

拉美、中国和欧美之间的 产业碳关联分析

——区分本地企业和外资企业

王 淞 张中华 赵玉焕

摘 要 拉美、中国和欧美所组成的生产系统构成了“边缘—半边缘—中心”的国际分工体系。在产业关联视角下，全球价值链分工对三方碳排放的影响有待厘清。基于多区域投入产出模型，作者采用区域假设抽取法测算了拉美、中国和欧美之间的后向碳关联规模及强度，分析了本地企业和外资企业在产业碳关联中的角色差异。研究表明：（1）2005—2016年，欧美发达国家的后向碳关联规模呈现下降趋势，拉美国家和中国的后向碳关联规模则呈现增长趋势；（2）各国双边后向碳关联强度整体上趋于下降，拉美国家对中国的后向碳关联强度显著增大；（3）相比于在华外资企业，拉美和欧美对中国本地企业的后向碳关联规模和强度较大，中国对拉美国家的后向碳关联集中在双方本地企业之间，而中国本地企业和在华外资企业对欧盟和美国本地企业的后向碳关联规模较大。最后，作者从绿色高质量发展的角度提出了拉美国家、中国和欧美发达国家价值链升级的政策建议。

关键词 多区域投入产出模型 区域假设抽取法 中国 拉丁美洲 产业碳关联

【中图分类号】F062.2 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X（2021）04-0094-17

【基金项目】国家自然科学基金青年项目“中国省级层面与其他金砖国家国际贸易隐含能源及碳排放转移研究”（批准号：71804082）；中国社会科学院青年科研启动项目“基于全球多尺度多区域投入产出表的中拉贸易碳排放效应研究”（批准号：2021YQNQD0063）。

【作者简介】王淞（1990-），中国社会科学院拉丁美洲研究所助理研究员，邮政编码：100007；张中华（1984-），清华大学环境学院博士后、助理研究员，邮政编码：100084；赵玉焕（1973-），北京理工大学管理与经济学院教授、博士生导师，本文通讯作者，邮政编码：100089。

致谢：感谢审稿专家匿名评审，当然文责自负。

一、引言

全球气候变化是人类社会面临的重大挑战。2020年9月，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话，承诺中国“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”^①。要实现碳达峰、碳中和目标，中国的任务十分艰巨。当前，中国低碳发展转型同时面临经济结构调整和产业升级、能源结构优化、建立绿色低碳经济体系等三大任务（余永定，2021）。在“双循环”新发展格局中，中国经济结构调整和产业升级需要从全球价值链视角出发，一方面积极向高附加值、低碳排放的价值链环节攀升，另一方面努力推动全球价值链分工模式的低碳演进。当前，全球价值链主要由欧洲、东亚、北美三大区域价值链组成，德国、中国、美国等大型经济体是全球价值链的区域中心（Xiao et al., 2020），非洲、拉美、东南亚等外围区域则通过供给原材料和廉价劳动力参与全球价值链。

拉美、中国和欧美所组成的生产系统是当前全球价值链分工的典型例子，构成了“边缘—半边缘—中心”的国际分工体系。近年来，中国和拉美地区经贸关系发展迅速，中国对拉美地区货物进出口总额由2002年的178.2亿美元攀升至2020年的3201.2亿美元。^②中拉经贸的发展得益于双方经济的高度互补，中国主要向拉美地区出口工业制成品，进口能源、原材料、农产品等大宗商品（谢文泽，2018）。中拉经贸合作带动了拉美地区的经济繁荣。2020年欧盟和美国是中国第二大和第三大贸易伙伴。^③中国与欧美发达国家的贸易以机电产品、化工产品和运输设备等工业制成品为主。中国主要向欧美发达国家出口中低端产品，进口精密元器件和高端制成品。长期以来，欧美发达国家具备资金和技术优势，拥有庞大的消费市场，是全球经济的中心；拉美地区缺乏资金和技术，依赖外部投资，是全球经济的边缘。欧美发达国家主要从拉美地区进口自然资源和初级产品，出口工业制成品，双方经济形成了支配和依附关系（劳尔·普雷维什，2015）。20世纪90年代以来，发展中国家的廉价劳动力涌入国际分工。基于各国比较优势，欧美发达国家通过跨国企业在全世界重新配置价值链环节，国内经济“由实向虚”转向服务业，保留部分高端制造业活动，将高污染、高耗能和低附加值的加工制造环节转移到东南亚、中国、非洲等地，初级产品与工业制成品的交换也在很大程度上转移到了资源密集型和劳动密集型“边缘”国家。随着经济的快速发展，中国在继续从事劳动密集型产业活动的同时，也开始利用资金和技术积累，加大创新投入，向着价值链高端攀升。当前，中国已经成为连接“中心”

① 《习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话》，《人民日报》2020年9月23日，第2版。

② 资料来源于2003年和2021年《中国统计年鉴》。

③ 《国务院新闻办就2020年全年进出口情况举行发布会》，http://www.gov.cn/xinwen/2021-01/14/content_5579875.htm [2021-10-30]。

与“边缘”的“半边缘”地区 (Zhang, 2017)。

由于不同地区要素禀赋和环境监管力度的差异,全球价值链分工存在环境污染、资源消耗和温室气体排放的区域间转移。在“边缘—半边缘—中心”的国际分工体系下,拉美、中国和欧美承担了不同的价值链环节和相应的碳排放。因此,有必要从产业关联的视角出发,分析全球价值链分工对拉美、中国和欧美碳排放的影响。基于环境扩展的多区域投入产出模型 (Multi-Regional Input-Output Model, MRIO),本文采用区域假设抽取法 (Regional Hypothetical Extraction Method, RHEM) 测算 2005 年和 2016 年拉美地区、中国和欧美发达国家之间的后向碳关联,分析产业关联视角下全球价值链分工对区域碳排放的影响。对比以往研究,本文的扩展主要体现在两方面:(1)以拉美、中国和欧美组成的生产系统为全球价值链分工的典型,应用区域假设抽取法,考察了南北国家之间和南方国家内部的产业碳关联;(2)基于区分企业类型的全球多区域投入产出表,研究了本地企业和外资企业在区域间产业碳关联中的角色差异。本文后续部分安排如下:第二部分给出利用区域假设抽取法计算后向碳关联的方法,并介绍数据来源;第三部分分析拉美、中国和欧美之间的后向碳关联;第四部分给出本文的主要研究结论与政策建议。

二、模型方法与数据来源

(一) 区域假设抽取法

环境扩展的投入产出模型能够反映部门间供应链关系,追踪从原材料投入到最终产品的整个价值链生产过程中的碳排放 (Wang et al., 2019),被广泛应用于国际贸易碳排放转移、碳排放流向和隐含碳驱动因素等问题的研究 (Zhang et al., 2017)。假设抽取法是一种基于投入产出模型的比较静态分析方法 (Paelinck et al., 1965),假定某一国家(或区域、行业)的全部或部分生产活动消失,通过比较“抽取”前后相关指标的差异,量化这些生产活动的经济、社会和环境影响。^①假设抽取法扩展灵活,可以应用于一个或多个部门,甚至一个或多个国家 (Dietzenbacher et al., 1993);可以假设部门(或国家)的生产活动完全消失或部分消失 (Dietzenbacher and Lahr, 2013);可以基于单区域投入产出模型、多区域投入产出模型或全球多区域投入产出模型 (Dietzenbacher et al., 2019)。

假设抽取法在实证研究中被广泛应用于分析产业部门的相对重要性 (Perobelli et al., 2015; 左冰、杨艺, 2021)、部门或区域间的相互依赖关系 (Guerra and Sancho, 2010; 东艳、马盈盈, 2020)、产业碳关联 (Zhao et al., 2016; 马忠、耿文婷, 2020) 等问题。通过假设抽取法测算区域间产业碳关联,可以评估价值链分工对区域碳排放的影响 (Zhao et al., 2016, 2017; Dai et al., 2021; Huang and Tian, 2021)。值得注意

^① 需要指出的是,应用假设抽取法,一个区域所有行业同时消失的影响并不等于各个行业分别消失的影响之和,参见 Temurshoev (2009)。

的是，当前国际分工格局是由占据主导地位的发达国家通过跨国企业全球配置生产环节所决定的（余永定，2021），各国境内的本地企业和外资企业在全价值链中的角色存在显著差异。在核算区域间产业碳关联时，区分企业类型有助于更好地评估全球价值链分工的碳排放影响。例如，Zhang 等（2020）基于 OECD AMNE 多区域投入产出表测算了外资企业的供应链隐含碳，论证了解方法和假设抽取法的结果一致性。

假设抽取法最早用于单区域投入产出模型，其内在假设是，当一个经济体的部分生产活动消失时，它可以使用进口中间投入替代本地中间产品，从而维持经济活动的运转（Miller and Lahr, 2001）。在全球多区域投入产出模型下，不存在全球以外的经济活动，因此该假设的合理性存疑。存在两种处理方法：一是将全球多区域投入产出模型的覆盖范围缩减为部分国家或区域（Dietzenbacher et al., 1993; Zhao et al., 2017），从而使假设继续成立；二是假定某一区域被“抽取”的生产活动由其他区域按比例替换，即 Dietzenbacher 等（2019）提出的全球抽取法（Global Extraction Method, GEM）。两种方法各有优缺点，前者可以避免引入更多假设，但是无法涵盖全球产业链和生产网络，不能用于考察生产活动的全球影响；后者对各区域的潜在产能和产品替换关系做了较强的假设，以保证假设抽取法可以适用于全球多区域投入产出模型。考虑到研究范围是拉美、中国和欧美所组成的生产系统，本文采用第一种方法。

假设一个 MRIO 模型包含 N 个经济体，每个经济体拥有 M 个产业部门，根据投入产出分析中的列昂惕夫模型（Leontief Model），总产出与最终需求的关系可以表示为：

$$x = (I - A)^{-1}y = Ly \quad (1)$$

在式（1）中，列向量 x 表示总产出，元素 x_i^r 表示经济体 r 部门 i 的总产出；矩阵 A 表示直接消耗系数矩阵，元素 a_{ij}^s 表示经济体 s 部门 j 的单位产出所需经济体 r 部门 i 的直接产品投入；矩阵 L 表示列昂惕夫逆矩阵，元素 l_{ij}^s 表示经济体 s 部门 j 的单位产出所需经济体 r 部门 i 的直接和间接产品投入；列向量 y 表示最终需求，元素 y_j^s 表示对经济体 s 部门 j 的最终产品需求，包括对世界其他地区的出口。

令上标 R 表示除经济体 1 以外的其余 $N - 1$ 个经济体，则直接消耗系数矩阵 A 可以分块表示为：

$$A = \begin{bmatrix} A^{11} & \cdots & A^{1N} \\ \vdots & & \vdots \\ A^{N1} & \cdots & A^{NN} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^{11} & A^{1R} \\ A^{R1} & A^{RR} \end{bmatrix} \quad (2)$$

为了考察经济体 1 对经济体 R （包含 $N - 1$ 个经济体）的后向产业关联，假设经济体 1 的进口投入系数矩阵 A^{R1} 为零矩阵，相应中间投入转而从模型外的世界其他地区获取，则“抽取”后的直接消耗系数矩阵 \bar{A} 为：

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A^{11} & A^{1R} \\ 0 & A^{RR} \end{bmatrix} \quad (3)$$

从而,系统内总产出的变化为:

$$x - \bar{x} = (I - A)^{-1}y - (I - \bar{A})^{-1}y = Ly - \bar{L}y \quad (4)$$

其中,经济体 S 的产出变化 $\sum_i^M (x_i^S - \bar{x}_i^S)$ 为经济体 1 对经济体 S 的后向产业关联。

Miller 和 Lahr (2001) 指出,可以构造多种假设抽取模型来定义产业关联,其中一些模型的结果相同;假如同时“抽取” A^{R1} 和 A^{1R} ^①,可以得到与本文相同的 $x^R - \bar{x}^R$,从而后向产业关联计算公式与本文一致。根据 Dietzenbacher 等 (1993),经济体 R 的总产出变化可以表示为:

$$x^R - \bar{x}^R = L^{R1}y^1 + [L^{RR} - (I - A^{RR})^{-1}]y^R \quad (5)$$

并进一步改写为:

$$x^R - \bar{x}^R = (I - A^{RR})^{-1}A^{R1}L^{11}[y^1 + A^{1R}(I - A^{RR})^{-1}y^R] \quad (6)$$

其中,

$$L^{R1} = (I - A^{RR})^{-1}A^{R1}L^{11} \quad (7)$$

综合式 (5) 和式 (6) 可知,经济体 1 对经济体 R 的后向产业关联包含两个部分:一是经济体 R 为了满足经济体 1 最终产品 y^1 的总产出 $L^{R1}y^1$;二是经济体 R 对经济体 1 的区域间反馈效应。具体地,经济体 R 满足本地最终产品 y^R 的本地总产出为 $(I - A^{RR})^{-1}y^R$,相应需要经济体 1 的中间产品投入为 $A^{1R}(I - A^{RR})^{-1}y^R$,而经济体 R 满足经济体 1 这部分中间产品生产的总产出是 $[L^{RR} - (I - A^{RR})^{-1}]y^R$ 。

令 c_i^S 表示经济体 S 部门 i 的碳排放强度,定义为该部门单位产出的二氧化碳排放量,则经济体 1 对经济体 R 的后向碳关联 BL_C^{R1} 为:

$$BL_C^{R1} = c^R(x^R - \bar{x}^R) = c^RL^{R1}y^1 + c^R[L^{RR} - (I - A^{RR})^{-1}]y^R \quad (8)$$

其中, c^R 是一个 $(N - 1) \times M$ 维行向量。经济体 1 对经济体 S 的后向碳关联 BL_C^{S1} 为:

$$BL_C^{S1} = \sum_i^M c_i^S(x_i^S - \bar{x}_i^S) \quad (9)$$

BL_C^{S1} 测算了经济体 1 停止进口中间投入时经济体 S 减少的二氧化碳排放量,反映了价值链分工下经济体 1 的产出活动通过后向产业关联对经济体 S 碳排放的依赖程度。在实证研究中,贸易隐含碳概念常被用于核算区域间的碳排放压力。在多区域投入产出模型下,经济体 1 对经济体 R 的进口隐含碳为:

$$EC^{R1} = c^RL^{R1}y^{11} + c^RL^{RR}y^{R1} \quad (10)$$

① 即 Dietzenbacher 等 (1993) 采取的方案。

其中, M 维列向量 y^{11} 和 $(N-1) \times M$ 维列向量 y^{R1} 分别表示经济体 1 对本地最终产品和经济体 R 最终产品的需求。

对比式 (8) 和式 (10) 可知, 进口隐含碳着眼于经济体 1 的最终需求, 关注这些最终产品在生产过程中引致的经济体 R 碳排放; 后向碳关联则着眼于经济体 1 对经济体 R 的区域间中间产品需求, 关注这些中间产品需求所反映的后向产业关联对经济体 R 碳排放的系统性影响。

进一步地, 定义经济体 1 对经济体 S 的后向碳关联强度 bl_c^{S1} 为:

$$bl_c^{S1} = [\sum_i^M c_i^S (x_i^S - \bar{x}_i^S)] / (\sum_i^M x_i^1) \quad (11)$$

引入式 (11) 的目的在于消除经济体总产出规模的影响, 方便横向比较不同经济体的后向碳关联情况。经济体 1 对经济体 S 的后向碳关联强度越大, 表示经济体 1 在单位产出水平下通过后向产业关联对经济体 S 碳排放的影响越大。

需要指出的是, 利用投入产出分析中的戈什模型 (Ghosh Model), 可以类似地定义前向产业关联。在列昂惕夫模型中消去中间产品进口适合定义后向产业关联, 在戈什模型中消去中间产品出口适合定义前向产业关联 (Miller and Lahr, 2001)。Dietzenbacher (1997) 指出, 列昂惕夫模型和戈什模型的基本假设存在冲突, 假设直接消耗系数矩阵 A 保持稳定, 则戈什模型中定义的直接分配系数矩阵 B 不能保持稳定^①, 即所谓的“联合稳定性” (Joint Stability) 问题, 基于两类模型所定义的指标不应联合使用。此外, 在戈什模型中, 产出价值受到初始投入价格变动的线性影响, 因而该模型本质上是一个价格模型。有鉴于此, 本文不考虑采用戈什模型引入前向碳关联指标。

(二) 数据来源及处理

本文使用的投入产出数据来自 OECD AMNE 数据库。该数据库基于 OECD ICIO 数据库研发而得, 提供了 2005—2016 年涵盖 59 个区域 (包括 36 个 OECD 国家和 23 个其他经济体) 以及世界其他地区 (Rest of World, RoW)、区分本地企业和外资企业的全球多区域投入产出表序列。其中, 每个区域包含 34 个产业部门, 遵循 ISIC Rev. 4 产业分类标准; 所有数值的单位是当年价格的百万美元 (million USD)。^② 限于数据可获得性, 本文使用的区分本地企业和外资企业的全球多区域投入产出表仅涵盖了智利、墨西哥、阿根廷、巴西、哥伦比亚和哥斯达黎加等 6 个拉美国家。在拉美地区, 这 6 个国家在经济体量和对华贸易方面具有代表性。^③ 同时, 根据同中拉产业的关联密切程度, 本文选取欧盟国家、美国和加拿大作为欧美发达国家的代表。最终, 本文将 OECD AMNE 全球多区域投入产出表调整为包含 27 个欧盟国家、6 个拉美国

① 在直接分配系数矩阵 B 中, 元素 b_{ij}^r 表示经济体 r 部门 i 的单位产出中经济体 s 部门 j 所能分配到的产品份额。

② 更多信息参见 Cadestin 等 (2018)。

③ 2016 年, 这 6 个国家的 GDP 和对华货物贸易占拉美地区的比重分别达 76.7% 和 76.4%。数据来源于世界银行网站 (<https://data.worldbank.org>) 和国家统计局网站 (<https://data.stats.gov.cn>)。

家(智利、墨西哥、阿根廷、巴西、哥伦比亚和哥斯达黎加)、中国、美国和加拿大的多区域投入产出表。需要注意的是,这不再是一个全球多区域投入产出表,而是一个仅涵盖部分国家的多区域投入产出表(不包含“世界其他地区”),其结构类似于中国31省域间投入产出表^①,原表中其他国家和地区的信息被压缩在一起,提供新表的进口行和出口列。在计算过程中,按照本地企业和外资企业划分,将每个国家视作两个经济体进入模型。为了减少价格波动对不同年份数据比较的影响,本文采用世界银行的GDP平减指数,将后向碳关联强度指标调整为2010年不变价。

本文使用的产业活动化石能源燃烧碳排放数据来源于2019年版的IEA数据库。参考Yamano和Guilhoto(2020)的做法,本文将IEA碳排放数据产品部门分类转换为OECD AMNE表部门分类。进一步地,参考Jiang和Guan(2017)的做法,本文将各国每个部门的碳排放数据拆分为本地企业和外资企业碳排放两部分。具体而言,令 e_j^s 表示经济体 S 部门 j 的化石能源燃烧碳排放量,则经济体 S 部门 j 企业类型 l (本地企业或外资企业)的碳排放量 e_{lj}^s 为:

$$e_{lj}^s = \frac{\theta_{lj}^s}{\sum_l \theta_{lj}^s} e_j^s \quad (12)$$

其中, θ_{lj}^s 表示经济体 S 部门 j 企业类型 l 对能源部门的中间产品使用,这里的能源部门指与初级能源相关的部门2“采掘业”和部门7“焦炭和精炼石油产品业”。

三、结果分析

(一) 拉美、中国和欧美后向碳关联的变化趋势

2005—2016年,在拉美、中国和欧美所形成的生产系统中,各经济体的后向碳关联呈现出不同的变化趋势(见表1)。一方面,美国、欧盟和加拿大的后向碳关联呈现减少趋势,特别是加拿大的减少幅度达22.1%。另一方面,拉美六国的后向碳关联平均增长25.1%,中国的增幅则达到130.7%。这主要与跨国价值链分工模式演变有关。作为发达经济体,美国、欧盟和加拿大进一步巩固了在研发、设计、关键元器件生产、营销和售后等高附加值、低碳排放价值链环节的优势地位,其后向碳关联趋向减少。拉美国家和中国作为发展中经济体较多地参与了加工、组装等价值链环节,其进口中间投入的上游环节较多,因而后向碳关联呈现增长态势。需要注意的是,除墨西哥外,其他拉美五国主要作为农产品、矿石和能源等大宗商品的供给方,更多地向价值链上游移动;中国作为“世界工厂”主要向价值链下游移动。因此,中国后向碳关联的增长幅度要远远大于拉美国家。从绝对规模来看,2016年,发达国家阵营的后向碳关联要远远大于发展中国家阵营,反映了前者通过价值链分工向后者净转移碳排放压力。

^① 参见Zheng等(2021)的表4。

表 1 2005—2016 年拉美、中国和欧美后向碳关联的变化

单位：万吨 CO₂, %

经济体	2005 年	2016 年	增长率
欧盟	27268	26201	-3.9
加拿大	10810	8421	-22.1
智利	1083	1269	17.1
墨西哥	8065	9713	20.4
美国	49280	49076	-0.4
阿根廷	1209	1468	21.4
巴西	2844	3892	36.9
中国	5949	13723	130.7
哥伦比亚	823	1229	49.3
哥斯达黎加	260	294	13.3

注：表中任一经济体的后向碳关联仅涵盖表中其他经济体，不包含其他国家或地区。

（二）拉美、中国和欧美的双边后向碳关联

表 2 展示了 2005 年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联，可以发现：（1）美国是发达国家群体的中心国家，它与欧盟和加拿大的双边后向碳关联较高，这既反映了美国庞大的经济规模对产业链碳排放的影响，也显示了发达国家产业内贸易盛行的情况；（2）发达国家群体，特别是美国，对中国的双边后向碳关联较高，一方面是因为中国仍然处于全球价值链下游，另一方面是由于中国庞大的工业产能；（3）拉美六国对欧盟、美国和中国三大经济体的双边后向碳关联要高于拉美国家间的双边后向碳关联，反映了处于价值链边缘的拉美国家对价值链中心和半边缘国家的依赖状态。

表 2 2005 年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联

单位：万吨 CO₂

	欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	中国	哥伦比亚	哥斯达黎加
欧盟		934	188	657	7067	187	576	2180	100	33
加拿大	1212		21	350	10823	13	113	493	26	6
智利	695	63		84	340	53	103	336	19	6
墨西哥	325	325	24		4008	21	48	104	55	21
美国	6301	5725	164	4089		201	664	2116	236	104
阿根廷	455	64	222	59	333		456	179	33	3
巴西	1566	243	176	234	1962	472		498	118	28
中国	16586	3433	277	2560	24378	259	870		236	47
哥伦比亚	105	20	11	28	341	3	14	41		13
哥斯达黎加	23	3	0	3	29	0	0	3	1	

注：表中列表被“抽取”掉中间产品进口的经济体，行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体，第 i 行第 j 列数字表示经济体 j 对经济体 i 的双边后向碳关联。

表3展示了2005年各经济体的双边后向碳关联强度，可以发现：（1）欧盟、美国、巴西、中国等大型经济体的双边后向碳关联强度较低，这与相关经济体产业链相对完整、对跨国中间投入的依赖较低有关；（2）各经济体对美国和中国的双边后向碳关联强度较高，印证了两国分别作为全球价值链北美和东亚区域中心的地位；（3）拉美国家之间的双边后向碳关联强度普遍较低，反映了其地区一体化程度较低，未能形成紧密的地区价值链关系。

表3 2005年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联强度

单位：千克 CO₂/万美元

	欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	中国	哥伦比亚	哥斯达黎加
欧盟		36.46	56.97	39.31	27.85	32.71	17.69	25.96	24.91	64.01
加拿大	2.82		6.33	20.93	42.65	2.29	3.48	5.87	6.54	11.42
智利	1.61	2.44		5.04	1.34	9.26	3.15	4.00	4.73	11.10
墨西哥	0.75	12.69	7.38		15.80	3.68	1.46	1.24	13.69	40.79
美国	14.64	223.55	49.54	244.68		35.10	20.38	25.20	58.61	203.99
阿根廷	1.06	2.51	67.25	3.52	1.31		14.01	2.14	8.19	6.04
巴西	3.64	9.51	53.37	14.01	7.73	82.42		5.93	29.29	54.46
中国	38.53	134.04	83.79	153.18	96.07	45.15	26.73		58.58	91.32
哥伦比亚	0.24	0.80	3.23	1.69	1.35	0.52	0.42	0.48		25.61
哥斯达黎加	0.05	0.13	0.11	0.20	0.11	0.03	0.01	0.03	0.18	

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体，行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体，第*i*行第*j*列数字表示经济体*j*对经济体*i*的双边后向碳关联强度。

表4展示了2016年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联。与2005年相比，双边后向碳关联的整体分布未发生大的变化。其差异主要表现为：（1）在发达经济体中，美国与欧盟和加拿大的双边后向碳关联显著减少；（2）中国与其他经济体之间的双边后向碳关联普遍增加；（3）各经济体对墨西哥和哥伦比亚的双边后向碳关联增加，对智利、阿根廷、巴西、哥斯达黎加的双边后向碳关联则普遍减少。

表4 2016年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联

单位：万吨 CO₂

	欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	中国	哥伦比亚	哥斯达黎加
欧盟		664	137	786	5404	199	781	4173	110	27
加拿大	929		32	471	8791	20	92	1666	42	8
智利	418	50		52	312	38	116	921	20	6
墨西哥	504	444	40		5115	42	108	377	109	38
美国	5063	3902	201	3657		238	726	4702	288	97
阿根廷	229	100	54	24	154		168	137	26	2
巴西	1241	160	107	163	1559	399		1552	84	9

续表

	欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	中国	哥伦比亚	哥斯达黎加
中国	17578	3068	665	4520	27130	520	1848		548	98
哥伦比亚	217	29	32	36	584	10	53	192		9
哥斯达黎加	22	4	0	5	28	0	0	5	1	

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体，行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体，第 i 行第 j 列数字表示经济体 j 对经济体 i 的双边后向碳关联。

对比表 3 和表 5，可以发现，2005—2016 年，得益于低碳生产技术进步，各经济体双边后向碳关联强度整体上呈现下降趋势，特别是加拿大、智利、墨西哥和哥斯达黎加等国。值得注意的是，拉美六国对中国的双边后向碳关联强度均显著增大。这反映了 2005—2016 年价值链高碳排放环节向中国转移的趋势。

表 5 2016 年拉美、中国和欧美的双边后向碳关联强度

单位：千克 CO₂/万美元

	欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	中国	哥伦比亚	哥斯达黎加
欧盟		20.69	28.80	37.46	18.89	28.30	20.16	17.90	17.69	37.19
加拿大	2.03		6.73	22.45	30.73	2.83	2.36	7.15	6.81	11.33
智利	0.91	1.56		2.46	1.09	5.44	2.98	3.95	3.21	8.03
墨西哥	1.10	13.83	8.34		17.88	5.96	2.80	1.62	17.55	51.45
美国	11.05	121.63	42.22	174.29		33.80	18.75	20.17	46.33	132.33
阿根廷	0.50	3.11	11.41	1.16	0.54		4.35	0.59	4.11	2.12
巴西	2.71	5.00	22.38	7.78	5.45	56.71		6.66	13.58	11.85
中国	38.35	95.63	139.39	215.43	94.85	73.82	47.70		88.07	133.31
哥伦比亚	0.47	0.90	6.70	1.70	2.04	1.46	1.38	0.83		12.49
哥斯达黎加	0.05	0.13	0.10	0.22	0.10	0.04	0.01	0.02	0.14	

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体，行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体，第 i 行第 j 列数字表示经济体 j 对经济体 i 的双边后向碳关联强度。

（三）区分企业类型的中国跨国产业链后向碳关联规模及强度

在跨国产业链的发展过程中，本地企业和外资企业的后向碳关联作用有待进一步厘清。表 6 和表 7 展示了 2005 年区分企业类型的中国跨国产业链后向碳关联规模和强度。在 2005 年，拉美六国和欧美发达国家对中国本地企业的后向碳关联分别是对在华外资企业后向碳关联的 8.85 倍和 9.74 倍，同期中国本地企业对拉美六国和欧美发达国家中间产品出口分别是在在华外资企业出口的 1.75 倍和 2.31 倍，表明中国本地企业在拉美、中国和欧美的价值链分工中承担了更多高碳排放生产活动。美国、欧盟、加拿大、墨西哥和巴西对中国本地企业的后向碳关联规模较大，这与其在中国中间产品出口中的份额相一致。从后向碳关联强度来看，除了欧盟，各经济体外资企业驱动中国本地企业碳排放的能力整体上高于它们的本地企业。中国对拉美六国的后向

碳关联集中在中国本地企业与智利和巴西的本地企业之间；中国本地企业和在华外资企业对欧盟和美国本地企业的后向碳关联规模较大。整体而言，在华外资企业对欧美发达国家和拉美国家的后向碳关联强度要高于中国本地企业，同样反映了中国本地企业和在华外资企业在全球价值链中的分工地位差异。中国本地企业对各国本地企业的后向碳关联强度要远远低于各国本地企业对中国本地企业的后向碳关联强度。这一方面源于价值链分工的角色差异，中国本地企业主要从事高耗能、高排放的制造业活动，拉美国家本地企业主要涉足大宗原材料的出口活动，而欧美发达国家本地企业主要占据高附加值、低碳排放的产业环节；另一方面是因为中国的工业体系相对完善，对跨国中间产品的需求相对较低。

表6 2005年拉美和欧美对中国的后向碳关联规模和强度

			欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	哥伦比亚	哥斯达黎加
			本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地
后向碳关联 (万吨 CO ₂)	中国	本地	9606	1694	194	1560	18365	147	503	173	31
	中国	外资	1135	187	26	160	1722	23	60	25	5
后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	中国	本地	44.67	89.15	66.21	108.07	77.85	30.94	17.56	46.77	69.63
	中国	外资	5.28	9.83	8.99	11.09	7.30	4.77	2.10	6.64	11.08
			欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	哥伦比亚	哥斯达黎加
			外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资
后向碳关联 (万吨 CO ₂)	中国	本地	5253	1412	49	765	3933	78	276	32	9
	中国	外资	592	139	7	75	358	12	31	5	2
后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	中国	本地	24.38	213.85	130.55	336.24	220.32	78.52	70.47	101.32	141.54
	中国	外资	2.75	21.08	19.56	32.89	20.08	11.88	8.04	17.12	25.87

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体（如智利本地企业），行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体（如中国外资企业）。

表7 2005年中国对拉美和欧美的后向碳关联规模和强度

		后向碳关联 (万吨 CO ₂)		后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	
		中国	中国	中国	中国
		本地	外资	本地	外资
欧盟	本地	1153	396	15.02	55.25
加拿大	本地	209	64	2.72	8.91
智利	本地	222	62	2.89	8.67
墨西哥	本地	55	23	0.71	3.24
美国	本地	1404	390	18.28	54.50
阿根廷	本地	122	30	1.58	4.25
巴西	本地	327	86	4.26	11.97

续表

		后向碳关联 (万吨 CO ₂)		后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	
		中国	中国	中国	中国
		本地	外资	本地	外资
哥伦比亚	本地	28	9	0.36	1.32
哥斯达黎加	本地	1	1	0.01	0.08
欧盟	外资	464	167	6.04	23.29
加拿大	外资	169	51	2.20	7.11
智利	外资	40	12	0.52	1.70
墨西哥	外资	18	8	0.24	1.09
美国	外资	246	76	3.20	10.56
阿根廷	外资	21	7	0.27	0.96
巴西	外资	65	19	0.85	2.71
哥伦比亚	外资	2	1	0.03	0.17
哥斯达黎加	外资	1	0	0.01	0.06

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体（如中国本地企业），行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体（如智利外资企业）。

表8和表9展示了2016年区分企业类型的中国跨国产业链后向碳关联规模和强度。相比2005年，各国对中国本地企业和在华外资企业的后向碳关联分别增长了19%和减少了23%，而中国本地企业和在华外资企业中间产品出口分别增长170%和164%，主要体现了这一时期中国产业部门总体碳排放强度的大幅度下降。欧美发达国家和拉美六国对中国的后向碳关联增长主要集中在本地企业，反映了中国本地企业相对在华外资企业分工地位的恶化。美国、欧盟、加拿大、墨西哥和巴西依然占据了对中国本地企业后向碳关联的主要部分，与各国进口中国中间产品的占比相一致。从后向碳关联强度来看，除巴西外，各国对在华外资企业的后向碳关联强度下降；拉美六国对中国本地企业的后向碳关联强度增大，而欧美发达国家则相反；各国外资企业对中国本地企业后向碳关联强度较高的局面在延续。在华外资企业对加拿大、智利和巴西本地企业的后向碳关联强度显著增大，反映了研究期内加拿大、智利和巴西本地企业更多地承担了高碳排放生产活动，价值链分工地位相对恶化；此外，中国对欧盟和美国本地企业的后向碳关联强度显著减小，主要是因为欧盟和美国经济结构服务化和价值链分工地位的进一步提升。

表8 2016年拉美和欧美对中国的后向碳关联规模和强度

		欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	哥伦比亚	哥斯达黎加
		本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地	本地
后向碳关联 (万吨 CO ₂)	中国本地	10007	1595	459	2697	19476	348	1151	424	75
	中国外资	714	122	37	185	1310	23	83	36	6
后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	中国本地	43.81	64.36	108.08	155.70	74.20	55.76	33.63	73.07	113.32
	中国外资	3.12	4.92	8.67	10.68	4.99	3.74	2.42	6.14	9.21

续表

		欧盟	加拿大	智利	墨西哥	美国	阿根廷	巴西	哥伦比亚	哥斯达黎加
		外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资	外资
后向碳关联 (万吨 CO ₂)	中国	6453	1267	159	1544	5982	140	577	83	16
	本地	405	85	10	94	362	8	37	6	1
后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	中国	28.07	173.46	304.69	422.14	254.10	174.86	127.91	195.26	215.75
	本地	1.76	11.61	19.49	25.66	15.39	10.40	8.23	13.26	16.93

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体（如智利本地企业），行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体（如中国外资企业）。

表9 2016年中国对拉美和欧美的后向碳关联规模和强度

		后向碳关联 (万吨 CO ₂)		后向碳关联强度 (千克 CO ₂ /万美元)	
		中国	中国	中国	中国
		本地	外资	本地	外资
欧盟	本地	2109	551	9.67	36.54
加拿大	本地	892	195	4.09	12.97
智利	本地	610	154	2.80	10.24
墨西哥	本地	208	63	0.95	4.17
美国	本地	3178	752	14.57	49.87
阿根廷	本地	104	19	0.48	1.23
巴西	本地	1076	223	4.94	14.77
哥伦比亚	本地	132	29	0.61	1.92
哥斯达黎加	本地	2	1	0.01	0.04
欧盟	外资	1205	308	5.53	20.45
加拿大	外资	473	105	2.17	6.99
智利	外资	126	31	0.58	2.03
墨西哥	外资	83	23	0.38	1.53
美国	外资	612	160	2.81	10.62
阿根廷	外资	12	2	0.05	0.14
巴西	外资	209	44	0.96	2.93
哥伦比亚	外资	26	5	0.12	0.33
哥斯达黎加	外资	1	0	0.01	0.02

注：表中列表示被“抽取”掉中间产品进口的经济体（如中国本地企业），行表示相应中间产品需求消失所影响的经济体（如智利外资企业）。

四、结论与政策建议

（一）主要结论

基于区分企业类型的全球多区域投入产出表，本文采用区域假设抽取法测算了

2005年和2016年拉美、中国和欧美之间的后向碳关联规模及强度，并进一步分析了本地企业和外资企业在区域间产业碳关联中的角色差异。主要结论如下。

第一，2005—2016年，随着跨国价值链分工模式的演变，美国、欧盟和加拿大等发达经济体巩固了在高附加值、低碳排放环节的优势地位，主要拉美国家强化了农产品、矿石和能源等大宗商品的供给，墨西哥和中国则进一步集聚了加工、组装等价值链环节。因此，发达经济体的后向碳关联规模呈现下降趋势，拉美六国和中国的后向碳关联规模增长。此外，从绝对规模来看，2016年发达国家阵营的后向碳关联要远远大于发展中国家阵营，反映了前者通过价值链分工向后者净转移碳排放压力。

第二，从双边后向碳关联规模来看，2005年在拉美、中国和欧美组成的生产系统中，美国是发达国家群体的中心国家，拉美六国与主要贸易伙伴之间的后向碳关联要高于拉美六国间的后向碳关联。2005—2016年，发达国家群体内部的后向碳关联趋于减少，中国与其他国家之间的双边后向碳关联普遍增加，各国对墨西哥和哥伦比亚的双边后向碳关联增加。整体而言，各国对中国碳排放的依赖程度加深。

第三，从双边后向碳关联强度来看，2005年美国、中国等大型经济体对其他经济体的后向碳关联强度较低，各经济体对美国和中国的后向碳关联强度较高，拉美六国内部的后向碳关联强度较低。2005—2016年，各经济体双边后向碳关联强度整体上趋于下降，但是拉美六国对中国的后向碳关联强度显著增大。这反映了价值链高碳排放环节向中国转移的趋势。

第四，2005年，相比于在华外资企业，中国本地企业在跨国产业链分工中承担了更多高碳排放生产活动，因而各国对中国本地企业的后向碳关联规模和强度较大。美国、欧盟、加拿大、墨西哥和巴西对中国本地企业的后向碳关联规模较大。各国外资企业驱动中国本地企业碳排放的能力整体上高于各国本地企业。中国对拉美六国的后向碳关联集中在双方本地企业之间，中国本地企业和在华外资企业对欧盟和美国本地企业的后向碳关联规模较大。在华外资企业对各国的后向碳关联强度要高于中国本地企业。2005—2016年，欧美发达国家和拉美六国对中国的后向碳关联增长主要集中在本地企业。除巴西外，各国对在华外资企业的后向碳关联强度下降；拉美六国对中国本地企业的后向碳关联强度增大，而欧美发达国家则相反。

（二）政策建议

根据以上研究结论，本文认为，2005—2016年，在拉美、中国和欧美组成的生产系统中，作为“半边缘”地区的中国，特别是中国本地企业面临越来越大的碳排放压力转移。在这一时期，中国通过工业产能的快速扩张取得了优异的经济表现，同时也带来了沉重的碳排放负担。值得注意的是，以煤炭等化石能源为主的能源消费结构、相对落后的清洁生产技术水平以及高碳排放生产活动和价值链下游生产环节的集聚，使得中国面临产业发展和碳减排的艰难取舍。而以大宗商品供给参与全球价值链分工的拉美国家也面临被锁定在价值链边缘的窘境。在环境监管力度和清洁生产技术水平存在差异的情况下，欧美发达国家主导的价值链环节跨区域转移会引起“碳泄漏”问题。

为了实现绿色高质量发展,拉美、中国和欧美应积极采取相应措施。

第一,中国应继续加大对外开放力度,减少投资负面清单项目,鼓励外资在中国落地先进技术和产能,激发行业竞争,推动各行业清洁生产技术进步,推动国内价值链分工的低碳化。

第二,对于智利、阿根廷、巴西、哥伦比亚等拉美国家而言,过度依赖农产品、矿石、能源等大宗商品出口使得本地企业成为全球生产系统的外围,区域价值链发育不足,总体碳排放强度较高,削弱了本地企业的全球竞争力。拉美国家应积极推动区域一体化进程,培育统一的区域市场,引导本地企业分工合作,重视价值链低碳排放环节,增强区域价值链的竞争力。

第三,中国应充分利用全球第二大消费市场的有利条件,引导中拉企业构建绿色低碳的区域间价值链关系,推动中国和拉美国家的本地企业积极向价值链的研发、设计、营销、售后等高附加值、低碳排放环节扩展。

第四,南北国家应合作推动全球价值链的低碳发展。全球气候变化是人类面临的共同挑战。一方面,欧美发达国家具备技术和资金优势,应同中拉等发展中国家合作,推动后者生产活动的低碳升级。另一方面,中拉等发展中国家应参考国际标准和发达国家治理经验,结合自身实际情况,完善环境法律法规,强化国内环境监管力度。

参考文献

东艳、马盈盈(2020):《疫情冲击、中美贸易摩擦与亚太价值链重构——基于假设抽取法的分析》,《华南师范大学学报(社会科学版)》第4期,第110—123、191页。

[阿根廷]劳尔·普雷维什(2015):《外围资本主义——危机与改造》,苏振兴、袁兴昌译,北京:商务印书馆,第212页。

马忠、耿文婷(2020):《基于假设抽取法的中国区域间碳排放关联分析》,《环境科学研究》第2期,第312—323页。

谢文泽(2018):《改革开放40年中拉关系回顾与思考》,《拉丁美洲研究》第1期,第11—35、154—155页。

余永定(2021):《双循环和中国经济增长模式的调整》,《新金融》第1期,第6—10页。

左冰、杨艺(2021):《旅游产业关联结构及其经济贡献研究——以广东省为例》,《旅游学刊》第4期,第14—30页。

Castestin, C., K. De Backer and I. Desnoyers-James, et al. (2018), "Multinational Enterprises and Global Value Chains: The OECD Analytical AMNE Database", *OECD Trade Policy Papers*, No. 211.

Dai, F., J. Yang and H. Guo, et al. (2021), "Tracing CO₂ Emissions in China-US Trade: A Global Value Chain Perspective", *Science of the Total Environment*, 775, pp. 1—11.

Dietzenbacher, E., J. A. van der Linden and A. E. Steenge (1993), "The Regional Extraction Method: EC Input-Output Comparisons", *Economic Systems Research*, 5 (2), pp. 185—206.

Dietzenbacher, E. (1997), "In Vindication of the Ghosh Model: A Reinterpretation as a Price Model", *Journal of Regional Science*, 37 (4), pp. 629—651.

Dietzenbacher, E. and M. L. Lahr (2013), "Expanding Extractions", *Economic Systems Research*,

25 (3), pp. 341 – 360.

Dietzenbacher, E. , B. van Burken and Y. Kondo (2019), “Hypothetical Extractions from a Global Perspective”, *Economic Systems Research*, 31 (4), pp. 505 – 519.

Guerra, A. I. and F. Sancho (2010), “Measuring Energy Linkages with the Hypothetical Extraction Method: An Application to Spain”, *Energy Economics*, 32 (4), pp. 831 – 837.

Huang, R. and L. Tian (2021), “CO₂ Emissions Inequality through the Lens of Developing Countries”, *Applied Energy*, 281, pp. 1 – 12.

Jiang, X. and D. Guan (2017), “The Global CO₂ Emissions Growth after International Crisis and the Role of International Trade”, *Energy Policy*, 109, pp. 734 – 746.

Miller, R. E. and M. L. Lahr (2001), “A Taxonomy of Extractions”, in Lahr, M. L. and R. E. Miller (eds.), *Regional Science Perspectives in Economic Analysis: A Festschrift in Memory of Benjamin H. Stevens*, Bingley: Emerald Group Publishing Limited, pp. 407 – 441.

Paelinck, J. , J. De Caemel and J. Degueldre (1965), “Analyse Quantitative De Certaines Phénomènes Du Développement Régional Polarisé: Essai De Simulation Statique D'itératives De Propagation”, *Bibliothèque de l'Institut de Science économique*, 7, pp. 341 – 387.

Perobelli, F. S. , W. R. Faria and V. de Almeida Vale (2015), “The Increase in Brazilian Household Income and Its Impact on CO₂ Emissions: Evidence for 2003 and 2009 from Input-Output Tables”, *Energy Economics*, 52, pp. 228 – 239.

Temurshoev, U. (2009), “Hypothetical Extraction and Fields of Influence Approaches: Integration and Policy Implications”, *EERC Working Paper Series*, No. 09/06e.

Wang, S. , Y. Zhao and T. Wiedmann (2019), “Carbon Emissions Embodied in China-Australia Trade: A Scenario Analysis Based on Input-Output Analysis and Panel Regression Models”, *Journal of Cleaner Production*, 220, pp. 721 – 731.

Xiao, H. , B. Meng and J. Ye, et al. (2020), “Are Global Value Chains Truly Global?”, *Economic Systems Research*, 32 (4), pp. 540 – 564.

Yamano, N. and J. Guilhoto (2020), “CO₂ Emissions Embodied in International Trade and Domestic Final Demand”, *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2020/11.

Zhang, X. (2017), “Chinese Capitalism and the Maritime Silk Road: A World-Systems Perspective”, *Geopolitics*, 22 (2), pp. 310 – 331.

Zhang, Z. , Y. Zhao and B. Su, et al. (2017), “Embodied Carbon in China's Foreign Trade: An Online SCI-E and SSCI Based Literature Review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, pp. 492 – 510.

Zhang, Z. , D. Guan and R. Wang, et al. (2020), “Embodied Carbon Emissions in the Supply Chains of Multinational Enterprises”, *Nature Climate Change*, 10 (12), pp. 1096 – 1101.

Zhao, Y. , Y. Liu and S. Wang, et al. (2016), “Inter-Regional Linkage Analysis of Industrial CO₂ Emissions in China: An Application of a Hypothetical Extraction Method”, *Ecological Indicators*, 61, pp. 428 – 437.

Zhao, Y. , S. Wang and Y. Liu, et al. (2017), “Identifying the Economic and Environmental Impacts of China's Trade in Intermediates within the Asia-Pacific Region”, *Journal of Cleaner Production*, 149, pp. 164 – 179.

Zheng, H., Y. Bai and W. Wei, et al. (2021), "Chinese Provincial Multi-Regional Input-Output Database for 2012, 2015, and 2017", *Scientific Data*, 8 (1), pp. 1 – 13.

Carbon Linkages Between Latin American Countries, China, and Western Developed Countries with Distinguishing Domestic and Foreign Firms

WANG Song¹, ZHANG Zhong-hua², ZHAO Yu-huan³

(1. Institute of Latin American Studies, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100007, China;

2. School of Environment, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3. School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100089, China)

Abstract: The production system consisting of the Latin American region, China, and western developed countries is a case of the international division of labor between core, semi-periphery, and periphery areas. From the perspective of industrial linkages, the impact of division of labor under global value chains on the carbon emissions of the three parties remains to be clarified. Based on the multi-regional input-output model, the authors employ the regional hypothetical extraction method to estimate the scale and intensity of backward carbon linkages between the Latin American region, China, and western developed countries and analyze the roles of domestic and foreign firms in the carbon linkages. The results show that the backward carbon linkages of western developed countries decreased during 2005 – 2016, while those of Latin American countries and China displayed an upward trend. The bilateral backward carbon linkage intensities decreased across countries in general, while Latin American countries significantly increased their backward carbon linkage intensities to China. The scale and intensity of backward carbon linkages from Latin American and western developed countries to Chinese domestic firms were greater than those to foreign firms in China. China's backward carbon linkages to Latin American countries were concentrated between domestic firms on both sides. The backward carbon linkages of Chinese domestic and foreign firms to domestic firms in the EU and United States were relatively large. Finally, the authors put forward policy recommendations in terms of upgrading in value chains for Latin American countries, China, and western developed countries, from the perspective of green and high-quality development.

Key Words: multi-regional input-output model; regional hypothetical extraction method; China; Latin American countries; industrial carbon linkage

责任编辑：庄立