

doi:10.11835/j.issn.1008-5831.2018.04.001

欢迎按以下格式引用: 吕小明, 黄森. “美丽中国”背景下中国区域产业转移对工业绿色效率的影响研究——基于 SBM-undesirable 模型和空间计量模型[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2018(4): 1-11.

Citation Format: GUO Xiaoming, HUANG Sen. Influence of China's domestic industrial transfer on regional industry's green efficiency against background of "Beautiful China": An analysis based on SBM-undesirable model and spatial econometric model [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2018(4): 1-11.

“美丽中国”背景下中国区域产业转移对工业绿色效率的影响研究

——基于 SBM-undesirable 模型和空间计量模型

吕小明, 黄森

(四川外国语大学 国别经济与国际商务研究中心, 重庆 400031)

摘要: 区域产业转移一方面促进了地区间产业的协同发展, 另一方面也给部分产业承接区域带来了显著的环境问题。在建设人与自然和谐共生的“美丽中国”背景下, 如何保证区域产业转移过程中, 经济增长与环境保护可持续发展等问题值得深思。选择绿色经济为切入点, 基于 SBM-undesirable 模型和空间计量模型对 2006—2015 年中国工业省际数据进行测算, 研究表明, 中国工业整体发展并没有达到绿色有效的水平, 绿色效率呈波动中下降的趋势; 空间局域 LISA 指数显示中国区域间工业绿色效率差异较大, 表现出“东优西劣”的集聚格局; 空间滞后计量模型表明产业转移和政府规制并未能带动工业绿色效率的提高; 最后, 据此提出未来中国工业在区域间均衡、可持续发展的相关对策建议。

关键词: SBM-undesirable 模型; 空间计量模型; 工业绿色效率; 区域产业转移

中图分类号: F427 **文献标志码:** A **文章编号:** 1008-5831(2018)04-0001-11

面临日益加剧的经济增长与环境质量矛盾, 党的十九大报告提出要加快生态文明体制改革, 建设人与自然和谐共生的“美丽中国”。绿色经济概念强调经济发展和环境保护的协调统一, 是实现

修回日期: 2018-03-02

基金项目: 国家社会科学基金项目“‘一带一路’倡议下中西部地区国际产能合作机制及实施路径研究”(16XJY014); 重庆市教委科学技术研究项目“‘一带一路’引领下重庆产业国际绿色合作的耦合机制与实施路径研究”(KJ1707189); 重庆市教委科学技术研究项目“潜力共生视角下‘渝新欧’沿线国家产能合作价值研究”(KJ1707185)

作者简介: 吕小明(1981—), 女, 湖北公安人, 四川外国语大学国际商学院副教授, 技术经济博士, 主要从事绿色经济与国际经济研究, Email: alicexm@sina.com。

通信作者: 黄森(1986—), 男, 四川乐山人, 技术经济博士, 四川外国语大学国际商学院副教授, Email: 360618606@qq.com。

美丽国家与城市的重要手段,向绿色经济转型已成为全球共识。中国工业是所有行业中能源消耗最大、污染排放最多的行业,以往主要布局在东部发达地区,近年来由于东部地区的土地、劳动力等生产要素价格日益攀升,使得工业企业成本剧增,竞争压力加大,加上国家“中部崛起”“西部大开发”等区域战略的大力推进,工业企业已逐渐开始向中西部地区转移。在这一产业转移过程中,中西部地区工业能源消耗明显增加,而工业导致的废气、废水、固废等环境问题也随之有所转移。区域产业转移俨然使得落后的产业承接地区沦为“污染避难所”,这给“美丽中国”愿景下中国所倡导的绿色经济增长带来了巨大阻碍。在此背景下,中国各地区工业的增长是否是绿色的呢?中国工业产业的区域转移是加剧了各地工业绿色效率的差异,还是产生了趋同的积极影响?除了产业转移,还有哪些因素对这样的空间关系演变起着决定作用?本文试图回答这些问题,以期对未来中国工业在区域间均衡、可持续发展提供相应的理论参考和实践指导。

一、文献综述

工业是一国能源消耗和污染排放的主要行业,在全球绿色浪潮的大背景下,工业的绿色增长受到大量国内外学者的关注,一般用绿色全要素生产率来判断增长的绿色与否,也就是绿色效率。国外如 Chung 等^[1]、Kumar^[2]、Oh 和 Heshmati^[3]、Feng 和 Serletis^[4]等,运用方向性距离函数、Malmquist (M) 指数、Malmquist-Luenberger (ML) 指数等方法来测算一国的绿色效率。借助国外的研究方法,国内众多学者^[5-11]开始研究中国尤其是中国工业的绿色效率。研究主要集中于运用各种研究方法测算中国工业绿色效率的水平,并分析其各种影响因素,影响因素包括对外贸易、所有制结构、能源结构、城市规模、技术研发、经济水平、市场化水平、财政投入、环境规制等。由于所选取的时间段不同,研究方法也有差异,导致各影响因素的影响力度和方向并不完全一致。此外,还有部分学者更关注中国不同区域工业绿色效率的空间差异问题,如李玲等^[12]、张子龙等^[13]、颜洪平^[14]等,大多将中国分为东中西三个地区来考察。地区存在绿色效率异质性是大家共同的结论,但是否存在东、中、西地区梯度排序,以及是否在逐渐缩小地区差距,并未能达成一致的结论,并且,各研究虽然考察的是空间关系,却并没有运用空间经济学的理论进行深入研究。

区域产业转移无疑也是影响中国区域工业绿色效率空间差异的一个关键因素,遗憾的是目前还没有学者专门就此展开研究。但产业转移带来的环境问题已受到国内外很多学者的关注。Mielnik 和 Goldemberg^[15]就曾提出产业转移会给承接地带来环境污染。Kheder 和 Zugravu^[16]通过构建经济地理模型也发现部分国家在接受外国直接投资时沦为了“污染避难所”。豆建民和沈艳兵^[17]发现中部崛起战略实施后,中国中部地区在承接产业转移时具有显著的污染溢出效应。王文晋^[18]也认为随着产业转移的加快,中国各区域工业污染空间格局在发生改变。李敦瑞^[19]通过实证研究证明,与东部地区相比,中国中西部地区工业污染排放比重在逐年上升,需要引起重视。刘满凤等^[20]也证明了由国内区际产业转移带来的污染溢出比较显著。由此可见,产业的区域转移的确带来了污染的转移,这对于工业的绿色效率变化将会产生重要的影响。

总体而言,已有文献在对工业绿色效率的测度方面已臻于成熟,但鉴于时间段的差异和具体测度方法的不同导致结果并不完全趋同,尤其对于绿色效率的影响因素持有争议,也还没有文献专门从产业转移视角来探索工业绿色效率的变动原因;此外,虽然有部分学者考察了空间差异,但没有运用空间经济学的方法,只有龙如银等^[21]运用了空间模型,但其考察的对象仅仅包含了能源效率。

因此,本文试图运用空间计量模型,从产业转移的视角来研究中国工业绿色效率的时空演变,以期为中国未来工业可持续的、均衡的增长提供政策建议。

二、实证研究:中国各地工业绿色效率测度

(一) 研究方法:SBM-undesirable 模型

工业绿色效率是考虑了资源和环境约束下的工业投入产出经济效率。大多数考察投入产出效率的研究选择采用数据包络分析 DEA(Data Envelopment Analysis)方法,然而,传统的 DEA 模型假设并没有考虑到实际生产过程的非期望产出问题,如工业生产所排放出的废水、废气、固废等。为了处理非期望产出,学者们提出了多种构想,如 Hailu 和 Veeman^[22]将非期望产出最小化,视作投入变量,但其与现实生产过程却不相符;Seiford 和 Zhu^[23]将非期望产出乘以-1,但这种方法只能在可变规模报酬的前提下进行计算。

根据本文研究内容,工业绿色效率包含期望产出和非期望产出,因此本文首先构建一个包括投入项、期望产出项、非期望产出项的生产可能性集合。假定生产决策系统中有 n 个决策单元(DMU),有 m 种要素投入和 S 种产出,但是, S 种产出中有 S_1 种期望产出和 S_2 种非期望产出,对应的向量分别为 $x \in R_m, y^g \in R_{s_1}, y^b \in R_{s_2}$,定义矩阵 $X = (x_{ij}) \in R_{m \times n}, Y^g = (y_{ij}^g) \in R_{s_1 \times n}, Y^b = (y_{ij}^b) \in R_{s_2 \times n}$,假定 $X > 0, Y^g > 0, Y^b > 0$,且生产可能性集合为封闭集合与有界集合,投入及产出可自由处置,同时假设期望产出与非期望产出为零结合及产出联合弱可处置性,模型表达为:

$$G = \{(x, y^g, y^b) \mid x \geq X\lambda, y^g \leq Y^g\lambda, y^b = Y^b\lambda, \sum_{i=1}^n \lambda_i, \lambda_i \geq 0\} \quad (1)$$

上式即为包含投入、期望产出、非期望产出的不等式预算约束模型,当 $\sum_{i=1}^n \lambda_i \neq 1$ 时,该模型为规模报酬可变,当 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ 时,该模型为规模报酬不变。然后,本文依据 Tone^[24-25]提出的 SBM 模型,构造某特定 DUM 的线性规划方程:

$$\min \rho = (1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}) / (1 + \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n s_r^+ / y_{r0}) \quad (2)$$

其约束条件为 $x_0 = X\lambda + s^-, y = Y\lambda - s^+, \lambda \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0$,式(2)中 x, y 的下标为 0,表示该 DUM 是特定的, λ 为权重, s 表示松弛变量, s^- 表示投入松弛变量, s^+ 表示产出松弛变量, ρ 为效率值,取值范围 0~1 之间。

最后,在式(2)中通过拆分 y_0 引入非期望产出,即对某特定 DMU 有: $x_0 = X\lambda + s^-, y_0^g = Y^g\lambda - s^{g+}, y_0^b = Y^b\lambda + s^{b+}$,式(2)则变为:

$$\min \rho^* = (1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}) / (1 + \frac{1}{s_1 + s_2} (\sum_{r=1}^{s_1} s_r^{g+} / y_{r0}^g + \sum_{r=1}^{s_2} s_r^{b+} / y_{r0}^b)) \quad (3)$$

其中, $\lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^{g+} \geq 0, s^{b+} \geq 0, \lambda$ 为权重, s^- 表示投入松弛变量, s^{g+} 表示期望产出松弛变量, s^{b+} 表示非期望产出松弛变量, ρ^* 为考虑了非期望产出时各 DUM 的生产效率。可以看出,式(3)的线性规划模型将投入、期望产出、非期望产出同时纳入了目标函数,很好地解决了传统 DEA 所面临的问题。

(二) 指标选取与数据处理

为了更好地反映各区域产业转移变迁方向,本文根据 1986 年中国颁布的“七五”规划对区域的

划分,将中国分为东、中、西三大区域,东部地区包括北京、天津等 11 个省市;中部地区包括山西、内蒙古等 10 个省市;西部地区包括重庆、四川等 10 个省市(西藏由于部分年份数据缺失,本文暂不考虑)。分析时间段为 2006—2015 年。

1. 投入指标的选取

(1) 工业资本投入。部分文献用资本存量来表征资本投入,但资本存量需要估算,在估算的过程中由于需要主观决定折旧率,加上各基年的初始资本量不同,最终估算结果反而差异较大,因此,为尽可能减少数据估算环节所带来的偏差,本文沿用涂正革^[26]和李斌等^[6]的做法,根据《中国统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》,采用年鉴中规模以上工业企业的固定资产净值来衡量资本投入。

(2) 工业劳动投入。借鉴多数学者的做法,采用《中国统计年鉴》中工业从业人员人数来衡量劳动投入。

(3) 工业能源投入。包括各省市工业所消耗的三大类传统能源:煤炭、石油和天然气,根据《中国能源统计年鉴》及各省统计年鉴的实物值,进而按照相应系数折算为标煤值。

(4) 工业污染治理投入。具体包括污染治理项目的投资总额与废水、废气治理设施各自运行的费用,数据来源于《中国环境统计年鉴》。李静和倪冬雪^[27]认为,考虑治理阶段的投入,相较于传统仅考虑生产投入的方法能够更加精准地反映中国工业绿色效率。对于已经造成重大污染的项目,政府也投入了大量的财力物力进行治理,中国对环境污染源治理的投资在逐年增加,已经变成一个不可忽视的投入要素。如果不考虑环境污染治理所投入的要素,那测算出的效率将被高估,不利于政府正确制定相应的政策。

2. 产出指标的选取

(1) 期望产出。现有文献多用工业总产值来表示工业期望产出,但由于从 2013 年开始,《中国工业经济统计年鉴》改名为《中国工业统计年鉴》,不再公布工业总产值的数据,学者纷纷使用一些替代指标来表示。本文借鉴王俊岭和赵瑞芬^[28]的做法,采用规模以上工业企业利税总额这一指标来表征工业的期望产出,该指标指的是企业所获得的净利润加上所缴纳的各种税额总和,如增值税、营业税等。中国工业目前普遍存在产值较高而利润水平较低的问题,利用营业利润指标不仅可以看出企业经济产出高低,还可以将更高的营业利润等同于更高的产品附加值,也意味着产业发展水平相对较好。此外,企业所缴纳的税收越多,反映自身经营状况也就越好,对地区经济发展也能作出更多的贡献,因此,本文选择工业企业利税总额这一指标来衡量期望产出。

(2) 非期望产出。从四个方面衡量工业非期望产出:工业 CO₂、工业废水、工业废气和工业固体废弃物的排放量。根据《中国环境统计年鉴》可直接获得后三个指标。现有文献大多仅采用一种或其中几种污染物的排放量指标,未能全面度量工业生产带来的各种环境污染,尤其由于工业 CO₂ 排放量指标需要估算,不少学者并没有考虑这一指标。本文则基于《中国能源统计年鉴》的统计数据,通过工业生产在消耗煤炭、石油和天然气三种化石能源中燃烧所排放的 CO₂ 来近似估算,具体估算参照吕小明和黄森^[29]的做法。

为了更好地去除价格变动影响,以上指标涉及价格的均以 2005 年为基期进行了不变价格处理。

(三) 结果分析

利用 Max dea7.0 pro 软件,可以得出测算结果见表 1。

表 1 中国工业区域绿色综合效率:SBM-undesirable 模型测算结果

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	均值
东部	0.71	0.85	0.85	0.84	0.78	0.76	0.67	0.68	0.60	0.65	0.74
中部	0.46	0.66	0.65	0.67	0.58	0.63	0.66	0.48	0.45	0.34	0.56
西部	0.54	0.60	0.55	0.47	0.47	0.49	0.45	0.34	0.34	0.32	0.46

测算结果显示,若考虑非期望产出,2006—2015 年中国工业综合绿色效率的平均值仅为 0.58,远未达到有效水平值。这意味着中国的高速工业化发展仍属于粗放型,代价是高能耗高污染,工业发展对于环境并没能起到正面的作用,存在着较大的能源资源浪费和不利于社会可持续发展的弊端。而从分区域的测算结果看,区域间工业绿色效率差异较大,由高到低排列依次为东部、中部、西部,这与大部分已有研究结果一致。10 年间,东部地区工业绿色效率变动趋势是先略有下降,但最近几年呈上升趋势,而中西部地区的工业绿色效率则呈明显持续下降趋势,尤其是西部地区,不仅各年水平均处于最低,且一直呈减少态势,形势不容乐观。

进一步分析各个区域内部省市的情况,发现各区域内省际差异也较大。东部地区工业绿色效率水平表现较好的是北京、天津、江苏、上海等地,效率值均高于 0.9,甚至达到了 1,但是部分省市如河北、辽宁、浙江等又表现过弱,效率值在 0.5 左右波动,拉低了东部地区的均值。中部地区效率均值为 0.56,多数省市在 0.5 到 0.6 左右波动,但广西、山西两地却远低于均值,在 0.3 左右波动,尤其是山西,近两年绿色效率下降得特别厉害,到 0.1 左右,这可能是由于山西作为能源重工省份,长久以来的支柱产业都以高能耗、高污染、高排放为明显特征,如煤炭、冶金、电力和化工等行业,对山西能源资源和环境都产生负面的压力,亟待引起重视。西部地区较落后的省市主要是云南、贵州、甘肃和宁夏等地,其中宁夏的情况最差,其经济是一个倚重倚能的结构,资源开发和能源工业在全区工业结构中的比重很大。图 1 描述了各省市的均值水平。

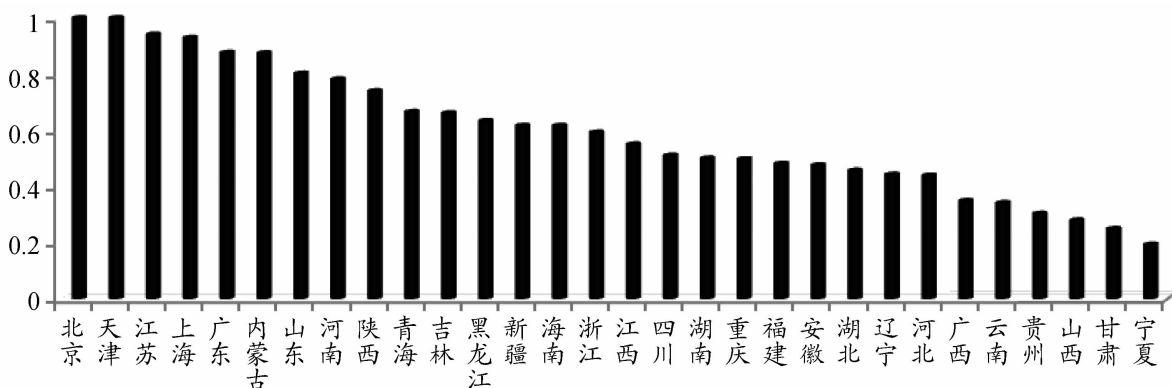


图 1 2006—2015 年中国各地工业绿色综合效率均值排序图

三、中国工业绿色效率的影响因素分析:产业转移视角

纵观改革开放以来中国区域经济发展进程,可以看到一条比较清晰的自东而西、自南而北的梯度产业转移路线。这样的产业转移是否为中西部地区带来了更高的综合绩效表现呢?前文分析表明,中国中西部地区的工业绿色效率下降趋势较为明显,这样的结论不得不令我们思考:中国工业的区域转移为不同区域的工业绿色效率带来了什么影响?

(一) 空间特性分析

首先要判断各区域主体之间是否存在显著空间相关性,一般可通过测算 Moran's I 指数进行检验:

$$Moran's I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad Moran's I \in [-1, +1] \quad (4)$$

式中, W_{ij} 为二元空间权值矩阵中的任意元素值; n 表示研究对象总数, 本文 $n=30$; x_i, x_j 分别为区域 i 和区域 j 之间工业绿色效率值。Moran's I 的值越接近于 +1, 表明在考察期内中国工业发展使得各省市工业绿色效率存在着正的空间集聚性。

由表 2 可知, 2006—2015 年间中国 30 个省市的工业绿色效率具有显著的空间相关性并逐渐增强。为了进一步检验当前哪些地区绿色效率已形成了稳固的空间分布模式, 接下来采用 Anselin^[30] 提出的空间局域 LISA 指数来进行分析, 公式如下所示:

$$L_i = f(x_i, \{x_i\}), \quad \sum_i L_i = \gamma \Lambda \quad (5)$$

式中 x_i 为 i 省市的工业绿色效率值, Λ 为空间相关全局指标, γ 为比例因子。

表 2 2006—2015 年中国工业绿色效率 Moran's I 值表

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
M 值	0.144**	0.266**	0.233**	0.322*	0.354**	0.393**	0.399*	0.350**	0.460**	0.385**

注: **、* 和 * 分别代表在 1%、5% 和 10% 的水平下显著

当前中国各省域绿色效率空间集群主要有 LH 集群和 LL 集群两类, 部分年份还出现了 HH 集群和 HL 集群。可以看出 LH 集群主要集中于河北等中国北部偏东地区, 而且随着时间推移该集群还在逐渐扩大, 具体从 2006 年的河北, 扩展到 2015 年的河北、安徽、黑龙江。LL 集群有从中国西南的四川、云南、贵州等地向西北新疆、青海转移的趋势, 但是基本稳定在中国的西部地区。其余省份虽然存在绿色效率数值上的接近, 但并未能够通过 LISA 指数的显著性检验, 因此没有表现出稳固的空间集聚特性。总体而言, 中国部分省域之间已然形成了稳固的空间集群, 集群特征水平整体表现为“东优西劣”的态势, 东部空间集群因有绿色效率较高的区域包围从而有利于内部工业绿色效率的提升, 西部地区形成空间劣等集群则会对内部工业绿色效率提升形成阻碍效应。

(二) 空间计量建模

前文研究表明, 2006—2015 年中国各省域绿色效率在地理区位上存在显著的空间集聚特性, 因此有必要采用空间计量模型来进行相关影响因素分析, 模型选取产业转移作为自变量, 另外 2 个指标作为控制变量解释区域工业绿色效率的变化。

首先, 自变量产业转移 ($Tran$) 需要测度。在已有文献中, 测度区域产业转移的指标很多, 并不统一。关爱萍和曹亚南^[31] 采用产业增加值相对比重, 靳卫东等^[32] 采用基尼系数, 龙如银等^[29] 利用产业竞争力系数指标。本文采用各省的固定资产投资转移指数 (FAI) 来衡量产业转移:

$$FAI_t = (FAI_{it} - FAI_{it-1}) / FAI_{it-1} - (FAI_{jt} - FAI_{jt-1}) / FAI_{jt-1} \quad (6)$$

式中, FAI_{it} 和 FAI_{it-1} 分别为 i 省份第 j 行业在 t 和 $t-1$ 时期的内资固定资产投资额, FAI_{jt} 和

FAI_{jt-1} 代表全国第 j 行业在 t 和 $t-1$ 时期的内资固定资产投资额。 $(FAI_{jt} - FAI_{jt-1})/FAI_{jt-1}$ 为 i 省份第 j 行业在 t 时期的内资固定资产投资增速, $(FAI_{jt} - FAI_{jt-1})/FAI_{jt-1}$ 为全国第 j 行业在 t 时期的内资固定资产投资增速, FAI_t 是两者差值,若 FAI_t 大于 0,表明在 t 时期 i 省份的第 j 行业的内资固定资产投资增速高于全国水平,即承接了国内其他地区 j 产业的转移,否则表明该省份在该时期向省外转移了 j 产业。

环境规制(G)作为控制变量是指政府在市场失灵时,通过发布相关环境政策,投入相关费用治理污染,甚至对企业采取一些强制性措施来实现经济的绿色可持续发展。“波特假说”认为政府能够通过设置环境规制激励相关企业行动,譬如企业更有动力去开展绿色技术创新,从而有利于同时提升企业的竞争力和改善企业的绿色绩效;但反对者认为,政府设置环境规制措施,反而会增加企业的生产成本,不利于企业提高竞争力。环境规制将会对中国工业发展带来更大的压力,还是成为绿色转型的重要驱动力?就如何评估环境规制,学术领域的专家们未能达成一致,主要是因为政府运用工具对环境进行干预的模式并不固定,并且政策工具种类较多、难以统一。如查建平^[7]、原毅军和谢荣辉^[9-10]等采用了工业废水废气等工业领域各类污染物排放的达标程度来表征环境规制,而张成等^[33]等则选择使用工业污染治理项目投资占比、地方政府环保支出占比等费用支出程度来表征环境规制。本文沿袭后者的做法,采用政府对工业发展的环境治理投入占比来代表该地区的环境规制。

技术水平($Tech$)也是重要的影响因素。技术进步,尤其是绿色技术的创新发展,能够大力推动工业绿色效率的提高。由于绿色技术本身难以定量测度,本文采用大多数研究者的做法,用行业整体技术水平近似替代行业的绿色技术水平,由于技术水平的进步主要来源于科技研发,因此本文选取规模以上工业企业 R&D 经费内部支出与主营业务收入之比来衡量技术水平。

为了更好地去除价格变动影响,以上 3 个指标涉及价格的均以 2005 年为基期进行了不变价格处理。数据分别来自于历年《中国统计年鉴》《环境统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国工业经济统计年鉴》等。

基于上述指标,本文构造下述空间计量模型:

$$E_i = C_i + \beta_1 Tran_i + \beta_2 G_i + \beta_3 Tech_i + \rho WE_i + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$E_i = C_i + \beta_1 Tran_i + \beta_2 G_i + \beta_3 Tech_i + (I - \lambda W)^{-1} \mu \quad (8)$$

式(7)为空间滞后模型(SLM),式(8)为空间误差模型(SEM)。式中 ρ 、 λ 、 W 分别表示空间滞后项、空间误差项与空间权值矩阵,其中下标 i 代表省份。

下一步进行“常规拉格朗日-强拉格朗日”双重检验,以明确从产业转移视角分析中国工业绿色效率影响因素时,SLM 模型与 SEM 模型哪一个更适用。

$$LMERR = [e'We/(e'e/N)]^2/[tr(W^2 + W'W)] \quad (9)$$

$$LMLAG = [e'Wy/(e'e/N)]^2/D \quad (10)$$

式中 e 表示线性回归残差项, N 表示集群样本总数, tr 表示矩阵迹算子, W 同上文定义。 $D = [(WX\beta)'M(WX\beta)/\sigma^2] + tr(W^2 + W'W)$, $WX\beta$ 是 $X\beta$ 预测值的空间滞后, $M = I - X(X'X)^{-1}X'$ 。计算结果如表 3 所示。

由表 3 可知,LMLAG,R-LMLAG 的统计值均大于 LMERR,R-LMERR,且都通过 10% 显著性检验,表明运用空间滞后模型 SLM 更为合理。

表3 拉格朗日乘子检验结果(2015)

TEST	MI/DF	VALUE
Lagrange Multiplier (lag)	1	2.246 6
Robust LM (lag)	1	4.432 0
Lagrange Multiplier (error)	1	1.003 2
Robust LM (error)	1	2.188 6

注:限于篇幅,这里只列出2015年检验结果

(三) 实证结果分析

表4的结果显示,2006—2015年中国工业绿色效率影响因素空间滞后模型的空间滞后项均显著,模型拟合优度 R^2 在40%~70%之间波动,Log-likelihood数值在19~47范围之内波动,都较为合理。

表4 2006—2015年SLM计量结果

	2006	2008	2010	2012	2013	2014	2015
空间滞后项	0.191 9*	0.212 7*	0.217 1**	0.158 9*	0.228 9*	0.374 6*	0.307 8*
常数项	1.276 9*	0.966 3	0.815 7*	1.012 4*	0.275 8	0.241 5*	0.257 3
<i>Tran</i>	-1.552 1*	-0.623 4	-0.851 1**	-1.786 4**	-1.693 3*	0.651 0**	0.475 2
<i>G</i>	-0.286 7*	-0.130 8	-0.162 7*	-0.169 1*	-0.034 1	-0.086 4*	-0.111 1*
<i>Tech</i>	0.239 7	-0.161 7*	-0.098 5*	0.128 7	0.334 2**	0.333 4*	0.337 2**
R^2	61.21%	43.62%	50.29%	46.30%	53.55%	41.26%	68.04%
Log likelihood	20.594 8	30.323 4	39.810 7	47.068 2	19.472 0	32.724 4	29.134 1

注:***、**和*分别代表在1%、5%和10%的水平下显著,限于篇幅,表中仅列出部分年份结果

根据自变量的回归结果看,产业转移指标(*Tran*)整体显著水平较高,但对工业绿色效率有着负面影响,可见,中国从东向西的产业梯度转移并未缓解中国区域经济环境发展的不平衡。一直以来中西部大部分产业转移承接地区的省市虽然抓住机遇提高了经济产值,解决了就业,但是同样也因未充分重视所承接产业对本区域环境能源等因素的影响,所定产业准入门槛较低,特别是部分中西部地区城市盲目抢项目,视GDP为唯一考虑目标,承接了部分高耗能、高排放的工业产业,导致承接产业之后反而降低了本地工业的绿色发展效率。据统计,过去10年中西部地区煤炭、钢铁、有色金属、化学、造纸等产业产值分别增长5~20倍不等,伴随产值增长的是中西部地区能源消耗的增长和工业废水、废气及固废的排放,其增长速度超过产值增速。以高污染的重化工行业为例,过去5年内中国中西部地区的重化工项目审批约占全国的80%;相比之下,东部多数地区已进入工业化后期,产业结构较优化,环境质量出现好转态势,其转移出去的多为产品竞争力不强、技术落后、污染严重的企业。而中国中西部大多地区又正好属于水源地和生态敏感脆弱区域,如果中西部地区仍然复制东部地区过去的“先污染后治理”发展模式,无疑将面临更严峻的可持续发展挑战。幸而近年来,在国家强调绿色增长的大背景下,中西部地区更加重视产业转移的质量,因此2014—2015年的数据显示,承接产业转移对本地工业绿色效率产生了积极影响。从控制变量回归结果看,政府环境规制(*G*)指标整体显著水平较好,大部分年份均通过显著性检验,但表现出对绿色效率的反向影响。这表明,近年来中国地方政府通过增加财政投入加大对生态环境保护的治理力度,对各地工业的绿色效率并没有起到积极作用,这一结果与“波特假说”相违背。可能的原因是政府的治理投入属于一种投资型的环境规制,不属于惩罚型的,虽然分担了企业的治污压力,但忽略了企业作为市场主体的作用,反而降低了企业重视环境保护的积极性,加上环境污染治理项目本身盈利能力不

高,企业更缺乏意愿进入,进而对政府依赖性加强。还有可能的是,中国环境保护还处于发展初期,还需要大量的人力、设备等投入,更缺乏先进的环保技术,政府只是单纯通过财政支出增加设备购置等,反而挤占了可能用于研发的资源,不利于激励工业绿色技术研发,未能改善工业绿色效率。技术进步指标(*Tech*)与期望一致,该因素在考察期间6年都通过了显著性检验,且主要为正向促进作用。这表明各地区工业企业对于技术研发的投入越多,技术进步越快,其绿色效率也就越高。技术研发的重要性可见一斑。虽然技术研发不一定单指绿色技术,但是技术之间具备连通性、溢出性,传统的技术经过改造也可以升级为绿色技术,如大气的污染防治、土壤的污染防治、水环境保护、清洁生产等绿色技术,都建立在基础的研发活动之上。尤其针对部分高耗能强污染的行业,加大技术研发的投入,能够更好地达到全行业节能降耗减排的效果。目前中国工业行业绿色技术水平还较低,很多中小型企业还没能开展针对环保的绿色技术研发活动,因此,在加大技术研发投入促绿色发展这个方面中国工业行业还有巨大的潜力。

四、结论与政策建议

本文运用2006—2015年中国工业省际面板数据,基于SBM-undesirable模型,测算了考虑多种投入和非期望产出的工业绿色效率,并利用空间局域LISA指数和空间滞后计量模型进一步实证考察了中国各地工业绿色效率的空间布局,以及产业转移和相关控制变量对工业绿色效率的影响,得出了如下研究结论。

第一,尽管东部部分省区的绿色效率达到了1的高水平值,但就整体平均水平而言,中国工业发展并没有达到绿色有效的水平,且总体呈波动中下降的趋势。第二,分区域看,区域间工业绿色效率差异较大,水平由高到低排列依次为东部、中部、西部。近10年,东部地区工业绿色效率变化趋势为稳中略有下降,而中部地区和西部地区整体呈明显持续下降趋势,尤其是西部地区,不仅各年水平均处于最低,且一直呈降低态势,不容乐观。第三,中国部分省区之间已形成了稳固的空间集群,表现出“东优西劣”的空间集聚特征。第四,中国的工业产业区域转移对工业绿色效率并没有起到积极作用,政府通过治理污染的投入来规制环境也未能带动工业绿色效率的提高,但技术进步,尤其是绿色技术的研发对工业绿色效率产生正面的影响。

以上结论蕴含的政策启示如下:首先,粗放的产业转移方式急需转变。一方面,中央政府要严格控制全国范围内高能耗高污染行业的新增产能,采取经济、技术、法律等必要手段,提高行业环保和能耗标准,并结合各地产业发展实际和环境质量状况,分区域明确落后产能淘汰任务,坚决停建违规项目,以统筹全国的经济与环境协调发展。另一方面,作为生态敏感区域,中西部地区应尽快转变观念,不能为了追求GDP短期增长绩效,主动降低环境标准,盲目引进落后污染的淘汰产能,否则长期来看将得不偿失,即不仅污染会被扩散到本地,本地自身的先进产能也可能会被转移过来的落后产能排斥。尤其是中部的广西、山西等地,西部的云南、贵州、甘肃等地,具备宝贵的不可重生的生态资源,更应严把产业准入门槛,严禁接受那些国家已明令淘汰的落后生产设备,拒绝与国家绿色产业政策背道而驰的污染型企业投资。

其次,各地方政府应进一步优化环境政策工具,保持并提升具有激励性质的环境规制强度,引导企业重视经济利润增长和环境保护之间的平衡。一方面要继续利用财政收入来治理环境污染,另一方面要尽量引导企业参与治理,利用企业自身投入资金来减少能耗和治理污染,对于未达标企

业需要给予经济惩罚。此外,还要注重环境规制形式的合理性,避免行政命令式单一规制的误区,灵活运用环境税、生态补偿机制、工业污染物排放许可和总量控制、排污权交易机制等多种市场导向型的规制举措,在尽量降低环境规制政策对工业经济实体积极性负面影响的同时,提升其在解决环境问题及推动工业经济绿色转型上的正面效应。

最后,政府和企业均应将绿色技术创新作为重点工作推进。一方面,各级政府要从政策上进行鼓励和引导,继续加大对各项绿色技术研发的资金支持力度,同时提高办事效率,如减少企业申请政府补助资金项目的行政环节,建立和完善技术成果转化的长效机制等。鉴于区域发展的不平衡,政府在制定相关财政支持政策时,应对生态敏感脆弱的中西部地区有所倾斜,尤其是针对土壤污染的管控与修复、废弃物的综合利用、清洁生产等领域。另一方面,企业作为市场自主创新的主体,必须重视绿色技术研发,要加大对技术研发经费和人员的投入,提高成果转化率,增强企业竞争力。必要时可建立企业与各界研发机构、金融风投机构等联合的技术研发合作机制。

参考文献:

- [1] CHUNG Y H, FARE R, GROSSKOPF S. Productivity and undesirable outputs: A directional distance function approach[J]. *Journal of Environmental Management*, 1997, 51(3): 229-240.
- [2] KUMAR S. Environmentally sensitive productivity growth: A global analysis using Malmquist-Luenberger index[J]. *Ecological Economics*, 2006, 56: 280-293.
- [3] OH D H, HESHMATI A. A sequential Malmquist-Luenberger productivity index: Environmental sensitive productivity growth considering the progressive nature of technology[J]. *Energy Economics*, 2010, 32: 1345-1355.
- [4] FENG G H, SERLETIS A. Undesirable outputs and a primal Divisia productivity index based on the directional output distance function[J]. *Journal of Econometrics*, 2014, 183: 135-146.
- [5] 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——基于要素投入与污染治理的分析[J]. *数量经济技术经济研究*, 2012(2): 3-20.
- [6] 李斌, 彭星, 欧阳铭珂. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变——基于36个工业行业数据的实证研究[J]. *中国工业经济*, 2013(4): 56-68.
- [7] 查建平, 郑浩生, 范莉莉. 环境规制与中国工业经济增长方式转变——来自2004—2011年省级工业面板数据的证据[J]. *山西财经大学学报*, 2014(5): 54-63.
- [8] 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.
- [9] 原毅军, 谢荣辉. FDI、环境规制与中国工业绿色全要素生产率增长——基于Luenberger指数的实证研究[J]. *国际贸易问题*, 2015(8): 84-93.
- [10] 原毅军, 谢荣辉. 环境规制与工业绿色生产率增长——对“强波特假说”的再检验[J]. *中国软科学*, 2016(7): 144-154.
- [11] 庞加兰. 工业绿色生产率改进及其影响因素的统计检验[J]. *统计与决策*, 2016(18): 136-140.
- [12] 李玲, 陶锋, 杨亚平. 中国工业增长质量的区域差异研究——基于绿色全要素生产率的收敛分析[J]. *经济经纬*, 2013(4): 10-15.
- [13] 张子龙, 薛冰, 陈兴鹏, 等. 中国工业环境效率及其空间差异的收敛性[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015(2): 30-38.
- [14] 颜洪平. 中国工业绿色全要素生产率增长及其收敛性研究——基于GML指数的实证分析[J]. *西北工业大学学报(社会科学版)*, 2016(2): 44-51.
- [15] MIELNIK O, GOLDEMBERG J. Foreign direct investment and decoupling between energy and gross domestic product in developing countries[J]. *Energy Policy*, 2002, 30(2): 87-89.
- [16] KHEDER S B, ZUGRAVU N. Environmental regulation and French firms location abroad: An economic geography model in an international comparative study[J]. *Ecological Economics*, 2012, 77(3): 48-61.
- [17] 豆建民, 沈艳兵. 产业转移对中国中部地区的环境影响研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2014(11): 96-102.
- [18] 王文晋. 污染溢出与区域环境技术创新[J]. *科研管理*, 2015(9): 19-25.
- [19] 李敦瑞. 产业转移背景下我国工业污染空间格局的演变[J]. *经济与管理*, 2016(1): 49-53.
- [20] 刘满凤, 黄倩, 黄珍珍. 区际产业转移中的技术和环境双溢出效应分析——来自中部六省的经验验证[J]. *华东经济管*

理,2017(3):60-68.

- [21] 龙如银,李梦,李倩文.产业转移对中国省域工业能源效率的影响研究——基于空间溢出视角的实证检验[J].生态经济,2017(3):85-89.
- [22] HAILU A,VEEMAN T S.Non-parametric productivity analysis with undesirable outputs:An application to the Canadian pulp and paper industry[J].American Journal of Agricultural Economics,2001,83:605-616.
- [23] SEIFORD L M,ZHU J.Modeling undesirable factors in efficiency evaluation[J].European Journal of Operational Research,2002,142:16-20.
- [24] TONE K.A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J].European Journal of Operational Research,2001,130(3):498-509.
- [25] TONE K.Dealing with undesirable outputs in DEA:A slacks-based measure (SBM) approach[J].日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集,2004:44-45.
- [26] 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.
- [27] 李静,倪冬雪.中国工业绿色生产与治理效率研究——基于两阶段 SBM 网络模型和全局 Malmquist 方法[J].产业经济研究,2015(3):42-53.
- [28] 王俊岭,赵瑞芬.中国钢铁工业循环经济效率与质量二维评价[J].技术经济与管理研究,2016(1):124-128.
- [29] 芮小明,黄森.碳排放约束下中国旅游业绿色发展效率研究——基于修正三阶段 DEA 模型[J].技术经济与管理研究,2017(4):8-13.
- [30] ANSELIN L.Local indicators of spatial association-LISA[J].Geographical Analysis,1995,27:93-115.
- [31] 关爱萍,曹亚南.中国制造业产业转移变动趋势:2001-2014 年[J].经济与管理,2016(6):66-72.
- [32] 靳卫东,王林杉,徐银良.区域产业转移的定量测度与政策适用性研究[J].中国软科学,2016(10):71-89.
- [33] 张成,陆旸,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.

Influence of China's domestic industrial transfer on regional industry's green efficiency against background of "Beautiful China": An analysis based on SBM-undesirable model and spatial econometric model

GUO Xiaoming, HUANG Sen

(Research Center of National Economy and International Business,
Sichuan International Studies University, Chongqing 400031, P.R. China)

Abstract: Regional industry transfer, on the one hand, can promote the coordinated development of regional industries; on the other hand, it also brings significant environmental problems to those accepting regions. Under the background of building "beautiful China" which denotes harmonious coexistence of human and nature, it is significant to ensure the sustainable development of economic growth and environmental protection in this transfer process. The paper, taking the perspective of green economy, adopting the SBM-undesirable model and the spatial econometric model, based on the provincial data from year 2006 to 2015, calculates out that the Chinese industrial green performance is not yet effective, even showing a decline trend in volatility. The LISA index shows that there is big difference among Chinese three big areas, and some spatial cluster has formed in some provinces, exhibiting a "high-East low-West" pattern. The spatial lag econometric model figures out that both the industrial transfer and government regulation factors can not promote the industrial green efficiency.

Key words: SBM-undesirable model; spatial econometric model; industry's green efficiency; regional industrial transfer