

中国区域碳排放的环境绩效研究

任力,黄崇杰

(厦门大学 经济学系,福建 厦门 361005)

摘要:文章运用数据包络分析方法对我国29个省市在1995-2007年间在二氧化碳排放方面的环境绩效进行了评价。通过运用基于包含非期望产出的BCC模型,发现我国绝大多数省份的环境绩效指数在2000年之后都有不同程度的降低,这表明虽然我国经济一直保持着快速增长的势头,但若将环境因素考虑在内,结合相应的碳排放量进行分析,我们可以发现这种增长的效率在降低。进而,我们利用Malmquist指数法对这种效率的变化进行分解,我们发现这种效率的下降主要是由技术变化指数的下降引起。相应的政策建议有:我国应推行区域性的碳减排政策,加快促进低碳技术的创新和运用。

关键词:数据包络分析,碳排放,环境绩效,Malmquist指数分析

中图分类号:F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-3240(2011)07-0056-05

一、引言

随着全球经济的增长,人们生活水平的提高,环境问题受到了越来越多的重视。其中,因温室气体排放而造成的全球变暖问题首当其冲,节能减碳成为各国在促进经济发展过程中所面临的重要课题。联合国气候变化框架公约、京都议定书及2009年底召开的哥本哈根气候大会,都代表着人们为解决这一问题迈出了重要一步。中国作为世界上最大的发展中国家,至2009年,所排放的二氧化碳已经位居世界第二。二氧化碳的大量排放,产生温室效应,引起气候变化。中国也深受温室气体效应之害,气候变化引起的极端天气现象越来越多。出于国际社会碳减排责任的分担与中国自身实际,2009年12月哥本哈根会议前夕,中国政府自愿承诺到2020年在2005年基础上碳排放强度下降40%-45%。在这一政策导向下,中国各省级区域具有责任落实这一政策目标。事实上,自2007年起,中国政府实行节能减排责任制。在十一五规划纲要中曾提出了“十一五期间单位GDP能耗降低20%左右,主要污染物排放总量减少10%”的目标,根据这一目标,需要结合各区域发展不平衡的特点提出区域性节能减碳责任制。事实上,中国经济在未来相当长的时间内,将面临区域不平衡发展与碳减排的两重责任。因此,我们需要评估各区域碳排放的环境绩效,为区域性节能减碳政策提供理论依据。针对这一问题,本文运用DEA模型对我国各省在碳排放方面的环境绩效进行测量,并提出相应的政策建议。本文的结构安排如下:第二部分是相关的文献回顾,第三

部分是对DEA方法的描述;第四部分是对各省环境绩效的计算和分析;第五部分是采用Malmquist指数法对个省市在碳排放方面的效率作进一步的分解,最后是对全文进行总结与政策建议。

二、文献综述

度量环境变化有两种方法,第一种方法是采用环境绩效指数(EPI)来分析影响环境的各种因素的变化,Tyteca(1996)对各种度量环境绩效的指数进行了一个总结,但这些指数仅限于在微观层面上的运用,而且正如他所指出的,这些指数相互之间差异太大,无法全面地反映环境绩效的变化特征。第二种方法是运用数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)方法,它通过使用数学规划模型评价具有多个输入和多个输出的部门或单位(称为决策单元,DMU)间的相对有效性(称为DEA有效)。DEA是运筹学、管理科学和数理经济学交叉的一个新型研究领域,它由Charnes & Cooper等人于1978年开始创建。近年来,DEA方法在能源和环境领域的已经得到了广泛的应用,其主要优点在于不需要关于投入和产出之间的函数关系的假定,而只需要利用所观察到的投入和产出的数量,产生综合环境绩效指数,从而得出各种决策单元的相对有效性。Zaim & Taskin(2000a)用DEA方法建立了相应的环境效率指数,利用OECD国家1980-1990年期间在碳排放、GDP等方面的数据,对这些国家的环境效率进行了评价,并估算了由于对污染物排放的限制而造成的GDP损

收稿日期:2011-06-28

基金项目:国家社会科学基金规划项目“基于促进经济增长的低碳转型理论与政策”(09CJY041),教育部人文社会科学规划项目“基于节能减排的中国经济增长理论与政策”(08JC790086)的阶段性研究成果。

作者简介:任力(1972-),四川西充人,副教授,经济学博士,主要从事宏观经济学研究;黄崇杰(1987-),浙江苍南人,硕士研究生,主要从事宏观经济学研究。

失。Zaim & Taskin(2000b)同时利用了 DEA 方法与环境库兹涅茨曲线方法,同样针对 OECD 国家的环境绩效进行了比较和分析。Zofio 和 Prieto(2001)则以 14 个 OECD 国家的工业生产为例,将环境政策的限制引入了相应的 DEA 模型,分析了环境政策限制所造成的成本。Ramanathan(2005)用基础的 DEA 模型对位于中东及北非地区的国家的环境绩效进行了计算。Zhou et al(2006)采用基于松弛量(slacks-based)的 DEA 方法,对 30 个 OECD 国家在碳排放方面环境绩效进行了测度,同时也计算了每个国家由于环境规制而导致的机会成本。Ramanathan(2006)对全球在 1980-2001 年期间的环境绩效做了计算,并且利用 DEA 模型预测了在 2025 年,碳排放与能源消费之间的关系。Zhou et al(2007)^[6]采用了非径向(non-radial)DEA 方法来,并建立了相应的非径向 Malmquist 环境绩效指数,来测定 OECD 国家 1995-1997 年期间在环境效率方面的改进。Zhou et al(2008)则考察了在不同规模报酬情况下不同环境绩效指数所得到的不同结果,并将其运用于世界 8 个不同地区在碳排放效率方面的测量。国内的研究中,魏楚、沈满洪(2007)用 DEA 方法对我国各省的能源效率进行了分析,认为大多省份能源效率符合“先上升,再下降”的特征。陈军、成金华(2007)用此方法对我国各省的非可再生能源的生产效率进行了研究,并利用 Malmquist 指数方法对各省在 2001-2005 年期间生产效率的变化做了分析。尽管将 DEA 方法应用于环境绩效评估在近二十年来获得了广泛的发展和运用,但是直接将 DEA 方法运用于省级区域碳排放的环境绩效分析的研究在国内还不多见。

三、DEA 模型

数据包络分析的基本原理最早可以追溯到 Farrell(1957),但直到 1978 年, A.Charnes, W.Cooper & E.Rhodes 才提出了第一个 DEA 模型,称为 CCR 模型。CCR 模型是建立在规模报酬不变的假设之上,但此假设只有在所有的决策单元(DMU)处于最优的生产规模时才适用。此后,有的学者对此假定进行了修改,并建立了相应的新模型,如 Banker, Charnes 和 Cooper(1984)提出了一个可变规模报酬的 DEA 模型,称为 BCC 模型。本文将运用此模型进行分析。(Ramanathan, 2003)

在 BCC 模型中,假设现有 N 个部门或单位(称为决策单元,记为 DMU),每个 DMU 都有 m 种输入和 s 种输出, x 代表投入向量, y 代表产出向量,故对于第 j 个 DMU 来说, x_{ij} 代表其所使用的第 i 种投入品的数量, y_{ij} 代表其所生产的第 i 种产出的数量。基于产出角度的 BCC 模型可表述为如下形式:

$$\begin{aligned} \max \eta \quad \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n z_j y_j - s^+ = \eta y_0, \quad \sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- = x_0, \\ & \sum_{j=1}^n z_j = 1, \quad z_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n. \end{aligned} \quad (1)$$

其中 x₀ 和 y₀ 分别表示 DMU₀ 的投入和产出向量, s⁺、s⁻ 代表产出扩大比率, z 表示决策单元线性组合的系数, s⁺、s⁻ 为相应的松弛变量。若 η = 1, 且 s⁺ = s⁻ = 0, 则称此 DMU₀ 为 DEA 有效; 若 η = 1 且 s⁺、s⁻ 存在非零值, 则称此 DMU₀ 为 DEA 弱有效; 若 η > 1, 则称此 DMU₀ 为 DEA 无效。

类似的, 基于投入角度的 BCC 模型可以表示为:

$$\max \theta \quad \text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n z_j y_j - s^+ = y_0, \quad \sum_{j=1}^n z_j x_j + s^- = \theta x_0,$$

$$\sum_{j=1}^n z_j = 1, \quad z_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n. \quad (2)$$

其中 θ 代表投入缩小比率。若 θ = 1 且 s⁺ = s⁻ = 0, 则称此 DMU₀ 为 DEA 有效; 若 θ = 1 且 s⁺、s⁻ 存在非零值, 则称此 DMU₀ 为 DEA 弱有效; 若 θ < 1, 则称此 DMU₀ 为 DEA 无效。

传统的 DEA 模型都假定投入应该被最小化, 而产出应该被最大化。然而, 在实际的生产过程当中, 最终的产出还可能包括了废气、废物之类的污染物, 称其为非期望产出, 我们希望使其最小化。同时, 在一些生产过程中, 我们希望将投入最大化, 如将废气、废物作为投入的再循环、再用于生产过程。故对决策单位进行环境绩效评估时, 必须同时将期望产出和非期望产出纳入评价范围, 否则, 将扭曲评价结果。

一般来说, 利用传统的 DEA 框架来处理非期望产出的方法可分为直接方法和间接方法两种。间接方法是对原始数据做一些适当的单调变换, 使得那些非期望产出能够作为正常的期望产出来处理。而直接方法是基于 Fare et al(1989)提出的非期望产出的弱可处置性这个概念, 来直接利用原始数据进行分析。Fare & Grosskopf(2004)将这种弱可处置性技术定义为环境 DEA 技术(environmental DEA technology)。基于环境 DEA 技术, 学者们提出了不同的效率度量方法, 并获得了广泛的应用, 如双曲线效率方法 (Fare et al, 1989; Zaim and Taskin, 2000; Zofio and Prieto, 2001)、方向距离函数方法 (Chung et al, 1997; Fare and Grosskopf, 2004; Fare et al, 2004)、基于松弛量的效率度量方法、非径向方法 (Zhou et al, 2007^[6]) 等。Scheel(2001)对处理非期望产出的方法进行了总结, 认为基于间接方法对数据进行处理的具体手段可分为以下几种: 第一种是根据转化函数 f(U) = -U (U 代表非期望产出), 将非期望产出转化为期望产出来处理; 第二种是直接非期望产出作为模型中投入变量; 第三种是使用另一种转化函数 f(U) = -U^k + β, β 是一个足够大的正数, 能够保证转化后的非期望产出都大于零; 第四种手段是利用函数 f(U) = 1/U^k, 将非期望产出处理为期望产出。Seiford & Zhu(2002)利用第三种方法说明了如何在标准的 BCC 模型下处理非期望产出的问题。本文将借助于他们提出的模型来处理相应的非期望产出。

首先将数据表示为如下形式:

$$\begin{bmatrix} Y \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^e \\ Y^b \\ X \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中, Y^e 代表期望产出, Y^b 代表非期望产出, X 代表投入。再利用转化函数 y_j^b = -y_j^b + w, 其中 w 为转化向量, 保证 y_j^b > 0, 故(3)式相应地变为:

$$\begin{bmatrix} Y \\ X \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y^e \\ \bar{Y}^b \\ X \end{bmatrix} \quad (4)$$

基于等式(4), 模型(1)可转化为如下形式:

$$\begin{aligned} \max \eta \quad \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n z_j y_j^e - s^+ = \eta y_0^e, \quad \sum_{j=1}^n z_j \bar{y}_j^b \geq \eta \bar{y}_0^b, \\ & \sum_{j=1}^n z_j x_j \leq x_0, \quad \sum_{j=1}^n z_j = 1, \quad z_j \geq 0, \quad j=1, \dots, n. \end{aligned} \quad (5)$$

通过模型(5), 我们可以在增加期望产出的同时减少非期望产出的数量, 即更高的产出 y_j^e, 意味着更低的产出 y_j^b。

四、实证分析

表1 各类能源的碳排放系数

项 目	煤炭	石油	天然气	水电、核电
碳(吨)/吨标准煤	0.7476	0.5825	0.4435	0.0

1. 变量选择与数据说明

基于模型(5), 本文将利用我国 29 个省市在 1995-2007 年间的数据进行实证分析。其中, 投入要素为能源消费(万吨标准煤)和劳动力(万人), 而产出要素为 GDP(万元)和二氧化碳排放量(万吨)。GDP、能源消费、劳动力数据来自于中国统计年鉴与中国能源统计年鉴以及中国经济数据库。本文将香港、台湾、澳门、西藏这四个地区排除在外, 并且将重庆市的数据并入四川省。各省市年末从业人员的统计在 2006 年存在着缺失, 故本文利用各省市的人口数作为劳动力投入。名义 GDP 以 1995 年为基期调整为实际 GDP。由于中国统计年鉴没有公布各地区碳排放的数据, 所以需要进行测算。二氧化碳排放可分为自然排放和人工排放, 人工排放是由于人类活动引起的二氧化碳排放, 主要包括化石燃料消耗、生物燃烧等, 其中化石燃料消耗所排放的二氧化碳占 95% 以上。由于现实生活中主要是以化石燃料消耗为主要碳源, 依据 Albrecht 等人(2002)提出的碳排放的因素分解模型, 我们采用如下的碳排放估算公式:

$$E_t = \delta_r E_r + \delta_m E_m + \delta_n E_n \quad (6)$$

其中 E_t 为总的碳排放量, E_r 为煤炭消耗量, δ_r 为煤炭消耗的碳排放转换系数, E_m 为石油消耗量, δ_m 为石油消耗的碳排放转换系数, E_n 为天然气消耗量, δ_n 为天然气消耗的碳排放转换系数。在本文中, 我们将采用如下的碳排放系数。

资料来源: 国家发展和改革委员会能源研究所. 中国可持续发展能源暨碳排放情景分析(37 页) 2003。

根据 1995 至 2007 年的《中国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》的数据, 我们可得到各地的能源消费, 乘以相应的碳排放转换系数, 根据公式(6), 可得出我们所需要的各个省份(除西藏和港澳台四个地区)的二氧化碳排放总量数据。

2. 实证结果分析

根据前面模型(4)的分析, 为保证经转化的碳排放值都为正, 我们给 w 取一个较大的正数, 如令 $w=25000$ 。选择基于产出角度的方法, 计算结果如表 2 所示。从中我们可以看出, 在 1995-2007 年期间, 上海市、广东省、海南省和青海省的环境绩效都处于相对最有效的水平上, 这表明相对于其它地区而言, 这些地区能够在获得更高产出(GDP)的同时, 保持相对较低的碳排放量。而其他省份在环境绩效方面的表现, 则相对低效。在几个传统的“万亿俱乐部”成员当中, 除之前提到的广东、上海等为相对有效之外, 仅浙江和江苏两省在这 13 年期间的平均效率值位于全国平均水平之上, 而山东、河南、河北、辽宁等省的平均值均在全国平均水平之下, 其中河北省的均值仅为 0.765, 处于全国最低水平。这表明在近十多年的发展过程中, 这些省份虽然在 GDP 上获得了骄傲的成绩, 但是, 若同时

表2 各省市相对环境绩效

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	平均
北京	0.967	0.973	0.972	0.977	0.983	0.989	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.989
天津	0.965	0.971	0.973	0.974	0.974	0.973	0.974	0.972	0.972	0.972	0.963	0.959	0.945	0.968
河北	0.832	0.842	0.843	0.841	0.839	0.797	0.826	0.756	0.725	0.725	0.668	0.634	0.620	0.765
山西	0.783	0.833	0.831	0.843	0.849	0.848	0.812	0.781	0.763	0.763	0.728	0.699	0.674	0.785
内蒙古	0.947	0.944	0.930	0.940	0.920	0.933	0.918	0.911	0.883	0.883	0.783	0.744	0.705	0.880
辽宁	0.813	0.818	0.832	0.850	0.850	0.827	0.833	0.845	0.840	0.840	0.782	0.773	0.759	0.820
吉林	0.913	0.914	0.910	0.928	0.933	0.940	0.937	0.928	0.919	0.919	0.915	0.904	0.891	0.919
黑龙江	0.888	0.898	0.884	0.896	0.897	0.906	0.908	0.924	0.917	0.917	0.910	0.899	0.884	0.902
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.949	0.958	0.961	0.963	0.967	0.965	0.970	0.979	0.980	0.980	0.948	0.959	0.963	0.965
浙江	0.992	0.994	0.989	0.989	0.988	0.967	0.980	0.958	0.957	0.957	0.958	0.960	0.959	0.973
安徽	0.933	0.927	0.932	0.928	0.929	0.933	0.927	0.937	0.947	0.947	0.944	0.936	0.927	0.934
福建	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.992	1.000	0.987	0.984	0.984	0.974	0.963	0.954	0.988
江西	0.965	0.977	0.979	0.984	0.985	0.980	0.986	0.980	0.975	0.975	0.974	0.972	0.967	0.977
山东	0.920	0.923	0.924	0.933	0.937	0.881	0.935	0.826	0.810	0.810	0.837	0.852	0.851	0.880
河南	0.911	0.916	0.916	0.903	0.903	0.901	0.896	0.893	0.873	0.873	0.840	0.822	0.811	0.881
湖北	0.901	0.897	0.897	0.902	0.907	0.910	0.918	0.916	0.905	0.905	0.883	0.872	0.860	0.898
湖南	0.909	0.914	0.936	0.934	0.963	0.976	0.958	0.954	0.944	0.944	0.904	0.898	0.891	0.933
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.977	0.979	0.975	0.979	0.980	0.980	0.981	0.980	0.978	0.978	0.962	0.958	0.951	0.974
海南	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
四川	0.840	0.852	0.862	0.843	0.849	0.890	0.871	0.884	0.850	0.850	0.822	0.805	0.796	0.847
贵州	0.923	0.910	0.904	0.894	0.905	0.900	0.897	0.902	0.876	0.876	0.862	0.848	0.835	0.887
云南	0.960	0.962	0.944	0.948	0.953	0.953	0.953	0.944	0.945	0.945	0.922	0.912	0.905	0.942
陕西	0.939	0.930	0.944	0.947	0.960	0.965	0.950	0.946	0.942	0.942	0.927	0.919	0.909	0.940
甘肃	0.934	0.936	0.944	0.942	0.937	0.937	0.941	0.938	0.932	0.932	0.918	0.913	0.907	0.932
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宁夏	0.996	0.995	0.996	0.996	1.000	0.990	0.987	0.987	0.970	0.970	0.969	0.966	0.964	0.984
新疆	0.940	0.930	0.934	0.933	0.937	0.941	0.937	0.938	0.933	0.933	0.911	0.904	0.893	0.928
平均	0.934	0.938	0.938	0.940	0.943	0.940	0.941	0.933	0.925	0.925	0.907	0.899	0.890	0.927

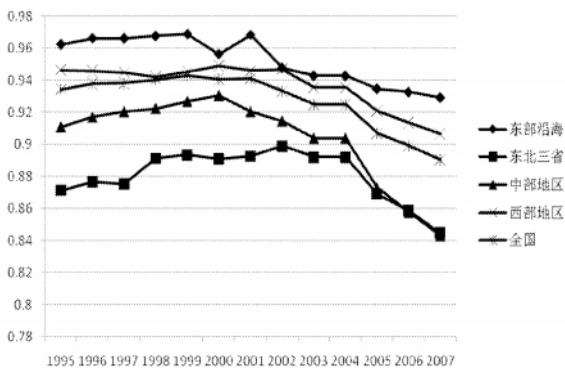


图1 各地区相对环境绩效变化趋势

考虑到碳排放的环境绩效,则可以表明,这些省份的发展是相对低效的,它们为GDP所付出的“代价”,也是相对高昂的。

若将全国按地区进行划分,我们可以进一步分析不同地区的碳排放的环境绩效水平变化趋势。一般来说,我们可以将我国分为东部沿海、东部三省、中部、西部这四大区域。其中,东部沿海地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南10个省市;东北三省为辽宁、吉林和黑龙江3个省;中部包括山西、内蒙古、安徽、江西、河南、湖北、湖南、陕西8个省;西部包括广西、四川、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆8个省。将每个地区每年的平均值进行对比分析,我们可得趋势图图1。从图1中我们可以看出,就总体而言,在1995-2007年这段时间内,我国的环境绩效水平呈现着先上升后下降的趋势,而拐点出现在2000年,且之前上升的趋势并不十分明显,反而之后效率下降的趋势要明显快于先前的上升趋势。这说明在2000年以后,我国经济虽然获得了飞速的发展,但是若将环境因素考虑在内,则反映出我国的环境绩效水平呈现降低趋势。从地区来看,东部地区在2001年正式进入了下滑通道,而中西部地区的环境绩效水平在2000年开始下滑。东北三省的数据在2002年之后也呈现出下滑的趋势。

五、Malmquist 指数分析

1. Malmquist 指数法

由以上分析我们可以看出,DEA模型只能针对截面数据进行分析,而对于面板数据,我们可以利用Malmquist指数法(MPI)来测定生产率在一段时间内的变化情况,并且可以进一步把生产率变化分解为技术变化(technical change)和技术效率的变化(technical efficiency change)。

基于产出的Malmquist生产率指数可以定义为(Ramanathan, 2003):

$$M^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1}) \cdot D^{t+1}(x^t, y^t)}{D^t(x^t, y^t) \cdot D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (7)$$

其中, $D^t(\cdot)$ 是度量在 t 时期将投入 x^t 转化为 y^t 效率的距离函数,而 $D^{t+1}(\cdot)$ 是度量在 $t+1$ 时期的技术条件下将投入 x^t 转化为 y^t 效率的距离函数,其解可求解相应的线性规划问题获得(详见Ramanathan(2003)、Coelli(1996))。若在 $t+1$ 期发生了技术变动,那么 $D^t(\cdot) = D^{t+1}(\cdot)$,若最终所得的值大于1,那么表示从 t 期到 $t+1$ 期,全要素生产率获得了提高。MPI还可以被进一步分解为如下形式:

$$M^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

或者简写为 $M = E \cdot T$ 。其中 E 代表技术效率的变化,其衡量的是不变规模报酬技术效率,其还可以进一步分解为可变规模报酬技术效率(纯技术效率)和规模效率(Coelli, 1996),若 $E > 1$,则表示将投入转化为产出的技术效率获得了提高,而 T 代表技术变化,衡量从 t 期到 $t+1$ 期的平均技术变化。

2. 结果分析

计算可获得1995-2007年间MPI及其他相应指数的平均值(为简便,本文没有具体给出每两年的数据),具体结果如表3所示。从表3中我们可以看出,全国29个省市在这十三年间平均的MPI都小于1,这表明,就平均来说,这29个省市的全要素生产率都有不同程度的降低。如北京市的MPI为0.999,表明在这13年间,其全要素生产率平均下降了0.1%,而其技术效率变化指数为1.018,即在这期间技术效率上升了1.8%,技术变化指数为0.981,下降了1.9%。故可得出,北京市全要素生产率的下降主要是由技术变化指数的下降引起,而其规模效率变化和技术效率变化在期间都有所上升。就全国其他各省市而言,我们都可以发现类似的变化趋势,即技术变化是造成全要素生产率下降的主要因素。此外,通过观察我们可以发现,在MPI值较低的(小于0.950)省份中,东部沿海的省份占据了多数,如浙江的MPI值为0.945,福建的为0.924,山东的为0.941,广东的为0.932,海南的为0.939。这表明,虽然这些省级区域取得较快的经济增长,但其在这段时间内包括环境在内的全要素生产率,相对来说呈现着一定的下降趋势。

由Malmquist指数分析我们可以看出,就在二氧化碳排放方面的环境绩效而言,我国在1995-2007年间的全要素生产率平均下降了3.7%,这表明我国在增加产出(GDP)同时降低碳排放方面的效率呈现着下降的趋势。这与之前运用DEA模型进

表3 各省市环境绩效的Malmquist指数及其分解

	技术效率变化(E)	技术变化(T)	纯技术效率变化	规模效率变化	MPI
北京	1.018	0.981	1.003	1.015	0.999
天津	1.004	0.988	0.998	1.006	0.992
河北	0.996	0.961	0.976	1.021	0.957
山西	1.008	0.978	0.988	1.021	0.986
内蒙古	0.994	0.978	0.976	1.019	0.972
辽宁	1.004	0.970	0.994	1.009	0.974
吉林	1.017	0.961	0.998	1.019	0.977
黑龙江	1.023	0.958	1.000	1.023	0.980
上海	1.000	0.985	1.000	1.000	0.985
江苏	0.999	0.954	1.001	0.998	0.953
浙江	0.986	0.958	0.997	0.989	0.945
安徽	1.041	0.928	0.999	1.042	0.967
福建	0.990	0.933	0.996	0.993	0.924
江西	1.045	0.921	1.000	1.045	0.962
山东	0.990	0.951	0.994	0.996	0.941
河南	1.019	0.930	0.990	1.029	0.947
湖北	1.023	0.945	0.996	1.027	0.967
湖南	1.037	0.933	0.998	1.039	0.967
广东	0.986	0.944	1.000	0.986	0.932
广西	1.018	0.921	0.998	1.020	0.937
海南	1.000	0.939	1.000	1.000	0.939
四川	1.035	0.931	0.996	1.039	0.963
贵州	1.012	0.955	0.992	1.021	0.967
云南	1.018	0.929	0.995	1.023	0.946
陕西	1.029	0.935	0.997	1.031	0.962
甘肃	1.024	0.957	0.998	1.026	0.980
青海	1.000	0.969	1.000	1.000	0.969
宁夏	0.997	0.980	0.997	1.000	0.977
新疆	1.002	0.975	0.996	1.006	0.977
平均	1.011	0.953	0.996	1.015	0.963

注:各省市的所得结果是从1995到2007年的相应的几何平均值

行分析的结果相吻合。

六、研究结论与政策建议

本文利用数据包络分析(DEA)方法对我国各省级区域在碳排放的环境绩效进行了分析。利用各省市在 1995-2007 年间的相关数据,以能源消费和劳动力为投入变量,GDP 和二氧化碳排放量为产出变量,运用 Seiford & Zhu(2002)提出的关于处理非期望产出的 BCC 模型以及 Malmquist 指数法,本文主要得到以下几点结论与政策建议:

第一,就碳排放方面的环境绩效而言,我国 29 个省、直辖市的生产效率都经历了一个由上升到下降的过程,其中上升的趋势并不明显,反而下降的十分明显,而且速度很快,一般的“拐点”都出现在 2000 年左右。

第二,与一些经济相对落后的省份相比,几个传统的“万亿俱乐部”成员(广东和上海除外),在环境绩效方面的表现都相对较差。其中河北省效率指数处于全国最低水平。这表明 2000 年之后,虽然我国在经济增长方面(仅以 GDP 衡量)表现出强劲

的势头,但是若同时考虑碳排放的环境因素,可以反应出我国的生产效率在不断降低。

第三,利用 Malmquist 指数法可以发现,各省市在这期间的全要素生产率都出现了不同幅度的下降,这表明我国在产出(GDP)迅速增长的同时,碳排放的效率呈现着下降的趋势。但技术效率呈现上升趋势,技术变化是造成全要素生产率下降的主要因素。

第四,环境恶化,尤其是碳减排引起的温室效应问题,已经成为制约中国经济发展的关键因素,我国需要尽快实施低碳行动计划,同时促进经济的持续健康发展。对于经济相对发达的省份而言,在节能减碳方面应承担更多的责任,这是中国区域经济不平衡发展战略的内在要求。

第五,加强低碳技术的创新和运用,是我国在向低碳经济转型过程的关键举措。我国需要通过低碳技术创新,推动可再生能源的开发和化石能源的利用效率。因此,一方面要积极利用国际上成熟的低碳技术,另一方面更应该立足自己的国情,研发出适合自身气候环境与产业结构的低碳技术。

参考文献:

- [1] COELLI T. J. A Guide to DEAP: A Data Envelopment Analysis[J].CEPA working paper ,1996(08).
- [2] FARE R. ,GROSSKOPF S. HERNANDEZ-SANCHO F. Environmental performance: An index number approach[J]. Resource and Energy Economics ,2004(26):343-352.
- [3] JOHAN ALBRECHTA, DELPHINE FRAN-COISA, KOEN SCHOORS. A Shapley decomposition of carbon emissions without residuals [J]. Energy Policy 30 (2002) 727-736.
- [4] RAMANATHAN R. A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions[J]. Technological Forecasting &Social Change ,2006(73):483-494.
- [5] RAMANATHAN R. An analysis of energy consumption and carbon dioxide emissions in countries of the Middle East and North Africa[J]. Energy 2005(30):2831-2842.
- [6] RAMANATHAN R. An Introduction to Data Envelopment Analysis: A Tool for Performance Measurement [M]. New Dehli: Sage Publications ,2003.
- [7] SCHEEL H. Undesirable outputs in efficiency valuations[J]. European Journal of Operational Research ,2001(132): 400-410.
- [8] SEIFORD L.M. , Zhu J. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation [J]. European Journal of Operational Research ,2002(142):16-20.
- [9] TYTECA D. On the measurement of the environmental performance of firms-a literature review and a productive efficiency perspective[J]. Journal of Environmental Management ,1996(46):281-308.
- [10] ZAIM O. ,TASKIN F. Environmental efficiency in carbon dioxide emissions in the OECD:A non-parametric approach[J]. Journal of Environmental Management ,2000a (58): 95-107.
- [11] ZAIM O. ,TASKIN F. A Kuznets curve in environmental efficiency:An application on OECD countries [J]. Environmental and Resource Economics ,2000b(17):21-36.
- [12] ZHOU P. ,ANG B.W., POH K.L. Slacks-based efficiency measures for modeling environmental performance [J]. Ecological Economics ,2006(60):111-118.
- [13] ZHOU P. ,POH K.L., ANG B.W. A non-radial DEA approach to measuring environmental performance [J]. European Journal of Operational Research ,2007(178):1-9.
- [14] ZHOU P. ,ANG B.W., POH K.L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies [J]. European Journal of Operational Research ,2008 (189): 1-18.
- [15] ZHOU P. ,ANG B.W., POH K.L. Measuring environmental performance under different environmental DEA technologies[J]. Energy Economics ,2008(30):1-14.
- [16] ZOFIO J.L., PRIETO A.M. Environmental efficiency and regulatory standards: The case of CO2 emissions from OECD industries[J].Resource and Energy Economics ,2001(23): 63-83.
- [17] 陈军,成金华.中国非可再生能源生产效率评价:基于数据包络分析方法的实证研究[J].经济评论,2007 (5):65-71.
- [18] 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.

[责任编辑:黄晓伟]