

基于信用担保的资金约束供应链订货与定价决策

黄晶, 杨文胜

(南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094)

摘要: 受自由现金流的限制, 中小企业需要外部融资来实现良性运营, 供应商信用担保贷款是一种有效手段. 考虑银行下侧风险控制的担保贷款模型, 根据供应链购销过程中的订货量和批发价参数决策, 评价供应链内部无风险资本转移过程. 通过建立供应商担保费率、风险担保比率设计和银行利率组合模型, 确定贷款担保系统的最优决策. 研究表明: 在具有贷款可获得性的资金约束供应链中, 存在最优订货量与批发价的组合, 且供应商销售收入存在最大值; 在担保贷款过程中, 存在最优风险分担比例, 通过设计合理的风险控制模型, 可提高零售商资金水平, 达到供应链的协同.

关键词: 下侧风险控制; 信用担保; 供应链融资; 贷款决策

中图分类号: F27

文献标志码: A

Ordering and pricing decisions in financial constraint supply chain with supplier credit guarantee

HUANG Jing, YANG Wen-sheng

(School of Economic Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China.

Correspondent: YANG Wen-sheng, E-mail: wensheng_yang@163.com)

Abstract: Limited by the free cash flow, small and medium enterprises (SMEs) need external financing to achieve positive operating, therefore the core business credit guarantee loan is an effective means. A guarantee loan model under the down-risk-averse bank is constructed. The order quantity and wholesale price parameters decisions are used to evaluate the supply chain risk-free capital transfer process. By considering the guarantee fee rate and risk guarantee ratio design, as well as bank interest rate portfolio model, the optimal decision of the loan guarantee system is determined. The results show that: the funds constrained supply chain with loan availability has a combination of the optimal order quantity and the wholesale price, and vendor sales exist most value; there is an optimal risk sharing ratio during the guarantee loan process, and by designing the rational risk control model, SMEs can get funds, reaching the collaboration of the supply chain.

Key words: down-risk-averse; credit guarantee; supply chain financing; lending decisions

0 引言

从2007年6月到2012年6月, 国内中小企业数量和注册资本量在内外资企业总数和注册资本总额所占比重分别从59.4%增长到78.4%, 从25.1%增长到36.9%, 中小企业在国民经济中的地位和作用明显提高, 但资本金额增长率远不及数量增长. 出现财务困境的企业, 生产过程中的筹资能力对企业良性发展具有重要作用^[1], 若借款成本合理, 则资金约束报童企业会选择采用借款方式来达到理想订货水平, 银行会通过建立非线性贷款组合来实现渠道协调^[2]. 伴随

着中小企业资金约束成为热议话题, 催生了中小企业信贷、物流金融、供应链金融等融资模式, 供应链金融将贷款模式拓展到供应链层面, 核心企业与物流企业被融入到贷款业务中.

供应链融资过程研究大都集中于债务人和债权人. 从债务人角度, 文献[3]考虑了运用商业信用获得贷款的零售商运营策略; 徐贤浩等^[4]研究了报童模型中, 在融资利息、销售收入利息以及支付信用期等现金管理要素影响下建立的订货量在连续随机需求下的库存管理模型. 从债权人角度, Babich^[5]讨论了当供

收稿日期: 2015-11-06; 修回日期: 2016-02-02.

基金项目: 教育部博士点基金项目(20133219110033); 教育部人文社会科学研究规划基金项目(15YJA630087); 国家自然科学基金面上项目(71271115); 江苏省研究生科研创新计划项目(KYLX15.0388).

作者简介: 黄晶(1989—), 女, 博士生, 从事供应链管理、供应链金融的研究; 杨文胜(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 从事物流、供应链管理等研究.

供应商和零售商均面临财务约束时, 制造商通过向供应商提供补贴来实现供应链整体绩效的优化; 易雪辉和周宗放^[6]采用产品回购率刻画上游企业对下游中小企业存货质押融资行为的担保程度, 对银行存货质押融资决策建模。

核心企业将供应链金融与传统的流动资金融资区别开来, Jain^[7]指出供应商可能因其具有更多的信息而扮演着买家和金融机构的中介人角色。供应链融资服务中, 资金被严格地限定用于中小企业和核心企业交易, 融资方并不直接控制资金, 资金直接划入核心企业账户, 物流企业监督交易进行, 保证了融资过程的安全性^[8]。王文利等^[9]指出供应商回购担保可以激励厌恶风险的银行提高对资金约束零售商的贷款限额, 增加零售商的购买力。供应链金融中, 银行对融资服务的评估重点是核心企业的地位、财务状况, 以及整个供应链的竞争性和管理效率。Lai 等^[10]讨论了财务约束下的供应链库存风险分担问题, 分析了在两种典型供应链运作模式下供应商运作模式选择及有效性问题。对于银行的风险规避, 李毅学等^[11]引入了金融机构下侧风险规避的模型, 分析了供应链金融创新中下侧风险规避银行的贷款额度决策问题。

以上研究建立了供应链融资的基本模型框架, 核心企业的重要作用逐步凸现出来, 借助核心企业的信息与信用优势是实现供应链融资的重要方面。鉴于此, 本文将信用担保模型融入到供应链融资模式中, 将供应链运营与贷款决策综合考虑^[12-13]。以资金约束的零售商订货策略为出发点, 探讨供应商信用担保的融资决策, 为创新供应链融资决策提供新的方向。

1 问题描述与模型假设

中小企业信用程度低、贷款风险高, 往往被拒绝借款或承担较高的贷款利率。核心企业多为技术垄断的大型公司, 中小企业围绕其开展生产运作, 核心企业容易从资本市场借入款项或为其他企业承保。近年来, 资本市场推出众多“中小企业信贷服务”, 但受资信状况限制, 真正能贷出款项并非易事, 银行在积极推进贷款业务的同时也遭遇到了风险瓶颈。综合上述问题, 引入供应商信用担保融资。

1.1 模型假设

供应链融资业务涉及的贷款一般是短期的, 对此建立一个单周期两阶段供应链模型, 包括核心企业供应商(S)、中小企业零售商(R)和银行(B), 零售商是具有资金约束的, 自有资金量为 τ , 期初根据市场需求预测确定订购量为 q 。假设随机环境下市场需求 D 的分布函数 $F(\cdot)$ 为连续的, 密度函数为 $f(\cdot) > 0$, $F(\cdot)$ 符合单调增加故障率分布(IGFR)特性, 定义 $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$ ^[14-15]。当资金短缺时, 根据优序融资理论, 债

务融资的资本成本低于权益融资, 并且不会造成控制权的分散, 短期下企业倾向于债务融资, 为了获得较低的贷款利率, 零售商会选择供应商担保贷款。为了方便研究, 假设产品无残值, 不考虑失去销售的商誉损失^[16]。

融资担保过程中, 物流企业全程参与, 严格控制产品的运输与仓储, 且供应商充分了解零售商资本与业务, 以保证供应链担保融资业务的可行性。贷款风险通常是按照担保方和债权方所承担的担保比例进行分配, 假设供应商承担的比例为 λ ($0 < \lambda < 1$), 银行承担的比例为 $1 - \lambda$ 。供应商承诺与银行共担风险后银行以较低的贷款利率向零售商贷出款项, 担保贷款中的这两种风险管理手段可以缓解中小企业贷款市场的逆向选择与道德风险^[17]。

贷款利率是以政府公布的存款基本利率为基础制定的, 假设此存款基本利率与无风险利率相等, 设为 r_f ^[18], 实际贷款利率通常比存款利率高, 设为 r , 显然 $r > r_f$ 。担保人供应商在提供担保时收取担保费用。期初, 供应商报出批发价格和贷款担保费率。贷款不考虑税金, 担保范围为本金加利息, 贷款追偿率为0, 供应商为可持续经营, 即零售商发生破产时供应商可如约代偿。供应链担保融资贷款过程如图1所示。

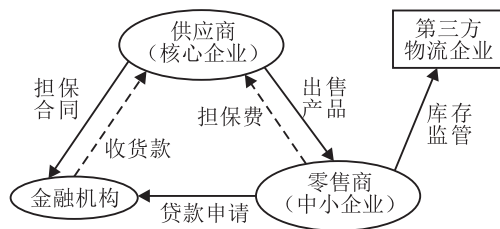


图1 供应链信用担保贷款流程

相关参数说明如下: q 为零售商订货量, τ 为零售商初始自有资金, L 为零售商贷款额, p 为产品市场价格, w 为产品批发价格, c 为产品生产成本, λ ($0 < \lambda < 1$) 为供应商承担的贷款风险比例, g 为担保融资担保费率, r 为银行贷款利率, r_f 为市场无风险利率。

1.2 模型构建

销售期末, 贷款回收既取决于销售产品的实际价值(销售收入), 也受零售商信用表现和供应商担保程度的影响。供应商担保决策就是要根据产品市场预测、零售商信用度和银行贷款利率决定批发价格、担保费率和担保风险的分担比例。假设当需求的临界值 $y = L(1 + r)/p$ ^[2], 市场实际需求 $x = y$ 时, 零售商期末产品销售收入刚好抵偿贷款本息和; 融资过程中要付出融资成本, 融资额的增加可能会超过利润的增长幅度, 因此零售商获得超额资金是不经济的, 贷款额应满足 $L = wq - \tau + L(1 + r)g$ ^[10], 由此可得

$$y = \frac{(wq - \tau)(1 + r)}{1 - g(1 + r)p} \quad (1)$$

通过比较市场需求临界值 y 和订货量 q 可得如下引理:

引理 1 供应链融资过程中, 具有资金约束的零售商的订货水平始终大于偿还贷款所需的临界市场需求值, 即 $0 < y < q$.

证明 由市场需求临界值的表达式 $y = L(1 + r)/p$, 变型可得 $py = L(1 + r)$, 等式两边同时减去 pq , 有

$$p(y - q) = L(1 + r) - pq.$$

其中: 等号右侧第1项表示零售商期末需要偿还的银行本息和, 第2项表示期末市场的销售收入. 销售收入除了要偿还银行贷款本息外, 差额只有超过零售商初始资本和担保费用才能实现盈利, 因此 $py > L(1 + r)$, 即 $0 < y < q$. $\square$

引理 1 表明, 不论揭示的实际产品市场需求水平如何, 零售商确定的订货量都大于偿还贷款的市场需求临界值, 这是零售商偿还贷款的基础条件. 如果产品市场的实际需求 $x < y$, 则期末销售收入不足以偿付生产成本, 会发生破产, 零售商为完全违约, 产品销售收入用于归还部分借款; 如果产品市场实际需求 $x \geq y$, 则零售商用期末销售收入偿付贷款.

根据模型假设, 分别为零售商、供应商和银行建立决策模型.

期初零售商发出订单, 获得担保贷款开展业务, 期末根据收入偿还贷款并实现收益, 期望利润可表示为

$$\begin{aligned} \Pi_R = & -wq(1 + r_f) + pE_{x < q}(x) + pE_{x \geq q}(q) - \Psi_R = \\ & -\tau(1 + r_f) + p \int_y^q \bar{F}(x)dx, \end{aligned} \quad (2)$$

其中融资成本

$$\Psi_R = L(r - r_f) - p \int_0^y F(x)dx + L(1 + r)g(1 + r_f), \quad (3)$$

第2个等号右侧的第1项表示自有成本投入, 第2项表示偿还贷款后零售商可获得的收入. 式(3)中等号右侧的第1项为贷款利息, 第2项为违约时供应商和银行共同损失, 第3项为担保费用.

对于供应商, 当产品实际需求 $x < y$ 时, 承担未偿还贷款 λ 比例的部分, 综合产品销售, 供应商期望利润

$$\begin{aligned} \Pi_S = & (w - c)q(1 + r_f) + \Psi_S = \\ & -\lambda p \int_0^y F(x)dx + [L(1 + r)g + (w - c)q](1 + r_f). \end{aligned} \quad (4)$$

其中: 供应商担保损益

$$\Psi_S = L(1 + r)g(1 + r_f) - \int_0^y \lambda p F(x)dx,$$

第2个等号右侧的第1项表示供应商在产品批发过程

中的收益, 第2项表示担保损益.

对于银行, 当产品市场需求 $x < y$ 时, 零售商破产, 银行获得全部的销售收入, 供应商承担部分未偿还贷款; 当 $x \geq y$ 时, 零售商按时还款. 由此, 银行获得的期望利润为

$$\Pi_B = L(r - r_f) - (1 - \lambda)p \int_0^y F(x)dx. \quad (5)$$

其中: 等号右侧第1项表示银行贷款收益, 第2项表示零售商违约时的贷款损失额.

目前的研究大都假设银行是竞争性市场的风险中性参与者, 《新巴塞尔协议》颁布后, 风险认识的内涵更加丰富, 风险权重的计量更加准确; 银行除了保证获得期望收益, 还对与收益相关的风险进行控制, 银行面临的风险主要源于产品市场风险和融资方信用风险. 本文研究借鉴文献[11]关于银行融资风险控制的假设, 采用下侧风险控制模型 (α, β) 对金融风险进行管理, 即贷款损失超过标准值的概率不能超过控制标准 β , α 表示银行设定的贷款损失度.

引理 2 采用下侧风险控制模式的供应链融资业务中, 银行的风险控制可通过特定的市场需求临界值 y_1 描述, 并满足 $F(y_1) \leq \beta$. 当风险控制标准 (α, β) 一定时, 存在银行能承受的零售商最大贷款额, 满足

$$L \leq \frac{F^{-1}(\beta)(1 - \lambda)p}{(1 - \lambda - \alpha)(1 + r)}.$$

证明 由下侧风险控制标准 (α, β) 变换可得

$$P(\text{loss} > \alpha L(1 + r)) = F(y_1) \leq \beta.$$

其中: $\text{loss} = [L(1 + r) - px](1 - \lambda)$, 就具体业务来说 $0 \leq \alpha \leq (1 - \lambda)$. 由此可得

$$P\left(x < \frac{L(1 + r)}{p} \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \lambda}\right)\right) = F(y_1) \leq \beta,$$

又由

$$y_1 = \frac{L(1 + r)}{p} \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \lambda}\right) = \left(1 - \frac{\alpha}{1 - \lambda}\right)y,$$

易得 $y_1 \in [0, y]$, 因此有

$$L \leq \frac{F^{-1}(\beta)(1 - \lambda)p}{(1 - \lambda - \alpha)(1 + r)}. \quad \square$$

引理 2 表明, 引入下侧风险控制模式后, 银行衡量贷款风险的标准可通过确定的市场需求临界值来描述, 此临界值小于零售商偿还借款的最低市场需求; 同时, 银行接受的贷款额度是有限的, 最大值满足

$$L = \frac{F^{-1}(\beta)(1 - \lambda)p}{(1 - \lambda - \alpha)(1 + r)}.$$

银行的决策模型可以进一步表示为

$$\begin{aligned} \Pi_B = & L(r - r_f) - (1 - \lambda)p \int_0^y F(x)dx, \\ \text{s.t. } & F(y_1) \leq \beta. \end{aligned} \quad (6)$$

2 供应链订货决策分析

在典型的报童模型问题中, 零售商确定的期初最

优订货量为 q_0 , 易得 $\bar{F}(q_0) = w(1+r_f)/p$, 综合市场需求的单调增加故障率分布假设, 求解资金约束下的零售商最优订货量, 可得出以下定理:

定理 1 资金约束下, 如果需求函数 $F(\cdot)$ 满足单调增加故障率分布, 则零售商最优订货量 q^* 满足

$$\bar{F}(q^*) = \frac{w(1+r)}{p[1-g(1+r)]} \bar{F}(y),$$

此时的最优订货量小于资金充足时的最优订货水平.

证明 如果需求分布满足 IGFR, 则最优解可以通过 KKT 条件求出^[2]. 由式 (2) 可得

$$\frac{d\Pi_R}{dq} = p\bar{F}(q) - \frac{w(1+r)}{1-g(1+r)} \bar{F}(y),$$

即最优解满足

$$\bar{F}(q^*) = \frac{w(1+r)}{p[1-g(1+r)]} \bar{F}(y).$$

两种情形下的最优订货水平为

$$F(q_0) - F(q^*) = \frac{w[(1+r)\bar{F}(y) - (1+r_f)[1-g(1+r)]]}{p[1-g(1+r)]}.$$

信用担保贷款业务成立的前提是担保方和债权人的综合收益大于等于 0, 收入至少等于资本市场平均收入, 即

$$L(1+r)\bar{F}(y) + L(1+r)(1+r_f)g \geq L(1+r_f),$$

因此 $F(q_0) \geq F(q^*)$, 即 $q_0 \geq q^*$. $\square$

定理 1 表明, 在合理的贷款利率水平下, 零售商订货水平不仅与批发价格、市场价格有关, 还与担保费率、贷款利率有关. 担保费率或者贷款利率过高, 超过了利润增长, 零售商放弃贷款, 说明对每个自有资金水平 τ , 存在零售商能接受的担保费率与贷款利率组合上限, 超过上限值贷款会降低企业价值. 此时, 零售商的最优订货水平小于传统的报童模型最优订货量, 这是由贷款风险分担造成的, 银行与供应商通过分享零售商的一部分收益来降低个体风险. 特别地, 当银行是风险中性时, 恰当的贷款利率设置可使零售商订货量达到资金充足时的水平, 即 $q_0 = q^*$.

在确认零售商的最优订货量后, 讨论供应商批发价格决策, 可以得出以下定理:

定理 2 当

$$\frac{p}{q(1+r)}[1-g(1+r)]F^{-1}\left(\frac{(1+r_f)}{\lambda(1+r)}\right) + \frac{\tau}{q} \in [c, p/(1+r)]$$

时, 在确定的批发价格区间上存在供应商的最优批发价格 w^* , 满足

$$F(y(w^*)) = \frac{1+r_f}{\lambda(1+r)};$$

否则, w^* 的准确值取决于分布函数, 但其在闭区间 $[c, p/(1+r)]$ 上一定存在最优值.

证明 由于批发价格存在确定的闭区间 $w \in$

$[c, p/(1+r)]$, 且供应商的利润函数是连续的, 闭区间上必定存在期望利润的最大值. 由式 (4) 可得

$$\frac{d\Pi_R}{dw} = \frac{q^*(1+r)}{1-(1+r)g}[g(1+r_f) - \lambda F(y)] + q^*(1+r_f),$$

$$\frac{d^2\Pi_R}{dw^2} = -\frac{\lambda f(y)}{p} \left[\frac{q^*(1+r)}{1-g(1+r)} \right]^2 < 0.$$

w 的最大值满足

$$F(y(w^*)) = \frac{1+r_f}{\lambda(1+r)},$$

经变换可得

$$w^* = \frac{p[1-g(1+r)]}{g(1+r)} F^{-1}\left(\frac{(1+r_f)}{\lambda(1+r)}\right) + \frac{\tau}{q},$$

即当

$$\frac{p}{q(1+r)}[1-g(1+r)]F^{-1}\left(\frac{(1+r_f)}{\lambda(1+r)}\right) + \frac{\tau}{q} \in [c, p/(1+r)]$$

时, 极值可以得到准确值. $\square$

定理 2 表明, 作为两人斯坦伯格博弈的领导者, 供应商存在对应于零售商订货量的最优批发价格, 此批发价格与贷款额、无风险利率、贷款利率和风险分担比例有关. 将订货过程中供应商的销售收入表示为 $W = wq$, 由定理 1 和定理 2 的分析可知, 对于零售商的订货策略存在着一一对应的 (q^*, w^*) 组合, 以下推论揭示了销售收入 W 的部分特征:

推论 1 在可以获得最优批发价格准确值的前提下, 存在订货过程中供应商最多可以得到的销售收入 $\hat{W}$; 并且零售商的最优订货量 q^* 存在于区间 $q^* \in (0, \hat{q}]$ 内.

证明 由定理 1 和定理 2 可以得到 (q^*, w^*) 组合下的关系式

$$q^* \bar{F}(q^*) = \frac{W^*}{P[1-g(1+r)]} \left((1+r) - \frac{1+r_f}{\lambda} \right),$$

通过求导可得

$$\frac{dW^*}{dq^*} = \frac{p[1-g(1+r)]\lambda[\bar{F}(q^*) - qf(q^*)]}{(1+r)\lambda - (1+r_f)}.$$

由 $F(y) = \frac{1+r_f}{\lambda(1+r)} < 1$ 易知分母大于 0, 此时 $\frac{dW^*}{dq^*}$ 的符号取决于 $[\bar{F}(q^*) - qf(q^*)]$ 的符号. 由 IGFR 可知, $\frac{xf(x)}{\bar{F}(x)}$ 是单调增加的, 定义 $\hat{q}$ 为能使得 $\frac{xf(x)}{\bar{F}(x)} \leq 1$ 成立的最小上界, 那么 $\hat{q}$ 是有限的^[10]. 结合单调性与存在性可以得出, 存在唯一的 $\hat{q}$ 使得 $\frac{dW}{dq_{q=\hat{q}}} = 0$; 当 $q < \hat{q}$ 时, 有 $\frac{dW}{dq} > 0$; 当 $q > \hat{q}$ 时, 有 $\frac{dW}{dq} < 0$. 供应商在 $\hat{q}$ 处达到最大销售额 $\hat{W}$. $\square$

推论 1 表明, 供应商从产品订购过程中获得的销售额首先表现为随着订购数量的增加而增加, 一旦订购量超过了某一阈值, 资本转移开始随着数量的增加反而下降, 出现销售收入限制, 供应商接受的最优订购量满足 $q^* \leq \hat{q}$. 在确定供应链订货最优策略组合 (q^*, w^*) 后, 以下推论对最优组合的影响因素进行了详尽的分析:

推论 2 最优订货组合 (q^*, w^*) 中, 零售商最优订货量与产品市场价格、无风险利率成正相关, 与批发价格、担保费率、贷款利率成负相关; 供应商的批发价格决策与无风险利率成正相关, 与风险担保比例、贷款利率成负相关。

证明过程略。

推论 2 说明, 银行的贷款利率越高, 零售商最优订货量越低, 贷款可能性越低, 为了激励零售商增加订货量, 供应商会适当地降低产品批发价格; 订货量越大, 零售商所承担的资金压力和破产风险也随之增大, 担保人的代偿风险增加, 供应商会考虑增加担保费率; 供应商的批发价格决策与风险担保比例成负相关, 较高的批发价格会使订货量降低, 进而影响零售商的整体利润, 贷款违约风险增加, 供应商愿意承担的风险担保比例降低; 在成本一定的前提下, 产品市场价格越高, 零售商越倾向于提高订货量, 并向供应商传递市场良好的信号, 在一定数量区间内, 供应商会出让部分利润以换取订货量优势; 无风险利率的增加会影响整个资本市场, 与产品市场的价格变动呈现一致性趋势, 故无风险利率正相关于订货量和批发价。

3 信用担保博弈分析

银行愿与供应链合作的前提是期望收益不小于 0, 供应商为实现供应链绩效优化倾向于为零售商担保, 构建供应商和银行合作的担保契约博弈模型, 由供应商风险中性可以得出以下定理:

定理 3 银行存在可接受的担保比例区间, 满足

$$\lambda \in \left[\frac{(1+r)g(1+r_f)}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}, 1 \right);$$

均衡状态下风险分担比例

$$\lambda = \frac{(1+r)g(1+r_f)}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}.$$

此时零售商的最大贷款额满足

$$L_{\max} = \frac{p \int_0^y F(x) dx}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}.$$

证明 风险中性供应商担保收益等于风险成本, 此时的贷款额是其所能接受的最大值^[19], 即

$$L = \frac{\lambda p \int_0^y F(x) dx}{(1+r)g(1+r_f)}.$$

银行不亏损是担保契约成立的前提, 即 $\Pi_B \geq 0$, 由此计算出担保比例

$$\lambda \geq \frac{(1+r)g(1+r_f)}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}.$$

对供应商来说, λ 越小越好, 银行确定贷款利率后, 供应商期望通过设置合理的担保费率实现 λ 最小; 极端条件下, 如果银行贷款利率过高或市场风险过大, 则供应商不提供担保, $g = 0$, $\lambda = 0$, 即当 λ 满足关系式

$$\lambda = \frac{(1+r)g(1+r_f)}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}$$

时, 贷款担保契约达到均衡. 此时最大贷款额满足

$$L_{\max} = \frac{p \int_0^y F(x) dx}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}. \quad \square$$

定理 3 表明: 担保比例在合理范围内, 银行倾向于与供应链担保合作, 反之, 合理的担保比例也会对银行产生激励作用, 促使银行发放贷款, 在此过程中起重要作用的是担保比例的确定; 存在均衡状态下的最优分担比例, 并可进一步得出最优风险分担下的银行最大贷款额. 以下推论对于贷款担保比例的影响因素进行了分析:

推论 3 供应链信用担保融资过程中, 供应商愿意承担的担保比例与担保费率、贷款利率、无风险利率 3 个因素有关. 其中: 担保费率和无风险利率与担保风险比例成正相关, 贷款利率与担保风险比例成负相关。

证明过程略。

由定理 3 和推论 3 可知: 风险分担比例的确定对促成担保合作具有重要意义, 担保分担比例与担保费率、贷款利率和无风险利率有关, 与贷款人违约概率无关, 这说明在贷款业务开始前, 银行与供应商就可以确定相互之间的贷款风险分担比例; 担保费率、无风险利率与风险担保比率呈正相关关系, 担保费率越高, 供应商在担保过程中收取的担保费就越高, 可以补偿其可能承担的违约风险, 此时供应商可以接受较高的风险分担比例; 无风险利率的提高会使资本成本降低, 贷款企业的筹资成本降低, 偿债压力减小, 供应商也能够接受较高的风险承担比例; 贷款利率的升高会加大零售商还款压力, 此时供应商只想承受低水平的风险分担比例。

定理 4 零售商担保净损益 Ψ_R 存在最值, 最大值在 $\bar{F}(y(L)) = [1 - (1+r)g](1+r_f)/(1+r)$ 时取得, 零售商应综合考虑贷款成本与收益以确定最终贷款额。

证明 由

$$\frac{d^2 \Psi_R}{dL^2} = -\frac{f(y)(1+r)^2}{p} < 0$$

可知 L 是 Ψ_R 的凹函数, 又由

$$\frac{d\Psi_R}{dL} = \bar{F}(y)(1+r) + (1+r)g(1+r_f) - (1+r_f)$$

可知, 当 L 满足

$$\bar{F}(y(L)) = [1 - (1+r)g](1+r_f)/(1+r)$$

时成本最高。

由定理 3 可知, 银行与供应商的博弈过程中存在零售商贷款限额. 当银行与供应商可以接受的贷款额 $\hat{L}$ 大于

$$\bar{F}(y(L)) = [1 - (1+r)g](1+r_f)/(1+r)$$

中的贷款额时,零售商可以适当提高订货量水平,增加贷款额,此时贷款额的增加反而会降低贷款成本;当 $\hat{L}$ 小于等于

$$\bar{F}(y(L)) = [1 - (1+r)g](1+r_f)/(1+r)$$

中的贷款额时,零售商应在考虑企业整体期望收益的基础上确定相应的贷款额,避免因过高的贷款成本造成不必要的边际损失。□

定理 4 表明,供应链融资贷款的目的是保证供应链的良好运营,零售商订货过程中除了考虑传统的订货影响因素,也要注意贷款成本的影响,过高的贷款成本反而会降低利润增长;另外,贷款限额约束下并不是贷款越多越好,随着贷款额的增加贷款成本呈现两种趋势,存在使贷款成本最高的贷款额,零售商在确定订货量和贷款额时,应综合考虑运营和融资两种成本。

最优担保风险分担比例确定后,供应商还需确定贷款担保费率。假设供应商对零售商是完全信息的,且购货款 W 在期初付清,考虑将贷款额度作为担保风险比率的影响因素,以下定理揭示了供应商对于担保业务的综合决策。

定理 5 供应商担保损益 Ψ_S 存在最值,当贷款额满足 $F(y(L_1)) = g(1+r_f)/\lambda$ 时担保收益最大;供应商通过确定合理的 (g, λ) 组合优化绩效。

证明 由

$$\frac{d^2 \Psi_S(y)}{dL^2} = -\frac{\lambda f(y)(1+r)^2}{p} < 0,$$

并结合

$$\frac{d\Psi_S}{dL} = (1+r)[g(1+r_f) - \lambda F(y)]$$

可知,函数在 $F(y(L_1)) = g(1+r_f)/\lambda$ 处取得最大值。

由定理 3 中

$$\lambda^* = \frac{(1+r)g(1+r_f)}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)}$$

可知,贷款利率和无风险利率是银行的决策值,均衡状态下存在一一对应的担保参数组合 (g, λ) , 供应商可以通过其对产品市场进行了解,通过 (g, λ) 与批发价格的综合决策调节其担保损益,实现绩效优化。□

定理 5 分析了供应商的担保决策组合 (g, λ) , 并重点考虑了特定风险分担比例下的最大贷款额,结合银行下侧风险控制下的贷款限额可以得到如下定理:

定理 6 银行可以通过建立合理的风险控制体系 (α, β) 与贷款利率机制 r 拓展供应链贷款业务,间接推动供应链协调。

证明 供应链整体在担保贷款业务过程中获得的期望收益可以表示为

$$\Pi = p \int_y^q \bar{F}(x)dx - \lambda p \int_0^y F(x)dx + (L - cq)(1+r_f).$$

由定理 1 可得

$$p\bar{F}(y) + \lambda p F(y) = \frac{dL}{dy}(1+r_f),$$

还原后可得

$$L(1+r_f) = p \int_0^y \bar{F}(x)dx + \lambda p \int_0^y F(x)dx - G,$$

$$G = \Pi_B =$$

$$-L(1+r_f) + p \int_0^y \bar{F}(x)dx + \lambda p \int_0^y F(x)dx.$$

担保贷款系统的收益可以表示为

$$\Pi_0 = p \int_0^q \bar{F}(x)dx - cq(1+r_f),$$

综合 Π 和 Π_0 的关系式,有 $\Pi = \Pi_0 - G$ 。

如果零售商无法获得融资,则有

$$\Pi^\tau = \Pi_R + \Pi_S =$$

$$p \int_0^{\tau/w} \bar{F}(x)dx - c\tau(1+r_f)/w < \Pi_0,$$

G 是银行从担保贷款业务过程中获得的期望利润分配额。又因为 Π^τ 在区间 $\tau \in [0, cq]$ 是关于 τ 的增函数,并且 Π_0 是定值,所以当 $G \in [0, \Pi_0 - \Pi^\tau]$ 时,银行趋向于促成贷款业务。对于贷款限额,在最优风险分担比例下,有

$$L = \frac{p \int_0^y F(x)dx}{(r-r_f) + (1+r)g(1+r_f)},$$

银行可承受的贷款限额

$$L < \frac{F^{-1}(\beta)(1-\lambda)p}{(1-\lambda-\alpha)(1+r)}.$$

银行可以通过综合两个贷款限额设计合理的贷款利率机制,并结合市场信用风险分析确定风险控制体系 (α, β) , 实现供应链协调与信用风险控制。□

4 算例分析

设定算例中的基本参数,假设市场需求服从伽马分布,均值 $\mu = 10$, 标准差 $\sigma = 5\sqrt{2}$ 。产品市场价格 $p = 10$, 批发价格 $w = 7.5$, 生产成本 $c = 5$, 初始资本 $\tau = 30$, 无风险利率 $r_f = 3\%$ 。

下面对零售商融资进行分析。图 2 中,控制其他参数不变,考虑不同的价格水平下零售商融资成本与贷款额关系,如图 2 所示。

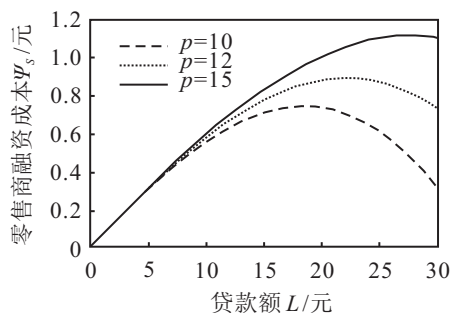


图 2 零售商融资成本与贷款额分析

由图 2 可知: 贷款额范围内贷款成本都比较小, 表明了贷款的可行性; 尽管产品的边际利润不同,

但图像都是凹函数, 存在贷款成本的最值, 这与定理 4 一致, 既然存在融资成本相同的不同贷款额选择, 那么零售商可选择较高的贷款额来提高整体销售规模; 在较小的贷款额度内, 不同价格下的贷款成本差异不大, 说明贷款额较小时零售商的还款风险较低, 对应的融资成本差异不大; 产品边际利润越高贷款成本越高, 这是由产品需求函数决定的, 产品价格越高相应的销售风险加大, 还款风险增加, 贷款成本也会有相应的提升; 就融资成本的最值而言, 产品价格越高, 融资成本最大值所对应的贷款额也越大, 这是由于零售商初始现金流一致, 高产品边际利润驱使零售商的订货量增加, 对应的贷款额也越大。

下面对供应商担保损益进行分析。图 3 为不同担保费率水平下供应商担保损益与销售额的关系。销售额相同, 担保费率越高担保收益越低, 较高的担保费率使零售商付出高额的成本, 在权衡产品边际利润与贷款费用后, 选择降低贷款额直至放弃贷款。对应于定理 5, 供应商担保损益存在最值, 担保费率越低, 对应的最值点销售额越大, 这与现实一致。在供应商制定担保费率策略时, 要着重考虑零售商信用度。图 3 表明, 适当地降低担保费率可以刺激零售商订货, 在增加供应商销售额的同时并不会引起担保损益的过多变化。当销售额较小时, 担保费率不同引起的担保损益变化很小, 零售商贷款额度较小, 贷款风险水平较低, 这不会引起供应商担保损益大的变化。

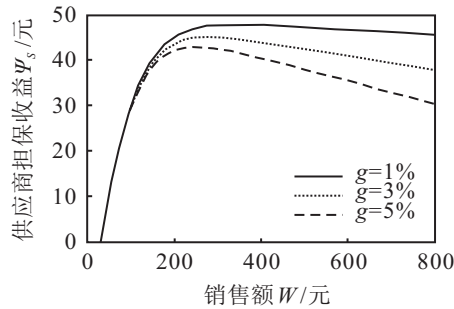


图 3 供应商担保损益与销售收入分析

下面对担保贷款系统博弈进行分析。在最优分担比例下的博弈过程中, 假设无风险利率与担保费率是确定的, 最优状态下的风险分担比例与贷款利率满足一一对应关系。当贷款利率等于无风险利率时, 风险分担比例为 1, 贷款仅有市场风险, 供应商仅承担市场风险, 以此作为特殊情况。

表 1 为 3 种利率与价格水平下的博弈结果。表 1 中: 贷款额 $L = 10$, 其他参数与前述相同; 第 1 行为贷款利率等于无风险利率时的担保利润, 此时金融机构得不到额外的贷款利率, 不愿承担任何的贷款风险, 供应商承担所有贷款风险, 收益达到最低; 倒数第 2 行, 随着贷款利率的提高, 供应商担保可能付出的违约成本很大, 愿意承担的风险比例近于 0, 担保融

资行为很难成立, 零售商只能选择直接贷款, 并付出极大的贷款利息, 是极其不经济的。分析中假设贷款额为常数, 算得的银行利润较高, 实践中零售商会放弃贷款, 产品利润可能不足以抵偿借款利息。

表 1 最优风险分担比例下的系统利润

$r/\%$	p	$\lambda/\%$	Π_S	Π_B	Π_0	Π_{SC}	$\Pi_{SC}/\Pi_0/\%$
3	10	100	13.774	0	19.723	19.723	100
5	10	45	13.810	0.162	19.722	19.560	99.18
5	15	45	13.827	0.182	43.262	43.079	99.58
5	20	45	13.833	0.190	66.802	66.612	99.72
10	10	20	13.831	0.636	19.720	19.083	96.77
10	15	20	13.839	0.671	43.256	42.586	98.45
10	20	20	13.842	0.683	66.793	66.110	98.98
15	10	13	13.840	1.121	19.718	18.597	94.31
15	15	13	13.846	1.164	43.251	42.087	97.31
15	20	13	13.849	1.179	66.784	65.605	98.23
50	10	5	13.878	4.516	19.704	15.188	77.08
	10		10.300			16.494	

由表 1 可知: 在价格不变时, 贷款利率提高整体利润降低, 说明贷款利率会直接影响供应链购销关系; 在贷款利率不变时, 产品价格越高系统利润越高, 系统是面向市场的, 产品边际利润会显著增加整体利润; 最后 1 列表示供应链利润占系统整体利润的百分比, 供应链获得担保贷款系统大部分的利润, 说明担保贷款业务的可行性, 即使在贷款利率很高时, 供应链也能获得系统 77.08% 的利润; 由 Π_B 列可得, 担保业务中银行始终能够获得正的利润值, 这是业务执行的基础; 最后 1 行是供应链不进行融资时的利润值, 执行担保贷款时供应链总体利润值大于基础值, 且供应商获得的利润也比基础值大, 使供应商有意帮助零售商获得融资; 在产品价格相同时, 执行供应链融资会增加供应链整体绩效, 如果利率水平很高, 则执行供应链融资反而会降低供应链绩效, 说明高水平的利率机制是不成立的。

5 结 论

本文将信用担保引入供应链融资过程中, 将信用担保系统分为供应链订货决策和担保业务决策子系统, 通过对系统中的两个博弈模型进行讨论, 以系统参与者期望利润作为目标, 利用订货机制、担保机制与利率机制进行分析, 优化供应链绩效并激励银行促成供应链协同。主要得到以下 4 个结论:

- 1) 在合理的贷款利率机制下, 资金约束零售商会选择对外融资, 并且存在最优订货量, 供应商存在最优批发价格, 并通过担保业务优化销售收入;
- 2) 在担保贷款决策中, 存在供应商与银行的最优风险分担机制和担保贷款的限额;
- 3) 零售商和供应商可分别通过贷款成本和担保损益优化各自的业务决策;

4) 在下侧风险规避的前提下, 银行可通过设计合理的贷款利率机制获得额外收益, 促进供应链协同。

未来可以从以下几方面作出拓展:

1) 本文仅考虑了单周期博弈模型, 可以考虑将供应链与银行的合作推向长期, 拓展为多阶段博弈过程;

2) 本文假设供应链为批发价契约, 可以考虑供应链多种契约下的融资决策模型, 并作出对比分析;

3) 本文仅考虑了简单的担保费率模型, 可以考虑将担保模型拓展并将其与传统模型比较。

参考文献(References)

- [1] Xu X, Birge J R. Equity valuation, production, and financial planning: A stochastic programming approach[J]. *Naval Research Logistics*, 2006, 53(7): 641-655.
- [2] Dada M, Hu Q H. Financing newsvendor inventory[J]. *Operations Research Letters*, 2008, 36(5): 569-573.
- [3] Jing B, Seidmann A. Financing sourcing in a supply chain[J]. *Decision Support System*, 2014, 58(2): 15-20.
- [4] 徐贤浩, 邓晨, 彭红霞. 基于供应链金融的随机需求条件下的订货策略[J]. *中国管理科学*, 2011, 19(2): 63-70.
(Xu X H, Deng C, Peng H X. Ordering strategy research based on financial supply chain under conditions of stochastic demands[J]. *Chinese J of Management Science*, 2011, 19(2): 63-70.)
- [5] Babich V. Dealing with supplier bankruptcies: costs and benefits of financial subsidies[D]. Michigan: Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, 2007.
- [6] 易雪辉, 周宗放. 核心企业回购担保下银行的存货质押融资定价决策[J]. *系统工程*, 2011, 29(1): 38-44.
(Yi X H, Zhou Z F. Pricing decisions on inventory financing of the banks with core enterprises' buy-back guarantee[J]. *Systems Engineering*, 2011, 29(1): 38-44.)
- [7] Jain N. Monitoring costs and trade credit[J]. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2001, 41(1): 89-110.
- [8] 孔伟, 马中华. 贸易信用及存货质押融资下供应链的协调策略[J]. *工业工程与管理*, 2014, 19(1): 72-78.
(Kong W, Ma Z H. The coordination strategy of supply chain under trade credit and inventory financing[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2014, 19(1): 72-78.)
- [9] 王文利, 骆建文, 张钦红. 基于供应商回购担保的供应链融资策略[J]. *上海交通大学学报*, 2013, 47(10): 1638-1642.
(Wang W L, Luo J W, Zhang Q H. Strategies of financing for supply chains based on suppliers' buy-back guarantee[J]. *J of Shanghai Jiaotong University*, 2013, 47(10): 1638-1642.)
- [10] Lai G M, Debo L G, Sycara K. Sharing inventory risk in supply chain: The implication of financial constraint[J]. *Omega*, 2009, 37(4): 811-825.
- [11] 李毅学, 冯耕中. 供应链金融创新中下侧风险规避银行的贷款额度分析[J]. *系统科学与数学*, 2009, 29(11): 1552-1558.
(Li Y X, Feng G Z. Loan limit analysis of down-risk-averse bank based on supply chain financial innovation [J]. *J of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2009, 29(11): 1552-1558.)
- [12] 陈建新, 周永务. 见货回购融资模式的供应链运营决策[J]. *控制与决策*, 2015, 30(7): 1257-1263.
(Chen J X, Zhou Y W. Distributor chain financing decision model based on buy back guarantee[J]. *Control and Decision*, 2015, 30(7): 1257-1263.)
- [13] 占济舟, 周献中, 公彦德. 生产资金约束供应链的最优融资和生产决策[J]. *系统工程学报*, 2015, 30(2): 190-200.
(Zhan J Z, Zhou X Z, Gong Y D. Optimal financing and production decisions in production capital constrained supply chain[J]. *J of Systems Engineering*, 2015, 30(2): 190-200.)
- [14] Raghavan N R, Misra V K. Short-term financing in a cash-constrained supply chain[J]. *Int J of Production Economics*, 2011, 134(2): 407-412.
- [15] 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.
- [16] Cai G S, Chen X F, Xiao Z G. The roles of bank and trade credits: Theoretical analysis and empirical evidence[J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(4): 583-598.
- [17] 杨胜刚, 胡海波. 不对称信息下的中小企业信用担保问题研究[J]. *金融研究*, 2006(1): 118-126.
(Yang S G, Hu H B. Small and medium sized enterprises credit guarantee research under information asymmetry[J]. *J of Financial Research*, 2006(1): 118-126.)
- [18] Chen X F, Wan G H. The effect of financing on a budget-constrained supply chain under wholesale price contract[J]. *Asia-Pacific J of Operational Research*, 2011, 28(4): 457-485.
- [19] 窦亚芹, 朱金福. 零售商资金约束供应链中的金融服务与营运管理协调策略[J]. *控制与决策*, 2014, 29(11): 2018-2026.
(Dou Y Q, Zhu J F. Coordination strategy of financial services and operations management in supply chain of capital-constrained retailer[J]. *Control and Decision*, 2014, 29(11): 2018-2026.)