

文章编号:1005-0523(2012)01-0121-06

WTP 差异化条件下再制造闭环供应链的协调定价策略

郭军华

(华东交通大学经济管理学院,江西 南昌 330013)

摘要:在新产品及再制造产品的消费者支付意愿不一致的条件下,研究了再制造闭环供应链的协调定价策略。研究结果表明,分散式决策存在效率损失,为此设计了收益共享契约对再制造闭环供应链进行协调,并给出了该契约得以顺利实施需要满足的条件。

关键词:WTP 差异;再制造;闭环供应链;协调

中图分类号:F224

文献标识码:A

所谓再制造^[1](Remanufacturing)是指以产品全寿命周期理论为指导,以回收产品性能恢复和价值恢复为目标,对回收产品进行修复的一系列技术措施或工程活动的总称。而闭环供应链是传统正向及逆向供应链的有机结合,形成一个完整的环状供应链体系,通过产品的正向交付和逆向回收再利用,使资源-生产-消费-废弃的开环过程变成了资源-生产-消费-再生资源的闭环反馈式循环过程,将废旧产品实施再制造的闭环供应链即为再制造闭环供应链^[2-3]。

闭环供应链的定价策略直接影响着其运行效率,因而成为重要的研究视角。Dekker 和 Fleischmann (2004)对影响闭环供应链运行的关键因素进行了分析,并强调了逆向渠道中价格决策的重要性^[4];顾巧论等(2005)利用博弈论研究了单一制造商和零售商组成的逆向供应链系统中废旧产品的回收定价策略^[5];王玉燕等(2006)应用博弈理论对单一制造商和零售商构成的闭环供应链的定价策略进行了分析^[6];邱若臻、黄小原(2007)研究了随机需求下具有产品回收的闭环供应链的定价决策^[7]。

这些文献对闭环供应链的定价策略进行了较为深入的研究,然而却并未考虑回收产品的再制造。为此,一些学者将再制造引入到闭环供应链的定价模型展开研究。如:葛静燕、黄培清(2008)基于博弈论给出了再制造闭环供应链的定价策略^[8];易余胤(2009)建立了基于产品再制造的闭环供应链协调定价模型^[9];Zhou(2011)运用动态定价策略使得再制造闭环供应链达到供需平衡^[10];聂佳佳等(2011)以零售商负责回收的再制造闭环供应链为对象,研究了奖惩机制下再制造闭环供应链的最优定价策略^[11]。然而他们的研究中没有考虑再制造产品与新产品的差异,而根据 Guide 和 Li(2010)的结论,再制造产品及新产品的消费者支付意愿(willing to pay, WTP)存在显著差异,并对制造商的决策产生显著的影响^[12]。因此,本文沿着已有文献的研究脉络,考虑了再制造产品与新产品的 WTP 差异,基于两周期的再制造闭环供应链研究制造商的协调定价策略,为制造商的再制造产品及新产品的定价提供理论参考。本文的创新之处主要在于如下两点:一是在闭环供应链模型中考虑了产品的 WTP 差异,二是运用了两周期的定价模型,使得本文的研究更贴近于现实。

收稿日期:2011-11-20

基金项目:国家社会科学基金(10BGL010);国家自然科学基金(70962010);教育部人文社会科学基金(09YJA630064)

作者简介:郭军华(1976—),男,副教授,博士研究生,研究方向为物流系统工程与供应链管理。

2 问题描述和模型假设

2.1 问题描述

本文讨论基于单一制造商和单一零售商构成的闭环供应链系统,从实际考虑,假定由制造商进行回收系统的投资 I ,对废旧产品进行回收和实施再制造。事实上,制造商回收模式在实际中较为普遍,如美国、日本及许多欧盟国家通常由制造商直接对废旧家电和电子产品进行回收及再利用^[14]。

考虑如图1所示的两周期再制造闭环供应链^[15]。第一周期中,制造商仅生产新产品,并以批发价 w_{1n} 批发给零售商,零售商以零售价 p_{1n} 向消费者进行销售,相应的产量为 q_{1n} 。第二周期中,制造商以单位价格 A 向消费者回收第一周期末的EOL产品,并对其实施再制造,同时,制造商还以新材料进行新产品的生产;零售商分别以 w_{2n} 和 w_r 从制造商处批发新产品和再制造产品,然后分别以价格 p_{2n} 和 p_r 销售给消费者,销售量相应分别为 q_{2n} 和 q_r 。本文的研究问题是,在WTP差异化环境下,新产品及再制造产品如何进行定价,能实现制造商收益的最大化;进而通过改进的两步定价契约,来实现闭环供应链的协调。

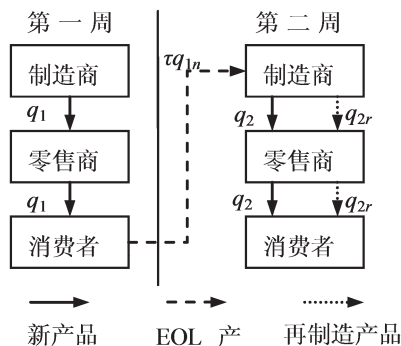


图1 两周期的再制造闭环供应链模型
Fig.1 Closed-Loop supply chain models with product remanufacturing in two cycles

2.2 模型假设

为更清楚的对模型进行解释,本文作如下相应假设:

假设1 假定新产品生产单位可变成本为 c_n ,再制造产品生产单位可变成本为 c_r ,并假定 $c_n > c_r > 0$ ^[16],这反应了再制造的成本节约优势; $\Delta = c_n - c_r$ 表示再制造产品比新产品节约的单位成本。

假设2 由于第一周期中仅存在新产品的生产及销售,可令其需求函数为 $p_{1n} = 1 - q_{1n}$ 。第二周期中同时存在新产品及再制造产品,假定消费者对新产品与再制造产品的认知存在差异,即消费者对新产品与再制造产品的WTP不同^[17]。按照文献[17]的结论,当新产品与再制造产品的WTP分别为1和 β ,客户效用为 $[0, 1]$ 上的均匀分布时,其需求函数满足的替代规律是: $p_{2n} = 1 - q_{2n} - \beta q_r$, $p_r = \beta(1 - q_{2n} - q_r)$;其中 $0 \leq \beta \leq 1$,即客户对新产品的认知价值不低于再制造产品,特别地, $\beta = 1$ 表明消费者认为再制造产品与新产品完全一样, $\beta = 0$ 表明消费者认为再制造产品相对新产品没有价值,本文沿用此替代规律进行分析。

假设3 假定EOL产品的回收率为 τ , $0 < \tau < 1$;回收的EOL产品全部实施再制造^[16]。制造商回收EOL产品的固定投资为 $I(\tau) = B\tau^2$ ^[18-19],其中 $B > 0$ 为规模参数;给定回收率 τ ,参数 B 越大,制造商投入的固定投资越大。

假设4 本文仅研究单一制造商及单一零售商所构成的闭环供应链,其中制造商为Stackelberg领导者,对渠道有足够的影响力;参与人均均为风险中性以及完全信息^[16]。

假设5 假定回收的废旧产品数量足以满足制造商生产再制造产品的需求^[15]。

3 分散式决策

在分散式决策模型(模型D)下,制造商及零售商以各自利润最大化为决策目标。由于制造商(M)为Stackelberg领导者,所以决策顺序为制造商先进行新产品及再制造产品批发价和回收率的决策;然后由零售商进行新产品和再制造产品零售价的决策。由逆向归纳法,先考虑零售商(R)的最优决策,零售商仅进行产品的销售,其利润来自于两周期新产品及再制造产品的利润总和,因此其决策问题为

$$\text{Max}_{p_{1n}, p_{2n}, p_r} \Pi_R^D = (p_{1n} - w_{1n})q_{1n} + (p_{2n} - w_{2n})q_{2n} + (p_r - w_r)q_r \quad (1)$$

将假设2中的需求函数代入式(1),并考虑其一阶条件可得零售商的反应函数为

$$p_{1n} = \frac{1 + w_{1n}}{2}, p_{2n} = \frac{1 + w_{2n}}{2}, p_r = \frac{\beta + w_r}{2}$$

制造商的利润为两周期中新产品及再制造产品的利润之和减去回收总成本,其决策问题为

$$\text{Max}_{w_{1n}, w_{2n}, w_r, \tau} \Pi_M^D = (w_{1n} - c_n)q_{1n} + (w_{2n} - c_n)q_{2n} + (w_r - c_r)q_r - B\tau^2 - A\tau q_{1n} \quad (2)$$

将零售商反应函数代入式(2)并考虑其一阶条件有

$$w_{1n}^{D*} = \frac{A^2 - 4(1 + c_n)B}{A^2 - 8B}, w_{2n}^{D*} = \frac{1 + c_n}{2}, w_r^{D*} = \frac{\beta + c_r}{2}, \tau^{D*} = \frac{(1 - c_n)A}{A^2 - 8B}$$

将其代入零售商反应函数可得

$$p_{1n}^{D*} = \frac{1}{2} + \frac{A^2 - 4(1 + c_n)B}{2(A^2 - 8B)}, p_{2n}^{D*} = \frac{3 + c_n}{4}, p_r^{D*} = \frac{3\beta + c_r}{4}$$

进一步可得制造商及零售商的最优利润为

$$\Pi_M^{D*} = \frac{(\beta c_n - c_r)^2}{8\beta(1 - \beta)} + \frac{(1 - c_n)^2}{8} - \frac{B(1 - c_n)^2}{A^2 - 8B}, \Pi_R^{D*} = \frac{(\beta c_n - c_r)^2}{16\beta(1 - \beta)} + \frac{(1 - c_n)^2}{16} + \frac{4B^2(1 - c_n)^2}{(A^2 - 8B)^2}$$

对上述均衡结果进行分析,可得如下结论:

结论1 新产品批发价及零售价与 β 值无关,再制造产品批发价及零售价均随 β 值的增大而增加。

证明 由上述批发价及零售价的表达式即可得。

结论1说明,随着消费者对再制造产品支付意愿的增加,再制造产品能以更高的价格在市场上进行销售,这与直观上的认识是一致的。

结论2 当 $\beta c_n > c_r$ 时,制造商利润及零售商利润均随 β 值的增大而增加;当 $\beta c_n < c_r$ 时,制造商利润和零售商利润随 β 值的增大而减少。

证明 由 $\frac{d\Pi_M^{D*}}{d\beta} = \frac{[\beta(c_n - c_r)]^2 - [(1 - \beta)c_r]^2}{8\beta^2(1 - \beta)^2}$, $\frac{d\Pi_R^{D*}}{d\beta} = \frac{[\beta(c_n - c_r)]^2 - [(1 - \beta)c_r]^2}{16\beta^2(1 - \beta)^2}$,显然,当 $\beta c_n > c_r$ 时,有 $\frac{d\Pi_M^{D*}}{d\beta} > 0$ 和 $\frac{d\Pi_R^{D*}}{d\beta} > 0$,因此制造商利润及零售商利润函数均为 β 的增函数,也就是说,制造商利润及零售商利润均随 β 值的增大而增加;同理,当 $\beta c_n < c_r$ 时,有 $\frac{d\Pi_M^{D*}}{d\beta} < 0$ 和 $\frac{d\Pi_R^{D*}}{d\beta} < 0$,制造商利润和零售商利润随 β 值的增大而减少。证毕。

结论2表明,从利润最大化的角度来考虑,消费者对再制造产品的认知程度并非越大越好。仅在满足条件 $\beta c_n > c_r$ 时,认知度越高,制造商和零售商的利润才会越高,由于 c_r 代表了再制造产品的生产成本,而 βc_n 相当于考虑了认知差异后的新产品相对再制造产品的生产成本,因此只有在经过认知差异折算后的新产品成本高于再制造产品成本时,提高 β 值才有利于闭环供应链系统利润的提高。

4 集中式决策

在集中式决策模型(模型C)下,制造商和零售商作为一个整体统一决策,以利润总和最大化为决策目标。此时的决策问题为

$$\text{Max}_{p_{1n}, p_{2n}, p_r, \tau} \Pi_M^C = (p_{1n} - c_n)q_{1n} + (p_{2n} - c_n)q_{2n} + (p_r - c_r)q_r - B\tau^2 - A\tau q_{1n} \quad (3)$$

将假设2中的需求函数代入式(3),并考虑其一阶条件可得

$$p_{1n}^{C*} = \frac{A^2 - 2B(1 + c_n)}{A^2 - 4B}, p_{2n}^{C*} = \frac{1 + c_n}{2}, p_r^{C*} = \frac{\beta + c_r}{2}, \tau^{C*} = \frac{(1 - c_n)A}{A^2 - 4B}$$

进一步可得整个系统(T)的最大利润为

$$\Pi_T^{C*} = \frac{(\beta c_n - c_r)^2}{4\beta(1 - \beta)} + \frac{(1 - c_n)^2}{4} - \frac{B(1 - c_n)^2}{A^2 - 4B}$$

将集中式决策下的均衡结果与分散式决策的均衡结果进行对比。分散式决策下的系统总利润为

$$\Pi_T^{D*} = \Pi_M^{D*} + \Pi_R^{D*} = \frac{3(\beta c_n - c_r)^2}{16\beta(1 - \beta)} + \frac{3(1 - c_n)^2}{16} - \frac{B(1 - c_n)^2}{A^2 - 8B} + \frac{4B^2(1 - c_n)^2}{(A^2 - 8B)^2}$$

由于 $\Pi_T^{C*} - \Pi_T^{D*} = \frac{(\beta c_n - c_r)^2}{16\beta(1 - \beta)} + \frac{(1 - c_n)^2}{16} + \frac{16B^3(1 - c_n)^2}{(A^2 - 4B)(A^2 - 8B)^2} > 0$, 所以集中式决策相对分散式决策更有

效率, 分散式决策下制造商、零售商及闭环供应链系统利润均未达到最优, 存在进一步优化的空间。因此, 需要设计有效的协调机制来提高闭环供应链系统及各成员的利润。

5 协调机制

上述分析表明, 分散式决策下存在着系统效率损失, 下面引入收益共享契约, 使闭环供应链系统利润达到集中式决策下的水平。记此时模型为RS, 收益共享契约可表示为 $(w_{1n}^{RS}, w_{2n}^{RS}, w_r^{RS}, \phi)$, 即制造商以低于成本的批发价 w_{1n}^{RS} , w_{2n}^{RS} 及 w_r^{RS} 分别将新产品及再制造产品转让给零售商, 销售期结束后零售商和制造商以 ϕ ($0 < \phi < 1$) 与 $1 - \phi$ 的比例将销售收益进行分配。此时零售商的决策问题为

$$\text{Max}_{p_{1n}, p_{2n}, p_r} \Pi_R^{RS} = \phi(p_{1n}q_{1n} + p_{2n}q_{2n} + p_rq_r) - (w_{1n}q_{1n} + w_{2n}q_{2n} + w_rq_r) \quad (4)$$

制造商的利润函数为

$$\text{Max}_{w_{1n}, w_{2n}, w_r, \tau} \Pi_M^{RS} = (w_{1n} - c_n)q_{1n} + (w_{2n} - c_n)q_{2n} + (w_r - c_r)q_r - B\tau^2 - A\tau q_{1n} + (1 - \phi)(p_{1n}q_{1n} + p_{2n}q_{2n} + p_rq_r) \quad (5)$$

此时为协调再制造闭环供应链, 有

结论3 收益共享契约下使得分散式决策达到集中式决策下闭环供应链系统利润批发价定价为

$$w_{1n}^{*RS} = \frac{\phi(1 - c_n)}{A^2 - 8B}, w_{2n}^{*RS} = \frac{\phi(1 - c_n)}{A^2 - 4B}, w_r^{*RS} = \frac{\phi(\beta - c_r)}{A^2 - 8B}$$

证明 考虑式(4)的一阶条件可知收益共享契约下的零售价为

$$p_{1n}^{*RS} = \frac{w_{1n} - \tau w_{2n} + \tau w_r + \phi[1 + (1 - \beta)\tau + 2(1 - \beta)\tau^2]}{2\phi[1 + (1 - \beta)\tau^2]}$$

$$p_{2n}^{*RS} = \frac{(1 - \beta)\tau w_{1n} + [2 + (1 - \beta)\tau^2]w_{2n} + (1 - \beta)\tau^2 w_r + (1 - \beta)^2\phi\tau^2 - (1 - \beta)\phi\tau}{2\phi[1 + (1 - \beta)\tau^2]}$$

$$p_r^{*RS} = \frac{(1 - \beta)\tau w_{1n} + w_{2n} + (1 - \beta)\tau^2 w_r - \phi(1 - \beta)(1 + \tau)}{2\phi[1 + (1 - \beta)\tau^2]}$$

为使收益共享契约下闭环供应链系统利润水平与集中式决策时一致, 只需满足 $p_{1n}^{*RS} = p_{1n}^{*C}$, $p_{2n}^{*RS} = p_{2n}^{*C}$ 和 $p_r^{*RS} = p_r^{*C}$, 比较即可得

$$w_{1n}^{*RS} = \frac{\phi(1 - c_n)}{A^2 - 8B}, w_{2n}^{*RS} = \frac{\phi(1 - c_n)}{A^2 - 4B}, w_r^{*RS} = \frac{\phi(\beta - c_r)}{A^2 - 8B}。证毕。$$

将 w_{1n}^{*RS} , w_{2n}^{*RS} , w_r^{*RS} , p_{1n}^{*RS} , p_{2n}^{*RS} , p_r^{*RS} 代入式(4)和式(5), 即可得收益共享契约下制造商及零售商的利润分别为: $\Pi_M^{*RS} = (1 - \phi)\Pi_T^{*C}$, $\Pi_R^{*RS} = \phi\Pi_T^{*C}$ 。显然有, $\Pi_T^{*RS} = \Pi_M^{*RS} + \Pi_R^{*RS} = \Pi_T^{*C}$, 这说明该收益共享契约能协调再制造闭环供应链。

结论4 收益共享契约中契约参数 ϕ 需满足 $\frac{1}{4} \leq \phi \leq \frac{1}{2}$ 。

证明 要使得该收益共享契约得以顺利实施,必须满足双方的个体理性约束条件,即需满足 $\Pi_M^{*RS} \geq \Pi_M^{*D}$ 及 $\Pi_R^{*RS} \geq \Pi_R^{*D}$,将 Π_M^{*RS} , Π_M^{*D} , Π_R^{*RS} , Π_R^{*D} 表达式代入即可得 $\frac{1}{4} \leq \phi \leq \frac{1}{2}$ 。证毕。

结论4说明,只要契约参数 ϕ 满足 $\frac{1}{4} \leq \phi \leq \frac{1}{2}$,零售商就会接受该收益共享契约,而契约参数 ϕ 的具体取值则依赖于制造商与销售商的谈判结果。

6 总结与展望

本文基于消费者对新产品及再制造产品WTP的不一致,以再制造闭环供应链为研究对象,分别在分散式决策及集中式决策两种情形下研究了新产品、再制造产品的最优定价策略,然后将两种情形下的最优决策进行了比较。结果表明,集中式决策相对分散式决策更有效率,分散式决策下制造商、零售商及闭环供应链系统利润均未达到最优,存在进一步优化的空间。为此,运用收益共享契约对闭环供应链进行协调,即通过新产品及再制造产品批发价的设定,使得分散式决策时闭环供应链系统总利润与集中式决策时相等,并且制造商及零售商的利润均不小于分散式决策时的利润水平。

本文还可作进一步的拓展。比如对于再制造产品,不同的消费者的WTP值 β 并不一定是一致的,可能会有不同的评价和偏好,此时将如何进行再制造闭环供应链的定价与协调,需要进行深入研究。此外,回收系统比较复杂,回收率 τ 依赖于许多因素,往往具有不确定性,此时再制造闭环供应链的定价与协调又会发生怎样的变化,本文并未对此进行考虑,这将是后续研究的重点。

参考文献:

- [1] 徐滨士. 再制造与循环经济[M]. 北京:科学出版社,2007:17-19.
- [2] GUIDE JR V, HARRISON T P. The challenge of closed-loop supply chains[J]. Interfaces, 2003, 33(6): 3-6.
- [3] NUNEN J, EUIDWIJK R A. E-enabled closed-loop supply chains [J]. California Management Review, 2004, 46(2): 40-54.
- [4] DEKKER R, FLEISCHMANN M. Reverse logistics: quantitative models for closed-loop chains [M]. Berlin: Springer, 2004: 4-5.
- [5] 顾巧论, 高铁杠, 石连栓. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析[J]. 系统工程理论与实践, 2005(3): 20-25.
- [6] 王玉燕, 李帮义, 申亮. 供应链、逆向供应链系统的定价策略模型[J]. 中国管理科学, 2006, 14(4): 40-45.
- [7] 邱若臻, 黄小原. 具有产品回收的闭环供应链协调模型[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2007, 28(6): 883-886.
- [8] 葛静燕, 黄培清. 基于博弈论的闭环供应链定价策略分析[J]. 系统工程学报, 2008, 23(1): 111-115.
- [9] 易余胤. 基于再制造的闭环供应链协调定价研究[J]. 商业经济与管理, 2009, 215(9): 17-21.
- [10] ZHOU S X, YU Y K. Optimal product acquisition, pricing, and inventory management for systems with remanufacturing [J]. Operations Research, 2011, 59(2): 514-521.
- [11] 聂佳佳, 王文宾, 吴庆. 奖惩机制对零售商负责回收闭环供应链的影响[J]. 工业工程与管理, 2011, 16(2): 52-59.
- [12] GUIDE JR V, LI J Y. The potential for cannibalization of new products sales by remanufactured products [J]. Decision Sciences, 2010, 41(3): 547-572.
- [13] 易余胤. 不同主导力量下的闭环供应链模型[J]. 系统管理学报, 2010, 19(4): 389-396.
- [14] 鲍健强, 翟帆, 陈亚青. 生产者延伸责任制度研究[J]. 中国工业经济, 2007, 233(8): 98-105.
- [15] 孙浩, 达庆利. 基于产品差异的再制造闭环供应链定价与协调研究[J]. 管理学报, 2010, 7(5): 733-738.
- [16] SAVASKAN R C, BHATTACHARYA S, WASSENHOVE L N V. Closed-Loop supply chain models with product remanufacturing[J]. Management Science, 2004, 50(2): 239-252.
- [17] FERRER G, SWAMINATHAN J M. Managing new and differentiated remanufactured products[J]. European Journal of Op-

erational Research, 2010, 203(2): 370-379.

- [18] FURCHTER G E, KALISH S. Closed-loop advertising strategies in a duopoly [J]. Management Science, 1997, 43(1): 54-63.
- [19] ZHAO Z. Raising awareness and signaling quality to uninformed consumers: a price advertising model [J]. Marketing Science, 2000, 19(4): 390-396.

Pricing Strategies of Remanufacturing Closed-loop Supply Chain Based on WTP Differentiation

Guo Junhua

(School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The pricing strategies and coordination mechanism of remanufacturing closed-loop supply chain are studied based on the WTP differentiation. The results show that there is an efficiency loss in decentralized decision. Then, a benefit-sharing contract is designed to coordinate the remanufacturing closed-loop supply chain. Moreover, the condition has been presented which may smoothly implement the contract.

Key words: WTP differentiation; remanufacturing; closed-loop supply chain; coordination

(上接第 101 页)

Influencing Mechanism of University Brand Image on Brand Satisfaction and Brand Loyalty

Shen Pengyi

(School of Economics and Management, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: University brand image helps universities to improve competitive advantage and competitive ability in the process of marketing and popularity of higher education, and promotes the sustainable development of universities. Based on the review of brand image measurement at home and abroad and the connotation and characteristics of university brand, this paper uses the interview method to develop the measurement dimensions and system of university brand image. Meanwhile, this paper analyzes empirically the relationship between university brand image, brand satisfaction and brand loyalty from the perspective of university customers' perception. The results show that university brand image not only has direct positive impact on brand satisfaction and brand loyalty, but also has indirect impact on brand loyalty through brand satisfaction.

Key words: university brand; university brand image; brand satisfaction; brand loyalty