

国际贸易对我国 CO₂ 排放增长的影响

——基于 SDA 与 LMDI 结合的分解法

袁 鹏 程 施 刘海洋*

摘要: 本文采用结构分解法与对数平均迪氏指数相结合的新分解方法, 将我国 CO₂ 排放的增长分解为能源效率效应、能源替代效应、技术效应、国内最终需求效应、出口效应、进口效应 6 项, 并重点考察了出口效应、进口效应以及两者的综合效应。结果表明, 1992 - 2005 年期间, 我国 CO₂ 排放呈现出加速增长的趋势, 主要是由国内需求所推动, 而非国际贸易效应。出口起到了较大的增排效应, 而进口具有显著的减排效应, 两者相抵后的综合效应较小, 但 2002 年以后国际贸易对 CO₂ 排放增长的影响开始显著增强。其他因素对 CO₂ 排放增长的影响表现为: 能源效率的提高具有显著的减排效应, 而能源替代从减排效应转为增排效应, 技术效应具有持续增强的增排效应。

关键词: CO₂ 排放 国际贸易 可比价投入产出表 结构分解法 对数平均迪氏指数

一、引言

近年来, 温室气体排放和全球气候变暖问题已经引起国际社会的高度关注。作为能源消费大国和发展中大国, 我国的 CO₂ 排放量也在不断增加。国际能源署 (IEA, 2009) 发表报告称, 中国因化石燃料消费而产生的 CO₂ 排放量已经超过美国, 成为全球第一大 CO₂ 排放国, 这使得中国在国际气候谈判中面临极大压力。

针对发达国家对中国碳排放快速增长的责难, 历史排放少、人均排放低是我们常用的反击“武器”。最近, 有关贸易引致“碳泄漏”的观点流传甚广, 为中国参与气候谈判增加了新筹码。这种观点认为, 中国的高 CO₂ 排放很大程度上是由于“在低收入国家生产, 在高收入国家消费”的国际贸易模式所造成的, 即发达国家将高碳排放的制造业转移到中国, 从中国进口制成品, 享受着低碳“好处”, 却将污染和 CO₂ 排放留给中国。因此, 作为消费者的发达国家应承担一部分排放责任, 而不是将此全部推给作为生产者的中国来承担, 这是不公平的 (齐晔等 2008; 朱启荣 2010)。“碳泄漏”的观点实际指出了所有参与国际分工的国家, 不论是生产者还是消费者, 都应该共同承担减排责任。

国外一些学者针对中国的国际贸易与碳排放之间的关系进行了研究, 其结论倾向于支持“碳泄漏”的观点。Shui 和 Harriss (2006) 的研究表明, 美国每年从中国进口大量产品, 这些产品所隐含的 CO₂ 占中国 CO₂ 排放总量的 7% ~ 14%。类似地, Li 和 Hewitt (2008) 发现, 与没有中英贸易、所有进口品由英国自己生产的情景相比, 通过进口中国产品, 英国在 2004 年减少了大约 11% 的碳排放, 英国的碳排放被转移给了中国。并且, 由于中国生产的碳强度相对更高, 中英贸易还将进一步加剧全球温室气体排放。Liu 等 (2010) 的研究表明, 1990 - 2000 年期间, 中国对日本是碳排放的净出口国, 不过由于该期间日本对中国出口品中的“隐

* 袁鹏, 大连理工大学经济学院, 邮政编码: 116024, 电子信箱: ypfei@ hotmail. com; 程施, 大连理工大学经济学院, 邮政编码: 116024, 电子信箱: scchengshi@ sina. com; 刘海洋, 大连理工大学经济学院, 邮政编码: 116024, 电子信箱: 516haiyang@ 163. com。

本文感谢教育部博士点基金 (新教师类“我国碳减排方案设计与政策模拟研究” (20100041120042)、辽宁省哲学社会科学基金“辽宁碳排放与产业结构优化调整研究” (L09CJL033)、中央高校基本科研业务费引进人才科研项目“一般均衡框架下我国碳减排与产业结构调整研究” (852004) 等项目的资助。作者十分感谢匿名审稿专家宝贵的修改意见, 当然文责自负。

含碳”表现为持续增长^①,在很大程度上减少了中国的碳净出口。情景分析表明,双边贸易有助于总体碳排放的减少,这一点与 Li 和 Hewitt(2008)的结论不同。然而这些研究主要针对的是出口产生的 CO₂ 排放,并不能全面反映国际贸易对 CO₂ 排放的影响。我国既是出口大国,同时也是进口大国,如果只是单方面关注出口对 CO₂ 排放的推动作用,而忽略进口对 CO₂ 排放的抑制作用,其结果可能会高估国际贸易对 CO₂ 排放的影响,进而为政策制定提供错误信息。

近年来,国内也有一些研究考察了我国对外贸易的碳排放效应。齐晔等(2008)估算了1997-2006年中国进出口贸易的“隐含碳”,发现我国通过产品形式为国外承担了大量碳排放。王海鹏(2010)、李艳梅和付加锋(2010)、张友国(2010)的研究均表明,出口“隐含碳”的增加主要来源于出口规模的扩张。朱启荣(2010)发现,我国出口贸易品有高碳化的趋势,导致“隐含碳”的增加。以上研究都在一定程度上支持了“碳泄漏”的观点。然而,李小平和卢现祥(2010)的研究却不支持“碳泄漏”的观点,他们发现2000年和2005年,我国净出口隐含的 CO₂ 分别为0.16亿吨、1.06亿吨,5年间仅增长了0.9亿吨。由于出口增排量仅仅是总增排量的一部分,从净出口增排量占出口增排量(27.26亿吨)的3.3%推知,净出口增排量占总增排量的比重必然小于3.3%。因此,贸易顺差虽然导致了 CO₂ 排放的增长,但并非主要因素。他们还发现,我国单位出口品的碳强度小于单位进口品的碳强度,贸易开放度越高的产业,其碳强度越低,贸易实际上有利于节能减排。

由此可见,现有针对中国的研究大大丰富了我们对于国际贸易与 CO₂ 排放关系的认识,但仍存在一些不足之处:首先,大多数文献集中于研究我国进出口的“隐含碳”,而对于贸易导致的 CO₂ 排放的变化则关注较少,仅见于张友国(2010)的研究。朱启荣(2010)也仅限于从进出口产品的含碳量相对多少来解释贸易对我国 CO₂ 排放增长的影响,并没有细致地研究进出口、贸易结构等对 CO₂ 排放变化的真实影响。其次,从研究方法上来看,多数研究采用的是结构分解法(Structural Decomposition Analysis, SDA)。然而,SDA在分解过程中会产生交互项问题,存在测算结果的不一致、因素权重的可比性不强、交互影响分解难等问题。虽然两极分解法、中点权分解法、加权平均分解法等多种方法被用以解决上述问题,但这些方法采用不同的方式将交互项归并到其他项中,导致分解结果的差异较大,降低了分解结果的准确性和结论的可靠性。而对数平均迪氏指数分解法(Logarithmic Mean Divisia Index, LMDI),能够很好地克服交叉项问题(Ang et al., 1998),并且在国内外得到了广泛应用(Ipek Tun et al., 2009; Oh et al., 2010; Vinuya et al., 2010; 徐国泉等, 2006; 王锋等, 2010)。但是这种方法也存在分解路径较为有限的缺点,无法分析贸易、需求等因素的碳排放效应。如果将两种方法相结合,既能克服各自缺点,又能很好地发挥各自优势,在分解方面将具有更高的准确性和适用性。这是目前文献所缺乏的。

针对以上不足,本文提出了 SDA 与 LMDI 相结合的新方法,采用可比价投入产出表,将我国 CO₂ 排放变化的影响因素分解为能源效率效应、能源替代效应、技术变化效应、国内最终需求效应、出口效应和进口效应等,重点考察与贸易相关的后两种效应。后续行文如下:第二部分为 SDA 与 LMDI 相结合的分解法,第三、第四部分分别为数据说明和结果分析,最后为本文结论。

二、CO₂ 排放增长的新分解法

根据投入产出分析得知,总产值可以由下式表示:

$$X = (I - A)^{-1}Y = (I - A)^{-1}(Q + S - M) \quad (1)$$

其中, X 为总产值向量($n \times 1$), n 表示行业总数, $(I - A)^{-1}$ 为里昂惕夫逆阵($n \times n$), A 为直接消耗系数矩阵($n \times n$), Y 为最终需求向量($n \times 1$)。 $Y = Q + S - M$, Q 为国内最终需求向量, S 为出口向量, M 为进口向量, 均为 $n \times 1$ 维。

定义 E = 能源消费量/总产值, 为能源强度向量($n \times 1$), 反映能源效率的高低; P = CO₂ 排放量/能源消费总量, 为 CO₂ 排放系数向量($n \times 1$)。

故 CO₂ 排放量向量 C ($n \times 1$) 可以表示为下式:

$$C = \hat{E} \cdot \hat{P} \cdot (I - A)^{-1}Y = \hat{E} \cdot \hat{P} \cdot B \cdot Y$$

^①产品的整个生产链中所排放的二氧化碳,称之为“隐含碳”。从对外贸易的角度,“隐含碳”和“转移排放”的含义基本相同(齐晔等, 2008)。

$$= \hat{E} \cdot \hat{P} \cdot B \cdot Q + \hat{E} \cdot \hat{P} \cdot B \cdot S - \hat{E} \cdot \hat{P} \cdot B \cdot M \quad (2)$$

其中 \hat{E}, \hat{P} 分别为 E 和 P 的对角矩阵 $B = (I - A)^{-1}$ 。第 i 行业的碳排放量 C_i 表示为:

$$C_i = \sum_{j=1}^n e_i p_i b_{ij} y_j = \sum_{j=1}^n e_i p_i b_{ij} (q_j + s_j - m_j) \quad (3)$$

其中 e_i 为向量 E 的第 i 行元素 p_i 为向量 P 的第 i 行元素 b_{ij} 为矩阵 B 的第 i 行 j 列元素 q_j 为向量 Q 的第 j 行元素 s_j 为向量 S 的第 j 行元素 m_j 为向量 M 的第 j 行元素。

则由 0 期到 T 期 C_i 的变动量为:

$$\begin{aligned} \Delta C_i &= C_i^T - C_i^0 = \sum_{j=1}^n e_i^T p_i^T b_{ij}^T y_j^T - \sum_{j=1}^n e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 y_j^0 \\ &= \sum_{j=1}^n (e_i^T p_i^T b_{ij}^T q_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 q_j^0) + \sum_{j=1}^n (e_i^T p_i^T b_{ij}^T s_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 s_j^0) - \sum_{j=1}^n (e_i^T p_i^T b_{ij}^T m_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 m_j^0) \end{aligned} \quad (4)$$

对于 (4) 式右边各项如果采用 SDA 会产生余项问题 (Chang and Lin, 1998), 而对余项的不同处理会导致结果不同 (李景华, 2004), 因此本研究采用 Ang 等 (1998) 提出的 LMDI 分解法, 将 (4) 式右边多项式第一项分解如下:

$$\sum_{j=1}^n (e_i^T p_i^T b_{ij}^T q_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 q_j^0) = \sum_{j=1}^n \pi q_{ij} \ln\left(\frac{e_i^T}{e_i^0}\right) + \sum_{j=1}^n \pi q_{ij} \ln\left(\frac{p_i^T}{p_i^0}\right) + \sum_{j=1}^n \pi q_{ij} \ln\left(\frac{b_{ij}^T}{b_{ij}^0}\right) + \sum_{j=1}^n \pi q_{ij} \ln\left(\frac{q_j^T}{q_j^0}\right) \quad (5)$$

$$\text{其中 } \pi q_{ij} = \frac{e_i^T p_i^T b_{ij}^T q_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 q_j^0}{\ln(e_i^T p_i^T b_{ij}^T q_j^T) - \ln(e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 q_j^0)}$$

在等式 (5) 的右边多项式中, 第一项表示能源效率的变化对碳排放增长的影响, 即能源效率效应; 第二项表示能源结构 p 的变化对碳排放增长的影响, 即能源替代效应; 第三项表示技术 b 的变化对碳排放增长的影响, 即技术效应; 最后一项表示国内最终需求 q 的变化对碳排放增长的影响, 即国内最终需求效应。

对 (4) 式右边多项式第二项和第三项也进行类似分解, 然后再将 (4) 式右边多项式中各项分解结果的能源效率效应、能源替代效应和技术效应分别进行合并, 剩下的三项分别为国内最终需求效应、出口效应和进口效应。最后 ΔC_i 可以分解为以下一些组成部分:

能源效率效应:

$$\Delta C_i(e) = \sum_{j=1}^n (\pi q_{ij} + \pi s_{ij} - \pi m_{ij}) \ln\left(\frac{e_i^T}{e_i^0}\right) \quad (6)$$

$$\text{其中 } \pi s_{ij} = \frac{e_i^T p_i^T b_{ij}^T s_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 s_j^0}{\ln(e_i^T p_i^T b_{ij}^T s_j^T) - \ln(e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 s_j^0)} \quad \pi m_{ij} = \frac{e_i^T p_i^T b_{ij}^T m_j^T - e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 m_j^0}{\ln(e_i^T p_i^T b_{ij}^T m_j^T) - \ln(e_i^0 p_i^0 b_{ij}^0 m_j^0)}$$

能源替代效应:

$$\Delta C_i(p) = \sum_{j=1}^n (\pi q_{ij} + \pi s_{ij} - \pi m_{ij}) \ln\left(\frac{p_i^T}{p_i^0}\right) \quad (7)$$

技术效应:

$$\Delta C_i(b) = \sum_{j=1}^n (\pi q_{ij} + \pi s_{ij} - \pi m_{ij}) \ln\left(\frac{b_{ij}^T}{b_{ij}^0}\right) \quad (8)$$

国内最终需求效应:

$$\Delta C_i(q) = \sum_{j=1}^n \pi q_{ij} \cdot \ln\left(\frac{q_j^T}{q_j^0}\right) \quad (9)$$

出口效应:

$$\Delta C_i(s) = \sum_{j=1}^n \pi s_{ij} \cdot \ln\left(\frac{s_j^T}{s_j^0}\right) \quad (10)$$

进口效应:

$$\Delta C_i(m) = - \sum_{j=1}^n \pi m_{ij} \cdot \ln\left(\frac{m_j^T}{m_j^0}\right) \quad (11)$$

式 (6) 表示能源效率变动的 CO_2 排放效应。直观上看, 该项反映的是能源强度变化对 CO_2 排放的影响。

但由于能源强度代表着能源的利用效率,因此式(6)实质上衡量的是能源效率变化对CO₂排放变化的作用。

式(7)表示CO₂排放系数变化对排放变化的影响,实质反映了能源替代对碳排放的影响,以下说明原因。考虑到CO₂排放总量分别由原煤、焦炭、原油、电力等九项能源消费所产生,第*i*行业的CO₂排放系数*p_i*可以表示为:

$$p_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} p_{ij} \quad (j = \text{煤、电、油、气等九种能源}) \quad (12)$$

其中*a_{ij}*代表第*j*种能源消费量占第*i*行业能源消费总量的比重;*p_{ij}*表示第*i*行业消费的第*j*种能源的CO₂排放系数,通常是固定的,只与能源品种有关。因此*p_{ij}*的变化只与*a_{ij}*的变化有关,即式(7)实质反映的是能源消费结构变动或能源替代对碳排放变化的影响。

式(8)为中间投入系数变动对CO₂排放变动的影 响。由于中间投入系数矩阵主要反映的是国民经济各部门之间生产技术上的直接联系,因此式(8)反映了技术变动对CO₂排放的影响。式(9)、(10)、(11)分别表示国内最终需求变动的排放效应、出口的排放效应以及进口的排放效应。

至此,我们将CO₂排放的变化分解为能源效率效应、能源替代效应、技术效应、国内最终需求效应、出口效应、进口效应共6项。

三、数据来源与处理

本文的主要数据来源于33个部门可比价投入产出表(以2000年为基期),包含1992年、1997年、2002年和2005年4张表。之所以采用可比价投入产出表,是因为能够避免价格因素对分解结果的干扰。此外,其他项被合并到最终需求项中,由于该项很小,这样处理不会对结果产生很大影响。

受限于数据获取,我们只能和大多数研究一样,仅考虑能源消费的CO₂排放。能源消费数据来源于相关年份《中国统计年鉴》中分行业主要能源种类消费数据。由于投入产出数据与能源消费数据的行业分类并不统一,一些行业进行了合并处理,最终为24个行业^①。CO₂排放的数据则根据能源消费量计算得到。根据IPCC的计算指南(IPCC 2006),各行业的CO₂排放数据可以被估算出来。计算方法如下:

$$C_i = \sum_{j=1}^m Z_{ij} \times I_j \quad (13)$$

其中*C_i*为*i*行业的CO₂排放量,单位为万吨;*Z_{ij}*为*i*行业的第*j*种能源的消费量,单位为万吨标准煤;*I_j*为第*j*种能源CO₂排放系数,单位吨碳/吨标准煤;表1给出了原煤、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气和电力共9大类能源的CO₂排放系数。

表1 各种能源的标准煤折算系数与CO₂排放系数

| 能源种类 | 标准煤折算系数 (吨标准煤/吨) | CO ₂ 排放系数 (吨CO ₂ /吨标准煤) | 能源种类 | 标准煤折算系数 (吨标准煤/吨) | CO ₂ 排放系数 (吨CO ₂ /吨标准煤) |
|------|---------------------|--|------|--------------------------|--|
| 原煤 | 0.7143 | 2.9278 | 煤油 | 1.4714 | 2.1857 |
| 焦炭 | 0.9714 | 3.1566 | 柴油 | 1.4571 | 2.1993 |
| 原油 | 1.4286 | 2.1465 | 天然气 | 1.33 × 10 ⁻³ | 1.6443 |
| 燃料油 | 1.4286 | 2.1755 | 电力 | 1.229 × 10 ⁻⁴ | 2.9278 |
| 汽油 | 1.4714 | 2.1100 | | | |

注:CO₂排放系数由作者根据公式:CO₂排放系数=碳含量×净发热值×碳氧化因子×44/12计算得到。其中,碳含量、碳氧化因子采用2006年IPCC《Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume II》的缺省值,净发热值采用《中国能源统计年鉴》(2008)中各种能源的低位发热量。标准煤折算系数来源于《中国能源统计年鉴》(2008)。其中,天然气的标准煤折算系数的单位为吨标准煤/立方米,电力按火力发电标准煤耗计算,标准煤折算系数的单位为吨标准煤/千瓦时。

需要说明的是,在采用CO₂排放计算公式之前,必须将各种能源消耗量的单位转化为标准煤,折算系数如表1所示。由于电力生产中通常只有火力发电才会产生大量的CO₂排放,水电、核电等其他清洁电力仅有少量

^①农、林、牧、渔业,煤炭采选业,石油和天然气开采业,金属矿采选业,非金属矿及其他矿采选业,食品加工业,纺织业,服装及其他纤维制品制造业,木材加工及竹藤棕草制品业,造纸及纸制品业,石油加工及炼焦业,化学原料及制品制造业,非金属矿物制品业,金属冶炼及压延加工业,金属制品业,机械制造业,其他制造业,电力蒸汽热水生产供应业,煤气的生产和供应业,自来水的生产和供应业,建筑业,交通运输仓储及邮电通信业,批发和零售贸易餐饮业,其他行业。

CO₂ 排放 通常不作考虑。因此 在将电力消费量转化为标煤量时 应该剔除非火力发电的份额 否则会高估电力消费的 CO₂ 排放。非火力发电的份额来源于历年《中国统计年鉴》中的电力平衡表。由于我国火力发电基本以煤炭为能源 只有极少数的天然气发电(忽略不计) 故火电的碳排放系数与原煤相同^①。

四、结果分析

我们采用 SDA 与 LMDI 相结合的方法以及可比价投入产出表、能源消费等数据 ,计算了 1992 - 2005 年期间我国能源消费的 CO₂ 排放增量 并从总量和行业层面进行了解析。表 5 给出了不同时段总量层面分解得到的各种效应 ,更为详细的行业层面分解结果见表 2。需要说明的是 ,由于分解方法自身并不存在纵向可加性 ,因此 1992 - 2005 年期间的分解结果是由 1992 - 1997 年、1997 - 2002 年和 2002 - 2005 年各阶段的分解结果相加得到的。

表 2 1992 - 2005 年我国 CO₂ 排放增长的分解结果 (亿吨)

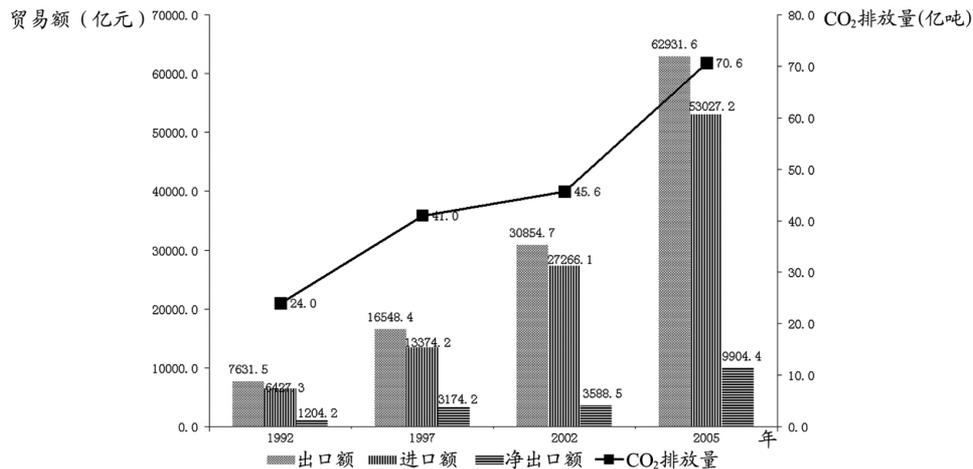
| 行业 | 出口 | 进口 | 能源替代 | 能源效率 | 技术系数 | 国内最终需求 | 总效应 |
|--------------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
| 农、林、牧、渔业 | 0.220 | -0.176 | -0.019 | -0.119 | 0.038 | 0.584 | 0.528 |
| 煤炭采选业 | 1.157 | -1.070 | -0.003 | -0.574 | 0.578 | 0.924 | 1.012 |
| 石油和天然气开采业 | 1.026 | -1.842 | -0.026 | -0.619 | -0.103 | 1.742 | 0.177 |
| 金属矿采选业 | 0.179 | -0.329 | 0.002 | -0.135 | 0.071 | 0.293 | 0.082 |
| 非金属矿及其他矿采选业 | 0.064 | -0.104 | -0.001 | -0.196 | 0.032 | 0.179 | -0.025 |
| 食品加工业 | 0.167 | -0.107 | -0.010 | -0.835 | 0.120 | 0.608 | -0.057 |
| 纺织业 | 0.375 | -0.109 | 0.001 | -0.240 | -0.182 | 0.244 | 0.090 |
| 服装及其他纤维制品制造业 | 0.043 | -0.012 | -0.002 | -0.006 | 0.005 | 0.071 | 0.100 |
| 木材加工及竹藤棕草制品业 | 0.061 | -0.023 | -0.001 | -0.024 | 0.029 | 0.063 | 0.105 |
| 造纸及纸制品业 | 0.441 | -0.283 | 0.000 | -0.573 | 0.264 | 0.533 | 0.382 |
| 石油加工及炼焦业 | 5.406 | -5.331 | 0.053 | -1.079 | 0.099 | 8.573 | 7.721 |
| 化学原料及制品制造业 | 3.756 | -3.811 | -0.020 | -4.052 | 1.409 | 4.573 | 1.855 |
| 非金属矿物制品业 | 1.018 | -0.682 | -0.026 | -3.217 | 0.735 | 3.797 | 1.624 |
| 金属冶炼及压延加工业 | 7.268 | -7.302 | 0.122 | -4.532 | 0.661 | 11.017 | 7.234 |
| 金属制品业 | 0.161 | -0.102 | -0.001 | -0.041 | 0.020 | 0.165 | 0.203 |
| 机械制造业 | 1.245 | -1.267 | -0.028 | -2.213 | 0.552 | 1.853 | 0.141 |
| 其他制造业 | 0.099 | -0.097 | 0.001 | -0.009 | -0.013 | 0.144 | 0.125 |
| 电力蒸汽热水生产供应业 | 7.454 | -6.955 | 0.100 | 1.325 | 5.908 | 14.008 | 21.840 |
| 煤气的生产和供应业 | 0.064 | -0.057 | -0.008 | -0.129 | 0.100 | 0.314 | 0.283 |
| 自来水的生产和供应业 | 0.020 | -0.017 | 0.000 | -0.004 | 0.001 | 0.045 | 0.045 |
| 建筑业 | 0.009 | -0.006 | 0.006 | -0.245 | 0.011 | 0.338 | 0.111 |
| 交通运输仓储及邮电通信业 | 1.474 | -0.862 | -0.126 | -0.522 | 0.446 | 1.864 | 2.273 |
| 批发和零售贸易餐饮业 | 0.286 | -0.157 | -0.032 | -0.033 | -0.080 | 0.427 | 0.413 |
| 其他行业 | 0.234 | -0.196 | -0.028 | -0.787 | 0.050 | 1.101 | 0.373 |
| 总计 | 32.226 | -30.896 | -0.046 | -18.859 | 10.749 | 53.461 | 46.634 |

注:为了使投入产出表中的行业与《中国统计年鉴》中各行业能源消费数据的行业相对应,本文对部分行业进行了合并。对投入产出表部分行业的合并如下:将通用、专用设备制造业,交通运输设备制造业,电器、机械及器材制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业和仪器仪表及文化办公用机械制造业合并为机械制造业;将废品废料并入其他制造业;将交通运输及仓储业和邮政业合并为交通运输仓储及邮电通信业;将批发、零售贸易业和餐饮业合并为批发和零售贸易餐饮业;将金融保险业、房地产业和其他服务业合并为其他行业。对《中国统计年鉴》中部分行业的合并:将黑色金属矿采选业和有色金属矿采选业合并为金属矿采选业;将非金属矿采选业和其他矿采选业合并为非金属矿及其他矿采选业;将服装及其他纤维制品制造业和皮革毛皮羽绒及其制品业合并为服装及其他纤维制品制造业;将家具制造业并入木材加工及竹藤棕草制品业;将印刷业记录媒介的复制和文教体育用品制造业并入造纸及纸制品业;将医药制造业、化学纤维制造业、橡胶制品业和塑料制品业并入化学原料及制品制造业;将黑色金属冶炼及压延加工业和有色金属冶炼及压延加工业合并为金属冶炼及压延加工业。以下同。

^①有批评者认为由于火电是由煤炭等化石燃料转换而来,担心在计算能源消费时再次考虑电力消费,可能会导致能源消费量的重复计算,进而高估碳排放量。但是根据《中国统计年鉴》有关能源消费量统计指标的解释:能源消费量 = 终端能源消费 + 能源加工转换投入量 - 能源加工转换产出 + 能源损失量,用于加工转换二次能源的消费量和损失量实际上已经被扣除了,故这种担心是多余的。

(一) CO₂ 排放与国际贸易的增长趋势

研究期间,我国产业部门因能源消费的 CO₂ 排放总量从 24 亿吨增加到 70.6 亿吨,增长 46.6 亿吨(未包含生活部门的 CO₂ 排放),增长幅度为 194%,年均复合增长率约为 5.2%。分时段来看,排放增量最大的是 2002-2005 年,达到了 25 亿吨,虽然只有短短 3 年,但占研究期间总排放增量的 53.6%,这与 2002 年后我国重化工业化加速发展的背景是一致的。重化工业化带来了经济的高速增长,但不利于节能减排。其次为 1992-1997 年,排放增量为 17 亿吨。最少的是 1997-2002 年,排放增量只有 4.6 亿吨(见图 1)。



注: CO₂ 排放量根据 1992-2005 年的能源消费数据计算,对外贸易量根据可比价投入产出表计算得到。

图 1 1992-2005 年我国碳排放及对外贸易的增长

分行业来看(见表 2),CO₂ 排放增量最多的行业是电力蒸汽热水生产供应业,高达 21.84 亿吨,占所有行业排放增量的比重为 46.8%,原因在于该行业为二次能源供给部门,消耗了大量一次能源。其次为石油加工及炼焦业和金属冶炼及压延加工业,排放增量分别为 7.72 亿吨和 7.23 亿吨。另外,交通运输仓储及邮电通信业、化学原料及制品制造业、非金属矿物制品业也是排放增量较多的行业,分别为 2.27 亿吨、1.86 亿吨和 1.62 亿吨。以上六大行业的排放增量总计 42.54 亿吨,占所有行业排放增量的 91%,表明这些行业应该是减排的主要着力点。自来水的生产和供应业的排放增量在所有行业中最少,仅为 0.045 亿吨。值得注意的是,非金属矿及其他矿采选业和食品加工业在整个期间的排放反而下降了,减排量分别为 0.025 亿吨和 0.057 亿吨。

在 CO₂ 排放增长的同时,我国的对外贸易水平也呈现出快速增长。如图 1 所示,研究期间,我国进、出口额及净出口额均保持上升趋势,其中出口额从 1992 年的 7631.5 亿元增长到 2005 年的 62931.6 亿元,进口额从 6427.3 亿元增长到 53027.2 亿元。净出口额从 1204.2 亿元增加到 9904.4 亿元,增加了 8700.2 亿元,年均复合增长率约为 17.6%,高于同期全国 GDP 年均增长率。

国际贸易的快速增长对我国经济增长起到了巨大推动作用,同时也对 CO₂ 排放产生了巨大影响。这可以从出口和进口两个方面来考虑。首先,出口贸易品中隐含了能源消费和 CO₂ 排放,这是国外的需求所引致的,但能源消费和 CO₂ 排放都由中国承担。显然,出口增长会导致由此而产生的 CO₂ 排放的增长。其次,进口贸易品中隐含来自国外的能源消费和 CO₂ 排放,进口增长有利于抑制中国的能源消费和 CO₂ 排放的增长。由于进口减排效应形成了对出口增排效应的抵消作用,国际贸易对 CO₂ 排放的最终影响方向和程度由净出口的规模、进口和出口的 CO₂ 排放强度的差异等共同决定。可以确定的是,由于贸易顺差的持续增长,净出口的增加将导致 CO₂ 排放的增长。然而,国际贸易到底如何影响 CO₂ 排放的变化,还需要更深入的分析。

(二) CO₂ 排放增长的国际贸易效应

国际贸易对 CO₂ 排放增长的影响包含了出口效应和进口效应,这两种效应对 CO₂ 排放增长的影响方向和力度均有所差异。

1. 出口效应

出口增长是 CO₂ 排放增长的重要来源(见表 3)。研究期间,出口增长导致的排放增量为 32.23 亿吨,占总增量的 69.1%,是 CO₂ 排放增长的第二大来源。分阶段来看,出口效应呈现出逐渐增强的趋势,1992-

1997年为6.76亿吨,1997-2002年为7.97亿吨,2002-2005年达到了17.496亿吨。各行业的出口效应同样在2002-2005年期间最为显著。这与研究期间我国出口的加速增长是一致的。特别是2002年入世之后,出口的高速增长推动了CO₂排放的快速增长。

分部门来看,第二产业的出口效应对CO₂排放增长起决定性作用,达到30.01亿吨,而同期第一产业和第三产业仅为0.22亿吨和1.99亿吨。在第二产业内部,电力蒸汽热水生产供应业和金属冶炼及压延加工业的出口效应最大,均超过7亿吨。出口效应较为显著的还有石油加工及炼焦业和化学原料及制品制造业,分别为5.41亿吨和3.76亿吨。以上四个行业的出口效应总和高达23.85亿吨,占有所有行业出口效应的74%。这些行业正好也是碳排放增长最多的行业。造成这些行业出口效应十分显著的原因一方面在于这些行业出口的大幅增长,另一方面也与这些行业的高碳强度有关。出口效应较小的行业有煤气的生产和供应业、自来水的生产和供应业、建筑业、服装及其他纤维制品制造业、木材加工及竹藤棕草制品业和非金属矿及其他矿采选业,均在0.1亿吨以下。

表3 分时段出口效应(亿吨)

| 行业 | 1992-2005年 | 1992-1997年 | 1997-2002年 | 2002-2005年 |
|--------------|------------|------------|------------|------------|
| 第一产业小计 | 0.220 | 0.087 | 0.017 | 0.117 |
| 农、林、牧、渔业 | 0.220 | 0.087 | 0.017 | 0.117 |
| 第二产业小计 | 30.012 | 6.139 | 7.446 | 16.427 |
| 煤炭采选业 | 1.157 | 0.278 | 0.304 | 0.574 |
| 石油和天然气开采业 | 1.026 | 0.270 | 0.229 | 0.527 |
| 金属矿采选业 | 0.179 | 0.042 | 0.038 | 0.099 |
| 非金属矿及其他矿采选业 | 0.064 | -0.008 | 0.028 | 0.044 |
| 食品加工业 | 0.167 | 0.054 | 0.049 | 0.064 |
| 纺织业 | 0.375 | -0.010 | 0.170 | 0.215 |
| 服装及其他纤维制品制造业 | 0.043 | -0.004 | 0.024 | 0.023 |
| 木材加工及竹藤棕草制品业 | 0.061 | 0.013 | 0.018 | 0.030 |
| 造纸及纸制品业 | 0.441 | 0.151 | 0.093 | 0.197 |
| 石油加工及炼焦业 | 5.406 | 1.230 | 1.179 | 2.996 |
| 化学原料及制品制造业 | 3.756 | 1.084 | 0.958 | 1.714 |
| 非金属矿物制品业 | 1.018 | 0.181 | 0.300 | 0.537 |
| 金属冶炼及压延加工业 | 7.268 | 1.715 | 1.552 | 4.001 |
| 金属制品业 | 0.161 | 0.028 | 0.040 | 0.092 |
| 机械制造业 | 1.245 | 0.386 | 0.377 | 0.482 |
| 其他制造业 | 0.099 | 0.030 | 0.022 | 0.047 |
| 电力蒸汽热水生产供应业 | 7.454 | 0.686 | 2.038 | 4.730 |
| 煤气的生产和供应业 | 0.064 | 0.007 | 0.019 | 0.038 |
| 自来水的生产和供应业 | 0.020 | 0.003 | 0.006 | 0.011 |
| 建筑业 | 0.009 | 0.002 | 0.002 | 0.004 |
| 第三产业小计 | 1.994 | 0.536 | 0.505 | 0.953 |
| 交通运输仓储及邮电通信业 | 1.474 | 0.388 | 0.360 | 0.725 |
| 批发和零售贸易餐饮业 | 0.286 | 0.087 | 0.069 | 0.130 |
| 其他行业 | 0.234 | 0.061 | 0.075 | 0.097 |
| 总计 | 32.226 | 6.761 | 7.968 | 17.496 |

2. 进口效应

与出口正好相反,进口能够避免本国的能源消费和CO₂排放(见表4)。整个研究期间,进口增长减少CO₂排放30.90亿吨,表明进口贸易能够十分有效地抑制CO₂排放的增长,并且这种抑制效应逐步增强。1992-1997年进口贸易减少CO₂排放6.57亿吨,1997-2002年达到9.35亿吨,2002-2005年则达到了14.97亿吨。各行业的进口效应同样在2002-2005年间最为显著。

分部门来看,研究期间,第二产业进口效应的抑制作用最大,达到了-29.51亿吨,第一产业和第三产业则很小,分别仅为-0.18亿吨和-1.22亿吨。在第二产业内部,进口抑制作用最大的为金属冶炼及压延加

工业 达到了 -7.3 亿吨 ,其次为电力蒸汽热水生产供应业 ,为 -6.96 亿吨。进口抑制作用较为明显的还有石油加工及炼焦业和化学原料及制品制造业 ,分别达到了 -5.33 亿吨、-3.81 亿吨。以上四个行业的进口效应之和为 -23.4 亿吨 ,占有行业进口效应的 75.7%。值得注意的是 ,上述四个行业的出口增排效应也最大 这是由这些行业大进大出的贸易特征所决定的。

表 4 分时段进口效应(亿吨)

| 行业 | 1992 - 2005 年 | 1992 - 1997 年 | 1997 - 2002 年 | 2002 - 2005 年 |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 第一产业小计 | -0.176 | -0.039 | -0.038 | -0.099 |
| 农、林、牧、渔业 | -0.176 | -0.039 | -0.038 | -0.099 |
| 第二产业小计 | -29.506 | -6.317 | -8.972 | -14.217 |
| 煤炭采选业 | -1.070 | -0.266 | -0.304 | -0.501 |
| 石油和天然气开采业 | -1.842 | -0.343 | -0.611 | -0.888 |
| 金属矿采选业 | -0.329 | -0.076 | -0.068 | -0.185 |
| 非金属矿及其他矿采选业 | -0.104 | -0.023 | -0.037 | -0.044 |
| 食品加工业 | -0.107 | -0.038 | -0.025 | -0.043 |
| 纺织业 | -0.109 | 0.003 | -0.074 | -0.038 |
| 服装及其他纤维制品制造业 | -0.012 | -0.003 | -0.004 | -0.004 |
| 木材加工及竹藤棕草制品业 | -0.023 | -0.008 | -0.007 | -0.008 |
| 造纸及纸制品业 | -0.283 | -0.098 | -0.063 | -0.123 |
| 石油加工及炼焦业 | -5.331 | -1.327 | -1.229 | -2.775 |
| 化学原料及制品制造业 | -3.811 | -1.142 | -1.170 | -1.499 |
| 非金属矿物制品业 | -0.682 | -0.067 | -0.272 | -0.343 |
| 金属冶炼及压延加工业 | -7.302 | -1.840 | -2.305 | -3.157 |
| 金属制品业 | -0.102 | -0.021 | -0.033 | -0.048 |
| 机械制造业 | -1.267 | -0.417 | -0.439 | -0.412 |
| 其他制造业 | -0.097 | -0.018 | -0.026 | -0.053 |
| 电力蒸汽热水生产供应业 | -6.955 | -0.622 | -2.281 | -4.052 |
| 煤气的生产和供应业 | -0.057 | -0.006 | -0.019 | -0.032 |
| 自来水的生产和供应业 | -0.017 | -0.003 | -0.005 | -0.009 |
| 建筑业 | -0.006 | -0.002 | -0.001 | -0.003 |
| 第三产业小计 | -1.215 | -0.219 | -0.344 | -0.652 |
| 交通运输仓储及邮电通信业 | -0.862 | -0.134 | -0.245 | -0.483 |
| 批发和零售贸易餐饮业 | -0.157 | -0.035 | -0.035 | -0.087 |
| 其他行业 | -0.196 | -0.050 | -0.063 | -0.082 |
| 总计 | -30.896 | -6.574 | -9.354 | -14.969 |

3. 综合效应

同时考虑进口效应和出口效应 ,可以获得国际贸易对 CO₂ 排放增长的综合效应。研究期间 ,综合效应为 1.329 亿吨 ,占排放总增量(46.6 亿吨) 的 2.9%。这表明 ,虽然国际贸易对我国 CO₂ 排放产生了一定的增排作用 ,但是其影响很小 ,并非决定性因素。

分阶段来看 ,综合效应在各时期具有差异。1992 - 1997 年 ,综合效应不是很明显 ,仅为 0.19 亿吨;而在 1997 - 2002 年 ,综合效应为 -1.386 亿吨 ,有效地抑制了 CO₂ 排放的增长;不过 ,这种抑制作用没能持续下去 ,到 2002 - 2005 年 ,综合效应又转变为增排作用 ,达到 2.528 亿吨。

分部门来看 ,研究期间 ,第一、二、三次产业的综合效应分别为 0.045 亿吨、0.506 亿吨和 0.779 亿吨。可见 ,综合效应最大的是第三产业 ,而非第二产业。进一步分析可以发现 ,交通运输仓储及邮电通信业的综合效应高达 0.612 亿吨 ,在第三产业中最高。第二产业的综合效应之所以不及第三产业 ,主要是由于第二产业出口增排效应和进口减排效应都很明显 ,两者抵消后的综合效应较小。不过 ,第二产业中电力蒸汽热水生产供应业、非金属矿物制品业、纺织业等行业由于净出口量增长较大 ,产生了一定的增排效应。

从综合效应来看 ,我们无法将中国 CO₂ 排放的大量增长归咎于国际贸易。不仅如此 ,进出口贸易实际上在一定程度上是有利于节能减排的。这是因为我国出口了大量碳强度低的产品 ,而进口了大量碳强度高

的产品。以 2005 年为例,根据投入产出表计算,贸易顺差额排名前 5 位的纺织业、服装及其他纤维制品制造业、批发和零售贸易餐饮业、交通运输仓储及邮电通信业、金属制品业的碳强度较低,分别只有平均水平的 3/10、1/15、1/7、17/18 和 4/23,而贸易逆差额排名前 5 位的石油和天然气开采业、化学原料及制品制造业、黑色金属矿采选业、黑色金属冶炼及压延加工业、石油加工及炼焦业的碳强度分别为平均水平的 1.37 倍、1.08 倍、0.47 倍、2.97 倍和 8.94 倍。除黑色金属矿采选业外,其他行业均远超平均水平。

以上研究表明,贸易并不是我国碳排放增长的决定性因素,结论令人“沮丧”,意味着我们很难要求发达国家承担“碳泄漏”的责任。

4. 进一步讨论

本文结论与李小平和卢现祥(2010)相似,即国际贸易不仅未使发达国家向我国转移碳排放,反而有利于节能减排。不过, Li 和 Hewitt(2008)的研究发现,通过从中国进口商品,英国能够将碳排放转移给中国,从而增加中国的碳排放。当然, Li 和 Hewitt(2008)的研究只考察了中国对英国的碳出口,而没有考察中国从英国的碳进口,这样的单边分析得出贸易不利于减排的结论是缺乏说服力的。如果中国向英国出口大量含碳产品的同时也从英国进口大量碳密集型产品,中英贸易对整体碳排放的影响可能并不显著。不同于 Li 和 Hewitt(2008)的单边分析, Liu 等(2010)对中日贸易“隐含碳”的研究考察了双边贸易对两国碳排放的影响,发现双边贸易有利于两国的减排,这与本文的结论相近。

事实上,仅仅考察中国与个别国家之间的贸易,即得出关于国际贸易对中国碳排放影响的结论可能是偏颇的。原因在于,中国对日本或者英国而言可能是碳净出口国,但对其他国家有可能是碳净进口国,例如中国从中东国家进口石油,从澳大利亚进口金属矿石等大量能源密集型产品。只有全面考察中国的进出口,才能正确地获得国际贸易对碳排放的综合效应。这正是本文相较于 Liu 等(2010)、Li 和 Hewitt(2008)的优势所在。当然,本文也只分析了国际贸易对中国自身碳排放的影响,而没有考察国际贸易如何影响中国贸易伙伴国以及全球的碳排放。这需要更加详细的国际贸易数据和国际投入产出表,将是我们下一步的工作。

(三) 其他因素

从表 5 可见,国内最终需求效应在研究期间为 53.461 亿吨,占 CO₂ 增长总量的 114.6%,在所有效应中最大,且随时间变化而逐渐增强。这表明国内最终需求才是我国 CO₂ 排放增长的决定性因素。随着经济发展和收入增长,人们的消费水平和消费层次也在逐步提高。例如人们对住房的需求推动了钢铁、水泥等高耗能产品的生产,对生活质量提高的需求推动了耐用家电、汽车等能源密集型产品的生产。因此,由国内最终需求引致的碳排放增长是经济发展的必然结果,从这个意义上讲,争取碳排放权实质上也是争取经济发展的权利。在我国目前经济发展水平远低于发达国家的背景下,坚持碳强度削减而非碳总量削减正是争取经济发展权利的主张。

研究期间,能源效率效应和能源替代效应均表现出对 CO₂ 排放增长的抑制作用。其中,能源效率提高的减排作用最为显著,为 -18.86 亿吨。相较而言,能源替代效应的抑制作用较为微弱,仅有 -0.05 亿吨,表明我国能源结构仍然是高碳型的,未能得到根本优化。分阶段来看,能源效率效应在 1992 - 1997 年间表现为微弱的增排作用,之后表现为显著的减排作用,尤其以 1997 - 2002 年期间最为明显。值得注意的是,1992 - 2002 年能源替代效应表现为减排作用,而在 2002 - 2005 年期间转变为增排作用,反映出 2002 年以后我国能源消费结构有高碳化的趋势。

能源消费结构向高碳化方向发展的原因在于,一方面近年来我国重工业化进程提速,导致能源需求旺盛,另一方面我国以煤为主的能源禀赋导致能源结构的转变面临刚性约束。在特定资源禀赋条件下,能源消费结构的优化将是一个漫长的过程,碳减排的主要路径是减少能源消费。节能的主要途径包括控制经济增速、优化经济结构以及提高能源效率。我国还处在工业化加快发展的阶段,经济增速不可能太低,产业结构的重型化仍将持续一段时间,结构升级不可能太快。因此,短期内节能的主要着力点在于提高能源效率,而加快提高能源效率的关键在于技术进步,这需要在制度层面做出安排,充分发挥政府和市场在技术创新过程中的作用(Yuan et al. 2009)。除自主开发外,还要特别重视从发达国家引进先进的节能减排技术。

令人意外的是,技术效应不仅没有起到减排作用,反而增加了排放。研究期间,该效应为 10.75 亿吨,占排放增量的 22.69%。分阶段来看,技术效应依次为 0.26 亿吨、4.12 亿吨和 6.37 亿吨,呈现出上升趋势,反映出我国产业部门对碳密集型的中间投入品依赖性日益增强。其原因在于,随着我国重工业化进程的推进,资本深化过程加快,产业技术水平提高,但单位产出中资本、能源含量也相应提高,技术结构向高耗能、高

排放的方向演进。这实际上也是产业结构重型化发展的必然结果。这种趋势如不扭转,将对节能减排的推进带来极大困扰。因此,必须发展服务业,推动产业结构向轻型化发展,这对于节能减排而言十分重要,也正是发达国家的成功经验。

表 5 我国 CO₂ 排放增长分解 (亿吨)

| 分解项 | 1992 - 2005 年 | 1992 - 1997 年 | 1997 - 2002 年 | 2002 - 2005 年 |
|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 出口效应 | 32.23 | 6.76 | 7.97 | 17.50 |
| 进口效应 | -30.90 | -6.57 | -9.35 | -14.97 |
| 能源效率效应 | -18.86 | 0.81 | -16.07 | -3.60 |
| 能源替代效应 | -0.05 | -0.02 | -0.11 | 0.08 |
| 技术效应 | 10.75 | 0.26 | 4.12 | 6.37 |
| 国内最终需求效应 | 53.46 | 15.74 | 18.10 | 19.62 |
| 总计 | 46.63 | 16.98 | 4.65 | 25.00 |

五、结论

本文采用 SDA 与 LMDI 相结合的分解法和 1992 - 2005 年可比价投入产出表,将我国能源消费的 CO₂ 排放增长分解为能源效率效应、能源替代效应、技术效应、国内最终需求效应、出口效应和进口效应,并重点分析了国际贸易因素对 CO₂ 排放增长的影响。主要结论如下:

第一,研究期间,我国能源消费的 CO₂ 排放总量从 24 亿吨增加到 70.6 亿吨,增长了 46.6 亿吨,年均复合增长率约为 5.2%。其中,2002 - 2005 年仅仅三年的排放增量就占到了研究期间排放增量的 54%,反映出在重化工业化背景下,我国 CO₂ 排放的加速增长趋势。分行业来看,电力蒸汽热水生产供应业、石油加工及炼焦业、金属冶炼及压延加工业、交通运输仓储及邮电通信业、化学原料及制品制造业、非金属矿物制品业等行业 CO₂ 排放增长较快,是减排的主要对象。

第二,出口增长导致的排放增量在研究期间为 32.23 亿吨,是 CO₂ 排放增长的第二大来源,而进口增长则减少 CO₂ 排放 30.90 亿吨,有效地抑制了 CO₂ 排放增长。由于出口增排效应的绝大部分被进口减排效应所抵消,国际贸易的综合效应较小,仅仅占排放增量的 2.9%。因此,国际贸易的增排作用并非 CO₂ 排放增长的决定性因素,但是存在逐渐强化的趋势。第三产业国际贸易的增排作用大于第二产业,原因在于第二产业出口增排效应和进口减排效应都很明显,两者抵消后的综合效应较小。第一产业由于进出口量较小,对 CO₂ 排放增长的作用最小。在未来的政策实施中,应该注意以下两点:一是坚持贸易平衡战略,防止贸易顺差过大;二是继续优化贸易结构,采取关税、出口补贴等政策,引导企业更多进口资源或能源消费类产品,严格限制高能耗、高污染、资源性产品的出口,鼓励低污染水平的制成品出口和服务贸易。

第三,国内最终需求效应是我国 CO₂ 排放增长的决定性因素,这是经济发展的必然结果。能源效率效应和能源替代效应都表现为对 CO₂ 排放增长的抑制作用,但后者的作用不是很明显,且在 2002 - 2005 年期间转变为增排效应,这是由以煤为主的能源禀赋条件和重化工业化进程的加速所造成的。在短期内能源结构的转变面临刚性约束,减排的主要途径是提高能源效率。技术效应没有发生预想的减排作用,反而呈现出逐渐增强的增排作用,表明产业技术结构有朝高耗能、高排放方向发展的趋势,不利于节能减排。扭转该趋势需要推动产业结构的转变,加快发展服务业。

需要指出的是,由于投入产出表的更新存在较长的时滞,这使得我们难以准确获知最近几年国际贸易对 CO₂ 排放增长的影响。自从加入 WTO 以后,中国的进出口贸易额突飞猛进,贸易顺差也逐年递增,有理由相信,国际贸易对 CO₂ 排放增长的综合效应也趋于增强。事实上,本文已经发现,1992 - 2002 年国际贸易的累积综合效应为负值,但在 2002 - 2005 年期间,国际贸易的综合效应开始转为正值,而且仅仅 3 年即达到了 2.53 亿吨,占该期间排放增量的 10.1%。因此,国际贸易的综合效应虽不是我国 CO₂ 排放增长的主要原因,但其贡献不断增长,也是不容忽视的。

参考文献:

1. 李景华 2004 《SDA 模型的加权平均分解法及在中国第三产业经济发展分析中的应用》,《系统工程》第 9 期。
2. 李小平、卢现祥 2010 《国际贸易、污染产业转移和中国工业 CO₂ 排放》,《经济研究》第 1 期。

3. 李艳梅、付加锋 2010 《中国出口贸易中隐含碳排放增长的结构分解分析》，《中国人口·资源与环境》第8期。
4. 齐晔、李惠民、徐明 2008 《中国进出口贸易中的隐含碳估算》，《中国人口·资源与环境》第3期。
5. 王锋、吴丽华、杨超 2010 《中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究》，《经济研究》第2期。
6. 王海鹏 2010 《对外贸易与我国碳排放关系的研究》，《国际贸易问题》第7期。
7. 徐国泉、刘则渊、姜照华 2006 《中国碳排放的因素分解模型及实证分析：1995 - 2004》，《中国人口·资源与环境》第6期。
8. 张友国 2010 《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》，《经济学(季刊)》第4期。
9. 朱启荣 2010 《中国出口贸易中的CO₂排放问题研究》，《中国工业经济》第1期。
10. Ang, B. W., F. Q. Zhang, and K. Choi. 1998. "Factorizing Changes in Energy and Environmental Indicators through Decomposition." *Energy* 23(6) 489 - 495.
11. Chang, Y. F. and S. J. Lin. 1998. "Structural Decomposition of Industrial CO₂ Emission in Taiwan: An Input - Output Approach." *Energy Policy* 26(1) 5 - 12.
12. IEA. 2009. *CO₂ Emissions from Fuel Combustion: 2008 Edition*. Paris: OECD Publishing.
13. IPCC. 2006. "Ipcc Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume II." Available at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/Methodology/reports.htm>.
14. Ipek Tun, G. S. T. R. T - AsIk, and E. Akbostanci. 2009. "A Decomposition Analysis of CO₂ Emissions from Energy Use: Turkish Case." *Energy Policy*, 37(11) 4689 - 4699.
15. Li, Y., and C. N. Hewitt. 2008. "The Effect of Trade between China and the UK on National and Global Carbon Dioxide Emissions." *Energy Policy* 36(6) : 1907 - 1914.
16. Liu Xianbing, Masanobu Ishikawa, Can Wang, Yanli Dong, Wenling Liu. 2010. "Analyses of CO₂ Emissions Embodied in Japan - China Trade." *Energy Policy* 38(3) : 1510 - 1518.
17. Mongelli, I., G. Tassili, and B. Notarnicola. 2006. "Global Warming Agreements, International Trade and Energy/Carbon Embodiments: An Input - Output Approach to the Italian Case." *Energy Policy*: 34(1) : 88 - 100.
18. Oh J., W. Wehrmeyer, and Y. Mulugetta. 2010. "Decomposition Analysis and Mitigation Strategies of CO₂ Emissions from Energy Consumption in South Korea." *Energy Policy*, 38(1) : 364 - 377.
19. Peters, G. P., and E. G. Hertwich. 2008. "CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy." *Environmental Science & Technology* 42(5) : 1401 - 1407.
20. Shui B., and R. C. Harriss. 2006. "The Role of CO₂ Embodiment in US - China Trade." *Energy Policy* 34(18) : 4063 - 4068.
21. Vinuya, F., F. DiFurio, and E. Sandoval. 2010. "A Decomposition Analysis of CO₂ Emissions in the United States." *Applied Economics Letters*, 17(10) : 925 - 931.
22. Yuan C. Q., S. F. Liu, and J. L. Wu. 2009. "Research on Energy - Saving Effect of Technological Progress Based on Cobb - Douglas Production Function." *Energy Policy* 37(8) : 2842 - 2846.

The Effect of International Trade on CO₂ Emissions Growth in China: Based on a Method Combined SDA with LMDI

Yuan Peng, Cheng Shi and Liu Haiyang

(School of Economics, Dalian University of Technology)

Abstract: The paper presents a new method that combines structural decomposition method with the logarithmic mean Divisia index method to decompose the growth of China's CO₂ emissions into 6 kinds of effects, which are energy efficiency effect, energy substitution effect, technology effect, domestic final demand effect, export effect and import effect. The export effect, import effect and combined effect of them are mainly analyzed. The result shows that: the CO₂ emissions in China endure a trend of accelerated growth in the studying period, which is mainly driven by the expansion of domestic demand, rather than the trade factors. The export trade increases CO₂ emissions to a large extent, but with the significant reduction of CO₂ emissions caused by import effect, the trade only leads to a little increasing of CO₂ emissions. However, after 2002, the effect of international trade on the growth of CO₂ starts to increase. In addition, the improvement of energy efficiency significantly reduces the CO₂ emissions, but the effect of energy substitution is shifted to increase CO₂ emissions from reducing CO₂ emissions, and technology effect continues to increase CO₂ emissions.

Key Words: CO₂ Emissions; International Trade; Comparable Price Input - output Table; Structure Decomposition Method; Logarithmic Mean Divisia Index

JEL Classification: C67, P28

(责任编辑: 孙永平、陈永清)