

赊销背景下的供应链收入共享契约

鄢仁秀, 汪贤裕, 郭红梅

(四川大学 商学院, 成都 610064)

摘要: 在供应商向存在资金约束的销售商提供赊销的背景下, 分别探讨了批发价格契约和收入共享契约对二级供应链的协调问题. 研究发现, 批发价格契约无法协调存在赊销的供应链, 当销售商的初始资金满足一定条件时, 赊销背景下的收入共享契约能够实现存在资金约束供应链的自愿协调. 收入共享契约下, 共享比例随销售商初始资金的增大而增大, 批发价格则随之增大而减小. 最后通过数值算例对结论进行了验证.

关键词: 赊销; 供应链; 批发价格契约; 收入共享契约; 协调

中图分类号: F274

文献标志码: A

Revenue-sharing contract with retailers' trade credit

YAN Ren-xiu, WANG Xian-yu, GUO Hong-mei

(Business School, Sichuan University, Chengdu 610064, China. Correspondent: YAN Ren-xiu, E-mail: ww08ww@163.com)

Abstract: Under the assumption of trade credit in a supply chain with one supplier and one capital-constrained retailer, two coordination mechanisms are studied, including wholesale price contract and revenue-sharing contract. It is shown that, using trade credit and wholesale price contract fails to coordinate the supply chain. However, under certain condition of retailer's initial capital, the revenue-sharing based on trade credit can fully coordinate the supply chain and arbitrarily allocates the supply chain's profit. The relationship between parameters for revenue sharing contract is analyzed. The revenue sharing ratio increases with the initial capital, and the wholesale price decreases with the initial capital. Finally, a numerical example demonstrates the conclusion.

Key words: trade credit; supply chain; wholesale price contract; revenue-sharing contract; coordination

0 引言

为了避免供应链中的双重边际效应, 改善供应链运营决策和整体绩效, 链内成员可以通过制定契约以实现供应链的协调, 如回购^[1-2]、收入共享^[3-4]、数量折扣^[5-6]和数量弹性^[7-8]等, Cachon^[9]基于此对多种契约进行了综述. 上述研究均以链内成员资金充足的假设为前提, 但由于上游或下游企业资金不足, 赊销成为现实交易中较普遍的一种现象. 赊销一方面可以提高订货量, 扩大市场份额, 另一方面可以通过市场需求风险的分担以改进供应链整体绩效, 故赊销是供应链契约的一种形式^[10]. 单纯的赊销契约能否实现存在资金约束供应链的自愿协调? 若不能, 如何设计与赊销相结合的、新的契约机制以实现链整体利润在成员间自由分配? 初始资金对新的契约参数有何影响? 这

些都是本文要探讨的问题.

近年来, 赊销已成为供应链管理研究中的热点问题. 国内外学者主要从两方面进行研究: 一是采用EOQ (economic order quantity) 模型探讨最优库存决策; 二是在报童模型基础上研究供应链的绩效和协调问题. 文献[11]较早在EOQ模型中引入赊销合同, 文献[12-14]进行了扩展, 文献[15]基于EPQ (economic production quantity) 模型分析了延迟支付策略前后供应链的利润.

从供应商的角度, 采用报童模型对赊销进行研究的文献相对较少. 任建标等^[16]研究了全额延期付款的Stackelberg模型、传统批发价格契约模型和零售商零利率的全额延期付款模型. Chang等^[17]将赊销与回购契约相结合, 研究了全额赊销下的供应链协调问题,

收稿日期: 2012-12-13; 修回日期: 2013-05-28.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71071103); 教育部人文社会科学青年基金项目(13YJC630053); 教育部人文社会科学西部和边疆地区项目青年项目(13XJC630014); 四川大学青年启动基金项目(2012SCU11015).

作者简介: 鄢仁秀(1986-), 女, 博士生, 从事供应链管理、激励理论的研究; 汪贤裕(1947-), 男, 教授, 博士生导师, 从事激励理论、博弈论、供应链管理等研究.

得到了最优的回购价和风险溢价. 然而, 供应商向销售商赊销的实质是通过分担市场需求风险以改善供应链的绩效, 为了降低自身承担的风险, 供应商通常不会采取全额赊销, 而是要求销售商在期初提供部分资金, 因此将销售商的初始资金引入赊销研究更具有现实意义. 胡凯等^[18]引入赊销比例, 针对供应商向零售商赊销和零售商向顾客赊销两种情形进行了研究. 陈祥锋^[19]采用报童模型分析了资金约束影响下的企业运营决策模型.

由供销双方组成的二级供应链中, 设计契约机制旨在通过市场需求风险的分担实现供应链整体利润在链内成员间的自由分配. 陈祥锋^[19]研究得出延迟支付合同能激励销售商增加订货量, 但不能完全实现供应链的协调. 于丽萍等^[20]考虑赊销给零售商带来的机会利润以及对供应商产生的机会成本, 探讨了基于商业信用的收入共享契约对改进供应链绩效的作用. Chang等^[21]探讨了供应商向银行借款并对销售商赊销时的契约协调问题, 但是仅考虑了供应商向银行还款时的违约率, 未考虑销售商无法还款的风险. 然而, 由于市场需求不确定性和销售商的有限责任, 必然存在销售商期末无法还款的风险.

本文考虑销售商的还款风险, 重点讨论在供应商向拥有初始资金的销售商提供赊销的背景下, 批发价格契约与收入共享契约的协调性问题. 深入分析赊销与收入共享契约相结合的协调机制下, 销售商的初始资金对各个契约参数的影响. 最后通过数值算例对结论进行了验证.

1 问题描述

考虑由一个供应商和一个存在初始资金约束的销售商组成的二级供应链, 符号表示如下: A 为销售商的初始资金; c 为供应商的单位产品成本; w 为单位产品的批发价格; Q 为销售商的订货量; p 为单位产品的销售价格 ($p > c$); x 为随机市场需求; $F(x)$ 为关于 x 的分布函数, 单增且可微, 其密度函数为 $f(x)$; $h(x)$ 和 $H(x)$ 分别为需求分布的失败率和一般失败率; π_s 和 π_r 分别为供销双方的期望利润.

作如下假设: 供销双方均为风险中性; 产品属于季节性产品, 不考虑其残值和缺货; 需求分布符合单增失败率 (IFR) 和一般单增失败率 (IGFR) 的特性^[22], 即 $\partial h(x)/\partial x > 0$ 且 $\partial H(x)/\partial x > 0$; c 、 p 和 $F(x)$ 为供销双方的共同信息; 销售商有限责任限制, 即由于市场需求不确定造成销售商期末无法还款时, 供应商需承担部分风险; 不考虑资金的时间价值.

2 赊销背景下的供应链批发价格契约

供销双方作为独立的决策主体, 均以自身利润

最大化为决策目标, 双方决策满足 Stackelberg 博弈关系: 供应商首先决策 w ; 销售商根据 w 决策 Q 并将其初始资金 A 支付给供应商; 市场需求实现后, 销售商用其销售收入 $p \min(x, Q)$ 偿还所欠货款 ($wQ - A$). 由市场需求分布的假设可得到期望销售量为

$$S(Q) = \min(x, Q) = Q - \int_0^Q F(x)dx.$$

基于以上分析, 令 $z_1 = (wQ - A)/p$ 为存在赊销的批发价格契约下, 供应商能获得全部回款的市场需求临界点, 则供应商得到的期望支付为

$$T = A + E \min[pS(Q), wQ - A] = wQ - p \int_0^{z_1} F(x)dx. \quad (1)$$

供销双方的期望利润分别为

$$\pi_s = T - cQ = (w - c)Q - p \int_0^Q F(x)dx, \quad (2)$$

$$\pi_r = pS(Q) - T =$$

$$p \left[Q - \int_0^Q F(x)dx \right] - wQ + p \int_0^{z_1} F(x)dx. \quad (3)$$

首先考虑集中决策下, 供销双方作为一个整体追求整体利润最大化. 供应链整体利润为

$$\pi_c = \pi_s + \pi_r = p \left[Q - \int_0^Q F(x)dx \right] - cQ. \quad (4)$$

π_c 关于 Q 的二阶导数 $\partial^2 \pi_c / \partial Q^2 = -pf(Q) < 0$, 即 π_c 为关于 Q 的凹函数. 令 Q^0 为供应链整体最优的订货量, 满足一阶条件 $\partial \pi_c / \partial Q|_{Q=Q^0} = 0$, 即

$$p[1 - F(Q^0)] - c = 0. \quad (5)$$

分散决策下, 供销双方的决策用模型 P_1 表示为

$$\begin{aligned} w_t^* = & \max_{c < w < p} \left\{ (w - c)Q_t^*(w) - p \int_0^{\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}} F(x)dx \right\}, \\ \text{s.t. } & Q_t^*(w) = \arg \max_{Q \geq 0} \pi_r. \end{aligned} \quad (6)$$

π_r 关于 Q 的一阶导数为

$$\partial \pi_r / \partial Q = p[1 - F(Q)] - w[1 - F(z_1)]. \quad (7)$$

π_r 关于 Q 的二阶导数为

$$\frac{\partial^2 \pi_r}{\partial Q^2} = -pf(Q) + \frac{w^2}{p} f(z_1). \quad (8)$$

结论 1 π_r 为关于 Q 的凹函数, 即 $\partial^2 \pi_r / \partial Q^2 \leq 0$.

证明 用反证法证明. 假设 $\partial^2 \pi_r / \partial Q^2 > 0$, 由 $p > w$ 有

$$\frac{pf(Q)}{wf(z_1)} < \frac{p^2 f(Q)}{w^2 f(z_1)} < 1.$$

由分布函数的 (IFR) 特性和 $p > w$ 有

$$\frac{p}{w} \frac{1 - F(Q)}{1 - F(z_1)} < \frac{pf(Q)}{wf(z_1)} < 1,$$

整理得

$$p[1 - F(Q)] - w[1 - F(z_1)] < 0.$$

结合式 (7) 可得, 若 $\partial^2 \pi_r / \partial Q^2 > 0$, 则 $\partial \pi_r / \partial Q < 0$, 即

销售商关于订货量的边际利润始终呈递减状态, 显然不符合, 由此结论 1 成立. \square

令 $Q_t^*(w)$ 为给定批发价格 w 后销售商的最优订货量, 则满足一阶条件

$$\frac{\partial \pi_r}{\partial Q} \Big|_{Q=Q_t^*(w)} = 0,$$

即

$$p\{1 - F[Q_t^*(w)]\} = w\left\{1 - F\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right]\right\}. \quad (9)$$

由式 (9), $Q_t^*(w)$ 对 w 的一阶导数为

$$\frac{\partial Q_t^*(w)}{\partial w} = -\frac{1 - \frac{wQ_t^*(w)}{p}h\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right]}{wh[Q_t^*(w)] - \frac{w^2}{p}h\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right]}. \quad (10)$$

文献 [23] 的命题 1 用反证法证明了 $\partial Q_t^*(w)/\partial w < 0$, 则 $Q_t^*(w)$ 关于 w 是一一映射. 若批发价格契约能协调存在赊销的供应链, 则要求给定供应商的最优批发价格, 销售商的最优订货量与集中决策下链的最优订货量相等, 即在逆序求解过程中, 满足条件 $Q_t^*(w) = Q^0$ 的 w 能够实现供应商利润最优.

将式 (9) 代入模型 p_1 的目标函数, 结合式 (10), 得到 π_s 关于 w 的一阶导数为

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_s}{\partial w} = & Q_t^*(w) - F\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right] \left(Q_t^*(w) + w\frac{\partial Q_t^*(w)}{\partial w}\right) + \\ & (w - c)\frac{\partial Q_t^*(w)}{\partial w} = \\ & \left\{w\left\{1 - F\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right]\right\} - c\right\} \frac{\partial Q_t^*(w)}{\partial w} + \\ & Q_t^*(w) \left\{1 - F\left[\frac{wQ_t^*(w) - A}{p}\right]\right\}. \quad (11) \end{aligned}$$

结合式 (5) 和 (9) 可得, 在逆序求解过程中, 当 $Q_t^*(w) = Q^0$ 时, 有

$$\frac{\partial \pi_s}{\partial w} = \frac{pQ^0}{w} \{1 - F[Q^0]\} > 0,$$

不满足 w 实现供应商利润最优的必要条件 $\partial \pi_s/\partial w = 0$. 反之, 最大化供应商利润的 w_t^* , 无法实现销售商的订货量与集中决策下最优订货量相等, 即 $Q_t^*(w_t^*) \neq Q^0$. 令 $\pi_s(Q_t^*, w_t^*)$ 和 $\pi_r(Q_t^*, w_t^*)$ 分别表示赊销与批发价格契约相结合的机制下, 供销双方的期望利润. 由于未给出具体的需求分布函数, 导致计算过程较为复杂, 在算例中给出双方决策和期望利润的具体结果, 进而得到定理 1.

定理 1 赊销与批发价格契约相结合的契约机制不能协调存在资金约束的供应链.

定理 1 表明, 存在赊销的批发价格契约下, 供销双方的最优决策无法达到集中决策的最优状态, 故需在批发价格的基础上尝试引入其他契约.

3 赊销背景下的收入共享契约模型

由定理 1 可知, 传统的批发价格契约无法协调存在赊销的供应链, 故本文引入收入共享契约与赊销相结合, 以实现存在资金约束供应链的自愿协调.

在初始资金为 A 的销售商向供应商订货之前, 双方达成收入共享契约 $\{w, \varphi; 0 \leq \varphi \leq 1\}$. 其中: φ 为销售商分得销售收入的比例, $1 - \varphi$ 为供应商分得销售收入的比例. 随后销售商向供应商订货 Q , 并将初始资金 A 支付给供应商; 在销售季节末, 销售商先将 $(1 - \varphi)p \min(x, Q)$ 支付给供应商, 用自身分得的销售收入 $\varphi p \min(x, Q)$ 偿还所欠货款 $wQ - A$. 由于市场需求的不确定性, 分两种情形对供应商得到的转移支付进行讨论:

1) 市场需求满足 $x \geq Q$ 时, 供应商应得的回款总额为 $(1 - \varphi)pQ + wQ - A$. 若总销售收入满足 $pQ > (1 - \varphi)pQ + wQ - A$, 则销售季节末, 供应商能获得支付 $(1 - \varphi)pQ + wQ - A$.

2) 市场需求满足 $x < Q$ 时, 供应商应得的回款总额为 $(1 - \varphi)px + wQ - A$. 若总销售收入满足 $px < (1 - \varphi)px + wQ - A$, 即 $0 < x < (wQ - A)/\varphi p$ 成立, 则供应商得到全部的销售收入 px , 销售商宣告破产; 若总销售收入满足 $px \geq (1 - \varphi)px + wQ - A$, 即 $(wQ - A)/\varphi p \leq x < Q$ 成立, 则供应商能得到全部回款 $(1 - \varphi)px + wQ - A$. 根据上述分析, 在赊销与收入共享契约相结合的机制下, 供应商能获得全部回款的市场需求临界点为 $z_2 = (wQ - A)/\varphi p$, 显然 $z_2 \geq z_1$, 即供应商向销售商提供部分赊销时, 相对于批发价格契约, 收入共享契约下供应商能获得全部回款的市场需求临界点更大. 这是由于在收入共享契约下, 销售商在期末不仅要偿还欠款, 还需要将销售收入的 $1 - \varphi$ 部分支付给供应商, 所以市场需求的临界点要相对大一些才能满足.

根据上述分析, 供应商获得的转移支付总额为

$$T(w, \varphi, Q) = \begin{cases} A + px, & 0 < x < z_2; \\ A + (1 - \varphi)px + (wQ - A), & z_2 \leq x < Q; \\ A + (1 - \varphi)pQ + (wQ - A), & x \geq Q. \end{cases}$$

经整理, 供应商得到的期望转移支付总额为

$$\begin{aligned} E[T(w, \varphi, Q)] = & \int_0^{z_2} (A + px)f(x)dx + \\ & \int_{z_2}^Q [A + (1 - \varphi)px + (wQ - A)]f(x)dx + \\ & \int_Q^\infty [A + (1 - \varphi)pQ + (wQ - A)]f(x)dx = \\ & (1 - \varphi)pS(Q) + [wQ - \varphi p \int_0^{z_2} F(x)dx]. \quad (12) \end{aligned}$$

供销双方的期望利润分别为

$$\begin{aligned} \pi_s(w, \varphi, Q) &= \\ E[T(w, \varphi, Q)] - cQ &= \\ (1 - \varphi)pS(Q) + \left[wQ - \varphi p \int_0^{z_2} F(x)dx \right] - cQ, \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \pi_r(w, \varphi, Q) &= \\ pS(Q) - E[T(w, \varphi, Q)] &= \\ \varphi pS(Q) - \left[wQ - \varphi p \int_0^{z_2} F(x)dx \right]. \end{aligned} \quad (14)$$

若能将供销双方的期望利润表示成供应链整体利润的仿射函数形式, 则收入共享契约可以使存在赊销的供应链达到自愿协调. 此时销售商的最优订货量为集中决策下的最优订货量 Q^0 .

定理2 若收入共享契约参数 w 和 φ 满足

$$w = \varphi c + \frac{\varphi p}{Q} \int_0^{\frac{wQ-A}{\varphi p}} F(x)dx, \quad (15)$$

则销售商的初始资金满足一定条件时, 收入共享契约能够实现存在赊销供应链的自愿协调.

证明 首先假设存在 $\varphi \in [0, 1]$ 使得式(15)成立, 证明满足此假设的收入共享契约能够协调存在赊销的供应链. 将式(15)代入(13)和(14), 可得到供销双方的期望利润分别为

$$\pi_s(w, \varphi, Q) = \pi_c - \pi_r(w, \varphi, Q) = (1 - \varphi)\pi_c, \quad (16)$$

$$\pi_r(w, \varphi, Q) = \varphi pS(Q) - \varphi cQ = \varphi \pi_c. \quad (17)$$

此时

$$\frac{\partial \pi_r(w, \varphi, Q^0)}{\partial Q} = \varphi \frac{\partial \pi_c(Q^0)}{\partial Q} = 0,$$

即若式(15)成立, 则满足该式的收入共享契约可以实现销售商的最优订货量 $Q = Q^0$, 且供销双方分得整个链利润的比例分别为 $(1 - \varphi)$ 和 φ .

下面证明式(15)在 $\varphi \in [0, 1]$ 和 $Q = Q^0$ 时有解. 令

$$\begin{aligned} y_1 &= w, \\ y_2 &= \varphi c + \frac{\varphi p}{Q^0} \int_0^{z_2(Q^0)} F(x)dx, \\ z_2(Q^0) &= \frac{wQ^0 - A}{\varphi p}, \end{aligned}$$

显然 $z_2(Q^0) \geq 0$, 即满足 $w \geq A/Q^0$. y_1 与 y_2 分别对 w 求一阶导数, 可得

$$\frac{\partial y_1}{\partial w} = 1, \quad \frac{\partial y_2}{\partial w} = F[z_2(Q^0)] < 1.$$

y_2 对 w 求二阶导数, 可得

$$\frac{\partial^2 y_2}{\partial w^2} = \frac{Q^0}{\varphi p} f(z_2) > 0.$$

即 y_1 是关于 w 的一条直线, y_2 是关于 w 的凸函数, y_1 与 y_2 关于 w 的函数图像如图1所示.

显然, 为了保证图1中 y_1 与 y_2 存在交点, 即式(15)有解, 需满足条件 $A \leq \varphi cQ^0$, 因此在 $A \leq \varphi cQ^0$

成立的条件下, 存在 $\varphi \in [0, 1]$ 使得式(15)有解. 由此可见, 赊销与收入共享契约相结合的机制能够实现存在赊销供应链的自愿协调. φ 既是销售商分得销售收入的比例, 也是其分得供应链整体利润的比例, 具体取值依赖于供销双方的谈判能力.

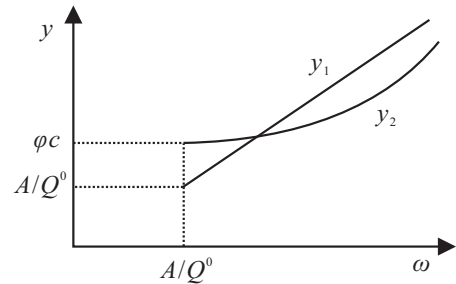


图1 y_1 和 y_2 的函数图像

要保证供销双方均接受此契约, 必须保证双方期望利润不低于各自保留利润(假设为分散决策下各自的期望利润), 结合第2节, 可得到下列关系:

$$\varphi \pi_c(Q^0) \geq \pi_r(w_t^*, Q_t^*), \quad (18)$$

$$(1 - \varphi)\pi_c(Q^0) \geq \pi_s(w_t^*, Q_t^*). \quad (19)$$

由于 $\pi_r(w_t^*, Q_t^*) + \pi_s(w_t^*, Q_t^*) < \pi_c(Q^0)$, 联立式(18)和(19)可得在赊销与收入共享契约相结合的机制下, 收入共享比例 φ 的范围为

$$\frac{\pi_r(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \leq \varphi \leq 1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)}. \quad (20)$$

由以上分析可知, 销售商分得链利润的比例 φ 满足

$$\max \left[\frac{A}{cQ^0}, \frac{\pi_r(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \right] \leq \varphi \leq 1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)}$$

时, 供销双方才有意愿签订该契约. 结合此条件, 分以下3种情形对 φ 的存在性进行讨论:

1) 当销售商初始资金满足

$$A < cQ^0 \frac{\pi_r(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)}$$

时, 共享比例为

$$\frac{\pi_r(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \leq \varphi \leq 1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)};$$

2) 当销售商初始资金满足

$$cQ^0 \frac{\pi_r(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \leq A \leq cQ^0 \left[1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \right]$$

时, 共享比例为

$$\frac{A}{cQ^0} \leq \varphi \leq 1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)};$$

3) 当销售商初始资金满足

$$A > cQ^0 \left[1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \right]$$

时, 共享比例 φ 无取值.

综上所述, 当销售商的初始资金 A 满足

$$A > cQ^0 \left[1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \right]$$

时, 供应商无签订收入共享契约的意愿, 赊销交易只能在批发价格契约或其他契约下实施; 当 A 满足

$$A \leq cQ^0 \left[1 - \frac{\pi_s(w_t^*, Q_t^*)}{\pi_c(Q^0)} \right]$$

时, 收入共享契约能够自愿协调存在赊销的供应链. \square

3.1 与无资金约束时供应量收入共享契约的比较

令 w_1, φ_1 分别表示无资金约束供应链收入共享契约下的批发价格和共享比例, 根据文献 [3], 此时供应商得到的期望转移支付为

$$E(T') = (1 - \varphi_1)p \left[Q - \int_0^Q F(x)dx \right] + w_1Q, \quad (21)$$

且契约参数满足下列关系时, 收入共享契约能实现无资金约束供应链的自愿协调:

$$w_1 = \varphi_1 c. \quad (22)$$

对比式 (12) 和 (21) 可知: 存在赊销的供应链收入共享契约下, 供应商得到的期望转移支付相较于无资金约束情形, 减少了 $\varphi p \int_0^{z_2} F(x)dx$. 这表明在赊销与收入共享契约相结合的机制下, 供应商替销售商多分担的市场需求风险为 $\varphi p \int_0^{z_2} F(x)dx$. 对比式 (15) 和 (22) 可知: 当 $w = w_1$ 时, $\varphi < \varphi_1$; 当 $\varphi = \varphi_1$ 时, $w_1 < w$. 这表明存在赊销时, 供应商必须通过提高批发价格或降低收入共享比例来规避销售商无法还款的风险.

3.2 初始资金对共享比例及批发价格的影响

由式 (15) 可得, 批发价格 w 一定时, 共享比例 φ 与初始资金 A 满足

$$\frac{\partial \varphi}{\partial A} = \frac{\varphi F(z_2)}{wQ - (wQ - A)F(z_2)} > 0. \quad (23)$$

定理 3 赊销背景下的收入共享契约中, 批发价格一定时, 共享比例随初始资金的增大而增大.

定理 3 表明, 在批发价格一定的情形下, 为了降低自身承担的需求风险, 供应商希望通过提高销售商分享链利润的比例以换取更多初始资金的投入.

由式 (15) 可得, 共享比例 φ 一定时, 批发价格 w 与初始资金 A 满足

$$\frac{\partial w}{\partial A} = - \frac{F\left(\frac{wQ - A}{\varphi p}\right)}{Q \left[1 - F\left(\frac{wQ - A}{\varphi p}\right) \right]} < 0. \quad (24)$$

定理 4 赊销背景下的收入共享契约中, 共享比例一定时, 批发价格随初始资金的增大而减小.

定理 4 表明, 在共享比例一定的情形下, 供应商为了降低自身承担的需求风险, 会在批发价格上让步于销售商以换取销售商初始资金的投入.

4 数值算例

本节通过具体的数值算例考察结论的正确性. 假

设某季节性产品行业有 1 条由 1 个供应商和 1 个存在初始资金约束的销售商组成的二级供应链, 供应商的单位生产成本 $c = 2$, 销售商面临随机的市场需求, 单位销售价格 $p = 10$. 假设市场需求 x 服从 $[0, 100]$ 的均匀分布, 分布函数为 $F(x) = x/100$, 密度函数为 $f(x) = 1/100$. 经计算, 供应链整体最优订货量 $Q^0 = 80$, 整体期望利润 $\pi_c = 320$.

在具体数值的基础上, 可以得到赊销背景下批发价格契约中初始资金对于供销双方最优决策和期望利润的影响, 以及赊销背景下收入共享契约中初始资金对契约参数的影响.

4.1 初始资金对批发价格契约下供销双方决策和利润的影响

存在赊销的供应链批发价格契约下, 销售商初始资金对最优批发价格 w_t^* 和最优订货量 Q_t^* 的影响趋势如图 2 所示. 由图 2 可见, 批发价格契约下, 批发价格随 A 的增大而减小, 因为销售商的初始资金越充足, 供应商承担的市场需求风险越小, 批发价格也越小. 销售商的订货量随 A 的增大而减小, 表明初始资金越小, 赊销对销售商的订货激励越具有明显的作用.

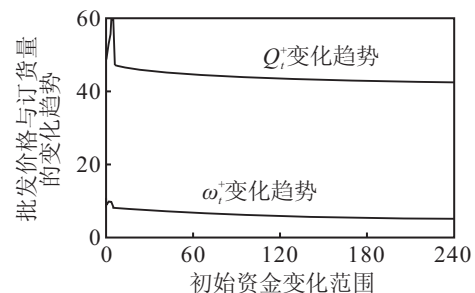


图 2 批发价格契约下初始资金对双方最优决策的影响

存在赊销的供应链批发价格契约下, 销售商初始资金 A 对于供销双方期望利润的影响趋势如图 3 所示. 由图 3 可见, 批发价格契约下, 供应商期望利润随 A 的增大而减小, 因为销售商初始资金越小, 供应商分担的市场需求风险越大, 其期望利润也越大. 这符合一般的风险与利润之间的权衡关系, 即承担风险越大, 获得的利润也越大. 销售商期望利润随 A 的增大而增大, 可以吸引销售商在赊销交易中尽可能投入更多的初始资金, 且整个供应链期望利润随 A 的增大而

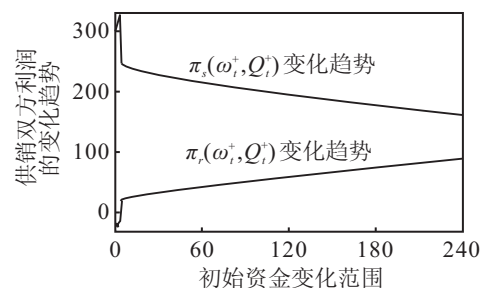


图 3 批发价格契约下初始资金对双方期望利润的影响

减小, 减少到无资金约束(即 $A = 240$)时供应链的整体利润, 这与文献[19]的结论一致。

4.2 初始资金对收入共享契约参数的影响

存在赊销的供应链批发价格契约下, 销售商初始资金 A 对于收入共享比例 φ 的影响趋势如图4所示。收入共享比例 φ 一定时, 初始资金 A 对于批发价格 w 的影响如图5所示。由图4和图5可见, 存在赊销的供应链收入共享契约下, 当批发价格 w 一定时, 收入共享比例 φ 随 A 的增大而增大; 当收入共享比例 φ 一定时, 批发价格 w 随 A 的增大而减小, 这与定理3和定理4的结论一致。通过算例还发现, 当初始资金 $A > 50$ 时, 收入共享比例 φ 和批发价格 w 的值已不存在, 这表明收入共享契约能够降低供应链最优决策所需资金, 提高供应链资金的使用效率, 这对处于快速发展或交易时现金流有限的企业而言有较大好处。

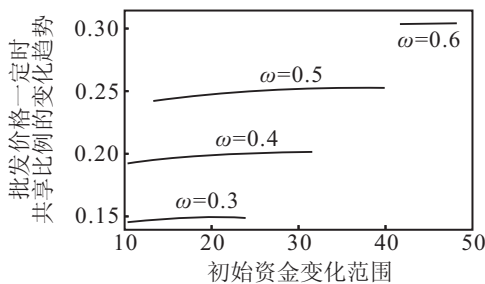


图4 收入共享契约下初始资金对共享比例的影响趋势

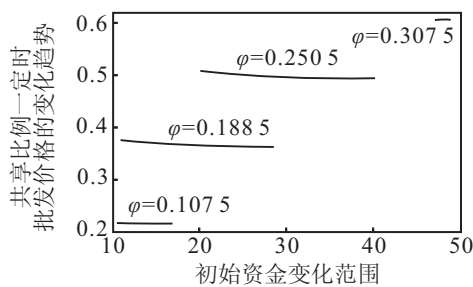


图5 收入共享契约下初始资金对批发价格的影响趋势

5 结论

在供销双方组成的二级供应链中, 供应商可以通过向销售商提供赊销, 一方面解决销售商初始资金不足的问题, 同时激励销售商提高订货量, 以改善自身和供应链整体的绩效。本文首先分析了赊销背景下的批发价格契约模型, 由于赊销下的批发价格契约机制无法协调供应链, 引入赊销与收入共享契约相结合的契约机制, 并进行了深入讨论。研究表明, 该机制能够使存在初始资金约束的供应链达到自愿协调, 实现供应链整体利润在供销双方之间的自由分配, 且双方分得供应链整体利润的比例与各自分得销售收入的比例相同。通过分析还得出, 在赊销跟收入共享契约相结合的机制下, 当批发价格一定时, 共享比例随销售商初始资金的增大而增大; 当共享比例一定时, 批发

价格随初始资金的增大而减小。最后, 通过算例分析发现, 批发价格契约下: 批发价格与订货量均随 A 的增大而减小; 供应商期望利润随 A 的增大而减小; 销售商期望利润随 A 的增大而增大。赊销背景下的收入共享契约对销售商初始资金的上限要求远低于赊销背景下的批发价格契约对初始资金的上限要求, 即赊销与收入共享契约结合的机制极大地提高了供应链资金的使用效率。

本文仅讨论了当销售商面临初始资金限制时, 赊销与收入共享契约相结合的协调机制, 进一步的研究中还可以探讨赊销与其他契约相结合的机制。由于本文是在初始资金为完全信息的假设下展开的, 未来的研究中可以假设销售商的初始资金为其私人信息, 进而研究供应商对销售商的激励机制。

参考文献(References)

- [1] Lee C H. Coordinated stocking, clearance sale and return policies for a supply chain[J]. *European J of Operational Research*, 2001, 131(3): 491-513.
- [2] Lee C H, Rhee B D. Channel coordination using product returns policies for a supply chain with stochastic salvage capacity[J]. *European J of Operational Research*, 2007, 177(1): 214-238.
- [3] Cachon G P, Lariviere M A. Supply chain coordination with revenue-sharing contracts[J]. *Management Science*, 2005, 51(1): 30-44.
- [4] Sheu J B. Marketing-driven channel coordination with revenue-sharing contracts under price promotion to end-customers[J]. *European J of Operational Research*, 2011, 214(2): 246-255.
- [5] Chen F, Federgruen A, Zheng Y. Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple retailers[J]. *Management Science*, 2001, 47(7): 693-708.
- [6] Huang X, Choi S M, Ching W K, et al. On supply chain coordination for false failure returns: A quantity discount contract approach[J]. *Int J of Production Economics*, 2011, 133(2): 634-644.
- [7] Tsay A. Quantity-flexibility contract and supplier-customer incentives[J]. *Management Science*, 1999, 45(1): 1339-1358.
- [8] Xiong H C, Chen B T, Xie J X. A composite contract based on buy back and quantity flexibility contracts[J]. *European J of Operational Research*, 2011, 214(3): 559-567.
- [9] Cachon G P. Supply chain coordination with contracts[J]. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 2003, 11: 227-339.
- [10] Chand S, Ward J. A note on economic order quantity under conditions of permissible delay in payments[J]. *J of Operational Research Society*, 1987, 38(1): 83-84.

- [11] Goyal S K. Economic order quantity under conditions of permissible delay in payments[J]. *J of Operational Research Society*, 1985, 36(4): 335-338.
- [12] Chaharsooghi S K, Heydari J. Supply chain coordination for the joint determination of order quantity and reorder point using credit option[J]. *European J of Operational Research*, 2010, 204(1): 86-95.
- [13] Chang C T, Teng J T, Chern M S. Optimal manufacturer's replenishment policies for deteriorating items in a supply chain with up-stream and down-stream trade credits[J]. *Int J of Production Economics*, 2010, 127(1): 197-202.
- [14] Liao J J, Huang K N, Chung K J. Lot-sizing decisions for deteriorating items with two warehouses under an order-size-dependent trade credit[J]. *Int J of Production Economics*, 2012, 137(1): 102-115.
- [15] 马可, 郭伟, 张聪慧, 等. 订单生产模式下垄断竞争市场的延期支付契约[J]. *管理科学*, 2009, 22(1): 9-16.
(Ma K, Guo W, Zhang C H, et al. The research on the permissible delay in payments in monopolistic competition market under making to order production mode[J]. *J of Management Sciences*, 2009, 22(1): 9-16.)
- [16] 任建标, 陈庆伟. 考虑零售商延期付款的供应链协调机制研究[J]. *工业工程与管理*, 2009(4): 10-15.
(Ren J B, Chen Q W. Supply chain coordination with retailer trade credit[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2009(4): 10-15.)
- [17] Chang H L, Byong D R. Trade credit for supply chain coordination[J]. *European J of Operational Research*, 2011, 214(1): 136-146.
- [18] 胡凯, 甘筱青, 薛俭. 一类赊销供应链的批发价契约研究[J]. *复旦学报: 自然科学版*, 2007(8): 543-548.
(Hu K, Gan X Q, Xue J. A wholesale-price contract for a supply chain with sales on account[J]. *J of Fudan University: Natural Science*, 2007(8): 543-548.)
- [19] 陈祥锋. 供应链金融服务创新论[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2008: 44-73.
(Chen X F. The innovation of supply chain financial services[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2008: 44-73.)
- [20] 于丽萍, 黄小原, 邱若臻. 基于商业信用的收入共享契约与供应链协调[J]. *运筹与管理*, 2009, 18(1): 42-46.
(Yu L P, Huang X Y, Qiu R Z. Supply chain coordination and revenue-sharing contract based on trade credit[J]. *Operations Research and Management Science*, 2009, 18(1): 42-46.)
- [21] Chang H L, Byong D R. Coordination contracts in the presence of positive inventory financing costs[J]. *Int J of Production Economics*, 2010, 124(1): 331-339.
- [22] Lariviere M A, Porteus E L. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts[J]. *Manufacturing Service Operations Management*, 2001, 3(4): 293-305.
- [23] Chen X, Wang A. Trade credit contract with limited liability in the supply chain with budget constraints[J]. *Annals of Operations Research*, 2012, 196(1): 153-165.

(责任编辑: 郑晓蕾)