

# 全球价值链视角下的出口与碳排放

## ——对“倒U型”关系的再检验

刘瑶 张军 耿燕

**摘要：**随着全球价值链的深入发展，从附加值贸易视角重新审视出口对碳排放的影响，对我国实现“双碳”目标十分重要。本文基于1995—2018年65个国家（地区）的面板数据，验证了出口国内附加值与人均二氧化碳排放之间的“倒U型”关系；区域异质性分析发现，美洲、欧洲地区整体到达了出口国内附加值提升、碳排放下降的阶段，但是亚太地区尚未到达碳达峰出口拐点；行业异质性分析显示，碳达峰出口拐点在农林牧渔业、服务业、采矿业、制造业中依次提高。本文进一步探讨了嵌入全球价值链对出口—碳排放关系的调节作用，发现参与全球价值链会整体降低碳排放，但使碳达峰出口拐点右移，而全球价值链嵌入地位的提升会使碳达峰出口拐点左移；全球价值链前向关联、后向关联在不同区域、不同行业的出口—碳排放关系中发挥差异性作用。本文的研究结论为全球价值链视角下的碳减排提供了经验依据和政策启示。

**关键词：**出口国内附加值；碳排放；“倒U型”关系；全球价值链

[中图分类号] F740 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2023) 1-0090-18

### 一、引言与文献综述

全球变暖和气候变化是当今世界面临的重大环境挑战。国际能源署（IEA）发布的《全球能源评论》数据显示，全球能源燃烧和工业生产过程中的二氧化碳排放量已经从1899年的18亿吨增至2021年的360亿吨。因此，控制全球气候变化，推动碳减排成为经济社会发展过程中亟待解决的重要问题。我国为应对气候变化也做出了庄严承诺和重大战略部署，力争在2030年前达到碳排放峰值，争取在2060年前实现碳中和。

[收稿日期] 2022-08-05

[基金项目] 东北财经大学省级以上科研平台研究能力提升专项项目“‘双碳’背景下全球价值链重构的环境效应研究”（PT-Y202216）；辽宁省教育厅科学研究项目“疫情冲击背景下数字经济拉动我省就业的测算、途径与对策研究”（LN2020J23）；辽宁省社会科学规划基金项目“辽宁省企业‘脱实向虚’的测度、风险评估与政策治理研究”（L21CJY009）

[作者信息] 刘瑶（通讯作者）：东北财经大学上海合作组织研究中心副教授，电子信箱 liuyao@dufe.edu.cn；张军：东北财经大学国际经济贸易学院讲师；耿燕：东北财经大学国际经济贸易学院硕士研究生

国际贸易在促进世界 GDP 增长的同时,也带来了严重的环境后果。在全球进入以产业内分工为主要特征的全球价值链(Global Value Chain, GVC)分工时代后,国际贸易则加剧了碳排放的不均衡性,导致少数贸易大国在全球二氧化碳排放中占据较大的比例。以美国为代表的发达国家凭借自身的先进技术、管理经验以及资本要素,主要从事产品研发和品牌服务等清洁低碳的高附加值环节,通过在发展中国家建立工厂或进口能源密集型产品等方式替代国内生产(倪红福等,2016)<sup>[1]</sup>,从而将碳减排的责任转移给发展中国家(余娟娟和龚同,2020)<sup>[2]</sup>。GVC 分工地位较低的发展中国家承接了发达国家的制造业外包,主要从事低附加值率的加工制造环节和提供中间投入品(倪红福等,2016),这导致对化石燃料的需求居高不下,引起温室气体和其他污染物的大量排放,使发展中国家成为“污染避难所”(余东华和张明志,2016)<sup>[3]</sup>。表 1 展示了 2020 年碳排放量<sup>①</sup>各国排名,数据显示碳排放前十的国家也是全球主要的出口国,这些国家出口总额占当年全球出口贸易的 44.58%,而其碳排放总额占全球的 67.9%。

表 1 2020 年各国 CO<sub>2</sub> 排放与出口贸易情况

排名	国家	CO <sub>2</sub> 排放	出口贸易	
		占全球年 CO <sub>2</sub> 排放的比重 (%)	占 GDP 的比重 (%)	占全球年出口贸易的比重 (%)
1	中国	30.65	34.50	15.26
2	美国	13.54	23.37	8.42
3	印度	7.02	37.87	1.62
4	俄罗斯	4.53	46.08	1.98
5	日本	2.96	31.05	3.77
6	伊朗	2.14	51.30	0.30
7	德国	1.85	81.12	8.16
8	沙特阿拉伯	1.80	50.60	1.09
9	韩国	1.72	69.22	3.02
10	印度尼西亚	1.69	33.19	0.96
	总计	67.90		44.58

数据来源:CO<sub>2</sub>排放数据来自 Global Carbon Budget 2021;商品出口贸易比重数据来自 UN Comtrade 数据库。

关于贸易与碳排放,现有文献大多基于贸易总额的视角,研究贸易开放(王孝松等,2022)<sup>[4]</sup>、进出口总额(胡剑波等,2020)<sup>[5]</sup>等对碳排放的影响。早期研究认为二者存在一种或正或负的线性关系:一方面,国际贸易导致生产侧碳排放量迅速增长,进而带来总碳排放量的增长(彭水军等,2015)<sup>[6]</sup>;另一方面,贸易开

<sup>①</sup>碳排放是对温室气体排放的一个总称或简称。1997年《京都议定书》规定了六种主要的温室气体,根据世界资源研究所的统计,2018年二氧化碳排放占世界温室气体排放的74.5%,即二氧化碳是温室气体的主要来源,因此本文中的“碳排放”指的是二氧化碳排放。

放度的提高以及贸易引起的可再生能源技术的国际交流合作能够减少全球碳排放 (Chen et al., 2019)<sup>[7]</sup>。随着对国际贸易与二氧化碳排放关系的深入研究,一些学者认为二者存在非线性关系,主要分为“倒U型”关系(占华,2017)<sup>[8]</sup>和“U型”关系(吕延方等,2015)<sup>[9]</sup>。然而,在当前以生产环节国际分割为主要特征的GVC分工体系中,以贸易总值为统计口径的数据已无法真实反映各国的国际贸易收益。为此,学者们提出更加真实的衡量指标——附加值贸易统计框架(Hummels et al., 2001<sup>[10]</sup>; Koopman et al., 2012<sup>[11]</sup>)。已有研究显示,基于附加值视角研究贸易,可能得出区别于传统贸易总值的结论(刘瑶,2016)<sup>[12]</sup>。因此,在GVC分工体系下,有必要从附加值视角重新审视国际贸易与碳排放之间的关系,为各国政府制定减排政策提供准确有效的信息,促进各国碳减排目标的顺利实现。

党的二十大报告指出,要“积极稳妥推进碳达峰碳中和”“加快规划建设新型能源体系,积极参与应对气候变化全球治理”,十四五规划也提出绿色低碳循环发展的经济目标。在全球价值链背景下的附加值贸易能否有助于碳减排,成为控制温室气体排放,统筹推进高质量发展,确保“双碳”目标实现的关键。本文深入探讨了出口国内附加值和GVC嵌入对碳排放的影响,具有以下三个方面的创新:(1)区别于以往研究的贸易总值视角,本文基于附加值贸易统计框架,更加准确地考察了出口对碳排放的影响;同时,通过引入出口国内附加值的二次项证实了“倒U型”关系的存在,并且经过一系列稳健性检验和内生性处理后“倒U型”关系依然稳健。(2)本文进一步揭示了GVC对碳减排和碳达峰的影响机制,讨论了GVC嵌入程度和GVC嵌入位置对碳减排的直接影响,以及对出口—碳排放拐点的间接影响。研究发现,嵌入GVC会普遍降低碳排放强度;GVC嵌入程度的提高会使碳达峰出口拐点<sup>①</sup>右移,而GVC嵌入地位的提升会使拐点左移。(3)本文分别对不同区域和行业的出口附加值、GVC嵌入与碳排放之间的关系进行了深入探究,准确评估了各区域、行业的碳达峰出口拐点。

## 二、理论分析与研究假说

经济增长与环境污染是学术界长期探讨的一个话题,环境库兹涅茨曲线假说便来源于经济增长与环境压力的争论。学者们对经济增长与环境污染之间是否存在“倒U型”关系在开放视角下进行了广泛的讨论(Wang et al., 2019<sup>[13]</sup>; 白俊红和余雪微,2022<sup>[14]</sup>)。现有文献表明,国际贸易影响碳排放的机制主要为规模效应、技术效应和结构效应。规模效应是指,国际贸易将通过扩大经济活动导致更高的污染水平(赵玉焕等,2021)<sup>[15]</sup>。相反,技术效应表明,国际贸易可以促进能源节约型先进技术在国家之间的传播,促进中间生产技术进步,从而改善环境(杜运苏和张为付,2012)<sup>[16]</sup>。结构效应是指国际贸易可以影响一国产业结构和出口结构,进而影响环境(赵玉焕等,2021)。

<sup>①</sup>本文将“倒U型”关系中碳排放量峰值对应的出口规模称为碳达峰出口拐点,其数学定义见后文的公式(2)。

从 GVC 视角探讨出口对碳排放的影响是对二氧化碳环境库兹涅茨曲线 (CKC) 假说的延伸,其影响机制如下:首先,在嵌入 GVC 的初期,一国利用成本比较优势扩大生产规模,出口增加。在生产技术不变的情况下,出口规模的扩大意味着出口国内附加值的提升,如果该国在 GVC 中的分工环节并未显著升级,则在生产规模扩大过程中会产生大量的二氧化碳,出口国内附加值的提高会增加碳排放(谢会强等,2018)<sup>[17]</sup>,即规模效应。其次,随着出口附加值的提升,发展中国家学习发达国家的先进技术和管理经验,能源利用效率逐渐提高,环保意识逐渐增强,最终减少碳排放(Assamoi et al., 2020)<sup>[18]</sup>,即技术效应。最后,随着技术和资本的积累,出口国由前一生产阶段的工艺升级、产品升级向功能升级和链条升级转变(Humphrey and Schmitz, 2002)<sup>[19]</sup>,由生产加工环节向研发设计和营销服务环节转变,出口国内附加值提升,能源消耗和碳排放减少,即结构效应。基于以上分析,提出如下假说。

假说 1: 出口国内附加值与碳排放之间存在“倒 U 型”关系。

由于各国收入水平、嵌入的区域生产网络具有差异,因此 CKC 假说具有明显的区域异质性特点。第一,一国的收入水平越高,其对环境质量的要求和环境规制水平越高。为了控制排污成本,一些发达国家的污染企业转移到环境规制水平较低的发展中国家进行生产,从而发达国家收入增长有利于减少碳排放;而发展中国家经济增长带来的收入增长却使碳排放增加。第二,GVC 的贸易、消费和生产网络有明显的地理集聚特征,当前 GVC 网络已经呈现出“三足鼎立”的态势,形成了以美国为核心的北美区域生产网络、以德国为核心的欧洲网络以及以中国为核心的亚洲网络(鞠建东等,2020)<sup>[20]</sup>。不同 GVC 网络中的贸易、消费和生产均存在差异(戴翔等,2022)<sup>[21]</sup>。相比较而言,生产技术成熟度较高的国家已经越过了 CKC 的拐点,在经济增长的同时实现了碳减排;而生产技术成熟度较低的国家还处于拐点之前,经济增长会增加碳排放。第三,现有研究也发现,CKC 假说的成立具有一定的区域性。例如,Sapkota 和 Bastola (2017)<sup>[22]</sup>对 1980—2010 年的 14 个拉丁美洲国家进行研究,发现 CKC 假说成立;Zoundi (2017)<sup>[23]</sup>对 25 个非洲国家 1980—2012 年的数据使用多种回归方法进行分析,发现 CKC 假说并不成立;Narayan 和 Narayan (2010)<sup>[24]</sup>发现在 43 个发展中国家中,CKC 假说只有在中东和南亚地区才能成立。因此,区域特征使得出口国内附加值对碳排放的影响具有异质性。

此外,由于不同行业的生产方式和贸易特征不同,其碳减排的效果存在差异。一方面,从生产方式来看,制造业是碳排放的主体,作为发达国家产业转移的对象,发展中国家的制造业具有高污染、高能耗的特征(邵帅等,2019)<sup>[25]</sup>,其生产过程中会消耗大量化石燃料,随之产生大量二氧化碳,使得制造业生产对于碳减排的效果有限,甚至会增加碳排放量。不同于制造业,服务业具有高附加值且清洁的行业特征(赵忠秀等,2013)<sup>[26]</sup>,因而其出口更容易达到“倒 U 型”关系的顶点。另一方面,由于各工业行业的生产技术和能源消耗不同,不同行业出口对碳排放的影响强度与方向存在明显差异,例如,化学原料、非金属矿制品、黑色金属压延制造业和纺织业 4 个行业的出口商品碳排放占总体工业碳排放的比例达到 50.99%

(王海鹏, 2010)<sup>[27]</sup>。因此, 行业特征使得出口国内附加值对碳排放的影响具有异质性。据此, 本文提出以下假说。

假说2: 出口国内附加值与碳排放的“倒U型”关系在不同区域、不同行业具有差异性。

嵌入GVC对碳排放的影响主要体现为规模效应、竞争效应、技术效应、能源效应等对碳排放的抑制作用。规模效应是指参与GVC分工的企业不仅拥有国内市场, 也可以进军海外市场, 庞大的市场规模能够增加企业的边际利润率, 提高企业增加研发费用的可能性, 进而促进产品创新和产业升级(Bøler et al., 2015)<sup>[28]</sup>; 竞争效应是指一国企业参与GVC生产时会面临来自国际市场的竞争压力, 这促使企业提高效率以增强自身的国际竞争力并促进产业升级(吕越等, 2017)<sup>[29]</sup>; 技术效应是指嵌入GVC的国家通过学习、模仿、吸收GVC主导国家的先进技术以及达到GVC对技术的要求, 实现对现有技术的重新整合(张少军和刘志彪, 2013)<sup>[30]</sup>。除此之外, GVC嵌入还能通过降低能源消费强度与优化能源消费结构两个途径对碳排放产生显著影响(白俊红和余雪微, 2022)。上述机制的存在说明, 嵌入GVC能够减少碳排放。

虽然参与GVC可以降低碳排放强度, 但是GVC嵌入对产业升级的冲击会影响出口—碳排放的“倒U型”关系。当参与GVC对产业升级的促进作用不足以抵消负面影响时, GVC嵌入不利于一国产业转型升级, 低利润率的出口导致出口国内附加值比率降低, 这将使碳达峰出口拐点右移。一国在GVC的嵌入位置对碳达峰出口拐点的影响主要由上游嵌入和下游嵌入决定。当一国以下游嵌入的方式参与全球化生产时, 其主要从事下游加工、组装等污染较大的生产环节, 会产生大量的碳排放。当一国处于GVC生产网络的上游时, 其主要从事的研发、设计等环节具有附加值高、低污染的特征, 这不仅有助于碳减排, 也有利于一国通过技术溢出效应学习、模仿、吸收其他国家的先进技术, 将现有技术重新整合以提升生产率(赵玉焕等, 2021), 促进其产品竞争力和出口国内附加值的提升。同时, 清洁生产技术可以从源头减少污染物的排放, 最终实现碳减排。因此, 从产业链的角度来看, 一国由GVC下游嵌入向上游嵌入转变有利于其产业转型升级, 促进碳达峰出口拐点左移。基于上述分析, 提出假说3。

假说3a: 一国GVC参与度的提高会减少其碳排放。

假说3b: GVC参与度的提高会增大碳达峰出口拐点(即出口—碳排放“倒U型”曲线右移), GVC嵌入地位的提升会减小碳达峰出口拐点(即出口—碳排放“倒U型”曲线左移)。

### 三、模型设定与数据说明

#### (一) 模型设定

为考察出口国内附加值与碳排放之间的关系, 本文首先对散点图进行线性与非线性拟合。线性关系的拟合优度为19.7%, 非线性关系的拟合优度为22.0%, 非

线性关系的拟合度更高,能够更好地反映二者之间的关系。本文在胡宗义等(2013)<sup>[31]</sup>的基础上,引入国内出口附加值的二次项,设定以下模型:

$$\ln pco_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \ln dvae_{it} + \beta_2 \ln dvae_{it}^2 + \beta_3 \ln reenergy_{it} + \beta_4 \ln pgdp_{it} + \beta_5 \ln pgdp_{it}^2 + \beta_6 \ln den_{it} + \beta_7 \ln fdi_{it} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中,  $pco_{2it}$  表示  $i$  国第  $t$  年的人均二氧化碳排放量;  $dvae_{it}$  表示  $i$  国第  $t$  年的出口国内附加值;  $reenergy_{it}$  表示  $i$  国第  $t$  年可再生能源占能源消费比重;  $pgdp_{it}$  表示  $i$  国第  $t$  年人均 GDP;  $den_{it}$  表示  $i$  国第  $t$  年的人口密度;  $fdi_{it}$  表示  $i$  国第  $t$  年吸引的外商直接投资 (FDI);  $\gamma_i$  代表国家固定效应,  $\delta_t$  代表时间固定效应,  $\varepsilon_{it}$  代表随机误差项。为减小异方差的影响,计量模型中的变量均取对数形式。

## (二) 变量说明及数据来源

### 1. 被解释变量

本文的碳排放指各国(各行业)化石燃料燃烧和水泥生产所产生的二氧化碳。由于理论基础 CKC 假说描述的是人均二氧化碳排放,本文选择人均二氧化碳排放 ( $\ln pco_{2it}$ ) 作为被解释变量。

### 2. 核心解释变量

$\ln dvae_{it}$  表示出口国内附加值,  $\ln dvae_{it}^2$  是其二次项。出口国内附加值代表一个经济体将使用国内投入所生产的产品出口到其他国家的增加值。OECD-TiVA 数据库根据 Koopman 等(2012)对出口额的划分,将出口国内附加值分解为三部分:直接国内增加值、间接国内增加值和再进口(或返回)国内增加值。本文采用 OECD-TiVA 数据库提供的 1995—2018 年 65 个国家(地区)的出口国内附加值数据。考虑到被解释变量人均二氧化碳排放是国家层面的数据,本文将各国行业层面的出口国内附加值加总到国家层面,以解决数据结构不对应问题。

### 3. 控制变量

(1) 可再生能源占能源消费比重 ( $\ln reenergy_{it}$ )。一国的能源结构是影响碳排放的重要因素,已有研究证实能源结构升级能够提高碳减排效率和能源使用效率,进而减少碳排放(张伟等,2016)<sup>[32]</sup>。因此,本文引入可再生能源占能源消费比重作为能源结构的代理变量,预期其对碳排放存在负效应。

(2) 人均 GDP ( $\ln pgdp_{it}$ ) 及其二次项 ( $\ln pgdp_{it}^2$ )。CKC 假说认为人均 GDP 与人均碳排放之间存在“倒 U 型”关系,因此本文引入人均 GDP 的一次项和二次项,检验 CKC 假说在本文样本中是否成立,预期人均 GDP 的一次项对碳排放存在正效应,人均 GDP 的二次项对碳排放存在负效应,即 CKC 假说成立。

(3) 人口密度 ( $\ln den_{it}$ )。人口越密集,人类活动越频繁,对碳排放量产生的影响越明显(何文举等,2019)<sup>[33]</sup>,因此将人口密度作为控制变量引入实证模型,具体计算方法为各国总人口除以土地面积。预期人口密度对碳排放存在正效应。

(4) 外商直接投资 ( $\ln fdi_{it}$ )。已有研究证实 FDI 能够通过规模效应、结构效应、技术效应等多种效应综合作用于碳排放(郑强等,2017)<sup>[34]</sup>,因此有必要将 FDI 作为控制变量引入实证框架,以减少估计偏误。本文以 FDI 净流入来衡量一国的 FDI 水平。

根据数据的可得性,本文最终选取1995—2018年65个国家(地区)<sup>①</sup>为研究样本。人均二氧化碳排放数据来源于世界银行WDI数据库,出口国内附加值数据来源于OECD-TiVA数据库,控制变量数据均来自于世界银行WDI数据库。

#### 四、实证检验及结果分析

##### (一) 全样本基准回归结果

出口国内附加值影响碳排放的回归结果如表2所示。根据第(3)列的结果,出口国内附加值一次项系数在1%水平上显著为正,二次项系数在1%水平上显著为负,说明出口国内附加值和人均碳排放之间存在“倒U型”的非线性关系。在加入绿色能源使用占能源消费的比重、人均GDP及其二次项、FDI净流入等控制变量后,出口国内附加值一次项系数依然在1%水平上显著为正,二次项系数依然在1%水平上显著为负,“倒U型”的非线性关系依旧成立。

表2 基准回归结果

变量	人均CO <sub>2</sub> 排放			
	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln dva_{it}$	0.5195*** (0.0183)	0.3017*** (0.0277)	0.7119*** (0.0461)	0.4950*** (0.0480)
$\ln dva_{it}^2$			-0.0105*** (0.0023)	-0.0098*** (0.0020)
$\ln reenergy_{it}$		-0.1847*** (0.0117)		-0.1915*** (0.0117)
$\ln pgdp_{it}$		0.9302*** (0.0639)		0.8336*** (0.0663)
$\ln pgdp_{it}^2$		-0.0532*** (0.0035)		-0.0475*** (0.0036)
$\ln den_{it}$		0.6345*** (0.0694)		0.6719*** (0.0692)
$\ln fdi_{it}$		0.0053 (0.0044)		0.0044 (0.0044)
常数项	-3.6431*** (0.1824)	-7.8558*** (0.3922)	-4.4833*** (0.2591)	-8.5064*** (0.4108)
国家固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
样本量	1 536	1 431	1 536	1 431
R <sup>2</sup>	0.389	0.652	0.397	0.658

注:\*、\*\*和\*\*\*分别代表在10%、5%和1%的水平上显著,括号内是标准差的数值。下表同。

<sup>①</sup>本文所选用的65个国家(地区)具体为:阿根廷、澳大利亚、奥地利、比利时、保加利亚、巴西、文莱、加拿大、瑞士、智利、中国、哥伦比亚、哥斯达黎加、塞浦路斯、捷克、德国、丹麦、西班牙、爱沙尼亚、芬兰、法国、英国、希腊、中国香港、克罗地亚、匈牙利、印度尼西亚、印度、爱尔兰、冰岛、以色列、意大利、日本、哈萨克斯坦、柬埔寨、韩国、老挝、立陶宛、卢森堡、拉脱维亚、摩洛哥、墨西哥、马尔他、缅甸、马来西亚、荷兰、挪威、新西兰、秘鲁、菲律宾、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、俄罗斯、沙特阿拉伯、新加坡、斯洛文尼亚、瑞典、突尼斯、土耳其、泰国、美国、越南、南非。

控制变量方面,绿色能源使用占能源消费比重的系数在1%水平上显著为负,说明绿色能源的使用能够有效降低人均碳排放,与预期相符;人均GDP一次项系数在1%水平上显著为正,二次项系数在1%水平上显著为负,说明经济增长与碳排放之间呈“倒U型”关系,CKC假说在样本国家成立;人口密度的系数在1%水平上显著为正,与预期相符;FDI净流入在技术溢出效应和规模效应的共同作用下,回归系数不显著。

## (二) 稳健性检验

### 1. 更换核心解释变量

本文使用对外经济贸易大学UIBE-GVC数据库中的出口国内附加值数据来替代基准回归中的核心解释变量,并将其与人均二氧化碳排放数据进行匹配,最终得到2007—2018年60个国家(地区)的数据样本,以检验基准回归中出口国内附加值与人均碳排放之间的“倒U型”关系是否稳健。回归结果见表3第(1)、(2)列。无论添加控制变量与否,出口国内附加值一次项系数都依然在1%的水平上显著为正,二次项系数依然在1%水平上显著为负,说明出口国内附加值与碳排放的“倒U型”关系具有一定的稳健性。

### 2. 样本缩尾处理

在数据统计测算过程中可能存在一定的偏差,导致异常值的出现,进而影响研究结论的可靠性。为了缓解异常值的影响,本文对被解释变量在1%分位上进行双边缩尾处理,然后使用缩尾后的数据再次进行回归。表3第(3)、(4)列的回归结果显示,出口国内附加值二次项系数在1%的水平上显著为负,一次项系数在1%的水平上显著为正,出口国内附加值与碳排放之间依然存在“倒U型”关系,本文结论保持稳健。

### 3. 处理内生性问题

在实证分析中,遗漏变量和双向因果关系可能导致估计结果有偏和不一致。为了缓解内生性问题,本文参考赵玉焕等(2021)的做法,采用滞后期工具变量策略,以出口国内附加值及其平方项的滞后一阶和滞后二阶作为当期出口国内附加值及其平方项的工具变量。为说明工具变量的有效性,本文对所选择的工具变量进行检验。Cragg-Donald Wald F统计量的值远大于Stock-Yogo弱识别检验在10%水平上的临界值,说明本文选择的工具变量与内生变量有较强的相关性,拒绝弱工具变量假设,即选取的工具变量是有效的。接下来,使用两阶段最小二乘法(2SLS)进行工具变量回归。表3第(5)、(6)列为一阶滞后项的回归结果,第(7)、(8)列为二阶滞后项的回归结果,可以看到,在使用工具变量处理内生性问题后,出口国内附加值二次项系数依然在1%的水平上显著为负,一次项系数依然在1%的水平上显著为正,再次验证了出口国内附加值与人均碳排放的“倒U型”关系。至此,假说1得到证实。



表3 稳健性检验

项目	更换核心解释变量		双边缩尾处理		一阶滞后项		二阶滞后项	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\ln dvae_{it}$	1.3522*** (0.1289)	1.1026*** (0.1148)	0.6905*** (0.0456)	0.4673*** (0.0476)	0.7506*** (0.0487)	0.5798*** (0.0542)	0.8004*** (0.0522)	0.6935*** (0.0648)
$\ln dvae_{it}^2$	-0.0392*** (0.0064)	-0.0419*** (0.0058)	-0.0096*** (0.0023)	-0.0088*** (0.0020)	-0.0098*** (0.0025)	-0.0094*** (0.0021)	-0.0092*** (0.0027)	-0.0092*** (0.0024)
常数项	-8.3200*** (0.6759)	-15.7556*** (0.9757)	-4.3592*** (0.2564)	-8.3930*** (0.4075)	-4.9411*** (0.2761)	-8.5662*** (0.4270)	-5.5154*** (0.2997)	-8.7239*** (0.4513)
控制变量	否	是	否	是	否	是	否	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
Stock-Yogo 10%					7.03	7.03	7.03	7.03
Cragg-Donald Wald F 统计量					4 866.145	1 224.213	1 722.594	376.613
样本量	636	566	1 536	1 431	1 472	1 373	1 408	1 315
R <sup>2</sup>	0.406	0.701	0.397	0.656				

### (三) 分样本回归的异质性分析

#### 1. 出口国内附加值影响碳排放的区域效应

为研究出口国内附加值与碳排放之间的关系在不同区域的差异, 本文对样本中的 65 个国家(地区)按照收入水平和所在区域进行划分: RCEP 成员国以及中国香港地区划分为亚太地区, 其他国家按照地理位置划分为美洲、欧洲、中东和非洲三大区域。不同区域出口国内附加值与碳排放关系的回归结果如表 4 所示。美洲、欧洲、亚太地区的出口国内附加值二次项系数在 5% 以上的显著水平上为负, 一次项系数在 5% 以上的显著水平上为正, 说明在上述地区出口国内附加值与碳排放之间的“倒 U 型”关系成立。中东和非洲地区的出口国内附加值一次项系数显著为负, 二次项系数显著为正, 表明出口国内附加值与碳排放之间为“U 型”关系。

虽然三个区域的出口国内附加值与碳排放之间均存在“倒 U 型”关系, 但每个区域“倒 U 型”曲线的形状和位置不同。本文将碳达峰出口拐点界定为碳排放一阶导数为零时的出口国内附加值, 即:

$$T_D^C = \frac{\partial(\ln pc_{it})}{\partial(\ln dvae_{it})} = 0, \ln dvae^* = -\frac{\beta_1}{2\beta_2} \quad (2)$$

如果出口国内附加值已经超过碳达峰出口拐点, 那么出口国内附加值的提高将降低碳排放; 如果出口国内附加值尚未到达碳达峰出口拐点, 那么出口国内附加值的提高将增加碳排放。表 4 的回归结果表明, 美洲、欧洲、亚太地区的碳达峰出口拐点依次增加。进一步地, 美洲和欧洲的碳达峰出口拐点位于样本取值范围内, 说明美洲和欧洲整体已经实现碳达峰, 迎来出口国内附加值提升抑制碳排放的阶段;

而亚太地区的碳达峰出口拐点大于样本最大值，说明亚太地区目前的出口国内附加值水平与碳达峰出口拐点还存在较大的差距。

表4 出口国内附加值与碳排放异质性回归结果

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	美洲	欧洲	亚太地区	中东和非洲	农林牧渔业	采矿业	制造业	服务业
$\ln dva e_{it}$	0.4882*** (0.1261)	0.1726** (0.0691)	1.4197*** (0.1106)	-0.5614** (0.2620)	0.1136*** (0.0264)	0.0861*** (0.0132)	0.3973*** (0.0367)	0.2038*** (0.0456)
$\ln dva e_{it}^2$	-0.0222*** (0.0053)	-0.0064** (0.0028)	-0.0315*** (0.0053)	0.0267** (0.0110)	-0.0069*** (0.0021)	-0.0043*** (0.0009)	-0.0083*** (0.0017)	-0.0105*** (0.0022)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
$\ln dva e$ 取值范围	(8.05, 14.48)	(7.19, 13.96)	(5.73, 14.48)	(8.59, 12.85)	(-1.61, 10.93)	(-2.30, 12.68)	(3.80, 14.26)	(4.60, 13.82)
碳达峰出口 拐点	11.00	13.48	22.54	10.51	8.23	10.01	23.93	9.70
关系	倒U型	倒U型	倒U型	U型	倒U型	倒U型	倒U型	倒U型
样本量	216	681	325	113	1431	1397	1431	1431
R <sup>2</sup>	0.754	0.686	0.822	0.846	0.627	0.618	0.667	0.628

## 2. 细分行业的进一步考察

OECD-TiVA 数据库显示，制造业的平均出口国内附加值最高，为1236.85亿美元，其次是服务业和采矿业，分别为893.25亿美元和242.39亿美元，农林牧渔业的平均出口国内附加值最低，仅为61.21亿美元。据此，本文将行业划分为农林牧渔业、采矿业、制造业、服务业四大类，并进行分组回归，结果如表4后4列所示。四大行业的出口国内附加值与碳排放之间均呈现“倒U型”关系，碳达峰出口拐点从小到大依次为农林牧渔业、服务业、采矿业、制造业。在本文样本中，制造业的出口国内附加值与拐点仍有较大的差距，说明目前全球制造业出口的增加会带来碳排放的增加；而服务业碳达峰出口拐点9.7已经包含在样本取值范围（4.6~13.82）内，说明目前服务业出口国内附加值的进一步提升有助于减少二氧化碳的排放。

本文对制造业细分行业出口国内附加值与碳排放的关系进行进一步探讨，回归结果如表5所示。在制造业的9个细分行业中有6个行业的出口国内附加值与碳排放之间存在“倒U型”关系，按照碳达峰出口拐点由小到大排序，依次为运输设备业、食品、饮料和烟草业、计算机和电子及电气设备业、化工和非金属矿产品业、木材和纸制品及印刷业、有色金属及金属制品业，而纺织、服装、皮革、鞋帽制造业、其他机械装备业、其他制造业和机械设备的维修和安装业这3个制造业行业中，不存在显著的“倒U型”关系。至此，从区域和行业差异角度，假说2得到验证。

表5 制造业细分行业的出口国内附加值与碳排放

项目	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	行业 3	行业 4	行业 5	行业 6	行业 7	行业 8	行业 9	行业 10	行业 11
$\ln dvae_{it}$	0.2242 <sup>***</sup> (0.0275)	0.0545 <sup>*</sup> (0.0290)	0.1468 <sup>***</sup> (0.0248)	0.2833 <sup>***</sup> (0.0233)	0.1802 <sup>***</sup> (0.0220)	0.0975 <sup>***</sup> (0.0187)	-0.0845 <sup>***</sup> (0.0156)	0.0844 <sup>***</sup> (0.0119)	-0.0011 (0.0209)
$\ln dvae_{it}^2$	-0.0096 <sup>***</sup> (0.0019)	0.0004 (0.0020)	-0.0036 <sup>*</sup> (0.0021)	-0.0072 <sup>***</sup> (0.0014)	-0.0030 <sup>**</sup> (0.0014)	-0.0027 <sup>**</sup> (0.0012)	0.0067 <sup>***</sup> (0.0011)	-0.0050 <sup>***</sup> (0.0009)	0.0002 (0.0015)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是	是
$\ln dvae$ 取值范围	(0.83, 10.95)	(2.04, 12.33)	(-2.30, 10.15)	(1.25, 12.37)	(-1.61, 11.97)	(-2.30, 13.19)	(-2.30, 11.95)	(-2.30, 12.24)	(-2.30, 11.79)
碳达峰出口拐点	11.68		20.39	19.67	30.03	18.06	6.29	8.44	
关系	倒 U 型	正相关	倒 U 型	倒 U 型	倒 U 型	倒 U 型	U 型	倒 U 型	
样本量	1 431	1 431	1 431	1 431	1 431	1 431	1 402	1 430	1 431
R <sup>2</sup>	0.641	0.626	0.638	0.668	0.650	0.632	0.627	0.631	0.621

注：行业 3 是食品、饮料和烟草业，行业 4 是纺织、服装、皮革、鞋帽制造业，行业 5 是木材和纸制品及印刷业，行业 6 是化工和非金属矿产品业，行业 7 是有色金属及金属制品业，行业 8 是计算机和电子及电气设备业，行业 9 是其他机械装备业，行业 10 是运输设备业，行业 11 是其他制造业、机械设备的维修和安装业。

### 3. 不同时期的碳减排效果

为了检验《京都议定书》正式生效和“一带一路”倡议提出对全球碳减排的积极影响，本文将样本时间划分为三段：2005 年之前、2005—2013 年、2013 年之后，分时间段进行回归检验，结果如表 6 所示。

表6 《京都议定书》正式生效、“一带一路”倡议提出的影响

项目	(1)	(2)	(3)
	2005 年之前	2005—2013 年	2013 年之后
$\ln dvae_{it}$	0.0357 (0.0783)	0.4514 <sup>***</sup> (0.1024)	1.6758 <sup>***</sup> (0.3781)
$\ln dvae_{it}^2$	0.0036 (0.0040)	-0.0093 <sup>**</sup> (0.0046)	-0.0710 <sup>***</sup> (0.0174)
常数项	-2.9431 <sup>***</sup> (0.7502)	-6.0299 <sup>***</sup> (0.8791)	-18.4334 <sup>***</sup> (3.3999)
控制变量	是	是	是
国家固定效应	是	是	是
时间固定效应	是	是	是
$\ln dvae$ 取值范围	(5.73, 13.76)	(6.82, 14.31)	(8.24, 14.48)
碳达峰出口拐点		24.27	11.80
关系		倒 U 型	倒 U 型
样本量	591	548	292
R <sup>2</sup>	0.470	0.501	0.439

在《京都议定书》正式生效的2005年之前,各国出口国内附加值一次项系数和二次项系数为正但不显著,即出口国内附加值与碳排放之间并不存在“倒U型”关系;在2005—2013年,出口国内附加值与碳排放之间开始呈现“倒U型”的关系,但碳达峰出口拐点较高;而在“一带一路”倡议提出的2013年之后,出口国内附加值与碳排放之间“倒U型”关系的显著水平较之前有所提高,且碳达峰出口拐点较2005—2013年有所降低。

“一带一路”倡议提出后,中国政府实施积极应对气候变化的国家战略,推动《碳排放权交易管理暂行条例》出台,制定《温室气体自愿减排交易管理办法》,采取调整产业结构,优化能源结构,提高节能能效,增加森林碳汇,开展气候变化南南合作等一系列措施。这些措施的实施对产业升级、技术进步和GVC嵌入位置提升也具有一定的促进作用,提高了出口中的国内附加值比例,减少了碳排放。已有研究指出“一带一路”倡议对沿线国家碳减排产生了积极影响,对沿线国家开展对外直接投资产生的“污染光环”效应(刘乃全和戴晋,2017)<sup>[35]</sup>,助推了沿线国家的产业升级,降低了创造同等规模增加值的碳排放。

## 五、进一步分析:全球价值链的调节效应

### (一) 模型设定和GVC的测度

根据前文的理论分析,一国嵌入GVC的程度与位置会对其碳排放的强度和碳达峰出口拐点产生影响。本文为进一步检验GVC对出口—碳排放关系的影响,在式(1)的基础上引入GVC与出口附加值的交乘项:

$$\begin{aligned} \ln pco_{2i} = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln dvae_{it} + \alpha_2 \ln dvae_{it}^2 + \alpha_3 \ln dvae_{it} \times GVC_{it} + \alpha_4 GVC_{it} \\ & + \alpha_5 \ln reenergy_{it} + \alpha_6 \ln pgdp_{it} + \alpha_7 \ln pgdp_{it}^2 + \alpha_8 \ln den_{it} + \alpha_9 \ln fdi_{it} + \gamma_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (3)$$

其中, $\alpha_4$ 衡量GVC对碳排放的影响, $\alpha_4 > 0$ 意味着参与GVC会增加碳排放; $\alpha_3$ 衡量GVC对碳达峰出口拐点的影响, $\alpha_3 > 0$ 意味着参与GVC会使碳达峰出口拐点右移。本文分别使用GVC参与度GVC\_PA、前向关联GVC\_FO、后向关联GVC\_BA和GVC地位指数GVC\_PO,从多个角度考察GVC的调节效应。具体测度方法如下。

#### 1. GVC参与度(GVC\_PA)

Koopman等(2010)<sup>[36]</sup>在贸易增加值分解框架下构建了衡量一国在GVC中参与程度的指标:

$$GVC\_PA_r = \frac{IV_r + FVA_r}{E_r} \quad (4)$$

其中, $r$ 代表国家, $IV_r$ 表示 $r$ 国的间接增加值出口,该指标衡量的是 $r$ 国从出口的中间品经别国加工后又出口给第三国所获得的附加值,即别国出口中包含的 $r$ 国价值增值; $FVA_r$ 表示 $r$ 国出口中的国外增加值; $E_r$ 则表示 $r$ 国出口额。一国参与度越大,表明该国参与GVC的程度越高。

## 2. 前向关联度 ( $GVC\_FO$ ) 和后向关联度 ( $GVC\_BA$ )

为了进一步探讨一国参与 GVC 的嵌入方式及方向, 本文又将 GVC 参与度指标分解成 GVC 前向关联度和后向关联度两部分:

$$GVC\_FO_r = \frac{IV_r}{E_r}, \quad GVC\_BA_r = \frac{FVA_r}{E_r} \quad (5)$$

前向关联度用于衡量  $r$  国的中间产品出口到第三国对 GVC 参与的贡献, 后向关联度用于衡量  $r$  国进口中间品对 GVC 参与的贡献。

## 3. GVC 地位指数 ( $GVC\_PO$ )

Koopman 等 (2010) 认为, 即使两国参与国际分工的程度相同, 二者在 GVC 上的地位也会存在差异, 因此进一步构建反映一国国际分工地位的指标:

$$GVC\_PO_r = \ln\left(1 + \frac{IV_r}{E_r}\right) - \ln\left(1 + \frac{FVA_r}{E_r}\right) \quad (6)$$

该指标越大, 表明  $r$  国在国际生产链上所处的位置越靠近上游。

### (二) GVC 的调节效应检验

表 7 为引入 GVC 指标及其与出口国内附加值交乘项的回归结果。第一,  $GVC\_PA$  的系数在 1% 的水平上显著为负, 意味着 GVC 参与度的提高会降低碳排放的强度, 并且前项关联度对碳排放强度的抑制效应略大于后向关联度。在理论上, 参与 GVC 生产网络对一国的碳排放存在双重影响: 一方面, 许多环境保护强度较高的发达国家通过对外投资的方式将许多高污染产业向环境保护强度较低的国家转移, 通过规模效应增加 FDI 东道国的碳排放, 使其成为“污染天堂”; 另一方面, 一国在参与 GVC 生产时通过 FDI 技术溢出效应学习其他国家的技术和管理经验, “污染光环”效应能够减少碳排放 (邵朝对等, 2021)<sup>[37]</sup>。在经济发展水平、人力资本、研发投入、金融发展水平等达到一定的门槛值后, FDI 的“污染光环”效应将发挥主导作用, 最终降低碳排放 (郑强等, 2017)。因此, 从长期来看, 通过规模效应、竞争效应和技术效应等, 参与 GVC 会降低一国整体碳排放, 假说 3a 得到验证。第二, 表 7 第 (1) 列也加入了  $GVC\_PA$  与出口国内附加值的交乘项, 其系数在 1% 的水平上显著为正, 说明随着一国 GVC 参与度的提高, 出口国内附加值与碳排放“倒 U 型”曲线的拐点右移。这主要是由于 GVC 的中间产品替代效应和低端锁定效应使得低附加值的出口增多, 引起碳达峰出口拐点增大。表 7 第 (2)、(3) 列分别加入了  $GVC\_FO$ 、 $GVC\_BA$  及交乘项, 结果显示前向关联和后向关联均引起碳达峰出口拐点增大, 对比系数后发现, 后向关联使得碳达峰出口拐点右移的幅度更大。表 7 第 (4) 列加入了  $GVC\_PO$  及其交乘项, 可见交乘项系数在 1% 的水平上显著为负, 说明随着一国 GVC 嵌入位置的提升, 出口国内附加值与碳排放“倒 U 型”曲线的拐点左移, 碳达峰出口拐点减小, 即一国 GVC 位置的提升能够促进产业升级和碳达峰的提早实现。至此, 假说 3b 得到验证。

表7 GVC的调节作用

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	参与度	前向关联度	后向关联度	地位指数
<i>Indvae</i>	0.4246 *** (0.0485)	0.4902 *** (0.0479)	0.4255 *** (0.0490)	0.4464 *** (0.0485)
<i>Indvae</i> <sup>2</sup>	-0.0149 *** (0.0021)	-0.0112 *** (0.0022)	-0.0106 *** (0.0020)	-0.0099 *** (0.0021)
<i>GVC_PA</i>	-0.0342 *** (0.0058)			
<i>GVC_PA</i> × <i>Indvae</i>	0.0035 *** (0.0005)			
<i>GVC_FO</i>		-0.0211 *** (0.0076)		
<i>GVC_FO</i> × <i>Indvae</i>		0.0013 * (0.0007)		
<i>GVC_BA</i>			-0.0193 *** (0.0058)	
<i>GVC_BA</i> × <i>Indvae</i>			0.0023 *** (0.0005)	
<i>GVC_PO</i>				0.0969 (0.0815)
<i>GVC_PO</i> × <i>Indvae</i>				-0.0213 *** (0.0073)
常数项	-7.8292 *** (0.4412)	-8.3103 *** (0.4113)	-8.2780 *** (0.4331)	-8.6745 *** (0.4147)
控制变量	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是
样本量	1 431	1 431	1 431	1 431
R <sup>2</sup>	0.669	0.662	0.667	0.669

### (三) GVC影响碳达峰的异质性分析

本文在区域和行业的子样本中分别引入 *GVC\_FO*、*GVC\_BA*、*GVC\_PO* 及其交乘项以分析调节作用的异质性。

#### 1. GVC参与度对碳达峰出口拐点的异质性影响

GVC前向参与度和后向参与度对碳减排和碳达峰在不同区域发挥了差异性作用。表8的回归结果显示,美洲、欧洲地区主要通过前向关联降低碳排放,亚太地区主要通过后向关联降低碳排放;美洲地区的GVC前向关联和亚太地区的GVC后向关联使得“倒U型”曲线向右移动,即碳达峰出口拐点增大;欧洲地区的前向、后向关联交乘项系数不显著。关于中东和非洲地区,前文分区域的异质性分析已经发现,该区域不存在出口—碳排放的“倒U型”关系,引入前向、后向关联度及其交乘项后,出口国内附加值与碳排放之间的“倒U型”关系仍不显著。

表8 不同区域 GVC 前后向关联度的调节作用

变量	美洲地区		欧洲地区		亚太地区		中东和非洲	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	前向关联	后向关联	前向关联	后向关联	前向关联	后向关联	前向关联	后向关联
$\ln dvae$	0.6485*** (0.1409)	0.5574*** (0.1240)	0.1915*** (0.0732)	0.1435** (0.0699)	1.4880*** (0.1147)	1.3977*** (0.1083)	1.1489 (0.6942)	0.2691 (0.2782)
$\ln dvae^2$	-0.0310*** (0.0058)	-0.0245*** (0.0054)	-0.0084** (0.0033)	-0.0070** (0.0029)	-0.0319*** (0.0053)	-0.0364*** (0.0052)	-0.0717* (0.0376)	-0.0075 (0.0115)
$GVC\_FO$	-0.0580*** (0.0199)		-0.0181* (0.0102)		0.0077 (0.0162)		-0.1380*** (0.0521)	
$GVC\_FO \times \ln dvae$	0.0044** (0.0017)		0.0013 (0.0009)		0.0003 (0.0016)		0.0138*** (0.0047)	
$GVC\_BA$		0.0112 (0.0169)		0.00004 (0.0064)		-0.0747*** (0.0133)		0.0876*** (0.0208)
$GVC\_BA \times \ln dvae$		0.0002 (0.0015)		0.0003 (0.0006)		0.0064*** (0.0012)		-0.0064*** (0.0022)
常数项	1.2429 (1.4342)	1.2409 (1.6407)	5.8338*** (0.8920)	6.1091*** (0.8654)	0.1893 (1.6118)	3.8100** (1.6946)	-18.2816*** (2.5675)	-15.6379*** (2.7974)
控制变量	是	是	是	是	是	是	是	是
国家固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
时间固定效应	是	是	是	是	是	是	是	是
样本量	216	216	681	681	325	325	113	113
$R^2$	0.770	0.772	0.688	0.689	0.826	0.840	0.884	0.897

不同行业的回归结果<sup>①</sup>显示，GVC 前向关联度的提升在所有行业都有利于碳减排，但 GVC 后向关联仅在制造业有利于碳减排。对比碳达峰出口拐点发现，农林牧渔业和服务业仅 GVC 后向关联度的提升使得“倒 U 型”曲线向右移动；采矿业和制造业 GVC 前向、后向关联度的提升均使“倒 U 型”曲线向右移动。

## 2. GVC 嵌入位置对碳达峰出口拐点的异质性影响

从区域层面来看，美洲和欧洲地区的 GVC 地位指数及其交乘项系数均不显著，这可能是由于美洲和欧洲地区已经到达出口—碳排放的下降阶段，并且这些高收入水平的国家已经处于 GVC 的上游，因此 GVC 的嵌入位置没能产生调节效果；亚太地区嵌入地位的提升使得“倒 U 型”曲线向左移动，即碳达峰出口拐点减小，说明亚太国家 GVC 地位的提高能够促进其提前实现碳达峰和碳减排；中东和非洲地区嵌入地位的提升使得“倒 U 型”曲线向右移动，碳达峰出口拐点增大。从行业层面来看，GVC 地位指数的提升会使农林牧渔业、采矿业、制造业和服务业的“倒 U 型”曲线同时向左移动，即碳达峰出口拐点减小。从影响效应的大小来看，GVC 地位的提升对制造业和服务业碳达峰出口拐点的的影响尤为明显<sup>②</sup>。

<sup>①</sup>限于篇幅，不同行业的回归结果可登录对外经济贸易大学学术刊物部网站“刊文补充数据查询”栏目查阅、下载。

<sup>②</sup>限于篇幅，GVC 地位指数的调节作用在不同区域和行业的异质性回归结果查阅同前。

## 六、结论与启示

本文基于 GVC 视角,利用 1995—2018 年 65 个国家(地区)的面板数据,检验了出口国内附加值与碳排放之间的“倒 U 型”关系,分析了不同区域、不同行业、不同时期的碳达峰出口拐点,并探讨了 GVC 对出口—碳排放关系的调节作用。研究结果表明:第一,出口国内附加值与碳排放存在“倒 U 型”关系,在更换核心解释变量,进行双边缩尾处理和采用核心解释变量滞后项作为工具变量后,“倒 U 型”关系依然稳健。第二,不同区域、不同行业的出口—碳排放“倒 U 型”关系具有异质性,美洲、欧洲地区整体到达了出口国内附加值提升促进碳排放下降的阶段,但亚太地区尚未到达碳达峰出口拐点;四大行业的出口—碳排放均为“倒 U 型”关系,按照碳达峰出口拐点从小到大排序,依次为农林牧渔业、服务业、采矿业、制造业;在制造业的 9 个细分行业中,有 6 个细分行业通过了出口—碳排放“倒 U 型”关系检验。第三,在 2005 年《京都议定书》正式生效后,出口与碳排放开始出现“倒 U 型”关系,并且在 2013 年“一带一路”倡议提出后,碳达峰出口拐点左移,说明“一带一路”倡议提出后各国所采取的碳减排措施是有效的。第四,嵌入 GVC 会整体降低碳排放,GVC 参与度的提升使碳达峰出口拐点右移,而 GVC 嵌入地位的提升使碳达峰出口拐点左移。

基于上述结论,本文提出以下政策启示:第一,推进 GVC 升级,加快实现出口碳达峰。在嵌入 GVC 的过程中,我国应增强高端零部件生产能力,警惕替代效应和低端锁定效应,提升价值链嵌入地位;发挥 GVC 对碳达峰出口拐点的正向调节作用,促进出口碳达峰尽早实现,通过产业升级发挥出口国内附加值对碳减排的作用,最终实现碳减排目标。第二,突破关键技术,发展循环经济。将制造业作为出口国内附加值提升和碳减排的突破重点,外包简单的产品组装和加工环节,加快淘汰落后的污染生产技术;提高数字化和自动化生产能力,发挥其他行业的服务作用,最终逐步降低整体碳排放水平。第三,积极践行低碳排放,深度参与国际合作。应注重科技创新和先进清洁技术的溢出,基于构建人类命运共同体完善全球环境治理方案,积极构建由中国主导的低碳区域价值链体系;抓住“一带一路”这一契机,开展对沿线国家的绿色投资,凝聚全球共识,与各国共同应对当前严峻的环境挑战。

### [参考文献]

- [1] 倪红福,龚六堂,夏杰长.生产分割的演进路径及其影响因素——基于生产阶段数的考察[J].管理世界,2016(4):10-23+187.
- [2] 余娟娟,龚同.全球碳转移网络的解构与影响因素分析[J].中国人口·资源与环境,2020(8):21-30.
- [3] 余东华,张明志.“异质性难题”化解与碳排放 EKC 再检验——基于门限回归的国别分组研究[J].中国工业经济,2016(7):57-73.
- [4] 王孝松,田思远,李玢.贸易开放、环境规制与污染——来自中国制造业的经验证据[J].统计研究,2022(5):79-92.
- [5] 胡剑波,闫烁,王蕾.中国出口贸易隐含碳排放效率及其收敛性[J].中国人口·资源与环境,2020(12):95-104.



- [6] 彭水军, 张文城, 孙传旺. 中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究 [J]. 经济研究, 2015 (1): 168-182.
- [7] CHEN Y, WANG Z, ZHONG Z. CO<sub>2</sub> Emissions, Economic Growth, Renewable and Non-renewable Energy Production and Foreign Trade in China [J]. Renewable Energy, 2019, 131: 208-216.
- [8] 占华. 贸易开放对中国碳排放影响的门槛效应分析 [J]. 世界经济研究, 2017 (2): 38-49+135-136.
- [9] 吕延方, 王冬, 陈树文. 进出口贸易对生产率、收入、环境的门限效应——基于1992—2010年我国省际人均GDP的非线性面板模型 [J]. 经济学 (季刊), 2015 (2): 703-730.
- [10] HUMMELS D, ISHII J, YI K M. The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade [J]. Journal of International Economics, 2001, 54 (1): 75-96.
- [11] KOOPMAN R, WANG Z, WEI S J. Estimating Domestic Content in Exports When Processing Trade is Pervasive [J]. Journal of Development Economics, 2012, 99 (1): 178-189.
- [12] 刘瑶. 参与全球价值链拉大了收入差距吗——基于跨国跨行业的面板分析 [J]. 国际贸易问题, 2016 (4): 27-39.
- [13] WANG J, WAN G, WANG C. Participation in GVCs and CO<sub>2</sub> Emissions [J]. Energy Economics, 2019, 84: No. 104561.
- [14] 白俊红, 余雪微. 全球价值链嵌入对节能减排的影响: 理论与实证 [J]. 财贸经济, 2022 (6): 144-159.
- [15] 赵玉焕, 郑璐, 刘似臣. 全球价值链嵌入对中国出口贸易隐含碳的影响研究 [J]. 国际贸易问题, 2021 (3): 142-157.
- [16] 杜运苏, 张为付. 中国出口贸易隐含碳排放增长及其驱动因素研究 [J]. 国际贸易问题, 2012 (3): 97-107.
- [17] 谢会强, 黄凌云, 刘冬冬. 全球价值链嵌入提高了中国制造业碳生产率吗 [J]. 国际贸易问题, 2018 (12): 109-121.
- [18] ASSAMOI G R, WANG S, LIU Y, et al. Dynamics between Participation in Global Value Chains and Carbon Dioxide Emissions: Empirical Evidence for Selected Asian Countries [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27 (14): 16496-16506.
- [19] HUMPHREY J, SCHMITZ H. How Does Insertion in Global Value Chains Affect Upgrading in Industrial Clusters? [J]. Regional Studies, 2002, 36 (9): 1017-1027.
- [20] 鞠建东, 余心玓, 卢冰, 等. 全球价值链网络中的“三足鼎立”格局分析 [J]. 经济学报, 2020, 7 (4): 1-20.
- [21] 戴翔, 张雨, 刘星翰. 数字技术重构全球价值链的新逻辑与中国对策 [J]. 华南师范大学学报 (社会科学版), 2022 (1): 116-129+207.
- [22] SAPKOTA P, BASTOLA U. Foreign Direct Investment, Income, and Environmental Pollution in Developing Countries: Panel Data Analysis of Latin America [J]. Energy Economics, 2017, 64: 206-212.
- [23] ZOUNDI Z. CO<sub>2</sub> Emissions, Renewable Energy and the Environmental Kuznets Curve: A Panel Cointegration Approach [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 72: 1067-1075.
- [24] NARAYAN P K, NARAYAN S. Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developing Countries [J]. Energy Policy, 2010, 38 (1): 661-666.
- [25] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验 [J]. 管理世界, 2019, 35 (1): 36-60+226.
- [26] 赵忠秀, 王苒, 闫云凤. 贸易隐含碳与污染天堂假说——环境库兹涅茨曲线成因的再解释 [J]. 国际贸易问题, 2013 (7): 93-101.
- [27] 王海鹏. 对外贸易与我国碳排放关系的研究 [J]. 国际贸易问题, 2010 (7): 3-8.
- [28] BØLER E A, MOXNES A, ULLTVEIT-MOE K H. R&D, International Sourcing, and the Joint Impact on Firm Performance [J]. American Economic Review, 2015, 105 (12): 3704-3739.
- [29] 吕越, 黄艳希, 陈勇兵. 全球价值链嵌入的生产率效应: 影响与机制分析 [J]. 世界经济, 2017 (7): 28-51.
- [30] 张少军, 刘志彪. 国际贸易与内资企业的产业升级——来自全球价值链的组织和治理力量 [J]. 财贸

- 经济, 2013 (2): 68-79.
- [31] 胡宗义, 刘亦文, 唐李伟. 低碳经济背景下碳排放的库兹涅茨曲线研究 [J]. 统计研究, 2013, 30 (2): 73-79.
- [32] 张伟, 朱启贵, 高辉. 产业结构升级、能源结构优化与产业体系低碳化发展 [J]. 经济研究, 2016 (12): 62-75.
- [33] 何文举, 张华峰, 陈雄超, 等. 中国省域人口密度、产业集聚与碳排放的实证研究——基于集聚经济、拥挤效应及空间效应的视角 [J]. 南开经济研究, 2019 (2): 207-225.
- [34] 郑强, 冉光和, 邓睿, 等. 中国 FDI 环境效应的再检验 [J]. 中国人口·资源与环境, 2017 (4): 78-86.
- [35] 刘乃全, 戴晋. 我国对“一带一路”沿线国家 OFDI 的环境效应 [J]. 经济管理, 2017 (12): 6-23.
- [36] KOOPMAN R, POWERS W, WANG Z, et al. Give Credit Where Credit is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains [R]. National Bureau of Economic Research, 2010, No. 16426.
- [37] 邵朝对, 苏丹妮, 杨琦. 外资进入对东道国本土企业的环境效应: 来自中国的证据 [J]. 世界经济, 2021 (3): 32-60.

## Exports and Carbon Emissions from the Perspective of Global Value Chains —Re-examination of the Inverted U-shaped Relationship

LIU Yao ZHANG Jun GENG Yan

**Abstract:** With the development of global value chains (GVC), re-examining the impact of exports on carbon emissions from the perspective of value-added trade is of great significance for China to achieve the goal of “Carbon Dioxide Emissions Peak” and “Carbon Neutrality”. Based on the panel data of 65 countries (regions) from 1995 to 2018, this paper verifies the inverted U-shaped relationship between the domestic value added (DVA) in exports and the carbon dioxide emissions per capita. The regional heterogeneity analysis shows that America and Europe have reached the stage where the increase of the DVA in exports leads to a reduction of carbon emissions, but the Asia Pacific region has not yet. The industry heterogeneity analysis shows that the export inflection point of carbon peak increases in agriculture, service, mining and manufacturing in turn. This paper further discusses the moderating effect of GVC embedding on the relationship between exports and carbon emissions, and finds that participation in GVC helps reduce carbon emissions in general, but shifts the export inflection point of carbon peak to the right, while the improvement of GVC’s participation position shifts the export inflection point of carbon peak to the left. The forward and backward linkages of GVC play differential roles in the relationship between exports and carbon emissions in different regions and industries. The conclusions of this paper provide empirical evidence and policy enlightenment for carbon emission reduction from the perspective of GVC.

**Keywords:** Domestic Value Added in Exports; Carbon Emissions; Inverted U-shaped Relationship; Global Value Chains

(责任编辑 张晨烨)