

本文运用熵权法构造了各地区综合环境污染指数,将其引入效率测度 DEA 模型,测度了 1995—2007 年间我国 29 个省市区的绿色经济效率,并对各地区绿色经济效率增长差异进行了收敛性检验。研究表明:伴随着我国经济高速增长的同时,环境污染问题日益严峻;整体上我国绿色经济效率呈波动型上升趋势,且由东部、西部、中部依次递减;由于各地区经济基础条件与特征不同,全国总体绿色经济效率不存在收敛趋势,但东部与中部地区绿色经济效率表现出俱乐部收敛。

关键词 绿色经济效率 熵权法 数据包络分析(DEA) 收敛性

中图分类号 F062.2 文献标识码 A 文章编号 1003—5656(2010)02—46—09

基于 DEA 的中国绿色 经济效率地区差异与收敛分析

——□杨 龙 胡晓珍——

(华中科技大学 经济学院 湖北 武汉 430074)

一、引言

自 1978 年改革开放以来,我国经济持续高速增长,年均增长速度达到 10.5%,时间之久、速度之快,堪称“增长奇迹”。与此同时,由于我国经济增长长期依赖要素大量投入,经济的快速增长导致自然资源过度消耗,环境污染问题也日趋严重,以资源和环境换增长的粗放型增长方式在为我国带来举世瞩目经济成就的同时,也令我国付出了巨大的环境代价。相关统计数据表明,2007 年,全国工业废水排放量为 246.6 亿吨,工业二氧化硫排放量为 2140 万吨,工业固体废弃物产生量达 17.6 亿吨,经济增长遭遇环境“瓶颈”,增长的质量不高,纯粹以 GDP 为导向的增长模式严重破坏了经济可持续发展的基础。经济发展过程中的环境污染问题已引起政府高度重视,为突破经济发展过程中的环境约束,保持经济—资源—环境可持续协调发展,政府实施了一系列环境保护政策,如“十一五”规划明确提出了“节能减排”两项约束性指标,并加大了环境污染治理投资、增加了对新能源、节能环保事业的支持力度等。同时,国家统计局于 2004 年开始启动“绿色 GDP 核算”项目,但由于缺乏成熟的核算理论及核算工作的复杂性,“绿色 GDP”核算体系与核算方法仍停留在起步阶段。

近年来,探索中国经济持续高速增长的源泉以及区域经济增长差异的原因,成为国内外学者研究的热点问题,学者们主要从全要素生产率的角度对这些现象进行解释。如颜鹏飞、王兵(2004)^[1];郑京海、胡鞍钢(2005)^[2]和郭庆旺、赵志耘等(2005)^[3]运用数据包络分析(DEA)测算了中国各省区的曼奎斯特生产率(Malmquist)指数,并指出自 90 年代以来,技术效率与技术进步水平的差异是地区生产率差异的主要原因,傅晓霞、吴利学(2006)^[4]和王志刚、龚六堂等(2006)^[5]则运用随机前沿模型(SFA)将各地区全

要素生产率的变动进行了解,同样认为全要素生产率的增长水平主要由技术进步率决定。然而,这些研究都忽略了环境污染成本对经济效率的影响,忽略环境污染研究各地区经济效率可能得出相悖的结论,如从全要素生产率角度测度的某地区的经济效率较高,但环境污染严重;或测度的经济效率水平并不高,但环境污染控制良好。不考虑环境代价的效率评价会促使地方在经济发展过程中仅以 GDP 为导向,忽视环境污染问题,而这种增长方式不利于经济的可持续发展。因此,忽略环境污染代价的经济效率研究是不准确、不全面的,不能正确地衡量相关经济体可持续发展水平。鉴于此,本文拟运用熵权法将六种环境污染指标拟合为各地区综合环境污染指数,然后将各地区单位污染产出指标引入经济效率测度模型,把得到的效率测度指标定义为各地区“绿色经济效率”,并在此基础上对区域绿色经济效率的差异及收敛性进行分析。最后基于实证结果与各地区经济发展与环境污染现实,为区域经济可持续协调发展提出相关政策建议。

二、研究方法 with 数据收集

(一) 环境污染综合指数的构造

为准确度量各地区经济发展过程中环境污染程度,并考虑到我国环境污染多来源于工业制造业部门,本文选取 1995—2007 年我国 29 个省市区^①(直辖市、自治区)工业废水排放量、工业废气排放量、工业烟尘排放量、工业粉尘排放量、工业二氧化硫排放量及工业固体废弃物产生量这六类污染排放物进行环境污染综合评价,数据来源于《中国环境统计年鉴》(1995—2008)。熵权法是进行多指标综合评价的一种重要方法,它根据客观环境的原始信息,通过分析各指标之间的关联程度及各指标所提供的信息量客观地为各指标赋权,避免主观因素造成的偏误。设 x_{ij} 为地区 i 的第 j 个环境污染指标的取值($i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$),对于某项指标 j ,各指标 x_{ij} 的差异越大,则该指标在综合评价中所起作用越大,若某指标的所有样本取值相同,则该指标在综合评价中不起作用。熵权法进行综合评价的主要步骤为:

1. 对数据进行变换处理:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (1)$$

2. 由于不同指标具有不同量纲和单位,为消除量纲和单位不同所带来的不可公度性,在运用熵权法时,首先应将评价指标进行无量纲化处理,即指标的同度量化:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2)$$

3. 计算第 j 项指标的熵值 e_j 和变异系数和 g_j :

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad g_j = 1 - e_j \quad (3)$$

对于第 j 项指标, x_{ij} 的离散程度越大, e_j 越小;当对于所有个体, x_{ij} 取值相同时, e_j 取值为 1,此时对于样本的比较,指标 j 毫无作用;当各样本指标值相差越大, e_j 取值越小,该指标对于样本的比较作用越

^① 按国家统计局区域划分法,本文将 29 个样本省份划分为东、中、西部地区,其中东部地区包括:北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部地区包括:山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部地区包括:四川、贵州、云南、陕西、甘肃、重庆、宁夏、青海、内蒙古和广西。

大,在综合指标中赋予的权重也应越大。 g_j 为第 j 项指标的差异系数。

4. 计算第 j 项指标在综合评价中的权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{i=1}^n g_j} = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^n (1 - e_j)} \quad (4)$$

5. 计算综合评价指标: $ENV_i = \sum_{j=1}^n w_j p_{ij}$, ENV_i 为第 i 个样本的综合评价指数,也就是第 i 个地区的综合环境污染指数; j 为所排放的污染物类型; w_j 为第 j 种污染物排放量在综合评价中的权重。 ENV_i 越大,表示环境污染程度越高。

(二)各地区经济效率测度的 DEA 模型

由美国著名管理科学专家 Charnes, Cooper, Rhodes(1978)^[6]提出的数据包络分析法(DEA)是组织效率评价中常用的一种线性规划法。DEA 模型在一定的投入与产出指标输入条件下,计算出效率前沿面,即由在既定投入下实现产出最大化或既定产出条件下成本最小化的决策单位(DMU)所组成的前沿生产面,待考察决策单位与效率前沿决策单位之间的距离即为该决策单位的相对效率。DEA 属于非参数方法,相对于前沿分析中的参数方法,如随机前沿分析法(SFA) 自由分布法(DFA)等,它可用于不同量纲指标,无须主观设定具体的函数形式来确定效率前沿面,也无须主观赋予指标相对权重,客观性较强。据此,本文选用 DEA 模型用于各地区经济效率的测度,令 X_{mj} 为第 j 个省份第 m 要素投入水平, $m = \{1, \dots, M\}$; Y_{nj} 表示第 j 个省份第 n 种产出水平, $n = \{1, \dots, N\}$; 分别记 $X_j = (X_{1j}, \dots, X_{mj})$ 为第 j 个省份投入向量, $Y_j = (Y_{1j}, \dots, Y_{nj})$ 为第 j 个省份产出向量。则用于各地区经济效率测度的投入导向型 DEA 模型为:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta \\ \text{s. t. } & \theta X_{j0} - \sum_{j=1}^J \lambda_j X_j \geq 0 \\ & -Y_{j0} + \sum_{j=1}^J \lambda_j Y_j \geq 0 \\ & \sum_{j=1}^J \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, J, \end{aligned} \quad (5)$$

其中, λ_j 为权重系数; θ 为目标值,根据线性规划技术可得到最优解 θ^* ,若某地区的最优解为 $\theta^* = 1$,则表明该地区生产有效率,能以有效率的方式组织生产与成本控制;否则,该地区生产相对无效率。

传统的运用 DEA 模型研究各地区生产率差异的文献中,在投入产出指标的选取方面,均将各地区生产总值作为产出指标、资本与劳动作为投入指标,而忽视了与各经济体产出(GDP)相伴的环境污染,因此,为准确考察各地区的综合生产效率,必须将经济增长的环境成本代价纳入效率评价体系。据此,本文将各地区生产总值与环境污染指数的比值 $GDP_{i,t}/ENV_{i,t}$ 定义为各地区相对绿色 GDP,并将其作为产出指标纳入经济效率测度的 DEA 模型。 $ENV_{i,t}$ 为熵权法构造的各地区环境污染综合指数,相对绿色 GDP 反映的是单位环境污染所能获得的地区生产总值,该比例越大,表明该地区的经济增长的环境代价越小,否则,该地区的生产从生态经济角度而言是非有效的。因此,运用相对绿色 GDP 作为产出指标

测度的是各地区在既定产出下,实现要素投入与环境污染最小化的能力,即各地区的绿色经济效率。此外,根据 Solow 经济增长模型: $Y = F(K, L, A)$, 经济体的投入要素除资本、劳动要素外,还有技术投入,各省份利用一定的生产方式(技术)将资本、劳动转化为产出,因此,技术这种生产要素也应作为一种投入指标纳入 DEA 模型。据此,本文最终选取的产出指标为各省份的相对绿色 GDP,投入指标为资本、劳动和技术投入。各省份绿色 GDP 由各地区生产总值与各地区污染综合指数 ENV_i 得到,各地区生产总值数据直接来源于《中国统计年鉴》(1995—2008),并分别经各地区居民消费价格指数(CPI)平减得到;劳动投入指标为各地区年末从业人员数量;技术投入为年末各地区专利授权数量,数据来源于《中国科技统计年鉴》(1995—2008);由于无法获得公开的各地区资本存量数据,本文采用永续盘存法对各地区资本存量进行估算,并以此作为各地区资本投入指标。具体计算公式为:

$$K_{i,t} = K_{i,t-1}(1 - \delta_{i,t}) + I_{i,t}/P_{i,t} \quad (6)$$

其中 $K_{i,t}$ 和 $K_{i,t-1}$ 分别为 t 和 $t-1$ 期第 i 个省市自治区资本存量, $\delta_{i,t}$ 、 $I_{i,t}$ 和 $P_{i,t}$ 分别为 t 期第 i 个省份折旧率、当年投资总额和投资价格指数。张军等(2004)^[7]在认真处理和研究基年资本存量、投资品价格指数、折旧率的选择与确定基础上,运用永续盘存法估算了 1952—2000 年间中国 30 个省市自治区各年的资本存量数据,为研究区域经济增长和全要素生产率提供了科学的数据支持。本文按照张军等(2004)的估算方法,并以其计算得到的 1995 年各省市自治区资本存量数据作为基年资本存量,按照(6)式估算了 1995—2007 年样本省份各年资本存量,以此作为资本投入数据。

三、实证结果与分析

本文首先根据选取的各地区六类污染排放物指标,运用熵权法构造了各地区及全国综合环境污染指数,结果如表 1 和图 1 所示。

表 1 1995—2007 年各地区环境污染综合指数均值

地区	环境污染综合指数	排名	地区	环境污染综合指数	排名
北京	1.183	3	湖北	3.881	18
天津	1.048	2	湖南	4.625	21
河北	7.786	29	广东	4.978	22
山西	6.167	24	广西	4.443	20
内蒙古	3.366	16	海南	2.185	7
辽宁	6.534	26	重庆	2.292	10
吉林	2.178	6	四川	5.934	23
黑龙江	2.973	13	贵州	2.801	12
上海	2.242	8	云南	2.267	9
江苏	6.727	27	陕西	3.122	15
浙江	4.097	19	甘肃	1.828	4
安徽	3.370	17	青海	1.035	1
福建	2.410	11	宁夏	1.970	5
江西	3.065	14	东部	3.794	
山东	7.390	28	中部	4.691	
河南	1.183	25	西部	3.076	

次递减;中部地区平均环境污染综合指数明显高于东部与西部地区,表明经济发展过程中,中部地区的

图 1 为我国经济增长率与熵权法构造的全国总体环境污染综合指数随时间的演化趋势,由图 1 可以发现,伴随着我国经济的高速增长,我国环境污染程度日益严重,1995—1999 年环境污染程度呈下降趋势,自 2001 年以来,我国经济开始进入快速发展阶段,与此同时,环境污染指数也开始上升。环境污染程度与经济增长水平之间表现出高度相依性,表明我国经济增长主要是依赖于要素大量投入,以资源和环境换增长的粗放型增长方式。根据表 1 样本期内我国环境污染程度由中部、东部、西部依

环境污染程度更为严重。我国中部地区省份多为农业大省,第二、三产业的发展起步较晚,2003 年在国家“中部崛起”经济发展战略推动下,中部地区开始重视重化工业以及一些高耗能、高污染制造业的发展,但由于资本与技术的限制以及宽松的环境管制政策,环境污染治理被“选择性忽略”,这一战略的实施在为中部地区带来高速经济增长的同时,也导致中部地区的环境污染程度迅速上升。而东部地区由于早期快速经济发展过程中积累的丰富资本与技术优势,随着经济结构、产业结构的不断优化升级,节能环保技术与新能源的引进与开发应用,工业污染排放量日趋减少,最终使得环境污染程度表现出较低水平。东、中、西部地区环境污染程度差异一定程度上也证明了环境库兹涅茨曲线(EKC)假说在中国的适用性:环境污染与人均收入呈倒 U 型曲线关系,在经济发展初期,居民收入的边际效应大于环境的边际效应,居民在收入与环境之间选择收入,此时环境污染程度增加;在人均收入到达一定水平后,环境的边际效益开始大于收入的边际效益,居民开始偏好良好的环境^{[8][9]}。以资源与环境换增长的发展模式只是在发展初期资本与技术匮乏时的一种“权益之计”,而当资本与技术随着经济的发展积累到一定程度后,经济是可以走上可持续发展的良性循环发展道路的。然而,由于环境污染造成的影响具有累积与放大效应,在经济发展较早阶段所允许的某些环境恶化,发展到一定时期有可能转化为不可逆转的恶化,因此,在经济发展初期就应协调好环境保护与经济发展的关系,“先污染,后治理”的发展路径不利于经济的可持续发展。

我国西部地区地域辽阔、资源丰富,近年来在国家西部大开发战略的实施下,经济实现了跨越式发展,但整体自然、生态环境开始逐渐恶化。由于西部地区经济发展程度仍处于国内较低水平,工业化程度并不高,工业污染排放量相对东中部地区较少,整体上西部地区表现出较低的环境污染程度,但其增长趋势明显

快于东中部地区。因此,要实现西部地区经济持续发展,必须在推动西部经济发展的同时考虑到环境污染问题,走西部特色的绿色

经济发展道路才是正确的选择。

本文将各地区每年生产总值与由熵权法计算得到的各地区每年环境污染指数的比值(相对绿色 GDP)作为产出指标纳入 DEA 模型,运用软件 DEAP2.1^[10]测度了各地区绿色经济效率水平,结果如表 2 所示。

表 2 及图 2 表明,整体上我国绿色经济效率呈波动型上升趋势,但整体效率水平并不高,仍有较大提升空间。1995—1998 年间,我国经济增长速度下滑,与此同时绿色经济效率由 1995 年的 0.746 下降

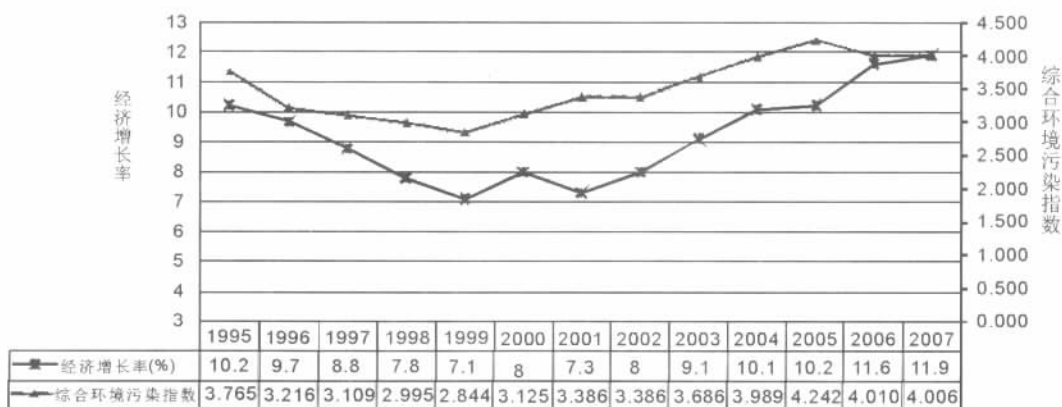


图 1 经济增长水平与综合环境污染程度

表 2 1995—2007 年全国及各区域绿色经济效率均值

地区 时间	全国	东部	中部	西部
1995	0.746	0.762	0.775	0.698
1996	0.736	0.753	0.707	0.745
1997	0.708	0.739	0.654	0.725
1998	0.694	0.781	0.707	0.672
1999	0.737	0.811	0.695	0.689
2000	0.735	0.806	0.714	0.670
2001	0.725	0.799	0.692	0.667
2002	0.737	0.800	0.701	0.696
2003	0.736	0.786	0.685	0.673
2004	0.699	0.770	0.666	0.646
2005	0.654	0.781	0.665	0.699
2006	0.720	0.813	0.650	0.698
2007	0.744	0.809	0.649	0.662
平均	0.727	0.787	0.689	0.736

至 1998 年的 0.694 ;1999 至 2003 年间,绿色经济效率处于相对稳定水平,随着 2003 年我国新一轮经济高速增长时期的到来,绿色经济效率在 2004 年和 2005 年先下降,在此后两年又开始上升,表明整体上我国在经济发展过程中越来越注重环境污染问题,环境管制政策的相继出台与环境治理力度的加大,使得经济增长的环境成本代价下降,整体绿色经济效率呈上升趋势。从东、中、西部地区的绿色经济效率比较来看,样本期内,东部绝大多数年份的绿色经济效率均高于中部与西部地区。东部地区由于较好的经济基础、较高的资本深化程度、高质量的人力资本与完善的制度环境,能够在生产中不断实现经营管理模型的创新和资源的优化配置,通过先进技术与新能源的开发利用解决生产过程中的环境污染问题,同时,随着我国区域经济的发展以及产业空间结构的转变,高能耗高污染产业逐渐向中、西部地区转移,虽然使得这些地区的经济增长水平加快,但同时也带来了严重的环境污染,最终使得中、西部地区表现出较低的绿色经济效率。

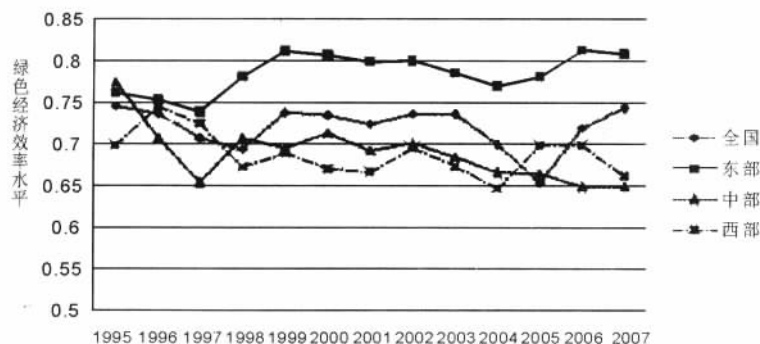


图 2 全国及东、中、西部绿色经济效率演化趋势

为比较各省份绿色经济效率差异,本文还给出了各省份的样本期内绿色经济效率的平均水平,如表 3 所示。

表 3 结果显示,位于全国绿色经济效率前列的江苏、河北、青海、宁夏、山东等省份,多为我国东部和西部地区,而绿色经济效率水平最低的省份,如陕西、福建、吉林、湖北、北京、山西等以中部地区省

份居多,进一步说明整体上我国中部地区省份经济增长的环境代价过大,经济效率的差异在一定程度上可以解释各地区经济增长失衡的原因。相关研究地区经济效率差异文献中,由于未考虑到环境污染问题,认为我国东部沿海省份如上海、天津、北京、福建、广东等地的经济效率始终位于全国领先水平(范爱军,2009)^[11],然而本文研究结果表明,在考虑环境污染因素后,这些省份的经济效率显著下降,这些省份在经济建设方面确实取得了较好成绩,然而环境污染程度也日趋严重,以环境污染为代价的经济增长方式是不可持续的,进一步通过先进技术在生产中的应用,提高资源利用效率,促进环保产业发展等方法转变经济增长方式是东部省份的可行选择。西部地区平均绿色经济效率为 0.736,位于东、中部之间,虽然西部地区环境污染程度较轻,但其经济发展水平也较低,使得其绿色经济效率也处于较低水平。在我国西部大开发战略下,西部地区开始进入快速增长阶段,西部地区平均生产总值增长率达

表3 1995—2007年各地区绿色经济效率均值

地区	绿色经济效率	排名	地区	绿色经济效率	排名
北京	0.548	25	湖北	0.511	26
天津	0.641	17	湖南	0.744	14
河北	0.991	2	广东	0.796	10
山西	0.897	24	广西	0.765	11
内蒙古	0.743	15	海南	0.759	12
辽宁	0.972	6	重庆	0.550	23
吉林	0.462	27	四川	0.744	13
黑龙江	0.599	20	贵州	0.609	19
上海	0.945	7	云南	0.549	24
江苏	0.992	1	陕西	0.448	29
浙江	0.594	21	甘肃	0.569	22
安徽	0.662	16	青海	0.979	3
福建	0.453	28	宁夏	0.977	4
江西	0.621	9	东部	0.787	
山东	0.974	5	中部	0.689	
河南	0.929	8	西部	0.736	

11.6%,超过全国同期经济增长水平。然而,从本文实证结果来看,我国西部地区绿色经济效率水平并不高,深入推进西部大开发要始终坚持以改革开放为动力,加快转变经济增长方式,为长远发展打好基础,同时要坚持资源节约和环境保护的基本要求,增强持续自我发展能力。

上述研究结果表明,各区域与各省份绿色经济效率之间存在显著差异,然而,这种差异是否会持续存在抑或会随着经济的发展逐渐减弱或消失?针对此问题,本文对各地区的绿色经济效率进行了收敛性检验。常用的收敛性检验方法主要有 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛三种基本类型。 σ 收敛属于统计指标分析方法的一种,该方法通过分析个体间考察变量

(如人均收入)标准差的分布情况进行收敛性判断,如果标准差随时间衰减则为 σ 收敛,发生 σ 收敛则意味着区域间该变量值的差异越来越小;绝对 β 收敛属于横截面回归分析方法,检验的思想在于:如果贫穷经济体的增长速度高于富裕经济体的增长速度,则在未来某一时刻,两者的收入差异会消失,最终达到相同的稳态增长水平。Martin(1996)^[12]用一个回归模型对 β 收敛进行了阐述,其模型可简单描述为: $g = \alpha + \beta \ln y_0 + \varepsilon$,其中 g 为经济体的增长率, α 为常数项, y_0 为经济体的初始人均收入水平, ε 为误差项。如果 $\beta < 0$ 则表示存在 β 收敛,即各经济体向着同一个稳态水平趋近,否则不存在收敛。条件 β 收敛检验认为各个地区由于不同的经济基础及特征,其经济增长水平不会向同一个稳态水平趋近,而是向他们各自的稳态增长路径发展,最终达到稳定的增长速度与增长水平,这个稳态水平取决于各地区自身特征与条件,但先进与落后地区之间的绝对收入差距可能在很长一段时期内持续存在。进行条件 β 收敛检验最常使用的方法是Panel data固定效应模型,它通过设定截面与时间固定效应,考虑了不同地区的不同稳态水平,也考虑了各地区稳态值随时间的变化。条件 β 收敛模型可简单描述为: $\Delta(\ln y_{it}) = \ln y_{it} - \ln y_{it-1} = \alpha + \beta \ln y_{it-1} + \varepsilon_{it}$,其中 y_{it} 为各地区在 t 时期的收入水平,当 $\beta < 0$ 时,表明存在条件 β 收敛,即各经济体向各自的稳态水平趋近,否则不存在条件收敛趋势。

本文以各省份绿色经济效率增长率为因变量,分别以绿色经济效率初始水平及绿色经济效率滞后值为解释变量,运用1995—2007年间各省份绿色经济效率面板数据进行了绝对 β 收敛和条件 β 收敛检验,结果如表4所示。

其中 g_{it} 和 θ_{it} 分别为第 i 个省份在 t 时期的绿色经济效率增长率与初始绿色经济效率水平, $\Delta(\ln \theta_{it}) = \ln \theta_{it} - \ln \theta_{it-1}$ 。检验结果表明,以所有样本省份进行的绝对 β 收敛和条件 β 收敛检验的回归系数均为正值,且绝对 β 收敛检验的估计系数在1%水平上显著,表明全国总体绿色经济效率不存在收敛趋势。从东、中、西部地区的绝对 β 收敛检验回归系数来看,东部与中部地区的 β 值为负,且在统计上显著,而

表4 全国及东、中、西部的绿色经济效率收敛性检验结果

检验类型与模型	变量	全国	东部	中部	西部
绝对 β 收敛检验 $g_{it} = \alpha + \beta \ln \theta_{i0} + \varepsilon_{it}$	常数项	0.327	0.004	0.297	-0.053
	$\ln \theta_{i0}$	0.102*** (3.176)	-0.138** (2.156)	-0.117* (1.974)	0.167 (1.068)
	检验结论	不收敛	收敛	收敛	不收敛
条件收敛检验 $\ln \theta_{it} = c + \beta \ln \theta_{it-1} + \varepsilon_{it}$	c	0.285	0.073	0.194	0.019
	$\ln \theta_{it-1}$	0.211 (1.24)	-0.192*** (5.298)	-0.207*** (4.926)	-0.829*** (3.295)
	检验结论	不收敛	收敛	收敛	收敛

西部地区 β 值为正,表明我国东部与中部地区内部省份的绿色经济效率增长呈收敛趋势;而西部地区内部各省份经济效率增长差异并未表现出递减趋势。从条件 β 收敛检验结果来看,在

考虑到各省份自身特征与条件不同的情况下,东、中、西部地区的值均为负值,且在1%的显著性水平上高度显著,表明我国东、中、西部地区内部均存在条件收敛,结合绝对 β 收敛结果,我国东部与中部地区表现出典型的“俱乐部收敛”(局部地区内部表现出收敛)特征。

四、结论与政策建议

针对现有研究地区生产率差异文献中忽略环境污染成本的缺陷,本文在运用熵权法构造各地区环境污染综合指数的基础上,将其纳入效率测度的DEA模型,对我国各地区绿色经济效率进行了测度。基于本文实证结果,我们得到的主要结论为:(1)1995—2007年间我国环境污染程度由中部、东部、西部依次递减,我国经济增长的环境代价较大。(2)整体上我国绿色经济效率呈波动型上升趋势,但仍有较大提升空间。比较相关研究文献发现,上海、天津、北京、福建、广东等省份在考虑环境污染因素后,经济效率显著下降。(3)我国各省份由于经济发展过程中基础条件与特征不同,绿色经济效率不存在收敛趋势,但东部与中部地区存在俱乐部收敛。

生态环境是人类生存的物质基础,也是经济系统运行的基础,为保持经济的可持续发展,必须协调好经济发展与环境保护的关系。近年来我国经济发展的主流模式是“高增长、高污染”的赶超型经济增长方式,这也是发达国家和新型工业化国家与地区普遍走过的“先污染,后治理”的发展路径,这种增长模式在为社会带来巨大经济效益的同时也造成了不可估量的负外部效应。由于环境污染具有累积与放大效应,因此,在经济发展初期就必须遵循循环经济和生态工业模式,切实转变经济增长方式,走可持续发展道路。为此,在经济发展中政府应首先通过积极的经济政策引导企业走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、人力资源优势充分发挥的新型工业化道路,为经济增长方式的转变打好微观基础;其次,在促进各地区经济发展的同时,进一步加大环境执法力度,健全环境保护激励和约束机制,落实环境污染责任与问责制度,加大对环境污染严重地区及污染型企业的监管;最后,在保持东部沿海地区快速经济发展的前提下,因地制宜地作出相关经济政策,促进中西部地区的快速增长,减少地区差异;同时,通过全国环境资源配置体系的建立与完善,走出“环保靠政府、经济靠市场”的误区,在市场经济条件下,通过激励与约束机制发挥经济主体的积极性,将环境保护与地方经济增长目标统一起来,实现经济发展与生态环境的和谐统一。

参考文献:

- [1] 颜鹏飞,王兵. 技术效率、技术进步与生产率增长:基于 DEA 的实证分析[J]. 经济研究, 2004 (12): 55-65.
- [2] 郑京海,胡鞍钢. 中国改革时期省际生产率增长变化的实证分析(1979-2001 年)[J]. 经济学(季刊), 2005, 4, (2): 263-296.
- [3] 郭庆旺,赵志耘,贾俊雪. 中国省份经济的全要素生产率分析[J]. 世界经济, 2005 (5): 46-53.
- [4] 傅晓霞,吴利学. 技术效率、资本深化与地区差异[J]. 经济研究, 2006 (10): 52-61.
- [5] 王志刚,龚六堂,陈玉宇. 地区间生产效率与全要素生产率增长率分解(1978-2003)[J]. 中国社会科学, 2006, (2): 55-66.
- [6] CHARNES, A., COOPER, W. W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, (2): 429-444.
- [7] 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.
- [8] GROSSMAN G, KRUGER A. Economic Growth and the Environment[J]. Quarterly Journal of Economic, 1995, 110, (2): 353-337.
- [9] 曹光辉,汪锋,张宗益. 我国经济增长与环境污染关系研究[J]. 中国人口,资源与环境, 2006, 16 (1): 25-29.
- [10] COELLI T. J. A Guide to DEAP Version2. 1: A Data Envelopment Analysis Program [R]. CEPA working paper, 1996.
- [11] 范爱军,王丽丽. 中国技术效率的地区差异与增长收敛[J]. 经济学家, 2009 (4): 83-89.
- [12] SALA-I-MARTIN, X. The Classical Approach to Convergence Analysis[J]. The Economic Journal, 1996, (106): 1019-1036.

(收稿日期: 2009—09—27 责任编辑: 赵爱清)

Analysis on regional difference and convergence of the efficiency of China's green economy based on DEA

Yang Long, Hu Xiaozhen

(School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, 430074)

Abstract: Using entropy method, we set up composite environment pollution index of various areas, introduce it into DEA model of efficiency measurement, measure the green economy efficiency of twenty-nine provinces from 1995 to 2007, and conduct convergence test on the difference in the growth of green economy efficiency in these areas. The results show that: along with the rapid growth in China's economy, environment pollution problem becomes more and more serious; on the whole, the efficiency of China's green economy rises with fluctuation, decreasing in turn from the east area, the west area to the middle area; due to the difference in fundamental economic conditions and features in those areas, there is no convergence trend in green economy efficiency for the country as a whole, but the efficiency converges in some parts of the east and the middle areas.

Key words: Green economy efficiency; Entropy method; DEA; Convergence