

碳关税对中国全球价值链分工的影响研究

陀才进 孙 慧 张若威

(新疆大学 经济与管理学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:在气候政策与贸易政策联动的新形势下,准确评估碳关税对中国全球价值链分工的影响是防范和化解外部产业链风险的现实要求。本文通过构建碳关税冲击下的价值链核算分解框架,系统评估欧盟碳关税对中国全球价值链分工的影响。研究发现:欧盟碳关税在抑制中国对欧盟出口的同时,也推动了中国向第三方市场的出口转移,呈现出明显的贸易抑制效应与贸易转移效应;碳关税实施将导致中国和欧盟贸易陷入“双损”困境,随着碳关税覆盖范围的扩大,作为进口方的欧盟贸易增加值损失较之中国更为严重;碳关税会显著削弱中国钢铁、水泥、电力和交通运输等高碳行业的GVC分工地位,且碳关税对中国GVC前向参与度的抑制作用远大于GVC后向参与度;碳关税会降低高碳行业的出口国内增加值率,削弱其在全球价值链中的获利能力,但对低碳行业的影响相对有限;若欧美发达国家组成碳关税同盟,中国的贸易损失将会进一步放大,中国采取针对性碳补贴的方式可在一定程度上缓解碳关税的负面影响。本研究为考察碳关税的冲击与影响提供了新的经验证据,也在实践层面为我国相关部门制定应对策略提供了有益参考。

关键词:碳关税;全球价值链;GTAP-GVC模型;投入产出分析

中图分类号:F752 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2026)01-0133-15

一、引言

在全球气候变化危机加剧与“双碳”战略全面深化的时代背景下,绿色低碳转型已从环境治理议题跃升为重塑全球经济竞争力、强化产业韧性的核心引擎。全球价值链(Global Value Chain,GVC)作为串联世界经济活动和碳排放流动的关键载体,已成为各国争夺绿色竞争优势的战略领域,深刻影响着世界经贸格局的再平衡^[1]。与此同时,气候治理与贸易政策的联动正不断加速全球价值链分化重组,导致绿色低碳转型成本的全球分配失衡问题日益凸显。在国际贸易政策波动加剧、地缘政治冲

收稿日期:2025-07-23

基金项目:科技部重大项目“吐哈盆地国家能源基地建设调查与碳减排潜力评估”(SQ2021xjkk01800);国家自然科学基金项目“新能源产业区域协同发展机理与路径优化研究”(72563030);新疆大学优秀博士项目“碳关税在全球价值链中的传递效应研究”(XJU2024BS019)

作者简介:陀才进(1996—),男,广西玉林人,新疆大学经济与管理学院博士生;

孙 慧(1963—),女,江苏泗阳人,新疆大学经济与管理学院教授,博士生导师,本文通讯作者;

张若威(2001—),男,新疆昌吉人,新疆大学经济与管理学院博士生。

突频发以及绿色壁垒持续加高等因素的交织作用下,国际气候博弈变得更为复杂。为了达成《巴黎协定》设定的目标,以欧美为代表的发达国家利用其在国际上的主导地位,不断推出新的环境管制措施,将气候政策与贸易利益相挂钩,通过单边施加外部惩罚的方式,企图将全球碳减排成本转嫁到发展中国家,并强化其在全球气候治理中的领导地位。

2023年5月,欧盟正式推出碳边境调整机制(Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM),以补充《欧洲绿色新政》中的“Fit for 55”减排一揽子计划。CBAM通过对出口到欧盟商品中的隐含碳排放征收额外关税来实现欧盟境内外碳价的平衡,进而维护欧盟本土产业的竞争力。2023年10月1日,欧盟宣布CBAM正式生效,标志着全球首个碳关税落地实施。2025年10月,欧盟通过《碳边境调整机制(CBAM)综合法案》,拟将碳关税覆盖范围进一步扩展至化工、塑料及部分下游制成品。作为一种新型的贸易壁垒,CBAM把气候问题扩大到贸易领域,不仅具有强烈的贸易保护色彩,也对气候治理和全球价值链分工产生了深远影响。中国既是能源消耗与碳排放大国^①,也是欧盟最大的进口来源国和第二大贸易伙伴,长期高度依赖欧盟市场。与此同时,中国作为全球价值链的重要参与者,已成为连接发达国家和发展中国家价值链“共轭环流”的核心枢纽^[2]。碳关税的实施势必对中国出口及全球价值链参与带来新的不确定性,甚至可能引发全球价值链的断裂与重构。在气候政策与贸易政策加速联动的新形势下,如何准确评估欧盟碳关税对中国经济及全球价值链分工的冲击?此外,欧美等发达国家碳关税的合流之势又将会对中国参与全球价值链带来何种影响?中国应如何有效应对碳关税带来的挑战?基于以上问题,本文构建了碳关税冲击下的全球价值链核算分解框架,以期测度欧盟碳关税对中国全球价值链分工的影响。

本文可能的边际贡献体现在三个方面。第一,理论层面,本文通过构建碳关税冲击下的三国贸易一般均衡模型,系统论证了欧盟实施碳关税所引致的贸易效应,并进一步考虑了中国可能采取的政策措施,为理解碳关税政策的传导路径提供了一个全面的视角。第二,与已有总量贸易层面的研究不同,本文将气候政策与贸易政策纳入统一框架,系统考察欧盟碳关税对中国全球价值链分工的冲击,突破了传统总量贸易层面研究的局限性,为精准防范和化解产业链外生冲击提供了较为有力的经验证据。第三,本文系统刻画了欧盟碳关税在分阶段、分行业中的异质性影响,并评估了发达国家组成碳关税同盟以及中国采取应对措施所带来的潜在影响,为理解新一轮“碳关税—政策反制”博弈的复杂传导机制提供了更为完整、量化的证据链。

二、文献综述

与本文主题密切相关的研究主要有两类。第一类研究聚焦于碳关税,主要围绕其有效性与经济效应两个维度展开。一是关于碳关税的有效性。作为一种新型贸易壁垒,碳关税的核心机制是通过将本国碳减排压力与成本转嫁至境外以实现境内外碳价的平衡。现有研究表明,碳关税在解决碳泄漏方面效率低下,不仅难以有效推动全球碳减排目标的实现,反而可能激化国际贸易摩擦,加剧全球南北经济发展的失衡^[3]。二是关于碳关税经济效应的评估。现有研究主要依托以GTAP模型为代表的可计算一般均衡(CGE)模型进行量化分析。相关研究普遍认为,碳关税仅能为征税国的部分高碳行业提供有限的保护,并且会对其出口部门造成显著损失^{[4][5]}。同时,碳关税会通过抬高征税国消费者的成本,致使征税国和被征税国双方贸易竞争力和福利水平整体下降^[6]。亦有部分研究认为,欧盟碳关税的加征虽然会对中欧贸易带来一定的负面影响,但影响程度相对有限^[7]。

第二类研究聚焦全球价值链分工,主要沿两条主线展开:一是GVC核算体系的构建,二是影响GVC分工变动的外生因素。在核算体系方面,随着GVC分工的深化,传统总量贸易统计已难以准确反映当前以全球价值链为基础的国际贸易实质,并且在揭示世界贸易格局时会产生严重的误导性^[8]。为此,Koopman等(2014)基于投入产出框架系统测度了各国的GVC参与度与分工地位^[9]。王直等(2015)在此基础上进一步构建了国家与部门层面完整的价值链分解体系^[10],学者

们还对 GVC 参与度、显性比较优势、链长及位置等核心指标进行了系统刻画^{[11][12]}。随着全球价值链核算体系的完善,学者们尝试将 GTAP 模型与 GVC 分解框架相结合,使得 GTAP-GVC 模型能够从增加值来源视角解析总贸易流中的增值构成^{[13][14][15]}。在影响 GVC 分工变动的因素方面,已有文献分别从人工智能、FTA 规则、贸易摩擦等多个视角探究了各类外生冲击对 GVC 分工的影响^{[16][17][18]}。

梳理上述文献可得出三个方面的结论。第一,在全球产业链风险陡升的背景下,如何准确测度欧盟碳关税冲击对中国宏观经济及价值链的连锁效应,已经成为我国防范外部产业链风险的迫切需求。第二,全球价值链已成为串联世界经济活动和碳排放流动的关键载体,现有研究仍囿于总量贸易视角来分析碳关税的经济效应^[19],既难以准确反映以 GVC 为基础的真实贸易利得关系,更无法揭示和刻画“碳价→成本→价值链分工”传导链条,极易对贸易格局和政策效果形成误判。第三,现有研究普遍依赖主观税率设定,忽视了不同行业隐含碳差异以及 CBAM 不同实施阶段的影响^{[5][7]},更未能回应欧美碳关税合流之势对中国价值链的潜在冲击,故而难以进行较为贴合现实的政策效应评估。鉴于此,本文将气候政策与贸易政策纳入统一框架,通过构建碳关税冲击下的全球价值链核算分解模型,系统评估欧盟 CBAM 对中国全球价值链分工的影响。在此基础上,本文进一步考察了发达国家组成碳关税同盟以及中国采取应对措施所带来的潜在影响,以期精准识别和化解产业链外生风险提供新的经验证据。

三、欧盟碳关税政策背景梳理

(一)CBAM 适用范围与征税方式

CBAM 适用于未纳入欧盟碳排放交易体系(EU-ETS)的第三国或地区向欧盟出口的货物,第一阶段覆盖水泥、钢铁、电力、铝、氢和化肥六大行业或相关产品,具体产品范围则依据《商品名称及编码协调制度》界定。2025 年 12 月 31 日前为过渡期,其间进口商无需缴费,仅履行报告义务。过渡期结束后,欧盟将逐步削减免费配额,并将 CBAM 的覆盖范围逐步扩大到交通运输、炼油、有机化学品等其他行业,目标是于 2030 年前覆盖 EU-ETS 所涵盖的所有商品。

根据欧盟《碳边境调整机制(CBAM)立法提案》,碳关税通过清缴 CBAM 证书的形式征收。CBAM 证书价格为当周 EU-ETS 配额在拍卖平台上的收盘价平均值,每吨超额排放需购买一张证书。若申报人在原产国已支付碳价,可申请等额抵免。欧盟自 2005 年启动碳排放交易体系,其配额(EUAs)约有 90%通过欧洲能源交易所(EEX)分配,期货交易主要在欧洲气候交易所进行。2018—2023 年,受全球气候政策收紧与能源结构转型推动,欧盟碳价持续攀升,EUA 均价从 16.48 欧元/吨/CO₂e 上升至 84.63 欧元/吨/CO₂e,其间一度突破 100 欧元/吨/CO₂e,且预计仍将保持上行趋势^②。

(二)受欧盟碳关税影响的中国产品

从中欧贸易结构来看,中国对欧盟的出口以机电产品、医疗物资、机械器具及家具为主;欧盟对中国的出口集中于机电产品、运输设备和化工品。如图 1 所示,在 CBAM 首批覆盖的钢铁、水泥、化肥和铝等四个行业或相关产品中,中国对欧盟的出口总体保持稳定,2020 年的短暂回落则主要受到新冠疫情的影响。2024 年,中国对欧

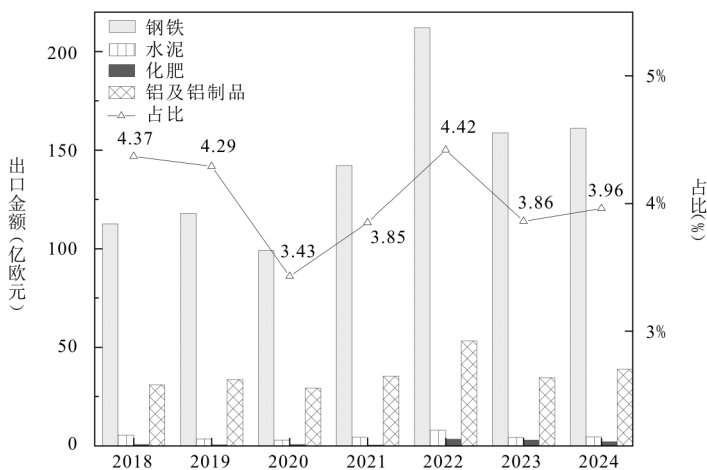


图 1 2018—2024 年中国受 CBAM 影响的行业(产品)出口额及相应占比

注:数据来源于欧盟统计局。

盟的出口总额为 5226 亿欧元,其中钢铁、水泥、化肥和铝等四个行业或相关产品对欧盟的出口分别为 161.01 亿欧元、4.69 亿欧元、2.14 亿欧元和 38.89 亿欧元,合计出口占比为 3.96%。随着后期欧盟 CBAM 征税覆盖范围的逐步扩大,预计到 2030 年,碳关税将覆盖中国对欧盟出口的绝大多数产品。

四、理论分析

本文借鉴丁纯和曹雪琳(2024)的研究思路,在 GTAP 模型假定基础上构建一个简化的三国一般均衡模型,并进一步引入被征税国(中国)的政策反应机制,以刻画碳关税冲击下的贸易效应与均衡调整^[7]。

(一)基本假设

假设世界由欧盟(A)、中国(B)和第三国(C)共三个国家(地区)组成,每国(地区)仅生产一种同质可贸易品,且不考虑运输成本,一国总供给等于国内需求与出口之和:

$$QS_{c,i} = qds_{c,i} + \sum_{r \neq i} qxs_{c,i,r} \quad (1)$$

式(1)中, $QS_{c,i}$ 为*i*国商品*c*的总供给, $qds_{c,i}$ 为私人部门、企业、政府和投资者对国内商品的需求总量, $\sum_{r \neq i} qxs_{c,i,r}$ 为*i*国出口至*r*国的总出口量。进一步地,全球市场出清条件为:

$$\sum_{i=A,B,C} QS_{c,i} = \sum_{i=A,B,C} QD_{c,i} \quad (2)$$

式(2)中, $QD_{c,i}$ 为*i*国对商品*c*的总需求,价格通过内生调整实现市场出清。

1. 消费者行为

遵循 GTAP 模型假定,国家*j*的代表性消费者效用函数采用 CDE 形式:

$$U_j = U_j(q_{Aj}, q_{Bj}, q_{Cj}), U' > 0, U'' < 0 \quad (3)$$

消费者的预算约束为:

$$\sum_{i=A,B,C} P_{ij} q_{ij} = Y_j \quad (4)$$

式(4)中, P_{ij} 为*j*市场上来自*i*国商品的价格(含关税), Y_j 为*j*国总收入。对 q_{ij} 求一阶条件可得:

$$U'(q_{ij}) = \lambda_j P_{ij} \quad (5)$$

式(5)中, λ_j 为拉格朗日乘子,代表收入的边际效用。式(5)表明,不同来源商品的边际效用等于其价格乘以收入的边际效用。

2. 生产者行为

假定*i*国的生产者总成本随产出增加而单调递增:

$$C_i(y_i) = c_i y_i + \frac{d}{2} y_i^2, c_i > 0, d > 0 \quad (6)$$

在完全竞争条件下,生产者按边际成本定价:

$$P_i = C'_i(y_i) = c_i + d y_i \quad (7)$$

(二)碳关税引入与价格传导

考虑欧盟(A)对中国(B)和第三国(C)的进口产品征收从价碳关税 τ ,即 $\tau_{BA} > 0, \tau_{CA} > 0$,中国产品进入欧盟市场的到岸价格可表示为:

$$P_{BA} = P_B (1 + \tau_{BA}) \quad (8)$$

根据 GTAP 模型的标准设定,欧盟市场的总消费可表示为三国(地区)产品的 CES 聚合函数:

$$Q_A = \left(\sum_{i \in \{A,B,C\}} \alpha_i q_{iA}^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (9)$$

式(9)中,Armington 替代弹性 $\sigma > 1$,用以衡量国内产品与进口产品之间的替代弹性; α_i 为份额参数,反映消费者对不同来源商品的偏好,且满足 $\sum_i \alpha_i = 1$ 。对应的价格指数为:

$$P_A = \left(\sum_{i=A,B,C} \alpha_i P_{iA}^{1-\sigma} \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (10)$$

由效用最大化条件可得各来源商品的需求函数：

$$q_{iA} = \alpha_i \left(\frac{P_A}{P_{iA}} \right)^\sigma Q_A \quad (11)$$

对式(11)取对数并微分得：

$$d \ln q_{iA} = -\sigma d \ln P_{iA} + \sigma d \ln P_A + d \ln Q_A \quad (12)$$

假设短期内欧盟总消费量 Q_A 保持稳定,且价格指数 P_A 变化较小,则有：

$$\frac{dq_{BA}}{q_{BA}} \approx -\sigma \frac{dP_{BA}}{P_{BA}} \quad (13)$$

式(13)表明,欧盟商品市场价格每上升 1%,欧盟对中国产品的进口量将下降 $\sigma\%$ 。商品替代弹性 σ 越大,碳关税对进口的抑制作用越强。碳关税提高了中国商品在欧盟市场的价格,易证得：

$$\frac{dq_{BA}}{d\tau_{BA}} = -\sigma \frac{q_{BA}}{P_{BA}} \times \frac{dP_{BA}}{d\tau_{BA}} < 0 \quad (14)$$

命题 1: 欧盟征收碳关税将推高进口价格,抑制中国对欧盟的出口,产生贸易抑制效应(Trade suppression effect)。若碳关税税率提高或覆盖产品范围扩大,中国出口降幅将更为显著。

若中国对欧盟出口受阻并转向第三国(C)市场,C 国市场需求同样满足 Armington 条件：

$$q_{BC} = \alpha_{BC} Q_C \left(\frac{P_{BC}}{P_C} \right)^{-\sigma} \quad (15)$$

式(15)中, P_{BC} 未受碳关税直接影响,B 国(中国)为了维持出口市场份额将增加对 C 国的出口。故而,B 国出口增加,导致相对价格 P_{BC} 下降,需求 q_{BC} 上升。同理,易证得：

$$\frac{dq_{BC}}{d\tau_{BA}} > 0 \quad (16)$$

命题 2: 欧盟征收碳关税将导致 B 国(中国)出口到欧盟的产品减少,对第三方国家的出口增加,产生显著的贸易转移效应(Trade diversion effect)。

(三)引入中国碳补贴政策后的均衡分析

进一步考虑被征税国对欧盟碳关税政策作出反应。假定中国对受 CBAM 影响的出口产品实施针对性碳补贴,以缓解企业绿色转型的压力。设单位产品补贴率为 s ,则有效离岸价格(FOB)调整为：

$$P_B^s = P_B (1 - s) \quad (17)$$

此时中国产品在欧盟市场的到岸价格为：

$$P_{BA}^s = P_B (1 - s) (1 + \tau_{BA}) \quad (18)$$

对式(18)关于 s 求导,并结合 Armington 需求函数的弹性表达式,通过链式法则可得：

$$\frac{dq_{BA}}{ds} = -\sigma \frac{q_{BA}}{P_{BA}^s} \cdot \frac{dP_{BA}^s}{ds} = \sigma \frac{q_{BA}}{1 - s} \quad (19)$$

同上,易证得：

$$\frac{dq_{BA}}{ds} > 0 \quad (20)$$

命题 3: B 国(中国)实施碳补贴可有效降低企业出口成本,部分抵消碳关税的负面冲击,产生明显的政策对冲效应。

五、研究设计

(一)GTAP 模型方案设定

GTAP 模型是美国普渡大学开发的大型 CGE 模型,被广泛应用于贸易与能源等领域的研究。第 11 版 GTAP 数据库共提供了 5 个参考年份(2004 年、2007 年、2011 年、2014 年和 2017 年)的时间序列数据,覆盖了全球 141 个国家及 96.4% 的人口,并基于最新国际数据改进了碳排放核算。本文参

考 Walmsley 等(2012)的动态递归方法对数据库进行更新^[20],以覆盖碳关税的政策实施期。具体操作包括三个步骤,首先,通过修改 GTAP 模型闭合(Closure)的方法将实际 GDP 转化为外生变量,将技术进步作为内生变量。其次,利用各国 GDP、人口、资本存量、熟练劳动力、非熟练劳动力等变量的增长率对数据库进行预估至 2030 年。其中,各国 GDP 和人口预测数据来自国际货币基金组织(IMF)的 World Economic Outlook 数据库,各国资本存量、熟练劳动力、非熟练劳动力的预测数据则来自法国国际经济研究中心(CEPII)的 EconMap 数据库,关税数据则来自世界银行的 WITS 数据库。最后,为了保持数据库的均衡性和数据的可靠性,我们利用各国(地区)的最新经济数据对数据库进行校正。

在区域划分上,本文选取了与中欧双方经贸往来最为紧密的第三方伙伴国(地区),分别是美国、日本、韩国、印度、俄罗斯、加拿大、东盟以及世界其他国家或地区,最终合并为 10 个区域。部门设定方面,本文重点聚焦于受 CBAM 影响较大的行业或相关产品,如钢铁、水泥、铝、电力及化工等。鉴于 GTAP 数据库的部门分类存在一定局限性,本文将化肥以及未来拟纳入 CBAM 征税范围的基础化学品等相关产品统一归并至“化工产品”部门,以便更准确地反映政策覆盖范围及其行业关联特征。在此基础上,本文将 CBAM 第二阶段的拟征税行业及中欧贸易占比最大的机电产品进行单独划分,最终整合为 14 个产业部门^③。进一步地,根据欧盟《碳边境调整机制(CBAM)立法提案》中关于碳关税的不同实施阶段,并结合欧盟 EUA 交易拍卖的价格,我们共设置了 6 种模拟情景(见表 1)。

表 1 碳关税的情景方案设定

情景方案	具体设定
欧盟 CBAM 第一阶段方案	情景 1: 基于欧盟《碳边境调整机制(CBAM)立法提案》,将欧盟碳关税第一阶段覆盖的钢铁、水泥、铝、电力及化工产品等行业的碳关税设定为 85 美元/吨/CO ₂ e
欧盟 CBAM 第二阶段方案	情景 2: 2026 年 CBAM 正式实施后,欧盟将减少 EUA 配额,碳关税设定为 100 美元/吨/CO ₂ e 情景 3: 欧盟碳关税覆盖范围扩大至交通运输和炼油等行业,碳关税设定为 100 美元/吨/CO ₂ e 情景 4: CBAM 覆盖范围进一步扩大至对欧盟所有进口产品均征收 100 美元/吨/CO ₂ e 碳关税
发达国家碳关税同盟方案	情景 5: 假设除欧盟外,美国、日本、英国和加拿大等已经建立碳市场的发达国家依据同样的税收方案分别向世界其他国家各行业产品征收碳关税,碳关税设定为 100 美元/吨/CO ₂ e
中国主动应对方案	情景 6: 在情景 5 基础上,中国采取主动应对措施,对被征税行业给予 15 美元/吨/CO ₂ e 的碳补贴 ^④ ,以降低企业在绿色转型过程中的经济负担,对冲 CBAM 可能带来的负面影响

(二)碳关税等值税率的计算

本文采用列昂惕夫(Leontief)提出的投入产出模型,测算我国对欧盟出口产品中的隐含碳^[21]。在该框架下,部门总产出等于该部门产品的中间消耗与最终需求之和,即:

$$X = A \times X + Y \tag{21}$$

$$\text{进一步可转换为: } X = (I - A)^{-1} \times Y = B \times Y \tag{22}$$

式(21)(22)中, A 为直接消耗系数矩阵, B 为 Leontief 逆矩阵, X 和 Y 分别为总产出与最终需求列向量。将碳排放作为卫星账户嵌入投入产出表,可构建环境投入产出模型,用于测算贸易隐含碳:

$$Emi = \hat{f} \times X = \hat{f} \times (I - A)^{-1} \times Y \tag{23}$$

式(23)中, Emi 为碳排放向量, \hat{f} 为各部门的直接排放强度向量,其元素 \hat{f}_k 代表部门 k 单位产出所产生的碳排放,由此可得出各部门的隐含碳排放强度 e_l :

$$e_l = \sum_k^n \hat{f}_k \times B_{kl} \tag{24}$$

由于 GTAP 模型无法直接采用碳关税从量税进行冲击,本文参考栾昊和杨军(2014)的做法,将碳关税由从量税转化为从价税^[22]。设欧盟碳关税的从量税税率为 t 美元/吨/CO₂e,中国 l 部门商品出口欧盟的到岸价值为 $VCIF_l$, $VMSB_l$ 为中国 l 部门商品进入欧盟的市场价值(包含进口关税),即 $VCIF_l \times tms = VMSB_l$;关税强度为中国出口商品在欧洲的市价与其到岸价的比率,通过调整碳关税强度,以使超额征税的部分相当于碳关税总额,则有:

$$VMSB_l \times \widehat{tms}_l = t \times VCIF_l \times e_l \quad (25)$$

式(25)中, tms 为进口关税强度, \widehat{tms}_l 为欧盟 l 部门碳关税征收所引致的进口关税强度变动率。因此, 碳关税的从价税税率可表示为:

$$\widehat{tms}_l = \frac{t \times VCIF_l \times e_l}{VMSB_l} \quad (26)$$

(三) GTAP-GVC 模型链接

进一步, 将模拟前后的 GTAP 数据集转换为全球多区域投入产出表(MRIOT)^[23]。其中, r 国产出为 X^r , Z^r 为 r 国国内的中间消耗, Y^{rr} 为 r 国国内最终消费, exp^{rs} 为 r 国对 s 区域的出口, Z^{rs} 为 r 国对 s 区域的中间投入, Y^{rs} 为 r 国对 s 区域的最终需求出口, t^r 为国际运输成本, $vd fm$ 、 $vd pm$ 、 $vd gm$ 、 $vxmd$ 、 vst 、 $vi pm$ 、 $vifm$ 等一系列变量均为 GTAP 数据库中的内置变量, 最终得到各模拟情境下的 GTAP-MRIO 表, 转换过程如图 2 所示^⑤。

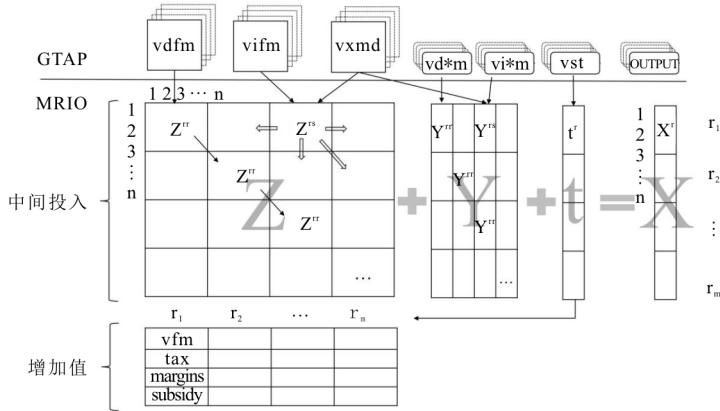


图 2 GTAP-MRIO 表的转换示意图

(四) 碳关税冲击下的价值链分工变动核算

1. 贸易增加值

采用王直等(2015)提出的价值链核算分解模型对 GTAP-MRIO 表进行贸易增加值分解^[10]。其中, s 国向 r 国的出口 E^{sr} 可以分解为最终出口的国内增加值(DVA_FIN)、被进口国直接吸收的中间出口(DVA_INT)、被进口国使用向第三国出口所吸收的中间出口(DVA_INTrex)、返回并被本国吸收的国内增加值(RDV)、最终出口中的国外增加值(FVA_FIN)、中间出口中的国外增加值(FVA_INT)、来自国内账户的纯重复计算(DDC)以及来自国外账户的纯重复计算(FDC)等共计 8 类。

2. GVC 地位和 GVC 参与度

本文采用 Koopman 等(2010)提出的全球价值链地位指数与参与度指标, 测度碳关税引发的价值链变动^[8]。GVC 地位指数定义如下:

$$GVC_Position_{im} = \ln\left(1 + \frac{IV_{im}}{E_{im}}\right) - \ln\left(1 + \frac{FV_{im}}{E_{im}}\right) \quad (27)$$

式(27)中, E_{im} 表示 i 国 m 部门的总出口, IV_{im} 为该部门被直接贸易伙伴用于生产并出口至第三方的本国增加值, FV_{im} 为其出口中包含的国外增加值^[24]。该指数越大, 表明该部门越接近全球价值链上游, 反之则越靠近下游。GVC 参与度($GVC_Participation$)则是衡量一国产业嵌入全球价值链的程度, 分为前向参与度(GVC_f)与后向参与度(GVC_b), 总参与度为二者之和。该值越大, 表明该行业在全球价值链中的嵌入程度越高。

$$GVC_Participation_{im} = \frac{IV_{im}}{E_{im}} + \frac{FV_{im}}{E_{im}} \quad (28)$$

降。其次,从居民福利变动来看,随着碳关税深入实施,中国居民福利损失将从情景 1(仅覆盖 5 个行业)的 87.77 亿美元扩大至情景 4 的 454.86 亿美元;若欧美等国组成碳关税同盟(情景 5),福利损失将进一步攀升至 1144.85 亿美元,为情景 1 条件下的 13 倍。而中国对受征税行业提供 15 美元/吨/CO₂e 的碳补贴(情景 6),则能在一定程度上缓解上述冲击。再次,从出口变动来看,中国对欧盟的出口降幅由情景 1 的 1.96%扩大至情景 4 的 6.81%,呈现显著的贸易抑制效应。同时,随着中国对欧盟出口成本的上升,中国对第三方国家的出口增幅由情景 1 的 1.37%上升至情景 4 的 3.73%,表明出口加速向非欧盟市场转移,贸易转移效应明显,与理论预期一致。最后,从贸易条件来看,随着碳关税从情景 1 扩展至情景 5,中国贸易条件处于持续恶化的过程;而中国对企业实施碳补贴政策(情景 6)则能在一定程度上缓解碳关税所导致的贸易竞争力下降。

表 2 碳关税对中国宏观经济指标的影响

宏观经济指标	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5	情景 6
GDP 变动(%)	-0.27	-0.32	-0.58	-0.68	-1.29	-1.14
居民福利变动(亿美元)	-87.77	-103.26	-174.2	-454.86	-1144.85	-841.31
对欧盟出口变动(%)	-1.96	-0.21	-4.19	-6.81	-7.16	-6.87
对第三方国家出口(%)	1.37	1.61	2.74	3.73	2.25	2.04
对世界总出口(%)	-0.08	-0.09	-0.37	-1.98	-2.41	-2.35
对世界总进口(%)	-0.57	-0.67	-1.06	-0.78	-1.45	-0.67
贸易条件变动(%)	-0.23	-0.27	-0.48	-0.87	-1.27	-1.24

数据来源:GTAP 模拟结果,下表同。

从行业出口来看,如图 4 所示,碳关税的实施会给中国的钢铁、水泥、化工及交通运输等行业造成显著冲击,尤其以交通运输业最为突出。在情景 3 和情景 4 下,中国交通运输业对欧盟的出口额均减少超过 150 亿美元,降幅超过该行业对欧盟出口总量的 50%,贸易抑制效应显著。若发达国家组成碳关税同盟(情景 5 和情景 6),上述行业遭受的出口损失将进一步放大。从总产出变动来看,各行业分化明显,中国的其他重工业、轻工业、机电产品、塑料和橡胶制品、炼油及煤制品等行业在所有情景下均呈现出明显的下降趋势(见图 5)。

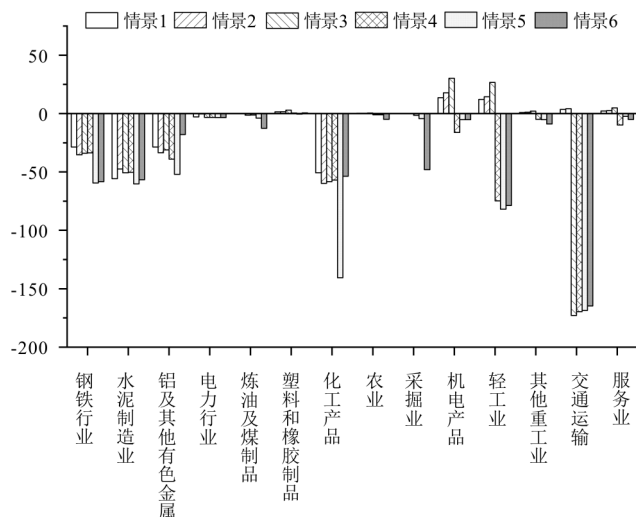


图 4 不同情景下中国各行业对欧盟的出口变动(单位:亿美元)

(二)碳关税对中国全球价值链分工的影响

1. 中国贸易增加值的变动

从贸易增加值变动来看,欧盟碳关税最终会带来中国和欧盟贸易的“双损”局面。在碳关税实施的第一阶段(情景 1),欧盟贸易增加值损失达 79.01 亿美元,远高于中国的 35.63 亿美元;随着 CBAM 覆盖范围扩大至全部进口商品(情景 4),欧盟损失将进一步攀升至 236.79 亿美元,约为同期中国损失

服务业	-0.05	-0.06	-0.11	-0.16	0.05	0.09
交通运输	0.05	0.06	-0.31	-0.27	-0.37	-0.31
其他重工业	-0.27	-0.31	-0.55	-0.74	-1.2	-1.09
轻工业	-0.29	-0.34	-0.64	-0.49	-0.41	-0.45
机电产品	-0.72	-0.84	-1.53	-1.89	-2.96	-2.54
采掘业	0.02	0.03	0.19	0.3	0.01	0.05
农业	0.12	0.14	0.26	0.24	0.13	0.16
化工产品	0.33	0.39	0.11	0.42	0.62	0.54
塑料和橡胶制品	-0.43	-0.5	-0.93	-1.12	-1.38	-0.77
炼油及煤制品	-0.2	-0.24	-0.29	-0.23	-0.54	-0.47
电力行业	-0.18	-0.21	-0.12	-0.08	-0.19	-0.14
铝及其他有色金属	0.17	-0.2	-0.39	-1.04	-1.17	-1.12
水泥制造业	2.98	2.49	2.16	1.64	-1.42	-1.29
钢铁行业	2.31	2.34	2.28	1.27	-1.06	-1.37
	情景1	情景2	情景3	情景4	情景5	情景6

图 5 不同情景下中国各行业总产出的变动(单位:%)

的 27 倍^⑥。同时,中国向第三方市场的贸易转移,也在一定程度上抵消了对欧盟的贸易损失。而当欧美发达国家组成碳关税同盟时(情景 5),第三方出口市场的缩减将导致中国贸易增加值损失急剧扩大至 257.11 亿美元。如表 3 所示,从增加值变动结构上看,碳关税对中间品出口的国内增加值冲击尤为突出:情景 1 中,被进口国直接吸收的中间出口增加值(DVA_INT)和经进口国再出口至第三方的国内增加值(DVA_INTrex)分别减少 42.47 亿美元和 29.20 亿美元;相反,与最终品相关的增加值(DVA_FIN 、 FVA_FIN)及中间出口中的国外增加值(FVA_INT)则有所上升。这表明碳关税主要抑制中国中间品增加值获取,同时推动中间品出口向第三方转移,且该效应随着碳关税的实施范围扩大而愈发显著。若发达国家组成碳关税同盟(情景 5),中国所有类型增加值均呈现显著下降趋势。这表明,随着碳关税覆盖国家范围的扩大及第三方出口市场的受限,中国国内增加值将遭受更为严重的损失。在中国对被征税行业给予 15 美元/吨/ CO_2e 的碳补贴情形下(情景 6), DVA_INT 与 DVA_INTrex 的损失较情景 5 明显缓解,体现出一定的政策缓冲效果。

表 3 不同碳关税情景下中国不同类型贸易增加值的变动(单位:亿美元)

贸易增加值类型	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5	情景 6
DVA_FIN	33.9	47.74	73.03	64.88	-25.06	-18.06
DVA_INT	-42.47	-31.13	-28.01	-68.89	-84.97	-66.32
DVA_INTrex	-29.20	-27.18	-13.86	-17.78	-69.09	-58.92
RDV	-2.90	-4.26	-1.08	-3.48	-2.28	-3.24
FVA_FIN	6.99	3.22	3.82	8.19	-11.12	-10.61
FVA_INT	10.30	4.47	2.87	5.76	-5.95	-6.26
DDC	0.25	0.16	3.37	4.75	-13.23	-4.03
FDC	-12.52	-29.65	-37.65	-32.19	-45.41	-39.18
合计	-35.63	-36.63	2.51	-38.76	-257.11	-206.61

从行业层面来看,碳关税对贸易增加值的影响呈现出显著的异质性。由表 4 可知,碳关税的加征会给中国的钢铁行业、水泥制造业、铝及其他有色金属行业和化工产品等高碳行业带来较大的负向冲击^⑦。随着 CBAM 覆盖范围逐步扩大至交通运输等更多领域,相关行业增加值损失将持续扩大。在情景 3 和情景 4 下,交通运输业的贸易增加值损失都超过 100 亿美元,成为受损最严重的行业。值得注意的是,随着 CBAM 的深入实施(情景 1 至情景 4),中国和欧盟贸易占比最大的机电产品增加值却逆势上升。原因可能如下:其一,欧盟作为中国机电产品的重要消费市场,中国产品所具备的竞争优势和比较优势使得其短期内难以被他国替代;其二,为满足欧盟碳排放标准,中国企业也在不断进行节能减排和绿色技术革新,进一步增强了国际竞争力;其三,碳关税壁垒提高会促使中国具有比较优势的机电产品加速向第三方国家或地区转移。当欧美等发达国家组成碳关税同盟时(情景 5),钢铁、化工、铝及其他有色金属、塑料和橡胶制品、轻工业及其他重工业等行业的贸易增加值损失规模将

达到最大。中国对被征税行业给予碳补贴(情景 6)则能在一定程度上缓解上述行业的贸易增加值损失,具有明显的政策对冲作用。

表 4 不同碳关税情景对中国行业层面贸易增加值的影响(单位:亿美元)

行业	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5	情景 6
钢铁行业	-83.52	-87.79	-84.13	-91.01	-104.55	-98.06
水泥制造业	-6.21	-7.13	-6.44	-6.34	-3.91	-2.45
铝及其他有色金属	-64.29	-66.3	-3.29	-17.59	-19.84	-17.59
电力行业	-2.65	-3.11	-2.97	-2.85	-2.11	-0.74
炼油及煤制品	1.02	1.29	0.64	1.27	-4.06	-2.60
塑料和橡胶制品	6.96	8.7	15.55	7.77	-18.38	-16.20
化工产品	-46.41	-57.1	-36.55	-47.62	-48.23	-34.56
农业	1.58	1.83	3.44	3.73	3.38	4.48
采掘业	1.13	1.35	7.65	0.47	-6.34	-4.76
机电产品	76.3	78.78	83.44	160.77	85.85	62.82
轻工业	55.16	61.93	122.85	67.24	-12.43	-10.55
其他重工业	4.07	4.99	8.95	5.04	-6.42	-4.84
交通运输	14.94	18.04	-113.52	-124.76	-122.61	-85.22
服务业	6.29	7.89	6.89	5.12	2.52	3.66
合计	-35.63	-36.63	2.51	-38.76	-257.11	-206.61

2. 中国行业层面 GVC 参与度的变动

从中国行业层面的 GVC 参与度变动来看,碳关税将导致中国多数行业 GVC 参与度下降(见图 6)。在大多数情景下,钢铁、水泥、电力及交通运输等行业的 GVC 参与度下降较为明显。从 GVC 的前向参与度与后向参与度对比来看,碳关税对 GVC 前向参与度的抑制作用明显强于 GVC 后向参与度,尤其以电力、交通运输、其他重工业等行业最为突出。原因在于:碳关税对全球生产链前端的原材料和中间品影响范围更大,而中国在上述生产环节价值增值能力较低,抗风险能力较弱,因而更容易受到冲击。而当欧美等发达国家组成碳关税同盟时(情景 5),中国大多数行业的 GVC 前向参与和后向参与都将进一步受到遏制,随着第三方市场的进一步受限以及征税国家范围扩大,中国的钢铁、化工、机电产品、轻工业以及交通运输行业的 GVC 后向参与度也将进一步下降。

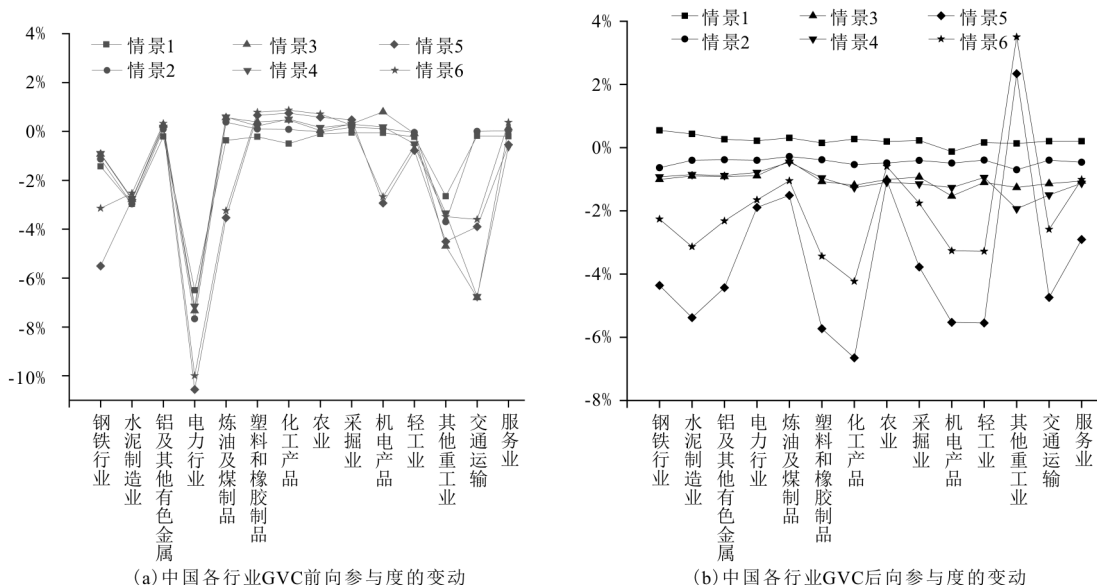


图 6 不同碳关税情景下中国 GVC 参与度的变动(%)

3. 中国行业层面 GVC 分工地位的变动

表 5 报告了不同情景下中国各行业 GVC 地位指数的变动率。在 CBAM 的第一阶段,钢铁、水泥、电力、化工及交通运输等行业的 GVC 地位指数呈现出一定程度的下降。在 CBAM 的第二阶段(情景 2 至情景 4),当征税范围扩大至所有进口商品时,钢铁、水泥、电力、机电产品和交通运输等行业的全球价值链分工地位受到显著削弱,其中,交通运输业与机电产品的降幅最为突出,其余行业亦有不同程度的下降。进一步,在欧美发达国家组成碳关税同盟的情形下(情景 5),中国所有行业的 GVC 地位均明显恶化,其中,交通运输业、钢铁、水泥和化工产品等高碳行业的 GVC 分工地位下降更为明显。模拟结果表明,随着碳关税覆盖范围扩大及全球碳成本上升,中国上述产业在全球价值链中的竞争力与优势地位将会持续弱化,面临被“边缘化”与“碳锁定”的双重风险。因此,需加快建立国内碳价对冲机制,加速绿色技术迭代,以抵御欧美发达国家“碳锁定”策略对中国整体增值收益和产业升级构成的系统性挑战。

表 5 不同碳关税情景下中国各行业 GVC 地位的变动率(单位:%)

行业	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5	情景 6
钢铁行业	-7.17	-7.35	-6.96	-6.95	-9.87	-5.40
水泥制造业	-7.89	-7.99	-7.45	-7.44	-8.17	-5.67
铝及其他有色金属	-1.10	-0.49	-0.01	-0.18	-4.24	-1.99
电力行业	-1.11	-1.31	-1.25	-1.24	-1.37	-8.34
炼油及煤制品	0.89	-0.70	-0.46	-0.50	-4.04	-2.19
塑料和橡胶制品	-1.19	1.13	3.54	2.44	-5.06	-2.65
化工产品	-3.47	0.52	3.41	3.50	-5.90	-3.36
农业	-0.35	0.28	0.76	0.99	-0.45	1.30
采掘业	-0.08	0.22	0.43	0.38	-3.29	-1.50
机电产品	-0.40	-8.50	-35.06	-17.97	-48.46	-35.93
轻工业	1.50	-1.32	-4.42	-0.83	-6.33	-3.88
其他重工业	0.21	-0.72	-1.28	-1.39	-4.77	-37.36
交通运输	-27.49	-25.45	-70.29	-67.18	-80.64	-61.88
服务业	-0.59	0.49	1.26	-0.86	-3.45	-0.64

4. 中国行业层面出口国内增加值率的变动

由表 6 模拟结果可知,在碳关税的冲击下,中国不同行业的出口国内增加值率变动也呈现出较为明显的行业异质性。第一,在大多数情景下,随着 CBAM 覆盖范围扩大(情景 1 至情景 4),钢铁、水泥、电力和交通运输等高碳行业的 DVAR 均呈现出不同程度的下降态势,表明碳关税的实施会显著削弱上述行业在全球价值链中的获利能力,尤其以交通运输行业 DVAR 降幅最为明显。在发达国家组成碳关税同盟的情景 5 下,钢铁、水泥、铝及其他有色金属、化工和交通运输等行业的 DVAR 将进一步承压,其中,钢铁行业 DVAR 下降幅度为 2.97%,铝及其他有色金属行业 DVAR 下降幅度为 3.02%。中国采取碳补贴政策的方式能在一定程度上缓解上述行业 DVAR 的下降(情景 6)。第二,对于中国具有传统比较优势的轻工业、机电产品等行业而言,其受碳关税的负面冲击较小,部分行业 DVAR 甚至有所上升。原因可能在于:一方面,对于钢铁、水泥、铝及其他有色金属、化工和交通运输等高碳行业而言,其产品通常以简单品或高碳中间产品的形式出口到欧盟,产品直接碳排放强度相对较高,故而更容易遭受碳关税的冲击;另一方面,对于轻工业、机电产品等行业而言,其产品的贸易隐含碳相对较低,且在全球贸易中占据较大的比较优势,碳关税实施所带来的负面影响会在一定程度上被抵消,故而碳关税对上述行业的影响相对有限。这一分化结果充分验证了“碳价→成本→价值链分工”传导机制的行业差异:碳关税削弱了高碳部门中间品出口的增值获利空间,而对低碳行业、高比较优势行业的影响相对有限。

表 6

不同碳关税情景下中国各行业 DVAR 的变动率(单位:%)

行业	情景 1	情景 2	情景 3	情景 4	情景 5	情景 6
钢铁行业	-0.92	-0.61	-0.50	-0.53	-2.97	-2.80
水泥制造业	-0.52	-0.06	0.04	0.03	-2.42	-1.64
铝及其他有色金属	-0.18	0.08	0.24	0.20	-3.02	-2.84
电力行业	-2.81	-3.18	-3.05	-3.05	-1.63	-1.51
炼油及煤制品	-0.37	0.28	0.39	0.42	-0.28	-0.21
塑料和橡胶制品	-0.17	0.13	0.39	0.32	0.34	0.38
化工产品	-0.02	0.55	0.91	0.92	-2.03	-1.89
农业	-0.04	0.02	0.07	0.10	-0.34	-0.27
采掘业	-0.07	0.05	0.12	0.24	-2.87	-2.70
机电产品	-0.02	0.16	0.82	0.28	0.24	0.49
轻工业	-0.14	0.03	0.17	-0.21	-0.05	0.01
其他重工业	-3.83	3.69	2.46	3.43	-1.71	-1.59
交通运输	-0.12	-0.03	-4.91	-4.83	-8.85	-8.50
服务业	-0.11	0.05	0.14	-0.23	0.12	0.19

七、结论与政策启示

本文通过构建碳关税冲击下价值链核算分解框架,评估欧盟碳关税对中国全球价值链分工的影响。研究发现,碳关税实施会对中国出口产生明显的贸易抑制效应和贸易转移效应,并给中国宏观经济产生一定程度的负面冲击;碳关税虽在短期内可以为欧盟生产商提供一定程度的保护,但随着关税覆盖范围扩大,最终带来的是中国和欧盟贸易的“双损”困境,碳关税会降低中国对欧盟出口的贸易增加值,但也会给欧盟带来较大的贸易增加值损失;在大多数情景下,碳关税会削弱中国钢铁、水泥、电力和交通运输等高碳行业的 GVC 分工地位,导致上述高碳行业的出口国内增加值率持续下降,且碳关税对中国 GVC 前向参与度的抑制作用远大于后向参与度;若欧美等发达国家组成碳关税同盟,中国的贸易损失将急剧放大,而中国实施针对性碳补贴可在一定程度上缓解碳关税的负面影响。据此,本文提出三个方面的建议。

第一,推动 CBAM 互认与差异化豁免机制,降低贸易“双损”风险。鉴于 CBAM 将导致中国和欧盟贸易陷入“双输”困境,且对高碳行业 GVC 地位造成显著削弱,中国应坚持“共同但有区别的责任”原则,加强与欧盟在 CBAM 实施细则上的技术性对话。重点推动建立双边互认机制,包括:认可中国企业在国内碳市场已支付的碳价、对已承担碳成本的企业给予进口抵免资格,以及加快构建与欧盟兼容的绿色产品认证体系。同时,可联合其他受 CBAM 影响的发展中国家,在 WTO 框架下倡导气候政策与贸易规则的协调,防止碳壁垒演变为新型绿色保护主义。

第二,着力发展低碳技术,构建绿色价值链。考虑到在大多数情景下,CBAM 会显著降低钢铁、水泥、电力和交通运输等行业的出口国内增加值率,且其对 GVC 前向参与度的抑制作用尤为突出,亟需通过定向政策工具缓解冲击。可在完善全国碳市场的基础上,对受影响严重的高碳出口企业适度给予临时性碳补贴或出口退税支持,用于清洁技术改造与能效提升,以有效降低欧盟等发达国家对中国的“碳锁定”影响,防止产业链外迁或附加值流失。同时,相关行业的企业需适应未来绿色贸易发展新趋势,通过加大零碳能源技术、深度脱碳技术研发投入,在未来的“十五五”乃至更长时期进一步加强“绿色价值链”的构建,塑造绿色竞争新优势。

第三,防范碳关税联盟扩大化,拓展多元化出口布局。研究发现,若欧美等发达经济体形成碳关税同盟,中国的贸易损失将急剧放大。为此,中国应前瞻性地优化出口市场结构,降低对单一市场的依赖。一方面,要深化与东盟、拉美、非洲等地区的自贸协定谈判,推动绿色标准互认;另一方面,要鼓

励高碳行业企业依托“一带一路”等平台,向新兴市场转移部分产能或建立本地化绿色供应链,以规避潜在的多边碳壁垒,增强出口体系韧性。

注释:

①根据国际能源署(IEA)的统计,2023年中国二氧化碳排放量约为126亿吨,占全球碳排放总量的33.7%。

②限于篇幅,CBAM证书计价核算方式及欧盟EUA交易拍卖的价格(不包括期权)留存备索。

③产业部门共划分为钢铁行业、水泥制造业、铝及其他有色金属、电力行业、炼油及煤制品、塑料和橡胶制品、化工产品、农业、采掘业、机电产品、轻工业、其他重工业、交通运输、服务业等14个产业。其中:钢铁行业包括钢铁和黑色金属;水泥制造业包括水泥及其他非金属矿产品;铝及其他有色金属行业包括铝、铜及其他有色金属制品;电力行业包含电力;炼油及煤制品行业包括精炼石油、焦炭及煤制品;塑料和橡胶制品行业包括塑料和橡胶制品;化工产品行业包括化肥及基础化学品;农业包括谷物、农作物、牛马羊肉等动物制品;采掘业包括煤、石油、天然气和金属矿产品的开采;机电产品包括计算机、电子光学设备、机械及其他相关产品;轻工业包括食品加工、烟草、饮料、纺织品、服装及皮革制品等;其他重工业包括医药制品、自来水供应、天然气供应、建筑业等;交通运输业包括汽车零部件、交通运输设备及其他相关产品;服务业包括金融、保险、通讯、房地产等商业服务和娱乐服务,具体对应的GTAP部门代码留存备索。

④中国目前尚未正式实施碳税,但已建立碳市场机制,目前碳排放配额(CEA)价格呈现波动上升态势。2024年CEA平均价格为91.8元/吨,折合12.80美元/吨。

⑤GTAP-MRIO具体转换说明留存备索。

⑥限于篇幅,欧盟贸易增加值变动数据留存备索。

⑦欧盟CBAM修正案中划分了铝、水泥、钢铁、化肥、电力、有机化工、塑料、氢和氨等9个高碳行业或产品。

参考文献:

[1] Meng, J., Mi, Z., Guan, D., et al. The Rise of South-South Trade and Its Effect on Global CO₂ Emissions[J]. *Nature Communications*, 2018, 9(1): 1871.

[2] 洪俊杰, 商辉. 中国开放型经济的“共轭环流论”:理论与证据[J]. *中国社会科学*, 2019(1): 42-64.

[3] Tarr, D.G., Kuznetsov, D.E., Overland, I., et al. Why Carbon Border Adjustment Mechanisms Will Not Save the Planet but a Climate Club and Subsidies for Transformative Green Technologies May[J]. *Energy Economics*, 2023, 122:106695.

[4] Amendola, M. Winners and Losers of the EU Carbon Border Adjustment Mechanism. An Intra-EU Issue? [J]. *Energy Economics*, 2025, 142:108139.

[5] Bellora, C., Fontagné, L. EU in Search of a Carbon Border Adjustment Mechanism[J]. *Energy Economics*, 2023, 123:106673.

[6] 杨曦, 彭水军. 碳关税可以有效解决碳泄漏和竞争力问题吗?——基于异质性企业贸易模型的分析[J]. *经济研究*, 2017(5): 60-74.

[7] 丁纯, 曹雪琳. 欧盟碳边境调节机制对中国贸易的影响:基于动态递归GTAP-E模型的模拟分析[J]. *世界经济研究*, 2024(2): 18-33.

[8] Koopman, R., Powers, W., Wang, Z., et al. Give Credit Where Credit Is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains[Z]. *National Bureau of Economic Research*, 2010, w16426.

[9] Koopman, R., Wang, Z., Wei, S.J. Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports[J]. *American Economic Review*, 2014, 104(2): 459-494.

[10] 王直, 魏尚进, 祝坤福. 总贸易核算法:官方贸易统计与全球价值链的度量[J]. *中国社会科学*, 2015(9): 108-127.

[11] Wang, Z., Wei, S.J., Yu, X., et al. Characterizing Global Value Chains: Production Length and Upstreamness[Z]. *National Bureau of Economic Research*, 2017, w23261.

[12] Antràs, P., Chor, D., Fally, T., et al. Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows[J]. *American Economic Review*, 2012, 102(3): 412-416.

[13] Antimiani, A., Fusacchia, I., Salvatici, L. GTAP-VA: An Integrated Tool for Global Value Chain Analysis[J]. *Journal of Global Economic Analysis*, 2018, 3(2): 69-105.

[14] 周玲玲, 张恪渝. 特朗普税改对中美价值链重构的影响[J]. *财贸经济*, 2019(11): 20-34.

[15] 孙克娟, 肖皓, 毕慧敏, 等. 基于GVC-CGE模型的投入产出表模拟更新与全球价值链重构测度:以RCEP为例[J]. *计量经济学报*, 2022(4): 773-795.

[16] Baldwin, R., Forslid, R. Globotics and Development: When Manufacturing Is Jobless and Services Are Tradeable[J]. *World Trade Review*, 2023, 22(3-4): 302-311.

[17] 吕建兴, 张少华, 张萍. 被分割的全球价值链:FTA中原产地规则对中国参与全球价值链的影响研究[J].

- [18] 乔小勇, 李星瑶, 祝合良. “双循环”新格局下贸易摩擦冲击对全球价值链重构影响效应研究[J]. 管理评论, 2024(2): 27—39.
- [19] 胡继立, 柳敬园, 陈润凡. 欧盟碳边境调节机制设计的环境有效性研究[J]. 欧洲研究, 2023(3): 135—153.
- [20] Walmsley, T.L., Dimaranan, B.V., McDougall, R.A. A Baseline Scenario for the Dynamic GTAP Model[C]// Ianchovichina, E., Walmsley, T.L., et al. Dynamic Modeling and Applications for Global Economic Analysis. Cambridge: Cambridge University Press, 2012: 136—157.
- [21] 梁赛, 王亚菲, 徐明, 等. 环境投入产出分析在产业生态学中的应用[J]. 生态学报, 2016(22): 7217—7227.
- [22] 栾昊, 杨军. 美国征收碳关税对中国碳减排和经济的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2014(1): 70—77.
- [23] Peters, G.P., Andrew, R., Lennox, J. Constructing an Environmentally-extended Multi-regional Input-output Table Using the GTAP Database[J]. Economic Systems Research, 2011, 23(2): 131—152.
- [24] 倪红福. 全球价值链位置测度理论的回顾和展望[J]. 中南财经政法大学学报, 2019(3): 105—117.
- [25] 黄蕙萍, 缪子菊, 袁野, 等. 生产性服务业的全球价值链及其中国参与度[J]. 管理世界, 2020(9): 82—97.

The Impact of Carbon Tariffs on China's Specialization in Global Value Chains

TUO Caijin SUN Hui ZHANG Ruowei

(School of Economics and Management, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: Under the evolving nexus of climate and trade policies, accurately assessing the impact of the carbon tariffs on China's specialization in global value chain (GVC) is essential for identifying and mitigating external supply chain risks. This paper constructs a GVC accounting framework embedded with carbon tariff shocks to systematically assess the impact of the EU carbon tariffs on China's specialization in global value chain. The results show that the EU's carbon tariffs generate significant trade suppression and trade diversion effects: they reduce China's exports to the EU while simultaneously increasing exports to third-country markets. In terms of trade value added, carbon tariffs lead to mutual losses in China-EU trade. As the scope of carbon tariffs expands, the EU, as the importing party, incurs greater losses in trade value added than China. Carbon tariffs also significantly weaken the GVC roles of China's high-carbon sectors, including steel, cement, power, and transportation, with a much stronger adverse impact on forward GVC participation than on backward participation. Moreover, carbon tariffs lower the domestic value-added ratio (DVAR) of exports in these high-carbon industries, thereby undermining their profitability within global value chains, whereas low-carbon sectors are only marginally affected. Should developed economies such as the EU and the United States form a coordinated carbon tariff alliance, China's trade losses would intensify substantially. However, targeted domestic carbon subsidies could partially mitigate these adverse effects. This study provides new empirical evidence for accurately assessing the impacts of carbon tariffs and offers actionable policy insights for Chinese authorities in formulating effective response strategies.

Key words: Carbon Tariffs; Global Value Chains; GTAP-GVC model; Input-Output Analysis

(责任编辑:易会文)