

文章编号:1000-582X(2007)07-0152-05

针对易变质产品的边际回购策略分析

黄河¹,徐鸿雁²,王旭³

(1. 重庆大学经济与工商管理学院,重庆 400030;

2. 清华大学经济管理学院,北京 100084;3. 重庆大学机械工程学院,重庆 400030)

摘要:针对易变质产品残值小的特点,考虑制造商对过期产品数量的不同态度,提出了一种新的回购策略——边际回购策略。分析了当制造商采取边际回购策略时,制造商的决策(产品批发价格和回购价格)和零售商的决策(产品销售价格和订货量)。研究发现,通过采取边际回购策略制造商和零售商的收益都有所增加,也提高了整个供应链的利润。数值实验还显示,相比固定回购策略,边际回购策略能够减少需求不确定带给制造商的风险。

关键词:易变质产品;回购策略;边际回购;供应链协调

中图分类号:F253.4

文献标志码:A

在很多行业中,制造商常常依靠零售商去面对最终用户。藉此,制造商可以从零售商的规模经济、信誉以及对销售市场的了解中受益。在这样的销售背景下,制造商的主要决策就是去设定产品的批发价格,并考虑采取什么样的策略来激励零售商购买更多的产品,回购策略就是制造商常用的策略之一。回购策略是指,在零售商销售周期结束后,制造商以一定的价格回购零售商未销售完的产品。已有文献中的回购契约形式,按照回购数量和回购价格,主要可以分为两种(Cachon 2003^[1], Tsay 1999^[2]):完全回购和部分回购。Pasternack (1985)^[3]首次对易变质产品的回购契约作了分析。文章中讨论了产品销售价格是外生变量,市场需求不受制造商和零售商决策的影响时,制造商采取哪种回购契约形式(部分回购或完全回购)能实现供应链的协调。在很多现实情况下,产品的销售价格是由零售商设定的,零售商通过价格来影响需求,在这种价格内生的情况下,Marvel 和 Peck (1995)^[4], Bernstein 和 Federgruen (2000)^[5]都证明了回购契约不能实现供应链的协调。但是,Emmons (1998)^[6]在价格内生的情况下,发现虽然回购契约不能实现供应链协调,但是采取回购契约仍然比批发价契约给系统带来更多的收益。实际中,由于回购策略操作简单,在

零售商制定销售价格的情况下,很多制造商仍采用回购策略。

目前,无论是完全回购还是部分回购策略都暗含着这样的假设:每个回购的产品带给制造商的成本是一样的,即为回购的价格。也就是说,制造商对每个过期(销售周期)产品的态度是相同的。事实上,针对某些特殊产品如易变质产品来说,制造商对过期产品的态度是不一样的。因此,当考虑那些在存贮过程中产品的质量会发生变化的产品,过了销售周期后产品变得不再可用,残值几乎为零的这类产品——易变质产品时,制造商往往不希望采取“一视同仁”的回购策略。因此,笔者提出一种新的回购策略——边际回购策略,目的在于弥补以往回购策略,对不同数量回购产品的边际效用(影响)不加区分的问题,以更准确的表达制造商对待过期产品的态度。

边际回购策略把制造商的回购价格与回购数量的相关性描述出来。举个例子来说,如果零售商剩余一个单位产品,单位回购价格为3,如果剩余2个单位产品,那么单位回购价格可能为2。实际上,边际回购(策略)是部分回购或完全回购的一个更普遍的形式,是它们的一种推广。一方面,边际回购策略继承了回购策略的特点,通过策略影响零售商的销售价格,进而

收稿日期:2007-05-12

基金项目:国家科技部“十一五”科技支撑计划(2006bah02a09)。

作者简介:黄河(1977-),男,重庆大学副教授,博士,主要从事机制设计、供应链协调的研究,(E-mail) Huanghe@cqu.edu.cn。

影响市场需求达到销售量增加的目的;另一方面,边际回购策略致力于揭示,不同数量回购产品对于制造商的不同影响,力求发现“边际效用”概念在供应链协调的回购策略中的新意义。文章中为了区别边际回购与部分回购或完全回购,笔者称部分回购或完全回购为“固定回购”,即回购的产品的价格是固定的。对于边际回购契约,我们研究了在价格内生的情况下,制造商和零售商的最优决策。通过数值分析发现,就相同的期望收益而言,边际回购相比固定回购带给制造商的方差更小,同时边际回购带给零售商的方差不大于固定回购带给零售商的方差,这也是文章提出边际回购策略的另外一个重要原因。

1 零售商的决策

文中只考虑零售商订货一次的情况,零售商得到产品后,在产品的生命周期内销售该产品。如果在产品生命周期结束后,仍有产品剩余,制造商按照一定的边际价格策略回购剩余产品。假设模型中事件发生顺序如下。

首先,制造商提出产品批发价 ω 和回购价格 $g(x)$ (x 为剩余产品数量):在产品销售周期开始前,以价格 ω 把产品卖给零售商;在销售周期结束后,以回购价格 $g(x)$ 从零售商处买回剩余的过期产品,这里 $g(x)$ 是剩余产品数量 x 的减函数,且满足 $g'(x) \leq 0, g(x) \leq \omega, g(0) = \omega, xg(x)$ 是剩余产品数量 x 的凹函数。制造商的生产成本为 c ,并假设制造商的生产能力没有限制。

接下来,零售商根据制造商提出的产品批发价 ω 和回购价格 $g(x)$,在销售周期开始前向制造商订货 Q 并确定产品的销售价格 p ,在销售周期内以价格 p 销售产品直到销售周期结束。

这里假设平均需求 $D(p)$ 是 p 的减函数,同时在平均需求下零售商的平均收入 $p \cdot D(p)$ 是凹函数。实际需求采取乘法需求模型 (Multiplicative demand model),即实际的需求等于平均需求 $D(p)$ 与均值为 1 的正的随机变量的乘积。那么得到实际需求的密度函数 $h(x;p)$ 为

$$h(x;p) = \frac{1}{D(p)} f\left(\frac{x}{D(p)}\right), x \geq 0, \quad (1)$$

其中, $f(\cdot)$ 为一个均值为 1 的正随机变量的密度函数。

零售商已知 $D(p)$ 的分布,可以通过对销售价格 p 的设定来影响需求,也就是说零售商对需求有一定的影响力。在给定 ω 和 $g(x)$ 的情况下,可以得到零售商的期望收益函数:

$$\pi_R(p, Q; \omega, g(\cdot)) = p \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} D(p) x f(x) dx + pQ \int_{\frac{Q}{D(p)}}^{\infty} f(x) dx - \omega Q + g(M(Q, p)) M(Q, p), \quad (2)$$

其中, $M(Q, p) = \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} (Q - D(p)x) f(x) dx$ 表示零售商在销售周期结束后剩余的产品的数量。零售商的目标是通过制定最优的 (Q, p) , 最大化其期望收益。对于实现零售商期望收益最大化的一阶必要条件的平稳点 (Q^*, p^*) , 必须满足如下条件:

$$F\left(\frac{Q}{D(p)}\right) [g(M(Q, p)) - p + g'(M(Q, p)) M(Q, p)] - (\omega - p) = 0, \quad (3)$$

$$Q - D(p) \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} F(x) dx + [p - g(M(Q, p)) - g'(M(Q, p)) M(Q, p)] \left[F\left(\frac{Q}{D(p)}\right) \frac{Q}{D(p)} - \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} F(x) dx \right] \frac{\partial D(p)}{\partial p} = 0. \quad (4)$$

特别地,当式(2)的海森矩阵在满足式(3)和式(4)的平稳点 Q^*, p^* 处负定时, (Q^*, p^*) 即为问题的最优解。由于,一般情况下上述有关海森矩阵负定的讨论的复杂性,在此不作过多阐述。

另外,有关边际回购策略中零售商的销售价格策略,还得到如下命题。

命题 1 边际回购价格关于产品的销售价格非增

证明:由于边际回购价格 $y(M(Q, P))$ 关于剩余产品数量 $M(Q, P)$ 是非增的,那么,只要证明剩余产品数量 $M(Q, P)$ 关于销售价格 p 非减,即可。

$M(Q, P) = \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} (Q - D(p)x) f(x) dx$ 对 p 求一阶导数可以得到,

$$\frac{\partial M(Q, p)}{\partial p} = - \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} \frac{\partial D(p)}{\partial p} dx, \quad (5)$$

由于 $D(p)$ 是 p 的减函数,也即是 $\frac{\partial D(p)}{\partial p} \leq 0$, 所以有 $\frac{\partial M(Q, p)}{\partial p} \geq 0$, 也即 $M(Q, P)$ 关于 p 非减。得证。

回购价格与销售价格的非增关系比较容易理解:在日常生活中,零售商销售价格定的越高,顾客的需求越少,零售商向制造商订货量就越少,制造商就越不愿意回购过期的产品,回购价格就越低。

2 制造商的决策

零售商的决策——销售价格 p 和订货量 Q 是在

制造商给出相应的批发价格和回购规则后,以自身的收益最大化为目标而设定的。那么,制造商在制定相应决策时,就可以推断出零售商的决策,这样制造商的收益函数可以表示如下:

$$\pi_M(\omega, g(\cdot)) = (\omega - c)Q^* - g\left(\int_0^{\frac{Q^*}{D(p^*)}} (Q^* - D(p^*)x)f(x) dx\right) \cdot \int_0^{\frac{Q^*}{D(p^*)}} (Q^* - D(p^*)x)f(x) dx,$$

考虑到 $M(Q, p)$ 的定义,上式即为,

$$\pi_M(\omega, g(\cdot)) = (\omega - c)Q^* - g(M(Q^*, p^*)) \cdot M(Q^*, p^*). \quad (6)$$

要找到制造商最优的批发价格 ω^* 和回购价格 $g(x)^*$,只需把式(4)和式(5)得出的结果带入到式(6)中即可。由于分析结果比较繁琐,这里将不讨论 ω^* 和 $g(x)^*$ 的解析形式,下面通过数值例子去观察制造商和零售商的决策情况。

为了分析制造商采取边际回购策略时零售商的订货量、销售价格、收益及制造商的批发价格、边际回购价格之间的一些关系,假设 $f(x)$ 服从 $[0, 2]$ 的均匀分布,并给出一种边际回购策略的具体形式如下,

$$g(M(Q, p)) = \begin{cases} s_1 & M(Q, p) \leq \alpha Q \\ s_2 & M(Q, p) > \alpha Q \end{cases}, s_1 > s_2, \quad (7)$$

$$p^* = \{3[s_1 + (s_2 - s_1)(1 - \alpha^2)] + k + \sqrt{[k + 8\omega - 9(s_1 + (s_2 - s_1)(1 - \alpha^2))][k - (s_1 + (s_2 - s_1)(1 - \alpha^2))]\} / 4, \quad (10)$$

$$Q^* = \frac{2b(p^* - k)(p^* - \omega)}{p^* - s_1 - (s_2 - s_1)(1 - \alpha^2)}. \quad (11)$$

从式(9)中可以看出,由于一定存在 $w \leq p$ (零售价格总是不低于批发价格 $\omega \geq k$),那么如果批发价格那么零售商不会获得利润,零售商的订货量为 0。因此,必须假定 $p < k, w \leq p$ 这样可以得到下面的一些性质。

命题 2 p^* 是制造商批发价格 ω 的增函数。

命题 3 p^* 关于制造商边际回购价格的参数 s_1, s_2, α 均非增。

上述的 3 条定理都可以通过式(10)得到。这样,制造商期望收益可以表示为:

$$\pi_M(\omega, g(\cdot)) = (\omega - c)Q^* - \frac{Q^{*2}}{4b(p^* - k)}(s_1 + (s_2 - s_1)(1 - \alpha^2)). \quad (12)$$

相应的制造商决策为 $\omega, g(x)$,由于问题的复杂性,我们通过数值例子来分析它的一些特性。我们把上述从式(6)-(12)中出现的参数进行数值化,即设定

该阶梯函数表示剩余产品的数量不大于零售商订货量的一定比例的话,单位回购价格就为 s_1 ,如果剩余产品的数量大于零售商订货量的一定比例,单位回购价格就为 s_2 。值得说明,式(7)是对理想中边际回购的一种理想化近似,为了模型计算的方便我们使用该阶梯形式的递减函数。那么,在这样的假设下式(2)可写成:

$$\pi_R(p, Q; \omega, g) = p \int_0^{\frac{Q}{D(p)}} D(p)x f(x) dx + pQ \int_{\frac{Q}{D(p)}}^{\infty} f(x) dx - \omega Q + s_1 \left(\int_{\frac{Q}{D(p)}}^{\frac{Q}{D(p)}} ((1 - \alpha)Q - D(p)x) f(x) dx \right) + s_2 \int_0^{\frac{Q}{D(p)}(1 - \alpha)} (Q - D(p)x) f(x) dx. \quad (8)$$

为了便于问题的研究,进一步限制 $D(p)$ 的函数关系式,假设平均需求与销售价格间是线性关系:

$$D(p) = b(p - k), b < 0, k > 0, \quad (9)$$

其中 b 反映的是价格对需求的影响, k 反映的是市场的规模情况。

容易证明,式(8)的海森矩阵在式(10)和式(11)表示的点 (Q^*, p^*) 处是负定的。那么,零售商的最优销售价格和最优订货量即为:

$c = 1, b = -3, k = 5$,那么当制造商不采取回购政策时,即 $s_1 = s_2 = 0$ 时,当批发价格 $\omega \in [1, 5]$ 变化时,制造商和零售商的收益随 ω 的变化情况可用图 1 和图 2 中点划线所示,此时制造商的最优批发价格为 $\omega = 2.1701$;当制造商采取我们设定的边际回购政策时,即在 $s_1 = 0.6, s_2 = 0.4, \alpha = 0.2$ 时,制造商和零售商的收益随的变化情况如图 1 和图 2 中实线所示,此时最优批发价格为 $\omega = 2.2590$ 。(图 1 至图 4 中,点划线均表示不采取边际回购策略的情况,实线均表示采取边际回购策略的情况,横坐标均为批发价格 ω)。

从图 1 中可以发现,采取边际回购策略的制造商的最优批发价格比不采取边际回购策略时的最优批发价格要高,相应得到的收益也比不采取边际回购策略时的要高。因此采取边际回购策略对制造商来说是有益的。图 2 显示,制造商采取边际回购策略对零售商总是有利的。

由此可见,制造商和零售商的收益都得到了提高,

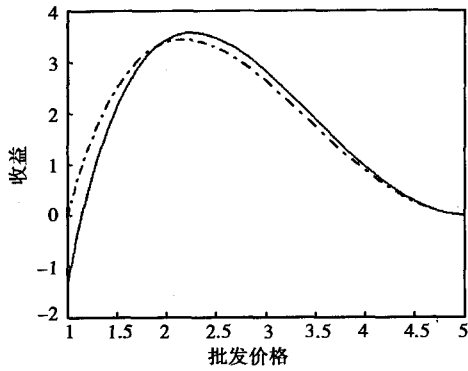


图1 采取与不采取边际回购策略时制造商收益的比较

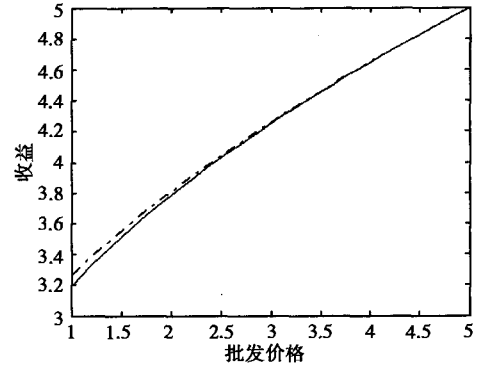


图4 采取与不采取边际回购策略时零售商销售价格的比较

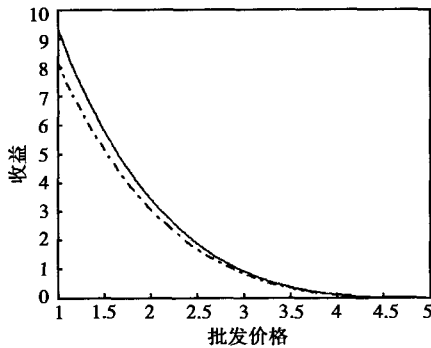


图2 采取与不采取边际回购策略时零售商收益的比较

那么采取边际回购策略也将使整个供应链的收益提高。其原因主要在于,零售商的订货量增加了,销售价格有了小幅度的下降,顾客的需求有了一定程度的增加。图3和图4分别为零售商的订货量和销售价格随

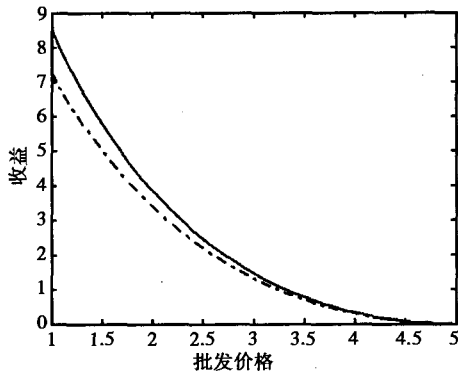


图3 采取与不采取边际回购策略时零售商订货量的比较

制造商的批发价格变化的曲线。

图3和图4分别显示,采取边际回购策略会增加零售商的订货量并降低零售商的销售价格。

3 边际回购与固定回购

文献已经证明在价格内生的情况下,回购策略不能实现供应链的协调,而边际回购作为一种特殊形式的回购策略也不例外。那么针对易变质产品采取边际回购策略,对制造商还有什么好处呢?需求的不确定性往往使得研究者,着重考察制造商的期望收益,而忽略了不确定性带来的制造商收益上的方差。我们发现,边际回购契约带给制造商的收益方差小于固定回购策略带给制造商的收益方差。这里,需要简单阐述一下方差所包含的经济意义:由于不确定性引起的方差在一定程度上反应了制造商获得期望值的风险,如果模型中假设制造商和零售商都是风险中性的,那么在期望收益相同的情况下,制造商选择回购策略时更愿意选择风险小的回购策略——边际回购策略。

下面沿用第2部分的数值例子,显示带给制造商相同期望收益的边际回购契约和固定回购契约带来了不同的方差——制造商采取边际回购策略比固定回购策略减少了风险。

在数值例子中,选择 $s_1 = 0.6, s_2 = 0.4, \alpha = 0.4$, 该边际回购策略带给制造商的最优期望收益为: $\pi_M = 3.5806$ (在图5中平行于横坐标的点线), 带给零售商的最优期望收益为: $\pi_R = 2.5456$ (在图6中平行于横坐标的点线)。在图5和图6中,纵坐标表示收益,横坐标表示需求的随机实现。在图5中点划线表示的是边际回购策略在需求实现过程中制造商收益的变化情况,实线表示的是固定回购策略在需求实现过程中制造商收益的变化情况。由于我们选取的边际回购策略是一个阶梯函数,所以图5和图6都出现了一个转折点,图5中,边际回购策略相比固定回购策略,在大部分的需求实现的范围中 $([0, 0.59], [0.72, 1])$, 总是更接近于期望收益,就意味着边际回购策略可能给制造商带来的风险更小。在图6中点划线表示的是边际回购策略在需求实现变化中零售商收益的变化情况,实线表示的是固定回购策略在需求实现变化中零售商收益的变化情况,转折点前边际回购策略带来的收益与固定回购策略几

乎重合,而在转折点后的曲线,边际回购策略带来的收益比固定回购策略更接近于期望收益,就意味着边际回购策略没有带给零售商更大的风险。

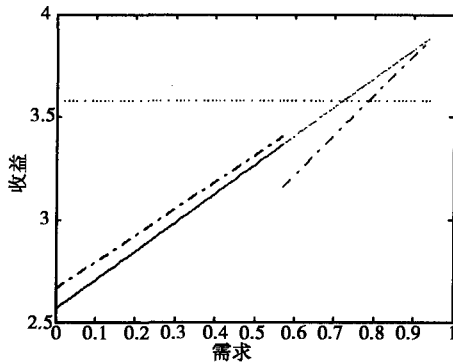


图5 边际回购和部分回购带给制造商的收益情况

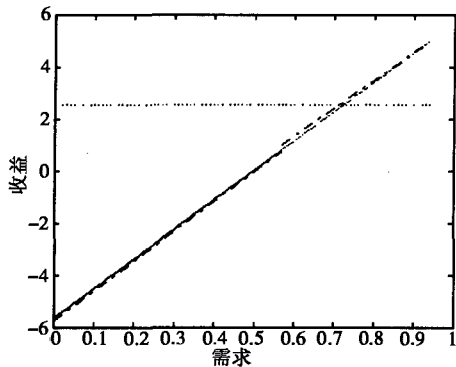


图6 边际回购和部分回购带给零售商的收益情况

4 结论

研究了易变质产品的制造商和零售商之间只订货一次,且产品销售周期有限时,在需求与价格相关的情况下,由需求的不确定性产生的制造商和零售商的决策问题。在上述运作环境下,针对目前已有回购策略不能充分反映出,不同数量的回购(易变质)产品对制

造商的边际影响的问题,文中提出一种新的回购策略——边际回购策略。分析了边际回购策略对于零售商的决策:产品销售价格和订货量,以及对于制造商的决策:批发价格和边际回购策略的影响。研究发现,制造商采取边际回购策略不仅给自身带来了好处,同时零售商的收益也有相应的增加,虽然零售商的销售价格降低了,但是零售商订货量有了增加,销售的数量也增多,整个供应链的利润增加。通过数值分析,发现了边际回购策略的另外一个重要性质:边际回购策略给制造商带来的收益方差相比固定回购策略的要小,减少了需求不确定带给制造商的风险。

参考文献:

- [1] CACHON G P. Supply Chain Coordination with Contracts [C]//Supply Chain Management: Design, Coordination and Operation, ed. S. C. G. A. G. de Kok. Vol. II. 2003: ELSEVIER.
- [2] TSAY A S. Nahmias, N. Agrawal, Modeling Supply Chain Contracts: A Review [C]//Boston: Kluwer. Quantitative Models for Supply Chain Management, ed. R. G. S. Tayur, M. Magazine, 1999.
- [3] PASTERNAK B A. Optimal Pricing and Return Policies for Perishable Commodities [J]. Marketing Science, 1985, 4(2): 166-176.
- [4] MARVEL H, J PECK. Demand Uncertainty and Return Policies [J]. International Economics Review, 1995, 36(3): 691-714.
- [5] BERNSTEIN F A F. Decentralized Supply Chains with Competing Retailers Under Demand Uncertainty [J]. Management Science, 2005, 52(1): 18-29.
- [6] HAMILTON EMMONS S M G. The Role of Returns Policies in Pricing and Inventory Decisions for Catalogue Goods [J]. Management Science, 1998, 44(2): 276-283.
- [7] Cachon G L M. Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations [J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.

Marginal Return Policy for Perishable Products

HUANG He¹, XU Hong-yan², WANG Xu³

- (1. College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400030, China
2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
3. College of Mechanical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Considering perishable products usually have little salvage, a return policy—marginal return policy is proposed. This policy reveals the manufacturer's different attitudes toward the amount of the returned products. By applying the marginal return policy, the decisions of the manufacturer (wholesale price and return price) and decisions of the retailer (sales price and order quantity) are analyzed. Under marginal return policy, both profits of the manufacturer and retailer increase, which lead the increase of system's profit directly. At the same time, numerical experiments show that, contrast to the usual return policy, the marginal return policy could reduce the manufacturer's risks caused by the demand uncertainty.

Key words: perishable products; return policy; marginal return policy; supply chain coordination