

# 碳关税对中国高耗能商品及能源市场影响

——基于可计算一般均衡模型分析

徐 斌 李彦江 吴千羽

(中国石油大学 中国能源战略研究院, 北京 102249)

**摘要:** 本文在传统可计算一般均衡模型的基础上, 创新地引入能源出口国提取成本函数和能源技术型劳动力供给参数, 探讨碳关税对中国高、低能耗商品生产及能源市场的影响。研究表明, 当能源技术型劳动力变化参数在区间(0, 1)之间时, 能源技术型劳动力供给达到最优状态, 对于抵制碳关税对中国能耗商品的影响所发挥的作用最大。碳关税的实施将会降低我国 GDP 的能源强度, 造成我国生产能力受到抑制, 致使能源消费成本提高, 能源需求量大幅下降, 能源消费结构变化。中国的能源结构仍以化石能源为主导, 在积极应对碳关税过程中, 必须提高资源的利用效率, 加快资源结构调整, 积极推进技术进步, 提升产业竞争力, 强化社会节约意识宣传, 建立健全资源节约型法制政策, 合理构建资源节约型社会体制和机制, 高效度循环利用资源, 为我国经济社会的持续发展提供保障。

**关键词:** 可计算一般均衡模型; 高耗能商品; 能源市场; 碳关税

中图分类号: F407.2 文献标识码: A 文章编号: 1671-9301(2015)02-0023-10

DOI:10.13269/j.cnki.ier.2015.02.003

## 一、问题的提出与研究综述

中国是当今经济发展速度最快的国家, 同时也是碳排放量最大的国家。我国的能源结构基本仍以煤炭为主, 温室气体含量高, 对环境的影响大。由于我国出口产品大多以高耗能产品为主, 美国一旦施行碳关税政策对我国的出口贸易将构成巨大威胁, 制造业产业竞争力可能整体下降, 导致大量人员失业, 尤其是作为我国行业发展基础动力的能源市场安全受其冲击度显著。在低碳经济成为当今国际社会主流时, 碳关税政策势必会被发达国家所利用, 如何充分认识碳关税政策对我国能源市场的影响就成为亟待解决的问题。

为了保护和促进本国绿色产业的发展, 减少本国碳排放, 减轻来自发展中国家的进口商品的竞争压力, 美国众议院在 2009 年 6 月通过的《美国清洁能源安全法案》中提出了“边境税调整”(Border Tax Adjustments, BTAs) 措施, 其中最著名的就是“碳关税”。碳关税涉及能源经济学以及国际贸易领域, 国外大部分研究目前集中在识别何种形式的国际贸易能够更有效地减少全球碳排放量, 或是集中在相关政策合理性及合法性问题上。如 Demailly and Quirion<sup>[1]</sup> 对欧盟水泥行业通过分析模拟总量限制与交易排放配额分配方法的影响来确定泄露效应, 研究发现基于溯往原则和基于产量分配的

收稿日期: 2014-09-24; 修回日期: 2014-12-26

**作者简介:** 徐斌(1970—), 男, 江西上饶人, 中国石油大学(北京)中国能源战略研究院副教授, 经济学博士, 研究方向为能源与环境治理; 李彦江(1985—), 山东诸城人, 中国石油大学(北京)中国能源战略研究院硕士研究生; 吴千羽(1990—), 河南驻马店人, 中国石油大学(北京)中国能源战略研究院硕士生。

**基金项目:** 本文系中国石油大学(北京)战略研究院与韩国能源经济研究院合作课题“气候变化领域中国的能源政策研究”(项目编号: ZX20140049) 阶段成果。

影响是不同的,前者的泄露效应强。Ponssard 和 Walker<sup>[2]</sup>利用比例失效率模型,根据 2006 年碳排放数据,估算了在完全总量限制与交易排放配额条件下欧盟水泥行业的泄露问题,得出欧盟水泥行业的泄露是由于碳排放交易制度强制性所导致的结果。Lockwood 和 Whalley<sup>[3]</sup>对比分析了碳关税的研究与 20 世纪 60 年代欧盟增值税的研究,Cai 等<sup>[4]</sup>人通过多国经济模型测算了全球环境变化将如何影响参与国家的决策,考察了国际贸易如何影响不同类型国家参与全球气候变化谈判的意愿。Chatterji 等<sup>[5]</sup>人则通过建立动态认知模型研究如何能够更好地实现全球低碳。而目前关于碳关税影响的研究还较少。

现有的关于碳关税影响的研究中,从定性或简单定量角度出发的文章较多。在碳关税影响的定量研究方面,国内外学者多用可计算一般均衡模型进行考量。这主要是由于传统的税收影响模型主要有计量经济模型、投入产出模型和可计算一般均衡模型( Computable General Equilibrium, CGE)等;然而对于碳关税影响研究来说,由于目前世界上并没有碳关税征收范例,所以没有足够的可用于建立计量经济模型的原始数据,且投入产出模型受制于固定系数,建立基于一般均衡理论的模型更能体现经济中各微观主体的决策均衡。国外利用 CGE 模型研究方面, Veenendaal 和 Manders<sup>[6]</sup>,以及 McKibbin 和 Wilcoxon<sup>[7]</sup>利用一般均衡模型研究测算了碳关税对碳减排、企业竞争力及国际贸易的影响,结果显示碳关税对其碳减排及其区域内的企业竞争力都存在积极的意义。Yan Dong 和 John Whalley<sup>[8]</sup>所构建的多区域可计算一般均衡模型,融合高、低碳密度两类产品及碳激励措施的分析,得出欧美所征收的碳关税对改善环境质量的作用极为有限。国内方面,沈可挺和李钢<sup>[9]</sup>采用动态可计算一般均衡模型评估了碳关税对中国工业品生产、出口、就业等的影响。鲍勤、汤铃、杨列勋<sup>[10]</sup>通过构建碳关税可计算一般均衡模型,基于 2007 年数据在假设 10 种不同碳关税税率( 10 美元/吨碳 - 100 美元/吨碳) 的情境下,模拟评估了碳关税对我国贸易出口、宏观经济及环境等方面的影响。

基于上述可计算一般均衡模型的明显优势,本文在传统可计算一般均衡模型的基础上,将固定能源禀赋替换成为对能源出口国使用的提取成本函数替换,并加入能源技术型劳动力供给参数对模型进行拓展,以明晰能源供给及其产生的温室气体排放的内生性和能源技术型劳动力因素对碳关税政策的影响。

本文第一部分回顾了国内外关于碳关税研究的成果,第二部分针对研究问题,构建可计算一般均衡模型并在传统模型的基础上进行拓展,第三部分对所建立模型进行数据校准,第四部分分析不同碳关税定价对中国高耗能产品生产的影响,并确定能源技术型劳动力供给的最优状态,第五部分探讨不同碳关税定价对中国能源市场的影响,第六部分提出相关的政策建议。

## 二、一般均衡模型的构建和拓展

本文中一般均衡模型参考 Yan Dong & John Whalley<sup>[8]</sup>所构建的多区域同一行业两种产品的纯交换一般均衡模型,探讨碳关税对中国能耗商品及能源市场的影响。

文章所用的数据来源均基于 2010 年世界经济统计数据,该模型涵盖潜在征收碳关税的美国、欧盟和最有可能是被征收对象的中国和其余的国家或地区。对于税率的设定该模型中分设 4 种( 25 美元/吨、50 美元/吨、100 美元/吨、200 美元/吨),以模拟不同税率的碳关税征收将对我国对外贸易、总体经济、环境等方面造成不同的影响。

假设  $i$  表示出口国家,  $k$  表示进口国家( 即  $i$  国的产品出口到  $k$  国)。模型中的  $j(j = 1, 2)$  索引每个区域内的两种商品生产。商品 1 具有高能耗( 排放) 强度,商品 2 则具有低能耗( 排放) 强度。该模型指定每种商品的生产使用一种固定要素和一种可变要素,  $E$  表示能源输入,它可以在国家和部门之间移动。为简单起见,假定 ROW 为能源出口国且不生产最终产品,而中国、欧盟和美国向 ROW 出口最终产品,并从 ROW 进口能源。

中国、欧盟和美国的生函数为:

$$Y_j^k = \varphi_j^k (E_j^k)^{\alpha_j^k} \quad k = 1, \dots, 3, \quad j = 1, 2 \quad (1)$$

其中  $Y_j^k$  表示  $k$  国生产的商品  $j$  的输出,  $E_j^k$  表示  $k$  国生产商品  $j$  的能源输入,  $\varphi_j^k$  表示单位(标量参数)且  $\alpha_j^k < 1$  为生产指数。

假定能源输入接受其边际产品价值,而这就等同于能源价格,即:

$$P_E = P_j \frac{\partial Y_j^k}{\partial E_j^k} = P_j^k \varphi_j^k \alpha_j^k (E_j^k)^{\alpha_j^k - 1} \quad k = 1, \dots, 3, \quad j = 1, 2 \quad (2)$$

假设其余的国家和地区为能源出口国家或地区,但不像传统的一般均衡模型中使用的固定能源禀赋,这里笔者将对能源出口国使用的提取成本函数引入到该模型中。作为 ROW 提取成本函数的结果,能源供给及其产生的温室气体排放是由内生决定的,为使模型形象化,用能源  $\bar{E}_i$  的外源性资产构建作为石油进口国的美国、欧盟和中国的模型。

而所使用的提取成本函数意味着提取的边际成本增加,可以写为:

$$K = F(Q) = B_1 + B_2 Q^{B_3} \quad (3)$$

其中  $K$  为提取成本,  $Q_i$  为能源提取量。由提取成本函数的一阶条件,可以得到所隐含的能源供给弹性为:

$$EQ = \frac{dK/K}{dQ/Q} = B_3 - 1 \quad (4)$$

再除以能源价格的提取成本函数,就可计算出在能源开采中使用的资源:

$$ER = \frac{K}{P_E} = \frac{B_1 + B_2 Q^{B_3}}{P_E} \quad (5)$$

在模型需求方面,假定每个国家具有代表性的家庭都存在涵盖商品和全球气温变化的效用函数。可以写为:

$$U_i = U_i(RX_i, \Delta T) = [r_{H_i}^{1/\sigma_{d_i}} H_i^{\sigma_{d_i}-1/\sigma_{d_i}} + r_{L_i}^{1/\sigma_{d_i}} L_i^{\sigma_{d_i}-1/\sigma_{d_i}}]^{\sigma_{d_i}/\sigma_{d_i}-1} \left( \frac{C - \Delta T}{C} \right)^\beta \quad (6)$$

其中  $RX_i$  表示在  $i$  国的所有地区高、低型能耗产品的消费复合,  $\Delta T$  为全球气温变化,  $H_i$  表示跨国排放产品的消费复合,  $L_i$  则是跨国低碳产品的消费复合,  $\sigma_{d_i}$  表示  $i$  国在高、低排放商品之间的替代弹性,  $\beta$  是从气温变化中实际损害的测量值。

在这一公式中,所说明的来自于现今排放的预测性危险可能牵涉到未来温度增量变化的上限,因此  $C$  可被认为是世界所有经济活动停止时全球气温变化值。当  $\Delta T$  接近  $C$  时,效用变为 0,而当  $\Delta T$  趋向 0 时,温度变化将会产生福利影响,可认为以 2010 年为基准能源利用增量排放累积超过 40 年(本文中为至 2050 年)的温度变化。

相反在效用函数中,  $RX_i$  是二级嵌套的 CES 函数。假定每一区域的最大效用由在高、低能源排放强度的产品中进行第一层选择,而第二层次则每个区域可在国内或其它国家的供应源中选择。则可以写为:

$$RX_i = f(X_{i1}^1, X_{i2}^1, X_{i1}^2, X_{i2}^2, X_{i1}^3, X_{i2}^3) \quad (7)$$

其中  $X_{ij}^k$  代表  $k$  国生产的产品  $j$  在  $i$  国中消费。

而任何一个区域效应函数达到最大化必然受到预算约束。如果  $I_i$  是  $i$  国的收入,则可以标记为:

$$\sum_k \sum_j P_{ij}^k X_{ij}^k = I_i \quad i = 1, \dots, 4 \quad (8)$$

中国、美国和欧盟的收入为销售货物的价值减去进口能源对 ROW 的支付。这也包括销售收入、 $i$  国的能源资产。模型包括碳定价收入预算约束,以提升利用能源所排放的固定碳价格(反应在减排目标上)成本的形式。这里也将考虑纳入进口关税、出口退税的边境税调整措施,如果假设给定贸易不平衡的外生变量,预算约束的收入就成为:

$$I_i = P_j^i Y_j^i - p_E (\sum_j E_j^i - \bar{E}_i) + RC_i + R_i + TR_i \quad i = 1, 2, \dots, 3 \quad (9)$$

其中  $RC_i$  为碳定价收入  $R_i$  为进口关税收入  $TR_i$  是两国之间的外生(净进口货物加净进口能源)。这些参数都可赋 0 值,但引进这些参数是为了校正贸易不平衡数据。

ROW 收入包括能源出口及来源于或到国外的信息效应:

$$I_4 = P_E Q - K + TR_4 \quad (10)$$

模型中纳入温度变化函数,它指定气温变化是如何随着每年排放水平的变化而变化的。可以抽象简化为由于 GDP 的增长引起排放量的增加和单位 GDP 在排放强度上的变化。这种假定可显示中国经济增长和排放强度的变化,并使模型更为简单,易操作。

假定排放量与能源消耗量直接相关,则可以直接写出气温变化函数作为能源消费函数,即:

$$\Delta T = g(\sum_i \sum_j E_j^i)^b = a(\sum_i \sum_j E_j^i)^b + c \quad (11)$$

处在平衡状态下,最终产品和能源价格是商品和要素市场所明确的,商品市场出清的涵义为:

$$\sum_i X_{ij}^k = Y_j^k \quad i = 1, 2, \dots, 4 \quad j = 1, 2, \dots, 3 \quad k = 1, 2, \dots, 3 \quad (12)$$

由于能源在国家之间流动,则全球能源开采必须与平衡全球能源消费量相等,能源出清的条件为:

$$\sum_i \sum_j E_j^i = \sum_i \bar{E}_i + (Q - ER) \quad i = 1, 2, 3 \quad (13)$$

其中  $\sum_i \sum_j E_j^i$  为能源消费,  $\sum_i \bar{E}_i$  是中国、欧盟和美国的综合能源储备,  $(Q - ER)$  是由 ROW 所售的能源(能源开采减去提取使用的能源)。

制定可能性政策干预模型与国家碳定价和边境调节措施的使用存在一定的关联性。对于  $k$  国生产的每种商品  $j$ , 将生产者价格定义为  $P_j^k$  (扣除碳定价和边境措施)。  $i$  国从  $k$  国进口的商品  $j$  在国内的固定消费价格可用  $P_{ijk}$  表示, 则会有如下表达式:

$$P_{ijk} = P_j^k + \lambda_{jk} P_c \quad (14)$$

其中  $P_c$  是碳的外生价格,  $\lambda_{jk}$  是  $k$  国生产商品  $j$  的排放强度。这一举措涉及到基于进口国生产排放成本的碳定价所应用的边境调节措施,这并不完全等同于商品的直接碳含量。 $\lambda_{jk} P_c$  为  $k$  国进口  $i$  国产品时所采取的以碳排放为动机的消费价格调整。

而该模型中所考虑的调整包括碳定价、以碳为动机的进口关税及出口退税的不同形式。如果考虑作为可能采用碳定价及边境调节措施的  $k$  国, 则是  $k$  国生产商品  $j$  的排放强度,  $i$  国出口到  $k$  国的商品边境调整就为  $\lambda_{jk} P_c$ , 如果不存在出口退税, 则这种调整同样适用于国内同等产品。

如果以  $P_j^k$  而不是以  $P_{ijk}$  从  $k$  国所申请的出口退税, 则国内生产者仍可收回成本。而如果  $k$  国没有碳定价, 则  $k$  国也就不会有对产品提升边境税调整的措施; 另外的情况是进口  $k$  国当运用碳定价时, 仅仅使用碳关税作为调节措施, 而不运用出口退税。

在基本模型的基础上, 本文还将能源技术型劳动力因素引入该模型中进行拓展, 以明晰能源技术型劳动力因素对碳关税政策所产生的影响。这是因为能源技术的改进需要专门型的人才进行操作, 而一旦技术成熟则对碳关税政策的抵制作用将更加显著。以参数  $\tau$  来刻画能源技术型劳动力变化的程度, 主要分为五类劳动力供给弹性(供给无弹性、供给有无限弹性、单位供给弹性、供给富有弹性、供给缺乏弹性)来描述能源技术型劳动力因素对碳关税的影响及所产生对能耗商品及能源市场结构的影响。能源技术型劳动力供给弹性函数可描述为:

$$E_s = \frac{\Delta s/s}{\Delta w/w} \quad (15)$$

其中  $E_s$  为劳动力供给弹性,  $\Delta s$  表示供给量变动的百分比,  $\Delta w$  表示工资变动的百分比。能源技术

型劳动力变化参数 $\tau$ 的变化区间在 $[0, \infty)$ 。在基准的无能源技术型劳动力变化的情景之下,参数 $\tau$ 恒定为0;而在单位能源技术型劳动力变化情景下,参数 $\tau$ 恒定为1。

### 三、一般均衡模型数据和校准

为运用以上模型分析边境税调整的影响,需要建立兼容一般均衡数据集的模型并对其进行校正。本文中所用的基本数据包括2010年的贸易、生产和消费数据(也有能源使用数据),两个部门(能源密集型和而非能源密集型)生产商品,四个区域(中国、美国、欧盟和ROW)的可变因素(能源)结构。

该模型校准使用的方法是由Shoven and Whalley<sup>[11]</sup>确立的,在给定的CES函数和ROW能源提取函数中,弹性参数在分析过程中发挥着重要作用。模型分析所需的弹性参数设置如下:消费弹性系数设置为0.5,所有区域的高、低排放商品的消费其替代弹性为最高水平且基本持平;低水平的贸易弹性,即国内产品和进口商品之间的替代弹性设置为2;ROW能源供给弹性为0.5。而对于温度变化函数,所采用的数值是Cai, Riezman and Whalley<sup>[4]</sup>在BAU(Business as Usual)情境中所使用的温度变化及排放量预测值。本文使用幂函数来表示:

$$\Delta T = g \left( \sum_i \sum_j E_{ij} \right)^b = 0.001 \left( \sum_i \sum_j E_{ij} \right)^{0.6137} \quad (16)$$

用BAU情境下排放水平来校正决定 $g$ 和 $b$ ,假定2010年至2050年间,温度变化为 $5^\circ\text{C}$ 。在至2050年的气温变化增量替代损坏的假设下,在不同假定水平下,欧盟和美国边境调节措施相关碳定价的大小,这些数据将会在数值模拟分析中使用,直接从式(15) $P_{ijk} = P_j^k + \lambda_{jk} P_c$ 进行运算,通过计算所得的结果 $\lambda_{jk} P_c / P_{ijk}$ 作为边境价格调整值。可以看出,壁垒是非常小的。即使假定碳定价为200美元/吨,欧盟的进口壁垒仍小于3%。美国的价格调整幅度显然高于欧盟,但水平仍旧很低。

很明显,商品的碳含量被指定后,其边境调整措施与贸易壁垒呈反比例关系。因此,由于排放量在中国、美国和欧盟之间存在巨大差异,如果按照出口国生产的排放量来征税则会出现尖锐的分歧。

### 四、不同碳关税定价对高耗能商品影响的数值分析

在上一节中,笔者通过在模型数据的基础上模拟碳定价和边境税调整(Border Tax Adjustments, BTAs)对国家福利、全球温室气体排放量、跨国商品流动等进行了校准。由结果可以看出碳激励政策措施一般对于所有国家的影响都较小,这反映了前面所讨论的边境调节措施是基于和进口国国内生产的商品的比较,而不是进口商品中所隐含的碳含量,各部门之间的排放强度也存在差异,而利用进口国国内产品的碳排放措施符合美国所提出的边境调节措施。

结果同时也证明,BTAs由于部门之间的特殊性,它的影响并不是毫无偏移的,它会进一步影响相对价格。相比于BTAs对排放量的影响,BTAs对于缓解碳泄漏达到了预期的效果,这也就抵消了实行碳定价国家的减排成本。而与没有BTAs措施的贸易流通相比,BTAs减少了实施该项措施国家的进口,增加了其他国家的进口。国内实行碳税及相关碳定价和BTAs的国家其产品价值将增加,而相对于没有实行BTAs的国家来讲,其生产值则下降。如表1所示:

表1 碳关税对中国高、低能耗商品的生产影响

	高耗能商品生产变化率%				低耗能商品生产变化率%			
	碳定价假定				碳定价假定			
	25 美元/吨	50 美元/吨	100 美元/吨	200 美元/吨	25 美元/吨	50 美元/吨	100 美元/吨	200 美元/吨
没有 BTA	0.50%	0.11%	0.20%	0.41%	0.41%	0.08%	0.17%	0.32%
欧美 BTA	0.12%	0.24%	0.46%	0.09%	0.90%	0.18%	0.36%	0.70%
欧美关税	0.18%	0.38%	0.68%	0.14%	0.70%	0.14%	0.27%	0.54%

数据来源:根据碳关税税率的不同假定及各种条件的变化,运用模型中的计算公式而得。

表1分析了碳定价和BTAs对我国高、低能耗商品生产的影响,如表1中所示,没有BTAs的碳定

价将随着碳成本的增加而导致产品价值先降后升。而在 BTAs 条件下,产品价值先升后降。碳关税相对 BTAs 而言也有类似的效果,但影响却较大。

表 2 显示该模型以欧盟针对美国和中国所采用的 BTA 政策变化的例子,利用碳定价和边境税调整(进口关税和出口退税)的结果数据。本文对国内碳税价格水平采用不同假定,价格由 25 美元/吨至 200 美元/吨不等,并记录了各方面的结果数据。首先基于基本数据和新的平衡关系利用希克斯替代效应衡量对福利的影响,该措施适用于模型描述的已指定的国家效应函数。基于福利措施的效用,气候变化所带来的福利影响将被直接反应出来,相比没有碳定价措施而言,尽管边境调节措施针对美国和中国使用,但所有国家的福利将会增加。这反映出由于欧盟的碳定价将会从减少排放量中获得联合效应。正如所期望的一样,全球温室气体排放量下降,欧盟排放量将减少,而美国和中国的排放量则会增加。与此同时对贸易的影响将反映在欧盟非能源密集型产品的进口,而美国和中国将会增加这类产品的进口。因碳定价和边境调整措施的使用,欧盟、美国和中国的国内生产价值将随着价格上涨而增长。表 2 还表明,当部门之间的能源强度不同时,如果碳定价被实施,则对部门 BTAs 将不会存在良性影响。

表 2 欧盟对美国和中国采用的碳定价和边境税调整的影响

		碳定价假定				
		25 美元/吨	50 美元/吨	100 美元/吨	200 美元/吨	
1. Hicksian EV 的福利影响所占 GDP 的比重	欧盟	0.01%	0.01%	0.03%	0.05%	
	美国	0.00%	0.00%	0.01%	0.01%	
	中国	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	
2. 对排放量的影响变化率	欧盟	-0.06%	-0.13%	-0.25%	-0.50%	
	美国	0.04%	0.06%	0.11%	0.22%	
	中国	0.02%	0.06%	0.13%	0.26%	
	总数	-0.01%	0.00%	0.00%	-0.01%	
3. 以卖方价值所衡量的对非能耗产品进口的影响变化率	欧盟	-0.05%	-0.09%	-0.19%	-0.37%	
	美国	0.03%	0.09%	0.17%	0.35%	
	中国	0.03%	0.09%	0.17%	0.33%	
4. 对国内产业的影响变化率	能源密集型产业	欧盟	0.20%	0.39%	0.78%	1.55%
		美国	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%
		中国	0.00%	0.01%	0.01%	0.03%
	非能源密集型产业	欧盟	0.31%	0.61%	1.22%	2.43%
		美国	0.03%	0.05%	0.10%	0.19%
		中国	0.03%	0.06%	0.12%	0.24%

数据来源:依据碳关税税率的不同假定,结合国际贸易数据,利用 Excel 计算软件所得。

表 3 中所模拟的数据是在能源技术型劳动力变化条件下,碳关税政策对中国的高排放商品和低排放商品的影响。从表中模拟的数据可以了解到当参数  $\tau$  为 0 时,其碳关税调整措施并没有发生任何变化,也就是说在此条件下,能源技术型劳动力固有不变,则产生的效力是固定不变的,不会改变欧美 BTA 及关税等政策对中国高、低排放商品的影响;当参数  $\tau$  等于 1 或趋向于无穷大时,能源技术型劳动力变化因子所发挥的作用也并不显著,这可能是因为技术型劳动力数量越多,“滥竽充数”的劳动人员就相对较多,而所产生的实际效应也就相对减少,在能源技术型劳动力上仍然存在瓶颈;而参数  $\tau$  在临界点 1 时所发挥的作用是保持碳关税政策对高、低排放商品影响平衡,使所受到的损坏程度得到更加合理的分配。本文认为,当能源技术型劳动力变化参数  $\tau$  在区间 (0, 1) 之间时,能源技术型劳动力供给达到最优状态,对于抵制碳关税对中国能耗商品的影响所发挥的作用是最大的。



表3 能源技术型劳动力变化条件下碳关税对中国高、低能耗商品的生产影响

		高排放商品生产变化率%				低排放商品生产变化率%			
		碳定价假定				碳定价假定			
		25 美 元/吨	50 美 元/吨	100 美 元/吨	200 美 元/吨	25 美 元/吨	50 美 元/吨	100 美 元/吨	200 美 元/吨
$\tau = 0$	没有 BTA	0.50%	0.11%	0.20%	0.41%	0.41%	0.08%	0.17%	0.32%
	欧美 BTA	0.12%	0.24%	0.46%	0.09%	0.90%	0.18%	0.36%	0.70%
	欧美关税	0.18%	0.38%	0.68%	0.14%	0.70%	0.14%	0.27%	0.54%
$\tau \rightarrow \infty$	没有 BTA	0.49%	0.10%	0.20%	0.40%	0.41%	0.09%	0.16%	0.31%
	欧美 BTA	0.13%	0.33%	0.51%	0.13%	0.95%	0.19%	0.52%	0.65%
	欧美关税	0.21%	0.40%	0.73%	0.27%	0.85%	0.46%	0.13%	0.61%
$\tau = 1$	没有 BTA	0.34%	0.08%	0.11%	0.22%	0.23%	0.09%	0.10%	0.18%
	欧美 BTA	0.07%	0.14%	0.31%	0.06%	0.46%	0.09%	0.19%	0.36%
	欧美关税	0.10%	0.19%	0.35%	0.07%	0.36%	0.08%	0.14%	0.27%
$\tau > 1$	没有 BTA	0.46%	0.09%	0.19%	0.38%	0.42%	0.09%	0.15%	0.33%
	欧美 BTA	0.11%	0.36%	0.49%	0.13%	0.95%	0.19%	0.52%	0.64%
	欧美关税	0.24%	0.40%	0.70%	0.17%	0.87%	0.46%	0.14%	0.83%
$0 < \tau < 1$	没有 BTA	0.26%	0.05%	0.10%	0.20%	0.21%	0.04%	0.08%	0.16%
	欧美 BTA	0.06%	0.12%	0.23%	0.05%	0.45%	0.09%	0.18%	0.35%
	欧美关税	0.09%	0.19%	0.34%	0.07%	0.35%	0.07%	0.14%	0.27%

数据来源:依据碳关税税率的不同假定 结合国际贸易数据 利用 Excel 计算软件所得。

### 五、不同碳关税定价对中国能源市场影响的数值分析

利用一般均衡模型对耗能商品进行数值模拟 结果显示 中国的能耗产品在碳关税征收背景下其国际竞争力会明显减弱 国际贸易“公平竞争”的秩序被打破 致使中国的出口贸易生产值受损 而对于生产能耗产品所利用的能源市场也受到潜移默化的影响。表面上来看 碳关税征收是对中国能耗产品的出口贸易造成损益 其要义在于对中国能源市场的隐蔽冲击。在能源技术型劳动力供给参数存在的条件下 碳关税对中国能耗商品的负面影响将减少 而对能耗商品的影响将波及到整个能源市场。笔者认为 碳关税的征收将影响我国能源市场的能源强度、能源需求、能源结构及减排额度等四个方面。不同的碳关税税率将产生不同的影响 基于上述模型中的方程式及相关数据 经由模拟测算得出如下结论:

第一 碳关税的实施将会降低我国 GDP 的能源强度。这主要是因为我国目前以高碳排放部门为主 碳关税的实施逼迫生产要素向低碳排放部门的转移 将资本和劳动力生产要素替代能源的作用。但是 生产要素对能源的替代作用及部门之间、商品之间的替代作用是有限的 碳关税的税率的大小直接关系能耗强度的强弱,

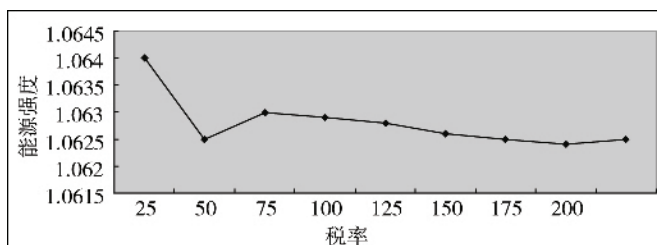


图1 碳关税税率下能源强度的变化

根据已有数据所进行的模拟结果如图1所示 碳关税税率与能耗强度之间成反比例关系 即碳关税税率越高 则能耗强度下降就越缓慢 那么对整个经济的破坏程度的严重性也显而易见。

第二 碳关税在造成我国生产能力受到抑制的同时 也致使能源消费成本提高 能源需求量大幅下降(如图2所示)。当碳关税税率定在50美元/吨时 能源需求弹性发生变化 这说明在能源需求

变化过程中,能源之间的替代作用极为有限。在能源技术型劳动力供给存在的条件下,能源技术的革新将侧重于低碳技术的开拓,使各类能源的需求量尽快在短时间内调整为合理状态,即煤炭、焦炭、石油等高耗能的资源需求将受到节制,燃气、天然气的使用及需求将有所提升。

第三,在我国以石油、天然气、煤炭、加工石油、焦炭电力和燃气为主的六大能源种类中,因碳关税的征收,致使煤炭的降幅远比其他能源的降幅要大,能源结构也因此而发生变化:占能源消费份额最大、碳排放量最大的煤炭能源需求份额随着碳关税的征收而下降,而其他能源需求量相应将会有所提升。表4中的数据说明,碳关税税率对能源结构的调整主要反映在高耗能资源需求变化率上。技术型劳动力的引进在研究新型能源节约技术时,总会努力营建适合整个行业发展的构架,节能技术的运用对于调整能源市场结构将起到积极的作用,也有利于使产业结构得到优化,并能够实现更为优化的市场结构。

第四,我国的碳减排额度与碳关税的税率成正比率关系,碳关税税率的提高将会导致我国碳减排率的提高。从图3中可以看出,碳减排的效果最明显的时期集中在前段区间内(50美元/吨之前),而当碳关税税率定在50美元/吨时又出现了较大的反弹,而往后的趋势明显较为平稳,碳排放

排放额度也就趋向于平稳发展。中国的减排技术尚不发达,与发达国家存在一定的差距,尤其是在相关政策机制建设方面更显得落伍,尽管碳关税税率将致使我国碳减排率提高,但是在发展过程中将会遇到碳减排率“瓶颈”问题,而所依靠的解决手段是能源技术型劳动力的技术研发,碳减排率在未来某个时段将会出现高峰期,但之后将趋向于平稳发展。可见,碳关税并不是最终解决碳减排的有效方法,其重点在于自身减排技术水准的提升以及寻找合作机会积极进行协商式碳减排措施。

#### 六、结论及政策建议

文章通过引入能源技术型劳动力供给参数对可计算一般均衡模型进行拓展,分析碳关税对我国高能耗商品及能源市场的影响。对碳关税对中国高能耗商品影响的研究表明,国内实行碳税及相关碳定价和BTAs的国家其产品价值将增加,而相对于没有实行BTAs的国家来讲,其生产值则下降。没有BTAs的碳定价将随着碳成本的增加而导致所有国家产品价值的提升。在BTAs条件下,拥有碳定价的国家产品价值提升,其他国家在没有BTAs的情况下其产品价值相比而言要下降。对于能源技术型劳动力变化下碳关税政策对中国的高能耗商品和低能耗商品的影响,本文认为,当能源技术型劳动力变化参数 $\tau$ 在区间(0,1)之间时,能源技术型劳动力供给达到最优状态,对于抵制碳关税

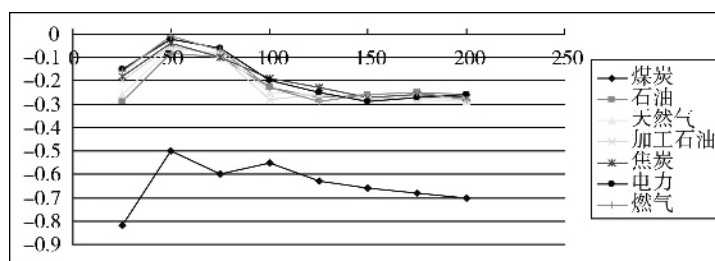


图2 碳关税税率对能源需求的影响(%)

表4 碳关税税率不同所导致的能源架构的变动(以2010年价格基准)

能源需求份额 变化率(%)	碳关税税率(美元/吨碳排放)			
	25	50	100	200
煤炭	-0.015	-0.022	-0.049	-0.018
燃气	0	0	0.001	0
石油	0.002	0	0.003	0.002
焦炭	0.001	0.002	0.005	0.004
电力	0.007	0.012	0.025	0.025
天然气	0	0	0.001	0.001
加工石油	0.005	0.007	0.015	0.012

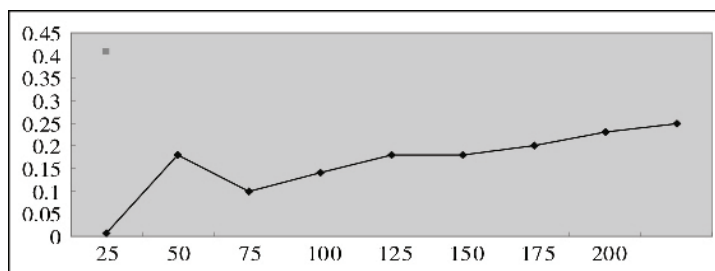


图3 碳减排率(%)受不同碳关税税率的影响



对中国能耗商品的影响所

本文还通过一般均衡  
施将会降低我国 GDP 的能  
本提高,能源需求量大幅  
能源种类中,因碳关税的征  
化:占能源消费份额最大、  
需求量相应将会有所提升;  
会导致我国碳减排率的提

根据相关研究,自 200  
效应越来越明显。<sup>[12]</sup>本文结

第一,抵制碳关税征收  
碳定价的国家产品价值提升  
说,碳关税一旦实施会对还  
我国财富将向发达国家转移  
家与发展中国家在应对气候  
营造国际舆论,开展多边外  
关税;另一方面,我国应推行  
国内企业改进生产技术、减  
征将使得碳关税不能附加在

第二,培养能源技术型  
提高自身碳减排率,但是在  
技术型劳动力的技术研发,  
可见,碳关税并不是最终解  
作机会积极进行协商式碳减  
间时,能源技术型劳动力供给  
最大。因此,发达国家一旦  
度抵制碳关税影响;而在长  
低碳技术的开拓,企业将加  
脱受制于人的不利地位。一

第三,加快产业结构  
要反映在高耗能资源  
的破坏程度的严重  
其他国家相比,转  
方式,大力推

自,积极开拓新  
欧盟、美国和日本是中国主要的出口  
平、劳工标准和环境保护  
起国。如存在多个发达  
的负面影响将更为显  
的研究中需要给予足够的重视。我们  
的同时,应注意调整中国出口贸易的地理方向,扩大向新兴市场的出口,

场的影响,研究发现:碳关税的实  
抑制的同时,也致使能源消费成  
油、焦炭电力和燃气为主的六大  
要大,能源结构也因此而发生变  
关税的征收而下降,而其它能源  
比率关系,碳关税税率的提高将

排放的主要因素,且发挥的减缓

在碳关税实行的条件下,拥有  
价值相对而言会下降。也就是  
造成十分不利的影响,意味着  
公约(UNFCCC)提出的发达国  
的原则。因此,一方面我国应当  
发达国家对发展中国家征收碳  
内实施碳关税一方面可以  
许双重征税,国内资源

碳关税税率将  
而所依靠的  
用,但之后  
非技术

国能  
拥有足  
存在的条件  
排相关技术  
列,碳关税或许蕴

。研究结果表明,碳关  
税率越高,则能耗强度下降  
以燃煤为主的能源消耗结构决  
低碳环保技术的研发投入,改造

国家的经济发  
定了他们是贸易壁垒的主要  
世界与产出  
的负面影响将更为显  
的研究中需要给予足够的重视。我们  
的同时,应注意调整中国出口贸易的地理方向,扩大向新兴市场的出口,

## 参考文献:

- [1] Demailly D. and Quirion P. 2006, "CO<sub>2</sub> Abatement, Competitiveness and Leakage in the European Cement Industry under the EU ETS: Grandfathering versus Output-Based Allocation", *Climate Policy* 6: 93—113.
- [2] Ponsard, J. and Walker, N. 2008, "Eu Emission Trading and the Cement Sector: A Spatial Competition Analysis", *Climate Policy* 8: 467—493.
- [3] Lockwood, B. and Whalley, J. 2008, "Carbon Motivated Border Tax Adjustments: Old Wine in Green Bottles?", *The World Economy* 6: 810—819
- [4] Cai, Y. Z., Riezman, R., and Whalley, J. 2009, "International Trade and the Negotiability of Global Climate Change Agreements", *Economic Modelling* 6: 421—427
- [5] Chatterji, S., Ghosal, S., Walsh, S., et al. 2009, Unilateral Measures and Emissions Mitigation, NBER Working Paper No. 15441.
- [6] Veenendaal, P. and T. Manders 2008, Border Tax Adjustment and the EU-ETS, A Quantitative Assessment, CPB Document No. 171, Central Planning Bureau, The Hague.
- [7] McKibbin, W. and Wilcoxon, P. 2009, "Uncertainty and Climate Change Policy Design", *Journal of Policy Modeling* 31(3): 463—477.
- [8] Dong, Y. and Whalley, J. 2009, "How Large Are the Impacts of Carbon Motivated Border Tax Adjustments", *Climate Change Economics* 3(1): 201—228
- [9] 沈可挺 李钢. 碳关税对中国工业品出口的影响——基于可计算一般均衡模型的评估[J]. 财贸经济 2010(1): 75—82.
- [10] 鲍勤 汤铃 杨列勋. 美国征收碳关税对中国的影响: 基于可计算一般均衡模型的分析[J]. 管理评论 2010(6): 25—33.
- [11] Shoven John and John Whalley, 1984, "Applied General-Equilibrium Models of Taxation and International Trade: An Introduction and Survey", *Journal of Economic Literature* 22(3): 1007—1051.
- [12] 魏楚 余冬筠. 生产性行业温室气体排放的产业结构效应研究[J]. 产业经济研究 2013(1): 22—32.

(责任编辑: 木子)

## The Impact of Carbon Motivated Border Tax on China's High Energy-Consuming Commodities and Energy Markets: An Analysis Based on Computable General Equilibrium Model

Xu Bin, Li Yanjiang, Wu Qianyu

(Academy of Chinese Energy Strategy, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

**Abstract:** This article is based on an extended general equilibrium model with the introduction of an energy technology-based labor supply parameter to explore the impact of carbon motivated border tax on China's energy-consuming commodities and energy markets. Results show that when the value of the energy technology-based labor supply parameter is between the interval  $(0, 1)$ , energy technology-based labor supply achieves its optimal state, and its role of annihilating the impact of carbon motivated border tax on China's energy consumption goods is best played. Implementation of the carbon motivated border tax will reduce the energy intensity of China's GDP, resulting in suppression of production capacity in China, increase of the cost of energy consumption, a substantial decline in energy demand, and changes in energy consumption structure. China's energy structure is still dominated by fossil fuels. To cope with carbon tariffs and to ensure the sustainable development of China's economy and society, we must improve the efficiency of resource utilization, accelerate structural adjustment resources, vigorously develop the circular economy, and actively promote technological progress and enhance industrial competitiveness. We must strengthen social consciousness of saving energy, establish a sound legal system of resource-saving policy, and build an efficient recycling system of energy.

**Key words:** CGE Model; high energy-consuming commodities production; energy market; carbon motivated border tax