

# 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

李国璋 霍宗杰\*

**摘要：**提高能源效率是实现经济可持续发展和减少污染排放的根本途径。基于跨期数据,运用数据包络方法对各个省份、三大区域及全国全要素能源效率的分析显示,中国地区全要素能源效率具有由西向东、由北向南逐步提高的梯级分布。全国和东中部能效均呈现向一个稳态收敛的发展趋势,而西部能效却没有表现出显著的收敛趋势。对各地区能效影响因素的分析发现,西部和其他区域主要影响因素的不同及这些因素水平的相对落后解释了西部能效最低且不能向更高能效收敛的原因。

**关键词：**全要素能源效率 DEA 收敛性 Tobit模型

进入新世纪以来,我国经济持续较快增长,工业化和城镇化深入发展,能源需求旺盛。随着经济的高速增长,资源、环境压力不断增强,能源约束不断加剧。由于我国长期以来粗放型的发展方式导致目前的能源效率相对国外仍然处于较低的水平。从综合能效看,2007年,我国单位 GDP能耗 1.16吨标准煤,比世界平均水平高 2.2倍左右,比美国、欧盟、日本高 2.4倍、4.6倍和 8倍。从国内来看,三大区域间由于经济发展水平的差距,在能源效率上也出现了明显的区域特征。这就需要我们应用合理的方法科学地测度我国的能源效率,针对我国能源效率发展的趋势做出分析进而给出适当的政策建议。

### 一、文献综述

本文使用考虑了资本、劳动因素的 DEA 模型采用跨期数据确定生产前沿测度我国的全要素能源效率。Jinli Hu 和 Shihchuan Wang (2006)使用 DEA 的方法对中国各地区 1995 - 2002年间的全要素能源效率做了比较研究,并发现人均 GDP最高的东部地区能源效率最高,其次是西部和中部。Satoshi Honma和 Jinli Hu (2008)使用 DEA 的方法对日本 1993 - 2003年的区域能源效率和不同地区几种主要能源投入的能源效率进行了测度和比较,发现能源效率较低的地区都是发展能源密集型工业的地区,并发现日本能源效率和人均收入之间存在着环境库兹涅茨曲线的关系。国内,魏楚和沈满洪 (2007)使用 1995 - 2004年的分省数据应用 Hu和 Wang的方法对各地区的能源效率进行了计算,并根据计算结果对可能对能源效率有影响的因素进行了计量分析。徐国泉和刘则渊 (2007)应用 1998 - 2005年升级面板数据对我国八大经济区域全要素能源效率进行了分析,发现中国区域全要素能源效率呈现东南向西北逐步下降,并且与区域发展水平呈“U型”的关系。杨红亮和史丹 (2008)使用单一要素方法和三种全要素方法对 2005年中国各地区的能源效率进行了比较研究,表明全要素能源效率较传统的单要素能源效率更有优势。

现有的对能源效率收敛性的研究并不多,史丹 (2006)假定我国能源效率存在条件收敛,并在此基础上

\* 李国璋,兰州大学经济学院,邮政编码:730000,电子信箱:ligzh@lzu.edu.cn;霍宗杰,兰州大学经济学院,邮政编码:730000,电子信箱:hua123@163.com。

一位匿名审稿人指出应该对此进行讨论和改进,在此表示感谢。

计算了各省份的节能潜力,但仅对我国整体的能源效率做了能源效率变异系数的考察,而并未对区域间的能源效率的收敛性进行检验。师博和张良悦(2008)运用能源效率变异系数,考察发现我国整体的能源效率趋势是趋异的,但在区域层面上,西部显示出发散的特征,东部表现出趋同的特征,而中部则有向东部收敛的态势,最后分析了省际能源效率的影响因素。

已有研究所关注的能效影响因素主要集中在经济结构,如周鸿和林凌(2005)、史丹(2006)、吴巧生和金华(2006)的研究发现产业结构变动对中国能源效率的影响并不显著,王玉潜(2003)指出产业结构调整对能源效率的提升有负向作用。也有一些文章涉及了其他因素,如史丹(2002)研究发现对外开放通过强化资源配置效率提升了能源效率,魏楚和沈满洪(2007)考察了产业结构、政府财政支出、进出口和国有经济比重对于能源效率的影响因素,师博和沈坤荣(2008)通过对能源消费结构、国内贸易比重、国有经济比重、FDI和能源价格对于能源效率影响因素的考察,发现市场分割造成了全要素能源的损失。

以上研究都只是注重于全要素能源效率测度、收敛性或者影响因素的某一方面,目前很少基于全要素能源效率的关于我国地区能效收敛性及能效影响因素比较详细的研究。本文运用 DEA 方法对我国 1995 - 2006 年间的全要素能源效率进行了测度,并在此基础上考察了我国地区全要素能源效率收敛性的特征和趋势及其影响因素,进而提出提升我国能源效率、缩小能效差距的政策建议。

本文结构安排如下:第二部分论述了全要素能源效率的分析框架;第三部分对全国各省份及东中西部地区进行了 DEA 模型的估计和全要素能源效率的计算并进行说明;第四部分对全国整体和区域间的全要素能源效率进行收敛性估计和分析;第五部分使用 Tobit 模型分析我国和各区域全要素能源效率影响因素;最后给出全文的结论及提高我国能源效率的政策建议。

## 二、全要素能源效率指标构造

本文关注的是产出既定情况下使用最少的投入要素,因此将采用 CRS 假设下基于投入的 DEA 模型。图 1 描述了全要素能源效率的计算方法。图 1 中的每个点都表示一个投入组合,等产量线为  $SS'$ ,投入要素为能源及其他要素(包括物质资本和人力资本), $C$ 、 $D$  点在包络线上即这两个投入组合不能够再减少投入来维持给定的产出,因此点  $A$ 、 $B$  存在效率损失。对于第  $i$  个决策单元来说,要使其处于前沿面上,各种投入要素水平的径向调整量称为“径向调整量”,其计算式可以表示为  $r = (1 - \rho) x_{i0}$ 。按照 Farrell(1957)的定义,DMUA 和 DMUB 的效率分别为  $OA'/OA$  和  $OB'/OB$ ,但在图 1 中,点  $A$  是点  $A'$  通过径向调整得到的最优点,但点  $A$  却还可以减少一些投入而维持原来的产出,调整量为  $AC$ ,在许多文献中将由于配置不恰当所导致的  $AC$  称为松弛调整量。因此,在计算全要素能源效率的时候,要同时考虑 Farrell 技术效率指数和非零投入松弛量。 $AC = AA' + A'C$  即为点  $A$  为达到目标点  $C$  所可能实现的能源“节约”数量。如果能源投入不需要调整,此时能源效率为 1。

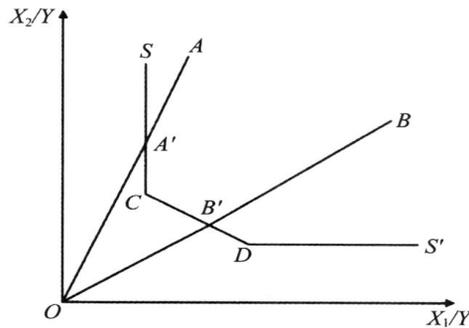


图 1 基于投入的 CRS - DEA 模型

根据以上对于 DEA 模型及径向调整量和松弛调整量的分析,构造能源效率计算指标如下:

$$EST_{it} = SA_{it} + RA_{it} \quad (1)$$

其中,  $EST_{it}$  为第  $i$  个地区  $t$  时期总的能源调整量,  $SA_{it}$  和  $RA_{it}$  分别为第  $i$  个地区  $t$  时期的松弛调整量和径向调整量。每个地区的总调整量是实际投入中无效率的一部分,其越小效率越高。因此全要素能源效率可以定义为:

$$TFEE_{i,t} = \frac{ET_{i,t}}{EA_{i,t}} = 1 - \frac{EST_{i,t}}{EA_{i,t}} \quad (2)$$

其中,  $TFEE_{i,t}$  为第  $i$  个地区  $t$  时期全要素能源效率,  $ET_{i,t}$  和  $EA_{i,t}$  为第  $i$  个地区  $t$  时期能源投入的目标值和能源投入的实际值。能源投入的目标就是要减少无效率部分的能源投入, 使  $TFEE$  指数接近于 1。我们还可以用方程 (2) 构造由几个地区构成的更大区域的全要素能源效率方程:

$$RTFEE_{k,t} = \frac{RET_{k,t}}{REA_{k,t}} = \frac{ET_{j,t}}{EA_{j,t}} \quad (3)$$

其中,  $RTFEE_{k,t}$  为第  $k$  个区域  $t$  时期全要素能源效率,  $RET_{k,t}$  和  $REA_{k,t}$  为第  $k$  个区域  $t$  时期区域内部  $j$  个地区总的能源投入目标值和总的能源投入实际值。

### 三、地区全要素能源效率分析

#### (一) 数据处理

由于数据来源限制, 本文研究仅限于 1995 - 2006 年的情况。由于中国尚处于转型期间, 数据波动性大, 根据当期数据得到的生产前沿不确定性大, 通过跨期数据来确定的生产前沿更接近于真实的生产前沿, 因此依据数据的可得性, 本文的样本空间扩充至 1993 - 2006 年间的 GDP、资本存量和人力资本。本文利用中国 29 个省份 (将重庆 1997 年以后数据合并入四川省, 西藏自治区部分能源数据不可得, 故剔除, 本文将各直辖市、自治区统称为省份) 1993 - 2006 年的面板数据进行全要素能源效率的计算。

**GDP:** 各省份 1993 - 2006 年 GDP 值来自于《中国统计年鉴》, 并取 1995 年为基期生成各年份实际 GDP。

**资本存量:** 由于资本存量数据估计的困难性以及各种不同估计方法之间比较大的差别, 本文资本存量数据直接来源于张军、吴桂英和张吉鹏 (2004) 的结果, 并利用其方法更新到 2006 年。

**人力资本:** 本文使用年末社会从业人数测度每年生产中的劳动力投入, 但年末社会从业人数不能显示出不同省份投入生产中的劳动力的素质差别, 而我国不同省份之间劳动力之间的素质差距是显著的尤其是在经济差距较大的省份之间, 而劳动力素质提高的主要途径是教育, 因此本文以省际从业人员的平均受教育年限衡量地区劳动力素质。假定文盲半文盲、小学、初中、高中、大专以上教育程度的居民平均受教育年数分别为 0、6 年、9 年、12 年、16 年。具体处理为:  $H = prim \times 6 + juni \times 9 + seni \times 12 + coll \times 16$ , 其中,  $prim$ 、 $juni$ 、 $seni$ 、 $coll$  分别表示小学、初中、高中和大专以上受教育程度从业人员占从业人员总数的比重, 最后将每年的  $H$  (即各个省份每年的从业人员平均受教育年份) 与年末社会从业人数相乘得到人力资本的数据。其中年末从业人员数来源于相关年份各个省份的统计年鉴, 从业人员受教育程度信息来源于《中国劳动统计年鉴》(1997 - 2007), 其中 1993 - 1995 年和 2001 年从业人员受教育程度数据缺失, 本文采用杨文举 (2008) 使用的方法通过相应年份的人均受教育程度估算出从业人员的受教育程度。

**能源消费:** 各个省份能源消费量数据来源于《中国能源统计年鉴》(2000 - 2002、2004、2005、2006、2007), 其中 2001 年宁夏的能源消费量由前后两年数据平均得到。

#### (二) 全要素能源效率分析

根据 (2) 式、(3) 式, 使用 Deap 2.1 软件, 运用跨期数据构造生产前沿面得到了我国各省份及几大区域的全要素能源效率值 (见表 1)。

依照 12 年的平均全要素能源效率排名, 前五位的省份分别是上海、云南、福建、广东、安徽, 其中上海每年均处于前沿面上为最优能源效率, 后两个省份在很多年份中也达到了最高的能源效率。后五位的省份分别是宁夏、山西、青海、甘肃、贵州, 这五个省份大多数年份的能源效率均未超过 0.356。由此可以看出我国全要素能源效率存在明显的区域差距, 最高效的省份基本都位于东部地区, 最低效的省份大多位于西部地区, 而中部地区则处于中间位置。我国的整体能效依旧是偏低的, 只达到了平均 0.609, 而且这仅是与我国先进地区比较的结果, 如果与发达国家比较能效会更低。

一位匿名审稿人指出应该对此进行讨论和改进, 在此表示感谢。

参见张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算: 1952 - 2000》, 载《经济研究》, 2004 (10)。

表 1 中国各个省份和各地区 全要素能源效率值

	1995年	1999年	2003年	2006年	平均值
北京	0.753	0.718	0.790	0.798	0.750
天津	0.558	0.637	0.787	0.803	0.688
河北	0.356	0.412	0.424	0.430	0.409
山西	0.150	0.222	0.245	0.273	0.226
内蒙古	0.400	0.307	0.384	0.351	0.362
辽宁	0.321	0.365	0.544	0.496	0.408
吉林	0.304	0.379	0.464	0.520	0.413
黑龙江	0.388	0.390	0.602	0.636	0.495
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.742	0.823	0.982	0.927	0.875
浙江	0.921	0.912	0.898	0.927	0.905
安徽	0.794	0.894	0.953	0.984	0.906
福建	1.000	1.000	1.000	1.000	0.990
江西	0.582	0.676	0.601	0.604	0.636
山东	0.637	0.697	0.650	0.682	0.672
河南	0.496	0.506	0.491	0.520	0.510
湖北	0.645	0.676	0.632	0.643	0.647
湖南	0.583	0.711	0.651	0.658	0.659
广东	0.980	0.938	1.000	1.000	0.976
广西	0.715	0.716	0.687	0.624	0.690
海南	0.978	0.909	0.812	0.850	0.884
四川	0.441	0.483	0.519	0.615	0.520
贵州	0.309	0.277	0.331	0.343	0.299
云南	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996
陕西	0.384	0.487	0.477	0.502	0.456
甘肃	0.243	0.244	0.313	0.348	0.287
青海	0.289	0.216	0.324	0.280	0.281
宁夏	0.275	0.249	0.188	0.190	0.222
新疆	0.394	0.328	0.386	0.363	0.355
东部地区	0.623	0.669	0.741	0.756	0.692
中部地区	0.491	0.577	0.547	0.574	0.555
西部地区	0.458	0.458	0.488	0.513	0.478
全国	0.552	0.596	0.638	0.657	0.609

将 2006年我们考察的所有 29个省份的全要素能源效率值划分为 0~0.4、0.4~0.6、0.6~0.8、0.8~1.0从最低能效到最高能效四个梯次,并将各个梯次的省份用不同的颜色标示,颜色越深代表能源效率值越高,将能更清晰地观察到我国能源效率的分布状态(见图 2)。由图 2可以看到,我国的能源效率的分布是明显的由西向东、由北向南逐步提升,西部地区大多数省份效率值最低,而东部地区省份则多为最高效率或者次高效率的梯次,而这恰恰与全国省份经济实力的梯次分布基本趋同。这与高振宇和王益(2006)、徐国泉和刘则渊(2007)、杨红亮和史丹(2008)等人能效分布的研究结果一致,但与师傅和沈坤荣(2008)中西部地区部分年份能效的高低有差异,Hu和 Wang(2006)的研究认为中部地区才是能效最低的地区,这可能是使用的变量不同且本文是以跨期数据确定前沿面的结果。

由图 3可以看到,全国能效保持了平稳上升的趋势。东部地区在 1999 - 2001年间出现波动后又恢复了增长的趋势。中部地区能效在 2000年达到最高之后开始下降,2003年又开始了新一轮的上升趋势。西部地区的能效始终处于波动并缓慢上升的态势中。在这 12年的考察期内,我国整体的能效总是高于中部地区和西部地区,而东部地区高于我国整体和中西部地区,这种现象显然是因为东部地区巨大的经济总量及能源消费量,提升了全国整体的能源效率。这说明我国提高能效的政策必须在首先稳步提升东部地区能源效率的基础之上,再大力改善中西部地区的能源效率,这样才能够稳定地提升全国的能效指标。

东中西部划分标准为《中国统计年鉴》(2006年)的标准:东部地区包括北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南、辽宁、吉林、黑龙江(将东北地区归入东部地区);中部地区为山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部地区为内蒙古、广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆(重庆包括在四川内,西藏部分数据缺失,因此剔除)。

由于版面所限,仅列出部分年份的数据,其他年份结果可向作者索取。

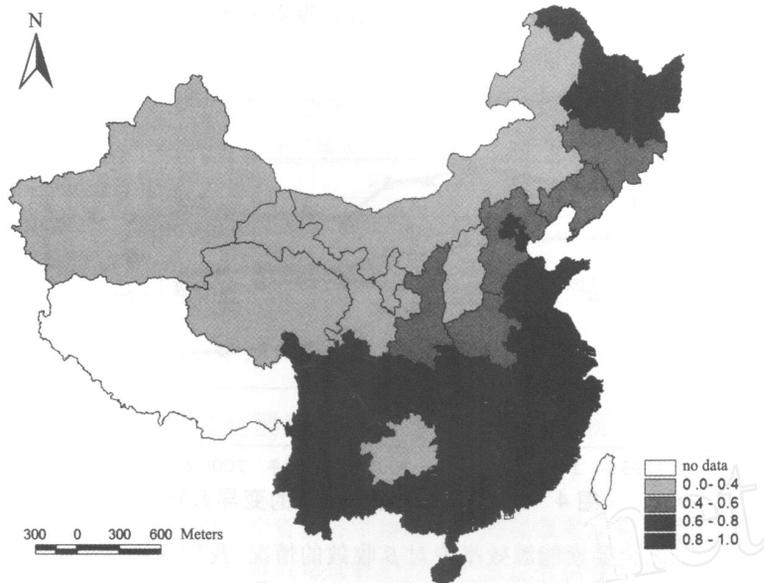


图 2 2006年中国全要素能源效率区域分布图

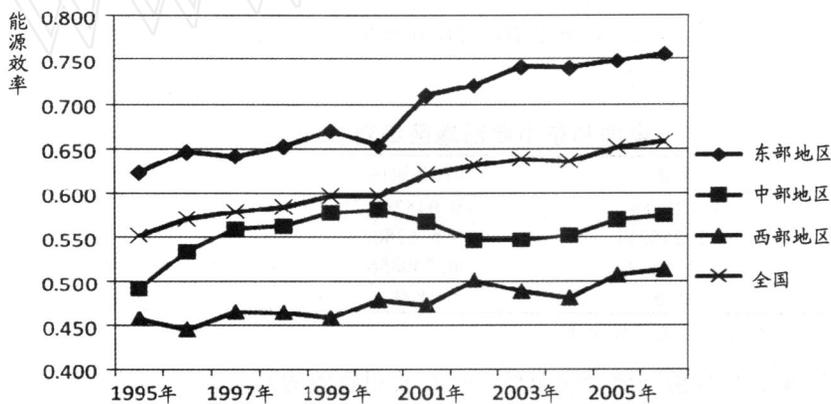


图 3 全国整体及东中西部地区全要素能源效率

#### 四、全国及东中西部地区全要素能源效率收敛性分析

经济增长的收敛性一般可分为 收敛和 收敛。前者是指不同经济系统间人均收入的离差随时间的推移而趋于减少,后者指不同的经济系统间人均产出增长率与初始水平负相关。收敛又包含绝对收敛和相对收敛,收敛和绝对收敛都属于绝对收敛的概念。绝对收敛指每个经济体的收入都会达到相同的稳态增长速度和增长水平。而条件收敛是在考虑了经济体各自不同的特征和条件后,回归系数显著为负,意味着所有经济体的稳态水平是不同的,因此经济体的收入差距会持久存在。对于收敛,我们借助变异系数进行测度,而收敛可以采用收敛回归模型来深入剖析考察区域的收敛特性。

##### (一)绝对收敛

图 4显示了我国整体与东中西部三大地区全要素能源效率的收敛情况。在考察的 12年中,除了 2000 - 2002年间有波动外,全国的变异系数是保持缩小的趋势的,全国各省份之间的能源效率的差距在缩小。但就各个地区来看,西部地区的变异系数始终最大,说明西部地区内部的能源效率差距一直较大,且在考察期内经常波动并没有显示出差距缩小的趋势,这是与西部地区能效除云南多年均为全国最高外大多数省份处于全国最低水平且效率提升速度缓慢的状况相关的。中部地区的变动较西部平缓,总体表现出了微弱的差距缩小的趋势。东部地区内部差异最小,且这种差异稳定地呈现出显著缩小的趋势,说明东部能源效率具有明显的“俱乐部收敛”特征。而总体来看,近年来不管是全国整体还是各个地区内部,变异系数的变

由本文数据及 Arc View3.2 软件绘制。

化曲线都在变得平坦,特别是近几年各个地区的变异系数并没有太大的变化,都表现出了保持相对差距稳定的态势。

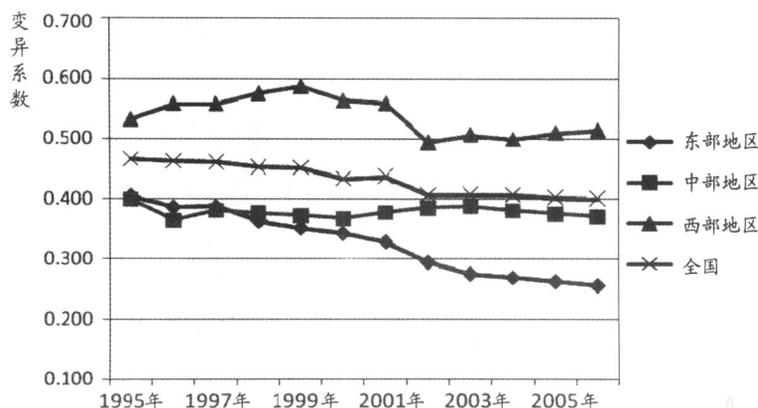


图 4 地区全要素能源效率的变异系数

以下本文将检验我国地区全要素能源效率绝对收敛的情况,我们应用 Miller和 Upadhyay (2002)所使用的方法,使用本文第三部分所得数据进行横截面数据分析,回归等式为:

$$(\ln E_t - \ln E_{t-1}) / 9 = \alpha + \ln E_{t-1} + \epsilon_t \quad (4)$$

其中,  $\ln E_t$  和  $\ln E_{t-1}$  为 1995 - 1997年和 2004 - 2006年的平均值,两个时段之间相距 9年,因此末期和初期的对数差再除以 9,估计结果如表 2。

表 2 全国和东中西部地区绝对收敛估计结果

	全国	东部地区	中部地区	西部地区
系数	- 0.017901**	- 0.045287***	- 0.026181**	- 0.005817
t统计量	- 2.255217	- 5.67802	- 2.414817	0.321247
R <sup>2</sup>	0.158512	0.740856	0.593138	0.012736
是否收敛	收敛	收敛	收敛	不显著

注: \*\*、\*\*\* 分别表示 5%、1%的显著性水平。

结果显示,从全国来看各省份全要素能源效率存在共同收敛的趋势,且东部地区和中部地区同样表现出了明显的共同收敛的特征,这说明,从全国整体来看能源效率是在趋向于一个共同水平。东部地区和中部地区内部能源效率的差距在缩小,且趋向于同一水平,东中部地区之间存在着收敛,这是东中部地区地理上毗邻且经济结构和经济发展水平相似的必然现象。西部地区的估计系数为负,但系数并不显著,这说明西部地区省份之间并不存在能源效率绝对收敛的特征,图 3 也表明了三大地区能源效率发展的趋势。

## (二) 条件收敛

本文使用回归等式 (5),运用第三部分所得的面板数据对我国整体以及东中西部地区的条件收敛特征进行分析。

$$(\ln E_t - \ln E_{t-1}) / 2 = \alpha + \ln E_{t-1} + \epsilon_t \quad (5)$$

式 (5)中解释变量和被解释变量的意义与式 (4)相同,为消除由于经济周期或者其他周期性因素的影响,本文在研究中将样本划分为 6 个时间段,每个时间段为 2 年,即 1995 - 1996、1997 - 1998、.....2005 - 2006。由于时间段之间相差 2 年,故在等式左侧为对数差除以 2。面板数据的分析同时包含了截面数据和时间序列数据的特征,参数的估计值可能同时受到两种不同因素的影响。本文同时给出了面板数据的固定效应 (FE)和随机效应 (RE)分析方法对我国整体、东中西部地区条件收敛等式的回归结果,并进行 Hausman 检验,在随机效应和固定效应模型之间进行选择。估计结果如表 3 所示。

除东部地区以外, Hausman 检验的结果都拒绝随机效应模型与固定效应模型无系统性差别原假设,故对全国整体和中、西部地区采用固定效应的估计结果,而东部地区采用随机效应的估计结果。可以发现,对于我们所选择的四个地区条件收敛的最终回归结果都是显著为负的,这说明我国整体以及东中西部地区均存在条件收敛的特征。因此,全国整体以及东中部地区既存在绝对收敛又存在条件收敛,这些地区的能源效率都是在稳固提升的。而西部地区存在条件收敛,但不存在绝对收敛,这表明西部地区内部各个省份并没有向一个共同的能源效率的稳态收敛,而是由于各个省份之间人力资本、投资、地域等条件的差别分别趋向于

自身的稳态。西部各省份条件收敛的稳态能源效率显然是较低的,这导致了西部地区内部各个省份之间以及西部地区与其他地区能源效率的差距不仅没有缩小,反而呈现出不断拉大的趋势。

表 3 全国和各地区条件 收敛估计结果

系数	全国		东部地区		中部地区		西部地区	
	FE	RE	FE	RE	FE	RE	FE	RE
	- 0.138***	- 0.0186	- 0.068	- 0.048***	- 0.242***	- 0.033**	- 0.221**	0.0111
统计量	- 4.291	- 2.277	- 1.698	- 4.577	- 3.872	- 2.766	- 3.231	0.633
Hausman Test	14.7356 (0.0001)		0.270223 (0.6032)		11.625836 (0.0007)		10.086002 (0.0015)	
R <sup>2</sup>	0.3916	0.0320	0.3758	0.2564	0.5412	0.1654	0.4062	0.0069

注: \*\*、\*\*\*分别表示 5%、1%的显著性水平。

## 五、地区全要素能源效率影响因素分析

### (一)数据处理与模型设定

由以上计算结果分析可以看到,我国各个省份各个地区之间的能效差距是比较大的,且各地区能效收敛的趋势不尽相同,那么分析影响能效的因素可以帮助我们找出产生这些现象的原因。

根据已有文献,本文考察以下因素对全要素能源效率以及对收敛性的影响:产业结构、国有经济比重、对外开放程度、政府影响力、能源禀赋、能源消费结构和能源价格。由于本文在全要素能源效率计算中已经考虑了人力资本知识积累的因素,且对于技术的定量方法不够统一,本文不再考虑技术进步对能源效率的影响。

产业结构  $IS$  用各省第二产业总产值占 GDP 的比重表示;国有经济比重  $MD$  用国有经济单位就业人数占总就业人数比重表示;对外开放程度  $DOO$  用各省进出口总额占 GDP 比重表示;政府影响力  $IOG$  用政府财政支出占 GDP 的比重表示;由于我国的主要能源是煤炭,故能源禀赋  $ER$  和能源消费结构  $ECS$  分别用各省煤炭产量占全国总产量的比重和煤炭消费占能源消费总量的比重表示;能源价格  $EP$  用燃料零售价格指数表示,以 1995 年为基期。以上数据来源于中经网统计数据库、相应年份《中国能源统计年鉴》和《新中国五十五年统计资料汇编》。

由于各省份及地区的全要素能源效率值处于 0 和 1 之间,数据被截断,需要建立截断因变量模型,因此采用处理限值因变量的 Tobit 模型检验影响全要素能源效率的因素。模型构建如下:

$$EE_{i,t}^* = C + {}_1MD_{i,t} + {}_2DOO_{i,t} + {}_3IOG_{i,t} + {}_4ER_{i,t} + {}_5ECS_{i,t} + {}_6EP_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

$$EE_{i,t} = \text{Max}(0, EE_{i,t}^*) \quad (6)$$

其中,  $i$  和  $t$  分别表示不同省份和不同年份的对应值,  $EE_{i,t}^*$  为潜变量,  $EE_{i,t}$  为本文计算的不同时期不同地区的全要素能源效率,  $\varepsilon_{i,t}$  为随机误差项,此模型研究样本时间段为 1995 - 2006 年。

### (二)计量结果分析

基于 29 个省份 1995 - 2006 年的面板数据,各地区全要素能源效率影响因素的 Tobit 模型回归结果如表 4 所示。

Tobit 模型的结果不能直接给出偏效应,也就是不能如普通 OLS 回归得到的结果直接解释因变量和自变量之间的影响大小,但估计系数的符号和偏效应的符号是一致的,而且统计显著性也一致。本文注重于研究各种因素对于全要素能源效率的影响方向而非具体效应大小,故不再对系数值进行更多解释。

1. 从全国、东部地区和中部地区来看,产业结构对于能效的影响显著为负,即第二产业比重越大能效越低,这与王玉潜(2003)、魏楚和沈满洪(2008)的结论相同。但西部地区与其他地区不同,产业结构变量系数为正,虽然系数不够显著但这可能是由于西部地区总体工业基础薄弱,加之西部大开发战略的施行,推动了西部地区工业的发展,更新旧有技术等改善了西部地区的能效。

2. 国有经济比重对于全国和三大地区的影响都显著为负。这与大多数已有研究观点相同,即国有企业相对绩效较差,能效较低。国有经济比重对全国和西部地区的能效影响较大,而对东部地区的影响最小,这与东部地区国有经济比重最低且相对效率较高相关。

3. 对外开放程度对于全国、东部地区和西部地区的影响都显著为正,这符合对外开放引进了先进的技术、管理,提高了各地区能效的经验。但中部地区对外开放程度却是负面影响,且不够显著,这可能是由于中

部地区的山西省能效最低但其开放程度最高的数据导致的回归结果的偏差。

4. 政府对市场过多的介入和干预会影响到包括能效在内的整个社会的运行效率。我国正处于市场化的转变阶段,政府对市场的干预过多,导致市场运行效率过低的现象是存在的。本文的研究证实政府的影响力越大,能效越低,这在全国以及三大区域都是显著的。

5. 能源的三大因素,即能源禀赋、能源消费结构和能源价格的影响基本符合直观的经验。能源禀赋对于能效的影响在全国和三大区域都是负向的,能源禀赋越丰富能效越低,虽然西部地区系数不够显著。能源消费结构即煤炭占能源消费总量的比重对于全国、东部地区和西部地区的影响显著为负,而对中部地区是正向影响,这可能是中部地区能效最低的山西省煤炭消费比重却是全国最低导致的,是一二次能源消费统计口径不同的结果。能源价格对于全国及东中部地区的能效改进的影响都是正向的,虽然价格的影响程度在所有因素中最小,但这说明适当提高能源价格对于能效的提高是有益的。但西部地区能源价格对能效的影响却相反,这可能是由于西部地区多为重化工业和资源型工业,这些行业对于能源价格并不敏感,反而会因为能源价格的升高而挤占其他要素投入,从而导致价格升效率降的现象。

6. 全国整体、东部地区和中部地区都是在向共同更高的能效收敛,而西部地区却并没有出现绝对收敛而是内部外部差距都在不断拉大,这是与影响其全要素能源效率的因素紧密相关的。通过排序各个地区影响因素的影响程度,可以发现全国、东部地区和中部地区基本都是政府影响力、能源禀赋、产业结构和市场化程度为影响程度最大的4个变量,而西部地区由于产业结构和能源禀赋变量不显著,只有对外开放程度、市场化程度、政府影响力3个因素有较大的影响程度。东中部地区能效的主要影响因素的变化是有益于能效改进的,如这些地区政府的管理效率相对较高,市场化程度很高,产业结构相对较为合理,且东中部地区除山西和东北部分省份外,基本都是能源禀赋较低的省份,刺激了这些省份的企业使用更为节能的技术和科学的管理,提高了能源效率,促进了东中部地区的能效收敛。而对西部地区影响最大的3个因素却恰恰是西部较为薄弱的,比如政府管理绩效相对较差,对市场的影响过大,对外开放程度由于地理条件等因素在全国靠后,虽然暂时显示国有经济的提高对这一区域的能效是促进的,但是这一地区主要集中了能效较差的重工、资源型企业,且区域分布不均,而第三产业发展不足,这些因素都导致了西部省份不能够收敛于同一个更高的能效水平、能效差距拉大的现象。

表 4 各地区全要素能源效率影响因素的 Tobit 回归结果

变量	全国	东部地区	中部地区	西部地区
<i>IS</i>	- 0.007244*** (- 4.849582)	- 0.007372*** (- 4.748308)	- 0.013886*** (- 9.534017)	0.006341 (0.916078)
<i>MD</i>	- 0.010565*** (- 10.1965)	- 0.006679*** (- 6.80253)	- 0.009205*** (4.303736)	- 0.014118*** (- 5.217095)
<i>DOO</i>	0.003867*** (9.081688)	0.002723*** (7.199425)	- 0.004826* (- 1.314726)	0.015247*** (2.36908)
<i>IOG</i>	- 0.019201*** (- 9.657345)	- 0.047385*** (- 8.708171)	- 0.015858*** (- 4.661765)	- 0.008454** (- 1.895752)
<i>ER</i>	- 0.016374*** (- 6.66127)	- 0.027075*** (- 4.497198)	- 0.005321*** (- 3.900784)	- 0.005706 (- 0.53667)
<i>ECS</i>	- 0.002242*** (- 3.720361)	- 0.006006*** (- 7.276496)	0.001233** (2.079297)	- 0.003432** (- 1.730666)
<i>EP</i>	0.000274*** (4.399786)	0.000361*** (5.003133)	0.000784*** (9.775258)	- 0.000732** (- 2.271735)
常数项	1.336160*** (17.0129)	1.832928*** (17.0853)	1.184073*** (11.89471)	0.886466*** (4.025882)
Wald 检验	487.1649***	418.7096***	1503.66***	42.69729***
<i>F - Statistics</i>	65.59499***	59.81566***	214.8086***	6.099612

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示 1%、5%、10%的显著性水平。

## 六、结论和政策建议

本文利用 DEA 方法使用跨期数据分析了 1995 - 2006 年我国各个省份及其三大地区的全要素能源效率,并对各个地区能源效率的收敛性及能效影响因素进行了考察,研究结果表明:

1. 东部地区全要素能源效率最高,其次是中部地区,效率最低的是西部地区,而这恰恰与经济水平的梯度分布相一致。我国的全要素能源效率平均值仅为 0.623,说明我国整体的能源效率还是比较低的,东部地

区对于我国整体能源效率的提升作用相当明显。考察期内全国及三大区域的能效值均显示出上升的趋势。

2 本文通过对全国整体及地区能源效率的收敛性分析,发现 1995 - 2006年,全国不论是绝对收敛还是条件收敛都呈现出明显的收敛特征。而东部地区和中部地区的能源效率也表现出了同样明显的收敛特征,说明中部地区能源效率正在向东部地区收敛。与此相反,西部地区内部省份的能源效率并没有趋向于同一个稳态,而是向各自的稳态收敛,因此西部地区和其他地区的能源效率差距不能显著缩小。从收敛结果分析看,近年来我国整体和三大区域内部都表现出了保持相对差距稳定的态势。

3 通过 Tobit模型发现,总体来说产业结构、国有经济比重、政府影响力、能源禀赋和消费结构对能效有负向影响,开放程度和价格对能效有正向影响。各个地区全要素能源效率影响因素的差异也解释了各地区能效收敛或发散的原因。

根据以上结论,我们给出如下政策建议:

1 由于东部地区对于全国能效影响巨大,必须首先保证东部地区能源效率的稳步提高,以产生辐射作用带动全国和其他地区能源效率的提高。

2 加强全国区域间的资金、技术、人才流动,促进地区之间的交流合作,制定向中西部地区倾斜相关配套政策,打破地区之间阻碍提高能源效率提升的要素流动的壁垒,扭转近几年存在的各个区域内部以及全国整体存在的保持省份间能源效率差距的趋势。

3 在全国继续调整优化产业结构,发展第三产业,提升第二产业技术和管理水平,推进市场化进程,减少政府对于市场特别是能源市场的过多干预,改变“大政府小市场”的现象,通过税收等途径调整能源价格,逐步建立能够反映资源稀缺程度,市场供求关系和环境成本的价格形成机制。西部是我国能效水平最低的地区,提升西部地区能效对于稳步提升全国能效有重要意义。这就需要加强西部地区的政府管理能力,改善西部地区投资环境,加强对外开放的程度以及加快西部地区的市场化进程,这样才能够有效地打破西部地区能效的低水平发展。

#### 参考文献:

1. 蔡昉、都阳:《中国地区经济增长的趋同与差异》,载《经济研究》,2000(10)。
2. 高振宇、王益:《我国能源生产率的地区划分及影响因素分析》,载《数量经济技术经济研究》,2006(9)。
3. 姜雁斌、朱桂平:《能源使用的技术无效性及其收敛性分析》,载《数量经济技术经济研究》,2007(10)。
4. 师博、张良悦:《我国区域能源效率收敛性分析》,载《当代财经》,2008(2)。
5. 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 方法的经验检验》,载《世界经济》,2008(9)。
6. 史丹:《中国经济增长过程中能源利用效率的改进》,载《经济研究》,2002(9)。
7. 史丹:《中国能源效率的地区差异与节能潜力分析》,载《中国工业经济》,2006(10)。
8. 魏楚、沈满洪:《能源效率及其影响因素:基于 DEA 的实证分析》,载《管理世界》,2007(8)。
9. 吴巧生、成金华:《中国能源消耗强度变动及因素分解》,载《经济理论与经济管理》,2006(10)。
10. 王玉潜:《能源消耗强度变动的因素分析方法及其应用》,载《数量经济技术经济研究》,2003(8)。
11. 徐国泉、刘则渊:《1998 - 2005年中国八大经济区域全要素能源效率》,载《中国科技论坛》,2007(7)。
12. 杨红亮、史丹:《能效研究方法和中国各地区能源效率的比较》,载《经济理论与经济管理》,2008(3)。
13. 杨文举:《适宜技术理论与中国地区经济差距》,载《经济评论》,2008(3)。
14. 周鸿、林凌:《中国工业能耗变动因素分析》,载《产业经济研究》,2005(5)。
15. 张军、吴桂英、张吉鹏:《中国省际物质资本存量估算:1952 - 2000》,载《经济研究》,2004(10)。
16. Farrell, 1957. "The Measurement of Productive Efficiency" *Journal of Royal Statistical Society*, Vol 120, pp. 253 - 281.
17. Hu, J. and Wang, S., 2006. "Total - factor Energy Efficiency of Regions in China" *Energy Policy*, Vol 34, pp. 3206 - 3217.
18. Kankana Mukherjee, 2008. "Energy Use Efficiency in U. S Manufacturing: A Nonparametric Analysis" *Energy Economics*, Vol 30, pp. 76 - 96
19. Kankana Mukherjee, 2008. "Energy Use Efficiency in the Indian Manufacturing Sector: An Interstate Analysis" *Energy Policy*, Vol 36, pp. 662 - 672
20. Honma, Satoshi and Hu, Jinli, 2008. "Total - factor Energy Efficiency of Regions in Japan" *Energy Policy*, Vol 36, pp. 821 - 833
21. Miller, Stephen M. and Upadhyay, Mukti P., 2002. "Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis" *Journal of Macroeconomics*, Vol 24, pp. 267 - 286

(责任编辑:孙永平、陈永请)