

文章编号:2095-6134(2016)02-0187-08

# 中国碳排放国际转移的行业敏感性分析\*

何艳秋<sup>1†</sup>, 戴小文<sup>2</sup>

(1 四川农业大学管理学院, 成都 611130; 2 四川农业大学四川省农村发展研究中心, 成都 611130)  
(2015 年 2 月 27 日收稿; 2015 年 6 月 10 日收修改稿)

He Y Q, Dai X W. Industry sensitivity analysis of international transfer of China's carbon emissions[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2016, 33(2): 187-194.

**摘 要** 出口产业结构调整一直是中国碳排放控制的重要途径之一, 但如何调整出口产业结构以达到减排目的学术界却并未给出明确回答. 本文利用投入产出法, 落脚到具体行业, 通过测算行业边际出口载碳量衡量中国碳排放的出口敏感性, 并综合行业出口的经济影响力和环境影响对行业进行重新分类, 明确了中国出口结构调整中的重点行业.

**关键词** 完全碳强度; 边际出口完全载碳量; 投入产出分析; 产业分类

中图分类号: X322      文献标志码: A      doi:10. 7523/j. issn. 2095-6134. 2016. 02. 007

## Industry sensitivity analysis of international transfer of China's carbon emissions

HE Yanqiu<sup>1</sup>, DAI Xiaowen<sup>2</sup>

(1 Faculty of Management, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China;  
2 Sichuan Center for Rural Development Research, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611130, China)

**Abstract** The export structure adjusting is an important way of controlling carbon emissions. However, the explicit reply has not been given by academics about how to adjust the export structure. This paper points out the key industries of export structure adjustment based on input-output method. The sensitivity of international transfer of China's carbon emissions was measured by industry marginal export carbon emission. The industries have been reclassified on the basis of economic impacts and environment impacts.

**Key words** complete carbon intensity; marginal export complete carbon emission; input-output analysis; industrial classification

国际贸易带来的碳转移成为发展中国家反驳发达国家恶意指责的重要依据, 大量学者的研究表明, 贸易是发达国家环境污染减少的主要原因, 发达经济体的产品消费结构并没有随产品生产结

构发生转变, 只不过是污染工业发生了转移, 而发展中国家正是这些高污染行业转移出来的承载者. 对于发展中国家来说, 出口是拉动其经济发展的重要动力之一, 如何通过出口结构的调整既控

\* 四川省社会科学研究“十二五”规划项目(SC14TJ18)、2013 四川省教育厅科技项目(2013SSB0192)和四川农业大学社科专项资助  
† 通信作者, E-mail: linxiatingqiu@126.com

制碳排放又不致使经济受到过重影响将是本文研究的核心问题.

# 1 引言

对于碳转移,现有研究更多集中在进出口载碳量的测算和区域贸易隐含碳转移的影响因素上.早在 2006 年,Shuia 和 Harriss<sup>[1]</sup>的研究就表明中国约有 7%~14%的碳排放是为美国消费者承担的,进口中国的产品使美国自身的碳生产大大得以减少. Weber 等<sup>[2]</sup>也认为中国碳排放增加的主要原因就是出口,大约有 1/3 的碳排放都由出口带来;随后, Yan 和 Yang<sup>[3]</sup>证明中国年碳排放总量中的 10.3%~26.54% 由出口产品带来,并且还有逐年上升的趋势.与此同时,中国学者也展开了大量研究,张晓平<sup>[4]</sup>通过测算中国货物进出口的载碳量,发现中国出口载碳量随着中国贸易顺差的增大逐年增加. 王文举和向其凤<sup>[5]</sup>通过对世界主要碳排放大国 2005 年进出口产品隐含碳排放的核算,印证发展中国家确实为发达国家的消费者承担了数量巨大的二氧化碳.王媛等<sup>[6]</sup>认为中国在国际分工中的角色很大程度上影响着贸易隐含碳的转移,中国进口的大部分产品不是用于最终消费而是为了生产,而生产产品中有相当大的部分是用于出口,在总体上中国是在替发达国家排放二氧化碳.张为付和杜运苏<sup>[7]</sup>认为中国对外贸易中隐含碳排放失衡主要是由少数几个行业引起的,失衡的行业集中度较高.王媛等<sup>[8]</sup>应用对数平均 D 氏指数法(LMDI)对影响隐含碳净转移的因素进行分解,表明中国的高碳强度是造成目前碳转移增加的主要原因.李珊珊和罗良文<sup>[9]</sup>认为 FDI 行业结构是引起中国对外贸易隐含碳排放增加的主导因素.也有少数学者对中国内部区域间的碳转移量进行了测算,姚亮和刘晶茹<sup>[10]</sup>基于投入产出技术的生命周期模型测算中国 8 大区域的碳转移,认为北部沿海区域和中部区域碳排放转入量大于转出量;石敏俊等<sup>[11]</sup>认为中国存在着从能源富集区域和重化工基地向经济发达区域和产业结构不完整的欠发达区域的碳排放空间转移;潘元鸽等<sup>[12]</sup>基于多区域投入产出模型测算中国 2007 年 8 大地区之间贸易流入流出所隐含的碳排放,表明存在着经济相对发达的沿海地区向欠发达内陆地区的“碳泄露”现象.但由于中国区域间产品流动的资料相对缺乏,所以这

方面研究较少,且使用资料较老.

综上所述,学者们均认为中国是碳排放的净出口国,为发达国家的消费者承担了过多的碳排放,在国际减排行动中,发达国家应该为中国的碳排放承担更多的责任.可见,中国要实现总体减排,调整进出口结构是必不可少的重要途径,但如何调整进出口结构学术界却未给出明确回答.

本文在现有研究基础上,利用投入产出法对中国出口行业完全载碳量进行测算,并利用行业的边际出口载碳量衡量中国碳排放总量对出口行业的敏感性,最终依据行业的边际出口载碳量、行业出口完全碳强度和行业出口对中国经济的带动力大小将出口行业进行重新划分,落脚到具体行业提出如何调整出口产业结构既达到减排的目的,又使经济所受影响较小,一方面弥补了以往研究中仅提出出口结构调整以达到全国减排,但并未就如何调整出口结构做出具体说明的缺陷,另一方面也为国家通过出口结构调整达到全国碳排放总量控制提供了理论支持和数据支撑.

# 2 测算方法及数据来源

## 2.1 测算方法

### 2.1.1 行业出口完全载碳量的测算

行业出口碳排放既包括消耗能源的直接排放,又包括消耗中间投入品的间接排放,所以行业出口载碳量的测算要从行业整个投入产出链进行全面考虑.虽然投入产出表 5 年编 1 次,且假定产品类型与行业部门类型一一对应与实际有一定差异,但投入产出表通过中间投入把各个行业部门间环环相扣的关系体现出来,既便于对出口行业的隐含碳排放进行测量,从而较为精确把握各个行业出口的完全载碳量,又可分析出口行业结构变动对全国出口载碳总量造成的影响.所以,投入产出法对于行业碳排放问题的研究仍具有其他方法不可替代的优势.利用投入产出公式测算出口完全载碳量:

$$coe = e[(I - a)^{-1}ex], \tag{1}$$

其中,coe 为中国出口完全载碳量,e 为行业直接碳强度行向量,(I - a)<sup>-1</sup>为列昂剔夫逆矩阵,ex 为行业出口额列向量.行业的直接碳强度计算公式为

$$e_i = \frac{\sum q_i f_i}{gq_i}, \tag{2}$$

其中,  $e_i$  为行业  $i$  的直接碳强度,  $q_i$  为行业  $i$  对第  $i$  种化石能源的消耗量,  $f_i$  为第  $i$  种化石能源的碳排放因子,  $gq_i$  为第  $i$  行业的总产出。

依据式(1)分解出各个行业出口的完全载碳量:

$$\text{coe}_i = \mathbf{e}(\mathbf{I} - \mathbf{a})_i^{-1} \text{ex}_i, \quad (3)$$

其中,  $\text{coe}_i$  表示行业  $i$  的出口完全载碳量,  $\mathbf{e}$  为行业直接碳强度行向量,  $(\mathbf{I} - \mathbf{a})_i^{-1}$  为列昂剔夫逆矩阵第  $i$  列,  $\text{ex}_i$  为第  $i$  行业的出口额。其中,  $\mathbf{e}(\mathbf{I} - \mathbf{a})_i^{-1}$  可看成行业  $i$  的完全碳排放系数, 以  $\bar{e}$  表示, 所以行业  $i$  的出口完全载碳量也可以表示为

$$\text{coe} = \bar{e} \text{ex}_i. \quad (4)$$

可见, 行业的出口完全载碳量由行业完全碳排放系数和出口额共同决定。

### 2.1.2 行业出口完全碳强度测算

行业出口完全碳强度为行业的出口完全载碳量除以行业出口额:

$$q_i = \frac{\text{coe}_i}{\text{ex}_i}. \quad (5)$$

可见行业的出口完全碳强度等同于行业的完全碳排放系数, 即  $\bar{e} = q_i$ , 表明行业出口每增加一单位产生的直接碳排放和间接碳排放之和。

### 2.1.3 碳排放国际转移的行业敏感性测度

敏感性最早是由约瑟夫奈和基欧汉在《权利与相互依赖》一书中创造出来的, 用来描述体系中某个部分变化会在多短时间内导致其他部分也发生变化, 所以借鉴这种思想, 本文的敏感性是用来测度出口结构的变动会导致中国国际载碳量如何发生变动, 即某行业出口额增加一单位, 国家载碳总量增加的数量, 可从投入产出法中边际变动思想出发进行测度, 也称为行业的边际出口完全载碳量。具体测算步骤如下:

第1步, 假定国民经济中共有  $n$  个行业, 第  $n$  个行业出口额变动引起其他  $n-1$  个行业总产出的变动量  $\Delta \mathbf{X}_{(n-1)}$ 。

第  $n$  个行业的出口额是第  $n$  个行业最终使用的重要组成部分。第  $n$  个行业出口额对其他  $n-1$  个行业总产出的影响可用矩阵表示为:

$$\mathbf{x}_{(n-1)} = \mathbf{A}_{(n-1)} \mathbf{x}_{(n-1)} + \begin{bmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \dots \\ a_{n-1,n} \end{bmatrix} \text{ex}_n + \mathbf{y}_{(n-1)}, \quad (6)$$

其中,  $\text{ex}_n$  表示第  $n$  个行业的出口额,  $\mathbf{X}_{(n-1)}$  表示其他  $n-1$  个行业的总产出,  $\mathbf{A}_{(n-1)}$  表示其他  $n-1$  个行业的直接消耗系数矩阵,  $\mathbf{y}_{(n-1)}$  表示其他  $n-1$  个行业的最终使用,  $a_{in}$  表示第  $n$  个行业要直接消耗第  $i$  个行业的产值。

假设第  $n$  个行业出口有一个增量  $\Delta \text{ex}_n$ , 式(6)可变为

$$\Delta \mathbf{x}_{(n-1)} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}_{(n-1)}]^{-1} \begin{bmatrix} a_{1n} \\ a_{2n} \\ \dots \\ a_{n-1,n} \end{bmatrix} \Delta \text{ex}_n, \quad (7)$$

$\Delta \mathbf{x}_{(n-1)}$  表示其他  $n-1$  行业总产出的变动量。

把式(7)变换成利用  $N$  阶完全需求系数矩阵求得的形式:

$$\Delta \mathbf{x}_{(n-1)} = \begin{bmatrix} \bar{b}_{1n}/\bar{b}_{nn} \\ \bar{b}_{2n}/\bar{b}_{nn} \\ \dots \\ \bar{b}_{n-1,n}/\bar{b}_{nn} \end{bmatrix} / \Delta \text{ex}_n, \quad (8)$$

$\bar{b}_{in}$  表示第  $n$  行业对第  $i$  行业产品的完全需求系数。

第2步, 利用公式  $\Delta E_j = q_j \Delta x_j$  测算各个行业碳排放变动量,  $j = 1, 2, \dots, n$ ,  $\Delta E_j$  为第  $j$  个行业碳排放变动量,  $\Delta x_j$  为  $j$  行业产出变动量,  $q_j$  为  $j$  行业出口完全碳强度。

第3步, 利用公式  $\Delta E_n = \sum_{j=1}^n \Delta E_j$  得到  $n$  个行业总的边际出口完全载碳量, 表明第  $n$  个行业出口变动对中国国际载碳总量的影响程度。

### 2.1.4 出口行业的分类

在进行中国出口行业结构调整时既要考虑出口行业对中国环境的影响, 又要考虑其对经济的总体影响, 希望以最小的经济代价获得最大的减排效果, 所以从以下3个指标入手对出口行业进行分类: 一是行业影响力系数, 二是行业边际出口完全载碳量, 三是行业出口完全碳强度。

行业出口对经济影响力的大小主要通过行业的影响力系数体现, 某个行业的影响力系数越大, 则说明这个行业对社会生产的影响越大, 在经济中越重要, 行业影响力系数的计算公式如下:

$$r_j = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{b}_{ij}}{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n_{ij}} \bar{b}_{ij}}, \tag{9}$$

其中,  $r_j$  表示行业  $j$  的影响力系数,  $\sum_{i=1}^n \bar{b}_{ij}$  表示完全需求系数矩阵中第  $j$  列的和,  $\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^{n_{ij}} \bar{b}_{ij}$  表示完全需求系数矩阵中各列和的平均值.

行业分类的具体过程:

第 1 步:分别依据 3 个指标中每一个指标对行业进行聚类分析,可将行业按 3 个标准分为高、中、低 3 个等级,其中影响力系数表明行业对全国经济的影响力大小,行业边际出口完全载碳量表明行业出口额变动对中国国际载碳总量的影响程度的大小,行业出口完全碳强度表明行业的环境污染程度大小,后 2 个指标可以综合表示行业对中国环境污染的影响度大小.

第 2 步:可以得到 3 个指标都为高等级的行业(影响力大,环境污染大,且国际载碳量对其出口较为敏感的行业);3 个指标中影响力为高等级,其余 2 个指标为低等级的行业(影响力大,但环境污染小,且国际载碳量对其出口不太敏感的行业);3 个指标中影响力为低等级,其余 2 个指标为高等级的行业(影响力小,但环境污染大,且国际载碳量对其出口较为敏感的行业);3 个指标中影响力为低等级,其余 2 个指标也为低等级(影响力小,环境污染也小,且国际载碳量对其出口也不敏感)这 4 种典型的行业类别.

2.2 数据来源

本文采用中国 2010 年投入产出数据和行业能源消费数据,研究行业包括 3 次产业共计 26 个行业. 涵盖的行业包括:装备制造业、石化业、纺织服装制造业、采掘业、金属冶炼及压延加工业、食品制造及烟草加工业、建筑业、电力热力和燃气生产供应业、木材加工及家具制造业、造纸印刷及文教体育用品制造业、非金属矿物制品业、金属制品业、交通运输仓储邮政业、批发零售住宿餐饮业、农林牧渔业、其他制造业和其他服务业.

涵盖的指标包括:

- 1)26 个行业的出口额:经投入产出表整理而得;
- 2)26 个行业的直接消耗系数和完全消耗系

- 数:经投入产出表整理而得;
- 3)26 个行业的总产出:经投入产出表整理而得;
- 4)26 个行业的最终使用:经投入产出表整理而得;
- 5)26 个行业对各种化石能源的消耗量:经中国能源统计年鉴整理得到.

3 测算结果分析

3.1 行业出口完全载碳量

从表 1 来看,装备制造业和纺织服装制造业的直接碳强度虽然不高,但由于其出口规模巨大成为出口载碳量较大的 2 类行业,出口载碳量分别为 128 682 万 t 和 34 687 万 t,排名第 1 和第 3, 占中国出口载碳总量的 39.3% 和 10.6%, 这 2 类行业中又以通信设备、计算机及其他电子设备制造业和纺织业的出口载碳量为主,分别占到其类行业出口载碳量的 45.7% 和 63.7%. 而石化业和金属冶炼及压延加工业由于直接碳强度较高成为中国出口载碳量排名第 2 和第 4 的行业,出口载碳量分别为 44 409 万 t 和 34 429 万 t. 随着中国对外开放程度的加大,大量非常住人口进入中国,在带动全国最终需求的同时,也使第三产业中的交通运输仓储邮政业和批发零售住宿餐饮业的出口载碳量比较显著.

从装备制造业和纺织服装制造业 2010 年的出口规模来看,分别为 40 459.58 和 13 888.53 亿元,占到出口总额的 49.3%, 分别为石化行业出口的 5 倍和 2 倍,电力、热力和燃气生产供应业出口的 621 倍和 213 倍,金属冶炼加工业出口的 7 倍. 正是由于装备制造业和纺织服装制造业的出口规模过于庞大,虽然其碳强度较低,仅为石化业、金属冶炼压延加工业的 1/2 左右,电力热力燃气生产供应业的 1/4 左右,但载碳总量仍旧高于石化业、电力热力和燃气生产供应业和金属冶炼压延加工业.

3.2 行业出口完全碳强度

行业的出口载碳量很大程度上受到行业出口规模的影响,为排除此影响,从行业出口完全碳强度的角度进行进一步分析. 从图 1 可见,各行业的完全碳强度都高于直接碳强度. 其中,煤炭开采和洗选业、石油加工炼焦及核燃料加工业、金属冶炼及压延加工业和电力热力燃气生产供应业 4 大出

表 1 行业出口完全载碳量表

Table 1 Industry export complete carbon emissions

10<sup>5</sup> t

类行业	子行业	子行业出口载碳量	类行业出口载碳量
装备制造业	通用、专用设备制造业	21 860	128 682
	交通运输设备制造业	10 914	
	电气机械及器材制造业	27 688	
	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	58 866	
	仪器仪表及文化办公用机械制造业	9 352	
石化业	石油加工、炼焦及核燃料加工业	9 005	44 409
	化学工业	35 404	
纺织服装制造业	纺织业	22 087	34 687
	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	12 600	
采掘业	煤炭开采和洗选业	1 281	2 738
	石油和天然气开采业	563	
	金属矿采选业	357	
	非金属矿及其他矿采选业	535	
金属冶炼及压延加工业	—	34 429	34 429
食品制造及烟草加工业	—	3 371	3 371
建筑业	—	1 615	1 615
电力、热力和燃气生产供应业	—	811	811
木材加工及家具制造业	—	6 349	6 349
造纸印刷及文教体育用品制造业	—	7 144	7 144
非金属矿物制品业	—	7 638	7 638
金属制品业	—	16 279	16 279
其他制造业	—	2 689	2 689
交通运输仓储邮政业	—	20 733	20 733
批发零售住宿餐饮业	—	7 301	7 301
其他服务业	—	7 187	7 187
农林牧渔业	—	978	978

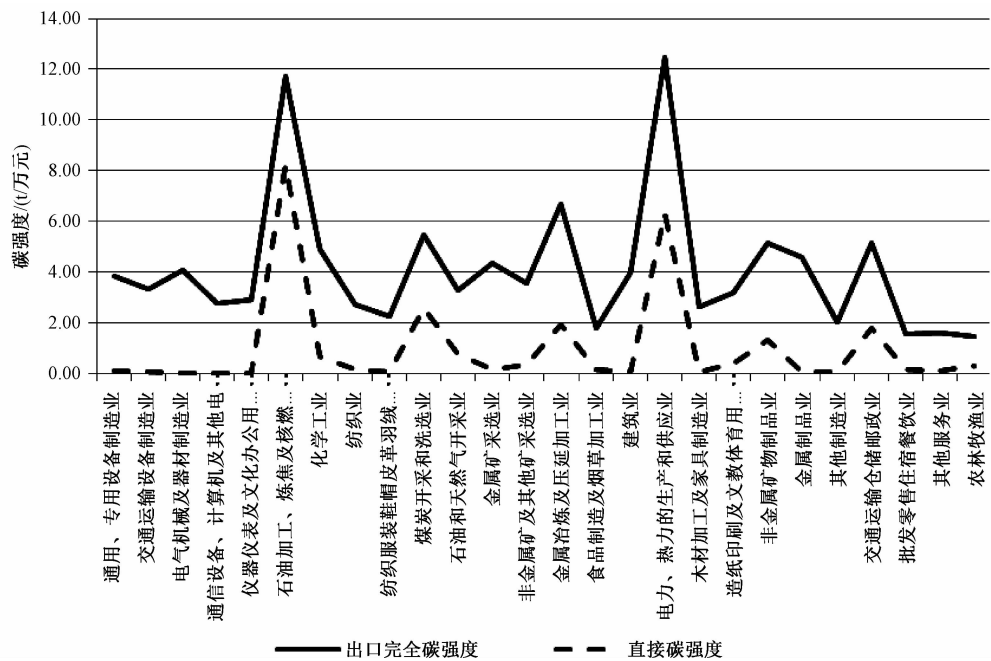


图 1 行业出口完全碳强度和直接碳强度对比图

Fig. 1 Comparison of industry export complete carbon intensity and direct carbon intensity

口行业的完全碳强度比较显著,分别为 5.48、11.73、6.68 和 12.46t/万元.而农林牧渔业、食品制造及烟草加工业、批发零售住宿餐饮业和其他服务业的出口完全碳强度较低.

从行业出口完全碳强度与直接碳强度的差额(简称为间接碳强度)还可看出,金属冶炼及压延加工业和电力热力生产供应业不但直接碳强度高,且间接碳强度也比较高,而金属矿采选业、化学工业、金属制品业、电气机械及器材制造业和建筑业虽然直接碳强度不高,但间接碳强度比较高,说明这 4 大行业的中间投入品多为高能耗行业.

### 3.3 碳排放国际转移的出口产业结构敏感性

中国国际载碳量对出口产业结构变动的敏感性可以表明中国碳排放如何受到各行业出口额变动的影响,以行业的边际出口完全载碳量来衡量.从表 2 看出,电、热、燃气生产供应业、建筑业和采掘业虽然出口载碳量不高,但其出口额变动对中

国国际载碳总量的影响比较大,行业的边际出口完全载碳量分别为 16.79、16.74 和 12.24 t/万元.而石化业、金属冶炼及压延加工业和装备制造业不但是中国出口载碳总量较多的行业,其出口额变动对中国国际载碳总量的影响也较为显著,行业边际出口完全载碳量分别为 14.69、13.05 和 12.17 t/万元.第三产业中的交通运输仓储邮政业出口额变动对中国国际载碳总量的影响也比较大,行业边际出口完全载碳量为 12.29 t/万元.除此外,第一产业、其余第三产业和第二产业中轻工业出口额变动对国际载碳总量的影响较小.

### 3.4 出口行业分类及出口结构的调整

从表 3 来看,出口对经济影响小,环境污染较严重,且中国国际载碳量对其出口额增加又极其敏感的行业主要集中在煤炭开采洗选业、金属矿采选业、石油加工炼焦及核燃料加工业等中上游工业行业上;而一直以来被学术界认为出口附加值较低的纺织业和通信设备计算机及其他电子设

表 2 行业的边际出口完全载碳量表  
Table 2 Industry marginal export complete carbon emissions t/10<sup>5</sup>RMB

类行业	子行业	行业边际出口 完全载碳量	行业平均边际出口 完全载碳量
装备制造业	通用、专用设备制造业	12.92	12.17
	交通运输设备制造业	11.09	
	电气机械及器材制造业	15.70	
	通信设备、计算机及其他电子设备制造业	7.37	
	仪器仪表及文化办公用机械制造业	13.78	
石化工业	石油加工、炼焦及核燃料加工业	19.36	14.69
	化学工业	10.02	
纺织服装制造业	纺织业	7.77	8.73
	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	9.69	
	煤炭开采和洗选业	12.47	
采掘业	石油和天然气开采业	9.88	12.24
	金属矿采选业	14.23	
	非金属矿及其他矿采选业	12.41	
金属冶炼及压延加工业	—	13.05	—
食品制造及烟草加工业	—	6.01	—
建筑业	—	16.74	—
电力、热力和燃气生产供应业	—	16.79	—
木材加工及家具制造业	—	8.81	—
造纸印刷及文教体育用品制造业	—	9.78	—
非金属矿物制品业	—	13.98	—
金属制品业	—	16.65	—
其他制造业	—	8.21	—
交通运输仓储邮政业	—	12.29	—
批发零售住宿餐饮业	—	6.08	—
其他服务业	—	6.06	—
农林牧渔业	—	4.62	—

表 3 行业分类情况表

Table 3 Industry classification

行业	影响力系数	行业边际出口完全 载碳量/(t/万元)	行业出口完全碳 强度/(t/万元)
影响小,污染大的行业			
煤炭开采洗选业	0.84	12.47	5.48
金属矿采选业	0.96	14.23	4.35
石油加工炼焦及核燃料加工业	0.96	19.36	11.73
交通运输仓储邮政业	0.82	12.29	5.14
影响大,污染小的行业			
纺织业	1.12	7.77	2.69
通信设备、计算机及其他电子设备制造业	1.32	7.37	2.75
影响大,污染大的行业			
化学工业	1.13	10.02	4.89
金属冶炼压延加工业	1.14	13.05	6.68
金属制品业	1.17	16.65	4.57
电气机械及器材制造业	1.24	15.7	4.06
仪器仪表及文化办公用机械制造业	1.23	13.78	2.89
通用、专用设备制造业	1.16	13.92	3.81
影响小,污染一般的行业			
石油天然气开采业	0.72	9.88	3.25
非金属矿及其他矿采选业	0.91	12.41	3.56
影响一般,污染小的行业			
食品制造及烟草加工业	0.91	6.01	1.76
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	1.12	9.69	2.22
木材加工及家具制造业	1.06	8.81	2.62
影响一般,污染大的行业			
非金属矿物制品业	1.03	13.98	5.15
电力、热力、燃气生产和供应业	0.99	15.51	7.80
建筑业	1.1	16.74	3.95
影响大,污染一般的行业			
交通运输设备制造业	1.23	11.09	3.33
影响小,污染小的行业			
农林牧渔业	0.67	4.62	1.47
其他制造业	0.82	8.21	2.00
批发零售住宿餐饮业	0.72	6.08	1.54
其他服务行业	0.73	6.06	1.6
影响一般,污染一般的行业			
造纸印刷及文教体育用品制造业	1.09	9.78	3.16

备制造业其出口不但对中国经济影响力大,而且环境污染小,中国国际载碳量对其出口额增加又不太敏感;而化学工业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、电气机械及器材制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业和通用专用设备制造业等重工业行业的出口不但对中国经济影响力大,而且环境污染严重,中国国际载碳量对其出口额增加又极其敏感;电力、热力和燃气 3 大能源生产供应业其出口对中国经济影响力一般,但环境污染较严重,中国国际载碳量对其出口额增加又极其敏感;第一产业和除交通运输仓储邮政业以外的

其他第三产业的出口对中国经济影响力小,且环境污染小,中国国际载碳量对其行业出口额增加又不太敏感.

4 结论与政策建议

经济影响力小、环境污染大,且中国国际碳转移对其出口额增加又比较敏感的煤炭开采洗选业、金属矿采选业、石油加工炼焦及核燃料加工业和交通运输仓储邮政业应该成为中国极力限制其出口的行业.对于前 3 个直接碳强度较高的工业子行业不但可以限制其出口,甚至国内需求都可

以以进口来替代,不但仍能使中国经济健康发展,又能减少中国的碳排放总量,同时也便于中国实现产业优化升级.而对于交通运输仓储邮政业这一物流业的重要支撑者,随着中国经济对外开放程度逐步加大,要想限制其出口比较难,而这一行业又是建立在高能耗工业产业的基础上的,所以重点应是在提高运行效率上,整合已有资源、集聚产业功能,提高产业周转经营能力上.

经济影响力大、环境污染小,且中国国际碳转移对其出口额增加又不太敏感的纺织业和通信设备计算机及其他电子设备制造业反倒应该是中国努力加大出口的优势行业.而现实中的情况是这 2 大行业在中国出口总量中分别占比 9% 和 22%,比重已经相对较高,在未来的发展中,仍应成为中国出口的主要行业.但另一个问题是,这 2 大行业的附加值比较低,中国还停留在人工成本较低而使产品出口竞争力较强的状态.所以,一方面要提高通信设备计算机及其他电子设备制造业的自主研发能力和创新能力,以核心技术提高产业附加值,另一方面纺织业必须在产业链、价值链中提升自己,通过品牌、科技的提升来提高产品档次,提高产品附加值,并且应在产品的多样化和市场的多元化上下功夫.

对于经济影响力大、环境污染较严重,且中国国际碳转移对其出口额增加又极其敏感的化学工业、金属冶炼及压延加工业、金属制品业、电气机械及器材制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业和通用专用设备制造业等重工业行业,不能盲目地减少其出口额,这会给中国经济带来巨大的负面影响.而应该着重从技术进步上入手降低这些行业的碳强度,从而减少其出口带来的碳排放,一方面由于重工业建设周期长,为弥补进行技术改造的企业可能产生的亏损,国家应给予一定的扶持和政策倾斜,让资金能够流向这些企业,另一方面也应该努力发展大规模的重工业企业,将小规模企业进行合并,便于带来规模效应而使企

业有能力进行技术改造.

对于经济影响力小、环境污染小,且中国国际碳转移对其出口额又不太敏感的第一产业和除交通运输仓储邮政业的其他服务业行业,应该根据中国经济发展的需要和阶段的不同适时调整其发展,随着中国工业化进程的完成,工业对经济的影响力逐步降低,服务业对经济的影响会逐步提升,而这类行业的环境污染又小,应该是未来大力发展的方向.

### 参考文献

[ 1 ] Shuia B, Harriss R C. The role of CO<sub>2</sub> embodiment in US-China trade [ J ]. Energy Policy, 2006, ( 34 ) : 4 063-4 068.

[ 2 ] Weber C L, Peters G P, Guan D, et al. The contribution of Chinese exports to climate change [ J ]. Energy Policy, 2008 ( 36 ) : 3 572-3 577.

[ 3 ] Yan Y F, Yang L K. China's foreign trade and climate change: a case study of CO<sub>2</sub> emissions [ J ]. EnergyPolicy, 2010 ( 38 ) : 350-356.

[ 4 ] 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 ( 2 ) : 234-242.

[ 5 ] 王文举, 向其凤. 国际贸易中的隐含碳排放核算及责任分配 [ J ]. 中国工业经济, 2011 ( 10 ) : 56-64.

[ 6 ] 王媛, 王文琴, 方修琦, 等. 基于国际分工角度的中国贸易碳转移估算 [ J ]. 资源科学, 2011 ( 7 ) : 1 331-1 337.

[ 7 ] 张为付, 杜运苏. 中国对外贸易中隐含碳排放失衡度研究 [ J ]. 中国工业经济, 2011 ( 4 ) : 138-147.

[ 8 ] 王媛, 魏本勇, 方修琦, 等. 基于 LMDI 方法的中国国际贸易隐含碳分解 [ J ]. 中国人口·资源与环境, 2011 ( 2 ) : 141-146.

[ 9 ] 李珊珊, 罗良文. FDI 行业结构对中国对外贸易隐含碳排放的影响: 基于指数因素分解的实证分析 [ J ]. 资源环境, 2012 ( 5 ) : 855-863.

[ 10 ] 姚亮, 刘晶茹. 中国八大区域间碳排放转移研究 [ J ]. 中国人口·资源环境, 2010 ( 12 ) : 16-19.

[ 11 ] 石敏俊, 王妍, 张卓颖, 等. 中国各省区碳足迹与碳排放空间转移 [ J ]. 地理学报, 2012 ( 10 ) : 1 327-1 338.

[ 12 ] 潘元鸽, 潘文卿, 吴添. 中国地区间贸易隐含 CO<sub>2</sub> [ J ]. 统计研究, 2013 ( 9 ) : 21-28.