

企业集团逆向回收渠道选择策略研究

张福利

(南京审计学院 数学与统计学院, 江苏 南京 211815)

摘要:随着环保意识和可持续发展意识的增强,废旧产品的回收再利用越来越受到人们的广泛关注。一个具有旧产品回收再造功能的企业集团存在两种逆向回收渠道结构:一是上游回收模式,即上游子公司直接从消费者手中回收旧产品;二是下游回收模式,即下游子公司直接从消费者手中回收旧产品。研究表明,上游回收模式优于下游回收模式,而且,在上游回收模式下,集团的利润、旧产品回收率均随着下游产品替代程度的增强而增大。上游回收模式也优于不具有旧产品回收再造功能的渠道结构。

关键词:逆向回收渠道;产品再造;企业集团;转移价格

中图分类号:F272 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-8750(2011)02-0035-06 **收稿日期:**2010-11-25

作者简介:张福利(1969—),男,辽宁大连人,南京审计学院数学与统计学院副教授,博士,主要研究方向为供应链管理、产业组织理论。

基金项目:江苏省教育厅高校哲学社会科学基金资助项目(2010SJB630045)

一、引言

随着环保意识和可持续发展意识的增强,废旧产品的回收再利用越来越受到人们的重视。世界上许多国家都加大了这方面的立法力度,旨在从根本上解决环境与发展的长期矛盾。如日本制定了《家用电器回收法》,并于2001年4月1日开始实施。目前,日本的家电生产厂家已经在全国建立了30多家废弃家电回收利用工厂,负责废弃家电的处理和再利用。这种努力提升了物料循环利用的理念,即达到资源再生、物料增值和成本节约的目的,革新了物料传统的单向运作模式,产生了与传统物流方向相反的新型物流,即从消费者回到制造商的“逆向物流”^[1-4]。含有逆向物流的供应链被称为逆向供应链^[5-6]。

近年不少知名企业将逆向物流纳入企业发展的战略规划中,这种行为不光是企业迫于相关环保法律法规的压力而实施,更多的是企业发现废旧产品的重新利用能在为企业赢得绿色环保声誉的同时,为降低成本、提高利润提供新的重要手段。国际上许多著名汽车制造商,如克莱斯勒和

宝马等汽车公司,均制定了严格的环保方针和措施,并要求他们的供应商也同样遵守^[7-8]。此外,宝马、雷诺和菲亚特等汽车公司已开始回收、处理它们的废旧汽车。在旧产品回收模式方面,有的制造商直接从消费者手中回收它们的旧产品,也有的制造商通过其零售商间接地从消费者手中回收它们的旧产品^[8-10]。

关于逆向物流管理的研究文献中,不少是运用博弈论建立数学模型对废旧产品回收再造决策进行研究的^[9-14]。Savaskan等人研究了分散式逆向供应链下的三种回收模式,即第三方负责回收、销售商负责回收和生产商负责回收,指出在供应链成员分散决策时,零售商负责回收模式为最佳回收模式^[9]。Savaskan和Wassenhove研究了由一个制造商和两个竞争性零售商组成的逆向供应链中制造商的逆向回收渠道选择策略,并分析了制造商的逆向回收渠道选择策略与前向渠道中产品的战略性定价策略之间如何相互作用^[10]。黄祖庆和达庆利研究了直线型再制造逆供应链决策结构的效率问题,分析了不同成员的决策权威对结构效率的影响,指出分散式逆供应链的效率损

失不可避免^[11]。王发鸿和达庆利从生产商的角度出发,分析了电子行业再制造逆向物流三种模式的特点,为生产商的逆向物流模式提供决策依据^[12]。

然而,上述研究都是针对逆向供应链进行的,而且大都是假定逆向供应链中各成员之间彼此独立,各自追求利润最大化。而现实市场上不少企业集团都有自己的旧产品回收渠道,已开展了旧产品回收再造活动。但有关这方面的研究成果还很鲜见。本文对具有旧产品回收再造功能的企业集团的逆向回收渠道选择策略进行研究,试图得到一些有意义的结论。

二、模型假设

为了便于分析,本文提出如下假设:

假设 1. 企业集团由一个上游子公司和两个下游子公司组成。上游子公司负责制造新产品,下游子公司负责将新产品销往外部市场。为研究方便,假设下游子公司的销售成本为 0。

假设 2. 新产品可以完全使用原材料生产,单位成本为 c_m ,也可以使用回收产品的部分零部件生产,单位成本为 c_r ,且 $c_r < c_m$, Δ 表示因使用旧产品再制造而节约的单位成本,即 $\Delta = c_m - c_r$ 。

假设 3. 在产品定价方面,假设企业集团采取非中心化结构,即产品的内部转移价格由集团总部决定,外部销售价格由下游子公司决定。

假设 4. 下游子公司 i 的市场需求函数为

$$D_i(p_i, p_{3-i}) = \alpha - p_i + \beta p_{3-i}, i = 1, 2 \quad (1)$$

其中, α 为下游子公司 i 的市场容量, p_i 为下游子公司 i 的产品价格, $i = 1, 2$, β 为产品差异系数, $\beta \in (0, 1)$ 。显然, β 越大, 产品差异度越小, 替代性越强。

假设 5. 企业集团回收旧产品的总成本是旧产品回收率 τ 的函数 (τ 也可视为回收努力系数), 即回收旧产品的总成本为 $C(\pi) = B \tau^2$ (B 是大于 0 的常数)。

三、模型建立与求解

(一) 企业集团不具有旧产品回收再造功能的情形

在这种渠道结构中, 集团总部首先决定内部转移价格, 然后两个下游子公司根据转移价格的高低同时决定使得各自利润最大化的产品价格。

下游子公司的问题为

$$\max_{p_i} \pi_i^{NC} = (p_i - T_i) D_i(p_i, p_{3-i}) \quad (2)$$

其中, T_i 为集团总部决定的提供给下游子公司 i 的中间产品转移价格, $i = 1, 2$ 。

由于 $\frac{\partial^2 \pi_i^{NC}}{\partial p_i^2} = -2 < 0$, 故 π_i^{NC} 是关于 p_i 的严格凹函数, $i = 1, 2$, 从而由 π_i^{NC} 最大化的一阶条件, 可得下游子公司 i 的均衡价格为

$$P_i^{NC} = \frac{\alpha(2 + \beta) + 2T_i + \beta T_{3-i}}{4 - \beta^2} \quad (3)$$

给定下游子公司的反应函数, 集团总部决定使得集团利润最大化的内部转移价格。

集团总部的问题为

$$\max_{T_1, T_2} \pi^{NC} = \sum_{i=1}^2 (P_i^{NC} - c_m) D_i(P_i^{NC}, P_{3-i}^{NC}) \quad (4)$$

由于 $\frac{\partial^2 \pi^{NC}}{\partial T_i^2} = -\frac{2(4 - 3\beta^2)}{(4 - \beta^2)^2} < 0$, $\frac{\partial^2 \pi^{NC}}{\partial T_1^2} \cdot \frac{\partial^2 \pi^{NC}}{\partial T_2^2} - (\frac{\partial^2 \pi^{NC}}{\partial T_1 \partial T_2})^2 = \frac{4(1 - \beta^2)}{(4 - \beta^2)^2} > 0$, 故 π^{NC} 是关于 T_1 和 T_2 的严格凹函数, 从而由 π^{NC} 最大化的一阶条件, 可得集团内部均衡转移价格为

$$T_i^{NC} = \frac{\alpha\beta + (2 - 3\beta + \beta^2)c_m}{2(1 - \beta)} \quad (5)$$

把式(5)代入式(3)中, 可得下游子公司 i 的均衡价格为

$$P_i^{NC} = \frac{\alpha + (1 - \beta)c_m}{2(1 - \beta)} \quad (6)$$

把式(6)代入式(1)中, 可得下游子公司 i 的均衡市场需求为

$$D_i^{NC} = \frac{1}{2} [\alpha - (1 - \beta)c_m] \quad (7)$$

把式(5)、(6)和(7)代入式(2)中, 可得下游子公司 i 的均衡利润为

$$\pi_i^{NC} = \frac{1}{4} [\alpha - (1 - \beta)c_m]^2 \quad (8)$$

把式(6)和(7)代入式(4)中, 可得企业集团的均衡利润为

$$\pi^{NC} = \frac{[\alpha - (1 - \beta)c_m]^2}{2(1 - \beta)} \quad (9)$$

下面对本文提出的转移定价策略进行评价, 即将该转移定价策略与 Hirshleifer 提出的边际成本转移定价策略进行比较^[15]。为了叙述方便, 称本文提出的转移定价策略为转移定价策略 I, Hirshleifer 提出的边际成本转移定价策略为转移

定价策略Ⅱ。对企业集团而言,采用转移定价策略Ⅰ优于采用转移定价策略Ⅱ。这是由于在转移定价策略Ⅱ下企业集团的利润为

$$\tilde{\pi}^{NC} = \frac{2[\alpha - (1-\beta)c_m]^2}{(2-\beta)^2},$$

$$\text{而 } \pi^{NC} - \tilde{\pi}^{NC} = \frac{\beta^2[\alpha - (1-\beta)c_m]^2}{2(2-\beta)^2(1-\beta)} > 0^{①}.$$

(二) 企业集团具有旧产品回收再造功能的情形

1. 上游子公司直接从消费者手中回收旧产品

在这种渠道结构中,集团总部首先决定内部转移价格和旧产品回收率,然后两个下游子公司根据转移价格的高低同时决定使得各自利润最大化的产品价格。

下游子公司*i*的问题为

$$\max_{P_i} \pi_i^{DC} = (P_i - T_i)D_i(P_i, P_{3-i}) \quad (10)$$

与式(2)的讨论相类似,由 $\pi_i^{DC} (i=1,2)$ 最大化的一阶条件,可得下游子公司的均衡价格为

$$P_i^{DC} = \frac{\alpha(2+\beta) + 2T_i + \beta T_{3-i}}{4-\beta^2} \quad (11)$$

给定下游子公司的反应函数,集团总部决定使得集团利润最大化的内部转移价格和旧产品回收率。

集团总部的问题为

$$\max_{T_1, T_2, \tau} \pi^{NC} = \left[\sum_{i=1}^2 (P_i^{DC} - c_m + \tau \Delta) D_i(P_i^{DC}, P_{3-i}^{DC}) \right] - B \tau^2 \quad (12)$$

由 π^{DC} 最大化的一阶条件,可得集团内部均衡转移价格和旧产品回收率为

$$T_i^{DC} = \frac{B[\alpha\beta + (2-3\beta+\beta^2)c_m] - \alpha(1-\beta)\Delta^2}{(1-\beta)[2B - (1-\beta)\Delta^2]} \quad (13)$$

$$\tau^{DC} = \frac{[\alpha - (1-\beta)c_m]\Delta}{2B - (1-\beta)\Delta^2} \quad (14)$$

把式(13)代入式(11)中,可得下游子公司*i*的均衡价格为

$$P_i = \frac{B[\alpha + (1-\beta)c_m] - \alpha(1-\beta)\Delta^2}{(1-\beta)[2B - (1-\beta)\Delta^2]} \quad (15)$$

把式(15)代入式(1)中,可得下游子公司的均衡市场需求为

$$D_i^{DC} = \frac{B[\alpha - (1-\beta)c_m]}{2B - (1-\beta)\Delta^2} \quad (16)$$

把式(13)、(15)和(16)代入式(10)中,可得下游子公司的均衡利润为

$$\pi_i^{DC} = \frac{B^2[\alpha - (1-\beta)c_m]^2}{[2B - (1-\beta)\Delta^2]^2} \quad (17)$$

把式(14)、(15)和(16)代入式(12)中,可得企业集团的均衡利润为

$$\pi^{DC} = \frac{B[\alpha - (1-\beta)c_m]^2}{(1-\beta)[2B - (1-\beta)\Delta^2]} \quad (18)$$

下面对式(12)求解结果的最优性进行验证。由式(12)可知 π^{DC} 在点 (T_1, T_2, τ) 的海赛矩阵为

$$H = \begin{bmatrix} -\frac{2-(4-3\beta^2)}{(4-\beta^2)^2} & \frac{2\beta^3}{(4-\beta^2)^2} & -\frac{(1-\beta)\Delta}{2-\beta} \\ \frac{2\beta^3}{(4-\beta^2)^2} & -\frac{2(4-3\beta^2)}{(4-\beta^2)^2} & -\frac{(1-\beta)\Delta}{2-\beta} \\ -\frac{(1-\beta)\Delta}{2-\beta} & -\frac{(1-\beta)\Delta}{2-\beta} & -2B \end{bmatrix}$$

易验证矩阵 H 为负定矩阵,故 π^{DC} 为严格凹函数,从而求解结果最优性的二阶充分条件满足。

2. 下游子公司直接从消费者手中回收旧产品

在这种渠道结构中,集团总部把回收渠道配置任务交给两个下游子公司,由它们直接从消费者手中回收旧产品再转交给上游子公司,由此可获得集团总部支付的单位回收报酬 $b, 0 < b \leq \Delta$, 即从再制造中节约下来的费用必须不小于付给零售商的补贴。渠道中各成员的决策顺序如下:集团总部首先决定内部转移价格,然后两个下游子公司根据转移价格的高低同时决定使得各自利润最大化的产品价格和旧产品回收率。

下游子公司*i*的问题为

$$\max \pi_i^{IC} = (P_i - T_i + b\tau)D_i(P_i, P_{3-i}) - B\tau_i^2$$

由 $\pi_i^{IC} (i=1,2)$ 最大化的一阶条件,可得下游子公司的均衡价格和旧产品回收率,见式(19)和式(20)。

给定下游子公司*i*的反应函数,集团总部决定使得集团利润最大化的内部转移价格。

集团总部的问题如式(21)所示。

为了避免繁琐的计算而又不失一般性,这里

①由于在转移定价策略Ⅱ下,企业集团的利润的推导过程与前文相似,故这里直接给出结果而省略其具体的推导过程。

假设 π^{IC} 是关于 T_1 和 T_2 的严格凹函数 (如当 $B > b\Delta$ 时, 不难验证 π^{IC} 是关于 T_1 和 T_2 的严格凹函

数)。从而由 π^{IC} 最大化的一阶条件, 可得集团内部均衡转移价格, 见式 (22)。

$$P_i^{IC} = \frac{b^4 \alpha (1 + \beta) + 4B^2 [\alpha (2 + \beta) + 2T_i + \beta T_{3-i}] - 2b^2 B [\alpha (3 + 2\beta) + T_i + \beta T_{3-i}]}{4B^2 (4 - \beta^2) - 4b^2 B (2 - \beta^2) + b^4 (1 - \beta^2)} \quad (19)$$

$$\pi_i^{IC} = \frac{b \{ 2B [\alpha (2 + \beta) - (2 - \beta^2) T_i + \beta T_{3-i}] - b^2 (1 + \beta) \} [\alpha - (1 - \beta) T_i]}{4B^2 (4 - \beta^2) - 4b^2 B (2 - \beta^2) + b^4 (1 - \beta^2)} \quad (20)$$

$$\max_{T_1, T_2} \pi^{IC} = \sum_{i=1}^2 [(P_i^{IC} - c_m + \tau_i^{IC} \Delta) D_i(P_i^{IC}, P_{3-i}^{IC}) - B(\tau_i^{IC})^2] \quad (21)$$

$$T^{IC} = \frac{b^2 (1 - \beta) [2\alpha - (1 - \beta) c_m] + 2B [\alpha \beta + (2 - 3\beta + \beta^2) c_m] - 2b\alpha (1 - \beta) \Delta}{(1 - \beta) [4B - b(1 - \beta) (2\Delta - b)]} \quad (22)$$

由式 (1)、式 (19) ~ 式 (22) 可得企业集团的均衡利润、下游子公司的均衡市场需求和回收率见式 (23)。

$$\begin{aligned} \pi^{IC} &= \frac{2B [\alpha - (1 - \beta) c_m]^2}{(1 - \beta) [4B - b(1 - \beta) (2\Delta - b)]} \\ D_i^{IC} &= \frac{2B [\alpha - (1 - \beta) c_m]}{4B + b(1 - \beta) (3b - 2\Delta)} \\ \tau_i^{IC} &= \frac{b [\alpha - (1 - \beta) c_m]}{4B + b(1 - \beta) (3b - 2\Delta)} \end{aligned} \quad (23)$$

四、逆向回收渠道选择策略分析

为了便于分析, 我们把上游子公司直接从消费者手中回收旧产品的渠道结构称为上游回收模式, 把下游子公司直接从消费者手中回收旧产品的渠道结构称为下游回收模式。在此基础上, 我们来论证三个命题。

命题 1. 对于具有旧产品回收再造功能的企业集团而言, 采用上游回收模式所获得的利润大于采用下游回收模式所获得的利润, 也大于不具有旧产品回收再造功能的企业集团所获得的利润。

命题 1 的证明详见附录 1。命题 1 表明, 企业集团采用上游回收模式优于采用下游回收模式。其直观意义是比较明显的, 这是由于, 一方面容易证明, 上游回收模式下下游子公司的均衡市场需求大于下游回收模式下下游子公司的均衡市场需求, 即 $D_i^{DC} > D_i^{IC}$, 另一方面容易证明, 上游回收模式下旧产品回收率大于下游回收模式下旧产品回收率, 即 $\tau^{DC} > \tau^{IC}$ 。因此, 下文所提及的旧产品回收渠道结构均指上游回收模式。

命题 2. 在均衡处, 具有旧产品回收再造功能的企业集团模型与不具有旧产品回收再造功能的企业集团模型相比, 下列关系式成立:

$$(1) T_i^{DC} < T_i^{NC}; (2) P_i^{DC} < P_i^{NC}; (3) D_i^{DC} > D_i^{NC};$$

(4) $\pi_i^{DC} > \pi_i^{NC}$; (5) 令 rm_i^{DC} 和 rm_i^{NC} 分别表示两种情形下下游子公司 i 的零售加价, 则 $rm_i^{DC} > rm_i^{NC}$ 。

由式 (5) ~ 式 (8)、式 (13)、式 (15) ~ 式 (17), 易证命题 2 成立。

对于具有旧产品回收再造功能的企业集团而言, 在回收努力上的投资收益取决于产品的总销量, 即潜在的回收市场规模, 因为潜在的回收市场规模关系到因旧产品回收再造而带来的生产成本的降低。因此, 和不具有旧产品回收再造功能的企业集团相比, 前者可以通过降低转移价格, 使下游子公司具有成本优势, 诱导下游子公司降低产品的销售价格, 增加产品的销售量, 从而, 在下游子公司利润得到增加的同时, 也增加了企业集团在回收努力上的投资收益。下游子公司利润得到增加的事实是明显的, 尽管下游子公司降低了产品的销售价格, 但是零售加价却是大的, 加之产品的销售量也是大的, 因此, 下游子公司利润必然得到增加。

命题 3. 在具有旧产品回收再造功能的渠道结构中, 下列关系式成立:

$$\begin{aligned} (1) \frac{\partial \pi^{DC}}{\partial \beta} > 0; (2) \frac{\partial \pi_i^{DC}}{\partial \beta} > 0; (3) \frac{\partial \tau^{DC}}{\partial \beta} > 0; \\ (4) \frac{\partial P_i^{DC}}{\partial \beta} > 0; (5) \frac{\partial D_i^{DC}}{\partial \beta} > 0. \end{aligned}$$

命题 3 的证明详见附录 2。命题 3 的结论表明, 在具有旧产品回收再造功能的渠道结构中, 企业集团与下游子公司的利润都随着下游产品替代程度的提高而增加, 集团总部与下游子公司在降低最终产品差异度方面不存在利益冲突。下游子公司之间为了各自利润最大化, 都有积极性去降低产品差异度, 提高产品的替代程度, 这完全符合集团利润最大化的要求。此外, 产品替代程度的提高, 将会导致产品价格的上升, 从而导致下游子公司之间竞争程度的下降。更为重要和有趣的

是,尽管产品替代程度的提高将会导致产品价格的上升,但能够增加最终产品需求量,提高旧产品回收率,这既有利于企业集团降低生产成本,增加利润,又有利于废旧资源的重新利用,加强社会环境保护,降低废旧产品造成的环境污染。

五、结束语

废旧产品的回收再利用对于社会和企业而言都有十分重要的意义。从社会的角度来说,可以有效地保护环境,减少能源与不可再生资源的消耗,提高资源利用率,实现可持续发展战略。从企业的角度来说,一方面能够降低生产成本,减少物料的消耗、挖掘废旧物品中残留的价值,直接提高企业的经济效益;另一方面,可以在激烈的竞争环境中,提升企业的环保形象、改善企业与消费者的关系,间接地提高企业的经济效益。

基于一个具有旧产品回收再造功能的企业集团,本文研究了两种逆向回收渠道结构,一是上游回收模式,即上游子公司直接从消费者手中回收旧产品,二是下游回收模式,即下游子公司直接从消费者手中回收旧产品。研究表明,上游回收模式优于下游回收模式,而且,在上游回收模式下,集团和下游子公司的利润、旧产品回收率、下游产品的价格和需求均随着下游产品替代程度的增强而增大。此外,上游回收模式与不具有旧产品回收再造功能的渠道结构相比,前者的利润大于后者,前者的产品市场价格低于后者。本文结论可为现实市场上企业集团的逆向回收渠道选择决策提供一定的理论依据。

由于本文研究是在假设产品需求是确定的、所有回收的旧产品全部可以用于再制造以及所有信息都是对称的前提下进行的,因此,所得结论有一定的局限性。而对于产品需求是不确定的,或者所有回收的旧产品不能全部用于再制造(有的只能做废弃处理),或者渠道成员间信息是不对称的等情形的研究,将在以后的工作中完成。

参考文献:

[1] Stock J R. Reverse logistics [M]. Oak Brook Illinois: Council of Logistics Management, 1992.

[2] Rogers D S, Tibben-Lembke R S. Going backwards: re-

verse logistics trends and practices [M]. Pittsburgh: Reverse Logistics Executive Council, 1999.

[3] Fleischmann M, Bloemhof-Ruwaard M J, Dekker R, et al. Quantitative models for reverse logistics: a review [J]. European Journal of Operational Research, 1997, 103: 1-17.

[4] 达庆利, 黄祖庆, 张钦. 逆向物流系统结构研究的现状及展望 [J]. 中国管理科学, 2004 (1): 131-138.

[5] Guide V D R Jr, Wassenhove L N V. The reverse supply chain [J]. Harvard Business Review, 2002, 80: 25-26.

[6] Blackburn J D, Guide V D R Jr, Souza C G, et al. Reverse supply chain for commercial return [J]. California Management Review, 2004, 46: 6-22.

[7] Thierry M, Salomon M, Nunen V J, et al. Strategic issue in product recovery management [J]. California Management Review, 1995, 37: 114-135.

[8] Thierry M. An analysis of the impact of product recovery management on manufacturing companies [D]. Erasmus University, 1997.

[9] Savaskan R C, Bhattacharya S, Wassenhove L N V. Closed-loop supply chain models with product remanufacturing [J]. Management Science, 2004, 50: 239-252.

[10] Savaskan R C, Wassenhove L N V. Reverse channel design: the case of competing retailers [J]. Management Science, 2006, 52: 1-14.

[11] 黄祖庆, 达庆利. 直线型再制造供应链决策结构的效率分析 [J]. 管理科学学报, 2006 (4): 51-57.

[12] 王发鸿, 达庆利. 电子行业再制造逆向物流模式选择决策分析 [J]. 中国管理科学, 2006 (6): 44-49.

[13] Majumder P, Groenevelt H. Competition in remanufacturing [J]. Production Operational Management, 2001, 10: 125-141.

[14] Debo G L, Toktay B L, Wassenhove L N V. Market segmentation and production technology selection for remanufacturable products [R]. INSEAD WP/47/CIM-SO, 2002.

[15] Hirshleifer J. On the economics of transfer pricing [J]. Journal of Business, 1956, 29: 172-184.

(责任编辑: 杨凤春)

附录 1(命题 1 的证明)

证明 由式(23)易知,当 $b = \Delta$ 时, π^{IC} 达到最大值,记为 π_M^{IC} ,则

$$\pi_M^{IC} = \frac{2B[\alpha - (1-\beta)c_m]^2}{(1-\beta)[4B - (1-\beta)\Delta^2]} \quad (24)$$

由式(9),式(18)和式(24)可知

$$\frac{\pi^{DC}}{\pi_M^{IC}} = \frac{4B - (1-\beta)\Delta^2}{4B - 2(1-\beta)\Delta^2} > 1$$

$$\frac{\pi^{DC}}{\pi^{NC}} = \frac{2B}{2B - (1-\beta)\Delta^2} > 1 \quad \text{证毕}$$

附录 2(命题 3 的证明)

证明 由 $\tau^{DC} \leq 1$,可得

$$2B \geq [\alpha - (1-\beta)c_m]\Delta + (1-\beta)\Delta^2 \quad (25)$$

因此,以下总是假设关系式(25)成立。

1) 由式(18)可知

$$\frac{\partial \pi^{DC}}{\partial \beta} = \frac{2B[\alpha - (1-\beta)c_m]}{[2B - (1-\beta)\Delta^2]^2(1-\beta)^2} \times \{B[\alpha + (1-\beta)c_m]\alpha(1-\beta)\Delta^2\}$$

欲证明 $\frac{\partial \pi^{DC}}{\partial \beta} > 0$,只需证明 $B[\alpha + (1-\beta)c_m] - \alpha(1-\beta)\Delta^2 > 0$ 。结合式(25),有

$$B[\alpha + (1-\beta)c_m] - \alpha(1-\beta)\Delta^2 \geq \frac{1}{2}[\alpha - (1-\beta)c_m]\Delta[\alpha + (1-\beta)c_r] > 0$$

2) 由式(17)可知

$$\frac{\partial \pi_i^{DC}}{\partial \beta} = \frac{2B^2[\alpha - (1-\beta)c_m][2Bc_m - \alpha\Delta^2]}{[2B - (1-\beta)\Delta^2]^3}$$

欲证明, $\frac{\partial \pi_i^{DC}}{\partial \beta} > 0$,只需证明 $2Bc_m - \alpha\Delta^2 > 0$ 。

结合式(25),有

$$2Bc_m - \alpha\Delta^2 \geq [\alpha - (1-\beta)c_m]c_r\Delta > 0$$

3) 由式(14)可知

$$\frac{\partial \tau^{DC}}{\partial \beta} = \frac{[2Bc_m - \alpha\Delta^2]\Delta}{[2B - (1-\beta)\Delta^2]^2}$$

欲证明 $\frac{\partial \tau^{DC}}{\partial \beta} > 0$,只需证明 $2Bc_m - \alpha\Delta^2 > 0$ 。

结合式(25),有

$$2Bc_m - \alpha\Delta^2 \geq [\alpha - (1-\beta)c_m]c_r\Delta > 0$$

4) 由式(15)可知

$$\frac{\partial p_i^{DC}}{\partial \beta} = \frac{1}{(1-\beta)^2[2B - (1-\beta)\Delta^2]^2} \{2B^2\alpha - B(1-\beta)[2\alpha + (1-\beta)c_m]\Delta^2 + \alpha(1-\beta)^2\Delta^4\}$$

欲证明 $\frac{\partial p_i^{DC}}{\partial \beta} > 0$,只需证明 $2B^2\alpha - B(1-\beta)[2\alpha + (1-\beta)c_m]\Delta^2 + \alpha(1-\beta)^2\Delta^4 > 0$ 。

结合式(25),有

$$2B^2\alpha - B(1-\beta)[2\alpha + (1-\beta)c_m]\Delta^2 + \alpha(1-\beta)^2\Delta^4 > \alpha\Delta[2B\alpha + (1-\beta)^2\Delta^3] > 0$$

5) 由式(16)可知

$$\frac{\partial D_i^{DC}}{\partial \beta} = \frac{B[2Bc_m - \alpha\Delta^2]}{[2B - (1-\beta)\Delta^2]^2}$$

欲证明 $\frac{\partial \tau^{DC}}{\partial \beta} > 0$,只需证明 $2Bc_m - \alpha\Delta^2 > 0$ 。

由上面的证明可知 $2Bc_m - \alpha\Delta^2 > 0$ 成立。

证毕

Study on a Firm's Reverse Collection Channel Choice

ZHANG Fu-li

Abstract: With the awareness of environmental protection and sustainable development, the reuse of used products is receiving much attention recently. This paper analyzes a firm's reverse collection channel choice, in which the firm engages in product collection and product remanufacturing. Two reverse collection channel structures are introduced: one is upstream collection model, in which the production headquarters collect used products directly from the consumers, the other is downstream collection model, in which the downstream subsidiary company collects used products directly from the consumers. It is proved that the former is better than the latter, and the profits and the return rate of used product for firm are increasing in the product substitution of downstream product under the upstream collection model. Furthermore, we compare the upstream collection model with the channel structure without product collection and product remanufacturing.

Key words: reverse collection channel; product remanufacturing; firm; transfer pricing