我国出口贸易中的碳排放转移测算研究

田泽[1*]，顾莹[2]

（1. 河海大学低碳经济与技术研究所，常州 213022；2. 河海大学企业管理学院，常州 213022）

摘　要　国际贸易中碳排放转移关系到贸易双方的碳权分配与碳排放责任，处理好贸易出口和碳排放关系非常重要。本研究应用投入产出法及模型，对我国2002—2011年出口贸易的碳排放进行测算。结果显示，出口贸易与出口贸易隐含碳排放呈现出同比增长关系，从出口规模和结构看，电气、机械及器材制造业，基本金属及金属制品业,通用、专用设备制造业,化学原料和化学制品制造业等行业的碳排放位居前列，行业高碳结构性特征明显；短期内出口贸易与出口隐含碳的正相关关系不会有明显变化，但从长期来看二者的正相关关系将会趋于减弱。本研究提出以碳减排为约束，转变出口贸易结构,促进传统制造业优化升级，发展低碳贸易产品和绿色产业等建议。

关键词　出口贸易；碳排放；投入产出；面板数据

中图分类号：F062.1　　**文章编号**：1674-6252(2016)03-0073-05

文献标识码：A　　DOI：10.16868/j.cnki.1674-6252.2016.03.073

Research on Carbon Emissions Transfer Evaluation in Export Trade of China

TIAN Ze[1*], GU Ying[2]

(1. Institute of Low Carbon Economy and Technology, Hohai University, Changzhou 213022; 2. College of Enterprise Management, Hohai University, Changzhou 213022)

Abstract: The relationship of carbon emissions in the international trade is related to carbon distribution rights and carbon emissions responsibility of the two parties. It's very important on treating well the relationship between export trade and carbon emissions. In this paper, the carbon emissions of export trade from 2002 to 2011 in China were calculated by input-output method. The results showed that the export trade and implied carbon emissions of export trade have a year on year growth relationship. Looking form the sector export scale and structure, carbon emissions of appliances and machine manufacturing, metal manufacturing, equipment manufacturing industry, chemical products manufacturing and other industries are in the forefront. In the short term, there will be no obvious change in the positive correlation between the export trade and the export implied carbon, but the positive correlation between the two will tend to weaken in the long run. The paper put forward the suggestion of transforming the export trade structure, promoting the transformation and upgrading of the traditional manufacturing industry, developing the low carbon trade products and green industry.

Keywords: export trade; carbon emissions; input and output; panel data

引言

近年来，国际贸易中的碳排放成为发达国家和发展中国家贸易争端的重要分歧之一。2014年12月在秘鲁首都利马召开的联合国气候大会就曾因减排问题上的分歧，而使谈判一度陷入僵局。其中，碳排放权和减排责任分配一直是争论的焦点。目前，世界上对于碳排放的界定问题存在着“生产者负责”或“消费者负责”的争议[1]。“生产者负责”是生产者对于其生产过程中所产生的碳排放全权负责，而不管所生产出来的产品最终是在境内消费或出口境外；“消费者负责”则是指如果产品最终是出口他国，则应由消费国来负担其生产过程中排放的碳。而“消费者负责”又引申出一个新概念，即“隐含碳”，意为为得到某种产品，而在整个生产链中所排放的二氧化碳。

资助项目：中央高校基本科研业务费专项资助“面向国家战略性新兴产业加强低碳经济学专业研究生创新能力培养与建设”（编号2013B30614）；中央高校基本科研业务费重点资助“低碳经济背景下我国边际产业转移重大问题研究”（编号2013B19414）。

* 责任作者：田泽（1964—），男，河海大学教授，博士，博士生导师，主要研究方向为低碳经济理论与政策研究及国际贸易，E-mail:tianze21@126.com。

作者简介：顾莹（1993—），女，河海大学企业管理学院会计专业，研究方向为会计学。

由于发达国家更多依赖贸易进口，发展中国家更多依赖贸易出口，碳排放便存在着国际贸易中的转移，发达国家倾向于生产者负责，而发展中国家则认为应由消费者负责，这也造成了碳排放核算困难和减排责任分配存在较大困难和争议。改革开放 30 多年来，伴随着我国外贸出口持续高速增长，我国成为全球贸易大国的同时，我国也成为碳排放大国和污染严重大国。在此背景下，近年来中国碳排放问题成为国际关注的热点问题，一些国内外学者开始研究我国引进外资与碳排放对我国的转移程度，以及我国出口贸易与碳排放转移的关系。Shui 和 Harriss[2] 测出美国在 1997—2003 年通过进口中国商品向中国转移了约 7.4% 的二氧化碳排放；Li 和 Hewitt [3] 测算出 2004 年中英贸易转移碳排放占英国二氧化碳排放量的 18%；齐晔和李惠民 [4] 对中国进出口贸易中的隐含碳进行测算，认为考察与进出口总量对碳排放的净影响时必须排除其他影响因素。张晓平 [5] 在基于 2000—2006 年进出口商品分类数据分析我国货物二氧化碳排放，发现我国高达 30%～35% 的二氧化碳排放量是用于满足国际市场。朱启荣 [6] 和高风林 [7] 等学者对我国出口贸易与贸易中的碳排放关系进行实证分析，显示二者存在明显的正相关关系。许广月 [8]、黄敏和蒋琴儿等 [9] 应用投入产出法对我国出口贸易中隐含碳的计算及其变化的因素分解，也得出出口贸易中隐含碳与贸易量存在强正相关的结论观点。综合上述研究，对于中国而言，正确认识和处理好出口贸易和碳排放的关系及影响程度非常重要。本文就我国出口贸易中的碳排放量、趋势及影响程度评价进行实证研究，并提出相关对策与建议。

1 研究方法及数据来源

1.1 研究假设

关于出口贸易碳排放评价方法，本文借鉴国内外相关成果，一般常用方法是投入产出模型和生命周期评价模型，由于涉及的产业部门较多，为方便数据分析，本文采用投入产出模型进行实证研究。

本文探究碳排放转移量与出口贸易之间的关系，故所测算的隐含碳总额只涉及出口部分，而不包括国内消耗的隐含碳部分。由于我国是加工贸易大国，其中间投入品中不乏进口产品，因以下测算基于“生产者负责”观点，理应剔除进口中间投入品对于碳排放转移量测算的影响，故本文在计算中去除了加工贸易中的进口中间投入品。另外，本文还借鉴日本、中国台湾地区的平均生产技术进行后续计算。

1.2 研究方法

投入产出理论是基于投入产出表进行分析经济问题的一种评价方法，其目的在于研究一个国家各个部门之间投入与产出之间的相互关系 [6]。该理论已经被广泛应用于各领域，包括环境领域。

鉴于投入产出理论是建立在平衡理论基础上的，本文分析如下：

$$\begin{cases} a_{11}x_{11}+a_{12}x_{12}+\ldots+a_{1n}x_{1n}+y_1=x_1 \\ a_{21}x_{21}+a_{22}x_{22}+\ldots+a_{2n}x_{2n}+y_2=x_2 \\ \vdots \\ a_{n1}x_{n1}+a_{n2}x_{n2}+\ldots+a_{nn}x_{nn}+y_n=x_n \end{cases}$$

其中，x_{ij} 指 j 生产部门为了进行生产而消耗 i 部门所生产的产品数量；x_i 指 j 部门为进行生产活动的投入总量；y_j 指 j 部门最终生产出的产品（具体包含本国最终消费部分、形成资本部分以及出口贸易部分）。

将上面的方程组进行简化，可得到 $\sum_{i=1}^{n} a_{ij}x_{xj}+y_j=x_j$，其中的 a_{ij}（$a_{ij}=x_{ij}/x_j$）是直接消耗系数。a_{ij} 表示 j 部门每生产单位产品需消耗 i 部门的产品数量。若再将其进行进一步简化，可得矩阵形式：$AX+Y=X$，经矩阵运算后可以得到 $X=(I-A)^{-1}Y$。

其中，$(I-A)^{-1}=\boldsymbol{B}=\begin{pmatrix} B_{11} & B_{12} & \ldots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \ldots & B_{2n} \\ M & M & O & M \\ B_{n1} & B_{n2} & \ldots & B_{nn} \end{pmatrix}$，矩阵 $\boldsymbol{B}$ 被称为完全需求系矩阵，B_{ij} 是矩阵 $\boldsymbol{B}$ 的内部元素，即完全需求系数，其表达了为获取部门 j 单位最终生产产品所需部门 i 的产品数量。

除此之外，投入产出表中的 $B_{ij}=\begin{cases} b_{ij}, i\neq j \\ 1+b_{ij}, i=j \end{cases}$，$b_{ij}$ 即是完全消耗系数，意为 j 部门在生产每单位最终产品的过程中直接或间接的完全消耗的 i 部门所产总产品或中间产品的数量。

1.3 隐含碳排放测算模型

1.3.1 直接碳排放系数

$$\theta_j^d=f_j\cdot e_j \tag{1}$$

$$f_j=\sum_{p=1}^{m}\alpha_p\beta_{pj} \tag{2}$$

这里的 θ_j^d 即为部门 j 的直接碳排放系数；e_j（$e_j=E_{cj}/x_j$）则表示各部门单位的产值能耗，即直接能耗系数，E_{cj} 表示部门 j 的能源消耗量；f_j 表示部门 j 的能源碳排放系数（其中，α_p 代表第 p 种能源的碳排放系数，β_{pj} 代表行业 j 中第 p 种能源的消费比重）。

1.3.2 间接碳排放系数

$$\theta_j^{id}=f_j\cdot\left(\sum_{i=1}^{n}e_i\cdot b_{ij}\right) \tag{3}$$

这里的 θ_j^{id} 指间接碳排放系数；$\sum_{i=1}^{n} e_i \cdot b_{ij}$ 则表示 j 部门每生产单位产品所需间接消耗掉的 n 种产品的能耗总量。

1.3.3 完全碳排放系数

$$B_{ij} = \begin{cases} b_{ij}, i \neq j \\ 1 + b_{ij}, i = j \end{cases} \quad (4)$$

其中：

$$\theta_j = \theta_j^d + \theta_j^{id} = f_i \cdot e_j + f_i\left(\sum_{i=1}^{n} e_i \cdot b_{ij}\right) = f_i \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} e_i \cdot B_{ij}\right)$$

1.3.4 出口隐含碳排放量

$$v_j = \theta_j \cdot Z_j \quad (5)$$

其中，v_j 指出口的隐含碳排放量；Z_j 指部门 j 的出口额。将式（1）、式（2）、式（3）、式（4）代入式（5）就能够算出 j 部门碳排放量总额，将其表示为：

$$V = \sum_{j=1}^{n} v_j = \sum_{j=1}^{n} \theta_j \cdot Z_j$$

1.4 数据来源

根据上述模型，收集整理 2002—2011 年我国碳排放转移量数据，其中各部门各能源指标来源于中国投入产出表（2002，2007）及中国投入产出表延长表（2010）①。涉及的各部门能源消费构成、能源销费总量、能耗数据等源于《中国统计年鉴》。中国贸易出口构成及出口各种产品的金额等数据取自《中国对外经济统计年鉴》和《中国贸易外经统计年鉴》。

2 我国出口贸易中碳排放测算实证分析

应用投入产出法，针对 2002—2011 年我国出口贸易中的碳排放转移进行实证分析，碳排放测算结果主要分为总趋势结果分析及部门层面分析两方面。

2.1 总趋势结果分析

实证结果反映我国出口贸易和出口贸易中的隐含碳排放量呈正相关关系。通过图 1，可以清楚地显示这 10 年间我国出口额与出口碳排放量变化走势（图 1），即 2002—2011 年 10 年间我国出口贸易和出口贸易中的隐含碳排放量呈现出同比增长趋势，如 2002 年我国出口贸易的隐含碳排放量是 10 亿吨，而至 2011 年已上升至 45 亿吨，增长了 4.5 倍，其总趋势呈不断上升状态。仔细观察还发现，从图中折线的陡峭程度显现出 2002—2006 年出口贸易中隐含碳的排放量增长率要高于 2007—2011 年，而 2008—2009 年受金融危机影响出现了大幅的下滑。

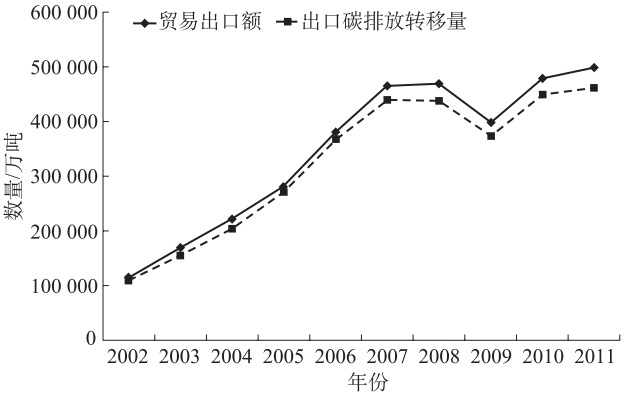

图1　2002—2011年我国出口贸易与碳排放转移趋势

2.2 各部门碳排放分析

从部门层面观察 2002—2011 年我国出口贸易与碳排放转移趋势，结果显示：

（1）各部门每单位产值的完全碳排放系数比较

由于各年间各部门每单位产值的完全碳排放系数并不相同，为了便于分析，仅以 2011 年的数据为分析基础。2011 年基本金属及金属制品业的完全碳排放系数在我国各部门中是最高的，其排放量约为 32 吨 CO_2/ 万美元；电气、机械及器材制造业以 35.5 吨 CO_2/ 万元的完全碳排放系数排在第二；依次为建筑业，非金属矿物制品业，化学原料和化学制品制造业，电力、煤气及水生产和供应业。

通过图 2 可以看出，污染高的重工业行业的完全碳排放系数通常也较高，而服务业、食品业、皮革服装业、家具制品业等的完全碳排放系数则比较小。

（2）各部门出口贸易额与碳排放转移关系及驱动因素分析

观察各部门出口贸易额与碳排放转移及对比两组数据，对各个出口部门的隐含碳排放在总碳排放中的比重和它们的出口额占总出口贸易的比重分别排序（表 1）。从表 1 可以看出，这两者的排序存在较高的一致性，即出口贸易行业大户同时也是出口碳排放转移的行业大户。

电气、机械及器材制造业，基本金属及金属制品业的隐含碳排放量最多，均占总碳排放转移量的 14.21%。

其后依次是通用、专用设备制造业，非金属矿物制品业，化学原料和化学制品制造业，电力、煤气及水生产和供应业，这几大行业碳排放占总碳排放转移量的 30.6%。值得注意的是，2011 年排在我国贸易出口前 5 位的也是这几大行业，占我国总贸易出口额的 35.62%。

因此，从部门角度来看，碳排放转移量较多的行业和出口贸易额较大的行业基本是一致的，和之前的总趋

① 需要说明：截至目前，我国投入产出表数据仅更新至2011年。

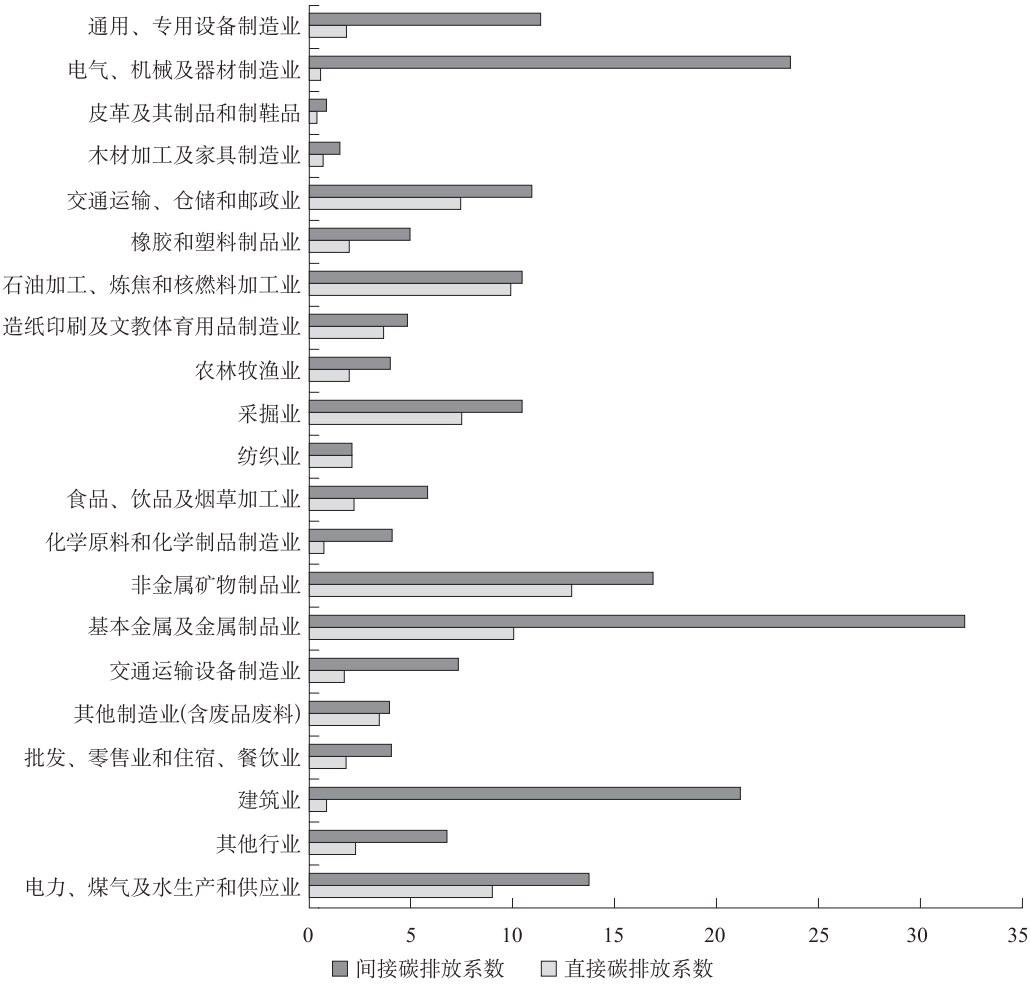

图2 各部门每单位产值的完全碳排放系数

势分析也是一致的。再通过对比完全碳排放系数，能够看出：几个出口贸易额较高的行业的完全碳排放系数也是比较高的，但其排名并不完全相同。在此可得出碳排放转移和出口贸易额关系具有高度紧密性的结论。在分析碳排放转移驱动影响因素上，也要考虑各部门贸易出口的规模和结构问题。

3 结论及建议

根据上述研究结果，可以看出 2002—2011 年 10 年间我国出口贸易与出口的碳排放转移量呈现出同比增长趋势，从部门角度来看，我国出口贸易比重较高的行业其碳排放转移量的比重也很高，两者占比排序呈现出高度的一致性，这些高碳行业占比排序由高到低依次为：电气、机械及器材制造业，基本金属及金属制品业，通用、专用设备制造业，化学原料和化学制品制造业和非金属矿物制品业等。在贸易持续快速增长形势下，出口的隐含碳排放量也占到了总碳排放量的 1/3。另外，从驱动因素看，出口贸易中的碳排放转移驱动受传统产业结构和出口贸易结构所限，其中以外资为主的加工贸易占较大比例。短期内，出口贸易与出口隐含碳增长的正相关关系不会有明显变化，但从长期来看，二者的正相关关系将会趋于减弱。为此，我国应大力发展低碳经济，促进产业结构优化，实现经济社会与环境可持续发展目标。

基于上述分析，建议：

（1）针对高碳行业的出口贸易特点，以碳减排为约束，促进机械制造、金属制造及设备制造等传统制造行业的结构调整与转型，以实现我国出口贸易主体结构的优化升级。

（2）走新型“走出去”战略，加大低碳技术投入力度，大力发展低碳贸易产品，积极发展绿色低碳产业和战略性新兴产业，培育低碳产品的出口竞争力。

（3）实施绿色外资引进政策，促进传统加工贸易模式转型与优化。外资企业的出口占我国出口的近六成。为此，政府应加强引资政策调整，引导外资投向低碳高效产业，利用外资先进技术与管理，控制环境标准，降低我国碳排放水平，以实现经济社会与环境可持续发展目标。

（下转105页）