

【产业经济】

中国全要素能源效率评价与解构:基于 “管理—环境”双重视角

李兰冰

(南开大学城市与区域经济研究所, 天津 300071)

【摘要】 本文应用 DEA 四阶段模型, 将全要素能源效率(TFEE)解构为全要素能源管理效率(TFEME)和全要素能源环境效率(TFEEE), 对 2005—2009 年中国省级区域的能源效率现状、成因与提升路径进行了实证分析。研究表明: 我国全要素能源效率总体上仍处于较低水平, 能源节约潜力大约为能耗现值的 30%至 40%; 管理无效率和环境无效率是能源低效的共同成因; 现阶段能源效率提升主要依赖于外生环境改善, 内源性管理效率提升的动力不足; TFEE、TFEME 和 TFEEE 均表现出明显的区域不平衡特征, 东部领先、西部落后; 产业结构、教育程度、开放程度和基础设施是区域全要素能源环境效率的关键影响因素; 北京、天津、上海等应着重改善区域能源管理能力, 江西和宁夏应重点优化外部环境, 河北、山西、吉林等应从管理和环境两个层面双管齐下。

【关键词】 DEA 四阶段模型; 全要素能源效率; 全要素能源管理效率; 全要素能源环境效率

【中图分类号】F014.7 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1006-480X(2012)06-0057-13

一、问题提出

中国经济发展已经陷入高速增长与生态约束强化的两难困境。首先, “高速增长与高能耗、高污染并行”典型特征凸显。2010年, 中国成为世界第二大经济体和第一大能源消耗国, 能源消耗量占全球总量的比例高达 20.3%。这表明中国经济的高增长以高能耗和高污染为代价, 《中国环境经济核算研究报告》指出 2008 年环境污染成本占当年 GDP 的比重高达 3%。其次, 能源供需矛盾日益突出, 能源消耗与环境污染已经由经济增长软约束转变为硬约束。中国处于城市化和工业化加速时期, 正由世界大国向世界强国迈进, 未来 10—20 年有望继续保持经济平稳高速增长, 能源消费呈刚性增长态势。与此同时, 国内能源资源保障能力日趋紧张, 国家能源安全备受关注。基于此, 破解两难困境已经成为中国经济发展亟待解决的重大难题。在不损害经济增长的条件下寻求能源效率的提升, 有利于兼顾经济增长与节能减排的双重目标, 是在生态约束下实现经济增长方式转型的重要驱动力, 已经成为中国摆脱发展困境的重要出路。

受全球性能源需求增长、能源安全和应对气候变化影响, 能源问题已经成为世界范围内备受关

【收稿日期】 2012-04-20

【基金项目】 中央高校基本科研业务费专项资金项目“我国区域经济增长效率实证考察与提升路径研究——基于环境保护和能源消耗的双重约束”(批准号 NKZX10010)。

【作者简介】 李兰冰(1978—), 女, 河北黄骅人, 南开大学城市与区域经济研究所副研究员, 经济学博士。

注的焦点。近年来,国内外能源效率研究基本沿两条主线展开:一是未考虑其他要素影响的单要素视角;二是基于多投入—多产出视角的全要素能源效率。早期研究大多集中于单要素视角,集中于偏要素效率框架,涵盖能源强度(能源投入/GDP)、能源生产率比例(GDP/能源投入)等指标,重点考察能源作为单一投入要素与 GDP 产出的关系,忽略其他投入要素影响。全要素能源效率指标最初由 Hu&Wang(2006)提出,他们应用 DEA 模型评价能源、劳动力、资本等多投入与 GDP 产出之间的生产关系,以能源目标值与实际值之间的比率作为全要素能源效率(Total Factor Energy Efficiency, TFEE)的评价指标,研究表明中国区域能源效率水平较低、改善潜力较大,东、中、西部地区之间差异明显。此后,Hu & Kao(2007)应用全要素能源效率框架,对 APEC 的 17 个国家(或地区)的能源节约潜力进行评价,研究表明 1991—2000 年间中国大陆具有最高的能源节约目标比,能源节约目标值约为能源消耗量的一半。Honma & Hu(2008)在全要素框架下计算了日本 47 个城市的能源效率,研究发现能源无效率的城市大都集中在能源密集型产业发达的区域。此外,魏楚和沈满洪(2007)、Zhang et al.(2011)、Lee et al.(2011)等分别研究了不同国家和地区的全要素能源效率。

区域能源效率不仅取决于投入要素等可控变量,也不可避免地受到产业结构、对外开放程度等外生环境影响。能源无效率既包含管理无效率因素,也包括环境无效率因素。与优势环境相比,处于劣势环境的区域需要更多额外投入。全要素能源效率指标无法识别运营环境对能源效率的影响,也难以将环境无效率从能源无效率中分离。全要素能源效率指标实现了由偏要素框架向全要素框架的跨越,却无法剔除外生环境差异带来的能源无效率,仍然是“环境因素”与“管理因素”并存的综合性能源效率。基于此,本研究在全要素能源效率的研究框架基础上,以 DEA 四阶段模型为理论工具,将“综合性”的全要素能源效率进一步解构为全要素能源管理效率和全要素能源环境效率,既有益于准确地认知能源效率状况,也有益于从“环境—管理”的二维视角厘清能源无效率的根源,为寻求能源效率的提升路径提供有据可依的模型工具。本研究将应用全要素能源效率及其解构模型对我国省级区域能源效率予以系统剖析,客观地评价全要素能源效率的区域差异,通过全要素能源管理效率和全要素能源环境效率的比较分析,深入挖掘各区域能源无效率的来源。这既能够清晰地评价我国不同区域能源管理能力的差异,又能够准确地识别外生环境变量对区域能源效率的影响,进而有的放矢地提出加强能源管理、改善能源环境、提高能源效率的有效路径与政策建议。

二、研究方法

1. DEA 四阶段评价模型

Fried et al.(1999)提出 DEA 四阶段模型,认为生产单位将投入转化为产出的能力不仅受到技术效率的影响,也受到外部运营环境的影响。DEA 四阶段模型的核心思想就是利用非参数的、线性规划的和前沿边界的方法,控制外生的运营环境变量,消除外生环境变量对技术效率的影响,在外生环境实现均等化的基础上,对决策主体的纯管理效率进行评价。DEA 四阶段模型的具体原理和步骤如下。

第一阶段:原始数据的 DEA 模型计算。不考虑外部环境影响,依据生产理论选择投入和产出指标,利用标准 DEA-BCC 模型(Banker et al.,1984)进行效率评价,获取每个决策主体的投入松弛量(针对投入导向模型)或产出剩余量(针对产出导向模型)。值得注意的是,投入松弛量是径向与非径向投入松弛量之和,剩余产出量是径向与非径向产出剩余之和。本研究选取投入导向的 DEA 模型,此处不再赘述,具体可参见 Coelli et al.(1998)。

第二阶段:外生变量识别。选择若干环境变量刻画外部运营环境特征,为投入松弛量或产出剩余量建立环境变量解释方程,定量评价外生环境变量对投入松弛量或产出剩余量的影响。以投入导向为例,具体模型如下:

$$ITS_j^k = f_j(Q_j^k, \beta_j, u_j^k), j=1 \cdots N, k=1 \cdots K \quad (1)$$

其中, ITS_j^k 是第一阶段 DEA 模型计算得到的、决策单位 k 的第 j 个投入的松弛量; Q_j^k 表示决策单位 k 第 j 个投入量的一系列外生环境变量; β_j 表示与环境变量对应的系数向量; u_j^k 是随机干扰因素。

第三阶段:原始数据调整。根据第二阶段的外生变量和估计系数,获得每个决策单位的各个投入松弛量估计值,模型如下:

$$\hat{ITS}_j^k = f_j(Q_j^k, \hat{\beta}_j), j=1 \cdots N, k=1 \cdots K \quad (2)$$

为实现外生环境均等化,选择最差的环境为标杆基础,对处于优势环境的决策单位通过增加投入水平,剔除区域间外生环境差异。具体来看,根据松弛量估计值与最大松弛量估计值间的差距,对原始投入项进行调整,模型如下:

$$x_j^{kadj} = x_j^k + [\text{Max}^k \{ \hat{ITS}_j^k \} - \hat{ITS}_j^k], j=1 \cdots N, k=1 \cdots K \quad (3)$$

第四阶段:调整后数据的 DEA 模型计算。充分考虑外部环境影响后,再次利用标准 DEA-BCC 模型,对调整后的投入产出数据进行评价,得到各决策主体的纯管理效率。

2. 全要素能源效率(TFEE)评价

Hu and Wang(2006)认为能源投入的松弛量是能源消耗的无效率部分,提出以能源目标值与能源实际值之间的比率作为衡量全要素能源效率(Total-Factor Energy Efficiency, TFEE)的指标。其中,能源目标值根据原始投入和产出数据,由 DEA 模型评价获取。区域 i 在 t 时期的全要素能源效率表示如下:

$$TFEE(i, t) = \text{能源目标值}(i, t) / \text{能源实际值}(i, t) \quad (4)$$

其中,能源目标值 $(i, t) = \text{能源实际值}(i, t) - \text{能源总松弛量}(i, t)$ 。

能源目标值是现有产出水平下可能实现的最低能源消耗,能源目标值不会大于能源实际值,全要素能源效率是介于 0 与 1 之间的指标。若某区域不存在能源投入松弛量,则区域全要素能源效率值等于 1,表示是有效的能源使用单位。若某区域能源目标值远低于能源实际值,则全要素能源效率趋近于零,表示极低的能源使用水平。DEA 四阶段模型的第一阶段,仍然以原始投入和产出数据为基础,通过获取的能源目标值与实际值计算 TFEE。

3. 全要素能源效率解构:全要素能源管理效率(TFEME)与全要素能源环境效率(TFEEE)

根据全要素能源效率指标(TFEE)的建构原理,提出根据环境因素调整后的投入产出数据,建立全要素能源管理效率指标(Total-Factor Energy Managerial Efficiency, TFEME)的思想。TFEME 指标与 TFEE 指标的本质区别在于,TFEME 建立在控制外生环境变量和实现环境均等化的基础上,剔除了区域间环境差异带来的无效率,目标在于衡量区域对能源的纯粹管理效率。具体来看,以 DEA 四阶段模型为理论工具,第二阶段识别环境因素,第三阶段实现环境均等化、获取调整后的能源实际值,第四阶段基于调整后投入产出数据进行评价、获取调整后的能源目标值,依此建立全要素能源管理效率指标,用以评价各区域能源使用的实际管理能力和管理效率差异。具体来看,区域 i 在 t 时期的全要素能源管理效率表示如下:

$$TFEME(i, t) = \text{调整后能源目标值}(i, t) / \text{调整后能源实际值}(i, t) \quad (5)$$

如前所述,全要素能源效率主要受管理和环境两维度因素影响,因而将全要素能源效率与全要素能源管理效率的差异归因为环境因素。区域 i 在 t 时期的全要素能源环境效率 (Total-Factor Energy Environmental Efficiency, TFEEE)表示如下:

$$TFEEE(i, t) = TFEE(i, t) / TFEME(i, t) \quad (6)$$

与 TFEE 相同,TFEME 是介于 0 与 1 之间的指标值。但是,TFEEE 不局限于 0 至 1 之间。当 $TFEEE > 1$ 时,表明该地区处于优势环境,能源无效率主要来自管理因素,且环境因素在一定程度上弥补了能源管理无效率。当 $TFEEE < 1$ 时,表明该地区处于劣势环境,环境因素是能源无效率的重要

来源。当 TFEEE 等于 1 时,表明该地区全要素能源效率与全要素能源管理效率相同,环境对能源效率无明显作用。

三、变量选取、样本选择与数据来源

1. 投入、产出与环境变量的选取

依据柯布—道格拉斯生产函数,在既定技术条件下,区域经济发展是将劳动和资本要素转化为地区生产总值的过程。受能源需求增加、全球能源枯竭、能源价格高企等因素影响,能源作为生产要素备受关注。如,Hu and Wang (2006)、Hu et al.(2006)、Chien and Hu (2007)、Chien and Hu (2008)、Honma and Hu(2008)、Zhang et al.(2011)、Lee et al.(2011)、王兵等(2011)、魏楚和沈满洪(2007)等均将能源作为投入要素引入区域生产过程,定量考察了能源与经济的关系。基于此,本研究将选择劳动、资本和能源共同作为区域生产要素,选择地区生产总值(Gross Regional Product, GRP)作为区域产出结果。

在全要素能源管理效率评价过程中,根据 Fried et al.(1999)对 DEA 四阶段模型的解释,应剔除外生环境对投入项的影响。在充分考虑区域生产过程经济特性的基础上,本研究选取“产业结构—开放程度—文化素质—基础设施”四个视角考察区域经营环境差异。产业结构以第二产业比重衡量,文化素质以高等教育人口比重衡量,开放程度以外贸依存度衡量,基础设施以公路发达程度衡量。投入、产出和环境变量的指标内涵如表 1 所示。

表 1 投入、产出与环境变量的指标说明

类别	选取视角	具体指标
投入	劳动	地区就业人数
	资本	地区资本存量
	能源	地区能源消费总量
产出	地区生产总值	地区生产总值
环境因素	产业结构	地区第二产业增加值/地区生产总值
	开放程度	地区进出口贸易总额/地区生产总值
	文化素质	地区大专及以上学历人口/6 岁以上地区人口总量
	基础设施	地区公路里程/地区总人口

2. 样本选取、数据来源与统计描述

本研究选取我国省级区域作为研究对象,西藏由于数据缺失未予考虑。具体来看,以 2005—2009 年,我国除西藏之外的 30 个省(直辖市和自治区)作为样本,共计 150 个观察值。

地区生产总值、劳动、能源、产业结构、文化素质、开放程度和基础设施数据来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》或根据年鉴数据整理。其中,以当年价格核算的地区生产总值,应消除通胀因素影响,转换为以 2005 年为基期的价值量。此外,统计资料无法提供地区资本存量的数据,采取下述方法进行估算:依据张军等(2004)的方法获取 2000 年各省资本存量;从《中国统计年鉴》获取 2001—2009 年各省固定资本形成总额和资本价格指数;将 2000 年各省资本存量和 2001—2009 年以当期价格计算的各省固定资本总额,转换为以 2005 年为基期的价值量;依据郭庆旺等(2005)的方法,考虑 5%的资本折旧率。按照“当年资本存量=前一年资本存量×(1-折旧率)+当年固定资本形成总额”的公式计算得到 2001—2009 年的各省实际资本存量,为与其他指标研究期限保持一致,选取 2005—2009 年作为样本数据。本研究样本数据的统计描述如表 2 所示。

表 2 投入、产出与环境变量样本数据的统计描述

	单位	极大值	极小值	均值	标准差
劳动	万人	5948.80	128.70	2174.53	1533.29
资本	亿元	77955.77	1878.80	20397.32	15721.95
能源	万吨标准煤	32420.00	822.00	10452.73	6747.83
地区生产总值	亿元	36035.13	543.32	8671.62	7270.08
产业结构	%	61.50	23.50	47.81	7.61
开放程度	%	166.82	4.53	35.57	40.80
文化素质	%	30.77	2.72	7.71	5.38
基础设施	公里/万人	107.91	4.56	28.62	17.73

四、实证研究结果

1. 全要素能源效率(TFEE)的综合评价

从全国平均水平来看,我国全要素能源效率仍然较低,处于 0.6—0.7 之间。这表明我国能源节约潜力巨大,在现有产出水平不变的前提下,能源最大节约量约为能源消耗总量现值的 30%—40%。2005—2009 年,全要素能源效率呈现出缓慢上升的态势,2005 年能源效率值为 0.627,2009 年能源效率值为 0.653。这说明我国区域经济增长与能源低效并存的特征明显,区域经济增长仍然呈现出粗放式的特征,能效低下已经成为区域经济增长方式转型过程中亟待解决的重要难题。北京、天津、上海、广东、海南和青海共 6 个省份始终处于效率边界前沿,除青海位于西部地区外,绝大多数的能源高效率省份位于经济发达的东部地区(见表 3)。

东部是我国经济最为发达的地区,全要素能源效率一直居于榜首,平均值达到 0.8 左右。中部地区和东北地区交替位于第二、三位,具体来看:东北地区在 2005—2007 年期间以微弱优势领先于中部,居于第二位;2008 年中部与东北地区效率相当,2009 年中部超过东北地区,居于第二位,东北地区退居第三位。西部是我国经济最为欠发达的地区,全要素能源效率也明显落后,一直在 0.5 左右徘徊,甚至在 2005、2006 和 2008 三个年度不足 0.5,这表明在该地区能源节约潜力高达现有能源消耗量的 50%以上(见表 4)。

2. 全要素能源效率的解构:全要素能源管理效率和全要素能源环境效率

研究表明,全要素能源效率和全要素能源管理效率之间具有非常明显的差异,这说明外生环境是能源效率的重要影响因素。如表 5 所示,Mann-Whitney U 检验表明 TFEME 与 TFEE 之间的差异具有统计显著性。因此,将全要素能源效率解构为全要素能源管理效率和全要素能源环境效率具有十分重要的意义。

我国全要素能源管理效率(TFEME)明显高于全要素能源效率(TFEE)。2005—2009 年,我国 TFEME 分别为 0.866、0.862、0.891、0.860、0.857,同期 TFEE 仅为 0.627、0.630、0.637、0.641、0.653。与此同时,各年度 TFEME 标准差明显低于 TFEE 标准差。这说明外生环境总体上对全要素能源效率具有负面影响,2005—2009 年,我国全要素能源环境效率均值都小于 1,具体为 0.753、0.760、0.739、0.769、0.764(见表 6)。若在未剔除环境差异的条件下,以 TFEE 效率值评价能源管理效率,那么处于优势环境的决策单位管理效率会被高估,处于劣势环境的决策单位管理效率会被低估,最终带来评价偏差。通过将 TFEE 解构为 TFEME 和 TFEEE,全要素能源管理效率评价中剔除了环境影响,由环境差异造成的管理效率低估或高估偏差会消失,区域间 TFEME 差异程度会比 TFEE 差异程度有所降低。由此可见,管理无效率和环境无效率是造成我国能源低效的双重共同因素,能源效率提升应该从管理层面和环境层面双管齐下。

表 3 2005—2009 年中国各省份的 TFEE 值

省份	2005	2006	2007	2008	2009
北京	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
天津	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
河北	0.404	0.405	0.410	0.419	0.423
山西	0.271	0.269	0.274	0.285	0.292
内蒙古	0.348	0.374	0.371	0.357	0.364
辽宁	0.497	0.479	0.517	0.503	0.503
吉林	0.559	0.599	0.622	0.599	0.608
黑龙江	0.555	0.566	0.566	0.571	0.584
上海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
江苏	0.876	0.870	0.885	0.899	1.000
浙江	0.885	0.884	0.883	0.886	0.891
安徽	0.667	0.672	0.682	0.685	0.694
福建	0.860	0.861	0.859	0.846	0.838
江西	0.774	0.776	0.782	0.793	0.795
山东	0.605	0.616	0.624	0.638	0.658
河南	0.579	0.580	0.587	0.592	0.604
湖北	0.527	0.530	0.537	0.551	0.562
湖南	0.548	0.552	0.561	0.576	0.582
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.669	0.669	0.674	0.674	0.676
海南	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
重庆	0.577	0.625	0.594	0.599	0.608
四川	0.503	0.505	0.513	0.512	0.521
贵州	0.301	0.304	0.310	0.319	0.321
云南	0.472	0.468	0.476	0.481	0.484
陕西	0.578	0.583	0.594	0.606	0.609
甘肃	0.375	0.378	0.387	0.393	0.409
青海	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
宁夏	0.608	0.608	0.683	0.721	0.711
新疆	0.448	0.445	0.440	0.405	0.393
全国	0.627	0.630	0.637	0.641	0.653

表 4 2005—2009 年中国 TFEE 值的区域差异

地区	2005	2006	2007	2008	2009
东部	0.778	0.780	0.785	0.793	0.813
中部	0.521	0.522	0.529	0.542	0.554
西部	0.487	0.495	0.500	0.499	0.503
东北	0.527	0.528	0.552	0.542	0.548

表 5 2005—2009 年中国 TFEE 与 TFEME 效率值差异分析

年度	效率平均值		效率标准差		M-U 检验
	TFEE	TFEME	TFEE	TFEME	
2005	0.627	0.866	0.233	0.118	-3.489(0.000)
2006	0.630	0.862	0.231	0.107	-3.526(0.000)
2007	0.637	0.891	0.229	0.090	-3.678(0.000)
2008	0.641	0.860	0.229	0.114	-3.355(0.001)
2009	0.653	0.857	0.231	0.114	-3.128(0.002)

表 6

2005—2009 年中国 TFEME 与 TFEEE 效率值评价

省份	TFEME					TFEEE				
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
北京	0.855	0.750	0.942	0.929	0.938	1.170	1.333	1.062	1.076	1.066
天津	0.799	0.763	0.905	0.928	0.952	1.252	1.311	1.105	1.078	1.050
河北	0.725	0.702	0.811	0.683	0.679	0.557	0.578	0.505	0.614	0.623
山西	1.000	1.000	1.000	1.000	0.665	0.271	0.269	0.274	0.285	0.439
内蒙古	0.798	0.683	0.79	0.675	0.683	0.436	0.547	0.470	0.529	0.533
辽宁	0.664	0.769	0.87	0.75	0.739	0.749	0.623	0.594	0.671	0.681
吉林	0.887	0.835	0.915	0.899	0.961	0.630	0.717	0.680	0.666	0.633
黑龙江	1.000	1.000	0.976	0.91	0.888	0.555	0.566	0.580	0.628	0.657
上海	1.000	0.811	1.000	1.000	1.000	1.000	1.233	1.000	1.000	1.000
江苏	1.000	0.931	0.965	1.000	1.000	0.876	0.934	0.917	0.899	1.000
浙江	0.997	0.923	0.952	0.936	0.941	0.888	0.958	0.928	0.946	0.947
安徽	0.789	0.846	0.897	0.893	0.971	0.845	0.794	0.760	0.767	0.715
福建	0.813	0.858	0.934	0.934	0.891	1.058	1.004	0.920	0.906	0.940
江西	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.774	0.776	0.782	0.793	0.795
山东	0.951	0.86	0.86	0.866	0.844	0.636	0.717	0.725	0.736	0.780
河南	0.991	1.000	0.935	0.899	0.91	0.584	0.580	0.627	0.659	0.664
湖北	0.769	0.765	0.771	0.763	0.809	0.686	0.693	0.696	0.722	0.695
湖南	0.772	0.813	0.842	0.833	0.82	0.710	0.679	0.666	0.691	0.709
广东	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
广西	0.769	0.907	0.87	0.854	0.879	0.870	0.738	0.775	0.789	0.769
海南	0.743	0.836	0.756	0.693	0.815	1.346	1.196	1.323	1.443	1.227
重庆	0.829	0.927	0.916	0.891	1.000	0.696	0.674	0.648	0.673	0.608
四川	0.74	0.822	0.799	0.773	0.787	0.680	0.615	0.642	0.663	0.663
贵州	0.852	1.000	0.792	0.765	0.675	0.353	0.304	0.391	0.417	0.476
云南	0.694	0.795	0.736	0.711	0.784	0.681	0.589	0.647	0.676	0.618
陕西	0.921	0.944	0.995	0.953	0.875	0.627	0.617	0.597	0.636	0.696
甘肃	0.956	1.000	0.958	0.851	0.867	0.393	0.378	0.404	0.462	0.472
青海	1.000	0.935	0.888	0.810	0.868	1.000	1.070	1.126	1.235	1.152
宁夏	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.608	0.608	0.683	0.721	0.711
新疆	0.669	0.648	0.689	0.600	0.654	0.670	0.687	0.639	0.675	0.600
全国	0.866	0.862	0.891	0.860	0.857	0.753	0.760	0.739	0.769	0.764

从动态视角来看,2005—2009年,TFEME总体上呈现下降态势,与TFEE的上升趋势形成鲜明对比。这表明现阶段我国全要素能源效率的提升主要得益于外生环境变量的改善,产业结构的优化、基础设施的完善等外生性动力已经成为能源效率改善的主要源泉。在我国能源综合效率普遍提升的现象背后,各区域自身能源管理能力非但没有出现预期性的明显提升,反而出现下滑趋势,这表明我国区域能源效率提升的内源性动力不足,十分不利于我国实现节能减排目标和可持续发展。在工业化进程加快、能源需求快速增加和能源对外依赖度上升的背景下,区域能源管理水平和管理效率下降问题亟待解决。

3. 全要素能源管理效率和全要素能源环境效率的区域差异评价

2005—2009年,我国全要素能源管理效率处于0.8-0.9之间,呈现出缓慢下降的态势。与此同

时,全要素能源效率表现出明显的区域不平衡特征。具体来看,除了2006年中部地区TFEME指标值超过东部、2005年和2006年西部超过东北地区之外,东部一直居于首位,西部一直居于末位,中部和东北地区交替位列第二、三位(见表7)。

表7 2005—2009年中国期间TFEME与TFEEE效率值的区域差异

区域	TFEME					TFEEE				
	2005	2006	2007	2008	2009	2005	2006	2007	2008	2009
东部	0.908	0.857	0.920	0.906	0.906	0.978	1.026	0.948	0.970	0.963
中部	0.877	0.895	0.896	0.884	0.843	0.645	0.632	0.634	0.653	0.669
西部	0.814	0.854	0.836	0.782	0.799	0.638	0.620	0.639	0.680	0.663
东北	0.806	0.847	0.911	0.833	0.836	0.645	0.635	0.618	0.655	0.657

与此同时,全要素能源环境效率呈现出波动式上升的态势,表明我国环境有所改善,由环境造成的无效率状况逐渐改善。具体来看,东部地区的TFEEE值基本接近1或者大于1,说明东部是外部发展环境较为优良的区域,该地区明显领先的TFEE优势不仅来源于较高的能源管理水平,也得益于较高的人口素质和发达外向型经济等优势发展环境。东北、中部和西部三大区域均处于劣势环境,三大地区的的环境效率仅为0.6—0.7,与东部地区具有明显的差距。由此可知,东部地区能源无效率主要来源于管理无效率,能源效率改善主要依赖于管理效率提升;中部、西部和东北地区的能源无效率改善,则应既重视能源管理水平提升,更要注重外生环境改善。

在TFEE的评价中,北京、天津、上海、广东、海南、青海六个省市始终位于前沿边界,此外,2009年的江苏省全要素能源效率也为1。在TFEME评价中,除了2005—2009年度广东、宁夏、江西能源管理效率一直保持为1之外,上海(2005、2007—2009)和江苏(2005、2008和2009)、山西(2005—2008)以及个别年份的黑龙江、青海、河南、贵州、甘肃、重庆也成为有效的能源使用单位,如表8所示。相比之下,广东(2005—2009)、上海(2005、2007—2009)、江苏(2009)、青海(2005)同时位于TFEME与TFEE前沿界面,显示出这些区域具有卓越的能源使用、能源管理能力。北京、天津、海南三个省份在剔除外部环境差异的条件下,由有效决策单位转为无效,说明这些沿海发达地区的TFEE有效率很大程度上受益于优良的外部环境,区域的能源管理效率亟待提高。与之相反,宁夏、江西、山西、黑龙江、河南、贵州、甘肃、重庆等内陆和沿边地区由TFEE的无效决策单位转变为TFEME的有效决策单位,表明这些区域具有较强的能源管理能力,但外部劣势环境带来的环境无效率较为严重。

表8 TFEE与TFEME的有效决策单位

TFEE	TFEME
北京(2005—2009)	广东(2005—2009)
天津(2005—2009)	宁夏(2005—2009)
上海(2005—2009)	江西(2005—2009)
广东(2005—2009)	上海(2005、2007—2009);江苏(2005、2008、2009);山西(2005—2008);
海南(2005—2009)	黑龙江(2005、2006);青海(2005);河南(2006);贵州(2007);
青海(2005—2009)	(2007);重庆(2009)
江苏(2009)	

由于各省份之间全要素能源效率及其构成的差异化程度较高,有必要有针对性地为各省份能源效率提高指明有效的路径和策略方向^①(见表9)。研究表明,北京、天津、上海、海南、青海共5个省份,其TFEME平均值小于1、TFEEE平均值大于1,表明外部环境具有优势,但存在不同程度的能源管理无效率。这些省份切不可因优势外部环境而忽略能源管理无效率的现象,能源效率提升的重点应置于管理能力的改善。河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、新疆共22个省份,能源管理无效率和环境无效率并存,应同时推进改善管理能力与扭转劣势环境两大策略的实施。此外,江西和宁夏的能源无效率主要受到外部劣势环境影响,外部环境优化是能源效率提升的重中之重。

表9 各省份全要素能源效率的改善策略识别

省份	2005—2009年度效率平均值		提升效率的重点策略	
	TFEME	TFEEE	改善管理能力	改善外部环境
北京	0.883	1.141	○	
天津	0.869	1.159	○	
河北	0.720	0.576	○	○
山西	0.933	0.308	○	○
内蒙古	0.726	0.503	○	○
辽宁	0.758	0.664	○	○
吉林	0.899	0.665	○	○
黑龙江	0.955	0.597	○	○
上海	0.962	1.047	○	
江苏	0.979	0.925	○	○
浙江	0.950	0.933	○	○
安徽	0.879	0.776	○	○
福建	0.886	0.966	○	○
江西	1.000	0.784		○
山东	0.876	0.719	○	○
河南	0.947	0.623	○	○
湖北	0.775	0.698	○	○
湖南	0.816	0.691	○	○
广西	0.856	0.788	○	○
海南	0.769	1.307	○	
重庆	0.913	0.660	○	○
四川	0.784	0.652	○	○
贵州	0.817	0.388	○	○
云南	0.744	0.642	○	○
陕西	0.938	0.635	○	○
甘肃	0.926	0.422	○	○
青海	0.900	1.116	○	
宁夏	1.000	0.666		○
新疆	0.652	0.654	○	○

注:以○表明各省份应选择的策略。

① 由于广东省一直位于能源效率和能源管理效率的前沿边界,此处不对其能源效率提升策略进行赘述。

4. 全要素能源效率与全要素能源管理效率的差异成因:外生环境变量识别

如前文所述,全要素能源效率与能源管理效率之间差异明显,究其原因在于各地区之间存在的显著环境差异。清晰地识别关键性环境影响因素,有利于指明通过改善环境无效率状况、进而提升全要素能源效率的具体实施路径。

能源效率受多元化外部环境影响,是一个复杂化的作用系统。本文拟从产业结构、开放程度、教育程度和基础设施四个视角对区域能源使用的外部环境予以考察。具体来看,以 DEA 四阶段模型中第一阶段得到的能源投入松弛量作为因变量,以产业结构、开放程度、教育程度和基础设施等四个环境因素作为自变量。鉴于投入松弛量是从 0 到无穷大之间的左界截断数据,采用 Tobit 回归模型估算环境因素对能源投入松弛量的影响(见表 10)。

项目	系数
常数项	-8927.362(2398.390)**
产业结构	384.853(52.954)**
开放程度	-78.363(12.206)**
教育程度	-295.806(136.806)*
基础设施	-64.381(18.021)**
σ	3089.571(202.046)**
Log likelihood	-1137.077

注:括号中的值为标准误差;**表示在 1%的显著水平;*表示 5%的显著水平。

研究表明,产业结构、开放程度、教育程度和基础设施四个环境变量对能源松弛量均具有显著影响。由于环境变量是对能源投入松弛量的回归,回归系数为负时,表示增加环境变量有利于减少投入浪费;回归系数为正时,表示增加环境变量将导致更多的投入浪费。

(1)产业结构与能源投入松弛量呈现显著的正相关关系。这表明第二产业比重越高,能源要素投入的松弛量趋于越大。我国各区域第一产业比重一般处于 20%以下,第二产业和第三产业成为经济发展的主要驱动力。与第三产业相比,第二产业具有能源消耗大、易于形成能源冗余的特点,尤其是第二产业中能源密集型产业更易形成能源浪费。如,2009 年北京市全要素能源管理效率为 0.938,但同期全要素能源效率达到 1,其原因之一在于产业结构具有突出优势,环境优势在一定程度上弥补了管理无效率的状况。具体来看,北京市第三产业发达,2009 年第三产业比重高达 75.5%,同期第二产业比例仅为 23.5%。其中,生产性服务业和文化创意产业是北京市第三产业的重要组成部分,分别占地区生产总值的比重为 49.5%和 12.6%。再如,2008 年山西省全要素能源管理效率为 1,但同期全要素能源效率却仅为 0.285,这与山西省的产业结构直接相关。山西省是我国的能源大省,煤炭、焦炭、冶金和电力工业是四大传统支柱产业,2008 年第二产业比例高达 61.5%。因此,产业结构优化升级能够显著改善能源使用的外部环境,已经成为各地区提升能源效率、转变经济增长方式的重要路径。

(2)对外开放程度与能源投入松弛量呈显著的负相关关系。随着对外开放程度的提高,区域与国际市场之间的交流平台将更加高效和便利,有利于引进先进的科学技术与管理模式,进而提升能源使用的集约化程度。如,2005 年天津市能源管理效率虽然仅为 0.799,但全要素能源效率却一直位于前沿界面,这主要得益于天津市优势的外部环境,较为发达的外向型经济是重要因素之一。具体来看,天津市是我国北方对外开放的重要窗口,2005 年外贸进出口总值为 533.87 亿美元,外贸依存度达到 114%;截至 2005 年末,在天津投资的国家 and 地区达 110 个,世界 500 强企业已有 114 家在津落户。同期,黑龙江能源管理效率虽然高达 1,但全要素能源效率却仅为 0.555,表明黑龙江具

有环境劣势,其中因素之一就在于黑龙江地处沿边地区,外向型经济发展相对落后,2005年全省实现进出口总值为95.7亿美元,外贸依存度仅为15%左右。

(3)教育程度的提高,有利于提升劳动力在知识、技能与创新能力各方面的素质,能够有效降低能源投入松弛量、改善能源使用效率。如,北京、上海、天津具有突出的人才优势,教育程度位居全国前三位,高素质人才集聚形成的人才高地,是促成这三个城市全要素能源效率高于全要素能源管理效率的关键性因素之一。如2006年,北京、上海和天津的全要素能源管理效率均低于1,全要素能源管理效率却均达到1;同期,地区大专及以上学历教育程度人口占6岁以上地区人口总量的比例居全国前三位,分别达到29.356%、21.831%和15.222%。此外,发达的交通基础设施,能够有效增强域内与域外市场之间的沟通渠道能力,促进区域间人流、物流、商流、信息流和资金流的自由流动,有利于能源要素冗余程度的降低和全要素能源效率的提升。

五、研究结论与政策启示

全要素能源效率评价指标虽然完成了由“偏要素视角”向“全要素视角”的转换,然而却仍然是一个“管理因素”和“环境因素”并存的综合性和复合型的能源效率评价指标,无法识别能源无效率的根本源泉。基于此,本研究立足于全要素能源效率框架,以DEA四阶段模型为理论工具,从管理和环境两个维度出发将全要素能源效率进一步解构为——全要素能源管理效率和全要素能源环境效率。藉此,本研究系统地评价了我国各省份的全要素能源效率、全要素能源管理效率和全要素环境效率,既利于评价不同区域间的能源管理能力差异,也利于识别外生环境对区域能源效率的影响,进而利于识别效率提升路径和策略。

研究表明:①我国全要素能源效率总体上仍处于较低水平,管理无效率和环境无效率是造成能源低效的双重共同因素,能源节约潜力大能耗现值的30%至40%左右,依靠能源效率提升可以在很大程度上缓解各地区能源紧张和国家能源安全问题。②全要素能源效率呈现上升趋势,但同期全要素能源管理效率下降,表明各地区能源管理能力非升反降、内源性管理效率提升的动力不足,现阶段能源效率提升主要依赖于外生环境改善。③全要素能源效率与全要素能源管理效率虽然具有较大差异,但区域分布却十分相似,东部均居首位、西部居末位,中部和东北交替分列第二、三位;同期,东部环境优势最为突出,东北、中部和西部据均具有不同程度的环境劣势。④我国应采用“管理能力”与“环境改善”双管齐下的能源效率提升总体战略;但各省份不尽相同,如北京、天津、上海等应着重改善区域能源管理能力,江西和宁夏应重点优化外部环境,河北、山西、吉林等省份应从管理和环境两个层面同时着手。⑤第二产业比重下降、受高等教育人口比重提升、开放程度提高与基础设施水平改善均能够有效减少能源冗余,这为环境劣势地区改善全要素能源效率指明了方向、提供了可参考的路径切入点。总体上,我国能源效率现状不容乐观。针对上述研究结论,提出如下政策启示和对策建议。

第一,改革地方政府的经济增长绩效考核评价体系。长期以来,我国注重以经济总量和经济增长速度评价区域经济发展,只强调经济发展的“数量”,却难以反应经济发展的“质量”,严重影响了政府在优化产业结构与转变经济增长方式中的宏观调控和产业政策导向作用。在我国区域经济增长能源约束与环境约束日益强化的背景下,地方政府的经济增长绩效考核评价体系必须既能反映区域经济增长的规模与速度,也能反映区域经济增长为此付出的能源、资源与环境代价,只有这样才能客观地反映区域经济增长的可持续能力。因此,迫切需要完善区域经济增长“质量”的评价体系。其中,单位GDP的能源消耗量应该作为区域经济发展质量的评价指标之一,明确列入区域经济增长绩效考核指标体系。通过改变地方政府的绩效考核体系导向,为提升区域能源效率提供制度保障框架,充分发挥政府的调控、引导、支持和协调作用。

第二,各地区应积极进行产业结构调整和优化升级。首先,把推动服务业大发展作为产业结构

调整的战略重点,营造有利于服务业发展的政策和体制环境,加快发展金融、现代物流、高技术服务业和生活服务业等生产性服务业,大力发展商贸、旅游、家庭服务等生活性拓展新领域,发展新业态,培育新热点,不断提高服务业比重和水平。其次,以深入推进国家科技重大专项为契机,以设立战略性新兴产业发展专项资金和产业投资基金等措施为引导,积极对接国家战略性新兴产业规划和政策,结合地区产业基础和产业优势,有所侧重地发展节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料、新能源汽车等战略性新兴产业,促进新兴科技与新兴产业的深度融合,提升产业的自主创新能力,积极发挥战略性新兴产业对区域经济发展的引领、带动作用。再次,应注重改造提升制造业,着力提高产业国际竞争力,促进制造业由大变强。严格控制高耗能、高排放和产能过剩行业新上项目,进一步提高行业准入门槛,强化节能、环保、土地、安全等指标约束。严格落实《产业结构调整指导目录》,加快运用高新技术和先进适用技术改造提升传统产业。加快淘汰落后产能,完善落后产能退出机制。加快制造装备行业、船舶行业、汽车行业、冶金和建材行业、石化行业、轻纺行业、包装行业、电子信息行业、建筑业等产业的结构调整,通过增强产业配套能力、加强自主研发能力、提升技术装备水平、实施清洁生产和循环经济等途径,推动产品的精细化、高端化和集约化,推动产业向绿色低碳、清洁安全方向发展,提高产业的资源节约和环境友好水平。

第三,各地区应积极发展外向型经济,改善能源使用的外部环境,促进全要素能源效率的提升。在我国对外开放由出口和吸收外资为主转向进口和出口、吸收外资和对外投资并重的新形势下,各地区应实行更加积极主动的开放战略。东部沿海地区应进一步提升外向型经济发展的质量和水平,加快由全球制造加工基地向研发、先进制造和服务基地的转变。湖南、湖北、河南、安徽、山西、江西等内陆地区应以中心城市和城市群为依托,积极承接国际产业和沿海产业转移,加快发展内陆开放型经济。黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古、新疆、广西和云南等地区应发挥沿边地缘优势,制定和实行特殊开放政策,加快重点口岸、跨境经济合作区、边境城市建设,充分发挥沿边省份在我国“向西开放”中的重要战略地位。各地区在进一步提升开发开放水平的基础上,应充分发挥外向型经济对区域经济发展的支持作用,如:积极提升进口综合效应,积极扩大先进技术、关键零部件、国内短缺资源和节能环保产品进口,发挥进口对宏观经济平衡和结构调整的重要作用;积极提升外资利用水平,引导外资投向高新技术、先进制造、节能环保、新能源、现代服务业等产业领域倾斜,鼓励外资企业在华设立研发中心,借鉴国际先进管理理念、制度、经验,积极融入全球创新体系。

第四,建立提高能源管理意识和能源管理能力的约束与激励机制。首先,积极健全节能减排法律法规和标准,强化节能减排目标责任考核,健全奖惩制度,把能源节约贯穿于生产、流通、消费、建设各领域和各环节,加快构建资源节约、环境友好的生产方式和消费模式,提升可持续发展能力。其次,积极落实国家支持节能减排所得税、增值税等优惠政策,完善和落实资源综合利用和可再生能源发展的税收优惠政策,通过财税政策的杠杆作用,鼓励企业开展节能技术研发,鼓励推行关键性节能减排技术的产业化示范项目;鼓励企业积极引进节能设备,加快节能技术和节能产品的应用,提高技术节能能力;鼓励企业推广国内外先进的管理经验与管理模式,鼓励能源管理素质提升与能源管理模式创新,提高管理节能能力。再次,健全节能市场化机制,如:积极推行合同能源管理,加快出台财政、税收和金融等扶持政策,引导专业化节能服务公司采用合同能源管理方式为用能单位实施节能改造,扶持壮大节能服务产业。

此外,各地区应以科学发展观为指导,以强化政府监管职能、加强产业政策引导、发挥市场机制基础性作用为基本原则,以现代科学技术和新型管理方式应用为支撑,从提高人口的受教育程度、优化交通基础设施平台等多方面着手不断完善外部环境,大幅度提高能源效率。

[参考文献]

- [1]Banker, R.D., A. Charnes, W.W. Cooper. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis[J]. Management Science, 1984, (30).

- [2]Chien, T.C., J.L. Hu. Renewable Energy and Macroeconomic Efficiency of OECD and Non-OECD Economies[J]. Energy Policy,2007,(35).
- [3]Chien, T.C., J.L. Hu. Renewable Energy: An Efficient Mechanism to Improve GDP [J]. Energy Policy,2008,(36).
- [4]Coelli, T., D.S.P. Rao, G.E. Battese. An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis [M]. Kluwer Academic Publishers,1998.
- [5]Fried H.O., S.S. Schmidt, S. Yaisawarng. Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency[J]. Journal of Productivity Analysis,1999,(12).
- [6]Hu, J.L., S.C. Wang. Total-factor Energy Efficiency of Regions in China[J]. Energy Policy,2006,(34).
- [7]Hu, J.L., C.H. Kao. Efficient Energy-saving Targets for APEC Economies[J]. Energy Policy,2007,(35).
- [8]Hu, J.L., S.C. Wang, F.Y. Yeh. Total-factor Water Efficiency of Regions in China[J]. Resources Policy, 2006,(31).
- [9]Honma, S., J.L. Hu. Total-factor Energy Efficiency of Regions in Japan[J]. Energy Policy,2008,(36).
- [10]Lee, Y.C., J.L. Hu, C.H. Kao. Efficient Saving Targets of Electricity and Energy for Regions in China[J]. Electrical Power and Energy Systems,2011,(33).
- [11]Zhang, X.P., X.M. Cheng, J.H. Yuan, X.J. Gao. Total-factor Energy Efficiency in Developing Countries[J]. Energy Policy,2011,(39).
- [12]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).
- [13]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).
- [14]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).
- [15]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).

Evaluation on Regional Energy Efficiency in China——Based on Managerial and Environmental Viewpoints

LI Lan-bing

(Institute of Urban and Regional Economics of Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract: This paper applies the four-stage DEA model to decompose total-factor energy efficiency(TFEE) into total-factor energy managerial efficiency (TFEME) and total-factor energy environmental efficiency(TFEEE). Based on the indexes of TFEE, TFEME and TFEEE, this paper studies the regional energy efficiency in China from 2005 to 2009. Findings show that China's regional energy efficiency still remains a low level, and 30%-40% of the total energy consumption could be saved. Both the managerial inefficiency and environmental inefficiency contribute to the low energy efficiency. Now the enhancement of energy efficiency mainly depends on the environmental improvement, and the energy management ability falls instead of rises. All of the TFEE, TFEME and TFEEE exhibit obvious regional imbalance, the eastern area ranks first and the western areas ranks the last. The industrial structure, education degree, foreign dependence and infrastructure development have significant effects on the TFEEE. In order to improve the regional energy efficiency, Beijing, Tianjin and Shanghai should strengthen energy management ability, Jiangxi and Ningxia should pay attentions to environmental improvement, then the other provinces including Hebei, Shanxi, Jilin and so on should concentrate on both the managerial improvement and environmental improvement.

Key Words: four-stage DEA model; total-factor energy efficiency (TFEE); total-factor energy managerial efficiency(TFEME); total-factor energy environmental efficiency(TFEEE)

[责任编辑:王燕梅]