

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2017.05.005

# 中国省际工业绿色增长效率的空间效应及影响因素

王喜平, 刘哲

(华北电力大学 经济管理学系, 河北 保定 071003)

**摘要:**采用超对数随机前沿模型测算了中国2000—2014年省际工业绿色增长效率,并对其区域差异和空间相关性进行分析。在此基础上,采用空间计量模型对我国省区的工业绿色增长效率的影响因素进行了分析。研究表明:我国省际工业绿色增长效率较低,但呈现出不断上升的趋势,且各省区增长效率存在极大的地区差异;空间自相关Moran's I检验显示,省际工业绿色增长效率不仅存在着显著的空间相关性,还存在着明显的集群趋势;空间计量模型结果表明,工业经济发展水平、高新科技对工业绿色增长效率的影响为正,能源消费结构、产业结构、政府干预的影响为负。而工业规模结构的影响不显著。基于上述结论,提出差别化的政策建议。

**关键词:**工业绿色增长效率;空间计量模型;空间相关性;影响因素

**中图分类号:**F401

**文献标识码:**A

**文章编号:**1672-626X(2017)05-0034-08

## 一、引言

当前,我国正处于工业化的中后期。中国工业具有高能耗、高排放的特点,其持续的高速增长对我国多年以来的经济发展起着中流砥柱的作用,但是,这种粗放型的工业增长模式也造成了严重的环境污染问题以及大量的资源浪费。据陈诗一的测算,改革开放30年来,占全国国内生产总值40.1%的工业消耗了全国67.9%的能源,并排放出了占全国83.1%的二氧化碳<sup>[1]</sup>。日益严重的环境问题以及资源短缺使得工业转型势在必行。早期对工业效率的研究大多没有考虑非期望产出(如二氧化碳),Pittman在测算威斯康星洲造纸厂的效率时,首次引入了非期望产出约束<sup>[2]</sup>。Sabuj Kumar Mandal把非期望产出作为一种投入来进行效率评价。工业转型的核心便是在减少污染的前提下提高工业效率<sup>[3]</sup>。因此本文参考涂正革等提出的环境技术效率<sup>[4]</sup>,将

工业绿色增长效率定义为在其他条件不变的前提下,同时考虑产出最大化和污染最小化的工业效率。那么,我国不同地区的工业绿色增长效率水平究竟如何?其变化有何趋势?工业绿色增长效率的影响因素如何?所以,对我国工业绿色增长效率水平、变化趋势还有影响因素的作用机理进行研究,并据此提出相应的政策建议,对于我国今后的工业更好的发展有着重要意义。

关于工业效率的研究,主要是从地区以及行业两个方面展开。从行业方面入手的研究,如李杰等从静态和动态两个方面入手,研究了上海工业六大行业效率,得出汽车、石油化工以及电子信息行业的效率波动较大<sup>[5]</sup>。孙广生等使用DEA模型分析了我国工业在1987—2005年期间14个子行业的能源效率变化,得出能源效率存在着先降后升的“U”型改变,转折点在1990—1995年之间<sup>[6]</sup>。从地区方面

收稿日期:2017-07-15

基金项目:北京市社会科学基金项目(15JGB050)

作者简介:王喜平(1969-),女,河北定州人,华北电力大学(保定)副教授,管理学博士,主要从事能源经济与可持续发展研究;刘哲(1991-),男,河北石家庄人,华北电力大学(保定)硕士研究生,主要从事能源经济与可持续发展研究。

入手的研究,如周五七等对能源与碳排放约束下我国东部、中部、西部三大区域的工业环境效率进行测算,发现我国整体工业环境效率值较低,东部地区明显高于西部和中部<sup>[7]</sup>。石凤光测算了中国省区工业经济增长效率,并分为东部、中部、西部、东北四个区域进行分析研究,得出东部地区增速最慢,西部地区增速最快<sup>[8]</sup>。有关工业效率的研究大多使用数据包络分析方法(DEA)来进行测算。DEA方法构造的生产前沿面是非随机的,没有考虑测量误差和其他统计噪声的影响,所有的偏差都被认为是由能源无效率引起,这样很容易造成效率测算结果不精确。而SFA不仅考虑了可控制的无效率因素对产出的影响,还考虑了随机冲击因素对于产出的作用。模型中的混合误差项不仅含有衡量随机冲击因素效应的对称误差项,还有衡量生产者技术无效率的非负误差项。因此,测算工业绿色增长效率时选取SFA可以大大增加测算结果的精确程度。

关于影响因素,查建平测算了我国各地区2003—2009年期间的碳排放绩效,并探究了影响因素的作用,得出当前我国的经济发展模式以及合理的环境规制分别对工业碳排放绩效起着消极和积极的作用,而结构因素的影响则较为复杂<sup>[9]</sup>。杨俊等对我国各地区1998—2007年期间考虑环境因素的全要素生产率进行了研究,得出人均GDP与ML生产率指数的关系呈倒U型,资本劳动比、外商直接投资对ML指数有消极影响<sup>[10]</sup>。在之前的文献中,在对影响因素的作用进行研究时,大部分都选取时间序列分析方法或者常规面板数据的普通最小二乘法(ols)。但这种方法忽略了工业绿色增长效率在地理空间上的依赖性以及溢出效应,从而对实验结果产生比较大的影响。新经济地理学理论<sup>[11]</sup>和空间计量经济学<sup>[12-13]</sup>的发展使得在研究工业增长效率的影响因素方面有了新的研究视角和研究方法。因此,本文把空间相关性这个因素考虑进来,使用空间计量模型分析影响工业绿色增长效率的影响因素,对已有研究做进一步拓展和补充,来为工业行业提供政策依据。

本文在以下几个方面进行了创新:(1)已有成果在从国家层面或行业层面进行研究时大多是基于DEA模型进行的,尽管DEA模型适用于多投入、多产出的情形,但是SFA模型相比DEA模型来说,计算结果比较稳定,不易受异常值的影响;(2)将工

业生产对环境的影响这个非期望产出作为一种投入因素来测算效率,有利于为我国实现经济又好又快发展提供更合理的政策建议;(3)使用空间计量模型来研究工业绿色增长效率的影响因素,提高了模型估算结果的精准程度。

## 二、研究方法

### (一)SFA模型

为了有针对性地对工业绿色增长的投入产出关系进行研究,本文采用SFA模型对问题进行分析,SFA模型可以表示为:

$$\begin{cases} Y_{it} = f(x_{it}, \beta) \exp(v_{it} - u_{it}) \\ GTE_{it} = \exp(-u_{it}) \\ u_{it} = (u_i \exp(-\eta(t - T))) \end{cases} \quad (1)$$

其中, $i$ 代表地区, $t$ 代表时间; $Y$ 表示产出, $v$ 表示作用于生产的随机因素,满足 $N(0, \sigma^2)$ 分布; $u$ (非负)表示那些对某个生产主体所具有的冲击。

本文选取超越对数生产函数,是因为此函数弹性可变,可以更好地研究投入要素之间的相互影响。可以将几个变量之间的关系表示如下:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \beta_0 + \beta_1 t + 0.5\beta_2 t^2 + \beta_3 (\ln K_{it}) + \beta_4 (\ln L_{it}) \\ & + \beta_5 (\ln E_{it}) + \beta_6 (\ln C_{it}) + \beta_7 t \ln K_{it} + \beta_8 t \ln L_{it} \\ & + \beta_9 t \ln E_{it} + \beta_{10} t \ln C_{it} + 0.5\beta_{11} (\ln K_{it})^2 \\ & + 0.5\beta_{12} (\ln L_{it})^2 + 0.5\beta_{13} (\ln E_{it})^2 \\ & + 0.5\beta_{14} (\ln C_{it})^2 + 0.5\beta_{15} (\ln K_{it} \ln L_{it}) \\ & + 0.5\beta_{16} (\ln K_{it} \ln E_{it}) \\ & + 0.5\beta_{17} (\ln K_{it} \ln C_{it}) + 0.5\beta_{18} (\ln L_{it} \ln E_{it}) \\ & + 0.5\beta_{19} (\ln L_{it} \ln C_{it}) + 0.5\beta_{20} (\ln E_{it} \ln C_{it}) \\ & + v_{it} - u_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

根据式(2)能够得出工业绿色增长效率。 $Y$ 表示工业产出,用工业增加值来表示。 $K$ 表示资本投入,使用工业企业固定资产净值表示, $L$ 代表人力投入,使用工业就业人数表示。 $E$ 表示能源投入,使用工业企业能源总消费量表示, $C$ 代表环境成本,使用工业企业排放的二氧化碳表示。

### (二)空间计量模型

#### 1. 空间自相关系数

一般用Moran's I指数检验数据的空间自相关性,具体见式(3):

$$Moran's I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (Y_i - \bar{Y})(Y_j - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (3)$$

其中,  $W_{ij}$ 表示空间权重矩阵, 如果*i*地区与*j*地区相邻, 则  $W_{ij}=1$ , 如果不相邻, 则  $W_{ij}=0$ 。

## 2. 空间计量模型

在检验出观测值的空间相关性显著之后, 传统的回归模型已经无法满足空间性的要求, 所以本文引入包含有空间效应的计量模型, 包括常系数的空间滞后模型(SLM)与空间误差模型(SEM)。

### (1) 空间滞后模型(SLM)

如果区域观测值间的相互影响是由于区域个体经济行为对于相邻区域经济行为所产生的效应而存在差异时, 需要使用空间滞后模型。其模型的具体形式为:

$$\begin{cases} y = \rho W_1 y + X\beta + u \\ u = \lambda W_2 \varepsilon \\ \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2 I_n) \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中,  $y$ 为被解释变量,  $X$ 为  $n \times k$  的外生解释变量矩阵。  $W$  为形式  $n \times n$  维的空间权重矩阵。  $W_1$  为空间滞后因变量。  $\rho$  和  $\lambda$  为空间回归参数。  $\varepsilon$  为随机误差项。

### (2) 空间误差模型(SEM)

$$\begin{cases} y = X\beta + \varepsilon \\ u = \lambda W_1 \varepsilon + u \\ \varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2 I_n) \end{cases} \quad (5)$$

式(5)中,  $\varepsilon$  为随机误差项向量,  $\lambda$  为空间误差回归系数, 用这个系数来衡量邻近地区的误差冲击对中心地区  $y$  的作用。

## 三、工业绿色增长效率评价及空间相关性分析

### (一) 省际工业绿色增长效率

文章采用 Frontier 4.1 软件测算效率。这个软件先运用最小二乘法对模型进行效率处理, 如果存在技术无效率, 程序会依照最小二乘估计的参数值, 使用格点搜索法进行迭代, 之后再使用似然估计来得出最终值。最终结果如表1所示。

由表1可知, 广东、江苏、上海、浙江、山东是中国工业发展水平较好的地区。在2000—2014年期间, 这5个省份始终排在全国前五位。其中, 广东省的工业绿色增长效率连续多年居全国首位, 这主要是由于广东省产业结构具有较大优势, 高新技术产业比重较大, 同时技术效率始终处于一个较高的水平。总体来说, 广东省经济社会已经开始进入工业化后期阶段。宁夏、青海、甘肃、新疆、贵州是中国工业发展水平比较落后的地区。其中宁夏的工

业绿色增长效率始终排在全国末位, 并且远远落后于其他地区。宁夏地区是我国重要的煤炭基地、煤化工基地和西电东送基地。煤炭的单位能源产生热量较低, 并且对环境影响较大。除此之外, 宁夏所在的西部地区普遍存在技术效率较低、重工业比重较高、产业结构不合理等特点。总体上来说, 工业效率东部>全国>中部>东北>西部。中部、西部、东北地区这三个区域的工业绿色增长效率均低于全国均值, 尽管他们之间的差距不大, 但与东部地区依然有着明显的差距。这三个区域的工业绿色增长效率过低, 其工业发展是以牺牲环境为代价的, 是不可持续的。与之相伴的, 是环境污染以及大量的资源浪费。从另一个角度来讲, “发展”与“绿色”并不矛盾。一个地区越发达, 工业绿色增长效率越高, 但这并不说明工业绿色增长效率的提高仅仅依靠经济发展来实现。比如京津冀地区和长三角、珠三角地区同属中国三大经济圈, 工业效率相比较来说落后很多。主要原因在于, 同另外两个经济圈相比, 京津冀地区存在着产业结构不合理、重工业比重过大、高新技术创新能力不足等问题。因此, 提高工业绿色增长效率, 一方面要通过结构调整、自主创新等措施来提升经济增长质量, 另一方面要减轻工业发展带来的资源问题和环境问题。

综合来看, 各地工业绿色增长效率分布呈现出一定的集聚现象, 因此有必要引入空间相关性分析研究中国各地区工业绿色增长绩效的区域差异的演化规律。

### (二) 工业绿色增长效率的空间相关性分析

根据式(3), 使用 Geoda 软件, 得出2000—2014年省际工业绿色增长效率的 Moran I 的值, 结果如图1所示。从图1可以看出, Moran's I 指数呈现出稳步上升的势头, 说明了我国省区之间的空间性在增强。2000—2014年中国省际工业绿色增长效率的 Moran I 指数的正态统计量的  $z$  值均通过了1%的显著性水平检验, 说明我国各个省份间存在显著的地理空间依赖性。而正的相关性说明了我国省区间具有明显的正向空间集聚效应, 即一些省份的相似值之间在空间上趋于集聚。

## 四、工业绿色增长效率影响因素分析

经济发展从不同的角度影响着工业绿色增长效率。(1)工业经济发展水平效应(IED): 工业经济发展水平越高的地区往往产业结构更优, 技术水平

表1 中国分区域主要年份工业绿色增长效率值

地区 \ 年份	2000	2001	2002	2003	2005	2007	2009	2011	2012	2013	2014
东部地区											
北京	0.40	0.41	0.43	0.44	0.47	0.49	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58
天津	0.55	0.56	0.57	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.69	0.70
河北	0.33	0.35	0.36	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52
山东	0.63	0.64	0.65	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.74	0.75	0.76
广东	0.95	0.95	0.95	0.95	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97
上海	0.69	0.70	0.71	0.72	0.73	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	0.80
江苏	0.77	0.78	0.79	0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.85	0.86
浙江	0.66	0.67	0.68	0.69	0.71	0.72	0.74	0.76	0.77	0.77	0.78
福建	0.61	0.62	0.64	0.65	0.67	0.69	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75
海南	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.21	0.23	0.24	0.26	0.27
均值	0.57	0.59	0.60	0.62	0.62	0.65	0.66	0.67	0.68	0.69	0.69
中部地区											
山西	0.15	0.16	0.17	0.18	0.21	0.23	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33
河南	0.38	0.40	0.41	0.43	0.45	0.48	0.51	0.53	0.54	0.56	0.57
湖北	0.34	0.35	0.36	0.38	0.40	0.43	0.46	0.49	0.50	0.51	0.52
湖南	0.35	0.36	0.37	0.39	0.41	0.44	0.47	0.49	0.51	0.52	0.53
安徽	0.33	0.35	0.36	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.50	0.51	0.52
江西	0.26	0.28	0.29	0.30	0.33	0.36	0.39	0.41	0.43	0.44	0.45
均值	0.30	0.32	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44	0.46	0.47	0.48
东北地区											
辽宁	0.33	0.35	0.36	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.49	0.51	0.52
吉林	0.28	0.29	0.31	0.32	0.35	0.37	0.40	0.43	0.44	0.46	0.47
黑龙江	0.20	0.21	0.22	0.24	0.26	0.29	0.32	0.34	0.36	0.37	0.38
均值	0.27	0.28	0.32	0.34	0.35	0.38	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
西部地区											
重庆	0.37	0.39	0.40	0.41	0.44	0.47	0.49	0.52	0.53	0.54	0.56
四川	0.34	0.36	0.37	0.38	0.41	0.44	0.46	0.49	0.50	0.52	0.53
贵州	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.18	0.20	0.22	0.24	0.25	0.26
云南	0.20	0.21	0.23	0.24	0.26	0.29	0.32	0.35	0.36	0.37	0.39
陕西	0.26	0.27	0.29	0.30	0.33	0.35	0.38	0.41	0.42	0.44	0.45
甘肃	0.09	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.24
青海	0.08	0.08	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22
宁夏	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18
新疆	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22	0.23	0.25	0.26
广西	0.21	0.22	0.24	0.25	0.28	0.30	0.33	0.36	0.37	0.39	0.40
内蒙古	0.22	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.33	0.36	0.38	0.39	0.40
均值	0.18	0.20	0.25	0.27	0.28	0.30	0.31	0.32	0.34	0.35	0.26
所有省份均值	0.34	0.36	0.37	0.38	0.40	0.42	0.44	0.47	0.48	0.49	0.50

注:限于篇幅,没有列出全部年份的工业绿色增长效率,数据备索;平均值是2000—2014年省份工业绿色增长效率的算术平均值;由于2015—2016年部分工业数据缺失,数据只选取到2014年。

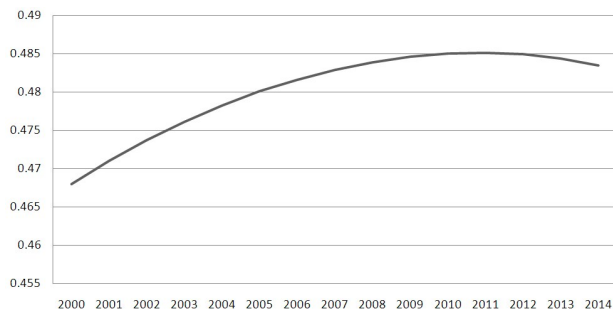


图1 中国2000—2014年工业绿色增长效率Moran's I指数图

和生产效率也就越高,相应地会促进工业增长效率的提高。IED用*i*省份第*t*年的工业增加值占GDP的比重来表示。(2)工业结构效应(ISE):重工业企业的特点是高能耗、高污染、高排放,以重工业为主的工业结构将会对产出效率的增长产生抑制作用。ISE用重工业产值占工业增加值的比重来表示。(3)能源结构效应(ESE):我国以煤炭等化石能源消费为主,相对于天然气、核能、风能等能源来讲,单位能源消耗产生的热量偏低,从而不利于增长效率的提高。ESE用重工业产值占工业增加值的比重来表示。(4)高新技术效应(HNT):技术创新研发的成功往往会带来巨大经济价值,促进增长效率的提高。HNT用各省的工业企业研究与试验发展经费占工业增加值的比重来表示。(5)规模结构效应(SSE):大型企业在资金、技术等方面具有得天独厚的优势,合理的工业规模结构会促进增长效率的提高。SSE用各省的大型企业产值占工业增加值的比重来表示。(6)政府干预(GI):中国的社会主义国家体制决定了政府在经济中起着重要作用,合理的政府干预自然会对增长效率起积极作用。而不合理的政府干预反而会对增长效率起抑制作用。GI用各省的治理污染投资占工业增加值的比重来表示。

通过以上分析,本文从工业经济发展水平、工业结构、能源消费结构、高新技术水平、工业规模结构以及政府干预六个方面考察经济发展对工业绿色增长效率的影响。

根据公式(4)、(5),本文构建的含有空间效应的空间计量模型为:

$$\begin{aligned}
 PTE_{i,t} = & \beta_1 IED_{i,t} + \beta_2 ISE_{i,t} + \beta_3 ESE_{i,t} + \beta_4 HNT_{i,t} \\
 & + \beta_5 SSE_{i,t} + \beta_6 GI_{i,t} + u_i \\
 & + \alpha_1 \sum_j W_{ij} (PTE_{i,t}) + \theta_{i,t} \\
 \theta_{i,t} = & \alpha_2 \sum_j W_{ij} * \theta_{i,t} + \varepsilon_{i,t}
 \end{aligned} \quad (6)$$

在这个固定模型中, $\alpha_1$ 是空间滞后系数, $\alpha_2$ 是空间误差系数。当 $\alpha_1$ 的值取0时,此模型为空间误差模型(SEM);当 $\alpha_2$ 的值取0时,则为空间滞后模型。 $u_i$ 和 $v_i$ 分别代表着空间固定效应以及时间固定效应。 $PTE_{i,t}$ 代表*i*省份第*t*年的工业绿色产出效率。

本文选取了中国30个省区2000—2014年的数据,以实际工业增加值作为产出变量。在投入变量方面,劳动力投入以工业就业人数来表示,能源投入以工业各种能源消耗折算成标准的总和来表示。环境投入则按照二氧化碳排放系数计算出工业总的二氧化碳排放总量。以工业企业固定资产净值来表示资本投入。数据主要来源于《中国统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》和《中国工业经济统计年鉴》。

本文首先使用普通面板数据进行回归,并用Matlab2010(a)软件检验模型残差项的显著性。估计结果如表2所示。

从表2可以看出混合模型、空间固定效应模型、时间固定效应模型以及双向固定效应模型的计量结果。混合模型的拟合优度统计量是0.5158,当分别考虑空间固定效应以及时间固定效应时,拟合优度变成0.6814和0.7746。如果把两个效应都考虑进来,拟合优度最大,是0.8138。而通过对这几个模型的对数似然函数值进行比较,可知在同时考虑两个效应后,Log-L由379.2040增大至955.9765。除此之外,双向固定效应的DW值是2.1393,是四个模型中最大的。综合以上分析,我们决定选取双向固定效应模型来进行实证研究。

从表2中还可以得出,双向固定效应模型的LM-lag通过了5%的显著性水平检验,而LM-err则通过了1%的检验。LM-err的值也高于LM-lag。因此,选取空间误差模型更合适。

空间误差模型的结果如表3所示,空间误差模型引入了空间误差项 $W * dep.var$ ,并且通过了1%的显著性水平检验。SEM模型的拟合优度增大至0.9970。Log-L的值也从955.9765增加至1166.9412。而解释变量的系数虽然变化都比较大,但是正负基本上没有变化,T检验值也体现出优化。这些都表明空间计量模型更适合用于实证分析。

根据结果我们做出如下分析:

(1)工业经济发展水平IED在1%的显著性水平上对工业绿色增长效率PTE的影响为正,表明工业

表2 传统混合面板数据模型估计结果

变量 Variables	混合 Mixture	空间固定效应 Space fixed	时间固定效应 Time fixed	双向固定效应 Two-way fixed
IED	3.974544*** (14.726212)	-0.707162*** (-1.856467)	4.247963*** (17.546807)	0.117127*** (-6.895539)
ISE	-0.135761** (-3.521818)	-0.113525* (-4.673059)	-0.143604*** (-4.174542)	-0.040015*** (-5.593366)
ESE	7.898796** (6.006324)	3.079596*** (7.492605)	1.216002** (0.917180)	2.411025*** (-16.541432)
SSE	-0.314650 (-4.238774)	0.733361 (20.940393)	-0.723088 (-9.362063)	0.071539 (-4.168153)
GI	-9.813501*** (-6.953866)	-2.257186** (-4.046353)	-6.303918** (-4.593977)	-0.795929* (0.633760)
HNT	0.305482*** (3.844020)	0.266995*** (6.512610)	0.119323** (1.597512)	0.126299*** (9.132289)
R-squared	0.5158	0.6814	0.7746	0.8138
Log-L	379.2040	740.6429	434.0360	955.9765
DW	1.8004	1.0916	1.9272	2.1393
LM-lag	93.1810*	508.1112***	37.1596*	8.3170**
Robust LM-lag	61.9378***	266.8343*	24.4124***	28.2748
LM-err	31.7754**	264.9428***	13.5410***	34.0086***
Robust LM-err	0.5323***	23.6659	0.7938***	2.5832*

注:()中数据为T检验值,\*\*\*、\*\*和\*分别表示1%、5%和10%的显著水平。

表3 工业绿色增长效率影响因素的参数估计结果

变量 Variables	IED	ISE	ESE	SSE	GI	HNT	W*dep.var	R	Log-L
SEM	0.1157558*** (6.941846)	-0.599009*** (-3.949709)	-0.079996*** (-8.271119)	0.166487 (0.736881)	-0.701265*** (-4.221605)	0.164075*** (9.732887)	0.843959*** (49.164179)	0.9970	1166.9412

注:()中数据为T检验值,\*\*\*、\*\*和\*分别表示1%、5%和10%的显著水平。

经济发展水平对工业效率具有促进作用。一方面,工业经济发展水平较高的地区会投入更多的资金来改善基础设施,以及开发新技术,并且工业经济发展水平较高的地区往往产业结构更优;另一方面,工业经济发展水平较高的地区也会吸引更多的大企业来投资,增加了当地企业与高端技术水平交流学习的机会,促进了技术水平的提高。

(2)能源消费结构ISE在1%的显著性水平上对工业绿色增长效率PTE的影响为负,表明以煤炭为主导的能源消费结构对工业效率具有抑制作用。一方面,在能源消费结构中,煤炭的品质相对来说比较低,单位能源消费产生的热量明显低于天然气、石油等能源,这大大影响产出效率;另一方面,煤炭的利用一般集中在重工业企业,这些企业普遍

的特点是生产粗放、能耗高。煤炭消费占比较高说明工业部门中重工业企业较多,工业产业结构也就相对不够优化,从而对工业绿色产出效率产生负面作用。中国的能源消耗量已经多年排在世界前列,并且主要是一次性能源消费,风能、太阳能等新能源的利用率则较低。2014年6月,习总书记提出能源生产和消费“四个革命,一个合作”的战略,能源已成为当前我国经济转型的总抓手,而能源供给革命的核心就是建立多元供应体系,形成煤炭、石油、天然气、核能、新能源、可再生能源、多轮驱动的能源供应体系。2014年,我国能源消费量达到42.6吨标准煤,大量的煤炭被直接燃烧后将二氧化碳等气体排放出来,大大降低了工业绿色增长效率。

(3)产业结构ESE的估计系数为负,且通过了

1%的显著性水平检验。表明重工业占比较高的产业结构会对工业绿色增长效率产生抑制作用。重工业企业一般具有高能耗、高污染、高排放的特点,这显然不利于绿色产出效率的提高。

(4)工业规模结构SSE对工业绿色增长效率PTE的影响为正,但是不显著。大型工业企业在资金、技术上都具有特定的优势,因此合理的工业企业规模能够促进工业绿色产出效率的提高。但是我国大型企业大部分为国有企业,缺乏激励机制和市场化,这导致我国的工业规模结构对PTE的影响不显著。

(5)政府干预GI在1%的显著性水平上对工业绿色增长效率PTE的影响为负。这表明政府干预对PTE的提高具有抑制作用。市场经济提倡市场起决定作用,通过市场的引导使得生产过程自发地实现资源的最优配置。政府作为市场上“看得见的手”,其合理调控会促进经济的发展,解决市场本身的自发性、盲目性、滞后性等问题。然而,如果政府的干预不合理,反而会起到负面的作用。而且政府干预容易形成腐败并由此产生利益共同体,从而影响市场经济的运行效率。资源的合理配置受到影响,相应的产出效率便会降低。

(6)高新科技HNT的估计系数为正,且通过了1%的显著性水平检验。一方面,科技进步可以推动经济增长方式从依靠劳动力和生产资料投入进行低水平重复生产的粗放经营到依靠科技进步以及提高生产要素产出率的集约经营转变;另一方面,高新科技会促进新型主导产业的形成,优化产业结构,推动经济的协调以及持续增长。毫无疑问,这些都会推动工业绿色增长效率的提高。

(7)空间相关系数W的估计系数为正,且通过了1%的显著性水平检验。说明各省份的工业绿色增长效率在空间上存在溢出效应,各省份间的工业绿色增长效率存在着相互间的正向影响。

## 五、结论与政策建议

本文使用超越对数模型和SFA模型对中国2000—2014年30个省区的工业绿色增长效率进行了测算,并对效率的空间相关性进行了分析。为探究影响工业绿色增长效率的深层次原因,使用空间计量模型进一步研究了工业经济发展水平、能源消费结构、产业结构、工业规模结构、政府干预、高新科技等因素对效率的影响。

通过以上研究可以得出结论:(1)在2000—2014年期间,我国30个省区的工业绿色增长效率呈上升趋势,尤其是西部省份增长迅速,但是东西部之间效率值依然差距明显;(2)2000—2014年期间中国省际工业绿色增长效率的Moran's I值呈稳步上升的趋势,说明了我国省区之间的空间性在不断增强;(3)根据空间计量模型的估计结果,除了工业规模结构对工业绿色增长效率的影响不显著之外,工业经济发展水平、高新科技对工业绿色增长效率的影响显著为正,能源消费结构对工业绿色增长效率的影响显著为负。

根据以上结论,提出相应的政策建议:(1)东西部效率值差距依然明显,这就要求国家制定政策建议时充分考虑西部省份粗放型工业经济的特点,鼓励东部发达省份对西部落后省份进行资金、科技、人员、技术等方面的援助;(2)我国省际工业绿色增长效率呈现出明显的空间集聚性,这就要求国家制定政策的时候因区域而异,而各个省份在制定政策时也应当充分考虑相邻省份与自身之间的相互影响;(3)工业规模结构对工业绿色产出效率的影响不显著,因此建议国家推动国有企业改革,增强激励机制,使得大型企业能真正发挥出自身的优势,从而促进工业绿色产出效率的提高;(4)工业经济发展水平对工业绿色产出效率的影响显著为正,工业经济发展水平的正向影响会使得我国地区之间的工业发展水平越拉越大,这就需要协调东西部工业的发展,加强工业发达地区和落后地区的技术交流,鼓励工业发达地区在落后地区投资建厂;(5)高新科技对工业绿色产出效率的影响显著为正,这就需要政府加大科技资金投入,引导企业或单位技术创新意识,提高创新驱动效率;(6)能源消费结构对工业绿色产出效率的影响显著为负,这就需要我们优化能源结构,发展循环经济,提高再生能源以及非化石能源比重,并且积极推动太阳能、风能、核能等清洁能源的发展,加大对节能减排技术研发与推广投资,提高能源生产率;(7)产业结构对工业绿色产出效率的影响显著为负,重工业倾向的产业结构一般会抑制工业部门的整体产出效率的提高,但是重工业的发展往往又是实现工业化的必经阶段,因此,在工业化推进过程中,需要结合自身发展条件的变化进行相应的政策调整,促进产业结构的优化改革;(8)政府干预对工业绿色产出效率的影响显

著为负,这就要求政府适度降低对经济的干预,发挥市场机制在要素配置中的决定性作用;(9)各省份间的工业绿色增长效率存在着相互间的正向影响,这就需要北京、上海、深圳、广州等中心城市发挥带头作用,在科研、技术等方面引领周边城市发展,此外更要加强东部地区和东北、中部、西部地区的交流,让东部地区带动其他地区实现工业绿色增长效率的提高。

#### 参考文献:

- [1] 陈诗一. 能源消耗、二氧化碳排放与中国工业的可持续发展[J]. 经济研究, 2009, (4): 41-55.
- [2] Pittman R W. Multilateral Productivity Comparisons with Undesirable Outputs[J]. Economic Journal, 1983, (93): 883-991.
- [3] Sabuj Kumar Mandal. Do Undesirable Output and Environmental Regulation Matter in Energy Efficiency Analysis? Evidence from Indian Cement Industry[J]. Energy Policy, 2010, (5): 117-131.
- [4] 涂正革, 谌仁俊. 传统方法测度的环境技术效率低估了环境治理效率? ——来自基于网络DEA的方向性环境距离函数方法分析中国工业省级面板数据的证据[J]. 经济评论, 2013, (5): 89-99.
- [5] 李杰, 陈海云. 上海工业六大重点行业效率研究——基于DEA和Malmquist指数法的实证分析[J]. 科技和产业, 2016, (9): 34-39.
- [6] 孙广生, 杨先明, 黄祎. 中国工业行业的能源效率(1987—2005)——变化趋势、节能潜力与影响因素研究[J]. 中国软科学, 2011, (11): 29-39.
- [7] 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.
- [8] 石风光. 中国省区工业绿色全要素生产率影响因素分析——基于SBM方向性距离函数的实证分析[J]. 工业技术经济, 2015, (6): 137-144.
- [9] 查建平, 郑浩生, 唐方方. 中国区域工业碳排放绩效及其影响因素实证研究[J]. 软科学, 2012, (4): 1-6.
- [10] 杨俊, 邵汉华. 环境约束下的中国工业增长状况研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, (9): 64-78.
- [11] Fujita, M, Krugman, P. . The New Economic Geography: Past, Present and the Future [J]. Papers in Regional Science, 2004, (83): 139-164.
- [12] Anselin, L. Spatial Econometric: Methods and Models [M]. Dordrecht Kluwer Academic Publishers, 1988: 3-18.
- [13] Fortheringham, A. S, Brunson, C, Charlton, M. Quantitative Geography: Perspectives on Spatial Data Analysis [M]. London: SAGE Publications LTD, 2000.

(责任编辑: 彭晶晶)

## Research of Chinese Provincial Industrial Green Growth Efficiency Space Effect and Influence Factors

WANG Xi-ping, LIU Zhe

(Department of Economics and Management, North China Electric Power University, Baoding Hebei 071003, China)

**Abstract:** By using the stochastic frontier model, this paper calculate the efficiency of inter provincial industrial green growth in 2000-2014. The regional differences and spatial correlation are analyzed. On the basis of the above analysis, this paper analyzes the factors that influence the efficiency of industrial green growth in China's provinces and cities by using the spatial econometric model. The results show that: China's inter provincial industrial green growth efficiency is low, but showing a rising trend, and there is a great regional differences in the growth efficiency of each province. Spatial autocorrelation Moran's I test shows that there is not only a significant spatial correlation, but also a significant cluster trend. The spatial LISA diagram shows that the inter provincial industrial green growth efficiency has both spatial dependence and spatial heterogeneity. The level of industrial economic development and the impact of high and new technology on the efficiency of industrial green growth are positive. The influence of industrial scale structure is not significant. Based on the above conclusions, the paper puts forward some policy suggestions.

**Key words:** industrial green growth efficiency; spatial econometric model; spatial correlation; influencing factor