

碳约束下江苏省节能减排效率时空演化及分异研究

田泽^{1,2},严铭¹,李楠¹

(1. 河海大学低碳经济与技术研究所,江苏常州 213022;

2. 江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心,江苏南京 211100)

摘要:节能减排是发展低碳经济,建设生态文明的必由之路。运用DEA的GML指数法和A-EBM法相结合的创新模式测算有碳约束下2006—2014年江苏省地级市节能减排效率。结果表明:江苏省节能减排效率均值为0.829,9年间整体上升2.0%,其中A-EBM效率呈“W”型变化,GML指数的变化呈现波动向上的“M”型;空间区域分布特点为苏南地区领先、苏中次之、苏北地区相对落后。

关键词:节能减排效率;全局ML指数;A-EBM模型

中图分类号:F062.1

文献标志码:A

文章编号:1671-4970(2016)06-0049-07

一、引言

我国“十一五”规划首次提出“节能减排”的约束性指标,并在“十二五”规划纲要中进一步明确和细化。“十三五”规划明确提出要实现国内单位GDP能耗、CO₂排放量分别下降15%、18%的目标,使生态环境质量总体改善,建设天蓝、地绿、水清的美丽中国。江苏近年来在落实和推进节能减排工作方面取得了明显成效,但是也存在一些突出问题。

节能减排效率的研究,主要是从能源效率的研究中拓展出来的。Hu等基于一般化的三要素生产函数首次提出了全要素能源效率(TFEE)这一概念,对中国各地区能源效率进行实证测算^[1-2];魏楚等基于TFEE框架对数据包络方法运用做了有益探索^[3-4];袁晓玲等在研究中加入污染物排放这一非期望产出指标进行能源效率评价研究^[5-6]。作为对能源效率研究的进一步拓展,节能减排效率的研究得到众多学者的广泛关注^[7-9],其中孙欣认为基于非期望产出(环境污染排放)的全要素能源效率,更多考虑能源的环境影响,使能源、生态效率具有一定协同效应^[10]。关于节能减排效率评价方法的应用,主要以数据包络法为主,运用较多的模型是SBM、超DEA以及DEA Malmquist指数法等,这些评价方法各有优劣,并在不断改进中,如Tone构建了一个

新的结合径向与非径向特点的EBM模型^[11];Cheng等在EBM模型的基础上进一步对Tone的相关系数计算方法改进和修正,提出了Adjusted-EBM模型(即A-EBM)^[12]。Chung等提出了Malmquist-Luenberger生产率指数测度全要素能源效率^[13];王维国等运用该法对国内能源效率问题进行拓展研究^[14-15];Pastor等率先提出全局Malmquist指数计算方法^[16],使得估算结果更加真实稳健。

总结以往研究可以看出,目前国内学者对节能减排效率的研究主要集中在国家与省级层面,涉及省域及地级市节能减排效率评价的研究较少。对于非期望产出指标的选取,主要以SO₂、氮氧化物以及粉尘等为主,较少关注CO₂排放对环境 and 减排效率的影响。指标选取上,多数考虑数量的变化,忽视了不同城市指标的质量差异。同时,江苏3大经济区域的经济、生态环境发展水平差异明显,不能一概而论。鉴于此,笔者进行碳约束下江苏省区域节能减排效率及时空分布变化规律和差异研究。

二、研究方法与评价模型

1. 相关概念

节能减排效率要分解来看:节能即节约能源,是对能源效率的体现;减排即减少污染排放,体现了生态效率的重要性。节能减排既要节约能源又要减少

收稿日期:2016-08-18

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41471457);河海大学中央高校基本科研业务费重点专项资助项目(2013B19414,2015B41014)

作者简介:田泽(1964—),男,甘肃张掖人,教授,博士,从事低碳经济理论与方法研究。

污染物排放,将生态、能源效率统一起来。笔者运用非期望产出的研究思路是考虑“节能减排”的内涵,能源投入在维持经济发展的过程中产生了不可忽略的污染物排放。因此,在这一约束条件下对节能减排效率作分析除了将 GDP 增长作为期望产出之外,还需要将污染物排放纳入非期望产出来。

碳约束是指碳排放约束,以往相关研究对碳排放的关注不够,而现实生活中碳排放已对社会生产、生活各方面产生不同程度的影响,是一个不可忽视的因素指标。

2. DEA 的 A-EBM 模型

EBM 模型是 DEA 方法下效率测算领域的新模型,它兼容了径向比例和非径向松弛的混合径向模型,改进了 CCR 和 SBM 模型的缺陷。A-EBM 模型对其相关系数计算方法进行了改进和修正,不仅考虑投入目标值与投入实值的径向比例,而且反映各投入差异化的非径向松弛变量。其基本形式如下:

$$\begin{aligned} EMB^* = \min_{\theta, \lambda, s^-} & \theta - \varepsilon_x \sum_{i=1}^m \frac{\omega_i^- s_i^-}{x_{i0}} \quad (1) \\ \text{s.t.} & \theta x_0 - X\lambda - s^- = 0 \\ & Y\lambda \geq y_0, \lambda \geq 0, s^- \geq 0 \end{aligned}$$

式中, $i=1, 2, \dots, m$ 表示投入指标个数; θ 是 CCR 模型计算的径向节能减排效率值; s^- 代表非径向的投入要素的松弛向量; ε 为非径向部分的重要程度; λ 为权重向量; X, Y 分别为投入和产出矩阵,且均大于 0。 EMB^* 为测度的最优节能减排效率分值,效率范围在 0 和 1 之间,效率等于 1 代表效率 DEA 有效,处于前沿面上;不足 1 时则是 DEA 无效,在超效率 EBM 模型中值 $EMB^* > 1$ 时,继续增加投入还可以促进全要素节能减排效率提高。

3. 基于 A-EBM 模型的全局 ML 指数方法

运用全要素生产率下基于 A-EBM 的全局 ML 生产率指数法 (GML) 来测度节能减排效率变化情况。该模型以所有时期的投入产出数据构造全局生产技术参照集,在测算生产率指数时表现出更好的连续性和稳健性。基本形式如下:

$$\begin{aligned} GML^* &= D^G(x^{t+1}, y^{t+1}) / D^G(x^t, y^t) \\ D_0^t &= \min \left[\left(\theta - \varepsilon^- \frac{1}{\sum_{i=1}^m \omega_i^-} \sum_{i=1}^m \frac{\omega_i^- s_i^-}{x_k} \right) / \left(\varphi + \varepsilon^+ \frac{1}{\sum_{r=1}^q \omega_r^+} \sum_{r=1}^q \frac{\omega_r^+ s_r^+}{y_k} \right) \right] \quad (2) \\ \text{s.t.} & X\lambda - \theta x_k + s^- = 0 \\ & Y\lambda - \varphi y_k - s^+ = 0 \\ & \theta \leq 1, \varphi \geq 1, \lambda \geq 0 \end{aligned}$$

式中 $r=1, 2, \dots, q; j=1, 2, \dots, n; t=1, 2, \dots, T$ 。 m 和 q 分别为投入和产出的指标个数; s^- 和 s^+ 分别为投入松弛向量和产出松弛向量; w_i^- 和 w_i^+ 为各项投入、产出指标的相对重要程度。由此,可用 GML 指数表示节能减排效率的变化情况, $ML > 1$ 表示节能减排效率提升,反之,则下降。进一步地,可将 GML 生产率指数分解为效率变化 (GEFC) 和技术变动 (GTEC),再根据 Zofio 的生产率指数分解方法^[17],将 GEFC 分为纯效率变化 (GPEC) 和规模效率变化 (GSEC);将 GTEC 又分为纯技术变化 (GPTC) 和技术规模偏好 (GSTC)。这一分解方法,能够从 4 个维度来分析江苏省区域的节能减排现状。具体公式为:

$$GML_t^{t+1} = GEFC_t^{t+1} \cdot GTEC_t^{t+1} = GPEC_t^{t+1} \cdot GSEC_t^{t+1} \cdot GPTC_t^{t+1} \cdot GSTC_t^{t+1} \quad (3)$$

式中, GPEC 体现地区环境治理水平、GSEC 表示地区规模经济、GPTC 是区分地区技术进步的标准、GSTC 体现经济规模与技术进步间的互动关系。

首先运用 A-EBM 模型对江苏省节能减排效率做静态分析,得出各个城市年度节能减排效率的基本情况,然后运用全局 ML (GML) 指数方法,对节能减排效率做动态分析。

三、数据来源与处理

1. 数据来源

由于节能减排的提出是在“十一五”期间,考虑到数据可获得性,面板数据选取 2006—2014 年江苏省 13 个地级市 (南京、无锡、徐州、常州、苏州、南通、连云港、淮安、盐城、扬州、镇江、泰州、宿迁) 的投入产出数据,并根据行政区划分为苏南、苏中和苏北 3 个经济区域,其中苏南包括南京、镇江、常州、无锡、苏州;苏中包括泰州、南通和扬州;苏北包括盐城、连云港、淮安、徐州、宿迁。充分考虑各个城市劳动力质量的差异和新旧资本质量的差异,选取资本存量 K 、劳动力人均教育年限 L 和能源消耗量 E 作为投入指标,选取地区生产总值 GDP 作为期望产出、地区污染物排放指数 (包括废水、 SO_2 、 CO_2 和其他废气,粉尘以及固体废弃物) P 作为非期望产出。

(1) 资本存量 (K)

李科通过研究提出资本越新,其中所蕴含的技术越高,质量也就越好^[8],因此在运用永续盘存法的基础上,通过定义资本年龄来衡量资本质量的差异。数据源自《中国统计年鉴》及《江苏统计年鉴》。

(2) 劳动力人均教育年限 (L)

劳动力投入的产出受到劳动者素质的影响,江苏省每个地级市及相应区域的劳动者素质是存在差异且动态变化的,因此,笔者使用劳动力的人均教育

年限来衡量劳动力质量的差异^[8]。数据源自《中国城市统计年鉴》和《江苏省 2010 年人口普查资料》。

(3) 能源消耗量(E)

选取江苏省各地级市每年各类能源(包括原煤、洗精煤、焦炭、煤气、天然气、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、液化石油气、热力、电力)消费量,根据各类能源的折算标准煤系数折成标准煤作为能源投入指标。数据来源于《中国城市统计年鉴》和江苏省各地级市历年的统计年鉴。

(4) 污染物排放量(P)

根据“十一五”“十二五”规划中明确要求减排的污染物,结合数据的可获得性,选取 CO_2 排放量、 SO_2 排放量、废水排放量(包括 COD、氨氮)、粉尘及其他固体废弃物排放量作为非期望产出。数据来源除了江苏省各地级市历年的统计年鉴以外, CO_2 排放量计算沿用田泽等^[18]的相关研究,秉承“共同但有区别”原则,针对江苏省二次能源终端消费的承担比例及其 CO_2 排放因子进行测算。另外,由于 DEA 方法要求投入产出指标不宜过多,因此采用改进的熵值法,利用信息熵计算出各污染物指标的权重,再将上述污染物的排放量综合成一个地区污染物排放指数 P 。

设 $i = 1, 2, \dots, m$, m 为污染物序号; $j = 2006, 2007, \dots, n, \dots, 2014$, n 为年份, P_{ij} 为第 i 个污染物在 j 年所对应的比重值。每个污染物各年熵值为:

$$E_i = - \frac{1}{\ln n} \sum_{j=1}^n P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (4)$$

第 i 个污染物的熵权 U_i 为:

$$U_i = |1 - E_i| \quad (5)$$

归一化处理后得第 i 个污染物的权重值 \hat{U}_i 为:

$$\hat{U}_i = \frac{U_i}{\sum_{i=1}^m U_i} \quad (6)$$

地区污染物排放指数 P_{ij} 为:

$$P_i = \sum_{j=1}^n \hat{U}_i P_{ij} \quad (7)$$

(5) 地区生产总值(GDP)

地区经济发展水平可以由一个地区的生产总值来反映,选取江苏省各地级市的地区生产总值(GDP)作为期望产出,并折算为 2005 年不变价,数据来源自《江苏统计年鉴》。

2. 数据处理

由于投入产出指标之间的相关性以及指标本身的显著性会对实证结果会产生影响,运用 SPSS 软件进行检验发现指标之间的并不存在多重共线性,且投入指标与产出指标也不存在显著的相关性。

四、江苏省区域节能减排效率时空分布差异实证分析

1. 不同模型下节能减排效率比较分析

(1) 3 种模型评价结果比较

观察表 1 可得,在 DEA-CCR、SBM、A-EBM 模型下,江苏省 2006—2014 年有碳约束的综合节能减排效率分别为 0.868、0.715、0.829。基于 CCR 和 SBM 方法缺陷可知,当前在实际应用过程中径向的 CRS 模型由于假设条件过于严格导致所有投入要素均要以相同的比例缩减,与现实经济产生背离(易高估结果);SBM 模型的效率测算的优化是以损失效率前沿投影值的原始比例信息为代价(易低估结果)。因此,CCR 和 SBM 模型分别会使效率被高估(0.868)和低估(0.715),故 A-EBM 的结果更合理。

(2) 有无碳约束不同情景下的节能减排效率比较

从表 1 可知,在没有碳约束的情景下,A-EBM 值为 0.853,大于有碳约束下的效率值(0.829);没有碳约束下的 GML 指数为 1.026,大于碳约束下的 1.020,这说明加入碳排放变量会降低节能减排效率值。总体来看,考虑与不考虑碳排放量的节能减排效率值存在差异,但不明显,考虑到实际生产过程,宜采用有碳约束的 A-EBM 效率值及 GML 指数。

2. 节能减排效率时间演化趋势

(1) 江苏省整体节能减排效率呈现“先降后升”的变化趋势

整体而言,江苏省 2006—2014 年的节能减排效率(A-EBM)呈“W”型变化趋势(图 1)。“十一五”期间效率波动下降,2011 年开始逐步上升恢复到较高水平,9 年间的平均值为 0.829。 GML 指数呈斜向上“M”型波动上升趋势,效率均值为 1.02,反映出江苏省整体节能减排工作有一定的进步。进一步观察可知:第一,江苏省节能减排效率变化波动主要受金融危机影响;第二,省内前期发展的高碳高污染行业造成的环境问题严重,使得在环保投入不断增长的情形下,节能减排效率值依旧有所下降;第三,2010 年以后节能减排效率取得大幅度提升,这也说明“十二五”从政策上明确了节能减排的目标和方向使得节能减排工作取得快速发展,在 2012 年节能减排效率指数到达峰值(1.061),但由于节能减排投资效果的滞后,发展的速度有所下降(2013—2014 年)。我国经济发展逐步进入新常态,对节能减排效率的提高有更迫切的需求,全省节能减排工作仍然承受巨大压力。

表 1 不同模型下 2006—2014 年江苏省节能减排效率和指数变化

模型及指标	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	均值
EBM 模型	0.906	0.821	0.787	0.800	0.780	0.780	0.821	0.872	0.897	0.829
CCR 模型	0.947	0.884	0.834	0.830	0.811	0.822	0.845	0.897	0.945	0.868
SBM 模型	0.757	0.668	0.635	0.664	0.664	0.676	0.735	0.794	0.841	0.715
<i>ML</i>	—	0.978	1.012	1.053	0.999	1.006	1.064	1.049	1.032	1.026
<i>GML</i>	—	0.970	1.008	1.049	0.993	1.005	1.061	1.045	1.030	1.020
<i>GTEC</i>	—	1.025	1.021	1.025	1.008	1.020	1.032	1.025	1.033	1.023
<i>GEFC</i>	—	0.946	0.988	1.024	0.985	0.986	1.029	1.020	0.997	0.996

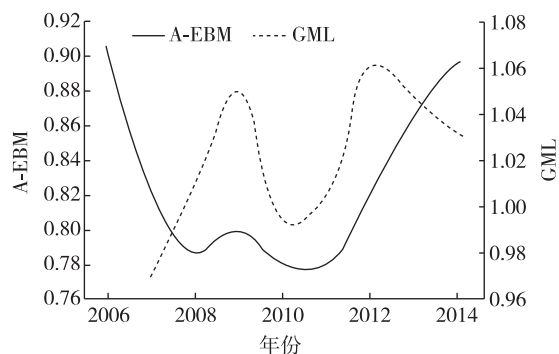


图 1 2006—2014 年有碳约束下的江苏省节能减排 A-EBM 效率和 GML 指数变化图

(2) 城际、区域的节能减排效率明显提高

就各城市、区域节能减排 A-EBM 效率的变化(表 2)来看,除了宿迁一直在下降,其它城市都经历了效率值从高位到低位再回到高位的过程,苏南和苏中地区的节能减排效率远高于苏北。2006 年效率完全有效^①的城市(无锡、苏州、盐城、扬州)占 31%,且 70%的城市效率值大于 0.9,属于高效水平。2010 年完全有效的只有盐城,占 7.6%,而且高效水平的城市(盐城、无锡)也只占 15.4%。2014 年节能减排形势有所好转:完全有效(无锡、南通、镇江、盐城、扬州)的占 38.5%,超过 50%的城市为节能减排高效。从 2012 年起,苏中地区的效率超越苏南,在全省处于领先水平。

(3) 技术进步在江苏省节能减排效率提升过程中起决定作用

从 GML 指数分解来分析,技术进步指数(*GTEC*)始终大于 1(均值为 1.023),表明技术进步对江苏省节能减排效率的提高具有决定性作用,其中 *GPTC* 均值为 1.017, *GSTC* 为 1.006,说明纯技术进步速度较快且经济规模的技术偏好在加强。造成效率波动主要是由于效率变化指数(*GEFC*)的变动,无论是经济规模变化(*GSEC*)还是环境治理水平(*GPEC*)都有一定程度的降低(*GSEC* 均值为 0.999, *GDPC* 均值为 0.998),特别是“十一五”期间 *GEFC* 持续下降,到“十二五”才有所缓和,因为政府制定了更

严苛的环境制度来管理和协调地方经济与环境的关系,使效率有所回升,但 *GEFC* 的均值仍小于 1。

3. 节能减排效率的空间分布差异分析

(1) 省内城际与区域节能减排效率空间分布差异变化

江苏省 13 个地级市、3 个经济区域各自的经济发展和节能减排水平各有特点。依据 2006—2014 年江苏省城市节能减排 A-EBM 效率均值,绘制江苏省城际、区域节能减排效率分布箱(图 2)。由图 2 可知,城际、区域节能减排效率的方差差异很大,方差变化较大的城市包括南京、徐州、常州、宿迁、泰州、南通及苏中地区,表明这 6 个城市和苏中地区的节能减排效率在 2006—2013 年不稳定、波动较大,特别是徐州和南通出现了奇异值;方差变化较小的区域有盐城、无锡、苏州、镇江和苏南地区等,说明这 4 个城市和苏南地区的节能减排效率相对稳定,有良好发展态势;节能减排效率较低的城市、区域是南京、徐州、连云港、淮安、宿迁 6 个城市及苏北地区,江苏省节能减排总体效率约为 0.8,它们的效率低于 0.8 且效率提升进程迟缓,相关政策效果不明显,有必要进行调整。

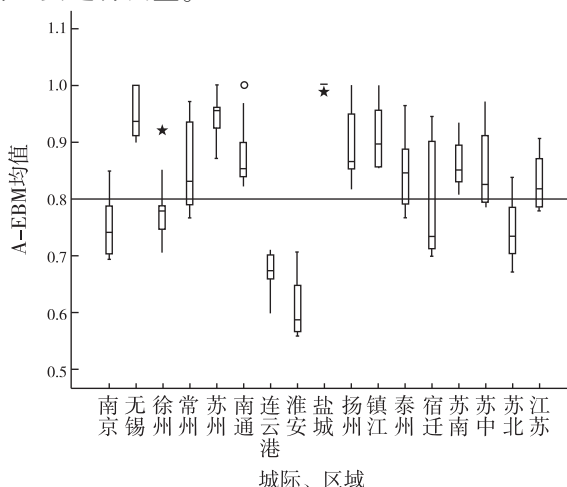


图 2 2006—2014 年江苏省城际、区域节能减排效率变化

^①完全有效,即 A-EBM 效率值大于 1;高效,则为 A-EBM 效率值在 0.9 至 1 之间。

表2 2006—2014年江苏省城际、区域节能减排 A-EBM 效率

城际、区域	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	均值	平均排名
盐城	1.002	1.000	0.992	1.001	1.000	1.001	1.001	0.988	1.001	0.998	1
无锡	1.001	0.937	0.907	0.902	0.912	0.930	0.962	1.001	1.002	0.950	2
苏州	1.001	0.951	0.959	0.957	0.873	0.898	0.926	0.963	0.995	0.947	3
镇江	0.977	0.898	0.863	0.856	0.857	0.856	0.900	0.958	1.000	0.907	4
扬州	1.000	0.853	0.816	0.840	0.854	0.866	0.917	0.950	1.002	0.900	5
南通	0.878	0.850	0.832	0.854	0.823	0.839	0.900	0.968	1.001	0.883	6
常州	0.936	0.832	0.789	0.766	0.780	0.799	0.859	0.972	0.938	0.852	7
泰州	0.965	0.861	0.767	0.784	0.791	0.797	0.846	0.888	0.928	0.847	8
宿迁	0.945	0.901	0.918	0.870	0.734	0.705	0.701	0.713	0.729	0.802	9
徐州	0.922	0.789	0.708	0.779	0.758	0.717	0.746	0.780	0.851	0.783	10
南京	0.814	0.749	0.721	0.699	0.695	0.703	0.742	0.788	0.850	0.751	11
连云港	0.708	0.673	0.662	0.702	0.647	0.599	0.660	0.676	0.704	0.670	12
淮安	0.707	0.587	0.558	0.566	0.576	0.566	0.615	0.647	0.673	0.611	13
苏南	0.934	0.853	0.835	0.831	0.808	0.827	0.860	0.896	0.929	0.864	—
苏中	0.926	0.825	0.786	0.793	0.795	0.812	0.865	0.912	0.972	0.854	—
苏北	0.839	0.737	0.680	0.734	0.704	0.672	0.715	0.818	0.787	0.743	—
江苏	0.906	0.821	0.787	0.800	0.780	0.780	0.821	0.872	0.897	0.829	—

(2) 区域与城际节能减排效率空间差异变化聚类分析

运用系统聚类分析方法把江苏省 13 个地级市的 A-EBM 效率值分为高 (0.91~1)、中 (0.81~0.91)、低效 (0~0.81) 3 个类别,再根据 GML 指数均值将研究对象分为效率上升 (1.015~1.075)、平稳 (1~1.015)、下降 (0~1) 3 个级别,最后进行综合得到江苏省城际节能减排效率分级表 (表 3)。

表3 2006—2014年江苏省城际节能减排效率分级表

类型	所含地级市			
上升—中效区	泰州	镇江	常州	南通
上升—低效区	南京	连云港		
平稳—高效区	盐城	无锡	苏州	
平稳—中效区	扬州			
平稳—低效区	徐州	淮安		
下降—低效区	宿迁			

从趋势看,江苏省 3 大经济区域城际变异系数波动向下收敛,但并不稳定:①纵向上看,苏南、苏北的时间变化趋势相似,经历先上升—后下降的变化,苏中地区则是急速下降—再上升—平稳的变化情况;②横向上看,苏中地区城际效率差异最小,苏南地区其次,苏北地区城际差异相对较大且处于持续波动状态。主要原因是苏南、苏中地区经济相对领先,经济规模的技术偏好水平高,人才资源丰富,更有利于地区间协同实现互利共赢,而苏北地区城市群发展相对落后且不平衡,个别城市效率的提高并没有带动周边城市协同进步,造成了区域内城际发展差异越来越大。

①从区域分布看,苏南和苏中地区为上升—中效区,说明江苏省整体的节能减排工作成效显著,然而苏北地区依旧属于平稳—低效区,实现节能减排工作区域间的协调发展任重道远。

②从城市分布看:平稳—高效区包括无锡、苏州及盐城,该类城市在省内的节能减排工作中发挥示范作用;常州、南通、泰州和镇江为上升—中效区,有向节能减排高效地区发展的潜力;徐州、扬州和淮安,区域节能减排事业发展平稳推进,但效果不明显,属于平稳—中低效地区;处于下降—低效区的宿迁市,无论从政策、管理,还是技术水平上与其它地级市均有一定差距。

(3) GML 指数分解分析

由指数分解结果 (表 4) 可知,苏南地区节能减排效率的提高得益于技术进步、较好的环境制度以及较高的管理水平,其中经济规模的技术偏好影响最为显著,而规模效率出现退步主要是由投入冗余造成的。苏中地区实现了技术进步和效率提升的“四维”驱动 (即环境治理水平,规模经济,技术进步,经济规模的技术偏好),并以纯技术进步贡献比例最大。苏北地区的效率得到平稳提高在于经济规模的扩大以及纯技术进步,但经济规模的技术偏好较低,而且环境制度和治理水平也出现显著退步,一定程度上抑制了效率的提高。

(4) 节能减排效率的空间收敛性

笔者通过计算 A-EBM 分值的 σ 收敛变异系数 CV 来反映目前江苏省地级市、区域之间节能减排效率的空间差异,并判断其收敛性。

表 4 2006—2014 年江苏省区域节能减排 GML 效率及其分解结果

指标、区域	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	综合	GSEC 均值	GPEC 均值	GSTC 均值	GPTC 均值	
GTEC	苏南	1.042	1.042	1.041	1.006	1.010	1.052	1.027	1.023	1.030	—	—	1.026	1.004
	苏中	1.028	1.016	1.012	1.000	1.003	1.027	1.034	1.049	1.021	—	—	1.008	1.012
	苏北	1.044	1.002	1.007	1.000	1.001	1.014	1.031	1.050	1.018	—	—	0.980	1.039
GEFC	苏南	0.987	1.007	1.000	0.979	0.998	1.001	1.009	1.011	0.999	0.999	1.000	—	—
	苏中	0.912	0.991	1.038	1.025	1.023	1.052	1.019	0.996	1.006	1.006	1.000	—	—
	苏北	0.888	0.963	1.077	0.974	0.960	1.065	1.113	0.920	0.992	1.002	0.991	—	—

由 2006—2014 江苏省城际、区域节能减排效率变异系数变化(图 3)可知:①纵向上看,城际和区域间的变异系数呈上下波动形态,在 2011 年达到峰值,但是总体上的趋势并不明确。相较而言,区域间的变异系数收敛性更明显,而城际变异系数波动幅度更小。②横向上看,区域间的变异系数小于城际变异系数,且差距呈缩小趋势,为了探求城际变异系数波动较大的原因,进一步测算 3 个经济区域间的变异系数(图 4)。

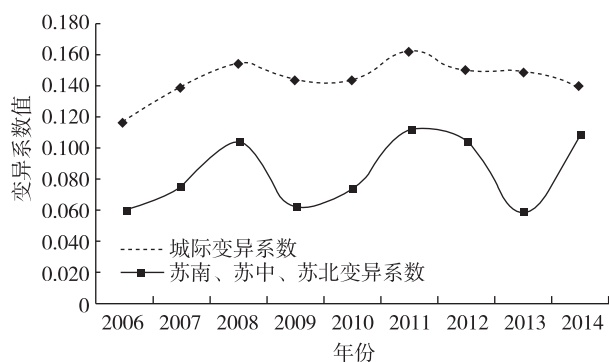


图 3 2006—2014 年江苏省城际、区域节能减排效率变异系数变化

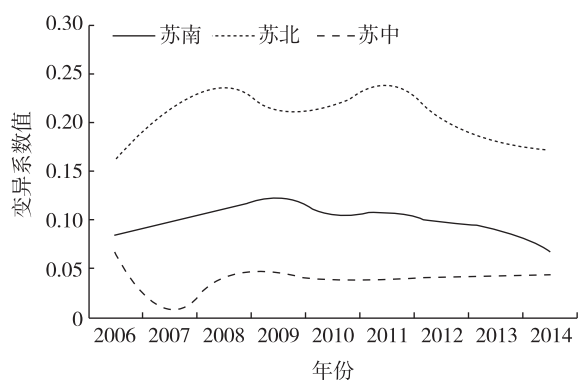


图 4 2006—2014 年江苏省各区域城际节能减排效率变异系数变化

从趋势看,江苏省 3 大经济区域城际变异系数波动向下收敛,但并不稳定:①纵向上看,苏南、苏北的时间变化趋势相似,经历先上升—后下降的变化,苏中地区则是急速下降—再上升—平稳的变化情况;②横向上看,苏中地区城际效率差异最小,苏南

地区其次,苏北地区城际差异相对较大且处于持续波动状态。主要原因是苏南、苏中地区经济相对领先,经济规模的技术偏好水平高,人才资源丰富,更有利于地区间协同实现互利共赢,而苏北地区城市群发展相对落后且不平衡,个别城市效率的提高并没有带动周边城市协同进步,造成了区域内城际发展差异越来越大。

五、结 语

1. 研究结论

基于全要素生产率框架的 DEA-GML 指数法和 A-EBM 模型,通过对 2006—2014 年江苏省节能减排效率的分析可得如下结论。

第一,不考虑碳排放的江苏省节能减排效率明显高于考虑碳排放的效率值,考虑碳排放约束对于节能减排效率的测度具有显著影响且更符合现实情况。同时,有碳约束下的省内各地级市节能减排效率变化差异大且分布不均。

第二,就区域分布而言,苏南地区节能减排平均效率领先,苏中地区次之,苏北地区相对落后。常州、南通、泰州和镇江为上升—中效区,无锡、苏州及盐城处于平稳—高效区,徐州、扬州和淮安属于平稳—中低效区,宿迁处于下降—低效区。区域间的变异系数小于城际变异系数,且差距呈缩小趋势,其中苏中地区城际效率差异最小,苏南地区其次,苏北地区差异相对较大,且呈续波动状态,说明苏北地区节能减排协同不足。

第三,就时间演化而言,在碳约束情景下江苏省节能减排 A-EBM 效率为 0.829,呈“W”型演进态势, GML 指数为 1.020,即 9 年间的效率平均上升 2%,斜向上“M”字形的波动上升趋势。除了宿迁一直处于下降趋势,其他城市都经历了效率值从高位到低位再回到高位的过程,且苏南和苏中地区的节能减排效率远高于苏北地区。

第四,技术进步指数与节能减排效率的变化趋同,这反映技术进步对江苏省节能减排效率的提高起决定性作用,且纯技术进步速度较快、经济规模的

技术偏好在加强。造成效率波动的原因主要是效率变化指数的波动,这也反映出经济规模、环境治理水平还有待提高。同时,苏南地区经济规模技术偏好影响最显著;苏中地区实现了“四维”驱动,纯技术进步贡献比例最大;苏北地区的效率平稳提高的原因在于经济规模的扩大及纯技术进步。

2. 对策建议

(1) 重视和促进节能减排工作的区域、城际协同合作

应加强城际间的协同创新平台建设,对节能减排效率较高的苏南、苏中地区,组织实施节能低碳技术应用示范工程,培育一批节能标杆企业。苏北地区应大力推进产学研合作,吸引苏南地区人才、教育资源和企业参与协同合作,联合搭建节能减排的科技创新平台,通过技术合作和援助,帮助能效低下地区提升节能减排技术水平和创新能力。

(2) 积极构建绿色低碳生产制造体系

应借助苏南 5 市自主创新示范区建设的契机,围绕节能减排重点行业和关键技术领域加强技术创新,积极发挥示范区的创新引领作用和技术扩散效应,加强苏南与苏中、苏北地区间的产学研合作与区域协同创新。同时促进先进低碳新技术、新工艺和新材料的推广应用,带动重点区域重点行业碳排放强度的大幅下降。

(3) 加强高碳产业节能减排的监督管理,强化约束性指标考核

应强化政府的监督管理职能,加强清洁生产审核,重视和严把能耗增长和污染物的源头治理,强化能评的约束性作用。严格实施项目能评和环评制度,严防高耗能、高污染产业向苏北及沿海地区转移,确保全省节能减排目标的稳步推进。

(4) 推进供给侧结构性改革,大力促进江苏省产业转型升级

应实施供给侧改革,统筹全局、优化产业布局 and 实现空间合理分工。大力推进传统产业转型升级,引导和推进产能过剩行业的布局调整和企业兼并重组,加大淘汰低端产能的力度、压缩过剩产能,尤其是钢铁、水泥、化工、纺织行业,同时应大力发展高端智能装备、智能制造、绿色制造,培育和建设太阳能光伏、核能和新材料等战略性新兴产业,建立节能减排长效推进机制。

参考文献:

[1] HU J L, WANG S C. Total-factor energy efficiency of regions in China [J]. Energy Policy, 2006, 17(34):

3206-3217.
[2] RASHE R, TATOM J. Energy resources and potential GNP [J]. Federal Reserve Bank of St. Louis Review, 1977 (59): 68-76.
[3] 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.
[4] 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): 96-110.
[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): 78-88.
[6] 吴琦,武春友. 基于 DEA 的能源效率评价模型研究[J]. 管理科学, 2009(1): 103-112.
[7] 孙欣,韩伟伟,宋马林. 中国省域节能减排效率评价及其影响因素[J]. 西北农林科技大学学报(社会科学版), 2014, 14(4): 137-143.
[8] 李科. 我国省际节能减排效率及其动态特征分析[J]. 中国软科学, 2013(5): 144-157.
[9] 周五七,聂鸣. 基于节能减排的中国省级工业技术效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2013(1): 25-32.
[10] 孙欣. 如何测度节能减排效率[J]. 中国统计, 2010(2): 50-51.
[11] TONE K, TSUTSUI M. An epsilon-based measure of efficiency in DEA: a third pole of technical efficiency [J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207(3): 1554-1563.
[12] CHENG G, QIAN Z H. An epsilon-based measure of efficiency in DEA: an alternative method for the affinity index [J]. Mpra Paper, 2011(11): 6-13.
[13] CHUNG Y H. Grossk of productivity and undesirable outputs: a directional distance function approach [J]. Journal of Environmental Management, 1997(51): 229-240.
[14] 王维国,范丹. 中国区域全要素能源效率收敛性及影响因素分析: 基于 Malmquist-Luenberger 指数法[J]. 资源科学, 2012, 34(10): 4-12.
[15] 吴传清,董旭. 环境约束下长江经济带全要素能源效率的时空分异研究: 基于超效率 DEA 模型和 ML 指数 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(10): 29-36.
[16] PASTOR J T, LOVELL C A. A global Malmquist productivity index [J]. Economics Letters, 2005(88): 266-271.
[17] ZOFIO J L. Malmquist productivity index decompositions: a unifying framework [J]. Applied Economics, 2007, 39(18): 2371-2387.
[18] 田泽,董凯丽,吴凤平. 江苏省终端能源消费 CO₂ 排放总量测算及驱动因素研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015(11): 19-27.

(责任编辑:高虹)