

基于非合意产出 DEA 模型的长三角产业 能源效率及影响因素研究

孙智君 刘蕊涵

(武汉大学 经济与管理学院,湖北 武汉 430072)

摘要:运用包含非合意产出的双产出 DEA 模型,对长江三角洲城市群 2003~2014 年能源效率变化进行测算,并对能源效率影响因素进行实证研究。结果显示,上海市能源效率近 10 年来一直稳定在较高水平,浙江省与江苏省能源效率略低于上海市并在金融冲击的影响下出现较为相似的波动。在 17 个地级市中,杭州、南京、无锡三市能源效率较高,而南通市能源效率则明显低于其他城市。在影响因素方面,产业结构、技术进步、工业化水平、能源价格对长三角能源效率均存在较显著的影响,但各地区影响程度存在差异。

关键词:长三角城市群;能源效率;DEA 模型;影响因素

分类号:F062.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-1395 (2017)03-0045-07

1982 年以来,长三角地区经济飞速发展,成为我国经济增长最快,最具发展潜力的地区之一。然而伴随着经济增长,能源消耗过大以及能源使用效率较低使长三角地区出现了较为突出的能源问题。2016 年“十三五”规划纲要明确提出,我国应加强对温室气体排放的控制,各地区当尽快调整产业结构,提高能源效率。因此,及时准确地计算我国各省市能源效率,分析提高能源效率的各项措施,成为符合我国经济发展要求的长期工作。长三角地区作为我国经济最发达、科技水平最先进、工业化水平最高的地区之一,其能源使用效率的改善方法值得全国借鉴与学习。运用 2003~2014 年面板数据,对长三角地区能源利用效率进行测算,并在分析能源效率影响因素的基础上,就长三角地区如何加快转型发展等问题提出政策建议,对提高能源利用效率和促进经济良性增长具有现实参考意义。

目前能源效率测定的方法主要包括典型的参数法,如随机前沿函数法(SFA),非参数法如数据包络分析(DEA)。马海良(2011)基于超效率 DEA 模型和 Malmquist 指数,将知识存量纳入生产函数,测算我国三大经济区域的能源效率和全要素生产率,

结果表明长三角和珠三角区域能源效率普遍要高于环渤海区域。^[1]张伟、吴文元(2011)运用投入导向规模报酬不变的 DEA 模型对长三角城市群能源使用效率进行了测试,并以环境生产函数(EPF)和环境方向距离函数(EDDF)对污染物产出进行处理,发现在环境约束下的平均全要素能源效率增长率明显低于无环境约束下的全要素能源效率增长率。^[2]孙久文、肖春梅(2012)运用 DEA-Malmquist 生产率指数,测算长三角地区全要素能源效率,并通过全要素能源效率变动的分解,发现长三角地区全要素能源效率表现为阶段性波动。^[3]国内近年来关于能源效率影响因素的研究发展比较迅速,研究方法也较为丰富。汪克亮、杨宝臣(2010)等采用变截距固定效应模型寻求影响我国能源效率的因素,认为产业结构、能源消费结构、经济发展水平、技术进步、对外依存度、政府影响力和城市化水平因素是影响我国能源效率的重要原因。^[4]王姗姗、屈小娥(2011)运用生产曲线模型分析工业结构调整对能源效率提高的有限作用与边际递减效应,认为技术进步才是提高能源效率的根本方法。^[5]Boqiang Lin 和 Kerui Du (2013)运用方向距离函数对中国东部、中部、西部能

收稿日期:2017-03-26

基金项目:湖北省人民政府智力成果采购办公室湖北政府智力成果采购重大招标项目(HBZC-2016-03)

第一作者简介:孙智君(1969-),女,湖北洪湖人,副教授,主要从事区域产业经济研究。

源效率进行测算后发现,忽视技术差距会很大程度上低估能源使用效率。^[6]能源效率评价的指标体系主要包括单要素能源效率评价指标和全要素能源效率评价指标。单要素能源效率评价指标普遍采用能源效率指标主要是单位 GDP 能源消耗量,一般是指单位 GDP 能耗、物理能源效率和单位产品能耗之间比较。李霞(2013)认为,由于上述三个指标在国际和国内比较中都存在不可比的因素,即使根据 GDP 份额与购买力平价指数对价值指标进行修正,也无法从根本上消除能源强度指标的不可比性。^[7]夏炎、陈锡康(2010)据此提出生产能耗综合指数以减小指标测算误差,即同一组能耗型产品和劳务的单位产品能耗,在不同年份或不同地区,以相同权数计算的能源消费量的比值。^[8]综合以上学者的相关研究可以看出,在测算能源效率和影响因素分析的问题上,研究框架逐渐由单要素能源效率拓展到多投入——多产出的全要素能源效率,研究方法也逐渐完善,出现了计量建模、DEA 数据包络分析、投入产出分析等方法的综合运用。然而,目前能源效率的测算方法仍然存在一定的局限性,一方面,多数研究使用全要素能源效率进行测算,但在测算能源效率时没有考虑环境污染带来的“负产出”效应,研究结论与现实需求差距较大。另一方面,对于长三角地区的能源测算,现有研究大多从两省一市层面切入,涉及具体城市群及城市间能源效率对比的研究相对较少且数据陈旧。

基于此,论文以长三角城市群 17 个地级市为研究对象,对国内外现有的能源效率研究进一步拓展。其一,考虑到现有研究对能源效率的测算大多忽略了环境因素,笔者运用双产出 DEA 模型测度长三角城市群全要素能源效率,将包括二氧化碳排放量在内的环境污染因素作为负产出纳入模型之中。其二,将研究对象具体到长三角城市群 17 个地级市,使用 2000 年到 2014 年的经济数据对长三角地区能源效率进行测算与比较分析。同时,考虑到产业结构、经济水平、能源价格和技术水平等要素对能源效率的影响程度,分别从省际与城市、横向与纵向多个角度阐述长三角能源效率变化情况和影响因素的研究结果,并结合研究结论对进一步提高长三角地区能源效率,缓解能源压力提出建议。

一、模型选择

(一)DEA 模型

DEA 数据包络分析法是由运筹学家查恩斯等

人在 1978 年提出的基于相对效率评价的多投入——多产出分析法,使用线性规划技术评价具有多个输入与输出决策单元的相对效率。

假设有 N 个决策单元,每个单元使用 M 种投入得到 S 种产品,用向量 X_i 与 Y_i 分别表示投入与产出,则第 i 个决策单元的效率可以转化为求解以下线性规划问题:

$$\begin{aligned} \text{Min } & \theta, \lambda \cdot \theta \\ \text{s.t. } & -y + Y \cdot \lambda \geq 0 \\ & \theta x - X \cdot \lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

式中 θ 为标量, λ 为常向量,解出来的 θ 值即为第 i 个决策单元的效率值。当 $\theta \leq 1$ 时意味着该决策单元在前沿面上,为技术有效。一个决策单元的 θ 值就是该单元在现有资本、劳动和能源投入条件下所能达到的最佳生产情况。

全要素能源效率是对各种投入要素进行权重加总后,计算投入与产出之间的关系,DEA 模型定义能源相对效率为“前沿面上的最优能源投入”与“实际能源投入”的比值。如果在不变的生产条件和要素价格下,其能源投入不能再减少了,那么能源效率是帕累托有效率的,即能源效率为 1。因此,在 CRS 假设下,据此可定义全要素能源效率为:

$$\begin{aligned} EE_{i,t} &= (AEI_{i,t}) / AEI_{i,t} \\ &= 1 - LEI_{i,t} / AEI_{i,t} = TEI_{i,t} / AEI_{i,t} \end{aligned}$$

式中 i 表示各地区, t 表示时期, $EE_{i,t}$ 表示 i 地区 t 时期的全要素能源效率, AEI 为可观察到的实际能源投入量, TEI 为目标能源投入量,即当前生产条件下实现一定产出的最优能源投入量。据此可以计算出某地区某一年份的能源效率为:

$$\begin{aligned} REE_{j,t} &= RTEI / RAEI \\ &= \sum_i^j TEI_{j,t} / \sum_i^j AEI_{j,t} \end{aligned}$$

式中 j 为地区, t 为时期, K 为区域内所含地区, $RRE_{j,t}$ 为 j 地区第 t 年的能源效率即目标能源投入与实际能源投入之比。

(二)Tobit 模型

Tobit 模型是 1958 年由 Tobin 建立的一类被解释变量取值有限制的回归模型,也被称为样本选择模型、受限因变量模型。在 Tobit 模型中, Y 的形式为:

$$Y_i = \begin{cases} Y_i^*, & Y_i^* > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

式中,潜变量 $Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i$, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$, Y_i 为

受限变量, X_i 为独立变量, 参数 β 决定了独立变量 X_i 与受限变量 Y_i 之间的关系, 并设定随机误差项 ϵ^2 服从正态分布。

二、长三角能源效率测算

(一) 指标设定

现有研究在测算能源效率时大多采用全要素能源效率评价指标, 综合考虑之后, 笔者以 2000~2014 年上海、江苏、浙江两省一市投入产出数据为依据, 选取资本、能源、劳动三个投入要素, 以合意产出、非合意产出作为两个产出要素, 具体见表 1。

资本投入。采用“永续盘存法”对两省一市资本存量进行估算, 利用 GDP 平减指数将基年 2000 年

的数据换算为 100。

劳动投入。由于缺乏既能体现劳动者素质又能体现劳动效率的统计指标, 笔者以各省“(年初从业人员数+年末从业人员数)/2”作为劳动力投入指标, 单位为万人。

能源投入。将煤炭、石油、天然气和水电消费量按相应比例折算为同一单位后相加, 以各地区每年的能源消费总量表示, 单位为万吨标准煤。

合意产出。以各地区国内生产总值 GDP 计量, 单位为亿元。

非合意产出。指污染物的排放量, 以各地区年二氧化碳排放量与二氧化硫排放量计算, 单位为万吨。

表 1 长三角地区能源效率投入产出指标体系

分类	指标名称	指标说明	单位
投入指标	资本投入	用“永续盘存法”进行资本估算	亿元
	劳动投入	(年初从业人员数+年末从业人员数)/2	万人
	能源投入	各地区每年的能源消费总量	万吨标准煤
产出指标	合意产出	总产出增加值	亿元
	非合意产出	二氧化碳排放量	万吨
		二氧化硫排放量	万吨

(二) 测算结果分析

原始数据来源为中国统计出版社出版的 2001~2015 年《中国环境统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》、2001~2013 年《中国工业经济统计年鉴》、2014~2015 年《中国工业统计年鉴》。

根据 DEA 数据包络分析法, 采用 Deap2.1 计算出两省一市的能源效率的统计性描述及具体数值, 计算结果分别见表 2 和表 3, 17 个地级市能源效率及均值的计算结果见表 4, 城市能源效率聚类结果见表 5。

从表 3 可以看到, 考虑到资本、能源、人力投入以及二氧化碳排放量的 DEA 能源效率值, 上海、江苏、浙江的能源效率都保持在较高水平, 其中江苏省和浙江省的能源效率在经历 5 年左右的缓慢增长之后, 在短时间内出现下降的情况, 之后又缓慢回升。

从两省一市横向比较来看, 上海市能源效率始

终保持为 1, 远高于浙江省与江苏省。上海市作为我国经济最发达的地区之一, 第三产业比重较高, 金融业发达, 重工业比重低, 经济发展对能源资源的依赖性远低于其他省市。同时, 上海市技术创新水平也处于全国领先地位, 节能技术的发展带动了能源利用效率的提高。相比之下, 浙江省与江苏省能源利用效率低于上海市, 在提高能源效率、发展绿色能源方面还有待加强。江苏省能源效率比浙江省更低, 基本在 0.7 左右波动, 而浙江省基本维持在接近 0.8 的位置, 但两省差距不大, 发展趋势也较为一致。

从两省一市纵向角度看, 上海市能源效率一直稳定在较高水平, 浙江省与江苏省能源效率则出现了较为相似的波动。在 2003~2006 年, 两省能源利用效率逐渐提高, 2006 年达到较高水平。然而从 2007 年开始, 由于江苏省与浙江省作为经济外向型

表 2 长三角能源效率测算的统计性描述

变量	总产值/亿元	碳排放量/万吨	资本投入/亿元	劳动力投入/万人	能源投入/万吨标准煤
均值	19372.12	70.51	4586.59	107.84	1056.37
中间值	12618.41	63.19	3287.68	74.07	783.12
标准差	23476.91	46.87	4342.74	112.76	1328.95
极差	98425.43	188.21	28697.98	797.41	5925.03

表 3 长三角两省一市能源效率测算结果			
年份	上海	江苏	浙江
2000	0.998	0.721	0.733
2001	1.000	0.718	0.761
2002	1.000	0.719	0.772
2003	1.000	0.726	0.784
2004	1.000	0.727	0.801
2005	1.000	0.739	0.824
2006	1.000	0.740	0.823
2007	1.000	0.701	0.787
2008	1.000	0.703	0.782
2009	1.000	0.702	0.791
2010	1.000	0.709	0.786
2011	1.000	0.714	0.793
2012	1.000	0.711	0.802
2013	1.000	0.716	0.814
2014	1.000	0.719	0.812
均值	1.000	0.718	0.799

的沿海省份,受到金融危机的冲击程度较大,能源效率明显下滑。原因是两省为拉动经济复苏保证经济平稳发展,出台了一系列带动经济发展的政策,鼓励工业投资与基础设施建设,对能源需求大幅度增加,从而造成了两省能源效率明显下降。

从各主要城市角度来看,杭州市与苏州市的能源效率处于领先水平,其原因是两城市拥有较高的生产力与较合理的产业结构。杭州市作为我国经济发展水平较高的城市之一,民营经济与低碳产业发展良好,旅游业是杭州的支柱产业之一,能源依赖性较低。而南京市、宁波市、无锡市虽然能源效率略低于上海市与杭州市,但近年也维持在 0.9 之上的较高水平,经济结构比较合理,能源利用水平也较高。考虑到非合意产出的能源效率水平之后,上述城市仍然保持较好的能源效率,说明这几个城市的产业结构、能源结构和能源应用技术,都略优于长三角其他城市,见表 5。

表 4 长三角城市能源效率测算结果																
城市	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	均值
南京	0.945	0.936	0.941	0.947	0.949	0.978	0.984	0.917	0.928	0.962	0.956	0.969	0.977	0.973	0.975	0.959
杭州	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
无锡	0.924	0.929	0.934	0.967	0.983	0.989	0.991	0.967	0.965	0.966	0.965	0.968	0.971	0.973	0.971	0.964
苏州	0.945	0.948	0.979	0.985	0.983	1	1	0.954	0.967	0.973	0.982	0.996	0.993	1	1	0.981
常州	0.652	0.658	0.667	0.674	0.671	0.668	0.671	0.665	0.653	0.647	0.656	0.657	0.663	0.668	0.671	0.663
扬州	0.698	0.682	0.695	0.703	0.712	0.698	0.695	0.697	0.652	0.631	0.603	0.612	0.623	0.631	0.636	0.664
南通	0.551	0.556	0.561	0.554	0.561	0.559	0.553	0.562	0.561	0.564	0.563	0.558	0.562	0.566	0.567	0.559
宁波	0.853	0.856	0.873	0.871	0.883	0.892	0.887	0.901	0.912	0.906	0.937	0.939	0.943	0.945	0.957	0.904
台州	0.762	0.774	0.803	0.812	0.827	0.864	0.875	0.871	0.882	0.897	0.912	0.949	0.941	0.936	0.941	0.869
盐城	0.643	0.646	0.644	0.645	0.651	0.657	0.659	0.647	0.643	0.643	0.645	0.646	0.652	0.659	0.663	0.649
镇江	0.651	0.655	0.654	0.659	0.663	0.668	0.674	0.652	0.654	0.653	0.659	0.661	0.667	0.672	0.679	0.664
泰州	0.593	0.591	0.594	0.597	0.599	0.607	0.612	0.594	0.593	0.595	0.597	0.601	0.603	0.604	0.607	0.599
嘉兴	0.712	0.714	0.719	0.722	0.725	0.727	0.733	0.702	0.709	0.707	0.711	0.709	0.713	0.715	0.719	0.715
湖州	0.691	0.688	0.692	0.703	0.709	0.714	0.712	0.697	0.691	0.689	0.692	0.691	0.697	0.701	0.706	0.698
绍兴	0.707	0.705	0.708	0.712	0.714	0.719	0.721	0.701	0.703	0.705	0.717	0.719	0.716	0.717	0.721	0.712
金华	0.699	0.703	0.698	0.699	0.707	0.703	0.709	0.688	0.682	0.689	0.687	0.692	0.693	0.695	0.699	0.696
舟山	0.687	0.686	0.689	0.697	0.699	0.704	0.708	0.682	0.683	0.689	0.684	0.682	0.689	0.684	0.685	0.689

表 5 长三角城市能源效率聚类结果		
聚类	城市	能源效率均值范围
高效区	南京、杭州、无锡、苏州、宁波	0.9~1
中效区	台州、绍兴、嘉兴	0.7~0.9
低效区	常州、扬州、南通、舟山、金华、湖州、泰州、镇江、盐城	0.7 以下

在这些城市中,南通、常州、扬州、舟山、金华、湖州、泰州、镇江、盐城 9 市能源效率偏低,其中南通市能源效率低于 0.6。这意味着上述城市在节能减排

上还有较大的发展空间,需要降低重工业与高能耗产业的比例,实现产业结构升级,优化能源结构,从而提高能源利用效率。

三、长三角能源效率影响因素分析

(一)指标设定

Tobit 模型在经济领域研究中是一个相对比较完善、实用的回归方法,它能在观测数据取值受限制的情况下,分析非负不独立变量与独立变量之间的

定量关系,并用回归系数表现。
根据国内外关于全要素能源效率的研究,以及长三角地区经济发展状况与产业特点,本文将产业结构(IS)、工业化水平(IL)、能源价格(EP)、技术水平(TL)纳入 Tobit 模型的考虑范畴,具体见表 6。

表 6 长三角能源效率 Tobit 模型解释变量表

变量	变量说明	预期方向	单位	数据来源
ISi_t	i 城市第 t 年第三产业增加值/地区 GDP 总量百分比	+	%	《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》
ILi_t	i 城市第 t 年工业增加值占地区生产总值的比重	+	%	
TLi_t	i 城市第 t 年研究与开发(R&D)费用占 GDP 比重	+	%	
EPi_t	i 城市第 t 年原材料、燃料、动力购进价格指数	+	%	

产业结构(IS)。产业结构的优化与调整,是降低能源消耗强度的主要因素。世界银行(1997)的一份研究报告认为,20 世纪 90 年代中国能耗强度的降低有 30%~45%归因于产业结构的调整,特别是服务业比重的上升。第三产业具有附加值高、能源消耗少的特点,因此增加第三产业将有助于提高能源效率。论文用第三产业增加值/地区 GDP 总量的百分比来表示产业结构变动。

工业化水平(IL)。随着中国国民经济的发展,中国各地区工业化进程明显加快。目前,我国大部分省份特别是经济发展迅速的长三角地区已进入工业化发展的中后期,而在工业化的不同阶段能源消耗与能源效率也存在不同。文中用各地区工业增加值占地区生产总值的比重来表示工业化水平。

技术进步(TL)。技术进步影响能源效率表现在通过科技创新、研制和开发先进技术与设备、使用科学的生产方式来提高能源效率,降低能耗开支。技术水平提升可以通过提高生产率,优化生产设备

来降低能源消耗,同时也能通过提高社会科技发展水平和劳动力素质减少能源浪费。文中技术进步用研究与开发(R&D)费用占 GDP 比重表示。

能源价格(EP)。对于我国这样一个地域辽阔,资源分布极不均衡的发展中大国来说,能源价格的影响不容忽视。能源价格的提升意味着生产成本的增加,刺激生产者降低能源消耗、发展节能技术,从而提高能源效率。能源价格用原材料、燃料、动力购进价格指数来衡量。

(二)结果分析

为了充分利用时间与截面数据,有效检验能源效率与各影响因素之间的关系,本文使用面板数据计量模型进行 Tobit 回归。原始数据来源于中国统计出版社 2001~2015 年《中国能源统计年鉴》,2001~2013 年《中国工业经济统计年鉴》,2014~2015 年《中国工业统计年鉴》。文中以长三角地区全要素能源效率为被解释变量,取值介于 0 到 1 之间,为受限值。回归结果见表 7。

表 7 长三角 Tobit 模型回归结果

参数	长三角		上海		江苏		浙江	
	系数	Wald χ_2	系数	Wald χ_2	系数	Wald χ_2	系数	Wald χ_2
IS	0.6913(0.0031)	8.1023	0.7912(0.0623)	4.3095	0.5013(0.0287)	5.7683	0.5972(0.0573)	7.8234
IL	0.8456(0.0231)	3.6073	0.8745(0.0317)	5.7826	0.6072(0.0241)	9.0372	0.6912(0.0873)	4.826
TL	0.8675(0.0647)	4.1637	0.8937(0.0493)	4.9862	0.6716(0.0413)	3.7053	0.7923(0.0289)	5.284
EP	0.0431(0.0278)	3.0783	0.0658(0.0247)	7.1294	0.0428(0.0928)	3.6897	0.0516(0.378)	5.439
L		44.207		38.127		21.073		24.386
σ		0.0197		0.0282		0.0593		0.0483

从表 7 可以看出,产业结构优化调整对提高能源效率有显著提升,但影响力在上海市最大,在浙江省、江苏省依次降低。第三产业比重每增加 1 个百

分点,上海、浙江、江苏两省一市能源效率分别提高 0.7912 个百分点、0.5972 个百分点、0.5913 个百分点,这其中上海市增加的百分比明显高于其他两省。

如果能源由低效率行业向高效率行业流动,则会优化资源配置结构,提高能源利用效率。而作为低能耗服务业为主的产业,第三产业比重提高带来的结构效应总为正,能够促进能源效率的提高。因此相比于经济发展迅速、工业化水平较高的上海市,浙江省与江苏省产业结构调整相对缓慢,第三产业增加值的比重低于上海市,因此其能源效率提升的幅度也明显低于上海市。

工业化水平对长三角能源效率提升有积极作用,工业增加值比重每提高1个百分点,会使上海市、浙江省、江苏省能源效率分别提高0.8745个百分点、0.6912个百分点、0.6072个百分点。在工业化水平较低的时期,工业能源的使用量非常低,对能源效率的影响程度几乎可以直接忽略;然而随着工业化水平越来越高,尤其是第二产业的迅速发展,工业能源消耗量会明显增加;之后随着产业结构从重工业导向型向第三产业导向型转化,工业能源消耗强度会逐渐下降。目前,长三角地区工业化进程已经进入中后期阶段,上海已进入后工业化阶段,浙江与江苏也进入了工业化后期的前半段。这些地区随着经济结构的优化,能耗强度会逐渐降低,而经济发展水平和工业化进程较快的上海市,其能源消耗强度更低,因而能源效率也高于浙江省、江苏省。

技术进步对长三角能源效率提高具有积极作用且系数检验显著,但对于长三角内各地区的影响程度不同。R&D支出每提高1个百分点,将使上海、浙江、江苏能源效率分别提高0.8937、0.7923、0.6716个百分点,上海市显著高于其他两省。上海市拥有雄厚的经济实力和较高的工业化水平,对外开放水平高,不但自主研发能力较强,在物质资本、人力资本、外来技术等方面也具有明显优势,自然条件与政策条件都优于其他两省。可以看出,长三角内部两省一市技术进步的差距依然存在。

能源价格作为制约能源消费的直接因素,对长三角能源效率的提高具有正向作用,上海、浙江、江苏的影响系数分别为0.0658、0.0516、0.0428。上海市能源价格的影响程度略高于其他两省,但差距不大。能源价格提高能够抑制能源消费,促使企业节约能耗以降低成本,同时能源价格提高能促进能源使用技术水平的提高,促使节能技术发展。因此当能源价格提高时,能源效率较低的地区将具有更强的动力改进能源技术、调整能源结构以降低成本。

四、结论与建议

(一)研究结论

第一,长三角地区整体能源效率较高,但上海、江苏、浙江的能源效率存在较为明显的差距且差距逐年增加,17个地级市之间能源效率的差距也较为明显。杭州、苏州、南京、宁波、无锡5市能源效率水平较高,而南通、常州、扬州、舟山、金华、湖州、泰州、镇江、盐城9市能源效率偏低。

第二,相比于上海市,江苏省与浙江省受到金融危机的冲击程度较大,能源效率出现了较为相似的波动。从2007年开始,江苏省与浙江省作为经济外向型的沿海省份受到金融危机的冲击,为拉动经济复苏保证经济平稳发展,鼓励工业投资与基础设施建设,导致能源效率明显下滑。

第三,产业结构、工业化水平、技术进步、能源价格都对长三角地区能源效率具有较为明显的正向影响,但对于三个省份的影响程度存在差异。

(二)政策建议

第一,优化第二产业内部结构,积极发展第三产业。长三角地区工业化水平较高,重工业基础较好,因此必须重点提高重工业发展质量。长三角地区拥有复旦大学、上海交通大学、浙江大学、南京大学等国内知名高校与科研机构,应当加强技术扶持,加快企业自主创新与技术进步。

第二,发挥能源价格的杠杆作用,降低煤炭消耗比重。浙江、江苏两省虽然已经进入工业化后期,但仍然存在一定比例的高耗能产业,对能源价格变化的反映也比较灵敏。因此当能源价格提高时,两省将具有更强的动力改进能源技术、调整能源结构以降低成本、从而提高能源利用效率。

第三,加强政府政策引导,发挥技术进步对提高能源效率的促进作用。由于企业资本以逐利性为根本目的,政府对解决能源问题与长期环境问题肩负着重要的职责,政府应当保证能源技术在利润优先的前提下给予产业足够的发展支持,对技术进步与技术研发活动起到导向作用。

第四,缩小能源效率的地区差异,促进各地区经济协调发展。长三角地区能源效率的地区差距在逐渐拉大,长此以往会影响长三角地区的整体经济发展,形成恶性循环。长三角地区应该根据自身资源禀赋,积极发展具有当地特色的低耗能产业,并进行跨区域的经济技术交流,引导东部沿海的资金

技术与产业向江浙中西部地区转移,推动长三角区域内部协调发展,缩小地区差距。

参考文献:

[1]马海良,黄德春.中国三大经济区域全要素能源效率研究——基于超效率 DEA 模型和 Malmquist 指数[J].中国人口资源与环境,2011(7).

[2]张伟,吴文元.基于环境绩效的长三角都市圈全要素能源效率研究[J].经济研究,2011(10).

[3]孙久文,肖春梅.长三角地区全要素能源效率变动的实证分析[J].中国人口资源与环境,2012(16).

[4]汪克亮,杨宝臣.考虑环境效应的中国省际全要素能源效率研究[J].管理科学,2010(3).

[5]王姗姗,屈小娥.基于环境效应的中国制造业全要素能源效率变动研究[J].中国人口资源与环境,2011(8).

[6]Boqiang Lin, Kerui Du.Technology gap and China's regional energy efficiency: A parametric metafrontier approach[J].Energy Economics,2015(3).

[7]李霞.我国能源综合利用效率评价指标体系及应用研究[D].中国地质大学,2013.

[8]夏炎,陈锡康,杨翠红.基于投入产出技术的能源效率新指标——生产能耗综合指数[J].管理评论,2010(22).

责任编辑 吴爱军 E-mail:Wajun800@126.com

On Energy Efficiency and Influencing Factors of Industry in Yangtze River Delta Based on DEA Model with Unconforming Output

Sun Zhijun Liu Ruihan

(School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072)

Abstract: A two-output DEA model with unqualified outputs is used to calculate the energy efficiency change of the Yangtze River Delta from 2003 to 2014, and to make an empirical study on the factors affecting energy efficiency. The results show that Shanghai's energy efficiency has been stable at a relatively high level over the past decade. The energy efficiency of Zhejiang and Jiangsu is slightly lower than that of Shanghai which is fluctuated under the impact of financial shocks. In the 17 cities, Hangzhou, Nanjing and Wuxi have higher energy efficiency, while the energy efficiency of Nantong is significantly lower than other cities. In terms of influencing factors, industrial structure, technological progress, industrialization level and energy price all have obvious influences on the energy efficiency of the Yangtze River Delta, but the degree of influences are different.

Key words: Yangtze River Delta; energy efficiency; DEA model; influencing factors