

# 基于技术异质性的中日贸易隐含碳测算及分析

赵玉焕, 王淞

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

**摘要:** 基于中日技术异质性, 使用多区域投入产出模型(MRIO), 利用WIOD数据库非竞争型投入产出表, 对1995—2009年中日贸易隐含碳进行了测算, 测算中考虑了工业生产过程碳排放和能源消耗碳排放。同时, 采用SDA分析, 对中日贸易隐含碳的变化进行了因素分解。测算结果表明: 从1995—2009年, 在中日贸易中, 中国出口隐含碳从40.78Mt增长到152.78Mt, 进口隐含碳从12.25Mt增长到66.87Mt, 净出口隐含碳从28.53Mt增长到85.91Mt。因素分解结果表明: 在1995—2009年期间, 对于中国对日本出口隐含碳的变化, 规模效应促使了隐含碳的增长, 技术效应促使了隐含碳减少, 结构效应影响比较小。

**关键词:** 技术异质性; 中日贸易; 隐含碳; 投入产出法; SDA分析

中图分类号: F062.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-3370(2014)01-0012-07

## 一、问题的提出

在国际气候变化谈判中, 碳排放责任的确定是各国政府和国际组织关注的焦点问题之一。国际社会现行的碳排放责任核算采用的是生产责任原则, 该原则在实践中容易引发“碳泄漏”问题, 其公平性受到质疑<sup>[1][187-194][955-960]</sup>。对此, 学术界相继提出了共同分担原则和消费责任原则<sup>[3-4]</sup>。

在有关碳排放责任划分原则的文献中, 隐含碳测算是不同原则比较的基础。根据研究对象和目的的不同, 隐含碳相关文献可分为3类: 一是以多个国家或区域为研究对象, 研究范围较广, 如Wyckoff和Roop(1994)<sup>[1][187-194]</sup>对6个主要OECD国家的贸易进行了研究, 发现在1984—1986年, 这些国家通过进口替代的隐含碳约占其总排放的13%; Ahmad和Wyckoff(2003)<sup>[5]</sup>对65个国家进行碳排放分析, 发现澳大利亚、加拿大、捷克、丹麦、芬兰、挪威、波兰等国是隐含碳的净出口国, 匈牙利对外贸易中隐含碳保持均衡, 而美国、日本、韩国及其他欧洲国家是隐含碳的净进口国; Peters(2012)<sup>[6]</sup>则对2004年国际贸易隐含碳进行了测算, 发现商品和服务贸易中的隐含碳达1661MtC, 占全球总碳排放的22%。丛晓男(2013)<sup>[7]</sup>基于GTAP国际投入产出数据核算了全球贸易隐含碳, 结果表明全球贸易隐含碳量巨大, 占全球碳排放总量的1/4强, 中国等金砖国家是隐含碳的主要净出口国。

二是以单一国家为对象, 研究其整体对外贸易隐含碳的情况, 如Schaeffer和Leal de Sá(1996)<sup>[2][955-960]</sup>测算了1970—1993年巴西进出口的隐含碳, 结果表明巴西出口的隐含碳远高于其进口量, 在个别年份, 其隐含碳净出口可占其总碳排放的11.4%; Sánchez-Chóliz和Duarte(2004)<sup>[8]</sup>采用单区域投入产出模型分析了西班牙贸易中的隐含碳, 研究表明: 西班牙进口和出口的隐含碳排放分别占到总碳排放的36%和37%左右; Kurt Kratena和Ina Meyer(2007)<sup>[9]</sup>分析了奥地利进出口贸易, 发现奥地利进口隐含碳高于出口隐含碳; Dietzenbacher(2012)<sup>[10]</sup>使用一个三重的投入产出表测算了2002年中国对外出口隐含碳, 发现如果不区分加工贸易和正常出口, 出口隐含碳会被高估60%。而Su和Ang(2013)<sup>[11]</sup>对中国出口贸易隐含碳的分析表明, 基于非竞争性进口假设的测算结果要小于基于竞争性进口假设的测算结果。

三是单一国家与主要贸易伙伴国的双边研究, 这一方面, 中美双边贸易隐含碳备受研究者的关注。Shui和Harriss(2006)<sup>[12]</sup>对中美贸易隐含碳的测算表明, 在1997—2003年, 中国碳排放的7%~14%是由美国消费引致, 中美两国贸易使得全球碳排放增加了720Mt; Xu(2009)<sup>[13]</sup>研究发现, 2002—2007年, 中国向美国出口隐含碳占中国碳排放总量的8%~12%; 吴英娜和姚静(2012)<sup>[14]</sup>对中美贸易的研究表明, 在2000—2009年, 中国向美国出口隐含碳占

收稿日期: 2013-06-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“金砖五国对外贸易隐含碳测算及我国对策研究”(71273026)

作者简介: 赵玉焕(1973—), 女, 副教授, 博士, Email: zhaoyuhuan@bit.edu.cn

中国碳排放总量的18%~20%,而美国向中国出口隐含碳仅占其碳排放总量的2%~3%。此外,You和Hewit(2008)<sup>[15]</sup>讨论了中英贸易对全球碳排放的影响,闫云凤(2012)<sup>[16]</sup>则对中欧贸易隐含碳进行了研究。

作为最大的发展中国家,中国近年来碳排放增长快速,根据IEA(2009)的统计显示,2007年以来,中国的CO<sub>2</sub>排放超过美国,跃居世界第一,尽管人均碳排放量远低于欧美发达国家,但中国碳排放的增长趋势已经成为气候谈判各方关注的重点,中国正承受着越来越大的减排压力。值得注意的是,中国的出口隐含碳一直高于进口隐含碳<sup>[17-19]</sup>,这意味着中国排放的CO<sub>2</sub>中有相当部分内涵于出口产品,用于满足外国居民的消费需求<sup>[20]</sup>。有鉴于此,对中国与主要贸易伙伴国的双边贸易隐含碳进行深入研究,分析中国贸易隐含碳进出口的具体情况,可以为中国在国际气候谈判中的策略提供参考。

中国和日本互为重要的贸易伙伴,中日贸易隐含碳的研究也引起了学术界的重视。Liu(2009)<sup>[21]</sup>运用一个传统的投入产出模型测算了1990—2000年中日贸易隐含碳的变化,发现中国对日本出口隐含碳于1990—1995年期间一直在增长,而在1995—2000年却不断减少。Dong(2010)<sup>[22]</sup>采用投入产出法和指数分解分析(IDA)研究了中日贸易隐含碳增长的驱动因素,发现出口规模的增长是隐含碳增长的最主要因素,而中国急剧下降的碳排放系数消减了1995—2000年间对日出口的隐含碳。王菲和李娟(2012)<sup>[23]</sup>在测算中日贸易隐含碳的基础上,进一步用SDA模型分析了中国出口隐含碳变化的驱动因素。

在前人研究的基础上,本文对1995—2009年中日贸易隐含碳进行了测算和因素分解。相对于前人的研究,为了使测算结果更加准确,本文做了以下改进:(1)在测算中考虑了工业过程碳排放;(2)在出口隐含碳的测算中,剔除了进口中间品的碳排放;(3)延长测算年限。

## 二、测算方法和数据处理

### (一)贸易隐含碳测算方法

本文采用列昂惕夫(Leontief)所提出的投入产出法测算中日贸易中的隐含碳。投入产出法是研究经济各部门间投入与产出数量依存关系的定量分析方法。对于隐含碳的测算,主要涉及该方法中的投入产出恒等式,即

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

其中, $X$ 表示由最终需求向量 $Y$ (消费、投资、出口等)所引致的总产出向量; $(I-A)^{-1}$ 是完全需要系数矩阵,又称列昂惕夫逆系数矩阵,反映了社会最终需求与总产出之间的对应关系。

利用式(1),可以测算贸易产品所对应的总产品,结合部门直接碳排放系数 $ECl$ ,便可得出贸易隐含碳 $EC$ 的测算公式

$$EC=ECl \cdot (I-A)^{-1} \cdot Y \quad (2)$$

进一步地,贸易产品向量 $Y$ 可以分解为贸易总量 $Q$ 和贸易结构向量 $S$ ,即

$$Y=Q \cdot S \quad (3)$$

从而,贸易隐含碳 $EC$ 的基本测算模型可以表示为

$$EC=ECl \cdot (I-A)^{-1} \cdot Q \cdot S \quad (4)$$

根据本文的研究对象和目标,贸易隐含碳基本测算模型作如下扩展:

#### 1.包含工业过程排放的部门直接碳排放系数

在式(4)中,直接碳排放系数 $ECl_j$ 是指部门 $j$ 生产单位产值的产出所排放的隐含碳,包括生产中的能源活动排放和工业过程排放两部分。在现有的文献研究中,一般仅采用能源消耗量和IPCC(2006)<sup>[24]</sup>提供的能源碳排放因子估算直接碳排放系数<sup>[25]</sup>,或者对于工业过程碳排放仅考虑水泥等少数部门<sup>[26]</sup>。本文采用WIOD数据库有关各产业部门工业生产过程CO<sub>2</sub>排放量的统计,结合能源消耗数据,得到了包含工业过程排放的部门直接碳排放系数

$$ECl_j = \sum_{i=1}^m \frac{EF_i \cdot FC_i \cdot NCV_i \cdot O_i}{X_j} + \frac{Q_i}{X_j} \quad (5)$$

其中, $EF_i$ 表示燃料 $i$ 的排放因子(tCO<sub>2</sub>/GJ); $FC_i$ 表示部门 $j$ 对燃料 $i$ 的消费量(kt); $NCV_i$ 表示燃料 $i$ 的净热值(GJ/kt); $O_i$ 为第 $i$ 种能源的氧化率; $Q_i$ 是部门 $j$ 的工业过程排放的CO<sub>2</sub>量(kt); $X_j$ 是部门 $j$ 的总产出。

#### 2.剔除进口中间产品的非竞争型投入产出表

在对外贸易中,进口产品的一部分将会作为投入品进入本国的工业生产,故而被称作进口中间产品,这部分产品内涵的碳排放应当由出口国承担。所以,在测算本国对外出口隐含碳时,需要剔除进口中间产品的影响<sup>[27]</sup>。本文直接采用非竞争型投入产出表,已经剔除了进口中间产品部分。

#### 3.基于技术异质性的MRIO法测算模型

在实践中,根据数据要求和模型设定的不同,投入产出法又分为单区域投入产出法(SRIO)、多区域投入产出法(MRIO)和完全多区域投入产出法(full-MRIO)。SRIO假定进出口产品技术同质,亦即

各国产品的完全排放系数相同,所以仅需一国的投入产出表和贸易数据便可以测算其贸易隐含碳。但是,不同国家的技术水平、产业结构差异很大,所以技术同质性假设并不符合实际,SRIO 测算的口隐含碳结果有很大的不确定性<sup>[28]</sup>。MRIO 的测算需要各个国家的投入产出表、分部门能源消耗数据和进出口值,该方法可以较好地测算进口隐含碳,适用于多个国家间的贸易隐含碳测算<sup>[29]</sup>。full-MRIO 有别于前两种方法,该方法中的投入产出表需要重新编制,其中进出口产品区分为消费品和中间产品,各国中间产品、最终消费和投入产出矩阵汇总成一个矩阵,使用这样的投入产出表可以有效地反映国际贸易中的溢出效应和反馈效应,测算结果更加准确<sup>[30]</sup>。但是,从实用角度来看,若研究问题仅限于隐含碳的测算和影响因素分析,那么在 MRIO 中使用非竞争型投入产出表,可以获得与 full-MRIO 相同的结果<sup>[31]</sup>。

本文采用 MRIO 模型测算中日贸易隐含碳。根据多区域投入产出法(MRIO)的要求,需考虑考虑中日两国技术差异。换言之,在中日贸易中,对于中国进口隐含碳,需使用日本的投入产出矩阵和直接碳排放系数向量测算其完全碳排放系数向量,再结合进口值得出结果;对于中国出口隐含碳,则使用中国的投入产出矩阵和直接碳排放系数向量测算其完全碳排放系数向量,再结合出口值得出结果。

具体地,在式(4)中,加入上标“y”代表年份,下标“c”和“j”分别代表中国和日本,符号“im”、“ex”和“nex”分别代表中国对日本进口、出口和净出口,则y年中国对日本的进口隐含碳为

$$EC_{im}^y = ECI_j^y \cdot (I - A_j^y)^{-1} Q_{im}^y \cdot S_{im}^y \quad (6)$$

y年中国对日本的出口隐含碳为

$$EC_{ex}^y = ECI_c^y \cdot (I - A_c^y)^{-1} Q_{ex}^y \cdot S_{ex}^y \quad (7)$$

从而,y年中国对日本净出口隐含碳为

$$\Delta EC_{nex}^y = EC_{ex}^y - EC_{im}^y \quad (8)$$

### (二)数据来源与处理

为测算 1995—2009 年中日两国贸易隐含碳,需要中日两国投入产出表、分部门能源消耗数据、分部门工业过程碳排放数据、能源碳排放系数、中日贸易数据、各部门总产值数据以及相关价格指数。

其中,中日两国投入产出表来源于 WIOD 数据库<sup>[32]</sup>非竞争型 35 部门投入产出表;分部门能源消耗数据来源于 WIOD 数据库国家能源消费表(National Energy Use Tables);分部门工业过程碳排放数据来源于 WIOD 数据库 CO<sub>2</sub> 排放统计表(CO<sub>2</sub>Emissions

Tables);能源碳排放系数、燃烧氧化率和净热值来源于 IPCC 编制的《国家温室气体清单指南》(2006);中日贸易数据来源于 OECD STAN 2010 版双边货物贸易数据库<sup>[33]</sup>,仅包括 15 个部门的货物贸易数据;各部门总产值数据来源于 WIOD 数据库非竞争型投入产出表;总产出价格指数和中间产品价格指数来源于 WIOD 数据库社会经济统计表(Socio-Economic Accounts Tables)。

对于这些数据,本文做了以下处理:

1.用中间产品价格指数和总产品价格指数分别将不同年份的投入产出表转换为 1995 年可比价投入产出表,历年部门总产值和出口值以 1995 年为基期进行了价格调整。

2.由于本文使用的投入产出表和贸易数据采取了不同的部门划分,经归并处理,本文将产业部门调整为 31 个(如表 1 所示)。借鉴郭朝先(2010)<sup>[34]</sup>的划分方法,将部门 1 归入农业,部门 2~16 归入工业,部门 17 归入建筑业,部门 18~31 归入服务业。在工业部门中,部门 2、7 和 16 属于能源工业,部门 3~6 属于轻制造业,部门 8~14 属于重制造业,部门 15 属于其他工业。

表 1 产业部门归并结果

代码	行业	代码	行业
1	农、林、牧、渔、水利业	17	建筑业
2	采掘业	18	批发、零售和修理
3	食品、饮料和烟草业	19	酒店餐饮
4	纺织品、皮革和鞋类制造业	20	陆路运输
5	木材加工制造业	21	水路运输
6	纸浆、纸、纸制品、印刷业及出版业	22	航空运输
7	焦炭、精炼石油制品及核燃料业	23	其他辅助运输活动和旅行代理活动
8	化学制品业	24	邮政和电信
9	橡胶和塑料制品业	25	金融业
10	其他非金属矿物制品制造业	26	房地产活动
11	金属冶炼及压延加工业	27	其他商业活动
12	机械设备制造业	28	公共管理和国防;强制性社会保障
13	电气和光学设备制造业	29	教育
14	交通运输设备制造业	30	卫生保健和社会公益事业
15	其他制造业	31	其他社区、社会及个人服务业
16	电力、天然气和水的供应		

## 三、中日贸易隐含碳测算结果分析

### (一)中日贸易隐含碳的总量分析

根据表 2 所示,1995—2009 年中国对日本出口隐含碳整体处于增长的趋势,从 40.78Mt 增长为 152.78Mt,共增长 3.75 倍,年平均增长率为 9.89%。其中,1995—2002 年,出口隐含碳处于缓慢增长阶段,年平均增长率为 3.11%;2002—2007 年,出口隐

表2 1995—2009年中国对日本进出口贸易隐含碳

年份	中国对日本贸易隐含碳/Mt			占中国当年总碳排放的比重/%		
	出口隐含碳	进口隐含碳	净出口隐含碳	出口隐含碳	进口隐含碳	净出口隐含碳
1995	40.78	12.25	28.53	1.33	0.40	0.93
1996	39.89	13.20	26.69	1.26	0.42	0.85
1997	39.45	14.67	24.79	1.28	0.47	0.80
1998	36.98	14.52	22.46	1.15	0.45	0.70
1999	38.29	16.42	21.87	1.24	0.53	0.71
2000	43.56	22.46	21.10	1.40	0.72	0.68
2001	45.22	26.38	18.84	1.44	0.84	0.60
2002	50.53	36.20	14.33	1.50	1.07	0.42
2003	75.06	48.22	26.84	1.93	1.24	0.69
2004	114.00	56.41	57.59	2.47	1.22	1.25
2005	150.72	59.56	91.16	2.97	1.17	1.79
2006	157.69	72.42	85.27	2.85	1.31	1.54
2007	180.77	83.78	96.99	3.03	1.41	1.63
2008	168.50	69.60	98.90	2.63	1.09	1.55
2009	152.78	66.87	85.90	2.28	1.00	1.28

含碳迎来了快速增长，年平均增长率达 29.04%；2007—2009 年，出口隐含碳出现了-8.07%的负增长。

另一方面，中国对日本进口隐含碳从 12.25Mt 增长为 66.87Mt，其变化也可分为 3 个阶段：第 1 阶段，1995—1999 年，隐含碳的增长较为缓慢，年平均增长率仅为 7.60%；第 2 阶段，1999—2007 年，隐含碳大体上平稳增长，年平均增长率为 22.60%；第 3 阶段，2007—2009 年，日本对华出口隐含碳出现了-10.66%的负增长。

综合来看，在中日贸易中，中国一直是隐含碳的净出口国，隐含碳净出口从 1995 年的 28.53Mt 增长为 2009 年的 85.90Mt。在 1995—2002 年，隐含碳净出口以年平均-9.37%的速率递减，占中国当年总碳排放的比例也处于下降阶段；随后在 2002—2005 年，净出口隐含碳迎来年平均增长率高达 85.31%的快速增长，占中国当年总碳排放的比例从 0.42% 上升至 1.79%；进入 2005—2009 年，隐含碳净出口处于波动时期，年平均增长率为-1.47%，占中国当年总碳排放的比例在 1.5% 上下波动。

(二) 中日贸易隐含碳的部门分布

如图 1 和图 2 所示，从中国对日本出口隐含碳的部门分布来看，在直接发生贸易的部门中，增长最为显著的是金属冶炼及压延加工业(部门 11)，特别是在 2002—2007 年，该部门年平均增长率达 34.94%。其次是化学制品业(部门 8)，从 5.38Mt 增长为 12.14Mt。剩下的农林渔牧业(部门 1)、其他非金属矿物制品业(部门 10)及纺织品、皮革和鞋类制造业(部门 4)3 个部门的增长并不显著，测算期内的平均增长率分别为 0.24%、0.16%和 5.10%。此外，

隐含碳出口的部门分布有两个明显变化：一是产业集中趋势加剧，出口隐含碳前五位部门的碳排放占总隐含碳出口的比重由 76.22% 上升至 87.69%；二是工业部门的隐含碳排放比例提高，由 88.66% 增加至 96.03%。

另一方面，中国对日本进口隐含碳前 5 位部门中同样包括金属冶炼及压延加工业(部门 11)、化学制品业(部门 8)和其他非金属矿物制品业(部门 10)。但是，进出口隐含碳的部门分布存在一定的差异，出口隐含碳前五位的部门包括了农业、轻制造业和重制造业，而进口隐含碳前五位的部门则全部是重制造业部门，这一定程度上反映了中日工业化水平差异对隐含碳进出口的影响。

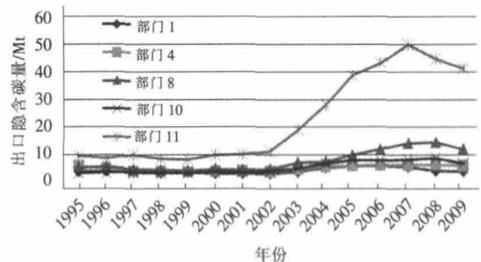


图 1 1995—2009 年中国对日本出口隐含碳前 5 位部门

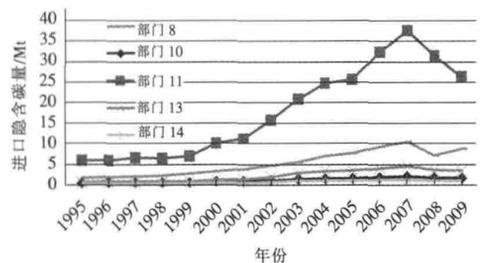


图 2 1995—2009 年中国对日本进口隐含碳前 5 位部门

### 四、中国对日本出口隐含碳变化因素分解

#### (一) 隐含碳变化因素分解的 SDA 模型

结构分解分析(SDA)是一种比较静态方法,其核心思想是将经济系统中的因变量变动分解成为有关自变量各种形式的变动,以追踪一段时期内,各个自变量对因变量变动的的影响程度<sup>[35-36]</sup>。

在实际操作中,按不同的顺序对因素进行分解,会得出不同的结构分解形式,这带来了 SDA 分析结果的不确定性。Dietzenbacher 和 Los(1998)<sup>[37]</sup>证明了,对  $n$  个因素的 SDA 分解,存在  $n!$  种分解形式,将这  $n!$  个分解式加总求平均值,可以分解得到各自变量对应变量影响的精确值。但是,随着  $n$  的增长,这一方法所需的操作会变得非常繁琐。在自变量较多的情况下,两极分解法是一种较为精确的替代方法。根据 Grossman 和 Krueger(1991)<sup>[38]</sup>所建立的环境效应分析框架,可以将贸易隐含碳的影响因素分为结构效应、规模效应和技术效应三个方面,其中结构效应是出口结构变化的影响,规模效应是出口规模变化的影响,技术效应则是部门碳排放强度和

投入产出结构综合变化的影响。考虑到影响因素较多,本文采用两极分解法进行 SDA 分析。

设下标 0,1 分别代表基期和测算期,则考察期内的隐含碳变动  $\Delta EC$  有

$$\Delta EC = EC_1 - EC_0 = ECI_1(I-A_1)^{-1}Q_1S_1 - ECI_0(I-A_0)^{-1}Q_0S_0 \quad (9)$$

对  $\Delta EC$  从基期开始分解,有

$$\Delta EC = \Delta ECI(I-A_0)^{-1}Q_0S_0 + ECI_0\Delta(I-A)^{-1}Q_0S_0 + ECI_1(I-A_1)^{-1}\Delta QS_0 + ECI_1(I-A_1)^{-1}Q_1\Delta S \quad (10)$$

对  $\Delta EC$  从测算期开始分解,有

$$\Delta EC = \Delta ECI(I-A_1)^{-1}Q_1S_1 + ECI_0\Delta(I-A)^{-1}Q_1S_1 + ECI_0(I-A_0)^{-1}\Delta QS_1 + ECI_0(I-A_0)^{-1}Q_0\Delta S \quad (11)$$

取以上两式的算术平均值,有:

$$\Delta EC = 0.5 \cdot [\Delta ECI(I-A_1)^{-1}Q_1S_1 + \Delta ECI(I-A_0)^{-1}Q_0S_0] + 0.5 \cdot [\Delta ECI_1\Delta(I-A)^{-1}Q_0S_0 + ECI_0\Delta(I-A)^{-1}Q_1S_1] + 0.5 \cdot [\Delta ECI_1(I-A_1)^{-1}\Delta QS_0 + ECI_0(I-A_0)^{-1}\Delta QS_1] + 0.5 \cdot [ECI_1(I-A_1)^{-1}Q_1\Delta S + ECI_0(I-A_0)^{-1}Q_0\Delta S] \quad (12)$$

根据各影响因素贡献值与  $\Delta EC$  的关系

$$\Delta EC = f(\Delta ECI) + f(\Delta(I-A)^{-1}) + f(\Delta Q) + f(\Delta S) \quad (13)$$

从而各影响因素贡献值展开式如表 3 所示。

表 3 隐含碳影响因素测算公式

影响因素	贡献值	贡献值展开式
部门碳排放强度	$f(\Delta ECI)$	$0.5 \cdot [\Delta ECI(I-A_1)^{-1}Q_1S_1 + \Delta ECI(I-A_0)^{-1}Q_0S_0]$
投入产出结构	$f(\Delta(I-A)^{-1})$	$0.5 \cdot [\Delta ECI_1\Delta(I-A)^{-1}Q_0S_0 + ECI_0\Delta(I-A)^{-1}Q_1S_1]$
出口规模	$f(\Delta Q)$	$0.5 \cdot [\Delta ECI_1(I-A_1)^{-1}\Delta QS_0 + ECI_0(I-A_0)^{-1}\Delta QS_1]$
出口结构	$f(\Delta S)$	$0.5 \cdot [ECI_1(I-A_1)^{-1}Q_1\Delta S + ECI_0(I-A_0)^{-1}Q_0\Delta S]$

#### (二) SDA 结果分析

采用以上结构分解分析模型,结合上文对中日贸易隐含碳变化阶段的分析,按照隐含碳变化趋势

的不同,分 1995—2002 年、2002—2007 年和 2007—2009 年 3 个时期分析中国对日本出口隐含碳变化的影响因素。具体结果表 4 所示。

表 4 1995—2009 年分时期分部门中国对日本出口隐含碳影响因素分解

时期	影响因素	农业(Kt)	工业/Kt					建筑业/ Kt	服务业/ Kt	影响因素贡 献率/%
			能源工业	轻制造业	重制造业	其他工业	合计			
1995—2002	部门碳排放强度	-1 217.60	531.82	-5 853.12	-9 888.84	-110.52	-15 320.66	2.30	7.27	-169.56
	投入产出结构	-639.80	1 934.38	274.93	-3 638.31	-7.22	-1 436.22	3.16	85.93	-20.38
	出口规模	2 266.39	8 215.37	4 520.37	14 527.62	73.36	27 336.72	10.46	755.66	311.53
	出口结构	-1 183.34	-940.48	-1 666.64	1 637.66	27.02	-942.44	-0.02	20.45	-21.60
2002—2007	部门碳排放强度	94.28	16 837.81	150.92	11 858.02	-52.40	28 794.35	22.63	-181.54	22.06
	投入产出结构	934.73	20 636.23	1 044.35	7 600.93	-1.60	29 279.91	-29.87	-555.94	22.75
	出口规模	2 903.11	29 787.00	4 928.38	28 521.87	72.84	63 310.09	22.20	1390.07	51.92
	出口结构	-1 480.42	944.42	-2 410.76	7 153.29	22.87	5 709.82	0.13	25.56	3.27
2007—2009	部门碳排放强度	-1 538.70	-7 798.62	-692.53	-4 792.80	-2.01	-13 285.97	-5.34	-30.28	53.09
	投入产出结构	153.14	-3 022.56	49.28	-2 760.35	-1.22	-5 734.85	2.12	-193.12	20.62
	出口规模	-94.76	-1 601.46	-181.13	-1 432.04	-2.31	-3 216.94	-0.78	-44.61	11.99
	出口结构	-66.81	-1 463.40	470.60	-2 930.65	-10.70	-3 934.16	0.02	0.47	14.29
1995—2009	部门碳排放强度	-2 662.02	9 571.01	-6 394.73	-2 823.62	-164.93	187.73	19.59	-204.55	-2.37
	投入产出结构	448.08	19 548.05	1 368.56	1 202.27	-10.04	22 108.84	-24.59	-663.13	19.53
	出口规模	5 074.74	36 400.91	9 267.62	41 617.46	143.89	87 429.87	31.88	2101.13	84.50
	出口结构	-2 730.56	-1 459.46	-3 606.80	5 860.30	39.18	833.22	0.13	46.48	-1.65

对于中国出口隐含碳影响因素分解结果,可作如下分析:

1.从1995—2009年整个测算期来看,中国对日本出口隐含碳的影响因素中,出口规模因素的促进作用最大,其贡献值为94.64Mt,贡献率达84.50%;其次是投入产出结构因素,贡献率为19.53%;而部门碳排放强度因素的变化则减少了碳排放,其贡献值为-2.66Mt,贡献率为-2.37%;出口结构的调整也减少了中国对日本隐含碳出口,但减排作用很小,贡献率仅为-1.65%。

2.从各个时期来看,1995—2002年这一时期的时间跨度最长,但对隐含碳变化的贡献率仅为8.7%,而2002—2007年对整个时期的贡献率高达116.29%。在2007—2009年期间,由于2007年底爆发了美国次贷危机,世界经济陷入不景气,中日贸易受到影响,故而这一时期的贡献率为-24.99%。

3.从产业部门分布来看,在农业、工业、建筑业和服务业四大产业中,工业碳排放受各影响因素的作用最为明显,占到了全部碳排放变化的98.72%。其中,重制造业对全部碳排放的贡献率为40.94%,其增长的主要影响因素是出口规模因素,该部门所占碳排放比重的上升反映出中日贸易正逐步由“垂直互补型”向“水平竞争型”转移。值得注意的是,能源工业对全部碳排放的贡献率达57.20%。尽管能源工业并不直接发生对外贸易,但由于该部门的产出是所有其他部门的基本投入,在投入产出中处于核心地位,故而有很大一部分隐含碳来自于这一部门。此外,投入产出结构因素对能源工业碳排放的贡献率达30.51%,这一贡献主要是在2002—2007年期间引起的,表明在这段时期,中国的工业投入产出结构向着整体能耗增加的方向演化。

## 五、结论

本文基于中日技术异质性假定,使用多区域投入产出模型(MRIO),利用WIOD数据库非竞争型投入产出表,对1995—2009年中日贸易隐含碳进行了测算,测算中考虑进了工业生产过程的碳排放和能源消耗碳排放;同时,采用SDA分析,对中日贸易隐含碳的变化进行了因素分解。

1.在1995—2009年期间,中国对日本出口隐含碳从40.78Mt增长为152.78Mt,增长3.75倍,年平均增长率为9.89%;中国对日本进口隐含碳从12.25Mt增长为66.87Mt,增长5.46倍,年平均增长率为12.89%。在此期间,中国一直是对日隐含碳净出口国。在1995—2002年期间,净出口以年平均-9.37%的速率递减;在2002—2005年期间,隐含碳出口的年平均增长率达85.31%;进入2005—2009年期间,隐含碳净出口处于波动时期,年平均增长率为-1.47%。

2.在测算期内,中国对日本出口隐含碳的部门分布有两个明显变化:一是产业集中趋势加剧,出口隐含碳前5位部门的碳排放占总隐含碳出口的比重由76.22%上升至87.69%;二是工业部门的隐含碳排放比例提高,由88.66%增加至96.03%。进口隐含碳的部门分布较为稳定,主要的变化是化学制品业的隐含碳进口由12.71%上升至21.28%。

3.使用SDA分析1995—2009年中国对日本出口隐含碳的增长,发现各因素的贡献率由高到低,依次是:出口规模、投入产出结构、部门碳排放强度和出口结构。其中,出口规模和投入产出结构的贡献率为正,部门碳排放强度和出口结构的贡献率为负。

## 参考文献:

- [1] Wyckoff A W, Roop J M. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: Implications for international agreements on greenhouse gas emissions[J]. Energy policy, 1994, 22(3): 187-194.
  - [2] Schaeffer R, De Sá A. The embodiment of carbon associated with Brazilian imports and exports [J]. Energy Conversion and Management, 1996, 37(6): 955-960.
  - [3] Kondo Y, Moriguchi Y, Shimizu H. CO<sub>2</sub> emissions in Japan: influences of imports and exports [J]. Applied energy, 1998, 59(2): 163-174.
  - [4] Munksgaard J, Pedersen K A. CO<sub>2</sub> accounts for open economies: producer or consumer responsibility? [J]. Energy policy, 2001, 29(4): 327-334.
  - [5] Ahmad N, Wyckoff A. Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods[R]. OECD Publishing, 2003.
  - [6] Peters G, Davis S, Andrew R. A synthesis of carbon in international trade[J]. Biogeosciences, 2012, 9(8): 3247-3276.
  - [7] 丛晓男, 王铮, 郭晓飞. 全球贸易隐含碳的核算及其地缘结构分析[J]. 财经研究, 2013(1): 013.
  - [8] Sánchez-Chóliz J, Duarte R. CO<sub>2</sub> emissions embodied in international trade: evidence for Spain [J]. Energy Policy, 2004, 32(18): 2199-2214.
- 2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

- 1999-2005.
- [9] Kratena K H, Meyer I. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Austria. the role of energy efficiency and fuel substitution [J]. WIFO Monatsberichte (monthly reports), 2007, 80(11): 893-907.
- [10] Dietzenbacher E, Pei J, Yang C. Trade, production fragmentation, and China's carbon dioxide emissions[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2012.
- [11] Su B, Ang B. Input-output analysis of CO<sub>2</sub> emissions embodied in trade: Competitive versus non-competitive imports[J]. Energy Policy, 2013.
- [12] Shui B, Harriss R C. The role of CO<sub>2</sub> embodiment in US-China trade[J]. Energy policy, 2006, 34(18): 4063-4068.
- [13] Xu M, Allenby B, Chen W. Energy and air emissions embodied in China-US trade: eastbound assessment using adjusted bilateral trade data[J]. Environmental science & technology, 2009, 43(9): 3378-3384.
- [14] 吴英娜, 姚静. 中美进出口贸易中隐含碳的研究——基于贸易污染条件的分析[J]. 宏观经济研究, 2012(12): 86-92.
- [15] Li Y, Hewitt C. The effect of trade between China and the UK on national and global carbon dioxide emissions[J]. Energy Policy, 2008, 36(6): 1907-1914.
- [16] 闫云凤, 赵忠秀, 王苒. 中欧贸易隐含碳及政策启示——基于投入产出模型的实证研究[J]. 财贸研究, 2012, 2: 014.
- [17] 齐晔, 李惠民, 徐明. 中国进出口贸易中的隐含能估算[J]. 中国人口·资源与环境, 2008, 18(3): 69-69.
- [18] Davis S J, Caldeira K. Consumption-based accounting of CO<sub>2</sub> emissions[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2010, 107(12): 5687-5692.
- [19] Yunfeng Y, Laike Y. China's foreign trade and climate change: a case study of CO<sub>2</sub> emissions[J]. Energy Policy, 2010, 38(1): 350-356.
- [20] Du X, Dong F, Hayes D J, et al. Assessment of environmental impacts embodied in US-China and US-India trade and related climate change policies[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2011, 93(2): 537-544.
- [21] Liu X, Ishikawa M, Wang C, et al. Analyses of CO<sub>2</sub> emissions embodied in Japan-China trade[J]. Energy Policy, 2010, 38(3): 1510-1518.
- [22] Dong Y, Ishikawa M, Liu X, et al. An analysis of the driving forces of CO<sub>2</sub> emissions embodied in Japan-China trade[J]. Energy Policy, 2010, 38(11): 6784-6792.
- [23] 王菲, 李娟. 中国对日本出口贸易中的隐含碳排放及结构分解分析[J]. 经济经纬, 2012, 4: 016.
- [24] Ipcc. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories[R]. IGES, Japan, 2006.
- [25] 张晓平. 中国对外贸易产生的 CO<sub>2</sub> 排放区位转移分析[J]. 地理学报, 2009, 64(2): 234-242.
- [26] 陈红敏. 包含工业生产过程碳排放的产业部门隐含碳研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(3).
- [27] 沈利生, 吴振宇. 出口对中国 GDP 增长的贡献[J]. 经济研究, 2003, 11: 33-41.
- [28] Lenzen M, Pade L-L, Munksgaard J. CO<sub>2</sub> multipliers in multi-region input-output models[J]. Economic Systems Research, 2004, 16(4): 391-412.
- [29] Peters G P, Hertwich E G. Pollution embodied in trade: the norwegian case[J]. Global Environmental Change, 2006, 16(4): 379-387.
- [30] Turner K, Lenzen M, Wiedmann T, et al. Examining the global environmental impact of regional consumption activities—Part 1: a technical note on combining input-output and ecological footprint analysis[J]. Ecological Economics, 2007, 62(1): 37-44.
- [31] Wiedmann T. A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting[J]. Ecological Economics, 2009, 69(2): 211-222.
- [32] WIOD. The world input output database[EB/OL]. (2012-10-01) [2013-05-11]. <http://www.wiod.org/database/index.htm>.
- [33] OECD. OECD STAN Database[EB/OL]. (2011-11-20) [2013-04-23]. <http://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=32186>.
- [34] 郭朝先. 中国二氧化碳排放增长因素分析——基于 SDA 分解技术[J]. 中国工业经济, 2010, 12: 47-56.
- [35] 李景华. SDA 模型的加权平均分解法及在中国第三产业经济发展分析中的应用[J]. 系统工程, 2004, 9(265): 69-73.
- [36] 张华初. 中国就业结构演变的 SDA 分析[J]. 中国人口科学, 2008(2): 42-49.
- [37] Dietzenbacher E, Los B. Structural decomposition techniques: sense and sensitivity[J]. Economic Systems Research, 1998, 10(4): 307-324.
- [38] Grossman G M, Krueger A B. Environmental impacts of a North American free trade agreement[R]. National Bureau of Economic Research, 1991.

(下转第 26 页)

# Environmental Technology, Environmental Regulation and Whole Process Management

## —Evidence from Comparison between 10th and 11th FYP

ZHANG Pingdan<sup>1</sup>, HE Xiaoming<sup>2</sup>

(1. School of Economics and Business Administration, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** Since the “11th Five-Year Plan (FYP)”, Chinese government puts forward to promote the transformation from end governance to source and whole process management in the field of manufacturing industry. From the perspective of whole process management, the study divides industrial dust emission intensity into source prevention, process control and end treatment of three parts by the Logarithmic Mean Di’s Decomposition method (LMDI), and examined the implementation effect of the whole process management from the 10th to the 11th FYP. The study found that, China is undergoing the transformation from end governance to whole process management from the 10th to the 11th FYP, and the areas that have implemented whole process management increased from 8 during the period of the 10th FYP to 18 during the 11th, whose effectiveness can be attributed to different reasons. Especially, the contribution of source prevention increased significantly. Unlike the 10th FYP period, the effectiveness of industrial dust whole process management is primarily attributable to the increase in environmental technology transfer and the strengthening of environmental law enforcement, its effectiveness in the 11th FYP period is mainly attributable to the implementation of the independent innovation of environmental technology. Therefore, it is necessary to play the leading role of environmental technology and promote the transformation of pollution control from end governance to whole process management.

**Key words:** environmental technology; environmental regulation; whole process management; industrial dust; logarithmic mean division index

[责任编辑:孟青]

—————  
(上接第 18 页)

# The Calculation and Analysis of Embodied Carbon in China-Japan Trade : Based on the Technical Heterogeneity Assumption

ZHAO Yuhuan, WANG Song

( School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

**Abstract:** By using the technical heterogeneity assumption and non-competitive input-output tables extracted from WIOD database, this article estimates the embodied carbon in China-Japan trade during 1995—2009, which is generated from energy consumption and industrial production process, with a multi-region input-output model. Furthermore, by employing the structure decomposition analysis (SDA) approach, this article analyzes the driving forces of embodied carbon in exports from China to Japan during 1995—2009. The result shows that, in trade with Japan, the embodied carbon in China’s exports increased from 40.78Mt to 152.78Mt, the embodied carbon in China’s imports increased from 12.25Mt to 66.87Mt, and the net embodied carbon exports increased from 28.53Mt to 85.91Mt. With SDA analysis, this article also finds that the scale effect had a large influence on the increase of carbon embodied in China’s exports, and the technical effect is the primary cause in the decreasing of embodied carbon, while the influence of the structure effect is relatively small.

**Key words:** technical heterogeneity; china-japan trade; carbon emissions embodied in trade; Input-output analysis; structure decomposition analysis

[责任编辑:箫姚]