

# A Study on the Measurement of Implied Carbon in China-US Trade—Based on Input-Output Model

Qun Wang

Jiangxi University of Finance and Economics, Nanchang Jiangxi  
Email: 1464347983@qq.com

Received: May 29<sup>th</sup>, 2017; accepted: Jun. 16<sup>th</sup>, 2017; published: Jun. 19<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

In this paper, the input-output model is used to calculate CO<sub>2</sub> from the export, import and import of re-export products from 2005 to 2011, and the results are analyzed from three aspects to give revelation. The results of the study are as follows: 2005-2011, China's net export of carbon for the United States has always shown a positive value, indicating that China is a net exporter of carbon implied in the United States. China has a high share of the three sectors of the United States in terms of electrical, natural gas, water supply, other non-metals, mineral manufacturing, major metals and rolling, both in exports, imports and imports of implicit carbon.

## Keywords

Input-Output, Sino-US Trade, Carbon Emissions, Complete Carbon Consumption Coefficient

---

# 中美贸易隐含碳的测算研究——基于投入产出模型

王 群

江西财经大学, 江西 南昌  
Email: 1464347983@qq.com

收稿日期: 2017年5月29日; 录用日期: 2017年6月16日; 发布日期: 2017年6月19日

---

## 摘 要

本文采用投入产出模型并利用完全碳耗系数计算2005~2011年中美各行业出口、进口及进口再出口产品

消费排放的CO<sub>2</sub>，从三个方面分析了计算的结果，得出结论并给出启示。研究的结果如下：2005~2011年，中国对于美国的净出口隐含碳一直呈现出正值，表明中国对美国是隐含碳的净出口国。中国对于美国在电气、天然气、水供应业，其他非金属、矿物制造业，主要金属及压延业这三个行业，无论在出口、进口及进口再出口隐含碳方面都占有很高的比重。

## 关键词

投入产出，中美贸易，碳排放，完全碳耗系数

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根据2010年WRI提供的数据可以看出，中国是世界上CO<sub>2</sub>排放量最多的国家，排放量为7219.2百万公顷，美国排在了第二，数值为6963.8百万公顷。这两个数字表现出中国和美国的碳排放量占国际的比重是相当大。在2015年中美之间的贸易额达到了历史新的高度，占美国总外贸的比重为16%。根据2015年美国商务部给出的数据可以看出，1~3月美国从中国的进出口额为1386.6亿美元，其中，美国出口到中国281.4亿美元，美国进口中国产品1105.2亿美元，美方贸易逆差823.8亿美元。从中美贸易的进出口额可以看出中美两国之间的贸易额也是相当大的，所以研究中美贸易隐含碳的排放是很有必要的。

关于贸易“隐含碳”的计算，现今有很多国内学者对此有一些探讨。比如陈楠和刘学敏(2016) [1]使用两种方法计算了1995~2011年中国对日本的出口，进口以及净出口“隐含碳”，并对比了改进的计算方法与之前方法的利弊，结果显示中国属于“隐含碳”的净出口国；田扬(2016) [2]计算并分析了1995~2009年中美贸易产生的隐含碳，然后从贸易结构合理性的角度对隐含碳结果进行了分析，并提出了一种可能的贸易结构优化路径。结果表明：1995~2009年中国对美国的净出口隐含碳一直都呈现出顺差，并且这个顺差总体上有上升的趋势；其中服务业在中国进口美国隐含碳中占有一定的比重，而中国出口美国的碳排放占有比较大的行业要数制造业部门。耿安逸(2015) [3]测算了1995~2009年中美纺织品贸易隐含碳，分析中国对美国的贸易隐含碳的排放量。结果显示：中国在这一行业对美国排放的隐含碳表现出顺差，而对于美国，纺织业是进口隐含碳大于出口的，这样在责任承担方面，中国就承担了大部分的责任；国内还有很多学者也在计算中国国内的隐含碳这方面进行了一些研究，并取得了一些成果。

对已有文献进行梳理发现，很多学者在计算隐含碳的时候常常会忽略进口以及进口再出口部分产生的隐含碳，多数使用完全碳耗系数与最终产品的消耗直接计算碳排放量而很少有人会使用完全碳耗系数分别计算出口、进口及进口再出口的隐含碳，使用完全碳耗系数计算的隐含碳包含了直接和间接消耗排放的量，使计算的结果更加准确。基于此本文是基于投入产出模型的基础上利用完全碳耗系数测算中国对美国贸易的出口，进口以及进口再出口隐含碳，通过计算的结果进行了整体的分析、出口，进口和进口再出口隐含碳以及18大行业的分析。

## 2. 计算的方法与数据来源

### 2.1. 简介隐含碳

每个国家在生产任何一种产品，都会直接或间接地排放出一些CO<sub>2</sub>，而产生的这些碳就称之为隐含

碳。从对外贸易的角度上来说，隐含碳和转移排放的含义基本相同，但隐含碳更具有科学性。其本文在计算 2010 和 2011 年的隐含碳时，使用的是九大能源的消耗计算的隐含碳的量，因此隐含碳的排放量也可以理解为能源消耗所排放的碳。

## 2.2. 数据的来源及处理的说明

本文选的是 WIOD 里的世界投入产出表，这个表中包括 40 个经济体和一个 ROW，其中 ROW 是表示除了世界投入产出表中给出的 40 个国家以外的其他国家的总称。每个经济体都包括了 35 个部门，本文将表分成了三个部分，即中国、美国和其他，2005~2011 年碳排放的数据来源于欧盟投入产出数据库中的卫星账户，本文利用的是此账户中每个行业 CO<sub>2</sub> 排放总值进行计算的。

本文对各行业的合并，参照了陈楠，刘学敏(2016)的合并方法，最终得到 18 个部门，具体如表 1 所示[1]。

## 2.3. 基本的计算方法

世界投入产出表有 40 个国家和一个 ROW 区域，35 个部门组成。本文计算的中国对美国的隐含碳排放。所以就世界投入产出表给出中国与美国的大致框架。表有中间使用，最终使用，增加值和总产出构成。具体框架如表 2。

投入产出模型最基本的投入产出关系的建立为[4]:

$$X = AX + Y \quad (1)$$

$X$  是各部门总产出列相量 ( $n \times 1$ )， $A$  是直接消耗系数 ( $n \times n$ )， $Y$  是各行业最终消费的列相量， $A$  为某部门生产某一产品的单位总产出直接消耗其他各部门的产品或者服务的数量。

本文将这 40 个国家和一个 ROW 区域合并成三个部分。即中国、美国和其他。基于以上表格的框架有以下表示该表存在的恒等关系式为[5]:

$$\begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \\ X^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^1 \\ X^2 \\ X^3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} Y_{11} + \sum_{i \neq 1} Y_{1i} \\ Y_{22} + \sum_{i \neq 2} Y_{2i} \\ Y_{33} + \sum_{i \neq 3} Y_{3i} \end{pmatrix} \quad (i = 1, 2, 3) \quad (2)$$

其中， $X^i$  表示  $i$  国的总产出。 $A_{ij}$  是  $i$  国的中间消耗系数， $A_{ij} (i \neq j)$  表示  $i$  国各行业的产出被  $i$  国各行业所消费， $Y_{ii}$  表示  $i$  国的最终产品被  $i$  国所消费， $Y_{ij}$  表示  $i$  国生产的最终产品被  $j$  国所消费。

Table 1. Industry classification

表 1. 行业分类

1	农林牧渔业	10	其他非金属、矿物制造业
2	采掘业	11	主要机械制造业
3	食品、饮料及烟草业	12	电气、光学设备制造业
4	纺织品、皮革及制鞋业	13	交通设备制造业
5	木材加工制造业	14	其他制造及回收业
6	纸浆、纸、印刷及出版业	15	电气、天然气、水供应业
7	焦炭、精炼石油及核燃料业	16	交通运输及其他辅助设备制造业
8	化工、塑料及橡胶业	17	建筑业
9	主要金属及压延业	18	其他服务业

**Table 2.** The basic framework of the world input-output table (China and the United States)  
**表 2.** 世界投入产出表的基本框架(中国与美国)

	中国 1 部门	中国 2 部门	...	美国 1 部门	美国 2 部门	...	中国 1 部门	中国 2 部门	...	美国 1 部门	美国 2 部门	...	总产出
	中间使用						最终使用						
中国 1 部门	对中国 1 部门的 中间使用	对中国 1 部门的 中间使用	...	对中国 1 部门的 中间使用	对中国 1 部门的 中间使用	...	对中国 1 部门的 最终使用	对中国 1 部门的 最终使用	...	对中国 1 部门的 最终使用	对中国 1 部门的 最终使用	...	中国 1 部门的 总产出
中国 2 部门	对中国 2 部门的 中间使用	对中国 2 部门的 中间使用	...	对中国 2 部门的 中间使用	对中国 2 部门的 中间使用	...	对中国 2 部门的 最终使用	对中国 2 部门的 最终使用	...	对中国 2 部门的 最终使用	对中国 2 部门的 最终使用	...	中国 2 部门的 总产出
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
美国 1 部门	对美国 1 部门的 中间使用	对美国 1 部门的 中间使用	...	对美国 1 部门的 中间使用	对美国 1 部门的 中间使用	...	对美国 1 部门的 最终使用	对美国 1 部门的 最终使用	...	对美国 1 部门的 最终使用	对美国 1 部门的 最终使用	...	美国 1 部门的 总产出
美国 2 部门	对美国 2 部门的 中间使用	对美国 2 部门的 中间使用	...	对美国 2 部门的 中间使用	对美国 2 部门的 中间使用	...	对美国 2 部门的 最终使用	对美国 2 部门的 最终使用	...	对美国 2 部门的 最终使用	对美国 2 部门的 最终使用	...	美国 2 部门的 最终使用
...	增加值	增加值	...	增加值	增加值	...							
	中国 1 部门 的产出	中国 2 部门 的产出	...	美国 1 部门 的产出	美国 2 部门 的产出	...							

WIOD 投入产出数据库提供了 40 个欧盟国家和一个 ROW 区域、35 个行业之间的经济往来以及行业之间的相互关系。世界投入产出表的形式和中国投入产出表的形式基本一致。都满足最基本的投入产出关系，区别就是世界投入产出表包含了世界上主要的经济体，而中国的只包含自己国家的经济往来。本文以中国为研究对象，总产出  $X$  可表示为：

$$X = (I - A_{11})^{-1} \left[ (A_{12}X^2 + A_{13}X^3) + Y_{11} + Y_{12} + Y_{13} \right] \quad (3)$$

其中,  $(I - A_{11})^{-1}$  为著名的里昂惕夫逆矩阵。  $(A_{12}X^2 + A_{13}X^3)$  表示中国向美国和其他国家的生产提供的中间产品,  $Y_{11}$  表示中国用于本国的最终消费的产品,  $Y_{12}$  表示中国出口到美国的最终产品,  $Y_{13}$  表示中国出口到除了美国之外的其他国家的最终产品。

对投入产出模型进行扩展, 本文引用直接碳排放系数  $f^i$ , 直接碳耗系数是指生产单位总产出所排放的碳,  $f^i$  为  $N \times N$  阶的向量。其对角线元素由  $f^i = \frac{E_i}{X_i}$  ( $E_i$  表示第  $i$  行业的  $CO_2$  排放量,  $X_i$  表示第  $i$  个行业总产出)得到, 其他元素均为零。本文使用的是间接碳耗系数。2005~2009 年计算各国的  $f^i$  使用的是根据 WIOD 数据库的 Environmental Accounts 中的  $CO_2$  Emissions 的数据比各国各行业的总产出得到的。而 2010 年和 2011 年的数据来自中国统计年鉴的各行业能源消耗量, 能源的消耗被分成了 9 大类型, 9 大类型能源消费产生的  $CO_2$  排放量的计算是根据魏思超(2012)的方法计算的[6], 其中电力的计算与其他八种的计算方法是不同的, 分别计算出结果后将其加总即可得到每个行业的碳排放, 然后再按照  $f^i$  的公式计算出 2010 年和 2011 年中国的直接碳耗系数。由于国际上只给出到 2009 年的二氧化碳排放量, 其他经济体的  $f^i$  无法得到, 所以计算 2010 年以及 2011 年的碳排放时, 本文使用了中国的完全碳耗系数近似代替了其他经济体的完全碳耗系数。  $E^i$  为  $i$  国的完全碳耗系数,  $E^i = f^i (I - A_i)^{-1}$ 。

根据以前的研究基础上, 本文借鉴了北京大学中国经济研究中心课题组(2016) [7]的改进方法。中国出口“隐含碳”的公式[5]:

$$E_{\text{出口}} = E^1(I - A_{11})^{-1}Y_{12} + E^1A_{11}(I - A_{11})^{-1}Y_{12} \quad (4)$$

中国进口“隐含碳”公式为:

$$E_{\text{进口}} = E^1A_{21}(I - A_{11})^{-1}Y_{11} + E^2Y_{21} + E^1A_{11}(I - A_{11})^{-1}Y_{12} \quad (5)$$

进口再出口“隐含碳”公式为:

$$E_{\text{进口再出口}} = E^1A_{21}(I - A_{11})^{-1}Y_{12} \quad (6)$$

其中,  $E^1$ ,  $E^2$  分别表示中国和美国的完全碳耗系数。 $Y_{12}$  表示中国对美国的出口量,  $Y_{21}$  表示美国对中国的最终使用产品的进口,  $A_{21}$  表示中国从美国进口中间产品的消耗系数。

### 3. 结果的分析

#### 3.1. 总体分析

分析中国 2005~2011 年对美国三个方面产生的隐含碳的整体分布。如图 1 所示(单位: 万吨)。

从计算结果来看, 2005~2011 年中国对美国的净出口隐含碳都呈现出正值, 即表示中国对于美国来说是碳排放净出口国, 而且净出口隐含碳排放量整体呈现出上升的趋势。从图 1 中我们可以直观的看出, 出口和净出口的曲线走势是相同的, 都有先增加后下降然后再上升再下降的趋势, 但是整体来看还是增加的; 进口和进口再出口的隐含碳都在不断增长的, 但是进口再出口的隐含碳的量增长比较缓慢。

#### 3.2. 从出口、进口、进口再出口及净出口的角度分析

如表 3 所示, 从出口隐含碳的角度分析, 2006-2009 年排放量在不断下降, 平均增长率为 96.698%, 虽然出口方面有增加也有下降, 但是增加的幅度比下降的幅度大很多, 2011 年的总出口  $\text{CO}_2$  是 2010 年的 0.809969 倍, 而 2010 年的碳排放是 2009 年的 1.587738 倍; 对于中国从美国进口的隐含碳来说, 从 2005~2007 年之间是在不断上升, 2007 年比 2006 年增长了 21.77%, 但是 2008 年比 2007 年下降了 2415.68

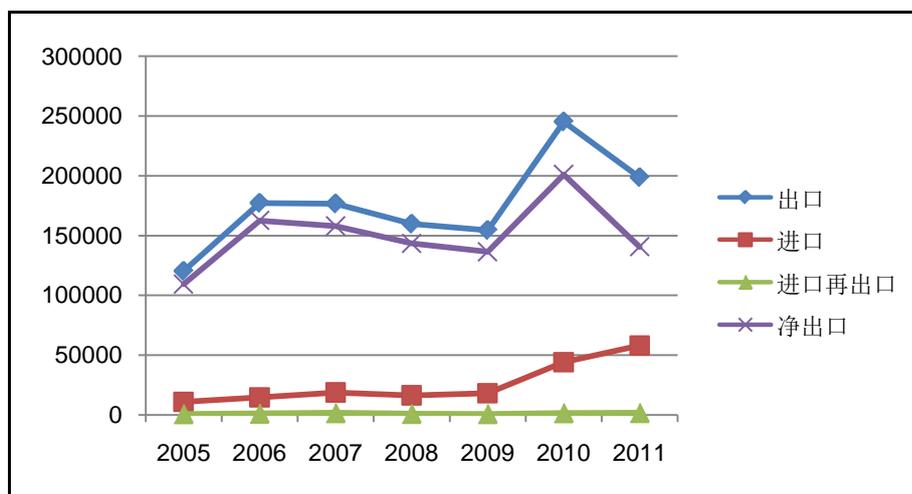


Figure 1. China's implicit carbon line charts for export, import and import re-export in China from 2005 to 2011

图 1. 中国 2005~2011 年出口、进口及进口再出口的隐含碳折线图

**Table 3.** China 2005-2011 export, import, import re-export and net export implied carbon emissions (10,000 tonnes)  
**表 3.** 中国 2005~2011 年出口、进口、进口再出口及净出口隐含碳排放量(万吨)

年份	出口	进口	进口再出口	净出口
2005	120323	10893.76	768.9878	109429.2
2006	177264	14665.18	1168.138	162598.8
2007	176715.5	18747.04	1601.124	157968.5
2008	159765.8	16331.36	948.412	143434.5
2009	154504.5	18054.59	827.11	136449.9
2010	245312.6	44220.18	1565.068	201092.4
2011	198695.6	58042.37	1682.761	140653.2

万吨,但是在 2010 年之后进口的隐含碳又迅速增长了,从 2009 年的 18054.59 万吨增加到 2010 年的 44220.18 万吨,增长了 59.17%;从进口再出口出发,随着时间的增加,碳排放量先增加后减少然后再增加,但是增长的速度不是太大。基本维持在 1223 万吨左右。中国对于美国的隐含碳净出口在这 7 年里均呈现出正值,平均净出口隐含碳为 150232.3603 万吨,足以说明中国对于美国是隐含碳净出口的大国。

### 3.3. 从 18 个行业分析

对于 18 个行业来说,第 15 个行业(电气、天然气、水供应业)在出口隐含碳在每年的出口碳排放中占比最高,但是从 2007 年以来有所下降,平均每年出口隐含碳为 104456.7 万吨,平均占比为 59.32%;其次是主要金属及压延业平均占比为 5.71%,而其他非金属、矿物制造业平均仅占 4.7%,这三个行业占据了出口碳排放的主要部分。18 个行业在进口隐含碳方面,每个行业都在不断的增长,其中电气、天然气、水供应业,其他非金属、矿物制造业,主要金属及压延业这三个行业进口最多,而电气、天然气、水供应业平均每年进口高达 10852.72 万吨,平均占总进口隐含碳的 41.98%。18 个行业在进口再出口隐含碳排放的计算结果可以看出,随着时间的推移,每个行业的碳排放都在逐年增长,但是增长的速度缓慢,不过也体现出了中国在进口再出口方面的需求在不断的上升。

## 4. 结论与启示

### 4.1. 结论

1) 从分析来看,中国对于美国是隐含碳净出口国。但是也存在某些行业的净出口隐含碳是负值的情况,说明中国对美国的隐含碳排放不是所有的行业都呈现出顺差。而进口再出口的隐含碳在这些年里虽然增长的速度比较缓慢,但是在这些年内也在增长。

2) 中国出口美国的隐含碳多的行业进口量也很多,如电气、天然气、水供应业是中国出口隐含碳最多的行业,但是在这一行业的进口隐含碳量所占的比重也是很大,平均每年进口高达 10852.72 万吨。

3) 中国对于美国在第 15 (电气、天然气、水供应业)、9 (主要金属及压延业)、10 (其他非金属、矿物制造业)这三个行业,无论是出口、进口及进口再出口隐含碳方面都是占比很高,足以看出中国在这三个行业中是贸易大国。

### 4.2. 启示

1) 中国在对美国出口的隐含碳方面,在 2011 年下降的趋势,但是在进口及进口再出口隐含碳方面,却有递增的趋势,如果按国际上现在评价的指标即从产品生产的角度来分配承担的责任的话,这无疑对

中国来说是不公平的。从计算的数据可以看出，中国出口的产品也是很多的，出口的产品是为了满足国外人们的消费，但是在生产中产生的二氧化碳却留在了国内，增加了中国的碳排放量。所以认清中国的碳排放结构，将有利于中国在国际上关于温室气体的责任承担上有更加有利的依据。

2) 中国在天然气、水供应业，其他非金属、矿物制造业，主要金属及压延业这三个行业的出口、进口及进口再出口隐含碳的比重相当大，如果仅集中发展着三大行业，对于其他行的发展是有阻碍的。

3) 中国可以引进先进的技术以减少进口量带来的隐含碳。中国学习其他国家先进的生产技术，生产出能够满足本国人们的消费，减少中国进口其他国家的产品的产品而承担不必要的责任。同时也可以减少与此带来的社会上的舆论压力。

### 参考文献 (References)

- [1] 陈楠, 刘学敏. 垂直专业化下中日贸易“隐含碳”实证研究[J]. 统计研究, 2016(3): 80-87.
- [2] 田杨. 基于贸易结构优化的中美贸易隐含碳研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京理工大学, 2015.
- [3] 耿安逸. 中美纺织品贸易隐含碳测算及碳责任分析[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京服装学院, 2016.
- [4] 向蓉美. 投入产出法[M]. 成都: 西南财经大学出版社, 2007.
- [5] 王文治, 陆建明. 中国对外贸易隐含碳排放余额的测算与责任分担[J]. 统计研究, 2016(8): 12-19.
- [6] 魏思超. 中国出口贸易隐含碳的测算及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [7] 北京大学中国经济研究中心课题组. 中国出口贸易中的垂直专业化与中美贸易[J]. 世界经济, 2006(5): 3-11.

#### 期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ass@hanspub.org](mailto:ass@hanspub.org)