

最终消费与碳减排责任的经济学分析

樊 纲 苏 铭 曹 静

内容提要:国际分工的深化以及各国消费模式的差异已经成为气候谈判中界定各国排放责任的焦点问题。本文基于长期的、动态的视角,提出根据最终消费来衡量各国碳排放责任的理论,并根据最终消费与碳减排责任的关系,计算了两个情景下 1950—2005 年世界各国累积消费排放量,发现中国约有 14—33%(或超过 20%)的国内实际排放是由他国消费所致,而大部分发达国家如英国、法国和意大利则相反。进而,我们从福利角度讨论了以消费排放作为公平分配指标的重要性,从而将国际社会应对气候变化的“共同但有区别的责任”原则扩展为“共同但有区别的碳消费权”原则,建议以 1850 年以来的(人均)累积消费排放作为国际公平分担减排责任与义务的重要指标。

关键词:气候变化 消费排放 碳消费权

一、引言

气候变暖已经成为一个全球性的问题,引起越来越广泛的关注。政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告(2007)明确指出,人类活动对化石能源的大量需求产生的碳排放是导致全球气候变化的重要原因。尽量减少碳排放已成为世界各国的共识,但由于世界发展的不均衡,一个覆盖全球各个国家的温室气体减排协议始终无法达成。在漫长的气候变化谈判过程中,印度提出人均排放的概念,巴西提出准确测量温室气体的历史排放,强调了发展中国家以脱离贫困、保证发展为优先权的立场,对国际减排义务分担的讨论影响深远。如何合理界定各国排放责任、制定公平的减排义务分担体系,既保障发展中国家的发展权,又能够达成使得多数国家都能积极参与减排的国际合作协议,仍是包括中国在内的发展中国家和整个国际社会关注的焦点。

本文认为一个国际公平分担框架应加入对以下三个现象的考察:

1. IPCC 的报告(2007)表明,工业革命以来大量化石能源的燃烧是导致气候变暖的主要原因。新兴资本主义国家广泛采用新的工业技术,引致了对化石能源的大量需求,完成了工业化进程,后来又为其他后进国家仿效。然而,温室气体与其他传统污染物不同,属于存量污染物(stock pollutant),其影响主要由其存量多少决定。随着工业革命以来二百年间温室气体的积累,特别是二氧化碳(CO₂)的排放,超出了自然界自身平衡能力,导致温室气体浓度不断升高,对气候变化的影响是长期且深远的。因此,界定各国碳排放责任至少应该往前推至工业革命的时点,在我们的文章中基于数据的可获得性,温室气体的历史排放可以追溯到 1850 年。

2. 二战以来,随着关税及贸易总协定的建立和完善,全球化进程不断加快,资本近乎自由流动,国际分工日益深化(Arndt et al, 2001),生产方式产生重大变化导致消费品的生产和消费出现地域的分离。以如下两种方式最为典型:(1) A 国提供物质资本, B 国提供劳动力, C 国提供能源,生产设在 D 国,那么直接排放也是在 D 国,最终产品为各国所消费;(2) A 国生产技术密集型产品,如

* 樊纲,中国经济体制改革研究基金会国民经济研究所,电子信箱:fangang@neri.org.cn,邮政编码:100038;苏铭,北京大学国家发展研究院,电子信箱:sum@pku.edu.cn,邮政编码:100871;曹静,清华大学经济管理学院,电子信箱:caojing@sem.tsinghua.edu.cn,邮政编码:100084。

机械、电子设备, B国购进这些中间品或投资品,再投入大量劳动力和能源,生产最终消费品,并为各国所消费。而且, Houser et al (2008)和 Ackerman et al (2007)的研究表明,能源成本不是决定国际分工的主要因素,高耗能生产国并未藉此获得明显的竞争优势。因此,无论上述哪种生产方式,直接将温室气体排放责任归结为高排放产业的生产国如第1类的D国或第2种类的B国都是不合理的。

3)消费模式的差异导致国际间的借贷规模巨大。一些国家通过发行债务的方式以提高当前消费水平,并引致了大量能源需求和温室气体排放。据国际货币基金组织统计,2005年日本、中国和德国的经常账为1658亿、1608亿和1155亿美元,而美国、西班牙和英国的经常账则为-7915亿、-831亿和-576亿美元。尽管拥有债权的国家因此能够提高其未来的消费,然而对于既有的碳排放,当前高消费的国家理应承担更大的责任。

基于上述现象,本文试图从长期的、动态的视角考察各国最终消费导致的碳排放(定义为消费排放),通过建立最终消费与碳排放的关系,核算1950—2005年世界各国的累积消费排放,并考虑1850年以来按历史排放责任得到各国累积消费排放及人均累积消费排放;进而根据生产为了消费、为了增进福利水平的经济思想,讨论以消费排放作为公平分配指标的重要性。相应地,本文安排如下:第二部分综述了与消费排放相关的主要文献及研究进展情况;第三部分建立了消费排放的核算框架;第四、五部分根据世界银行及世界资源研究所等机构的统计数据计算并分析了各国的累积消费排放情况,并讨论了以消费排放作为公平分担指标的重要性;第六部分得出主要的研究结论和建议。

二、“消费排放”相关研究综述

目前,很多学者从国际贸易视角发现消费品的生产国和消费国出现地域的分离,导致碳排放的归属权产生争议,并将这部分蕴含在贸易品中的温室气体称为“贸易内涵排放”(embedded carbon in trade),多数的定量研究也集中在对双边或多边贸易品上的贸易碳排放的测算上。例如, Shui 和 Harriss (2006)考查了贸易品生产过程的碳排放,估计了中美两国的贸易内涵排放,发现1997—2003年中国约有7%—14%的碳排放是由出口到美国的商品导致的。类似地, Li 和 Hewitt (2008)研究发现2004年通过进口中国商品,英国的国内碳排放总量降低了近11%, Wang 和 Watson (2007)则发现2004年中国净出口碳排放约占国内碳排放总量的23%。然而,上述方法忽略了上游中间产品生产排放的间接影响,进一步的研究充分考虑这一点,将最终产出分为消费、投资以及出口,利用投入产出矩阵将中间产品的碳排放均归结到最终产出中,从而得到考虑中间产品生产排放的贸易内涵排放(Weber & Matthews, 2007; Schaeffer & Leal de Sa, 1996; Tunc et al, 2007; Ahmad & Wyckoff, 2003)。其中, Peters 和 Hertwich (2008a)进行了最为系统的研究,还考虑了贸易品为中间产品的情况,利用GTAP数据和全球跨国投入产出模型(MRIO)计算了2001年87个国家和地区的贸易内涵排放,发现贸易内涵排放量已占到世界碳排放总量的四分之一强,其中中国出口碳排放占其国内实际碳排放的24%,进口碳排放则占7%。Weber et al (2008)、齐焯等(2008)、潘家华(2008)、李善同和何建武(2008)以及姚愉芳等(2008)等分别利用该方法系统研究了中国的贸易内涵排放。其中, Weber et al (2008)发现中国的净出口产品的碳排放量占国内碳排放总量的比重已从1978年的12%增加到2005年的三分之一强;齐焯、李惠民和徐明(2008)对进口产品采用日本的碳排放效率计算,发现2006年中国的净出口产品的碳排放量已占国内碳排放总量的29.3%;潘家华(2008)研究发现考虑加工贸易情况下,2006年中国出口碳排放约为31.4亿吨CO₂,净出口内涵碳排放达12.5亿吨CO₂;此外,刘强等(2008)还利用全生命周期方法(这是一种针对具体行业的投入产出方法)研究了中国重点出口产品的碳排放量。

进一步, Munksgaard 和 Pedersen (2001) 以及 Peters (2008) 做了贸易加减法, 将国内实际排放量减去净出口碳排放称之为“消费排放”, 认为这很可能成为国际气候变化谈判中界定碳排放责任的重要指标。英国新经济基金会的报告 (Smith et al, 2007) 明确指出气候变化的讨论焦点应从商品生产国转移到商品消费国; 中国的快速发展促使西方国家把工厂转移到中国, 中国不断增加的碳排放量实际上反映的是西方国家的高消费水平。Feng (2003) 基于受益原则, 认为碳排放的责任应归于产生污染的驱动因素, 而不是直接的污染生产者; 并由此计算了消费者和生产者各自的责任, 但却存在重复计算的问题。

毫无疑问, 上述考虑中间产品影响的贸易内涵排放和消费排放更深刻体现了内涵排放的思想, 也更能体现公平分担的减排原则。然而, 由于上述研究采用的投入产出方法均是对截面数据进行静态估算, 将投资也视为一项最终品, 而动态视角下投资也是一种中间产品, 最终会转化为消费 (本国消费或他国消费), 静态分析可能显著低估贸易内涵排放的大小。而且, 碳排放的存量污染特征决定了界定各国排放责任时考察投资转化为最终消费的动态过程更加有必要。更重要的是, 贸易内涵排放和上述定义的“消费排放”概念容易把贸易保护的问题引入减排问题的讨论, 结论往往是各国设置贸易保护如征收边界碳税提供理由。

在上述研究和讨论的基础上, 我们进一步从动态视角考察了投资进入到消费的过程, 据此核算了最终消费导致的碳排放, 并从福利角度讨论了消费排放作为公平分担指标的重要性, 认为应以此来衡量各国的碳排放责任。本文提出的消费排放试图从终端即福利角度核算碳排放, 既是基于长期以来碳排放仅是化石能源消耗、提高福利水平的副产品, 又能够避免关于生产者和消费者谁获益的争论, 以及由此定义的相关指标导致的重复计算问题, 因为最终双方的收益均在自身福利中体现。

三、消费排放的核算框架

对于国家 i , 第 t 年的最终产出可表述为消费、投资和净出口之和, 即:

$$C_{it} + I_{it} + NX_{it} = Y_{it} \quad (1)$$

“贸易内涵排放”即计算净出口 NX_{it} 中所含的碳排放。与直接采用贸易额乘以该国的碳排放强度计算相比, 利用投入产出关系考查中间品生产导致的碳排放对出口品的间接影响, 相当于单独估计了出口品的碳排放强度。考察贸易品为中间品还是最终品的模型意味着是否将进口产品作为中间产品计入投入产出矩阵。然而, 从长期的、动态的视角看, 投资形成的物质资本也是一种中间品, 将作为生产要素生产最终消费品 (上式中的本国消费品或他国消费品), 则静态的“贸易内涵排放”估计忽略了该部分的影响。因此, 本文定义了消费排放, 从最终消费角度核算各国消费导致的碳排放。

为了描述该想法以及核算各国的消费排放, 简单起见, 我们采取了先计算全球总的消费排放, 再得到各国消费排放的方法。将所有国家的最终产出平衡式加总, 由于 $\sum_i NX_{it} = 0$, 可得:

$$\sum_i C_{it} + \sum_i I_{it} = \sum_i Y_{it} \quad (2)$$

设 $C_t = \sum_i C_{it}$, $I_t = \sum_i I_{it}$, $Y_t = \sum_i Y_{it}$, 分别代表世界各国的总消费、投资和产出。

物质资本 K 的折旧率设为 δ , 累积方程为:

$$K_{t+1} = (1 - \delta) K_t + I_t \quad (3)$$

本文采用资源经济学常用的生产函数 $Y_t = f(K_t, E_t)$, 化石能源 E_t 与物质资本 K_t 一起作为生产要素, 碳排放主要是化石能源消耗的副产品。据此, 可讨论碳排放和消费量的关系, 进而能够动

态核算消费排放。

首先,处理物质资本积累所导致的碳排放量。仿效物质资本积累的方式,假定这些温室气体暂时“沉淀”在物质资本中(尽管实际上已经排放到大气中),当物质资本在生产过程中折旧时(第 t 年有 K_t 的损耗量)，“沉淀”于其中的温室气体就释放出来,计为当期生产因消耗物资资本导致的碳排放,即一部分为生产消费品所致,另一部分为生产投资品所致。

据此,设第 t 年沉淀于物质资本中的碳排放量为 G_t^K ,同时设投资和消费导致的碳排放分别为 G_t^I 和 G_t^C 。物质资本积累“沉淀”的碳排放的存量和流量关系式即为:

$$G_{t+1}^K = (1 - \delta) G_t^K + G_t^I \quad (4)$$

其次,确定第 t 年投资和消费分别导致的碳排放量。由生产函数可知,第 t 年的生产所导致的碳排放为物质资本折旧“释放”的碳排放 G_t^K 和能源消耗产生的碳排放 G_t^E 之和。相应地,第 t 年消费和投资导致的碳排放也各由两部分组成,即:

$$G_t^C = G_t^{CK} + G_t^{CE}; \quad G_t^I = G_t^{IK} + G_t^{IE} \quad (5)$$

其中, G_t^{CK} 和 G_t^{CE} 分别表示第 t 年生产消费品所消耗的物资资本与能源导致的碳排放, G_t^{IK} 和 G_t^{IE} 分别表示第 t 年生产投资品所消耗的物资资本与能源导致的碳排放。

对于规模报酬不变的生产函数,在竞争性市场下,产出与要素投入成正比,从而消费量和投资量分别与生产消费品和投资品所投入的物资资本及能源成正比。据此,可设第 t 年生产消费品所消耗的物资资本与能源导致的碳排放分别为 $G_t^{CK} = g^{CK} C_t$ 和 $G_t^{CE} = g^{CE} C_t$,生产投资品所消耗的物资资本和能源导致的碳排放分别为 $G_t^{IK} = g^{IK} I_t$ 和 $G_t^{IE} = g^{IE} I_t$ 。实证研究也部分表征了上述关系,Colley et al (2008) 讨论了中国居民家庭消费直接和间接耗能导致的碳排放——本文中的 G_t^{CE} ——与家庭人均年收入的关系,发现二者成正比,而家庭人均年收入可视为消费量的替代变量。然而,投资品和消费品的生产函数可能有所不同。设 $\alpha_1 = g^{IK}/g^{CK}$, $\alpha_2 = g^{IE}/g^{CE}$, α_1 和 α_2 反映了投资品和消费品的生产的要素需求结构的差异,进而表征为单位投资与消费的碳排放量的差异。

将上述关系代入式(2)和式(5)可得,第 t 年投资导致的碳排放为:

$$G_t^I = \frac{\alpha_1 I_t}{C_t + \alpha_1 I_t} G_t^K + \frac{\alpha_2 I_t}{C_t + \alpha_2 I_t} G_t^E \quad (6)$$

相应地,第 t 年消费导致的碳排放,即消费排放为:

$$G_t^C = \frac{C_t}{C_t + \alpha_1 I_t} G_t^K + \frac{C_t}{C_t + \alpha_2 I_t} G_t^E \quad (7)$$

最后,在 $[t_1, t_2]$ 年间,消费排放与能源消耗产生的碳排放的平衡式为:

$$G_{t_1}^K + \sum_{t=t_1}^{t_2} G_t^E = G_{t_2}^K + \sum_{t=t_1}^{t_2} G_t^C \quad (8)$$

其中等式左侧为第 t_1 年物质资本所“沉淀”的碳排放与 $[t_1, t_2]$ 年间的能源消耗产生的碳排放之和,等式右侧为第 t_2 年物质资本“沉淀”的碳排放与 $[t_1, t_2]$ 年间的消费排放之和。

可以证明(见附录),当时间足够长,初年及末年物质资本“沉淀”的碳排放相比于该时间段内的累积消费排放可忽略不计,则累积消费排放等于累积能源消耗产生的碳排放,即式(8)可简化为

$$\sum_{t=t_1}^{t_2} G_t^E = \sum_{t=t_1}^{t_2} G_t^C \quad (9)$$

这意味着经济中所产生的碳排放可全部核算为最终消费导致的碳排放,即消

在上述设定下,如果不同年份的要素相对价格发生变化, g^{CK} 、 g^{IK} 、 g^{CE} 以及 g^{IE} 会随时间变化,但 α_1 和 α_2 不变。此外,只有存在生产方式和结构的转变时, α_1 和 α_2 才可能会变化。

费排放。

情景 1:各国消费结构相同且消费同样的产品

一个自然的假定是各国的消费结构相同而且消费同样的产品,则各国单位消费的碳排放是相同的,各国消费排放的差异表征为各国消费量的差异。各国消费结构相同意味着我们认为各国代表性消费者的偏好无差异;各国消费同样的产品至少需要全球产品自由贸易、价格由世界市场决定的假设(Copeland 和 Taylor, 1994),而在当前资本与能源的自由流动以及跨国企业在全世界配置生产的背景下,一种产品的生产函数和要素需求结构在全世界趋于相同,对于该假设能够提供进一步的支持。

在该情景下,第 t 年国家 i 的消费排放为:

$$G_{it}^c = \frac{C_{it}}{C_t} G_t^c = \frac{C_{it}}{C_t + {}_1 I_t} G_t^K + \frac{C_{it}}{C_t + {}_2 I_t} G_t^E \quad (9)$$

情景 2:以各国排放强度衡量各国单位消费的碳排放量差异

现实中,各国的排放强度(定义为单位产出的碳排放)存在巨大差异。本文在情景 1 下假定这完全是由国际分工造成的,而在全球化生产和自由贸易条件下各国均消费同样的产品。然而,能源利用效率、能源禀赋结构以及消费行为的差异依然存在,例如日本等国消费的大量产品切实地比中国、美国等国家相同产品的碳排放量要低。因此,有必要讨论各国单位消费的碳排放量不同的情景。

简单起见,我们仅用各国排放强度 g_i 衡量各国单位消费排放的差异,据此设 $g_i^{CK} = g_i^{CK}, g_i^{CE} = g_i^{CE}$ 。同时,由于仅是对各国消费排放的相对大小进行调整,全球总的消费排放以及全球总投资导致的碳排放均不变,不必对各国投资再做调整。相应地,在该情景下,第 t 年国家 i 的消费排放为:

$$G_{it}^c = \frac{{}_i C_{it}}{{}_i C_{it}} G_t^c = \frac{{}_i C_{it}}{{}_i C_{it}} \cdot \left(\frac{C_t}{C_t + {}_1 I_t} G_t^K + \frac{C_t}{C_t + {}_2 I_t} G_t^E \right) \quad (10)$$

由式(10)可知,情景 2 的假设完全忽视了全球分工的影响,将各国排放强度的差异完全归因于本国的消费结构。

四、数据来源及参数估计

本文计算各国累积消费排放所需的主要指标有各国购买力平价 GDP(PPP)、各国最终消费量(包括政府消费和居民消费)以及各国国内 CO_2 实际排放量,时间为 1950—2005 年。其中,购买力平价 GDP 主要采用 Maddison 的统计数据以及世界银行的 WDI 数据;最终消费量的计算需要得到政府和居民消费量以及各国 GDP,这些数据主要来自于国际货币基金组织的 IFS 和世界银行的 WDI 统计;碳排放量主要采用了世界资源研究所的统计数据,为化石能源消耗所排放的 CO_2 当量,该数据库对历史上不存在或尚未独立的国家的排放均做了预测,但 2005 年的 CO_2 排放量则采用了美国能源信息署的统计。不同数据库数据均调整到一致,对于个别缺失的数据,采用趋势外推或插值方法进行了推测。

对于 1850—1949 年时间段,由于各国开放程度均不高且国际贸易量相对较小,我们认为各国累积消费排放等于各国累积国内实际排放。1850—1949 年各国国内实际排放量采用的是世界资源研究所的统计数据。据此,可计算 1850—2005 年的各国累积消费排放量。

文献中关于物质资本折旧率的大小存在一定分歧。Perkins(1998)、Wang 和 Yao(2001)等在其研究中取折旧率为 0.05,Young(2000)及 Hall 和 Jones(1999)则假定了 0.06 的折旧率。张军等

(2004)在将全社会固定资产分成建筑安装工程、设备工器具购置和其他费用三个部分的基础上,计算出这三类资产的折旧率分别为 0.069、0.149 和 0.121,并用三类资产在总资产中的比重为权数,计算出社会总资本的折旧率为 0.096。龚六堂和谢丹阳(2004)以及朱平芳和徐大丰(2007)在其研究中均取资本折旧率为 0.1。折旧率的大小自然会对每一期的资本存量产生较大影响,采用较大的折旧率,得到的资本存量较小,反之则资本存量较大,从而物质资本存量中所“沉淀”的碳排放量也相应有所变化,但并不会显著改变各国消费排放的比重。因此,本文物质资本折旧率取为 0.1。

对于表征单位投资与消费的碳排放量的差异的参数 α_1 和 α_2 ,本文采用 2002 年中国的投入产出表进行一定程度的校准(具体见附录)。参考估计值 $\hat{\alpha}_1 = 0.962, \hat{\alpha}_2 = 1.358$,本文取 $\alpha_1 = 1.0, \alpha_2 = 1.35$ 。

五、计算结果及讨论

1950—2005 年世界各国的累积消费排放量的计算过程如下:首先,加总历年各国购买力平价 GDP 与历年各国最终消费(居民消费和政府消费)分别得到历年世界总产出与总消费,由历年世界总产出减去世界总消费支出得到历年的投资支出,由历年各国碳排放及各国购买力平价 GDP 可得历年各国的排放强度;其次,根据式(4) —(7)可动态计算历年各国总的消费排放、投资导致的碳排放以及物质资本中“沉淀”的碳排放量,由于 1950 年的物质资本存量相对较小,本文没有考虑该年物质资本中“沉淀”的碳排放量;最后,由式(9)或式(10)计算两个情景下历年各国的消费排放,加总得各国累积消费排放及其占世界累积消费排放总量的比重。计算得 2005 年物质资本“沉淀”的碳排放量为历年碳排放量之和的 9.9%,对计算各国累积消费排放影响较小,在核算该时段累积消费排放时也忽略不计。当然,如果一个国家目前投资较多或者拥有大量国外债权,以此获得充足的发展空间,其未来消费排放将相应增加;在一个具有长期减排目标以及不断更新的公平分担框架下,该国家当前的积累势必反映在未来的减排分担体系内。此外,本文对物质资本折旧率以及单位投资和消费的碳排放差异参数 α_1 和 α_2 进行了敏感性分析,结果发现这对物质资本“沉淀”的碳排放量有一定影响,但均对各国累积消费排放的相对大小影响很小。

两个情景下主要国家 1950—2005 年累积消费排放的计算结果见表 1。情景 1 假定各国的排放强度完全是由资源禀赋差异和国际分工所致,而各国均消费同样的产品,仅存在消费量的差异;情景 2 则忽略了国际分工的影响,认为各国的排放强度完全是由其自身的消费结构以及能源效率引致,因此,两个情景下的结果相当于给出了一个置信区间,各国真正的消费排放应处于二者之间。从中可以看出,对于大部分发达国家如英国、法国、意大利和西班牙,由于其工业化进程较早且制造业比重不断降低,其累

表 1 主要国家 1950—2005 年累积消费排放及累积国内实际排放(均为占全球总量的比重,%)

国家	累积国内实际排放	情景 1 下的累积消费排放	情景 2 下的累积消费排放
美国	26.42	23.93	28.82
中国	10.19	6.84	8.76
德国	5.64	4.90	5.49
俄罗斯	9.31	3.68	8.35
日本	4.80	6.60	4.52
英国	3.55	4.22	3.86
法国	2.26	3.95	2.32
意大利	1.82	3.47	1.92
印度	2.64	4.33	2.84
巴西	1.00	2.72	1.09
墨西哥	1.24	1.92	1.34
西班牙	1.02	1.68	1.08
加拿大	2.20	1.96	2.27
澳大利亚	1.20	1.10	1.23
乌克兰	2.35	0.86	2.30
南非	1.33	0.58	1.38

积消费排放显著高于国内实际排放;对于大部分能源资源丰富、耗能工业发展迅速且出口较大的发展中国家如中国、南非(情景2下累积消费排放结果与累积国内实际排放差别很小,而情景1的结果却显著小于国内实际排放)及俄罗斯等东欧国家,其累积消费排放显著小于累积国内实际排放;对于一些能源资源丰富的发达国家如澳大利亚及加拿大,其累积消费排放与累积国内实际排放基本相当。德国的累积消费排放小于其累积国内实际排放,而巴西、印度和墨西哥等发展中国家的累积消费排放大于其累积国内实际排放,这主要是由于德国制造业发达,生产大量碳密集产品,并且长期贸易盈余,而巴西、印度和墨西哥等则出口大量初级产品如农产品、资源品和服务业产品而进口大量制造业产品(Kainuma et al, 2000; Lenzen, 2001),并且长期贸易赤字。两个情景下美国及日本的累积消费排放的结果一个大于累积国内实际排放,一个小于累积国内实际排放,但两国是相反的;对于美国,制造业发达且出口大量碳密集产品,但20世纪80年代前为贸易盈余而之后却是因过度消费导致大量贸易赤字,因此美国实际的累积消费排放可能与累积国内实际排放相当;对于日本,长期提倡节能且贸易盈余巨大,然而其制造业也很发达,且集中于精密制造行业,例如从发展中国家大量进口粗钢产品进行精加工,这种产品的分工使得日本将大量碳排放留在发展中国家(李丽平等, 2008),因此日本累积消费排放将高于累积国内实际排放。

最后,我们比较感兴趣的是中国的累积消费排放。从计算结果看,1950—2005年中国累积国内实际排放占世界累积碳排放总量的比重虽然高达10.19%,但是两个情景下中国累积消费排放仅占世界累积消费排放总量的6.84%及8.76%,这意味着约有14%—33%的国内实际排放是为他国居民提供消费品所致。进一步,深入考察国际分工的影响,并考虑到中国的进口多为中间产品,改革开放以来中国的最终消费与净出口(扣除中间产品)之比约为3:1,我们不妨认为中国自身的高碳消费结构和低效率对于中国相对较高的碳排放强度的贡献率为75%,那么中国将约有超过 $1 - (6.84\% \times 1/4 + 8.76\% \times 3/4) / 10.19\% = 20\%$ 的国内实际排放是为他国居民提供消费品所致,该结果较当前多数核算中国贸易内涵排放的研究有所偏高,主要是累积消费排放核算考虑了中国改革开放后为他国生产消费品而进行的大量投资的动态效果。此外,近年来中国的大量投资没能全部体现在当前累积消费排放的核算中,也对累积消费排放和累积国内实际排放之比有一定影响。

5.2 以1850—2005年累积消费排放作为国际公平分担减排责任与义务的指标

当前关于公平分担的研究和提案归纳已不胜枚举(Helm, 2000; 陈文颖等, 2005; 潘家华、郑艳, 2008)。其中, Baer et al (2008) 基于“各国区别的责任以及相应的能力”的讨论焦点, 提出一个温室气体排放发展权框架, 该方案综合考虑了责任和能力两类因素, 既保障发展中国家的发展权, 强调广大低收入、低排放人群无需承担减排义务, 又要求各国高收入、高排放人群均应做出贡献, 从而明确了各国减排义务分担; 国务院发展研究中心(2009)从温室气体为全球性公共物品并对所有人产生负外部性角度出发, 论述应以“各国人均累积实际排放相等”的原则来界定历史排放责任和分配未来的排放权。两个提案均引起了广泛讨论, 然而前者仅考虑了1990—2005年的各国国内实际排放, 导致新兴市场国家减排义务份额骤增; 后者也仅仅要求根据人均累积国内实际排放相等来分配未来的排放权, 对于国际分工的影响和消费模式的差异缺乏考虑。因此, 在这些研究和提案的基础上, 我们进一步认为应将消费排放作为公平分担的重要指标加以考察。

不考虑消费排放的影响, 将不是一个真正公平的分担框架, 落后国家的发展权也不能得到保证。以排放权的分配为例, 我们在两期框架下设想两个开放小国A和B加以讨论。假设A国拥有化石能源, 仅生产碳密集产品, B国仅生产无碳产品, 但均消费碳密集产品和无碳产品, 通过国际市场交易得到相应产品。第1期A国生产了1000吨碳排放的碳密集产品, 交易其中的一半, B国则购买了500吨碳排放的碳密集产品进行消费; 第2期同样如此。现在, 假设国际社会在第1期末分配两国第2期的碳排放权。设公平原则下两国的两期排放权均为1000吨碳排放, 这样两国两期总

的碳排放不变,我们目的是考察碳排放权的分配方式对两国福利的影响。第2期国际市场上碳排放权价格为,相应的碳密集型产品的价格为 $P+$ 。若以国内实际排放作为分配原则,A国在第2期的碳排放权为0,B国则为1000吨;B国将其交易出去,将获得1000的收益,高于购买500吨碳排放的碳密集型产品增加的500的成本,将能消费更多碳密集型产品,较无碳排放权分配情景有福利改进,相反,A国将为自己消费碳密集型产品而付出额外的成本,将只能消费少于500吨碳排放的碳密集型产品,较无碳排放权分配情景有福利损失。若以消费排放作为分配原则,A国和B国在第2期的碳排放权均为500吨碳排放;B国将其交易出去,依然可消费500吨碳排放的碳密集型产品,而A国可购买500吨碳排放权,同样生产1000吨碳排放的密集型产品,一半用于交易,一半用于自身消费,则第2期A国和B国的福利与无碳排放权分配情景一样。可以看出,在这个总排放不变的例子下,排放权分配方式的变化对两国福利的影响是不同的,以国内实际排放作为分配原则导致一国福利增加而另一国福利降低,不能说是一个公平的分配原则,因此在国际分工以及全球化的背景下,以消费排放作为分配原则更能体现公平分配原则,也才能被各国接受。

我们由此计算了1850—2005年世界各国的累积消费排放。由于1850—1949年国际贸易量相对较小,特别是工业化国家与落后国家之间基本无贸易,本文简单地将各国国内实际排放视为其消费排放。加上前节核算的1950—2005年各国累积消费排放,即可得到1850—2005年各国累积消费排放。同时,我们以2005年各国人口为基准,计算了各国人均累积消费排放。具体见表2。可以看出,发达国家的人均累积消费排放普遍要远高于发展中国家,即使是《京都议定书》附件一国家中人均累积消费排放最小的罗马尼亚(情景1下为141吨CO₂)或葡萄牙(情景2下为176吨CO₂),巴西、中国和印度等发展中国家也均低于其水平,特别是中国和印度尚不足其三分之一。

因此,我们将《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)确定的国际社会应对气候变化的“共同有区别的责任”原则扩展为“共同有区别的碳消费权”原则,认为一个国际公平的减排责任与义务分担框架应当以1850年以来的(人均)累积消费排放为主要指标。在该原则下,落后国家当前应获得足够的碳消费权利,以满足其消除贫困和发展的需求,而不必付出额外的成本。发达国家则应为其过多的历史消费排放负责,承担更大的减排责任;在其应为消费他国产品导致的碳排放负责的前提下,发达国家不仅要在本国立即开展减排行动,而且应通过国际间的资金和技术转移,提高落后国家产品生产的技术水平,以降低自身消费排放、实现减排目标。

六、主要结论与建议

本文从长期的、动态的视角将

表2 主要国家1850—2005年累积消费排放及人均累积消费排放

国家	情景1		情景2	
	累积消费排放(MtCO ₂)	人均累积消费排放(tCO ₂)	累积消费排放(tCO ₂)	人均累积消费排放(tCO ₂)
美国	285739	951	326094	1086
中国	58247	44	74132	57
德国	69029	837	73896	896
俄罗斯	36812	257	75395	527
日本	54552	427	37256	292
英国	70622	1173	67762	1125
法国	44054	724	30667	504
意大利	30245	516	17509	299
印度	37950	35	25651	23
巴西	22828	123	9322	50
墨西哥	16351	159	11502	112
西班牙	14992	345	10069	232
加拿大	20493	635	23066	714
澳大利亚	10493	516	11578	570
乌克兰	8783	187	20647	439
南非	6287	134	13000	277
罗马尼亚	3051	141	5889	272
葡萄牙	3619	343	1861	176
世界	1039363	162	1039363	162

投资作为一项中间品,提出根据最终消费来衡量各国碳排放责任的想法,通过研究最终消费与碳排放量的关系,计算了两个情景下 1950—2005 年的世界各国累积消费排放量,发现中国累积国内实际排放占世界累积碳排放总量的比重虽然高达 10.19%,但是中国的累积消费排放仅占世界累积消费排放总量的 6.84%—8.76%,这意味着约有 14—33%(或超过 20%)的国内实际排放是由他国消费所致,而大部分发达国家如英国、法国和意大利的累积消费排放均大于其累积国内实际排放。基于生产为了消费、为了增进福利的经济思想,我们认为是最终消费而不是生产才是导致温室气体大量排放、气候变化加剧的根本原因,而发达国家为了维持高消费而在全世界配置资源、投入更多能源进行生产更进一步加剧了该现象,据此我们讨论了以消费排放作为公平分担原则的重要性,强调根据消费排放而不是各国实际排放来界定各国的责任才更为公平。

进而,我们将 UNFCCC“共同有区别的责任”原则扩展为“共同有区别的碳消费权”原则,建议以 1850 年以来的(人均)累积消费排放作为国际公平分担减排责任与义务的重要指标。1850—2005 年的人均累积消费排放计算结果表明,大部分发展中国家的排放水平不仅远远低于主要发达国家水平,而且也低于《京都议定书》附件一“国家的最小水平”。因此,发展中国家的发展权应体现为其居民有权利在将来一段时期消费更多的含碳产品,以满足其增进福利和发展的需求,而不必付出额外的成本。在发达国家承认为消费他国产品导致的碳排放负责的前提下,发达国家不仅要在本国立即开展减排行动,而且应通过国际间的资金和技术转移,提高落后国家产品生产的水平,这也是其降低自身消费排放、实现减排目标的重要手段。

在实践中,消费排放的概念可以明确引导政策措施的目标,它指出各国的“减排指标”应首先与消费挂钩,而不是与生产挂钩;一些减排的措施,如税收等,也应是针对消费而不是针对生产进行实施(佐和隆光,2001)。同时,长期来看,这有利于提倡改变人们的生活方式与消费模式本身,而不仅仅是寻找清洁能源。

当然,本文主要提出消费排放的动态核算框架,但计算结果比较初步,仍有很大的扩展空间。一方面,在上述动态框架下,参考“贸易内涵排放”对进口产品的处理,可详细计算过去几十年中国产生的碳排放有多少为中国的消费所致,有多少为他国的消费所致;另一方面可利用全球动态一般均衡模型或者是动态投入产出模型,对各国的累积消费排放进行更为细致的计算,从而能够更好地用于界定各国的历史排放责任或分配排放权。

附录

附录 A:证明当时间足够长,式(8)可简化为
$$G_t^E = \sum_{i=t_1}^{t_2} G_{it}^C$$

证明:当时间足够长,假设经济存在稳态,此时任意年份的物质资本存量和能源投入均保持不变,分别记为 \bar{K} 和 \bar{E} 。相应地,产出为定值 $\bar{Y}=f(\bar{K}, \bar{E})$ 。由资本的动态累积方程得: $\bar{I}=\bar{K}$,保持不变,消费也为定值 \bar{C} ,据此储蓄率也为定值 $\bar{s}=\bar{I}/\bar{Y}$ 。能源消耗产生的碳排放也相应为定值 \bar{G}^E 。

则第 t 年投资导致的碳排放为:

$$G_t^I = \frac{\bar{s}}{1-\bar{s}+\bar{s}_1} G_t^K + \frac{\bar{s}}{1-\bar{s}+\bar{s}_2} \bar{G}^E \quad (11)$$

由式(4)得,第 $t+1$ 年物质资本中沉淀的碳排放为:

$$G_{t+1}^K = \left(1 - \frac{(1-\bar{s})}{1-\bar{s}+\bar{s}_1}\right) G_t^K + \frac{\bar{s}}{1-\bar{s}+\bar{s}_2} \bar{G}^E \quad (12)$$

上式中 G_t^K 的系数小于 1,意味着物质资本“沉淀”的碳排放量最终也将收敛于一定值 \bar{G}^K 。解之得:

$$\bar{G}^K = \frac{(1-\bar{s}+\bar{s}_1)\bar{s}_2}{(1-\bar{s}+\bar{s}_2)(1-\bar{s})} \bar{G}^E \quad (13)$$

因此,当时间足够长即 $t_2 - t_1$ 趋于无穷大时,初期及末期累积在物质资本的碳排放相对于能源消耗产生的累积排放和累积消费排放为无穷小,故可忽略不计,式(9)能够简化为 $G_{it}^E = G_{it}^C$ 。此外,该简化在经济稳定增长的情景下也成立。

附录 B:估算 α_1 和 α_2

本文利用 2002 年中国的产出数据对 α_1 和 α_2 进行一定程度地校准。为了能够同时考察各生产部门的投入产出关系以及各生产部门与能源消耗和碳排放的关系,本文采用了包括 29 个生产部门、3 种化石能源消耗(煤炭、原油和天然气)以及物质资本折旧的投入产出表。

各生产部门的投入产出关系可描述为(Leontief, 1986):

$$X = (I_n - A)^{-1} Y \tag{14}$$

其中, X 为各部门产出, Y 为各部门产出的终端需求,即消费、投资和出口需求之和, A 为投入产出直接消耗系数矩阵, I_n 为 n 阶单位矩阵。本文主要是要估计单位投资和消费的导致的碳排放的差异,简单起见,将净出口设为最终产品,没有区分进口产品是否是中间投入品。

各生产部门耗能导致的碳排放可表示为:

$$G_{it}^E = FX = F(I_n - A)^{-1} Y \tag{15}$$

其中, F 为各部门生产投入能源所导致的碳排放的系数矩阵。该系数可通过分行业能源消费表计算得到,同时考虑能源品种的差异,煤炭、原油和天然气的碳排放系数分别为 0.770、0.676 和 0.523 吨碳/吨标准煤(刘强、庄幸和姜克隽等,2008)。注意到本文仅采用原油作为碳排放来源,将碳排放计在原油加工环节,实际上只有在汽油、柴油和煤油等一系列原油加工品被消耗时才排放温室气体,加工时并没有实际产生碳排放,不过式(14)已考虑了原油加工品作为其他部门投入的关系,因此式(15)的处理与直接计算各行业消耗原油加工品导致的碳排放是等价的。

将终端需求分解,即得消费与投资各自因耗能导致的碳排放:

$$G^{CE} = F(I_n - A)^{-1} C + G^I, G^E = F(I_n - A)^{-1} I \tag{16}$$

注意到消费因耗能导致的碳排放包含两项,其中 $F(I_n - A)^{-1} C$ 为消费各生产部门产品导致的碳排放, G^I 为生活用能导致的碳排放,而投资因耗能导致的碳排放并没有这一项。

类似地,消费以及投资所损耗的物质资本分别为:

$$K^C = ZX = Z(I_n - A)^{-1} C, K^I = ZX = Z(I_n - A)^{-1} I \tag{17}$$

假设单位物质资本“沉淀”的碳排放是个常数即是同质的,则 $G^{IK}/G^{CK} = K^I/K^C$ 。

据此,由 α_1 和 α_2 的定义可知二者的估计值分别为:

$$\hat{\alpha}_1 = (K^I/D)_{2002} / (K^C/C)_{2002} = 0.962, \hat{\alpha}_2 = (G^{IE}/D)_{2002} / (G^{CE}/C)_{2002} = 1.358$$

参考文献

陈文颖、吴宗鑫、何建坤,2005:《全球未来碳排放权“两个趋同”的分配方法》,《清华大学学报(自然科学版)》第 6 期。
 龚六堂、谢丹阳,2004:《我国省份之间的要素流动和边际生产率的差异分析》,《经济研究》第 1 期。
 国务院发展研究中心课题组,2009:《全球温室气体减排:一个理论框架和解决方案》,《经济研究》第 3 期。
 潘家华、郑艳,2008:《碳排放与发展权益》,《世界环境》第 4 期。
 李丽平、任勇、田春秀,2008:《国际贸易视角下的中国碳排放责任分析》,《环境保护》第 3 期。
 李善同、何建武,2008:《中国进出口贸易中隐含的能源、水资源以及排放的污染物》,国务院发展研究中心工作论文。
 刘强、庄幸、姜克隽等,2008:《中国出口贸易中的载能量及碳排放量分析》,《中国工业经济》第 8 期。
 潘家华,2008:《中国进出口贸易中的内涵能源及政策含义》,中国社会科学院工作论文。
 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。
 孙琳琳、任若恩,2005:《资本投入测量综述》,《经济学(季刊)》第 4 期。
 姚愉芳、齐舒畅、刘琪,2008:《中国进出口贸易与经济、就业、能源关系与对策研究》,《数量经济技术经济研究》第 10 期。

- 张军、吴桂英、张吉鹏, 2004:《中国省际物质资本存量估算:1952—2000》,《经济研究》第10期。
- 佐和隆光, 1999:《防止全球变暖》,中译本,环境科学出版社。
- Ackerman, F., Ishikawa, M. and Suga, M., 2007, "The Carbon Content of Japan-US Trade", *Energy Policy*, Vol. 35, 4455—4462.
- Arndt, D., Arndt, S. and Kierzkowski H., 2001, *Fragmentation*, Oxford University Press, London.
- Baer, P., Athanasiou, T. and Kartha, S., 2008, "The Greenhouse Development Rights Framework: the Right to Development in a Climate Constrained World", Stockholm Environment Institute Report, Stockholm.
- Copeland, B. R. and Taylor, M. S., 1994, "North-South Trade and the Environment", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 5, 755—787.
- Ferng, J. J., 2003, "Allocating the Responsibility of CO₂ Over-emissions from the Perspectives of Benefit Principle and Ecological Deficit", *Ecological Economics*, Vol. 46, 121—141.
- Helm, C., 2000, *Economic Theories of International Environmental Cooperation*, Edward Elgar Publishing Inc., Massachusetts.
- Houser, T., Bradley, R., and Werksman, J., etc, 2009, "Level the Carbon Playing Field: International Competition and US Climate Policy Design", Peterson Institute for International Economics, Washington D. C.
- IEA, 2007, *World Energy Outlook 2007*, International Energy Agency, Paris.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007*, Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Kainuma, M., Matsuoka, Y. and Mbita, T., 2000, "Estimation of embodied CO₂ Emissions by General Equilibrium Model", *European Journal of Operational Research*, Vol. 122, 392—404.
- Lenzen, M., 2001a, "A Generalized Input-output Multiplier Calculus for Australia", *Economic Systems Research*, Vol. 13, 65—92.
- Lenzen, M., 2001b, "Errors in Conventional and Input-output-based Lifecycle Inventories", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 4, 127—148.
- Li, Y. and Hewitt, C. N., 2008, "The Effect of Trade between China and the UK on National and Global Carbon Dioxide Emissions", *Energy Policy*, Vol. 36, 1907—1914.
- Leontief, W., 1986, *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York.
- Munksgaard, J. and Pedersen, K. A., 2001, "CO₂ Accounts for Open Economies: Producer or Consumer Responsibility?" *Energy Policy*, Vol. 29, 327—334.
- Perkins, D. H., 1998, "Reforming China's Economic System", *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, No. 2, 601—645.
- Peters, G. P., 2008, "From Production-based to Consumption-based National Emission Inventories", *Ecological Economics*, Vol. 65, 13—23.
- Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2008a, "CO₂ Embodied in International Trade with Implications for Global Climate Policy", *Environmental Science and Technology*, Vol. 42, 1401—1407.
- Peters, G. P. and Hertwich, E. G., 2008, "Trading Kyoto Nature Reports", *Climate Change*, Vol. 2, 40—41.
- Shui, B. and Harriss, R. C., 2006, "The Role of CO₂ Embodiment in US-China Trade", *Energy Policy*, Vol. 34, 4063—4068.
- Smith, A., Johnson, V., and Smith, J., 2007, "China dependence: The Second UK Independence Report", New Economics Foundation Report, London.
- Weber, C. L., Peters, G. P., Guan, D. and Hubacek, K., 2008, "The Contribution of Chinese Exports to Climate Change", *Energy Policy*, 36:3572—3577.
- Weber, C. L. and Matthews, H. S., 2007, "Embodied Environmental Emissions in US International Trade 1997—2004", *Environmental Science and Technology*, 41:4875—4881.
- Wang, T. and Watson, J., 2007, "Who Owns China's Carbon Emissions?", Tyndall Centre for Climate Change Research, Sussex, UK.
- Wang, Y. and Yao, Y., 2001, "Source of China's Economic Growth, 1952—1999: Incorporating Human Capital Accounting", World Bank Working Paper.
- World Bank, 2007, *World Development Indicator 2007*. Accessed 2007.
- WRI, 2007, *Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) Version 5.0*. World Resources Institute, Washington D. C.

(下转第 64 页)

Saving Rate and Trade Pattern in Long-run Under Oligopolistic Market Structure

Xing Xiaobing^a and Zhu Zhongdi^b

(a: Anhui University of Finance and Economic; b: Shanghai Institute of Foreign Trade)

Abstract: This paper constructs a two-factor and two-product dynamic model to analyze the relationship between saving rate and trade pattern in long-run under oligopolistic market structure. We have showed that if oligopolys in different countries will have equal output in equilibrium, then the country with a higher saving rate will have a higher capital-labor ratio in long-run equilibrium, and export capital-intensive goods, import labor-intensive goods, and vice versa. Our conclusion implies that high saving rate is crucial for the industrialization process. So the positive effect of high saving rate on our economic growth should not be underestimated in current time.

Key Words: Oligopoly; Saving Rate; Trade Pattern; Factor Endowment

JEL Classification: D43, F11, F12

(责任编辑: 晓明) (校对: 晓鸥)

(上接第 14 页)

An Economic Analysis of Consumption and Carbon Emission Responsibility

Fan Gang, Su Ming and Cao Jing

(National Economic Research Institute, China Reform Foundation;
Peking University; Tsinghua University)

Abstract: The globalization has been imposing great challenges on allocating greenhouse gas (GHG) abatement responsibilities across countries. From a dynamic perspective, we propose the idea of allocating the emission responsibility based on the ultimate consumption, analyze the relationship between ultimate consumption and carbon emission, and measure the consumption-based carbon emission across all the countries from 1950 to 2005 in two scenarios. Our analysis suggests that about 14%—33% (maybe more than 20%) of China's accumulative domestic emission is induced by the others' consumption, whereas most developed countries are on the contrary. Based on the new concept of consumption-based carbon emissions, we extend the UNFCCC concept of 'the Common but Differentiated Responsibilities' to allocate fair carbon-consumption rights across countries and propose using a consumption-based carbon-emission right as an important indicator in a future GHG burden-sharing framework.

Key Words: Climate Change; Consumption-based Carbon Emission; Carbon-Consumption Rights

JEL Classification: Q54, H23, P14

(责任编辑: 唐寿宁) (校对: 晓鸥)