

基于后悔规避的供应链回购契约协调

吴思, 徐福缘

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 由于市场的不确定性, 致使零售商的营销状况存在一定风险, 从而会导致零售商出现后悔情绪并对其决策产生影响。为此, 研究了在市场需求不确定情况下由一个理性供应商和一个后悔规避零售商组成的二级供应链的回购契约协调问题, 并通过算例进一步分析了后悔规避程度对零售商最优订货量和供应链最优回购价格的影响。结果表明, 即使考虑了零售商的后悔情绪, 只要参数取值恰当, 基于后悔规避的回购契约也能够实现二者间的协调。后悔系数对零售商最优订货量和供应链最优回购价格的影响依赖于零售商对缺货后悔和剩余后悔的偏好程度。

关键词: 后悔规避; 回购契约; 供应链协调; 最优订货量

中图分类号: F274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2016)09-0137-06

回购契约是运营管理领域目前应用得较为广泛的一种协调机制。当商品的市场需求不确定且销售期较短时, 供应商往往提供给零售商一个低于批发价的回购价格, 允许零售商在销售季结束后, 将没有卖出的商品以该价格退还给供应商。因此, 一方面该契约能够激励零售商积极订货; 另一方面使因需求不确定性引起的风险由供应商和零售商共同承担, 从而有效地协调了两者的收益。

目前, 已有大量文献对回购契约进行了深入的研究, Pasternack^[1]最早对回购契约进行了研究, 他运用 Newsvendor 模型发现完全不允许退货和允许无条件退货均不能实现供应链协调。此外, 还比较了不同需求形式下的回购契约, 并给出了相对应的适用范围。Agrawal 等^[2]研究了零售商风险厌恶的情况下, 回购契约如何分散供应链风险。Ding Ding^[3]等提出了柔性回购契约可以协调三级供应链。Yao 等^[4]研究了价格敏感因素如何影响单周期商品供应链中的回购契约特征。Chen Jing 等^[5]研究了在顾客退货和随机需求价格相互影响的情况下, 二级供应链系统的协调问题。朱兢^[6]等基于供应链管理中的协调理论, 从一个两阶段博弈模型入手, 研究在市场需求随时间变化不确定的情况下, 供应商应如何制定一个合理的时效性回购契约。代建生等^[7]运用 CVaR 方法研究

了具有促销效应且风险规避供应链的回购契约协调问题, 探讨了促销效应和风险规避对最优订购量的影响, 考察了两种能协调风险规避供应链的改进回购契约安排。刘浪等^[8]研究了单零售商、单分销商及单供应商组成的三级供应链在回购契约下是否能协调应对非常规突发事件。邱若臻^[9]等研究了仅知需求均值和区间信息条件下, 基于最小最大后悔值准则的供应链回购契约协调问题, 结果表明, 基于回购契约的供应链鲁棒协调策略能够有效抑制需求不确定性对系统及其成员运作绩效的影响。徐飞^[10]将易逝性高科技产品销售划分成两个时间窗, 构建基于买方市场和卖方市场的回购采购机制, 以及信息不完全对称条件下, 让供应商说实话的回购采购机制, 并设计算例间接证实该回购契约能够实现系统优化。

尽管国内外学者对供应链回购契约进行了较为广泛的研究, 但多数研究都建立在“理性经济人”的假设之上, 极少有考虑渠道成员的心理因素如后悔情绪等。事实上, 人类的决策会偏离新古典经济学理论判断结果^[11-14]。因此, 将渠道成员的心理特征等因素进行系统考虑能够更加有效地指导实践。正因如此, 本文针对市场需求不确定情况下由一个理性供应商和一个后悔规避零售商组成的二级供应链, 研究基于后悔规避的回购契约协调问题, 得出了零售商的最

收稿日期: 2016-04-29

基金项目: 国家自然科学基金项目(71171135); 沪江基金资助(A14006); 上海市一流学科建设项目(S1201YLXK); 上海理工大学人文社会科学研究项目(12XS09)。

作者简介: 吴思(1992—), 女, 湖北孝感人, 上海理工大学, 硕士研究生, 研究方向: 供应链、供需网及其管理; 徐福缘(1948—), 男, 浙江绍兴人, 上海理工大学, 教授, 博士生导师, 研究方向: 系统工程、供需网及其管理。

优订货量和实现供应链协调需要满足的条件,并通过算例分析了后悔规避系数对零售商最优订货量和供应链最优回购价格的影响。

1 模型假设

1.1 几个基本假设

为既便于讨论又不缺合理性起见,考虑由一个供应商和一个零售商构成的两级供应链^[15]。该供应链经营的商品具有报童类商品的特性,即商品生命周期较短、残值较低、需求不确定等,且供应商生产成本 c 及商品市场价格 p 外生给定。市场需求 X 为一个连续随机变量,其密度函数和分布函数分别为 $f(x)$ 和 $F(x)$ 。

一个销售季内,零售商只有一次订购机会,其订货量为 Q ,零售价为 p 。为激励零售商积极订货,供应商与零售商达成 (w, b) 的回购契约,即供应商以批发价 w 向零售商供应商品,待销售季结束后,供应商按每单位 b 的价格回购剩余商品。单位商品残值为 s ,单位缺货成本为 0。此外,本文研究的模型基于以下假设:

假设 1:零售商是后悔规避的,供应商以利润最大化为目标导向。

假设 2:供应商和零售商的决策过程服从 Stackelberg 主从博弈模型,供应商占据领导地位,设定回购契约,零售商为跟随者,确定订货量。

假设 3:供应商知晓零售商的后悔规避程度。

假设 4:供应商只有把生产的商品批发给零售商后才会产生利润,即有 $w \geq c \geq s$;同理,零售商只有将商品卖给终端消费者才能产生收益,即有 $p \geq w \geq s$ 。

1.2 后悔效用函数

Braun 和 Muermann 于 2004 年提出的后悔效用函数可写成如公式(1)所示的形式:^[16]

$$U(\omega) = v(\omega) - k * g(v(\omega^{\max}) - v(\omega)) \quad (1)$$

式(1)中的 $v(\cdot)$ 是传统的 Bernoulli 效用函数,且 $v' > 0, v'' < 0$ 。 ω 是实际实现的财富水平, ω^{\max} 是决策者进行最优决策可能获得的财富。 $g(\cdot)$ 是后悔函数,取决于实际已选项实现的价值与未选项实现的价值之差。 k 体现了对后悔作用的度量: $k = 0$ 时,效用函数变为传统的风险规避的决策者的效用函数; $k > 0$ 时,效用函数中包含了对决策者后悔规避因素的影响^[16]。

此外, Braun 和 Muermann 对后悔函数 $g(u)$ 的性质也进行了研究, u 为决策者感受到的效用,并给出了后悔函数的三个基本条件: $g(0) = 0, g'(0) >$

$0, g''(0) > 0$ ^[16]。 $g(0) = 0$ 表明当实际决策得到的效用与最佳决策得到的效用相同时,决策者不会感受到后悔; $g'(0) > 0$ 表明后悔函数是单调递增的,即后悔效用随着最佳效用与实际效用的差值递增; $g''(0) > 0$ 表明后悔函数是凹函数。

张文彬等在研究投资者的投资决策中给出了指数函数形式的后悔函数^[17]: $g(u) = e^{\lambda u}, \lambda > 0$ 。徐绪松等在研究投资组合决策时提出了幂函数形式的后悔函数^[18]: $g(u) = \frac{u^\theta}{\theta}, \theta > 1$ 。Lacian 等给出了类似 Loomes 和 Sugden 提出的后悔欣喜函数形式的后悔函数^[19]: $g(u) = \beta^u - 1, \beta > 1$ 。Lacian 证明了在同结果效用偏好模式下 β 的取值范围为 $1.15 \leq \beta \leq 1.35$, 同时给出了 k 的取值范围为 $0.68 \leq k \leq 2.2$, 且 $g(0) = 0, g'(u) = \ln \beta * \beta^u > 0, g''(u) = (\ln \beta)^2 * \beta^u > 0$, 可见,该形式的后悔函数满足后悔函数的三个基本条件。为方便本文研究,本文应用 Lacian 提出的后悔函数,即:

$$g(u) = \begin{cases} \beta^u - 1, & u > 0 \\ 0, & u \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

其中, $1.15 \leq \beta \leq 1.35, u$ 是最佳决策收益与实际决策收益的差值。

2 模型分析

2.1 标准回购契约模型

假设 Π_s^b 和 Π_r^b 分别表示在标准回购契约下供应商和零售商的利润,且 $(x)^+ = \max\{x, 0\}$ 。

那么,标准回购契约下,供应商的利润及期望利润为:

$$\Pi_s^b = w * Q - c * Q - b * (Q - x)^+ + s * (Q - x)^+ \quad (3)$$

$$E \Pi_s^b = \int_0^Q (w * Q - c * Q - b * (Q - x) + s * (Q - x)) f(x) dx + \int_Q^\infty (w * Q - c * Q) f(x) dx \quad (4)$$

零售商的利润及期望利润为:

$$\Pi_r^b = p * \min\{Q, x\} - w * Q + b * (Q - x)^+ \quad (5)$$

$$E \Pi_r^b = \int_0^Q (p * x - w * Q + b * (Q - x)) f(x) dx + \int_Q^\infty (p * Q - w * Q) f(x) dx \quad (6)$$

故整个系统的利润 Π_∞^b 及期望利润 $E \Pi_\infty^b$ 为:

$$\Pi_\infty^b = \Pi_r^b + \Pi_s^b = p * \min\{Q, x\} + s * (Q - x)^+$$

$$(Q-x)^+ - c * Q \quad (7)$$

$$E \prod_x^b = E \prod_r^b + E \prod_s^b = (p-c) * Q - (p-s) * \int_0^Q F(x) dx \quad (8)$$

2.1.1 集中决策情形

集中决策时,追求系统整体收益最大化,对式(8)分别求一阶、二阶导数,可得:

$$\frac{\partial(E \prod_x^b)}{\partial Q} = (p-c) - (p-s) * F(Q) \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2(E \prod_x^b)}{\partial Q^2} = -(p-s) * f(Q) < 0 \quad (10)$$

由于二阶导数小于0,故式(8)存在最优的订购量 $Q = (Q_x^b)^*$ 。为此,令式(9)等于0,可得:

$$(Q_x^b)^* = F^{-1}\left(\frac{p-c}{p-s}\right) \quad (11)$$

2.1.2 分散决策情形

对式(6)分别求一阶、二阶导数,可得:

$$\frac{\partial(E \prod_r^b)}{\partial Q} = (p-w) - (p-b) * F(Q) \quad (12)$$

$$\frac{\partial^2(E \prod_r^b)}{\partial Q^2} = -(p-b) * f(Q) < 0 \quad (13)$$

由于二阶导数小于0,故式(6)存在最优的订购量,令式(12)等于0,可得:

$$(Q_r^b)^* = F^{-1}\left(\frac{p-w}{p-b}\right) \quad (14)$$

$(Q_r^b)^*$ 即为分散决策下,零售商的最优订购量。

目前,研究供应链协调采用的标准大多如文献[20]和[21]所采用的标准:分散决策时系统的利润要等于集中决策时系统的利润,即供应链各节点成员之间通过达成某种契约使分散决策时个体最优决策与集中决策时系统最优决策相同,从而使系统整体利润达到最大。故为使在回购契约下供应链达到协调,需使式(14)与式(11)相等,从而可得最优回购价格为:

$$(b^b)^* = p - \frac{(p-w)(p-s)}{(p-c)} \quad (15)$$

2.2 基于后悔规避的回购契约模型

由于需求是随机的,零售商的订货量在多数情况下是低于或高于实际需求量的,故零售商能够在决策之前预期到未来的后悔。若订货过多,零售商会后悔没有少订些商品,以让自己避免遭受损失;若订货过少,零售商会后悔没有多订些商品,以增加自己的利润。基于以上考虑,设 r_1 为剩余后悔系数, r_2 为缺货后悔系数,且 $r_1 + r_2 = 1$ 。那么,零售商的效用

$U_r(Q)$ 可表达为:

$$U_r(Q) = p * \min\{x, Q\} + b * (Q-x)^+ - w * Q - k * g(\varphi(x, Q)) \quad (16)$$

$$\varphi(x, Q) = \begin{cases} r_1(w-b) * (Q-x), & x < Q \\ r_2(p-w) * (x-Q), & x \geq Q \end{cases} \quad (17)$$

其中, $\varphi(x, Q)$ 为零售商因为订货过多或过少产生的剩余损失或缺货损失。当 $x < Q$ 时,产生剩余损失 $r_1(w-b) * (Q-x)$; 当 $x \geq Q$ 时,产生缺货损失 $r_2(p-w) * (x-Q)$ 。

把式(17)和后悔函数式(2)代入到零售商的效用函数(16)中,可得:

$$U_r(Q) = \begin{cases} px + b(Q-x) - wQ - k * (\beta_1^{(w-b) * (Q-x)} - 1), & x < Q \\ pQ - wQ - k * (\beta_2^{(p-w) * (x-Q)} - 1), & x \geq Q \end{cases} \quad (18)$$

那么,零售商的期望效用为:

$$EU_r(Q) = \int_0^Q (px + b(Q-x) - wQ - k * (\beta_1^{(w-b) * (Q-x)} - 1)) f(x) dx + \int_Q^\infty (pQ - wQ - k * (\beta_2^{(p-w) * (x-Q)} - 1)) f(x) dx = p * (Q - \int_0^Q F(x) dx) + b \int_0^Q F(x) dx - wQ - \int_0^Q k(\beta_1^{(w-b) * (Q-x)} - 1) f(x) dx - \int_Q^\infty k * (\beta_2^{(p-w) * (x-Q)} - 1) f(x) dx \quad (19)$$

命题1:在后悔情绪影响下,存在唯一最优订货量 Q^* 使零售商期望效用达到最大。

证明:对式(19)分别求一阶、二阶导数,可得:

$$\frac{\partial(EU_r(Q))}{\partial Q} = (p-w) - (p-b)F(Q) - k * r_1(w-b) * \ln \beta * \beta_1^{(w-b)Q} * \int_0^Q \beta_1^{(w-b)x} f(x) dx + k * r_2(p-w) * \ln \beta * \beta_2^{(p-w)Q} * \int_Q^\infty \beta_2^{(p-w)x} f(x) dx \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2(EU_r(Q))}{\partial Q^2} = -(p-b)f(Q) - k * [r_1(w-b)]^2 * (\ln \beta)^2 * \beta_1^{(w-b)Q} \int_0^Q \beta_1^{(w-b)x} f(x) dx - k * [r_2(p-w)]^2 * (\ln \beta)^2 * \beta_2^{(p-w)Q} \int_Q^\infty \beta_2^{(p-w)x} f(x) dx - k * [r_1(w-b) + r_2(p-w)] * \ln \beta * f(Q) < 0 \quad (21)$$

故当 $\frac{\partial(EU_r(Q))}{\partial Q} = 0$ 时, $EU_r(Q)$ 将达到最大。证毕。

命题2:在后悔情绪影响下,当回购契约 (w, b) 满足一定关系时,可使供应链实现协调,即使得系统的整体收益实现最大化。

证明:为使供应达到协调,应有 $Q^* = (Q_r^b)^* =$

$F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})$, 令式(20)等于 0, 即:

$$(p-w) - (p-b)F(Q) - k * r_1(w-b) * ln\beta * \beta^{r_1(w-b)Q} * \int_0^Q \beta^{-r_1(w-b)x} f(x) dx + k * r_2(p-w) * ln\beta * \beta^{-r_2(p-w)Q} * \int_Q^\infty \beta^{r_2(p-w)x} f(x) dx = 0 \quad (22)$$

将 $Q = F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})$ 代入到式(22)中,得:

$$(p-w) - (p-b) \frac{p-c}{p-s} - k * r_1(w-b) * ln\beta * \beta^{r_1(w-b)F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})} * \int_0^{F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})} \beta^{-r_1(w-b)x} f(x) dx + k * r_2(p-w) * ln\beta * \beta^{-r_2(p-w)F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})} * \int_{F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})}^\infty \beta^{r_2(p-w)x} f(x) dx = 0 \quad (23)$$

所以,当 (w, b) 间的关系满足式(23)时,供应链实现协调,此时的 b 值即为考虑零售商后悔情绪时系统的最优回购价格 b^* 。

3 数值分析

为了更加具体地讨论模型及阐述结论,本节将通过算例分析后悔规避程度对零售商最优订货量和系统最优回购价格的影响。

设商品的市场需求满足均匀分布 $x \sim U[30, 60]$, 商品单位零售价格 $p = 6$, 供应商单位生产成本 $c = 2$, 零售商单位批发价格 $w = 4$, 单位商品残值 $s = 1$ 。

1) 标准回购契约中零售商最优订购量 $(Q_r^b)^*$ 与在后悔情绪下零售商最优订购量 Q^* 的比较。

当 β 和 k 值固定, b 值不断变化时,比较 $(Q_r^b)^*$ 和 Q^* 的大小。设 $\beta = 1.35, k = 1.5$, 回购价格 b 的取值范围为 $[3, 3.5]$,

a) 当 $r_1 = r_2 = 0.5$ 时。将各参数代入 $(Q_r^b)^* = F^{-1}(\frac{p-w}{p-b})$ 中,可求得 $(Q_r^b)^*$ 的值,对于 Q^* 的值,借助 matlab 中的 solve 函数可以得到,得到的具体数据如表 1 所示。

表 1 r_1 与 r_2 相同时 $(Q_r^b)^*$ 与 Q^* 的比较

b	3	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
$(Q_r^b)^*$	50	50.69	51.43	52.22	53.08	54
Q^*	50	50.69	51.43	52.22	53.08	54

借助 matlab 绘制的相关图型表达如图 1 所示。该图说明,由于当 $r_1 = r_2 = 0.5$ 时,零售商对缺货后悔和剩余后悔表现出相同的规避偏好,相当于后悔中

性。在该情况下,零售商的后悔情绪不会对其最优订购量产生影响,故 $Q^* = (Q_r^b)^*$ 。

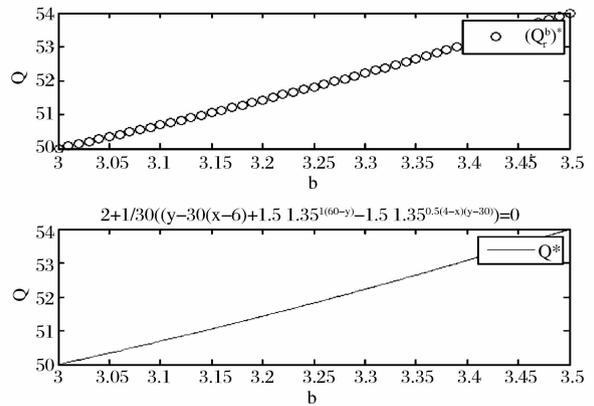


图 1 r_1 与 r_2 相同时 $(Q_r^b)^*$ 与 Q^* 的比较

b) 当 $r_1 > r_2$ 时。设 $r_1 = 0.7, r_2 = 0.3$, 根据同样的方法,可得比较结果如图 2 所示。

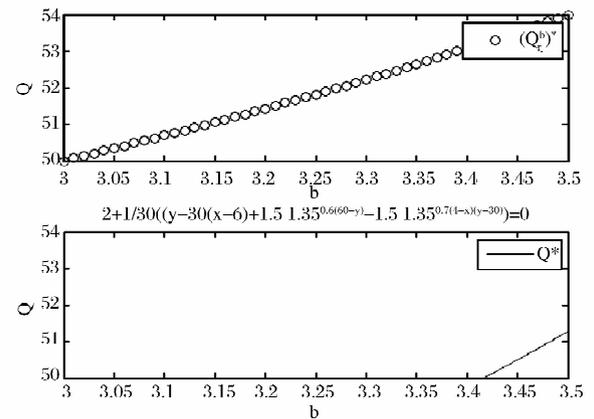


图 2 r_1 大于 r_2 时 $(Q_r^b)^*$ 与 Q^* 的比较

由图 2 可以看出,当 $r_1 > r_2$ 时,基于后悔理论的回购契约模型中零售商的最优订购量小于标准回购契约模型中零售商的最优订购量,即 $Q^* < (Q_r^b)^*$ 。这是因为当 $r_1 > r_2$ 时,零售商比较看重剩余后悔,即其对剩余后悔的规避程度要大于其对缺货后悔的规避程度。在此类订货决策中,若零售商订货过多产生剩余,剩余的商品不仅会为其带来物质上的损失,还会对零售商造成心里损失,降低其决策效用,所以在订货决策中,零售商偏向于少订货来避免商品剩余。

c) 当 $r_1 < r_2$ 时。设 $r_1 = 0.3, r_2 = 0.7$, 根据同样的方法,可得图 3 所示的比较结果。

由图 3 可以看出,当 $r_1 < r_2$ 时,出现了 $Q^* > (Q_r^b)^*$ 的情况。这是由于当 $r_1 < r_2$ 时,零售商比较看重缺货后悔,即其对缺货后悔的规避程度要大于其对剩余后悔的规避程度。在此类订货决策中,

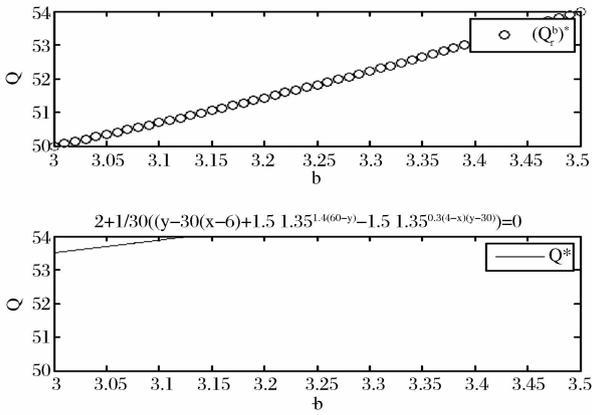


图3 r_1 小于 r_2 时 $(Q_r^b)^*$ 与 Q^* 的比较

若零售商由于订货过少而缺货, 不仅会降低其收益, 还会对零售商造成心里损失, 降低其决策效用。所以

表2 r_1 、 r_2 对 b^* 的影响

r_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
r_2	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4
b^*	2.1408	2.7590	3.1311	3.3566	3.5	3.5953	3.6611	3.7079	3.7215

由表2可以看出, 当 r_1 与 r_2 相同时, b^* 与 $(b^b)^*$ 相等; 当 r_1 小于 r_2 时, b^* 小于 $(b^b)^*$; 当 r_1 大于 r_2 时, b^* 大于 $(b^b)^*$ 。这说明若零售商偏好缺货后悔, 供应商提供较低的回购价格即可实现二者协调; 若零售商偏好剩余后悔, 供应商需要提供较高的回购价格才能实现协调。此外, b^* 随 r_1 增大而增大, 随 r_2 增大而减小。 r_1 不断增大, 零售商的剩余后悔规避权重越来越大, 供应商需要提供越来越高的回购价格来激励零售商订货。当 r_1 趋近于 1 的时候, 回购价格 b 趋近于批发价格, 此时的利润更多地流向了零售商。所以, 当零售商的剩余后悔规避权重过高时不利于系统的整体协调。 r_2 不断增大, 此时零售商的缺货后悔规避权重越来越大, 供应商不需提供太高的回购价格就能促使零售商积极订货。当 r_2 趋近于 1 的时候, 回购价格 b 趋近于生产成本, 利润更多的流向了供应商, 也不利于协调。

4 结语

本文尝试建立了基于后悔规避的供应链回购契约模型。采用后悔效用函数刻画零售商的后悔情绪, 分析了实现系统协调需要满足的条件并通过算例分析了后悔规避程度对零售商最优订购量、零售商批发价格和供应商回购价格的影响。

研究表明: ①后悔规避的零售商在该模型下存在唯一的最优订货量; ②即使考虑零售商的后悔情绪,

在订货决策中, 零售商偏向于多订货来避免缺货。

2) b 对 Q^* 的影响。从以上三个图中可以看出, 不论 r_1, r_2 的取值如何, Q^* 的值都随着 b 值的增大而增加。回购价格 b 代表了风险的转移, 当 b 值不断增加时, 风险由零售商更多的转移到了供应商, 从而零售商由于决策感受到的后悔效用也就不断减小, 从而激励了零售商更加积极的订货。

3) r_1, r_2 对 b^* 的影响。设 $k = 1.5, \beta = 1.35, r_1$ 与 r_2 分别取如表 2 中所示不同的值, r_1 逐渐增大, r_2 逐渐减小。二者协调时, $Q^* = (Q_x^b)^* = F^{-1}(\frac{p-c}{p-s})$, 将各参数代入其中, 得到 $Q^* = (Q_x^b)^* = 54$, 将其代入式(26)中, 借助 matlab 中的 fzero 函数可求得二者协调时 b 的值。将各参数带入式(15)中, 可求得标准回购契约下的最优回购价格 $(b^b)^* = 3.5$

只要参数取值恰当, 基于后悔规避的回购契约就能够实现供应链协调; ③零售商的最优订货量随着回购价格的增大而增加; ④若零售商偏好缺货后悔, 供应商提供较低的回购价格即可实现协调; 若零售商偏好剩余后悔, 供应商需要提供较高的回购价格才能实现协调; ⑤最优回购价格随着剩余后悔系数的增加而增加, 随着缺货后悔系数的增加而减小; ⑥零售商过度后悔规避不利于供应链协调; ⑦针对后悔规避程度不同的零售商, 供应商应提供不同的回购价格, 使供应链达到协调。

最后, 本文可从以下几方面进行扩展: ①如何改进回购契约, 可使最优回购价格不受后悔系数的影响, 使零售商感到公平; ②考虑多个零售商和供应商的情形; ③考虑信息不对称下, 后悔规避供应链成员的决策行为; ④考虑双渠道的情形等, 都有待于进一步研究。

参考文献

[1] PASTERNAK B. Optional pricing and returns policies for perishable commodities [J]. Marketing Science, 1985, 4(2): 166-176.
 [2] AGRAWAL V, SESHADRI S. Risk intermediation in supply chains[J]. IIE Transactions, 2000, 32: 819-931.
 [3] DING DING, CHEN JIAN. Coordinating a three level supply chain with flexible return policies[J]. Omega, 2008, 36(5):

- 865—876.
- [4] YAO Z,STEPHEN C H,LEUNG K K L. Analysis of the impact of price-sensitivity factors on the returns policy in coordinating supply chain[J]. *European Journal of Operational Research*,2008,187(1):275—282.
- [5] CHEN JING,BELLB C P. Coordinating a decentralized supply chain with customer returns and price-dependent stochastic demand using a buyback policy[J]. *European Journal of Operational Research*,2011,212(2):293—300.
- [6] 朱兢,付晓蓉,谢庆红. 创新产品的时效性回购契约研究[J]. *科研管理*,2015,36(2):60—68.
- [7] 代建生,孟卫东,范波. 风险规避供应链的回购契约安排[J]. *管理科学学报*,2015,18(5):57—65.
- [8] 刘浪,石岩. 回购契约应对非常规突发事件的三级供应链协调[J]. *系统管理学报*,2015,24(2):296—303.
- [9] 邱若臻,黄小原,苑红涛. 有限需求信息下基于回购契约的供应链鲁棒协调策略[J]. *中国管理科学*,2014,22(7):34—42.
- [10] 徐飞. 易逝性高科技产品分时间窗下回购契约研究[J]. *科技管理研究*,2015(20):219—213.
- [11] KAHNEMAN D,TVERSKY A. Subjective probability: a judgment of representativeness[J]. *Cognitive Psychology*,1972,3(3):430—454.
- [12] KAHNEMAN D,TVERSKY A. Prospect theory:an analysis of decision under risk[J]. *Econometrica*,1979,47(2):263—291.
- [13] ZEELENBERG M, BEATTIE J, VAN DER PLIGT, DE VRIES N K. Consequences of regret aversion: effects of expected feedback on risky decision making[J]. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*,1996,65:148—158.
- [14] HUMPHREY STEVEN J. Feedback-conditional regret theory and testing regret aversion in risky choice[J]. *Journal of Economic Psychology*,2004,25:839—857.
- [15] KUNTER M. Coordination via cost and revenue sharing in manufacturer-retailer channels[J]. *European Journal of Operational Research*,2012,216(2):477—486.
- [16] BRAUN M,ALEXANDER M. The impact of regret on the demand for insurance[J]. *Journal of Risk and Insurance*,2004,71(4):737—767.
- [17] 张文彬,尹占桦,王晓军. 后悔最小化的最有投资策略研究[J]. *统计与决策*,2009(2):43—44.
- [18] 徐绪松,马莉莉. 基于后悔规避的投资组合模型及其实证分析[J]. *技术经济*,2008,1(27):94—98.
- [19] LACIANA C E,WEBER E U. Correcting expected utility for comparisons between alter-native outcomes:a unified parameterization of regret and disappointment[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*,2008,36(1):1—17.
- [20] 杜少甫,杜婵,梁樑,等. 考虑公平关切的供应链契约与协调[J]. *管理科学学报*,2010,13(11):41—48.
- [21] CACHON G P. Supply chain coordination with contracts [C]//*Handbooks in Operation and Management Science: Supply Chain Management*. 2003.

Supply Chain Coordination via Buy-back Contract Based on Regret Aversion

WU Si, XU Fu-yuan

(School of Business, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Because of the uncertainty of the market, there exist some risks in the sales volume of the retailers. So that retailers can feel regretful which can influence their decisions. Therefore, this article investigated the coordination of the supply chain that consisted of single rational supplier and single regret aversion retailer under the circumstances where the market demand was uncertain via buy-back contract. And a numerical analysis was conducted to explore the impact of the retailer's risk aversion on its optimal order quantity and the optimal buy-back price of the supply chain. The result showed that after taking the regret aversion of the retailer into consideration, if parameters were assigned properly, the buy-back contract would be able to coordinate the supply chain. The impact of the regret coefficients on the retailer's optimal order quantity and the optimal buy-back price of the supply chain relied on the retailer's preference for surplus regret and shortage regret.

Key words: regret aversion; buy-back contract; supply chain coordination; optimal order quantity