

区域价值链嵌入有利于降低我国境内增加值碳排放成本吗

—基于制造业数据实证分析

常 冉 杨来科 钱志权

摘要：当今国际分工模式下全球价值链呈现更多区域化特征，积极嵌入区域性价值链成为各经济体破解低端锁定局势的重要手段。本文构建了区域价值链的简单嵌入度和复杂嵌入度指标，且推导出增加值境内碳排放成本测算方法。研究了2000—2014年中国制造业对欧盟、北美、东亚、金砖四大区域的嵌入度对境内增加值碳排放成本的影响，结论如下：（1）提升区域价值链简单嵌入度增加了中国制造业增加值境内碳排放成本，尤其中国嵌入欧盟、东亚地区以资源型高碳型行业为主，其影响效应更为显著。（2）提升区域价值链复杂嵌入度，利于降低中国境内增加值碳排放成本，但金砖地区例外。（3）四大区域价值链嵌入度对制造业增加值境内碳排放成本的影响具有行业异质性。提升高技术制造业区域价值链嵌入度均利于降低境内碳排放成本；低技术制造业只有提升其复杂嵌入度水平才能降低成本实现制造业绿色转型。

关键词：区域价值链；简单嵌入度；复杂嵌入度；增加值碳排放成本

[中图分类号] F742 [文献标识码] A [文章编号] 1002-4670 (2020) 05-0117-15

引 言

当今全球价值链（Global Value Chain, GVC）分工已成为各国参与国际贸易的主要模式，在全球价值链概念基础上，Baldwin（2012）^[1]提出了区域价值链概念（Regional Value Chain, RVC），并指出跨国产品各价值创造环节的全球化特征并不明显，更多的呈现出区域化特征。因此，研究一国嵌入区域价值链（RVC）的特征比研究其嵌入全球价值链的特征更有意义。Ricard和Patricia（2018）^[2]明确划分

[收稿日期] 2019-05-14

[基金项目] 国家社会科学基金重点项目“全球价值链嵌入、贸易隐含碳与中国的减排潜力及政策模拟”（16AGJ002）。

[作者信息] 常冉：华东师范大学经济与管理学部讲师，博士研究生 200062 电子信箱 rchang@sfs.ecnu.edu.cn；杨来科：华东师范大学经济与管理学部教授；钱志权：浙江农林大学经济管理学院副教授。

了世界区域价值链,研究指出,20世纪80年代全球生产链中确立了北美地区、欧盟地区及东亚地区的三大区域性价值链。同时,区域性的价值链组成依据不仅包括地理位置和贸易协定,还包括相近的经济发展水平和消费模式(Backer et al., 2018)^[3],因此同为新兴经济体的金砖国家区域价值链成为全球价值链重要组成。2014年中国制造业出口贸易国外增加值为2806.6亿美元,其中增加值来源占比最多的贸易区域为:东亚地区占比26%;欧盟地区占比11.2%;北美地区占比9.6%;金砖地区占比7.1%。^①中国制造业增加值大多产生于区域性价值链中,形成嵌入“北美RVC、欧盟RVC、东亚RVC、金砖RVC”四大区域价值链为主的贸易格局。

在实现“十三五”碳减排目标的背景下,中国对四大区域嵌入方式和嵌入程度不同,相应的境内增加值碳排放是否会产生不同程度的影响?不同技术水平的制造业是否存在行业异质性?本文通过讨论中国制造业的四大区域价值链的嵌入方式和嵌入程度,研究其对境内碳排放成本的影响。以上问题解决对于提升我国区域价值链地位和制造业的低碳转型升级具有重要意义。

一、文献综述

目前,关于全球价值链嵌入及其环境效应问题的研究,国内外学术界主要从三个方面展开:

1. 基于全球价值链视角下的碳排放测度研究

传统关于贸易隐含碳的研究并未引入贸易增加值核算法。随着全球价值链理论框架的逐步完善,多区域投入产出模型(MRIO)成为当前测算贸易隐含碳的主流方法,该模型根据各国各部门的投入产出关系分析出生产某一产品导致的全球碳排放(Koopman et al., 2010^[4];赵玉焕和刘娅,2015^[5])。上述研究的缺陷在于无法实现对贸易隐含碳的来源地、排放地和贸易渠道的区分。故而,Meng等(2018)^[6]将总贸易核算法引入贸易隐含碳测算研究中,构建了一个全面的碳排放核算体系,以追溯和测度在全球价值链中不同国家不同部门的碳排放水平,该碳排放结构分解模型为测算碳排放成本提供理论依据。

2. 全球及区域价值链嵌入度的衡量研究

价值链嵌入度研究主要从两个不同视角切入。一方面,从贸易增加值视角测度价值链嵌入。Hummels等(2001)^[7]最早提出垂直专业化分工指数(VSS)来表示一国嵌入价值链程度。Koopman Robert、王直和魏尚进等在此基础上提出了能够全面分解出口贸易流向及来源的KPWW和WWZ分解法,并对一国价值链分工地位和嵌入程度进行衡量(Koopman et al., 2012^[8];2014^[9];Wang et al., 2013^[10])。以上提出的方法都是通过分析一国出口贸易增加值的构成来评估价值链的嵌入度。另一方面,从生产链长度视角测度价值链嵌入。Fally(2011^[11],2012^[12])提出贸易产品生产长度的概念,构建了衡量产品价值链长度的统计指标。Antras等(2012^[13],2013^[14])构建上游度指标反映特定行业在价值链中所处位置高低,以弥补贸易增加值价值链地

^①利用R软件根据WIOD数据库计算得出。

位指数无法解释资源型国家高地位、低获利的悖论。直到 Wang 等, 2017a^[15], 2017b^[16]突破贸易增加值核算法, 从全球生产链视角出发, 研究一国不同类型贸易活动的生产长度所占比重, 重新构建全球价值链参与程度指数, 从而具体量化不同地区不同部门的价值链嵌入程度。根据以上理论, 董虹蔚和孔庆峰 (2018)^[17]初步探讨了金砖区域贸易竞争性互补性和我国国家价值链的区域特征。从生产链角度测算价值链参与度为构建区域型价值链嵌入度指标提供科学的量化方法。

3. 价值链分工与贸易碳排放的关系研究

这方面的前期研究基础来自于 Grossman 和 Krueger (1993)^[18]的研究。该研究发现环境污染和经济增长存在“倒 U 型”关系, 即环境库兹涅茨曲线, 曲线是由环境的规模效应、结构效应、技术效应之间不同程度的影响相互作用而形成, 之后这方面的实证文献大量涌现。李斌和彭星 (2013)^[19]通过空间计量法, 实证分析了中国制造业嵌入价值链环节对经济碳排放的影响, 研究发现嵌入全球价值链程度越高, 碳排放量增长越快。吕延方等 (2019)^[20]运用面板平滑转换模型研究并揭示了全球价值链参与度与贸易隐含碳之间的非线性关系。

综上, 现有文献存在三点有待拓展之处。首先, 关于区域价值链嵌入度的定义和量化方法还存在一定缺陷。已有区域价值链相关文献只研究某一合作区域内各地区间的贸易关系, 而并未测度一国嵌入整体区域贸易的程度。其次, 将一国贸易隐含碳排放总量作为环境效应的指标不够全面。在贸易隐含碳大量排放同时贸易增加值同步增加, 因此考虑单位贸易增加值的境内环境成本更客观。最后, 因碳排放系数数据来源的客观限制, 对分行业碳排放数据一般只更新 2009 年。

基于此, 本文试图在以下方面尝试突破。第一, 构建衡量一国嵌入区域价值链程度的指标。根据一国 GVC 生产活动中 RVC 生产活动所占的比重来反映一国嵌入某一区域价值链贸易的程度, 以期弥补现有衡量一国或部门参与价值链分工程度指标上的不足。第二, 基于“贸易增加值境内碳排放成本”的核心概念, 推导贸易增加值境内碳排放成本指标, 拓展现有贸易环境成本理论和测度方法。第三, 依据能源投入和碳排放产出等比例法将指标数据更新至 2014 年, 在区域和行业异质性基础上, 分析测算中国制造业四大区域价值链嵌入度对增加值境内碳排放成本的影响。

二、理论基础

(一) 理论模型

基于 Antweiler 等 (2001)^[21]构建的环境污染与供给模型, 本文引入了区域价值链嵌入度影响效应, 构造了融入区域价值链分工模式的碳排放成本分解模型。

基本假设: (1) 世界市场是只有两个国家的完全竞争开放经济体; (2) 市场中只生产两种最终产品 X 和 Y , X 和 Y 规模报酬不变, 只使用两种生产要素资本 K 和劳动 L , 产品 X 和 Y 的生产成本函数为 $C^f(K_X, L_X)$ 和 $C^f(K_Y, L_Y)$, 产品 X 和 Y 的价格为 P^X 和 P^Y ; (3) 只考虑碳排放效应而忽略其他环境效应; (4) X 产品的生产参与了区域价值链的分工, δ 代表区域价值链嵌入度, δ 越大说明出口国对此区域

性价值链的嵌入度越高。

假设经济中产品 X、Y 生产产量为： $X = f(K_X, L_X)$ $Y = g(K_Y, L_Y)$ (1)

其中， K_X 和 L_X 代表 X 产品的资本和劳动投入， K_Y 和 L_Y 代表 Y 产品的资本和劳动投入。

X 产品参与了区域价值链分工贸易，并且存在国内碳减排政策限制，则实际 X 产品生产量为：

$$X = (1 - t)f(K_X, L_X) \quad (2)$$

其中， t 代表产品 X 国内投入减排的占比。

生产 X 产品过程中碳排放量为： $C = \varphi(t)f(K_X, L_X)$ (3)

其中，碳排放函数 $\varphi(t)$ 是关于 t 的减函数，由于贸易规模的增加引致出口碳排放增加，但技术的进步将引致出口碳排放降低，设定其表达式为 $\varphi(t) = (1 - t)1/\beta/T$ ， $\varphi'(t) < 0$ ， $\varphi''(t) > 0$ ， $0 < \beta < 1$ ， T 代表生产技术水平。代入式(3)可得：

$$C = (1 - t)1/\beta f(K_X, L_X)/T \quad (4)$$

由式 (2) 和 (4) 可推导出产品 X 的生产量为：

$$X = (1 - t)f(K_X, L_X) = (TC)^\beta f(K_X, L_X)1 - \beta \quad (5)$$

当引入区域价值链嵌入度 δ 影响因素，X 产品过程中碳排放量为：

$$C = \varphi(t)f(K_X, L_X)\omega(\delta) = (1 - t)1/\beta\omega(\delta)f(K_X, L_X)/T \quad (6)$$

其中， $\omega(\delta)$ 表示区域价值链嵌入程度 δ 对碳排放的影响程度。

由式 (6) 推导出在嵌入区域价值链的情况下，X 产品产量为：

$$X = (1 - t)f(K_X, L_X) = (TC)^\beta f(K_X, L_X)1 - \beta\omega(\delta)^{-\beta} \quad (7)$$

TC 是考虑生产技术的出口碳排放，设 θ_1 是对 X 产品征收的碳税税率， θ_2 是对 X 产品征收的碳关税税率，忽略运输成本和贸易摩擦成本。根据企业成本最小化原则可得：

$$\begin{aligned} H = \min\{ & C^f(K_X, L_X)f(K_X, L_X) + (\theta_1 + \theta_2)TC\} \\ \text{s. t. } & (TC)^\beta f(K_X, L_X)1 - \beta\omega(\delta)^{-\beta} = 1 \end{aligned} \quad (8)$$

构建拉格朗日函数，分别对碳排放量 C 和产量 $f(K_X, L_X)$ 求导可得：

$$\begin{aligned} (\theta_1 + \theta_2)T = & -\beta\lambda T^\beta C^{\beta-1}f(K_X, L_X)1 - \beta\omega(\delta)^{-\beta} \\ C^f(K_X, L_X) = & -(1 - \beta)\lambda T^\beta C^\beta f(K_X, L_X) - \beta\omega(\delta)^{-\beta} \end{aligned} \quad (9)$$

其中， λ 是拉格朗日乘数，将 (9) 中两式相除可得：

$$\theta_1 + \theta_2/C^f(K_X, L_X) = \beta f(K_X, L_X)/(1 - \beta)TC \quad (10)$$

完全竞争市场中企业利润为 0，有 $P^X X - C^f(K_X, L_X)f(K_X, L_X) - (\theta_1 + \theta_2)TC = 0$ ，将式 (10) 带入可得：

$$X = (\theta_1 + \theta_2)TC/\beta P^X \quad (11)$$

将式 (11) 带入 (3)，则碳排放函数为：

$$\varphi(t) = C/X = \beta \cdot P^X / (\theta_1 + \theta_2) \cdot T \quad (12)$$

则式 (6) X 产品过程中碳排放量改写为：

$$C = \varphi(t)f(K_X, L_X)\omega(\delta) = M \cdot S \cdot \varphi(t) \cdot \omega(\delta) \quad (13)$$

其中, M 为规模效应, S 为结构效应, $M = P^X \cdot X + P^Y \cdot Y$, $S = P^X \cdot X / (P^X \cdot X + P^Y \cdot Y)$ 。

将式 (12) 代入式 (13), 可得增加值碳排放成本的效应分解模型为:

$$PV = \frac{C}{DVA} = M \cdot S \cdot \frac{\beta \cdot P^X}{(\theta_1 + \theta_2) \cdot T} \cdot \frac{\omega(\delta)}{DVA} \quad (14)$$

两边取对数可得:

$$\ln PV = \ln [\beta \cdot P^X / (\theta_1 + \theta_2) \cdot DVA] + \ln M + \ln S - \ln T + \ln \omega \quad (15)$$

其中, $\ln [\beta \cdot P^X / (\theta_1 + \theta_2) \cdot DVA]$ 为常数。

根据式 (15) 贸易增加值碳排放成本模型, 贸易增加值碳排放成本是由规模效应 $\ln M$ 、结构效应 $\ln S$ 、技术效应 $\ln T$ 、区域价值链效应 $\ln \omega$ 共同决定的, 以上模型构建为探求制造业的区域性价值链嵌入度与境内碳排放成本的关系提供了理论基础。

(二) 效应分析

1. 区域价值链效应

区域价值链效应是指出口国嵌入世界主要区域性价值链的不同方式和不同程度对碳排放成本的影响。当以一次跨境贸易活动为主要方式嵌入区域性价值链时, 出口国主要承接了加工组装等技术含量较低、能源消耗较大的环节, 会造成碳排放成本的增加。当以跨境两次以上的中间品贸易活动为主要方式嵌入区域性价值链时, 出口国则主要负责上游高端零部件生产或者商品研发设计等环节, 较少的资源消耗降低了碳排放成本。

2. 规模效应

规模效应是指随着出口规模的扩张, 出口商品需要更多的资源投入和能源消耗, 从而导致碳排放的大量增加。但同时, 出口规模的扩大也引起出口贸易增加值大幅增加。尤其对于劳动力资源丰富、处于全球价值链末端的加工制造环节的地区来说, 出口规模增加引致的碳排放增加程度与贸易增加值提升程度的大小关系难确定, 所以出口贸易增加值碳排放成本的规模效应不能确定。

3. 结构效应

结构效应是指对出口产品投入的要素比例的不同导致其能源资源消耗不同从而产生不同的碳排放量。当出口产品密集使用人力资本要素, 意味着资源能源的利用效率较高, 碳排放会降低。当出口产品密集使用固定资本要素, 意味着传统产业的升级进度较低, 碳排放会增加。

4. 技术效应

技术效应是指提高出口产品技术水平减少出口碳排放量。技术进步对于出口贸易的碳排放量降低和贸易增加值提升都有显著效果。出口国可通过引进清洁技术、提高生产率以及技术外溢效应, 达到降低碳排放成本的目标。

三、实证设计

(一) 区域价值链嵌入度指数的构建

区域价值链参与度是指一国的 GVC 生产活动中 RVC 生产活动所占的比重，一国对某区域价值链嵌入度越大，则表示该国在全球价值链生产中越倾向与此区域内的国家进行贸易合作。区域价值链嵌入程度是根据生产活动方式区分的，故本文采用 Wang 等 (2017a, b) 生产链分解模型测算。

根据多区域投入产出 (G 个国家) 平衡条件，总产出表示为：

$$X^i = A^{ii}X^i + \sum_{j \neq i} A^{ij}X^j + Y^{ii} + \sum_{j \neq i} Y^{ij} = A^{ii}X^i + Y^{ii} + E^i * \quad (16)$$

将式 (16) 整理可得：

$$X^i = (1 - A^{ii})^{-1} Y^{ii} + (1 - A^{ii})^{-1} E^i * = L^{ii} Y^{ii} + L^{ii} E^i * = L^{ii} Y^{ii} + L^{ii} \sum_{j \neq i} Y^{ij} + L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} X^j \quad (17)$$

其中， L^{ii} 表示国内里昂惕夫逆矩阵。 $E^i *$ 表示 i 国总出口列向量。

根据式 (17) 推导出一国总增加值生产分解为：

$$\begin{aligned} \hat{V}^i X^i = & \underbrace{\hat{V}^i L^{ii} Y^{ii}}_{(1) V_D} + \underbrace{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} Y^{ij}}_{(2) V_RT} + \underbrace{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} L^{jj} Y^{jj}}_{(3) V_GVC_S} \\ & + \underbrace{\left(\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} \sum_k (B^{jk} \sum_l Y^{kl}) - \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} L^{jj} Y^{jj} \right)}_{(4) V_GVC_C} \end{aligned} \quad (18)$$

其中， B^{jk} 表示里昂惕夫逆矩阵的分块矩阵。 \hat{V}^i 表示 i 国增加值系数对角线矩阵。

由式 (18) 可知，一国地区的全球价值链生产活动可分解为四部分：①用于国内消费的生产活动 (即 $\hat{V}^i L^{ii} Y^{ii}$)，用 V_D 表示；②用于生产最终出口品的传统贸易活动 (即 $\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} Y^{ij}$)，用 RT 表示；③跨境一次的简单 GVC 生产活动 (即 $\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} L^{jj} Y^{jj}$)，用 VGS 表示；④跨境二次以上的复杂 GVC 生产活动 (即 $\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} \sum_k (B^{jk} \sum_l Y^{kl}) - \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i} A^{ij} L^{jj} Y^{jj}$)，用 VVC 表示。据此，构建一国的区域价值链简单嵌入度指标 $RVCS^{iR}$ 和区域价值链复杂嵌入度指标 $RVCC^{iR}$ 。

$RVCS^{iR}$ 表示 i 国家对区域 R 的简单嵌入度，即出口国 i 对世界其他国家地区的所有传统贸易活动和跨境一次的中间品贸易活动中，有多少比例来自于区域 R 中的国家地区。

$$RVCS^{iR} = \frac{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^R Y^{ij} + \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^R A^{ij} L^{jj} Y^{jj}}{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^G Y^{ij} + \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^G A^{ij} L^{jj} Y^{jj}} \quad (19)$$

$RVCC^{iR}$ 表示 i 国家对区域 R 的复杂嵌入度，即出口国 i 对世界其他国家地区的所有跨境两次以上的中间品贸易活动中，有多少比例来自于区域 R 中的国家地区。

$$RVCC^{iR} = \frac{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^R A^{ij} \sum_k^G (B^{jk} \sum_l^G Y^{kl}) - \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^R A^{ij} L^{ij} Y^{ji}}{\hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^G A^{ij} \sum_k^G (B^{jk} \sum_l^G Y^{kl}) - \hat{V}^i L^{ii} \sum_{j \neq i}^G A^{ij} L^{ij} Y^{ji}} \quad (20)$$

(二) 增加值境内碳排放成本的测度

价值链分工体系中的环境成本，是用价值链路径上每创造一个单位的贸易增加值所产生的贸易隐含碳排放量来衡量的（Meng等2018）。则贸易增加值境内碳排放成本为：

$$PV(E^{sR}) = PD(E^{sR})/VA(E^{sR}) \quad (21)$$

$PV(E^{sR})$ 表示国家 s 对于区域 R 的单位贸易增加值碳排放成本水平，反映出该国嵌入区域价值链获得单位增加值所付出的境内环境成本。该值越大表示该国付出的境内碳排放成本越高，不利于本国境内碳减排。该值越小表示该国付出的境内碳排放成本越低，则有利于本国境内碳减排。

其中， $PV(E^{sR})$ 表示国家 s 对于区域 R 的贸易增加值境内碳排放成本， $PD(E^{sR})$ 表示 s 国出口至区域 R 的增加值境内碳排放量， $VA(E^{sR})$ 表示 s 国出口至区域 R 的国内增加值。

1. 国内增加值测算

根据 Wang 等（2013）的总贸易核算分解法， s 国出口至区域 R 的国内增加值为：

$$\begin{aligned} VA(E^{sR}) = & (V^s B^{ss})' \# \sum_{r \neq s}^R Y^{sr} + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rr} Y^{rr} \right) \\ & + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B^{rt} Y^{tt} \right) + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rr} \sum_{t \neq s, r}^G Y^{tt} \right) \\ & + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G \sum_{u \neq s, t}^G B^{tu} Y^{tu} \right) + (V^s L^{ss})' \# \sum_{r \neq s}^R (A^{sr} B^{rr} Y^{rs}) \\ & + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B^{rt} Y^{ts} \right) + (V^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rs} Y^{ss} \right) \quad (22) \end{aligned}$$

2. 增加值境内碳排放测算

根据总贸易分解法式（22）可推导出贸易流的隐含碳排放分解框架，则 s 国出口区域 R 的增加值境内碳排放量为：

$$\begin{aligned} PD(E^{sR}) = & \underbrace{(F^s B^{ss})' \# \sum_{r \neq s}^R Y^{sr}}_{(1)} + \underbrace{(F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rr} Y^{rr} \right)}_{(2)} \\ & + \underbrace{(F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B^{rt} Y^{tt} \right) + (F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rr} \sum_{t \neq s, r}^G Y^{tt} \right) + (F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G \sum_{u \neq s, t}^G B^{tu} Y^{tu} \right)}_{(3)} \\ & + \underbrace{(F^s L^{ss})' \# \sum_{r \neq s}^R (A^{sr} B^{rr} Y^{rs}) + (F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} \sum_{t \neq s, r}^G B^{rt} Y^{ts} \right) + (F^s L^{ss})' \# \left(\sum_{r \neq s}^R A^{sr} B^{rs} Y^{ss} \right)}_{(4)} \quad (23) \end{aligned}$$

其中， F^s 表示 s 国各行业直接碳排放系数的 $1 \times N$ 行向量。路径（一）是隐含在最终产品出口的本国碳排放，被进口国消费；路径（二）是隐含在中间产品出口的本国碳排放，被进口国消费；路径（三）是隐含在中间产品出口的本国碳排放，被第三国消费；路径（四）是隐含在中间产品出口的本国碳排放，折返被本国消费。

3. 直接碳排放系数测算

采用增加值境内碳排放分解模型,需要将出口国直接碳排放系数 F^s 的行业分类与 WIOD 的行业分类整合一致,且现有碳排放系数数据只到 2009 年更新不足。本文参考王文举等 (2011)^[22]、Wiebe 等 (2012)^[23] 的能源投入和碳排放等比例法,将 WIOD 中的“炼焦成品油”行业的中间产出在各国家各行业的货币比例关系分解到各国的二氧化碳总碳排放量,将数据更新至 2014 年。

$$F_j^s = P_j^s / X_j^s = P^s Z_j^s / X_j^s \sum_j^N Z_j^s \quad (24)$$

其中, F_j^s 表示 s 国 j 行业的直接碳排放量系数, P_j^s 表示 s 国 j 行业的碳排放量。 X_j^s 表示 s 国 j 行业的总产出,直接采用 WIOD 表总产出数据。 P^s 表示 s 国的碳排放总量,数据来源于 World Bank 数据库。 Z_j^s 表示 s 国 j 行业对各国“炼焦成品油”行业的消耗量,以 WIOD 各国的“r10 Manufacture of coke and refined petroleum products”行业对 s 国 j 行业的中间投入量总和表示。

(三) 实证计量模型构建

由理论机制可知,一国某行业的贸易增加值境内碳排放成本效应是由规模效应、结构效应、技术效应、区域价值链效应共同作用。因此,将区域价值链效应分为简单 GVC 嵌入效应和复杂 GVC 嵌入效应,结合环境库兹涅兹效应,构建模型如下:

$$\ln PV_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln RVCS_{it} + \beta_2 \ln RVCC_{it} + \beta_3 \ln C_{it} + \beta_4 \ln C_{it}^2 + \beta_5 \ln S_{it} + \beta_6 \ln T_{it} + \mu_t + \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (25)$$

其中,被解释变量 $\ln PV_{it}$ 表示对各行业的贸易增加值境内碳排放成本的影响水平;核心解释变量 $\ln RVCS_{it}$ 是区域价值链简单嵌入效应; $\ln RVCC_{it}$ 是区域价值链复杂嵌入效应。 i 代表行业, t 代表时间, μ_t 为时间效应, η_i 为行业异质性, ε_{it} 为随机扰动项。 $\ln C_{it}$ 是规模效应,以行业出口总额表示; $\ln C_{it}^2$ 为环境库兹涅兹效应; $\ln S_{it}$ 是结构效应,用分行业规模以上工业企业固定资产合计与从业人员平均人数之比表示; $\ln T_{it}$ 是技术效应,用分行业规模以上工业企业科技活动经费内部支出与规模以上工业企业的工业销售产值之比表示。

(四) 数据来源

核心解释变量 RVCS 和 RVCC 根据世界投入产出数据库 WIOD 计算得出。被解释变量 PV 根据世界投入产出数据库 WIOD、World Bank 数据库计算得出。分行业规模以上工业企业科技活动经费内部支出数据来源于《中国科技统计年鉴》。分行业规模以上工业企业的固定资产合计、从业人员平均人数、工业销售产值来源于《中国工业经济统计年鉴》和《中国工业统计年鉴》(2012年后),其中 2004 年数据从第一次经济普查数据中摘录得出。因统计口径不同,2012 部分数据从 Wind 和《中国统计年鉴》中摘录。本文考察中国制造业对欧盟、北美、东亚、金砖^①的区

① 欧盟地区:奥地利、比利时、塞浦路斯、德国、西班牙、爱沙尼亚、法国、希腊、芬兰、爱尔兰、立陶宛、意大利、卢森堡、拉脱维亚、马耳他、荷兰、葡萄牙、斯洛伐克、斯洛文尼亚、保加利亚、捷克、丹麦、克罗地亚、匈牙利、波兰、罗马尼亚、瑞典。北美地区:美国、加拿大、墨西哥。金砖地区:巴西、印度、俄罗斯。东亚地区:印度尼西亚、日本、中国台湾地区、韩国。

域嵌入度对贸易增加值境内碳排放成本的影响，将 WIOD 的 18 个行业与《中国工业经济统计年鉴》的 29 个行业匹配，合并为 17 个制造业，如表 1 所示。

表 1 行业合并匹配一览表

分类	合并后行业	WIOD 行业	《中国工业经济统计年鉴》行业
低技术制造业	食品饮料烟草	r5	农副食品加工、食品制造、饮料制造、烟草制品
	纺织品及皮革制品	r6	纺织业、服装鞋帽制造、皮革毛皮制品
	木材及其制品	r7	木材加工及木草制品
	纸浆、纸制品	r8	造纸及纸制品
	印刷及音像制品	r9	印刷业和记录媒介复制
	煤炭石油炼焦燃料	r10	石油炼焦及核燃料加工业
	橡胶及塑料制品	r13	橡胶制品、塑料制品
	其他非金属矿物	r14	非金属矿物制品
	基础金属品	r15	金属制品
	人工合成金属制品	r16	黑色金属冶炼及压延加、有色金属冶炼及压延加
高技术制造业	家具及其他制造业	r22	家具制造、仪器仪表及文化办公制造、工艺品及其他制造
	化学原料及其制品	r11	化学原料及化学制品制造、化学纤维制造
	基本医药品	r12	医药制造
	电子及其光学仪器	r17	通信设备制造、计算机及电子设备制造
	电气设备	r18	电气机械及器材制造
	机器制造	r19	通用设备制造、专用设备制造
	交通设备	r20 r21	交通运输设备制造

资料来源：行业分类参考谢会强等（2018）^[24]。

四、实证检验

（一）基准回归分析及稳健性检验

利用 R 软件对 2000—2014 年中国制造业行业的面板数据进行分析。首先，根据面板数据 F 检验的结果，固定效应优于混合回归。其次，根据 Hausman 检验结果可知，固定效应优于随机效应。最后，采用面板数据固定效应模型进行估计。考虑一阶自相关，采用异方差稳健型估计。实证估计结果见表 2。

表 2 第（1）列显示的是中国制造业嵌入欧盟区域价值链程度对增加值境内碳排放影响的结果。简单嵌入度 RVCS 的回归系数显著为正，复杂嵌入度 RVCC 的回归系数显著为负，表明中国对欧盟传统贸易和跨境一次的中间品贸易活动会增加碳排放成本，同时中国对欧盟跨境两次以上的中间品贸易则会减少碳排放成本。简单 GVC 活动是由价值链下游的加工贸易模式形成，中国承担了欧盟的机器制造和交通设备制造的终端组装贸易任务造成我国境内产生大量碳排放；多次跨境的复杂 GVC 贸易活动是由价值链上游模式的中间品贸易形成，具备较高的生产效率和资源利用率有利于碳减排（谢会强等，2018），中国的化学原料制造业和家具制造业以上游位置嵌入欧盟价值链，生产效率提升则利于降低碳排放成本。第（1）列中，结构效应显著为正，说明人均固定资本的提高会增加碳排放成本，技术效应显著为负，表明技术

投入的增加会提高行业清洁生产能力降低碳排放成本。规模效应不显著但平方项显著,则说明随着中国出口规模的增加,碳排放成本同步呈现大幅增强的非线性趋势,中国出口欧盟的境内碳排放成本规模效应未呈现库兹涅茨现象。

表2第(3)列显示的是中国制造业嵌入北美区域价值链程度对增加值境内碳排放影响的结果。复杂嵌入度RVCC的回归系数显著为负,简单嵌入度RVCS的回归系数却不显著。表明中国出口北美的贸易活动中,跨境两次以上的制造业中间品贸易利于降低境内碳排放成本,但传统贸易及跨境一次贸易活动对于我国碳排放成本却不产生影响。第(3)列中的结构效应显著为正,技术效应显著为负,符合理论假设。但规模效应及其平方项形成正“U”型,呈现与环境库兹涅茨曲线相反的特征。随着中国出口美国规模增加,在前期阶段中国的贸易增加值增长幅度大于中国境内碳排放量增长幅度;在后期阶段由于产业结构升级限制,出口品的贸易增加值增长动力不足,但境内碳排放量仍不断增加。

表2第(5)列显示的是中国制造业嵌入东亚区域价值链程度对增加值境内碳排放影响的结果。简单嵌入度RVCS的回归系数显著为正,复杂嵌入度RVCC的回归系数显著为负。表明中国对东亚的简单GVC贸易活动增加了碳排放成本,而复杂GVC贸易活动会减少碳排放成本,这同欧盟地区的影响效应一致。中国以高耗能高排放的煤炭石油炼焦业和化学制品业为主嵌入东亚价值链末端,处于低端加工制造环节,故其简单嵌入度提升会增加碳排放成本;同时以电子光学仪器和交通设备为代表的高技术制造业处于东亚价值链前端,依靠核心技术出口低碳化的高端零部件等中间品,故其复杂嵌入度提升会降低碳排放成本。第(5)列中的结构效应和技术效应的系数显著,符合理论假设。规模效应也呈现了与环境库兹涅茨曲线相反的正“U”型特征,说明中国出口东亚同出口北美的规模效应一致,在贸易规模扩张的后期陷入国内增加值提升受限但碳排放仍快速增长的困境。

表2第(7)列显示的是中国制造业嵌入金砖区域价值链程度对增加值境内碳排放影响的结果。简单嵌入度RVCS的回归系数不显著。特别的是,复杂嵌入度RVCC的回归系数显著为正,与以上三个地区的RVCC效应结果不同。可能的原因是金砖国家从中国进口上游中间产品进行组装加工生产,通过“干中学”技术外溢效应减少本地区生产碳排放而造成出口国碳排放成本提高(刘洪愧和谢谦,2017)^[25]。金砖地区简单嵌入度对中国境内碳排放成本的影响不显著,是因为中国与其他金砖国家贸易相似度较高,中国资源型行业相对并不具备竞争优势。第(7)列中的规模效应及其平方项的系数显著呈现正“U”型。结构效应和技术效应的系数显著,符合理论假设。

为保证实证结果的稳健性,检验采用工具变量法,以区域价值链嵌入度指标一阶滞后项作为核心解释变量的工具变量进行回归,结果见表2的第(2)列、第(4)列、第(6)列和第(8)列。欧盟地区的RVCS和RVCC回归系数仍然显著,北美地区、金砖地区仍然只有RVCC回归系数显著,以上三地区检验结果与固定效应模型结果相同,东亚地区略有差异,RVCS回归系数不显著但RVCC回归系数仍然显著。其他控制变量也与基准回归没有大差异,说明回归结果具有稳健性。

表2 中国制造业的区域价值链嵌入度对增加值境内碳排放成本的影响

变量	对欧盟嵌入度 为解释变量		对北美嵌入度 为解释变量		对东亚嵌入度 为解释变量		对金砖嵌入度 为解释变量	
	FE	IV	FE	IV	FE	IV	FE	IV
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\log(RVCS)$	0.155*** (3.857)	0.247*** (5.633)	0.004 (0.093)	0.054 (1.057)	0.161* (2.247)	0.072 (0.922)	0.009 (0.306)	-0.060 (-1.749)
$\log(RVCC)$	-0.458*** (-4.13)	-0.850*** (-7.383)	-0.546*** (-5.654)	-0.589*** (-5.82)	-0.567*** (-5.336)	-0.427** (-3.284)	0.287*** (3.917)	0.378*** (4.57)
$\log(SCALE)$	-0.037 (-1.165)	-0.017 (-0.552)	-0.503*** (-6.831)	-0.508*** (-6.98)	-0.281*** (-5.487)	-0.281*** (-4.965)	-0.134*** (-4.495)	-0.158*** (-4.925)
$\log(SCALE)^2$	0.012*** (4.517)	0.011*** (4.191)	0.032*** (8.411)	0.033*** (8.633)	0.021*** (5.998)	0.022*** (5.891)	0.011*** (5.096)	0.013*** (5.699)
$\log(STRUCTURE)$	0.353*** (10.961)	0.297*** (8.906)	0.437*** (13.100)	0.448*** (12.137)	0.519*** (13.050)	0.548*** (12.501)	0.388*** (9.415)	0.389*** (8.272)
$\log(TECHNOLOGY)$	-0.060** (-3.380)	-0.029 (-1.715)	-0.060** (-2.918)	-0.051* (-2.420)	-0.047* (-2.061)	-0.029 (-1.221)	-0.054* (-2.231)	-0.038 (-1.534)
行业效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R-Squared	0.873	0.886	0.820	0.829	0.793	0.777	0.726	0.736
观测值	242	225	255	238	255	238	254	237

注：括号内为t统计量，***，**，*分别表示在0.001，0.01，0.05，0.1的水平下显著。

(二) 行业异质性分析

为考察中国制造业的区域价值链嵌入度对增加值境内碳排放成本影响是否存在行业的异质性，将制造业分为高技术制造业和低技术制造业分别进行四大区域的估计检验。结果如表3所示。

表3第(1)、(3)、(5)、(7)列显示的是中国高技术制造业嵌入四大区域价值链程度对增加值境内碳排放成本影响。结果显示：第一，对欧盟和东亚地区，高技术制造业复杂嵌入度RVCC的回归系数显著为负，且欧盟地区提升复杂嵌入度对降低碳排放成本的促进作用大于东亚地区。主要原因在于中国的电子光学仪器和化学原料为代表的高技术制造业，均以较高的复杂嵌入度参与到欧盟和东亚的区域价值链，且处于价值链上游地位。这些高技术行业凭借较高的科研投入提高生产效率，则利于降低境内增加值碳排放成本。由于中国嵌入东亚地区复杂度较高的行业以高碳行业交通设备和化学原料及制品为主，故而对碳排放成本的降低程度小于欧盟地区。第二，对北美地区，高技术行业简单嵌入度RVCS的提升，可以降低中国增加值境内碳排放成本。在中美贸易量大于中国与其他地区贸易量的情况下其影响系数却小于其他地区。中国从美国进口的产品中，中间产品占绝大多数，且显著高于美国从中国进口中间产品的比重；而美国从中国进口的最终产品份额则显著高于中国从美国进口的最终产品份额（樊海潮张丽娜，2018）^[26]，中国高端制造业主要以最终品贸易形式出口至美国，所以提升中国对北美地区的简单嵌入度意味着只增加简单嵌入度中的一次跨境中间品贸易的部分，对中国境内碳排放成本降低程度影响较小。从侧面也说明中国的高端制造业相对固定在北美区域价值链的末端。第三，中国高技术制造业金砖地区嵌入度对境内碳排放成本的影响不显著。虽然近年

与金砖区域贸易快速发展,但由于各国产业互补性竞争性并存,金砖地区尤其高技术制造业领域仍需进一步释放合作潜力。

表3 中国制造业分行业的区域价值链嵌入度对增加值境内碳排放成本的影响

变量	对欧盟嵌入度 为解释变量		对北美嵌入度 为解释变量		对东亚嵌入度 为解释变量		对金砖嵌入度 为解释变量	
	高技术	低技术	高技术	低技术	高技术	低技术	高技术	低技术
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
$\log(RVCS)$	0.029 (0.351)	0.244*** (4.968)	-0.152** (-2.786)	-0.041 (-0.568)	0.039 (0.526)	0.206* (2.202)	0.052 (1.545)	0.000 (0.024)
$\log(RVCC)$	-0.514* (-2.606)	-0.332* (-2.490)	-0.037 (-0.417)	-0.745*** (-4.990)	-0.235* (-2.578)	-0.651*** (-4.689)	0.142 (1.555)	0.264** (2.819)
$\log(SCALE)$	0.020 (0.365)	0.043 (0.935)	-0.462** (-3.053)	-0.463*** (-4.690)	0.037 (0.798)	-0.419*** (-5.375)	0.081* (2.414)	-0.174*** (-3.861)
$\log(SCALE)^2$	0.011** (2.667)	0.003 (0.649)	0.032*** (4.822)	0.029*** (5.106)	0.008** (2.962)	0.029*** (5.001)	0.000 (0.134)	-0.174** (-3.861)
$\log(STRUCTURE)$	0.247*** (4.002)	0.429*** (11.152)	0.298*** (8.078)	0.483*** (10.393)	0.268*** (8.473)	0.577*** (10.174)	0.257*** (6.483)	0.012*** (3.076)
$\log(TECHNOLOGY)$	-0.069 (-1.809)	-0.071*** (-3.569)	-0.068** (-2.775)	-0.063* (-2.425)	-0.075** (-3.115)	-0.064* (-2.222)	-0.064 (-1.987)	0.481* (7.925)
行业效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
RSquared	0.906	0.874	0.958	0.804	0.960	0.759	0.931	0.703
观测值	89	153	90	165	90	165	90	164

注:括号内为t统计量,***,**, *分别表示在0.001, 0.01, 0.05, 0.1的水平下显著。

表3第(2)、(4)、(6)、(8)列显示的是中国低技术制造业嵌入四大区域价值链程度对增加值境内碳排放成本影响。结果显示:第一,对欧盟和东亚地区,低技术制造业复杂嵌入度RVCC的回归系数显著为负,简单嵌入度RVCS的回归系数显著为正。表明中国低端制造业参与欧盟、东亚区域价值链的一次跨境简单贸易活动增加碳排放成本,而中间品跨境两次以上的复杂贸易活动减少碳排放成本。中国制造业分行业嵌入欧盟和东亚的区域价值链的上下游位置相对分散,当处于价值链低端的资源型劳动密集型制造业提升其简单嵌入度则会增加碳排放成本,当处于价值链高端的技术型低碳型制造业提升其复杂嵌入度则会降低碳排放成本。第二,低技术制造业对北美地区的复杂嵌入度RVCC越高,越有利于降低增加值境内碳排放成本,且影响程度高于其他三大地区。通过对北美地区嵌入度的测算发现中国的低技术制造业更深刻融入北美价值链,则低技术行业价值链地位的提升对碳减排的影响效应更加明显。因为中国低端制造业嵌入北美地区的程度高于其他三个地区,故其复杂嵌入度提升对碳减排成本的影响也最为显著。第三,提高低技术制造业金砖地区复杂嵌入度会增加境内碳排放成本。原因是中国嵌入金砖区域价值链复杂GVC活动以资源型制造业为主,提高这些低端制造业的复杂嵌入度会增加中国高碳中间品的生产,不利于境内碳减排。

五、结论与政策建议

本文基于贸易增加值的价值链生产体系,根据贸易增加值核算法和碳排放分解模型,构建区域价值链的简单嵌入度和复杂嵌入度指标,并推导增加值境内碳排放成本的核心指标。实证检验并分析了中国制造业嵌入四大区域程度对增加值境内碳排放成本的影响,以及影响效应的行业异质性。研究主要结论为:

第一,不同区域价值链的简单嵌入程度对国内环境成本影响差异显著。中国参与东亚和欧盟区域价值链分工增加了境内碳排放成本,但中国对北美和金砖地区的简单嵌入度较高的是劳动和资源密集型行业,对增加值境内碳排放成本的影响不显著。

第二,各区域价值链的复杂嵌入程度对国内环境成本影响以负效应为主。提升对各区域的复杂嵌入度均有利于降低中国制造业的增加值境内碳排放成本,金砖地区例外。随着中国制造业高端化发展和结构升级,提高三大主要贸易区域(欧盟、北美、东亚)的复杂嵌入度,促进了中国价值链地位提升和制造业的技术革新,有利于降低碳排放成本。

第三,四大区域价值链嵌入度对中国制造业增加值境内碳排放成本的影响具有行业异质性。一方面,就高技术制造业而言,提升四大区域价值链的嵌入度利于降低中国增加值境内碳排放成本。加深对欧盟和东亚地区的嵌入程度,可以通过复杂GVC活动降低碳排放成本;加深对北美地区的嵌入程度,可以通过简单GVC活动降低碳排放成本。另一方面,就低技术制造业而言,不同嵌入方式对中国增加值境内碳排放成本的影响效应不同。简单嵌入度的提升增加了碳排放成本,复杂嵌入度的提升利于降低碳排放成本。由于金砖国家以资源型低技术制造业为主,则低技术制造业复杂嵌入度提升反而增加碳排放成本。

第四,贸易规模对四大区域增加值境内碳排放成本的影响效应呈现与环境库兹涅茨曲线相反的正“U”型特征。随着中国出口规模增加,国内贸易增加值增长幅度,在前期大于境内碳排放量增长幅度从而缓解碳排放成本压力,但后期增长动力有限而境内碳排放量不断增加,致使碳排放成本提高。尤其欧盟地区,中国对其出口规模的扩大反而以非线性增长趋势推动碳排放成本。

基于上述结论,本文得到如下政策建议:

第一,中国制造业应积极参与四大区域价值链分工,针对不同区域价值链采取不同的产业贸易政策,以实现降低境内碳排放成本的目标。对欧盟地区和东亚地区的价值链分工中,应维持并提升中国在高技术行业价值链上前端的优势地位,推动复杂嵌入度提升。同时,提高处于价值链低端行业的技术水平,使其生产向低碳化转变。与北美地区合作中,维系现有制造业行业分工模式。由于中美贸易互补性的存在,中国制造业嵌入北美区域价值链分工对降低碳排放成本有一定促进作用。在中美贸易摩擦升级的环境下,提高中国高技术制造业的北美贸易区域价值链嵌入地位,是促进境内碳排放成本降低的有效途径。与金砖地区合作中,应提高中国的上游中间品的低碳技术,加强与金砖国家之间的高技术制造业的分工合作,以达到降低碳排放成本目标。

第二,针对不同技术水平的制造业行业,采取差异化的生产政策和区域价值链合作方式。对于高技术行业,巩固其对各地区的复杂嵌入度,促进高技术行业向区域价值链的上游地位攀升,发挥高技术低排放的技术优势降低碳排放;对于低技术制造业,实行产业自身的技术革新和低碳化生产是关键,在此基础上提升区域价值链分工地位,以实现我国绿色制造业的转型升级。

第三,实证结果显示,减低人均固定资本率,增加行业的研发经费投入,有利于降低增加值境内碳排放成本。因此,中国制造业参与价值链分工应脱离对低端高能耗重工业的依赖,促进区域价值链嵌入地位的提升,扩大低碳化生产过程,从而降低境内碳排放成本。

[参考文献]

- [1] BALDWIN R. Trade and Industrialization after Globalization's 2nd Unbundling: How Building and Joining a Supply Chain Are Different and Why It Matters [R]. NBER Working Paper, 2012, 17716.
- [2] POMFRET R, SOURDIN P. Value Chains in Europe and Asia: Which Countries Participate [J]. *International Economics*, 2018 (153): 34-41.
- [3] BACKER K D, LOMBAERDE P D, IAPADRE L. Analyzing Global and Regional Value Chains [J]. *International Economics*, 2018 (153): 3-10.
- [4] KOOPMAN R, POWERS W, WANG Z, WEI S J. Give Credit Where is Due: Tracing Value Added in Global Production Chains [R]. NBER Working Paper, 2010, 16426.
- [5] 赵玉焕,刘娅.基于投入产出分析的俄罗斯对外贸易隐含碳研究[J].*国际商务——对外经济贸易大学学报*, 2015 (3): 24-34.
- [6] MENG B, PETERS G P, WANG Z, LI M. Tracing CO₂ Emissions in Global Value Chains [J]. *Energy Economics*, 2018 (5): 24-42.
- [7] HUMMELS D, JUN I, YI K M. The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade [J]. *Journal of International Economics*, 2001, 54 (1): 75-96.
- [8] KOOPMAN R, WANG Z, WEI S J. Estimating Domestic Content in Exports When Processing Trade is Pervasive [J]. *Journal of Development Economics*, 2012 (99): 178-189.
- [9] KOOPMAN R, WANG Z, WEI S J. Tracing Value-Added and Double Counting in Gross Exports [J]. *The American Economic Review*, 2014, 12 (104): 459-494.
- [10] WANG Z, WEI S J, ZHU F K. Quantifying International Production Sharing at the Bilateral and Sector Level [R]. NBER Working Paper, 2013, 19667.
- [11] FALLY T. On the Fragmentation of Production in the US. [J]. University of Colorado-Boulder, 2011 (7): 1-49.
- [12] FALLY T. Production Staging: Measurement and Facts [J]. Boulder, Colorado, University of Colorado Boulder, 2012 (5), 155-168.
- [13] ANTRAS P, CHOR D, FALLY T. Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows [J]. *The American Economic Review*, 2012, 102 (3): 412-416.
- [14] ANTRAS P, CHOR D. Organizing the Global Value Chain [J]. *Econometrica*, 2013, 81 (6): 2127-2204.
- [15] WANG Z, WEI S J, YU X D, ZHU K F. Measures of Participation in Global Value Chains and Global Business Cycles [R]. NBER Working Papers, 2017, 23222.
- [16] WANG Z, WEI S J, YU X D, ZHU K F. Characterizing Global Value Chains: Production Length and Upstreamness [R]. NBER Working Papers, 2017, 23261.
- [17] 董虹蔚,孔庆峰.区域价值链视角下的金砖国家合作机制研究[J].*国际经贸探索*, 2018 (10): 58-73.
- [18] GROSSMAN G, KRUEGER A. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement [J]. *Social*

- Science Electronic Publishing, 1993, 8 (2): 223-250.
- [19] 李斌, 彭星. 全球价值链视角下中国嵌入制造环节的经济碳排放效应研究 [J]. 财贸研究, 2013 (6): 18-26.
- [20] 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 (2): 45-65.
- [21] ANTWEILER W, COPELAND B R, TAYLOR M S. Is Free Trade Good for the Environment [J]. American Economic Review, 2001, 91 (4): 877-908.
- [22] 王文举, 向其凤. 国际贸易中的隐含碳排放核算及责任分配 [J]. 中国工业经济, 2011 (10): 56-64.
- [23] WIEBE K S, BRUCKNER M, GILJUM S, LUTZ C. Calculating Energy-Related CO₂ Emissions Embodied in International Trade Using a Global Input-Output Model [J]. Economic Systems Research, 2012, 24 (2): 113-139.
- [24] 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.
- [25] 刘洪愧, 谢谦. 新兴经济体参与全球价值链的生产率效应 [J]. 财经研究, 2017 (8): 18-31.
- [26] 樊海潮, 张丽娜. 中间品贸易与中美贸易摩擦的福利效应: 基于理论与量化分析的研究 [J]. 中国工业经济, 2018 (9): 41-59.

(责任编辑 蒋荣兵)

Can Integration in Regional Value Chain Help China to Reduce Carbon Emission Cost — An Empirical Analysis Based on Data From Manufacturing Sectors

CHANG Ran YANG Laike QIAN Zhiquan

Abstract: Since international division of labor is featured with regional value chains (RVC), actively being integrated in regional value chain is a critical way for developing countries to break the dilemma of being-locked-in-low-end. In this paper, we measured the carbon emission cost of China based on the calculation of China's integration indices in simple and complex value chains. Using this method, we analyzed China's integration in RVC of the EU, North America, BRIC and East Asia, and its impact on the emission costs from 2000 to 2014. The main conclusions are as follows: (1) Improving in simple RVC increases emission costs of China, particularly in EU's and East Asia's RVC. (2) Improving the complex RVC can reduce China's emission costs, but the case of BRIC is an exception. (3) There is an industry heterogeneity in impact of integration in RVC on emission costs. In high-tech sectors, rising in integration index can lower the emission cost, but in low-tech sectors, only the integration in complex RVC can abate the emission cost.

Keywords: Regional Value Chain; Simple Integration Index; Complex Integration Index; Domestic Value-added Carbon Emission Cost