

## 基于 Stackelberg 博弈的供应链采购融资模式

鲁其辉<sup>1a</sup>, 曾利飞<sup>1b</sup>, 包兴<sup>2</sup>

(1. 浙江工商大学 a. 工商管理学院, b. 金融学院, 杭州 310058; 2. 中共浙江省委党校, 杭州 310018)

**摘要:** 根据供应链采购融资的运作流程, 建立并分析基于 Stackelberg 博弈的供应链融资模型. 通过数值分析博弈均衡解发现, 在供应商初始资金较小的情况下, 供应链采购融资能够较大幅度地提高供应链绩效; 融资产品的市场情况越好, 即价格或挽回价值越高, 供应链采购融资对于供应链的价值越大; 向市场风险较小的供应商提供采购融资能够使银行获得较大的绩效提高; 供应链采购融资是一种能够实现供应链成员双赢的供应链管理方法.

**关键词:** 供应链金融; 采购融资; 资金约束; 物流金融

**中图分类号:** C93

**文献标志码:** A

## Supply chain financing with purchase-order based on Stackelberg game

LU Qi-hui<sup>1a</sup>, ZENG Li-fei<sup>1b</sup>, BAO Xing<sup>2</sup>

(1a. School of Business Administration, 1b. School of Finance, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310058, China; 2. Party School of The Zhejiang Committee of The CCP, Hangzhou 310018, China. Correspondent: BAO Xing, E-mail: goldbxing@gmail.com)

**Abstract:** The operation process of supply chain purchase financing is analyzed. A Stackelberg game is used to model the financing decisions. Firstly, the game equilibrium is analyzed. Then the effect of supply chain purchases financing to the supply chain is considered. The results show that, when the initial budget of the supplier is relatively small, supply chain financing can greatly improve the supply chain performance. The higher the wholesale price and salvage value are, the more the value of the supply chain financing is. The bank can get more profits by supporting the supplier with purchase-order financing in the low risk market scenarios. The results show that the supply chain purchase financing is a win-win mechanism.

**Key words:** supply chain financing; purchase financing; capital constraint; inventory financing

### 0 引言

我国中小企业普遍面临着融资困难、资金成本高、供应链风险大等问题, 供应链金融是解决这些问题的有效方法之一. 银行通过在企业运营过程中向企业提供资金支持, 拓展了银行的业务范围和融资模式, 有利于银行提供更多差异化的融资服务<sup>[1]</sup>. 近年来, 随着供应链金融在我国的快速发展, 人们已经认识到其在提高供应链绩效中的作用. 目前, 应用最广泛的供应链融资模式有物流金融、采购融资和应收账款融资 3 种<sup>[2]</sup>.

同时, 考虑企业的运营和融资决策问题是供应链金融理论研究的主要议题, 国内外学者从企业的库存决策、生产决策、支付策略和融资策略等方面分析

了各类供应链融资的运营决策问题. Buzacott 等<sup>[3]</sup>分别在确定型和随机型两类模型中分析了基于存货资产融资的生产决策问题, 指出了供应链融资对供应链绩效的提高具有重要意义. Chao 等<sup>[4]</sup>分析了一个具有资金约束生产企业的动态库存控制问题, 研究了动态模型的特征, 并提出了一个求解方法. 在分析资金约束的库存决策问题中, 报童模型使用最为广泛, 如 Data 等<sup>[5]</sup>和 Xu 等<sup>[6]</sup>. Chen 等<sup>[7]</sup>分析了有资金约束并提供多产品的企业订货决策问题, 建立了一个报童模型并提出 MCR 算法进行分析. 本文也采用报童模型建立面向随机市场需求的生产决策模型. 一些学者从供应链融资方法如何提高供应链绩效的角度分析供应链融资的作用. Xu 等<sup>[8]</sup>建立随机规划模型, 分析了

收稿日期: 2013-05-04; 修回日期: 2014-01-08.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71002084, 71302033, 71302035); 浙江省自然科学基金项目(LY14G020001); 浙江工商大学青年人才基金项目(QY13-10).

作者简介: 鲁其辉(1977—), 男, 副教授, 博士, 从事供应链管理、运营管理等研究; 包兴(1981—), 男, 副教授, 博士, 从事供应链管理、应急管理研究.

资金约束企业的供应链融资方法对企业的生产决策和绩效产生的影响. 陈祥锋等<sup>[9]</sup>研究了由单一供应商与单一零售商组成的供应链中金融和运营的联合决策问题, 研究了供应链融资对供应链的价值. 目前还没有关于采购融资对供应链成员绩效的影响.

在研究资金约束的供应链中, 博弈论模型是常用的研究框架. Buzacott 等<sup>[3]</sup>采用了 Stackelberg 博弈模型. Kouvelis 等<sup>[10]</sup>利用 Stackelberg 博弈模型分析了资金约束的零售商有高额破产成本时, 供应商的批发价格和零售商订货量的均衡解. 晏妮娜等<sup>[11]</sup>分析了供应链融资系统中, 商业银行的最优融资利率、零售商的最优订货决策和制造商的最优批发价格三方 Nash 博弈问题. 张璟等<sup>[12]</sup>借助演化博弈理论分析了贷款企业诚信和物流企业监管的演化博弈模型.

刁叶光等<sup>[13]</sup>研究了供应链金融下的反向保理业务模式, 并提出了该模式与采购订单融资与存货融资相结合的模式. 本文考虑的采购融资模式是基于反向保理的采购订单融资模式, 与单纯的反向保理相比, 采购融资模式对上游供应商充分地放松了资金约束, 银行在面临相对较高风险的同时也可以获得更高的收益.

应收帐款融资业务发生在供应商发出货物和等待收款的阶段, 物流金融业务发生在产品生产完成后的仓单质押阶段, 这些模式所满足的融资需求均有较高的要求. 许多供应商在产品生产前需要足够的资金购买原材料或零部件以组织生产, 这时的融资需求产生在生产之前. 现实的背景需要建立一种合适的供应链融资技术, 形成服务于供应链上下游企业的系统性解决方案. 因此, 研究采购融资模式具有现实背景和重要的研究意义. 本文主要分析以银行为主导方、融资企业为从方的 Stackelberg 博弈模型, 重点研究供应链采购融资对于资金受限的供应链绩效的影响, 并分析产品的市场需求特征对于采购融资价值的影响.

## 1 供应链采购融资模型

考虑 1 个供应链模型、1 个供应商和其上游供应商、1 个下游买家和 1 个银行. 在采购开始时, 供应商拥有初始资金  $B$ , 且没有其他资金来源用于向上游供应商采购原材料; 下游买家向供应商发出一个订单,

订单包含批发价格  $w$  和采购量  $Q$ . 供应商需向上游供应商采购原材料或零部件以生产产品, 设单位采购价格为  $c$ , 其他生产成本为零.

设销售季节中, 市场需求  $x$  满足的概率密度函数为  $f(x)$ , 累计分布函数为  $F(x)$ , 需求的期望均值为  $\mu$ , 标准方差为  $\sigma$ , 定义  $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$ . 与以往文献一致, 假定市场需求的分布函数  $F(x)$  在区域  $R^+$  中是绝对连续的, 且  $f(x) > 0$ , 需求分布的风险函数  $h(x) = f(x)/\bar{F}(x)$  是增函数 (称为 IFR 特性). 这里假定供应链中所有成员对市场需求的的信息都是共同信息.

供应链采购融资中的运作流程如图 1 所示. 供应商在收到下游买家的采购订单后决定一个生产量  $Q$ , 但上游供应商要求全额付款  $cQ$ , 其初始资金量  $B$  可能小于总的采购成本  $cQ$ . 经过银行对其上下游采购合同的真实性审查完成后, 供应商可以利用采购合同向银行进行融资. 融资时供应商必须向银行支付初始保证金, 它是向上游采购的订单总价值的一个比例, 设为  $\lambda cQ$ . 在获得银行的信贷资金  $((1 + \lambda)cQ - B)^+$  后, 银行直接向上游供应商支付采购货款, 然后上游供应商向供应商配送货物. 在收到原材料后, 供应商开始生产产品, 假定生产周期已确定. 当产品配送到买家后, 买家发出应收账款单据给供应商, 该应收账款将作为还款保证直接质押给银行, 帐期由下游买家预先给定, 应收款价值为  $w \min\{x; Q\}$ . 供应商质押应收账款后, 银行在扣除贷款和利息后支付给供应商货款. 假定应收账款保理的费率由外部金融市场决定, 为常数  $R_0$ ; 采购融资的利率由银行设定, 为  $R$ . 在整个采购融资的过程中, 供应商支付给银行的总利息为

$$R((1 + \lambda)cQ - B)^+ + R_0 w \min\{x; Q\}.$$

对于供应商, 销售季节过后, 过剩库存的挽回价值为  $s$ , 缺货引起的成本设为零, 在应收账款的到期日, 买家将货款直接支付给银行, 至此采购融资活动全部结束.

为了便于模型简化分析, 记  $\alpha = w - R_0 w - s$ ,  $\beta = c + (1 + \lambda)Rc - s$ . 与以往研究一致, 为了保证模型中  $\alpha > \beta > 0$ , 作以下假设.

**假设 1**  $w - R_0 w > c + (1 + \lambda)Rc > s$ .

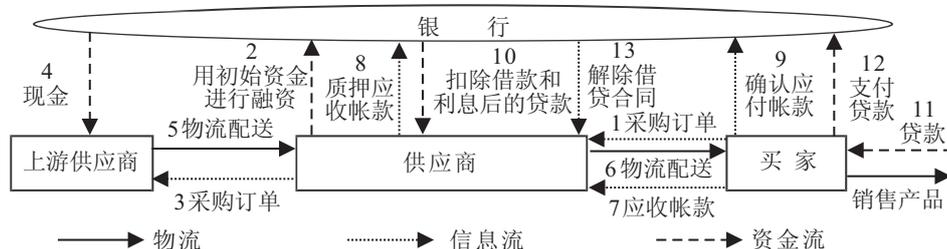


图 1 供应链采购融资的运作流程

## 2 采购融资的 Stackelberg 博弈分析

### 2.1 供应商的决策

对于给定的初始资金  $B$  和生产量决策  $Q$ , 供应商融资决策后存在 3 种可能情况: 1) 因拥有充足的资金或者融资不够有利而不借款; 2) 融资且没有破产风险; 3) 融资但有破产风险.

当供应商有充足的资金时, 在销售季节过后, 其期望资金量为

$$B_1(Q) = B + \alpha E\{\min\{x, Q\}\} - (c - s)Q.$$

由于供应商面临的决策问题是一个简单的报童问题, 易知最优的产量决策  $Q^0$  为

$$\bar{F}(Q^0) = (c - s)/\alpha, \quad B > cQ^0.$$

当  $\lambda cQ \leq B < cQ$  时, 如果供应商向银行借款, 则他将在采购融资时用完所有自有现金  $B$ , 因此在采购融资结束后, 供应商的现金流为

$$\begin{aligned} B_1(x, Q) = & s(Q - \min\{x; Q\}) + w \min\{x; Q\} + \lambda cQ - \\ & ((1 + \lambda)cQ - B) - R((1 + \lambda)cQ - B) - \\ & R_0 w \min\{x; Q\} = \\ & (1 + R)B + \alpha \min\{x; Q\} - \beta Q. \end{aligned} \quad (1)$$

其中: 项  $s(Q - \min\{D; Q\})$  为剩余产品的残值; 项  $w \min\{x; Q\}$  为从下游收到的货款价值; 项  $\lambda cQ$  为初始保证金; 项  $(1 + \lambda)cQ - B$  为向银行的借款; 项  $R((1 + \lambda)cQ - B) + R_0 w \min\{x; Q\}$  为采购和应收账款保理利息成本. 由式 (1) 可知, 当订货量满足  $Q \leq \hat{Q}_1$  时, 对于任何市场需求  $D$ , 供应商将不会破产, 其中

$$\hat{Q}_1 = \frac{B}{\eta c}, \quad \eta = \frac{\beta}{(1 + R)c}.$$

于是, 供应商将会向银行借款且没有破产风险, 仅需求产量满足如下条件:

$$\frac{B}{c} < Q \leq \frac{B}{\eta c}. \quad (2)$$

为了保证  $\eta < 1$  成立, 作以下假设.

**假设 2**  $\lambda R c < s$ .

注意到, 按照参数的一般取值, 假设 2 是一个非常弱的条件.

求解以函数 (1) 期望值为目标函数的最优化问题, 得到供应商的最优产量  $\tilde{Q}$ , 最优解成立的条件是初始现金流量满足  $\eta c \tilde{Q} \leq B < c \tilde{Q}$  (由式 (2) 易知), 其中  $\tilde{Q}$  满足

$$\bar{F}(\tilde{Q}) = \beta/\alpha. \quad (3)$$

由于函数  $\bar{F}$  是单调下降的, 且  $\beta > c - s$ , 最优产量  $\tilde{Q}$  小于  $Q^0$ . 如果初始资金  $B$  小于  $cQ$ , 但供应商向银行借款不有利, 即  $c \tilde{Q} \leq B \leq cQ^0$ , 则供应商将不借款而是用完所有的现金进行原材料采购, 生产量等于

$B/c$ .

下面考虑供应商借款后有破产风险的情况. 由式 (1) 可知, 如果需求  $x$  小于  $y(Q)$ , 则供应商存在破产风险, 其中  $y(Q) = \beta(Q - \hat{Q}_1)/\alpha$ . 这种情况下, 供应商的交易结束后的现金流为

$$B_1(x, Q) = \begin{cases} \alpha(\min\{x; Q\} - y(Q)), & x \geq y(Q); \\ 0, & x < y(Q). \end{cases}$$

交易完成后供应商的期望现金流为

$$B_1(Q) = \alpha \left[ \int_{y(Q)}^Q (x - y(Q)) dF(x) + \int_Q^\infty (Q - y(Q)) dF(x) \right]. \quad (4)$$

**定理 1** 令  $\hat{Q}$  为如下方程的解:

$$\alpha \bar{F}(Q) = \beta \bar{F}(y(Q)). \quad (5)$$

如果供应商的初始资金  $B$  满足  $\lambda c \hat{Q} \leq B \leq \eta c \hat{Q}$ , 则供应商的最优产量为  $\hat{Q}$ . 进一步, 最优产量  $\hat{Q}$  关于初始资金  $B$  单调递减, 当  $B = \eta c \hat{Q}$  时,  $\hat{Q} = \tilde{Q}$ .

**证明** 由式 (4) 可知

$$\frac{dB_1(Q)}{dQ} = \alpha \left[ \bar{F}(Q) - \frac{\beta}{\alpha} \bar{F}(y(Q)) \right].$$

则  $\hat{Q}$  是满足一阶优化条件的解. 由于需求分布  $D$  满足 IFR 特性, 当  $Q = \hat{Q}$  时, 有  $h(Q) > h(y(Q))$ . 由假设 1 可知,  $\beta/\alpha < 1$ , 由关系 (5) 可知, 当  $Q = \hat{Q}$  时, 有

$$\begin{aligned} \frac{dB_1^2(Q)}{dQ^2} = & -\alpha f(Q) + \frac{\beta^2}{\alpha} f(y(Q)) = \\ & -\beta \left( h(Q) \bar{F}(y(Q)) - \frac{\beta}{\alpha} h(y(Q)) \bar{F}(y(Q)) \right) = \\ & -\beta \bar{F}(y(Q)) \left( h(Q) - \frac{\beta}{\alpha} h(y(Q)) \right) < 0. \end{aligned}$$

因此  $B_1(Q)$  是严格凹函数,  $\hat{Q}$  是最优解. 由式 (5) 和 IFR 特性, 有

$$\frac{d\hat{Q}(B)}{dB} = -\frac{(1 + R)h(y(\hat{Q}))}{\alpha h(\hat{Q}) - \beta h(y(\hat{Q}))} < 0,$$

即  $\hat{Q}(B)$  关于参数  $B$  是单调递减的. 进一步, 当  $B$  增加到  $\tilde{B} = \eta c \tilde{Q}$  时, 供应商没有破产风险, 即  $y(\hat{Q}(B))$  必定减少到零, 因此  $\hat{Q} = \hat{Q}_1 = \tilde{B}/(\eta c) = \tilde{Q}$ .  $\square$

得到以上结果后, 在给定的融资利率  $r$  和初始资金量  $B$  的条件下, 供应商的最优决策为:

1) 如果供应商的资金充足, 即  $B \geq cQ^0$ , 则其最优产量决策为  $Q^* = Q^0$ , 其中  $\bar{F}(Q^0) = (c - s)/\alpha$ .

2) 如果供应商的资金满足  $c \tilde{Q} \leq B < cQ^0$ , 则他用完所有的资金进行生产而不向银行借款, 最优产量决策为  $Q^* = B/c$ .

3) 如果供应商的资金满足  $\eta c \tilde{Q} \leq B < c \tilde{Q}$ , 则他将向银行借款且没有破产风险, 最优产量决策为  $Q^* = \tilde{Q}$ , 其中  $\tilde{Q}$  满足式 (3).

4) 如果供应商的资金满足  $\lambda c\hat{Q} \leq B < \eta c\tilde{Q}$ , 则他将向银行借款但有破产风险, 最优产量决策为  $Q^* = \hat{Q}$ , 其中  $\hat{Q}$  满足式 (5).

5) 如果供应商的资金满足  $B < \lambda c\hat{Q}$ , 则他没有足够的初始保证金向银行借款, 其产量为零, 即  $Q^* = 0$ .

这里通过一个示例显示供应商的决策情况. 令供应商的初始资金为  $B = 42$ , 市场需求服从正态分布, 其均值为  $\mu = 100$ , 标准方差为  $\sigma = 30$ , 供应链中的其他参数为  $w = 1, c = 0.9, s = 0.1, \lambda = 0.1, R_0 = 0.07 \times 90/365$ . 图 2 描述了供应商的最优决策  $Q^*$  和银行收益与融资利率  $R$  的关系.

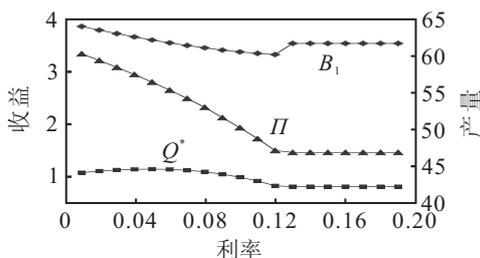


图 2 供应商的决策与银行利率的关系

算例显示, 当融资利率超过 0.125 后, 供应商使用采购融资便没有价值, 他将使用完所有的初始现金, 订货量为  $B/c = 46.66$ . 当  $r < 0.125$  时, 供应商将向银行融资, 订货数量随着利率的提高而降低, 银行的收益表现为一个单峰函数形式.

### 2.2 银行的决策

下面考虑银行在了解到供应商的决策后, 将以最大化期望收益决策其采购融资利率  $R$ . 对于给定的初始资金  $B$ , 在交易周期的期初, 银行决定融资利率并向供应商上游支付采购货款. 在采购融资中供应商的借贷量为  $L(Q) = (1 + \lambda)cQ - B$ . 由第 2.1 节分析可知, 银行的收益也存在 5 种情况:

1) 供应商有足够的初始资金无需采购融资. 此时有  $B \geq cQ^0$ , 在为供应商做完应收账款保理后, 银行的期望净收益为

$$\Pi(Q^0) = R_0 w E\{\min\{x; Q^0\}\}.$$

2) 供应商使用完所有初始资金且不融资. 此时  $c\tilde{Q} \leq B < cQ^0$ , 由于供应商的生产量为  $B/c$ , 银行在期末的净收益为

$$\Pi(B/c) = R_0 w E\{\min\{x; B/c\}\}.$$

3) 供应商进行采购融资且没有破产风险. 此时  $\eta c\tilde{Q} \leq B \leq c\tilde{Q}$ , 由于供应商的生产量为  $\tilde{Q}$ , 银行在为供应商完成采购融资和应收账款质押后的期望净收益为

$$\Pi(\tilde{Q}) = R_0 w E\{\min\{x; \tilde{Q}\}\} + R((1 + \lambda)c\tilde{Q} - B). \quad (6)$$

下面分析在情况 3) 时银行的最优融资利率. 因为分析模型相对较复杂, 如果采用文献 [3,5] 的方法, 分析和求解都非常困难, 所以采用文献 [14] 的逆推方法.

**定理 2** 令  $\tilde{Q}$  为如下方程的解:

$$\alpha + R_0 w - \frac{c-s}{F(Q)} = \alpha h(Q) \left( Q - \frac{B}{(1+\lambda)c} \right). \quad (7)$$

如果供应商的收益函数为式 (1), 银行的收益函数为式 (6), 则在银行-供应商的 Stackelberg 博弈中均衡解为  $(\tilde{R}, \tilde{Q})$ , 其中

$$\tilde{R} = \frac{\alpha \bar{F}(\tilde{Q}) - (c-s)}{(1+\lambda)c}.$$

**证明** 供应商的决策为  $\bar{F}(Q) = \beta/\alpha$ , 由第 2.1 节可知, 供应商的订货量和银行的融资利率存在一个对应关系

$$R = \frac{\alpha \bar{F}(Q) - (c-s)}{(1+\lambda)c}.$$

因此在已知供应商的订购决策后, 银行的期望收益函数为

$$\begin{aligned} \Pi(Q) = & R_0 w \min\{x; Q\} + \frac{\alpha \bar{F}(Q) - (c-s)}{(1+\lambda)c} ((1+\lambda)cQ - B). \end{aligned} \quad (8)$$

银行的收益函数关于参数  $Q$  的一阶导数为

$$\frac{d\Pi(Q)}{dQ} = \bar{F}(Q) \left[ \alpha + R_0 w - \frac{c-s}{F(Q)} - \alpha h(Q) \left( Q - \frac{B}{(1+\lambda)c} \right) \right].$$

$\tilde{Q}$  为一阶条件的解. 由 IFR 特性, 显然函数

$$\alpha + R_0 w - \alpha h(Q) \left( Q - \frac{B}{(1+\lambda)c} \right) - \frac{c-s}{F(Q)}$$

关于参数  $Q$  是单调递减的, 且在  $\tilde{Q}$  点等于零. 当  $Q < \tilde{Q}$  时,  $d\Pi(Q)/dQ > 0$ , 当  $Q > \tilde{Q}$  时,  $d\Pi(Q)/dQ < 0$ , 即银行的利润函数  $\Pi(Q)$  是单峰函数, 在  $\tilde{Q}$  点值最大, 因此, 银行偏好的订货量为  $\tilde{Q}$ .

因为银行在该 Stackelberg 博弈中是主导方, 将设置最优利率  $\tilde{R}$  以满足  $\bar{F}(\tilde{Q}) = \tilde{\beta}/\alpha$ , 此时也满足博弈从方的最优决策模式, 所以均衡解为  $(\tilde{R}, \tilde{Q})$ .  $\square$

由上述分析可知, 供应商向银行借款且没有破产风险的条件为  $\eta c\tilde{Q} \leq B \leq c\tilde{Q}$ . 结合定理 2, 可以得到如下定理.

**定理 3** ① 如果均衡解  $(\tilde{R}, \tilde{Q})$  和供应商的初始资金满足条件

$$\frac{c + (1+\lambda)\tilde{R}c - s}{1+\tilde{R}} \tilde{Q} \leq B \leq c\tilde{Q},$$

则银行的最优融资利率决策为  $\tilde{R}$ , 供应商的产量决策为  $\tilde{Q}$ . 对于一个风险厌恶的银行而言, 如果以上条件不满足, 则银行不向供应商提供采购融资.

② 如果银行提高融资利率, 则供应商的产量将减少, 即  $\partial \tilde{Q} / \partial \tilde{R} < 0$ . 当供应商的初始资金增大时, 供应商的产量决策增大, 银行的融资利率减少, 即  $\partial \tilde{Q} / \partial B > 0, \partial \tilde{R} / \partial B < 0$ .

**证明** 结论①由定理 2 和条件  $\eta c \tilde{Q} \leq B \leq c \tilde{Q}$  直接得出, 下面分析结论②. 由方程 (7) 可知

$$\frac{\alpha h(\tilde{Q})}{(1+\lambda)c} = \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial B} \left[ \frac{(c-s)h(\tilde{Q})}{\bar{F}(\tilde{Q})} + \alpha h'(\tilde{Q}) \left( \tilde{Q} - \frac{B}{(1+\lambda)c} \right) \right],$$

由需求分布 IFR 特性可知  $\partial \tilde{Q} / \partial B > 0$ . 由于  $\tilde{R}$  和  $\tilde{Q}$  满足  $\bar{F}(Q) = \beta / \alpha$ , 利用引函数定理, 得到

$$\frac{\partial \tilde{Q}}{\partial \tilde{R}} = -\frac{(1+\lambda)c}{\alpha h(\tilde{Q})\bar{F}(\tilde{Q})} < 0. \tag{9}$$

由定理 2 的结论可知

$$\frac{\partial \tilde{R}}{\partial B} = -\frac{\alpha h(\tilde{Q})\bar{F}(\tilde{Q})}{(1+\lambda)c} \frac{\partial \tilde{Q}}{\partial B} < 0. \quad \square$$

4) 供应商进行采购融资但有破产风险. 此时  $\lambda c \hat{Q} \leq B \leq \eta c \hat{Q}$ , 供应商的生产量为  $\hat{Q}$ . 由上述分析可知, 对于给定的  $B$  和  $r$ , 当需求量满足  $x \leq y(\hat{Q})$  时, 供应商破产出现, 他没有足够的资金偿还银行的借款. 这时, 供应商仅有的现金为  $s(\hat{Q} - \min\{x; \hat{Q}\})$ , 用来偿还银行的部分欠款. 在交易结束时, 银行的收益与支出分为 4 部分: 下游买家的货款  $w \min\{x; \hat{Q}\}$ 、供应商在期初的保证金  $\lambda c \hat{Q}$ 、从供应商处获得的部分欠款  $s(\hat{Q} - \min\{x; \hat{Q}\})$ 、借给供应商的采购货款  $(1+\lambda)c \hat{Q} - B$ . 当需求满足  $x > y(\hat{Q})$  时, 供应商将不会破产. 银行在完成供应商应收账款保理后, 向供应商支付剩余款项

$$w \min\{x; \hat{Q}\} + \lambda c \hat{Q} - ((1+\lambda)c \hat{Q} - B) - R((1+\lambda)c \hat{Q} - B) - R_0 w \min\{x; \hat{Q}\}.$$

在这种情况下, 银行的净收益为

$$\Pi(x, \hat{Q}) = \begin{cases} R_0 w \min\{x; \hat{Q}\} + R((1+\lambda)c \hat{Q} - B), & x > y(\hat{Q}); \\ (w-s) \min\{x; \hat{Q}\} - (c-s)\hat{Q} + B, & 0 \leq x \leq y(\hat{Q}). \end{cases} \tag{10}$$

银行的期望净收益为

$$\begin{aligned} \Pi(\hat{Q}) = & (w-s) \int_0^{y(\hat{Q})} x dF(x) + R_0 w \int_{y(\hat{Q})}^{\hat{Q}} x dF(x) + \\ & R_0 w \hat{Q} \bar{F}(\hat{Q}) - [\beta \hat{Q} - (1+R)B] F(y(\hat{Q})) + \\ & R((1+\lambda)c \hat{Q} - B). \end{aligned} \tag{11}$$

由于供应商在此情况下的订货量决策较为复杂, 难以得到一个简单的利率与订货量决策的对应关系,

使得分析银行的利率决策变得很困难. 通过大量的数值分析发现, 银行的收益函数  $\Pi$  关于参数  $R$  是一个规则的单峰函数, 容易求得最优融资利率  $\hat{R}$ , 因此, 本文采用数值分析方法分析银行的最优利率决策.

5) 供应商没有足够的初始保证金. 此时  $0 \leq B < \lambda c \hat{Q}$ , 银行的期望收益为零,  $\Pi = 0$ .

### 3 数值分析与管理借鉴

供应采购融资能够使资金受限的供应商获得足够的运营资金, 也使得银行能够提供更多的融资服务以获得收益的增长. 下面通过数值算例分析供应商初始资金量对银行利率决策和供应商采购量决策的影响, 并分析供应链成员收益关于供应商初始资金量的关系. 进一步, 分析采购融资中初始保证金机制对于供应链成员的决策和收益的影响, 研究供应链批发价格和挽回价格对供应链的影响.

#### 3.1 初始资金量对采购融资绩效的影响

在数值分析中, 假设市场需求满足 Gamma 分布, 概率密度函数为  $f(x) = x^{a-1} e^{-x/b} / (b^2 \Gamma(a))$ , 参数  $a = 2, b = 50$ , 其均值等于 100. 供应链中的其他参数为  $w = 1, c = 0.7, s = 0.2, \lambda = 0.1, R_0 = 0.07 \times 90/365$ , 这里考虑供应商的初始资金  $B$  在  $[0, 50]$  中变化.

图 3 为不同初始资金量情况下, 在 Stackelberg 博弈中供应商的订货决策、银行的融资利率决策和相关的收益增长情况. 这里考虑银行采用采购融资后的收益增长幅度  $(\Pi - \Pi_0) / \Pi_0$  (其中  $\Pi_0 = R_0 w E\{\min\{x, Q^*\}\}$  为保理收益), 也考虑供应商的收益增长幅度  $(B_1 - B) / B$ .

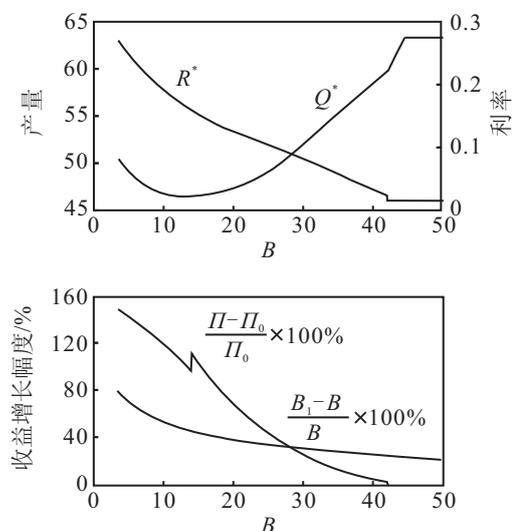


图 3 供应商的初始资金对决策和收益的影响

由图 3 可见, 当供应商的初始资金量较小时, 银行为了规避风险, 将向供应商收取较高的融资利率, 银行将获得更多的融资收益. 随着供应商初始资金量的增长, 供应商向银行的融资量减少, 银行获得的融

资收益减少. 对于供应商而言, 随着初始资金量的增长, 供应商能够获得资金量不断增长, 但是相对收益增长的幅度在减少. 从收益的增长幅度看, 在初始资金量小的情况下, 采购融资更有应用价值.

图 3 显示了当供应商的初始资金量较小时, 银行高的融资利率促使供应商减少订货量, 这样可以减少供应商融资的风险. 随着供应商的初始资金量接近  $cQ^0$  值, 供应商需要的资金量越少, 银行的融资利率越接近市场基本利率, 融资风险也越小. 在采购融资中, 银行设定的初始保证金制度能够使银行不向融资风险高的供应商进行借贷, 从而提高了银行的风险防范能力. 该性质与现实情况下的采购融资实践相一致.

### 3.2 价格对采购融资绩效的影响

下面分析批发价格  $w$  和挽回价值  $s$  对采购融资的影响. 供应链的基本参数与以上示例相同, 供应商的初始资金量为  $B = 20$ . 表 1 给出了不同  $w$  和  $s$  下供应链成员的决策和收益情况. 由表 1 可见, 当供应商的批发价格增大时, 供应商能够从下游买家获得更高的边际收益, 这时他将提高产品的生产量, 银行的融资利率相应提高, 供应商和银行都获得收益的增长. 这个特征表明, 向市场收益情况好的供应商提供采购融资能够使供应链的整体收益提高, 实现供应链绩效的提高. 同时可知, 对于固定的批发价格, 产品的挽回价值越高, 供应链获得的绩效提高的幅度越高. 因为产品的挽回价值越高表示产品的市场风险越低, 所以采购融资对于提高市场风险低的产品更有应用价值.

表 1 不同  $w$  和  $s$  对批发价格和挽回价值的影响

$w$	$s$	$R^*$	$Q^*$	$\Pi$	$(B_1 - B)/B/\%$
0.8	0.1	0.0056	29.6	0.407	7.16
	0.2	0.0121	31.4	0.463	7.74
	0.3	0.0188	33.8	0.554	8.40
1.0	0.1	0.1210	45.2	2.444	36.21
	0.2	0.1250	47.5	2.794	37.73
	0.3	0.1320	50.4	3.262	39.40
1.2	0.1	0.2450	55.3	6.262	68.46
	0.2	0.2460	58.1	6.920	71.10
	0.3	0.2460	61.5	7.721	74.27

### 3.3 市场需求特征对采购融资绩效的影响

下面采用数值算例分析市场需求风险对采购融资绩效的影响. 令市场需求服从 Gamma 分布, 市场需求的均值保持  $\mu = 100$  不变, 但需求分布的变异系数  $\gamma$  由 0.1 变动至 0.95, 步长为 0.05. 需求分布 Gamma 的参数表示为  $a = 1/\gamma^2$ ,  $b = \mu\gamma^2$ . 当变异系数  $\gamma$  增大时, 市场需求的方差增大, 即需求的不确定性增加. 供应链中的参数为  $w = 1.2$ ,  $c = 0.7$ ,  $s = 0.1$ ,  $\lambda = 0.1$ ,  $R_0 = 0.07 \times 90/365$ . 在无资金约束(初始资金量  $B$  足够大)和有资金约束 ( $B = 20$ ) 两种情况下, 图 4 给出了供应

商和银行净收益随参数  $\gamma$  的变化情况. 图 4 中: 实线为无资金约束银行净收益, 虚线为有资金约束银行净收益, 点划线为无资金约束供应商净收益, 点线为有资金约束供应商净收益.

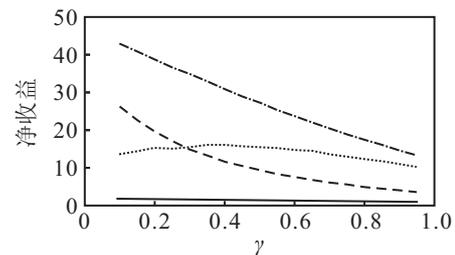


图 4 市场需求风险对采购融资绩效的影响

首先分析市场风险对于供应商绩效的影响. 由图 4 可知, 当市场需求风险增加时, 没有资金约束的供应商的净收益会随市场需求风险的增大而减少, 这主要是由供应商的产量决策变化产生的. 当有资金约束时, 若风险较小, 则供应商的净收益会随着市场需求风险的增大而增大, 若风险较大, 则供应商的净收益会随着市场需求风险的增大而减少. 有资金约束的供应商净收益要小于没有资金约束时的净收益, 这与一般现实情况是一致的.

下面分析市场风险对于银行绩效的影响. 由图 4 可知, 不论供应商是否有资金约束, 银行的收益均会随市场需求风险的增大而减少. 引起该现象的主要原因是, 风险增大时供应商为了规避风险而减少产量, 银行开展应收账款融资和订单融资所获得的收益随之减少. 从收益的大小看, 对有资金约束的供应商进行采购融资, 银行一定会获得比仅开展应收账款融资要高的收益. 但随着市场风险的增大, 银行获得的收益增长会大幅度减少. 因此, 对于银行而言, 向市场风险较小的供应商提供采购融资服务的绩效较高.

## 4 结 论

本文建立了基于 Stackelberg 博弈的供应链采购融资模型, 分析了供应商不同初始资金量下供应商的订货决策解, 并分析了银行的最优融资利率决策问题. 研究发现: 当供应商的初始资金量较少、供应商利用采购融资进行采购和生产时, 可能出现破产的风险, 初始资金量越大, 破产的风险越小, 初始资金量越小, 银行将向供应商收取越高的融资利率, 这样银行可以规避供应商破产的风险, 并获得越高的收益增长; 当供应商的初始资金量较大时, 供应商需要的融资量越小, 银行的融资利率越低, 供应链成员获得的收益增长都将减少. 因此, 采购融资对于资金量较小的供应链是最有价值的. 通过数值分析发现, 批发价格或挽回价值越高, 采购融资对于供应链绩效提高的幅度越大. 同时发现, 向市场风险较小的供应商提供采购融

资能够使银行获得较大的绩效提高, 而有资金约束的供应商的净收益要小于没有资金约束时的净收益, 并且当市场风险较大时, 供应商的净收益会随着风险增大而净收益减少。

### 参考文献(References)

- [1] 深圳发展银行-中欧国际工商学院“供应链金融”课题组. 供应链金融: 新经济下的新金融[M]. 上海: 上海远东出版社, 2009.  
(Research group of shenzhen development bank and china europe international business school. Supply chain finance: New finance in new economic[M]. Shanghai: Shanghai Far East Publishers, 2009.)
- [2] 李毅学, 汪寿阳, 冯耕中. 一个新的学科方向——物流金融的实践发展与理论综述[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(1): 1-13.  
(Li Y X, Wang S Y, Feng G Z. Practical development and theoretic review of logistics finance: A new dicipline direction[J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2010, 30(1): 1-13.)
- [3] Buzacott J A, Zhang R Q. Inventory management with asset-based financing[J]. Management Science, 2004, 50(9): 1274-1292.
- [4] Chao X L, Chen J, Wang S Y. Dynamic inventory management with cash flow constraints[J]. Naval Research Logistics, 2008, 55(8): 758-768.
- [5] Dada M, Hu Q. Financing newsvendor inventory[J]. Operations Reseach Letters, 2008, 36(4): 569-573.
- [6] Xu X D, Birge J R. Operational decisions, capital structure and managerial compensation: a news vendor perspective[J]. The Engineering Economist, 2008, 53(2): 173-196.
- [7] Chen L H, Chen Y C. A multiple-item budget-constraint newsboy problem with a reservation policy[J]. Omega, 2010, 38(6): 431-439.
- [8] Xu X D, Birge J R. Equity valuation, production and financial planning: A stochastic programming approach[J]. Naval Research Logistics, 2006, 53(7): 641-655.
- [9] 陈祥锋, 朱道立. 资金约束供应链中物流提供商的系统价值研究[J]. 管理科学学报, 2008, 23(6): 666-673.  
(Chen X F, Zhu D L. System value of 3PL to the supply chain with capital constraints[J]. J of Systems Engineering, 2008, 23(6): 666-673.)
- [10] Kouvelis P, Zhao W H. Financing the newsvendor: Supplier vs bank and the structure of optimal trade credit contracts[J]. Operations Research, 2012, 60(3): 566-580.
- [11] 晏妮娜, 孙宝文. 考虑信用额度的仓单质押融资模式下供应链金融最优策略[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(9): 1674-1679.  
(Yan N N, Sun B W. Optimal strategies for supply chain financing system based on warehouse receipts financing with credit line[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2011, 31(9): 1674-1679.)
- [12] 张璟, 朱金福, 粟媛. 物流企业与贷款企业在存货质押融资中的演化博弈分析[J]. 天津大学学报: 社会科学版, 2012, 14(3): 198-203.  
(Zhang J, Zhu J F, Li Y. Analysis of evolutionary game on logistics enterprise and financing enterprise in inventory financing[J]. J of Tianjin University: Social Sciences, 2012, 14(3): 198-203.)
- [13] 刁叶光, 任建标. 供应链金融下的反向保理模式研究[J]. 上海管理科学, 2010, 31(1): 47-50.  
(Diao Y G, Ren J B. Research on reverse factoring service model in supply chain finance[J]. Shanghai Management Science, 2010, 31(1): 47-50.)
- [14] Lariviere M, Porteus E. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts[J]. Manufacturing & Service Operations Management, 2001, 3(4): 293-305.

(责任编辑: 郑晓蕾)