

文章编号: 1000-5862(2014)04-0424-05

# 鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业 环境技术效率测度研究

徐 晔, 胡志芳

(江西财经大学信息管理学院, 江西 南昌 330032)

**摘要:** 将 Global Malmquist-Luenberger 指数与方向性距离函数相结合, 测算了 2009—2012 年鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业的环境技术效率, 并将环境全要素生产率的变动情况分解为技术进步指数和效率改进指数 2 个方面, 最后运用面板 Tobit 模型对影响鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率的因素进行分析. 研究结果表明: 鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业环境技术水平总体偏低, 各产业环境技术效率差异较大; 环境全要素生产率的增长主要源于技术进步; 外商直接投资、技术进步和固定资产投资对战略性新兴产业环境技术效率有显著正影响, 产业产出和环境管制力度对战略性新兴产业环境技术效率有负影响.

**关键词:** 战略性新兴产业; 环境技术效率; Global Malmquist-Luenberger 指数

**中图分类号:** F 224; F 276. 44

**文献标志码:** A

## 0 引言

伴随着我国工业经济的迅猛发展, 环境污染、资源短缺等生态环境问题日渐严重, 并且成为制约我国经济发展的重要因素. 在此背景下, 大力发展战略性新兴产业, 促进经济转型, 逐步成为理论界与实践界的共识. 战略性新兴产业在起步阶段存在技术不成熟的特点, 发展中又不可避免要面临资源环境约束. 因此, 对战略性新兴产业的环境技术效率进行测度并对其影响因素进行分析, 对提高战略性新兴产业的竞争力具有重要的意义.

国外研究学者给出了环境技术效率的定义, 并提出了环境技术效率的几种测算方法. R. Luenberger 等<sup>[1]</sup>将排放的污染物看作非期望产出, 采用方向性距离函数( SBM) 和数据包络分析( DEA) 方法对环境技术效率进行了测度. S. Reinhard 等<sup>[2]</sup>指出数据包络分析与随机前沿分析是最常用的测算环境技术效率的方法. R. Fare 等<sup>[3]</sup>利用方向性距离函数测度了 1985—1998 年美国燃煤发电企业污染排放物的影子价格, 发现了发电企业  $SO_2$  的排放与  $NO_x$  的

排放存在相互替代的关系. 在国外学者的研究基础上, 国内学者也对环境技术效率及其影响因素进行了研究. 但国内学者更侧重于对环境技术效率或环境全要素生产率进行实证分析. 胡鞍钢等<sup>[4]</sup>以方向性距离函数构建全要素生产率模型, 在考虑环境因素的情况下对 1978—2005 年中国省级生产率中的技术效率进行了排名. 吴军等<sup>[5-6]</sup>采用方向性距离函数在环境约束条件下测算了我国各省市环境技术效率, 并分析了全要素生产率指数的变动状况及其收敛性. 庞瑞芝等<sup>[7]</sup>利用 SBM 方向性距离函数分析了中国工业企业的内涵型增长效率. 齐亚伟等<sup>[8]</sup>运用方向性距离函数和 GML 指数测算了中国各省市的环境效率. 石风光<sup>[9]</sup>采用 DEA 模型测算了中国各省市的环境技术效率, 同时对各地区环境技术效率的随机收敛性进行了检验.

不同的学者从不同的视角对战略性新兴产业做了不同的界定. 归结起来, 战略性新兴产业是以高新技术和长远的发展潜力为基础, 对国家经济具有全局影响和强大的带动作用的产业. 战略性新兴产业应具备全局性与战略性, 前瞻性与新兴性, 带动力强、渗透力高, 具有良好的综合效益和增长潜力, 经

收稿日期: 2014-05-20

基金项目: 江西省教育厅科技计划( GJJ14320), 江西省高等学校科技落地课题( KJLD13032) 和江西省高校哲学社会科学研究重点招标课题( ZD05) 资助项目.

作者简介: 徐 晔( 1962-), 女, 江西南昌人, 教授, 博士生导师, 主要从事数量经济学研究.

济增长速度快等特点<sup>[10]</sup>. 当前, 战略性新兴产业主要以政策性研究居多, 将战略性新兴产业与技术效率相结合开展研究还不多见.

本文将 GML 指数和方向性距离函数相结合, 对 2009—2012 年鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业环境技术效率进行测度, 同时对环境全要素的变动情况进行分解. 最后运用面板 Tobit 模型对影响鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率的因素进行分析.

## 1 研究方法

环境技术效率相比于传统技术效率增加了环境方面的变量, 考虑了生产过程中的污染物排放状况, 反映了投入、产出和排放的污染物之间的关系, 体现了实际产出与理想产出之间的差距. 因此, 首先构造 1 个生产可能性集, 它包含期望产出和非期望产出.

假设战略性新兴产业各行业投入  $N$  种要素, 用  $x = (x_1, \dots, x_N) \in \mathbf{R}_+^N$  代表投入向量, 得到  $M$  种期望产出, 用  $y = (y_1, \dots, y_M) \in \mathbf{R}_+^M$  表示, 以及  $J$  种非期望产出, 用  $b = (b_1, \dots, b_J) \in \mathbf{R}_+^J$  表示, 则  $N$  种投入要素  $x$  所产生的期望产品及非期望产品的组合为

$$p(x) = \{(y, b) : x(y, b)\} \quad x \in \mathbf{R}_+^N.$$

### 1.1 方向性距离函数

方向性距离函数能够测算出决策单元相对于前沿技术面的距离, 能够解决包含非期望产出的效率评价问题. 根据 R. Luenberger 等<sup>[1]</sup>提出的短缺函数, 建立方向性距离函数:

$$\begin{aligned} \vec{D}_o(x, y, b; g_y, -g_b) &= \max\{\beta : (y + \beta g_y, \\ b - \beta g_b) &\in p(x)\}, \end{aligned}$$

其中  $g = (g_y, -g_b)$  为方向性向量,  $\beta$  为方向性距离函数, 以设定的方向向量为权数, 同时寻找期望产出最大化以及非期望产出最小化, 以实现最优产出.

### 1.2 Global Malmquist-Luenberger (GML) 指数模型

采用 Malmquist-Luenberger 指数只能测算相邻期间的环境全要素生产率, 无法观测环境生产率的长期变动情况, 而且可能会导致方向性距离函数线性规划无解. 而基于全局生产技术集构建的 Global Malmquist-Luenberger 指数, 既能分析环境全要素生产率的长期变动情况又能有效避免线性规划无解的问题, 同时还能避免“技术倒退”现象的发生. 因此, 本文依照文献<sup>[11]</sup>在不变规模报酬约束下将环境全要素生产率分解为技术进步和效率改进 2 个部

分:

$$\begin{aligned} G^{t,t+1} &= \frac{\vec{S}^G(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{\vec{S}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} = \\ &= \frac{\vec{S}^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)}{\vec{S}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})} \cdot \\ &= \frac{[\vec{S}^G(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t) / \vec{S}^t(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t)]}{[\vec{S}^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1}) / \vec{S}^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; y^{t+1}, -b^{t+1})]} = \\ &= (T^{t+1} / T^t) (B_t^{t+1} / B_t^t) = \\ &= E^{t,t+1} \cdot B^{t,t+1}. \end{aligned}$$

技术进步指数 ( $E$ ) 衡量了生产技术的变化程度, 效率改进指数 ( $B$ ) 衡量了效率的变化程度.  $G$ 、 $E$  和  $B$  大于 1 (小于 1) 分别表示全局全要素生产率增长 (下降)、技术进步 (倒退) 和效率改善 (倒退).  $\vec{S}(x, y, b; g) = 1 + \vec{D}(x, y, b; g)$ ,  $\vec{D}_o^G(x^t, y^t, b^t; g^t) = \max\{\beta : (y^t, b^t) + \beta g^t \in p^G(x^t)\}$  是全局方向性距离函数.

为了对 Global Malmquist-Luenberger 指数进行测算和分解, 在规模报酬可变和不可变的情况下, 采用线性规划方法分别计算 4 个方向性距离函数. 在观测值方面, 全局方向性距离函数和当期方向性距离函数一样, 使用  $t$  或  $t+1$  期的观测值, 不同于当期方向性距离函数使用  $t$  或  $t+1$  期的生产前沿面, 全局方向性距离函数利用整个时间段的生产函数, 因此  $t$  期的全局方向性距离函数求解模型如下:

$$\begin{aligned} D_o^G(x^t, y^t, b^t; y^t, -b^t) &= \max \beta \\ \text{s. t. } &\begin{cases} \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K z_k^i y_{km}^t \geq (1 + \beta) y_m^t, & m = 1, 2, \dots, M, \\ \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K z_k^i b_{kj}^t = (1 - \beta) b_j^t, & j = 1, 2, \dots, J, \\ \sum_{i=1}^T \sum_{k=1}^K z_k^i x_{kn}^t \leq (1 - \beta) x_n^t, & n = 1, 2, \dots, N, \\ z_k^i \geq 0, & k = 1, 2, \dots, K. \end{cases} \end{aligned}$$

## 2 战略性新兴产业环境技术效率的实证分析

### 2.1 数据的选取与处理

本文选取了鄱阳湖生态经济区 2009—2012 年十大战略性新兴产业的数据对鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境效率进行测度. 数据来源于《江西省统计年鉴》以及江西省工业与信息部发布的鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业生产经营情

况.假定战略性新兴产业生产过程中有 3 种投入变量:资本投入、劳动投入和技术投入,其中,资本投入采用各行业固定资产净值表示,折算成以 2000 年为基期的不变价格;劳动投入选取各行业从业人数总和进行表示;技术投入选取各行业 R&D 经费内部支出进行表示,折算成以 2000 年为基期的不变价格.产出包括期望产出和非期望产出,其中期望产出变量包括产出增长和技术增长.产出增长以各行业总产值表示,折算成以 2000 年为基期的不变价格;技术增长以各产业拥有发明专利数表示<sup>[12]</sup>.非期望产出变量为环境污染变量,采用各产业工业 SO<sub>2</sub> 排放量表示<sup>[13]</sup>.

## 2.2 战略性新兴产业环境技术效率测度结果

利用 2009—2012 年的投入、产出数据,求解线性规划模型,算出方向性距离矩阵函数值,然后算出鄱阳湖生态经济区十大战略新兴产业每年的环境技术效率值,计算结果如表 1 所示.

由表 1 可知,鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业环境技术效率的均值从 2009 年的 0.68 缓慢上升到 2011 年的 0.75,再下降到 2012 年的 0.73,呈现先上升后下降的趋势,但是总体有所上升.环境技术效率逐渐上升,说明鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业对资源的利用率越来越高,各产业发展与环境越来越协调.

鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业的环境技术

表 1 十大战略性新兴产业的环境技术效率(ETE)

产业	年份				均值
	2009	2010	2011	2012	
光 伏	0.53	0.40	0.68	0.50	0.56
风能、核能	0.79	0.73	0.8	0.78	0.78
新能源汽车及动力电池	0.73	0.87	0.81	0.76	0.81
航空制造	0.66	0.67	0.73	0.75	0.71
半导体照明	0.72	0.71	0.77	0.73	0.74
金属新材料	0.52	0.67	0.65	0.70	0.66
非金属新材料	0.86	0.83	0.86	0.84	0.86
生 物	0.62	0.63	0.64	0.63	0.63
绿色食品	0.78	0.81	0.83	0.79	0.82
文 化	0.61	0.71	0.75	0.81	0.74
均 值	0.68	0.70	0.75	0.73	

效率总体水平较低,产业之间的环境技术效率差异较大.战略性新兴产业的发展与社会环境保护处于失衡状态,战略性新兴产业仍处于粗放式发展阶段,环境技术效率有极大地提高空间,战略性新兴产业与环境和谐发展的潜力较大.这与鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业处于发展初期,技术发展不成熟,主要依靠资源消耗增加产能的发展现状相符.

## 2.3 环境技术效率指数的变动及其分解

根据所得环境技术效率结果,利用  $G$  指数,在考虑和不考虑非期望产出弱可处置的情况下,对 2009—2012 年鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境全要素生产率进行测算和分解,将  $G$  指数分解为技术进步指数( $E$ )和效率改进指数( $B$ ).具体结果如表 2 所示.

表 2 各产业环境技术效率指数的变动及其分解

产业	考虑非期望产出			不考虑非期望产出		
	$G$	$E$	$B$	$G$	$E$	$B$
光 伏	1.431	1.532	0.934	1.537	1.178	1.305
风能、核能	1.159	0.946	1.225	1.419	1.265	1.122
新能源汽车及动力电池	1.476	1.253	1.178	1.676	1.143	1.466
航空制造	1.251	0.967	1.294	1.305	0.930	1.403
半导体照明	1.165	1.241	0.939	1.094	1.302	0.840
金属新材料	1.012	1.233	0.821	1.186	1.119	1.060
非金属新材料	1.658	1.367	1.213	2.381	1.031	2.309
生 物	1.114	1.180	0.944	1.325	1.564	0.847
绿色食品	1.235	0.890	1.388	1.342	1.086	1.236
文 化	1.037	1.197	0.866	1.133	1.005	1.127
均 值	1.254	1.181	1.080	1.440	1.162	1.272

表 2 中的  $G$  指数、技术进步指数和效率改进指数实际上为各产业在 2009—2012 年间的累积变化值,体现了鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业上述 3 个指标的累积变化状况.

由表 2 可知,在考虑非期望产出的情况下,2009—2012 年间各战略性新兴产业环境全要素生产率均有所提高,整个地区环境全要素生产率总体

上呈现上升的趋势.在非期望产出弱可处置的情况下,鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境生产率增长了 25.4%,技术进步率增长了 18.1%,效率改进程度增长了 8%,因此,战略性新兴产业环境生产率的增长主要源于技术进步.当非期望产出是自由或强可处置性时,平均环境全要素生产率增长指数为 1.440,比考虑非期望产出的情况高出 0.186,所

有产业的环境全要素生产率都有显著的上升,这表明不考虑环境规制时明显高估了全要素生产率的增长。各产业的平均技术进步率为 1.162,比环境约束下的技术进步率低 0.019,效率改进程度为 1.272,比环境约束下的效率改进程度高 0.192。当非期望产出是自由或者弱可处置时,各产业的技术进步程度被低估,而效率改进程度被高估。说明在未考虑非期望产出弱可处置的情况下,战略性新兴产业将主要精力和资源放在对环境污染的治理上而忽视了生产技术的提高。

### 3 环境技术效率的影响因素分析

在测算鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率的基础上,为明晰战略性新兴产业环境技术效率的影响因素,本文进一步对影响因素进行实证分析。

#### 3.1 影响因素指标的选取

综合考虑战略性新兴产业环境技术效率影响因素,选取以下指标进行实证分析:战略性新兴产业产出(GDP)、外商直接投资(FDI)、技术创新(R&D)、环境管制力度(SO<sub>2</sub>)、规模效应(Scale)。其中产业产出采用各产业的工业增加值来衡量,外商直接投资采用各产业外商直接投资来表示,技术创新采用各产业 R&D 内部总支出来衡量,环境管制力度采用各产业 SO<sub>2</sub> 排放量占工业 SO<sub>2</sub> 排放量的比重来衡量,规模效应用各产业固定资产净值来表示。所用数据根据 2009—2012 年《江西省统计年鉴》以及江西省工业与信息部发布的鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业生产经营情况整理而得到。

#### 3.2 环境技术效率影响因素的面板 Tobit 回归分析

由于环境技术效率值是介于 0 和 1 之间的值,所以解释变量是一种受限变量,因此选择 Tobit 模型对鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率的影响因素进行回归,回归方程如下:

$$E_{it}^* = C + \beta_1 G_{it} + \beta_2 F_{it} + \beta_3 K_{it} + \beta_4 R_{it} + \beta_5 S_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$E_{it} = \max(0, E_{it}^*)$$

其中  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$ ,  $t = 1, 2, 3, 4$  (2009 年为第 1 年,2010 年为第 2 年,依此类推);  $E_{it}$ 、 $G_{it}$ 、 $F_{it}$ 、 $K_{it}$ 、 $R_{it}$  以及  $S_{it}$  分别表示产业  $i$  在时间  $t$  的环境技术效率值、产出、外商直接投资、固定资产投资、技术创新以及环境管制力度;  $\varepsilon_{it}$  表示方程的随机误差项;  $C$  表示方程的待定常数项。本文采用软件 Stata12 进行回归

分析,结果如表 3 所示。

表 3 战略性新兴产业环境技术效率影响因素 Tobit 回归结果

变量	战略性新兴产业	
	FE	RE
产业产出	-0.019 (0.067 0) *	-0.086 (0.088 7) *
外商直接投资	0.425 (0.017 5) **	0.374 (0.075 1) *
技术创新	0.372 (0.007 8) ***	0.358 (0.024 3) **
环境管制力度	-0.267 (0.015 7) **	-0.189 (0.042 8) **
规模效应	0.136 (0.034 2) **	0.147 (0.027 6) **
Industry	10	10
Observation	50	50
R <sup>2</sup>	0.742 1	0.738 7

注: (a) 括号内为相应的  $p$  值; (b) \*, \*\*, \*\*\* 分别表示估计系数在 0.10、0.05、0.01 水平上显著。

本文运用 Hausman 检验方法检验,结果发现模型拒绝了原假设,这说明战略性新兴产业适合固定效应模型(FE)。

根据 Tobit 模型回归结果可以看出,技术创新的估计值大于 0,说明技术创新能够促进战略性新兴产业环境技术效率的提高,这与实际相吻合。创新生产技术可以提高要素的利用率,增加战略性新兴产业期望产出,减少非期望产出,从而提高环境技术效率。

外商直接投资的估计值大于 0,说明提高战略性新兴产业的外商直接投资会提高环境技术效率。外商直接投资的增加使企业有更多的资本和机会引进国内外先进技术,提高资源利用率,增加企业的产出,优化产业结构,从而提高环境技术效率。

环境管制力度的估计值小于 0,说明环境管制越严厉,战略性新兴产业环境技术效率水平越高。政府加大环境管制力度将有效督促企业减少污染物的排放,提高居民的环境保护意识,使政府、企业和民众都投身到环境的保护和监管中去,提高环境质量。

规模效应(固定资产投资)的估计值大于 0,说明规模效应对战略性新兴产业环境技术效率的提高具有促进作用。由于规模大的企业相对于小企业而言生产技术更成熟,生产效率更高,技术更新速度更快,对资源的利用率更高,所以其环境技术效率水平相对较高。

战略性新兴产业产出的估计值小于 0,说明战略性新兴产业的产出对环境技术效率有负作用。产业产出越高,伴随的污染物的排放也越大,环境技术效率越低。

### 4 结语

本文运用方向性距离函数和 GML 指数系统地

评价了2009—2012年鄱阳湖生态经济区十大战略性新兴产业的环境技术效率,测算和分解了十大战略性新兴产业环境全要素的变动状况,将环境全要素生产率分解为技术进步和效率改进2个方面,并与未考虑非期望产出的环境全要素生产率变动状况进行了对比。最后分析了战略性新兴产业环境技术效率的影响因素,得出的主要结论如下:

(i) 鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业环境技术效率整体水平偏低,各产业之间的环境技术效率差异较大,说明鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业对资源的利用率较低,产业之间发展不协调。环境技术效率在2009—2012年表现为先上升再下降的状态,但是总体有所上升,说明鄱阳湖生态经济区战略性新兴产业的发展与环境的协调程度越来越好。

(ii) 环境全要素的增长源于技术进步和效率改进,但是技术进步起主要作用。不考虑非期望产出时,环境全要素的增长高于考虑非期望产出时的环境全要素增长。这说明不考虑非期望产出会夸大环境技术效率的增长。

(iii) 技术创新能够促进环境技术效率的提高;外商直接投资对技术效率有促进作用;规模效应对环境技术效率有正效应;环境管制力度越大,战略性新兴产业环境技术效率越高;战略性新兴产业产出对于环境技术效率有负作用,但是影响不显著。

## 5 参考文献

- [1] Luenberger R, Maxfield R. Computing economic equilibria using benefit and surplus function [J]. Computational Economics, 1995, 8(1): 47-64.
- [2] Reinhard S, Lovell C, Thijssen A K. Environmental efficiency with multiple environmentally detrimental variables: Estimated with SAF and DEA [J]. European Journal of Operational Research, 2000, 121(2): 287-303.
- [3] Fare R, Grosskopf S, Carl A P J, et al. Substitutability among undesirable outputs [J]. Applied Economics, 2012, 44(1): 39-47.
- [4] 胡鞍钢, 郑京海, 高宇宁, 张宁, 许海萍. 考虑环境因素的省级技术效率排名(1999—2005) [J]. 经济学(季刊), 2008(3): 933-960.
- [5] 吴军. 环境约束下中国地区工业全要素生产率增长及收敛分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2009(11): 17-27.
- [6] 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): 95-109.
- [7] 庞瑞芝, 李鹏. 中国工业增长模式转型绩效研究: 基于1998-2009年省际工业企业数据的实证考察 [J]. 数量经济技术经济研究, 2011(9): 34-46.
- [8] 齐亚伟, 陶长琪. 我国区域环境全要素生产率增长的测度与分解 [J]. 上海经济研究, 2012(10): 3-13.
- [9] 石风光. 中国地区环境技术效率的测算及随机收敛性检验 [J]. 系统工程, 2013(1): 61-67.
- [10] 李金华. 中国战略性新兴产业发展的若干思辨 [J]. 财经问题研究, 2011(5): 4-10.
- [11] Oh D H. A Global Malmquist-Luenberger productivity index [J]. Journal of Productivity Analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [12] 徐晔, 周才华. 我国生物医药产业环境技术效率测度区域比较研究 [J]. 江西财经大学学报, 2013(5): 24-34.
- [13] 徐晔. 中国制造业环境技术效率的测度及其影响因素研究 [J]. 东岳论丛, 2012(11): 128-135.

## The Research on the Measurement of Environmental Technical Efficiency in the Strategic Emerging Industries of the Poyang Lake Eco-Economic Zone

XU Ye, HU Zhi-fang

(School of Information, Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi 330032, China)

**Abstract:** The environmental technical efficiency and environmental total factor productivity change of the strategic emerging industries in Poyang Lake Eco-economic Zone over the period of 2009 to 2012 are evaluated by applying SBM directional distance function and Global Malmquist-Luenberger index method. The environmental total factor productivity change is decomposed into 2 factors: technical progress and efficiency change, and using panel Tobit model for empirical analysis on the relative influence of factors that affect environment technical efficiency. Calculation results show that the environment technical efficiencies of ten strategic emerging industries are low and have big difference. The growth of environmental total factor productivity change mainly comes from technical progress. Foreign direct investment, technical progress and fixed investment all have a significant positive impact on environmental technology efficiency, but the output of industries and the level of environmental regulation both have a negative impact on environmental technology efficiency.

**Key words:** strategic emerging industry; environmental technical efficiency; Global Malmquist-Luenberger index

(责任编辑: 曾剑锋)