

贸易隐含碳责任问题 分析与驱动因素研究

张 彬 李丽平 赵 嘉 张 莉

摘 要 本文采用基于碳排放强度（NCI）的消费侧碳排放核算方法，利用国际贸易中心（International Trade Centre, ITC）数据库、全球大气研究排放数据库（Emissions Database for Global Atmospheric Research, EDGAR）以及世界银行数据库，以欧盟、美国等 13 个国家和地区为研究样本，对中国与全球主要经济体贸易隐含碳进行核算，厘清中国承担的国外消费侧碳排放责任，并对中国出口隐含碳的驱动因素进行了全面分析。研究发现：一是，多数发达经济体的消费侧排放高于生产侧排放，多数发展中经济体则相反，发展中国家承担了发达国家 15% ~ 20% 的消费侧碳排放责任；二是，国家和地区碳排放与贸易隐含碳排放密切相关，相关系数为 0.96；三是，中国承担了大量国外消费侧需求的碳排放责任，承担最多的是美国、欧盟、东盟和日本的消费侧碳排放责任，2019 年分别占到中国生产侧碳排放的 3.8%、3.5%、2.3% 和 1.2%；四是，技术效应是中国贸易隐含碳排放主要驱动因素，各行业具体驱动因素不同。基于以上分析，建议：一是，中国在推动实现“碳达峰”“碳中和”目标时应考虑贸易因素；二是，针对具体行业采取差异化的贸易减排措施；三是，在国际谈判中充分考虑中国“碳达峰”“碳中和”需求；四是，进一步加强基于消费侧碳排放的研究和测算。

关键词 贸易 隐含碳 消费侧责任

[中图分类号] F740.41 [文献标识码] A [文章编号] 2095-851X (2021) 04-0061-15

【基金项目】 国家重点研发计划“典型固废全球流动足迹变迁研究”（批准号：2019YFC1904803）；生态环境部项目“国际合作及履约”（批准号：2110106）。

【作者简介】 张彬（1984-），生态环境部环境与经济政策研究中心环境与贸易投资研究中心主任，正高级工程师，中国环境科学学会绿色贸易与投资专业委员会秘书长，邮政编码：100029；李丽平（1974-），生态环境部环境与经济政策研究中心国际所所长，正高级工程师，邮政编码：100029；赵嘉（1985-），生态环境部环境与经济政策研究中心国际所助理研究员，邮政编码：100029；张莉（1994-），生态环境部环境与经济政策研究中心助理研究员，邮政编码：100029。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

欧洲议会于2021年3月10日通过的《关于欧盟碳边境调节机制(CBAM)的决议》指出“2015年欧盟二氧化碳进口与出口排放量之比约为3:1”,造成的“碳泄漏”削弱了“欧盟为减少其全球温室气体足迹所做的努力”。随后4月1日发布的七国集团(G7)声明也提及碳排放和环境问题,并称将深化关于贸易与气候和环境之间联系的讨论。中国作为与七国集团贸易靠前的国家,特别是作为欧盟最大的贸易伙伴,自然成为关注焦点。此外,我国为应对气候变化,在2020年提出了“碳达峰”“碳中和”目标,并在《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》中明确提出“提高对外开放绿色低碳发展水平”。为应对以欧美为代表的发达国家在该问题,特别是实施碳边境调节税对中国产生的可能挑战,同时积极推动我国落实“碳达峰”“碳中和”目标,应提前开展中国与全球主要经济体贸易隐含碳核算研究,厘清碳排放责任,分析驱动因素,做好研究储备。

一、贸易隐含碳国内外研究综述

贸易与生产活动密切相关,文献显示贸易带来的碳排放量较大。Arce等(2016)测算显示,国际贸易中的碳排放占全球排放量的20%以上。Cezar和Polge(2020)也开展过相关测算,得出2015年国际贸易的生产和分配所带来的碳排放(80亿吨)是全球碳排放总量(320亿吨)的1/4。为细分贸易带来的隐含碳排放流向问题,大量学者使用多区域环境投入产出模型、结构分解模型、全生命周期评估等工具方法分析国际贸易带来的碳转移。Kander等(2015)研究显示,发展中国家出口隐含碳排放量远大于发达国家。Wood等(2020)指出,随着全球贸易的持续增长、更深入的国内降碳以及更复杂的供应链兴起,发达国家在国外温室气体足迹中所占的比重可能会继续增加。

中国作为全球第一大货物贸易国,大量货物贸易顺差带来了隐含碳排放的“逆差”。众多学者研究指出,中国货物贸易顺差导致的二氧化碳排放增量显著(李丽平等,2008;Tao and Jim,2008;Cezar and Polge,2020)。“入世”十年,中国净出口产品隐含二氧化碳排放占二氧化碳排放总量的比重超过30%(胡涛等,2011;李丽平等,2008;李丽平等,2014)。OECD数据库显示^①,2015年中国出口隐含CO₂量为20.14亿吨,约占中国CO₂排放量的21.7%,出口隐含碳中61.6%由出口中间品贡献,38.4%由出口最终消费品贡献。从行业出口隐含碳排放数据来看,中国通信电子设备、金属冶炼及其制品、机器设备、纺织服装等4个行业带来的出口隐含碳分别为4.93亿吨、3.83亿吨、1.95亿吨以及1.69亿吨,合计占比为61.5%。从出口隐

^① 受数据可获得性以及可比性限制,目前OECD数据库是国别贸易隐含碳排放数据比较全面的数据库,其最新数据为2015年数据。此外,欧盟在“碳边境调节机制”的议案中所援引的关于贸易隐含碳报告的数据也是使用的2015年数据,因此此处采用OECD数据库中的最新数据。

含碳目的地来看, Liu 等 (2016) 测算得出, 中国生产供发达国家消费商品所产生的碳排放占自身工业排放总量的 1/4。Cezar 和 Polge (2020) 的测算结果显示, 全球贸易带来的碳排放中有 24% 来自中国的出口。按照生产和消费来划分碳排放责任, OECD 统计结果显示, 2015 年中国、美国、欧盟、印度、俄罗斯和日本是全球六大碳排放来源, 其中只有中国的生产侧碳排放量 (92.8 亿吨) 显著高于需求侧碳排放量 (79.8 亿吨), 是隐含碳的净出口国。欧盟在“碳边境调节机制”的议案中提出征收碳边境调节税主要鉴于 2015 年欧盟进口产品隐含 CO₂ 与出口产品隐含 CO₂ 排放量之比约为 3:1 (进口产品隐含 CO₂ 13.17 亿吨, 出口产品隐含 CO₂ 4.24 亿吨)。欧盟议案依据的研究报告显示, 从中国进口产品隐含 CO₂ 与出口中国产品隐含 CO₂ 排放量之比已经达到了 9.9:1 (进口产品隐含 CO₂ 4.44 亿吨, 出口产品隐含 CO₂ 0.45 亿吨)。因此, 有必要核算并研究我国贸易隐含碳。

二、贸易隐含碳研究方法 with 计算

(一) 贸易隐含碳核算基础

在贸易隐含碳领域学者们开展了大量研究, 相关文献表明, 中国大量的生产碳排放服务于欧美日等发达经济体的最终需求, 即存在突出的“发达国家消费与中国污染”问题, 研究认为后京都时代的全球气候治理应该改革当前以生产侧排放为原则的碳排放核算体系, 转向更加有效的基于消费侧排放的核算体系, 或者是综合两者考虑的方案 (樊纲等, 2010; 彭水军等, 2016)。生产侧核算 (Production-Based Accounting, PBA) 衡量的是一个国家或地区的工业生产和家庭用能过程中产生的碳排放, 而消费侧核算 (Consumption-Based Accounting, CBA) 则是沿着贸易链追踪产品的最终流向, 将生产侧核算的排放量根据产品中隐含的碳排放转移重新分配给消费者, 即核算的是该国家或地区由最终消费导致的碳排放。

(二) 贸易隐含碳核算方法

本研究参考欧盟碳边境调节机制的决议中援引的 Fezzigna 等 (2019)^① 文献使用的基于碳排放强度 (National Carbon Intensity, NCI) 的消费侧碳排放核算方法, 对中国与全球主要经济体贸易隐含碳进行核算, 基本公式如下:

$$R_i = DE_i - N_i + Q_i \quad (1)$$

R_i 表示 i 国的碳排放责任, 即消费侧碳排放; DE_i 表示 i 国境内的直接碳排放, 即生产侧碳排放; Q_i 表示 i 国进口隐含碳; N_i 表示 i 国出口隐含碳。

一国出口隐含碳 (N_i) 可通过总出口额 (X_i) 与碳排放强度 (g_i) 的乘积来计算, 碳排放强度即为一国碳排放量与 GDP 的比值; 一国进口隐含碳 (Q_i) 可通过进

① 该文献测算结果被纳入欧盟“碳边境调节机制”(CBAM)的决议中。

口额 ($M_{k,i}$) 与碳排放强度 (g_k) 的乘积来计算, 碳排放强度即为进口来源国碳排放量与 GDP 的比值^①, 用公式表示如下:

$$N_i = g_i X_i \quad (2)$$

$$Q_i = \sum_{k \neq i} g_k M_{k,i} \quad (3)$$

将式 (2) 和式 (3) 代入式 (1), 可得到:

$$R_i = DE_i - g_i X_i + \sum_{k \neq i} g_k M_{k,i} \quad (4)$$

$\sum_{k \neq i} g_k M_{k,i} - g_i X_i$ 表示 i 国的贸易隐含碳, 如果该值为正, 代表 i 国是贸易隐含碳净进口国, 即消费侧碳排放超过其生产侧碳排放, 基于消费侧核算的碳排放责任超过了基于地理边界的碳排放 (即生产侧碳排放) 责任核算结果; 反之, 如果该值为负, 代表 i 国是贸易隐含碳净出口国, 即消费侧碳排放小于其生产侧碳排放, 基于消费侧核算的碳排放责任小于基于地理边界的碳排放 (即生产侧碳排放) 责任核算结果。

(三) 贸易隐含碳驱动力分析

国际贸易对环境的影响可以划分为规模效应、结构效应和技术效应 (Grossman and Krueger, 1991)。基于此思想, 可以将贸易隐含碳进行分解, 分析规模效应 (进出口总额的影响)、结构效应 (各行业进出口份额的影响) 和技术效应 (国内外完全碳排放系数的影响) 对隐含碳的贡献率。中国出口隐含碳排放 (F^e) 和进口隐含碳排放 (F^m) 可分别分解为:

$$F^e = \sum_{i=1}^n E \cdot \frac{e_i}{E} \cdot \frac{f_i^e}{e_i} = \sum_{i=1}^n E \cdot S_i^e \cdot T_i^e \quad (5)$$

$$F^m = \sum_{i=1}^n M \cdot \frac{m_i}{M} \cdot \frac{f_i^m}{m_i} = \sum_{i=1}^n M \cdot S_i^m \cdot T_i^m \quad (6)$$

式中, E 和 M 分别表示一国出口总额和进口总额, e_i 和 m_i 分别表示第 i 个行业出口额和进口额, f_i^e 和 f_i^m 分别表示第 i 个行业出口和进口的隐含碳, S_i^e 和 S_i^m 分别表示第 i 个行业出口和进口所占的份额, T_i^e 和 T_i^m 分别表示第 i 个行业出口和进口的完全碳排放系数^②。对于式 (5) 和式 (6), 贸易隐含碳的净转移量可表达为:

$$\Delta F = F^e - F^m = \Delta F_{size} + \Delta F_{str} + \Delta F_{tech} \quad (7)$$

针对驱动因素分解, Ang 等 (1998) 最先提出对数平均 Divisia 指数方法 (LMDI) 的加法分解模式, 此方法的优点是可以对所有变量进行无残差分解, 能够精确考量结构变化和各種强度变化对总指标的影响, 在研究碳排放分解领域应用普遍。其具体表

① 为便于计算, 本文用一国 GDP 碳排放强度表示该国出口碳排放强度, 实际上二者存在一定偏差, 本研究忽略不计。

② 完全碳排放包含直接碳排放以及由产业关联带动的间接碳排放。

述为：

$$\Delta F_{x_k} = \sum_i L(F_i^T, F_i^0) \ln\left(\frac{x_{ki}^T}{x_{ki}^0}\right) \quad (8)$$

其中函数 $L(a, b)$ 为两正数 a, b 的对数平均值，即：

$$L(a, b) = \begin{cases} \frac{a-b}{\ln a - \ln b}, a \neq b \\ a, a = b \end{cases} \quad (9)$$

根据式 (7)、式 (8)、式 (9) 可将出口隐含碳分解为规模效应、结构效应和技术效应

$$\text{规模效应: } \Delta F_{size} = L(F^e, F^m) \times \ln\left(\frac{E}{M}\right) \quad (10)$$

$$\text{结构效应: } \Delta F_{str} = L(F^e, F^m) \times \ln\left(\frac{S^e}{S^m}\right) \quad (11)$$

$$\text{技术效应: } \Delta F_{tech} = L(F^e, F^m) \times \ln\left(\frac{T^e}{T^m}\right) \quad (12)$$

(四) 核算的资料来源和区域选择

本研究用进出口资料来源于 ITC (International Trade Centre) 数据库，以货币量表示；碳排放资料来源于 EDGAR 数据库；GDP 资料来源于世界银行数据库，以 2010 年不变价美元计。

按照海关总署发布的 2020 年度进出口商品国别 (地区) 总值表 (美元值)，选取与我国进出口总额较多的 13 个国家和地区进行分析，分别是东盟 (10 国)^①、欧盟 (27 国)^②、美国、日本、韩国、澳大利亚、巴西、俄罗斯、英国、印度、沙特阿拉伯、加拿大、墨西哥。

三、核算结果分析

(一) 总体情况

对全球主要经济体生产侧和消费侧碳排放进行核算得出多数发达经济体的消费侧碳排放高于生产侧碳排放，多数发展中经济体则相反，但巴西、墨西哥、韩国例外。欧盟、美国、日本、英国、澳大利亚等主要发达经济体的消费侧碳排放均高于各自的生产侧碳排放。其中，2019 年，美国的消费侧碳排放比其生产侧碳

① 东盟包括：文莱、缅甸、柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、菲律宾、新加坡、泰国、越南。

② 欧盟包括：比利时、丹麦、德国、法国、爱尔兰、意大利、卢森堡、荷兰、希腊、葡萄牙、西班牙、奥地利、芬兰、瑞典、塞浦路斯、匈牙利、马耳他、波兰、爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、斯洛文尼亚、捷克、斯洛伐克、保加利亚、罗马尼亚、克罗地亚。

排放高 13.5%，欧盟的消费侧碳排放比其生产侧碳排放高 47.9%，日本的消费侧碳排放比其生产侧碳排放高 16.6%。相反，中国、东盟、印度、俄罗斯、沙特阿拉伯等发展中经济体的生产侧碳排放大于消费侧碳排放。其中，2019 年，中国的生产侧碳排放比消费侧碳排放高 15.8%，东盟的生产侧碳排放比其消费侧碳排放高 11.3%。此外，在发展中经济体中，巴西和墨西哥的消费侧碳排放高于各自的生产侧碳排放。而在发达经济体中，韩国的生产侧碳排放高于其消费侧碳排放（见表 1）。

表 1 主要经济体生产侧和消费侧碳排放（Mt CO₂）

| 主要经济体 | 2001 年 | | 2010 年 | | 2019 年 | |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 生产侧碳排放 | 消费侧碳排放 | 生产侧碳排放 | 消费侧碳排放 | 生产侧碳排放 | 消费侧碳排放 |
| 中国 | 3857 | 3557 | 9161 | 7504 | 11535 | 9960 |
| 东盟 | 833 | 746 | 1199 | 1056 | 1737 | 1561 |
| 欧盟 | 3620 | 4086 | 3418 | 4698 | 2939 | 4347 |
| 美国 | 5860 | 6107 | 5568 | 6104 | 5107 | 5799 |
| 日本 | 1229 | 1315 | 1197 | 1392 | 1154 | 1346 |
| 韩国 | 498 | 471 | 598 | 573 | 652 | 639 |
| 澳大利亚 | 361 | 367 | 413 | 440 | 433 | 448 |
| 巴西 | 363 | 378 | 447 | 499 | 478 | 512 |
| 俄罗斯 | 1682 | 1536 | 1732 | 1398 | 1792 | 1471 |
| 英国 | 566 | 676 | 502 | 739 | 365 | 617 |
| 印度 | 1010 | 988 | 1761 | 1710 | 2597 | 2526 |
| 沙特阿拉伯 | 275 | 240 | 478 | 305 | 615 | 459 |
| 加拿大 | 548 | 545 | 567 | 632 | 585 | 653 |
| 墨西哥 | 396 | 413 | 479 | 499 | 485 | 518 |

资料来源：作者根据 OECD 数据库数据计算得出。

利用相关性分析，对全球主要经济体 2001 年至 2019 年国家和地区碳排放与贸易隐含碳排放关系进行了分析，可以发现贸易隐含碳为净出口的地区和国家，其出口贸易隐含碳越多，所在地区碳排放量越大，相关系数为 0.96，表明贸易出口隐含碳与所在国家和地区碳排放呈较强的正向相关关系。另外，贸易隐含碳净进口国家和地区其进口贸易隐含碳与所在国家和地区碳排放相关性不强，相关系数仅为 0.6（见图 1）。

（二）中国隐含碳贸易情况

通过核算发现，除 2008 年国际金融危机时期，“入世”之后直到 2014 年，中国所承担的国外需求碳排放责任始终在上升，近年来随着我国贸易结构的调整优化和低

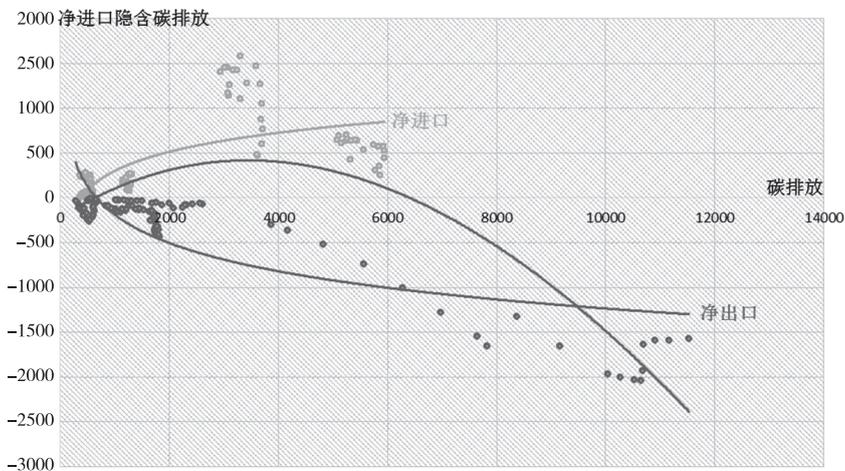


图1 2001—2019年主要经济体碳排放与净进口隐含碳排放关系 (Mt CO₂)

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 数据库数据计算得出。

碳转型，中国的贸易隐含碳排放呈下降趋势。2019年中国贸易隐含碳净出口 157485 万吨（见图 2），约占我国生产侧碳排放的 13.7%，尽管这部分碳排放从 2008 年的占比 21.2% 逐年下降，但该部分碳排放实际上仍属于国外消费侧碳排放责任。

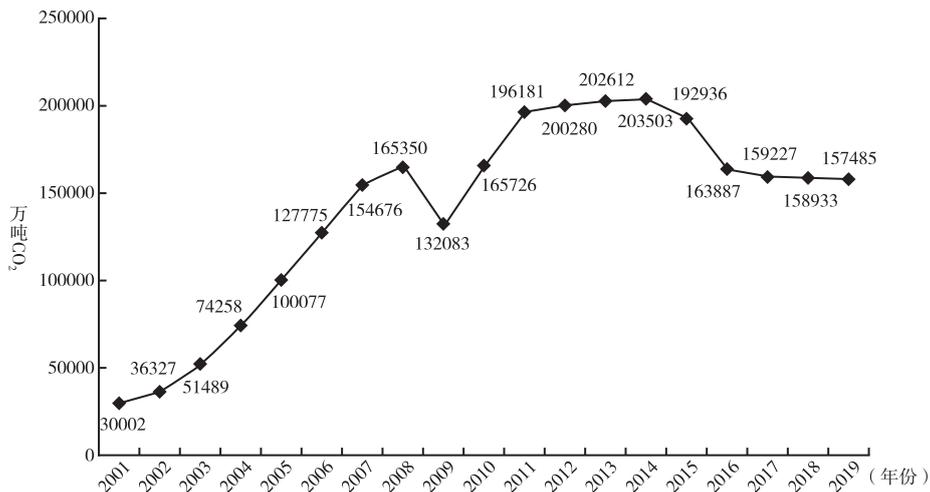


图2 2001—2019年中国贸易隐含碳净出口量

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 数据库数据计算得出。

从中国承担消费侧碳排放的国别分布来看，2019年中国与美国贸易隐含碳净出口 43870 万吨，也就是为美国承担了 43870 万吨碳排放责任，同理，中国为欧盟承担

了40435万吨碳排放责任，为东盟承担了14698万吨碳排放责任，为日本承担了13760万吨碳排放责任（见表2），分别占我国生产侧碳排放的3.80%、3.51%、1.27%和1.19%，如表3所示。

表2 主要经济体消费侧碳排放责任承担分摊（万吨CO₂）

| 分摊国家和地区 | 美国 | | 欧盟 | | 日本 | |
|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | 分摊量 | 分摊比重 | 分摊量 | 分摊比重 | 分摊量 | 分摊比重 |
| 中国 | 43870 | 63.43% | 40435 | 28.72% | 13760 | 71.70% |
| 东盟 | 8897 | 12.86% | 7434 | 5.28% | 3909 | 20.37% |
| 欧盟 | 74 | 0.11% | — | 0.00% | -210 | -1.09% |
| 美国 | — | 0.00% | -74 | -0.05% | -462 | -2.41% |
| 日本 | 462 | 0.67% | 210 | 0.15% | — | 0.00% |
| 韩国 | 1783 | 2.58% | 1612 | 1.14% | 419 | 2.18% |
| 澳大利亚 | -369 | -0.53% | -293 | -0.21% | 1081 | 5.64% |
| 巴西 | -195 | -0.28% | 104 | 0.07% | 86 | 0.45% |
| 俄罗斯 | 1982 | 2.87% | 13870 | 9.85% | 1292 | 6.73% |
| 英国 | -1070 | -1.55% | -3571 | -2.54% | -140 | -0.73% |
| 印度 | 4319 | 6.24% | 3515 | 2.50% | 237 | 1.24% |
| 沙特阿拉伯 | 733 | 1.06% | 2003 | 1.42% | 2294 | 11.95% |
| 加拿大 | 3455 | 5.00% | -175 | -0.12% | 125 | 0.65% |
| 墨西哥 | 7626 | 11.03% | 210 | 0.15% | -111 | -0.58% |

资料来源：作者根据 OECD、ITC、EDGAR 数据库数据计算得出。

从承担主要经济体消费侧碳排放排序来看，中国是美国、日本和欧盟消费侧碳排放责任的最主要承担者。2019年，美国贸易隐含碳净进口69165万吨，通过贸易中国承担了43870万吨碳排放责任，占美国贸易隐含碳净进口的63.43%，也就是说，中国是承担美国消费侧碳排放责任的最主要国家，其次是东盟、墨西哥、印度等国家和地区。2019年，日本贸易隐含碳净进口19191万吨，通过贸易中国承担了13760万吨碳排放责任，占日本贸易隐含碳净进口的71.70%，可见中国是承担日本消费侧碳排放责任的最主要国家。但从历史趋势来看，2001—2011年，中日贸易给中国带来的碳转移持续增加，2012年后已逐渐呈下降趋势。2019年，欧盟贸易隐含碳净进口140813万吨，通过贸易中国承担了40435万吨碳排放责任，俄罗斯承担了13870万吨碳排放责任，东盟承担了7434万吨碳排放责任，分别占欧盟贸易隐含碳净进口的28.72%、9.85%和5.28%。主要经济体消费侧碳排放责任承担构成如表2所示。

随着中国与东盟贸易量的逐年增加，中国对东盟净出口隐含碳逐年增加。2001—2019年，随着中国与东盟市场联系逐渐紧密，中国为东盟承担的消费侧碳排放责任持续增加，在东盟成为中国最大贸易伙伴后，中国对东盟净出口隐含碳达到顶峰。

表 3 2001—2019 年中国承担主要经济体消费侧碳排放占生产侧碳排放比重

单位：%

| 国家和地区 | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2004 年 | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 美国 | 3.92 | 4.77 | 5.31 | 6.24 | 6.97 | 7.28 | 7.06 | 6.68 | 5.29 | 5.87 |
| 欧盟 | 2.36 | 2.53 | 3.29 | 4.18 | 4.87 | 5.37 | 6.11 | 6.53 | 4.84 | 5.52 |
| 东盟 | 0.42 | 0.52 | 0.50 | 0.73 | 0.93 | 1.09 | 1.19 | 1.32 | 1.02 | 1.07 |
| 日本 | 2.14 | 2.04 | 2.24 | 2.56 | 2.69 | 2.59 | 2.40 | 2.44 | 1.90 | 2.11 |
| 墨西哥 | 0.16 | 0.23 | 0.31 | 0.43 | 0.48 | 0.59 | 0.63 | 0.67 | 0.57 | 0.72 |
| 英国 | 0.67 | 0.71 | 0.79 | 0.92 | 0.99 | 1.02 | 1.14 | 1.13 | 0.93 | 0.99 |
| 印度 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.13 | 0.24 | 0.34 | 0.36 | 0.38 | 0.44 |
| 加拿大 | 0.29 | 0.35 | 0.42 | 0.53 | 0.64 | 0.72 | 0.73 | 0.74 | 0.58 | 0.65 |
| 韩国 | 0.15 | 0.25 | 0.23 | 0.27 | 0.40 | 0.52 | 0.67 | 0.80 | 0.36 | 0.39 |
| 巴西 | 0.04 | 0.04 | 0.05 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.23 | 0.32 | 0.22 | 0.34 |
| 澳大利亚 | 0.17 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.39 | 0.40 | 0.43 | 0.45 | 0.36 | 0.38 |
| 俄罗斯 | -0.28 | -0.23 | -0.20 | -0.17 | -0.14 | 0.00 | 0.23 | 0.35 | 0.13 | 0.32 |
| 沙特阿拉伯 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | 0.01 | -0.07 | -0.05 | -0.12 |
| 国家和地区 | 2011 年 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | |
| 美国 | 5.82 | 5.74 | 5.43 | 5.34 | 5.21 | 4.67 | 4.75 | 4.77 | 3.80 | |
| 欧盟 | 5.47 | 4.56 | 4.24 | 4.28 | 3.71 | 3.47 | 3.53 | 3.68 | 3.51 | |
| 东盟 | 1.22 | 1.39 | 1.50 | 1.45 | 1.45 | 1.36 | 1.33 | 1.35 | 1.27 | |
| 日本 | 2.33 | 2.23 | 1.99 | 1.85 | 1.53 | 1.37 | 1.32 | 1.29 | 1.19 | |
| 墨西哥 | 0.74 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 0.69 | 0.69 | 0.72 | 0.67 | |
| 英国 | 0.96 | 0.75 | 0.71 | 0.73 | 0.68 | 0.60 | 0.56 | 0.56 | 0.54 | |
| 印度 | 0.59 | 0.56 | 0.50 | 0.54 | 0.57 | 0.53 | 0.57 | 0.53 | 0.46 | |
| 加拿大 | 0.65 | 0.63 | 0.58 | 0.56 | 0.50 | 0.46 | 0.48 | 0.46 | 0.42 | |
| 韩国 | 0.44 | 0.27 | 0.20 | 0.22 | 0.23 | 0.21 | 0.21 | 0.13 | 0.27 | |
| 巴西 | 0.39 | 0.37 | 0.37 | 0.34 | 0.25 | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 0.17 | |
| 澳大利亚 | 0.36 | 0.35 | 0.28 | 0.27 | 0.30 | 0.26 | 0.21 | 0.23 | 0.16 | |
| 俄罗斯 | 0.26 | 0.25 | 0.30 | 0.21 | 0.06 | 0.09 | 0.08 | -0.07 | -0.06 | |
| 沙特阿拉伯 | -0.17 | -0.19 | -0.17 | -0.13 | 0.02 | 0.01 | -0.07 | -0.15 | -0.18 | |

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 和 ITC 数据库数据计算得出。

总体而言，中国主要承担了欧美等发达国家和地区的消费侧碳排放（见图 3）。虽然中国整体净出口隐含碳在 2014 年之后才开始下降，但对欧盟、美国等发达国家和地区的净出口隐含碳从 2011 年后就开始有减小的趋势，表明中国为美国、欧盟、

日本承担的消费侧碳排放责任在2011年后有下降的趋势，主要是发达经济体吸引制造业回流以及中国优化贸易结构、促进低碳转型的结果。

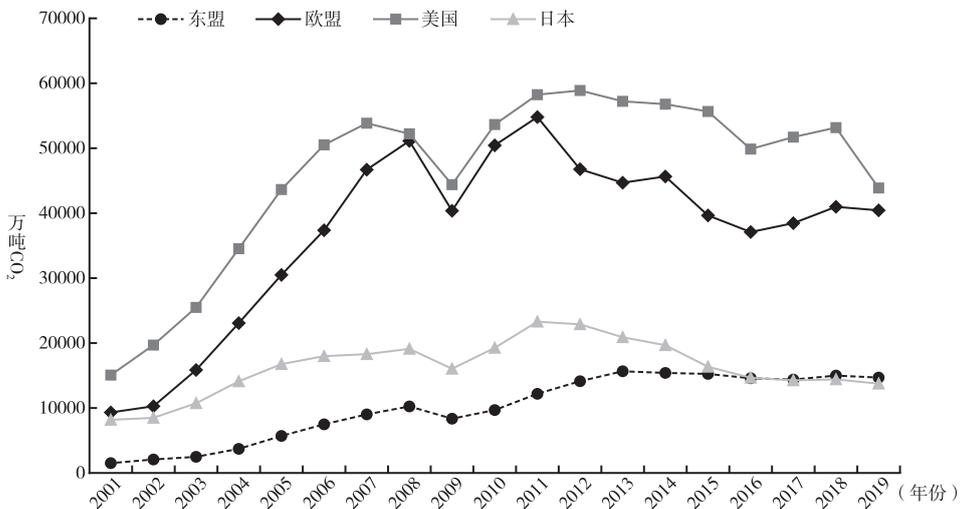


图3 2001—2019年中国与主要贸易伙伴间隐含碳净出口量

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 数据库数据计算得出。

(三) 中国隐含碳出口驱动力分析

2005—2015年，中国的贸易隐含碳约12亿~17亿吨，始终呈隐含碳净出口状态。通过对中国贸易隐含碳进行分解发现，技术效应是造成中国成为隐含碳净出口国的主要原因，其次是贸易顺差带来的隐含碳排放，如图4所示。分行业来看，农业、

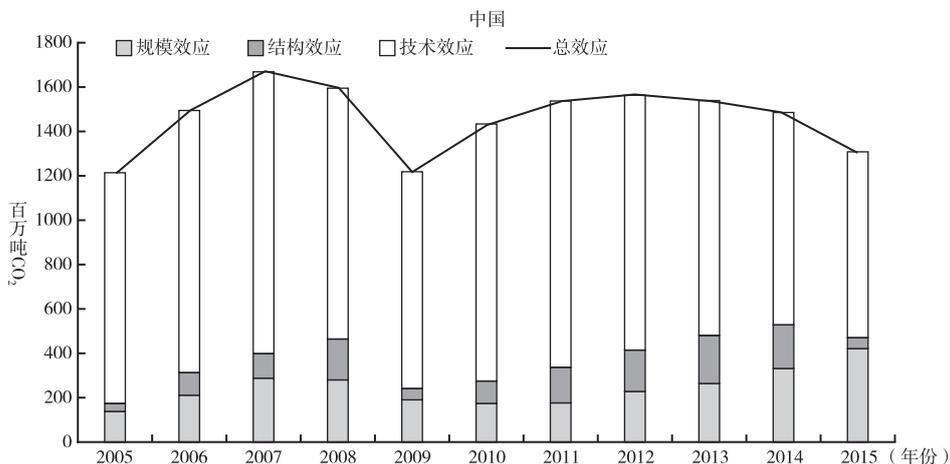


图4 2005—2015年中国贸易隐含碳驱动力分解

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 数据库以及国家统计局相关数据计算得出。

林业及渔业，采矿和采石，焦炭和精炼石油产品的制造等行业属于贸易隐含碳净进口行业，与我国增加农产品以及资源性、能源性产品进口有关，其他行业基本属于贸易隐含碳净出口行业。纺织品、服装、皮革和相关产品的制造，橡胶和塑料制品的制造，其他非金属矿物制品的制造，家具的制造等属于结构效应显著的行业，即行业出口占总出口比重远高于进口占总进口比重。化学品及化学制品、基本医药产品和医药制剂的制造，基本金属、金属制品的制造，计算机、电子产品、光学产品、电力设备、未另分类的机械和设备的制造，汽车、挂车和半挂车、其他运输设备的制造等属于技术效应显著的行业，即行业出口碳排放强度远高于进口碳排放强度。食品、饮料、烟草制品的制造，木材、木材制品及软木制品、草编制品及编织材料物品、纸和纸制品的制造等属于规模效应显著的行业，即行业出口规模远高于进口规模：如表4所示。

表4 2015年中国分行业贸易隐含碳驱动因素分解（百万吨 CO₂）

| 行业 | 规模效应 | 结构效应 | 技术效应 | 总效应 |
|---|-------|--------|-------|--------|
| 农业、林业及渔业 | 4.6 | -25.9 | 1.8 | -19.5 |
| 采矿和采石 | 12.8 | -164.2 | 35.8 | -115.6 |
| 食品、饮料、烟草制品的制造 | 6.4 | -5.6 | 1.3 | 2.1 |
| 纺织品、服装、皮革和相关产品的制造 | 21.3 | 135.7 | 11.1 | 168.1 |
| 木材、木材制品及软木制品、草编制品及编织材料物品、纸和纸制品的制造；记录媒介物的印制及复制 | 9.2 | -3.0 | -2.4 | 3.9 |
| 焦炭和精炼石油产品的制造 | 5.7 | -5.9 | -9.4 | -9.6 |
| 化学品及化学制品、基本医药产品和医药制剂的制造 | 36.0 | -71.9 | 95.4 | 59.5 |
| 橡胶和塑料制品的制造 | 12.2 | 31.7 | 18.9 | 62.8 |
| 其他非金属矿物制品的制造 | 18.5 | 64.5 | 43.0 | 126.0 |
| 基本金属、金属制品的制造，但机械设备除外 | 80.6 | -45.9 | 225.6 | 260.3 |
| 计算机、电子产品、光学产品、电力设备、未另分类的机械和设备的制造 | 128.9 | 54.1 | 423.4 | 606.4 |
| 汽车、挂车和半挂车、其他运输设备的制造 | 18.8 | -11.9 | 59.5 | 66.4 |
| 家具的制造；其他制造业；机械和设备的修理和安装 | 20.4 | 96.0 | -13.1 | 103.3 |
| 电、煤气、蒸汽和空调的供应；供水；污水处理、废物管理和补救活动 | 5.1 | 17.7 | 11.8 | 34.6 |
| 其他活动 | 42.8 | -17.2 | -65.4 | -39.8 |
| 贸易隐含碳合计 | 423.2 | 48.3 | 837.4 | 1308.8 |

注：此处行业分类依据《所有经济活动的国际标准行业分类》（ISIC Rev.4）。

资料来源：作者根据 OECD、EDGAR 数据库以及国家统计局相关数据计算得出。

四、主要结论与建议

基于碳排放及经济贸易数据,本研究采用碳排放强度(NCI)方法对欧盟、美国、东盟、日本等全球主要经济体的消费侧碳排放进行核算,并使用LMDI方法对中国贸易隐含碳的驱动因素进行了分析,主要结论如下。

(1)通过对2001至2019年13个主要国家和地区贸易隐含碳净进口与碳排放关系的面板数据进行分析,发现贸易隐含碳净出口越多,其属地碳排放量就越多,呈现明显的正向相关关系,相关系数为0.96。

(2)选取的样本中,对于欧盟、美国、日本、英国、澳大利亚等主要发达经济体,消费侧碳排放均显著高于传统的生产侧碳排放;而对于中国、东盟、印度、俄罗斯、沙特阿拉伯等发展中经济体,消费侧碳排放则低于生产侧碳排放。从隐含碳流向来看,发展中国家,特别是中国承担了发达国家大量消费侧需求碳排放责任,根据2019年数据,样本中中国、东盟等发展中国家和地区通过贸易隐含碳承担了样本中欧盟、美国等发达国家和地区15%~20%的消费侧碳排放责任。

(3)中国隐含碳贸易一致呈净出口状态,特别是“入世”以后,中国隐含碳“出口”呈逐年递增态势,直到2014年之后有所缓解,主要是发达经济体吸引制造业回流以及中国优化贸易结构、促进低碳转型的结果。最主要承担了美国、欧盟、东盟和日本的消费侧碳排放责任,分别占到中国生产侧碳排放的3.80%、3.51%、1.27%和1.19%。

(4)中国是贸易隐含碳净出口国,技术效应是我国贸易隐含碳的主要驱动因素,行业贸易隐含碳驱动因素不同,纺织、橡胶塑料、建材、家具等行业结构效应突出,化工、钢铁、有色、机械设备等行业技术效应突出,食品、造纸等行业规模效应突出。

基于贸易隐含碳分析、碳排放责任的厘清,为从贸易角度推动中国更好实现“碳达峰”“碳中和”目标,提出如下政策建议。

(1)中国在推动实现“碳达峰”“碳中和”目标时应考虑贸易因素。建议将贸易因素纳入《2030年前二氧化碳排放达峰行动方案》顶层设计、编制和实施中,具体措施包括:一是在与贸易密切相关的领域和行业制定碳减排政策和措施时应该充分考虑贸易因素;二是开展出口产品低碳产品认证工作,对于生产过程碳友好的产品提高其贸易便利化程度,促进出口;三是增加服务贸易比重,大力推进包括环境服务在内的相关服务的出口,同时加强对碳减排领域的相关技术和服务的进口。

(2)为减少贸易隐含碳排放,应针对具体行业采取差异化的贸易减排措施,如针对化工、钢铁、有色、机械设备等行业,应着力加强技术改造升级,推动低碳转型;针对食品、造纸等行业,可以适度扩大进口规模;鼓励机械设备等下游行业企业开展供应链碳排放管理,设定企业“碳中和”发展目标等。

(3)在国际谈判中充分考虑中国“碳达峰”“碳中和”需求。积极参与各类贸

易和投资国际谈判，将“碳达峰”“碳中和”相关诉求反映到规则中；参与研究制定贸易隐含碳责任厘清和划分规则；积极利用贸易协定环境章节谈判，统筹谋划并纳入气候变化相关条款；同时在国际气候变化相关协定谈判中，积极考虑贸易措施和手段，将相关内容写入协定中，利用贸易手段推动碳减排。

(4) 进一步加强基于消费侧碳排放的研究和测算。与传统的属地责任原则相比，基于消费侧需求碳排放核算方案提高了欧美日等主要发达经济体的排放责任，同时也降低了中国等发展中经济体的排放责任。应更进一步加强对于贸易带来的碳排放核算，以核算为基础深入研究相关责任的划分问题，特别是从跨国投资和跨国企业角度开展碳排放的责任研究工作。

参考文献

- 樊纲、苏铭、曹静（2010）：《An Econometrical Analysis of Final Consumption and Carbon Emissions Responsibilities》，《China Economist》第3期，第79—88页。
- 胡涛、吴玉萍、庞军等（2011）：《入世十年我国对外贸易的宏观环境影响研究》，《环境与可持续发展》第3期，第20—24页。
- 李丽平、任勇、田春秀（2008）：《国际贸易视角下的中国碳排放责任分析》，《环境保护》第6期，第62—64页。
- 李丽平、毛显强、刘峥延、宋鹏、原庆丹、张彬（2014）：《加入WTO对中国环境的影响及对策初步研究》，《中国人口·资源与环境》第24期，第118—122页。
- 彭水军、张文城、卫瑞（2016）：《碳排放的国家责任核算方案》，《经济研究》第3期，第137—150页。
- 张彬、张莉、赵嘉、李丽平（2020）：《环境与贸易投资研究述评》，《环境与可持续发展》第1期，第110—113页。
- 朱婧、张彬、陈俊龙、李梅梅（2015）：《温室气体核算与环境管理创新机制研究》，《中国人口·资源与环境》第S2期，第33—36页。
- Ang, B. W., F. Q. Zhang and K. H. Chai (1998), "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition", *Energy*, 23, pp. 489 - 495.
- Arce, G., L. A. López and D. Guan (2016), "Carbon Emissions Embodied in International Trade: The Post-China Era", *Applied Energy*, 184, pp. 1063 - 1072.
- Cezar, R. and T. Polge (2020), "CO₂ Emissions Embodied in International Trade", *Bulletin de la Banque de France*, 228 (1) .
- Davis, S. J. and K. Caldeira (2010), "Consumption-based Accounting of CO₂ Emissions", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, pp. 5687 - 5692.
- EU. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: Establishing a Carbon Border Adjustment Mechanism, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:52021PC0564> [2021-11-9].
- Grossman, G. M. and A. B. Krueger (1991), "Environment Impacts of a North American Free Trade Agreement", *NBER Working Paper*, No. w3914.

- Kander, A., M. Jiborn and D. D. Moran, et al. (2015), "National Greenhouse-gas Accounting for Effective Climate Policy on International Trade", *Nature Climate Change*, 5 (5), pp. 431 – 435.
- Liu, Z. (2015), "China's Carbon Emissions Report 2015", Sustainability Science Program and Energy Technology Innovation Policy Research Group, Belfer Center Discussion Paper, Harvard Kennedy School of Government, Cambridge, MA.
- Liu, Z., S. Davis and K. Feng, et al. (2016), "Targeted Opportunities to Address the Climate-Trade Dilemma in China", *Nature Climate Change*, 6, pp. 201 – 206.
- Mi, Z., J. Meng and F. Green, et al. (2018), "China's 'Exported carbon' Peak: Patterns, Drivers, and Implications", *Geophysical Research Letters*, 45, pp. 4309 – 4318.
- Fezzigna, P., S. Borghesi and D. Caro (2019), "Revising Emission Responsibilities through Consumption-Based Accounting: A European and Post-Brexit Perspective", *Sustainability*, 11 (2), 488.
- Peters, G. P., J. C. Minx and C. L. Weber, et al. (2011), "Growth in Emission Transfers via International Trade from 1990 to 2008", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108 (21), pp. 8903 – 8908.
- Tao, W. and W. Jim (2008), "China's Carbon Emissions and International Trade: Implications for Post – 2012 Policy", *Climate Policy*, 8 (6), pp. 577 – 587.
- Wood, R., M. Grubb and A. Anger-Kraavi, et al. (2020), "Beyond Peak Emission Transfers: Historical Impacts of Globalization and Future Impacts of Climate Policies on International Emission Transfers", *Climate Policy*, 20 (S1), pp. 14 – 27.
- Yoon, Y., Y. K. Kim and J. Kim (2020), "Embodied CO₂ Emission Changes in Manufacturing Trade: Structural Decomposition Analysis of China, Japan, and Korea", *Atmosphere*, 11 (6), 597.

Analysis on the Responsibility of Embodied Carbon in Trade and Its Driving Force

ZHANG Bin, LI Li-ping, ZHAO Jia, ZHANG Li

(Policy Research Center for Environment and Economy, MEE, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper adopts a consumer-side carbon emission accounting method based on carbon emission intensity (NCI) to calculate the embodied carbon in China's trade with main economies in the world and to clarify the responsibility of carbon emission from consumers' side, by using data from the International Trade Centre (ITC) database, the Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) and the World Bank database. The main economies the study selected as the samples include 13 countries and regions, such as the European Union and the United States, which have a large amount of imports and exports with China. The study found that: Firstly, the consumption-side emissions of most developed economies are higher than the production-side emissions, while most developing economies are the opposite. Developing countries bear 15% – 20% of the consumption-side carbon emissions of developed countries. Secondly, national and regional

carbon emissions are closely related to the embodied carbon emissions in trade, with a correlation coefficient of 0.96. Thirdly, China has undertaken a large number of carbon emissions responsibilities for foreign consumer-side demand, of which the United States, the European Union, ASEAN, and Japan have assumed to be taken the most. In 2019, they accounted for 3.8%, 3.5%, 2.3% and 1.2% of China's production-side carbon emissions respectively. Fourthly, technological effect is the main driving factor of China's trade embodied carbon emissions, and the specific driving factors of each industry are different. Based on the analysis above, it is recommended that: Firstly, China should consider trade factors when promoting the realization of the "carbon peak" and "carbon neutral" goals. Secondly, China should take different trade measures on CO₂ emission reduction for specific industries; Thirdly, China should fully consider its "carbon peak" and "carbon neutral" needs in international negotiations. Fourthly, China should further strengthen the research on calculations of carbon emissions from consumer-side.

Key Words: trade; embodied carbon emission; responsibility of consuming-side

责任编辑：周枕戈