

# 环境治理降低中国工业全要素增长了吗? ——基于修正方向性距离函数的研究

王佳<sup>1</sup> 盛鹏飞<sup>2</sup>

(1. 西南财经大学 财政税务学院, 四川 成都 611130; 2. 河南大学 经济学院, 河南 开封 475001)

**摘要:** 基于方向性距离函数的研究大多认为环境管制会导致中国工业全要素生产率增长水平下降, 然而此类研究忽视了环境污染的产生过程以及环境污染与工业经济增长之间的内生性关系, 并导致环境全要素生产率指数的测算出现偏差。因此本文尝试从环境污染与经济增长的内在关系出发来构建环境治理约束下的全要素生产率分析框架, 研究表明, 环境治理并没有降低中国工业的全要素生产率增长水平, 较高的环境治理水平可以显著促进地区工业的全要素增长。

**关键词:** 环境治理; 工业经济; 方向性距离函数; 环境全要素生产率; 可持续发展

**中图分类号:** F062.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1671-9301(2015)05-0031-09

DOI:10.13269/j.cnki.ier.2015.05.004

## 一、引言及文献综述

经过三十余年的发展, 中国已经成为世界第二大经济体, 同时中国也成为世界第一大二氧化硫和二氧化碳排放国。随着经济水平的提高, 环境污染受到了居民、企业和政府的普遍关注, 发展过程中经济增长与环境治理已经成为企业发展的两难选择。通过将环境污染作为非期望产出( Undesirable Output) 纳入全要素生产率分析框架, 大多数研究表明环境规制制约了中国工业部门全要素生产率的提高<sup>[1-5]</sup>。然而, 环境规制对中国工业部门全要素生产率真的只有负向影响吗, 张成等<sup>[6]</sup>的研究则表明合理的环境规制能够激发企业的“创新补偿效应”, 环境规制强度与中国工业企业的生产技术进步之间呈现出“U”型变化, 从而说明环境污染对中国工业部门全要素生产率的影响并不是简单的负向影响。单纯地将环境污染作为非期望产出( Undesirable Output) 是不合理的, 既不符合生产理论中物质平衡的原则, 也扭曲了对经济绩效和社会福利水平的评价, 因此将环境污染视为一种重要的投入要素来完善环境治理框架将有助于解释环境规制是否对中国工业部门全要素生产率产生了显著的抑制效应, 并且从环境全要素生产率框架下进行研究可以为制定有效的环境规制措施提供充分的实证依据。

既往文献主要从企业层面、行业层面和区域层面等研究中国工业全要素生产率<sup>[7-8]</sup>, 并且对其来源进行了深入的分析<sup>[9]</sup>。然而受限于研究方法和研究思路, 以上研究在测算中国工业全要素生产率时都没有将工业发展过程中环境污染考虑到生产率分析框架, 而是仅仅考虑了市场性的期望产出如工业总产值或工业增加值以及市场性的投入如劳动、物质资本等, 因此其研究会有一定的偏

收稿日期: 2015-04-22; 修回日期: 2015-07-07

**作者简介:** 王佳(1983—), 男, 河南修武人, 西南财经大学财政税务学院讲师, 经济学博士, 研究方向为环境经济学和投资经济学; 盛鹏飞(1987—), 男, 河南许昌人, 河南大学经济学院副教授, 经济学博士, 研究方向为环境经济及管理。

**基金项目:** 国家社会科学基金青年项目(14CJY033); 河南省教育厅人文社会科学研究重点项目(2015-ZD-093)

差<sup>[10]</sup> ,并且扭曲了对经济绩效和社会福利等的评价<sup>[11]</sup>。Chung *et al.*<sup>[12]</sup>在此方面做出了开创性的工作,在 Luenberger<sup>[13]</sup>的基础上提出了方向性距离函数(Directional Distance Function, *DDF*) ,然后利用方向性距离函数和 Malmquist 指数构造了全要素生产率的变化率指标(即 Malmquist-Luenberger Index, *ML*)。利用 *ML* 指数, Färe *et al.*<sup>[14]</sup>对美国制造业 1974 年到 1986 年的发展情况进行评价发现忽略环境因素的全要素生产率的年均增长率只有 1.7% ,而考虑环境因素之后的年均增长率为 3.6% ; Yoruk 和 Zaim<sup>[15]</sup>的研究表明整体上 OECD 国家的 *ML* 生产率指数小于 Malmquist 生产率指数, Kumar<sup>[16]</sup>对 41 个发达国家和发展中国家的研究也发现了相同的结论;采用 APEC 17 个国家和地区的数据,王兵等<sup>[10]</sup>以二氧化碳排放量为非期望产出进行研究发现,考虑二氧化碳排放因素的全要素生产率有显著的增长。关于中国经济总体和中国工业部门的环境敏感性生产率的研究也越来越多:涂正革<sup>[17]</sup>考察了环境污染约束下中国不同地区工业环境技术效率的变化,从中发现中西部地区的环境技术效率偏低,而东部地区的工业发展与环境的关系则较为和谐;利用 *ML* 指数,杨俊和邵汉华<sup>[2]</sup>研究了中国地区工业发展的环境全要素生产率,其结论表明忽略环境因素会高估中国工业的全要素生产率;通过测算中国 1998—2007 年的地区工业环境全要素生产率,吴军<sup>[3]</sup>发现中国西部地区的环境全要素生产率增长最快,中部地区最慢;基于对中国 30 个地区规模以上工业企业的发展数据进行考察,涂正革和肖耿<sup>[1]</sup>发现由于中国工业污染排放水平增长缓慢,环境全要素生产率已经成为中国工业发展的核心动力,环境规制没有对中国工业发展起到抑制性作用;Zhang 和 Liu *et al.*<sup>[18]</sup>以中国 1989 年到 2008 年的经济发展现状为研究对象,应用 *ML* 指数进行研究发现忽略环境因素的全要素生产率的年均增长率为 4.84% ,而考虑环境因素之后则下降到 2.46% ;采用序列 *ML* 指数,田银华等<sup>[19]</sup>的研究发现考虑环境约束的全要素生产率对中国经济增长的贡献不足 10 个百分点;利用跨产业面板数据,赵春雨等<sup>[20]</sup>发现中国工业行业环境全要素生产率在 2005 年之后有明显的下降;基于松弛的效率测度方法和 Luenberger 指数将环境全要素生产率进行分解,董敏杰等<sup>[21]</sup>的研究发现中国工业环境全要素生产率在 2001 年到 2007 年之间有所提高,但是污染治理效率偏低是导致环境全要素生产率整体水平不高的重要原因;此外,杨文举<sup>[22]</sup>、李小胜和安庆贤<sup>[23]</sup>、郑丽琳和朱启贵<sup>[24]</sup>等研究也发现考虑环境因素之后,中国工业的全要素生产率有显著的下降。

总的说来,已有研究从不同层面考察了中国工业的全要素生产率和环境全要素生产率,文献表明忽略环境治理会高估中国工业的全要素生产率,并且在政治集中和经济分权的中国式分权模式下的地方经济赶超行为极易导致环境污染加剧<sup>[25-26]</sup>。然而,现有文献关于环境全要素生产率的研究大多将环境污染物的排放视为经济发展过程中满足弱可处理性(Weak Disposability)的非期望产出,而较少考虑环境污染在经济发展过程中的作用,所以研究结果大多认为施加环境约束之后的全要素生产率小于忽略环境因素的全要素生产率;也有一部分研究将环境污染视为强可处理性(Strong Disposability)的投入,但是这种做法违背了生产理论中的物质平衡原则,所以以上两种思路均会引起投入-产出系统的破坏<sup>[27]</sup>,并导致全要素生产率的测算出现偏差。

有鉴于此,本文尝试将环境资源的消耗作为一种投入活动来完善生产活动中的环境治理行为,从而获得更为有效的环境全要素生产率的测度。于是,本文在研究中尝试从环境污染的主要特征来构建包括环境治理的全要素生产率框架,利用中国 1998—2011 年的工业发展数据进行实证研究,着重探讨环境规制是否抑制了中国工业的全要素生产率的增长和地区工业经济赶超行为。

## 二、环境治理框架下的全要素生产率

### (一) 环境污染物的性质

结合已有研究,环境污染物在经济活动中的特征包括环境污染是有害的(Detrimental);环境污染是与经济增长相伴而生的;环境污染是生产和消费活动中对自然资源的消耗;更重要的是,环境污染物的排放是弱可处理的(Weak Disposability)。作为非期望产出,环境污染物的排放在经济属性上与

期望产出是不同的,在投入固定条件下,生产决策单元(Decision Making Unit, DMU)可以选在生产可能性前沿(The Production Possibilities Frontier)内的任何一个生产点进行生产。但是由于环境污染的存在,DMU的选择是有限的,这是因为环境污染物排放的降低是需要成本的。

最后,环境污染物排放并不是外生的,而是与经济增长过程相伴而生,因此在研究中单纯将环境污染作为投入或者非期望产出等都是不合适的,并导致对环境全要素生产率的测算出现偏差。环境污染物的排放是经济活动对环境资源的消耗超过环境自净能力和人工自净能力之外的排放,而环境资源的消耗是经济活动中的重要组成部分,所以环境治理框架的构建应该基于从“环境资源消耗——经济增长——环境治理——环境污染物的排放”的思路进行构建。

## (二) 联合产出模型

从经济绩效和社会福利评价的角度出发,期望产出和非期望产出的决策方向存在差异,也即在经济活动中,决策者更倾向于期望产出的增加和非期望产出的降低,因此构建联合产出模型是解决环境约束下生产率评价的关键环节。Chung *et al.*<sup>[12]</sup>最先提出了方向性距离函数(Directional Distance Function, DDF)来解决此类问题,令好产出的集合为 $Y \in R^G$ ,非期望产出集合为 $B \in R^B$ ,投入集合为 $X \in R^I$ ,其生产技术可以被定义为:

$$F(X) = \{(Y, B) : X \text{ 可以生产 } (Y, B)\} \quad (1)$$

生产技术 $F(X)$ 必须满足以下条件:(1)非期望产出 $B$ 是弱可处理性的(Weak Disposability),只有 $m < 1$ ,那么有 $(mY, mB) \in F(X)$ 。也即非期望产出的降低是有成本的,在投入不变条件下,非期望产出的降低必然伴随着期望产出的降低;(2)期望产出 $Y$ 是强可处理的(Strong Disposability),当 $Y' < Y$ 时,有 $(Y', B) \in F(X)$ ;(3)期望产出 $Y$ 和非期望产出 $B$ 满足零结合性(Null-Joint),只有当 $B \neq 0$ 时采用 $Y \neq 0$ 。

在生产技术 $F(X)$ 下,方向性距离函数定义为:

$$D_F(X, Y, B) = \sup\{\beta : (Y(1 + \beta), B(1 - \beta)) \in F(X)\} \quad (2)$$

$D_F(X, Y, B)$ 表示在生产技术不变条件下,由于DMU存在生产非效率而导致的潜在期望产出和潜在非期望产出相对于实际产出和实际非期望产出之间的距离,它满足了在经济绩效评价过程中对期望产出增加和非期望产出降低的要求,并得到了广泛的应用。

对于方向性距离函数,尽管其满足了生产技术 $F(X)$ 的三个条件,但是却并不能满足环境污染物的特征,并且其没有描述环境污染物是如何产出的和环境污染与经济活动的关系,而只是从经济绩效评价的角度来进行判断,从而容易导致全要素生产率的测算出现偏差。因此我们将环境资源的消耗( $E$ )和环境非期望产出同时纳入到生产分析框架之中,即:

$$P(X, E) = \{(Y, B) : (X, E) \text{ 可以生产 } (Y, B)\} \quad (3)$$

由于环境资源的消耗( $E$ )和环境非期望产出( $B$ )都是非市场性的,因此相对于传统的生产分析框架,生产技术 $P(X, E)$ 可以从投入和产出两个角度来纠正忽略环境治理行为对经济绩效评价的偏差。

DDF模型是一种径向的分析方法,采用标准的数据包络分析方法(Data Envelopment)进行测算会忽略松弛(Slack)量,因此在 $P(X, E)$ 生产技术上,我们建立非径向修正的方向性距离函数(NIDDF),即:

$$NID_F(X, E, Y, B) = \sup\{(S_Y, S_B, S_X, S_E) : (Y + S_Y, B - S_B) \in F(X - S_X, E - S_E)\} \quad (4)$$

## (三) 环境全要素生产率

利用Caves *et al.*<sup>[28]</sup>发展而来的Malmquist生产率指数( $M$ ),Chung *et al.*<sup>[12]</sup>在方向性距离函数的基础上定义了Malmquist-Luenberger生产率指数( $ML$ )来描述环境约束下的全要素生产率的变化。因此,我们在NIDDF的基础上来重新定义包含环境资源消耗和环境非期望产出的全要素生产率指

数( *IML* ) :

$$IML_t^{t+1} = \left( \frac{NID_F^t(X^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, B^{t+1})}{NID_F^t(X^t, E^t, Y^t, B^t)} \times \frac{NID_F^{t+1}(X^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, B^{t+1})}{NID_F^{t+1}(X^t, E^t, Y^t, B^t)} \right)^{1/2} \quad (5)$$

其中  $t = 1, 2, \dots, T$  表示时期,  $NID_F^t$  表示参考  $t$  期的生产效率,  $NID_F^{t+1}$  表示参考  $t + 1$  期的生产效率。

*IML* 生产率指数可以进一步分解为技术变化 ( Technical Change ) 和效率变化 ( Efficiency Change ) :

$$IMLT_t^{t+1} = \left( \frac{NID_F^t(X^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, B^{t+1})}{NID_F^{t+1}(X^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, B^{t+1})} \times \frac{NID_F^t(X^t, E^t, Y^t, B^t)}{NID_F^{t+1}(X^t, E^t, Y^t, B^t)} \right)^{1/2} \quad (6)$$

$$IMLE_t^{t+1} = \frac{NID_F^t(X^{t+1}, E^{t+1}, Y^{t+1}, B^{t+1})}{NID_F^t(X^t, E^t, Y^t, B^t)} \quad (7)$$

其中 *IMLT* 表示技术变化, 也即  $t + 1$  期的生产前沿相对于  $t$  期的生产前沿是否有所推进, 当 *IMLT*  $> 1$  时, 表示技术进步, *IMLT*  $< 1$  时表示技术倒退; *IMLE* 表示效率变化, 即 *DMU* 在  $t + 1$  期相对于生产前沿的距离与  $t$  期相比是否提高, 当 *IMLE*  $> 1$  时表示效率提高, *IMLE*  $< 1$  时表示效率恶化。

利用 Tone 提出的 *SBM* 模型, 借鉴 Fukuyama 和 Weber<sup>[29]</sup> 的思路, *NIDDF* 可以通过以下的线性规划模型进行求解:

$$NID_F(X, E, Y, B) = \max \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \frac{S_{X_j}}{X_j} + \frac{S_{E_j}}{E_j} \frac{1}{M+I} \left( \sum_{m=1}^M \frac{S_{Y_j}}{Y_j} + \sum_{i=1}^I \frac{S_{B_j}}{B_j} \right)}{3}$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k X_k + S_{X_j} = X_j; \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k E_k + S_{E_j} = E_j$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k B_k + S_{B_j} = B_j; \quad \sum_{k=1}^K \lambda_k Y_k - S_{Y_j} = Y_j$$

$$\sum_{k=1}^K \lambda_k \leq 1; S_{X_j} \geq 0; S_{E_j} \geq 0; S_{Y_j} \geq 0; S_{B_j} \geq 0 \quad (8)$$

### 三、中国工业环境全要素生产率分析

#### (一) 数据和变量

基于数据的可得性, 本文以中国 1998 年到 2011 年 29 个省、市和自治区的规模以上工业企业为研究对象。在现有文献的基础上, 本文以地区规模以上工业企业的固定资产年平均余额、从业劳动年平均数为要素投入, 以地区工业增加值为期望产出, 以地区工业二氧化硫排放量为非期望产出。对于环境资源的消耗, 在借鉴以往研究的基础上, 本文以工业二氧化硫产生量为环境资源的消耗, 因为工业二氧化硫产生量反映了在生产过程中工业生产行为对自然环境的总破坏, 并且工业二氧化硫产生量与排放量之间的相对距离也能够准确地表述工业企业的环境治理行为。

本文所采用的数据主要来自于《中国工业经济统计年鉴》和《中国统计年鉴》。2005 年之后的工业增加值数据参考各个地区《国民经济和社会发展统计公布》和《中国统计年鉴》来推算。对于固定资产年平均余额和工业增加值数据, 本文按照 1998 年的价格指数<sup>①</sup>进行缩减以降低价格因素变化对生产率评价的影响。表 1 报告了变量的描述性统计结果。

从数据看, 中国工业规模以上工业增加值从 1998 年的 2.00 万亿元增加到 2011 年的 11.45 万亿元, 年均增长率高达 14.34%, 远远高于中国国内生产总值的增长速度; 工业二氧化硫产生量也从 0.16 亿吨增加到 0.60 亿吨, 但是年均增长率远远低于规模以上工业企业增加值的增长速度, 并且工业二氧化硫排放量从 1998 年到 2011 年并没有显著的增加; 同时, 中国规模以上工业企业的二氧化硫排放强度<sup>②</sup>有显著的下降, 2011 年的强度相对于 1998 年下降了 77.82%。因此, 传统的方向性距

离函数将工业二氧化硫排放量作为外生的环境因素来进行研究是不恰当的,其忽略了中国工业发展过程中环境治理效率和环境治理

表1 变量描述性统计

变量	单位	最大值	最小值	平均值	标准差	标准利率率
固定资产年平均余额	亿元	14542.691	178.893	2908.542	2647.286	0.910
从业劳动年平均数	万人	1509.570	11.800	240.536	248.650	1.034
二氧化硫排放量	万吨	592.875	2.114	115.079	84.321	0.733
工业增加值	亿元	23065.611	59.100	2846.155	3401.931	1.195
二氧化硫排放量	万吨	176.006	1.928	62.823	38.558	0.614

强度,因此对工业环境全要素生产率的测算是有所偏的。

## (二) 中国环境全要素生产率测算结果

利用数据包络分析方法,本文分别计算了在不考虑环境治理和考虑环境治理条件下中国29个省的全要素生产率,然后应用双样本均值T检验方法来检验环境全要素生产率与全要素生产率之间的差异。通过表2可以发现:从1999年到2011年,29个省的环境全要素生产率都高于不考虑环境治理的全要素生产率,并且其差值从0.013到0.105不等;所有年份的T检验统计量也都在10%水平上显著拒绝环境全要素生产率(IML)与普通全要素生产率(IM)无显著差异的原假设,并接受环境全要素生产率较高的备择假设;与已有文献关于考虑环境治理之后,中国工业全要素生产率出现显著下降的结论明显不同,其主要原因在于已有的研究如吴军<sup>[3]</sup>、赵春雨等<sup>[20]</sup>、郑丽琳和朱启贵<sup>[24]</sup>等都是传统的方向性距离函数的基础上来测算考虑环境治理的全要素生产率,而方向性距离函数并未考虑环境污染的产生过程及环境污染物的生成与期望产出生产的关系,并且从1998年到2011年中国规模以上工业企业的二氧化硫产生量逐年增加,但是其排放量却没有明显的提高,说明在不影响工业增加值增长的前提下环境治理水平有了较大程度的提高,因此传统的基于方向性距离函数的全要素生产率测算将会低估中国工业的全要素生产率。

本节分别从全国层面及东部地区、中部地区和西部地区等三个区域层面<sup>③</sup>来讨论中国环境全要素生产率<sup>④</sup>的变化(见表2)。首先,从IML和IM的对比来看,三大地区与全国层面一样,环境全要素生产率明显高于普通的全要素生产率,说明从地区层面来看环境治理也没有制约中国地区工业的快速发展。从环境全要素生产率的变化来看,所有地区的环境全要素生产率都显著大于1,说明从1998年到2011年中国工业发展不仅仅依赖于资本、劳动、自然资源等要素的规模化投入,而且技术进步和效率提高为核心的全要素生产率增长已经成为中国工业发展的新动力<sup>[17]</sup>。从地区间变化来看,东部地区在大多数年份处于领先地位,其环境全要素生产率的变化明显高于中西部地区,但是从2005年之后,中西部地区的环境全要素生产率增长也逐渐赶上东部地区,地区间差距逐渐缩小,并且中部地区的环境全要素生产率并不低于西部地区,这一点与吴军<sup>[3]</sup>的研究有显著区别。从时序变化来看,中国工业发展的环境全要素生产率增长分别在2000年、2004年和2008年等年份处于较低水平,其主要是因为受1998年亚洲金融危机的影响,世界经济形势不景气带来的国际贸易量萎缩对中国工业发展产生了巨大的压力;2000年之后中国开始实施“西部大开发”等大规模的国家宏观经济战略,并且出现了新一轮的重新重工业化浪潮,其带动了中国工业的高速发展,但是此时间内环境污染物的排放规模也有较大程度的提高,从而导致环境全要素生产率并没有较大程度的改善;重工业的发展带来的环境问题受到了公众、企业和政府的普遍关注,因此国家在2004年之后实施了严格的环境规制政策,其短时间内对中国工业发展尤其是重化工业的发展带来了巨大的压力,所以此时间段内中国尤其是中西部地区的环境全要素生产率水平较低;而后,在环境规制压力下,中国工业环境全要素生产率并没有出现持续的下滑,说明环境规制并没有对中国工业发展形成长期的增长压力,环境规制也迫使企业进行技术创新来提高劳动生产率和环境治理效率,有利于环境全要素生产率的提高;伴随着2008年全球经济危机的到来,中国工业发展尤其是外向型工业企业受到了前所未有的

挫折,工业环境全要素生产率和普通全要素生产率都有明显的下降,但是中国在 2008 年之后实施了大规模的宏观经济政策来大力拉动内需,将由“投资、出口、消费”等三驾马车驱动的经济发展模式转向为更重视内需拉动的经济战略,从而有利于中国工业的发展和环境全要素生产率的提高。

尽管地区间的对比研究表明东部地区的环境全要素生产率显著高于中西部地区,但是并不能阐明中国工业发展的省级特征,因此本文利用图 1 来分析中国 1998—2011 年省级 IML 和 IM<sup>⑤</sup> 的变化特征。与地区间对比有所不同,内蒙古自治区、山东、重庆、云南和海南等地区的工业环境全要素生产率最高,并且其 IML 指数明显高于 IM 指数,尽管除了海南省之外其他四个省份都是中国工业二氧化硫

表 2 中国分地区环境全要素生产率变化与普通全要素生产率

	全国层面		东部地区		中部地区		西部地区	
	IML	IM	IML	IM	IML	IM	IML	IM
1999	1.172	1.123	1.213	1.151	1.087	1.067	1.072	1.048
2000	1.112	1.093	1.133	1.109	1.054	1.051	1.081	1.070
2001	1.193	1.148	1.211	1.157	1.136	1.115	1.173	1.141
2002	1.178	1.134	1.196	1.144	1.104	1.088	1.183	1.150
2003	1.160	1.140	1.181	1.155	1.082	1.088	1.148	1.124
2004	1.077	1.061	1.063	1.050	1.067	1.065	1.206	1.139
2005	1.196	1.125	1.169	1.113	1.362	1.197	1.091	1.083
2006	1.145	1.094	1.149	1.095	1.103	1.071	1.192	1.135
2007	1.239	1.129	1.198	1.108	1.440	1.222	1.139	1.097
2008	1.103	1.057	1.109	1.055	1.067	1.046	1.136	1.096
2009	1.184	1.105	1.132	1.074	1.305	1.173	1.274	1.170
2010	1.201	1.142	1.181	1.135	1.245	1.159	1.232	1.144
2011	1.213	1.136	1.261	1.163	1.113	1.086	1.169	1.092
平均水平	1.166	1.114	1.168	1.115	1.160	1.108	1.160	1.114

产生量较高的省份,但是其二氧化硫去除量也相对较高,二氧化硫去除率到 2011 年已经分别达到 70.46%、72.53%、66.57%、71.23% 和 70.31%,相对于 1998 年的水平有了较大程度的提高,因此考虑环境治理因素之后其环境全要素生产率有了较大幅度的提高;河南、北京、四川、江苏和上海等省份为中国工业环境全要素生产率的第二梯队,其工业环境全要素生产率仅略高于普通的全要素生产率,说明这些地区的环境治理效率存在较大的

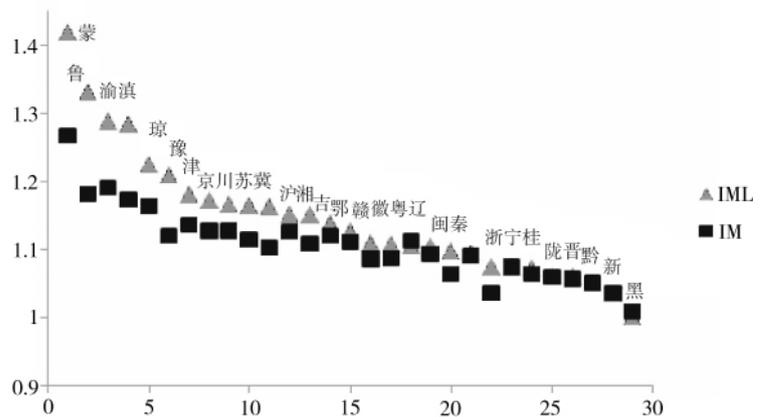


图 1 中国省级环境全要素生产率指数与普通全要素生产率指数对比(1998—2011)

改善空间;宁夏、广西、甘肃、新疆和黑龙江等省份的环境全要素生产率增长水平最低,并且相对于 IM 指数没有明显的提高,同时这些省份的普通全要素生产率增长水平也处于较低的水平,从而说明这些省份的工业发展应该转变发展模式,努力向资源集约化和环境友好型的工业发展方向前进。最后,与已有研究有所不同,本文的研究结果表明环境全要素生产率指数最高的省份并不是环境污染物产生量和排放量较低的省份,相反内蒙古、山东、重庆等省份的二氧化硫产生量和排放量相对于其他省份处于较高的水平,但是其并没有影响这些地区拥有较高的环境全要素生产率,这是因为这些省份的工业二氧化硫去除率较高造成的,也即这些省份拥有较高的环境治理水平所致。

(三) 环境全要素生产率的来源

借助于 Malmquist 指数的可分解性,可以将环境全要素生产率指数分解为技术进步 (IMLT) 和效

率提高 (*IMLE*)。表 3 报告了中国省级工业发展的全要素生产率的分解结果,从中可以发现:*IMLT* 指数显著高于 *IMT* 指数,并且 T 检验的结果在 1% 的显著性水平上拒绝 *IMLT* 指数与 *IMT* 指数相等的原假设,接受 *IMLT* 大于 *IMT* 的备择假设,说明中国工业的全要素生产率在考虑环境治理之后其技术进步水平有了显著的提高;基于 T 检验并不能拒绝 *IMLE* 指数和 *IME* 指数相等的原假设,说明考虑环境治理因素之后中国工业发展的效率水平并没有显著的提高;最后,通过分析技术进步和效率提高对全要素生产率增长的贡献来看,所有省份的结果都表明技术进步是环境全要素生产率的重要来源,而效率提高对环境全要素生产率的贡献较低,甚至在一些省份如浙江、河北、新疆等明显阻碍了工业全要素生产率的提高。

表 3 中国省级工业发展的全要素生产率指数分解(1998—2011)

	有环境治理				无环境治理				
	<i>IMLE</i>	<i>IMLT</i>	<i>IMLE</i> 贡献	<i>IMLT</i> 贡献	<i>IME</i>	<i>IMT</i>	<i>IME</i> 贡献	<i>IMT</i> 贡献	
东部地区	北京	1.062	1.103	38%	62%	1.043	1.081	35%	65%
	天津	1.075	1.097	44%	56%	1.055	1.077	42%	58%
	河北	0.987	1.179	-9%	109%	0.990	1.112	-10%	110%
	辽宁	1.005	1.099	5%	95%	1.011	1.080	13%	87%
	上海	1.027	1.121	19%	81%	1.019	1.104	16%	84%
	江苏	0.970	1.201	-20%	120%	0.983	1.133	-16%	116%
	浙江	0.969	1.110	-43%	143%	0.981	1.056	-54%	154%
	福建	1.000	1.097	0%	100%	1.000	1.064	0%	100%
	山东	1.033	1.288	11%	89%	1.016	1.161	10%	90%
	广东	1.000	1.106	0%	100%	1.000	1.112	0%	100%
海南	1.042	1.175	20%	80%	1.037	1.121	24%	76%	
中部地区	山西	0.994	1.066	-10%	110%	0.995	1.061	-8%	108%
	吉林	1.059	1.074	45%	55%	1.056	1.060	49%	51%
	黑龙江	0.928	1.079	-3582%	3682%	0.949	1.063	-609%	709%
	安徽	1.021	1.085	21%	79%	1.017	1.069	20%	80%
	江西	1.015	1.092	15%	85%	1.017	1.067	21%	79%
	河南	0.997	1.213	-1%	101%	1.002	1.116	2%	98%
	湖北	1.034	1.090	28%	72%	1.031	1.077	29%	71%
湖南	1.015	1.134	11%	89%	1.013	1.093	13%	87%	
西部地区	广西	1.001	1.071	1%	99%	1.000	1.064	0%	100%
	内蒙古	1.107	1.282	29%	71%	1.078	1.175	32%	68%
	重庆	1.088	1.184	33%	67%	1.061	1.122	34%	66%
	四川	1.036	1.126	23%	77%	1.032	1.092	26%	74%
	贵州	0.987	1.066	-26%	126%	0.988	1.063	-26%	126%
	云南	0.961	1.336	-16%	116%	0.973	1.205	-18%	118%
	陕西	1.024	1.070	26%	74%	1.023	1.065	26%	74%
	甘肃	0.990	1.071	-17%	117%	0.994	1.065	-10%	110%
	宁夏	1.004	1.071	6%	94%	1.005	1.068	8%	92%
新疆	0.958	1.082	-123%	223%	0.962	1.077	-110%	210%	

结合图 1 对中国省级 1998 年到 2011 年环境全要素生产率指数的排名,我们发现环境全要素生产率指数最低的省份如黑龙江、新疆、贵州、山西、广西和宁夏等的技术进步对环境全要素生产率增长的贡献明显为负,并且相对于无环境治理下的全要素生产率增长水平来看,效率水平变化对环境全要素生产率的负影响更大,这说明效率水平下降是制约这些地区工业集约化发展和环境友好型发

展的主要阻力。对于环境全要素生产率水平较高的省份如内蒙古、山东、重庆和海南等省份<sup>⑥</sup>,效率水平变化对环境全要素生产率增长明显为正,这与环境全要素生产率水平较低的省份形成了鲜明的对比。最后从地区层面来看,东部地区各省份效率提高对环境全要素生产率提高的贡献的平均水平为6%,而中部地区为-383%<sup>⑦</sup>,西部地区为-10%,这说明在工业发展和环境治理过程中中西部地区更依赖于技术进步,而忽视了效率提高因素,并导致地区环境全要素生产率显著低于东部地区。

#### 四、结论

传统的方向性距离函数通常将环境污染物的排放视为经济增长过程中的副产物,忽视了环境污染的产生过程,并不能揭示环境治理的真实面貌,同时也没有考虑环境污染作为自然资源的消耗对产出的贡献,导致环境全要素生产率增长的测算是偏的。因此本文在方向性距离函数的基础上重建环境治理过程,然后以中国1998年到2011年规模以上工业企业为对象来研究环境治理对中国省级工业发展的全要素生产率增长的影响。本文主要得出以下结论:

第一,与现有关于中国工业环境全要素生产率指数的研究不同,本文的研究发现中国工业发展的环境全要素生产率指数明显高于不考虑环境治理的全要素生产率增长水平,说明环境治理没有降低中国工业的全要素增长趋势,并侧面支持了在中国工业增长过程中是存在“波特效应”(Porter Hypothesis)的,也即环境治理会通过激发企业创新来提高其经济效率,并促进行业向着“又好又快”的方向发展。

第二,从环境全要素生产率指数的平均水平来看,尽管东部地区依然是中国工业经济增长与环境治理的先行区域,但是以内蒙古自治区、山东、重庆和云南等为代表的中西部省份的环境全要素生产率也有了较大的提高,这主要是因为这些地区过去的发展更多依赖于煤炭等能源资源的投入,而产业结构的升级和产业技术的提高正在驱使这些省份不断降低对能源资源的过度依赖,并且其环境治理水平也日趋相对提高,从而带动了环境全要素生产率的改善。

第三,本文的研究结论表明环境治理行为不是制约中国地区工业经济全要素增长的因素,并且环境污染物排放量较大的省份也可能具备较高的环境全要素生产率水平。因此,我们认为在中国当前的工业发展过程中,加强环境管制是有必要的,并且不会对工业增长产生显著的抑制效应;但是在工业环境治理过程中应该更加着重于环境污染物排放终端的管理,而不是环境污染的产生过程,将环境污染行为限制在“工厂”之内就可以实现工业经济增长与环境治理的“双赢发展”。

#### 参考文献:

- [1]涂正革,肖耿. 中国工业增长模式的转变——大中型企业劳动生产率的非参数生产前沿动态分析[J]. 管理世界, 2006(10): 57-68.
- [2]杨俊,邵汉华. 环境约束下的中国工业增长状况研究——基于 Malmquist-Luenberger 指数的实证分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2009(9): 64-78.
- [3]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.
- [4]陈诗一. 中国的绿色工业革命: 基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008) [J]. 经济研究, 2010(11): 21-34.
- [5]屈小娥. 考虑环境约束的中国省际全要素生产率再估算[J]. 产业经济研究, 2012(1): 35-43.
- [6]张成,陆旻,郭路,等. 环境规制强度和生产技术进步[J]. 经济研究, 2011(2): 113-124.
- [7]李小平,朱钟棣. 中国工业行业的全要素生产率测算——基于分行业面板数据的研究[J]. 管理世界, 2005(4): 56-64.
- [8]李胜文,李大胜. 中国工业全要素生产率的波动: 1986—2005——基于细分行业的三投入随机前沿生产函数分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2008(5): 43-54.
- [9]姚战琪. 生产率增长与要素再配置效应: 中国的经验研究[J]. 经济研究, 2009(11): 130-143.
- [10]王兵,吴延瑞,颜鹏飞. 环境规制与全要素生产率增长: APEC 的实证研究[J]. 经济研究, 2008(5): 19-32.

- [11] Hailu, A., Veman, T. S. 2000, "Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959—1994: An Input Distance Function Approach", *Journal of Environmental Economics and Management*, 40: 251-274.
- [12] Chung, Y. H., Färe, R., Grosskopf, S. 1997, "Productivity and Undesirable Outputs: A Directional Distance Function Approach", *Journal of Environmental Management* 51(3): 229-240.
- [13] Luenberger, D. G. 1992, "Benefit Functions and Duality", *Journal of Mathematical Economics* 21: 461-481.
- [14] Färe, R., Grosskopf, S., et al. 2001, "Accounting for Air Pollution Emissions in Measuring State Manufacturing Productivity Growth", *Journal of Regional Science* 41: 381-409.
- [15] Yoruk, B., Zaim, O. 2005, "Productivity Growth in OECD Countries: A Comparison with Malmquist Indices", *Journal of Comparative Economics* 33: 401-420.
- [16] Kumar, S. 2006, "Environmentally Sensitive Productivity Growth: A Global Analysis Using Malmquist-Luenberger Index", *Ecological Economics* 56: 280-293.
- [17] 涂正革. 环境、资源与工业增长的协调性[J]. 经济研究 2008(2): 93-105.
- [18] Zhang, C. H., Liu, H. Y., et al. 2011, "Productivity Growth and Environmental Regulations—Accounting for Undesirable Outputs: Analysis of China's Thirty Provincial Regions Using the Malmquist-Luenberger Index", *Ecological Economics* 70: 2639-2379.
- [19] 田银华, 贺胜兵, 胡石其. 环境约束下地区全要素生产率增长的再估算: 1998—2009 [J]. 中国工业经济, 2011(1): 47-57.
- [20] 赵春雨, 朱承亮, 安树伟. 生产率增长、要素重置与中国经济增长——基于分行业的经验研究 [J]. 中国工业经济 2011(8): 79-88.
- [21] 董敏杰, 李钢, 梁泳梅. 中国工业环境全要素生产率的来源分解 [J]. 数量经济技术经济研究 2012(2): 3-20.
- [22] 杨文举. 基于 DEA 的绿色经济增长核算: 以中国地区工业为例 [J]. 数量经济技术经济研究 2011(1): 19-34.
- [23] 李小胜, 安庆贤. 环境管制成本与环境全要素生产率 [J]. 世界经济 2012(12): 23-40.
- [24] 郑丽琳, 朱启贵. 纳入能源环境因素的中国全要素生产率再估算 [J]. 统计研究 2013(7): 9-17.
- [25] 尹振东. 垂直管理与属地管理: 行政管理体制的选择 [J]. 经济研究 2011(4): 41-54.
- [26] 张克中, 王娟, 崔小勇. 财政分权与环境污染: 碳排放的视角 [J]. 中国工业经济 2011(10): 65-75.
- [27] Murty, S., Russel, R. R., Levkoff, S. B. 2012, "On Modeling Pollution-Generating Technologies", *Journal of Environmental Economics and Management* 64: 117-135.
- [28] Caves, D. W., Christensen, L. R., Diewert, E. 1982, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica* 501: 1393-1414.
- [29] Fukuyama Hirofumi, Weber, W. L. 2009, "A Directional Slacks-Based Measure of Technical Inefficiency", *Socio-Economic Planning Sciences* 43(4): 274-287.

#### 注释:

- ①按照已有文献的思路, 固定资产年平均余额采用固定资产投资价格指数进行平减, 工业增加值按照工业品出厂价格指数进行平减。
- ②工业二氧化硫排放强度为工业二氧化硫排放量与工业增加值的比值。
- ③东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南等 11 个省区, 中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南等 8 个省区, 西部地区包括内蒙古自治区、广西壮族自治区、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏和新疆等 10 个省区。
- ④为了降低地区工业发展规模对地区间平均全要素生产率的影响, 本文以地区内各个省份的规模以上工业企业增加值为权重来计算加权的全要素生产率。
- ⑤根据 Malmquist 指数的构造特征, 本节采用各个省份从 1999 年到 2011 年的 IML 和 IM 指数的几何平均数来构造其平均生产率指数。

(下转第 92 页)

## Market Potential and Domestic Market Segmentation: Empirical Evidence from China

Cai Hongbo<sup>1</sup>, Dai Junyi<sup>1</sup>, Li Hongbing<sup>2</sup>

(1. Business School, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** Firstly, based on the new economic geography model and trade gravity model, this paper uses trade flow data, input-output data and distance data by Chinese province, to calculate Markets Potential (MP) Index in order to find the potential market demand for every Chinese city from itself, other cities inside same province, cities in other provinces and foreign trade partners. Secondly, based on Samuelson's "Glacial Cost" model, this paper uses the relative price method to construct a measurable Market Segmentation Index, which shows that Chinese domestic market segmentation has been decreasing since 1994, basically the same as the results the commodity market tends to integrate in most of the literatures. Finally, this paper empirically tests the impact of market potential on domestic market segmentation in China. The conclusions show that the greater market potential, the higher cost of local government to protect the market, which will help reduce the degree of domestic market segmentation. In addition, the smaller ratio of state-owned economy, the more resources local government controls, the stronger financial autonomy local government has, the better market integration will be.

**Key words:** market segmentation; markets potential; spatial agglomeration; local protection; economic nationalization

(上接第 39 页)

- ⑥云南省的效率水平变化对环境全要素生产率增加的贡献为负,但是并未影响云南省拥有较高的环境全要素生产率增长水平,这是因为重工业在云南省工业发展过程中的比重较小,并且云南省的环境治理水平一直处于较高的水平,从1998年到2011年其工业二氧化硫去除率一直维持在45%以上。
- ⑦由于黑龙江省的效率水平变化对环境全要素生产率的负贡献较大为-3582%,因此如果不考虑黑龙江省的话,中部地区的效率水平对环境全要素生产率贡献的平均水平为17%,远高于东部地区。

(责任编辑:禾 日)

## Does Environmental Management Reduce Chinese Industrial Total-factor Productivity: A Study Based on Modified Directional Distance Function

Wang Jia<sup>1</sup>, Sheng Pengfei<sup>2</sup>

(1. School of Public Finance and Taxation, Southwestern University of Finance and Economics, Chengdu 611130, China;

2. School of Economics, Henan University, Kaifeng 475001, China)

**Abstract:** By using the directional distance function, most of the current research concludes that environmental management has decreased Chinese industrial total-factor productivity. However, the existing literatures don't take the relationship between industrial economic growth and the generation of pollutants, which may cause some errors to the measurement. Thus, this paper rebuilds the framework of the environmental total-factor productivity, and the conclusions suggest that environmental management doesn't reduce Chinese industrial total-factor productivity, and the high-level of environmental management could improve the performance of industrial development.

**Key words:** environmental management; industrial economy; directional distance function; environmental total factor productivity; sustainable development