

中国对外贸易隐含碳排放及省际转移研究

——基于环境投入产出模型的分析框架

兰天¹, 韩玉晶^{1,2}

(1. 云南财经大学经济学院, 云南昆明, 650221;

2. 长治学院法律与经济学系, 山西长治, 046000)

摘要: 在国内国际双循环新发展格局下, 研究对外贸易隐含碳排放及省际碳转移问题对实现“双碳”目标至关重要。利用最新编制的中国地区投入产出表, 尝试从对外贸易与省际贸易两个维度考察中国31个省份的碳排放转移, 并在分析不同省份对外贸易碳排放流动关联性的基础上, 进一步揭示其省际碳转移方向存在差异的原因。研究发现: 从中国31个省份碳排放转移模式来看, 浙江、广东、江苏等沿海省份由对外贸易引起的净碳流入可通过省际贸易向外转移, 山西、内蒙古、河北等内陆省份间的碳转移是由省际贸易主导; 中国对外贸易隐含碳排放呈净流入状态的主要原因是出口的工业制成品隐含碳含量较高, 而省际碳转移则主要集中于初级产品贸易; 从测算结果来看, 大多数省份进出口产品的碳贸易条件 $CTT>1$, 表明比进口更为“肮脏”的出口结构不利于碳减排目标的实现, 省际碳贸易条件以及碳排放强度的显著差异是影响各省份碳转移流向的重要因素。基于研究, 制定差异化碳减排政策, 加快推进省际合作碳减排机制建设, 将有助于外贸低碳化发展。

关键词: 贸易隐含碳; 碳转移; 环境投入产出模型; 碳贸易条件

中图分类号: F831.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2022)04-0094-13

一、引言

自1978年改革开放以来, 中国进出口总额的快速增长与二氧化碳排放量的急剧增加相伴而行, 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^[1-3]。为了确保“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和”目标达成, 2021年11月商务部印发的《“十四五”对外贸易高质量发展规划》提出“构建绿色贸易体系”, 并强调“大力发展高质量、高技术、高附加值的绿色低碳产

品贸易。严格管理高耗能、高排放产品出口”。由此可见, 对外贸易作为畅通国内国际双循环的关键枢纽, 以碳达峰、碳中和为主要抓手推动贸易绿色发展是推动生态文明建设和贯彻新发展理念的重要举措。

国家整体层面的进出口贸易引致的碳转移问题已受到政府职能部门的高度重视, 但同时我们也应注意到, 随着全面开放新格局的纵深推进以及省际贸易规模不断增长, 各省份在国内外贸易过程中也形成了区域发展差距大、碳排放强度不平衡等现象。中国统计局资料显示, 2019年按照每万元人民币所使用的吨标准煤计算^①, 宁夏、青海及内蒙古在能源投入强度方面位列前三, 而

收稿日期: 2022-02-23; 修回日期: 2022-05-23

基金项目: 国家自然科学基金项目“清洁产业出口扩张与污染天堂规避——基于贸易、环境政策协调的CGE模型研究”(71563061)

作者简介: 兰天, 男, 云南昆明人, 云南财经大学经济学院教授、博士生导师, 主要研究方向: 贸易与环境; 韩玉晶, 女, 山西长治人, 云南财经大学经济学院博士研究生, 长治学院法律与经济学系助教, 主要研究方向: 贸易与环境, 联系邮箱: 857662681@qq.com

浙江、广东等东南沿海省份作为对外开放的前沿地区,其经济发展水平与碳排放量并未呈现正相关关系。那么,我国省际贸易是否也会发生类似于国际上的碳转移现象呢?在不同省份的碳排放与转移过程中,对外贸易与省际贸易分别发挥怎样的作用?对此,在利用环境投入产出模型测算碳排放规模的基础上,从对外贸易和省际贸易两个维度考察 31 个省、直辖市、自治区^②(以下简称“省份”)的国内外碳排放流动关联及转移模式,并探寻省际碳转移流向存在差异的原因,对各省制定科学合理的碳减排政策及实现贸易高质量发展具有非常重要的现实意义。

二、文献回顾

与本文相关的文献主要有三大类:第一类文献从贸易开放视角考察中国积极融入经济全球化与污染排放之间的关系。这类文献又包括两个方面,一方面的文献主要是聚焦于“污染天堂假说”的检验,该假说提出,国家间环境规制标准的差异会对国际资本流动及对外贸易模式产生影响,造成的直接结果是污染密集型企业更愿意在环境规制较松的国家或者地区进行生产,从而使得上述类型的国家成为“污染天堂”。关于我国在对外贸易过程中是否发展成为“污染天堂”的研究结论并不一致,一种观点认为我国为经济发展程度较高的国家承受着环境污染后果,污染密集型产业确实会从发达国家向不发达国家不断转移^[4-7],但也有相关研究对该结论持怀疑态度^[8-9]。另一方面的文献主要是研究贸易对二氧化碳排放的影响。随着中国为了应对全球气候变暖而承受的碳减排压力与日俱增,碳排放及转移问题愈发得到国内外学者的强烈关注, Pan 等的研究认为,中国对外贸易过程中贸易隐含碳排放呈现逆差^[10],中国大规模出口的背后是以高碳排放成本作为代价的^[11-13],并且这些碳排放主要是由与发达国家贸易引起的,其转移规模还会随着参与垂直专业化分工程度加深而增加^[14]。Shui 和 Harriss 发现,在 1997—2003 年,中国大约有

7%~14%的碳排放与为美国提供相关产品和服务有关,而且美国和日本是向中国进行碳转移最多的国家^[15]。刘宏筵等研究中国全球碳排放责任与形象时,认为中国是全世界最大的净出口碳排放国家,并在全球供应链体系中积极承担责任^[16]。由此可见,跨国贸易的蓬勃发展使生产和消费分离,导致与贸易有关的隐含碳排放可以通过国际贸易流向别国,大多数学者的研究结论认为,我国在过去几十年间粗放型的外贸发展方式带来了严重的环境污染问题。

第二类文献是从区域间贸易角度进行碳转移研究。我国地域辽阔,各省份之间经济发展和碳排放水平存在差距,且具有明显的区域间贸易隐含碳排放转移特征^[17-19]。在碳减排责任核算方面,钟章奇等认为,我国碳排放较高的区域可将商品的生产转移至别的省份以完成本地区的碳减排目标,进而提出各省份要科学核算碳排放责任,应制定政策鼓励区域合作减排^[20]。张同斌和陈婷玉认为,在相同的碳减排目标下,经济发达地区与经济欠发达地区的碳排放量下降幅度差异较大,这与各地区所处的“经济—碳排放”体系中的位置有较强关联^[21]。

第三类文献则是关于贸易隐含碳排放测算方法的研究。目前贸易隐含碳的测算方法主要有两种,分别是基于生命周期理论的生命周期法和基于投入产出理论的投入产出法。得益于国家及地区层面的投入产出数据不断完善,基于投入产出法的环境投入产出模型在测算贸易隐含碳方面得到了更为广泛的使用,该模型的发展经历了单区域投入产出模型(SRIO)、双边投入产出模型(BRIO)和多区域投入产出模型(MRIO)三个阶段。而 MRIO 相较于前两个阶段的优点是可以兼顾直接碳排放与间接碳排放的测算,并在技术异质性假设和区分中间品与最终品的基础上,更为精确地描述贸易隐含碳流向以及分析各个国家碳排放关联。潘安和魏龙基于多区域投入产出模型,采用世界银行提供的投入产出表测算中国贸易隐含碳排放,发现我国 1995—2011 年对外贸易隐含碳及净出口隐含碳排放均为正值^[2]。金继红等也使用该模型对 2000—2011 年中国与日本双

边贸易下两国的碳排放量进行了测度^[23]。目前环境投入产出模型已逐渐被应用于区域间贸易碳转移研究,相关学者可以利用我国发布的区域间投入产出表评估国内区域间碳转移规模并进行影响因素分析^[24-26]。

综上所述,国内外学者主要聚焦于发达国家与发展中国家的贸易隐含碳排放问题,并在研究中国贸易隐含碳方面取得了丰硕成果,为本文研究提供了坚实的理论基础及经验支撑。但是也不难发现,针对我国内部区域间尤其是省际碳排放转移的相关研究相对较少。基于此,本文可能的边际贡献在于以下几个方面:第一,本文试图基于省域视角从对外贸易及省际贸易两个方面识别碳排放转移模式,进一步丰富了贸易与环境领域的相关研究;第二,采用最新发布的中国地区投入产出表将贸易隐含碳测算结果更新至2017年,与已有研究相比更能真实反映不同省份在国内外贸易过程中的经济关联与环境影响;第三,通过构建环境投入产出模型以及碳贸易条件指数,在测算对外贸易与省际贸易隐含碳排放转移总量的基础上,拓展性分析不同省份碳转移方向存在差异的根本原因,并提出适当的政策建议。

三、模型与指标构建

(一) 环境投入产出模型的构建

国内任一省份在通过进出口货物与服务参与对外贸易的同时,亦可与国内其他地区发生省际商品流入和流出,由商品生产环节与消费环节的地域分离而引发的碳转移现象是本文研究的重点内容。就现阶段具体情况而言,各省份经济发展水平、参与国际贸易程度及能源结构存在显著差异,能否准确测算各地碳排放与转移规模对研究结论较为关键。因此,本文借鉴 Zhang^[17]构建的环境投入产出模型,在充分考虑各省中间使用品与最终使用品去向的基础上,刻画不同地区及部门间的相互关联,测算各省份对外贸易与省际贸易隐含碳排放规模,有助于细化分析碳排放转移模式。模型具体结构如下。

假设共有 R 个省份,每一省份内包含 n 个行业部门,其任一部门 i 均可用如下关系表示:

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

即

$$x_i^r = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^r + y_i^r + e_i^r + ep_i^r - m_i^r - mp_i^r \quad (2)$$

其中, x_i^r 表示省份 r 部门 i 的总产出, z_{ij} 为 j 部门对 i 部门的中间使用量, y_i^r 代表部门 i 的最终消费; e_i^r 和 m_i^r 分别代表省份 r 的部门 i 在国际贸易中的出口和进口, ep_i^r 和 mp_i^r 分别表示省份 r 对其他 $R-1$ 个省份的国内流出和国内流入; a_{ij} 是部门 j 对部门 i 的直接消耗系数。那么,由式(2)可推广至省份 r 的任一部门,表达式为:

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

其中, A^r 代表省份 r 各部门的直接消耗系数矩阵,为 $n \times n$ 阶矩阵, X^r 和 Y^r 分别表示省份 r 的总产出向量与最终需求向量; E^r 和 M^r 分别代表省份 r 的出口向量和进口向量, EP^r 和 MP^r 分别代表省份 r 的国内流出向量与国内流入向量。除 A^r 外,其余各项均为 $n \times 1$ 列向量。对式(3)进行移项并改写,具体形式为:

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

其中, $(I - A^r)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵,此外,将省份 r 部门 i 的直接碳排放系数用 d_i^r 表示,那么 $d^r = \{d_i^r\}$ 为省份 r 各部门直接碳排放系数的行向量,所以省份 r 的碳排放量可以表示为如下形式:

$$C^r = d^r X^r = d^r (I - A^r)^{-1} \cdot (Y^r + E^r + EP^r - M^r - MP^r) \quad (5)$$

在式(5)中, $d^r (I - A^r)^{-1}$ 为省份 r 部门单位产品产出的完全碳排放系数向量,与省份 r 碳排放量相关的内容包括满足省份 r 的最终需求、国际贸易的出口、省际贸易的国内流出、国际贸易的进口以及省际贸易的国内流入五部分。那么,省份 r 的出口隐含碳 CE^r 与向国内流出隐含碳 CEP^r 可分别表示为:

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

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

同理, 省份 r 的进口隐含碳 CM^r 与国内流入隐含碳 CMP^r 可表示为:

$$CM^r = d^m (I - A^m)^{-1} M^r \quad (8)$$

$$CMP^r = d^p (I - A^p)^{-1} MP^r \quad (9)$$

式(8)中, d^m 表示进口国的直接碳排放强度向量, A^m 为进口国直接消耗系数矩阵, d^p 表示国内其他省份的直接碳排放强度向量, A^p 是国内其他省份的直接消耗系数矩阵。那么, 对于省份 r 来说, $d^m(I-A^m)^{-1}$ 为进口国的完全碳排放系数向量, $d^p(I-A^p)^{-1}$ 是国内流入来源地的完全碳排放系数向量。

结合式(6)至式(9), 可推导出省份 r 的净出口隐含碳 N^r 及净国内流出隐含碳 NP^r , 即:

$$N^r = CE^r - CM^r \quad (10)$$

$$NP^r = CPE^r - CPM^r \quad (11)$$

当 $N^r > 0$ 时, 表示省份 r 在对外贸易中处于隐含碳净出口地位, 即在进行国际贸易时, 本该其他国家承担的碳排放向省份 r 转移; 当 $N^r < 0$ 时, 代表省份 r 通过国际贸易向其他国家转移碳排放。同理, 若 $NP^r > 0$, 表示省份 r 在省际贸易中处于隐含碳净流出地位, 国内其他省份通过省际贸易向省份 r 转移碳排放; $NP^r < 0$, 代表省份 r 向国内其他省份进行碳排放转移。设定 T^r 为 N^r 与 NP^r 两者之和, 反映省份 r 参与国内外贸易的总体碳排放情况。

(二) 碳贸易条件与贸易比较碳指数构建

首先, 本文参照潘安^[2]构建的碳贸易条件指数(Carbon Terms of Trade, CTT)分析各省对外贸易及省际贸易中出口(国内流出)碳排放强度与进口(国内流入)碳排放强度的相对水平。

$$CTT = \eta / \delta = \frac{CE^r / E^r}{CM^r / M^r} \quad (12)$$

$$CTT_p = \eta_p / \delta_p = \frac{CEP^r / EP^r}{CMP^r / MP^r} \quad (13)$$

式(12)和式(13)中的 η 与 η_p 分别表示对外贸

易的出口碳排放强度和省际贸易的国内流出碳排放强度, δ 与 δ_p 分别代表对外贸易的进口碳排放强度和省际贸易的国内流入碳排放强度。 $CTT > 1$ 和 $CTT_p > 1$ 表示单位出口(国内流出)产品的隐含碳排放水平高于单位进口(国内流入)产品的隐含碳排放水平, 反之亦然。

其次, 为了更好地描述中国各省份对外贸易、省际贸易中各行业出口隐含碳排放及国内流出隐含碳排放的相对贡献水平, 本文借鉴潘安^[2]构建的出口比较碳指数(ECC)与国内流出比较碳指数(PECC)来衡量中国各行业对各省贸易隐含碳排放的相对贡献情况。

$$ECC_i = \frac{CE_i^r / CE^r}{E_i^r / E^r} \quad (14)$$

$$PECC_i = \frac{CEP_i^r / CEP^r}{EP_i^r / EP^r} \quad (15)$$

式(14) (15)中的 ECC_i 和 $PECC_i$ 分别表示行业 i 的出口比较碳指数及国内流出比较碳指数。若 ECC_i 和 $PECC_i$ 值均大于 1 时, 说明省份 r 行业 i 的碳排放水平相对于该省份整体出口碳排放强度和国内流出碳排放强度偏高, 数值越大, 表明行业 i 对省份 r 的碳排放的贡献程度越高。若 ECC_i 和 $PECC_i$ 的值介于 0 与 1 之间, 则表明行业 i 对该省出口或国内流出碳排放的贡献程度较小。

四、数据来源及处理

(一) 数据来源

本文使用的数据主要来源于《中国地区投入产出表 2017》《中国 2017 年投入产出表》及《中国能源统计年鉴 2018》。《中国地区投入产出表 2017》提供了 31 个省份的投入产出表, 其中包含中间使用矩阵、进出口列向量以及国内省外流入与流出向量。《中国能源统计年鉴 2018》提供了各行业能源消费总量和各地区各品种能源消费量的相关统计数据^③, 是计算各省各行业碳排放强度的依据。

(二) 数据处理

各行业直接碳排放强度是测算各省碳排放

与转移规模的前提条件。由于《中国能源统计年鉴 2018》暂未统计各地区分行业能源消费量,本文需要对原始数据进行如下处理以获得各省各行业直接碳排放系数向量:首先,《中国能源统计年鉴 2018》中各行业各类能源消耗所产生的二氧化碳排放量可按照《2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南》提供的二氧化碳排放折算系数计算并加总得到,进而取其与《中国 2017 年投入产出表》产出向量的比值可得中国整体碳排放强度和各行业直接碳排放强度。其次,采用上述方法对《中国能源统计年鉴 2018》各地区各品种能源消费量和《中国地区投入产出表 2017》总产出向量进行处理并计算,可以得到各省碳排放强度。最后,根据各省碳排放强度占中国整体碳排放强度的比例对各行业直接碳排放强度系数进行调整,即可得到各省各行业直接碳排放系数向量。此外,在进口贸易隐含碳排放量计算过程中,由于进口来源国的完全碳排放系数较难获取,本文采用“技术同质性”假设,用本地区的完全碳排放系数向量代替进口国的完全碳排放系数向量。国内流入隐含碳中的完全碳排放系数向量,由中

国整体完全碳排放系数向量近似替代。

关于行业分类问题,《中国地区投入产出表 2017》及《中国 2017 年投入产出表》都将行业划分为 42 部门,而《中国能源统计年鉴 2018》将行业划分为 47 部门。本文以投入产出表为基础,将部门数量统一整合为 30 个,如表 1 所示。将部门 1 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 27 称为建筑业,部门 28—30 称为服务业。

为了更为直观地描述贸易隐含碳转移流向并阐释原因,本文参照国家统计局的地区分类方式,按八大经济区域分类,将 31 个省份划分为东北区域(辽宁、吉林、黑龙江)、北部沿海(北京、天津、河北、山东)、东部沿海(上海、江苏、浙江)、南部沿海(福建、广东、海南)、黄河中游(山西、内蒙古、河南、陕西)、长江中游(安徽、江西、湖北、湖南)、西南地区(广西、重庆、四川、贵州、云南)、大西北地区(西藏、甘肃、青海、宁夏、新疆),进而对各区域分行业碳转移特征进行分析。

表 1 中国行业部门分类结果

序号	部门名称	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	其他制造产品和废品废料
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	23	金属制品、机械和设备修理服务
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	交通运输、仓储和邮政
14	金属冶炼和压延加工品	29	批发和零售、住宿和餐饮
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 2017》和《中国能源统计年鉴 2018》整理

五、计算结果分析

(一) 总体碳排放转移情况

根据式(10)与式(11), 本文计算得出 31 个省份的净出口隐含碳排放 N 、省际净流出隐含碳排放 NP 及净流出隐含碳排放 T 的值, 反映各地区进行对外贸易与省际贸易引起的碳排放转移情况。2017 年中国各省碳排放转移情况如表 2 所示。具体特征有如下几点:

(1)从净流出隐含碳排放 T 的值来看, 参与对外贸易及省际贸易引起碳排放量下降的省份有 20 个, 碳排放量上升的省份有 11 个。净流入隐含碳排放量与净流出隐含碳排放量省份具有明显的区域特征, 净流出碳排放量为正的省份主要位于东北区域、黄河中游以及大西北地区, 而净流出碳排放量为负的省份则集中于东部沿海及南部沿海地区。

(2)省际贸易引起的碳排放转移规模普遍大于对外贸易引起的碳排放转移规模。大多数省份净出口隐含碳排放为正值, 表明参与国际贸易会存在“国内生产, 国外消费”的碳转移问题, 但省际贸易引起的碳排放转移规模更大, 说明国内商品与服务的流入和流出引起的碳排放转移更为明显, 国内各地区之间的碳泄漏现象更为严重, 使得各省份净流出碳排放符号往往与省际净流出碳排放符号一致。

(3)沿海省份与内陆省份在对外贸易和省际贸易中引起碳排放的地位差异较大。浙江、广东和江苏的净出口隐含碳排放和省际净流出隐含碳排放绝对值位居 N 和 NP 前列, 但两者之和的最终结果是净流出隐含碳排放为负值, 反映出沿海省份在积极抓住外贸机遇发展自身经济的同时有可能通过省际贸易将二氧化碳转移至省外。而山西、河北、辽宁及内蒙古等地的省际贸易隐含碳排放量为正值, 相较于参与对外贸易, 省际贸易使上述省份产生更多的二氧化碳。

根据对外贸易与省际贸易中的碳流向可将 31 个省份划分为四类地区, 具体分类说明见表 3。
I 类地区: $N>0$, $NP>0$, 对外贸易及省际贸易均

表 2 2017 年中国 31 个省份贸易隐含碳排放情况

地 区	$N(\text{Mt})$	$NP(\text{Mt})$	$T(\text{Mt})$	CTT	CTT_P
北 京	-234.88	-167.87	-402.75	0.903	0.713
天 津	-33.41	-6.74	-40.15	0.978	0.912
河 北	48.79	368.51	417.30	1.210	1.783
山 西	14.88	366.48	381.35	1.001	3.470
内 蒙 古	-7.89	553.36	545.46	1.376	3.210
辽 宁	-17.00	417.31	400.32	1.168	2.064
吉 林	-52.09	-60.99	-113.08	1.124	0.910
黑 龙 江	-15.00	87.70	72.70	1.087	1.438
上 海	-189.08	-81.26	-270.35	0.934	0.686
江 苏	139.63	-507.45	-367.81	1.005	0.647
浙 江	252.39	-720.27	-467.88	0.989	0.686
安 徽	9.00	-67.49	-58.49	0.929	0.815
福 建	-40.06	-3.75	-43.81	0.897	0.739
江 西	27.02	-58.38	-31.36	0.809	0.930
山 东	51.53	-200.05	-148.53	1.068	1.053
河 南	28.85	-238.30	-209.45	1.001	1.004
湖 北	19.59	-100.88	-81.29	0.966	0.642
湖 南	15.21	-138.56	-123.35	1.010	0.753
广 东	213.17	-663.66	-450.49	1.046	0.698
广 西	10.37	-20.43	-10.06	1.218	1.050
海 南	-1.58	-1.64	-3.22	1.206	1.087
重 庆	16.59	-110.05	-93.46	1.026	0.966
四 川	18.17	-102.79	-84.62	1.029	0.660
贵 州	5.19	93.86	99.04	0.967	1.614
云 南	2.32	-212.70	-210.38	1.203	0.983
西 藏	0.21	-30.29	-30.08	1.111	0.476
陕 西	18.76	23.47	42.23	0.928	1.155
甘 肃	-6.77	131.86	125.09	0.927	2.763
青 海	1.13	9.25	10.38	0.820	4.204
宁 夏	16.85	161.53	178.38	1.158	5.335
新 疆	-143.11	336.31	193.20	1.063	3.377

导致净碳流入, 贸易提升了此类地区的碳排放水平; II 类地区: $N<0$, $NP>0$, 在对外贸易中处于贸易隐含碳的净流出地位, 但在省际贸易中获得更大规模的碳转移, 进而导致整体碳排放水平升高; III 类地区: $N<0$, $NP<0$, 参与对外贸易和省际贸易均有助于降低碳排放水平; IV 类地区: $N>0$, $NP<0$, 对外贸易的净出口隐含碳排放为正

表3 以碳流向为依据的地区分类及说明

N/NP 值	地区分类	主要代表	说明
$N>0, NP>0$	I类地区	河北、山西、陕西	对外贸易及省际贸易均导致净碳流入
$N<0, NP>0$	II类地区	内蒙古、辽宁、甘肃	对外贸易隐含碳净流出规模小于省际贸易净碳流入规模
$N<0, NP<0$	III类地区	北京、天津、上海	参与对外贸易和省际贸易均有助于降低碳排放水平
$N>0, NP<0$	IV类地区	江苏、浙江、广东	对外贸易隐含碳净流入规模小于省际贸易净碳流出规模

值,并且通过省际贸易向其他省份转出的碳排放规模大于对外贸易的净碳流入规模,总体上参与贸易可使碳排放水平下降。

(二) 各省碳贸易条件

依据表2的计算结果,通过对各省碳贸易条件的分析可知:第一, $CTT>1$ 且 $CTT_p>1$ 的省份主要有河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、山东、河南等,这些省份的对外贸易与省际贸易均不利于碳减排,其中部分省份属于前文所划分的I类地区,贸易隐含碳排放的流入量大于流出量。值得注意的是,山东、河南、广西、海南等地净流出隐含碳排放为负值,这表明碳排放转移在一定程度上或与贸易规模、贸易结构有关。第二, $CTT<1$ 且 $CTT_p>1$ 的省份主要有贵州、陕西、甘肃及青海等,省际贸易对碳排放的不利影响大于对外贸易,并且不难发现这些省份省际贸易导致的隐含碳净流入量大于对外贸易引致的隐含碳净流入量,主要原因可能是上述地区为了保证经济增速达到既定目标,主要依靠向省外其他地区输出资源密集型产品造成更多的省际隐含碳转入。第三, $CTT<1$ 且 $CTT_p<1$ 的省份主要包括北京、天津、浙江等,碳转移总体处于净流出地位。其中浙江、江西、湖北等地属于上文划分的IV类地区,表明对外贸易中碳贸易条件小于1的优势并未转变上述地区净出口隐含碳排放量为正值的现状。第四, $CTT>1$ 且 $CTT_p<1$ 的省份有江苏、湖南、广东等,其中大部分属于III类地区,对外贸易不利于这些地区碳减排,但省际贸易有助于其向国内其他地区进行碳排放转移。

(三) 分行业碳排放转移

根据前文行业划分,进一步分析省际贸易碳排放转移的行业特征。从表4的计算结果可知,省际贸易引起碳转移规模较大的是制造业,浙

江、广东和北京的制造业碳转出规模位列前三,分别为629.95Mt、311.36Mt、285.47Mt。而河北、内蒙古、贵州等是主要的碳排放净流入省份。在细分行业中,碳转移主要集中在金属冶炼和压延加工业、金属制品业等行业。采掘业的省际贸易隐含碳转移规模仅次于制造业,江苏、浙江、河北是主要的采掘业隐含碳转出地,而碳排放净流入地则是山西、内蒙古、新疆等资源大省,其中山西与内蒙古的煤炭开采与洗选业的净碳流入量分别为296.21Mt和114.41Mt。此外,在电力、煤气及水生产和供应业,河南、广东、江苏表现为净碳流出,而新疆、内蒙古、黑龙江等省份是主要的净碳流入地。建筑业与服务业的省际贸易隐含碳转移量相对较小,其中建筑业贸易隐含碳排放的主要流出地为广东、河南、江苏、湖南,而辽宁的净碳流入量最大,为166.77Mt。服务业中,江苏是主要的碳排放净流出省份。农业在六类行业中碳转移规模最小,新疆的省际贸易隐含碳转入量为52.59Mt,其余省份碳转移量均相对较小。

本文根据前文对地区与行业的分类,对各省按行业加总后的对外贸易碳排放转移特征进行分析,表5显示了2017年中国八大经济区域分行业对外贸易的净出口隐含碳排放水平,东北地区、北部沿海及大西北地区的净出口隐含碳水平为负值,这些地区贸易隐含碳往往处于对外贸易逆差地位,“国外生产、国内消费”的模式有利于降低这些地区的碳排放水平,北部沿海地区的减排效果最为突出,能够减少257.51Mt的碳排放量。东部沿海、南部沿海、黄河中游、长江中游及西南地区对外贸易的净出口碳排放量为正值,东南沿海地区以港口贸易为主,具备发展国际贸易的比较优势,长期的贸易顺差对区域内二

表 4 省际贸易分行业隐含碳排放情况

(单位: Mt)

地 区	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
北 京	-3.31	69.99	-285.47	-2.08	51.38	1.63
天 津	-6.30	0.32	-15.58	-8.96	3.64	20.14
河 北	15.70	-89.77	490.71	-47.80	-95.29	94.96
山 西	-3.56	299.28	32.76	16.34	-0.05	21.70
内 蒙 古	28.58	143.25	260.92	44.00	34.85	41.77
辽 宁	22.61	-35.56	202.80	-0.86	166.77	61.54
吉 林	-11.43	-4.05	2.41	-8.70	-85.45	46.22
黑 龙 江	37.68	29.30	0.17	30.24	-76.65	66.96
上 海	-2.64	-24.04	-134.71	-15.50	20.93	74.69
江 苏	-0.79	-140.90	-62.03	-71.43	-125.85	-106.44
浙 江	-4.57	-96.91	-629.95	-23.48	32.43	2.21
安 徽	-0.82	-17.93	1.06	-33.70	26.44	-42.53
福 建	-2.33	-19.94	35.53	-0.63	-0.40	-8.49
江 西	2.17	-33.91	46.54	-35.73	-23.35	-14.10
山 东	-4.20	-18.00	-38.64	-0.82	-104.47	-33.92
河 南	-4.53	-53.70	119.09	-93.81	-162.47	-42.88
湖 北	0.26	-12.16	-26.55	-9.42	-44.29	-8.73
湖 南	3.81	-22.21	14.58	-34.29	-113.62	13.16
广 东	-12.84	-43.65	-311.36	-87.06	-201.75	-7.01
广 西	8.81	-10.70	-2.22	-11.35	1.87	-6.85
海 南	8.47	-5.02	-29.22	-1.73	33.37	-7.51
重 庆	0.16	-22.43	-93.35	-32.38	33.31	4.65
四 川	2.04	-12.71	-133.43	15.55	-7.29	33.05
贵 州	16.55	27.52	281.94	2.10	-6.87	16.45
云 南	15.16	-1.03	-156.93	-0.19	-59.85	-9.85
西 藏	-0.06	-0.83	-27.07	-1.41	-0.25	-0.67
陕 西	15.56	24.58	-40.42	-9.86	-9.37	42.97
甘 肃	11.85	-11.21	122.51	1.12	1.80	5.78
青 海	3.90	7.97	12.67	-3.20	-6.97	-5.12
宁 夏	1.85	2.02	181.62	13.66	-17.89	-19.74
新 疆	52.59	134.44	126.22	92.16	-71.28	2.17

氧化碳的排放产生促进作用。黄河中游、长江中游区域的内陆省份大多能源矿产资源丰富,加之国内发达的交通运输网络,形成了以粗加工为主的对外贸易发展方式,导致碳排放水平升高。西南地区的净出口隐含碳排放量为 52.63Mt,可能的原因是自然资源丰富且得益于“一带一路”建设的深入推进,与东盟各国频繁的边境贸易,

在一定程度上提升了该区域的净出口隐含碳排放水平。

总体来看,中国 2017 年对外贸易的净出口碳排放量为 79.25Mt,表明对外贸易加剧了国内环境污染程度,不利于碳减排目标的实现。从分行业的对外贸易隐含碳排放情况来看,中国作为世界上工业体系最为完备的国家,制造业稳居世

表5 中国2017年八大经济区域分行业对外贸易净出口隐含碳排放情况 (单位: Mt)

	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
东北地区	-3.06	-54.49	21.58	-0.61	0.00	-47.50	-84.08
北部沿海	-10.86	-263.11	73.05	0.03	-68.28	11.67	-257.51
东部沿海	-11.34	-25.97	287.06	0.00	0.35	-47.15	202.95
南部沿海	-7.87	-31.22	191.21	2.02	0.34	17.06	171.53
黄河中游	-0.29	-32.52	73.60	0.60	6.02	7.18	54.60
长江中游	0.77	-24.40	84.62	0.00	0.00	9.83	70.82
西南地区	-1.36	-18.86	76.72	0.16	0.24	-4.27	52.63
大西北地区	1.72	-136.85	73.27	-73.30	0.15	3.32	-131.68
行业总计	-32.28	-587.43	881.08	-71.09	-61.18	-49.85	

界第一, 号称“世界工厂”。因此八大区域制造业对外贸易净出口隐含碳均为正值, 总和达到881.08Mt, 其中东部沿海及南部沿海作为中国对外开放的“窗口”, 制造业分布相对集聚, 净出口隐含碳排放量分别为287.06Mt和191.21Mt。按照划分区域分析, 采掘业的净出口隐含碳排放均为负值, 其中北部沿海向外转移碳排放的规模最大, 为263.11Mt, 这在一定程度上可以改善中国承接国外碳转移的现状。此外, 农业、服务业、电煤及水生产和供应业与建筑业总体均表现为贸易隐含碳排放净流出, 其规模与采掘业、制造业相比较小, 所以整体上并未改变中国对外贸易隐含碳排放净出口地位, 因此推动制造业转型升级是实现碳排放目标的重要方向之一。

(四) 碳排放转移特征

通过分析31个省份对外贸易和省际贸易隐含碳排放转移情况, 对比表4与表5结果, 可以发现如下特征: 第一, 省际净流出隐含碳排放规模大于对外贸易净出口隐含碳排放规模, 表明省际碳排放转移对环境质量及减排目标实现的影响值得重视; 第二, 浙江、广东、上海等沿海地区的制造业在对外贸易中处于净碳流入地位, 而在省际贸易中处于净碳流出地位, 两者之间的差异意味着沿海地区有可能将国外流入的碳排放压力转移至内陆省份, 从而实现经济发展与环境保护的双赢目标; 第三, 按照碳排放转移模式划分的区域类型与碳贸易条件计算所得结果不能完全匹配, 也就是说出口相对“肮脏”产品的省

份有可能表现为碳排放净流出状态, 而出口相对“清洁”产品的省份净出口碳排放量最终结果也有可能为正值。例如, 海南省际贸易及对外贸易碳条件指数均大于1, 但结果均为碳排放净流出状态, 表明影响碳排放转移的因素不仅与单位产品的清洁程度有关, 可能还与进出口贸易结构、贸易规模等因素有一定联系。

(五) 碳排放转移原因分析

众多学者研究碳排放转移原因, 认为贸易体量、隐含碳密集度和贸易结构是造成贸易隐含碳差异的主要因素^[27]。本文根据碳排放转移总体规模和对外贸易与省际贸易的碳贸易条件计算结果, 选取碳贸易条件与净出口隐含碳排放表现相反的地区进行分析^④。限于篇幅, 选择贵州与浙江两个省份, 它们分别属于Ⅰ类地区和Ⅳ类地区。主要从贸易规模、各行业对出口贸易隐含碳的相对贡献程度以及贸易结构等方面考察对外贸易与省际贸易碳排放转移的原因。

从表6列示结果可知, 浙江与贵州的净流出隐含碳排放主要集中在制造业与采掘业。从产业结构来看, 浙江与贵州两地各有侧重, 贵州的农业、采掘业、电力煤气及水的生产供应业和建筑业占总产出的比重均高于浙江, 而在浙江产业结构中制造业以51.31%的比例占据绝对优势, 这种结果与贵州自然资源丰富和浙江占据区位优势等要素禀赋有关, 是影响净出口隐含碳排放的主要因素。贵州的农业、采掘业在对外贸易与省际贸易中流出的比例明显高于浙江, 而且贵州采掘

表 6 2017 年浙江与贵州分行业净流出隐含碳排放对比情况

地区		农业	采掘业	制造业	电力煤气及水的生产供应业	建筑业	服务业
浙江	产出占比(%)	2.26	0.18	51.31	3.76	8.96	33.54
	出口占比(%)	0.24	0.13	89.52	0.00	0.00	10.11
	国内流出占比(%)	2.30	0.75	51.48	0.54	6.59	38.35
	ECC	0.41	0.47	1.05	0.00	0.00	0.56
	PECC	0.48	0.89	1.24	1.44	1.32	0.65
	N(Mt)	-2.10	-10.78	257.37	0.00	0.00	7.89
	NP(Mt)	-4.57	-96.91	-629.95	-23.48	32.43	2.21
贵州	产出占比(%)	10.47	7.52	26.73	6.66	15.72	32.90
	出口占比(%)	3.35	17.07	79.54	0.00	0.00	0.04
	国内流出占比(%)	11.68	6.33	50.12	0.40	5.69	25.78
	ECC	0.35	0.85	1.06	0.00	0.00	0.49
	PECC	0.42	1.13	1.29	1.61	1.24	0.61
	N(Mt)	-0.71	0.78	5.11	0.00	0.00	0.01
	NP(Mt)	16.55	27.52	281.94	2.10	-6.87	16.45

业的出口比较碳指数及国内流出比较碳指数较高, 该行业净出口隐含碳排放为正, 表明采掘业对贵州整体碳排放贡献程度较高。值得注意的是制造业, 浙江和贵州的 *ECC* 值和 *PECC* 值大小相当, 国内流出占比也几近相同, 而且浙江的 GDP 总量及贸易规模均高于贵州, 但是两省的省际贸易净出口隐含碳排放分别为-629.95Mt 和 281.94Mt, 形成这种现象的原因可能是浙江通过省际贸易将更大规模的二氧化碳转移至其他省份, 形成跨区域的碳泄漏; 而贵州向国内其他地区提供的产品主要是金属冶炼和压延加工品、化学产品、非金属矿物制品和食品及烟草等初级产品, 这也间接导致碳流入现象的发生。此外, 通过对两省服务业的隐含碳流出对比分析可以发现, 浙江服务业在产出占比、贸易规模及省际贸易体量等方面所占比例均高于贵州, 然而省际贸易净流出隐含碳规模却呈现出贵州远大于浙江的结果, 究其原因有可能是该行业碳强度不同, 贵州的对外贸易和省际贸易碳排放强度为 4.09 和 3.37, 而浙江仅为 1.82 和 1.55, 这侧面反映了经济发达地区技术更为先进, 生产一单位产品的碳排放量相对更低。

总体来看, 影响各省份对外贸易与省际贸易

碳转移的因素与产业结构、资源禀赋、贸易规模以及碳排放强度有关。在对外贸易方面, IV类地区中广东、浙江等经济相对发达的省份净碳流入主要为交通设备业、电气机械及器材制造业和纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品, 而且石油、煤炭及其他燃料加工业所引起的净碳转移量也位居前列, 贵州、河南、广西等省份出口金属矿采选产品、非金属矿物制品造成大规模贸易隐含碳流入。在省际贸易方面, 与贵州相似, 河北、山西等 I 类地区及辽宁、内蒙古这些 II 类地区的省际贸易净流入隐含碳规模较大, 且集中于煤炭开采和洗选业、非金属矿物制品业和石油、煤炭及其他燃料加工业等初级产品部门。而与之相对应的是, 北京、上海等 III 类地区和浙江、江苏、山东等 IV 类地区的省际贸易隐含碳净流出, 也主要来自这些部门。由此可见, 东部沿海及南部沿海区域通过大规模出口工业制成品导致国外向国内进行碳转移, 从而使国内的环境污染问题更加严峻; 在省际贸易中, 上述区域又可以通过向黄河中游及大西北区域调入初级产品实现省际碳转移, 也就是说东南沿海省份调入国内其他区域碳密集型中间产品以满足本区域生产需求, 进而将其生产的工业制成品出口以满足外国需求, 从而

形成从国外到国内的碳转移链条。

六、结论与建议

本文基于中国 2017 年地区投入产出数据,利用环境投入产出模型研究中国 31 个省份对外贸易与省际贸易隐含碳排放流动关联及转移模式,评估不同省份间碳转移规模并解释碳转移流向存在差异的原因。主要结论如下:首先,根据贸易隐含碳排放情况,对各省份对外贸易和省际贸易碳排放转移模式进行分类,净流出隐含碳排放 $T>0$ 时,表明贸易不利于碳减排,反之亦成立;通过进一步分析发现,浙江、广东、江苏等沿海省份的由对外贸易导致的净碳流入可通过省际贸易向外转移,而山西、内蒙古、河北等内陆省份间的碳转移是由省际贸易主导。其次,中国作为全球第一大贸易国,长期处于贸易隐含碳排放净流入状态主要是由于向国外出口交通设备、电气机械及器材等工业制成品,国内省际发生碳转移的主要原因在于煤炭开采和洗选、非金属矿物制品等初级产品的贸易往来。再次,不同省份对外贸易及省际贸易碳贸易条件指数测算结果显示,大多数省份单位出口产品的含碳量比单位进口产品的含碳量高,表明相对“肮脏”的出口结构会随着贸易规模的不断扩大加速环境恶化。最后,通过对比贵州与浙江各行业的对外贸易隐含碳排放及省际转移情况,认为省际碳贸易条件以及碳排放强度的显著差异是影响碳转移流向的重要因素。

中国已经是全球碳排放量最高的国家,制造业是目前具有竞争力的比较优势产业,大量出口工业制成品在促进经济增长的同时也使国内环境污染问题愈发严峻。为了实现“碳达峰、碳中和”目标,要从对外贸易与省际贸易方面着手推动区域绿色低碳发展。相关政策建议如下:第一,对外贸易相对发达的省份要注重产品低碳化发展,推动环保低碳技术创新。工业制成品出口是我国成为贸易隐含碳净流入国家的重要原因,要通过技术升级降低出口产品的单位碳排放强度,

探索建立外贸产品全生命周期碳足迹追踪体系,做到从源头减少国外向国内碳转移总量。第二,各省份应制定差异化碳减排政策,鼓励区域间合作减排。各省碳排放转移模式具有明显差异性,各地政府应根据自身产业结构及资源禀赋制定相适应的碳减排政策及目标。浙江、江苏等沿海省份以降碳为导向,提升低碳贸易双循环企业和骨干外贸企业税收优惠与奖励力度,培育支持绿色低碳贸易主体成长发展;山西、内蒙古等内陆省份一方面要加大电力、热力等重点领域节能低碳技术研发力度,推动清洁能源及可再生能源替代传统能源;另一方面要建立严格长效的环境监测机制,减少承接国内外高能耗、高排放的污染性产业转移。与此同时,可借鉴清洁发展机制(CDM)的核证减排、欧盟碳排放交易体系(EU ETS)对市场主体的激励机制等国际较好的环境治理模式,并将其应用于国内省域间合作减排,依靠各省共同努力实现绿色发展。第三,积极与新兴经济体建立贸易合作伙伴关系,提高我国在价值链体系中的话语权。中国可以凭借现阶段的技术及产业优势,更多地参与到设计、研发等相对清洁的环节中,推动制造业向价值链上游迈进,提升国际竞争力。

注释:

- ① 数据来源于《中国能源统计年鉴 2020》。
- ② 中国有 34 个省级行政区,包括 23 个省、5 个自治区、4 个直辖市、2 个特别行政区。考虑数据来源问题,本文未将台湾地区和 2 个特别行政区列为研究对象。为了简化称呼,下文将自治区和直辖市统称为省份。
- ③ 《中国能源统计年鉴 2018》中未统计西藏地区的能源消费量,本文中西藏的直接碳排放系数向量由中国整体直接碳排放系数替代。
- ④ 通常认为碳贸易条件大于 1 会导致净碳流入,本文选取浙江和贵州作为研究对象,一是因为两者均表现为碳贸易条件小于 1,但净出口隐含碳排放量为正;二是由于两者在省际碳转移地位差异明显。

参考文献:

- [1] 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, 47(2): 146-158.
- [2] 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.
- [3] 潘安. 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[J]. 财经研究, 2017, 43(11): 57-69.
- [4] 王丽萍. 环境管制背景下我国污染产业时空转移的计量统计分析[J]. 统计与决策, 2016(6): 91-94.
- [5] 杨子晖, 田磊. “污染天堂”假说与影响因素的中国省际研究[J]. 世界经济, 2017, 40(5): 148-172.
- [6] WANG Q, YANG X. Imbalance of carbon embodied in south-south trade: Evidence from China-India trade [J]. The Science of the Total Environment, 2020, 707(Mar.10): 134473.1-134473.17.
- [7] 兰天, 夏晓艳. 全球价值链下的中欧制造业贸易隐含碳研究[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2020, 26(4): 111-123.
- [8] 彭水军, 刘安平. 中国对外贸易的环境影响效应: 基于环境投入-产出模型的经验研究[J]. 世界经济, 2010, 33(5): 140-160.
- [9] 朱婕, 任荣明. 出口、环境污染与对外直接投资——基于 2003~2012 年中国省级面板 VAR 的实证检验[J]. 生态经济, 2015, 31(6): 36-40.
- [10] PAN J, PHILLIPS J, CHEN Y. China's balance of emissions embodied in trade: Approaches to measurement and allocating international responsibility[J]. Oxford Review of Economic Policy, 2008, 24(2): 354-376.
- [11] PETERS G P, HERTWICH E G. Post-Kyoto greenhouse gas inventories: Production versus consumption[J]. Climatic Change, 2008, 86(1/2): 51-66.
- [12] 彭水军, 张文城, 孙传旺. 中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究[J]. 经济研究, 2015, 50(1): 168-182.
- [13] 张云, 刘枚莲, 王向进. 中国工业部门贸易开放与碳泄漏效应研究——高低碳行业分类实证对比[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2019, 51(6): 151-161+180.
- [14] 郑国姣, 杨来科. 东亚地区产业垂直专业化、贸易细分与中国的贸易隐含碳[J]. 产经评论, 2015, 6(2): 96-105.
- [15] SHUI B, HARRISS R C. The role of CO₂ embodiment in US-China trade[J]. Energy Policy, 2006, 34(18): 4063-4068.
- [16] 刘宏筵, 张济建, 张茜. 全球供应链视角下的中国碳排放责任与形象[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 652-668.
- [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] WU R, GENG Y, DONG H, et al. Changes of CO₂ emission embodied in China-Japan trade: Drivers and implications[J]. Journal of Cleaners Production, 2016, 112(5): 4151-4158.
- [19] 薛俭, 朱迪, 赵来军. 基于省际贸易视角的环境治理隐含成本研究[J]. 中国管理科学, 2020, 28(10): 210-219.
- [20] 钟章奇, 张旭, 何凌云, 等. 区域间碳排放转移、贸易隐含碳结构与合作减排——来自中国 30 个省区的实证分析[J]. 国际贸易问题, 2018(6): 94-104.
- [21] 张同斌, 陈婷玉. 中国区域经济关联视角下的碳减排效应模拟与地区减排差异解释[J]. 经济科学, 2017(6): 31-44.
- [22] LENZEN M, MORAN D, KANEMOTO K, et al. Building eora: A global multi-region input-output database at high country and sector resolution[J]. Economic Systems Research, 2013, 25(1): 20-49.
- [23] 金继红, 居义义. 中日贸易隐含碳排放责任分配研究[J]. 管理评论, 2018, 30(5): 64-75.
- [24] 任力, 黄崇杰. 中国对外贸易与碳排放——基于面板数据的分析[J]. 经济学家, 2011, 23(3): 75-81.
- [25] 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(2): 75-84.
- [26] 李堃, 王奇. 整合消费与增加值视角的中国行业碳排放变动分解研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(3): 37-48.
- [27] 李清如. 中日对“一带一路”沿线国家贸易隐含碳的测算及影响因素分析[J]. 现代日本经济, 2017, 36(4): 69-84.

Research on embodied carbon emissions of China's foreign trade and inter-provincial carbon transfers: An analysis framework based on environmental input-output models

LAN Tian¹, HAN Yujing^{1,2}

(1. School of Economics, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221, China;

2. Department of Law and Economics, Changzhi University, Changzhi 046000, China)

Abstract: Under the background of the new development pattern of domestic and international dual cycle, research on the issues of carbon emissions implied by foreign trade and inter-provincial carbon transfer is very critical to achieving the "dual carbon" goal (carbon emission peak, carbon neutrality). Adopting the newly compiled regional input-output table of China, this paper attempts to investigate the carbon emission transfer of 31 provinces in China from two dimensions of foreign trade and inter-provincial trade, and, based on the correlation of carbon emission flow of different provinces in foreign trade, further reveals the reasons for the differences in the direction of inter-provincial carbon emission transfer. The results show that from the perspective of the carbon emission transfer pattern of 31 provinces in China, the net carbon emissions of Zhejiang, Guangdong, Jiangsu and other coastal provinces caused by foreign trade can be transferred outward through inter-provincial trade, while the carbon emission transfer of Shanxi, Inner Mongolia, Hebei and other inland provinces is mainly dominated by inter-provincial trade, that the main reason for the net inflow of embodied carbon emissions in China's foreign trade is that the carbon embodied in exported manufactured goods is high, while the inter-provincial carbon transfer is mainly concentrated in the trade of primary products, and that judging from calculation results, the $CTT > 1$ (Carbon Terms of Trade) of import and export products of most provinces, indicates that the export structure, which is more "dirty" than the import structure, is not conducive to the realization of carbon emission reduction targets, and the significant differences in carbon terms of trade and carbon intensity between provinces are the important factor affecting the flow direction of carbon transfer in each province. Therefore, formulating differentiated carbon emission reduction policies and establishing inter-provincial cooperation emission reduction mechanisms based on the different carbon emission transfer models obtained in the study are the institutional basis for the low-carbon development of foreign trade.

Key Words: trade embodied carbon; carbon transfer; environmental input-output model; carbon trading terms

[编辑: 何彩章]