

# 国内海上丝绸之路通过地区的环境效率分析

黄玮珉, 郑奕

(上海海洋大学经济与管理学院 上海 201306)

**摘要:** 文章根据 2007—2014 年的面板数据, 从非期望产出角度, 基于 SBM 模型静态分析中国海上丝绸之路通过地区的环境效率水平, 并运用 Malmquist 模型探讨这些地区环境效率的动态变化趋势, 分析产生这些差异的影响因素。结果表明: 2007—2014 年我国海上丝绸之路通过地区环境效率有所提高, 但与理想状况之间仍有一定差距, 2011 年前效率增长比 2011 年后快, 其经济增长需要牺牲一定的环境成本; 上海、广东的环境效率水平较高, 海南的环境效率水平最低; 2011 年前主要依靠技术进步提高效率, 2011 年后主要依靠资源的合理配置提高效率。基于这些研究结果, 建议在发展经济的同时控制废气废水排放量, 调整投入产出比。

**关键词:** 海上丝绸之路; 环境效率; SBM 模型; Malmquist 模型

中图分类号: P7 文献标志码: A 文章编号: 1005-9857(2016)06-0055-06

## Analysis of Eco-efficiency in Maritime Silk Road Regions

HUANG Weixian, ZHENG Yi

(College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstracts:** This paper analyzed the eco-efficiency in Maritime Silk Road regions by using SBM model, and used the Malmquist model to investigate the dynamic change of regional eco-efficiency and the influence factors of those differences, based on the panel data of 2007—2014, from unexpected outputs perspective. The results showed that the eco-efficiency in China's maritime silk road regions had been improved in 2007—2014, but there were still gaps between the ideal situation. Eco-efficiency increased faster before 2011 and economic growth required sacrifice of certain environmental costs. Shanghai and Guangdong had higher eco-efficiency levels, while Hainan's eco-efficiency level was the lowest. Before 2011, efficiency's improvement mainly relied on technological advances, while mainly on reasonable allocation of resources after 2011. Based on these findings, it was suggested that government should reduce waste gas and waste water discharge and adjust inputs-outputs ratio in the procedure of pursuing economic developments.

**Key words:** Maritime Silk Road, Eco-efficiency, SBM model, Malmquist model

收稿日期: 2016-01-04; 修订日期: 2016-05-10

作者简介: 黄玮珉, 硕士研究生, 研究方向为环境效率、数据包络分析模型, 电子信箱: m130401756@st.shou.edu.cn

通信作者: 郑奕, 教授, 博士, 研究方向为数量经济, 电子信箱: yzheng@shou.edu.cn

## 1 引言

区域环境效率探讨在一定区域内环境与经济在多大程度上实现协调发展的问题。1989年 Fare 提出双曲测度模型,第一个对环境效率进行评价。为有效考虑经济发展中随所需产品生产一同出现的有害气体等污染物对环境的影响, Tone 提出非期望产出的概念,并利用 DEA 理论得出考虑非期望产出的环境效率评价模型基于松弛变量的 DEA 模型(Slacks-based Model, SBM)<sup>[1]</sup>。

近年来,随着我国对环境问题的日益重视,国内学者利用 SBM 等模型开展环境效率研究也逐渐增多。2010年詹浩勇<sup>[2]</sup>利用改进的 SBM 模型比较分析了我国主要工业地区的经济效率与环境效率,结果表明,这些地区的工业和经济发展方式仍然粗放;2011年王成金<sup>[3]</sup>将环境污染作为非期望产出,建立了基于 SBM 模型的环境效率评价体系,比较分析了广东与广西的环境效率现状,结果表明两广在减排工业废水废气、降低资源和能源消耗方面有很大的改善潜力;2012年吴旭晓<sup>[4]</sup>应用 Malmquist 方法对河南省城市化效率的动态发展进行评价,认为河南省全要素生产率的下降主要是由于技术进步的无效率引起的;2013年白永平等<sup>[5]</sup>对沿黄河 9 省(自治区)的环境效率进行研究,结果表明考虑非期望产出后,平均效率有所下降但环境效率水平有向好发展的趋势。

为增加中国经济进一步发展的潜力,2013年我国提出建设“21世纪海上丝绸之路”的战略构想,并将其在国内涉及的地区圈定为上海、福建、广东、浙江和海南 5 省市。这是我国集政治、经济、外交为一体的重大战略决策,对推进新一轮对外开放和深化区域合作意义重大。

国内学者对海上丝绸之路的研究始于 20 世纪初,基本是从历史发展的角度对其进行诠释。1982年陈炎发表《略论“海上丝绸之路”》,系统论述海上丝绸之路的历史发展过程及其重要性,其结果表明:经由海上丝绸之路,中国的发明创造对世界各族人民的文化带来了巨大的影响<sup>[6]</sup>。2008年世界金融危机之后,对海上丝绸之路的研究逐渐成为学术界热点,谭秀杰等<sup>[7]</sup>提出海上丝绸之

路建设将推动沿海城市和港口发展,而沿海城市和港口发展又将有利于 21 世纪海上丝绸之路的延伸,这一过程是双向的;韩鹏<sup>[8]</sup>认为海上丝绸之路建设的重点是以创新为驱动,促进海洋产业结构升级、实现海洋经济提质增效,但这些研究在研究相关地区经济发展的同时,较少考虑经济对环境的影响。

海上丝绸之路政策的提出有利于相关地区经济进一步快速发展,但这些地区在经济发展的同时,沿海生态环境和海洋环境遭到不同程度的破坏,严重制约地区可持续发展。因此,有针对性地研究既促进海上丝绸之路地区经济发展又保护沿海地区生态环境的发展途径,是贯彻落实国家海上丝绸之路政策的有效保障。要做好这一点,就需要提高沿海地区的环境效率。

目前对于海上丝绸之路地区环境效率的研究很少,本研究思路为:首先考虑将生产中的污染排放作为非期望产出,运用基于松弛变量的 SBM 模型对海上丝绸之路地区的静态环境效率进行测算;然后运用 Malmquist 生产率指数模型分析这些地区环境效率的动态变化趋势;最后在此基础上探讨提高区域内各省、自治区环境效率、促进海上丝绸之路建设的政策建议。

## 2 模型与方法

### 2.1 基于松弛变量的 SBM 模型

数据包络分析(DEA)是一种对具有相同类型的多投入/多产出的多个决策单元的相对效率评价方法,近年来被越来越多地应用于经济效率评价领域,其内涵为在保持产出值的同时考察投入值的大小。SBM 模型是特殊的 DEA 模型,将产出分为期望产出与非期望产出,基于松弛变量对效率进行测度,可直接处理决策单元的投入过剩与产出短缺问题。

假设有  $n$  个决策单位(decision making units, DMU),每个 DMU 有 3 个影响因素,包括投入  $x$ 、期望产出  $y^e$  与非期望产出  $y^b$ 。若投入  $x$  中含有  $m$  个投入变量,产出  $y$  中含有  $s_1$  种期望产出与  $s_2$  种非期望产出。则环境效率为:

$$\rho^* = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left[ \sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{u_{r0}^b} \right]}$$

其中,约束条件为:  $x_0 = \lambda x + s^-$ ,  $y_0^g = y^g \lambda + s^g$ ,  $u_0^b = u^b \lambda + s^b$  和  $s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0, \lambda \geq 0$ 。当  $0 \leq \rho^* \leq 1$ , 且  $\rho^* = 1$  时,松弛量均为 0,属相应的 DMU 为有效决策单元;当  $\rho^* < 1$  时,决策单元无效,即存在对投入产出进行调整以提高效率的可能与必要。

### 2.2 Malmquist 生产率指数模型

Malmquist 生产率指数模型由 Malmquist 于 1953 年提出,考察  $t$  时期到  $t+1$  时期效率的动态变化。1994 年 Fare 等完善这一模型,从  $t$  时期到  $t+1$  时期,Malmquist 生产率指数为:

$$M(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left[ \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

它可以分解为 2 个效应:

$$F_{\text{rontier}} = \left[ \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{1/2}$$

$$C_{\text{atch-up}} = \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)}$$

且  $M(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = F_{\text{rontier}} \times C_{\text{atch-up}}$ 。其中,  $F_{\text{rontier}}$  表示前沿面移动效应,当  $F_{\text{rontier}} > 1$  时区域技术进步;当  $F_{\text{rontier}} < 1$  时区域技术退步。  $C_{\text{atch-up}}$  表示追赶效应,其内涵为环境效率动态变化中要素资源配置、利用水平和规模集聚等水平的变化,当  $C_{\text{atch-up}} > 1$  时效率提升;当  $C_{\text{atch-up}} < 1$  时效率下降。

分析 Malmquist 指数可以辨别各地区环境效率的变化,是因技术变化还是因要素资源配置、利用和规模集聚水平等变化,抑或是两者共同作用的

结果,以便为提升地区经济的环境效率提供新的思路。

### 2.3 指标选取和数据来源

为首先通过 SBM 模型与 Malmquist 模型测算出全国 31 个省(自治区、直辖市)的环境效率及其动态变化情况;再从中选取海上丝绸之路地区的测算结果作为重点分析,故以 31 个省(自治区、直辖市)为决策单位(DMU),用 2010—2014 年的面板数据作为样本,选取各地区的电力消费量、全社会的资本投资量和年末就业人员量作为投入变量,选取各地区的 GDP 作为期望产出指标,选取各地区的化学需氧量排放量(COD)和二氧化硫排放量(SO<sub>2</sub>)作为非期望产出指标。

本文使用的相关数据均来源于 2007—2014 年《中国统计年鉴》和《中国环境统计年鉴》。由于 2011 年《中国统计年鉴》关于 COD 排放量的统计方式发生改变,故在 Malmquist 模型分析环境效率的动态变化时,将 2011 年前后数据作了分段处理,以提高准确性。

## 3 实证结果与分析

### 3.1 基于 SBM 模型分析

利用 SBM 模型,运用 DEA-solver9.0 软件,对 2010—2014 年中国 31 个省(自治区、直辖市)环境效率进行测算,分析其绝对环境效率值。结果可得,2010—2014 年我国平均环境效率由 2010 年的 0.845 上升至 2014 年的 0.868,其中沿海地区平均环境效率由 2010 年的 0.829 上升至 2014 年的 0.848,如表 1 所示,说明我国沿海区域环境效率总体有一定进步并且有相当大的上升空间。

表 1 2010—2014 年海上丝绸之路地区 5 省市环境效率 SBM 值

年份	上海	福建	广东	浙江	海南	全国平均	沿海平均
2010	1.000	0.555	1.000	0.597	0.436	0.845	0.829
2011	1.000	0.537	1.000	0.611	0.471	0.859	0.832
2012	1.000	0.528	1.000	0.595	0.503	0.873	0.842
2013	1.000	0.524	1.000	0.558	0.504	0.879	0.837
2014	1.000	0.540	1.000	0.602	0.471	0.868	0.848

与全国及沿海地区环境效率相比,海上丝绸之路地区 5 省市中,上海、广东的环境效率处于全国及

沿海地区领先水平,连续 5 年属有效 DMU,环境效率为 1;浙江、福建和海南的环境效率较为落后,与

全国及沿海地区均存在一定差距,其中浙江和福建的环境效率保持在0.5以上、海南则在0.5上下徘徊,属无效DMU(表1)。因此,要提升海上丝绸之路地区环境效率,首先要从浙江、福建和海南入手。

表2 2014年浙江、福建和海南的环境效率分析

地区	环境效率值	投入过量 电力(非效率)	投入过量固定 资本(非效率)	投入过量 就业(非效率)	产出不足 GDP (非效率)	非期望产出过量 COD(非效率)	非期望产出过量 SO <sub>2</sub> (非效率)
浙江	0.602	0.011	0.000	0.025	0.000	0.244	0.356
福建	0.540	0.000	0.000	0.023	0.000	0.383	0.424
海南	0.471	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.124

从投入与产出角度来看,2014年浙江环境效率值为0.602(<1),属无效DMU,对其投入产出进行调整,当电力投入、就业、COD排放量和SO<sub>2</sub>排放量同比减少1.1%、2.5%、24.4%和35.6%时,该DMU即有效;同理,2014年福建环境效率值为0.540,为使其环境效率值变为1,则需将就业、COD排放量和SO<sub>2</sub>排放量同比减少2.3%、38.3%和42.4%;海南的情况较为突出,环境效率值只有0.471,当SO<sub>2</sub>排放量同比减少112.4%时,环境效率值才可达到1。综上总体可得,对于浙江、福建和

从2014年SBM模型对31个省(自治区、直辖市)的比较分析结果中提取浙江、福建和海南省的具体结果分析如表2所示。

海南地区,为提高环境效率,政府需加强力度控制COD排放量和SO<sub>2</sub>排放量,开发及应用环保工艺技术,对有毒气体进行有效处理,提高资源开发利用效率。

### 3.2 基于Malmquist模型分析

利用我国31个省(自治区、直辖市)2007—2014年的面板数据,采用Malmquist指数模型计算环境效率的变化趋势,并提取上海、浙江、福建、广东与海南5省市数据如表3所示。

表3 2007—2014年海上丝绸之路地区5省市环境效率(Malmquist)变化趋势

地区	2007— 2008年	2008— 2009年	2009— 2010年	2010— 2011年	平均值	2011— 2012年	2012— 2013年	2013— 2014年	平均值
上海	1.10	1.09	1.11	1.14	1.11	1.07	1.01	1.02	1.03
浙江	1.19	1.15	1.01	1.14	1.12	1.05	0.98	1.04	1.02
福建	1.06	1.10	1.07	1.08	1.08	1.04	1.03	1.03	1.03
广东	1.17	1.08	1.02	1.06	1.08	1.06	1.03	0.97	1.02
海南	1.01	0.89	0.91	1.16	0.99	0.98	0.99	0.96	0.99
全国	1.09	1.13	1.01	1.12	1.09	1.05	1.04	0.98	1.02

在2007—2011年和2011—2014年两个时间段内,除海南外海上丝绸之路地区各省市环境效率总体呈现改善趋势,海南环境效率变化呈波动状。因此,要发展海上丝绸之路地区整体经济,需重点改善海南的环境效率。

2007—2014年追赶效应与前沿面移动效应表4和表5所示。2007—2011年,前沿面移动效应指数基本大于1,追赶效应指数基本不大于1,说明

Malmquist指数大于1主要受前沿面移动效应指数的影响,即技术进步引起环境效率的提高。2011—2014年,前沿面移动效应指数基本不大于1,而追赶效应指数则基本大于1,说明追赶效应指数的增长,导致Malmquist指数的增长,即要素资源配置、利用和规模集聚等水平的提升在更大程度上引起环境效率的提高。

从表3可以看出,2011年前Malmquist指数均

值均大于 2011 年后 Malmquist 指数均值,2011 年以来环境效率的改善有所放缓。为了使环境效率持续性稳定增长,既要积极进行技术创新、保持前

沿面移动效应增长,也需要合理利用资源、实现资源有效配置和规模集聚,从而达到保持追赶效应平稳上升的目的。

表 4 2007—2014 年海上丝绸之路地区 5 省市追赶效应 ( $C_{catch-up}$ )

地区	2007— 2008 年	2008— 2009 年	2009— 2010 年	2010— 2011 年	平均	2011— 2012 年	2012— 2013 年	2013— 2014 年	平均
上海	0.990	0.971	1.032	1.042	1.009	1.029	1.053	1.000	1.027
浙江	1.008	0.972	0.961	1.029	0.993	1.058	0.996	1.140	1.065
福建	0.953	0.975	1.000	0.971	0.975	1.015	1.010	1.028	1.018
广东	1.008	0.989	0.978	0.973	0.987	1.012	1.018	0.990	1.007
海南	0.990	0.804	0.979	1.014	0.947	0.973	0.966	0.988	0.976

表 5 2007—2014 年海上丝绸之路地区 5 省市前沿面移动效应 ( $F_{frontier-shift}$ )

地区	2007— 2008 年	2008— 2009 年	2009— 2010 年	2010— 2011 年	平均	2011— 2012 年	2012— 2013 年	2013— 2014 年	平均
上海	1.112	1.127	1.073	1.097	1.102	0.979	0.974	0.988	0.980
浙江	1.176	1.181	1.054	1.110	1.130	0.971	1.035	0.902	0.970
福建	1.108	1.129	1.065	1.110	1.103	1.029	1.052	1.009	1.030
广东	1.156	1.088	1.041	1.094	1.095	0.968	1.020	0.930	0.973
海南	1.022	1.108	0.930	1.142	1.050	0.977	1.028	0.957	0.988

#### 4 结论与建议

根据我国 31 个省(自治区、直辖市)2007—2014 年的面板数据,基于 SBM 模型测度静态环境效率,并以国内海上丝绸之路通过地区进行重点比较分析,利用 Malmquist 模型探讨该地区 5 省市环境效率的变化趋势,得出结论:2007—2014 年我国环境效率呈上升趋势且地区间差异在缩小,2011 年后增长趋势有所减缓;2011 年前主要依靠技术进步拉动环境效率,2011 年后更大程度上依靠资源配置、利用和规模集聚水平提高拉动环境效率。

基于上述分析,作者认为:在越接近生产前沿提升环境效率越困难的情况下,国内海上丝绸之路通过地区经济发展应加强科学技术在提高生产力水平上的作用,合理进行资源配置,加强规模聚集效应,进一步加大投入产出能力。

从投入的角度看,国内海上丝绸之路通过地区经济一般只需通过将电力、人力和资本在现有水平上进行微调即可达到投入有效水平,合理分配传统投入要

素促进区域经济增长。在现有技术水平下,发挥市场调节作用,政府加以引导,以合理分配就业人员与增加投入资本为重要前提,提高电力资源等的利用率。

从产出的角度来看,海洋经济产值增加的同时伴随着环境的污染,工业废水废气的排放对海洋环境的污染程度最大,国内海上丝绸之路通过地区一般需大量减排才能达到有效状态。粗放型经济增长方式不利于海洋可持续发展,应避免单一的经济增长方式,减少 COD、SO<sub>2</sub> 排放量,开发及应用环保工艺技术,对有毒气体进行有效处理,提高资源开发利用率。

对于国内海上丝绸之路通过地区,海南的经济与环境属重中之重。针对海南经济规模较小的现状,政府应发挥海上丝绸之路地区的地理优势,积极引入外资,扩大资本存量;针对海南高科技人才较为缺乏的问题,政府可以颁布人才政策,如与上海、广东等地开展人才交流;同时应当积极发展先进技术,促进企业工艺升级,在生产过程中实现节能减排和资源有效利用。(以下内容转至第 71 页)

