

中国绿色发展效率的评价与区域差异

杨志江¹, 文超祥²

(1. 韶关学院 经济管理学院, 中国广东 韶关 512005; 2. 厦门大学 建筑与土木工程学院, 中国福建 厦门 361005)

摘要: 运用基于跨期生产前沿的SBM-DEA模型测算了中国省际1999—2012年的绿色发展效率, 对中国绿色发展效率的演变特征与区域差异进行了考察, 并对其收敛性进行了检验。研究发现, 中国省际绿色发展效率水平不高, 总体呈“先降后升”的演变趋势, 且节能减排无效率是绿色发展无效率的主要来源; 东部在样本初期没有显著拉大与中西部的绿色发展效率差距, 而始于1999年实施的区域协调发展战略和2006年以后严格推行的节能减排政策在高新技术产业向东部集聚和高耗能高污染产业大量内迁的双重影响下, 却引致东部与中西部的绿色发展效率呈现出严重的两极分化格局; 中国省际绿色发展效率不存在显著 σ 收敛和绝对 β 收敛, 但存在显著条件 β 收敛, 而东中西三大区域呈现出典型的“俱乐部收敛”特征, 说明由于三大区域之间的绿色发展效率差异在不断增大, 导致中国省际绿色发展效率差距在逐步扩大, 并没有朝完全相同的稳态水平收敛趋同, 然而各个区域内的绿色发展效率差距在逐步缩小, 并以不同的收敛速度向各自不同的稳态水平趋近。

关键词: 绿色发展效率; 节能减排; 区域差异; 收敛; SBM-DEA

中图分类号 F127 文献标志码 A 文章编号 :1000 - 8462(2017)03 - 0010 - 09

DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2017.03.002

Evaluation on China's Green Development Efficiency and Regional Disparity

YANG Zhijiang¹, WEN Chaoxiang²

(1. School of Economics and Management, Shaoguan University, Shaoguan 512005, Guangdong, China;

2. Department of Urban Planning, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China)

Abstract: The paper estimates the green development efficiency of China's provinces from 1999 to 2012 based on the intertemporal frontier SBM-DEA, analyzes the evolution features and regional disparity of China's green development efficiency, and empirically testes its convergence. Our study finds that: (1)the green development efficiency of China's provinces is at a low level, its trend shows “descend first and then ascend” on the whole, and the inefficiency of energy saving and emission reduction is a main reason for green development inefficiency; (2)The eastern region does not make its green development efficiency significantly higher than that in the mid-western region at the beginning, however, the regional balanced development strategy since 1999 and energy conservation and emission reduction policy since 2006 have greatly changed the polarization pattern of green development efficiency between the eastern region and mid-western region; (3)No significant σ convergence and unconditional β convergence exist in the green development efficiency of China's provinces, but conditional β convergence exists and the three major regions present a typical “club convergence” feature, which implies that the gap in the green development efficiency of China's provinces is gradually expanding, and the increase of regional differences is the main reason, the green development efficiency of China's provinces doesn't converge to the same steady-state level, but three regions will converge to their own steady-state level at different speeds.

Key words: green development efficiency; energy conservation and emission reduction; regional disparity; convergence; SBM-DEA

环境保护与经济矛盾的矛盾已成为制约当前中国构建和谐社会的因素^[1], 推进经济增长方

式的绿色转型势在必行。2015年9月国务院出台《生态文明体制改革总体方案》, 明确提出了发展必

收稿时间 2016 - 05 - 06; 修回时间 2016 - 09 - 22

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71233003); 教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目(12JZD042); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(14YJC630169)

作者简介: 杨志江(1978—), 男, 湖南浏阳人, 硕士, 副教授。主要研究方向为技术创新与经济增长。E-mail: yzj3000@sohu.com。

须是绿色发展、循环发展和低碳发展的要求,其关键之处在于提升绿色发展效率,即在实现经济增长的同时,能够实现资源节约(特别是能源节约)与污染物减排,推动经济增长向低投入、低排放和高产出的绿色发展方式转变。

在相关文献中,许多学者对污染减排效率^[2-3]、能源效率^[4-5]和环境效率^[6-7]等方面进行了广泛深入的探讨。近年来,随着国家提出坚持走绿色发展道路,中国的绿色发展效率(或绿色生产率)已引起学者们的高度关注,陈诗一、钱争鸣、王兵、景维民、杨文举、吴英姿等文献对中国整体、区域或者行业的绿色发展效率进行了经验研究^[8-13]。从绿色发展效率测算方法来看,上述文献基本上都是在数据包络分析方法(DEA)中引入同时考虑期望产出增加和非期望产出减少的方向性距离函数(DDF)^[11]。这种函数将污染排放视为具有负外部性的非期望产出,较好地拟合了污染排放在生产过程中的制约作用,而且追求期望产出增加与非期望产出减少也较合理地反映了决策者的目标要求,因此得到了广泛的应用。然而,假定期望产出增加与非期望产出减少的比例相同或固定,与现实的生产活动不相符,并且由于没有考虑松弛变量,还会造成效率的高估。为避免这些缺陷,一种基于松弛变量的方向性距离函数(SBM)被引入到技术效率的测度中^[14-15]。SBM允许投入或产出变量以不同的比例发生变化,而且也不需做出基于投入或基于产出的角度选择。通过采用各项投入和非期望产出可以减少及期望产出可以增加的平均比例来衡量效率,刚好可以体现资源节约、污染减排和经济增长等多重目标的综合实现程度,更加符合绿色发展的内在要求。对于面板数据的技术效率评价,DEA方法构建的生产前沿可以分为当期生产前沿、序列生产前沿和跨期生产前沿三类^[16]。已有文献主要是运用当期生产前沿DEA或序列生产前沿DEA来测算绿色发展效率。然而,当期生产前沿DEA在每一期构造一个相应的技术前沿面,容易出现“技术退步”现象,而序列生产前沿DEA在形式上又不满足可传递性要求,这些不足都制约了绿色发展效率评价的跨期可比性,给考察绿色发展效率的长期变化带来困难。从研究内容看,一些文献对中国绿色发展效率的区域差异进行了比较分析^[9-10],但很少有文献探讨绿色发展效率存在区域差异的深层次原因,更是鲜有文献从区域发展战略和节能减排政策角度对绿色发展效率的区域分布格局和演变规律进行深入探

讨;对碳排放效率、能源效率等进行收敛性分析的研究文献较为丰富^[3,5],而关于绿色发展效率收敛的文献较少,且很少结合全国整体与区域的收敛特征进行综合分析。

基于上述分析,本文尝试从以下几个方面对现有文献进行拓展:①结合跨期生产前沿DEA方法和SBM模型,构建基于跨期生产前沿的SBM-DEA模型,并对中国省际1999—2012年的绿色发展效率及各投入(产出)变量的无效率水平进行测度,以更好地反映绿色发展效率的长期变化趋势和深入地考察绿色发展无效率的来源;②考察1999年以来中国绿色发展效率的动态演化特征与区域差异格局,并重点从区域发展战略与节能减排政策角度对这种区域差异与演化特征形成的原因进行探讨;③根据经济增长收敛理论,运用 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛方法对中国整体及分区域的绿色发展效率进行收敛性检验,以分析中国绿色发展效率的趋同或者发散状况。

1 研究方法与数据选取

1.1 研究方法

在借鉴已有文献^[14-16]的基础上,本文将跨期生产前沿DEA方法和SBM模型相结合,基于中国大陆29个省份1999—2012年的面板数据,构造绿色发展效率的测算模型。假设在时期 $t(t=1, \dots, 14)$ 第 $j(j=1, \dots, 29)$ 个省份使用 M 种非能源投入 x 和 N 种能源投入 e ,生产出 Q 种期望产出 y 和 H 种非期望产出 b ,模型表达形式为:

$$\min \rho = \frac{1 - \frac{1}{M+N} \left(\sum_{m=1}^M s_m^- / x_{mj}^0 + \sum_{n=1}^N s_n^- / e_{nj}^0 \right)}{1 + \frac{1}{Q+H} \left(\sum_{q=1}^Q s_q^+ / y_{qj}^0 + \sum_{h=1}^H s_h^- / b_{hj}^0 \right)}$$

$$s.t.$$

$$\sum_{t=1}^{14} \sum_{j=1}^{29} x_{mj}^t \lambda_j^t + s_m^- = x_{mj}^0, \quad m=1, \dots, M$$

$$\sum_{t=1}^{14} \sum_{j=1}^{29} e_{nj}^t \lambda_j^t + s_n^- = e_{nj}^0, \quad n=1, \dots, N$$

$$\sum_{t=1}^{14} \sum_{j=1}^{29} y_{qj}^t \lambda_j^t - s_q^+ = y_{qj}^0, \quad q=1, \dots, Q$$

$$\sum_{t=1}^{14} \sum_{j=1}^{29} b_{hj}^t \lambda_j^t + s_h^- = b_{hj}^0, \quad h=1, \dots, H$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J \lambda_j^t = 1; \quad \lambda_j^t \geq 0;$$

$$s_m^- \geq 0; \quad s_n^- \geq 0; \quad s_q^+ \geq 0, \quad s_h^- \geq 0$$

式中: s_m^- 、 s_n^- 、 s_q^+ 、 s_h^- 分别为非能源投入、能源投入、

期望产出和非期望产出的松弛变量; j^0 和 t^0 分别表示被评价的省份和时期。值得注意的是,目标函数(ρ)是追求最大可能地减少投入和非期望产出以及增加期望产出,即采用各项投入和非期望产出可以减少以及期望产出可以增加的平均比例来衡量绿色发展效率。根据跨期生产前沿的思想,所有决策单元是采用样本期间所有投入—产出数据所构建的单一生产前沿来评价^①。求解以上线性规划,可以得到第 j^0 个省份在 t^0 时期的绿色发展效率及松弛变量信息。根据松弛变量信息,还可以进一步对绿色发展无效率的来源进行分解,即测算各投入(产出)变量的无效率水平,计算公式为:

$$\begin{aligned} NESW_n &= s_m^- / x_{nj^0}^0, \quad m = 1, \dots, M \\ ESW_n &= s_n^- / e_{nj^0}^0, \quad n = 1, \dots, N \\ DGW_n &= s_q^+ / y_{nj^0}^0, \quad q = 1, \dots, Q \\ UAW_n &= s_h^- / b_{nj^0}^0, \quad h = 1, \dots, H \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $NESW$ 、 ESW 、 DGW 、 UAW 分别代表非能源投入、能源投入、期望产出和非期望产出的无效率水平。

1.2 数据选取

考虑到数据的可获得性和可比性,本文选取的样本数据是1999—2012年中国大陆29个省份的面板数据。西藏数据多有缺失或不足,分析中将其略去,并将重庆市数据合并至四川省。按照通常做法,非能源投入主要考虑劳动力投入和资本投入。资本投入用资本存量来衡量,并运用“永续盘存法”进行估算。利用张军等^[17]的研究成果,调整算得以1999年为基期的1999—2000年各省份资本存量数据,并按照其给出的方法推算得到2001—2012年各省份资本存量数据。鉴于劳动力素质和劳动时间的数据较难获得,仅用各省份历年的从业人数来衡量劳动力投入。期望产出用GDP来衡量,并将各省份每年GDP折算为以1999年为基期的实际GDP。各省份的能源消费结构存在差异,能源投入以折算成标准煤的能源消费量来衡量。借鉴王兵、景维民等的做法,非期望产出选用二氧化硫(SO_2)和化学需氧量(COD)来衡量^[6,11]。资本存量、期望产出和非期望产出的数据来源于《中国统计年鉴》,劳动力的数据来源于各省份的统计年鉴,能源投入的数据来源于《中国能源统计年鉴》。

2 中国绿色发展效率的演变趋势与区域差异

根据模型(1)和公式(2),运用MaxDEA 6.3软件对中国省际1999—2012年的绿色发展效率及各投入(产出)变量的无效率水平进行测算。经过计算各变量的无效率水平与绿色发展效率之间的斯皮尔曼相关系数,本文发现,资本投入无效率水平、劳动力投入无效率水平、经济产出无效率水平与绿色发展效率的相关系数(取绝对值)均小于0.45,而能源投入无效率水平(ESW)、 SO_2 排放无效率水平($SUAW$)、COD排放无效率水平($CUAW$)与绿色发展效率(GTE)的相关系数均超过0.88。因此,在中国经济高速增长背景下,节能减排无效率是绿色发展无效率的主要来源,这说明节能减排对中国经济实现绿色转型发展至关重要。王兵、刘瑞翔等的研究结果也表明能源投入无效率、污染排放无效率是环境无效率的主要来源^[6,18]。接下来,本部分主要针对中国绿色发展效率的动态变化及其区域差异格局进行分析。

2.1 中国绿色发展效率的总体特征与演变趋势

图1展示了样本期间中国29个省份 GTE 、 ESW 、 $SUAW$ 和 $CUAW$ 的平均值^②。整体而言,中国的绿色发展效率还比较低,而节能减排无效率水平比较高,其中有20个省份的平均 GTE 低于0.50,15个省份的平均 ESW 高于0.50,平均 $SUAW$ 超过0.70的省份达到21个,平均 $CUAW$ 超过0.60的省份也有18个,大部分省份存在较为严重的污染过量排放和能源过量消耗问题。从空间分布来看,绿色发展效率较高(或节能减排无效率较低)的省份集中在东部沿海地区,而绿色发展效率水平较低(或节能减排无效率较高)的省份集中在内陆地区,即中国绿色发展效率在空间分布上呈“东高西低”的非均衡性特征。

为刻画在样本期间中国绿色发展效率的演变趋势,本文绘制出全国整体 GTE 、 ESW 、 $SUAW$ 和 $CUAW$ 的变化趋势图(图2)。可以看出,样本期间全国平均 ESW 、平均 $SUAW$ 和平均 $CUAW$ 总体呈“先升后降”趋势,而平均 GTE 呈“先降后升”的变化趋势,转折点出现在2004年或2005年,平均 GTE 的最高点及平均 ESW 、平均 $SUAW$ 和平均 $CUAW$ 的最低点都出

①跨期生产前沿的构建是利用整个样本期间的观测数据,因此所有决策单元采用相同的生产前沿进行评价,这样既可以避免可能出现的“技术退化”现象和投入产出数据短期波动带来的影响,还可观测技术效率的长期变化趋势。

②由于节能减排无效率是绿色发展无效率的主要原因,在各投入(产出)变量的无效率水平中本文只列示了 ESW 、 $SUAW$ 和 $CUAW$ 的平均值。

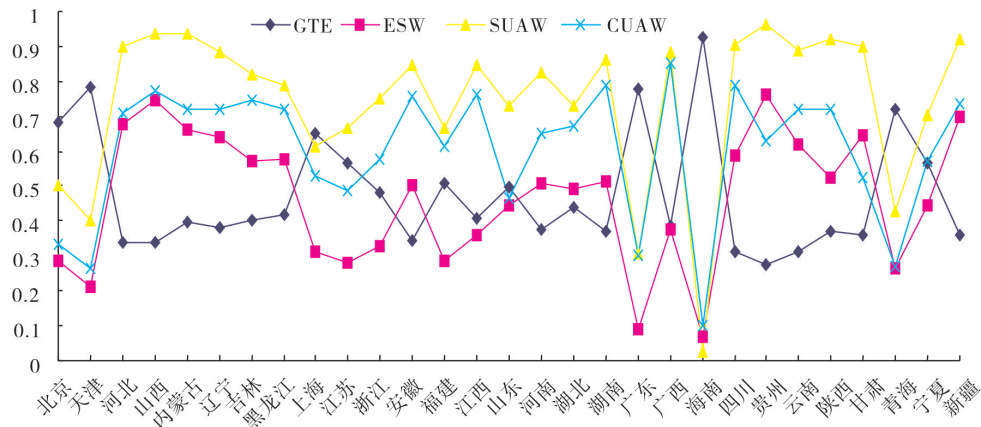


图1 1999—2012年中国省际平均绿色发展效率及无效率来源分解

Fig.1 Average green development efficiency and its inefficiency decomposition of China's provinces from 1999 to 2012

现在2012年。在1999—2005年期间,全国平均ESW、平均SUAW和平均CUAW呈递增趋势,而平均GTE呈递减趋势,这可能是由于1999年以来中国进入重工业化阶段,能源、钢铁、有色和化工等工业的加速发展造成了能源消耗与污染排放的较快增长。计算发现,全国重工业产值占工业总产值的比重由1999年的58.03%上升到2005年的67.56%。在2006—2012年期间,全国平均GTE呈递增趋势,而平均ESW、平均SUAW和平均CUAW呈递减趋势,这可能是由于2006年以来国家更加重视能源节约与环境保护,制定并严格推行了一系列促进节能减排的政策措施。例如,在“十一五”、“十二五”国家发展规划中制定了各地区节能减排的约束性目标,并建立相应的“目标责任体系”来强化地方政府环境管理的责任,以及采取“千家企业节能行动”、“十大重点节能工程”、“淘汰落后产能”等具体政策措施。

2.2 区域绿色发展效率的时空格局演化及成因

2.2.1 时空分异特征分析

为清晰地分析绿色发展效率的区域差异格局及动态演化特征,在时间上,将样本期间分成1999—2005年和2006—2012年两个阶段;在空间

上,按照传统的划分方法,研究东部、中部和西部的区域差异,并参考刘应元等的划分,将河北省划分到中部^[19]。表1展示了三大区域GTE、ESW、SUAW和CUAW的变化趋势。与全国均值的演变趋势不同,中部与西部的平均GTE虽呈“先降后升”的演化态势,但总体却出现了较大幅度的下降。与之一致的是,中部和西部的平均ESW、平均SUAW和平均CUAW虽呈“先升后降”的演化态势,但总体却出现了较大幅度的上升。与中西部不同,东部的平均GTE在每个阶段都维持上升趋势,平均ESW、平均SUAW和平均CUAW也都维持下降趋势。正是由于区域间绿色发展效率变化趋势的异质性,造成中西部与东部的差距在不断拉大,区域两极分化格局凸显。

在样本初期(1999年),西部与东部的平均GTE相同均为0.505,而中部的平均GTE(为0.439)比东部要稍低。因此,样本初期东部的绿色发展效率并没有显著高于中西部,区域间的差距没有被拉开。东部的绿色发展效率较低,主要是由于节能减排无效率水平比较高。这个时期东部的平均ESW为0.404,只稍低于西部的0.423,但平均SUAW和平均CUAW分别达到了0.720和0.614,要高于西部的

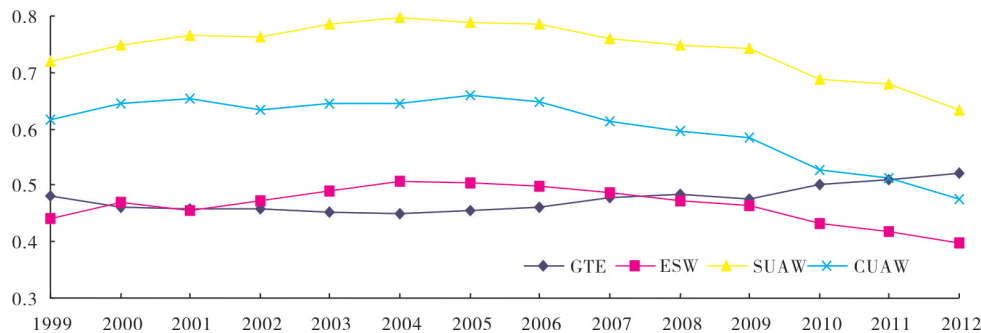


图2 1999—2012年全国整体绿色发展效率及无效率来源分解的变化趋势

Fig.2 Changes of green development efficiency and its inefficiency decomposition of China from 1999 to 2012

0.680和0.526。中部的平均ESW、平均SUAW和平均CUAW分别为0.492、0.754和0.699,节能减排无效率水平比东部要稍高,这也导致中部的绿色发展效率相对较低,但是与东部的差距并不明显。

在第一阶段,由于中部和西部的平均GTE处于下降趋势,而东部的平均GTE却表现出明显的上升趋势,导致东部与中西部的绿色发展效率差距被显著拉开,东部一枝独秀的递增演化态势已显现出来。东部、中部和西部在1999年的平均GTE分别是0.505、0.439和0.505,到2005年演变为0.592、0.387和0.383。与此同时,东部的平均ESW、平均SUAW和平均CUAW的年均增长率分别为-3.42%、-2.82%和-3.03%,而中部分别为2.94%、2.37%和1.30%,西部更是达到5.10%、4.14%和4.21%,中西部经济增长方式的高耗能、高污染特征非常明显。

在第二阶段,由于递增速度存在差异,区域间平均GTE以及平均ESW、平均SUAW和平均CUAW的两极分化格局更加凸显。东部平均GTE的年均增长率达到4.95%,明显高于中部的0.83%和西部的0.44%。与之一致的是,东部平均ESW、平均SUAW和平均CUAW的年均增长率分别为-13.32%、-13.55%和-19.50%,而中部为-2.69%、-0.97%和-0.74%,西部为-0.75%、-0.80%和-0.40%。尤其在第二阶段的末期(2012年),东部的平均GTE达到0.816,已是中部或西部的2.2倍,北京、上海、江苏、广东和山东的GTE更是等于1,已处于技术有效状态。而在中西部的省份中,除青海和宁夏外的其他省份的GTE都低于0.4。从节能减排来看,东部的平均ESW、平均SUAW和平均CUAW分别仅为0.129、0.232和0.126,而中部分别达到0.510、0.835和

0.642,西部分别达到0.569、0.857和0.675,中西部经济增长的能源过量消耗与污染过量排放问题仍然十分严重。

以上结果显示,中国三大区域之间的绿色发展效率由样本初期的不存在显著差异演变为两极分化格局凸显,而节能减排无效率水平的变化趋势迥异是造成绿色发展效率区域两极分化格局凸显的主要原因。在经济高速增长的同时,东部能够实现节能减排无效率的明显改善,意味着东部的经济增长更加符合绿色发展方式的特点,高耗能、高污染的传统发展方式正逐步得到转变,而中西部的节能减排无效率并没有得到改善甚至出现明显下降,说明中西部的经济增长仍延续着传统发展方式,经济增长仍是以大量能源消耗与污染排放为代价。

2.2.2 形成机制与原因分析

在样本初期,区域间绿色发展效率的两极分化现象并不明显,而且由于节能减排无效率水平较高,东部的绿色发展效率也处于相对较低水平。改革开放前期,在区域非均衡发展战略的助推下,东部沿海地区实现了率先发展,成为中国经济版图上无可争议的高地。但正是由于多年的经济快速发展,特别是高耗能、高污染的传统发展方式,使得东部遇到的环境严重透支、能源难以为继等问题比其他任何地区都更为严重。过分追求GDP的高速度而忽视了能源有效利用与污染物减排,造成样本初期东部的绿色发展效率并没有明显高于中西部,东部经济增长也没能走上绿色发展之路。

1999年以来,中国各地区经济发展都进入了重化工业加速发展阶段,为什么东部与中西部的绿色发展效率会表现出如此截然相反的演化趋势?这与

表1 1999—2012年三大区域绿色发展效率及无效率来源分解的变化趋势
Tab.1 Changes of green development efficiency and its inefficiency decomposition among China's three regions from 1999 to 2012

区域	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
东部	0.505	0.497	0.530	0.540	0.546	0.553	0.592	0.613	0.661	0.683	0.694	0.758	0.769	0.816
	0.404	0.428	0.353	0.363	0.347	0.345	0.327	0.311	0.273	0.249	0.226	0.188	0.175	0.129
	0.720	0.746	0.725	0.693	0.692	0.660	0.609	0.587	0.508	0.480	0.451	0.329	0.329	0.232
	0.614	0.633	0.612	0.593	0.602	0.590	0.540	0.491	0.389	0.331	0.281	0.177	0.173	0.126
中部	0.439	0.424	0.387	0.383	0.379	0.386	0.387	0.381	0.386	0.384	0.392	0.399	0.392	0.400
	0.492	0.509	0.543	0.568	0.597	0.596	0.593	0.601	0.600	0.587	0.584	0.555	0.526	0.510
	0.754	0.764	0.831	0.829	0.859	0.852	0.867	0.886	0.888	0.888	0.896	0.879	0.860	0.835
	0.699	0.686	0.744	0.728	0.720	0.722	0.742	0.762	0.771	0.773	0.784	0.746	0.689	0.642
西部	0.505	0.460	0.459	0.451	0.431	0.399	0.383	0.385	0.383	0.387	0.385	0.391	0.391	0.395
	0.423	0.470	0.470	0.491	0.535	0.585	0.597	0.596	0.601	0.59	0.593	0.571	0.569	0.569
	0.680	0.733	0.737	0.762	0.808	0.884	0.902	0.899	0.898	0.893	0.894	0.877	0.868	0.857
	0.526	0.612	0.597	0.571	0.609	0.624	0.694	0.692	0.691	0.692	0.701	0.674	0.693	0.675

注:表中三大区域的数据依次为GTE、ESW、SUAW和CUAW的平均值。

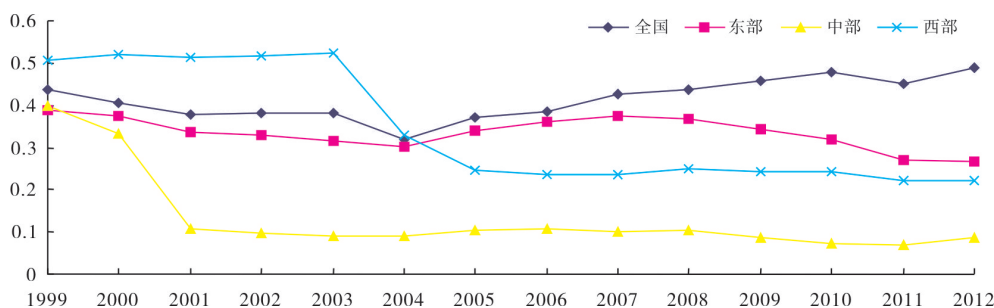


图3 1999—2012年全国及分区域绿色发展效率变异系数

Fig.3 Variable coefficient of national and regional green development efficiency from 1999 to 2012

区域间在经济实力、技术进步水平等方面存在差异有一定关系外,还可能与区域间产业转移类型存在显著不同密切相关。从1999年开始,伴随着西部大开发、促进中部崛起及振兴东北老工业基地等区域协调发展战略的实施,东部大量产业向中西部转移,但所转移的产业主要是高耗能高污染产业。冯根福等的研究证实东部向中西部转移的产业主要是石油炼焦业、石油开采业、有色金属矿采业、电力热力供应业及煤炭开采业等^[20]。作者计算也发现,中部高耗能高污染产业产值占中部工业总产值的比重由1999年的29.77%增至2005年的41.07%,而西部由1999年的25.29%增至2005年的37.31%^①。高耗能高污染产业的大量内迁,无疑会加重中西部节能减排与环境保护的负担,对节能减排无效率的改善带来消极影响,中西部的绿色发展效率也出现了较大幅度的下滑。与之不同的是,在2000年中国加入WTO以后,东部凭借技术、人才、物资和信息等方面的优势,承接了国外绝大部分以信息产业为代表的高新技术产业转移,加上中西部技术密集型产业向东部集聚^②,使得东部的产业结构不断优化,经济增长也逐步向绿色发展方式转型。计算数据显示,东部高技术产业产值占东部工业总产值的比例由1999年的13.66%上升至2005年的17.73%,高技术产业产值占全国的比例也由1999年的78.36%上升至2005年的89.10%。高耗能、高污染的资源密集型产业不断向中西部转移,同时技术密集、附加值高和污染程度相对较低的高新技术产业不断向东部集聚,这就不难理解为什么中国的绿色发展效率在区域间呈现出两极分化格局。

2006年以来,中国政府在全国范围内积极推行促进节能减排的政策与措施,那为什么更具节能减

排潜力的中西部并没有缩小与东部在绿色发展效率方面的差距,反而使得差距继续扩大?这可能是由于中国政府推行的节能减排政策在区域间没有被均衡地实施。在国家制定的“十二五”节能目标(单位GDP能耗)中,除福建、海南之外的其他东部省份的节能目标都超过16%,而中西部各个省份的节能目标都等于或低于16%。从SO₂排放量来看,2015年东部、中部和西部的排放控制量分别为581.4万t、839.5万t和583.8万t,比2010年分别要减少13.00%、8.55%和4.97%。从COD排放量来看,2015年东部、中部和西部的排放控制量分别为809.2万t、1 008.9万t和430.3万t,比2010年分别要减少10.57%、8.22%和5.37%。这些数据均表明,相对于中西部而言,东部的节能减排任务更为艰巨,面临的环境规制政策也更为严格。这一方面会促进东部利用自身的经济技术优势,加快技术进步和产业结构优化的步伐,使经济增长逐步向绿色发展方式转变;另一方面,由于区域间环境规制势差的存在,加上中西部欠发达地区具有很强的投资和发展冲动^③,势必会进一步加剧高耗能高污染产业向中西部转移。金祥荣等^[21]的研究表明,降低环境标准难以增加内陆地区的经济规模,却强烈地吸引了“肮脏”行业,驱逐了“清洁”行业。通过计算也发现,中部高耗能高污染产业产值占全国的比例从2006年的35.49%上升至2012年的38.42%,西部从2006年的14.49%上升至2012年的17.49%。由此可见,节能减排政策在区域间的非均衡实施会进一步驱使高耗能高污染产业向中西部转移,造成绿色发展效率的区域两极分化格局更加凸显。

上述分析结果揭示出伴随着国家区域发展战略和节能减排政策的调整,东部与中西部在绿色发

①高耗能高污染产业产值为煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业、黑色金属矿采选业、石油加工及炼焦业、黑色金属冶炼及压延加工业、电力蒸汽热水生产供应业的产值合计,下文同。

②刘红光等的研究证实1997—2007年期间,机械电子等技术密集型产业出现明显的从中西部向东部转移的趋势。

③从2007年开始,中西部GDP的增长速度已超过东部,而且在“十二五”期间制定的经济增长目标也远超过东部。

展效率方面的差距逐渐拉大,呈现出“剪刀差”的区域分化格局。更值得重视的是,这些战略与政策的实施所带来的产业转移,不仅难以缩小东部与中西部的经济发展水平差距,还可能使得中西部要承受大部分的环境负外部性与环境污染相关的福利损失,从而成为东部的“污染避难所”。在重化工业快速发展时期,东部依靠高新技术产业的发展有效改善了节能减排的无效率,并促进了绿色发展效率的大幅提升,这在一定程度上表明经济发展的重工业化也可以是集约、高效与低污染的,高新技术产业发展对地区经济增长方式转变具有重要意义。出于经济平衡发展的考虑,国家实施以产业转移为主要内容的区域协调发展战略和对中西部采取相对宽松的节能减排规制政策都是可以理解的,但这可能会驱使中西部重蹈东部覆辙,走上“先发展后治理”的老路,因此期望通过产业转移和形成环境政策差异来促进中西部更好更快发展似乎并不是一条有效途径。在限制高耗能、高污染产业向中西部转移的同时,切实推动技术、人才和信息向中西部转移,积极引导中西部发展高新技术产业才是真正行之有效的策略。

3 中国绿色发展效率的收敛性检验

从图1和表1可看出,中国省际和区域的绿色发展效率都存在较大差异,那么这些差异是否会随着经济发展而逐步缩小呢?本文接下来采用 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛三种方法进行收敛性检验,旨在分析中国绿色发展效率的趋同或者发散状况。

3.1 σ 收敛性检验

σ 收敛是指地区绿色发展效率的离散程度随着时间逐渐降低。本文通过测算地区绿色发展效率的变异系数来考察 σ 收敛,如果变异系数随时间推移而逐渐缩小则存在 σ 收敛。图3显示了样本期间全国及分区域绿色发展效率变异系数的变化趋势。可以看出,全国绿色发展效率的变异系数呈“V”形变化结构,以2004年为界表现出“先降后升”的变化趋势,且后期上升幅度较大;东部绿色发展效率的变异系数在波动中具有缩小趋势,除2004—2007年期间呈上升趋势外,其他时期都呈较为明显的下降趋势;中部绿色发展效率的变异系数在1999—2001年期间出现骤降,后期总体呈微弱下降趋势;西部绿色发展效率的变异系数在1999—2003年期间呈微弱上升趋势,但在2003—2005年期间出现快速下降,2006以后呈微弱下降趋势。综上分

析,全国绿色发展效率的变异系数整体呈扩大趋势,而东中西三大区域却呈缩小趋势,所以基本判断全国整体不存在显著 σ 收敛,三大区域则存在显著 σ 收敛,且三大区域之间的绿色发展效率差异在不断扩大是导致全国整体差异逐步扩大的主要原因。

3.2 绝对 β 收敛性检验

绝对 β 收敛是指各地区绿色发展效率呈现完全相同的稳态增长,即低绿色发展效率的地区比高绿色发展效率的地区具有更快的增长速度。参照Sala-i-Martin^[22],本文构建的绝对 β 收敛模型如下:

$$(\ln GTE_{i,T} - \ln GTE_{i,0})/T = \alpha + \beta \ln GTE_{i,0} + \omega_i \quad (3)$$

式中: α 为截距项; $(\ln GTE_{i,T} - \ln GTE_{i,0})/T$ 为第*i*个省份从*t=0*时期到*t=T*时期的年均GTE增长率; $\ln GTE_{i,0}$ 为第*i*个省份初始期GTE的对数值; β 为初始期GTE的回归系数; ω_i 为随机误差项。如果 β 显著为负,则说明存在绝对 β 收敛,即所有省份的绿色发展效率最终将趋同于相同的稳态水平。

式(3)的检验由于只是利用横截面数据,得到的收敛结论会对时间跨度*T*具有较强的敏感性^[23],且只是利用*t=0*时期和*t=T*时期的数据,收敛结论也易受数据波动(例如经济周期)的影响。为此,我们首先将样本划分为7个时期(连续2年为一个时期),并用连续2年的平均GTE作为各个时期(*t=1, 2, …, 7*)GTE的估计值;然后分别将前3个时期作为初始值,后3个时期分别作为期末值对式(3)进行了估计。为避免由于时间跨度太短,收敛趋势会不明显,将*T*设定为大于或等于3,检验结果见表2。

表2报告了全国及分区域绝对 β 收敛性检验的结果。在全国范围内,前两个模型的参数 β 估计值虽为负,但是均不显著,后四个模型的估计值都为正,这说明中国省际绿色发展效率增长速度与其期初水平没有显著负相关,较低绿色发展效率的省份对较高绿色发展效率的省份并不具有显著的“追赶效应”,中国省际绿色发展效率没有表现出向同一个稳态水平趋近的变化态势。三大区域各模型的参数 β 估计值都为负,尤其是前四个模型的参数 β 估计值均在5%水平上显著,由此说明三大区域内部期初绿色发展效率较低的省份具有较高的增长速度,绿色发展效率省际差距正在逐步缩小,即区域内部绿色发展效率具有“俱乐部收敛”特征。根据上述分析,我们基本可以判断出,中国绿色发展效率整体并不存在显著绝对 β 收敛,但在三大区域却表现出显著的绝对 β 收敛特征,这与 σ 收敛的检验结果具有一致性。从更深层次上分析,绿色技术进步

表2 全国及分区域绿色发展效率绝对β收敛性检验
Tab.2 Unconditional β convergence test of national and regional green development efficiency

	[1,7]		[1,6]		[1,5]		[2,7]		[2,6]		[3,7]	
	β	R ²	β	R ²	β	R ²	β	R ²	β	R ²	β	R ²
全国	-0.017 (-0.63)	0.042	-0.008 (-0.22)	0.023	0.002 (0.12)	0.029	0.012 (0.27)	0.171	0.008 (0.15)	0.001	0.017 (0.35)	0.005
东部	-0.188*** (-3.19)	0.561	-0.136*** (-2.67)	0.258	-0.114** (-2.26)	0.135	-0.150** (-2.04)	0.303	-0.061 (-1.61)	0.244	-0.011 (-0.98)	0.107
中部	-0.148*** (-10.32)	0.930	0.183*** (-10.06)	0.926	-0.242*** (-8.29)	0.896	-0.103*** (-3.02)	0.457	-0.046** (-2.23)	0.397	-0.103 (-0.57)	0.041
西部	-0.104*** (-5.94)	0.834	-0.112*** (-6.57)	0.860	-0.136*** (-7.02)	0.876	-0.107*** (-4.31)	0.727	-0.114*** (-4.50)	0.743	-0.121*** (-3.51)	0.638

注:()中的数据为参数估计的t值,***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平上显著;[]中的数据分别为初始值、期末值的时期数。

和产业结构优化是提高绿色发展效率的主要动力,研究结论一是说明三大区域之间绿色技术的溢出效应并不明显,拥有较高绿色技术水平的东部没能将其大量的先进绿色技术有效转移到绿色技术水平相对落后的中西部,绿色技术的溢出效应更多体现在区域内部省际之间;二是说明三大区域内各省份的产业结构优化路径具有一定的相似性,而区域之间却存在较大差异,东部产业结构优化路径更加符合绿色发展方式特点,这一点在前文分析中也得到了印证。

3.3 条件β收敛性检验

条件β收敛是指地区绿色发展效率随着时间向各自稳态水平趋近。借鉴Miketa等^[24]的研究,本文采用面板数据双向固定效应方法进行条件β收敛性检验,该方法同时控制地区效应与时间效应,既考虑了各地区有不同的稳态水平,也考虑了地区稳态水平的时变效应。收敛模型形式如下:

$$\ln GTE_{i,t} - \ln GTE_{i,t-1} = \alpha + \beta \ln GTE_{i,t-1} + \omega_{i,t} \quad (4)$$

在式(4)中,如果回归系数β显著为负,表明存在条件β收敛,否则不存在条件收敛趋势。同样,为了消除数据波动的影响,仍将样本划分为7个时期(连续2年为一个时期),并用连续2年的平均GTE作为各个时期GTE的估计值,然后对式(4)进行了估计。为增加估计结果的可靠性,本文根据原始样本14年的数据也进行了估计。

表3报告了全国及分区域条件β收敛性检验的结果。不管是全国整体还是分区域,不管是原始样本数据还是均值样本数据,参数β估计值均为负,且在10%水平上显著,表明存在条件β收敛,全国整体及三大区域都有朝着各自不同稳态水平收敛的变化趋势。从三个区域β系数的绝对值来看,中部明显大于西部,西部又大于东部,表明中部的绿色发展效率能以最快收敛速度达到其稳态水平,西部次之,东部最慢。结合σ收敛、绝对β收敛的检验结果,我们进一步可以判断出由于区域间的绿色发展效率差距在增大,导致中国省际绿色发展效率差距在逐渐扩大,而各个区域内的绿色发展效率差距在逐渐缩小;中国省际绿色发展效率不会朝完全相同的稳态水平趋同,但各个区域会以不同的速度朝着各自的稳态水平趋近;各个区域的稳态水平存在不同,这取决于自身的经济基础与条件,但先进区域(东部)与落后区域(中西部)的绿色发展效率差距很可能在较长时期内持续存在。

4 结论与讨论

研究结果表明,中国整体的绿色发展效率还比较低,且节能减排无效率是绿色发展无效率的主要来源。在1999以来进入重化工业化阶段的影响下,中国绿色发展效率在1999—2005年呈下降趋势,而2006年以来国家积极推行了节能减排政策

表3 全国及分区域绿色发展效率条件β收敛性检验
Tab.3 Conditional β convergence test of national and regional green development efficiency

	全国	东部	中部	西部
α	-0.248*** (-5.80)	-0.110*** (-5.74)	-0.044*** (-2.69)	-0.052*** (-4.95)
β	-0.315* (-1.82)	-0.141** (-2.25)	-0.213** (-2.59)	-0.074** (2.10)
R ²	0.504	0.335	0.386	0.296
OBS	174	377	60	130

注:()中的数据为参数估计的t值,***、**、*分别表示在1%、5%和10%水平上显著。

促使绿色发展效率在2006—2012年呈上升趋势。改革开放前期东部经济的率先发展由于过多依靠高耗能、高污染的传统发展方式,导致东部的绿色发展效率在样本初期没有明显高于中西部。在高新技术产业向东部集聚和高耗能高污染产业大量内迁的双重影响下,始于1999年实施的区域协调发展战略和2006年以后严格推行的节能减排政策引致东部与中西部绿色发展效率的两极分化趋势凸显。中国省际绿色发展效率不存在显著 σ 收敛和绝对 β 收敛,但存在显著条件 β 收敛,而三大区域表现出典型的“俱乐部收敛”特征,说明区域差异不断增大是中国省际绿色发展效率差异逐步拉大的主因,中国省际绿色发展效率不会朝完全相同的稳态水平趋近,然而区域内的绿色发展效率差距在逐步缩小,最终将趋同于各自不同的稳态水平。

基于上述结论,提出如下建议:①要推进经济发展绿色转型,必须摒弃唯GDP的发展观,构建和完善纳入能源节约和污染物减排的绿色GDP考核体系;②在贯彻落实《产业转移指导目录》基础上,具体详细地制定出鼓励类、限制类和禁止类的产业转移项目,严格限制高耗能高污染项目向中西部转移,积极引导和支持鼓励类项目的转移,重点扶持中西部发展高新技术产业;③改革节能减排“目标责任体系”,加大对中西部的技术和财政援助,对更具节能减排潜力的中西部制定与东部相当的节能减排目标;④改革实施区域协调发展战略的政策措施,重点推进技术、人才和信息向中西部转移,强化中西部经济的可持续发展。

对中国绿色发展效率的综合测度与收敛性分析有助于我们更加全面、深入地认识绿色发展水平的地理空间特征和演化规律,基于区域发展战略和节能减排政策角度的经验分析也拓展了绿色发展的研究视角。但是,中国绿色发展水平的空间格局和演变特征是多因素累积形成的结果,考虑角度不全面可能在一定程度影响本文的结论。从城镇化、产业结构政策和市场化改革等多个角度,以及从区域、城市等多个层面探讨中国绿色发展水平空间演变的驱动机理,也是今后需进一步研究的内容。在传统发展方式难以为继、绿色转型发展势在必行的背景下,推动学术界从多个视角、多个层面对中国绿色发展水平进行研究,显得尤为重要。

参考文献:

[1] 曹执令,杨婧. 中国制造业环境污染水平测算与变化态势分析[J]. 经济地理, 2013, 33(4): 107-113.

- [2] 曲亮,蔡宏波,任国良,等. 财政分权与中国区域碳减排效率实证研究[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 60-65.
- [3] 杨翔,李小平,周大川. 中国制造业碳生产率差异与收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2015(15): 17-30.
- [4] 林伯强,刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例[J]. 经济研究, 2015(9): 127-141.
- [5] 杨正林,方齐云. 能源生产率差异与收敛:基于省际面板数据的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2008(9): 3-20.
- [6] 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.
- [7] 杨青山,张郁,李雅军. 基于DEA的东北地区城市群环境效率评价[J]. 经济地理, 2012, 32(9): 51-55.
- [8] 陈诗一. 中国的绿色工业革命:基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J]. 经济研究, 2010(11): 21-35.
- [9] 钱争鸣,刘晓晨. 环境管制与绿色经济效率[J]. 统计研究, 2015, 32(7): 12-18.
- [10] 王兵,黄人杰. 中国区域绿色发展效率与绿色全要素生产率:2000—2010——基于参数共同边界的实证研究[J]. 产经评论, 2014, 1(1): 16-35.
- [11] 景维民,张璐. 环境管制、对外开放与中国工业的绿色技术进步[J]. 经济研究, 2014(9): 34-47.
- [12] 杨文举. 基于DEA的绿色经济增长核算:以中国地区工业为例[J]. 数量经济技术经济研究, 2011(1): 19-34.
- [13] 吴英姿,闻岳春. 绿色生产率及其对工业低碳发展的影响研究[J]. 管理科学, 2013, 26(1): 112-120.
- [14] Tone K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(1): 498-509.
- [15] Rashidi K, Saen R F. Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement[J]. Energy Economics, 2015, 50(4): 18-26.
- [16] Mandal S K. Do undesirable output and environmental regulation matter in energy efficiency analysis? Evidence from Indian Cement Industry[J]. Energy Policy, 2010, 63(5): 1-8.
- [17] 张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35-44.
- [18] 刘瑞翔,安同良. 资源环境约束下中国经济增长绩效变化趋势与因素分析——基于一种新型生产率指数构建与分解方法的研究[J]. 经济研究, 2012(11): 34-47.
- [19] 刘应元,冯中朝,李鹏. 中国生态农业绩效评价与区域差异[J]. 经济地理, 2014, 34(3): 24-29.
- [20] 冯根福,刘志勇,蒋文定. 我国东中西部地区间工业产业转移的趋势、特征及形成原因分析[J]. 当代经济科学, 2010, 32(2): 1-10.
- [21] 金祥荣,谭立力. 环境政策差异与区域产业转移——一个新经济地理学视角的理论分析[J]. 浙江大学学报:人文社会科学版, 2012, 42(5): 51-60.
- [22] Sala-i-Martin X. The classical approach to convergence analysis [J]. The Economic Journal, 1996, 106(7): 1 019-1 036.
- [23] Cho D, Graham S. The other side of conditional convergence [J]. Economic Letters, 1996, 50(2): 285-290.
- [24] Miketa A, Mulder P. Energy productivity across developed and developing countries in 10 manufacturing sectors: patterns of growth and convergence[J]. Energy Economics, 2005, 27(3): 429-453.