

押金制度对电子废弃物回收闭环供应链的影响

钟华, 刘琦

(北京理工大学管理与经济学院, 北京, 100081)

摘要:以押金制度对电子废弃物回收的影响为基础, 将押金制度引入到闭环供应链, 运用两阶段动态博弈, 以制造商领导的市场结构为例, 借助一般线性规划的方法, 对一定押金率下不同回收渠道的闭环供应链中电子产品零售价、批发价及各方利润大小进行对比, 并进行算例模拟。分析表明, 在制造商领导的市场结构中, 制造商利润在制造商参与回收时达到最高, 零售商回收时在零售商参与回收时达到最高, 且随着押金率的增大, 制造商和零售商的利润在制造商及零售商参与回收时呈现先增加后减小的趋势, 而在第三方参与回收时, 制造商、零售商及第三方的利润均随着押金率的增大而增大。

关键词: 闭环供应链; 押金制度; 动态博弈

中图分类号: X705

The influence of the deposit system on the recycling of the electronic waste

ZHONG Hua, LIU Qi

(School of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: Make the impact of the deposit system on the recycling of the e-waste to act as the foundation, bring the effect of the deposit system on the recycle behavior into the closed-loop supply chain, using the two stage dynamic game, the manufacturer as the leader of the market, for example, to make a comparison of the retail price, the wholesale price and the profit of the retailer and the manufacturer under the different recycling channels. The related analysis shows that, in the market structure, which the manufacturer is the leader, the profit of the manufacturer will maximize as the manufacturer to be responsible of the recycling and the profit of the retailer will maximize as the retailer to be responsible of the recycling. As the rate of the deposit being higher, the profit of the retailers and the manufactures will firstly increase and then decrease when the retailers and the manufactures are responsible for the recycling. When the third-party is responsible for the recycling, the profit of both retailers and manufactures are increase as the rate of the deposit being higher.

Key words: Closed loop supply chain; Deposit refund system; Dynamic game

0 引言

随着我国经济的增长, 电子科技发展日新月异, 电子产品在为人们工作、生活提供便利的同时, 也产生了大量的电子废弃物, 如不能得到及时、妥善处理, 将为资源环境带来严重影响, 因此, 电子废弃物的回收循环利用刻不容缓。然而, 我国目前电子废弃物的回收体系尚不健全, 正规回收企业由于回收网点数量有限、分布散乱、回收价格低等原因无法调动消费者参与回收的积极性。

国家统计局资料显示, 截止到 2011 年底, 我国主要电器电子产品(如电视机、电冰箱、洗衣机、空调、计算机等)的社会保有量合计达到 17.7 亿台, 每年废弃量达到数千万台,^[1]

基金项目: 教育部博士点基金(新教师类)(20121101120050)

作者简介: 钟华(1976-), 女, 副教授, 物流与供应链、可持续发展. E-mail: zhonghua@bit.edu.cn

如此数量庞大的家用电器,按照相关产品的使用寿命计算,预计到2015年,我国将报废1714万台家用冰箱、1519万台洗衣机,4449万台电视机^[2],如何进行有效的资源化回收处理,已经成为我国可持续发展中面临的新课题。20世纪90年代以前,人们很少注意到电子废弃物消费的影响^[3],但近十年来,随着社会经济的快速发展,电子产品的普及率逐年增加,电子废弃物日益受到大家的重视。由于其中含有大量重金属等有毒成分,对人体健康构成严重威胁。以电脑为例,制造一台电脑所需的800多种原料,有一半以上的物质对人体有害,电脑芯片中所含的重金属铬有可能引发哮喘,水银容易使脑神经受到伤害。^[4]与此同时,大量的电子废弃物以直接焚烧掩埋等不当方式处理,造成电子废弃物中的有害物质进入生态系统,对生态环境造成了严重的污染,仅一颗微型纽扣电池就可污染6万立方平方米水^[5],近乎一个人一生的引用水量。

因此,如果能够对电子废弃物进行妥善回收处理,不但可以改善环境,还可以产生巨大的环境效益和经济效益,作为再生资源加以回收利用。以手机为例,单位手机可以实现2000多种零部件的拆解,回收利用率可达75%以上,一吨手机的电池便可提炼出200克黄金。^[6]

综上,亟待寻找一种长效机制提高回收率,增强社会大众的环保认知。在现有各项促进推规范保回收的政策中,押金制度相对于预付处置费、回收补贴而言,是一种成本最低、最有效的政策,因为他同时鼓励源头削减和再循环。因此,针对我国电子废弃物回收处置不规范的严峻现实,押金返还制度不失为现阶段符合我国国情的一种有效的回收激励措施,值得深入探讨和研究。本文即从生产-销售-回收-再利用构成的闭环供应链角度探索押金制度对其产生的影响。

1 押金制度的概念及研究现状

1.1 押金制度的概念

所谓押金制度是指,当消费者购买具有潜在污染性产品时,向消费者收取一定的附加费用,当消费者把潜在污染性产品送回回收系统时即退换所收的附加费用。这一制度与“污染者付费原则”相符,体现着这样一个观念:收取押金是对不环保行为的惩罚,而退还押金是对环保行为的奖励。^[7]本质上是产品消费税和循环补贴相结合的双层系统^[8],是将外部不经济性内部化的经济激励手段^[9]。废弃物回收的押金制度在实施效果上相当于直接对废弃物处理进行收费,回收机构在收回废弃物时对消费者进行押金补偿,如果废弃物被丢弃,则处理费用即押金由消费者承担。在实施过程中,押金返还制度既没有产品消费税的弊端(导致生产的过度削减),同时亦不存在循环补贴政策的负作用(刺激产品的过度消费)。^[8]

1.2 押金制度在产品回收中的研究现状

Kinnaman Fullerton 等认为押金相当于处理废弃物的社会边际成本,返回的押金金额等于废弃物的边际成本与回收边际成本之差。^[10]Palmer 曾经对预收处理费用、回收补贴及押金返还制度进行了比较研究,最后得出结论,对于任何固体废弃物来说,押金返还制度都是一种成本最低且最为有效的政策^[11]肖雪珣等针对一个生产商和两个竞争的零售商组成的闭环供应链系统,比较了奖金策略和押金策略的回收方式,研究发现,当处于制造点与回收点属于不同利益主体的闭环供应链系统时,押金制度比奖金制度更为有效。^[12]关于押金返还

制度的具体实施, Plamer 和 Walls 认为, 它比对原材料征税的同时对消费者进行补贴更易于执行。^[13]

近些年, 押金回收制度作为防治固体污染物的一种手段在发达国家的应用极为广泛, 应用效果也极为显著。目前, 丹麦的押金制度主要涉及各种啤酒瓶, 软饮料瓶以及含汞和镉较高的电池; 在挪威, 通过押金返还制度对废旧葡萄酒瓶和液剂瓶的回收控制, 回收率高达 90%; 同时, 荷兰针对啤酒瓶、软饮料瓶和牛奶瓶回收的押金返还制度, 也使其平均回收率达到 80%, 此外荷兰政府从 1988 年便开始致力于实施对电池和杀虫剂容器回收的押金制度^[14]。实践证明, 押金返还制度在废弃物回收领域的运用是成功的, 从环境的角度看, 押金制度使任意丢弃的废弃物回收率基本保持在 80% 以上, 使环境得到改善, 从经济的角度看, 押金制度导致的回收成本低于废旧收购公司的劳动成本并且极大的降低了管理成本, 从整体上降低了回收成本。

本文将押金制度引入电子废弃物回收的闭环供应链中, 在制造商领导的市场结构下建立再制造闭环供应链博弈模型, 研究三种回收渠道(制造商参与回收、零售商参与回收、第三方参与回收)中押金制度对于回收率、各渠道成员利润和闭环供应链的总利润的影响。

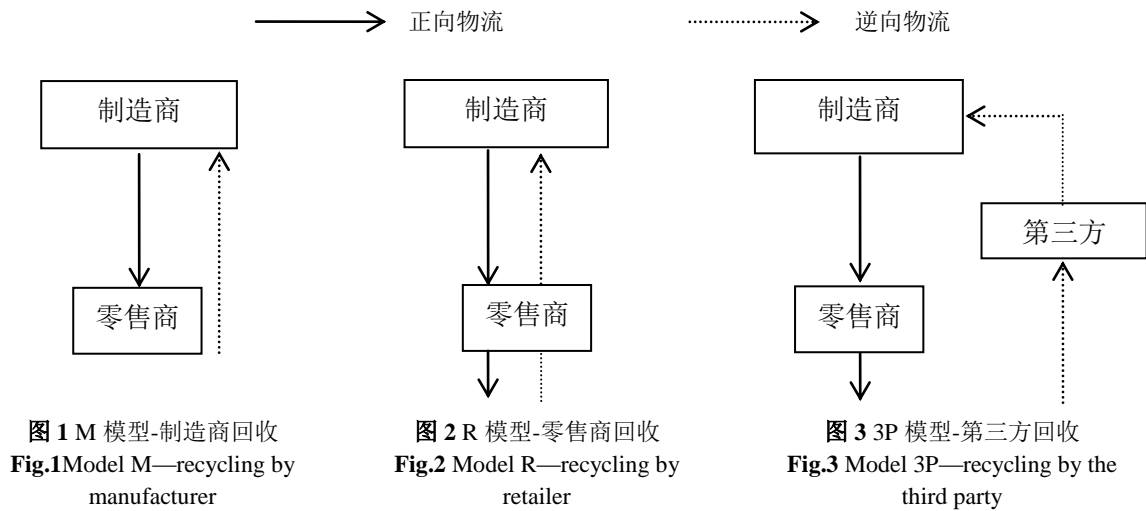
2 研究模型

考虑由一个制造商和一个零售商组成的市场, 制造商负责产品的生产, 将产品以批发价卖给零售商, 零售商将产品以零售价卖给消费者。废弃的电子产品由不同渠道进行回收后用于再制造, 假设再制造的产品与制造的新产品有相同的品质, 可以和新产品一样拿到市场销售并假设回收的参与者进行押金的收纳和退还。本文将考虑由制造商领导的市场结构, 即由少数几个大型的制造商和其他很多相对小的零售商组成的市场, 该市场由制造商主导, 制造商起着 Stackelberg 领导者的角色, 第一阶段制造商利用零售商的反应函数进行批发价格的决策, 第二阶段零售商的零售价格依赖于批发价格。上述博弈为完全信息动态博弈。

假设市场对电子产品的需求 $D(p) = (\Phi - \alpha p - \beta A)$, 其中 p 为电子产品的零售价格, A 为电子产品需要支付的押金数额。假设押金数额可以用电子产品回收的押金比率与该电子产品的售价乘积来表示, 即 $A = ep$, 其中 e 表示电子产品参与回收所需缴纳押金的比率, 即押金率。假设制造商制造新电子产品的成本为 c_m , 而 c_r 表示将回收的电子产品再制造为新产品时制造商的成本, 且回收的产品用于再制造的成本小于制造商直接制造新电子产品的成本, 即 $c_r \leq c_m$ 。因此, 制造商追求更高的回收率来降低其制造新产品的成本。 ω 表示制造商将新电子产品卖给零售商的批发价格, Π_j^i 表示在 i 回收渠道的模型下, 供应链成员 j 的利润函数。假设 i 有三种模式, 分别以 M、R、3P 来表示, 即制造商参与回收模式, 零售商参与回收模式和第三方参与回收模式, 同样, j 也分别以 M、R、3P 来分别表示制造商, 零售商和第三方。用 D 表示回收方每回收一单位的电子产品所需要的固定成本, 用 τ 表示电子产品的回收率, 回收率是消费者参与回收的反映函数, 与回收努力成本相关。本文假设刺激消费者参与回收的因素仅为押金金额大小, 由于押金越高, 越能够刺激消费者参与回收, 在此假设 τ 与 e 成正相关, 即 $\tau = \eta e$ ($0 \leq \tau \leq 1$), 其中, η 是缩放参数。

本文所研究的三种回收渠道的闭环供应链模型分别为制造商负责回收、(M 模型, 图 1)、零售商负责回收、(R 模型, 图 2) 及第三方负责回收废旧电子产品的闭环供应链 (3P 模型, 图 3)。本文将在一定的回收押金比率 e 下对三种回收渠道的闭环供应链模式中制造商的批发价格 ω , 零售商的零售价格 p 、以及闭环供应链的整体利润进行比较, 并分析每一种回收

模式下, 押金率 e 的变化对闭环供应链各方利润的影响。



120 2.1 制造商回收的闭环供应链模型

在制造商参与回收的闭环供应链模型中, 制造商承担着对电子废弃物的回收责任, 同时, 制造商有权利决定新产品的批发价格 w 和电子产品回收的押金率 e 。由于制造商是 Stackelberg 博弈的领导者, 假设制造商和零售商进行两阶段动态博弈, 由制造商先决定批发价格 w , 继而零售商根据市场情况来决定零售价格 p 。根据假设, 上述博弈过程为完全信息动态博弈, 因此本文采用逆向归纳法来求解博弈。

首先考虑零售商, 消费者对于新产品的需求为 $D(p) = (\Phi - \alpha p - \beta A)$, ($\Phi \geq \beta c_m$), 则零售商的利润函数为:

$$\Pi_R^M = (\Phi - \alpha p - \beta A)(p - w) \quad (1)$$

对于制造商决定好的批发价格 w , 零售商关心的则是最大化利润函数。(1) 式是关于零售价格 p 的函数, 对 (1) 式求关于 p 的一阶导数条件式为:

$$-2(\alpha + \beta e)p + [(\alpha + \beta e)w + \Phi] = 0 \quad (2)$$

解得零售商的最优零售价格

$$p^* = \frac{(\alpha + \beta e)w + \Phi}{2(\alpha + \beta e)}$$

接下来考虑制造商, 制造商每回收一单位的废弃物需要投入回收电子产品的单位成本 D , 同时收入没有被回收的电子产品的押金额。且根据假设, $\tau = \eta e$ ($0 \leq \tau \leq 1, 0 \leq e \leq 1$), 制造商关心的是自身利润, 即

$$\Pi_M^M = [\Phi - (\alpha + \beta e)p^*][w - c_m + (c_m - c_r)\tau + ep^*(1 - \tau) - D\tau] \quad (3)$$

设 $\Delta = c_m - c_r$, 将 p^* 和 $\tau = \eta e$ 代入 (3) 式, 对批发价 w 求导, 可得一阶条件式如下:

$$\Phi[1 + \frac{e(1 - \eta e)}{2}] - 2(\alpha + \beta e)[1 + \frac{e(1 - \eta e)}{2}]w + (\alpha + \beta e)c_m - (\alpha + \beta e)\Delta\eta e + (\alpha + \beta e)D - \frac{e(1 - \eta e)}{2}\Phi = 0 \quad (4)$$

对 (4) 式求解, 可得制造商的最优批发价格

$$w^* = \frac{\Phi + (\alpha + \beta e)(c_m - \Delta \eta e + D)}{(\alpha + \beta e)[2 + e(1 - \eta e)]}$$

将 $p^* w^*$ 代入 (1) 式和 (3), 则可求得零售商的最大利润为:

$$145 \quad \text{Max} \Pi_R^M = \frac{1}{4(\alpha + \beta e)} \left[\frac{\Phi(1 + e - e^2 \eta)}{2 + e - e^2 \eta} - \frac{(\alpha + \beta e)c_m - (\alpha + \beta e)\tau(\Delta - D)}{(2 + e - e^2 \eta)} \right]^2$$

制造商的最大利润为:

$$\text{Max} \Pi_M^M = \frac{(\alpha + \beta e)}{4(2 + e - e^2 \eta)} \left[\frac{\Phi(1 + e - e^2 \eta)}{\alpha + \beta e} - c_m + e\eta(\Delta - D) \right]^2$$

2.2 零售商回收的闭环供应链模型

150 在零售商参与回收的闭环供应链模型中, 零售商不仅承担着对新产品的销售责任同样还承担着将废弃产品进行回收的责任。零售商将废弃产品进行回收后, 交给制造商进行再制造, 同时制造商从零售商那里获得了废弃电子产品需要补给零售商一定数量的补贴, 以 b 来表示。

在零售商参与回收的闭环供应链模型中, 由零售商决定零售价格 p 。同样, 制造商作为 Stackelberg 博弈的领导者, 制造商可以利用零售商的反应函数进行批发价格的决策, 零售商的零售价格和回收率依赖于批发价格。采用逆向归纳法求解博弈, 先考虑零售商利润最大化, 155 在零售商参与回收的闭环供应链模型中, 消费者对新产品的需求 $D(p) = (\Phi - \alpha p - \beta A)$, 零售商每回收一单位的废弃物, 所需要支付的固定成本为 D , 则零售商的利润函数如下:

$$\Pi_R^R = (\Phi - \alpha p - \beta A)[p - w + (b - D)\tau + A(1 - \tau)] \quad (5)$$

对此目标函数中的 p 求导, 可得一阶条件式如下:

$$160 \quad \Phi - 2(\alpha + \beta e)p + (\alpha + \beta e)w - (b - D)(\alpha + \beta e)\tau + \Phi(1 - \tau)e - 2e(\alpha + \beta e)(1 - \tau)p = 0 \quad (6)$$

求解 (6) 式可得, 零售商的最优零售价格

$$p^* = \frac{\Phi}{2(\alpha + \beta e)} + \frac{w - b\tau + D\tau}{2(e - e\tau + 1)}$$

接下来考虑制造商利润最大化, 产品的需求函数仍为 $D(p) = (\Phi - \alpha p - \beta e)$, 则制造商 165 商的利润函数为:

$$\Pi_M^R = [\Phi - (\alpha + \beta e)p](w - c_m + \Delta\tau - b\tau) \quad (7)$$

对利润函数中的 w 求一阶导数, 得一阶条件式:

$$\frac{1}{2} \left\{ \Phi - \frac{2(\alpha + \beta e)w}{e - e\tau + 1} + \frac{(\alpha + \beta e)\tau}{e - e\tau + 1} [b - (\alpha + \beta e)D + c_m - (\alpha + \beta e)(\Delta - b)] \right\} = 0 \quad (8)$$

170 解得制造商的最优批发价格

$$w^* = \frac{1}{2} \left[\frac{(e - \eta e^2 + 1)\Phi}{\alpha + \beta e} + \eta e(2b - D - \Delta) + c_m \right]$$

将所得到的最优零售价格 p^* 及最优批发价格 w^* 分别代入 (5) 式及 (7) 式, 则可得制造商的最大利润为:

$$Max\Pi_M^R = \frac{1+e-\eta e^2}{8(\alpha+\beta e)} \left[\Phi - \frac{(\alpha+\beta e)(c_m - \Delta\eta e + D\eta e)}{1+e-\eta e^2} \right]^2$$

175 零售商的最大利润为:

$$Max\Pi_R^R = \frac{1+e-\eta e^2}{16(\alpha+\beta e)} \left[\Phi - \frac{(\alpha+\beta e)(c_m - \Delta\eta e + D\eta e)}{1+e-\eta e^2} \right]^2$$

2.3 第三方回收的闭环供应链模型

180 第三方回收的闭环供应链模型是指由第三方负责对电子废弃物的回收,而且第三方在整个闭环供应链中也只负责对废弃物进行回收,第三方将废弃物从消费者手中进行回收然后交给制造商进行再制造,在整个闭环供应链中起到连接消费者与制造商的作用。

第三方负责回收的闭环供应链模型中,第三方每回收一单位的废弃物,需要花费的单位成本为 D ,制造商需要给第三方以补贴,用 b 表示。制造商仍然是 Stacklberg 博弈的领导者,所以由制造商根据市场需求决定批发价格,零售商根据制造商的批发价格,确定自己的最优零售价格。

185 同制造商负责回收的闭环供应链模型相同,第三方负责回收的闭环供应链模型中零售商只负责将新产品进行销售,则零售商的利润函数为:

$$\Pi_R^{3P} = [\Phi - (\alpha + \beta e)p](p - w)$$

采用逆向博弈的方法,对 p 求导可得:

$$p^* = \frac{(\alpha + \beta e)w + \Phi}{2(\alpha + \beta e)}$$

190 接下来考虑制造商,制造商从第三方手中回收电子废弃物,并给予第三方一定的补贴,制造商的利润函数为:

$$\Pi_M^{3P} = [\Phi - (\alpha + \beta e)p][w - c_m + (\Delta - b)\tau]$$

将最优零售价格 p^* 代入制造商利润函数,对批发价格 w 求一阶条件式,得:

195

$$\frac{1}{2} [\Phi + (\alpha + \beta e)c_m - (\alpha + \beta e)(\Delta - b)\tau - 2(\alpha + \beta e)w] = 0$$

解之,得:

$$w^* = \frac{1}{2} \left[\frac{\Phi}{(\alpha + \beta e)} + c_m - (\Delta - b)\tau \right]$$

将最优零售价与最优批发价代入零售商和制造商的利润函数,得到零售商的最优利润

200 为:

$$Max\Pi_R^{3P} = \frac{1}{16(\alpha + \beta e)} [\Phi - (\alpha + \beta e)c_m + (\alpha + \beta e)\eta e(\Delta - b)]^2$$

制造商的最优利润为:

$$Max\Pi_M^{3P} = \frac{1}{8(\alpha + \beta e)} [\Phi - (\alpha + \beta e)c_m + (\alpha + \beta e)\eta e(\Delta - b)]^2$$

最后来考虑第三方，第三方负责对电子废弃物回收并返还消费者押金，因此，第三方的利润函数为：

$$\Pi_{3P}^{3P} = [\Phi - (\alpha + \beta e)p][(b - D)\tau + A(1 - \tau)]$$

将 $A = ep$ ， $\tau = \eta e$ 代入，则得第三方的最优利润

$$\text{Max}\Pi_{3P}^{3P} = \frac{e}{16(\alpha + \beta e)} \left[\Phi - (\alpha + \beta e)c_m + (\alpha + \beta e)\eta e(\Delta - b)^2 + 2\Phi^2 \right]$$

3 算例模拟

在三种不同的回收渠道下，分别考虑当押金率 e 发生改变时，三种不同模式的闭环供应链参与者的利润大小的变化情况。在下面的算例分析中，对模型中所涉及的参数做如下假设： $\Phi = 5000$, $\alpha = 0.7$, $\beta = 0.1$, $c_m = 2000$, $c_r = 1500$, $\Delta = 500$, $D = 100$, $b = 400$

本文的算例分析将根据上文中的模型及参数假设的数据，计算出当押金率 e 在一定范围内 ($0.03 \leq e \leq 0.15$) 变化时，在不同的回收渠道模式下，制造商、零售商及第三方的利润大小的变化情况，并用 excel 进行辅助，绘出模拟的关系曲线图以对比。

3.1 制造商回收的闭环供应链模型

通过上文模型假设和逆向博弈求解，我们已求得在制造商回收的闭环供应链下，制造商与零售商的最大利润的代数表达式。分别将上文相关参数假设带入，运用 excel 软件，模拟出零售商、制造商的最优利润随押金变化的关系曲线如下：

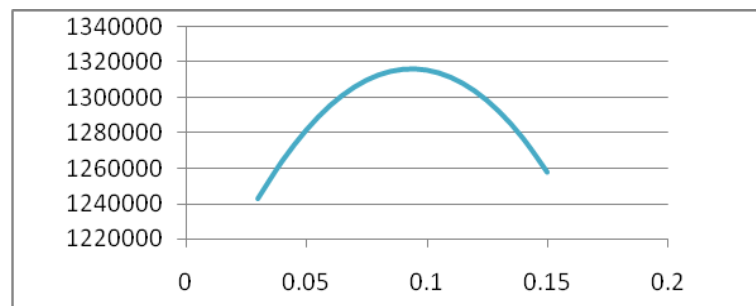


图 4 制造商回收模式下零售商利润和押金率的关系

Fig.4 The relationship between the retailer's profit and deposit rate under the M model

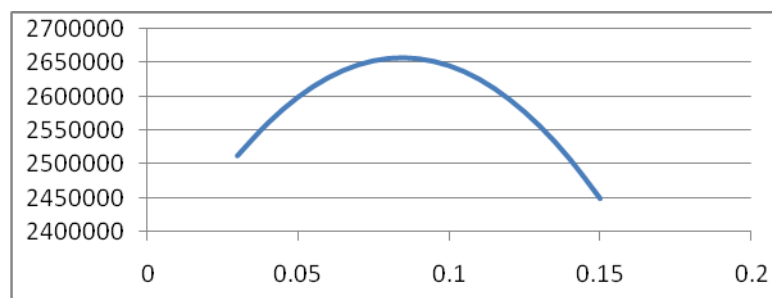


图 5 制造商回收模式下制造商利润和押金率的关系

Fig.5 The relationship between the manufacturer's profit and deposit rate under the M model

由图 4 和图 5 可以明显看到, 在制造商参与回收的供应链模型中, 制造商和零售商的利润均随押金率的增大先增大后减小, 且利润在押金率为 0.09 时达到最大值, 制造商的利润值大于零售商的利润值。

3.2 零售商回收的闭环供应链模型

同理, 将上文参数假设分别带入零售商回收的闭环供应链模型中, 利用制造商与零售商的最大利润表达式, 采用 Excel 分别绘制制造商、零售商的最优利润值随押金率变化的关系图如下:

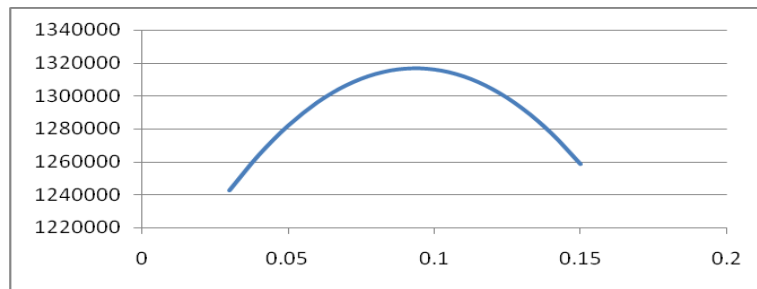


图 6 零售商回收模式下押金率和零售商利润的关系

Fig.6 The relationship between deposit rate and the retailer's profit under the R model

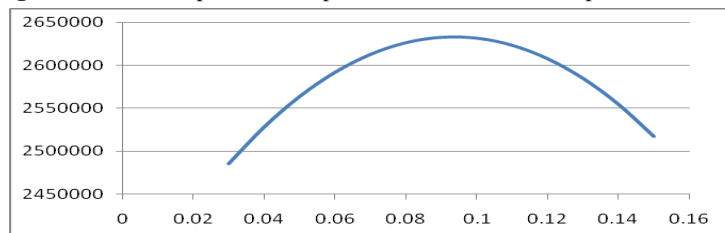


图 7 零售商回收模式下押金率与制造商利润的关系

Fig.7 The relationship between deposit rate and the manufacturer's profit under the R model

观察图 6 和图 7 可以得到, 在零售商参与回收的闭环供应链模型中, 制造商和零售商的最优利润函数随押金率的增大先增大后减小, 零售商和制造商的最优利润值分别在押金率 $e = 0.1$ 和押金率 $e = 0.09$ 时达到最大, 制造商的最优利润值仍大于零售商的最优利润值。

3.3 第三方参与回收的闭环供应链模型

同样, 第三方回收的闭环供应链模型下, 零售商、制造商及第三方的最优利润值随押金率 e 变化的关系曲线图如下:

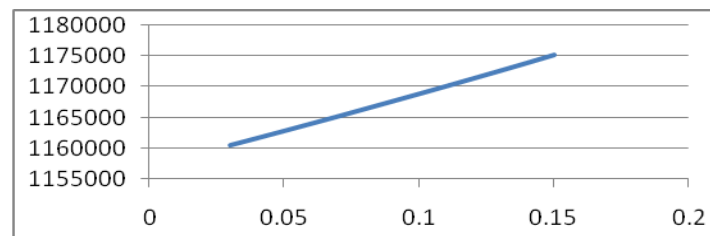


图 8 第三方回收模式下押金率与零售商利润的关系

Fig.8 The relationship between deposit rate and the retailer's profit under the 3P model

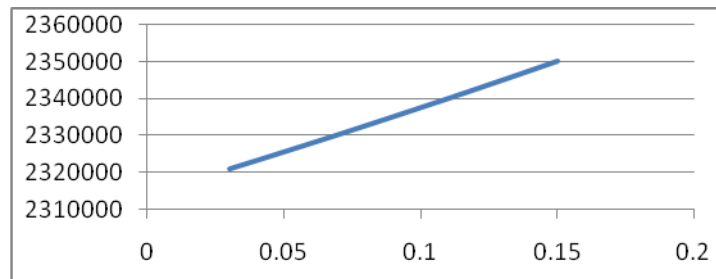


图9 第三方回收模式下押金率与制造商利润的关系

Fig.9 The relationship between deposit rate and the manufacturer's profit under the 3P model

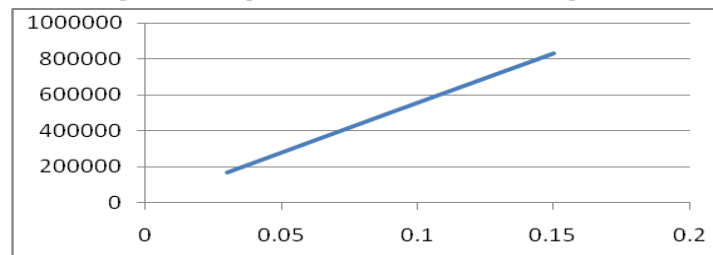


图10 第三方回收模式下押金率与第三方利润的关系

Fig.10 The relationship between deposit rate and the 3P's profit under the 3P model

观察图 8、图 9、图 10 可得，在第三方回收模式下，随着押金率的增加，零售商、制造商及第三方的最优利润值均增大，且制造商的利润大于零售商的利润，第三方的利润最小。

3.4 算例小结

将零售商回收、制造商回收及第三方回收模式下的闭环供应链中各参与方的利润进行对比分析可以得到：

(1) 零售商回收的闭环供应链中，随押金率的增加，零售商及制造商的利润呈现先增加后减小的趋势，且均在押金率 $e = 0.09$ 时达到最大。

(2) 制造商回收的闭环供应链中，随着押金率的增加，零售商及制造商的利润同样呈现先增加后减小的趋势，且分别在押金率 $e = 0.1$ 和 $e = 0.09$ 时达到最大。

(3) 第三方回收的闭环供应链中，随着押金率的增加，零售商、制造商及第三方的利润均随着押金率的增加而增大，且制造商的利润最高，第三方的利润最低。

(4) 将三种模式下的闭环供应链进行对比分析可以得到，制造商的最优利润值在制造商参与回收的闭环供应链模型下达到最大，而零售商的最优利润值在零售商参与回收的闭环供应链模型下达到最大，而在第三方参与回收的闭环供应链模型下，制造商和零售商的最优值均小于其他两种回收模式下的利润值。

4 结论

本论文的主要工作：

(1) 从闭环供应链角度对押金制度的实施影响进行定量化研究。运用 Stackelberg 博弈模型进行逆推求解。

(2) 将押金制度的实施效果以参数的形式引入了闭环供应链中，对比不同渠道下废弃物回收主体及利益相关者的收益相关者的收益情况。

(3) 押金的大小与各方的利润关系与回收渠道有着紧密的联系, 在制造商、零售商回收模式下, 押金与各方的利润呈现倒 U 型关系; 在第三方回收时, 呈现线性关系。

280 (4) 通过不同回收模式下的各方利润, 哪一方主动承担回收责任, 则可以获得更高的利润, 但第三方回收时, 制造商和零售商的利润会有所降低。

285 然而, 本文还有需要进一步扩展的空间。如当前研究仅从博弈分析方法入手进行简单利润对比分析, 决策变量只集中于零售价和批发价, 还可继续添加新变量。同时, 本研究假设不同回收模型中, 回收成本无差异, 与实际情况仍存在一定偏差。上述问题均可在后续阶段加以研究和深化。

[参考文献] (References)

- [1] 郝晓霞, 杜晚樱. 基于押金返还制度的回收处理企业管理策略[J]. 科技信息, 2013, (1): 163-206
- [2] 孙红霞, 孙宏岭. 第三方物流企业废旧家电回收体系构建分析[J]. 物流技术, 2012, (2): 64-66
- [3] 阎明. 废旧电器回收之路的思考[J]. 再生资源研究, 2005, 1(3): 19-26
- 290 [4] 周伶云. 厦门市电子废弃物回收处理体系研究[D]. 2008
- [5] 田勇. 废旧电池应有偿回收[N]. 时代商报, 2010.1.12
- [6] 毛玉如, 李兴. 电子废弃物现状与回收处理探讨[J]. 再生资源研究, 2004: 11-14
- [7] 韩若冰, 胡继连. 环境押金制度在耐用品回收中的应用研究[J]. 应用经济研究, 2012, (1): 58-63
- [8] 王建民. 押金返还制度的理论基础、实践应有及经济借鉴[J]. 北方经济, 2008(11): 60-61
- 295 [9] 蔡勇. 设立押金制度促进我国报废汽车回收[J]. 中国资源综合利用, 2011, 29(9): 27-28
- [10] Thomas C. Kinnaman. The economics of residential solid waste management, Department of Economics[J]. 1999: 1-45
- [11] Plamer Karen, Sigman Hilary, Walls Margaret. The cost of reducing municipal solid waste[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 1997, 33(2): 128-150
- 300 [12] 肖雪珣, 陈晓荣. 基于博弈论的闭环供应链回收策略[J]. 科学技术与工程, 2011, (6): 1277-1283
- [13] Plamer Karen, Walls Margaret. Material use and solid waste and evaluation of policies[R]. Resources for the Future Discussion Paper. 199, (10)
- [14] 朱仁友. 押金制度——一些国家解决固体废物污染问题的经济手段[J]. 价格月刊, 1999, (2): 38