

【区域开放与合作】

# 低碳全球化下中国进出口贸易的隐含碳演变趋势及调控优化策略\*

韩梦瑶 孙紫荻

**摘要:**在低碳全球化趋势下,中国现阶段的出口结构仍然以高碳行业为主,其进出口隐含碳排放不容忽视,合理优化贸易布局是中国优化进出口贸易结构及应对风险的有效措施。结合全球贸易隐含碳研究结果,力求刻画全球贸易隐含碳时空演变格局,对比不同情景下中国隐含碳转移的趋势差异,解析不同情景下中国高碳行业的贸易风险,主要结论如下:全球主要国家之间的贸易额呈现增长态势,其中印度、墨西哥等新兴经济体在全球贸易中的地位逐渐提升;中国出口隐含碳的总量和规模相较进口变化幅度大,隐含碳主要出口国仍为美国、日本、德国、韩国等发达国家;基准情景下中国各行业隐含碳排放强度均呈现下降趋势,欧盟碳边境调节税的实施对中国高碳行业产出和对外贸易结构产生较大程度冲击,并导致中国出口贸易呈现缩减的倾向;“一带一路”经贸合作的增强对中国行业结构和进出口贸易结构的调整产生正向影响,对出口隐含碳的减排起到促进作用。

**关键词:**低碳全球化;进出口贸易;投入产出法;隐含碳排放

**中图分类号:**F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5766(2025)01-0144-12 **收稿日期:**2024-10-09

**\*基金项目:**国家社会科学基金项目“‘双碳’目标对中国跨境贸易网络的重塑及转型风险防范研究”(22CJY020)。

**作者简介:**韩梦瑶,女,中国科学院地理科学与资源研究所副研究员,剑桥大学环境、能源和自然资源管理中心客座研究员(北京 100101)。

孙紫荻,女,中国地质大学与中国科学院地理科学与资源研究所联培硕士生,通信作者(武汉 430074)。

## 一、引言

随着经济社会的持续发展,人类活动频繁,特别是工业化进程和能源消耗剧增,大量的碳排放进入大气中(IPCC, 2007),引发了温室气体浓度上升,从而造成全球气候变暖。据IPCC第六次评估报告,2011—2020年平均温升相比工业化前(1850—1900年)增高了1.09℃,2001—2020年较工业化前增暖0.99℃(IPCC, 2021; IPCC, 2022)。碳排放与人类活动联系密切,并在控制气候变化方面发挥重要作用(Zeng et al., 2022; 顾朝林等, 2009),如何控制

碳排放、缓解全球气候变暖成为国际社会广泛关注的热点问题(Li et al., 2022; 樊星等, 2023)。

在经济全球化的时代下,全球贸易不仅仅是物品之间的交换,同时也是资源与环境之间的流动(李怀政, 2009; 李惠民等, 2016),促使经济、环境和劳动力成本在时空分布上产生差异。随着社会不断发展,发展低碳经济、向低碳经济转型成为气候变化背景下人类的必然选择和应对气候变化的必由之路(鲍健强等, 2008; 潘家华等, 2010; 张春华, 2009)。为应对全球气候变化给人类生产生活带来的挑战,2003年英国政府白皮书首次提出低碳经济的概念(Department of Trade and Industry, 2003),以

低碳经济革命为核心的世界低碳经济活动,即低碳全球化概念应运而生(林伯强,2010)。通过低碳生产、贸易、金融、科技等方面的紧密合作与深度融合,资源、资金、技术和服务相互流通,进而在全球范围内形成了低碳经济,成为低碳全球化的重要表征。

随着低碳全球化趋势的不断深入,各国纷纷采取措施进行应对。发达国家或地区将经济收益较低且污染较严重的制造业转移到欠发达国家或地区,同时美国、欧盟等以气候保护为由对发展中国家的高耗能进口产品征收碳关税。在国际贸易政策对中国贸易影响的研究方面,随着低碳经济及低碳全球化的不断发展,各种环境规制措施如碳关税(Sheng et al., 2022; 李平等, 2010)、碳标签(Liu et al., 2016; 吴洁等, 2009)、低碳认证标志(MacKerron et al., 2009; 徐清军, 2011)等在一定程度上对国际贸易中的产品价格产生了影响。为了推动全球减排、防止碳泄漏,欧盟启动碳边境调节机制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM)的实施工作(European Parliament, 2023)。对于以中国为代表的发展中国家来说,碳边境调节机制等贸易政策对高碳排放如重化工业的出口商品具有更加强烈的限制作用(Zhou et al., 2023; 韩梦瑶等, 2022; 黄晓凤, 2010),进而影响这些产品的国际竞争力。然而,现有研究较多关注欧盟碳边境调节机制对中国出口的影响(姜婷婷等, 2021; 刘斌等, 2021; 张蓝心等, 2023),而较少关注欧盟碳边境调节机制引起产出变化时导致的中国进出口贸易的网络变化。

随着全球化的深入和国际贸易的不断增长,贸易活动对环境的影响日益受到关注。如何深入了解多区域贸易隐含碳排放的机制和影响因素,考虑不同国家或地区的产业结构、技术水平、政策环境等因素,对更准确地评估贸易活动对碳排放的影响至关重要(韩梦瑶等, 2020; 刘卫东等, 2022)。在多区域投入产出贸易隐含碳研究方面,低碳经济下贸易隐含碳排放的相关研究已在全球范围内引起普遍关注(Nadim et al., 2003; Davis et al., 2011; Wu et al., 2020; 李晖等, 2020; 刘竹等, 2023)。在国际贸易合作对中国贸易影响的研究方面,国际贸易合作如“一带一路”倡议(Belt and Road Initiative, BRI)、南南合作等是推动当代经济全球化的重要动力之一(姚秋蕙等, 2018)。从中国角度来看,“一带一路”倡议实施前后影响着参与国家经济发展的深

度和广度,共建国家的经济贸易隐含碳转移变化对降低碳排放总量同样至关重要(Xiao et al., 2023; Xiong et al., 2023; Zhang et al., 2022)。在此背景下,全球贸易中进出口产品隐含的碳排放问题备受学术界的关注(Wang et al., 2020; Zhang et al., 2023; 魏本勇等, 2010; 张中华等, 2019),全球贸易隐含碳排放情况及其非均衡性同样得到了广泛分析(Han et al., 2020)。

目前,中国作为世界上最大的贸易国和二氧化碳排放国,是全球贸易隐含碳排放中的关键一环。尽管中国出口产品不断向价值链的上游攀升,产品的质量和附加值不断提高,但现阶段的出口结构仍然以高能耗和高碳强度产品为主。这对中国应对气候变化造成了压力,同时影响着中国在全球气候变化问题上的立场和形象。多项研究表明,中国逐步增长的二氧化碳排放趋势与对外贸易增长密切相关(黄蕙萍等, 2020; 刘海霞等, 2020; 潘安等, 2016)。随着经济结构的重型化,制造业和火力发电等高碳排放行业比重的提高加剧了碳排放量的增长(涂正革, 2012; 杨顺顺, 2015)。在应对气候变化的背景下,现有研究重点集中在多区域投入产出贸易隐含碳排放分析(Lenzen et al., 2013; Peters et al., 2017; Zhou et al., 2022)、国际贸易政策和国际贸易合作对中国贸易影响分析相关领域,也有研究关注中国的直接投资是否有助于减少“一带一路”地区的碳排放(Li et al., 2021; Su et al., 2022; 贾妮莎等, 2019)。然而,如何在贸易增长的同时协调气候变化关系以及实现经济可持续发展,深入理解隐含碳排放与进出口之间的关系并制定出合理的优化策略是中国面临的重要议题(穆恩怡等, 2023; 王毅等, 2023; 张坤民, 2008)。

对比来看,中国作为最大的贸易出口国,不可避免为发达国家承担一定的隐含碳排放。如何全面和系统地对中国贸易隐含碳排放有所估算,在不同国际贸易政策与合作背景下的隐含碳排放对中国设定的减排目标和政策可能带来的影响,中国应当如何应对等问题仍有待解答。在此背景下,本文的研究意义如下:第一,为应对日益复杂的国际贸易环境,有针对性地开展中国对外贸易结构调整研究,为深化中国多边贸易隐含碳研究提供分析参考;第二,量化中国在全球贸易过程中的隐含碳排放,推动低碳经济转型和节能减排目标落实,为优

化进出口产业结构提供有力的数据支撑;第三,考虑了不同情景下中国出口隐含碳的变化趋势,并对中国高碳行业面临的低碳全球化风险与挑战提出了可行建议。由此,本文建立了覆盖全球185个国家或地区的26个行业和部门在内的环境拓展型多区域投入产出模型,核算全球贸易隐含碳的总体情况,呈现了全球贸易隐含碳的时空演变格局,分析2000—2020年中国贸易过程中隐含碳排放转移的动态演变特征,探究低碳全球化趋势下中国所面临的风险与挑战,力求为理解在不同情景下全球贸易中隐含碳网络的演化特征,探究低碳全球化背景下中国所面临的风险和挑战,提供启示建议。

## 二、研究方法数据来源

基于环境拓展的多区域投入产出模型,设定基准情景、碳边境调节机制情景、“一带一路”经贸合作情景,本文对全球2000—2020年185个国家或地区的26个行业与部门的贸易隐含碳转移进行研究分析。

### 1. 环境投入产出法

本文测算了185个国家或地区的贸易隐含碳转移,考虑各国中间产品以及技术差距,基于多区域投入产出模型(MRIO)(Smetschka et al., 2019),采用环境拓展的由全球M个国家或地区及对应的N个行业和部门构成的全球多区域投入产出模型,并进行调整。令 $T^{DR}$ 表示D国所有行业部门对R国所有行业部门的M\*M维中间投入矩阵(D、R=1,2,⋯,M), $F^{DR}$ 表示D国对R国的N\*M维最终需求矩阵,表

$$\begin{bmatrix} C_{11} & \cdots & C_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_{M1} & \cdots & C_{MM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & E_M \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11} & \cdots & L_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{M1} & \cdots & L_{MM} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{11} & \cdots & F_{1M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{M1} & \cdots & F_{MM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

其中,将矩阵式(7)按照行向量加总可得到一个国家或地区的出口贸易碳排放量,按照列向量加总可得到其进口贸易碳排放量。

### 2. 情景假设

目前,中国的进出口贸易结构受国内碳减排政策、国际贸易政策变化以及地区经济合作等多种因素影响。本文以中国隐含碳排放强度、行业结构特征为标准设定三种情景对中国出口贸易进行基本趋势的预测(以2025年为例),即基准情景、碳边境

调节机制情景、“一带一路”经贸合作情景。具体的情景设置如下:

第一,基准情景。该情景下,设定中国的总产出和最终需求的年均增长率与前5个时间段保持一致,即中国各行业的减排技术与产业结构按照原有基础进行维持。这表明在未来的发展中,中国的经济总体增幅与之前相似,没有明显的结构性变化或技术革新引发的重大影响。

第二,碳边境调节机制情景。碳边境调节机制

示M国的总产出。其中,矩阵元素 $t_{mn}^{mni}$ ( $m=1,2,\dots,M;n=1,2,\dots,N$ )为M国某部门对N国某部门的中间投入量, $f_{in}^{mni}$ ( $m=1,2,\dots,M;n=1,2,\dots,N$ )是M国某部门对N国某部门的最终使用量, $x_n^m$ ( $m=1,2,\dots,M;n=1,2,\dots,N$ )表示M国某部门的产出。

根据全球国家投入产出模型,各行业的直接消耗系数表示为:

$$a_{ij} = t_{ij} / x_j \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其中,式(1)中所有的 $a_{ij}$ 组成直接消耗系数矩阵A。再将投入产出表以模型公式呈现,可以表示成:

$$AX + F = X \quad (2)$$

变换后得到下面公式:

$$X = (I - A)^{-1} F = LF \quad (3)$$

式(2)(3)中:X表示总产出矩阵,AX表示中间投入矩阵,F表示最终需求矩阵,L表示列昂惕夫逆矩阵。

将卫星账户中碳排放的数据添加到该投入产出表,即一维矩阵 $Q^m$ 中每个元素 $q_n^m$ 代表M国N个部门的CO<sub>2</sub>排放量:

$$Q^m = [q_1^m \ \cdots \ q_n^m] \quad (4)$$

设 $E_m^i$ 为M国I部门的直接碳排放系数,用公式表示为:

$$E_m^i = Q_m^i / X_m^i \quad (5)$$

根据上述模型及公式,测度全球贸易隐含碳排放C可表示为:

$$C = E(I - A)^{-1} F = ELF \quad (6)$$

式(6)中:E是直接碳排放强度矩阵,F是最终需求列向量矩阵,EL为隐含碳排放强度矩阵,则全球贸易隐含碳排放用矩阵形式可表示成:

主要关注入境欧盟产品的隐含碳排放,旨在限制碳排放,防止碳泄漏,促进减碳目标的达成。该情景基于基准情景,关注欧盟实施的碳边境调节机制对中国及其他国家的影响,量化评估碳边境调节机制对各国尤其是中国各行业隐含碳排放的潜在影响。当覆盖碳边境调节机制行业的隐含碳排放受到影响时,检验中国高碳行业出口贸易下降的不同情景方案。

第三,“一带一路”经贸合作情景。“一带一路”倡议旨在促进全球经济繁荣,根据“中国一带一路网络”的公开数据,中国已与152个国家或地区以及32个国际组织签署了共建“一带一路”合作文件。随着“一带一路”倡议的推进,中国高碳排放行业的需求将会增加,从而导致碳排放量的增加。该情景基于基准情景,探讨中国与“一带一路”共建国家之间贸易增长所带来的隐含碳排放影响。该情景在基准情景的基础上设计了经贸合作情景,用于检验“一带一路”地区的二氧化碳排放受到中国出口贸易的影响。

### 3.数据来源

本文采用全球投入产出Eora数据库,碳排放总量数据来自Eora数据库中的卫星核算账户,其中涵盖了生物质燃烧、土地利用变化和火灾所导致的二氧化碳排放量。从研究时段角度来看,本文整合并分析了2000—2020年中每5年的数据。在行业分析方面,考虑到国家之间贸易的碳关税主要针对高碳行业以及碳泄漏风险较大的行业,因此在行业部门分类时主要保留一些碳排放强度较高的部门,而对于农业等碳排放强度较低的行业进行统一加总。结合《国民经济行业分类》(GB/T4754—2017)中的行业部门分类,本文将Eora数据库中的26个部门分类最终汇总为8个行业(见表1)。

## 三、研究结果

本文通过核算全球贸易中的隐含碳排放总量,呈现其随时间和空间的变化模式,并研究2000—2020年中国贸易中隐含碳排放转移的变化特点,同时探讨在推动低碳全球化过程中,中国所面临的风险与挑战。

### 1.全球贸易隐含碳时空演变格局

图1展示了2000—2020年全球进出口贸易隐

表1 行业划分

编码	行业分类	缩写	整合行业部门代码
1	农、林、牧、渔业	农林牧渔业	1—2
2	制造业-重工业	重工业	3,7—10,12
3	制造业-轻工业	轻工业	4—6,11
4	电力、热力、燃气及水生产和供应业	电力生产供应业	13
5	建筑业	建筑业	14
6	交通运输、仓储和邮政业	运输业	19—20
7	金融业及其他服务业	服务业	15—18,21—24
8	教育与其他	其他	25—26

资料来源:作者整理。

含碳格局变化趋势(见图1)。对比来看,2000—2020年全球主要国家之间的贸易额呈现增长态势,其中贸易隐含碳排放量在2020年达到113.90亿吨。从隐含碳排放国家来看,2000年世界出口贸易隐含碳排放量排名前4的国家分别为中国、美国、德国、俄罗斯,进口贸易隐含碳排放量排名前4的国家分别为美国、德国、日本、英国。截至2020年,除中国和美国依然是全球最大的出口贸易隐含碳排放国和进口贸易隐含碳排放国外,其他国家进出口贸易隐含碳排放的排名也发生了显著变化。例如,印度、墨西哥等新兴经济体进出口贸易隐含碳排放量呈增长趋势,表明其在全球贸易中的地位逐渐提升。此外,一些发达国家如德国、英国等,其隐含碳排放总量在全球的占比有所下降。

从隐含碳出口角度来看,中国和俄罗斯是主要的隐含碳出口国。其中,中国主要的隐含碳出口对象为美国、日本、德国等国家,俄罗斯的隐含碳主要流向日本、德国、法国、美国等国家。值得注意的是,2020年印度取代俄罗斯成为全球第二大隐含碳出口国,隐含碳出口量和规模较2000年均有显著增加,其隐含碳主要流向美国、中国、德国、新加坡、英国等地。同时,美国、日本和英国等发达经济体面向中国、印度等国的隐含碳流入量呈现增长趋势。其中,从2000—2020年中国和印度出口到美国、日本和英国的隐含碳占三者进口量之和的比例由18.77%增长至26.87%。作为全球隐含碳进口最大的国家,美国的隐含碳进口主要集中在加拿大和印度等区域。此外,日本的隐含碳进口地区主要包括中国、俄罗斯、越南等地,英国隐含碳进口主要来源于中国、印度、马来西亚等地,德国隐含碳进

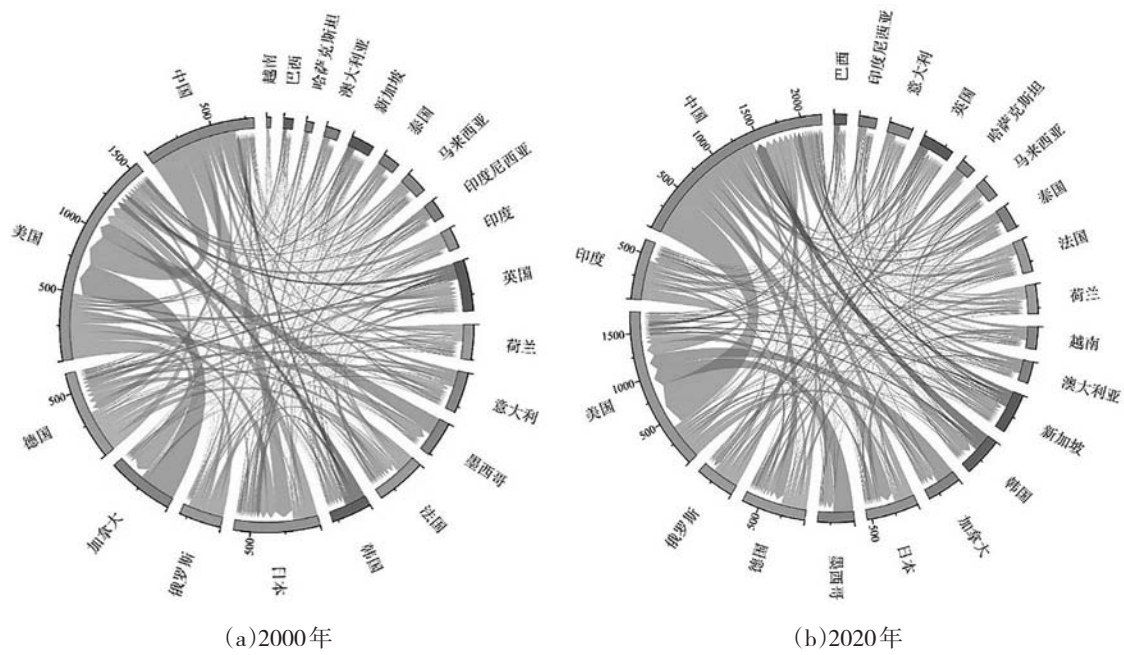


图1 2000年和2020年全球进出口贸易隐含碳空间格局演化  
资料来源:作者绘制。

口主要来自中国、印度、俄罗斯等地。

为了更好地理解全球贸易的情况,图2呈现了2000—2020年全球贸易分行业隐含碳排放量。可以看出,全球贸易隐含碳排放主要集中在重工业、服务业和轻工业。这三个行业的隐含碳排放量占比高达一半以上,在2000年、2005年、2010年、2015年、2020年五个时间段内所占比例分别为77.60%、77.42%、79.35%、73.19%和73.37%。其中,全球贸易隐含碳排放量第一大行业为重工业,超过所有行业贸易隐含碳排放的1/3,其在五个时间段所占比例分别为35.91%、37.65%、39.57%、43.69%和40.97%。服务业和轻工业次之,且占比均呈现波动

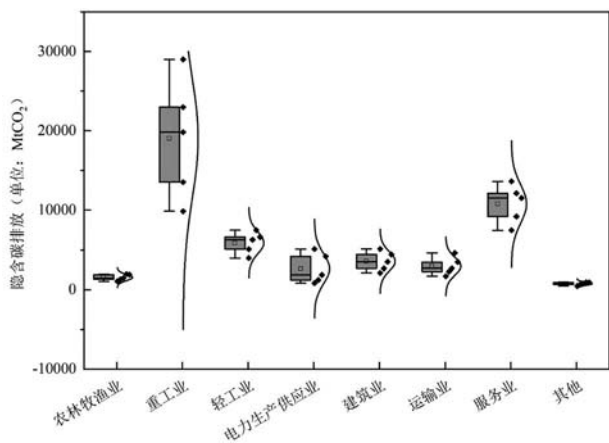


图2 2000—2020年全球贸易分行业隐含碳排放情况  
资料来源:作者绘制。

下降趋势。电力生产供应业的占比在逐年增加,由2000年的3.03%增长到2020年的7.50%。建筑业和运输业的占比较为稳定,建筑业的占比在7.00%到8.00%之间浮动,运输业的占比在5.00%到7.00%之间波动。总排放量中占比最小的行业为其他,其占比在2000—2020年均低于2.00%。

### 2.中国进出口贸易隐含碳排放分析

中国是全球最大的贸易出口国和贸易隐含碳出口国,分析中国与全球其他国家贸易隐含碳的流向不仅对中国经济发展具有重要意义,而且有助于为全球贸易隐含碳网络相关研究提供借鉴。图3展示了中国与全球主要国家进出口贸易隐含碳的排放情况,总体来看,中国出口隐含碳的总量和规模相较进口变化幅度更大。从中国出口隐含碳和进口隐含碳分布国家来看,2000—2020年中国的隐含碳主要出口国排名前4的国家均为美国、日本、德国和韩国,隐含碳主要进口国为韩国、日本、俄罗斯、美国等。值得注意的是,印度在中国出口隐含碳和进口隐含碳中的占比逐年增加,2020年均排第5。其中,中国出口到其隐含碳出口第一大国美国的隐含碳排放量由2000年的239.34MtCO<sub>2</sub>增长到2020年的474.14MtCO<sub>2</sub>,占中国总出口隐含碳的比重分别为23.57%和15.83%;由隐含碳进口第一大国韩国流入的隐含碳排放量从2000—2020年增幅较大,但数量仍相对较小,占中国总进口隐含碳的比重分

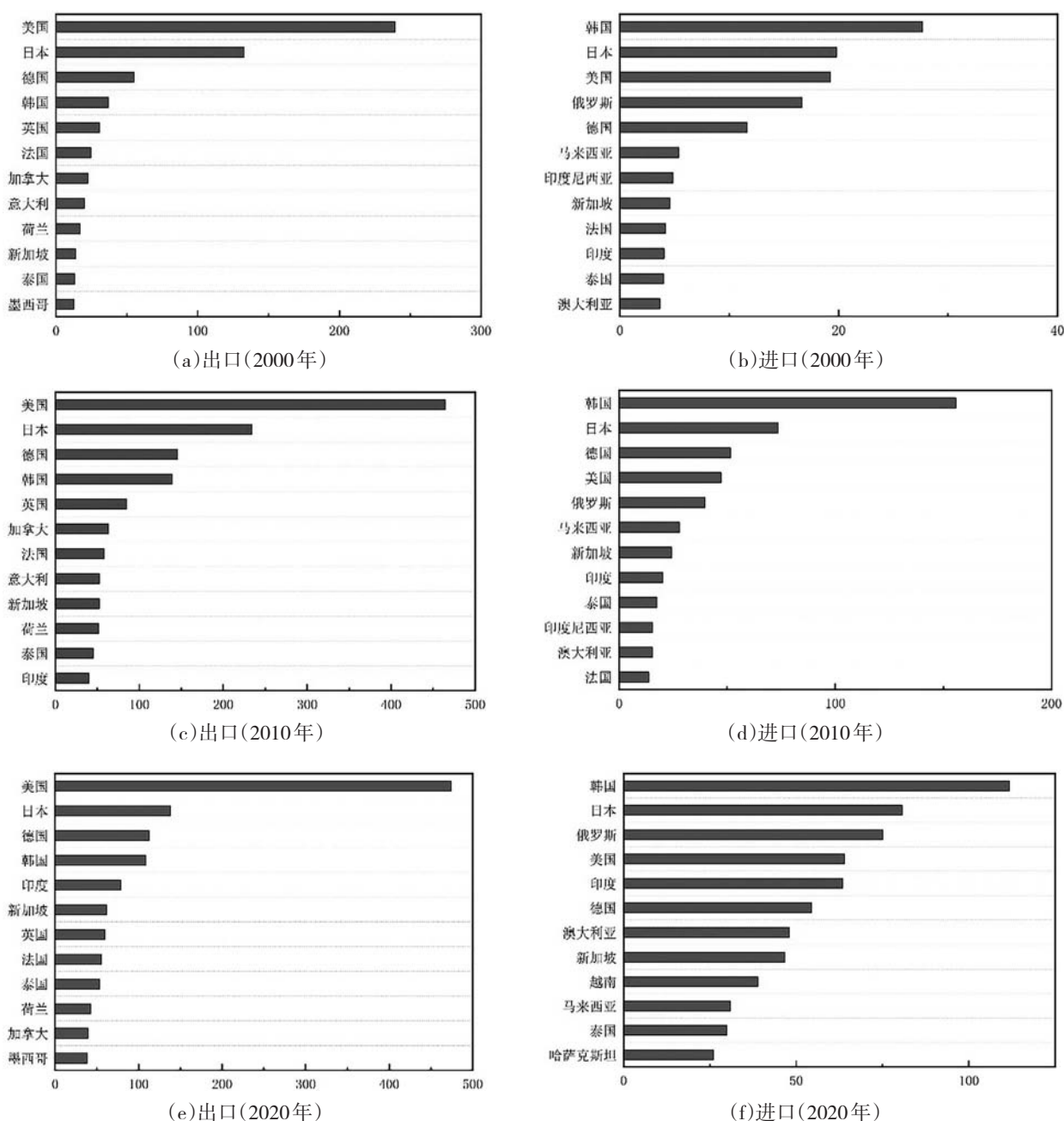


图3 2000年、2010年和2020年中国与主要国家或地区进出口贸易隐含碳排放(单位: MtCO<sub>2</sub>)

资料来源:作者绘制。

别为 12.01% 和 10.22%。目前,中国在全球贸易网络中的影响程度不断加深,不仅和美国、日本、英国等发达国家联系密切,而且与泰国、印度、新加坡等发展中国家的联系也进一步加强。

为了深入理解中国与全球主要国家贸易的具体情况,本文将中国和全球主要国家8个行业的贸易隐含碳排放量做进一步对比和分析。图4呈现了2000年和2020年中国各行业与全球主要国家进出口隐含碳排放的情况,其中图(a-c)展示了全球主要国家对中国各行业的出口隐含碳排放转移情况,

图(b-d)展示了中国各行业对全球主要国家的出口隐含碳排放转移情况。总体而言,中国与全球主要国家之间行业内贸易较多,其中重工业、轻工业、建筑业和服务业是主要的相互贸易行业。从中国对全球主要国家出口隐含碳各行业的分布来看,制造业中的重工业是中国最大的隐含碳出口行业,轻工业、服务业、建筑业次之,主要流向美国、日本、德国等国家。2000—2020年中国各行业出口到主要国家的隐含碳排放量均呈现增长趋势,重工业增长最为显著,其中出口到美国的隐含碳排放量由

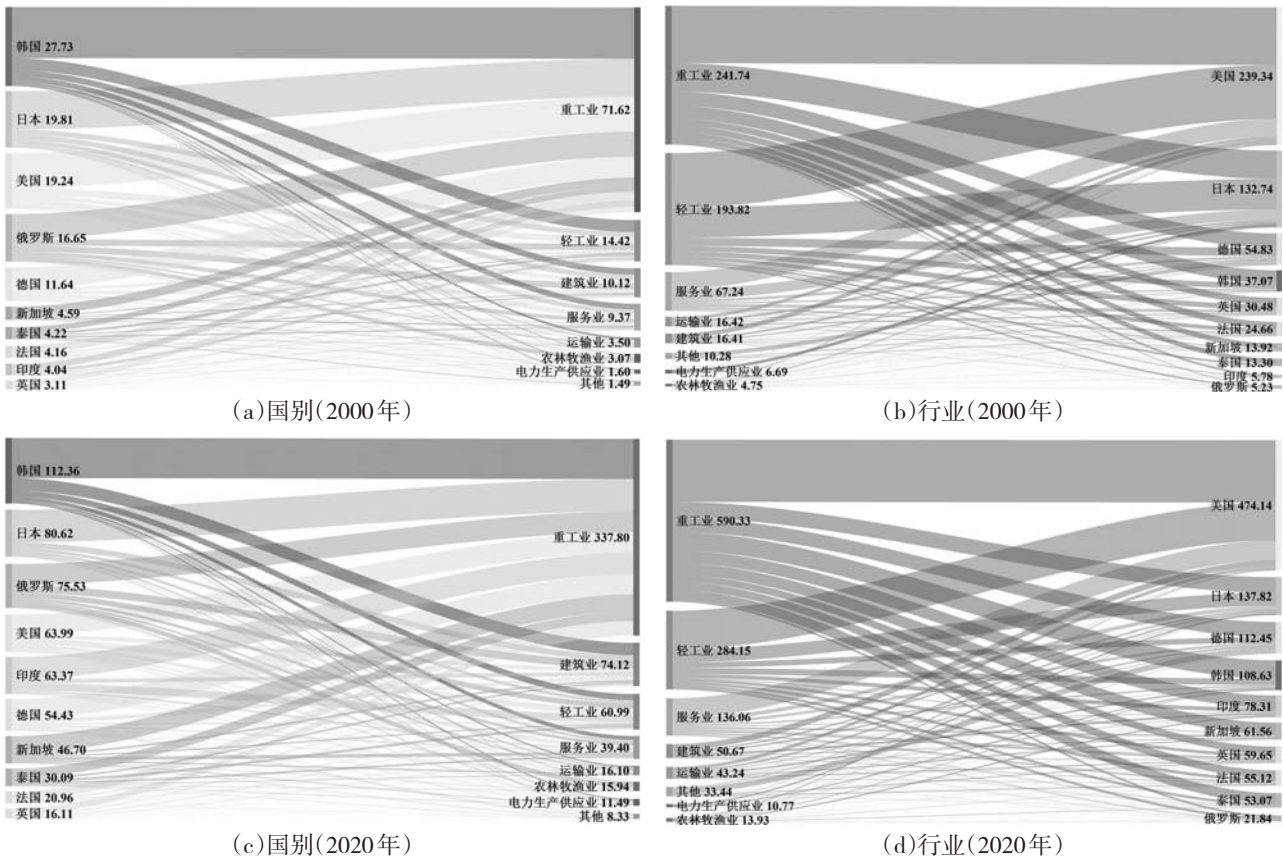


图4 2000年和2020年中国典型行业或部门与主要国家或地区进出口隐含碳排放(单位: MtCO<sub>2</sub>)

资料来源:作者绘制。

99.97Mt增长到226.75Mt。从中国各行业隐含碳进口量来看,2000年与2020年中国隐含碳进口行业主要集中在重工业、轻工业、建筑业和服务业,主要由韩国、日本、俄罗斯等国家流入。其中,韩国对中国重工业的出口隐含碳排放量最大,2020年达到68.75Mt。

### 3.不同情景下中国贸易结构对比

在全球低碳转型与经济一体化的并行浪潮中,中国作为世界第二大经济体,其进出口贸易结构的绿色化转型不仅深刻塑造着国内经济的可持续发展路径,也对全球绿色经济秩序的重构与资源的高效低碳配置起到了关键作用。随着国际贸易环境日益融入低碳要求、清洁技术的飞速进步以及全球供应链向绿色、低碳方向的深度重塑,深入探讨不同低碳发展情景下中国进出口贸易结构的变化趋势具有重要意义。在基准情景下,2025年中国各行业隐含碳排放强度分别为0.53千克/美元、1.06千克/美元、0.75千克/美元、5.62千克/美元、0.96千克/美元、0.38千克/美元、0.41千克/美元和0.38千克/美元,相比2020年的各行业隐含碳排放强度,均呈现下降趋势。由于2020年受到新冠疫情影响,中国各

行业产出均减小,隐含碳排放量相应减小。在碳边境调节机制情景下,欧盟的碳边境调节机制要求进口产品缴纳足够的配额,以反映其隐含碳排放。这导致中国部分高碳排放产品的出口受到限制,尤其是钢铁、铝等重工业产品,这些行业的碳排放强度相对较高。在此情况下,实施碳关税短期内无疑会对中国的出口贸易带来显著的冲击和影响。在“一带一路”经贸合作情景下,中国与“一带一路”共建国家之间的贸易量增加,会对基础设施建设等高碳排放行业产品的需求增加。这些产品通常具有较高的碳排放强度,进而对中国的整体碳排放水平产生影响。

表2呈现了不同情景下中国各行业出口隐含碳排放总量的变化情况。可以看出在碳边境调节机制不同方案下,轻工业、服务业和运输业比重均得到提高,轻工业增幅最大,为0.71%—7.14%,服务业次之,增幅为0.22%—2.18%。这说明在保持原有经济发展水平下,受到欧盟碳边境调节机制的影响,中国高碳行业出口贸易的下降量将会通过向其他行业出口转移进行弥补,推动生产要素向低碳行业

表2 不同情景下中国各行业出口隐含碳排放总量变化情况(单位: MtCO<sub>2</sub>)

行业	基准情景	碳边境调节机制情景		“一带一路”经贸合作情景
		S1	S2	
农林牧渔业	18.17	18.18	18.22	18.16
		(0.03%)	(0.29%)	(-0.06%)
重工业	1724.55	1707.30	1552.10	1713.49
		(-1.00%)	(-10.00%)	(-0.64%)
轻工业	549.40	553.32	588.61	553.89
		(0.71%)	(7.14%)	(0.82%)
电力生产供应业	4.75	4.75	4.75	4.75
		(0.01%)	(0.09%)	(0.00%)
建筑业	8.71	8.71	8.73	8.71
		(0.02%)	(0.20%)	(0.00%)
运输业	50.44	50.47	50.77	50.50
		(0.07%)	(0.66%)	(0.12%)
服务业	150.58	150.91	153.87	150.34
		(0.22%)	(2.18%)	(-0.16%)
其他	0.01	0.01	0.01	0.01
		(0.00%)	(0.00%)	(0.00%)

资料来源:作者计算。

流动,提高低碳行业的产出,进而对中国的行业结构产生影响。在“一带一路”贸易情景下,当中国高碳行业对“一带一路”共建国家出口贸易增加5%时,引发了中国各行业出口隐含碳排放的变化。其中,重工业出口整体呈下降趋势,且降幅最大,达到0.64%,农林牧渔业、建筑业、服务业出口均呈现不同程度的下降。除其他行业外,轻工业、电力生产供应业、运输业出口均增加,且轻工业增幅最大为0.82%。

对于不同情景下的中国出口隐含碳排放变化趋势,在碳边境调节机制两种方案下,中国高碳行业出口贸易下降均会导致中国对发达国家、发展中国家和世界其他国家及地区的出口隐含碳排放减少,一定程度上减少整体的隐含碳排放。其中,对发展中国家的出口隐含碳排放降幅最大,两种方案下分别下降0.74%和7.43%。而出口隐含碳排放减少侧面说明出口贸易也呈减少趋势,这表明在欧盟碳边境调节机制影响下,中国行业结构的调整会进一步引发出出口贸易结构的变化,对出口贸易造成冲击。在“一带一路”贸易情景下,当中国高碳行业对“一带一路”共建国家出口贸易增加5%时,中国对“一带一路”共建国家或地区的出口隐含碳排放量也随之增加,且增幅为2.68%,而对非“一带一路”共

建国家或地区的出口隐含碳排放量减少2.54%,最终出口隐含碳排放总量减少0.27%。这表明增强“一带一路”经贸合作,一方面能调整中国出口贸易结构,另一方面对出口隐含碳的减排起到促进作用。

在深入探讨中国应对低碳全球化挑战及国际贸易环境变化的策略时,从行业结构、政策环境、贸易合作三个关键维度出发,依据上述数据和情景模拟来分析其潜在影响。具体来看:第一,当中国加大碳减排力度,进一步提升高碳排放行业的技术效率和调整产业结构时,即假定重工业隐含碳排放强度在原有基础上继续下调0.8%和1.2%,结果显示,2025年重工业隐含碳排放量分别减少4.24MtCO<sub>2</sub>和10.56MtCO<sub>2</sub>,分别占原有各行业隐含碳总排放量的0.5%和1.15%。第二,欧盟碳边境调节机制的实施会对中国对外贸易、行业产出和隐含碳排放产生冲击。假定中国在行业结构受到冲击时调整对外出口贸易结构,对欧盟出口贸易减少2%(以碳边境调节机制情景中S1为例,行业碳排放强度以基准情景优化后的重工业隐含碳排放强度在原有基础上继续下调0.8%为例),中国对全球其他国家出口均减小,当中国调整对外出口贸易结构,即对欧盟出口贸易减少2%时,除了对发达国家的出口贸易仍然减少,对发展中国家和世界其他国家及地区的出口贸易均增加,一定程度上缓解了碳边境调节机制对中国出口贸易带来的冲击。第三,“一带一路”倡议对中国行业结构和进出口贸易结构的调整产生正向影响。通过“一带一路”倡议的推动,中国加强了与共建国家的经贸合作,拓展了出口市场和贸易伙伴,减少对传统市场的依赖,更好地应对了来自欧盟等地区的贸易限制,在一定程度上缓解了欧盟碳边境调节机制带来的贸易抑制和贸易转移等冲击。

#### 四、结论与讨论

结合上述研究结果分析,本文进一步探讨在低碳全球化背景下中国在全球贸易网络中的影响,并提出政策建议,以应对中国高碳行业进出口贸易面临的风险与挑战。

##### 1. 结论

本文基于全球投入产出数据库,构建了包括全球185个国家或地区26个行业 and 部门2000—2020



年的多区域投入产出表,采用环境拓展型投入产出模型对全球及中国进出口贸易碳排放转移进行深入分析和探讨,探究三种不同情景下中国出口隐含碳的变化趋势并检验其影响程度。总体来看,2000—2020年全球主要国家之间的贸易额呈现增长态势,其中贸易隐含碳排放量在2020年达到113.90亿吨。虽然隐含碳排放总量有所上升,但各国的隐含碳排放强度均在逐年降低,这表明全球在节能减排和能效提升方面取得了积极进展。通过具体分析可知,中国、俄罗斯和印度是最主要的贸易隐含碳净出口国,这些国家在全球供应链中扮演着重要角色,同时也承担了相应的环境责任。随着这些国家经济结构的调整和环保政策的加强,未来其隐含碳排放强度有望进一步降低。美国、英国和日本是最主要的贸易隐含碳净进口国,这些国家通过进口大量商品来满足国内需求,从而避免了在本土生产这些商品所产生的碳排放。然而,这也意味着这些国家在一定程度上将碳排放责任转移到其他国家。

通过探讨中国在全球贸易网络中的影响及其隐含碳流动情况,可以看到,中国凭借其庞大的制造业基础和不断提升的国际贸易竞争力,在全球贸易网络中的影响程度不断加强。这一趋势不仅体现在贸易额的快速增长上,更深刻地反映在中国对全球贸易隐含碳排放格局的塑造上。2000—2020年中国出口隐含碳的总量和规模相较进口变化幅度更大,体现了中国在全球供应链中的核心地位以及出口导向型经济模式。其中,中国隐含碳主要出口国排名前4的国家均为美国、日本、德国和韩国,中国隐含碳主要进口国为韩国、日本、俄罗斯、美国等。从行业角度来看,重工业是中国最大的隐含碳出口行业,服务业、轻工业、建筑业次之,主要流向美国、日本、德国等国家。

结合不同的情景设置,基准情景下中国各行业隐含碳排放强度均呈现下降趋势。欧盟碳边境调节机制的实施使得中国高碳行业出口贸易的下降量通过向其他行业及贸易区域进行转移来弥补,对高碳行业产出和对外贸易结构产生冲击。“一带一路”经贸合作对中国进出口贸易结构的调整产生正向影响,一方面能调整中国行业结构,另一方面对出口隐含碳的减排起到促进作用。在实际多元情景下,中国一方面需要加强对高碳排放行业的技术

改造和升级,以降低产品的碳排放强度,提高产品的竞争力,同时在进出口方面着眼于出口高附加值、低碳排放的产品,确保适应新的市场需求;另一方面,需要增加与全球其他市场的贸易合作,以减轻对传统市场的依赖程度,降低欧盟、美国等国通过提高碳关税、实施贸易限制等措施对中国对外贸易造成的不利影响。

## 2. 讨论

随着低碳全球化的发展,复杂多变的国际形势意味着需要制定更加灵活、多样化的应对策略,既要应对国内的挑战,也要面对国际上的变化。在全球贸易格局方面,欧盟碳边境调节机制的实施使得高碳排放的商品在国际贸易中处于不利地位,对依赖高碳产业出口的国家造成压力。这些国家将面临更高的碳关税或其他贸易壁垒,从而对其出口产品的市场竞争力产生不利影响。同时,“一带一路”倡议等区域合作机制也会受到影响,一些共建国家或地区面临基础设施建设和经济发展的矛盾,如果过于依赖高碳产业会增加全球碳排放,与低碳全球化的目标相悖,因此需要在保障经济增长的同时考虑环境保护和可持续发展的问题。基于上述研究结论,为了更好地应对低碳全球化对中国高碳行业进出口贸易带来的风险和挑战,本文提出如下政策建议:

第一,调整进出口贸易结构,严格控制“高耗能、高污染、低附加值”产品的出口数量,提高低碳产品出口所占比例,促进低碳产品和技术的发展与应用,从而更好地适应全球低碳发展的趋势。通过探讨全球贸易隐含碳排放的格局可知,中国是世界上最大的隐含碳净出口国,同时也是美国、日本、德国等众多国家贸易隐含碳净进口的主要供应国。值得注意的是,重工业作为中国最大的隐含碳出口行业,其隐含碳排放也主要流向了美国、日本、德国等国家。该现状表明中国面临出口依存度高于发达国家的挑战,量化中国与全球主要国家贸易隐含碳排放具有重要意义。

第二,加速产业结构升级,减少对高碳行业的依赖,并对高碳行业实施适度限制,减少高碳产品的出口,推动生产要素向低碳行业流动。目前,发达国家如欧盟实施碳边境调节机制,对中国隐含碳排放较高的行业出口造成显著冲击。研究结果表明,中国高碳行业隐含碳排放和隐含碳排放强度均

较高,部分高碳行业如电力生产供应业的隐含碳排放强度在2015年后出现了反弹,能源利用率明显低于发达国家。为提高能源利用效率,同时减少碳关税对出口行业的不利影响,重点关注高碳行业隐含碳排放和隐含碳排放强度,为其可持续发展和风险规避提供借鉴。

第三,积极参与国际合作,增强应对国际贸易政策的变动及其不确定性等外生风险的能力。例如,为应对欧盟碳边境调节机制对贸易结构带来的冲击,中国需要与欧盟展开合作,探讨如何应对碳边境调节机制对进口产品的影响,与欧盟协商、沟通并寻求在技术合作、绿色产业发展等方面的支持。同时,需借助“一带一路”及其他多边贸易合作平台,拓展出口市场和贸易伙伴,寻求与具有互补优势的国家或地区开展贸易合作,降低贸易壁垒,减少对美国、欧盟等传统市场的依赖。通过分析中国在全球贸易不同情景中的隐含碳排放情况,有助于深入了解中国的碳排放实际情况,进一步优化进出口产业结构,促进低碳经济转型和节能减排目标的实现。

整体来看,低碳全球化虽然有助于应对气候变化和实现可持续发展,但也存在一系列风险和挑战。在应对碳边境调节机制情景带来的行业结构调整和出口贸易结构调整的挑战时,中国一方面需要加强对高碳排放行业的技术改造和升级,以降低产品的碳排放强度,提高产品的竞争力;另一方面,需要与欧盟展开合作,探讨如何应对碳边境调节机制对进口产品的影响,如与欧盟协商、沟通,并寻求在技术合作、绿色产业发展等方面的支持。“一带一路”倡议为中国提供了机会,通过与共建国家共同开发清洁能源、推动环保技术转移和合作,促进低碳经济的发展,为中国企业拓展国际市场提供了新的增长点。在此背景下,合理优化贸易布局是中国优化进出口贸易结构及应对风险的有效措施,要最大程度地实现其潜在益处,亟待加强国际合作,制定有效的政策和措施,促使中国在平衡经济发展和控制碳排放之间实现可持续发展,促进全球向低碳经济转型。

### 参考文献

[1] IPCC. Climate change 2007: impacts, adaptation, and vulnerability [M]. Cambridge: cambridge university press,

2007.

- [2] IPCC. Climate change 2021: The physical science basis, The working group I contribution to the sixth assessment report [R]. 2021.
- [3] IPCC. Climate change 2022: mitigation of climate change [R]. 2022.
- [4] 顾朝林,谭纵波,刘宛,等. 气候变化、碳排放与低碳城市规划研究进展[J]. 城市规划学刊,2009(3).
- [5] ZENG S, LI G, WU S, et al. The impact of green technology innovation on carbon emissions in the context of carbon neutrality in China: evidence from spatial spillover and nonlinear effect analysis [J]. International journal of environmental research and public health, 2022, 19(2).
- [6] LI L, ZHANG Y, ZHOU T, et al. Mitigation of China's carbon neutrality to global warming [J]. Nature communications, 2022, 13(1): 5315.
- [7] 樊星,李路,秦圆圆,等. 主要发达经济体从碳达峰到碳中和的路径及启示[J]. 气候变化研究进展, 2023(1).
- [8] 李惠民,冯潇雅,马文林. 中国国际贸易隐含碳文献比较研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(5).
- [9] 李怀政. 国际贸易与环境问题溯源及其研究进展[J]. 国际贸易问题, 2009(4).
- [10] 潘家华,庄贵阳,郑艳,等. 低碳经济的概念辨识及核心要素分析[J]. 国际经济评论, 2010(4).
- [11] 张春华. 低碳经济: 气候变化背景下的发展之路[J]. WTO 经济导刊, 2009(2).
- [12] 鲍健强,苗阳,陈锋. 低碳经济: 人类经济发展方式的新变革[J]. 中国工业经济, 2008(4).
- [13] Department of Trade and Industry. Energy white paper: our energy future—create a low carbon economy [R]. London: TSO, 2003.
- [14] 林伯强. 低碳经济全球化和中国的战略应对[J]. 金融发展评论, 2010(11).
- [15] SHENG Y, WANG Q. Influence of carbon tariffs on China's export trade [J]. Environmental science and pollution research international, 2022, 29(17): 24651—24659.
- [16] 李平,李淑云,沈得芳. 碳关税问题研究: 背景、征收标准及应对措施[J]. 国际金融研究, 2010(9).
- [17] LIU T, WANG Q, SU B. A review of carbon labeling: Standards, implementation, and impact [J]. Renewable and sustainable energy reviews, 2016, 53: 68—79.
- [18] 吴洁,蒋琪. 国际贸易中的碳标签[J]. 国际经济合作, 2009(7).
- [19] MACKERRON G J, EGERTON C, GASKELL C, et al. Willingness to pay for carbon offset certification and co-benefits among (high-) flying young adults in the UK [J]. Energy policy, 2009, 37(4): 1372—1381.

- [20]徐清军.碳关税、碳标签、碳认证的新趋势,对贸易投资影响及应对建议[J].国际贸易问题,2011(7).
- [21]European Parliament. Fit for 55: Parliament adopts key laws to reach 2030 climate target[EB/OL].[2023-04-18]. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20230414IPR80120/fit-for-55-parliament-adopts-key-laws-to-reach-2030-climate-target>.
- [22]ZHOU W, FENG R, HAN M. The robustness and disturbance within China's industrial complex network under carbon border tariffs[J]. Environmental science and pollution research international, 2023, 30(50): 109841—109853.
- [23]韩梦瑶,刘卫东,杨茗月.低碳转型下中国高耗能行业的碳风险传导解析:基于隐含碳关联网络视角[J].地理研究,2022(1).
- [24]黄晓凤.“碳关税”壁垒对我国高碳产业的影响及应对策略[J].经济纵横,2010(3).
- [25]刘斌,赵飞.欧盟碳边境调节机制对中国出口的影响与对策建议[J].清华大学学报(哲学社会科学版),2021(6).
- [26]姜婷婷,徐海燕.欧盟碳边境调节机制的性质、影响及我国的应对举措[J].国际贸易,2021(9).
- [27]张蓝心,温宗国,许毛,等.欧盟碳边境调节机制对产品出口成本影响评估的实证研究[J].中国环境科学,2024(4).
- [28]韩梦瑶,姚秋蕙,劳浚铭,等.中国省域碳排放的国内外转移研究:基于嵌套网络视角[J].中国科学:地球科学,2020(6).
- [29]刘卫东,姜宛贝,唐志鹏,等.中国2030年前实现碳达峰的路径研究:基于GDP增速的组合分析[J].中国科学:地球科学,2022(7).
- [30]NADIM A, ANDREW W. Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods [J/OL]. OECD Science, technology and industry working papers, 2023.
- [31]DAVIS S J, PETERS G P, CALDEIRA K. The supply chain of CO<sub>2</sub> emissions [J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2011, 108(45): 18554—18559.
- [32]WU X, GUO J, LI C, et al. Carbon emissions embodied in the global supply chain: Intermediate and final trade imbalances [J]. The science of the total environment, 2020, 707: 134670.
- [33]李晖,姜文磊,唐志鹏.全球贸易隐含碳净流动网络构建及社团发现分析[J].资源科学,2020(6).
- [34]刘竹,窦新宇,于颖,等.中国在全球贸易中的隐含碳排放转移研究[J].计量经济学报,2023(4).
- [35]姚秋蕙,韩梦瑶,刘卫东.“一带一路”沿线地区隐含碳流动研究[J].地理学报,2018(11).
- [36]ZHANG Z, CHEN W. Embodied carbon transfer between China and the Belt and Road Initiative countries [J]. Journal of environmental management, 2022, 378: 134569.
- [37]XIONG Y, XU R, WU S, et al. Evolution of the bilateral trade situation between Belt and Road countries and China [J]. Journal of cleaner production, 2023, 414: 137599.
- [38]XIAO Z, DU L, WANG Z. The Belt, the Road, and the carbon emissions in China [J]. China economic review, 2023, 78: 101928.
- [39]魏本勇,王媛,杨会民,等.国际贸易中的隐含碳排放研究综述[J].世界地理研究,2010(2).
- [40]张中华,赵玉焕, SU BIN. 国际贸易隐含碳研究现状与展望:基于1994~2017年文献计量分析[J].工业技术经济,2019(3).
- [41]WANG S, WANG X, TANG Y. Drivers of carbon emission transfer in China—An analysis of international trade from 2004 to 2011 [J]. The science of the total environment, 2020, 709: 135924.
- [42]ZHANG Y, PAN B. Shared responsibility of carbon emission for international trade based on carbon emission embodied between developing and developed countries [J]. Environmental science and pollution research international, 2023, 30(7): 19367—19379.
- [43]HAN M, LAO J, YAO Q, et al. Carbon inequality and economic development across the Belt and Road regions [J]. Journal of environmental management, 2020, 262: 110250.
- [44]黄蕙萍,李鑫桐.中国对外贸易隐含碳增加值指数研究[J].生态经济,2020(2).
- [45]刘海霞,孙江明.中国进出口贸易隐含碳影响因素研究[J].商业经济研究,2020(16).
- [46]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).
- [47]涂正革.中国的碳减排路径与战略选择:基于八大行业部门碳排放量的指数分解分析[J].中国社会科学,2012(3).
- [48]杨顺顺.中国工业部门碳排放转移评价及预测研究[J].中国工业经济,2015(6).
- [49]LENZEN M, MORAN D, KANEMOTO K, et al. Building eora: A global multi-regional input-output database at high country and sector resolution [J]. Economic systems research, 2013, 25(1): 20—49.
- [50]PETERS G P, LE QUÉRÉ C, ANDREW R M, et al. Towards real-time verification of CO<sub>2</sub> emissions [J]. Nature climate change, 2017, 7(12): 848—850.
- [51]ZHOU X, GUO Q, WANG Y, et al. Trade and embodied CO<sub>2</sub> emissions: Analysis from a global input-output perspective [J]. International journal of environmental research and public health, 2022, 19(21).

- [52]贾妮莎,雷宏振.中国 OFDI 与“一带一路”沿线国家产业升级:影响机制与实证检验[J].经济科学,2019(1).
- [53]LI X, LIU C, WANG F, et al. The effect of Chinese investment on reducing CO<sub>2</sub> emission for the Belt and Road countries [J]. Journal of cleaner production, 2021, 288:125125.
- [54]SU X, LI Y, FANG K, et al. Does China's direct investment in "Belt and Road Initiative" countries decrease their carbon dioxide emissions? [J]. Journal of cleaner production, 2022, 339:130543.
- [55]穆恩怡,贺灿飞.经济循环视角下的环境经济地理研究进展与议题[J].地理科学进展,2023(12).
- [56]王毅,谭显春,张井勇,等.“一带一路”共建国家应对气候变化合作战略及对策建议[J].中国科学院院刊,2023(9).
- [57]张坤民.低碳世界中的中国:地位、挑战与战略[J].中国人口·资源与环境,2008(3).
- [58]SMETSCHKA B, WIEDENHOFER D, EGGER C, et al. Time Matters: The carbon footprint of everyday activities in Austria[J]. Ecological economics, 2019, 164:106357.

## Evolution Characteristics and Regulation Optimization of China's Cross-Border Trade Network under Low-Carbon Globalization

Han Mengyao Sun Zidi

**Abstract:** Under the trend of low-carbon globalization, China's export structure at the present stage is still dominated by carbon-intensive industries, necessitating significant attention to embodied carbon emissions in both imports and exports. Rational optimization of trade layout represents an effective measure for China to refine its import and export trade structure and deal with risks. Drawing upon research on embodied carbon in global trade, this paper endeavors to delineate the spatiotemporal evolution patterns of embodied carbon in global trade, contrast the divergent trends of China's embodied carbon transfers under distinct scenarios and conduct an in-depth analysis of the trade risks faced by China's carbon-intensive industries under these distinct scenarios. The main conclusions are as follows: The trade volume among major countries in the world showed a growing trend, among which the status of emerging economies such as India and Mexico in global trade was gradually improving. The magnitude of variation in the total volume and scale of China's embodied carbon exports, as compared to those of its imports, was notably substantial. Notably, the primary export destinations for China's embodied carbon continued to be developed countries such as the United States, Japan, Germany, and South Korea. Under the baseline scenario, the embodied carbon emission intensity of all industries in China shows a downward trend. The implementation of the EU CBAM has significantly impacted the output of China's carbon-intensive industries and the structure of its foreign trade, resulting in a tendency towards a reduction in China's export trade. The enhancement of the economic and trade cooperation of the Belt and Road Initiative has a positive impact on the adjustment of China's industry structure and import and export trade structure, and at the same time promotes the emission reduction of export embodied carbon.

**Key Words:** Low-Carbon Globalization; Import and Export Trade; Input-Output Analysis; Embodied Carbon Emissions

(责任编辑:江夏)