

考虑损失厌恶一对多型供应链的收益共享契约^①

李绩才^{1,2}, 周永务¹, 肖旦¹, 钟远光¹

(1. 华南理工大学工商管理学院, 广州 510641; 2. 浙江师范大学行知学院, 金华 321004)

摘要: 以一个两阶段的供应链系统为研究背景, 建立了下游损失厌恶型零售商之间存在竞争的收益共享契约协调模型. 研究发现, 竞争性的多零售商之间存在唯一的纳什均衡总订货量使其期望效用实现最大化, 且总订货量随零售商数目的增加而增加、随零售商风险厌恶程度的增加而减少. 在此基础上, 进一步分析了在整个供应链系统中存在唯一的“批发价-收益共享系数”比值能够使供应链利用收益共享契约达到协调, 并推导了系统实现协调时最优契约参数之间的关系; 最后结合数值实例验证了供应链收益共享契约机制的有效性.

关键词: 损失厌恶; 收益共享契约; 供应链协调

中图分类号: O227; F224.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2013)02-0071-12

0 引言

供应链管理要求从全局的或系统的观点来全面规划供应链中从最终顾客到初始供应商所涉及的所有环节, 并对其中各参与组织、部门之间的物流、信息流和资金流等进行有效地计划、组织、协调和控制, 使供应链系统达到整体最优, 其目标在于将传统的彼此从各自利益出发的独立运作格局转变成为运用科学管理来实现协同合作的整体协调运作格局, 从而提高整体效率和市场能力, 提升企业的竞争力^[1]. 因此, 实现供应链的整体协调是现代供应链管理的关键, 关于供应链协调的研究也成为近年来运作管理领域的热门问题之一^[2,3]. 供应链合同契约是实现供应链协调的主要方法. 通过设计合同契约以及相应参数的设置, 有助于供应链成员间实现风险共担、提高供应链的整体利润, 从而使供应链达到协调. 这些契约机制包括: 回购(buyback)契约、收益共享(revenue-sharing)契约、数量柔性(quantity flexibility)契约、量折扣(quantity-discount)契约等^[4].

收益共享契约作为有效的供应链协调方式, 最早出现在音像租赁行业, 随后得到企业界和学术界的广泛关注. 收益的分配是供应链企业间合作与纷争的焦点问题. 在一个由多个参与主体组成的供应链系统中, 只有对他们的合作收益进行合理分配, 才能建立并保持良好的供应链合作关系^[5]. 供应链收益共享契约是通过供应商提供较低的批发价格, 待商品销售任务完成之后供应商与零售商共同分享销售收入, 以达到改进供应链运作绩效的一种协调方式. 据 Warren 和 Peers^[6]的调查, 美国影片出租巨头百视达公司(Blockbuster Inc.)自1998年开始与它上游供应商之间引入收益共享契约, 公司经营业绩大为改善, 市场份额由1997年的24%一跃到2002年的40%以上. Mortimer^[7]采用计量经济学的方法分析了收益分享契约对音像租赁行业的影响, 结果发现供应链的总利润水平会提高10%左右. Cachon 和 Larivere^[8]提出了收益共享契约的一般性框架, 对其适用范围和性能进行了深入地讨论, 并证明了收益共享契约机制与传统协调契约相比能取得更

① 收稿日期: 2010-08-19; 修订日期: 2010-11-29.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71131003; 70971041); 浙江省自然科学基金资助项目(Y6110095); 广东省自然科学基金资助项目(10151064101000003).

作者简介: 李绩才(1980—), 男, 安徽桐城人, 博士生, 讲师. Email: leejicai@163.com

好的效果. Giannoccaro 和 Pontrandolfo^[9] 在文献 [8] 的基础上进一步利用收益共享契约机制协调一类 3 阶段的供应链系统. Yao 等^[10] 针对由 1 个供应商和 2 个竞争性的零售商组成的供应链系统, 利用收益共享契约能使之达到协调. Linh 和 Hong^[11] 发现收益共享机制可以用来协调由 1 个供应商和 1 个零售商组成的两阶段报童问题, 文中分别考虑了零售商拥有一次订购机会和两次订购机会.

然而, 目前大多数关于供应链协调问题的研究常假设供应链参与人均均为风险中性者, 决策目标是期望利润最大化或者期望成本最小化(即“期望值理论”), 这其实与现实情况并不相符. 在现实中, 规模较小的供应链参与主体往往对风险或损失是比较规避或厌恶的. 近来, 逐渐有学者利用期望效用函数^[12, 13]、均值-方差^[14, 15]、均值-半方差^[16]、CVaR(条件风险值)^[17, 18]等决策目标刻画供应链决策主体的预期收益和风险, 分析风险厌恶型供应链决策者的决策行为及其产生的决策偏差. 这些理论和方法在一定程度上弥补了期望值理论的不足, 在分析供应链决策问题时所得结论相对于期望值理论有所改善, 但是它们仍不能解释所有的现象.

于是, 一些学者开始采用 Kahneman 和 Tversky^[19] 提出的前景理论(prospect theory)来描述供应链成员的决策行为. 前景理论认为: ①决策参考点(reference point)决定决策者对待风险的态度. 决策者感兴趣的并不是利润或者成本的绝对量, 而是相对于某一决策参考点的收益(gains)或损失(losses)水平. 当出现收益时, 决策者的价值函数为凹函数, 反映了对风险的规避倾向; 当出现损失时, 其价值函数为凸函数, 反映了对风险的偏好倾向. 这明显与新古典经济学中关于对损失和收益的偏好一致性假定不同; ②决策者是损失厌恶(loss averse)的. 当与决策参考点相比是损失时, 决策者的反应要比与参考点相比是收益时的反应强烈, 或者说一定数量的损失给决策者带来的痛苦程度要大于同样数量的收益给决策者带来的愉悦程度. 即决策者的价值函数在损失区域的斜率比收益区域的斜率大, 决策者表现为对损失的厌恶特性. 该理论除了能够解释一些传统经济学认为的异常现象外, 还得到了大量实验、实证和一些

学者的支持. 因此, Kahneman 等人于 2002 年获得了诺贝尔经济学奖.

Schweitzer 和 Cachon^[20] 最早借助经典的报童模型实证研究了损失厌恶决策者在没有缺货惩罚下的行为, 他们发现损失厌恶决策者的订购数量严格小于风险中性的订购数量, 而且会随着损失厌恶程度的增加而降低. Wang 和 Webster^[21] 在前文的基础上进一步考虑了存在缺货惩罚成本时的情况, 研究发现: 当缺货成本较低时, 损失厌恶型决策者的订购数量小于风险中性的订购数量, 且随着损失厌恶程度的增加而降低; 相反, 当缺货成本较高时, 损失厌恶型决策者的订购数量大于风险中性的订购数量, 且随着损失厌恶程度的增加而增加. 沈厚才等^[22] 讨论了有损失厌恶偏好的按单制造企业所面临的定制件采购决策问题, 得出与前文相似的结论. Wang^[23] 进一步对由多个损失厌恶型零售商组成的竞争性报童问题展开了分析, 发现零售商的总订货量受两种效应的影响: 即由于竞争导致的需求窃取效应(demand-stealing effect)将使得订货量随零售商数目的增加而增加; 损失厌恶效应(loss aversion effect)使得订货量随零售商损失厌恶程度的提高而减少. 但这些研究都是基于单层报童零售商的订货量决策展开的, 并未涉及到整个供应链系统的优化协调问题.

最近, 考虑零售商是损失厌恶的供应链优化与协调问题逐步受到了一些学者的关注. Zhang 等^[24] 研究了由 1 个风险中性的供应商和 1 个损失厌恶的下游零售商组成的供应链系统(不考虑缺货惩罚成本), 利用回购等契约可以实现供应链的协调. Wang 和 Webster^[25] 则针对同样的供应链系统, 研究发现存在一类与需求分布无关的利润/损失分享—回购(gain/loss sharing and buy-back)契约能够很好地协调供应链. Shi 和 Xiao^[26] 在他们的基础上进一步考虑了存在缺货惩罚成本时的供应链协调问题.

不同于以往的文献, 本文以一个风险中性的供应商和多个损失厌恶型零售商所构成的两阶段供应链为研究背景, 分别分析了收益共享契约机制下的一体化与非一体化两种决策情况, 考察了多零售商的竞争性和损失厌恶程度对供应链决策的影响, 并进一步研究了基于收益共享契约机制的供应链系统协调问题.

1 问题描述与假设

本文考虑的是两级的供应链,它由1个供应商和n个零售商组成。n个零售商销售同一种报童类型的时尚商品;为满足市场,他们会根据市场需求预测,在销售期之前向供应商提前订购货品。供应商按照零售商总订购量组织生产,并将所订购商品在销售期开始时送达给各零售商。同文献[25]的假设,供应商企业规模较大,它是风险中性的;各零售商企业规模较小,属于损失厌恶型的。供应商为改善供应链运作绩效而采用收益共享契约机制来激励各零售商从整个供应链利润最大化的角度选择订货量。

主要符号如下:

- p——单位商品的市场零售价格;
- c——供应商生产单位产品的成本;
- w——供应商向零售商提供的单位商品批发价(供应商决策变量);
- s——零售商单位未售出商品的残值;
- φ——零售商自身保留的销售收入份额(供应商决策变量),供应商从各零售商销售收入获得的份额为(1 - φ),其中0 < φ ≤ 1;
- Q_i——非一体化决策时,第i个零售商在销售期初的订购量(各零售商决策变量);
- Q——非一体化决策时,n个零售商在销售期

初向供应商的总订购量,且 $Q = \sum_{i=1}^n Q_i$;

Q_{-i}——非一体化决策时,除第i个零售商以外,其他零售商在销售期初向供应商的总订购量,明显地, $Q_{-i} = Q - Q_i$;

Q_{sc}——一体化决策时,供应链整体的总生产订购量;

X——零售商所面临的市场总随机需求, F(x), f(x) 分别表示X的分布函数和密度函数;

X_i——第i个零售商所面临的市场随机需求, G(x_i), g(x_i) 表示X_i的分布函数和密度函数(i = 1, 2, ..., n)。

本文其他假设如下。

1) 处于供应链下游的n个零售商之间是相互竞争的;具体来说,对于第i个零售商,其面临的

市场需求X_i与它的订购量Q_i成正比^[4, 23],即

$$X_i = \frac{Q_i}{Q} X$$

根据上述假设,显然可得如下关系

$$G(x_i) = F\left(\frac{Q}{Q_i} x_i\right) \tag{1}$$

$$g(x_i) = \frac{Q}{Q_i} f\left(\frac{Q}{Q_i} x_i\right) \tag{2}$$

- 2) 不失一般性,假定 $p > c > s$;
- 3) 供应链的各参与方之间信息是完全对称的;
- 4) 假设下游各零售商是损失厌恶型的。具体来说,第i个零售商的效用函数可表示为

$$U_i(W_i) = \begin{cases} W_i - W_i^{(0)}, & W_i \geq 0 \\ \lambda_i(W_i - W_i^{(0)}), & W_i < 0 \end{cases}$$

其中W_i, W_i⁽⁰⁾ 分别表示第i个零售商的预期利润和初始财富(或称决策参考点);λ_i(≥ 1)表示第i个零售商的风险厌恶系数,当λ_i = 1时则该零售商是风险中性的,λ_i越大表示其对损失的厌恶程度越明显。为方便讨论问题并不失一般性,不妨假设各零售商的损失厌恶系数相同,即λ₁ = λ₂ = ... = λ_n = λ;且各零售商的初始财富W_i⁽⁰⁾为0。这种分段线性的损失厌恶效用函数在行为经济学、运作管理等领域已得到广泛的使用^[18-24],它是对Kahneman和Tversky^[19]提出的非线性损失厌恶效用函数的一种近似表示。

2 一体化决策

一体化决策时,根据前文的假设,由于供应商相对规模较大,它在整个供应链中处于强势地位并作为供应链的协调者,多个零售商从属于供应链整体。此时即为标准的报童问题,供应商的决策目标是使得期望利润最大化。

此时,供应链整体的利润函数为

$$\pi_{sc}(Q_{sc}, x) = (p - c) Q_{sc} - (p - s) (Q_{sc} - x)^+$$

相应地,供应链整体的期望利润为

$$E[\pi_{sc}(Q_{sc}, x)] = (p - c) Q_{sc} - (p - s) \times \int_0^{Q_{sc}} (Q_{sc} - x) f(x) dx \tag{3}$$

由式(3)对Q_{sc}求二阶导数可知, E[π_{sc}(Q_{sc}, x)]是关于Q_{sc}的凹函数。令

$$\begin{aligned} \frac{dE[\pi_{sc}(Q_{sc}, \lambda)]}{dQ_{sc}} &= (p - c) - (p - s)F(Q_{sc}) \\ &= 0 \end{aligned}$$

可得在一体化决策时供应链的最优生产量

$$Q_{sc}^* = F^{-1}\left(\frac{p - c}{p - s}\right)$$

此时, 供应链整体的最优期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_{sc}(Q_{sc}^*) &= E[\pi_{sc}(Q_{sc}^*, \lambda)] \\ &= (p - c)Q_{sc}^* - (p - s)\int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \end{aligned} \quad (4)$$

3 非一体化决策

在非一体化决策时, 供应商和零售商均从各自的角度采取优化决策. 针对供应链的实际生产活动以及前文的假设, 这里考虑供应商与 n 个零售商之间是 Stackelberg 主从对策问题, 零售商彼此间是纳什博弈问题. 具体来说, 供应商占主导地位为主方, 各零售商为从方; 供应商首先决策批发价 w 和零售商需要分享销售收入的比例 $(1 - \varphi)$, n 个零售商再同时决定各自向供应商的订货量 Q_i . 由于供应商和各零售商分别是风险中性和损失厌恶型的, 供应商的决策目标是使得期望利润最大化, 各零售商的决策目标是使得期望效用最大化.

3.1 零售商的决策

零售商问题是在已知供应商的批发价格 w 和需要向供应商分享销售收入的比例 $(1 - \varphi)$ 的条件下, 确定自己最优的订货量, 从而实现期望效用最大化.

此时, 第 i 个零售商的利润函数为

$$\pi_{ri}(Q_i, x_i) = \begin{cases} \varphi(p - s)x_i - (w - \varphi s)Q_i, & x_i \leq Q_i \\ \varphi p Q_i - w Q_i, & x_i > Q_i \end{cases} \quad (5)$$

由此, 其期望利润、期望效用分别为

$$\begin{aligned} E[\pi_{ri}(Q_i, x_i)] &= \int_0^{Q_i} [\varphi(p - s)x_i - (w - \varphi s)Q_i]g(x_i) dx_i + \\ &+ \int_{Q_i}^{+\infty} (\varphi p - w)Q_i g(x_i) dx_i \end{aligned} \quad (6)$$

$$E[U(\pi_{ri}(Q_i, x_i))] = \lambda \int_0^{\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}Q_i} [\kappa(p - s)x_i -$$

$$\begin{aligned} &(w - \varphi s)Q_i]g(x_i) dx_i + \\ &\int_{\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}Q_i}^{Q_i} [\varphi(p - s)x_i - (w - \varphi s)Q_i]g(x_i) dx_i + \\ &\int_{Q_i}^{+\infty} (\varphi p - w)Q_i g(x_i) dx_i \end{aligned} \quad (7)$$

其中 $\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}Q_i$ 为其销售的盈亏平衡点.

将式(1)、(2)代入到式(6)、(7)中, 并分别进行必要的化简后, 得

$$\begin{aligned} E[\pi_{ri}(Q_i, x_i)] &= \frac{Q_i}{Q_i + Q_{-i}} \left[(\varphi p - w) \times \right. \\ &\left. (Q_i + Q_{-i}) - \varphi(p - s) \int_0^{Q_i + Q_{-i}} F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} E[U(\pi_{ri}(Q_i, x_i))] &= \frac{Q_i}{Q_i + Q_{-i}} \left\{ (\varphi p - w)(Q_i + Q_{-i}) - \varphi(p - s) \times \right. \\ &\int_0^{Q_i + Q_{-i}} F(x) dx (\lambda - 1) \times \\ &\left. \int_0^{\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}(Q_i + Q_{-i})} [\varphi(p - s)x - (w - \varphi s) \times \right. \\ &\left. (Q_i + Q_{-i})]f(x) dx \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

定理 1 零售商 i 存在唯一的最优订货策略 Q_i^* , 使其期望效用 $E[U(\pi_{ri}(Q_i, x_i))]$ 在 $Q_i = Q_i^*$ 时取得最优值. 其中 Q_i^* 由下式给出

$$\begin{aligned} &(\varphi p - w) - \varphi(p - s)F(Q_i^* + Q_{-i}) - \\ &(\lambda - 1)(w - \varphi s)F\left[\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}(Q_i^* + Q_{-i})\right] + \\ &\frac{\varphi(p - s)Q_{-i}}{(Q_i^* + Q_{-i})^2} \left[\int_0^{Q_i^* + Q_{-i}} xf(x) dx + \right. \\ &\left. \int_0^{\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)}(Q_i^* + Q_{-i})} xf(x) dx \right] = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

证明 $E[U(\pi_{ri}(Q_i, x_i))]$ 对 Q_i 求二阶导数得

$$\begin{aligned} \frac{d^2 E[U(\pi_{ri}(Q_i, x_i))]}{dQ_i^2} &= \frac{-Q_i}{(Q_i + Q_{-i})} \times \\ &(p - s)f(Q_i + Q_{-i}) + (\lambda - 1) \frac{(w - s)^2}{p - s} \times \end{aligned}$$

$$f\left[\frac{w-s}{p-s}(Q_i+Q_{-i})\right] - \frac{2(p-s)Q_{-i}}{(Q_i+Q_{-i})^3} \times \left[\int_0^{Q_i+Q_{-i}} xf(x) dx + (\lambda-1) \times \int_0^{\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}(Q_i+Q_{-i})} xf(x) dx \right] < 0$$

显然 $E[U(\pi_{ii}(Q_i, x_i))]$ 是订货量 Q_i 的凹函数. 因此, 当其他 $n-1$ 个零售商的总订购量为 Q_{-i} 时, 零售商 i 的最优订购量 Q_i^* 应该满足下式

$$\frac{dE[U(\pi_{ii}(Q_i, x_i))]}{dQ_i} \Big|_{Q_i=Q_i^*} = (\varphi p - w) - \kappa(p-s)F(Q_i^* + Q_{-i}) - (\lambda-1)(w-\varphi s)F\left[\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}(Q_i^* + Q_{-i})\right] + \frac{\varphi(p-s)Q_{-i}}{(Q_i^* + Q_{-i})^2} \left[\int_0^{Q_i^*+Q_{-i}} xf(x) dx + (\lambda-1) \int_0^{\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}(Q_i^*+Q_{-i})} xf(x) dx \right] = 0$$

定理 2 若 $s \leq \frac{w}{\varphi} \leq p$ 对于 n 个零售商, 他们的订货量存在唯一的纳什均衡 $(Q_1^*, Q_2^*, \dots, Q_n^*, \dots, Q_n^*)$. 其中 $Q_i^* = Q^*/n$, 零售商最优总订货量 Q^* 应使得下式成立

$$\varphi p - w - \varphi(p-s)F(Q^*) - (\lambda-1)(w-\varphi s) \times F\left(\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q^*\right) + \frac{(n-1)\varphi(p-s)}{nQ^*} \times \left[\int_0^{Q^*} xf(x) dx + (\lambda-1) \times \int_0^{\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q^*} xf(x) dx \right] = 0 \quad (11)$$

证明 首先, 根据纳什均衡存在定理^[27]: 在 n 人战略式博弈中, 如果每个参与人的纯战略空间 S_i 是欧氏空间上一个非空的、闭的、有界的凸集, 支付函数 $u_i(s_i)$ 是连续的且对 s_i 是拟凹的, 那么, 此博弈存在纯策略纳什均衡.

由前述分析、定理 1 及其证明过程可知 n 个零售商订货博弈的策略空间、支付函数分别满足纳什均衡存在定理的要求. 因此, 该博弈过程存在纯策略纳什均衡.

其次, 由于对任一零售商 i , 其最优订货量 Q_i^* 都有式(10)成立, 且 n 个零售商之间是同时决定各自订货量的纳什博弈. 根据对称性, 如果存在纳什均衡解, 则必然有 $Q_1^* = Q_2^* = \dots = Q_i^* = \dots = Q_n^*$ 成立. 显然 $Q^* = nQ_i^*$, $Q_{-i}^* = (n-1)Q_i^*$. 代入式(10)后, 易得零售商的均衡总订货量 Q^* 必须满足式(11).

令式(11)左侧为函数 $k(Q)$, 则有

$$k(Q) = \varphi p - w - \varphi(p-s)F(Q) - (\lambda-1) \times (w-\varphi s)F\left(\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q\right) + \frac{(n-1)\kappa(p-s)}{nQ} \int_0^Q xf(x) dx + \frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q (\lambda-1) \int_0^Q xf(x) dx \quad (12)$$

$k(Q)$ 对 Q 的一阶导数为负, 即

$$\frac{dk(Q)}{dQ} = -\frac{\varphi(p-s)}{n}f(Q) - (\lambda-1) \times \frac{(w-\varphi s)^2}{n\varphi(p-s)}f\left(\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q\right) - \frac{(n-1)\varphi(p-s)}{nQ^2} \int_0^Q xf(x) dx + \frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)}Q (\lambda-1) \int_0^Q xf(x) dx < 0 \quad (13)$$

所以 $k(Q)$ 是关于 Q 的严格减函数. 若 $s \leq$

$\frac{w}{\varphi} \leq p$, 显然有

$$\lim_{Q \rightarrow 0} k(Q, n, \lambda) = \varphi p - w \geq 0, \quad \lim_{Q \rightarrow +\infty} k(Q, n, \lambda) = -\lambda(w-\varphi s) \leq 0$$

故零售商存在唯一的最优总订购量 Q^* 使式(11)成立. 证毕.

推论 1 若 $s \leq w/\varphi \leq p$, 零售商最优的总订购量 Q^* 分别是关于零售商个数 n 的增函数, 关于零售商风险厌恶系数 λ 的减函数, 关于 w/φ 的减函数.

证明 由式(11)根据隐函数求导定理即可证明以上各结果, 具体证明过程略. 证毕.

根据推论 1 可以得出与文献[23]相似的结论: 零售商竞争程度的增加将使得总订购量增加, 零售商损失厌恶程度的增加将使得总订购量减

少.此外,供应商可以通过降低批发价或提高零售商自身保留的收益比例,使批发价与零售商自身保留盈利份额的比值 w/φ 减小,从而鼓励下游零售企业多订货.

若限定上述的 $\varphi = 1$,则表示供应商与零售商之间不采取收益共享契约机制,由式(11)可知此时 n 个零售商的最优总订货量决策 Q_a^* 应满足下式,即

$$p - w - (p - s) F(Q_a^*) - (\lambda - 1)(w - s) \times F\left(\frac{w - s}{p - s} Q_a^*\right) + \frac{(n - 1)(p - s)}{nQ_a^*} \times \left[\int_0^{Q_a^*} x f(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{w-s}{p-s} Q_a^*} x f(x) dx \right] = 0 \quad (14)$$

由式(14)所决定的 Q_a^* 与 w 之间的函数关系,反映了在供应链不采取收益共享契约机制时,零售商根据供应商的批发价所做的总订货量决策最优响应函数.

3.2 收益不共享时 ($\varphi = 1$) 供应商的决策

在完全信息的情况下,当供应商与零售商之间不采取收益共享契约机制时,作为供应链主方的供应商根据式(14),进行批发价决策以使得自身的期望利润最大化.

因此,供应商的决策问题可以表述为

$$\max \pi_a^s(w) = (w - c) Q \quad (15)$$

s. t. $p - w - (p - s) F(Q) - (\lambda - 1) \times (w - s) F\left(\frac{w - s}{p - s} Q\right) + \frac{(n - 1)(p - s)}{nQ} \times \left[\int_0^Q x f(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{w-s}{p-s} Q} x f(x) dx \right] = 0 \quad (16)$

由于约束条件所给定的 Q 与 w 之间的关系通常情况下很难有显式解,因此需要借助拉格朗日乘数法进行数值求解,得到的最优解 w_a^* 就是供应商的最优决策;从而,对应的零售商最优总订货量为 $Q_a^*(w_a^*)$.

由此,当供应链不采取收益共享契约机制时,供应商的最优期望利润为 $\pi_a^s(w_a^*) = (w_a^* - c) Q_a^*$, n 个零售商的最优总期望效用为

$$U_a^r(w_a^*, Q_a^*) = (p - w_a^*) Q_a^* - (p - s) \int_0^{Q_a^*} F(x) dx + (\lambda - 1) \times$$

$$\int_0^{\frac{w_a^* - s}{p - s} Q_a^*} [(p - s)x - (w_a^* - s) Q_a^*] f(x) dx$$

对应此时零售商的总期望利润为

$$\pi_a^r(w_a^*, Q_a^*) = (p - w_a^*) Q_a^* - (p - s) \int_0^{Q_a^*} F(x) dx$$

供应链总期望利润为

$$\pi_a^{sc}(Q_a^*) = (p - c) Q_a^* - (p - s) \int_0^{Q_a^*} F(x) dx$$

4 基于收益共享的供应链协调机制

在非一体化决策的供应链中,由于供应商和零售商分别进行独立的决策时仅考虑各自的利润或效用,可能会影响到整个供应链的绩效.即在上述 $\varphi = 1$ 时分散决策的零售商最优总订购量 Q_a^* 并不能保证与一体化决策时系统最优的生产量 Q_{sc}^* 相等,这样整个供应链的运作效率就不能达到最优.为了促进供应链参与各方的有效合作和互惠双赢的目标,本文引入收益共享契约机制,实现分散决策供应链的协调,从而能够达到一体化决策时的运作绩效.也就是说,供应商通过收益共享契约机制以诱导零售商总的订货量等于供应链期望利润最大时的订货量.

定理3 供应商能够通过设计 w, φ 的存在唯一的 $w_b^*/\varphi_b^* \in (s, p)$ 使供应链达到协调;且 $\frac{d(w_b^*/\varphi_b^*)}{dn} > 0, \frac{d(w_b^*/\varphi_b^*)}{d\lambda} < 0$.

证明 由式(11)可知,为协调供应链,作为占供应链主导地位的供应商必须通过设计合适的 w, φ 使得

$$\varphi p - w - \varphi(p - s) F(Q_{sc}^*) - (\lambda - 1)(w - \varphi s) \times F\left(\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)} Q_{sc}^*\right) + \frac{(n - 1)\varphi(p - s)}{nQ_{sc}^*} \times \left[\int_0^{Q_{sc}^*} x f(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)} Q_{sc}^*} x f(x) dx \right] = 0$$

必要的化简后,可得

$$\frac{w}{\varphi} + (\lambda - 1) \left(\frac{w}{\varphi} - s \right) F\left(\frac{w - \varphi s}{\varphi(p - s)} Q_{sc}^*\right) - \frac{(n - 1)(p - s)}{nQ_{sc}^*} \left[\int_0^{Q_{sc}^*} x f(x) dx + \right.$$

$$(\lambda - 1) \left[\int_0^{\frac{w-\varphi s}{\varphi(p-s)} Q_{sc}^*} x f(x) dx \right] = c \quad (17)$$

注意到式(17)左侧在 $w/\varphi \in (s, p)$ 时是关于 w/φ 的增函数. 且当 $w/\varphi \rightarrow s$, 左侧 $< c$; 当 $w/\varphi \rightarrow p$, 左侧 $> c$. 因此, 必然存在唯一的 $w_b^*/\varphi_b^* \in (s, p)$ 满足式(17), 从而供应链达到协调.

同时, 由式(17)左侧分别对 n, λ 求导, 显然, 它分别是关于 n 的减函数、关于 λ 的增函数. 根据隐函数求导定理, 有

$$\frac{d(w_b^*/\varphi_b^*)}{dn} > 0, \quad \frac{d(w_b^*/\varphi_b^*)}{d\lambda} < 0 \quad \text{证毕.}$$

结合定理 2、定理 3 可知, 在利用收益共享契约机制使供应链达到协调时, 各零售商的订货量相等(即 $Q_i^* = Q_{sc}^*/n$), 他们的期望利润或效用也相同; 将 $Q_i^* = Q_{sc}^*/n$ 以及 w_b^*, φ_b^* 代入式(8)和式(9), 可得此时各零售商的期望利润和期望效用分别为

$$\pi_b^{r-i}(w_b^*, \varphi_b^*) = \frac{1}{n} \left[(\varphi_b^* p - w_b^*) Q_{sc}^* - \varphi_b^* (p-s) \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \right] \quad (18)$$

$$U_b^{r-i}(w_b^*, \varphi_b^*) = \frac{1}{n} \left\{ \pi_b^{r-i}(w_b^*, \varphi_b^*) + (\lambda - 1) \times \int_0^{\frac{w_b^* - \varphi_b^* s}{\varphi_b^* (p-s)} Q_{sc}^*} [\varphi_b^* (p-s)x - (w_b^* - \varphi_b^* s) Q_{sc}^*] f(x) dx \right\} \quad (19)$$

所以 n 个零售商总的期望利润和期望效用分别为

$$\pi_b^r(w_b^*, \varphi_b^*) = (\varphi_b^* p - w_b^*) Q_{sc}^* - \varphi_b^* (p-s) \times \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \quad (20)$$

$$\lambda < 1 + \frac{(n-1)(p-s)}{(c-s)nQ_{sc}^* F\left(\frac{c-s}{p-s}Q_{sc}^*\right) - (n-1)(p-s) \int_0^{Q_{sc}^*} x f(x) dx} \int_0^{Q_{sc}^*} x f(x) dx \quad (24)$$

$$U_b^r(w_b^*, \varphi_b^*) = \pi_b^r(w_b^*, \varphi_b^*) + (\lambda - 1) \times \int_0^{\frac{w_b^* - \varphi_b^* s}{\varphi_b^* (p-s)} Q_{sc}^*} [\varphi_b^* (p-s)x - (w_b^* - \varphi_b^* s) Q_{sc}^*] f(x) dx \quad (21)$$

进一步结合式(4), 易知供应商的期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_b^s(w_b^*, \varphi_b^*) &= \pi_{sc}(Q_{sc}^*) - \pi_b^r(w_b^*, \varphi_b^*) \\ &= (w_b^* - c) Q_{sc}^* + (1 - \varphi_b^*) \times \left[p Q_{sc}^* - (p-s) \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (22)$$

收益共享系数 φ 一般是由供应链的参与各方共同协商而定, 但为了保证较为公平合理的收益分配, 收益共享系数必须满足参与者的个体理性. 由于供应商是风险中性的, 零售商是损失厌恶型的, 所以必须保证供应商合作后的利润不小于合作前的利润, 零售商合作后的效用不小于合作前的效用. 即有

$$\begin{cases} \pi_b^s(w_b^*, \varphi_b^*) \geq \pi_a^s(w_a^*) \\ U_b^r(w_b^*, \varphi_b^*) \geq U_a^r(w_a^*, Q_a^*) \end{cases} \quad (23)$$

根据式(23)可得收益共享系数 φ 的合理取值范围. 但至于它的具体取值, 则要取决于供应链上参与各方的决策地位和以及相互之间的谈判能力.

上面分析了供应商通过设计收益共享契约机制以达到协调供应链整体运作的目的. 此外, 若限定式(17)中的 $\varphi = 1$, 可以考察供应商和多个损失厌恶的零售商之间是否能够通过单纯的批发价契约实现供应链系统的协调.

定理 4 仅当零售商的风险厌恶系数 λ 或零售商数目 n 分别满足式(24)或式(25)时, 单纯的批发价契约才可以实现供应链协调, 式(24)和(25)为

$$n > \frac{\int_0^{Q_{sc}^*} xf(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{c-s}{p-s}Q_{sc}^*} xf(x) dx}{\int_0^{Q_{sc}^*} xf(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{c-s}{p-s}Q_{sc}^*} F(x) dx} \quad (25)$$

证明 将 $\varphi = 1$ 代入式(17) 得

$$-w + c - (\lambda - 1)(w - s)F\left(\frac{w-s}{p-s}Q_{sc}^*\right) + \frac{(n-1)(p-s)}{nQ_{sc}^*} \left[\int_0^{Q_{sc}^*} xf(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{w-s}{p-s}Q_{sc}^*} xf(x) dx \right] = 0 \quad (26)$$

令式(26) 左侧为函数 $l(w)$,经过求导运算后可知它是关于 w 的减函数.

又根据供应链系统的实际运作情况 ,当采用单纯的批发价作为协调策略时 ,应必须保证 $c < w < p$ 成立. 且

$$\lim_{w \rightarrow p} l(w) = \frac{-\lambda(p-c)}{n} - \frac{\lambda(n-1)(p-s)}{nQ_{sc}^*} \times \int_0^{Q_{sc}^*} F(x) dx < 0$$

$$\lim_{w \rightarrow c} l(w) = -(\lambda - 1)(c - s)F\left(\frac{c-s}{p-s}Q_{sc}^*\right) + \frac{(n-1)(p-s)}{nQ_{sc}^*} \left[\int_0^{Q_{sc}^*} xf(x) dx + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{c-s}{p-s}Q_{sc}^*} xf(x) dx \right]$$

若已知式(24) 或式(25) 满足时 必然有 $\lim_{w \rightarrow c} l(w) > 0$.

因此 此时必存在唯一的 $w^* \in (c, p)$ 能使式(26) 成立 从而使供应链系统达到协调. 证毕.

由定理 4 可知 ,单纯的批发价契约并不一定能够实现该供应链系统的协调 ,只有当零售商的风险厌恶程度较小或零售商个数较多导致竞争较激烈时 ,才有可能使供应链达到协调.

另外 ,也可以证明回购契约同批发价契约一样 ,并不一定能够使供应链系统达到协调 ,限于篇幅 ,本文不再赘述.

5 数值分析

假定模型参数为 $p = 30, \rho = 20, s = 5, n$ 取 $1 \sim 20$ 之间的整数 λ 介于 $1 \sim 4$ 之间. 为了方便分析问题 ,通常在随机需求下假定市场总需求 X 服从均匀分布^[28] ,其密度函数为

$$f(x) = \begin{cases} 1/D, & 0 \leq x \leq D \\ 0, & \text{其他} \end{cases}$$

其中 $D = 2000$.

若不采取收益共享契约机制时 ,根据式(14) ~ (16) ,求得在分散决策情况下供应商最优定价 w_a^* 和零售商总的最优订货量 Q_a^* ,进而可以较为方便地计算出供应链及其组成成员的期望利润或效用. 若限定零售商个数 n 不变($= 6$) ,通过改变风险厌恶系数 λ 的取值范围($\lambda \in [1, 4]$) ;或者限定 λ 不变($= 2$) ,通过改变 n 的取值范围($n = 1, 2, \dots, 20$) ,分别可以考察零售商的损失厌恶程度、零售商的数目对供应链及其组成成员的期望利润或效用的影响. 如图 1 和图 2 所示 ,在分散决策情况下 ,随着零售商损失厌恶程度的不断提高 ,零售商的总期望利润先逐渐增加然后缓慢减少 ,而供应商期望利润、零售商总期望效用以及供应链整体的期望总利润均不断减少;随着零售商数目增加 ,由于竞争性加剧零售商总订货量得以不断提高 ,致使零售商的总期望利润、供应商期望利润以及供应链整体的期望总利润均逐渐增加 ,但零售商的总期望效用仍不断减少. 此外 ,可以发现 ,当零售商数目较少时 ,它对供应链及其成员期望利润或效用的影响相对明显 ,而随着零售商数目增多 ,这种影响将会越来越小. 由于一体化决策时供应链系统为追求供应链整体期望利润最大 ,零售商的最优总订货量 Q_{sc}^* 为 800 ,此时供应链的期望利润达到 4 000. 从图 1 和图 2 可以发现 ,分散决策的供应链系统始终很难达到一体化运作时的运作绩效 ,供应链期望总利润水平均低于最优取值 4 000 ,因此有协调供应链运作的必要. 如在 $n = 6, \lambda = 2$ 时 ,分散决策的供应商批发价 w_a^* 为 24.52 ,零售商总的订货量 Q_a^* 为 467 ,供

应链及其参与各方的期望利润或效用情况如表 1 所示.

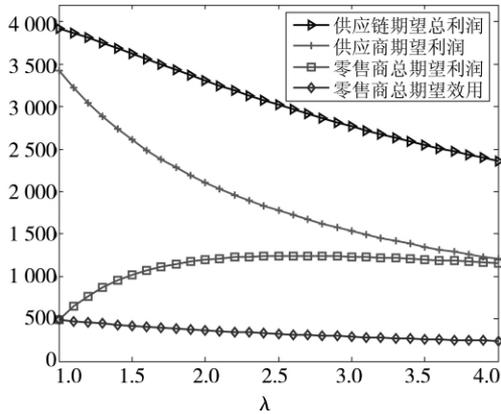


图 1 λ 对供应链及其成员期望利润或效用的影响
Fig. 1 The supply chain and its members' expected profit or utility with different λ

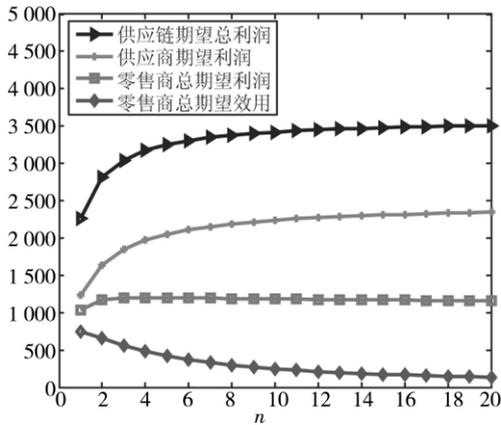


图 2 n 对供应链及其成员期望利润或效用的影响
Fig. 2 The supply chain and its members' expected profit or utility with different n

表 1 不同决策情形下供应链系统的期望利润或效用
($n = 6, \lambda = 2$)

Table 1 The supply chain's expected profit or utility in different decision-making situations($n = 6, \lambda = 2$)

分散决策			一体化决策
$\pi_a^s(w_a^*)$	$\pi_a^r(w_a^*, Q_a^*)$	$U_a^r(w_a^*, Q_a^*)$	$\pi_{sc}(Q_{sc}^*)$
2 110.4	1 196.7	365.7	4 000

为实现供应链系统的协调,必须精心设计收益共享的激励契约机制,使其相关参数满足式(17).图3和图4分别为零售商的损失厌恶程度、零售商的数目对收益共享契约参数的影响.由图3可知,由于零售商的损失厌恶会导致零售商订货量减少,而降低批发价或增加零售商自身保留

销售收益的份额可以用来激励零售商多订货,因此随着零售商损失厌恶程度增加,为实现供应链整体利益的最大化,要求收益共享契约两参数的比值 w_b^*/φ_b^* 逐渐减小.由图4可知,收益共享契约两参数的比值 w_b^*/φ_b^* 随零售商数目的增多而增加,零售商之间的竞争性加剧会导致零售商增加订货量也可以很好地解释这一现象.

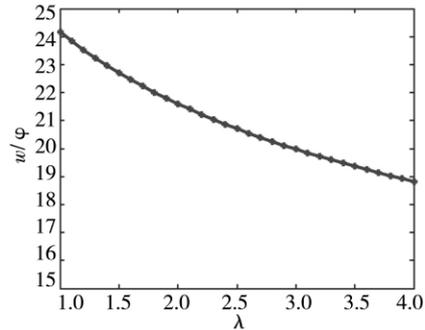


图 3 λ 对收益共享契约参数的影响
Fig. 3 The impact of λ on the parameters of revenue-sharing contract

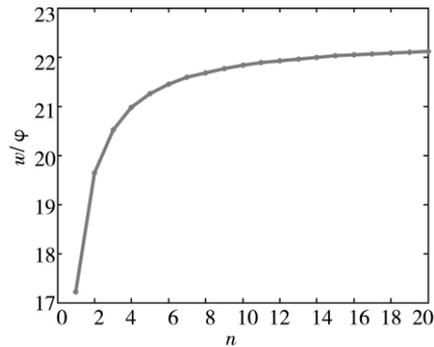


图 4 n 对收益共享契约参数的影响
Fig. 4 The impact of n on the parameters of revenue-sharing contract

有效的协调契约机制应使得供应链中任何一方在采用该契约机制后的收益或效用不会减少.进一步根据式(23),可以计算出收益共享分配系数 φ 的合理取值范围.图5和图6分别反映了零售商损失厌恶程度和零售商数目对共享系数 φ 的影响.结合图1、图2、图5和图6可知,随着零售商损失厌恶程度增加,供应链总利润水平在一体化决策与分散决策情况下的差距不断拉大,由此实现协调运作后可用于双方分配的资金增加,共享系数的取值区间随之增大;相反,随着零售商数目增多,供应链总利润水平在一体化决策与分散决策

情况下的差距不断缩小,使得共享系数的取值区间也随之很缓慢地减少.另外,零售商损失厌恶程度增加,收益共享系数应随之减小,从而供应商可以得到更多的销售收益比例;零售商数目增加,收益共享系数应不断增大,分配给供应商的销售收益比例减小.

具体地,当 $n = 6, \lambda = 2$ 时,收益共享契约参数需满足 $\frac{145}{6} - \frac{w_b^*}{\varphi_b^*} - \frac{7}{750}(\frac{w_b^*}{\varphi_b^*} - 5)^2 = 0$, 即 $\frac{w_b^*}{\varphi_b^*} =$

21.6. 由表1的计算结果表明,通过在供应链系统中合理地设置收益共享契约机制,可以加强供应链参与各方的合作,使得供应链的总期望利润增加20.9%,从而改善供应链的整体运作绩效.根据式(23)计算出此时共享系数 φ 的合理取值范围为(0.381, 0.694).表2反映了不同收益共享系数下的批发价格以及供应链参与者期望利润或效用的变动情况,只要保证契约参数 φ 在上述合理范围内,供应链各方实现的期望利润或效用均比加入收益共享契约前得到了增加,改进供应链的整体运作绩效的同时达到了互惠双赢的目的.

表2 不同收益共享系数下批发价格及供应链参与者的利润或效用 ($n = 6, \lambda = 2$)

Table 2 The supply chain's decision results with different revenue-sharing ratio factor ($n = 6, \lambda = 2$)

收益共享系数	0.3	0.381	0.4	0.5	0.6	0.694	0.7
批发价格	6.479	8.223	8.638	10.798	12.958	14.985	15.117
供应商的利润	3 183.04	2 963.12	2 910.72	2 638.4	2 366.08	2 110.4	2 093.76
零售商的总利润	816.96	1 036.88	1 089.28	1 361.6	1 633.92	1 889.6	1 906.24
零售商的总效用	288.14	365.7	384.19	480.23	576.28	666.46	672.33

6 结束语

传统的关于供应链协调问题的研究通常假定供应链的参与者均是风险中性的,但最近的一些实证研究表明这与现实情况并不相符.在现实中,规模较小的供应链参与主体往往是对风险或损失是比较规避的.因此,本文以一个两阶段的供应链为背景,建立了下游损失厌恶型零售商之间存在竞争时基于收益共享契约机制的供应链协调模型.文章求出了竞争性的多零售商存在唯一的纳

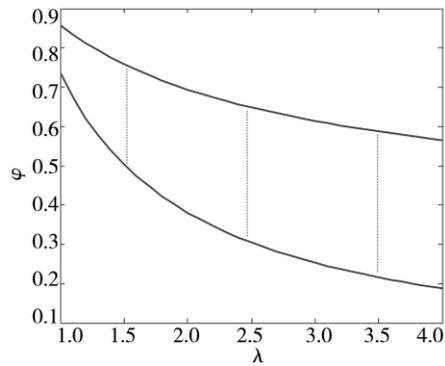


图5 λ对收益共享系数φ的影响

Fig. 5 The impact of λ on the revenue-sharing ratio factor

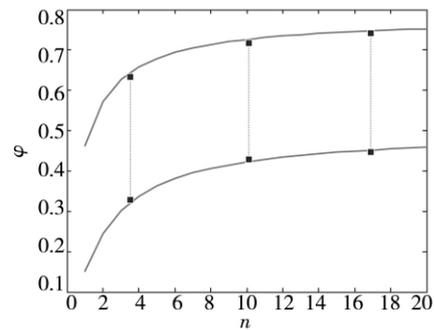


图6 n对收益共享系数φ的影响

Fig. 6 The impact of n on the revenue-sharing ratio factor

什均衡总订货量使零售商的期望效用实现最大化,且零售商的总订货量随零售商数目的增加(即竞争程度的增加)而增加、随零售商风险厌恶程度的增加而减少;进一步研究发现在整个供应链系统中存在唯一的“批发价—收益共享系数”比值使供应链系统利用收益共享契约达到协调,并推导了系统协调时最优契约参数之间的关系.最后结合数值实例表明通过确定合适的批发价和收益共享系数,加强供应链参与各方的合作,改善了供应链的整体运作绩效,实现了互惠双赢的目标,使供应链系统达到协调.

参考文献:

- [1]周永务. 随机需求下两层供应链协调的一个批量折扣模型[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(7): 25-31.
Zhou Yongwu. A quantity discount model for two-echelon supply chain coordination under stochastic demand[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2006, 26(7): 25-31. (in Chinese)
- [2]Arshinder K, Deshmukh S. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 115(2): 316-335.
- [3]Li X H, Wang Q N. Coordination mechanisms of supply chain systems[J]. European Journal of Operational Research, 2007, 179(1): 1-16.
- [4]Cachon G. Supply chain coordination with contracts[J]. Handbooks in Operations Research and Management Science, 2003, 11: 229-340.
- [5]潘会平, 陈荣秋. 供应链合作的利润分配机制研究[J]. 系统工程理论与实践, 2005, 25(6): 87-93.
Pan Huiping, Chen Rongqiu. A study on division of cooperative profit in supply chain[J]. Systems Engineering-theory & Practice, 2005, 25(6): 87-93. (in Chinese)
- [6]Warren A, Peers M. Video retailers have day in court: Plaintiffs say supply deals between Blockbuster Inc. and studios violate laws[N]. Wall Street Journal, 2002, (June 13): B10.
- [7]Mortimer J H. Vertical contracts in the video rental industry[J]. Review of Economic Studies, 2008, 75(1): 165-199.
- [8]Cachon G, Lariviere M. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations[J]. Management Science, 2005, 51(1): 30-44.
- [9]Giannoccaro I, Pontrandolfo P. Supply chain coordination by revenue sharing contracts[J]. International Journal of Production Economics, 2004, 89(2): 131-139.
- [10]Yao Z, Leung S, Lai K. Manufacturer's revenue-sharing contract and retail competition[J]. European Journal of Operational Research, 2008, 186(2): 637-651.
- [11]Linh C, Hong Y. Channel coordination through a revenue sharing contract in a two-period newsboy problem[J]. European Journal of Operational Research, 2009, 198(3): 822-829.
- [12]Eeckhoudt L, Gollier C, Schlesinger H. The risk-averse (and prudent) newsboy[J]. Management Science, 1995, 41(5): 786-794.
- [13]Agrawal V, Seshadri S. Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2000, 2(4): 410-423.
- [14]Choi T, Li D, Yan H. Mean-variance analysis for the newsvendor problem[J]. Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions on, 2008, 38(5): 1169-1180.
- [15]Wu J, Li J, Wang S. Mean-variance analysis of the newsvendor model with stockout cost[J]. Omega, 2009, 37(3): 724-730.
- [16]杨建奎, 周清, 杨磊. 报童模型的利润与亏损风险平衡分析[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(3): 100-105.
Yang Jiankui, Zhou Qing, Yang Lei. Trade-off analysis of revenue and risk of loss of the newsvendor model[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2009, 29(3): 100-105. (in Chinese)
- [17]Chen Y H, Xu M H, Zhang Z G. Technical note? A risk-averse newsvendor model under the CVaR criterion[J]. Operations Research, 2009, 57(4): 1040-1044.
- [18]Yang L, Xu M, Yu G. Supply chain coordination with CVaR criterion[J]. Asia-Pacific Journal of Operational Research, 2009, 26(1): 135-160.

- [19]Kahneman D ,Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk [J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* ,1979 ,47(2) : 263 – 291.
- [20]Schweitzer M ,Cachon G. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence [J]. *Management Science* ,2000 ,46(3) : 404 – 420.
- [21]Wang C X ,Webster S. The loss-averse newsvendor problem [J]. *Omega* ,2009 ,37(1) : 93 – 105.
- [22]沈厚才,徐 进,庞 湛. 损失规避偏好下的定制件采购决策分析 [J]. *管理科学学报* ,2004 ,7(6) : 37 – 45.
Shen Houcai ,Xu Jin ,Pang Zhan. Decision analysis for order-specific component procurement with loss-averse utility [J]. *Journal of Management Sciences in China* ,2004 ,7(6) : 37 – 45. (in Chinese)
- [23]Wang C X. The loss-averse newsvendor game [J]. *International Journal of Production Economics* ,2010 ,124(2) : 448 – 452.
- [24]Zhang L ,Song S J ,Wu C. Supply chain coordination of loss-averse newsvendor with contract [J]. *Tsinghua Science & Technology* ,2005 ,10(2) : 133 – 140.
- [25]Wang C X ,Webster S. Channel coordination for a supply chain with a risk-neutral manufacturer and a loss-averse retailer [J]. *Decision Sciences* ,2007 ,38(3) : 361 – 389.
- [26]Shi K R ,Xiao T J. Coordination of a supply chain with a loss-averse retailer under two types of contracts [J]. *International Journal of Information and Decision Sciences* ,2008 ,1(1) : 5 – 25.
- [27]张维迎. 博弈论与信息经济学 [M]. 上海: 上海人民出版社 ,2004: 67 – 75.
Zhang Weiying. *Game Theory and Information Economics* [M]. Shanghai: Shanghai People's Publishing House ,2004: 67 – 75. (in Chinese)
- [28]Keren B ,Pliskin J. A benchmark solution for the risk-averse newsvendor problem [J]. *European Journal of Operational Research* ,2006 ,174(3) : 1643 – 1650.

Revenue-sharing contract in supply chains with single supplier and multiple loss-averse retailers

LI Ji-cai^{1 2} , ZHOU Yong-wu¹ , XIAO Dan¹ , ZHONG Yuan-guang¹

1. School of Business Administration , South China University of Technology , Guangzhou 510641 , China;
2. Xingzhi College , Zhejiang Normal University , Jinhua 321004 , China

Abstract: This paper develops revenue-sharing contract coordination model in a two-stage supply chain consisting of a supplier and multiple loss-averse retailers. It is found that there is a unique Nash equilibrium total order quantity to maximize the expected utility of multiple competing loss-averse retailers , and the optimal total order quantity increases as the number of retailers increases but decreases as the degree of risk aversion increases. Furthermore , a unique ratio of wholesale price and revenue sharing fraction is proved to coordinate the whole supply chain based on revenue-sharing contract mechanism , and the relation between the optimal contractual parameters are deduced. Finally a numerical example is given to illustrate the theoretical results of the proposed model.

Key words: loss aversion; revenue-sharing contract; supply chain coordination