

引用格式:马晶梅,王新影,贾红宇. 中日贸易隐含碳失衡研究[J]. 资源科学, 2016, 38(3):0523-0533. [Ma J M, Wang X Y, Jia H Y. Imbalance in the carbon emissions embodied in Sino-Japan trade[J]. *Resources Science*, 2016, 38(3):0523-0533]. DOI: 10.18402/resci.2016.03.15

中日贸易隐含碳失衡研究

马晶梅,王新影,贾红宇

(哈尔滨理工大学经济学院,哈尔滨 150080)

摘要:全球气候变化背景下,由贸易隐含碳失衡导致的“碳泄漏”问题引发了世界各国的普遍关注。本文利用非竞争型投入产出表,构建贸易隐含碳失衡模型,对2000-2011年中日贸易隐含碳失衡规模进行测算。结果显示:①中国各行业完全碳排放系数均高于日本,并且绝大多数行业差距巨大;②总体上,虽然中国处于对日贸易的逆差方,但是在贸易隐含碳方面却一直处于顺差地位,即中国同时处于对日贸易及贸易隐含碳的“双失衡”局面;③从行业来看,中国各行业对日贸易隐含碳均处于失衡状态。其中,纺织业、电气机械/光学设备制造业贸易隐含碳失衡规模最大。在此基础上,采用SDA法建立因素分解模型,对中日贸易隐含碳失衡变化的影响因素进行分析。结果表明,出口规模、中国中间投入结构效应是推动中日贸易隐含碳失衡规模进一步扩大的主要因素,而中国碳排放强度和进口规模效应则主要起到抑制作用。因此,中国应加大推广低碳生产技术力度,降低生产的碳排放强度;同时优化生产以及贸易结构,以缓解中日贸易隐含碳失衡,促进对外贸易及环境保护的协调发展。

关键词:贸易隐含碳;失衡;碳排放强度;MRIO模型;SDA法;中国;日本

DOI: 10.18402/resci.2016.03.15

1 引言

当前,在全球气候变暖背景下,“低碳经济”成为世界经济发展的大趋势。与此同时,由于经济全球化程度不断加深,产品生产与消费的跨国分离愈发普遍。在这种情况下,虽然产品消费发生在进口国,但是其生产、经营过程中所消耗的二氧化碳(即隐含碳)及由此产生的环境污染却由生产国(出口国)承担¹⁾。这种由贸易隐含碳在国家之间转移引发的“碳泄漏”现象已经成为各国政府及学术界关注的热点问题之一。进入21世纪以来,随着中国经济的快速发展,中国碳排放总量已经超过美国,成为世界上最大的碳排放国。快速增长的碳排放不仅是中国工业化、城市化进程不断加快的结果,

也与其巨大的对外贸易规模密切相关。作为世界上最大的出口国,中国拥有巨额贸易顺差,因而,在获取可观贸易利益的同时,大量承接了贸易伙伴的碳转移。然而,不同于中国整体对外贸易的顺差地位,中国在对日贸易上主要处于逆差方²⁾。那么,在中日双边贸易中,中国贸易隐含碳地位如何,是否同样存在失衡³⁾? 如果存在,失衡规模及其变化趋势如何? 导致失衡变化的主要原因有哪些? 针对这些问题,本文对中日贸易隐含碳失衡进行研究。

目前,学术界主要采用投入产出模型对贸易隐含碳问题进行研究。根据适用对象不同,模型分为两类:

(1)单区域投入产出模型(SRIO)。该模型所需

收稿日期:2015-10-10;修订日期:2015-12-25

基金项目:国家自然科学基金项目(71303071)。

作者简介:马晶梅,女,黑龙江哈尔滨人,博士,教授,主要研究方向为国际贸易与经济增长,国际贸易与低碳经济。E-mail: maggiesisu@163.com

1)本文中的碳排放仅指生产中使用燃料产生的二氧化碳(CO₂)。

2)2002年以后,在中日双边贸易中,中国由顺差国转变为逆差国。

3)在本文中,贸易隐含碳失衡特指一国进口隐含碳小于出口隐含碳,即认为贸易隐含碳存在净出口(即顺差)时为失衡。贸易隐含碳顺差越大,失衡程度越严重。反之,当贸易隐含碳净出口规模变小甚至出现净进口,则认为贸易隐含碳失衡有所改善。

数据较少、使用简便,最初用于一国贸易隐含碳的测算。如Machado等运用该模型得出,1995年巴西非能源产品出口含碳量高于其进口含碳量^[1]。Wang等和Lin等分别对2004年和2005年中国贸易隐含碳进行了测算,得出中国贸易隐含碳存在顺差的结论^[2,3]。此外,也有学者应用SRIO模型对双边贸易隐含碳进行测算。Shui等研究结果表明,1997-2003年中美贸易使中国增加了7%~14%的碳排放,而美国则减少3%~6%的碳排放^[4]。Ackerman等研究发现,1995年,美国通过美日贸易减少了14.6Mt碳排放,而日本则增加了6.7Mt碳排放^[5]。

(2)多区域投入产出模型(MRIO)。在测算两国贸易碳排放时,SRIO模型假设国家之间不存在技术差异,因此,测算结果误差较大。近年来,随着投入产出表及碳排放统计数据的逐渐完善,MRIO模型逐渐得以推广^[6,7]。闫云凤等利用该模型测算得出,1995-2009年中国对外净出口隐含碳为国内碳排放总量的12%~20%^[8]。刘俊伶等研究结果显示,在2004年、2007年全球12个国家和地区中,中国是最大的隐含碳输出国,其隐含碳净出口占全国碳排放总量的22%~23%^[9]。在以中日贸易隐含碳作为研究对象的成果中,赵玉焕等得出,1995-2009年中国净出口隐含碳增长了57.3Mt,占中国对日本出口隐含碳的38%^[10]。此外,一些学者对中国贸易隐含碳的影响因素进行了研究^[10-14]。

虽然有关中国贸易隐含碳的研究日渐丰富,并且大多得出贸易隐含碳为净出口的结论。然而,以贸易隐含碳失衡本身作为视角,分析其行业差异及变化的研究还比较少。本文基于非竞争型投入产出表,构建一国贸易隐含碳失衡的MRIO模型,对2000-2011年的中日整体及各行业贸易隐含碳失衡进行测算。在此基础上,采用SDA法分析影响中日贸易隐含碳失衡变动的主要因素,并据此提出相应的政策建议。

2 模型建立和数据来源

2.1 贸易隐含碳失衡测算模型

根据非竞争型投入产出模型,行业*i*的总产出

x_i 可以表示为 $x_i = \sum_j a_{ij}x_j + y_i$, a_{ij} 为直接消耗系数; y_i 为最终需求。有 $a_{ij}x_j = z_{ij}$, z_{ij} 为行业*j*所消耗的行业*i*生产的中间产品。该式用矩阵可表示为 $AX+Y=X$, X 、 Y 分别为各行业总产出及最终需求的列向量, A 为直接消耗系数矩阵。对其进行整理,可得到:

$$X = (I - A)^{-1}Y \quad (1)$$

$(I - A)^{-1}$ 为里昂惕夫逆矩阵。将隐含碳概念引入公式(1),用碳排放替代产出,得到隐含碳*C*的测算公式:

$$C = c(I - A)^{-1}Y \quad (2)$$

式中*c*为直接碳排放系数,是直接消耗的碳排放除以行业总产出。令 $\hat{c} = c(I - A)^{-1}$, \hat{c} 为完全碳排放系数。除了单位产出直接消耗的碳排放,完全碳排放系数还包括通过消耗中间投入所间接产生的碳排放。直接碳排放系数和完全碳排放系数反映了该行业的碳排放强度。用出口EX替代公式(2)中的最终需求Y,得到一国出口隐含碳的测算公式:

$$C_{ex} = c_{ex}(I - A)^{-1}EX \quad (3)$$

在投入产出表中,中间投入分为国内生产和进口两部分,即有 $A = A^D + A^M$,上标*D*、*M*分别表示国内生产和进口。由于进口中间品的生产发生在国外,应将其予以剔除。此外,在实际经济生活中,考虑到进口国与出口国的技术水平可能存在较大差异。因此,采用MRIO模型对贸易隐含碳进行测算。一国出口隐含碳的测算公式可表示为:

$$C_{ex} = c_{ex}(I - A_{ex}^D)^{-1}EX \quad (4)$$

A_{ex}^D 为出口国的直接消耗系数。同理,进口隐含碳*C_{im}*可以表示为:

$$C_{im} = c_{im}(I - A_{im}^D)^{-1}IM \quad (5)$$

A_{im}^D 为进口国的直接消耗系数。由此得到一国贸易隐含碳失衡(CTB)的测算公式:

$$\begin{aligned} CTB &= C_{im} - C_{ex} \\ &= c_{im}(I - A_{im}^D)^{-1}IM - c_{ex}(I - A_{ex}^D)^{-1}EX \end{aligned} \quad (6)$$

2.2 数据来源

本文使用的中日两国投入产出表及各行业碳排放数据均来源于世界投入产出数据库(WIOD)^[15]。整体直接碳排放系数来源于IEA提供的单位产出排放的CO₂^[16]。货物贸易和服务贸易数据分别来源

1) 鉴于WIOD最新的行业碳排放数据为2009年,本文2010年、2011年两年的中日各行业直接碳排放系数以2009年作为基期,根据IEA公布的技术系数进行调整得出。

2016年3月

于OECD数据库和联合国服务贸易数据库^[17,18]。产出和贸易数据采用WIOD数据库中的两国各年总产出价格指数(GO_P)(1995=100)进行平减,以剔除价格变动的影响。此外,结合各数据库的行业分类标准,WIOD数据库包括35个行业,OECD数据库包括37个行业,联合国服务贸易数据库中包括11个行业,通过合并得到20个行业。其中的电力/燃气和水供应业贸易规模过小,在总贸易所占比重几乎为零,因此,予以剔除,最终得到19个行业。(表1第1列)。

3 实证结果与分析

3.1 中日两国各行业完全碳排放系数

根据中日直接碳排放系数及投入产出表,计算出两国各行业的完全碳排放系数(见表1)。可以看出,中国所有行业的完全碳排放系数均明显高于日本。

(1)中国。除金融与保险业以外,其它行业的完全碳排放系数均大于1,数值范围为1~10,显示出中国行业之间碳排放强度差异巨大。其中,其他非金属矿物制品业系数最高,为8~10;其次为金属冶炼及压延加工业、化学制品业、采掘业、橡胶和塑料制品业。

(2)日本。除了采掘业、其他非金属矿物制品业两个行业的完全碳排放系数大于1以外,其它行业系数均小于1,并且大部分行业小于0.3。

在所有行业中,除了采掘业中日两国完全碳排放系数相对接近以外,其它行业两国碳排放强度差距在4~16倍之间。其中,橡胶和塑料制品业、其它服务业、机械设备制造业、金融与保险业、造纸与出版印刷业等行业差距超过10倍。

此外,从两国完全碳排放系数的变化趋势看,除少数行业以外,中国大部分行业完全碳排放系数

表1 2000~2011年中国与日本行业完全碳排放系数

Table 1 Complete carbon emission coefficient of Chinese and Japanese sectors from 2000 to 2011

行业	年份	中国						日本					
		2000	2003	2005	2007	2009	2011	2000	2003	2005	2007	2009	2011
农业													
农林牧渔业		1.47	1.43	1.28	1.16	1.04	1.01	0.24	0.24	0.25	0.25	0.23	0.24
工业													
采掘业		3.44	3.34	4.08	3.71	3.33	3.23	2.67	2.67	2.90	2.84	2.68	2.81
食品/饮料及烟草加工制造业		1.69	1.64	1.46	1.33	1.19	1.16	0.19	0.19	0.19	0.19	0.18	0.19
纺织业		1.73	1.68	1.81	1.64	1.47	1.43	0.22	0.23	0.25	0.24	0.23	0.24
木材加工及家具制造业		2.55	2.47	2.16	1.96	1.76	1.71	0.26	0.26	0.27	0.26	0.25	0.26
造纸/出版/印刷和文教业		2.93	2.85	2.35	2.13	1.92	1.86	0.24	0.24	0.24	0.23	0.22	0.23
石油加工/炼焦/核燃料加工业		3.03	2.94	3.58	3.25	2.92	2.84	0.39	0.39	0.44	0.43	0.41	0.43
化学制品业		4.60	4.47	3.62	3.29	2.96	2.87	0.50	0.50	0.53	0.52	0.49	0.51
橡胶和塑料制品业		2.83	2.75	4.06	3.68	3.31	3.21	0.27	0.27	0.25	0.25	0.23	0.25
其他非金属矿物制品业		8.07	7.83	9.90	9.00	8.08	7.85	1.26	1.26	1.46	1.43	1.35	1.41
金属冶炼及压延加工业		5.36	5.20	4.22	3.83	3.44	3.34	0.82	0.82	0.80	0.78	0.74	0.77
机械设备制造业		2.96	2.87	2.47	2.24	2.02	1.96	0.22	0.22	0.21	0.20	0.19	0.20
电气机械/光学设备制造业		2.14	2.08	1.68	1.53	1.37	1.33	0.18	0.18	0.18	0.18	0.17	0.18
交通运输设备制造业		2.40	2.33	2.18	1.98	1.78	1.73	0.24	0.24	0.25	0.24	0.23	0.24
其他制造业		2.37	2.30	1.66	1.51	1.36	1.32	0.29	0.29	0.27	0.27	0.25	0.27
建筑业													
建筑业		3.34	3.25	2.90	2.63	2.36	2.29	0.28	0.28	0.32	0.31	0.30	0.31
服务业													
交通运输/仓储和邮政业		3.04	2.95	2.21	2.01	1.80	1.75	0.32	0.32	0.31	0.30	0.29	0.30
金融与保险业		0.63	0.61	0.88	0.80	0.72	0.69	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
其他服务业		1.85	1.79	1.45	1.31	1.18	1.15	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11

注:受篇幅限制,表中没有列出所有年份数据,有兴趣的读者可向作者索取。

呈现出显著的下降趋势,显示出近年来由于中国环保标准不断提高,节能减排技术得到较为有效的推广及使用,许多行业生产和经营过程中的碳排放强度明显下降。相比之下,日本国内环保制度十分完善,企业生产技术先进,减排效率高,大部分行业完全碳排放系数相当稳定。因此,一方面,中日各行业碳排放强度差距仍然巨大;另一方面,两国差距呈现出不断缩小的趋势。

3.2 中日贸易隐含碳失衡的整体分析

根据公式(6),对2000-2011年中日整体贸易隐含碳失衡进行测算,结果见表2。

可以看出,2000-2011年,中国出口隐含碳一直大于其进口隐含碳,即中日贸易隐含碳始终处于失衡状态。根据失衡的变化趋势,可以将整个时期分为四个阶段:

(1)2000-2002年,尤其在2001-2002年间,中国进口规模迅速扩大。2002年,进口额超过出口额,中国由顺差国转变为逆差国。与此同时,进口隐含碳也呈现出较大幅度的增长,中日贸易隐含碳失衡小幅改善。

(2)2003-2005年,随着中国正式加入WTO,两国贸易规模迅速扩大。但是,由于两国碳排放强度差距很大,虽然中国进、出口贸易额增长速度相近,但出口隐含碳扩张规模远大于进口隐含碳,中日贸易隐含碳失衡急剧恶化。

(3)2006-2009年,在此其间的2006-2008年,节能减排政策开始在中国正式推行,并取得显著成效,各行业碳排放强度均出现较快速度的下降。这使得中国在出口继续快速增长的情况下,出口隐含碳规模不断下降,中日贸易隐含碳失衡得到改善。此后,在金融危机冲击下,2008-2009年,双边贸易大幅萎缩。由于中国出口隐含碳缩减规模远大于

进口隐含碳,贸易隐含碳失衡显著改善。

(4)2010-2011年,随着金融危机影响逐渐减弱,中日贸易恢复快速增长。同样,由于出口隐含碳增长规模远大于进口隐含碳,中日贸易隐含碳失衡明显加剧。

总的看来,虽然中国在双边贸易中主要处于逆差国地位,但是,一方面由于中国经济的高碳性,出口隐含碳随出口规模的不断扩张而大幅增长;另一方面,日本单位生产的碳消耗远低于中国,使得虽然中国进口规模快速扩大,进口隐含碳增长却相对缓慢。因此,中国同时处于贸易失衡(指一国进口大于出口,即对外贸易存在逆差)和贸易隐含碳失衡的“双失”局面。中国通过对日(净进口)贸易非但没有减轻国内环境压力,反而使环境进一步恶化。

3.3 中日贸易隐含碳失衡的行业测算

表3显示出2000-2011年各行业中日贸易隐含碳失衡的测算结果。可以看出,与中日整体贸易隐含碳地位相同,所有行业中日贸易隐含碳始终处于失衡状态。

(1)农业。在对日贸易中,中国农业一直拥有顺差。由于农业自身的低碳特征,贸易隐含碳失衡规模不大,且总体上有所改善。

(2)工业。工业是中日两国贸易的主导产业,其贸易隐含碳失衡规模占整体比重超过90%。其中,纺织业、电气机械/光学设备制造业是失衡规模最大的行业,其总和约占整体失衡规模的一半;其次是金属冶炼/压延加工业及机械设备制造业(见图1)。

①纺织业。在双边贸易中,纺织业一直是中国比较优势行业,出口规模巨大,且拥有巨额顺差。然而,由于中国纺织业完全碳排放系数高达日

表2 2000-2011年中日贸易隐含碳失衡及贸易失衡

Table 2 Sino-Japan trade imbalance and carbon emission imbalance embodied in Sino-Japan trade from 2000 to 2011

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
中国进口隐含碳/Mt	14.6	16.7	22.1	27.2	31.2	31.6	37.2	43.1	41.1	36.8	48.9	55.1
中国出口隐含碳/Mt	90.9	90.7	94.9	115.9	139.7	153.5	150.5	145.3	142.2	114.2	135.2	167.5
中日贸易隐含碳失衡/Mt	-76.3	-74.0	-72.7	-88.7	-108.5	-121.9	-113.3	-102.2	-101.1	-77.4	-86.3	-112.4
中国进口额/亿美元	434.2	444.2	554.7	772.0	992.0	1 053.5	1 209.1	1 391.6	1 563	1 348.7	1 823.7	2 022.9
中国出口额/亿美元	457.1	487.8	526.2	640.9	797.2	915.4	981.8	1 094.8	1 241.9	1 058.5	1 289.9	1 568.9
中日贸易失衡额/亿美元	22.9	43.6	-28.5	-131.0	-194.8	-138.2	-227.3	-296.8	-321.1	-290.2	-533.7	-454.0

2016年3月

表3 2000-2011年各行业中日贸易隐含碳失衡

行业	年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
农业													
农林牧渔业		-135	-140	-131	-153	-163	-148	-128	-102	-73	-66	-78	-89
工业													
采掘业		-519	-527	-474	-564	-497	-567	-469	-330	-569	-237	-260	-428
食品/饮料及烟草加工制造业		-627	-610	-595	-579	-669	-692	-655	-564	-421	-416	-472	-581
纺织业		-2 257	-2 227	-2 101	-2 400	-2 660	-2 698	-2 677	-2 446	-2 192	-2 132	-2 169	-2 604
木材加工及家具制造业		-164	-167	-183	-213	-220	-221	-216	-177	-144	-130	-133	-164
造纸/出版/印刷和文教业		-32	-36	-37	-64	-66	-75	-75	-69	-77	-99	-91	-134
石油加工/炼焦/核燃料加工业		-124	-101	-104	-194	-327	-225	-140	-196	-140	-20	-61	-57
化学制品业		-317	-279	-218	-282	-276	-443	-464	-434	-687	-137	-350	-765
橡胶和塑料制品业		-123	-129	-143	-173	-232	-289	-318	-281	-264	-221	-221	-294
其他非金属矿物制品业		-334	-331	-351	-430	-564	-564	-525	-438	-481	-384	-387	-479
金属冶炼及压延加工业		-552	-428	-316	-580	-1 040	-1 327	-1 152	-908	-882	-198	-395	-971
机械设备制造业		-163	-191	-200	-301	-445	-679	-719	-797	-900	-768	-707	-838
电气机械/光学设备制造业		-1 345	-1 351	-1 535	-2 041	-2 491	-2 832	-2 580	-2 244	-2 167	-1 945	-2 500	-2 920
交通运输设备制造业		-115	-133	-141	-120	-176	-279	-295	-304	-224	-122	-22	-6
其他制造业		-251	-264	-264	-284	-364	-392	-366	-416	-438	-418	-403	-515
合计		-6 923	-6 774	-6 662	-8 225	-10 027	-11 283	-10 651	-9 604	-9 586	-7 227	-8 171	-10 756
建筑业													
建筑业		-30	-20	-9	-24	-47	-40	-15	-9	-23	-16	-9	-5
服务业													
运输/仓储/通讯		-181	-171	-145	-119	-169	-262	-247	-221	-144	-80	-57	-82
金融与保险业		-5	-5	-4	-4	-4	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1
其他服务业		-354	-291	-319	-350	-435	-455	-284	-282	-286	-348	-311	-309
合计		-540	-467	-468	-473	-608	-718	-532	-505	-431	-429	-369	-392

本的6~8倍,使得该行业贸易隐含碳仍然处于严重的失衡状态,其失衡规模占整体失衡比重的20%~30%。与此同时,2000-2011年,中国纺织业对日贸易隐含碳净出口增长3.47Mt,占增长总量的9.6%。

②电气机械/光学设备制造业。该行业在中日双边贸易中占有十分重要的地位,是目前中国出口规模最大的行业。由于出口增长迅速,贸易隐含碳失衡规模也快速扩大。2000-2011年,该行业贸易隐含碳净出口增长15.75Mt,占整体增量的43.6%,成为中日贸易隐含碳失衡规模最大的行业。

③金属冶炼及压延加工业。除2011年以外,该行业对日贸易逆差逐年扩大。同时,贸易隐含碳失衡规模波动较大,呈现出改善-恶化-改善-恶化的趋势。其中,2005年达到失衡的峰值。

④机械设备制造业。除了2008-2010年,该行

业对日贸易隐含碳失衡呈现出较为显著的恶化趋势。尤其是2004-2008年,尽管中国进出口扩张规模相近,两国贸易差额变化不大,但是,中日贸易隐含碳失衡规模仍然迅速扩大。

(3)建筑业。除2008年、2009年以外,其它年份该行业对日贸易均存在逆差。同时,由于贸易规模不大,贸易隐含碳失衡规模很小。

(4)服务业。不同于其它产业,服务业对日贸易地位变化较大。21世纪初为顺差,2006年转变为逆差,2009年重新出现顺差,2010年又再次变为逆差。从具体行业看,运输/仓储/通讯逆差迅速扩大,而其他服务业则主要呈现出顺差。与此同时,服务业对日贸易隐含碳失衡总体上经历了改善-恶化-改善的变化趋势。在几个行业中,其它服务业贸易隐含碳失衡规模最大,其次是运输/仓储/通讯,金融

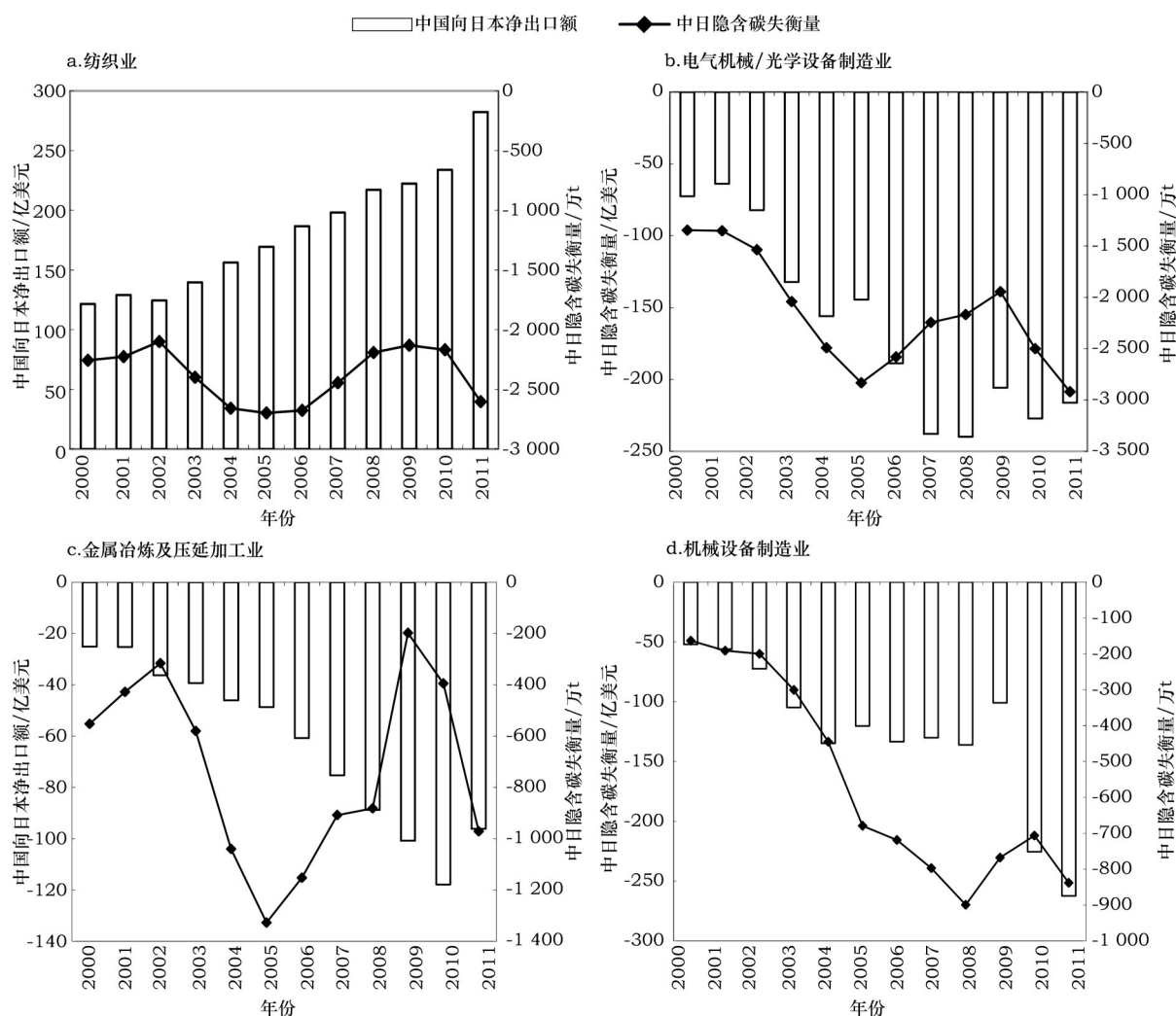


图1 2000–2011年主要制造行业中国净出口及贸易隐含碳失衡

Figure 1 Sino-Japan net export and carbon emission imbalance embodied in trade of main manufacturing sectors, from 2000 to 2011

和保险业失衡规模极小。

4 贸易隐含碳失衡变化的因素分解

4.1 贸易隐含碳失衡变化的SDA分解模型

在公式(6)中,令 $IM = S_{im} \cdot Q_{im}$, $EX = S_{ex} \cdot Q_{ex}$, S_{im} 、 S_{ex} 为进口和出口结构; Q_{im} 、 Q_{ex} 为进口和出口总量。令 $B_{im} = (I - A_{im}^D)^{-1}$, $B_{ex} = (I - A_{ex}^D)^{-1}$ 。公式(6)可进一步表示为:

$$CTB = c_{im} \cdot B_{im} \cdot S_{im} \cdot Q_{im} - c_{ex} \cdot B_{ex} \cdot S_{ex} \cdot Q_{ex} \quad (7)$$

则[0,1]时期贸易隐含碳失衡变化可表示为:

$$\begin{aligned} \Delta CTB &= CTB^1 - CTB^0 \\ &= (c_{im}^1 \cdot B_{im}^1 \cdot S_{im}^1 \cdot Q_{im}^1 - c_{im}^0 \cdot B_{im}^0 \cdot S_{im}^0 \cdot Q_{im}^0) \\ &\quad - (c_{ex}^1 \cdot B_{ex}^1 \cdot S_{ex}^1 \cdot Q_{ex}^1 - c_{ex}^0 \cdot B_{ex}^0 \cdot S_{ex}^0 \cdot Q_{ex}^0) \end{aligned} \quad (8)$$

采用SDA的两级分解方法,分别根据基期和计

算期对公式(8)进行分解,然后取两式算术平均,得到公式(9):

$$\begin{aligned} \Delta CTB &= \frac{1}{2} [\underbrace{\Delta c_{im} \cdot B_{im}^1 \cdot S_{im}^1 \cdot Q_{im}^1 + \Delta c_{im} \cdot B_{im}^0 \cdot S_{im}^0 \cdot Q_{im}^0}_{\text{进口国碳排放强度效应}} \\ &\quad + \frac{1}{2} [\underbrace{c_{im}^0 \cdot \Delta B_{im} \cdot S_{im}^1 \cdot Q_{im}^1 + c_{im}^1 \cdot \Delta B_{im} \cdot S_{im}^0 \cdot Q_{im}^0}_{\text{进口国中间投入结构效应}} \\ &\quad + \frac{1}{2} [\underbrace{c_{im}^0 \cdot B_{im}^0 \cdot \Delta S_{im} \cdot Q_{im}^1 + c_{im}^1 \cdot B_{im}^1 \cdot \Delta S_{im} \cdot Q_{im}^0}_{\text{进口结构效应}} \\ &\quad + \frac{1}{2} [\underbrace{c_{im}^0 \cdot B_{im}^0 \cdot S_{im}^0 \cdot \Delta Q_{im} + c_{im}^1 \cdot B_{im}^1 \cdot S_{im}^1 \cdot \Delta Q_{im}}_{\text{进口规模效应}} \\ &\quad + \frac{1}{2} [\underbrace{-(\Delta c_{ex} \cdot B_{ex}^1 \cdot S_{ex}^1 \cdot Q_{ex}^1 + \Delta c_{ex} \cdot B_{ex}^0 \cdot S_{ex}^0 \cdot Q_{ex}^0)}_{\text{出口国碳排放强度效应}}] \end{aligned}$$

2016年3月

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{2} \underbrace{[-(c_{im}^0 \cdot \Delta B_{im} \cdot S_{im}^1 \cdot Q_{im}^1 + c_{im}^1 \cdot \Delta B_{im} \cdot S_{im}^0 \cdot Q_{im}^0)]}_{\text{出口国中间投入结构效应}} \\
& + \frac{1}{2} \underbrace{[-(c_{ex}^0 \cdot B_{ex}^0 \cdot \Delta S_{ex}^1 \cdot Q_{ex}^1 + c_{ex}^1 \cdot B_{ex}^1 \cdot \Delta S_{ex}^0 \cdot Q_{ex}^0)]}_{\text{出口结构效应}} \\
& + \frac{1}{2} \underbrace{[-(c_{ex}^0 \cdot B_{ex}^0 \cdot S_{ex}^0 \cdot \Delta Q_{ex} + c_{ex}^1 \cdot B_{ex}^1 \cdot S_{ex}^1 \cdot \Delta Q_{ex})]}_{\text{出口规模效应}} \\
& = f(\Delta c_{im}) + f(\Delta B_{im}) + f(\Delta S_{im}) + f(\Delta Q_{im}) \\
& + f(\Delta c_{ex}) + f(\Delta B_{ex}) + f(\Delta S_{ex}) + f(\Delta Q_{ex})
\end{aligned} \quad (9)$$

公式(9)显示影响中日贸易隐含碳失衡变动的主要因素。其中, $f(\Delta c_{im})$ 、 $f(\Delta B_{im})$ 、 $f(\Delta S_{im})$ 和 $f(\Delta Q_{im})$ 表示日本碳排放强度、日本中间投入结构、进口结构和进口规模效应; $f(\Delta c_{ex})$ 、 $f(\Delta B_{ex})$ 、 $f(\Delta S_{ex})$ 和 $f(\Delta Q_{ex})$ 表示中国碳排放强度、中国中间投入结构、出口结构和出口规模效应。如果分解结果显示效应为正,表明该因素有助于抑制中日贸易隐含碳失衡规模的进一步扩大,使其失衡得到缓解和改善;效应为负则表示该因素对中日贸易隐含碳失衡恶化起到推动作用。

S_{ex}) 和 $f(\Delta Q_{ex})$ 为中国碳排放强度、中国中间投入结构、出口结构和出口规模效应。如果分解结果显示效应为正,表明该因素有助于抑制中日贸易隐含碳失衡规模的进一步扩大,使其失衡得到缓解和改善;效应为负则表示该因素对中日贸易隐含碳失衡恶化起到推动作用。

4.2 中日贸易隐含碳失衡变化的因素分解结果

根据公式(9)分别从整体、产业和行业角度对2000-2011年中日贸易隐含碳失衡变化的影响因素进行分解,结果见表4。

4.2.1 整体分解结果

2000-2011年,中日贸易隐含碳失衡整体规模

表4 2000-2011年中日贸易隐含碳失衡的影响因素分解

Table 4 Factor decomposition of carbon emission imbalance embodied in Sino-Japan trade from 2000 to 2011

(万t)

	日本				中国				合计
	碳排放强度效应	中间投入结构效应	进口结构效应	进口规模效应	碳排放强度效应	中间投入结构效应	出口结构效应	出口规模效应	
农业									
农林牧渔业	-0.5	0.1	-3.5	3.6	75.9	-17.2	92.3	-105.1	45.6
工业									
采掘业	1.1	-0.3	3.5	20.5	336.4	-208.6	413.1	-474.5	91.1
食品/饮料及烟草加工制造业	-1.3	0.5	-9.7	10.8	464.9	-140.9	291.7	-570.5	45.4
纺织业	-19.4	0.8	-172.5	183.8	2 033.0	-1 350.2	1 340.5	-2 362.8	-346.9
木材加工及家具制造业	-0.1	0.1	-0.2	0.7	125.5	-67.0	96.9	-155.2	0.6
造纸/出版/印刷和文教业	-4.8	-1.5	-19.4	51.2	99.8	-63.6	-66.4	-97.8	-102.5
石油加工/炼焦/核燃料加工业	-13.9	-8.1	26.6	37.6	83.2	-18.1	72.3	-112.5	66.9
化学制品业	-188.7	-8.6	-71.0	1 015.5	1 301.8	-555.7	-753.7	-1 187.5	-447.8
橡胶和塑料制品业	-32.5	13.3	47.5	120.8	311.4	-203.7	-155.5	-272.2	-170.9
其他非金属矿物制品业	-20.6	0.2	-82.9	313.2	288.0	-157.2	63.2	-548.9	-144.9
金属冶炼及压延加工业	-347.6	36.8	-34.9	1 026.2	1 226.4	-351.2	-590.8	-1 383.9	-419.1
机械设备制造业	-147.0	51.5	121.6	547.4	898.6	-479.6	-834.7	-832.9	-675.2
电气机械/光学设备制造业	-211.0	188.6	-109.2	1 158.2	2 612.5	-1 484.6	-1 059.7	-2 669.7	-1 575.0
交通运输设备制造业	-81.1	23.5	174.1	246.9	263.3	-104.8	-140.7	-272.1	109.0
其他制造业	-8.4	4.5	-3.4	33.1	381.1	-168.9	-119.4	-382.5	-263.9
合计	-1 075.5	301.4	-129.9	4 765.8	10 426.2	-5 354.2	-1 440.9	-11 324.1	-3 831.1
建筑业									
建筑业	-0.9	-0.2	-11.9	10.7	10.1	-4.6	44.3	-22.4	25.1
服务业									
运输/仓储/通讯	-6.8	-0.6	-11.3	140.6	137.2	-32.4	90.0	-217.6	99.1
金融与保险业	-0.1	0.0	-0.1	0.8	2.2	0.2	4.7	-3.0	4.7
其他服务业	-11.9	-0.7	23.5	63.0	283.8	-71.6	120.7	-361.2	45.5
合计	-18.8	-1.3	12.1	204.5	423.1	-103.8	215.4	-581.8	149.3
合计	-1 095.7	300.0	-133.1	984.5	10 935.5	-5 479.9	-1 088.9	-12 033.4	-3 611.1

增加了36.11Mt。在各个影响因素中:

(1)出口规模、中国中间投入结构、日本碳排放强度、出口结构及进口结构效应为负(在分析负效应因素时,根据其绝对值大小进行比较)。其中,出口规模及中国中间投入结构效应最强,表明中国出口的快速扩张及最终产品对中间投入的高消耗是促使中日贸易隐含碳失衡加剧的最主要原因;日本碳排放强度及出口结构效应较小,进口结构效应最小。从进、出口结构效应的差距可以看出,中国高碳产品的出口比重明显高于日本,出口结构有待进一步优化。

(2)中国碳排放强度、进口规模及日本中间投入结构效应为正。其中,中国碳排放强度效应最大,进口规模效应次之,这两个效应有效抑制了中

日贸易隐含碳失衡规模的扩大;日本中间投入结构效应较小。

4.2.2 产业及行业分解结果

(1)农业。表4显示,在负效应中,出口规模效应最大,其它效应数值较小。在正效应中,出口结构和中国碳排放强度效应较大,表明中国农业出口占比及单位碳消耗的逐年下降是促使其贸易隐含碳失衡改善的主要原因。

(2)工业。由于工业在中日整体贸易隐含碳失衡变化中占有绝对比重(>94%),因此,其分解与整体分解结果十分相似。以贸易隐含碳失衡规模最大的四个行业为例,分析如图2。

①纺织业。图2a显示,与工业整体分解结果相似,出口规模及中国中间投入结构的负效应最大;

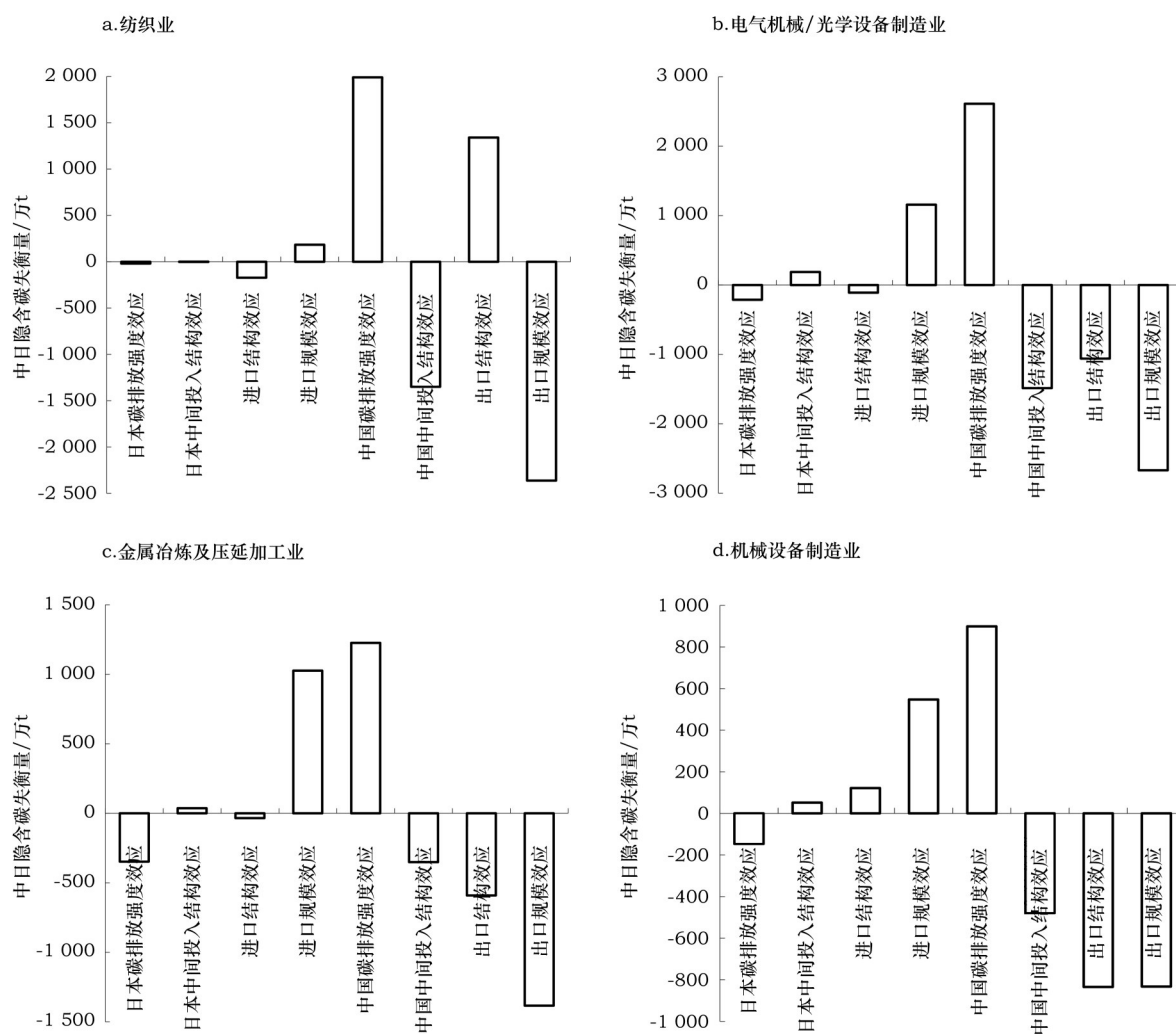


图2 2000—2011年主要制造业中日贸易隐含碳失衡的影响因素分解

Figure 2 Factor decomposition of carbon emission imbalance embodied in Sino-Japan trade of main manufacturing sectors from 2000 to 2011

2016年3月

中国碳排放强度的正效应最强。不同的是,纺织业出口结构效应为正,且效应较强。这是由于虽然纺织业出口额逐年上升,但其占总出口的比重却明显下滑,由2000年的33.5%下降到2011年的20%。因此,不断递减的出口占比有效抑制了该行业贸易隐含碳失衡的恶化。

②电气机械/光学设备制造业、金属冶炼及压延加工业和机械设备制造业。图2b、图2c和图2d显示,相对于纺织业,影响这三个行业贸易隐含碳失衡变化的因素较为相似。出口规模、出口结构、中国中间投入结构、日本碳排放强度效应为负;中国碳排放强度、进口规模效应为正。值得注意的是,2000-2011年,这三个行业出口占比均有所上升。其中,机械设备制造业出口占比的年均增速(11.0%)明显快于其它两个行业(3.8%和5.9%)。因此,其出口结构的负效应也远大于其它两个行业。此外,这三个行业的进口结构效应也存在较大差异:机械设备制造业进口占比总体上有所上升,进口结构效应为正;电气机械/光学设备制造业进口占比下降,进口结构为负;金属冶炼及压延加工业进口结构变化较小,效应虽然为负,但影响有限。

(3)建筑业和服务业。和大多数工业相同,出口规模及中国中间投入结构效应为负;中国碳排放强度、出口结构及进口规模效应为正。不同的是,由于建筑业出口占比下降较快,出口结构的正效应最强;而对于服务业,仍然是中国碳排放强度的正效应最大。此外,由于两个产业进口占比变化趋势不同,进口结构效应也不同:服务业进口占比总体上有所上升,进口结构效应为正;相反,建筑业进口占比不断下降,进口结构效应为负。

5 结论与建议

本文基于中日两国非竞争型投入产出表,对2000-2011年中日贸易隐含碳失衡及其变化的影响因素进行考察。所得结论和建议如下:

(1)两国行业完全碳排放系数的测算结果显示,中国各行业完全碳排放系数均高于日本,并且绝大多数行业差距巨大。与此同时,由于中国在节能减排方面取得显著成效,大部分行业碳排放强度呈现出较快的下降趋势,与日本差距逐渐缩小。

(2)在两国贸易中,虽然中国总体上处于逆差

地位,但是对日贸易隐含碳却一直拥有巨大顺差,即中国处于对日贸易及贸易隐含碳“双失衡”的局面。中国通过对日贸易逆差不但没有减少碳排放,反而使国内环境进一步恶化。从具体行业看,不论贸易地位是顺差还是逆差,所有行业对日贸易隐含碳始终处于失衡状态。其中,纺织业、电气机械/光学设备制造业贸易隐含碳失衡规模最大。

(3)通过对整体中日贸易隐含碳失衡变化的影响因素进行分解,结果表明:出口规模、中国中间投入结构、日本碳排放强度、出口结构及进口结构效应为负。其中,出口规模及中国中间投入结构效应最强;中国碳排放强度、进口规模及日本中间投入结构效应为正,中国碳排放强度效应最大。与此同时,出口结构效应对主要行业贸易隐含碳失衡变化的影响有较大差异:纺织业出口结构效应为正;而电气机械/光学设备制造业、金属冶炼/压延加工业及机械设备制造业的效应为负。

总的来看,不断扩张的出口规模、粗放型的生产经营方式是促使中日贸易隐含碳失衡的根本原因,而逐渐下降的碳排放强度则有助于中日贸易隐含碳失衡的缓解和改善。然而,由于当前出口在中国国民经济中仍然占有十分重要的地位,在能源结构方面依然以高碳排放的传统化石能源为主,国内碳排放及“碳泄漏”快速增长的局面在短期内难以扭转。因此,一方面,国内应继续通过技术进步提高生产效率,加强低碳生产技术的推广和使用,降低生产的碳排放强度;另一方面,大力开发新能源及清洁能源,加速能源结构优化。同时,抑制“三高—低”产业,进一步推动包括现代服务业在内的低碳产业发展,优化中国产业结构及贸易结构,以逐步缩小中国贸易隐含碳失衡规模,引导中国经济向可持续的低碳模式转变。

参考文献(References):

- [1] Machado G, Schaeffer R, Worrell E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: An input-output approach[J]. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 409-424.
- [2] Wang T, Watson J. Who owns China's carbon emissions[J]. *Tyndall Centre Briefing Note*, 2007, (23): 1-7.
- [3] Lin B, Sun C. Evaluating carbon dioxide emissions in international

- trade of china[J]. *Energy Policy*, 2010, 38(1): 613-621.
- [4] Shui B, Harriss R C. The role of CO₂ embodiment US-China trade [J]. *Energy Policy*, 2006, 34(18): 4063-4068.
- [5] Ackerman F, Ishikawa M, Suga M. The carbon content of Japan-US trade[J]. *Energy Policy*, 2007, 35(9): 4455-4462.
- [6] Ahmad N, Wyckoff A. Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods[R]. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003.
- [7] Chen Z M, Chen G Q. Embodied carbon dioxide emission at supra-national scale: A coalition analysis for G7, BRIC, and the rest of the world[J]. *Energy Policy*, 2011, 39(5): 2899-2909.
- [8] 闫云凤, 赵忠秀, 王苒. 基于 MRIO 模型的中国对外贸易隐含碳及排放责任研究[J]. 世界经济研究, 2013, (6): 54-58. [Yan Y F, Zhao Z X, Wang R. China's emission responsibility and trade embodied emissions: A MRIO approach[J]. *World Economy Studies*, 2013, (6): 54-58.]
- [9] 刘俊伶, 王克, 邹骥. 基于 MRIO 模型的全球贸易内涵碳流向分析[J]. 世界经济研究, 2014, (6): 43-48. [Liu J L, Wang K, Zou J. An analysis of global Carbon emission flows embodied in trade based on MRIO model[J]. *World Economy Studies*, 2014, (6): 43-48.]
- [10] 赵玉焕, 王淦. 基于技术异质性的中日贸易隐含碳测算及分析 [J]. 北京理工大学大学学报(社会科学版), 2014, 16(1): 12-18. [Zhao Y H, Wang S. The calculation and analysis of embodied carbon in China-Japan trade: Based on the technical heterogeneity assumption[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2014, 16(1): 12-18.]
- [11] 庞军, 张浚哲. 中欧贸易隐含碳排放及其影响因素-基于 MRIO 模型和 LMDI 方法的分析[J]. 国际经贸探索, 2014, (11): 51-65. [Pang J, Zhang J Z. Carbon emissions embodied in Sino-EU trade and the influence factors: An analysis based on MRIO model and LMDI method[J]. *International Economics and Trade Research*, 2014, (11): 51-65.]
- [12] 苑立波. 中国对外贸易隐含碳的测算研究-基于中国非竞争型投入产出表的分析[J]. 统计与信息论坛, 2014, (5): 8-14. [Yuan L B. The CO₂ emissions embodied in Chinas international trade: An analysis based on non-competitive input output tables [J]. *Statistics & Information Forum*, 2014, (5): 8-14.]
- [13] 马晶梅, 王新影. 发达国家是否向发展中国家转移了碳排放-基于碳排放责任分摊的视角[J]. 经济学家, 2015, (6): 95-102. [Ma J M, Wang X Y. Do developed countries transfer carbon emissions to the developing countries- from the perspective of carbon emission responsibility[J]. *Economists*, 2015, (6): 95-102.]
- [14] 谭娟, 陈鸣. 基于多区域投入产出模型的中欧贸易隐含碳测算及分析[J]. 经济学家, 2015, (2): 72-81. [Tan J, Chen M. Measurement and analysis of carbon emissions embodied in China-EU trade based on multi regional input-output model[J]. *Economist*, 2015, (2): 72-81.]
- [15] 世界投入产出数据库.WIOD[EB/OL]. [2015-10-12]. <http://www.wiod.org>.
- [16] IEA 数据库[EB/OL]. [2015-10-12]. <http://www.iea.org>.
- [17] OECD 数据库[EB/OL]. [2015-10-12]. <http://stats.oecd.org>.
- [18] 联合国服务贸易数据库[EB/OL]. [2015-10-12]. <http://unstats.un.org/unsd/servicetrade>.

Imbalance in the carbon emissions embodied in Sino-Japan trade

MA Jingmei, WANG Xinying, JIA Hongyu

(School of Economics, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080, China)

Abstract: The issue of “carbon leakage” caused by imbalance of carbon emissions embodied in trade draws widespread attention of the world under the background of climate change.

This paper establishes a model of imbalance of carbon emissions embodied in bilateral trade and calculates the imbalance of carbon emissions embodied in Sino-Japan trade using a non-competitive input-output table for 2001 to 2011. We found that the complete carbon emission coefficient of each sector in China is higher than that of Japan, with rather big differences between the two countries. China has maintained a surplus of carbon emissions via Sino-Japan trade, though it acts as a deficit trader in general. As a consequence, China has been in a situation of ‘double imbalance’ in both trade value and carbon emissions embodied in trade at the same time; (3) China performs as a surplus country of carbon emissions embodied in Sino-Japan trade in each sector, and textile, electrical and optical equipments have the largest imbalance scale of carbon emissions embodied in bilateral trade among all sectors. SDA was used to decompose the effects that influence the change in imbalance in carbon emission embodied in Sino-Japan trade. China’s export scale and intermediate input structure significantly drive the increase in the imbalance in carbon emissions embodied in bilateral trade, while China’s carbon intensity and import scale plays the opposite role, i.e. eliminating the rise in carbon emissions embodied in Sino-Japan trade. Therefore, greater efforts are needed to improve low-carbon technology and decrease carbon emission intensity in the manufacturing procedure, and the production and trade structure should be optimized to effectively alleviate the imbalance in carbon emissions embodied in China’s foreign trade to promote the coordination of foreign trade and environmental protection.

Key words: carbon emissions embodied in trade; imbalance; carbon emission intensity; MRIO model; SDA; China; Japan