

## 面向再制造的回收主体比较研究

张 玲

(浙江科技学院 经济管理学院,杭州 310023)

**摘 要:** 以面向再制造的回收处理为对象,考虑制造商、零售商和第三方3种回收主体,在利益驱动准则下,建立模型对比各回收主体下供应链成员的利润,并在Stackelberg博弈框架下进行模型求解和分析。最后通过算例验证模型的有效性和实用性。结果表明,当第三方不具备回收规模优势时,制造商或零售商都会尽量选择自身充当回收主体;而随着第三方规模的扩大,第三方会逐渐以回收主体的身份进入回收市场。

**关键词:** 再制造;回收主体;Stackelberg博弈;利益驱动准则

**中图分类号:** F224.32;F252

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-8798(2011)03-0225-04

## Comparison of recovery subject for remanufacturing

ZHANG Ling

(School of Economics and Management, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou 310023, China)

**Abstract:** Three types of recovery subjects for remanufacturing are considered: manufacturer, retailer and third-party enterprise. According to the benefit-driven rule, profit models of supply chain members are set up for each recovery subject. Models are solved and analyzed in Stackelberg game framework. An example was tested to verify the validity and efficiency of the models. The results show that manufacturer or retailer will become recovery subject when the third party doesn't have recovery scale advantage and that the third party will gradually become recovery subject with the expansion of its scale.

**Key words:** remanufacturing; recovery subject; Stackelberg game; benefit-driven rule

废旧物品的回收再利用是实现循环经济的重要途径之一,近年来受到了越来越多的关注。回收后的废旧物品利用形式主要分为3种类型:再循环,再使用,再制造<sup>[1]</sup>。其中,面向再制造的回收利用形式是最复杂的。再制造通过拆卸、分类、翻新和处理,使产品或其零部件达到一定的质量要求,以便再装配和再销售<sup>[2]</sup>。市场上,除了少数行业受法律、行业行规限制实行生产商责任制(EPR)外,大多数废旧物品的再制造都是在利益驱动下推行的。

---

**收稿日期:** 2010-12-17

**作者简介:** 张 玲(1980— ),女,湖北省公安人,讲师,博士研究生,主要从事逆向物流及制造业信息化等研究。

废旧物品回收再制造活动的参与者有正向供应链的参与者(如供应商、制造商、批发商和零售商),专门的逆向物流从事者(如临时工、第三方回收企业等)及机会主义参与者(如慈善组织)等。对选择何种回收主体才能使废旧物品的回收再制造利益最大化,大量文献开展了一系列定性或定量的研究<sup>[3-8]</sup>。大多数研究都是关注制造商回收主体,除了这种自营回收模式外,事实上,随着市场上各渠道成员力量的相对变化,市场结构也在发生变化,逐渐出现了很多外包回收模式。以传统正向供应链为例,由于零售业合并并购趋势的加快及巨型零售商等新的零售业态的出现,市场的支配力量从生产厂商逐步转移到零售企业。同样,在逆向(或闭环)供应链中,由于制造商主要从事核心业务或新产品的研发,没有足够的精力和动力回收废旧产品,经常将此业务外包给第三方回收商(或物流商)。与此同时,市场上也的确存在一些专门从事废旧产品回收的第三方回收商,他们邻近市场,有更加稳定的回收网络,因而也具备开展回收活动的的能力。所以零售商和第三方成了外包回收模式的备选对象。

本研究以面向再制造的回收处理为对象,分析 3 种不同的回收主体:制造商、零售商和第三方;在利益驱动准则下建立模型,对比各回收主体下供应链成员的利润,并在 Stackelberg 博弈下进行模型的求解和分析;最后通过算例验证该模型的有效性和实用性。

## 1 回收主体的利益模型

当制造商作为回收主体时,由其领导整个回收过程,逆向返回的产品由制造商负责直接从消费者手中进行回收,然后对其进行再制造,零售商只负责产品的销售;当零售商作为回收主体时,零售商除了产品的销售还要负责废旧产品的回收,然后再把回收产品送至制造商,在此回收过程中零售商扮演市场力量领导者的角色;当第三方作为回收主体时,制造商只负责产品的生产,零售商只负责产品的销售,而由第三方来负责废旧产品的回收,并在回收过程中扮演市场力量领导者的角色。所有的再制造活动由原始制造商(OEM)承担。由此,不同成员作为回收主体时,在其承担回收任务的过程中均充当了 Stackelberg 博弈领导者的角色。

### 1.1 模型建立

为研究方便起见,假设不考虑废旧产品回收后的废弃,所有回收的废旧物品都可用于再制造;只考虑一个由单一制造商和单一零售商组成的市场,在完全信息下进行比较;在一个周期内考虑回收主体的选择,即市场中已存在产品,研究期内有废旧物品可供回收。

模型中使用如下符号:

$\prod_j^i$  表示回收主体  $i$  领导下的回收过程中供应链成员  $j$  的利润函数,上标  $i$  和下标  $j$  均取值  $\{M, R, 3P\}$ ,相应代表制造商、零售商和第三方;

$c_m$  表示制造新产品的单位成本;

$c_r$  表示将回收产品进行再制造变成新产品的单位成本;

$A$  表示回收和处理废旧产品的单位可变成本,由清洗、拆卸等成本组成;

$\Delta$  表示因再制造而节约的单位制造成本,  $\Delta = c_m - c_r$ , 且  $\Delta > A$ ;

$p$  是产品的零售价;

$w$  是产品的批发价;

$b$  表示制造商为了回购废旧产品向外包商(零售商/第三方)支付的单位转让价,  $b \in [A, \Delta]$ ;

$\tau$  表示回收率,  $\tau = \sqrt{I_j/B_j}$ ,  $I_j$  是各回收主体建立回收中心所需的固定投资,  $B_j$  是规模参数<sup>[3]</sup>, 且  $B_j$  足够大使得  $0 \leq \tau \leq 1$ ;

$c$  是平均单位制造成本,  $c = c_m - \tau\Delta$ ;

$D(p)$  表示产品的市场需求,  $D(p) = \phi - \beta p$ ,  $\phi$  和  $\beta$  是大于 0 的待定参数, 且  $\phi > \beta c_m$ <sup>[3]</sup>;

$C_j(\tau)$  表示相应回收主体的回收成本,  $C_j(\tau) = I_j + A\tau D(p) = B_j\tau^2 + A\tau D(p)$ 。

制造商作为市场的回收主体时,决定批发价  $w$  和回收率  $\tau$ ,零售商决定零售价  $p$ 。供应链各成员利益最大化函数如下:

$$\text{Max}_{w, \tau} \prod_M^M = (\phi - \beta p)(w - c_m + \tau \Delta) - B_j \tau^2 - A \tau (\phi - \beta p) \quad (1)$$

$$\text{Max}_p \prod_R^M = (p - w)(\phi - \beta p) \quad (2)$$

零售商作为市场的回收主体时,决定零售价  $p$  和回收率  $\tau$ ,制造商决定批发价  $w$ 。各利益最大化函数如下:

$$\text{Max}_{p, \tau} \prod_R^R = (\phi - \beta p)(p - w) + b \tau (\phi - \beta p) - B_R \tau^2 - A \tau (\phi - \beta p) \quad (3)$$

$$\text{Max}_w \prod_M^R = (\phi - \beta p)[w - c_m + \Delta \tau] - b \tau (\phi - \beta p) \quad (4)$$

第三方作为市场的回收主体时,通过决定  $\tau$  的值来决定在产品回收中的投资,制造商和零售商在第三方的决策下共同确定批发价  $w$  和零售价  $p$ 。供应链各成员利益最大化函数为:

$$\text{Max}_{\tau} \prod_{3P}^{3P} = b \tau (\phi - \beta p) - B_{3P} \tau^2 - A \tau (\phi - \beta p) \quad (5)$$

$$\text{Max}_p \prod_R^{3P} = (p - w)(\phi - \beta p) \quad (6)$$

$$\text{Max}_w \prod_M^{3P} = (\phi - \beta p)(w - c_m + \Delta \tau) - \tau b (\phi - \beta p) \quad (7)$$

## 1.2 模型求解

本研究采用 Stackelberg 博弈中的逆向归纳法进行模型求解。例如,对于制造商充当回收主体时,制造商是博弈过程中的领导者,按照逆向归纳法,先对式(2)进行求解。因为式(2)是关于  $p$  的凹函数,由一阶条件得最优零售价  $p^{*M} = (\phi + \beta w)/(2\beta)$ 。将  $p^{*M}$  代入式(1),易证式(1)是关于  $w$  和  $\tau$  的凹函数,由 Hesse 矩阵,当  $8B_M > \beta(\Delta - A)^2$  时,联立一阶条件即可求解,得到供应链各成员的最优利润。对于零售商或第三方是回收主体的情形,求解方式类似。具体结果见表1。

表1 3种回收主体下供应链各成员的最优利润

Table 1 Optimal benefit of supply chain members for each recovery subject

供应链各成员利润	制造商回收主体	零售商回收主体	第三方回收主体	第三方回收主体 ( $b = (\Delta + A)/2$ 时)
$\prod_M^*$	$\frac{B_M(\phi - \beta c_m)^2}{\beta(8B_M - \beta S^2)}$	$\frac{4B_R^2(\phi - \beta c_m)^2}{\beta(8B_R - \beta S^2)^2}$	$\frac{(\phi - \beta c_m)^2[8B_{3P} - \beta(b - A)(\Delta - b)]^2}{32\beta[4B_{3P} - \beta(b - A)(\Delta - b)]^2}$	$\frac{(32B_{3P} - \beta S^2)^2(\phi - \beta c_m)^2}{32\beta(16B_{3P} - \beta S^2)^2}$
$\prod_R^*$	$\frac{4B_M^2(\phi - \beta c_m)^2}{\beta(8B_M - \beta S^2)^2}$	$\frac{B_R(\phi - \beta c_m)^2}{\beta(8B_R - \beta S^2)}$	$\frac{(\phi - \beta c_m)^2}{4\beta} \left[ \frac{1}{2} + \frac{\beta(b - A)(\Delta - b)}{16B_{3P} - 4\beta(b - A)(\Delta - b)} \right]^2$	$\frac{(32B_{3P} - \beta S^2)^2(\phi - \beta c_m)^2}{64\beta(16B_{3P} - \beta S^2)^2}$
$\prod_{3P}^*$	N/A	N/A	$\frac{(\phi - \beta c_m)^2(b - A)^2}{16[4B_{3P} - \beta(b - A)(\Delta - b)]}$	$\frac{S^2(\phi - \beta c_m)^2}{16(16B_{3P} - \beta S^2)}$

注:为表达简便,表1中令  $S = \Delta - A$ 。

## 2 结果分析及其意义

**命题1** 当零售商充当市场的回收主体时,供应链各成员的最优利润与回收转让价  $b$  无关,说明  $b$  的变动已在零售商内部通过转让利润和批发价内部消化抵消,对外部不产生影响。

**命题2** 当第三方充当市场的回收主体时,由于  $\prod_M^{*3P}$  和  $\prod_R^{*3P}$  都是关于  $b$  的凹函数,当  $b = (\Delta + A)/2$  时,模型  $3P$  中制造商和零售商的利润最大。而  $\prod_{3P}^{*3P}$  是关于  $b$  的增函数,  $b = \Delta$  时  $\prod_{3P}^{*3P}$  最大,但此时制造商和零售商不能从再制造中获得任何利润,为了使供应链各方利益均衡,  $b = (\Delta + A)/2$  时,供应链各方取得最优利润,相应的结果见表1。

**命题3** 当  $B_{3P} \leq B_M < 2B_{3P}$  时,制造商的最优利润关系如下:  $\prod_M^{*M} > \prod_M^{*3P} > \prod_M^{*R}$ ; 当  $2B_{3P} \leq B_M$  时,制造商的最优利润关系如下:  $\prod_M^{*3P} > \prod_M^{*M} > \prod_M^{*R}$ 。

因此,对于制造商而言,当第三方回收没有规模优势时,会选择自身充当回收主体;否则选择第三方充当回收主体。

**命题 4** 当  $B_{3P} \leq B_M < 4B_{3P}$  时,零售商的最优均衡利润关系如下:  $\Pi_R^{*R} > \Pi_R^{*M} > \Pi_R^{*3P}$ ; 当  $4B_{3P} \leq B_M$  时,零售商的最优均衡利润关系如下:  $\Pi_R^{*R} > \Pi_R^{*3P} > \Pi_R^{*M}$ 。

因此,对零售商而言,都会考虑自身充当回收主体,此时获得最大利润。

### 3 算例分析

为了更好地验证上述结论,现通过一个算例进行说明。相关参数设置如下:  $c_m = 40, c_r = 21, A = 5, \phi = 200, \beta = 2$ 。对不同的  $B_j$  值进行计算,结果如表 2 所示。

**表 2** 不同回收规模参数下利益模型的最优值

**Table 2** Optimal value of profit model with different  $B_j$ s

供应链各成员 的最优利润	$B_M = B_R = B_{3P} = 1\ 000$			$B_M = B_R = 2B_{3P} = 1\ 000$			$B_M = B_R = 4B_{3P} = 1\ 000$		
	制造商	零售商	第三方	制造商	零售商	第三方	制造商	零售商	第三方
$\Pi_M^*$	946.37	497.57	922.75	946.37	497.57	946.97	946.37	497.57	1 000.44
$\Pi_R^*$	497.57	946.37	461.37	497.57	946.37	473.48	497.57	946.37	500.22
$\Pi_{3P}^*$			11.30			23.19			48.89

分析表 2 的结果,从数值上看,第三方的利润远小于制造商和零售商的利润,原因是本研究所考虑的供应链各方利润组成不同。制造商利润由两部分构成:销售新产品所得利润,以及在新产品的制造过程中,使用了由回收产品进行再制造所得的零部件,在制造过程中节约的成本。零售商利润也由两部分构成:销售利润和回收产品转让利润。而对第三方企业而言,其利润只有回收废旧产品后经转让所得的利润,所以其利润要小一些。

前述命题的结论也在算例中得到了验证。

### 4 结 语

本研究比较了由制造商、零售商、第三方 3 种不同市场力量充当回收主体时供应链各成员从废旧产品回收再制造中获得的利润,结果表明,当第三方不具备回收规模优势时,对制造商或零售商而言,都会尽量选择自身充当回收主体;而随着第三方规模的扩大,如回收网络的分布越来越广,其在回收领域的优势也逐渐显现出来,到达一定规模后,第三方会充当市场的回收主体。

作为理论上的探索,本研究思路为面向再制造的回收主体决策提供了一定借鉴。但是,为了分析方便,本研究提出的一系列假设也使得研究工作存在着一定的局限。

#### 参考文献:

- [1] FLEISCHMANN M, KRIKKE H R, DEKKER R, et al. A characterisation of logistics networks for product recovery [J]. Omega, 2000, 28(6): 653-666.
- [2] FLEISCHMANN M, BLOEMHOF-RUWAARD J, DEKKER R, et al. Quantitative models for reverse logistics: A review [J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103(1): 1-17.
- [3] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, WASSENHOVE L V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [4] 姚卫新. 再制造条件下逆向物流回收模式的研究 [J]. 管理科学, 2004, 17(1): 76-80.
- [5] 张东萍, 肖岳峰. 专业处理企业处理电子废弃物模式中回收主体的选择 [J]. 物流科技, 2009(12): 37-38.
- [6] 常香云. 企业逆向物流回收处理若干关键问题研究 [D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [7] 何文胜, 马祖军. 废旧家电回收主体的利益和责任分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2009, 19(2): 104-108.
- [8] 易余胤. 基于再制造的闭环供应链博弈模型 [J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(8): 28-35.