

中国对外贸易中的 CO₂ 排放结构及其变化

罗集广

(湖南科技大学 外国语学院,湖南 湘潭 411201)

摘 要:随着经济全球化的进程,中国作为最大产品生产国,出口规模不断扩大。面对发达国家关于中国承担 CO₂ 排放的责任过轻的指责,只有通过科学的分析和论证,才能给予客观而充分的回答。本稿运用投入产出法,计算了中国 1997 年和 2007 年的对外贸易中 CO₂ 排放量,在出口贸易额大幅度增长的同时,由此诱发的 CO₂ 排出量增长速度远低于出口额的增长速度,说明中国不但满足了世界市场的需要,而且为 CO₂ 减排目标作出了积极努力。然后,分析了中国 1997 年和 2007 年对外贸易中 CO₂ 排放结构的变化,进出口诱发的 CO₂ 排出量基本处于平衡,从对外贸易中获得了 CO₂ 排放量减少的益处,同时也减少世界 CO₂ 排放量。

关键词:对外贸易;投入产出分析;CO₂ 排放结构;CO₂ 诱发系数
中图分类号:F064 **文献标识码:**A **文章编号:**1674 - 5884(2013)12 - 0135 - 04

改革开放政策实施以来,中国取得的经济成果有目共睹,国际贸易增长更是突飞猛进,2012 年中国已成为世界第二大贸易国。快速经济增长的同时水污染、大气污染、生态恶化、资源枯竭等生态环境问题也越来越严重,阻碍了中国经济和社会的发展。作为工业品生产大国,中国向发达国家出口了大量产品。这就意味着,按照《京都议定书》“既共同又有区别”的原则,虽然没有规定中国必须承担削减 CO₂ 排放的义务,但从中国的 CO₂ 排放量在世界总排放量的比重不断增加的事实看来,缓解全球温暖气候异常的状况,中国承担削减 CO₂ 排放的义务是不言而喻的。

本稿试图通过计算并分析中国 1997 年和 2007 年的对外贸易中 CO₂ 排放量,来揭示中国对外贸易中 CO₂ 排放结构。然后,通过分析 1997 年和 2007 年对外贸易中 CO₂ 排放结构的变化,进一步揭示中国对外贸易中 CO₂ 排放的趋势及对世界的影响。

一 对外贸易中 CO₂ 排放结构的分析方法

有关国际贸易中能源消耗及环境影响的研究分析方法多种多样,其中运用投入产出分析是目前较为成熟、被广泛采用的研究方法。杨翠红在分析中日贸易对能源和环境的影响时,将进出口贸易分为中间使用(生产部门)和最终使用(消费部门)两部分,然后根据自行编制的中日能源环境投入产出表,假设对外贸易存在或不存在的两种情况下,比较了中日两国在能源消耗和 CO₂ 排放方面的得失。相马隆雄利用自行编制的中国环境分析用投入产出表(1997 - 2002),推算了中国国内最终消费、出口和进口的 CO₂ 排放诱发量,并对 1997 - 2002 年的产业结构变化引起的对 CO₂

排放诱发量的影响进行了分析。
对外贸易中 CO₂ 排放是如何发生转移的,本稿通过投入产出模型进行定量分析。通过具体的计算可以清楚地确定一国在对外贸易中的 CO₂ 排放量,更重要的是明确了该国在 CO₂ 排放过程中承担责任的程度。换句话说,在国际贸易过程中,一国在生产出口产品时排放了 CO₂,同时在进口外国产品时又减少了的 CO₂ 排放,那么该国应该承担多大的 CO₂ 排放责任,通过投入产出分析可以得到明确的定量结果。本稿使用的投入产出供需等式如下:

$$X = (I - A)^{-1}(F + E - M) = B(F + E - M) \quad (1)$$

(1) 式中的 X: 总产出列向量;A: 投入系数行列;F: 国内最终使用矩阵;E: 出口列矩阵;M: 进口列矩阵;B: 列昂切夫逆矩阵(又称为完全消耗系数矩阵)。

投入产出分析的一个重要特点是重视各产业部门的相互关系,当一个部门的产出即使发生了很小的变化,也会通过各产业部门之间的直接和间接地相互作用使产业全体发生显著的变化,我们把这种现象称为生产波及作用。所以,当出口发生增减变化时,会诱发整个产业的生产发生变化。为了描述出口的诱发效果,投入产出分析使用出口诱发额和出口诱发系数来表示:

$$X^E = BE = B \begin{bmatrix} E_1 \\ \vdots \\ E_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,N} \\ \vdots \\ X_{n,N} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$Y^E = \begin{bmatrix} X_{1,N} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n E_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

X^E: 出口诱发额;Y^E: 出口诱发系数。

与出口量增加诱发生产增加的作用相反,进口使一国直接消费外国产品,不需要通过在本国进行生产,从而减少商品在本国的生产。进口的这种替代本国生产的效应,通过各产业部门之间的直接和间接地相互作用,导致产业全体产出的减少。进口替代效应下诱发产出减少的情况用公式表示如下:

$$X^M = BM = B \begin{bmatrix} M_1 \\ \vdots \\ M_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,N+1} \\ \vdots \\ X_{n,N+1} \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$Y^M = \begin{bmatrix} X_{1,N+1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n M_n \end{bmatrix} \tag{5}$$

X^M :进口诱发额; Y^M :进口诱发系数。

为了计算最终使用中各项目的 CO₂ 排放量,需要导入 CO₂ 直接排放系数,即单位产值的产品生产时,直接向环境排放 CO₂ 的量。根据(2)式、(4)式和 CO₂ 直接排放系数就可以计算出在进出口贸易中包含的 CO₂ 排放量:

$$C^E = PBE \tag{6}$$

$$C^M = PBM \tag{7}$$

其中 C^E : 出口诱发的 CO₂ 排放量; C^M : 进口诱发的 CO₂ 的排放量,是一种虚拟量; P : CO₂ 直接排放系数矩阵。

如果要计算净出口的 CO₂ 的排放量,则用(6) - (7)可得。如果进一步分析两个不同时期,进出口贸易中 CO₂ 排放量变化的因素分析等式,通过推导可以得到(8)式:

$$\Delta C_{2-1} = (C_2^E - C_2^M) - (C_1^E - C_1^M) = (C_2^E - C_1^E) - (C_2^M - C_1^M) = (P_2B_2E_2 - P_1B_1E_1) - (P_2B_2M_2 - P_1B_1M_1) = [(P_2 - P_1)B_2E_2 + P_1B_2(A_2 - A_1)E_2 + P_1B_1(E_2 - E_1)] - [(P_2 - P_1)B_2M_2 + P_1B_2(A_2 - A_1)M_2 + P_1B_1(M_2 - M_1)] \tag{8}$$

(8)式的右边将进出口贸易中净出口包含的 CO₂ 排放量变化分解成了几个因素项目。不论是出口还是进口项目,含有 $(A_2 - A_1)$ 的项表示中间投入系数既生产技术的变化带来的 CO₂ 排放量的变化,含有 $(E_2 - E_1)$ 的项表示出口结构的变化导致 CO₂ 排放量的变化,含有 $(M_2 - M_1)$ 的项表示进口结构的变化导致 CO₂ 排放量的变化,含有 $(P_2 - P_1)$ 的项表示 CO₂ 直接排放系数的变化导致 CO₂ 排放量的变化。

二 中国对外贸易中 CO₂ 排放的分析

根据第 2 节的分析方法,本节对 1997 - 2007 年中国在对外贸易中 CO₂ 排放量和排放结构变化进行因素分析。首先介绍本稿所使用的资料和数据来源。

(一) 投入产出表、进出口数据和 CO₂ 排放数据

本稿利用国家统计局公开发表的 1997 年和 2007 年的投入产出表对有关国际贸易中 CO₂ 排放进行分析。由于 1997 年和 2007 年的投入产出表的产业分类有一些差别,而且会因物价水平变动产生计算上的差异。所以,将 1997 年(40 个部门)和 2007 年(42 个部门)的投入产出表进行了产业部门的重新界定和整合,新表的产业部门为 32 个,并且以 2007 年的物价水平为基准对 1997 年的投入产出表的金额进行了调整。虽然调整后可能对数据的精确方面产生某些影响,但这种调整仍属于局部的微调,并不影响投入产出表的本质特征。

关于进出口贸易数据根据 1997 - 2007 的投入产出表的出口和进口项目可以得到。从 1997 年到 2007 年,中国的贸易总额从 29302 亿元增加到 169 561 亿元,2007 年的贸易总额是 1997 年的约 6 倍,其中出口额从 16 543 亿元增

加到 95 541 亿元,进口额从 12 759 增加到 74 021 亿元。由表 1 可见,出口贸易额相对较大主要有纺织业、服装及皮革制品业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、机械设备制造业、电气机械及器材制造业、电子及通信设备制造业。进口贸易额相对较大有石油和天然气开采业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、机械设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、电子及通信设备制造业。

表 1 主要对外贸易产业的进出口诱发系数

产业名称	1997 年		2007 年	
	Y ^E	Y ^M	Y ^E	Y ^M
石油和天然气开采业	0.049 1	0.085 4	0.078 9	0.167 0
金属矿采选业	0.029 2	0.060 4	0.056 9	0.118 7
纺织业	0.301 6	0.187 9	0.203 2	0.047 5
服装及皮革制品业	0.158 8	0.041 2	0.088 0	0.023 7
电力及蒸汽、热水生产和供应业	0.063 5	0.073 7	0.148 2	0.1641
石油加工、炼焦、煤气及煤制品业	0.055 9	0.081 5	0.109 7	0.126 2
化学工业	0.358 9	0.460 8	0.397 7	0.440 8
金属冶炼及压延加工业	0.165 3	0.246 6	0.327 9	0.335 9
机械设备制造业	0.103 4	0.246 7	0.168 8	0.221 3
交通运输设备制造业	0.057 6	0.082 4	0.096 2	0.103 7
电气机械及器材制造业	0.112 2	0.107 3	0.148 8	0.126 8
电子及通信设备制造业	0.218 6	0.262 2	0.549 9	0.554 4

注:YE:出口诱发系数;YM:进口诱发系数

资料来源:根据 1997 年和 2007 年的中国投入产出表计算而得。

按产业部门计算的 CO₂ 直接排放系数需要各产业部门含炭能源(煤炭、石油和天然气等)的实际消耗量(包括生产阶段与消费阶段)、单位能耗的排放量以及单位能耗的发热量指标等,一个相对复杂而精确的统计和计算过程。因此,结合本稿的实际需要,对在此方面的先行研究成果进行加工处理后,推算出了 1997 年和 2007 年的 CO₂ 直接排放系数(见图 1)。

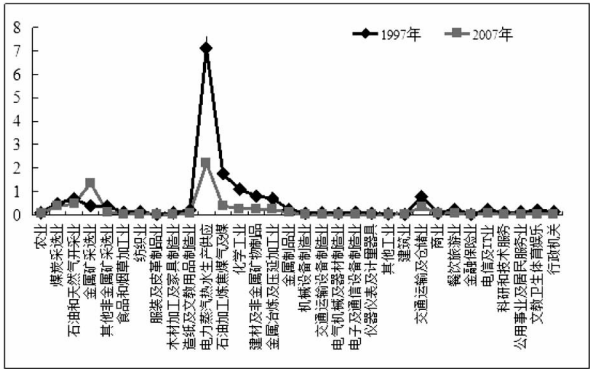


图 1 各产业部门的 CO₂ 直接排放系数

资料来源:根据《环境统计年鉴》1998、2008 年版及 1997 年和 2007 年的中国投入产出表,并参考相马隆雄等(2009)和清水政行(2010)的研究成果计算而得。

从图 1 所示可以看出,电力及蒸汽、热水生产和供应业的 CO₂ 直接排放系数最高,这与中国的能源使用结构有密切关系,火力发电和锅炉使用的能源主要是煤炭,煤炭燃烧产生大量的 CO₂ 和其他废气。石油加工炼焦煤气及煤制品业、化学工业、建筑材料及非金属矿物制品业、金属冶炼及压延加工业的 CO₂ 直接排放系数也相对较高。

（二）对外贸易诱发的 CO₂ 排放量

表 2 显示了 1997 年和 2007 年中国进出口贸易中 CO₂ 诱发量的计算结果。从表 2 的数据可知,1997 年的出口诱发 CO₂ 排出量是 20 265 万吨,进口诱发 CO₂ 排出减少量是 20 730 万吨,净出口诱发 CO₂ 排出量是 -466 万吨。同样,由表 1 可知,2007 年的出口诱发 CO₂ 排出量是 50 363 万吨,进口诱发 CO₂ 排出减少量是 56 116 万吨,净出口诱发 CO₂ 排出量是 -5 753 万吨。无论是 1997 年还是 2007 年,从产品的进出口结构看出口大于进口,而从 CO₂ 排放结构却是进口诱发量大于出口诱发量,这说明中国在进出口贸易中

易中 CO₂ 排放是向国外转移的。其原因是主要进出口产业的进口诱发系数大于其出口诱发系数(见表 1),同时这些产业的进口额相对较大(见图 1),CO₂ 直接排放系数较高(见图 2),使得整个进口诱发的 CO₂ 排出大于出口诱发量。另一方面,从出口 CO₂ 排出诱发量和进口 CO₂ 排出诱发量的比值(PPT 指数)来看,1997 年为 0.98,2007 年为 0.90,进出口诱发的 CO₂ 排出量基本处于平衡。从出口贸易额的增长与出口诱发 CO₂ 排出量的增长比较来看,从 1997 年到 2007 年出口贸易额增长了约 6 倍而出口诱发 CO₂ 排出量仅增长了 2.5 倍。

表 2 对外贸易诱发的 CO₂ 排放量 单位:万吨

产业名称	1997 年			2007 年		
	C ^E	C ^M	C ^E - C ^M	C ^E	C ^M	C ^E - C ^M
农业	438	-429	9	265	-926	-661
煤炭采选业	162	-19	143	260	-213	46
石油和天然气开采业	556	-1 079	-523	223	-7 407	-7 184
金属矿采选业	9	-180	-171	144	-7 156	-7 012
其他非金属矿采选业	56	-74	-18	32	-64	-32
食品和烟草加工业	402	-258	144	571	-472	99
纺织业	1 518	-775	743	1 551	-155	1 397
服装及皮革制品业	478	-73	404	598	-64	534
木材加工及家具制造业	79	-32	47	289	-32	257
造纸及文教用品制造业	520	-348	172	625	-229	397
电力及蒸汽、热水生产和供应业	327	-2	326	297	-82	215
石油加工、炼焦、煤气及煤制品业	526	-1 167	-641	938	-1 772	-834
化学工业	5 878	-8 202	-2 324	10 742	-13 513	-2 771
建筑材料及非金属矿物制品业	464	-165	300	711	-181	530
金属冶炼及压延加工业	1 235	-2 092	-857	7 337	-6 149	1 188
金属制品业	564	-291	274	1 430	-235	1 195
机械设备制造业	757	-2 758	-2 001	4 180	-5 132	-952
交通运输设备制造业	217	-334	-116	1 190	-1 089	101
电气机械及器材制造业	875	-508	367	3 570	-1 797	1 773
电子及通信设备制造业	1 273	-1 213	61	7 830	-5 970	1 860
仪器仪表及其他计量器具制造业	132	-110	22	630	-764	-135
其他工业	308	-87	221	257	-312	-55
建筑业	5	-10	-5	21	-11	10
交通运输及仓储业	839	-151	688	3 633	-995	2 638
商业	1 892	0	1 892	1 364	0	1 364
餐饮旅游业	50	-19	31	184	-131	53
金融保险业	11	-30	-18	38	-57	-19
电信及 IT 业	53	-11	41	68	-61	7
科研和技术服务	0	0	0	4	-103	-99
公用事业及居民服务业	626	-304	321	1 326	-992	334
文教卫生体育娱乐	13	-8	5	51	-48	3
行政机关	1	-3	-2	3	-4	-2
合计	20 265	-20 730	-466	50 363	-56 116	-5 753

注:C^E:出口诱发的 CO₂ 排放量;C^M:进口诱发的 CO₂ 减排量;C^E - C^M:净出口诱发的 CO₂ 排放量。

资料来源:根据 1997 年和 2007 年投入产出表、CO₂ 直接排放系数等数据计算而得。

（三）对外贸易中 CO₂ 排放结构变化的因素分析

从第三节中的 CO₂ 排放诱发量的计算结果可知,随着对外贸易额的增长,出口诱发的 CO₂ 排放量发生了增加,增加了 30 098 万吨。与此同时,进口诱发的 CO₂ 减排量也发生了增加,增加了 35 386 万吨。因此,净出口诱发 CO₂ 排出量进一步减少,减少了 5 288 万吨。

根据第二节的公式(8),对进出口贸易诱发的 CO₂ 排放量的变化进行因素分析,表 3 是主要进出口产业的诱发 CO₂ 排放量变化的分析结果。首先考察出口 CO₂ 诱发量

变化,因直接排放系数降低而导致出口排放量减少 15 835 万吨,因生产技术(中间投入系数)的变化而增加 CO₂ 排放量 4 473 万吨,因出口结构变化而增加 CO₂ 排放量 41 461 万吨,可见出口结构变化是导致 CO₂ 排放量增加的主要因素。再考察进口 CO₂ 诱发量变化,因直接排放系数降低而导致进口排放量增加 12 721 万吨,因生产技术(中间投入系数)的变化而减少 CO₂ 排放量 1 269 万吨,因进口结构变化而减少 CO₂ 排放量 46 837 万吨,可见进口结构变化是导致 CO₂ 排放量减少的主要因素。

表3 主要进出口产业的 CO₂ 诱发量变化的因素分析(1997-2007)

单位:万吨

产业名称	出口			进口		
	直接排放系数	中间投入	出口结构	直接排放系数	中间投入	进口结构
石油和天然气开采业	-178	303	-78	641	149	-6 819
金属矿采选业	475	286	125	-187	-10	-6 799
电力、蒸汽和热水生产供应业	-5 168	2 826	121	1	0	-81
石油加工、炼焦、煤气及煤制品业	-1 265	309	709	832	147	-1 290
化学工业	-4 917	265	8 356	5 309	243	-10 377
金属冶炼及压延加工业	-1 282	277	6 538	1 275	352	-4 979
机械设备制造业	-97	4	3 766	1 558	81	-3 850
电气机械及器材制造业	-101	0	3 055	321	83	-1 527
电子及通信设备制造业	-357	19	7 060	820	229	-5 348
交通运输及仓储业	-586	191	3 153	84	10	-918
主要进出口部门小计	-8 130	1 351	32 762	10 012	1 135	-35 088
其他产业小计	-7 705	3 122	8 699	2 709	-2 404	-11 749
合计	-15 835	4 473	41 461	12 721	-1 269	-46 837

资料来源:经推算得到的 CO₂ 直接排放系数及 1997 年、2007 年的中国投入产出表。

从出口结构来看,由于化学工业、金属冶炼及压延加工业、机械设备制造业、电气机械及器材制造业、电子及通信设备制造业和交通运输及仓储业的出口额增长较快,在出口诱发作用下,这些产业的 CO₂ 排放量增加也较快。从中间投入因素来看,电力及蒸汽、热水生产和供应业的 CO₂ 排放量增加最为显著,这是因为作为基础能源动力部门的电力及蒸汽、热水生产和供应业的生产投入较其他产业部门更快,从而诱发 CO₂ 排放量也较多。导致出口 CO₂ 诱发量减少的因素是直接排放系数,电力及蒸汽、热水生产和供应业和化学工业在直接排放系数降低的影响下,CO₂ 的排放量减少明显。总体而言,主要出口产业的出口诱发 CO₂ 排放量明显增加了。

从进口结构来看,由于石油和天然气开采业、金属矿采选业、化学工业、金属冶炼及压延加工业、机械设备制造业、电子及通信设备制造业等产业进口额增加诱发 CO₂ 排出量大副减少。对于出口来说,直接排放系数的降低反而使 CO₂ 排放量增加了,特别是化学工业表现非常明显。中间投入的变化对进口 CO₂ 诱发量的影响较小。总体而言,主要进口产业的进口诱发的 CO₂ 排放量明显减少了,而且减少量大于出口诱发的 CO₂ 排放增加量。

三 结 论

本稿通过运用投入产出分析法,对 1997-2007 年中国对外贸易中 CO₂ 排放结构及其变化进行了考察,得出以下结论。

- (1)中国在对外贸易中,由于出口贸易额的增长迅猛,诱发 CO₂ 排放量不断增加。与此同时,进口贸易额的增长也非常迅速,中国净出口的 CO₂ 排放量成下降趋势。
- (2)通过比较 1997 年和 2007 的 CO₂ 对外贸易污染指数可知,中国在对外贸易过程中,进出口诱发的 CO₂ 排出量基本处于平衡。另外,从 1997 年到 2007 年的净出口诱发的 CO₂ 排放量不断减少说明,对外贸易不仅使中国获得了 CO₂ 排放量减少的益处,同时也减少世界 CO₂ 排放量。

(3)对外贸易的出口是导致中国 CO₂ 排放量增加的原因,但从出口贸易额增加速度与出口诱发 CO₂ 排放量的速度相比,从 1997 年到 2007 年出口贸易额的增长了约 6 倍而出口诱发 CO₂ 排出量仅增长了 2.5 倍,中国在满足世界市场的需要的同时,为 CO₂ 减排目标作出了积极努力。

(4)导致出口 CO₂ 诱发量增加的主要因素是出口结构不合理,出口产业的 CO₂ 直接排放系数相对较高,在出口生产诱发作用下,直接和间接产生的 CO₂ 排放量增长更为显著。中间投入系数的变化虽然也是增加 CO₂ 排放量的因素,但影响有限。

(5)中国的对外贸易是基本平衡的,所以不会因为对外贸易的快速增长给世界带来 CO₂ 排放量大幅增长的危险。随着中国经济规模的不断扩大,CO₂ 排放量会进一步增加,为了减少对外贸易中 CO₂ 的排放量,必须努力降低 CO₂ 直接排放系数,特别是降低主要出口产业的 CO₂ 直接排放系数是非常必要的,同时要适当调整出口结构,提高 CO₂ 直接排放系数较低的服务产业的出口。

参考文献:

[1] 郭朝先. 中国二氧化碳排放增长因素分析——基于 SDA 分解技术[J]. 中国工业经济,2010(1).

[2] 徐 慧. 中国进出口贸易的环境成本转移——基于投入产出模型的分析[J]. 世界经济研究,2010(1).

[3] 王 媛. 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,2011,21(2).

[4] 清水政行. 关于按产业和地区推算的中国 CO₂ 排出量及其考察(日文)[Z]. 日本国际经济学会第 69 次全国大会报告论文,2010.

[5] 中国国家统计局. 1997 年中国投入产出表[M]. 北京: 中国统计出版社,2000.

[6] 中国国家统计局. 2007 年中国投入产出表[M]. 北京: 中国统计出版社,2010.

(责任编辑 罗 渊)