

以旧换新补贴对不同模式闭环供应链的影响

马卫民, 赵 璋

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘 要 政府提供的以旧换新补贴将促进产品更新换代, 进而影响其闭环供应链. 该文从消费者、闭环供应链的规模和企业三个视角分析了以旧换新补贴对四种模式闭环供应链的影响. 研究表明: 1) 以旧换新补贴在使以旧换新消费者受益的同时, 损害了部分初次消费者的利益; 2) 以旧换新补贴壮大了闭环供应链的规模; 3) 制造商、第三方回收商和专职于销售的零售商受益于以旧换新补贴, 而兼顾回收的零售商受益或受损于以旧换新补贴还取决于别的因素.

关键词 政府补贴; 闭环供应链; 以旧换新; 对比研究

Different models of closed-loop supply chain with the government replacement-subsidy

MA Wei-min, ZHAO Zhang

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract The government replacement-subsidy promote product upgrading, and has a significant impact on the closed-loop supply chain. This paper from the consumers, the scale of closed-loop supply chain and the enterprises perspectives to focus on how the replacement-subsidy influence the different models of closed-loop supply chain, and reaches a series of propositions: 1) After the government provides the subsidy, a part of the primary consumers are losers, and the replacement consumers are winners; 2) The government subsidy can promote the closed-loop supply chain to a bigger scale; 3) The manufacturers, the third-party collectors and the full time retailers benefit from the replacement-subsidy. The retailer who also collect obsolete product benefits or loses from the replacement-subsidy depends on other factors.

Keywords government subsidy; closed-loop supply chain; replacement; contrastive study

1 引言

近年来, 废旧物回收的经济与环保价值日益被理论界和企业认可. 关于闭环供应链的研究随之成为了一个研究热点. Guide 等^[1]认为, 闭环供应链 (Closed Loop Supply Chains) 是指企业从采购到最终销售的完整供应链循环, 包括了产品回收与生命周期支持的逆向物流. 闭环供应链管理是指通过系统的设计、控制和运营来创造产品在整个生命周期中的价值最大化. Thierry 等^[2]提出了一个闭环供应链的系统模型, 将废旧物的利用方式分为修理、翻新、再制造、拆解利用和回收处理五类, 并对各类利用方式进行了详细的介绍. Atasu 等^[3]认为, 闭环供应链可以通过从消费者手中回收产品并获取其剩余价值的方式产生利润. 根据特定的经济形势, 回收利用的对象可能会是整个产品、某个模块或某个部件.

早期关于闭环供应链的研究主要集中于以下几个方面: 1) 库存控制与管理与回收物流的设计^[4-7]; 2) 闭环供应链模型的设计^[1-2,8]; 3) 再制造下的竞争分析^[9-13]; 4) 契约设计^[14-16]. 除了以上研究领域的文献, 还有一些文献具有深远的影响. 例如, Atasu 等^[3]对典型的回收经济性研究文献进行了评述. Atasu 等^[17]在加入了政府主体的模式下, 首先对环境成本、监管成本进行了分析, 进而从企业、政府、顾客三个角

收稿日期: 2011-04-02

资助项目: 国家自然科学基金 (71071113); 全国优秀博士论文作者专项资金 (200782); 高等学校博士学科点专项科研基金 (20100072110011); 上海市浦江人才计划基金; 上海市哲学社会科学规划课题 (2010BZH003); 中央高校基本科研业务费专项资金

作者简介: 马卫民 (1971-), 男, 汉, 陕西合阳人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 管理科学与工程; 赵璋 (1983-), 男, 白族, 云南大理人, 博士研究生, 研究方向: 管理科学与工程, E-mail: 091zhaozhang@tongji.edu.cn.

度进行了利益最大化分析, 最后从社会总利益最大化的角度出发, 对教育宣传、津贴等协调方式进行了探讨. Guide 和 Van Wassenhove^[18] 指出, 要从商业的视角去统一考虑整个闭环供应链.

本文受启发于中国政府实行的以旧换新补贴政策^[19], 以中国家电行业为背景, 对以旧换新补贴影响闭环供应链进行了探讨. 为了开展后续的研究, 首先要对闭环供应链的结构进行分析. 经过对中国家电行业闭环供应链的分析发现: 城市和农村市场的闭环供应链结构有一定差异. 在城市, 家电产品主要由企业的代理商或直营店销售; 而在农村, 家电产品主要由独立的零售商销售. 另外, 无论在城市还是农村, 回收方式有零售商回收和第三方回收商回收两种类型. 因此, 本文提炼出四类闭环供应链模式: 生产和销售一体并由零售商回收的 M 模式; 生产和销售分离并由零售商回收的 M-R 模式; 生产和销售一体并由第三方回收的 M-T 模式; 生产和销售分离并由第三方回收的 M-R-T 模式. 本文将基于以上四类闭环供应链模式, 围绕以下几个问题展开研究:

- 1) 以旧换新补贴对消费者有何影响?
- 2) 以旧换新补贴对闭环供应链的规模有何影响?
- 3) 以旧换新补贴对企业有何影响?

2 模型假设和符号变量

文中使用如下的符号变量: c_m 代表新产品的单位制造成本; w 代表新产品的单位批发价; c_r 代表新产品的单位销售成本; p_n 代表新产品的单位售价; p_o 代表废旧品回收时的单位价格; c_o 代表废旧品的单位回收成本; v_o 代表废旧品的单位价值; s 代表以旧换新消费的单位补贴; Q 代表新产品的销量; 企业实体有三类, M 代表制造商, R 代表零售商, T 代表第三方回收商; Π_i^j 代表实体 i 在模式 j 下的利润.

本文的目的是研究以旧换新补贴对不同模式闭环供应链的影响. 出于突出重点和简化分析的目的, 在以下假设条件下进行分析.

假设 1 本文只考虑单一产品. 另外, 一个家庭只能拥有一个新产品或一个废旧产品, 并且不会放弃使用该产品. 废旧产品的唯一用途是回收处理. 并且, 废旧的产品是同质的.

假设 2 具以旧换新补贴的各个模式闭环供应链模型分别如图 1-4 所示. 无补贴时的各类闭环供应链模型和这四类模型是对应的, 只是没有政府实体 (此处不再单独列出).

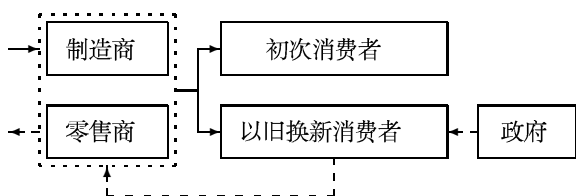


图 1 具政府以旧换新补贴的 M 模式

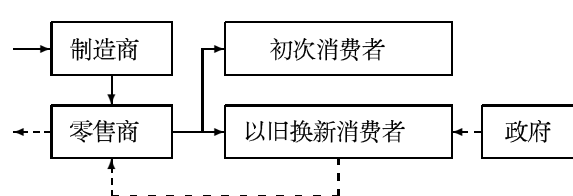


图 2 具政府以旧换新补贴的 M-R 模式

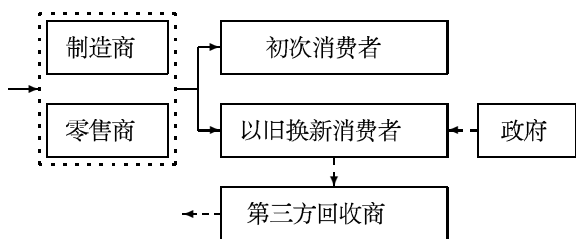


图 3 具政府以旧换新补贴的 M-T 模式

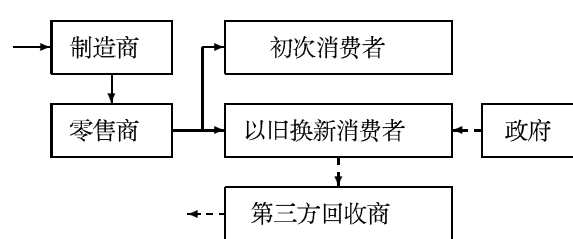


图 4 具政府以旧换新补贴的 M-R-T 模式

假设 3 制造商作为 Stackelberg 领导者, 而零售商和第三方回收商作为 Stackelberg 跟随者.

假设 4 市场由两类消费者构成: 初次消费者 (C_α) 和以旧换新消费者 (C_β). 初次消费者在购买新产品前并未拥有废旧产品, 而以旧换新消费者在购买新产品前有废旧产品. 初次消费者可以直接购买新产品, 而以旧换新消费者在购买新产品时必须出售其废旧产品. 市场中共有 α 名初次消费者和 β 名以旧换新消费者. Q_α 为初次消费者的总消费量, Q_β 为以旧换新消费者的总消费量, 并且 $Q \equiv Q_\alpha + Q_\beta$. 两类消费者均按其对应

新产品的期望进行区分, 并且服从 $0-1$ 的均匀分布. 无论是初次消费者还是以旧换新消费者, 对新产品的意愿支付 (willingness to pay) 为 θ , 并将废旧产品的价值定为 $\delta\theta, \delta < 1$.

该假设主要是为了简化研究并突出研究目的, 类似的假设在涉及消费者细分的文中广泛使用^[10,13,17,20]. 为何假设消费者将废旧产品的价值定为 $\delta\theta$, 并且假设 $\delta < 1$? 一方面, 新产品往往具有更为丰富的功能和更长的剩余使用寿命, 其价值比废旧产品高. 另一方面, 虽然产品带给不同消费者的效用是有差异的, 但新产品和废旧产品带来的效用往往具有一定的关联 (例如, 无论是一根雪糕还是半根雪糕, 其往往能带给处于 35 摄氏度高温中的消费者比处于 30 摄氏度气温中的消费者更多的效用). Atasu 等^[13] 为了区分消费者对新产品和再制造产品的意愿支付, 也曾使用有区别但关联的表述方式.

从以上的假设可知: 1) 无论政府是否补贴以旧换新消费, 初次消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\alpha \equiv \theta - p_n$; 2) 政府尚未补贴以旧换新消费时, 以旧换新消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\beta \equiv \theta - p_n + p_o - \delta\theta$; 政府补贴以旧换新消费时, 以旧换新消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\beta \equiv \theta - p_n + p_o - \delta\theta + s$. 当 $U_\alpha > 0$ 时, 初次消费者购买新产品; 当 $U_\beta > 0$ 时, 以旧换新消费者购买新产品. 无以旧换新补贴时, 初次市场的销量为: $Q_\alpha = \alpha(1 - p_n)$; 以旧换新市场的销量为: $Q_\beta = \beta(1 - \frac{p_n - p_o}{1 - \delta})$; 两个市场的总销量为: $Q = Q_\alpha + Q_\beta = (\alpha + \beta) - (\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})p_n + \frac{\beta}{1 - \delta}p_o$. 具以旧换新补贴时, 初次市场的销量为: $Q_\alpha = \alpha(1 - p_n)$; 以旧换新市场的销量为: $Q_\beta = \beta(1 - \frac{p_n - p_o - s}{1 - \delta})$; 两个市场的总销量为: $Q = Q_\alpha + Q_\beta = (\alpha + \beta) - (\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})p_n + \frac{\beta}{1 - \delta}p_o + \frac{\beta}{1 - \delta}s$.

假设 5 为了能突出研究重点并简化研究, 本文假设无论政府是否对以旧换新消费者进行补贴, $\delta, c_m, c_r, c_o, v_o$ 和 s 均为定值, 且 $s > 0$.

假设 6 本文只研究闭环供应链中成员的单个周期决策.

3 不同模式下的企业间博弈

根据第二节的假设和本文的研究目的, 这一节将在具政府以旧换新补贴的前提下, 对各类闭环供应链模式中的企业间博弈分别进行研究. 另外, 由于在无政府补贴时的企业间博弈与具政府补贴时的博弈是相似的, 为了增强文章的可读性, 本文将不再对无政府补贴前提下各类闭环供应链模式中的企业间博弈进行描述.

3.1 M 模型

制造商, 零售商和回收商为同一主体, 其通过确定 p_n, p_o 来优化自己的利润: $\max_{p_n, p_o} \Pi_M^M = Q(p_n - c_m - c_r) + Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$.

可得制造 - 零售 - 回收商的最优决策为: $p_n^* = \frac{1}{2}(1 + c_m + c_r)$, $p_o^* = \frac{1}{2}(\delta + v_o - c_o - s)$.

3.2 M-R 模型

首先, 零售商通过确定 p_n, p_o 来优化自己的利润: $\max_{p_n, p_o} \Pi_R^{M-R} = Q(p_n - w - c_r) + Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$.

可得零售商的最优决策为: $p_n^* = \frac{1}{2}(1 + w + c_r)$, $p_o^* = \frac{1}{2}(\delta + v_o - c_o - s)$.

其次, 制造商决策: $\max_w \Pi_M^{M-R} = Q^*(w - c_m) = [(\alpha + \beta) - (\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})p_n^* + \frac{\beta}{1 - \delta}p_o^* + \frac{\beta}{1 - \delta}s](w - c_m)$.

可得制造商的最优决策为: $w^* = \frac{1}{2(\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})}[(\alpha + \beta) + (\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})(c_m - c_r) + \frac{\beta}{1 - \delta}(v_o - c_o) + \frac{\beta}{1 - \delta}s]$.

因此, $p_n^* = \frac{1}{2}(1 + w^* + c_r)$, $p_o^* = \frac{1}{2}(\delta + v_o - c_o - s)$.

3.3 M-T 模型

首先, 第三方回收商通过确定 p_o 来优化自己的利润: $\max_{p_o} \Pi_T^{M-T} = Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$.

可得第三方回收商的最优决策为: $p_o^* = \frac{1}{2}(-1 + \delta + v_o - c_o + p_n - s)$.

其次, 制造 - 零售商决策: $\max_{p_n} \Pi_M^{M-T} = (Q_\alpha + Q_\beta^*)(p_n - c_m - c_r)$.

可得制造 - 零售商的最优决策为: $p_n^* = \frac{1}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})}[(2\alpha + \beta) + (2\alpha + \frac{\beta}{1 - \delta})(c_m + c_r) + \frac{\beta}{1 - \delta}(v_o - c_o) + \frac{\beta}{1 - \delta}s]$.

因此, $p_o^* = \frac{1}{2}(-1 + \delta + v_o - c_o + p_n^* - s)$.

3.4 M-R-T 模型

首先, 零售商和第三方回收商分别通过确定 p_n, p_o 来优化自己的利润: $\max_{p_n} \Pi_R^{M-R-T} = Q(p_n - w - c_r)$, $\max_{p_o} \Pi_T^{M-R-T} = Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$.

可得零售商和第三方回收商的最优决策为: $p_n^* = \frac{1}{(4\alpha+3\frac{\beta}{1-\delta})}[(2\alpha+\beta)+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})c_r+\frac{\beta}{1-\delta}(v_o-c_o)+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})w+\frac{\beta}{1-\delta}s]$, $p_o^* = \frac{1}{(4\alpha+3\frac{\beta}{1-\delta})}[2\delta\alpha-(\alpha+\beta)+(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})c_r+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})(v_o-c_o)+(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})w-(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})s]$.

其次, 制造商决策: $\max_w \Pi_M^{M-R-T} = Q^*(w - c_m)$.

可得制造商的最优决策为: $w^* = \frac{1}{2(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})}[(2\alpha+\beta)+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})(c_m-c_r)+\frac{\beta}{1-\delta}(v_o-c_o)+\frac{\beta}{1-\delta}s]$.

因此, $p_n^* = \frac{1}{(4\alpha+3\frac{\beta}{1-\delta})}[(2\alpha+\beta)+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})c_r+\frac{\beta}{1-\delta}(v_o-c_o)+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})w^*+\frac{\beta}{1-\delta}s]$, $p_o^* = \frac{1}{(4\alpha+3\frac{\beta}{1-\delta})}[2\delta\alpha-(\alpha+\beta)+(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})c_r+2(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})(v_o-c_o)+(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})w^*-(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})s]$.

4 政府补贴以旧换新消费者对不同模式闭环供应链的影响

上一节分别讨论了无和有政府补贴以旧换新消费者情形下的制造商、零售商和第三方回收商的最优决策(上一节中只给出了具有以旧换新补贴时的情形, 无政府补贴时的情形与有政府补贴时的情形是相似的, 为了增强文章的可读性, 予以了省略), 并得出了一系列闭环供应链的重要指标的最优值(同样为了增强文章的可读性, 将部分重要的结果列于附录的表 1 中). 经过对两组最优值的比较分析, 可以得出的一系列关于政府补贴以旧换新消费者对不同模式闭环供应链的影响的结论. 本节将分别比较以旧换新补贴对不同模式闭环供应链的消费者、规模和企业的影响.

4.1 对不同模式闭环供应链中消费者的影响

结论 1 M-R 模式、M-T 模式和 M-R-T 模式中的初次消费者受损于以旧换新补贴, 而 M 模式中的初次消费者没有受以旧换新补贴影响. 并且, $\Delta U_\alpha^{M-R-T^*} < \Delta U_\alpha^{M-T^*} < \Delta U_\alpha^{M-R^*} < \Delta U_\alpha^{M^*} = 0$.

证明 无论政府是否补贴以旧换新消费, 初次消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\alpha = \theta - p_n$. 因此, 可以通过比较 $-\Delta p_n^*$ 来比较以旧换新消费者的受益程度. 从附录表 1 中的相关结论可以得出: $0 = \Delta p_n^{M^*} < \Delta p_n^{M-R^*} < \Delta p_n^{M-T^*} < \Delta p_n^{M-R-T^*}$. 则有, $\Delta U_\alpha^{M-R-T^*} < \Delta U_\alpha^{M-T^*} < \Delta U_\alpha^{M-R^*} < \Delta U_\alpha^{M^*} = 0$.

结论 2 无论在那一类闭环供应链模式中, 以旧换新消费者受益于以旧换新补贴. 并且, 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 > 2\alpha^2$ 时, $\Delta U_\beta^{M^*} > \Delta U_\beta^{M-T^*} > \Delta U_\beta^{M-R^*} > \Delta U_\beta^{M-R-T^*} > 0$; 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 = 2\alpha^2$ 时, $\Delta U_\beta^{M^*} > \Delta U_\beta^{M-T^*} > \Delta U_\beta^{M-R^*} = \Delta U_\beta^{M-R-T^*} > 0$; 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 < 2\alpha^2$ 时, $\Delta U_\beta^{M^*} > \Delta U_\beta^{M-T^*} > \Delta U_\beta^{M-R-T^*} > \Delta U_\beta^{M-R^*} > 0$.

证明 政府尚未补贴以旧换新消费时, 以旧换新消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\beta = \theta - p_n + p_o - \delta\theta$; 政府补贴以旧换新消费时, 以旧换新消费者购买新产品可获得的剩余价值为: $U_\beta = \theta - p_n + p_o - \delta\theta + s$. 因此, 可以通过比较 $-\Delta p_n^* + \Delta p_o^* + s$ 来比较以旧换新消费者的受益程度. 从附录表 1 中的相关结论可以得出 $-\Delta p_n^* + \Delta p_o^* + s$ 值为: M 模式下, $\frac{1}{2}s$; M-R 模式下, $\frac{2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta}}{4(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})}s$; M-T 模式下, $\frac{4\alpha+\frac{\beta}{1-\delta}}{4(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})}s$; M-R-T 模式下, $\frac{2\alpha(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})+(4\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})(\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})}{2(2\alpha+\frac{\beta}{1-\delta})(4\alpha+3\frac{\beta}{1-\delta})}s$. 比较各个 $-\Delta p_n^* + \Delta p_o^* + s$ 值即可得出结论.

4.2 对不同模式闭环供应链的规模的影响

结论 3 各类闭环供应链模式中, 初次消费者数量均因以旧换新补贴而有所减少. 并且,

$$\Delta Q_\alpha^{M-R-T^*} < \Delta Q_\alpha^{M-T^*} < \Delta Q_\alpha^{M-R^*} < \Delta Q_\alpha^{M^*} = 0.$$

证明 由结论 1 可知, 各类模式中, 初次消费者因新产品价格上涨而受损于以旧换新补贴. 消费者受损必然导致一部分原有的潜在消费者流失. 通过比较附录表 1 中的 ΔQ_α^* 值即可得出结论.

结论 4 各类闭环供应链模式中, 以旧换新消费者数量均因以旧换新补贴而有所增加. 并且, 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 > 2\alpha^2$ 时, $\Delta Q_\beta^{M^*} > \Delta Q_\beta^{M-T^*} > \Delta Q_\beta^{M-R^*} > \Delta Q_\beta^{M-R-T^*} > 0$; 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 = 2\alpha^2$ 时, $\Delta Q_\beta^{M^*} > \Delta Q_\beta^{M-T^*} > \Delta Q_\beta^{M-R^*} = \Delta Q_\beta^{M-R-T^*} > 0$; 当 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2 < 2\alpha^2$ 时, $\Delta Q_\beta^{M^*} > \Delta Q_\beta^{M-T^*} > \Delta Q_\beta^{M-R-T^*} > \Delta Q_\beta^{M-R^*} > 0$.

证明 由结论 2 可知, 各类模式中, 以旧换新消费者均受益于以旧换新补贴. 消费者受益必然导致一部分潜在消费者进行消费. 通过比较附录表 1 中的 ΔQ_β^* 值即可得出结论.

结论 5 各类闭环供应链模式中, 消费者总数量均因以旧换新补贴而有所增加. 并且, $\Delta Q^{M^*} > \Delta Q^{M-T^*} = \Delta Q^{M-R^*} > \Delta Q^{M-R-T^*} > 0$.

证明 由结论 3 和 4 可知, 初次消费者数量因以旧换新补贴而减少, 而以旧换新消费者数量因以旧换新补贴而增加. 那消费者总数量是增加还是减少? 通过比较附录表 1 中的 ΔQ^* 值即可得出结论.

结论 6 各类闭环供应链的规模均因以旧换新补贴而有所壮大.

证明 闭环供应链的规模由两个部分决定: 正向供应链的规模和逆向供应链的规模. 由结论 4 和 5 可知, 无论那一类的闭环供应链, 其正向供应链的规模 (Q^*) 和逆向供应链的规模 (Q_β^*) 均有所增加.

4.3 对不同模式闭环供应链中企业的影响

结论 7 各类闭环供应链模式中, 制造商均受益于以旧换新补贴.

证明 $\Pi_M^M = Q(p_n - c_m - c_r) + Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$, 而从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 该模式下的 $\Delta p_n^*, \Delta Q_\beta^*, \Delta Q^* > 0$, 而 $\Delta p_o^* < 0$, 因此 $\Delta \Pi_M^M > 0$; $\Pi_M^{M-R} = Q(w - c_m)$, 而从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 该模式下的 $\Delta w^*, \Delta Q^* > 0$, 因此 $\Delta \Pi_M^{M-R} > 0$; $\Pi_M^{M-T} = Q(p_n - c_m - c_r)$, 从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 该模式下的 $\Delta p_n^*, \Delta Q^* > 0$, 因此 $\Delta \Pi_M^{M-T} > 0$; $\Pi_M^{M-R-T} = Q(w - c_m)$, 从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 该模式下的 $\Delta w^*, \Delta Q^* > 0$, 因此 $\Delta \Pi_M^{M-R-T} > 0$. 也可以通过计算各 $\Delta \Pi_M^*$ 得出结论.

结论 8 M-R 模式下, 当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] > 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, 零售商受益于以旧换新补贴; 当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] = 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, 以旧换新补贴对零售商无影响; 当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] < 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, 零售商受损于以旧换新补贴. M-R-T 模式下, 零售商受益于以旧换新补贴.

证明 通过计算可以直接得出: $\Delta \Pi_R^{M-R} = \frac{\frac{\beta}{1-\delta}s}{8(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})} \{-3\alpha[1 - (c_m + c_r)] + (4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s]\}$. 则当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] > 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, $\Delta \Pi_R^{M-R} > 0$; 当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] = 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, $\Delta \Pi_R^{M-R} = 0$; 当 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s] < 3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 时, $\Delta \Pi_R^{M-R} < 0$. $\Pi_R^{M-R-T} = Q(p_n - w - c_r)$, 从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 该模式下的 $\Delta Q^* > 0$, 而 $\Delta p_n^* - \Delta w^* = \frac{\frac{\beta}{1-\delta}}{2(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s > 0$, 因此 $\Delta \Pi_R^{M-R-T} > 0$ (也可以通过计算 $\Delta \Pi_R^{M-R-T}$ 得出结果).

结论 9 在 M-T 模式、M-R-T 模式下, 第三方回收商均受益于以旧换新补贴.

证明 无论在 M-T 模式下, 还是在 M-R-T 模式下, $\Pi_T = Q_\beta(v_o - p_o - c_o)$, 从附录的表 1 中可以得出, 由于政府补贴以旧换新消费, 两种模式下均有 $\Delta Q_\beta^* > 0$, 而 $\Delta p_o^* < 0$, 因此 $\Delta \Pi_T^* > 0$ (也可以通过计算各 $\Delta \Pi_T^*$ 得出结果).

5 总结

本文在一定的假设基础上对政府以旧换新补贴影响不同模式闭环供应链进行了对比研究, 并得出了一系列结论来描述以旧换新补贴的影响:

1) M-R-T 模式下的初次消费者受损最大, M-T 模式下的初次消费者受损次之, M-R 模式下的初次消费者受损较小, M 模式下的初次消费者没有受到影响. M 模式下的以旧换新消费者受益最大; M-T 模式下的以旧换新消费者受益次之; M-R 模式和 M-R-T 模式下的以旧换新消费者受益较其他模式小, 互相间的关系受决定于 $(\frac{\beta}{1-\delta})^2$ 和 $2\alpha^2$ 之间的关系.

2) 以旧换新补贴壮大了各类闭环供应链的规模.

3) 各类闭环供应链的结构中, 制造商均受益于以旧换新补贴. M-R 模式下, 零售商受益、无关或受损于以旧换新补贴受决定于 $(4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})[1 - \delta - (c_m + c_r) + (v_o - c_o) + \frac{1}{2}s]$ 和 $3\alpha[1 - (c_m + c_r)]$ 之间的关系, M-R-T 模式下, 零售商受益于以旧换新补贴. 第三方回收商均受益于以旧换新补贴.

通过对消费者的决策实施影响, 进而影响供应链规模是以旧换新补贴政策的途径和目的. 从以上的结论中可以得出: 政策实施后, 无论那一类的闭环供应链, 其正向供应链的规模和逆向供应链的规模均有所增加. 另外, 促进新产品的消费有利于经济增长, 促进以旧换新则有利于节能减排 (由于技术的进步和能耗标准的提高, 新产品比废旧产品能耗低). 因此, 以旧换新政策有利于发展低碳经济、循环经济. 但是, 有几个问题是不能忽视的:

1) 在三种模式下, 初始消费者的利益受到了不同程度的损失, 对初始消费者改善生活水平有阻碍, 政策的制定者应该对政策予以改进 (例如, 控制新产品的价格).

2) 从附录的表 1 中可以发现, 在一定的补贴下, 补贴的效果 (ΔQ^* 和 ΔQ_β^*) 主要取决于 α, β 和 δ . 然而, 有些产品的消费以初始消费为主, 而有的产品的消费以以旧换新消费为主. 另外, 不同的产品, 消费者对

新旧产品的意愿支付比值也有所不同. 因此, 政府可以针对不同产品设置不同的补贴以求更好的效果.

3) 制造商、第三方回收商和 M-R-T 模式下的零售商均受益于以旧换新补贴, 这些企业自然不会离开其闭环供应链. 但 M-R 模式下的零售商受益、无关或受损于以旧换新补贴取决于别的因素, 政策制定者要加强对其的关注.

参考文献

- [1] Guide Jr V D R, Souza G, Van Wassenhove L N, et al. Time value of commercial product returns[J]. *Management Science*, 2006, 52(8): 1200–1214.
- [2] Thierry M, Salomon M, Van Nunen J, et al. Strategic issues in product recovery management[J]. *California Management Review*, 1995, 37(2): 114–135.
- [3] Atasu A, Guide Jr V D R, Van Wassenhove L N. Product reuse economics in closed-loop supply chain research[J]. *Production and Operations Management*, 2008, 17(5): 483–496.
- [4] Laan E V D, Salomon M, Dekker R, et al. Inventory control in hybrid systems with remanufacturing[J]. *Management Science*, 1999, 45(5): 733–747.
- [5] Fleischmann M, Beullens P, Bloemhof-Ruwaard J, et al. The impact of product recovery on logistics network design[J]. *Production and Operations Management*, 2001, 10(2): 156–173.
- [6] Atasu A, Cetinkaya S. Lot sizing for optimal collection and use of remanufacturable returns over a finite life cycle[J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(4): 473–487.
- [7] Schultmann F, Zumkeller M, Rentz O. Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry[J]. *European Journal of Operational Research*, 2006, 171(3): 1033–1050.
- [8] 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.
- [9] Majumder P, Groenevelt H. Competition in remanufacturing[J]. *Production and Operations Management*, 2001, 10(2): 125–141.
- [10] Debo L G, Toktay L B, Van Wassenhove L N. Market segmentation and production technology selection for remanufacturable products[J]. *Management Science*, 2005, 51(8): 1193–1205.
- [11] Debo L G, Toktay L B, Van Wassenhove L N. Joint life-cycle dynamics of new and remanufactured products[J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(4): 498–513.
- [12] Ferguson M, Toktay L B. The effect of competition on recovery strategies[J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(3): 351–368.
- [13] Atasu A, Sarvary M, Van Wassenhove L N. Remanufacturing as a marketing strategy[J]. *Management Science*, 2008, 54(10): 1731–1746.
- [14] Ferguson M, Guide Jr V D R, Souza G. Supply chain coordination for false failure returns[J]. *Manufacturing Service Operations Management*, 2006, 8(4): 376–393.
- [15] Bhattacharya S, Guide Jr V D R, Van Wassenhove L N. Optimal order quantities with remanufacturing across new product generations[J]. *Production and Operations Management*, 2006, 15(3): 421–431.
- [16] Linh C T, Hong Y S. Channel coordination through a revenue sharing contract in a two-period newsboy problem[J]. *European Journal of Operational Research*, 2009, 198(3): 822–829.
- [17] Atasu A, Van Wassenhove L N, Sarvary M. Efficient take-back legislation[J]. *Production and Operations Management*, 2009, 18(3): 243–258.
- [18] Guide Jr V D R, Van Wassenhove L N. The evolution of closed-loop supply chains[J]. *Operations Research*, 2009, 57(1): 10–18.
- [19] China's State Council General Office. The plan for encouraging automobile and home appliance replacements[EB/OL]. (2009-06-03) [2012-07-13]. http://www.gov.cn/zwggk/2009-06/03/content_1331210.htm.
- [20] Chiang W K, Chhajed D, Hess J D. Direct marketing, indirect profits: A strategic analysis of dual-channel supply-chain design[J]. *Management Science*, 2003, 49(1): 1–20.

附录

表 1 以旧换新补贴对不同模式闭环供应链的重要指标的影响

	M	M-R	M-T	M-R-T
Δw^*	N/A	$\frac{\beta}{2(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	N/A	$\frac{\beta}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$
Δp_n^*	0	$\frac{\beta}{4(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$\frac{\beta}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$\frac{\beta}{(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s$
Δp_o^*	$-\frac{1}{2}s$	$-\frac{1}{2}s$	$-\frac{4\alpha + \frac{\beta}{1-\delta}}{4(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$-\frac{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})^2 - \frac{\beta}{1-\delta}(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s$
ΔQ_α^*	0	$-\frac{\alpha \frac{\beta}{1-\delta}}{4(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$-\frac{\alpha \frac{\beta}{1-\delta}}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$-\frac{\alpha \frac{\beta}{1-\delta} (3\alpha + 2\frac{\beta}{1-\delta})}{(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s$
ΔQ_β^*	$\frac{\beta}{2(1-\delta)}s$	$\frac{\beta}{4(\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$\frac{\beta}{4(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})}s$	$\frac{\beta}{2(2\alpha + \frac{\beta}{1-\delta})(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s$
ΔQ^*	$\frac{\beta}{2(1-\delta)}s$	$\frac{\beta}{4(1-\delta)}s$	$\frac{\beta}{4(1-\delta)}s$	$\frac{\beta}{2(4\alpha + 3\frac{\beta}{1-\delta})}s$
$\Delta \Pi_M^*$	> 0	> 0	> 0	> 0
$\Delta \Pi_R^*$	N/A	$> 0 / = 0 / < 0$	N/A	> 0
$\Delta \Pi_T^*$	N/A	N/A	> 0	> 0