

基于碳排放责任视角的碳税征收方式选择

魏守道¹, 汪前元²

(1. 广东金融学院工商管理系, 广东广州 510521; 2. 广东金融学院研究生处, 广东广州 510521)

摘要: 文章基于碳排放责任认定的“生产者责任”、“消费者责任”以及“共担责任”视角, 运用产业内贸易理论, 分别构建了开放经济下两个国家征收生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税的博弈模型。并利用各模型的均衡解, 从国家福利、碳排放量和企业利润等方面比较了这些征税方式的效果, 分别得出了实现国家福利改善、碳减排和企业发展等目标的条件, 并探讨了实现综合目标的可能性。结果表明: 分别从实现国家福利改善目标和实现碳减排目标看, 混合型碳税均优于生产型碳税; 从实现企业发展目标看, 生产型碳税优于混合型碳税; 任何一种碳税征收方式无法同时实现所有目标, 政府必须在三个目标之间有所取舍, 在一定条件下消费型碳税或混合型碳税可同时实现福利改善和碳减排目标。

关键词: 碳排放; 生产者责任; 消费者责任; 共担责任; 碳税

中图分类号: F205 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2154(2016)04-0069-10

Choices of Carbon Taxation Based on the Assigning of Carbon Emission Responsibilities

WEI Shou-dao¹, WANG Qian-yuan²

(1. Department of Industry and Business Administration, Guangdong University of Finance, Guangzhou 510521, China;

2. Department of Postgraduate Administration, Guangdong University of Finance, Guangzhou 510521, China)

Abstract: Based on the carbon emission responsibilities of producer responsibility, consumer responsibility and shared responsibility, the intra-industry theory is adopted to respectively build game models of two countries levying single carbon tax on production-generated emission, consumption-generated emission or mixed carbon emission under the open economy. Based on the equilibrium solutions of different models, the effect of different tax types are compared in terms of national welfare, carbon emission and corporate profit and the conditions for such objectives as improving the national welfare, carbon emission reduction and development of enterprises etc. are concluded respectively; furthermore, the possibility of realizing the comprehensive objectives is discussed. The results reveal that about the objectives to improve the national welfare and realize the carbon emission reduction, the mixed carbon emission tax is better than the production-generated emission tax; in term of realizing the development objective, the production-generated tax is better than the mixed carbon emission tax; none of the three tax types can realize all the objectives alone and the government has to choose between the three objectives; under certain conditions, the consumer-generated carbon emission tax or the mixed carbon emission tax can simultaneously realize both the improvement of national welfare and the objective of carbon emission.

Key words: carbon emission; producer responsibility; consumer responsibility; shared responsibility; carbon tax

一、引言

伴随着各国工业的迅速发展,化石能源被大量开采和使用,人类向大气中排放的二氧化碳等温室气体

收稿日期: 2015-11-16

基金项目: 国家自然科学基金面上项目“环境倾销与环境管制的博弈分析、效应比较与策略选择”(71273114);教育部人文社会科学研究规划基金项目“我国劳动收入占比变化的多维考量及其调整策略”(12YJA790130);广东省自然科学基金博士启动项目“供应链低碳技术研发策略研究:基于政府环境规制和消费者低碳偏好的分析与比较”(2015A030310199)

作者简介: 魏守道,男,讲师,经济学博士,主要从事战略环境研究、贸易政策研究;汪前元,男,教授,经济学博士,主要从事国际贸易政策研究。

急剧增加,全球日益变暖,环境问题也日益严重。自20世纪90年代开始,国际社会越来越重视环境问题,不断推出环境规制政策,其中,碳税被认为是最划算的政策,征收碳税既改善环境质量,又可增加就业、投资。目前,世界上已有多个国家征收碳税。以丹麦和荷兰为代表的北欧国家较早开征碳税,表现最为积极,以法国和澳大利亚为代表的部分发达国家一波三折,以日本、加拿大和美国为代表的国家表现不积极。作为发展中国家,中国也积极研究碳税政策,准备择时开征碳税。然而,从碳排放责任看,各国的碳税征收方式有所不同。国际社会最早提出的是按生产者责任征收碳税(生产型碳税),如亚太经合组织早在1974年就提出过“污染者付费”原则,一个区域要对其地域范围内的碳排放量承担责任,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)更是以生产者责任为依据制定了国家温室气体清单指南,中国发改委能源研究所也建议中国政府应征收生产型碳税。随着研究的不断深入,一些学者逐渐关注产品消费产生的碳排放。如 Bin 和 Doslatabadi(2005)^[1]发现,美国居民在产品消费及与之相关的经济活动中消耗的能源和产生的碳排放占全国的80%以上。而且,大部分发达国家通过从发展中国家进口产品,降低了国内碳排放量^[2],但将碳排放等环境问题留给了发展中国家,导致许多发展中国家难以完成本国碳减排目标,生产型碳税的公平性受到质疑。基于生产为了消费和增进国家福利的思想,按消费者责任征收碳税(消费型碳税)成为第二种征税方式。如荷兰对包括原油、柴油、天然气和电力在内的能源征收碳税,征税对象主要为家庭和小型能源消费者。由于消费并不是决定碳排放的唯一因素,生产者的决策不仅会直接影响碳排放量,而且还会通过影响消费者的购买决策来间接影响碳排放量,加上征收消费型碳税下生产者缺乏碳减排的直接动力,碳减排主要依靠消费者购买低碳产品,但消费者可能不会自觉承担碳减排责任,导致碳减排的动力不足,征收消费型碳税也受到质疑,因此,按生产者和消费者共担责任征收碳税(混合型碳税)成为第三种征税方式。如丹麦最初仅向家庭和非增值税纳税企业征税,后来扩大对消费化石燃料的工厂企业和家庭征税,日本则一开始就对消费化石燃料的单位征税,征收对象为消费煤炭、石油、天然气的工厂企业和家庭。

上述现象说明,面对环境问题,不同国家之间选择的碳税征收方式不尽相同。那么,不同的碳税征收方式对各国的影响如何?各国又是如何选择碳税征收方式的呢?本文通过构建开放经济下国家选择碳税征收方式(包括生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税)的博弈模型,分别从实现国家福利改善目标、碳减排目标和企业发展目标方面得出各国碳税征收方式的选择及条件,从而为各国碳税征收方式选择提供理论依据,也为解决全球变暖问题提供一定的借鉴意义。

二、文献综述

国内外学者主要运用 CGE 模型和博弈模型对征收碳税的效果进行了大量研究。在运用 CGE 模型的成果中,学者们基本认为征收碳税有利于环境改善,如 Wissema 和 Dellink(2007)^[3]、Lu 等(2010)^[4]以及 Alton 等(2014)^[5]依次研究了爱尔兰、中国和南非征收碳税的效果,发现各国碳排放量均会明显下降。但学者们对征收碳税对于 GDP 的影响存有分歧。既有研究认为征收较高的碳税会明显降低 GDP,如 Whalley 和 Wigle(1992)^[6]将世界划分为6个区域,发现征收碳税后各地区和全球福利严重恶化, Lee 等(2008)^[7]研究了台湾征收碳税的效果,发现征收碳税不利于经济增长和就业。也有研究认为征收较高的碳税对 GDP 的冲击比较小。如 Yusuf 和 Resosudarmo(2007)^[8]研究了印度尼西亚征收碳税的效果,发现征收碳税对 GDP 的负面影响有限。姚昕和刘希颖(2010)^[9]研究了中国的征收碳税的效果,发现征收碳税对 GDP 的影响不大。还有研究认为征收碳税对 GDP 的影响是不确定的。如 Shiro(2007)^[10]研究了日本征收碳税的效果,发现用碳税替代资本税可促进 GDP 增长,但用碳税替代劳动税和消费税则无法有效促进 GDP 增长。张晓娣和刘学悦(2015)^[11]区分了中国征收碳税的短期影响和长期影响,发现短期内对中国 GDP 的影响较大,长期内对中国 GDP 的影响不大。姜峰(2014)^[12]比较了中国不同碳税使用方式的效果,发现在征税的同时降低居民所得税,并保持财政收入中性,国家福利会改善,但在征税的同时降低企业所得税,并保持财政收入中性,国家福利会恶化。

在运用博弈模型的研究中,部分学者研究了征收统一碳税对国家福利的影响,如 Batabyal(1996)^[13]

构建了政府确定碳税税率、企业先后决定产量的博弈模型, Batabyal (1998)^[14]又构建了政府确定碳税税率、企业同时决定产量的博弈模型, Barcena-Ruiz (2006)^[15]构建了政府决定实施碳税政策的先后顺序、碳税税率以及企业选择产量和低碳技术研发水平的博弈模型, 蔡宏波等(2013)^[16]研究了开放经济下国家之间合作与不合作制定碳税税率对国家福利的影响。也有部分学者研究了征收统一碳税对低碳技术研发的影响, Katsoulacos 等(1999)^[17]比较了企业选择研发竞争与研发联合体, Chiou 和 Hu(2001)^[18]比较了研发卡特尔、研发联合体竞争以及研发联合体卡特尔, Hattori (2010)^[19]比较了政府是否合作实施碳税政策对企业研发动机的影响, 孟卫军(2010)^[20]引入政府对研发补贴后, 比较了企业选择研发竞争与研发合作的效果, 杨仕辉和魏守道(2013)^[21]考虑碳排放量的动态变化, 构建微分博弈模型, 研究了政府是否合作实施碳税政策对企业研发形式选择的影响。还有部分学者研究了征收差异碳税的效果。如 Silva 和 Caplan (1997)^[22]指出, 制定差异污染税可使污染水平达到社会最优水平。李长胜等(2012)^[23]以钢铁行业为例, 构建了政府设定统一或差异碳税税率、企业决定碳强度下降幅度的博弈模型, 比较了国家福利、企业竞争力等的影响。于维生和张志远(2013)^[24]构建了政府对不同企业设定碳税税率、企业决定低碳技术研发水平以及价格和产量的博弈模型, 比较了征收统一碳税和差异化碳税对国家福利的影响。王坤和赵道致(2014)^[25]构建了政府对不同企业设定不同碳税税率、企业选择产量和净化率的博弈模型, 求得了均衡税率, 并用数值分析研究了企业产出、利润水平、市场份额和国家福利的变化。李岩岩和赵湘莲(2011)^[26]也以石化塑胶行业为例对我国开征碳税的税率问题进行了研究。

综上所述, 国内外学者对征收碳税的研究成果丰富, 但主要是研究征收生产型碳税的效果, 缺少征收消费型碳税和混合型碳税的研究成果, 更缺少对不同碳税征收方式的比较, 本文试图对此进行弥补。因此, 本文的主要贡献体现在三个方面: 首先, 考虑产品生产和消费产生不同碳排放量的事实, 将其引入博弈模型。其次, 根据国际上测算碳排放责任的标准, 将碳税区分为生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税, 构建相应的博弈模型。最后, 从不同角度提出碳税征收方式的选择及条件。本文剩余部分安排如下: 第三部分构建开放经济下国家选择征收生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税的博弈模型, 并利用逆向求解法求得各模型的均衡解; 第四部分运用各模型的均衡解, 比较不同碳税征收方式选择下国家福利、净碳排放量和企业利润变化, 分别得出实现国家福利改善目标、碳减排目标和企业发展目标下国家碳税征收方式选择及其条件, 并探讨实现所有这些目标的可能性; 最后是本文的结论与展望。

三、开放经济下碳税征收方式的理论模型

(一) 基本假设

考虑两个对称国家: H 国(代表本国)和 F 国(代表外国), 各国国内均只有一个企业, 分别用企业 H 和企业 F 表示, 两企业生产同质产品, 边际生产成本为 c ($c > 0$), 产品可自由进入对方国家市场。为简化分析, 设不存在任何贸易成本。 i ($i = H, F$) 国市场规模为 a ($a > c$), H 国企业和 F 国企业在 i 国市场上的销售量分别为 x_i 和 y_i 。考虑产品生产和消费均伴随有碳排放。设单位产品生产产生单位碳排放量, 单位产品消费产生 ε ($\varepsilon > 0$) 单位碳排放量。为简化分析, 假设不存在跨境污染。则 H 国产品生产产生的碳排放量为 $x_H + x_F$, 产品消费产生的碳排放量为 $\varepsilon(x_H + y_H)$, 故 H 国碳排放总量为 $Z_H = (x_H + x_F) + \varepsilon(x_H + y_H)$ 。同理, F 国碳排放总量为 $Z_F = (y_H + y_F) + \varepsilon(x_F + y_F)$ 。由于二氧化碳会损害环境, 借鉴 Katsoulacos 等^[17]研究, 设环境损害函数为 $D_i = \sigma Z_i^2/2$, 其中 σ ($\sigma > 0$) 衡量边际环境损害的大小。

如前所述, 国际上测算碳排放责任的标准有“生产者责任”、“消费者责任”、“共担责任”, i 国政府可选择征收碳税的方式依次有生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税。征收生产型碳税下, i 国碳税税率为 t_i^p , 消费者购买产品的价格即为产品销售价格 p_i^p , 同样, 由 Katsoulacos 等^[17], 设 $p_i^p = a - x_i - y_i$; 征收消费型碳税下, i 国碳税税率为 t_i^c , 消费者购买产品的价格为产品销售价格 p_i^c 与消费型碳税 εt_i^c 之和, 即 $p_i^c + \varepsilon t_i^c = a - x_i - y_i$; 征收混合型碳税下, i 国碳税税率为 t_i^m , 消费者购买产品的价格为产品销售价格 p_i^m 与混合型碳

税 εt_i^m 之和,即 $p_i^m + \varepsilon t_i^m = a - x_i - y_i$ 。

在各种碳税征收方式下,政府与企业之间的博弈可分为两个阶段。第一阶段,各国政府同时制定最优的碳税税率;第二阶段,观察到各国政府碳税策略选择后,各国企业在两国产品市场上进行古诺竞争,确定最优产量水平。下面运用逆向求解法求解各博弈模型。

(二) 征收生产型碳税的博弈模型

1. 最优产量水平。征收生产型碳税下,仅企业需要支付碳税。企业 i 确定供应 H 国和 F 国市场的最优产量,以最大化利润函数 π_i^p 。经整理,利润最大化问题可表述如下:

$$\begin{cases} \max_{x_H, x_F} \pi_H^p = (a - c - t_H^p - x_H - y_H)x_H + (a - c - t_H^p - x_F - y_F)x_F \\ \max_{y_H, y_F} \pi_F^p = (a - c - t_F^p - x_H - y_H)y_H + (a - c - t_F^p - x_F - y_F)y_F \end{cases} \quad (1)$$

由企业 i 利润最大化一阶条件 $\partial \pi_H^p / \partial x_i = 0, \partial \pi_F^p / \partial y_i = 0, i = H, F$, 可得:

$$\begin{cases} \bar{x}_i^* = (a - c - 2t_H^p + t_F^p) / 3 \\ \bar{y}_i^* = (a - c + t_H^p - 2t_F^p) / 3 \end{cases} \quad (2)$$

将(2)式回代各国企业利润函数有: $\bar{\pi}_H^* = 2(\bar{x}_i^*)^2, \bar{\pi}_F^* = 2(\bar{y}_i^*)^2$ 。由静态分析可知: $\partial \bar{x}_i^* / \partial t_H^p = \partial \bar{y}_i^* / \partial t_H^p = -2/3, \partial \bar{x}_i^* / \partial t_F^p = \partial \bar{y}_i^* / \partial t_F^p = 1/3, \partial \bar{\pi}_H^* / \partial t_H^p = -8\bar{x}_i^* / 3, \partial \bar{\pi}_H^* / \partial t_F^p = 4\bar{x}_i^* / 3, \partial \bar{\pi}_F^* / \partial t_H^p = 4\bar{y}_i^* / 3, \partial \bar{\pi}_F^* / \partial t_F^p = -8\bar{y}_i^* / 3$ 。故征收生产型碳税下,碳税税率变化对各国企业产量和利润的影响如下:

命题 1 对于任意 $\varepsilon > 0, \sigma > 0, \partial \bar{x}_i^* / \partial t_H^p = \partial \bar{y}_i^* / \partial t_H^p < 0, \partial \bar{x}_i^* / \partial t_F^p = \partial \bar{y}_i^* / \partial t_F^p > 0, \partial \bar{\pi}_i^* / \partial t_i^p < 0$ 和 $\partial \bar{\pi}_H^* / \partial t_F^p > 0, \partial \bar{\pi}_F^* / \partial t_H^p > 0$ 恒成立。

征收生产型碳税下,本国政府提高碳税税率会增加本国企业成本,降低了企业竞争力,从而减少本国企业在国内外市场的销量,降低本国企业利润;由于两国企业进行古诺竞争,彼此间的产量相互替代,本国企业的部分市场被外国企业占领,从而增加了外国企业在国内外市场的销量,提高了外国企业利润。

2. 最优碳税水平。 i 国政府确定最优生产型碳税税率 t_i^p 以最大化其国家福利函数 W_i^p 。该最优化问题可表述如下:

$$\begin{cases} \max_{t_H^p} W_H^p = \bar{\pi}_H^* + t_H^p(\bar{x}_H^* + \bar{x}_F^*) + (\bar{x}_H^* + \bar{y}_H^*)^2 / 2 - \sigma [(\bar{x}_H^* + \bar{x}_F^*) + \varepsilon(\bar{x}_H^* + \bar{y}_H^*)]^2 / 2 \\ \max_{t_F^p} W_F^p = \bar{\pi}_F^* + t_F^p(\bar{y}_H^* + \bar{y}_F^*) + (\bar{x}_F^* + \bar{y}_F^*)^2 / 2 - \sigma [(\bar{y}_H^* + \bar{y}_F^*) + \varepsilon(\bar{x}_F^* + \bar{y}_F^*)]^2 / 2 \end{cases} \quad (3)$$

由 i 国福利最大化一阶条件 $\partial W_i^p / \partial t_i^p = 0, i = H, F$, 可求得最优生产型碳税税率为:

$$\bar{t}_i^p = (a - c) [(\varepsilon + 1)(\varepsilon + 4)\sigma - 2] / \Delta_1 \quad (4)$$

其中, $\Delta_1 = (\varepsilon + 1)(\varepsilon + 4)\sigma + 4$ 。为确保政府征收正的生产型碳税,需满足 $\bar{t}_i^p > 0$, 即 $\sigma > 2 / [(\varepsilon + 1)(\varepsilon + 4)]$ 。否则,政府不仅不会对碳排放征收碳税,还会提供补贴。进一步可求得征收生产型碳税下的其他均衡解为:

$$\bar{x}_i^p = \bar{y}_i^p = 2(a - c) / \Delta_1 \quad (5)$$

$$\bar{Z}_i^p = 4(a - c)(\varepsilon + 1) / \Delta_1 \quad (6)$$

$$\bar{\pi}_i^p = 8(a - c)^2 / \Delta_1^2 \quad (7)$$

$$\bar{W}_i^p = -4(a - c)^2 [(\varepsilon + 1)(\varepsilon - 2)\sigma - 2] / \Delta_1^2 \quad (8)$$

(三) 征收消费型碳税的博弈模型

1. 最优产量水平。征收消费型碳税下,仅消费者需支付碳税。整理后,企业利润最大化问题可表述如下:

$$\begin{cases} \max_{x_H, x_F} \pi_H^c = (a - c - \varepsilon t_H^c - x_H - y_H)x_H + (a - c - \varepsilon t_F^c - x_F - y_F)x_F \\ \max_{y_H, y_F} \pi_F^c = (a - c - \varepsilon t_H^c - x_H - y_H)y_H + (a - c - \varepsilon t_F^c - x_F - y_F)y_F \end{cases} \quad (9)$$

同上求解可得:

$$\begin{cases} \tilde{x}_H^* = \tilde{y}_H^* = (a - c - \varepsilon t_H^c)/3 \\ \tilde{x}_F^* = \tilde{y}_F^* = (a - c - \varepsilon t_F^c)/3 \end{cases} \quad (10)$$

将(10)式回代各国企业利润函数有: $\tilde{\pi}_H^* = (\tilde{x}_H^*)^2 + (\tilde{y}_H^*)^2$, $\tilde{\pi}_F^* = (\tilde{x}_F^*)^2 + (\tilde{y}_F^*)^2$ 。由简单比较静态分析可知: $\partial \tilde{x}_i^*/\partial t_i^c = \partial \tilde{y}_i^*/\partial t_i^c = -\varepsilon/3$, $\partial \tilde{\pi}_H^*/\partial t_H^c = -2\varepsilon \tilde{x}_H^*/3$, $\partial \tilde{\pi}_H^*/\partial t_F^c = -2\varepsilon \tilde{x}_F^*/3$, $\partial \tilde{\pi}_F^*/\partial t_F^c = -2\varepsilon \tilde{y}_F^*/3$, $\partial \tilde{\pi}_F^*/\partial t_H^c = 2\tilde{y}_H^* \cdot (\partial \tilde{y}_H^*/\partial t_H^c) = -2\varepsilon \tilde{y}_H^*/3$ 。故征收消费型碳税下, 碳税税率变化对各国企业产量和利润的影响如下:

命题2 对于任意 $\varepsilon > 0, \sigma > 0$, 恒有 $\partial \tilde{x}_i^*/\partial t_i^c = \partial \tilde{y}_i^*/\partial t_i^c < 0$, $\partial \tilde{\pi}_H^*/\partial t_H^c < 0$, $\partial \tilde{\pi}_H^*/\partial t_F^c < 0$ 和 $\partial \tilde{\pi}_F^*/\partial t_F^c < 0, \partial \tilde{\pi}_F^*/\partial t_H^c < 0$ 成立。

征收消费型碳税下, 由于本国政府对产品消费产生的碳排放量征税, 增加了消费者购买产品的成本, 降低了消费者购买产品的积极性, 因此, 本国企业和外国企业销量均下降, 进而降低各企业利润。

2. 最优碳税水平。 i 国确定最优消费型碳税税率 t_i^c 以最大化其国家福利函数 W_i^c , 该问题可表述为:

$$\begin{cases} \max_{t_H^c} W_H^c = \tilde{\pi}_H^* + \varepsilon t_H^c (\tilde{x}_H^* + \tilde{y}_H^*) + (\tilde{x}_H^* + \tilde{y}_H^*)^2/2 - \sigma [(\tilde{x}_H^* + \tilde{x}_F^*) + \varepsilon (\tilde{x}_H^* + \tilde{y}_H^*)]^2/2 \\ \max_{t_F^c} W_F^c = \tilde{\pi}_F^* + \varepsilon t_F^c (\tilde{x}_F^* + \tilde{y}_F^*) + (\tilde{x}_F^* + \tilde{y}_F^*)^2/2 - \sigma [(\tilde{y}_H^* + \tilde{y}_F^*) + \varepsilon (\tilde{x}_F^* + \tilde{y}_F^*)]^2/2 \end{cases} \quad (11)$$

同上求解方法可得最优消费型碳税税率为:

$$\tilde{t}_i^c = (a - c)(\varepsilon + 1)(1 + 2\varepsilon)\sigma / (\varepsilon \Delta_2) \quad (12)$$

其中, $\Delta_2 = (\varepsilon + 1)(1 + 2\varepsilon)\sigma + 3$ 。对于任意 $\sigma > 0, \varepsilon > 0$, 恒有 $\tilde{t}_i^c > 0$, 即政府必定对产品消费产生的碳排放征税。征收消费型碳税下的其他均衡解为:

$$\tilde{x}_i^c = \tilde{y}_i^c = (a - c)/\Delta_2 \quad (13)$$

$$\tilde{Z}_i^c = 2(a - c)(1 + \varepsilon)/\Delta_2 \quad (14)$$

$$\tilde{\pi}_i^c = 2(a - c)^2/\Delta_2^2 \quad (15)$$

$$\tilde{W}_i^c = 2(a - c)^2[\varepsilon(1 + \varepsilon)\sigma + 2]/\Delta_2^2 \quad (16)$$

(四) 征收混合型碳税的博弈模型

1. 最优产量水平。 征收混合型碳税下, 企业和消费者均需支付碳税。经整理, 利润最大化问题可表述如下:

$$\begin{cases} \max_{x_H, x_F} \pi_H^m = (a - c - t_H^m - \varepsilon t_H^m - x_H - y_H)x_H + (a - c - t_H^m - \varepsilon t_F^m - x_F - y_F)x_F \\ \max_{y_H, y_F} \pi_F^m = (a - c - t_F^m - \varepsilon t_H^m - x_H - y_H)y_H + (a - c - t_F^m - \varepsilon t_F^m - x_F - y_F)y_F \end{cases} \quad (17)$$

同上求解有:

$$\begin{cases} \hat{x}_H^* = (a - c + t_F^m - 2t_H^m - \varepsilon t_H^m)/3 \\ \hat{x}_F^* = (a - c - 2t_H^m + t_F^m - \varepsilon t_F^m)/3 \\ \hat{y}_H^* = (a - c - 2t_F^m + t_H^m - \varepsilon t_H^m)/3 \\ \hat{y}_F^* = (a - c + t_H^m - 2t_F^m - \varepsilon t_F^m)/3 \end{cases} \quad (18)$$

将(18)式回代各国企业利润函数有: $\hat{\pi}_H^* = (\hat{x}_H^*)^2 + (\hat{x}_F^*)^2$, $\hat{\pi}_F^* = (\hat{y}_H^*)^2 + (\hat{y}_F^*)^2$ 。由简单比较静态分析可知: $\partial \hat{x}_H^*/\partial t_H^m = \partial \hat{y}_F^*/\partial t_F^m = -(2 + \varepsilon)/3$, $\partial \hat{x}_H^*/\partial t_F^m = \partial \hat{y}_F^*/\partial t_H^m = 1/3$, $\partial \hat{x}_F^*/\partial t_F^m = \partial \hat{y}_H^*/\partial t_H^m = (1 - \varepsilon)/3$, $\partial \hat{x}_F^*/\partial t_H^m = \partial \hat{y}_H^*/\partial t_F^m = -2/3$, $\partial \hat{\pi}_H^*/\partial t_H^m = -2[(2 + \varepsilon)\hat{x}_H^* + 2\hat{x}_F^*]/3$, $\partial \hat{\pi}_H^*/\partial t_F^m = 2[\hat{x}_H^* + (1 - \varepsilon)\hat{x}_F^*]/3$, $\partial \hat{\pi}_F^*/\partial t_F^m = -2[2\hat{y}_H^* + (2 + \varepsilon)\hat{y}_F^*]/3$, $\partial \hat{\pi}_F^*/\partial t_H^m = [(1 - \varepsilon)\hat{y}_H^* + \hat{y}_F^*]/3$ 。征收混合型碳税下, 碳税税率变化对各企业产量和利润的影响如下:

命题3 对于任意 $\varepsilon > 0, \sigma > 0$, 恒有 $\partial \hat{x}_H^*/\partial t_H^m = \partial \hat{y}_F^*/\partial t_F^m < 0$, $\partial \hat{x}_H^*/\partial t_F^m = \partial \hat{y}_F^*/\partial t_H^m > 0$ 和 $\partial \hat{x}_F^*/\partial t_H^m = \partial \hat{y}_H^*/\partial t_F^m < 0, \partial \hat{\pi}_H^*/\partial t_H^m < 0, \partial \hat{\pi}_F^*/\partial t_F^m < 0$ 成立。

本国征收混合型碳税后, 一方面, 本国企业被征收碳税降低了本国企业的产量, 扩大了外国企业产量,

另一方面,本国消费者被征收碳税降低了本国消费量,减少了本国企业和外国企业在本国市场上的销量。因此,本国企业在本国市场和外国市场的销量均下降,企业利润也必然下降,相反,外国企业在外国市场的销量必然上升,在本国市场的销量变化不确定。若产品消费产生的碳排放量过高,消费者购买量下降占主导地位,外国企业在本国市场的销量会下降,企业利润也可能下降。否则则反。

2. 最优碳税水平。 i 国确定最优混合型碳税税率 t_i^m 以最大化其国家福利函数 W_i^m , 该最优化问题可表述如下:

$$\begin{cases} \max_{t_H^m} W_H^m = \hat{\pi}_H^* + t_H^m(\hat{x}_H^* + \hat{x}_F^*) + \varepsilon t_H^m(\hat{x}_H^* + \hat{y}_H^*) + (\hat{x}_H^* + \hat{y}_H^*)^2/2 \\ - \sigma [(\hat{x}_H^* + \hat{x}_F^*) + \varepsilon(\hat{x}_H^* + \hat{y}_H^*)]^2/2 \\ \max_{t_F^m} W_F^m = \hat{\pi}_F^* + t_F^m(\hat{y}_H^* + \hat{y}_F^*) + \varepsilon t_F^m(\hat{x}_F^* + \hat{y}_F^*) + (\hat{x}_F^* + \hat{y}_F^*)^2/2 \\ - \sigma [(\hat{y}_H^* + \hat{y}_F^*) + \varepsilon(\hat{x}_F^* + \hat{y}_F^*)]^2/2 \end{cases} \quad (19)$$

同上求解方法可得最优混合型碳税税率为:

$$\hat{t}_i^m = 2(a-c)[(1+\varepsilon)(\varepsilon^2+\varepsilon+2)\sigma-1]/\Delta_3 \quad (20)$$

其中, $\Delta_3 = 2(1+\varepsilon)^2(\varepsilon^2+\varepsilon+2)\sigma + (3\varepsilon^2+\varepsilon+4)$ 。同理,为保证政府同时对产品生产和消费产生的碳排放征收正的混合型碳税,需满足 $\hat{t}_i^m > 0$, 即 $\sigma > 1/[(1+\varepsilon)(\varepsilon^2+\varepsilon+2)]$ 。进而可求得征收混合型碳税下的其他均衡解为:

$$\hat{x}_i^m = \hat{y}_i^m = (a-c)(\varepsilon^2+\varepsilon+2)/\Delta_3 \quad (21)$$

$$\hat{z}_i^m = 2(a-c)(1+\varepsilon)(\varepsilon^2+\varepsilon+2)/\Delta_3 \quad (22)$$

$$\hat{\pi}_i^m = 2(a-c)^2(\varepsilon^2+\varepsilon+2)^2/\Delta_3^2 \quad (23)$$

$$\hat{W}_i^m = 2(a-c)^2(\varepsilon^2+\varepsilon+2)[(1+\varepsilon)^2(\varepsilon^2+\varepsilon+2)\sigma+2(\varepsilon^2+1)]/\Delta_3^2 \quad (24)$$

由于对任意 $\varepsilon > 0$, 恒有 $2/[(\varepsilon+1)(\varepsilon+4)] > 1/[(1+\varepsilon)(\varepsilon^2+\varepsilon+2)]$, 因此,为保证各碳税征收方式下政府征收的碳税为正,需满足 $\sigma > 2/[(\varepsilon+1)(\varepsilon+4)]$ 。

四、实现不同目标的碳税征收方式选择

(一) 实现国家福利改善目标的碳税征收方式选择

由(8)式、(16)式和(24)式有:

$$\begin{cases} \hat{W}_i^c - \bar{W}_i^p = 2(a-c)^2(2-\alpha_1\alpha_2\sigma)[\alpha_1(\alpha_1\alpha_3\sigma+4\varepsilon)\sigma-2]/(\Delta_1\Delta_2)^2 \\ \hat{W}_i^m - \bar{W}_i^p = 2(a-c)^2\varepsilon^2(3\alpha_1\alpha_4\sigma-2\alpha_5)[\alpha_1\sigma(3\alpha_1^2\alpha_4\sigma+4\alpha_6)+2\alpha_5]/(\Delta_1\Delta_3)^2 \\ \hat{W}_i^m - \bar{W}_i^c = 2(a-c)^2\alpha_1(\alpha_4\sigma-2)[\alpha_1\sigma(\alpha_1^2\alpha_4\sigma-2\varepsilon\alpha_7)-\alpha_8]/(\Delta_2\Delta_3)^2 \end{cases} \quad (25)$$

其中, $\alpha_1 = \varepsilon + 1, \alpha_2 = 2 - 3\varepsilon, \alpha_3 = 3\varepsilon^2 + 2\varepsilon + 2, \alpha_4 = \varepsilon^2 + \varepsilon + 2, \alpha_5 = 1 - \varepsilon, \alpha_6 = \varepsilon^2 + 2, \alpha_7 = \varepsilon^2 + 1, \alpha_8 = 3\varepsilon^2 - \varepsilon + 2$ 。另记 $\alpha_9 = 5\varepsilon^2 + 2\varepsilon + 2, \alpha_{10} = 5\varepsilon^4 + 3\varepsilon^3 + 11\varepsilon^2 - 3\varepsilon + 2$ 。由(25)式知,当 $0 < \varepsilon < 2/3$ 且 $\Gamma_1 = \sqrt{2}(\sqrt{\alpha_9} - \sqrt{2\varepsilon})/(\alpha_1\alpha_3) < \sigma < 2/(\alpha_1\alpha_2) = \Gamma_2$ 时, 或当 $\varepsilon \geq 2/3$ 且 $\sigma > \Gamma_1$ 时, 有 $\hat{W}_i^c > \bar{W}_i^p$ 成立, 反之则反; 当 $0 < \varepsilon \leq 1$ 且 $\sigma > 2\alpha_5/(3\alpha_1\alpha_4) = \Gamma_3$ 时, 或当 $\varepsilon > 1$ 且 $\sigma > \sqrt{2}(\sqrt{\alpha_{10}} - \sqrt{2\alpha_6})/(3\alpha_1^2\alpha_4) = \Gamma_4$ 时, 有 $\hat{W}_i^m > \bar{W}_i^p$ 成立, 反之则反; 当 $0 < \varepsilon \leq 1$ 且 $0 < \sigma < (\varepsilon\alpha_7 + \sqrt{\varepsilon\alpha_1\alpha_4^2 + 4})/(\alpha_1^2\alpha_4) = \Gamma_5$ 或 $\sigma > 2/\alpha_4 = \Gamma_6$ 时, 或当 $\varepsilon > 1$ 且 $0 < \sigma < 2/\alpha_4$ 或 $\sigma > \Gamma_5$ 时, 有 $\hat{W}_i^m > \bar{W}_i^c$ 成立, 反之则反。再记 $\alpha_{11} = \varepsilon + 4$, 结合模型有内点解的条件 $\sigma > 2/[(\varepsilon+1)(\varepsilon+4)] = 2/(\alpha_1\alpha_{11}) = \Gamma_7$, 有如下命题:

命题 4 (1) 当 $0 < \varepsilon < 2/3$ 时, 若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_1$, 或 $\sigma > \Gamma_2$, 有 $\hat{W}_i^m > \bar{W}_i^p > \bar{W}_i^c$; 若 $\Gamma_1 < \sigma < \Gamma_5$, 或 $2/\alpha_4 < \sigma < \Gamma_2$, 有 $\hat{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p$; 若 $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$, 有 $\bar{W}_i^c > \hat{W}_i^m > \bar{W}_i^p$;

(2) 当 $2/3 \leq \varepsilon \leq 1$ 时,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_5$,或 $\sigma > \Gamma_6$,有 $\hat{W}_i^m > \tilde{W}_i^c > \bar{W}_i^p$;若 $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$,有 $\tilde{W}_i^c > \hat{W}_i^m > \bar{W}_i^p$;

(3) 当 $\varepsilon > 1$ 时,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$,或 $\sigma > \Gamma_5$,有 $\hat{W}_i^m > \tilde{W}_i^c > \bar{W}_i^p$;若 $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_5$,有 $\tilde{W}_i^c > \hat{W}_i^m > \bar{W}_i^p$ 。

这就意味着,与征收生产型碳税相比,征收混合型碳税下的国家福利较高,即从国家福利看,混合型碳税要严格优于生产型碳税;与征收消费型碳税相比,征收生产型碳税与征收混合型碳税下国家福利并不一定较高,即从国家福利看,生产型碳税和混合型碳税与消费型碳税不分伯仲,它们之间的国家福利比较要视单位产品消费产生的碳排放量 ε 和衡量边际环境损害大小的 σ 而定。记 $\varepsilon_I = 2/3$ 和 $\varepsilon_{II} = 1$ 为单位产品消费产生碳排放量的第一临界值和第二临界值。当 ε 低于其第一临界值时,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_1$,或 $\sigma > \Gamma_2$,以及 $\Gamma_1 < \sigma < \Gamma_5$,或 $2/\alpha_4 < \sigma < \Gamma_2$,征收混合型碳税下国家福利最高,混合型碳税是政府实现福利改善目标的最优选择;若 $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$,则征收消费型碳税下的国家福利高于征收混合型碳税下的国家福利,此时,消费型碳税是政府实现福利改善目标的最优选择。当 ε 介于其第一临界值和第二临界值之间时,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_5$,或 $\sigma > \Gamma_6$,征收混合型碳税可使国家获得最高福利,混合型碳税是政府实现福利改善目标的最优选择,否则消费型碳税是政府实现福利改善目标的最优选择。当 ε 高于其第二临界值时,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$,或 $\sigma > \Gamma_5$,相比于征收消费型碳税,征收混合型碳税可改善国家福利,混合型碳税是政府实现福利改善目标的最优选择。

(二) 实现碳减排目标的碳税征收方式选择

由(6)式、(14)式和(22)式有:

$$\begin{cases} \bar{Z}_i^c - \bar{Z}_i^p = -2(a-c)\alpha_1(2-\alpha_1\alpha_2\sigma)/(\Delta_1\Delta_2) \\ \hat{Z}_i^m - \bar{Z}_i^p = -2(a-c)\varepsilon\alpha_1(3\alpha_1\alpha_4\sigma-2\alpha_5)/(\Delta_1\Delta_3) \\ \hat{Z}_i^m - \bar{Z}_i^c = -2(a-c)\alpha_1^2(\alpha_4\sigma-2)/(\Delta_2\Delta_3) \end{cases} \quad (26)$$

由(26)式可知:若 $\Gamma_2 < \sigma$,有 $\bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^p$,反之则反;若 $\sigma < \Gamma_3$,有 $\hat{Z}_i^m > \bar{Z}_i^p$,反之则反;若 $\sigma < \Gamma_6$,有 $\hat{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c$,反之则反。结合模型有内点解的条件 $\sigma > \Gamma_7$,综合起来有:

命题5 (1) 对于任意 $\varepsilon > 0$,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$,有 $\bar{Z}_i^p > \hat{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c$;

(2) 当 $0 < \varepsilon < 2/3$ 时,若 $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_2$,有 $\bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \hat{Z}_i^m$,若 $\sigma > \Gamma_2$,有 $\bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^p > \hat{Z}_i^m$;

(3) 当 $\varepsilon \geq 2/3$ 时,若 $\sigma > \Gamma_6$,有 $\bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \hat{Z}_i^m$ 。

也就是说,较之于征收生产型碳税,征收混合型碳税下碳排放量较低,对各国环境及全球环境较为有利,碳减排较为明显。即从碳减排来看,混合型碳税也要严格优于生产型碳税;较之于征收消费型碳税,征收生产型碳税和征收混合型碳税下各国及全球碳排放量并不一定较低,即从碳减排来看,生产型碳税和混合型碳税与消费型碳税不相上下。对于任意 ε ,若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$,征收消费型碳税下各国和全球碳排放量最低,消费型碳税是实现碳减排目标的最优选择;当 ε 低于其第一临界值时,若 $\Gamma_6 < \sigma$,或当 ε 高于其第一临界值时,若 $\sigma > \Gamma_6$,征收混合型碳税能比征收消费型碳税产生更低的碳排放量,混合型碳税是实现碳减排目标的最优选择。

(三) 实现企业发展目标的碳税征收方式选择

由(7)式、(15)式和(23)式有:

$$\begin{cases} \tilde{\pi}_i^c - \bar{\pi}_i^p = -2(a-c)^2(2-\alpha_1\alpha_2\sigma)(\alpha_1\delta_1\sigma+10)/(\Delta_1\Delta_2)^2 \\ \hat{\pi}_i^m - \bar{\pi}_i^p = -2(a-c)^2\varepsilon(3\alpha_1\alpha_4\sigma-2\alpha_5)(\alpha_1\alpha_4\delta_2\sigma+2\delta_3)/(\Delta_1\Delta_3)^2 \\ \hat{\pi}_i^m - \tilde{\pi}_i^c = -2(a-c)^2\alpha_1(\alpha_4\sigma-2)(\alpha_1\alpha_4\delta_4\sigma+2\delta_5)/(\Delta_2\Delta_3)^2 \end{cases} \quad (27)$$

其中, $\delta_1 = 6 + 5\varepsilon$, $\delta_2 = 8 + 5\varepsilon$, $\delta_3 = 5\varepsilon^2 + 3\varepsilon + 8$, $\delta_4 = 3 + 4\varepsilon$, $\delta_5 = 3\varepsilon^2 + 2\varepsilon + 5$ 。由(27)式知:若 $\Gamma_2 < \sigma$,有 $\tilde{\pi}_i^c > \bar{\pi}_i^p$,反之则反;若 $\sigma < \Gamma_3$,有 $\hat{\pi}_i^m > \bar{\pi}_i^p$,反之则反;若 $\sigma < \Gamma_6$,有 $\hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$,反之则反。结合模型有内点解的条件 $\sigma > \Gamma_7$,综合起来有:

- 命题 6** (1) 对于任意 $\varepsilon > 0$, 若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$, 有 $\bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$;
 (2) 当 $0 < \varepsilon < 2/3$ 时, 若 $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_2$, 有 $\bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$, 若 $\sigma > \Gamma_2$, 有 $\tilde{\pi}_i^c > \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m$;
 (3) 当 $\varepsilon \geq 2/3$ 时, 若 $\sigma > \Gamma_6$, 有 $\bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ 。

这就意味着, 较之于征收生产型碳税, 征收混合型碳税下企业利润较低, 征收消费型碳税下企业利润并不一定更高, 即从企业发展来看, 生产型碳税要优于混合型碳税, 但与消费型碳税不相上下。具体而言, 对于任意 ε , 若 $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$, 或当 ε 低于其第一临界值时, 若 $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_2$, 以及当 ε 高于其第一临界值时, 若 $\sigma > \Gamma_6$, 征收生产型碳税下企业利润高于征收消费型碳税下的企业利润, 生产型碳税最有利于企业发展, 是实现企业发展目标的最优选择; 当 ε 低于其第一临界值时, 若 $\sigma > \Gamma_2$, 与征收生产型碳税相比, 征收消费型碳税下企业利润较高, 消费型碳税是实现企业发展目标的最优选择。

(四) 实现综合目标的碳税征收方式选择

结合命题 4 至命题 6, 可对不同碳税征收方式进行综合比较, 从而探讨碳税征收方式选择实现综合目标的可能性, 结果如表 1 所示。

表 1 碳税征收方式的综合比较

| ε 取值范围 | σ 取值范围 | 综合比较 |
|--------------------|--------------------------------|---|
| (0, 2/3) | $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_1$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^p > \bar{W}_i^c, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\Gamma_1 < \sigma < \Gamma_5$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$ | $\bar{W}_i^c > \bar{W}_i^m > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_2$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^m, \bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ |
| | $\sigma > \Gamma_2$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^p > \bar{W}_i^c, \bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m, \bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ |
| [2/3, 1] | $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_5$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$ | $\bar{W}_i^c > \bar{W}_i^m > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\sigma > \Gamma_6$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^m, \bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ |
| (1, +∞) | $\Gamma_7 < \sigma < \Gamma_6$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^m > \bar{Z}_i^c, \bar{\pi}_i^p > \hat{\pi}_i^m > \tilde{\pi}_i^c$ |
| | $\Gamma_6 < \sigma < \Gamma_5$ | $\bar{W}_i^c > \bar{W}_i^m > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^m, \bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ |
| | $\sigma > \Gamma_5$ | $\bar{W}_i^m > \bar{W}_i^c > \bar{W}_i^p, \bar{Z}_i^p > \bar{Z}_i^c > \bar{Z}_i^m, \bar{\pi}_i^p > \tilde{\pi}_i^c > \hat{\pi}_i^m$ |

相比较于其他两种碳税征收方式, 没有一种碳税征收方式可同时实现国家福利改善、碳减排和企业发展等三个目标, 政府必须在这些目标之间有所取舍。尤其是碳减排和企业发展目标, 两者完全相反, 即以碳减排为目标的碳税征收方式必定会降低企业利润, 不利于企业发展。反之, 以企业发展为目标的碳税征收方式必定会增加碳排放量, 不利于各国环境改善。碳税征收方式选择也无法同时实现国家福利改善目标和企业发展目标, 甚至有可能是完全相反的, 但碳税征收方式选择是可能同时实现国家福利改善目标和碳减排目标^[27]。综合而言, 当 $0 < \varepsilon \leq 1$ 时, 若 $\Gamma_5 < \sigma < \Gamma_6$, 征收消费型碳税下各国福利最高、碳排放量和企业利润最低, 即消费型碳税可同时实现国家福利改善目标和碳减排目标, 但无法实现企业发展目标; 若 $\Gamma_6 < \sigma$, 征收混合型碳税下各国福利最高、碳排放量和企业利润最低, 即除了无法实现企业发展目标, 混合型碳税可同时实现国家福利改善目标和碳减排目标。当 $1 < \varepsilon$ 时, 若 $\Gamma_5 < \sigma$, 混合型碳税也可同时实现国家福利改善目标和碳减排目标。

五、结论与展望

本文在两个对称国家进行产业内贸易的情形下, 基于“生产者责任”、“消费者责任”和“共担责任”的碳排放责任, 相应地, 政府可征收生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税, 构建了相应的博弈模型, 运用逆向求解法求得各模型的均衡解。利用均衡解先比较了不同碳税征收方式下国家福利、碳排放量和企业利润

的变化,先分别以实现福利改善、碳减排和企业发展等三个目标得出了政府选择碳税征收方式的条件,得出的主要结论有:分别从实现国家福利改善目标和碳减排目标看,混合型碳税要严格优于生产型碳税,生产型碳税和混合型碳税与消费型碳税不分伯仲;从实现企业发展目标看,生产型碳税要优于混合型碳税,这两种方式并不一定优于消费型碳税。然后探讨了选择碳税征收方式实现综合目标的可能性,发现碳税征收方式选择不能同时实现碳减排目标和企业发展目标,也难以实现国家福利改善目标和企业发展目标,但可能同时实现国家福利改善目标和碳减排目标。

本文的政策含义是:由于发展中国家和发达国家经济发展水平不同,碳排放性质也有差异,彼此不必选择相同的碳税征收方式,发达国家应选择混合型碳税,发展中国家应循序渐进,依次选择生产型碳税、消费型碳税和混合型碳税。发达国家不仅在工业化进程中排放了大量的二氧化碳,而且利用在经济全球中的优势地位,通过从发展中国家进口大量产品,维持其较高的消费水平,在产品消费过程中也产生了大量的“奢侈碳排放”,理当在全球污染治理中承担更多责任。由于发达国家企业和消费者的环境保护意识更强,参与环境治理的积极性也更高,因此,发达国家更容易征收混合型碳税。中国等发展中国家的工业化开始不久,经济发展水平普遍不高,需要生存和发展的空间,发展本国经济依然是各国的重要目标。尽管在寻求生存和发展过程中产生了大量碳排放,但这些碳排放属于“生存碳排放”,且人均碳排放量较低,加上消费者的环境保护意识普遍不高,因此,发展中国家征收消费型碳税或混合型碳税为时尚早。从短期看,发展中国家应选择生产型碳税,并向企业提供资金、技术等方面的支持,增加企业的经济实力,提高企业抵抗风险的能力,同时,加大环保宣传力度,不断增强企业和消费者的意识。从中期看,待企业经济实力强大、企业和消费者环保意识增强后,政府可改变碳税征收方式,将消费者纳入征收碳税的范围,开征消费型碳税。从长期看,为尽可能地减少碳排放、改善环境质量,发展中国家可选择混合型碳税。

本文还存在着可改进的方面:第一,由于本文考虑的是对称国家,但不同国家之间技术水平存在差异,使得产品生产过程中产生的碳排放量有所不同,将其引入博弈模型后,得出的结论可能会更丰富。第二,除了产品的生产和消费,能源的开采、产品的流通等过程中也会产生碳排放,研究不同碳税征收方式对供应链的影响,是未来可进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] BIN S, DOSLATABADI H. Consumer Lifestyle Approach to US Energy Use and the Related CO₂ Emissions[J]. *Energy Policy*, 2005, 33(2): 197-208.
- [2] 樊纲, 苏铭, 曹静. 最终消费与碳减排责任的经济学分析[J]. *经济研究*, 2010(1): 5-15.
- [3] WISSEMA W, DELLINK R. AGE Analysis of the Impact of a Carbon Energy Tax on the Irish Economy[J]. *Ecological Economics*, 2007, 61(4): 671-683.
- [4] LU C, TONG Q, LIU X. The Impacts of Carbon Tax and Complementary Policies on Chinese Economy[J]. *Energy Policy*, 2010, 38(12): 7278-7285.
- [5] ALTON T, ARNDTB C, DAVIESA R, et al. Introducing Carbon Taxes in South Africa[J]. *Applied Energy*, 2014, 116(1): 344-354.
- [6] WHALLEY J, WIGLE R. Results for the OECD Comparative Modelling Project from the Whalley-Wigle Model[R]. OECD Economics Department Working Papers No. 121, 1992.
- [7] LEE F, LIN J, LEWIS C. Analysis of the Impacts of Combining Carbon Taxation and Emission Trading on Different Industry Sectors[J]. *Energy Policy*, 2008, 36(2): 722-729.
- [8] YUSUF A A, RESOSUDARMO B. On the Distributional Effect of Carbon Tax in Developing Countries: The Case of Indonesia[R]. Working Papers in Economics and Development Studies (WoPEDS), No. 200705, 2007.
- [9] 姚昕, 刘希颖. 基于增长视角的中国最优碳税研究[J]. *经济研究*, 2010(11): 48-58.
- [10] SHIRO T. The Double Dividend from Carbon Regulations in Japan[J]. *Journal of the Japanese and International Economies*, 2007, 21(3): 336-364.
- [11] 张晓娣, 刘学悦. 征收碳税和发展可再生能源研究[J]. *中国工业经济*, 2015(3): 18-30.
- [12] 娄峰. 碳税征收对我国宏观经济及碳减排影响的模拟研究[J]. *数量经济技术经济研究*, 2014(10): 84-96.

- [13] BATABYAL A A. Game Models of Environmental Policy in an Open Economy[J]. *The Annals of Regional Science*, 1996, 30(2): 185-200.
- [14] BATABYAL A A. Games Governments Play: An Analysis of National Environmental Policy in an Open Economy[J]. *The Annals of Regional Science*, 1998, 32(2): 237-251.
- [15] BARCENA-RUIZ J C. Environmental Taxes and First-Mover Advantages[J]. *Environmental & Resource Economics*, 2006, 35(1): 19-39.
- [16] 蔡宏波, 石嘉琪, 王伟尧, 等. 技术创新、最优碳税与国际减排合作[J]. *国际贸易问题*, 2013(2): 81-91.
- [17] KATSOULACOS Y, ULPH A, ULPH D. The Effects of Environmental Policy on the Performance of Environmental RJVs[R]. NBER Working Paper No. 7301, 1999.
- [18] CHIOU J R, HU J L. Environmental Research Joint Ventures under Emission Taxes[J]. *Environmental and Resource Economics*, 2001, 20(2): 129-146.
- [19] HATTORI K. Firm Incentives for Environmental R&D under Non-cooperative and Cooperative Policies[R]. MPRA Papers No. 24754, 2010.
- [20] 孟卫军. 溢出率、减排研发合作行为和最优补贴政策[J]. *科学学研究*, 2010, 28(8): 1160-1164.
- [21] 杨仕辉, 魏守道. 溢出率、低碳技术研发形式与碳税政策选择[J]. *研究与发展管理*, 2013, 25(6): 62-71.
- [22] SILVA E C D, CAPLAN A J. Transboundary Pollution Control in Federal Systems[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 1997, 34(2): 173-186.
- [23] 李长胜, 范英, 朱磊. 基于两阶段博弈模型的钢铁行业碳强度减排机制研究[J]. *中国管理科学*, 2012, 20(2): 93-101.
- [24] 于维生, 张志远. 中国碳税政策可行性与方式选择的博弈研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(6): 8-15.
- [25] 王坤, 赵道致. 差异碳税下企业的最优生产和减排决策研究[J]. *软科学*, 2014, 28(8): 21-25.
- [26] 李岩岩, 赵湘莲. 我国开征碳税的税率问题研究[J]. *财经论丛*, 2011(1): 41-47.
- [27] 王爱国, 王一川. 碳减排政策的国际比较及其对中国的启示[J]. *江西财经大学学报*, 2012(5): 5-13.

(责任编辑 毕开凤)

(上接第 68 页)

- [17] CASSI L, MORRISON A, ANNE L J. et al. The Evolution of Trade and Scientific Collaboration Networks in the Global Wine Sector: A Logitudinal Study Using Network Analysis[J]. *Journal of Economic Geography*, 2012, 88(3): 311-334.
- [18] GARGIULO F, LENORMAND M, HUET S. Commuting Network Models: Getting the Essentials[J]. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 2012, 15(2): 1-10.
- [19] ASHADUN N, SEONG E M, GYEONG G H, et al. Effects of Global financial Crisis on Network Structure in a Local Stock Market[J]. *Physica A*, 2014, 407(6): 135-143.
- [20] 李敬, 陈澍, 万广华, 等. 中国区域经济增长的空间关联及其解释——基于网络分析方法[J]. *经济研究*, 2014(11): 4-16.
- [21] 冷炳荣, 杨永春, 李英杰, 等. 中国城市经济网络结构空间特征及其复杂性问题[J]. *地理学报*, 2011, 66(2): 199-211.
- [22] 侯赞慧, 刘志彪, 岳中刚. 长三角区域经济一体化进程的社会网络分析[J]. *中国软科学*, 2009(12): 90-101.
- [23] 王娜, 陈兴鹏, 张子龙, 等. “丝绸之路经济带”贸易联系网络结构研究——基于省区尺度和国家尺度的社会网络分析[J]. *西部论坛*, 2015, 25(3): 55-65.
- [24] 骆耀峰. 社会网络分析(SNA)在自然资源管理研究中的应用[J]. *软科学*, 2015(6): 135-138.
- [25] 朱泯静, 杨永福, 朱蕾. 基于网络结构视角的企业创新绩效影响实证研究[J]. *统计与决策*, 2013(10): 183-186.
- [26] 刘华军, 刘传明, 孙亚男. 中国能源消费的空间关联网络结构特征及其效应研究[J]. *中国工业经济*, 2015(5): 83-95.
- [27] 柯孔林. 基于全域 ML 指数的区域碳排放绩效研究——以浙江省为例[J]. *浙江工商大学学报*, 2014(6): 80-89.
- [28] 刘军. 社会网络分析导论(第二版)[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2004: 23-235.
- [29] 戴维·诺克, 杨松. 社会网络分析[M]. 李兰, 译. 上海: 格致出版社, 2012: 2-68.
- [30] WASSERMAN S, FAUST K. *Social Network Analysis: Methods and Applications*[M]. London: Cambridge University Press, 1994: 40-186.
- [31] 刘军. 整体网分析讲义——UCINET 软件实用指南(第 2 版)[M]. 上海: 格致出版社, 2014: 172-289.

(责任编辑 毕开凤)