异质性生产技术下中国区域绿色经济效率研究

汪克亮[1],杨　力[1],程云鹤[1,2]

(1.安徽理工大学 经济与管理学院,安徽 淮南 232001;
2.东北师范大学 人口与资源环境研究所,吉林 长春 130024)

摘　要: 文章充分考虑到中国不同省份、区域绿色生产技术的异质性,运用 2000—2009 年省际面板数据,基于非参数共同前沿理论和方向性距离函数对中国绿色经济效率进行测算;同时,采用“共同技术率”衡量三大区域绿色生产技术与全国潜在最优水平之间的差距,并从“生产技术”和“管理”两个维度将共同前沿下不同区域各省份的绿色经济无效率分解为“技术差距无效率”与“管理无效率”,以剖析效率缺失的根源。研究表明:我国绿色经济效率水平严重偏低,仅为 0.3411,距离全国最优绿色生产前沿存在 65.89%的改进空间;三大区域的绿色生产技术存在显著差异,东部地区实现了全国潜在最优绿色生产技术的 98%以上,而中西部地区则仅实现了 11.38%和 21.34%,改进潜力巨大;东部地区的绿色经济无效率主要来源于管理方面,而中西部地区则严重受制于落后的绿色生产技术。

关键词: 绿色经济效率;异质性生产技术;共同前沿;共同技术率;方向性距离函数

中图分类号: F061.5　**文献标识码:** A　**文章编号:** 1001-9952(2013)04-0057-11

一、引　言

自 1978 年改革开放至 2010 年,中国的 GDP 总量增加了约 110 倍,并且维持了年均 10%左右的增长速度,现已超过日本成为全球第二大经济体,如此辉煌的成就堪称世界经济增长奇迹。然而,在这段时期内,驱动中国经济增长的主要动力在于资源环境密集型的重工业发展以及大规模的基础设施建设,这种粗放型的经济增长模式使中国经济在飞速发展的同时也付出了沉重的资源与环境代价。当前,作为世界能源消费量最大和环境污染最严重的国家,中国的资源

收稿日期: 2012-12-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(71071003);安徽省哲学社会科学规划项目(AHSK11-12D107);安徽省高校省级人文社会科学研究项目(SK2012B146)

作者简介: 汪克亮(1980—),男,安徽枞阳人,安徽理工大学经济与管理学院副教授,硕士生导师;
杨　力(1972—),男,安徽淮南人,安徽理工大学经济与管理学院教授,硕士生导师;
程云鹤(1972—),男,安徽肥东人,安徽理工大学经济与管理学院博士研究生,东北师范大学人口与资源环境研究所讲师。

耗竭与环境恶化问题已经成为社会经济发展面临的重大考验。如何顺应绿色潮流,谋求可持续发展,在资源与环境双重约束下实现经济持续、快速与健康发展,已成为中国未来相当长时期内的一项艰巨挑战。

近年来,随着全球资源与环境问题不断突出,一些学者开始尝试将资源与环境因素纳入生产函数中进行绿色经济绩效的研究,包括对资源与环境约束下中国经济效率问题的研究,并取得了一些具有重要理论和实践指导意义的分析结论。但是,这些研究都假定中国不同区域拥有相似的生产技术,[①] 面临的是同一生产前沿,而这一假定在现实中并不成立。中国幅员辽阔,经济社会发展显著不平衡,不同区域的资源禀赋、产业结构、技术水平、政策导向以及制度环境等差异明显,因而在同一时期不同地区可利用的生产技术集合是不同的。如果不考虑生产技术的区域异质性,而平面化比较各省份、区域间技术效率的高低,则会因缺乏统一的参考标准而无法定位效率缺失的真正原因,使整个研究表面化、简单化,最终可能会误导政策。

本文将在以下三个方面对已有研究进行拓展:第一,在区域异质性生产技术假定下,基于共同前沿分析框架,按照生产技术水平的相似度将中国各省份分为三大区域(组别),这样不仅可以考察相似技术环境下区域内各省份绿色经济效率的高低,还可以分析各省份在可能的共同技术环境下绿色经济效率的整体差异。在此基础上,基于非参数共同前沿分析框架,对中国省份、三大区域的绿色经济效率进行测算并比较其异质性特征。第二,采用"共同技术率"这一指标测度三大区域绿色生产技术水平的差距。第三,将共同前沿下不同区域各省份的绿色经济无效率按照"生产技术"和"管理"两个维度进行解构,分解为技术差距无效率和管理无效率,以进一步理清不同省份、区域绿色经济无效率的来源,为有针对性地制定各省份、各区域绿色经济发展政策提供有效决策依据。

二、研究方法

(一)共同前沿、组别前沿与方向性距离函数。由于生产过程中往往会伴随污染排放,存在期望的"好"产出与非期望的"坏"产出之分,我们需要构造一个同时包含"好"、"坏"产出的生产可能集,即环境生产技术。假设每一个省份使用 M 种投入 $x=(x_1,x_2,\cdots,x_M)\in R_+^M$,得到 S 种"好"产出 $y=(y_1,y_2,\cdots,y_S)\in R_+^S$ 以及 F 种"坏"产出 $b=(b_1,b_2,\cdots,b_F)\in R_+^F$,则生产技术集为:

$$T(x,y,b)=\{(y,b):x\text{ 能生产}(y,b)\},x\in R_+^M \tag{1}$$

其中,T 是闭集且有界,投入和"好"产出是强可处置的。根据 Fare 等(2007),T 还具有另外两个性质:零结合性与联合弱可处置性,只有这样 T 才能更好地表征环境生产技术。基于生产技术异质性假定,按照合理标准将研究对象分为具有不同生产技术水平的 K 个组别,将每个组别下各决策单元的投入产出归属于同一技术集合 T^k,其上界即为"组别前沿"。由于整体中存在 K 个

子技术集合，均运作于共同技术集合 T^m 下，因此，共同技术集为各子技术集的并集，即 $T^m = T^1 \cup T^2 \cup \cdots \cup T^K$，其上界即为“共同前沿”，共同前沿为各组别前沿的包络曲线（Battese 和 Rao，2002）。

本文以全国 29 个省份（包括自治区、直辖市，为了便于资料整理，重庆归入四川，西藏、台湾、香港和澳门不在分析范围内）作为决策单元，将资源与环境因素纳入效率测度框架，以方向性距离函数来测度中国各省份绿色经济效率的高低。基于共同前沿的方向性距离函数可以表示为：

$$\vec{D}^m(x,y,b;g_y,g_b) = \sup\{\beta^m:(x,y+\beta^m g_y,b-\beta^m g_b) \in T^m(x,y,b)\} \tag{2}$$

其中，$g=(g_y,g_b) \in R_+^S \times R_+^F$ 为方向向量，该向量的方向并不唯一，可以根据研究目标自由选定（Fare 等，2008）。$T^m(x,y,b)$ 为共同技术集合，假定所有决策单元都处于一个共同的技术环境下。$\vec{D}^m(\cdot)$ 可以衡量各省份实际生产与共同前沿之间的差距，反映了该省份相对于全国潜在共同技术绿色经济无效率的程度，$\vec{D}^m(\cdot)=0$ 说明该省份位于共同前沿上。

按照生产技术的相似性，本文将我国各省份划分为三大区域（组别），[②] 即东部、中部与西部地区，则基于区域前沿的方向性距离函数可以表示为：

$$\begin{gathered}\vec{D}^k(x,y,b;g_y,g_b) = \sup\{\beta^k:(x,y+\beta^k g_y,b-\beta^k g_b) \in T^k(x,y,b)\} \\ k=1,2,\cdots,K\end{gathered} \tag{3}$$

其中，$\vec{D}^k(\cdot)$ 衡量各省份实际生产与相应区域（组别）前沿之间的差距，反映了该省份相对于所在区域最优生产技术绿色经济无效率的程度，$\vec{D}^k(\cdot)=0$ 说明该省份位于区域生产前沿上。

本文采用的方向向量为 $g=(g_y,g_b)=(y,b)$，表明在维持既定投入条件下，实现“好”产出与“坏”产出的最大同比例增减，可以有效体现绿色发展内涵（Chung 等，1997；涂正革，2008；杨俊和邵汉华，2009）。

（二）共同技术率与绿色经济无效率的分解。共同前沿是以全国潜在最优生产技术为参照基准，而区域前沿只能代表相应组别的最优生产技术水平，因而共同前沿下绿色经济效率 $MGE = 1-\beta_o^m \leqslant$ 区域前沿下绿色经济效率 $GGE = 1-\beta_o^k$。在共同前沿分析框架下，“共同技术率”（meta-technology ratio，MTR）是最重要的指标，也称为“技术差距比”（technology gap ratio，TGR），其数值等于各省份在共同前沿和组别前沿下绿色经济效率的比值，反映了区域前沿与共同前沿技术水平的差距，是考虑不同区域生产技术异质性的定量分析指标。MTR 越接近于 1，表明该省份所在区域的生产技术越接近全国潜在的最优生产技术，生产技术的异质性程度越低，反之亦然，也即：

$$0 \leqslant MTR = MGE/GGE = (1-\beta_o^m)/(1-\beta_o^k) \leqslant 1 \tag{4}$$

基于上述分析，我们可以采用MTR指标来分析不同区域绿色生产技术水平的异质性特征，也可以考察该省份所在区域的绿色生产技术与全国潜在的最优绿色技术水平之间的差距。但是，我们据此还是无法判断不同省份、区域绿色经济无效率的真正来源，从而给政策制定及实施带来困难。为此，根据Chiu等(2012)的研究，本文将全国共同前沿下不同区域各省份的绿色经济无效率值(MGEI)分解为技术差距无效率(TGI)与管理无效率(GMI)，也即：

$$MGEI=1-MGE=TGI+GMI=\beta_o^m \tag{5}$$

$$TGI=GGE\times(1-MTR) \tag{6}$$

$$GMI=1-GGE=\beta_o^k \tag{7}$$

其中，TGI是由不同区域生产技术环境差异导致的无效率，在同一时期，这一因素是外生的，是外源性阻力，而GMI则是因特定区域内省份的管理失误使较低的经济产出伴随较高的污染排放而导致了绿色经济无效率，这一因素是内生的，是内源性阻力。通过这种分解方式可以进一步理清我国各省份、不同区域绿色经济效率提升的制约因素，有效提高研究的层次和维度，为科学制定分区域、差异化的绿色经济发展政策提供充分的理论依据。

三、实证测算与结果分析

(一)样本、变量和数据。本文以中国29个省份为决策单元，时间跨度为2000—2009年，以资本、劳动、能源为投入，以省份GDP为“好”产出，以环境污染排放为“坏”产出。投入产出变量选择及数据来源如下：(1)“好”产出。采用各省份GDP作为“好”产出指标，以1952年为基期(下同)。(2)劳动投入。以各省份年末就业人数作为劳动投入指标。(3)资本投入。采用以“永续盘存法”估算获得的各省份资本存量数据作为资本投入的代理指标。(4)能源投入。由于能源利用是环境污染排放的主要来源，本文将其作为一种投入要素并以各省份能源消费总量来度量，数据直接来自2001—2010年《中国统计年鉴》，并对不同类型的能源进行了折标煤计算。(5)“坏”产出。以环境污染为“坏”产出指标。本文选择SO_2排放量作为污染排放的代理指标。另外，本文采用皮尔逊相关分析证实了全国整体、三大区域的投入产出变量数据在1%的显著性水平上满足“等张性”，即投入产出之间存在显著正相关关系，满足了DEA建模的基本条件。

(二)绿色经济效率的区域差异分析。中国地域广阔，区域社会经济发展显著不平衡，不同区域的资源禀赋、经济实力、技术条件、产业结构、基础设施水平、对外开放度等差异明显，导致生产技术存在显著的区域异质性特征。只有充分考虑这一差距，才能准确定位各省份、不同区域绿色经济效率缺失的真实根源。因此，本文运用“跨时期前沿”方法，将样本期内研究对象所有投入产出变量数据作为当期的参考技术集，以实现对不同研究对象的效率进行跨期比较。见图1、图2和表1。

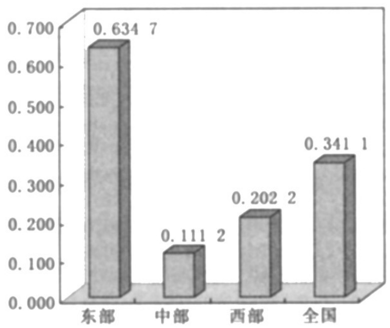


图 1　共同前沿下全国及三大区域绿色经济效率均值

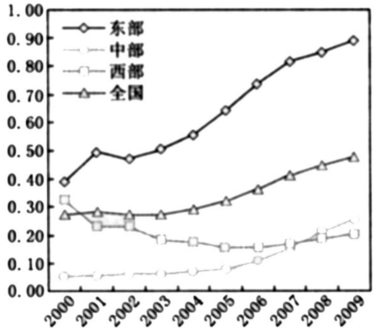


图 2　共同前沿下全国及三大区域绿色经济效率演变

如图 1 所示,如果以全国共同生产技术前沿作为统一的比较基准,考察期内我国平均绿色经济效率严重偏低,仅为 0.3411。这意味着如果每个省份都能够采用全国潜在的最优绿色生产技术,在保持资本、劳动、能源投入不变的前提下,在经济产出增加 65.89%的同时,污染排放可以同比例减少 65.89%,充分表明我国绿色经济生产能力还有巨大改进空间,也从侧面反映了我国经济长期"粗放型"增长的特征仍未得到根本改观。从区域角度看,三大区域绿色经济效率差异巨大,东部地区最高,为 0.6347;其次是西部地区,为 0.2022;中部地区最低,仅为 0.1112。中西部地区效率指数远低于东部地区和全国平均水平,彰显了我国区域绿色经济发展严重不平衡的现实。如图 2 所示,虽然绿色经济整体效率较低,但是除了个别年份外,样本期内全国、东部和中部地区的效率指数一直呈提升态势,说明我国经济整体可持续发展能力在不断增强。

由表 1 可见,大多数省份在共同前沿和区域前沿下的效率值存在明显差异。以共同前沿为参照基准,大多数中西部省份的绿色经济效率不足 0.5,但基于区域前沿,东部地区省份效率指数变化不大,而中西部地区大多数省份的效率值都达到 0.7 以上。而这种差异性经检验在统计上是显著的。以中部地区的河南省为例,在共同前沿下,其在 2009 年的绿色经济效率值仅为 0.2457,而在区域前沿下的效率值为 1。这表明,如果该省份能够利用全国潜在的最优生产技术,在维持投入不变的前提下其经济产出与污染排放还可以同比例增减 75.43%,而以中部地区最优生产技术为参照,其处于生产前沿上,已不存在增产和减排潜力。从单个省份看,辽宁、上海、海南、云南、江苏、山东等省份的绿色经济效率较高,均在 0.7 以上,这些省份基本上都来自东部沿海经济发达地区,而中西部地区的贵州、山西、新疆、江西、甘肃等省份的绿色经济效率最低,均不足 0.1。以区域前沿为参考基准,三大区域的绿色经济效率均值分别为 0.6456、0.9705 和 0.8638,与共同前沿下相比,东部地区变化不大,而中西部地区则大相径庭。然而,在这种情况下,由于技术参考标准不同,效率指数不存在可比性。同理,检验这两种技术标准下三大区域各省份

表 1　共同前沿与区域前沿下中国各省份、三大区域绿色经济效率(2000—2009 年)

年份	MGE					GGE				
	2001	2003	2005	2007	2009	2001	2003	2005	2007	2009
北　京	0.2382	0.3600	0.5136	0.7464	0.9545	0.2323	0.3598	0.5136	0.7457	0.9545
天　津	0.0793	0.1242	0.6112	0.9327	0.8983	0.0793	0.1717	0.7562	1.0000	0.9302
河　北	0.2271	0.2978	0.3958	0.4996	0.6113	0.2271	0.2978	0.3958	0.4997	0.6113
山　西	0.0174	0.0157	0.0155	0.0397	0.1169	0.9698	1.0000	1.0000	0.8834	1.0000
内蒙古	0.0320	0.0165	0.0220	0.0562	0.1219	0.8823	1.0000	1.0000	0.8751	1.0000
辽　宁	0.9880	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9881	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
吉　林	0.0789	0.0785	0.0576	0.1375	0.2501	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
黑龙江	0.0733	0.0617	0.0918	0.2085	0.3261	0.9548	0.9469	0.9936	1.0000	1.0000
上　海	0.6409	0.7457	0.9138	1.0000	1.0000	1.0000	0.7525	0.9946	1.0000	1.0000
江　苏	0.5340	0.6409	0.6552	0.8971	1.0000	0.5540	0.6411	0.6553	0.8971	1.0000
浙　江	0.3666	0.4627	0.5592	0.7163	0.8209	0.3667	0.4628	0.5592	0.7164	0.8209
安　徽	0.0530	0.0470	0.0382	0.0828	0.2328	1.0000	1.0000	0.9708	1.0000	1.0000
福　建	0.1398	0.2535	0.3567	0.5468	0.6886	0.1398	0.2534	0.3567	0.5468	0.6888
江　西	0.0671	0.0480	0.0352	0.0501	0.1077	1.0000	0.8236	1.0000	0.9880	1.0000
山　东	1.0000	0.3906	0.6144	1.0000	1.0000	1.0000	0.3906	0.6144	1.0000	1.0000
河　南	0.0729	0.1089	0.1558	0.2206	0.2457	0.8485	0.8486	1.0000	1.0000	1.0000
湖　北	0.0528	0.0836	0.1685	0.3066	0.4528	0.9327	0.9024	0.9319	0.9797	1.0000
湖　南	0.0285	0.0382	0.0780	0.1943	0.3186	0.9825	1.0000	0.9385	0.9997	0.9850
广　东	0.2581	0.3443	0.4719	0.6811	0.8107	0.2582	0.3443	0.4719	0.6811	0.8107
广　西	0.0298	0.0243	0.0214	0.0502	0.1165	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
海　南	1.0000	0.9117	0.9418	0.9520	1.0000	1.0000	0.9177	0.9418	0.9554	1.0000
四　川	0.0305	0.0803	0.1463	0.2380	0.4034	0.9094	0.8348	1.0000	0.8899	1.0000
贵　州	0.0145	0.0151	0.0149	0.0149	0.0178	0.1477	0.1824	0.2174	0.2660	0.3633
云　南	0.9923	1.0000	0.9328	0.9154	0.8120	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
陕　西	0.0339	0.0280	0.0439	0.0830	0.1530	0.9065	0.8409	0.9914	0.9961	1.0000
甘　肃	0.0553	0.0421	0.0378	0.0417	0.0896	0.8691	0.8032	0.7962	0.8532	0.9974
青　海	0.9110	0.4989	0.2295	0.2050	0.1958	1.0000	0.9356	0.8111	0.8987	0.9924
宁　夏	0.1396	0.0875	0.0716	0.0650	0.0703	1.0000	1.0000	0.9944	1.0000	1.0000
新　疆	0.0672	0.0615	0.0400	0.0366	0.0367	0.7868	0.8157	0.7701	0.8228	0.8923
东部地区	0.4975	0.5029	0.6394	0.8157	0.8895	0.5314	0.5083	0.6600	0.8220	0.9824
中部地区	0.0555	0.0602	0.0801	0.1550	0.2563	0.9610	0.9402	0.9794	0.9965	0.9981
西部地区	0.2306	0.1854	0.1560	0.1706	0.2017	0.8502	0.8413	0.8581	0.8602	0.9245
全　国	0.2835	0.2713	0.3184	0.4110	0.4777	0.7589	0.7423	0.8164	0.8791	0.9326

绿色经济效率的差异性,发现东部地区差异不显著,而中西部地区则在 1%水平上存在明显差异。见图 3。

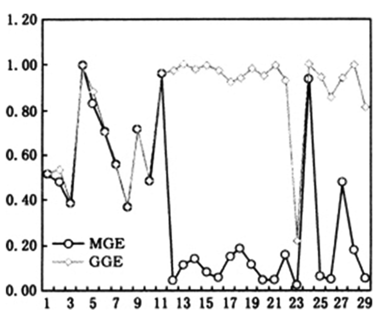
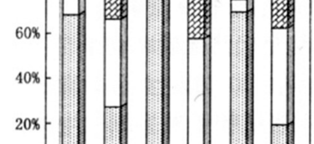


图 3　共同前沿与区域前沿下中国各省份绿色经济效率均值③

如图 3 所示,东部地区除了极少数省份两类前沿下的效率值有微弱差别之外,其他省份两类效率指数几乎完全重合,主要原因在于:东部地区代表了我国绿色生产技术的潜在最高水平,在全国绿色经济增长中扮演了"引领者"和"先进者"的角色,而中西部地区绝大多数省份两类前沿下的绿色经济效率指数差异则十分明显,表明中西部地区的绿色生产前沿远低于东部地区,绿色生产技术远未达到最优,绿色生产能力的提升还存在巨大空间,是全国潜在最优绿色生产技术的"追赶者"和"学习者"。

(三)绿色共同技术率与绿色经济无效率的来源分解。如图 4、图 5 所示,

东、中、西三大地区的共同技术率分别为 0.9824、0.1138、0.2134。其中，东部地区的绿色共同技术率最高且非常稳定，实现了全国潜在最优绿色生产技术的 98%以上，代表了全国绿色经济发展的最优水平。这也说明东部地区的经济发展与资源环境的关系较为和谐，而中西部地区的绿色共同技术率远远低于东部地区，两者之间的差距巨大，均值都没有达到 0.3。以共同前沿为参考基准，两大区域只实现了全国潜在最优绿色生产技术的 11.4%和 21.3%，分别还存在 89.6%和 79.7%的潜在改进空间。这种现状是多种因素综合作用的结果。一方面，东部地区具有优良的沿海地理位置优势，一直是我国对外开放的窗口，相比于中西部地区，更容易引进国外先进的节能减排技术，再加上较高的人力资本水平、发达的基础设施、先进的管理模式，为其发展绿色经济创造了优越条件；另一方面，由于中西部地区均属于内陆，对外开放度低，基础设施欠发达，教育水平落后，市场化程度较低且市场分割严重，从而导致东部地区先进的节能减排技术和管理模式无法向中西部地区有效转移与扩散，阻碍了其绿色生产能力的提高。在三大区域中，中部地区的绿色共同技术率最低，仅实现了全国潜在最优绿色生产技术的 11.4%，这与近年来该地区疲软的经济发展势头相吻合。作为我国主要能源与制造业基地，中部地区以资源环境密集型行业为主导产业，经济增长方式粗放特征明显，资源消耗大，污染严重，产品附加值低，二元经济特点鲜明，经济转型难度较大，在新一轮区域竞争中一直处于劣势地位。但随着 2006 年“中部崛起”战略的正式实施，中部地区发展形势开始好转，绿色共同技术率已在不断提升并在 2008 年超越西部地区。改革开放以来，西部地区一直得到国家政策的倾斜扶持，特别是 1999 年“西部大开发”战略的实施给西部地区带来前所未有的发展机遇，但同时也给当地资源环境造成了严重破坏，可持续发展形势日渐严峻。长期以来经济发展水平较低使西部地区很多地方政府片面追求经济增长，忽视了资源节约与环境保护，以牺牲资源、环境为代价牟取经济利益，在引进内外资、承接产业转移时不加甄别，盲目上马众多高耗能、高污染项



	MGE	GGE	MTR	TGI	GMI	MGEI
西部	0.2022	0.8638	0.2134	0.6616	0.1362	0.7978
中部	0.1112	0.9706	0.1138	0.8593	0.0295	0.8888
东部	0.6347	0.6457	0.9824	0.0110	0.3543	0.3653

图 4　全国及三大区域绿色经济效率、无效率均值及其分解

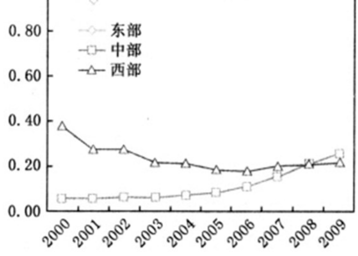


图 5　三大区域共同技术率(MTR)的演变

目,导致外界污染向区内迁移,再加上不少地区热衷于重复建设,大搞“政绩工程”,西部地区资源环境形势不断恶化,绿色经济发展停滞不前,其绿色共同技术率在2008年已被中部地区超越,这应该引起相关决策部门的足够重视并及时采取有效措施防止形势进一步恶化。

通过共同前沿下我国各省份绿色经济无效率的分解(见表2),可以进一步剖析我国区域绿色经济发展的制约因素,并由此提出不同省份及区域提升绿色经济效率的重点策略及路径。如表3所示,从单个省份看,东部地区的北京、河北、辽宁、浙江、山东、福建、广东七个省份的TGI均为0,GMI对其绿色经济无效率的贡献度都达到100%,表明这些省份拥有优越的绿色经济发展环境,代表了全国最优的绿色生产技术。这是绿色经济效率领先于其他省份的根本原因,外源性动力占据主导地位,内源性动力相对较弱,进一步提升管理能力应该成为这些省份今后发展绿色经济的重点策略。然而,中西部地区的吉林、云南、安徽等绝大多数省份的绿色经济无效率均来自技术差距无效率,TGI对绿色经济无效率的贡献度大多在90%以上,这些省份外源性动力严重不足,今后绿色经济效率的提升将主要依赖于外生绿色生产技术环境的改善。需要指出的是,贵州、新疆、青海等少数省份MGEI中TGI与GMI均占有相当大的比例,因而必须内外兼备、双管齐下,同时注重改善生产技术和提高管理水平,只有这样才能有效提升绿色经济效率。从区域视角看,东部地区TGI仅为0.0110,而GMI则达到0.3543,表明东部地区绿色经济无效率主要来自管理方面。从动态视角看,中部地区自2005年以来TGI一直

表2 中国各省份绿色经济无效率均值和提升效率的重点策略(2000—2009年)

	2000—2009年无效率均值及所占比重					提升效率的重点策略	
	MGEI	TGI		GMI		改善生产技术	提高管理能力
北京	0.4816	0.0000	0%	0.4816	100%		△
天津	0.5244	0.0614	11.7%	0.4630	88.3%	△	△
河北	0.6160	0.0000	0%	0.6160	100%		△
山西	0.9603	0.9347	97.3%	0.0256	2.7%	△	
内蒙古	0.9541	0.9075	95.1%	0.0466	4.9%	△	
辽宁	0.0019	0.0000	0%	0.0019	100%		△
吉林	0.8883	0.8883	100%	0.0000	0%	△	
黑龙江	0.8589	0.8374	97.5%	0.0215	2.5%	△	
上海	0.1718	0.0553	32.2%	0.1165	67.8%	△	△
江苏	0.2969	0.0020	0.7%	0.2949	99.3%		
浙江	0.4428	0.0000	0%	0.4428	100%		△
安徽	0.9192	0.9155	99.6%	0.0037	0.4%	△	
福建	0.6320	0.0000	0%	0.6320	100%		△
江西	0.9406	0.9118	96.9%	0.0288	3.1%	△	
山东	0.2884	0.0000	0%	0.2884	100.0%		△
河南	0.8476	0.7713	91.0%	0.0763	9.0%	△	
湖北	0.8106	0.7506	92.6%	0.0599	7.4%	△	
湖南	0.8848	0.8649	97.8%	0.0200	2.2%	△	
广东	0.5199	0.0000	0%	0.5199	100%		△
广西	0.9569	0.9536	99.7%	0.0033	0.3%	△	
海南	0.0429	0.0023	5.4%	0.0406	94.6%		△
四川	0.8393	0.7676	91.5%	0.0717	8.5%	△	
贵州	0.9848	0.2067	21.0%	0.7781	79.0%	△	△
云南	0.0645	0.0645	100%	0.0000	0%	△	
陕西	0.9394	0.8836	94.1%	0.0557	5.9%	△	
甘肃	0.9481	0.8009	84.5%	0.1472	15.5%	△	△
青海	0.5179	0.4552	87.9%	0.0627	12.1%	△	△
宁夏	0.8222	0.8191	99.6%	0.0032	0.4%	△	
新疆	0.9507	0.7576	79.7%	0.1931	20.3%	△	△

保持下降态势,绿色生产技术逐年改善,这主要是因为2006年"中部崛起"战略的正式实施驱动了中部地区绿色经济的发展。而西部地区TGI自2006年则一直维持上升趋势,绿色生产技术环境越来越恶劣,这也印证了前文的观点:西部大开发战略虽然带动了西部地区的经济增长,但是也严重破坏了原本较为和谐的自然环境。另外,2000年以来,西部地区GMI始终高于中部地区,表明相对于中部地区,西部地区的绿色管理能力更为低下,内源性动力更为不足,资源环境保护意识淡薄,这也在一定程度上表明东部沿海地区先进的节能减排管理模式向偏远的西部地区转移与扩散的难度更大。

五、结论与政策涵义

本文研究结果表明:中国整体绿色经济效率偏低,距离全国共同前沿还存在65%以上的改进空间,不同省份、三大区域的效率指数差异巨大,绿色经济发展极不平衡,东部地区的绿色经济效率远高于中西部地区;三大区域绿色生产技术存在显著的异质性特征,绿色共同技术率分别为0.9824、0.1138和0.2134,东部地区实现了全国潜在最优绿色生产技术的98%以上,中西部地区与全国的差距则非常明显,分别还存在88.62%和78.64%的改进潜力,其中中部地区的共同技术率在不断改善,而西部地区还存在进一步下滑的危险;从"生产技术"与"管理"两个维度对共同前沿下各省份的绿色经济无效率进行解构,将其分解为"技术差距无效率(TGI)"和"管理无效率(GMI)",发现不同省份及三大区域绿色经济无效率的根源存在差异,东部地区主要来源于管理无效率,技术差距无效率则是中西部地区的主要制约因素。其中,中部地区TGI一直高于西部地区,但近年来已在不断改善,而西部地区TGI有持续上升态势,绿色生产技术环境趋于恶化。此外,西部地区GMI高于中部地区,显示其绿色管理能力也有待进一步改善。

本文的政策涵义在于:优良的生态环境是区域发展的永恒竞争力,是可持续发展的第一资源。各区域应始终把生态环境建设放在战略高度,切实重视提高经济增长质量,树立科学发展理念,大力发展绿色经济与循环经济,推动绿色消费,弘扬生态文化;改革传统国民经济核算体系,尽快建立绿色经济核算体系并制定和完善与之配套的政策法规和评价标准,将绿色经济指标纳入地方政府的政绩考核中,为各地区提供发展绿色经济的制度激励;由于不同区域绿色生产技术存在显著的异质性,绿色经济无效率的根源不同,因此,为了实现我国绿色经济发展整体目标,必须要注重不同区域的分工与合作,科学制定分区域、差异化的绿色经济发展政策。东部地区是我国最优绿色生产技术的代表,在进一步引进国外先进节能减排技术、优化绿色生产环境的同时,也必须要增加内源性动力,注重绿色管理能力的进一步提高。作为我国绿色经济发展的先行者,东部地区还应积极与中西部地区进行技术和管理方面的合

作与交流，实行对口援助，不断加大对中西部落后地区的扶持与帮助，带动其绿色经济的发展，这对提高我国绿色经济效率的整体水平非常关键；中央政府要关注中西部地区的发展，加大对其财政资金的投入，加强中西部地区的基础设施建设，继续深化“西部大开发”、“振兴东北老工业基地”以及“中部崛起”战略的实施，进一步为中西部发展提供政策倾斜支持，吸引高级人才流向中西部地区，推动人力资本水平的提高，为其绿色经济发展创造更好的外部环境。此外，由于具有选择技术方式的“后发优势”，中西部地区可以通过模仿、购买和学习等方式吸收采纳东部地区先进的节能减排技术与管理经验，以驱动绿色经济发展。同时，强力推进产业结构优化升级，逐步消除市场分割，改革落后的制度模式，加强软环境建设，在引进内外资、承接东部产业转移时要合理设置高能耗、高污染项目的准入条件，有效防止污染向区域内转移，这些举措也是推动中西部地区绿色经济发展的题中之义。

注释：

①本文的“生产技术”是广义上的生产技术，表现为将投入转化为产出的知识与能力，是一种综合性能力，地区资源禀赋、产业结构、技术条件、基础设施、对外开放度、教育水平等众多因素对生产技术影响巨大。

②东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南，中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河北、湖北、湖南，西部地区包括内蒙古、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆。

③其中 1－11 代表东部地区省份，12－19 为中部地区省份，20－29 代表西部地区省份。

参考文献：

[1]陈诗一.中国绿色工业革命：基于环境全要素生产率视角的解释(1980－2008)[J].经济研究，2010，(11)：21－34.

[2]陈诗一.节能减排、结构调整与工业发展方式转变研究[M].北京：北京大学出版社，2011.

[3]王兵，吴延瑞，颜鹏飞.中国区域环境效率与环境全要素生产率增长[J].经济研究，2010，(5)：95－109.

[4]汪克亮，杨宝臣，杨力.中国全要素能源效率与能源技术的区域差异[J].科研管理，2012，(5)：56－63.

[5]王群伟，周德群，周鹏.中国全要素二氧化碳排放绩效的区域差异：考虑非期望产出共同前沿函数的研究[J].财贸经济，2010，(9)：112－117.

[6]杨龙，胡晓珍.基于 DEA 的中国绿色经济效率地区差异与收敛分析[J].经济学家，2010，(2)：46－54.

[7]张毅，刘维奇，李景峰.考虑地区技术差距的中国上市物流公司成本效率及其影响因素研究[J].研究与发展管理，2011，(6)：79－90.

[8]朱承亮，岳宏志，安立仁.节能减排约束下中国绿色经济绩效研究[J].经济科学，2012，(5)：33－44.

[9]Chiu C R，Liou J L，Wu P I，et al.Decomposition of the environmental inefficiency of the metafrontier with undesirable output[J].Energy Economics，2012，(34)：1392－1399.

[10]Mazumdar M,Rajeev M.Comparing the efficiency and productivity of the Indian pharmaceutical firms:A Malmquist-metafrontier approach[J].International Journal of Business and Economics,2009,8(2):159－181.
[11]Oh D H.A metafrontier approach for measuring an environmentally sensitive productivity growth index[J].Energy Economics,2010,32(1):146－157.

On Regional Green Economic Efficiency in China under Heterogeneous Production Technology

WANG Ke-liang[1], YANG Li[1], CHENG Yun-he[1,2]

(1. *School of Economics and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan* 232001, *China*; 2. *Institute of Population, Resources and Environment, Northeast Normal University, Changchun* 130024, *China*)

Abstract: Taking full account of heterogeneous green production technology in China's provinces and regions, this paper employs nonparametric meta-frontier theory and directional distance function to measure Chinese green economic efficiency based on the provincial panel data from 2000 to 2009. Then it uses meta-technology ratios to reflect the gap between the green production technology of three major regions and the potential optimal level of the whole country. Then in order to reveal the source of efficiency loss, it decomposes provincial green economic inefficiency under meta-frontier in different regions into technology gap inefficiency and managerial inefficiency. The results are as follows: firstly, China's overall green economic efficiency is seriously low, 0.3411, and has 65.89% room for improvement compared to the optimal green production frontier of the whole country; secondly, the green production technology in three main regions differ widely, namely the East region accomplishes over 98% of the potential optimal green production technology of the whole country and the Central and West regions only achieve 11.38% and 21.34% respectively, leading to big room for improvement; thirdly, green economic inefficiency in the East region are mainly due to management and green economic inefficiency in the Central and West regions is attributed to backward green production technology.

Key words: green economic efficiency; heterogeneous production technology; meta-frontier; meta-technology ratio; directional distance function

（责任编辑　许　柏）