

全球价值链下的中欧制造业贸易隐含碳研究

兰天, 夏晓艳

(云南财经大学印度洋地区研究中心, 云南昆明, 650032)

摘要: 为了避免中间品反复跨境导致的传统贸易重复统计问题, 选取 2000—2011 年 14 个中欧制造业数据, 使用基于增加值分解的总贸易核算法测算中欧制造业贸易隐含碳, 实证考察 GVC 参与度对中欧贸易隐含碳及中国生产碳的影响。研究表明: 中欧制造业贸易隐含碳主要来源于中国出口隐含碳且集中在中低技术制造业, 增加值分解下的碳排放责任分担认为在消费者责任下欧盟要为中欧制造业贸易隐含碳承担主要排放责任, 第三国家承担次要排放责任; 复杂嵌入模式下的中国制造业 GVC 参与度提升能显著降低中国生产碳和中欧贸易隐含碳排放, 简单嵌入模式下的中国制造业 GVC 参与度提升会增加中欧贸易隐含碳排放, 降低中国生产碳排放。

关键词: 中欧制造业贸易; GVC 参与度; 总贸易核算法; 隐含碳

中图分类号: F752

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID)

文章编号: 1672-3104(2020)04-0111-13



自 2003 年以来, 中国与欧盟宣布将中欧关系从“全面伙伴关系”提升为“全面战略伙伴关系”, 中欧的双边贸易量不断扩大。据欧盟统计局报告, 2018 年中国与欧盟双边贸易额达 6 309 亿美元, 同比增长 5.3%, 占全球贸易总额的 3.2%。中国和欧盟能在贸易上取得如此大的成就, 与深入全球价值链(Global value chain, GVC)中密不可分。然而, 中国和欧盟嵌入全球价值链的方式以及在全球价值链中的参与度都存在差异。这种差异对双边贸易隐含碳有什么影响? 行业异质性以及不同的 GVC 嵌入方式是否存在不同效果? 准确回答上述问题对提升中国制造业 GVC 参与度以及减排有重要的意义。

一、文献综述

参与国际贸易, 既存在正向的贸易收益也隐

藏着负向的环境成本, 将贸易和碳排放相结合进行考察一直以来都是研究热点。而作为经济增速、贸易规模体量都位于前列的第一大发展中国家, 中国的贸易隐含碳问题更是受到了全球关注。对于中国出口隐含碳的研究, Li 和 Qi^[1]、Ning 等^[2]、江洪^[3]等认为中国出口碳排放高于进口碳排放, 是二氧化碳净出口国。在双边贸易隐含碳研究中, 大部分学者的研究表明贸易会加重中国碳排放, 存在“碳泄漏”问题, 发达国家正在向中国转移碳排放^[4-6]; 少数学者则持相反意见, 认为双边贸易减少了中国一部分碳排放, 中国没有沦为“污染避风港”^[7-8]。

上述的研究, 都使用基于传统贸易统计的投入产出模型进行隐含碳测算。然而在以区域和全球价值链为主导的今天, 随着跨境中间品贸易不断增多, 很大一部分生产要素以嵌入中间或最终产品跨境贸易的形式进行间接的跨国生产贸易, 以最终出口为基础的传统贸易统计, 已经不能精

收稿日期: 2019-12-23; 修回日期: 2020-03-01

基金项目: 国家自然科学基金项目“清洁产业出口扩张与污染天堂规避——基于贸易、环境政策协调的 CGE 模型研究”(71563061)

作者简介: 兰天, 云南昆明人, 云南财经大学印度洋地区研究中心教授, 博士生导师, 主要研究方向: 国际贸易与环境; 夏晓艳, 湖南益阳人, 云南财经大学印度洋地区研究中心硕士研究生, 主要研究方向: 价值链、贸易与环境, 联系邮箱: xrchyl@163.com

确地反映各国贸易情况^[9]。因而,以传统贸易统计为基础的隐含碳测算也存在重复统计问题,潘安^[10]的研究表明基于传统贸易统计基础的测算结果会夸大中国的出口隐含碳及碳排放转移规模。

为了解决传统贸易统计的“统计幻像”问题^①,以增加值分解为基础的贸易统计愈发完善。早在2001年,Hummels等^[11]使用投入产出表将一国的出口分解为国内和国外两种增值,但是这种增值分解方法(HIY法)有两个非常严苛的假设条件:一是假设出口生产和国内需求生产的进口投入使用强度相同,这一假设在加工贸易普遍存在的情况下会低估一国出口的国外增加值;二是假设一国出口完全被国外最终需求吸收,也就是说,它排除了一个国家出口用于生产国内吸收最终产品的中间产品的情况。Koopman等^[12]优化了HIY的第一个假设条件,提出了计算以加工出口为主的国家出口产品国内外增加值份额的公式。Johnson和Noguera^[13]将多国投入产出表和双边贸易数据相结合,同时使用增加值来源国和目的国的投入产出数据,放松了HIY的第二个假设条件,并提出了增加值出口(Value-added export, VAX)的概念和计算方法^②。Koopman等^[14]不再局限于HIY的假设条件,将一国总出口分为被国外吸收的增加值、返回本国的增加值、纯国外增加值以及其他重复计算的额外增加值这四个部分,构建了一国总出口增值分解的统计框架(简称KWW法),然而KWW法没有考虑到出口品在分解时的异质性问题,对增加值的分解也仅限于单国总出口。王直等^[15]在Koopman等^[14]的基础上延续并优化了KWW法,将一国总出口的增加值分解路径进一步细分,量化了不同类型的重复计算项目,提出了对多个层面贸易总值分解的方法,建立了一整套完整的基于贸易增值统计的核算法则——总贸易核算法(简称WWZ法)。

全球价值链的测算以增加值贸易为基础,随着测算方法的不断完善,近年来国内外关于“价值链与碳”的研究也越来越多。如Meng等^[16]将增加值核算和碳排放核算统一,从生产、消费、贸易等不同角度估算了全球价值链中的潜在环境成本。Vries和Ferrarini^[17]对新兴经济体碳排放

增长原因进行了研究,发现虽然国内消费上升会增加本国碳排放,但新兴经济体二氧化碳排放的增长很大一部分都是由于全球价值链参与度的提高造成。刘会政等^[18]考察了不同嵌入方式下的全球价值链提升对我国出口隐含碳的影响,研究表明前向关联模式下的GVC嵌入能降低碳排放而后向关联嵌入会增加碳排放。吕延方等^[19]将GVC参与度与我国进出口贸易隐含碳相结合,发现GVC参与度对中国贸易隐含碳存在非线性影响,“污染天堂”假说在我国成立。

总体来看,现有的研究主要呈现以下特点:(1)关于中国双边贸易隐含碳的测算,大多数学者都使用以传统贸易统计为基础的投入产出模型,然而传统贸易统计方法由于无法识别中间品的反复跨境行为而存在重复统计问题,因此对碳排放的测算也存在偏差。(2)全球价值链和双边贸易隐含碳的研究仍然相对独立,随着中间品贸易的增加,各国也愈发关注在全球价值链的位置,将两者结合进行研究必然会成为重要的研究趋势。(3)目前关于全球价值链参与度的研究在研究对象、方法上都有了新发展,但对于不同嵌入方式GVC参与度的研究还较为缺乏。

基于此,本文以王直等^[15]的增加值分解核算法(WWZ法)为基础,考虑到碳排放数据与贸易数据的匹配,选取2000—2011年^③世界投入产出数据库(WIOD 2013版)最具代表性的14个制造行业,尝试对中欧制造业贸易进行增加值分解,进而规避传统贸易统计的重复测算问题。在贸易分解基础上,根据增加值的来源和吸收地差异从生产者和消费者角度重新审视中欧双边贸易隐含碳。为了更全面地探讨GVC参与度对贸易隐含碳的影响,根据不同嵌入方式将GVC参与度分为复杂嵌入和简单嵌入两类,同时考察整体及不同嵌入模式的GVC参与度提升对贸易隐含碳的影响。

二、实证设计

(一) 中欧贸易隐含碳测算模型构建

根据WIOD的投入产出表,由中国、欧盟及第三国家^④组成的三方投入产出模型可以表示为:

$$\begin{bmatrix} A_{cc} & A_{cu} & A_{ct} \\ A_{uc} & A_{uu} & A_{ut} \\ A_{tc} & A_{tu} & A_{tt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ X_u \\ X_t \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{cc} & Y_{cu} & Y_{ct} \\ Y_{uc} & Y_{uu} & Y_{ut} \\ Y_{tc} & Y_{tu} & Y_{tt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_c \\ X_u \\ X_t \end{bmatrix}$$

其中, 下标 c 、 u 、 t 分别表示中国、欧盟及第三国; A 为投入系数; X 表示产出; Y 为最终产品。

借鉴王直等^[15]的研究方法, 将中国到欧盟的总出口 E_{cu} 分解为以下 16 个部分:

$$\begin{aligned} E_{cu} &= A_{cu}X_u + Y_{cu} = (V_c B_{cc})' \# Y_{cu} + \\ &(V_u B_{uc})' \# Y_{cu} + (V_t B_{tc})' \# Y_{cu} + (V_c B_{cc})' \# \\ &A_{cu}X_u + (V_u B_{uc})' \# (A_{cu}X_u) + (V_t B_{tc})' \# \\ &(A_{cu}X_u) = (V_c B_{cc})' \# Y_{cu} + (V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{uu}Y_{uu}) + \\ &(V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{ut}Y_{ut}) + (V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{uu}Y_{uu}) + \\ &(V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{ut}Y_{ut}) + (V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{uu}Y_{uc}) + \\ &(V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{ut}Y_{tc}) + (V_c L_{cc})' \# (A_{cu}B_{uc}Y_{cc}) + \\ &(V_c L_{cc})' \# [A_{cu}B_{uc}(Y_{ct} + Y_{cu})] + (V_c B_{cc} - \\ &V_c L_{cc})' \# (A_{cu}X_u) + (V_u B_{uc})' \# Y_{cu} + \\ &(V_u B_{uc})' \# (A_{cu}L_{uu}Y_{uu}) + (V_u B_{uc})' \# (A_{cu}L_{uu}E_u) + \\ &(V_t B_{tc})' \# Y_{cu} + (V_t B_{tc})' \# (A_{cu}L_{uu}Y_{uu}) + \\ &(V_t B_{tc})' \# (A_{cu}L_{uu}E_u) \end{aligned} \quad (1)$$

其中, 上标 “ $'$ ” 表示转置; “ $\#$ ” 表示矩阵点乘; A_{cu} 为中国到欧盟的投入系数矩阵; $L_{cc} = (I - A_{cc})^{-1}$ 为中国国内的里昂惕夫逆矩阵(L_{uu} 、 L_{tt} 类似); V_c 、 V_u 、 V_t 分别为中国、欧盟、第三国的增加值系数。

表 1 给出了中国对欧盟总出口分解的 16 个

部分的具体含义。

在总贸易核算框架下, 本文根据增加值的来源国和吸收国计算贸易隐含碳。定义 f_c 、 f_u 、 f_t 分别为中国、欧盟以及第三国家的直接碳排放系数向量。结合等式(1)的总出口分解结果, 得到中国对欧盟的出口隐含碳计算公式:

$$EC_{cu} = f_c L_{cc} (RDV_{cu} + DVA_{cu}) + f_u L_{uu} MVA_{cu} + f_t L_{tt} OVA_{cu} \quad (2)$$

式(2)右边第一项为中对欧出口中隐含的中国增加值产生的碳排放, 称为出口国产生的碳排放; 式(2)右边第二项为中对欧出口中隐含的欧盟增加值产生的碳排放, 称为进口国产生的碳排放; 式(2)右边第三项为出口中隐含的第三国增加值产生的碳排放, 称为第三国产生的碳排放。由此可见, 中国对欧盟的出口不仅会引起中国生产碳排放, 也会导致欧盟以及第三国家的生产碳排放, 在全球价值链下, 双边贸易隐含碳的生产不再局限于贸易双方。

类似地, 根据总贸易核算法, 欧盟对中国的总出口也可以分解为 16 个部分, 从而计算出欧盟对中国的出口隐含碳。将这两部分的贸易隐含碳合并再分解, 就可以从生产者和消费者责任两个角度, 得到中欧贸易隐含碳中的生产碳和消费碳, 表 2 给出了具体测算公式。

如表 2 所示, 不同于产业链下的减排责任分担^[20], 价值链下的责任分担可以根据增加值追溯到产品的最终生产消费地, 使得生产消费地不再

表 1 总贸易核算框架下中国对欧盟总出口分解

中国对欧盟总出口	具体分解含义	增加值 来源地	增加值 吸收地
被他国吸收的中国国内 增加值 DVA_{cu}	最终出口的中国国内增加值 DVA_FIN_{cu} (1)	中国	欧盟
	被欧盟吸收的中间品出口 DVA_INT_{cu} (2)	中国	欧盟
	被欧盟直接生产向第三国出口所吸收的 中间品出口 DVA_INTRE_{cu} (3)+(4)+(5)	中国	第三国
返回并被本国吸收的中国国内 增加值 RDV_{cu}	(6)+(7)+(8)	中国	中国
国外增加值 FVA_{cu}	出口隐含的欧盟增加值 MVA_{cu} (11)+(12)	欧盟	欧盟
	出口隐含的第三国增加值 OVA_{cu} (14)+(15)	第三国	欧盟
纯重复计算部分 PDC_{cu}	来自国内账户的纯重复计算 DDC_{cu} (9)+(10)	—	—
	来自国外账户的纯重复计算 FDC_{cu} (13)+(16)	—	—

表2 基于总贸易核算法的中欧贸易隐含碳责任划分

责任划分	具体内容	计算公式
生产者责任	中国生产碳	$f_c L_{cc}(DVA_{cu} + RDV_{cu} + MVA_{uc})$
	欧盟生产碳	$f_u L_{uu}(DVA_{uc} + RDV_{uc} + MVA_{cu})$
	第三国家生产碳	$f_t L_{tt}(OVA_{cu} + OVA_{uc})$
消费者责任	中国消费碳	$f_u L_{uu}(FIN_{uc} + INT_{uc}) + f_c L_{cc}(MVA_{uc} + RDV_{cu}) + f_t L_{tt}OVA_{uc}$
	欧盟消费碳	$f_c L_{cc}(FIN_{cu} + INT_{cu}) + f_u L_{uu}(MVA_{cu} + RDV_{uc}) + f_t L_{tt}OVA_{cu}$
	第三国家消费碳	$f_c L_{cc}DVA_{INTRE_{cu}} + f_u L_{uu}DVA_{INTRE_{uc}}$

限于进口国、出口国,第三国的碳排放责任既存在生产责任也存在消费责任。以中国生产碳测算公式为例, $f_c L_{cc}DVA_{cu}$ 为被他国吸收的中国国内增加值产生的碳排放,此时碳生产国为中国,消费国为欧盟、第三国; $f_c L_{cc}RDV_{cu}$ 为返回并最终被中国吸收的增加值产生的碳排放,此时碳排放生产、消费国都是中国; $f_c L_{cc}MVA_{uc}$ 为欧盟对中国出口中隐含的中国增加值产生的碳排放,此时碳排放的生产、消费国都是中国^⑤。

(二) 全球价值链参与度测算模型构建

GVC 参与度指数,能够反映一个国家或行业在全球价值链中的深度,可以用来解释一个国家或行业在价值链生产中与上下游产业的联系^[21]。早期,学者们使用“垂直专业化指数”(Vertical specialization index, VSS)来测算一国参与全球价值链的程度,但是 VSS 指数并没有划分产品的中间和最终用途,因此存在重复计算问题,对 GVC 的测量存在一定偏差。Wang 等^[9]基于国民核算体系对生产活动进行分解,根据嵌入因素是否进行跨国生产以及增加值来源对生产活动进行划分,进一步构建 GVC 生产长度指数,更加全面地分析了一国或行业在全球价值链中的深度。

借鉴 Wang 等^[9]的测算方法,一个国家或行业对 GDP 产生的增加值可以按其去向分解为:

$$Va' = \hat{V}BY = \hat{V}LY^D + \hat{V}LY^F + \hat{V}LA^F LY^D + \hat{V}LA^F (BY - LY^D) \quad (3)$$

(a)Y_D (b)Y_{RT} (c1)Y_{GVC_S} (c2)Y_{GVC_C}

其中, Y^D 为供国内消费的最终产品和服务的行向量, Y^F 为最终产品出口的行向量, A^F 为进口输入系数的对角矩阵, B 为经典里昂惕夫逆矩阵, L 为局部里昂惕夫逆矩阵, $\hat{V}$ 为增加值系数的对角

矩阵。

在式(3)中,(a)和(b)的增加值不涉及跨国生产活动,分别满足国内外需求。(c)部分要素的增加值体现在中间产品贸易中,可以进一步分解为两类。(c1)部分是一国部门的中间出口所体现的国内附加值,即被直接进口商吸收的中间产品的增加值,由于跨境生产活动只在直接进口国内部进行,没有再进一步地跨境,跨国界生产只有一次,因此被称为“简单的全球价值链活动”。(c2)部分是一个国家部门的国内要素含量,增加值体现在该国的中间出口被直接进口国用于为其他国家生产出口产品的过程中,中间品至少两次跨境生产以满足国内外最终需求,是复杂的全球价值链活动。

同理,国家部门的最终产品需求也可以按增加值的来源分解为:

$$Y' = VB\hat{Y} = \underset{(a)Y_D}{VL\hat{Y}^D} + \underset{(b)Y_{RT}}{VL\hat{Y}^F} + \underset{(c1)Y_{GVC_S}}{VLA^F LY^D} + \underset{(c2)Y_{GVC_C}}{VLA^F (B\hat{Y} - LY^D)} \quad (4)$$

式(4)右边第一项表示在不涉及国际贸易的情况下,由本国生产并被国内最终需求吸收的增加值,记为 Y_D 。第二项为最终产品出口的国内增加值,记为 Y_{RT} ,它们都是国内生产活动。同样地,方程中的第三项(c1)是对简单 GVC 活动的度量, Y_{GVC_S} 为一国部门直接从伙伴国进口产品用于国内消费的国外附加值。 Y_{GVC_C} 是返回本国的国内外增加值,体现在本国用于生产国内使用或出口的最终产品的中间品进口中,由于包含第三国的间接贸易,所以是复杂的 GVC 活动。

通过式(3)和(4),我们可以确定一个国家部门参与全球价值链活动的深度。根据分解内容,定

义基于简单嵌入模式的 GVC 参与度指数为:

$$gvc_{simple} = \frac{V - GVC - S}{Va'} + \frac{Y - GVC - S}{Y'} \quad (5)$$

同样地, 基于复杂嵌入模式的 GVC 参与度指数为:

$$gvc_{complex} = \frac{V - GVC - C}{Va'} + \frac{Y - GVC - C}{Y'} \quad (6)$$

从而, 一个国家或行业的 GVC 参与度为^⑥:

$$gvc = gvc_{simple} + gvc_{complex} \quad (7)$$

全球价值链参与度可以根据跨境生产次数划分为简单 GVC 参与度和复杂 GVC 参与度, 简单嵌入模式由于跨境生产仅有一次, 隐含的国外增加值大多源自发展中国家, 往往以加工组装等低附加值低技术含量高资源消耗的生产为主, 而产生的碳排放也较高; 而复杂嵌入模式下, 生产的跨境次数增多, 同时国外增加值大多来自发达国家, 生产以研发、设计等高附加值高技术含量低资源消耗的环节为主, 企业从中获取的“进口中学”和技术外溢效应更多, 有利于减排^[22]。也可以根据不同嵌入链接进一步划分为前向 GVC 参与度和后向 GVC 参与度, 一般情况下, 当前向 GVC 参与度高于后向时, 表示该国或行业更加积极地参与价值链上游活动^[9]。

制造业全球价值链参与度对中欧贸易隐含碳的影响方向取决于以哪种嵌入方式为主, 如果是通过复杂模式嵌入提升 GVC 参与度, 则参与价值链获取的经验技术更多, 碳排放可能会降低; 如果以简单嵌入为主, 则依然是通过低附加值环节嵌入价值链, 随着参与度的提升, 贸易规模可能会扩大, 从而资源消耗更多, 产生的碳排放也更多。具体的作用方向, 将在下文实证中检验。

(三) GVC 参与度与中欧制造业贸易隐含碳计量模型的构建

为了考察制造业 GVC 参与度对中国生产碳以及中欧贸易隐含碳的影响, 我们构建如下计量模型:

$$\ln CS_{it} = \alpha_0 + \beta_1 gvc_{it} + \beta_2 \ln TE_{it} + \beta_3 \ln ST_{it} + \beta_4 \ln ES_{it} + \mu_{it} \quad (8)$$

考虑到不同嵌入方式的 GVC 参与度指数带来的影响, 本文根据 GVC 参与度的划分, 构建

计量模型如下:

$$\ln CS_{it} = \alpha_0 + \beta_1 gvc_{simple_{it}} + \beta_2 gvc_{complex_{it}} + X + \mu_{it} \quad (9)$$

其中, CS_{it} 表示中国生产碳或中欧贸易隐含碳; 下标 i 表示中国制造业的行业; t 表年份; β 为回归系数; gvc 为中国制造业 GVC 参与度指数; gvc_{simple} 为基于简单嵌入的中国制造业 GVC 参与度; $gvc_{complex}$ 为中国制造业复杂 GVC 参与度; μ_{it} 为误差项。为了保证回归质量, 加入控制变量 X , TE 表示技术效应, ST 表示结构效应, ES 表示规模效应。

(四) 数据来源及说明

本文数据来源于世界投入产出数据库、国际能源机构(International Energy Agency, IEA)统计数据库。由于世界投入产出数据库是由欧盟资助开发的, 因此对欧盟各国的投入产出数据都较详细, 制造业投入产出数据及碳排放数据均来自 WIOD(2013 版), 由于 WIOD 的环境卫星账户仅更新到 2009 年, 本文结合 IEA 数据库中的 CO_2 排放数据, 计算其他年份碳排放系数。

控制变量中的规模效应(ES)使用中国对欧盟的总出口表示, 结构效应(ST)使用中国对欧盟出口的最终品与中间品的比例表示, 技术效应(TE)使用中国制造业各行业的完全碳排放系数表示。以上各变量均通过 WIOD(2013 版)投入产出表整理计算而得, 完全碳排放系数等于直接碳排放系数乘国内里昂惕夫逆矩阵。

本文选取 WIOD(2013 版)35 个部门中最具代表性的 14 个制造业部门(C3—C16)作为研究对象, 并参照尹伟华^[23]将各部门按照技术含量的高低, 划分为低技术、中技术和高技术三类, 如表 3 所示。

三、结果分析

(一) 测算结果分析

1. 贸易分解结果分析^⑦

根据式(1)对中欧双边贸易进行分解, 计算结果如表 4 所示。

分解结果显示, 中国和欧盟的制造业出口增

表3 行业代码及技术类型分类

行业代码	名称	技术类型	行业代码	名称	技术类型
C3	食品饮料烟草业	低技术	C10	橡胶及塑料制品	中技术
C4	纺织业	低技术	C11	其他非金属矿制品	中技术
C5	皮革制品及制鞋业	低技术	C12	基本金属制品	中技术
C6	木材及其制品	低技术	C13	机械、电气制造业	高技术
C7	造纸、印刷出版业	低技术	C14	光电设备制造业	高技术
C8	焦炭、石油及其制品	中技术	C15	运输设备制造业	高技术
C9	化学及其制品	中技术	C16	其他制造业与回收	低技术

表4 2000—2011年中欧制造业双边贸易分解结果(百亿美元)

分解内容		<i>E</i>	<i>DVA</i>	<i>DVA_FIN</i>	<i>DVA_INT</i>	<i>DVA_INTREX</i>	<i>RDV</i>	<i>MVA</i>	<i>OVA</i>	<i>PDC</i>
中对欧出口	价值	206.8	152.9	84.7	32.0	36.2	1.9	0.9	35.7	15.4
	占比	100.0	73.9	40.9	15.4	17.5	0.9	0.4	17.2	7.4
欧对中出口	价值	135.6	92.9	39.0	36.7	17.2	0.6	2.1	31.0	9.0
	占比	100.0	68.5	28.7	27.1	12.6	0.4	1.5	22.8	6.6

加值结构存在明显差异。首先,在制造业出口总额中,中国被他国吸收的国内增加值(*DVA*)占比高于欧盟。其次,虽然两国的*DVA*比例都较高,但在中国出口*DVA*中,最终出口的国内增加值(*DVA_FIN*)占比远高于其他两项,而在欧盟制造业出口*DVA*中,被进口国直接吸收的中间出口占比(*DVA_INT*)和最终品国内增值(*DVA_FIN*)的占比相差无几。这种增加值结构的差异在一定程度上反映了中国和欧盟在全球价值链中所处位置的差异,与欧盟相比,中国制造业在双边贸易中以进口中间品加工和出口最终品生产为主,在全球价值链中处于相对下游的位置。

此外,在中国对欧盟的制造业出口中,来自欧盟、中国、第三国的增加值占比分别为0.4%、75.8%和17.2%,增加值主要来源于国内生产,生产的增加值绝大部分被欧盟吸收(高达73.9%),仅有0.9%被本国吸收。根据增加值分解,可以将双边制造业贸易隐含碳排放进行基于生产者责任和消费者责任的划分。

2. 隐含碳总量分析

根据式(2),本文计算了2000—2011各年中欧制造业贸易隐含碳排放总量,结果如表5所示。

2000—2011年,中欧制造业双边贸易共产生碳排放1106.75百万吨,其中中国出口隐含碳排

表5 2000—2011年中欧制造业贸易隐含碳排放情况

年份	中国对欧盟 出口隐含碳		欧盟对中国 出口隐含碳		中欧贸易 隐含碳
	排放量	占比	排放量	占比	排放量
	(Mt)	(%)	(Mt)	(%)	(Mt)
2000	48.00	80.13	11.90	19.86	59.90
2001	43.26	77.47	12.58	22.52	55.84
2002	40.87	74.97	13.64	25.02	54.51
2003	53.51	77.11	15.88	22.88	69.39
2004	64.13	80.96	15.08	19.03	79.21
2005	73.13	81.61	16.47	18.38	89.60
2006	83.48	82.93	17.18	17.06	100.66
2007	99.31	85.50	16.84	14.49	116.15
2008	102.44	84.57	18.69	15.42	121.13
2009	117.11	86.60	18.12	13.39	135.23
2010	84.98	80.26	20.89	19.73	105.87
2011	95.39	79.98	23.87	20.01	119.26
总计	905.61	81.82	201.14	18.17	1106.75

注:单位“Mt”表“百万吨”,下同

放总量为905.61百万吨,欧盟出口隐含碳总量为201.14百万吨,中国出口隐含碳排放量远高于欧盟(前者考察期内的碳排放总量约为后者的4.5倍)。从碳排放增长幅度来看,相较于2000年,中国2011年的出口碳排放量为95.39百万吨,增

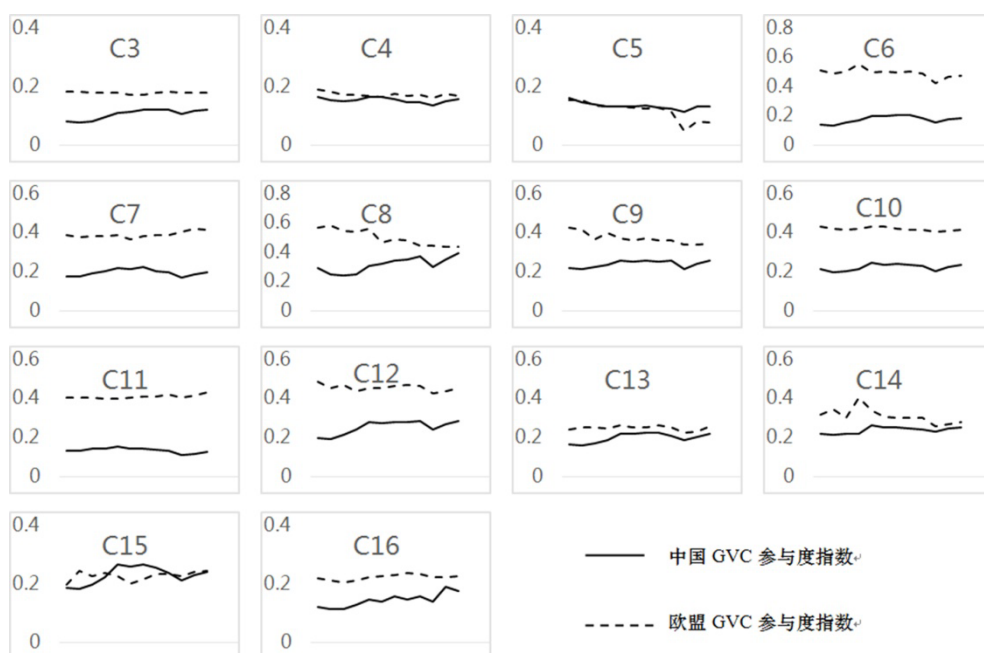


图3 2000—2011年基于简单嵌入模式的中欧制造业GVC参与度指数

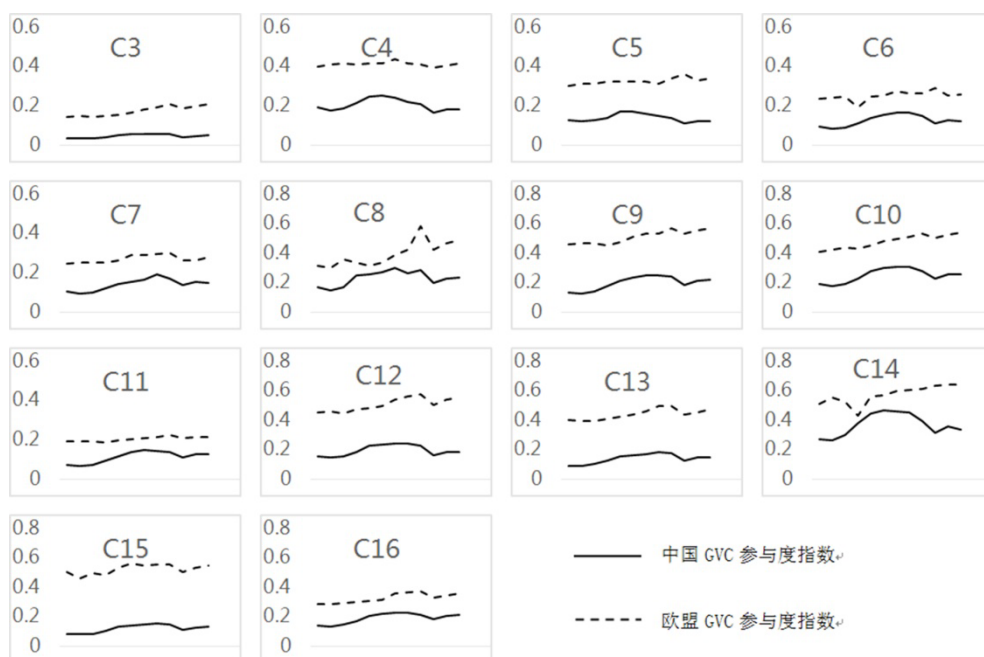


图4 2000—2011年基于复杂嵌入模式的中欧制造业GVC参与度指数

欧盟制造业参与价值链的程度较中国深,同价值链中其他产业的联系也更紧密,从而处于中国制造业上游位置。进一步考虑不同的嵌入方式,可以发现,中国制造业GVC参与度与欧盟的差距主要来源于复杂嵌入模式,如中国机械、电气制造业(代码C13)的简单GVC参与度和欧盟相差无几,但是复杂的GVC参与度与欧盟差距明显。

就简单GVC参与度而言,中国制造业与欧盟的差距主要集中在中技术行业,对比两国复杂GVC参与度,发现无论是哪种技术含量的中国制造行业,复杂GVC参与度均低于同期的欧盟,且中高技术制造行业的差距更大。

(二) 实证结果分析

1. GVC参与度对贸易隐含碳的影响

本文根据 LM 和 Hausman 检验结果, 选择最有效的回归模型。LM 检验结果显示, 固定效应模型总是优于 OLS 模型。Hausman 结果显示, 表 7 中除第三列外均使用固定效应模型。

模型的回归结果(1)(3)显示, GVC 参与度对中国制造业生产碳以及中欧制造业贸易隐含碳的影响都是负向的, 并且在 1%的水平上显著, 提高 GVC 参与度能够显著减低隐含碳排放, 相较于双边贸易隐含碳, GVC 参与度的提高对降低中国生产碳的作用更大。此外, 模型加入的控制变量系数均为正, 且除结构效应外都高度显著。随着贸易规模的扩大, 隐含碳排放也在增加。

考虑到不同嵌入模式的 GVC 参与度, 回归结果(2)(4)显示, 不管是简单的 GVC 嵌入还是复杂的 GVC 嵌入, 对中国生产碳的影响都是负向, 且都在 1%的水平上显著。根据回归结果可以发现, 虽然单次和多次跨境生产推动的 GVC 参与度上升都能显著降低中国生产碳排放, 但简单的 GVC 嵌入模式对中国制造业生产碳的减排作用更有效。对于中欧双边贸易隐含碳而言, 简单的嵌入模式使得隐含碳排放上升, 而复杂的嵌入模式能有效减少碳排放。简单嵌入模式对两者造成不同影响的原因可能是, 由于中国制造业全球价值链参与度处于下游, 因此就目前而言无论是哪种嵌入模式, 只要能提高 GVC 参与度, 对降低中国生产碳排放都是有益的。而中欧贸易隐含碳就生产角度而言, 是由中国、欧盟以及其他国家生产碳这三者组成, 简单的嵌入模式虽然降低了

中国生产碳, 但对于其他生产碳的影响可能是正向的, 从而导致对于整体中欧贸易隐含碳的影响也为正向。而且对于处于全球价值链上游的国家而言, 单次跨境生产所带来的国外增加值大多源自加工贸易, 所包含的技术知识较少, 简单的加工贸易所带来的碳排放相对更多。

2. 稳健性检验

本文采取改变核心解释变量测算方法来考察回归结果的稳定性。前文的 GVC 参与度测算均使用国家行业部门的增加值分解作为分母, 参考 Koopman 等^[14]的方法, 使用一国总出口作为分母重新测算 GVC 参与度。表 8 为改变测算方法下的回归结果。

从表 8 中回归结果(1)(3)可以看出, GVC 参与度的提升能显著降低中国制造业生产碳及中欧制造业双边贸易隐含碳排放, 相较于后者, GVC 参与度对前者降低碳排放的效果更好。考虑到嵌入方式, 无论是哪种嵌入方式对中国生产碳都是负相关, 简单嵌入模式带来的 GVC 参与度提升会增加中欧双边贸易隐含碳排放。与前文得到的结论一致。

3. 技术异质性分析

前文的分析都是基于制造业整体, 没有考虑制造业各行业之间的技术异质性。为了进一步考察 GVC 参与度对中国生产碳的具体影响, 本文分别对低、中、高三种不同技术含量的制造业进行检验。固定效应模型回归结果如表 9 所示。

根据表 9 中回归结果(1)(2)(3), 与前文结论

表 7 回归结果

变量	以中国生产碳为因变量		以中欧贸易隐含碳为因变量	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>gvcp</i>	-0.776*** (0.029)		-0.411*** (0.104)	
<i>gvcp_simple</i>		-0.992*** (0.072)		0.455* (0.254)
<i>gvcp_complex</i>		-0.652*** (0.047)		-0.900*** (0.166)
<i>lnTE</i>	1.003*** (0.003)	1.022*** (0.003)	0.812*** (0.013)	0.815*** (0.013)
<i>lnES</i>	1.016*** (0.002)	1.016*** (0.002)	0.866*** (0.010)	0.870*** (0.009)
<i>lnST</i>	0.012*** (0.006)	0.010*** (0.006)	0.060*** (0.023)	0.067*** (0.022)
<i>Obs</i>	168	168	168	168
<i>R</i> ²	0.99	0.99		0.98

注: *, **, ***分别表示在 10%、5%、1%显著性水平上显著, 括号内为标准误, 下同

表 8 稳健性检验

变量	以中国生产碳为因变量		以中欧贸易隐含碳为因变量	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>gvcp</i>	-1.619*** (0.153)		-1.232*** (0.304)	
<i>gvcp_simple</i>		-1.327*** (0.416)		0.169 (0.821)
<i>gvcp_complex</i>		-1.831*** (0.266)		-2.020*** (0.525)
<i>Obs</i>	156	156	156	156
<i>R</i> ²	0.99	0.99	0.98	0.98

注：在实证分析中，还考虑到了控制变量的影响，限于篇幅，未全部展示

表 9 不同技术含量行业检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	低技术	中技术	高技术	低技术	中技术	高技术
<i>gvcp</i>	-0.545*** (0.039)-0.780*** (0.045)-0.934*** (0.039)					
<i>gvcp_simple</i>				-0.347*** (0.099)	-1.231*** (0.083)	-1.186*** (0.110)
<i>gvcp_complex</i>				-0.655*** (0.063)	-0.436*** (0.067)	-0.851** (0.049)
<i>Obs</i>	72	60	36	72	60	36
<i>R</i> ²	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.99

一致，GVC 参与度与制造业中国生产碳仍然呈负相关，但是随着行业技术含量的提升，GVC 参与度对中国生产碳的影响也不断扩大。全球价值链每提高 1 个标准差，低技术行业碳排放会相应减少 0.54%，中技术行业碳排放会减少 0.78%，而高技术行业会减少 0.93%，约为低技术行业的两倍。不同的嵌入方式，对低、中、高技术制造业也产生了不同影响。对于低技术行业而言，复杂的嵌入方式带来的减排效果要好于简单嵌入，而对于中、高技术行业而言，简单嵌入方式要优于复杂嵌入方式。而且通过前面的测算，中国约有 85%的制造业生产碳都集中在中、高技术行业，这也解释了前文提到的为什么简单的单次跨境嵌入方式对于降低中国制造业生产碳的效果更显著。无论是哪种嵌入方式，从整体效果来看，提升 GVC 参与度对高技术行业减排更有效。

四、结论和启示

本文通过对 2000—2011 年中欧制造业数据考察结果表明，欧盟制造业的出口增加值结构明

显优于中国，由此反映出欧盟在全球价值链中位于中国上游；考察期内，中欧制造业贸易隐含碳排放量不断增加，中国出口隐含碳排放量及占比均远高于欧盟出口隐含碳，除此之外，中欧贸易隐含碳呈现行业集中的特点，中技术制造业是碳排放的主要来源；基于生产者角度中国生产了中欧制造业贸易的绝大部分碳，而基于消费者角度欧盟消费了超半数的中欧制造业贸易隐含碳，因此单一地从生产者角度划分碳排放责任有失公平；对中国和欧盟制造业 GVC 参与度的测算结果显示，欧盟制造业整体 GVC 参与度远高于中国，中国制造业全球价值链参与度超过 0.5 的部门仅有焦炭石油制品业(代码 C8)和光电设备制造业(代码 C14)，而欧盟却有 85%制造部门的 GVC 参与度超过 0.5；考虑到不同嵌入方式的 GVC 参与度，虽然在某些行业，中国在简单嵌入模式中的 GVC 参与度与欧盟相差不大甚至高于欧盟(如行业 C4、C5、C13、C14、C15)，但在复杂嵌入模式中，欧盟 GVC 参与度都要高于中国，其中差距最大的行业为运输设备制造业(行业代码 C15)，欧盟 C15 行业在复杂嵌入下的 GVC 参

与度每年维持在 0.5 左右,而同期中国不足 0.15。

实证结果表明,中国制造业 GVC 参与度的提升能显著降低中国生产碳和中欧贸易隐含碳排放,同时出口规模与两者呈正相关,随着中国对欧盟出口规模的扩大,中国生产碳也在增加。不同嵌入方式的 GVC 参与度对两者产生了不同影响,基于简单和复杂模式的 GVC 提升都能降低中国生产碳排放,但对于中欧贸易隐含碳而言,简单模式的 GVC 参与度提升会导致碳排放增加。同时,GVC 参与度对于不同技术含量行业的影响也是不同的,GVC 参与度对降低中国技术密集型行业碳排放的效果更好,不同嵌入方式的 GVC 对不同技术类型的行业影响也存在差异。

本文的政策启示主要有以下三点:(1)中国制造业 GVC 参与度的提升,可以显著降低中国生产碳和中欧贸易隐含碳排放,因此中国应积极参与全球价值链,充分利用“一带一路”等机会,扩大与周边发展中国家的贸易,努力提高制造业 GVC 参与度。(2)GVC 参与度对技术密集型制造行业的减排效果更明显且中国制造业 GVC 参与度落后欧盟较多,中国可以加强与欧盟在中、高技术制造行业的合作,向欧盟寻求技术支持指导,在合作中学习,不断优化本国制造业出口结构,同时加大研发力度,鼓励并帮助国内中高技术制造业发展与出口。(3)加强技术创新成果运用,在提升能源利用效率的同时优化能源结构,扩大节能环保及清洁能源产业规模,鼓励各行业使用清洁可再生资源代替传统煤炭石油资源,增加制造业贸易中的高附加值低资源消耗生产环节,从而不断提升 GVC 复杂嵌入参与度,避免持续锁定在价值链低端环节,逐步向价值链上游转移,降低中欧贸易总碳排放。

注释:

- ① 传统的贸易统计以每个过境点的货物总值为标准,而不是过境点间的净增加值,在中间品贸易比重不断扩大的现实情况下,存在重复统计,即“统计幻像”问题。
- ② $VAX = \text{增加值} / \text{出口总额}$ 。
- ③ 由于目前能获得的各国各行业中间品、最终品的碳排放详细数据仅到 2011 年,所以选取 2000—2011 年的数据。

- ④ 本文所提及的“第三国”表示世界投入产出表(2013 版)中除中国、欧盟各成员国以外的国家;欧盟成员国为 27 个,无克罗地亚。
- ⑤ 在中国生产碳测算公式中,前两项均为中国对欧盟出口中的中国生产碳,最后一项为欧盟对中国出口中的中国生产碳。
- ⑥ 全球价值链参与度的取值范围为[0,1],数值越大,则越接近价值链上游。
- ⑦ 为简化分析,本文将“中国对欧盟制造业出口”简称为“中国出口”,“欧盟对中国制造业出口”简称为“欧盟出口”,“中欧制造业双边贸易隐含碳”简称为“中欧贸易隐含碳”。

参考文献:

- [1] LI Huimin, QI Ye. Carbon embodied in international trade of china and its emission responsibility[J]. Chinese Journal of Population Resources and Environment, 2010, 8(2): 24-31.
- [2] NING Yadong, DING Tao, LI Xian. Character of China embodied carbon emissions within the trade[J]. Smart Science, 2015, 3(2): 108-116.
- [3] 江洪. 金砖国家对外贸易隐含碳的测算与比较——基于投入产出模型和结构分解的实证分析[J]. 资源科学, 2016, 38(12): 2326-2337.
JIANG Hong. Implied carbon in trade between BRIC countries based on input-output modeling and structural decomposition[J]. Resources Science, 2016, 38(12): 2326-2337.
- [4] SHUI B, HARRISS R C. The role of CO₂ embodiment in US-China trade[J]. Energy policy, 2006, 34(18): 4063-4068.
- [5] LI Y, HEWITT C N. The effect of trade between China and the UK on national and global carbon dioxide emissions[J]. Energy Policy, 2008, 36(6): 1907-1914.
- [6] HE Jie, FU Jingyan. Carbon leakage in China's manufacturing trade: An empirical analysis based on the carbon embodied in trade[J]. The Journal of International Trade & Economic Development, 2014, 23(3): 329-360.
- [7] 陈红蕾, 翟婷婷. 中澳贸易隐含碳排放的测算及失衡度分析[J]. 国际经贸探索, 2013, 29(7): 61-69.
CHEN Honglei, ZHAI Tingting. Analysis of embodied CO₂ emissions and unbalanced degree in Sino-Australian trade[J]. International Economics and Trade Research, 2013, 29(7): 61-69.
- [8] 陈楠, 刘学敏, 长谷部勇一. 中日产业转移及贸易隐含碳的影响因素——基于垂直专业化分工的研究视角[J].

- 科技管理研究, 2016, 36(15): 236–241, 246.
- CHEN Nan, LIU Xuemin, YUICHI Hasebe. Industry transfer and driving facts of trade embodied carbon in China-Japan: based on vertical specialization[J]. Science and Technology Management Research, 2016, 36(15): 236–241, 246.
- [9] WANG Z, WEI S J, YU X, et al. Characterizing global value chains: Production length and upstreamness[R]. NBER Working Paper, No23261, 2017.
- [10] 潘安. 全球价值链视角下的中美贸易隐含碳研究[J]. 统计研究, 2018, 35(1): 53–64.
- PAN an. Embodied carbon in China-US trade from perspective of global value chain[J]. Statistical Research, 2018, 35(1): 53–64.
- [11] 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.
- [12] KOOPMAN R, WANG Z, WEI S J. How much of Chinese exports is really made in China? Assessing domestic value-added when processing trade is pervasive[R]. National Bureau of Economic Research, 2008.
- [13] JOHNSON R C, NOGUERA G. Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value added[J]. Journal of international Economics, 2012, 86(2): 224–236.
- [14] KOOPMAN R, WANG Z, WEI S J. Tracing value-added and double counting in gross exports[J]. American Economic Review, 2014, 104(2): 459–94.
- [15] 王直, 魏尚进, 祝坤福. 总贸易核算法: 官方贸易统计与全球价值链的度量[J]. 中国社会科学, 2015(9): 108–127, 205–206.
- WANG Zhi, WEI Shangjin, ZHU Kunfu. Gross trade accounting method: Official trade statistics and measurement of the global chain[J]. Social Sciences in China, 2015(9): 108–127, 205–206.
- [16] MENG B, PETERS G P, WANG Z, et al. Tracing CO₂ emissions in global value chains[J]. Energy Economics, 2018, 73(6): 24–42.
- [17] de VRIES G J, FERRARINI B. What accounts for the growth of carbon dioxide emissions in advanced and emerging economies? The role of consumption, technology and global supply chain participation[J]. Ecological economics, 2017, 132(7): 213–223.
- [18] 刘会政, 宗喆, 李国正. 嵌入全球价值链对出口贸易碳排放的影响——基于中国制造业行业层面数据的实证研究[J]. 广西社会科学, 2018(7): 90–96.
- LIU Huizheng, ZONG Zhe, LI Guozheng. The impact of embedding global value chains on export trade carbon emissions: An empirical study based on China's manufacturing industry level data[J]. Social Sciences in Guangxi, 2018(7): 90–96.
- [19] 吕延方, 崔兴华, 王冬. 全球价值链参与度与贸易隐含碳[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(2): 45–65.
- LV Yanfang, CUI Xinghua, WANG Dong. GVC participation and carbon embodied in international trade: Nonlinear analysis based on GMRIO and PSTR model[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2019, 36(2): 45–65.
- [20] 张云, 唐海燕. 中国贸易隐含碳排放与责任分担: 产业链视角下实例测算[J]. 国际贸易问题, 2015(4): 148–156.
- ZHANG Yun, TANG Haiyan. Research on China's CO₂ emissions embodied in trading and responsibility sharing: An example measurement from perspective of industrial chain[J]. Journal of International Trade, 2015(4): 148–156.
- [21] 田建国, 庄贵阳, 陈楠. 全球价值链分工对中日制造业贸易隐含碳的影响[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2019, 19(2): 71–84.
- TIAN Jianguo, ZHUANG Guiyang, CHEN Nan. Influence of global value chain division on the implied carbon of manufacturing trade between china and japan[J]. Journal of China University of Geosciences(Social Sciences Edition), 2019, 19(2): 71–84.
- [22] 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.
- XIE Huiqiang, HUANG Lingyun, LIU Dongdong. Does GVC participation increase chinese manufacturing's carbon productivity[J]. Journal of International Trade, 2018(12): 109–121.
- [23] 尹伟华. 中日制造业参与全球价值链分工模式及地位分析——基于世界投入产出表[J]. 经济理论与经济管理, 2016(5): 100–112.
- YIN Weihua. The participation mode and position in global value chains of china and japan's manufacturing industry: Based on world Input-output tables[J]. Economic Theory and Business Management, 2016(5): 100–112.

On the embodied carbon in China-EU manufacturing trade under global value chain

LAN Tian, XIA Xiaoyan

(Research Institute for Indian Ocean Economies,
Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650032, China)

Abstract: In order to avoid the duplication of statistics traditional trade caused by intermediate goods crossing borders repeatedly, the present study, by selecting 14 China-Europe manufacturing data from 2000 to 2011 and exploiting the gross trade accounting method based on value-added decomposition, calculated the embodied carbon in China-EU manufacturing trade. and took empirical investigation into the effect of GVC participation on the embodied carbon in China-EU trade and that produced by China. The results show that the embodied carbon in China-EU manufacturing trade mainly comes from China's export and it is concentrated in medium and low-technology manufacturing, and that under the consumer responsibility based on value-added decomposition, EU should take major responsibility for the embodied carbon emissions, while the third country should take the secondary responsibility for emission reduction. Results also show that the increase of complex GVC participation index of China's manufacturing industry can significantly reduce China's production-based carbon emissions (PCE) and the embodied carbon emission of China-Eu trade, while improvement of simple GVC participation will increase the carbon emissions of China-Eu trade and reduce the carbon emissions of China's PCE.

Key Words: China-EU manufacturing trade; global value chain participation; gross trade accounting method; the embodied carbon

[编辑: 谭晓萍]