

DOI: 10.3969/j.issn.1006-4729.2016.01.013

我国区域工业能源经济效率比较研究

王安民¹, 蔡圣华², 刘 骏¹

(1. 上海电力学院 能源与机械工程学院, 上海 200090;
2. 中国科学院 科技政策与管理科学研究所, 北京 100190)

摘 要: 利用 2010~2012 年中国 30 个省市和自治区工业经济面板数据为研究样本, 采用规模报酬不变的数据包络分析 (DEA) 模型, 定量测算了中国各省市和自治区工业经济全要素能源效率, 比较分析了各地区工业能源效率的整体特征及相互差异. 研究结果表明: 中国各地区工业能源利用效率差异较大, 工业经济能源消费向高能地区集中, 各地区工业能源效率与其人均收入呈显著的正相关性; 相比于广东、上海、北京、天津、福建等处“效率前沿面”的省市, 大多数中西部省市和自治区的工业经济还有较大的节能提效空间.

关键词: 能源效率; 节能减排; 数据包络分析

中图分类号: F062.1; F205

文献标志码: A

文章编号: 1006-4729(2016)01-0056-05

A Comparative Study of Regional Industrial Energy Efficiency in China

WANG Anmin¹, CAI Shenghua², LIU Jun¹

(1. School of Energy and Mechanical Engineering, Shanghai University of Electric Power, Shanghai 200090, China; 2. Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China)

Abstract: Based on a panel data about provincial industrial production from 2010 to 2012 in China, 30 provinces' industrial total factor energy efficiency is quantitatively measured and regional differences are analysed under the framework of CCR-DEA model. The results show that industrial energy efficiency among regions varies significantly in China and energy-efficient areas undergo large amount of energy consumption, regional industrial energy efficiency has a positive correlation with its per capita income. Compared to efficient provinces such as Guangdong, Shanghai, Beijing, Tianjin and Fujian, most central and western provinces' industry shares a large energy-saving potential.

Key words: energy efficiency; energy conservation and emission reduction; data envelopment analysis

为缓解我国社会经济发展过程中面临的资源环境约束, 应对全球气候变化, 我国政府制定了节能减排“十二·五”规划, 并确定了 2015 年底前

必须完成的节能减排约束性目标. 至今, “十二·五”即将结束, 此时对各省区工业节能减排成效进行评价, 有助于从国家层面整体认识各地区的

收稿日期: 2015-07-03

通讯作者简介: 王安民 (1988-), 男, 在读硕士, 河南商丘人. 主要研究方向为能源经济. E-mail: anmin_29@126.com.

基金项目: 国家自然科学基金 (71173205); “十二·五”国家科技支撑计划项目 (2012BAC20B00).

能源经济效率,而且能够为制定并实施下一个五年规划的节能减排政策提供参考或建议。

传统意义上能源经济效率即单位 GDP 能耗指标,它在数值上等于能源消费强度的倒数。由于其只是经济产出对能源投入的简单比值关系,忽略了资本、劳动等要素对能源的替代作用,因此很难如实地反映经济生产活动。基于数据包络分析(Data Envelopment Analysis, DEA)的全要素能源经济效率研究方法,以微观经济学中全要素生产理论为依据,考虑社会生产的各投入要素在一定程度上的相互替代,有效克服了传统单要素能效的缺陷,近年来得到了广泛应用^[1-5]。文献[6]对 DEA 理论、方法、原理等进行了系统介绍。文献[7]和文献[8]分别基于中国 1995~2002 年和 1995~2004 年的面板数据,利用 DEA 模型研究测算了中国各地区的全要素能源利用效率,研究发现,中国东部、中部、西部地区的能源利用效率差距较大。文献[9]利用基于环境生产技术的 DEA 模型,将非期望产出 CO₂ 纳入评估体系,研究了中国各省市环境-经济效率,发现只有约 50% 省市的经济发展与环境发展呈现较高的协调性。文献[10]基于 DEA 方法,研究了中国 39 个工业行业的全要素能源效率,发现能源利用效率存在显著的行业差异。文献[11]应用 DEA 技术评价了台湾地区主要火电厂的发电效率,得出所有火电厂取得了可接受的综合效率、联合循环机组综合效率最优的结论。

全要素方法也有其缺点:一是全要素效率指标具有相对性,即效率前沿的相对性;二是 DEA 方法是一种极值方法,它在对效率前沿进行估计时容易受到样本数据质量的影响。本文主要研究了“十二·五”初期全国各省市和自治区工业经济能源利用效率,并将 CO₂ 排放作为环境投入纳入模型,以便更加真实地反映工业生产活动。

1 模型与数据

1.1 DEA 模型

数据包络分析是在“相对效率评价”基础上发展起来的一种非参数效率分析方法。其原理主要是通过保持决策单元(Decision Making Unit, DMU)的输入或者输出不变,借助于数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,然后将各

个决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上,并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性。

假设有 N 个 DMU。每个 DMU 有 K 个投入和 M 个产出的数据。对于第 i 个 DMU,分别由 x_i 和 y_i 来代表,记 X 为 $K \times N$ 的投入矩阵, Y 为 $M \times N$ 的产出矩阵,则 X 与 Y 代表了 N 个 DMU 的投入产出集。对于每个 DMU,我们都得到所有产出关于所有投入的比率的测量。比如 u_j/vx_i ,其中 u 是 $M \times 1$ 的输出权重矩阵, v 是 $K \times 1$ 的投入权重矩阵。各个决策单元的效率评价最终转化为求解如下线性规划的问题。

$$\min \theta$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \end{cases}$$

其中, θ 是一个标量, θ_i 就是第 i 个 DMU 的能源经济效率值; λ 是个 $N \times 1$ 的常数矢量。这样对于每一个 DMU 求解一次线性规划问题即可依次得到所有 DMU 的 θ 值。

1.2 指标数据选取与说明

以 2010~2012 年中国 30 个省级行政区工业行业为研究对象,以各省市和自治区工业总产值为产出变量,将资本、能源、劳动、CO₂ 排放量作为投入变量,对各省市和自治区工业能源效率进行测算。各指标界定如下:

(1) 经济产出 选取各省市和自治区规模以上工业总产值作为经济产出指标,单位为亿元;

(2) 资本投入 以各省市和自治区规模以上工业年末“固定资产净值”代表资本投入,单位为亿元;

(3) 能源投入 由各省市和自治区规模以上工业终端能源消费量表示,单位为万吨标准煤;

(4) 劳动力投入 以各省市和自治区规模以上工业“从业人员年平均人数”作为劳动力投入指标,单位为万人;

(5) CO₂ 排放量 CO₂ 排放属于能源经济的非期望产出,其值应该越小越好,因此可以看作工业经济的环境投入,单位为万吨。

各项指标数据(除 CO₂ 排放量外)均来自《中

国统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》. 为保证可比性,工业总产值与资本投入两项涉及价格因素的指标需通过相关价格指数平减得到实际值. CO₂排放量则根据 IPCC2006 制定的 CO₂ 测算方法计算得到. 各类能源及其对应的 CO₂ 排放系数见表 1, 各指标变量的统计性描述见表 2.

表 1 能源种类及排放系数

能源种类	排放系数	能源种类	排放系数
煤炭	1.776	煤油	3.174
汽油	3.045	燃料油	3.064
柴油	3.150	天然气	2.090

表 2 变量的统计性描述

变量	工业总产值	固定资产投资	能源消费量	CO ₂ 排放量	就业人员
	亿元	亿元	10 ⁴ t	10 ⁴ t	10 ⁴ 人
最小值	1 393.13	462.16	862.43	710.46	11.65
最大值	91 098.75	18 467.63	18 451.53	20 728.98	1 451.14
平均值	23 203.42	6 324.96	6 841.50	7 136.74	332.14
标准差	26 404.03	4 621.78	4 601.01	4 777.75	331.94

2 全要素能源效率测算与分析

2.1 国家及地区层面工业能源利用效率

图 1 为全国及东中西 3 大地区工业能源效率测算结果. 由图 1 可以看出, 2010 ~ 2012 年, 我国工业能源效率整体呈现缓慢上升的趋势, 表明“十二·五”以来我国各省市和自治区工业经济的能源利用效率、资源配置能力等指标均有所改

善. 从横向来看, 我国东部、中部、西部之间工业能源效率差距显著, 东部地区比中部地区平均高出约 35%, 中部地区比西部地区高出约 18%, 中、西部工业能源效率均低于全国平均水平. 说明与东部地区相比, 广大中西部地区工业经济能源资源利用水平尚存在较大差距, 有待于进一步节能提效. 从纵向来看, 相比于东部地区, 中部尤其是西部地区工业能源效率每年的提升幅度明显, 区域差距呈逐步缩减态势. 总体来看, 2010 ~ 2012 年我国工业能源效率提升缓慢, 这与“十二·五”初期全国宏观经济形势及地方政府“GDP 至上”的政绩观念密切相关. 一般来说, 5 年规划的初期通常都是投资的高峰期, 2011 年各项经济指标增速放缓, 不少地方政府为了确保经济增长, 更是大铺摊子, 使得工业尤其是重化工业领域保持高增长.

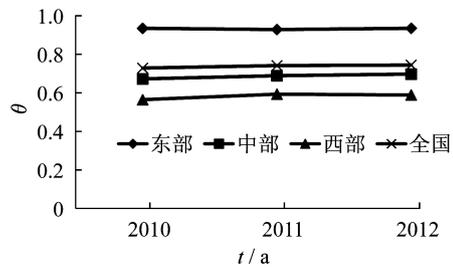


图 1 全国及东中西 3 大地区工业能源效率测算结果

2.2 省级层面工业能源利用效率

从省级层次来看, 全国各省市和自治区之间工业能源利用效率差距显著, 如图 2 所示.

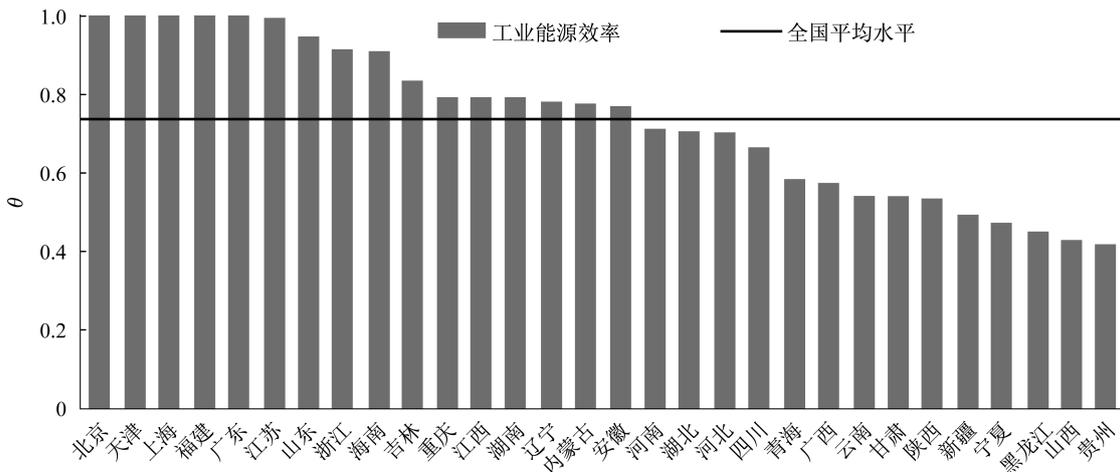


图 2 各省市和自治区工业经济全要素能源效率测算结果

由图2可知,广东、上海、北京、天津、福建5省市工业能源效率值3年来一直保持为1,是能源利用效率最高的5个省市.江苏、浙江、山东、海南4省的能源效率值都在0.90以上,能源利用效率相对较高,说明其工业生产过程中能源利用较为充分合理.吉林、重庆、江西、湖南、辽宁、内蒙古、安徽、河南、湖北、河北等10个中部省市和自治区工业能源效率都在0.70~0.83,能效值与东部沿海省市存在一定的差距.西部省区工业能源效率严重偏低,最低的5个省为新疆(0.495)、宁夏(0.474)、黑龙江(0.450)、山西(0.428)、贵州(0.419),其中3个位于西部,2个位于中部.参照全国平均能效水平,低于该水平的省区如四川、青海、广西、云南、甘肃、陕西、新疆、宁夏、黑龙江、山西及贵州等均位于西部或中部地区.这说明中西部省市和自治区的工业经济生产中能源效率与东部沿海地区差距很大,需要进一步挖掘其节能潜力.

针对地区之间工业能源利用效率的显著差异,建议工业能源利用效率较低的中西部省市和自治区及时淘汰落后的生产技术,并与东部沿海省市积极合作,引进先进的管理经验,让先进生产技术由沿海向内陆逐步推进,进一步提高本地区

能源资源配置的合理性,优化本地区的工业经济结构.

2.3 各省市和自治区工业能源效率与人均收入的关系

图3为各省市和自治区工业能源效率与人均收入的关系曲线.从图3可以看出,各省市和自治区工业能源效率水平和人均收入整体呈正相关性,即人均收入水平高的省市的工业能源经济效率普遍较高,人均收入水平低的省市的工业能源效率也普遍较低.如北京、天津、上海、浙江、山东、福建、广东、辽宁等省市的人均收入均在40000元以上,相应的工业能源经济效率也都在0.8以上,属于高收入、高效地区;贵州、云南、甘肃、安徽、江西、河南等省的人均收入普遍在30000元以下,相应的工业能源经济效率也较低,为低收入、低能效地区;其余省份介于上述二者之间,属于中等收入和中等能效地区.这说明地区工业能源经济效率的高低与其经济发展水平具有密切关系.工业化的推进会加速地区经济发展水平的提高,政府和企业也会逐步提高能源管理和能源利用水平,实现资源的有效配置,促进能源的高效合理利用.

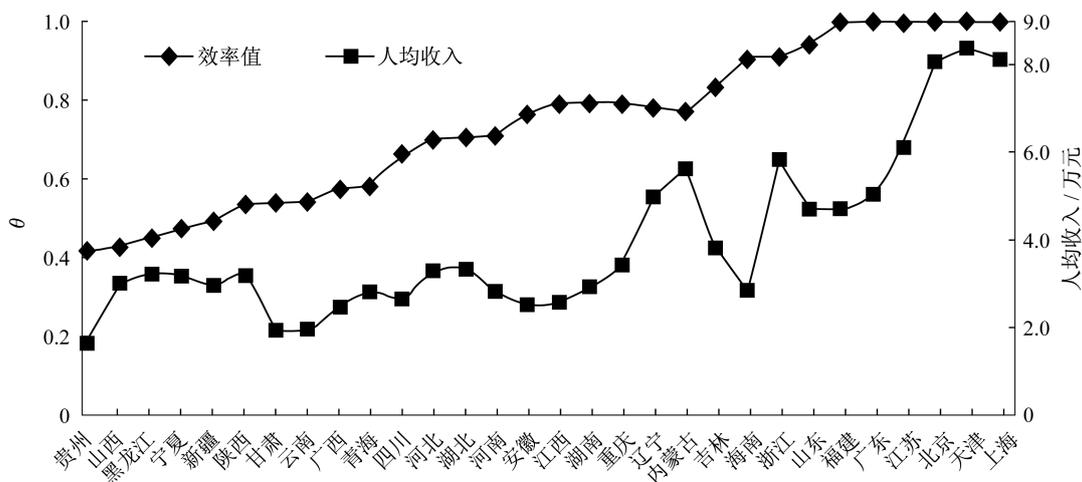


图3 各省市和自治区工业能源效率与人均收入的关系

2.4 全国工业经济能源配置合理性分析

以各省市和自治区工业总产值占全国工业总产值的累计比重为横轴,以各省市和自治区工业能源消费量占全国工业能源消费量的累计比重为纵轴,绘制出各省市和自治区工业经济能源消费的洛伦兹曲线,如图4所示.该省市和自治区曲线可以直观

地反应区域工业经济能源分配的公平性与合理性.

由图4可以看出,洛伦兹曲线位于绝对等效率线的上方,且整体呈向下凹的形状,即较少的工业总产值消耗了更多的能源数量,表明全国工业经济能源配置不合理.例如,工业总产值在 1.5×10^{12} 元以下的省市和自治区依次为海南、青海、宁夏、新疆、贵州、甘肃、黑龙江、云南、广西、重庆、陕

西、山西和江西,这些省市和自治区的工业总产值不到全国总产值的13%,工业能源消费占比却超过了全国的26%,而且除海南和江西外,这些省市和自治区都处于西部地区且工业能源经济效率普遍较低,表明西部省市和自治区的工业能源配置有待改进,能源经济效率需进一步提高。此外,东部高效省份如浙江、广东、山东和江苏4省集中了全国约37%的工业总产值和全国约22%的工业能源消费量,即工业产值和能源消费向东部高效地区集中,这从能源利用的高效性和科学性角度来看是合理的;但能源消费集中在少数省市,意味着更多省市的工业能源需求有可能无法得到满足,从长远来看将影响能源资源在全国各省市的均衡合理配置,不利于全国工业经济能源效率的整体提高。

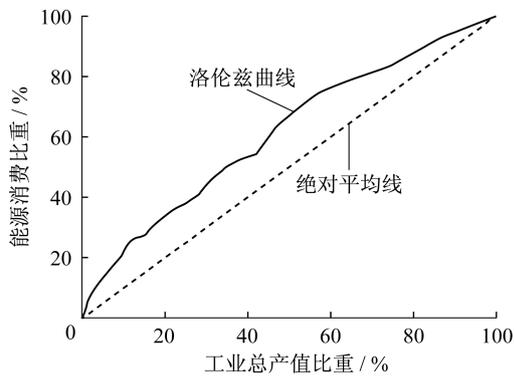


图4 各省市和自治区工业经济能源消费的洛伦兹曲线

因此,在能源领域深化改革的今天,大力挖掘低能效地区的节能潜力,促进其能效水平向高效地区靠拢,对于实现全国范围内能源资源的最优配置、实现区域工业经济的公平、合理、均衡发展具有重要意义。

3 结论

(1) 从横向来看,中国各省市和自治区的工业能源经济效率差距显著。东部沿海省市能源利用水平较高,中部地区偏低,西部地区严重偏低。

(2) 从纵向来看,与东部地区相比,西部、中

部地区工业能源效率虽然仍低于全国平均水平,但能效提升较明显,说明中西部地区在发挥自身资源优势的同时开始更加注重能源节约,节能减排的潜力正逐步释放。

(3) 工业能源经济效率的高低受到经济发展水平的制约,各省市和自治区的工业能效与人均收入之间具有比较明显的正相关性。

参考文献:

- [1] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operations Research*, 1978, 2(6): 429-444.
- [2] BANKER R D, CHARNES A, COOPER W W. Some models for estimating technical and scale efficiencies in data envelopment analysis [J]. *Management Science*, 1984, 30(9): 1 078-1 092.
- [3] ZHOU P, ANG B W, POH K L. A survey of data envelopment analysis in energy and environmental studies [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008(1): 1-18.
- [4] HONMA S, HU J L. Total-factor energy efficiency of regions in Japan [J]. *Energy Policy*, 2008, 36(2): 821-833.
- [5] FALLAHI A, EBRAHIMI R, GHADERI S F. Measuring efficiency and productivity change in power electric generation management companies by using data envelopment analysis: a case study [J]. *Energy*, 2011, 36(11): 6 398-6 405.
- [6] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 2-73.
- [7] HU J L, WANG S C. Total-factor energy efficiency of regions in China [J]. *Energy Policy*, 2006, 34(17): 3 206-3 217.
- [8] 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.
- [9] WANG Q W, ZHOU P, ZHOU D Q. Efficiency measurement with carbon dioxide emissions: the case of China [J]. *Applied Energy*, 2012, 90(1): 161-166.
- [10] 周春应, 杨红强. 中国工业能源利用效率的行业差异与节能潜力研究[J]. *山西财经大学学报*, 2013, 35(9): 84-93.
- [11] LIU C H, LIN S J, LEWIS C. Evaluation of thermal power plant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis [J]. *Energy Policy*, 2010, 38(2): 1 049-1 058.

(编辑 胡小萍)