

# 贸易政策、全球价值链位置 与中国二氧化碳排放

范爱军 郑志强 马永健

**摘要:** 在采用关税与非关税壁垒从价税等值之和评价中国行业层面综合贸易壁垒的基础上,构建两国两部门模型和面板门槛模型,研究了贸易政策偏向性对二氧化碳排放的影响及其全球价值链位置门槛效应。结果发现:中国贸易政策存在环境偏向性,表现为碳排放强度越高的行业其综合贸易壁垒越低,碳排放强度低的行业其综合贸易壁垒反而越高;贸易政策环境偏向性为污染行业提供了隐形补贴,而提高污染行业贸易壁垒则能减少行业、国家乃至世界的二氧化碳排放量;贸易政策对二氧化碳排放的影响受全球价值链位置门槛效应的约束,当全球价值链位置处于门槛值区间内,提高行业综合贸易壁垒将显著降低该行业二氧化碳排放。

**关键词:** 贸易政策偏向性;全球价值链位置;二氧化碳排放;门槛效应

**DOI:** 10.19836/j.cnki.37-1100/c.2021.06.014

## 一、引言

经济全球化背景下,中国积极推动全球贸易便利化和自由化,并以高质量劳动力禀赋的比较优势嵌入全球价值链,取得了显著成就。但与此同时,工业化和城市化需求、世界制造工厂定位以及追求经济效益目标的粗放式发展模式使我国二氧化碳排放量连续多年居于全球第一,环境问题日益严峻。为缓解环境问题带来的内外部压力,中国积极践行大国责任,一方面坚定实行对外开放基本国策,努力推进贸易高质量发展,全方位参与全球价值链和产业链重构进程;另一方面将生态文明建设上升为国家战略,随着“十二五”“十三五”规划贯彻实施,我国二氧化碳排放强度持续下降,能源结构显著改善,政策效果逐渐显现。基于此,本文重点提出并解决以下问题:中国贸易政策是否存在环境偏向性<sup>①</sup>? 贸易政策的环境偏向性如何影响我国二氧化碳排放? 全球价值链位置在其中扮演什么角色? 本文从全球价值链位置视角研究贸易政策对二氧化碳排放的影响,有利于将贸易政策与环境政策协调统一,实现碳中和目标。

国内外学者对贸易总体流量与环境气候变化的关系做了大量研究,相对而言,从贸易政策角度对环境问题的研究较少<sup>②</sup>。早期国外学者考察了贸易政策对国内环境政策和福利的影响,由于环境污染是全球性问题,进口污染密集型商品的国家有动机将贸易协定与环境谈判相联系,而出口污染密集型商品的国家有动机在污染问题谈判前获得自由贸易的约束性承诺。在双边贸易和不完全竞争背景

**基金项目:** 国家社科基金一般项目“复杂网络视角下中国在全球价值链演变中的地位及影响因素研究”(17BJL114);中国博士后科学基金面上项目“新时代中美货币和贸易政策的双向溢出效应与协调研究”(2019M653676)。

**作者简介:** 范爱军,山东大学经济学院教授,博士生导师(济南 250100; fanaj@163.com);郑志强,山东大学经济学院博士研究生(济南 250100; dazhiwhu@foxmail.com);马永健,湖北经济学院金融学院讲师,湖北金融发展与金融安全研究中心研究员(武汉 430205; myjwhu2008@sina.com)。

<sup>①</sup> 贸易政策的环境偏向性,由 Shapiro(2021)提出,是指一国行业层面的综合贸易壁垒在污染行业和清洁行业之间的差异。Shapiro J. S.,“The Environmental Bias of Trade Policy”,*Quarterly Journal of Economics*, 2021, 136(2), pp.831-886.

<sup>②</sup> 陈诗一、林伯强:《中国能源环境与气候变化经济学研究现状及展望》,《经济研究》2019年第7期。

下,削减关税会扭曲环境政策,关税收入减少促使政府有动机降低环保水平,而削减关税导致本国总需求和产出扩大,加剧污染排放,促使政府提高环保水平,因此贸易自由化对均衡环境政策的影响取决于这两种相反作用的结合。关税减让可能会减少扭曲环境保护的动机,环境政策将更加严格,从而增加社会福利<sup>①</sup>。国内学者将贸易联系、南北异质性引入寡头竞争模型,研究贸易政策对环境政策的影响,发现关税对环境税的影响取决于环境损害系数,当环境损害系数较小时,各国的环境税随关税降低而下降,对总体环境出现负面影响;当环境损害系数较大时,各国环境税随关税降低而上升,有利于绿色发展;关税和出口补贴的影响存在异质性,关税减让会促使出口国政府提高环保标准,改善福利水平,而削减出口补贴效果则相反<sup>②</sup>。

贸易政策对环境的影响机制大多从国别层面展开。Martin 估算了最终品关税、中间品关税和 FDI 对印度制造业企业能源利用效率提高的相对贡献,发现降低中间品关税显著提高企业能源利用效率,贸易自由化带来的产业内资源重新分配更有利于清洁企业,从而降低制造业二氧化碳排放<sup>③</sup>。Cherniwchan 估计了北美自由贸易协定(NAFTA)对美国制造业企业 PM10、二氧化硫排放量的影响,发现关税削减显著减少了污染物排放,主要原因是企业污染排放强度降低,三种微观机制分别是:排放强度变化、分散化生产和采用新技术<sup>④</sup>。Xu 等使用 2007-2016 年中国 279 个地级市面板数据考察了贸易自由化对雾霾污染的影响,发现贸易自由化显著减少了雾霾污染,且随着时间推移,贸易自由化对雾霾污染变化的贡献超过 70%<sup>⑤</sup>。

近年来,随着全球价值链核算框架逐渐完善,贸易与环境问题研究的重点转移到嵌入全球价值链的环境效应研究。企业层面,全球价值链嵌入程度加深会提高我国制造业企业污染排放强度。一方面全要素生产率提高会减少污染排放;另一方面企业污染偏向型的投入产出结构会增加污染排放,外资企业嵌入全球价值链时更倾向提高污染排放强度<sup>⑥</sup>。行业层面,全球价值链嵌入对技术密集型行业和污染密集型行业影响不同,全球价值链(Global Value Chain,GVC)嵌入会显著减少技术密集型行业的贸易隐含碳含量,但是增加污染密集型行业的贸易隐含碳含量,前向价值链嵌入显著改善本国环境,后向价值链嵌入会恶化本国环境<sup>⑦</sup>。

随着国际经济一体化的发展,如何在融入全球价值链的同时制定有效贸易政策成为各国面临的现实问题。离岸外包使贸易协定的任务复杂化,各国政府的政治偏好不同,将干预成本转移给贸易伙伴的机制更加复杂,全球价值链的发展使政府越来越难以依靠简单的贸易政策解决问题<sup>⑧</sup>。Shapiro 结合贸易政策、上游度和二氧化碳排放数据,首次提出贸易政策的环境偏向性,认为贸易政策普遍具有环境偏向性特征,即碳排放强度越高的行业——污染行业,贸易保护程度越低,而碳排放强度越低的行业——清洁行业,贸易保护程度反而更高。贸易政策的环境偏向为国际贸易商品的碳排放创造

① Copeland B. R., "Trade and Environment: Policy linkages", *Environment and Development Economics*, 2000(5), pp.405-432; Burguet R., Sempere J., "Trade Liberalization, Environmental Policy, and Welfare", *Journal of Environmental Economics & Management*, 2003, 46(1), pp.25-37.

② 邢斐、何欢浪:《贸易自由化、纵向关联市场与战略性环境政策》,《经济研究》2011 年第 5 期;洪丽明、吕小锋:《贸易自由化、南北异质性与战略性环境政策》,《世界经济》2017 年第 7 期。

③ Martin L. A., "Energy Efficiency Gains from Trade: Greenhouse Gas Emissions and India's Manufacturing Firms", *Mimeo-graph*, 2012.

④ Cherniwchan J., "Trade Liberalization and the Environment: Evidence from NAFTA and U.S. Manufacturing", *Journal of International Economics*, 2017, 105, pp.130-149.

⑤ Xu Y. Z., Fan X. M., Zhang Z. Q., et al., "Trade Liberalization and Haze Pollution: Evidence from China", *Ecological Indicators*, 2020, 109.

⑥ 余娟娟:《全球价值链嵌入影响了企业排污强度吗》,《国际贸易问题》,2017 年第 12 期。

⑦ 吕越、吕云龙:《中国参与全球价值链的环境效应分析》,《中国人口·资源与环境》2019 年第 7 期。

⑧ Antràs P., Staiger R. W., "Offshoring and the Role of Trade Agreements", *American Economic Review*, 2012, 102(7) pp.3140-3183.

了全球性的隐形补贴,增加了二氧化碳减排难度。<sup>①</sup>

结合现有文献可以看出,目前研究贸易政策和全球价值链环境效应的文献大都单独讨论,较少将贸易政策、全球价值链和环境问题综合起来进行研究。将三者联系起来有利于发现贸易政策在环境方面的普遍规律,在贸易谈判中加入环境变量,协调双边、多边贸易政策和国内环境政策,减少全球碳排放。基于此,本文从行业层面研究了贸易政策、全球价值链位置与中国二氧化碳排放之间的关系,主要创新点如下:一是深入探讨中国贸易政策存在的环境偏向性问题,有利于在贸易政策制定过程中重视二氧化碳排放,更好地协调贸易政策和环境政策,促进绿色价值链发展;二是使用行业层面进口需求弹性数据和非关税壁垒数据估计了非关税壁垒的从价税等值,用关税与非关税壁垒的从价税等值之和评价中国的综合贸易壁垒,相比传统上仅仅用关税指标衡量贸易政策更为科学有效。接下来,本文的结构是:首先基于简化的两国两部门模型提出研究假说,然后从数据角度分析我国贸易政策、全球价值链位置和二氧化碳排放方面的特征事实,接着通过面板门槛效应模型检验理论假说,最后是结论和政策启示。

## 二、理论模型和研究假说

参考 Shapiro 的研究,本文建立了两国两部门简化模型,分析贸易政策变化对部门、国家及全世界二氧化碳排放总量的影响。产业结构显著影响污染物排放强度,并且上游产业污染物排放强度大于下游产业<sup>②</sup>。假设只有污染行业和清洁行业,污染行业的上游度较高,清洁行业的上游度较低。因此,仅两国两部门的简化模型就能将全球价值链位置因素包括进来,并且不影响关键问题的分析。在阿明顿假设条件下,消费者有种类偏好,每个国家或地区的单个部门只生产一种产品,污染排放会直接影响消费者效用,造成跨越国界的损害。

消费者偏好方面, $j$  国代表性消费者最大化效用  $U_j$ 。

$$U_j = \prod_s Q_{js}^{\alpha_{js}} f(Z) \quad (1)$$

其中, $Q_{js}$ 是消费加总, $Q_{js} = \left(\sum_i q_{ijs} \frac{\sigma-1}{\sigma}\right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$ ,替代弹性  $\sigma > 1$ 。两个部门分别是  $s \in (1, 2)$ 。消费者效用水平依赖于国际贸易量  $q_{ijs}$  ( $i \neq j$ ) 和国内贸易量  $q_{jjs}$ 。全球污染排放  $Z$  会造成指数式的损害。消费者将污染视为纯粹的负外部性。部门 1 代表污染产业,会排放污染;部门 2 代表清洁产业,不会排放污染。偏好在部门间采取柯布道格拉斯形式,支出份额是  $\alpha_{js}$ 。

联合价格指数是:

$$P_{js} = \left[ \sum_i (\omega_i \tau_{ijs})^{1-\sigma} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} \quad (2)$$

贸易弹性  $\epsilon < 0$ , 并且  $\epsilon \equiv 1 - \sigma$ 。贸易弹性  $\epsilon$  是贸易流量相对于贸易成本变化的反应,并假设贸易弹性  $\epsilon$  在部门间是常数。存在冰山贸易成本  $\tau_{ijs} \geq 1$ , 国内贸易时,  $\tau_{jjs} = 1$ 。

就生产技术而言,唯一的生产要素是劳动,投入一单位劳动,得到一单位产出,劳动供给缺乏弹性。国民收入  $Y_i = \omega_i L_i$ 。

就污染排放而言, $j$  国的污染排放  $Z_j$  来自污染产业商品的生产:

$$Z_j = \sum_i \frac{X_{ij1}}{P_{j1}} \quad (3)$$

全球污染排放  $Z = Z_1 + Z_2$ ,  $X_{ijs}$  是  $j$  国  $s$  部门对产自  $i$  国商品的总支出。

均衡状态时,贸易处于平衡状态,每个国家的收入等于支出:  $\sum_{i,s} X_{ijs} = \sum_{i,s} X_{jis}$ 。消费者效用最大化意味着国际贸易流量具有以下“引力模型”式的结构:

<sup>①</sup> Shapiro J. S., "The Environmental Bias of Trade Policy", *Quarterly Journal of Economics*, 2021, 136(2), pp.831-886.

<sup>②</sup> 沈小波、陈语、林伯强:《技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响》,《经济研究》2021年第2期。

$$X_{ijs} = \left( \frac{\tau_i \tau_{ijs}}{P_{js}} \right)^\epsilon X_{js} = \lambda_{ijs} X_{js} \quad (4)$$

$\lambda_{ijs} = \left( \frac{\tau_i \tau_{ijs}}{P_{js}} \right)^\epsilon = X_{ijs} / X_{js}$  代表  $j$  国  $s$  部门对  $i$  国商品的支出份额,  $X_{js} = \sum_i X_{ijs}$  是  $j$  国  $s$  部门的总支出。

用反事实分析的思路更容易分析贸易政策变化的影响。为进行反事实分析,将每个变量表示为相对于基准水平的变化量,用  $a$  表示基准值,用  $a'$  表示反事实世界的变量值。 $\hat{a} = a'/a$  是由于反事实分析的比例变化量。用变化量表示的变量如下:

$$\hat{\lambda}_{ijs} = \left( \frac{\hat{\tau}_i \hat{\tau}_{ijs}}{\hat{P}_{js}} \right)^\epsilon \quad (5)$$

$$\hat{P}_{js} = \left[ \sum_i \lambda_{ijs} (\hat{\tau}_i \hat{\tau}_{ijs})^\epsilon \right]^{\frac{1}{\epsilon}} \quad (6)$$

考虑一个污染产业(部门 1)相对于清洁产业,贸易成本( $\hat{\tau}_{121}, \hat{\tau}_{211}$ )成比例增加的情形,即贸易政策环境偏向形成的碳补贴降低。将贸易流量(4),支出份额的变动(5)和价格指数的变动(6)代入污染方程式(3)得到  $Z'$ ,化简得到反事实全球污染排放的表达式:

$$Z' = [\lambda_{111} + (\hat{\tau}_2 \hat{\tau}_{211})^\epsilon \lambda_{211}]^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} Z_1 + [\lambda_{121} (\hat{\tau}_{121})^\epsilon + (\hat{\tau}_2)^\epsilon \lambda_{221}]^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \hat{\tau}_2 Z_2 \quad (7)$$

式(7)第一个括号表示由于反事实导致的国家 1 的排放量变化  $\hat{Z}_1$ ,第二个括号表示由于反事实导致的国家 2 的排放量变化  $\hat{Z}_2$ 。

式(7)中,对污染商品关税的单方面或多边增加会导致全球污染排放量的不确定性变化。产生不确定性的原因是,尽管增加污染商品的贸易成本可以直接减少全球排放量,但由于要素价格调整可以使污染产品更具竞争力,因此可能反过来增加全球排放量。贸易成本增加是导致全球排放量增加还是减少取决于贸易流量的基准值,贸易弹性以及每个部门的基准排放量。

假设两个对称国家,可以得到:

$$\hat{Z} = [\lambda_{111} + (\hat{\tau}_2)^\epsilon \lambda_{211}]^{\frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \quad (8)$$

此时,增加污染商品相对于清洁商品的贸易成本会减少污染产业、国家和全世界的污染排放。在国际贸易污染商品的基准份额较大(即  $\lambda_{211}$  很大)且需求弹性较高(即  $|\epsilon|$  大)条件下,降低贸易政策偏向性对污染排放降低的效应会更强。基于简单的两国两部门模型可以发现,提高污染品相对于清洁产品的贸易成本,即降低本国的贸易政策的环境偏向性,会影响污染产业的二氧化碳排放。提高污染行业与清洁行业贸易壁垒对行业二氧化碳排放影响不同。现实世界比两国两部门简化模型复杂很多,产品内分工和垂直专业化的发展,导致不同产业处在不同的全球价值链位置,面临的贸易壁垒和自身的碳排放强度存在差异。基于以上分析,我们认为全球价值链位置在贸易政策变化对二氧化碳排放的作用过程中存在非线性影响。因此,本文提出两条理论假说:

假说 1:降低贸易政策的环境偏向性,或者提高污染产业相对清洁产业的综合贸易壁垒,会显著降低污染产业的二氧化碳排放量。

假说 2:贸易政策对二氧化碳排放量的影响,行业全球价值链位置存在门槛效应。当某一行业 GVC 位置指数高于门槛值时,提高综合贸易壁垒会显著减少行业二氧化碳排放量。

### 三、数据处理和典型化事实

#### (一)变量来源与数据说明

1.贸易政策。关税是最容易量化的贸易政策工具,但是 2008 年全球金融危机以来,非关税壁垒的重要性正在提高,忽略非关税壁垒已经不能有效衡量贸易政策。由于数据可得性问题,国内学者对非



关税壁垒的量化研究较少。本文参照 Kee 等,综合关税和非关税壁垒措施,测算 HS6 分位水平的关税与非关税壁垒从价税等值之和作为中国贸易政策的代理变量<sup>①</sup>。

具体的计算方法是:

首先,参考 Kee 等、陈勇兵等、顾振华和沈瑶,采用 2000-2016 年的进口商品数量、价值等数据,测算中国 HS6 分位层面的进口需求弹性<sup>②</sup>。

测算进口需求弹性的核心模型是:

$$s_n = \alpha_0 + \alpha_{nm} \ln(p_n/p_{-n}) + \sum_{m=1, m \neq l}^M c_{nm} \ln(v_m/v_l) + \mu_n, \forall n = 1, \dots, N \quad (9)$$

$$\epsilon_n = \frac{\partial q_n p_n}{\partial p_n q_n} = \frac{a_{nm}}{s_{nm}} + s_n - 1 \leq 0, \forall s_n < 0 \quad (10)$$

其中,  $s_n$  是进口值占总进口的份额,  $a_{nm}$  是价格效应,  $p_n$  是商品  $n$  的价格,  $p_{-n}$  是非商品  $n$  的加权进口价格,  $v_m$  是要素禀赋,包括:劳动、土地和资本,  $v_l$  是 GDP,  $\epsilon_n$  是进口需求弹性。

测算进口需求弹性用到的数据及来源包括:(1)HS6 分位水平的进出口商品数据,来源于 CEPII-BACI 数据库,涵盖了全球主要国家和地区的双边进出口贸易数据;(2)地理距离数据,来源于 CEPII 数据库;(3)国内生产总值数据,来源于世界银行数据库;(4)劳动、农业土地、实际投资数据、GDP 平减指数,来源于世界银行 WDI 数据库;(5)资本存量数据,用世界银行 WDI 数据库中的实际投资数据通过永续盘存法获得。

然后,借鉴 Zainuddin et al.(2019)的方法,结合进口关税、进口需求弹性、非关税壁垒和贸易数据等测算非关税壁垒的从价税等值(AVEs of NTB)<sup>③</sup>。GTA 数据库将非关税壁垒分为 6 个大类,表 1 展示了其细分类型。测算非关税壁垒的从价税等值的核心模型是:

$$\ln m_{nc} - \epsilon_{nc} \ln(1 + t_{nc}) = \alpha_n + \sum_k \alpha_{nk} C_c^k + (\beta_n + \sum_k \beta_{nk} C_c^k) NTB_{nc} + \mu_{nc} \quad (11)$$

$$\beta_{nc} = \beta_n + \sum_k \beta_{nk} C_c^k \quad (12)$$

$$ave_{nc}^{NTB} = \beta_{nc} / \epsilon_{nc} \quad (13)$$

$$T_{nc} = t_{nc} + ave_{nc}^{NTB} \quad (14)$$

其中,  $m_{nc}$  是  $c$  国进口商品  $n$  的价值,  $C_c^k$  是一国要素禀赋,包括农业土地与 GDP 比值、资本与 GDP 比值、劳动与 GDP 比值和 GDP 数据,  $NTB_{nc}$  是代表非关税壁垒的虚拟变量,  $\epsilon_{nc}$  是进口需求弹性,  $t_{nc}$  是从价关税,  $\beta_{nc}$  是捕捉非关税壁垒影响的系数,  $T_{nc}$  是关税与非关税壁垒的从价税等值之和,用来衡量某一行业的综合贸易壁垒程度。

表 1 非关税壁垒的类型及代码——GTA 数据库

类型	代码	类型	代码	类型	代码
进口控制		利息支付补贴	L	价格稳定	L
进口禁令	E3	贷款担保	L	其他措施	

① Kee H. L., Nicita A., Olarreaga M., "Estimating Trade Restrictiveness Indices", *The Economic Journal*, 2009, 119(534), pp.172-199.

② Kee H. L., Nicita A., Olarreaga M., "Import Demand Elasticities and Trade Distortions", *The Review of Economics and Statistics*, 2008, 90(4), pp.666-682; 陈勇兵、陈小鸿、曹亮、李兵:《中国进口需求弹性的估算》,《世界经济》2014 年第 2 期;顾振华、沈瑶:《中国进口需求弹性的再计算》,《国际贸易问题》2016 年第 4 期。

③ Zainuddin M. R., Khalid N., Sarmidi T., "Estimating Augmented Trade Restrictiveness Indices to Evaluate Impacts of Non-Tariff Barrier for ASEAN Countries and Their Major Trading Partners", *International Journal of Economics & Management*, 2019, 13(2), pp.393-406.

续表1

类型	代码	类型	代码	类型	代码
进口鼓励	L	生产补贴	L	不清晰的措施	X
进口许可证	E1	国家援助	L	卫生和植物检疫措施	A
进口监测	D	国家贷款	L	技术性贸易壁垒	B
进口配额	E2	税收或社保救济	L	出口管制	
进口关税配额	E6	公共采购政策		出口补贴	P7
进口非关税措施	X	公共采购通道	M1	其他出口激励措施	P8
进口的国内税收	F7	公共采购国产化	M3	基于税收的出口激励	P7
贸易平衡措施	I2	公共采购优惠	M2	贸易融资	P7
贸易支付措施	G	本地化政策		出口禁令	P11
国家补贴		当地业务	I1	出口许可证要求	P13
注资或参股	L	当地采购	I1	出口配额	P12
对外市场的财政援助	L	本地化激励	I1	出口税	P5
金融援助	L	资本管制和汇率政策		出口非关税措施	P9
实物援助	L	竞争性贬值	G		

数据来源:CEPR 开发的 GTA 数据库。

在测算非关税壁垒的从价税等值时, Kee 等采用截面数据分析贸易政策, 无法有效衡量随时间变动的贸易政策变化, 并且没有区分非关税壁垒的差异性。与之相对应的是, Felbermayr 等将贸易保护政策区分为: 关税变化、贸易抵制措施和非关税壁垒<sup>①</sup>。本文参考该分类方法, 使用欧洲经济政策研究中心开发的全球贸易警报(Global Trade Alert, GTA) 数据库, 结合 Zainuddin 等的研究方法, 分离出 2010-2014 年中国非关税壁垒在 HS6 分位水平的分布情况, 测算非关税壁垒的从价税等值<sup>②</sup>。计算出 HS 6 分位层面的关税和非关税壁垒的从价税等值之和后, 基于 HS2012-CPC21-ISIC Rev.4 对应表, 将该综合贸易壁垒指标对应到 WIOD 投入产出数据使用的 ISIC Rev.4 行业分类标准。按对应加总方式不同, 获得两种衡量标准, 分别是加权平均贸易壁垒(*Wei Aver T*) 和简单平均贸易壁垒(*Sim Aver T*)。WIOD 2016 包括 43 个国家或地区 56 个行业的数据, ISIC Rev.4 分类标准涵盖所有国民经济行业门类, 而 HS 6 分类是国际贸易产品层面的分类标准, 两者对应后不能完全匹配。计算非关税壁垒的从价税等值, 所用到的数据及来源是: (1) 非关税壁垒, 来源于 GTA 数据库; (2) HS 6 分位层面的多边关税数据, 来源于 WTO 的 Tariff Download Facility 数据库; (3) 国内生产总值、劳动、农业土地、实际投资数据和 GDP 平减指数, 与计算进口需求弹性时的数据来源和处理方式相同。

2. 全球价值链位置。第一, Antràs 等将上游度(*Upstream*) 定义为每个行业与最终消费者之间的经济距离。第二, Wang 等用基于前向联系的生产长度和后向联系的生产长度定义了全球价值链位置

① Felbermayr, Luisa K., Yalcin E., “Hidden Protectionism: Non-Tariff Barriers and Implications for International Trade”, *Ifo Forschungsberichte*, 2017.

② 本文根据联合国统计司公布的行业标准将不同版本的 HS 编码转换, 统一之后再计算相关变量。其中, 2000-2016 年 CEPII-BACI 进出口商品数据是 HS 1992 编码; GTA 非关税壁垒是 HS 2012 编码; 中国关税数据中, 2010-2011 年是 HS 2007 编码, 2012-2014 年是 HS 2012 编码。非关税壁垒统计数据库 GTA 见: <https://www.globaltradealert.org/>。GTA 数据库提供了自 2008 年 11 月以来可能会影响国家贸易的干预措施信息。

指数( $GVC\_Pos$ ),是目前刻画全球价值链位置较新方法,该方法综合上游度和下游度概念,更好地描述一国及其行业在全球价值链中的位置<sup>①</sup>。第三,基于总生产长度(Total Production Length, TPL)的生产位置指标( $Pos\ TPL$ ),是对国家/行业的整体生产长度在生产网络中的位置度量。这三种衡量全球价值链位置的指标两两之间的相关系数及显著性分别是: $GVC\ Pos-Upstream$  为  $0.54^{***}$ ,  $GVC\ Pos-Pos\ TPL$  为  $0.76^{***}$ ,  $Upstream-Pos\ TPL$  为  $0.81^{***}$ 。<sup>②</sup> 虽然衡量方式和研究角度不同,但三者有很强的正相关关系。因此,用这三个指标作为衡量全球价值链位置能得到比较稳健的估计结果。我们还剔除了极端值为 1 的样本。数据来源方面,对外经济贸易大学的全球价值链指标数据库提供了基于 WIOD 2016 投入产出数据计算的 ISIC Rev. 4 行业层面的全球价值链位置指标计算程序和结果。本文选取上游度( $Upstream$ )、全球价值链位置指数( $GVC\ Pos$ )和基于 TPL 的生产位置指标( $Pos\ TPL$ )衡量行业全球价值链位置。

3.二氧化碳排放。WIOD 2016 提供了 2000-2014 年 43 个国家和地区、56 个行业的投入产出数据、社会经济账户及 2010-2016 年的环境数据。行业层面的二氧化碳排放量( $CO_2\ Emission$ )可以从该数据库获得,而行业层面完全碳排放强度( $Carbon\ EI$ )可以借助投入产出数据和环境数据计算得到,其计算方法是:

$$Carbon^W = D(I - A)^{-1}I^W = DL = \left( \sum_{m=1}^G d^m l^{mn} \right)_{1 \times G} \quad (15)$$

其中, $D$  是各行业二氧化碳排放量与行业总产出的比值——各行业碳排放系数组成的行向量, $L$  是里昂惕夫逆矩阵, $I^W$  是单位阵,  $\sum_{m=1}^G d^m l^{mn}$  表示经济体  $n$  在行业  $j$  单位产出的完全碳排放强度。由贸易壁垒产生的贸易成本直接影响进口品,所以需要计算中国各行业从各进口国进口商品所对应的平均完全碳排放强度( $Carbon\_EI\_Import$ ),该变量可以借助投入产出数据和环境数据计算得到。

4.其他行业层面的控制变量。(1)能源结构( $Energy\ Struc$ ),中国以煤炭消费为主的能源结构是导致二氧化碳排放量增加的主要因素,因此选取行业原煤消费量与行业能源消费总量之比表示能源结构,数据来源于 CEADs 数据库。(2)外商直接投资( $FDI$ ), $FDI$  流入的技术溢出效应对中国技术进步非常重要,技术进步有效提高能源利用效率,减少碳排放。本文用行业层面的外商资本占实收资本的比重作为外商直接投资的代理变量,数据来源于历年《中国工业统计年鉴》。(3)人均产出( $Output\ per\ worker$ ),采用行业总产出与从业总人数之比表示,数据来源于 WIOD 投入产出表和社会经济账户数据。

## (二)描述性统计

GTA 数据库对非关税壁垒的统计始于 2009 年,且 WIOD2016 环境账户数据仅 2010-2014 年数据可得,因此本文最终获得 2010-2014 年行业层面的非平衡面板数据,相关描述性统计结果见表 2。其中,二氧化碳排放量最高的五个行业分别是:非金属矿产品制造业,电力、燃气、热力及空调系统供应业,基础金属制造业,化工及化工产品制造业,采矿业。完全碳排放强度最高的五个行业分别是电力、燃气、热力及空调系统供应业,非金属矿产品制造业,基础金属制造业,污水废物收集处理行业,化工及化工产品制造业,这些行业具有显著的高能耗特征。虽然我国二氧化碳排放总量略有上升,但是完全碳排放强度连续下降,主要原因是能源结构向清洁型调整,能源效率同步提高,碳减排和能源调整政策取得一定成效。

① 倪红福:《全球价值链位置测度理论的回顾和展望》,《中南财经政法大学学报》2019 年第 3 期。

② 限于表 3 篇幅,在此处报告这三个指标的相关系数及显著性。

表 2 变量描述性统计

变量	含义	观测数	均值	标准差	最小值	最大值	p50
<i>CO<sub>2</sub> Emission</i>	二氧化碳排放量	145	10.697	1.906	6.463	15.264	10.738
<i>Wei Aver T</i>	加权平均贸易壁垒	145	0.083	0.055	0	0.220	0.078
<i>Sim Aver T</i>	简单平均贸易壁垒	145	0.100	0.046	0	0.205	0.114
<i>GVC Pos</i>	全球价值链位置	145	0.988	0.191	0.647	1.442	0.992
<i>Upstream</i>	上游度	145	3.128	0.902	1.101	5.063	2.920
<i>Pos TPL</i>	基于 TPL 的生产位置指标	145	1.023	0.320	0.382	1.957	1.005
<i>Carbon EI</i>	完全碳排放强度	145	1.553	1.355	0.315	8.805	1.130
<i>Carbon EI Import</i>	进口完全碳排放强度	145	0.295	0.049	0.208	0.404	0.294
<i>Energy Struc</i>	能源结构	110	0.042	0.071	0	0.295	0.007
<i>FDI</i>	外商直接投资	110	0.232	0.130	0.009	0.636	0.247
<i>Output per worker</i>	人均产出	145	5.845	1.164	3.295	8.645	5.921

## (三)典型化事实

表 3 列示了主要变量之间的相关性。

表 3 主要变量的相关系数及显著性

	<i>CO<sub>2</sub> Emission</i>	<i>Wei Aver T</i>	<i>GVC Pos</i>	<i>Carbon EI</i>	<i>Carbon EI Import</i>	<i>Energy Struc</i>	<i>FDI</i>	<i>Output per worker</i>
<i>CO<sub>2</sub> Emission</i>	1							
<i>Wei Aver T</i>	-0.05	1						
<i>GVC Pos</i>	0.34***	-0.22***	1					
<i>Carbon EI</i>	0.58***	-0.030	0.20**	1				
<i>Carbon EI Import</i>	0.03	-0.16*	0.12	-0.1	1			
<i>Energy Struc</i>	0.68***	-0.07	0.12	0.36***	0.18*	1		
<i>FDI</i>	-0.30***	0.22**	-0.55***	-0.32***	0.13	-0.21**	1	
<i>Output per worker</i>	0.17**	0.04	0.09	0.39***	-0.03	0.11	-0.37***	1

注：\*\*\*、\*\*和\*分别表示1%、5%、10%的显著性水平。

全球价值链位置指数与完全碳排放强度具有显著的正相关关系,其原因在于上游产业使用的化石燃料份额比下游产业大,上游产业更多使用原材料生产,而下游产业更多依赖劳动和其他投入。贸易壁垒与进口品完全碳排放强度 *Carbon EI Import* 呈比较显著的负相关关系,说明进口品完全碳排放强度越高,贸易壁垒越低。贸易政策在进口污染品和进口清洁产品之间的差异,可以反映贸易政策对污染行业进口品碳排放的补贴,不利于碳减排目标实现。

图 1 展示了贸易政策、全球价值链位置与我国行业层面的完全碳排放强度之间的关系。可以看出,无论采用加权平均贸易壁垒或简单平均贸易壁垒,还是采用全球价值链位置、上游度或基于 TPL 的生产位置指标,贸易政策、全球价值链位置与中国完全碳排放强度都呈现相似的规律。向下倾斜的完全碳排放强度说明,大多数上游行业碳排放强度较高;向上倾斜的贸易壁垒曲线说明,大多数上游行业的贸易壁垒较低。全球价值链位置处于上游的产业,完全碳排放强度较高,而贸易壁垒较低;与之相对应的是,全球价值链位置处于下游的产业,完全碳排放强度较低,而贸易壁垒较高。贸易政策呈现出显著的环境偏向性,这种偏向性鼓励污染品的国际贸易,为全球碳排放创造隐性补贴,而不是向污染产业征收关税。



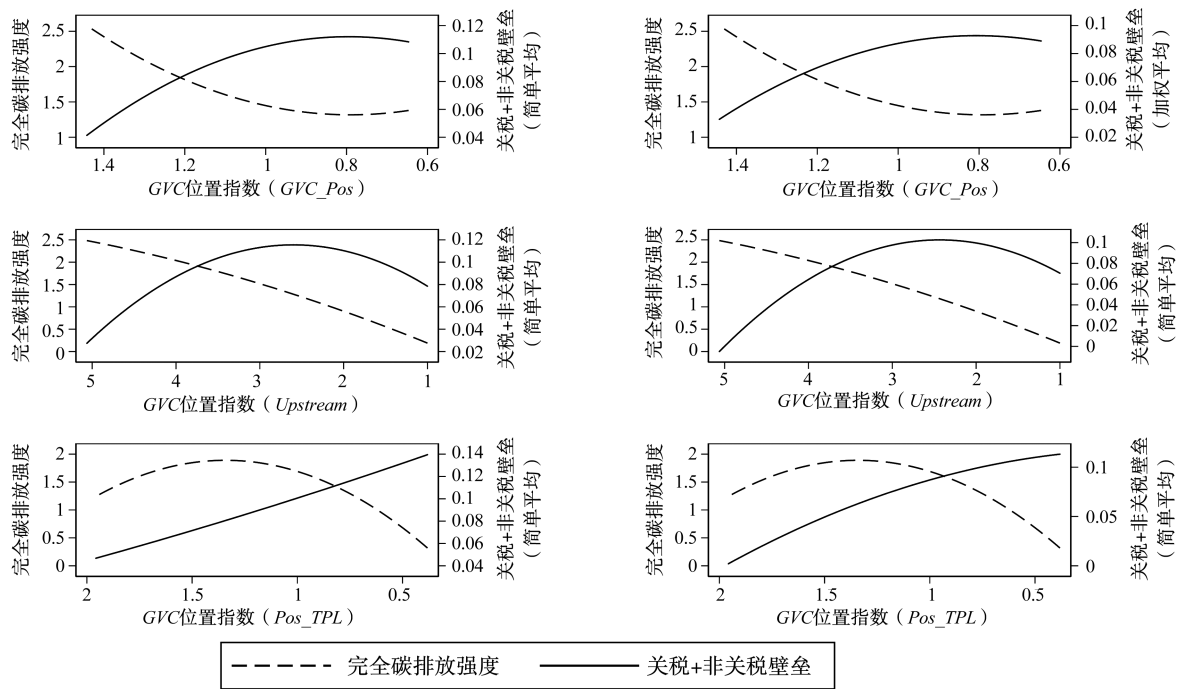


图1 贸易政策、全球价值链位置与完全碳排放强度拟合关系

#### 四、面板门槛效应分析

##### (一)模型设定

根据前文的理论分析和典型化事实,推测贸易政策与行业二氧化碳排放总量之间可能因为行业全球价值链位置的不同而呈现出非线性关系,表现出门槛效应。本文采用 Hansen 发展的面板门槛模型,根据数据自身特性内生划分区间发现门槛值,进而探索不同区间内贸易政策与行业二氧化碳排放总量之间的关系。构建门槛计量模型如下形式:

$$CO_2\_Emission_{it} = \mu_i + \beta_1 Z_{it} + \beta_2 policy_{it} I(g_{it} \leq \gamma) + \beta_3 policy_{it} I(g_{it} > \gamma) + \epsilon_{it} \quad (16)$$

其中, $i$  表示行业, $t$  表示年份,行业二氧化碳排放量  $CO_2\_Emission_{it}$  是被解释变量,综合贸易壁垒  $policy_{it}$  是主要的解释变量, $Z_{it}$  是对行业二氧化碳排放量有显著影响的控制变量,包括能源结构、外商直接投资、人均产出和全球价值链位置。 $g_{it}$  是门槛变量,本文指的是全球价值链位置( $GVC\_Pos$  或  $Pos\_TPL$ ), $\gamma$  是特定的门槛值, $I(\cdot)$  是一个示性函数, $\mu_i$  反映行业层面的个体效应, $\epsilon_{it}$  为随机干扰项。

##### (二)基准回归结果

使用面板门槛模型,首先需要确定门槛值和门槛个数以确定模型的具体形式。本文先假设门槛变量为全球价值链位置指数( $GVC\_Pos$ ),依次检验无门槛、单门槛和双门槛条件,对模型(16)进行估计,获得  $F$  统计量和  $P$  值见表 4。当解释变量分别是简单平均贸易壁垒( $Sim\_Aver\_T$ )和加权平均贸易壁垒( $Wei\_Aver\_T$ )时,单门槛和双门槛都非常显著,而三门槛不显著,因此,使用双门槛模型分析。

表 5 展示了全球价值链位置指数门槛效应的结果。第(1)和(2)列分别估计了简单平均贸易壁垒为主要解释变量时,固定效应—普通标准误和稳健标准误的结果,第(3)和(4)列分别估计了加权平均贸易壁垒为主要解释变量时,固定效应—普通标准误和稳健标准误的结果。研究结果显示,简单平均贸易壁垒情况时,当  $GVC\_Pos$  小于门槛值 1 时,提高贸易壁垒会显著提高行业二氧化碳排放量,当

$GVC\_Pos$  大于门槛值 1 且小于门槛值 2 时,提高贸易壁垒会显著降低行业二氧化碳排放量,而当  $GVC\_Pos$  大于门槛值 2 时,贸易政策对二氧化碳排放影响不显著。

表 4  $GVC\_Pos$  门槛值检验

解释变量	$Sim\_Aver\_T$			$Wei\_Aver\_T$		
	$GVC\_Pos$			$GVC\_Pos$		
门槛变量	门槛值	F 值	P 值	门槛值	F 值	P 值
单一门槛	1.105	67.015***	0.000	1.149	150.873***	0.000
双重门槛	0.831	22.995***	0.000	1.047	62.649***	0.000
双重门槛	1.012	22.995***	0.000	1.311	62.649***	0.000
三重门槛	0.903	0.000	0.450	1.085	0.000	0.470

注:\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平,Bootstrap 自抽样次数为 200 次。

控制变量方面,理论和经验分析认为能源结构是二氧化碳排放的最主要影响因素,本文采用原煤与总能源消耗比值作为能源结构的代理变量,门槛模型估计结果表明能源结构对二氧化碳排放量存在正向且显著的影响,并且系数较大,反映了中国能源结构中煤炭消耗比重较大,对行业二氧化碳影响最大。外商直接投资的符号是负数,但对二氧化碳的影响并不显著。人均产出的符号为正,对二氧化碳影响的显著性也较低。全球价值链位置对行业二氧化碳排放存在正向且显著的影响,其原因可能与碳排放强度一致, $GVC$  位置较高的产业投入较多的原材料和中间品等,是影响行业二氧化碳排放量的重要因素。

表 5  $GVC$  位置( $GVC\_Pos$ )门槛效应估计结果

	(1)FE	(2)FE-Robust	(3)FE	(4)FE-Robust
简单平均贸易壁垒 ( $GVC\_Pos \leq$ 第一门槛值)	2.028** (2.19)	2.028** (2.44)		
简单平均贸易壁垒 (第一门槛值 $<GVC\_Pos \leq$ 第二门槛值)	-16.520*** (-5.11)	-16.520** (-2.36)		
简单平均贸易壁垒 ( $GVC\_Pos >$ 第二门槛值)	-1.058 (-0.32)	-1.058 (-0.23)		
加权平均贸易壁垒 ( $GVC\_Pos \leq$ 第一门槛值)			5.404** (2.03)	5.404 (0.94)
加权平均贸易壁垒 (第一门槛值 $<GVC\_Pos \leq$ 第二门槛值)			-5.791*** (-4.07)	-5.791 (-1.08)
加权平均贸易壁垒 ( $GVC\_Pos >$ 第二门槛值)			30.750*** (5.99)	30.750*** (5.21)
能源结构	16.770*** (2.70)	16.770** (2.24)	19.870*** (3.66)	19.870** (2.20)
外商直接投资	-0.0616 (-0.14)	-0.0616 (-0.13)	-0.338 (-0.87)	-0.338 (-0.63)
人均产出	0.357** (2.29)	0.357* (1.92)	0.0711 (0.47)	0.0711 (0.53)
$GVC$ 位置	2.947*** (2.97)	2.947*** (3.61)	3.287*** (3.32)	3.287 (1.61)
常数项	6.861*** (5.95)	6.861*** (6.32)	6.598*** (5.05)	6.598*** (3.64)
固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	110	110	110	110
拟合优度	0.664	0.664	0.684	0.684

注:括号内为  $t$  值;\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

(三)稳健性检验

接下来,为增强基准回归结果的可信性,本文用基于 TPL 的生产位置指数( $Pos\_TPL$ )和上游度( $Upstreamness$ )替换全球价值链位置指数( $GVC\_Pos$ )作为门槛变量,进行稳健性检验。与前文一样,同样是依次检验无门槛、单门槛和双门槛条件,然后对模型(16)进行估计。与  $GVC\_Pos$  一致,单门槛和双门槛都非常显著,而三门槛不显著,依然使用双门槛模型分析<sup>①</sup>。

表 6 展示了  $Pos\_TPL$  作为门槛变量的估计结果。与  $GVC\_Pos$  作为门槛变量时一致,当  $Pos\_TPL$  小于门槛值 1 时,提高贸易壁垒对二氧化碳排放具有正向显著影响,当  $Pos\_TPL$  大于门槛值 1 且小于门槛值 2 时,提高贸易壁垒会显著降低行业二氧化碳排放量,而当  $Pos\_TPL$  大于门槛值 2 时,贸易政策对二氧化碳排放影响不显著,说明贸易政策对二氧化碳排放量的影响过程中,全球价值链位置存在门槛效应。提高污染行业的综合贸易壁垒,会显著降低污染行业的二氧化碳排放量。当某一行业  $GVC$  位置指数高于门槛值时,提高综合贸易壁垒会显著减少行业二氧化碳排放量。

表 6 GVC 位置( $Pos\_TPL$ )门槛效应估计结果

	(1)FE	(2)FE-Robust	(3)FE	(4)FE-Robust
简单平均贸易壁垒 ( $Pos\_TPL \leq$ 第一门槛值)	18.690*** (4.65)	18.690*** (3.14)		
简单平均贸易壁垒 (第一门槛值 $< Pos\_TPL \leq$ 第二门槛值)	-21.830*** (-9.88)	-21.830*** (-3.73)		
简单平均贸易壁垒 ( $Pos\_TPL >$ 第二门槛值)	9.950*** (3.52)	9.950 (0.92)		
加权平均贸易壁垒 ( $Pos\_TPL \leq$ 第一门槛值)			2.909 (0.71)	2.909 (1.68)
加权平均贸易壁垒 (第一门槛值 $< Pos\_TPL \leq$ 第二门槛值)			-10.470*** (-6.56)	-10.470** (-2.42)
加权平均贸易壁垒 ( $Pos\_TPL >$ 第二门槛值)			9.227*** (4.98)	9.227** (2.45)
控制变量	控制	控制	控制	控制
固定效应	控制	控制	控制	控制
观测值	110	110	110	110
拟合优度	0.782	0.782	0.682	0.682

注:括号内为  $t$  值;\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%和 10%的显著性水平。

最后,用上游度指标( $Upstream$ )作为门槛变量,继续进行稳健性检验,依然使用双门槛模型。与  $GVC\_Pos$ 、 $Pos\_TPL$  作为门槛变量时一致,贸易政策对二氧化碳排放的影响受全球价值链位置门槛效应的约束,提高污染行业的综合贸易壁垒,会显著降低污染行业的二氧化碳排放量。

保持清洁产业的贸易壁垒不变,提高污染产业的贸易壁垒,会减少污染产业二氧化碳排放;贸易政策对二氧化碳的影响存在全球价值链位置门槛效应,当某一产业处于全球价值链位置区间内时,提高贸易壁垒会显著降低该行业二氧化碳排放,即假说 1 和假说 2 得到验证。

五、结论与政策启示

本文基于 GTA 数据库测算出我国非关税壁垒的从价税等值,用关税与非关税壁垒的从价税等值之和评价行业层面的综合贸易壁垒。通过结合贸易政策、全球价值链位置与二氧化碳排放数据发现,

① 为节省篇幅,稳健性检验未汇报  $Pos\_TPL$  和  $Upstream$  门槛值检验结果,感兴趣的读者可向作者索取。

我国贸易政策存在环境偏向性,碳排放强度越高的行业综合贸易壁垒越低,碳排放强度低的行业综合贸易壁垒反而越高。贸易政策的环境偏向性对二氧化碳排放形成隐形补贴,不利于碳减排目标实现。简化的一般均衡模型表明,提高污染行业的贸易壁垒能减少行业二氧化碳排放。基于理论和典型化事实提出理论假说:贸易政策对二氧化碳排放的影响受到全球价值链位置门槛效应的影响,降低贸易政策的环境偏向性,会显著降低污染产业的二氧化碳排放量。实证分析验证了理论假说,当全球价值链位置处在门槛值区间内,提高综合贸易壁垒会显著减少行业二氧化碳排放量。

基于理论和实证分析的结论,可以得到如下政策启示:第一,贸易政策存在环境偏向性问题,说明贸易政策在行业间的存在环境异质性,利用国际间贸易政策谈判,或许有利于全球二氧化碳减排,降低经济发展对气候变化的影响。第二,贸易政策的环境偏向性为污染品生产提供了隐性补贴,在制定贸易政策时应综合考虑行业碳排放强度和全球价值链因素。大量国际贸易在全球价值链中进行,作为重要参与者,我国可以通过制定贸易政策、开展国际贸易和投资、规范引导企业行为等方式,对全球绿色价值链的形成及规则制定产生影响。第三,非关税壁垒的重要性在提高,将非关税壁垒纳入贸易政策的协调范围,有利于实现绿色增长。

---

## Trade Policy, Global Value Chain Location and China's Carbon Dioxide Emissions

Fan Aijun Zheng Zhiqiang Ma Yongjian

(School of Economics, Shandong University, Jinan 250100, P.R.China)

**Abstract:** Based on tariffs and ad valorem equivalents of non-tariff barriers to evaluate comprehensive trade barriers at industry level, this paper builds a two-country two-sector theoretical model and a panel threshold model to study the impact of trade policy bias on carbon dioxide emissions and its threshold effect of global value chain (GVC) location. We find that China's trade policy is environmentally biased. The industries with higher carbon emission intensity have lower comprehensive trade barriers, while industries with lower carbon emission intensity have higher comprehensive trade barriers. The trade policy environmental bias creates an implicit subsidy to pollution industries which contributes to CO<sub>2</sub> emission. Increasing trade barriers in the polluting industries can reduce carbon dioxide emissions. The impact of trade policies on carbon dioxide emissions is influenced by threshold effect of GVC location, when the GVC location exceeds a specific threshold value, increasing the industry's comprehensive trade barriers will significantly reduce the industry's carbon dioxide emissions.

**Keywords:** Trade policy bias; Global value chain location; Carbon dioxide emissions; Threshold effect

[责任编辑:邵世友]