

一、研究背景

中国和美国是全球范围内主要的贸易国家，也是主要的碳排放国家。根据国际能源署(IEA)统计，中国 CO₂ 排放总量于 2006 年首次超过美国，至今仍位列全球首位。从 2015 年 12 月在气候变化巴黎大会上获得通过到 2016 年 11 月正式生效，《巴黎协定》成为了全球气候治理进程中新的里程碑。虽然美国是否最终退出《巴黎协定》仍存在不确定性，但中美两国均无法回避或改变当前应对气候变化已成为全球共识的现实与趋势^①。事实上，中美两国在气候治理领域始终保持着较高水平的合作关系，包括在 2014 年和 2015 年先后发布《中美气候变化联合声明》、《中美元首气候变化联合声明》以及在 2015 年签署了《中美大气科技合作协定书》延长协议等。

在对外贸易方面，根据 WTO 统计，中国到 2016 年已连续 8 年成为全球第一大货物出口国和第二大进口国，而位居第一大进口国和第二大出口国地位的正是美国。中美两国在对外贸易发展方面取得的成就与其深入地参与到以全球价值链(Global Value Chain, GVC) 分工为特征的国际分工体系有关。然而，中美两国参与 GVC 分工的角色并不相同，两国分工地位及所获得的利益差异在 iPhone 手机的 GVC 构成中可以得到充分体现。在 GVC 分工体系中，中国基于自身的要素禀赋特征与技术水平，在参与国际分工初期多以低成本的自然资源与劳动力要素参与到低端生产环节，在获得低附加值的同时也随之产生了严重的环境污染问题。与之相反，美国在整个 GVC 分工体系中占据主导地位，通过参与到高附加值的生产环节实现了贸易利益与低排放的“双赢”局面，也使得中国等处于低分工地位的发展中国家成为了所谓的“污染避难所”。

对中国而言，参与 GVC 分工获得的贸易利益已毋庸置疑，但所付出的环境代价也值得关注。在 GVC 分工背景下，中美贸易对两国碳排放到底产生了何种影响，与传统国际贸易统计下得到的影响存在区别吗？该影响与两国以不同角色参与 GVC 分工存在何种联系？两国贸易所引起的碳排放又该如何进行责任划分？对此，本文试图在 GVC 视角下重新计算并分析中美贸易隐含碳排放，并进一步讨论 GVC 分工对中美贸易隐含碳排放的影响，以期对上述问题给予回答。

二、研究思路与基本内容

(一) 文献回顾与述评

相关环境投入产出模型经历了从基于“国内技术假设”的单区域投入产出(SRIO)模型到未考虑中间投入的双边贸易投入产出(BTIO)模型,再到同时考虑技术异质性与中间投入的多区域投入产出(MRIO)模型三个发展阶段。由于中国特殊的碳排放地位,中国对外贸易隐含碳排放成为了该领域研究的重点内容。除考察中国整体对外贸易隐含碳外,考察了中美贸易隐含碳,其他还关注到了中日贸易、中澳贸易以及中韩贸易的隐含碳问题。

另一方面,在 Gereffi(2001)正式提出“全球价值链”概念后,OECD和 WTO(2011)在 GVC 分工背景下进一步提出了增加值贸易(Trade in Value-added)概念,其以“价值增值”为统计口径形成了个全新的贸易统计框架,能够消除传统贸易存在“统计幻象”的不足。为改进 Hummels 等提出的“同比例”与进口完全来自国外假设,Koopman 等将总出口分解为国内增加值和国外增加值两个部分,Koopman 等和 Wang 等则通过将总出口分解为 9 个和 16 个部分而得到了增加值中的纯重复计算部分,逐步完善了增加值贸易的统计框架。王直等进一步阐述了总贸易核算法,对传统的贸易平衡、垂直专业化、显示性比较优势等指标进行重新诠释。

据此,本文认为传统基于 MRIO 模型的对外贸易隐含碳计算方法也存在局限性,同样需要根据增加值贸易核算方法对其进行改进。从现有研究来看,GVC 和贸易隐含碳研究仍相对独立,但将两者进行结合已成为一个重要的研究趋势。一方面,在全球视角下改进投入产出数据以得到更为准确的计算结果是对外贸易隐含碳研究在未来的一个主要发展趋势(Zhang 等,2017),而且在 GVC 视角下可基于增加值贸易更为合理地考察碳排放责任分担;另一方面,增加值贸易核算方法有助于还原国际贸易的真实面貌,能够对国际贸易相关领域(如环境问题)指标测算产生深刻影响。需要注意的是,已有部分学者在 GVC 和隐含碳的交叉研究中取得了一定研究进展,较具代表的是 Meng 等(2014) [16]基于 Koopman 等(2012)提出的总贸易流量分解方法,构建了一个新的环境核算体系,通过 8 条价值链路径追溯 GVC 中一国的碳排放水平。该核算体系已被运用到追溯中国的碳排放问题。

(二) 实证研究

1、增加值的分解

表 1 总贸易核算框架下总出口 16 个分解部分 (T1 ~ T16) 的具体含义

分解内容(增加值向量)		组成部分		具体含义
DVA	DVA_FIN	T1	被国外吸收的国内增加值	最终品出口的国内增加值
	DVA_INT	T2		被进口国直接吸收的中间品出口
	DVA_INTREX	T3 + T4 + T5		被进口国直接生产向第三国出口所吸收的中间品出口
RDV		T6 + T7 + T8	返回并被本国吸收的国内增加值	
FVA	MVA	T11 + T12	国外增加值	出口隐含的进口国增加值
	OVA	T14 + T15		出口隐含的其他国增加值
PDC	DDC	T9 + T10	纯重复计算部分	来自国内账户的纯重复计算
	FDC	T13 + T16		来自国外账户的纯重复计算

注: (1) 根据王直等 (2015) [4] 中的“总贸易核算法的基本概念框架”图整理而得; (2) 各增加值向量均为 $N \times 1$ 的列向量。

2、指标构建

(1) GVC 视角下, 国家 S 对国家 R 出口的隐含碳排放:

$$EC_{sr} = \underbrace{f_s(DVA + RDV)}_{\text{出口国产生的碳排放}} + \underbrace{f_r MVA}_{\text{进口国产生的碳排放}} + \underbrace{\sum_{i \neq s, r}^G f_i v a_i}_{\text{其他国家产生的碳排放}}$$

(2) 两国贸易引起的碳排放转移:

$$CT = \underbrace{(EC_D + ec_M) - (EC_M + ec_D)}_{CT1: \text{两国间碳排放转移}} + \underbrace{(EC_O + ec_O)}_{CT2: \text{其他国家的碳排放转移}}$$

(3) 贸易条件 CCT 指数计算公式:

$$CTT = \eta / \delta = \frac{EC_{sr} / VA_{sr}}{EC_{rs} / VA_{rs}}$$

3、实证结果

表 2 1995—2011 年中美双边贸易分解 (百亿美元、%)

贸易方向		E	DVA + RDV	DVA	DVA_FIN	DVA_INT	DVA_INTREX	RDV	MVA	OVA	PDC
		(1)	(2)	(3)	(3a)	(3b)	(3c)	(4)	(5)	(6)	(7)
中国对美国出口	价值	288.1	221.5	220.3	132.1	74.1	14.2	1.2	7.3	52.9	6.4
	占比	100.0	76.9	76.5	45.8	25.7	4.9	0.4	2.5	18.4	2.2
美国对中国出口	价值	92.4	79.7	74.2	18.9	40.8	14.5	5.5	1.1	7.8	3.8
	占比	100.0	86.3	80.4	20.5	44.2	15.7	5.9	1.2	8.5	4.1

表 2 上述特征表明中国在与美国贸易中, 主要采取进口中间品和出口最终品的贸易模式, 进而在一定程度上反映出中国与美国在 GVC 中主要分别处于价值链的下游与上游位置, 这与中国深度参与 GVC 分工的方式有关。

表 3

基于 GVC 视角和 MRIO 模型的中美贸易隐含碳排放对比

(百万吨)

	EC_GVC	EC_D	EC_M	EC_O	EC_MRIO	ec_GVC	ec_D	ec_M	ec_O	ec_MRIO
	中国对美国出口					美国对中国出口				
1995	100.80	95.66	0.38	4.77	145.20	8.39	7.35	0.08	0.95	9.16
1996	90.86	85.87	0.33	4.67	133.99	8.20	7.04	0.08	1.09	8.63
1997	100.99	94.87	0.42	5.70	148.15	8.93	7.66	0.09	1.18	9.81
1998	109.71	103.16	0.36	6.20	165.82	8.08	6.96	0.11	1.01	8.80
1999	93.71	86.04	0.38	7.29	149.76	8.65	7.26	0.09	1.30	9.17
2000	97.13	84.99	0.50	11.64	159.51	10.53	8.66	0.10	1.77	10.60
2001	90.84	78.63	0.53	11.68	152.67	11.32	9.52	0.10	1.70	12.02
2002	97.47	82.20	0.60	14.68	176.86	12.20	10.30	0.12	1.79	12.05
2003	112.20	92.71	0.75	18.75	217.72	13.89	11.62	0.15	2.12	14.39
2004	154.21	127.08	1.00	26.13	286.15	16.58	13.52	0.26	2.80	17.04
2005	172.69	138.80	1.18	32.71	342.49	19.45	15.40	0.34	3.71	18.84
2006	177.67	139.89	1.44	36.33	375.24	24.03	18.84	0.45	4.74	22.40
2007	168.79	132.96	1.67	34.16	377.72	31.67	25.40	0.56	5.71	29.94
2008	177.99	137.62	1.63	38.74	355.05	38.66	29.49	0.76	8.41	35.06
2009	145.26	119.96	1.14	24.15	312.73	34.40	27.75	0.67	5.98	32.97
2010	185.59	148.72	1.55	35.32	384.25	50.33	39.92	1.18	9.23	41.95
2011	216.80	170.33	1.78	44.69	432.68	66.02	51.03	1.65	13.33	52.64

根据表 3 所示,与基于 MRIO 模型的计算结果相比,GVC 视角下的中国出口隐含碳计算结果均相对较小,表明前者高估了中国出口隐含碳排放水平。然而,在美国出口隐含碳排放方面,两种计算方法得到的结果并未有一致性结论,但在 2005 年以来基于 MRIO 模型的计算结果反而低估了美国实际的出口隐含碳排放水平^①。对此,本文认为上述关系特征与各国(地区)的碳排放强度差异和中美两国各自出口的增加值来源结构变化有关,反映出 GVC 分工的确会对中美贸易隐含碳排放产生影响。

表 4 基于生产者和消费者责任的中美贸易隐含碳排放结构 (%)

时 期	中国对美国出口			美国对中国出口		
	出口国	进口国	其他国家	出口国	进口国	其他国家
生产者责任						
1995—2000	92.82	0.40	6.79	85.12	1.05	13.83
2001—2005	82.79	0.65	16.57	82.18	1.32	16.50
2006—2011	79.24	0.86	19.90	78.50	2.15	19.34
1995—2011	83.72	0.68	15.60	80.17	1.83	18.00
消费者责任						
1995—2000	0.16	94.29	5.55	4.42	85.36	10.23
2001—2005	0.30	93.89	5.81	5.78	81.46	12.76
2006—2011	0.64	92.19	7.16	4.83	80.79	14.38
1995—2011	0.42	93.20	6.38	4.96	81.57	13.47

表 4 表明,在生产者责任原则下,出口隐含碳排放的责任主要来自于出口国,与前文所得结论相一致;在消费者责任原则下,出口隐含碳排放的责任则主要来自进口国,其中中国出口隐含碳中进口国所需承担的碳排放责任比例均高于 90%。进一步关注到美国出口隐含碳排放结构,可以发现:为满足其他国家最终需求所引起的碳排放占比相对较高,均保持在 10% 以上的水平,明显高于出口国占比,表明美国出口所满足不同国家(地区)的最终需求更为多元化,与中国出口主要满足进口国(美国)最终需求有所不同。

表 5 中美贸易的碳排放转移情况 (百万吨)

年份	CT1	CT2	CT_GVC	CT_MRIO	年份	CT1	CT2	CT_GVC	CT_MRIO
1995	88.01	5.72	93.74	136.04	2004	112.83	28.93	141.76	269.11
1996	78.58	5.75	84.33	125.36	2005	122.55	36.41	158.97	323.65
1997	86.89	6.88	93.76	138.34	2006	120.07	41.08	161.14	352.84
1998	95.95	7.21	103.16	157.02	2007	106.45	39.87	146.32	347.77
1999	78.49	8.59	87.08	140.59	2008	107.27	47.15	154.42	319.99
2000	75.92	13.41	89.33	148.91	2009	91.74	30.13	121.87	279.76
2001	68.68	13.39	82.07	140.65	2010	108.44	44.55	153.00	342.30
2002	71.41	16.47	87.88	164.81	2011	119.18	58.03	177.21	380.05
2003	80.49	20.86	101.36	203.33	总计	1612.96	424.43	2037.38	3970.53

如表 5 所示,中美贸易的碳排放转移规模呈现出上升趋势且长期为正,从 1995 年的 93.74 百万吨上升至 2011 年的 177.21 百万吨,反映出在 GVC 分工日益加深的背景下碳排放转移规模也随之提升。其中,中国向美国转移的碳排放从 1995 年的 88.01 百万吨上升至 2011 年的 119.18 百万吨;同时期内,其他国家向中美两国转移的碳排放规模则从 5.72 百万吨上升至 58.03 百万

吨，上升幅度与占比均有明显提升，与 GVC 分工程度逐渐加深存在直接联系，而这是基于 MRIO 模型的计算方法无法得到的变化特征。通过对比还可以得到，基于 MRIO 模型计算得到的碳转移规模较实际转移水平有所扩大，1995—2011 年总体扩大了近 94.88%，即明显地高估了中国碳排放转移现象的严重性。

表 6 1995—2011 年中美贸易分行业隐含碳排放的结构特征 (%)

分行业	出口隐含碳排放占比	生产碳排放结构			消费碳排放结构			VS 在出口中占比
		出口国	进口国	其他国家	出口国	进口国	其他国家	
中国对美国出口								
农业	0.25	94.54	0.85	4.61	0.32	93.31	6.37	6.55
能源工业	4.81	87.83	0.48	11.69	0.42	92.26	7.33	21.97
轻制造业	12.96	90.53	1.03	8.44	0.10	97.86	2.04	15.31
重制造业	64.07	83.92	0.63	15.46	0.52	91.75	7.72	27.14
其他工业	4.19	63.93	0.25	35.82	0.08	98.47	1.45	13.81
服务业	13.71	80.77	0.81	18.42	0.37	94.28	5.35	15.10
总计	100.00	83.72	0.68	15.60	0.42	93.20	6.38	22.72
美国对中国出口								
农业	6.60	92.78	0.36	6.86	4.43	81.39	14.17	10.39
能源工业	5.82	61.53	0.43	38.04	4.10	84.39	11.51	26.03
轻制造业	7.13	91.68	1.51	6.80	6.07	79.54	14.38	11.25
重制造业	49.53	78.95	2.89	18.16	5.37	80.61	14.02	15.39
其他工业	0.79	40.12	1.62	58.26	2.17	92.49	5.34	12.02
服务业	30.13	81.34	0.77	17.89	4.37	82.85	12.77	6.34
总计	100.00	80.17	1.83	18.00	4.96	81.57	13.47	12.92

表 6 报告了中美贸易中六大行业的隐含碳排放占比和 VS 在出口中占比，以下分别从中国出口和美国出口两方面展开具体的分析。在中国出口方面，工业整体出口隐含碳排放占比为 86.03%，服务业和农业占比仅为 13.71% 和 0.25%。在分行业结构方面，重制造业出口隐含碳排放占比最高达 64.07%，同时该行业 VS 占比也最高为 27.14%，表明该行业出口是引起中国碳排放水平最高的行业，其中中美两国分别需承担 83.92% 的生产碳排放责任和 91.75% 的消费碳排放责任；服务业和轻制造业的出口隐含碳占比分列第二、三位，其 VS 占比也同样处于较高水平，再次反映出参与 GVC 分工的确在一定程度上加剧了中国国内碳排放。

表 7 1995—2011 年中国对美国重制造业出口的隐含碳和垂直专业化

年份	出口隐含碳		VS 在出口中占比 (%)	在 VS 中的占比 (%)		
	(百万吨)	其中:国内排放占比 (%)		FVA_FIN	FVA_INT	FDC
1995	59.40	95.02	18.67	66.14	27.01	6.85
2000	65.31	88.85	21.29	66.30	26.65	7.05
2005	113.02	81.35	32.72	58.28	32.86	8.86
2006	118.10	80.08	31.71	56.85	33.66	9.48
2007	110.66	78.82	30.74	57.71	32.65	9.65
2008	112.29	79.33	27.70	56.73	33.07	10.20
2009	86.31	80.38	24.05	59.67	31.64	8.68
2010	110.85	77.56	26.51	54.70	35.48	9.81
2011	135.23	76.19	26.67	53.45	36.11	10.43

表 7 主要报告了 1995—2011 年中国对美国重制造业出口的隐含碳排放水平和 VS 水平及其结构。首先, FDC 在 VS 中的占比呈现出一定上升趋势, 表明在各国间来回往复的中间品贸易比例有所上升, 即反映出 GVC 分工的深化。其次, FVA_FIN 占比呈现出明显的下降趋势, 从 1995 年的 66.14% 下降至 2011 年的 53.45%, 表明中国重制造业早期参与 GVC 低端环节的不利地位逐渐得到了改善^①。再次, FVA_INT 占比呈现出明显的上升趋势, 从 1995 年的 27.01% 上升至 2011 年的 36.11%, 也反映出中国重制造业的 GVC 地位正在逐渐提升。最后, 虽然重制造业出口隐含碳排放呈现出一定的上升趋势, 但其中来自中国国内的碳排放占比呈现出下降趋势, 与该行业参与 GVC 分工的深入和地位的提升相关联结论总结。

三、结论总结

本文在总贸易核算框架下, 采用 WIOD 提供数据计算与分析了在 GVC 视角下 1995—2011 年中美贸易隐含碳排放量, 将其与基于传统 MRIO 模型的计算结果进行比较, 以分析碳排放的责任、转移以及贸易条件等问题, 并进一步讨论了 GVC 分工对贸易隐含碳排放的影响及其作用原因。研究表明, 第一, 在 GVC 视角下, 中美贸易的出口隐含碳排放主要来自出口国内碳排放, 但其占比有所下降, 进口国在消费者责任原则下承担主要的碳排放责任。1995—2011 年间, 中国和美国整体出口隐含碳中来自国内排放的占比分别为 83.72% 和 80.17%, 而各自进口国作为主要的最终产品消费者需分别承担 93.20% 和 81.57% 的碳排放责任。第二, 中国在与美国贸易中主要处于碳排放转出地位, 贸易加剧了国内的碳排放水平, 但中国的碳贸易条件有所改善。在 GVC 视角下, 中美两

国因双边贸易转移的碳排放规模从 1995 年的 88.01 百万吨上升至 2011 年的 119.18 百万吨，但同期的 CTT 指数从 4.02 下降至 1.39。此外，1995—2011 年中美贸易引起其他国家向两国转移的碳排放呈现出上升趋势，碳排放转移规模达 424.43 百万吨。第三，与 GVC 视角下的计算结果相比，基于 MRIO 模型的计算结果高估了中国出口隐含碳、碳排放转移规模以及碳贸易条件指数的实际水平。基于 MRIO 模型计算结果的偏差与中美两国逐渐深入地参与 GVC 分工有关，也反映出在 GVC 视角下考察贸易隐含碳更为准确与合理。第四，参与 GVC 分工是导致中国对美国出口隐含碳排放出现增长的主要原因之一，但也是中国调整出口隐含碳排放结构的重要途径之一，其主要源于中国外贸优势和 GVC 分工地位的转变，以重制造业为典型代表。从中国对美国重制造业出口的 VS 结构变化可以看出，该行业参与国际分工的深入程度和地位均在逐渐提升，逐渐从低端环节向中间环节爬升，从而伴随着国内碳排放占比和规模的下降趋势。

四、汇报点评

本文将总贸易核算法应用到对外贸易隐含碳的研究领域，改进了对外贸易隐含碳的计算方法，更为全面地分析贸易隐含碳排放特征及其碳排放责任。作者通过实证分析发现，GVC 视角下中美贸易的出口隐含碳排放主要来自出口国内碳排放，但其占比有所下降，进口国在消费者责任原则下承担主要的碳排放责任。中国在与美国贸易中主要处于碳排放转出地位，贸易加剧了国内的碳排放水平，但中国的碳贸易条件有所改善，作者指出基于传统模型的计算结果高估了中国出口隐含碳、碳排放转移规模以及碳贸易条件指数的实际水平，由于随着中国外贸优势和在 GVC 中分工地位的转变，参与 GVC 分工成为中国调整出口隐含碳排放结构的重要途径之一。

本文的侧重点集中于模型和指标的构建和分解，以及后续的实证分析部分，但是其内在的理论机制和因果关系并不是很清晰，并且本文的引言和文献综述部分较为单薄，应当再丰富一些，但本文的模型和指标部分比较复杂，值得深入学习和参考。

五、个人感想

这篇文章主要采用总贸易分解的方法，把增加值分为 16 个部分，对增加值的计算更为准确，剔除了传统计算的重复计算部分。通过这种方法，对中美贸易

隐含碳进行重新测量，发现传统计算方法高估了中美贸易碳条件的实际水平。同时也发现参与 GVC 分工是导致中国对美国出口隐含碳排放出现增长的主要原因之一，但也是中国调整出口隐含碳排放结构的重要途径之一。

本文的结果对于中国有重要的启示。我们应该首先深化参与 GVC 分工体系，提升分工地位以参与到低碳分工环节。其次重塑并主导 GVC，充分发挥垂直专业化分工所能产生的碳减排潜力。然后鼓励低碳产业发展，继续推进出口结构低碳化发展。最后构建基于增加值的全球碳核算方案，更为合理公平地分担各国碳排放责任。