): 1049-1055.
- [3] Cui Q, Li Y. The evaluation of transportation energy efficiency: an application of three-stage virtual frontier DEA[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2014, 29(2): 1-11.



- [4] Benyamin K, Shahin R, Mahmoud O, et al. Reduction of CO<sub>2</sub> emission by improving energy use efficiency of greenhouse cucumber production using DEA approach[J]. *Energy*, 2013, 55(6): 676–682.
- [5] Chang Y T, Zhang N, Danao D, Z et al. Environmental efficiency analysis of transportation system in China: a non-radial DEA approach[J]. *Energy Policy*, 2013, 58(7): 277–283.
- [6] Wang K, Yu SW, Zhang W. China's regional energy and environmental efficiency: a DEA window analysis based dynamic evaluation[J]. *Mathematical and Computer Modeling*, 2013, 58(9): 1117–1127.
- [7] Bi G B, Song W, Zhou P, L et al. Does environmental regulation affect energy efficiency in China's thermal power generation Empirical evidence from a slacks-based DEA model[J]. *Energy Policy*, 2014, 66(3): 537–546.
- [8] Wang Q W, Zhao Z Y, Zhou P, et al. Energy efficiency and production technology heterogeneity in China: a meta-frontier DEA approach[J]. *Economic Modelling*, 2013, 35(9): 283–289.
- [9] Yang L, Wang K L. Regional differences of environmental efficiency of China's energy utilization and environmental regulation cost based on provincial panel data and DEA method[J]. *Mathematical and Computer Modelling*, 2013, 58(9): 1074–1083.
- [10] Hu J L, Kao C. Efficient energy-saving targets for APEC economies[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(1): 373–382.
- [11] Jin J L, Zhou D Q, Zhou P. Measuring environmental performance with stochastic environmental DEA: the case of APEC economies[J]. *Economic Modelling*, 2014, 38(2): 80–86.
- [12] Lee K, Oh W. Analysis of CO<sub>2</sub> emissions in APEC countries: a time-series and a cross-sectional decomposition using the log mean Divisia method[J]. *Energy Policy*, 2006, 34(17): 2779–2787.
- [13] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. *European Journal of Operational Research*, 2001, 130(3): 498–509.
- [14] Cooper W W, Seiford L M, Tone K. Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software[M]. Germany Springer LLC Press, 2007: 367–371.
- [15] 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.
- [16] O'Donnell C J. Metafrontier frameworks for the study of firm-level efficiencies and technology ratios[J]. *Empirical Economics* 2008(34): 231–255.
- [17] Chiu C R, Liou J L, Wu P I, et al. Decomposition of the environment inefficiency of the metafrontier with undesirable output[J]. *Energy Economics*, 2012, 34(5): 1392–1399.
- [18] Tulkens H, Vanden E P. Non-parametric efficiency, progress, and regress measure for panel data: methodological aspects[J]. *European Journal of Operational Research*, 1995, 80(3): 472–479.
- [19] 林毅夫. 发达国家应提供资金技术应对气候变化[EB/OL]. (2009-10-5)[2014-6-12]. <http://money.163.com/09/1005/07/5KRIB9GC00253B0H.html>.

## Energy Efficiency in APEC: A Meta-frontier SBM-undesirable Approach

TAO Xueping, WANG Ping, ZHU Bangzhu

(School of Economics and Management, Wuyi University, Jiangmen Guangdong 529020, China)

**Abstract:** Calculating energy efficiency and enhancing potential accurately can provide scientific basis for making effective energy-saving emission reduction strategies. In order to improve the deviation of international research of energy efficiency due to the technology heterogeneity, the SBM-Undesirable model and Meta-frontier production function were applied to calculate energy efficiency of 17 members of the APEC area during the period of 1990–2012. At the same time, technology gaps between the APEC members were measured by “meta-technology ratios”. From the two dimensions of “technology” and “management”, energy inefficiency was decomposed into “technology inefficiency” and “managerial inefficiency” to explore ways to improve the energy efficiency. It found that for developed countries and regions there is no difference in energy efficiency under meta-frontier and group-frontier, while there are significant differences in energy efficiency under the two frontiers for developing countries and regions; the technology gaps between developing countries and the potential optimal technology seems to increase. Developed countries and regions should improve their energy efficiency from the management aspect, and developing countries and regions should improve energy efficiency from both technology and management aspects.

**Key words:** SBM-undesirable model; meta-frontier production function; meta-technology ratios; technology inefficiency; managerial inefficiency

[责任编辑:孟青]