

# 中国外资企业碳排放的测度与影响因素

## ——基于“双循环”的视角

文章所属专业委员会领域：资源与环境经济

**摘要：**“新发展格局”下中国将进一步扩大开放，而外资企业在气候治理中发挥着重要作用。评估引进外资产生的环境成本、探寻国内、国际“双循环”嵌入下外资企业在供给侧和需求侧的不同减排途径，对实现中国的“双碳”目标具有重要意义。本文构建“双循环”下外资企业碳排放的测度与分解框架，研究中国外资企业碳排放及其组成结构，并采用层次式结构分解分析（HSDA）方法从供给侧和需求侧探究中国外资企业碳排放变动原因。结果表明：①2005-2016年，中国外资企业碳排放呈现出“先升后降”的变化趋势，其变化受到中国环境规制增强以及国内、国际分工变动的影响。②研究期内，国内循环对中国外资企业碳排放的引致作用显著增强，国际循环的作用显著下降。③从影响因素来看，尽管碳排放系数效应仍是中国外资企业碳排放下降的主要推动力，但其力度有所下降；“双循环”效应的减排效果因供给侧和需求侧变动逐渐凸显，在国内循环中，供给侧变动显著降低了外资企业碳排放，而需求侧变动则不利于外资企业减排；在国际循环中，供给侧变动在一定程度上降低了外资企业碳排放，而需求侧变动的影响由促进作用转向抑制作用。因此“新发展格局”下，中国外资企业减排不但需要进一步加强国内环境规制，倒逼企业能源结构优化和低碳技术进步，还要深化供给侧和需求侧管理，打造畅通国内国际双循环，同时兼顾行业差异，依凭“双循环”有重点、有次序减排。

**关键词：**外资企业碳排放；新发展格局；国内循环；国际循环；层次式结构分解分析

## 一、引言

构建“国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局”（简称“新发展格局”）是党中央结合国内外政治、经济形势做出的重大战略决策。改革开放前30年，中国通过市场和资源“两头在外、大进大出”的发展模式，参与国际经济大循环，实现了经济的迅速发展（黄群慧和倪红福, 2021）。金融危机后，世界经济低迷、外部需求急剧萎缩，外需主导的国际循环发展模式受到挑战。我国开始将扩大内需作为基本立足点，推动经济向内需主导的国内经济大循环转变（王一鸣, 2020）。习近平总书记指出：“金融危机以来，我国经济已经在向以国内大循环为主体转变”，但“以国内大循环为主体，绝不是关起门来封闭运行”，而是“更好利用国际国内两个市场、两种资源，实现更加强劲可持续的发展”。因为在全球价值链（Global Value Chain, GVC）分工时代，很少有国家只有国内经济循环，绝大多数国家基本上都参与程度不同的国际循环（黄群慧, 2021a）。这意味着打造“新发展格局”的着力点不仅在于深化供给侧结构性改革、充分发挥中国超大规模市场优势和内需潜力；还在于积极推进更高水平对外开放、营造一流营商环境、更好发挥外资企业“外引内联”的独特作用（王一鸣, 2020）。

外资企业是中国经济增长的助推器和参与国际循环的重要载体。中国外资企业通过链接国内外上下游厂商，开展全球分散化生产，创造出了超五成的对外贸易（葛顺奇等, 2021），其对中国经济发展的重要性不言而喻。改革开放40年以来，特别是加入WTO之后，中国引进外商直接投资（Foreign Direct Investment, FDI）的规模不断扩大。根据OECD数据显示，2005-2021年间，中国FDI流量由1 041.1亿美元增至3 339.79亿美元；FDI存量由0.47万亿美元增至3.62万亿美元，位居全球第二。作为一个FDI流入大国，中国得益于外资带来较大经济效益的同时，也承担着日益增长的环境成本。有研究表明：2016年中国外资企业直接和间接引致的碳排放高达1 584.5百万吨（Mt），排名世界第一；其中，约有93%的排放发生在中国境内，占中国生产碳排放的近1/6（Zhang et al., 2020）。可见，外资企业碳排放在中国日益增长的碳排放增长中起到了不可忽视的助推作用，这是中国气候治理进程中难以回避的现实问题。

为了应对日益严峻的全球气候变化、满足人民群众日益增长的优美生态环境需求、推动人类命运共同体构建。中国政府主动担当大国责任，提出“二氧化碳排放力争于2030年达到峰值，努力争取2060年实现碳中和”的“双碳”目标。同时，《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》（2021）也明确指出：要“建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，确保实现碳达峰、碳中和目标，推动我国绿色发展迈上新台阶”。外资企业作为中国经济发展中的重要一环，其排放问题需引起高度重视。特别是在“新发展格局”的大背景下，中国势必会进一步提高对外开放水平，吸引更多的外来资本进入到中国市场。因此，如何评估外资所引发的环境成本，如何借力国内、国际循环进一步深化供给侧和需求侧改革，进而降低外资企业碳排放，推动中国“双碳”目标实现，是当前研究亟待解决的问题。

## 二、文献综述

“新发展格局”理念提出前，既有文献对国内、国际经济“双循环”的研究主要围绕国内价值链（National Value Chain, NVC）与GVC展开。关于何为NVC、GVC，现有研究从不同角度进行了界定。就NVC而言，刘志彪和张杰（2007）认为NVC为本土企业的产品或产业价值链不同生产环节在一国国家边界内展开的分工体系；黎峰（2020）则提出NVC分工的表

现形式为境内企业之间基于资源及中间品供应能力、加工制造能力及国内市场潜力而开展的产品内分工；二者对NVC界定的核心分歧在于参与主体是否包含外资企业。而GVC则往往与“垂直专业化”（Hummels et al., 1998）、“国际序贯生产”（余心玳等, 2016）以及“中间品贸易”等术语相联系。具体到核算方式，Wang et al.（2017）将隐含在一国中间品出口中的国内增加值定义为与GVC活动相关的增加值。其中，根据增加值跨境次数，又可将GVC活动具体划分为简单GVC（跨境一次）和复杂GVC（跨境至少两次）。

“新发展格局”理念正式提出后，对“双循环”的研究不再局限于NVC和GVC视角，国内学者开始从“双循环”的核心内涵（裴长洪和刘洪愧, 2021；林卫斌等, 2022）、测度方式（黄仁全和李村璞, 2022；李敬和刘洋, 2022）、构建路径（王一鸣, 2020；高培勇, 2021；江小涓和孟丽君, 2021；谢富胜和匡晓璐, 2022）以及政策体系（黄群慧, 2021b；马建堂, 2021）等方面进行深入的剖析。其中，与本文高度相关的是国内循环和国际循环核心内涵的界定。从需求角度，江小涓和孟丽君（2021）认为国内循环可以理解为内需，国际循环为外需。从GVC核算角度，黄群慧（2021a）认为国内循环被反映为一国GDP中纯国内生产部分，而国际循环为一国GDP中最终品贸易生产、简单中间品GVC分工生产和复杂中间品GVC分工生产部分。从经济循环视角，黄群慧和倪红福（2021）将发生在封闭空间内的经济循环，称之为国内循环；而发生在外部的经济循环，则称之为国际循环。从生产循环角度，倪红福和田野（2021）认为GVC本身就构成了一种生产循环。当这种生产循环局限于一国（地区）时，就形成国内价值链，构成国内大循环主要部分；当延展到国际分工时，就形成了国际价值链，成为国际大循环的核心部分。上述研究为科学界定“双循环”提供了良好的基础，但这些界定多是从国家视角出发，而具体至企业视角，特别是外资企业如何参与国内、国际循环，却鲜有涉及。

FDI作为中国参与国际循环的重要媒介，其环境效应多年来备受关注，而既有研究主要持两种不同的观点。一种是“污染天堂效应”，即发达国家为了规避本国日趋严格的环境规制，将国内高污染、高排放、低附加值的生产环节通过FDI转移到中国，从而增加了中国的污染和排放（Ren et al., 2014；Cheng et al., 2020）。另一种是“污染光环效应”，即FDI可以通过技术溢出，显著降低中国环境污染和温室气体排放（盛斌和吕越, 2012；许和连和邓玉萍, 2012；郑强等, 2017；邵朝对等, 2021）。上述研究的共性在于将FDI作为解释变量，加入到计量模型中，实证检验FDI的环境效应。同时，受计量经济学方法的限制，这些研究只能验证FDI是否影响了中国的环境污染和二氧化碳排放、通过何种方式影响以及这一影响是正向还是负向，而无法直接测度中国外资企业的碳排放规模，更无法分析其变动特征。

随着全球投入产出数据库的逐渐建立与完善，投入产出分析法被广泛应用于国际循环相关的碳排放研究。最早应用于对外贸易隐含碳的测度（Peters & Hertwich, 2008；齐晔等, 2008；潘安和魏龙, 2015；乔小勇等, 2018；Dietzenbacher et al., 2020）、分解（Zhang et al., 2017；Meng et al., 2018）、碳排放责任的界定（Rodrigues & Domingos, 2008；Marques et al., 2012；彭水军等, 2015；彭水军等, 2016；Chen et al., 2018）以及影响因素分析（Su & Thomson, 2016）。其中，Zhang et al.（2017）基于GVC前向关联将双边贸易分解为三种不同模式，并将“污染天堂假设”纳入多区域投入产出分析，讨论全球“生产碎片化”的环境影响。Meng et al.（2018）将增加值贸易和贸易隐含碳纳入同一分析框架，基于GVC前向、后向关联分解碳排放，从国家、部门和双边层面估计了GVC的潜在环境成本。上述研究主要围绕贸易引发的全球“碳转移”展开，而对投资引发的全球“碳转移”缺乏系统的讨论。

近年来，投入产出方法开始应用于测度外资企业和跨国公司的碳排放，关于“投资碳转

移”的研究逐渐增加。López et al. (2019) 利用多区域投入产出模型测度了美国跨国公司海外子公司的碳足迹,发现跨国公司在海外产生一单位附加值所需的排放量高于其国内平均水平,且在发展中国家这一比例还会提升; Ortiz et al. (2020) 估算了2015年在欧盟内部运营的外国跨国公司子公司的碳足迹,认为其造成的不利环境影响高于产生的积极经济影响; Zhang et al. (2020) 通过追踪跨国公司供应链中的隐含碳,发现全球通过投资转移的碳排放在2011年达到峰值,其中来自发达国家的碳排放转移有所下降,但来自中国的却显著增加; 闫云凤(2021) 在构建反映内资企业和外资企业异质性的世界投入产出模型基础上,测度、分析了GVC视角下中国外资企业碳足迹及其变动特征; Ortiz et al. (2022) 在追踪跨国企业的外国子公司(FMNEs)的碳排放和附加值后发现,大多数国家的FMNEs对其供应链上的碳排放的贡献要大于附加值,就同一部门而言,经合组织国家FMNEs的碳密集度通常高于国内企业,这破坏了这些国家为减少全球排放所做的努力。上述研究为分析外资企业碳排放以及FDI引发的全球“碳转移”提供了新的视角和思路。然而一方面,既有研究中针对中国外资企业碳排放的分析较少;另一方面,现有研究缺乏对外资企业参与中国国内、国际“双循环”的讨论,因而难以准确评估外资企业参与“双循环”产生的环境成本。

随着中国“新发展格局”的构建和“双碳”目标的推进,亟需客观测度“双循环”下中国外资企业的碳排放,深入探究其变化的影响因素,以便能探寻更加科学的减排路径。本文在准确界定“双循环”的概念和测度方法基础上,细致分析了外资企业碳排放的主要特征,并从供给侧和需求侧探寻其影响因素,其边际贡献主要有:第一,通过构建区分企业异质性的国家间投入产出模型,提出外资企业碳排放的核算与分解框架,准确、客观测度外资企业碳排放,科学回答中国外资企业“排放了多少”、“由谁排放”和“为谁排放”三个问题。第二,从“企业”视角丰富了“双循环”的相关研究,现有“双循环”研究大多从国家/区域视角展开,本文首次将FDI纳入“双循环”的分析框架中,从外资企业参与“双循环”的视角,推演得出“国内循环”和“国际循环”的概念界定和测度模型,客观测度国内循环和国际循环中的外资企业碳排放,准确评估外资企业参与“双循环”产生的环境成本。第三,采用层次式结构分解分析(Hierarchical Structure Decomposition Analysis, HSDA)方法将外资企业碳排放变动的影响因素分解为国内循环效应和国际循环效应,并分别从供给侧和需求侧剥离出其影响因素,完整展现国内循环和国际循环中供给侧和需求侧因素变动对外资企业碳排放影响的不同路径,为“新发展格局下”外资企业的减排提供路径选择。

### 三、模型和数据来源

#### (一) 异质性企业多区域投入产出模型

在传统投入产出表的基础上,结合OECD的跨国公司投入产出数据,本文构建了一个G国( $G = 1, \dots, g$ )N部门( $N = 1, \dots, n$ )区分企业所有权性质的投入产出表(表1)。表1主要由四个部分构成,中间投入矩阵 $Z$ 、需求矩阵 $Y$ 、增加值向量 $VA$ 和总产出向量 $X$ 。其中, $Z$ 为 $2GN \times 2GN$ 矩阵, $Y$ 为 $2GN \times G$ 矩阵, $X$ 为 $1 \times 2GN$ 行向量, $VA$ 为 $1 \times 2GN$ 行向量。字母 $D$ 、 $F$ 分别代表内资企业和外资企业,以中间投入 $Z_{1g}^D$ 为例,它表示1国内资企业生产的中间产品被 $g$ 国外资企业用作中间投入部分,为 $N \times N$ 矩阵。

表1 区分企业性质的国家间投入产出表

		中间投入 (Z)						最终使用 (Y)			总产出 (X)	
		国家 1		...		国家 g		国家 1	..	国家 g		
		D	F	D	F	D	F					
中间投入	国家 1	D	$Z_{11}^{DD}$	$Z_{11}^{DF}$	...	...	$Z_{1g}^{DD}$	$Z_{1g}^{DF}$	$Y_{11}^D$	..	$Y_{1g}^D$	$X_1^D$
		F	$Z_{11}^{FD}$	$Z_{11}^{FF}$	...	...	$Z_{1g}^{FD}$	$Z_{1g}^{FF}$	$Y_{11}^F$	..	$Y_{1g}^F$	$X_1^F$
	⋮	D	...	...	...	...	...	...	...	..	...	...
		F	...	...	...	...	...	...	...	..	...	...
	国家 g	D	$Z_{g1}^{DD}$	$Z_{g1}^{DF}$	...	...	$Z_{gg}^{DD}$	$Z_{gg}^{DF}$	$Y_{g1}^D$	..	$Y_{gg}^D$	$X_g^D$
		F	$Z_{g1}^{FD}$	$Z_{g1}^{FF}$	...	...	$Z_{gg}^{FD}$	$Z_{gg}^{FF}$	$Y_{g1}^F$	..	$Y_{gg}^F$	$X_g^F$
增加值 (VA)			$VA_1^D$	$VA_1^F$	...	...	$VA_g^D$	$VA_g^F$				
总投入 (X)			$(X_1^D)^T$	$(X_1^F)^T$	...	...	$(X_g^D)^T$	$(X_g^F)^T$				

基于表 1，构建异质性企业全球多区域投入产出 (MRIO) 模型：

$$\begin{bmatrix} X_1^D \\ X_1^F \\ \vdots \\ X_g^D \\ X_g^F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11}^{DD} + Z_{11}^{DF} + \dots + Z_{1g}^{DD} + Z_{1g}^{DF} \\ Z_{11}^{FD} + Z_{11}^{FF} + \dots + Z_{1g}^{FD} + Z_{1g}^{FF} \\ \vdots \\ Z_{g1}^{DD} + Z_{g1}^{DF} + \dots + Z_{gg}^{DD} + Z_{gg}^{DF} \\ Z_{g1}^{FD} + Z_{g1}^{FF} + \dots + Z_{gg}^{FD} + Z_{gg}^{FF} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_{11}^D + \dots + Y_{1g}^D \\ Y_{11}^F + \dots + Y_{1g}^F \\ \vdots \\ Y_{g1}^D + \dots + Y_{gg}^D \\ Y_{g1}^F + \dots + Y_{gg}^F \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{令 } A = Z \times (\hat{X})^{-1}, \text{ 则有 } A = \begin{bmatrix} A_{11}^{DD} & A_{11}^{DF} & \dots & A_{1g}^{DD} & A_{1g}^{DF} \\ A_{11}^{FD} & A_{11}^{FF} & \dots & A_{1g}^{FD} & A_{1g}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ A_{g1}^{DD} & A_{g1}^{DF} & \dots & A_{gg}^{DD} & A_{gg}^{DF} \\ A_{g1}^{FD} & A_{g1}^{FF} & \dots & A_{gg}^{FD} & A_{gg}^{FF} \end{bmatrix}, \text{ 令 } L = (I - A)^{-1} \text{ 为 } 2GN \times$$

2GN 里昂惕夫逆矩阵，可以将式 (1) 改写为：

$$\begin{bmatrix} X_1^D \\ X_1^F \\ \vdots \\ X_g^D \\ X_g^F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11}^{DD} & L_{11}^{DF} & \dots & L_{1g}^{DD} & L_{1g}^{DF} \\ L_{11}^{FD} & L_{11}^{FF} & \dots & L_{1g}^{FD} & L_{1g}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ L_{g1}^{DD} & L_{g1}^{DF} & \dots & L_{gg}^{DD} & L_{gg}^{DF} \\ L_{g1}^{FD} & L_{g1}^{FF} & \dots & L_{gg}^{FD} & L_{gg}^{FF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11}^D + \dots + Y_{1g}^D \\ Y_{11}^F + \dots + Y_{1g}^F \\ \vdots \\ Y_{g1}^D + \dots + Y_{gg}^D \\ Y_{g1}^F + \dots + Y_{gg}^F \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\text{令 } e = \begin{bmatrix} e_1^D & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & e_1^F & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & e_g^D & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & e_g^F \end{bmatrix} \text{ 代表直接碳排放系数，则全球的碳排放矩阵 } C \text{ 可以表示为：}$$

$$C = eLY = \begin{bmatrix} e_1^D & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & e_1^F & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & e_g^D & 0 \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & e_g^F \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11}^{DD} & L_{11}^{DF} & \cdots & L_{1g}^{DD} & L_{1g}^{DF} \\ L_{11}^{FD} & L_{11}^{FF} & \cdots & L_{1g}^{FD} & L_{1g}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ L_{g1}^{DD} & L_{g1}^{DF} & \cdots & L_{gg}^{DD} & L_{gg}^{DF} \\ L_{g1}^{FD} & L_{g1}^{FF} & \cdots & L_{gg}^{FD} & L_{gg}^{FF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11}^D + \cdots + Y_{1g}^D \\ Y_{11}^F + \cdots + Y_{1g}^F \\ \vdots \\ Y_{g1}^D + \cdots + Y_{gg}^D \\ Y_{g1}^F + \cdots + Y_{gg}^F \end{bmatrix} \quad (3)$$

## (二) 中国外资企业碳排放核算框架

### 1. 外资企业碳排放分解

基于式 (3)，可以得到任一地区外资企业的碳排放，以中国（用字母  $s$  表示）为例，令

$$e_s = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & e_s^F & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \text{表示 } 2GN \times 2GN \text{ 的中国外资企业碳排放系数矩阵，在该矩阵中，除}$$

中国外资企业的碳排放系数  $e_s^F$  外，其他元素均为零，则中国外资企业的碳排放可表示为：

$$C_s^F = e_s LY = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & e_s^F & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_{11}^{DD} & L_{11}^{DF} & \cdots & L_{1g}^{DD} & L_{1g}^{DF} \\ L_{11}^{FD} & L_{11}^{FF} & \cdots & L_{1g}^{FD} & L_{1g}^{FF} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ L_{g1}^{DD} & L_{g1}^{DF} & \cdots & L_{gg}^{DD} & L_{gg}^{DF} \\ L_{g1}^{FD} & L_{g1}^{FF} & \cdots & L_{gg}^{FD} & L_{gg}^{FF} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{11}^D + \cdots + Y_{1g}^D \\ Y_{11}^F + \cdots + Y_{1g}^F \\ \vdots \\ Y_{g1}^D + \cdots + Y_{gg}^D \\ Y_{g1}^F + \cdots + Y_{gg}^F \end{bmatrix} \quad (4)$$

通过式 (4) 可以得到中国外资企业“排放了多少”，还可以将其按照“来源”和“去向”分别分解为“由谁排放”和“为谁排放”。

令  $M_{rs}$  代表  $r$  国企业在中国的产出份额，那么，中国外资企业碳排放中由  $r$  国企业排放的部分  $C_{rs}^F$ ，可表示为：

$$C_{rs}^F = M_{rs} \times C_s^F \quad (5)$$

在式 (4) 的基础上，借鉴 Koopman et al. (2014)、Wang et al. (2017) 和祝坤福等 (2022) 的研究，将中国外资企业碳排放进行 GVC 前向分解，可以得到“为谁排放”。

$$C_s^F = \underbrace{\sum_r (e_s^F L_{sr}^{FD} Y_{rs}^D + e_s^F L_{sr}^{FF} Y_{rs}^F)}_{\text{国内最终需求引致的碳排放(1)}} + \underbrace{\sum_{r \neq s} \sum_t (M_{rs} e_s^F L_{st}^{FD} Y_{tr}^D + M_{rs} e_s^F L_{st}^{FF} Y_{tr}^F)}_{\text{母国最终需求引致的碳排放(2)}} \\ + \underbrace{\sum_{r \neq s} \sum_u \sum_{t \neq s, r} (M_{rs} e_s^F L_{su}^{FD} Y_{ut}^D + M_{rs} e_s^F L_{su}^{FF} Y_{ut}^F)}_{\text{第三国最终需求引致的碳排放(3)}} \quad (6)$$

其中，第 (1) 部分是国内最终需求引致的外资企业碳排放，即为国内需求排放的；第 (2) 部分是母国最终需求引致的外资企业碳排放，即为母国需求排放的；第 (3) 部分是第三国<sup>①</sup>最终需求引致的外资企业碳排放，即为第三国需求排放的。在式 (4) - (6) 中， $e_s^F$ 、 $M_{rs}$  为  $N \times N$  对角矩阵， $Y_{rs}^F$  为  $N \times 1$  列向量， $L_{ss}^{FF}$  为  $N \times N$  里昂惕夫逆矩阵， $C_s^F$ 、 $C_{rs}^F$  为  $N \times 1$  列向量。

### 2. 外资企业碳排放的“双循环”界定

分析“双循环”下外资企业碳排放问题，不单需要对外资企业碳排放进行分解，厘清外资企业碳排放的“来源”、“去向”；还需要对外资企业所参与的国内、国际循环进行准确界定，

<sup>①</sup> 这里的第三国指“除中国以及外资企业所属母国外的其他国家”。

明确外资企业参与不同经济循环所产生的环境成本。

在宏观需求层面，国内学者通常将国内循环界定为内需拉动的经济循环（江小涓和孟丽君, 2021），国际循环为外需拉动的经济循环。对应到GVC核算层面，一国国内循环创造的增加值可以计算为一国GDP中纯国内生产且最终消费（内需）部分，而国际循环创造的增加值则为一国GDP中出口（外需）部分（黄群慧, 2021a）。将这一概念延伸到企业层面，外资企业创造的增加值包含东道国内需拉动部分以及外需拉动部分。就前者而言，外资企业生产的中间产品被东道国内资/外资企业用以生产国内最终消费的产品，在这一过程中，外资企业仅参与了东道国的国内经济循环；而对于后者，外资企业生产的中间产品被东道国内资/外资企业用以生产出口产品，在这一过程中，外资企业参与了国际经济循环。相应的，外资企业的国内循环碳排放可以计算为内需引致的外资企业碳排放，对应公式（6）中的第（1）部分（国内最终需求引致的碳排放）<sup>①</sup>。外资企业的国际循环碳排放可以计算为外需引致的外资企业碳排放，对应公式（6）中的第（2）和（3）部分（母国和第三国最终需求引致的碳排放）。

### 3. 外资企业碳排放核算与分解框架

基于上述分析，可得到“双循环”下中国外资企业的碳排放核算与分解框架（见图1），能够清晰回答外资企业“排放了多少”、“由谁排放”、“为谁排放”三个核心问题，并进一步厘清了外资企业所参与的国内、国际经济“双循环”及其引发的环境成本。从图1中可以看出，中国外资企业碳排放可分为国内循环部分和国际循环部分，其中国内循环部分对应国内最终需求引致的中国外资企业排放，国际循环部分对应国外最终需求引致的中国外资企业排放（包括母国和第三国最终需求引致的碳排放）。

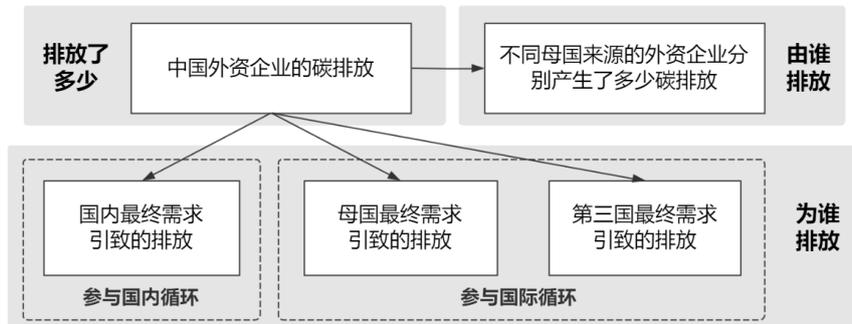


图1 “双循环”下中国外资企业碳排放核算与分解框架

#### （三）中国外资企业碳排放变动的 HSDA 分解

借鉴 Nagengast & Stehrer（2016）、葛阳琴和谢建国（2018）、余丽丽和潘安（2021）的研究思路，运用层次式结构分解分析（HSDA）分析方法<sup>②</sup>将中国外资企业碳排放变动的影响因素分解为碳排放系数变动、生产结构变动和最终需求变动，并采用“两极分解法”对这三种变动做进一步分解。

<sup>①</sup> 严格意义上讲，国内最终需求引致的碳排放包含一部分隐含在“其他经济体对中国再出口”中的中国外资企业碳排放，而这部分碳排放参与到了国际循环。但经计算后发现，该部分排放在国内最终需求引致的全部外资企业排放中占比不足1%。这意味着中国外资企业为满足国内最终需求而生产的产品，几乎全部被国内市场直接消费（即参与到国内循环）。鉴于此，可以认为国内最终需求引致的碳排放即为外资企业参与国内循环产生的碳排放，而国外最终需求引致的碳排放为外资企业参与国际循环产生的碳排放。

<sup>②</sup> 葛阳琴和谢建国、余丽丽和潘安均采用HSDA方法对中国增加值出口的变动进行分解和分析，但两者的具体计算方式并不相同。前者采用的是“两极分解法”，后者用“夏普利值”求解。但余丽丽和潘安的研究证实，这两种计算方式的结果差异不大，基本保持在1%以内。

首先, 令  $C_s^1$  和  $C_s^0$  分别表示中国外资企业在计算期 1 和基期 0 的碳排放, 则 0-1 时期的碳排放变动可以表示为:

$$\begin{aligned} \Delta C_s &= C_s^1 - C_s^0 \\ &= \frac{1}{2} [(\Delta e_s)(L^0 Y^0 + L^1 Y^1)] + \frac{1}{2} [e_s^1(\Delta L)Y^0 + e_s^0(\Delta L)Y^1] + \frac{1}{2} [(e_s^1 L^1 + e_s^0 L^0)(\Delta Y)] \quad (7) \end{aligned}$$

碳排放系数变动C( $\Delta e_s$ )      生产结构变动C( $\Delta L$ )      最终需求变动C( $\Delta Y$ )

其次, 对生产结构变动  $\Delta L$  进一步分解。参考彭水军等<sup>[37]</sup>的研究, 将生产结构的变动分解为四部分:  $\Delta L = L^1 \Delta A L^0 = L^1 (\Delta A_{dd} + \Delta A_{df} + \Delta A_{fd} + \Delta A_{ff}) L^0$ ,  $\Delta A_{dd}$  表示中国国内产业关联变动,  $\Delta A_{df}$  表示中国与国外的前向产业关联变动,  $\Delta A_{fd}$  表示中国与国外的后向产业关联变动,  $\Delta A_{ff}$  表示国外产业关联变动。根据中国内、外资企业之间的产业关联, 本文将  $\Delta A_{dd}$  进一步分解为  $\Delta A_{dd} = \Delta A_{DD} + \Delta A_{DF} + \Delta A_{FD} + \Delta A_{FF}$ 。其中,  $\Delta A_{DD}$  表示中国内资企业间的产业关联变动,  $\Delta A_{DF}$  表示中国内资企业与外资企业的前向产业关联变动,  $\Delta A_{FD}$  表示中国内资企业与外资企业的后向产业关联变动,  $\Delta A_{FF}$  表示中国外资企业间的产业关联变动, 因此有:

$$\Delta L = \underbrace{L^1 (\Delta A_{DD} + \Delta A_{DF} + \Delta A_{FD} + \Delta A_{FF}) L^0}_{\text{国内分工变动}} + \underbrace{L^1 (\Delta A_{df} + \Delta A_{fd} + \Delta A_{ff}) L^0}_{\text{国际分工变动}} \quad (8)$$

最后, 对最终需求变动  $\Delta Y$  进行分解。令  $Y_t$  表示需求总量,  $y$  表示  $2GN \times 1$  需求结构矩阵, 则最终需求矩阵  $Y$  可以表示为:  $Y = \frac{Y}{Y_t} \times Y_t = y \times Y_t$ 。令  $y = y_D + y_F$ ,  $Y_t = Y_D + Y_F$ ,

其中,  $y_D$  表示  $2GN \times 1$  内需结构矩阵, 在该矩阵中, 除中国国内各部门最终需求结构外, 其余部分均为 0。  $y_F$  表示  $2GN \times 1$  外需结构矩阵,  $Y_D$  表示内需规模,  $Y_F$  表示外需规模。

则  $\Delta Y$  可以表示为:

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \underbrace{Y(\Delta y)}_{\text{需求结构变动}} + \underbrace{Y(\Delta Y_t)}_{\text{需求规模变动}} \\ &= \frac{1}{2} (\Delta y_D)(Y_t^0 + Y_t^1) + \frac{1}{2} (\Delta y_F)(Y_t^0 + Y_t^1) + \frac{1}{2} (y^0 + y^1)(\Delta Y_D) + \frac{1}{2} (y^0 + y^1)(\Delta Y_F) \quad (9) \end{aligned}$$

内需结构变动      外需结构变动      内需规模变动      外需规模变动

将式 (8)、(9) 代入式 (7), 可得:

$$\begin{aligned} \Delta C_s &= \frac{1}{2} [(\Delta e_s)(L^0 Y^0 + L^1 Y^1)] + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{DD} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{DD} L^0)Y^1] \\ &\quad + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{DF} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{DF} L^0)Y^1] + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{FD} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{FD} L^0)Y^1] \\ &\quad + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{FF} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{FF} L^0)Y^1] + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{df} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{df} L^0)Y^1] \\ &\quad + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{fd} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{fd} L^0)Y^1] + \frac{1}{2} [e_s^1(L^1 \Delta A_{ff} L^0)Y^0 + e_s^0(L^1 \Delta A_{ff} L^0)Y^1] \\ &\quad + \frac{1}{4} [(e_s^1 L^1 + e_s^0 L^0)(\Delta y_D)(Y_t^0 + Y_t^1)] + \frac{1}{4} [(e_s^1 L^1 + e_s^0 L^0)(\Delta y_F)(Y_t^0 + Y_t^1)] \\ &\quad + \frac{1}{4} [(e_s^1 L^1 + e_s^0 L^0)(y^0 + y^1)(\Delta Y_D)] + \frac{1}{4} [(e_s^1 L^1 + e_s^0 L^0)(y^0 + y^1)(\Delta Y_F)] \quad (10) \end{aligned}$$

碳排放系数效应(1)      内资企业间产业关联变动(2)      内资-外资前向产业关联变动(3)      内资-外资后向产业关联变动(4)      外资企业间产业关联变动(5)      国内-国外前向产业关联变动(6)      国内-国外后向产业关联变动(7)      国外产业关联变动(8)      内需结构变动(9)      外需结构变动(10)      内需规模变动(11)      外需规模变动(12)

在式 (10) 中, 第 (2) - (5) 项为国内不同部门内资间、外资间以及内外资之间的产业关联变动, 这种产业关联发生在国内的产品生产过程中, 反映了国内循环中供给侧变动对中国外资企业碳排放的影响; 第 (9) 项为国内循环中需求结构的变动, 第 (11) 项为国内循环

中需求规模的变动，第（9）和（11）项为国内循环中需求侧变动对外资企业碳排放的影响，因此，第（2）-（5）项和（9）和（11）为国内循环效应。同理，第（6）-（8）、（10）和（12）项为分别反映出国际循环效应中供给侧和需求侧因素对中国外资企业碳排放变动的的影响（具体见表2）。

表2 “双循环”下中国外资企业碳排放变动的HSDA分解

碳排放系数效应（1）			
中国 外资 企业 碳排 放变 动	国内循环 效应	供给侧变动	内资企业间产业关联变动（2） 内资-外资前向产业关联变动（3） 内资-外资后向产业关联变动（4） 外资企业间产业关联变动（5）
		需求侧变动	内需结构变动（9） 内需规模变动（11）
	国际循环 效应	供给侧变动	国内-国外前向产业关联变动（6） 国内-国外后向产业关联变动（7） 国外产业关联变动（8）
		需求侧变动	外需结构变动（10） 外需规模变动（12）

#### （四）数据来源和数据处理

本文的数据来源主要由两部分构成：其一，OECD公布的AMNE数据库。该数据库提供了2005-2016年59个国家（地区）以及“世界其他地区（ROW）”的34个部门区分企业所有制（内资企业、外资企业）的投入产出表，利用该表能够有效地观察不同国家和地区，不同部门内、外资企业之间的产业联系。此外，AMNE数据库还提供了包含东道国和投资国信息的部门总产出及增加值数据，利用该数据可以计算部门层面的外资企业产出份额，具体计算方式参照Wang et al.（2021）。其二，国际能源署（IEA）各国化石燃料燃烧产生的碳排放量。基于该数据，本文利用等比例假定估算各国内、外资企业的直接碳排放系数，具体估算方式参照Jiang et al.（2015）、Zhang et al.（2020）和Duan & Jiang（2021）的研究，文中不再赘述。在数据处理方面，本文将除中国（大陆）外59个国家/地区划分为<sup>①</sup>：东盟、金砖国家、东亚地区、欧盟、北美自贸区以及其他地区6个区域<sup>②</sup>，以便追溯外资碳排放的“来源”、“去向”及进行部门异质性分析。

## 四、“双循环”下中国外资企业碳排放的测度、分解

### （一）中国外资企业碳排放测度——“排了多少”

#### 1.变化趋势

图2描绘了中国外资企业碳排放的变化特征。可以看出，2005-2016年中国外资企业碳排放介于284.02Mt-461.66Mt之间，呈现出“先升后降”的两阶段变化趋势，而2011年是一

<sup>①</sup> 中国香港和中国台湾在OECD AMNE数据库的世界投入产出表中属于独立进行经济统计的地区，因此本文也遵循其地区顺序将这两个地区单列。

<sup>②</sup> 欧盟地区包括：奥地利(AUT)、比利时(BEL)、保加利亚(BGR)、塞浦路斯(CYP)、捷克共和国(CZE)、德国(DEU)、丹麦(DNK)、西班牙(ESP)、爱沙尼亚(EST)、芬兰(FIN)、法国(FRA)、英国(GBR)、希腊(GRC)、克罗地亚(HRV)、匈牙利(HUN)、爱尔兰(IRL)、意大利(ITA)、立陶宛(LTU)、卢森堡(LUX)、拉脱维亚(LVA)、马耳他(MLT)、荷兰(NLD)、波兰(POL)、葡萄牙(PRT)、罗马尼亚(ROU)、斯洛伐克共和国(SVK)、斯洛文尼亚(SVN)、瑞典(SWE)；东盟地区包括：印度尼西亚(IND)、马来西亚(MYS)、菲律宾(PHL)、新加坡(SGP)、泰国(THA)、越南(VNM)；北美自贸区包括：美国(USA)、加拿大(CAN)、墨西哥(MEX)；东亚地区包括：中国香港(HKG)、中国台湾(TWN)、日本(JPN)、韩国(KOR)；金砖国家包括：巴西(BRA)、印度(IND)、俄罗斯(RUS)、南非(ZAF)；其他国家和地区包括：阿根廷(ARG)、澳大利亚(AUS)、瑞士(CHE)、智利(CHL)、哥伦比亚(COL)、哥斯达黎加(CRI)、冰岛(ISL)、以色列(ISR)、摩洛哥(MAR)、挪威(NOR)、新西兰(NZL)、沙特阿拉伯(SAU)、土耳其(TUR)、ROW。其中，截止至2016年，英国仍是欧盟成员国，因此本文将其划分到欧盟地区，而美、加、墨三国仍被称为北美自贸区。

个分水岭。第一个时间段（2005-2011年）：中国外资企业碳排放高速增长，由2005年的284.02Mt增至2011年的461.66Mt，增幅62.54%，年均增长率高达7.19%。而这种增长主要是因为该时期中国FDI的流入量不断提升，由1041.09亿美元快速增至2800.72亿美元<sup>①</sup>，驱动中国外资企业产出规模持续扩大，进而带动其碳排放增长。第二个时间段（2011-2016年）：中国外资企业碳排放快速下滑，2016年降至351.45Mt，较2011年减少了23.87%。下降的可能原因在于：一方面，发达国家制造业回流、国际生产分工格局调整以及跨国公司全球供应链整合使外资流入放缓且撤资现象频繁发生。OECD数据显示，2011-2016年间，中国外资流入规模降幅近40%，且撤资规模则呈逐年上升趋势，2013年和2014年增速超过70%（罗长远和司春晓，2020）。另一方面，中国加大了对温室气体排放的规制力度，并相继出台《“十二五”控制温室气体排放工作方案》（2011）、《2014—2015年节能减排低碳发展行动方案》（2014）、《国家应对气候变化规划（2014—2020年）》（2014）、《生态文明体制改革总体方案》（2015）等政策规划，促使外资企业采用更清洁的生产技术，降低其碳排放强度。

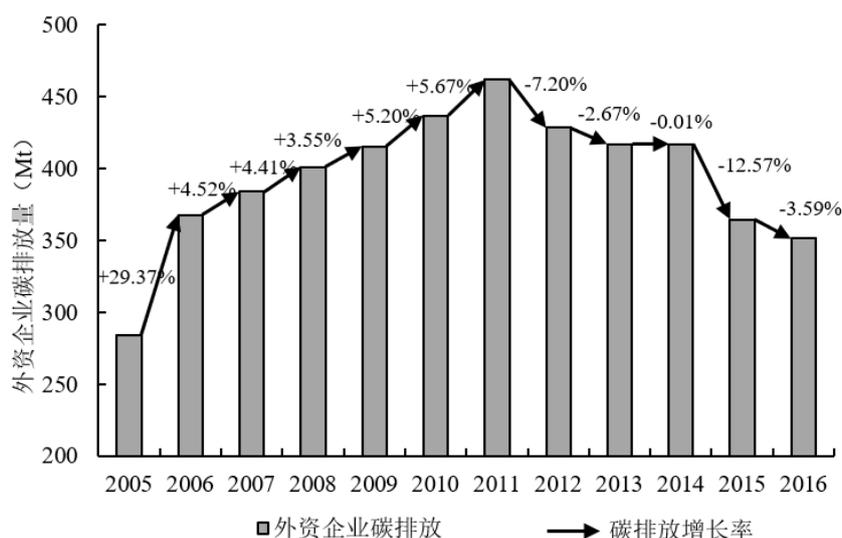


图2 中国外资企业碳排放的变化趋势（2005-2016）

## 2.部门分布

图3汇报了2005年和2016年中国外资企业碳排放的部门分布及其变动情况。从部门分布看，外资企业的碳排放集中分布在碳密集型部门。2016年在全部的34个部门中<sup>②</sup>，基本金属部门的外资企业碳排放最高，其次为化学制品、燃料加工以及运输存储部门。碳排放强度高、生产或经营过程中直接消耗大量的化石燃料是该类部门的共同特点。从碳排放的变动趋势看，外资企业在多数部门的碳排放出现了显著上升。其中，基本金属、化学制品、运输存储三个碳密集型部门的外资企业，碳排放分别增长30.87%、56.45%、71.65%，表明流入中国碳密集型部门的FDI持续增加。电子光学产品、机械设备、运输设备三个部门的外资企业，尽管碳排放基数相对较低，但增长幅度极为突出。原因在于，这些部门的生产分割程度高，对东道国

<sup>①</sup> 数据来源：OECD，<https://data.oecd.org/fdi/fdi-stocks.htm>。

<sup>②</sup> 各部门简称和编码为：农林牧渔(A)，采掘(B)，食品加工(C10T12)，纺织服装(C13T15)，木制品(C16)，纸制品和印刷(C17T18)，燃料加工(C19)，化学制品(C20T21)，橡胶塑料(C22)，其他非金属制品(C23)，基本金属(C24)，金属制品(C25)，电子光学产品(C26)，电气设备(C27)，其他机械设备(C28)，运输设备(C29)，其他运输设备(C30)，其他制造业、设备维修安装(C31T33)，水电等能源(DTE)，建筑业(F)，批发、零售、汽车修理(G)，运输储存(H)，食宿服务(I)，出版、影视(J58T60)，电信(J16)，信息服务(J62T63)，金融、保险(K)，房地产(L)，其他商务服务(MTN)，公共事业(O)，教育(P)，人类健康和社会工作(Q)，文娱和其他服务活动(RTS)，家庭为雇主的活动(T)。

国内供应链和国际供应链均有较强的依赖性，中国作为“GVC中心”（鞠建东等, 2020; 谢锐等, 2020）和连接发达经济体和发展中经济体“价值共轭环流枢纽”（洪俊杰和商辉, 2019），国内完备的工业体系以及周边国家产业链集聚的优势能够为国际序贯生产提供强有力的支撑，因此吸引了大量外资进入，推动其碳排放增长。

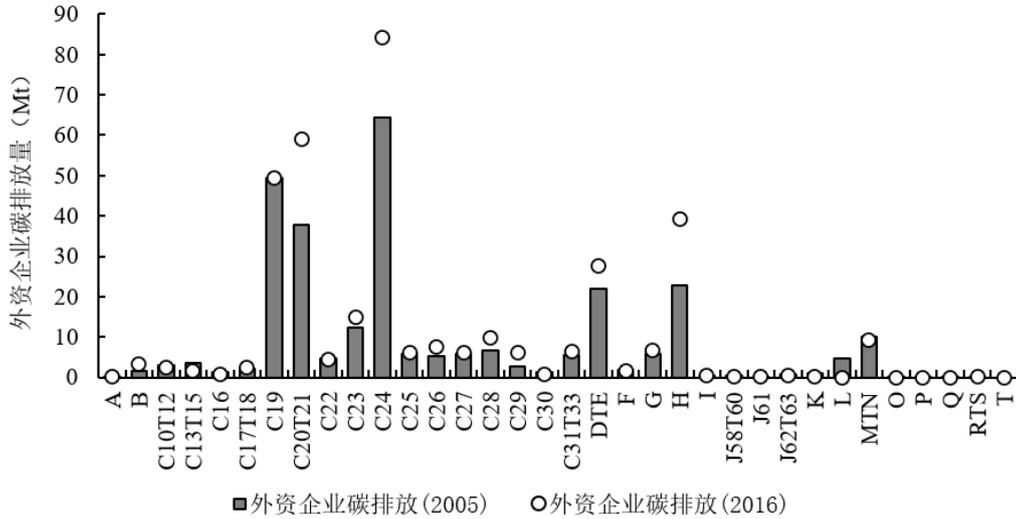


图3 中国外资企业碳排放的部门分布 (2005、2016年)

## (二) 中国外资企业碳排放的母国来源——“由谁排放”

前文通过测度中国外资企业的碳排放规模，回答了外资企业“排放了多少”这一问题，但对产生这些排放的外资企业源自于何处，即“由谁排放”的问题却并未涉及。为此，本文进一步追溯了中国外资企业的母国和区域来源，以厘清不同母国来源外资企业在中国生产带来的环境成本。

表3给出了2005和2016年不同母国来源的外资企业在中国的碳排放量及占比的变化情况。从外资的区域来源看，2005年源于东亚地区的外资企业碳排放占比最高，其次为北美自贸区 and 欧盟，源于东盟和金砖国家的外资企业碳排放占比不足10%，欧美地区是外资碳排放的主要来源地。而到了2016年，随着亚洲区域内价值链分工进一步深化以及中国逐渐成为亚洲区域GVC网络的生产中心，源自东亚地区和东盟的外资企业碳排放占比分别上升了8.61%、0.98%，而源自北美自贸区、欧盟的外资企业碳排放占比分别下降了5.61%、3.29%，亚洲地区替代欧美成为对中国投资“碳转移”的主要源头。从外资的母国来源看，2005年源自美、日、韩三国的外资企业在中国的碳排放规模最大，占当年外资全部碳排放近50%，其中美国是最主要的来源国。而2016年，美资企业碳排放稍有下降，而日资企业碳排放由38.81Mt急剧上升至88.69Mt，增幅近130个百分点，成为外资碳排放的首要来源国，贡献了超四分之一的排放。除日本外，源自德国、瑞典、新加坡的外资企业碳排放同样呈现出明显上升，而荷兰则出现显著下降，较2005年减少了46.86%。

表3 各国外资企业在中国的碳排放变化

外资的区域来源	外资的母国来源	2005		外资的区域来源	外资的母国来源	2016	
		外资企业碳排放 /Mt	占比 %			外资企业碳排放 /Mt	占比 %
欧盟	德国	11.44	4.03	欧盟	德国	18.63	5.30
	法国	10.68	3.76		法国	9.79	2.79
	荷兰	9.56	3.36		荷兰	5.08	1.45
	英国	7.88	2.77		瑞典	4.10	1.17
	欧盟合计	50.19	17.67		欧盟合计	50.53	14.38
东盟	新加坡	4.54	1.60	东盟	新加坡	8.97	2.55
	东盟合计	5.22	1.84		东盟合计	9.92	2.82
金砖国家	俄罗斯	11.17	3.93	金砖国家	俄罗斯	12.20	3.47
	巴西	4.65	1.64		巴西	6.07	1.73
	金砖国家合计	16.49	5.81		金砖国家合计	19.36	5.51
北美自贸区	美国	67.17	23.65	北美自贸区	美国	63.97	18.20
	北美自贸区合计	70.75	24.91		北美自贸区合计	67.84	19.30
东亚地区	日本	38.81	13.66	东亚地区	日本	88.69	25.24
	韩国	25.04	8.81		韩国	30.19	8.59
	中国香港	20.43	7.19		中国香港	20.57	5.85
	中国台湾	15.22	5.36		中国台湾	13.91	3.96
	东亚地区合计	99.50	35.03		东亚地区合计	153.36	43.64
	世界其他地区	41.86	14.74		世界其他地区	50.44	14.35
	合计	284.02	100		合计	351.45	100

注：中国香港和中国台湾在 OECD-AMNE 数据库的世界投入产出表中属于独立进行经济统计的地区，因此本表也遵循其地区顺序将这两个地区单列。

### （三）中国外资企业碳排放的“双循环”分解——“为谁排放”

分析中国外资企业碳排放问题，不但需要厘清碳排放的来源（“由谁排放”），同时还要追溯其去向（“为谁排放”），了解外资企业是为满足国内需求排放还是为满足国外需求排放，即准确刻画国内循环和国际循环中的碳排放。

#### 1. 整体特征

将中国外资企业碳排放分解为国内循环碳排放和国际循环碳排放，其国际循环碳排放包括母国最终需求引致的碳排放和第三国最终需求引致的碳排放（见图4）。可以看出，中国外资企业约50%-70%的碳排放由国内循环所引致，表明中国外资企业生产性活动主要服务于国内消费者、参与中国经济的“内循环”。国际循环引致的碳排放占比约30%-40%，其中，仅有不足4%的碳排放由外资企业母国的最终需求引致，大部分碳排放则由GVC网络中其他贸易伙伴的最终需求引致。

从各部分占比的变动情况看，2009年之前，国内循环碳排放和国际循环碳排放的占比较为接近；而2009年后，国内循环碳排放的占比显著高于国际循环碳排放。上述特征表明中国外资企业逐渐将部分出口业务转向面对中国国内市场。而导致此种变化的原因主要有两点：其一，金融危机后，跨国公司对中国的投资动机逐渐改变。一般而言，进入到中国的外资主要包括两类：一类是以本地生产及国内销售为特征的市场导向，另一类是利用本地廉价生产要素加工出口制造品的成本导向（黎峰, 2021）。其中，要素成本（特别是劳动力成本）上升会阻碍成本导向型FDI进入，而居民收入增加则有助于市场导向型FDI进入。中国“入世”后，通过低廉的劳工成本优势嵌入GVC，成为“世界工厂”，带动国内经济高速发展。据国家统计

局数据测算，2009年以来，中国的人均GDP由2.62万元/年增至2016年的5.38万元/年，同时平均工资水平也由3.22万元/年上升至6.76万元/年，相较于周边经济体（如东南亚和南亚），中国劳动力成本的优势在逐渐丧失。因此，一部分成本导向型FDI（主要集中在制造业）逐渐流入劳工成本更低的亚洲国家，而市场导向型FDI流入则随着中国消费能力的提升持续增长。其二，中国的产业转型、升级促使中国外资企业对国内价值链的嵌入度进一步加深。金融危机后，中国内需与外需不平衡、投资与消费不协调、工业比重过高且附加值低等问题进一步凸显（王一鸣, 2020）。为了稳定经济增长、摆脱对传统经济增长模式的依赖、消除GVC“低端锁定”潜在风险，中国政府提出要“深化供给侧结构性改革”，“充分发挥我国超大规模市场优势和内需潜力”，“加快形成消费、投资、出口协调拉动经济增长新局面”，并制定、实施一系列相关政策措施。这一定程度上提升了内资企业整体的技术水平，推动了国内产业链升级，增强了内、外资企业之间的产业关联，使外资更加深入地融入到中国的国内经济大循环中来。

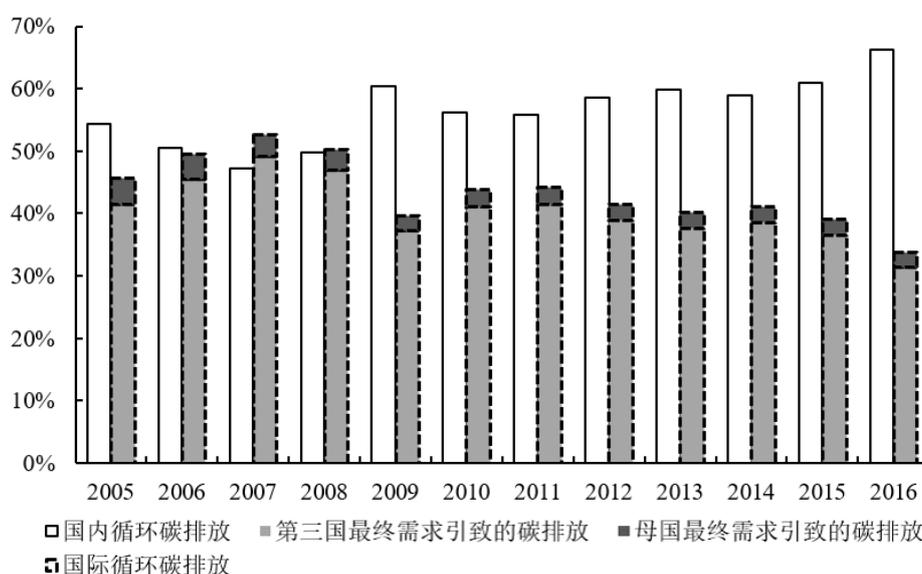


图4 国内循环和国际循环中中国外资企业碳排放的变化趋势（2005-2016）

## 2.部门特征

为进一步厘清进入到中国不同部门的外资企业碳排放结构存在何种差异，以及造成这种差异的原因，本文选择碳排放量最高的三个部门（基本金属、化学制品、燃料加工）以及全球生产分割程度较高的三个部门（纺织服装、电子光学产品、运输设备），对比分析不同部门外资碳排放的“双循环”特征（见图5）。

首先，2005年，燃料加工、化学制品以及运输设备部门外资企业的国内循环碳排放占主导地位，但纺织服装、基本金属以及电子光学产品部门的国际循环碳排放占比较高，这主要受跨国公司投资动机的影响。进入到燃料加工、化学制品以及运输设备部门的跨国公司主要为市场导向，目的在于抢占中国的市场份额，获取利润，因此其生产的产品主要供给国内市场，参与国内循环；而进入纺织服装、基本金属以及电子光学产品部门的跨国公司大多为成本导向，目的是利用中国低廉的生产要素和较高的劳动生产率进行垂直专业化，因而生产的产品会更多的参与到国际循环，被其他国家的消费者所使用。

其次，国内循环对各部门外资企业碳排放的引致作用显著增加。与2005年相比，2016年各部门外资企业的国内循环碳排放占比均有不同程度的上升。特别是在纺织服装和电子光学

产品部门，这一占比增幅近 25%。这种变化与中国国内分工深化以及消费能力不断提升密切相关。随着中国内需不断扩大，外资企业开始调整其经营策略，加大对国内市场的开发程度。一方面扩大其对中国国内上游供应商的采购规模，另一方面增加其对下游国内采购商的供给强度，使外资企业逐渐成为中国国内供应链中的重要一环。

最后，在电子光学产品部门的外资企业，其碳排放的“母国效应”<sup>①</sup>由强转弱。2005 年，电子光学产品部门的外资企业碳排放中，由母国最终需求引致部分占比为 12.65%，显著高于其余行业；但在 2016 年，这一占比下降至 5.94%。在对外资的母国来源进行追溯后发现，近 80%的碳排放由美国最终需求所引致。这一方面表明美国通过对外投资活动与中国的计算机、电子、光学产业建立了紧密的国际分工联系，使中国成为美国消费市场的重要“生产、加工基地”。另一方面也反映出随着中国生产技术水平逐渐提升、国内产业链日趋完善以及消费者购买力不断增强，中国作为美国“生产、加工基地”的功能在被逐渐削弱，而作为“消费市场”的功能在不断增强。

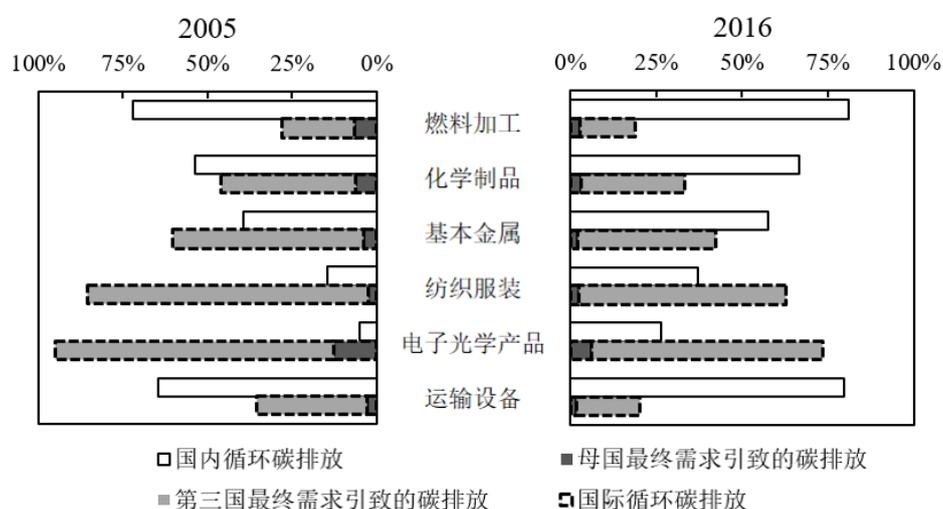


图5 代表性部门外资企业碳排放的“双循环”分解（2005、2016年）

## 五、“双循环”下中国外资企业碳排放变动的影响因素

前文对中国外资企业的碳排放规模、碳排放来源以及去向进行了测度和分析。但若想进一步探寻“新发展格局”下外资企业减排路径，助力我国“双碳”目标实现，则还需要对中国外资企业碳排放变动的影响因素进行剖析。

### （一）整体变动的影响因素

如前所述，中国外资企业碳排放 在 2005-2016 年间呈现出“先升后降”的变化趋势，而 2011 年为转折点。因此，采用式（10）对 2005-2011 年和 2011-2016 年两个阶段中国外资企业碳排放变动的因素进行 HSDA 分解，分析碳排放系数效应、国内循环效应、国际循环效应对中国外资企业碳排放变动的的影响程度（见图 6）。从三种效应的整体作用效果看，碳排放系数效应是抑制中国外资企业碳排放增长的首要因素，国内循环效应是外资企业碳排放增长的重要推手，而国际循环效应从第一阶段的促进作用转向第二阶段的抑制作用。这一结果再次验证了前文的分析，即中国环境规制增强导致的外资企业排放系数下降，以及发达国家

<sup>①</sup> 这里的“母国效应”指中国外资企业的碳排放受其母国本土最终需求的影响程度。

产业回流引发的国际分工调整是推动中国外资企业碳排放下降的重要因素。

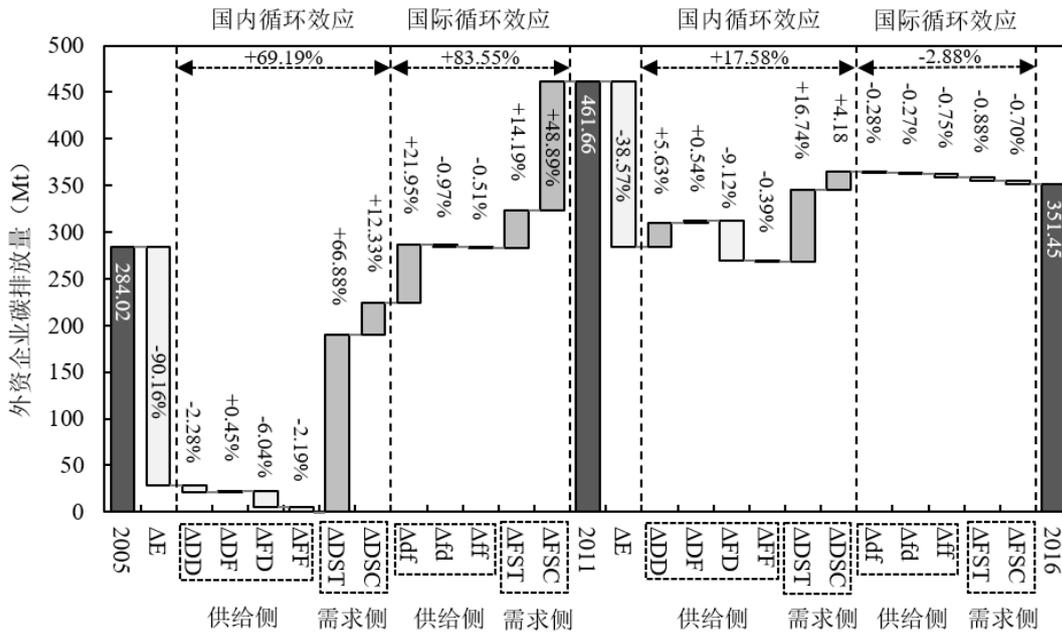


图6 中国外资企业碳排放变动的HSDA分解

注：碳排放系数效应 ( $\Delta E$ )，内资企业间产业关联变动 ( $\Delta DD$ )，内资-外资前向产业关联变动 ( $\Delta DF$ )，内资-外资后向产业关联变动 ( $\Delta FD$ )，外资企业间产业关联变动 ( $\Delta FF$ )，内需结构变动 ( $\Delta DST$ )，内需规模变动 ( $\Delta SDC$ )，国内-国外前向产业关联变动 ( $\Delta df$ )，国内-国外后前向产业关联变动 ( $\Delta fd$ )，国外产业关联变动 ( $\Delta ff$ )，外需结构变动 ( $\Delta FST$ )，外需规模变动 ( $\Delta FSC$ )。

从“双循环”效应的进一步分解结果看，第一阶段（2005-2011年），国内循环效应和国际循环效应都促进了中国外资企业碳排放的增长。国内循环效应中，供给侧生产结构调整在一定程度上抑制了中国外资企业碳排放增长，其中以内资-外资后向产业关联变动发挥的减排效果较为显著，但需求侧的内需结构和规模变动均促进了碳排放的增长。国际循环效应中，供给侧变化促进了外资企业碳排放上升，这种上升主要由国内-国外前向产业关联变动所拉动，需求侧外需规模的扩大是导致碳排放增长的主要因素。因此，第一阶段“双循环”中的需求侧因素是导致外资企业碳排放增长的主要推动力，但在国内循环效应中作用最大的是内需结构，在国际循环效应中是外需规模。第二阶段（2011-2016年），国内循环效应仍推动了外资企业碳排放的增长，而国际循环效应则发挥了一定抑制作用。国内循环效应中，供给侧变动抑制了外资企业碳排放的增长，其中内资-外资后向产业关联变动的抑制作用最为突出，需求侧的内需结构变化是推动力。国际循环效应中，供给侧和需求侧变动均对中国外资企业碳排放增长起到了一定的抑制作用，但这种作用效果较为微弱。因此，在第二阶段，碳排放系数的下降是抑制中国外资企业碳排放增长的主要因素，国际循环效应也起到了一定的效果。

## （二）代表性部门变动的影响因素

### 1.国内循环效应和国际循环效应的影响

从六个代表性部门外资企业碳排放变动的HSDA结果（图7）来看，碳排放系数效应是这些部门外资碳排放降低的主要推动力，国内循环效应也是促进碳排放增加的主要因素，国际循环效应的作用方向则在研究期内发生了突出变化。具体而言，第一阶段（2005-2011年）：碳排放系数效应是外资企业碳排放增长的抑制因素；而国内循环效应和国际循环效应在六个

部门中均是促进作用。第二阶段（2011-2016年），碳排放系数效应进一步抑制了外资企业碳排放的增长；除燃料加工部门外，国内循环效应均是促进作用；而除电子光学产品部门外，国际循环效应对各部门外资企业碳排放均呈现出了一定程度的抑制效果，而这种抑制效果在基本金属、纺织服装部门更为突出。

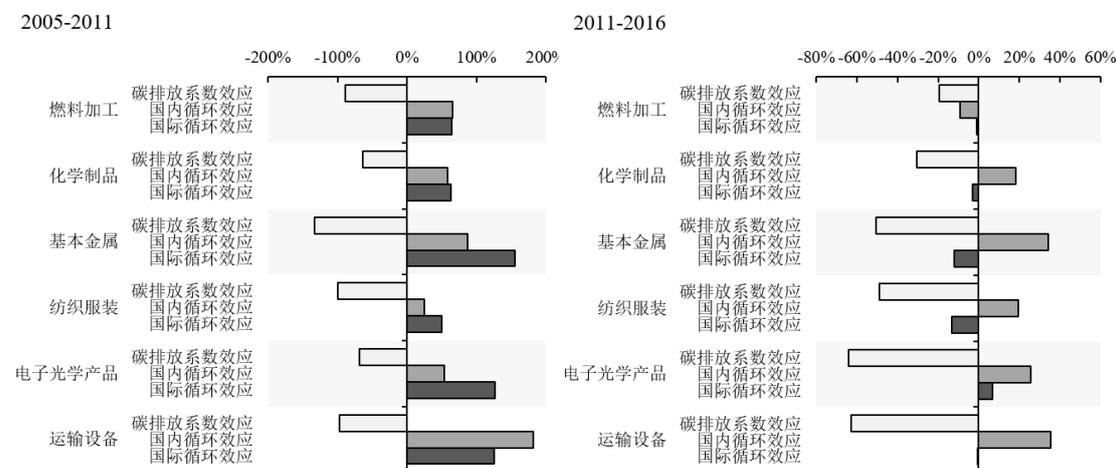


图7 代表性部门外资企业碳排放变动的HSDA分解（2005-2016）

## 2.国内循环效应中供给侧和需求侧变动的影响

将六个代表性部门外资企业碳排放影响因素中的国内循环效应进一步分解为供给侧变动和需求侧变动（表4）。对燃料加工部门来讲，在第一阶段（2005-2011年），国内循环效应使其外资企业碳排放显著增加。其中需求侧变动，尤其是内需结构变动是主要促进因素，供给侧变动中内资-外资后向产业关联变动是主要抑制因素，内资、外资企业间产业关联变动也发挥了一定程度的抑制效果。在第二阶段（2011-2016年），国内循环效应显著抑制了外资企业碳排放上升。供给侧变动，特别是内资-外资后向产业关联变动是抑制外资企业碳排放增长的主要动力，外资企业间产业关联变动也对外资企业碳排放起到了微弱的抑制作用，而内资企业间产业关联变动则显著促进了外资企业碳排放增长。在需求侧，内需结构变动仍是促进外资企业碳排放增长的重要因素，但这种促进效果有所下降。

对化学制品部门来讲，在第一阶段，国内循环效应大幅提升了外资企业碳排放。需求侧变动中，内需结构变动是主要促进因素；供给侧变动中，内资-外资后向产业关联变动发挥了显著的促进作用；而内资企业间产业关联变动，则在一定程度上抑制了外资企业碳排放增长。在第二阶段，国内循环效应仍对外资企业碳排放起到了显著的促进作用。需求侧变动，特别是内需结构变动依旧是最主要的促进因素；供给侧变动中，内资企业间产业关联变动的方向由抑制外资企业碳排放转向促进，而内资-外资后向产业关联变动的方向则由促进转为抑制，成为推动外资企业碳排放下降的一股力量。

对于基本金属、运输设备两个部门，在第一阶段，国内循环效应均促进了外资企业碳排放增长。从需求侧变动看，内需结构变动是最主要的推动力，内需规模变动显著推动了外资企业碳排放增长；从供给侧变动看，在基本金属部门，抑制外资企业碳排放增长的首要因素是内资-外资后向产业关联变动；而在运输设备部门，内资企业间产业关联变动、内资-外资后向产业关联变动均显著降低了外资企业碳排放。在第二阶段，国内循环效应均促进了外资企业碳排放增长。在需求侧，内需结构变动是最主要的促进因素；在供给侧，几乎所有的影响

因素的作用方向均由抑制转向促进，在基本金属部门这种促进效果主要由内资企业间产业关联变动所拉动，而在运输设备部门则是内资-外资后向产业关联变动。

对于纺织服装、电子光学产品两个部门，国内循环在两个阶段均对外资企业碳排放增长起到了促进作用，且需求侧变动，尤其是需求结构变动是重要的推动因素。但在供给侧，不同影响因素的作用方向在不同阶段存在显著差异。具体而言，2005-2011年，在纺织服装部门，内资企业间产业关联变动、内资-外资后向产业关联变动均是推动外资企业碳排放增长的重要因素，而外资企业间产业关联变动则发挥了微弱的抑制作用；在电子光学产品部门，拉动外资企业碳排放增长的主要动力是内资-外资后向产业关联变动，而内资企业间产业关联变动则对外资企业碳排放增长发挥了一定的抑制作用。2011-2016年，供给侧所有影响因素的变动均促进了外资企业碳排放增长，其中纺织服装部门的主要推动力依旧为内资企业间产业关联变动，而电子光学产品部门为内资-外资后向产业关联变动。

表4 代表性部门国内循环效应的HSDA分解

部门	时间	供给侧变动/%			需求侧变动/%		
		内资企业间产业关联变动	内资-外资前向产业关联变动	内资-外资后向产业关联变动	外资企业间产业关联变动	内需结构变动	内需规模变动
燃料	2005-2011	-5.00	0.62	-17.83	-4.09	80.29	11.89
加工	2011-2016	6.51	0.59	-42.31	-2.33	24.34	4.17
化学	2005-2011	-0.08	1.00	15.70	0.64	69.67	13.42
制品	2011-2016	7.98	0.77	-4.44	-0.19	17.37	4.23
基本	2005-2011	-1.33	0.45	-12.33	-2.51	54.33	12.10
金属	2011-2016	5.50	0.54	0.74	0.18	13.39	4.21
纺织	2005-2011	2.78	0.35	2.50	-1.08	11.65	8.55
服装	2011-2016	4.52	0.38	3.11	0.27	7.68	3.64
电子光	2005-2011	-1.77	0.04	17.92	3.48	20.11	13.29
学产品	2011-2016	2.34	0.38	9.61	2.74	6.60	3.93
运输	2005-2011	-9.97	-1.56	-8.63	-1.29	184.12	18.60
设备	2011-2016	2.49	0.38	5.88	1.47	20.93	4.14

注：表中数字表示各影响因素对中国各部门外资企业碳排放变动的贡献度。

### 3. 国际循环效应中供给侧与需求侧变动的影响

将六个代表性部门外资企业碳排放影响因素中的国际循环效应进一步分解为供给侧变动和需求侧变动（见表5）。就燃料加工部门，在第一阶段（2005-2011年），国际循环效应显著促进了外资企业碳排放增长。从需求侧变动看，外需规模变动是最主要的促进因素；从供给侧变动看，国内-国外后向产业关联变动和国外产业关联变动均对外资企业碳排放增长起到了微弱的抑制作用，而国内-国外前向产业关联变动则很大程度上促进了外资企业的碳排放增长。在第二阶段（2011-2016年），国际循环效应对外资企业碳排放的作用方向由促进转向抑制，而这种抑制效果主要由需求侧变动，特别是外需规模变动所产生；供给侧变动也微弱抑制了外资企业碳排放增加，其中，国内-国外后向产业关联变动、国外产业关联变动均是抑制因素，而国内-国外前向产业关联变动则促进了外资企业碳排放上升。

就电子光学产品部门，在第一阶段和第二阶段，国际循环效应均显著促进了外资企业碳排放增长。从需求侧变动看，抑制外资企业碳排放增长的主要因素为外需规模变动；从供给侧变动看，这种抑制作用主要由国外产业关联变动所主导，而国内-国外前向产业关联变动则很大程度上促进了外资企业的碳排放上升。

就化学制品、基本金属、纺织服装、运输设备四个部门，国际循环的作用方向由促进外

资企业碳排放增长转向抑制其增长。其中，在第一阶段，这种促进作用主要由需求侧变动，尤其是外需规模变动所推动；而供给侧变动，特别是国内-国外前向产业关联变动也很大程度上促进了外资企业碳排放上升，而国内-国外后向产业关联变动则发挥了重要的抑制作用。在第二阶段，供给侧变动和需求侧变动均抑制了化学制品、基本金属、纺织服装三个部门外资企业碳排放增长。值得注意的是，在需求侧，这种抑制因素主要为外需结构变动；而在供给侧，推动基本金属和纺织服装部门外资企业碳排放下降的主要动力为国内-国外前向产业关联变动，而在化学制品部门，国内-国外前向产业关联变动和国外产业关联变动均一定程度上抑制了外资企业的碳排放增长。在运输设备部门，供给侧变动对外资企业碳排放起到了微弱的促进作用，国内-国外前向产业关联变动是推动力；需求侧变动中，外需规模变动对外资企业碳排放增长发挥了重要的抑制作用。

表5 代表性部门国际循环效应的HSDA分解

部门	时间	供给侧变动/%			需求侧变动/%	
		国内-国外前向产业关联变动	国内-国外后向产业关联变动	国外产业关联变动	外需结构变动	外需规模变动
燃料加工	2005-2011	9.37	-0.47	-0.37	8.18	47.18
	2011-2016	0.30	-0.11	-0.27	-0.12	-0.70
化学制品	2005-2011	37.87	-1.22	-0.87	18.36	53.24
	2011-2016	-1.01	-0.40	-1.05	-1.18	-0.71
基本金属	2005-2011	32.85	-1.94	0.49	11.74	48.01
	2011-2016	-4.80	-0.49	-1.44	-1.16	-0.71
纺织服装	2005-2011	5.23	-0.40	-1.16	11.88	33.91
	2011-2016	-2.64	-0.16	-0.41	-9.33	-0.61
电子光学产品	2005-2011	40.25	-2.47	-4.46	40.72	52.72
	2011-2016	10.65	-0.24	-0.66	-2.11	-0.66
运输设备	2005-2011	17.88	-0.15	-1.28	34.95	73.76
	2011-2016	0.28	-0.04	-0.19	0.00	-0.70

注：表中数字表示各影响因素对中国各部门外资企业碳排放变动的贡献度。

#### 4. 国外各区域在国际循环效应中的作用

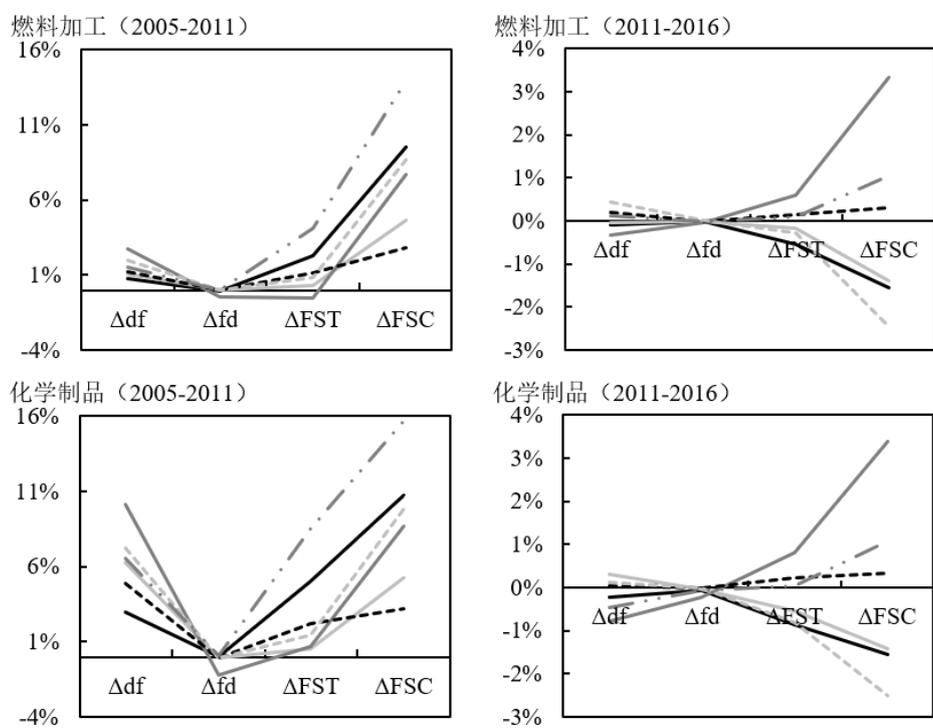
国际循环效应中，国外各区域对中国外资企业碳排放的影响有所不同，图 8 进一步描绘了各区域供给侧和需求侧变动对六部门外资企业碳排放的影响。对于燃料加工部门，外资企业碳排放变动的主要原因在国际循环效应的需求侧变动。2005-2011 年，需求侧变动，特别是其他地区的需求规模变动是推动外资企业碳排放上升的首要因素；在供给侧，中国与大部分区域的前向产业关联变动均促进了外资企业碳排放增长，而与东亚地区后向产业关联变动起到了微弱的抑制作用。2011-2016 年，东亚地区、欧盟地区以及其他地区的需求规模变动依旧促进了外资企业碳排放增长，而东盟、金砖国家以及北美自贸区的需求规模变动成为抑制外资企业碳排放增长的重要因素；供给侧变动对外资企业碳排放变动的影响较微弱，其中，中国与东亚地区前向产业关联变动对外资企业碳排放增长的抑制效果相对突出。

对于化学制品、基本金属部门，2005-2011 年，国际循环效应中的供给侧、需求侧变动均显著促进了外资企业碳排放增长。值得注意的是，在化学制品部门，仅有中国与东亚地区前向产业关联变动对外资企业碳排放起到了一定的抑制作用；而在基本金属部门，抑制外资企业碳排放增长的主要动力是东亚地区需求结构变动，同时中国与东盟地区的前向产业关联变动也微弱抑制了外资企业碳排放。2011-2016 年，国际循环效应中的供给侧、需求侧变动均抑制了外资企业碳排放增长。在化学制品部门，抑制外资企业碳排放增长的主要因素为需求规

模变化；其中，东盟、金砖国家以及北美自贸区的需求规模变动对抑制外资企业碳排放增长发挥了积极作用，而欧盟、东亚地区以及其他地区需求规模变动则不利于外资企业减排；在基本金属部门，供给侧、需求侧变动均对抑制外资企业碳排放增长发挥了重要作用；从供给侧变动看，抑制外资企业碳排放增长的因素为中国与金砖国家、东亚地区以及其他地区的前向产业关联变动；从需求侧变动看，金砖国家、东盟以及北美自贸区的需求结构、需求规模变动均有利于外资企业碳排放降低。

对于纺织服装和运输设备部门，2005-2011年，需求侧变动，特别是其他地区的需求结构、需求规模变动均是推动外资企业碳排放增长的重要力量，但东亚地区和金砖国家的需求结构变动在一定程度上抑制了纺织服装部门外资企业碳排放增长。2011-2016年，抑制外资企业碳排放增长的主要因素仍为需求侧变动。在纺织服装部门，东盟、金砖国家以及北美自贸区的需求规模、需求结构变动推动了外资企业碳排放下降，而东亚地区需求规模变动则很大程度上抵消了这种减排效果；在运输设备部门，东亚地区需求规模、需求结构变动是外资企业碳排放增长的主要影响因素，而北美自贸区、东盟、金砖国家以及其他地区需求规模、结构变动则是抑制外资企业碳排放增长的重要力量。

对于电子光学产品部门，国际循环效应在供需两侧的变动均对外资企业碳排放产生了重要影响。2005-2011年，在需求侧，其他地区的需求结构、需求规模变动是推动外资企业碳排放增长的首要因素；在供给侧，中国与北美自贸区的产业关联变动对外资企业碳排放的促进作用最为显著。2011-2016年，需求侧变动成为抑制外资企业碳排放增长的主要力量，其中东盟、金砖国家以及北美自贸区的需求结构、需求规模变动发挥了积极的抑制作用；而供给侧变动，特别是中国与北美自贸区的前向产业关联变动，则成为外资企业碳排放下降的重要阻力。



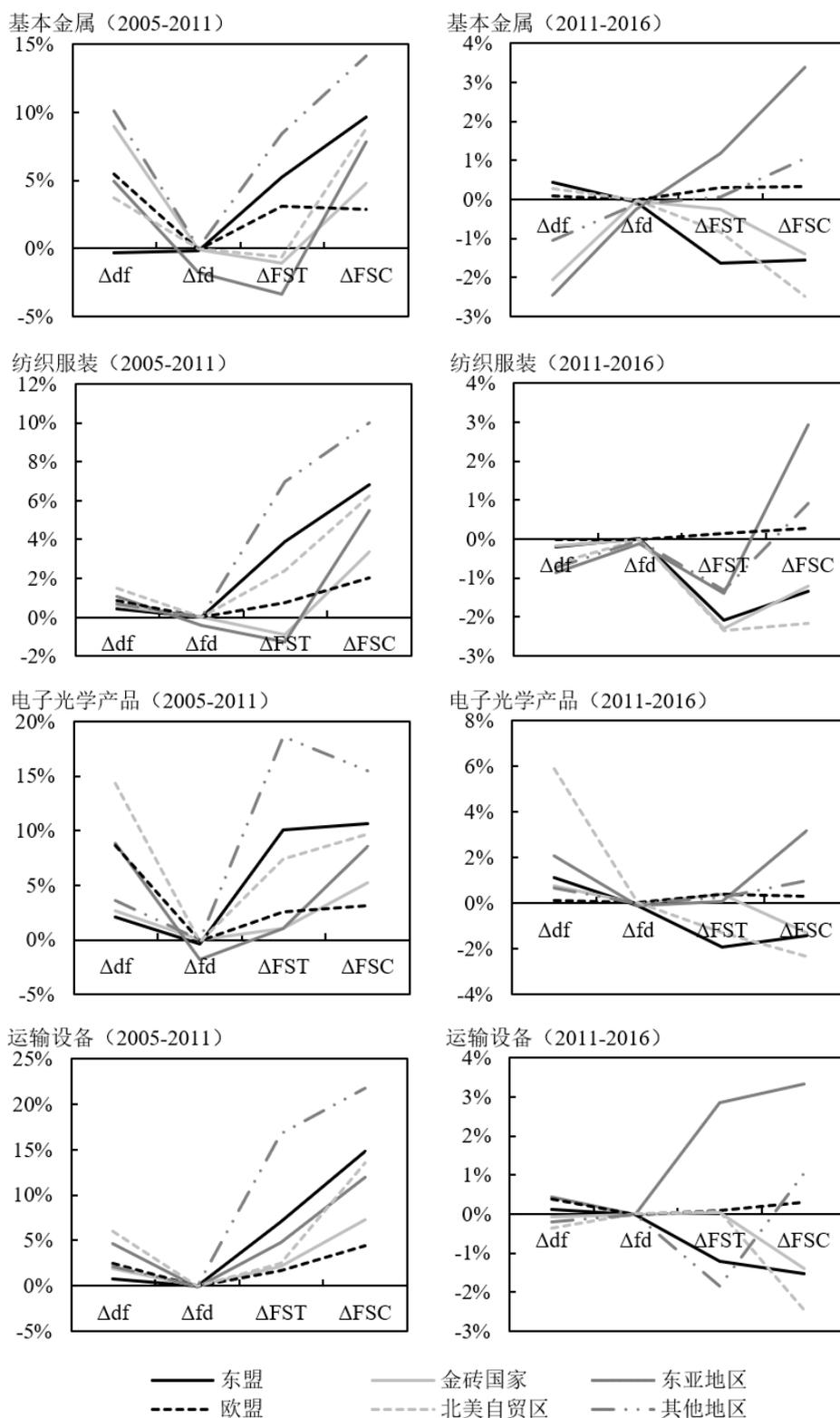


图8 代表性部门国内-国外前向、后向产业关联变动以及外需结构、规模变动的HSDA分解 (2005-2016年)

注：中国与各区域前向产业关联变动 ( $\Delta df$ )，中国与各区域后向产业关联变动 ( $\Delta fd$ )，各区域需求结构变动 ( $\Delta FST$ )，各区域需求规模变动 ( $\Delta FSC$ )。

## 六、结论与政策启示

为剖析“双循环”下中国外资企业碳排放问题，探寻其减排路径，助力我国“双碳”目标的实现，本文基于区分企业异质性全球多区域投入产出模型，提出一个“双循环”下外资企业碳排放的核算与分解框架，测度中国外资企业碳排放规模，追溯中国外资企业碳排放的“母国来源”，分析国内循环、国际循环对中国外资企业碳排放的“引致效应”。在此基础上，采用 HSDA 方法，从供给侧和需求侧分离出国内循环效应和国际循环效应对中国外资企业碳排放变动的的影响。为“新发展格局”下，中国外资企业依托“双循环”科学减排提供政策参考。研究表明：（1）中国外资企业碳排放整体呈现出“先上升，后下降”的变化趋势，且集中分布于碳密集型部门；（2）从外资碳排放的区域来源看，研究期内，区域内价值链分工深化推动亚洲地区替代欧美成为对中国投资“碳转移”的主要源头；（3）2009 年之后，国际循环碳排放占比明显下降，国内循环对中国外资企业碳排放的引致作用逐渐增强，主要原因是国内生产成本上升、内需规模扩大以及外资企业对国内循环嵌入程度加深导致跨国公司对中国投资动机改变；（4）碳排放系数效应是中国外资企业碳排放增长的主要抑制力量，国内循环效应是主要促进力量，而国际循环效应则由促进作用转向抑制作用；（5）国内循环效应中的供给侧变动对燃料加工部门外资企业的碳排放增长存在显著抑制作用；而需求侧变动，特别是内需结构变动，促进了多个部门外资企业碳排放的增长，但这种促进效果在 2011 年之后显著减弱。国际循环效应中的供给侧变动，特别是中国与东亚地区、金砖国家的前向产业关联增强，能在一定程度上降低多个部门的外资企业排放；而需求侧变动的方向则由显著促进转向微弱抑制，其中，北美自贸区、金砖国家以及东盟的需求结构、需求规模变动是抑制各部门外资企业碳排放增长的重要动力。

本文分析了国内循环和国际循环中供给侧和需求侧变动对中国外资企业碳排放的影响，对外资企业依托“双循环”减少其碳排放，助力“新发展格局”下中国“双碳”目标实现具有重要的政策启示：第一，加强国内环境规制，倒逼企业能源结构优化和低碳技术进步。中国是一个外资流入大国，但就行业分布来看，外资往往集中分布在碳密集型行业，不利于国内减排目标实现。因此在“新发展格局”下，需要相关部门进一步建立健全相关政策法规，提高碳密集型外资进入门槛，加强对污染物排放的管控力度，倒逼外资企业使用更清洁的能源和生产技术，降低其碳排放强度和规模。

第二，充分利用国内统一大市场，打造畅通的国内、国际经济“双循环”。“双循环”中的国内循环效应是促进外资企业碳排放增长的主要因素，同时也是决定减排成效的重要因素。为此，在“新发展格局”的大背景下，中国要有序推进全国能源市场建设，建设全国统一的能源市场，打破地方保护和市场分割，畅通国内国际双循环，破除能源清洁低碳转型和高质量发展的“梗阻”，同时为进一步规范和发展国内碳交易市场，将碳排放量大的外资企业、与有密切产业关联的内资企业纳入碳交易市场，充分利用国内价值链分工，以畅通的“国内循环”带动外资企业高效减排。此外，还需要继续保持开放、提升中国利用外资的质量与水平，继续以外资为“纽带”，积极融入 GVC 分工网络、提升中国 GVC 的地位和增值能力、使国际循环发挥更积极的减排作用。

第三，兼顾行业差异，有重点、有次序减排。对于燃料加工等碳排放基数大、排放强度高的部门，国内供给侧变动对外资企业碳排放的抑制作用更为突出。因此在“新发展格局”下，推动碳密集部门的外资企业减排，需要将“内循环”的供给侧管理作为主要发力点，

进一步深化“供给侧结构性改革”、坚持“三去一降一补”、提升国内产业链水平、打通“内循环”的堵点、加速内外资企业之间形成良性互动，使外资企业更好、更深地融入中国经济“内循环”。以畅通的“内循环”带动“外循环”，使“双循环”发挥协同减排作用。对于运输设备、纺织服装和电子光学产品等全球生产分割程度较高的部门，国际循环效应中的需求侧变动能够显著降低外资企业碳排放。在这些部门，外资企业减排的重点应落脚于对“外循环”的需求侧管理。深化与“一带一路”、“RCEP”、“东盟”以及金砖国家的多领域合作，促进资本、技术、人才等要素跨境流动，加强中国与发展中国家的供需联系，提升中国对发展中经济体价值链分工网络的领导力，使外需成为中国未来减排和绿色低碳发展的重要助推器。

#### 参考文献:

- [1] 高培勇, 2021:《构建新发展格局:在统筹发展和安全中前行》,《经济研究》第3期。
- [2] 葛顺奇、李川川、林乐, 2021:《外资退出与中国价值链关联:基于外资来源地的研究》,《世界经济》第8期。
- [3] 葛阳琴、谢建国, 2018:《中国出口增速下降的驱动因素研究——基于全球价值链分工的分层结构分解分析》,《数量经济技术经济研究》第2期。
- [4] 洪俊杰、商辉, 2019:《中国开放型经济的“共轭环流论”:理论与证据》,《中国社会科学》第1期。
- [5] 黄群慧、倪红福, 2021:《中国经济国内国际双循环的测度分析——兼论新发展格局的本质特征》,《管理世界》第12期。
- [6] 黄群慧, 2021:《“双循环”新发展格局:深刻内涵、时代背景与形成建议》,《北京工业大学学报(社会科学版)》第1期。
- [7] 黄群慧, 2021:《新发展格局的理论逻辑、战略内涵与政策体系——基于经济现代化的视角》,《经济研究》第4期。
- [8] 黄仁全、李村璞, 2022:《中国经济国内国际双循环的测度及增长动力研究》,《数量经济技术经济研究》第8期。
- [9] 江小涓、孟丽君, 2021:《内循环为主、外循环赋能与更高水平双循环——国际经验与中国实践》,《管理世界》第1期。
- [10] 鞠建东、彭婉、余心玳, 2020:《“三足鼎立”的新全球化双层治理体系》,《世界经济与政治》第9期。
- [11] 黎峰, 2021:《国内国际双循环:理论框架与中国实践》,《财经研究》第4期。
- [12] 黎峰, 2020:《双重价值链嵌入下的中国省级区域角色——一个综合理论分析框架》,《中国工业经济》第1期。
- [13] 李敬、刘洋, 2022:《中国国民经济循环:结构与区域网络关系透视》,《经济研究》第2期。
- [14] 林卫斌、吴嘉仪、施发启, 2022:《构建新发展格局的科学内涵及理论逻辑——基于非竞争型投入产出法的分析》,《统计研究》第10期。
- [15] 刘志彪、张杰, 2007:《全球代工体系下发展中国家俘获型网络的形成、突破与对策——基于GVC与NVC的比较视角》,《中国工业经济》第5期。
- [16] 罗长远、司春晓, 2020:《外商撤资的影响因素:基于中国工业企业数据的研究》,《世界经济》第8期。
- [17] 马建堂, 2021:《建设高标准市场体系与构建新发展格局》,《管理世界》第5期。

- [18] 倪红福、田野, 2021:《新发展格局下中国产业链升级和价值链重构》,《China Economist》第5期。
- [19] 潘安、魏龙, 2015:《中国与其他金砖国家贸易隐含碳研究》,《数量经济技术经济研究》第4期。
- [20] 裴长洪、刘洪愧, 2021:《构建新发展格局科学内涵研究》,《中国工业经济》第6期。
- [21] 彭水军、张文城、孙传旺, 2015:《中国生产侧和消费侧碳排放量测算及影响因素研究》,《经济研究》第1期。
- [22] 彭水军、张文城、卫瑞, 2016:《碳排放的国家责任核算方案》,《经济研究》第3期。
- [23] 齐晔、李惠民、徐明, 2008:《中国进出口贸易中的隐含碳估算》,《中国人口·资源与环境》第3期。
- [24] 乔小勇、李泽怡、相楠, 2018:《中间品贸易隐含碳排放流向追溯及多区域投入产出数据库对比——基于 WIOD、Eora、EXIOBASE 数据的研究》,《财贸经济》第1期。
- [25] 邵朝对、苏丹妮、杨琦, 2021:《外资进入对东道国本土企业的环境效应:来自中国的证据》,《世界经济》第3期。
- [26] 盛斌、吕越, 2012:《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》,《中国社会科学》第5期。
- [27] 王一鸣, 2020:《百年大变局、高质量发展与构建新发展格局》,《管理世界》第12期。
- [28] 谢富胜、匡晓璐, 2022:《以问题为导向构建新发展格局》,《中国社会科学》第6期。
- [29] 谢锐、陈湘杰、朱帮助, 2020:《价值链分工网络中心国经济增长的全球包容性研究》,《管理世界》第12期。
- [30] 许和连、邓玉萍, 2012:《外商直接投资导致了中国的环境污染吗?——基于中国省际面板数据的空间计量研究》,《管理世界》第2期。
- [31] 闫云凤, 2021:《中国外资企业碳足迹的追踪与溯源》,《中国人口·资源与环境》第8期。
- [32] 余丽丽、潘安, 2021:《价值链互动与反馈视角下中国部门增加值出口攀升研究》,《数量经济技术经济研究》第1期。
- [33] 余心玓、杨军、王苒, 2016:《全球价值链背景下中间品贸易政策的选择》,《世界经济研究》第12期。
- [34] 郑强、冉光和、邓睿、谷继建, 2017:《中国 FDI 环境效应的再检验》,《中国人口·资源与环境》第4期。
- [35] 祝坤福、余心玓、魏尚进、王直, 2022:《全球价值链中跨国公司活动测度及其增加值溯源》,《经济研究》第3期。
- [36] Chen, Z., Ohshita, S., Lenzen, M., Wiedmann, T., Jiborn, M., Chen, B., Lester, L., Guan, D., Meng, J., Xu, S., Chen, G., Zheng, X., Xue, J., Alsaedi, A., Hayat, T. and Z., Liu, 2018, "Consumption-based greenhouse gas emissions accounting with capital stock change highlights dynamics of fast-developing countries", *Nature Communications*, 9(1), 3581.
- [37] Cheng, Z., Li, L., and J. Liu, 2020, "The impact of foreign direct investment on urban PM2.5 pollution in China", *Journal of Environmental Management*, 265, 110532.
- [38] Dietzenbacher, E., Cazcarro I., and I., Arto, 2020, "Towards a more effective climate policy on international trade", *Nature Communications*, 11(1), 1130.
- [39] Duan, Y., and X., Jiang, 2021, "Pollution haven or pollution halo? A re-evaluation on the role of multinational enterprises in global CO<sub>2</sub> emissions", *Energy Economics*, 97, 105181.
- [40] Hummels, D., Rapoport, D., and K. M., Yi, 1998, "Vertical specialization and the changing nature of world trade", *Economic Policy Review*, 36(6), 79-99.

- [41] Jiang, X., Guan, D., Zhang, J., Zhu, K., and C., Green, 2015, “Firm ownership, China’s export related emissions, and the responsibility issue”, *Energy Economics*, 51, 466-474.
- [42] Koopman, R., Wang, Z., and S., Wei, 2014, “Tracing value-added and double counting in gross exports”, *American Economic Review*, 104(2), 459-494.
- [43] López, L. A., Cadarso, M. Á., and J., Zafrilla, 2019, “The carbon footprint of the U.S. multinationals’ foreign affiliates”, *Nature Communications*, 10(1), 1672.
- [44] Marques, A., Rodrigues, J., Lenzen, M., and T., Domingos, 2012, “Income-based environmental responsibility”. *Ecological Economics*, 84, 57-65.
- [45] Meng, B., Peters, G. P., Wang, Z., and Meng, L., 2018, “Tracing CO<sub>2</sub> emissions in global value chains”, *Energy Economics*, 73, 24-42.
- [46] Nagengast, A., and R., Stehrer, 2016, “The great collapse in value added trade”, *Review of International Economics*, 24(2), 392-421.
- [47] Ortiz, M., Cadarso, M. Á., López, L. A., and X., Jiang, 2022, “The trade-off between the economic and environmental footprints of multinationals’ foreign affiliates”, *Structural Change And Economic Dynamics*, 62, 85-97.
- [48] Ortiz, M., Cadarso, M. Á., and L. A., López, 2020, “The carbon footprint of foreign multinationals within the European Union”, *Journal of Industrial Ecology*, 24(6), 1287-1299.
- [49] Peters, G. P., and E., Hertwich, 2008, “CO<sub>2</sub> embodied in international trade with implications for global climate policy”. *Environmental Science & Technology*, 42(5), 1041-1047.
- [50] Ren, S., Yuan, B., Ma, X., and X., Chen, 2014, “International trade, FDI (foreign direct investment) and embodied CO<sub>2</sub> emissions: A case study of Chinas industrial sectors”. *China Economic Review*, 28, 123-134.
- [51] Rodrigues, J., and T., Domingos, 2008, “Consumer and producer environmental responsibility: Comparing two approaches”. *Ecological Economics*, 66(2-3), 533-546.
- [52] Su, B., and E., Thomson, 2016, “China’s carbon emissions embodied in (normal and processing) exports and their driving forces, 2006-2012”. *Energy Economics*, 59, 414-422.
- [53] Wang, Z., Wei, S., Yu, X., and K., Zhu, 2017, “Measures of participation in global value chains and global business cycles”. *NBER Working Paper*.
- [54] Wang, Z., Wei, S., Yu, X., and K., Zhu, 2021, “Tracing value added in the presence of foreign direct investment”, *NBER Working Paper*.
- [55] Zhang, Z., Guan, D., Wang, R., Meng, J., Zheng, H., Zhu, K., and H., Du, 2020, “Embodied carbon emissions in the supply chains of multinational enterprises”, *Nature Climate Change*, 10(12), 1096-1101.
- [56] Zhang, Z., Zhu, K., and G. J. D., Hewings, 2017, “A multi-regional input–output analysis of the pollution haven hypothesis from the perspective of global production fragmentation”, *Energy Economics*, 64, 13-23.

# The measurement and influencing factors of foreign-invested enterprises' carbon emissions in China

## —— A “dual circulation” perspective

**Abstract:** China insists on expanding openness in the “new development pattern” , and foreign-invested enterprises (FIEs) play an essential role in climate governance. The assessment of the environmental costs of foreign investment and the exploration of the different supply-side and demand-side emission reduction pathways of FIEs under the “dual circulation” is essential for achieving the goal of “carbon peaking, carbon neutral” in China. This paper proposes a carbon emission measurement and decomposition framework for FIEs under the “dual circulation”, calculating carbon emissions of FIEs in China from 2005 to 2016 and analyzing their changing factors from supply-side and demand-side using the hierarchical structural decomposition analysis (HSDA) method. Our study finds that: ①from 2005 to 2016, carbon emissions of Chinese FIEs show an overall trend of “rising and then falling,” which is influenced by the strengthening of environmental regulations in China and the changes in the domestic and international division of labor. ②During the study period, the inducing effect of domestic circulation to FIEs' carbon emissions increases significantly, while the inducing effect of global circulation decreases. ③From the perspective of the influencing factors, though the carbon emissions coefficient effect is still the main driving force for FIEs' carbon emission mitigation in China, its force has decreased. In contrast, the changes in supply-side and demand-side gradually highlight the emission mitigation effect of the “dual circulation” effect. In domestic circulation, the supply-side changes significantly reduce FIEs' carbon emissions, especially in some carbon-intensive sectors, while the demand-side changes are not conducive to the emission mitigation of FIEs. Thus, to achieve emission mitigation of FIEs in China under the “new development pattern” , it is not only necessary to strengthen domestic environmental regulations to force enterprises to optimize their energy structure and low-carbon technology progress; but also necessary to deepen supply-side and demand-side management to create a smooth domestic and international dual circulation, while taking into account the differences in the industry, relying on the “dual circulation” to reduce emissions in a focused and sequential manner.

**Keywords:** carbon emission of foreign-invested enterprises; new development pattern; domestic cycle; international cycle; hierarchical structural decomposition analysis