

# 中国贸易含碳量及其影响因素

## ——基于(进口)非竞争型投入-产出表的分析

张友国\*

**摘要** 本文基于(进口)非竞争型投入-产出表估算了1987—2007年中国的贸易含碳量及其部门分布和国别(地区)流向,并通过结构分解分析了六大因素对其变化的影响。结果表明,2005年以来中国已经成为碳的净输出国。贸易含碳量的迅速增加主要是由贸易规模的增长带来的,不断降低的部门能源强度则是抑制其增加的主要因素,而进出口产品结构、投入结构、能源结构及碳排放系数的变化对其影响较小。

**关键词** 贸易,碳排放,投入-产出分析

### 一、引言

当前,气候变化已经成为社会各界普遍关注的环境问题。Wyckoff and Roop (1994)指出,随着《京都议定书》的签署,有温室气体减排任务的国家可能通过增加从无减排义务国家的商品进口,并减少本国生产而完成自己的减排任务。因而贸易的增加可能造成碳泄露(carbon leakage),并导致全球温室气体排放的不断增加。这一问题引起了不少研究者的关注。20世纪90年代中期以来,有关贸易含碳量(carbon embodied in trade)的实证分析文献也迅速增加,如Wyckoff and Roop (1994)、Ahmed and Wyckoff (2003)对多个国家贸易含碳量的研究,Machado (2001)对巴西贸易含碳量的估计,Rheeh and Chung (2006)对韩日双边贸易含碳量的分析。

在以往有关贸易含碳量的研究中,投入-产出模型是最主要的分析工具,因为它能够有效地将碳排放与包括出口在内的最终需求结合起来,并能充分刻画经济系统中产业之间的相互关联性。同时,大部分研究都是基于单区域投入-产出模型而不是多区域投入-产出模型展开的,这可能是因为大部分研究者的分析都是针对单个区域的贸易含碳量展开的,而单区域模型更适合刻

\* 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所,中国社会科学院环境与发展研究中心。通信地址:北京市建国门内大街5号,100732;电话:(010)85195713;E-mail: Zhyouguo@cass.org.cn。本文为中国社会科学院重点课题“中国对外贸易中的环境成本:评估与政策研究”(编号:0700000470)的最终研究成果之一。作者感谢两位评阅人对本文的评论和富于建设性的修改意见,当然文责自负。

画贸易对单个特定地区碳排放的影响,多区域模型则更适合刻画贸易对多个地区碳排放的影响。因此,本文也采用单区域投入-产出模型来研究中国的贸易含碳量。

由于近年来中国的经济发展十分迅速,随之而来的能源消耗和二氧化碳排放量也急剧上升。而同时,中国的经济增长模式又具有十分明显的外向型特征,这已使中国成为公认的“世界工厂”。因而近年来对中国的贸易含碳量进行实证分析的文献也迅速增加。其中大部分文献<sup>1</sup>的结果都表明中国已经成为一个“碳净输出国”,即出口含碳量(carbon embodied in exports)明显大于进口含碳量(carbon embodied in imports)或进口节碳量(carbon avoided by imports)。

无论是假定进口商品与国产品的生产具有相同的技术,还是采用对各国碳排放强度的估计数据,Ahmed and Wyckoff(2003)的估算都表明,1997年中国的出口含碳量要明显高于进口含碳量。Wang and Watson(2007)发现,2004年中国净出口的CO<sub>2</sub>为1109百万吨(MT)。根据Pan *et al.*(2008)的估算,2002年中国净出口的CO<sub>2</sub>为623 MT。姚愉芳等(2008)估计2005年中国的出口含碳量比进口节碳量多出664 MT CO<sub>2</sub>。齐晔等(2008)的保守估计和乐观估计也都表明,1997—2006年中国是一个碳净输出国。而最近,Yan and Yang(2010)的估计表明,1997—2007年中国的出口含碳量相当于当年中国碳排放量的10.03%—26.54%,而进口含碳量与之相比则只有4.04%(1997)和9.05%(2007)。Lin and Sun(2010)的估计也表明,2005年中国的出口含碳量为3357 MT CO<sub>2</sub>,明显大于进口节碳量2333 MT CO<sub>2</sub>。

已有的文献还表明,在与主要贸易伙伴所进行的双边贸易中,中国也是一个碳净输出国。Shui and Harriss(2006)的估计表明,中国经由出口向美国输出的CO<sub>2</sub>从1997年的213 MT攀升至2003年的497 MT,而美国向中国输出的CO<sub>2</sub>则很少。Li and Hewitt(2008)发现,2004年中英贸易中,中国的出口含碳量为186 MT CO<sub>2</sub>,而英国的出口含碳量只有2.3 MT CO<sub>2</sub>。王文中和程永明(2006)以及Liu *et al.*(2010)发现,在中日双边贸易中,中国的出口含碳量也远远高于日本。

值得指出的是,目前大多数有关中国贸易含碳量估计的研究都是基于(进口)竞争型投入-产出表,即区分了中间投入和最终需求中的国产品和进口品的投入-产出表(如表1所示)来估计中国的贸易含碳量的。这意味着大部分实证研究都忽略了中间投入中进口对其结果的影响。不过,也有少数研究者如Weber *et al.*(2008)、姚愉芳等(2008)以及Lin and Sun(2010)采

<sup>1</sup> 从已有文献来看,似乎仅Weber *et al.*(2008)估计的结果表明,1987—2005年中国的出口含碳量明显低于进口节碳量。

用了（进口）非竞争型投入-产出表对中国贸易含碳量进行估计。

与 Weber *et al.* (2008)、姚愉芳等 (2008) 以及 Lin and Sun (2010) 类似，本文对中国贸易含碳量的估计也是基于（进口）非竞争型投入-产出表展开的。然而，与 Weber *et al.* (2008) 以及 Lin and Sun (2010) 不同的是，本文区分了不同贸易方式下进口品的用途而他们似乎没有做这样的处理。与姚愉芳等 (2008) 以及 Lin and Sun (2010) 不同的是，本文的研究时期为 1987—2007 年，而他们只估计了 2005 年中国的贸易含碳量。

还要指出的是，在上述文献中，仅 Yan and Yang (2010) 对中国贸易含碳量的变化进行了结构分解。不过，Yan and Yang (2010) 仅采用 1997 年的中国投入产出表和相关的消费者价格指数来估计 1997—2007 年中国各部门的碳排放乘数及相应的贸易含碳量，而没有充分利用其余年份（包括 2002 年、2005 年以及 2007 年）的投入-产出表，因而他们仅区分了贸易规模、贸易结构以及各部门碳排放乘数三种因素的变化对中国贸易含碳量的影响，而不能进一步将碳排放乘数细分为能源强度、能源结构以及中间投入产出技术等重要政策变量。而识别这些因素的影响对于理解中国贸易含碳量的变化及形成相关的政策具有重要参考价值。为此，本文在中国国家统计局公布的投入-产出表的基础上编制了 1987—2007 年中国的可比价（进口）非竞争型投入-产出表，利用这些表对贸易的碳排放影响进行了估计，并对其变化进行了结构分解（structural decomposition analysis, SDA）。

本文后续部分安排如下：第二部分简要阐述了单区域与多区域投入产出模型的差异、本文采用的贸易含碳量估算模型和结构分解方法以及数据处理过程；第三部分报告了实证分析的结果，包括历年中国贸易含碳量的规模、部门分布、主要国别（地区）流向、六大因素对贸易含碳量变化的影响以及与已有研究的比较；第四部分为本文的结论与讨论部分，主要结合实证分析的结果讨论了中国的贸易含碳量与碳排放责任、贸易增长模式和贸易格局的关系，并提出了控制贸易含碳量的相关政策建议。

## 二、研究方法 with 数据

如引言中所述，在有关贸易的环境影响研究中，投入-产出模型是主流的分析工具。受数据的限制，大部分研究都是基于单区域投入-产出模型展开的，当然也有部分研究者编制了多区域的投入-产出模型来估算贸易含碳量（如 Peters and Hertwich, 2006）。单区域的投入-产出模型一般假定进口品也按本地区的技术生产，因而这种模型更适合估算进口国通过进口所节约的本地区的碳排放量（进口节碳量）。而采用多区域的投入-产出模型时，进口品的碳排放影响根据原产地的技术估算，此时估算的是进口品原产地为生产这些产品所产生的碳排放（进口含碳量）。因此，采用这两类模型所计算的进口

的碳排放影响具有不同的含义。总的来说,多区域投入-产出模型能更准确地估算贸易对全球或多个地区的碳排放所产生的影响,而单区域投入-产出模型则更适合评价贸易对单个地区的碳排放所产生的影响。因而,与大多数同类研究类似,本文的研究也是基于单区域投入-产出模型展开的。

表1 (进口)非竞争型经济-能源-环境投入产出简表

	中间使用	最终使用			进口	总产出
		国内需求	出口	合计		
国产品中间投入	$A_d X$	$Y_{dd}$	$Y_{ed}$	$Y_d$		$X$
进口品中间投入	$A_m X$	$Y_{dm}$	$Y_{em}$	$Y_m$	$X_m$	
增加值	$V$					
总投入	$X$					
能源消费	$FEX$					
碳排放	$CFEX$					

### (一) 贸易含碳量的测度模型

投入-产出模型的核心是投入-产出系数矩阵  $A$ , 它的每一列代表了一个经济部门的投入-产出“技术”。在(进口)非竞争型投入-产出模型(如表1所示)中,  $A$  被拆分成两部分  $A_d$  和  $A_m$ , 分别用来表示部门间产品投入要求中的国产品和进口品技术系数, 即  $A = A_d + A_m$ 。假定整个经济系统包括  $n$  个部门, 每个部门终端消耗的能源可划分为  $g$  种, 能源消耗与产出成比例 (Copeland *et al.*, 2004)。则国产品的最终需求与生产部门碳排放总量  $Q$  之间的关系可表述为

$$Q = Q(C, F, E, L, Y_d) = CFELY_d, \quad (1)$$

其中,  $C$  是  $1 \times g$  阶行向量, 其元素  $c_k$  表示第  $k$  种能源的碳排放系数;  $F$  是  $g \times n$  阶能源结构矩阵, 其元素  $f_{rj}$  表示部门  $j$  消耗的第  $r$  种能源占部门  $j$  消耗的能源总量的比重;  $E$  是  $n \times n$  阶对角矩阵, 其对角元素  $e_{ii}$  表示部门  $i$  的直接产出能源强度;  $L = (I - A_d)^{-1}$ , 就是 Leontief 逆矩阵, 它反映了各个部门最终使用对其他部门产品的完全消耗情况;  $Y_d$  为国产品最终需求向量。 $Y_d$  可以进一步拆分为

$$Y_d = Y_{dd} + Y_{ed}, \quad (2)$$

其中,  $Y_{dd}$  为国产品的国内需求向量, 包括消费和固定资本形成;  $Y_{ed}$  为出口向量。

本文将出口引起的碳排放定义为出口含碳量。根据(1)式, 出口含碳量可表述为

$$Q_e = Q_e(C, F, E, L, Y_{ed}) = CFELY_{ed}. \quad (3)$$

令  $S_e$  为  $n \times 1$  阶出口的产品结构矩阵, 其元素  $s_{ej}$  表示来自行业  $j$  的国产品价值在最终需求中的比重;  $y_{ed}$  为国产品出口总量。则出口含碳量的估计式可进一步表示为

$$Q_e = Q_e(C, F, E, L, S_e, y_{ed}) = CFELS_e y_{ed}. \quad (4)$$

由于进口产品的间接消耗发生在外国，而各国的产业结构和技术水平有差别，这意味着进口产品与国内产品的碳密集程度是存在差异的。但受数据限制，一般的研究都普遍假设进口产品是进口国的技术生产的，显然这与实际情况有差异。不过，如果把进口的环境影响理解为节约本国的能源消耗和减少本国的污染排放，则这样的处理方式也是合理的。因而，令中国进口品总量为  $x_m$ ，进口的产品结构向量为  $S_m$ ，就可得到进口节碳量（因进口而节约的碳排放）

$$Q_m = Q_m(C, F, E, L, S_m, x_m) = CFELS_m x_m. \quad (5)$$

它反映了中国以外的世界其他国家为生产这些产品所付出的环境代价。

在上述基础上，本文定义净贸易含碳量为出口含碳量和进口节碳量的差，即

$$Q_n = Q_e - Q_m. \quad (6)$$

此外，根据上述方法还可以估算各个部门的贸易含碳量以及中国同特定国家（地区）的双边贸易含碳量。

## （二）贸易含碳量变化的结构分解

令第  $t$  期的出口含碳量为  $Q_{e,t}$ ，第  $t-1$  期的碳排放总量为  $Q_{e,t-1}$ 。两个时期出口含碳量的变化为  $\Delta Q_e = Q_{e,t} - Q_{e,t-1}$ 。则可根据（4）式对  $\Delta Q_e$  进行增量分解如下：

$$\Delta Q_e = Q_e(\Delta C) + Q_e(\Delta F) + Q_e(\Delta E) + Q_e(\Delta L) + Q_e(\Delta S_e) + Q_e(\Delta y_{ed}). \quad (7)$$

同理可根据（5）式对两个时期进口节碳量的变化  $\Delta Q_m$  进行增量分解如下：

$$\Delta Q_m = Q_m(\Delta C) + Q_m(\Delta F) + Q_m(\Delta E) + Q_m(\Delta L) + Q_m(\Delta S_m) + Q_m(\Delta x_m), \quad (8)$$

其中  $\Delta$  表示相应因素的变化。利用（7）式和（8）式便可识别各种因素变化对出口含碳量和进口含碳量变化的影响。而需要指出的是，（7）式和（8）式的具体形式并不是唯一的。Dietzenbacher and Los (1998) 证明，如果一个变量的变化由  $n$  个因素决定，那么从不同的因素开始分解将得到不同的分解方程，这意味着该变量的变化分解形式共有  $n!$  个。他们认为用上述  $n!$  个分解方程中每个因素的变化对应变量影响的平均值来衡量该因素的变化对应变量的影响是合理的（关于此方法的详细描述见 Dietzenbacher and Los, 1998）。本文按他们的方法计算了各因素对应变量的上述所有可能影响值，并取它们的均值来衡量各因素对应变量的影响。

## （三）数据处理

本文的数据处理与张友国（2009）、Zhang（2009）以及 Zhang（2010）

类似,主要包括三个方面:一是将中国国家统计局编制的1987—2007年的投入-产出表<sup>2</sup>转变为可比价格投入-产出表。考虑到经济数据与能源数据的匹配性,本文通过部门合并,先将这些投入-产出表转化为26个部门的投入-产出表序列。<sup>3</sup>然后,本文采用双重平减(double deflation)方法(United Nations, 1999)将这些表转化为以2002年的价格为基准核算的可比价投入-产出表。所用到的价格指数主要是历年《中国统计年鉴》中的各种价格指数和中国海关总署编制的《中国对外贸易指数》。

二是将上述可比价投入-产出表转化为(进口)非竞争型投入-产出表。因为在中国国家统计局历年所公布的投入-产出表中,中间使用和最终使用实际都是国内产品和进口产品的合成品。因而为了避免夸大各种最终使用的环境影响,需要使用区分了国内产品和进口产品的(进口)非竞争型投入-产出表。不过,本文没有像Weber *et al.* (2008)那样直接按比例将进口从中间投入和最终需求中分离出来,而是采取如下方法:首先,本文分离出口中的进口品价值,即没有进入国内生产循环的、以保税仓库进出境货物和保税仓储转口贸易方式出口的货物价值。其次将加工贸易进口设备、外商投资企业作为投资进口的设备、物品以及出口加工区进口设备的价值主要归入固定资本形成。然后将扣除了上述保税进口产品价值和设备类进口产品价值的其余进口产品价值,采取按比例拆分的方法分摊到中间使用和最终使用中(不包括出口)。此外,本文将保税方式下进口的货物价值从进口中扣除,以免夸大进口对中国碳排放的影响。具体方法参见张友国(2009)。

三是估计了各部门的碳排放数据。这一估计是根据历年《中国能源统计年鉴》中公布的各行业所消耗的能源数据展开的,所涉及的能源共有十九种(如下文图6所示)。估计过程中所采用的各种燃料平均热值数据来自《中国能源统计年鉴2008》;碳排放系数主要来自IPCC(1996)和胡秀莲等(2001)。

### 三、实证分析

本部分报告了1987—2007年中国总的贸易含碳量、分部门的贸易含碳量、贸易含碳量的主要国别(地区)流向、六种因素对贸易含碳量变化的影响,并与已有研究进行了比较。如无特别说明,本部分所有数据均为作者估计,相应图表则根据作者估计的数据绘制。

<sup>2</sup> 由于2000年的投入-产出表只有17个部门,故本文未予采用。

<sup>3</sup> 要指出的是,国家统计局公布的1987—1995年的投入-产出表中最终需求部分没有出口和进口列,只有净出口列。本文根据李强和薛天栋(1998)编制的可比价投入-产出表估计了出口与总产出的比例,并用这些比值估计了1987—1995年农业和第二产业各部门的出口和进口。同时,根据历年《中国统计年鉴》中《中国国际收支平衡表》的有关服务贸易数据和世界贸易组织公布的中国服务贸易数据估计了各种服务的出口和进口。

### (一) 总贸易含碳量及其变化

如表2所示,伴随着出口的快速增长,1987—2007年中国的出口含碳量呈现持续快速增长的态势。分阶段来看,1987—2002年,出口含碳量从66.31百万吨碳当量(MTC)增加至205.99 MTC,增加了139.68 MTC,年均增长率为7.85%。而2002—2005年,出口含碳量又增加了216.01 MTC,从而达到2005年的422.01 MTC,年均增长率高达27.01%。不过,2005—2007年出口含碳量只增加了55.57 MTC,年均增长率也只有6.38%。而随着出口含碳量的持续增加,出口含碳量在全国生产部门碳排放总量中的比重也不断上升,从1987年的13.99%上升到2007年的32.04%。由此可见,出口对中国碳排放的影响力在不断增强,目前出口已经成为影响中国碳排放的一个不可忽视的因素。

表2 历年中国的贸易量(亿元)和贸易含碳量(MTC)

年份	出口	进口(亿元)	出口含碳量	进口节碳量	净贸易含碳量
1987	4 224.94 (11.82%)	4 173.92 (11.68%)	66.31 (13.99%)	104.12 (21.97%)	-37.81 (-7.98%)
1990	5 798.49 (14.83%)	4 276.89 (10.93%)	97.03 (18.65%)	103.47 (19.88%)	-6.43 (-1.24%)
1992	7 634.12 (14.98%)	7 696.95 (14.83%)	118.58 (20.31%)	148.85 (25.50%)	-30.27 (-5.19%)
1995	10 351.17 (14.82%)	13 987.48 (20.03%)	156.35 (20.16%)	255.64 (32.96%)	-99.28 (-12.80%)
1997	14 067.91 (16.72%)	14 417.20 (17.13%)	169.07 (21.01%)	222.00 (27.59%)	-52.93 (-6.58%)
2002	30 562.35 (21.77%)	25 380.44 (18.08%)	205.99 (25.07%)	207.73 (25.28%)	-1.73 (-0.21%)
2005	65 209.66 (30.19%)	46 132.18 (21.36%)	422.01 (33.59%)	339.57 (27.03%)	82.44 (6.56%)
2007	88 052.84 (30.92%)	48 564.49 (17.05%)	477.58 (32.04%)	278.07 (18.65%)	199.50 (13.98%)

注:表中结果据(4)式和(5)式计算。贸易量按第二部分的方法以2002年价格计算。第2列和第3列括号内为贸易量与总需求的比值;第4列至第5列括号内为各类含碳量与生产部门碳排放总量的比值。

在出口含碳量不断增加的同时,中国的进口节碳量总体上也随着进口的增加而有较大幅度的增加,这意味着进口使中国节约了大量的碳排放。其中,1987—2002年进口节碳量从104.12 MTC增加至207.73 MTC,年均增加4.71%。2002—2005年进口节碳量的增长速度也明显上升,年均增加17.80%;2005年进口节碳量达到整个研究时期的峰值339.57 MTC。不过2005—2007年进口含碳量却以年均9.51%的速度下降,2007年回落至278.07 MTC。与此同时,进口含碳量相当于全国生产部门碳排放的比重先从

1987年的21.97%上升至1995年的32.96%；1997年至2005年这一比重维持在25.28%—27.59%；而后这一比重明显下降，2007年降至最低值(18.65%)。

将出口含碳量与进口节碳量比较可知，1987—2002年中国的出口含碳量一直低于进口节碳量，净贸易含碳量为负值。这意味着这几年中国的贸易含碳量处于某种“逆差”状态，或者说中国通过贸易总体上节约了碳排放。1995年这一“逆差”达到峰值—99.28 MTC，相当于生产部门碳排放的—12.80%。不过，由于出口含碳量的增长快于进口节碳量，1995年以后上述“逆差”逐渐缩小。2002年出口含碳量与进口节碳量基本持平。2005年中国的贸易含碳量已经由“逆差”变为“顺差”。而且这一“顺差”值增长十分迅速，2007年时已经达到164.31 MTC，相当于全国生产部门碳排放总量的13.98%。

## (二) 贸易含碳量的部门分布及其变化

表3显示了1987—2007年分部门的出口含碳量。从三次产业的出口含碳量来看，在整个研究期内，第二产业的出口含碳量始终远远超过第一和第三产业的出口含碳量。1987年第二产业的出口含碳量为56.82 MTC，约占当年出口含碳量的85.69%；2007年达到429.54 MTC，其份额也进一步上升至89.94%。第三产业的出口含碳量也呈现不断增加的态势——从1987年的6.16 MTC增加至2007年的46.11 MTC。不过其份额变化较小，仅从1987年的9.28%上升至2007年的9.65%。相对而言，第一产业(农业)的出口含碳量始终很小，而且在整个研究期内有所下降——从1987年的3.33 MTC下降至2007年的1.92 MTC。其份额也相应地从5.02%下降至0.40%。

表3 1987—2007年分部门的出口含碳量(MTC)

部门	1987	1990	1992	1995	1997	2002	2005	2007
第一产业	3.33	3.64	2.64	2.14	2.03	1.90	2.02	1.92
第二产业合计	56.82	85.75	105.18	143.93	147.69	175.72	376.16	429.54
采掘业合计	5.01	5.35	4.40	6.37	4.77	3.94	5.06	2.95
制造业合计	51.81	80.39	100.77	136.10	141.89	170.47	369.24	423.56
电力、热力的生产和供应业	0.01	0.01	0.01	0.51	0.73	0.50	0.43	0.40
建筑业	0.00	0.00	0.00	0.95	0.30	0.81	1.43	2.63
第三产业合计	6.16	7.64	10.76	10.28	19.35	28.37	43.83	46.11
总计	66.31	97.03	118.58	156.35	169.07	205.99	422.01	477.58

注：表中结果据(4)式计算。

在整个研究期内，第二产业的出口含碳量主要由制造业的出口含碳量构成。1987年至2007年制造业的出口含碳量从51.81 MTC增加至423.56 MTC，其在第二产业出口含碳量中的份额相应地从91.18%上升至98.61%。而采掘



业、电力、热力的生产和供应业以及建筑业的出口含碳量合计所占的份额则从1987年的8.82%下降至2007年的1.39%。

制造业内，通信设备、计算机及其他电子设备制造业的出口含碳量从1987年的1.67 MTC增加至2007年的63.02 MTC，增加了61.35 MTC，是所有26个细分部门中出口含碳量增幅最大的（如图1所示）。金属冶炼及压延加工业的出口含碳量从1987年的5.48 MTC增加至2007年的58.88 MTC，增幅为53.41 MTC，居其次。化学工业的出口含碳量从1987年的7.88 MTC增加至2007年的56.09 MTC，增幅为48.21 MTC，位居第三。且2007年上述三个部门的出口含碳量在26个细分部门中也已依次位居前三。整个研究期间，出口含碳量增幅较大的部门还有电气、机械及器材制造业（39.92 MTC）、纺织业（37.01 MTC）、通用及专用设备制造业（25.49 MTC）和金属制品业（22.67 MTC）。

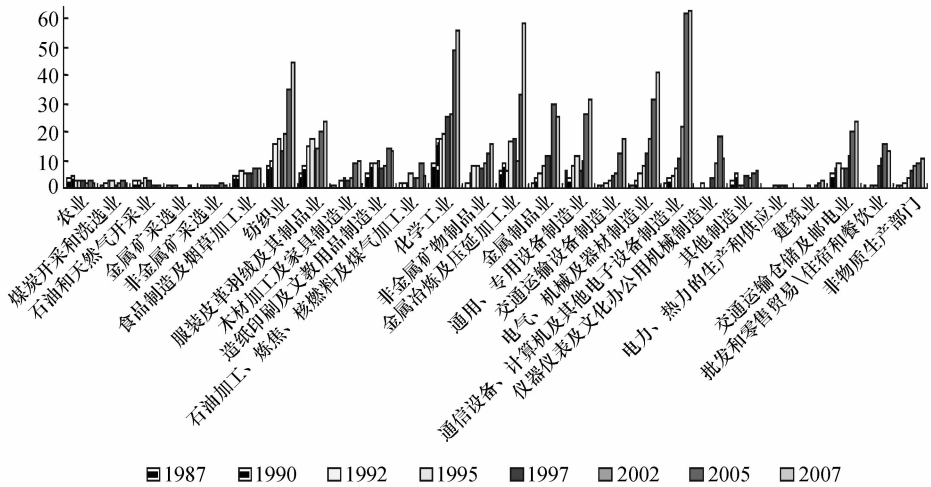


图1 1987—2007年分部门的出口含碳量

在整个研究期内，进口节碳量的部门构成与出口含碳量非常类似，也主要来自第二产业的进口节碳量，而其中又以制造业的进口节碳量为主（如表4所示）。制造业中的化学工业、金属冶炼及压延加工业、通用及专用设备制造业、交通运输设备制造业、电气、机械及器材制造业以及通信设备、计算机及其他电子设备制造业的进口节碳量在整个研究期内一直位居26个细分部门进口节碳量的前列，且有不同程度的增加（如图2所示）。这与出口含碳量的部门构成也比较类似。

不过，制造业的进口节碳量与制造业的出口含碳量在变化上有所不同。如前所述，制造业的出口含碳量在整个研究期内持续增加，而制造业的进口节碳量在经历了1987—2005年的持续增加后，在2005—2007年间出现较明显

表4 1987—2007年分部门的进口节碳量(MTC)

部门	1987	1990	1992	1995	1997	2002	2005	2007
第一产业	1.25	1.32	1.15	3.01	1.81	2.64	5.01	5.41
第二产业合计	102.59	101.52	138.82	244.35	215.67	197.31	309.79	253.91
采掘业合计	1.32	2.11	2.75	6.53	9.42	14.22	16.38	35.34
制造业合计	101.11	99.18	135.60	236.78	205.62	182.36	292.34	217.04
电力、热力的生产和供应业	0.16	0.24	0.47	0.04	0.00	0.10	0.17	0.11
建筑业	0.00	0.00	0.00	1.00	0.62	0.62	0.89	1.42
第三产业合计	0.28	0.63	8.88	8.28	4.52	7.78	24.77	18.75
总计	104.12	103.47	148.85	255.64	222.00	207.73	339.57	278.07

注:表中结果据(5)式计算。

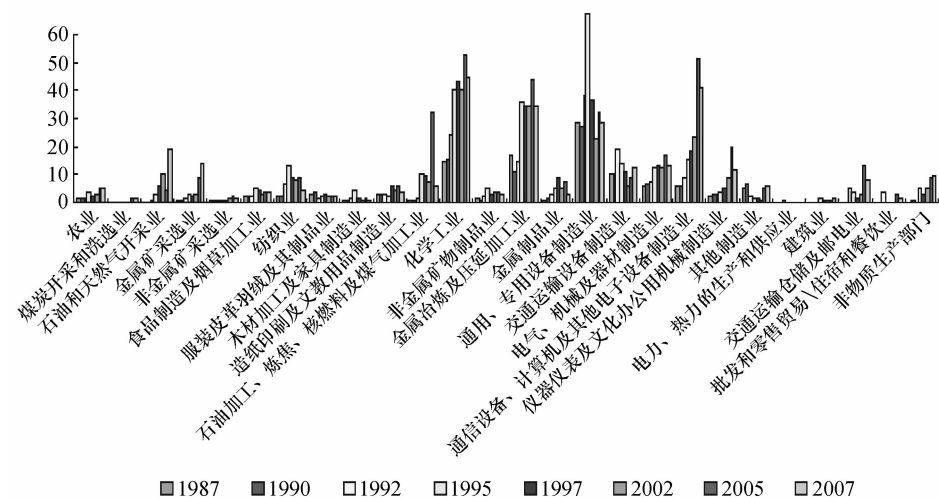


图2 1987—2007年分部门的出口含碳量

的下降,并直接导致第二产业的进口节碳量乃至进口节碳总量在此期间显著下降。而且,1987—2002年制造业的进口节碳量一直高于制造业的出口含碳量,但在2005—2007年却低于后者。这可以作为中国的贸易含碳量在前一时期一直为“逆差”而在后一时期变为“顺差”的一个初步解释。

### (三) 中国贸易含碳量的主要国别(地区)流向

为了更全面地反映中国的贸易含碳量,本文还按第二部分介绍的方法估算了2002—2007年中国与主要贸易伙伴国(地区)的货物贸易对中国碳排放的影响<sup>4</sup>,以揭示中国贸易含碳量的主要国别(地区)流向。本文主要根据历年《中国统计年鉴》公布的“我国同各国(地区)海关货物进出口总额”,选择这几年中同中国的海关进出口总额居前十位的国家(地区)。总的来看,

<sup>4</sup> 由于缺少中国与不同国家的服务贸易额数据,因而未能估算分国别和地区的贸易含碳量。

2002—2007年中国的主要出口国(地区)与进口国(地区)具有较大的重合性,其中大部分与中国同属亚太地区或比邻(如表5所示)。在这几年中,中国向前十位出口国(地区)出口的货物额占总出口货物额的份额依次为:73.55%、69.59%和63.98%,呈逐年递减的趋势。中国从前十位进口国(地区)进口的货物额占总进口货物额的份额依次为:69.47%、62.72%和60.00%,也呈逐年递减的趋势。这意味着中国的货物出口目的国(地区)和进口国(地区)都有所分散。这是中国实施贸易多元化战略的结果,有利于降低中国的贸易风险。

表5 2002—2007年中国与主要贸易伙伴国(地区)的货物贸易含碳量(MTC)

向主要出口国(地区)出口货物产生的碳排放(MTC)			从主要进口国(地区)进口货物所节约的碳排放(MTC)				
出口地	2002	2005	2007	进口地	2002	2005	2007
美国	29.29 (14.22%)	60.58 (14.36%)	84.39 (17.67%)	日本	32.46 (15.63%)	45.56 (13.42%)	41.08 (14.77%)
中国香港	26.61 (12.92%)	42.16 (9.99%)	47.04 (9.85%)	中国台湾	24.29 (11.70%)	33.63 (9.90%)	26.72 (9.61%)
日本	23.26 (11.29%)	34.89 (8.27%)	35.98 (7.53%)	韩国	18.72 (9.01%)	35.37 (10.42%)	26.77 (9.63%)
韩国	8.13 (3.95%)	17.10 (4.05%)	23.08 (4.83%)	美国	15.08 (7.26%)	21.47 (6.32%)	20.36 (7.32%)
德国	4.99 (2.42%)	11.23 (2.66%)	15.72 (3.29%)	德国	8.94 (4.30%)	12.87 (3.79%)	15.51 (5.58%)
荷兰	3.84 (1.86%)	9.10 (2.16%)	11.97 (2.51%)	马来西亚	4.56 (2.19%)	6.15 (1.81%)	5.83 (2.10%)
英国	3.94 (1.91%)	7.66 (1.82%)	12.69 (2.66%)	俄罗斯	6.70 (3.22%)	8.86 (2.61%)	5.13 (1.85%)
新加坡	3.20 (1.55%)	6.15 (1.46%)	8.85 (1.85%)	澳大利亚	4.73 (2.28%)	9.08 (2.67%)	7.72 (2.78%)
中国台湾	3.45 (1.68%)	7.64 (1.81%)	8.53 (1.79%)	中国香港	5.64 (2.71%)	5.29 (1.56%)	5.04 (1.81%)
马来西亚	1.97 (0.96%)	3.98 (0.94%)	5.47 (1.14%)	新加坡	4.37 (2.10%)	6.09 (1.79%)	4.13 (1.49%)
俄罗斯	1.37 (0.66%)	4.70 (1.11%)	10.59 (2.22%)	泰国	3.48 (1.67%)	5.20 (1.53%)	5.26 (1.89%)
印度	1.69 (0.82%)	4.46 (1.06%)	9.42 (1.97%)	菲律宾	1.27 (0.61%)	3.43 (1.01%)	5.21 (1.87%)
合计	111.74 (54.24%)	209.65 (49.69%)	273.73 (57.31%)	合计	130.24 (62.68%)	193.00 (56.83%)	168.76 (60.70%)

注:表中结果据(4)式和(5)式计算。括号中为中国与主要伙伴国的双边贸易中货物出口含碳量(进口节碳量)占当年总出口含碳量(进口节碳量)的份额。它们占总货物出口含碳量(进口节碳量)即第一和第二产业合计的出口含碳量(进口节碳量)的份额要更高。例如,2002—2005年中国向主要出口国(地区)出口货物产生的碳排放占总货物出口含碳量的份额依次为62.91%、55.44%和63.44%;而从主要进口国(地区)进口货物所节约的碳排放占总货物进口节碳量的份额依次为65.14%、61.31%和65.08%。

表5显示了2002—2007年中国与主要贸易伙伴国(地区)的货物贸易含碳量。这一期间,美国始终是这些中国出口货物含碳量的最大接收者。中国

出口到美国的货物的含碳量在这一期间的年均增长率为 23.57%，其在中国出口含碳总量中所占的份额也从 14.22% 升至 17.67%。其他比较重要的接收者还有中国香港、日本、韩国、德国、荷兰和英国。而中国出口到俄罗斯和印度的货物含碳量则是增长速度最快的，2007 年时它们已经超过了中国出口到新加坡、中国台湾和马来西亚的货物含碳量。2002—2007 年中国出口到上述 11 个主要贸易伙伴国（地区）的货物含碳量从 111.74 MTC 持续增加至 273.73 MTC，而它们的合计占中国出口含碳量的份额也从 54.24% 上升至 57.31%。

另一方面，2002—2007 年中国从 11 个主要进口国（地区）进口的货物节碳量从 130.24 MTC 增加至 168.76 MTC，但其占中国总进口节碳量的份额却略有下降，从 62.68% 下降至 60.70%。在这些国家（地区）中，日本一直是中国进口货物的主要来源地，相应的进口货物节碳量也一直位居第一，在中国总进口含碳量中的份额稳定在 14.00% 左右。中国内地从中国台湾、韩国、美国和德国进口货物的节碳量也在总进口含碳量中占据比较显著的份额，2007 年它们的份额都在 5.50% 以上。中国从余下的几个主要贸易伙伴国（地区）进口货物的节碳量在总进口含碳量中占据的份额相对较小：其中从马来西亚、俄罗斯、中国香港和新加坡进口货物的节碳量所占的份额有所下降，而从澳大利亚、泰国、菲律宾进口货物的节碳量所占的份额有所上升。

#### （四）贸易含碳量变化的结构分解

为了进一步理解中国贸易含碳量的变化，本文分别根据（7）式和（8）式对中国的出口含碳量和进口节碳量的变化进行了结构分解。需要说明的是，通过结构分解得到的特定因素对贸易含碳量的影响应当理解为，当其他因素不变时该因素的变化对贸易含碳量的影响。

##### 1. 出口含碳量变化的结构分解

表 6 显示了各种因素对出口含碳量变化的影响。在整个研究阶段及分阶段中，出口含碳量的大幅度增加主要是由出口总量的迅猛增长引起的。按 2002 年价格，1987 年中国的出口总量为 4 224.94 亿元，2007 年时达到 88 052.84 亿元，增长了 18.84 倍。出口总量的增长使出口含碳量在此期间增加了 669.96 MTC，相当于 1987 年出口含碳量的 10.10 倍。

而出口总量的迅速增长是中国长期实施的以出口为导向的贸易和经济发展战略的必然结果。改革开放初期，中国的经济建设面临着资金匮乏、技术落后的困难局面，国内消费能力也很有限。为了解决这些困难，中国充分实施了利用国际国内两个市场的战略，并出台了一系列鼓励出口创汇的政策措施。在全球化的大背景下，中国主要依靠本国大量廉价的劳动力和自然资源积极参与国际分工，从而逐渐成长为名副其实的“世界工厂”。这种以出口为

导向、劳动密集型产品出口为主的贸易发展战略与日本和“亚洲四小龙”<sup>5</sup>在经济腾飞时期的贸易和经济发展战略颇为类似。

尤其是2001年底加入世界贸易组织（以下简称“入世”）以后，中国的出口环境得到了很大的改善，出口潜能迅速释放。因而入世初期（2002—2005年）中国出口加速增长。这就是前文所述中国出口含碳量的增加幅度和增加速度在此期间骤然上升的根本原因。不过，随着大部分出口潜能的迅速释放，进一步释放出口潜能的难度也势必增加，于是2005—2007年出口的速度有所回落，而出口含碳量的增速也相应大幅放缓。由此可见，入世这一变革对中国出口含碳量所产生的冲击似乎也符合“边际效益”递减的规律。

表6 出口含碳量变化的结构分解(MTC)

时期	影响因素						合计
	出口总量	出口产品结构	投入结构	能源强度	能源结构	碳排放系数	
1987—1990	25.71	8.56	8.77	-13.22	0.65	0.25	30.72
1990—1992	29.77	3.18	3.09	-14.56	-0.03	0.10	21.54
1992—1995	41.89	3.25	-2.75	-3.93	-0.57	-0.12	37.78
1995—1997	50.71	-3.59	-6.19	-28.04	0.00	-0.17	12.71
1997—2002	155.29	-8.88	-13.08	-94.97	-1.74	0.31	36.92
2002—2005	230.16	3.80	1.36	-21.00	1.43	0.25	216.01
2005—2007	136.43	22.88	-2.75	-101.50	0.12	0.38	55.57
1987—2007	669.96	29.20	-11.55	-277.22	-0.14	1.00	411.25

注：分阶段的分解结果是根据(7)式估计得到的。整个研究时期的分解结果由各分阶段的结果累加得到的。当然整个研究时期的分解结果也可以根据(7)式估计得到，但结果会有差异，而本文也未采取这种方法。

出口产品结构的变化也使出口含碳量在整个研究时期有所增加。1987—2007年出口产品中有12个部门的产品份额有所上升，份额上升最突出的是以通信设备、计算机及其他电子设备和电气、机械及器材为代表的机械制造产品。不过，一些能源密集型部门（如化学工业、非金属矿物制品业以及金属冶炼及压延加工业）的产品份额总体上也有所增加。余下的14个部门的产品份额则有不同程度的下降，其中传统的劳动密集型产品（主要包括农产品、食品制造及烟草以及服装皮革羽绒及其制品）及资源密集型产品（各类矿产品尤其是石油和天然气以及石油加工、炼焦、核燃料及煤气加工品）的份额下降比较明显（如图3所示）。结果，上述出口结构的变化使中国的出口含碳量增加了29.20MTC。不过，分阶段来看，在1995—1997年以及1997—2002年这两个分阶段中出口结构的变化是有利于减少出口含碳量的。

投入结构的变化使出口含碳量在整个研究时期有所下降。在整个研究期内，中间投入中农产品的份额下降最为显著，石油加工、炼焦、核燃料及煤气加工业、石油和天然气开采业产品的份额也有较明显的下降（如图4所

<sup>5</sup> 韩国、新加坡、中国香港和中国台湾地区。

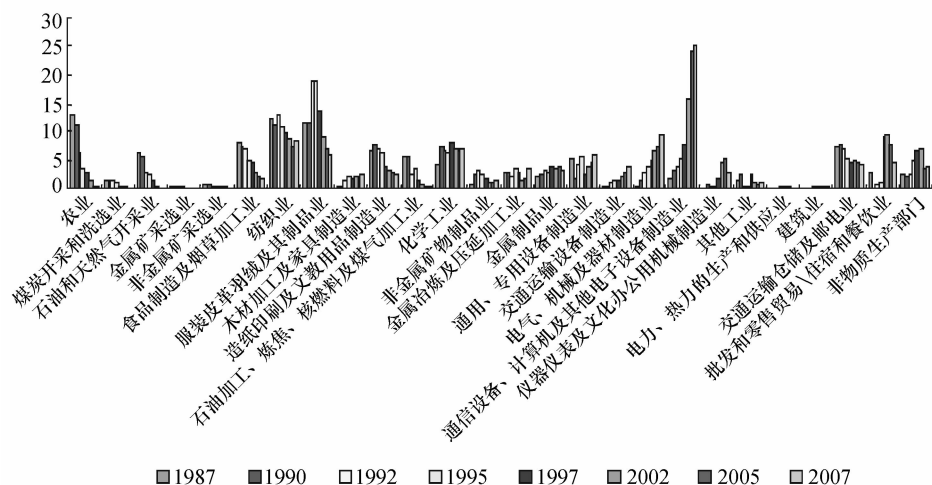


图3 1987—2007年中国出口中各类产品的份额(%)

示), 而各类机械产品、化学工业品的份额则明显上升。这样的投入结构变化主要反映了中国从农业经济向工业经济的转变, 并最终使中国的出口含碳量减少了 11.55 MTC。而分阶段来看, 投入结构变化的减碳效应主要发生在 1992—2002 年的各分阶段 (尤其是 1997—2002 年) 以及 2005—2007 年, 而在其余三个分阶段中投入结构的变化导致出口含碳量有所增加。

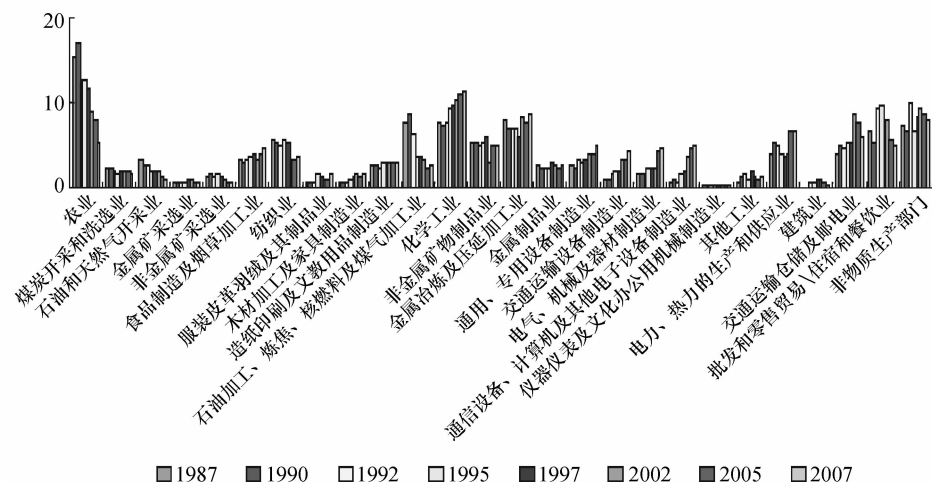


图4 1987—2007年中间投入中各类产品的份额(%)

生产部门能源强度的显著下降 (如图 5 所示) 是抑制出口含碳量增加的最重要的因素。它导致出口含碳量在整个研究期内下降了 277.22 MTC, 相当于出口规模增长所产生的影响的 41.40%。这意味着中国长期致力于提高能源利用效率的努力已经为减少碳排放做出了积极贡献。分阶段来看, 生产部门能源强度的变化并不总是十分有效地抵消出口规模增长所产生的影响。例如,

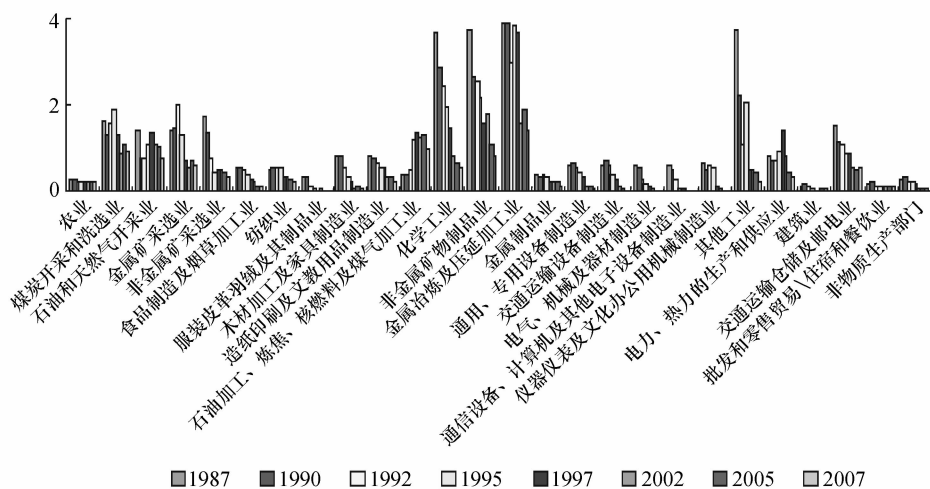


图 5 1987—2007 年各部门的能源强度 (吨标煤/万元)

1992—1995 年以及 2002—2005 年其影响都不到后者的 1/10。不过可喜的是，2005—2007 年生产部门能源强度的变化使出口含碳量减少了 101.50 MTC，相当于出口增长所产生的影响的 74.40%，无论是绝对量还是相对量都远远超过其他阶段。这说明 2006 年以来中国大力实施的节能减排政策已经发挥了十分积极的作用。

生产部门能源结构的变化总体上也有利于减少出口含碳量，只不过其影响甚微，只有 0.14 MTC。在整个研究期内，生产部门终端能源消费结构的变化主要表现为电力对原煤的替代（如图 6 所示）：原煤的份额从 1987 年的 40.12% 降至 2007 年的 15.82%，绝对降幅为 24.30%；电力的份额则相应从 22.53% 上升至 39.04%。此外，焦炭、柴油的份额有较明显的增加，而原油和燃料油的份额有较明显下降。不过这些能源的碳排放系数（参见 IPCC, 1996）相互比较接近，因而能源结构变化对出口含碳量的影响比较有限。

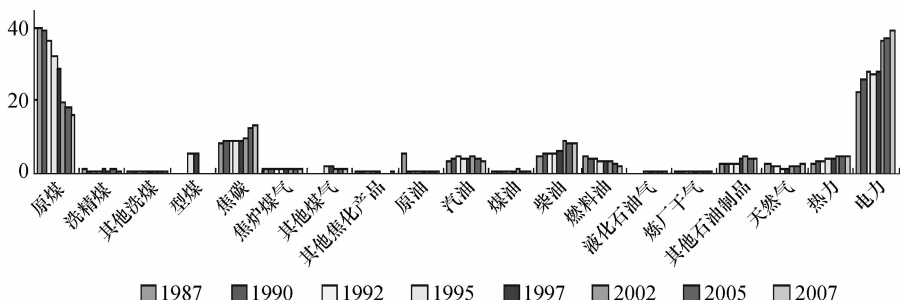


图 6 1987 年和 2007 年生产部门能源消费中各种能源的份额 (%)

碳排放系数的变化使出口含碳量在整个研究期内增加了 1.00 MTC。而碳排放系数之所以会发生变化主要是电力和热力这两种能源的碳排放系数会变化,因为发电和发热的能源在结构上发生了变化(如图 7 所示)<sup>6</sup>。在整个研究期间,发电和发热所消耗的能源中原煤始终占据绝大部分份额,且其份额持续上升。而碳排放系数较低的燃料油和不会产生碳排放的水电、风电和核电的份额则相应持续下降。因此,这样的能源结构变化导致电力和热力的碳排放系数上升,并进而引起出口含碳量的增加。不过,在 1992—1995 年以及 1995—1997 年这两个分阶段中,碳排放系数使出口含碳量微弱下降。

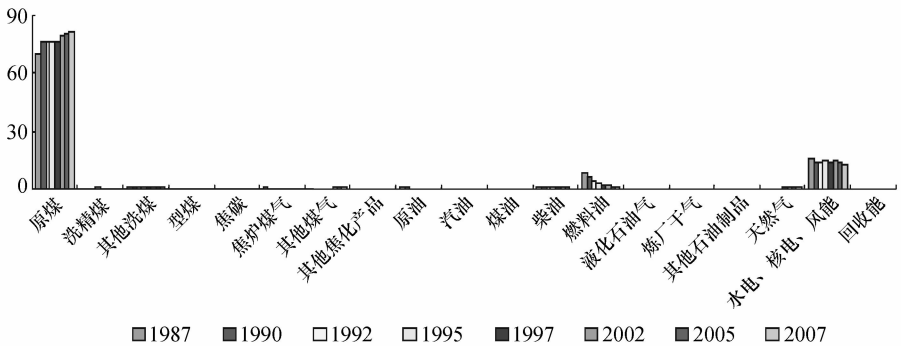


图 7 发电和发热所消耗的能源的构成 (%)

## 2. 进口节碳量变化的结构分解

对进口节碳量变化进行分解得到的结果(如表 7 所示)与出口含碳量变化的分解结果非常类似。在整个研究期内进口总量的增长也是进口含碳量变化的最主要影响因素,而能源强度的变化是抑制进口节碳量增加的主要因素。投入结构、能源结构以及碳排放系数的变化对进口节碳量的影响与它们对出口含碳量的影响也颇为类似。不过,进口产品结构变化的影响与出口产品结构

表 7 进口节碳量变化的结构分解(MTC)

时期	影响因素						合计
	进口总量	进口产品结构	投入结构	能源强度	能源结构	碳排放系数	
1987—1990	2.55	-4.07	12.83	-12.90	0.63	0.31	-0.65
1990—1992	74.43	-0.87	-5.75	-22.60	0.06	0.12	45.38
1992—1995	118.99	-1.15	-8.91	-0.49	-1.46	-0.18	106.79
1995—1997	7.27	4.22	-9.09	-36.11	0.31	-0.24	-33.64
1997—2002	129.52	-6.33	-15.01	-120.93	-1.85	0.33	-14.27
2002—2005	162.65	-29.60	9.20	-12.04	1.41	0.22	131.84
2005—2007	15.89	-5.43	-1.92	-70.13	-0.16	0.25	-61.50
1987—2007	511.30	-43.23	-18.65	-275.20	-1.06	0.81	173.95

注:分阶段的分解结果是根据式(8)估计得到的。整个研究时期的分解结果由各分阶段的结果累加得到。当然整个研究时期的分解结果也可以根据式(8)估计得到,但结果会有差异,而本文也未采取这种方法。

<sup>6</sup> 而根据本文的假定,其他终端消费能源的碳排放系数不随时间变化。



变化的影响正好相反。因而下面仅就进口总量和进口产品结构变化对进口节碳量的影响予以分析。

进口总量的不断增长是因为自改革开放以来，中国不仅重视国际国内两个市场，同时也坚持利用国际国内两种资源来发展经济。因而随着中国经济的发展，中国的进口及相应的进口节碳量也有较大幅度的增加。同时，具有“大进（口）大出（口）”特征的加工贸易是中国的主要贸易方式之一，在这种贸易方式下，出口的快速增加也会引发进口的相应增长。按2002年价格计算，1987年中国的进口总量为4173.92亿元，2007年达到48564.49亿元，增加了9.64倍。而最终进口总量的增长使进口含碳量在整个研究期内增加了511.30MTC，相当于1987年进口节碳量的4.91倍。

不过，进口总量的增长幅度明显小于出口总量，因而进口总量的增长对进口节碳量的影响也明显低于出口总量增长对出口含碳量的影响。尤其是在1987—1990年、1995—1997年以及2005—2007年这三个分阶段中，进口总量的增长幅度很小，分别只有2.47%、3.07%和5.27%，因而它对进口节碳量的影响也非常有限。于是，在其他因素尤其是能源强度变化的综合影响下，进口节碳量在这些阶段中有所下降。而1997—2002年，虽然进口总量的增长及其对进口节碳量的影响比较显著，但大部分其他因素尤其是能源强度的变化所减少的进口节碳量超过了进口总量增长的影响，因而进口节碳量在这一阶段中也有所下降。

进口产品结构的变化总体上使进口节碳量下降了43.23MTC，这一影响与出口产品结构的变化对出口含碳量的影响正好相反。在整个研究期内，进口产品中通信设备、计算机及其他电子设备份额的增长最为突出（如图8所示），而出口产品中通信设备、计算机及其他电子设备份额的增长也是最大

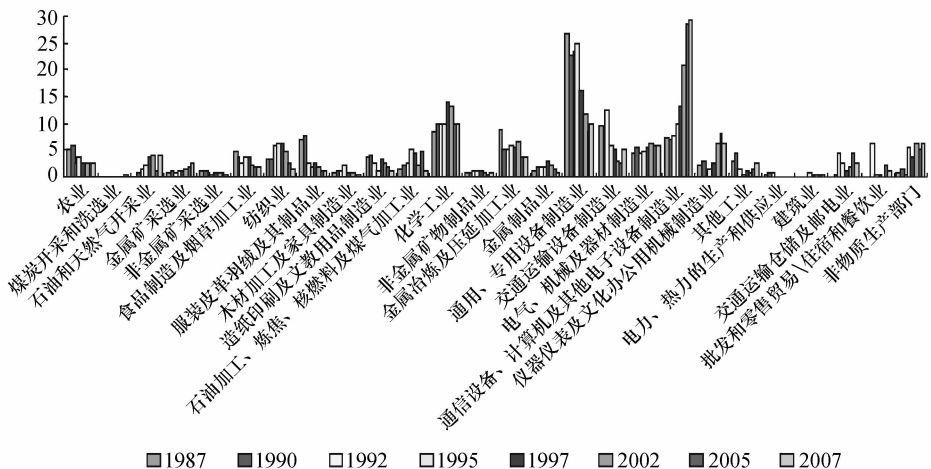


图8 1987—2007年中国进口品中各类产品的份额（%）

的。这一点充分体现了“大进大出”的加工贸易特征,同时也说明中国对这类技术密集型进口品还有较大的依赖性。此外,非物质生产部门提供的服务、仪器仪表及文化办公用机械以及石油和天然气在进口中的份额也有较明显的上升。而同属机械产品的通用、专用设备则是进口中份额下降最多的产品,这似乎表明上述技术含量更高的通信设备、计算机及其他电子设备对这些技术含量相对较低的机械产品产生了较大的替代作用。份额下降比较明显的进口品还有服装皮革羽绒及其制品、金属冶炼及压延加工业以及交通运输设备。上述进口产品结构的变化最终导致进口节碳量在整个研究期内有所下降。不过,在1995—1997年这一分阶段中,进口产品结构的变化导致进口节碳量有所增加。

### (五) 与已有研究的比较

本文与以往类似的研究在数据处理方面有一些重要差异:(1)本文采用(进口)非竞争型投入-产出表,而以往文献除Weber *et al.* (2008)、姚愉芳等(2008)以及Lin and Sun (2010)外,均采用(进口)非竞争型投入-产出表,即考虑扣除中间投入中的进口品。(2)本文用各种价格指数将历年的投入-产出表调整到2002年价格下的投入-产出表,而除齐晔等(2008)对碳耗系数做了价格调整外,其他研究都是基于现价的投入-产出表进行估计的。(3)此外以往研究在数据处理方面与本文的差异还包括部门划分详细程度、贸易数据处理方式、碳排放数据的估计等。而这些数据处理的不同也使本文的估计结果与以往研究明显不同。表8显示了已有文献的方法和结果。

在基于(进口)竞争型投入-产出表进行估算的文献中,Ahmed and Wyckoff (2003)分别用两种方法估计了1997年中国的贸易含碳量:(a)进口含碳量按进口品产地的排放系数估计;(b)假定进口品按中国的技术生产。他们按两种方法估计的出口含碳量和进口节碳量(含碳量)都明显低于本文基于(进口)非竞争型投入-产出表估计的结果。Pan *et al.* (2008)估计的2002年中国的出口含碳量明显高于本文估算的结果。不过,他们根据进口品产地的能源强度进行调整后估计的进口含碳量则远低于本文的结果。此外,齐晔等(2008)估计的1997年、2002年和2005年中国的净贸易含碳量占中国碳排放总量比例的上限(假定进口品按日本技术生产)分别为12.11%、14.16%和24.38%,下限(假定进口品按中国技术生产)分别为2.54%、1.02%和7.00%;而本文估计的结果分别为-6.58%、-0.21%和6.56%。这些比例与本文的结果也存在很大差异,甚至符号相反。Yan and Yang (2010)估计的1997年及2007年的出口含碳量明显低于本文的估计,他们估计的进口含碳量(相对差异)更远低于本文的估计。

Weber *et al.* (2008)、姚愉芳等(2008)以及Lin and Sun (2010)也是基于(进口)非竞争型投入-产出表进行估算的,不过,他们采用的投入-产

出表都是用现价计算的，而本文则是用2002年价格计算的。其中，Weber *et al.* (2008) 估计的1987年、1995年和1997年中国的出口含碳量均略低于本文估计的结果（如表2所示），但1990年、1992年、2002年和2005年的出口含碳量略高于本文的结果。不过，他们估计的出口含碳量与本文的结果总体上比较接近。而他们估计的1995年和1997年的进口节碳量明显低于本文的结果，但1987年、1990年、1992年、2002年和2005年的进口节碳量则高于本文的结果。姚愉芳等（2008）估计的2005年中国的出口含碳量和进口节碳量都分别明显低于本文的结果，更低于Weber *et al.* (2008) 的结果。而Lin and Sun (2010) 估计的2005年中国的出口含碳量和进口节碳量则几乎都相当于本文估计的两倍，也远远超过于Weber *et al.* (2008) 和姚愉芳等（2008）的估计。

表8 与已有研究的比较

文献	方法	结果	
	投入-产出表, 价格	出口含碳量(MTCO <sub>2</sub> )	进口节碳量(MTCO <sub>2</sub> )
Ahmed and Wyckoff(2003)	竞争型表, 现价	463(1997 <sup>a</sup> ); 533(1997 <sup>b</sup> )	102(1997 <sup>a</sup> ); 486(1997 <sup>b</sup> )
Weber <i>et al.</i> (2008)	非竞争型表, 现价	230(1987); 360(1990); 420(1992); 570(1995); 580(1997); 760(2002); 1 670(2005)	390(1987); 420(1990); 560(1992); 710(1995); 700(1997); 1 170(2002); 2 200(2005)
姚愉芳等(2008)	非竞争型表, 现价	1 460(2005)	796(2005)
Pan <i>et al.</i> (2008)	竞争型表, 现价	880(2002)	257(2002)
Yan and Yang(2010)	竞争型表, 现价	314(1997); 1 725(2007)	137(1997); 587(2007)
Lin and Sun(2010)	非竞争型表, 现价	3 357(2005)	2 333(2005)
本文	非竞争型表, 2002年价	243(1987); 356(1990); 435(1992); 573(1995); 620(1997); 755(2002); 1 547(2005); 1 751(2007)	382(1987); 379(1990); 546(1992); 937(1995); 814(1997); 762(2002); 1 245(2005); 1 020(2007)

注：括号内为年份。本文结果系根据表2中结果折算而来。根据碳元素的原子量(12)和氧元素的原子量(16)，碳当量折合二氧化碳的系数为44/12。

#### 四、结论与讨论

本文基于（进口）非竞争型投入-产出模型估算了1987—2007年中国的贸易含碳量，分析了中国贸易含碳量的部门分布状况和国别（地区）流向，并通过结构分解考察了进出口规模、进出口结构、投入结构、部门能源强度、能源结构及碳排放系数（发电和发热的能源结构）等六种因素对贸易含碳量变化的影响。由于本文的方法与以往的研究不同，因而本文估计的中国的贸易含碳量与以往的结果也有显著差异。尽管本文的估计仍是初步的，不过作者相信本文的结果还是客观地反映了现实情况。

### (一) 贸易含碳量是碳排放责任核算的争论焦点

与贸易含碳量密切相关的一个现实问题是全球碳排放权的分配问题。本文结果显示,近年来中国的出口含碳量增长迅速且数额巨大,2005—2007年已经占到全国生产部门碳排放总量的1/3左右。这表明出口是导致中国碳排放增加的一个重要因素,同时也意味着中国的碳排放中有相当部分通过贸易而被其他国家消费了。由此可见,在全球碳排放权的分配中,贸易也确实是一个需要重视的公平因素,至少对中国是如此。

正是考虑到贸易与碳排放权公平分配的关系,如何对一个国家的碳排放量进行核算引起了人们的争论。目前有两种相互对立的碳排放核算原则——生产核算原则(production accounting principle)和消费核算原则(consumption accounting principle)。生产核算原则是指一个国家全部的二氧化碳排放量按实际产生二氧化碳的各生产过程中二氧化碳的排放量进行核算。消费者核算原则是指根据最终使用的(包括进口的)各种产品或服务进行二氧化碳排放量的核算(Munksgaard and Pedersen, 2001)。

显然,按生产核算原则下的碳排放量与按消费核算原则下的碳排放量存在差别,而这一差别就是净贸易含碳量的值。而从中国的情况来看,“入世”以前中国的净贸易含碳量基本为负值,这说明消费核算原则下中国的碳排放量略高于生产核算原则下的碳排放量。而从2005年开始中国的净贸易含碳量则一直为正值,且增长迅速。这意味着近年来消费核算原则下中国的碳排放量已经低于生产核算原则下的碳排放量,且两者的差距迅速扩大,目前已相当可观。

而且本文假定进口品按中国的技术生产,这很有可能高估这些进口品的碳排放影响。也就是说,本文估计的中国的净贸易含碳量偏低。因为中国进口品中的大部分来自发达国家(地区),而这些国家(地区)生产同量同类产品的所需耗费的能源及产生的碳排放远远低于中国。例如日本就是中国进口品的最大提供者,而其能源效率则是全球最先进的。因而,如果条件允许,值得在后续研究中进一步采用多国投入-产出模型估算中国的进口含碳量。

### (二) 贸易含碳量的构成反映了中国的贸易增长模式和贸易格局

本文的结果表明,中国贸易含碳量的快速增加与中国改革开放以来逐渐形成的外向型经济增长模式密切相关。在这种模式下,出口增长的速度远远超过消费和固定资本形成等国内需求,由此带来的出口含碳量及其在生产部门碳排放总量中的份额也迅速增加。另一方面,随着对外开放的深入,中国更深地融入了全球分工体系。廉价而丰富的劳动力和自然资源是中国参与国际分工的主要优势,这使加工贸易逐渐成为中国的主要贸易方式。而这种贸易方式使中国对进口的需求也随着出口的大幅增长而增长,并引起了中国进

口节碳量的大幅度增加。

同时，这种贸易模式也使劳动密集型和资源密集型的制造业产品成为中国具有优势的出口产品。因而制造业产品在中国的出口中一直占据绝大部分份额，且其份额不断扩张。而制造业的出口含碳量在总出口含碳量中的份额也远远超过其他产品和服务合计的份额，并逐年增加。同样，以制造业产品为主的出口结构使中国对制造业进口品的需求也远胜于其他进口品和服务。于是，制造业进口品的节碳量也主导着中国的总进口节碳量。

从2002—2007年中国贸易含碳量的国别（地区）流向来看，中国与主要贸易伙伴国的货物贸易对中国的出口含碳量和进口节碳量产生了重大影响。除德国、荷兰、英国外，中国的主要贸易伙伴都属亚太地区或与中国比邻（俄罗斯）。这在一定程度上说明，除经济规模和比较优势外，是否与中国在地缘上接近也是决定一个国家能否成为中国主要贸易伙伴国的十分重要的因素。因而地缘关系既是中国贸易格局的重要影响因素，也是决定中国贸易含碳量流向的重要因素。

当然，中国的贸易增长模式和贸易格局与国际产业转移和跨国公司的外包经营战略也有着重要关系。例如，从20世纪六七十年代开始，日本大力推进亚洲地区发展的“雁阵模式”，先将其劳动密集型产业转向“亚洲四小龙”。而后，随着中国的改革开放，这些劳动密集型产业又进一步转移到更有劳动力优势的中国沿海地区。中国从这些国家（地区）进口关键的零部件进行加工组装而后主要出口到这些国家（地区）及美国等其他发达国家（地区）。正是这样的国际分工链使中国的贸易含碳量呈现上述部门分布和国别（地区）流向特征。

### （三）控制贸易含碳量乃至碳排放总量须转变贸易和经济增长模式

本文结构分解的结果表明，中国贸易含碳量的迅速增长主要由中国贸易规模的快速增长引起，但这并不意味着中国要盲目地控制出口规模的增长来减少出口含碳量。出口为中国的经济发展和中国融入世界经济体系做出了巨大贡献。目前和将来，出口仍是中国经济增长的重要驱动力，也是中国扩大国际政治经济影响的重要途径。当前扩大内需的发展战略也不是要压制出口，而是促进消费、投资与出口协同带动经济增长。

另一方面，通过扩大进口规模来平衡出口含碳量或减缓本国的碳排放也面临着巨大的挑战：一是中国难以找到另一个拥有大量廉价且素质较高的劳动力、完整的工业体系和地缘优势的国家来提供经济发展所需的大量制品；二是全球石油及其他矿产资源非常有限，且国际市场上围绕这些资源的争夺十分激烈；三是前文所述碳排放核算的消费者责任原则一旦成立，会对中国产生不利影响。

仅从贸易本身来看，可取的思路应是转变出口增长模式，逐渐优化中国

的出口产品结构,并通过出口产品结构变化控制出口含碳量的增加。而在整个研究期内,由于中国在目前的国际分工体系中还只能处于比较低端的加工环节,出口结构的变化导致中国的出口含碳量有所增加。因此,应当鼓励出口附加价值率高而能源强度较低的产品或服务,如通信设备、计算机及其他电子设备、批发和零售贸易、住宿和餐饮以及其他服务等,而对能源强度高的产品,如化学工业产品、金属矿物制品以及非金属矿物制品等则应通过适当的经济、法律和行政手段加以限制。

生产部门能源强度的大幅度下降是整个研究期内抑制中国贸易含碳量增加的最重要因素。这意味着中国长期致力于改善能源效率的努力为保护全球气候做出了巨大贡献。中国已经将节能减排确定为国家“十一五”规划的约束指标,并将进一步把降低GDP碳排放强度作为未来发展规划的约束指标,这十分有利于降低中国的碳排放强度。

受本国能源资源禀赋的约束,在整个研究期内中国的能源结构以煤炭和电力为主,而电力又主要是通过燃煤发电产生,因而能源结构和碳排放系数的变化对中国出口含碳量的影响一直都很小。不过,这也意味着中国通过改变能源结构减少出口含碳量的潜力也十分巨大。考虑到这一点,中国鼓励生产和消费清洁能源是十分有意义的。同时,这也有助于为中国培育新的经济增长点。

然而,作为一个发展中国家,中国完全通过自己的技术创新来改善能源效率并不容易。而作为中国主要贸易伙伴国的一些发达国家,如美国、日本、韩国、德国、荷兰等拥有世界上最先进的节能技术和清洁生产技术,这些国家应向中国出口其清洁生产技术或提供技术援助。这将有助于中国改善自身的能源效率并减少碳排放,同时也有助于这些国家减少同中国的贸易逆差(Shui and Harriss, 2006)。这将是中国和发达国家之间的一个重要合作领域。

## 参考文献

- [1] Ahmed, N., and A. Wyckoff, "Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods", OECD Science, Technology and Industry Working Papers No. 2003/15, 2003.
- [2] Copeland, B., and M. Taylor, "Trade, Growth, and the Environment", *Journal of Economic Literature*, 2004, 43(1), 7—71.
- [3] Dietzenbacher, E., and B. Los, "Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity", *Economic System Research*, 1998, 10(4), 307—323.
- [4] Grossman, G., and A. Kruger, "Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement", in Garber, P. (ed.), *The Mexico-U. S. Free Trade Agreement*. Cambridge and London, MIT Press, 1993, 13—56.
- [5] 胡秀莲、姜克旻等,《中国温室气体减排技术选择及对策评价》。北京:中国环境科学出版社,2001年。

- [6] IPCC, *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Workbook* (Volume 2), 1996, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs5a.html>.
- [7] 李强、薛天栋,《中国经济发展部门分析:兼新编可比价投入产出序列表》。北京:中国统计出版社,1998年。
- [8] Li, Y., and C. Hewitt, "The Effect of Trade between China and the UK on National and Global Carbon Dioxide Emissions", *Energy Policy*, 2008, 36 (6), 1907—1914.
- [9] Lin, B., and C. Sun, "Evaluating Carbon Dioxide Emissions in International Trade of China", *Energy Policy*, 2010, 38 (3), 1389—1397.
- [10] Liu, X., M. Ishikawa, C. Wang, Y. Dong, and W. Liu, "Analyses of CO<sub>2</sub> Emissions Embodied in Japan-China Trade", *Energy Policy*, 2010, 38(1), 613—621.
- [11] Machado, G., R. Schaeffer, and E. Worrel, "Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-output Approach", *Ecological Economics*, 2001, 39(3), 409—424.
- [12] Munksgaard, J., and K. Pedersen, "CO<sub>2</sub> Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility?" *Energy Policy*, 2001, 29(4), 327—334.
- [13] Pan, J., J. Phillips, and Y. Chen, "China's Balance of Emissions Embodied in Trade: Approaches to Measurement and Allocating International Responsibility", *Oxford Review of Economic Policy*, 2008, 24(2), 354—376.
- [14] Peters, G., and E. Hertwich, "Pollution Embodied in Trade: the Norwegian Case", *Global Environmental Change*, 2006, 16(4), 379—387.
- [15] 齐晔、李惠民、徐明,“中国进出口贸易中的隐含碳估算”,《中国人口·资源与环境》,2008年第3期,第8—13页。
- [16] Rhee, H., and H. Chung, "Change in CO<sub>2</sub> Emission and Its Transmissions between Korea and Japan Using International Input-Output Analysis", *Ecological Economics*, 2006, 58 (4), 788—800.
- [17] Seibel, S., "Decomposition Analysis of Carbon Dioxide Emission Changes in Germany: Conceptual Framework and Empirical Results", European Commission Working Papers and Studies, 2003.
- [18] Shui, B., and R. Harriss, "The Role of CO<sub>2</sub> Embodiment in US-China Trade", *Energy Policy*, 2006, 34(18), 4063—4068.
- [19] United Nations, *Handbook of Input-Output Table Compilation and Analysis, Studies in Methods Series F, No. 74, Handbook of National Accounting*. United Nations, 1999.
- [20] Wang, T., and J. Watson, "Who Owns China's Carbon Emissions", Tyndall Briefing Note No. 23, 2007.
- [21] 王文中、程永明,“地球暖化与温室气体的排放——中日贸易中的CO<sub>2</sub>排放问题”,《生态经济》,2006年第7期,第22—25页。
- [22] Weber, C., G. Peters, D. Guan, and K. Hubacek, "The Contribution of Chinese Exports to Climate Change", *Energy Policy*, 2008, 36(9), 3572—3577.
- [23] Wyckoff, A., and J. Roop, "The Embodiment of Carbon in Imports of Manufactured Products: Implications for International Agreements on Greenhouse Gas Emissions", *Energy Policy*, 1994, 22(3), 187—194.
- [24] Yan, Y., and L. Yang, "China's Foreign Trade and Climate Change: A Case Study of CO<sub>2</sub> Emissions", *Energy Policy*, 2010, 38(1), 350—356.
- [25] 姚愉芳、齐舒畅、刘琪,“中国进出口贸易与经济、就业、能源关系及对策研究”,《数量经济技术经济研究》,2008年第10期,第56—65接86页。
- [26] 张友国,“中国贸易增长的能源环境代价”,《数量经济技术经济研究》,2009年第1期,第16—30页。

- [27] Zhang, Y., "Structural Decomposition Analysis of Sources of Decarbonizing Economic Development in China; 1992—2006", *Ecological Economics*, 2009, 68(8—9), 2399—2405.
- [28] Zhang, Y., "Supply Side Structural Effect on Carbon Emissions in China", *Energy Economics*, 2010, 32 (1), 186—193.

## Carbon Contents of the Chinese Trade and Their Determinants: An Analysis Based on Non-competitive (Import) Input-output Tables

YOUGUO ZHANG

(*Chinese Academy of Social Sciences*)

**Abstract** This paper calculates the carbon contents China's trade from 1987 to 2007 based on non-competitive (import) input-output tables. The results reveal that China has become a net carbon exporting country since 2005. The increase was mainly caused by the rapidly growing trade volume. On the other hand, shifts toward products with low energy intensities significantly reduced carbon contents. However, other factors, including the changes in the composition of export and import, input mix, energy mix and carbon factors only caused small effects.

**JEL Classification** Q56, C67, Q54