

对外贸易、区域间贸易与碳排放转移

——基于中国地区投入产出表的研究

潘 安

(中南财经政法大学 经济学院,湖北 武汉 430073)

摘 要:我国作为一个区域发展不平衡的国家,其内部是否也存在类似国际上的碳排放转移呢?在不同地区的碳排放转移过程中,到底是对外贸易,还是区域间贸易扮演更为重要的角色呢?文章通过构建环境投入产出模型和采用中国地区投入产出数据,计算 2012 年我国 31 个省份的对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳,并从对外贸易和区域间贸易两个方面考察我国的碳排放转移,以得到我国不同地区在碳排放转移中的地位差异及其原因。研究结果表明:(1)我国确实存在区域间碳排放转移,且面临的碳泄漏主要在于区域间贸易而非对外贸易,即广东、江苏、浙江等碳排放净流出地区是碳排放从国外转移至国内的中转地,而山西、内蒙古、河北等碳排放净流入地区则是碳排放转移链的目的地。(2)国外向我国转移的碳排放主要集中在工业制成品贸易,而不同地区则通过区域间贸易产生的碳排放转移主要由国内初级产品贸易引起。(3)资源禀赋状况、外贸发展模式等因素均会对我国各地区在碳排放转移中的地位产生影响。文章为我国制定差异化的地区碳减排政策与目标提供了经验依据。

关键词:碳排放转移;区域间贸易;隐含碳;碳泄漏;污染避难所

中图分类号:F752.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2017)11-0057-13

DOI:10.16538/j.cnki.jfe.2017.11.005

一、引言与文献综述

改革开放以来,我国在经济发展上取得了举世瞩目的成就,但同时也付出了不可忽视的环境代价。虽然关于“污染避难所”的假说在我国是否成立仍存在争议,但我国持续增长的碳排放规模以及由贸易引起的碳排放转移已成为事实(陆旻,2012;潘安和魏龙,2016)。与此同时,我国东部沿海地区凭借其地理优势和政策优惠获得了更好的对外贸易发展机遇,逐渐成为我国区域经济的“中心”,而内地则逐渐演化为“外围”,我国区域对外贸易发展的不平衡也由此形成(黄玖立,2011)。然而,东部沿海等经济较为发达地区的碳排放水平与对外贸易发展水平并不存在正相关关系,上述地区并非我国的“污染避难所”(林伯强和黄光晓,2011)。那么,上述地区是如何实现低碳排放水平,是否也存在类似国际上的碳排放转移呢?在不同地区碳排放转移过程中,到底是对外贸易,还是区域间贸易扮演更为重要的角色呢?对此,本文从对外贸易与区域间贸易两个方面来考察我国由贸易引起的碳排放转移,通过分析我国碳排放转移的地区与行业特征,试图揭示以上两个方面碳排放转移之间存在的联系,

收稿日期:2017-07-13

基金项目:国家社会科学基金项目(16BJL083);全国统计科学研究项目(2017LY97)

作者简介:潘 安(1988—),男,浙江绍兴人,中南财经政法大学经济学院讲师。

以得到我国不同地区在碳排放转移中的地位差异,进而对上述问题给予回答。

各国在应对气候变化时所采取的不对称减排政策可能使碳排放以国际贸易和国际投资为媒介发生跨国转移,产生了所谓的“碳泄漏”现象(彭水军和张文城,2016)。根据政府间气候变化专门委员会(IPCC,2007)的定义,碳泄漏是指《京都议定书》附件I国家的减排行为引起非附件I国家(不受约束国家)碳排放增加的现象。Peters和Hertwich(2008)认为IPCC(2007)定义的碳泄漏较难分析贸易对气候变化的实际影响,故称其为“强碳泄漏”;同时,将非附件I国家出口到附件I国家产品中的隐含碳排放称为“弱碳泄漏”。可见,对外贸易是“弱碳泄漏”的直接媒介,使得根据对外贸易隐含碳测算得到的跨国碳排放转移成为衡量各国间碳泄漏程度的重要指标。不同学者在研究对外贸易引起碳排放的跨国转移之外(Davis等,2011;Peters等,2011),又逐渐对一国内区域间贸易引起的跨区域碳排放转移给予关注(Feng等,2012;Feng等,2013),促使碳泄漏范围扩展至跨国和跨区域两个方面。本文认为,有别于传统的碳泄漏着重讨论附件I国家和非附件I国家之间的贸易,区域间贸易引起的碳泄漏反映的是一国内部的碳排放转移过程,从而拓宽了传统的碳泄漏内涵,有助于完整地考察从国家间到区域间的碳排放转移全过程。本文所指的碳排放转移主要根据贸易隐含碳测算得到,因而接下来从对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳两个方面对相关研究进行梳理,试图分析两者可能存在的联系。

一方面,对外贸易隐含碳的研究主要是通过环境投入产出模型计算得到隐含碳排放量。相关研究主要根据两条互相交叉的研究线索逐渐展开:一是对环境投入产出模型进行逐步改进,进而能够更为准确地计算得到对外贸易隐含碳排放量;二是逐步扩大研究范围,使用不同的环境投入产出模型考察不同国家或地区参与各类贸易活动的隐含碳排放量。在改进环境投入产出模型方面,不同研究主要在考虑技术异质性、区分中间投入和最终需求等方面对模型进行拓展,扩展模型主要包括单区域投入产出(SRIO)模型、双边贸易投入产出(BTIO)模型以及多区域投入产出(MRIO)模型(Sato,2014),其中,基于MRIO模型的相关研究是在世界投入产出数据库(WIOD)等GMRIO数据库建立与完善的基础上加以展开的。在扩大研究范围方面,我国参与不同对外贸易活动的隐含碳问题是其中的焦点,这与我国是全球主要碳排放国密切相关。具体而言,在Wyckoff和Roop(1994)、Sánchez-Chóliz和Duarte(2004)等早期研究的基础上,国内外学者在中国整体对外贸易隐含碳(Pan等,2008;Zhao等,2014;Zhang等,2017)、双边贸易隐含碳(Li和Hewitt,2008;Wu等,2016;Zhao等,2016)等方面逐步扩大研究的对象范围,多角度地考察了我国在对外贸易领域的碳排放转移情况,发现我国已经成为世界碳排放转移的目的地(吴开尧和杨廷干,2016)。

另一方面,随着区域碳减排问题成为重要的研究课题(张友国,2017),我国区域间贸易隐含碳问题也逐渐受到了国内外学者的关注。在构建相关环境投入产出模型基础上,Guo等(2012)、Zhang等(2014)考察了我国省际贸易隐含碳问题,刘红光和范晓梅(2014)、Su和Ang(2014)、赵玉焕和白佳(2015)则分析了我国八大区域间的贸易隐含碳排放。上述研究所得的关于区域碳排放转移的结论均在一定程度上验证了我国内部存在“污染避难所效应”。此外,黄蕊等(2015)、黄蕊等(2017)和钟章奇等(2017)分别以北京、江苏和河南为例讨论了区域间碳排放转移及相关碳泄漏问题。

综上所述,对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳的研究存在紧密的联系,但也存在一定区别,相关研究仍存在拓展空间。首先,两类研究具有共同的分析方法,即投入产出分析,且均通过构建环境投入产出模型计算隐含碳排放量,得到不同的碳排放转移情况,进而可衡量

相应的碳泄漏程度。其次,两类研究展开所需的数据要求有所不同,前者需要世界范围内的投入产出数据,而后者仅需要一国或地区内部不同区域间的投入产出数据,这促使现有对外贸易隐含碳的研究大多使用 MRIO 模型,而区域间贸易隐含碳研究仍以 SRIO 模型为主。再次,较少有研究将对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳研究进行结合,因而无法揭示出两者之间可能存在的联系。最后,受限于数据的可获得性,现有对外贸易隐含碳研究的计算结果一般只更新至 2009 年,而区域间贸易隐含碳计算结果主要更新至 2007 年。^① 据此,本文尝试在以下几个方面对现有研究进行拓展:(1)基于我国最新发布的地区投入产出数据,^②将贸易隐含碳计算结果更新至 2012 年;(2)结合我国对外贸易和区域间贸易隐含碳排放,分析两者可能存在的联系,以考察我国不同地区在碳排放转移中的地位差异及其原因;(3)通过解释碳排放转移的原因,得到我国可行的碳减排途径,使研究更具现实意义。

二、模型构建与数据说明

(一)环境投入产出模型的构建

一国内任一地区均可从该国外部和国内其他地区进出口货物和服务,即参与对外贸易与区域间贸易。该地区与国外和国内其他地区进行贸易往来均可能导致碳排放发生转移和产生碳泄漏现象,而具体的碳排放转移情况取决于其进出口地位、贸易结构、碳排放技术等因素。本文借鉴 Zhang 等(2014)考察我国省际贸易隐含碳时所建的投入产出模型,构建能够同时计算我国对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳的环境投入产出模型,具体如下:

假设我国可分为 R 个区域,其中任一区域 r ($r=1, \dots, R$) 内均有 n 个行业部门。对区域 r 而言,其任一部门 i 的产品产出满足以下关系:

$$x_i^r = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^r + y_i^r + e_i^r + ep_i^r - m_i^r - mp_i^r \quad (1)$$

其中, a_{ij} 为部门 j 对部门 i 产品的直接消耗系数 ($i, j=1, \dots, n$), x_i^r 和 y_i^r 分别代表区域 r 中部门 i 产品的总产出和最终消费; e_i^r 和 m_i^r 分别代表区域 r 中部门 i 在对外贸易中的出口和进口, ep_i^r 和 mp_i^r 则分别代表对国内其他 $R-1$ 个区域的出口和进口(以下简称为“国内流出”和“国内流入”)。将对部门 i 的分析扩大至所有行业部门,则基于式(1)可得:

$$X^r = A^r X^r + Y^r + E^r + EP^r - M^r - MP^r \quad (2)$$

其中, A^r 代表区域 r 内的直接消耗系数矩阵 (n 阶方阵), X^r 和 Y^r 分别代表区域 r 的总产出向量和最终消费向量, E^r 和 M^r 分别代表区域 r 的出口向量和进口向量, EP^r 和 MP^r 分别代表区域 r 的国内流出向量和国内流入向量, X^r 、 Y^r 、 E^r 、 M^r 、 EP^r 和 MP^r 均为 $n \times 1$ 的列向量。进一步可将式(2)改写为:

$$X^r = (I - A^r)^{-1} (Y^r + E^r + EP^r - M^r - MP^r) \quad (3)$$

其中, $(I - A^r)^{-1}$ 为里昂惕夫逆矩阵。设定 $d^r = \{d_i^r\}$ 为区域 r 单位部门产品产出直接碳排放系数的行向量,其中的元素 d_i^r 代表部门 i 单位产品产出的直接 CO_2 排放量。那么,区域 r 的碳排放量 C^r 可表示为:

$$C^r = d^r X^r = d^r (I - A^r)^{-1} (Y^r + E^r + EP^r - M^r - MP^r) \quad (4)$$

在式(4)中, $d^r (I - A^r)^{-1}$ 即为区域 r 单位部门产品产出的完全碳排放系数向量。根据

^① 外贸易隐含碳研究主要使用 WIOD 提供的数据,但其碳排放数据仅更新至 2009 年;区域间贸易隐含碳研究主要使用中国国家信息中心发布的中国区域间投入产出表,但其只更新至 2007 年。

^② 由于缺乏港澳台地区的数据,因此本文只针对 31 个省份展开研究。

式(4)可知,区域内的碳排放与 5 个部分的碳排放有关:满足最终消费需求引起的碳排放、出口和国内流出中隐含的碳排放、进口和国内流入可避免的碳排放。据此,区域 r 的出口隐含碳 CE^r 和国内流出隐含碳 CEP^r 可分别表示为:

$$CE^r = d^r(I - A^r)^{-1}E^r \quad (5)$$

$$CEP^r = d^r(I - A^r)^{-1}EP^r \quad (6)$$

当无法获得各进口来源国或区域的直接(完全)碳排放系数时,可基于“国内技术假设”得到区域 r 的进口隐含碳 CM^r 和国内流入隐含碳 CMP^r , 具体为:

$$CM^r = d^r(I - A^r)^{-1}M^r \quad (7)$$

$$CMP^r = d^r(I - A^r)^{-1}MP^r \quad (8)$$

结合式(5)一(8),可以得到区域 r 的净出口隐含碳 B^r 和净国内流出隐含碳 BP^r , 也即:

$$B^r = d^r(I - A^r)^{-1}(E^r - M^r) \quad (9)$$

$$BP^r = d^r(I - A^r)^{-1}(EP^r - MP^r) \quad (10)$$

B^r 和 BP^r 也同时分别代表了区域 r 在对外贸易与区域间贸易引起的碳排放转移。当 $B^r > 0$ 时,表明区域 r 在对外贸易中处于隐含碳净出口地位,即其他国家通过国际贸易向区域 r 转移碳排放,反之亦然。当 $BP^r > 0$ 时,表明区域 r 在区域间贸易中处于隐含碳净流出地位,即国内其他区域通过区域间贸易向区域 r 转移碳排放,反之亦然。设 $T^r = B^r + BP^r$ 为净流出隐含碳,它能够反映区域 r 参与两类贸易所引起碳排放转移的总体情况。

(二)数据说明

与现有相关研究主要使用中国区域间投入产出数据不同,本文使用的投入产出数据主要来源于《中国地区投入产出表 2012》《中国 2012 年投入产出表》,其中《中国地区投入产出表 2012》提供了我国 31 个省(区、市)的投入产出表,并将流入、流出区分为国际贸易和国内贸易(除内蒙古、湖北、青海外)。^① 本文的另一关键在于得到各地区分行业的直接碳排放系数,进而得到各地区单位行业产出的完全碳排放系数向量。由于暂无关于我国各地区碳排放的官方统计,本文选择使用《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的碳排放计算方法,即通过加总煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气这 8 种能源消耗产生的 CO_2 排放估计量得到 CO_2 排放总量,其中能源消费数据来源于《中国能源统计年鉴 2013》。需要说明的是,《中国能源统计年鉴 2013》提供了我国分行业的能源消费量,可得到我国分行业的直接碳排放系数向量 d ;但其未提供各地区分行业的能源消费量,从而无法直接得到各地区的直接碳排放系数向量。在较难获取地区分行业能源消费量的前提下,刘红光和范晓梅(2014)采用经济普查中的能源数据计算分行业含碳能源消费比重,并结合各地区含碳能源消费总量折算地区分行业能源消费量;赵玉焕和白佳(2015)选择采用全国平均分行业能源消费量替代各地区分行业能源消费量;徐盈之和张赟(2013)则采用地区平均碳排放强度替代地区各行业的碳排放强度。上述处理方式虽能间接得到各地区的直接碳排放系数向量,但仍忽视了地区间分行业能源消费结构差异以及各地区内分行业碳排放强度差异。对此,本文在考虑不同地区的技术水平差异基础上,根据单位产出的碳排放水平按比例地对我国分行业的直接碳排放系数向量进行调整,最终得到各地区的直接碳排放系数向量。^②

^①为简化分析,以下将“省(区、市)”简称为“地区”。《中国地区投入产出表 2012》未统计内蒙古的出口和进口,以及湖北、青海的国内省外流出和国内省外流入。

^②由于缺失能源消费数据,西藏的直接碳排放系数向量由我国整体的直接碳排放系数向量近似替代。

以北京为例,该地区 2012 年单位产出的 CO_2 排放水平为 0.22 吨/万元,而同期我国整体单位产出的 CO_2 排放水平为 0.73 吨/万元,可近似得到北京的直接碳排放系数向量 $d' = \frac{0.22}{0.73}d$ 。

此外,在计算进口隐含碳排放时,基于“国内技术假设”将本地区的完全碳排放系数向量替代进口国的完全碳排放系数向量;在计算国内流入隐含碳排放时,流入来源地区的完全碳排放系数向量用我国整体的完全碳排放系数向量近似替代。

对于行业分类,《中国地区投入产出表 2012》和《中国 2012 年投入产出表》将行业划分为 42 个部门,而《中国能源统计年鉴 2013》将行业划分为 47 个部门。对此,本文以投入产出表的部门划分为基础,将上述 42 个部门和 47 个部门统一合并为 30 个部门(见表 1),并将部门 1 统称为农业,部门 2—5 称为采掘业,部门 6—23 称为制造业,部门 24—26 称为电力、煤气及水生产和供应业,部门 28—30 称为服务业,部门 27 则为建筑业。

表 1 中国行业部门分类标准(30 个部门)

部门序号	部门名称	部门序号	部门名称
1	农林牧渔产品和服务	16	通用设备
2	煤炭采选产品	17	专用设备
3	石油和天然气开采产品	18	交通运输设备
4	金属矿采选产品	19	电气机械和器材
5	非金属矿和其他矿采选产品	20	通信设备、计算机和其他电子设备
6	食品和烟草	21	仪器仪表
7	纺织品	22	其他制造产品
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	23	废品废料
9	木材加工品和家具	24	电力、热力的生产和供应
10	造纸印刷和文教体育用品	25	燃气生产和供应
11	石油、炼焦产品和核燃料加工品	26	水的生产和供应
12	化学产品	27	建筑
13	非金属矿物制品	28	批发和零售、住宿和餐饮
14	金属冶炼和压延加工品	29	交通运输、仓储和邮政
15	金属制品	30	其他服务

资料来源:根据《中国地区投入产出表 2012》和《中国能源统计年鉴 2013》整理。

对于地区划分,本文借鉴刘红光和范晓梅(2014)的区域划分方法,将 31 个地区划分为东北区域(黑龙江、吉林、辽宁)、京津区域(北京、天津)、北部沿海区域(河北、山东)、东部沿海区域(江苏、上海、浙江)、南部沿海区域(福建、广东、海南)、中部区域(山西、河南、安徽、湖北、湖南、江西)、西北区域(内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆)和西南区域(四川、重庆、广西、云南、贵州、西藏)等 8 个区域,以便于分析各区域碳排放转移的分行业特征。

三、计算结果分析

(一)总体碳排放转移情况

根据式(9)和式(10),本文计算得到 2012 年我国 31 个地区的净出口隐含碳排放量 B 、净国内流出隐含碳排放量 BP 和净流出隐含碳排放量 T ,以反映各地区进行对外贸易与区域间贸易引起的碳排放转移情况(见表 2)。我国分地区碳排放转移主要呈现出以下特征:

1. 区域间贸易引起的碳排放转移规模要大于对外贸易引起的碳排放转移规模。除湖北和青海未获得相关数据外,我国其他 29 个地区的净国内流出隐含碳排放绝对量均大于净出口隐含碳,使得各地区净流出隐含碳的符号与净国内流出隐含碳一致。该特征表明我国区域间贸易引起的碳排放转移更为明显,反映出我国区域间贸易引起的碳泄漏更为严重。

表2 2012年我国分地区净流出隐含碳排放情况(Mt)

地区	B	BP	T	地区	B	BP	T
北京	-197.79	-752.87	-950.65	湖北	-122.56	0	-122.56
天津	-25.03	-139.15	-164.18	湖南	1.54	-203.72	-202.18
河北	30.17	439.96	470.13	广东	66.00	-710.83	-644.82
山西	23.68	947.59	971.27	广西	-3.24	-133.70	-136.94
内蒙古	0	934.44	934.44	海南	-3.41	4.75	1.33
辽宁	24.72	163.48	188.21	重庆	-0.22	-199.14	-199.36
吉林	-19.16	-136.13	-155.28	四川	18.27	-137.54	-119.27
黑龙江	-7.05	27.65	20.60	贵州	24.13	218.03	242.15
上海	-97.29	-347.29	-444.58	云南	-9.23	-73.62	-82.85
江苏	113.02	-656.40	-543.38	西藏	1.82	-22.35	-20.53
浙江	122.93	-549.11	-426.18	陕西	41.88	264.29	306.17
安徽	21.36	-152.61	-131.25	甘肃	-15.85	155.46	139.62
福建	-47.05	-49.67	-96.72	青海	-53.46	0	-53.46
江西	11.13	-105.17	-94.03	宁夏	9.50	457.94	467.43
山东	93.60	-144.87	-51.27	新疆	68.23	229.96	298.19
河南	6.89	-179.69	-172.80				

注：“0”代表数据未获取。

2. 贸易引起碳排放量增加的地区数量要小于排放量降低的地区数量,这在一定程度上反映出碳排放净流入地区较为集中。从净流出隐含碳排放情况来看,净流出隐含碳排放为正的地区仅为11个,其中山西、内蒙古、河北的净流出隐含碳排放规模位列前3位;与之不同,净流出隐含碳排放为负的地区有20个,其中北京、广东、江苏、上海、浙江的隐含碳净流出规模排在前5位,上述地区均是我国现阶段经济相对较为发达的地区。

3. 部分地区在对外贸易和区域间贸易引起碳排放转移中的地位并非一致。其中,浙江和甘肃是两个较具代表性的地区。对于浙江而言,其净出口隐含碳排放量为122.93Mt,在所有地区中位居第一位,表明其在对外贸易引起碳排放转移中处于净流入地位;然而,浙江的净国内流出隐含碳为-549.11Mt,表明其在区域间贸易引起碳排放转移中处于净流出地位,且碳排放转移的流出规模要大于流入规模,使得其在整体碳排放转移中处于有利的净流出地位。与浙江相反,甘肃在对外贸易和区域间贸易引起碳排放转移中分别处于净流出和净流入地位,表明对外贸易有利于其碳减排,但区域间贸易导致其产生更多的碳排放。

可见,不同地区在对外贸易和区域间贸易碳排放转移中扮演的角色并不相同。为进一步阐释其地位不同的特征,本文根据净出口隐含碳和净国内流出隐含碳的不同符号,将不同地区分为以下四类:(1) I类地区: $B > 0$ 且 $BP > 0$ 。此类地区在两类贸易引起碳排放转移中均处于净流入地位,贸易加剧了该类地区的碳排放水平。(2) II类地区: $B > 0$ 且 $BP < 0$ 。此类地区虽然在对外贸易引起碳排放转移中处于净流入地位,但在区域间贸易中能够转移更大规模的碳排放至其他地区,故整体上贸易有利于降低该地区的碳排放水平。(3) III类地区: $B < 0$ 且 $BP < 0$ 。此类地区在两类贸易引起碳排放转移中均处于净流出地位,贸易能够降低该类地区的碳排放水平。(4) IV类地区: $B < 0$ 且 $BP > 0$ 。此类地区虽然在对外贸易引起碳排放转移中处于净流出地位,但在区域间贸易中,从其他地区得到了更大规模的碳排放流入,故整体上贸易加剧了该地区的碳排放。

根据上述分类标准,本文将除内蒙古、湖北、青海外的28个地区分为四类。从图1可

见, I 类地区包括河北、山西和辽宁等,上述地区是我国碳排放流入规模最大的地区,也就是贸易导致碳排放增加最为显著的地区; II 类地区包括江苏、浙江和广东等,这类地区的特点是对外贸易发展水平较高且主要处于对外贸易顺差地位,但其通过区域间贸易的碳转移效应将碳排放转移至其他地区,进而实现了本地区的碳减排; III 类地区以北京、上海、天津等为代表,这类地区通过对外贸易逆差换取碳减排,还能够通过区域间贸易进一步降低碳排放水平; IV 类地区包括黑龙江、海南和甘肃,其中黑龙江和海南的碳排放转移规模均较小。值得关注的是,在 III 类地区中,天津、吉林、广西、重庆和云南在区域间贸易中处于逆差地位,表明其以国内贸易逆差换取碳减排;与上述地区不同,北京、上海和福建却处于国内贸易顺差地位,表明其能够同时获得贸易利益和环境利益。

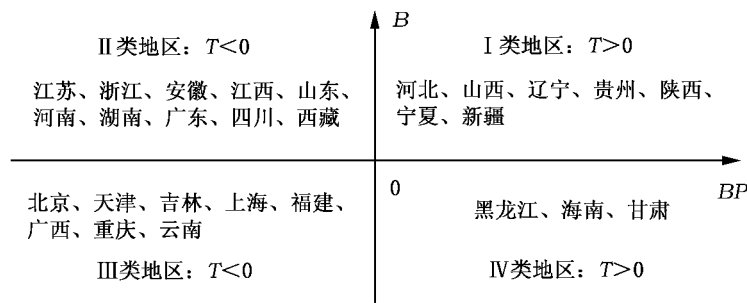


图 1 以碳排放转移为依据的地区分类

(二)分行业碳排放转移

接下来,本文进一步关注各区域碳排放转移的分行业特征。在对外贸易引起碳排放转移方面,本文对各地区分行业的净出口隐含碳按照区域进行加总,进而得到我国八大区域分行业净出口隐含碳排放水平。如表 3 所示,东部、北部以及南部沿海等区域均处于隐含碳净出口地位,其他处于净出口地位的区域还包括西北和西南地区,这些地区的特点在于对外贸易发展水平相对较高,其中沿海地区以港口贸易为主,而西北和西南地区的边境贸易较为发达。

表 3 中国 2012 年八大区域分行业净出口隐含碳(Mt)

区域	农业	采掘业	制造业	电力、煤气及水生产和供应业	建筑业	服务业	地区总计
东北	-4.28	-54.49	58.68	-1.68	0.13	0.16	-1.48
京津	-8.94	-104.30	-113.93	0.01	0.23	4.13	-222.81
北部沿海	-24.99	-118.69	347.91	0.00	-69.50	-10.96	123.77
东部沿海	-6.77	-26.30	206.56	0.00	1.13	-35.97	138.66
南部沿海	-1.67	-17.59	51.15	3.45	-35.37	15.58	15.54
中部	0.92	-53.74	77.94	-86.42	0.34	3.01	-57.95
西北	2.76	-32.71	99.35	-1.53	-19.78	2.22	50.31
西南	-2.79	-26.05	57.39	0.00	0.32	2.67	31.53
行业总计	-45.76	-433.88	785.05	-86.18	-122.51	-19.17	

相比之下,京津、中部以及东北等区域主要处于对外贸易逆差地位,对外贸易有利于这些区域降低其碳排放水平,其中京津区域的减排作用最为明显。整体上,我国对外贸易处于隐含碳净出口地位,净出口隐含碳排放为 77.56Mt,表明对外贸易并不利于我国整体碳减排,这与现有相关研究所得结论一致(Zhao 等,2014)。从分行业的排放规模来看,制造业对

外贸易引起的碳排放转移规模最大,且我国仅在该行业中处于隐含碳净出口地位;我国在其他行业中均处于隐含碳净进口地位,其中采掘业净出口隐含碳排放的绝对规模最大,排放水平为 433.88Mt。我国八大区域在采掘业上均处于隐含碳净进口地位,其中北部沿海、京津、东北等区域的隐含碳净流出规模位列前 3 位,分别为 118.69Mt、104.30Mt 和 54.49Mt。总的来看,我国成为全球碳排放转移目的地的主要原因在于制造业出口,且出口主要集中于东南沿海等区域,但采掘业、农业、服务业等行业进口有利于缓解上述碳排放转移。

存在上述碳排放转移的行业特征,与我国作为“世界工厂”有关,而这又与我国实行“出口导向”的“加工贸易”模式直接相关(杨高举和黄先海,2013)。我国在对外贸易领域中的碳排放转移取决于自身对外贸易发展模式,这在碳排放转移的地区与行业特征上均得到了体现。仅从对外贸易引起碳排放转移来看,我国沿海区域或是世界范围内的“污染避难所”,因为其他国家向这些地区转移了较大规模的碳排放。然而,事实并非如此,我国沿海区域整体的碳排放转移反而处于净流出地位,原因在于其能通过区域间贸易对外转移更大规模的碳排放,所以沿海区域碳排放转移的目的地可能才是中国乃至世界范围内真正意义上的“污染避难所”,这再次反映出我国面临的碳泄漏主要在于区域间贸易而非对外贸易。

由于各地区的国内流出(入)包含来自区域内其他地区的,因此无法对各地区净国内流出隐含碳按区域进行加总。为此,本文通过计算各地区分行业净国内流出隐含碳排放量,考察区域间贸易引起碳排放转移的分行业特征。^① 计算结果显示,我国区域间贸易引起的碳排放转移主要集中于制造业、采掘业以及电力、煤气及水生产和供应业等行业。具体而言,区域间制造业贸易引起的碳排放转移规模最大,其中北京、广东、江苏、浙江、上海是主要的碳排放净流出地区,而河北、辽宁、内蒙古、宁夏、山东是主要的净流入地区;江苏、山东、浙江、广东、上海是采掘业碳排放净流出的主要地区,净流入地区则集中于山西、内蒙古、宁夏、陕西等地区;山西、内蒙古、贵州等地区还是电力、煤气及水生产和供应业碳排放转移的主要净流出地区,转移的碳排放主要来自于山东、河北、江西等地区。此外,区域间农业和服务业贸易引起的碳排放转移规模相对较小,其中新疆、黑龙江、河北是农业贸易主要的碳排放净流入地区,而内蒙古、上海、山西等地区是服务业贸易碳排放净流入的主要地区。

(三)碳排放转移的地区与行业特征

根据以上关于我国对外贸易隐含碳与区域间贸易隐含碳的分析,本文可以得到以下我国碳排放转移的地区与行业特征:在地区特征方面,山西、河北、宁夏等Ⅰ类地区是我国主要的碳排放净流入地区,其在对外贸易与区域间贸易中均处于碳排放净流入地位;北京、上海、天津等Ⅲ类地区是我国主要的碳排放净流出地区,对外贸易与区域间贸易均有利于降低该类地区内的碳排放水平;广东、江苏和浙江等Ⅱ类地区在两类贸易引起碳排放转移中处于不同的地位,通过区域间贸易净流出的碳排放总体上要大于对外贸易净流入的碳排放。因此,我国国内的“污染避难所”并非Ⅱ类地区,而可能主要是Ⅰ类地区。

在行业特征方面,制造业是我国碳排放转移最为集中的行业,该行业的碳排放转移不仅是导致我国在对外贸易中处于碳排放净流入地位的关键原因,也是Ⅱ类地区成为碳排放净流出地区的关键因素。除制造业外,采掘业贸易引起的碳排放转移规模最大,我国在该行业对外贸易中实现了碳减排,从而减缓了制造业碳排放转移为我国带来的碳排放压力。此外,电力、煤气及水生产和供应业、建筑业贸易引起的碳排放转移规模相对较大,而农业和服务

^①限于篇幅,本文没有给出具体的计算结果,如有需要可向作者索取。

业贸易引起的碳排放转移规模则相对较小。

综上所述,对外贸易与区域间贸易引起的碳排放转移使我国面临跨国和跨区域的双重碳泄漏。若将整个转移过程视为一条“碳排放转移链”,那么Ⅱ类地区是碳排放从国外转向国内的“中转地”,导致我国成为世界的“污染避难所”;而Ⅰ类地区和Ⅳ类地区是碳排放转移的目的地,进而成为我国的“污染避难所”。那么,我国为何会出现上述碳排放转移过程,这又能为我国未来寻求碳减排途径提供何种启示?对此,本文分别将山西和广东作为碳排放转移链中的目的地和中转地的典型代表,结合地区的产业结构特征,对上述问题进行回答。

(四)我国碳排放转移的原因分析

关于我国区域间碳排放转移,不同学者将其与产业转移、产业结构差异等因素相联系(肖雁飞等,2014;黄蕊等,2015)。基于此,本文通过分析地区产业结构特征,解释我国为何存在前文所述的碳排放转移过程及其存在的地区与行业特征。限于篇幅,本文将Ⅱ类地区中碳排放净流出规模最大的广东、Ⅰ类地区中碳排放净流入规模最大的山西分别作为碳排放转移的代表性地区,考察其产业结构特征与分行业碳排放转移情况。

根据表4所示,广东省的产业结构特征是制造业占据主导地位,服务业占比次之,两者产出占比总和为87.33%。基于上述产业结构,广东省由制造业和服务业对外贸易引起的碳排放流入规模位列前2位,而制造业又是区域间贸易引起碳排放流出规模最高的行业。具体来看,与加工贸易为主的外贸发展特征相符,^①广东省对外贸易引起碳排放转移的行业主要集中于机械、纺织、金属以及通信设备等工业制成品,区域间贸易引起碳排放转移的行业主要集中于煤炭、石油、化学产品、金属冶炼制品等初级产品,且前者的碳排放强度低于后者。因此,广东省主要通过区域间贸易进口初级产品等高碳排放行业产品,并将相关工业制成品出口至国外,进而导致其在对外贸易与区域间贸易引起碳排放转移中处于不同地位。

表4 2012年广东和山西分行业产出与净流出隐含碳排放情况(Mt)

行业	广东				山西			
	产出占比 (%)	B	BP	T	产出占比 (%)	B	BP	T
农业	2.70	-3.15	-7.51	-10.66	4.29	-0.03	-0.45	-0.48
采掘业	0.82	-10.22	-92.53	-102.75	21.66	3.08	595.30	598.38
制造业	60.97	49.41	-410.11	-360.70	30.37	20.64	52.37	73.00
电力、煤气及水生产和供应业	4.08	3.40	-53.76	-50.35	6.27	0	224.77	224.77
建筑业	5.07	1.53	-144.62	-143.10	11.09	0	0	0
服务业	26.36	25.04	-2.30	22.75	26.32	0	75.61	75.61
总计	100.00	66.00	-710.83	-644.82	100.00	23.68	947.59	971.27

注:产出占比通过计算各行业产出占总产出的比重而得。

与广东省相比,山西省产业结构的明显不同之处在于采掘业产出占比高达21.66%,采掘业在地区经济发展中起到了重要作用。山西省采掘业较为发达与该地区资源禀赋状况有关,且在煤炭资源上尤为突出。^②就煤炭采选产品部门而言,山西省向国内其他地区出口的金额为3 804.92亿元,远高于向国外出口的金额(146亿元),这表明山西省生产的煤炭产品

^①根据《广东统计年鉴2013》提供的数据计算可得,2012年广东省一般贸易出口占比仅为30.59%,而进料加工和来料加工出口占比分别为48.91%和13.25%,这表明广东省出口主要以加工贸易为主。

^②根据《中国统计年鉴2013》的统计数据,2012年山西省煤炭储量为908.42亿吨,占全国煤炭资源的比重高达39.52%,位列全国第一。

以供应国内其他地区为主,进而解释了为何山西在区域间采掘业贸易中流入了大规模碳排放。^① 同样地,山西在电力、煤气及水生产和供应业上的国内出口额高达 606.60 亿元,且不存在出口贸易,加之行业具有的高碳排放强度特征,从而导致山西在这些行业区域间贸易中也流入了较大规模碳排放。因此,山西处于碳排放转移的净流入地位主要源于其向国内其他地区净出口煤炭、电力、煤气等矿产与能源资源,而这些资源的区域间贸易不仅满足了其他地区发展经济所需的初级产品需求,同时还伴随着大规模的碳排放转移,跨区域碳泄漏也由此产生。

进一步地看,与广东相类似,浙江和江苏等Ⅱ类地区以及北京和上海等Ⅲ类地区通过区域间贸易流出的碳排放也主要集中于煤炭采选、石油和天然气开采产品、金属冶炼和压延加工品等初级产品部门,而这些行业正是河北、辽宁、贵州等Ⅰ类地区在区域间贸易中碳排放流入最集中的行业。与此同时,北京、上海、浙江和江苏等碳排放净流出地区的对外贸易引起碳排放流入的行业主要集中于纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品、金属制品、电气机械和器材等工业制成品部门。总之,在对外贸易方面,广东、江苏和浙江等Ⅱ类地区由于大规模出口工业制成品,主要引起碳排放从国外转移至国内,成为碳排放转移链中的中转地,并产生了跨国碳泄漏;在区域间贸易方面,Ⅰ类地区和Ⅳ类地区通过向其他地区出口初级产品引起碳排放转移至本区域,成为碳排放转移链中的目的地,即所谓的“污染避难所”,进而产生了更为严重的国内跨区域碳泄漏。

四、结论与启示

本文通过构建环境投入产出模型和采用中国地区投入产出数据,计算 2012 年我国 31 个省份的对外贸易隐含碳和区域间贸易隐含碳,并从对外贸易和区域间贸易两个方面考察我国碳排放转移,以得到我国不同地区在碳排放转移中的地位差异及其原因,主要结论如下:第一,在对外贸易中处于碳排放净流入的地区是碳排放从国外转移至国内的中转地,而在区域间贸易中处于碳排放净流入的地区则是碳排放转移链中的目的地。Ⅱ类地区在对外贸易中流入的碳排放通过区域间贸易转移至Ⅰ类地区和Ⅳ类地区,后者在一定程度上成为中国乃至世界的“污染避难所”,这反映出我国面临的碳泄漏主要在于区域间贸易而非对外贸易。第二,国外向中国转移的碳排放主要集中在工业制成品贸易,而不同地区通过区域间贸易产生的碳排放转移主要由国内初级产品贸易引起。上述碳排放转移特征表明,在出口导向的加工贸易发展模式下,我国在一定程度上成为世界碳排放的“避难所”,进而从碳排放转移角度支持了“污染避难所假说”在我国成立的观点。第三,对广东和山西碳排放转移的分行业分析表明,我国各地区在碳排放转移中的地位与其产业结构特征相关,且受到资源禀赋状况和外贸发展模式等因素的影响。

根据以上研究结论,本文得到的启示如下:首先,我国应根据碳排放的地区差异制定差异化的碳减排政策与目标。由于产业结构与能源结构并不相同,因此我国不同地区的碳排放水平也不尽相同,出现了较为严重的跨区域碳泄漏,这在我国碳排放转移的特征中可以得到充分体现。其次,就对外贸易较为发达地区而言,应注重形成低碳产业体系。工业制成品贸易是我国成为碳排放净流入国家的主要原因,其又与外贸发达地区产业结构并不“低碳”有关,而外贸发达地区的低碳产业体系有利于阻断国外与国内连接的碳排放转移链,避免我

^①为使分析数据保持一致,本文关于山西省不同行业部门的国内贸易数据均来自《中国地区投入产出表 2012》。

国成为世界的“污染避难所”和碳泄漏的最终受害国。再次,就资源密集型地区而言,应注重构建低碳能源体系。我国高碳排放地区主要集中于资源较为丰裕地区,其与资源密集型行业生产具有较高碳排放强度的特征有关。最后,上述启示事实上已得到了我国的高度关注,相关部门也制定了相应的政策措施。例如,在《“十三五”控制温室气体排放工作方案》(2016)中,我国已明确提出要加快区域低碳发展,包括考虑各地区发展阶段、资源禀赋和战略定位等因素分类确定省级碳排放控制目标。我国上述政策措施能够反映出本文所得结论的重要现实意义,而相关碳排放转移结论也进一步为我国现阶段制定相关政策措施提供了经验依据。

需要注意的是,本文尚有需要完善之处:(1)本文在计算进口(国内流入)隐含碳时使用“国内技术假设”,即未考虑不同国家(地区)的技术异质性。(2)受限于分地区、分行业碳排放和能源消费数据的可得性,本文选择以单位产出的碳排放水平为系数对我国整体上的直接碳排放系数向量进行调整,以近似替代地区直接碳排放系数向量,该处理方法隐含着各地区碳排放强度行业结构相同的假设。上述研究假设均会对隐含碳计算结果的准确性产生一定影响,而这将在我国地区投入产出、碳排放或能源消费等数据逐渐完善的基础上得以解决。(3)本文主要着眼于我国内部地区间的投入产出关系,将其与全球范围内的 MRIO 模型相对接或是一个重要且可行的研究方向,进而能够更为准确地考察整个碳排放转移链的转移路径与方向。当然,该领域研究的展开也需以相关投入产出数据库的建立与完善为前提。

主要参考文献:

- [1]黄蕊,王铮,钟章奇,等. 区域贸易隐含碳排放和 SO₂ 排放的投入产出分析——以江苏为例[J]. 自然资源学报,2017,(5):854—863.
- [2]刘红光,范晓梅. 中国区域间隐含碳排放转移[J]. 生态学报,2014,(11):3016—3024.
- [3]陆旸. 从开放宏观的视角看环境污染问题:一个综述[J]. 经济研究,2012,(2):146—158.
- [4]潘安,魏龙. 中国对外贸易隐含碳:结构特征与影响因素[J]. 经济评论,2016,(4):16—29.
- [5]吴开尧,杨廷干. 国际贸易碳转移的全球图景和时间演变[J]. 统计研究,2016,(2):43—50.
- [6]肖雁飞,万子捷,刘红光. 我国区域产业转移中的“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,(2):75—84.
- [7]张友国. 区域碳减排的经济学研究评述[J]. 学术研究,2017,(1):102—109.
- [8]钟章奇,吴乐英,陈志建,等. 区域碳排放转移的演变特征与结构分解及减排对策分析——以河南省为例[J]. 地理科学,2017,(5):773—782.
- [9]Davis S J, Peters G P, Caldeira K. The supply chain of CO₂ emissions[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108(45): 18554—18559.
- [10]Feng K, Siu Y L, Guan D, et al. Analyzing drivers of regional carbon dioxide emissions for China[J]. Journal of Industrial Ecology, 2012, 16(4): 600—611.
- [11]Feng K, Davis S J, Sun L, et al. Outsourcing CO₂ within China[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2013, 110(28): 11654—11659.
- [12]Guo J, Zhang Z, Meng L. China's provincial CO₂ emissions embodied in international and interprovincial trade[J]. Energy Policy, 2012, 42: 486—497.
- [13]Peters G P, Hertwich E G. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(5): 1401—1407.
- [14]Peters G P, Minx J C, Weber C L, et al. Growth in emission transfers via international trade from 1990

- to 2008[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2011, 108(21): 8903—8908.
- [15]Su B, Ang B W. Input-output analysis of CO₂ emissions embodied in trade: A multi-region model for China[J]. Applied Energy, 2014, 114: 377—384.
- [16]Wu R, Geng Y, Dong H, et al. Changes of CO₂ emission embodied in China-Japan trade: Drivers and implications[J]. Journal of Cleaner Production, 2016, 112: 4151—4158.
- [17]Zhang Z, Guo J, Hewings G J D. The effects of direct trade within China on regional and national CO₂ emissions[J]. Energy Economics, 2014, 46: 161—175.
- [18]Zhang Z, Zhao Y, Su B, et al. Embodied carbon in China's foreign trade: An online SCI-E and SSCI based literature review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 68: 492—510.

Foreign Trade, Interregional Trade and Carbon Emissions Transfer: Analysis Based on China's Regional Input-output Tables

Pan An

(School of Economics, Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan 430073, China)

Summary: Since the reform and opening-up, China has made remarkable achievements in economic development, but cannot ignore a great cost in the environment at the same time. In China, eastern coastal areas gradually become the core of regional economy by right of geographical advantages and preferential policies, but inland areas have evolved to be the periphery, reflecting the unbalanced regional development. However, the developed areas like eastern coastal areas achieve the low carbon emissions rather than become the pollution haven in China in the context of higher foreign trade development. So how do the above areas achieve low carbon emissions? Does it mean that the regions also have the interregional carbon emissions transfer similar to the carbon emissions transfer between countries? Who plays the more important role in regional carbon emissions transfer in China, foreign trade or interregional trade? The answer to these urgent problems is of great realistic significance to the understanding of the China's status in international carbon emissions transfer and related reasons, and also provides China with some inspiration for future target achievement of carbon emissions reduction.

By building the environmental input-output model which can calculate the embodied carbon both in foreign trade and regional trade, this paper estimates the embodied carbon in 31 regions' foreign trade and interregional trade in 2012 based on the data of China's regional input-output data and energy consumption data concerned, and tries to analyze China's carbon emissions transfer from the perspectives of foreign trade and interregional trade to investigate the differences in regions' status in carbon emissions transfer and reasons for status differences, thereby answering the research questions raised.

It comes to the following conclusions: firstly, the regions with net outflow of carbon emissions such as Guangdong, Jiangsu, and Zhejiang are the transit areas of carbon emissions transfer from foreign countries to China, and the regions with net inflow of carbon emissions such as Shanxi, Inner Mongolia, Hebei are the destinations in carbon emissions transfer chain, reflecting that carbon leakage mainly results from China's interregional trade rather than foreign trade; secondly, the trade of manufactured goods mainly contributes to carbon emissions transfer from foreign countries to China, and carbon emissions transfer among regions through interregional trade is mainly caused by domestic trade in primary products; the above characteristics of carbon emissions transfer show that China has become a pollution haven for the world's carbon emissions to some extent under the development pattern of export-oriented processing trade, thereby supporting the opinion that "pollution haven hypothesis" is feasible in China from a perspective of carbon emissions transfer; thirdly, the sub-sector carbon emissions transfer analysis in Guangdong and Shanxi provinces indicates that regional status in carbon emissions transfer is correlated with the characteristics of regional structure, and is influenced by resource endowment, foreign trade development mode, etc.

The conclusions of this paper provide China with important enlightenment to achieve carbon emissions reduction in future, including the formulation of regional differentiated carbon emissions reduction policies and targets, the formation of low-carbon industrial system and the construction of low-carbon energy system. The State Council has paid high attention to the above enlightenment and has made related policies in deed. For example, according to the 13th Five-Year Work Plan for Controlling Greenhouse Gas Emissions (2016), China has proposed to determine provincial carbon emissions control targets based on the consideration of different development stages, resource endowment and strategic positioning. In short, this paper mainly expands the existing research in the following three aspects. Firstly, this paper updates the estimation results of embodied carbon emissions in China's foreign trade and regional trade to 2012. Secondly, it explores the regional status differences in carbon emissions transfer and related reasons through the analysis of the relationship between embodied carbon emissions in China's foreign trade and regional trade. Thirdly, it proposes the feasible carbon emissions reduction ways by explaining the characteristics of carbon emissions transfer in detail. In addition, with gradual perfection of input-output data, carbon emissions data and energy consumption data, the assumptions like "domestic technology assumption" involved in the research will be improved.

Key words: carbon emissions transfer; interregional trade; embodied carbon; carbon leakage; pollution haven

(责任编辑 景 行)