

环境管制与全要素生产率增长:APEC 的实证研究^{*}

王 兵 吴延瑞 颜鹏飞

内容提要:本文运用 Malmquist-Luenberger 指数方法测度了 APEC 17 个国家和地区 1980—2004 年包含 CO₂ 排放的全要素生产率增长及其成分。首先,估计了对 CO₂ 的排放没有管制、CO₂ 排放水平保持不变、CO₂ 排放水平减少三种情形下的生产率指数及其成分。其次,对影响环境管制下全要素生产率增长的因素进行了实证检验。本文主要的结论有:在平均意义上,考虑环境管制后,APEC 的全要素生产率增长水平提高,技术进步是其增长的源泉;17 个国家和地区中,有 7 个国家和地区至少移动生产可能性边界 1 次;人均 GDP、工业化水平、技术无效率水平、劳均资本、人均能源使用量和开放度均对环境管制下的全要素生产率增长有显著的影响。

关键词:环境管制 全要素生产率 方向性距离函数 Malmquist-Luenberger 生产率指数数据包络分析

一、引 言

传统的增长理论主要致力于分析和解释经济增长过程中的“典型化事实”或者规律,探索政府通过何种方式来影响增长率,并没有对经济增长和环境管制之间的关系给予过多的关注。但是,近些年来,这个问题已经引起了经济增长理论的重视(Xepapadeas,2005)。尤其是,环境管制对经济增长的效应日益受到政策制定者和学术界的重视。为了全面控制二氧化碳等温室气体排放,以应对全球气候变暖给人类经济和社会带来不利影响,1992 年 5 月 22 日联合国政府间谈判委员会就气候变化问题达成了《联合国气候变化框架公约》(简称《气候公约》),并于 1992 年 6 月 4 日在巴西里约热内卢举行的联合国环境发展大会(地球首脑会议)上通过。在《气候公约》中,工业化国家承诺同意在本国采取政策和措施,以实现到 2000 年使本国温室气体排放量降低至 1990 年水平这一具体目标。截至 2007 年 6 月,已有 191 个国家批准了《气候公约》。在《气候公约》的基础上,联合国气候大会于 1997 年 12 月在日本京都通过了《京都议定书》,具体目标是 2008—2012 年,工业化国家温室气体排放总量在 1990 年的基础上平均减少 5.2%,发展中国家没有减排义务。截至 2007 年 6 月已有 174 个国家批准了《京都议定书》。1989 年成立的亚太经济合作组织(APEC)包括了本地区所有重要的经济体和世界上最有活力、发展最快的经济组织。但是,其 CO₂ 的排放量也占到了整个世界的大约 60%。为了减排温室气体,APEC 第十五次领导人非正式会议 2007 年 9 月 8 日就气候变化问题通过一份宣言,确定了降低亚太地区能源强度和增加森林面积的具体目标。

作为经济增长的一个重要引擎,生产率增长使得整个世界的生活水平在 20 世纪有了迅速的提高。所以,已经有大量的研究关注环境管制对于传统全要素生产率的影响(Jaffe et al.,1995)。然

^{*} 王兵,暨南大学经济学院经济学系,规制与增长研究中心,邮政编码:510632,电子邮箱:twangb@jnu.edu.cn;吴延瑞,澳大利亚西澳大学商学院,邮政编码:6009,电子邮箱:ywu@biz.uwa.edu.au;颜鹏飞,武汉大学经济与管理学院,邮政编码:430072,电子邮箱:yanpengfei1023@163.com。本研究得到国家自然科学基金的资助(项目批准号:70403006)。作者感谢匿名审稿人对本文提出的富有启发性的修改意见。当然,文责自负。

而,传统的**全要素生产率测度**,如 Tornqvist 指数和 Fischer 指数,仅仅考虑市场性的“好”产出(Good Output)的生产,并没有考虑生产过程中产生的非市场性的“坏”产出(Bad Output),如 CO₂ 的排放。这主要是由于研究者无法得到“坏”产出的价格信息。环境管制将本来可以用于生产的投入配置到污染治理活动中(Fare et al., 2001a)。当生产单位面临环境管制的时候,由于治理污染投入的成本包含在测算全要素生产率的投入中,而传统的测度方法仅仅用“好”产出的增长率减去所有投入的贡献,“坏”产出的下降并没有被考虑,从而得到全要素生产率下降的结论(Repetto et al., 1997)。因此,传统全要素生产率的测度方法使得生产率增长的测算出现了偏差。对于“好”产出和“坏”产出的不平衡处理扭曲了对经济绩效和社会福利水平变化的评价,从而会误导政策建议(Hailu and Veeman, 2000)。

Caves et al. (1982a)根据 Farrell (1957)的工作,在假设技术是有效率的前提下,定义了一个指数——**Malmquist 生产率指数**,这种指数不需要价格信息。Fare et al. (1994)将 Caves et al. 的方法扩展到了存在技术无效率的情形,并且发展了一个可以将**全要素生产率增长分解为效率变化和技术进步两个成分的 Malmquist 生产率指数**。这种双重分解对于解释不同国家和地区增长模式的差异是非常重要的。然而,如果存在“坏”产出,这种依靠传统距离函数(Distance Function)的 Malmquist 生产率指数便无法计算全要素生产率。在测度瑞典纸浆厂的全要素生产率时,Chung et al. (1997)在介绍一种新函数——**方向性距离函数(Directional Distance Function)**的基础上,提出了**Malmquist-Luenberger 生产率指数**,这个指数可以测度存在“坏”产出时的全要素生产率。这个指数同时考虑了“好”产出的提高和“坏”产出的减少,并且具有 Malmquist 指数所有的良好性质。尽管 Malmquist 指数已经被广泛应用,但是,仅仅有限的文献运用 Malmquist-Luenberger 指数来测度生产率的增长。

Pittman (1983)在对威斯康星州造纸厂的效率进行测度时,发展了 Caves et al. (1982b)超对数生产率指数,第一个尝试了在生产率测度中引入“坏”产出。在研究中,Pittman (1983)用治理污染成本作为“坏”产出价格的代理指标。从此以后,大量的研究者开始将环境污染变量纳入到估计的生产模型中,主要的思路有两个:一是将污染变量作为一种投入(如,Hailu and Veeman, 2001);二是将污染变量作为具有弱可处置性的“坏”产出(如 Chung et al., 1997; Fare et al., 2001a)。一般上,这些对环境绩效的测度主要是通过对标准的参数和非参数效率分析方法的改进来实现。

与本文相关的文献主要包括运用 Malmquist-Luenberger 生产率指数进行研究的文献(Chung et al., 1997; Fare et al., 2001a; Lindmark et al., 2003; Jeon and Sickles, 2004; Lindenberg, 2004; Domazlicky and Weber, 2004; Yörük and Zaim, 2005; Kumar, 2006)以及对 APEC 全要素生产率进行跨国比较研究的文献(Chambers et al., 1996; Chang and Luh, 1999; Fare et al., 2001b; Wu, 2004; 王兵和颜鹏飞, 2007)。尽管 Chambers et al. (1996)、Chang and Luh (1999)、Fare et al. (2001b)、Wu (2004)及王兵和颜鹏飞(2007)研究了 APEC 的生产率增长,但是他们都没有考虑环境问题,即污染的排放。Fare et al. (2001a)、Weber 和 Domazlicky (2001)和 Domazlicky 和 Weber (2004)主要是关注微观水平的生产率增长。虽然其他研究将宏观数据运用到生产率增长中,但是除了 Jeon 和 Sickles (2004)外,均是仅仅考虑了两种生产率指数,而 Jeon 和 Sickles (2004)却没有对影响生产率的因素进行考察。本文的目的就是填补这些研究上的不足。

在一些文献中“好”产出称为合意产出(Desirable Output),“坏”产出称为非合意产出(Undesirable Output)。

Tyteca (1996) 和 Scheel (2001)对测度环境效率绩效的方法进行了全面的综述。Coelli et al. (2005)对这些标准的方法作了较为全面的介绍。

Ray and Mukherjee (2007)把目前对跨国温室气体排放与经济增长关系研究的文献划分为三类:(1)根据环境库兹涅茨曲线理论,主要研究温室气体排放与人均 GDP 的关系;(2)运用指数分解法,寻求解释变量对于被解释变量的贡献;(3)将“好”产出(GDP)和“坏”产出(污染)连同资源利用一起放在分析框架中,从而测度一个国家的环境绩效。本文应归属于第三类文献。

本文试图从以下两个方面对现有文献进行拓展:(1)运用 Malmquist-Luenberger 生产率指数测度并比较了,对 CO₂ 排放做出不同管制的三种情形下 APEC 17 个国家和地区 1980—2004 年的全要素生产率增长。(2)对影响环境管制下全要素生产率增长的因素进行实证研究。

本文下面的安排是:第二部分是研究方法的介绍;第三部分是数据处理及实证结果的分析;第四部分是对影响环境管制下全要素生产率增长因素进行实证分析;第五部分是结论。

二、研究方法

为了将环境管制纳入到生产率分析框架中,我们首先需要构造一个既包含“好”产出,又包含“坏”产出的生产可能性集,即环境技术(The Environmental Technology)。假设每一个国家或者地区使用 N 种投入 $x = (x_1, \dots, x_N) \in R_N^+$ 得到 M 种“好”产出 $y = (y_1, \dots, y_M) \in R_M^+$, 以及 I 种“坏”产出 $b = (b_1, \dots, b_I) \in R_I^+$ 。用 $P(x)$ 表示生产可行性集:

$$P(x) = \{(y, b) \mid x \text{ 可以生产 } (y, b)\}, x \in R_N^+ \quad (1)$$

我们假设生产可行性集是一个闭集和有界集,“好”产出和投入是可自由处置的。根据 Fare et al. (2007),为了使 $P(x)$ 表示环境技术,需要增加两个额外的环境公理:

公理 1:如果 $(y, b) \in P(x)$ 及 $b = 0$, 则 $y = 0$ 。 (2)

公理 2:如果 $(y, b) \in P(x)$ 及 $0 \leq \lambda \leq 1$, 则 $(\lambda y, \lambda b) \in P(x)$ 。 (3)

第一个公理叫做零结合公理(Null-jointness Axiom)或者副产品公理(Byproducts Axiom)。这个公理意味着一个国家如果没有“坏”产出,就没有“好”产出,或者说,有“好”产出就一定有“坏”产出,从而将环境因素纳入到分析框架中。第二个公理叫做产出弱可处置性公理(Weak Disposability of Outputs Axiom),即“好”产出和“坏”产出同比例减少,仍然在生产可行性集中。这个公理意味着,若要减少“坏”产出就必须减少“好”产出,表明污染的减少是有成本的,从而将环境管制的思想纳入到分析框架中。

假设在每一个时期 $t = 1, \dots, T$, 第 $k = 1 \dots K$ 个国家或地区的投入和产出值为 $(x^{k,t}, y^{k,t}, b^{k,t})$ 。运用数据包络分析(DEA)可以将满足上述公理的环境技术模型化为:

$$P^t(x^t) = \{(y^t, b^t) \mid \sum_{k=1}^K z_k^t y_{km}^t = y_{km}^t, m = 1, \dots, M; \sum_{k=1}^K z_k^t b_{ki}^t = b_{ki}^t, i = 1, \dots, I; \sum_{k=1}^K z_k^t x_{kn}^t = x_{kn}^t, n = 1, \dots, N; z_k^t \geq 0, k = 1, \dots, K\} \quad (4)$$

z_k^t 表示每一个横截面观察值的权重,非负的权重变量表示生产技术是规模报酬不变的。在模型(4)中,“好”产出和投入变量的不等式约束意味着“好”产出和投入是自由可处置的。加上“坏”产出的等式约束后,则表示“好”产出和“坏”产出是联合起来是弱可处置的。此外,为了表示产出的零结合,需要对 DEA 模型强调下面两个条件:

$$\sum_{k=1}^K z_k^t b_{ki}^t > 0, i = 1, \dots, I \quad (5a)$$

$$\sum_{i=1}^I z_k^t b_{ki}^t > 0, k = 1, \dots, K \quad (5b)$$

条件(5a)表示每一种“坏”产出至少有一个国家或地区生产,条件(5b)表示每一个国家或地区至少

Fare and Primont (1995)对此进行了详细的讨论。

我们之所以假设技术为规模报酬不变,因为这个假设是,使得作为结果的生产率指数是真正的全要素生产率指数的必要条件(Fare et al., 1996)。

生产一种“坏”产出。

尽管环境技术的构造有利于概念的解释,但是却无助于计算,为了计算环境管制下的生产率,下面我们介绍方向性距离函数。

1. 方向性距离函数

环境管制的目标是减少污染(“坏”产出),保持经济增长(“好”产出)。为了将这样的生产过程模型化,我们需要引入方向性距离函数,这个函数是谢泼德(Shephard)产出距离函数的一般化。基于产出的方向性距离函数可以用下式表述:

$$\vec{D}_o(x, y, b; g) = \sup \{ \lambda \mid (y, b) + \lambda g \in P(x) \} \quad (6)$$

$g = (g_y, g_b)$ 是产出扩张的方向向量。根据“坏”产出表现出技术上的强弱可处置性,方向性距离函数需要选择不同的方向向量。本文主要考虑了三种情形:

- 情形 1:方向向量是 $g = (y, 0)$,且在构造生产技术时不考虑“坏”产出。
- 情形 2:方向向量是 $g = (y, 0)$,且“坏”产出在技术上具有弱可处置性。
- 情形 3:方向向量是 $g = (y, -b)$,且“坏”产出在技术上具有弱可处置性。

第一种情形意味着没有环境管制。第二种情形表示,在环境管制下,“好”产出提高而“坏”产出保持不变。第三种情形表示,存在更加严格的环境管制,要求同比例的增加“好”产出而减少“坏”产出。我们利用 DEA 来求解方向性距离函数,这需要解下面的线性规划:

$$\begin{aligned} \vec{D}_o(x^{t,k}, y^{t,k}, b^{t,k}; y^{t,k}, -b^{t,k}) = \text{Max s.t.} \quad & \sum_{k=1}^K z_k^t y_{km}^t \quad (1 + \lambda) y_{km}^t, m = 1, \dots, M; \quad (7) \\ & \sum_{k=1}^K z_k^t b_{ki}^t = (1 - \lambda) b_{ki}^t, i = 1, \dots, I; \quad \sum_{k=1}^K z_k^t x_{kn}^t \quad x_{kn}^t, n = 1, \dots, N; z_k^t \geq 0, k = 1, \dots, K \end{aligned}$$

线性规划(7)与情形 3 相对应,而情形 1 和 2 仅仅是其特例,这两种的情形的线性规划见附录。方向性距离函数的值如果等于零,表明这个国家的生产在生产可能性边界上,具有技术效率,否则表示技术无效率。有了方向性距离函数,我们便可以构造全要素生产率指数。

2. Malmquist-Luenberger 生产率指数

根据 Chung et al. (1997),基于产出的 Malmquist-Luenberger (ML) t 期和 $t+1$ 期之间的生产率指数为

$$ML_t^{t+1} = \left\{ \frac{[1 + \vec{D}_o(x^t, y^t, b^t; g^t)]}{[1 + \vec{D}_o(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})]} \times \frac{[1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; g^t)]}{[1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})]} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

ML 指数可以分解为效率变化 (EFFCH) 和技术进步指数 (TECH):

$$ML = EFFCH \times TECH \quad (9)$$

$$EFFCH_t^{t+1} = \frac{1 + \vec{D}_o(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \quad (10)$$

$$TECH_t^{t+1} = \left\{ \frac{[1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^t, y^t, b^t; g^t)]}{[1 + \vec{D}_o(x^t, y^t, b^t; g^t)]} \times \frac{[1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})]}{[1 + \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})]} \right\} \quad (11)$$

ML, EFFCH 和 TECH 大于(小于)分别表明生产率增长(下降),效率改善(恶化),以及技术进步(退步)。在每一种不同的情形下,有不同的方向性距离函数,因此,就有三个生产率指数。每一种生产

方向性距离函数是 Luenberger (1992, 1995) 短缺函数 (Shortage Function) 的一个变体。

根据 Chung et al. (1997),方向性距离函数和谢泼德距离函数的关系为: $\vec{D}_o(x, y, b; g) = 1/D_o(x, y, b) - 1$ 。

Chambers et al. (1996) 和 Fare et al. (2005) 对此进行了详细的讨论。

率指数的计算需要解四个线性规划,从而求四个方向性距离函数。其中两个线性规划求解当期方向性距离函数(如,利用 t 期的技术和 t 期的投入产出值),另外两个线性规划求解混合方向性距离函数(如,利用 t 期的技术和 $t+1$ 期的投入产出值)。在计算混合方向性距离函数时,如果 $t+1$ 期的投入产出值在期的技术下是不可行的,则线性规划无解。为了减少计算 ML 指数不可行解的数量,本文运用序列 DEA 的方法,即每一年的参考技术由当期及其前所有可得到的投入产出值决定。根据上述方法,本文测度了 17 个 APEC 国家和地区 1980—2004 年的生产率指数、效率变化指数及技术进步指数。

三、数据处理及实证结果分析

1. 数据处理

按照上述理论方法,我们需要 APEC 各个国家和地区 1980—2004 年的“好”产出、“坏”产出和投入数据。根据数据的可得性,我们主要选择 APEC 17 个国家和地区:澳大利亚、加拿大、智利、中国、中国香港、印度尼西亚、日本、韩国、马来西亚、墨西哥、新西兰、秘鲁、菲律宾、新加坡、中国台湾、泰国和美国。“好”产出、和投入的基础数据主要来源于 Heston, Summers and Aten PWT6. 2。

(1)“好”产出。“好”产出选用各个国家或地区以 2000 年为基期的实际国内生产总值,这些数据通过 PWT6. 2 不变价格链式序列人均国内生产总值与样本国家或地区的人口数相乘得到。

(2)“坏”产出。由于 CO₂ 的排放量占整个温室气体排放量的 80%,因此,我们选择 CO₂ 的排放量作为“坏”产出的指标。CO₂ 排放量的数据来源于 World bank (2007) WDI 数据库,CO₂ 排放量单位为千公吨。

(3)劳动投入。本文采用历年各个国家和地区的 GDP 除以劳均 GDP 得到劳动力投入的数据。

(4)资本投入。资本数据按照王兵、颜鹏飞(2007)的方法得到。

表 1 样本描述性统计

| 国家或地区 (略去) | 平均增长率(%, 1980—2004) | | | CO ₂ 排放量平均增长率(%) | | | CO ₂ 排放量份额(%) |
|---------------|---------------------|------|------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|
| | Y | L | K | 1980—1991 | 1992—2004 | 1980—2004 | 1980—2004 |
| 平均 1 | 2.89 | 1.4 | 3.46 | 1.46 | 1.6 | 1.76 | 63.41 |
| 平均 2 | 5.21 | 2.4 | 5.92 | 4.49 | 3.74 | 4.24 | 36.57 |
| 平均 3 | 4.71 | 2.54 | 5.3 | 4.2 | 3.1 | 4.14 | 31.81 |
| 平均 4 | 6.21 | 2.13 | 7.15 | 5.07 | 4.01 | 4.45 | 4.76 |
| 总体平均 | 4.53 | 2.11 | 5.19 | 3.6 | 2.25 | 3.51 | 99.98 |

注:(1)限于篇幅关系,略去各个国家和地区的具体数据,读者若有需要,可向作者索要全套资料。

(2)平均 1 = 附件 I 国家;平均 2 = 非附件 I 国家;平均 3 = 发展中国家;平均 4 = 东亚新兴工业经济。

王兵和颜鹏飞(2007)对序列 DEA 进行了介绍。Fare et al. (2001a)及上述大多数文献的处理方法是窗式 DEA (Window DEA),即每一年的参考技术由当期及其前两年的投入产出值决定。例如,2000 年的参考技术由 2000 年、1999 年和 1998 年的数据来构造。Fare et al. (2006)认为窗式 DEA 是当期 DEA 和序列 DEA 的折衷。但是,窗式 DEA 的缺陷在于:一方面,它无法避免技术退步的情况;另一方面,它在降低不可行解的效果方面也不如序列 DEA。所以,根据王兵和颜鹏飞(2007),我们选择了序列的 DEA。我们也运用窗式 DEA 对生产率指数进行了测算,需要结果的可以与作者联系。

中国台湾的数据来源于 Oak Ridge Data set (<http://cdiac.esd.ornl.gov/tip/ndp030/>),为了和 WDI 数据的单位保持一致,每个数值通过原始数据乘以 3.664 得到(Oak Ridge Data set 中 CO₂ 排放量的单位为千公吨碳)。在 WDI 中,缺少大多数国家和地区的 2003 年和 2004 年的数据,我们采取插补法得到。

我们对折旧率敏感性进行了分析,即在假设发达国家和发展中国家的折旧率分别为 7%和 4%的基础上,重新计算资本存量及生产率。但是,我们发现结果几乎没有受到影响。

样本数据的描述性统计在表 1 中。1980 年以来,中国、马来西亚、泰国和东亚新兴工业经济都具有很高的增长率。这些国家和地区均包含在 Spence (2007) 所列举的 11 个持续高速增长的经济体中。但是,我们也看到,在这些经济体中,高速的经济增长也伴随着资本存量和 CO_2 排放量的迅速增长。为了考察《气候公约》对 CO_2 排放量的可能冲击,在时间上将样本期划分为两个阶段:1980—1991 年(《气候公约》签订前)和 1992—2004 年(《气候公约》签订后)在空间上,我们将 17 个国家和地区分为两组:附件 I 国家(加拿大、美国、日本、澳大利亚、新西兰)和非附件 I 国家。其中,非附件 I 国家可以划分为发展中国家(墨西哥、智利、印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、泰国、中国、秘鲁)和东亚新兴工业经济(中国香港、韩国、新加坡、中国台湾)。截至 1994 年,除了新加坡外,所有其他的 APEC 成员国家或地区均在《气候公约》上签字。美国是目前唯一一个没有在《京都议定书》上签字的国家。附件 I 国家和中国是 CO_2 排放的主要国家,它们的 CO_2 排放总量占整个研究样本总量的 87.24%。在整个样本期,泰国 CO_2 排放量平均增长率最高,达到 8.14%。通过表 1 也可以看到,1992—2004 年间, CO_2 排放量平均增长率下降,这表明《气候公约》对于降低 CO_2 排放量具有积极的影响,Yörük and Zaim (2005)在对 OECD 的研究中,也得到了同样的结论。

2. 实证结果分析

根据上述的研究方法及所得到的数据,运用 GAMS22.4 软件包得到三种类型的全要素生产率指数及其成分的结果。**情形 1** 下没有考虑环境管制,其实质是生产率增长文献中的传统的 Malmquist 生产率指数。**情形 2** 考虑一个国家和地区在环境管制下 CO_2 排放量保持不变,而“好”产出(GDP)尽可能地提高,这种情形似乎和《京都议定书》设定的关于 CO_2 排放的目标是一致的(Jeon and Sickles, 2004)。**情形 3** 就是 ML 生产率指数,它要求同比例的增加 GDP 而减少 CO_2 排放量。这种情形可以看作是支持以经济增长为目标和反对经济增长的环保运动之间的折衷(Jeon and Sickles, 2004)。这也是和当前的实践,以及《气候公约》中减少 CO_2 排放的目标是一致的。表 2 是 1980—2004 年全要素生产率指数及其成分的平均增长率(表中 PI 表示全要素生产率指数,EC 表示效率变化,TP 表示技术进步。)。1980—1991 年和 1991—2004 年两个子时期全要素生产率指数及其成分的平均增长率在附表 1 和附表 2 中。

在情形 1 下(不考虑 CO_2 的排放),整个样本期内,APEC 总体平均全要素生产率指数为 1.0044,表明各个国家和地区的全要素生产率平均每年的增长率为 0.44%。从平均意义上来看,全要素生产率的增长主要是由 0.76%的技术进步推动,而效率变化则出现恶化。附件 I 国家的全要素生产率增长、技术进步率和效率变化(0.71%、0.91%和 -0.2%)均高于非附件 I 国家(0.32%、0.7%和 -0.38%)。四个东亚新兴工业化经济的全要素生产率增长率为 1.2%,其中技术进步率为 1.17%,技术效率增长率为 0.03%。发展中国家的全要素生产率平均增长率为 -0.11%,主要是由于效率出现恶化。从各个国家和地区来看,在 1980—2004 年期间,53%(9/17)的 APEC 成员表现出了全要素生产率的增长。全要素生产率增长最快的四个国家和地区是新加坡(3.06%)、日本(1.59%)、美国和中国台湾(1.12%)。在这些国家和地区,技术进步对全要素生产率增长的贡献要大于效率变化,尤其是日本的技术效率增长率为负。这个发现和 Fare et al. (2001b)是一致的,他们发现,在 1975—1996 年间,新加坡是 APEC 中全要素生产率增长最快的国家。

Spence (2007) 给“持续高速增长”下了一个定义:“高”是指 GDP 增长超过 7%,持续是指超过 25 年。这也是本文以 APEC 为研究对象的一个重要原因。

没有考虑《京都议定书》对排放量的影响,主要是由于《京都议定书》生效的时间为 2005 年 2 月 16 日,这已经超出了我们研究的样本期。附件 I 国家是指《气候公约》附件 I 所列的国家,主要包括发达国家和地区组织(欧盟)。

我们感谢美国环境保护局(Environmental Protection Agency)的 Carl A. Pasurka 教授对计算程序编写的帮助。

表 2 1980—2004 年全要素生产率指数及其成分的平均增长率

| 国家或地区 (略去) | 情形 1 | | | 情形 2 | | | 情形 3 | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | PI | EC | TP | PI | EC | TP | PI | EC | TP |
| 平均 1 | 1.0071 | 0.998 | 1.0091 | 1.0108 | 0.9961 | 1.0148 | 1.0091 | 0.9965 | 1.0126 |
| 平均 2 | 1.0032 | 0.9962 | 1.007 | 1.0034 | 0.9963 | 1.0071 | 1.0042 | 0.9988 | 1.0054 |
| 平均 3 | 0.9989 | 0.9941 | 1.0047 | 0.9966 | 0.9936 | 1.003 | 0.9998 | 0.9975 | 1.0023 |
| 平均 4 | 1.012 | 1.0003 | 1.0117 | 1.017 | 1.0017 | 1.0152 | 1.0131 | 1.0013 | 1.0118 |
| 总体平均 | 1.0044 | 0.9967 | 1.0076 | 1.0055 | 0.9962 | 1.0093 | 1.0056 | 0.9981 | 1.0075 |

注:限于篇幅关系,略去各个国家和地区的具体数据,读者若有需要,可向作者索要全套资料。

在情形 2 下(CO_2 的排放量保持不变),平均全要素生产率指数为 1.0055,高于情形 1 下的全要素生产率指数,这个发现支持了 Jeon and Sickles (2004) 的结果。在他们的研究中,无论是 OECD 还是亚洲经济,情形 2 下的平均全要素生产率指数均高于情形 1 下的全要素生产率指数。但是,附件 I 国家则是由于技术进步的加快,而非附件 I 国家,则主要是由于效率的改善。同情形 1 一样,附件 I 国家的全要素生产率增长和技术进步率(1.08 % 和 1.48 %) 高于非附件 I 国家(0.34 % 和 0.71 %),但是技术效率的增长率在非附件 I 国家中更高一些。并且,与情形 1 相比较,从各个国家和地区来看,在 1980—2004 年期间,71 % (12/17) 的 APEC 成员表现出了全要素生产率的增长。全要素生产率增长最快的三个国家和地区是新加坡(3.05 %)、美国(2.11 %)、中国香港(2.05 %)。在这些国家和地区,技术进步对全要素生产率增长的贡献要大于效率变化。

在选择特定方向向量的基础上,方向性距离函数测度观测值与生产可能性边界的距离,因此,全要素生产率的增长取决于一个国家或地区的投入—产出组合的变化以及与此国家或地区投入—产出观测值附近的生产可能性边界的形状(Jeon and Sickles, 2004)。因此,与忽视环境管制相比,在考虑环境管制的条件下,我们期望 CO_2 排放量的增长率越低及 GDP 增长率越高的国家和地区,相对来说具有更高的全要素生产率增长率。情形 2 的全要素生产率指数高于情形 1 的国家和地区有:澳大利亚、加拿大、中国香港、印度尼西亚、墨西哥、秘鲁、菲律宾、泰国、中国台湾和美国。符合这一规律的国家有(CO_2 排放量的增长率在 3 % 以下):澳大利亚、加拿大、墨西哥、秘鲁、美国。从 APEC 整体的角度来分析,我们并没有发现这个规律,主要是没有 CO_2 减排任务的非附件 I 国家占大多数。因此,我们重点分析附件 I 国家。附件 I 国家中的美国、加拿大和澳大利亚的 CO_2 排放量的增长率较低,并且这些国家的 GDP 增长率在附件 I 国家中也是排在前三位,所以,考虑环境管制后全要素生产率指数出现了正增长。对于日本和新西兰来说,虽然 CO_2 排放量的增长率 3 % 以下,但是这两个国家的 GDP 增长率较低,所以,全要素生产率指数并没有增加。

情形 3 下的 ML 指数强调了对 CO_2 排放的限制,这是与当前全世界都在关注全球变暖的现实是一致的。1980—2004 年,平均全要素生产率指数为 1.0056,这高于情形 1 和情形 2 下的全要素生产率指数,全要素生产率的增长的主要源泉是 0.76 % 的技术进步。附件 I 国家的全要素生产率增长和技术进步率(0.91 % 和 1.26 %) 高于非附件 I 国家(0.42 % 和 0.54 %)。在 APEC 中,71 % (12/17) 的国家和地区表现出了全要素生产率的增长。全要素生产率增长最快的三个国家和地区是新加坡(2.49 %)、中国台湾(1.56 %) 和中国香港(1.48 %)。附件 I 国家和非附件 I 国家在情形 1 下的平均全要素生产率增长率高于情形 3,这个发现与 Kumar (2006) 相一致。如果将减少 CO_2 排放量作为目标,则附件 I 国家的技术进步率(1.26 %) 要高于非附件 I 国家(0.54 %)。这个发现证实了 Kopp (1998) 的结论,他发现 1970—1990 年发达国家经历了伴随着减少 CO_2 排放的技术进步,但这并没

有出现在发展中国家。情形 3 下的全要素生产率指数高于情形 1 的国家和地区有:澳大利亚、加拿大、中国、中国香港、印度尼西亚、墨西哥、秘鲁、菲律宾和中国台湾。在对 CO₂ 排放量更加严格的管制下,我们期望全要素生产率的增长率与 CO₂ 排放量变化的方向相反。但是,我们研究的样本期间,没有一个国家或地区的 CO₂ 排放量增长率为负增长,所以,无法验证我们的期望。

根据附表 1 和附表 2,《气候公约》签订后,从总体上来看全要素生产率增长的幅度出现了提高,主要是由于效率的改善。如果分地区来看,除了东亚新兴工业化经济外,全要素生产率增长的幅度均出现了提高,提高的原因是由于效率的改善。如果具体到各个国家或地区来看,在情形 1 下,59% (10/17) 的 APEC 国家和地区全要素生产率的增长加快,提高幅度最大的三个国家是秘鲁、加拿大和马来西亚。在情形 2 下,59% (10/17) 的 APEC 国家和地区全要素生产率的增长加快,提高幅度最大的三个国家是中国、秘鲁和马来西亚。在情形 3 下,59% (10/17) 的 APEC 国家和地区全要素生产率的增长加快,提高幅度最大的三个国家是新西兰、马来西亚和墨西哥。

3. 生产可能性边界的移动——确认“创新者”

尽管每年的技术进步率可以计算出来,但是我们不知道每一年哪一个国家或地区使生产可能性边界外移。为了说明哪一个国家或地区是“创新者”(Innovator),我们需要在技术进步率的基础上引进一些条件。按照 Fare et al. (2001b) 和 Kumar (2006)

$$\begin{aligned} TECH_t^{t+1} &> 1 \\ \vec{D}_o(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}) &< 0 \\ \vec{D}_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}) &= 0 \end{aligned} \quad (12)$$

以情形 3 为例,第一个条件, $TECH_t^{t+1} > 1$, 表示生产可能性边界朝着更多“好”产出和更少“坏”产出的方向移动。也就是说,在既定的投入向量下, $t+1$ 期相对于 t 期具有更高的 GDP 及更少的 CO₂ 排放量。所以,当对“好”产出和“坏”产出做不对称处理时,这个条件测度了与一个国家相关部分的生产可能性边界在 t 期和 $t+1$ 期之间的移动。第二个条件表示 $t+1$ 期的生产发生在 t 期的生产可能性边界之外(即技术进步已经发生)。这意味着, t 期的技术利用 $t+1$ 期的投入是不可能生产出 $t+1$ 的产出。因此,相对于 t 期的参考技术,方向性距离函数的值小于零。第三个条件说明,作为“创新者”的国家必须在生产可能性边界上。如果同时满足上面三个条件,那么这个国家或地区从时期 t 到 $t+1$ 期使得生产可能性边界外移。附表 3 列出了三种情形下的“创新者”。按照上述条件,在情形 1 下,美国移动生产可能性边界 20 次,中国台湾移动生产可能性边界 18 次。在情形 2 下,美国移动生产可能性边界 21 次,中国台湾和中国香港分别移动边界 19 次和 15 次。在情形 3 下,美国、中国台湾和中国香港分别移动生产可能性边界 19 次、19 次和 16 次。总体上来说,共有 7 个国家至少移动生产可能性边界 1 次。并且,我们发现 1997—1998 年仅仅有 1 个国家移动生产可能性边界(主要是由于东亚金融危机),2000—2001 年没有国家移动边界(世界经济衰退)。这也支持了 Fare et al. (2001a) 的观点,他们认为商业周期和既定年份移动生产可能性边界的国家数目存在一定关系。

四、影响环境管制下全要素生产率的因素分析

上一部分分析了 APEC 国家和地区的全要素生产率绩效,这一部分将分析影响环境管制下全要素生产率增长的因素。尽管全要素生产率不是一个国家经济增长和福利唯一的决定因素,但是,全要素生产率的分析有助于我们理解一个国家的经济发展、生活水平和国家竞争力。所以,分析哪

些因素影响在考虑环境管制下的全要素生产率增长就显得非常重要。 到目前为止,并没有正式的理论作为确定影响生产率增长因素的依据,因此,本文的研究主要是根据前人的研究以及自己的思考来确定这些因素。在某些情况下,这些因素的选择还要受到数据可得性的限制。

为了检验生产率增长和影响其因素的关系,我们利用面板数据回归下面的方程:

PI = + i z_i + u (13)

PI 表示生产率指数(因变量),z_i 代表影响生产率增长的因素(解释变量),_i 是被估计参数,u 是标准白噪声,是截距项。为了考虑环境管制,情形 2 和情形 3 的生产率指数用到方程(13)中。解释变量包括,不变价格的人均 GDP(GDPPC),工业增加值占 GDP 的份额(IND),滞后一期的技术无效率(EI_{t-1}),资本-劳动比的对数(LN(K/L)),人均能源使用量(EPC),开放度(OPEN)和虚拟变量(UNFCCC)(签订《气候公约》的国家和时期为 1)。人均 GDP 和工业增加值份额的平方也包含在回归方程中,主要是考察生产率指数和这些变量之间的二次型关系。人均 GDP 和开放度的数据来源于 PWT6.2。工业增加值占 GDP 的份额和人均能源耗费量的数据来源于 WDI 数据库(World Bank, 2007)。

表 3 影响环境管制下生产率增长的因素

| 变量 | 情形 2 | | | | 情形 3 | | | |
|--------------------|-------------------------|----------|-----------------------|----------|---------------|----------|-----------------------|----------|
| | 固定效应模型 | | 随机效应模型 | | 固定效应模型 | | 随机效应模型 | |
| | | t-Stat | | t-Stat | | t-Stat | | t-Statc |
| | 2.0507 * | 13.0536 | 0.9877 * | 17.4225 | 1.3131 * | 24.5724 | 1.0969 * | 22.3656 |
| GDPPC | 0.2021 * | 4.8361 | 0.0154 | 0.8896 | 0.0734 * | 6.1134 | 0.0357 * | 2.4762 |
| GDPPC ² | - 0.0237 * | - 3.5003 | 0.0003 | 0.0704 | - 0.0105 * | - 5.3833 | - 0.0054 [†] | - 1.7882 |
| IND | - 0.4711 ** | - 2.2052 | 0.0988 | 0.6239 | - 0.2714 * | - 3.5981 | - 0.0628 | - 0.5005 |
| IND ² | 0.9208 * | 2.8629 | - 0.1567 | - 0.6581 | 0.5377 * | 4.9679 | 0.133 | 0.7042 |
| EI _{t-1} | 0.1705 * | 7.6931 | 0.0208 ** | 2.0076 | 0.0613 * | 4.7579 | 0.0165 [†] | 1.6692 |
| LN(K/L) | - 0.1123 * | - 6.7625 | - 0.0015 | - 0.2259 | - 0.0321 * | - 6.1223 | - 0.0113 ** | - 2.1382 |
| EPC | - 7.85E-06 [†] | - 1.2965 | - 1.92E-06 | - 1.1365 | - 4.35E-06 ** | - 2.1534 | - 6.62E-07 | - 0.4243 |
| OPEN | - 0.0183 * | - 2.482 | 0.0029 [†] | 1.3248 | - 0.0086 ** | - 2.4099 | 0.0017 | 0.84 |
| UNFCCC | - 0.012 * | - 2.5206 | - 0.0062 [†] | - 1.7548 | 0.0003 | 0.2419 | - 0.0027 | - 1.0416 |
| 拐点(GDPPC) | 4.2637 | | — | | 3.4952 | | 3.3056 | |
| 拐点(INDS) | 0.25 | | 0.31 | | 0.25 | | 0.24 | |
| R ² | 0.259 | | 0.0775 | | 0.4482 | | 0.0525 | |
| Hausman 检验 | | | 90.5932 | | | | 33.0829 | |
| 观测值数量 | 408 | | 408 | | 408 | | 408 | |

注: * 表示估计系数在 1 %水平上显著,**代表估计系数在 5 %水平上显著;† 表示估计系数在 10 %水平上显著,‡ 表示估计系数在 20 %水平上显著。

Fare et al. (2001a)、Yörük and Zaim(2005) 和 Kumar (2006) 也做了同样的工作。

Fare et al. (2001a) 认为,一个国家工业部门的具体构成也会影响 CO₂ 排放量。由于数据的可得性,我们只分析了总的工业增加值占 GDP 的比重。

表 3 给出了固定效应和随机效应两种情况下的回归结果。Hausman 检验表明对两个生产率指数的回归分析均应选择固定效应模型。除了情形 3 下的虚拟变量外,所有的系数都具有统计显著性。人均 GDP 和生产率指数正相关,并且人均 GDP 平方的系数为负,这说明人均 GDP 和生产率指数之间具有倒 U 型关系,拐点大约为 \$42637 (情形 2) 或者 \$34952 (情形 3)。因此,一旦 APEC 国家和地区的人均 GDP 达到拐点的水平,生产率增长将下降。这反映了 APEC 中落后国家的追赶效应。这与 Yörük 和 Zaim (2005)发现 OECD 中 U 型的关系相反,这主要是由于 OECD 中各个国家的发展水平更加接近,而 APEC 中各成员之间人均 GDP 的差距较大。工业份额与生产率指数负相关,然而工业份额的平方的系数则为正,表明两者之间具有 U 型的关系,两种情形下的拐点均大约为 25%。因此,一旦一个国家和地区的工业份额超过这些拐点,生产率增长将加快。Yörük 和 Zaim (2005)发现在 OECD 中具有相同的现象。这种现象是由于一个国家工业化程度越高生产年率增长越快的事实。生产率指数和滞后一期的技术无效率是正相关的,而资本-劳动比的系数是负的。这两个关系说明 APEC 中趋同现象的存在。越靠近生产边界的国家和地区相对于距边界较远的国家和地区来说,生产率增长越低,因此出现了后者对前者的追赶 (Lall et al. 2002)。Kumar (2006) 的研究也支持了趋同的假说。

最后,开放度和人均能源使用量与生产率指数均是负相关的。开放度可以作为制度和政策框架的代理变量,并且获取国际贸易对生产率增长的信息 (Ekins et al. 1994, Taskin and Zaim 2001, Kumar 2006)。这个结果说明环境的不合意效应可能来源于贸易量和人均能源的使用量的提高。另外,在情形 2 下,虚拟变量的系数是负的,且具有统计显著性。但是,在情形 3 下,虚拟变量的系数是正的,统计上却没有显著性。这与 Yörük 和 Zaim (2005)的结果相矛盾,他们的研究表明 OECD 国家《气候公约》的签订对生产率增长具有正的冲击。这主要是由于,OECD 大多数成员国家是附件 I 国家,这些国家具有减排温室气体的任务,而在我们研究的 APEC 成员中,仅仅 5 个国家是附件 I 国家,所以,《气候公约》对考虑环境管制下的生产率的影响并不明显,甚至具有相反的结果。

五、结 论

由于没有考虑生产过程中的“坏”产出,传统全要素生产率的测度方法使得生产率增长的测算出现了偏差。本文运用 Malmquist-Luenberger 生产率指数测度并比较了对 CO₂ 排放做出不同管制的三种情形下 APEC 17 个国家和地区 1980—2004 年的全要素生产率增长。为了减少不可行解的数量,并且避免技术退步,我们运用了序列 DEA。最后,对环境管制下影响全要素生产率增长的因素进行了实证研究。

我们发现,如果不考虑环境管制,APEC 的生产率平均每年的增长率为 0.44%。然而,如果政策的目标是保持 CO₂ 排放量不变或者减少 CO₂ 排放量,生产率的增长率为 0.55% 或者 0.56%,并且主要是由于技术进步的推动。因此,从平均意义上讲,考虑环境管制后,APEC 的生产率增长水平提高了。本文也发现 17 个国家和地区中,有 7 个国家和地区至少移动生产可能性边界 1 次。

我们也考察了,在两种不同环境管制假设下,影响全要素生产率增长的因素。结果发现,人均 GDP 和生产率指数正相关,并且人均 GDP 平方的系数为负;工业份额与生产率指数负相关,然而工业份额的平方的系数则为正;生产率水平和滞后一期的技术无效率同方向变化,与劳均资本反向变化,这意味着趋同假设的存在;人均能源使用量 and 国家的开放度与生产率增长负相关,签订气候协定的虚拟变量与生产率水平的关系不确定。

当然,本文并没有考虑其他的温室气体以及污染物,从而影响了评价各个国家和地区环境全要素生产率的准确性。因此,在运用本文的研究结果制定政策建议时需要谨慎。这也将是我们下一步研究的方向。

附录

1. 求解情形 1 和情形 2 方向性距离函数的线性规划

情形 1:(没有环境管制)

$$\vec{D}_o^t(x^{t,k}, y^{t,k}, 0; y^{t,k}, 0) = \text{Max s.t.} \sum_{k=1}^K z_k^t y_{km}^t (1 +) y_{km}^t, m = 1, \dots, M; \quad (\text{A. 1})$$
$$\sum_{k=1}^K z_k^t x_{kn}^t x_{kn}^t, n = 1, \dots, N; z_k^t = 0, k = 1, \dots, K$$

情形 2:(CO₂ 排放量保持不变)

$$\vec{D}_o^t(x^{t,k}, y^{t,k}, b^{t,k}; y^{t,k}, 0) = \text{Max s.t.} \sum_{k=1}^K z_k^t y_{km}^t (1 +) y_{km}^t, m = 1, \dots, M; \quad (\text{A. 2})$$
$$\sum_{k=1}^K z_k^t b_{ki}^t = b_{ki}^t, i = 1, \dots, I; \sum_{k=1}^K z_k^t x_{kn}^t x_{kn}^t, n = 1, \dots, N; z_k^t = 0, k = 1, \dots, K$$

2. 两个子时期的全要素生产率指数及其成分的增长率

附表 1 1980—1991 年全要素生产率及其成分的平均增长率

| 国家或地区 (略去) | 情形 1 | | | 情形 2 | | | 情形 3 | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | PI | EC | TP | PI | EC | TP | PI | EC | TP |
| 平均 1 | 1.0055 | 0.9952 | 1.0103 | 1.0097 | 0.9903 | 1.0196 | 1.0085 | 0.9911 | 1.0175 |
| 平均 2 | 1.0024 | 0.9903 | 1.0122 | 1.0027 | 0.9916 | 1.0111 | 1.0041 | 0.996 | 1.0082 |
| 平均 3 | 0.9947 | 0.9845 | 1.0103 | 0.9932 | 0.9869 | 1.0065 | 0.9974 | 0.9932 | 1.0042 |
| 平均 4 | 1.0179 | 1.002 | 1.0158 | 1.0217 | 1.0012 | 1.0206 | 1.0177 | 1.0015 | 1.0162 |
| 总体平均 | 1.0033 | 0.9917 | 1.0116 | 1.0047 | 0.9912 | 1.0136 | 1.0054 | 0.9946 | 1.0109 |

注:限于篇幅关系,略去各个国家和地区的具体数据,读者若有需要,可向作者索要全套资料。

附表 2 1992——2004 年全要素生产率及其成分的平均增长率

| 国家或地区 (略去) | 情形 1 | | | 情形 2 | | | 情形 3 | | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | PI | EC | TP | PI | EC | TP | PI | EC | TP |
| 平均 1 | 1.0092 | 1.0005 | 1.0086 | 1.0126 | 1.001 | 1.0116 | 1.0103 | 1.0012 | 1.0091 |
| 平均 2 | 1.0043 | 1.0013 | 1.003 | 1.0043 | 1.0003 | 1.004 | 1.0046 | 1.0012 | 1.0034 |
| 平均 3 | 1.0026 | 1.0026 | 1 | 0.9995 | 0.9994 | 1.0001 | 1.002 | 1.0012 | 1.0008 |
| 平均 4 | 1.0077 | 0.9987 | 1.009 | 1.0139 | 1.0023 | 1.0116 | 1.01 | 1.0013 | 1.0087 |
| 总体平均 | 1.0057 | 1.001 | 1.0046 | 1.0067 | 1.0005 | 1.0062 | 1.0063 | 1.0012 | 1.0051 |

注:限于篇幅关系,略去各个国家和地区的具体数据,读者若有需要,可向作者索要全套资料。

3. 移动生产可能性边界的国家和地区

附表 3 移动生产可能性边界的国家和地区

| 年份 | 情形 1 | 情形 2 | 情形 3 |
|-----------|---------|----------------------|----------------------|
| 1980—1981 | 墨西哥、美国 | 中国香港、墨西哥、新西兰、菲律宾、美国 | 中国香港、墨西哥、新西兰、菲律宾、美国 |
| 1981—1982 | — | 菲律宾 | 菲律宾 |
| 1982—1983 | 美国 | 中国香港、新西兰、菲律宾、中国台湾、美国 | 中国香港、新西兰、菲律宾、中国台湾、美国 |
| 1983—1984 | 中国台湾、美国 | 中国香港、新西兰、菲律宾、中国台湾、美国 | 中国香港、新西兰、菲律宾、中国台湾、美国 |
| 1984—1985 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 |
| 1985—1986 | 中国台湾、美国 | 中国香港、菲律宾、中国台湾、美国 | 中国香港、菲律宾、中国台湾、美国 |
| 1986—1987 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1987—1988 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1988—1989 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1989—1990 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1990—1991 | 中国台湾 | 中国香港、中国台湾 | 中国香港、中国台湾 |
| 1991—1992 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1992—1993 | 中国台湾、美国 | 智利、中国香港、中国台湾、美国 | 智利、中国香港、中国台湾、美国 |
| 1993—1994 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1994—1995 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1995—1996 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1996—1997 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |
| 1997—1998 | 美国 | 美国 | 美国 |
| 1998—1999 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 | 中国台湾 |
| 1999—2000 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 | 中国台湾 |
| 2000—2001 | — | — | — |
| 2001—2002 | — | 美国 | 美国 |
| 2002—2003 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 | 中国台湾、美国 |
| 2003—2004 | 中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 | 中国香港、中国台湾、美国 |

注:“—”表示没有国家和地区在生产边界上。

参考文献

王兵、颜鹏飞,2007:《技术效率、技术进步与东亚经济增长》,《经济研究》第5期。

Caves,D. W. ,Christensen L. R. ,&Diewert,W. E. ,1982a,“The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity”, *Econometrica*, 50, pp. 1393—1414.

Caves,D. W. ,Christensen,L. R. ,&Diewert,W. E. ,1982b,“Multilateral Comparisons of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers”, *Economic Journal*, 92, pp. 73—86.

Chambers, R. G. , R. Fare, S. Grosskopf,1996,“Productivity Growth in APEC Countries”, *Pacific Economic Review*, 1(3), pp. 181—190.

Chang,C. ,Luh,Y. ,1999,“Efficiency Change and Growth in Productivity: The Asian Growth Experience”, *Journal of Asian Economics*, 10, pp. 551—570.

Chung, Y. H. , R. Fare and S. Grosskopf,1997,“Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach”, *Journal of Environmental Management*, 51, pp. 229—240.

- Coelli TJ, Prasada Rao DS, O'Donnell CJ, Battese GE, 2005, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd edn, Springer, New York.
- Domazlicky, B., Weber, W., 2004, "Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry?", *Environmental and Resource Economics*, 28, pp. 301—324.
- Ekins, P., Folke, C., Costanza, R., 1994, "Trade, Environment and Development: the Issues in Perspective", *Ecological Economics* 9, pp. 1—12.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, K. C. A., Yaisawarng, S., 1993, "Derivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach", *Review of Economics and Statistics*, 75, pp. 374—380.
- Fare, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z., 1994, "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries", *American Economic Review*, 84, pp. 66—83.
- Fare, R., Primont, Dan, 1995, *Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fare, R. and Grosskopf, S., 1996, *Intertemporal Production Frontiers: With Dynamic DEA*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fare, R., Grosskopf, S., Shawna, Pasurka, Carl, 2001a, "Accounting for Air Pollution Emissions in Measuring State Manufacturing Productivity Growth", *Journal of Regional Science*, 41, pp. 381—409.
- Fare, R., Grosskopf, S.; Margaritis, D., 2001b, "APEC and the Asian Economic Crisis: Early Signals from Productivity Trends", *Asian Economic Journal*, Sep 2001, Vol. 15 Issue 3, pp. 325—342.
- Fare, R., Grosskopf, S., 2004, *New Directions: Efficiency and Productivity*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Fare, R., Grosskopf, S., Noh, DW., Weber, W., 2005, "Characteristics of a Polluting Technology: theory and practice", *Journal of Econometrics*, 126, pp. 469—492.
- Fare, R., S. Grosskopf, and Carl A., Pasurka, 2006, "Pollution Abatement Activities and Traditional Productivity", *Ecological Economics*, doi:10.1016/j.ecolecon.2006.08.014.
- Fare, R., S. Grosskopf, and Carl A., Pasurka, 2007, "Environmental Production Functions and Environmental Directional Distance Functions", *Energy*, 32, pp. 1055—1066.
- Farrell, M. J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A: General*, 120, pp. 253—281.
- Hailu, A., Veeman, T. S., 2000, "Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959—1994: An Input Distance Function Approach", *Journal of Environmental Economics and Management*, 40, pp. 251—274.
- Hailu, A., Veeman, T. S., 2001, "Non-parametric Productivity Analysis with Undesirable Outputs: An Application to the Canadian Pulp and Paper industry", *American Journal of Agricultural Economics*, 83, pp. 605—616.
- Jaffe, A. B., S. Peterson, P. Portney, and R. Stavins. 1995, "Environmental Regulation and the Competitiveness of U.S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us?", *Journal of Economic Literature*, 33, pp. 132—163.
- Jeon, B. M., Sickles, R. C., 2004, "The role of Environmental Factors in Growth Accounting", *Journal of Applied Econometrics*, 19, pp. 567—591.
- Kopp, G., 1998, "Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: A Structural Approach", *Journal of Applied Statistics*, 25 (4), pp. 489—515.
- Kumar, S., 2006, "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-Luenberger Index", *Ecological Economics*, 56, pp. 280—293.
- Lall, P., Featherstone, A. M., Norman, D. W., 2002, "Productivity growth in the Western Hemisphere (1978—94): the Caribbean in perspective", *Journal of Productivity Analysis*, 17, pp. 213—231.
- Lindenberg, D., 2004, "Measuring the Economic and Ecological Performance of OECD Countries", EWI Working Paper, Nr 04.01.
- Lindmark, M., Vikstrom P., 2003, "Global Convergence in Productivity-A Distance Function Approach to Technical Change and Efficiency Improvements", Paper for the Conference "Catching-up Growth and Technology Transfers in Asia and Western Europe", Groningen 17—18 October, 2003. www.ggd.net/conf/paper-vikstromlindmark.pdf.
- Luenberger, D. G., 1992, "Benefit Functions and Duality", *Journal of Mathematical Economics*, 21, pp. 461—481.
- Luenberger, D. G., 1995, *Microeconomic Theory*, McGraw-Hill, Boston.
- Pittman, R. W., 1983, "Multilateral Productivity Comparisons with Undesirable Outputs", *Economic Journal*, 93, pp. 883—891.
- Ray, S. C., Mukherjee, K., 2007, "Efficiency in Managing the Environment and the Opportunity Cost of Pollution Abatement", http://digitalcommons.uconn.edu/econ_wpapers/200709.
- Repetto, R., D. Rothman, P. Faeth and D. Austin, 1997, "Has Environmental Protection Really Reduced Productivity Growth?", *Challenge*

(January-February) ,pp. 46—57.

Scheel H,2001 ,“ Undesirable Outputs in Efficiency Valuations ”, *European Journal of Operational Research* ,132 ,pp. 400—410.

Spence Michael ,2007 ,“ Wealth of Nations: Why China Grows So Fast ”, *Wall Street Journal (Eastern edition)* ,New York Jan 23 ,2007 .pg. A. 19.

Taskin , F. , Zaim , O. , 2001 , “ The Role of International Trade on Environmental Efficiency: a DEA Approach ”, *Economic Modelling* ,18 , pp. 1—17.

Tyteca D. ,1996 ,“ On the Measurement of the Environmental Performance of Firms -A Literature Review and A Productive Efficiency Perspective ”, *Journal of Environmental Management* , 46 ,pp. 281—308.

Weber ,W.L. and B. Domazlicky ,2001 , “ Productivity Growth and Pollution in State Manufacturing ”, *Review of Economics and Statistics* , 83 (1) ,pp. 195—199.

World Bank , 2007 , World Development Indicators , World Bank , Washington.

Wu ,Y. ,2004 ,“ Openness, Productivity and Growth in the APEC Economies ”, *Empirical Economics* , 29 ,pp. 593—604.

Xepapadeas, A. ,2005 ,“ Economic Growth and the Environment ”, In: Karl—Göran Mäler and Jeffrey Vincent , (eds) *Handbook of Environmental Economics*. North—Holland. Elsevier Science , Amsterdam , pp. 1220—1271.

Yörük,B. , Zaim,O. ,2006 , “ The Kuznets Curve and the Effect of International Regulations on Environmental Efficiency ”, *Economics Bulletin* , Vol. 17 , No. 1 pp. 1—7.

Yörük,B. , Zaim,O. ,2005 , “ Productivity growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Indices ”, *Journal of Comparative Economics* , 33 ,pp. 401—42.

Environmental Regulation and Total Factor Productivity Growth: An Empirical Study of the APEC Economies

Wang Bing ,Wu Yanrui and Yan Pengfei

(Economics School , Jinan University ;Business School ,

University of Western Australia ; Economics and Management School , Wuhan University)

Abstract: This paper applies Malmquist-Luenberger index method to measure TFP growth and its components in a sample of 17 APEC economies over the period 1980 to 2004 while accounting for CO₂ emissions. Firstly, we estimate and compare three type productivity indices according to three scenarios, from no constraints on CO₂ emissions, to no increase over current levels, to a partial reduction. Secondly, we empirically examine the causes of productivity changes while accounting for environmental regulation. The major conclusions are as follows: With accounting for environmental regulations, TFP growth for 17 APEC economies on average is slightly higher than that without regulations, and technical progress is the main source. Out of 17 economies, seven different economies shifted the frontier at least once. GDP per capita, industrialization, technical inefficiency, capital labor ratio, energy use per capita and the openness have a significant, negative effect on the productivity index with environmental regulations.

Key Words: Environmental Regulation; TFP; Directional Distance Functions; Malmquist-Luenberger Index; Data Envelopment Analysis

JEL Classification: D24 ,O47 ,C61

(责任编辑:成 言)(校对:子 璇)