

碳关税冲击与中国碳市场扩容提价的 “缓冲阀”效应评估

张兵兵, 余 澜, 蔡宏波

[摘要] 在全球气候治理体系深度调整与国际贸易规则加速重构的双重背景下, 本文将欧盟碳边境调节机制(CBAM)纳入具有全球投入产出关联的多国多行业一般均衡模型, 系统评估不同政策情境下CBAM冲击对全球贸易福利变动的结构性影响。研究显示, CBAM通过重构碳成本分担产生显著的非对称效应, 欧盟成员国依托贸易条件优化实现整体福利增加; 而中国等制造业出口大国则因贸易条件恶化与高碳行业出口收缩而承受福利损失, 且损失程度随政策强度提升呈递增趋势。异质性分析表明, 高碳密集型制造业面临出口集中度下降与低碳转型压力的双重挑战, 倒逼中国等发展中国家出口结构向多元化方向演进。建立碳市场是中国实现碳减排的核心政策工具, 随着碳市场规模扩大与碳定价上升, 高碳密集型行业逐步显现出碳成本内部化优势。中国碳市场持续扩容与碳定价机制完善协同发力能对欧盟CBAM负向冲击产生显著的“缓冲阀”效应。本文为构建“碳市场扩容—碳定价优化—国际气候合作”三位一体的应对策略提供了实证支撑, 同时为发展中国家在政策制定中统筹绿色低碳转型与贸易竞争力提升提供了依据。

[关键词] 碳边境调节机制; 福利效应; 中国碳市场; 扩容提价; 量化贸易模型
[中图分类号] F120 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)09-0005-18

一、引言

随着气候变化问题日益严峻, 全球气候治理体系正在发生结构性变革。国际社会基于“共同但有区别责任”原则通过的《联合国气候变化框架公约》《京都议定书》《巴黎协定》等国际性公约, 初步搭建并逐渐完善了全球气候治理的基本框架。为应对气候变化, 降低可能的碳泄漏以及提升贸易竞争力, 欧盟于2019年在《欧洲绿色新政》中首次提出碳边境调节机制(Carbon Border Adjustment

[收稿日期] 2025-03-10

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目“国际税收竞争与中国全球价值链升级”(批准号72573025); 江苏省社会科学基金重大项目“新质生产力与产业深度转型升级研究”(批准号24ZD005)。

[作者简介] 张兵兵, 南京农业大学经济管理学院教授, 南京农业大学资源环境与发展研究院研究员, 博士生导师, 经济学博士; 余澜, 浙江理工大学经济管理学院讲师, 经济学博士; 蔡宏波, 北京师范大学经济与工商管理学院、一带一路学院教授, 博士生导师, 经济学博士。通讯作者: 蔡宏波, 电子邮箱: hongbocai@bnu.edu.cn。感谢北京师范大学中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“全球贸易网络安全”的资助。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见, 文责自负。

Mechanism, CBAM, 简称碳关税), CBAM 于 2023 年 10 月 1 日进入试运行的过渡阶段, 2026 年正式实施。事实上, 该机制可以追溯至 2007 年, 已经历了十余年的立法进程与多轮磋商。2023 年, 欧盟 CBAM 覆盖的钢铁、水泥等六大行业虽仅占欧盟进口总额的 4.5%, 但其规则设计已显现出“布鲁塞尔效应”的制度外溢特征 (Bradford, 2020)。欧盟通过构建基于生产者责任原则的碳成本内部化路径, 向境外生产的高碳排放产品征收额外的进口关税, 平衡欧盟边界内外的碳定价与贸易成本差异, 以保护本土企业国际竞争优势。

欧盟单边征收碳关税不仅会给被征税国碳密集型产品出口施加额外负担, 产生的“蝴蝶效应”还会扭曲国际贸易, 重塑国际贸易的底层逻辑, 对全球产业链布局产生影响。根据欧盟统计数据, CBAM 过渡期覆盖了 68 种综合税则目录 (CN) 4 分位编码产品, 其中, 欧盟自发展中国家进口上述涉税产品的进口占比高达 73.5%; 中国为欧盟涉税产品进口的最大来源国, 占据 13.43% 的份额。随着碳关税征收行业范围进一步扩大, 这种非对称性影响机制实质上构成了新型的“碳关税壁垒”。短期看, 这将直接导致中国等发展中国家出口企业贸易成本增长, 通过碳成本转嫁机制改变企业出口决策函数 (De Melo and Mathys, 2010), 削弱该国产品贸易竞争力。长期看, 为了抢占低碳经济的制高点, 各国为维持本土高碳产业竞争优势, 会加快设立绿色贸易壁垒, 引发“绿色保护主义”的制度困局。因此, 系统量化分析碳关税的贸易福利效应不仅可以为中国等发展中国家制定合理的应对措施提供实证依据, 同时可为各经济体进行国际磋商谈判以及建立公正合理的气候治理机制提供借鉴和参考。

当前, 碳关税效应评估的方法论演进始终面临工具理性与实证效度的双重检验。现有文献主要依托可计算一般均衡 (CGE) 模型构建政策模拟框架 (沈可挺, 2010; Böhringer et al., 2022), 通过多部门联动机制捕捉碳关税的宏观经济传导效应。然而, 此类研究在方法论层面存在一定局限: 一是 CGE 模型因过度依赖外生参数设定而陷入“卢卡斯批判”困境, 其方程系统中数以万计的参数校准往往缺乏微观基础与动态一致性 (Costinot and Rodriguez-Clare, 2013), 导致反事实推演结果面临“过度拟合”与外部有效性质疑; 二是模型结构的复杂性使其沦为“黑箱化”工具, 难以清晰解构政策冲击的传导路径与异质性影响 (彭水军和吴腊梅, 2022)。近期兴起的量化贸易模型正好能弥补 CGE 模型分析的不足 (王子和周雁翎, 2019), 通过紧抓现实世界的典型事实, 并采用结构式估计替代传统校准方法, 以更简洁的模型刻画现实贸易的主要特征, 显著提升了政策评估的透明度与微观基础 (De Soyres et al., 2020; 秦若冰和马弘, 2022), 为碳关税福利效应的评估与分解提供了更具解释力的分析框架。

面对欧盟碳关税冲击, 既有应对策略研究在政策工具协同性与动态反馈机制层面仍存在进一步的探索空间。现有研究主要聚焦国际合作机制设计 (Hübner, 2012)、国内征收碳税政策的可行性 (陈诗一和祁毓, 2022) 等理论层面的定性研究。尽管有相关学者在 GTAP 框架下探讨了自主减排 (崔连标等, 2013) 的福利效应, 却较少有研究将中国碳市场纳入量化贸易模型, 系统评估中国碳市场持续扩容与碳定价机制优化完善的协同发力对欧盟 CBAM 负向冲击的缓冲效用。中国碳排放权交易体系的建立不仅是中国实现碳减排的核心政策工具, 也是通过市场机制实现碳减排目标的重要实践探索 (吴茵茵等, 2021)。因此, 系统评估欧盟 CBAM 冲击下中国碳市场深度扩容的“缓冲阀”效应与福利再分配路径, 不仅能为中国气候政策与贸易规制的协同设计提供支撑, 也可以为发展中国家参与全球气候治理体系改革贡献中国方案。

区别于以往研究, 本文可能的边际贡献主要体现在: ①理论框架维度, 突破传统单一国家局部均衡分析框架, 将碳关税政策纳入具有全球投入产出关联的多国多行业一般均衡模型, 并基于碳关税实施的现实基础, 系统量化不同政策情境下碳关税冲击对各经济体产生的贸易福利效应以及产业关联效应。通过进一步分解碳关税对贸易条件恶化以及贸易规模缩减产生的链式冲击, 本文丰

富了现有关于碳关税与全球生产网络互动机制的研究。②考虑到欧盟“碳关税+碳市场”的“内外协同”政策特征,将欧盟碳排放权交易制度纳入贸易弹性估计方程,通过动态面板数据模型捕捉碳价信号对贸易流的影响效应,克服传统参数估计中忽略政策协同性的理论缺陷,提升了参数估计的现实解释力。③政策实践视角,突破既有静态情景模拟范式,构建中国碳市场“渐进扩容—动态提价”的三阶段情景模拟框架,通过设置基础行业情境、行业扩容情境以及全行业覆盖情境等多维动态演化的政策组合,系统揭示碳市场覆盖范围扩大与碳定价机制优化协同发力的“缓冲阀”效应。本文发现,在全行业覆盖情境下协同优化碳定价机制,当碳价突破关键阈值水平时,能够显著缓解CBAM冲击引致的福利损失,相关研究结论为制度型开放战略下构建国内规制体系与国际规则体系的动态衔接机制提供了决策锚点。

余文结构安排如下:第二部分对相关文献进行梳理总结;第三部分构建囊括碳关税的多国多行业量化贸易模型;第四部分进行碳关税等值税率测算以及贸易弹性等参数的估计校准;第五部分量化分析各经济体总体以及分行业的贸易福利效应;第六部分量化评估中国碳市场扩容提价的“缓冲阀”效应;最后为结论与启示。

二、文献综述

与本文研究紧密相关的文献主要涉及以下三个方面:

(1)评估碳关税的贸易福利效应研究。这一类文献大多基于多国多行业的CGE等宏观贸易模型,对征收碳关税的经济效应展开事前评估,但暂未形成一致的结论。一些学者的研究表明,欧美等发达国家征收碳关税将会导致被征收国出口规模缩减以及国际竞争力下降(沈可挺,2010),最终损害国民福利(Babiker and Rutherford, 2005; 林伯强和李爱军, 2012)。然而,部分学者提出相反观点。Lessmann et al. (2009)基于多区域最优增长模型,发现征收碳关税能推动更多国家展开气候合作,由此带来的福利增长大于关税引致的扭曲损失,最终实现全球福利水平提升。Gros (2009)的研究也得到类似结论,碳关税的负向冲击会被汇率、价格、工资等因素的变动抵消,对生产、消费与贸易的影响是中性的,不会对各国贸易福利变动产生显著影响。此外,贸易依存度(Monjon and Quirion, 2011)、碳税征收产品种类(Böhringer et al., 2022)等均为影响碳关税政策效应的重要因素。

(2)侧重于通过构建量化贸易模型,对各政策的经济贸易效应展开定量评估。在Eaton and Kortum (2002)的研究基础上, Dekle et al. (2007)讨论了消除贸易失衡后各国GDP与就业状况的变动,以及全球关税完全消除后的贸易利得。Caliendo and Parro (2015)通过构建具有投入产出联系的多国多行业模型,量化评估NAFTA设立通过关税削减产生的福利效应。大量研究还针对RECP、TTIP、共建“一带一路”、碳市场建设、贸易摩擦等政策的经济影响开展定量评估(樊海潮和张丽娜, 2018; De Soyres et al., 2020; 段玉婉等, 2023; 马野青等, 2025)。

(3)碳关税的应对策略研究。既有文献多基于定性分析方法,在应对策略领域形成三大理论脉络:①国际治理路径,主张通过加强国际合作交流以及积极开展多边气候治理与国际碳关税协商(Hübner, 2012),破解碳关税引致的制度性贸易壁垒;②产业升级路径,聚焦出口商品碳强度调控,强调优化被征收国的国内产业布局与出口贸易结构,发展新型低碳环保产业(郭晴等, 2014),以增强应对碳关税的内生韧性;③制度协同路径,提出通过完善国内碳排放交易体系及碳税制度(张友国等, 2015; 陈诗一和祁毓, 2022)等举措,构建内外联动的政策回应系统,以此作为应对碳关税威胁的手段。定量研究方面,崔连标等(2013)以美国征收碳关税为研究背景,运用GTAP模型分析了实

施差异化碳税政策以应对美国碳关税冲击的可行性。总体而言,相比从理论上探讨碳关税应对策略的丰富研究成果,对其展开定量评估的研究仍显薄弱。

通过对上述相关文献进行回顾和梳理可以发现,已有文献关于碳关税经济效应评估、量化贸易政策的影响效应以及碳关税应对策略等形成了较为丰富的研究成果,这也为本文开展相关研究提供了良好的理论基础和多维度的分析视角,但仍存在一些可以拓展的空间:一是在模型设定上,现有聚焦碳关税政策效应的研究多嵌套于CGE等宏观贸易模型,虽然通过CGE模型能够计算得到政策冲击的影响效应水平,但该模型设定依赖大量既定参数,与现实世界匹配的契合度有待加强。对此,本文在完全竞争市场结构下,将碳关税纳入具有全球投入产出关联的量化贸易模型,通过现实数据对重要参数进行结构估计与校准,量化欧盟CBAM的贸易福利效应。二是在应对碳关税的策略分析上,现有研究多在理论层面进行应对措施的定性探讨,较少有研究将其纳入量化贸易模型开展定量分析。本文则以中国碳市场运行为切入点,系统量化中国碳市场在基础行业、行业扩容与全行业覆盖等多重政策动态演进情境下,面对欧盟CBAM负向冲击的“缓冲阀”效应,不仅拓展了碳关税应对策略的研究维度,也为中国统筹国际气候博弈与国内低碳转型提供了决策依据。

三、理论模型

本文在Caliendo and Parro(2015)模型的基础上,进一步纳入欧盟碳关税政策,通过拓展多国多行业一般均衡模型,对欧盟碳关税引发的贸易福利效应展开量化评估。假设世界经济由 N 个国家、 J 个可贸易行业构成^①,劳动力能在国内跨行业自由流动但无法跨国转移。在完全竞争市场内各行业生产中间品与最终品,其中,中间品允许跨国贸易采购,且其生产需要投入劳动力以及来自其他行业的生产材料;最终品仅由中间品在国内简单组装得到,供本国消费者使用或再次作为生产材料进入国内其他行业的中间品生产之中。

1. 基准模型设定

(1)消费选择与效用。假定 n 国代表性消费者的总量为 L_n ,总收入 I_n 由劳动力收入 $w_n L_n$ 、贸易逆差 D_n 、一般从价进口关税收入 R_n 与碳关税收入 ϕ_n 四部分组成,即 $I_n = w_n L_n + R_n + D_n + \phi_n$ 。一国经济福利可以由剔除价格影响因素后的实际收入水平来衡量。假定碳排放外生于消费者决策,消费者仅基于最终品价格 P_n^j 与收入水平 I_n 确定消费束,以实现效用最大化。 n 国消费者在 j 行业上的预算约束为 $C_n^j P_n^j \leq I_n^j$,其中, C_n^j 和 α_n^j 分别表示消费的数量与份额,效用函数可以表示为以下柯布一道格拉斯(C-D)函数形式:

$$U(C_n) = \prod_{j=1}^J (C_n^j)^{\alpha_n^j} \quad (1)$$

(2)生产投入与成本。最终品生产商始终在世界范围选择最低价的中间品 ω^j 投入生产,因此, n 国 j 行业的最终品产量 Q_n^j 可以表示为: $Q_n^j = \left[\int q_n^j(\omega^j)^{(\sigma^j-1)/\sigma^j} d\omega^j \right]^{\sigma^j/(\sigma^j-1)}$,其中, $q_n^j(\omega^j)$ 为最终品厂商购买中间品的数量, σ^j 为各中间投入品的替代弹性, $\sigma^j > 1$ 。将 ω^j 的最低销售价格表示为 $p_n^j(\omega^j)$,则相应的最终品价格 P_n^j 可以表示为: $P_n^j = \left[\int p_n^j(\omega^j)^{1-\sigma^j} d\omega^j \right]^{1/(\sigma^j-1)}$,最终品生产中需要投入的各中间品数量为: $q_n^j(\omega^j) = [p_n^j(\omega^j)/P_n^j]^{-\sigma^j} Q_n^j$ 。当 P_n^j 既定时,最终品需求由消费者与生产者的中间投入两部分需求

① 国家用下标 i 、 n 表示,行业用下标 j 、 k 表示。

组成,由此可以将 n 国 j 行业的最终品市场出清表示为:

$$Q_n^j = C_n^j + \sum_{k=1}^J \int m_n^{j,k}(\omega^k) d\omega^k \quad (2)$$

其中, $m_n^{j,k}(\omega^k)$ 表示 n 国 k 行业在中间品生产中使用的 j 行业最终品的数量。假定中间品生产率 $z_n^j(\omega^j)$ 外生且服从Frechet分布, $F_n^j(z) = \exp(-\lambda_n^j z^{-\theta^j})$, $1 + \theta^j > \sigma^j$ 。其中, λ_n^j 与 θ^j 分别为该国 j 行业出口绝对优势与比较优势的影响参数; λ_n^j 越大,表示 n 国 j 行业的平均生产率越高; θ^j 越大,意味着生产率的离散程度越低,产品差异越小。结合式(2),中间品生产函数可以表示为由劳动力要素以及其他行业最终品投入构成的C-D生产函数:

$$q_n^j(\omega^j) = z_n^j(\omega^j) [l_n^j(\omega^j)]^{\gamma_n^j} \prod_{k=1}^J [m_n^{k,j}(\omega^k)]^{\gamma_n^{k,j}} \quad (3)$$

其中, w_n 与 P_n^k 为投入的劳动力以及 k 行业最终品价格,要素投入数量表示为 l_n^j 和 $m_n^{k,j}$,相应的投入份额分别为 γ_n^j 和 $\gamma_n^{k,j}$ 。由此,在成本最小化原则下,可进一步得到单位生产成本为:

$$c_n^j = \left[\prod_{k=1}^J (\gamma_n^{k,j})^{-\gamma_n^{k,j}} (\gamma_n^j)^{-\gamma_n^j} \right] w_n^{\gamma_n^j} \prod_{k=1}^J (P_n^k)^{\gamma_n^{k,j}} \quad (4)$$

(3)贸易成本与价格。假定 n 国从 i 国进口 j 行业产品需要支付贸易总成本 $\kappa_{ni}^j = d_{ni}^j(1 + \tau_{ni}^j)$,其中, $d_{ni}^j \geq 1$ 为冰山贸易成本, τ_{ni}^j 为一般从价进口关税税率。在完全竞争市场上, i 国产品在 n 国的最终销售价格为: $p_n^j(\omega^j) = \min_i \{c_i^j \kappa_{ni}^j / z_i^j(\omega^j)\}$ 。因此, n 国 j 行业的最终品价格可以进一步表示为:

$$P_n^j = \left[\sum_{i=1}^N \lambda_i^j (c_i^j \kappa_{ni}^j)^{-\theta^j} \right]^{-\frac{1}{1-\sigma^j}} \left[\int_0^\infty (e^{-x}) x^{\frac{1-\sigma^j}{\theta^j}} dx \right]^{\frac{1}{1-\sigma^j}} \quad (5)$$

结合式(1)的消费效用函数, n 国总体价格指数可以表示为: $P_n = \prod_{j=1}^J (P_n^j / \alpha_n^j)^{\alpha_n^j}$ 。将 n 国在 j 行业的支出记为 $X_n^j = P_n^j Q_n^j$,其中,从 i 国的进口支出部分为 X_{ni}^j ,支出份额即为 $\pi_{ni}^j = X_{ni}^j / X_n^j$ 。由于中间品生产率服从Frechet分布,因此,该支出份额也等价于 i 国能以全球最低价格向 n 国提供中间品的概率,如式(6)所示:

$$\pi_{ni}^j = \Pr \left(p_{ni}^j \leq \min_{h \in N, i \neq h} p_{nh}^j \right) = \frac{\lambda_i^j (c_i^j \kappa_{ni}^j)^{-\theta^j}}{\sum_{h=1}^N \lambda_h^j (c_h^j \kappa_{nh}^j)^{-\theta^j}} \quad (6)$$

(4)总支出与贸易平衡。 n 国在 j 行业上的总支出由中间投入支出与最终消费支出两部分组成,由此, n 国 j 行业的产品市场出清条件为:

$$X_n^j = \sum_{k=1}^J \gamma_n^{j,k} \sum_{i=1}^N \frac{X_i^k \pi_{in}^k}{1 + \tau_{in}^k} + \alpha_n^j I_n \quad (7)$$

将 n 国从 i 国在 j 行业上的进口与出口额分别记为 M_{ni}^j 与 E_{ni}^j ,满足: $M_{ni}^j = X_n^j \pi_{ni}^j / (1 + \tau_{ni}^j)$, $E_{ni}^j = X_i^j \pi_{in}^j / (1 + \tau_{in}^j)$ 。因此,关税收入 $R_n = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N M_{ni}^j \tau_{ni}^j$,各国贸易存在逆差 D_n ,且可以表示为: $D_n = \sum_{j=1}^J D_n^j = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N (M_{ni}^j - E_{ni}^j)$ 。假定各国贸易逆差外生且均由国内各行业贸易逆差加总得到;全球贸易逆差之和为0,即满足 $\sum_{n=1}^N D_n = 0$ 。在此基础上可以进一步得到劳动力市场出清条件:

$$w_n L_n = \sum_{j=1}^J \gamma_n^j \sum_{i=1}^N \frac{X_i^j \pi_{in}^j}{1 + \tau_{in}^j} \quad (8)$$

上式表明,一国提供的劳动力供给等价于行业生产中间品所需的劳动力投入总和。

2.反事实情境与一般均衡

(1)反事实政策设定。假定一般从价进口关税、贸易弹性等其他外生变量与参数均不变,在基准情形中不存在碳关税,即 η_{ni}^j 为0。当欧盟开始征收碳关税时, n 国从 i 国进口的单位贸易成本变动为:

$\kappa_{ni}^j = d_{ni}^j(1 + \tau_{ni}^j + \eta_{ni}^j) = d_{ni}^j(1 + \tau_{ni}^{j'})$ 。其中, $\tau_{ni}^{j'} = \tau_{ni}^j + \eta_{ni}^j$, $\eta_{ni}^j = \tilde{\eta}_{ni}^j \cdot I(\cdot)$, $I(\cdot)$ 为示性函数。当进口国 n 属于欧盟成员国, 出口国 i 为非欧盟成员国, 且行业 j 属于碳关税征收行业时, $I(\cdot) = 1$; 否则 $I(\cdot) = 0$ 。

(2) 一般均衡求解。本模型的一般均衡可以定义为: 给定外生参数和变量 $\{l_n^j, \gamma_n^j, \gamma_n^{kj}, d_{ni}^j, \tau_{ni}^j, \lambda_n^j, \theta^j, \sigma^j, \alpha_n^j, D_n^j\}$, 由内生变量产品价格 $\{P_n^j\}$ 与工资 $\{w_n\}$ 以及式(4)–(8)表示的均衡条件唯一决定的均衡状态。在参数处理上, 借鉴 Dekle et al. (2007) 提出的精确帽子代数算法 (Exact Hat Algebra) 以减少参数估计的负担, 将任意变量 x 在征收碳关税后的新均衡值记为 x' , 则相对变化量 $\hat{x} = x'/x$, 即 CBAM 对 x 产生的影响。由此, 相对变化下的均衡解可基于迭代以及双层嵌套循环求解方法, 通过分别在内外层循环中求解产品市场与劳动力市场的出清变动, 最终计算得到。

3. 贸易福利指标衡量与分解

本文将一国福利定义为剥离价格影响因素后的实际国民收入, 将总收入与价格指数代入, 对实际国民收入水平进行全微分, 整理可得:

$$d \ln W_n = \frac{1}{I_n} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N (E_{ni}^j d \ln c_n^j - M_{ni}^j d \ln c_i^j) + \frac{1}{I_n} \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^N M_{ni}^j \tau_{ni}^j (d \ln M_{ni}^j - d \ln c_i^j) \quad (9)$$

式(9)表明, 贸易福利变动可以分解为贸易条件效应以及贸易创造效应。其中, 等号右侧第一项刻画了 n 国出口与进口价格的相对变动对贸易福利的影响, 即衡量了贸易条件效应。如果 n 国 j 行业的要素投入价格以及对应的产品价格相对于 i 国有所提高, 那么 n 国将在 j 行业上从 i 国获得贸易条件的改善。欧盟征收碳关税, 一方面会减少低价生产要素对本国高价生产要素的投入替代机会, 这将增加欧盟生产成本, 提高出口相对于进口的价格, 获得贸易条件的改善, 另一方面将抑制国内生产与出口规模的扩大, 进而降低国内劳动需求与工资水平, 带来福利损害。第二项刻画了进口价值相对于进口价格的变化幅度, 即剔除价格因素后的实际进口额变动情况, 衡量了贸易创造效应。如果征收碳关税导致一国产品进口量的减少, 且此减少幅度超过了单位生产成本的增长幅度, 则该国贸易创造效应面临负向冲击, 贸易福利受损。

将 $d \ln tot_{ni}$ 、 $d \ln vot_{ni}$ 、 $d \ln tot_n^j$ 、 $d \ln vot_n^j$ 分别记为国家和行业层面上的贸易条件与贸易创造效应, 可改写式(9), 得到各国各行业贸易福利的量化分解表达式:

$$d \ln W_n = \frac{1}{I_n} \sum_{i=1}^N (d \ln tot_{ni} + d \ln vot_{ni}) = \frac{1}{I_n} \sum_{j=1}^J (d \ln tot_n^j + d \ln vot_n^j) \quad (10)$$

四、参数估计与数据来源

基于前文构建的多国多行业一般均衡模型, 本文以 2020 年为基期, 将研究对象确定为澳大利亚、中国、德国、美国等 31 个经济体, 覆盖 15 个可贸易行业以及 22 个服务行业^①。

1. 碳关税等值税率

关于欧盟碳关税对特定行业产品的隐含碳排放测算方法如下: 首先, 计算产品生产过程中因消耗能源而产生的直接碳排放。借鉴王锋和冯根福(2012)的研究思路, 选取煤炭、焦炭、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气等七种能源^②, 将各国在不同行业上的碳排放总量表示为: $cq_n^j = \sum_{p=1}^7 EG_n^p \times T_n^p \times CO_n^p \times R_n^p \times 44/12$ 。其中, EG_n^p 、 T_n^p 、 CO_n^p 、 R_n^p 分别表示 n 国 j 行业内第 p 种能源的年消

① 具体经济体与行业参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 能源消费主要涉及煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气和电力 9 种, 电力在使用过程中并不直接产生二氧化碳, 且原油绝大部分用于炼油等加工转换再投入, 为避免重复计算, 本文在计算中暂未考虑原油和电力两种能源。

费量、平均低位发热量、碳排放系数以及碳氧化因子,数据来源于世界投入产出数据库的环境账户、相关年份《中国能源统计年鉴》以及《2006年IPCC国家温室气体排放清单指南》;44/12为二氧化碳和碳的分子量比率。由此,当*i*国*j*行业产出为 X_i^j 时,相应的直接碳排放系数为 $cratio_i^j = cq_i^j/X_i^j$;当*n*国对*i*国*j*行业产品的进口额为 $import_{ni}^j$ 时,相应的进口直接隐含碳含量可表示为: $carbon_{ni-d}^j = cratio_i^j \times import_{ni}^j$ 。

然后,基于OECD发布的ICIO国际投入产出表,运用多区域非竞争性投入产出法,在考虑技术异质性的情形下,测算欧盟从其他主要经济体进口的行业隐含碳排放量。其中,完全碳排放系数 Ct_n^j ,由直接碳排放系数与里昂惕夫逆矩阵相乘得到,即 $Ct_n^j = (I - A_n^j)^{-1} \times cratio_n^j$ 。 I 为单位矩阵; A 为由元素 $a_n^{k,j}$ 构成的直接消耗系数矩阵, $a_n^{k,j} = m_n^{k,j}/X_n^j$ 。此时,各经济体进口*j*行业产品的隐含碳排放量为: $E_carbon_{ni}^j = Ct_i^j \times import_{ni}^j = (I - A_i^j)^{-1} \times cratio_i^j \times import_{ni}^j$ 。

由于CBAM针对特定产品的进口隐含碳排放量征收进口调节关税,因此,在量化模拟前,还需将碳关税以从量征收形式转化为从价征收税率。当欧盟CBAM征收的碳价为每吨*t*美元时,对应的碳关税等值税率为: $\eta_{ni}^j = (E_carbon_{ni}^j \times t_{ni}^j + vpm_{ni}^j)/vcif_{ni}^j$,其中, $vcif$ 为到岸价值, vpm 为进入欧盟市场后的价值。2023年以来,欧盟碳交易市场的碳价一直稳中有升,年平均碳价为88欧元/吨,于2月21日首次冲破100欧元(≈108美元)大关。因此,本文选取100美元/吨作为量化欧盟CBAM贸易福利效应的基准征税情形。

2. 贸易弹性估计

将式(4)代入式(6)取自然对数后可得: $\ln \pi_{ni}^j = -\theta^j \ln(1 + \tau_{ni}^j) - \theta^j \ln d_{ni}^j + \ln \lambda_i^j (c_i^j)^{-\theta^j} - \theta^j \ln \Phi_{ni}^j$ 。假定冰山贸易成本 d_{ni}^j 由双边地理距离(dis)、宗教相似度($relig$)、是否存在历史殖民关系($colo$)、是否存在区域贸易协定(rta)、是否拥有共同边界(bor)和共同语言($lang$)等可观测部分以及不可观测误差项构成。各经济体内的制度环境、技术水平、经济发展、人口规模等单边因素由固定效应吸收。由于在样本期间,欧盟同步实施碳排放权交易制度(EU-ETS),这里在参数估计中进一步纳入此政策,增强参数估计的现实解释力。基于此,可改写得到:

$$\ln \pi_{ni}^j = -\theta^j \ln(1 + \tau_{ni}^j) + \varphi_0 + \varphi_1 dis_{ni} + \varphi_2 relig_{ni} + \varphi_3 colo_{ni} + \varphi_4 rta_{ni} + \varphi_5 bor_{ni} + \varphi_6 lang_{ni} + \varphi_7 EUETS + fe_n + fe_i + \mu_{ni} \quad (11)$$

其中, θ^j 为待估计的贸易弹性。由双边贸易与关税数据估算得到各行业的贸易弹性,借鉴段玉婉等(2023)的研究方法,将个别行业不显著的贸易弹性利用已有文献的估算结果代替。

3. 其他参数估计与来源

双边进出口贸易层面的相关数据(E_{ni}^j 、 M_{ni}^j 、 X_{ni}^j)来自联合国商品贸易统计数据库(UN Comtrade)汇报的HS-6分位产品贸易数据;通过 $\pi_{ni}^j = X_{ni}^j/X_n^j$ 、 $M_{ni}^j = X_{ni}^j/(1 + \tau_{ni}^j)$,可以计算得到双边贸易份额(π_{ni}^j)。双边从价进口关税税率(τ_{ni}^j)来自世界综合贸易解决方案数据库(WITS)汇报的实际有效关税税率(Tariff-Effectively Applied),并进一步以双边进口额为权重,对HS-6分位产品进口关税加权平均得到;服务业的关税税率设定为0。国家—行业层面的附加值(V_n^j)、总产值(Y_n^j)、中间品投入份额($\gamma_n^{j,k}$)等数据来自经济合作与发展组织编制的国家间投入产出表(OECD-ICIO)。

五、欧盟CBAM的贸易福利效应分析

1. 欧盟CBAM的福利效应评估

(1)各经济体总体福利水平变动与分解。本部分将对欧盟碳关税征收前后各经济体福利水平

变动进行量化估计与结构分解。具体而言,本文以欧盟 CBAM 过渡期内向 68 种 CN4 分位编码下对应的商品征收碳关税作为反事实情境,在假定模型其他参数固定不变的前提下进行动态迭代求解,量化结果如图 1 所示^①。结果显示,CBAM 具有显著的非对称分配效应。欧盟总体福利水平提升 0.0409%,其中,除爱尔兰和罗马尼亚 2 国外,法国、德国等 24 个成员国的福利水平均得到了显著提升,比利时、葡萄牙、希腊等工业体系与欧盟碳市场深度耦合的成员获益最为显著。中国作为全球制造业大国则承受最大负向冲击,贸易福利水平相比 2020 年降低 0.0887%;土耳其、印度、韩国、墨西哥等新兴经济体亦呈现不同程度的福利折损。借鉴秦若冰和马弘(2022)的方法,以 2020 年购买力平价衡量的 GDP 作为各经济体基准情境下福利水平的代理变量,CBAM 实施将引致法国、意大利和德国的实际国民收入总额分别增长 14.4209 亿、6.7875 亿和 2.1866 亿国际元;而中国的实际国民收入总额将在 2020 年的基础上减少 204.0218 亿国际元。CBAM 作为单边碳定价政策会导致全球贸易平衡恶化,这种南北国家间的福利转移效应凸显了现行气候治理框架下的分配不均等困境(Mörsdorf, 2022)。

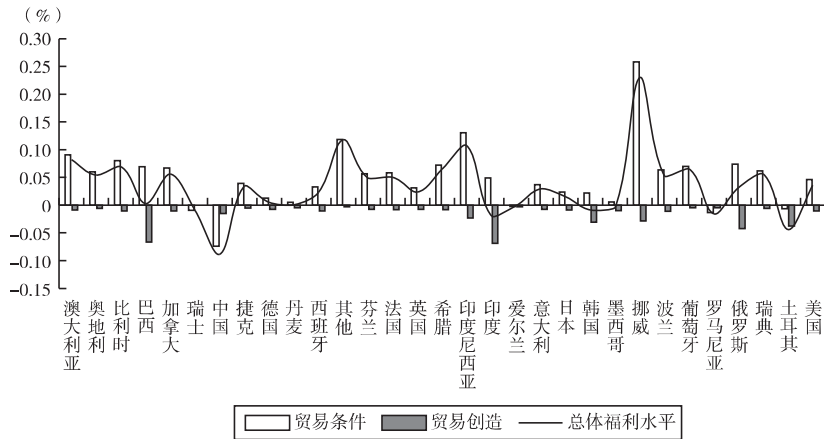


图 1 各经济体贸易福利变动及结构分解

进一步基于式(9)对 CBAM 福利效应展开机制分解,可以看出:①贸易条件改善主导了 90% 以上的欧盟福利增益,CBAM 通过对非欧盟碳密集型产品加征碳关税,直接抬高了进口商品的到岸价格;同时,欧盟本土同类产品因碳市场配额收紧,边际生产成本虽上升但幅度小于进口品。这种相对价格变动显著增强了欧盟本土低碳产品的价格竞争力,改善了欧盟的贸易条件,直接引致贸易福利增加。②中国 83.22% 的福利损失(-0.0738%)则由贸易条件恶化驱动,CBAM 作为一项额外成本,被施加于中国对欧出口的钢铁、铝、化工品等碳密集型产品,对中国贸易条件与贸易创造带来双重挤压。从结构性根源看,中国作为世界工厂,拥有世界上规模最大以及门类最齐全的制造业体系,由此产生的工业碳排放在全国总量中的占比约为 60%,其中,出口商品隐含碳在工业碳排放中占据显著份额。同时,中欧经贸联系紧密,欧盟是中国第三大出口目的地,这种高碳生产模式与对欧盟市场较强依赖性的双重结构特征,使得中国在 CBAM 下被迫承担额外的显性碳成本,最终表现为显著的福利净损失。综上分析可知,欧盟 CBAM 实施将通过降低贸易条件效应与缩小贸易创造

^① 欧盟 CBAM 福利效应的完整量化估计结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

效应的双重传导渠道,进而对中国等非欧盟经济体贸易福利产生负向冲击。这种具有显著域外效力的政策设计,实质上构建了以碳定价为载体的低碳贸易壁垒(Jakob et al.,2016),其通过重构全球价值链的碳成本分布,在气候治理外衣下实施贸易保护主义,损害被征税国的贸易福利。

(2)各经济体分行业贸易福利变动。为进一步解构欧盟 CBAM 对各经济体贸易福利的影响机制,本文分别对欧盟成员国及其他经济体的分行业贸易福利水平进行量化评估,测度结果如图 2 所示。可以发现,整体而言,CBAM 通过碳成本内部化机制产生显著的双重效应:一方面,欧盟的塑料和橡胶制品业、金属制品业、机械和电气设备业以及运输设备业等 12 个制造行业的贸易福利水平均得到普遍提升。欧盟制造业部门呈现系统性福利增益,其中,机械和电气设备业作为欧盟高端制造的核心领域,其生产过程已深度嵌入欧盟碳市场的碳配额交易体系,凭借着显著的技术与标准优势,以 0.0244% 的增幅成为核心驱动力,贡献率达欧盟总体福利效应的 59.66%。另一方面,高碳行业的贸易转移效应引发非对称冲击,德国、法国、意大利、波兰以及瑞典在精密机械、自动化设备、高效电机等高端装备制造领域的竞争优势形成政策红利放大器,使其能够充分捕获 CBAM 带来的绿色溢价。图 2(b)为世界其他主要经济体分行业的贸易福利变动情况。中国凭借自身资源禀赋与劳动力优势,成为全球制造业枢纽与“世界工厂”。欧盟实施 CBAM 将会直接阻碍中国与欧盟各成员国之间开展产业合作,不仅直接对中国钢铁等传统产业出口优势造成冲击(中国社会科学院工业经济研究所课题组,2024),还会使得中国 15 个可贸易行业的福利均受损。印度与土耳其的差异化受损路径则凸显发展中国家产业结构的脆弱性:前者在非金属制品业(-0.0191%)等传统高耗能领域遭遇“碳锁定”效应,后者在农业(-0.0145%)等初级产品部门承受最大边际损失。但值得注意的是,印度纺织业和土耳其机械和电气设备业的逆势增长,暗示着绿色技术追赶可能带来的“弯道超车”机遇(Ma and Zhu,2022)。这些发现为理解气候规制与产业竞争力的动态博弈提供了新的经验证据,对发展中国家平衡产业升级与碳泄漏风险具有重要政策启示。

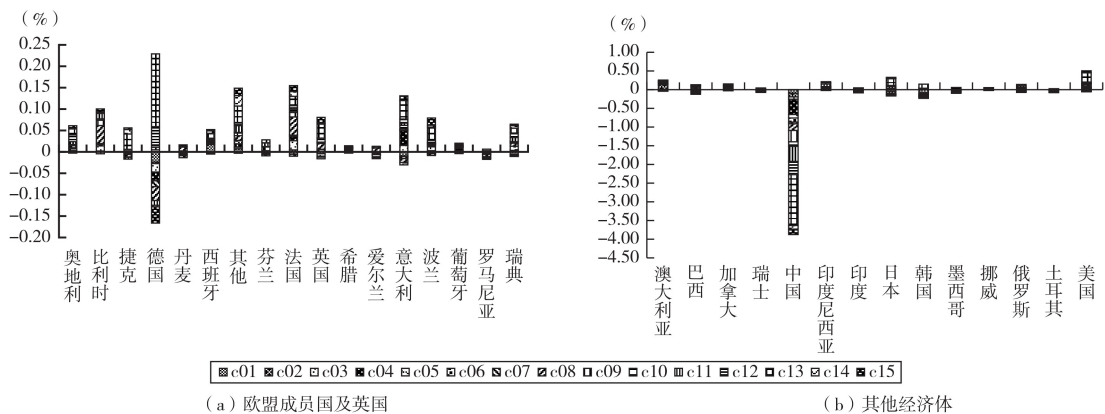


图 2 各经济体分行业贸易福利变动

注:c01—c15 分别表示农业、采矿业、食品业、纺织业、木材业、造纸业、石油产品加工业、化学制品业、塑料和橡胶制品业、非金属制品业、基本金属加工业、金属制品业、机械和电气设备业、运输设备业与其他制造业。

(3)欧盟 CBAM 覆盖范围扩大的贸易福利效应。由于欧盟委员会将在 CBAM 过渡期结束后进一步扩大 CBAM 覆盖范围,或将征收行业逐步扩大到与欧盟碳排放交易体系一致,因此,本文依据可能的政策演进路径,构建双重拓展情境进行动态模拟分析:一是将 CBAM 征税对象拓展至过渡期

六大行业全品类；二是对EU-ETS覆盖行业实施全行业碳成本内部化。由量化估计结果可知,政策覆盖范围的扩大显著放大了贸易福利分配的马太效应。当CBAM覆盖范围向过渡期六大行业以及EU-ETS覆盖行业内的所有产品延伸时,欧盟整体的贸易福利较基准反事实情境提升28.12%、45.23%,反映出欧盟边缘经济体可通过碳规制政策获取“制度套利”空间。反观主要发展中国家,中国作为制造业出口大国,面临福利损失扩大;土耳其作为全球新兴工业品出口国,当CBAM覆盖EU-ETS全行业产品时,其贸易福利受损程度也会进一步加深,这一现象揭示了新兴工业国在技术标准适配与碳成本转嫁能力上的双重短板。

2. 欧盟CBAM的贸易效应评估

(1)各经济体分行业出口份额变动。考虑到全球贸易的联动性,本文进一步探讨欧盟CBAM实施后各经济体的分行业出口份额变动状况^①。CBAM实施后,欧盟出口格局呈现出显著的动态调整特征。就不同成员国而言,化学制品业在德国、法国、波兰、丹麦等国的出口地位进一步提升;意大利的纺织业出口优势进一步扩大;葡萄牙的出口重心则转向运输设备业。这一结构性变化与Antimiani et al.(2016)的研究结论类似,反映出CBAM对欧盟成员国出口竞争力的差异化影响。同时,机械和电气设备业在中国的出口占比高达47.34%,凸显中国在全球价值链中的“制造中心”地位;澳大利亚和巴西作为资源禀赋型国家,在采矿业内具有显著的比较优势;而土耳其作为新兴发展中国家,在劳动密集型产业保持竞争优势,纺织业以22.22%的出口比重成为其主导产业。结合图3展示的CBAM实施前后各行业出口份额的变动状况可以发现,机械和电气设备业的出口份额在14个经济体中均呈现下降态势,并且是瑞士、印度、日本、韩国、墨西哥、土耳其、美国7国出口份额降幅最大的行业。中国出口份额降幅最大的行业为纺织业,凸显出发展中国家面临“碳锁定”与产业升级的双重挑战。

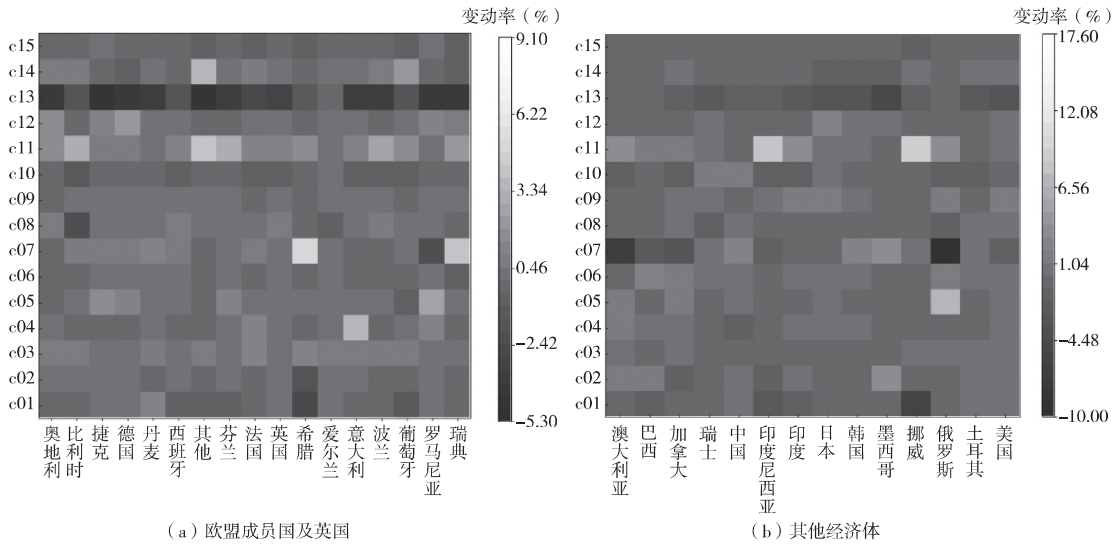


图3 各经济体分行业出口份额变动

(2)各经济体出口集中度变动。本部分通过计算赫芬达尔—赫希曼指数(HHI),测度各经济体的行业出口集中度。由CBAM实施前后各经济体出口集中度的变动状况可知:一方面,CBAM

^① 欧盟CBAM贸易效应的完整量化估计结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

实施后,欧盟平均 HHI 小幅下降至 0.1127,这表明欧盟整体出口多元化程度有所提升。另一方面,对非欧盟成员国而言,中国在 CBAM 实施前以 0.2372 的 HHI 位居行业出口集中度首位;而 CBAM 实施后,挪威则以 0.2261 的 HHI 跃居第一。就出口集中度的变动状况而言,中国、澳大利亚、日本、韩国、美国等 8 国的 HHI 则有所下降,出口进一步向多元化发展;而加拿大等 6 国的 HHI 呈现上升趋势,行业出口集中度进一步加强。这种异质性变化主要源于各经济体产业碳排放强度的差异。CBAM 的实施导致高碳行业面临更高的贸易成本,促使出口逐渐向低碳行业转移。这一发现不仅印证了环境规制对贸易结构的重塑作用,也为各经济体制定 CBAM 应对策略提供了重要参考。

3. 稳健性检验

为增强研究结论的稳健性,本文构建了多维稳健性检验框架,从参数敏感性、政策强度及模型结构等维度进行系统验证^①。首先,贸易弹性作为结构估计的关键参数之一,可能产生估计偏误进而对反事实估计结果产生影响。基于上述考虑,分别选取 Caliendo and Parro (2015) 与 Shapiro (2016) 研究中运用的贸易弹性数值重新校准模型。其次,考虑到 CBAM 定价机制动态演进的政策现实,将碳排放征税价格由基准反事实情境设定的 100 美元/吨提升至 120 美元/吨。最后,构建双部门简化模型的对照实验,在保持各国行业间投入产出关联的前提下,将各国行业缩减为只剩可贸易与不可贸易行业的双元结构。在上述稳健性检验情形下,中国分别承受了 0.0979%、0.1275%、0.0888% 和 0.0019% 的福利损失;与之形成鲜明对照的是,欧盟在四种情境下平均贸易福利效应分别提升了 0.0539%、0.0587%、0.0411% 和 0.0018%。主要量化估计结果与基准情形下的反事实估计结果一致,不仅验证了研究结论的稳健性,更揭示了 CBAM 政策效应在南北国家间的系统性差异。

六、中国碳市场扩容提价的“缓冲阀”效应分析

1. 政策背景

随着全球碳减排进程的加速推进,碳市场正逐步成为国际社会广泛采纳的关键降碳政策工具。新发展阶段下,中国碳市场承载着对内实现经济增长与碳排放深度脱钩、对外重塑国际碳定价格局的双重使命。中国碳市场遵循“渐进式发展”的动态演化路径,历经十余年地方试点实验、迭代升级与全国运行推广,形成了具有中国特色的碳市场发展范式,呈现出两大制度创新特征:一是行业覆盖呈现战略性扩展,从电力行业单极驱动转向多行业协同,根据生态环境部发布的《全国碳排放权交易市场覆盖钢铁、水泥、铝冶炼行业工作方案》,将水泥、钢铁、铝冶炼等高碳行业纳入碳市场管控,推动碳市场管控的二氧化碳排放占全国碳排放总量的比重提升至 60%;二是制度设计凸显政策协同,通过构建“MRV 体系—配额分配—市场交易”的三位一体制度框架,实现中国碳市场高效运转以及与欧盟 CBAM 等国际机制的动态接轨。从地方试点到全国运行,碳市场不仅是中国应对气候变化、实现“双碳”战略目标的重要工具,也成为发展中国家重构“气候制度话语权”与全球碳定价权“被动边缘”格局的关键载体。基于此,在当前欧盟通过构建“碳关税—碳市场”联动机制,进而重塑国际贸易碳规则体系的背景下,探究中国碳市场能否通过动态扩容以及建立自主可控的碳定价体系、有效对冲欧盟 CBAM 引致的贸易福利损失具有十分重要的研究意义与现实价值。

^① 稳健性检验量化估计结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

2. 特征事实分析

为系统刻画中国碳市场政策与分行业企业出口动态间的关联性,本文基于 2000—2014 年中国工业企业数据库与中国海关进出口数据库的匹配数据,从出口规模、产品质量、产品多样性、出口产品转换以及产品分布集中度五个维度展开特征事实分析^①。由表 1 实证结果可知,碳市场政策对企业出口动态的影响呈现显著行业异质性,即碳市场对纺织业、机械和电气设备业、金属制品业等高碳密集度且技术升级空间较大的行业在产品多样性、规模和质量维度的影响更大,表明碳市场可能通过倒逼技术升级或资源优化配置,提升上述行业的出口竞争力;而部分碳密集度高但技术调整难度大的行业则可能因短期成本压力出现出口规模收缩或质量下降。这一结果既验证了碳市场对行业异质性的差异化影响,也为后续政策优化提供了实证支撑。

表 1 中国碳市场与主要行业企业出口动态

碳价(美元/吨)	出口规模	出口产品质量	出口产品多样性	出口产品转换	出口产品分布集中度
纺织业	2.7132*** (0.2859)	0.4419*** (0.0325)	0.0188*** (0.0020)	-0.0440*** (0.0049)	0.3432*** (0.0207)
造纸业	2.0455* (1.1162)	0.4791* (0.2671)	0.0336** (0.0134)	-0.0368* (0.0214)	0.1268 (0.1147)
化学制品业	-0.0934 (0.9322)	0.9280*** (0.1683)	0.0242** (0.0095)	-0.0163 (0.0164)	0.1476* (0.0875)
塑料和橡胶制品业	2.2145*** (0.3910)	-0.2113* (0.1081)	-0.0215*** (0.0067)	-0.0510*** (0.0097)	0.1382*** (0.0519)
非金属制品业	0.8662* (0.4721)	0.1543* (0.0853)	0.0129*** (0.0044)	-0.0208*** (0.0079)	-0.0596 (0.0419)
金属制品业	5.4936*** (2.0737)	0.5489** (0.2192)	0.0245* (0.0132)	-0.0566** (0.0260)	0.1569 (0.1271)
机械和电气设备业	1.0055*** (0.1935)	0.5590*** (0.0315)	0.0229*** (0.0018)	-0.0147*** (0.0029)	0.0641*** (0.0160)
其他制造业	1.1271** (0.4442)	0.4203*** (0.0563)	0.0136*** (0.0035)	-0.0100 (0.0062)	0.0982*** (0.0324)

注: *、**、***分别表示 10%、5%、1% 的显著性水平。括号内为稳健标准误。

3. 应对欧盟 CBAM 冲击的中国碳市场“缓冲阀”效应

(1) 中国整体福利水平变动的量化评估。基于上述特征事实,本文进一步将中国碳市场政策纳入具有投入产出关联的多国多行业一般均衡模型,以此系统评估中国碳市场建设对欧盟 CBAM 冲击的“缓冲阀”效应^②。本部分仍以 2020 年为基期,在基准反事实情境中假定欧盟对所有非欧盟成员国的可贸易产品均征收 100 美元/吨的碳关税,同时中国并未实施碳市场政策;在基础行业情境下,保持其他条件不变,新增考虑目前中国碳市场在电力、水泥、钢铁与电解铝行业的运行;在行业扩容情境下,进一步将中国碳市场拓展至电力、石化、化工、建材、钢铁、有色金属、造纸和航空运输八大行业;在全行业覆盖情境下,量化分析了中国将所有行业纳入碳市场时的影响。考虑到 2024 年中国碳市场配额平均价格为 91.8 元/吨(约 12.89 美元),假定模型中初始碳价为 2024 年平均价格,同时又模拟量化了不同碳价水平下,碳定价提升对中国应对欧盟 CBAM 冲击的贸易福利效应。

表 2 呈现的实证结果表明,欧盟 CBAM 会导致中国贸易福利显著下降。在中国无碳市场政策

① 控制变量的选取与完整特征事实分析结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 碳市场“缓冲阀”效应的完整量化评估结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

干预的基准反事实情境下,贸易福利水平将下降 0.1009%。随着中国分阶段引入碳市场并逐步扩容后,这一冲击强度呈现显著边际弱化特征。在现行碳价(12.89 美元/吨)下,仅覆盖电力、水泥、钢铁与电解铝行业的基础行业情境可使贸易福利损失收窄至-0.1008%,但改善作用有限;而扩展至八大行业的行业扩容情境和全行业覆盖情境则分别使贸易福利降幅缩减至-0.1006%和-0.1000%。碳定价信号的强化效应在量化模拟结果中也尤为突出,当碳定价从基准水平上升至 80 美元/吨时,缓解了 9.32% 的福利损失。此外,模拟结果显示,当碳定价突破 50 美元/吨后,福利改善的边际收益呈现递增趋势,这可能与中国重点行业碳捕集利用与封存技术商业化拐点的成本阈值相关,合理的碳定价机制能使碳捕集利用与封存技术具有更好的经济可行性,为碳定价形成机制的优化提供重要实证依据。上述量化估计结果表明,中国碳市场逐步扩容以及碳定价机制的协调优化能显著缓解欧盟 CBAM 对中国贸易福利的负向冲击,不仅为应对欧盟 CBAM 挑战提供了决策支持,更为中国实现“双碳”目标下经济发展与气候治理的均衡路径提供了实践启示。

表 2 不同情境下中国碳市场应对 CBAM 冲击的贸易福利效应 单位:%				
碳价(美元/吨)	基准反事实情境	基础行业情境	行业扩容情境	全行业覆盖情境
0.00	-0.1009			
12.89		-0.1008	-0.1006	-0.1000
30.00		-0.1006	-0.1000	-0.0986
40.00		-0.1004	-0.0996	-0.0977
50.00		-0.1001	-0.0990	-0.0966
60.00		-0.0996	-0.0982	-0.0953
70.00		-0.0989	-0.0972	-0.0937
80.00		-0.0977	-0.0956	-0.0915

(2)中国分行业福利水平变动的量化评估。本文以全行业覆盖情境为例,进一步揭示碳定价机制对中国行业贸易福利变动的异质性影响效应,结果如表 3 所示。总体看,随着碳价从 0 美元/吨上升至 80 美元/吨,中国各行业的贸易福利损失均得到一定程度上的缓解。具体而言,随着碳定价上升,高碳密集型行业开始显现碳成本内部化优势,其中,机械和电气设备业与金属制品业在 80 美元/吨碳价水平下实现福利增益 0.1730% 和 0.0398%。这种结构性转变源于两大机制:①碳价触发的技术创新补偿效应,使行业单位产品隐含碳强度下降;②碳市场流动性溢价产生的资源配置优化,推动生产要素向低碳生产环节集聚。然而,非金属制品等行业的贸易福利损失虽有所减少,但幅度相对较小,表明其对碳定价调整的敏感性较低,也凸显出复杂全球价值链嵌入带来的调整刚性。整体而言,中国碳市场的建立为应对欧盟 CBAM 提供了有效的“缓冲阀”效应,但不同行业的应对效果存在差异,仍需针对性地加强政策引导和技术支持。

表 3 中国主要行业贸易福利效应变动 单位:%					
行业	30 美元/吨	80 美元/吨	行业	30 美元/吨	80 美元/吨
采矿业	-0.0891	-0.0862	塑料和橡胶制品业	-0.3184	-0.3007
食品业	-0.0718	-0.0677	非金属制品业	-0.1363	-0.1251
纺织业	-0.4453	-0.4178	基本金属加工业	-0.4174	-0.3950
木材业	-0.0946	-0.0882	金属制品业	-0.4138	-0.3838
造纸业	-0.1122	-0.1059	机械和电气设备业	-1.5810	-1.4490
石油产品加工业	-0.0431	-0.0401	运输设备业	-0.1129	-0.1053
化学制品业	-0.2091	-0.1910	其他制造业	-0.1660	-0.1518

(3)中国分行业出口份额与出口集中度变动的量化评估。通过表4呈现的不同碳定价水平下中国的出口结构变动可知,碳定价提升对各行业出口份额的影响呈现显著差异,碳定价提升能通过重塑行业比较优势,引致出口竞争力格局发生转变。对于纺织业、石油产品加工业以及机械和电气设备业,欧盟 CBAM 对其出口份额的影响效应在国内碳市场碳价上升时呈现下降趋势。当碳价从0美元/吨上升至80美元/吨时,纺织业出口份额变动从-1.2185%降至-1.3057%,机械和电气设备的出口份额与基准情形相比从0.1994%降至-0.9906%。木材业等低碳排放行业的出口份额在碳价上升时呈现出不同程度的增长,从基准反事实情境下的0.0242%增至80美元/吨碳价情境时的0.1493%,这意味着低碳行业在CBAM背景下具有一定的出口竞争力优势。对于化学制品业,当国内碳价为30美元/吨时,其出口份额由负转正,从-0.1353%增至0.0054%,并在80美元/吨碳价时达到0.2763%的出口份额。合理的解释在于,前端碳成本内部化倒逼生产工艺革新,后端绿色化学品溢价捕获新的市场空间,进而使得化学制品业的出口份额正向增长。整体而言,CBAM对中国分行业出口份额的影响因行业碳强度和生产效率差异而异,揭示了中国高碳排放行业面临更大压力,而低碳或高附加值行业则可能受益于碳市场的扩容提价。这为中国优化产业结构以增强应对欧盟CBAM的产业韧性、推动绿色贸易转型提供了重要依据。

表 4 中国主要行业出口份额变动			单位:%		
行业	30 美元/吨	80 美元/吨	行业	30 美元/吨	80 美元/吨
采矿业	0.3587	0.3053	塑料和橡胶制品业	-0.6094	-0.4154
食品业	-0.0045	-0.0066	非金属制品业	0.2477	0.7806
纺织业	-1.2303	-1.3057	基本金属加工业	-0.9111	-0.7128
木材业	0.0614	0.1493	金属制品业	-0.2981	-0.2587
造纸业	0.1025	0.2192	机械和电气设备业	-0.0763	-0.9906
石油产品加工业	2.0444	1.7494	运输设备业	0.0188	-0.0499
化学制品业	0.0054	0.2763	其他制造业	-0.5630	-0.6492

(4)碳市场流动性的进一步分析。市场流动性的提升能够强化碳市场对企业技术创新的激励效应,进而对碳排放削减产生显著影响,其传导机制主要体现在三个方面:一是高流动性市场能生成更有效的碳价信号,引导企业优先选择应用节能技术或绿电采购等低碳路径,直接降低单位产品隐含碳排放强度;二是提升配额流转效率,使企业可通过交易盈余配额获取低碳技术投资资金;三是推动供应链碳数据透明化,倒逼全产业链协同减排。由生态环境部发布的《全国碳市场发展报告(2024)》显示,2023年中国火电及电力碳排放强度较2018年分别下降2.38%和8.78%。由此,本文假定在碳市场低速流动情境下,实现隐含碳排放量削减10%。考虑到全国碳市场建设的核心任务之一是提升市场活跃度,假定在中速流动情境下,通过激发降碳积极性能降低30%隐含碳排放;在高速流动情境下,通过激励企业开展低碳生产技术的研发、推广与应用,实现隐含碳排放量削减50%。本文仍以2020年为基期,在基准反事实情境中假定欧盟对所有可贸易产品均征收100美元/吨的碳关税,同时中国碳市场实现全行业覆盖,并叠加不同碳市场流动性水平引致的碳排放削减效应开展反事实分析。碳市场流动性的变动会同步引发碳价波动,基于此,本文进一步考虑了不同碳价水平下,碳市场流动性变动对缓解CBAM冲击的影响效应。表5的量化估计结果表明,随着碳市

场流动性的逐步提升, CBAM 对中国贸易福利的负向冲击逐步减弱, 且在同一碳市场流动性水平下, 碳价上升能放大碳市场对 CBAM 负向冲击的缓冲效应。

表 5 不同碳市场流动性水平应对 CBAM 冲击的贸易福利效应 单位: %

碳价(美元/吨)	碳市场低速流动情境	碳市场中速流动情境	碳市场高速流动情境
12.89	-0.09933	-0.09778	-0.09579
30.00	-0.09798	-0.09648	-0.09453
50.00	-0.09598	-0.09453	-0.09267
70.00	-0.09308	-0.09177	-0.09022

七、结论与启示

本文通过将欧盟 CBAM 纳入具有全球投入产出关联的多国多行业结构模型, 系统量化和揭示了 CBAM 在多重政策情境下对全球贸易福利效应变动的结构性影响及中国碳市场扩容提价的“缓冲阀”效应。主要结论如下: ①当欧盟对 68 种 CN4 分位编码产品征收 100 美元/吨的碳关税时, 会导致南北国家贸易福利水平呈现结构性分化。欧盟整体实现 0.0409% 的福利增益, 其中, 90% 的收益源于贸易条件优化形成的碳排放责任转嫁效应; 而中国等新兴经济体因全球价值链位势差异承受 0.0887% 的福利损失, 对应国民收入折损达 204.02 亿国际元, 其中, 83.22% 的损失源于贸易条件恶化。随着 CBAM 征收产品种类的扩大以及碳税价格的提高, 非欧盟成员国的福利受损程度呈递増趋势。②异质性分析表明, 基本金属加工业、运输设备业等 12 个制造行业的贸易福利与出口份额均受 CBAM 影响较大, 中国等发展中国家行业贸易福利与出口集中度均下降, 倒逼出口结构向低碳化方向转变, 出口多元化与清洁化水平提升。③中国碳市场扩容提价能对欧盟 CBAM 负向冲击产生“缓冲阀”效应。在全行业覆盖情境下, 当碳价上升至 80 美元/吨时, 中国贸易福利损失将降低 9.32 个百分点。中国碳市场扩容以及碳定价机制的协调优化能显著缓解 CBAM 对中国贸易福利的负向冲击。这不仅为构建“碳市场扩容—碳定价优化—国际气候合作”的三位一体应对策略提供理论依据, 更为发展中国家参与全球气候治理提供了政策启示:

(1) 优化中国碳市场核心制度, 推动碳市场与碳关税规则衔接。由于碳市场扩容提价有利于缓解中国贸易福利损失, 因此, 针对中欧碳市场在配额分配、覆盖范围与市场调节等方面的制度差异, 需动态优化碳市场运行机制。①动态调整配额分配策略, 短期内在保持免费分配为主、有偿分配为辅的框架下, 试点基准线法与历史强度法分配碳配额的双轨衔接; 中长期逐步建立行业分类管理, 对高贸易暴露行业提高拍卖比例以强化市场激励, 对技术升级潜力行业设置“减排进度挂钩”条款。②分阶段扩展覆盖行业, 目前中国仅将电力、水泥、钢铁和电解铝四大行业纳入碳市场, 可以继续延续“成熟一个、纳入一个”原则, 将其他核算体系成熟、碳泄漏风险高的行业分批纳入, 最终形成覆盖多行业、多领域的综合碳市场体系, 为应对欧盟 CBAM 覆盖范围的进一步扩大预留制度空间。③完善市场调节体系, 动态优化总量控制目标以兼顾经济增长与减排需求, 扩展林业碳汇、海洋碳汇等抵消机制覆盖类型, 探索价格走廊等碳价预期管理工具, 提升市场稳定性, 增强对碳价波动的前瞻性引导能力。

(2) 以绿色低碳发展为导向, 持续推进产业与贸易结构优化升级。碳排放作为欧盟 CBAM 的核心征税依据, 进口产品隐含碳强度直接决定了碳关税税负水平。因此, 以绿色低碳发展为导向推进产业与贸易结构升级, 是从根本上降低碳排放与提升国际竞争力的关键路径, 亟须提前谋划, 布局

建设绿色产业链。①坚持“降碳减污扩绿增长”协同推进的生产导向,扶持新技术、新能源以及高端设备等低碳产业发展,遏制高污染高能耗项目的盲目扩张。②建立出口产品碳强度分级制度,对低碳产品给予出口退税、绿色信贷等政策倾斜,对高碳产品实施内部调节措施,倒逼企业技术升级。③培育“零碳产业链”示范项目,在长三角、粤港澳大湾区等区域选取龙头企业试点“零碳工厂”,通过绿电替代、碳捕集等技术打造低碳出口标杆,形成可复制的低碳出口模式,提升产业绿色竞争力,从生产端减少碳关税冲击。

(3)积极开展国际气候协同治理,争取碳规则制定更多话语权。理论分析与实证检验均表明欧盟 CBAM 作为单边碳定价政策,实质上构建了以碳定价为载体的低碳贸易壁垒。基于此,应从多边机制衔接与区域联盟建设双轨推进:①依托 WTO 多边治理框架,系统运用发展中国家特殊与差别待遇条款与《联合国气候变化框架公约》等国际协议,联合印度、土耳其等受 CBAM 冲击较大的新兴经济体,维护发展中国家在全球贸易中的合法权益。②深化与“一带一路”共建国家的绿色合作机制,推动与东盟、非洲等主要贸易伙伴建立“绿色贸易规则对话平台”,降低区域内企业跨境碳合规成本。③尽管欧盟确定于 2026 年起正式征收碳关税,然而在计税范围、免费配额等方面的最终规则会依据过渡期实施效果进行相应调整完善。基于此,应积极就 CBAM 政策制定、实践落实细则等与欧盟进行友好磋商,从被动适应规则向主动参与制定规则转变。

本文对欧盟 CBAM 的贸易福利效应以及中国碳市场扩容提价的“缓冲阀”效应展开了深入研究,未来还可以从如下方向拓展:①拓展研究范围,尝试将部分产品的一氧化二氮与碳氟化合物纳入征税情境,以更全面地评估 CBAM 的贸易福利效应。②深化政策协同分析,在以碳市场扩容提价应对 CBAM 冲击之外,开展多元政策工具的组合效应分析,探索多维政策协同的动态应对路径。③建立政策实时追踪机制,持续关注欧盟行业覆盖扩容、核算方法更新等规则调整,系统评估其对贸易福利及各国应对策略的时变影响。

〔参考文献〕

- 〔1〕陈诗一,祁毓.“双碳”目标约束下应对气候变化的中长期财政政策研究[J]. 中国工业经济, 2022, (5): 5-23.
- 〔2〕崔连标,朱磊,范英.碳关税背景下中国主动减排策略可行性分析[J]. 管理科学, 2013, (1): 101-111.
- 〔3〕段玉婉,蔡龙飞,陈一文.全球化背景下中国碳市场的减排和福利效应[J]. 经济研究, 2023, (7): 121-138.
- 〔4〕樊海潮,张丽娜.中间品贸易与中美贸易摩擦的福利效应:基于理论与量化分析的研究[J]. 中国工业经济, 2018, (9): 41-59.
- 〔5〕郭晴,帅传敏,帅竞.碳关税对世界经济和农产品贸易的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2014, (10): 97-109.
- 〔6〕林伯强,李爱军.碳关税的合理性何在[J]. 经济研究, 2012, (11): 118-127.
- 〔7〕马野青,庄金凤,范子杰.中国参与区域经济合作的贸易及福利效应[J]. 中国工业经济, 2025, (3): 22-40.
- 〔8〕彭水军,吴腊梅.RCEP的贸易和福利效应:基于全球价值链的考察[J]. 经济研究, 2022, (8): 98-115.
- 〔9〕秦若冰,马弘.RCEP的贸易和福利效应:基于结构模型的量化分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, (9): 26-49.
- 〔10〕沈可挺.碳关税争端及其对中国制造业的影响[J]. 中国工业经济, 2010, (1): 65-74.
- 〔11〕王锋,冯根福.中国碳强度对行业发展、能源效率及中间投入系数的弹性研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2012, (5): 50-62.
- 〔12〕王子,周雁翎.结构模型在国际贸易研究中的应用[J]. 中国工业经济, 2019, (4): 62-80.
- 〔13〕吴茵茵,齐杰,鲜琴,陈建东.中国碳市场的碳减排效应研究——基于市场机制与行政干预的协同作用视角[J].

- 中国工业经济, 2021, (8): 114-132.
- [14] 张友国, 郑世林, 周黎安, 石光. 征税标准与碳关税对中国经济和碳排放的潜在影响[J]. 世界经济, 2015, (2): 167-192.
- [15] 中国社会科学院工业经济研究所课题组. 现代化进程中的中国工业: 发展逻辑、现实条件与政策取向[J]. 中国工业经济, 2024, (3): 5-23.
- [16] Antimiani, A., V. Costantini., O. Kuik., and E. Paglialunga. Mitigation of Adverse Effects on Competitiveness and Leakage of Unilateral EU Climate Policy: An Assessment of Policy Instruments [J]. *Ecological Economics*, 2016, 128: 246-259.
- [17] Babiker, M. H., and T. F. Rutherford. The Economic Effects of Border Measures in Subglobal Climate Agreements [J]. *Energy Journal*, 2005, 26(4): 99-125.
- [18] Böhringer, C., C. Fischer, K. E. Rosendahl, and T. F. Rutherford. Potential Impacts and Challenges of Border Carbon Adjustments [J]. *Nature Climate Change*, 2022, 12: 22-29.
- [19] Bradford, A. *The Brussels Effect: How the European Union Rules the World* [M]. Oxford: Oxford University Press, 2020.
- [20] Caliendo, L., and F. Parro. Estimates of the Trade and Welfare Effects of NAFTA [J]. *Review of Economic Studies*, 2015, 82(1): 1-44.
- [21] Costinot, A., and A. Rodríguez-Clare. *Trade Theory with Numbers: Quantifying the Consequences of Globalization* [R]. NBER Working Paper, 2013.
- [22] De Melo J., and N. A. Mathys. *Trade and Climate Change: The Challenges Ahead* [R]. CEPR Discussion Paper, 2010.
- [23] De Soyres, F., A. Mulabdic, and M. Ruta. Common Transport Infrastructure: A Quantitative Model and Estimates from the Belt and Road Initiative [J]. *Journal of Development Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2019.102415>, 2020.
- [24] Dekle, R., J. Eaton, and S. Kortum. Unbalanced Trade [J]. *American Economic Review*, 2007, 97(2): 351-355.
- [25] Eaton, J., and S. Kortum. Technology, Geography, and Trade [J]. *Econometrica*, 2002, 70(5): 1741-1779.
- [26] Gros, D. *Global Welfare Implications of Carbon Border Taxes* [R]. CESifo Working Paper, 2009.
- [27] Hübner, M. Carbon Tariffs on Chinese Exports: Emissions Reduction, Threat, or Farce [J]. *Energy Policy*, 2012, 50: 315-327.
- [28] Jakob, M., C. Chen., S. Fuss., A. Marxen., N.D. Rao., and O. Edenhofer. Carbon Pricing Revenues Could Close Infrastructure Access Gaps [J]. *World Development*, 2016, 84: 254-265.
- [29] Lessmann, K., R. Marschinski, and O. Edenhofer. The Effects of Tariffs on Coalition Formation in a Dynamic Global Warming Game [J]. *Economic Modelling*, 2009, 26(3): 641-649.
- [30] Ma, D., and Q. Zhu. Innovation in Emerging Economies: Research on the Digital Economy Driving High-Quality Green Development [J]. *Journal of Business Research*, 2022, 145: 801-813.
- [31] Monjon, S., and P. Quirion. Addressing Leakage in the EU ETS: Border Adjustment or Output-based Allocation [J]. *Ecological Economics*, 2011, 70(11): 1957-1971.
- [32] Mörsdorf, G. A Simple Fix for Carbon Leakage? Assessing the Environmental Effectiveness of the EU Carbon Border Adjustment [J]. *Energy Policy*, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112596>, 2022.
- [33] Shapiro, J. S. Trade Costs, CO₂, and the Environment [J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2016, 8(4): 220-254.

The Assessment of the Impact of Carbon Tariffs and the “Buffer Valve” Effect of China’s Carbon Market Expansion and Price Increase

ZHANG Bing-bing¹, YU Lan², CAI Hong-bo³

(1. School of Economics and Management, Nanjing Agricultural University;

2. School of Economics and Management, Zhejiang Sci-Tech University;

3. Business School, Beijing Normal University)

Abstract: Against the dual backdrop of deep adjustments to the global climate governance system and accelerated restructuring of international trade rules, the unilateral imposition of carbon tariffs by the European Union will not only impose additional burdens on the export of carbon-intensive products from the taxed countries but also have an impact on the layout of the global industrial chain. The systematic quantitative analysis of the trade welfare effects of carbon tariffs can not only provide empirical evidence for developing countries such as China to formulate reasonable response measures but also provide references for establishing a fair climate governance mechanism.

This paper incorporates carbon tariffs into a quantitative trade model with global input-output correlations, and quantifies the trade welfare effects of the EU CBAM through structural estimation and calibration of important parameters using real-world data. In addition, this paper takes the Chinese carbon market as the entry point to systematically quantify the impact of the EU CBAM shock on the dynamic evolution of Chinese carbon market policies.

The research results of this paper indicate that CBAM generates significant asymmetric effects by restructuring carbon cost sharing, and the EU relies on trade terms optimization to achieve an overall welfare increase. However, major manufacturing exporting countries such as China have suffered welfare losses due to deteriorating trade conditions and shrinking exports from high-carbon industries. The continuous expansion of China’s carbon market and the optimization and improvement of carbon pricing mechanisms can effectively respond to the negative impact of the EU CBAM.

The possible marginal contributions of this paper are as follows. First, this paper breaks through the traditional framework of partial equilibrium analysis of a single country, incorporating carbon tariff policies into a multi-country general equilibrium model, and systematically quantifying the trade welfare effects of carbon tariff shocks in multiple dynamic scenarios. Second, considering the practical policy characteristics of the European Union, this paper incorporates the EU ETS into the trade elasticity estimation equation, which can enhance the explanatory power of parameter estimation in reality. Third, this paper constructs a three-stage scenario simulation framework for China’s carbon market, systematically revealing the “buffer valve” effect of the coordinated optimization of carbon market expansion and price increase.

Keywords: carbon border adjustment mechanism; welfare effects; China’s carbon market; expansion and price increase; quantitative trade model

JEL Classification: F13 Q54 Q58

〔责任编辑：李鹏〕