

# 长江经济带产业转移的环境效应测算

张友国\*

**摘要:**长江经济带内各省市间极易形成产业转移并产生相应的环境影响,因此研究带内产业转移的环境效应具有重要意义。本文利用RAS测算得到2015年中国多区域投入产出表,基于多区域投入产出模型和对数均值指数方法提出了产业转移的环境效应测算及其分解分析框架,并对长江经济带区域间产业转移在2002-2015年及三个子阶段内的工业废水排放影响进行了实证研究。结果表明,在规模效应的主导下,上海、湖北、湖南、重庆、四川和贵州六省市转出的污染排放超过转入的污染排放,其余省份的情况则正好相反。除江西和湖南外,其余数省市产业转出的产业结构效应都导致工业废水排放减少。除贵州外,其余省市产业转入的产业结构也都有利于本地工业废水减排。大多数省市的产业转出地区结构效应不利于污染减排,但地区结构效应相对较小。产业转移在整个研究时期和各个子阶段内非常显著地减少了长江经济带整体的工业废水排放。因此,未来应根据长江经济带各省份的比较优势和环境承载力,通过有效的产业转移来优化产业格局,巩固产业转移的污染减排效应。

**关键词:**长江经济带;产业转移;环境效应;多区域投入产出模型;因素分解

## 一、引言

“坚持生态优先、绿色发展,把生态环境保护摆上优先地位”是长江经济带发展的首要原则。长江经济带内既有经济发达的长三角地区,又有经济相对欠发达的中、上游地区,其“带内”各省之间存在明显的产业梯度,极易形成区域间产业转移,继而产生相应的生态环境影响。研究长江经济带区域间产业转移对污染排放的影响,有助于判断产业转移对长江经济带

---

\*张友国,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所,中国社会科学院环境与发展研究中心,邮政编码:100732,电子邮箱:zhyouguo@cass.org.cn。

本文系中国社会科学院登峰战略重点学科建设项目“环境技术经济学”以及国家自然科学基金“实现碳达峰与强度目标的区域低碳发展路径协同优化研究”(71873143)的阶段性成果。感谢匿名审稿专家的修改意见,文责自负。

已经产生的和潜在的环境影响,能够为政府部门制定相应的环境保护与经济发展政策提供决策依据,具有重要的现实意义。

在环境经济学领域,产业转移的环境效应是一个重要问题,但国际上这一问题通常被间接表述为污染产业的转移及其影响因素,而不是直接聚焦于产业转移对相关地区的污染排放产生了怎样的影响。与之相关的最有影响的理论假说当属“污染避难所假说”,即污染产业倾向于从环境规制强的地区(通常也是富裕地区)转移到规制弱的地区,继而对两类地区的环境产生不同的影响。围绕这一理论假说出现了大量实证研究,且大多在国际层面展开研究,而其中大部分都倾向于否定该假说(Tobey, 1990; Jaffe et al., 1995; Cole & Elliott, 2003; 李小平、卢现祥, 2010)。

不过,近几年也出现了一些直接估算产业转移及其环境效应的研究。按研究方法,相关文献大致有如下四类。一是基于份额偏离法的研究,如贺灿飞等(2014)、徐成龙和巩灿娟(2017)估算了工业产业转移对二氧化硫排放影响的空间差异性和产业差异性。二是采用指数方法的研究,如汪中华和梁爽(2017)采用产业集聚指数方法和对数均值指数(LMDI)模型分析了三大地区间污染产业转移对二氧化硫排放的影响。三是基于计量经济模型的研究,如豆建民和沈艳兵(2014)以重污染行业产值占全国的比重以及重污染行业竞争力系数两种方式衡量污染产业转移,并采用面板数据计量模型分析了污染产业转移对中部六省份二氧化硫等污染排放的影响。孔凡斌和李华旭(2017)基于面板数据计量经济模型的研究表明,产业集聚度对长江经济带环境相对指数具有显著影响,两者呈“U”型关系。四是基于投入产出模型的研究,如肖雁飞等(2014)采用两区域投入产出模型估算了中国八大区域间产业转移对各地区碳排放的影响。

与此同时,目前关于长江经济带区域间产业转移的研究正成为学界热点,且现有研究主要可分为如下三类。一是关于区域产业竞争力与承接产业能力的研究,相关研究发现长江经济带各区域的产业竞争力差异明显(滕堂伟等, 2016),不同省市承接产业转移的综合能力也存在显著差异(孙威等, 2015; 曾荣平、彭继增, 2015)。二是关于产业转移现象的研究,相关研究表明,长江经济带内存在长三角向其他八省市进行产业转移的基本趋势(靖学青, 2017),特别是污染产业存在着从长三角地区转移到中上游地区的特征(丁婷婷等, 2016)。三是长江经济带内产业转移的环境影响研究,如前面提到的孔凡斌和李华旭(2017),但这类研究还很少。

总的来看,以往研究还存在如下局限性有待突破。一是虽然有个别文献采用计量模型发现了产业转移对污染排放存在显著影响,但并没有确切测度产业转移对污染排放影响的规模。二是虽有个别研究采用份额偏离法、指数方法、两区域投入产出模型测算了产业转移对污染排放影响的规模,但还没有研究区分产业转移的规模、结构及地区流向对污染排放的影

响。三是以往研究,包括基于两区域投入产出模型的研究,都没有将区域间广泛存在的间接经济关联性进行充分刻画。这些正是本文试图突破的方面,本文的贡献在于采用多区域投入产出(Multi-Regional Input-Output, MRIO)模型,将产业转移污染排放效应的测度方法从两区域拓展至多区域,同时建立了产业转移污染排放效应的分解方法,并应用上述方法分析了长江经济带工业转移对工业废水和废气排放的影响。

## 二、分析框架构建与数据描述

### (一)伴随产业转移的污染排放转移

目前测度产业转移的方法主要有两种。一种是份额偏离法,主要是根据各地区产业份额的变化衡量该地区产业的相对转移规模,并判断转移方向。另一种方法是采用MRIO模型方法测算地区间的产业转移规模。前一种方法易于计算,且可利用年度数据,但不能直接测算产业转移绝对规模,特别是不能反映两个特定地区之间的产业转移情况。后一种方法则深刻地反映了区域间的经济关联性,能够直接刻画特定地区之间的产业转移情况,但在应用中受投入产出表可获得性的限制。

鉴于基于MRIO模型的产业转移测度方法所具有的优势,本文拟采用该方法进行研究,同时通过应用RAS(双比例尺度法)方法延长投入产出表来克服其局限性。假定全国有 $k$ 个区域和 $n$ 个行业且每个行业提供一类产品,同时每个区域的经济系统都由这 $n$ 个行业构成即每个区域都提供 $n$ 类产品。令 $z_{ij}^{rs}$ 为区域 $r$ 向区域 $s$ 的部门 $j$ 提供的中间投入品 $i$ 的价值量且 $i=1, \dots, n; j=1, \dots, n$ 。 $x_j^s$ 是区域 $s$ 中部门 $j$ 的总产出,  $a_{ij}^{rs} = z_{ij}^{rs}/x_j^s$ , 则 $a_{ij}^{rs}$ 构成的矩阵 $A^{rs}$ (如 $A^{1k}$ )就是区域 $r$ 向区域 $s$ 提供的中间投入品系数矩阵。进一步,区域间的投入产出系数矩阵可表示为:

$$A = \begin{pmatrix} A^{11} & \dots & A^{1k} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ A^{k1} & \dots & A^{kk} \end{pmatrix} \quad (1)$$

令 $X^r = ((X^{r1})^T \dots (X^{rb})^T \dots (X^{rk})^T)^T$ 为区域 $r$ 的最终生产引致的总产出向量,其中 $X^{rb}$ 为区域 $r$ 的最终生产引致的区域 $b$ 的总产出向量,且其元素 $x_j^{rb}$ 表示区域 $r$ 的最终生产引致的区域 $b$ 中部门 $j$ 的总产出。参考刘红光等(2011)的研究方法, $X^r$ 可表示为:

$$X^r = L[0^T, \dots, (Y^r)^T, \dots, 0^T]^T \quad (2)$$

其中, $L = (I - A)^{-1}$ 是区域间的里昂惕夫逆矩阵,其元素 $l_{ij}^{rs}$ 表示区域 $s$ 生产单位第 $i$ 类最终使用对区域 $r$ 的第 $j$ 类产品或服务的完全消耗。 $Y^r$ 为 $n$ 阶最终产品列向量,其元素 $y_i^r$ 表示区域 $r$ 提供的第 $i$ 种最终产品的数量。上标“T”表示矩阵或向量的转置。

令  $\Delta X^{r\sim}$  为  $X^{r\sim}$  在时点0和  $t$  之间的变化即  $\Delta X^{r\sim} = X^{r\sim,t} - X^{r\sim,0} = ((\Delta X^{r1})^T \cdots (\Delta X^{rb})^T \cdots (X^{rk})^T)^T$ , 其中  $\Delta X^{rb}$  为区域  $r$  的最终生产变化引致的区域  $b$  ( $b \neq r$ ) 的总产出向量变化, 且其元素  $\Delta x_j^{rb}$  表示区域  $r$  的最终生产变化引致的区域  $b$  中部门  $j$  的总产出变化。  $\Delta x_j^{rb}$  也就是在时点0和  $t$  之间区域  $r$  向区域  $b$  转移的产业  $j$  的规模。

根据(2)式, 区域  $r$  转出的产业  $j$  的总规模为  $\Delta x_j^{r\sim} = \sum_b \Delta x_j^{rb}$ , 区域  $r$  转入的产业  $j$  的总规模为  $\Delta x_j^{\sim r} = \sum_b \Delta x_j^{br}$ , 区域  $r$  净转入的产业  $j$  的总规模为  $\Delta x_j^{\sim r} - \Delta x_j^{r\sim} = \sum_b \Delta x_j^{br} - \sum_b \Delta x_j^{rb}$ 。如果区域  $r$  净转入的产业  $j$  为负值, 这意味着区域  $r$  总体上是产业  $j$  的转出地区。

进一步地, 一个地区某一产业的转出实际意味着该地区对该产业产品的需求减少, 而对其他地区该产业产品的需求增加。由于一个地区对外转出的各产业规模不同, 因而其产业转出会引起该地区对外地(产品)需求结构的变化, 即对外地总需求中各产业产品份额的变化, 可称之为“产业转出引起的本地对外地需求结构的变化”。反之, 一个地区转入某一产业, 意味着外地对本地该产业产品需求的增加, 由于该地区转入各产业的规模不同, 因而该地区的产业转入会改变外地对其产品需求的结构, 即外地对本地总需求中各产业产品份额的变化, 可称之为“产业转入引起的外地对本地需求结构的变化”。

令  $E^{r\sim} = ((E^{r1})^T \cdots (E^{rb})^T \cdots (E^{rk})^T)^T$  为区域  $r$  的最终生产引致的污染排放向量, 其中  $E^{rb}$  为区域  $r$  的最终生产引致的区域  $b$  的污染排放向量, 且其元素  $e_j^{rb}$  表示区域  $r$  的最终生产引致的区域  $b$  中部门  $j$  的污染排放。则有:

$$E^{r\sim} = \text{diag}(\theta^T) X^{r\sim} \quad (3)$$

其中,  $\theta$  为污染排放强度向量, 其元素  $\theta_i^r$  表示区域  $r$  部门  $i$  单位产出的污染排放量;  $\text{diag}$  为函数, 表示取向量的对角阵。

令  $\Delta E^{r\sim}$  为  $E^{r\sim}$  在时点0和  $t$  之间的变化即  $\Delta E^{r\sim} = E^{r\sim,t} - E^{r\sim,0} = ((\Delta E^{r1})^T \cdots (\Delta E^{rb})^T \cdots (E^{rk})^T)^T$ , 其中  $\Delta E^{rb}$  为区域  $r$  的最终生产变化引致的区域  $b$  的污染排放向量变化, 且其元素  $\Delta e_j^{rb}$  表示区域  $r$  的最终生产变化引致的区域  $b$  中部门  $j$  的污染排放变化。

根据(3)式, 区域  $r$  转出的产业  $j$  引起的污染排放合计为:

$$\Delta e_j^{r\sim} = \sum_b \Delta e_j^{rb} = \sum_b \theta_j^{b,t} x_j^{rb,t} - \sum_b \theta_j^{b,0} x_j^{rb,0}$$

区域  $r$  转入的产业  $j$  引起的污染排放合计为:

$$\Delta e_j^{\sim r} = \sum_b \Delta e_j^{br} = \sum_b \theta_j^{r,t} x_j^{br,t} - \sum_b \theta_j^{r,0} x_j^{br,0}$$

区域  $r$  净转入的产业  $j$  引起的污染排放合计为:

$$\Delta e_j^{\sim r} - \Delta e_j^{r\sim} = \sum_b \Delta e_j^{br} - \sum_b \Delta e_j^{rb}$$

令  $\Delta e^{r\sim}$ 、 $\Delta e^{\sim r}$  分别为区域  $r$  转出、转入的污染总量, 则  $\Delta e^{r\sim} = \sum_j \Delta e_j^{r\sim}$ ,  $\Delta e^{\sim r} = \sum_j \Delta e_j^{\sim r}$ ; 区域  $r$  净

转入的污染总量为  $\Delta e^{\sim r} - \Delta e^{\sim r} = \sum_j \Delta e_j^{\sim r} - \sum_j \Delta e_j^{\sim r}$ 。

## (二) 产业转移污染排放效应的分解

需要指出的是,伴随产业转移的污染排放转移中,既包含了产业转移的污染影响,又包含了技术变化的污染影响。为了分离出产业转移的污染影响,本文将区域  $r$  转出的污染排放总量分解如下:

$$\begin{aligned} \Delta e^{\sim r} &= e^{\sim r, t} - e^{\sim r, 0} = \sum_j \Delta e_j^{\sim r, t} - \sum_j \Delta e_j^{\sim r, 0} \\ &= \sum_j \sum_b \theta_j^{b, t} x_j^{rb, t} - \sum_j \sum_b \theta_j^{b, 0} x_j^{rb, 0} \\ &= \sum_j \sum_b \theta_j^{b, t} (x_j^{rb, t} / x_j^{rb, 0}) (x_j^{rb, t} / x_j^{\sim r, t}) x_j^{\sim r, t} - \sum_j \sum_b \theta_j^{b, 0} (x_j^{rb, 0} / x_j^{rb, 0}) (x_j^{rb, 0} / x_j^{\sim r, 0}) x_j^{\sim r, 0} \end{aligned} \quad (4)$$

其中,  $x_j^{rb} = \sum_j x_j^{rb}$  表示区域  $r$  向区域  $b$  转出的各工业行业规模合计,  $x^{\sim r} = \sum_b x^{rb}$  表示区域  $r$  转出的工业总规模。

令  $m_j^b = x_j^{rb} / x^{rb}$ ,  $m^b = (x^{rb} / x^{\sim r})$ , 采用对数均值指数方法 (Zhang & Ang, 2001; Ang, 2005), 可将(4)式进一步分解如下:

$$\Delta e^{\sim r} = g(\Delta\theta) + g(\Delta m_{ind}) + g(\Delta m_{reg}) + g(\Delta x^{\sim r}) \quad (5)$$

其中,  $g(\Delta\theta)$ 、 $g(\Delta m_{ind})$ 、 $g(\Delta m_{reg})$ 、 $g(\Delta x^{\sim r})$  分别表示技术效应(或污染排放强度效应)、转出产业结构效应、转出地区结构效应和转出规模效应,它们的具体表达式如下:

$$\begin{aligned} g(\Delta\theta) &= \sum_j \sum_b [(e_j^{b, t} - e_j^{b, 0}) / (\ln e_j^{b, t} - \ln e_j^{b, 0})] \ln(\theta_j^{b, t} / \theta_j^{b, 0}) \\ g(\Delta m_{ind}) &= \sum_j \sum_b [(e_j^{b, t} - e_j^{b, 0}) / (\ln e_j^{b, t} - \ln e_j^{b, 0})] \ln(m_j^{b, t} / m_j^{b, 0}) \\ g(\Delta m_{reg}) &= \sum_j \sum_b [(e_j^{b, t} - e_j^{b, 0}) / (\ln e_j^{b, t} - \ln e_j^{b, 0})] \ln(m^b, t / m^b, 0) \\ g(\Delta x^{\sim r}) &= \sum_j \sum_b [(e_j^{b, t} - e_j^{b, 0}) / (\ln e_j^{b, t} - \ln e_j^{b, 0})] \ln(x_j^{\sim r, t} / x_j^{\sim r, 0}) \end{aligned}$$

技术效应是指在其他因素不变的情况下,各行业的污染排放强度在某一时期内因工艺、技术原因而发生变化,继而导致各行业转移的污染排放影响发生变化。转出产业结构效应是指一个地区向外转出的产业结构发生变化时,对污染排放所产生的影响变化。产业转出地区结构效应即一个地区转出产业的承接地区在构成上发生变化时,其产业转出对污染排放影响的变化。这里,转出地区结构是指一个地区向外转出某一特定产业时,该产业会转移到不同的地区,该产业转出总量中各地区的份额就是该产业的转出地区结构。由于各地区的技术水平存在差异,因而当一个时期内该产业的转出地区结构发生变化时,其对污染排放的影响也将发生变化,这就是转出地区结构效应。顾名思义,转出规模效应即一个地区产业转出规模变化时,其产业转出所引起的污染排放影响变化。区域  $r$  转出产业的污染排放影响可表示为  $g(\Delta m_{ind}) + g(\Delta m_{reg}) + g(\Delta x^{\sim r})$ , 即区域  $r$  转出的污染排放总量剔除技术效应。

类似地,也可以得到区域  $r$  转入产业的污染排放影响。先将  $\Delta e^{-r}$  的表达式拓展如下:

$$\begin{aligned} \Delta e^{-r} &= \sum_j \theta_j^{r,t} x_j^{-r,t} - \sum_j \theta_j^{r,0} x_j^{-r,0} \\ &= \sum_j \theta_j^{r,t} (x_j^{-r,t}/x_j^{-r,t}) x_j^{-r,t} - \sum_j \theta_j^{r,0} (x_j^{-r,0}/x_j^{-r,t}) x_j^{-r,0} \end{aligned}$$

令  $m_j^r = x_j^{-r}/x_j^{-r}$ , 采用对数均值指数方法, 可将(5)式进一步分解如下:

$$\Delta e^{-r} = h(\Delta\theta) + h(\Delta m_{ind}) + h(\Delta x^{-r}) \quad (6)$$

其中,

$$\begin{aligned} h(\Delta\theta) &= \sum_j [(e_j^{r,t} - e_j^{r,0}) / (\ln e_j^{r,t} - \ln e_j^{r,0})] \ln(\theta_j^{r,t} / \theta_j^{r,0}) \\ h(\Delta m_{ind}) &= \sum_j [(e_j^{r,t} - e_j^{r,0}) / (\ln e_j^{r,t} - \ln e_j^{r,0})] \ln(m_j^{r,t} / m_j^{r,0}) \\ h(\Delta x^{-r}) &= \sum_j [(e_j^{r,t} - e_j^{r,0}) / (\ln e_j^{r,t} - \ln e_j^{r,0})] \ln(x_j^{-r,t} / x_j^{-r,0}) \end{aligned}$$

则区域  $r$  转入产业的污染排放影响为  $h(\Delta m_{ind}) + h(\Delta x^{-r})$ 。要说明的是, 区域  $r$  转入产业的污染排放影响不存在地区结构效应, 因为本文考虑转入产业的污染排放影响时, 只涉及对转入地区这一个地区污染排放的影响。

### (三) 数据说明

本文在实证分析中采用了中国2002年、2007年和2012年以及利用RAS测算得到的2015年中国30个省份30个部门的MRIO表<sup>①</sup>。2002年的表是本文在李善同等(2010)编制的中国地区扩展投入产出表的基础上, 进一步按多区域投入产出表的编表方法编制而成。2007年和2012年的两张表(刘卫东等, 2012; 刘卫东等, 2018)是由中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室和国家统计局核算司合作编制的<sup>②</sup>。为了反映最近的产业转移状况, 本文基于《中国工业统计年鉴2016》的数据并采用RAS方法将2012年多区域投入产出表更新至2015年。同时, 为了使三个年份的区域间投入产出表具有可比性, 采用双重平减法将各年的多区域投入产出表调整到了2007年的价格水平。所用到的各区域分行业价格指数主要来自各省份统计年鉴。

需要说明的是, 本文所用到的工业行业污染排放数据主要根据《中国环境统计年鉴》刊载的各地区工业污染总量数据和典型省份工业分行业的污染排放数据估计得到。长江经济带大多数省市工业分行业的污染排放数据缺失, 本文仅能获取江苏、浙江、江西和重庆四省市的工业分行业污染排放数据。其中, 江苏、江西和重庆三省市的工业污染排放数据来自其历年统计年鉴, 浙江的工业污染排放数据来自其历年的环境统计年鉴和自然资源与环境统计年

①由于数据缺失, 香港、澳门、台湾和西藏地区暂未纳入这两张表。

②李善同等(2010)编制的2002年表有42个部门, 主要是服务业部门分类比较细。本文以后两张表的部门分类为标准, 将2002年表的42个部门合并成30个部门。限于篇幅, 此处暂不详述具体合并方法。感兴趣者, 可与作者联系。

鉴。为了估计数据缺失省份的工业分行业污染排放量,本文第一步是假定数据缺失省市工业分行业的污染排放强度与邻近且经济发展水平接近的省份相同。具体地,在估计数据缺失省市的工业行业污染排放数据时,本文假定上海的工业分行业污染排放强度与浙江相同;安徽、湖北、湖南的工业分行业污染排放强度与江西相同;四川、云南和贵州的工业分行业污染排放强度与重庆相同。第二步根据数据缺失省市工业分行业产值估计出初始的工业分行业污染排放量。第三步是将这些省市已知的工业污染排放总量作为控制数,对初始的工业分行业污染排放量进行调整,得到最终估计的工业分行业污染排放量。

另外,本文采用的MRIO表在地区和部门数目上都超过本文分析的地区和部门数目,这主要是考虑到地区和部门之间广泛存在的间接经济关联性。本文的研究对象虽然只是长江经济带的11个省(市),但在实证分析中仍然采用了包含30个省份的MRIO表,这主要是考虑长江经济带各省份间除了直接经济关联性外,还会通过其他省份产生间接关联性。例如,长江经济带中的江苏和浙江与长江经济带外的山东之间都存在直接的经济关联,江苏除了对浙江的产品有直接需求外,还会通过影响山东的经济活动,继而对浙江的产品产生间接需求。因此,为了更全面、准确地测度长江经济带各省市间产业转移的污染影响,本文采用了包含30个省份的MRIO表。类似地,本文能较为准确获取的污染数据仅限于22个工业行业,因而分析的产业转移也仅限于22个工业行业,但本文仍采用了包含30个部门的MRIO表。这是因为一个地区对另一地区某一特定部门的影响,除了直接的产品需求影响外,还会通过影响另一地区而对该特定部门产生间接影响。

### 三、长江经济带各省市产业转移对工业污染排放的影响

图1显示了2002–2015年长江经济带内各省市的工业行业转移规模<sup>①</sup>,其中江苏和浙江两个省份的工业转出和转入规模都相对较大。那么上述产业转移对长江经济带的污染排放

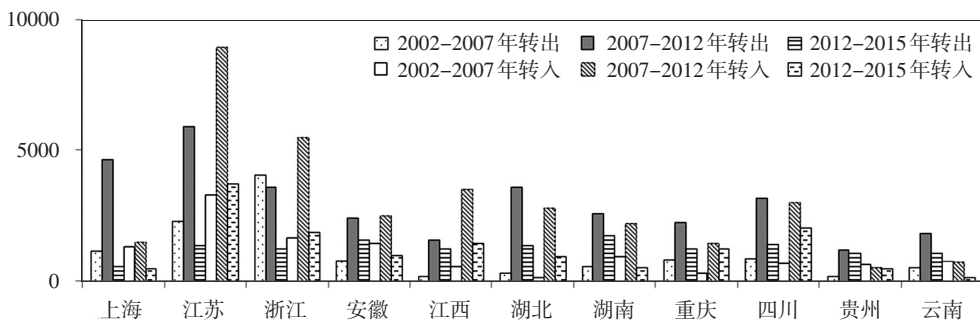


图1 长江经济带各省市间工业转出和转入规模(亿元)

<sup>①</sup>本文计算的结果表明,长江经济带的服务业也有一定转移规模,但远不及工业的转移规模,农业和建筑业的转移规模则更小。

产生了怎样的影响呢? 本文仅以产业转移对工业废水排放的影响为例进行分析<sup>①</sup>。表1和表2分别显示了整个研究时期内和2002-2007年、2007-2012年、2012-2015年三个阶段内,长江经济带各省市间产业转出和转入的工业废水排放的影响及其分解。

(一)产业转移对工业废水排放的规模效应和地区结构效益

根据表1,在整个研究时期,长江经济带各省市间产业转出的工业污染排放影响主要由产业转出规模决定。如图1所示,除浙江外,其余各省市在2007-2012年产业转出对工业废水排放的规模效应均大于各自在其他两个子阶段的规模效应。按产业转出对工业废水排放的年均规模效应比较,除浙江和贵州外,其余各省市在2007-2012年的年均规模效应也均大于各自在其他两个子阶段的年均规模效应。

表1 产业转出的工业废水排放影响及其分解 (单位:万吨)

时期		上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
2002-2007年	规模效应	9335	18951	31222	5758	1073	2628	4042	6169	6706	1626	4068
	产业结构效应	697	-1964	819	-2060	-513	-6	-86	-262	-1277	-241	-508
	地区结构效应	1374	1260	1076	-74	120	-101	143	128	-1164	-343	31
	总效应	11406	18247	33118	3624	680	2521	4099	6034	4264	1042	3591
2007-2012年	规模效应	18744	26127	14912	8860	5977	14167	9244	8046	11335	4631	6764
	产业结构效应	-2388	-5523	-7933	429	1622	-1434	1624	151	997	446	-51
	地区结构效应	72	1018	1346	1206	109	367	357	426	875	81	447
	总效应	16428	21622	8325	10495	7708	13100	11226	8623	13208	5158	7160
2012-2015年	规模效应	1448	3980	3236	4177	3775	3534	4839	3122	3853	2788	2744
	产业结构效应	-374	194	-766	22	-38	-201	-285	81	-53	-327	-172
	地区结构效应	-146	-88	-102	-103	-89	-73	-65	-118	-212	-87	39
	总效应	928	4085	2368	4095	3648	3260	4489	3084	3588	2374	2610
2002-2015年	规模效应	29527	49059	49370	18795	10824	20329	18126	17337	21893	9045	13576
	产业结构效应	-2066	-7294	-7880	-1609	1072	-1641	1253	-31	-333	-122	-731
	地区结构效应	1300	2190	2321	1029	140	193	436	436	-501	-348	516
	总效应	28761	43955	43810	18215	12036	18881	19814	17742	21060	8574	13361

注:资料来源于作者计算所得,下表同。

同样,如表2所示,在整个研究时期,长江经济带各省市间产业转入对本地工业污染排放的影响主要由产业转入规模决定。各省市在2007-2012年产业转入对本地工业废水排放的规模效应明显超过其他两个子阶段各自的规模效应。除贵州和云南外,其余省市在2007-2012年产业转入对本地工业废水排放的年均规模效应明显超过其他两个子阶段各自的年均规模效应。

①本文计算了长江经济带各省市间产业转移对多种工业污染排放物的影响,限于篇幅,并未全部列出。



表2 产业转入的工业废水排放影响及其分解 (单位:万吨)

时期		上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
2002 -2007年	规模效应	4984	20873	10116	16232	4239	767	6732	1412	5418	8748	5561
	产业结构效应	7	2333	-1459	-1617	331	922	-937	-657	-507	517	-1513
	总效应	4990	23205	8657	14614	4569	1689	5795	755	4912	9265	4048
2007 -2012年	规模效应	3014	36121	27025	9203	13332	13235	7632	3181	11689	2395	1904
	产业结构效应	-728	-4225	4555	-4508	-3186	-1411	-584	652	858	758	1252
	总效应	2286	31896	31580	4694	10146	11824	7048	3833	12548	3153	3155
2012 -2015年	规模效应	821	14853	9961	2798	3895	4061	1388	2567	6468	2298	273
	产业结构效应	-113	-3899	-4188	-640	450	-224	-493	-811	-3003	1534	-140
	总效应	708	10955	5773	2158	4345	3837	895	1756	3465	3832	132
2002 -2015年	规模效应	8819	71847	47102	28233	21466	18063	15752	7160	23576	13441	7737
	产业结构效应	-834	-5791	-1092	-6766	-2406	-714	-2014	-817	-2651	2809	-401
	总效应	7984	66056	46010	21467	19060	17349	13738	6343	20925	16250	7336

结合图1与表1、表2可知,一些省市产业转移对工业废水排放的规模效应较大,是因为其产业转移规模较大。例如,整个研究时期内江苏、浙江、上海的产业转出规模位居前三,其产业转出对工业废水排放的规模效应也位居前三。

## (二)产业转出对工业污染排放的产业结构效应

如表1所示,在整个研究时期内,除江西和湖南外,其余省市(转出)产业结构变化都导致工业废水排放减少,但产业结构效应远小于规模效应。其中,浙江和江苏的产业结构效应绝对值较大,但也分别仅相当于各自规模效应的16%和15%。各省市对工业废水排放的产业结构效应在不同子阶段差异明显。除湖北和云南外,所有省市的产业结构效应在不同子阶段都发生了方向性变化,这意味着特定省市转出的产业结构并不总是朝着有利于废水减排或不利于废水减排的方向变化,这在一定程度上说明,特定省市转出的产业构成中,污染密集型行业的份额或清洁型行业的份额并非总是越来越大或越来越小。

如前所述,各省市产业转移对工业污染排放形成的产业结构效应,主要是其产业转移引起本地或外地的产品供给中污染排放密集型行业产品份额的变化带来的。表3显示了2002-2015年长江经济带各行业的废水排放强度和各省市产业转出引起的本地对外地需求结构的变化。这一阶段,煤炭开采和洗选业,金属矿采选业,纺织业,造纸印刷及文教体育用品制造业,化学工业,电力、热力的生产和供应业的废水排放强度远远高于其他行业,可将这六个行业视为废水密集型行业。在整个研究时期,除江西和湖南外,长江经济带其余省市产业转出导致其对外地的需求中,废水密集型行业的产品份额总体上都有所下降,因而转出产业结构效应有利于工业废水减排。

表3 产业转出引起的变化和行业废水排放强度

产业	各地区对外地需求中各产业份额的变化											排放强度
	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南	
煤炭开采和洗选业	-2.07	-2.20	-0.33	-0.20	-2.33	-2.78	-3.60	-3.00	-1.44	-2.72	-3.38	21.28
石油和天然气开采业	0.86	1.83	0.82	1.12	1.88	1.56	2.05	0.74	-0.47	1.41	1.16	9.92
金属矿采选业	-0.93	1.29	0.72	0.26	-0.72	0.08	-2.80	-0.15	-0.51	-0.78	-0.67	15.07
非金属矿及其他矿采选业	0.10	0.91	0.53	-0.10	-0.26	-0.33	-0.22	-0.46	-0.06	0.18	0.04	2.95
食品制造及烟草加工业	0.82	-5.26	1.39	-2.78	0.58	-0.72	1.38	-0.40	0.33	-6.30	-7.40	5.17
纺织业	-2.64	-3.22	0.05	-4.41	4.48	-5.47	-0.13	0.32	-4.40	-1.20	-3.17	11.70
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	-1.07	-0.89	-1.94	-0.22	0.26	0.05	0.53	-0.13	0.13	0.60	-0.06	1.47
木材加工及家具制造业	0.75	0.59	0.63	-0.01	-0.13	1.07	-0.73	1.31	0.02	1.00	0.86	0.84
造纸印刷及文教体育用品制造业	2.32	2.13	-0.83	-0.41	0.93	-0.12	1.27	-0.57	-0.47	1.14	-0.10	37.74
石油加工、炼焦及核燃料加工业	-0.48	-3.15	-1.51	-1.79	-0.96	-3.43	0.10	-2.73	-3.70	-1.92	-3.53	6.20
化学工业	-1.93	-3.51	-6.78	1.29	10.81	4.52	10.57	10.10	9.38	7.52	10.82	11.01
非金属矿物制品业	-7.06	4.12	0.90	2.60	-24.81	-2.47	-8.53	-3.58	0.70	0.74	3.28	2.84
金属冶炼及压延加工业	3.43	3.84	12.84	1.15	-5.51	4.07	-9.61	-2.22	1.31	-6.05	-5.68	7.23
金属制品业	1.79	0.32	0.13	-0.07	2.35	1.06	2.19	-0.67	2.17	2.28	2.94	1.88
通用、专用设备制造业	0.35	2.76	-0.27	2.48	4.02	5.27	3.49	4.17	2.78	3.61	3.50	1.27
交通运输设备制造业	0.00	-1.57	-2.84	0.56	2.76	-4.50	0.84	-2.43	-4.22	-0.72	-1.65	1.60
电气机械及器材制造业	4.17	0.35	0.04	2.01	3.57	4.47	5.01	3.14	6.24	1.71	5.11	0.81
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	4.31	0.61	-0.19	3.53	3.58	3.74	2.49	1.58	4.05	3.24	3.02	1.41
仪器仪表及文化办公用机械制造业	-0.29	0.65	0.08	0.62	1.08	0.64	0.76	0.24	1.17	0.63	0.74	1.30
其他制造业	-1.34	-0.87	-1.24	-5.39	-1.39	-3.38	-3.47	-2.75	-7.68	-2.23	-1.69	7.27
电力、热力的生产和供应业	-0.77	1.23	-1.79	-0.07	-0.08	-3.20	-1.52	-2.43	-4.69	-2.22	-3.95	20.82
燃气及水的生产与供应业	-0.33	0.03	-0.40	-0.17	-0.11	-0.12	-0.10	-0.08	-0.64	0.07	-0.19	4.36

注：需求结构变化的单位是“%”，产业废水排放强度的单位是“吨/万元”。

## (三)产业转入对本地工业废水排放的产业结构效应

如表2所示,在整个研究时期内,除贵州外,长江经济带其余省市的转入产业结构变化有利于该地区降低工业废水排放,但各省市转入产业结构效应也都远低于转入产业规模的影响。其中,转入产业结构效应最大的是安徽,但该省转入产业结构效应也仅相当于其规模效应的24%。不过,湖北在2002-2007年的转入产业结构效应大于其规模效应。同时,大多数省市的转入产业结构效应在不同阶段都发生了方向性变化。只有安徽和湖南的产业转入结构效应在各阶段都有利于其工业废水减排,贵州的转入产业结构效应在各阶段都导致其工业废水排放增加。

表4 产业转入引起的外地对本地需求结构的变化 (单位:%)

产业	外地对本地需求中各产业份额的变化										
	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
煤炭开采和洗选业	-0.92	-1.03	-1.44	-11.06	-4.49	-0.07	-2.50	0.29	-2.52	8.72	-6.95
石油和天然气开采业	-0.59	-0.51	0.00	0.00	0.00	-0.68	0.00	0.24	14.99	-0.00	-0.00
金属矿采选业	0.00	-0.44	-0.95	-0.03	-3.33	1.29	-0.47	-0.78	0.42	-1.88	-3.83
非金属矿及其他矿采选业	-0.00	-0.25	0.08	-0.73	0.55	1.80	-0.04	-0.14	1.42	-2.78	0.33
食品制造及烟草加工业	-6.49	0.17	-1.90	0.72	-2.59	4.36	-1.93	0.06	-6.75	4.50	1.62
纺织业	0.50	-0.72	-4.39	1.66	0.79	-3.93	-2.44	-2.64	-0.02	-0.27	0.07
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	0.62	-1.47	-0.92	0.42	0.99	-0.12	-0.34	0.18	-0.02	-0.34	-0.25
木材加工及家具制造业	0.47	0.37	0.62	1.02	0.31	0.02	1.70	-0.15	1.09	0.40	-0.30
造纸印刷及文教体育用品制造业	1.53	-0.23	3.90	1.30	0.50	0.41	0.31	0.34	-0.62	0.45	-1.26
石油加工、炼焦及核燃料加工业	-3.12	-0.77	-2.18	0.49	-3.70	-0.14	0.22	-4.52	-0.75	2.14	-5.66
化学工业	-1.84	0.66	6.81	-3.79	3.72	4.36	3.77	-3.88	2.89	7.08	5.00
非金属矿物制品业	1.02	-2.54	-7.81	-16.80	6.98	-1.77	-0.03	3.01	4.10	-17.58	2.02
金属冶炼及压延加工业	0.26	2.15	-3.19	12.25	12.23	-4.11	-1.08	-6.56	-9.84	0.15	15.83
金属制品业	0.34	1.29	2.76	2.11	0.61	-0.13	2.06	2.14	-0.18	0.42	-0.04
通用、专用设备制造业	4.87	1.91	3.48	2.66	0.27	-0.46	6.60	1.76	3.04	-1.71	-0.82
交通运输设备制造业	-3.15	0.14	2.27	0.12	-2.22	0.48	-6.24	0.77	-2.25	-3.50	-2.24
电气机械及器材制造业	1.94	5.19	1.18	9.52	1.45	1.41	0.96	2.57	-2.30	-0.08	-1.31
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	3.14	1.46	1.25	2.36	1.57	1.31	3.00	10.82	0.61	3.43	-0.60
仪器仪表及文化办公用机械制造业	0.85	1.20	-0.70	0.75	-0.49	0.41	0.60	0.40	0.05	0.31	-0.24
其他制造业	-1.90	-3.24	-1.52	0.62	-11.72	-1.25	-2.38	-0.19	0.05	-1.08	-1.20
电力、热力的生产和供应业	1.98	-2.66	2.75	-3.33	-0.88	-2.97	-1.55	-3.42	-4.58	1.70	0.15
燃气及水的生产与供应业	0.49	-0.67	-0.10	-0.26	-0.56	-0.23	-0.23	-0.30	1.18	-0.08	-0.33

同样地,各省市产业转入对本地工业污染排放的产业结构影响,主要取决于产业转入对本地污染密集型产业份额的影响。如表4所示,在整个研究时期内,贵州的产业转入导致外地对其产品需求中煤炭开采和洗选业、造纸印刷及文教体育用品制造业、化学工业、电力、热力的生产和供应业等多数废水密集型行业产品份额明显上升,因而其转入产业结构效应导致其工业废水排放增加。其余省市的转入产业结构效应在整个研究时期则都有利于本地工业废水减排。以转入产业结构效应最大的安徽为例,产业转入导致外地对其产品需求中煤炭开采和洗选业、化学工业、电力、热力的生产和供应业等废水密集型行业产品份额明显下降,从而有利于安徽本地的工业废水减排。

(四)产业转出对工业废水排放的地区结构效应

表1还显示了产业转出对工业废水排放的地区结构效应。在整个研究时期,除四川和贵州外,其余省市转出产业的地区(转出产业的接受地区)结构变化都导致工业废水排放的增加。其中地区结构效应最大的是浙江,但其地区结构效应仅相当于其规模效应的5%,甚至明显低于其产业结构效应。各省市对工业废水排放的地区结构效应在不同子阶段差异也很明显。除云南外,所有省市的产业转出地区结构效应在不同子阶段也都发生了方向性变化。例如,长三角地区三省市在前两个阶段的地区结构效应都不利于工业废水减排,但在2012-2015年则都有利于工业废水减排。

表5 产业转出地区结构变化和目的地废水排放强度

目的地	产业转出地及其产业转出地区结构变化											排放强度
	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南	
上海		-8.18	-9.68	-4.94	1.50	-4.24	-1.54	-2.75	-2.59	0.97	-2.94	3.67
江苏	5.16		-1.91	-11.55	20.45	-3.84	5.73	5.46	7.39	14.17	10.07	6.15
浙江	-17.33	-4.36		2.83	-21.88	-1.19	0.29	-0.57	2.56	-0.54	-0.86	5.53
安徽	-2.06	-2.43	0.87		-5.34	-3.36	2.24	3.55	2.83	3.57	4.47	7.51
江西	5.69	9.27	2.86	6.39		4.91	-11.70	5.52	0.38	1.61	3.02	8.58
湖北	-0.55	-7.21	-0.32	-2.45	0.35		-5.32	-1.59	-5.07	0.19	-0.89	7.26
湖南	2.01	3.28	1.12	2.15	-4.27	4.65		3.50	4.23	-16.30	1.25	10.58
重庆	1.57	0.73	0.81	0.87	2.75	0.81	3.84		-11.12	-0.98	3.08	14.20
四川	3.44	5.53	4.02	4.37	5.83	-0.63	8.04	-2.77		-1.69	-6.69	11.65
贵州	1.09	1.84	1.20	1.12	1.12	1.60	-1.32	-11.61	2.03		-10.52	8.83
云南	0.98	1.52	1.01	1.21	-0.51	1.28	-0.25	1.27	-0.64	-0.99		10.49

注:地区结构变化的单位是“%”,产业废水排放强度的单位是“吨/万元”。

类似地,产业转出地区结构效应对工业废水排放的影响方向,主要取决于产业转出目的地中废水排放强度较高地区的份额变化。表5的每列显示了整个研究时期内各省市产业转

出目的地的地区结构变化和废水排放强度。其中,湖南、重庆、四川和云南属于废水排放强度较高地区,安徽、江西、湖北、贵州的废水排放强度次之,长三角地区的上海、江苏和浙江属于废水排放强度较低地区。四川和贵州产业转出的目的地中,废水排放强度较高地区的份额有所下降,因而这两个省份的产业转出地区结构效应有利于工业废水减排。其余省市产业转出的目的地中则主要表现为废水排放强度较高地区份额的增加,因而其产业转出地区结构效应导致工业废水排放增加。

#### (五)产业转移对长江经济带工业废水排放的减缓效果

比较各省市在各阶段的产业转出总效应和产业转入总效应可知,从整个研究时期来看,上海、湖北、湖南、重庆、四川和贵州六省市产业转出的废水排放影响超过这些省市转入产业的废水排放影响,可称这些省份为废水排放出超省份。其余省份的情况则正好相反,可称之为废水排放入超省份。不过,各分阶段的情形与整个研究时期的情形有所差异。在废水排放出超省份中,只有上海和重庆在各阶段的产业转出废水排放影响始终高于其转入产业的废水排放影响。在废水排放入超省份中,也只有江苏和江西在各阶段的产业转出废水排放影响始终低于其转入产业的废水排放影响。

那么,长江经济带各省市间的产业转移是否有利于整个长江经济带的废水减排呢?为此,本文基于反事实假定方法,定义了产业转移的反事实效应。所谓反事实效应,就是假定事实上已经发生的产业转移不存在时,即假定发生转移的产业都留在原地生产时,其产生的污染排放影响与事实上发生的产业转移对污染排放影响的差异。所谓发生转移的产业都留在原地生产,对产业转出地区来说就是转出的产业都留在本地生产,对产业转入地区来说就是转入的产业都回到其流出地生产。因此,产业转出的反事实效应与产业转入的反事实效应等同。在上述假定下,基于产业转出的环境影响计算方法<sup>①</sup>,估算了各省市转出产业在本地生产的废水排放影响,即反事实效应(如表6所示)。

时期	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
2002-2007年	5785	17794	39114	4862	2597	2993	6415	16842	9406	1305	7166
2007-2012年	18607	22662	12590	18546	14507	18499	24128	12812	13984	16317	19781
2012-2015年	-549	3402	3931	5909	5956	4220	7746	3343	3185	8738	9356
2002-2015年	23843	43858	55636	29317	23060	25712	38289	32997	26575	26361	36304

结果表明,在整个研究时期内,产业转移的工业废水排放总效应,仅相当于反事实效应的68%;在三个子阶段内,产业转移总效应分别相当于反事实效应的78%、64%和63%。在整个

<sup>①</sup>对于一些省市本地没有的产业,本文采用长江经济带相应的产业废水排放强度作为其废水排放强度。

研究时期内,除上海和江苏外,其余省市的产业转出都有利于减少长江经济带整体的工业废水排放。其中云南、湖南、贵州、重庆的产业转出减少的工业废水潜在排放量相对较大,减排量分别达到反事实效应的63%、48%、67%、46%。在各子阶段中,各省市的产业转出也几乎都有利于减少长江经济带整体的工业废水排放,仅上海和江苏在2002-2007年、2012-2015年以及四川在2012-2015年的产业转出不利于长江经济带整体的工业废水减排。

#### 四、结论与政策含义

本文基于多区域投入产出模型和对数均值指数方法建立了产业转移的污染排放影响测算,并实证研究了2002-2015年及三个子阶段内,长江经济带各省市在不同范围内的产业转移规模、结构及由此而产生的工业废水排放影响。通过上述分析,主要得到如下结论:

第一,产业转移对长江经济带不同省市工业废水排放的影响差异显著。整个研究时期内,产业转移对工业废水排放的影响主要取决于产业转移的规模。各省市产业转出和转入规模存在较大差异,从而导致产业转移对各省市工业废水排放的影响也存在显著差异。上海、浙江、湖北、重庆四省市产业转出的废水排放影响都超过这些省市转入产业的废水排放影响;江苏、安徽、江西、湖南、四川、贵州和云南等省市的情况则正好相反。

第二,长江经济带省市间污染产业转移对工业废水排放的产业结构效应值得关注。在整个研究时期中,长江经济带各省市都存在程度不一的污染密集型产业转出和转入并存现象。不过,大多数省市产业转移带来的产业结构效应有利于工业废水减排。其中,仅江西和湖南产业转出的产业结构效应不利于其产业承接地总体的工业废水减排,同时也只有贵州产业转入的产业结构效应不利于本地的工业废水减排。因此,长江经济带各省市特别是上游地区的贵州,应积极引进清洁型行业,同时严格控制污染密集型行业的转入,从而使转入产业的结构朝着有利于本地工业废水减排的方向演化。

第三,产业转移总体上有助于长江经济带工业废水减排。通过反事实假定分析,本文发现在整个研究时期内和各个子阶段内,区域间产业转移总体上十分有效地减少了长江经济带整体的工业废水排放,绝大多数省市的产业转出也都有利于长江经济带整体的工业废水减排。上述发现表明,长江经济带的产业转移有效地发挥了各地的比较优势,从而产生了污染减排效应。未来应更加重视地区间的协调合作,根据各地区比较优势和环境承载力,通过有效的产业转移优化产业格局,巩固产业转移的污染减排效应。

受数据限制,本文的结果还存在一定的不确定性,分析的行业也仅限于工业行业。将来在相关行业污染排放及经济数据齐备的情况下,可将更多的行业纳入研究中。同时,本文也未对影响长江经济带产业转移的相关因素展开研究,这也是本文可拓展的一个重要方向。

## 参考文献:

- [1] 丁婷婷,葛察忠,段显明. 环境管制与污染产业转移现象研究——以长江经济带污染产业为例[J]. 生产力研究, 2016, (10): 55-57+128.
- [2] 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, 24(11): 96-102.
- [3] 贺灿飞,周沂,张腾. 中国产业转移及其环境效应研究[J]. 城市与环境研究, 2014, 1(01): 34-49.
- [4] 靖学青. 长江经济带产业转移与区域协调发展研究[J]. 求索, 2017, (3): 125-130.
- [5] 孔凡斌,李华旭. 长江经济带产业梯度转移及其环境效应分析——基于沿江地区 11 个省(市) 2006 - 2015 年统计数据[J]. 贵州社会科学, 2017, (9): 87-93.
- [6] 李善同,齐舒畅,许昭元. 2002 年中国地区扩展投入产出表: 编制与应用[M]. 北京: 经济科学出版社, 2010.
- [7] 李小平,卢现祥. 国际贸易、污染产业转移和中国工业 CO<sub>2</sub> 排放[J]. 经济研究, 2010, (1): 15-26.
- [8] 刘红光,刘卫东,刘志高. 区域间产业转移定量测度研究——基于区域间投入产出表分析[J]. 中国工业经济, 2011, (06): 79-88.
- [9] 刘卫东,陈杰,唐志鹏,刘红光,韩丹,李方一. 中国 2007 年 30 省区市区间投入产出表编制理论与实践[M]. 北京: 中国统计出版社, 2012.
- [10] 刘卫东,唐志鹏,韩梦瑶等. 2012 年中国 31 省区市区间投入产出表[M]. 北京: 中国统计出版社, 2018.
- [11] 孙威,李文会,林晓娜,王志强. 长江经济带分地市承接产业转移能力研究[J]. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1470-1478.
- [12] 滕堂伟,胡森林,侯路瑶. 长江经济带产业转移态势与承接的空间格局[J]. 经济地理, 2016, 36(05): 92-99.
- [13] 汪中华,梁爽. 中国污染产业区际转移路径及环境效应研究[J]. 生态经济, 2017, 33(11): 92-95.
- [14] 肖雁飞,万子捷,刘红光. 我国区域产业转移中“碳排放转移”及“碳泄漏”实证研究——基于 2002 年、2007 年区域间投入产出模型的分析[J]. 财经研究, 2014, 40(02): 75-84.
- [15] 徐成龙,巩灿娟. 基于偏离份额法的中国污染产业转移时空演变及其环境效应[J]. 软科学, 2017, 31(10): 100-104.
- [16] 曾荣平,彭继增. 长江经济带梯度开发开放与产业转移的对策研究——基于产业梯度的实证[J]. 科技管理研究, 2015, 35(24): 152-157.
- [17] Ang, B. The LMDI Approach to Decomposition Analysis: A Practical Guide[J]. Energy Policy, 2005, 33(7): 867-871.
- [18] Cole, M. A. and R. J. R. Elliott. Determining the Trade-environment Composition Effect: The Role of Capital, Labor and Environmental Regulations[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46(3): 363-383.
- [19] Jaffe, A. B., S. R. Peterson, P. R. Portney, and R. N. Stavins. Environmental Regulation and the Competitiveness of US Manufacturing: What Does the Evidence Tell US?[J]. Journal of Economic Literature, 1995, 33(1): 132-163.
- [20] Tobey, J. A. The Effects of Domestic Environmental Policies on Patterns of World Trade: An Empirical Test [J]. Kyklos, 1990, 43(2): 191-209.
- [21] Zhang, F. and B. Ang. Methodological Issues in Cross-country/region Decomposition of Energy and Environmental Indicators[J]. Energy Economics, 2001, 23(2): 179-190.

## The Calculation of Environmental Effects of Industrial Transfer in the Yangtze River Economic Belt

Zhang Youguo

(Institute of Quantitative Economics and Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences)

**Abstract:** There is a high probability that industrial transfer among provinces and cities in the Yangtze River Economic Belt existed, and producing corresponding environmental impact. Therefore, it is of great significance to study the environmental effects of industrial transfer in the zone. This paper uses RAS to get China's Multi-Regional Input-Output table and provides an analyzing framework for accounting and decomposing environmental effects of industrial transfer with the multi-regional input-output model and logarithmic mean Divisia index method and empirically studies the impact of industrial transfer on industrial waste water discharge in the Yangtze River Economic Belt in 2002-2015 and its three sub-periods. The results indicate that dominated by the scale effect, total emissions exported by Shanghai, Hubei, Hunan, Chongqing, Sichuan and Guizhou exceeded total emissions imported by these provinces, respectively, whereas the situations in the rest provinces were opposite to them. Excluding Jiangxi and Hunan, the industrial structural effects of industrial transfer-out in the rest provinces reduce waste water discharge. All the provincial industrial structural effects of industrial transfer-in were helpful for local waste water discharge reduction, except that of Guizhou. Most of the provincial regional structural effects of industrial transfer-out were not helpful for emissions reduction but the regional structural effects were relatively small. The industrial transfer substantially decreased the total waste water discharge in the Yangtze River Economic Belt in the whole studied period and all the sub-periods. Therefore, in the future, according to the comparative advantages and environmental carrying capacity of the provinces in the Yangtze River Economic Belt, we should optimize the industrial structure through effective industrial transfer and consolidate the pollution reduction effect of industrial transfer.

**Keywords:** Yangtze River Economic Belt; Industrial Transfer; Environmental Effects; Multi-Regional Input-Output Model; Factor Decomposition

**JEL Classification:** R15, Q56

(责任编辑:朱静静)