

DOI:10.15918/j.jbitss1009-3370.2016.0607

# 长江经济带物流业全要素能源效率 ——基于包含碳排放的SBM与GML指数模型

杨恺钧, 毛博伟, 胡菡

(河海大学 商学院, 南京 211100)

**摘要:** 基于SBM与GML指数模型,克服方向距离函数未考虑松弛效应及Malmquist-Luenberger指数参考技术非同期性的不足,考察长江经济带物流业2004—2013年全局环境效率、全要素能源效率及其分解因素。结果表明:除江苏省外,全局环境无效率普遍存在;未考虑碳排放的Malmquist指数平均值为1.0050,分别比Malmquist-Luenberger指数、GML指数高出0.0100、0.0098,表明碳排放约束将导致全要素能源效率下降;GML指数下长江经济带物流业平均全要素能源效率为0.9536,上、中、下游依次为:中游>上游>下游,区域与省际层面的空间差异呈下降趋势;技术退步是物流业全要素能源效率偏低的主要原因。未来长江经济带物流业发展中,应关注环境效益,通过提升物流技术水平实现长江经济带可持续发展。

**关键词:** 长江经济带; 物流业; 全要素能源效率; 全局非径向方向距离函数(SBM); 全局马奎斯特卢恩伯格指数(GML)

中图分类号: F206

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2016)06-0054-09

## 一、文献综述

全球环境污染恶化与世界经济复苏疲弱使得传统粗放型经济增长模式难以为继,可持续性经济增长应关注发展的质量与其对环境造成的外部成本。为贯彻可持续发展理念,中国承诺于2030年左右使CO<sub>2</sub>排放达到峰值并使单位GDP CO<sub>2</sub>排放比2005年下降60%~65%。作为经济新常态下三大发展战略之一的“长江经济带”战略更是高度强调生态优先、绿色发展。作为横跨东中西、连贯南北的“黄金水道”,长江流域面积200余万平方公里,人口和经济总量超过全国的40%,区域内产业贸易活跃,物流往来频繁。“十三五”规划(纲要)提出,将长江构建成综合立体交通走廊。不可忽视的是,以交通运输为主体的物流业在促进区域生产要素流转的同时,能源消耗与碳排放量巨大。《中国统计年鉴(2015)》显示,2013年物流业能源消耗总量占比达8.35%。在此背景下,研究长江经济带物流业全要素能源效率问题对于促进长江流域可持续发展具有重要的理论意义与现实价值。

Farrell(1957)提出,以“技术效率”的概念来考

察在既定条件下资源可达到的最佳生产水平,这一想法为能源效率研究开辟了思路<sup>[1]</sup>。世界能源委员会(World Energy Council,WEC)于1995年对能源效率进行了如下界定:在保证能源服务品质的同时,降低能源要素投入。基于此,Patterson(1996)进一步提出了能源效率的数学表达式: $E=Y/X$ 。其中, $Y$ 表示产出要素; $X$ 表示能源要素投入,并就投入产出要素的不同,提出了基于热力单位、物理热力单位、经济热力单位、纯经济单位的四类评价指标<sup>[2]</sup>。魏一鸣、廖华(2010)系统梳理了能源宏观效率、能源实物效率、能源物理效率、能源价值效率、能源要素利用效率、能源要素配置效率、能源经济效率等七类能源效率测度指标,并逐一说明各类指标的前提假设、适用范围、相互关系<sup>[3]</sup>。

鉴于将能源作为单一投入要素,忽略了能源生产活动中非能源要素对能源要素产生的替代作用,导致单一投入要素下能源生产率测度结果与真实生产效率值产生较大的偏差,Freeman等(1997)提出将劳动、资本、能源共同作为投入要素,以全要素概念分析能源生产率<sup>[4]</sup>。Hu和Wang(2006)综合考

收稿日期: 2016-04-12

基金项目: 江苏省决策咨询研究基地资助项目(14SSL10); 江苏省社会科学基金资助项目(14SZB028); 河海大学技术咨询项目资助(20168042116)

作者简介: 杨恺钧(1975—),男,副教授,E-mail:niceyoung@126.com

①值得指出的是,传统的全要素生产率往往关注于资本、劳动力与技术,但未考虑能源要素。随着研究深入,大量学者将能源要素纳入全要素生产率分析框架,在这一情况下,全要素能源效率与全要素生产率的概念内涵是一致的。为区别于未包含能源要素的全要素生产率,本研究采用了全要素能源效率的概念。

考虑劳动力、资本存量、能源(包括生物质能)等投入要素,开创性地分析了中国29个行政区域的全要素能源效率,发现全要素分析结果与实际更为吻合,检验了全要素能源效率的可行性与实用性<sup>[5]</sup>。屈小娥(2009)利用Malmquist模型测度了中国30个省份的全要素能源效率,并将其分解为纯技术效率、技术进步与规模效率后发现东部地区全要素能源效率一直处于有效前沿面上,而中、西部仍有一定的提升空间<sup>[6]</sup>。此后,有学者分别从区域<sup>[7-8]</sup>、行业<sup>[9][10]754-763</sup>及影响因素<sup>[11]</sup>等不同视角对社会经济运行中的全要素能源效率问题展开探讨。

上述研究丰富了全要素能源效率测度及其应用的框架,但未考虑环境污染这一非期望产出。在全球环境污染日益恶化的背景下,真实的全要素能源效率不应仅考量经济效益,而应同时考虑其对环境造成的负面影响。为此,有学者开始尝试将环境污染纳入研究框架,王维国、范丹(2012)综合利用方向距离函数(Directional Distance Function, DDF)与Malmquist-Luenberger指数(以下简称“ML指数”)对中国区域全要素能源效率进行评估与分解<sup>[12]</sup>,王兵等(2010)<sup>[13]95-109</sup>、周五七、聂鸣(2013)<sup>[14]</sup>分别引入SBM模型对中国区域环境效率与环境全要素生产率、中国工业技术效率进行测度,王兆华、丰超(2015)则在测度中结合了方向距离函数与Global Malmquist-Luenberger指数(以下简称“GML指数”)<sup>[15]</sup>。

回顾现有文献,全要素能源效率的内涵与应用在逐步完善,国内外学者对全要素能源效率的探讨深入浅出,给本文很多启发,但仍有进一步的研究空间。首先,在研究视角方面,当前物流业全要素能源效率研究多集中在全国或省际层面,对某一区域的研究不多,长江经济带横跨东、中、西部,物流周转频繁,其研究价值不言而喻;其次,现有物流业全要素能源效率研究(刘勇<sup>[16]66-68</sup>、王永赞等<sup>[17]32-34</sup>、张立国等<sup>[10]754-763</sup>、王维国等<sup>[18]66-75</sup>)中,除王维国等(2012)考虑了环境约束外,大多数仅考虑了经济效益;此外,现有测度模型如方向距离函数、ML指数,由于模型设立条件的限制,导致测度结果存在一定的偏误,仍需加以改进使测度结果更具客观性与说服力。鉴于此,本文选取长江经济带作为研究主体,综合SBM与GML指数模型审视碳排放约束下长江经济带物流业全要素能源效率并对其进行分析,进而提出针对性的政策以促进长江经济带物流业的低碳发展。

## 二、模型构建

### (一)全局生产技术

数据包络分析(Data Envelope Analyse, DEA)凭借非参数简化算法、相对客观性强、可同时处理多产出多投入等优势,在社会经济问题的效率评价中得到了广泛的应用。然而现有学者在测度样本期内环境效率时仅考虑当期生产技术水平。假设本文研究对象——长江经济带中每一省市物流业为一个DMU,每一DMU投入 $M$ 种要素 $x=(x_1, x_2, \dots, x_m) \in R_+^M$ ,得到 $N$ 种期望产出 $y=(y_1, y_2, \dots, y_n) \in R_+^N$ 与 $I$ 种非期望产出 $b=(b_1, b_2, \dots, b_i) \in R_+^I$ ,进而当期生产技术集(contemporaneous production technology set)

$$P^t(x^t) = \left\{ \begin{array}{l} (y^t, b^t) | \sum_{q=1}^O \lambda_q^t y_{qn}^t \geq y_n^t, n=1, \dots, N \\ \sum_{q=1}^O \lambda_q^t x_{qm}^t \leq x_m^t, m=1, \dots, M \\ \sum_{q=1}^O \lambda_q^t b_{qi}^t = b_i^t, i=1, \dots, I \\ \sum_{q=1}^O \lambda_q^t = 1, \lambda_q^t \geq 0, q=1, \dots, O \end{array} \right. \quad (1)$$

其中, $\lambda_q^t$ 表示 $t$ 时期第 $q$ 个DMU投入、产出值的权重。当生产技术规模报酬不变(CRS)时, $\lambda_q^t \geq 0$ ;当规模报酬可变(VRS)时,则为 $\sum_{q=1}^O \lambda_q^t = 1, \lambda_q^t \geq 0$ 。有学者提出 $P^t(x^t)$ 是 $t$ 时期生产技术集,因而集合中的数据仅是 $t$ 时期生产技术水平下的观测值,忽略了参照技术的非同期性,进而存在迫使技术水平“被动倒退”的可能性,引致效率测度出现偏误。鉴于此,Oh(2010)<sup>[19]183-197</sup>对当期生产技术集进行了改进,提出了全局生产技术集(global production technology set)

$$P^C(x) = \left\{ \begin{array}{l} (y^t, b^t) | \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^t y_{qn}^t \geq y_n^t, n=1, \dots, N \\ \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^t x_{qm}^t \leq x_m^t, m=1, \dots, M \\ \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^t b_{qi}^t = b_i^t, i=1, \dots, I \\ \sum_{q=1}^O \lambda_q^t = 1, \lambda_q^t \geq 0, q=1, \dots, O \end{array} \right. \quad (2)$$

$P^C(x)$ 中生产技术集同时兼顾了 $t$ 时期及其之前的生产技术水平,即 $P^C(x) = P^1(x^1) \cup \dots \cup P^t(x^t)$ ,为整个 $t$ 时期内的样本数据设立了一个统一的技术前沿

面,修正了不同时期效率测度可能存在的误差,增强了不同时期效率水平的对比性。

### (二)全局方向性 SBM

方向距离函数的主要特征在于可区别对待期望产出与非期望产出,进而普遍应用于具有“坏”产出的效率评价问题,如不良资产约束下银行生产率<sup>[20]</sup>、环境约束下经济增长绩效<sup>[21]</sup>、环境规制下能源效率<sup>[22]</sup><sup>[127-141]</sup>等,但其缺点在于对无效 DMU 的测量仅包含投入、产出变量的比例变动(proportionate movement),而忽略了非零松弛项(non zero slacks)的改进<sup>[23]</sup>,为克服这一局限,Fukuyama 等(2009)将 DDF 与 SBM(slack-based measure)综合后提出方向性 SBM(directional slacks-based measure)的概念,借鉴 Fukuyama 和 Weber (2009)<sup>[22]</sup><sup>[127-141]</sup>、王兵等(2010)<sup>[13]</sup><sup>[95-109]</sup>的处理方法,可得到全局方向性 SBM

$$\begin{aligned}
 & S_v^G(x_0^t, y_0^t, b_0^t; g^x, g^y, g^b) = \\
 & \frac{\max_{s^x, s^y, s^b} \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \frac{S_m^x}{g_m^x} + \frac{1}{N+I} \left( \sum_{n=1}^N \frac{S_n^y}{g_n^y} + \sum_{i=1}^I \frac{S_i^b}{g_i^b} \right)}{2} \\
 \text{s.t. } & \sum_{i=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^i x_{qm}^t + S_m^x = x_{m0}^t, m=1, \dots, M \\
 & \sum_{i=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^i y_{qn}^t - S_n^y = y_{n0}^t, n=1, \dots, N \\
 & \sum_{i=1}^T \sum_{q=1}^O \lambda_q^i b_{qi}^t + S_i^b = b_{i0}^t, i=1, \dots, I \\
 & \sum_{q=1}^O \lambda_q^i = 1, \lambda_q^i \geq 0, q=1, \dots, Q \\
 & S_m^x \geq 0, S_n^y \geq 0, S_i^b \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

其中,  $(x_0^t, y_0^t, b_0^t)$  为第  $t$  期 DMU<sub>0</sub> 的投入要素、期望产出要素与非期望产出要素的向量,  $(g^x, g^y, g^b)$ 、 $(S_m^x, S_n^y, S_i^b)$  分别为相对应的的方向向量、松弛向量,其中,  $(S_m^x, S_n^y, S_i^b)$  的实际意义分别是投入要素冗余、期望产出不足、非期望产出过多<sup>[24]</sup><sup>[3-20]</sup>。

### (三)ML 指数与 GML 指数模型

为测度包含非期望产出的生产率水平,Chung 等(1997)开创性地将方向距离函数应用于 Malmquist 模型,并将改进后的 Malmquist 指数称为 ML 指数。但 Oh (2010)<sup>[19]</sup><sup>[183-197]</sup>指出 ML 指数取自于相邻期间生产效率的几何平均,不满足循环累积性<sup>①</sup>,为此 Oh

(2010)在全局生产技术的基础上,提出了 GML 指数模型。本文遵循 Oh(2010)、杨翔等<sup>[24]</sup><sup>[3-20]</sup>(2015)的处理思路,以全局方向性 SBM 模型为基础,将在不变规模报酬下的 GML 指数分解为纯效率变化(GPEC)、技术效率变化(GPTC)与规模效率变化(GSEC)

$$\begin{aligned}
 GML_t^{t+1} &= \frac{1+\vec{S}_v^G(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1+\vec{S}_v^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} = \\
 & \frac{1+\vec{S}_v^t(x^t, y^t, b^t; g^t)}{1+\vec{S}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})} \times \\
 & \frac{(1+\vec{S}_v^G(x^t, y^t, b^t; g^t))/(1+\vec{S}_v^t(x^t, y^t, b^t; g^t))}{(1+\vec{S}_v^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1}))(1+\vec{S}_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1}))} \times \\
 & \frac{(1+\vec{S}_c^G(x^t, y^t, b^t; g^t))/(1+\vec{S}_c^G(x^t, y^t, b^t; g^t))}{(1+\vec{S}_c^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1}))(1+\vec{S}_v^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1}))} = \\
 & GPEC_t^{t+1} \times GPTC_t^{t+1} \times GSEC_t^{t+1}
 \end{aligned} \tag{4}$$

其中,  $GML_t^{t+1}$ 、 $GPEC_t^{t+1}$ 、 $GPTC_t^{t+1}$ 、 $GSEC_t^{t+1}$   $>$ ( $<$ ) $1$  分别意味着  $t+1$  期的全要素能源效率、纯效率、技术效率、规模效率比  $t$  期上升(下滑);若  $GML_t^{t+1} = 1$ ,则表明在  $t \rightarrow t+1$  期内,投入、产出的纯效率、技术效率、规模效率没有发生变动,使得全要素能源效率水平保持不变。

## 三、变量选取与数据说明

纵观国内外产业分类体系,尚无专门性针对“物流业”的统计数据,结合中国物流业发展实际,沿用刘勇(2014)<sup>[16]</sup><sup>[66-68]</sup>、张立国等(2015)<sup>[10]</sup><sup>[75-76]</sup>的研究思路,以占物流业年度增加值比重达 80% 以上的交通运输、仓储和邮政业作为替代<sup>②</sup>,以交通运输、仓储和邮政业的行业数据表示长江经济带物流业的信息特征。同时,考虑到中国物流业在 21 世纪后才正式进入全面发展阶段<sup>[25]</sup>,结合数据的可获得性,选取 2004—2013 年的统计数据作为本文研究对象,具体变量数据的获取与处理方式如下:

1. 能源要素投入。能源要素投入为物流业生产运营所消耗的各类能源。考虑到不同能源的统计口径不一,采取式(5)对各类能源进行折标化处理

$$E = \sum_{i=1}^{11} (M_i \times P_i) \tag{5}$$

其中,  $M_i$  为《中国能源统计年鉴》中各省市交通运输、仓储与邮政业常用的 11 类能源<sup>③</sup>;  $P_i$  表示能源  $i$

①即  $I_t^{t+2} = I_t^{t+1} \times I_{t+1}^{t+2}$ , 而 ML 指数下  $ML_t^{t+2} \neq ML_t^{t+1} \times ML_{t+1}^{t+2}$ 。

②据《中国物流年鉴 2014》数据显示,2013 年,交通运输、仓储和邮政业增加值占物流业增加值比重为 82.4%。

③9 类直接用于燃烧的矿物能源:原煤、汽油、煤油、柴油、燃油、润滑油、液化石油气、天然气、液化天然气;2 类间接性能源:热力、电力。

折标准煤的参考系数<sup>①</sup>;  $E$  表示各类能源折标后的能源消耗总量,单位为万吨标准煤。

2. 资本要素投入。王维国(2012)<sup>[18]66-75</sup> 选择以固定资产投资作为变量指标,这一处理未将资本的时间性累计效用加以考虑,与物流业实际生产投入要素存在一定差距。为此,大多数学者采用 Goldsmith(1951) 提出的永续盘存法进行资本存量的测算,张军(2004)<sup>[20]35-64</sup> 就此测算了 1952—2000 年中国省际物质资本存量,金戈(2012)<sup>[27]4-14</sup> 就此专门估算了省际基础设施的资本存量。本文在构建交通运输、仓储和邮政业资产存量永续盘存法计算公式的基础上,就物流业的资本存量进行系统测度,具体公式如下

$$K_{it} = K_{it-1} \times (1 - \delta) + I_{it} / P_{it} \quad (6)$$

其中,  $K_{it}$  和  $K_{it-1}$  表示第  $t$  期、第  $t-1$  期  $i$  地的资本存量值;  $K_{i0}$  表示  $i$  地的基期资本存量;  $\delta$  表示资本折旧率;  $I_{it}$  和  $P_{it}$  分别表示  $i$  地第  $t$  期的投资额和对应的价格指数。考虑到统计资料中 1993 年后仓储业新增固定资产才被纳入到各地区交通运输、仓储和邮政业新增固定资产的统计中,为统一研究变量的统计口径,本文选择 1993 年作为各省市物流业资本存量的基期,并接受张军等(2004)的研究思路,以 1993 年的新增固定资产除以 10%,估算出各省市基期的物流业资本存量  $K_{i0}$  (按 1993 年不变价格);对于折旧率  $\delta$  的取值,学者们的观点不一<sup>[27]4-14[28]</sup>,取值在 4%~12.1% 间不等。结合物流业的行业特征,本文沿用单豪杰(2008)<sup>[29]</sup>的做法,将固定资产投资分解为建筑安装工程投资、设备工器具购置投资与其他费用投资,其中其他费用投资主要依附在前两项投资中,故不单独考虑,因此以前两项投资的结构比重,结合建筑 8.12%、设备 17.08% 的折旧率,估算得长江经济带物流业综合折旧率为 9.66%,这一数值与金戈(2012)<sup>[27]4-14</sup> 测算出中国基础设施 9.2% 的折旧率较为一致;在投资额  $I_{it}$  数据的选取中,李成(2014)<sup>[30]</sup>在考察对比积累额、资本形成总额、全社会固定资产投资、新增固定资产四类指标数据后,提出投资额应以资本形成总额或新增固定资产为准,鉴于国内统计数据中资本形成总额数据仅有国内生产总值在支出法下的宏观资本形成总额数据,本文以《中国固定资产投资统计年鉴》中各省市历年

新增固定资产作为投资额  $I_{it}$  指标,并以《中国价格统计年鉴》中各地区固定资产投资价格总指数数据处理得到以 1993 年为不变价的各省市固定资产投资价格指数  $P_{it}$ 。

3. 劳动力要素投入。鉴于中国物流业发展起步较晚,物流集约化水平有限以及一度低廉的劳动力,劳动力要素在物流业的运营中有着重要作用。同时,考虑到 20 世纪 90 年代以来民营物流企业的异军突起,本文综合考虑《中国劳动统计年鉴》中各省市交通运输、仓储与邮政业城镇单位与私营企业、个体就业人数,并以上一年度末期与本年度末期就业人数平均数作为劳动力要素的投入变量。

4. 增加值产出。产业增加值是衡量任一产业发展程度的关键指标,本文以《中国统计年鉴》中长江经济带涉及省市的交通运输、仓储和邮政业增加值作为产值变量。为消除价格变动的干扰,以 GDP 平减指数(1978 年为基期)对产值变量进行处理。

5. 碳排放产出。区别于传统全要素能源效率评价<sup>[16]66-68[17]32-34</sup>,碳排放产出是环境约束视角下全要素能源效率评价体系的重要体现。鉴于国内缺乏对各产业碳排放产出的规范化统计数据,以 World Resources Institute(2013)出版的《能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南(2.1 版)》<sup>②</sup>为指导,对于直接能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 排放量<sup>③</sup>可依托式(7)测算

$$CO_2 = \sum_{i=1}^9 M_i \times HV_i \times OX_i \times C_i \times (44/12) \times 10^{-6} \quad (7)$$

其中,CO<sub>2</sub> 表示 CO<sub>2</sub> 的排放质量,单位为吨;  $M_i$  表示 9 类直接燃烧能源的消耗量;  $HV_i$  表示能源  $i$  基于重量或体积的热值;  $OX_i$  表示能源  $i$  在燃烧过程中的氧化率;  $C_i$  表示能源  $i$  基于热值的碳含量值。此外,对于热力与电力消耗所间接性产生的 CO<sub>2</sub> 排放量根据各年度各地区热力排放因子、电力排放因子计算而得<sup>④</sup>。

通过对投入与产出变量数据的搜集与整理,得到 2004—2013 年间长江经济带 10 个地区样本容量为 100 的数据资料(其中为保持统计口径一致,本文将四川省、重庆市数据合并处理),各指标的统计性信息如表 1 所示。

此外,为使效率测度结果更为合理,投入、产出指标应具有较高的因果关系,具体体现为投入、产

① 本文 11 类能源的折标准煤参考系数均来自《GB/T 2589—2008 综合能耗计算通则》。

② 区别于 IPCC(2006),该指南是中国目前第一个基于“能源利用状况报告”中的能源分类方法,计算能源消耗引起的温室气体排放的工具,是专门针对中国能源消耗引起的温室气体排放的计算工具,更符合中国国情。

③ 根据《能源消耗引起的温室气体排放计算工具指南(2.1 版)》(以下简称“《指南》”),由能源消耗引起的温室气体主要由 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 种气体组。其中,相比于 CO<sub>2</sub> 的排放量,CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O 的排放量值较小,对碳排放总值的影响不大,故本文主要考虑计算 CO<sub>2</sub> 的排放量。

④ 《指南》给出了 2006—2011 年各省市热力排放因子、电力排放因子,对于 2006 年之前与 2011 年之后的因子指标,根据《指南》建议,2006 年之前沿用 2006 年数据,2011 年之后的沿用 2011 年数据。

表1 投入、产出指标的统计性信息

要素指标	能源要素/万吨标准煤	资本要素/亿元	劳动力要素/万人	增加值/亿元	碳排放/吨
极小值	163.54	248.96	13.15	26.00	2.37
极大值	2 009.10	4 530.76	138.19	642.95	29.63
均值	919.88	1 044.57	43.39	182.13	7.48
标准差	480.29	752.23	21.05	128.00	5.25

出指标间有较高的相关系数值。由表2可得,本文选取的投入、产出指标的相关系数方向与预期设想一致,且均通过了1%的显著性水平检验,意味着指标变量的选取较为合理,适合于DEA模型分析。

表2 投入、产出指标的相关性分析

相关度	能源要素	资本要素	劳动力要素
增加值	0.778**	0.785**	0.912**
碳排放	0.999**	0.635**	0.716**

注:\*\*在0.01水平(双侧)上显著相关。

#### 四、实证分析

##### (一)长江经济带物流业全局环境效率

运用线性规划原理与实证数据,得到在全局生

产技术集的连续前沿面下,综合考虑非期望产出与可变规模报酬后的长江经济带各省市物流业全局环境效率。

如表3所示,在长江流域内各省市物流业全局环境效率水平普遍有待提升。究其原因可能在于物流业增加值的提升,主要是物流需求规模增长带来的生产要素投入导致的,而非技术效率,使得物流业引致的碳排放量增速高于物流业产值增速,造成各省市物流业全局环境效率无效。物流业全局环境效率在省际间存在显著的区域差异,江苏、安徽、贵州省全局环境效率水平相对较高,而湖北、云南等地效率水平偏低,这一结论与陈洁(2014)<sup>[31]</sup>测度的物流碳强度的结果基本一致。

表3 长江经济带物流业全局环境效率

地区	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
上海	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.945 9	0.876 7	0.679 3	0.738 9	0.715 4	0.731 1	0.720 4
江苏	0.826 3	0.803 1	0.873 9	0.854 3	0.860 5	0.933 7	0.981 3	1.000 0	1.000 0	1.000 0
浙江	0.630 9	0.626 8	0.630 7	0.634 3	0.622 8	0.619 4	0.639 4	0.617 1	0.607 3	0.580 8
安徽	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.913 2	0.921 0	0.870 6	0.805 1	0.746 6
江西	0.922 3	0.952 7	0.865 8	0.840 3	0.853 3	0.857 3	0.794 7	0.739 9	0.830 0	0.772 8
湖北	0.667 3	0.625 6	0.647 0	0.592 6	0.612 3	0.593 2	0.593 0	0.568 6	0.561 6	0.566 6
湖南	0.709 9	0.704 9	0.749 2	0.748 6	0.782 1	0.880 1	0.872 6	0.804 8	0.821 2	0.758 4
四川、重庆	0.617 1	0.805 6	0.854 1	0.832 8	0.828 3	0.721 4	0.706 0	0.692 0	0.645 5	0.612 2
贵州	1.000 0	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.745 5	1.000 0	0.945 8	1.000 0	1.000 0	0.905 5
云南	1.000 0	0.593 3	0.576 5	0.562 7	0.529 8	0.475 4	0.445 6	0.394 7	0.387 6	0.377 7

从各省市效率值的变化趋势分析,在考察期内仅江苏的全局环境效率保持改进状态,并在2011年后一直处于技术前沿面上,其余省份的全局环境效率值则一直处于下滑通道,其中云南、上海、安徽等地的效率恶化程度显著,云南省全局环境效率从最初的位于技术前沿面上降落到0.38,下降了0.62。说明由于中国物流业仍处于发展初期<sup>[32]</sup>,长江经济带大多数省份在物流业发展过程中更多关注产业增加值等经济效益,对环境效益的关注力度不强,导致物流业的生产扩张处于低水平、无效率状态,该结论在一定程度上论证了“环境库兹涅兹曲线”现象。

##### (二)长江经济带物流业全要素能源效率演变分析

###### 1.不同测度指数下长江经济带物流业全要素能

###### 源效率对比

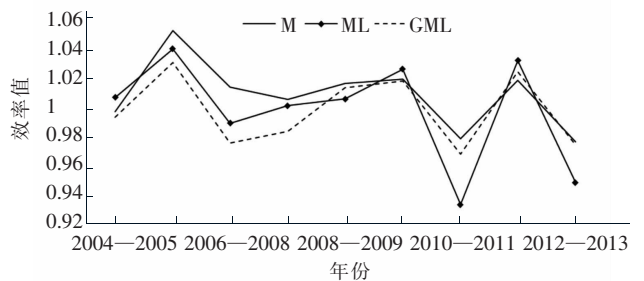


图1 三类测度指标下长江经济带物流业全要素能源效率(2004—2013年)

为了与现有文献形成对比,图1展示了基于M、ML、GML三类不同指数的长江经济带物流业全要素能源效率,其中M指数的测算未考虑非期望产出。图1中M指数下的生产率水平普遍高于ML、GML,说明在未考虑物流业碳排放的情况下,物流业

全要素能源效率会出现“偏高”的估计想象。这一差距在2005—2008年期间尤为显著,2006—2007年间M指数测度出的全要素能源效率为1.01,意味着期间M指数下的物流业全要素能源效率同比增长1%,而同期ML、GML指数测度出的全要素能源效率均小于1,未达到技术前沿面。对比2005—2008年长江经济带物流业产值增速与碳排放增速后可以发现,期间物流业碳排放量增长了20.98%,而物流产值仅增长15.90%,忽略碳排放这一非期望产出,将使得全要素能源效率“被动”提高,这一结论也印证了Yörük(2005)的观点,即M指数不适合测度含有非期望产出的全要素能源效率。物流业真实的全要素能源效率需在考虑物流产业增值的同时,考虑由碳排放增加造成环境污染的环境效益。

通过GML、ML指数测度值的对比可得:一方面,ML指数下的全要素能源效率测度值普遍高于GML指数水平;另一方面,相比于GML指数,ML指数下的全要素能源效率测度值表现出更大的弹性,而GML指数则更趋于稳定。2010—2011年间与2012—2013年间,ML指数出现较大幅度的下滑,这是因为在考虑非期望产出的情况下,利用当期技术前沿面测度技术进步率会使得生产前沿向内偏移,出现技术“被动退步”的情况,造成全要素能源效率测度的偏差。在GML指数下,2010—2011年间与2012—2013年间的技术进步率分别为99.34%和93.81%,而ML指数下的技术进步率分别被低估了3.61%和1.52%。由于GML、ML指数下纯效率变动一致,而二者的规模效率变动差异不显著,表明ML指数下技术进步率的低估是全要素能源效率下滑的主要来源,GML指数测度出的全要素能源效率更具说服力。

## 2.长江经济带物流业全要素能源效率变动分析

基于GML指数,可测度2004—2013年长江经济带各省市物流业全要素能源效率变动(GTFEC)的过程,并可进一步将GTFEC分解为纯效率变动(GPEC)、纯技术进步(GPTC)、规模效率变动(GSEC),具体结果如表4所示。

从长江经济带各省市物流业全要素能源效率变动(GTFEC)来看,2004—2013年间全流域GTFEC下降4.62%,GPTC下降21.1%,GPEC、GSEC分别上升5.15%、14.94%,纯技术进步率下降是引起长江经济带全要素能源效率下降的主要原因,意味着碳排放迫使物流企业将部分生产精力投入于节能减排中而减少了对物流技术水平的关注,使得对碳排放的管治暂时减弱了技术进步程度<sup>[3]</sup>。从GTFEC的分

表4 长江经济带物流业全要素能源效率变动及其分解(2004—2013年)

地区	GTFEC	GPEC	GPTC	GSEC
上海	0.705 9	1.000 0	0.720 4	0.979 9
江苏	1.322 3	1.000 0	1.210 2	1.092 6
浙江	1.100 2	1.037 3	0.887 5	1.195 1
安徽	0.596 5	0.974 5	0.766 1	0.799 0
江西	0.978 6	1.021 1	0.820 6	1.167 9
湖北	0.886 9	1.040 7	0.815 9	1.044 4
湖南	1.240 5	1.402 0	0.762 0	1.161 2
四川(重庆)	1.148 0	1.421 0	0.698 1	1.157 2
贵州	1.825 5	1.000 0	0.905 5	2.016 0
云南	0.449 9	0.772 1	0.489 3	1.190 9
上游	0.980 5	1.031 4	0.676 3	1.405 8
中游	1.024 9	1.142 1	0.799 1	1.123 1
下游	0.884 7	1.002 7	0.877 4	1.005 5
均值	0.953 6	1.051 5	0.789 0	1.149 4

注:GML指数具备循环可加性,GTFEC、GPEC、GPTC、GSEC为各年度累积值;上游、中游、下游及流域均值是流域内省市全要素能源效率变动的几何平均;根据长江地理节点的分布,贵州、云南、四川、重庆为上游地区;江西、湖北、湖南为中游地区;上海、江苏、浙江、安徽为下游地区。

解因素来看,GPTC的退步同样是各流域GTFEC未出现显著增长的主要原因。10年间,长江流域中仅中游地区GTFEC增长2.49%,上游、下游地区则分别下降1.95%和11.53%,不同流域GPTC值排序依次为:下游>中游>上游,说明在碳排放量约束影响过程中,下游地区由于自身技术创新能力较强,技术进步水平受碳排放约束负面影响相对较小。据历年《全国科技经费投入统计公报》显示,江苏、上海、浙江R&D经费投入一直位居全国前列,2013年下游地区R&D经费总投入占全国总额的28.98%;而处于上、中游流域的中西部地区,由于资金、技术投入要素缺乏,创新研发活动不足使得碳排放对其约束作用显著,技术水平出现不同程度的退步。

值得注意的是,中游地区得益于GPEC、GSEC 10年间分别增长1.14倍、1.12倍的“双重驱动”,在技术退步20.09%的情况下,物流业全要素能源效率增长了1.02倍,表明中游地区在接受下游地区产业转移、提升规模效率的同时,注重在现有技术水平下生产效率的改善,通过转变生产方式提升效率,进而缩小了与技术前沿面的差距水平,使得纯效率水平得以提升;上游地区则凭借GSEC增长1.41倍的明显优势,在GPTC出现-32.27%的负增长情况下,使GTFEC仅出现微弱的下降,这从侧面说明自西部大开发战略实施以来,伴随上游地区交通基础

设施的完善,物资周转活动逐年增长,上游地区物流业的发展规模正日益壮大,规模效益逐渐显现,2013年上游地区实现货运量43.20亿吨、货物周转量达7 204.03亿吨公里;与上、中游地区相比,下游地区虽受技术退步的影响最弱,但由于10年间GPEC、GSEC均未出现显著提升,使得下游地区GTEFC下滑幅度最为严重,这一方面可能是由于下游地区存在要素过度集聚的现象,减弱了要素投入增长的边际作用,使得规模效率的增长作用受限。此外,由于中国物流业尚处于发展初期,物流发展模式仍属于粗放型增长,面对物流需求的增长,下游地区物流企业不得不依靠简单增加要素投入以换取短期内企业业务的发展,而未对物流运营效率改进投入精力,进而造成下游地区物流业全要素能源效率偏低。

省际层面,江苏、浙江、湖南、四川(重庆)、贵州等地全要素能源效率大于1,实现了全要素能源效率的增长,这在一定程度上表明物流业全要素能源效率水平与地区经济发展水平并无直接联系。从这些地区GTEFC的分解因素来看,主导各地区GTEFC增长的因素不尽相同:江苏是长江经济带中唯一实现技术进步并依托技术进步实现GTEFC增长的省份,这一结果与江苏R&D投入有关,2004—2013年间江苏R&D投入一直位居全国首位,研发投入在一定程度上提升了江苏应对物流污染的技术能力,拉动了江苏物流业全要素能源效率的增长;浙江、贵州两地则是规模效率占主导,贵州省规模效率增加了2.02倍,物流业增加值在10年间上涨了4.84倍,位居长江经济带各省市之首,而浙江物流规模效率上升可能得益于电商行业的快速发展;湖南、四川两地的GTEFC则主要是由纯效率提升改善的,10年间四川(重庆)、湖南纯效率分别提升了1.42倍、1.40倍,表明这两地物流业的发展速度与质量处于较高水平,是较好的“追赶者”。反观GTEFC小于1的地区,普遍是由于技术退步而引起全要素能源效率退步。由此观之,技术退步是导致长江经济带各省份物流业全要素能源效率偏低的主要因素,提升物流业技术水平已成为全流域物流业发展的首要任务。

### 3. 长江经济带物流业全要素能源效率空间差异

为进一步考察长江经济带物流业全要素能源效率在全流域层面与上、中、下游层面的空间差异,沿用吴传清(2015)<sup>[24]</sup>的分析思路,通过构建变异系数对长江经济带物流业全流域、上、中、下游的全要素能源效率变动展开分析,变异系数公式为

$$CV_t = S_t / \overline{GTEFC}_t$$

$$S_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (GTEFC_{it} - \overline{GTEFC}_t)^2}{n}}$$

其中, $CV_t$ 为某一区域内第 $t$ 期的变异系数值,其值越大表明组内样本的离散程度越大,反之则小; $S_t$ 为第 $t$ 期区域内省市物流业GTEFC指数的标准差, $\overline{GTEFC}_t$ 为相对应的均值,具体结果如图2所示。

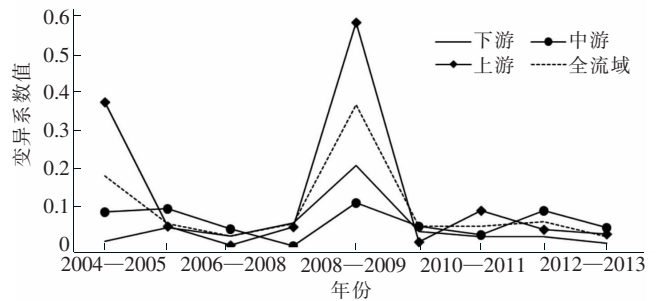


图2 长江经济带物流业全要素能源效率的空间差异(2004—2013年)

图2显示:首先,在全流域层面中, $CV$ 值变化呈“下降—骤升—突降—稳降”趋势,除2007—2010年间,全流域 $CV$ 值出现短期骤升与大幅突降外,总体而言全流域变异系数处于下降通道,即2004—2013年长江经济带各省市间GTEFC值的离散程度在下降,意味着省市间物流业的全要素能源效率的空间差异在缩减。其次,就上、中、下游而言,在2004—2010年期间,这三类地区的 $CV$ 值变化不一:上游地区GTEFC值的离散程度变化较大,期间 $CV$ 值发生了两次大幅的突降;下游地区 $CV$ 值在2004—2009年间呈稳健上升趋势,在2008—2009年间下游地区省际差异达到最大;中游地区的变动差异相对较小,表明中游地区物流业全要素能源效率水平较为一致。值得指出的是,各地区的 $CV$ 值均在2008—2009年间出现上升,而在其后显著下降,尤其以上游地区最为显著。分析其原因在于区域物流存在“各自为政”的发展局面,为此,2008年国务院、发改委、商务部、工信部等部门先后发布了一系列引导我国物流业稳健发展的指导文件,交通运输部也在国务院机构改革中重新组建,为物流业的发展营造了良好的政治环境,推动了长江经济带各流域、各省份物流业全要素能源效率空间差异的缩减。

## 五、结论

由于未考虑投入、产出要素的松弛效应以及参照技术的非同期性,使得基于DDF与ML指数测度出的环境效率与全要素能源效率存在偏误,在此基

础上本文综合方向性SBM与GML指数对长江经济带物流业环境效率与全要素能源效率进行了实证研究,结论如下:(1)长江经济带物流业的生产扩张处于无效率状态。各省市在长江综合立体交通走廊建设中,不仅应关注物流业所创造的经济效益,更应减轻其对生态环境造成的负面影响。2004—2013年间碳排放约束下长江经济带物流业平均全局环境效率值为0.755 8,除江苏外,各其余省份的全局环境效率值在考察期内均处于下滑通道。(2)GML指数的优越性得到论证。对比M指数、ML指数、GML指数下的长江经济带物流业全要素能源效率后发现:未考虑碳排放约束的M指数分别比ML指数、GML指数下的全要素能源效率高9.89%、10.09%;ML指数仅利用当期技术前沿面测度技术进步率,迫使技术水平出现“被动退步”的情况,导致2009—2012年间ML指数值出现大幅变动。(3)技术退步是长江经济带各省市物流业全要素能源效率偏低的主要原因。2004—2013年碳排放约束下长江经济带物流业全要素能源效率为0.953 6,上、中、下游分别为0.980 5、1.024 9、0.884 7,且流域间的空间差异趋于下降。从GML指数分解因素来看,纯

技术效率、规模效率均有不同程度的进步,纯技术水平却均为退步状态,其中上游地区技术退步最为显著,其次为中游、下游地区。

结合本文研究结果与长江经济带发展规划,现阶段长江经济带物流业全要素能源效率提升空间巨大,长江经济带物流业的可持续发展应重点关注物流技术水平的有效提升,以技术进步驱动长江经济带物流业低碳发展,具体可考虑如下建议:(1)提升物流信息技术水平,打造长江经济带物流信息平台,增强物流信息交互性与共享性,提升物资运输、仓储、装卸、配送效率。(2)各省市因地制宜引进清洁能源技术,如船舶岸电技术、清洁燃煤发电技术。(3)开展物流设备节能减排技术推广,适当采取政府补助的方式,为物流车辆装备尾气净化装置,逐步淘汰落后车辆,选购替代燃料及排污量小的物流车型,尝试新型电动车辆的物流运营。(4)探索长江“船型标准化”技术,尝试推广三峡船型、江海直达船型,以技术标准化促进长江水运集约化、高效化。(5)引进、培育高水平物流技术人才,尤其是上、中游地区,应出台激励政策,鼓励物流企业引进、培育物流人才,进而开展物流活动研发与技术创新。

#### 参考文献:

- [1] FAEEELL M J. The measurement of productive efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, Series A (General): 253-290.
- [2] PATTERSON M G. What is energy efficiency? concepts, indicators and methodological issues[J]. Energy policy, 1996(5): 377-390.
- [3] 魏一鸣, 廖华. 能源效率的七类测度指标及其测度方法[J]. 中国软科学, 2010(1): 128-137.
- [4] FREEMAN S L, NIEFER M J, ROOP J M. Measuring industrial energy intensity: practical issues and problems[J]. Energy Policy, 1997, 25(7): 703-714.
- [5] HU J L, WANG S C. Total-factor energy efficiency of regions in China[J]. Energy Policy, 2006, 34(17): 3206-3217.
- [6] 屈小娥. 中国省际全要素能源效率变动分解[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(8): 29-43.
- [7] 马海良, 黄德春, 姚惠泽. 中国三大经济区域全要素能源效率研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2011(11): 38-43.
- [8] 胡根华, 秦嗣毅. “金砖国家”全要素能源效率的比较研究——基于DEA-Tobit模型[J]. 资源科学, 2012(3): 533-540.
- [9] 栾义君, 任杰. 我国农业全要素能源效率及其收敛性研究[J]. 中国农业资源与区划, 2014(5): 20-24.
- [10] 张立国, 李东, 龚爱清. 中国物流业全要素能源效率动态变动及区域差异分析[J]. 资源科学, 2015(4): 754-763.
- [11] 刘丹丹, 赵頔扬, 郭耀. 全要素视角下中国西部地区能源效率及影响因素[J]. 中国环境科学, 2015(6): 1911-1920.
- [12] 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[J]. 资源科学, 2012(10): 1816-1824.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 王兆华, 丰超. 中国区域全要素能源效率及其影响因素分析[J]. 系统工程理论与实践, 2015(6): 1361-1372.
- [16] 刘勇. 物流业全要素能源效率评价及其影响因素分析[J]. 统计与决策, 2014(1): 66-68.
- [17] 王永赞, 姚西龙. 物流业全要素能源效率地区差异实证研究[J]. 商业时代, 2014(25): 32-34.
- [18] 王维国, 马越越. 中国区域物流产业效率[J]. 系统工程, 2012(3): 66-75.
- [19] OH D H. A global malmquist-luenberger productivity index[J]. Journal of Productivity Analysis, 2010, 34(3): 183-197.
- [20] 柯孔林, 冯宗宪. 中国商业银行全要素生产率增长及其收敛性研究[J]. 金融研究, 2013(6): 146-159.
- [21] 刘瑞翔, 安同良. 资源环境约束下中国经济增长绩效变化趋势与因素分析[J]. 经济研究, 2012(11): 34-47.



- [22] 林伯强,刘泓汛. 对外贸易是否有利于提高能源环境效率——以中国工业行业为例[J]. 经济研究,2015(9):127-141.
- [23] FUKUYAMA H,WEBER W L. A directional slacks-based measure of technical inefficiency[J]. Socio-Economic Planning Sciences,2009,43(4):274-287.
- [24] 杨翔,李小平,周大川. 中国制造业碳生产率的差异与收敛性研究[J]. 数量经济技术经济研究,2015(12):3-20.
- [25] 国务院. 中国物流业发展研究报告[M]. 北京:中国统计出版社,2011.
- [26] 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.
- [27] 金戈. 中国基础设施资本存量估算[J]. 经济研究,2012(4):4-14+100.
- [28] 崔敏,魏修建. 西部物流业生产率变迁与发展异质性分析——基于丝绸之路经济带的构建[J]. 软科学,2015(4):29-32+47.
- [29] 单豪杰. 中国资本存量K的再估算:1952—2006年[J]. 数量经济技术经济研究,2008(10):17-31.
- [30] 李成,田懋,张炜. 我国固定资本存量的重新估算:“一五”到“十一五”[J]. 西安交通大学学报(社会科学版),2014(4):13-20.
- [31] 陈洁. 低碳约束下区域物流产业效率测算[J]. 大连海事大学学报(社会科学版),2014(3):4-8.
- [32] 辜胜阻,方浪,李睿. 我国物流产业升级的对策思考[J]. 经济纵横,2014(3):1-7.
- [33] 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+36.
- [34] 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[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(10):1646-1653.

## Research on Total Factor Energy Efficiency of the Yangtze River Economic Belt's Logistics Industry

YANG Kaijun, MAO Bowei, HU Han

(School of Business, Hohai University, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Based on SBM and GML index, this paper overcomes the problems of Directional Distance Function and Malmquist-Luenberger index, estimating the global environmental efficiency, the total factor energy efficiency and its decomposition of the Yangtze river economic belt's logistics industry over the period of 2004 to 2013. Calculation results show that there is environmental inefficiency widely under carbon emission constraints except Jiangsu Province; The average value of Malmquist index without considering carbon emission is 1.005 0, which is 0.009 8 and 0.010 0 higher than Malmquist-Luenberger index and GML index, indicating that the carbon emission constraint will lead to the decrease of total factor energy efficiency.; The average total factor energy efficiency of the Yangtze river economic belt's logistics industry under GML index is 0.953 6, the order of different reaches as follows: midstream > upstream > downstream, and the spatial difference of regional and provincial is declined; The technology backwards is the main cause of low level of total factor energy efficiency. In the future, the development of the Yangtze river economic belt's logistics industry should pay more attention to environmental benefits and promote the sustainable development of the Yangtze river economic belt through logistics technology improvement.

**Key words:** Yangtze river economic belt; logistics industry; total factor energy efficiency; global directional slack based measure; global-malmquist-luenberger index

[责任编辑:孟青]