

# 信用担保与下侧风险控制下零售商 资金约束供应链订货与定价策略

张川<sup>†</sup>, 樊灵伟, 田雨鑫, 张红晨

(东北大学 工商管理学院, 沈阳 110169)

**摘要:** 针对供应商、零售商和商业银行组成的供应链系统, 考虑当零售商面临资金约束时, 通过供应商信用担保贷款模式缓解零售商资金约束对供应链总体利润的影响. 构建零售商和供应商期望利润模型, 分别讨论银行风险中性及下侧风险控制下的零售商订货与供应商定价决策, 并利用斯坦克尔伯格博弈求解. 最后, 对供应商担保系数、银行风险容忍系数进行灵敏度分析. 研究表明: 1) 给定担保系数, 只有当风险容忍系数小于一定的阈值时, 银行下侧风险控制才会影响零售商以及供应商的最优决策; 2) 给定风险容忍系数, 只有当担保系数小于一定的阈值时, 供应商担保系数才会影响零售商以及供应商的最优决策; 3) 银行贷款限额是担保系数、风险容忍系数的严格递增函数.

**关键词:** 供应链金融; 信用担保; 下侧风险控制; 资金约束; 斯坦克尔伯格博弈  
**中图分类号:** F272      **文献标志码:** A

## The ordering and pricing strategies of supply chain with a capital constrained retailer under credit guarantee and downside risk control

ZHANG Chuan<sup>†</sup>, FAN Ling-wei, TIAN Yu-xin, ZHANG Hong-chen

(School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China)

**Abstract:** With respect to a supply chain system which consists of a supplier, a retailer and a commercial bank, when the retailer encounters capital constraint, the loan model of a credit guarantee provided by the supplier under bank's downside risk control can alleviate the impact to supply chain profits. We analyze the optimal order decision of the retailer and the optimal wholesale decision of the supplier in the setting of bank's risk-neutral and bank's downside risk control through designing the retailer's and the supplier's expected profit model respectively, and solve them by Stackelberg game. Finally, the conclusions are verified by sensitivity analysis of the parameters. The results show that: 1) if the guarantee coefficient is given, only when the risk tolerance coefficient is lower than a threshold, the bank's downside risk control has an influence on the retailer's and the supplier's optimal decisions; 2) if the risk tolerance coefficient is given, only when the guarantee coefficient is lower than a threshold, the supplier's guarantee coefficient has an influence on the retailer's and the supplier's optimal decisions; 3) the bank's loan limit is a strict increment function of guarantee coefficient and risk tolerance coefficient.

**Keywords:** supply chain finance; credit guarantee; downside risk control; capital constraint; Stackelberg game

## 0 引言

不断深入的社会化生产方式, 使得供应链之间的竞争日趋激烈. 供应链中一方成员企业面临资金约束时, 往往不能执行最优的运营决策, 不仅会影响自身的利润, 而且也会影响供应链其他成员企业的运营, 最终导致供应链各方利润受损. 供应链下游的零售商往往会面临流动资金不足的问题, 从银行融资是其获取资金的重要来源之一. 如果资金约束零售商

从银行获得贷款, 则可使供应链资金周转速度加快并提高供应链整体绩效<sup>[1]</sup>, 但银行可能会由于资金约束零售商的破产、信用不良等一系列因素出现不良贷款. 如, 2014 年前三季度中国商业银行的不良贷款率为 1.16%, 累计不良贷款余额达 7 669 亿元<sup>[2]</sup>. 随着巴塞尔协议的颁布以及决策层关于切实防范金融风险的决定, 银行作为目前供应链金融业务风险主要承担者必然会考虑贷款风险<sup>[3-4]</sup>. 为此, 银行提出了一些担

收稿日期: 2018-05-25; 修回日期: 2018-10-11.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71271051); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(N140607001).

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: czhang@mail.neu.edu.cn.

保融资方式,如核心企业担保贷款、互助担保贷款、回购担保贷款、动产质押融资等<sup>[5]</sup>.通过这些担保融资模式可以缓解资金约束零售商因破产等风险给银行带来的损失.由于供应商与零售商之间是利益共同体,供应商为资金约束零售商提供贷款担保是一种常见的融资模式,研究供应商担保下银行考虑贷款风险的供应链运营策略问题是有现实意义的.如,2016年国内一个大型机械制造商为浙江省宁波市的一个机械装备公司提供信用担保,该制造商承诺机械装备公司一旦破产,愿意承担银行部分破产损失,以此刺激恒丰银行为机械装备公司提供贷款.

国内外学者针对不同担保融资下资金约束零售商的供应链运营与协调问题开展了一定量的研究.李毅学等<sup>[6]</sup>针对存货质押融资的关键风险控制因素构建了零售商再订购存货模型;于辉等<sup>[7]</sup>探讨了订单保理融资模式对供应链绩效和效率的影响及保理回报率对订货决策的影响;易雪辉等<sup>[8]</sup>构建了核心企业回购担保方式下银行的存货质押融资定价决策模型;Yan等<sup>[9]</sup>研究了供应商为零售商从风险中性银行贷款提供部分信用担保的供应链协调问题;白世贞等<sup>[10]</sup>构建了零售商资金约束下,需求不确定的供应商在存货质押融资模式中的批发-回购决策模型;Chen等<sup>[11]</sup>构建了回购担保下考虑公平关切的两级供应链的定价和订货模型.

还有部分学者考虑了银行等金融机构的风险特性,运用风险测量方法对供应链金融进行风险管理.陈晓红等<sup>[12]</sup>结合VaR风险模型,给出了能根据信用担保风险确定担保价格的定价方法;马树建等<sup>[13]</sup>建立了随机需求下零售商、制造商及银行三方风险控制的CVaR决策分析模型;Yan等<sup>[14]</sup>构建了制造商和银行期望利润函数,将其决策标准扩展到期望利润和CVaR的凸性组合;傅毅等<sup>[15]</sup>应用随机控制方法建立了P2P债权投资的均值-方差模型,并求解出最优投资策略和风险度量显式解.然而,VaR、CVaR、方差风险等风险测量方法都有一定的缺陷<sup>[16]</sup>,例如,这3种风险测量方法都没有结合投资者的心理感知风

险等.而作为度量金融工程中风险手段之一的下侧风险控制结合了心理学的特点,更加符合投资者的真实风险感受.为此,李毅学等<sup>[17]</sup>研究下侧风险规避银行存货质押融资的质押率决策,另外还分析了银行下侧风险规避下季节性存货质押融资中符合银行风险容忍水平的最高贷款额度<sup>[4]</sup>;Gan等<sup>[18]</sup>针对委托监管模式建立了下侧风险规避银行的贷款额度决策模型.

本文的主要贡献是研究了供应商信用担保下考虑银行下侧风险控制的零售商资金约束供应链运营策略,弥补了同时考虑供应商信用担保和银行下侧风险控制研究的不足,分别讨论了银行风险中性及下侧风险控制下的零售商最优订货量与供应商最优批发价决策,对应地建立了零售商及供应商期望利润模型,并利用斯坦克尔伯格博弈求解.最后通过灵敏度分析分析了风险容忍系数和信用担保系数对供应链运营决策的影响.

## 1 问题描述与基本假设

### 1.1 问题描述

本文分析了由供应商、资金约束零售商以及提供贷款的商业银行组成的供应链系统,如图1所示.市场需求不确定,供应商为零售商按订单送货,并且要求货到之后零售商立即支付货款.零售商面临一种与传统报童模型相似的情况,从供应商处购买单一类型商品并销售给顾客,本文与传统报童模型考虑的不同之处在于零售商存在资金约束.

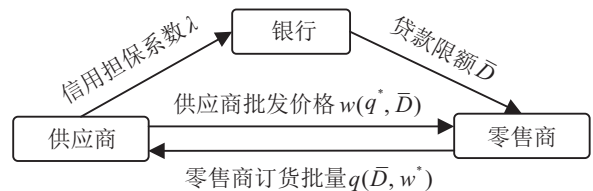


图1 信用担保下的供应链金融系统框架

资金约束零售商没有固定资产可以进行抵押,零售商很难独自从下侧风险控制的银行获得贷款.实践中供应商与零售商可能是由于长期合作,供应商更了解零售商,对零售商的还款能力更有信心,而银行却不了解.因此,此种情况下为保证供应链整体

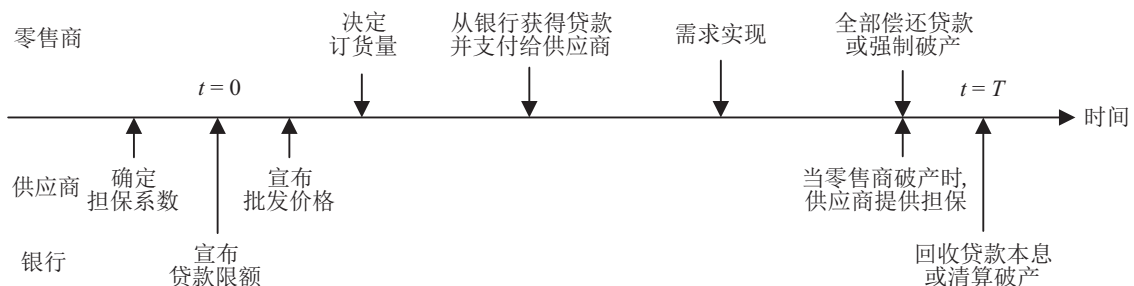


图2 事件顺序

的良性运行,避免供应链中断,零售商从下侧风险控制银行贷款时,供应商有意愿为零售商提供部分信用担保,这样零售商的破产风险将由供应商和银行一起承担,即销售期末,如果零售商的销售收入不能偿还银行的本息和,则零售商将宣布破产,此时供应商将会按照承诺的信用担保替零售商偿还部分零售商未能偿还的资金给银行.

首先下侧风险控制银行将在供应商提供部分信用担保的前提下宣布贷款限额,然后供应商将宣布商品的单位批发价,最后由零售商决定订货量.图2阐述了以上事件发生的顺序.

### 1.2 符号说明与基本假设

为了清晰地描述与分析本文的模型,先给出符号说明与基本假设.符号说明如表1所示.

表1 符号说明

符号	具体描述
$p$	零售商的单位零售价格
$c$	供应商的单位制造成本
$\lambda$	信用担保系数
$B$	贷款额
$\hat{x}$	不破产情况下的市场需求阈值
$x$	市场随机需求
$\alpha$	$\alpha(0 < \alpha < 1)$ 银行贷款损失标准比率
$\beta$	$\beta(0 < \beta < 1)$ 银行风险容忍系数
$R_r$	银行利率
$\Pi_r$	零售商的利润
$\Pi_m$	供应商的利润
$\pi_r$	零售商的期望利润
$\pi_m$	供应商的期望利润
$Y$	银行的现金流
$q$	零售商的订货量
$w$	供应商的单位批发价
$q^*$	银行风险中性下零售商的最优订货量
$w^*$	银行风险中性下供应商的最优单位批发价
$q_d^*$	银行下侧风险下零售商的最优订货量
$w_d^*$	银行下侧风险下供应商的最优单位批发价

基本假设如下:

- 1) 市场需求不确定,零售商从供应商处购买单一产品并销售给顾客.
- 2) 不失一般性,假设  $0 < c(1+R_r) < w(1+R_r) < p$ .
- 3) 为方便计算,销售期末,未销售产品残值为  $0^{[19]}$ .
- 4) 零售商、供应商与银行之间信息对称.
- 5) 零售商初始资金为0.
- 6) 市场需求是不确定的,其概率密度函数和累计分布函数分别为  $f(x)$  和  $F(x)$ ,  $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$ ,  $f(x) \geq 0$  且累计分布函数  $F(x)$  是连续、可导、严格递增的,失效率  $h(x) = f(x)/\bar{F}(x)$  为  $x$  的增函数,  $F(x)$  符合通用失效率递增(increasing generalized failure

rate, IGFR) 性质,即通用失效率  $H(x) = xh(x)$  为  $x$  的单调递增函数.这样假设确保了模型最优解的存在和唯一,详细可参见文献[20].

## 2 供应商信用担保下银行下侧风险控制的供应链运营策略

### 2.1 银行风险中性下零售商订货及供应商定价决策

销售期初,零售商从供应商处以批发价  $w(c < w < p)$  订购数量为  $q$  的商品,其贷款额为  $B = wq$ . 销售期末,零售商获得收益  $p \min(q, x)$ , 需要偿还银行本息和为  $B(1 + R_r)$ . 若市场需求充足,零售商卖出全部商品,则获得销售收益  $pq$ , 此时零售商有能力偿还全部银行本息  $B(1 + R_r)$ ; 若市场需求不足,零售商的商品没有全部卖出去,即  $x < q$ , 则此时零售商收入为  $px - B(1 + R_r)$ , 这种情况下,存在一个阈值  $\hat{x}$ , 市场需求若低于该阈值,则零售商将破产清算,并将自己的全部销售收益用来偿还银行本息. 因此,零售商的利润函数为

$$\Pi_r = \begin{cases} 0, & x < \hat{x}; \\ px - B(1 + R_r), & \hat{x} \leq x < q; \\ pq - B(1 + R_r), & x \geq q. \end{cases} \quad (1)$$

零售商的决策问题可写为

$$\begin{aligned} \max_q \pi_r = & \int_{\hat{x}}^q (px - B(1 + R_r))f(x)dx + \\ & \int_q^\infty (pq - B(1 + R_r))f(x)dx = \\ & p \int_{\hat{x}}^q (x - \hat{x})f(x)dx + p \int_q^\infty (q - \hat{x})f(x)dx = \\ & p \int_{\hat{x}}^q \bar{F}(x)dx. \end{aligned} \quad (2)$$

**引理1** 资金约束零售商无破产风险的市场需求阈值为  $\hat{x}(q) = B(1 + R_r)/p$ .

**证明** 由式(1)可知,如果零售商在销售期末获得的资金能够偿还应还银行的本息和,即  $px - B(1 + R_r) \geq 0$ , 则零售商无破产风险,所以市场需求阈值为  $\hat{x}(q) = B(1 + R_r)/p$ .  $\square$

由引理1可知,若市场需求低于阈值  $\hat{x}(q)$ , 则零售商将有大量商品库存积压,收入较少,导致零售商不能全额偿还银行本息和,从而宣布破产,此时零售商的破产风险由于供应商信用担保转移给了供应商. 另外,因为  $d\hat{x}(q)/dq = w(1 + R_r)/p > 0$ , 零售商的订货量越大,市场需求阈值越大,这说明零售商的订货量大小决定了零售商能否在需求不确定市场中存活下去,因此,零售商在确定订货量之前务必要清楚地了解其面对的需求压力.

**命题1** 给定供应商批发价格  $w$ , 零售商的最优订货量为  $q^*$ , 且满足  $q^* = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))]$ .

**证明** 将决策问题(2)的零售商期望利润函数  $\pi_r$  对  $q$  求一阶导数、二阶导数, 可得

$$\frac{d\pi_r}{dq} = p[\bar{F}(q) - \Omega \bar{F}(\hat{x}(q))], \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{d^2\pi_r}{dq^2} = & -p[f(q) - \Omega^2 f(\hat{x})] = \\ & -p\bar{F}(q) \left[ h(q) - \frac{\Omega^2 \bar{F}(\hat{x})}{\bar{F}(q)} h(\hat{x}) \right], \quad (4) \end{aligned}$$

其中  $\Omega = w(1 + R_r)/p < 1$ .

令  $d\pi_r/dq = 0$ , 可得  $\bar{F}(q) = \Omega \bar{F}(\hat{x}(q))$ . 此时零售商的利润函数对  $q$  的二阶导数可化简为

$$\begin{aligned} \frac{d^2\pi_r}{dq^2} = & -p\bar{F}(q)[h(q) - \Omega h(\hat{x}(q))] = \\ & -\frac{p\bar{F}(q)}{q}[H(q) - H(\hat{x}(q))], \end{aligned}$$

因为需求符合失效率递增, 且  $q > \hat{x}(q)$ , 可得  $d^2\pi_r/dq^2 < 0$ , 所以最优订货量为  $q^* = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))]$ .  $\square$

**推论1** 零售商的最优订货量随着供应商批发价的增加而减小, 即  $dq^*(w)/dw < 0$ .

**证明** 令零售商期望利润函数对订货量  $q$  的一阶导数等于0, 即  $d\pi_r/dq = 0$ , 可得  $\bar{F}(q^*) = \Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))$ , 等式两边同时对批发价  $w$  求一阶导数可得

$$-f(q^*) \frac{dq^*}{dw} = \bar{F}(\hat{x}(q^*)) \frac{d\Omega}{dw} - \Omega f(\hat{x}(q^*)) \frac{d\hat{x}(q^*)}{dw}, \quad (5)$$

因为  $\hat{x}(q^*) = wq^*(1 + R_r)/p$ , 有

$$\begin{aligned} \frac{d\hat{x}(q^*(w))}{dw} = & \frac{\partial \hat{x}(q^*(w))}{\partial q^*(w)} \frac{dq^*}{dw} + \frac{\partial \hat{x}(q^*(w))}{\partial w} = \\ & \frac{w(1 + R_r)}{p} \frac{dq^*}{dw} + q^* \frac{(1 + R_r)}{p} = \\ & \Omega \frac{dq^*}{dw} + q^* \frac{d\Omega}{dw}. \quad (6) \end{aligned}$$

将式(6)代入(5)可得

$$-f(q^*) \frac{dq^*}{dw} = \bar{F}(\hat{x}(q^*)) \frac{d\Omega}{dw} - \Omega f(\hat{x}(q^*)) \left( \Omega \frac{dq^*}{dw} + q^* \frac{d\Omega}{dw} \right), \quad (7)$$

进一步可解得

$$\begin{aligned} \frac{dq^*}{dw} = & \frac{\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*)) - \Omega q^* f(\hat{x}(q^*))}{w \Omega^2 f(\hat{x}(q^*)) - f(q^*)} = \\ & \frac{1 - \Omega q^* h(\hat{x}(q^*))}{w[\Omega h(\hat{x}(q^*)) - h(q^*)]} = \\ & \frac{1 - H(\hat{x}(q^*))}{w[\Omega h(\hat{x}(q^*)) - h(q^*)]}. \quad (8) \end{aligned}$$

将式(8)代入(6), 可得

$$\frac{d\hat{x}(q^*(w))}{dw} = \frac{\Omega}{w} \cdot \frac{1 - H(q^*(w))}{\Omega h(\hat{x}(q^*)) - h(q^*(w))}. \quad (9)$$

假设  $dq^*/dw \geq 0$  成立, 因  $d\Omega/dw = (1 + R_r)/p > 0$ , 由式(6)可知必有  $d\hat{x}(q^*)/dw \geq 0$ . 令式(9)等于0, 即  $d\hat{x}(q^*(w))/dw|_{w=w_0} = 0$ , 则必有  $1 - H(q^*(w_0)) = 0$ , 即  $H(q^*(w_0)) = 1$ . 因基本假设  $c < w < \hat{w} = p/(1 + R_r)$ , 下面分3种情况加以证明:

1) 当  $w_0 \geq \hat{w}$  时, 对于任意的  $w < \hat{w}$ , 由假设  $dq^*/dw \geq 0$ , 有  $q^*(w) < q^*(\hat{w}) < q^*(w_0)$ , 因  $H(x)$  为  $x$  单调递增函数, 不等式  $H(\hat{x}(q^*)) < H(q^*(w)) < H(q^*(\hat{w})) < H(q^*(w_0)) = 1$  成立, 即  $1 - H(q^*(w)) > 0$ ,  $1 - H(\hat{x}(q^*)) > 0$ . 因为  $\hat{x}(q^*) < q^*(w)$  且  $\Omega < 1$ , 所以  $\Omega h(\hat{x}(q^*)) - h(q^*(w)) < 0$ , 由式(9)可得  $d\hat{x}(q^*(w))/dw < 0$ , 则由式(8)可得  $dq^*/dw < 0$ , 与假设矛盾.

2) 当  $w_0 = c$  时, 对于任意  $w > c$ , 因  $\hat{x}(q^*) \leq q^*$  且  $\Omega < 1$ , 有

$$\begin{aligned} \Omega q^*(c) h(\hat{x}(q^*(c))) & < q^*(c) h(q^*(c)) = \\ q^*(w_0) h(q^*(w_0)) & = H(q^*(w_0)) = 1. \end{aligned}$$

由假设  $dq^*/dw \geq 0$ , 有  $q^*(w) > q^*(w_0)$ , 因市场需求分布函数符合失效率递增, 故  $H(q^*(w)) > H(q^*(w_0)) = 1$ . 又因  $\Omega h(\hat{x}(q^*)) - h(q^*(w)) < 0$ , 由式(9)可得  $d\hat{x}(q^*(w))/dw > 0$ . 因为  $\hat{x}(q^*) < q^*(w_0)$ , 所以  $H(\hat{x}(q^*)) < H(q^*(w_0)) = 1$ , 由式(8)可得  $dq^*/dw < 0$ , 与假设矛盾.

3) 当  $c < w_0 < \hat{w}$  时, 对于任意  $c < w < \hat{w}$ , 由上面两种情况, 同样可以得到  $dq^*/dw < 0$ , 与假设矛盾.

综上3种矛盾, 得出假设不成立, 所以  $dq^*/dw < 0$ , 即零售商最优订货量随批发价的增加而减小.  $\square$

由推论1可知, 供应商的批发价大小直接影响到零售商的订货量大小, 因此, 供应商可以通过选择适当的批发价以降低零售商的破产风险, 从而最大化供应商的利润.

由于供应商为零售商提供部分信用担保, 如果零售商销售期末能偿还银行的本息和, 则供应商获得的利润为  $(w - c)q^*$ ; 如果零售商销售期末不能全部偿还银行本息和, 零售商则将自己的全部销售收入用于偿还贷款, 剩余不够的部分由供应商承担一定比例, 供应商获得的利润为  $(w - c)q^* - \lambda(wq^*(1 + R_r) - px)$ . 因此, 供应商的利润函数为

$$\Pi_m = \begin{cases} (w - c)q^* - \lambda(wq^*(1 + R_r) - px), & x < \hat{x}; \\ (w - c)q^*, & x \geq \hat{x}. \end{cases} \quad (10)$$

供应商的决策问题可写为

$$\max_w \pi_m =$$

$$\begin{aligned} & \int_0^{\hat{x}(q^*)} ((w-c)q^* - \lambda(wq^*(1+R_r) - px))f(x)dx + \\ & \int_{\hat{x}(q^*)}^{\infty} (w-c)q^*f(x)dx = \\ & (w-c)q^* - p\lambda \int_0^{\hat{x}(q^*)} (\hat{x}(q^*) - x)f(x)dx = \\ & (w-c)q^* - p\lambda \int_0^{\hat{x}(q^*)} F(x)dx. \end{aligned} \quad (11)$$

**命题2** 给定担保系数和零售商的最优订货量, 供应商的最优批发价为

$$w^* = \frac{\hat{c}[1 - H(\hat{x}(q^*))]}{1 - H(q^*)}. \quad (12)$$

其中:  $\hat{c} = c/\eta, \eta = 1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(q^*))$ .

**证明** 将决策问题(11)中的供应商期望利润函数  $\pi_m$  对  $w$  求一阶导数, 可得

$$\begin{aligned} \frac{d\pi_m}{dw} &= [1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(q^*))]q^* + \\ & [w(1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(q^*))) - c] \cdot \frac{dq^*}{dw}. \end{aligned} \quad (13)$$

令  $\eta = 1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(q^*)), \hat{c} = c/\eta$ , 式(13)可简化为

$$\frac{d\pi_m}{dw} = \eta q^* + (w\eta - c) \frac{dq^*}{dw} = \eta q^* + \eta(w - \hat{c}) \frac{dq^*}{dw}.$$

由上文可知  $dq^*/dw < 0$ , 很明显  $\eta \leq 1$ , 因此  $\hat{c} \geq c$ , 其中  $\hat{c}$  可以定义为部分担保契约下单位商品的有效生产成本, 理性供应商制定的批发价一定满足  $w \geq \hat{c}$ . 令  $d\pi_m/dw = 0$ , 解得  $w^* = \hat{c} - \frac{q^*}{dq^*/dw^*}$ , 即  $w^* = \frac{\hat{c}[1 - H(\hat{x}(q^*))]}{1 - H(q^*)}$ .  $\square$

### 2.2 银行下侧风险控制下零售商订货及供应商定价决策

由于供应商为零售商提供部分信用担保, 如果零售商销售期末能偿还银行的本息和, 则银行获得的营业额为  $wq(1 + R_r)$ ; 如果零售商销售期末不能全部偿还银行本息和, 零售商则将自己的全部销售收入偿还银行, 剩余不够的部分由供应商承担一定比例, 此时银行获得的利润为  $px + \lambda(wq(1 + R_r) - px)$ , 因此银行的现金流为

$$Y = \begin{cases} px + \lambda(wq(1 + R_r) - px), & x < \hat{x}(q); \\ wq(1 + R_r), & x \geq \hat{x}(q). \end{cases} \quad (14)$$

假设银行采用下侧风险控制模型  $(\alpha, \beta)$  对风险进行管理, 即贷款损失超过标准值  $\alpha$  的概率不能超过控制标准  $\beta$ . 损失标准比率  $\alpha$  越小, 表明银行越厌恶风险; 同样, 银行的风险容忍度  $\beta$  越小, 表明银行越厌恶风险. 银行采用下侧风险控制等价于银行通过贷款限额控制, 这在实践中为银行提供了一种简单的风险控制方法, 即根据供应商承诺的信用担保系数, 银

行设置贷款限额, 供应商承诺的信用担保系数越高, 贷款限额就越高, 零售商可以得到更多的贷款. 并且随着风险控制参数  $\alpha$  和  $\beta$  的增加, 银行设置的贷款限额会增高, 这表明银行越偏好风险, 银行设置的贷款限额会越高.

**命题3** 银行采用下侧风险控制模式的供应链融资业务中, 银行的风险控制可描述为

$$\text{Pro}[(B(1 + R_r) - px)(1 - \lambda) > \alpha B(1 + R_r)] \leq \beta.$$

当风险控制标准  $(\alpha, \beta)$  一定时, 银行将设置贷款限额  $\bar{D} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)}$ , 此时零售商的订购量限制为  $\bar{q} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{w(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)}$ , 且订货量限制  $\bar{q}$  随  $w$  的增加而减小.

**证明** 银行下侧风险控制可描述为

$$\text{Pro}[(B(1 + R_r) - px)(1 - \lambda) > \alpha B(1 + R_r)] \leq \beta.$$

可得

$$\begin{aligned} & \text{Pro}[p(1 - \lambda)x < (1 - \lambda - \alpha)B(1 + R_r)] = \\ & \text{Pro}\left[x < \frac{(1 - \lambda - \alpha)B(1 + R_r)}{p(1 - \lambda)}\right] = \\ & F\left(\frac{(1 - \lambda - \alpha)B(1 + R_r)}{p(1 - \lambda)}\right) \leq \beta, \end{aligned}$$

当该不等式取等时, 式中的贷款额度  $B$  达到最大, 此时  $B$  即为贷款限额  $\bar{D}$ . 因此银行能承受的零售商贷款限额为  $\bar{D} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)}$ , 零售商的订购量限制为  $\bar{q} = \frac{\bar{D}}{w} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{w(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)}$ . 因为

$$\frac{d\bar{q}}{dw} = -\frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{w^2(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)} < 0,$$

所以订货量限制  $\bar{q}$  随  $w$  的增加而减小.  $\square$

**推论2** 银行的贷款限额

$$\bar{D} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)}$$

随银行的风险容忍系数的增大而增大.

**证明** 将银行的贷款限额  $\bar{D}$  对银行的风险容忍系数  $\beta$  求导, 可得

$$\frac{\partial \bar{D}}{\partial \beta} = \frac{p(1 - \lambda)}{(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)f(F^{-1}(\beta))}.$$

由贷款限额

$$\bar{D} = \frac{(1 - \lambda)pF^{-1}(\beta)}{(1 - \alpha - \lambda)(1 + R_r)} > 0, \quad F^{-1}(\beta) > 0,$$

$$(1 - \lambda) > 0, \quad p > 0, \quad (1 + R_r) > 0,$$

得  $1 - \alpha - \lambda > 0$ , 又由假设可知  $f(F^{-1}(\beta)) > 0$ , 故  $\partial \bar{D}/\partial \beta > 0$ , 即银行的风险容忍系数越大, 银行的贷款限额越大.  $\square$

**推论3** 银行的贷款限额

$$\bar{D} = \frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)}$$

随供应商担保系数的增大而增大。

**证明** 将银行的贷款限额  $\bar{D}$  对供应商的担保系数  $\lambda$  求导, 可得  $\frac{\partial \bar{D}}{\partial \lambda} = \frac{\alpha p F^{-1}(\beta)}{[(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)]^2} > 0$ , 所以供应商的担保系数越大, 银行的贷款限额越大。□

由推论2和推论3可知, 银行风险容忍系数的大小和供应商信用担保系数的大小直接影响到银行贷款限额的大小。因此, 在确定贷款限额时, 银行需同时考虑风险容忍和信用担保以降低贷款风险。

**命题4** 银行下侧风险控制下, 给定担保系数, 当  $\bar{q}(w^*) \geq q^*(w^*)$  时, 即风险容忍系数  $\beta \geq M$  时, 零售商的最优订货量为

$$q_d^* = q^*(w^*) = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))];$$

当  $\bar{q}(w^*) < q^*(w^*)$  时, 即风险容忍系数  $\beta < M$  时, 零售商的最优订货量为

$$q_d^* = \bar{q}(\bar{w}^*) = \frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)},$$

其中

$$M = F \left[ \bar{F}^{-1} \left[ \frac{w^*(1+R_r)}{p} \bar{F}(\hat{x}(q^*)) \right] \cdot \frac{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)}{p(1-\lambda)} \right].$$

**证明** 分以下两种情况进行讨论:

1) 当  $\bar{q}(w^*) \geq q^*(w^*)$  时, 即

$$\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} \geq \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))],$$

也即银行风险容忍系数  $\beta \geq M$  时, 其中

$$M = F \left[ \bar{F}^{-1} \left[ \frac{w^*(1+R_r)}{p} \bar{F}(\hat{x}(q^*)) \right] \times \frac{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)}{p(1-\lambda)} \right],$$

零售商在银行下侧风险控制下的最优订货量等于银行无风险控制下的最优订货量, 即

$$q_d^* = q^*(w^*) = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))],$$

供应商在银行下侧风险控制下的最优批发价为  $w_d^* = w^*$ , 表明银行下侧风险控制不影响零售商的订货决策。

2) 当  $\bar{q}(w^*) < q^*(w^*)$  时, 即

$$\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} < \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))],$$

也即银行风险容忍系数  $\beta < M$  时, 其中

$$M = F \left[ \bar{F}^{-1} \left[ \frac{w^*(1+R_r)}{p} \bar{F}(\hat{x}(q^*)) \right] \times \frac{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)}{p(1-\lambda)} \right],$$

零售商的最优订货策略为  $\bar{q}(w)$  (满足  $\bar{q}(w) < q^*(w)$ ), 将其代入供应商的期望利润函数求一阶导数并令其为0, 有

$$\bar{w}\bar{q} + (\bar{w}^*\bar{\eta} - c) \left( -\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*{}^2(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} \right) = 0,$$

其中  $\bar{\eta} = 1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(\bar{q}(\bar{w}^*)))$ . 可得供应商在银行下侧风险控制下的最优批发价为  $w_d^* = \bar{w}^*$ , 零售商在银行下侧风险控制下的最优订货量为  $q_d^* = \bar{q}(\bar{w}^*) = \frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)}$  (满足  $\bar{q}(\bar{w}^*) < q^*(\bar{w}^*)$ ), 表明银行下侧风险控制影响零售商的订货决策。□

**命题5** 银行下侧风险控制下, 给定风险容忍系数, 当  $\bar{q}(w^*) \geq q^*(w^*)$  时, 即担保系数  $\lambda \geq N$  时, 零售商的最优订货量为

$$q_d^* = q^*(w^*) = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))];$$

当  $\bar{q}(w^*) < q^*(w^*)$  时, 即担保系数  $\lambda < N$  时, 零售商的最优订货量为

$$q_d^* = \bar{q}(\bar{w}^*) = \frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)},$$

其中

$$N =$$

$$\frac{w^*(1+R_r)(1-\alpha)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)}{w^*(1+R_r)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)}.$$

**证明** 分以下两种情况进行讨论:

1) 当  $\bar{q}(w^*) \geq q^*(w^*)$  时, 即

$$\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} \geq \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))],$$

也即担保系数  $\lambda \geq N$  时, 其中

$$N =$$

$$\frac{w^*(1+R_r)(1-\alpha)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)}{w^*(1+R_r)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)},$$

零售商在银行下侧风险控制下的最优订货量等于银行无风险控制下的最优订货量, 即  $q_d^* = q^*(w^*) = \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))]$ , 供应商在银行下侧风险控制下的最优批发价为  $w_d^* = w^*$ , 表明供应商担保程度不影响零售商的订货决策。

2) 当  $\bar{q}(w^*) < q^*(w^*)$  时, 即

$$\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{w^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} < \bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))],$$

也即担保系数  $\lambda < N$  时, 其中

$$N =$$

$$\frac{w^*(1+R_r)(1-\alpha)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)}{w^*(1+R_r)\bar{F}^{-1}[\Omega \bar{F}(\hat{x}(q^*))] - p\bar{F}^{-1}(\beta)},$$

零售商的最优订货策略为  $\bar{q}(w)$  (满足  $\bar{q}(w) < q^*(w)$ ), 将其代入供应商的期望利润函数求一阶导数并令其为0,

即

$$\bar{\eta}q + (\bar{w}^*\bar{\eta} - c) \left( -\frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)} \right) = 0,$$

其中  $\bar{\eta} = 1 - \lambda(1 + R_r)F(\hat{x}(\bar{q}(\bar{w}^*)))$ , 可得供应商在银行下侧风险控制下的最优批发价为  $w_d^* = \bar{w}^*$ , 零售商的最优订货量为

$$q_d^* = \bar{q}(\bar{w}^*) = \frac{(1-\lambda)pF^{-1}(\beta)}{\bar{w}^*(1-\alpha-\lambda)(1+R_r)},$$

表明供应商担保程度影响零售商的订货决策. □

### 3 灵敏度分析

为了更加清楚地揭示该模型的特征及其给供应链带来的影响, 假设市场需求服从  $[0, 100]$  的均匀分布<sup>[21]</sup>, 供应商的边际生产成本  $c = 1$ , 产品的单位销售价格  $p = 10.5$ , 银行贷款利率  $R_r = 0.1$ , 贷款损失标准比率  $\alpha = 0.1$ .

#### 3.1 银行风险中性下的灵敏度分析

银行无风险控制下零售商最优订货量、供应商最优批发价、零售商利润以及供应商利润随担保系数变化情况分别如图3~图6所示.

银行无风险控制下, 由图3可见, 零售商的最优订货量随着担保系数的增加而减小. 由图4可见, 供

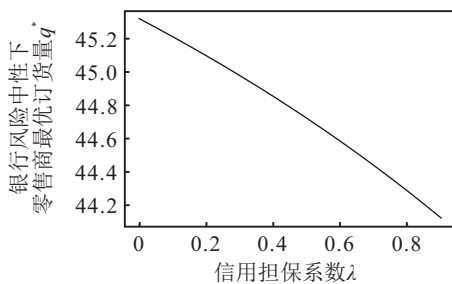


图3 无风险控制下最优订货量与担保系数关系

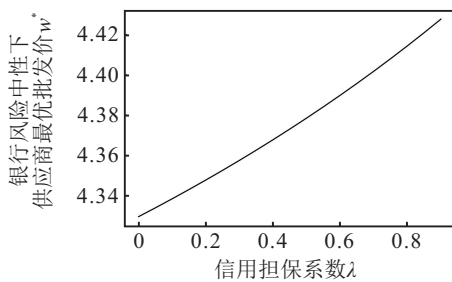


图4 无风险控制下最优批发价与担保系数关系

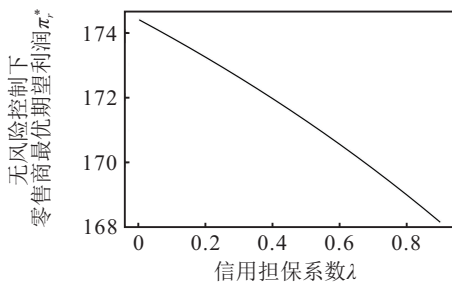


图5 无风险控制下零售商利润与担保系数关系

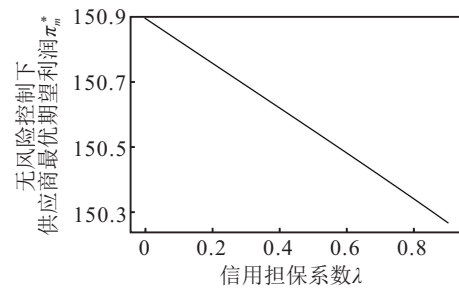


图6 无风险控制下供应商利润与担保系数关系

应商的最优批发价随着担保系数的增加而增加. 由图5和图6可见, 零售商利润以及供应商利润均随着担保系数的增加而减小.

直观地看, 当零售商破产时, 随着担保系数的增加, 供应商承担其未能偿还银行贷款部分的比例增大, 供应商利润将因此减小(图6). 供应商为减少损失必然会提高单位商品批发价(图4), 零售商从而相应减少订货量(图3), 这也验证了推论1. 在批发价增加、订货量减小的双重作用下, 零售商的利润减小(图5).

#### 3.2 银行下侧风险控制下的灵敏度

银行下侧风险控制下, 银行贷款限额随着担保系数、风险容忍系数的变化分别如图7和图8所示. 由图7和图8可见, 在银行下侧风险控制下, 银行的贷款限额随着担保系数、风险容忍系数的增加而增加, 这一结果验证了推论2和推论3.

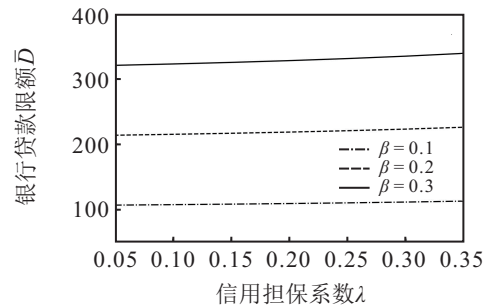


图7 贷款限额与担保系数关系

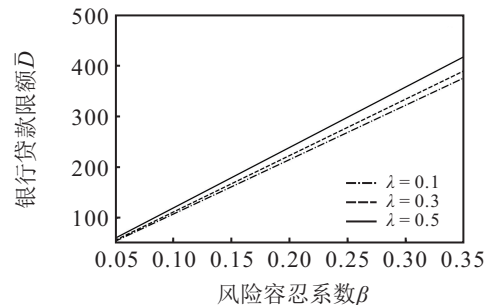


图8 贷款限额与风险容忍系数关系

给定风险容忍系数, 零售商最优订货量、供应商最优批发价、零售商利润及供应商利润随担保系数变化分别如图9~图12所示. 银行下侧风险控制下, 由图9~图12可见: 给定风险容忍系数, 担保系数小

于一定阈值(即,当 $\beta = 0.13$ 时,信用担保系数阈值 $N = 0.75$ ;当 $\beta = 0.15$ 时,信用担保系数阈值 $N = 0.65$ ;当 $\beta = 0.17$ 时,信用担保系数阈值 $N = 0.41$ )时,零售商的最优订货量、供应商的最优批发价及供应商的利润均随着担保系数的增加而增加,零售商的利润随着担保系数的增加而减小;担保系数超过一定阈值时,零售商的最优订货量、零售商的利润及供应商的利润均随担保系数的增加而减小,供应商的最优批发价随着担保系数的增加而增加。

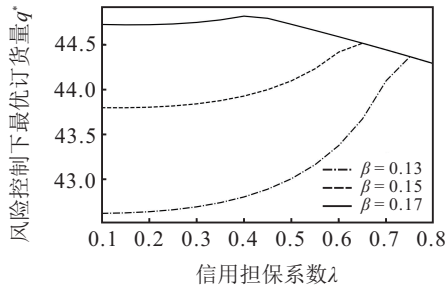


图9 风险控制下最优订货量与担保系数关系

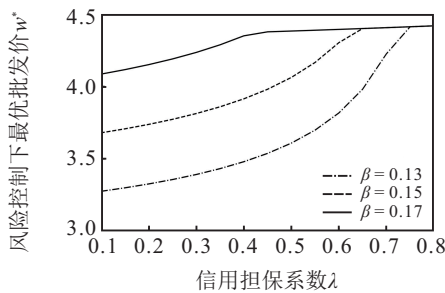


图10 风险控制下最优批发价与担保系数关系

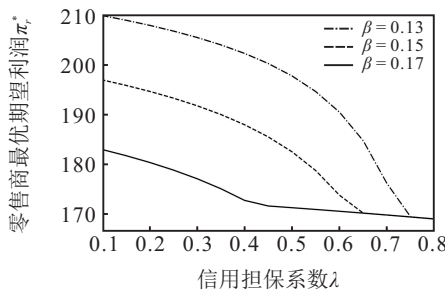


图11 风险控制下零售商利润与担保系数关系

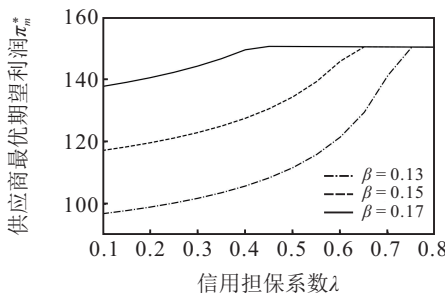


图12 风险控制下供应商利润与担保系数关系

直观地看,风险容忍系数确定情形下,当供应商的担保系数小于一定阈值时,担保系数增加,零售商破产时,其未能偿还银行贷款部分由供应商承担的比

例增大,供应商为减少损失必然会提高单位商品批发价(图10)。又因担保系数的增加,银行的贷款限额会增加(推论3),导致零售商会增加订货量(图9)。然而,订货量的变化程度小于批发价的变化程度,从而供应商利润随着担保系数的增加而增加(图12),零售商利润随着担保系数的增加而减小(图11)。当供应商的担保系数超过一定阈值时,供应商担保程度不再影响零售商的订货决策及供应商的批发价决策,担保系数增加,供应商会提高单位商品批发价,零售商减少订货量,但是零售商订货量的减小程度大于供应商批发价增加程度,导致零售商以及供应商的利润均随着担保系数增加而减小。

给定担保系数,零售商最优订货量、供应商最优批发价、零售商利润及供应商利润随风险容忍系数的变化分别如图13~图16所示。在银行下侧风险控制下,给定担保系数,由图13~图16可见:当风险容忍系数小于一定的阈值(即,当 $\lambda = 0.1$ 时风险容忍系数阈值 $M = 0.20$ ,当 $\lambda = 0.5$ 时风险容忍系数阈值 $M = 0.17$ ,当 $\lambda = 0.8$ 时风险容忍系数阈值 $M = 0.12$ )时,零售商的最优订货量、供应商的最优批发

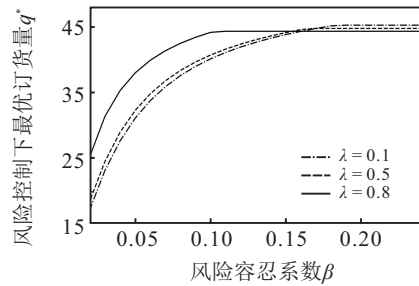


图13 风险控制下最优订货量与风险容忍系数关系

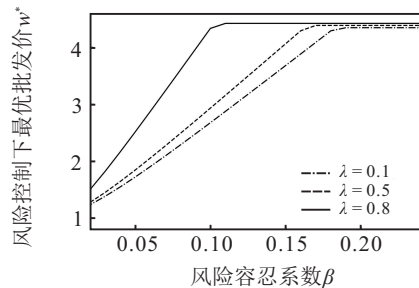


图14 风险控制下最优批发价与风险容忍系数关系

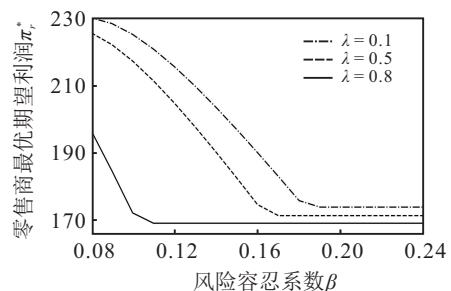


图15 风险控制下零售商利润与风险容忍系数关系

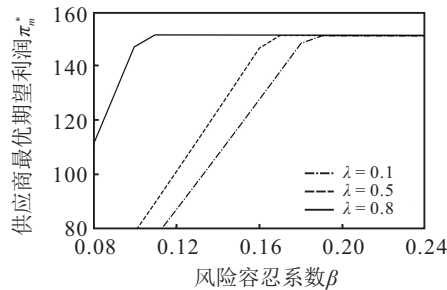


图16 风险控制下供应商利润与风险容忍系数关系

价及供应商的利润均随着风险容忍系数的增加而增加,零售商的利润随风险容忍系数的增加而减小;当风险容忍系数超过一定的阈值时,零售商的最优订货量、供应商的最优批发价、零售商的利润及供应商的利润均随风险容忍系数的增加不再改变。

直观地看,给定担保系数,当风险容忍系数小于一定阈值时,随着风险容忍系数的增加,此时银行的贷款限额会增加(推论2),零售商会提高订货量(图13),导致供应商提高商品单位批发价(图14)。然而,订货量的增加程度小于批发价的增加程度,从而导致供应商的利润随着风险容忍系数的增加而增加(图16),零售商的利润随着风险容忍系数的增加而减小(图15)。当风险容忍系数超过一定阈值时,银行下侧风险控制不再影响零售商的订货决策及供应商的批发价决策,零售商的最优订货量、供应商的最优批发价、零售商的利润及供应商的利润与银行风险中性下相同,为一恒定值,不再随着风险容忍系数的增加而改变。

由图9~图12可见,当风险容忍系数较大时,阈值点左移,即阈值点处所对应的信用担保系数变小;由图13~图16可见,当信用担保系数较大时,阈值点左移,即阈值点处所对应的风险容忍系数变小。另外,由图12可见,供应商面对确定的银行风险容忍度时,应尽量为零售商提供较高担保以提高自身利润;由图15可见,当供应商确定信用担保系数后,零售商应尽量选取风险容忍度较低的银行为其提供贷款以提高自身利润。

#### 4 结论

本文在随机市场需求下针对供应商信用担保和银行下侧风险控制下的零售商资金约束供应链运营策略问题,构建了供应商与零售商的期望利润模型,通过斯坦克尔伯格博弈求解,得出零售商的最优订货量及供应商的最优批发价,最后分析了担保系数及风险容忍系数对零售商的最优订货量、供应商的最优批发价、零售商的利润、供应商的利润及贷款限额的影响。得到的主要结论如下:1)银行下侧风险控制下

的贷款限额是风险容忍系数及担保系数的严格递增函数。2)给定担保系数,当风险容忍系数小于一定的阈值时,银行下侧风险控制将影响零售商订货决策及供应商批发价决策;当风险容忍系数超过一定的阈值时,银行下侧风险控制不再影响零售商订货决策及供应商批发价决策。3)给定风险容忍系数,当担保系数小于一定阈值时,供应商担保程度将影响零售商订货决策及供应商批发价决策;当担保系数超过一定阈值时,供应商担保程度将不再影响零售商订货决策及供应商批发价决策。

由研究结论能够得到以下管理启示:1)资金约束零售商可以通过选择提供更多担保的供应商或风险容忍度较高的银行增加贷款额度以保证供应链的良好运行;2)当银行给资金约束零售商的贷款限额足够时,供应商可以适当地减少担保程度以降低供应链风险;3)当银行给资金约束零售商的贷款限额不足时,供应商可以相应地增加担保程度以刺激银行提高贷款限额,满足零售商的订货需求,从而保证供应链的良好运行和提高供应链效益。

与已有相关研究不同的是,本文同时考虑了供应商信用担保和银行下侧风险控制,得出的研究结论具有实际意义,未来可以扩展为以下几个方面:1)本文仅考虑了信息对称下零售商资金约束供应链的订货与定价问题,未来可以放宽供应链成员之间信息对称这一假设;2)本文假设销售期末未售出产品的残值为零,可以考虑未销售产品残值不为0的情形;3)可以对包含多个供应商之间竞争的情况进行研究。

#### 参考文献(References)

- [1] 汤曙光, 任建标. 银行供应链金融: 中小企业信贷的理论、模式与实践[M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2014: 44-49.  
(Tang S G, Ren J B. Bank supply chain finance: The trade credit theory, model & practice of SME[M]. Beijing: China Financial & Economic Publishing House, 2014: 44-49.)
- [2] 骆建文, 沈建男. 面向资金约束供应链的金融机构融资服务策略[J]. 系统管理学报, 2016, 25(4): 577-587.  
(Luo J W, Shen J N. Financial service strategies of financing institutions of capital constrained supply chains[J]. Journal of Systems & Management, 2016, 25(4): 577-587.)
- [3] 何娟, 王建, 蒋祥林, 等. 基于Copula-CVaR-EVT方法的供应链金融质物组合优化[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(1): 1-16.  
(He J, Wang J, Jiang X L, et al. Inventory portfolio optimization in supply chain finance: A copula-CVaR-EVT approach[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2015, 35(1): 1-16.)

- [4] 李毅学, 冯耕中, 屠惠远. 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, Tu H Y. Loan limit analysis of down-risk-averse bank based on supply chain financial innovation[J]. Journal of Systems Science and Mathematical Sciences, 2009, 29(11): 1552-1558.)
- [5] 黄晶, 杨文胜. 基于CVaR和供应商承诺回购的供应链决策模型[J]. 管理学报, 2016, 13(8): 1250-1256.  
(Huang J, Yang W S. Supply chain decision model based on supplier CVaR and buy-back commitments[J]. Chinese Journal of Management 2016, 13(8): 1250-1256.)
- [6] 李毅学, 冯耕中, 张媛媛. 委托监管下存货质押融资的关键风险控制指标[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(4): 587-598.  
(Li Y X, Feng G Z, Zhang Y Y. Key risk control indicator of inventory pledge financing under consigning supervision[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2011, 31(4): 587-598.)
- [7] 于辉, 马云麟. 订单转保理融资模式的供应链金融模型[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(7): 1733-1743.  
(Yu H, Ma Y L. The supply chain finance model-Based on the order-to-factoring mode[J]. System Engineering—Theory & Practice, 2015, 35(7): 1733-1743.)
- [8] 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.)
- [9] Yan N, Sun B, Zhang H, et al. A partial credit guarantee contract in a capital-constrained supply chain: Financing equilibrium and coordinating strategy[J]. International Journal of Production Economics, 2016, 173: 122-133.
- [10] 白世贞, 徐娜, 鄢章华. 基于核心企业回购担保的存货质押融资决策分析[J]. 中国管理科学, 2012, 20(S1): 309-314.  
(Bai S Z, Xu N, Yan Z H. Research on decisions on inventory financing based on core enterprise's buy-back guarantee[J]. Chinese Journal of Management Science, 2012, 20(S1): 309-314.)
- [11] Chen J, Zhou Y W, Zhong Y. A pricing/ordering model for a dyadic supply chain with buyback guarantee financing and fairness concerns[J]. International Journal of Production Research, 2017, 55(18): 5287-5304.
- [12] 陈晓红, 韩文强, 余坚. 基于VaR模型的信用担保定价方法[J]. 系统工程, 2005, 23(9): 108-110.  
(Chen X H, Han W Q, She J. Pricing of credit guarantee for small and medium enterprises based on the VaR model[J]. Systems Engineering, 2005, 23(9): 108-110.)
- [13] 马树建, 赵成国, 芦宁. 供应链金融三方风险控制的CVaR决策分析——基于预付账款融资模式[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(24): 88-97.  
(Ma S J, Zhao C G, Lu N. The decision analysis of CVaR risk control of the three parts in supply chain finance based on the advance payments financing mode[J]. Journal of Mathematics in Practice and Theory, 2016, 46(24): 88-97.)
- [14] Yan N, Liu C, Liu Y, et al. Effects of risk aversion and decision preference on equilibriums in supply chain finance incorporating bank credit with credit guarantee[J]. Applied Stochastic Models in Business and Industry, 2017, 33(2): 602-625.
- [15] 傅毅, 张寄洲, 周翠. 基于均值-方差模型的P2P债权投资策略与风险度量问题研究[J]. 管理评论, 2017, 29(7): 19-28.  
(Fu Y, Zhang J Z, Zhou C. A mean-variance model based study of the optimal investment strategy and risk measure of P2P debt[J]. Management Review, 2017, 29(7): 19-28.)
- [16] Li J, Chen J, Wang S. Risk management of supply and cash flows in supply chains[M]. New York: Springer, 2011: 29-46.
- [17] 李毅学, 冯耕中, 徐渝. 价格随机波动下存货质押融资业务质押率研究[J]. 系统工程理论与实践, 2007, 27(12): 42-48.  
(Li Y X, Feng G Z, Xu Y. Research on loan-to-value ratio of inventory financing under randomly-fluctuant price[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2007, 27(12): 42-48.)
- [18] Gan X, Sethi S P, Yan H. Channel coordination with a risk-neutral supplier and a downside-risk-averse retailer[J]. Production & Operations Management, 2010, 14(1): 80-89.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 林强, 徐晴. 预付款融资下期权契约的协调研究[J]. 运筹与管理, 2018, 27(6): 172-183.  
(Lin Q, Xu Q. Coordination research of the option contract under advance payment financing[J]. Operations Research and Management Science, 2018, 27(6): 172-183.)

### 作者简介

张川(1969—), 男, 副教授, 博士, 从事供应链金融、数据挖掘、服务运作管理等研究, E-mail: czhang@mail.neu.edu.cn;

樊灵伟(1995—), 男, 硕士生, 从事供应链金融、数据挖掘的研究, E-mail: fanlingwei@stumail.neu.edu.cn;

田雨鑫(1994—), 男, 硕士生, 从事数据挖掘、供应链金融的研究, E-mail: neu.tianyuxin.2013@gmail.com;

张红晨(1991—), 男, 硕士生, 从事供应链金融的研究, E-mail: 1139733826@qq.com.