



# 全球价值链视角下中国向印度制造业出口隐含碳研究

李卓桥, 李慧玲

(新疆师范大学 商学院, 新疆 乌鲁木齐 830017)

**摘 要:** 立足全球价值链(GVC)视角,探讨中国制造业向印度出口过程中的隐含碳排放问题,利用世界投入产出(WIOD)数据库和环境账户数据,分析中国和印度在制造业方面的碳排放特征,并实证研究中国参与全球价值链过程对出口隐含碳排放的影响。结果表明:中印碳排放逐年升高;中印出口隐含碳排放趋势相反;GVC 地位的提升、技术的提升会抑制出口隐含碳排放;而 GVC 参与度的提升、出口规模的扩大会促进出口隐含碳排放;GVC 前向参与度会抑制隐含碳排放,而后向参与度则会促进隐含碳排放。并对以上结果提出相关政策建议:中国应加快制造业转型升级,提升其在全球价值链中的地位,并加强技术创新,减少碳排放,双方应共建“一带一路”区域价值链,实现互利共赢。

**关键词:** 出口隐含碳;投入产出模型;全球价值链;中印制造业贸易

中图分类号: F74

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2024) 03-0094-09

DOI: 10.19899/j.cnki.42-1669/Z.2024.03.014

## 一、引言

随着全球化的进程加速,国际产业分工逐渐显现出全球价值链(Global Value Chain, GVC)的特征,各国在嵌入全球价值链中扮演的角色不同,尤其是中国与印度这两个在全球制造业及贸易中具有重要地位的经济大国。然而,在如此紧密的产业链条中,随着全球气候变化与环境问题的恶化,传统的贸易分析方法已无法满足对于可持续方案、排放影响以及环境保护等问题的研究与评估。因此,越来越多的研究开始关注全球价值链与碳排放之间的

关系,以期政策制定者提供更全面的参考依据。中国作为全球最大的制造业与出口国家之一,在全球价值链中发挥着关键作用。而印度作为新兴的大国市场,与中国之间的贸易往来越发紧密。然而,两国强大的制造业实力和紧密的贸易往来也带来了巨大的环境压力,尤其是随着全球对碳排放的治理要求和减排任务的提高,中国的制造业产品向印度出口的隐含碳问题不容忽视。

在应对全球温室气体排放所带来的环境问题时,保护自然环境、维护生态系统和保障人类健康

收稿日期: 2023-12-04

基金项目: 2021 年国家社会科学基金一般项目“新发展格局下中巴经济走廊建设与‘一带一路’在南亚的推进研究”(项目编号: 21BGJ059)。

作者简介: 李卓桥(1998—),男,河北石家庄人,新疆师范大学商学院 2021 级硕士研究生,研究方向:全球价值链;李慧玲(1981—),女,新疆阿勒泰人,区域经济学博士,新疆师范大学商学院副教授,研究方向:区域经济学、中巴经济走廊建设与中巴合作。

已成为亟待解决的重大难题,必须采取更为有效的措施。中国正积极推行减排措施,并采取了一系列政策和计划,其中包括党的二十大报告所系统部署的环境保护工作,如绿色转型、环境污染防治、生态系统保护和碳达峰碳中和,并积极参与全球气候治理。2023年1月《新时代的中国绿色发展》白皮书明确要推动全球可持续发展,共同构建人与自然生命共同体,共建繁荣清洁美丽的世界的决心。2023年3月两会政府工作报告提出了稳步推进节能降碳、统筹能源安全稳定供应和绿色低碳发展、科学有序推进碳达峰碳中和并优化能源结构的目标。

因此,本文旨在深入研究全球价值链与出口隐含碳排放关系,寻求低碳发展模式,加强国际合作,实现绿色、环保、可持续发展目标,并为政策制定者提供一定参考。

## 二、文献综述

全球价值链中的贸易隐含碳问题是备受学术界关注的话题,国内外学者均对此进行了深入的研究。

Harrison et al. 和 Xue et al. 对全球价值链进行研究发现,跨国公司和其供应商在贸易、投资和技术转让的过程中可能产生差异化的隐含碳排放效应<sup>[1-2]</sup>。尤其是发展中国家,由于一国在全球价值链中通常处于劳动密集型的生产环节,这导致其隐含碳排放往往较高<sup>[3]</sup>。另外,国际生产分工使得交通和物流等环节的碳排放产生了一定影响,导致全球碳排放区域分布产生变化<sup>[4]</sup>。隐含碳排放作为一种外部性,可能直接或间接影响全球价值链中企业的决策和行为。例如,由于碳排放政策(如碳税、排放配额制度等)给企业带来的成本压力,使得企业在供应链管理中更加关注碳排放效率<sup>[5]</sup>。这也促使企业关注隐含碳排放并使之成为提高社会责任和绿色品牌形象的重要因素。不仅企业,消费者、投资者和监管机构也越来越关注企业生产中的碳排放,这进一步影响了企业竞争力和其在全球价值链中的深化与重构<sup>[6-7]</sup>。

中国是全球最大的隐含碳净出口国之一,其出口排放量远高于进口排放量。因此,研究出口贸易隐含碳有利于更为全面客观地分析中国碳排放持续增长的原因,对实现碳减排目标具有重要意义<sup>[8]</sup>。

关于双边贸易与碳排放的关系,现有研究普遍认为贸易加剧了中国的碳排放。中国在与发达国家

贸易时成了发达国家碳转移的“污染天堂”,导致发达国家进行消费而中国造成污染<sup>[9-11]</sup>。也有少数学者持相反观点,认为双边贸易减少了中国的碳排放,中国并没有成为“污染天堂”<sup>[12]</sup>。另外,技术升级以及贸易结构改善能有效抑制贸易隐含碳排放<sup>[13-14]</sup>。

在国际分工背景下,各国通过参与 GVC 得到了经济效益,同时也造成了碳排放<sup>[15]</sup>。碳排放包括出口隐含碳和进口隐含碳,其中,出口隐含碳是指国内最终产品出口并在国外被消费、而在生产产品过程中所产生的碳排放<sup>[16]</sup>。中国对外贸易中的隐含碳排放与 GVC 地位和 GVC 参与度有密切关系<sup>[17]</sup>。当一国 GVC 地位较低时,贸易开放水平的提高会导致其贸易与环境关系恶化<sup>[18]</sup>,而 GVC 地位的提高有助于减少出口贸易隐含碳<sup>[19-21]</sup>。另外,中国在贸易中造成的碳排放量要远高于世界平均水平,已成为全球最大的隐含碳净出口国<sup>[22]</sup>,中国出口贸易隐含碳大于进口贸易隐含碳<sup>[23]</sup>。

综上所述,关于全球价值链与贸易隐含碳排放之间的关系,国内外学者已有较为细致的研究。但是当前关于全球价值链与隐含碳排放的研究尚存在些许不足。一是在研究方法上,使用传统贸易统计方法可能导致贸易隐含碳排放测算的误差。二是发展中国家间出口所造成的隐含碳排放研究较少。因此,本文基于多区域投入产出模型和总贸易核算法,对中国制造业出口印度隐含碳排放进行分析,希望为全球价值链背景下的贸易对出口隐含碳排放的影响提供新的视角。

## 三、碳排放发展现状

### (一) 中国与印度制造业碳排放现状

通过中国制造业向印度出口二氧化碳排放量可以初步探究,见表1所示,2000年至2016年,中国制造业向印度出口的二氧化碳排放量整体呈现上升态势,部分行业在短期内呈现出波动趋势。其中二氧化碳排放前三的行业分别是其他非金属矿产品的制造(C23)、焦炭和精炼石油产品的制造(C19)以及基本金属的制造(C24)。其中,其他非金属矿产品的制造(C23)排放量从2000年的58.12(千万吨)增长到2016年的67.59(千万吨),在2014年达到最高182.58(千万吨)。炼焦、石油化工(C19)排放量从2000年的4.88(千万吨)增长到2016年的19.15(千万吨)。部分行业如C13~C15(纺织业、纺织品和服装制造业)和C17(纸及纸制品制造业)

在初始增长之后,排放量呈现逐步降低趋势。中国经济发展主要依赖于制造业部门,特别是能源密集型如基本金属制造业、非金属矿物制品业和橡胶及塑料制品业等(C24, C23, C22)。

表 1 中国制造业向印度出口二氧化碳排放

单位:千万吨

	2000 年	2002 年	2004 年	2006 年	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
C10~C12	6.04	6.29	9.22	11.35	13.43	13.65	13.38	11.54	10.80
C13~C15	4.26	4.60	6.81	8.12	8.32	8.31	7.34	5.92	4.86
C16	0.79	0.83	1.32	1.70	1.95	2.02	1.95	1.92	1.13
C17	3.00	3.43	4.38	5.13	6.00	6.69	5.82	4.36	3.67
C18	0.33	0.35	0.46	0.55	0.48	0.40	0.33	0.30	0.23
C19	4.88	5.34	7.03	7.84	9.14	16.11	17.84	18.84	19.15
C20	23.30	26.27	37.78	47.38	52.71	60.36	65.29	69.07	51.14
C21	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.10	0.11	0.08
C22	0.84	0.78	1.44	11.02	11.71	16.98	20.50	16.08	11.19
C23	58.12	66.27	95.49	112.07	129.38	148.02	159.60	182.58	67.59
C24	28.59	35.33	50.77	71.98	86.44	111.89	125.18	135.49	105.70
C25	1.48	1.35	1.32	1.89	2.22	2.51	2.62	2.26	1.84
C26	0.41	0.52	0.88	1.42	1.34	1.37	1.21	1.13	1.01
C27	0.90	0.85	0.94	1.33	1.95	2.54	2.59	2.42	2.38
C28	2.52	2.89	3.86	5.63	6.29	5.67	4.24	3.76	3.04
C29	1.22	1.36	1.14	1.48	1.69	1.79	1.92	1.71	1.26
C30	0.42	0.48	0.57	0.84	1.01	1.09	1.13	0.99	0.77
C31~C32	0.78	0.59	0.47	6.13	4.66	4.61	6.47	5.44	3.26

数据来源: WIOD 环境账户

表 2 所示,从 2000 年至 2016 年,印度制造业向中国出口的二氧化碳排放量也呈波动上升趋势。其中,排放量前三的行业是其他非金属矿产品的制造(C23)、基本金属的制造(C24)以及基本药品和药物制剂的制造(C20)。其他非金属矿产品的制造排放量最高,从 2000 年的 9.64 (千万吨)增长到 2016 年的 8.79(千万吨),在 2014 年巅峰时达到 24.52

(千万吨)。基本金属的制造从 4.35(千万吨)增长到 21.04(千万吨),然后在 2016 年略微减少至 20.29 (千万吨)。基本药品和药物制剂的制造排放量由 2000 年的 5.23(千万吨)到 2010 年达到峰值 6.53 (千万吨),随后降至 2016 年的 4.29(千万吨),可能的原因是印度的能源需求逐渐转向可再生能源。

表 2 印度制造业向中国出口二氧化碳排放

单位:千万吨

	2000 年	2002 年	2004 年	2006 年	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
C10~C12	0.29	0.29	0.27	0.57	0.94	1.20	1.28	1.28	1.41
C13~C15	1.05	0.83	0.75	0.74	0.87	1.08	1.18	1.35	0.82
C16	0.15	0.12	0.12	0.32	0.66	0.84	1.37	1.39	1.29
C17	0.63	0.78	0.68	0.75	0.64	1.19	0.78	0.98	0.56
C18	0.03	0.03	0.02	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04
C19	2.80	3.23	3.62	4.25	4.52	3.88	4.11	4.22	4.61
C20	5.23	5.37	5.47	5.81	6.34	6.53	6.19	6.49	4.29

续表

	2000 年	2002 年	2004 年	2006 年	2008 年	2010 年	2012 年	2014 年	2016 年
C21	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
C22	0.09	0.08	0.07	0.24	0.28	0.37	0.37	0.36	0.41
C23	9.64	10.50	10.94	12.23	13.00	16.18	20.16	24.52	8.79
C24	4.35	5.70	6.67	8.20	10.14	14.70	17.00	21.04	20.29
C25	0.48	0.47	0.70	2.46	4.49	6.05	4.82	4.75	4.54
C26	0.03	0.02	0.02	0.03	0.07	0.09	0.09	0.09	0.12
C27	0.12	0.10	0.09	0.13	0.19	0.23	0.20	0.22	0.35
C28	0.11	0.10	0.10	0.25	0.49	0.79	0.61	0.60	0.60
C29	0.10	0.09	0.08	0.25	0.31	0.48	0.46	0.46	0.37
C30	0.04	0.03	0.03	0.07	0.09	0.21	0.20	0.21	0.18
C31~C32	0.09	0.08	0.09	0.22	0.24	0.23	0.40	0.40	0.41

数据来源：WIOD 环境账户

（二）中国和印度制造业出口额及出口隐含碳排放现状

表 3 呈现了中国和印度之间的出口额以及出口隐含碳排放的情况。从出口额来看，中印和印中的出口额均呈现出逐年增加的趋势。其中，中印出口额的增加速度比印中快得多，从 2000 年的 1.05 亿美元增长到 2014 年的 42.64 亿美元，增长了约 40 倍；而印中出口额从 2000 年的 0.53 亿美元增长到 2014 年的 8.97 亿美元，增长了约 17 倍。这表明中国和印度之间的贸易关系逐渐增强，其中中印贸易的增长速度远远高于印中贸易的增长速度。从出口隐含碳排放来看，中印和印中的出口隐含碳排放也呈现出相反的趋势。其中，中印出口隐含碳排放量由 2000 年的 41.82 万吨下降到 2014 年的 24.63 万吨，下降了约 1.7 倍；而印中出口隐含碳排放量由 2000 年的 1.92 万吨增长到 2014 年的 16.05 万吨，增长了约 8.4 倍。

此外，中印和印中的出口额和出口隐含碳排放量之间的相互变动关系存在差异。对于中国向印度出口，中国出口额和出口隐含碳排放之间呈现负向关系，表明随着中国经济的发展和技术的提升，中国逐渐从劳动密集型产品向技术密集型产品转型，同时在环保方面也加大了力度。这些变化导致中国出口产品中的高碳排放产品比例下降，从而降低了出口隐含碳排放的水平。而对于印度向中国出口，07、08、14 年出口额出现较前一年下降的情况，同时，印度这一时期出口碳排放也出现下降的情况，出口额有促进出口隐含碳排放的倾向。

2000—2014 年中国和印度之间的贸易量不断增长，中国的出口额显著高于印度的出口额，两国的贸易碳排放关系也发生了很大的变化。具体而言，中国出口隐含碳排放不断降低，而印度的出口隐含碳排放则持续上升。这种不平衡的中印贸易关系可能会引起一些贸易竞争和摩擦。因此，有必要进一步探究中印贸易关系的发展和调整方向，以促进中印双方的利益，实现贸易的均衡发展。

表 3 中国和印度出口额和出口隐含碳排放比较

	出口额(单位:十亿美元)			出口隐含碳(单位:千万吨)		
	中印	印中	倍数	中印	印中	倍数
2000	1.05	0.53	1.99	41.82	1.92	21.82
2001	1.96	0.64	3.05	35.86	2.36	15.17
2002	2.87	1.34	2.14	25.64	5.36	4.78
2003	3.69	2.48	1.49	43.79	8.81	4.97
2004	6.69	2.88	2.33	30.59	8.95	3.42
2005	10.40	3.57	2.91	27.02	9.94	2.72
2006	14.08	3.91	3.60	38.77	9.35	4.15
2007	20.69	3.61	5.74	32.80	7.22	4.55
2008	20.91	2.81	7.45	27.12	5.20	5.21
2009	22.38	4.98	4.50	43.37	9.45	4.59
2010	30.06	5.47	5.50	32.41	10.21	3.18
2011	40.31	6.87	5.86	25.75	11.18	2.30
2012	37.75	7.70	4.90	42.94	12.79	3.36
2013	37.59	9.69	3.88	43.80	16.21	2.70
2014	42.64	8.97	4.76	24.63	16.05	1.53

数据来源：WIOD 投入产出数据库和世界投入产出环境账户数据计算得出

李卓桥,李慧玲:全球价值链视角下中国向印度制造业出口隐含碳研究



## 四、实证研究设计

## (一) 总贸易核算框架模型

根据 WIOD 的投入产出表,以三个国家为例,

由三国(a、b、c)组成的三方投入产出模型见表4所示:

表4 三国投入产出模型

投入	产出	中间使用			最终使用			总产出
		a 国	b 国	c 国	中国	印度	其他国家	
中间投入	a 国	$Z^{aa}$	$Z^{ab}$	$Z^{ac}$	$Y^{aa}$	$Y^{ab}$	$Y^{ac}$	$X^a$
	b 国	$Z^{ba}$	$Z^{bb}$	$Z^{bc}$	$Y^{ba}$	$Y^{bb}$	$Y^{bc}$	$X^b$
	c 国	$Z^{ca}$	$Z^{cb}$	$Z^{cc}$	$Y^{ca}$	$Y^{cb}$	$Y^{cc}$	$X^c$
增加值		$VA^a$	$VA^b$	$VA^c$	—	—	—	—
总投入		$(X^a)'$	$(X^b)'$	$(X^c)'$	—	—	—	—

参考 Wang 等(2013)提出的总贸易核算法<sup>[24]</sup>, 解为如下 16 部分:  
通过投入产出模型可以将中国向印度的总出口分

$$\begin{aligned}
 E^{ab} = A^{aa}X^b + Y^{ab} = & (V^aB^{aa})' \#Y^{ab} + (V^bB^{ba})' \#Y^{ab} + (V^cB^{ca})' \#Y^{ab} + \\
 & (V^aB^{aa})' \#A^{ab}X^b + (V^bB^{ba})' \#A^{ab}X^b + (V^cB^{ca})' \#A^{ab}X^b = \underbrace{(V^aB^{aa})' \#Y^{ab} +}_{(1)} \\
 & \underbrace{(V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bb}Y^{bb}h + (V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bc}Y^{cc}h + (V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bb}Y^{bc}h +}_{(2)} \\
 & \underbrace{(V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bc}Y^{cb}h + (V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bb}Y^{ba}h + (V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bc}Y^{ca}h +}_{(3)} \\
 & \underbrace{(V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{ba}Y^{aa}h + (V^aL^{aa})' \#(A^{ab}B^{bc}(Y^{ab} + Y^{ac}h +}_{(4)} \\
 & \underbrace{(V^aB^{aa} - V^aL^{aa})' \#(A^{ab}X^b h + (V^bB^{ba})' \#Y^{ab} + (V^bB^{ba})' \#(A^{ab}L^{bb}Y^{bb}h +}_{(5)} \\
 & \underbrace{(V^bB^{ba})' \#(A^{ab}L^{bb}E^bh + (V^cB^{ca})' \#Y^{ab} + (V^cB^{ca})' \#A^{ab}L^{bb}Y^{bb} + (V^cB^{ca})' \#A^{ab}L^{bb}E^b}_{(6)}
 \end{aligned} \quad (式 1)$$

## (二) GVC 指数

本文借鉴 Koopman et al.<sup>[25]</sup> 中对 GVC 地位指数和参与度指数的定义以及总贸易核算法计算得到前向参与度指数( $GVC\_f$ )、后向参与度指数( $GVC\_b$ )、GVC 地位指数( $GVC_{pos}$ ) 和 GVC 参与度指数( $GVC_{par}$ ),如式(2)至(5)。

$$GVC\_f = \frac{IV}{E} \quad (式 2)$$

$$GVC\_b = \frac{FV}{E} \quad (式 3)$$

$$GVC_{position} = \ln\left(1 + \frac{IV}{E}\right) - \ln\left(1 + \frac{FV}{E}\right) \quad (式 4)$$

$$GVC_{participation} = \frac{IV}{E} + \frac{FV}{E} \quad (式 5)$$

其中,  $IV$  表示表示总出口中的间接国内增加值,在式(1)中表示为(3)–(5)项之和;  $FV$  表示总出口中的国外增加值,在式(1)中表示为(11)、(12)、

(14)、(15)项之和。

## (三) 出口贸易隐含碳测算模型

本文借鉴郑珍远等<sup>[26]</sup>的方法测算出口隐含碳。其中  $A$  为直接消耗矩阵,  $X$  表示总产出,  $Y$  表示最终需求。进一步细分直接消耗矩阵,  $A^m$  为进口商品直接消耗系数矩阵,  $A^d$  为国内直接消耗系数矩阵,  $Y$  可以分为出口需求  $Y^{ex}$  和国内使用  $Y^d$ 。则投入产出表可以表示为如下平衡式:

$$X = (I - A^d)^{-1}(Y^d + Y^{ex}) \quad (式 6)$$

定义  $X_{ab}^m$  为 a 国从除 a 国外的其他国家 b 进口的商品,用于 a 国国内中间投入和国内直接消耗。存在如下平衡式:

$$X_{ab}^m = A_{ab}^m X + Y_{ab}^{im} \quad (式 7)$$

其中,  $A_{ab}^m$  表示 a 国从 b 进口商品的消耗系数矩阵,  $A_{ab}^m X$  表示 a 国从 b 进口商品用于国内中间投入

的部分, i 表示 a 国从 b 进口商品直接用于消费的部分. 结合公式(6)、(7)可以得到如下平衡式:

$$\begin{aligned} X_{ab}^m &= A_{ab}^m X + Y_{ab}^{im} = A_{ab}^m (I - A_a^d)^{-1} (Y_a^d + Y_{ab}^{ex}) + Y_{ab}^{im} \\ &= A^m mcf (I - A_a^d)^{-1} Y_a^d + A_{ab}^m (I - A_a^d)^{-1} Y_{ab}^{ex} + Y_{ab}^{im} \end{aligned} \quad (式 8)$$

定义  $e_a$ 、 $e_b$  为 a 国和其他国家 b 各行业碳排放强度系数矩阵, 令其为碳排放总量与总产值之比。则 a 国完全碳排放系数矩阵  $he_a = e_a (I - A_a^d)^{-1}$ , 同

样 b 的完全碳排放系数矩阵为  $he_b = e_b (I - A_b^d)^{-1}$ 。a 国从 b 获取的进口商品所包含的隐含碳排放量表示为如下平衡式:

$$EM_{ab}^{im} = he_b X_{ab}^m = he_b A_{ab}^m (I - A_a^d)^{-1} Y_a^d + he_b A_{ab}^m (I - A_a^d)^{-1} Y_{ab}^{ex} + he_b Y_{ab}^{im} \quad (式 9)$$

借鉴潘安等(2015)<sup>[27]</sup>的方法, a 国对 b 出口所包含的隐含碳排放量表示为如下平衡式:

析 GVC 参与度对中国出口隐含碳的影响, 结果见表 5(2) 列, 发现 GVC 参与度越高, 国内制造过程中产生的出口产品隐含碳排放越多, 且促进效果明显; 最后, 根据公式(13), 分析 GVC 前、后向参与度分别对中国出口隐含碳的影响, 结果如表 5(3) 列所示, GVC 后向参与度与出口隐含碳显著正相关, 相反, GVC 前向参与度则表现出抑制出口隐含碳排放的趋势。此外, 技术效应也呈现出抑制隐含碳排放的倾向。然而, 贸易规模显著促进了隐含碳排放, 因为生产和制造最终产品通常需要更多的能源、原材料和制造步骤, 所以贸易规模越大, 隐含碳排放量也越高。

$$EM_{ab}^{ex} = he_b A_{ab}^m (I - A_a^d)^{-1} Y_{ab}^{ex} + he_a Y_{ab}^{ex} \quad (式 10)$$

(四) 数据来源及说明

本文数据来源于世界投入产出(WIOD, 2016 版)数据库及其配套环境账户。控制变量的选择技术效应、结构效应和规模效应。其中, 技术效应使用中国制造业各行业的完全碳排放系数表示, 结构效应使用中国对印度出口的最终品与中间品的比例表示, 规模效应使用中国对印度的总出口表示。

(五) GVC 指数与中印制造业贸易隐含碳计量模型的构建

为考察 GVC 地位以及 GVC 参与度对中印贸易中国生产隐含碳的影响, 构建如下计量模型:

$$EC_{it} = \beta_0 + \beta_1 GVC\_pos_{it} + \beta_2 X + \mu_{it} \quad (式 11)$$

$$EC_{it} = \beta_0 + \beta_1 GVC\_par_{it} + \beta_2 X + \mu_{it} \quad (式 12)$$

考虑到 GVC 前向参与度与后向参与度的区别, 构建如下计量模型:

$$EC_{it} = \beta_0 + \beta_1 GVC\_f + \beta_2 GVC\_b X + \mu_{it} \quad (式 13)$$

其中,  $EC_{it}$  为中国向印度出口的隐含碳;  $GVC\_pos_{it}$  为中国制造业 GVC 地位指数;  $GVC\_par_{it}$  为中国制造业 GVC 参与度指数;  $GVC\_f$  为中国制造业 GVC 前向参与度;  $GVC\_b$  为中国制造业 GVC 后向参与度;  $X$  为控制变量。

五、实证结果

(一) 基准回归

在基准回归模型中, 本文探究了 GVC 地位和参与度对中国出口隐含碳排放的影响。首先, 根据公式(11)分析 GVC 地位对中国出口隐含碳的影响。如表 5(1) 列所示, 回归结果表明 GVC 地位与出口隐含碳呈显著负相关; 其次, 根据公式(12)分

表 5 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)
GVC_pos	-4.517*** (-4.07)		
GVC_par		4.798*** (7.33)	
GVC_f			-3.850** (-3.81)
GVC_b			5.079*** (7.35)
TE	-3.572*** (-4.50)	-2.393** (-3.12)	-2.221** (-2.86)
ST	-0.009 (-0.98)	-0.011 (-1.33)	-0.011 (-1.30)
ES	0.754*** (84.34)	0.751*** (89.75)	0.750*** (89.09)
_cons	5.206*** (6.76)	0.864*** (5.01)	0.953*** (5.09)
N	270	270	270

注: 括号内为 t 值, Standard errors in parentheses; \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平下显著

(二) 稳健性检验

为了消除自相关导致的估计量偏误,提高回归结果的准确性和可靠性。本文首先通过对解释变量进行了一期滞后,来检验回归结果的稳定性,结果见表 6。从回归系数的符号来看,稳健性结果与基准回归一致。

表 6 一期滞后回归结果

	(1)	(2)	(3)
Lag-GVC_pos	-20.07***		
	(-6.63)		
Lag-GVC_par		22.44***	
		(6.33)	
Lag-GVC_f			-8.025
			(-1.38)
Lag-GVC_b			26.09***
			(7.24)
控制变量	控制	控制	控制
_cons	0.97	0.34	1.612
	(0.26)	(0.35)	(1.56)
N	270	270	270

注:括号内为 t 值, Standard errors in parentheses; \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平下显著

为进一步确保回归模型的准确性,本文对核心解释变量 GVC 地位和参与度进行了替换,表 7 所示,稳健性结果与基准回归一致。

表 7 替换核心解释变量回归结果

	(1)	(2)	(3)
GVC_pos	-25.11***		
	(-4.37)		
GVC_par		2.022***	
		(6.81)	
GVC_f			-2.803***
			(-4.59)
GVC_b			1.438***
			(2.89)
控制变量	控制	控制	控制
_cons	2.043***	1.533***	1.543***
	(2.60)	(16.43)	(16.44)
N	270	270	270

注:括号内为 t 值, Standard errors in parentheses; \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平下显著

(三) 异质性检验

基准回归的统计结果对技术水平的平均效应进行了估计,没有考虑到不同技术水平行业对于 GVC 地位和参与度的影响差异。然而,在现实中不同技术水平的行业之间存在着显著的差异。鉴于此,本文将样本分为中低技术制造业和高技术制造业两组分别进行回归分析,结果见表 8 所示,可以看到两种制造业的回归结果系数符号一致,但显著性有差异。中低技术制造业 GVC 地位抑制出口隐含碳排放的效果弱于高技术制造业。

表 8 异质性检验

变量	中低技术制造业			高技术制造业		
	GVC_pos	GVC_part	GVC_f/b	GVC_pos	GVC_part	GVC_f/b
GVC_pos	-3.09**			-49.91***		
	(-2.35)			(-5.17)		
GVC_par		4.378***			23.38***	
		(5.56)			(6.41)	
GVC_f			-3.874***			-12.50***
			(-3.47)			(-6.01)
GVC_b			4.617***			24.81***
			(5.36)			(6.25)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
_cons	4.169***	0.924***	0.968***	39.32***	0.34	0.58
	(4.53)	(4.59)	(4.53)	(6.10)	(0.34)	(0.41)
N	225	225	225	45	45	45

注:括号内为 t 值, Standard errors in parentheses; \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5% 和 1% 的水平下显著

## 六、结论及建议

### (一) 结论

中国和印度的二氧化碳和隐含碳排放呈现波动上升的趋势,中国的排放量明显高于印度。两国制造业出口额及隐含碳排放趋势则不同。中印制造业互相出口额均呈现增长趋势,中国向印度的制造业出口隐含碳排放呈现下降趋势,而印度向中国的制造业出口隐含碳排放则呈现逐年上升的趋势,且中国出口印度隐含碳排放下降明显。随着中国 GVC 地位的提高,其出口隐含碳排放显著减少。同时,参与 GVC 程度的增加会导致出口隐含碳排放量增加。GVC 前向参与程度的增加有助于减少隐含碳排放,而后向参与程度的增加则会导致隐含碳排放增多。此外,高技术制造业的 GVC 地位对减少出口产品的隐含碳排放效果明显强于中低技术制造业。

### (二) 政策建议

鉴于以上分析,本文从中国角度出发提出政策建议,以促进双方共同发展,共同降低贸易碳排放,实现可持续发展与互利共赢。主要包括以下三点:

第一,提升全球价值链地位。应该关注制造企业在全球价值链(GVC)中的地位,并可考虑通过投资研发、创新以及人力资本培养将其提升至更高附加值的生产环节。这将有助于减少对资源密集型产品的依赖,降低能源消耗和排放。

第二,提升制造业技术水平。政府和企业应致力于提高制造业技术水平。这包括采用更为先进和节能的生产工艺,提高能源利用效率,以及研发和推广清洁能源技术。同时,政府应通过政策和资金支持激励企业采用低碳技术和绿色生产方式以降低碳排放。

第三,共建“一带一路”区域价值链。中国和印度以“一带一路”为契机,加强区域价值链建设合作可推动工业发展、技术创新及降低贸易碳排放。两国与沿线国家在经济与贸易结构中存在较强互补性,利用双方优势,共同开发清洁能源与绿色技术,提高生产效率、促进区域一体化,并在建筑、基础设施和交通等领域开展低碳项目合作。

### 参考文献:

[1] Harrison R, Xu J. Global value chains and their implications for carbon emissions[J]. International Journal of Economics and Business Research, 2010(2):107-124.

- [2] Xu J, Zhang B, Ji W. Carbon emissions in Global Value Chains: Review and prospects[J]. Journal of Cleaner Production, 2020(255):120238.
- [3] De Canio S J, Watkins W E. Investment in Energy Efficiency, Adoption of Renewable Energy, and Carbon Emissions Variability: Empirical Analysis[J]. Journal of Business Economics and Management, 2012(3):547-568.
- [4] Wiedmann T, Lenzen M, Barrett J, et al. Analyzing the global environmental impact of regional consumption activities - Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade[J]. Economic Systems Research, 2015(1):15-25.
- [5] Porter M E, Kramer M R. Creating shared value[J]. Harvard business review, 2011(1/2):62-77.
- [6] Kolk A, Levi S. Multinationals, environmental management and the business of relationships: the emergence of corporate biodiversity responsibility[J]. Business Strategy and the Environment, 2001(5):290-297.
- [7] Wynes S, Donner S D. Addressing greenhouse gas emissions from business in a consumption-based carbon inventory: a case study of Greater Vancouver[J]. Journal of Cleaner Production, 2018(171):1141-1149.
- [8] 赵玉焯,郑璐,刘似臣.全球价值链嵌入对中国出口贸易隐含碳的影响研究[J].国际贸易问题, 2021(3):142-157.
- [9] 潘安.全球价值链视角下的中美贸易隐含碳研究[J].统计研究, 2018(1):53-64.
- [10] 闫云凤,常荣平.全球价值链下的中美贸易利益核算:基于隐含碳的视角[J].国际商务(对外经济贸易大学学报), 2017(3):17-26.
- [11] 李清如.中日对“一带一路”沿线国家贸易隐含碳的测算及影响因素分析[J].现代日本经济, 2017(4):69-84.
- [12] 陈红蕾,翟婷婷.中澳贸易隐含碳排放的测算及失衡度分析[J].国际经贸探索, 2013(7):61-69.
- [13] 高鹏,岳书敬.全球价值链嵌入是否降低了中国产业部门隐含碳——兼论产业数字化的调节效应[J].国际贸易问题, 2022(7):53-67.
- [14] 崔兴华.碳达峰背景下中美制造业双边贸易隐含碳再估算[J].生态经济, 2022(7):28-34.
- [15] 卫瑞,彭水军,张文城.全球价值链中的碳排放责任分担:基于价值俘获视角[J].国际经贸探索, 2022(10):37-51.
- [16] 郭玲,林凝芬,王文烂,郑志宇.全球价值链分工对林产品出口隐含碳的影响[J].林业经济, 2022(9):76-96.
- [17] 孟渤,格林·皮特斯,王直.追溯全球价值链里的中国二氧化碳排放[J].环境经济研究, 2016(1):10-25.
- [18] 潘安,郝瑞雪.全球价值链分工对贸易与环境失衡的影响[J].中南财经政法大学学报, 2020(6):143-153.
- [19] 吕越,马明会.全球价值链嵌入对中国碳减排影响的实证研究[J].国际经济合作, 2021(6):24-36.
- [20] 孙博伟,张伯伟.全球价值链视角下的出口贸易隐含碳研究



- [J].云南财经大学学报,2023(2):79-95.
- [21] 吕越,吕云龙.中国参与全球价值链的环境效应分析[J].中国人口·资源与环境,2019(7):91-100.
- [22] 赵玉焕,史巧玲,伍思健.参与全球价值链对中国出口贸易碳强度的影响[J].北京理工大学学报(社会科学版),2020(4):17-27.
- [23] 贾净雪.基于增加值贸易的中国贸易隐含碳核算分析[J].商业研究,2017(11):67-75.
- [24] Wang Z, Wei S J, Zhu K. Quantifying international production sharing at the bilateral and sector levels[R]. National Bureau of Economic Research, 2013.
- [25] Koopman R, Powers W, Wang Z, et al. Give credit where credit is due: Tracing value added in global production chains[R]. National Bureau of Economic Research, 2010.
- [26] 郑珍远,李小敏,张茂盛.中国与金砖国家贸易隐含碳比较研究[J].亚太经济,2018(2):62-67.
- [27] 潘安,魏龙.中国与其他金砖国家贸易隐含碳研究[J].数量经济技术经济研究,2015(4):54-70.
- [28] Wang Z, Wei S J, Yu X, et al. Measures of participation in global value chains and global business cycles[R]. National Bureau of Economic Research, 2017.
- [责任编辑:张明勇]

## A Study of Implied Carbon in China-India Manufacturing Exports from a Global Value Chain Perspective

Li Zhuoqiao, Li Huiling

(Xinjiang Normal University, business school, Urumqi, Xinjiang, 830017, China)

**Abstract:** This study, based on the perspective of Global Value Chains (GVC), investigates the hidden carbon emissions resulting from China's manufacturing exports to India. By using the World Input-Output (WIOD) Database and environmental account data, this study analyzes the carbon emission characteristics of China and India in the manufacturing sector and the impact of participating in the GVC process on China's hidden carbon emissions in exports. The results show that carbon emissions in both countries are increasing year by year; the trends of hidden carbon emissions in China and India's exports are opposite; the improvement in GVC status and technology level will suppress hidden carbon emissions in exports, while increased participation in GVC and the expansion of export scale will promote them. Additionally, forward participation in GVCs will suppress hidden carbon emissions, while backward participation will promote them. Based on these findings, we propose related policy suggestions: China should accelerate the transformation and upgrading of its manufacturing industry, enhance its position in global value chains, strengthen technological innovation, and reduce carbon emissions. Both sides should jointly build a "Belt and Road" regional value chain to achieve mutual benefit and win-win results.

**Key words:** Export implied carbon; input-output model; global value chain; China-India manufacturing trade