

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2021.04.006

碳交易机制下考虑公平关切的制造商与再制造商竞争决策分析

陈章跃, 黄小迅, 秦智聃

(重庆第二师范学院 经济与工商管理学院, 重庆 400065)

摘要:在现实生活中人们往往对收益分配的公平性表现出极大的关注(即公平关切),学者对闭环供应链中的公平关切问题也进行了较为深入的研究,但鲜有文献考虑到碳排放问题,所以本文在碳交易政策背景下,利用 Stackelberg 博弈论研究有无碳交易政策两种情况下闭环供应链中公平关切的制造商与公平中性的再制造商的竞争决策模型。结果表明:在无碳交易政策时新产品和再制造产品的销售价格都随着公平关切系数值的增加而逐渐降低;在有碳交易政策时,新产品的销售价格随着公平关切系数值的增加而降低,再制造产品的销售价格随着公平关切系数值的增加而增加;在有碳交易政策时,制造商的利润随着其公平关切系数值的增加而减少,再制造商的利润则随着制造商的公平关切系数值的增加而增加。本文的研究结果在一定程度上可以为企业制定生产战略提供参考,为政府制定科学合理的碳减排政策提供参考和建议。

关键词:闭环供应链;碳交易政策;公平关切;Stackelberg 博弈;制造商;再制造商

中图分类号:F274;X196

文献标志码:A

文章编号:1672-626X(2021)04-0046-09

一、引言

社会科学技术的进步和经济的日益增长给人们带来了更加便捷高效的生活,随之也带来了旧产品的数量激增、资源能源的枯竭和气候环境恶劣等问题。为了使社会环境与社会经济之间协调发展,各国政府陆续出台了一系列低碳政策以应对气候变化,根据《中国碳市场 2019 年度总结》,全球已有 46 个国家和 28 个地区采用了碳定价工具。我国已经在上海、北京、深圳和重庆等七个城市进行了碳交易政策试点,根据中国碳交易网数据显示,截至 2019 年 12 月,七个试点碳市场已经累计完成了 1.8 亿吨线上配额交易量,达成线上交易额 41.3 亿元。

在碳交易政策背景下闭环供应链越来越受到社会和学术界的关注,因为闭环供应链中的再制造产品相对于新产品,不但可以节省 50% 的成本、60% 的能源和 70% 的材料,而且还可以减少 80% 的碳排放^[1]。闭环供应链是指产品由生产地到消费地,之后废旧产品由消费地返回至生产地而形成的一个封闭的供应链。废旧产品返回生产地后采用专门的工艺和技术进行再制造,再制造产品在性能和质量上都达到了新产品的标准。近年来,研究者已经对闭环供应链的最优决策进行了分析^[2-5],这些研究主要从三种回收模式(制造商负责回收、零售商负责回收、第三方负责回收)、专利、政府奖惩机制等角度展开分析闭环供应链的决策问题。

收稿日期:2020-09-02

基金项目:教育部人文社会科学规划项目(19YJA790015);重庆第二师范学院校级项目(KY201714B)

作者简介:陈章跃(1976-),男,江西赣州人,重庆第二师范学院经济与工商管理学院讲师,管理学博士,研究方向为物流与供应链管理。

关于公平关切的研究,以 Katok 等(2013)^[6]为代表的一批行为科学家发现,人们不仅关注自身的利益,还会关注周围其他人的利益,往往对收益分配的公平性表现出极大的关注(即公平关切)。在公平关切行为倾向的作用下,人们有可能会在感到不公平时以己方利益受损为代价采取行动达到惩罚对方的目的。由于违背了理性“经济人”假设,所以公平关切与传统效用理论是不相容的,但许多研究又证实了这种行为倾向的存在^[7]。张克勇等(2013)研究了零售商公平关切的闭环供应链的定价决策模型^[8]。吴燕等(2013)基于纳什讨价还价理论,分析了公平关切对闭环供应链的定价机制的影响^[9]。孙浩等(2014)在制造商主导的闭环供应链中,考察了考虑零售商的公平关切行为对三种不同回收模式决策的影响^[10]。高鹏和聂佳佳(2014)研究了考虑专利授权情况下制造商的公平关切对闭环供应链决策的影响^[11]。唐飞和许茂增(2016)分析了零售商公平关切下双渠道闭环供应链的协调问题^[12]。陈章跃等(2016)研究了制造商双向公平关切下闭环供应链的竞争策略^[13]。姚锋敏和滕春贤(2017)构建了公平关切下零售商主导的闭环供应链决策模型^[14]。姚锋敏和滕春贤(2016)、王文宾等(2019)考察了第三方回收的闭环供应链中公平关切行为对最优决策的影响^[15-16]。周义廷和刘丽文(2017)分析了考虑零售商公平关切的双渠道闭环供应链的协调问题^[17]。姚锋敏等(2018)研究了考虑广告效应的闭环供应链中公平关切行为对定价决策的影响^[18]。邹清明和叶广宇(2018)构建了考虑公平关切的双向双渠道闭环供应链的决策模型^[19]。李新然和王琪(2019)研究了考虑零售商服务水平的闭环供应链中公平关切对最优决策的影响^[20]。王晓迪等(2019)研究了考虑公平关切的网络平台主导 E-闭环供应链中的协调问题^[21]。曹晓刚等(2019)分析了考虑公平关切的闭环供应链的决策和协调问题^[22]。

可以看出,有关闭环供应链公平关切的文献鲜有考虑碳排放问题,所以本文在碳交易政策背景下构建闭环供应链公平关切的决策模型,利用 Stackelberg 博弈论研究有无碳交易政策两种情况下闭环供应链中公平关切的制造商与公平中性的再制造商的竞争决策模型,分析公平关切对于产品的价格、利润、制造商效用、碳排放量的影响,并对无碳交易政策和有碳交易政策两种情况进行比较分析。本文的研究结果一定程度上可以为企业制定生产策略提供参考,为政府制定科学合理的碳减排政策提供借鉴。

二、问题描述及模型假设

(一)问题描述

本文研究的是一个具有公平关切的制造商与一个具有公平中性的再制造商所组成的闭环供应链系统。

在这个系统中,制造商是利用原材料来生产新的产品,而再制造商则是利用回收产品来生产再制造产品,双方在销售链中分别将新产品和再制造产品销售给消费者。在此系统中再制造商往往会通过回收消费者所丢弃的产品来进行生产,因此新产品和再制造产品在市场上形成竞争关系,如图 1 所示。

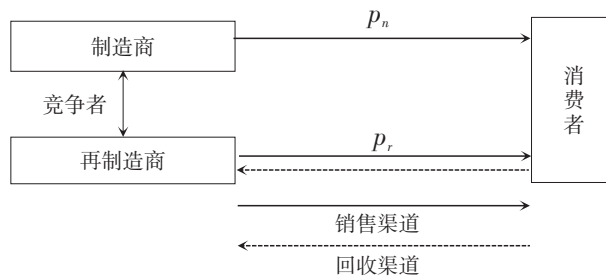


图1 新产品和再制造产品的竞争结构

(二)模型假设

1. 参考 Savaskan 等(2004)^[23]和熊中楷等(2011)^[14],假设再制造产品和新产品之间在外观、质量和功能等方面都不存在差异,通过相同的渠道进入到消费市场。

2. 假设制造商生产新产品的单位制造成本为 c_n , 新产品的销售价格为 p_n , 再制造商对废旧产品进行再制造, 再制造产品的单位再制造成本为 c_r , 再制造产品的销售价格为 p_r , 且 $c_n > c_r > 0$, $p_n > p_r > 0$ 。

3. 新产品与再制造产品存在价格竞争, 参考曹晓刚等(2019)^[22], 假设此时新产品的市场需求函数表示为 $D_n = Q - p_n + \varepsilon p_r$, 再制造产品的市场需求函数表示为 $D_r = Q - p_r + \varepsilon p_n$, 并且 $0 \leq \varepsilon < 1$ 。其中, Q 为制造商和再制造商在市場中的需求容量; ε 为新产品和再制造产品之间的相互替代系数。

4. 假设生产一个新产品产生的碳排放量为 e_n , 生产一个再制造产品产生的碳排放量为 e_r , 且 $e_n > e_r$ 。

5. 假设制造商具有公平关切性, 公平关切系数为 η , 而再制造商则具有公平中性。

6. 假设制造商按照国家的法律规定, 可以免费从国家获得的碳排放配额是 G_n , 再制造商按照国家的法律规定, 可以免费从国家获得的碳排放配额为 G_r 。但是当制造商的碳排放量超过国家规定的最高免费碳排放配额 G_n 时或者再制造商的碳排放量超过国家规定的最高免费碳排放配额 G_r 时, 那么超过的部分就需要从碳交易市场进行购买, 而每单位的碳排放量的价格为 λ ; 当制造商的碳排放量或者再制造商的碳排放量低于国家规定的最高免费碳排放配额时, 则可以在碳交易市场交易多余的部分。

7. Π_i^j 表示 j 情形下 i 的利润函数, 其中 $i = n, r$ 分别代表制造商和再制造商, $j = N, E$ 分别代表无碳交易政策时和有碳交易政策时的情况。

8. U_n^b 表示在 b 的情形下 n 的效用函数, 其中 n 表示制造商, $b = N, E$ 分别表示无碳交易政策时和有碳交易政策时的情况。参考杜少甫等(2010)^[7], 当无碳交易政策的情况时, 制造商的效用函数为: $U_n^N = \Pi_n^N - \eta(\Pi_n^N - \Pi_r^N) = (1 + \eta)\Pi_n^N - \eta\Pi_r^N$; 当有碳交易政策的情况时, 制造商的效用函数表示为: $U_n^E = \Pi_n^E - \eta(\Pi_r^E - \Pi_n^E) = (1 + \eta)\Pi_n^E - \eta\Pi_r^E$ 。

三、碳交易机制下具有公平关切的制造商与公平中性的再制造商的竞争决策

根据博弈论可知: 在闭环供应链中, 制造商和再制造商之间的决策是一个以制造商为领导者的 Stackelberg 主从博弈的过程, 其中制造商具有公平关切性, 再制造商则具有公平中性。博弈的决策顺序是先由制造商决定新产品的销售价格, 然后由再制造商决定再制造产品的销售价格。出于对公平的考虑, 制造商既要考虑本身的利润, 也要考虑竞争对手的利润。此时, 制造商依据效用函数的最大化作出决策, 而再制造商则按照利润的最大化作出决策。

其中制造商的利润函数表示为:

$$\Pi_n^E = p_n - c_n)(Q - p_n + \varepsilon p_r) - \lambda[(Q - p_n + \varepsilon p_r)e_n - G_n] \quad (1)$$

再制造商的利润函数为:

$$\text{Max}_{p_r} \Pi_r^E = (p_r - c_r)(Q - p_r + \varepsilon p_n) - \lambda[(Q - p_r + \varepsilon p_n)e_r - G_r] \quad (2)$$

具有公平关切的制造商的效用函数为:

$$\text{Max}_{p_n} U_n^E = (1 + \eta)(p_n - c_n)D_n - \lambda(1 + \eta)(D_n e_n - G_n) - \eta(p_r - c_r)D_r + \lambda\eta(D_r e_r - G_r) \quad (3)$$

根据 Stackelberg 主从博弈的逆向递推求解法, 由式(2)可以求得再制造商的反应函数:

$$p_r = \frac{1}{2}(Q + \varepsilon p_n + c_r + \lambda e_r) \quad (4)$$

将式(4)带入制造商的效用函数式(3)中, 可以得到制造商最优决策:

$$p_n^E = \frac{1}{2(1 + \eta) - \varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left\{ Q(1 + \frac{1}{2}\varepsilon + \eta) + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^2(1 + \eta)(1 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] + e_r \left[\varepsilon\lambda(\frac{1}{2} + \eta) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2(1 + \eta) + \eta\lambda \right] + c_r \left[\varepsilon(\frac{1}{2} + \eta) \right] \right\} \quad (5)$$

将式(5)带入式(4)中,可以得到再制造商的最优决策:

$$p_r^E = \frac{1}{4(1+\eta) - 2\varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left\{ Q \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) + \varepsilon(1 + \varepsilon\eta) \right] + c_r \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2\eta \right] + e_r \left[(1+\eta)(2\lambda - \frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2(\lambda\eta + 1 + \lambda) \right] \right\} \quad (6)$$

然后通过上述所有式子,可以得到有碳交易政策时新产品的市场需求函数 D_n :

$$D_n^E = Q - \frac{1}{2(1+\eta) - \varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left\{ Q(1 + \frac{1}{2}\varepsilon + \eta) + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^2(1+\eta)(1 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] + e_r \left[\varepsilon\lambda(\frac{1}{2} + \eta) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2(1+\eta) + \eta\lambda \right] + c_r \left[\varepsilon(\frac{1}{2} + \eta) \right] \right\} + \frac{\varepsilon}{4(1+\eta) - 2\varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} * \left\{ Q \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) + \varepsilon(1 + \varepsilon\eta) \right] + c_r \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2\eta \right] + e_r \left[(1+\eta)(2\lambda - \frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2(\lambda\eta + 1 + \lambda) \right] \right\} \quad (7)$$

同时可以得到有碳交易政策时再制造产品的市场需求函数 D_r :

$$D_r^E = Q - \frac{1}{4(1+\eta) - 2\varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left\{ Q \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) + \varepsilon(1 + \varepsilon\eta) \right] + c_r \left[(1+\eta)(2 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2\eta \right] - e_r \left[(1+\eta)(2\lambda - \frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^3(1+\eta) + \varepsilon^2(\lambda\eta + 1 + \lambda) \right] \right\} + 2\varepsilon \left\{ Q(1 + \frac{1}{2}\varepsilon + \eta) + c_n \left[-\frac{1}{2}\varepsilon^2(1+\eta)(1 - \frac{1}{2}\varepsilon^2) \right] \right\} + 2\varepsilon \left\{ e_r \left[\varepsilon\lambda(\frac{1}{2} + \eta) \right] + e_n \left[-\frac{1}{2}\lambda\varepsilon^2(1+\eta) + \eta\lambda \right] + c_r \left[\varepsilon(\frac{1}{2} + \eta) \right] \right\} \quad (8)$$

最后,可以得到新产品的碳排放量:

$$E_n^E = Q - \frac{e_n^E}{2(1+\eta) - \varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left[Q + \frac{1}{2}\varepsilon(Q + c_r + \lambda e_r - \varepsilon c_n - \eta \varepsilon c_n - \lambda \varepsilon e_n - \lambda \eta \varepsilon e_n) \right] + \eta \varepsilon \left[(Q + \varepsilon c_r + \varepsilon \lambda e_r + c_n + \lambda e_n) + c_n + \lambda e_n \right] * \frac{1}{2} Q + \frac{\varepsilon}{2(1+\eta) - \varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} * \left[Q + \frac{1}{2}\varepsilon(Q + c_r + \lambda e_r - \varepsilon c_n - \eta \varepsilon c_n - \lambda \varepsilon e_n - \lambda \eta \varepsilon e_n) + \eta(Q + \varepsilon c_r + \varepsilon \lambda e_r + c_n + \lambda e_n) + c_n + \lambda e_n \right] \quad (9)$$

同时可以得到再制造产品的碳排放量:

$$E_r^E = \frac{1}{2} Q - \frac{e_r^E}{4(1+\eta) - 2\varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} \left[Q + \frac{1}{2}\varepsilon(Q + c_r + \lambda e_r - \varepsilon c_n - \eta \varepsilon c_n - \lambda \varepsilon e_n - \lambda \eta \varepsilon e_n) \right] + \eta \varepsilon \left[(Q + \varepsilon c_r + \varepsilon \lambda e_r + c_n + \lambda e_n) + c_n + \lambda e_n \right] + \frac{\varepsilon}{4(1+\eta) - 2\varepsilon^2(1 + \frac{1}{2}\eta)} * \left[Q + \frac{1}{2}\varepsilon(Q + c_r + \lambda e_r - \varepsilon c_n - \eta \varepsilon c_n - \lambda \varepsilon e_n - \lambda \eta \varepsilon e_n) + \eta(Q + \varepsilon c_r + \varepsilon \lambda e_r + c_n + \lambda e_n) + c_n + \lambda e_n \right] \quad (10)$$

令上述各式中的 $\lambda = 0$,可以得到在无碳交易政策时新产品和再制造产品的零售价 p_n^N 、 p_r^N ,新产品和再制造产品的市场需求 D_n^N 、 D_r^N ,新产品和再制造产品的碳排放量 E_n^N 、 E_r^N 。

由于各表达式较为复杂,难以得到直观的结论,所以,销售价格、需求量、利润、效用以及碳排放量关于公平关切系数的变化情况将在第四部分结合具体的算例进行详细分析。

四、算例分析

为验证上述模型的正确性,本文将在碳交易政策背景下,采取具体的数值来分析公平关切行为在闭环供应链中产生的影响和作用,根据前文模型假设,取 $Q=50$, $c_n=20$, $c_r=10$, $p_n=30$, $p_r=20$, $\varepsilon=0.5$, $e_n=10$, $e_r=5$, $G_n=100$, $G_r=100$ 。根据以上赋值,算例将由两部分组成:在无碳交易政策的情形下,研究公平关切行为对于新产品和再制造产品的销售价格、需求量、碳排放量、利润以及效用的影响;在有碳交易政策的情形下,研究公平关切行为对于新产品和再制造产品的销售价格、需求量、碳排放量、利润以及效用的影响。

(一)无碳交易政策时公平关切行为对各因素的影响

当无碳交易政策的时候,闭环供应链各方成员的某些决策保持不变,而另一些决策却呈现出不同的变化状态。比如当制造商具有公平关切行为的时候和再制造商具有公平中性的时候,闭环供应链各方的决策均会呈现出不同的变化,从而对制造商和再制造商的竞争决策产生深刻的影响。

首先是公平关切行为对于新产品的销售价格、再制造产品的销售价格、新产品的需求量、再制造产品的需求量的影响,如图2和图3所示。由图2和图3可以得出,在无碳交易政策时,新产品的销售价格和公平关切系数是负相关的关系,即随着公平关切系数值的增加,制造商所生产的新产品的销售价格逐渐降低。再制造产品的销售价格和公平关切系数也是负相关的关系,即随着公平关切系数值的增加,再制造产品的销售价格随之降低。但是与新产品相比而言,再制造产品的销售价格与公平关切系数之间的契合度没有新产品与公平关切的契合度高,即再制造产品的销售价格的下降变化没有新产品明显。当公平关切程度相同时,新产品的销售价格会高于再制造产品的销售价格,可是随着公平关切系数值不断增加,新产品和再制造产品之间的销售价格差距会逐渐缩小。此外,可以发现新产品的需求量与公平关切系数之间的变化趋势相同,即随着公平关切的程度加深,新产品的需求越来越大。但是相比之下,再制造产品的需求量与公平关切系数呈负相关的关系,即随着公平关切的程度上升,再制造产品的需求逐渐下降。且可以知道,随着公平关切系数值的增加,二者之间需求量的差距会逐渐缩小。

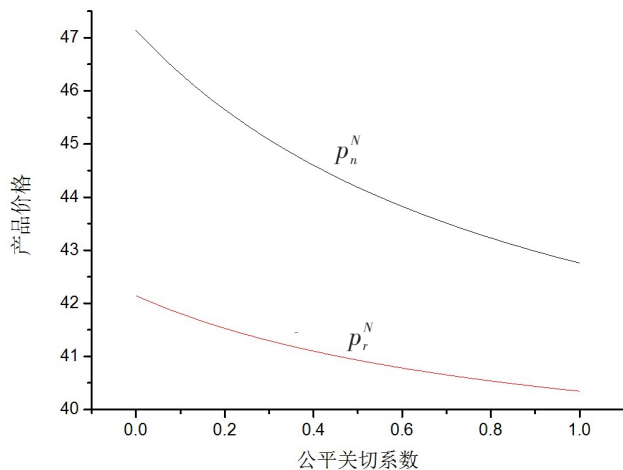


图2 无碳交易政策时公平关切系数对产品价格的影响

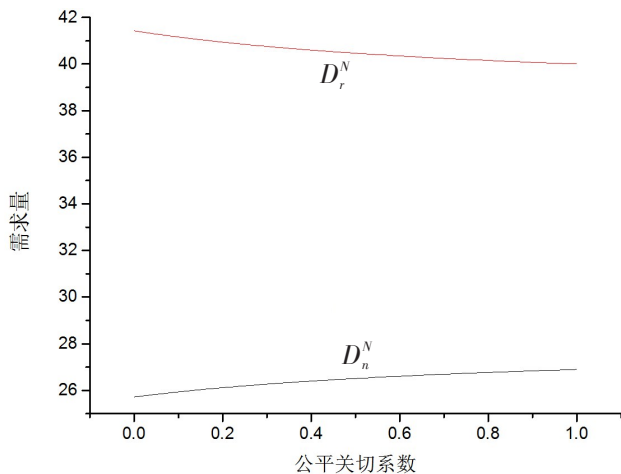


图3 无碳交易政策时公平关切系数对需求量的影响

其次是研究公平关切行为对于制造商的效用和再制造商的利润的影响,如图4所示。由图4可以看出,制造商的效用和公平关切系数先是负相关的关系后面又变成正相关的关系,即随着制造商公平关切程度的上升,制造商的效用先是下降接着又上升。而再制造商的利润和公平关切系数则呈现出相反的变化趋势,即随着制造商的公平关切程度的上升,再制造商的利润会逐渐减少。

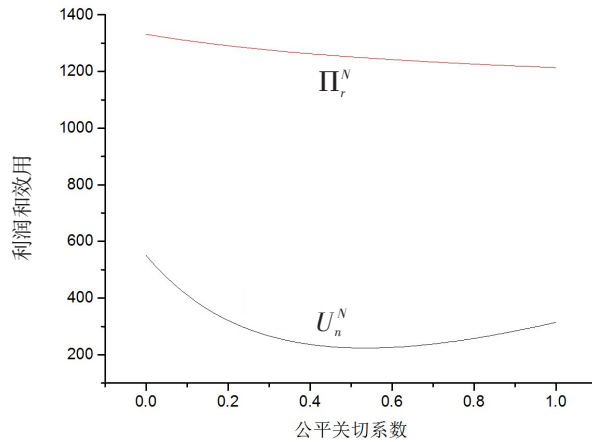


图4 无碳交易政策时公平关切系数对利润和效用的影响

(二)有碳交易政策时公平关切行为对各因素的影响

当有碳交易政策的时候,公平关切系数对于闭环供应链系统各方决策有一定的影响和变化。首先是具有公平关切的制造商和具有公平中性的再制造商的公平行为对于新产品的销售价格、再制造产品的销售价格、新产品的需求量、再制造产品的需求量的影响,如图5、图6所示。通过图5和图6可以发现当存在碳交易政策时,随着制造商公平关切程度的增加,新产品的销售价格逐渐下降,二者是负相关的关系。再制造产品的销售价格则随着公平关切系数值增加而不断上升,这说明再制造产品的销售价格和公平关切系数呈正相关的关系。此外,新产品的需求量随着制造商公平关切系数值的增加而增加,但再制造产品的需求量则随着制造商公平关切程度的增加而下降。

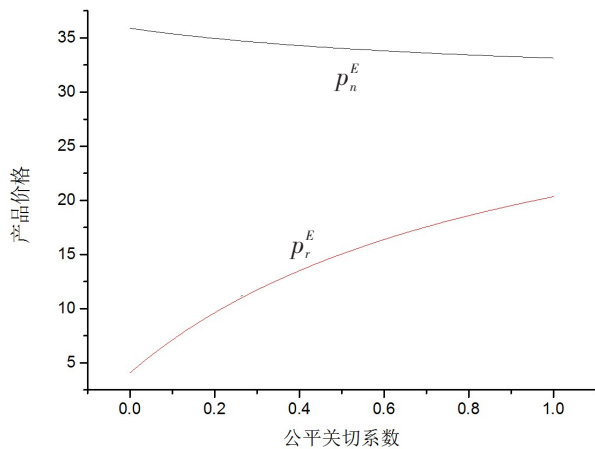


图5 有碳交易政策时公平关切系数对产品价格的影响

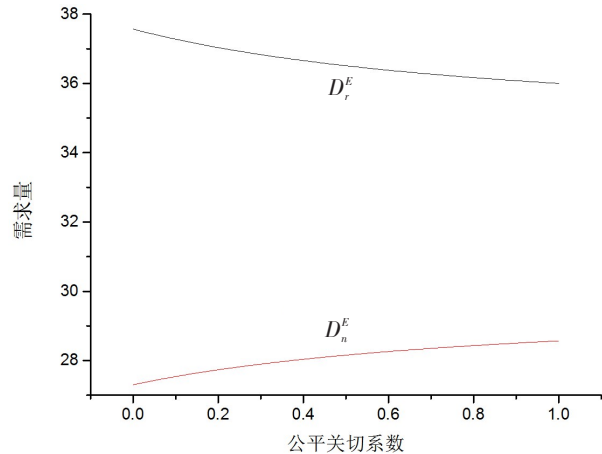


图6 有碳交易政策时公平关切系数对需求量的影响

其次是公平关切行为对于新产品的碳排放量和再制造产品的碳排放量的影响,如图7所示。由图7可以看出,新产品和再制造产品的碳排放量与公平关切系数分别成正相关和负相关的关系,即随着制造商公平关切程度的上升,新产品的碳排放量呈现上升趋势,而再制造产品的碳排放量则呈下降。新产品的碳排放量大于再制造产品的碳排放量,并且两者的差距随着制造商公平关切系数值的增加而增加。

最后则是研究不同公平关切程度下制造商与再制造商的利润变化以及制造商的效用,如表1至表3所示。

由表1可以知道,制造商的利润随着其公平关切系数值的增加而减少,这是由于随着制造商公平关切系数值的增加,即制造商对再制造商利润的关注程度增加,意味着他要让利给再制造商,所以在表2就表现为再制造商的利润随着制造商公平关切系数值的增加而增加。从管理意义上来说,供应链的成员要长久合作,需要核心成员既关注自身的利润,也关注合作伙伴的利润,如此供应链才能更好地维持平衡。

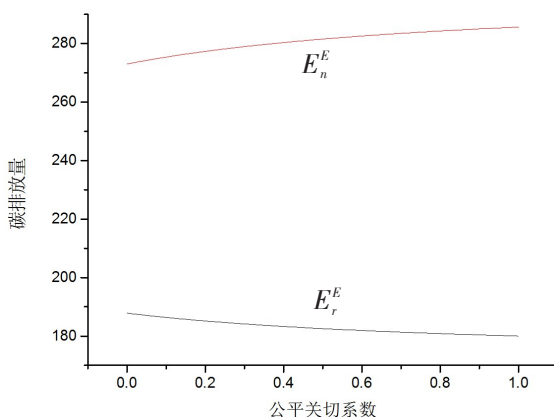


图7 有碳交易政策时公平关切系数对碳排放量的影响

从表1我们可以看到,制造商的利润随着碳交易价格的增加而减少,这是由于碳交易相当于增加了企业的生产成本,从而导致利润的下降,但同时会带来环境的改善。而表2则显示,再制造商的利润随着碳交易价格的增加而增加,这是因为虽然碳交易增加了企业的生产成本,但由于再制造品的碳排放量远小于新产品的碳排放量,再制造商具有碳排放方面的优势,这样在相同的碳配额情形下,再制造商可以从碳交易市场获利,从而再制造商的利润随着碳交易价格的增加而增加。另外,制造商和再制造商也可以引进碳减排技术,使企业的碳排放量大幅减少,从而把多余的碳排放额放到碳交易市场进行交易而获利,这也是本文的一个可拓展的研究方向。

表3说明了制造商的效用随着碳交易价格的增加而减少,这是由于制造商的利润随着碳交易价格的增加而减少,再制造商的利润随着碳交易价格的增加而增加,而制造商的效用函数 $U_n^E = \Pi_n^E - \eta(\Pi_r^E - \Pi_n^E) = (1 + \eta)\Pi_n^E - \eta\Pi_r^E$ 又表明,制造商的效用与制造商的利润正相关,与再制造商的利润负相关,所以最终表现为制造商的效用随着碳交易价格的增加而减少。从表3还可以看出,制造商的效用随着公平关切系数值的增加而减少,这是因为在本论文算例分析的变量取值下再制造商的利润大于制造商的利润,由制造商的效用函数表达式可以看出此时制造商的效用函数与公平关切系数是负相关的关系。

表1 不同公平关切程度下制造商的利润变化

		λ										
η	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
0	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	
0.1	285	264	244	223	202	181	161	140	119	98	78	
0.2	270	249	227	206	184	163	141	120	98	77	55	
0.3	255	233	211	188	166	144	122	99	77	55	33	
0.4	240	217	194	171	148	125	102	79	56	33	10	
0.5	225	201	178	154	130	106	83	59	35	11	-13	
0.6	210	186	161	137	112	88	63	39	14	-11	-35	
0.7	195	170	145	119	94	69	44	18	-7	-32	-58	
0.8	180	154	128	102	76	50	24	-2	-28	-54	-80	
0.9	165	138	112	85	58	31	5	-22	-49	-76	-103	
1	150	123	95	68	40	13	-15	-43	-70	-98	-125	

表2 不同公平关切程度下再制造商的利润变化

		λ									
η	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	1403	1410	1416	1422	1429	1435	1441	1448	1454	1460	1467
0.1	1452	1459	1466	1473	1480	1487	1494	1501	1507	1514	1521
0.2	1501	1508	1516	1523	1531	1538	1546	1553	1560	1568	1575
0.3	1549	1557	1565	1573	1581	1589	1597	1605	1613	1621	1629
0.4	1598	1606	1614	1623	1631	1640	1648	1657	1665	1674	1682
0.5	1645	1654	1663	1672	1681	1690	1699	1708	1717	1726	1735
0.6	1693	1702	1712	1721	1731	1740	1750	1759	1768	1778	1787
0.7	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800	1810	1819	1829	1839
0.8	1787	1797	1808	1818	1829	1839	1849	1860	1870	1880	1891
0.9	1834	1845	1855	1866	1877	1888	1899	1909	1920	1931	1942
1	1880	1891	1903	1914	1925	1936	1948	1959	1970	1981	1993

表3 不同公平关切程度下制造商的效用

		λ									
η	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
0	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100
0.1	168	145	121	98	74	51	27	4	-20	-43	-67
0.2	24	-3	-31	-58	-85	-113	-140	-167	-194	-222	-249
0.3	-133	-165	-196	-227	-259	-290	-321	-352	-384	-415	-446
0.4	-303	-339	-374	-410	-445	-481	-517	-552	-588	-623	-659
0.5	-485	-525	-565	-605	-646	-686	-726	-766	-806	-846	-886
0.6	-680	-725	-769	-814	-859	-904	-949	-994	-1039	-1084	-1128
0.7	-887	-936	-986	-1036	-1086	-1136	-1186	-1236	-1286	-1335	-1385
0.8	-1106	-1161	-1216	-1271	-1326	-1381	-1436	-1491	-1546	-1602	-1657
0.9	-1337	-1397	-1458	-1519	-1579	-1640	-1700	-1761	-1821	-1882	-1943
1	-1580	-1646	-1713	-1779	-1845	-1911	-1978	-2044	-2110	-2176	-2243

五、结论与启示

本文在碳交易政策背景下,将考虑公平关切的制造商与再制造商的竞争决策作为研究对象,建立决策模型。通过分析得出以下结论:(1)在无碳交易政策时新产品和再制造产品的销售价格都随着公平关切系数数值的增加而逐渐降低;(2)在有碳交易政策时,新产品的销售价格随着公平关切系数数值的增加而降低,再制造产品的销售价格随着公平关切系数数值的增加而增加;(3)在有碳交易政策时新产品和再制造产品的碳排放量与公平关切系数分别呈正相关和负相关的关系;(4)在有碳交易政策时,制造商的利润随着其公平关切系数数值的增加而减少,而再制造商的利润则随着制造商公平关切系数数值的增加而增加。

本文的研究具有以下启示:对于制造商而言,不应该只专注于自身利润,而更需要具有合作共赢的意识

与观念,致力于长期发展。制造商如果在充分了解竞争对手情形下,会将再制造商的行为考虑进自身的定价策略中,从而保证在渠道的效率和系统的利润这两个方面达到共赢。若是制造商凭借自身的主导地位压榨再制造商,将会导致闭环供应链系统总体利润的缩减,从而殃及自身。国家也可以根据实际情况对制造商和再制造商单位碳排放量的销售价格进行定制,以达到最优的减排效果,从而减少环境污染,形成可持续性发展。

参考文献:

- [1] 丁吉林.聚焦再制造在中国的发展潜力及前景展望[J].资源再生,2015,(3):13-16.
- [2] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N. Closed-loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [3] Ferguson M E, Toktay L B. The Effect of Competition on Recovery Strategies[J]. Production and Operations Management, 2006, 15(3): 351-368.
- [4] 熊中楷,申成然,彭志强.专利保护下再制造闭环供应链协调机制研究[J].管理科学学报,2011,14(6):76-85.
- [5] 王文宾,达庆利.奖惩机制下具竞争制造商的废旧产品回收决策模型[J].中国管理科学,2013,21(5):50-56.
- [6] Katok E, Pavlov V. Fairness in Supply Chain Contracts: A Laboratory Study[J]. Journal of Operations Management, 2013, 31(3): 129-137.
- [7] 杜少甫,杜婵,梁樑,等.考虑公平关切的供应链契约与协调[J].管理科学学报,2010,13(11):41-48.
- [8] 张克勇,侯世旺,周国华.公平关切下闭环供应链定价策略[J].系统管理学报,2013,22(5):743.
- [9] 吴燕,张克勇,王建国.Nash 讨价还价公平关切框架下闭环供应链定价机制研究[J].数学的实践与认识,2013,43(21):35-46.
- [10] 孙浩,戴更新,达庆利,胡绪千.零售商公平关切下闭环供应链的回收模式比较与协调机制研究[J].生态经济,2014,30(10):94-100.
- [11] 高鹏,聂佳佳.制造商公平关切下的闭环供应链专利授权经营策略[J].软科学,2014,28(11):67-71.
- [12] 唐飞,许茂增.零售商公平关切下双渠道闭环供应链的协调[J].数学的实践与认识,2016,46(8):63-73.
- [13] 陈章跃,王勇,陈晓旭.制造商双向公平关切下闭环供应链的竞争分析[J].管理学报,2016,13(5):772-780.
- [14] 姚锋敏,滕春贤.公平关切下零售商主导的闭环供应链决策模型[J].控制与决策,2017,32(1):117-123.
- [15] 姚锋敏,滕春贤.公平关切下第三方回收闭环供应链决策模型[J].中国管理科学,2016,24(S1):577-583.
- [16] 王文宾,张梦,赵蕾,周姝娅.第三方回收商公平关切下闭环供应链决策模型[J].系统工程学报,2019,34(3):409-421.
- [17] 周义廷,刘丽文.考虑零售商公平关切的双渠道闭环供应链决策与协调研究[J].系统科学与数学,2017,37(9):1930-1948.
- [18] 姚锋敏,刘珊,孙嘉轶,滕春贤.公平关切下具有广告效应的闭环供应链定价决策模型[J].控制与决策,2018,33(8):1505-1513.
- [19] 邹清明,叶广宇.考虑公平关切的双向双渠道闭环供应链的定价决策[J].系统管理学报,2018,27(2):281-290.
- [20] 李新然,王琪.考虑零售商服务水平和公平关切的闭环供应链决策研究[J].管理评论,2019,31(4):228-239.
- [21] 王晓迪,王玉燕,李璟.公平关切下网络平台主导的E-闭环供应链决策及协调模型[J].系统管理学报,2019,28(4):964-972.
- [22] 曹晓刚,黄美,闻卉.考虑公平关切的闭环供应链差别定价决策及协调策略[J].系统工程理论与实践,2019,39(9):2300-2314.

(责任编辑:彭晶晶)