

# 政府补贴下制造/再制造竞争机理研究<sup>①</sup>

夏西强<sup>1</sup>, 朱庆华<sup>2\*</sup>, 赵森林<sup>3</sup>

(1. 郑州大学商学院, 郑州 450001; 2. 上海交通大学安泰经济与管理学院, 上海 200030;  
3. 上海海事大学经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 以政府“以旧换再”补贴政策为背景, 建立了原始制造商、再制造商与零售商两阶段博弈模型. 基于此博弈模型, 考虑政府不采取补贴政策、政府补贴给再制造商及政府通过零售商补贴购买再制造产品消费者3种情况, 对比分析了政府不同补贴策略对两种产品单位批发价格、零售价格、销售量、利润、消费者剩余及环境的影响. 结果表明: 当再制造产品的需求不受废旧产品回收量限制, 政府补贴可以降低两种产品单位零售价格, 增加再制造商和零售商的利润, 提高消费者的剩余; 当再制造产品的需求受到废旧产品回收量限制时, 政府补贴可以增加两种产品的单位批发价格和两种产品制造商的利润, 但是会降低零售商的销售利润.

关键词: 政府补贴; 原始制造商; 再制造商; 博弈模型

中图分类号: F720 文献标识码: A 文章编号: 1007-9807(2017)04-0071-13

## 0 引言

随着资源短缺、环境恶化等问题的日益突出, 资源的可持续循环利用越来越成为各国政府、企业及社会公众关注的焦点. 作为节能减排的新措施, 再制造逐渐受到了政府及相关企业的重视. 近年来, 中国政府十分重视再制造产业的发展, 先后出台了一系列政策措施. 2005年, 国务院在《关于加快发展循环经济的若干意见》中明确提出政府鼓励发展再制造产业. 2009年1月, 《循环经济促进法》正式实施, 进一步将再制造产业纳入法制化轨道. 2013年国务院印发《循环经济发展战略及近期行动计划》, 并指出“十二五”期间, 政府将继续推进社会各层面发展循环经济.

虽然政府大力推进再制造产业的发展, 但再

制造产业目前在我国尚处于起步阶段, 面临一系列的发展障碍. 废旧产品回收方面, 当前不健全的回收网络造成企业很难及时回收足够的再制造原材料, 再制造企业经常处于“无米下锅”的困境<sup>[1]</sup>. 造成废旧产品回收率较低的原因包括两点: 一是政府对废旧产品的流向监管不严<sup>[1]</sup>; 二是消费者通过正规回收渠道销售废旧产品所得回报较低<sup>[2]</sup>. 产品销售方面, 受传统消费理念的影响, 当前消费者对再制造产品的认识度普遍较低. 为吸引更多的消费者购买再制造产品, 企业往往采取低价策略, 这在一定程度上降低了企业的盈利能力, 也降低了企业主动开展再制造业务的积极性<sup>[3]</sup>. 为解决上述难题, 提高再制造产品的市场份额, 发改委等5部委于2013年7月4日, 下发了《关于印发再制造产品“以旧换再”<sup>②</sup>

① 收稿日期: 2014-11-29; 修订日期: 2016-02-17.

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(71632007); 国家重点基础研究发展计划资助课题(2011CB013406); 国家社会科学基金重大资助项目(13&ZD147); 国家自然科学基金资助项目(71472021); 国家自然科学基金青年基金资助项目(71301150).

通信作者: 朱庆华(1970—), 女, 江苏太仓人, 博士, 教授. Email: qhzhz@sytu.edu.cn

② “以旧换再”是指境内再制造产品购买者交回旧件并以置换价购买再制造产品的行为. 对符合“以旧换再”推广条件的再制造产品, 中央财政按照其推广置换价格(再制造产品价格与旧件回收价格的差价)的一定比例, 通过试点企业对“以旧换再”再制造产品的购买者给予一次性补贴.

试点实施方案的通知》。但政府补贴在实际操作过程中存在很多争议,主要集中于补贴应该给谁,给消费者还是生产企业,怎样才能使补贴落实到位<sup>[4]</sup>。在此背景下,定量研究政府补贴如何影响“以旧换再”政策的实施效果具有非常重要的现实意义。探究不同政府补贴情形下消费者和再制造产品生产企业的收益关系将有助于解决这一问题。

针对再制造政府补贴问题,国内外学术界已开展了一系列研究并取得了一定的成果。刘渤海等<sup>[3]</sup>通过盈亏平衡图对比竞争环境下(单独竞争环境及混合竞争环境)下再制造企业的盈利状况,指出当前政府应该通过补贴提高再制造企业的盈利能力。申成然等<sup>[5]</sup>分析了再制造知识产权保护情形下,政府补贴再制造的两种机制:补贴给拥有专利的原生产企业、直接补贴给第三方再制造企业;研究结果表明,原始生产企业可以通过收取专利许可费与第三方再制造企业分享政府补贴收益。Mitra 和 Webster<sup>[6]</sup>通过建立制造企业与再制造企业的两阶段博弈模型,对比分析了政府补贴再制造产品生产企业、补贴原始制造商、同时补贴两类企业 3 种情形下博弈主体的不同收益。曹束等<sup>[7]</sup>基于生产者延伸责任(EPR)制度,探讨政府如何通过激励契约设计促进生产企业进行回收及再制造,研究结果表明:政府激励契约能较好实现生产企业的高效度激励,有效促进生产企业的努力水平。王文宾等<sup>[8]</sup>通过建立变分不等式优化模型,分析了两种策略(政府对生产企业的惩罚政策、政府对回收商的补贴政策)对闭环供应链的影响。研究结果表明:政府对回收商的补贴有助于提高回收量,增加新、旧材料的需求量。金常飞等<sup>[9]</sup>通过建立生产商与零售商的 Stackelberg 博弈模型,对比分析了生产商不参与回收再制造、生产商参与回收再制造、政府采用基于回收量补贴的激励策略、政府采用基于回收率补贴的激励策略情形下绿色产品和普通产品的不同销售情况。常香云等<sup>[10]</sup>通过引入系统动力学模型,分析了碳税约束和补贴激励政策对汽车零部件再制造决策的影响,并指出税收政策和补贴激励政策组合更有助于提升汽车零部件再制造的碳减排效益和经济效益。

目前,国内外对于政府补贴或激励对再制造行业的影响研究不是很多,现有的研究主要集中在

在 3 个方面:文献[3-6]分析了政府补贴对原始制造商和再制造产品制造商的影响;文献[7-9]分析了政府补贴或激励对再制造回收及生产的影响;文献[10]分析了政府不同政策下,再制造产业的碳减排和经济效益。但目前对“以旧换再”政策鲜有研究;事实上,政府“以旧换再”补贴政策在实际操作过程中存在很多争议,主要集中于如何确定补贴对象<sup>[4]</sup>。

基于此,本文以政府“以旧换再”补贴为背景,建立了新产品生产企业与再制造产品生产企业的博弈模型,分别分析了政府不采取补贴、政府补贴再制造产品生产企业、政府补贴购买再制造产品消费者(一般通过销售商来实现) 3 种情景下博弈主体及消费者的收益。进一步,实例研究分析了政府不同补贴策略对市场主体的经济影响及对社会整体的环境影响,为政府制定相应补贴政策提供决策依据。

## 1 模型介绍

### 1.1 问题描述

如图 1 所示,本文针对由 1 个原始制造商、1 个再制造商和 1 个销售商组成的再制造/新品制造混合供应链,构建两周期博弈模型,并分析政府补贴对该博弈模型的影响。其中原始制造商只生产新产品,决策变量是单位新产品的批发价格;再制造商只生产再制造产品,决策变量是单位再制造产品的批发价格;销售商同时销售新产品和再制造产品,其决策变量是单位新产品和再制造产品的销售价格,但是再制造产品的需求量不能无限大,要受到废旧产品回收量的限制。原始制造商、再制造商和销售商的决策目标为各自利润的最大化。政府通过不同补贴方式干预新产品/再制造产品的市场竞争,并引导消费者购买再制造产品。

两阶段博弈模型的决策顺序为:第一阶段,原始制造商和再制造商在市场竞争和政府采取不同策略下分别确定单位新产品、单位再制造产品的批发价格;第二阶段,销售商确定单位新产品和单位再制造产品的零售价格。博弈模型在求解过程中,采用的是逆序求解,也即先求解销售商单位新产品和单位再制造产品的零售价格,其次

再代入零售价格求解单位新产品和单位再制造产品的批发价格<sup>[11]</sup>.

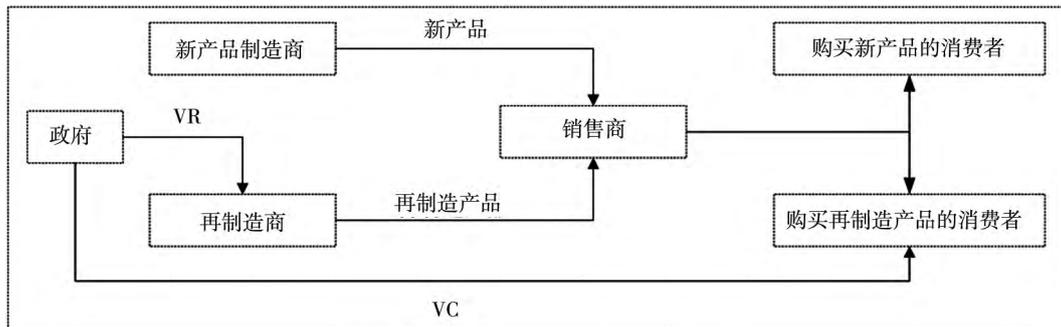


图 1 政府不同政策下市场主体博弈模型示意图

Fig. 1 Game model of market players under different government policies

### 1.2 模型符号

- n: 新产品制造商;
- r: 再制造产品制造商;
- t: 零售商;
- c: 新产品单位制造成本;
- s: 再制造产品节省的单位制造成本;
- v: 政府给予单位再制造产品的补贴;
- $\tau$ : 废旧产品的回收率;
- $e_n$ : 生产单位新产品对环境造成的影响;
- $e_r$ : 生产单位再制造产品对环境造成的影响 ( $e_n > e_r$ );
- N: 政府不补贴;
- VR: 政府补贴再制造产品生产企业;
- VC: 政府补贴购买再制造产品的消费者;
- $S_i$ : 政府选择策略  $i$  时, 消费者剩余;
- $q_{in}$ : 政府选择策略  $i$  时, 新产品的需求量;
- $q_{ir}$ : 政府选择策略  $i$  时, 再制造产品的需求量;
- $p_{in}$ : 政府选择策略  $i$  时, 单位新产品的零售价格;
- $p_{ir}$ : 政府选择策略  $i$  时, 单位再制造产品的零售价格;
- $\pi_{in}$ : 政府选择策略  $i$  时, 新产品生产企业的利润;
- $\pi_{ir}$ : 政府选择策略  $i$  时, 再制造产品生产企业的利润;
- $\pi_t$ : 政府选择策略  $i$  时, 销售商的销售利润;
- $w_{in}$ : 政府选择策略  $i$  时, 单位再制造产品的批发价格;
- $w_{ir}$ : 政府选择策略  $i$  时, 单位新产品的批发

价格.

符号中角标  $i \in \{N, VR, VC\}$ .

### 1.3 模型需求函数

本文借鉴文献[12], 设  $\theta$  为购买单位产品的消费者支付意愿(willigness to pay, WTP), 且  $\theta$  服从  $[0, 1]$  的均匀分布, 也即  $f(\theta) \sim [0, 1]$ . 记  $\delta$  为单位再制造产品销售价格相对于单位新产品销售价格消费者最低接受度(本文简称折价), 则购买单位新产品的消费者剩余为  $U_n = \theta - p_n$ , 购买单位再制造产品的消费者剩余为  $U_r = \delta\theta - p_r$ . 只有当购买单位新产品的消费者剩余大于购买单位再制造产品的消费者剩余时, 也即  $U_n > U_r$ , 消费者才购买新产品, 则购买新产品的意愿区间为  $\Theta_n = \{\theta: U_n > \max\{U_r, 0\}\}$ . 类似可知, 消费者购买再制造产品的意愿区间为  $\Theta_r = \{\theta: U_r > \max\{U_n, 0\}\}$ . 进而可以计算求得新产品和再制造产品的市场需求量分别为

$$q_n = \int_{\theta \in \Theta_n} f(\theta) d\theta = \frac{1 - \delta - p_n + p_r}{1 - \delta},$$

$$q_r = \int_{\theta \in \Theta_r} f(\theta) d\theta = \frac{\delta p_n - p_r}{\delta(1 - \delta)}$$

最终可得

$$p_n = 1 - q_n - \delta q_r, p_r = \delta(1 - q_n - q_r)$$

## 2 模型建立与求解

### 2.1 模型建立

#### 2.1.1 政府不采取补贴政策时

原始制造商生产单位新产品、再制造商生产

单位再制造产品获得的收益分别为  $w_{Nn} - c, w_{Nr} - c + s$ , 故生产商获得的生产利润分别为  $(w_{Nn} - c)q_{Nn}, (w_{Nr} - c + s)q_{Nr}$ . 销售商销售单位新产品与再制造产品获得的收益分别为  $p_{Nn} - w_{Nn}, p_{Nr} - w_{Nr}$ , 销售商获得销售利润为  $(p_{Nn} - w_{Nn})q_{Nn} + (p_{Nr} - w_{Nr})q_{Nr}$ . 最终可得如下的决策函数

$$\max_{w_{Nn}} \pi_{Nn} = (w_{Nn} - c)q_{Nn} \quad (1)$$

$$\max_{w_{Nr}} \pi_{Nr} = (w_{Nr} - c + s)q_{Nr} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \max_{q_{Nn}, q_{Nr}} \pi_{Nt} &= (p_{Nn} - w_{Nn})q_{Nn} + (p_{Nr} - w_{Nr})q_{Nr} \\ &= (1 - q_{Nn} - \delta q_{Nr} - w_{Nn})q_{Nn} + \\ &\quad [\delta(1 - q_{Nn} - q_{Nr}) - w_{Nr}]q_{Nr} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{s. t. } q_{Nr} \leq \tau q_{Nn}$$

### 2.1.2 政府补贴给消费者时

政府补贴给销售者时, 销售商销售单位再制造产品获得的收益为  $p_{Vc} - w_{Vc} + v$ , 其它与 2.1.1 节类似. 最终可得如下的决策函数

$$\max_{w_{Vc}} \pi_{Vc} = (w_{Vc} - c)q_{Vc} \quad (4)$$

$$\max_{w_{Vr}} \pi_{Vr} = (w_{Vr} - c + s)q_{Vr} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \max_{q_{Vc}, q_{Vr}} \pi_{Vt} &= (p_{Vc} - w_{Vc})q_{Vc} + \\ &\quad (p_{Vr} - w_{Vr} + v)q_{Vr} \\ &= (1 - q_{Vc} - \delta q_{Vr} - w_{Vc})q_{Vc} + \\ &\quad [\delta(1 - q_{Vc} - q_{Vr}) - w_{Vr} + v]q_{Vr} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{s. t. } q_{Vr} \leq \tau q_{Vc}$$

### 2.1.3 政府补贴给再制造商时

类似与 2.1.1 和 2.1.2 节可得政府补贴给再制造商时决策函数

$$\max_{w_{VRn}} \pi_{VRn} = (w_{VRn} - c)q_{VRn} \quad (7)$$

$$\max_{w_{VRr}} \pi_{VRr} = (w_{VRr} - c + s + v)q_{VRr} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \max_{q_{VRn}, q_{VRr}} \pi_{VRt} &= (p_{VRn} - w_{VRn})q_{VRn} + \\ &\quad (p_{VRr} - w_{VRr} + v)q_{VRr} \\ &= (1 - q_{VRn} - \delta q_{VRr} - w_{VRn})q_{VRn} + \\ &\quad [\delta(1 - q_{VRn} - q_{VRr}) - w_{VRr} + v]q_{VRr} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\text{s. t. } q_{VRr} \leq \tau q_{VRn}$$

## 2.2 模型求解

为了保证联立式(1)、式(2)和式(3), 偏导等于零求得的解是最优解, 首先给出结论 1.

**结论 1** 式(3)关于  $q_{Nn}, q_{Nr}$  是凹函数; 将式(3)求得的最优解代入式(1)和式(2)后, 式(1)关于  $w_{Nn}$  是凹函数, 式(2)关于  $w_{Nr}$  是凹函数.

**证明** 当  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} < \tau$

时, 式(3)关于  $q_{Nn}, q_{Nr}$  的海森矩阵的行列式为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{Nt}}{\partial q_{Nn}} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \pi_{Nt}}{\partial q_{Nn}^2} & \frac{\partial^2 \pi_{Nt}}{\partial q_{Nr} \partial q_{Nn}} \\ \frac{\partial^2 \pi_{Nt}}{\partial q_{Nn} \partial q_{Nr}} & \frac{\partial^2 \pi_{Nt}}{\partial q_{Nr}^2} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} -2 & -2\delta \\ -2\delta & -2\delta \end{bmatrix} \\ &= 4\delta(1 - \delta) > 0 \end{aligned}$$

且  $-2 < 0$ , 也即式(3)关于  $q_{Nn}, q_{Nr}$  是凹函数.

联立式(3)关于  $q_{Nn}, q_{Nr}$  一阶偏导数可以得

$$q_{Nn}^* = \frac{1 + w_{Nr} - w_{Nn} - \delta}{2(1 - \delta)}, \quad q_{Nr}^* = \frac{\delta w_{Nn} - w_{Nr}}{2\delta(1 - \delta)}$$

把上述最优解代入式(1)和式(2)可得

$$\max_{w_{Nn}} \pi_{Nn} = \frac{(w_{Nn} - c)(1 + w_{Nr} - w_{Nn} - \delta)}{2(1 - \delta)} \quad (1^*)$$

$$\max_{w_{Nr}} \pi_{Nr} = \frac{(w_{Nr} - c + s)(\delta w_{Nn} - w_{Nr})}{2\delta(1 - \delta)} \quad (2^*)$$

对式(1<sup>\*</sup>)和式(2<sup>\*</sup>)分别关于  $w_{Nn}, w_{Nr}$  求二阶偏导可得

$$\frac{\partial^2 \pi_{Nn}}{\partial w_{Nn}^2} = -\frac{1}{1 - \delta} < 0,$$

$$\frac{\partial^2 \pi_{Nr}}{\partial w_{Nr}^2} = -\frac{1}{\delta(1 - \delta)} < 0$$

也即式(1)和式(2)分别关于  $w_{Nn}, w_{Nr}$  是凹函数.

当  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} > \tau$  时, 类似于上述证明可得结论 1 成立. 证毕.

由上述分析可以得到政府采取不同策略时最优解, 具体见表 1. 表 1 中取  $v = 0$  的最优解就是政府不采取政策时的最优解.

表 1 政府不同策略下最优解  
Table 1 Optimal solutions under different government subsidy policies

最优解	情况 1
$w_{VCn}^* = w_{VRn}^*$	$\frac{2 + 3c - 2\delta - s - v}{4 - \delta}$
$w_{VCr}^*$	$\frac{\delta + 2c + \delta c + (2 - \delta)v - 2s - \delta^2}{4 - \delta}$
$w_{VRr}^*$	$\frac{\delta + 2c + \delta c - 2v - 2s - \delta^2}{4 - \delta}$
$p_{VCn}^* = p_{VRn}^*$	$\frac{6 + 3c - 3\delta - v - s}{2(4 - \delta)}$
$p_{VCr}^* = p_{VRr}^*$	$\frac{5\delta + 2c + \delta c - 2v - 2\delta^2 - 2s}{2(4 - \delta)}$
$q_{VCn}^* = q_{VRn}^*$	$\frac{2 + \delta c - c - 2\delta - s - v}{2(1 - \delta)(4 - \delta)}$
$q_{VCr}^* = q_{VRr}^*$	$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)}$
$\pi_{VCn}^* = \pi_{VRn}^*$	$\frac{(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)^2}{2(1 - \delta)(4 - \delta)^2}$
$\pi_{VCr}^* = \pi_{VRr}^*$	$\frac{[\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c]^2}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2}$
$\pi_{VCi}^* = \pi_{VRi}^*$	$\frac{1}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2} \{ \delta(2 + \delta + s + v - 3c)(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v) + (3\delta + 2s + 2v - \delta c - 2c)[\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c] \}$
最优解	情况 2
$w_{VCn}^* = w_{VRn}^*$	$\frac{1 + \delta\tau + 2c + \tau s + \tau v - \tau c}{3}$
$w_{VCr}^*$	$\frac{1 + \delta\tau + 2\tau c + \tau v - 2\tau s - c}{3\tau}$
$w_{VRr}^*$	$\frac{1 + \delta\tau + 2\tau c - 2\tau v - 2\tau s - c}{3\tau}$
$p_{VCn}^* = p_{VRn}^*$	$\frac{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)] - (1 + \delta\tau)(1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c)}{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$p_{VCr}^* = p_{VRr}^*$	$\delta \frac{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)] - (1 + \tau)(1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c)}{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$q_{VCn}^* = q_{VRn}^*$	$\frac{1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c}{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$q_{VCr}^* = q_{VRr}^*$	$\frac{\tau(1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c)}{6[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$\pi_{VCn}^* = \pi_{VRn}^*$	$\frac{(1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c)^2}{18[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$\pi_{VCr}^* = \pi_{VRr}^*$	$\frac{(1 + \delta\tau + \tau s + \tau v - c - \tau c)^2}{18[1 + \delta\tau(2 + \eta)]}$
$\pi_{VCi}^* = \pi_{VRi}^*$	$(p_{VCn}^* - w_{VCn}^*)q_{VCn}^* + (p_{VCr}^* - w_{VCr}^*)q_{VCr}^*$

注: 情况 1 是指  $\tau > q_{ir}/q_{in}, i \in \{N, VC, VR\}$ ; 情况 2 是指  $\tau \leq q_{ir}/q_{in}, i \in \{N, VC, VR\}$ .

### 3 结论分析

为了便于讨论, 记

$$X = \frac{(1+2c-s) - \sqrt{(1+2c-s)^2 - 8(c-s)}}{2},$$

$$Y = \frac{(1+2c-s) + \sqrt{(1+2c-s)^2 - 8(c-s)}}{2}$$

其中

$$(1 + 2c - s)2 - 8(c - s) =$$

$$(1 - 2c)2 + s^2 + 2s + 4s(1 - c) > 0$$

结论2 新产品与再制造产品市场竞争关系.

1) 当再制造产品需求量不受废旧产品回收量限制时: 当  $\frac{2 - c - s}{2 - c} < \delta$  时, 新产品在市场上不存在; 当  $\delta < X$  或  $\delta > \min\{1, Y\}$  时, 再制造产品在市场上不存在; 当  $X < \delta < \min\{\frac{2 - c - s}{2 - c}, Y\}$  时, 新产品与再制造产品在市场上共同存在.

2) 当再制造产品的需求量受到废旧产品回收量限制时: 新产品与再制造产品在市场上共同不存在或共同存在.

证明 当再制造产品满足市场需求时, 由

$$q_{Nn}^* = \frac{2 + \delta c - c - 2\delta - s}{2(1 - \delta)(4 - \delta)},$$

$$q_{Nr}^* = \frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)}$$

可知

$$q_{Nn}^* = \frac{2 + \delta c - c - 2\delta - s}{2(1 - \delta)(4 - \delta)} > 0 \Leftrightarrow \delta < \frac{2 - c - s}{2 - c},$$

$$q_{Nr}^* = \frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)} > 0 \Leftrightarrow$$

$$X < \delta < Y$$

从而可知结论2的1)成立.

当再制造产品不能满足市场需求时, 针对销售商的利润函数, 构造拉格朗日函数如下

$$L(q_{Nn}, q_{Nr}, \lambda) = (1 - q_{Nn} - \delta q_{Nr} - w_{Nn})q_{Nn} +$$

$$[\delta(1 - q_{Nn} - q_{Nr}) - w_{Nr}]q_{Nr} -$$

$$\lambda(\tau q_{Nn} - q_{Nr})$$

其中  $\lambda$  为拉格朗日乘子, 且  $\lambda > 0$ .

由 K-K-T 条件, 可得

$$\begin{cases} \frac{\partial L(q_{Nn}, q_{Nr}, \lambda)}{\partial q_{Nr}} = 0 \\ \frac{\partial L(q_{Nn}, q_{Nr}, \lambda)}{\partial q_{Nn}} = 0 \\ \frac{\partial L(q_{Nn}, q_{Nr}, \lambda)}{\partial \lambda} = \tau q_{Nn} - q_{Nr} = 0 \end{cases}$$

由于  $q_{Nr} = \tau q_{Nn}$  且  $\tau > 0$ , 所以

$$q_{Nr} = 0 \Leftrightarrow q_{Nn} = 0$$

且

$$q_{Nr} > 0 \Leftrightarrow q_{Nn} > 0$$

可知结论2的2)成立.

证毕.

结论2说明, 当再制造产品能满足市场需求时, 新产品与再制造产品在市场上存在着竞争关系, 当消费者认为再制造产品的相对价值大于  $\frac{2 - c - s}{2 - c}$  时, 消费者都会选择购买再制造产品, 新产品逐渐在市场上消失; 反过来, 当消费者认为再制造产品的相对价值小于  $X$  时, 消费者都会选择购买新产品, 再制造产品逐渐在市场上消失; 当消费者认为再制造产品的相对价值在  $(X, \min\{\frac{2 - c - s}{2 - c}, Y\})$  这一区间时, 两种产品在市场上共同存在. 当再制造产品不能满足市场需求时, 由于再制造产品的需求量与新产品的需求量存在倍数关系  $q_{Nr} = \tau q_{Nn}$ , ( $0 < \tau < 1$ ), 从而两种产品在市场上共同存在或消失.

因此, 再制造商在与原始制造商市场竞争时, 需要尽量提高其产品的相对价值. 然而, 再制造这一概念在中国还是新理念, 显然消费者还没有广泛地接受这一新理念, 消费者并没有充分了解再制造产品在发展循环经济方面的作用和价值. 那么, 政府应引导再制造产业的发展, 一方面, 进一步扩大对再制造产品的宣传和政策采购, 使消费者了解再制造产业在发展循环经济方面的作用, 增加消费者对再制造产品的购买意愿; 另一方面, 进一步加大对再制造产品的补贴, 实现再制造产业的规模化、规范化发展, 确保再制造产品的质量, 最终让消费者提高再制造产品的相对价值.

结论3 政府补贴额度对两种产品单位批发价格、单位零售价格、销售量及利润的影响, 具体见表2.

证明 当政府补贴给消费者时: 在  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$  时有

表 2 政府补贴政策对变量的影响

Table 2 Impacts of government subsidies on variables

边界条件	政府补贴给消费者时	政府补贴给再制造商时
$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$	$\frac{\partial w_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial w_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial w_{VRn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial w_{VRr}^*}{\partial v} < 0$
	$\frac{\partial p_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial p_{VCr}^*}{\partial v} < 0$	$\frac{\partial p_{VRn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial p_{VRr}^*}{\partial v} < 0$
	$\frac{\partial q_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial q_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial q_{VRn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial q_{VRr}^*}{\partial v} > 0$
	$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial \pi_{VRn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial \pi_{VRr}^*}{\partial v} > 0$
$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} \geq \tau$	$\frac{\partial w_{VCn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial w_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial w_{VRn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial w_{VRr}^*}{\partial v} < 0$
	$\frac{\partial p_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial p_{VCr}^*}{\partial v} < 0$	$\frac{\partial p_{VRn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial p_{VRr}^*}{\partial v} < 0$
	$\frac{\partial q_{VCn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial q_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial q_{VRn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial q_{VRr}^*}{\partial v} > 0$
	$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} > 0$	$\frac{\partial \pi_{VRn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial \pi_{VRr}^*}{\partial v} > 0$

$$\frac{\partial w_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{-2}{4 - \delta} < 0,$$

$$\frac{\partial w_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{2 - \delta}{4 - \delta} > 0,$$

$$\frac{\partial p_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{-1}{2(4 - \delta)} < 0,$$

$$\frac{\partial p_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{-1}{4 - \delta} < 0,$$

$$\frac{\partial q_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{-1}{2(1 - \delta)(4 - \delta)} < 0,$$

$$\frac{\partial q_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{2 - \delta}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)} > 0$$

再由

$$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} = 2(1 - \delta)q_{VCn}^{*2},$$

$$\frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} = 2\delta(1 - \delta)q_{VCr}^{*2}$$

可知

$$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} < 0, \frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} > 0$$

在  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} \geq \tau$

时有

$$\frac{\partial w_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{\tau}{3} > 0,$$

$$\frac{\partial w_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{1}{3} > 0,$$

$$\frac{\partial p_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{-\tau(1 + \delta\tau)}{6[1 + \delta\tau(2 + \tau)]} < 0,$$

$$\frac{\partial p_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{-\tau(1 + \tau)}{6[1 + \delta\tau(2 + \tau)]} < 0,$$

$$\frac{\partial q_{VCn}^*}{\partial v} = \frac{\tau}{6[1 + \delta\tau(2 + \tau)]} > 0,$$

$$\frac{\partial q_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{\tau^2}{6[1 + \delta\tau(2 + \tau)]} > 0$$

再由

$$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} = 2q_{VCn}^{*2}, \frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} = \frac{2}{\tau^2}q_{VCr}^{*2}$$

可知

$$\frac{\partial \pi_{VCn}^*}{\partial v} > 0, \frac{\partial \pi_{VCr}^*}{\partial v} > 0$$

类似可证政府补贴给再制造商时的结论。

证毕。

由表 2 可知: 当再制造产品能满足市场需求时, 针对新产品, 政府补贴额度对单位批发价格、零售价格、销售量及利润的影响与政府选取补贴方式无关。但是, 针对再制造产品, 政府补贴给消费者与补贴给再制造商对单位批发价格的影响相反, 主要是因为政府采取补贴给消费者时, 再制造商一般会选择提高批发价格来转移政府补

贴,当政府补贴给再制造商,政府补贴弥补部分再制造商单位生产成本,最终造成单位批发价格的降低.虽然政府选择不同补贴方式对两种产品的单位零售价格、需求量及决策主体的利润作用相同,但是政府在采取补贴政策时应选择补贴给再制造商是最优的.

当再制造产品不能满足市场需求时,消费者只能选择购买新产品,这时,新产品制造商会通过提高单位批发价格来转移政府补贴,导致新产品的销售利润也随政府补贴的增加而增加,也即政府补贴不仅促进了再制造产品的销售,还间接促进了新产品的销售.

目前,政府“以旧换再”补贴方式还显得较为单一,仅采用1种补贴政策,即依照置换价格的10%进行补贴.本文的结论表明随着政府补贴政策的实施,再制造产品的需求肯定会有所增加,当再制造产品的市场需求大于再制造产品的供给时,原始制造商会通过提高单位批发价值转移政府补贴,这不仅增加了新产品的销售量和销售利润,还增加了环境影响,违背政府补贴促进循环经济发展的初衷.因此,政府补贴政策应根据市场竞争的不同制定差异化的补贴方式.

**结论4** 政府不同策略对两种产品批发价格、零售价格、销售量和销售利润影响,具体见表3.

表3 政府补贴政策对变量影响对比分析

Table 3 A comparative analysis of the impacts of government subsidy policies on variables

边界条件	对比结果
$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$	$w_{Nn}^* > w_{VCn}^* = w_{VRn}^*, w_{VRr}^* < w_{Nr}^* < w_{VCr}^*$ $p_{Nn}^* > p_{VCn}^* = p_{VRn}^*, p_{Nr}^* > p_{VGr}^* = p_{VRr}^*$ $q_{Nn}^* > q_{VCn}^* = q_{VRn}^*, q_{Nr}^* < q_{VGr}^* = q_{VRr}^*$ $\pi_{Nn}^* > \pi_{VCn}^* = \pi_{VRn}^*, \pi_{Nr}^* < \pi_{VGr}^* = \pi_{VRr}^*$
$\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} \geq \tau$	$w_{Nn}^* < w_{VCn}^* = w_{VRn}^*, w_{VRr}^* < w_{Nr}^* < w_{VCr}^*$ $p_{Nn}^* > p_{VCn}^* = p_{VRn}^*, p_{Nr}^* > p_{VGr}^* = p_{VRr}^*$ $q_{Nn}^* < q_{VCn}^* = q_{VRn}^*, q_{Nr}^* < q_{VGr}^* = q_{VRr}^*$ $\pi_{Nn}^* < \pi_{VCn}^* = \pi_{VRn}^*, \pi_{Nr}^* < \pi_{VGr}^* = \pi_{VRr}^*$

**证明** 当再制造产品的需求不受到废旧产品回收量限制时

$$w_{Nn}^* - w_{VCn}^* = w_{Nn}^* - w_{VRn}^* = \frac{v}{4 - \delta} > 0,$$

$$w_{Nr}^* - w_{VRr}^* = \frac{2v}{4 - \delta} > 0,$$

$$w_{VCr}^* - w_{Nr}^* = \frac{(2 - \delta)v}{4 - \delta} > 0$$

也即

$$w_{Nn}^* > w_{VCn}^* = w_{VRn}^*, w_{VRr}^* < w_{Nr}^* < w_{VCr}^*$$

类似可证其它结论成立. 证毕.

结论4说明,政府在采取补贴政策时应根据废旧产品回收率的变化而变化,当再制造商回收废旧产品的数量能满足再制造产品市场需求时,政府应逐步提高政府补贴,当再制造商回收废旧产品的数量不能满足再制造产品市场需求时,政府补贴虽然能促进再制造产品的销售,但是政府补贴间接也促进新产品的销售,这时政府应逐步

取消补贴.

另一方面,政府“以旧换再”采取的是补贴给购买再制造产品的消费者,虽然这一补贴方式与补贴给再制造商对单位新产品与再制造产品的销售价格、销售量及销售利润影响效果一样,但是对单位再制造产品的批发价格影响却不同,政府补贴给再制造商单位再制造产品的批发价格最小.因此,政府选取补贴给再制造商能有效地促进再制造商进行再制造和销售商销售再制造产品的积极性.同时,政府在选取补贴给再制造商时,要制定相应的监管机制,避免再制造企业寻租这一现象的发生,这样才能更好地实现政府补贴的效果.

为了便于下面的分析,记

$$A = 2 + \delta + s - 3c,$$

$$B = 2 + \delta c - c - 2\delta - s,$$

$$C = 3\delta + 2s - \delta c - 2c,$$

$$D = \delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c$$

结论 5 当

$$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$$

时, 政府补贴额度与政府补贴策略对销售商销售利润的影响为

$$\frac{\partial \pi_{VCi}^*}{\partial v} = \frac{\partial \pi_{VRi}^*}{\partial v} > 0,$$

$$\pi_{Ni}^* < \pi_{VCi}^* = \pi_{VRi}^*$$

证明 由于  $\pi_{VCi}^* = \pi_{VRi}^*$ , 因此, 只给出其中一个的证明。

由

$$\pi_{Ni}^* = \frac{AB}{2(1 - \delta)(4 - \delta)^2} + \frac{CD}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2},$$

$$\pi_{VCi}^* = \frac{(A+v)(B-v)}{2(1 - \delta)(4 - \delta)^2} + \frac{(C+2v)[D + (2 - \delta)v]}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2}$$

可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{VCi}^*}{\partial v} &= \frac{2D + (2 - \delta)C + \delta(B - A) + 2(4 - 3\delta)v}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2} \\ &= \frac{2D + 2(1 - \delta)C + 2(4 - 3\delta)v}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2} > 0 \end{aligned}$$

$$\pi_{VCi}^* - \pi_{Ni}^* = v \frac{2(1 - \delta)C + 2D + (4 - 3\delta)v}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)^2} > 0$$

证毕。

结论 5 说明, 当再制造产品的需求量不受废旧产品回收量限制时, 销售商的销售利润随政府补贴额度的增加而增加, 且政府选择补贴给再制造商与选择补贴给消费者对销售商的销售利润影响一样。政府采取补贴政策时, 虽然减少了新产品的销售量, 但是增加了销售单位新产品与再制造产品的销售利润和再制造产品的销售量, 最终增加了零售商的销售利润。也即政府补贴有利于促进销售商销售再制造产品。

借鉴文献 [14], 可以计算政府不同策略对环境的影响和消费者剩余。政府不同策略对环境的影响为  $e_i = e_n q_{in}^* + e_r q_{ir}^*$ , 其中  $i \in \{N, VC, VR\}$ ; 政府不同策略下消费者剩余为

$$\begin{aligned} S_i &= \int_{\frac{p_{in}^* - p_{ir}^*}{1 - \delta}}^1 (\phi - p_{in}^*) d\phi + \int_{\frac{p_{ir}^*}{\delta}}^{\frac{p_{in}^* - p_{ir}^*}{1 - \delta}} (\delta\phi - p_{ir}^*) d\phi \\ &= \frac{(q_{in}^* + \delta q_{ir}^*)^2}{2} + \delta(1 - \delta) q_{ir}^{*2} \end{aligned}$$

其中  $i \in \{N, VC, VR\}$ 。

结论 6 政府补贴策略对环境造成的影响:

1) 若

$$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$$

则

a) 当  $\frac{e_n}{e_r} > \frac{2 - \delta}{\delta}$  时,  $e_N > e_{VC} = e_{VR}$ ;

b) 当  $\frac{e_n}{e_r} < \frac{2 - \delta}{\delta}$  时,  $e_N < e_{VC} = e_{VR}$ 。

2) 若  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} \geq \tau$  则

$$e_N < e_{VC} = e_{VR}.$$

证明 由  $e_N = e_n q_{Nn}^* + e_r q_{Nr}^*$ ,  $e_{VC} =$

$$e_n q_{VCn}^* + e_r q_{VCr}^*, e_{VR} = e_n q_{VRn}^* + e_r q_{VRr}^* \text{ 及 } q_{VCn}^* = q_{VRn}^*, q_{VCr}^* = q_{VRr}^* \text{ 可得:}$$

若  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} <$

$$\tau \text{ 则 } e_{VC} - e_N = e_{VR} - e_N = v \frac{-\delta e_n + (2 - \delta)e_r}{2\delta(1 - \delta)(4 - \delta)}, \text{ 从}$$

而当  $\frac{e_n}{e_r} > \frac{2 - \delta}{\delta}$  时,  $e_N > e_{VC} = e_{VR}$ ; 当  $\frac{e_n}{e_r} < \frac{2 - \delta}{\delta}$

时,  $e_N < e_{VC} = e_{VR}$ 。

若  $\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} \geq \tau$ , 由  $q_{VCn}^* =$

$$q_{VRn}^* > q_{Nn}^*, q_{VCr}^* = q_{VRr}^* > q_{Nr}^* \text{ 可得 } e_N < e_{VC} = e_{VR}.$$

证毕。

由结论 6 证明过程可知, 有两个因素影响着政府不同补贴政策对环境的影响, 一是两种产品对环境的影响比; 二是两种产品的需求量。政府采取补贴政策时, 造成新产品的销售量减少, 进而使新产品对环境造成的影响减少; 反过来, 政府采取补贴政策, 再制造产品的销售量增加, 进而使再制造产品对环境造成的影响增加; 而政府不同政策对环境造成影响是新产品与再制造产品对环境造成影响的之和, 当生产单位新产品对环境造成的影响与生产单位再制造产品对环境造成的影响之比大于  $(2 - \delta) / \delta$  时, 新产品对环境减少的影响大于再制造产品对环境增加的影响; 当生产单位新产品对环境造成的影响与生产单位再制造产品对环境造成的影响之比小于  $(2 - \delta) / \delta$  时, 新产品对环境减少的影响小于再制造产品对环境增加的影响。

虽然当生产单位新产品对环境造成的影响与生产单位再制造产品对环境造成的影响之比小于

(2 - δ) / δ 时, 政府不采取补贴政策对环境造成的影响最小, 但是政府还应采取补贴政策. 主要是因为, 政府采取补贴减少的新产品的销售量, 增加了再制造产品的销售量且此增加量大于新产品的减少量, 也即两种产品的需求量之和大于政府不采取补贴政策时的两种产品的需求量之和, 这说明政府补贴明显促进了消费者购买再制造产品的积极性.

$$\text{当 } \frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} \geq \tau \text{ 时, 新产}$$

品与再制造产品的销售量都随着政府补贴额度增加而增加, 因此政府采取补贴政策对环境的影响最大, 不采取补贴时最小. 也即政府补贴增加了两种产品对环境造成的影响, 这时如果政府选择降低两种产品对环境造成的影响, 可以降低政府补贴或不补贴.

结论 7 政府补贴政策对消费者剩余的影响为  $S_N < S_{VC} = S_{VR}$ .

证明 若

$$\frac{\delta + 2s + 2\delta c + (2 - \delta)v - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s - v)} < \tau$$

则

$$\begin{aligned} & q_{VCn}^* + \delta q_{VCr}^* - (q_n^* + \delta q_{Nr}^*) \\ &= q_{VRn}^* + \delta q_{VRr}^* - (q_n^* + \delta q_{Nr}^*) \\ &= \frac{v}{4 - \delta} > 0 \end{aligned}$$

可得  $S_N < S_{VC} = S_{VR}$ .

若

$$\frac{\delta + 2s + 2\delta c - \delta^2 - \delta s - 2c}{\delta(2 + \delta c - c - 2\delta - s)} \geq \tau$$

则由  $q_{VCn}^* = q_{VRn}^* > q_{Nn}^*$ ,  $q_{VCr}^* = q_{VRr}^* > q_{Nr}^*$  可得  $S_N < S_{VC} = S_{VR}$ . 证毕.

结论 7 说明, 政府采取补贴政策有助于提高消费者的剩余, 且消费者剩余与政府选择不同补贴对象无关. 因为在再制造产品需求不受到废旧产品回收限制时, 政府采取补贴政策可以降低两种产品单位零售价格, 同时增加再制造产品的需求量和减少新产品的需求量且消费者从再制造产品获得的消费者剩余大于从新产品失去的消费者剩余(从销售量来看); 当再制造产品的需求受到废旧产品回收限制时, 政府补贴再制造产品不能

满足需求, 进而增加新产品的需求量, 同时, 再制造产品的需求量也随政府补贴增加而增加, 最终导致消费者剩余的增加.

由结论 7 可知, 政府采取“以旧换再”的政策可以提高消费者剩余且政府选择不同补贴对象对消费者剩余的影响效果相同, 但是, 从结论 6 可知, 政府如果想通过补贴政策实行再制造产业节能减排, 需要考虑生产单位新产品与单位再制造产品对环境造成的影响. 当生产单位新产品与生产单位再制造产品对环境造成的影响小于某一特定值时, 政府补贴政策增加了生产两种产品对环境造成的影响, 也即政府补贴政策不利于促进循环经济的发展, 这时, 政府应减少政府补贴或不补贴. 另一方面, 当再制造产品的生产不能满足再制造市场的需求时, 政府补贴政策也增加了对环境的影响.

## 4 实例实验

为验证上述结论, 本文以再制造发动机为例, 研究不同政府补贴策略对再制造产品与新产品单位零售价格、销售量以及销售利润的影响. 单位再制造汽车发动机的成本约为单位新发动机制造成本的 50%, 单位再制造发动机的能耗是单位新发动机的 1/11, 单位再制造发动机的销售价格是单位新产品销售价格的 50% ~ 70%<sup>[13-15]</sup>. 鉴于此, 取  $c = 0.2$ ,  $s = 0.1$ .

### 4.1 两种产品的市场竞争关系

图 1 表示出两种产品的市场竞争关系. 由图可知, 在政府不采取补贴政策时, 新产品的销售量与相对折价成反比, 再制造产品的销售量与相对折价成正比; 当  $\delta > 0.944$  新产品市场上消失, 当  $\delta < 0.178$  时, 再制造产品在市场上消失, 当  $\delta \in (0.178, 0.944)$  时, 两种产品在市场上同时存在. 根据文献 [13] 可知, 在政府不采取补贴政策时, 新产品与再制造产品在市场上是共存的. 在政府不采取补贴政策, 再制造商为了增加再制造产品的销售量, 再制造可以通过延长再制造产品的售后服务期限解决消费者对再制造产品的质量担忧, 同时再制造产品的广告宣传, 让消费者了解再制造产品在环境保护和资源节约方面的作

用, 最终来提高再制造产品的相对价值.

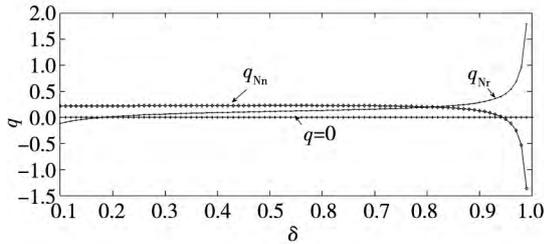


图 2 两种产品的市场竞争关系示意图

Fig. 2 Diagram of market competition between the two products

### 4.2 政府补贴额度与相对折价对边界回收率的影响

图 2 表示出政府补贴额度与相对折价对边界回收率的影响. 由图可知, 当  $v > 0.03$  且  $\delta > 0.58$  时, 政府补贴政策对边界回收率有较大的变化. 因此, 在相对折价小于 0.58, 政府补贴额度对再制造商回收废旧发动机积极性的促进作用不明显, 主要原因是消费者由于受到传统消费理念的影响对再制造发动机不认可, 造成再制造发动机销售价格较低, 进而影响再制造商生产再制造发动机的积极性, 最终影响其回收废旧发动机的积极性. 也即政府在促进再制造产业的发展时, 不仅只依靠补贴政策, 还要加大再制造产业的宣传, 使越来越多的消费者了解再制造产品在环境保护中的作用并打消对再制造产品质量的疑虑, 逐渐选择购买再制造发动机.

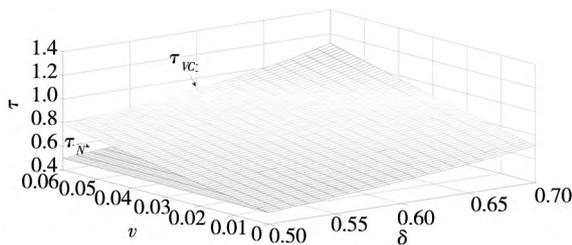


图 3  $v$  和  $\delta$  对边界回收率的影响

Fig. 3 Influences of government subsidies  $v$  and discounts  $\delta$  on the border recovery rate of used products

### 4.3 政府补贴额度与相对折价对零售商销售利润的影响

图 3 和图 4 表示出政府补贴额度与相对折价对零售商销售利润的影响, 图 3 为再制造产品满足市场需求时的情况, 图 4 为再制造产品不能满足市场需求时的情况.

由图可知, 当再制造产品能满足市场需求

时, 销售商的销售利润与  $v$ 、 $\delta$  成正比, 这说明政府补贴可以有效的提高销售商销售再制造产品的积极性; 当再制造产品不能满足市场时, 销售商的销售利润与  $v$  成反比, 与  $\delta$  成正比, 政府补贴不能提高销售商的销售利润, 因此, 政府采取补贴政策时不利于再制造产业的发展, 政府或企业应采取政策或措施提高再制造产品的相对折价.

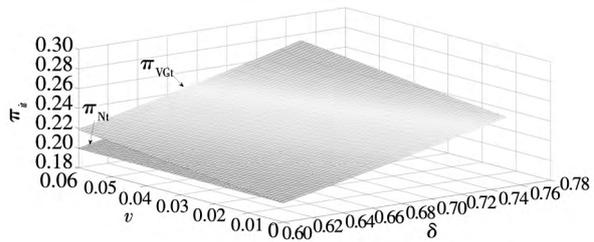


图 4 再制造产品满足市场需求时

Fig. 4 Demand for remanufactured products is not limited to returned quantity of used products

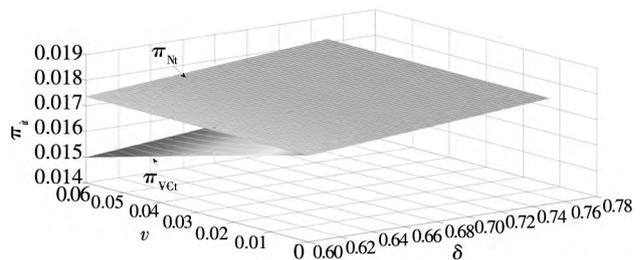


图 5 再制造产品不能满足市场需求时

Fig. 5 Demand for remanufactured products is limited to returned quantity of used products

## 5 结束语

本文以政府“以旧换再”补贴为背景, 建立了新产品生产企业与再制造产品生产企业的博弈模型, 研究了政府不同策略对博弈主体经济收益及环境的影响, 并针对博弈模型进行了理论分析和实例研究, 主要得出如下结论和启示.

1) 相对折价  $\delta$  影响新产品与再制造产品市场竞争. 政府应加大再制造产品政府采购及宣传, 提高消费者对再制造产品的购买意愿; 此外, 进一步增加对再制造产品或再制造企业的补贴, 使再制造产业逐步实现规模化、产业化, 确保再制造产品的质量, 最终提高再制造产品的相对价值.

2) 当废旧产品回收量足够满足再制造产品市场需求时: 针对新产品, 政府选择补贴给消费

者或选择补贴给再制造商对新产品批发价格、零售价格、需求量及利润的影响一样且都小于不采取补贴政策; 针对再制造产品, 再制造产品单位批发价格在政府选择补贴给消费者时最大、政府不选择补贴政策时次之、政府选择补贴给再制造商时最小; 政府选择补贴政策时不同补贴对象对零售价格、销售量及利润影响一样且都小于不采取政策。

3) 当废旧产品回收量不能够满足再制造产品市场需求时: 消费者选择购买新产品, 政府采取补贴政策时, 进一步使再制造产品的生产受到废旧产品回收量不足的限制, 这时原始制造商会通过提高单位新产品的批发价格来转移政府的补贴, 增加其利润。因此, 政府应尽量减少政府补

贴或不补贴。

4) 政府制定补贴政策时, 要改变目前单一的补贴方式, 应根据两种产品市场竞争的状况, 制定差异化的补贴方式。在再制造产品满足市场需求时, 政府虽然补贴给再制造商与补贴给购买再制造产品的消费者对两种产品单位零售价格、销售量及利润的影响效果一样, 但是政府补贴给再制造商再制造产品的单位批发价格最小, 这样有利于促进销售商销售再制造产品及再制造商从事再制造的积极性; 当再制造产品的生产不能满足再制造产品的市场需求时, 原始制造商会通过提高单位批发价值转移政府补贴, 这不仅增加了新产品的销售量和销售利润, 还增加了环境影响, 这时, 政府应减少补贴或不补贴的政策。

#### 参考文献:

- [1]Arda Y. Managing new and remanufactured products to mitigate environmental damage under emissions regulation[J]. *European Journal of Operation Research*, 2016, 249( 1): 117 - 130.
- [2]Abdulrahman M D ,Gunasekaran A ,Subramanian N. Critical barriers in implementing reverse logistics in the Chinese manufacturing sectors[J]. *International Journal of Production Economics*, 2014, 147( PB): 460 - 471.
- [3]刘渤海, 史佩京, 徐滨士 等. 机电产品的再制造补贴政策[J]. *中国表面工程*, 2012, 25( 4): 79 - 83.  
Liu Bohai, Shi Peijing, Xu Binshi, et al. Subsidy policy of remanufacturing for electromechanical product[J]. *China Surface Engineering*, 2012, 25( 4): 79 - 83. ( in Chinese)
- [4]凌六一, 董鸿翔, 梁 樑. 从政府补贴的角度分析垄断的绿色产品市场[J]. *运筹与管理*, 2012, 21( 5): 139 - 144.  
Ling Liuyi, Dong Hongxiang, Liang Liang. Analysis of monopoly market for green products from the perspective of government subsidies[J]. *Operations Research and Management Science*, 2012, 21( 5): 139 - 144. ( in Chinese)
- [5]申成然, 熊中楷, 彭志强. 专利保护与政府补贴下再制造闭环供应链的决策和协调[J]. *管理工程学报*, 2013, 27( 3): 132 - 138.  
Shen Chengran, Xiong Zhongkai, Peng Zhiqiang. Decision and coordinating research for remanufacturing closed-loop supply chain under patent protection and government subsidies[J]. *Journal of Industrial Engineering/Engineering Management*, 2013. 27( 3): 132 - 138. ( in Chinese)
- [6]Mitra S, Webster S. Competition in remanufacturing and the effects of government subsidies[J]. *International Journal of Production Economics*, 2008, 111( 2): 287 - 298.
- [7]曹 柬, 胡 强, 吴晓波, 等. 基于EPR制度的政府与制造商激励契约设计[J]. *系统工程理论与实践*, 2013, 33( 3): 610 - 621.  
Cao Jian, Hu Qiang, Wu Xiaobo, et al. Incentive mechanism between government and manufacturers based on EPR system[J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2013, 33( 3): 610 - 621. ( in Chinese)
- [8]王文宾, 达庆利, 胡天兵, 等. 基于惩罚与补贴的再制造闭环供应链网络均衡模型[J]. *运筹与管理*, 2010, 19( 1): 65 - 72.  
Wang Wenbin, Da Qingli, Hu Tianbing, et al. Remanufacturing closed-loop supply Chain network equilibrium model based on allowance and penalty[J]. *Operations Research and Management Science*, 2010, 19( 1): 65 - 72. ( in Chinese)
- [9]金常飞, 曹二保, 赖明勇. 双寡头零售市场绿色营销演化博弈分析[J]. *系统工程学报*, 2012, 27( 3): 383 - 389.

- Jin Changfei ,Cao Erbao ,Lai Mingyong. Analysis on green marketing strategy of duopoly retailing market based on the evolutionary theory [J]. *Journal of Systems Engineering* ,2012 ,27( 3) : 383 – 389. ( in Chinese)
- [10]常香云,钟永光,王艺璇,等. 促进我国汽车零部件再制造的政府低碳引导政策研究—以汽车发动机再制造为例 [J]. *系统工程理论与实践* ,2013 ,33( 11) : 2811 – 2821.
- Chang Xiangyun ,Zhong Yongguang ,Wang Yixuan , et al. Research of low-carbon policy to promote automotive parts re-manufacturing in China: A case study of auto engine remanufacturing [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice* ,2013 ,33( 11) : 2811 – 2821. ( in Chinese)
- [11]Wu C. Product-design and pricing strategies with remanufacturing [J]. *European Journal of Operational Research* ,2012 ,222( 2) : 204 – 215.
- [12]Örsemir A ,Kemahlioglu-Ziya E ,Parlaktürk A K. Competitive quality choice and remanufacturing [J]. *Production and Operations Management* ,2014 ,23( 1) : 48 – 64.
- [13]徐滨士. 再制造工程的现状与前沿 [J]. *材料热处理学报* ,2010 ,31( 1) : 10 – 14.
- Xu Binshi. State of the art and future development in remanufacturing engineering [J]. *Transactions of Materials and Heat Treatment* ,2010 ,31( 1) : 10 – 14. ( in Chinese)
- [14]陈志明,陈志祥. 议价的 OEM 供应链在随机供需下的协调决策 [J]. *管理科学学报* ,2014 ,17( 5) : 43 – 51.
- Chen Zhiming ,Chen Zhixiang. Coordination in a price-negotiable OEM supply chain with random supply and random demand [J]. *Journal of Management Sciences in China* ,2014 ,17( 5) : 43 – 51. ( in Chinese)
- [15]聂佳佳. 需求信息预测对制造商回收再制造策略的价值 [J]. *管理科学学报* ,2014 ,17( 1) : 35 – 47.
- Nie Jiajia. Value of demand information forecast on remanufacturing strategy of manufacturer [J]. *Journal of Management Sciences in China* ,2014 ,17( 1) : 35 – 47. ( in Chinese)

## Competition mechanism of manufacture/remanufacture considering government subsidies

XIA Xi-qiang<sup>1</sup> , ZHU Qing-hua<sup>2</sup> , ZHAO Sen-lin<sup>3</sup>

1. School of Business ,Zhengzhou University ,Zhengzhou 450001 ,China;

2. Antai College of Economics & Management ,Shanghai Jiao Tong University ,Shanghai 200030 ,China;

3. School of Economics & Management ,Shanghai Maritime University ,Shanghai 201306 ,China.

**Abstract:** The game model between an original equipment manufacturer ( OEM) and a remanufacturer is established considering government subsidies for “exchanging the old with a remanufactured one”. The effects of three different policies – no government subsidy at all ,government subsidizing the remanufacturer ,government subsidizing the consumers of remanufactured products – on the wholesale prices ,retail prices ,sales volume ,profit ,consumer surplus ,and environments are compared and analyzed. The results are: when the demand for remanufactured products is not limited to recycled used products ,government subsidies could reduce the unit retail price for the two products ,increase the profits of remanufacturers and retailers ,and raise consumer surplus; when the demand of remanufactured products is limited to recycled used products ,government subsidy could increase the wholesale price of the two products and the profit of OEM and remanufacturer ,and reduce the retailer’s sales profit.

**Key words:** government subsidy; original equipment manufacturer; remanufacturer; game model