

风险规避下具有促销效应的收益共享契约^①

代建生, 孟卫东

(重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400030)

摘要: 在 CVaR 风险度量准则下, 考察了销售商风险规避且存在促销效应下的收益共享契约, 并从中获得一些管理启示. 讨论了风险规避销售商的最优订购和促销努力决策. 探讨了传统收益共享契约和改进收益共享契约的协调问题, 分析了契约参数之间的关系, 得到以下结论: 在改进收益共享契约下, 给定批发价格, 销售商越规避风险, 其收益共享比例和成本分担比例就越大. 最后考察了促销努力效应和风险规避偏好对收益共享契约可行域的影响, 指出促销效应和风险规避缩小了契约可行域, 引入成本分担机制有助于消除促销效应对契约可行域的影响.

关键词: 收益共享契约; 促销努力; 风险规避; CVaR

中图分类号: C934; F274 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2014)05-0025-10

0 引言

收益共享契约是协调供应链的重要契约形式, 它能有效改善整个供应链系统的运作效率. 在包括电子商务、影碟租赁等领域得到广泛的运用^[1], 比如影碟租赁巨头 Blockbuster 以及分销巨头 Rentrak, 手机巨头苹果的 iPhone 业务, 以及 Google AdSense 都使用此契约来协调供应链. 国内外学者从能否协调供应链的视角对其进行了大量研究, 比如, 文献 [1] 和 [2] 研究表明收益共享契约能完美协调供应链; 文献 [3] 和 [4] 分别在价格敏感和突发事件背景下考察渠道协调问题, 指出传统收益共享契约不能协调供应链; 文献 [5] 指出收益共享契约优于单一价格契约.

渠道成员的促销努力能影响商品的市场需求^[6-7]. 在这种情形下, 一些在无促销效应时能协调供应链的契约安排不再有效. 比如: 回购契约能完美协调无促销效应的供应链, 但不能协调存在促销效应的供应链^[8-9]. 促销效应对收益共享契

约是否也有影响呢? 答案是肯定的. 文献 [10] 研究表明, 当证实促销努力的成本极其高昂时, 传统的收益共享契约不能协调供应链. 不过, 通过引入成本分担机制, 收益共享契约仍能协调此类供应链^[11-12].

上述文献都是在风险中性假设下进行的研究, 并未考虑成员企业风险规避特性对其决策的影响. 近期一些实证研究表明, 决策者的行为与风险中性假设并非总是一致的^[13-14], 而往往表现出某种风险规避的特性. 相对于风险中性者, 风险规避的销售商趋向于更低的订货水平^[15]. 当决策者风险规避时, 收益共享契约有何不同呢? 它还能协调供应链吗? 针对这些问题, 文献 [16-17] 研究指出, 在协调供应链的收益共享契约中, 随着销售商风险规避程度的增加, 销售商的收益分享比例和批发价格更低. 文献 [18] 运用前景理论考察了收益共享契约在损失厌恶下与风险中性下的差异. 文献 [19] 研究表明传统收益共享契约并不能协调风险规避的供应链, 但他们设计了能实现渠

① 收稿日期: 2012-03-22; 修订日期: 2012-12-16.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71102178); 国家社会科学基金重点资助项目(08AJY028); 中央高校基本科研业务费资助项目(CDJSK100201).

作者简介: 代建生(1978—), 男, 四川华蓥人, 博士生. Email: jiansheng.dai@163.com

道协调的风险分担的契约机制. 文献 [20] 运用 CVaR 方法考察了风险规避供应链的渠道协调问题, 并通过数值分析表明在绝大多数情形下收益共享契约不能完美协调具有价格弹性的供应链. 不过这些研究都没有考察促销效应对收益共享契约的影响.

基于此, 本文考察具有促销效应且风险规避供应链的收益共享契约安排. 鉴于 CVaR 具有良好的结构和计算特性^[21], 且与二阶以及高阶随机占优保持一致性^[22-23], 本文采用 CVaR 方法.

1 问题描述

考虑由一个风险中性的供应商和一个风险规避的销售商构成的供应链. 商品的生产成本 c 及市场价格 p 是外生给定的, 且 $c < p$. 商品市场需求是不确定的, 用连续随机变量 ξ 来表示, 且有 $0 \leq \xi \leq U (U > 0)$, 其分布函数和密度函数分别记为 $F(\cdot)$ 和 $f(\cdot)$, 且对一切 $\xi \in [0, U]$, 有 $f(\cdot) > 0$. 销售商不清楚市场的最终需求, 但知道市场需求的概率分布.

销售商实施促销努力 e 能增大潜在的市场需求. 本文将商品需求与促销努力的关系模型化为加和关系^[10, 24], 即 $D(e) + \xi$, 其中 $D(e)$ 关于 e 是二阶可微的、严格增且凹的. 销售商的促销努力需在商品销售实现前进行, 比如广告. 实施促销努力的成本为 $C(e)$, 且 $C(e) = 0, C''(0) = 0$, 成本函数 $C(\cdot)$ 关于 e 严格凸增、且二阶可导.

渠道经销商品具有报童类商品属性, 销售商只有 1 次订购机会, 设其订购量为 y . 如果市场需求小于这个订购量, 需求得到满足, 但剩余商品没有残余价值; 如果市场需求大于这个订购量将不能得到满足, 最终实现的销售量为 $\min\{y, D(e) + \xi\}$, 但缺货不会给供应链带来其它损失.

供应商和销售商达成如下收益共享契约 (w, ϕ) 安排: 供应商以批发价格 w 向销售商供给商品, 销售收入实现后, 销售商将占收入 $1 - \phi$ 比例的部分转移给供应商; 供应商和销售商之间还可能存在固定转移支付 T , 比如渠道管理费用、加盟费用等等. 由于 T 只影响最终的利润分配, 并不影响双方的最优决策, 后文将忽略这一变量.

供应商先行动, 确定收益共享契约 (w, ϕ) ; 销售商后行动, 确定订购量并选择促销努力水平. 为了研究的方便, 先考察在 (w, ϕ) 给定情形下, 销售商的决策问题. 当销售商采取策略组合 (y, e) 时, 销售商和供应商的利润函数分别记为 $\pi_R(y, e)$ 和 $\pi_S(y, e)$.

$$\pi_R(y, e) = \phi p \min\{y, D(e) + \xi\} - wy - C(e) \tag{1}$$

$$\pi_S(y, e) = (1 - \phi)p \min\{y, D(e) + \xi\} + (w - c)y \tag{2}$$

在 CVaR 风险度量准则下, 销售商的风险价值^[24, 26]

$$CVaR_\eta(\pi_R(y, e)) = \max_{v \in R} \left\{ v + \frac{1}{\eta} E[\min(\pi_R(y, e) - v, 0)] \right\} \tag{3}$$

其中 E 是期望算子; $\eta \in (0, 1]$ 是对销售商风险规避程度的度量, η 越小, 表示销售商越是风险规避的, $\eta = 1$ 对应风险中性.

2 销售商的决策分析

在分散决策下, 销售商面临的问题是从其策略可行集中选择最优策略, 以最大化自身利益. 特别地, 理性的销售商选择的促销努力 e 必然满足 $D(e) \leq y$. 故有

$$\begin{aligned} \max_{y, e} [CVaR_\eta(\pi_R(y, e))] = \\ \max_{y, e} \left(\max_{v \in R} \left\{ g(v, y, e) := v + \frac{1}{\eta} E[\min(\pi_R(y, e) - v, 0)] \right\} \right) \end{aligned} \tag{4}$$

利用变换 $E[\min(\pi_R(y, e) - v, 0)] = E[v - \pi_R(y, e)]^+$, 可将式(4) 中的 $g(v, y, e)$ 简化为

$$\begin{aligned} g(v, y, e) = v - \left(\frac{1}{\eta} \right) \int_0^{y-D(e)} [v - \phi p(D(e) + x) + wy + C(e)]^+ dF(x) - \left(\frac{1}{\eta} \right) \times \\ \int_{y-D(e)}^U [v - (\phi p - w)y + C(e)]^+ dF(x) \end{aligned} \tag{5}$$

要使讨论有意义, 规定 $w \geq 0$, 否则将导致销

售商的过度订购. 假设 $w < 0$, 那么由式 (1), 有 $\frac{\partial \pi_R(y, \rho)}{\partial y} > 0$, 则 $\pi_R(y, \rho) \Big|_{y \rightarrow \infty, \rho=0} \rightarrow \infty$. 由式 (4), $CVaR_\eta(\pi_R(y, \rho))$ 关于 $\pi_R(y, \rho)$ 非减, 因而销售商的订购量 $y^* \rightarrow \infty$. 这不符合现实. 同时规定 $\phi > 0$, 其理由见命题 3 后的注 2.

引理 1 在问题 (4) 中 $v^*(y, \rho) = (\phi p - w)y - C(e)$ 使 $g(v, y, \rho)$ 取极大值.

证明见附录.

命题 1 在收益共享契约下, 销售商的最优订购量 y^{**} 和最优促销努力 e^{**} 满足以下条件

$$F(y^{**} - D(e^{**})) = \eta \frac{\phi p - w}{\phi p} \quad (6)$$

$$\frac{C'(e^{**})}{D'(e^{**})} = \phi p - w \quad (7)$$

证明 将 $v^*(y, \rho) = (\phi p - w)y - C(e)$ 置入式 (5) 得到

$$g(v^*(y, \rho), y, \rho) = (\phi p - w)y - C(e) - \frac{\phi p}{\eta} \int_0^{y-D(e)} [y - D(e) - x] dF(x) \quad (8)$$

注意到式 (6) 中 $g(v^*(y, \rho), y, \rho)$ 关于 (y, ρ) 是严格地联合凹的 (Hessian 阵严格负定), 极大化问题 (4) 有且仅有唯一解. 其关于 y 和 e 的一阶偏导分别为

$$\frac{\partial g}{\partial y} = (\phi p - w) - \frac{\phi p}{\eta} F(y - D(e)),$$

$$\frac{\partial g}{\partial e} = -C'(e) + \frac{\phi p}{\eta} D'(e) F(y - D(e))$$

令 $\frac{\partial g}{\partial y} = 0, \frac{\partial g}{\partial e} = 0$. 联立求解上面两式可得到式 (6) 和 (7). 证毕.

命题 2 y^{**} 是 η 的增函数, e^{**} 独立于 η .

证明 运用隐函数定理, 对式 (7) 两边求关于 η 的导数, 有 $\frac{de^{**}}{d\eta} = 0$; 将式 (6) 改写为 $y^{**} = F^{-1} \left[\eta \frac{\phi p - w}{\phi p} \right] + D(e^{**})$, 对 y^{**} 求关于 η 的导数, 有 $\frac{dy^{**}}{d\eta} > 0$. 证毕.

风险中性的销售商订购量为

$$y^{**} = F^{-1} \left[\frac{\phi p - w}{\phi p} \right] + D(e^{**})$$

因

$$F^{-1} \left[\frac{\phi p - w}{\phi p} \right] \geq F^{-1} \left[\eta \frac{\phi p - w}{\phi p} \right]$$

且 $\frac{de^{**}}{d\eta} = 0$, 因而在既定契约安排下风险规避者的订购量小于风险中性者, 这一结论与文献 [15] 和 [25] 是一致的.

3 销售商风险规避下的收益共享契约

3.1 协调风险规避供应链的帕累托标准

关于渠道成员风险规避下的供应链协调, 文献 [26] 提出了帕累托有效标准. 一个契约实现了供应链的协调, 是指处于这种状态: 不存在另一个契约, 在不使供应链某个渠道成员福利受损的情况下, 能改善其它渠道成员的福利状况. 文献 [26] 的命题 1 和定理 1 还表明: 在风险中性或基于下侧风险度量准则来度量风险规避决策者的风险价值时, 使渠道利润实现最大化的契约能完成渠道协调. 本文也采用帕累托有效标准.

给定销售商的策略 (y, ρ) , 由式 (1) 和式 (2) 整个渠道可实现的总利润为

$$\pi_{sc}(y, \rho) = p \min\{y, D(e) + \xi\} - C(e) - cy \quad (9)$$

命题 3 实现渠道利润最大化的订购量 y^{1*} 和促销努力 e^{1*} 可由以下一阶条件刻画

$$F(y^{1*} - D(e^{1*})) = \frac{p - c}{p} \quad (10)$$

$$\frac{C'(e^{1*})}{D'(e^{1*})} = p - c \quad (11)$$

证明 只需注意到 $E(\pi_{sc}(y, \rho))$ 关于 (y, ρ) 是严格地联合凹的, 因而存在一个最优解可极大化 $E(\pi_{sc}(y, \rho))$, 并且这个解可由极大化 $E(\pi_{sc}(y, \rho))$ 的一阶条件来刻画. 证毕.

注 1 由 $f(\cdot) > 0$ 及 $C(\cdot)$ 和 $D(\cdot)$ 的严格凹凸性, 满足式 (10) 和 (11) 的 (y^{1*}, e^{1*}) 是唯一的.

注 2 当 $\phi = 0$ 时, 由式 (8) 有 $g(v^*(y, \rho), y, \rho) = -wy - C(e)$, 因此, 问题 (4) 的最优解 $e^{**} = 0 < e^{1*}$, 因而一切形如 (w, ρ) 的收益共享契约都不能完成渠道协调.

3.2 传统收益共享契约

定理1 如果 $\eta \geq \frac{p-c}{p}$ 那么,存在唯一的收益共享契约 (w^*, ϕ^{s*}) 能协调供应链,其中 $w^* = c - (1-\eta)p$ $\phi^{s*} = \eta$.

证明 定理1后的注1指出能实现渠道协调的销售商的最优订购量和促销努力水平是唯一的.因此,要完成渠道协调,必然要求 $y^{s*} = y^{I*}$, $e^{s*} = e^{I*}$,比较式(6)、(7)和式(10)、(11),有 $\eta \frac{\phi p - w}{\phi p} = \frac{p-c}{p}$ 及 $\phi p - w = p - c$ 联立求解以上两式,有 $w^* = c - (1-\eta)p$ 和 $\phi^{s*} = \eta$.特别地 $\eta \geq \frac{p-c}{p}$ 保证了 $w \geq 0$. 证毕.

当 $\eta = 1$ 时,有 $w^* = c$ $\phi^{s*} = 1$ 在销售商风险中性下,只有在批发价格等于生产成本,且销售商独自分享所有收益的情形下,渠道协调才能实现^[10-11].在契约 $(w, \phi) = (c, 1)$ 下,销售商独自承担所有市场风险,并独享市场收益,他是唯一存在道德风险的经济体.让具有道德风险的经济体承担所有风险,能够实现帕累托意义上的最优,前提是独自承担风险者必须是风险中性的^[27].当 $\eta < 1$ 时,有 $w^* < c$ $\phi^{s*} < 1$ 这表明契约 $(w, \phi) = (c, 1)$ 不能协调此类供应链,让风险规避者独自承担所有风险不能实现帕累托最优^[27].通过调减批发价格和销售商分享比例,能够减少其承担的市场风险,使其订购决策达到供应链的最优.

例1 设 $p = 10$ $c = 4$ $\eta = 0.8$; 商品市场需求服从均匀分布 $U(0, 1000)$; 促销需求和成本函数分别为 $D(e) = 40e$ $C(e) = 20e^2$. 求解协调供应链的传统收益共享契约.

由式(10)和(11),有 $y^{I*} = 840$ $e^{I*} = 6$. 在契约 $(w, \phi) = (4, 1)$ 下,根据式(6)和(7),有 $y^{s*} = 720$ $e^{s*} = 6$,这表明适用于风险中性的契约 $(w, \phi) = (4, 1)$ 不能协调风险规避的供应链.

由定理1,有 $w^* = 2$ $\phi^{s*} = 0.8$ 将其置入式(6)和(7)解之得 $y^{s*} = 840$, $e^{s*} = 6$ 因而契约 $(w, \phi) = (2, 0.8)$ 能协调供应链,它也是唯一能协调供应链的契约安排.

推论1 w^* 和 ϕ^{s*} 是 η 的增函数.

销售商越是规避风险的,其收益共享比例和批发价格就越低,这与文献[16]和[17]是一

致的.

3.3 改进收益共享契约

如果促销成本可证实(比如广告),那么供应商可对上述契约做如下改进:在传统收益共享契约基础上,由供应商分担销售商部分促销成本,不妨设供应商的分担比例为 $1 - \phi$ ($0 \leq \phi \leq 1$).在改进后的契约下,销售商和供应商的利润分别为

$$\pi_R(y, e) = \phi p \min\{y, D(e)\} + \xi - wy - \phi C(e) \tag{12}$$

$$\pi_S(y, e) = (1 - \phi) p \min\{y, D(e)\} + \xi + (w - c)y - (1 - \phi)C(e) \tag{13}$$

命题4 在改进契约下,销售商的最优订购量 y^{IS*} 和促销努力 e^{IS*} 可由以下一阶条件来刻画

$$F(y^{IS*} - D(e^{IS*})) = \eta \frac{\phi p - w}{\phi p} \tag{14}$$

$$\frac{C'(e^{IS*})}{D'(e^{IS*})} = \frac{\phi p - w}{\phi} \tag{15}$$

证明 与命题3的证明相同,略.

要实现渠道协调,要求 $y^{IS*} = y^{I*}$ $e^{IS*} = e^{I*}$,比较式(10)、(11)和式(14)、(15),有

$$\eta \frac{\phi p - w}{\phi p} = \frac{p - c}{p} \tag{16}$$

$$\frac{\phi p - w}{\phi} = p - c \tag{17}$$

由式(16)及 $w \geq 0$,有 $\eta \geq \frac{p-c}{p}$; 且当 $\eta = \frac{p-c}{p}$ 时,必有 $w = 0$.

式(16)和(17)中含有3个变量,但仅有两个方程,故其解有1个自由度.不失一般性,选择 w 作为自由变量,联立求解上述两个方程,得到

$$\phi^{IS*}(w) = \eta \frac{w}{c - (1-\eta)p} \tag{18}$$

$$\varphi^{IS*}(w) = \frac{w}{c - (1-\eta)p} \tag{19}$$

定理2 1) 如果 $\eta > \frac{p-c}{p}$,那么改进契约 $(w, \phi^{IS*}(w), \varphi^{IS*}(w))$ 能协调供应链,其中 $0 < w \leq c - (1-\eta)p$,而 $\phi^{IS*}(w)$ 和 $\varphi^{IS*}(w)$ 分别由式(18)和(19)确定; 2) 如果 $\eta = \frac{p-c}{p}$,一切满足 $\frac{\phi^{IS*}}{\varphi^{IS*}} = \eta$ 的收益共享契约 $(0, \phi^{IS*}, \varphi^{IS*})$ 都能

协调供应链; 3) 如果 $\eta < \frac{p-c}{p}$, 不存在任何改进契约能协调供应链.

证明 与定理 1 的证明类似, 略.

当 $\varphi^{IS^*}(w) = 1$ 时, 有 $w = c - (1 - \eta)p$, $\phi^{IS^*}(w) = \eta$, 这就是定理 1 给出的传统契约. 传统契约是 $\varphi = 1$ 的改进契约, 而改进契约允许 φ 取 $(0, 1]$ 中的任意值, 从而扩大了有效契约的可行域.

当 $\eta = 1$ 时, 协调供应链的契约参数满足 $\phi^{IS^*}(w) = \varphi^{S^*} = \frac{w}{c}$, 它是文献 [12] 命题 1 中的结论. 当 $\eta < 1$ 时, 由式 (18) 和 (19), 有

$$\phi^{IS^*}(w) < \varphi^{S^*} = \frac{w}{c - (1 - \eta)p}$$

例 2 基本假设与例 1 同, 求解改进收益共享契约安排.

根据式 (18) 和 (19), 有 $(\phi^{IS^*}(w), \varphi^{IS^*}(w)) = (0.4w, 0.5w)$, 且 $0 < w \leq 2$. 其中当 $w = 2$ 时, 有 $(\phi^{IS^*}(w), \varphi^{IS^*}(w)) = (0.8, 1)$, 相应的契约安排为 $(w, \phi, \varphi) = (2, 0.8, 1)$, 它就是例 1 给出的契约安排. 可以表明与 $w = 1$ 相对应的契约安排 $(w, \phi, \varphi) = (1, 0.4, 0.5)$ 也能协调供应链. 在此契约下, 由式 (14) 和 (15), 有 $y^{IS^*} = 840$, $e^{IS^*} = 6$. 事实上, 对任意批发价格 $w \in (0, 2]$, 都存在相应的契约安排能协调供应链.

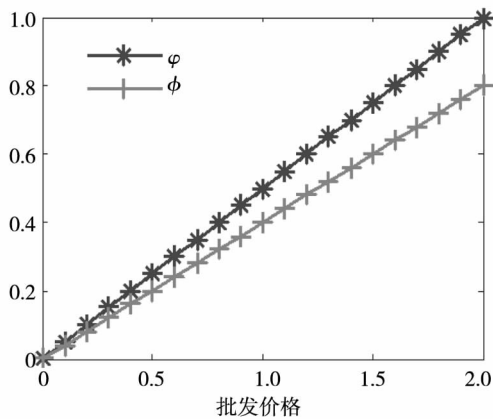


图 1 改进契约参数之间的关系

Fig. 1 The relationships among parameters of improved contracts

图 1 刻画了改进契约参数之间的关系, 横轴是批发价格, 纵轴是销售商的收益共享和成本分

担比例. 批发价格越高, 单位商品的边际收益就越低, 若要完成渠道协调, 需要对销售商提供更大的激励, 即增大销售商的收益分享比例, 同时让其承担更大比例的成本以抑制其促销过度.

推论 2 $\phi^{IS^*}(w)$ 和 $\varphi^{IS^*}(w)$ 都是 η 的减函数.

证明 利用式 (18) 和 (19) 分别对 $\phi^{IS^*}(w)$ 和 $\varphi^{IS^*}(w)$ 求关于 η 的一阶导数可完成证明.

推论 2 关于 $\phi^{IS^*}(w)$ 是 η 的减函数的结论是违背直觉的, 而且与推论 1 的结论相反. 前面的讨论已经表明, 通过调整收益共享契约参数可以引导销售商改变订购决策, 比如要使销售商增大订购量, 供应商或者降低批发价格, 或者增大销售商的收益共享比例, 或者同时使用上述两个策略. 命题 2 表明, 在既定契约安排下, 销售商越规避风险, 其订购量就越小. 因此, 在不改变批发价格的情形下, 只有让风险规避较大的销售商获得更大的收益共享比例, 才能使其订购量与风险规避较小的销售商保持一致 (比如: 系统最优的订购水平). 定理 1 指出, 要使渠道协调得以实现, 要求 $\frac{\phi^{IS^*}(w)}{\varphi^{IS^*}(w)} = \eta$, 因而销售商的成本分担比例也随风险规避程度的上升而增大.

在现实中很少观察到推论 2 反映的现象, 主要有以下原因: 第一, 收益共享契约涉及到商业秘密, 一般是不公开的, 如 Blockbuster、苹果^[10, 12]. 第二, 与某些供应商合作的销售商都是风险中性的, 比如, 与苹果合作的企业都是所在国家或地区的巨型企业: AT&T (美国)、T-Mobile (德国)、O₂ (英国)、中国联通 (中国) 等. 最后, 使用的收益共享契约可能是无效率的, 供应商对风险规避程度不同的经销商应提供不同的契约安排, 但没有实施差异化的契约安排. 现实中, 并非所有供应链的契约安排都是有效的, 比如, 苹果与 T-Mobile 的契约安排可能是无效的^[12].

谷歌也采用收益共享契约来协调供应链, 普通网民通过 AdSense 以个人身份与谷歌实现广告合作, 从中分得 50% 以上的广告收益^②, 并独自承

② <http://it.people.com.cn/GB/42891/42894/11688429.html>

担促销成本;但一般网站从谷歌分享的收益比例要低得多^③. 百度联盟以及其它搜索引擎也有类似的收益分享计划.

令

$$\Delta(\eta) = \frac{|\phi^{IS^*}(w) - \varphi^{IS^*}(w)|}{\varphi^{IS^*}(w)} = \frac{1-\eta}{\eta}$$

它度量的是销售商收益共享比例和成本分摊比例差异的相对大小,注意到 $\frac{d\Delta(\eta)}{d\eta} < 0$,可得以下结论.

推论 3 1) 对任意 η , 恒有 $\phi^{IS^*}(w) \leq \varphi^{IS^*}(w)$; 2) $\Delta(\eta)$ 是 η 的减函数.

图 2 刻画了 $\phi^{IS^*}(w)$ 和 $\varphi^{IS^*}(w)$ 与 η 的变动关系(参数值 $p = 10, c = 4, w = 1$).

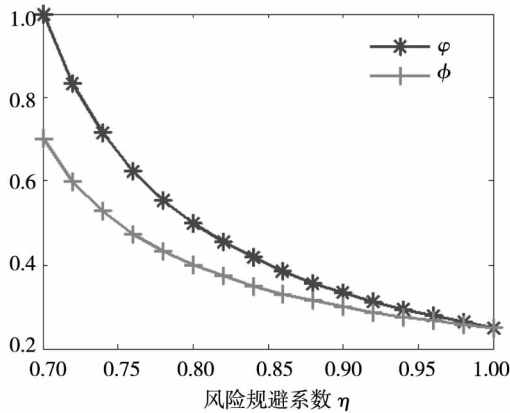


图 2 销售商风险规避对改进契约参数的影响

Fig. 2 Impact of the retailer's risk aversion on parameters of improved contracts

推论 3 表明,在改进契约中,销售商的成本分担比例小于其收益共享比例的契约一定不是最优的. 这个推论的意义在于即使供应商不能精确地知道销售商的风险规避程度,在期望意义上,他仍可提供相对有效的契约安排.

4 促销效应和风险规避对收益共享契约的影响分析

促销效应缩小了契约可行域. 无促销效应时,只要 $\eta > \frac{p-c}{p}$, 对小于 $\frac{c-(1-\eta)p}{\eta}$ 的任意 w , 都存在分享比例 $\phi(w) = \frac{\eta w}{c-(1-\eta)p}$ 能完成系统最优. 当 $\eta = \frac{p-c}{p}$ 时,一切形如 $(0, \phi)$ 的契约都可协调供应链,其中 $\phi > 0$. 这表明无促销效应时有无穷多个能协调供应链的契约安排,但促销效应存在时能协调供应链的契约是唯一的. 存在促销效应时,契约设计不仅要考虑对销售商订购决策的影响,还要考虑对其促销努力的影响,这使得契约选择更具限制性.

销售商的风险规避也影响契约可行域. 由定理 2 可知,当销售商风险中性时,对满足 $0 \leq w \leq c$ 的任意批发价格都存在可行的契约安排,但当销售商风险规避时, $(w, \phi^{IS^*}(w), \varphi^{IS^*}(w))$ 中批发价格的取值范围缩小为 $[0, c - (1-\eta)p]$. 而当 $\eta < \frac{p-c}{p}$ 时,批发价格的值域是空集,不存在能完成渠道协调的收益共享契约. 表 1 列出了促销效应和风险规避对契约可行域的影响.

当 $\eta > \frac{p-c}{p}$ 时,满足 $\phi = \eta \frac{w}{c-(1-\eta)p}$ 的契约能协调无促销效应的供应链,其中批发价格的可行域为 $(0, \frac{c-(1-\eta)p}{\eta}] \supseteq (0, c - (1-\eta)p]$. 后者为存在促销效应下批发价格的值域. 当 $\eta = \frac{p-c}{p}$ 时,如果不存在促销效应,一切形如 $(0, \phi)$ 的契约都可协调供应链,其中 ϕ 的值域 $(0, 1] \supseteq (0, \frac{p-c}{p}]$. 后者为存在促销效应时收益共享比例的值域.

^③ 谷歌与普通网站的收益分享比例是不公开的,谷歌关于广告发布商的收入说明如下:“尽管我们不会详细公布收入分配情况,但我们的目标是保证发布商获得的收入不会少于他们加入其他广告网站所能获得的收入.”(http://www.chinabaike.com/z/xinxi/guanlizixun_renzheng/246410.html). 通过普通网站从谷歌分享的次均广告点击收入(0.05 美元 - 0.15 美元)和广告主支付给谷歌的 CPC 价格(单价较高的前 20 行业支付的 CPC 在 20 美元 - 50 美元之间 <http://game.chinanews.com/stocks/01107/2011454.html>)来看,普通网站分享的收益比例应在 10% - 30% 之间,甚至更低. 比如雅虎从谷歌分享的收益比例上限为 25% (<http://soft.yesky.com/news/453/8575453.shtml>).

表 1 促销效应和风险规避对契约可行域的影响
Table 1 Impact of promotional effect and risk aversion on feasible domain of contracts

契约参数		传统收益共享契约			改进收益共享契约		
		$\eta = 1$	$\eta > \frac{p-c}{p}$	$\eta = \frac{p-c}{p}$	$\eta = 1$	$\eta > \frac{p-c}{p}$	$\eta = \frac{p-c}{p}$
无促销效应	w	$[0, c]$	$(0, \frac{c-(1-\eta)p}{\eta}]$	0	$(0, c]$	$(0, \frac{c-(1-\eta)p}{\eta}]$	0
	$\phi(w)$	$\frac{w}{c}$	$\frac{\eta w}{c-(1-\eta)p}$	$(0, 1]$	$\frac{w}{c}$	$\frac{\eta w}{c-(1-\eta)p}$	$(0, 1]$
存在促销效应	w	c	$c-(1-\eta)p$	0	$(0, c]$	$(0, c-(1-\eta)p]$	0
	$\phi(w)$	1	η	$\frac{p-c}{p}$	$\frac{w}{c}$	$\frac{\eta w}{c-(1-\eta)p}$	$(0, \frac{p-c}{p}]$
	$\varphi(\phi)$	1	1	1	ϕ	$\frac{\phi}{\eta}$	$\frac{\phi}{\eta}$

图 3 模拟了不同风险偏好下所有可行的收益共享契约(参数值 $p = 10, c = 4$), 其中 ABCD 区域是无促销效应下收益共享契约的可行域, 而 EC 线是存在促销效应下传统契约的可行域, ABCE 区域则是存在促销效应下改进契约的可行域. 促销效应将收益共享契约的可行域由区域 ABCD 收缩成 CD 线, 销售商的风险规避又将 CD 线转变成 CE 线. 通过引入成本分担机制, 改进契约将契约可行域由 EC 线扩展至区域 ABCE, 不过仍小于区域 ABCD.

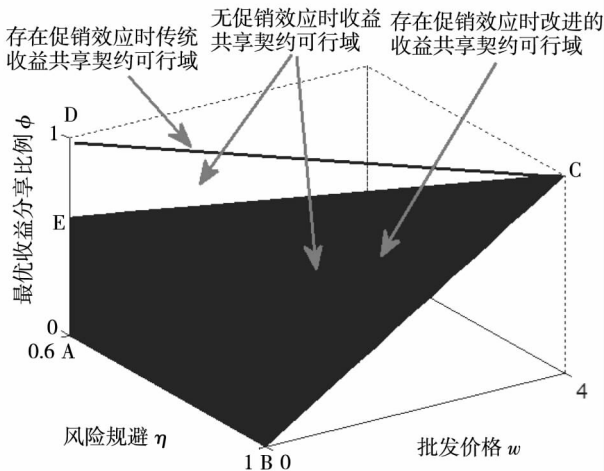


图 3 促销效应和风险规避对有效契约可行域的影响

Fig. 3 Impact of promotional effect and risk aversion on feasible domain of contracts

从图 3 可知, 第 1、无论是否存在促销效应, 销

售商越规避风险, 契约可行域越小. 当销售商风险中性时, 满足 $0 \leq w \leq c$ 的批发价格都是可行的, 而当 $\eta = \frac{p-c}{p}$ 时, 唯一可行的批发价格为 $w = 0$, 不过在这种特殊情形下, 仍存在无穷多个可行契约的安排.

第 2、促销效应极大地缩小了契约可行域的范围. 在任意 η 下, 契约参数 w 的可行域都从一维空间缩减至单点; 改进契约又将契约参数 w 的可行域空间从单点复原到一维空间(图 1 中代表 ϕ 的曲线是图 3 在 $\eta = 0.8$ 下的一个截面), 但仍小于无促销效应下的可行域. 通过引入成本分担机制能消除促销效应对契约可行域的影响, 但不能消除风险规避对契约可行域的影响.

第 3、在传统契约下, 随着销售商风险规避程度的增加, 销售商的收益分享比例沿着图 3 中的 CE 线从东向西移动而逐渐减小, 批发价格也相应地减小; 在改进契约中, 对任意固定的批发价格, 随着销售商风险规避程度的增加, 其收益分享比例不降反升(图 2 中代表 ϕ 的曲线是图 3 在 $w = 1$ 下的一个截面), 这表明推论 1 和推论 2 在本质上是一致的, 而不是矛盾的.

5 结束语

前文分析表明, 在改进契约下, 当批发价格固

定时,销售商越规避风险,其收益分享比例越大.这一发现揭示的管理启示是:供应商在提供收益共享契约安排时,应充分注意到销售商的风险规避对订购和促销决策的影响.在管理实践中,根据销售商的风险规避情况提供上述契约安排还依赖于很多因素,以下几点是至关重要的.第1、为了避免价格歧视的嫌疑,对不同销售商需提供统一的批发价格,否则有更多契约安排可供选择.第2,供应商能区分不同风险偏好的销售商,谷歌 AdSense 就能有效地将两类销售商(普通网民和企业)区分开来.一般地,普通网民通过博客等具有明显个人特征的网站发布广告;企业不大可能模仿个人的行为,毕竟此类网站的点击率受到较大限制,而网民既无能力也无动机去模仿企业的

行为.第3、供应商是否有绝对的谈判能力,能提供要么接受要么拒绝的契约安排供销售商选择.否则,契约安排就是一个讨价还价的过程.中国移动就拒绝了苹果的收益共享契约安排.

本文的主要结论如下:只有当销售商不过于规避风险时,才存在能完成渠道协调的收益共享契约.促销效应存在时,尽管传统契约仍能协调供应链,但可行契约数量空间由一维收缩为单点;当促销努力成本可证实时,引入成本分担机制的改进契约能在一定程度上复原有效契约的可行域.在传统契约中,销售商越规避风险,其收益分享比例就越小;但在改进契约中,这一结论正好相反,而且销售商的收益分享比例始终小于其成本分担比例.

参考文献:

- [1] Li S, Zhu Z, Huang L. Supply chain coordination and decision making under consignment contract with revenue sharing [J]. *International Journal of Production Economics*, 2009, 120(1): 88–99.
- [2] Li S, Huan Z. A note on channel performance under consignment contract with revenue sharing [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 184(2): 793–796.
- [3] Wang Y, Jiang L, Shen Z. Channel performance under consignment contract with revenue-sharing [J]. *Management Science*, 2004, 50(1): 3–47.
- [4] 曹二保, 赖明勇. 成本和需求同时扰动时供应链协调合约研究 [J]. *管理科学学报*, 2010, 13(7): 9–15.
Cao Erbao, Lai Minyong. Research on coordination mechanism of supply chains when demand and cost are disrupted [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(7): 9–15. (in Chinese)
- [5] Yao Z, Leung S C H, Lai K K. Manufacturer revenue-sharing contract and retailer competition [J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 186(2): 637–651.
- [6] Caliskan-Demirag O, Chen Y, Li J. Customer and retailer rebates under risk aversion [J]. *International Journal of Production Economics*, 2011, 133(2): 736–750.
- [7] SeyedEsfahani M M, Biazaran M, Gharakhani M. A game theoretic approach to coordinate pricing and vertical co-op advertising in manufacturer-retailer supply chains [J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 211(2): 263–273.
- [8] Krishnan H, Kapuscinski R, Butz D A. Coordinating contracts for decentralized supply chains with retailer promotional effort [J]. *Management Science*, 2004, 50(1): 48–63.
- [9] 徐最, 朱道立, 朱文贵. 销售努力水平影响需求情况下的供应链回购契约 [J]. *系统工程理论与实践*, 2008, 28(4): 1–11.
Xu Zui, Zhu Daoli, Zhu Wengui. Supply chain coordination under buy-back contract with sales effort effects [J]. *Systems Engineering-Theory & Practice*, 2008, 28(4): 1–11. (in Chinese)
- [10] Caehon C, Lariviere M. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts: Strengths and limitations [J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30–44.
- [11] 曲道钢, 郭亚军. 分销商需求与其努力相关时混合渠道供应链协调研究 [J]. *中国管理科学*, 2008, 16(3): 89–94.
Qu Daogang, Guo Yajun. Coordination of supply chain with hybrid distribution channels when retailer's demand relies on its sales effort [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2008, 16(3): 89–94. (in Chinese)
- [12] Kunter M. Coordination via cost and revenue sharing in manufacturer-retailer channels [J]. *European Journal of Operational*

- Research ,2012 ,216(2) : 477 – 486.
- [13]Brown A O ,Tang C S. The impact of alternative performance measures on single-period inventory policy [J]. Journal of Industrial and Management Organization ,2006 ,2(3) : 297 – 318.
- [14]Schweitzer M E ,Cachon G P. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence [J]. Management Science ,2000 ,46(3) : 404 – 420.
- [15]Agrawal V ,Seshadri S. Impact of uncertainty and risk aversion on price and order quantity in the newsvendor problem [J]. Manufacturing and Service Operations Management ,2000 ,2(4) : 410 – 423.
- [16]桑圣举,王炬香,杨 阳. 具有风险偏好的三级供应链收益共享契约机制 [J]. 工业工程与管理 ,2008 ,13(4) : 19 – 23.
Sang Shengju ,Wang Juxiang ,Yang Yang. Study on revenue sharing contract mechanism in three-stage supply chain with risk preference [J]. Industrial Engineering and Management ,2008 ,13(4) : 19 – 23. (in Chinese)
- [17]叶 飞,林 强. 风险规避型供应链的收益共享机制研究 [J]. 管理工程学报 ,2012 ,26(1) : 113 – 118.
Ye Fei ,Lin Qiang. Revenue sharing contract mechanisms of risk – Averse supply chains [J]. Journal of Industrial Engineering and Engineering Management ,2012 ,26(1) : 113 – 118. (in Chinese)
- [18]林志炳,蔡 晨,许保光. 损失厌恶下的供应链收益共享契约研究 [J]. 管理科学学报 ,2010 ,13(8) : 33 – 41.
Lin Zhibing ,Cai Chen ,Xu Baoguang ,Revenue sharing analysis of supply chain with loss aversion [J]. Journal of Management Sciences in China ,2010 ,13(8) : 33 – 41. (in Chinese)
- [19]Gan X H ,Sethi S P ,Yan H. Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer [J]. Production and Operations Management ,2005 ,14(1) : 80 – 89.
- [20]林 强,叶 飞,陈晓明. 随机弹性需求条件下基于 CVaR 与收益共享契约的供应链决策模型 [J]. 系统工程理论与实践 ,2011 ,31(12) : 2296 – 2307.
Lin Qiang ,Ye Fei ,Chen Xiaoming. Decision models for supply chain based on CVaR and revenue sharing contract under stochastic elastic demand [J]. Systems Engineering – Theory & Practice ,2011 ,31(12) : 2296 – 2307. (in Chinese)
- [21]Artzner P ,Delbaen F ,Eber J M ,et al. Coherent measures of risk [J]. Mathematical Finance ,1999 ,9(3) : 203 – 228.
- [22]Pflug G C. Some remarks on the value-at-risk and the conditional value-at-risk [C]//Uryasev S. ed. ,Probabilistic Constrained Optimization: Methodology and Applications ,Kluwer Academic Publishers ,Dordrecht ,2000: 1 – 11.
- [23]Rockafellar R T ,Uryasev S. Conditional value-at-risk for general loss distributions [J]. Journal of Banking and Finance ,2002 ,26(7) : 1443 – 1471.
- [24]Lariviere M A ,Porteus E. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts [J]. Manufacturing & Service Operation Management ,2001 ,3(4) : 293 – 305.
- [25]Chen F Y ,Xu M ,Zhang Z G. A risk-averse newsvendor model under the CVaR decision criterion [J]. Operations Research ,2009 ,57(4) : 1040 – 1044.
- [26]Gan X H ,Sethi S P ,Yan H. Coordination of supply chains with risk-averse agents [C]//Choi T M ,Cheng T C E. eds. Supply Chain Coordination under Uncertainty ,Berlin: Springer-Verlag ,2011: 3 – 31.
- [27]Mas-Collel A ,Whinston M D ,Green J R. Microeconomic Theory [M]. 上海: 上海财经大学出版社 ,2005.

Revenue sharing contract for a risk-averse supply chain with promotional effect

DAI Jian-sheng , MENG Wei-dong

School of Economics and Business Administration , Chongqing University , Chongqing 400030 , China

Abstract: Based on CVaR risk measure criterion , this paper investigates revenue sharing contracts (RSC) for a supply chain with a risk-averse retailer and sales effort effect , from which some managerial insights are developed. It discusses the retailer's optimal ordering decision and promotional effort decision. It explores the channel coordination issue via a conventional RSC and an improved RSC , and analyses the relationships be-

tween the contract parameters. It concludes that ,when the wholesale price is given ,the more risk-averse the retailer is ,the bigger the ratios of its revenue-sharing and cost-sharing are under the improved RSC. Finally , it investigates the impact of the retailer’s promotional effort and risk aversion on the feasible domain of RSCs , and points out that both the sales effect and risk aversion reduce the feasible range of the efficient contracts , and the introduction of cost-sharing mechanism helps eliminate the adverse impact of promotional effect on the contract feasible region.

Key words: revenue sharing contract; promotional effect; risk aversion; CVaR

附录:

引理 1 的证明:

将 v 的定义域化分为 3 个区间进行讨论.

① $v \leq \phi p D(e) - w y - C(e)$ 时 ,恒有 $g(v, y, e) = v$ 故对一切 $v < \phi p D(e) - w y - C(e)$ 有 $\frac{\partial g}{\partial v} = 1$ 故 $\frac{\partial g}{\partial v} > 0$ 而

$$\left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v \rightarrow [\phi p D(e) - w y - C(e)]} = 1.$$

② 当 $\phi p D(e) - w y - C(e) \leq v \leq \phi p y - w y - C(e)$ 时

$$g(v, y, e) = v - \frac{1}{\eta} \int_0^{\frac{v - \phi p D(e) + w y + C(e)}{\phi p}} [v - \phi p(D(e) + x) + w y + C(e)] dF(x)$$

$$g(v, y, e) \text{ 关于 } v \text{ 的偏导为 } \frac{\partial g}{\partial v} = 1 - \frac{1}{\eta} F\left[\frac{v - \phi p D(e) + w y + C(e)}{\phi p}\right] \text{ 因而有 } \left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v \rightarrow [\phi p D(e) - w y - C(e)]} = 1 \text{ 及 } \left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v = [\phi p y - w y - C(e)]} =$$

$$1 - \frac{1}{\eta} F(y - D(e)).$$

③ 当 $v \geq \phi p y - w y - C(e)$ 时 ,有

$$g(v, y, e) = v - \frac{1}{\eta} \int_0^{y - D(e)} [v - \phi p(D(e) + \xi) + w y + C(e)] dF(\xi) - \frac{1}{\eta} \int_{y - D(e)}^v [v - \phi p y + w y + C(e)] dF(\xi) \text{ 对 } v >$$

$$\phi p y - w y - C(e) \text{ 有 } \frac{\partial g}{\partial v} = 1 - \frac{F(y - D(e)) + 1 - F(y - D(e))}{\eta} = 1 - \frac{1}{\eta} < 0 \text{ 故有 } \left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v = [\phi p y - w y - C(e)]} = 1 - \frac{1}{\eta} < 0. \text{ 如}$$

果能证明对一切 $v < (\phi p - w) y - C(e)$,有 $\frac{\partial g}{\partial v} > 0$,则可完成证明. 由于 $F(\xi)$ 关于 ξ 是严格增的 ,因而只需表明

$$\left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v = [(\phi p - w) y - C(e)]} > 0.$$

用反证法 ,假设 $\left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v = [(\phi p - w) y - C(e)]} = 1 - \frac{F(y - D(e))}{\eta} \leq 0$,注意到 $\left. \frac{\partial g}{\partial v} \right|_{v = \phi p D(e) - w y - C(e)} = 1$,由于 $\frac{\partial g}{\partial v}$ 在区间 $[\phi p D(e) -$

$w y - C(e) \phi p y - w y - C(e)]$ 是连续的 ,因而在此区间 ,必定存在一个 $v^*(y, e)$ 满足 $1 - \frac{1}{\eta} F\left[\frac{v - \phi p D(e) + w y + C(e)}{\phi p}\right] =$

0 且 $v < \phi p y - w y - C(e)$.解之 ,得 $v^*(y, e) = \phi p F^{-1}(\eta) + \phi p D(e) - w y - C(e)$,且 $y > F^{-1}(\eta) + D(e)$.将其置入式 (5) ,有

$$g(v^*(y, e), y, e) = \phi p D(e) - w y - C(e) + \frac{\phi p}{\eta} \int_0^{F^{-1}(\eta)} x dF(x)$$

由 $\frac{dg(v^*(y, e), y, e)}{dy} = -w < 0$,有 $y^* = F^{-1}(\eta) + D(e)$,但这与 $y > F^{-1}(\eta) + D(e)$ 相矛盾.