

全球碳排放责任划分原则研究述评

余晓泓, 詹夏颜

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要:全球气候谈判中各国的分歧焦点之一在于对国家碳排放责任的界定,建立公平有效可行的碳排放责任划分原则关系着各国的利益,并深刻影响着各国减排政策。目前由IPCC等机构所定义的“生产者”碳排放责任划分原则经过长期理论和实践发展已成为广为接受的责任划分原则,然而该原则的弊端也逐渐显现。基于完善该原则的考虑,“消费者原则”、“收益原则”及“共担责任原则”等原则相继被提出。综合比较各责任原则及其实证方法,有利于中国寻求更加公平的碳排放划分原则并为合理界定中国的碳减排责任提供理论依据。

关键词:生产者原则;消费者原则;收益原则;共担责任原则

中图分类号:F205;F741 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2016)05-0137-07

1 碳排放责任划分原则背景

2015年11月30日至12月11日,《联合国气候变化框架公约》(以下简称公约)第21次缔约方会议(COP21)在巴黎召开。本次气候大会前,经济合作与发展组织和国际能源署共同发布的关于国家自主贡献(Intended Nationally Determined Contributions, INDC)预案的报告指出,目前其涵盖的146个公约缔约方(包括公约内的所有发达国家和世界四分之三的发展中国家)的自主贡献,已使得2010年至2030年碳排放增长比1990年至2010年减少约三分之一,并且到2030年全球碳排放预计可减少40亿到60亿吨,全球减排已成为各国的普遍共识。公约缔约方均需要在“将全球升温幅度控制在2摄氏度以内”的目标下,依据各自的国情,在具体减排措施的形式、内容和数量等方面自主决定,体现出“共同但有区别的责任”的原则。

尽管碳减排已成为各国共同的目标,但气候谈判各方的分歧有增无减,谈判的成果不容乐观,其背后的根本原因是各国对国家碳排放责任的界定存在巨大争议。

在还未达到全球统一的气候政策的背景下,只有少部分国家参与的碳减排只会造成气候政策的无效率。有效的全球碳排放政策需要全球的参与,而这只有建立在对发达国家和发展中国家来说都公平的碳

排放责任划分的基础上,才可能被世界各国广泛接受^[1-3]。挪威奥斯陆国际气候与环境研究中心(CICERO)高级研究员乔纳斯·卡斯滕森(Jonas Karstensen)指出,在全球视角下,责任划分原则的改变所造成的影响在多数情况下甚至比改变温室气体计量对象或者改变用以核算的数据库所造成的影响还要大^[4]。各国所提交的自主贡献预案中的目标、措施与评估,都建立在“碳排放核算原则”之上,因此能否顺利开展全球气候政策与能否建立有效的碳排放责任原则密切相关。

目前学界提出的碳排放责任划分原则主要有“生产者原则”(Production-Based Principle)、“消费者原则”(Consumption-Based Principle)、“收益原则”(Income-Based Responsibility)和“共担责任原则”(Shared Responsibility Principle)。

这些原则都试图解答碳排放责任如何划分的问题。生产者原则、消费者原则和收益原则可划分为单边责任原则,由某一方完全承担贸易中隐含碳的碳排放责任,而在共担责任原则下,各参与方按照一定的实施方案共同承担责任。

2 生产者原则

2.1 概念

目前公约当中规定的污染责任划分原则将碳排放责任范围界定为:“国家或地区应该对其行政范围

收稿日期:2016-01-14

基金项目:国家社会科学基金项目(15BGJ054)。

作者简介:余晓泓(1972—),女,吉林长春人,北京理工大学管理与经济学院,副教授,博士,研究方向:能源与环境、产业经济理论与政策、产业生态管理;詹夏颜(1992—),女,海南海口人,北京理工大学管理与经济学院,硕士研究生,研究方向:产业经济理论与政策。

内所排放的所有碳排放承担责任^①。”IPCC 将其责任边界规定为：“在国家领土和该国拥有司法管辖权的地区,包括近海海区,发生的温室气体排放和消除”,也即属地原则(Territorial Responsibility Principle)。根据本原则,生产国应当承担其责任边界内生产产品和服务所产生的碳排放责任,包括由生产贸易产品或服务引起的碳排放责任,多数学者将此原则也称为生产者原则。

2.2 生产者原则的核算方法

生产者原则碳排放核算主要根据 IPCC 公布的《2006 年国家温室气体清单指南》和《IPCC 优良作法指南》编制排放清单。编制清单通用的基本核算方法用简单方程的形式可表示为:碳排放 = 活动数据(AD) × 排放因子(EF),其中活动数据表示有关人类活动发生程度的信息,而排放因子表示每单位人类活动所产生的排放量或清除量。

2.3 对于生产者原则的评价

生产者原则的优势在于其较强的可操作性和具有与国家主权边界较为统一的责任划分边界。然而,生产者原则存在以下几方面的问题。其一,对于竞争性的质疑,实际上就是“发展的公平性”问题,Whalley 和 Walsh 指出某些国家担心在本国实施生产者原则下的环境政策会降低本国的竞争力^[5],比如严格的环境规制可能会使得国内环境成本增加,从而削弱了本国某些产业的国际竞争力^[6]。其二,在全球化背景下,生产者原则将诱使发达国家通过产业转移或扩大进口的方式减少本国的碳排放责任,造成碳泄漏。其三,按照生产者原则,国际运输业碳排放由于发生在国际公共领空或海域,不计入任何国家的碳排放责任,这部分碳排放约占全球碳排放的 3%^[7],随着国际贸易的蓬勃发展,这一缺陷必然越来越凸显。其四,生产者原则的公平性受到了广泛的质疑。在现有核算机制下,处于国际分工低端的发展中国家因为其经济结构和出口产品多以能源密集型为主,在出口商品或服务满足国外消费者需求的同时,不但增加了本国的碳排放,而且承担了超出自身范围和能力的更多的碳排放责任^[8-9]。而发达国家通过国际贸易从发展中国家购买高碳排放的产品,得以减少本国的碳排放^[10]。这种不考虑整体减排效果和发展中国家客观情况的衡量准则显然有失公平。其五,这种碳减排划分原则可能对气候变化协议效力的执行产生消极

影响。

3 消费者原则

3.1 概念

为了拟补生产者原则的缺陷,人们将重点转移到生产的驱动因素上,消费在全球减排行动中的重要性显现出来^[11]。Proops 和 Ferng 最早提出“消费者原则”的碳排放责任划分原则^[12-13]。消费者原则与碳排放足迹的理念相似,都考虑消费者消费的最终产品在生产过程中所产生的直接或间接的碳排放对整体生态环境产生的影响。

3.2 核算方法

Munksgaard 和 Pedersen^[11]较早地提出用消费者原则来核算一国碳排放责任。其核算方法为:国家碳排放责任 = 国内直接碳排放 + 进口隐含碳 - 出口隐含碳。在计算中,主要使用投入产出分析中基于消耗系数的列昂惕夫模型(Leontief Model)。根据 Sato 的研究,用以核算的具体计算方法可以分为单区域投入产出法(Single Region Input-Output, SRIO)、双边贸易投入产出法(Bilateral Trade Input-Output, BTIO),以及多区域投入产出法(Multi-Regional Input-Output, MRIO)^[14]。

SRIO 模型主要衡量一个国家或者地区的消费、政府支出和投资所产生的总碳排放,不区分中间投入品和最终消费品。该模型假设国内和国外生产技术水平相同(“进口产品替代假设”或“进口同质假设”)。而因为来自不同国家进口的产品结构和技术水平千差万别,产生的碳排放和资源强度也不同,采用 SRIO 模型引起的误差较大。

MRIO 模型能够区分来自不同国家产品的技术水平差异,可以在模型中量化和分析不同国家不同部门的生产技术水平和产品结构差异等^[15]。BTIO 模型和 MRIO 模型的差别在于 BTIO 模型的研究重点在双边贸易,其得出的结论可以直接和贸易数据进行比较从而能得到调整双边贸易结构的信息。而 MRIO 模型的运用可以从宏观把握国家的进出口中隐含碳排放。

根据 Giljum 对于投入产出模型的研究,MRIO 模型可以分为联合 MRIO 模型(Linked Single-Region Models)与完全 MRIO 模型(True-MRIO 或 Full-MRIO)^[16]。联合 MRIO 模型由 Lenzen 等^[17]与 Peters 等^[18]发展,用以测算隐含在贸易中的碳排

注:① IPCC 将属地原则定义为:“...include[s] all greenhouse gas emissions and removals taking place within national (including administered) territories and offshore areas over which the country has jurisdiction.”

放^①,该模型利用双边贸易数据将各国独立的投入产出表联合起来,并假设本国与其他地区进行贸易,而其他地区之间并不进行贸易。Lenzen 认为运用联合 MRIO 模型未捕捉到的效应范围为 1 至 4%^[17]。

Peters 等^[19]充分利用 GTAP 数据库(Global Trade Analysis Project Database)发展涵盖 113 个地区和 57 个部门的完全 MRIO 模型。完全 MRIO 模型包含了国内和各贸易国的技术矩阵,可以区分最终消费品和中间投入品,能反映某国与其贸易国的供应链并衡量反馈效应^[20-21]。GRAM 模型(Global Resource Accounting Model, GRAM)是将投入产出表和双边贸易数据结合起来的完全 MRIO 模型,其主要目的是核算贸易品的上游所耗费的“原材料当量”(Raw Material Equivalent, RME)^[22],因此利用该模型能够同时测算贸易品中隐含物质流和 CO₂ 排放。完全 MRIO 模型由于具有合理的理论基础和广泛的实用性,被认为是衡量一国或地区贸易隐含碳排放最合适的模型^[19],但同时该模型也具有复杂性,不透明和不确定性较高等缺点^[23]。

3.3 对于消费者原则的评价

与生产者原则相比,消费者原则具有以下几方面的优点:消费者原则下的责任分配框架一定程度上避免了碳泄漏和碳排放转移,丰富了全球气候政策措施,比如鼓励清洁生产发展机制与国家排放清单的结合运用^[7]。相比于生产者原则,消费者原则更能鼓励发展中国家的参与,提高发展中国家和发达国家之间的国际合作水平,提高消费者的减排意识,让消费者意识到消费行为和消费选择是如何影响碳排放的。

消费者原则也存在一定的局限性。Peters 和 Hertwich 指出部分由消费引发的碳排放发生在国家行政管制之外的地区,导致消费者原则下的责任范围超出了行政范围,削弱了消费者原则的可操作性^[24]。另外, Cadarso 等学者认为生产者在消费者原则下缺乏直接的减排动机,可能会放弃使用更清洁或更高效生产方式,从而削弱全球减排效果^[25]。

4 收益原则

4.1 概念

消费者既是最终产品的需求者,也是生产要素的供应者,位于供应链上下两端。消费者原则是站在“自下而上”的视角上提出的,核算最终消费所“隐含”(embodied)的碳排放,也就是供应链中在最终消费

之前的所有碳排放,因此消费者原则又被称为上游排放原则。而收益原则是与消费者原则互为镜像的“自上而下”的分配原则,考虑由生产要素的投入所“引致”(enabled)的碳排放,计量供应链中要素投入在下游产生的所有碳排放,Lenzen 和 Murry 将这种分配原则称为收益原则或者下游排放原则(Downstream Principle)^[26]。虽然收益原则和消费者原则是一体两面的关系,但关于消费者原则的研究更普遍。Marques 等认为这可能是由于当前以市场为导向的经济中主要驱动力为消费和生产,因此更容易考虑到消费者和生产者是如何从中受益并且承担相应的责任^[6]。

4.2 核算方法

Marques 等^[6]对收益原则的理论来源和模型方法进行了详细的阐述,指出收益原则下国家碳排放责任 = 国内直接碳排放 + 出口产品引致的国外产业链下游碳排放 - 进口产品引致的本国产业链下游碳排放。Rodrigues 等和 Marques 等使用投入产出分析中基于分配系数的戈什模型(Ghosh Model)计算收益原则下的国家碳排放责任,给出了基于完全 MRIO 模型的具体计算方法,并进行了实证研究^[6,27-28]。Rodrigues 等测算发现发达国家和油气出口国家引致了大量的下游碳排放,而亚洲国家和东欧则输入了正的下游碳排放^[27]。Marques 等测算了 2004 年全球 112 个地区在收益原则、生产者原则和消费者原则下的碳排放责任,发现油气出口国如挪威、委内瑞拉、澳大利亚和俄国等在收益原则下承担了较高的碳排放责任,即使挪威在生产者原则和消费者原则下的碳排放责任都很小,但是因其出口了化石燃料引致了大量的国外碳排放,从而表现出较高的收益型排放责任,而中国在收益原则下的碳排放责任(3.147 Gt)远小于生产者原则下的碳排放责任(4.071 Gt)^[6]。Marques 的研究揭示了全球贸易是如何将下游碳排放的产生和要素收入的获得分割的,发现对于亚洲国家来说其下游碳排放小于直接碳排放,说明在亚洲地区产生的碳排放增加了世界其他地方比如发达国家和油气出口国的收入^[28]。曹媛核算了 41 国贸易中的上下游贸易隐含碳,指出无论采用消费者原则还是收益原则,中国都将减轻碳排放责任^[29]。

4.3 对于收益原则的评价

收益原则下的碳排放政策能够激励要素供给者

注:① Lenzen 和 Hertwich 的研究的主要差别在于 Lenzen 的研究建立在较为独立的数据表基础上,而 Hertwich 的研究建立在系统性的投入产出表上^[15]。

考虑选择碳排放强度更低的下游生产者,与消费者原则一样,收益原则有助于从其他的角度考虑碳减排政策,也同样具有责任边界和国家主权边界不一致的问题。

5 共担责任原则

5.1 概念

基于应对和促进国际间气候变化谈判的需要,Kondo 等基于收益原则,认为消费者和生产者需要按照某种方案共同分担国家的碳排放责任^[30],即共担责任原则^[13,31]。

5.2 核算方法

Ferng^[13]较早地提出了“共担责任核算框架”,将两种责任分担原则下的碳排放责任加权求和而得出生产者和消费者之间需要共同承担的碳排放责任,具体核算公式为: $A + (1 - \Phi) \times B$, ($0 \leq \Phi \leq 1$),其中 A, B 分别代表消费者原则和生产者原则下的碳排放责任, Φ 为分配比例。不难得出 Φ 取值越接近于 1,该共担责任原则越接近消费者原则,反之亦然。然而,该核算方法存在双重计量^①的问题。此外由于 Φ 的确定需要将碳排放主体的经济结构、消费特点和人均碳排放需求量考虑在内,因此该分配比例是变动的,如何确定分配比例是一个难题。

基于将直接和间接碳排放责任在产业链中各环节进行分配的思想,Bastianoni 提出了“碳排放增加法”或称为“附加碳排放方法”(Carbon Emission Added,CEA)[一]。在有 n 个环节的生产链中,对于第 i 个环节,其碳排放的分配比例为: $U_i / \sum_{i=1}^n U_i$, U_i 为第 i 环节的上游碳排放,等于 $\sum_1^i E_i$ (E_i 为第 i 环节的直接碳排放)。该环节承担的碳排放责任为分配比例和总体碳排放的乘积。该模型的合理之处在于避免了双重计量问题,在操作方面与增值税的计量原则相似,具有一定的可操作性,并且能够相对公平地将碳排放责任在所有利益相关主体之间进行分配。此外,由于每个环节都考虑了整个生产链的全部碳排放,消费者有动力去寻找表现更好的厂商,而厂商也有动力寻找更清洁的下游生产商。而该模型的缺点在于分配比例随着生产链的分步过程变化而变化,并且各环节的碳排放责任会累积到下游环节。

SCR 模型(Shared Carbon Responsibility,SCR)

较好地保持了分配比例的不变性,模型将生产链各环节上的碳排放分担比例设为:增加值(V) / 净产出($X - T$),某环节应承担的碳排放责任为该部门的直接碳排放和上一环节传递下来的碳排放量之和乘以本环节的碳排放分担比例^[31,34]。该模型基于的假设是增加值越高的生产环节对整个生产链的影响力越大,因此应承担更大的碳排放责任。史亚东指出该模型的主要缺陷是忽视了下游碳排放,使得企业缺少减少下游排放的动力^[35]。并且这种分配比例对价格因素反应敏感,只具有相对的不变性^[36]。

Rodrigues 等提出合理的碳排放责任分配比率需要满足部门的可加性,直接环境影响的单调性,生产侧和消费侧的对称性,考虑间接影响的经济因果性等四个属性,在此基础上推导出各环节的分配比例均为 0.5,因此又被称为 1/2 法^[41]。第 i 环节所应承担的碳排放责任为消费者原则和收益原则的平均数: $(U_i + D_i) / 2$,其中 D_i 表示该环节的下游碳排放,等于 $\sum_i^n E_i$ (E_i 为第 i 环节的直接碳排放)。此核算方法具有较完整的理论基础,并且创新地考虑了上下游碳排放,有助于多层次地提高减排效率。史亚东利用该模型研究了 2004 年中美日等十个国家共担责任原则下的碳排放,发现与生产者原则相比,中国、印度和俄罗斯等国所承担的碳排放责任减少,而美日英德等发达国家的碳排放责任增加^[35]。

Lenzen 比较了共担责任原则框架下的分配比例的稳健性,认为与固定比例相比,SCR 模型分配结果更加稳定^[37]。SCR 模型由于具有易操作和分配结果稳健等特点,较多学者采用 SCR 模型进行了实证研究。Andrew 和 Forgie 运用 SCR 模型得出新西兰 2004 年只应承担生产者原则下碳排放责任的 74%^[38]。Cadarsó 等^[25]研究发现 2000 年和 2005 年西班牙 SCR 模型所核算得出的共担责任原则下的碳排放责任分别比生产者原则下的碳排放责任高 9.8% 和 34.4%,但均低于消费者原则下的碳排放责任。国内学者赵定涛和杨树较早地运用 SCR 模型研究了中国纺织业、金属制品业和通信设备制造业的碳排放责任,测算出在这三个重点出口行业中中国作为出口国将承担 50% 至 80% 的碳排放责任^[33]。张云和唐海燕进行了相似的研究,得出对所选取的三个产业而言,中国平均承担的碳排放责任为 70% 左右^[39]。

注:①双重计量是指如果将不同产业(不同工业部门)的总产量如果直接加总,则可能会导致中间投入品的双重计量问题,因为某种产业的产成品可能是另外一个产业的中间投入品。

前述研究主要围绕分配比问题,因此可称为“比例法”。此类模型的共性在于每个环节均充分考虑了全部环节的总碳排放量,由此可激励生产者和消费者相互配合来减少整个生产链中的碳排放。并且可以通过设计不同的分配比例来满足不同的需要,比如以增加值为分配基准的 SCR 模型能够反映国家在生产链中所处的地位进而为国家整体产业的升级提供压力和动力。

也有学者直接确定各参与方的碳排放责任,我们将这类方法统称为“基准法”。比如 Alvaro 等提出运用最佳可得技术(Best Available Technologies, BAT)作为分配基准的共担责任框架^[36],消费者需要承担所有 BAT 下的碳排放量,而超出此范围的碳排放由生产者负责。BAT 法的运用可以激励生产者提高清洁生产技术,并且激励消费者选择环境友好的上游生产者,每个主体不需要根据整个产业链上的碳排放确定排放责任。但是 BAT 具有特定地理范围和技术水平,其值需要观察研究和协商确定。徐盈之和郭进提出“生产者消费者共担”的责任划分方法,将贸易中隐含碳分为中间投入品和最终消费品中隐含碳,分别由进口国的生产者和消费者承担,他们的实证分析表明,大部分发展中国家在共同承担下的碳排放责任要小于生产者原则下的碳排放责任,而发达国家则相反^[40]。

基准法的主要特点是绕过了对分配比例的讨论,简洁明了,更适用于大范围的碳排放责任的界定,而缺陷在于确定基准同样需要大范围的讨论。

5.3 对于共担责任原则的评价

Ferng 和 Lenzen 等认为共担责任原则较为合理地分配了碳排放责任,符合公平原则^[13,31]。在减排效果方面,Rodrigues 等认为该原则能够鼓励各生产环节相互配合以减少碳排放,不但是一种有效的激励机制,而且在理论上具有较好的减排效果^[41-42]。

6 关于中国的碳排放责任问题

对于中国等新兴国家来说,减排争论实质上是关于发展的争论,国际气候谈判中限制发展中国家发展的争论比在气候问题上所发生的争论更为激烈,包括中国在内的许多新兴国家巨大的出口和碳排放事实上为环境政策的制定制造了一个两难困境^[43],一方面,新兴国家能够充分利用比较优势通过贸易为世界各国创造经济效益;另一方面,中国等许多新兴国家碳排放强度较高^[21,44],反过来进一步推动了全球的 CO₂ 排放的增长。

面对此矛盾局面,许多学者提出了不同的观点。

齐晔等^[45]认为在现有的责任划分原则下中国承担了部分本该由进口国承担的碳排放责任,并指出消费者和生产者作为碳排放的受益者,应该共同承担责任。王媛等^[46]注意到中国成为发达国家向发展中国家转移贸易碳排放的中转站或最终目的地,包括中国在内的发展中国家正在为发达国家的高碳排放买单,发达国家应该承担历史排放责任而非强制发展中国家承担责任。Yan 和 Yang^[47]核算发现中国 2007 年贸易出口中隐含碳排放量(1.725 Gt)远大于贸易进口中隐含碳排放量(0.588 Gt),基于公平的考虑认为应当主张消费者原则。Peters 等^[19]从气候政治的角度出发,提出发展中国家和发达国家应当共同承担碳排放责任,鼓励发展中国家在后京都时代积极参与全球环境政策。

也有观点(如 Weber 等^[23])认为中国也是进口大国,中国通过进口原材料、产品和服务也同样避免了国内的碳排放,中国也应该对其进口贸易中的隐含碳排放负责。Tang 等将中国的巨额出口中贸易隐含碳归咎于中国的发展模式,认为中国从贸易出口中获得了经济利益,不应该要求其他国家承担这部分的碳排放责任^[48]。

中国以煤炭为主体的能源结构、较高的碳排放强度、不断增长的人均碳排放和巨大的碳排放总量已成为气候谈判中的众矢之的,面对来自国际社会的指责和巨大的减排压力,中国政府应该据理力争。首先表明,从历史的角度上看中国只贡献了很少的碳排放量,碳排放责任的确定应该考虑历史累积量;其次,虽然中国碳排放总量巨大,但人均碳排放量是合理的;再次,中国的出口由发达国家的消费所驱动,从公平的角度上看中国不应该全部承担出口中隐含的碳排放;最后,对中国提出严苛的减排要求相当于限制中国的经济发展^[49]。

综合来看,消费者原则、生产者原则和收益原则都偏向于部分国家,比如消费者原则更有利于以中国为代表的出口国家,因此无论采用以上何种原则都必然产生争议,降低了它们的有效性。从可操作性方面看,生产者原则的可操作性较强,而消费者原则在核算方面的研究相对成熟,也具有一定的可操作性。共担责任原则更能体现出公平性,也有利于气候政策的全球参与,有效性最高,然而由于研究和实践运用尚有限,可操作性最低。

目前生产者原则依然是主流,虽然许多学者主张采用其他责任划分原则,但是这些原则有待在精确性和数据的完善性方面进一步提高。在这种情况下,消

费者原则或收益原则可以作为生产者原则进一步改进的依据^[50-51],也可以在一定程度上体现出“共同但有区别”的思想。

中国应当主张共担责任原则或者体现发展中国家诉求的消费者原则或收益原则。更为重要的是,无论何种全球碳排放责任划分原则,中国都应当坚持“不变”的低碳经济发展道路,考虑从提升技术水平和调整能源结构方向作出努力,更加积极的承担起碳减排责任。

参考文献

- [1] OLIVEIRA-MARTINS J, BURNIAUX J M, MARTIN J P. Trade and the effectiveness of unilateral CO₂ abatement policies: evidence from green [G]. *OECD Economic Studies*, 1992;123.
- [2] SHIN S. Developing country's perspective on COP3 development (Kyoto Protocol)[J]. *Energy Policy*, 1998, 26(7): 519-526.
- [3] RINGIUS L, TORVANGER A, UNDERDAL A. Burden sharing and fairness principles in international climate policy[J]. *International Environmental Agreements*, 2002, 2(1): 1-22.
- [4] KARSTENSEN J, PETERS G P, ANDREW R M. Allocation of global temperature change to consumers [J]. *Climatic Change*, 2015, 129(1-2): 43-55.
- [5] WHALLEY J, WALSH S. Bringing the Copenhagen global climate change negotiations to conclusion[J]. *CESifo Economic Studies*, 2009, 55(2): 255-285.
- [6] MARQUES A, RODRIGUES J, LENZEN M, et al. Income-based environmental responsibility[J]. *Ecological Economics*, 2012(84): 57-65.
- [7] PETERS G P, HERTWICH E G. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 42(5): 1401-1407.
- [8] WYCKOFF A W, ROOP J M. The embodiment of carbon in imports of manufactured products: implications for international agreements on greenhouse gas emissions[J]. *Energy Policy*, 1994, 22(3): 187-194.
- [9] BABIKER M H. Climate change policy, market structure, and carbon leakage[J]. *Journal of International Economics*, 2005, 65(2): 421-445.
- [10] MACHADO G, SCHAEFFER R, WORRELL E. Energy and carbon embodied in the international trade of Brazil: an input-output approach[J]. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 409-424.
- [11] MUNKSGAARD J, PEDERSEN K A. CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility? [J]. *Energy Policy*, 2001, 29(4): 327-334.
- [12] PROOPS J L R, ATKINSON G, SCHLOTHEIM B F V, et al. International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment[J]. *Ecological Economics*, 1999, 28(1): 75-97.
- [13] FERNG J J. Allocating the responsibility of CO₂ over-emissions from the perspectives of benefit principle and ecological deficit[J]. *Ecological Economics*, 2003, 46(1): 121-141.
- [14] SATO M. Embodied carbon in trade: a survey of the empirical literature[J]. *Journal of Economic Surveys*, 2014, 28(5): 831-861.
- [15] WIEDMANN T, LENZEN M, TURNER K, et al. Examining the global environmental impact of regional consumption activities-part 2: review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade[J]. *Ecological Economics*, 2007, 61(1): 15-26.
- [16] GILJUM S, LUTZ C, JUNGNITZ A. A multi-regional environmental input-output model to quantify embodied material flows[G]. *GWS mbH, Vienna*, 2007: 1-35.
- [17] LENZEN M, PADE L L, MUNKSGAARD J. CO₂ multipliers in multi-region input-output models[J]. *Economic Systems Research*, 2004, 16(4): 391-412.
- [18] PETERS G, BRICENO T, HERTWICH E. Pollution embodied in Norwegian consumption[G]. 2004.
- [19] PETERS G P, ANDREW R, LENNOX J. Constructing an environmentally-extended multi-regional input-output table using the GTAP database[J]. *Economic Systems Research*, 2011, 23(2): 131-152.
- [20] MILLER R E. Interregional feedbacks in input-output models: some experimental results[J]. *Economic Inquiry*, 1969, 7(1): 41-50.
- [21] HERTWICH E G, PETERS G P. Multiregional input-output database[G]. *OPEN-EU*, 2010.
- [22] GILJUM S, LUTZ C, JUNGNITZ A. The Global Resource Accounting Model (GRAM). a methodological concept paper[G]. *SERI Studies*, 2008.
- [23] WEBER C L, PETERS G P, GUAN D, et al. The contribution of Chinese exports to climate change[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(9): 3572-3577.
- [24] PETERS G P, HERTWICH E G. Structural analysis of international trade: environmental impacts of Norway[J]. *Economic Systems Research*, 2006, 18(2): 155-181.
- [25] CADARSO M Á, LÓPEZ L A, GÓMEZ N, et al. International trade and shared environmental responsibility by sector. an application to the Spanish economy[J]. *Ecological Economics*, 2012(83): 221-235.
- [26] LENZEN M, MURRAY J. Conceptualising environmental responsibility[J]. *Ecological Economics*, 2010, 70(2): 261-270.
- [27] RODRIGUES J, DOMINGOS T, MARQUES A. Carbon responsibility and embodied emissions: theory and measurement[M]. London; New York: Routledge Press, 2010.
- [28] MARQUES A, RODRIGUES J, DOMINGOS T. International trade and the geographical separation between income

- and enabled carbon emissions [J]. *Ecological Economics*, 2013(89): 162–169.
- [29] 曹媛. 基于供应链视角的中国贸易隐含碳研究[D]. 大连: 东北财经大学, 2014.
- [30] KONDO Y, MORIGUCHI Y, SHIMIZU H. CO₂ emissions in Japan; influences of imports and exports[J]. *Applied Energy*, 1998(59): 163–174.
- [31] LENZEN M, MURRAY J, SACK F, et al. Shared producer and consumer responsibility-theory and practice[J]. *Ecological Economics*, 2007, 61(1): 27–42.
- [32] BASTIANONI S, PULSELLI F M, TIEZZI E. The problem of assigning responsibility for greenhouse gas emissions[J]. *Ecological Economics*, 2004, 49(3): 253–257.
- [33] 赵定涛, 杨树. 共同责任视角下贸易碳排放分摊机制[J]. *中国人口资源与环境*, 2013, 23(11): 1–6.
- [34] GALLEGO B, LENZEN M. A consistent input-output formulation of shared producer and consumer responsibility [J]. *Economic Systems Research*, 2005, 17(4): 365–391.
- [35] 史亚东. 全球碳减排责任分担机制与气候政策研究[D]. 天津: 南开大学, 2012.
- [36] LVARO B, BARICA J M. A new proposal for greenhouse gas emissions responsibility allocation; best available technologies approach[J]. *Integrated Environmental Assessment & Management*, 2014, 10(1): 95–101.
- [37] LENZEN M. Aggregation (in-) variance of shared responsibility: a case study of Australia [J]. *Ecological Economics*, 2007, 64(1): 19–24.
- [38] ANDREW R, FORGIE V. A three-perspective view of greenhouse gas emission responsibilities in New Zealand [J]. *Ecological Economics*, 2008, 68(1): 194–204.
- [39] 张云, 唐海燕. 中国贸易隐含碳排放与责任分担: 产业链视角下实例测算[J]. *国际贸易问题*, 2015(4): 148–156.
- [40] 徐盈之, 郭进. 开放经济条件下国家碳排放责任比较研究 [J]. *中国人口资源与环境*, 2014, 24(1): 55–63.
- [41] RODRIGUES J, DOMINGOS T, GILJUM S, et al. Designing an indicator of environmental responsibility [J]. *Ecological Economics*, 2006, 59(3): 256–266.
- [42] RODRIGUES J, DOMINGOS T. Consumer and producer environmental responsibility: comparing two approaches [J]. *Ecological Economics*, 2008(66): 533–546.
- [43] LIU Z, DAVIS S J, FENG K, et al. Targeted opportunities to address the climate-trade dilemma in China [G]. *Nature Climate Change*, 2015.
- [44] PETERS G P, WEBER C L, GUAN D, et al. China's growing CO₂ emissions a race between increasing consumption and efficiency gains [J]. *Environmental Science & Technology*, 2007, 41(17): 5939–5944.
- [45] 齐晔, 李惠民, 徐明. 中国进出口贸易中的隐含碳估算 [J]. *中国人口、资源与环境*, 2008, 18(3): 8–13.
- [46] 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): 1331–1337.
- [47] YAN Y, YANG L. China's foreign trade and climate change: a case study of CO₂ emissions [J]. *Energy Policy*, 2010(38): 350–356.
- [48] TANG X, MCLELLAN B C, ZHANG B, et al. Trade off analysis between embodied energy exports and employment creation in China [G]. *Journal of Cleaner Production*, 2015.
- [49] GRANTHAM-MCGREGOR S, CHEUNG Y B, CUETO S, et al. Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries [J]. *The Lancet*, 2007, 369: 60–70.
- [50] BARRETT J, PETERS G P, WIEDMANN T, et al. Consumption-based GHG emission accounting: a UK case study [J]. *Climate Policy*, 2013, 13(4): 451–470.
- [51] WIEDMANN T. A review of recent multi-region input-output models used for consumption-based emission and resource accounting [J]. *Ecological Economics*, 2009, 69(2): 211–222.

Review of Global Carbon Emission Responsibility Division Principle

YU Xiao-hong, ZHAN Xia-yan

(School of Management and Economy, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: One of the main issues of global climate negotiations is how to define the carbon emission responsibility of a country. It is important to establish a fair, effective and feasible division principle for which the country's interest is greatly concerned with and the carbon emission reduction policy is relied on. The currently adopted principle is the production-based principle one, which defined by IPCC. However after decades of developments in theory and practice, its setbacks have been gradually revealed along the way. Thus other principles are proposed for the sake of its improvement, such as consumption-based, income-based and shared responsibility principle. A comprehensive comparison of all principles and their empirical methodologies is helpful for China to appeal for a fairer carbon emission principle and a proper assignment of carbon emission responsibility.

Key words: production-based principle; consumption-based principle; income-based principle; shared-responsibility principle