

能源消耗、二氧化碳 排放与 APEC 地区经济增长

——基于 SBM - Undesirable 和 Meta - frontier 模型的实证研究

刘玉海 武鹏*

摘要: 针对以往效率测算方法存在的缺陷以及跨国研究中制度的异质性问题, 本文采用 SBM - Undesirable 模型和 Meta - frontier 生产函数这一综合分析框架, 在能源消耗和二氧化碳排放的双重约束条件下, 测算了 APEC 地区 17 个成员 1980 - 2007 年期间的经济增长效率, 并对双重约束下经济增长效率的影响因素进行了计量检验。研究发现, 除了发展中国家群组之外, 发达国家群组和东亚新兴经济体群组中有部分国家(和地区)在个别年份位于潜在最佳生产技术的共同边界上; 各群组的共同技术效率(MTE)和共同技术比率(MTR)平均值从高到低的排序均依次为发达国家、东亚新兴经济体和发展中国家; 人均 GDP、工业化水平、人口密度、劳均资本以及对外开放程度等因素对双重约束下 APEC 地区共同技术效率具有显著影响, 但对三大群组技术效率的影响方向及程度则呈现出不尽相同的结果。

关键词: 经济增长效率 SBM - Undesirable 模型 Meta - frontier 生产函数

一、引言

二氧化碳等温室气体的排放, 主要来源于不可再生的石化燃料等能源消耗; 而能源则是过去三百年世界各国经济得以快速发展的必要投入之一。换言之, 在能源使用技术和消费结构均不会发生快速转变的情形下, 一国经济的不断发展将必然需要消耗更多的石化能源, 这意味着将排放出更多的二氧化碳等温室气体。UNFCCC(2007)指出, 虽然目前仅有 38 个工业化国家(和地区)在《京都议定书》第一减排期承担二氧化碳减排的必要义务, 但是将减排责任扩展到所有涉及温室气体排放的国家或地区将是未来的整体发展趋势, 亦即可以预期世界各国(和地区)都将承担程度不一的减排责任。成立于 1989 年的亚太经济合作组织(APEC)包括了世界上经济最发达的国家和经济增长速度最快的发展中国家(和地区), 其地区生产总值在全球金融危机之前已占到全球总量的 57%, 但其二氧化碳排放量也占到了全球总量的大约 60%, 因而 APEC 在温室气体减排中理应承担起责无旁贷的义务。虽然一国承诺温室气体减排将不可避免地对其经济发展造成一定程度的不利影响, 但是节约能源和减排气体的根本途径却也依赖于一国生产效率和全要素生产率的提升(Hu and Kao 2007)。因此, 在能源和环境的双重约束下衡量 APEC 地区经济增长效率并据此探寻效率改善的策略, 理应成为研究 APEC 成员在积极承担减排义务的同时又能保持经济持续较快发展的关注焦点所在(Tonn 2003)。

近年来, 国内外已有诸多学者从不同角度对包含温室气体排放等非合意性产出的效率和生产率测算进行了积极有益的探索。例如, Hailu 和 Veeman(2001)将非合意性产出直接作为一种投入并运用非参数分析法评估了加拿大造纸业的环境全要素生产率; Färe 等(2007)则提出了一种产出导向的环境方向性距离函

* 刘玉海, 南开大学经济学院, 邮政编码: 300071, 电子信箱: liuyuhai2449@yahoo.com.cn; 武鹏, 中国社科院经研所, 邮政编码: 100836, 电子信箱: wuzuopeng831228@163.com。

本文的研究得到南开大学国家哲学社会科学区域经济学创新基地基金项目“发展中国家工业化理论与政策研究”(105212200K700007)的资助。作者感谢匿名审稿专家的建设性修改意见, 当然文责自负。

数,并以此测度了美国 92 家火电厂的环境技术效率和污染减排成本。然而,上述处理非合意性产出的效率和生产率测算方法,要么扭曲了实际投入产出关系或者变量背后的技术转换率,要么没有考虑到投入变量和产出变量的松弛性问题,因而其度量的效率值均是有偏的或者不准确的。另一方面,在对 APEC 地区经济增长进行跨国研究的文献中,有些学者虽然对 APEC 全要素生产率增长进行了测算,但却没有考虑温室气体排放等环境问题(Chambers, et al., 1996; Chang and Luh, 1999; Färe, et al., 2001a; Wu, 2004; 王兵、颜鹏飞, 2007);有些学者虽然考虑了温室气体排放问题,但却未考虑能源消耗的重要影响,更重要的是忽视了跨国研究中各国因制度不同而导致的生产边界差异(王兵等, 2008)。针对以往效率测算方法存在的缺陷以及跨国研究中制度的异质性问题,本文采用 SBM - Undesirable 模型和 Meta - frontier 生产函数这一综合分析框架,在能源消耗和二氧化碳排放的双重约束条件下,测算了 APEC 地区 17 个成员 1980 - 2007 年期间的经济增长效率,并对双重约束下经济增长效率的影响因素进行了计量检验。

本文余下部分结构安排如下:第二部分较为详细地阐述了本文的研究方法——SBM - Undesirable 模型和 Meta - frontier 生产函数,并解释了指标选取和数据处理的具体过程;第三部分在计算 APEC 地区各群组国家(和地区)投入和产出平均变化率并进行相关分析的基础上,测算了能源和环境双重约束下 APEC 地区的群组技术效率、共同技术效率和共同技术比率,并将两者结合起来对三大群组以及各群组内国家或地区的经济增长状况进行了分析;第四部分将共同技术效率和群组技术效率分别作为被解释变量,利用面板计量模型对各种可能影响经济增长效率的相关因素进行回归;最后一部分则是本文的研究总结。

二、研究方法与数据处理

(一) SBM - Undesirable 模型

数据包络分析(DEA)是运用线性规划方法来评价相同类型的多投入、多产出的决策单元(DMUs)是否技术有效和规模有效的一种非参数效率评价方法(Cook and Seiford 2009)。由于具有无需事先确定函数关系、仅需投入产出变量数据以及可分析决策单元无效因素等诸多优点, DEA 方法已成为评价相对效率最流行的技术工具之一(Seiford and Thrall 1990; Abbot 2006)。目前,国内外应用 DEA 方法测算相对效率的文献主要集中于 CCR - DEA 模型或 BCC - DEA 模型,这两种模型所依赖的基本假设均是以尽可能少的投入生产尽可能多的产出。然而,除了产生合意性产出(Desirable Outputs)之外,现实生产和社会活动过程中往往亦会产生空气污染物和危险废弃物等诸多非合意性产出(Undesirable Outputs)^①。在非合意性产出存在的情况下,生产效率评价的基本假设理应修正为以尽可能少的投入生产尽可能多的合意性产出和尽可能少的非合意性产出(Cooper, et al., 2007)。

为了将非合意性产出纳入到 DEA 效率评价框架之中,国外学者从不同的角度对此进行了积极有益的探索。第一种方法称为投入产出转置法,亦即直接将非合意性产出作为投入变量进行处理(Hailu and Veeman, 2001; Ramanathan 2002)。这种方法扭曲了实际投入产出的关系,可能得到与现实不一致的效率衡量结果(Murty and Russell 2002)。第二种方法称为正向属性转换法,亦即将非合意性产出通过两步转移或倒数运算转换为合意性产出进行处理(Scheel 2001; Seiford and Zhu 2002)。这种方法扭曲了变量背后的技术转换率,可能导致效率求解过程中的技术无效(Atkinson and Dorfman 2002)。第三种方法称为方向性距离函数法,是目前处理非合意性产出的最常用方法,其在构造环境 DEA 技术和一般化 Shephard 距离函数的基础上,对非合意性产出的减少和合意性产出的增加进行同比例的处理(Färe, et al., 2001b, 2004, 2007; Zofio and Prieto 2001; 等等)。这种方法较好地解决了非合意性产出的效率评价问题;但其在评价过程中对非合意性产出的减少和合意性产出的增加进行的是同比例的处理(亦即径向处理),没有考虑到投入变量和产出变量的松弛性问题,因而度量的效率值是有偏的或者不准确的(Tone 2001; Zhou, et al., 2006)。

Tone(2001)所构建的 SBM - DEA 模型将松弛变量直接纳入目标函数之中,这不仅解决了投入和产出变量的松弛性问题,而且避免了径向和角度选择差异所造成的偏误。基于此,本文采用在 SBM - DEA 模型基础上发展起来的且考虑非合意性产出的 SBM - Undesirable 模型,以更加准确地测算能源和环境双重约束下

^①有些文献中,将合意性产出(Desirable Outputs)称为好产出(Good Outputs),而将非合意性产出(Undesirable Outputs)称为坏产出(Bad Outputs)。为了与 SBM - Undesirable 模型保持一致,本文统一采用非合意性产出(Undesirable Outputs)这一表述方式。

APEC 地区经济增长效率。假定生产系统有 n 个决策单元,其投入变量、合意性产出和非合意性产出可分别表示为 $x \in R_+^m$ 、 $y^g \in R_+^s$ 和 $y^b \in R_+^2$,相应地分别定义矩阵 $X = [x_1, \dots, x_n] \in R_+^{m \times n}$, $Y^g = [y_1^g, \dots, y_n^g] \in R_+^{s \times n}$ 以及 $Y^b = [y_1^b, \dots, y_n^b] \in R_+^{2 \times n}$,其 $X > 0$, $Y^g > 0$, $Y^b > 0$,规模报酬不变下生产可能性集 P 可以定义为: $P = \{(x, y^g, y^b) | x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b \geq Y^b\lambda, \lambda \geq 0\}$,其中 λ 是 R_+^n 上的一个非负权重向量。那么,基于规模报酬不变的 SBM - Undesirable 模型可表示为模型(1),其中 s^- 、 s^g 和 s^b 分别表示投入、合意性产出和非合意性产出的松弛变量。目标函数 ρ^* 是关于 s^- 、 s^g 、 s^b 严格递减的,并且 $0 \leq \rho^* \leq 1$ 。当且仅当 $\rho^* = 1$,即 $s^- = 0$ 、 $s^g = 0$ 、 $s^b = 0$ 时,决策单元才是有效率的;当 $\rho^* < 1$ 时,即 s^- 、 s^g 、 s^b 三者中至少有一个不等于零时,决策单元是无效率的,因而存在着投入产出上改进的必要性。模型(1)是一个非线性规划模型,可以通过 Charnes - Cooper 转换方法将其转换为线性规划模型进行求解。

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

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

$$s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0$$

(二) Meta - frontier 生产函数

以 DEA 方法测算决策单元的经济增长效率时,其潜在假设为决策单元(DMU)具有相类似的技术水平,以便进一步探究 DMU 的技术无效率是源自其管理不当还是其制度环境。然而,当所研究的对象为跨国家的样本时,由于在要素禀赋、产业结构和经济制度等方面均存在较为明显的差异,各国所面对的生产边界必然存在一定程度的差异;此时,倘若继续使用总体样本资料进行经济增长效率的评估,将无法准确地刻画各国真实的生产效率。针对这一问题, Battese 和 Rao(2002) 提出共同边界生产函数(Meta - frontier Production Function)的分析框架,首先依据一定标准将 DMU 划分为不同群组,然后利用随机边界分析方法(SFA)构建出所有 DMU 的共同边界和各组 DMU 的群组边界,测算出 DMU 的共同技术效率和群组技术效率,进而比较两者之间的技术缺口比率(Technology Gap Ratio, TGR)。然而,该研究以所有 DMU 均有潜力达到相同技术水平为前提假设,这可能导致所估计的共同边界无法包络所有的群组边界(Rao et al., 2003)。为此, Battese 等(2004) 延续原有研究思路,以线性规划方法代替 SFA 方法来估计所有 DMU 的共同边界,从而有效地解决了上述问题。

在此基础上, O' Donnell 等(2008) 进一步建立了以 DEA 方法构建共同边界和群组边界的分析框架,并将共同技术效率分解成群组技术效率和共同技术比率(Meta - technology Ratio, MTR)两者之间的乘积。^① 共同边界和群组边界的区别主要在于所涵盖的技术组合不同。在多投入多产出的 DEA 模型中,决策单元(DMU)通过投入($x \in R_+^m$)得到产出($y \in R_+^l$)。在涵盖所有样本投入产出组合的情况下,DMU 所面对的是共同技术集合(Meta - technology Set): $T^{meta} = \{(x, y) | x \geq 0; y \geq 0; x \text{ can produce } y\}$,所对应的生产可能性集 P 可定义为: $P^{meta}(x) = \{y | (x, y) \in T^{meta}\}$,这一生产可能性集的上界即为共同边界(Meta - frontier)。此时,根据经典的效率理论,等价于共同技术效率(Meta Technical Efficiency)的共同距离函数(Meta - distance Function)可以表示为:

$$0 \leq D^{meta}(x, y) = \inf_{\theta} \left\{ \theta > 0 \mid \left(\frac{y}{\theta} \right) \in T(x) \right\} = TE^{meta}(x, y) \leq 1 \quad (2)$$

同理,如果依据恰当的标准将所有样本划分为 k 个子群组,DMU 所面对的是所在群组的技术集合 $T^k = \{(x, y) | x \geq 0; y \geq 0; x \text{ can produce } y\}$,所对应的生产可能性集可定义为: $P^k(x) = \{y | (x, y) \in T^k\}$,这一生产可能集的上界即为群组边界(Group - frontier)。此时,等价于群组技术效率(Group Technical Efficiency)的群组距离函数可以表示为:

^①O' Donnell 等(2008) 认为,技术缺口比率(TGR)的增加,实际上是群组技术向共同边界追赶的具体表现,其所描述的本质上是“技术缺口减少”这一正面涵义。以“缺口”一词进行表述容易造成名词定义上的混淆,因此以共同技术比率(MTR)进行表述更为恰当。

$$0 \leq D^k(x, y) = \inf_{\theta} \left\{ \theta > 0 \mid \left(\frac{y}{\theta} \right) \in T^k(x) \right\} = TE^{group-k}(x, y) \leq 1 \quad (3)$$

Battese 等(2004)指出, 群组边界具有以下特性: (1) 对任何群组 k 而言, 若 $(x, y) \in T^k$, 则 $(x, y) \in T$; (2) 若 $(x, y) \in T$, 则必定存在一个群组 k 满足 $(x, y) \in T^k$; (3) $T^{meta} = \{T^1 \cup T^2 \cup \dots \cup T^k\}$, 意指共同技术集合必定为群组技术集合的包络集合; (4) 若 $P^{meta}(x)$ 是凸性的, 并不意味着 $P^k(x)$ 也必定是凸性的。其中, 特性(3)意味着共同边界是一条不低于群组边界的包络曲线, 结合式(2)和式(3)进而可以得出: $D^{meta}(x, y) \leq D^k(x, y) \Rightarrow TE^{meta}(x, y) \leq TE^{group-k}(x, y)$ 。基于此, DMU 实际产出在群组边界上所对应的产出水平相对于其在共同边界上所对应的产出水平的比值, 可以定义为共同技术比率(MTR), 其运算表达式如下:

$$0 \leq MTR^k(x, y) = \frac{D^{meta}(x, y)}{D^k(x, y)} = \frac{TE^{meta}(x, y)}{TE^{group-k}(x, y)} \leq 1 \quad (4)$$

式(4)表示, 在相同的要素投入水平下, DMU 在群组 k 的生产技术下相比于在共同边界生产技术下进行生产的技术差距。换言之, 若 MTR 越高, 则其实际使用的生产技术越接近潜在的生产技术水平, 这意味着其技术水平越高; 反之亦然。式(4)可进一步整理为式(5), 这表明代表潜在技术水平的共同边界技术效率可以进一步分解成两部分: 一部分是代表实际技术水平的群组边界技术效率; 另一部分是由特定群组制度环境所造成的群组边界技术和共同边界技术之间的技术差距。

$$TE^{meta}(x, y) = TE^{group-k}(x, y) \times MTR^k(x, y) \quad (5)$$

(三) 指标选取与数据来源

APEC 地区包括 21 个成员, 根据数据的可得性, 我们选取了其中 17 个国家(地区) 1980 - 2007 年的投入和产出数据作为研究样本。^① Iyer(2006)认为, 一国所具备的技术水平与其经济发展程度密切相关, 而人均 GNI 和人均 GDP 则是区分经济发展程度的最重要标准。借鉴他们的研究方法, 并依照世界银行对各国家或地区的分类标准, 我们将研究样本划分为三个群组: 发达国家, 包括美国、日本、加拿大、澳大利亚、新西兰; 东亚新兴经济体, 包括新加坡、中国香港、韩国和中国台湾; 发展中国家, 包括墨西哥、智利、马来西亚、秘鲁、泰国、中国、菲律宾和印度尼西亚。

Kumar(2006)指出, 在进行跨国家层面的生产效率和全要素生产率的评估时, 通常根据内生增长理论选取资本和劳动作为投入变量, 而选取实际 GDP 作为产出变量。环境约束下生产率测算的经典文献通常选取温室气体排放作为非合意性产出(Picazo - Tadeo et al. 2005; Färe et al. 2006; 等等)。Zhou 等(2008)则指出, 能源消耗量目前已成为衡量效率和生产率方面必要的投入指标之一。基于此, 本文的产出指标包括合意性产出和非合意性产出, 投入指标则包括劳动投入、能源投入和资本投入。具体说明如下:

(1) 合意性产出。选用各国家或地区以 1990 年为基期按照 GDP 缩减指数计算而得的实际 GDP 作为代理变量。除中国台湾之外的数据均来自联合国统计数据库(United Nations Statistics Division, UNSD), 中国台湾的数据则来自台湾统计资讯网和《台湾统计年鉴》。

(2) 非合意性产出。选用各国家或地区的二氧化碳排放量作为代理变量, 这是因为 CO₂ 排放量在全部温室气体排放量中所占比例高达 80%。CO₂ 排放量的数据主要来自世界银行的世界发展指数数据库(World Development Index, WDI), 部分缺失数据则来自世界资源研究院的气候分析指标数据库(Climatic Analysis Indicators Tool, CAIT)。

(3) 劳动投入。选用各国家或地区的实际劳动投入作为代理变量, 实际劳动投入由当年劳动力总量和就业率相乘而得。除中国台湾之外的数据均来自 WDI 数据库, 中国台湾的数据则来自台湾统计资讯网和《台湾统计年鉴》。

(4) 能源投入。选用各国家或地区的能源使用量作为代理变量。除中国台湾之外的数据均来自 WDI 数据库, 中国台湾的数据则来自台湾统计资讯网和《台湾能源统计手册》。中国台湾的能源统计单位为千公升油当量(KLOE), 而 WDI 数据库中的能源统计单位为千公吨油当量(KTOE)。为了保持度量单位一致, 按照 1KTOE = 1160KLOE 的换算公式进行相应换算。

^①俄罗斯 1990 年之前的统计数据基本缺失, 文莱和巴布亚新几内亚在样本期间的能源使用量统计数据均存在严重缺失, 越南在样本期间的劳动力总数和实际就业率统计数据均存在较严重缺失。有鉴于此, 我们从研究样本中将这四个国家予以剔除。

(5) 资本投入。选用各国家或地区的实际资本存量作为代理变量。实际资本存量是根据永续盘存法计算而得,具体计算公式为 $K_{it} = K_{it-1}(1 - \delta_{it}) + I_{it}$ 。其中 K_{it} 是指第 i 个国家或地区在第 t 年的资本存量; δ_{it} 为经济折旧率^①; I_{it} 为不变价投资额。使用永续盘存法的关键在于不变价投资的获取、经济折旧率的确定以及基期资本存量的计算。其中,不变价投资是以 1990 年为基期根据投资价格指数通过对资本形成总额(Gross Capital Formation)进行平减计算而得。相关数据来自 UNSD 数据库。根据可得的 1970 - 2007 年各国(和地区)不变价投资 I_{it} ,通过对不变价投资的对数和时间之间进行回归,可以模拟得到 1900 - 1969 年各国(和地区)的投资序列。在此基础上,可将永续盘存法公式通过迭代变换为(Wu 2004):

$$K_{it} = \sum_{k=0}^{t-1900} (1 - \delta_{it})^k I_{it-k} + (1 - \delta_{it})^{t-1900} K_{i1900} \quad (6)$$

式(6)表明,只要得到 1900 年的资本存量和合适的经济折旧率,就可计算求得各国(和地区)历年的实际资本存量。基于 1900 年的资本存量到 1970 年将折旧完毕的基本事实,我们在此假设 1900 年的资本存量为 0。Wu(2004)和王兵等(2007,2008)在研究 APEC 地区全要素生产率增长时,对资本存量估算所采用的经济折旧率为 7%,为了与以往文献的研究成果进行比较分析,本文亦将经济折旧率确定为 7%。^②

表 1 1980 - 2007 年 APEC 地区及三大群组投入产出指标的描述性统计分析

指标	APEC 地区	按经济发展程度划分的三大群组		
		发达国家	东亚新兴经济体	发展中国家
产出指标				
实际 GDP(百万美元)	755962.709 (1652113.050)	2117030.909 (2545652.752)	171181.229 (149732.045)	197685.824 (313429.466)
二氧化碳排放量(千公吨)	781697.483 (1403262.926)	1413334.532 (1910427.364)	537849.300 (809007.996)	508848.416 (1105701.672)
投入指标				
实际劳动投入(万人)	6312.415 (14917.647)	4252.409 (4776.405)	815.773 (717.960)	10348.240 (20599.179)
实际资本存量(百万美元)	1748432.040 (3610310.380)	4828473.758 (5451617.704)	402350.274 (403278.714)	496446.848 (799360.683)
能源使用量(千公吨油当量)	261303.884 (515006.460)	561911.071 (755694.450)	52864.669 (58245.316)	177644.000 (346120.407)

注:未标示括号数字为变量的平均值;标示括号数字为变量的标准差。

数据来源:本文根据 UNSD、WDI、CAIT、台湾统计资讯网等数据库以及《台湾统计年鉴》、《台湾能源统计手册》等相关资料整理而得。

三、双重约束下经济增长效率的实证结果分析

(一) APEC 地区各群组国家(和地区)投入产出平均变化率分析

表 2 显示了 1980 - 2007 年 APEC 地区三大群组国家(和地区)投入和产出的平均变化率。从合意性产出的变化情况来看,样本期间内三大群组实际 GDP 增长率从高到低的排序依次为东亚新兴经济体、发展中国家和发达国家,对应的增长率依次为 5.86%、5.10% 和 2.85%。这一结果与内生经济增长理论中的收敛假说并不一致,而与 Kumar(2006)的研究结论保持一致,亦即 APEC 地区的经济增长率随着收入水平的提高并未呈现出逐渐收敛的趋势。从非合意性产出的变化情况来看,三大群组 CO₂ 排放量增长率从高到低的排序依次为发展中国家、东亚新兴经济体和发达国家,对应的增长率分别为 4.86%、4.14% 和 1.45%。由此可见,三大群组的 CO₂ 排放量增长率排序与实际 GDP 增长率排序并不一致,这在一定程度上可能是由于绝大多数发展中国家目前尚处于粗放型的增长阶段。将能源作为投入指标是本文的一大特色,从表 2 中可

①理论上而言,利用永续盘存法估算资本存量时,式中出现应为资本重置率而非资本折旧率。只有当资本品相对效率是按照几何方式递减时,折旧率和重置率才是相等的(乔根森 2001;黄勇峰等 2002;张军等 2005)。但是,考虑到跨国样本相关数据的可得性问题,本文仍沿用目前绝大多数文献中对资本重置率和折旧率不加区分的处理方式,并采用资本品相对效率的直线递减方式计提折旧。

②Hall 和 Jones(1999)研究 127 个国家生产率增长表现时,对资本存量的估算所采用的通用折旧率为 6%;Wu(2004)研究 APEC 地区生产率增长时,虽然对资本存量的估算所采用的折旧率为 7%,但他还指出发达国家和发展中国家的折旧率存在一定的差异。为此,我们以 6% 的经济折旧率作为第二种方案,以发达国家、东亚新兴经济体和发展中国家的折旧率分别为 7%、5% 和 4% 作为第三种方案,重新估算了资本存量并计算了经济增长效率,但是发现这三种方案的最终结果基本没有差异。

看出三大群组能源使用量增长率排序与实际 GDP 增长率排序保持一致,亦即其从高到低的排序也依次为东亚新兴经济体、发展中国家和发达国家,对应的增长率依次为 5.90%、4.09% 和 1.67%。这从一个侧面反映出两者之间存在着密切的联系。

从劳动投入和资本存量的变化情况来看,东亚新兴经济体和发展中国家的增长率均高于发达国家,其中这两大群组的实际资本存量增长率分别高达 6.87% 和 5.88%。这在一定程度上反映出劳动尤其是资本要素积累在这些非发达国家经济增长中起着非常重要的作用,甚至可能是其中某些国家经济增长的重要源泉。新古典增长理论认为,相对于技术进步推动的经济增长,要素积累推动的经济增长虽然在短期内会呈现出快速增长态势,但是从长远来看将最终受制于有限的要素资源投入而不可持续。例如, Krugman(1994) 认为东亚经济奇迹仅仅是个神话。然而,需要加以注意的是上述推论将经济增长的动力全部归因于要素投入的增加,而忽视了生产技术逐步迈向潜在共同边界最佳技术水平的追赶效应,尤其是忽视了生产效率提高在经济增长中所起的重要作用(Färe, et al., 2001)。此外,除美国之外的 APEC 成员迄今均已签署《京都议定书》,这表明各成员均有意识对 CO₂ 排放实施一定的管制,而实施 CO₂ 排放管制将不可避免地对各成员经济增长效率产生一定程度的影响。本文采用 SBM - Undesirable 模型和 Meta - frontier 生产函数这一分析框架,目的在于探求经济增长的传统测算衡量方法所忽视的或无法解决的问题。

表 2 1980 - 2007 年 APEC 地区各群组国家(和地区)投入和产出平均变化率

地区名称	实际劳动投入变化率	实际资本存量变化率	能源使用量变化率	实际 GDP 变化率	CO ₂ 排放量变化率
发达国家					
美国	0.0134	0.0407	0.0099	0.0294	0.0082
日本**	0.0057	0.0250	0.0152	0.0234	0.0089
加拿大**	0.0161	0.0401	0.0128	0.0272	0.0104
澳大利亚*	0.0193	0.0397	0.0220	0.0334	0.0203
新西兰**	0.0155	0.0300	0.0238	0.0289	0.0248
平均值	0.0140	0.0351	0.0167	0.0285	0.0145
东亚新兴经济体					
新加坡*	0.0255	0.0637	0.0689	0.0701	0.0279
中国香港*	0.0158	0.0660	0.0438	0.0525	0.0361
韩国*	0.0230	0.0875	0.0658	0.0674	0.0517
中国台湾*	0.0170	0.0476	0.0574	0.0443	0.0498
平均值	0.0203	0.0687	0.0590	0.0586	0.0414
发展中国家					
墨西哥*	0.0284	0.0351	0.0252	0.0365	0.0210
智利*	0.0264	0.0580	0.0457	0.0469	0.0426
马来西亚*	0.0322	0.0790	0.0709	0.0621	0.0787
秘鲁*	0.0282	0.0424	0.0094	0.0260	0.0261
泰国*	0.0185	0.0613	0.0605	0.0576	0.0769
中国*	0.0163	0.0961	0.0456	0.0972	0.0580
菲律宾*	0.0268	0.0335	0.0233	0.0310	0.0273
印度尼西亚*	0.0240	0.0651	0.0465	0.0509	0.0579
平均值	0.0251	0.0588	0.0409	0.0510	0.0486

注:(1) 各国(和地区)投入和产出的平均变化率为几何平均值,而三大群组的平均值则为算数平均值。(2) 标示“*”的国家(和地区)为截止 2010 年 10 月 28 日已签署《京都议定书》的国家(和地区);标示“**”的国家为《京都议定书》中的附件 B 国家,按照协议规定,它们在 2008 - 2012 年期间的温室气体排放量必须在 1990 年排放水平上平均减少 5.2%。

(二) APEC 地区群组技术效率、共同技术效率以及共同技术比率分析

共同技术效率(MTE)和群组技术效率(GTE)是 DMU 分别以共同边界和群组边界为比较基准所得到的距离函数值,分别反映了其在相同投入水平下实际产出到共同边界产出和群组边界产出的距离。^①从各群组的 MTE 平均值来看,三大群组从高到低的排序依次为发达国家、东亚新兴经济体和发展中国家,如表 3 所示。其中,发达国家的平均共同技术效率为 0.9022,这表明若采用潜在共同边界技术进行生产,其仍将有 9.78% 的效率改善空间;同理,东亚新兴经济体和发展中国家仍将分别有 11.54% 和 28.59% 的效率改善空

^①本文是在考虑非合意性二氧化碳排放的前提下测算 APEC 地区各群组国家或地区的技术效率的。因此,共同技术效率亦可称为共同环境效率(Meta Environmental Efficiency),群组技术效率亦可称为群组环境效率(Group Environmental Efficiency),而共同技术比率则可称为共同环境技术比率。

间。在发达国家群组中,平均群组技术效率表现最佳的国家是美国,其对应的 GTE 值和 MTE 值分别为 0.9717 和 0.9583;表现最差的国家则为新西兰,其对应的 GTE 值和 MTE 值分别为 0.8419 和 0.8303。这表明,将非合意二氧化碳排放纳入生产效率衡量框架之后,与发达国家群组边界生产技术相比较,美国和新西兰在生产上仍有 2.83% 和 15.81% 的效率改善空间;而与所有样本共同边界生产技术相比较,两国(和地区)则仍分别有 4.17% 和 16.97% 的效率改善空间。同理,在东亚新兴经济体中,与群组边界生产技术相比较,GTE 表现最佳的中国香港和表现最差的韩国在生产上仍有 6.46% 和 11.63% 的效率改善空间;而与共同边界生产技术相比较,两国则仍分别有 7.61% 和 19.39% 的效率改善空间。在发展中国家群组中,与群组边界生产技术相比较,GTE 表现最佳的秘鲁和表现最差的马来西亚在生产上仍有 3.16% 和 17.04% 的效率改善空间;而与共同边界生产技术相比较,两国则仍分别有 19.69% 和 28.31% 的效率改善空间。

共同技术比率(MTR)反映了特定群组制度环境所造成的群组技术水平与潜在共同边界技术水平之间的缺口。当 MTR 越高时,表示 DMU 的实际技术水平越接近于共同边界技术水平,亦即表明相应制度环境条件下的技术水平越高。从表 3 可以看出,三大群组的 MTR 平均值从高到低的排序同样依次为发达国家、东亚新兴经济体和发展中国家。这表明不同国家群组之间确实存在生产技术水平上的差异,而且经济发展程度越高的国家群组,其生产技术水平相应地越高。其中,发达国家的共同技术比率为 0.9796,这表明其采用的环境技术水平能够达到潜在共同边界环境技术水平的 97.96%;同理,东亚新兴经济体和发展中国家所采用的平均环境技术水平能够分别达到潜在共同边界环境技术水平的 95.83% 和 78.21%。在发达国家群组中,平均共同技术比率最高的国家是新西兰。这表明,将非合意二氧化碳排放纳入生产效率衡量框架之后,新西兰在发达国家群组制度环境条件下的环境技术水平最高。具体而言,新西兰的 MTR 值为 0.9962,这意味着其采用的实际环境技术水平能达到潜在共同边界环境技术水平的 99.62%。同理,中国香港和秘鲁分别在东亚新兴经济体和发展中国家群组制度环境下的环境技术水平最高,它们采用的实际环境技术水平分别能够达到潜在共同边界环境技术水平的 98.77% 和 82.93%。

表 3 1980 - 2007 年 APEC 地区效率和共同技术比率平均值及其平均变化率

地区名称	效率及共同技术比率平均值			效率及共同技术比率平均变化率(%)		
	<i>Geff</i>	<i>Meff</i>	<i>MTR</i>	<i>Geff-r</i>	<i>Meff-r</i>	<i>MTR-r</i>
发达国家						
美国	0.9717	0.9583	0.9863	-0.1327	0.0104	0.1739
日本**	0.8952	0.8894	0.9915	0.1083	0.1421	0.0938
加拿大**	0.9369	0.9295	0.9921	0.1194	0.0957	0.0245
澳大利亚*	0.9603	0.9024	0.9397	-0.1064	0.2795	0.4723
新西兰**	0.8419	0.8303	0.9962	-0.2137	-0.4459	-0.0308
平均值	0.9212	0.9022	0.9796	-0.0450	0.0164	0.1467
东亚新兴经济体						
新加坡*	0.9195	0.9074	0.9868	0.8189	0.9342	0.7214
中国香港*	0.9354	0.9239	0.9877	0.6608	0.7173	0.5197
韩国*	0.8837	0.8061	0.9122	1.4298	0.4683	-1.2472
中国台湾*	0.9153	0.9009	0.9435	0.4365	0.5458	0.4416
平均值	0.9135	0.8846	0.9583	0.8365	0.6664	0.1089
发展中国家						
墨西哥*	0.9337	0.7271	0.7987	0.1927	-0.2011	-0.6140
智利*	0.9476	0.7429	0.8140	-0.3843	-0.3472	-0.2350
马来西亚*	0.8296	0.7169	0.7642	1.0265	1.1463	0.3378
秘鲁*	0.9684	0.8031	0.8293	-0.1828	0.0264	-0.1519
泰国*	0.9236	0.6543	0.8084	0.4073	0.7828	0.4702
中国*	0.9074	0.7635	0.7753	0.8726	0.6407	0.4175
菲律宾*	0.9324	0.6983	0.7489	0.2410	0.2436	0.3207
印度尼西亚*	0.8740	0.6067	0.6945	0.3314	0.6772	0.3530
平均值	0.9158	0.7141	0.7821	0.3143	0.3527	0.0023

注:(1) *Geff* 和 *Geff-r* 分别为群组技术效率 $TE_{group-k}$ 的平均值和平均变化率;*Meff* 和 *Meff-r* 分别为共同技术效率 TE_{meta} 的平均值和平均变化率;*MTR* 和 *MTR-r* 分别为共同技术比率的平均值和平均变化率。(2) 标示“*”的国家(和地区)为截止 2010 年 10 月 28 日已签署《京都议定书》的国家(和地区);标示“**”的国家为《京都议定书》中的附件 B 国家,按照协议规定,它们在 2008 - 2012 年期间的温室气体排放量必须在 1990 年排放水平上平均减少 5.2%。

共同技术效率变化率(RMTE)和群组技术效率变化率(RGTE)分别表示样本期间内 DMU 实际产出与共同边界产出和群组边界产值之间距离的变动情况;共同技术比率变化率(RMTR)则表示样本期间内 DMU 由

现有技术水平向最佳生产技术的追赶效应。表 3 显示,在发达国家群组中,加拿大的群组技术效率在样本期间内呈现出最大幅度的提升,具体而言,其 GTE 提升了 0.1194%,而其共同技术效率则提升了 0.0957%;新西兰的群组技术效率则呈现出最大幅度的下降,亦即其在样本期间内 GTE 下降了 0.2137%,而其共同技术效率和共同技术比率则分别下降了 0.4459% 和 0.0308%。结合表 2 中投入产出的变化情况,可以发现,虽然新西兰的生产效率在发达国家群组中位居末位,但其实际 GDP 增长率在相应群组中则位居第三位。经济增长理论告诉我们,要素投入累积、生产效率提升以及技术水平提高是区域经济增长的三大源泉。在生产效率和技术追赶均出现下降的情况下,新西兰的实际 GDP 却仍能保持较高的增长率,据此可以推断要素投入积累是新西兰经济增长的主要源泉。然而,要素累积推动的经济增长从长远来看是不可持续的,因此新西兰应逐步转变经济增长方式,致力于推动本国生产效率的提升或技术水平的提高。

在东亚新兴经济体中,群组技术效率提升最快的国家是韩国,增长幅度达 1.4298%,而共同技术效率提升最快的则是新加坡,增长幅度为 0.9342%。更进一步从共同技术比率的变化情况来看,除了韩国之外其他三个国家或地区的技术水平在样本期间内均呈现出持续向潜在最佳技术水平追赶的趋势。由此可见,韩国虽然在群组中表现出最好的经济成长态势,但由于其技术水平在样本期间内是衰退的,这导致其在代表最佳技术水平的共同边界上的经济表现却反而在群组中是最差的。结合表 2 投入产出的变化情况,可以发现,在共同技术效率表现欠佳而技术水平又出现衰退的情况下,韩国的实际 GDP 仍呈现出较快的增长态势,这很大程度上得益于其要素投入的增加。相比之下,在要素投入增长速度不如韩国的情况下,新加坡的实际 GDP 增长率却更快,这在很大程度上得益于其生产效率的提高和技术水平的提升,亦即可以认为新加坡是属于技术和效率导向的经济增长形态。

在发展中国家群组中,中国的群组技术效率呈现出最大幅度的提升,具体而言其 GTE 提升了 0.8726%,而其共同技术效率和共同技术比率则分别提升了 0.6407% 和 0.4175%。结合表 2 可知,除了得益于较快的要素投入累积之外,中国的高速经济增长还得益于生产效率的提升以及技术水平的提高。智利的群组技术效率和共同技术效率均呈现出最大幅度的下降,亦即其 GTE 和 MTE 分别下降了 0.3843% 和 0.3472%;此外,智利的共同技术比率(MTR)也呈现出下降的态势,下降幅度为 0.2350%。结合表 2 可以发现,在群组技术效率和共同技术效率均表现欠佳而技术水平又出现衰退的情况下,智利的实际 GDP 增长率在发展中国家群组中仍能位居第五位,据此可以推断要素投入积累是智利经济增长的主要源泉。此外,我们还发现,墨西哥的群组技术效率虽然呈现出正向提升,但由于其技术水平在群组内衰退最为明显,这导致其在共同边界上的经济表现反而相对较差。

四、双重约束下经济增长效率的影响因素分析

(一) 变量说明与模型构建

有关经济增长效率影响因素的选择依据,学术界迄今尚无正式理论可供参考。为了在能源和环境双重约束下考察区域经济增长效率的影响因素,我们一方面需要考察市场竞争状况、基础设施建设、要素投入结构、研发创新投入以及对外开放程度等诸多影响经济增长效率的传统因素,另一方面还需要考察国民生产总值、产业结构变迁、地区人口密度等影响地区二氧化碳排放的相关因素。借鉴以往文献的研究成果(Yoruk and Zaim, 2005; Kumar, 2006; 王兵, 2008; 等等),并考虑到跨国数据的可得性问题,我们最终选取了人均 GDP、产业结构变迁、地区人口密度、对外开放程度和要素投入结构五个影响变量。其中,除了人均 GDP 的数据来自联合国统计数据库(United Nations Statistics Division)之外,其他四个变量的相关数据均来自世界银行的 WDI 数据库。指标选取说明如下:

环境库兹涅茨曲线(Environmental Kuznets Curve, EKC)假说认为,环境质量和收入水平之间存在一种“倒 U 型”的发展轨迹(Grossman and Krueger, 1995; Panayoutou, 1997; Ravallion et al., 2000; 等等)。为此,我们在回归模型中引入以不变价格衡量的人均 GDP 作为地区收入水平的代理变量。Färe 等(2001a)认为,一个国家或地区工业部门的内部构成会影响到其二氧化碳的排放量。为此,我们在回归模型中引入地区工业增加值在 GDP 中所占比例这一解释变量作为地区产业结构的代理变量。人口密度的增加将意味着地区经济活动更加频繁,而这将必然对地区二氧化碳排放产生一定程度的影响(Friedl and Getzner, 2003)。为此,我们在回归模型中引入地区人口密度这一解释变量。Kumar(2006)认为,以每单位劳动力所拥有的资本量来衡量的劳动资本投入结构,必将影响到地区生产效率和全要素生产率。为此,我们在回归模型中引入以不变

价格衡量的劳均资本这一解释变量。对外开放程度不仅会影响到一国生产效率和技术水平的提高,而且可能会对当地的生态环境产生一定程度的影响(Taskin and Zaim 2001; Yoruk and Zaim 2005; 等)。为此,我们将在回归模型中引入进出口贸易总额在地区 GDP 中所占比重这一解释变量。

综合上述分析,在实际回归计量过程中,我们将以不变价格衡量的人均 GDP 的对数($\ln GDP$)、地区工业增加值在 GDP 中所占比例($industry$)、地区人口密度($popden$)、以不变价格衡量的劳均资本($percapita$)以及进出口贸易总额在地区 GDP 中所占比重($openness$)等作为解释变量;而为了考察上述解释变量和被解释变量之间的二次型关系,我们还在实际回归模型中引入了上述解释变量的平方项。此外,为了考察《联合国气候变化框架公约》的签署对各国经济增长效率的影响,我们还引入代表气候公约签署时间的虚拟变量 $UNFCCC$,签署时间之后的取值为 1,此前的年份取值为 0。面板回归计量模型如(7)所示,其中被解释变量 TE_{it}^h 表示第 i 个国家或地区在时间 t 的经济增长效率。当 $h = meta$ 时, TE_{it}^h 表示各国家或地区的共同技术效率;当 $h = group - k$ 时, TE_{it}^h 表示三大群组中各国家或地区的群组技术效率。 β_{0i} 是回归模型的截距项 β^T 表示各解释变量的待估计系数 x_{it} 表示影响经济增长效率的解释变量 ε_{it} 是服从正态分布的随机误差项。

$$TE_{it}^h = \beta_{0i} + \beta^T x_{it} + \varepsilon_{it} = \beta_{0i} + \beta_1 \ln GDP_{it} + \beta_2 \ln GDP_{it}^2 + \beta_3 industry_{it} + \beta_4 industry_{it}^2 + \beta_5 popden_{it} + \beta_6 popden_{it}^2 + \beta_7 openness_{it} + \beta_8 openness_{it}^2 + \beta_9 percapita_{it} + \beta_{10} percapita_{it}^2 + UNFCCC_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

(二) 面板计量估计结果分析

根据被解释变量的不同,我们分别估计了以 APEC 地区共同技术效率、发达国家群组技术效率、东亚新兴经济体群组技术效率和发展中国家群组技术效率作为被解释变量的四个面板计量模型,其中每个模型均包括随机效应估计和固定效应估计;但四个模型的 Hausman χ^2 检验均显示,拒绝随机效应模型而接受固定效应模型。此外,我们还采用 Hausman 检验对变量的内生性进行了检验,当以 10% 的显著水平作为内生性检验 P 值显著与否的判断标准时,以上四个面板计量模型均拒绝存在内生性问题的假设。限于论文的篇幅,我们仅在此汇报固定效应模型的估计结果,如表 4 所示。我们将首先分析各种因素对于能源和环境双重约束下 APEC 地区共同技术效率的具体影响,然后分析这些因素对于双重约束下 APEC 地区三大群组的群组技术效率的具体影响。

表 4 APEC 地区及三大群组经济增长效率影响因素的面板估计结果

解释变量	APEC 地区 (TE^{meta})		APEC 地区三大群组					
			发达国家 ($TE^{group-k}$)		东亚新兴经济体 ($TE^{group-k}$)		发展中国家 ($TE^{group-k}$)	
	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值	系数	t 值
C	3.1825***	15.9641	3.4302*	1.9314	0.6537*	0.1528	4.8403**	3.5833
$\ln GDP$	-1.4327***	14.3040	-0.7438***	-2.8523	-0.1127*	-0.2692	1.0793***	4.1075
$\ln GDP^2$	0.0834***	15.1403	0.0521***	2.9055	0.0573	0.7804	-0.0837	-3.2318
$industry$	-0.6405**	-2.4710	0.4153	0.9302	-1.4509***	-4.3281	-0.5942	1.1025
$industry^2$	0.5301**	1.6137	0.1524	0.2590	1.6734***	4.1611	0.3026	1.5203
$popden$	0.3521***	9.6823	0.2782***	2.9405	-0.0107	-0.0426	-0.3592**	-2.2463
$popden^2$	-0.0394***	-6.2051	-0.0217**	-2.4084	-0.0098	-0.2105	0.1340**	6.4302
$openness$	0.1573***	5.8312	0.1529***	5.2850	-0.0414	-1.5201	-0.3142***	-3.0142
$openness^2$	-0.0609***	-6.1450	-0.0623***	-6.3972	0.0467	1.7370	0.1193	1.4323
$percapita$	-0.0598***	-16.3071	-0.0394***	-14.5141	-0.1692***	-10.3723	-0.2057***	-5.4580
$percapita^2$	0.0132***	9.8914	0.0109***	10.2715	0.0483***	8.4074	0.0836**	4.2305
$UNFCCC$	0.0215	0.3742	0.0362***	0.5293	0.0319*	0.4842	0.0207	0.3961
F 值	51.4735		68.9107		23.8263		38.9794	
调整 R^2	0.5638		0.8259		0.6861		0.7394	
内生性检验	0.1352		0.8475		0.8983		0.1837	
Hausman χ^2 检验	142.2504		53.0838		71.5147		136.4302	

注: TE^{meta} 表示共同技术效率; $TE^{group-k}$ 表示群组技术效率。“***”、“**”、“*”分别表示估计系数在 1%、5% 和 10% 水平上显著。

在能源和环境双重约束下 APEC 地区共同技术效率的影响因素中,除了虚拟变量 $UNFCCC$ 之外,其他解释变量的系数在统计上均具有明显的显著性。其中,人均 GDP 的对数与共同技术效率(MTE) 成负相关关系,而其平方的对数则与共同技术效率成呈相关关系,这表明 APEC 地区人均 GDP 与其共同技术效率之间存在一种“U 型”关系。这一结论不同于王兵等(2008)所发现的 APEC 地区人均 GDP 与全要素生产率之间

呈“倒 U 型”关系的结论。一个可行解释是,当收入水平较低时,消费者最关心的是满足日常生活基本需求;随着收入水平的不断提高,消费者对产品品质的要求将逐步提高,甚至转向环境友好型产品的消费。消费者环保意识的觉醒将促使政府针对生产厂商制定一系列严格的环保法规,而这在短期内将可能增加部分企业的生产费用,但从长期来看会激发企业一定程度的技术创新,从而有利于生产效率的提高。表 4 还显示,工业增加值所占份额与共同技术效率成负相关关系,而其平方项则与共同技术效率呈正相关关系,这表明 APEC 地区工业增加值所占份额与其共同技术效率之间存在一种“U 型”关系。这一结论与 Yoruk 和 Zaim (2005) 在 OECD 国家的研究发现以及王兵等(2008) 在 APEC 地区的研究发现保持高度一致。这意味着当一个国家或地区的工业化程度超过某一转折点时,其生产效率将呈现出加快发展的态势。

地区人口密度与共同技术效率呈正相关关系,而其平方项则与共同技术效率成负相关关系,这表明 APEC 地区人口密度与其共同技术效率之间存在一种“倒 U 型”关系。这可能是因为人口密度的增加意味着经济活动更加活跃,这将促进 GDP 的高度增长,但是当人口密度超过一定限度时,与 GDP 增长相伴而生的二氧化碳将消耗更多的处理成本,而一旦 CO₂ 的处理成本超过 GDP 增长的收益,此时人口密度的进一步增加将会降低地区生产效率。此外,对外开放程度与共同技术效率之间呈正相关关系,而其平方项则与共同技术效率之间呈负相关关系,这表明 APEC 地区对外开放程度与其共同技术效率之间存在一种“倒 U 型”关系。这一结论不同于王兵等(2008) 所发现的 APEC 地区开放程度与其全要素生产率之间呈线性负相关关系的结论。该结论的一个可行解释是,一个国家或地区的对外开放程度越高,则其越容易得到具有环保效果的生产技术,从而对其生产效率产生正面的影响;但是,对外开放程度越高的地区将会吸引越多的境外资本进驻从事生产活动,而这将导致更多的二氧化碳排放,当二氧化碳的处理成本足够高的时候,必将会对生产效率产生负面的影响。

劳均资本与共同技术效率成负相关关系,而其平方项则与共同技术效率呈正相关关系,这表明 APEC 地区人均资本与其共同技术效率之间存在一种“U 型”关系。这一结论不同于 Kumar(2006) 和王兵等(2008) 所发现的两者之间呈简单的线性负相关关系的结论。这可能是因为,在经济发展的初级阶段,一个国家或地区为了加速地区经济发展而更加偏好资本的投入数量,这就往往有意或无意地忽视了地区环境保护,从而对地区生产效率产生不利的影 响;但是,随着经济发展程度的不断提高,其将更加重视资本的投入质量,从而对包含环保效果的资本投入表现出更大的偏好,这将对其生产效率产生积极正面的影响。计量结果还显示,虚拟变量 UNFCCC 与 APEC 地区共同技术效率虽然存在正相关关系,但在统计上并不显著。这表明《气候公约》的签署对于能源和环境双重约束下 APEC 地区经济增长效率的影响并不明显。这一结论与王兵等(2008) 的研究发现保持高度一致。

从三大群组技术效率影响因素的计量估计结果来看,同样的解释变量对于群组技术效率的影响方向和影响程度在三个群组之间均呈现出 不尽相同的结果。这表明,由于经济发展程度的不同,同样的影响因素对于各群组技术效率所造成的影响方式会有所不同。从人均 GDP 来看,发达国家群组和东亚新兴经济体的人均 GDP 与其群组技术效率之间均呈现出一种“U 型”关系,不同的是前者的这种关系在统计上非常显著,而后者这种关系在统计上则不显著;在发展中国家群组,人均 GDP 与群组技术效率之间呈正相关关系而且在统计上非常显著,而其平方项则与群组技术效率之间呈负相关关系但在统计上非常不显著,这在一定程度上反映了发展中国家的追赶效应。从工业增加值所占份额来看,东亚新兴经济体和发展中国家群组的工业份额与其群组技术效率之间均呈现出一种“U 型”关系,不同的是前者的这种关系在统计上非常显著,而后者的这种关系在统计上则不显著;在发达国家群组中,工业份额及其平方项与其群组技术效率之间均呈正相关关系,但在统计上均不显著,这可能是因为到 20 世纪 80 年代时发达国家的工业化程度已经超过其转折点,其后一国的工业化程度越高则将越有利于其生产效率的提高(Yoruk and Zaim 2005)。

地区人口密度对于三大群组技术效率的影响则表现出相当大的差异。在发达国家群组中,人口密度与其群组技术效率之间呈现出一种“倒 U 型”关系,而且在统计上非常显著;在东亚新兴经济体,两者之间呈线性负相关关系,但在统计上并不显著;与发达国家群组的结果正好相反,发展中国家群组的人口密度与其群组技术效率之间则呈现出一种“U 型”关系,而且在统计上较为显著,这可能是因为发展中国家目前正处于经济快速发展的阶段,地区人口密度增加所带来的经济收益尚远远大于其负面影响。从对外开放程度来看,发达国家群组的开放程度与其群组技术效率之间存在一种“倒 U 型”关系,而且在统计上非常显著;在东亚新兴经济体群组,两者之间呈现出一种“U 型”关系,但在统计上很不显著;在发展中国家群组中,开放程度

与群组技术效率之间呈负相关关系且在统计上非常显著,而其平方项则与群组技术效率之间呈正相关关系但在统计上并不显著,这可能是因为在国际产业转移的大背景下发展中国家的开放程度越高,将吸引越多的境外资本入驻从事生产活动,而这在强调经济发展而环保意识相对淡薄的情况下,将会导致更多的二氧化碳排放,从而对生产效率造成不利的影响。劳均资本对于三大群组技术效率的影响则表现出高度一致的结果,亦即三大群组的劳均资本与其群组技术效率之间均存在一种“U型”关系并且在统计上均非常显著。计量结果还显示,三大群组的虚拟变量系数均为正值,但仅发达国家群组在统计上是显著的。这表明《联合国气候变化框架公约》的签署对于发达国家和东亚新兴经济体的技术效率均具有一定程度的正向冲击,而对发展中国家的影响则相对不明显。

五、结论

以往的效率测算方法,要么没有将二氧化碳等非合意性产出纳入到效率测算框架之中,要么虽然考虑了非合意性产出的影响但却忽视了投入变量和产出变量的松弛性问题,这都将导致其度量的效率值存在不同程度的偏误。此外,在效率和生产率的跨国比较中,由于各国(和地区)在要素禀赋、产业结构和经济制度等方面均存在较为明显的差异,这就导致各国(和地区)所面对的生产边界必然存在一定程度的差异;此时,倘若继续使用总体样本资料进行经济增长效率的评估,将无法准确地衡量各国真实的生产效率。有鉴于此,本文采用能够处理非合意性产出和投入产出松弛性问题的SBM-Undesirable模型以及能够同时构建共同边界和群组边界的Meta-frontier生产函数这一综合分析框架,在能源消耗和二氧化碳排放的双重约束条件下,对亚太经合组织(APEC)17个成员1980-2007年期间的经济增长效率进行了测算,并进而对双重约束下经济增长效率的影响因素进行了计量检验。

效率测算结果显示,在APEC经济体中,除了发展中国家群组之外,发达国家群组和东亚新兴经济体群组中均有部分国家(和地区)在个别年份位于潜在最佳生产技术的共同边界上。从各群组的共同技术效率(MTE)和共同技术比率(MTR)平均值来看,三大群组从高到低的排序均依次为发达国家、东亚新兴经济体和发展中国家。这表明不同国家群组之间确实存在在生产技术水平上的差异,而且经济发展程度越高的国家群组,其生产技术水平相应地越高。

面板估计结果表明,人均GDP、工业化水平、劳均资本、人口密度以及对外开放程度等因素对能源和环境双重约束下APEC地区共同技术效率与三大群组技术效率的影响方向及影响程度呈现出不尽相同的表现。具体而言,人均GDP与技术效率之间关系的计量结果在一定程度上反映出APEC地区的发展中国家具有较强的追赶效应。工业化水平的实证结果则反映了当一个国家或地区的工业化程度超过某一转折点时,其生产效率将呈现出加快发展的态势,这意味着发展中国家通过加快其工业化进程可以较快地提高其经济增长效率。劳均资本与技术效率之间存在一种显著的“U型”关系,这表明随着经济发展程度的不断提高,发展中国家将要并且应该更加重视资本的投入质量,从而对包含环保效果的资本投入表现出更大的偏好,这将对生产效率产生积极正面的影响。地区人口密度与技术效率之间关系的计量结果则表明,对于正处于快速发展阶段的发展中国家而言,地区人口密度增加所带来的经济收益尚远远大于其负面影响,这意味着发展中国家通过适度地推进其城市化进程可以有效地获取城市化所带来的集聚经济效益。对外开放程度与技术效率之间关系的实证结果显示,在国际产业转移的大背景下发展中国家的开放程度越高,将吸引越多的境外资本入驻从事生产活动,而这在强调经济发展而环保意识相对淡薄的情况下,将会导致更多的二氧化碳排放,从而对生产效率造成不利的影响,这表明发展中国家在强调招商引资数量的同时应该逐步重视其引资质量的提高。计量结果还显示,《联合国气候变化框架公约》的签署仅对发达国家的生产效率具有明显的正向冲击,而对东亚新兴经济体和发展中国家的影响则均不明显。

参考文献:

1. 黄勇峰、任若恩 2002 《中国制造业资本存量永续盘存法估计》,《经济学(季刊)》第2期。
2. 乔根森 著 2001 《生产率——第一卷:战后美国经济增长》,中国发展出版社。
3. 王兵、颜鹏飞 2007 《技术效率、技术进步与东亚经济增长:基于APEC视角的实证分析》,《经济研究》第5期。
4. 王兵、吴延瑞、颜鹏飞 2008 《环境管制与全要素生产率增长:APEC的实证研究》,《经济研究》第5期。
5. 张军、吴桂英、张吉鹏 2004 《中国省际物质资本存量估算:1952-2000》,《经济研究》第10期。
6. Abbott, M. 2006. "The Productivity and Efficiency of the Australian Electricity Supply Industry." *Energy Economics* 28(4): 444-454.

7. Atkinson S. E. ,and R. H. Dorfman. 2005. "Bayesian Measurement of Productivity and Efficiency in the Presence of Undesirable Outputs." *Journal of Econometrics* ,126(2) : 445 – 468.
8. Battese G. E. ,and D. S. P. Rao. 2002. "Technology Gap ,Efficiency and a Stochastic Meta – frontier Function." *International Journal of Business and Economics* ,1(2) : 87 – 93.
9. Battese ,G. E. ,C. J. O' Donnell ,and D. S. P. Rao. 2004. "A Meta – frontier Frameworks Production Function for Estimation of Technical Efficiency and Technology Gap for Firms Operating under Different Technology." *Journal of Productivity Analysis* , 21(1) : 91 – 103.
10. Chambers R. G. ,R. Färe ,and S. Grosskopf. 1996. "Productivity Growth in APEC Countries." *Pacific Economic Review* ,1(3) : 181 – 190.
11. Chang C. ,and Y. Luh. 1999. "Efficiency Change and Growth in Productivity: The Asian Growth Experience." *Journal of Asian Economics* ,10(4) : 551 – 570.
12. Cooper W. W. ,L. M. Seiford ,and K. Tone. 2007. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models Applications , References and DEA – Solver Software* 368 – 371. Germany Springer LLC Press.
13. Cook W. D. ,and L. M. Seiford. 2009. "Data Envelopment Analysis (DEA) —Thirty Years On." *European Journal of Operational Research* ,192(1) : 1 – 17.
14. Färe R. ,S. Grosskopf ,and D. Margaritis. 2001a. "APEC and the Asian Economic Crisis: Early Signals from Productivity Trends." *Asian Economic Journal* ,15(3) : 325 – 342.
15. Färe R. ,S. Grosskopf ,and C. Pasurka. 2001b. "Accounting for Air Pollution Emissions in Measuring State Manufacturing Productivity Growth." *Journal of Regional Science* ,41(6) : 381 – 409.
16. Färe R. ,and S. Grosskopf. 2004. "Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation: Comment." *European Journal of Operational Research* ,157(1) : 242 – 245.
17. Färe R. ,S. Grosskopf ,and W. L. Weber. 2006. "Shadow Prices and Pollution Costs in U. S. Agriculture." *Ecological Economics* , 56(1) : 89 – 103.
18. Färe R. ,S. Grosskopf ,and C. Pasurka. 2007. "Environmental Production Functions and Environmental Directional Distance Functions." *Energy* ,32(7) : 1055 – 1066.
19. Friedl B. ,and M. Getzner. 2003. "Determinants of CO2 Emissions in a Small Open Economy." *Ecological Economics* ,45(1) : 133 – 148.
20. Grossman G. M. ,and A. B. Kruger. 1995. "Economic Growth and the Environment." *Quarterly Journal of Economics* ,110(7) : 353 – 377
21. Hall R. E. ,and C. I. Jones. 1999. "Why Do Some Countries Produce So Much More Output per Worker than Others?" *Quarterly Journal of Economics* ,114(1) : 83 – 116.
22. Hailu A. T. S. ,and C. T. Veeman. 2001. "Non – Parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Paper Industry." *American Journal of Agricultural Economics* ,83(3) : 805 – 816.
23. Hu J. L. ,and C. H. Kao. 2007. "Efficient Energy – saving Targets for APEC Economics." *Energy Policy* ,35(4) : 373 – 382.
24. Iyer K. A. Rambaldi ,and K. K. Tang. 2006. "Globalization and the Technology Gap: Regional and Time Evidence" In *Leading Economic and Managerial Issues Involving Globalization* ,ed. J. M. Aurifeille S. Svizzero ,and C. Tisdell 213 – 227. New York: Nova Science Publishers Press.
25. Krugman P. 1994. "The Myth of Asia' s Miracle." *Foreign Affairs* ,73(6) : 62 – 79.
26. Kumar S. 2006. "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist – Luenberger Index." *Ecological Economics* ,56(2) : 280 – 293.
27. Murty S. ,and R. Russell. 2002. "On Modeling Pollution Generating Technologies." University of Warwick Working Paper Series , No. 02 – 14.
28. O' Donnell C. J. ,D. S. P. Rao ,and G. E. Battese. 2008. "Meta – frontier Frameworks for the Study of Firm – Level Efficiency and Technology Ratios." *Empirical Economics* ,34(3) : 231 – 255.
29. Panayotou T. 1997. "Demystifying the Environmental Kuznets Curve Turning a Black Box into a Policy Tool." *Environment and Development Economics* ,58(2) : 465 – 484.
30. Picazo – Tadeo A. J. ,E. Reig – Martinez ,and F. Heranadez – Sancho. 2005. "Directional Distance Functions and Environmental Regulation." *Resource and Energy Economics* ,27(3) : 131 – 142.
31. Ravallion M. ,Heil M. ,and J. Jalan. 2000. "Carbon Emissions and Income Inequality." *Oxford Economic Paper* ,52(1) : 651 – 669.
32. Ramanathan R. 2002. "Combining Indicators of Energy Consumption and CO₂ Emissions: A Cross – country Comparison." *International Journal of Global Energy Issues* ,17(3) : 214 – 227.
33. Scheel H. 2001. "Undesirable Output in Efficiency Valuations." *European Journal of Operational Research* ,132(2) : 400 – 410.
34. Seiford L. M. ,and Zhu J. 2002. "Modeling Undesirable Factors in Efficiency Evaluation." *European Journal of Operational Research* ,142(1) : 16 – 20.
35. Taskin F. ,and O. Zaim. 2001. "The Role of International Trade on Environmental Efficiency: A DEA Approach." *Economic Modeling* ,18(4) : 1 – 17.
36. Tone K. 2001. "A Slacks – Based Measure of Efficiency in Data Envelopment Analysis." *European Journal of Operational Research* ,13(2) : 498 – 509.
37. Tonn B. 2003. "An Equity First ,Risk Based Framework for Managing Global Climate Change." *Global Environmental Change* , 13(1) : 295 – 306.

(下转第 129 页)

34. Wackernagel, M., and W. E. Rees. 1996. "Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth." *New Society*, Gabriola Island, BC, Canada.
35. Wiedmann, T. 2009. "A Review of Recent Multi-region Input-output Models Used for Consumption-based Emission and Resource Accounting." *Ecological Economics*, 69(2): 211-222.

Analysis on the Difference of Energy Consumption Spillovers on Economic Growth: An Empirical Test Taking Consumption Per Capita as a Threshold Variable

Shi Yadong

(The School of Economics, Nankai University)

Abstract: This paper sets up an empirical model to estimate the spillover effect of energy consumption on economic growth, using a two-sector production function, and makes an empirical test on the difference of this effect when using consumption per capita as a threshold variable, based on 45 countries' data from 1980-2007. The result confirms that there is only one threshold, meaning that there is a nonlinear relationship existing between energy consumption and economic growth. And it concludes that when the level of consumption per capita is within the threshold value, the spillover effect is significant and positive, while when beyond the value, the effect is negative and no more significant. Those countries that beyond the threshold value are mainly developed countries. It means that those countries should adopt aggressive energy policy, as it not only is in accordance with consumers' responsibility principle, but also avoids the policy's negative effect on economic growth.

Key Words: Energy Consumption; Economic Growth; Threshold Regression; Consumption Per Capita

JEL Classification: Q43, C33, Q54

(责任编辑: 陈永清)

(上接第 120 页)

38. UNFCCC. 2007. "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change." Available at <http://www.greenhouse.gov.au/international/kyoto/>.
39. Wu, Y. 2004. "Openness, Productivity and Growth in the APEC Economies." *Empirical Economics*, 29(3): 593-604.
40. Yoruk, B., and O. Zaim. 2005. "Productivity Growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Indices." *Journal of Comparative Economics*, 33(5): 401-422.
41. Zhou, P., B. W. Ang, and K. L. Poh. 2006. "Slacks-based Efficiency Measures for Modeling Environmental Performance." *Ecological Economics*, 60(1): 111-118.
42. Zhou, P., B. W. Ang, and K. L. Poh. 2008. "A Survey of Data Envelopment Analysis in Energy and Environmental Studies." *European Journal of Operational Research*, 189(1): 1-18.

Energy Consumption, Carbon Dioxide Emission and Regional Economic Growth in the APEC Economies

Liu Yuhai¹ and Wu Peng²

(1: School of Economics, Nankai University; 2: Institute of Economics, Chinese Academy of Social Science)

Abstract: We use synthetically the SBM-Undesirable Model and the Meta-frontier Production Function to measure the economic growth efficiency of the 17 economies in the APEC from 1980 to 2007 under the dual constraints of energy consumption and carbon dioxide emissions, and then estimate the influences of different factors on the economic growth efficiency. The findings show that, there are some countries from the developed countries and the Asian new economies in some year underling the meta-frontier which stands for the potentially best technology level; the rankings both of the MTE and MTR are the developed countries, the Asian new economies, the developing countries; and the impacts of the factors on the MTE, such as the GDP per capita, industrialization level, population density and so on, are all very significant, but both of the impact direction and the impact extent of these factors on the GTE are different.

Key Words: Economic Growth Efficiency; SBM-Undesirable Model; Meta-frontier Production Function

JEL Classification: D24, O47, C61

(责任编辑: 彭爽)