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

肖雁飞[1,2]，万子捷[1,2]，刘红光[3]

（1.湖南科技大学 商学院，湖南 湘潭 411201；2.湖南科技大学 两型社会与生态文明建设协同创新中心，湖南 湘潭 411201；3.南京农业大学 公共管理学院，江苏 南京 210095）

摘　要：全球化贸易下国际产业转移“隐含碳排放”、“碳转移”以及“碳泄漏”等碳污染效应已得到国内外学者的广泛关注与研究。然而，我国目前正处于沿海产业向中西部地区转移的关键时期，区域间产业转移导致的相关碳污染研究并没有得到相应关注。文章根据投入产出原理并结合中国 2002 年、2007 年区域间投入产出表基本数据，对中国八大区域间以出口和消费为导向的产业转移规模、流向和行业进行定量测评，并与 2007 年中国分区域分行业碳排放系数结合，以考察区域产业转移带来的“碳排放转移”和“碳泄漏”效应，并进一步探讨产业转移对区域碳排放的影响问题。所得结论是，通过东部沿海产业转移，西北和东北等地区成为碳排放转入和碳泄漏重灾区，京津和北部沿海等地区则表现出产业转移碳减排效应，因而产业转移对不同区域碳排放的影响存在差异，表现出西北、东北等地区影响较大而东部沿海、京津等地区影响较小。因此，更为严厉的环境规制和差别化区域减排政策的制定迫在眉睫。

关键词：区域产业转移；碳排放转移；碳泄漏；投入产出分析模型

中图分类号：F061.5；F062.9　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1001-9952(2014)02-0075-10

一、问题提出与文献回顾

2010 年 9 月，国务院发布《关于中西部地区承接沿海产业转移的指导意见》，沿海产业转移下的碳减排问题已成为目前关注的焦点。从产业转移定量研究来看，中西部承接了东部地区大量金属冶炼与制品、电力生产与供应、采选等资源型产业（刘红光等，2011）以及相关制造业（覃成林，2013），但从碳排放区域差异研究来看，普遍认为碳排放总量和人均排放量排序为：东部＞中部＞西部，而中西部碳强度远高于东部地区（岳超等，2010；杨骞等，2012）。因此，在现有以资源和高耗能制造业为主的沿海产业转移情形下，如果不合理引导产业转移规模、结构和空间流向，将导致局部碳排放量减少而

收稿日期：2013-12-04

基金项目：国家自然科学基金项目“产业转移对中国碳排放区域差异影响研究”（41101118）、“基于地域产业承载系统适配性的产业集群式转移时空演替机理及调控模式研究”（41271139）；教育部人文社会科学项目“区域碳减排差异化目标下沿海产业转移机制与政策设计：基于多区域环境 CGE 模型的研究”（13YJC630187）

作者简介：肖雁飞（1979－），女，湖南洞口人，湖南科技大学商学院、湖南科技大学两型社会与生态文明建设协同创新中心副教授，经济学博士；

万子捷（1989－），女，湖南湘潭人，湖南科技大学商学院、湖南科技大学两型社会与生态文明建设协同创新中心硕士研究生；

刘红光（1982－），男，安徽濉溪人，南京农业大学公共管理学院讲师，经济学博士。

全国范围总量增加的局面，即“碳泄漏”现象发生。“碳泄漏”源自发达国家在减排承诺下，通过向国外转移生产高碳产品或进口替代来减少本土的碳排放量，导致不采取减排义务的国家增加排放，从而使全球碳排放量增加(谢来辉等，2007)。显然，从现有研究结论来看，沿海产业转移将带来中国“碳泄漏”现象，不利于国家减排目标的实现，因此，有必要深入研究区域产业转移导致的“碳排放转移”和“碳泄漏”问题，进而提出产业转移与区域及国家碳减排目标协调政策。

国内外将产业转移引发的碳区位转移问题、碳泄漏作为研究重点，但主要集中在国际产业转移层面。从碳排放约束角度来研究国际产业转移，是源于全球开放经济体系所带来的产业转移和贸易出口问题(Munksgaard 和 Pedersen，2001)，集中在对“污染天堂”假设和效应的实证研究，结论并不一致，认为会带来碳泄漏的主要观点有：国外方面，对中国贸易碳污染的研究较多(Cole，2008)，如 Peters(2008)认为国际贸易促使碳排放自由转移并带来碳泄漏，产品的生产者和消费者都应该对碳排放承担责任，Sharif(2011)通过九个新兴工业化国家贸易开放与碳排放面板数据检验，表明贸易开放导致了高能源消耗和高碳排放，带来严重环境污染，但考虑经济增长和城市化等因素，这些国家环境质量在长期范围内处于正常水平，即符合 EKC 曲线发展规律；国内方面，王文举等(2011)测算了全球碳排放大国的贸易内涵排放，表明发展中国家为发达国家消费者排放了数量巨大的 CO_2，张友国等(2010)研究表明国际产业转移和国际贸易对中国能源减排和贸易含碳量增加的影响已不容忽视。支持碳泄漏的观点认为产业承接地区环境规制政策制定是拒绝污染、环境好转的关键(Henrik，2011)。持相反的观点主要有：国外方面，Antweiler 等(2001)采用净出口消费指数研究表明美国产业转移并没有发现明显的污染转移证据，Derke(2009)实证了全球排名前 20 名和后 20 名跨国企业投资与环境规制的关系，表明无显著关系，但考虑行业划分，“自由”(footloose)产业如电子和电器制造业受政策影响较少，“肮脏”(dirtiest)产业如采矿、化学和钢铁产业则影响更大；国内方面，李小平等(2010)研究表明发达国家也向中国转移了“干净”产业，国际贸易能够减少 CO_2 排放量。因此，各国环境规制政策不能一概而论，需要针对具体产业区别对待(Dawn，2013)。

由于目前我国正处于沿海产业转移的关键时期，学者们开始关注国内大规模产业转移所产生的碳排放问题(胥留德，2010；彭文斌等，2011)，但相关实证研究极其缺乏，少量定量研究集中在产业转移背景下区域碳排放格局的变化，且结论并不一致，如李平星等(2013)以泛长三角地区为例，认为产业转移同时推动了核心区和外围区碳排放强度的下降，而成艾华等(2013)从全国层面入手，认为产业净转出区能源强度效应不断缩小、经济结构效应显现，而产业净转入区碳排放强度最高，产业转移导致其他转入区碳排放量增加。从研究方法来看，国际产业转移和贸易碳泄漏问题多采用投入产出法(周新，2010；吴先华等，2011；王文举等，2011)以及由此深入的多区域 CGE 模型方法(王灿等，2005；牛玉静等，2012)，而现有区域产业转移下碳排放转移研究方法较少采取区域投入产出方法，仅 Su(2014)利用 1997 年中国区域间投入产出表测算了区域 CO_2 排放量，从而未直接测算出碳排放转移量和碳泄漏量。本文研究借鉴区域间投入产出模型构建方法，以 2002 年、2007 年区域间投入产出表为基础数据，对国内产业转移导致的碳排放转移进行定量测算，并由此探讨沿海产业转移是否存在“碳泄漏”现象。由于这五年正好是我国产业转移大力推进的关键时期，明确产业转移对碳排放转移和碳泄漏的影响，有助于掌握产业转移对区域和国家碳减排的影响机制与效应。

二、模型构建与数据来源

区域间投入产出模型(IRIO 模型)是利用商品和劳务流动，将各区域投入产出模型连接而成的跨区域投入产出连接模型。比起单个地区的投入产出模型，区域间投入产出模型不仅可以反映区域内部各产业之间的经济关联，还可以系统全面地反映不同区域、不同产业之间的经济联系。本文利用非

竞争型投入产出模型，即把进口部分从总产出中减除，仅探讨出口和最终需求驱动下的产业联系，追踪区域间分行业产业转移总量，然后计算中国分区域分行业碳排放系数，把某种行业转入总量乘以转入区该产业碳排放系数，即可获得该行业转移所带来的碳排放量转移，把所有行业碳排放转移量加总，即可获得某区域产业转移带来的相应区域碳排放量的转移。以此类推，将区域碳排放转入量减去转出量，即获得某个区域的产业转移带来的净碳转移量，通过考察转入区与转出区行业碳排放系数的不同，即得出“碳泄漏”量。

根据投入产出基本理论可知，一个区域的总产出 X 可表达为：

$$X=(I-A)^{-1}Y \tag{1}$$

其中，Y 代表最终消费，A 为直接消耗系数矩阵。假设 S 为该区域碳排放系数，则该区域碳排放量 C 为：

$$C=SX \tag{2}$$

如果有区域 J 和区域 K，则两区域间总产出 X 可表达为：

$$\begin{pmatrix} X_{JJ} & X_{JK} \\ X_{KJ} & X_{KK} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} I-A_{JJ} & -A_{JK} \\ -A_{KJ} & I-A_{KK} \end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix} Y_{JJ} & Y_{JK} \\ Y_{KJ} & Y_{KK} \end{pmatrix}(J=1,2,\cdots,8;K=1,2,\cdots,8) \tag{3}$$

如果有两个时间 t 和 t+1，则表达式可变为：

$$\Delta X=\begin{pmatrix} \Delta X_{JJ} & \Delta X_{JK} \\ \Delta X_{KJ} & \Delta X_{KK} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} X_{JJ}^{t+1}-X_{JJ}^{t} & X_{JK}^{t+1}-X_{JK}^{t} \\ X_{KJ}^{t+1}-X_{KJ}^{t} & X_{KK}^{t+1}-X_{KK}^{t} \end{pmatrix} \tag{4}$$

由于 Y 表示最终需求，ΔX_{JK}表示区域 K 最终需求变化引起的区域 J 总产出的变化，ΔX_{KJ}表示区域 J 最终需求变化引起的区域 K 总产出的变化。站在产业转移角度，$\Delta X_{JK}(J\neq K)$可理解为在 t 到 t+1 时间段，由最终需求引起的产业转移，或称为消费驱动型产业转移。假设碳排放系数不变，由最终需求驱动产业转移带来的碳排放转移则可以表达为：

$$\Delta C=\Delta XS \tag{5}$$

将式(3)中最终需求矩阵$\begin{pmatrix} Y_{JJ} & Y_{JK} \\ Y_{KJ} & Y_{KK} \end{pmatrix}$换成出口矩阵$\begin{pmatrix} E_J & 0 \\ 0 & E_K \end{pmatrix}$得到：

$$\begin{pmatrix} X'_{JJ} & X'_{JK} \\ X'_{KJ} & X'_{KK} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} I-A_{JJ} & -A_{JK} \\ -A_{KJ} & I-A_{KK} \end{pmatrix}^{-1} \tag{6}$$

则在时间段 t 到 t+1 期间，

$$\Delta X'=\begin{pmatrix} \Delta X'_{JJ} & \Delta X'_{JK} \\ \Delta X'_{KJ} & \Delta X'_{KK} \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} X_{JJ}^{t+1'}-X_{JJ}^{t'} & X_{JK}^{t+1'}-X_{JK}^{t'} \\ X_{KJ}^{t+1'}-X_{KJ}^{t'} & X_{KK}^{t+1'}-X_{KK}^{t'} \end{pmatrix} \tag{7}$$

$\Delta X'_{JK}$即表示 K 区域出口变化引起的区域 J 总产出的变化，$\Delta X'_{KJ}$即为在 t 到 t+1 时间段内区域 J 出口变化导致的区域 K 总产出的变化，$\Delta X'_{JK}(J\neq K)$即为出口引起的产业转移。假设碳排放系数不变，由出口驱动产业转移带来的碳排放转移则可以表达为：

$$\Delta C'=\Delta X'S \tag{8}$$

按照上述方法，可求出最终需求驱动和出口驱动下区域 J 和区域 K 产业转移下所带来的碳排放量，区域 J 和 K 相互转移量相减即可得到这两个区域净转移量。然后两两区域计算清楚以后，即得出八大区域之间产业转移碳排放转移量。

本文数据来源于中国 2002 年、2007 年区域间投入产出表(张亚雄等，2012)，根据其划分标准，将中国划分为八大区域：东北地区(黑龙江、吉林、辽宁)、京津地区(北京、天津)、北部沿海(河北、山东)、东部沿海(上海、江苏、浙江)、南部沿海(福建、广东、海南)、中部地区(山西、河南、安徽、湖北、湖南、江

西)、西北地区(内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆)、西南地区(四川、重庆、广西、云南、贵州、西藏)。同时,将中国产业分为17个部门:01.农业;02.采选业;03.食品制造及烟草加工业;04.纺织服装业;05.木材加工及家具制造业;06.造纸印刷及文教用品制造业;07.石化工业;08.非金属矿物制品业;09.金属冶炼及制品业;10.机械工业;11.交通运输设备制造业;12.电气机械及电子通信设备制造业;13.其他制造业;14.电力、燃气及水的生产和供应业;15.建筑业;16.商业、运输业;17.其他服务业。2007年中国分区域分行业碳排放系数计算参考刘红光等(2010)的测算方法,通过2007年区域间投入产出表、2008年《中国能源统计年鉴》附录4中的平均低位发热量、《中国统计年鉴》和《IPCC2006碳排放系数指南》等数据,获得分区域分行业碳排放系数。

三、区域产业转移"碳转移"与"碳泄漏"实证分析

(一)区域间产业转移定量分析

利用DPS(计算逆矩阵)和Excel数据处理系统,我们首先测算了中国八大区域间17个行业变化量,如表1所示,同时为了便于与碳转移量进行比较,我们把产业转移总变量与碳转移量统一做表,见表3。

表1 2002—2007年八大区域行业转移情况 单位:亿元

区域	转入行业	区域	转出行业
东北	01.(1 534.21);02.(1 505.13);03.(830.65);07.(1 910.30);11.(1 305.90);14.(1 128.35)	东北	09.(605.76);10.(764.98);12.(604.52);17.(691.13)
京津	03.(713.77);10.(677.75);11.(922.89);16.(1 009.14);17.(7 591.39)	京津	08.(437.23);12.(476.98);15.(539.90)
		北部沿海	11.(579.54);14.(996.89);15.(1 085.92)
北部沿海	03.(1 038.57);04.(1 042.44);05.(713.78);07.(1 412.27);08.(1 015.33);09.(3 033.26);17.(2 281.57)	东部沿海	01.(2 740.03);02.(3 438.96);03.(1 798.05);07.(1 565.37);08.(1 513.93);09.(6 130.44);14.(1 622.93);16.(1 601.13);17.(2 091.91)
东部沿海	10.(1 417.70);12.(2 223.70);15.(414.63)		
南部沿海	05.(488.49);06.(1 059.27);10.(3 497.32);12.(2 58.63);13.(410.67)	南部沿海	01.(1 438.49);02.(1 448.83);03.(1 676.37);07.(3 766.99);11.(1 8.70);16.(752.49)
中部	08.(710.24);09.(2361.98)	中部	03.(1 378.68);04.(1 455.75);10.(2 214.74);11.(1 13.24);12.(1 030.31);17.(2 583.12)
西北	01.(1 611.70);02.(1 923.63);04.(9 238.71);07.(1 085.13);09.(793.23);14.(711.34)	西北	10.(474.11);12.(398.74);13.(93.89)
西南	01.(863.27);03.(1 52.63);09.(1 004.62)11.(823.53);15.(1 617.75);16.(649.42)	西南	04.(1 900.07);05.(387.45);06.(552.79);07.(946.74);10.(1 878.06);12.(903.89)

表1、表3显示,2002—2007年间东部沿海、中部、西南和南部沿海是产业转出区,而京津、西北、东北和北部沿海是产业转入区,呈现明显的"北上"和"向西"特征。从出口驱动角度来看,中部、西北、北部沿海、东北和西南是产业转入区,东部沿海、南部沿海和京津是产业转出区,呈现由东往西特征,说明目前沿海外向型产业正逐步向中西部地区转移;但从消费驱动角度来看,中部、东部沿海、西南是产业转出区,京津、西北、南部沿海、东北、北部沿海是产业转入区,说明中国日常消费品和耐用消费品生产集中在京津、西北等地区,与刘红光(2011)测算的1997—2007年结果稍不一致,尤其是东部沿海和京津地区变化最大,表现在东部沿海从产业转入区变为最大产业转出区,京津地区从产业转出区变为最大产业转入区,原因与近年东部沿海省份产业服务转型有关,一些与消费有关的制造业如非金属冶炼及制品业(6 130.44亿元)等大量转出,而京津地区则承接大量消费型产业转入,尤其是其他服务业(7 591.39亿元)占比极大。与出口驱动产业转移相比,消费驱动产业转移占净转移比重更大,表明区域间产业转移主要集中在内需型产业转移,沿海外向型产业转移规模并不大,且集中在金属冶炼及

制品业、纺织行业等能源资源利用型产业。

（二）中国分区域分行业碳排放系数

根据获得的数据，计算得出 2007 年中国分区域分行业碳排放系数，如表 2 所示。表 2 显示，中国分区域分行业碳排放系数具有东低西高趋势，大致与东、中、西区域经济发达程度反向，说明经济越发达地区，碳排放强度较弱导致碳排放系数越小。

表 2　中国 2007 年分区域分行业碳排放系数　　单位：tCO_2/万元

部门	东北地区	京津地区	北部沿海	东部沿海	南部沿海	中部地区	西北地区	西南地区
01	0.079	0.120	0.053	0.072	0.056	0.056	0.075	0.071
02	0.189	0.037	0.268	0.290	0.038	0.306	0.124	0.553
03	0.056	0.037	0.022	0.011	0.021	0.028	0.056	0.021
04	0.038	0.059	0.033	0.016	0.030	0.023	0.031	0.036
05	0.042	0.032	0.015	0.008	0.007	0.015	0.026	0.017
06	0.187	0.061	0.083	0.051	0.070	0.110	0.170	0.123
07	0.367	0.161	0.315	0.168	0.185	0.623	0.654	0.491
08	0.379	0.417	0.144	0.161	0.287	0.288	0.493	0.987
09	0.692	0.380	0.240	0.163	0.117	0.350	0.431	0.272
10	0.047	0.020	0.025	0.008	0.010	0.026	0.028	0.015
11	0.015	0.013	0.015	0.003	0.004	0.041	0.013	0.016
12	0.007	0.002	0.013	0.001	0.001	0.006	0.018	0.002
13	0.054	0.031	0.019	0.003	0.026	0.013	0.749	0.022
14	3.056	1.252	3.318	1.833	1.079	2.889	4.215	1.940
15	0.028	0.023	0.077	0.024	0.013	0.030	0.035	0.025
16	0.249	0.147	0.168	0.145	0.172	0.196	0.321	0.258
17	0.035	0.023	0.020	0.008	0.008	0.008	0.035	0.023

注：下划线的数据为同列从大到小排序前 3 位。

（三）区域产业转移下碳排放转移测算

通过 2002－2007 年区域间产业转移量和分区域分行业碳排放系数，计算得出区域间产业转移带来的碳排放转移量，并与区域间产业转移变量进行比较，如表 3 所示。

表 3　2002－2007 年区域间产业转移量与碳排放转移量　　单位：亿元、万吨（Wt）

区　域	消费驱动		出口驱动		净转移	
	产业转移	碳排放转移	产业转移	碳排放转移	产业转移	碳排放转移
东北地区	4 354.59	3 323.05	2 126.74	1 010.15	6 481.33	4 176.98
京津地区	11 906.88	1 143.70	－1 041.34	－290.01	10 885.54	915.27
北部沿海	2 67.61	－878.91	2 525.11	171.07	4 792.72	－707.57
东部沿海	－9 149.13	－4 780.78	－8 632.82	－41 39.37	－17 781.94	－8 893.22
南部沿海	3 769.89	－126.82	－5 433.58	－1 828.79	－1 663.69	－1 556.07
中部地区	－16 487.80	－3 428.95	6 296.23	1 300.29	－10 191.57	－2 306.64
西北地区	8 27.04	4 816.97	2 617.81	1 431.33	10 794.87	6 195.22
西南地区	－5 309.08	－68.26	1 991.82	909.73	－3 317.27	841.48

注：正数表示转入，负数表示转出。

从总体看，2002－2007 年区域间产业转移导致的碳排放转移呈现从南往北、由东往西的方向转移，如图 1 所示。

表 3、图 1 显示，东部沿海、南部沿海和中部地区是产业转移与碳排放转出区域，尤其是东部沿海为主要产业和碳排放转出区（17 781.94 亿元、8 893.22 Wt），且主要转入中部（7 342.82 亿元、3 364.49 Wt）、西北（3 653.40 亿元、2 047.77 Wt）和东北（2 458.20 亿元、1 373.28 Wt）等地区，造成西北和东北成为主要产业转入区（10 794.87 亿元、6 481.33 亿元）和碳排放净转入区（6 195.22 Wt、

图1　2002—2007年区域间产业转移中碳排放净转移流向图

4 176.98 Wt)，虽然中部地区表现为产业转出和碳排放净转出区(－10 191.57亿元、－2 306.64 Wt)，但从图1可看出，中部地区在承接了东部沿海产业转移和碳净转入的同时，也向西北(4 026.45亿元、1 666.82 Wt)和东北(2 566.05、1 458.42 Wt)地区转出了大量碳，造成其碳排放转入量和转出量都比较大，相减后表现为净碳转出，因此，中部地区碳净转出并不能说明其承接沿海产业转移具有减排效应，而是造成西北和东北地区净碳转入的重要原因。与此相反，京津地区和北部沿海表现出不同特征，即在产业转入的同时净转出了碳或仅转入比例极小的碳，如北部沿海产业转入4 792.72亿元和净转出707.57 Wt的碳，京津地区作为产业最大转入区(10 885.54亿元)，净碳转入仅为915.27 Wt，跟产业转入比重相比极低，说明这两个区域在产业承接过程中具有减排效应。我们考察表1转入的具体产业，可看出北部沿海和京津地区主要转出行业是碳排放系数最高的电气蒸汽热水、煤气自来水生产供应业(3.318)，而转入行业主要是其他服务业(0.020)等碳排放系数较低的行业。因此，产业转移不是导致碳排放转移的必然结果，关键是转移产业选择以及转移过程中的产业调整与升级。表4反映了区域产业转入比重和碳排放转入比重的关系，更准确地反映出区域间产业转入与碳排放转入的空间特征。

表4　2002—2007年八大区域产业转入比重和碳排放转入比重　　单位：%

八大区域	消费驱动		出口驱动		总转移	
	产业转入	碳排放转入	产业转入	碳排放转入	产业转入	碳排放转入
东北地区	32.13	24.01	7.39	11.94	16.41	21.00
京津地区	21.23	8.46	1.70	0.98	20.95	5.57
北部沿海	8.69	8.49	15.20	9.99	12.98	8.11
东部沿海	3.68	0.62	4.12	0.76	4.68	0.75
南部沿海	8.26	4.51	0.96	0.01	3.28	0.72
中部地区	5.23	10.59	32.09	32.33	15.37	17.53
西北地区	16.00	34.01	28.39	33.34	20.05	37.29
西南地区	4.77	9.27	10.14	10.65	7.43	9.01

注：下划线的数据为同列从大到小排序前3位。

表4显示，区域产业转入与碳排放转入空间流向并不一定耦合，京津地区和北部沿海承接了大量产业，但碳排放转入比重并不大，相反，西北和东北地区承接了相对较少的产业，但碳排放转入比重却很大；中部地区表现为产业转入和碳排放转入比重相当的特征，东部和南部沿海表现出产业转入比重远高于碳排放转入比重，而西南地区表现为产业转入比重稍低于碳排放转入比重。总体而言，京津、北部、东部和南部沿海等经济较为发达地区，碳排放转入比重都远低于产业转入比重，虽然与发达地

区转移产业选择有关，但也跟其碳排放系数较低有关，因此，经济发展是碳减排的重要因素。

（四）产业转移对区域碳排放影响差异分析

为了进一步考察产业转移对区域碳排放的影响，我们利用投入产出表测算出 2002 年和 2007 年八大区域总产出及实际碳排放量（如表 5 所示）。

表 5　2002 年、2007 年八大区域实际碳排放量　　单位：Wt

区域	消费驱动碳排放		出口驱动碳排放		总产出碳排放	
	2002	2007	2002	2007	2002	2007
东北地区	4 621.1	7 922.05	669.27	2 403.46	5 290.58	10 325.51
京津地区	580.78	1 502.06	225.93	1119.69	806.70	2 621.75
北部沿海	3 503.45	11 288.22	687.90	4 247.27	4 191.34	15 535.48
东部沿海	4 306.44	10 343.34	1 943.01	8 472.04	6 249.46	18 815.38
南部沿海	2 306.28	5 494.94	1 866.21	4 619.95	4 172.49	10 114.89
中部地区	7 012.85	14 705.29	509.44	2 022.20	7 522.29	16 727.49
西北地区	3 373.81	6 248.54	285.53	2 515.64	3 659.34	8 764.17
西南地区	4 524.83	7 701.53	347.69	987.21	4 872.51	8 688.74
总计	30 229.75	65 205.96	6 534.97	2 6387.46	36 764.72	91 593.43

表 5 显示，2002－2007 年，八大区域碳排放量都有所增加，五年间全国碳排放总量增长近 3 倍，国家碳减排压力是巨大的。对比表 3 和表 5，我们发现产业转移对各区域碳排放的影响程度是不同的。表 3 显示，产业转移导致东部沿海净转出碳 8 893.22 Wt，而此时间段内其碳排放总量从 6 249.46 Wt 增加至 18 815.38 Wt，反映出产业转移碳转出对区域碳排放总量的影响相对较小，区域碳减排压力更多地来自本土产业减排，中部地区、南部和北部沿海等碳净转出区表现出类似特征，仅程度不同。从表 3 可知西北地区是碳转入最大地区（6 195.22 Wt），此时间段内区域碳排放总量增加仅为 5 104.83 Wt，反映出西北地区外部产业转移是区域碳排放的主体，产业转移减排压力远大于本土产业减排，东北、京津和西南等碳净转入区表现出同样特征，仅影响程度相对西北地区要小。

（五）沿海产业转移导致的“碳泄漏”分析

根据两两区域某种产业转移量，乘以两个区域间该产业碳排放系数差，即可得出该种产业转移“碳泄漏”量，如果把所有行业“碳泄漏”量加总，即可获得两个区域之间产业转移的“碳泄漏”量。图 1 显示，区域产业转移集中在东部沿海产业转移，中部产业转移是在承接东部沿海基础上的二次转移，可视为中间环节。东部沿海产业转出占整个沿海产业转出的比重为 91.44％，结合图 1 产业转移碳转移流向，我们集中探讨东部沿海产业转移向中部、西北和东北地区的“碳泄漏”问题。从表 1 区域行业转移来看，东部沿海转出产业为金属冶炼及制品业（09）、采选业（02）、农业（01）、食品制造及烟草加工业（03）、电气蒸汽热水、煤气自来水生产供应业（14）、化学工业（07）、非金属矿物制品业（08）等资源型行业，从表 2 碳排放系数来看，这些行业都属于碳排放系数较高的行业，且具有东部地区碳排放系数相对较低、转入区相对较高的特征，如转移量最大的金属冶炼及制品业（09）在东部沿海碳排放系数是 0.163，而中部、东北、西北分别为 0.350、0.692、0.431，显然，东部沿海高碳行业向中部、西北和东北地区转移会带来“碳泄漏”现象。我们计算得出，东部沿海产业转移向中部、西北、东北等地区分别泄漏了 1 291.71 Wt、979.88 Wt、516.33 Wt 的碳，其中消费驱动碳泄漏分别为 481.04 Wt、309.02 Wt、614.32 Wt，出口驱动碳泄漏分别为 810.67 Wt、207.31 Wt、365.56 Wt。值得注意的是，中部地区在碳排放转移中起到了承东启西的区位作用，因此，将会出现二次碳泄漏现象，即中部地区通过承接沿海产业向西北、东北等地区泄漏碳。我们测算得出，中部地区分别向西北、东北、西南地区泄漏了385.57Wt、－58.06 Wt、－288.86 Wt 的碳，其中消费驱动碳泄漏分别为 309.45 Wt、－40.43 Wt、－278.87 Wt，出

口驱动碳泄漏分别为－15.02 Wt、－17.63 Wt、－9.99 Wt，东北和西南地区在承接中部产业转移过程中具有碳减排效应，但从总体来看，中部地区向其他地区总碳泄漏 38.65 Wt，其中西北是碳泄漏主要地区。

四、结论与建议

随着沿海日益趋紧的资源约束和环境规制，沿海产业向中西部转移已成为企业界和政府部门的一项重要决策，然而，在此沿海产业转移战略导向下，产业转移带来的碳排放转移和“碳泄漏”问题并未引起有关部门和学术界的特别关注。本文研究认为，中国区域间产业转移表现为以东部沿海产业转出为主、京津和西北地区产业转入为主的特征，但产业转移导致的碳排放转移趋势与产业转移特征并不完全一致，表现为京津地区和北部沿海承接了大量产业转移但碳排放转入并不大，因而这两个区域在产业承接过程中具有减排效应，考察转入与转出行业，发现这两个区域都具有转出高碳行业（如电气热力行业）和转入低碳行业（如其他服务业）的特征，而西北和东北地区承接了相对较少的产业，但碳排放转入比重却很大，同样也与其产业转入行业有关，如西北转入了大量纺织服装业和采选业，东北转入了大量采选业和交通设备制造业，都属于碳排放系数较高的制造业。中部地区在产业转移与碳排放转移上表现为承东启西区位作用，既承接了大量沿海出口导向型产业转入，又向西北和东北地区转出了大量的消费型产业，因此，目前全国的消费型制造业集中在西北和京津地区，但从这两个区域碳排放转移来看，西北显然碳污染效应更大，而京津则表现出减排效应。从中我们可以得出，产业转移并不是碳污染的前提，关键还是在于产业选择和技术减排。论文还进一步利用投入产出表分析了 2002 年、2007 年八大区域碳排放差异，以此分析产业转移对区域碳排放影响差异和碳泄漏等问题，认为产业转移对东部沿海等区域的影响较小，减排压力更多来自本土企业减排，而对西北等区域的影响较大，产业转入是区域排放主要来源，并且东部沿海产业转移向中部、东北、西北等地区泄漏了 2787.92 Wt 的碳，同时，中部地区又向西北、东北、西南等地区二次泄漏了 38.65 Wt 的碳，碳泄漏现象显然不利于全国和个别区域碳减排目标的实现。

因此，主要建议有：

（1）中西部地区应制定更为严厉的环境规制政策，以利于产业转移过程中的结构减排和技术减排。中西部地区为沿海碳转移做出了很大的贡献，东部沿海产业转移也确实造成了相当大的“碳泄漏”现象，长此以往，不利于国家碳减排目标的实现。同时，中西部地区（尤其是西北和东北地区）在环境和生态承载力上要低于东部地区，不具备成为东部沿海产业转移“污染避难所”的环境和生态条件，因此，中西部地区必须马上建立更为严厉的环境政策，以淘汰和阻止高排放高耗能产业转入，迫使东部沿海转出产业进行升级和技术支持。国家层面应加强监督东部沿海产业转移过程中和中西部产业承接过程中的产业选择、产业调整和技术升级，建立区域碳交易市场，而不仅是区域生态补偿协调。

（2）国家应制定差别化的区域碳减排政策，东部沿海等地区减排重点应放在出口贸易升级减排，西北等地区减排重点应放在消费驱动产业承接减排。我国区域资源环境禀赋具有差异，造成区域间经济差异大，区域政策制定也不统一，因此，在区域碳排放、产业转移碳排放和产业转移“碳泄漏”等问题上，各个区域表现不一，为了达成“区域产业转移与区域碳减排耦合”、“区域碳减排与国家碳减排耦合”等目标，就必须制定差别化的区域碳减排政策，考虑到区域自身的利益需求，应立足于国家层面制定区域政策，而不是单个区域自身制定。根据测算，出口导向型产业转移并不是主流，出口贸易仍然主要集中在东部沿海地区，因此，东部沿海地区区域碳减排要更多地关注自身出口贸易升级。同时，目前我国区域产业转移集中在消费驱动型，一些资源和能源型制造业相应地转移到西部和东北等地区，国家应加强“消费者负责”宣传，促使主要消费地区向西北地区提供资金和技术支持，以降低落后

区域的碳排放系数，以此降低碳排放和减轻“碳泄漏”。

参考文献：

[1]覃成林，熊雪如.我国制造业产业转移动态演变及特征分析[J].产业经济研究，2013，(1)：12－21.

[2]成艾华，魏后凯.促进区域产业有序转移与协调发展的碳减排目标设计[J].中国人口·资源与环境，2013，(1)：55－62.

[3]李小平，卢现祥.国际贸易、污染产业转移和中国工业 CO_2 排放[J].经济研究，2010，(1)：15－26.

[4]李平星，曹有挥.产业转移背景下区域工业碳排放时空格局演变——以泛长三角为例[J].地球科学进展，2013，(8)：939－947.

[5]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，(6)：79－88.

[6]刘红光，刘卫东，唐志鹏，等.中国区域产业结构调整的 CO_2 减排效果分析——基于区域间投入产出表的分析[J].地域研究与开发，2010，(3)：129－135.

[7]牛玉静，陈文颖，吴宗鑫.全球多区域 CGE 模型的构建及碳泄漏问题模拟分析[J].数量经济技术经济研究，2012，(11)：34－50.

[8]桑瑞聪，刘志彪，王亮亮. 我国产业转移的动力机制：以长三角和珠三角地区上市公司为例[J]. 财经研究，2013，(5)：99－111.

[9]王文举，向其凤. 国际贸易中隐含碳排放核算及责任分配[J]. 中国工业经济，2011，(10)：56－64.

[10]王灿，陈吉宁，邹骥.基于 CGE 模型的 CO_2 减排对中国经济的影响[J].清华大学学报(自然科学版)，2005，45(12)：1621－1624.

[11]谢来辉，陈迎.碳泄露问题评析[J].气候变化研究进展，2007，(4)：214－219.

[12]胥留德.后发地区承接产业转移对环境影响的几种类型及其防范[J].经济问题探索，2010，(6)：36－39.

[13]杨骞，刘华军.中国碳强度分布的地区差异与收敛性——基于 1995－2009 年省际数据的实证研究[J].当代财经，2012，(2)：87－98.

[14]岳超，胡雪洋，贺灿飞等. 1995－2007 年我国省区碳排放及碳强度的分析——碳排放与社会发展 III[J].北京大学学报(自然科学版)，2010，(4)：510－516.

[15]周新.国际贸易中的隐含碳排放核算及贸易调整后的国家温室气体排放[J].管理评论，2010，(6)：17－24.

[16]张友国. 中国贸易含碳量及其影响因素——基于(进口)非竞争型投入－产出表的分析[J]. 经济学(季刊)，2010，(4)：1287－1310.

[17]张亚雄，齐舒畅. 2002、2007 年中国区域间投入产出表[M].北京：中国统计出版社，2012.

[18]Antweiler W，Copeland B，Taylor M. Is free trade good for the environment? [J]. American Economic Review，2001，91(4)：877－908.

[19]Cole M，Elliott R，Wu S. Industrial activity and the environment in China：An industry-level analysis[J]. China Economic Review，2008，(19)：393－408.

[20]Dawn M，Valeria H，Matthew J. A survey of energy policy priorities in the United States：Energy supply security，economics，and the environment[J]. Energy Policy，2014，(60)：687－696.

[21]Derek K. An empirical investigation of the pollution haven effect with strategic environment and trade policy [J]. Journal of International Economics，2009，(78)：242－255.

[22]Peters G，Hertwich E. CO_2 embodied in international trade with implications for global climate policy[J]. Environmental Science & Technology，2008，42(5)：116－128.

[23]Henrik H. The burden of proof in trade disputes and the environment[J]. Journal of Environmental Economics and Management，2011，62(1)：15－29.

[24]Munksgaard J,Pedersen K. CO_2 accounts for open economies: Producer or consumer responsibility[J]. Energy Policy,2001,(29):1551—1565.

[25]Sharif H. Panel estimation for CO_2 emissions,energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries[J] . Energy Policy,2011,39(11):6991—6999.

[26]Su B,Ang B. Input-output analysis of CO_2 emissions embodied in trade: A multi-region model for China[J]. Energy Policy,2014,(114):377—384.

An Empirical Study of Carbon Emission Transfer and Carbon Leakage in Regional Industrial Transfer in China: Analysis Based on Inter-regional Input-output Model in 2002 and 2007

XIAO Yan-fei[1,2],WAN Zi-jie[1,2],LIU Hong-guang[3]

(1.*School of Business*, *Hunan University of Science and Technology*, *Xiangtan* 411201, *China*;
2. *Collaborative Innovation Center of the Construction of Two-oriented Society and Ecological Civilization*, *Hunan University of Science and Technology*,*Xiangtan* 411201,*China*;
3.*School of Public Administration*, *Nanjing Agricultural University*, *Nanjing* 210095, *China*)

Abstract: In global trade carbon pollution effects of international industrial transfer such as implicit carbon emission, carbon transfer and carbon leakage have drawn extensive attention from domestic and foreign scholars. However, at present China experiences a key stage of industrial transfer from coastal areas to central and western areas, and related carbon pollution research resulting from inter-regional industrial transfer has not attracted corresponding attention. Based on input-output approach and the basic data of inter-regional input-output tables in 2002 and 2007 in China, this paper quantitatively evaluates the size, direction and industry concerning export-oriented and consumption-oriented industrial transfer in eight regions. Furthermore, based on sub-region and sub-industry carbon emission coefficients in 2007, it studies the carbon emission transfer and carbon leakage effects caused by regional industrial transfer and further discusses the effect of industrial transfer on regional carbon emission. It arrives at the following conclusions: by industrial transfer in eastern coastal areas, northwest, northeast and other regions become the heavy disaster areas of carbon emission and carbon leakage, and in Beijing, Tianjin and northern coastal areas, industrial transfer has carbon emission reduction effect, so industrial transfer has differentiated carbon emission effects in regions, namely greater effects in northwest, and northeast areas and smaller effects in eastern coastal areas, Beijing and Tianjin. Therefore, the formulation of stricter environmental regulation and differentiated regional carbon emission reduction policy is imminent.

Key words: inter-regional industrial transfer; carbon emission transfer; carbon leakage; input-output analysis model

(责任编辑　周一叶)