

DOI:10.13216/j.cnki.upcjess.2018.02.0007

考虑非期望产出的中国区域生态效率测度及差异分析

刘丙泉 王 超
(中国石油大学 经济管理学院,山东 青岛 266580)

摘要:将环境污染视为非期望产出,并考虑省级区域的异质性,构建基于共同前沿的生态效率测度模型,对 2005—2016 年中国 30 个省市自治区的生态效率进行评价,并分析全国、三大经济带内及三大经济带间的差异。结果表明:考察期内中国整体生态效率偏低,但呈现平稳上升的趋势;在不同前沿面下,中国大多省市自治区生态效率的表现差异巨大;区域生态效率表现不同,东部地区生态效率最高、中部次之、西部地区最低,这与三大经济带的经济发展水平相一致;中国整体生态效率差距正逐步缩小,并趋向收敛,东部区域差距先收敛后发散但差距较小,中部区域差距趋向发散,西部区域差距居高不下,东部与中部间差距先收敛后发散且发散趋势明显,东西、中西部差距一直很大。

关键词:共同前沿;生态效率;非期望产出;收敛性
中图分类号:F205;X24 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-5595(2018)02-0045-05

改革开放 30 多年以来,中国经济高速发展,成为了世界第二大经济体。然而,高投入、高排放的粗放型经济增长方式并未从根本上转变。伴随在生产过程中非期望产出(如三废)的大量排放,严重破坏了中国的生态环境。因此,在经济新常态下,加快推进区域绿色发展,实现经济发展和环境质量的共同提升,是现阶段中国各级政府面临的首要问题。

一、文献综述

自从美国学者 Schaltegger 在 1990 年首次提出生态效率^[1]的概念后,通过对生态效率评价来反映可持续发展程度的方法得到了广泛的认可。生态效率评价的方法主要有单一比值法、指标体系法及模型法三类。其中,单一比值法虽然操作简单,但只能得到一个单一的综合值,不能区分不同环境的影响,也不能给出改进方向^[2-3];指标体系法虽然能将经济、自然、社会等多方面因素综合考虑在内,但需要人为地确定权重,这就避免不了人的主观性^[4-6];而 Data Envelopment Analysis 模型(简称 DEA 模型)法

凭借所需指标少、不需要人为确定权重、有很强的客观性等优点,被广泛应用于企业、行业、生态园区、区域等的生态效率评价研究中。例如,付丽娜等运用超效率 DEA 模型测算了 2005—2010 年长株潭“3+5”城市群中各城市的生态效率^[7];李胜兰等运用 DEA 模型测算了地方政府竞争视角下的中国 30 个省市自治区的区域生态效率,并检验了环境规制对中国区域生态效率的影响^[8];成金华等应用空间自相关方法对中国省级区域的生态效率演化格局进行了实证分析,并探寻了影响区域生态效率差异变化的空间机制^[9];杨凯等基于区域梯度发展模式分析了中国工业生态效率区域差异^[10];李佳佳等通过建立空间计量和门槛面板模型研究了城市规模对生态效率的影响及其区域差异^[11]。研究发现,在区域生态效率测算方面,大多学者将所有决策元(Decision Making Unit,简称 DMU)放在单一前沿下参与运算,认为 DMU 之间不存在群组关系,并未考虑各区域的地域限制、资源禀赋、政策导向等因素而带来的异

收稿日期:2017-12-01
基金项目:国家自然科学基金项目(71661025);教育部人文社会科学研究基金项目(16YJAZH054);山东省自然科学基金项目(ZR2016GQ06);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(15CX04079B)
作者简介:刘丙泉(1982—),男,山东新泰人,中国石油大学(华东)经济管理学院副教授,博士,研究方向为生态效率评价、区域可持续发展。

质性问题。另外,在区域生态效率差异分析方面,当前研究大多以效率值的统计分析作为差异分析手段,从静态和动态的视角对区域生态效率差异进行分析,而对区域内及区域间的生态效率差异是趋向收敛还是发散关注较少。

基于此,本研究将中国 30 个省市自治区(不包括港、澳、台及西藏,下同)按三大经济带划分为东、中、西三大区域,构建并应用考虑非期望产出的共同前沿模型,对 2005—2016 年中国生态效率进行评价,然后采用经济学中的 σ -收敛假说来测度全国、三大区域内部及三大区域间生态效率的差异收敛性。

二、研究设计

(一) 考虑非期望产出的共同前沿模型

在传统区域生态效率的 DEA 测度中,认为不同区域是同质的,将所有 DMU 放在单一前沿面下进行评价,并通过单一效率值来判定各区域的生态效率是否为 DEA 有效,不考虑不同区域存在的“先天差异”,显然是不合理的。根据 Fare 等提出的环境生产技术(又称弱可处置性生产技术)概念^[12]及 Battese 对共同前沿模型的定义^[13],将所有参评的 S ($S=30$) 个区域划分为 L ($L=3$) 个不同类型的组, $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 为投入要素, $Y=(y_1, y_2, \dots, y_m)$ 为产出要素, $U=(u_1, u_2, \dots, u_j)$ 为非期望产出,则第 l 个组的投入产出关系可以表示为: $p^l(x)=\{(y, u): (x, y, u) \in T^l\}$, T^l 为第 l 组 DMU 决定的技术集。 $p^l(x)$ 决定的生产前沿称为区域前沿面,所有 $p^l(x)$ 决定的生产前沿称为共同前沿面。

假定 X_{kn} 表示第 k 个地区的第 n 种投入总量($n=1, 2, \dots, N; k=1, 2, \dots, S$), Y_{km} 表示第 k 个地区第 m 种产出的总量($m=1, 2, \dots, M$), U_{kj} 表示第 k 个地区第 j 种非期望产出的总量($j=1, 2, \dots, J$),则在严格环境规制并假定规模效率不变的前提下, DMU_0 在共同前沿下的效率($\theta=1-a$)可由式(1)计算获得:

$$\begin{aligned} &\max \alpha \\ \text{st. } &\sum_{k=1}^S \lambda_k x_{kn} \leq x_{0n}, \quad n=1, 2, \dots, N \\ &\sum_{k=1}^S \lambda_k y_{km} \geq (1+a)y_{0m}, \quad m=1, 2, \dots, M \\ &\sum_{k=1}^S \lambda_k u_{kj} = (1-a)u_{0j}, \quad j=1, 2, \dots, J \\ &\lambda_k \geq 0, k=1, 2, \dots, S \end{aligned} \tag{1}$$

假定将 S 个区域划分为 L 个类型组后, DMU_0 隶属第 t 个小组($t=1, 2, \dots, L$),则在严格环境规制并假定规模效率不变的前提下, DMU_0 在其区域前

沿下的效率($\delta=1-\beta$)可由式(2)计算获得:

$$\begin{aligned} &\max \beta \\ \text{st. } &\sum_{k=1}^S \lambda_k x_{kn}^t \leq x_{0n}, \quad n=1, 2, \dots, N \\ &\sum_{k=1}^S \lambda_k y_{km}^t \geq (1+\beta)y_{0m}, \quad m=1, 2, \dots, M \\ &\sum_{k=1}^S \lambda_k u_{kj}^t = (1-\beta)u_{0j}, \quad j=1, 2, \dots, J \\ &\lambda_k \geq 0, k=1, 2, \dots, S^t, \quad t=1, 2, \dots, L \end{aligned} \tag{2}$$

在共同前沿面下的效率值为 θ ($\theta=1-a$),且当 $\theta=1$ 时, DMU_0 位于共同前沿面上;在区域前沿面下的效率值为 δ ($\delta=1-\beta$),且当 $\delta=1$ 时, DMU_0 位于共同前沿面上。

(二) 指标体系构建

生态效率追求的是以最少的资源投入与最小的环境污染获得最大的经济产出,而且区域生态效率也是以实现低投入、低污染、高产出的区域经济发展模式为目标,因此,研究选取城市全年供水总量、电力消费量等作为资源投入指标,地区 GDP 作为经济产出指标,并以固体废物产生量等污染物排放量作为非期望产出指标,构建中国区域生态效率评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 中国省级区域生态效率评价指标体系

类型	名称	单位
投入指标	建成区面积	平方公里
	城市全年供水总量	亿吨
	电力消费量	亿千瓦/小时
期望产出指标	地区 GDP	亿元
非期望产出指标	固体废物产生量	万吨
	二氧化硫排放量	吨
	废水排放量	万吨

三、实证研究

(一) 数据来源

本文以 2005—2016 年中国 30 个省市自治区为研究样本,所取数据主要由《中国统计年鉴》(2005—2016)、《中国环境统计年鉴》等整理获得。

(二) 实证结果与不同前沿面下的生态效率测度分析

将 30 个省级区域根据经济带划分为东部地区、中部地区和西部地区三大群组,分别在共同前沿面和区域前沿面下测算各省市自治区的生态效率值,计算结果分别用 M-EE 和 G-EE 表示,并对全国、三大经济带内及三大经济带间的生态效率差异进行收敛性分析。

根据式(1)与式(2)对中国 30 个省市自治区的生态效率进行测算,结果如表 2 所示。

据对表 2 的分析可得到,从共同前沿评价结果

看,考察期内中国整体生态效率偏低,效率均值最高仅为 0.85,但呈现平稳上升的趋势,预计未来几年会有进一步提升。从三大区域来看,中国三大经济带生态效率呈现出由东部向中西部梯度递减的趋势,这与三大经济带的经济发展水平相一致。东部地区的生态效率均值最高,且在考察期内一直都高

于 0.95,其中,北京、上海等 6 个省市在 12 年间的效率值一直为 1,只有辽宁的生态效率较低;中部地区的生态效率均值较低,虽呈现平稳上升趋势,但在 2005—2016 年生态效率都未超过 0.9;西部地区的生态水平很差,在考察期内生态效率均值虽有小幅上升,但均低于 0.7。

表 2 中国省级区域生态效率统计描述(2005—2016 年)

区域	M-EE				G-EE			
	2005—2007	2008—2010	2011—2013	2014—2016	2005—2007	2008—2010	2011—2013	2014—2016
北 京	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
天 津	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
河 北	0.99	0.99	0.99	0.96	1.00	1.00	0.99	0.96
辽 宁	0.66	0.72	0.81	0.81	0.66	0.72	0.81	0.81
上 海	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
江 苏	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
浙 江	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	0.96
福 建	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99
山 东	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
广 东	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
海 南	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
东部均值	0.97	0.97	0.98	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
山 西	0.73	0.76	0.78	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00
吉 林	0.69	0.80	0.94	1.00	0.93	1.00	1.00	1.00
黑龙江	0.81	0.76	0.80	0.77	1.00	0.97	0.96	0.87
安 徽	0.75	0.70	0.76	0.77	0.95	0.88	0.87	0.85
江 西	0.85	0.87	0.87	0.83	1.00	1.00	1.00	1.00
河 南	0.89	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
湖 北	0.75	0.79	0.86	0.91	0.96	0.96	0.98	1.00
湖 南	0.82	0.91	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
中部均值	0.79	0.82	0.87	0.87	0.98	0.98	0.98	0.97
内 蒙 古	0.94	1.00	1.00	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00
广 西	0.63	0.64	0.69	0.67	0.93	0.87	0.85	0.87
重 庆	0.86	0.88	0.81	0.81	1.00	1.00	1.00	1.00
四 川	0.74	0.85	0.88	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00
贵 州	0.44	0.67	0.66	0.74	0.67	0.76	0.68	0.82
云 南	0.95	0.87	0.75	0.78	0.99	0.91	0.80	0.84
陕 西	0.90	0.99	0.99	0.96	0.99	1.00	1.00	1.00
甘 肃	0.26	0.25	0.33	0.43	0.55	0.49	0.49	0.55
青 海	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
宁 夏	0.09	0.11	0.13	0.13	0.22	0.23	0.24	0.26
新 疆	0.72	0.49	0.36	0.33	0.95	0.72	0.56	0.56
西部均值	0.66	0.70	0.69	0.70	0.84	0.81	0.78	0.81
全国均值	0.80	0.83	0.85	0.85	0.93	0.92	0.91	0.92

从区域前沿评价结果看,考察期内中国整体生态效率水平较高,效率均值高于 0.9。东部与中部地区的生态效率均值很高,在 2005—2016 年效率均值都高于 0.97,且表现平稳;西部生态效率均值在 12 年间虽有小幅波动,但基本保持在 0.8 左右。

通过对比发现,在共同前沿和区域前沿下,各省市的生态效率值的表现及演化规律并不相同。在区域前沿下,各省市的效率均值普遍的比在共同前沿下的大。东部地区除河北省有小幅波动外,其他各

省市在两个前沿面下的表现基本一致,而中西部绝大多数省市自治区在两个前沿面下表现差异巨大,以山西省为例,在区域前沿下山西省在 2005—2016 年的生态效率值始终为 1,一直处于区域前沿面上,但在共同前沿面下生态效率均值在考察期内未高于 0.8,最大值仅为 0.78,生态效率水平很低,因此有很大的提升空间。另外,中部的生态效率均值在共同前沿下最大仅为 0.87,而在区域前沿下生态效率均值最大达到 0.98,生态效率达到了东部的水平,

甚至有时还超越东部,成为效率最优的区域。西部的生态效率均值在区域前沿下最小时为0.78,而在共同前沿下最大时也只有0.70。由此可说明东部地区各省市的生态效率明显高于中西部地区,导致这一现象的原因可能在于:东部地区地处中国东部沿海,经济和科学技术发展水平较高,商品经济比较发达,经济产业大多为轻工业,第三产业所占比重较大,环境治理资金充足,经济发展与环境保护协调度较高,与之相比,中西部地区地处内陆,自然环境条件较差,经济产业大多为第一、二产业,重工业所占比重较大,长期处于能源、原材料的供给地,环境污染较严重,这导致综合生态效率长期与东部差距较大。

由上述分析可以发现,中国整体生态效率水平偏低,省市间差距较大,三大经济带生态效率的表现并不相同,区域内部及区域间的生态效率也存在较大差异,因此提升中国生态效率不能“分而治之”,必须采取整体治理、协同治理的措施,所以认清这些差异的演化规律,明确这些差异是趋向收敛还是发散,有助于中国各级政府制定针对性、协调性的政策。为此,本研究采用经济学中的 σ -收敛假说来测度全国、三大经济带内部及三大经济带间生态效率的差异收敛性。在经济学中, σ -收敛假说是随着时间的推移以标准差度量的不同经济体之间人均产出水平的离散程度指标逐渐减小。本文据此,以 t 表示年份, N 表示所有参评省市自治区, D_t 表示年份 t 时 N 个省市自治区之间生态效率的样本标准差,通过 D_t 随时间的变化来反映全国、各区域内及各区域间生态效率的离散程度,计算公式为

$$D_t = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_{i,t} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{i,t})^2} \quad (3)$$

若随时间推移标准差变小,则说明所测度的差异趋向收敛,反之则趋向发散。根据式(3)可得到中国区域生态效率演化规律,如图1所示。

从图1可以得到,从全国来看,在考察期内参评的30个省市自治区间的生态效率的差距正逐步缩小,且趋向收敛于0.19。从三大经济带内部来看,东部地区各省市间差距在2005—2012年间逐渐缩小,并收敛于0.05,而在2013年后开始拉大,并有发散趋势;中部地区各省间差距趋向发散,呈现波动上升趋势;西部地区各省市自治区间差距一直居高不下,虽在2009—2014年间有小幅下降,但从2014年后开始上升。从三大经济带之间来看,东中部地区间差异在2005—2012年趋向收敛,但从2012年后呈现发散趋势;东西部地区间差异在考察期12年

间虽然趋向收敛,但差距过大并且没有明显改善;中西部地区间差异在考察期内基本趋于稳定且一直较大。由此可见,在未来几年,中国应着重提升中西部地区的生态效率水平,缩小东中、东西及中西部地区的差距。当前,中西部地区不仅承受着地处内陆、自然环境条件较差的“先天缺陷”,还随着东部地区的产业升级,更多的传统产业和过剩产能被转移到中西部地区,使中西部地区生态环境更加恶化。因此,做好对传统产业的承接,优化产业结构,大力发展第三产业,引进先进的生产技术,转变经济增长方式,走依靠技术推动、创新推动的可持续发展道路,对提高中西部地区及中国整体生态效率水平有重要的现实意义。

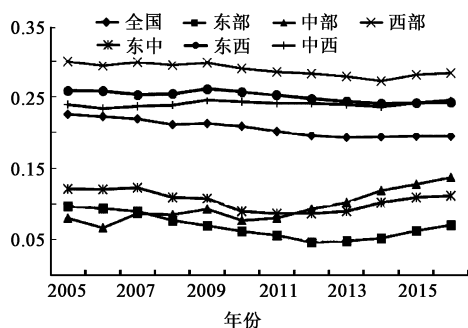


图1 中国区域生态效率演化规律

四、结论与启示

本文应用考虑非期望产出的共同前沿模型定量评估了2005—2016年中国30个省市自治区的生态效率,并分析了中国整体、三大经济带内及三大经济带间生态效率的差异演化规律和收敛性。主要结论包括:(1)中国整体生态效率偏低,效率均值最高仅为0.85,但趋势是平稳上升的,且预计未来几年会有进一步提升。三大经济带生态效率演化规律不同,东部地区生态效率水平最高,中部地区生态效率次之,西部地区生态效率最低,这与三大经济带的经济发展水平相一致。(2)在共同前沿和区域前沿下,各省市自治区的生态效率值的表现并不相同,东部地区各省市的表现基本一致,而中西部绝大多数省市自治区在两个前沿面下表现差异巨大,说明东部地区各省市的生态效率明显高于中西部地区。(3)在考察期内,中国整体生态效率差距正逐步缩小,并趋向收敛。东部差距先收敛后发散但差距较小;中部差距趋向发散,且呈现波动上升趋势;西部差距一直居高不下。东中部间差异先收敛后发散但发散趋势明显,东西部间差异虽趋向收敛;但差距过大并且没有明显改善;中西部间差异在考察期内基本趋于稳定且一直较大。

鉴于此,可得到如下启示:(1)中国整体生态效率水平偏低,中西部地区的低生态效率水平是造成这一现状的根源所在,中西部地区应克服“先天缺陷”,对东部转移的产业做到有选择的承接,根据自身的特点大力发展特色产业,引领区域经济走向低消耗、低污染、高产出的集约型增长模式。(2)中国三大区域间差距较大,东部生态效率水平最高,中部次之,西部最低。因此充分发挥东部地区的示范作用,鼓励中西部地区向东部地区学习,加强经济带间各省市自治区的交流,着重提升中西部地区的生态效率是缩小区域间差距、提高中国整体生态效率水平的必要手段。

参考文献:

[1] Schaltegger S, Sturm A. Ökologische rationalität: ansatzpunkte zur ausgestaltung von ökologieorientierten management instrumenten [J]. Die Unternehmung, 1990 (4):273-290.

[2] 黄和平,伍世安,智颖颢,等. 基于生态效率的资源环境绩效动态评估——以江西省为例[J]. 资源科学,2010, 32(5):924-931.

[3] 程翠云,任景明,王如松. 我国农业生态效率的时空差异[J]. 生态学报,2014,34(1):142-148.

[4] 张子龙,鹿晨昱,陈兴鹏,等. 陇东黄土高原农业生态效率的时空演变分析——以庆阳市为例[J]. 地理科学 2014,34(4):472-478.

[5] 陈作成,龚新蜀. 西部地区产业系统生态效率测评与影

响因素分析[J]. 中国科技论坛,2013,1(10):49-55.

[6] Van Caneghem J, Block C, Cramm P, et al. Improving-efficiency in the Steel Industry: the Arcelor Mittal Gent Case[J]. Journal of Cleaner Production, 2010, 18(8): 807-817.

[7] 付丽娜,陈晓红,冷智花. 基于超效率 DEA 模型的城市群生态效率研究——以长株潭“3+5”城市群为例[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(4):169-175.

[8] 李胜兰,初善冰,申晨. 地方政府竞争、环境规制与区域生态效率[J]. 世界经济,2014(4):88-110.

[9] 成金华,孙琼,郭明晶,等. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24 (1):47-54.

[10] 杨凯,王要武,薛维锐,等. 区域梯度发展模式下我国工业生态效率区域差异与对策[J]. 系统工程理论与实践,2013,33(12):2095-3102.

[11] 李佳佳,罗能生. 城市规模对生态效率的影响及区域差异分析[J]. 中国人口·资源与环境,2016,26(2): 129-136.

[12] Färe R, Grosskopf S, Lovell C K. Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs Are Undesirable: A Non-parametric Approach [J]. The Review of Economics and Statistics, 1989, 71(2):90-98.

[13] Battese G E, Rao D S P. Technology Gap Efficiency, and A Stochastic Meta Frontier Function [J]. International Journal of Business and Economics, 2002, 1(2): 87-93.

责任编辑:韩国良

The Measurement and Convergence Analysis of Regional Eco-efficiency in China Considering Undesirable Output

LIU Bingquan, WANG Chao

(School of Economics and Management, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China)

Abstract: Regarding the environmental pollution as the undesirable output and considering the heterogeneity of provincial region, this paper constructs the eco-efficiency measure model based on the common frontier to evaluate the eco-efficiency of 30 provinces in China in 2005—2016 and analyze its differential convergence. The results show that the overall ecological efficiency of China is low, but is growing steadily. Under different frontier, there are great differences in the performance of ecological efficiency in most provinces and cities. The regional ecological efficiency preforms in different trends. The ecological efficiency of the eastern region is the highest, the central region is the second, and the western region is the lowest. This is consistent with the level of economic development of the three economic zones. China's overall ecological efficiency gap is gradually narrowing, and tends to converge. The gap among the eastern region tends to converge firstly and then to diverge, but the gap is smaller. The gap among the central region tends to diverge, and the gap among the western regions remains high. Still another, the gap between the east and the central region tends to converge firstly and then to diverge with very obvious trend. The gap between the east region and west region and the gap between central regions and western region have been remaining high.

Key words: Meta-frontier; eco-efficiency; undesirable output; convergence