

文章编号:1671-6523(2011)04-0101-08

中国工业部门全要素能源效率状况分析

——基于2005—2009年省际面板数据的实证研究

李旭超¹ 张爱丽² 吴春雅³ 胡继亮^{1*}

(1. 华中师范大学 经济管理学院, 湖北 武汉 430079; 2. 武汉大学 数学与统计学院, 湖北 武汉 430070; 3. 江西农业大学 经济与贸易学院, 江西 南昌 330045)

摘要:基于2005—2009年省际规模以上工业面板数据,构建DEA模型,从静态和动态两个角度实证分析了我国工业部门全要素能源效率状况。从静态角度来看:(1)中国工业部门全要素能源效率整体上处于中优水平,有约25%~40%的节能空间;(2)工业生产过程表现为能源利用相对低效,全要素能源效率低于全要素技术效率;(3)区域之间和区域内部的差异性较大。工业全要素能源效率值在区域之间自东向西递减,而地区内部的差异性却自东向西增大。从动态角度来看:(1)2005—2009年,工业部门全要素能源效率整体上未发生实质性变化,绝大部分省份也未发生实质性变化;(2)工业全要素能源效率全国范围内差异性有减小趋势,各地区内部差异性将持续存在。

关键词:全要素能源效率;DEA;地区差异性;绝对收敛;条件收敛

中图分类号:F270.3 文献标志码:A

China's Industrial Total Factor Energy Efficiency——An Empirical Study Based on Panel Data of 29 Provinces Between 2005 to 2009

LI Xu-chao¹, ZHANG Ai-li², WU Chun-ya³, HU Ji-liang¹

(1. College of Economy and Management, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China; 2. College of Mathematics and Statistics, Wuhan University, Wuhan 430070, China; 3. College of Economics and Trade, Jiangxi Agriculture University, Nanchang 330045, China)

Abstract: With panel data collected in 29 provinces between 2005 to 2009, this paper established the DEA model to analyze Total Factor Energy Efficiency for China's industry. Here are the five conclusions it reached: (1) China's industrial TFEE was sub-optimal and about 25%~40% of energy could be saved. (2) Industrial TFEE was lower than TE, which indicates that energy utilization in industrial production is relatively inefficient. (3) Industrial TFEE difference among provinces and regions are quite big. TFEE decreases from east to west, while TFEE diversities inside regions increase from east to west. (4) Over the five years, Chinese industrial TFEE experienced no substantial change. (5) Absolute β convergence and conditional β

收稿日期:2011-06-20 修回日期:2011-08-20

基金项目:江西省社会科学研究规划项目(10YJ88)、江西省高校人文社科项目(JJ1025)和湖北省社会科学基金重点项目(20070230)

作者简介:李旭超(1989—),主要从事发展经济学研究, E-mail: henanlixuchao@163.com; * 通讯作者:胡继亮,博士生,主要从事发展经济学、农业经济学研究。

convergence are found in the whole country, while only conditional β convergence is found in the four regions.

Key words: total factor energy efficiency; DEA; regional diversity; absolute convergence; conditional convergence

一、引言

改革开放以来,中国经济取得举世瞩目的成就的同时,能源消费也出现高速增长,2002年中国能源消费已位列全球第二,仅次于美国。2010年中国一次性能源消费总量达325亿吨标准煤,超过美国成为全球第一能源消费国。与能源高消费形成对比的是,能源利用的低效率,2010年我国能源消耗强度是美国的3倍、日本的5倍。中国的能源问题已经成为关系到中国经济安全、环境保护、社会和谐等众多方面的重大问题,引起了全社会的普遍关注,中国政府也出台了各项政策要求节能减排。工业是国民经济的支柱产业,也是消耗能源最多的产业部门。2008年中国工业部门耗能总量占全国消耗能源总量的72%以上。因此,研究工业部门能源消耗状况对于认识中国能源问题具有重要的意义。本文旨在从全要素能源效率的角度对“十一五”期间中国工业部门的能源利用状况及其动态发展状况做出客观的评价,以期对“十二五”期间中国节能减排政策的制定和实施具有参考价值。

能源效率依据其计算方法可以分为单要素能源效率和全要素能源效率。单要素能源效率是指一个经济体的产出与能源投入总量的比值,为单位产值能耗(能源强度)的倒数。单要素能源效率因计算简便而被广泛使用,但它忽略了能源同其他要素(劳动、资本等)之间、不同能源之间的相互替代效应和互补效应,不能反映能源利用的潜在技术效率。全要素能源效率则能够弥补单要素能源效率的上述不足,它着重分析能源、劳动、资本等多元投入与经济产出之间的关系,可以将其定义为在能源投入外的其他要素保持不变的前提下,按照最佳生产实践,一定的产出所需的目标能源投入量与实际投入量的比值。

Hu和Wang^[1]于2006年引入全要素能源效率(TFEE)的概念,并运用DEA方法测算1995—2002年间中国各地区的全要素能源效率。之后的学者大多沿着Hu和Wang的思路展开研究。国内学者对全要素能源效率的研究主要有以下几方面的内容:(1)区域间全要素能源效率的比较及影响因素的分析,如魏楚(2007)^[2]、屈小娥

(2009)^[3]、徐国泉(2007)^[4]、王群伟(2008)^[5]、李国璋(2009)^[6]、高大伟等(2010)^[7]等学者的研究。他们主要是从国内生产总值(GDP)的角度来研究能源投入及全要素能源效率,侧重于进行横向比较,但没有针对特定的国民产业部门或特定的行业进行研究。(2)行业间全要素能源效率的比较及影响因素的分析,如王霄等(2010)^[8]、庞瑞芝(2009)^[9]等学者的研究。这些研究侧重于行业间的横向比较,但没有针对特定产业部门或特定行业的全要素能源效率进行省际的或区域间的比较。(3)将新的投入、产出指标引入DEA模型,如师博(2008)^[10]将知识存量引入生产函数,吴琦(2009)^[11]袁晓玲(2009)^[12]考虑产出时引入环境因素。另外还有个别学者从全要素能源效率角度研究对环境污染的影响,如李国璋(2009)^[13]。

在参考和学习已有文献的基础上,本文做出了以下的边际贡献:(1)基于省际和区域的视角研究中国工业部门全要素能源效率,既对其它学者基于行业视角的研究做出了有效的补充,又便于各省、各地区通过横向比较寻找能源利用效率的差距。(2)进行DEA指标体系的改进。本文以规模以上工业为研究对象,以工业增加值作为产出指标,比其它学者采用的工业总产值更能反映工业活动的实际成果。以工业增加值与单位增加值耗能的乘积作为工业生产能源消耗总量,提高了能源投入指标的精确性。(3)实证结果具有时效性。本文时间的区间为2005—2009年,包括了“十五”的收官年和“十一五”的前四年,既对“十一五”期间中国工业部门全要素能源效率状况做出了客观评价,又将其与“十五”期间能源效率状况进行纵向比较,从静态和动态两方面展开分析。本文的实证结果能够及时反映中国经济发展的最新状况,便于决策者及时反应、迅速调整,在“十二五”期间制定更加科学有效的能源政策和产业政策。

二、研究方法和数据说明

本文基于2005—2009年省际规模以上工业面板数据,运用DEA模型研究中国工业部门全要素能源效率。

(一) 研究方法

本文采用数据包络分析 (DEA) 的方法来测定中国工业部门的生产前沿面,进而求得目标能源投入量,以此来确定各省(区、市)工业部门全要素能源效率。DEA 是 1978 年由美国著名的运筹学家 A Charnes 和 W W Cooper^[14] 等学者,以相对效率概念为基础发展起来的一种效率评价方法。他们的第一个模型被命名为 C²R 模型,即规模报酬不变(CRS)的 DEA 模型。Banker, Charnes 和 Cooper(1984) 扩展了 CRS 模型中关于规模报酬不变的假设,提出了 BC² 模型,即基于可变规模报酬(VRS)的 DEA 模型。

本文关注的是产出既定情况下使用最少的投入要素,因此采用 CRS 假设下基于投入的 DEA 模型:

$$\begin{cases} \min \theta \\ s. t. \sum_{j=1}^t \lambda_j x_j - S^- = \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^t \lambda_j y_j - S^+ = y_0 \\ \lambda_j \geq 0 \quad j=1, \dots, t \\ S^-, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

其中 x_j 为第 j 个省(区、市)的要素投入向量; y_j 表示第 j 个省(区、市)的产出水平向量; x_0 和 y_0 表示被评价决策单元的投入和产出向量; λ_j 为权重系数; S^- 、 S^+ 为松弛变量; θ 为目标值。若 $\theta=1$ 则表明该省(区、市)处于工业生产的前沿面上,能以有效率的方式组织生产与成本控制;若 $\theta < 1$ 则表明该省(区、市)不在前沿面上,工业生产相对无效率。

如图 1,设有 A、B、C、D 四个决策单元(DMU),其工业增加值依赖于能源、劳动和资本的共同投入,由此确定了现实条件下的最佳前沿面 SCDS'。其中 C 点和 D 点在前沿面上,是有效的;A 点和 B 点在前沿面外,存在一定的效率损失。B' 点是 B 点在前沿面上的投影,也就是说 B' 是 B 改善的目标点,决策单元 B 存在 B'B 这一段的损失。考虑到能源投入的冗余问题,A 点位于前沿面上的投影 A' 点可通过进一步减少能源投入达到 C 点而保持产出不变,因此对于决策单元 A 而言,A'A(射线冗余)和 A'C(非射线冗余)是点 A 为到达目标点 C 所要调整的能源投入量,即存在径向调整量和松弛调整量两个部分。

所要调整的能源投入量越大说明该决策单元的能源浪费越多,能源效率越低。因此,全要素能源效率可以定义为:

$$\text{全要素能源效率} = \frac{\text{实际能源投入量} - \text{所要调整能源投入量}}{\text{实际能源投入量}} = \frac{\text{目标能源投入量}}{\text{实际能源投入量}}$$

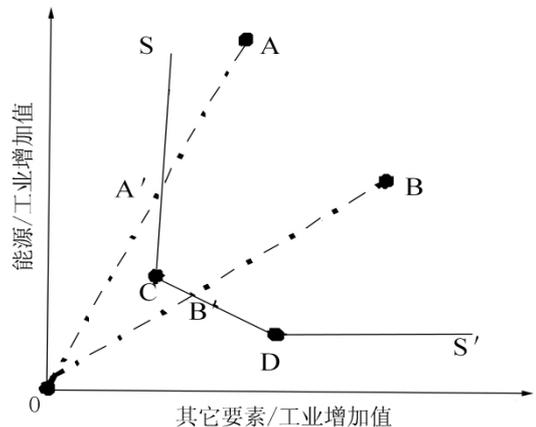


图 1 基于投入导向的 CRS DEA 模型

(二) 数据说明

本文采用 2005—2009 年中国大陆 29 个省(区、市)^①规模以上工业面板数据,以资本、劳动、能源作为生产投入,以工业增加值作为经济产出来构建 DEA 模型。

将规模以上工业作为考察对象,是因为规模以上工业增加值占中国全部工业增加值的绝大部分(2008 年规模以上工业企业带来的工业增加值达 127 293 亿元,占中国整个工业的 99.80%),其能源利用效率决定着中国整个工业部门的能源效率状况。

工业增加值是工业企业生产过程中新增加的价值,是工业企业全部生产活动的总产出扣除了在生产过程中消耗或转移的物质产品和劳务价值后净产出,更能反映考察期内工业生产活动的实际成果,因此本文以规模以上工业增加值(单位:亿元)作为产出指标,而不是以其它学者大多采用的工业总产值作为产出指标。

本文投入指标选择规模以上工业固定资产净值、规模以上工业全部从业人员平均人数、规模以上工业总耗能三个指标作为投入指标,其中:(1)以规模以上工业固定资产净值(单位:亿元)作为资本投入指标;(2)以规模以上工业全部从业人

①由于西藏和新疆的数据不充分,因此未纳入研究范围。

表1 变量的描述性统计

变量	样本数	平均值	标准差	最小值	最大值
工业增加值/亿元	145	3 951.27	4 032.09	152.50	20 776.60
劳动投入/万人	145	272.58	302.59	12.00	1 493.38
固定资产净值/亿元	145	4 504.38	3 803.13	348.53	19 047.40
工业总能耗/万吨标准煤	145	8 226.80	6 551.64	556.11	32 058.40

员年平均人数(单位:万人)劳动投入指标,这里由于各省(区、市)的人均教育水平、劳动时间等数据不可得,因此没有包括各省(区、市)劳动力质量上的差异和劳动时间上的差异;(3)以规模以上工业总耗能(单位:万吨标准煤)作为能源投入指标。能源消耗实际包括煤炭、石油、天然气和电力四种一次性能源,由于各省(区、市)的能源结构不同,对每种能源的消费情况差异很大,为了便于进行省际的横向比较,本文采用各省(区、市)经过折算后的总能耗指标(标准煤)。工业总耗能由不变价格工业增加值和单位工业增加值耗能(当量值,单位:吨标准煤/万元)的乘积求得。

本文采用2005年不变价格,分别用“工业品出厂价格指数”和“固定资产投资价格指数”对工业增加值和固定资产净值进行平减。

以上各数据来源于《中国区域统计年鉴》(2006—2010)、《2010年中国地区经济监测报告》和《中国统计年鉴》(2006—2010)。对各变量的统计性描述如表1。

三、实证结果与分析

本文根据2005—2009年中国29个省(区、市)规模以上工业面板数据,运用Deap2.1软件计算^[15]出各省(区、市)的全要素能源效率。

根据全要素能源效率的取值大小,各省(区、市)工业部门能源效率的高低可以分成五个层次^②: [0.8, 1]为优,其中取1时为最优; [0.6, 0.8)为中优; [0.5, 0.6)为次优; [0.4, 0.5)为较差; [0, 0.4)为极差。下面将从静态和动态两个层面,基于全要素能源效率值,考察我国29个省(区、市)在2005—2009年期间能源效率的高低

及其变化特点。

(一)中国工业部门全要素能源效率的静态特征

中国工业部门全要素能源效率的静态特征主要是指中国工业部门全要素能源效率整体水平以及基于省份间、地区间的横向对比。

(1)中国工业部门全要素能源效率整体上处于中优层次,且低于全要素技术效率。

本文通过全国各省(区、市)工业部门全要素能源效率的均值来表示中国工业部门的能源效率的整体状况。如图2所示,中国工业部门全要素

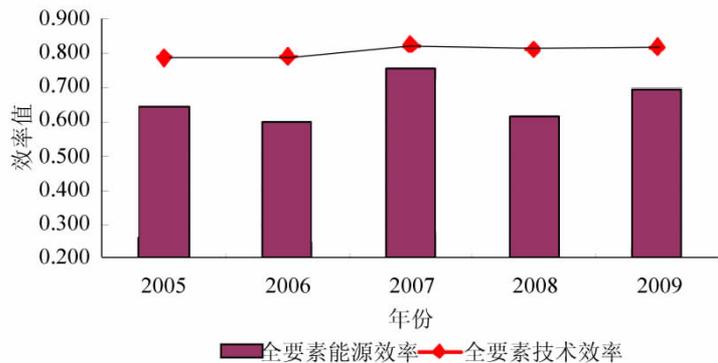


图2 中国工业部门全要素能源效率和全要素技术效率

效率值2007年最高达到0.753,其它4个年份均在0.6~0.7。2005—2009年中国工业部门能源效率整体上处于中优层次。也就是说,中国工业部门有约25%~40%的节能空间,能源利用效率有待进一步提高。

中国工业部门全要素技术效率2005年、2006年处于中优层次,2007—2009年达到优的层次,2007效率值最大达到0.824。中国工业部门技术效率也有较大的提升空间,技术潜力可以进一步的挖掘。通过对比发现,各年度的全要素能源效率都低于全要素技术效率,这说明和其它投入要素相比,能源的利用是相对低效的。

②李国璋(2009)将全要素能源效率分成0-0.4、0.4-0.6、0.6-0.8、0.8-1等四个层次;徐国泉(2007)将全要素能源效率分成0-0.4、0.4-0.5、0.5-0.6、0.6-0.8、0.8-1等五个层次,本文主要参考徐国泉的分法。

表 2 各省(区、市)2005—2009 年工业部门全要素能源效率均值及排名

省份	全要素能源效率	排名	省份	全要素能源效率	排名	省份	全要素能源效率	排名
广东	1.000	1	陕西	0.739	11	吉林	0.582	21
天津	1.000	1	黑龙江	0.717	12	广西	0.580	22
上海	0.984	3	内蒙古	0.691	13	云南	0.550	23
山东	0.917	4	重庆	0.662	14	湖北	0.491	24
北京	0.894	5	青海	0.661	15	河北	0.444	25
江苏	0.892	6	安徽	0.641	16	甘肃	0.345	26
福建	0.880	7	海南	0.629	17	贵州	0.286	27
湖南	0.761	8	四川	0.628	18	山西	0.276	28
浙江	0.757	9	河南	0.593	19	宁夏	0.259	29
江西	0.747	10	辽宁	0.592	20	全国	0.662	

(2) 中国工业部门全要素能源效率呈现自东向西递减的特征^③。

由图 3 可以看出,工业部门全要素能源效率由高到低依次是东部沿海地区、东北地区、中部地区、西部地区,呈现出自东向西递减的特征。东部地区效率值为 0.840,处于优的层次;东北地区为 0.630,处于中优层次;中部地区和西部地区分别为 0.585 和 0.540,处于次优水平。

(3) 工业部门全要素能源效率地区间差异性大,地区内部差异性自东向西增大

虽然中国工业部门能源效率整体上处于中优层次,但各省(区、市)之间能源效率差别比较大。就各省(区、市)2005—2009 年工业部门全要素能源效率的均值而言,处于最优水平的有广东和天津,这两省的效率值连续 5 年为 1,它们构成了 DEA 前面。处于优的层次的有上海、山东、北京、江苏、福建等 5 个省(区、市),能源利用效率较高;其中上海的效率值为 0.984,接近最优水平;其它四个省(区、市)的效率值也在 0.9 左右。处于中优层次的有湖南、浙江、江西、陕西、黑龙江、内蒙古、重庆、青海、安徽、海南、四川等 11 个省(区、市),有 20%~40% 的节能空间。处于次优层次的有河南、辽宁、吉林、广西、云南等 5 个省(区、市)。处

于较差层次的有湖北和河北两个省。处于极差层次的有甘肃、贵州、山西、宁夏等 4 个省(区、市),其效率值均不足 0.400,存在 60% 以上的能源浪费;其中山西和贵州作为能源大省,其能源效率分别只有 0.276 和 0.286,排在全国倒数第二位和第三位,和东部地区能源相对匮乏但能源效率较高的状况形成强烈对比。有 15 个省(区、市)的能源效率低于全国平均值。各省(区、市)工业部门全要素能源效率值的绝对差高达 0.741,变异系数高达 32%,省际差异很大。

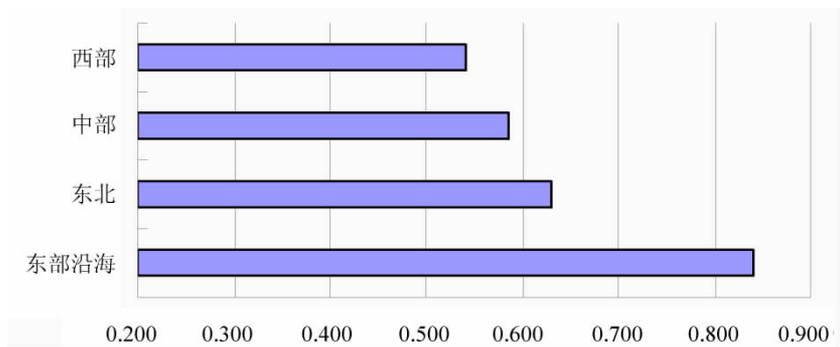


图 3 各地区 2005—2009 年工业部门全要素能源效率的均值

从地区分布来看,工业部门全要素能源效率值排在前 10 名的省(区、市)中有 8 个属于东部沿海地区,排在后 10 名的省(区、市)中有 6 个属于西部地区。四个地区的绝对差为 0.300,变异系数为 20%。各地区内部省份差异性也比较明显。东部沿海地区变异系数为 23.9%,东北地区为 22.7%,中部地区为 37.6%,西部地区为 44.6%。地区内部差异性呈现出自东向西增大的趋势。

^③区域划分参考了《中国统计年鉴 2010》。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;东北老工业基地包括辽宁、吉林和黑龙江 3 个省;中部地区包括山西、安徽、江西、河南、湖北和湖南等 6 个省;西部地区包括广西、重庆、内蒙古、陕西、四川、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、西藏、新疆等 12 个省。

(二) 中国工业部门全要素能源效率的动态特征

中国工业部门全要素能源效率的动态特征主要是指其在 2005—2009 年期间的发展变化状况。

(1) 中国工业部门全要素能源效率并未发生实质性的变化。

中国工业部门全要素能源效率值 2005 年为 0.642, 2006 年略有下降, 2007 年大幅上升达到五年的最高值, 2008 年大幅下降, 2009 年又明显回升。但整体上看, 2005—2009 年间工业部门全要素能源效率一直处于中优层次, 没有发生跨层次的实质性变化。这说明, 中国制定的各种节能减排措施未能明显起到提高工业部门能源利用效率的作用。

为了反映各省(区、市)在 2005—2009 年间工业部门全要素能源效率的变化情况, 本文将各省(区、市) 2005 年效率值和 2006—2009 年的均值进行对比^④, 对比结果显示:

全要素能源效率所处层次保持不变的省(区、市)有 18 个, 其中广东、江苏、山东、上海、天津等 5 个省(区、市)份保持优未变, 广东和天津一直处于最优水平; 安徽、福建、湖南、江西、陕西、四川、浙江、重庆等 8 个省(区、市)保持中优水平未变; 吉林保持次优水平未变; 甘肃、贵州保持较差水平未变; 宁夏、山西一直处于极差水平未变。绝大部分省(区、市)工业部门全要素能源效率所处的层次未发生明显变化, 进一步印证了 2005—2009 年中国工业部门全要素能源效率整体上未发生实质性变化的结论。

全要素能源效率所处层次下降的省(区、市)有 5 个, 其中黑龙江由优降为中优水平; 河北、湖北由次优水平变为较差水平; 广西、辽宁由中优水平降为次优水平。

全要素能源效率所处层次上升的省(区、市)有 6 个, 其中北京由中优水平升为优; 河南由次优水平升为中优水平; 云南由较差水平升为次优水平; 海南、内蒙古、青海由极差水平升为中优水平, 这 3 个省(区、市)的能源效率的提升最为明显。

从 2005—2009 年不同地区工业部门全要素能源效率角度来分析, 东部沿海地区保持中优未变, 中部地区保持次优水平未变, 东北地区由中优水平下降为次优水平, 西部地区由较差水平上升

为次优水平。2005 年东部沿海和东北地区工业全要素能源效率值都高于全国平均值, 但 2006—2009 年只有东部地区仍然高于全国平均值, 其它四个地区都低于全国平均值。

(2) 全要素能源效率全国范围内差异性有减小趋势, 各地区内部差异性将持续存在

以上研究结果表明, 各省份、各地区间工业部门全要素能源效率存在显著的差异, 然而, 这种差异性是否会持续存在或者会随着经济的发展逐渐减弱或消失? 针对此问题, 本文对工业部门全要素能源效率进行收敛性检验。常用的有 σ 收敛、绝对 β 收敛和条件 β 收敛三种。

σ 收敛主要通过考察变量变异系数的分布情况进行收敛性判断, 若变异系数随时间衰减则为 β 收敛, 即区域间变量的差异性越来越小。2005—2009 年全国变异系数依次是 37.7%、43.0%、30.5%、41.2%、36.1%, 并没有表现出明显的趋势性特征。

绝对 β 收敛主要的思想在于贫穷经济体的增长速度高于富裕经济体, 二者最终差异性消失, 达到相同的稳态增长水平。本文根据 Martin (1996)^[16]的方法, 运用截面数据进行绝对 β 收敛检验, 回归等式为:

$$(\ln TFEE_T - \ln TFEE_0) / 3 = \alpha + \beta \ln TFEE_0 + \varepsilon \quad (2)$$

其中 $\ln TFEE_0$ 和 $\ln TFEE_T$ 分别是初期值(2005 年和 2006 年全要素能源效率的均值的对数)和末期值(2008 年和 2009 年全要素能源效率的均值的对数), 其差值表示增长率, 两个时段相隔 3 年, 所以其差值除以 3。如果 $\beta < 0$, 则各经济体向同一个稳态水平趋近, 否则不存在收敛。

条件 β 收敛认为各地区由于不同的经济基础及特征, 不会向同一个稳态水平趋近, 而是向根据各自稳态增长的路径发展, 最终的稳态水平取决于各自的特征与条件, 先进地区与落后地区之间的差距可能在很长一段时间内持续存在。本文根据 Panel data 固定效应模型进行条件 β 收敛检验, 回归的等式为:

$$(\ln TFEE_{j,t} - \ln TFEE_{j,t-1}) / 3 = \alpha + \beta \ln TFEE_{j,t-1} + \varepsilon \quad (3)$$

其中 $\ln TFEE_{j,t}$ 和 $\ln TFEE_{j,t-1}$ 分别表示第 j 个省(区、市)相邻两个年份全要素能源效率的对数

^④2005 年是“十五”计划的收官年, 其能源效率值体现了“十五”经济的成果; 2006—2009 年是“十一五”计划的前四年, 其能源效率均值能够体现“十一五”期间能源效率的发展状况。

表3 检验结果

地区	绝对 β 收敛检验			条件 β 收敛检验		
	系数	T 值	是否收敛	系数	T 值	是否收敛
全国	-0.148	-2.92	是	-0.918	-9.69	是
东部沿海	-0.132	-1.67	否	-0.909	-5.95	是
东北	-0.357	-1.48	否	-1.240	-4.60	是
中部	0.0781	1.18	否	-1.560	-7.18	是
西部	-0.259	-1.98	否	-0.696	-4.73	是

表示5%的显著性水平。

值,其差值表示增长率。如果 $\beta < 0$,则各经济体的全要素能源效率存在条件 β 收敛,会达到各自的稳态,否则不存在条件 β 收敛。

借助Stata11.0进行回归分析,绝对 β 收敛和条件 β 收敛的检验结果如表3所示。

检验结果表明,以全国所有省(区、市)为本进行的绝对 β 收敛和条件 β 收敛的检验的回归系数均为负值,且在5%的水平上显著,即全国既存在绝对收敛又存在条件收敛。这表明全国各省(区、市)工业部门全要素能源效率存在收敛趋势,会达到一个相同的稳态水平,即全国范围内能源效率的差异性会随着时间的推移而减小。

从各地区内部省份绝对 β 收敛检验来看,东部沿海、东北、西部的系数都为负值且在5%的水平下显著,中部的系数为正值但不显著,说明四大地区内部各省份不存在绝对 β 收敛,不会趋近于相同的稳态水平。地区内部差异性不会随着时间的推移而减小。

从各地区内部省份条件 β 收敛检验来看,四个地区的系数都为负值且都在5%的水平下显著,说明四大地区内部省份之间存在条件 β 收敛,各省(区、市)会因自身经济发展水平、技术水平、人力资本、投资、地理位置、资源禀赋等不同的经济特征和经济条件而最终趋近于各自不同的稳态水平。地区内部差异性将会持续而稳定地存在。

四个地区表现出相同的特征,不存在绝对 β 收敛,只存在条件 β 收敛。这与全国范围内既存在绝对 β 收敛又存在条件 β 收敛的特征不同^⑤。

四、结论与建议

本文2005—2009年省际规模以上工业面板数据,以工业增加值为产出,以劳动、资本、能源为投入,构建DEA模型,从静态和动态两个角度实证分析了中国工业部门全要素能源效率。从静态角度来看:(1)中国工业部门全要素能源效率整体上处于中优水平,有约25%~40%的节能空间。(2)中国工业部门的技术潜力有待进一步挖掘,技术效率有较大提升空间。全要素能源效率低于全要素技术效率,工业生产过程表现为能源利用相对低效。(3)工业部门全要素能源效率表现出自东向西递减的特征,不同省份之间、不同地区之间的差异性大。而地区内部省份之间的差异性却表现出自东向西递增的特征。从动态角度来看:(1)2005—2009年,中国工业部门全要素能源效率整体上未发生实质性变化,一直处于中优水平。绝大部分省(区、市)工业能源效率所处的层次也未发生变动;(2)全国范围内各省(区、市)工业部门全要素能源效率同时表现出绝对 β 收敛和条件 β 收敛,全国整体上存在收敛趋势,差异性将会缩小。而四大地区内部省份之间则表现出存在条件 β 收敛、不存在绝对 β 收敛的特征,地区内部省份不会趋于相同的稳态,但会达到各自不同的稳态水平,差异性将长期地稳定存在。

由此,可得出以下政策建议:第一,出台更有力的节能环保政策,严把政策执行关。“十一五”期间,节能环保引起了全社会普遍关注,各级政府出台了一系列的政策,但从本文的实证结果来看,政策力度还不够,同时由于地方政府利益与中央

^⑤东北老工业基地只有三个省,为了避免自由度过量消耗而影响回归结果的准确性,笔者曾尝试将黑龙江省和吉林省并入中部地区,将辽宁省并入东部沿海地区,这与传统的东、中、西三大区域划分方法相一致进行收敛性检验。回归结果仍然显示:全国范围内各省工业部门全要素能源效率既存在绝对 β 收敛又存在条件 β 收敛,而东、中、西三大地区内部各省则只存在条件 β 收敛、不存在绝对 β 收敛。

政府目标存在冲突,各项政策在各级地方政府的执行力度也有折扣。因此,“十二五”期间,各级政府要高度重视节能环保问题,出台更有力的政策,并严格执行政策。第二,加强科研创新,开发节能环保新技术。以新技术、新方法、新工艺来提高能源利用效率、降低能源浪费。第三,挖掘技术潜力,提高技术效率。技术研发和创新需要一定的时间和一定的投入,那么在现有技术水平下充分挖掘技术潜力、提高技术利用的效率就成为节

能减排的重要途径。第四,制定能源战略,增强区域之间的协调性。东部地区对于整体上提高我国工业部门能源效率有着重要作用,必须保证东部地区能源效率稳步提升。同时在制定政策过程中,适当向中西部倾斜,加快中西部工业部门能源效率的提升。加强地区间的交流,缩小地区之间的差距。第五,重点关注工业部门能源效率过低的省份,如山西省、贵州省等,加强对其节能目标的制定与考核。

参考文献:

- [1]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.
- [2]魏楚,杜立民,沈满洪. 中国能否实现节能减排目标:基于DEA方法的评价与模拟[J]. 世界经济, 2010(3): 141-160.
- [3]师博,沈坤荣. 市场分割下的中国全要素能源效率:基于超效率DEA方法的经验分析[J]. 世界经济, 2008(9): 49-59.
- [4]涂正革. 环境、资源与工业增长的协调性[J]. 经济研究, 2008(2): 93-105.
- [5]袁晓玲,张宝山,杨万平. 基于环境污染的中国全要素能源效率研究[J]. 中国工业经济, 2009(2): 76-86.
- [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]李国璋,霍宗杰. 中国全要素能源效率、收敛性及其影响因素——基于1995-2006年省际面板数据的实证分析[J]. 经济评论, 2009(6): 101-109.
- [8]涂正革,肖耿. 环境约束下的中国工业增长模式研究[J]. 世界经济, 2009(11): 41-54.
- [9]庞瑞芝. 经济转型期间中国工业增长与全要素能源效率[J]. 中国工业经济, 2009(3): 49-58.
- [10]徐国泉,刘则渊. 1998—2005年中国八大经济区域全要素能源效率——基于省际面板数据的分析[J]. 中国科技论坛, 2007(7): 68-72.
- [11]李廉水,周勇. 技术进步能提高能源效率吗——基于中国工业部门的实证检验[J]. 管理世界, 2006(10): 82-89.
- [12]屈小娥. 中国省际全要素能源效率变动分解——基于Malmquist指数的实证研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(8): 29-43.
- [13]尹建华,赵慎泽. 基于DEA的我国省际工业部门全要素能源效率分析[J]. 兵工学报, 2009(S1): 85-89.
- [14]王霄,屈小娥. 中国制造业全要素能源效率研究——基于制造业28个行业的实证分析[J]. 当代经济科学, 2010(2): 20-25, 124-125.
- [15]庞瑞芝,王卢美,张泉. 转型期间中国工业部门全要素能源效率的要素效应、结构效应与技术效应分析[J]. 当代经济科学, 2009(5): 21-27, 124-125.
- [16]吴琦,武春友. 我国能源效率关键影响因素的实证研究[J]. 科研管理, 2010(5): 164-171.
- [17]高大伟,周德群,王群伟. 国际贸易、R&D技术溢出及其对中国全要素能源效率的影响[J]. 管理评论, 2010(8): 122-128.
- [18]魏婕,任保平. 要素生产率和经济增长质量的理论与实证分析——基于1952—2007年的数据[J]. 山西财经大学学报, 2009(11): 36-44.
- [19]王群伟,周德群,沈璇,等. 我国全要素能源效率的测度与分析[J]. 管理评论, 2010(3): 37-43.
- [20]李国璋,江金荣,周彩云. 转型时期的中国环境污染影响因素分析——基于全要素能源效率视角[J]. 山西财经大学学报, 2009(12): 32-34.
- [21]李国璋,江金荣,周彩云. 全要素能源效率与环境污染关系研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2010(4): 50-56.
- [22]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): 17-30.
- [23]郭鹏辉. 中国大陆省市经济增长收敛性的空间计量经济分析[J]. 经济与管理, 2009(3): 5-8, 29.
- [24]Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units[J]. European Journal of Operations Research, 1978(2): 429-444.
- [25]Coelli T J. A guide to DEAP version 2.1: A DATA envelopment analysis program[R]. CEAP Working Paper, 1996.
- [26]Sala-i-Martin X. The classical approach to convergence analysis[J]. The Economic Journal, 1996(6).
- [27]Jin-Li Hu, Shi-Chuan Wang. Total-factor energy efficiency of regions in China[J]. Energy Policy, 2006, 34: 3206-3217.

(责任编辑:翁贞林 英摘校译:吴伟萍)