

引用格式: 赖晓瑾, 唐一丁, 祝树金. 各国参与全球价值链的环境库兹涅茨效应: 基于跨国面板数据[J]. 资源科学, 2022, 44(8): 1630-1644. [Lai X J, Tang Y D, Zhu S J. Environmental Kuznets effect of countries' participation in global value chains: Based on multinational panel data[J]. Resources Science, 2022, 44(8): 1630-1644.] DOI: 10.18402/resci.2022.08.08

各国参与全球价值链的环境库兹涅茨效应 ——基于跨国面板数据

赖晓瑾, 唐一丁, 祝树金

(湖南大学经济与贸易学院, 长沙 410006)

摘要: 随着经济全球化概念越来越深刻地体现在国际分工专业化和经济增长模式中, 全球价值链(GVC)的深化将如何影响环境这一问题引发了越来越多的思考。本文立足于GVC的视角, 利用1995—2018年64个国家的面板数据, 依托环境库兹涅茨曲线(EKC)理论体系, 探究了参与GVC对于环境污染和经济增长关联性的影响, 分析各国参与GVC是否会影响EKC的“拐点”。研究结论表明: ①GVC参与度的提高将显著延后EKC“拐点”的到来, 这一“延后”主要源于后向GVC分工的驱动, 而前向GVC分工的提升将有助于EKC“拐点”的提前。②参与GVC对EKC“拐点”的影响存在国家异质性, 环境规制严格的国家参与GVC将助其更早迎来“拐点”, 实现经济发展意义上的碳达峰; 而规制宽松的国家参与GVC则可能沦为“污染天堂”。③GVC参与度对EKC“拐点”的影响存在行业异质性, 其中技术密集型行业前向GVC参与度的提升将有效推动EKC“拐点”提前到来。④GVC参与度与CO₂之间存在倒U型的非线性关系。本文的发现丰富了全球价值链在经济和环境效应方面的实证应用, 为协调经济高质量发展与生态环境约束提供了新思路。

关键词: 全球价值链; 参与度; 环境库兹涅茨曲线; 碳排放; 产品附加值; 环境规制; 技术进步; 经济增长

DOI: 10.18402/resci.2022.08.08

1 引言

过去20年来, 经济全球化浪潮极大地改变了国际分工专业化和经济增长模式^[1]。由于全球经济的持续整合和生产过程的深度剥离, 世界范围内的生产活动分工进一步专业化, 各国被紧密联系在一起, 深度嵌入到全球价值链(Global Value Chain, GVC)体系当中。尽管各国通过深耕自身存在比较优势的生产活动而获得了可观的经济收益, 但占据GVC中不同生产地位的国家, 在资源消耗和利润获取等方面存在极大差异^[2], 在碳排放方面也存在较大差异, 部分国家甚至可能存在碳泄漏现象^[3]。因此, 当前以增加值贸易为背景的国际贸易在促进经

济增长的背后, 还可能导致发展中国家、乃至全球环境的恶化^[4,5], 从而影响环境库兹涅茨曲线(Environment Kuznets Curve, EKC)“拐点”的位置^[6]。

为阻止全球气候的进一步恶化, 2015年《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)第21次缔约方会议上, 近200个缔约方在巴黎气候变化大会上达成《巴黎协定》, 对2020年后应对全球气候变化行动作出安排。截至2022年4月, 已有130多个国家(地区)陆续提出了实现碳达峰、碳中和的中长期减排目标。随着“碳达峰&碳中和”愿景的公布和国家碳减排路径的明确, 各国——尤其是发展中国家面临着严峻的碳减排挑战。

收稿日期: 2022-03-02; 修订日期: 2022-07-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(72173040); 湖南省研究生科研创新项目(CX20210385)。

作者简介: 赖晓瑾, 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 主要研究方向为价值链升级、资源环境经济。E-mail: laixiaojin123@163.com

通讯作者: 祝树金, 男, 湖南隆回人, 教授, 博士生导师, 主要从事企业出口产品质量、产品价格加成与制造业价值链升级研究。E-mail: shujin_zhu@126.com

2022年8月

随着国际分工的不断深入,越来越多的学者注意到GVC对经济增长的影响。较多文献证实参与GVC能够有效促进经济增长^[7-9],且能与国内价值链一同起到互补式促进作用^[10],若实现国内价值链与GVC的对接,将进一步推动经济高质量发展^[11]。盛斌等^[8]认为,GVC的嵌入主要通过进口侧的知识技术溢出效应以及出口侧的竞争效应提高城市生产率,从而使得产业结构内部发生变化,促进经济增长。在各国面临艰巨碳减排任务的情形下,GVC对碳排放的影响同样受到广泛关注。Liu等^[12]将碳排放效应分解为GVC效应、技术效应、规模效应和结构效应,并认为GVC效应和技术效应将有利于碳排放的减少;Ye等^[13]认为,参与GVC是一国通过缩小技术差距从而减少碳排放的中介机制。但更多学者认为,GVC与碳排放之间存在倒U型的非线性关系^[14-16],这一倒U型关系与结构效应、技术效应、学习效应、竞争效应以及国际产业转移等有关^[14,16]。探究如何获得经济增长和环境改善的双重效益,实现绿色经济增长,对于发展中国家来说具有重要意义^[17]。相关研究致力于找到影响EKC曲线半径的因素,以采取外部手段来加速实现低碳经济发展进程^[18]。已有研究发现,技术进步、更严格的环境法规以及更完善的国家制度体系能够推动“拐点”的提前^[18,19],而政府腐败、收入不平等将延缓“拐点”的到来^[20,21]。

综合现有文献来看,关于GVC与EKC假说之间联系的研究较少,尚缺乏文献研究GVC与EKC“拐点”之间的关系。Wang等^[14]、徐博等^[15]在EKC模型当中纳入GVC及其平方项,研究了GVC与CO₂之间的倒U型关系,但并未关注GVC对“拐点”的影响;Jiang等^[6]基于投入产出分析法计算的39个国家生产侧与消费侧核算的CO₂排放量进行EKC“拐点”的测算,对比证明了国际贸易将推迟EKC“拐点”的出现,但没有深入分析国际贸易推迟EKC“拐点”的具体原因。

根据EKC理论,污染将会在“拐点”之后开始下降,“拐点”提前到来意味着更早迎来经济发展意义上的碳达峰、碳中和。当前环境治理问题愈发严峻的情况下,厘清参与GVC是否能够使得“拐点”提前

到来具有重要意义。鉴于GVC分工对环境、经济增长的重要影响,本文基于64个国家的跨国面板数据,依托EKC理论体系,作出研究假设并进行实证检验,探讨各国参与GVC对EKC“拐点”的影响。结合全球经济与贸易形势,为各国尤其是发展中国家提出碳减排相关的政策建议。

2 理论分析与研究假设

2.1 参与GVC对EKC“拐点”的影响分析

本文认为,GVC分工体系作为国际贸易新发展模式下的具体表征,将通过影响经济发展的规模效应、技术效应和结构效应,从而影响收入与环境之间的倒U形曲线半径,改变EKC“拐点”的位置。

根据规模效应,随着各国更深入地参与到GVC分工体系中,经由GVC带来的贸易新发展模式的红利将促进经济规模的扩张^[7-9],而短期内经济规模的扩张将导致能源消耗的增加,从而引起更高的碳排放^[12]。因此,由于规模效应,参与GVC将使EKC“拐点”右移。

从技术效应来看,GVC的发展使各国能够专注于特定中间产品的生产,帮助企业在专属生产环节中积累经验,改进生产方式并提高生产效率。处于GVC下游的发展中国家可以通过观察、学习和模仿来获取领先企业的核心技术^[22],进而提高生产效率、促进经济增长,环境质量也将得到改善。因此,参与GVC所获得的技术效应将使得EKC“拐点”左移。

对于结构效应,参与GVC分工将促使资源流向具有国际比较优势的高效部门,从而影响经济增长^[8]。但这种分工模式下,在污染密集型产品上具有比较优势的发展中国家的环境将进一步恶化^[5]。另外,产业结构优化将有助于促进经济增长、减少环境污染^[23],但中长期内经济结构变化的减排作用较弱,甚至会加剧污染^[12,24]。因此,由于发展中国家的产业结构特殊性,以及产业结构优化反馈的滞后性,参与GVC所引致的结构效应在短期内将使EKC“拐点”右移。

综合以上分析,提出以下假说:

H1:参与GVC将通过影响经济的规模效应、技术效应以及结构效应,从而影响环境质量。短期内规模效应和结构效应的负向影响将大于技术效应

的正向影响,三者之间的“净”效应为负,使EKC“拐点”右移。

2.2 GVC体系下环境规制对EKC“拐点”的影响分析

除去“三效应”假说之外, Grossman 等^[25]认为“拐点”之后污染下降的另一决定因素在于公众对环境保护的更大需求。在经济发展初期,政府往往采取较为宽松的环境政策以促进经济增长;而当经济发展达到一定水平之后,随着居民环保意识的增强,政府将顺应民意、转变发展战略导向,采取更为严格的环境管制措施,于是产生了经济发展与环境绩效上的EKC“拐点”^[26]。由此可以发现,环境规制的差异或将造成EKC“拐点”到来时间的不同。一方面,环境规制是对企业施加环境约束的内在激励^[27],通过增加企业的内部成本,将倒逼企业加大清洁产品研发、淘汰落后产能,促进产业的发展与环境的改善^[28];另一方面,发达国家将污染较高的生产环节外包给环境规制较为宽松的发展中国家,以改善本国的环境质量,而发展中国家却因此沦为“污染天堂”^[5]。基于此,本文推测参与GVC对EKC“拐点”的影响因环境规制强度的差异而存在异质性。故提出假说如下:

H2: 国家间环境规制强度存在差异,规制严格的国家参与GVC有助于更早实现经济意义上的“碳达峰”,引起EKC“拐点”左移;而规制宽松的国家参与GVC则可能导致EKC“拐点”右移。

2.3 GVC分工模式差异对EKC“拐点”的影响分析

在Koopman^[29]对于贸易增加值的分解框架中,GVC参与度被定义为前向GVC参与和后向GVC参与的总和,分别代表在GVC中扮演的不同模式的分工角色。而不同参与模式对经济发展、碳排放的影响是有区别的^[7,30]。具体而言,后向GVC参与代表的往往是“微笑曲线”中端的低附加值、高碳排放的生产环节,因此后向GVC参与度越高,代表该国从事的高能耗活动越多,污染的可能性越大^[14]。根据Jangam等^[7]的研究结论,前向GVC参与度和后向GVC参与度每提高1%,GDP将分别增长0.02%和0.13%,即后向GVC的增加将导致更大规模的经济活动扩张,而这一扩张往往以牺牲环境质量为代

价^[30]。反观前向GVC参与度,一国参与前向GVC主要通过两种方式:生产出口高质量的中间品或出口原材料和化石燃料等原始资源。发达国家通常通过前一渠道,发展中国家则通过后一渠道参与前向GVC的细分市场,而这两个渠道均有利于环境质量的提升^[31]。基于此,本文提出假说如下:

H3: 基于分工模式的差异性,参与后向GVC分工所带来的高能耗活动增加了污染的可能性,预计将延后EKC“拐点”的到来;而更多地参与前向GVC分工能够降低污染的可能性,使得EKC“拐点”左移。

3 模型、变量与数据

3.1 计量模型演化及设定

为了分析参与GVC对EKC效应的影响,这里借鉴Bradford等^[32]提出的EKC模型(简称BSS模型)。根据BSS模型,污染和收入之间的关系可以表示如下:

$$\frac{\partial C_t}{\partial t} = \alpha(y - y^*)g \quad (1)$$

式中: C_t 为年份 t 的污染程度; y 和 g 分别为样本期间所涉及国家的经过均值处理的人均GDP及其增长率; y^* 为污染水平 C_t 下的人均GDP“拐点”值; α 为人均GDP对污染的影响系数,若 $\alpha < 0$ 且 $g > 0$,那么污染将逐渐上升,至“拐点” y^* 后开始下降,此时支持EKC假说。为了检验参与GVC是否可以成为EKC“拐点”的潜在决定因素,这里遵循Leitão^[20]的建模思路,基于Jangam等^[7]、盛斌等^[8]、Wang等^[9]关于GVC与收入水平研究的理论基础,将“拐点” y^* 设定为GVC参与度的函数,即假设:

$$y^* = \delta_1 + \delta_2 gvc \quad (2)$$

式中: gvc 为样本期间国家层面的平均GVC参与度; δ_1 是常数; δ_2 是 gvc 的影响系数。根据公式(2),不同国家的“拐点”会因参与GVC程度的不同而不同。本文目的即在于检验参数 δ_2 在统计上是否大于0,若 $\delta_2 > 0$,则GVC参与度的上升会导致EKC的“拐点”右移。将式(2)代入式(1)并进行积分、展开等整理计算,根据计量模型设定方式略作变形得到式(3),另外考虑到可能存在的行业异质性,将国家层面的GVC参与度 gvc_i 替换为行业层

2022年8月

面的GVC参与度 gvc_j ,得到式(4):

$$C_{it} = \beta_0 + \beta_1(y_i g_{it}) + \beta_2(g_{it}) + \beta_3(gvc_i g_{it}) + \beta_4 \tau_t + \beta_5 Z_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$C_{it} = \gamma_0 + \gamma_1(y_i g_{it}) + \gamma_2(g_{it}) + \gamma_3(gvc_j g_{it}) + \gamma_4 \tau_t + \gamma_5 Z_{it} + \mu_{jt} \quad (4)$$

式中: C_{it} 为国家 i 在年份 t 的污染程度,采用人均 CO_2 排放量表示,考虑到人均 CO_2 排放量呈现出指数增长和高度偏态的分布,因此对其做了对数处理; j 为行业。式(3)、(4)的估计只包含国家 i 的经过均值处理后的人均 GDP y_i 及其增长率 g_i ,因此避免了使用潜在非平稳变量进行非线性变换^[21]。 Z_{it} 为控制变量,包括:①可再生能源消耗比(*Consumption*);②资本劳动比(*Capital*);③外商直接投资净流入(*FDI*); β_0 、 γ_0 为常数项; β_1 – β_5 和 γ_1 – γ_5 为各项变量的影响系数; τ_t 为时间趋势项; ε_{it} 、 μ_{jt} 为误差项。式(3)、(4)中,可以通过检验 β_1 、 γ_1 (即 α)是否小于0来检验EKC的存在性。为了检验GVC参与度是否提高了(即右移)EKC的收入“拐点”,需要考察 $-\beta_3/\beta_1$ 、 $-\gamma_3/\gamma_1$ (即 δ_2)是否大于0。

3.2 替代模型设定

为了验证回归结果的稳健性,从模型方法的视角检验结果是否依赖于BSS模型,本文将在稳健性检验部分参考Grossman等^[25],估计以下替代模型(简称GK模型):

$$\begin{aligned} \ln C_{it} = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln Gdppc_{it} + \alpha_2 (\ln Gdppc_{it})^2 + \\ & \alpha_3 \ln Gdppc_{it} \times gvc_{it} + \alpha_4 (\ln Gdppc_{it})^2 \times gvc_{it} + \\ & \alpha_5 \ln gvc_{it} + \alpha_6 (\ln gvc_{it})^2 + \alpha_7 \tau_t + \alpha_8 Z'_{it} + \vartheta_{it} \end{aligned} \quad (5)$$

式中: $\ln Gdppc_{it}$ 为人均GDP的对数; $\ln Gdppc_{it} \times gvc_{it}$ 、 $(\ln Gdppc_{it})^2 \times gvc_{it}$ 分别为人均GDP和人均GDP的平方项与国家GVC参与度指数之间的交互项; α_0 为常数项; α_1 – α_8 为各变量的影响系数; Z'_{it} 为控制变量; ϑ_{it} 为误差项。另外,加入了GVC参与度 $\ln gvc_{it}$ 及其平方项 $(\ln gvc_{it})^2$,以验证GVC对碳排放的直接影响。

在GK模型中,EKC被认为存在的条件之一为: $(\alpha_1 + \alpha_3 gvc_{it}) > 0$ 且 $(\alpha_2 + \alpha_4 gvc_{it}) < 0$,同时要求这些系数均具有统计学意义^[25]。 $\ln Gdppc_{it}$ 和 gvc_{it} 之间

的交互项表示在控制其他条件不变的情况下,收入对污染的影响依赖于GVC参与度的变化, $\ln Gdppc_{it}$ 和 gvc_{it} 及其平方项的交互项共同表明了GVC参与度对收入“拐点”的影响。根据Haans等^[33],GVC参与度对“拐点”的影响取决于 $(\alpha_1 \alpha_4 - \alpha_2 \alpha_3)$,若 $(\alpha_1 \alpha_4 - \alpha_2 \alpha_3) > 0$,表明随着GVC参与度的提高,“拐点”也将进一步提高,反之则随着GVC参与度的提高而下降。

3.3 核心变量度量

基于Koopman等^[29]提出的贸易增加值分解框架,可以分别定义前向GVC参与度和后向GVC参与度。其中,前向GVC参与度是某国出口到第三国的国内增加值占本国出口总额的比例,其值越高,意味着相较于第三国而言,该国处在GVC各生产环节中越上游的位置。计算公式为:

$$Forward_{it} = DVA_{it}^{PETC} / Gross\ exports_{it} \quad (6)$$

式中: $Forward$ 为前向GVC参与度; DVA^{PETC} 为被进口国再出口到第三国的中间产品增加值出口; $Gross\ exports$ 为经济体的出口总值。

后向GVC参与度则反映外国增加值在本国出口总额中所占的份额,其值越高,意味着该国承接了越多来自国外的加工业务、消耗了越多的国外原材料,在这种情况下,该国也就相对处于GVC越下游的位置。计算公式为:

$$\begin{aligned} Backward_{it} = & FVA_{it} / Gross\ exports_{it} \\ = & (FVA_{it}^{Final\ Goods} + FVA_{it}^{FCIC} + FVA_{it}^{PEEC} + FVA_{it}^{PETC}) / \\ & Gross\ exports_{it} \end{aligned} \quad (7)$$

式中: $Backward$ 代表后向GVC参与度; FVA 为总的国外增加值; $FVA^{Final\ Goods}$ 为以最终产品形式的国外增加值; FVA^{FCIC} 为进口国的制成品和消费品的国外增加值; FVA^{PEEC} 为加工并返回出口国的产品的国外增加值; FVA^{PETC} 表示加工并出口到第三国的产品的国外增加值。

GVC中的总体参与度(用 GVC^* 表示)则可以表示为GVC中前向与后向参与度的总和:

$$\begin{aligned} GVC^* = & Forward_{it} + Backward_{it} \\ = & (DVA_{it}^{PETC} + FVA_{it}^{Final\ Goods} + FVA_{it}^{FCIC} + FVA_{it}^{PEEC} + \\ & FVA_{it}^{PETC}) / Gross\ exports_{it} \end{aligned} \quad (8)$$

根据Koopman等^[34]的方法以及前文对前、后向GVC参与度的定义,进一步测算了GVC地位指数

(表示为 $GVCP$):

$$GVCP_{it} = (1 + Forward_{it}) - \ln(1 + Backward_{it}) \quad (9)$$

GVC 地位指数比较了一个国家在其他国家出口中使用的中间品的数量与在本国生产中使用进口中间品的数量。该指数的值越高,说明该国位于 GVC 越上游的部分。本文将使用这一指数作为替换变量进行稳健性检验,且预期 GVC 地位指数的提高将使得 EKC“拐点”左移。

为了估计等式(3)、(4),需要计算每个国家的 y_i 、 g_i 。本文依照 Bradford 等^[32]进行了计算:将 y_i^1 设定为 1995—1998 年间国家 i 的实际人均国内生产总值($Gdppc$)平均数,将 y_i^2 设定为 2015—2018 年

间国家 i 的实际人均国内生产总值($Gdppc$)平均数。人均实际国内生产总值的平均增长率可以从 $y_i^2 = y_i^1 e^{10g_i}$ 中计算得到,即 $g_i = (\ln y_i^2 - \ln y_i^1)/10$ 。人均实际国内生产总值的平均数计算为: $y_i = y_i^1 e^{5g_i}$,即在抽样中点插入收入。

3.4 数据来源与说明

用于 GVC 参与度测算的相关数据来自贸易增加值(TIVA)数据库(2021 年版),因变量和其他控制变量数据来源于世界银行的世界发展指标(WDI)数据库。表 1 给出了主要变量的描述性统计结果。

图 1 绘出的 CO_2 排放量与人均 GDP 的二次拟合线表明,人均收入与 CO_2 之间存在倒 U 型曲线关系。

表 1 主要变量描述性统计

Table 1 Descriptive statistics of the main variables

	变量	描述	单位	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
因变量	C	人均 CO_2 排放量	t/人	1536	6.89	4.65	0.14	25.67
核心解释变量	GVC^*	GVC 参与度	%	1584	44.27	9.87	16.81	80.04
	$Forward$	前向 GVC 参与度	%	1584	19.15	6.98	7.26	57.00
	$Backward$	后向 GVC 参与度	%	1584	25.13	11.54	2.50	68.07
控制变量	$Gdppc$	人均国内生产总值	美元/人	1558	30095.13	20118.47	774.75	114889.20
	$Consumption$	可再生能源消耗占最终能源消耗总量的比重	%	1560	20.43	19.51	0.00	86.55
	FDI	外国直接投资净流入占 GDP 的比重	%	1549	6.92	23.53	-58.32	449.08
	$Capital$	资本形成总额与劳动人口数之比	美元/人	1540	9994.23	9293.98	38.17	53963.28

注:本文将 GVC 参与度指数、前向、后向 GVC 参与度指数在公式(6)–(9)的基础上乘以了 100,即计算为百分制。

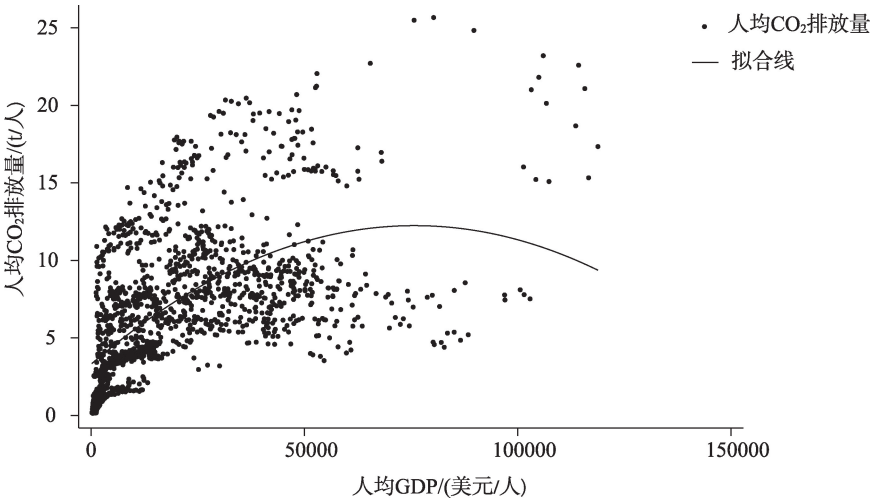


图 1 CO_2 排放量与人均 GDP 的二次拟合线

Figure 1 Quadratic fitting line of CO_2 emissions and per capita GDP

2022年8月

表2展示了样本期内GVC参与度均值排名前10名、后10名的国家以及部分具有代表性的国家参与GVC的情况。可以发现,大部分国家GVC参与度在20%~60%之间。其中,卢森堡、马耳他等规模较小的发达国家参与度却远高于其他规模较大的国家,美国、中国等国家参与度处于中下水平,这说明参与度高低与经济体量大小无关。从前、后向GVC参与度来看,大多数国家的后向GVC参与度要大于前向GVC参与度。如前文所述,前向GVC参与度较高意味着该国大多从事品牌培育与设计或研发高技术产品等高附加值、低污染的生产环节^[14],如美国、英国、日本等;也有部分国家参与的是低污染的资源密集型产品生产,如沙特阿拉伯、俄罗斯等。

4 结果与分析

4.1 基准回归和机制分析

如表3所示,利用逐步回归的方法依次加入控制变量,以缓解遗漏变量所造成的内生性问题。加入控制变量后发现核心估计系数一直具有统计意义上的显著性,且取值较为稳定。在4列回归结果中,Hausman检验均拒绝了随机效应假设,因此假定解释变量与国别效应相关。 ygt 的系数 β_1 为负,结果支持EKC假说。

为了验证H1,本文估计了 δ_2 的值,以检验GVC参与度指数对EKC“拐点”的影响。在加入控制变量后, δ_2 的值为446.134,且统计上显著,表明GVC参与度每增加一个单位,EKC“拐点”将向右移动446.134个单位。这一实证结果证实了H1:参与

表2 部分样本国家参与GVC情况(%)

Table 2 Participation in global value chain (GVC) of some sample countries (%)

GVC参与度排名	国家	GVC参与度	前向GVC参与度	后向GVC参与度
1	卢森堡	70.95	12.89	58.06
2	马耳他	61.71	9.42	52.29
3	新加坡	61.02	15.89	45.13
4	斯洛伐克	60.42	18.49	41.92
5	匈牙利	57.39	13.99	43.40
6	马来西亚	57.10	15.99	41.10
7	比利时	55.80	20.50	35.30
8	捷克	53.75	18.50	35.25
9	爱沙尼亚	53.09	18.29	34.80
10	爱尔兰	51.92	12.14	39.78
...
36	俄罗斯	41.69	32.92	8.77
44	沙特阿拉伯	40.16	36.59	3.58
49	日本	37.73	25.97	11.76
50	英国	37.67	21.66	16.01
...
55	希腊	35.98	14.71	21.27
56	中国	35.07	15.96	19.11
57	美国	33.43	23.24	10.19
58	印度	33.02	16.33	16.69
59	土耳其	32.96	15.38	17.58
60	哥伦比亚	31.93	20.71	11.22
61	哥斯达黎加	31.43	9.41	22.02
62	巴西	31.33	19.91	11.42
63	新西兰	27.64	11.87	15.77
64	阿根廷	24.34	15.86	8.47

注:因数据缺失,中国数据中未包含港澳台地区。

表3 GVC对EKC“拐点”影响的基准回归结果

Table 3 Benchmark regression results of the impact of global value chain (GVC) on the “turning point” of the environmental Kuznets curve (EKC)

变量	基准回归(逐步回归)			
	模型1	模型2	模型3	模型4
$y \times g \times t$	-1.75e-05*** (1.36e-06)	-1.34e-05*** (9.58e-07)	-1.23e-05*** (1.11e-06)	-1.33e-05*** (1.02e-06)
$g \times t$	0.250*** (0.049)	-0.056** (0.026)	0.153*** (0.041)	0.185*** (0.043)
$gvc \times g \times t$	0.006*** (0.001)	0.012*** (0.001)	0.006*** (0.001)	0.006*** (0.001)
Consumption		-0.233*** (0.013)	-0.199*** (0.020)	-0.185*** (0.020)
Capital			0.067** (0.027)	0.061** (0.027)
FDI				0.016*** (0.004)
时间趋势	-0.003 (0.002)	0.001 (0.002)	-0.003 (0.002)	-0.003 (0.002)
常数项	1.526*** (0.013)	2.014*** (0.031)	1.453*** (0.250)	1.438*** (0.247)
观察值数量	1,536	1,513	1,493	1,486
国家个数	64	64	64	64
$\delta_2(-\beta_3/\beta_1)$	369.545***	869.379***	512.343***	446.134***
Hausman 检验	112.004***	72.043***	24.970***	57.747***

注：*、**、***分别代表变量回归系数在10%、5%、1%水平下通过显著性检验，括号内为Driscoll和Kraay标准差，下同。

GVC会影响EKC“拐点”，且会使“拐点”右移。在参与GVC的情况下，技术效应对环境产生的积极影响并不足以抵消规模效应和结构效应所造成的负面影响，三者的“净”效应为负，EKC“拐点”因此将延后到来。

关于控制变量，可再生能源消耗比的系数显著为负，表明可再生能源消耗比重增加将有助于碳减排；资本劳动比显著为正，说明与劳动密集型产品相比，资本密集型产品在整个制造过程中释放的CO₂更多，因此资本密集型产品生产增加将加剧污染；外商投资净流入显著为正，表明外企往往会选择环境管制宽松的发展中国家进行投资，进行一些以牺牲环境为代价的生产活动，从而获得更多的经济利益^[35]，因此外企投资将导致该国的污染加重。

为了验证H2，根据《京都议定书》将样本国分为《联合国气候变化框架公约》“附件一”国家以及非《联合国气候变化框架公约》“附件一”国家(后文简

称““附件一”国家”和“非“附件一”国家”)。《京都议定书》是第一个具有法律约束力的全球性温室气体减排协定，按照该协议的划分：“附件一”国家具有强制的减排义务，代表其存在更为严格的环境规制强度；而非“附件一”国家则不被此减排义务所约束，代表相对宽松的环境规制。回归结果如表4的模型5、6倒数第二行所示，环境监管较为严格的“附件一”国家 δ_2 值为负，而环境监管较为宽松的非“附件一”国家 δ_2 值为正。这一结果说明，参与GVC带来的收入增长使得一国居民环保意识增强，反映居民意愿的政府将采取更加严格的环境监管措施，而更为严格的环境规制将刺激企业通过调整产业结构、技术创新等方式进行成本优化，从而改善环境质量，推动EKC“拐点”提前到来，H2因此得证。

为了验证H3，将GVC参与度按照前向GVC参与和后向GVC参与进行分解，并各自回归。如表4模型7、8所示，结果同样支持EKC假说，且前向

2022年8月

表4 GVC对EKC“拐点”的异质性检验结果

Table 4 Heterogeneity test results of global value chain (GVC) to the environmental Kuznets curve (EKC) “turning point”

变量	“附件一”国家	非“附件一”国家	前向GVC参与	后向GVC参与
	模型5	模型6	模型7	模型8
$y \times g \times t$	-3.98e-06*** (9.34e-07)	-1.62e-05*** (1.32e-06)	-1.16e-05*** (8.55e-07)	-1.33e-05*** (7.80e-07)
$g \times t$	0.287*** (0.070)	0.070 (0.059)	0.531*** (0.015)	0.255*** (0.040)
$gvc \times g \times t$	-0.003** (0.001)	0.014*** (0.002)		
$forward^* \times g \times t$			-0.005*** (0.001)	
$backward^* \times g \times t$				0.007*** (0.001)
Consumption	-0.137*** (0.020)	-0.060 (0.035)	-0.178*** (0.021)	-0.193*** (0.021)
Capital	0.073*** (0.023)	0.083*** (0.012)	0.068** (0.026)	0.072** (0.027)
FDI	0.007 (0.004)	0.067*** (0.019)	0.014*** (0.004)	0.015*** (0.004)
时间趋势	-0.008** (0.003)	-0.002 (0.002)	(0.004) (0.003)	(0.002) (0.003)
常数项	1.769*** (0.208)	0.138 (0.176)	1.376*** (0.242)	1.371*** (0.247)
观察值个数	898	588	1486	1486
国家个数	38	26	64	64
$\delta_3(-\beta_3/\beta_1)$	-650.437**	873.672***	-462.518***	516.697***

注: $forward^* \times g \times t$ 、 $backward^* \times g \times t$ 分别表示将 gvc 换为前向、后向 GVC 参与度的平均数 $forward^*$ 、 $backward^*$ 所得到的检验结果对应的系数。

GVC 分工对 EKC“拐点”的影响显著为负,而后向 GVC 分工对 EKC“拐点”的影响显著为正。在其他条件不变的情况下,前向 GVC 参与度提高一个单位,将使 EKC“拐点”左移 462.518 个单位,而后向 GVC 参与度每提高一个单位,将使“拐点”右移 516.697 个单位。因此,结果证实了 H3:当前向 GVC 参与度较高时,规模效应所引致的环境污染较小,且可以从价值链升级、技术创新、环保意识增强等方面对环境改善起到较好的促进作用;而后向 GVC 分工意味着较多地参与高能耗、低附加值生产活动,增加了污染的可能性。

结合 3 个假说以及相应的实证结果,有理由认为:国家政府为了实现经济的快速增长,在最初将选择更为宽松的环境监管政策,这将引导企业选择

参与后向 GVC,因为参与后向 GVC 将更大幅度地刺激经济增长^[7,30];而在规模效应、结构效应和技术效应的综合影响下,参与后向 GVC 在一定程度上是阻碍环境治理进程的^[4]。因此,在后向 GVC 参与占主导地位的情况下,参与 GVC 将导致“拐点”右移;倘若各国努力实现价值链攀升,转变为更多地参与前向 GVC,那么参与 GVC 将有望促进“拐点”提前到来。

4.2 内生性检验

GVC 与收入、环境之间可能存在反向因果的内生性问题:一国 GDP 水平以及环境政策实施的差异也决定了各国的贸易模式^[9]。一方面,较高的 CO₂ 排放为粗犷式的经济扩张提供机会^[4],因此,低收入国家选择性地放任了环境不友好型产品的生产及相

关行业参与 GVC 分工的短视行为;另一方面,高 CO₂ 排放损害生态环境,迫使决策者采取措施减少排放,这将倒逼相关产业进行技术研发和产业升级,从而转变 GVC 的参与模式以及参与程度^[9,15]。为了避免反向因果的内生性问题对结果的影响,本文采用在面板数据中常用的工具变量选取方法,以 GVC 参与度滞后一期作为工具变量,采用固定效应的 2SLS 模型进行了回归,结果如表 5 所示。表 5 的模型 9、10 分别为第一、二阶段的结果,其中模型 9 表明 GVC 参与度滞后一期(gvc_lag)与 GVC 参与度显著正相关,模型 10 的估计系数以及显著性之前基准回归的结果大致相似,说明本文结果稳健。

4.3 稳健性检验

为了验证回归结果的稳健性,将模型替代为 GK 模型,检验结果是否依赖于 BSS 模型。结果如表 6 的模型 11 所示, $(\alpha_1 + \alpha_3 gvc_{it}) > 0$ 且 $(\alpha_2 + \alpha_4 gvc_{it}) < 0$, 说明使用经典 GK 模型同样也支

持本文前述结论,即 CO₂ 排放与收入之间存在倒 U 型曲线关系。收入的平方项与 GVC 参与度的交互项系数不显著,但收入与 GVC 参与度的交互项的系数显著为正,且 $(\alpha_1 \alpha_4 - \alpha_2 \alpha_3) > 0$, 与之前使用的 BSS 模型估计结果一致,因此可以证明本文结果并不依赖于 BSS 模型, GK 模型同样也支持本文结果。此外, GVC 参与度的二次项系数显著为负,一次项显著为正,说明 GVC 参与度与碳排放之间存在倒 U 形曲线关系,这意味着在前期,随着 GVC 参与度的提升,由于规模扩张以及产出结构的调整变化导致的更大能源消耗, CO₂ 排放将持续增加,而在后期,技术的溢出效应将起主导作用,一国将从技术溢出效应当中获益,进而实现价值链的攀升以及环境的改善,因此, CO₂ 排在达到顶峰之后将逐步开始减少^[14]。

之后,将 GVC 参与度指数替换为使用公式(9)计算的 GVC 地位指数进行检验,检验结果如表 6 的模型 12 所示,正如本文所预期的, GVC 地位的提升将显著使得“拐点”左移,有助于早日实现经济意义上的碳达峰。

为了说明 GVC 对 EKC“拐点”的影响,图 2 利用此模型回归结果的系数,模拟绘制了 GVC 参与度指数(GVC^*)、前向 GVC 参与度指数($Forward$)、后向 GVC 参与度指数($Backward$)以及 GVC 地位指数($GVCPI$)等 4 个指数的最小、平均和最大值上的 3 条环境库兹涅茨曲线。为了简单起见,图中除了关键变量之外的其他解释变量系数均被设置为 0,垂直线表示 EKC 的收入“拐点”。从图中可以更加直观地看出,在所选样本内,随着 GVC 参与度、后向 GVC 参与度的增加, EKC“拐点”将右移;而随着前向 GVC 参与度、GVC 地位指数的提高, EKC“拐点”将左移。

由于本文采用了大量的异质国家,数据中含有异常值的可能性很高,因此在表 6 的模型 13、14 中,采用去除离群值、中位数回归的方式进行了检验,回归的结果同样也与之前的结果大致相同,进一步确保了结果的稳健性。

4.4 进一步研究:基于行业层面的异质性分析

考虑到参与 GVC 对 EKC“拐点”的影响可能存在于行业异质性问题,同时鉴于各国主要通过制造业

表 5 GVC 参与度对 EKC 影响的内生性检验

Table 5 Endogenous test of the effect of global value chain (GVC) participation on the environmental Kuznets curve (EKC)

变量	$gvc \times g \times t$	$\ln C$
	模型 9	模型 10
$gvc_lag \times g \times t$	1.042*** (0.002)	
$gvc \times g \times t$		0.005*** (0.001)
$y \times g \times t$	1.77e-07 (1.30e-06)	-0.000*** (6.97e-07)
$g \times t$	-1.862*** (0.099)	0.217*** (0.051)
<i>Consumption</i>	-0.015 (0.019)	-0.183*** (0.010)
<i>Capital</i>	-0.046** (0.022)	0.048*** (0.012)
<i>FDI</i>	-0.000 (0.007)	0.015*** (0.004)
常数项	0.384*** (0.188)	1.438*** (0.084)
观察值	1486	1526
国家个数	64	64
R^2	0.999	0.665
F	91.670***	408.370***
$\delta_2(-\beta_3/\beta_1)$		423.238***

2022年8月

表6 GVC参与度对EKC影响的稳健性检验

Table 6 Robustness test of the impact of global value chain (GVC) participation on the environmental Kuznets curve (EKC)

变量	替换模型	替换变量	去除离群值回归	中位数回归
	模型 11	模型 12	模型 13	模型 14
$\ln Gdppc$	4.336*** (0.647)			
$(\ln Gdppc)^2$	-0.207*** (0.036)			
$\ln Gdppc \times gvc$	0.010* (0.005)			
$(\ln Gdppc)^2 \times gvc$	-0.000 (0.000)			
$\ln gvc$	7.757*** (1.716)			
$(\ln gvc)^2$	-1.419*** (0.322)			
$y \times g \times t$		-1.22e-05*** (7.67e-07)	-1.16e-05*** (5.62e-07)	-1.33e-05*** (7.97e-07)
$g \times t$		0.401*** (0.034)	0.274*** (0.022)	0.185*** (0.054)
$gvc \times g \times t$		-0.083*** (0.012)		
$gvc \times g \times t$			0.002*** (0.001)	0.006*** (0.001)
时间趋势	-0.006** (0.003)	(0.003)	-0.003 (0.002)	-0.003*** (0.001)
常数项	-32.59*** (4.659)	1.359*** (0.248)	1.401*** (0.171)	—
是否控制变量	是	是	是	是
观察值个数	1484	1486	1385	1486
国家个数	64	64	64	—
$(\alpha_1 \alpha_4 - \alpha_2 \alpha_3)$	正			
$\delta_2 (-\beta_3 / \beta_1)$		-6821.564***	215.298***	445.687***

注:gvc^{*}表示将gvc换为GVC地位指数的平均数gvc^{*}所得到的检验结果对应的系数。

和服务业参与GVC,接下来将探讨制造业和服务业参与GVC对EKC“拐点”的影响。表7为制造业和服务业及其12个子行业GVC参与度指标的描述性统计结果,对“拐点”的影响(δ_2)如表8所示。

估计结果^①显示, β_0 的值均显著为负,即对所有行业EKC模型的检验均支持EKC假说。从表8的回归结果可以发现,各行业GVC参与度的提升均使EKC“拐点”右移,且服务业对EKC“拐点”的影响幅

度最大,说明在服务业中,环境问题同样不可小觑;在制造业中,其他机械和设备制造业这一子行业对“拐点”的影响最大,将使其右移196.841美元。拆分为前、后向GVC参与度来看,前向GVC参与度中,仅有纺织品、服装、皮革及相关产品制造业和计算机、电子和光学产品制造业的系数显著为正,它们的前向GVC参与度提升一单位,将使EKC“拐点”大幅度提高(右移),但这两个行业前向参与程

① 限于篇幅,行业层面的所有具体回归结果未在正文中报告,如有需要,可向作者索取。

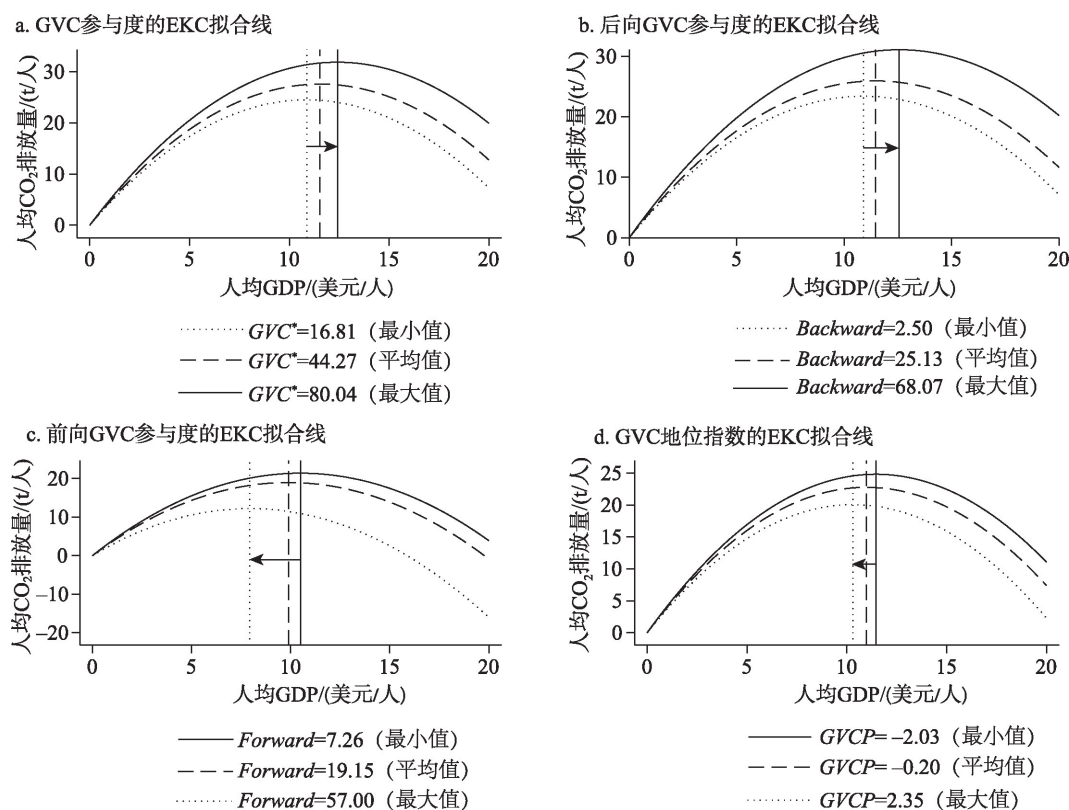


图2 环境库兹涅茨曲线

Figure 2 Environmental Kuznets Curve

注:竖线分别对应每条曲线的“拐点”值,箭头指向“拐点”移动的方向。

表7 行业GVC参与度描述性统计(%)

Table 7 Descriptive statistics of industry global value chain (GVC) participation (%)

行业	观察值	平均值	标准差	最小值	最大值
制造业	1584	24.01	10.20	2.76	57.44
食品、饮料和烟草制造业	1584	46.08	11.00	15.31	81.78
纺织品、服装、皮革及相关产品制造业	1584	29.36	10.99	5.30	68.75
木制品和纸制品、印刷制造业	1584	26.70	10.78	3.02	66.84
化学品和非金属矿物制品制造业	1584	37.53	12.01	8.55	73.38
基本金属和金属制品制造业	1584	36.10	12.71	4.46	80.24
计算机、电子和光学产品制造业	1584	38.33	13.87	11.62	78.25
机械和设备及其他制造业	1584	34.08	12.11	1.28	74.69
运输设备制造业	1584	39.10	12.40	9.78	79.31
其他机械和设备制造业	1584	27.57	10.31	3.76	56.79
服务业	1584	21.82	10.59	5.09	74.09
分销贸易、运输、住宿和食品服务业	1584	21.12	9.23	4.68	53.74
批发和零售贸易;汽车修理业	1584	14.55	7.65	1.73	56.66
交通仓储业	1584	24.99	11.16	5.12	61.38

度较低,所得 δ_2 值参考价值较小;对于其他行业,参与前向GVC对EKC的“拐点”的到来则有较为显著的促进作用,说明大部分行业前向GVC参与度的提

升将有助于减少污染,推动EKC“拐点”的到来。而对于后向GVC参与度,各行业均显著为正,但由于各行业要素投入、能耗强度等的不同,影响程度存

2022年8月

表8 GVC参与对EKC影响的行业异质性检验

Table 8 Industry heterogeneity test of the impact of global value chain (GVC) participation on the environmental Kuznets curve (EKC)

行业	GVC	前向 GVC	后向 GVC
制造业	170.695***	2274.825	171.173***
食品、饮料和烟草制造业	30.821	-144.706**	77.653***
纺织品、服装、皮革及相关产品制造业	126.400***	8841.560***	117.305***
木制品和纸制品、印刷制造业	119.915***	-7214.533***	138.408***
化学品和非金属矿物制品制造业	48.803*	-54.334	50.040*
基本金属和金属制品制造业	140.487***	-30.259	129.452***
计算机、电子和光学产品制造业	133.639***	609.697***	127.774***
机械和设备及其他制造业	141.794***	-7389.518***	154.457***
运输设备制造业	84.153**	-4007.820***	114.158***
其他机械和设备制造业	196.841***	580.388	196.509***
服务业	260.366***	-2192.302***	392.482***
分销贸易、运输、住宿和食品服务业	227.545***	-2258.345***	326.742***
批发和零售贸易;汽车修理业	367.905***	-12614.020***	405.760***
交通仓储业	323.760***	-2873.074***	371.498***

注:限于篇幅,表中只展示各行业的“拐点”(δ_2)值,下同。

在差异。

根据结构效应,不同要素密集度的行业GVC参与度对EKC“拐点”的影响可能存在异质性,因此,将制造业、服务业的子行业(共12个)区分为资本密集型及技术密集型行业,讨论不同密集度行业GVC参与对EKC“拐点”的影响。行业分类方法主要参考Wang等^[4]。

为了便于对比探讨,表9只展示部分结果。根据表9,资本密集型以及技术密集型行业GVC参与度的提升均会导致EKC“拐点”的提高(右移),其中技术密集型、资本密集型行业对“拐点”的影响相近,两者GVC参与度每提高一单位,将导致EKC“拐点”分别右移196.517、194.745美元。拆分为前向、后向GVC参与度之后,发现资本密集型和技术密集型行业前向GVC参与度的提升均能够降低

EKC“拐点”,但技术密集型行业前向GVC参与度的提升能够更加有效地推动EKC“拐点”的到来,原因可能在于技术密集型行业对技术创新的依赖度更高,参与前向GVC通过技术效应为技术密集型行业带来更大的正向影响。两者后向GVC参与度的提升将导致EKC“拐点”右移,且资本密集型行业后向GVC参与度的提升对EKC“拐点”的影响更大。

5 结论与政策建议

5.1 结论

本文基于1995—2018年64个国家的面板数据,利用新的EKC模型对EKC假说进行了验证,重点研究了GVC参与度对EKC“拐点”的影响,研究表明:

(1)参与GVC在经济的规模效应、技术效应和结构效应的综合影响下,将导致EKC“拐点”右移。此外,后向GVC参与度较高是导致EKC“拐点”右移的主要原因。后向GVC参与度较高所带来的高能耗活动增加了污染的可能性。在控制其他变量不变的条件下,GVC参与度每增加一个单位,“拐点”所对应的收入将平均增加516.697个单位;而前向GVC参与度的提升将有效地降低环境污染,有望促进经济意义上的碳达峰的到来。

(2)GVC参与度对EKC“拐点”的影响存在国家

表9 GVC参与对EKC影响的行业异质性检验
(按要素密集度分类)

Table 9 Industry heterogeneity test for the impact of global value chain (GVC) participation on the environmental Kuznets curve (EKC) (classified by factor intensity)

行业/变量	GVC参与	前向 GVC参与	后向 GVC参与
资本密集型	194.745***	-683.506***	221.070***
技术密集型	196.517***	-4371.162***	205.891***

异质性,实施更加严格环境规制的国家将有助于促进EKC“拐点”的到来。

(3)GVC参与度对EKC“拐点”的影响存在行业异质性,与制造业相比,服务业参与GVC对EKC“拐点”的影响负面反而更大。按要素密集度来看,技术密集型行业前向GVC参与度的提高将更加有效地推动EKC“拐点”的到来。

(4)人均GDP与人均CO₂排放之间存在倒U型曲线关系,本文结果支持EKC假说。GVC参与度与CO₂排放量之间同样也存在倒U型的非线性关系。

5.2 政策建议

在参与GVC的过程当中,各国都应明确自己的生产者责任,将减排成本内部化,阻止全球价值链成为“全球污染链”。在实现碳减排目标方面,发达国家应在自身开展绝对量化减排的同时,给予发展中国家一定的帮扶,以尽早实现全球的碳减排目标。而对于发展中国家,要摆脱依靠规模效应实现经济增长的粗放模式,实现绿色经济增长,推动EKC“拐点”的到来。本文以中国为例,对于参与GVC与实现碳减排目标提出如下政策建议:

(1)提高前向GVC参与度。中国应积极落实各项贸易改革政策,大力促进本国服务业出口,提升在全球产业中的附加值,提升在全球价值链中的分工地位。

(2)促进技术的进步。首先,政府应加大研发投入,培养高技能人才;其次,提高国家教育水平,利用发达国家的技术外溢和学习效应,逐步掌握产业核心技术,加快技术升级;第三,在全球价值链生产过程中,应注重发展低污染排放的知识密集型产业,重视产品研发,减少对发达国家创新的依赖,避免“低端锁定”。

(3)改善产业结构。一方面,政府应重视高能耗、高污染产业的优化,设置严格的行业准入机制,对部分产业进行限制或淘汰,逐步降低污染资本密集型制造业和低端服务业企业的比重;另一方面,对高端产业给予优惠政策,形成完善的激励机制,提高自主创新能力。

(4)制定严格的环境政策。中国应当更加重视环境政策的颁布,通过严格的环境规制政策刺激产

业结构的转变以及清洁技术的研发,从而加快EKC“拐点”的到来。

参考文献(References):

- [1] Zhong S, Su B. Assessing the effects of labor market dynamics on CO₂ emissions in global value chains[J]. *Science of the Total Environment*, 2021, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144486.
- [2] 戴翔, 宋婕. “一带一路”倡议的全球价值链优化效应: 基于沿线参与国全球价值链分工地位提升的视角[J]. *中国工业经济*, 2021, (6): 99–117. [Dai X, Song J. Global value chain optimization effect of the Belt and Road initiative: Based on the perspective of improving the GVC position of participating countries along the Belt and Road[J]. *China Industrial Economics*, 2021, (6): 99–117.]
- [3] Yu P, Cai Z F, Sun Y P. Does the emissions trading system in developing countries accelerate carbon leakage through OFDI? Evidence from China[J]. *Energy Economics*, DOI: 10.1016/j.eneco.2021.105397.
- [4] Wang S H, He Y Q, Song M L. Global value chains, technological progress, and environmental pollution: Inequality towards developing countries[J]. *Journal of Environmental Management*, 2021, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110999.
- [5] Duan Y W, Yan B Q. Economic gains and environmental losses from international trade: A decomposition of pollution intensity in China's value-added trade[J]. *Energy Economics*, 2019, 83: 540–554.
- [6] Jiang L, He S X, Zhong Z, et al. Revisiting environmental Kuznets curve for carbon dioxide emissions: The role of trade[J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2019, 50: 245–257.
- [7] Jangam B P, Rath B N. Do global value chains enhance or slog economic growth?[J]. *Applied Economics*, 2021, 53(36): 4148–4165.
- [8] 盛斌, 赵文涛. 全球价值链嵌入与中国经济增长的“结构路径之谜”[J]. *经济科学*, 2021, (4): 20–36. [Sheng B, Zhao W T. Global value chain embeddedness and the “structural path puzzle” of China's economic growth[J]. *Economic Science*, 2021, (4): 20–36.]
- [9] Wang J, Rickman D S, Yu Y H. Dynamics between global value chain participation, CO₂ emissions, and economic growth: Evidence from a panel vector autoregression model[J]. *Energy Economics*, 2022, DOI: 10.1016/j.eneco.2022.105965.
- [10] 盛斌, 苏丹妮, 邵朝对. 全球价值链、国内价值链与经济增长: 替代还是互补[J]. *世界经济*, 2020, 43(4): 3–27. [Sheng B, Su D N, Shao C D. Global value chain, national value chain and economic growth: Substitution or complementarity[J]. *The Journal of World Economy*, 2020, 43(4): 3–27.]
- [11] 谷方杰, 沙秀娟, 张文锋. 国内价值链对接全球价值链: 中国省域出口增加值获取路径分析[J]. *中国软科学*, 2022, (3): 164–

2022年8月

172. [Gu F J, Sha X J, Zhang W F. National value chain connecting global value chain: A study on the acquisition path of China's provincial value added in export[J]. *China Soft Science*, 2022, (3): 164-172.]
- [12] Liu H Z, Zong Z, Hynes K, et al. Can China reduce the carbon emissions of its manufacturing exports by moving up the global value chain?[J]. *Research in International Business and Finance*, 2020, DOI: 10.1016/j.ribaf.2019.101101.
- [13] Ye C S, Ye Q, Shi X P, et al. Technology gap, global value chain and carbon intensity: Evidence from global manufacturing industries[J]. *Energy Policy*, 2020, DOI: 10.1016/j.enpol.2019.111094.
- [14] Wang J, Wan G H, Wang C. Participation in GVCs and CO₂ emissions[J]. *Energy Economics*, 2019, DOI: 10.1016/j.eneco.2019. 104561.
- [15] 徐博, 杨来科, 钱志权. 全球价值链分工地位对于碳排放水平的影响[J]. *资源科学*, 2020, 42(3): 527-535. [Xu B, Yang L K, Qian Z Q. The impact of global value chain position on carbon emissions [J]. *Resources Science*, 2020, 42(3): 527-535.]
- [16] Zheng L, Zhao Y H, Shi Q L, et al. Global value chains participation and carbon emissions embodied in exports of China: Perspective of firm heterogeneity[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.152587.
- [17] 孟望生, 张杨. 自然资源禀赋、技术进步方式与绿色经济增长: 基于中国省级面板数据的经验研究[J]. *资源科学*, 2020, 42(12): 2314-2327. [Meng W S, Zhang Y. Natural resource endowment, path selection of technological progress, and green economic growth: An empirical research based on China's provincial panel data[J]. *Resources Science*, 2020, 42(12): 2314-2327.]
- [18] Yin J H, Zheng M Z, Chen J. The effects of environmental regulation and technical progress on CO₂ Kuznets curve: An evidence from China[J]. *Energy Policy*, 2015, 77: 97-108.
- [19] Ahmadova G, Delgado-Márquez B L, Pedaugu L E, et al. Too good to be true: The inverted U-shaped relationship between home-country digitalization and environmental performance[J]. *Ecological Economics*, 2022, DOI: 10.1016/j.ecolecon.2022.107393.
- [20] Leitão A. Corruption and the environmental Kuznets curve: Empirical evidence for sulfur[J]. *Ecological Economics*, 2010, 69(11): 2191-2201.
- [21] Ridzuan S. Inequality and the environmental Kuznets curve[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 228: 1472-1481.
- [22] 郭娟娟, 王国明, 房帅. 外资自由化、制度环境与制造业企业全球价值链地位提升: 基于溢出效应理论的研究[J]. *产业经济研究*, 2020, (6): 83-98. [Guo J J, Xian G M, Fang S. FDI liberalization, institutional environment and manufacturing firms' moving up in the global value chain: A study based on the theory of spillover effects[J]. *Industrial Economics Research*, 2020, (6): 83-98.]
- [23] 周迪, 罗东权. 绿色税收视角下产业结构变迁对中国碳排放的影响[J]. *资源科学*, 2021, 43(4): 693-709. [Zhou D, Luo D Q. Green taxation, industrial structure transformation and carbon emissions reduction[J]. *Resources Science*, 2021, 43(4): 693-709.]
- [24] Zhang M, Sun X R, Wang W W. Study on the effect of environmental regulations and industrial structure on haze pollution in China from the dual perspective of independence and linkage[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020. 120748.
- [25] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2): 353-377.
- [26] 王芳, 曹一鸣, 陈硕. 反思环境库兹涅茨曲线假说[J]. *经济学(季刊)*, 2020, 19(1): 81-100. [Wang F, Cao Y M, Chen S. Re-thinking environmental Kuznets Curve Hypothesis in China[J]. *China Economic Quarterly*, 2020, 19(1): 81-100.]
- [27] 冯斐, 冯学钢, 侯经川, 等. 经济增长、区域环境污染与环境规制有效性: 基于京津冀地区的实证分析[J]. *资源科学*, 2020, 42(12): 2341-2353. [Feng F, Feng X G, Hou J C, et al. Effectiveness of regional environmental regulation, economic growth and environmental pollution: An empirical study of the Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. *Resources Science*, 2020, 42(12): 2341-2353.]
- [28] Xia Q, Quan M Q, Li H R, et al. Is environmental regulation works on improving industrial resilience of China? Learning from a provincial perspective[J]. *Energy Reports*, 2022, 8: 4695-4705.
- [29] 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.
- [30] Fei R L, Pan A, Wu X L, et al. How GVC division affects embodied carbon emissions in China's exports?[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(29): 36605-36620.
- [31] Zhu S J, Tang Y D, Qiao X Z, et al. Spatial effects of participation in global value chains on CO₂ emissions: A global spillover perspective[J]. *Emerging Markets Finance and Trade*, 2022, 58(3): 776-789.
- [32] Bradford D F, Fender R A, Shore S H, et al. The environmental Kuznets curve: Exploring a fresh specification[J]. *Contributions in Economic Analysis & Policy*, 2005, 4(1): 1-28.
- [33] Haans R F J, Pieters C, He Z L. Thinking about U: Theorizing and testing U- and inverted U-shaped relationships in strategy research[J]. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(7): 1177-1195.
- [34] Koopman R, Powers W, Wang Z, et al. Give Credit Where Credit Is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains[R]. Massachusetts: NBER Working Papers No. 16426, 2010.
- [35] Cheng Z H, Li L S, Liu J. The impact of foreign direct investment on urban PM_{2.5} pollution in China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2020, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110532.

Environmental Kuznets effect of countries' participation in global value chains:

Based on multinational panel data

LAI Xiaojin, TANG Yiding, ZHU Shujin

(School of Economics & Trade, Hunan University, Changsha 410006, China)

Abstract: As the concept of economic globalization is increasingly more deeply reflected in the international division of labor and specialization and the mode of economic growth, the question of how the deepening global value chains (GVCs) will affect the environment has attracted broad attention. Based on the perspective of GVC, this study used the panel data of 64 countries (regions) from 1995 to 2018 and the environmental Kuznets curve (EKC) theory to explore the impact of participating in GVC on the correlation between environmental pollution and economic growth, and analyze whether the participation of countries in the GVC will affect the “turning point” of the EKC. The research results show that: (1) The improvement of GVC participation will significantly delay the arrival of the turning point of the EKC. This delay is mainly driven by the backward GVC, and the improvement of the forward GVC will help the advance of the EKC turning point. (2) Heterogeneity of countries is observed in the impact of participating in GVC on the turning point of the EKC. The participation of countries with strict environmental regulations in GVC will help them usher in the turning point earlier and achieve a carbon peak in the sense of economic development. But the participation of countries with relaxed environmental regulations in GVC may result in their decline into a “pollution heaven”. (3) There is industry heterogeneity in the impact of GVC participation on the turning point of the EKC, and the improvement of forward GVC in technology-intensive industries will effectively promote the early arrival of the turning point of the EKC. (4) There is an inverted U-shaped nonlinear relationship between GVC participation and carbon emissions. The findings of this study enrich the empirical application of global value chains in economic and environmental effect research, and provide new ideas for coordinating high-quality economic development with ecological and environmental constraints.

Key words: global value chain; participation; environmental Kuznets curve; carbon emissions; product value-added; environmental regulation; technological progress; economic growth