

消费者低碳意识和政府碳税下低碳技术选择

熊中楷^{1,2}, 胡金辉^{1,2}

(1.重庆大学 经济与工商管理学院;2.重庆大学 现代物流重庆市重点实验室,重庆 400044)

摘要:在已有的低碳技术选择研究中,主要讨论碳税等调控策略对技术选择的影响,均未考虑消费者低碳意识对低碳技术选择的影响。首次在考虑消费者低碳意识和政府碳税的情况下,研究制造商的低碳技术选择问题,比较在消费者有无低碳意识两种市场条件下制造商的最优决策差异。通过数值仿真,分析了消费者低碳意识、政府碳税对制造商盈利及其低碳技术选择的影响。结果表明,当消费者低碳意识较强时,采用低碳技术比不采用对制造商更有利;随着政府碳税水平的逐步提高,制造商对于低碳技术将经历一个由不采用到采用又到不采用的过程。

关键词:低碳;低碳意识;低碳技术;技术选择

DOI:10.6049/kjbydc.2013100283

中图分类号:F273.1

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2014)15-0065-07

0 引言

温室气体浓度迅速增加导致全球气候变化,成为当前国际社会普遍关注的重大环境问题。2007年,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)的研究结果显示,大气中CO₂浓度已从工业革命前的280ppmv上升到2005年的379ppmv^[1]。全球气候变暖大大增加了极端气候发生的可能性,给人类安全带来了巨大威胁。降低碳排放、发展低碳经济已成为世界各国的共识。中国作为世界上最大的发展中国家,秉承“共同但有区别责任”的基本原则,对外宣布了控制温室气体排放的行动目标:到2020年,单位GDP CO₂排放量比2005年降低40%~45%。如何在保持经济快速稳步增长的同时,降低碳排放量成为中国面临的重大挑战。

从国际低碳经济发展的经验来看,低碳技术得到了许多国家的高度重视,低碳减排技术(以下统称为低碳技术)对发展低碳经济起着关键作用。然而,在发展低碳经济的过程中,不同技术水平采用的低碳技术不同。低碳技术是指为实现低碳经济而采用的以降低大气中碳含量为目的的技术。在IT领域,低碳环保产品较多。联想于2008年推出了Think Centre M系列产品,该系列电脑产品应用光触媒技术,将TiO₂均匀喷涂在系统风扇和CPU风扇叶片上,当风扇转动时,可利用光触媒加速室内有害气体的分解,同时减少CO₂

等温室气体的排放,碳排放量降低60%以上。基于这个角度,采用低碳技术是降低碳排放量的一个重要途径。

在目前的研究中,减少碳排放的措施主要有两种:碳交易和碳税。Oberthür^[2]具体分析了碳税作为一项政策工具的有效性。Katrin^[3]探讨了碳排放交易的规则及存在的问题。Bettina^[4]研究了欧盟碳排放权交易体系中的7个问题,说明限额贸易体系不一定是减排最具成本效率的机制。Schapiro^[5]通过调研了解了碳交易市场的实际运作过程,并指出了这一市场中存在的一些重要问题。Jonathan^[6]探讨了碳税作为政府政策手段在实施过程中的优势和劣势。Andrew等^[7]认为,碳税能成为一种有效治理污染的政策手段,主要是由于社会活动对碳减排的需求,无需进行逆行那个激进的经济、社会和政治变革。Lee^[8]讨论了碳税和碳排放权交易对不同工业部门产生的影响,结果表明只征收碳税会对GDP产生负面影响,若能同时实施碳排放权交易,则会带动GDP增长。从企业角度,Benjaafar等^[9]将碳排放与供应链管理结合起来,讨论了碳排放对企业运营的影响。Aiying Rong等^[10]研究了碳排放的多周期随机优化模型。杨亚琴等^[11]通过建立企业在强制减排机制下生产的优化模型,分析了政府和企业之间的碳减排博弈,并根据该博弈的纳什均衡特性,提出了提高强制减排政策效率的相关政策建议。姜国刚^[12]构建了碳减排模式下社会经济福利分析框架,提

收稿日期:2014-02-25

基金项目:国家自然科学基金项目(71271225);重庆市自然科学基金资助项目(cstc2012jjA00036)

作者简介:熊中楷(1948—),男,江西南昌人,重庆大学经济与工商管理学院教授、博士生导师,研究方向为物流与供应链管理、决策优化;胡金辉(1986—),女,河南信阳人,重庆大学经济与工商管理学院硕士研究生,研究方向为物流与供应链管理、决策优化。

出了碳减排投入和碳交易价格的重要性。张艳林等^[13]将碳减排量作为一种特殊资源建立了一个国家碳减排量定价理论模型,导出了减排量的最高需求价格和最低供给价格计算公式。从低碳技术的选择层面来讲, Frank^[14]讨论了在生产成本不确定条件下,不同管控工具对企业采用不同减排技术的影响。Gregory 等^[15]探讨了企业进行技术选择的两种情况:企业在政府征收污染税之后采用减污技术所致的排污量不是最优的,而在政府征收污染税之前采用减污技术会达到一个最优排污量。SuziKerr 等^[16]以美国石油化工行业为例,研究了 1971—1995 年美国炼油厂的相关数据,发现排污权交易政策较之碳税政策,能使企业进行更有效率的技术选择决策。目前国内的研究大多探讨如何实现低碳技术。胡秀莲等^[17]根据不同部门特点采用如 AIM 技术模型、EFOM 模型等不同模型,进行了低碳技术评价。张新华等^[18]构建了碳价和碳捕获技术双重不确定条件下的碳捕获技术投资模型。汪鹏等^[19]以大连地区

电力需求为例,比较各类型电厂的初期投入资本,计算出不同电厂建设需要付出的减排成本,为环境政策的制定和实施提供了分析依据。

上述研究均未涉及消费者低碳意识对制造商低碳技术选择的影响,这也是本文最主要的创新之处。本文将基于消费者低碳意识和政府征收碳税两大条件,讨论制造商的低碳技术选择问题。分析制造商在消费者没有低碳意识条件下的盈利情况,得出产品的最优价格及最大利润;讨论制造商在消费者具有低碳意识条件下的盈利情况,得出产品的最优价格及最大利润;比较这两种市场条件下制造商的最优决策差异;通过数值仿真,分析消费者低碳意识和政府碳税水平对制造商盈利及低碳技术选择的影响。

1 模型假设

市场上仅存在一个垄断制造商选择低碳技术进行产品生产,生产模型如图 1 所示。

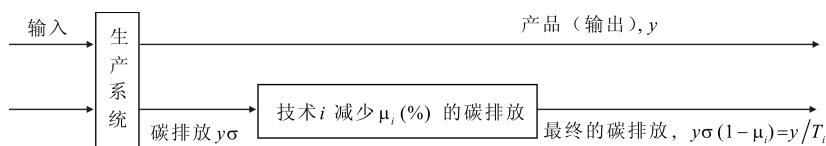


图 1 制造商采用低碳技术情况下的生产模型

假设制造商生产 y 单位产品,成本为 $F + vy$ 。其中, F 和 v 分别代表产品生产的固定成本和可变成本,且 $F, v \geq 0$ 。每生产一单位产品的碳排放量为 σ ,因而总的碳排放量为 $y\sigma$ 。产品生产时采用低碳技术可减少碳排放量。在多种 $(1, 2, \dots, k)$ 低碳技术中,制造商可选择其中一种技术 i ,该技术每增加一单位产量,可减少 μ_i (%) 的碳排放量,因而最终的碳排放量为 $y\sigma(1 - \mu_i)$ 。其中, $0 \leq \mu_i < 1$ 。为了简化符号,令 $T_i = \frac{1}{(1 - \mu_i)\sigma}$,则生产一单位产品,产生的碳排放量为 $\frac{1}{T_i}$;生产 y 单位产品,产生的碳排放量为 $\frac{y}{T_i}$ 。显然, T_i 越大,该低碳技术越有效。假定 $T_1 < T_i < T_{i+1}$, $i = 2, 3, \dots, k-1$ 。低碳技术 1 作为参照项,表示不采用低碳技术。

低碳技术 i 可由两个参数进行描述, ψ_i 表示启动一项低碳技术的固定成本, φ_i 表示每生产一单位产品时使用该项低碳技术产生的变动成本。因此,使用低碳技术 i 生产产品总的固定成本和变动成本分别为 $F + \psi_i$ 和 $v + \varphi_i$ 。

对于任一低碳技术 i 至少满足下列条件之一, $\psi_{i+1} > \psi_i$ 或 $\varphi_{i+1} > \varphi_i$ 。否则,低碳技术 i 相较于低碳技术 $i+1$ 成本更高,效率反而更差。此时,制造商完全不会考虑低碳技术 i 。这里,假定低碳技术 i 的有效性 T_i 及成本 (ψ_i, φ_i) 不存在任何函数关系。

政府对每单位碳排放量向制造商征收 $t(t \geq 0)$ 单

位碳税。那么,制造商采用低碳技术 i ,生产 y 单位产品需缴纳的碳税为 $\frac{ty}{T_i}$,从而得到制造商的成本函数:

$$C_i(y, t) = (F + \psi_i)I_y + (v + \varphi_i + \frac{t}{T_i})y \quad (1)$$

其中, I_y 是指示函数。当 $y=0$ 时, $I_y=0$;当 $y>0$ 时, $I_y=1$ 。显然 $y=0$ 时,成本为零,即制造商不进行生产。

2 模型分析

2.1 消费者没有低碳意识时制造商的低碳技术选择

假定消费者没有低碳意识时,需求函数为:

$$D(p^n) = a - bp^n \quad (2)$$

其中, n 表示消费者没有低碳意识, p^n 为产品价格, a 为市场容量, b 为消费者对价格的敏感系数, $a - b > 0$ 。可以看出,在消费者没有低碳意识的情况下,制造商采用低碳技术不会增加消费者需求,因而需求函数与技术选择不相关。市场均衡时 $y = D(p^n)$,给定政府碳税水平 t 和制造商技术选择 i ,制造商的利润函数为

$$\pi_i(p^n, t) = p^n D(p^n) - C_i(D(p^n), t) \quad (3)$$

在给定碳税水平 t 的情况下,制造商的决策顺序为:首先决策最优价格 $p_i^{n*}(t)$,然后决策是否采用低碳技术。

命题 1:在消费者没有低碳意识的情况下,制造商的最优产品价格、最优产量和最大利润分别为:

$$p_i^*(t) = \frac{((v + \varphi_i)bT_i + aT_i + bt)}{2bT_i};$$

$$y_i^*(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt)}{2T_i};$$

$$\pi_i^n(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt)^2}{4bT_i^2} - (F + \psi_i).$$

定义: $t_i^{\lim} = \frac{(aT_i - T_i\sqrt{4b(F + \psi_i)})}{b} - (v + \bar{\omega}_i)T_i$ 。当且仅当 $0 < t \leq t_i^{\lim}$ 时, $\pi_i(t) \geq 0$ 。

证明: 将式(1)、式(2)代入式(3)得:

$$\pi_i(p^n, t) = p^n(a - bp^n) - (F + \psi_i)I_y - (v + \varphi_i + \frac{t}{T_i})(a - bp^n) \quad (4)$$

由一阶条件得, 最优产品价格为:

$$p_i^*(t) = \frac{((v + \varphi_i)bT_i + aT_i + bt)}{2bT_i} \quad (5)$$

将式(5)代入式(2)得到制造商的最优产量为:

$$y_i^*(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt)}{2T_i}$$

将式(5)代入式(4)得到制造商的最大利润为:

$$\pi_i^*(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt)^2}{4bT_i^2} - (F + \psi_i) \quad (6)$$

由式(6)知, $\pi_i^n(t)$ 为 t 的二次函数且开口向上, 且最小值点为 $t_i^m = \frac{(aT_i - (v + \varphi_i)bT_i)}{b}$ 。

因此, 当 $t \in [0, t_i^m)$ 时, $\pi_i(t)$ 单调递减; 当 $t \in$

$$\text{其中, } t_1^{\text{crit-v}} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 - \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

$$t_2^{\text{crit-v}} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 + \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

$$t^{\lim} = \max(t_1^{\lim}, t_2^{\lim}), t_i^{\lim} = \frac{(aT_i - T_i\sqrt{4b(F + \psi_i)})}{b} - (v + \bar{\omega}_i)T_i, i = 1, 2$$

$$\alpha_i = \frac{b}{4T_i^2}, \beta_i = t_i^{\lim}, \gamma_i = F + \psi_i, i = 1, 2$$

证明: 将式(6)代入 $\Delta(t)$, 令 $\Delta(t) = 0$ 得

$$-\alpha_1(t - \beta_1)^2 + \alpha_2(t - \beta_2)^2 + \gamma_1 - \gamma_2 = 0$$

$$t_1^{\text{crit-v}} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 - \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

$$t_2^{\text{crit-v}} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 + \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$$

易知 $\Delta(t)$ 开口向下, 在 $t_1^{\text{crit-v}}$ 、 $t_2^{\text{crit-v}}$ 两点处取值为零。且 $t_1^{\text{crit-v}} < t_2^{\text{crit-v}} < t^{\lim}$ 。由命题 1 可知, 当 $t > t^{\lim}$ 时, $\pi_i(t) \leq 0$, 制造商不会进行产品生产, 即 t^{\lim} 为碳税水平的上限。于是有 A 区域: 当 $0 < t < t_1^{\text{crit-v}}$ 时, $\Delta(t) < 0$, 制造商不采用低碳技术; B 区域: 当 $t_1^{\text{crit-v}} < t < t_2^{\text{crit-v}}$ 时, $\Delta(t) > 0$, 制造商采用低碳技术; C 区域: 当 $t_2^{\text{crit-v}} < t < t^{\lim}$ 时, $\Delta(t) < 0$, 制造商不采用低碳技术。证毕。

$[t_i^m, +\infty)$ 时, $\pi_i(t)$ 单调递增。定义 $t_1 = \frac{(aT_i - T_i\sqrt{4b(F + \psi_i)})}{b} - (v + \varphi_i)T_i$, $t_2 =$

$\frac{(aT_i + T_i\sqrt{4b(F + \psi_i)})}{b} - (v + \varphi_i)T_i$ 分别为 $\pi_i(t) =$

0 的小根和大根。要满足条件 $a - b(v + \varphi_i + t/T_i) = 2y_i^*(t) > 0$, 舍去 t_2 。注意: t_1 即为 t_i^{\lim} 。另外, 当 $t_i^{\lim} < t < t_i^m$ 时, 制造商利润为负; 当 $t \geq t_i^m$ 时, 制造商的产量非正, 即制造商不会进行产品生产, 利润为 0。因此, 当 $0 < t \leq t_i^{\lim}$ 时, $\pi_i(t) \geq 0$; 当 $t > t_i^{\lim}$ 时, $\pi_i(t) \leq 0$ 。证毕。

根据假定, 采用低碳技术 1 带来的固定成本和变动成本均为零, 即 $\psi_i = \varphi_i = 0$, 实质上在选择低碳技术 1 时制造商未采用低碳技术。假定制造商仅限于选用低碳技术 1 或低碳技术 2, 令 $\Delta(t) = \pi_2(t) - \pi_1(t)$ 为选用这两种低碳技术所得最大利润的差额。若 $\Delta(t) > 0$, 制造商采用低碳技术; 若 $\Delta(t) < 0$, 制造商不采用低碳技术。

命题 2: 在消费者没有低碳意识的情况下, 制造商的最优低碳技术选择为:

A 区域: 当 $0 < t < t_1^{\text{crit-v}}$ 时, 制造商不采用低碳技术;

B 区域: 当 $t_1^{\text{crit-v}} < t < t_2^{\text{crit-v}}$ 时, 制造商采用低碳技术;

C 区域: 当 $t_2^{\text{crit-v}} < t < t^{\lim}$ 时, 制造商不采用低碳技术。

因为 $\frac{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$ 足够大, 所以 $\frac{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2}{(\alpha_1 - \alpha_2)}$

$> \gamma_2 - \gamma_1$ 有两个不同的根。解得两个根分别为

命题 2 表明, 在消费者没有低碳意识的情况下, 政府不断增加碳税水平不一定总是使得制造商一直选用低碳技术。一个较低的税收水平可促使制造商由不采用低碳技术转向采用低碳技术, 当碳税继续增加, 并达到一定水平后, 制造商会放弃采用低碳技术, 由采用低碳技术转向不采用低碳技术。

2.2 消费者有低碳意识时制造商的低碳技术选择

当消费者有低碳意识时, 需求函数为:

$$D(p^c) = a - bp^c - \frac{k}{T_i} \quad (8)$$

其中, c 表示消费者具有低碳意识。由图 1 可知, $\frac{1}{T_i}$ 表示制造商单位碳排放量, k 表示消费者对碳排放量的敏感系数, 且 $k > 0$ 。

在消费者具有低碳意识的情况下, 制造商采用低碳技术, 减少了碳排放量, 增加了消费者对该产品的需求量。由式(8)可知, 制造商每减少一单位碳排放量, 市场上产品的需求量将增加 k 单位。当市场达到均衡时, $y = D(p^c)$, 如给定政府碳税水平 t 和制造商技术选择 i , 制造商的利润函数为

$$\pi_i(p^c, t) = p^c D(p^c) - C_i(D(p^c), t) \quad (9)$$

命题 3: 在消费者具有低碳意识的情况下, 制造商的最优产品价格、最优产量和最大利润分别为:

$$p_i^{c*}(t) = \frac{((v + \varphi_i)bT_i + aT_i + bt - k)}{2bT_i};$$

$$\text{其中, } t_1^{crit-v} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 - \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

$$t_2^{crit-v} = \frac{(\alpha_1\beta_1 - \alpha_2\beta_2 + \sqrt{\alpha_1\alpha_2(\beta_1 - \beta_2)^2 - (\alpha_1 - \alpha_2)(\gamma_2 - \gamma_1)})}{(\alpha_1 - \alpha_2)},$$

$$t_i^{lim} = \max(t_1^{lim}, t_2^{lim}), t_i^{lim} = \frac{(aT_i - k - T_i\sqrt{4b(F + \phi_i)})}{b} - (v + \bar{\omega}_i)T_i, i = 1, 2$$

$$\alpha_i = \frac{b}{4T_i^2}, \beta_i = t_i^{lim}, \gamma_i = F + \phi_i, i = 1, 2.$$

证明: 类似命题 2 的证明过程, 略。

命题 4 表明, 在消费者具有低碳意识的情况下, 政府不断增加碳税水平不一定总是使得制造商一直选用低碳技术。一个较低的税收水平可使得制造商由不采用低碳技术转向采用低碳技术, 当碳税继续增加, 并达到一定水平后, 制造商会放弃采用低碳技术, 由采用低碳技术转向不采用低碳技术。

2.3 消费者有无低碳意识比较分析

推论 1: 消费者具有低碳意识时, 制造商的最优价格小于消费者没有低碳意识时制造商的最优价格, 即 $p_i^{c*}(t) < p_i^{n*}(t)$ 。

证明: $p_i^{c*}(t) - p_i^{n*}(t) = -\frac{k}{T_i}$ 。由于 $k > 0, 0 \leq \mu_i < 1$, 则 $-\frac{k}{T_i} < 0$, 所以 $p_i^{c*}(t) - p_i^{n*}(t) < 0 \Leftrightarrow p_i^{c*}(t) < p_i^{n*}(t)$ 。证毕。

运用同样的求证思路, 可得以下推论:

推论 2: 消费者具有低碳意识时, 制造商的最优产量小于消费者没有低碳意识时制造商的最优产量, 即 $y_i^{c*}(t) < y_i^{n*}(t)$ 。

推论 3: 消费者具有低碳意识时, 制造商的最大利润小于消费者没有低碳意识时制造商的最大利润, 即 $\pi_i^c(t) < \pi_i^n(t)$ 。

$$y_i^{c*}(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt - k)}{2T_i};$$

$$\pi_i^c(t) = \frac{(aT_i - (v + \bar{\omega}_i)bT_i - bt - k)^2}{4bT_i^2} - (F + \phi_i).$$

$$\text{定义 } t_i^{lim} = \frac{(aT_i - k - T_i\sqrt{4b(F + \phi_i)})}{b} - (v + \bar{\omega}_i)T_i.$$

当且仅当 $0 < t \leq t_i^{lim}$ 时, $\pi_i(t) \geq 0$ 。

证明: 类似命题 1 的证明过程, 略。

命题 4: 在消费者具有低碳意识的情况下, 制造商的最优低碳技术选择为:

A 区域: 当 $0 < t < t_1^{crit-v}$ 时, 制造商不采用低碳技术;

B 区域: 当 $t_1^{crit-v} < t < t_2^{crit-v}$ 时, 制造商采用低碳技术;

C 区域: 当 $t_2^{crit-v} < t < t_i^{lim}$ 时, 制造商不采用低碳技术。

上述结论表明, 在制造商不采用低碳技术的情况下, 消费者具有低碳意识会使得制造商降低产品价格, 从而导致产量及最大利润均减少; 在制造商采用低碳技术的情况下, 消费者具有低碳意识会使得制造商降低产品价格, 从而导致产量及最大利润均减少。不论制造商是否采用低碳技术, 消费者具有低碳意识对制造商均不利。

3 数值分析

3.1 低碳意识强度对制造商盈利的影响

运用 Maple16 编程得到如下结果, 并进行数值分析。取参数 $a=500, b=20, F=600, v=5, T_1=1, T_2=2, \varphi_1=0, \phi_1=0, \varphi_2=2, \phi_2=200$, 取 $t=2$, 让 k 在 $[0, 80]$ 内变化, 得到图 2。其中, $\pi_1^c(k), \pi_2^c(k)$ 分别表示在政府碳税水平一定的条件下, 随消费者低碳意识强度变化的制造商最大利润, 1、2 分别表示不采用低碳技术和采用低碳技术。

由图 2 可知, 随着消费者低碳意识的逐渐增强, 制造商不采用低碳技术和采用低碳技术所得的利润均逐渐降低。当消费者低碳意识较弱时, 制造商不采用低碳技术时的利润高于采用低碳技术时的利润, 当消费者低碳意识较强时, 制造商采用低碳技术时的利润高于不采用低碳技术时的利润。

3.2 消费者有无低碳意识两种条件下制造商盈利比较

3.2.1 制造商不采用低碳技术时, 消费者有无低碳意识两种条件下制造商盈利比较

取基本参数 $a=500, b=20, F=20, v=5, T_1=1, \varphi_1=0, \psi_1=0$, 取 $k \in \{0, 60\}$, 让 t 在 $[0, 10]$ 内变化, 比较制造商在 $k=0$ 和 $k=60$ 的情况下, 消费者低碳意识强度对制造商盈利的影响。

由图 3 可知, 随着政府碳税水平的逐渐提高, 制造商不采用低碳技术, 在消费者没有低碳意识和具有低碳意识两种条件下所得的利润均逐渐降低, 且消费者没有低碳意识时的利润高于消费者具有低碳意识时的利润。

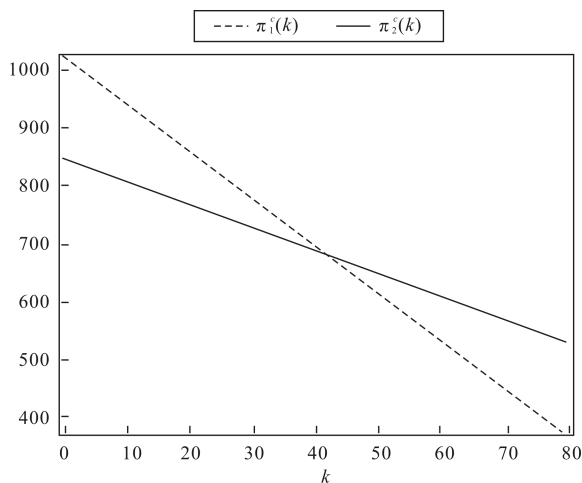


图 2 制造商是否采用低碳技术两种情况下的盈利比较

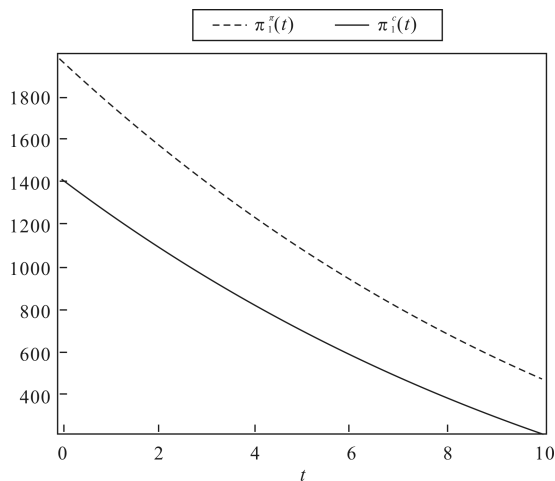


图 3 不采用低碳技术时, 两种条件下制造商盈利比较

3.2.2 制造商采用低碳技术时, 消费者有无低碳意识两种条件下制造商盈利比较

取基本参数 $a=500, b=20, F=20, v=5, T_2=2, \varphi_2=2, \psi_2=4$, 取 $k \in \{0, 60\}$, 让 t 在 $[0, 10]$ 内变化, 比较制造商在 $k=0$ 和 $k=60$ 的情况下, 消费者低碳意识强度对制造商盈利的影响。

由图 4 可知, 随着政府碳税水平的逐渐提高, 制造商采用低碳技术, 在消费者没有低碳意识和具有低碳

意识两种情况下所得的利润均逐渐降低, 且消费者没有低碳意识时的利润高于消费者具有低碳意识时的利润。

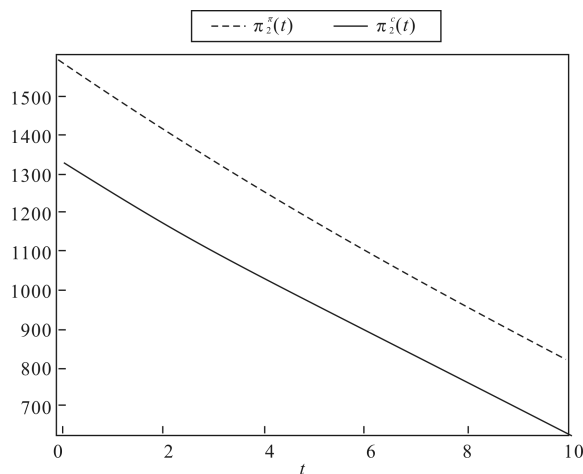


图 4 采用低碳技术时, 两种条件下制造商盈利比较

3.3 消费者低碳意识和政府碳税对制造商低碳技术选择的影响

3.3.1 消费者没有低碳意识条件下, 政府碳税对制造商低碳技术选择的影响

取参数 $a=500, b=20, F=20, v=5, T_1=1, T_2=2, \varphi_1=0, \psi_1=0, \varphi_2=2, \psi_2=4$, 通过 Maple16 计算得出, $t^{\lim}=31.62, t_1^{\text{crit-v}}=4.07, t_2^{\text{crit-v}}=25.28$, 从而得到 $\pi_1''(t), \pi_2''(t), \Delta(t)$ 如图 5 所示。

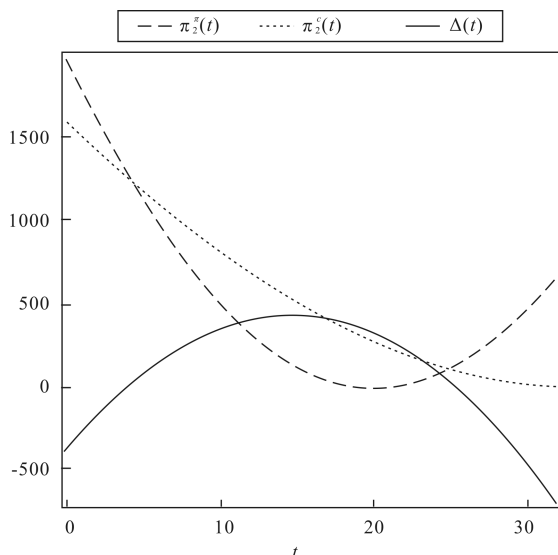


图 5 消费者没有低碳意识条件下制造商低碳技术选择区间

区域 A: $0 < t < 4.07$ 制造商不采用低碳技术;

区域 B: $4.07 < t < 25.28$ 制造商采用低碳技术;

区域 C: $25.28 < t < 31.62$ 制造商不采用低碳技术。

3.3.1 消费者具有低碳意识条件下, 政府碳税对制造商低碳技术选择的影响

取参数 $a=500, b=20, F=20, v=5, T_1=1, T_2=$

2, $\varphi_1 = 0, \psi_1 = 0, \varphi_2 = 2, \psi_2 = 4$, 通过 Maple16 算得: $t^{\lim} = 28.52, t_1^{\text{crit-v}} = 1.06, t_2^{\text{crit-v}} = 22.23$, 从而得到 $\pi_1^c(t), \pi_2^c(t), \Delta(t)$ 如图 6 所示。

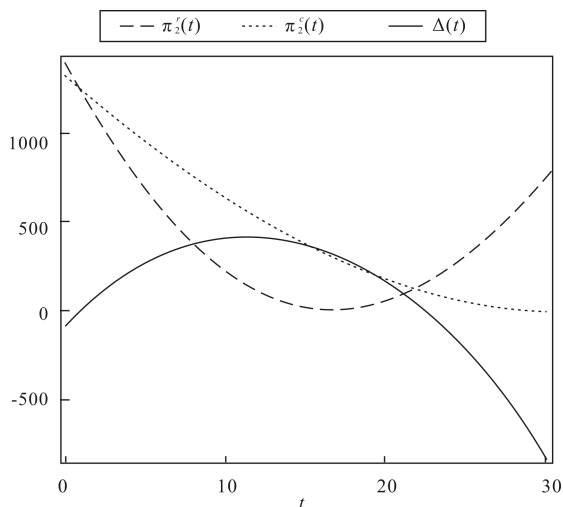


图 6 消费者具有低碳意识条件下制造商低碳技术选择区间

区域 A: $0 < t < 1.06$ 制造商不采用低碳技术;

区域 B: $1.06 < t < 22.23$ 制造商采用低碳技术;

区域 C: $22.23 < t < 28.52$ 制造商不采用低碳技术。

从图 5、图 6 可以看出,碳税水平不断提高不一定使得制造商持续选用低碳技术。一个较低的税收水平可促使制造商由不采用低碳技术转向采用低碳技术,当碳税继续增加并达到一定水平后,制造商会放弃采用低碳技术,由采用低碳技术转向不采用低碳技术。也可以从制造商的成本角度解释这一研究结论。由于不断提高的碳税水平会产生两个作用相反的效应,采用低碳技术相对于不采用低碳技术而言,随着碳税水平的提高,效用 1 是变动成本,相对减小;效用 2 是增加的总生产成本。

区域 A: 效应 2 > 效应 1 $\Delta(t) < 0$ 制造商不采用低碳技术;

区域 B: 效应 1 > 效应 2 $\Delta(t) > 0$ 制造商采用低碳技术;

区域 C: 效应 2 > 效应 1 $\Delta(t) < 0$ 制造商不采用低碳技术。

与 Jonathan^[6]的“传统观念”不同,本文的结论是,碳税水平的持续提高并不一定能使制造商持续采用低碳技术。事实上,当碳税水平足够高并达到一定水平时,反而会使企业选择不采用低碳技术,从而增加碳排放量。与消费者没有低碳意识的市场条件相比,消费者具有低碳意识使得制造商在更低的碳税水平下由不采用低碳技术转向采用低碳技术,随着碳税水平的逐步提高,又在更低的碳税水平下放弃采用低碳技术,转向不采用低碳技术。

4 结语

在低碳技术选择研究中,尚未涉及消费者低碳意识和政府碳税对制造商低碳技术选择的影响,而这一研究内容及其研究结果正是本文最突出的贡献。研究结果表明:

(1)消费者低碳意识影响制造商的生产决策。不管制造商是否选择低碳技术,消费者的低碳意识使得制造商的产品价格下降,产量降低。

(2)消费者低碳意识影响制造商的盈利情况。在制造商坚持不采用低碳技术的条件下,消费者没有低碳意识对制造商更有利;同样地,在制造商坚持采用低碳技术的条件下,消费者没有低碳意识对制造商更有利。

(3)消费者低碳意识影响制造商的技术选择。当消费者低碳意识较弱时,不采用低碳技术对制造商更有利;当消费者低碳意识较强时,采用低碳技术对制造商更有利。

(4)碳税作为一种有效的减少碳排放政策手段,并不是在任何情况下都能使得制造商采用低碳技术。一个较低的税收水平可促使制造商由不采用低碳技术转向选择低碳技术;当碳税继续增加并达到一定水平后,制造商会放弃低碳技术,由采用低碳技术转向不采用低碳技术。

(5)消费者具有低碳意识使得制造商在更低的碳税水平下由不采用低碳技术转向采用低碳技术,随着碳税水平的逐步提高,在更低的碳税水平下放弃低碳技术,转向不采用低碳技术。

上述研究结果的(2)、(3)、(4)点也解释了一个现实状况。正是由于消费者的低碳意识较弱甚至没有低碳意识、政府的碳税政策不完善等原因,致使制造商在产品生产过程中进行低碳减排的动力不足。

由于篇幅有限,本文的低碳技术选择研究只考虑了是否选择低碳技术的情况。多个技术可供选择的情形较复杂,在以后的研究中可具体分析多个具有不同水平低碳技术的情况。本模型只考虑了一个寡头制造商,在以后的研究中可考虑两个或多个制造商竞争的情况。本文假设消费者都没有或都具有低碳意识,下一步可将消费者进行分类研究,分析没有低碳意识的消费者和具有低碳意识的消费者各占一定比例的情况。

参考文献:

- [1] 蔡林海. 低碳经济大格局[M]. 北京: 经济科学出版社, 2009.
- [2] OBERTHUR S. Production and consumption of ozone-depleting substances, 1986—1995: the data reporting system under the montreal protocol [M]. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 1997.

- [3] KATRIN REHDANZA, RICHARD S J. Unilateral regulation of bilateral trade in greenhouse gas emission permits [J]. *Ecological Economics*, 2005, 5(4): 397-416.
- [4] BETTINA B, F WITTNEBEN. Exxon is right: let us re-examine our choice for a cap-and-trade system over a carbon tax [J]. *Energy Policy*, 2009, 37(6): 2462-2464.
- [5] MARK SCHAPIRO. Conning the climate: inside the carbon-trading shell game [J]. *Harper's Magazine*, 2010(2): 31-39.
- [6] JONATHAN L, RAMSEUR. Carbon tax and greenhouse gas control: options and considerations for congress [R]. Library of Congress. Congressional Research Service, 2009.
- [7] JANE ANDREW, MARY A KAIDONIS, BRIAN ANDREW. Carbon tax: challenging neoliberal solutions to climate change [J]. *Critical Perspectives on Accounting*, 2010, 21(7): 611-618.
- [8] CHENG F LEE, SUE J LIN, CHARLES LEWIS. Analysis of the impacts of combining carbon taxation and emission trading on different industry sectors [J]. *Energy Policy*, 2008, 36(2): 722-729.
- [9] BENJAFAFAR S, Y LI, M DASKIN. Carbon footprint and the management of supply chains: insights from simple models [R]. USA: University of Minnesota, 2010.
- [10] AIYING RONG, RISTO LAHDELMA. CO₂ emissions trading planning in combined heat and power production via multi-period stochastic optimization [J]. *European Journal of Operational Research*, 2007(176): 1874-1895.
- [11] 杨亚琴, 邱苑华, 何大义. 强制减排机制下政府与企业之间的博弈分析 [J]. *系统工程*, 2012, 30(2): 110-114.
- [12] 美国刚. 碳减排的社会经济福利分析 [J]. *管理世界*, 2012(10): 174-175.
- [13] 张艳林, 孙永广, 刘德顺. 碳减排量定价理论研究 [J]. *系统工程理论与实践*, 2002(4): 105-108.
- [14] FRANK C KRYSIK. Prices vs. quantities: the effects on technology choice [J]. *Journal of Public Economics* 2008, 92(5-6): 1275-1287.
- [15] GREGORY S AMACHER, ARUN S. Pollution taxes when firms choose technologies [J]. *Southern Economic Journal*, 2002, 68(4): 891-906.
- [16] SUZIKERR, RICHARD G NEWELL. Policy-induced technology adoption: evidence from the u.s. lead phasedown [J]. *The Journal of Industrial Economics*, 2003(3): 317-342.
- [17] 胡秀莲, 姜克隽. 中国温室气体减排技术选择及对策评价 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [18] 张新华, 叶泽, 李薇. 价格与技术不确定条件下的发电商碳捕获投资模型及分析 [J]. *管理工程学报*, 2012, 26(3): 109-113.
- [19] 汪鹏, 赵黛青. 发电厂减排 CO₂ 的技术选择及对比分析 [J]. *能源与环境*, 2011, 28(3): 58-62.

(责任编辑: 张益坚)

Low-carbon Technology Choice with Low-carbon Awareness of Consumers and Carbon Tax of Government

Xiong Zhongkai^{1,2}, Hu Jinhui^{1,2}

(1. School of Economics and Business Administration, Chongqing University;

2. Chongqing Key Laboratory of Logistics, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Along with the development of economy, as one of the most important environmental problems, carbon emission has been paid more and more attention for its effects on global climate in recent several decades. Low-carbon has been more and more widely advocated, and low-carbon technologies arise at the right time in recent years. The impact of regulatory instruments such as carbon tax on technology choice is often discussed in previous literatures related to technology choice and low-carbon. This paper studies low-carbon technology choice of the monopoly manufacturer with low-carbon awareness of consumers and the carbon tax policy of government for the first time.

Key Words: Low-Carbon; Low-Carbon Awareness; Low-Carbon Technology; Technology Choice