

中国对外贸易的隐含二氧化硫排放研究

——基于进口非竞争型投入产出表的分析

邓 荣 荣

(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘 要] 文章通过构建中国1992—2007年(进口)非竞争型可比价格投入产出表,测算与分析了中国对外贸易对我国SO₂排放的影响,并利用结构分解法研究了促进中国对外贸易隐含SO₂排放增长的驱动因素。结果表明,1997年以来中国已经成为SO₂的净输出国,且环境贸易条件呈现恶化的趋势,我国为促进对外贸易的发展付出了一定的生态代价。贸易规模的增长是促进贸易含硫量的迅速增加最主要的因素,各部门直接排放系数的下降对贸易含硫量有关键的抑制作用,而中间生产技术与进出口结构的变化对其影响较小。

[关键词] 对外贸易; 隐含; SO₂排放; I-O SDA模型

[中图分类号] F752.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2014)02-0044-09

改革开放以来,中国经济年均增速超过9%,创造了世界经济增长的奇迹。与此同时,中国的资源消耗和环境污染状况也不断加剧。正因为如此,人们很自然地将快速增长的贸易与近年来中国的能耗和环境污染状况联系起来,认为贸易的扩张是中国节能和环境污染状况难以有效改善的一大原因。事实上,对外贸易对一国环境的影响是双向的,在对外贸易的过程中,出口增加了本国的污染排放,而进口又起到节约污染排放的作用。那么贸易对中国污染排放的影响到底有多大?

从国际上看,对贸易所造成的环境影响进行测度的研究始于20世纪后期,大量文献集中在对CO₂排放的研究上。Gale(1995)运用I-O模型分析了NAFTA的建立对墨西哥CO₂排放的影响,结果显示,在NAFTA促进墨西哥经济增长的同时增加了墨西哥的CO₂排放量^[1];Machado等(2001)的研究发现,巴西出口的非能源产品中的含碳量高于进口非能源产品的含碳量^[2];Mukhopadhyay(2006)指出:泰国出口产品的含碳量超过其进口产品的含碳量,发达国家通过对外贸易在一定程度上将污染转移到泰国^[3]。近年来,中国对外贸易的隐含污染问题也逐渐引起国内外学者的重视。Peters and Hertwich(2008)的研究表明:2001年中国出口碳排放占其国

内实际碳排放的24%,其净贸易碳排放为国内总碳排放的7%^[4]。此外,Weber et al.(2008)^[5]、Lin和Sun(2010)^[6]、张友国(2010)^[7]等人的研究均表明,近年来中国出口隐含碳排放高于进口隐含碳排放,我国为别国承担了一定的污染排放责任。仅有少量研究关注国际贸易中隐含的其它污染排放问题。如Koo(1974)分析了对外贸易对美国五种大气污染物排放的影响^[8];沈利生(2008)对中国2002至2006年间进出口隐含的SO₂排放进行了测算^[9];彭水军、刘安平(2010)测算了我国1997至2005年四类污染物的进出口含污量,得出了与张友国(2010)等研究一致的结论^[10]。

综合来看,现有关于中国对外贸易中隐含污染排放的研究存在以下三点需要改进或者拓展的方面:第一,现有研究所考察的环境污染物指标大多为CO₂,我们需要对中国对外贸易中隐含的其它污染物指标进行研究,以验证现有实证结果的稳健性;第二,国内虽有若干研究以其它污染物指标为研究对象,但研究时间过短,或研究领域尚需要拓展(缺乏对中国进出口隐含污染排放的驱动因素的研究);第三,在计算污染排放强度时,大多研究使用现价投入产出表而非可比价投入产出表,价格的波动将导致利用现价投入产出表计算的结果缺乏科学性;第

[收稿日期] 2014-02-28

[基金项目] 湖南社科基金一般项目“湖南省城乡居民消费碳排放测算及影响因素研究”资助(编号:13YBB196);衡阳市科学技术局一般项目“衡阳市工业碳排放预测与低碳城市建设潜力分析”资助(编号:2013KS32)

[作者简介] 邓荣荣(1981-),女,湖南衡阳人,南华大学经济管理学院讲师,华中科技大学经济学院博士研究生。

四,在研究方法上,多数学者没有考虑进口中间投入品对进出口隐含污染排放的影响,计算的结果可能存在一定偏差。

鉴于以上原因,本文将以 SO_2 排放为研究对象,借助 1992—2007 年中国(进口)非竞争型可比价投入-产出表(IO),分年度、分产业综合考察近 15 年来对外贸易增长对中国污染排放的影响,并利用结构分解分析法(SDA)深入分析中国出口贸易隐含污染排放增长的驱动因素,这对于考察与现有文献结果的一致性,合理界定我国在开放的世界经济中应该承担的减排责任,具有重要的现实意义。

一 模型与数据处理

在测度一国对外贸易的隐含污染研究中,投入产出模型是主流的分析工具。由于本文研究的是中国整体进出口贸易的隐含污染,而我国的贸易对象国有近百个,采用多区域投入产出法进行研究不切实际,因此本文同大多数研究一样,采用单区域投入产出模型进行研究,即假定进口品也按进口国的技术生产,这样做的合理性在于:本文的研究目的之一为估算我国通过进口所节约的 SO_2 排放量,单区域投入产出模型更适合评价贸易对单个地区的碳排放所产生的影响^[11]。

(一)进出口贸易含硫量的测度模型

本文的模型建立在 Leontief(1951)^[12]的分析框架之上,Leontief 投入产出模型的矩阵代数形式为:

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

$$\text{求解 } X, \text{ 可以得出: } X = (I - A)^{-1}Y \quad (2)$$

其中, X 、 Y 分别是国民经济中部门总产出向量和最终需求向量; A 为直接消耗系数矩阵($n \times n$),其第 i 行第 j 列的元素 a_{ij} 表示第 j 部门生产单位产品直接消耗第 i 部门的产品数量,直接消耗系数反映了部门之间的直接经济技术联系; I 是 A 的同阶单位矩阵; $(I - A)^{-1}$ 为 $n \times n$ 阶完全消耗系数矩阵(Leontief 逆矩阵),其第 i 行第 j 列的元素 b_{ij} 表示第 j 部门每提供 1 个单位最终产品时,对第 i 部门产品和服务的直接和全部间接需求量之和。

令 SO_2 排放总量为 P ,第 j 部门的 SO_2 排放量为 P_j ,则 $P = \sum P_j$ 。假定各部门的污染排放量与其产出成比例,则 j 部门单位总产出的 SO_2 排放量即 j 部门的直接 SO_2 排放系数为:

$$\Omega_j = P_j/X_j \quad (3)$$

设各产业部门直接排放系数组成的向量为 Ω ($1 \times n$),则各产业部门单位产出直接和间接排放的 SO_2 之和,即完全排放系数可表示为:

$$\Omega' = \Omega \times (I - A)^{-1} \quad (4)$$

值得注意的是,上述公式中假定所有中间投入品都在本国生产,事实上,在开放的经济条件下,任何国家生产过程中的投入都不可能完全来自本国国内,尤其对于加工贸易所占比重较大的中国,进口的中间投入品虽然进入中国的生产过程,但并不在中国产生污染排放,因此,忽略进口中间投入品的存在将一定程度高估对外贸易对中国环境的影响,在计算时需要把这些进口中间产品剔除,即扣除在直接消耗系数矩阵 A 中包含的进口中间投入品。由于从投入产出表中并不能直接得到分部门进口中间投入的数据,因此,本文借鉴平新乔等(2006)^[12]的方法对(4)式进行修正。修正的方法为:首先假设:(1)国民经济所有部门使用的 i 部门中间投入品中,进口投入品的比例在各个部门间是一样的;(2)如果对于某行业的产品,可以分解为中间产品和最终产品,那么中间产品中进口与国内生产的比例等于最终产品中进口与国内生产的比例。首先,我们将直接消耗系数矩阵 A 分解成两个部分:

$$A = A^D + A^M \quad (5)$$

其中, A^M 是进口消耗系数矩阵,其第 i 行第 j 列的元素 a_{ij}^M 表示 j 部门每生产 1 单位产出需要投入的 i 部门的进口中间品的量, A^D 则表示国内消耗系数矩阵,其第 i 行第 j 列的元素, a_{ij}^D 表示 j 部门每生产 1 单位产出需要投入的 i 部门的国内中间品的量。因此, A^M 可以表示为 $A^M = M \times A$,其中 M 是对角矩阵($n \times n$),其对角矩阵元素指的是每个部门投入中进口中间品所占的比例。

$$m_{ij} = \frac{im_i}{x_i + im_i - ex_i} \quad (6)$$

其中, x_i 、 im_i 、 ex_i 分别表示 i 部门的产出、进口额和出口额。根据(5)式与(6)式计算出 A^D 后,最终可以将(5)式的 SO_2 完全排放系数修正为:

$$\bar{\Omega} = \Omega \times (I - A^D)^{-1} \quad (7)$$

用 IM 表示进口列向量($n \times 1$),其元素 im_i 为 i 部门的进口额;用 EX 表示出口列向量($n \times 1$),其元素 ex_i 为 i 部门的出口额,则中国出口隐含 SO_2 排放(Q^e)、进口隐含 SO_2 排放(Q^m)、中国对外贸易的净隐含 SO_2 (Q^n)分别表示为:

$$Q^e = \Omega \times (I - A^D)^{-1} \times EX = \bar{\Omega} \times EX \quad (8)$$

$$Q^m = \Omega \times (I - A^D)^{-1} \times IM = \bar{\Omega} \times IM \quad (9)$$

$$Q^n = Q^e - Q^m \quad (10)$$

若将国际贸易领域的贸易条件概念延伸至环境领域,则环境贸易条件指的是单位货币价值的出口

额所含的污染量与单位货币价值的进口额所含的污染量之比。计算公式为:

$$PTT = [Q^e / \sum ex_i] / [Q^m / \sum im_i] \quad (11)$$

若 PTT 大于 1, 则我国出口单位价值产品的 SO₂ 排放量大于进口单位价值产品的 SO₂ 排放量, 该国在污染物方面的贸易条件是不利的。

(二) 贸易含硫量变化的结构分解

在分析隐含流变化的影响因素方面, 学者们主要采用两种方法: 指数分解分析 (IDA) 和结构分解分析 (SDA)。IDA 与 SDA 分别适用于分析比较值与绝对值的影响因素, 因此本文采用 SDA 分解分析法进行研究。令 $L = (I - A^D)^{-1}$, 将出口向量 EX 进一步分解为出口总量 F^e 与出口结构向量 S^e ($n \times 1$) 的乘积, 其元素 $S_i^e = ex_i / F^e$, 进口向量 IM 进一步分解为进口总量 F^m 与进口结构矩阵 S^m ($n \times 1$) 的乘积, 其元素 $S_i^m = im_i / F^m$, 则出口与隐含 SO₂ 排放 Q^e 与 Q^m 可分别表示为:

$$Q^e = \Omega \times L \times S^e \times F^e \quad (12)$$

$$Q^m = \Omega \times L \times S^m \times F^m \quad (13)$$

利用结构分解分析法 (SDA) 可以考察直接排放系数 (Ω)、中间生产技术 (L)、进出口结构 (S^m 或 S^e)、进出口总量 (F^m 或 F^e) 等四个变量的变动对进出口隐含 SO₂ 排放增长的贡献。下面以出口为例, 介绍结构分解分析 (SDA) 的分解过程。首先, 我们将两个时期出口隐含 SO₂ 排放的变化表示为:

$$\Delta Q^e = Q_1^e - Q_0^e = \Omega_1 \times L_1 \times S_1^e \times F_1^e - \Omega_0 \times L_0 \times S_0^e \times F_0^e \quad (14)$$

其中, 下标 1, 0 分别表示变量处于报告期和基期, 可对式 (14) 进行 SDA 分解如下:

从基期开始分解, 则:

$$\Delta Q^e = \Delta \Omega \times L_0 \times S_0^e \times F_0^e + \Omega_1 \times \Delta L \times S_0^e \times F_0^e + \Omega_1 \times L_1 \times \Delta S^e \times F_0^e + \Omega_1 \times L_1 \times S_1^e \times \Delta F^e \quad (15)$$

从报告期进行分解, 则:

$$\Delta Q^e = \Delta \Omega \times L_1 \times S_1^e \times F_1^e + \Omega_0 \times \Delta L \times S_1^e \times F_1^e + \Omega_0 \times L_0 \times \Delta S^e \times F_1^e + \Omega_0 \times L_0 \times S_0^e \times \Delta F^e \quad (16)$$

对 (15) 和 (16) 式取算术平均值, 可得:

$$\begin{aligned} \Delta Q^e = & \frac{1}{2}(\Delta \Omega \times L_0 \times S_0^e \times F_0^e + \Delta \Omega \times L_1 \times S_1^e \times F_1^e) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times \Delta L \times S_0^e \times F_0^e + \Omega_0 \times \Delta L \times S_1^e \times F_1^e) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times \Delta S^e \times F_0^e + \Omega_0 \times L_0 \times \Delta S^e \times F_1^e) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times S_1^e \times \Delta F^e + \Omega_0 \times L_0 \times S_0^e \times \Delta F^e) \end{aligned} \quad (17)$$

令 $Q^e(\Delta \Omega)$ 、 $Q^e(\Delta L)$ 、 $Q^e(\Delta S)$ 、 $Q^e(\Delta F)$ 分别表示直接排放系数、中间生产技术、出口结构与出口总量四变量的变动对出口隐含 SO₂ 排放变动的影响, 则:

$$Q^e(\Delta \Omega) = \frac{1}{2}(\Delta \Omega \times L_0 \times S_0^e \times F_0^e + \Delta \Omega \times L_1 \times S_1^e \times F_1^e) \quad (18)$$

$$Q^e(\Delta L) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times \Delta L \times S_0^e \times F_0^e + \Omega_0 \times \Delta L \times S_1^e \times F_1^e) \quad (19)$$

$$Q^e(\Delta S) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times \Delta S^e \times F_0^e + \Omega_0 \times L_0 \times \Delta S^e \times F_1^e) \quad (20)$$

$$Q^e(\Delta F) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times S_1^e \times \Delta F^e + \Omega_0 \times L_0 \times S_0^e \times \Delta F^e) \quad (21)$$

同理可得进口含硫量的影响因素分解等式为:

$$\begin{aligned} \Delta Q^m = & \frac{1}{2}(\Delta \Omega \times L_0 \times S_0^m \times F_0^m + \Delta \Omega \times L_1 \times S_1^m \times F_1^m) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times \Delta L \times S_0^m \times F_0^m + \Omega_0 \times \Delta L \times S_1^m \times F_1^m) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times \Delta S^m \times F_0^m + \Omega_0 \times L_0 \times \Delta S^m \times F_1^m) + \\ & \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times S_1^m \times \Delta F^m + \Omega_0 \times L_0 \times S_0^m \times \Delta F^m) \end{aligned} \quad (22)$$

令 $Q^m(\Delta \Omega)$ 、 $Q^m(\Delta L)$ 、 $Q^m(\Delta S)$ 、 $Q^m(\Delta F)$ 分别表示直接排放系数、中间生产技术、进口结构与进口总量四变量的变动对进口隐含 SO₂ 排放变动的影响, 则

$$Q^m(\Delta \Omega) = \frac{1}{2}(\Delta \Omega \times L_0 \times S_0^m \times F_0^m + \Delta \Omega \times L_1 \times S_1^m \times F_1^m) \quad (23)$$

$$Q^m(\Delta L) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times \Delta L \times S_0^m \times F_0^m + \Omega_0 \times \Delta L \times S_1^m \times F_1^m) \quad (24)$$

$$Q^m(\Delta S) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times \Delta S^m \times F_0^m + \Omega_0 \times L_0 \times \Delta S^m \times F_1^m) \quad (25)$$

$$Q^m(\Delta F) = \frac{1}{2}(\Omega_1 \times L_1 \times S_1^m \times \Delta F^m + \Omega_0 \times L_0 \times S_0^m \times \Delta F^m) \quad (26)$$

(三) 数据处理及来源

1、(进口) 非竞争型可比价投入产出表的编制

主要包含两个步骤: 首先, 将现价投入产出表转换为可比价投入产出表。本文以中国的投入产出表为基础, 考虑到能源数据及污染数据的限制, 将经济

系统划分为 29 个部门。1992 年、1997 年、2002 年与 2005 年可比价投入产出表来源于刘起运、彭志龙主编的《中国 1992—2005 年可比价投入产出序列表及分析》^[13],2007 年可比价投入产出表根据现价表,仿照刘起运、彭志龙(2010)的方法由本文作者编制。各年份可比价投入产出表均以 2000 年的价格为基准。第二步,依据(6)式计算出每个部门投入中进口中间品所占的比例,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。

2、SO₂ 排放数据

本文中各部门的 SO₂ 排放数据来自历年《中国环境年鉴》,作者作了如下处理:(1) 尽管《中国环境年鉴》公布的第二产业 SO₂ 排放数据是分部门的,但 1992 年和 1997 年的行业划分较粗,需要将年鉴上的行业污染数据进行拆分才能得到本文所需的行业污染数据。本文以需要拆分的各行业的一次能源消耗量为权重将 SO₂ 排放数据进行分摊;(2) 年鉴上并无第三产业分行业的污染排放数据,但其公布的生活 SO₂ 排放数据实际上包含第三产业的 SO₂ 排放,由于历年的《中国能源统计年鉴》对第三产业的划分仅包含三个行业:交通运输、仓储及邮电通信业、批发和零售贸易餐饮业等非物质生产部门,因此本文也依据此划分,根据生活部门及第三产业各行业一次能源的消耗量将生活 SO₂ 排放进行分摊。(3) 除 1992 年外,第二产业行业污染数据的累加值大约只占第二产业污染排放总量的 85% 左右,对另外 15% 左右的污染,本文以各行业的一次能源消耗量为权重将其进行分摊。

二 测算结果分析

(一) 总贸易含硫量及其变化

如表 1 所示,1992—2007 年中国的出口含硫量总体呈现持续快速增长的态势,从 259.025 万吨增

至 758.503 万吨,年均增长率高达 7.43%。分阶段来看,2002—2005 年出口含硫量增长最迅速,年均增长率高达 21.27%;其次为 1992—1997 年,年均增长率为 9.52%;其余两个阶段,即 1997—2002 年及 2005—2007 年贸易含硫量的增速均不大,但总体保持增长的态势。此外,出口含硫量占全国 SO₂ 排放总量的比重也不断上升,从 1992 年的 15.372% 上升到 2007 年的 30.732%。由此可见,出口贸易在给我国带来货币利益的同时,增加了我国国内的环境压力。在出口含硫量不断增加的同时,中国的进口含硫量也呈现持续增长的态势。1992—2007 年中国的进口含硫量从 297.537 万吨增至 614.047 万吨,增加了 316.51 万吨,年均增长率为 4.95%,进口含硫量占全国 SO₂ 排放总量的比重也大致呈现上升的趋势,从 1992 年的 17.658% 上升到 2007 年的 24.879%。进口含硫量的增加意味着进口节约了我国的 SO₂ 的排放量。

将出口含硫量减去进口含硫量可得净贸易含硫量,即公式(10)的 Qⁿ,代表进出口贸易对我国污染排放的综合影响,如表 1 所示。1992 年我国出口含硫量小于进口含硫量,净贸易含硫量为 -38.512 万吨,相当于当年全国 SO₂ 排放总量的 2.286%,因而,综合而言 1992 年我国的对外贸易节约了 SO₂ 排放。但正如前文所述,1992—2007 年我国出口含硫量增长迅速,年均增长率达到 7.43%,大于进口含硫量 4.95% 的年均增速,到 1997 年我国的贸易含硫量由“负值”变为“正值,达到 18.021 万吨,此后的出口含硫量均大于进口含硫量,且除了 1997—2002 年这一阶段外,净贸易含硫量均呈增长态势,2007 年时达到最大值 144.4566 万吨,相当于全国 SO₂ 排放总量的 5.853%。因此,从 1997 年开始贸易对中国 SO₂ 排放的综合影响是不利的,且影响程度有扩大的趋势。

表 1 历年中国的贸易含硫量和环境贸易条件(PTT)							
年份	贸易含硫量(万吨)			占全国 SO ₂ 排放总量的比重(%)			贸易条件
	出口	进口	净贸易	出口	进口	净贸易	
1992	259.025	297.537	-38.512	15.372	17.658	-2.286	0.733
1997	408.115	390.095	18.021	18.010	17.215	0.795	0.846
2002	418.342	412.793	5.549	21.714	21.426	0.288	0.896
2005	746.122	693.091	53.031	29.267	27.186	2.080	0.907
2007	758.503	614.047	144.456	30.732	24.879	5.853	0.905

数据来源:作者依据式(8)至式(11)计算所得。其中,计算所需的历年中国的 SO₂ 排放总量数据来自历年《中国环境年鉴》

最后,整个研究期内,我国的环境贸易条件均小于 1,表明我国每出口单位价值产品所引起的 SO₂ 排放量,小于每进口单位价值产品所引起的 SO₂ 排放量,因此,我国在 SO₂ 排放上环境贸易条件总体上是有利的。但不容乐观的是,整个研究期内我国的环境贸易条件呈现恶化趋势,从 1992 年的 0.733 上升至

2007 年的 0.905, 年均恶化 1.42%, 从 2005 年开始我国的环境贸易条件超过 0.9, 即单位出口增长引起的 SO_2 排放量已接近等量进口增长所引起的 SO_2 排放量, 表明贸易正向不利于中国环境的方向发展。

(二) 总贸易含硫量的部门分布及其变化

图 1 显示了 1992—2007 年分部门的出口含硫量。由于历年我国废品废料、燃气生产和供应业、水的生产和供应业三部门的进口与出口额多为零, 因此该三个部门不单独列出, 图 1 的结果仅包含其余 26 个部门。首先, 整个研究期内的出口含硫量主要集中在第二产业, 其出口含硫量远超过第一产业和第三产业。第二产业五个年份的出口含硫量分别占当年出口含硫量的 96%、85.8%、84.33%、87.69% 及 90.41%; 出口含硫量最小的为第一产业, 各年份

出口含硫量所占比重均不超过 2.7%。

其次, 在整个研究期内, 制造业出口隐含的 SO_2 排放构成第二产业出口 SO_2 排放的最主要来源, 且份额稳步上升。1992 年至 2007 年, 制造业出口含硫量从 224.876 万吨增加至 670.651 万吨, 占第二产业出口含硫量比重从 90.48% 上升至 97.8%。在制造业中, 出口隐含 SO_2 排放主要集中在化学工业、通信设备计算机及其他电子设备制造业、纺织业、电气机械及器材制造业、金属冶炼及压延加工业、服装鞋帽皮革羽绒及其制品业、金属制品业、通用专用设备制造业等八个部门, 1992、1997、2002、2005、2007 五个年份, 该八个部门出口含硫量占第二产业出口 SO_2 排放的比重分别为 61.7%、69.5%、70.1%、73.3% 及 77.1%, 高于其出口额占第二产业出口总值的比重。

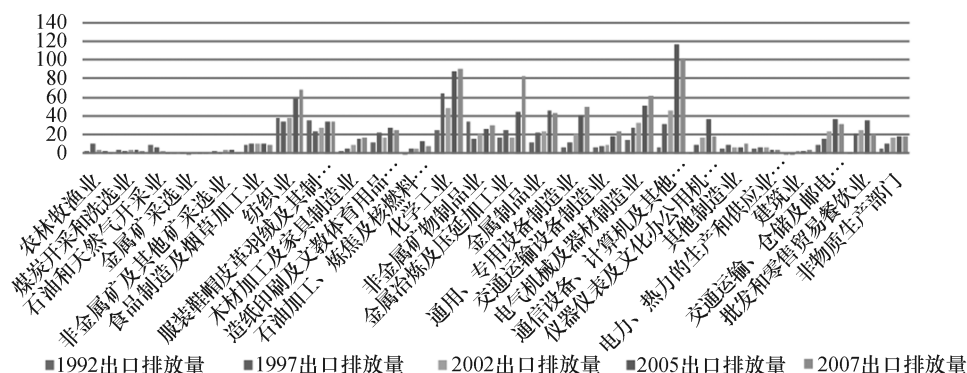


图 1 1992—2007 年分部门的出口含硫量 (单位: 万吨)

图 2 显示了 1992—2007 年分部门的进口含硫量, 进口含硫量也主要集中在第二产业。五个年份第二产业的进口含硫量分别占当年进口含硫总量的 96.7%、95.5%、95%、94.3% 及 94.1%, 此外, 第二产业的制造业的进口同样是进口 SO_2 排放的主要来源, 五个年份占第二产业进口含硫量的比重分别为 87.86%、93.32%、92.7%、87.64%、78.82%。在制造业中, 进口隐含 SO_2 排放主要集中在化学工业、金属冶炼及压延加工业、通信设备计算机及其他电子设备制造业、通用及专用设备制造业、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、交通运输设备制造业及纺织业等八个部门, 这与出口含硫量的部门构成类似。值得注意的是: 在整个研究期内, 制造业进口含硫量增加的相对值与绝对值均低于出口含硫量, 且在 2005—2007 年间出现较明显的下降, 导致前期 (1992—2002 年) 制造业 SO_2 排放逆差的缩小与后期 (2005—2007 年) 制造业 SO_2 排放顺差的扩大; 此外, 第三产业进口含硫量在整个研究期内变化不大, 但其出口含硫量在整个研究期内变化迅速, 从 1992 年的 16.1 万吨增加至 2007 年的 70.8 万吨, 导

致第三产业 SO_2 排放顺差持续增加, 以上两方面原因直接导致我国 SO_2 排放顺差的持续增加。

(三) 贸易含硫量变化的结构分解

为进一步理解当其他因素不变时, 直接排放系数 (Ω)、中间生产技术 (L)、进出口结构 (S^m 或 S^e)、进出口总量 (F^m 或 F^e) 分别对我国贸易含硫量变化的影响, 下面本文采用 SDA 分析法, 分别对我国的出口含硫量和进口含硫量的变化进行结构分解。具体分析如下:

1、出口含硫量变化的结构分解

表 2 显示了各种因素对出口含硫量变化的影响 (绝对值与相对值), 在整个研究阶段及分阶段中, 出口总量的变化与直接排放系数的变化对我国出口含硫量变化的影响最大。

首先, 从出口总量来看, 出口总量的迅猛增长引起出口含硫量的大幅度增加。从 1992—2007 年, 我国的出口总量由 7631.5 亿元增加到 96496.01 亿元, 增长了 10.64 倍。出口总量的增长使出口含硫量在此期间增加了 1857.35 万吨, 相当于 1992 年出口含硫量的 7.17 倍, 是 1992 年至 2007 年出口含硫

量增量的 371.89%。

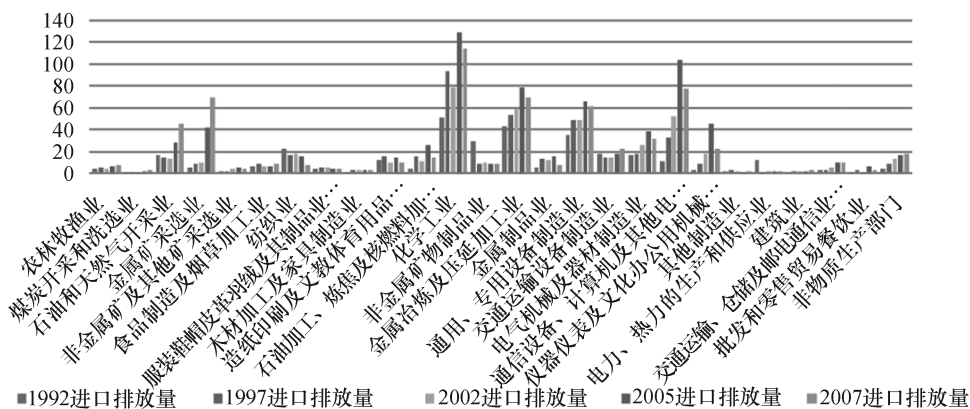


图 2 1992—2007 年分部门的进口含硫量(单位:万吨)

其次,从直接排放系数来看,各部门直接排放系数的显著下降是抑制出口含硫量增加的最重要的因素。图3显示了1992—2007年分部门的直接排放系数,由于农业的SO₂直接排放系数为零,即农业的生产过程不直接排放SO₂,仅由于消耗其他部门产品而间接造成SO₂排放(因此农业的直接排放系数为零,而完全排放系数不为零),因此图3的显示结果不包含该部门。图3的结果显示,1992—2007年,各部门的直接排放系数均有一定程度的下降,导致出口含硫量在整个研究期内下降了1967.79万吨。年均直接

排放系数最大的八个部门依次为:非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业、电力热力的生产和供应业、石油加工炼焦及核燃料加工业、化学工业、煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业、交通运输仓储及邮电通信业,因此,降低此类部门的直接排放系数是降低我国出口 SO_2 排放的有利途径。此外,鉴于制造业部门构成出口 SO_2 排放的最主要来源,因此进一步降低制造业部门的直接排放系数,尤其是制造业中出口 SO_2 排放量大的部门的直接排放系数,是降低我国出口 SO_2 排放的重要任务。

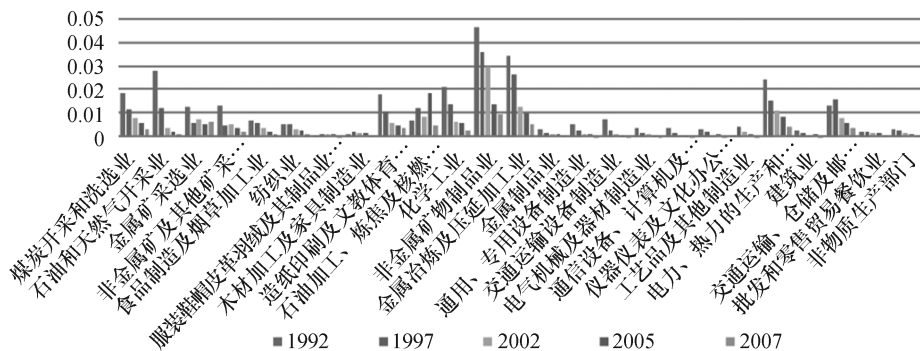


图3 1992—2007年分部门的直接排放系数(单位:吨/万元)

此外,中间生产技术的变化,即各部门单位产出完全消耗的变化使出口含硫量在整个研究时期呈现先降后升的趋势。为了直观显示出各年份中间生产技术的变化,作者借鉴张友国(2010)^[7]的处理方法,依据各年份的完全消耗系数矩阵,计算出各年份各部门在中间投入中所占的份额,份额越大,即表明该部门该年份被直接或者间接消耗的数量越大,如图4所示。1992—1997年与1997—2002年两阶段,中间生产技术的变化不大,因此对出口含硫量变化

的影响不大,分别为-13.22万吨与2.92万吨,然而此后的2002—2005年与2005—2007年两阶段,中间生产技术的变化引起出口含硫量的大幅度增加,分别增加87.08万吨与111.78万吨。2002年后中间生产技术的变化引起出口含硫量大幅度增加的原因在于:中间投入中,直接排放系数较高部门,如非金属矿物制品业、非金属矿及其他矿采选业、电力热力的生产和供应业、交通运输仓储及邮电通信业、金属矿采选业等部门被直接或者间接消耗的数

量增幅较大,2002—2007 年均增速分别为 11.15%、9.99%、5.23%、2.66%、1.5%,另外一些直接排放系数较高的部门,如化学工业、石油加工炼焦及核燃

料加工业、煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业,所占的份额变化不大,因此中间生产技术的变化导致出口含硫量的大幅度增加。

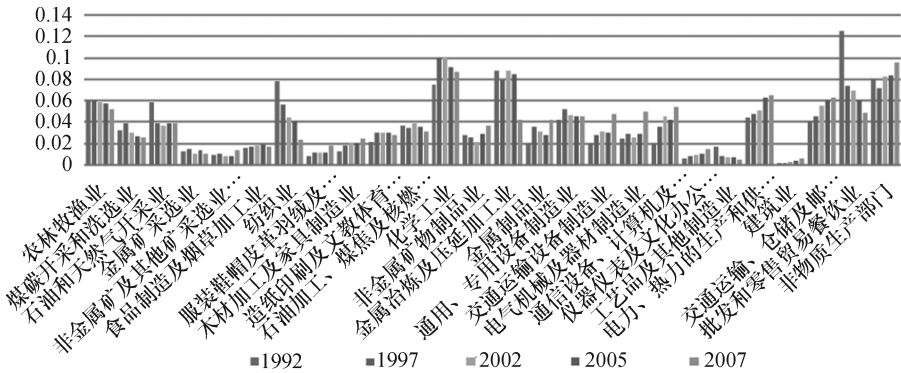


图 4 1992—2007 年中间投入中各类产品的份额

最后,出口结构的变化对 SO₂ 排放的影响最小,且影响方向不一致,四个阶段引起 SO₂ 排放的变化量分别仅有 23.07 万吨、-5.42 万吨、-3.66 万吨

与 32.35 万吨,无论是对 SO₂ 排放的降低效应还是增强效应均明显低于其他因素。因此,我国需要进一步优化出口结构,以降低我国出口隐含 SO₂ 排放。

表 2 1992—2007 年中国出口隐含 SO₂ 排放增长结构分解

	隐含 SO ₂ 排放增长(万吨)				贡献(%)					
	1992— 1997	1997— 2002	2002— 2005	2005— 2007	1992— 2007	1992— 1997	1997— 2002	2002— 2005	2005— 2007	1992— 2007
直接排放系数	-122.03	-260.68	-163.26	-462.63	-1967.79	-81.84	-2549.02	-49.81	-3736.59	-393.97
中间生产技术	-13.22	2.92	87.08	111.78	115.42	-8.88	28.59	26.57	902.8	23.11
出口总量	261.28	273.39	407.61	330.89	1857.35	175.25	2673.4	124.36	2672.51	371.89
出口结构	23.07	-5.42	-3.66	32.35	494.5	15.47	-52.96	-1.12	261.28	99
合计	149.09	10.23	327.78	12.38	499.48	100	100	100	100	100

数据来源:作者根据式(18)至式(21)计算得到。

2、进口含硫量变化的结构分解

表 3 显示了各种因素对进口含硫量变化的影响(绝对值与相对值),其结果与出口含硫量变化的分解结果类似。

首先,在整个研究阶段及分阶段中,进口总量的增长是导致进口含硫量增加的首要因素。从 1992—2007 年,我国的进口总量由 6427.33 亿元增加到 70718.5 亿元,增长了 10.003 倍。进口总量的增长使进口含硫量在此期间增加了 1767.22 万吨,是 1992 年至 2007 年进口含硫量增量的 558.35%。但除 1997—2002 年外,无论是整个研究阶段还是分阶段,进口总量的增长幅度均小于出口总量,因而除 1997—2002 年外,进口总量的增长对进口含硫量的影响低于出口总量增长对出口含硫量的影响。

其次,直接排放系数的减少是抑制进口含硫量增加的首要因素,四个阶段中,直接排放系数的变化使我国进口含硫量分别降低 138.54 万吨、265.22 万吨、144.11 万吨与 395.4 万吨,降低数量基本呈逐年递增的趋势。

此外,中间生产技术的变化,即各部门单位产出完全消耗的变化使进口含硫量在整个研究时期呈现先降后升的趋势,前两阶段,中间生产技术的变化对进口含硫量变化的影响不大,但后两阶段,中间生产技术的变化引起进口含硫量的大幅度增加,因此,中间生产技术的变化对进口含硫量的影响与其对出口含硫量的影响十分类似。

最后,进口产品结构的变化对进口 SO₂ 排放的影响虽小,但其变化均降低了进口 SO₂ 的排放,表明

进口产品结构的变化不利于我国 SO₂ 排放的节约。

表 3 1992—2007 年中国进口隐含 SO₂ 排放增长结构分解

	隐含 SO ₂ 排放增长(万吨)				贡献(%)					
	1992— 1997	1997— 2002	2002— 2005	2005— 2007	1992— 2007	1992— 1997	1997— 2002	2002— 2005	2005— 2007	1992— 2007
直接排 放系数	-138.54	-265.22	-144.11	-395.4	-1671.89	-149.68	-1168.44	-51.41	500.23	-528.23
中间生 产技术	-28.61	-8.73	97.18	124.32	259.84	-30.91	-38.47	34.67	-157.29	82.1
进口 总量	262.11	307.76	363.36	192.42	1767.22	283.18	1355.84	129.63	-243.44	558.35
进口 结构	-2.4	-11.11	-36.14	-0.39	-38.66	-2.59	-48.93	-12.89	0.49	-12.21
合计	92.56	22.70	280.30	-79.04	316.51	100	100	100	100	100

数据来源:作者根据式(23)至式(26)计算得到。

三 结论与政策建议

本文构建了 1992—2007 年的(进口)非竞争型可比价格投入产出表,并以此为基础测算与分析了贸易对我国 SO₂ 排放的影响,并对贸易增长带来的环境影响变化进行了分解。结论与相应建议分析如下:

(一)1992—2007 年我国的出口含硫量总体呈现持续快速增长的态势,出口含硫量占全国 SO₂ 排放总量的比重不断上升,从 1992 年的 15.372% 上升到 2007 年的 30.732%,我国在为世界各国大量输送商品的同时,确实承受了“转移排放”带来的巨大压力,现行的按生产核算原则确立的温室气体排放责任的公平性值得质疑,各国(尤其是发达国家)在审视中国获得的贸易利益时,也应充分考虑中国付出的生态代价。

(二)在出口含硫量快速增长的同时,中国进口贸易含硫量也增长迅速。这在很大程度上促进了中国 SO₂ 排放的减少。但近年来进口贸易含硫量远没有出口贸易含硫量的增长幅度大,即中国的出口含硫量一直高于进口含硫量,直接导致中国的净贸易含硫量呈现不断扩大的发展态势,中国属于环境的净输出国或污染的净输入国。此外,在整个研究期内,我国的环境贸易条件呈现恶化的趋势。

(三)无论是进口还是出口,其隐含的 SO₂ 排放均集中于第二产业,尤其是第二产业的制造业,制造业进口含硫量在整个研究期内均低于出口含硫量,是我国净贸易(净出口)SO₂ 排放持续增加的最主要原因,因此,从贸易的角度控制我国国内 SO₂ 排放的途径关键在于控制制造业出口含硫量与增加制造业进口含硫量。

(四)对我国出口含硫量变化影响最大的两个因素为出口总量与直接排放系数,出口总量的迅猛增长引起出口含硫量的大幅度增加,而各部门直接排放系数的下降则对出口含硫量有抑制作用;中间生产技术的变化对出口 SO₂ 排放的影响则相对较小,但从 2002 年开始,其对出口 SO₂ 排放的促进作用显著增强;出口结构的变化对出口 SO₂ 排放的影响最小,且影响方向不一致。从理论上分析,控制出口规模是降低出口 SO₂ 排放最直接的途径,但在我国出口依存度颇高,出口为成为我国经济增长的重要驱动力的现实背景下,控制出口规模必然给我国带来巨大的货币利益损失。

因此,一方面,中国要加大自主创新突破关键的节能技术和清洁能源生产技术的扶持力度,并加大引进国外先进技术的力度,通过推广与运用这些“节能减排”技术,减少生产过程中的能源消耗,最终降低各部门单位产出的能源消耗,以减少出口 SO₂ 排放,使中间生产技术的变化朝有利于节能减排的方向发展;另一方面,鼓励高附加值和低污染排放行业的产品出口,同时限制甚至禁止低附加值和高污染排放行业的产品出口,优化出口产品结构,在全球气候变暖形势下实现我国对外贸易的可持续发展。

(五)对进口含硫量变化进行分解的结果与出口含硫量变化的分解结果十分类似,但进口产品结构的变化降低了进口 SO₂ 的排放,说明目前我国的进口产品结构的变化不利于我国国内 SO₂ 排放的节约。因此,我国既需要进一步扩大进口规模,以缓解我国的出口 SO₂ 排放的增加,也需要进一步完善进口商品结构,增加电力热力的生产和供应业、非金属

矿物制品业等高能耗产品与服务的进口,以减少我国 SO_2 排放。

限于篇幅,本文没有充分分析贸易对环境影响的深层原因,对于中国与各国之间贸易的污染流向没有进行分析,对于如何转变贸易增长方式及如何制定改善贸易与环境关系的政策也没有展开充分的讨论。另外,假定进口品按进口国产品技术生产可能影响到本文的结果。这些问题都值得在后续研究中进一步探讨。

[参考文献]

- [1] Gale IV. Trade Liberalization and Pollution: An Input-output Study of Carbon Dioxide Emissions in Mexico[J]. *Economic Systems Research*, 1995, 7 (3): 309-320.
- [2] Machado G, Schaeffer R, Worrell I E. Energy and Carbon Embodied in the International Trade of Brazil: An Input-output Approach[J]. *Ecological Economics*, 2001 (39): 409-424.
- [3] Mukhopadhyay K. Impact on the Environment of Thailand's Trade with OECD Countries[J]. *Asia-Pacific Development Journal*, 2006, 2(1): 25-46.
- [4] Glen P, Peters Edgar G Hertwich. CO_2 Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 4(5): 598-611.
- [5] Weber C, G Peters, D Guan K Hubacek. The Contribution of Chinese Exports to Climate Change[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(9): 3572-3577.
- [6] Lin B, Sun, C. Evaluating Carbon Dioxide Emissions in International Trade of China[J]. *Energy Policy*, 2010, 38 (3): 613-621.
- [7] 张友国. 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[J]. *经济学季刊*, 2010(4): 1277-1310.
- [8] Koo A. Environmental Repercussions and Trade Theory[J]. *Review of Economics and Statistics*, 1974, 56 (2): 235-244.
- [9] 沈利生,唐志. 对外贸易对我国污染排放的影响——以二氧化硫排放为例[J]. *管理世界*, 2008(6): 21-30.
- [10] 彭水军,刘安平. 中国对外贸易的环境影响效应:基于环境投入—产出模型的经验研究[J]. *世界经济*, 2010(5): 140-160.
- [11] Leontief W. The structure of American economy, 1919-1939: an empirical application of equilibrium analysis[M]. Second edition. New York: Oxford University Press, 1951.
- [12] 平新乔. 中国出口贸易中的垂直专门化与中美贸易[J]. *世界经济*, 2006(5): 3-11.
- [13] 刘起运,彭志龙. 中国 1992—2005 年可比价投入产出表序列表及分析[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.

Embodied SO_2 Emission in China's Foreign Trade

——An analysis based on non-competitive (import) input-output tables

DENG Rong-rong

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: Based on the non-competitive (import) constant price input-output tables, this paper has researched the SO_2 emissions embodied in China's foreign Trade and its driving factors by using the structural decomposition method. The result indicates that China has become a net exporter of SO_2 since 1997, and its environmental terms of trade have been being deteriorated. The growth of trade is the most important factor to promote the SO_2 emissions, and the direct emissions coefficient of various departments caused the decline of SO_2 emissions. However, other factors, including the changes of the composition of export and import, and intermediate technique caused small effects.

Key words: foreign trade; implied; SO_2 emissions; IO SDA model