

引用格式: 闫云凤. 中国对外直接投资的碳排放效应: 基于多区域投入产出模型[J]. 资源科学, 2022, 44(11): 2222-2232. [Yan Y F. Carbon emissions from China's outward foreign direct investment: Measurement based on multi-regional input-output model[J]. Resources Science, 2022, 44(11): 2222-2232.] DOI: 10.18402/resci.2022.11.05

中国对外直接投资的碳排放效应 ——基于多区域投入产出模型

闫云凤

(首都经济贸易大学经济学院, 北京 100070)

摘要: 随着国内“双碳”目标的提出以及中国对外直接投资(OFDI)的增加, 国际上有些观点认为中国通过 OFDI 向其他国家进行碳排放转移。本文构建区分内资和外资企业异质性的多区域投入产出模型, 测度和分析 2005—2016 年中国企业海外投资的碳排放效应, 检验中国 OFDI 是否导致“污染天堂”效应。结果表明: ①中国 OFDI 的碳排放量比较小, 占全球投资碳排放的比重远小于中国 OFDI 存量和流量占全球的比重。②中国 OFDI 碳排放主要集中于资源密集型的发展中国家和美国等发达国家, 中国在大多数国家的 OFDI 碳强度小于东道国碳强度, 这说明中国在这些国家的 OFDI 呈现“污染光环”效应。③中国 OFDI 碳排放主要分布在投资规模大、投资动机以资源寻求型为主、碳强度高的行业。因此, 建议中国政府推动双边低碳投资合作框架, 中国企业通过全球产业关联促进低碳技术的溢出和传播。

关键词: 对外直接投资; 碳排放; “污染天堂”效应; 多区域投入产出模型; 中国

DOI: 10.18402/resci.2022.11.05

1 引言

2020 年底中国提出“二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值, 努力争取 2060 年前实现碳中和”的“双碳”目标, 这一目标的提出充分体现了中国低碳发展的决心和信心, 受到国际社会广泛认可与高度赞誉。同时, 随着“一带一路”倡议的推进, 越来越多跨国公司到海外投资, 截至 2021 年底, 中国境内投资者在全球 166 个国家(地区)的 6349 家境外企业进行了非金融类直接投资, 累计投资 1136.4 亿美元^[1]。然而, 随着中国为完成“双碳”目标而采取更加积极措施, 中国对外直接投资(OFDI)对东道国的环境和经济影响引起国际上的广泛关注, 并出现一些负面评价: 中国企业往往倾向于投资自然资源相对丰裕的发展中国家, 这可能提高了这些国家经济发展的资源依赖程度, “一带一路”沿线国家(地区)可能会成为中国环境污染产业和高碳产业的“倾销地”和“转移地”^[2]。目前中国正从加快引进来向“高

质量引进来、高水平走出去”转变, 推动外国直接投资(FDI)与对外直接投资(OFDI)协调发展。随着中国“双碳”目标“1+N”政策的实施, 客观测度中国 OFDI 碳排放不仅是对国际上不断增强的“中国环境威胁论”的积极回应, 而且对于充分利用中国企业的全球生产网络和示范效应, 实现全球减排具有重要的理论和实践意义。

关于外商直接投资的环境影响有“污染天堂论”^[3-5]和“污染光环论”^[6-8]截然相反的观点, 聚焦到中国 OFDI 对东道国环境的研究, 大致有 3 种不同的结论: 第一种是“污染天堂”论, 这种观点认为中国在“一带一路”沿线国家的能源投资以化石能源为主, 可能使得沿线国家的碳排放增加^[9,10]; 第二种是“污染光环”论, 这种观点认为中国 OFDI 能够改善东道国的环境质量, 助推沿线国家绿色发展^[11-14]; 第三种观点认为中国 OFDI 对东道国的环境影响存在异质性, 对“一带一路”沿线高收入国家是低碳投

收稿日期: 2022-07-26, 修订日期: 2022-10-18。

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(22YJA790071)。

作者简介: 闫云凤, 女, 山东淄博人, 副教授, 博士生导师, 主要从事全球价值链与低碳经济研究。E-mail: yanyunfeng@cueb.edu.cn

2022年11月

资,但对低收入国家的投资存在增加碳排放的风险^[15,17]。这些文献大多是构建计量模型,实证检验中国 OFDI 对东道国环境指标的影响,其优点在于可以检验两个变量间的因果关系、影响效果和作用机制,但由于变量选取和模型构建的不同,得出的结果差异很大。比如 Chen 等^[10]是将减排约束纳入产能利用损失估计,采用 Tobit 模型实证检验中国 OFDI 对“一带一路”国家的影响,发现中国 OFDI 降低了一带一路国家的产能利用率、损害了当地的环境;但刘朝等^[14]构建的是面板平滑转换回归(PSTR)模型,结果表明中国对“一带一路”国家 OFDI 减少了其碳排放;而刘玉博等^[11]借助 Copeland-Taylor 模型检验中国 OFDI 对东道国单位产出污染密度的影响,结果显示中国 OFDI 提高了东道国能源利用效率,改善了当地环境质量。

由于投入产出模型可以较好地体现国家之间的产业关联,被广泛应用于国际贸易对碳排放影响^[18-20]和碳排放责任界定^[21-23]的研究。随着国家间投入产出表的更新和完善,学者们开始采用投入产出模型从母国或东道国视角研究外商投资企业的碳足迹^[24]。大致可分为两类:①从母国视角测度本国跨国公司在海外的碳足迹,研究 OFDI 对东道国产生的环境影响,发现尽管发达国家跨国公司的碳足迹呈下降趋势,但中国跨国公司在印度、东南亚等国家的碳足迹在增长,跨国公司碳足迹主要产生在高收入国家和高技术制造业部门^[25,26],其中 2009 年美国在发展中国家的投资存在明显的“污染天堂”效应^[27]。②从东道国视角测度外国跨国公司在东道国产生的碳足迹,研究 FDI 对东道国产生的环境影响,结果发现外国跨国公司在欧盟产生的 FDI 碳排放占欧盟生产碳排放的 17%,但产生的增加值仅占 12%^[28];外资企业在中国的投资碳足迹占到中国碳排放的近 20%,且大部分产生在碳排放密集型的内资企业中^[29-31]。

采用投入产出模型能够直接计算出外国跨国公司在东道国生产排放了多少二氧化碳,而不是仅仅验证 OFDI 对东道国某一指标(如碳排放量或碳排放强度)的影响,可以较为准确地评估中国 OFDI 的直接环境影响。本文构建区分内资和外资企业异质性的多区域投入产出(MRIO)模型,充分体现东道国企业与中国 OFDI 企业在碳排放系数、生产

结构等方面的异质性,更加科学地评估中国 OFDI 对东道国的环境影响。本文可能的边际贡献在于:①研究方法上,构建反映内资和外资企业异质性的全球 MRIO 模型,能够充分体现东道国本土企业和外国跨国公司在能源效率、生产结构等方面的异质性,使得测度结果更加客观、更加准确。②研究视角上,从变化趋势、地区分布、行业结构、典型行业的国别特征多角度测度分析中国 OFDI 碳排放,全面评估其给东道国带来的环境效应。

2 模型与数据来源

2.1 环境拓展的多区域投入产出模型

近年来,环境拓展 MRIO 模型被广泛应用于贸易隐含碳的测度和生产、消费碳排放的责任界定。假设全球有 G 个国家和地区,每个国家和地区有 N 个行业部门,测度全球碳排放(E)的基本模型可表示为:

$$E = \hat{C}(I - A)^{-1}Y \quad (1)$$

式中: \hat{C} 是 $NG \times NG$ 直接碳排放系数对角阵; I 是 $NG \times NG$ 的单位矩阵; A 是 $NG \times NG$ 的直接消耗系数矩阵; Y 是 $NG \times G$ 的最终需求列向量;里昂惕夫逆矩阵 $L = (I - A)^{-1}$ 是 $NG \times NG$ 的矩阵,那么全球碳排放可表示为矩阵形式:

$$\begin{bmatrix} E_{11} & \cdots & E_{1G} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ E_{G1} & \cdots & E_{GG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{C}_1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \hat{C}_G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11} & \cdots & L_{1G} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{G1} & \cdots & L_{GG} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11} & \cdots & Y_{1G} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{G1} & \cdots & Y_{GG} \end{bmatrix} \quad (2)$$

将矩阵(2)式按照行向量加总可得到一个国家(地区)的生产碳排放,按照列向量加总可得到其消费碳排放。

2.2 区分企业异质性的环境多区域投入产出模型

由于不同所有制企业的生产技术、能源消耗、生产结构和贸易结构有很大差异,传统环境 MRIO 模型无法得到跨国公司的碳排放,因此需要将内资企业和外资企业进行区分。本文假设每个行业分为有内资(D)和外资(F)两种所有制类型的企业,构建区分企业异质性的国家间投入产出表(表 1)。

其中 Z 是 $2NG \times 2NG$ 的中间投入矩阵,表示不同类型企业和国家间的中间投入流量,其上标表示

表1 区分内资(D)和外资企业(F)的国家间投入产出表

Table 1 Inter-country input-output table distinguishing domestic- and foreign-owned enterprises

		中间使用								最终使用				总产出
		国家1		国家2		...	国家G			国家1	国家2	...	国家G	
		D	F	D	F	...	D	F						
中间投入	国家1	D	Z_{11}^{DD}	Z_{11}^{DF}	Z_{12}^{DD}	Z_{12}^{DF}	...	Z_{1G}^{DD}	Z_{1G}^{DF}	Y_{11}^D	Y_{12}^D	...	Y_{1G}^D	X_1^D
		F	Z_{11}^{FD}	Z_{11}^{FF}	Z_{12}^{FD}	Z_{12}^{FF}	...	Z_{1G}^{FD}	Z_{1G}^{FF}	Y_{11}^F	Y_{12}^F	...	Y_{1G}^F	X_1^F
	国家2	D	Z_{21}^{DD}	Z_{21}^{DF}	Z_{22}^{DD}	Z_{22}^{DF}	...	Z_{2G}^{DD}	Z_{2G}^{DF}	Y_{21}^D	Y_{22}^D	...	Y_{2G}^D	X_2^D
		F	Z_{21}^{FD}	Z_{21}^{FF}	Z_{22}^{FD}	Z_{22}^{FF}	...	Z_{2G}^{FD}	Z_{2G}^{FF}	Y_{21}^F	Y_{22}^F	...	Y_{2G}^F	X_2^F

	国家G	D	Z_{G1}^{DD}	Z_{G1}^{DF}	Z_{G2}^{DD}	Z_{G2}^{DF}	...	Z_{GG}^{DD}	Z_{GG}^{DF}	Y_{G1}^D	Y_{G2}^D	...	Y_{GG}^D	X_G^D
		F	Z_{G1}^{FD}	Z_{G1}^{FF}	Z_{G2}^{FD}	Z_{G2}^{FF}	...	Z_{GG}^{FD}	Z_{GG}^{FF}	Y_{G1}^F	Y_{G2}^F	...	Y_{GG}^F	X_G^F
增加值			Va_1^D	Va_1^F	Va_2^D	Va_2^F	...	Va_G^D	Va_G^F					
总投入			$(X_1^D)'$	$(X_1^F)'$	$(X_2^D)'$	$(X_2^F)'$...	$(X_G^D)'$	$(X_G^F)'$					

企业类型,下标分别表示投入国和使用国。以 Z_{12}^{FD} 为例,它表示国家1外资企业的产品被国家2内资企业作为中间投入的部分。 Y 是 $2GN \times 1$ 的最终使用列向量,其上标表示生产企业类型,下标分别表示投入国和使用国,如 Y_{12}^F 表示由国家1外资企业生产并被国家2消费的最终产品。 X 是 $2NG \times 1$ 的总产出向量,如 X_1^F 表示国家1外资企业的总产出。 V 是 $1 \times 2NG$ 的直接增加值向量,如 V_1^F 表示外资企业在国家1创造的直接增加值。

根据区分企业异质性的国家间投入产出表,公式(2)中的 \hat{C} 可表示为 $2NG \times 2NG$ 的矩阵:

$$\hat{C} = \begin{bmatrix} C_1^D & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & C_1^F & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & C_G^D & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & C_G^F \end{bmatrix} \quad (3)$$

A 可表示为 $2NG \times 2NG$ 的矩阵:

$$A = \begin{bmatrix} A_{11}^{DD} & A_{11}^{DF} & \cdots & A_{1G}^{DD} & A_{1G}^{DF} \\ A_{11}^{FD} & A_{11}^{FF} & \cdots & A_{1G}^{FD} & A_{1G}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ A_{G1}^{DD} & A_{G1}^{DF} & \cdots & A_{GG}^{DD} & A_{GG}^{DF} \\ A_{G1}^{FD} & A_{G1}^{FF} & \cdots & A_{GG}^{FD} & A_{GG}^{FF} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Y 可表示为 $2NG \times G$ 的矩阵:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_{11}^D & \cdots & Y_{1G}^D \\ Y_{11}^F & \cdots & Y_{1G}^F \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{G1}^D & \cdots & Y_{GG}^D \\ Y_{G1}^F & \cdots & Y_{GG}^F \end{bmatrix} \quad (6)$$

设 $L = (I - A)^{-1}$, 公式(2)可表示为:

$$E = \begin{bmatrix} C_1^D & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & C_1^F & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & C_G^D & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & C_G^F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11}^{DD} & L_{11}^{DF} & \cdots & L_{1G}^{DD} & L_{1G}^{DF} \\ L_{11}^{FD} & L_{11}^{FF} & \cdots & L_{1G}^{FD} & L_{1G}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ L_{G1}^{DD} & L_{G1}^{DF} & \cdots & L_{GG}^{DD} & L_{GG}^{DF} \\ L_{G1}^{FD} & L_{G1}^{FF} & \cdots & L_{GG}^{FD} & L_{GG}^{FF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11}^D & \cdots & Y_{1G}^D \\ Y_{11}^F & \cdots & Y_{1G}^F \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{G1}^D & \cdots & Y_{GG}^D \\ Y_{G1}^F & \cdots & Y_{GG}^F \end{bmatrix} \quad (7)$$

将矩阵 E 按照行向量加总可得到一个国家(地区)内资企业和外资企业各行业的生产碳排放,以国家1为例,其外资企业在东道国1的碳排放 E_1^F , 用公式可表示为:

$$E_1^F = \sum_{n=1}^G \left(\sum_{m=1}^G C_1^F L_{nm}^{FD} Y_{nm}^D + \sum_{m=1}^G C_1^F L_{nm}^{FF} Y_{nm}^F \right) \quad (8)$$

式中: n 和 m 表示国家,比如 $\sum_{n=1}^G 0$ 表示国家1到 G 的加总, L_{nm}^{FD} 表示国家 m 内资企业(D)对国家 n 外资企业(F)的完全消耗系数。但是,公式(8)测度的是所有外资企业在国家1的碳排放,没有区分其母国来源,无法分解出中国企业在国家1的OFDI碳排放,为此借鉴祝坤福等^[32]的研究,根据中国OFDI企业在国家1外资企业各行业总产出的占比 δ_{c1}^F , 得到中国企业在国家1的OFDI碳排放 E_{c1}^F , 即:

$$E_{c1}^F = \sum_{n=1}^G \left(\delta_{c1}^F \sum_{m=1}^G C_1^F L_{nm}^{FD} Y_{nm}^D + \delta_{c1}^F \sum_{m=1}^G C_1^F L_{nm}^{FF} Y_{nm}^F \right) \quad (9)$$

2022年11月

2.3 数据来源与说明

本文主要需要三方面的数据:各国各行业内资和外资企业的直接碳排放系数、区分内资和外资企业的国家间投入产出表、中国 OFDI 在东道国分行业的总产出比重。具体处理过程如下:

(1)区分内资和外资企业的国家间投入产出表。经济合作与发展组织(OECD)的跨国公司活动分析(AMNE)数据库提供了跨国公司在全球经济活动中的基本信息,该数据库将官方的 AMNE 数据库与 OECD 的增加值贸易(TiVA)相结合,按照企业所有制性质(内资和外资企业)将各国的生产、增加值和贸易进行了区分。该数据库包含了 2005—2016 年 59 个国家和世界其他地区(ROW)、34 个产业部门的数据,本文采用其区分内资(Domestic-owned)和外资(Foreign-owned)企业的国家间投入产出表。

(2)中国企业在东道国分行业的总产出比重。AMNE 数据库中还提供了分行业的双边总产出数据“GO bilateral”。“GO bilateral”是一个由东道国、行业和母国组成的国家行业层面双边产出流量矩阵,矩阵的对角线模块(同一东道国和母国)表示的是内资企业总产出,而非对角线模块对应外资企业的总产出(矩阵的列为母国)。本文基于此数据库,算出中国 OFDI 企业在各东道国各行业的总产出占比。

(3)各国各行业内资和外资企业的直接碳排放系数。首先,从国际能源署(IEA)获得各国化石燃烧产生的 CO_2 排放量;其次,根据 AMNE 投入产出表中各国各产业部门内资企业和外资企业对相关能源行业(包括煤炭洗选业、石油和天然气开采业)的中间使用数据 $E_{r,i}$,利用等比例化假定(假定各国各产业部门碳排放量占比 $\theta_{r,i}$ 与它们对这两个行业的能源使用比例相同),得到各国各产业部门的碳排放量 $\theta_{r,i} = \frac{E_{r,i}}{\sum_i E_{r,i}}$;然后,用各国碳排放量 CO_{2r} 乘

以各行业碳排放占比 $\theta_{r,i}$,得到各国各行业内资和外资企业的碳排放量 $CO_{2r,i} = CO_{2r} \times \frac{E_{r,i}}{\sum_i E_{r,i}}$;最后,

用各国各行业内资和外资企业的碳排放量除以其总产出 $X_{r,i}$,可得到各国各行业内资和外资企业的

直接碳排放系数,具体计算公式为:

$$C_{r,i} = \left(CO_{2r} \times \frac{E_{r,i}}{\sum_i E_{r,i}} \right) / X_{r,i} \quad (10)$$

3 结果与分析

3.1 中国 OFDI 碳排放的变化趋势

从图 1 可以看出,中国 OFDI 碳排放从 2005 年的 11.50 Mt 增加到 2016 年的 43.51 Mt, 占全球投资碳排放的比重从 0.39% 上升到 1.30%。其变化趋势大致可分为两个阶段:第一阶段(2005—2014 年)快速上升阶段,中国 OFDI 碳排放从 11.50 Mt 增加到 41.95 Mt, 占全球投资碳排放的比重从 0.39% 上升到 1.22%;第二阶段(2014—2016 年)缓慢增长阶段,中国 OFDI 碳排放从 41.95 Mt 略微增加到 43.51 Mt, 占全球投资碳排放的比重从 1.22% 增加到 1.30%。从图中可以看出,中国 OFDI 流量和存量占全球的比重均高于 OFDI 碳排放的占比,2016 年中国 OFDI 流量占全球的 13.01%, 存量占全球的 5.09%, OFDI 碳排放仅占全球的 1.30%。随着中国 OFDI 的不断上升和跨国公司数量的不断增加,中国企业在东道国的 OFDI 碳排放也在上升,但碳排放上升的速度低于 OFDI 增长的速度,说明中国并没有通过 OFDI 进行碳排放转移。尤其是 2014 年之后,虽然中国 OFDI 流量和存量显著上升,但中国 OFDI 碳排放却增加缓慢,这说明中国通过对外投资和低碳技术外溢带动了东道国的低碳绿色发展。

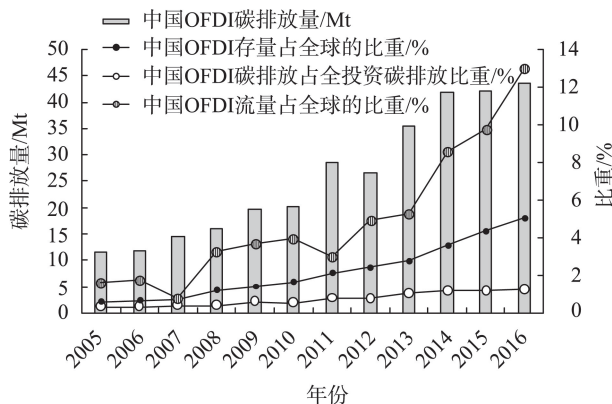


图 1 2005—2016 年中国 OFDI 碳排放的变化趋势

Figure 1 Trends of China's outward foreign direct investment (OFDI) carbon emissions, 2005-2016

3.2 中国 OFDI 碳排放的国别分布

从表 2 中国 OFDI 碳排放前 10 的国家来看,

表2 2005和2016年中国OFDI碳排放前10的东道国

Table 2 Top 10 host countries of China's outward foreign direct investment (OFDI) carbon emissions, 2005 and 2016

2005年			2016年		
东道国	中国OFDI碳排放/Mt	占东道国生产碳排放比重/%	东道国	中国OFDI碳排放/Mt	占东道国生产碳排放比重/%
澳大利亚	1.19	0.33	美国	7.11	0.15
俄罗斯	1.04	0.07	加拿大	4.25	0.78
印度	1.03	0.10	印度	4.20	0.20
南非	0.93	0.25	南非	2.39	0.57
马来西亚	0.93	0.60	马来西亚	2.02	0.93
墨西哥	0.75	0.18	俄罗斯	1.85	0.12
印度尼西亚	0.51	0.16	墨西哥	1.65	0.37
美国	0.50	0.01	澳大利亚	1.39	0.36
加拿大	0.40	0.07	西班牙	1.22	0.51
阿根廷	0.31	0.22	英国	0.96	0.26

2005年中国OFDI碳排放主要集中在澳大利亚以及俄罗斯、印度、南非、马来西亚、墨西哥、印度尼西亚等资源密集型的发展中国家。2016年中国OFDI碳排放较多的东道国依次为:美国、加拿大、印度、南非、马来西亚、俄罗斯、墨西哥等,这些国家不仅有资源密集型的发展中国家(如印度、南非、马来西亚、俄罗斯、墨西哥等),也有美国、加拿大、英国等发达国家。但中国OFDI碳排放占东道国生产碳排放的比重非常小,以占比最高的马来西亚为例,2005、2016年中国OFDI碳排放分别占其生产碳排放的0.60%和0.93%。与2005年相比,虽然2016年在大多数国家的占比有一定幅度上升,但都不足

1%,这说明中国OFDI对各东道国碳排放的影响非常小。

中国OFDI碳排放的国家分布与东道国资源禀赋、中国OFDI投资规模和投资动机密切相关。首先,东道国资源禀赋是影响中国OFDI碳排放的主要因素。将自然资源租金占GDP的比重来衡量一国自然资源禀赋(表3),在世界银行数据库中,自然资源租金是指石油租金、天然气租金、煤炭(硬煤和软煤)租金、矿产租金和森林租金之和,这一指标可以反映自然资源丰裕程度^[33]。可以看出中国OFDI碳排放量前10的东道国中,俄罗斯、马来西亚、印度尼西亚、阿根廷、南非和澳大利亚都是自然资源丰

表3 2005和2016年自然资源租金占比、中国OFDI投资存量和自然资源出口占比排名前10的国家

Table 3 Top 10 countries in terms of share of natural resources rent, outward foreign direct investment (OFDI) stock, and share of natural resources export, 2005 and 2016

自然资源租金占GDP比重/%				中国OFDI存量/亿美元				自然资源出口占总出口比重/%			
2005年		2016年		2005年		2016年		2005年		2016年	
沙特阿拉伯	52.38	沙特阿拉伯	20.17	韩国	8.8	美国	605.8	沙特阿拉伯	97.56	沙特阿拉伯	94.61
俄罗斯	17.83	俄罗斯	8.49	美国	8.2	新加坡	334.5	智利	85.12	冰岛	86.72
马来西亚	12.86	马来西亚	5.09	澳大利亚	5.9	澳大利亚	333.5	挪威	81.43	智利	85.67
越南	12.13	挪威	4.12	俄罗斯	4.7	荷兰	205.9	冰岛	80.53	澳大利亚	84.90
挪威	10.55	澳大利亚	4.06	新加坡	3.3	英国	176.1	俄罗斯	79.40	新西兰	77.93
智利	9.75	越南	3.37	德国	2.7	俄罗斯	129.8	澳大利亚	77.01	挪威	76.29
印度尼西亚	9.74	南非	3.31	越南	2.3	加拿大	127.3	阿根廷	68.78	哥伦比亚	74.49
哥伦比亚	6.40	智利	3.20	泰国	2.2	印度尼西亚	95.5	新西兰	68.05	俄罗斯	73.17
阿根廷	5.75	摩洛哥	3.14	马来西亚	1.9	卢森堡	87.8	哥伦比亚	64.21	阿根廷	73.10
墨西哥	5.73	哥伦比亚	2.97	日本	1.5	德国	78.4	印度尼西亚	54.03	巴西	62.96

数据来源:世界银行、中国统计局。

2022年11月

裕的国家。其次,投资量对中国 OFDI 碳排放的影响非常大。在中国 OFDI 碳排放量前 10 的国家中,美国、澳大利亚、俄罗斯、马来西亚同时也是中国 OFDI 存量前 10 的国家。与 2005 年相比,2016 年中国在美国、加拿大的 OFDI 碳排放量明显上升,其原因可能是受美国制造业回流、全球贸易保护主义抬头等因素的影响,中国企业为了绕开贸易壁垒,加大了对美国和加拿大的直接投资。再次,投资动机也是影响中国 OFDI 碳排放的重要因素,中国对东道国投资以资源寻求型为主的,其 OFDI 碳排放量较大。将中国在自然资源出口占比高国家的投资动机归类为资源寻求型^[34],从表 3 中可以看出中国在俄罗斯、马来西亚、印度尼西亚、阿根廷、澳大利亚的投资动机以资源寻求型为主,同时这些国家大多是自然资源密集型和 OFDI 存量大的国家。因此资源禀赋、对外投资量和投资动机共同影响了中国 OFDI 碳排放的国家分布。

从中国 OFDI 碳强度与各东道国碳强度的比较来看(图 2),中国 OFDI 企业在印度、沙特阿拉伯、俄罗斯、越南等资源能源密集型国家的碳强度较高,其中在印度的碳强度最高,2005 年和 2016 年分别为 2.48 kg/美元和 1.91 kg/美元,在德国、英国等欧洲国家的碳强度较低,这说明中国 OFDI 碳强度与东道国的碳强度成正比,与东道国的能源结构、生产技术和生产结构有很大的关系。同时,在大多数国家,中国 OFDI 碳强度小于东道国碳强度,说明中国在大多数国家的 OFDI 呈现“污染光环”效应,其

中,“污染光环”效应较突出的国家既有芬兰、挪威、意大利等发达国家,也有俄罗斯、南非、马来西亚、印度尼西亚等发展中国家。但是,在有些国家却表现出了“污染天堂”效应,如印度、美国、加拿大、德国、丹麦等,在这些国家,中国 OFDI 碳强度大于东道国碳强度,说明东道国企业生产比中国 OFDI 企业更低碳。这既与中国 OFDI 的投资行业有关,如中国在美国、加拿大等国投资了石油化工、采矿业等碳排放密集型行业,也与东道国本身的碳强度更低有关,如德国国内碳强度在 2005 年和 2016 年分别只有 0.04 kg/美元和 0.02 kg/美元。此外,与 2005 年相比,2016 年中国 OFDI “污染天堂”效应的国家数量上升,这是需要引起重视的。

3.3 中国 OFDI 碳排放的行业结构

从图 3 中国 OFDI 碳排放的行业分布可以看出,2005 和 2016 年中国 OFDI 碳排放主要集中在焦炭石油加工业、化学产品制造业、采矿业、电气水供应业、金属和非金属制造业,以及运输仓储业、其他服务业等行业,这些行业中有的本身属于碳排放密集型行业,直接碳排放量大,如焦炭石油加工业、电气水供应业、金属和非金属制造业;有些行业直接和间接碳排放量都很大,如采矿业、运输仓储业;有些行业本身直接碳排放量比较小,如其他服务业,但因为其消耗较多的能源密集型中间投入,且中国 OFDI 量较大,从而导致其碳排放量较大。因此,中国 OFDI 碳排放的行业分布不仅与该行业的碳排放密集程度有关,而且与中国对外投资规模、行业结

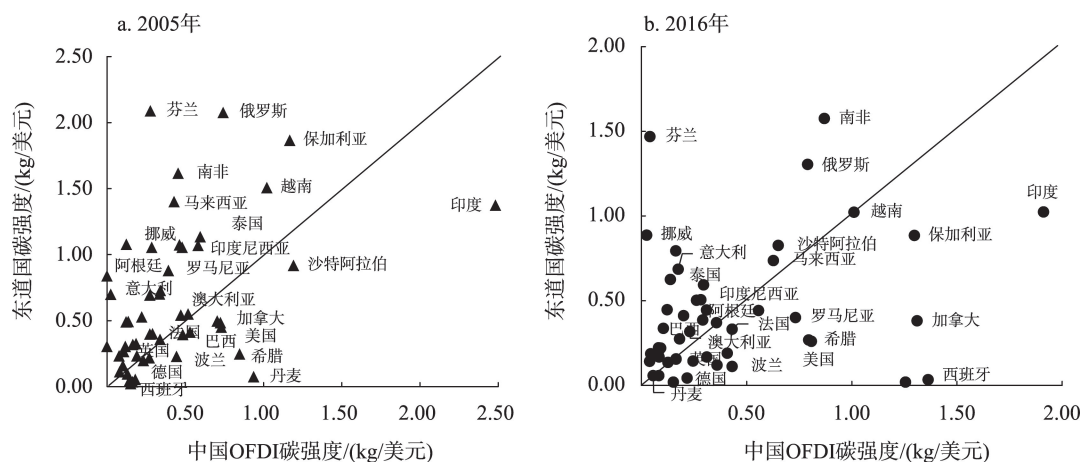


图 2 2005 和 2016 年中国 OFDI 碳强度与东道国碳强度

Figure 2 Carbon intensities of China's OFDI and the host nations, 2005 and 2016

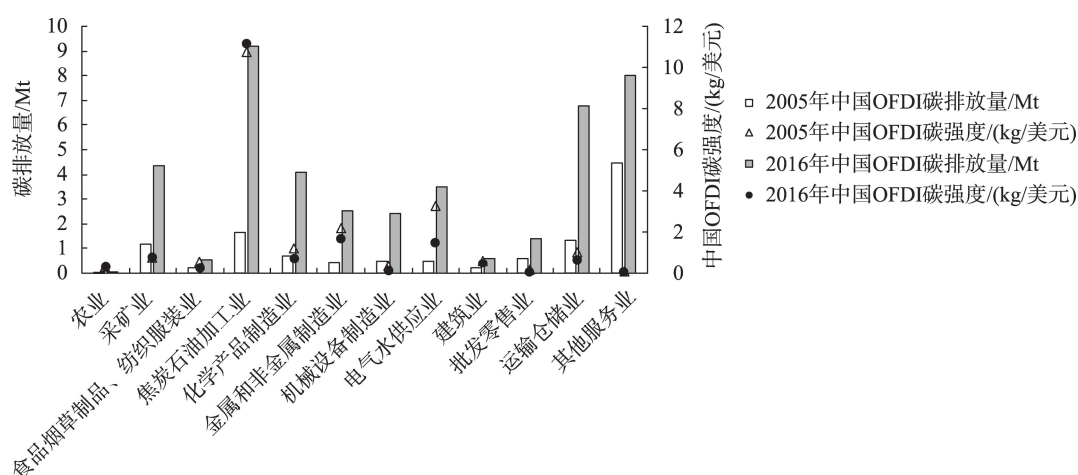


图3 2005和2016年中国OFDI碳排放的行业结构

Figure 3 Industry structure of China's outward foreign direct investment (OFDI) carbon emissions, 2005 and 2016

构密切相关。

此外,在这些中国OFDI碳排放较为集中的行业,有的行业碳强度非常高,如焦炭石油加工业在2005和2016年的碳强度分别为10.76 kg/美元和11.22 kg/美元,说明这些行业给东道国带来的碳排放较多,但增加值相对较少;但有些行业的碳强度相对较低,如运输仓储业在2005和2016年的碳强度分别为1.06 kg/美元和0.68 kg/美元;其他服务业的碳强度分别为0.14 kg/美元和0.12 kg/美元,说明这些行业虽然给东道国带来较多碳排放,但也给其带来很多增加值。

3.4 中国OFDI碳排放典型行业的国别特征

因为中国OFDI存量的80%以上集中在服务业,目前OFDI的碳排放并不是很大,但处于快速增长的态势。随着中国加大对外投资,尤其是制造业OFDI的稳步增长和制造业跨国公司的不断壮大,中国跨国公司对东道国和全球碳排放的影响可能会越来越大。同时由于跨国公司对各国投资目的不同,其碳排放也表现出不同特征。本文选取碳排放量大、中国OFDI较集中的4个行业(采矿业、焦炭石油加工业、化学产品制造业、运输仓储业)作为典型,对比这些典型行业在各东道国碳排放的特征(图4)。总体来看,不同行业OFDI碳排放的东道国分布差别很大,主要是受东道国资源禀赋、技术优势,以及中国OFDI目的、投资量等因素影响。

从“采矿业”来看,中国OFDI碳排放主要集中在澳大利亚、加拿大和马来西亚3个矿产资源丰富

的国家,这与中国OFDI的区位选择以及东道国的资源禀赋相关。其中,在澳大利亚的OFDI碳排放较为稳定,2005和2016年都是0.70 Mt。在加拿大的OFDI碳排放增加迅猛,从2005年的0.18 Mt增长到2016年的2.53 Mt,同时其碳强度从0.55 kg/美元增加到3.44 kg/美元,这说明中国在加拿大OFDI碳强度上升是其碳排放增加的一大主要原因。在马来西亚的OFDI碳排放从2005年的0.25 Mt增长到2016年的0.50 Mt,但碳强度不增反降,从0.55 kg/美元下降到0.46 kg/美元。

从“焦炭石油加工业”来看,中国OFDI企业在美国和印度的碳排放较高。其中在印度的碳排放从2005年的0.78 Mt增加到2016年的2.78 Mt,主要是因为中国在印度该行业OFDI增加带来总产出的增加。根据AMNE的数据统计发现,中国在印度焦炭石油加工业行业的总产出从2005年的2.75亿美元增加到2016年的10.79亿美元,增加了2.92倍;在美国的OFDI碳排放不仅高,而且增长迅速,从2005年的0.27 Mt增加到2016年的4.42 Mt。一是因为美国整个国家的能耗强度和碳强度增加,二是因为中国加大了该行业在美国的直接投资和生产,即技术效应和规模效应的共同作用导致其碳排放增加。2005—2016年,中国企业在加拿大和墨西哥的OFDI碳强度高但下降很快,其中在墨西哥的碳强度从41.94 kg/美元大幅下降到8.85 kg/美元。在其他大部分东道国的碳强度都下降,但美国、俄罗斯、沙特阿拉伯例外,其中在美国的碳强度从12.77 kg/

2022年11月

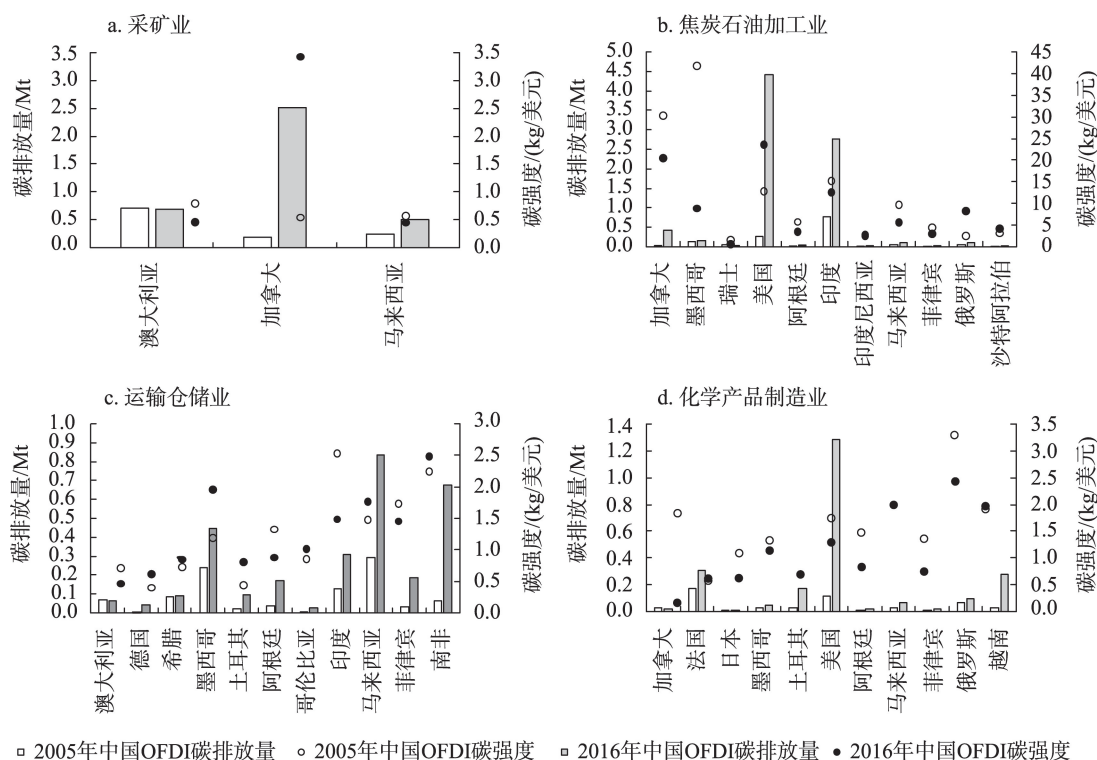


图4 中国OFDI碳排放典型行业的国别特征

Figure 4 Country characteristics of China's outward foreign direct investment (OFDI) carbon emissions in typical industries

美元增加到23.61 kg/美元;在俄罗斯的碳强度从2.57 kg/美元增加到8.52 kg/美元。

从“化学产品制造业”来看,中国OFDI碳排放主要集中在美国和法国等发达国家。2005—2016年,在法国的OFDI碳排放从0.17 Mt增加到0.31 Mt,在美国的OFDI碳排放从0.11 Mt增长到1.25 Mt。主要是因为化学产品制造业属于技术密集型行业,中国的OFDI主要集中在发达国家。但是近年来,在越南、土耳其等发展中国家的OFDI碳排放增长迅猛,其中2016年在越南的碳排放从2015年的0.02 Mt增加到0.26 Mt,在土耳其的碳排放从0.02 Mt增加到0.16 Mt。与2005年相比,2016年中国在大多数东道国OFDI的碳强度下降,但在土耳其却从0.34 kg/美元增加到0.74 kg/美元,因此在土耳其OFDI碳排放的增加部分原因可能来源于该行业碳排放强度的上升。

从“运输仓储业”行业来看,在墨西哥、马来西亚和南非等发展中国家OFDI碳排放也较多,但在发达国家的却非常少,主要是因为中国运输仓储业行业的国际竞争力较弱,在发达国家投资较少有关。

4 结论与建议

4.1 结论

充分考虑到东道国本土企业和中国OFDI企业在能源效率、生产结构等方面的差异性,本文构建区分内资和外资企业异质性的国家间投入产出模型,测度中国OFDI碳排放。基于测度结果,从变化趋势、地区分布、行业结构、典型行业的国别特征等多角度分析了中国OFDI碳排放的主要特征,全面评估给东道国带来的环境效应。主要结论如下:

(1)中国OFDI碳排放从2005年的11.50 Mt增加到2016年的43.51 Mt,占全球投资碳排放的比重从0.39%上升到1.30%,远小于中国OFDI占全球的比重。尤其是2014年之后,虽然中国OFDI流量和存量显著上升,但中国OFDI碳排放却增加缓慢。

(2)2005年中国OFDI碳排放集中在澳大利亚、俄罗斯等资源密集型国家,但2016年在美国、加拿大等发达国家的OFDI碳排放显著增加,这说明受到美国制造业回流、全球贸易保护主义抬头等因素的影响,中国OFDI的方向和动机在发生变化,从而影响到中国OFDI碳排放的国别分布与行业结构。

在大多数国家,中国 OFDI 碳强度小于东道国碳强度,因此中国在大多数国家的 OFDI 呈现“污染光环”效应。

(3) 中国 OFDI 碳排放主要集中在焦炭石油加工业、化学产品制造业、采矿业、电气水供应业、金属和非金属制造业,以及运输仓储业、其他服务业等行业,这些行业有的直接碳排放高,有的间接碳排放高,说明中国 OFDI 碳排放的行业分布不仅与该行业的碳排放密集程度有关,而且与中国对外投资规模、行业结构密切相关。

(4) 从代表性行业 OFDI 碳排放的国别特征来看,不同行业投资碳排放的东道国分布差别很大,主要是受东道国资源禀赋以及中国对外投资动机、投资量等因素影响。“采矿业”投资碳排放主要集中在矿产资源丰富的澳大利亚、加拿大、马来西亚;“焦炭石油加工业”投资在美国和印度的碳排放较高;“化学产品制造业”的 OFDI 碳排放主要集中在美国和法国等发达国家;而“运输仓储业”的 OFDI 碳排放主要分布在墨西哥、马来西亚和南非等发展中国家。

4.2 建议

随着中国总体经济实力的上升和跨国公司的发展壮大,越来越多的企业通过 OFDI 走出去,对东道国的环境、经济和技术进步等都会产生一定影响。目前中国国内的节能减排取得了突出的成效,碳中和愿景的提出进一步彰显了中国在应对气候变化方面的态度和决心,为突出中国在全球气候变化治理中的引领和示范作用,提出如下政策建议:

(1) 国家层面:中国要继续改善能源结构、提高能源利用效率、提升低碳技术创新能力,并本着“创新、协调、绿色、开放、共享”的新发展理念,制定与东道国的低碳合作框架,抓住新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇,通过 OFDI 推动疫情后世界经济“绿色复苏”,通过 OFDI 实现产业转移和低碳技术合作,推动中国绿色低碳技术和产品对东道国(尤其是发展中国家)的技术溢出,推动双边产业结构低碳升级,汇聚起低碳发展的强大合力,为实现全球碳中和而努力。

(2) 企业层面:跨国公司是 OFDI 的主体,既要减少其生产运营和供应链中的碳排放,也要通过全球产业关联和技术溢出,带动东道国的节能减排,

为应对气候变化、实现全球碳中和做出重要贡献。目前根据各国的碳中和目标,各国跨国公司纷纷制定碳中和目标,如苹果公司计划 2030 年全面实现碳中和,拜耳、西门子、通用电气、奔驰、大众等企业都承诺了其实现碳中和的目标年份。随着中国跨国公司的发展壮大,要想在碳中和时代树立良好的企业形象,中国企业也要在碳中和方面做出表率,生产决策时要考虑对全球减排的贡献,如出台奖励或惩罚措施来促进企业遵守整个供应链中的行业排放标准、选择那些密集使用低碳技术的供应商、选择环境友好型的下游分销商、将低碳技术转让给其他国家的供应商或合作伙伴、设计或提升产品以便减少材料和能源的使用,促进循环经济等。

参考文献(References):

- [1] 中华人民共和国商务部. 2020 年我国对外全行业直接投资简明统计[N/OL]. (2021-01-22) [2022-07-26]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/tongjiziliao/dgzz/202101/20210103033289.shtml>. [Ministry of Commerce of the People's Republic of China. The Annual Statistical Communiqué of China's Outward Foreign Direct Investment 2020[N/OL]. (2021-01-22) [2022-07-26]. <http://www.mofcom.gov.cn/article/tongjiziliao/dgzz/202101/20210103033289.shtml>.]
- [2] Tracy E F, Shvarts E A, Simonov E, et al. China's new Eurasian ambitions: The environmental risks of the silk road economic belt [J]. *Eurasian Geography & Economics*, 2017, 58(1): 56-88.
- [3] Cole M, Elliott R, Zhang J. Growth, foreign direct investment, and the environment: Evidence from Chinese cities[J]. *Journal of Regional Science*, 2011, 51(1): 121-138.
- [4] 张宇, 蒋殿春. FDI、政府监管与中国水污染: 基于产业结构与技术进步分解指标的实证检验[J]. *经济学(季刊)*, 2014, 13(2): 491-514. [Zhang Y, Jiang D C. FDI, government regulation and the water-pollution in China: An empirical test based on the decomposition of industry structure and the technological progress [J]. *China Economic Quarterly*, 2014, 13(2): 491-514.]
- [5] Abdo A B, Li B, Zhang X, et al. Influence of FDI on environmental pollution in selected Arab countries: A spatial econometric analysis perspective[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27: 28222 - 28246.
- [6] 盛斌, 吕越. 外国直接投资对中国环境的影响: 来自工业行业面板数据的实证研究[J]. *中国社会科学*, 2012, (5): 54-75. [Sheng B, Lv Y. The impact of foreign direct investment on China's environment: An empirical study from industrial panel data[J]. *Social Sciences in China*, 2012, (5): 54-75.]
- [7] 李子豪. 外商直接投资对中国碳排放的门槛效应研究[J]. *资源*

2022年11月

- 科学, 2015, 37(1): 163–174. [Li Z H. Threshold effect of foreign direct investment on China's carbon Emissions[J]. Resources Science, 2015, 37(1): 163–174.]
- [8] 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, 44(3): 32–60. [Shao C D, Su D N, Yang Q. Environmental effects of FDI on domestic firms in host countries: Evidence from China[J]. The Journal of World Economy, 2021, 44(3): 32–60.]
- [9] Gallagher K S, Qi Q. Chinese overseas investment policy: Implications for climate change[J]. Global Policy, 2021, 12(3): 260–272.
- [10] Chen Z L, Yan T, Zhao W G, et al. Capacity utilization loss of the Belt and Road countries incorporating carbon emission reduction and the impacts of China's OFDI[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.123926.
- [11] 刘玉博, 吴万宗. 中国OFDI与东道国环境质量: 影响机制与实证检验[J]. 财贸经济, 2017, 38(1): 99–114. [Liu Y B, Wu W Z. Theoretical mechanism and empirical evidence of OFDI from China affecting environmental quality in host countries[J]. Finance and Trade Economics, 2017, 38(1): 99–114.]
- [12] 李侠祥, 刘昌新, 王芳, 等. 中国投资对“一带一路”地区经济增长和碳排放强度的影响[J]. 地球科学进展, 2020, 35(6): 618–631. [Li X X, Liu C X, Wang F, et al. The impact of China's investment on economic growth and carbon emission intensity in the “Belt and Road” [J]. Advances in Earth Science, 2020, 35(6): 618–631.]
- [13] 夏炎, 姜青言, 杨翠红, 等. “一带一路”倡议助推沿线国家和地区绿色发展[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(6): 724–732. [Xia Y, Jiang Q Y, Yang C H, et al. Belt and Road Initiative promotes green development of countries and regions along Belt & Road[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(6): 724–732.]
- [14] 刘朝, 吴纯, 李增刚. 中国对“一带一路”沿线国家直接投资的碳排放效应[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(1): 9–18. [Liu Z, Wu C, Li Z G. Effects on carbon emission of China's direct investment in Belt and Road countries[J]. China Population, Resources and Environment, 2022, 32(1): 9–18.]
- [15] Harlan T. Green development or greenwashing? A political ecology perspective on China's green Belt and Road[J]. Eurasian Geography and Economics, 2020, (2): 1–25.
- [16] Mahadevan R, Sun Y Y. Effects of foreign direct investment on carbon emissions: Evidence from China and its Belt and Road countries[J]. Journal of Environmental Management, 2020, DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111321.
- [17] 昌敦虎, 缪琪, 原佳倩, 等. “一带一路”沿线国家碳排放: 外商直接投资与发展要素的共同影响分析[J]. 环境科学研究, 2022, 35(7): 1556–1563. [Chang D H, Liao Q, Yuan J Q, et al. Carbon Emissions by ‘the Belt and Road’ countries: Impacts of foreign direct investment and development factors[J]. Research of Environmental Sciences, 2022, 35(7): 1556–1563.]
- [18] Yan Y F, Wang R, Zheng X X, et al. Carbon endowment and trade-embodied carbon emissions in global value chains: Evidence from China[J]. Applied Energy, 2020, DOI: 10.1016/j.apenergy.2020.115592.
- [19] 韩梦瑶, 熊焦, 刘卫东. 中国跨境能源贸易及隐含能源流动对比: 以“一带一路”能源合作为例[J]. 自然资源学报, 2020, 35(11): 2674–2686. [Han M Y, Xiong J, Liu W D. China's cross-border energy relations between direct trade and embodied transfers: Based on “the Belt and Road” energy cooperation[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2674–2686.]
- [20] 李晖, 刘卫东, 唐志鹏. 全球贸易隐含碳净转移的空间关联网络特征[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 682–692. [Li H, Liu W D, Tang Z P. Spatial correlation network of net carbon transfer in global trade[J]. Resources Science, 2021, 43(4): 682–692.]
- [21] Peters G P. From production-based to consumption-based national emission inventories[J]. Ecological Economics, 2008, 65(1): 13–23.
- [22] 刘宏筵, 张济建, 张茜. 全球供应链视角下的中国碳排放责任与形象[J]. 资源科学, 2021, 43(4): 652–668. [Liu H D, Zhang J J, Zhang X. China's carbon emission responsibility and image from the perspective of global supply chain[J]. Resources Science, 2021, 43(4): 652–668.]
- [23] 杨军, 杨泽, 丛建辉, 等. 责任和收益匹配原则下中国省域碳排放责任共担方案优化[J]. 资源科学, 2022, 44(9): 1745–1758. [Yang J, Yang Z, Cong J H, et al. Optimization of China's provincial carbon emission responsibility sharing scheme based on the principle of responsibility and benefit matching[J]. Resources Science, 2022, 44(9): 1745–1758.]
- [24] 岳婷, 李梦婷, 陈红, 等. 碳中和研究热点与演进趋势: 基于科学知识图谱[J]. 资源科学, 2022, 44(4): 701–715. [Yue T, Li M T, Chen H, et al. Carbon neutrality research hotspots and evolution trend: Based on the scientific knowledge map[J]. Resources Science, 2022, 44(4): 701–715.]
- [25] Zhang Z K, Guan D B, Wang R, et al. Embodied carbon emissions in the supply chains of multinational enterprises[J]. Nature Climate Change, 2020, 10: 1096–1101.
- [26] Zhu K F, Guo X F, Zhang Z K. Reevaluation of the carbon emissions embodied in global value chains based on an inter-country input-output model with multinational enterprises[J]. Applied Energy, 2022, DOI: 10.1016/j.apenergy.2021.118220.
- [27] López L A, Cadarso M Á, Zafrilla J, et al. The carbon footprint of the US multinationals' foreign affiliates[J]. Nature Communications, 2019, 10(1): 1–11.
- [28] Ortiz M, Cadarso M Á, López L A. The carbon footprint of foreign multinationals within the European Union[J]. Journal of Industrial Ecology, 2020, 24(6): 1287–1299.
- [29] 闫云凤. 中国外资企业碳足迹的追踪与溯源[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(8): 32–42. [Yan Y F. Tracing the carbon foot-

- print of foreign-owned enterprises in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2021, 31(8): 32–42.]
- [30] Yan Y F, Wang R, Chen S D, et al. Mapping carbon footprint along global value chains: A study based on firm heterogeneity in China [J]. *Structural Change and Economic Dynamics*, 2022, 61: 398–408.
- [31] 闫云凤. 追溯全球价值链中跨国公司的碳排放: 基于在华和在美外资企业碳排放的比较[J]. *国际经贸探索*, 2022, 38(5): 22–36. [Yan Y F. Tracing Carbon Emissions of Multinational Enterprises in GVC: A comparison based on carbon emissions of foreign enterprises in China and the United States[J]. *International Economics and Trade Research*, 2022, 38(5): 22–36.]
- [32] 祝坤福, 余心玓, 魏尚进, 等. 全球价值链中跨国公司活动测度及其增加值溯源[J]. *经济研究*, 2022, 57(3): 136–154. [Zhu K F, Yu X D, Wei S J, et al. MNEs' activities measurements and value-added tracing in GVCs[J]. *Economic Research Journal*, 2022, 57(3): 136–154.]
- [33] 陈建伟, 苏丽锋, 祁毓. 自然资源租金抑制了高等教育发展吗? 基于跨国面板数据的经验分析[J]. *华中师范大学学报(人文社会科学版)*, 2021, 60(5): 178–188. [Chen J W, Su L F, Qi Y. Does natural resource rent inhibit the development of higher education? An empirical analysis with cross-country panel data[J]. *Journal of Central China Normal University (Humanities and Social Sciences)*, 2021, 60(5): 178–188.]
- [34] Ramasamy B, Yeung M. China's outward foreign direct investment (OFDI) to developing countries: The case of Central and Eastern Europe (CEE)[J]. *Journal of the Asia Pacific Economy*, 2020, 27(1): 124–146.

Carbon emissions from China's outward foreign direct investment: Measurement based on multi-regional input-output model

YAN Yunfeng

(School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070, China)

Abstract: With the introduction of the dual carbon goals and the growth of China's outward foreign direct investment (OFDI), some people argue that China transfers its carbon emissions to other countries. By constructing a global multi-regional input-output model distinguishing the firm heterogeneity of domestic- and foreign-owned enterprises, this study measured and analyzed the carbon emissions generated by Chinese enterprises in host countries from 2005 to 2016 to test whether China's OFDI leads to a “pollution haven”. The results show that the amount of China's OFDI carbon emissions is small, and its share in global investment carbon emissions is much smaller than the share of China's OFDI stock and flow. China's OFDI carbon emissions are mainly concentrated in resource-intensive developing countries and developed countries such as the United States. In most countries, the carbon intensity of China's OFDI is lower than that of the host country, indicating that China's OFDI in most countries presents a “pollution halo” effect. China's OFDI carbon emissions are distributed in industries with big investment scale, resource seeking investment motivation, and high carbon intensity. It is suggested that the Chinese government promote a bilateral low-carbon investment cooperation framework, and Chinese enterprises promote the spillover and dissemination of low-carbon technologies through global industrial linkages.

Key words: outward foreign direct investment (OFDI); carbon emissions; “pollution haven” effect; multi-regional input-output model; China