

doi:10.3969/j.issn.1674-8131.2010.03.004

外贸隐含碳排放变化的驱动因素研究方法探析*

黄敏, 刘剑锋, 黄水灵

(浙江林学院 经济管理学院, 杭州 311300)

摘要: CO₂ 等温室气体的控制减排已成为国际政治经济关系的重要话题, 贸易中隐含碳的排放也成为学术研究的焦点。近年来, 关于隐含碳的计算及其变化的驱动因素的分解, 国际上在研究对象和方法上都在不断拓展和改进。国内的有关研究起步较晚, 主要集中在 2006 之后, 且运用投入产出理论定量计算隐含碳的文献还非常少, 主要采用指标分解模型 (IDA) 进行影响因素分解, 并且都是针对整体经济的能源消耗或 CO₂ 排放, 少有以外贸中隐含碳排放为研究对象。中国学者还需要拓展研究对象、创新研究方法, 从而正确、合理地测算实际 CO₂ 排放量, 进而从外贸角度为缓解碳排放压力提供有利依据和指导。

关键词: 隐含碳; 对外贸易; 结构分解; 指标分解

中图分类号: F062.1; F224.0 文献标志码: A 文章编号: 1674-8131(2010)03-0022-07

Propelling Factors of Embodied Carbon Emission Change in Foreign Trade

—Research Method Review and Analysis

HUANG Min, LIU Jian-feng, HUANG Shui-ling

(School of Economics and Management, Zhejiang Forestry University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: The emission control and reduction of CO₂ and other greenhouse gases has become an important topic concerning international political and economic relationships. Meanwhile, the emission of Embodied Carbon during the process of trading is the central point. With regard to calculation of embodied carbon and the dissolution of its propelling factors, internationally, its research object and research methods are continually enlarged and improved. In China, the related researches are few and mainly centralized after 2006, furthermore, there are few articles which use input-output theory to quantitatively calculate embodied carbon and which mainly use index decomposition analysis (IDA) to make factor dissolution. These articles focus on energy consumption of total economy and CO₂ emission and there are few articles on taking embodied carbon emission as research object. Chinese scholars should enlarge research object, innovate research methods, use correct and reasonable methods to test real CO₂ emission quantity and provide the basis and guideline for mitigating carbon emission pressure from the perspective of foreign trade.

Key words: embodied carbon; foreign trade; structure decomposition; index decomposition

* 收稿日期: 2010-03-05; 修回日期: 2010-04-11

基金项目: 浙江省科协重大软科学研究课题 (KX10A-01); 浙江林学院科研发展基金 (2010FR028)

作者简介: 黄敏 (1981-), 男, 浙江温州人; 讲师, 博士, 在浙江林学院任教, 主要从事资源环境经济与贸易研究; TEL: 571-63748725, Email: vichuang0201@hotmail.com。

近年来气候恶化已逐渐威胁到人类的生产和生活,从1992年《联合国气候变化框架公约》的签订,到1997年《京都议定书》的签订,再到哥本哈根2009年第十五次缔约方大会的召开,CO₂等温室气体的减排已不再是个纯科学议题,而成为国际政治经济关系的重要话题。但是,目前相关协议主要是对排放源头进行规范,也就是以生产过程进行核算,从而使消费国(产品进口国)满足自身消费需求的同时,却不承担CO₂等温室气体的减排责任,形成了排放泄露现象。因此,贸易过程中的隐含碳排放也逐渐引起众人的关注。

一、外贸隐含碳概念及渊源

1974年的国际高级研究机构联合会(IFIAS)能源分析工作组会议首次提出了“embodied energy”(隐含能)概念,在“embodied”后面加上资源及污染排放物的名称并可以分析产品生产过程中污染的排放及对资源的消耗,如土地、水、CO₂、SO₂等(Brown,1996)。隐含碳是指为了得到某种产品,而在整个生产过程中排放的CO₂,是“隐含能”概念的衍生(Peters,2008)。国际贸易中隐含碳问题的研究是国际贸易与环境关系研究新的发展,是其重要组成部分,而贸易与环境问题又是经济发展与环境问题的延伸。

早在20世纪20年代中期,美国科学家麦肯齐(Mekenzie)首次把动物生态学概念与植物生态概念运用到人类群落和社会的研究,提出了“经济生态学”的名词,主张经济分析不能不考虑生态学过程。而真正结合经济社会问题展开生态学科研究的应首推美国海评生物学社莱切尔·卡逊(Rachel carson),她于1962年发表的著名科普读物《寂静的春天》,对美国滥用杀虫剂所造成的危害进行了生动的描述,揭示了近代工业对自然生态的影响。这本书的问世促使公众的环境意识的快速形成,越来越多的学者开始审视经济发展带来的环境问题。在实践方面,英国、德国、日本分别于1967年、1980年、1983年成立了“绿党”组织,提出了“确立以自然与人类共生为目的的价值观”和“建设超越人类中心论的新的地球社会”。

同时国际贸易作为全球经济活动的重要组成部分,其与环境的关系及相互的影响也日益受的关注。Pethin(1975)和Siebert(1990)分别将稀缺性的环境资源与环境保护政策纳入要素禀赋理论(简称H-O模型)来分析环境对贸易产生的影响。Pethin将具有稀缺性的环境资源纳入H-O模型,认为一

国环境资源的丰郁度将影响其比较优势,即环境资源相对丰富的国家将出口环境密集型的产品或污染品,而环境资源相对稀缺的国家正好相反;Siebert将环境保护政策纳入了H-O模型,认为一国环境保护政策的力度也将影响其比较优势。同时另外一些学者对贸易如何影响环境也给予了很大关注并得出各自不同的结论:(1)贸易对环境有害论,其认为在贸易活动扩大了生产和消费及运输,而当前各国环境标准不同的情况下,贸易会使得环境标准低的国家获得比较优势,导致“污染避难所”和竞相降低环境标准的竞赛。(2)贸易对环境有益论,其认为贸易有助于环境资源的全球优化配置和提高节能治污技术,从而使环境得到改善。

虽然贸易将如何影响一国的环境尚无定论,但由《京都议定书》引致的碳减排要求已逐渐受到各个国家的重视,中国政府也承诺到2020年将把单位GDP碳排放在2005年的基础上减少40%到45%。同时,由于目前生产基础的排放源头的计算方法有失公平,使得消费基础的计算方法受到关注。因此,研究贸易中隐含的碳排放问题就显得非常重要,倘若忽略了国际贸易带来的污染排放转移,也即贸易过程中的隐含排放问题,则会大大地降低减排协议的执行效果(Nakano等,2009)。隐含碳出口是指在生产出口商品满足进口国消费需求的同时,把整个生产过程中的CO₂排放在生产国;进口亦是如此(Ipek,2007)。

二、国外关于贸易中隐含碳计算及其变化的驱动因素分解的研究

与隐含碳概念密切相关的有两个概念:“隐含能”(Embodied energy)和“生态足迹”(ecological footprint)。1974年国际高级研究机构联合会(IFIAS)能源分析工作组会议首次提出了“隐含能”概念;1996年生态经济学家Willian及其博士生Wackernagel提出了“生态足迹”概念,用来量化满足人类消费及吸纳污染排放所需要的土地(或水域)面积。在生态足迹的计算框架下,于“footprint”前面加上各种生态产品或污染排放物的名称并可以分析人类生产生活活动对资源的消耗及排放的污染物,如土地、能源、淡水、CO₂、SO₂等(Wiedmann,2007)。“隐含碳”和“碳足迹”(carbon footprint)在定义、计量方面存在许多类似,但在涉及贸易过程中的碳排放问题时,学者们习惯使用“隐含碳”的概念,即为了得到某种产品而在整个生产过程中排放的CO₂,是“隐含能”概念的衍生

(Peters, 2008)。

《联合国气候变化框架公约 (UNFCCC)》将隐含碳定位为:“商品由原料的取得、制造加工、运输,到成为消费者手中所购买的产品,这段过程所排放的二氧化碳”。由于产品生产与消费发生在不同国家,因此碳排放的计算基础也存在这两种

不同的标准。众多学者对生产基础的排放量与消费基础的排放量两种计算方法进行了讨论,并指出两种方法在计算结果和公平性方面存在许多差异。Bastianoni (2004)对相关问题进行了回顾,指出消费基础计算较生产基础的计算更为公平,详见表 1。

表 1 不同计算基础的温室气体减量责任

计算基础	计算依据	综合比较
生产基础	针对一国主要排放源作盘查,并依据 IPCC 公布的指导进行计算。	责任分配较不公平。 推算过去的排放量会产生误差和不确定性。
消费基础	以投入产出法计算。	责任分配较为公平。 使得发展中国家没有动力使用更为有效率和节能的设备与技术。

资料来源:整理自 Bastianoni (2004)

Wiedmann (2007) 对研究隐含碳的相关文献作了整理和回顾,将评估隐含的计算区分为由下而上 (bottom-up) 和由上而下 (top-down) 两种类别。由下而上应用的原理为过程分析 (Process Analysis), 而由上而下的应用基础则为环境投入产出 (Environmental Input-Output, EIO)。其中生命周期评估法比较适用于特定商品的量化评估,而大尺度的计算采用由上而下的投入产出方法比较全面 (Peters, 2008)。

近年来,国际上众多学者运用投入产出法对贸易中的隐含能、隐含碳问题进行了计算。Peters (2008) 使用全球贸易分析计划 (GTAP) 资料库,运用投入产出法,计算了 2001 年 87 个国家贸易中的隐含碳。结果显示,附件 B 国家,除俄罗斯等少数几个国家外其他皆为隐含碳净进口国;而非附件 B 国家大多数 (包括中国) 为隐含碳净出口国。Wiedmann (2008) 运用投入产出模型,并区分英国、欧盟之 OECD 国家、非欧盟之 OECD 国家以及非 OECD 国家,研究了英国对外贸易中的隐含碳。其他学者的研究还涉及以下区域: 欧盟 (Reinders, 2003)、西班牙 (Sanchez, 2004)、日本 (Ackeman, 2007)、土耳其 (Ipek, 2007)、巴西 (Tolmasquim, 2003) 等。

在分析能源消费或二氧化碳排放量变化的驱动因素时,学者们主要采用两种方法: 指标分解分析 (Index Decomposition Analysis, IDA) 和投入产出结构分解分析 (input-output Structural Decomposition

Analysis, I-O SDA)。IDA 因需要的数据和操作方法相对简单而被广泛采用,而其中最早被采用的分解方法是采用固定权数的拉氏分解法 (Laspeyres Decomposition), 即当一变量变动时,其他变量固定在基期不变,以此来评价该变量变动对整体的影响,该方法也被称为拉氏指标 (Laspeyres Index) 法 (Park, 1992)。一些学者采用该方法对美国及部分 OECD 国家的能源消费进行了研究 (Ang, 2007)。但也正是因为资料和方法简单,使得 IDA 无法进一步分解分析最终需求结构、中间投入技术等因素。而将投入产出理论与结构分解技术相结合的投入产出结构分解分析法 (I-O SDA), 因能弥补 IDA 的不足而得到推广 (Rose and Casler, 1996)。较早运用此方法的是 Gould (1986), 他运用 I-O SDA 评估了加拿大萨斯喀彻温省的最终需求结构、产业结构变动及能源使用技术等对能源消费变动的影响效果。其他使用 I-O SDA 方法进行分析的学者主要有 Gowdy and Miller (1987)、Skolka (1989)、Rose 和 Chen (1991)、Han 和 Lakshmanan (1994)、Rose 和 Casler (1996)、Maria Savona 和 Andre Lorentz (2005)、Esteban Fernandez 和 Bart Los 及 Carmen Carvajal (2005)、Erik Dietzenbacher 和 Jesper Stage (2006)。

虽然 I-O SDA 相较 IDA 在解释能力上增强许多,但若基于拉氏分解法进行分解,二者都存在残差项的问题。虽有部分学者采用变动基期的方法降低残差值,并将其视为交叉项 (Park, 1992; Rose

和Chen,1991),但仍难以赋予完整的实证经济意义。因此,一些学者提出了降低或消除残差项的处理方法,如:Boyd(1988)提出了以基期与比较期的平均值作为权重,并且以对数的方法计算各因素变化的简单平均迪式分解法(Sample average Divisia, SAD);Sun等(1998)提出了共同产生平均分担(jointly created and equally distributed)的原则,其认为在无相反证据的情况下,残差项应被平均分配给各因素,Ang(2000)也将其称为改良型拉式分解法;Ang等(1997)提出了对数平均迪式(logarithmic mean Divisia index decomposition, LMDI)分解法,该方法允许数据中存在零值且不产生余值;Hyun等(2001)提出平均增长率指数(mean rate of change index)分解法,引入全部系数的增长率的平均值作为权重因子,该方法允许数据中存在负值。其中对数平均迪式(LMDI)方法完全消除了残差项,而被广泛应用于指标分解分析(IDA)和结构分解分析(SDA)当中(Ang,2007),其中应用于IDA的有Viguier(1999)、Gonzalez(2003)、Shyamal(2004),应用于SDA的有Wie(1998)、Bhattacharyya(2004)、Erik Dietzenbacher和Jesper Stage(2006)。

三、国内关于贸易中隐含碳计算及其变化的驱动因素分解的研究

国内关于环境与贸易关系问题的研究起步相对较晚。赵景峰、张瑜(2006)详细介绍了国外各种理论观点、比较分析和实证研究。一些学者运用计量统计方法研究了对外贸易、FDI与环境污染的相关性,并得出两种不一致的结论:(1)对外贸易及FDI有益于环境改善(李秀香等,2004;邓柏盛等,2008);(2)对外贸易及FDI恶化了国内环境(李国柱,2007;杨万平,2008)。另外一些学者对贸易与能源消费的关系进行了研究,如董斌昌、杜希鑫(2006)运用1978—2004年的数据对中国的出口与能源的相关性进行了研究,指出他们之间存在很强的相关性,同时能源消费对于我国对外出口影响的弹性值为1.315。

中国关于贸易中隐含能与隐含碳问题的研究主要集中在2006年以后,而之前的研究主要是关于贸易与环境污染及能源排放相关性的检验。

刘强等(2008)采用由下而上(bottom-up)的生命周期评价法计算了2005年中国出口贸易中46种重点产品的载能量及碳排放量,结果显示,占中国出口额22%的这些重点产品的能源消耗量及碳排放量分别占全国总量的13.4%和14.4%。

而运用由上而下(top-down)的投入产出法测算隐含能、隐含碳的主要有以下一些学者:马涛和陈家宽(2005)较早地运用投入产出法依据1997年的投入产出表计算了中国工业产品外贸中的污染流,计算结果显示,1994—2001年间,中国工业产品出口的污染密度要小于进口的污染密度;沈利生(2007)以2002年的投入产出表测算了中国贸易过程中的隐含能耗,发现2002—2005年进口产品节省的能耗多于出口产品的能耗;运用同样的方法,沈利生(2008)的测算结果显示,2002—2006年出口SO₂增排强度都小于进口SO₂减排强度,但从2003年开始出口SO₂增排总量超过了进口SO₂减排总量,原因是SO₂的进口减排强度相对于出口增排强度的比值不断下降及外贸顺差不断增加。齐晔(2008)对中国1997—2006年对外贸易过程中的隐含能作了计算,指出中国是一个能源净输出国。但是上述文献用完全消耗系数代替了完全需求系数,并且未区别中间投入系数矩阵中的国产品系数及进口品系数,而陈迎等(2008)、陈红敏(2009)在此后的研究中进行了改进。陈迎等(2008)以2002年投入产出表为基础定量研究了2002—2006年中国外贸进出口商品中的内涵能源问题,研究结果表明:2002年内涵能源净出口达2.4亿吨标煤,约占当年中国一次能源消费总量的16%;随着中国外贸进出口的快速增长,在不考虑部门投入产出结构性变化的条件下,2006年内涵能源净出口约为6.3亿吨标煤,比2002年增长162%。陈红敏(2009)计算了2002年各产业部门的隐含碳排放情况。

近年来,国内部分学者采用IDA的方法分析了能源消费变化的驱动因素。其中采用拉氏因素分解法(Laspeyres Index Decomposition)的有吴巧生等(2006)、师博(2007)、齐志新等(2006);采用迪氏因素分解法(Divisia Index Decomposition)的有徐国泉等(2006)、宋德勇等(2009)。最近,王锋等(2010)利用对数平均迪式指标分解法对研究了1995—2007年中国经济发展中二氧化碳排放增长的影响因素,并将所有因素划分为能源强度、结构、活动强度三个效应。但是上述研究不是针对贸易过程,而都是针对整体经济的能源消耗或CO₂排放进行因素分解,各研究结果均认为规模效应存在正向作用,而技术效应存在负向作用,但结构效应不明显且结论不太一致。

目前,国内只有少数学者采用I-O SDA方法分解能源消费及污染排放的影响因素。梁进社等

(2007)年基于 I-O SDA,采用拉氏分解(Laspeyres Decomposition)法将 1990—1995、1997—2002 年国内能源消耗分解为中间需求效应、技术效应及最终需求效应,并指出技术效应是减少能源消耗的关键因素。张友国(2009)基于 SDA 将出(进)口贸易中的能耗及 SO₂ 变化分解为效率效应、投入效应、结构效应及规模效应,并将效率效应和投入效应合称为技术效应。陈红敏(2009)同样基于 SDA 将出口贸易中的能耗变化分解为技术效应、结构效应及规模效应,而后又将技术效应分解为能源利用效率效应和中间投入效应,并利用对数平均迪式分解法(LMDI)来消除分解过程中产生的残差。

总体来说,中国关于隐含碳问题的研究起步较晚,以投入产出表计算外贸隐含碳排放量的文献还非常少;而在影响因素分解方面,主要采用的是指标分解法(IDA),少数学者采用了投入产出结构分解分析(I-O SDA);并且都是针对整体经济的能源消耗或 CO₂ 排放,少有以外贸中隐含碳排放为研究对象;此外,残差处理方法基本上采用对数平均迪式分解法。

四、外贸中隐含碳的计算及其变化的驱动因素分解

通过上述文献的梳理,本文对这些文献中所涉及的计算分解方法进行梳理,并加以完善。

1. 进出口贸易中隐含碳的测算

外贸隐含碳排放量的测算主要采用投入产出经济模型,通过对各部门 CO₂ 的直接排放系数和完全排放系数的计算得到各部门进、出口隐含碳排放量并加总,计算方法如下:

$$EC^{EX} = \sum_{j=1}^n EC_j^{EX} = \sum_{j=1}^n EX_j T_j$$

$$EC^{IM} = \sum_{j=1}^n EC_j^{IM} = \sum_{j=1}^n IM_j T_j$$

EC^{EX} 和 EC^{IM} 分别为隐含碳的总出口和总进口, EC_j^{EX} 、 EC_j^{IM} 分别表示 j 部门隐含碳的出口和进口, EX_j 和 IM_j 分别表示 j 部门出口和进口价值量, T_j 表示 j 部门完全 CO₂ 排放系数。

2. 隐含碳变化驱动因素的指标分解分析

(1) 指标分解模型

下面以出口为例,基于指标分解模型(Index Decomposition Analysis, IDA)法,分别采用 Boyd 等(1994)提出的简单平均迪式分解法(Sample average division, SAD)及 Ang 等(1997)提出的对数平均迪

式分解法(logarithmic mean Divisia index decomposition, LMDI)研究各部门出口隐含碳排放变化的关键因素。各部门出口隐含碳可以用下列方程式表示:

$$EC^{EX_i} = \frac{EC^{EX_i}}{E^{EX_i}} \times \frac{E^{EX_i}}{EX_i} \times \frac{EX_i}{X_i} \times \frac{X_i}{G} \times \frac{G}{P} \times P$$

其中: EC^{EX_i} 表示 i 部门出口隐含碳排放量

E^{EX_i} 表示 i 部门出口总能源消耗量

EX_i 表示 i 部门出口总量

X_i 表示 i 部门国内生产总值

G 表示国内生产总值(GDP)

P 表示国内总人口数

再令:

$$U_i = \frac{EX_i^{EX_i}}{E^{EX_i}} \text{ (表示 } i \text{ 部门单位能源 CO}_2 \text{ 排放量,}$$

取决于能源消耗结构和各种能源 CO₂ 排放系数)

$$I_i = \frac{E^{EX_i}}{EX_i} \text{ (表示 } i \text{ 部门能源密集度)}$$

$$R_i = \frac{EX_i}{X_i} \text{ (表示 } i \text{ 部门产品中出口的比例)}$$

$$S_i = \frac{X_i}{G} \text{ (表示 } i \text{ 部门的产业规模)}$$

$$G_p = \frac{G}{P} \text{ (表示人均 GDP)}$$

则前式可写成:

$$EC^{EX_i} = U_i \times I_i \times R_i \times S_i \times G_p \times P$$

2. 对数平均迪式分解法(logarithmic mean Divisia index decomposition, LMDI)

$$\Delta EC^{EX_i} = EC^{EX_i} - EC^{EX_i^0}$$

$$= \Delta U_i + \Delta I_i + \Delta R_i + \Delta S_i + \Delta G_p + \Delta P$$

其中: $L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) = (EC^{EX_i} - EC^{EX_i^0}) \div \ln(EC^{EX_i} / EC^{EX_i^0})$

$$\Delta U_i = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(U_i^t / U_i^0)$$

$$\Delta S_i = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(S_i^t / S_i^0)$$

$$\Delta I_i = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(I_i^t / I_i^0)$$

$$\Delta G_p = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(G_p^t / G_p^0)$$

$$\Delta R_i = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(R_i^t / R_i^0)$$

$$\Delta P = L(EC^{EX_i}, EC^{EX_i^0}) \ln(P^t / P^0)$$

“0”表示基期,“t”表示比较期,为使残差值尽量小,采用变动基期的方式。

ΔU_i 表示 i 部门 CO₂ 排放系数之指标

ΔI_i 表示 i 部门能源密集度指标

ΔR_i 表示 i 部门出口比例指标

ΔS_i 表示 i 部门产业规模指标

ΔG_p 表示人均总产值指标

ΔP 表示国内总人口数指标

RD 表示残差项

3. 隐含碳变化驱动因素的结构分解模型

下面同样以出口为例,应用投入产出根据结构分解法可将外贸隐含碳的驱动因素分解为以下六项:能源直接消耗系数、单位能源的 CO_2 排放量、中间投入省内产品占比;中间投入结构;出口规模;出口结构。

TC_{EX} 表示全省隐含碳出口总量,则(1)式可以用矩阵形式表示如下:

$$EC^{EX} = EU(I - D)^{-1}EX$$

其中:

EC^{EX} 表示产业隐含碳出口总量;

$E = (e_1, e_2, \dots, e_n)$, 表示各行业能源直接消耗系数矩阵;

U 为 n 阶对角矩阵, 其对角线上的元素为 $u_i (i = 1, 2, \dots, n)$, 表示第 i 部门单位能源的 CO_2 排放量;

$(I - D)^{-1}$ 为里昂提夫逆矩阵, 以省内交易表 (D) 为基础;

EX 为国内最终出口向量 ($n \times 1$)。

根据结构分解法可将外贸隐含碳的驱动因素分解为以下方面:能源直接消耗系数、中间投入国内产品占比、中间投入结构、出口规模、出口结构等。

五、结论

工业革命后人类的生活水准大幅提升,但经济快速发展伴随着石化燃料的使用量激增,过度倚赖石化燃料导致大气中的温室气体浓度大幅提高,使得全球暖化及其相伴的问题日益加剧。近些年中国经济保持了持续快速增长,同时进出口贸易额分别从1978年的108.9亿美元和97.5亿美元增加到2008年的11331亿美元和14285亿美元。对外贸易在中国经济中已经占有相当大的份额,并且还在继续扩大。同时,2008年中国 CO_2 排放量超过美国,成为全球最大的 CO_2 排放国家,而广受国际社会关注(顾朝林等,2009)。

因此运用指标分解模型及结构分解模型理顺贸易中隐含碳变化驱动因素的分解方法,准确计算外贸过程中隐含碳的排放及其变化情况,揭示其变化的原因,有助于正确合理界定中国实际 CO_2 排放量并从外贸角度缓解碳排放压力提供有利依据和指导。而国内的有关研究起步较晚,且运用投入产

出理论定量计算隐含碳的文献还非常少,主要采用指标分解模型(IDA)进行影响因素分解,并且都是针对整体经济的能源消耗或 CO_2 排放,少有以外贸中隐含碳排放为研究对象。所以,中国学者还需要拓展研究对象、创新研究方法,以正确、合理地测算实际 CO_2 排放量,进而从外贸角度为缓解碳排放压力提供有利依据和指导。

参考文献(作者-出版年制):

- [1] Albrecht, D Francois, K Schoors. 2002. A Shapley decomposition of carbon emission without residuals [J]. Energy Policy, 30:727-736.
- [2] Ang B W, K H Choi. 1997. Decomposition of aggregate energy and gas emission: a refined Divisia index method [J]. The Energy Journal, 18:59-73.
- [3] Antweiler Wl. 1996. The pollution terms of trade [J]. Economic Systems Research, 1996(4):361-365.
- [4] Boyd G A, Hanson D A, Sterner T. 1988. Decomposition of changes in energy intensity: A comparison of the Divisia index and other methods [J]. Energy Economics, 10(4):309-312.
- [5] Carbon Trust. 2006. Carbon footprints in the supply chain: the next step for business [M]. London: The Carbon Trust.
- [6] Cooper, Joyce Smith, Bruce Vigon. 2001. Life Cycle Engineering Guidelines [R]. Prepared for the U. S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-01/101.
- [7] Erik Dietzenbacher, Jesper Stage. 2006. Mixing oil and water? Using hybrid input-output tables in a Structural decomposition analysis [J]. Economic Systems Research, Taylor and Francis Journals, 18(1):85-95.
- [8] Esteban Fernandez, Bart Los, Carmen Carvajal. 2005. Path Based Shift-Share Analysis -Using Additional Information in Decomposing Regional Economic Changes [R]. ERSA conference papers ersa05p465, European Regional Science Association.
- [9] Gonzalez P F, Suarez R P. 2003. Decomposing the Variation of Aggregate Electricity Intensity in Spanish Industry [J]. Energy, 28(2):171-184.
- [10] Gould B, Kulshreshtha S. 1986. An interindustry analysis of structural change and energy use linkage in the Saskatchewan economy [J]. Energy Economics, 8:186-196.
- [11] Gowdy J. M, J L Miller. 1987. Technological and demand change in energy use: an extended input-output analysis [J]. Environment and Planning, 19:1387-1398.
- [12] Grubb and Ellis. 2007. Meeting the Carbon Challenge: The Role of Commercial Real Estate Owners [Z]. Users & Managers, Chicago.
- [13] Han X, T K Lakshmanan. 1994. Structural changes and

- energy consumption in the Japanese economy 1975-85: an input-output analysis [J]. *The Energy Journal*, 15: 165-188.
- [14] Howarth R B. 1989. Energy use in U. S. manufacturing: The impacts of the energy shocks on sectoral output, industry structure, and energy intensity [J]. *Journal of Energy and Development*, 14(2): 175-191.
- [15] Howarth R B, Schipper L. 1991. Manufacturing energy use in eight OECD countries: Trends through 1988 [J]. *Energy Journal*, 12(4): 15-40.
- [16] Howarth R B, Schipper L, Duerr P A, et al. 1991. Manufacturing energy use in eight OECD countries [J]. *Energy Economics*, 13(2): 135-142.
- [17] Jiang Kejun. 2008. Embodied Carbon in Traded Goods [R]. Trade and Climate Change Seminar June 18 - 20, Copenhagen, Denmark.
- [18] Maria Savona, Andre Lorentz. 2005. Demand and Technology Determinants of Structural Change and Tertiarisation: An Input-Output Structural Decomposition Analysis for four OECD Countries [R]. LEM Papers Series 2005/25, Laboratory of Economics and Management (LEM), Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy.
- [19] Rose A, S Casler. 1996. Input-Output structural decomposition analysis: a critical appraisal [J]. *Economic Systems Research*, 8: 33-62.
- [20] Schipper L, Howarth R B, Geller H. 1990. United States energy use from 1973 to 1987: The impacts of improved efficiency [J]. *Annual Review of Energy*, 15: 455-504.
- [21] Schipper L, Howarth R B, Carlesarle E. 1992. Energy intensity, sectoral activity, and structural change in the Norwegian economy energy [J]. *The International Journal*, 17(3): 215-233.
- [22] Schipper L, Howarth R B, Andersson B. 1993. Energy use in Denmark: An international perspective. *Natural Resources Forum*, 17(2): 83-103.
- [23] Sun J W. 1998. Changes in energy consumption and energy intensity: a complete decomposition model [J]. *Energy Economics*, 20: 85-100.
- [24] Shyamal P, Bhattacharya R N. 2004. CO₂ Emission from Energy Use in India: a Decomposition Analysis [J]. *Energy Policy*, 32(5): 585-593.
- [25] Skolka J. 1989. Input-output structural decomposition for Austria [J]. *Journal of Policy Modeling*, 2: 123-136.
- [26] TERI. 2008. Ecological Footprint: Establishing a tool to measure and manage urban energy use in India and China [R]. Unpublished research report.
- [27] Rose A, C Y Chen. 1991. Sources of change in energy use in the U. S. economy, 1972-1982: a structural decomposition analysis [J]. *Resources and Energy*, 13: 1-21.
- [28] Viguier L. 1999. Emissions of SO₂, NOX and CO₂ in Transition Economies: Emission Inventories and Divis Index Analysis [J]. *The Energy Journal*, 20(2): 59-87.
- [29] Wier M. 1998. Sources of changes in emissions from energy: a structural decomposition analysis [J]. *Economic Systems Research*, 10(2): 99 - 112.
- [30] Wiedmann T, Minx J. 2007. A Definition of 'Carbon Footprint' [R]. ISAUK Research Report 07-01.
- [31] 陈红敏. 2008. 包含工业过程产业部门隐含碳研究 [J]. *中国人口·资源与环境*, 19(3): 25-30.
- [32] 陈迎, 潘家华, 谢来辉. 2008. 中国外贸进出口商品中的内涵能源及其政策含义 [J]. *经济研究*, (7): 18-28.
- [33] 黄敏. 2010. 外贸中隐含碳的计算及其变化的因素分解 [J]. *上海经济研究*, (3): 68-76.
- [34] 梁进社, 郑蔚, 蔡建明. 2007. 中国能源消费增长的分解——基于投入产出方法 [J]. *自然资源学报*, (6): 853-864.
- [35] 刘强, 庄幸, 姜克隽, 韩文科. 2008. 中国出口贸易中的载能量及碳排放量分析 [J]. *中国工业经济*, (8): 46-55.
- [36] 马涛, 陈家宽. 2005. 中国工业产品国际贸易的污染足迹分析 [J]. *中国环境科学*, (4): 18-24.
- [37] 齐晔, 李惠民, 徐明. 2008. 中国进出口贸易中的隐含碳估算 [J]. *中国人口·资源与环境*, 18(3): 8-13.
- [38] 齐志新, 陈文颖. 2006. 结构调整还是技术进步 [J]. *上海经济研究*, (6): 8-16.
- [39] 师博. 2007. 中国能源强度变动的主导效应分析——一项基于指数分解模型的实证研究 [J]. *山西财经大学学报*, 29(12): 24-29.
- [40] 宋德勇, 卢忠宝. 2009. 中国碳排放影响因素分解及其周期性波动研究 [J]. *中国人口资源与环境*, (3): 18-24.
- [41] 沈利生. 2007. 我国对外贸易结构变化不利于节能降耗 [J]. *管理世界*, (10): 18-26.
- [42] 沈利生, 唐志. 2008. 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*, (6): 21-30.
- [43] 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 [J]. *经济研究*, (2): 123-134.
- [44] 吴巧生, 成金华. 2006. 中国工业化中的能源消耗强度变动及因素分析——基于分解模型的实证分析 [J]. *财经研究*, (6): 75-55.
- [45] 张友国. 2009. 中国贸易增长的能源环境代价 [J]. *数量经济技术经济研究*, (1): 16-30.
- [46] 张晓平. 2009. 中国外贸产生的 CO₂ 排放区位转移分析 [J]. *地理学报*, 12(2): 234-242.

(编辑:夏冬;校对:朱德东)