

我国区域节能减排效率及空间相关性研究

徐盈之, 魏莎

(东南大学 经济管理学院, 江苏 南京 210096)

摘要: 运用三阶段 DEA 模型测算我国省际节能减排效率, 并对其空间相关性进行分析。结果表明: 我国节能减排效率总体上表现为东中西递减的特征, 并呈现波动中略有下降的趋势, 各区域纯技术效率都维持着较高水平, 规模不经济是造成各地区节能减排效率低下的原因之一; 区域节能减排效率存在空间正相关性。因此, 各地区应积极促进产业结构调整, 充分发挥区域比较优势, 改善地区规模不经济现象, 并通过合作共享促进趋同发展。

关键词: 节能减排效率; 三阶段 DEA 模型; 空间相关性

中图分类号: F124.5

文献标识码: A

文章编号: 1008-407X(2014)01-0001-07

Study of China's Provincial Efficiency of Energy-Saving and Emission-Reduction and Its Spatial Correlation

XU Ying-zhi, WEI Sha

(School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: This paper studies the efficiency of each province in China using three-phase DEA model and analyses its spatial correlation. The results show that the overall efficiency decreases slightly in the fluctuations and reveals the degression characteristics from the eastern to western regions, meanwhile the regional pure technical efficiency maintains a relatively high level, and diseconomies of scale is one of the causes of the low efficiency. Efficiencies of different provinces have positive effects on each other. Therefore, each province should make efforts to promote the upgrading of industrial structure, make good use of regional comparative advantages, improve the diseconomies of scale, and gain convergence development through sharing and cooperation.

Key words: efficiency of energy-saving and emission-reduction; three-phase DEA model; spatial correlation

一、引言

长期以来,我国传统的“三高一低”粗放型经济增长模式,导致了资源约束趋紧、环境污染严重、资源和环境矛盾日益尖锐的严峻形势。若不加以改变,资源难以支撑,环境难以承受,资源节约型和环境友好型社

会难以实现,“美丽中国”也将只是美好的愿景。在能源和环境问题得到社会广泛关注的背景下,节能减排作为我国的一项基本国策,其必要性和紧迫性不断突显。我国节能减排工作已取得显著成效,但仍存在一些问题并面临着巨大挑战,如产业结构调整缓慢、政策机制不够完善、能源利用效率偏低和污染物排放超标等。考察我国当前节能减排工作的落实情况,测度各地

收稿日期: 2013-09-03; 修回日期: 2013-11-28

基金项目: 国家社会科学基金重大招标项目:“我国产业生态经济系统优化及运行机制研究”(12&ZD207); 国家社会科学基金项目:“开放经济条件我国碳减排责任动态研究:理论、实证与政策建议”(11BJY066); 江苏省高校哲学社会科学研究重点项目:“江苏省大学科技园与地方高新园区协同创新体制机制研究”(2013ZDIXM029); 江苏省哲学社会科学研究基地重点课题:“江苏县域科学发展绩效评价研究”(10JJD011); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目:“我国生态文明建设策略和机制研究”(3214003308)

作者简介: 徐盈之(1970-),女,浙江杭州人,教授,博士生导师,博士,主要从事数量经济学、环境经济研究;魏莎(1989-),女,江苏盐城人,东南大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为国民经济学、数量经济学。(E-mail: sasha0907@163.com)。

区的节能减排效率,并探索地区间节能减排效率的交互影响作用,能够为各地区制定合理的节能减排政策提供参考,从而更好地推动我国节能减排工作的开展。

国内外学者对节能减排的研究大多集中在理论研究方面,从概念、内涵和政策建议等角度对节能减排进行了理论分析^{[1][2]},对节能减排的定量研究则相对缺乏。在现状研究方面,许多学者构建了指标体系进行综合评价^{[3][4]}。DEA 方法在效率测算方面应用较广^{[5][6]},如在节能减排效率测算及影响因素研究方面,于鹏飞等运用 DEA 模型分析了省际单位能源利用效率及污染治理效率^[7];孙欣运用 DEA-Malmquist 指数方法测度了省际节能减排效率^[8];余泳泽分析了各地区的节能减排路径以及节能减排效率的影响因素^[9];赵成柏、毛春梅应用 BP 神经网络评价了我国节能减排效率的省际差异和影响因素^[10]。另外,现有研究大多以 COD 和 SO₂ 作为污染物排放指标,且忽视了不同地区的环境因素以及管理体制等包含运气成分在内的要素对节能减排效率的影响。本文将创新性地使用能够克服该缺陷的三阶段 DEA 模型,同时将 CO₂ 作为另一种非期望产出纳入核算体系来准确地测算我国区域节能减排效率。此外,还将对区域节能减排效率的空间关联性进行深入分析,最后依据实证分析的结果提出若干提高我国区域节能减排效率的对策建议。

二、研究模型与数据来源

1. 三阶段 DEA 模型

本文效率测算使用 H. O. Fried 提出的三阶段 DEA 模型^[11],该模型结合 Charnes、Cooper 和 Rhodese 提出的 DEA 模型与 Timmer 提出的 SFA 模型,克服了 DEA 模型忽视环境变量的缺陷以及 SFA 模型未考虑随机误差的缺陷,因而可以同时解决环境变量和误差的影响。该模型的构建和运用主要经历以下三个阶段:

第一阶段:经典 DEA-BCC 模型

按照节能减排的“资源节约和环境友好”要求,该阶段拟采用投入导向的规模报酬可变的 BCC 模型。

第二阶段:构建相似 SFA 模型

利用相似 SFA 方法对环境变量进行回归分析。Fried 等认为第一阶段 DEA 分析得到的投入和产出松弛变量由环境影响、管理无效率和统计噪音三因素构成,构建 SFA 模型可分别观测出以上三种因素的影响。

首先,建立松弛变量:

$$S_{ji} = x_{ji} - x_{ji} \times \lambda \quad j=1,2,\dots,m; i=1,2,\dots,n \quad (1)$$

其中, x_{ji} 为第 i 个决策单元(DMU)的第 j 种投入值, $x_{ji} \times \lambda$ 为第 i 个 DMU 的第 j 种投入值在效率前沿面的最优映射, S_{ji} 表示相应的投入松弛变量,即第一阶段第 i 个区域使用第 j 种投入的松弛变量。

其次,建立松弛变量与环境变量的回归模型:

$$S_{ji} = f^j(z_i; \beta^j) + v_{ji} + u_{ji} \quad (2)$$

其中, S_{ji} 是投入冗余变量,包括资本投入冗余、劳动投入冗余与能源投入冗余; $z_i = [z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{li}]$ 是 l 个可观测的外生环境变量; β^j 是需估算的环境解释变量的未知参数; $f^j(z_i; \beta^j)$ 表示环境变量对投入松弛变量 S_{ji} 的影响,取 $f^j(z_i; \beta^j) = z_i \beta^j$; v_{ji} 是第 i 个 DMU 在第 j 个投入时的生产过程的随机误差,假设 $v_{ji} \sim N(0, \sigma_{vj}^2)$; u_{ji} 是第 i 个 DMU 在第 j 个投入时的生产过程中管理无效率的非负随机变量,假定 $u_{ji} \sim N^+(0, \sigma_{uj}^2)$; v_{ji} 与 u_{ji} 不相关, $v_{ji} + u_{ji}$ 为混合误差项。

最后,分两步调整投入变量:

第一步是在 SFA 回归模型的混合误差中把统计噪音从管理无效率中分离出来,利用管理无效率的条件估计值 $\hat{E}(u_{ji} | v_{ji} + u_{ji})$ 可以得到统计噪音的估计值,这样就可以从组合误差中分离出统计噪音。统计噪音的条件估计的公式为:

$$\hat{E}(v_{ji} | v_{ji} + u_{ji}) = S_{ji} - z_i \hat{\beta}^j - \hat{E}(u_{ji} | v_{ji} + u_{ji}) \quad j=1,2,\dots,m; l=1,2,\dots,n \quad (3)$$

罗登跃给出了三阶段 DEA 模型管理无效率的估计公式^[12]:

$$E(u | v + u) = \int_0^\infty uf(u/v + u)du = \frac{E(x^{n+1})}{E(x^n)} \quad (4)$$

其中, $X \sim N^+(u_i, \sigma_{uj}^2)$,即在 0 处截断的非负正态分布。

第二步是排除不同运营环境和统计噪音的影响,将处于相对有利的运营环境和相对较好运气的 DMU 单元的投入进行向上调整,公式如下:

$$X_{ji} = x_{ji} + [\max_i(z_i \hat{\beta}^j) - z_i \hat{\beta}^j] + [\max_i(\hat{v}_{ji}) - \hat{v}_{ji}] \quad j=1,2,\dots,m; i=1,2,\dots,n \quad (5)$$

其中, X_{ji} 和 x_{ji} 分别是调整后和调整前观察到的投入数量。(5)式右边的第一步调整使所有观测对象处于共同的运营环境,即样本中所观测到的最差的环境。第二步调整使所有观测对象处于共同的自然状态,即样本中遇到的最不幸的状态。经过两步调整,每个 DMU 均处于相同的运营环境和运气。

第三阶段:调整后的 DEA 模型

第三阶段构建的是调整后的 DEA 模型,用经过第二阶段调整所得的各项投入数据 X_{ji} 代替原始投入

数据 x_{ji} , 重新运用第一阶段的 BCC 模型进行计算, 得到扣除环境变量与随机误差项后的 DMU 效率。通过这种方法得到的效率值, 排除了运营环境和统计噪音的影响, 能够更客观、更真实地反映实际效率。

2. 数据来源及说明

本文选择的投入指标包括资本存量、劳动力、能源消耗和污染物排放, 产出指标包括地区生产总值和“三废”综合利用产品价值。具体说明如下:

(1) 投入指标。①资本存量。通过永续盘存法对各地区资本存量进行测算, 单位为亿元^[13]。②劳动力投入。以各省历年从业人员作为劳动力投入指标, 单位为万人。③能源投入。以各省每年的能源消费总量作为能源投入, 单位为万吨标准煤。④污染物排放。以各省历年的 COD、SO₂ 及 CO₂ 排放量作为环境污染排放指标, 单位为万吨。

(2) 产出指标。①地区 GDP。为保证各变量统计口径一致, 对各地当年价 GDP 数据作平减处理, 单位为万元。②“三废”综合利用产品产值。“三废”产品综合利用, 既能直接促进减排, 也能间接实现节能, 故将“三废”综合利用产品价值作为期望产出纳入该三阶段 DEA 模型的产出指标, 单位为万元。

(3) 环境变量的选取

环境变量指那些影响各地区节能减排效率但不在样本主观可控范围内的因素, 这些变量应不受 DMU 管理控制的约束, 同时满足 Simar 和 Wilson 提出的分离假设^[14]。本文用以下几个因素来反映不同经营环境对各 DMU 效率的影响: ①技术进步因素。使用能源利用效率高、污染物排放少的新技术和新工艺, 既能直接减少单位产品能源消耗和浪费, 还能减少污染物排放。本文选取 R&D 投入作为技术进步的衡量指标。②经济规模因素。经济发展水平的提高和经济规模的扩大, 能够为节能减排提供足够的物力、财力和技术, 有助于实现效率提升。本文选取人均 GDP 来衡量各省市的相对经济规模。③产业结构因素。各地第二产业的发展水平直接关系到当地能源利用和污染物排放情况, 从而关系到当地节能减排效率。本文选取第二产业产值占地区 GDP 比重作为产业结构的衡量指标。④制度因素。市场化程度越高, 非国有经济得到的发展越充分, 产权制度越明晰, 能够实现的社会经济效率就越高。本文用各地区国有工业产值与本地区工业总产值之比表示市场化程度, 对外开放过程中我国能够引进先进技术、设备和管理经验等, 一定程度上能够促进节能减排效率的提升。本文用进出口总额占

GDP 的比重表示经济开放度。

基于数据的可得性, 本文将 2000~2011 年我国 30 个省市作为节能减排效率的决策单元(因西藏数据缺失太多, 未纳入研究范围)。投入产出原始数据主要来自历年的《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、中经网统计数据库以及中国资讯行高校财经数据库。

本研究采用的运算工具为 DEAP2.1 和 FRONTIER4.1 软件。

三、省际节能减排效率测算结果分析

1. 第一阶段: 经典 DEA 模型的结果分析

本文运用 BCC 模型, 计算得到我国 30 个省际单位 2000~2011 年的技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)和规模效率(SE), 结果如表 1 所示。从表 1 可以看出, 在不考虑外部环境因素和随机误差的影响时, 中国 30 个省际单位历年的节能减排效率即技术效率呈现波动中下降的趋势, 其中 2001 年和 2008 年分别出现过暂时的上升。从总体上看, 2000~2004 年间节能减排效率维持着相对稳定的水平, 其后下降趋势明显。东中西三大区域的平均效率值也呈现出在相似的波动中下降的趋势, 并且三大区域的节能减排效率表现为东中西部递减的特征: 东部地区的效率一直高于全国平均水平, 在波动中平缓下降; 西部地区则远低于全国平均水平, 而中部地区在 2007 年以前高于全国平均水平, 2007 年以后则低于全国平均水平并且出现大幅下降。我国节能减排效率呈现该特点的原因如下: 东部地区依靠经济实力的支撑、有力政策的扶持及高级人才的涌入, 在新能源开发和新技术应用等方面都强于中西部, 因此节能减排效率较高; 中西部地区经济发展相对落后, 短期内的着力点更主要地落在经济发展上, 对节能减排不够重视, 因此节能减排效率较低; 中部地区较之西部地区, 在地理位置上更邻近东部地区, 受到的辐射和影响更为显著, 因此节能减排效率高于西部地区。不难发现, 这些原因皆包含了一定程度的环境影响和运气成分, 若不加以调整, 会造成结果的偏差。

另外, 2000~2011 年间纯技术效率下降迅速, 而规模效率则维持在相对稳定的水平。纯技术效率和规模效率都呈东中西部递减格局, 中西部地区的纯技术效率基本都低于全国水平, 但对于规模效率来说, 中部地区均高于全国水平而西部地区则远低于全国水平。大多数省份都处于规模报酬递增的情形, 且对于东部

和中部地区而言,规模效率大于纯技术效率,这意味着多数省份的技术无效率来源于纯技术无效率,而不是规模无效率,因此纯技术无效率是制约东部和中部地区节能减排效率提高的主要因素。对于西部而言,

2007 年之前的规模效率小于纯技术效率,2007 年之后则是规模效率大于纯技术效率,说明近年来节能减排效率低下主要源于纯技术无效率,纯技术无效率对节能减排效率的制约作用愈发明显。

表 1 2000~2011 年我国三大区域节能减排效率比较(调整前)

	2000			2001			2002			2003		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.992	1.000	0.992	0.995	0.997	0.998	0.982	0.984	0.997	0.973	0.976	0.997
中部平均	0.896	0.913	0.979	0.927	0.957	0.968	0.905	0.942	0.961	0.899	0.934	0.963
西部平均	0.779	0.912	0.857	0.802	0.919	0.876	0.795	0.908	0.878	0.783	0.931	0.845
全国平均	0.888	0.945	0.939	0.906	0.958	0.945	0.893	0.945	0.944	0.884	0.948	0.932
	2004			2005			2006			2007		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.974	0.979	0.994	0.969	0.971	0.997	0.950	0.958	0.992	0.941	0.954	0.987
中部平均	0.929	0.957	0.970	0.904	0.935	0.966	0.877	0.918	0.954	0.836	0.875	0.955
西部平均	0.763	0.903	0.849	0.760	0.906	0.843	0.742	0.896	0.836	0.729	0.872	0.846
全国平均	0.884	0.945	0.935	0.875	0.938	0.932	0.854	0.925	0.924	0.835	0.903	0.927
	2008			2009			2010			2011		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.946	0.955	0.991	0.920	0.945	0.975	0.906	0.935	0.970	0.881	0.913	0.965
中部平均	0.846	0.879	0.962	0.781	0.816	0.957	0.767	0.800	0.959	0.762	0.795	0.959
西部平均	0.761	0.877	0.877	0.719	0.854	0.853	0.692	0.813	0.864	0.684	0.798	0.869
全国平均	0.851	0.906	0.942	0.809	0.877	0.925	0.790	0.854	0.928	0.777	0.840	0.929

注:TE 为技术效率,PTE 为纯技术效率,SE 为规模效率, $TE=PTE \times SE$;表中数据为平均值,不一定都符合 $TE=PTE \times SE$ 。

2. 第二阶段:SFA 回归分析结果

将第一阶段计算得到的各投入变量松弛量作为因变量,将技术进步、经济规模、产业结构和制度因素作为自变量,分析外部环境变量是否会对投入松弛量产生显著的影响。如果回归结果显示环境变量能够产生显著的影响,就应该采用两步调整法将相关外部影响因素剔除,使每个 DMU 均处于相同的运营环境和运气。

回归分析结果表明,R&D 投入、经济规模、产业结构、市场化程度和开放度均表现出了不同程度的显著性。仅以 2011 年为例,5 个要素对能源消费松弛变量的影响均通过了显著性水平为 1% 的检验;R&D 投入、经济规模和开放度对劳动力投入松弛变量也通过了显著性水平为 1% 的检验,市场化程度则通过了显著性水平为 5% 的检验;R&D 投入、产业结构和开放度对碳排放松弛变量通过了显著性水平为 1% 的检验;产业结构对资本存量松弛变量通过了显著性水平为 5% 的检验。这些均说明环境因素对投入冗余存在

显著影响。另外根据回归系数可知,合理调整产业结构、促进产业结构的升级转型,加大科研经费投入、开发新技术、确保研发经费的使用效率,提高经济开放程度、慎重推进市场化等措施都是提高节能减排效率的良好途径。

显著性检验结果说明环境因素对投入冗余存在显著影响,因此本阶段通过两步调整法将外部环境变量和随机因素等剔除,使得所有省际单位面临相同的运营环境和运气,以便继续进行第三阶段的调整后的 DEA 效率测算,从而得到更加准确的结果。

3. 第三阶段:投入调整后的 DEA 效率分析

在第二阶段之后,本文分析认为若不考虑外部环境、管理无效率和随机误差的影响,纯技术效率和规模效率可能被低估或被高估;在第二阶段相似 SFA 模型回归分析结果表明,不同省市间的确存在不同程度的环境影响和运气成分,并已经通过调整加以消除。本文将运用调整后的投入数量和原始产出数量,重新进行第三阶段 DEA 效率分析,结果如表 2 所示。从表 2

可以看出,在剔除外部环境因素和随机误差的影响后,各省际单位历年的节能减排效率依然呈现波动中略有下降的趋势,其中,2000~2005 年各区域节能减排效率相对稳定,2005~2007 年缓慢下降,2008 年出现了

剧烈下降,随后各区域的效率值均有所回升。三大区域的节能减排效率总体上表现出东中西部递减的特征,且东部和中部地区一直高于全国平均水平,而西部地区则远低于全国平均水平。

表 2 2000~2011 年我国三大区域节能减排效率比较(调整后)

	2000			2001			2002			2003		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.852	1.000	0.852	0.850	1.000	0.850	0.842	0.990	0.850	0.820	1.000	0.820
中部平均	0.904	1.000	0.904	0.865	1.000	0.865	0.849	0.991	0.857	0.818	0.996	0.821
西部平均	0.617	0.999	0.617	0.648	0.998	0.649	0.620	0.996	0.623	0.563	1.000	0.563
全国平均	0.779	1.000	0.779	0.780	0.999	0.780	0.762	0.993	0.769	0.725	0.999	0.726
	2004			2005			2006			2007		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.858	1.000	0.858	0.820	0.999	0.821	0.825	0.992	0.833	0.798	1.000	0.798
中部平均	0.846	0.997	0.848	0.850	0.998	0.852	0.747	0.992	0.754	0.721	0.989	0.730
西部平均	0.598	0.998	0.599	0.635	0.999	0.636	0.526	0.995	0.529	0.502	0.992	0.507
全国平均	0.759	0.999	0.760	0.760	0.999	0.761	0.695	0.993	0.701	0.669	0.994	0.673
	2008			2009			2010			2011		
	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE	TE	PTE	SE
东部平均	0.698	1.000	0.698	0.810	0.979	0.828	0.808	1.000	0.808	0.771	0.988	0.782
中部平均	0.536	1.000	0.536	0.737	0.971	0.760	0.640	0.998	0.642	0.639	0.945	0.684
西部平均	0.324	0.999	0.325	0.469	0.980	0.480	0.459	1.000	0.459	0.486	0.985	0.495
全国平均	0.518	1.000	0.518	0.665	0.977	0.682	0.635	0.999	0.636	0.632	0.975	0.650

注:TE 为技术效率,PTE 为纯技术效率,SE 为规模效率, $TE=PTE \times SE$;表中数据为平均值,不一定都符合 $TE=PTE \times SE$ 。

本文认为,技术效率的东中西部递减特征与经济实力、人才支撑、政府重视、政策扶持以及区域间溢出效应等因素密切相关;而各区域技术效率的波动中递减特征则与近年来经济发展方式有一定的关系。在市场经济条件下,各省市将环境资源作为免费的公共品,甚至可能出现“公共地悲剧”性质的博弈,从而导致节能减排效率逐年下降。因此,应加强企业和公众的节

能减排、建设“美丽中国”的意识,并逐步将这一理念落实到行动中。

除了 2011 年,各区域的纯技术效率(PTE)基本一致,且都维持着较高水平,甚至在 2000~2008 年及 2010 年一直维持在 0.99 以上,2009 年有所下降,2011 年则大幅下降,如图 1 所示。规模效率(SE)表现出的趋势则与技术效率(TE)类似,如图 2 所示。

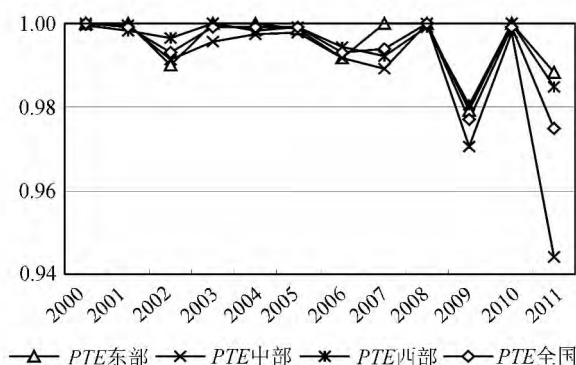


图 1 2000~2011 年 PTE 效率变化趋势(调整后)

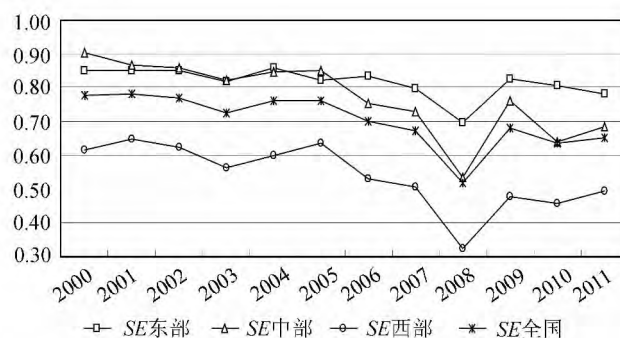


图 2 2000~2011 年 SE 效率变化趋势(调整后)

比较调整前后的效率值可看出,全国各区域节能减排平均技术效率均大幅下降,规模效率下降,而纯技术效率却大幅上涨。由此可见,存在外部环境因素和随机因素的影响时,各区域的规模效率被显著高估,纯技术效率却被显著低估,且被高估的程度高于被低估的程度,从而导致技术效率值被高估。因此可认为规模不经济才是造成地区节能减排效率低下的原因之一,而非第一阶段结果所表明的“节能减排效率低下源于纯技术无效率”。

四、空间相关性检验

空间自相关(spatial autocorrelation)是指某变量在同一区域内的观测值之间存在潜在的相互依赖性。本文采用全局 Moran's I 指数来测度我国节能减排效率的整体分布状况,并绘制空间分布地图来检验各省节能减排效率的空间集聚特征。

全局 Moran's I 的计算公式为:

$$\text{Moran's I} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (6)$$

其中, Y_i 和 Y_j 分别表示地区 i 和 j 节能减排效率

的观测值, n 表示观测省份的个数, $\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i$ 表示

所有省份节能减排效率的平均值, $S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$

表示所有省份节能减排效率值的方差, W_{ij} 为空间权重矩阵。

Moran's I 的取值范围为 $[-1, 1]$, 该值小于零表示存在空间负相关, 等于零表示不存在空间相关性, 大于零表示存在空间正相关, 且值越大表示相关性越强。利用 Geoda095i 软件测算出 2000~2011 年我国各省节能减排效率的全局 Moran's I 值, 其变动趋势如图 3 所示。

从图 3 可以看出, 历年全局 Moran's I 指数值均大于 0, 说明我国各地区节能减排效率在空间分布上相互影响。2000~2011 年间, 该值在 0.24~0.34 间波动, 其中 2004 年和 2005 年出现剧烈下降, 随后又反弹并维持在较高水平, 表现出较强的空间正相关性。出现节能减排效率在空间上集聚的原因可以认为是地区本身在经济、技术等方面发展的不均衡, 以及地区间的空间交互作用等。

本文将根据 2000 和 2011 年省际节能减排效率值将其分为效率较高、效率中等和效率较低的三大类区域, 如图 4 所示。

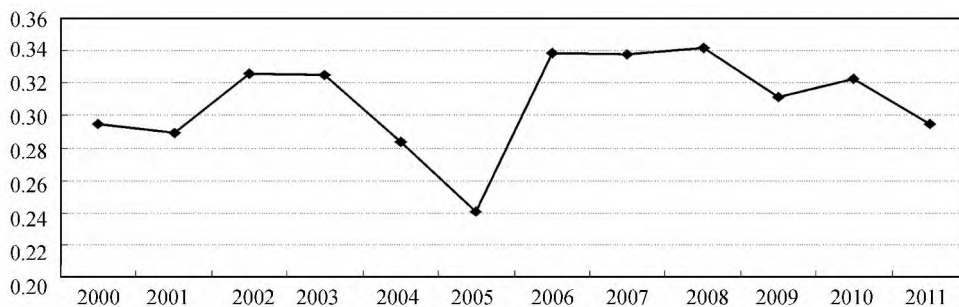


图 3 2000~2011 年我国各省节能减排效率空间相关性的全局 Moran's I 值

数据来源: 根据各年度《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》计算和整理而得。

从图 4 可以看出, 东部沿海区域效率一直较高, 而西部地区的效率一直较低, 东北地区的效率值则有所下降。这不仅与我国各区域不同的经济实力、人才支撑、政策扶持等因素密切相关, 还受区域间溢出效应的影响。中部地区较之于西部地区, 在地理位置上更邻近东部地区, 受到东部地区的辐射和影响更为显著, 因此节能减排效率高于西部地区。另外, 辽宁、北京和河北等地节能减排效率的下降, 通过溢出效应影响了内蒙古, 使其效率值进一步降低。

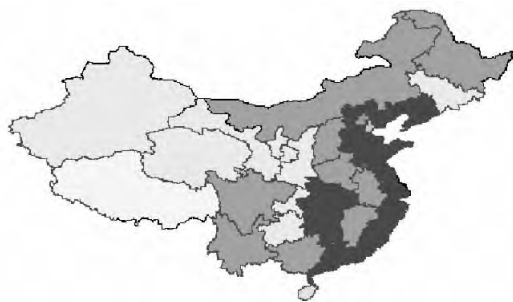


图 4(a) 2000 年地区节能减排效率的分布

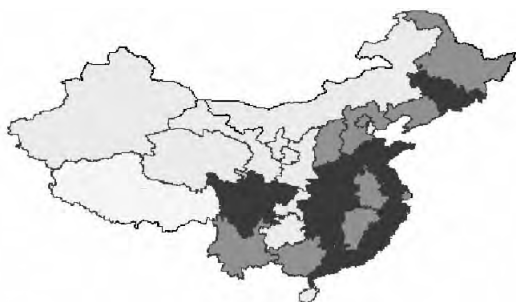


图 4(b) 2011 年地区节能减排效率的分布

注:本地图仅包含了中国大陆地区。黑色区域代表节能减排效率最高,深灰色区域代表节能减排效率中等,浅灰色区域代表节能减排效率最低。另外,西藏地区因数据缺失未纳入测算范围,在图中用白色区域表示。

五、对策与建议

本文运用三阶段 DEA 模型测算了碳减排约束下的我国省际节能减排效率,并对其空间相关性进行了分析。结果表明,我国节能减排效率总体上表现为东中西递减特征,并呈现波动中略有下降的趋势,各区域纯技术效率都维持着较高水平,规模不经济是节能减排效率低下的原因之一;各地区节能减排效率存在空间正相关性。

据此,提出如下对策建议:首先要积极促进产业结构调整。各地区应加快发展第三产业,积极转变经济增长方式并促进产业结构调整和升级转型,同时要大力研发新能源、新材料,并推动战略性新兴产业发展。其次要充分发挥各区域比较优势。各地区应有效利用自身比较优势,最大限度地从源头上提高节能减排效率,如东部地区依托其人才和技术优势加快产业结构优化升级和转型,中部地区利用“中部崛起”战略实现自身快速发展,西部地区依靠其丰富的资源禀赋为东部和中部地区发展提供能源支持,同时要改善地区规模不经济现象。各地区企业应通过有效的并购重组获得规模经济效应,并强化企业管理水平,使其与经济规模相适应,否则管理无效率会阻碍节能减排效率的提升。最后要通过合作共享促进趋同发展。要加强区域间资源共享及交流合作,实现地区间优势互补^[15],强

化地区间溢出效应,缩小我国各地区节能减排效率的梯度差异,在全国范围内实现经济发展与资源节约、环境保护的多赢格局。

参考文献:

- [1] 张磊,蒋义. 促进节能减排的税收政策研究[J]. 中央财经大学学报,2008,(8):6-11.
- [2] 王琳,肖序,许家林. “政府—企业”节能减排互动机制研究[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(6):102-109.
- [3] 刚梦醒. 我国节能减排的综合评价研究[D]. 河南:郑州大学,2012.
- [4] 何波,郭嗣琮. 企业节能减排绩效的模糊数学评价模型[J]. 能源技术经济,2012,24(5):51-55.
- [5] 李红锦,李胜会. 基于 DEA 模型的城市化效率实证研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版),2010,33(3):51-56.
- [6] 李春发,王向丽. 我国城市创意产业运营效率测度和评价研究[J]. 大连理工大学学报(社会科学版),2013,34(3):1-7.
- [7] 于鹏飞,李悦,高义学,等. 基于 DEA 模型的国内各地区节能减排效率研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(3):39-42.
- [8] 孙欣. 省际节能减排效率变动及收敛性研究[J]. 统计与信息论坛,2010,25(6):101-107.
- [9] 余泳泽. 我国节能减排潜力、治理效率与实施路径研究[J]. 中国工业经济,2011,(5):58-68.
- [10] 赵成柏,毛春梅. 我国地区节能减排效率的差异及影响因素研究[J]. 中国科技论坛,2012,(6):102-108.
- [11] FRIED H O, LOVELL C A K, SCHMIDT S S, *et al.* Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis[J]. Journal of Productivity Analysis, 2002, 17(1):157-174.
- [12] 罗登跃. 三阶段 DEA 模型管理无效率估计注记[J]. 统计研究,2012,29(4):104-107.
- [13] 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):35-44.
- [14] SIMAR L, WILSON P W. Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes[J]. Journal of Econometrics, 2007, 136(1):31-64.
- [15] 李强,徐康宁,魏巍. 自然资源、地理位置与经济增长——基于 2000~2010 年省级面板数据的分析[J]. 东北大学学报(社会科学版),2013,15(3):251-257.