

# 我国重化工业产业调整与转移对区域碳排放差异的影响

## ——基于偏离份额分析法的实证研究

张永强<sup>1</sup>, 张捷<sup>1,2</sup>

(1. 暨南大学 国际经济与贸易系 广东 广州 510632; 2. 暨南大学 资源环境与可持续发展研究所 广东 广州 510632)

**摘要:** 首先分析我国国际产业转移的动因及其与碳排放的互动关系,表明重化工业产业调整与转移会对我国经济社会和生态环境产生重要影响。其次利用偏离份额分析法和 Theil 指数分别测算我国重化工业总产值变动情形和东中西部地区的碳排放差异。最后实证分析重化工业产业调整对区域碳排放的影响机制。结果表明,我国碳强度总体差异和区域内差异不断扩大,区域间差异不断缩小;重化工业产业调整转移有利于降低区域碳强度,缩小区域碳排放差距。

**关键词:** 重化工业; 产业调整转移; 碳排放差异; Theil 指数; 偏离份额分析法。

中图分类号: F124.5 文献标识码: A 文章编号: 1672-6049(2016)06-0004-10

### 一、引言

近年来,在应对全球气候变化的浪潮中,低碳理念逐渐成为全球共识,发展低碳经济已上升为各国的国家战略和重要的国际合作领域。在 G20 杭州峰会开幕前的 9 月 3 日,中国和美国同日批准了《巴黎气候变化协定》,中国国家主席习近平和美国总统奥巴马向联合国秘书长潘基文交存了中国和美国的批准文书。至此,世界前两大经济体皆正式批准加入《巴黎协定》。中国的低碳政策给国内能源结构、产业结构调整带来巨大的转型压力,形成一种倒逼机制。按照逐步递进的减排规划,我们要努力实现碳排放从相对减排转向绝对减排,以促进经济社会的绿色低碳发展。低碳转型需要大力调整产业结构和高碳产业的空间布

局,而落后地区在调整产业结构时,应避免沦为发达地区“三高”产业转移的避难所。落后地区不仅需要跨越发展,更要转型发展,在承接发达地区产业转移过程中把好环境关。

国务院在 2010 年颁布的《全国主体功能区规划》中提出“我国经济增长呈现多极化趋势。随着东部部分地区资源环境承载能力逐步饱和,经济增长加快向中西部适宜开发的区域拓展,这就需要继续扩大这些区域的工业建设和城市建设空间”。“把环渤海、长江三角洲、珠江三角洲地区确定为优化开发区域,就是要促进这类人口密集、开发强度高、资源环境负荷过重的区域,率先转变经济发展方式,促进产业转移,从而为中西部地区腾出更多发展空间;把中西部地区一些

收稿日期: 2016-10-12

基金项目: 国家自然科学基金重点项目“推动经济发达地区产业转型升级的机制与政策研究”(71333007)和国家社会科学基金重大项目“我国重点生态功能区市场化生态补偿机制研究”(15ZDA054)

作者简介: 张永强(1990—),男,河南开封人,硕士研究生,研究方向为产业转型、资源环境与可持续发展;张捷(1953—),男,重庆人,暨南大学资源环境与可持续发展研究所所长,暨南大学经济学院教授,博士生导师,经济学博士,研究方向为国际贸易、产业结构和区域协调、资源环境与可持续发展。

资源环境承载能力较强、集聚人口和经济条件较好的区域确定为重点开发区域,是为了引导生产要素向这类区域集中,促进工业化城镇化,加快经济发展”。因此,基于资源环境承载力的空间布局状况,以构建高效、协调、可持续的国土空间开发格局为宗旨的主体功能区规划的实施,也成为推动产业转移和经济结构调整的一个重要政策因素。而产业转移和结构调整又会反过来引起资源环境承载力空间布局的变化,两者形成互动关系。本文试图考察这种互动关系对碳排放地理分布格局的影响,以及所发生变化的合理性。

## 二、文献综述

产业转移是指基于资源禀赋、区位优势和区域经济差异而使某些产业的部分或者全部生产能力与市场供应在不同区域的空间位移过程。根据区域范围的不同,产业转移可以分为国际产业转移和区际产业转移,两者在动因、机制、模式、效应上具有较强的相似性,但在约束条件、影响因素等方面存在着差别。区际产业转移是指资源要素供给或产品市场需求条件的变化引起一些产业从某一地区转移到另一地区的经济行为过程,其实质是劳动力、资金和技术等生产要素在区域间转移的经济行为,本质上是现有生产能力在空间上的重新组合和配置<sup>[1]</sup>。根据杨蓓蓓<sup>[2]</sup>对我国污染产业区际转移的动因分析,可以将我国重化工业产业调整与转移的主要驱动因素归结为四个方面:区域经济发展水平的差异是区际产业转移的客观基础;外部环境成本内部化导致污染产业搭便车式转移;环境标准的差异以及差别化的减排政策导致中西部地区环境规制相对较宽松;政府“失灵”,即规制俘虏和寻租腐败,污染者向政府进行“游说”或“寻租”,导致政府在制定环境管制政策时首要考虑的是厂商的利益而不是环境保护。近年来能源价格上涨、碳排放标准的提升和东部能源资源衰竭、人力和土地成本的攀升,有力地推动了我国区域间的产业转移,尤其是能源资源密集型产业的转移,中东部过剩的能源资源密集型产能开始向西部大规模转移。由于工业是造成环境污染的主导产业,而重化工业又在工业污染物排放中所占比重最大,同时它又属于能源资源密集型产业,故其调整与转移势必会对我国的经济社会和生态环境

格局产生重要而持久的影响。

目前,针对区域间和区域内、产业间和产业内碳排放转移或差异的研究较多,却很少有人把这些现象联系起来考察;有关产业调整与碳排放之间相互关系的研究还较少,而涉及产业转移对区域碳排放差异影响的研究更为鲜见。这一方面与产业调整转移难以找到合适的指标进行衡量有关,国际产业转移大多使用外商直接投资或者实际利用外资作为测算指标,而区际产业转移却难以准确测算;另一方面也与产业转移带来的污染转移难以察觉有关,“碳泄露”因为具有隐蔽性从而引起的关注不多。杜运苏等<sup>[3]</sup>基于可比价投入产出表,对我国承接国际产业转移的碳排放研究表明,承接国际产业转移导致的碳排放数量巨大,且在行业分布上呈现较高的集中度。吴昌南等<sup>[4]</sup>使用面板数据的分析方法对我国各省市的国际产业转移与碳排放的关系进行了实证分析,结果表明,国际产业转移多为“污染转移”的观点在我国成立,且具有区域差异性。张文城等<sup>[5]</sup>从不对称减排、国际贸易与能源密集型产业转移角度研究了碳泄露的动态,表明在一个区域进行单边减排的情况下,其他非减排区域可能由此增加碳排放,产生碳泄漏。不过,以上有关产业转移和碳排放关联的研究都集中在国际产业转移上,针对区际产业转移和碳排放关系的研究目前仅有肖雁飞等<sup>[6]</sup>根据投入产出原理对中国八大区域间以出口和消费为导向的产业转移进行了定量测评,并结合分区域分行业碳排放系数,考察了区域产业转移带来的“碳泄漏”效应。

现有关于区域产业调整转移与碳排放关系的研究大多利用投入产出法计算碳转移或碳泄漏,而基于面板数据分析的研究几乎没有。与现有研究方法不同,本文尝试利用平衡面板数据,从重化工业产业调整转移对中国区域碳排放差异的影响角度进行实证分析,以期为区域产业结构转型升级以及减排政策制定和实施提供更为可靠的经验验证与理论支持。

## 三、产业转移和碳排放差异性分析

### (一) 区际产业转移测度

产业调整与转移的直接动因之一是环境政策的收紧造成企业生产成本上升。环境政策通过影响企业的边际成本和收益,迫使企业进行产

业调整。当行业的利润空间被压缩,企业要么进行产品转型升级,要么把高能耗、高排放、高污染产业转移到环境规制更为宽松的地区。杨光等<sup>[7]</sup>将高能耗行业分为黑色金属冶炼及压延加工业,化学原料及化学制品制造业,非金属矿物制品业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,有色金属冶炼及压延加工业,煤炭开采和洗选业以及电力、热力的生产和供应业等七大类。伍华佳<sup>[8]</sup>将我国高碳产业分为皮革、毛皮、羽绒及其制造业,医药制造业,化学纤维制造业,塑料制品业,金属制品业,电子及通讯设备制造业,造纸及纸制品业,采掘业,食品、烟草加工与食品、饮料制造业,纺织业石油加工及炼焦业,非金属矿物制造业,黑色金属冶炼及压延加工业,电力煤气及水生产供应业,化学原料及化学制品制造业等15个行业。赵细康<sup>[9]</sup>将污染密集型产业划分为:重度污染型产业(电力、煤气及水生产供应业,采掘业,造纸及制品业,水泥制造业,非金属矿物制造业,黑色金属冶炼及压延业,化工原料及化学品制造业);中度污染型产业(有色金属冶炼及压延工业,化学纤维制造业,食品、烟草及饮料制造业,医药制造业,石油化工及炼焦业,纺织业);轻度污染型产业(皮革、毛皮、羽绒及制革业,橡胶制品业,金属制品业,印刷和记录媒介复制业,机械、电器、电子设备制造业,塑料制品业)。区际产业转移指标的选取可以分为绝对指标和相对指标。就绝对指标而言,刘红光等<sup>[10]</sup>、李勇<sup>[11]</sup>基于中国投入产出表,利用投入产出法测算了区域间产业转移量和程度。李伟庆等<sup>[12]</sup>、张国政等<sup>[13]</sup>分别采用各地区或行业实际利用的境内省外资金额和内联引资实际到位资金数据代表区际产业转移量。就相对指标而言,范剑勇<sup>[14]</sup>、冯福根<sup>[15]</sup>、刘英基<sup>[1]</sup>以及贺曲夫等<sup>[16]</sup>采用各地区相应行业总产值占全国该行业总产值比例的变化,对地区的产业调整和相对转移状况进行衡量。覃成林等<sup>[17]</sup>在产业转移定义的基础上,提出了扩散性产业转移和集聚性产业转移两类概念,并建构了产业转移测度原理和方法。为更好把握高能耗、高排放、高污染产业的空间分布变化特征与趋势,本文结合杨光、伍华佳、赵细康以及《中国工业经济统计年鉴》对工业行业的分类,将重化工业划分为:煤炭开采和洗选业,造纸及纸制品业,石油加工、炼焦和核燃料加工业,化

学原料及化学制品制造业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼及压延加工业,有色金属冶炼及压延加工业,电力、热力的生产和供应业等八大行业。同时借鉴杨蓓蓓<sup>[2]</sup>的偏离份额分析模型来分析我国重化工业的变化情况,把差异转移份额(代表各类产业竞争力水平)作为衡量区际产业转移的指标,并为进一步分析区域碳排放差异问题提供基础。

偏离—份额分析法(Shift-Share Method, SSM)最初由美国经济学家 Daniel<sup>[18]</sup>和 Creamer<sup>[19]</sup>提出,经 Dunn<sup>[20]</sup>总结完善,并通过后来众多学者在应用领域中的不断拓展,形成了当今较为成熟的分析方法。它把区域经济的变化看作一个动态的过程,以其所在国家的经济发展作为参照系,将区域自身经济总量在不同时期的变动分解为3个分量:即份额分量(the national growth effect)、结构偏离分量(the industrial mix effect)和竞争力偏离分量(the shift share effect)。该方法采取逐年分解的思路,通过比较全国所有产业的增长、全国某一产业部门的增长和区域内某一产业部门的增长,来分解区域内部不同产业部门的增长量,并用以说明区域经济发展和衰退的原因,评价区域经济结构优劣和不同产业竞争力的强弱,找出区域具有相对竞争优势的产业部门,进而确定区域经济未来发展的合理方向和产业结构调整的思路<sup>[21]</sup>。用公式可以表示为:

$$\Delta y_{ijt} = y_{ijt} - y_{ijt-1} = y_{ijt-1} R_{ijt} \quad (1)$$

$$R_{ikt} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (y_{ijt} - y_{ijt-1})}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n y_{ijt-1}} \quad R_{ikt} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_{ijt} - y_{ijt-1})}{\sum_{j=1}^n y_{ijt-1}},$$

$$R_{ijt} = \frac{y_{ijt} - y_{ijt-1}}{y_{ijt-1}} \quad (2)$$

其中  $y_{ijt}$ 、 $y_{ijt-1}$  分别代表  $t$  期、 $t-1$  期  $j$  省第  $i$  产业的工业总产值 ( $i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T$ );  $\Delta y_{ijt}$ 、 $\Delta y_{ijt-1}$  分别代表  $t$  期、 $t-1$  期  $j$  省第  $i$  产业的工业总产值变化;  $R_{ijt}$  代表  $t$  期  $j$  省第  $i$  产业的工业总产值增长率。我们设  $R_{ikt}$ 、 $R_{kt}$  分别代表  $i$  产业的全国工业总产值增长率、重化工业的全国平均工业总产值增长率,将公式(1)分解为下式:

$$\Delta y_{ijt} = y_{ijt-1} R_{kt} + \Delta y_{ijt-1} (R_{ikt} - R_{kt}) + y_{ijt-1} (R_{ijt} - R_{ikt}) \quad (3)$$

把(3)式右边第一项  $y_{ijt-1}R_{kt}$  移到左边得:

$$\Delta y_{ijt} - y_{ijt-1}R_{kt} = \Delta y_{ijt-1}(R_{ikt} - R_{kt}) + y_{ijt-1}(R_{ijt} - R_{ikt}) \quad (4)$$

把(4)式两边同时除以  $\Delta y_{ijt-1}$  得:

$$NRC = R_{ijt} - R_{kt} = (R_{ikt} - R_{kt}) + (R_{ijt} - R_{ikt}) \quad (5)$$

$$STR = \frac{R_{ikt} - R_{kt}}{R_{ijt} - R_{kt}} \quad DIF = \frac{R_{ijt} - R_{ikt}}{R_{ijt} - R_{kt}} \quad (6)$$

其中  $NRC$  表示工业产值增长的“相对净变化量”即第  $j$  省第  $i$  产业的工业产值变化量与全国平均各重化工业的工业产值增加的差异;  $R_{ikt} - R_{kt}$  表示第  $j$  省第  $i$  产业的“结构转移”,当除以相对净变化量  $NRC$  后,即表示为按与全国各产业的平均产值增长速度差异来衡量的相对净变化量的贡献份额  $STR$ ;  $R_{ijt} - R_{ikt}$  表示第  $j$  省第  $i$  产业的“差

异转移”,当除以  $NRC$  以后表示对相对净变化量的贡献份额  $DIF$ ,说明除结构转移之外,该省该产业的产值增长率与全国该产业的产值增长率的差异所引起的产值增长情况,即直接代表该省该类产业竞争力水平所引起的产业转移部分。 $STR > 0$  或  $DIF > 0$  表示促进  $NRC$  的作用方向;  $STR < 0$  或  $DIF < 0$  表示阻碍  $NRC$  的作用方向。若有  $DIF > 0$  且  $NRC < 0$  表示差异转移将促进相对净变化量减少;若有  $DIF < 0$  且  $NRC > 0$  表示差异转移将促进相对净变化量增加。

依据上述方法,选取 2000—2012 年我国各省市数据分析各主要地区重化工业总产值增长的分布变化情况。考虑到列示全部数据所占篇幅过大,故只选取部分代表年份的数据进行对比分析(表 1)。

表 1 重化工业产业各地区产值变化的偏离份额分析

地区	2000 年			2005 年			2010 年			2012 年		
	<i>NRC</i>	<i>STR</i>	<i>DIF</i>	<i>NRC</i>	<i>STR</i>	<i>DIF</i>	<i>NRC</i>	<i>STR</i>	<i>DIF</i>	<i>NRC</i>	<i>STR</i>	<i>DIF</i>
北京	0.070 1	-1.032	2.106 6	-0.128	0.178 9	0.777 3	-0.033	0.077 2	0.808 5	-0.044	-0.075	1.063 8
天津	-0.106	0.598 5	0.595 6	-0.223	0.273 7	0.739 4	0.340 5	0.871 7	0.155 7	0.039 7	0.233 2	0.790 9
河北	0.060 4	0.669 6	0.370 3	-0.045	0.675 6	0.307 5	-0.015	2.708 2	-1.227	0.010 9	0.183 5	0.877 8
山西	-0.158	0.280 1	0.315 5	-0.004	-0.74	1.429 2	0.040 8	-1.25	2.060 3	-0.038	0.023 9	1.004 4
内蒙古	0.041 8	-12.42	13.667	0.137	0.134 5	1.031	-0.024	0.414 7	0.795 2	-0.07	0.184 7	0.639 8
辽宁	0.011 1	0.514 3	0.615 7	0.018 4	-0.406	0.641 2	-0.001	-0.114	1.041 5	0.060 3	-0.198	1.204 3
吉林	0.001 6	0.402 1	0.708 5	-0.078	-2.325	3.345	-0.034	-1.515	1.883 6	0.033 5	0.009 6	0.743 7
黑龙江	0.104 6	0.283 4	0.773 3	-0.138	-1.947	0.704 8	0.095 3	0.131 5	0.599 9	-0.046	0.232 9	0.737 9
上海	-0.033	1.254 3	0.014 9	-0.103	-0.101	0.914 3	-0.023	-0.105	1.279 8	-0.072	-0.9	1.547 9
江苏	0.038 7	0.382	0.982 7	-0.002	-1.056	2.030 3	-0.05	-0.621	1.643 6	0.025 7	0.198 3	0.595 8
浙江	0.070 4	0.313 8	0.798 5	0.163 8	0.506 8	0.490 1	-0.027	1.109 5	-0.112	-0.073	-1.574	2.498 7
安徽	-0.102	0.516 6	0.645 9	-0.031	-4.726	5.589 9	0.062 1	0.146 1	1.289 7	-0.047	0.144 8	0.812 5
福建	0.026 6	0.660 6	0.453 4	-0.044	0.145 1	0.743 8	0.070 9	1.023 6	0.087	-0.012	-1.24	1.543 6
江西	-0.104	0.102 9	1.150 6	0.145 3	-0.093	0.965 4	0.119 1	-0.018	1.166 6	0.019 2	0.370 8	0.527 6
山东	-0.005	1.016 9	0.001 7	0.081 3	-1.236	3.474 4	-0.071	2.914 8	-1.81	0.018 3	0.075 7	0.965 5
河南	-0.011	0.631 8	0.452 4	0.113 1	0.406 5	0.973 1	-0.072	-1.509	0.909 2	-0.031	0.092 2	0.985 9
湖北	-0.095	-0.295	1.42	-0.004	-0.777	0.835 8	0.054 7	1.367 3	-0.883	0.088	0.092 5	0.933 1
湖南	-0.042	0.615	0.792 3	0.040 6	-0.501	1.446 7	0.091 8	0.405 1	0.991 2	-0.004	0.352 2	0.601 2
广东	-0.031	1.083 2	0.063	-0.161	0.104 3	0.743	-0.004	-0.519	1.699 2	-0.058	0.041 2	0.980 9
广西	-0.017	0.797 5	0.426 5	0.032	0.226 2	0.735 8	0.339 1	-0.066	1.097 5	0.100 2	0.179 1	0.836 7
海南	0.321 1	0.306 5	0.714 9	1.206 1	0.104 4	0.854 1	-0.154	-0.218	0.933 8	-0.015	-0.164	1.137 4
重庆	-0.095	1.011 7	0.386 7	-0.02	-0.054	1.071 3	0.074 5	-0.046	1.025	-0.019	-0.487	1.489
四川	-0.092	5.117 9	0.577 5	0.081 6	2.049	-2.448	0.047 3	-3.592	4.661 9	-0.126	0.717	0.285
贵州	1.871 8	-0.322	1.323 6	0.037 6	0.499 1	0.307 8	-0.013	-0.697	1.694 4	0.047 1	0.023 7	0.959 9
云南	-0.076	-8.608	0.819 7	0.151 5	-1.274	2.260 3	-0.011	0.935 2	0.170 8	0.061 7	-0.024	1.077 3
陕西	-0.06	0.372 9	0.711 5	-0.012	0.633	0.389 7	0.037 3	-0.037	1.118 2	0.103 7	1.029 5	-1.081
甘肃	0.011 2	0.911 2	0.360 1	-0.025	1.659 9	-0.043	-0.009	-0.148	1.017 7	0.056 7	0.071 8	0.946 6
青海	-0.193	0.292 3	0.642 9	0.798 5	0.102 5	0.819 1	0.088 6	0.083 8	0.916 5	0.011 8	0.153 6	0.859
宁夏	-0.016	0.29	0.648 5	-0.118	1.406 8	-0.406	0.044 3	4.149 5	1.269	0.136 2	-0.067	1.053
新疆	0.102 4	0.221 7	0.814 9	-0.078	0.239 4	0.658 1	0.115	0.078 4	1.046 7	0.174 4	0.673 1	0.409 8

考虑到文章篇幅限制,仅列示八大重化工业行业的  $NRC$ 、 $STR$ 、 $DIF$  的平均值,而没有单独列示各行业值。

由表 1 可知,从相对净变化量上看,在重化工业产业中,2000 年  $NRC$  增幅最大为贵州、海南,分别达到 187.18%、32.11%,说明该地区重化工业增长异常迅速;而减少幅度最大地区如青海、山西仅分别为 15.8%、19.3%。2005 年  $NRC$  增幅较大的省份集中于海南、青海及东部沿海地区和西部地区,辽宁、浙江、云南等地增幅均达到了 15% 以上。到 2010 年重化工业产业相对净增长主要集中于西部地区,广西、天津分别达到 33.9% 和 34.05%。到 2012 年新疆、宁夏、陕西成为增长最快的地区, $NRC$  降幅较大的主要为重化工业不发达的西部地区,如四川降幅最大为 12.6% 左右。从差异转移与结构转移来看,从重化工业产业的差异转移  $DIF$  对相对净变化量的贡献份额看,2000 年内蒙古、北京、江西、湖北等地区通过差异转移均促进相对净变化量有较大程度增长,到 2012 年除山西之外,其余所有地区的差异转移均促进相对净变化量增长。其中,辽宁、云南、宁夏等地  $DIF$  为正值、 $NRC$  为正值,说明这些地区通过差异转移促进重化工业产业净变化量减少。陕西省的  $DIF$  为负、 $STR$  和  $NRC$  为正,说明结构调整促进相对净变化量变动,而差异转移则阻碍相对净变化量变动。继续观察表 1 相关历史数据变化可直接看出,随着工业化进程加快,重化工业产业调整逐渐呈现从东部沿海地区转移到中部地区、再由中部地区转移至西部地区这样一个梯度转移的趋势。

## (二) 区域碳强度差异性分析

低碳发展和区域协调发展既是挑战也是机遇。当前,研究区域碳排放差异的文献大都是按照碳排放总量、人均量、碳强度以及碳排放绩效等作为考察对象,测算方法有 Theil 指数、基尼系数、洛伦兹曲线、变异系数以及 Malmquist 指数等方法。考虑到我国人口基数较大,采用碳排放总量和人均碳排放量虽然能体现量的特性,却无法体现质的特性,因而在由相对减排转向绝对减排的减排目标驱使下,采用碳强度指标来分析区域碳排放差异更为合理。为了考察产业转移的影响,我们按碳排放强度划分区域(高、中、低碳强度区域依据是否高于或低于 2000—2012 年 30 个省市地区相应碳强度的平均值来划分,其中,高碳强度区域包括山西、宁夏、贵州、内蒙古、甘肃、新疆、辽宁、河北和吉林等 9 个地区;中低碳强度

区域包括黑龙江、云南、陕西、青海、安徽、河南、湖北、山东、天津、湖南、江西、四川、重庆、广西、江苏、上海、浙江、海南、福建、广东和北京等 21 个地区),对碳排放的地区差异进行分解。由于 Theil 指数适于对地区差异进行分解,本文采用 Theil 指数来衡量省区碳排放强度的差异,并将全国各省区之间碳排放强度的差异分解为东中西部组间差异  $T_g^b$  和组内各省区间的差异  $T_g^w$  两部分。按照国家统计局对行政区域的划分: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、海南 11 个省(直辖市);中部地区包括黑龙江、吉林、山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南 8 个省;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 12 个省(自治区、直辖市)。碳强度 Theil 指数一般计算公式如下:

$$T_g^b = \sum_{i=1}^m \left\{ \left( \frac{C_i}{C} \right) \times \ln \left( \frac{C_{\theta i}}{C_{\theta}} \right) \right\} \quad (7)$$

$$T_g^w = \sum_{i=1}^m \left\{ \left( \frac{C_i}{C} \right) \times \left[ \sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C_i} \right) \ln \left( \frac{C_{\theta ij}}{C_{\theta i}} \right) \right] \right\} \quad (8)$$

$$T_c = T_g^b + T_g^w = \left( \frac{C_i}{C} \right) \sum_{i=1}^m \left\{ \ln \left( \frac{C_{\theta i}}{C_{\theta}} \right) + \sum_j \left( \frac{C_{ij}}{C_i} \right) \ln \left( \frac{C_{\theta ij}}{C_{\theta i}} \right) \right\} \quad (9)$$

式中:为  $T_c$  为总体碳强度 Theil 指数、 $T_g^b$  为组间差异、 $T_g^w$  为组内差异; $i=1, 2, 3$  分别代表东中西部地区; $j$  代表每个地区内部的各个省区; $C$ 、 $C_i$ 、 $C_{ij}$  分别代表全国碳排放量、 $i$  区域碳排放量和  $i$  区域  $j$  省碳排放量; $C_{\theta}$ 、 $C_{\theta i}$ 、 $C_{\theta ij}$  分别代表全国碳排放强度、 $i$  区域碳排放强度和  $i$  区域  $j$  省碳排放强度;碳排放强度为区域碳排放量与地区生产总值的比值。

从表 2 可以看出,2000—2012 年间我国碳排放强度不论是区域间差异(组间差异)还是区域内差异(组内差异)都呈下降趋势,从而导致总体差异也呈下降趋势。区域内差异明显大于区域间差异,表明区域内差异占据我国碳强度差异的主导地位。区域内差异对总体差异的贡献率最大,东部地区内差异贡献率较低,约为 15% 左右;中部地区略高,其差异贡献率保持在 20% 左右;而西部地区内差异贡献率最大,接近 50%。总体来看,东中西部差异贡献率变化比较平稳,

中西部地区缓慢下降,东部地区略有上升。究其原因,可能与东部低碳试点地区较为严格地执行了节能减排政策,利用自身减排技术,不断探索和完善碳交易等机制有关,这使得试点地区与本区域非试点地区拉开了差距。而中西部地区的工作重心还放在促进经济发展上,能源需求增长较快,在承接发达地区产业转移过程中,不仅承接了相对先进的产业,同时也承接了落后的污染产业,造成普遍的碳排放增长。特别是西部地区

地域辽阔,区域经济发展不平衡,也就导致其内部差异更大。简言之,区域内差异增大的原因主要在于地区间减排成本的差异,区域间差异缩小的主要原因在于原来排放较少的中西部地区排放量不断增长,与东部的差异缩小。区域内差异解释了80%以上的总体差异,区域间差异自2004年之后出现了负的贡献率,表明东中西部之间的碳强度差异逐渐缩小。

表2 基于 Theil 指数的 2000—2012 年区域间强度差异分解

年份	区域内差异			组内差异( $T_g^w$ )	组间差异( $T_g^b$ )	总体差异( $T_c$ )
	东部地区	中部地区	西部地区			
2000	0.045 995	0.053 269	0.103 774	0.203 038	0.039 712	0.242 75
2001	0.055 814	0.042 237	0.151 989	0.250 04	0.062 606	0.312 645
2002	0.045 409	0.067 913	0.144 655	0.257 977	0.038 51	0.296 487
2003	0.045 718	0.062 766	0.126 648	0.235 131	0.018 471	0.253 602
2004	0.046 466	0.049 261	0.115 402	0.211 129	-0.005 553	0.205 576
2005	0.023 708	0.028 858	0.089 464	0.142 03	-0.067 933	0.074 096
2006	0.051 481	0.043 492	0.113 719	0.208 692	-0.031 712	0.176 98
2007	0.053 175	0.037 329	0.108 757	0.199 261	-0.009 936	0.189 325
2008	0.050 395	0.033 127	0.102 48	0.186 002	-0.020 078	0.165 924
2009	0.050 422	0.033 354	0.107 272	0.191 048	-0.023 286	0.167 762
2010	0.048 109	0.030 584	0.106 313	0.185 006	-0.037 874	0.147 132
2011	0.046 232	0.030 203	0.124 547	0.200 983	-0.045 27	0.155 712
2012	0.048 055	0.034 729	0.140 471	0.223 255	-0.046 674	0.176 581

四、产业转移对碳排放的影响机制

(一) 模型设定

本文在参考 Kaya 恒等式和 STRPAT 随机模型的基础上,借鉴 Richard 等<sup>[22]</sup>和傅京燕等<sup>[23]</sup>的研究方法,构建回归模型,以分析区际产业转移等因素对区域碳排放差异的非线性影响。模型如下:

$$\ln CI_{it} = \varphi_0 + \alpha \ln P_{it} + \beta \ln Y_{it} + \gamma \ln EI_{it} + \varphi_1 DIF_{it} + \varphi_2 (DIF_{it})^2 + \varphi_3 DIF_{it} \times \ln VA_{it} + \delta_i + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

其中  $\alpha, \beta, \gamma$  和  $\varphi_i (i=1, 2, 3)$  为模型参数;  $i$  代表地区 ( $i=1 \dots 30$ );  $t$  代表时间 ( $t=2000$  年...2012 年);  $\delta_i$  表示个体效应;  $\varepsilon_{it}$  代表误差项。

(二) 变量说明和数据处理

本文重点考察重化工业产业调整和转移对区域碳排放差异的影响,全部数据来源于《中国统计年鉴》、《中国工业经济统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》相关各期。其中,地区碳排放强度为被解释变量,差异转移份额  $DIF$  (代表产业竞争力水平) 为核心解释变量,并引入  $DIF$  的平方

项以验证产业转移对碳排放的非线性影响假设,人口、人均收入、能源强度为控制变量。

人口  $P$  (万人): 国内文献一般认为人口规模对碳排放量具有正向影响,人口增长可能会带来更多的排放。随着“十三五”全面放开二胎生育政策的实施,可以预见未来我国节能减排所面临的人口压力会不断加大。

人均收入  $Y$  (万元): 用人均国内生产总值来衡量经济发展水平。不同的经济发展水平对应不同的碳排放强度,人均收入可以反映收入增长影响碳排放的规模和技术效应,但在不同发展阶段其影响也不同。

能源强度  $EI$  (吨标准煤/万元): 也称为单位产值能耗,它可以反映能源经济活动的整体效率,经济的能源强度越小则经济越有效率。随着技术进步,能源利用效率不断提升,碳排放水平会逐步下降,本研究则以能源强度代替技术进步。

交叉项  $DIF \cdot VA$ : 构建产业转移与工业增加值的交叉项来捕捉重化工业产业调整与转移是

否引起承接地工业增长进而引起碳排放增加,形成碳排放转移效应。如果交叉项系数  $\varphi_3$  为负,则表明产业转移不会伴随碳排放的转移,反之则说明产业承接地成为产业转出地的“污染避难所”。

本文利用全国 2000—2012 年 30 个省市的面板数据来分析人口、人均收入、能源强度、产业转移等变量对我国区域排放差异的影响。基于数据的可靠性和研究的需要,样本不包括西藏及港澳台地区。数值全部以现价计算,对于个别省份某些年份的相关数据缺失,则以整个时期的算术平均数或平均增长速度对其进行插值法估算。由于《中国工业经济统计年鉴》没有给出 2012 年工业总产值,我们以工业销售值(当年价格)代

表 3 全国、高碳强度区域和中低碳强度区域的回归结果

	FGLS 回归						
	$\ln P$	$\ln Y$	$\ln EI$	$DIF$	$DIF^2$	$DIF \cdot \ln IVA$	Constant
$\ln CI(1)$ (全国)	0.044 5*** (44.11)	-0.003 2* (-1.72)	1.074 7*** (527.85)	-0.011 9*** (-9.18)	-0.000 0*** (-4.72)	0.001 3*** (7.12)	0.802 5*** (37.86)
$\ln CI(2)$ (高强度)	0.042 8*** (23.99)	-0.030 2*** (-16.61)	1.041 3*** (469.33)	-0.062 5*** (-11.41)	-0.000 4*** (-9.62)	0.007 7*** (11.49)	1.085 5*** (58.37)
$\ln CI(3)$ (中低强度)	0.020 5*** (6.11)	0.036 7*** (18.58)	1.108 3*** (303.49)	0.012 2*** (4.11)	-0.000 1*** (-3.21)	-0.001 6*** (-3.79)	0.580 5*** (13.17)

\*\*\*、\*\*、\* 分别表示在 1%、5%、10% 置信水平下显著,括号内数字为统计值。

从回归结果来看(表 3),高碳强度区域和中低碳强度区域的所有解释变量均通过了 5% 显著性水平检验,而全国除人均收入只通过 10% 显著性水平检验外,其余解释变量也都通过 5% 显著性水平检验,模型达到了期望的回归效果。

首先观察基本解释变量对碳强度( $\ln CI$ )差异的影响,可以发现人口( $\ln EI$ )和能源强度( $\ln P$ )系数在模型(1)至模型(3)中均为数值近乎平均等的正值,表明人口增加和能源强度加大会增加区域碳排放强度。全国和高碳强度区域的人口系数约为中低强度区域的 2 倍,这说明人口增长会扩大区域碳排放差异;全国的能源强度系数最大(为 1.074 7),高碳强度区域的能源强度系数次之(为 1.041 3),中低碳强度能源强度系数最小(为 1.108 3),且能源强度系数在模型(1)至模型(3)所有变量中系数最大,表明技术进步是影响地区碳强度和碳排放差异的最重要因素。人均收入( $\ln Y$ )系数在模型(1)和模型(2)中都为负,在模型(3)中为正,说明人均收入水平的提升会降低全国和高强度区域的碳排放强度;与

替。为了避免数据的剧烈波动,消除面板数据中的异方差,把部分解释变量取自然对数。

#### 五、产业转移对区域碳强度的影响分析

根据 2000—2012 年间的省级平衡面板数据,利用计量软件 STATA14.0 回归得到产业转移对碳强度的估计结果。首先,BP-LM 检验结果  $P$  值显著,表明随机效应模型优于混合 OLS 模型。而 Hausman 检验回归结果拒绝原假设,表明固定效应模型优于随机效应模型,应该选择固定效应模型。此外,Wooldridge 检验  $P$  值显著表明面板数据固定效应模型存在一阶自相关,Pesaran 检验表明模型存在截面相关,而 White 检验显示模型存在异方差。由此,我们使用 FGLS 方法对自相关、截面相关和异方差进行修正。

之相反,人均收入上升又会促使中低强度区域的碳排放增加。

其次,我们重点分析重化工业调整与转移( $DIF$ 和 $DIF^2$ )对我国区域碳排放差异的影响。从产业转移影响力系数来看,产业调整与转移对全国、高碳排放强度区域及中低碳排放强度区域的影响力系数分别为 -0.011 9、-0.062 5 和 0.012 2,而其平方项系数分别为 -0.000 0、-0.000 4 和 -0.001 6,具有明显的非一致性。显然重化工业调整转移能够降低全国和高碳强度区域的碳强度,对缩小区域碳排放差异起到了促进作用,但却会增加中低强度区域的碳排放强度。同时还发现产业转移同碳强度之间存在显著的“倒 U 型”关系,产业转移可以发挥其增长效应,推动承接地区工业的快速增长,相应地引起碳排放上升;然而超过一定门槛后,产业转移的拥挤效应开始显现,反而会抑制工业增长,降低碳排放,但无论是增长效应还是挤出效应,其影响力微弱。对高碳强度区域而言,集中了较密集的重化工业和能源资源密集型产业,如东部的

重工业基地河北、辽宁、中部的能源大省山西、西部的能源大省内蒙古、新疆等,该类区域的经济增长严重依赖重化工业和能源产业,产业调整和转移的动力和能力均有限。同时,这些地区作为污染严重的传统重化工业地区,如果还要承接来自发达地区的“三高”产业(如河北承接京津的重化工业),势必导致“公地悲剧”。虽然重化工业调整转移会降低这些地区的碳强度,但影响力系数较弱,作用效果不明显。对中低碳强度区域而言,产业转移( $DIF$ )的影响力系数为0.0122,表明重化工业的转移会增加中低强度区域的碳排放,而中低碳强度区域主要为东部发达地区以及中西部轻工业比重较大的省市,一般是产业转出地,如果承接高强度区域重化工业的转移无疑有悖于产业发展规律,也受限于环境政策。这类地区的产业转移回归系数为正,表明产业转移会增加区域碳排放,其原因在于受地理距离、政治与政绩考虑以及产业聚集效应的限制,具有产业转出倾向的地区一般会优先选择在区域内部进行产业转移,其次才考虑把产业转移到外省(如珠三角地区首先把“三高”产业转移到粤东西北地区)。总体来讲,由于我国二氧化碳的区域排放特征为东部发达省区排放量大、人均排放强度高、人均碳排放强度低,而中西部地区则相反,因此,重化工业的产业调整和转移有利于减缓区域碳排放水平的上升和整体碳排放差异的扩大。

最后观察交叉项( $DIF \cdot \ln IVA$ )对区域碳排放差异的影响。在模型(1)和模型(2)中产业转移与工业增加值交叉项的回归系数为正值,而在模型(3)中回归系数为负值。表明重化工业产业调整与转移会增加全国和高强度区域的碳强度,但有利于降低中低强度区域的碳强度。高强度区域交叉项系数为0.0077,大于全国的0.0013和中低碳强度区域的-0.0016,表明高碳强度区域因为产业转移所增加的碳排放大于中低碳强度区域因为产业转移所减少的碳排放,造成全国产业转移交叉项系数为正,这意味着产业转移引起工业产值增加进而造成全国整体碳排放增加,我国国内区际产业转移在一定程度上存在碳排放转移和碳泄漏情形,高碳强度区域沦为承接中低碳强度区域“三高”产业转移的“污染避难所”。其原因或许是产业转移使得转出地区产业结构轻量化,甩掉包袱,经济结构更趋合理,

产业竞争力增强,也减少了地区能耗和排放。而对承接地而言,则加重了自身减排压力,经济结构趋于重型化,工业产值增加了,但地区能耗也相应增加,从而导致排放增加,即增加了产业转移的碳排放效应。这表明,通过供给侧结构性改革大力优化产业结构、促进产业转型升级仍是未来减排节能工作的基本着力点。

## 六、结论和政策建议

本文采用2000—2012省级面板数据来分析我国重化工业调整和转移对我国区域碳排放差异的影响。研究显示:产业调整和转移总体上有利于缩小区域碳排放差异;人口和能源强度对区域碳强度有正向影响,会促进区域碳排放差距的扩大;而人均收入能够降低全国和高强度区域的碳排放,却会增加中低强度区域的碳排放;产业调整和转移对区域碳强度存在负相关关系,因而有利于缩小区域碳排放差异。根据实证研究结果,我们提出如下政策建议:

首先,在产业方面要进一步加快结构调整和产业转移。产业调整和转移不仅能降低地区碳强度,还有利于缩小区域间的碳排放差异,这与我国实现从相对减排过渡到绝对减排的目标是相契合的。尤其是老工业基地和中西部落后地区更要加快节能减排步伐,通过供给侧的结构性改革实现绿色发展与协调发展。就产业结构的调整而言,中西部地区要加快淘汰钢铁、煤炭、水泥等落后产能的步伐,大力推进低碳产业的发展。为了在结构调整过程中保持经济的协调平稳发展,促进区域之间生产要素和产业资源的自由流动非常重要。同时,中西部地区在承接东部产业转移的过程中要牢牢守住环境标准的底线,力争做到产业转移与结构优化升级并行不悖。“十三五”规划强调要将生态文明建设的理念具体化、规则化和可操作化,关键是要在能源、环境双约束下依靠市场机制促进产业结构优化升级。在工业新的增长点稀缺、节能减排硬约束加强并叠加制造业周期性衰退的复杂情况下,产业结构调整要把握国际新工业革命的趋势,做到主动调整和被动调整相结合。新常态下中国需要进一步深化改革,扩大开放,不断破除束缚经济增长潜力发挥的各种制度障碍,同时要发挥大国综合优势,构建新的动态比较优势,发展战略性新兴产业,提升中国在全球价值链中的地位<sup>[24-25]</sup>。



其次,在能源方面要进一步优化能源消费结构,降低煤炭在能源消费中的比重,进而降低碳强度。要通过技术创新、财政补贴和国际合作推广新能源技术,提高能源使用效率,鼓励天然气、太阳能和风能等清洁能源的应用,逐步以清洁能源替代高碳化石能源。各级政府要加快转变经济发展观念,增强对节能减排问题的关注,制定科学的能源发展战略。在生态文明建设上,继续推进循环经济发展,建立完善生态与资源补偿机制和全国统一的碳交易机制,针对各地区的实际情况制定差异化的减排政策。

最后,在经济发展方面要坚持绿色、协调、可持续发展的科学发展观。随着我国城市化进程不断加快,城市人口迅速增加,节能减排工作面临很大压力,需要更多引入市场机制和志愿机制,要加大宣传力度,使绿色低碳理念和环保意识更加普及深入人心。“十三五”规划中提出适应、把握、引领新常态是当前和今后一个时期经济发展的大逻辑。与之相对应,我们也要创造、适应和引领资源环境的新常态,这个新常态就是绿色、低碳、循环的可持续发展模式。

#### 参考文献:

- [1]刘英基. 中国区际产业转移的动因与协同效应研究[D]. 天津: 南开大学, 2012: 16-43.
- [2]杨蓓蓓. 环境管制与污染产业区际转移——基于中国省技面板数据的实证研究[D]. 杭州: 浙江财经学院, 2013: 17-55.
- [3]杜运苏, 张为付. 我国承接国际产业转移的碳排放研究[J]. 南京社会科学, 2012(11): 22-28.
- [4]吴昌南, 邓瑶. 我国国际产业转移碳排放效应及其区域差异——基于2001—2010年全国30个省市的面板数据[J]. 产业经济评论, 2014(7): 48-57.
- [5]张文城, 彭水军. 不对称减排、国际贸易与能源密集型产业转移——碳泄漏的研究动态及展望[J]. 国际贸易问题, 2014(7): 93-102.
- [6]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(22): 75-84.
- [7]杨光, 黄文杰. 核电: 工业重工业化发展模式下基荷低碳能源的选择[J]. 技术经济与管理研究, 2010(1): 123-127.
- [8]伍华佳. 中国高碳产业低碳化转型产业政策路径探索[J]. 社会科学, 2010(10): 27-34.
- [9]赵细康. 环境保护与产业国际竞争力——理论与实证分析[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2003: 170-24.
- [10]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]. 科技进步与对策, 2011(6): 79-88.
- [11]李勇. 基于投入产出的中国区域间产业转移研究[J]. 学术论坛, 2015(7): 65-70.
- [12]李伟庆, 金星. 区际产业转移对承接地自主创新影响的实证研究——基于安徽省地区与行业面板数据的分析[J]. 科技进步与对策, 2011, 28(17): 29-33.
- [13]张国政, 陈维煌, 朱文萍. 区际产业转移对承接地自主创新影响的实证研究——基于湖南各地区面板数据的分析[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(9): 36-40.
- [14]范剑勇, 谢强强. 地区间产业分布的本地市场效应及其对区域协调发展的启示[J]. 经济研究, 2010(4): 107-119.
- [15]冯根福, 刘志勇, 蒋文定. 我国东中西部地区间工业产业转移的趋势、特征及形成原因分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2010, 32(2): 1-10.
- [16]贺曲夫, 刘友金. 我国东中西部地区间产业转移的特征与趋势——基于2000—2010年统计数据的实证分析[J]. 经济地理, 2012, 32(12): 85-90.
- [17]覃成林, 熊雪如. 我国制造业产业转移动态演变及特征分析——基于相对净流量指标的测度[J]. 产业经济研究, 2013(1): 12-21.
- [18]Daniel C K. Shift of Manufacturing Industries in Industrial Location and National Resources [J]. European Journal of Development Research, 2012(24): 509-529.
- [19]Creamer D B. Industrial Location and Natural Resources [M]. Washington D C: Natural Resources Planning Board, US Government Printing Office, 1943: 85-104.
- [20]Dunn E S. A Statistical and Analytical Technique for Regional Analysis [J]. Papers of the Regional Science Association, 1960, 6(1): 97-112.
- [21]王卓, 杨光磊. 基于动态偏离—份额分析法空间模型的陕西省产业竞争力分析[J]. 西安石油大学学报: 社会科学版, 2016(25): 14-19.
- [22]Richard K, Piergiuseppe F. International Trade and Carbon Emissions [J]. European Journal of Develop-

ment Research 2012 24(4): 509 – 529.

南京财经大学学报 2016(2): 1 – 10.

[23] 傅京燕 张春军. 国际贸易、碳泄漏与制造业 CO<sub>2</sub> 排放 [J]. 中国人口·资源与环境 2014 24(3): 13 – 18.

[25] 程恩富. 论新常态下的五大发展理念 [J]. 南京财经大学学报 2016(1): 1 – 7.

[24] 干春晖. 新常态下中国经济转型与产业升级 [J].

(责任编辑: 康兰媛)

## Impact on Regional Differences of Adjustment and Transfer in Carbon Emissions of Heavy Chemical Industrial in China: Based on Shift-share Analysis Method

ZHANG Yongqiang<sup>1</sup>, ZHANG Jie<sup>1 2</sup>

(1. Department of International Economics and Trade, Jinan University, Guangzhou 510632, China;

2. Institute of Resources Environment and Sustainable Development, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

**Abstract:** Firstly this paper analyzes the inter-regional industrial transfer in China and the interaction with carbon emissions, which indicates that the adjustment and transfer of heavy industrial industry will have an important impact on China's economic and social and ecological environment. Then we use the Shift-share Analysis method and the Theil index to analyze the change of gross industrial output value and the difference of in carbon emissions among eastern, central and western regions of China respectively. Finally, the impact mechanism of heavy and chemical industry adjustment on regional carbon emissions is analyzed empirically. The results show that the carbon intensity of China's overall differences and inter-regional differences continue expanding, while within-regional differences continue shrinking. The adjustment and transfer of heavy chemical industrial will be helpful to reduce regional carbon intensity and shrink carbon emissions gap among regions.

**Key words:** heavy chemical industry; industrial adjustment and transfer; carbon emissions differences; Theil index; Shift-share Analysis.