

# 控制与决策

Control and Decision

## 政府补贴和增值税退税政策的闭环供应链决策

周雄伟\$, 冉冈

引用本文:

周雄伟\$, 冉冈. 政府补贴和增值税退税政策的闭环供应链决策[J]. *控制与决策*, 2021, 36(11): 2771–2782.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0356>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

### 混合碳政策下制造商低碳转型的技术选择策略

Technology selection in low carbon transition of the manufacturer under mixed carbon policy

*控制与决策*. 2021, 36(7): 1763–1770 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1536>

### 不同担保模式下考虑零售商公平关切的闭环供应链博弈模型

Game models of closed-loop supply chain under different warranty modes considering retailer's fairness concerns

*控制与决策*. 2021, 36(6): 1489–1498 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1328>

### 考虑成员企业风险态度的制造商资金约束闭环供应链定价与回收决策

Pricing and recycling decisions of a closed-loop supply chain considering participators' risk attitudes and manufacturer capital constraint

*控制与决策*. 2021, 36(5): 1239–1248 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1305>

### 考虑绿色网络效应的再制造产品最优生产决策及产品之间的竞争

Optimal production for remanufacturing products and competition among consumers in the presence of green network effect

*控制与决策*. 2021, 36(4): 993–1002 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0366>

### 考虑绿色网络效应的再制造产品最优生产决策及产品之间的竞争

Optimal production for remanufacturing products and competition among consumers in the presence of green network effect

*控制与决策*. 2021, 36(4): 993–1002 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0366>

# 政府补贴和增值税退税政策的闭环供应链决策

周雄伟<sup>†</sup>, 冉 冈

(中南大学 商学院, 长沙 410083)

**摘要:** 基于政府补贴和增值税退税政策,通过 Stackelberg 博弈方法,建立由制造商、回收商和消费者组成的4种闭环供应链决策模型,得出相应的最优价格、补贴和退税政策.进一步,比较并分析4种不同模型下的回收价格、回收量、企业利润以及社会福利,得出政府和企业的最优决策选择.研究发现:1) 4种情形下的社会福利均随着消费者环保意识的增加而递增.对政策制定者而言,若消费者环保意识较低,则政府补贴政策最优;若消费者环保意识较高,则政府补贴和增值税退税并存政策最优.2) 在绿色消费者市场上,制造商选择高低两种不同定价策略受绿色细分市场规模和政府政策力度大小两方面因素的影响.

**关键词:** 闭环供应链; 政府补贴; 增值税退税; 决策; 环保意识

中图分类号: F273

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2020.0356

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 周雄伟,冉冈. 政府补贴和增值税退税政策的闭环供应链决策[J]. 控制与决策, 2021, 36(11): 2771-2782.

## Closed-loop supply chain decisions under government subsidies and VAT rebates

ZHOU Xiong-wei<sup>†</sup>, RAN Gang

(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Based on the government subsidy and value added tax (VAT) refund policy, through the Stackelberg game method, we establish four closed-loop supply chain decision models consisting of manufacturers, recyclers and consumers, and derive the corresponding optimal prices, subsidies, and tax refund policies. We further compare and analyze the recycling price, recycling volume, corporate profit and social welfare under four different models, and obtain the optimal decision-making choices of the government and enterprises. The study shows: 1) The social welfare in four cases increases with the increase of consumers' environmental awareness; for policy makers, if the consumers' environmental awareness is low, only government subsidy policies are optimal; if the consumer's environmental awareness is high, then the coexistence of government subsidies and VAT refunds is optimal. 2) In the green consumer market, the manufacturer's choice of two different pricing strategies is affected by two factors: the size of the green market segment and the strength of government policy.

**Keywords:** closed-loop supply chain; government subsidy; VAT refund; decision; environmental awareness

## 0 引言

随着中国工业化和城镇化的快速发展,资源环境与经济发展的矛盾日益尖锐,已经制约了中国的可持续发展.通过回收再制造实现循环利用、发展绿色循环经济,不仅能有效节约资源,增加企业利润,而且更能促进环境保护、社会进步和经济发展三者之间的协调.因此,中国先后出台了一系列鼓励再制造的政策措施,如2010年国家工信部等11个部门联合印发的《关于推进再制造产业发展的意见》,2015年李克强总理在《政府工作报告》中提出的“将绿色发展列为构建‘中国制造2025’的基本方针之一”,2017年

国家发改委等14个部门联合发布的《循环发展引领行动》等政策,都明确支持和鼓励再制造业的发展.国际上,许多国家从法律、经济、教育等多个维度出发,提出了促进循环经济和再制造产业发展的政策措施,如德国发布的《循环经济废物管理法》、日本施行的《家用电器再利用法》、加拿大和日本广泛实施的补贴制度以及在各类人群中对生态环境理念的广泛宣传等.

在中国,由于产品的回收能力弱、回收再制造投资成本高,使得再制造行业发展依然困难重重.此外,回收企业沉重的增值税税负,也极大降低了其参与再

收稿日期: 2020-03-28; 修回日期: 2020-08-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71373288); 湖南省社科基金重点项目(15ZDB67).

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: daweycs@126.com.

制造活动的积极性,这种畸高的税负在于回收企业面临着增值税进项抵扣不足. 具体而言,回收企业缴纳给税务机关的增值税为销项增值税减去进项增值税,然而,回收企业从分散的消费者处回收废旧品时无法取得进项增值税发票,在出售废旧产品给制造商时却需要缴纳销项增值税,于是前后产生的税款无法进行抵扣. 而作为宏观调控的政府,通常将补贴和税收作为其参与再制造生产的两种基本调节手段. 例如:武汉市设有循环经济发展引导资金,对再制造产业发展采取补助、奖励等方式进行扶植;湖南浏阳的再制造园区对再制造产业发展给予再制造企业一次性补贴. 在税收方面,国家不仅从环境税和碳税方面入手,对于回收企业增值税税负重的难题也给出了回应. 例如2015年,财政部、国家税务总局等部门颁布出一项优惠政策(财税[2015]78号)<sup>[1]</sup>,政策指出,对于达到要求的资源综合利用企业,在征收增值税时,税务机关可将税款按照一定的比例以即征即退的方式退还给纳税人. 这从本质上而言属于一项免税及减税政策,与之类似的还有出口退税先征后退和投资退税等政策. 毫无疑问,政府的介入会影响企业参与再制造的决策,而企业的决策又会显著影响再制造活动的实施. 因此,研究政府如何合理地制定政策,以使废旧品回收增加从而改善环境的同时又提高整个社会福利显得尤为重要. 对此,本文将从补贴和增值税退税等不同政策出发进行研究.

废旧产品回收再制造的巨大环境效应和经济效应,也引起了国内外学者的广泛关注. 与本文相关的研究主要涉及再制造闭环供应链、政府补贴和税收机制3个方面. 在再制造闭环供应链方面,许多学者从不同回收渠道的选择角度进行了研究. 例如:Savaskan等<sup>[2]</sup>回答了由制造商、零售商还是第三方回收商等不同回收主体谁回收能达到更优的决策问题;李晓静等<sup>[3]</sup>以链与链的竞争市场为背景,研究了供应链上各成员的利润受不同回收渠道的影响,并从企业共赢的角度对最优的回收渠道结构进行了分析;周雄伟等<sup>[4]</sup>基于回收质量的不确定性,通过构建回收努力水平模型研究闭环供应链的渠道选择问题.

从政府补贴方面来看:马卫民等<sup>[5]</sup>在“以旧换新”补贴政策的背景下,从消费者、企业以及闭环供应链的规模等角度研究了以旧换新补贴对不同闭环供应链模式的影响;Yu等<sup>[6]</sup>以中国2007年~2013年间实施的家电下乡补贴计划为研究背景,探讨了政府应该补贴制造商还是消费者更能提高消费者福利和企业利润的问题;Cohen等<sup>[7]</sup>研究了在采用绿色技术

的背景下,消费者补贴对制造商反应的影响;王文宾等<sup>[8-9]</sup>从机制设计、回收成本分担以及利润共享契约等不同视角,研究了政府奖惩机制对闭环供应链的影响. 也有学者从消费者剩余和社会福利等视角来研究政府补贴对再制造闭环供应链决策的影响<sup>[10-12]</sup>.

在税收机制方面,涉及增值税的相关研究主要以实证方式出现在经济学文献中,且大多是分析其对不同行业的影响<sup>[13-14]</sup>,但这些研究并未涉足再制造行业. 一些学者还从国际贸易税的角度研究如何利用税收有效的供应链管理来提高跨国公司在税收筹划中的收益<sup>[15-18]</sup>. Krass等<sup>[19]</sup>研究了使用环境税来激励创新和绿色减排技术的选择以及固定成本补贴和消费者退税在这一过程中所起的作用. Hsu等<sup>[20]</sup>则研究了在中国出口导向型税收政策下,对一家在中国生产产品并在国内外两个市场进行销售的企业给予退税优惠,分析增值税退税对其最优的供应链设计和运营产生的影响.

通过对再制造闭环供应链、政府补贴和税收机制等方面的综述,发现国内外相关研究现状存在以下特点及不足:1)在现有关于再制造闭环供应链的研究中,人们主要从单一或多回收渠道的选择、不同渠道下的最优策略以及消费者环境偏好等视角来研究闭环供应链的相关问题,也有学者从新产品与再制造品的差异定价策略以及回收质量的不确定性等方面研究企业的最优决策问题. 很少有学者从政府的视角来研究政府的介入尤其是政府增值税退税对闭环供应链相关企业决策过程的影响. 2)很多学者在考虑政府参与再制造活动的情况下,大多将政府补贴作为外生的参数进行研究,虽然也有学者从消费者剩余和社会福利等视角将政府补贴内生予以分析,但鲜有研究将政府补贴和税收(特别是增值税)结合起来并作为内生的变量来分析再制造闭环供应链相关的问题. 3)有关政府税收机制的研究大多从国际贸易税和环境税入手,且多把税收看成外生的变量,也有学者将税收内生,从社会福利的角度研究供应链相关问题,但这些研究鲜有涉足再制造闭环供应链领域,特别是将增值税引入进来加以分析. 考虑增值税的研究大多在经济学文献领域且以实证的方式为主,但其研究框架与本文不同. 本文将经济学与运营管理相结合,并使用定量的数学建模分析方法来研究增值税退税对闭环供应链的影响.

本文在政府参与再制造活动的背景下,研究政府的经济补贴和增值税退税等不同政策对闭环供应链相关企业决策的影响,填补了从增值税退税角度研究

再制造闭环供应链这一空白. 从政府补贴和增值税退税这两种政府常用的调节方式出发进行研究, 旨在解决以下问题: 政府参与再制造活动对闭环供应链上各成员的决策有何影响? 政府应当如何设置合理的补贴或退税水平? 政府实施何种政策机制更能提高社会福利? 企业在政府政策机制下如何做出决策以最大化自身利润? 为了回答上述问题, 本文基于 Stackelberg 博弈理论建立由制造商、回收商和消费者组成的 4 种闭环供应链决策模型. 首先, 假定政府不参与再制造活动, 即无政府介入政策; 其次, 为了鼓励制造商积极参与再制造生产, 政府对制造商用废旧品生产的新产品给予单位补贴; 再次, 对回收企业实施增值税退税以降低其回收成本, 从而加大对废旧物资的回收力度; 最后, 政府补贴和增值税退税并存政策, 即政府一方面对制造商用废旧品生产的新产品给予单位补贴, 另一方面对回收商实施增值税退税. 本文还引入了绿色细分市场, 由于制造商对再制造品有高低两种不同定价策略, 探讨在政府的政策介入下, 制造商对再制造品如何进行定价策略选择.

### 1 问题描述和基本假设

考虑市场由一个完全垄断的制造商、一个第三方回收商和消费者组成的闭环供应链系统. 在该系统中, 制造商同时生产新产品和再制造品, 生产成本分别为  $c_n$  和  $c_r$ , 制造商再分别以销售价格  $p_n$  和  $p_r$  将产品销售给消费者. 第三方回收商以回收价格  $b_r$  从消费者处回收废旧品, 再以转移价格  $b_m$  将废旧品转售给制造商. 由于回收商回收废旧品存在增值税无法抵扣的情况, 政府为了调动回收商参与再制造活动的积极性, 对回收商将废旧物资转售给制造商实施增值税退税政策. 政府为了鼓励制造商回收进行再制造, 可以对制造商用废旧品零部件生产的新产品给予补贴政策. 根据以上描述可得出本文考虑的 4 种情形: 无政府介入政策、政府补贴政策、增值税退税政策、政府补贴和增值税退税并存政策. 图 1 给出了本文的 4 种供应链结构 (4 种情形分别对应于图 1 中的模型 B、模型 S、模型 R 和模型 SR).

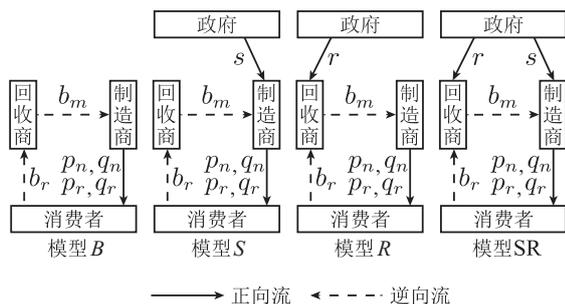


图 1 再制造闭环供应链结构示意图

本文将市场规模标准化为 1, 每位顾客最多只能购买一单位产品. 消费者对新产品和再制造品的期望估值分别为  $\delta$  ( $\delta$  服从  $[0, 1]$  上的均匀分布) 和  $\alpha\delta$  ( $\alpha \in [0, 1]$  是一个偏好参数, 表示消费者对再制造品的估价不高于新产品.  $\alpha$  的大小表明了消费者对再制造品的认可接受程度, 也可以从另一个层面看成是社会环保意识的一个度量,  $\alpha$  越大, 则消费者的社会环保意识越高). 假定消费者的期望分布函数为  $F(\delta) = \delta$ .

制造商用新原材料生产新产品的单位成本大于用废旧品生产新产品的单位成本与废旧品剩余价值之和, 即  $c_n > c_r + v$  (否则, 制造商将优先使用废旧品材料生产产品). 借鉴 Mukhopadhyay 等<sup>[21]</sup> 对废旧品回收量的假设, 用  $G(b_r) = k + hb_r$  表示回收产品的供给量. 其中:  $k > 0$  表示市场上存在一定量的消费者愿意并且无偿捐献给回收商的废旧品量, 与消费者的环保意识成正比;  $h > 0$  代表消费者对于回收价格  $b_r$  的敏感程度. 假设回收的废旧品均可进行再制造.

由于市场上的产品价格往往是含税的, 在本文中, 新产品的零售价格  $p_n$ 、再制造品的零售价格  $p_r$  以及制造商的转移支付价格  $b_m$  均为含税价; 而在回收废旧品的过程中, 回收商无法从分散的消费者处取得增值税专用发票, 故回收价格  $b_r$  不含税. 因此, 上述价格相应的税后价分别为  $\frac{p_n}{1+t}$ 、 $\frac{p_r}{1+t}$ 、 $\frac{b_m}{1+t}$ 、 $b_r$ .

假设闭环供应链上各博弈方都完全共享信息, 决策都以利润最大化为出发点且仅考虑单周期的情况.

本文建模所需参数以及含义说明如表 1 所示.

表 1 参数一览表

符号	含义
$c_n$	新产品的单位生产成本
$c_r$	再制造产品的单位生产成本
$p_n$	新产品的单位销售价格
$p_r$	再制造产品的单位销售价格
$q_n$	市场上新产品的需求量
$q_r$	市场上再制造产品的需求量
$b_m$	制造商从回收商处回购废旧产品的单位转移支付价格
$b_r$	回收商从市场上回收废旧产品的单位回收价格
$v$	制造商未投入再制造的废旧品的单位产品剩余价值
$t$	增值税税率
$s$	政府对制造商用废旧产品生产新产品给予的单位补贴
$r$	政府对回收商实施的增值税退税率 ( $0 < r \leq t$ )
$\pi_i^j$	企业 $i$ 在模型 $j$ 下的利润. 其中: 下标 $i = m, r$ 分别表示制造商和回收商; 上标 $j = B, S, R, SR$ 分别表示无政府介入、纯补贴政策、纯退税政策、税收补贴并存政策模型

## 2 闭环供应链决策模型

### 2.1 需求函数

由于市场规模标准化为 1, 消费者对新产品和再制造品的期望估值分别为  $\delta$  和  $\alpha\delta$ , 消费者购买新产品

和再制品获得的效用分别为  $u_n = \delta - p_n, u_r = \alpha\delta - p_r$ . 根据消费者的净效用, 本文可将消费者划分为3种类型, 如表2所示.

表2 消费者类型划分

消费者类型	购买产品	满足的条件
A类	只购买新产品	$u_n \geq 0$ 且 $u_n \geq u_r$
B类	只购买再制品	$u_r \geq 0$ 且 $u_n \leq u_r$
C类	不购买任何产品	$u_n < 0$ 且 $u_r < 0$

首先, 对于A类消费者: 因为  $u_n \geq 0$  且  $u_n \geq u_r$ , 故有  $\delta \geq p_n$  且  $\delta \geq \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$ . 此时, 存在两种情况:

1) 当  $p_n > \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$  即  $\alpha < \frac{p_r}{p_n}$  时, 消费者只会购买新产品, 购买数量为

$$q_n = \int_{p_n}^1 dF(\delta) = 1 - p_n.$$

2) 当  $p_n < \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$  即  $\alpha > \frac{p_r}{p_n}$  时, 又可细分为两类: 当  $\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} \leq 1$  即  $\alpha \leq 1 - p_n + p_r$  时, A类消费者购买新产品的数量为

$$q_n = \int_{\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}}^1 dF(\delta) = 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha};$$

当  $\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} > 1$  即  $\alpha > 1 - p_n + p_r$  时, A类消费者不会购买新产品, 则有  $q_n = 0$ .

其次, 对于B类消费者: 因为  $u_r \geq 0$  且  $u_n \leq u_r$ , 故有  $\frac{p_r}{\alpha} \leq \delta \leq \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$ . 此时也存在两种情况:

1) 当  $\frac{p_r}{\alpha} \leq \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$  即  $\alpha \geq \frac{p_r}{p_n}$  时, 又可细分为两类: 当  $\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} \leq 1$  即  $\alpha \leq 1 - p_n + p_r$  时, B类消费者购买再制品的数量为

$$q_r = \int_{\frac{p_r}{\alpha}}^{\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}} dF(\delta) = \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)};$$

当  $\frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} > 1$  即  $\alpha > 1 - p_n + p_r$  时, B类消费者购买再制品的数量为

$$q_r = \int_{\frac{p_r}{\alpha}}^1 dF(\delta) = 1 - \frac{p_r}{\alpha}.$$

2) 当  $\frac{p_r}{\alpha} > \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}$  即  $\alpha < \frac{p_r}{p_n}$  时, B类消费者不会购买再制品, 则有  $q_r = 0$ .

综上所述, 消费者对新产品和再制品的需求函数为

$$(q_n, q_r) = \begin{cases} (1 - p_n, 0), & 0 \leq \alpha < \frac{p_r}{p_n}; \\ \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}, \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)}\right), & \frac{p_r}{p_n} \leq \alpha \leq 1 - p_n + p_r; \\ \left(0, 1 - \frac{p_r}{\alpha}\right), & 1 - p_n + p_r < \alpha \leq 1. \end{cases} \quad (1)$$

本文考虑市场上同时存在新产品和再制品的情况, 因此

$$q_n = 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}, \quad q_r = \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)},$$

$$\frac{p_r}{p_n} \leq \alpha \leq 1 - p_n + p_r. \quad (2)$$

### 2.2 消费者剩余

消费者剩余可表述为消费者购买一定数量的某种商品时, 其愿意支付的最高产品价格与实际支付的产品价格之间的差额. 联立需求函数

$$q_n = 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}, \quad q_r = \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)},$$

求解可得  $p_n = 1 - q_n - \alpha q_r, p_r = \alpha(1 - q_n - q_r)$ . 本文用  $CS_n, CS_r$  分别表示消费者购买新产品和再制品所获得的剩余, 参考高鸿业等<sup>[22]</sup>的研究并基于以上分析, 可得

$$CS_n = \int_0^{q_n^*} (1 - q_n - \alpha q_r) dq_n - p_n^* q_n^* = \frac{1}{2} q_n^* q_n^*, \quad (3)$$

$$CS_r = \int_0^{q_r^*} \alpha(1 - q_n - q_r) dq_r - p_r^* q_r^* = \frac{1}{2} \alpha q_r^* q_r^*. \quad (4)$$

其中:  $p_n^*$  和  $p_r^*$  表示新产品和再制品在市场上的实际价格,  $q_n^*$  和  $q_r^*$  为新产品和再制品的实际需求量.

接下来将给出本文考虑的再制造闭环供应链4种决策模型, 并给出每种情形下的最优决策.

### 2.3 无政府介入政策(模型B)

在此情形中, 市场上既无政府补贴也无增值税退税优惠, 也就是说, 政府不参与再制造活动. 制造商和回收商基于各自利润最大化做出相应的决策, 因此, 制造商和回收商的决策目标分别为

$$\max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^B = \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}\right) + \left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v\right) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)} + \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right) (k + hb_r), \quad (5)$$

$$\max_{b_r} \pi_r^B = \left(\frac{b_m}{1+t} - b_r\right) (k + hb_r). \quad (6)$$

用逆向归纳法首先求得回收商的决策  $b_r^B = \frac{hb_m - k(1+t)}{2h(1+t)}$ , 将其代入式(5), 则制造商的利润函数可改写为

$$\max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^B = \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha}\right) + \left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v\right) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)} + \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right) \frac{hb_m + k(1+t)}{2(1+t)}. \quad (7)$$

首先,因  $\pi_m^B$  是关于  $b_m$  的二次函数且  $\frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial b_m^2} = -\frac{h}{(1+t)^2} < 0$ , 故  $\pi_m^B$  在  $b_m^*$  处取得极大值; 其次, 构造制造商的利润函数关于  $p_n$  和  $p_r$  的Hessen矩阵  $H$ , 即

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_n^2} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_n \partial p_r} \\ \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_r \partial p_n} & \frac{\partial^2 \pi_m^B}{\partial p_r^2} \end{bmatrix},$$

将所求偏导数代入, 可得

$$H = \begin{bmatrix} \frac{2}{(1-\alpha)(1+t)} & \frac{2}{(1-\alpha)(1+t)} \\ \frac{2}{(1-\alpha)(1+t)} & -\frac{2}{\alpha(1-\alpha)(1+t)} \end{bmatrix}.$$

一阶顺序主子式小于 0, 二阶顺序主子式大于 0,  $H$  严格负定, 因此,  $\pi_m$  在驻点处  $B(p_n^*, p_r^*)$  取得极大值. 分别对上述制造商的利润函数求关于  $p_n$ 、 $p_r$  以及  $b_m$  的一阶导数, 并令其等于零, 可得如下均衡解:

$$\begin{aligned} p_n^{*B} &= \frac{1+c_n(1+t)}{2}, \\ p_r^{*B} &= \frac{\alpha+(c_r+v)(1+t)}{2}, \\ b_m^{*B} &= \frac{(hv-k)(1+t)}{2h}. \end{aligned}$$

则有

$$\begin{aligned} b_r^{*B} &= \frac{hv-3k}{4h}, \\ q_n^{*B} &= 1-\frac{p_n-p_r}{1-\alpha} = \frac{1-\alpha-(c_n-c_r-v)(1+t)}{2(1-\alpha)}, \\ q_r^{*B} &= \frac{\alpha p_n-p_r}{\alpha(1-\alpha)} = \frac{(\alpha c_n-c_r-v)(1+t)}{2\alpha(1-\alpha)}, \\ \pi_m^{*B} &= \frac{[1-c_n(1+t)]^2}{4(1+t)} + \frac{(\alpha c_n-c_r-v)^2(1+t)}{4\alpha(1-\alpha)} + \frac{(hv+k)^2}{8h}, \\ \pi_r^{*B} &= \frac{(hv+k)^2}{16h}. \end{aligned}$$

**命题 1** 存在  $0 < \alpha^* < 1$ , 使得当  $\alpha \in (0, \alpha^*)$  时  $q_n^{*B} > q_r^{*B}$ , 当  $\alpha \in (\alpha^*, 1)$  时  $q_n^{*B} < q_r^{*B}$ .

**证明**

$$\begin{aligned} \frac{\partial q_n^{*B}}{\partial \alpha} &= \frac{-(c_n-c_r-v)(1+t)}{2(1-\alpha)^2} < 0, \\ \frac{\partial q_r^{*B}}{\partial \alpha} &= \frac{[(\alpha c_n-c_r-v)\alpha+(c_r+v)(1-\alpha)](1+t)}{2\alpha^2(1-\alpha)^2} > 0 \end{aligned}$$

(为使再制造产品存在需求, 有  $\alpha c_n - c_r - v > 0$ ). 令  $p_n^{*B} - q_r^{*B} = 0$ , 求得唯一解

$$\alpha^* = \frac{1}{2} \{ [2c_n - (c_r + v)]^2 (1+t)^2 +$$

$$[6(c_r + v) - 4c_n](1+t) + 1 \}^{1/2} - (2c_n - c_r - v)(1+t) + 1 \}. \quad \square$$

由命题 1 可知, 对于任意的  $0 < \alpha < 1$ , 新产品需求  $q_n^{*B}$  随着消费者环保意识  $\alpha$  的增加而递减, 而再制造品需求  $q_r^{*B}$  随着消费者环保意识  $\alpha$  的增加而递增. 当  $\alpha$  较小时, 即当  $\alpha \leq \alpha^*$  时, 新产品的需求总是大于再制造品的需求, 此时制造商会更关注于新产品市场; 而当  $\alpha > \alpha^*$  时, 制造商会更加注重再制造品市场.

如果将制造商的利润划分成两部分, 一部分为新产品利润  $\pi_{C1} : \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right)q_n$ , 另一部分为再制造品利润  $\pi_{C2} : \left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v\right)q_r + \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right)G(b_r)$ , 则制造商两部分利润随消费者环保意识  $\alpha$  的变化如图 2 所示 (图中参数取值分别为  $c_n = 0.3, c_r = 0.1, v = 0.05, k = 0.01, h = 0.75, t = 0.16$ ; 由于前文的假设, 当市场上对新产品和再制造品均存在需求时, 应满足  $p_r/p_n \leq \alpha \leq 1 - p_n + p_r$ , 即  $0.5 \leq \alpha \leq 0.826$ ). 综合命题 1 和图 2, 随着  $\alpha$  的增加, 制造商生产的新产品销量将会减少, 相应的新品市场利润也会减少, 而其生产的再制造品销量将会增加, 相应的利润也得到了增加. 因此, 在无政府介入情形下, 制造商应根据消费者环保意识的不同而专注于不同的细分市场. 具体而言: 当  $\alpha$  较小时, 制造商应更关注于新产品市场; 当  $\alpha$  较大时, 制造商应更加关注再制造品市场, 加大对再制造环保观念的宣传, 从而提高更多消费者的环境意识, 扩大市场份额, 增加企业利润.

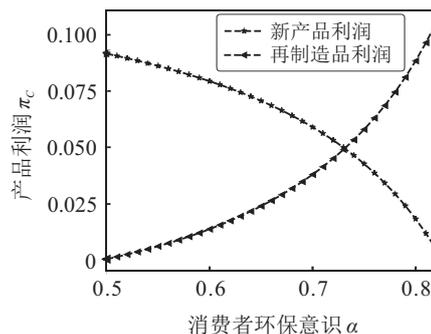


图 2 制造商新品和再制品利润随消费者环保意识的变化

## 2.4 政府补贴政策 (模型 S)

在模型  $S$  中, 政府首先对制造商用废旧品生产的新产品给予每单位补贴  $s$ ; 然后, 制造商在政府给出的补贴后决定最优的产品销售价格和废旧品转移支付价格; 最后, 回收商决定最优的废旧品回收价格.

制造商和回收商的决策目标都是最大化各自利润, 即

$$\max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^S = \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha}\right) +$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v + s\right) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} + \\ & \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right)(k + hb_r), \end{aligned} \quad (8)$$

$$\max_{b_r} \pi_r^S = \left(\frac{b_m}{1+t} - b_r\right)(k + hb_r). \quad (9)$$

与第2.3节类似,用逆向归纳法求得如下均衡解:

$$\begin{aligned} p_n^{*S} &= \frac{1 + c_n(1+t)}{2}, \\ p_r^{*S} &= \frac{\alpha + (c_r + v - s)(1+t)}{2}, \\ b_m^{*S} &= \frac{(hv - k)(1+t)}{2h}, \\ b_r^{*S} &= \frac{hv - 3k}{4h}, \\ q_n^{*S} &= 1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha} = \\ & \frac{1 - \alpha - (c_n - c_r - v + s)(1+t)}{2(1-\alpha)}, \\ q_r^{*S} &= \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} = \frac{(\alpha c_n - c_r - v + s)(1+t)}{2\alpha(1-\alpha)}, \\ \pi_m^{*S} &= \frac{[1 - c_n(1+t)]^2}{4(1+t)} + \frac{(\alpha c_n - c_r - v + s)^2(1+t)}{4\alpha(1-\alpha)} + \\ & \frac{(hv + k)^2}{8h}, \\ \pi_r^{*S} &= \frac{(hv + k)^2}{16h}. \end{aligned}$$

政府的决策目标是最大化社会福利,即

社会福利 = 企业总利润 + 消费者剩余 - 政府支出.

其中:企业总利润为制造商和回收商利润之和  $\pi_m^{*S} + \pi_r^{*S}$ ; 消费者剩余为  $CS_n^{*S} + CS_r^{*S}$ ; 政府支出为政府补贴给制造商用废旧品生产新产品的总额度,即  $s \cdot q_r^{*S}$ . 因此,社会福利函数可表示为

$$\max_s TS^S = \pi_m^{*S} + \pi_r^{*S} + CS_n^{*S} + CS_r^{*S} - s \cdot q_r^{*S}, \quad (10)$$

从而求得政府最优单位补贴为

$$s^* = \frac{-\alpha^2 + [1 + (c_r + v - 2c_n)(1+t)]\alpha + (c_r + v)(1+t)}{(3+t)\alpha + t - 1}.$$

### 2.5 增值税退税政策(模型R)

本文在参考2015年财政部协同国家税务总局发出的财税[2015]78号<sup>[1]</sup>以及出口退税(如Hsu等<sup>[20]</sup>的研究)的基础上,假设  $r(0 < r \leq t)$  为政府对回收商在出售废旧品零部件给制造商环节实施的增值税退税率. 此时,制造商和回收商的决策目标分别为

$$\max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^R = \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha}\right) +$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v\right) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} + \\ & \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right)(k + hb_r), \end{aligned} \quad (11)$$

$$\max_{b_r} \pi_r^R = \left(\frac{b_m}{1+t-r} - b_r\right)(k + hb_r). \quad (12)$$

用逆向归纳法求得如下均衡解:

$$\begin{aligned} p_n^{*R} &= \frac{1 + c_n(1+t)}{2}, \\ p_r^{*R} &= \frac{\alpha + (c_r + v)(1+t)}{2}, \\ b_m^{*R} &= \frac{hv(1+t) - k(1+t-r)}{2h}, \\ b_r^{*R} &= \frac{hv(1+t) - 3k(1+t-r)}{4h(1+t-r)}, \\ q_n^{*R} &= 1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha} = \\ & \frac{1 - \alpha - (c_n - c_r - v)(1+t)}{2(1-\alpha)}, \\ q_r^{*R} &= \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} = \frac{(\alpha c_n - c_r - v)(1+t)}{2\alpha(1-\alpha)}, \\ \pi_m^{*R} &= \frac{[1 - c_n(1+t)]^2}{4(1+t)} + \frac{(\alpha c_n - c_r - v)^2(1+t)}{4\alpha(1-\alpha)} + \\ & \frac{[hv(1+t) + k(1+t-r)]^2}{8h(1+t)(1+t-r)}, \\ \pi_r^{*R} &= \frac{[hv(1+t) + k(1+t-r)]^2}{16h(1+t-r)^2}. \end{aligned}$$

政府的决策目标是最大化社会福利,与第2.4节类似,可得社会福利函数为

$$\begin{aligned} \max_r TS^R &= \left(\frac{p_n}{1+t} + \frac{1}{2}q_n - c_n\right)q_n + \\ & \left(\frac{p_r}{1+t} + \frac{1}{2}\alpha q_r - c_r - v\right)q_r + \\ & (v - b_r)G(b_r). \end{aligned}$$

求得最优增值税退税率为

$$r^{*R} = \frac{(hv + k)(1+t)}{2hv + k}.$$

因为  $0 < r \leq t$ , 而  $\frac{(hv + k)(1+t)}{2hv + k} > t$ , 所以  $r^{*R} = t$ .

### 2.6 政府补贴和增值税退税并存政策(模型SR)

基于前两节的纯补贴政策 and 纯退税政策,本小节考虑政府不仅对制造商用废旧品生产的新产品给予单位补贴,同时也对回收商回收废旧品实施增值税退税政策. 参考Li等<sup>[23]</sup>的研究,假设政府对制造商实施的单位补贴与对回收商施行的退税率存在某种数量关系,即  $s = xr$ ,  $x > 0$ . 此时,制造商和回收商的决策目标分别为

$$\max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^{SR} = \left(\frac{p_n}{1+t} - c_n\right) \left(1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha}\right) +$$

$$\left(\frac{p_r}{1+t} - c_r - v + xr\right) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} + \left(v - \frac{b_m}{1+t}\right)(k + hb_r), \quad (13)$$

$$\max_{b_r} \pi_r^{SR} = \left(\frac{b_m}{1+t-r} - b_r\right)(k + hb_r). \quad (14)$$

用逆向归纳法求得如下均衡解:

$$p_n^{*SR} = \frac{1 + c_n(1+t)}{2},$$

$$p_r^{*SR} = \frac{\alpha + (c_r + v - xr)(1+t)}{2},$$

$$b_m^{*SR} = \frac{hv(1+t) - k(1+t-r)}{2h},$$

$$b_r^{*SR} = \frac{hv(1+t) - 3k(1+t-r)}{4h(1+t-r)},$$

$$q_n^{*SR} = 1 - \frac{p_n - p_r}{1-\alpha} = \frac{1 - \alpha - (c_n - c_r - v + xr)(1+t)}{2(1-\alpha)},$$

$$q_r^{*SR} = \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1-\alpha)} = \frac{(\alpha c_n - c_r - v + xr)(1+t)}{2\alpha(1-\alpha)},$$

$$\pi_m^{*SR} = \frac{[1 - c_n(1+t)]^2}{4(1+t)} + \frac{(\alpha c_n - c_r - v + xr)^2(1+t)}{4\alpha(1-\alpha)} +$$

$$\frac{[hv(1+t) + k(1+t-r)]^2}{8h(1+t)(1+t-r)},$$

$$\pi_r^{*SR} = \frac{[hv(1+t) + k(1+t-r)]^2}{16h(1+t-r)^2}.$$

模型 SR 下的政府支出由两部分组成: 一部分为政府补贴给制造商用废旧品生产新产品的总额度, 即  $xr \cdot q_r$ ; 另一部分为政府对回收商实施的总退税额度, 即

$$\left[\frac{b_m}{1+t}t - \frac{b_m}{1+t-r}(t-r)\right]G(b_r).$$

因此, 社会福利可表示为

$$\max_r TS^{SR} = \pi_m + \pi_r + CS_n + CS_r - xr \cdot q_r -$$

$$\left[\frac{b_m}{1+t}t - \frac{b_m}{1+t-r}(t-r)\right]G(b_r).$$

求得最优增值税退税率为

$$r^{*SR} = \frac{(hv+k)(1+t) + 3hv}{hx(1+t) + hv},$$

当且仅当  $x \geq \frac{4hv+k(1+t)}{ht(1+t)}$  时,  $0 < r^{*SR} \leq t$ .

### 3 政策比较分析

为使模型有意义, 需满足再制造品需求以及回收价格均大于零, 故存在  $\alpha c_n - c_r - v > 0, hv > 3k$ . 通过比较分析前面所求结果, 得出以下命题:

**命题 2**  $p_n^{*B} = p_n^{*S}, p_r^{*B} > p_r^{*S}; q_n^{*B} > q_n^{*S}, q_r^{*B} < q_r^{*S}$ .

**证明**  $p_n^{*B} = p_n^{*S}$  可由前文结果直接得出, 而

$$p_r^{*B} - p_r^{*S} = \frac{s(1+t)}{2} > 0,$$

$$q_n^{*B} - q_n^{*S} = \frac{s(1+t)}{2(1-\alpha)} > 0,$$

$$q_r^{*B} - q_r^{*S} = \frac{-s(1+t)}{2\alpha(1-\alpha)} < 0. \quad \square$$

由命题 2 可知, 与无政府介入政策相比, 政府补贴下的新产品零售价格不变, 而再制造品零售价格降低, 这一现象看似反常, 实则有其深层次的原因. 首先, 政府希望通过某种政策措施既能调动企业参与再制造活动的积极性, 同时又不使市场波动太大而损害消费者权益, 显然, 政府补贴政策达到了这一效果; 其次, 由于新产品价格不变, 再制造品价格降低, 对于价格敏感型的消费者会转而购买再制造品, 从而使得新产品销量下降, 再制造品的销量增加. 此外, 政府介入下的再制造品零售价格随着政府补贴的增加而降低, 相应的需求量则会增加, 而新品的需求将会减少, 这有效达到了政府对再制造活动进行宏观调控的目的.

**命题 3**  $b_r^{*B} < b_r^{*R}$  且  $\frac{\partial b_r^{*R}}{\partial r} > 0$ , 相应地,  $G(b_r^{*B}) < G(b_r^{*R})$ .

**证明** 显然

$$b_r^{*B} - b_r^{*R} = \frac{-hvr}{4h(1+t-r)} < 0,$$

$$\frac{\partial b_r^{*R}}{\partial r} = \frac{v(1+t)}{4(1+t-r)^2} > 0,$$

$$G(b_r^{*B}) - G(b_r^{*R}) = \frac{-hvr}{4(1+t-r)} < 0. \quad \square$$

命题 3 表明, 与无政府介入政策相比, 增值税退税政策下的废旧品回收价格高于无政府介入政策下的回收价格, 且随着增值税退税率的增加而逐渐提高. 这是因为在政府的退税介入下, 回收商为了响应政府号召和增加自身利润, 愿意提高废旧品回收价格以刺激消费者将手中的废旧品回收再利用, 以达到政府实现循环经济和提高自身收益的意图. 另外, 退税模型下的废旧品回收量相比无政府介入的情形也得到了增加, 这是因为, 回收量是关于回收价格的线性增函数, 随着回收价格的增加, 废旧品回收量也会增加. 命题 3 充分表明, 政府实施增值税退税政策能有效增加废旧品的回收, 进而达到节约资源、保护环境的效果.

**命题 4**  $p_n^{*B} = p_n^{*SR}, p_r^{*B} > p_r^{*SR}; q_n^{*B} > q_n^{*SR}, q_r^{*B} < q_r^{*SR}$ ; 且  $b_r^{*B} < b_r^{*SR}, G(b_r^{*B}) < G(b_r^{*SR})$ .

**证明** 与命题 2 相似, 在此不做推导. 命题 4 综合了

命题2和命题3的结论,表明政府实施的退税补贴并存政策一方面降低了再制造品的零售价格,使得新产品销量降低而再制造品的销量增加;另一方面又提高了废旧品的回收价格,从而有效增加了废旧品的回收量.此外,由于消费者购买新产品的价格不变,而购买再制造品的价格降低,同时出售给回收商的废旧品价格得到了提高,表明消费者在政府的退税补贴并存政策下获得了更多效益.

下面通过数值分析来验证上述命题的稳健性.表3给出了4种不同模型下的决策结果(参数取值分别为 $c_n = 0.3, c_r = 0.1, v = 0.05, k = 0.01, h = 0.75, t = 0.16, \alpha = 0.55, x = 1.25$ ),其中 $\pi_t$ 为制造商与回收商利润之和,即供应链上的企业总利润.

表3 4种情形的算例决策结果

	模型B	模型S	模型R	模型SR
$p_r$	0.3740	0.3530	0.3740	0.3484
$q_n$	0.3187	0.2721	0.3187	0.2619
$q_r$	0.0471	0.1319	0.0471	0.1505
$b_r$	0.0145	0.0145	0.0165	0.0155
$G$	0.0239	0.0239	0.0254	0.0246
$\pi_t$	0.1045	0.1073	0.1048	0.1088

由表3可以看出:与无政府介入政策相比,基于政府补贴模型下的再制造品零售价格降低,新产品的市场需求降低,而再制造品的市场需求增加,闭环供应链上的企业总利润也得了增加;此外,相比于无政府介入情形,基于政府增值税退税模型下的废旧品回收价格增加,相应的废旧品回收量增加,并且闭环供应链上的企业总利润也得到了增加;而在政府税收-补贴双机制模型下,不仅再制造品的零售价格降低,使其相应的销量增加,而且废旧品的回收价格和回收量也在增加,企业总利润也得到了增加.

另外,在表3所示算例决策结果下可以发现:基于政府税收补贴的双机制决策情形,其再制造品零售价格最低,销量最高,企业总利润也最高,这充分说明政府补贴和增值税退税的双机制决策比单一机制更能调动闭环供应链上相关企业从事回收再制造活动的积极性;而基于政府增值税退税的单一机制决策模型下的废旧品回收价格和回收量最高,这是因为在对回收企业实施激励政策时,对回收商给予了免税的优惠政策,其参与再制造回收的积极性得到了极大的提高.

由于政府的决策目标是使整个社会福利最大,本文使用社会福利TS作为政府在参与再制造生产过程中选择何种政策机制的决策依据(当政府经济较为拮据时,其决策依据使用成本支出CE来表示).为此,分别绘制图3和图4进行说明(参数取值分别为

$c_n = 0.3, c_r = 0.1, v = 0.05, k = 0.01, h = 0.75, t = 0.16, x = 1.25$ ).

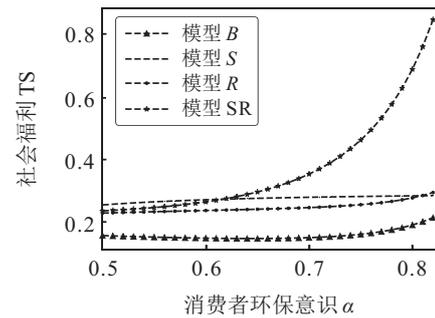


图3 社会福利随消费者环保意识的变化

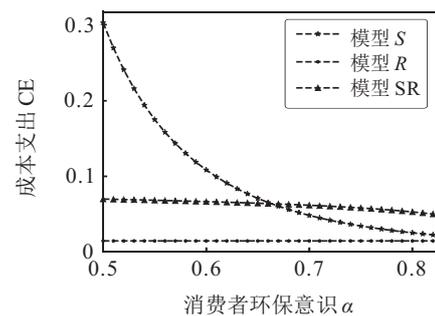


图4 政府成本支出随消费者环保意识的变化

从图3可以看出,4种模型下的社会福利均随着消费者环保意识的增加而递增,且相比于无政府介入政策,政府参与再制造活动下的社会福利均得到了提高.值得一提的是,当消费者环保意识较低时,政府补贴模型下的社会福利最大;而当消费者环保意识较高时,税收补贴并存政策下的社会福利最高,这与政府的成本支出有关.如图4所示:当消费者环保意识较小时,政府会投入更多的财政以刺激企业进行回收再制造生产;随着消费者环保理念的提升,政府将减少退税和补贴投入.图3和图4表明,当 $\alpha$ 较小时,给予直接的财政补贴更为有效.

总之,对政策制定者而言,选择何种政策机制应视具体情况而定.具体而言,若政府的决策目标为社会福利最大,则当消费者环保意识较低时,选择单一的补贴政策,而当消费者环保意识较高时,税收补贴并存政策则更优;若政府的决策目标为考虑成本支出最少,则仅增值税退税政策为宜.

#### 4 存在绿色消费者的制造商再制造定价决策选择

考虑再制造供应链市场上存在普通消费者(仅根据产品效用做出选择)和绿色消费者(不仅代表具有环保意识的消费者,还代表只关注产品功能而非新颖性的消费者).其中:绿色消费者在市场中的占比为 $\beta (0 < \beta < 1)$ ,且对新产品和再制造品的估值相同;普通消费者对新产品和再制造品的期望估值分别为

$\delta$  (假定  $\delta$  均匀分布在  $0 \sim 1$  区间内) 和  $\alpha\delta$  ( $0 < \alpha < 1$ ).

为了鼓励制造商进入再制造市场, 政府会出台一系列优惠政策激励其参与再制造生产. 鉴于市场上同时存在普通消费者和绿色消费者, 故当制造商在市场上同时提供新产品和再制造品的销售时, 制造商对再制造品有如下两种定价策略选择:

1) 低价销售 ( $p_r \leq \alpha p_n$ ). 此时, 新产品的需求仅来源于具有较高支付意愿的普通消费者, 有

$$q_n^P = (1 - \beta) \left( 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} \right);$$

而价格敏感型的普通消费者将会选择购买再制造产品, 有

$$q_r^P = (1 - \beta) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)};$$

由于  $p_n > p_r$ , 绿色消费者不会选择购买新产品, 转而全部购买再制造品, 得  $q_n^G = 0, q_r^G = \beta(1 - p_r)$ . 综上所述可得

$$q_n = q_n^P + q_n^G = (1 - \beta) \left( 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} \right),$$

$$q_r = q_r^P + q_r^G = (1 - \beta) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)} + \beta(1 - p_r).$$

2) 高价销售 ( $p_r > \alpha p_n$ ). 此时, 普通消费者只会选择购买新产品, 可以得出新产品和再制造品的需求分别为  $q_n = (1 - \beta)(1 - p_n), q_r = \beta(1 - p_r)$ .

在前述社会福利分析结果中, 政府补贴政策、政府补贴和增值税退税并存政策两种情形都先后达到了最优, 接下来的分析中将以政府补贴和增值税退税并存政策为例 (政府补贴政策情形下的分析过程类似), 分析不同策略下的企业决策和利润, 探讨制造商的再制造定价策略选择.

### 4.1 低价策略

在此情形中, 制造商不仅生产新产品, 还提供再制造品, 且对再制造品适用于低价策略进行销售. 政府对制造商用每单位废旧品生产再制造品给予补贴  $s$ , 同时也对回收商给予增值税退税, 退税率为  $r$ . 为便于分析, 参考 Li 等<sup>[23]</sup> 的研究, 令  $s = xr, x > 0$ . 根据以上分析可得制造商的决策目标为

$$\begin{aligned} \max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^L = & \left( \frac{p_n}{1+t} - c_n \right) (1 - \beta) \left( 1 - \frac{p_n - p_r}{1 - \alpha} \right) + \\ & \left( \frac{p_r}{1+t} - c_r + xr \right) \left[ (1 - \beta) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)} + \right. \\ & \left. \beta(1 - p_r) \right] - \frac{b_m}{1+t} (k + hb_r) + \\ & v \left[ (k + hb_r) + \right. \\ & \left. - (1 - \beta) \frac{\alpha p_n - p_r}{\alpha(1 - \alpha)} - \beta(1 - p_r) \right], \end{aligned} \quad (15)$$

回收商的决策目标为

$$\max_{b_r} \pi_r^L = \left( \frac{b_m}{1+t-r} - b_r \right) (k + hb_r). \quad (16)$$

用逆向归纳法求得如下均衡解:

$$p_n^{*L} = \frac{[1 + c_n(1+t)](1 + \alpha\beta - \beta) + \alpha(1 - \alpha)\beta}{2(1 + \alpha\beta - \beta)},$$

$$p_r^{*L} = \frac{(1+t)(c_r + v - xr)(1 + \alpha\beta - \beta) + \alpha}{2(1 + \alpha\beta - \beta)},$$

$$b_m^{*L} = \frac{hv(1+t) - k(1+t-r)}{2h},$$

则有

$$b_r^{*L} = \frac{hv(1+t) - 3k(1+t-r)}{4h(1+t-r)}.$$

相应的新产品和再制造品需求为

$$q_n^{*L} = \frac{[1 - \alpha - (c_n - c_r - v + xr)(1+t)](1 - \beta)}{2(1 - \alpha)},$$

$$\begin{aligned} q_r^{*L} = & \{ [(c_r + v - xr)(1+t)(1 - \alpha)^2 + \\ & \alpha(1 - \alpha) + \alpha(c_r + v - c_n - xr)(1+t)]\beta + \\ & (\alpha c_n - c_r - v + xr)(1+t) \} / [2\alpha(1 - \alpha)]. \end{aligned}$$

### 4.2 高价策略

在此情形中, 制造商对再制造品适用于高价策略进行销售. 制造商的决策目标为

$$\begin{aligned} \max_{p_n, p_r, b_m} \pi_m^H = & \left( \frac{p_n}{1+t} - c_n \right) (1 - \beta)(1 - p_n) + \\ & \left( \frac{p_r}{1+t} - c_r + xr \right) \beta(1 - p_r) - \\ & \frac{b_m}{1+t} (k + hb_r) + \\ & v[(k + hb_r) - \beta(1 - p_r)], \end{aligned} \quad (17)$$

回收商的决策目标为

$$\max_{b_r} \pi_r^H = \left( \frac{b_m}{1+t-r} - b_r \right) (k + hb_r). \quad (18)$$

用逆向归纳法求得如下均衡解:

$$p_n^{*H} = \frac{1 + c_n(1+t)}{2},$$

$$p_r^{*H} = \frac{1 + (c_r + v - xr)(1+t)}{2},$$

$$b_m^{*H} = \frac{hv(1+t) - k(1+t-r)}{2h},$$

则有

$$b_r^{*H} = \frac{hv(1+t) - 3k(1+t-r)}{4h(1+t-r)}.$$

新产品和再制造品的市场需求分别为

$$q_n^{*H} = (1 - \beta)(1 - p_n^{*H}) = \frac{[1 - c_n(1+t)](1 - \beta)}{2},$$

$$q_r^{*H} = \beta(1 - p_r^{*H}) = \frac{[1 - (c_r + v - xr)(1+t)]\beta}{2}.$$

### 4.3 存在绿色消费者的制造商定价策略选择

**命题 5** 在同一增值税退税水平下,  $p_n^{*L} > p_n^{*SR}, p_r^{*L} > p_r^{*SR}$ .

证明 显然

$$p_n^{*L} - p_n^{*SR} = \frac{\alpha(1-\alpha)\beta}{2(1+\alpha\beta-\beta)} > 0,$$

$$p_r^{*L} - p_r^{*SR} = \frac{\alpha\beta(1-\alpha)}{2(1+\alpha\beta-\beta)} > 0. \quad \square$$

命题5表明,当市场上同时存在普通消费者和绿色消费者时,制造商采用低价策略下的新产品和再制造产品价格均高于无绿色消费者市场情形下的相应产品价格.这是因为,在同等条件下,市场上的绿色消费者会优先购买再制造品,使得新产品销量下降(即  $q_n^{*L} < q_n^{*SR}$ ),而制造商为了获取足够的收益,会倾向于提高新产品价格;又由于制造商在市场上具有垄断效应,当新产品价格上升时,制造商也会提高再制造品价格以获取更多的利润.

命题6  $q_n^{*H} > q_n^{*L}$  且  $\frac{\partial q_n^{*H}}{\partial \beta} < 0$ .

证明

$$q_n^{*H} - q_n^{*L} = \frac{(1-\beta)(\alpha c_n - c_r - v + xr)(1+t)}{2(1-\alpha)} > 0,$$

$$\frac{\partial q_n^{*H}}{\partial \beta} = -\frac{1-c_n(1+t)}{2} < 0. \quad \square$$

由命题6可知:当制造商采用高价销售的策略时,市场上新产品的需求量将会随着绿色细分市场占比规模的增大而递减;无论绿色细分市场的规模占比有多大,制造商采用高价销售时的新产品销量均高于低价策略时的新产品销量,原因在于,当制造商采用低价策略销售时,除了绿色消费者购买再制造品外,对于价格敏感型的普通消费者也会选择购买再制造品;而当制造商对再制造品采用高价策略后,原先只追求产品效用的消费者将会转向购买新产品.

接下来,本文将比较高价策略和低价策略下的制造商利润差来回答制造商在什么情况下会采用低价策略,什么情况下又会选择高价策略.

命题7 令  $\pi_{SR} = \pi_m^{*H} - \pi_m^{*L}$ ,则在普通消费者和绿色消费者共存的市场上,垄断制造商的最优决策存在如下关系:

- 1) 当  $0 < \beta \leq \beta^*$  时,  $\pi_{SR} < 0$ .
- 2) 当  $\beta^* < \beta \leq \beta^{**}$  时,若  $0 < r \leq r^*$ ,则  $\pi_{SR} > 0$ ; 若  $r^* < r \leq t$ ,则  $\pi_{SR} < 0$ .
- 3) 当  $\beta^{**} < \beta < 1$  时,  $\pi_{SR} > 0$ .

证明 由于  $\pi_{SR} = \pi_m^{*H} - \pi_m^{*L}$ ,将  $\pi_m^{*H}$  和  $\pi_m^{*L}$  代入,可得

$$\pi_{SR} = \frac{(1-\beta) \cdot f(r)}{4\alpha(1-\alpha)(1+t)[1-(1-\alpha)\beta]}.$$

其中

$$f(r) = x^2(1+t)^2 yr^2 + 2x(1+t)^2 zy r + (1+t)^2 z^2 y + \alpha\beta(1-\alpha)^2,$$

$$y = \beta(1-\alpha) - 1 < 0,$$

$$z = \alpha c_n - c_r - v > 0.$$

因为

$$\frac{(1-\beta)}{4\alpha(1-\alpha)(1+t)[1-(1-\alpha)\beta]} > 0,$$

所以  $f(r)$  与  $\pi_{SR}$  具有相同的正负性,易知  $f(r)$  是关于  $r$  的二次函数且开口向下.因对称轴为

$$r = \frac{2x(1+t)^2 zy}{-2x^2(1+t)^2 y} = -\frac{z}{x} < 0,$$

故  $f(r)$  在  $r \in (0, t]$  上单调递减.令  $f(r) = 0$ ,可得右端点

$$r^* = \frac{(1+t)(\alpha c_n - c_r - v)[1-\beta(1-\alpha)]}{x(1+t)[\beta(1-\alpha) - 1]}.$$

$$\frac{\sqrt{\alpha\beta(1-\alpha)^2[1-\beta(1-\alpha)]}}{x(1+t)[\beta(1-\alpha) - 1]}.$$

1) 若  $f(0) < 0$ ,则  $f(r) < 0$ ,即  $\pi_{SR} < 0$ .令  $f(0) < 0$ ,可得

$$\beta \leq \beta^* =$$

$$\frac{(1+t)^2(\alpha c_n - c_r - v)^2}{(1-\alpha)[(1+t)^2(\alpha c_n - c_r - v)^2 + a(1-\alpha)]}.$$

2) 若  $f(0) > 0$ ,且  $r^* \leq t$ ,则  $f(r)$  在  $0 < r \leq r^*$  上的符号为正,即  $\pi_{SR} > 0$ ;在  $r^* < r \leq t$  上的符号为负,即  $\pi_{SR} < 0$ .令  $f(0) > 0$  且  $r^* \leq t$ ,可得  $\beta^* < \beta \leq \beta^{**}$ .

3) 当  $\beta^{**} < \beta < 1$  时,对于任意  $r \in (0, t]$ ,都有  $f(r) > 0$ ,即  $\pi_{SR} > 0$ .  $\square$

命题7表明,垄断制造商应根据绿色细分市场的规模和增值税退税率的高低这两方面因素使用两种不同的定价策略.首先,当市场上的绿色消费者占比规模较小时 ( $0 < \beta \leq \beta^*$ ),制造商会选择将再制造产品的价格定得较低,即采用低价策略,并在主要市场上吸引对价格敏感的消费者,因为此时采用高价策略所带来的收益无法弥补其由于销量减少而造成的损失.

其次,当绿色细分市场逐渐增大时 ( $\beta^* < \beta \leq \beta^{**}$ ),制造商会根据政府政策力度的大小而选择不同的定价策略.一般而言,当增值税退税率较小时 ( $0 < r \leq r^*$ ),制造商会使用高定价机制从绿色细分市场中获得最大的利润,这是因为,市场销量减少所造成的损失一方面可以通过向绿色消费者群体收取的高价来补偿,另一方面又受益于政府给予的增值税退税

优惠;而当政策力度较大时( $r^* < r \leq t$ ),制造商此时会选择低价策略,这是由于退税率进一步增大使得再制造生产成本不断降低,制造商通过采用薄利多销的策略所带来的收益更为可观。

最后,当市场上的绿色消费者占比规模很大时( $\beta^{**} < \beta < 1$ ),制造商会更倾向于采用高价策略从绿色细分市场中获得更多的利润,这是因为,绿色消费者愿意支付较高价格获取再制造产品,而由于此时的绿色消费者规模较大,产品销量也会增大,制造商通过采用高价策略可以获得更高收益。

为了更为直观地理解命题7,通过图形进行验证分析.参数取值分别为 $\alpha = 0.55, c_n = 0.3, c_r = 0.1, v = 0.05, k = 0.01, h = 0.75, t = 0.16, x = 1.25$ .图5给出了 $\beta$ 取不同值时( $\beta$ 为0.002、0.55和0.85)制造商采用高价策略和低价策略时的利润差 $\pi_{SR}$ 随增值税退税率 $r$ 的变化情况.从图中可以看出:当 $\beta$ 较小时(如 $\beta = 0.002$ ),对于任意的退税率 $r \in (0, t]$ 都有 $\pi_{SR} < 0$ ,此时制造商采用低价策略.当 $\beta$ 逐渐增大时(如 $\beta = 0.55$ ),若增值税退税率较低(如 $r \leq 0.12$ ),有 $\pi_{SR} > 0$ ,则采用高价策略;若增值税退税率较高(如 $r > 0.12$ ),有 $\pi_{SR} < 0$ ,则采用低价策略;而当 $\beta$ 很大时(如 $\beta = 0.85$ ),对于任意的退税率 $r \in (0, t]$ 都有 $\pi_{SR} > 0$ ,制造商将采用高价策略。

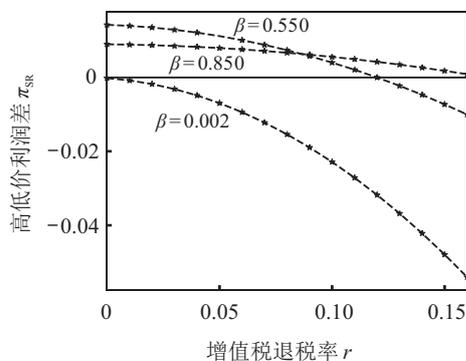


图5  $\beta$ 取不同值时制造商利润差 $\pi_{SR}$ 随退税率 $r$ 的变化

## 5 结论

本文在新产品与再制造品存在价格差异的情况下,通过引入消费者环保意识,探讨政府如何利用各项政策机制调动闭环供应链上各方参与再制造活动的积极性,以及企业在政府的政策机制下如何做出更优的决策以使自身利润最大化。

研究发现:1)与无政府介入政策相比,基于政府补贴政策下的再制造品零售价格降低,新产品的市场需求降低,而再制造品的市场需求增加,闭环供应链上的企业总利润也得到了增加.2)相比于无政府介入政策,基于政府增值税退税政策下的废旧品回收价

格增加,相应的废旧品回收量增加,并且闭环供应链上的企业总利润也得到了增加.3)在政府税收-补贴双机制模型下,不仅再制造品的零售价格降低且为最低,其相应的销量增加且为最高,废旧品的回收价格和回收量也在增加,企业总利润也得到了增加且为最高.4)4种政策下的社会福利均随着消费者环保意识的增加而递增,且均高于无政府介入情形下的社会福利.当消费者环保意识较低时,政府补贴政策下的社会福利最大;而当消费者环保意识较高时,税收补贴并存政策下的社会福利最高.政府成本支出则是增值税退税政策最低.因此,对政策制定者而言,选择何种政策机制应视具体情况而定。

在具有绿色消费者市场上,制造商选择高低两种不同定价策略受绿色细分市场规模和政府政策力度的大小两方面因素的影响:当市场上的绿色消费者占比规模较小时,制造商会采用低价策略;当绿色细分市场逐渐增大时,若政府给予的政策力度较小,则制造商会选择高定价机制,若政府政策力度较大,则采用低价策略;当市场上的绿色消费者占比规模很大时,制造商会更倾向于采用高价策略从绿色细分市场中获得更多的利润。

本文结论成立的前提是假定供应链上所有成员共享信息且决策仅考虑单周期.至于考虑非对称信息和多周期情形下的政府政策机制对闭环供应链上相关企业决策的影响作用可供后续探讨。

## 参考文献(References)

- [1] 财政部国家税务总局.《资源综合利用产品和劳务增值税优惠目录》(财税[2015]78号)[EB/OL].(2015-06-12). [http://szs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/zhengcefabu/201506/t20150616\\_1256758.html](http://szs.mof.gov.cn/zhengwuxinxi/zhengcefabu/201506/t20150616_1256758.html).
- [2] Savaskan R C, Bhattacharya S, van Wassenhove L N. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing[J]. *Management Science*, 2004, 50(2): 239-252.
- [3] 李晓静,艾兴政,唐小我.竞争性供应链下再制造产品的回收渠道研究[J]. *管理工程学报*, 2016, 30(3): 90-98.  
(Li X J, Ai X Z, Tang X W. Research on collecting strategies in the closed-loop supply chain with chain to chain competition[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2016, 30(3): 90-98.)
- [4] 周雄伟,熊花纬,陈晓红.基于回收产品质量水平的闭环供应链渠道选择模型[J]. *控制与决策*, 2017, 32(2): 193-202.  
(Zhou X W, Xiong H W, Chen X H. Reverse channel selection in closed-loop supply chain based on quality of recycled products[J]. *Control and Decision*, 2017, 32(2): 193-202.)

- [5] 马卫民, 赵璋. 以旧换新补贴对不同模式闭环供应链的影响[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(9): 1938-1944.  
(Ma W M, Zhao Z. Different models of closed-loop supply chain with the government replacement-subsidy[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2012, 32(9): 1938-1944.)
- [6] Yu J J, Tang C S, Shen Z J M. Improving consumer welfare and manufacturer profit via government subsidy programs: Subsidizing consumers or manufacturers?[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2018, 20(4): 752-766.
- [7] Cohen M C, Lobel R, Perakis G. The impact of demand uncertainty on consumer subsidies for green technology adoption[J]. Management Science, 2016, 62(5): 1235-1258.
- [8] 王文宾, 邓雯雯. 逆向供应链的政府奖惩机制与税收-补贴机制比较研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(4): 102-110.  
(Wang W B, Deng W W. Comparison between the reward-penalty mechanism with the tax-subsidy mechanism for reverse supply chains[J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(4): 102-110.)
- [9] 王文宾, 丁军飞, 达庆利. 奖惩机制下闭环供应链的成本共担-利润共享契约[J]. 控制与决策, 2019, 34(4): 843-850.  
(Wang W B, Ding J F, Da Q L. Cost-profit sharing contract for a closed-loop supply chain under reward-penalty mechanism[J]. Control and Decision, 2019, 34(4): 843-850.)
- [10] 徐兵, 杨金梅. 闭环供应链竞争下政府补贴效率研究[J]. 管理工程学报, 2013, 27(4): 178-185.  
(Xu B, Yang J M. The efficiency of government subsidy for closed-loop supply chains[J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management, 2013, 27(4): 178-185.)
- [11] 朱庆华, 窦一杰. 基于政府补贴分析的绿色供应链管理博弈模型[J]. 管理科学学报, 2011, 14(6): 86-95.  
(Zhu Q H, Dou Y J. A game model for green supply chain management based on government subsidies[J]. Journal of Management Sciences in China, 2011, 14(6): 86-95.)
- [12] 陈晓红, 汪继, 王傅强. 消费者偏好和政府补贴下双渠道闭环供应链决策研究[J]. 系统工程理论与实践, 2016, 36(12): 3111-3122.  
(Chen X H, Wang J, Wang F Q. Decision research for dual-channel closed-loop supply chain under the consumer's preferences and government subsidies[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2016, 36(12): 3111-3122.)
- [13] Song Y, Wu D, Yuan L, et al. Impact analysis of replacing business tax with value-added tax on water conservancy project cost[C]. Proceedings of the 4th Annual International Conference on Material Engineering and Application (ICMEA 2017). Wuhan: Atlantis Press, 2018: 271-274.
- [14] Huang H F, Wang T, Zhan Z C. From business tax to value-added tax: The effects of reform on Chinese transport industry firms[J]. Australian Accounting Review, 2019, 29(1): 158-176.
- [15] Shunko M, Debo L, Gavirneni S. Transfer pricing and sourcing strategies for multinational firms[J]. Production and Operations Management, 2014, 23(12): 2043-2057.
- [16] Xiao W Q, Hsu V N, Hu Q J. Manufacturing capacity decisions with demand uncertainty and tax cross-crediting[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2015, 17(3): 384-398.
- [17] Feng C M, Wu P J. A tax savings model for the emerging global manufacturing network[J]. International Journal of Production Economics, 2009, 122(2): 534-546.
- [18] Niu B Z, Xu J W, Lee C K M, et al. Order timing and tax planning when selling to a rival in a low-tax emerging market[J]. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 2019, 123: 165-179.
- [19] Krass D, Nedorezov T, Ovchinnikov A. Environmental taxes and the choice of green technology[J]. Production and Operations Management, 2013, 22(5): 1035-1055.
- [20] Hsu V N, Zhu K J. Tax-effective supply chain decisions under China's export-oriented tax policies[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2011, 13(2): 163-179.
- [21] Mukhopadhyay S K, Setoputro R. Optimal return policy and modular design for build-to-order products[J]. Journal of Operations Management, 2005, 23(5): 496-506.
- [22] 高鸿业, 刘文忻, 冯金华, 等. 西方经济学(微观部分)[M]. 第5版. 北京: 中国人民大学出版社, 2011: 65.  
(Gao H Y, Liu W X, Feng J H, et al. Western economics (micro part)[M]. The 5th Edition, Beijing: China Renmin University Press, 2011: 65.)
- [23] Li Z, Zheng W, Meng Q F, et al. The impact of government subsidy and tax policy on the competitive decision-making of remanufacturing supply chains[J]. International Journal of Sustainable Engineering, 2019, 12(1): 18-29.

### 作者简介

周雄伟(1975—), 男, 教授, 博士生导师, 从事运营与供应链管理、服务科学与服务管理、电子商务与营销科学等研究, E-mail: daweycs@126.com;

冉冈(1994—), 男, 硕士生, 从事物流与供应链管理的研究, E-mail: rangang73@163.com.

(责任编辑: 李君玲)