文章编号: 1001-0920 (2016) 04-0647-09 DOI: 10.13195/j.kzyjc.2015.0148

市场价格信息不对称的银企融资决策

刘克宁[1,2], 宋华明[1]

(1. 南京理工大学 经济管理学院，南京 210094；2. 鲁东大学 交通学院，山东 烟台 264025)

摘 要: 研究市场价格信息不对称下, 受资金约束的零售商为获取最优订货量从资本市场借贷的供应链运营和融资决策问题. 采用 Stackelberg 博弈, 构建并分析混同契约和甄别契约模型. 研究表明: 甄别契约能更好地激励零售商透露真实信息, 使供应链整体利润增加; 银行更偏好高价格零售商以降低借贷风险, 银行在甄别契约下的期望利润总是大于混同契约下的期望利润; 高价格零售商的期望利润受到价格波动和其类型比例的双重影响, 在一定条件下选择甄别契约会得到额外的信息租金.

关键词: 价格信息不对称；Stackelberg 博弈；融资决策；甄别契约；混同契约

中图分类号: C931；F253 **文献标志码:** A

Financing decisions between bank and retailer under asymmetric sale price information

LIU Ke-ning[1,2], *SONG Hua-ming*[1]

(1. School of Economics and Management，Nanjing University of Science and Technology，Nanjing 210094，China; 2. School of Transportation，Ludong University，Yantai 264025，China．Correspondent：SONG Hua-ming，E-mail: Huaming@mail.njust.edu.cn)

Abstract: Based on the asymmetric sale price information, the interactions of operational and financing decision problems are studied in the supply chain, where a capital-constraint retailer borrows from the capital market to get the optimal ordering. With the Stackelberg game, the pooling contract and the screening contract are modeled under asymmetric information. The conclusions indicate that the screening contract is more helpful to motivate retailers to tell the private information and also to increase the profit of the whole supply chain than the pooling contract. The commercial bank prefers the retailer with higher price to reduce the credit risks. The screening model brings more profit to the bank than the pooling contract. The profit of the higher price retailer is influenced by the proportionality factor and the difference between two prices. The retailer with higher price will get information rent as the proportion of lower price retailers exceeds the threshold.

Keywords: price information asymmetry；Stackelberg game；financing decision；screening contract；pooling contract

0 引 言

随着供应链竞争的加剧, 产品市场需求的不确定性等因素造成产品价格大幅波动, 使企业面临更大的运营风险, 尤其是大宗商品价格的剧烈波动加剧了商贸企业运行风险和金融市场风险. 2013 年以来, 随着钢材市场信贷危机的延续和升级, 许多大型商贸企业陷入了亏损或贷款逾期的困境; 2014 年, 包括煤炭、铁矿石、原油、大豆、黄金在内的大宗商品的价格均出现大幅下跌. 据上市银行上半年年报显示, 部分商业银行开始采取增加抵押担保和减少借贷规模等手段, 加强对大宗商品的融资风险控制. 与此同时, 我国许多中小企业运营中受到资金约束的压力, 在贷款中遇到抵押资金少、交易成本高等难题. 因此, 在银行和企业融资运营过程中要兼顾双方利润与风险之间的衡量.

在银企的借贷关系中, 存在明显的信息不对称问题, 从委托代理理论的角度看, 包含逆向选择和道德风险的问题. 首先, 企业比银行更了解项目或产品的市场需求和价格信息, 但是在缺少商业记录和缺乏抵押资产的情况下, 银行会选择高利率或者收紧贷款来平衡风险, 因此使企业融资遭受不利的影响, 一些低风险的企业被迫退出[1]. 其次, 借款后企业可能会选

收稿日期: 2015-01-29；**修回日期:** 2015-06-21.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71172105, 71472089, 71571102).

作者简介: 刘克宁(1981−), 女, 讲师, 博士生, 从事运营管理、供应链金融的研究；宋华明(1968−), 男, 教授, 博士生导师, 从事供应链管理、质量管理等研究.

择高风险项目来补偿贷款成本, 使得银行要设计监管机制, 激励企业选择对双方有利的行为.

近年来, 国内外学者已经开始对有资金约束的供应链问题进行研究, 包括生产决策、库存决策、采购决策和融资决策. Buzacott 等[2]首次将生产库存决策问题和融资相结合, 在需求确定和不确定两种情况下, 研究了基于存货资产融资的运营管理问题, 结果表明, 通过存货资产融资银行可以设计合理的利率以降低融资风险. 同样在生产决策问题中, Xu 等[3]在市场需求不确定的情况下, 探讨了企业如何通过最优的生产库存决策达到融资和管理绩效的激励效果. 鲁其辉等[4]在采购融资中建立了 Stackelberg 博弈模型, 研究了市场风险和供应商的初始资金对于供应链绩效和风险的影响.

从融资渠道的选择角度看, 主要包括金融机构 (银行) 融资、供应链内部融资、第三方物流企业融资等. 与本文相关的研究是银行提供融资服务方面, Dada 等[5]采用报童模型, 建立了信息对称的银行与零售商之间基于 Stackelberg 博弈的线性和非线性契约模型. 陈祥锋等[6]和 Kouvelis 等[7] 在上述银行与零售商关系中增加了供应商, 分析了有资金约束的零售商从银行贷款和从供应商贷款的情景, 供应商为领导者的 Stackelberg 博弈, 研究表明最优的商业信用契约使得供应商和供应链的绩效提高, 零售商利润的提高取决于其初始资金. 以上文献考虑了零售商的破产风险, 但没有考虑违约成本. Jing 等[8]考虑信用合同下零售商从银行或者制造商贷款两种渠道, 分析了零售商和制造商都受资金约束的情况下银行的借贷偏好. Srinivasa 等[9]和 Yan 等[10]研究了供应链中供需双方都存在流动信息资金不足, 需要向银行贷款的决策问题.

上述研究都假定信息是公共的情况, 没有涉及信息不对称, 而借贷市场中对信息不对称的研究最早出现在经济领域. Stiglitz 等[11]提出了在资本市场信贷配给中存在借贷企业不对称信息的逆向选择问题, 这些不完美信息不但反映了贷款企业内部组织问题, 还反映了企业所处的劳动力市场、资本市场、产品销售市场的环境. Greenwald 等[12]假设借贷市场中同时存在逆向选择和道德风险问题, 在满足特定条件下可以达到借贷配给的均衡, 部分情况下存在混同均衡, 结果同时表明, 银行利率的设定直接反映了借贷的质量. Cachon 等[13]和 Fisman 等[14]从理论上论述了经济环境中存在信息不对称现象使得供应链无法达到最优均衡. 运营管理领域中信息不对称情景的研究较多集中在供应链生产、库存、采购、外包等领域, 如文献 [15-18], 但在运营和金融交叉领域中鲜有不对称信息下的研究. Luo 等[19]在买方资金成本是私有信息的情景下, 研究了供应链中商业信用的协调作用, 研究表明, 不对称信息下商业信用不能完全协调供应链. 窦亚芹等[20]作了类似研究, 发现不对称信息下, 供应链内部融资的信息优势可以对供应链价值发挥更大优势. 于辉等[21]构建了银行参与的零售商和供应商组成的二级供应链模型, 分析信息全部可信和信息部分可信情况下银行的最优利率问题, 研究表明, 部分信息下银行的利率决策对供应链整体运作有显著影响.

本文假设市场需求不确定情景下, 市场销售价格信息对商业银行是不对称信息, 且考虑零售商 (经销商) 受资金约束并且存在破产风险, 采用 Stackelberg 博弈, 以利润最大化和降低供应链风险为目标为银行设计甄别契约和混同契约. 对比分析了银行和零售商双方的收益和决策, 并分析了契约中参数的变化对决策的影响.

1 基本问题描述

1.1 问题描述与假设

考虑在市场需求 D 不确定的情况下, 销售季节性产品的零售商向供应商进行一次性订货, 产品的批发价格为 c, 市场销售价格为 p. 假设季节性市场需求分布的概率密度为 $f(\cdot)$, 概率分布函数 $F(\cdot)$ 是连续、可导、严格递增的, 并符合递增失败率性质 (IFR). 定义 $\bar{F}(x) = 1 - F(x)$, 该性质满足如正态分布、伽马分布、指数分布、均匀分布等常见的分布.

受到初始资金 η 的限制, 零售商不能实现报童模型中的最优采购量 Q_0 (满足 $\bar{F}(Q_0) = c/p$), 为获得充足的资金, 该零售商以 r 的贷款利率向银行借款 B, 并向供应商发出订货量 Q, 在销售季节末零售商应向银行偿还贷款额

$$B(1+r) = (cQ - \eta)(1+r).$$

若零售商的销售收入 $p\min\{Q, D\}$ 不足以偿还银行的贷款, 则银行面临零售商破产风险, 意味着银行只能获得零售商有限的销售收入. 这里不考虑缺货损失和剩余产品的残值问题. 为了保证销售季末有足够的资金偿还银行贷款, 零售商最低的销售量为

$$s = (cQ - \eta)(1+r)/p.$$

本文考虑产品的市场价格为不对称信息. 因为受市场外部环境而引发的价格波动, 零售商能够通过对市场环境的监控, 如产品预定、物流费用等发生的变化而取得较多的信息, 这些信息是零售商接近市场末端的私有信息, 商业银行无法获得, 所以形成了在融资过程中的价格信息不对称. 假设市场中商品销售价格分为两类: 低价格 p_1 和高价格 p_2, 且有 $c < p_1 < p_2$.

银行仅知道市场上出现两种销售价格的概率分别为

$$\Pr(p_i=p_1)=\theta,\ \Pr(p_i=p_2)=1-\theta,$$

这个先验概率视作共同知识.

1.2 银行与零售商的决策目标

与文献 [6,10] 的博弈模型相同, 本文采用两阶段的 Stackelberg 博弈过程, 在博弈过程中商业银行作为领导者, 零售商作为跟随者. 在销售季节开始前, 商业银行先提供包含贷款利率 r 和固定支付 k 两个参数的融资契约 (r,k), 零售商根据自己关于商品市场价格的私有信息, 选择使自己利润最大化的契约, 同时决策最优订货量. 当给定银行利率和产品销售价格时, 零售商期望利润为

$$\begin{aligned}&\pi_r=\\&-\eta+p\int_s^Q(x-s)\mathrm{d}F(x)+p(Q-s)\int_Q^\infty \mathrm{d}F(x)=\\&-\eta+p\int_s^Q\bar F(x)\mathrm{d}x.\end{aligned}$$

其中: $p\int_s^Q(x-s)\mathrm{d}F(x)$ 为当市场需求 D 满足 $s\leqslant D<Q$ 时零售商的期望收益; $p(Q-s)\int_Q^\infty \mathrm{d}F(x)$ 为当市场需求 D 满足 $Q\leqslant D$ 时零售商的期望收益; 当销售量低于 s 时, 零售商将用所有销售收入偿还银行贷款.

零售商最优的订货量决策: 当初始资金 $\eta>c\bar F^{-1}(c(1+r)/p)$ 时, 零售商不借款, 最优订货量 $\hat Q=\eta/c$; 当初始资金较少 $\eta\le c\bar F^{-1}(c(1+r)/p)$ 时, 零售商向银行借款, 最优订货量可以写成

$$\hat Q=\arg F^{-1}(1-c(1+r)\bar F(s)/p).$$

银行的决策模型: 当市场销售量低于 s 时, 零售商无法偿还所有借贷, 更高的市场价格意味着在零售商破产时, 银行可以得到更多的销售收入补偿; 否则, 银行获得固定的收益 $B(1+r)$. 因此银行的期望利润为

$$\pi_b=B(1+r)\bar F(s)+p\int_0^s x\mathrm{d}F(x)-B.$$

可以看出, 银行期望一个较高的销售价格来降低破产带来的损失风险, 文献 [5] 证明了在企业初始资金不变的情况下, 贷款利率与市场价格成正相关关系, $\mathrm{d}r^*/\mathrm{d}p>0$, 零售商有伪装成较低的销售价格以拿到较低贷款利率的驱动. 下面通过契约设计, 使零售商透露真实的价格信息并作出最优订货决策. 根据显示原理, 通过激励主动选择, 银行可以分辨零售商的价格类型, 从而更新市场的先验概率.

2 价格信息不对称下的契约模型

2.1 混同契约模型

首先考虑银行提供一个混同契约, 即在该契约下银行不能区分零售商价格的私有信息, 无论面对何种价格, 零售商都给予同样的契约. 显然, 这样的契约对于零售商没有任何选择弹性, 但是零售商会根据不同价格信息和银行契约参数选择自身最优的订货量. 在这样的约定下, 构造银行作为博弈的领导者、零售商作为跟随者的斯坦伯格博弈模型

$$\begin{aligned}\max_{(r,k)}\pi_b{}^p=\theta\Big[&B_1(1+r)\bar F(s_1)+\\&p_1\int_0^{s_1}x\mathrm{d}F(x)-B_1+k\Big]+\\&(1-\theta)\Big[B_2(1+r)\bar F(s_2)+\\&p_2\int_0^{s_2}x\mathrm{d}F(x)-B_2+k\Big].\end{aligned}\tag{1}$$

$$\text{s.t.}\ -\eta+p_1\int_{s_1}^{Q_1}\bar F(x)\mathrm{d}x-k\geqslant\pi_0;\tag{2}$$

$$-\eta+p_2\int_{s_2}^{Q_2}\bar F(x)\mathrm{d}x-k\geqslant\pi_0;\tag{3}$$

$$Q_i\in\arg\max -\eta+p_i\int_{s_i}^{Q_i}\bar F(x)\mathrm{d}x-k,\quad i=1,2.\tag{4}$$

根据前文对市场需求分布的假设, 假设需求分布符合均匀分布, 分布函数为

$$F(x)=\frac{x-a}{x-b},$$

概率密度为

$$f(x)=\frac{1}{b-a},$$

其中 $0\leqslant a\leqslant b\leqslant\infty$. 定义

$$\bar F(x)=1-F(x)=\frac{b-x}{b-a},$$

可以得到符合均匀分布的规划模型为

$$\begin{aligned}\max_{(r,k)}\pi_b{}^p=\theta&\Big[\frac{p_1}{b-a}\Big(bs_1-\frac{s_1^2}{2}\Big)-\frac{p_1s_1}{1+r}+k\Big]+\\&(1-\theta)\Big[\frac{p_2}{b-a}\Big(bs_2-\frac{s_2^2}{2}\Big)-\frac{p_2s_2}{1+r}+k\Big].\end{aligned}\tag{5}$$

$$\text{s.t.}\ \frac{p_1}{b-a}\Big(bQ_1-\frac{{Q_1}^2}{2}-bs_1+\frac{{s_1}^2}{2}\Big)-k\geqslant\pi_0;\tag{6}$$

$$\frac{p_2}{b-a}\Big(bQ_2-\frac{{Q_2}^2}{2}-bs_2+\frac{{s_2}^2}{2}\Big)-k\geqslant\pi_0;\tag{7}$$

$$Q_i\in\arg\max\frac{p_i}{b-a}\Big(bQ_i-\frac{Q_i^2}{2}-bs_i+\frac{s_i^2}{2}\Big)-k,\quad i=1,2.\tag{8}$$

由激励相容约束 (8) 可以解得混同模型下的最优结果为

$${Q_i}^p=\frac{bp_i}{c(1+r)+p_i},\ s_i^p=\frac{cQ_i^p(1+r)}{p_i}.\tag{9}$$

结合个人参与约束条件 (6) 和 (7) 可以求得

$$k\leqslant\min\Big\{\frac{p_i}{b-a}\Big(bQ_i-\frac{{Q_i}^2}{2}-bs_i+\frac{{s_i}^2}{2}\Big)-\pi_0\Big\},\quad i=1,2.\tag{10}$$

将零售商选择的最优订货量 Q_i^p 和折后价格 s_i^p 代入银行的利润函数中, 得到

$$\pi_b{}^p = \frac{\theta p_1 bc}{b-a}\Big[\frac{bx-(b-a)}{cx+p_1}-\frac{bcx^2}{2(cx+p_1)^2}\Big]+ \frac{(1-\theta)p_2 bc}{b-a}\Big[\frac{bx-(b-a)}{cx+p_2}-\frac{bcx^2}{2(cx+p_2)^2}\Big]+k,$$

其中 $x=1+r$. 对 x 和 k 分别求一阶导数, 有

$$\frac{\partial \pi_b{}^p}{\partial x} = \frac{\theta p_1[bp_1^2+c(b-a)(cx+p_1)]}{(cx+p_1)^3}+ \frac{(1-\theta)p_2[bp_2^2+c(b-a)(cx+p_2)]}{(cx+p_2)^3}.$$

可以判断 $\dfrac{\partial \pi_b}{\partial x}>0$, 因此 π_b 随 r 的增大而增大, r 在取值范围 $[0,\min\{p_1/c-1,p_2/c-1\}]$ 内取最大值. 银行在混同契约中的最优利率为

$$r^p=\min_{i=1,2}\Big\{\frac{p_i}{c}-1\Big\}. \tag{11}$$

由 $\partial\pi_b/\partial k=1$ 可知, 银行希望 k 值越大越好, 结合式 (10) 的约束范围, 得到最优的固定支付为

$$k^p = \min_{i=1,2}\Big\{\frac{p_i}{b-a}\Big(bQ_i-\frac{Q_i{}^2}{2}-bs_i+\frac{s_i{}^2}{2}\Big)-\pi_0\Big\}. \tag{12}$$

2.2 价格信息不对称下的甄别契约模型

混同契约下并没有考虑不同价格对借贷的风险因素, 采用统一的利率和固定支付无法解决逆向选择的问题. 为此, 本文设计了甄别契约模型, 以激励零售商说真话, 减少供应链风险. 仍然采用以银行作为领导者, 零售商作为跟随者的斯坦伯格博弈. 令 $m=p/(1+r)$ 表示在支付银行贷款利率后商品折扣的销售价格, 将银行对利率的决策替换为对 m 的决策. 经过实践和理论分析, 单一的利率约束无法甄别零售商的类型, 因此设计包含融资利率 m 和固定费用 k 两个决策要素的甄别契约为 (m_1,k_1) 和 (m_2,k_2). 博弈的过程如下: 第 1 阶段, 银行首先向零售商提供一组甄别契约, 零售商根据私有信息选择其中一个契约, 或者选择不向银行贷款; 第 2 阶段, 零售商根据其签订的融资契约, 确定使自己利润最大化的最优订货量. 零售商选择了相应的契约, 同时也向银行透露其真实的销售价格信息. 市场中高低价格零售商出现的概率是共同知识, 因此在价格信息不对称下, 甄别契约模型可以表示为

$$\max_{(m_1,k_1)(m_2,k_2)}\pi_b{}^s = \theta\Big[p_1\int_0^{s_1}\bar F(x)\mathrm{d}x-m_1s_1+k_1\Big]+ (1-\theta)\Big[p_2\int_0^{s_2}\bar F(x)\mathrm{d}x-m_2s_2+k_2\Big]; \tag{13}$$

$$\text{s.t. } \pi_{11}=-\eta+p_1\int_{s_1}^{Q_1}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_1\geqslant \pi_{12}=-\eta+p_1\int_{s_{12}}^{Q_{12}}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_2, \tag{14}$$

$$\pi_{22}=-\eta+p_2\int_{s_2}^{Q_2}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_2\geqslant \pi_{21}=-\eta+p_2\int_{s_{21}}^{Q_{21}}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_1, \tag{15}$$

$$\pi_{11}=-\eta+p_1\int_{s_1}^{Q_1}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_1\geqslant\pi_0, \tag{16}$$

$$\pi_{22}=-\eta+p_2\int_{s_2}^{Q_2}\bar F(x)\mathrm{d}x-k_2\geqslant\pi_0. \tag{17}$$

约束方程 (14) 和 (15) 是零售商最优决策的激励相容约束条件 (IC), 这是一个说真话的信用机制: 已知自己的零售价格类型为 p_i, 零售商选择融资合同 (m_i,k_i) 所获取的利润 π_{ii} 不少于选择另一合同 (m_j,k_j) 所获取的利润 π_{ij}, 其中 $i,j\in\{1,2\}$ 且 $i\neq j$. 约束方程 (16) 和 (17) 是个体理性约束条件 (IR), 保证零售商选择任意契约都会获得最低的保留利润. 在甄别合同模型中, 有

$$s_i=\frac{(cQ_i-\eta)(1+r_i)}{p_i},$$

$$s_{ij}=\frac{(cQ_{ij}-\eta)(1+r_j)}{p_i},\ i,j\in\{1,2\}.$$

文献 [9] 研究表明, 初始资金量越少, 融资可能出现的破产风险越大, 银行向供应商收取的融资利率越高. 本文进一步假设零售商的初始资本为零, 该假设降低了零售商的保留利润, 但并不影响模型的性质. 简化后的模型可以表示为

$$\max_{(m_1,k_1)(m_2,k_2)}\pi_b{}^s = \theta\Big[p_1\int_0^{s_1}\overline F(x)\mathrm{d}x-m_1s_1+k_1\Big]+ (1-\theta)\Big[p_2\int_0^{s_2}\overline F(x)\mathrm{d}x-m_2s_2+k_2\Big]; \tag{18}$$

$$\text{s.t. } \frac{p_1}{b-a}\Big(bQ_1-\frac{Q_1{}^2}{2}-bs_1+\frac{s_1{}^2}{2}\Big)-k_1\geqslant \frac{p_2}{b-a}\Big(bQ_{12}-\frac{Q_{12}{}^2}{2}-bs_{12}+\frac{s_{12}{}^2}{2}\Big)-k_2, \tag{19}$$

$$\frac{p_2}{b-a}\Big(bQ_2-\frac{Q_2{}^2}{2}-bs_2+\frac{s_2{}^2}{2}\Big)-k_2\geqslant \frac{p_1}{b-a}\Big(bQ_{21}-\frac{Q_{21}{}^2}{2}-bs_{21}+\frac{s_{21}{}^2}{2}\Big)-k_1, \tag{20}$$

$$\frac{p_1}{b-a}\Big(bQ_1-\frac{Q_1{}^2}{2}-bs_1+\frac{s_1{}^2}{2}\Big)-k_1\geqslant\pi_0, \tag{21}$$

$$\frac{p_2}{b-a}\Big(bQ_2-\frac{Q_2{}^2}{2}-bs_2+\frac{s_2{}^2}{2}\Big)-k_2\geqslant\pi_0. \tag{22}$$

3 甄别契约模型的求解与分析

3.1 模型求解

在 Stackelberg 博弈模型中使用逆向求解法, 首先

在假定银行给出合同参数的情况下, 零售商根据自身的实际价格确定最优的订货量, 求出每种合同下的零售商利润的一阶导数. 令 $\partial\pi_{ii}/\partial Q_i=0$, $\partial\pi_{ij}/\partial Q_{ij}=0$, 零售商的最优订货量分别为

$$\begin{aligned}&Q_1^*=\frac{bm_1}{c+m_1},\ Q_2^*=\frac{bm_2}{c+m_2},\\&Q_{12}^*=\frac{bm_2(p_1/p_2)}{c+m_2(p_1/p_2)},\\&Q_{21}^*=\frac{bm_1(p_2/p_1)}{c+m_1(p_2/p_1)}.\end{aligned}\tag{23}$$

可以解得保证银行收回融资回报的最低销售量为

$$\begin{aligned}&s_1=\frac{bc}{c+m_1},\ s_2=\frac{bc}{c+m_2},\\&s_{12}=\frac{bc}{c+m_2(p_1/p_2)},\\&s_{21}=\frac{bc}{c+m_1(p_2/p_1)}.\end{aligned}\tag{24}$$

推论 1　只要保证低价格零售商获得保留利润, 则高价格零售商所获得的利润一定大于保留利润.

证明　将式 (23) 和 (24) 代入约束条件 (19) 和 (20) 中, 得到

$$\pi_{11}=\frac{p_1}{b-a}\Big[bQ_1-\frac{{Q_1}^2}{2}-bs_1+\frac{s_1^2}{2}\Big]-k_1=\frac{p_1}{b-a}\Big[\frac{b^2}{2}-\frac{b^2c}{m_1+c}\Big]-k_1.$$

因为 $\partial\pi_{11}/\partial m_1>0$, 且 $m_1p_2/p_1>m_1$, 所以有

$$\pi_{11}<\frac{p_2}{b-a}\Big[\frac{b^2}{2}-\frac{b^2c}{m_1p_2/p_1+c}\Big]-k_1=\pi_{21}.$$

同时考虑约束条件 (20), 可以得到 $\pi_{22}\geqslant\pi_{21}>\pi_{11}\geqslant 0$. 因此, 只要保证个体理性约束条件 (21) 成立, 则约束条件 (22) 一定成立, 约束 (22) 是冗余的. □

命题 1　如果市场需求分布符合递增失败率性质 (IFR), 则在零售商贷款的利率范围, 可以得到甄别合同中的最优利率 m_1^*、m_2^* 和最优的固定支付 k_1^*、k_2^*.

证明　当需求分布符合递增失败率性质 (IFR) 的分布时, 可以利用库恩-塔克 (KKT) 条件求取最优解[2].

下面利用目标函数、3 个约束条件和因子 λ、σ、μ 构建拉格朗日函数

$$L=\pi_b^s+\lambda(\pi_{11}-\pi_{12})+\sigma(\pi_{22}-\pi_{21})+\mu(\pi_{11}-\pi_0).\tag{25}$$

求一阶导数为

$$\begin{aligned}&\frac{\partial L}{\partial k_1}=\\&\theta-\frac{\lambda(b-a)}{p_1}+\frac{\sigma(b-a)}{p_2}-\frac{\mu(b-a)}{p_1}=0\Rightarrow\\&\frac{(\lambda+\mu)(b-a)}{p_1}=\theta_1+\frac{\sigma(b-a)}{p_2}>0\Rightarrow\\&\lambda+\mu>0,\end{aligned}\tag{26}$$

$$\begin{aligned}&\frac{\partial L}{\partial k_2}=(1-\theta)+\frac{\lambda(b-a)}{p_1}-\frac{\sigma(b-a)}{p_2}=0\Rightarrow\\&\frac{\sigma(b-a)}{p_2}=(1-\theta)+\frac{\lambda(b-a)}{p_1}>0\Rightarrow\sigma>0.\end{aligned}\tag{27}$$

根据 KKT 条件 $\sigma\partial L/\partial\sigma=0$ 和式 (27), 可以得到 $\partial L/\partial\sigma=0$, 因此约束 (20) 应取等式. 根据式 (26), 采用反证法假设 $\lambda>0$, 则约束条件 (19) 取等式. 式 (19) 和 (20) 都取等式, 表明不论零售商价格高低或选择何种融资契约, 所取得的利润都是相同的, 这与本文的假设相矛盾. 因此, 在 $\lambda+\mu>0$ 中有 $\lambda=0$, $\mu>0$, 同理约束条件 (21) 取等式. 求解式 (20) 和 (21) 取等号得到的两个方程, 有

$$k_1^*=\frac{p_1b^2(m_1-c)}{2(b-a)(m_1+c)}-\pi_0,\tag{28}$$

$$\begin{aligned}k_2^*=&\frac{b^2}{2(b-a)}\Big[\frac{p_2(m_2-c)}{m_2+c}+\frac{p_1(m_1-c)}{m_1+c}-\\&\frac{p_2(m_1p_2/p_1-c)}{m_1p_2/p_1+c}\Big]-\pi_0.\end{aligned}\tag{29}$$

命题 1 得证. □

推论 2　银行设计的贷款利率要符合取值范围

$$0<r<\bar F\Big(\frac{\eta}{c}\Big)\frac{p}{c}-1.$$

证明　当零售商的初始资金小于报童模型下的最优订货金额时, 零售商才会向银行贷款, 因此 m 满足

$$\frac{\eta}{c}<Q_0=\bar F^{-1}\Big(\frac{c}{m}\Big).$$

同时, 在支付银行贷款利率后, 商品折扣的销售价格要小于商品的零售价, 零售商向银行借款才有意义. 因此, 诱使零售商借款的利率范围为

$$\frac{c}{\bar F\Big(\frac{\eta}{c}\Big)}<m<p,$$

由此推出

$$0<r<\bar F\Big(\frac{\eta}{c}\Big)\frac{p}{c}-1.$$

在 $\eta=0$ 时, 有

$$c<m<p,\ 0<r<\frac{p}{c}-1.$$ □

将 $k_1{}^*$、$k_2{}^*$ 代入目标函数, 转化成关于 m_1、m_2 的函数. π_b^s 关于 m_1、m_2 是相互独立的, 可以将 π_b^s 写成 $\pi_b^s=\pi_{m_1}+\pi_{m_2}$. 求目标函数分别对 m_1、m_2 的一阶导数. 令

$$\frac{\partial\pi_{m_2}}{\partial m_2}=(1-\theta)\Big[\frac{p_2b^2c^2}{(b-a)(m_2+c)^3}-\frac{bc}{(m_2+c)}+\frac{m_2bc}{(m_2+c)^2}\Big]=0,$$

得到 $m_2{}'=p_2b/(b-a)-c$. 根据推论 2 可以判断, 在可行域 $[c,p_2]$ 上函数连续可导, 且当 $c<m_2<m_2{}'$ 时, $\partial\pi_{m_2}/\partial m_2>0$, 当 $m_2{}'<m_2<p$ 时, $\partial\pi_{m_2}/\partial m_2<0$, 因而 π_{m_2} 在 $m_2{}'$ 处取得极大值. 得到 m_2 的最优解为

$$m_2^* = \begin{cases} c, \ m_2{}' \leqslant c; \\ p_2 b/(b-a) - c, \ c < m_2{}' < p_2; \\ p_2, \ m_2{}' \geqslant p_2. \end{cases} \quad (30)$$

π_{m_1} 关于 m_1 的一阶导数是一元三次函数, 求解 $\partial\pi_{m_1}/\partial m_1 = 0$ 可得

$$A'm_1^3 + B'm_1^2 + C'm_1 + D' = 0,$$

并且可证

$$A' = (b-a)c + kb(tp_2 - p_1) > 0.$$

下面根据盛金公式判断一元三次方程解的性质和表达式, 令

$$A = B'^2 - 3A'C', \ B = B'C' - 9A'D',$$
$$C = C'^2 - 3B'D',$$

根的判别式为 $\Delta = B - 4AC$. 讨论 Δ 的正负性, 判断一阶导数方程解的个数. 根据极值存在的第一充分条件和 m_1 的取值范围 $[c, p_1]$, 结合图形法得到一阶导数和原函数的大致图形, 从而判断驻点和极值点存在的条件:

1) 当 $\Delta < 0$ 且 $A' > 0$ 时, $f'(m_1) = 0$ 有 3 个不等的实根 m_a、m_b、m_c. 可证当满足 $m_a \leqslant c < m_b < p \leqslant m_c$ 时, $m_1^* = m_b$. 在 $c < m_a < m_b \leqslant p < m_c$ 时, 若 $f(c) > f(m_b)$, 则 $m_1^* = c$; 若 $f(c) \leqslant f(m_b)$, 则 $m_1^* = m_b$. 在 $m_a < c \leqslant m_b < m_c < p$ 时, 若 $f(p) > f(m_b)$, 则 $m_1^* = p$; 若 $f(p) \leqslant f(m_b)$, 则 $m_1^* = m_b$. 在其他情况下, 比较 $f(p)$、$f(c)$ 较大的点, 最优解在 $[c, p_1]$ 两端点取得.

2) 当 $\Delta > 0$ 时, $f'(m_1) = 0$ 有 1 个实根; 当 $\Delta = 0$ 时, $f'(m_1) = 0$ 有两个不等实根. 结合 $A' > 0$, 通过图形法可得原函数在定义域内没有极大值点, 函数的最大值在定义域两个端点取得. 虽然无法得到 m_1^* 的显式解, 但并不影响本文的思想和方法.

3.2 甄别模型数值分析

下面通过数值模拟分析决策变量、期望利润和各参数之间的关系. 令 $a = 1$, $c = 0.1$, $p_1 = 0.8$, $p_2 = 1.1$, $\pi_0 = 0$, $\theta = 0.7$.

性质 1 随着市场需求规模的增大, 银行对两种价格零售商的贷款利率都将增大, 但增加的速度逐渐变缓, 趋向于固定值, 且有 $r_1^* > r_2^*$. 随着市场需求规模的扩大, 银行甄别契约中的最优固定支付 k_1^*、k_2^* 都逐渐减少, 且有 $k_1^* < k_2^*$.

如图 1 所示, 在 m_1^* 的取值范围 $[0.1, 0.8]$ 上, 随着市场销售量 b 的增加, 银行在甄别契约中给高、低价格零售商的贷款利率都逐渐增加, 但是 r_1 浮动较大, 这说明银行对低价格零售商的风险估计值较高, 采用提高贷款利率的方法来降低信贷风险. 而给予高价格零售商的贷款利率从 0 增加到 0.075, 利率浮动较小.

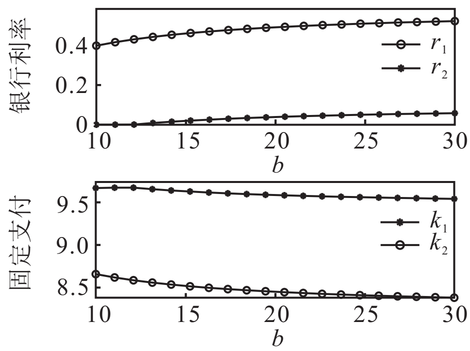

图 1 市场需求对银行利率和固定支付的影响

证明 1) $a = 0$, 有 $m_2^* = p_2 - c$, 利率固定不变 $r_2^* = c/(p_2 - c)$.

2) $a \neq 0$, 当 $p_2 > c(b-a)/a$ 时, m_2^* 的取值为 $p_2 b/(b-a) - c$, 可以求得

$$\frac{\partial m_2^*}{\partial b} = -\frac{ap_2}{(b-a)^2} < 0,$$
$$\frac{\partial r_2^*}{\partial b} = -\frac{p_2}{(m_2^*)^2}\frac{\partial m_2^*}{\partial b} = \frac{ap_2^2}{(b-a)^2(m_2^*)^2} > 0,$$

即银行的最优贷款利率与市场需求正相关, 随着市场需求的增大而增大. 当市场需求趋向无穷时, 银行的两种利率将保持在一定水平, 有

$$r_2 = \frac{p_2}{p_2 - c} - 1 = 0.1, \ r_1 = 0.6.$$

虽然银行对于高价格的零售商收取较低的贷款利率, 激励其透露真实的信息, 但银行为了规避风险, 会收取较高的固定费用, 如图 1 所示. 随着商品市场需求的增大, 银行收回借贷的期望增大, 因此会下调贷款的固定费用. □

性质 2 低价格零售商出现的概率存在一个阈值 σ: 当 $\theta < \sigma$ 时, 在菜单契约中对两类零售商的固定费用和贷款利率都不变; 当 $\theta \geqslant \sigma$ 时, 对于低价格零售商而言贷款利率逐渐降低, 交易的固定费用增加, 而对于高价格零售商而言贷款利率不变, 固定费用逐渐减少.

由引理 2 可以求得 r_1 的取值范围为

$$0 < r_1 \leqslant \frac{p_1}{c} - 1 = 7.$$

当 $\theta < \sigma$ 时, $r_1 = p_1/c - 1 = 7$; 当 $\theta \geqslant \sigma$ 时, $r_1^* = p_1/m_1^* - 1$, 随 θ 的增大而降低, 可以得到 θ 变化的阈值 $\sigma = 0.47$. 根据

$$m_2^* = \frac{p_2 b}{b-a} - c = 1,$$

可以得到对高价格类型零售商的最优利率

$$r_2^* = \frac{p_2}{m_2^*} - 1 = 0.1.$$

图 2 为低价格零售商所占的比例与固定费用的关系, 图 3 为低价格零售商所占的比例与银行贷款利率的关系. 由图 2 和图 3 可见, 不论市场中高低价格出

现的概率如何, 银行都给予高价格零售商不变且较低的借贷利率, 体现了经济学中的"高端不扭曲"现象, 但是银行会以逐渐降低的固定费用吸引高价格类型的零售商贷款. 对于销售价格较低的零售商, 当其出现的比例较少时, 银行会给出很高的贷款利率, 从而将低价格零售商排出借贷市场, 降低破产可能引发的信贷风险.

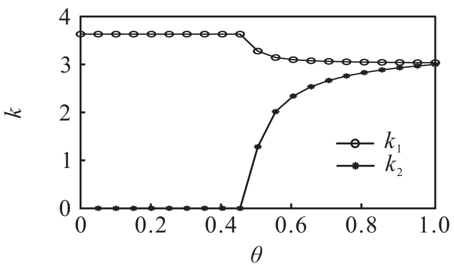

图 2　低价格零售商所占的比例与固定费用的关系

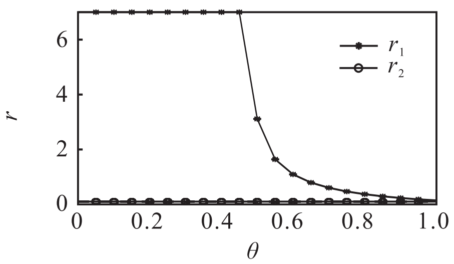

图 3　低价格零售商所占的比例与银行贷款利率的关系

性质 3　随着低价格零售商所占比例的增大, 银行的期望收益逐渐减少, 因此银行期望高价格零售商的出现; 当该比例超过一定阈值时, 银行利润下降的速度减缓, 高价格零售商的利润逐渐增大. 低价格零售商只能获得保留利润.

这是因为高价格类型的零售商对银行而言尤为重要, 当市场上高价格零售商的数量小于一定比例时, 银行为了获得此类零售商的价格信息、降低借贷资金的风险, 会对高价格零售商付出额外的信息租金$\Delta\pi_2 = \pi_2^s - \pi_2^p$, 以此激励高价格零售商透露自己的真实价格 (图 4). 银行期望利润的降低一方面是因为低价格零售商所占比例增加带来的融资风险增大, 一方面是因为支付了额外的信息租金.

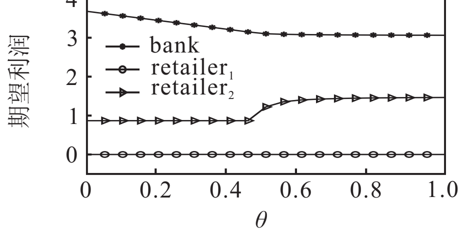

图 4　低价格零售商所占的比例与期望利润的关系

零售商的最优订货量为

$$Q^* = \frac{bm}{c+m},\ \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}m} = \frac{bc}{(c+m)^2} > 0,$$

因此订货量与贷款利率负相关, 与固定支付k无关. 所以当$\theta < \sigma$时, 对低价格零售商的利率下降, 促使该类零售商增加订货量; 高价格零售商的利率和订货量都不变. 表明甄别契约给予高价格零售商格外的信息租金, 但并没有激励其增加订货量.

4　混同契约和甄别契约的比较

4.1　考虑两类价格零售商所占比例的变化

在混同契约中给契约参数相同的赋值, 根据式 (11) 和 (12) 得到

$$r^p = \frac{p_1}{c} - 1 = 7,\ k^p = \min\left\{0, \frac{20}{7}\right\} = 0.$$

由此可见, 在使用混同契约情况下, 银行不对零售商的销售价格信息进行区分, 采用统一的贷款利率, 大于等于在甄别模型下的银行贷款利率r_1^s和r_2^s.

表 1 为混同契约和甄别契约下的利润比较. 表 1 中: π_b^s、π_b^p表示银行在甄别契约、混同契约下的期望利润, π_{r2}^s、π_{r2}^p表示高价格零售商在甄别和混同契约下的利润, π_t^s、π_t^p表示银行和零售商组成的供应链在甄别和混同契约下的总体期望利润.

表 1　混同契约和甄别契约下的利润比较

θ_1	π_b^s	π_b^p	π_{r2}^s	π_{r2}^p	π_t^s	π_t^p	$\Delta\pi$
0.1	3.56	3.02	0.87	0.87	4.43	3.89	0
0.3	3.32	2.90	0.87	0.87	4.19	3.77	0
0.4	3.20	2.85	0.87	0.87	4.07	3.71	0
0.5	3.10	2.79	1.22	0.87	4.32	3.66	0.36
0.7	3.07	2.67	1.44	0.87	4.51	3.54	0.57
0.9	3.07	2.56	1.46	0.87	4.52	3.43	0.59

从数据分析中可以得到如下结论:

1) 银行期望利润. 银行在甄别契约下的期望利润均大于混同契约下的利润, $\pi_b^s > \pi_b^p$; 且在两种契约模式下, 随着低价格零售商比例的增加, 银行的期望利润都逐渐降低, 因此银行更愿意选择甄别契约.

2) 零售商期望利润. 低价格的零售商在两种契约下的利润, 均与其所占市场比例无关, 仅得到保留利润, $\pi_{r1}^s = \pi_{r1}^p = \pi_0$. 高价格零售商在混同契约下的利润是一个固定值, 与其所占比例无关. 在甄别契约中, 存在一个阈值σ, 当$\theta \leqslant \sigma$时, 在两种契约下的期望利润不变, $\pi_{r2}^s = \pi_{r2}^p$; 当$\theta > \sigma$时, 甄别契约下的期望利润随着θ的增大逐渐增加, 且大于混同契约下的期望利润.

3) 信息租金. 高价格零售商获得信息租金$\Delta\pi$ ($\Delta\pi = \pi_{r2}^s - \pi_{r2}^p$) 增大, 因为银行更期望高价格的零售商出现, 所以当其出现的概率减少时, 其拥有的信息优势增大, 银行要付出更多的信息租金让高价格零售商显示自己的真实信息, 因此对"零售商-银行"而言不是双赢而是"win-lose"的局面.

4) 供应链总体利润. 由银行和零售商组成的供应链总体利润 π_t, 在混同契约下随 θ 增大 π_t^p 逐渐降低; 但在甄别契约下, 总体利润 π_t^s 先减少后增大, 在 $\theta=\sigma$ 时总体利润最低. 表明当高低两种类型价格零售商出现的概率比值接近 $(1-\sigma)/\sigma$ 时, 甄别会使总体利润受到一定损害, 但仍然大于混同情况下的总利润.

4.2　考虑两类价格差距和所占比例的变化

考虑到市场价格本身具有波动性, 假设 $p_1=0.8$, p_2 在 [0.8, 3.2] 上变动, 用 p_1/p_2 表示两类价格差的波动. 图 5 为在不同契约下价格波动对银行利润的影响.

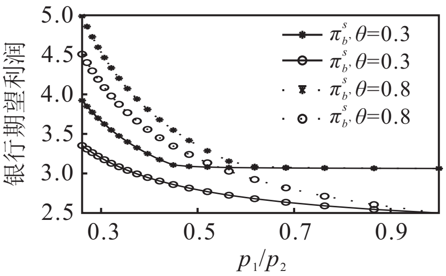

图 5　在不同契约下价格波动对银行利润的影响

由图 5 可见, 随着两种类型价格的差值变小 (即 p_1/p_2 趋向于 1), 采用两种不同契约都使得银行利润逐渐降低并最终趋向一定值, 这反映出市场价格的降低同时减少了供应链的总体利润, 进而可以得到如下结论:

1) 在两类价格波动和所占比例变化的同时, 银行在甄别契约下的期望利润都大于混同契约下的期望利润.

2) 对高价格零售商而言, 采用混同契约时, 其利润与两类价格的比值相关, 与其类型所占比例无关, 随着价格波动增大, 高价格零售商会获取更多利润. 在采用甄别契约时, 高价格零售商的利润不但与价格有关, 还受其所占比例的影响, 当所占比例 $1-\theta<\sigma$ 时, 其利润等同于混同契约下的利润; 当比例 $1-\theta\geqslant\sigma$ 时, 其利润明显逐渐上升, 并且随着价格波动的变大, σ 也逐渐增大. 这表明, 高价格的零售商对于契约形式的偏好, 既要考虑两类价格之间的波动又要考虑其所占的市场比例, 低价格零售商在甄别和混同契约下都仅得到其保留利润.

由图 5 可见, 低价格零售商在甄别和混同契约下都仅得到其保留利润. 高价格零售商在采用混同契约时, 其利润与两类价格的差距有关, 与所占比例无关. 随着市场中高价格类型零售商逐渐增大 (即 p_1/p_2 减小), 其在两种契约下的利润都会增加. 但是, 采用甄别契约时, 高价格零售商的利润不但与价格有关, 还受其所占比例的影响, 当所占比例 $1-\theta<\sigma$ 时, 其利润等同于混同契约下的利润; 当比例 $1-\theta\geqslant\sigma$ 时, 其利润明显逐渐上升, 并且随着价格波动的变大, σ 也逐渐增大. 这表明, 高价格的零售商选择何种契约形式, 要考虑两类价格之间的差距以及出现的概率.

表 2 为高价格零售商的利润变化. 由表 2 可见: 当价格差距较小时, 尽管市场出现低价格的概率较小, 但高价格零售商仍然能从银行获得信息租金; 反之, 当价格差距较大时, 只有在市场中高价格出现概率很小的情况下, 银行才会给予高价格零售商较高的信息租金, 以诱使其说真话.

表 2　高价格零售商的利润变化

p_1/p_2	θ							
	0.25	0.30	0.45	0.55	0.65	0.70	0.75	0.80
0.25	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	9.60	11.48
0.44	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	4.78	4.88
0.51	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.50	3.61	3.66
0.56	2.03	2.03	2.03	2.03	2.77	2.96	3.02	3.05
0.68	1.13	1.13	1.13	1.58	1.78	1.81	1.82	1.83
0.76	0.72	0.72	0.94	1.17	1.20	1.21	1.22	1.22
0.86	0.34	0.44	0.59	0.60	0.61	0.61	0.61	0.61

5　结　论

本文考虑了商品市场价格信息不对称的情景下, 资本市场的融资方案对供应链中企业运营和决策的影响, 通过设计包含可变利率和固定支付的甄别契约, 诱使零售商显示真实的价格信息. 研究结果表明:

1) 银行在甄别契约下能获得更大的利润, 因此商业银行应从注重贷款规模的考核转向对贷款契约的设计和风险控制的考核;

2) 对零售商而言, 价格波动的幅度、价格类型所占的比例、市场规模等都影响其契约的选择, 只有在一定阈值内高价格零售商才会选择甄别契约, 否则甄别与混同契约下的利润相同;

3) 低价格类型的零售商仅获得保留利润, 但是在甄别契约中随着贷款利率的降低, 订货量逐渐增大, 有利于扩大市场份额;

4) 尽管高价格类型的零售商有伪装成低价格以获取较低利率的趋势, 但高价格零售商会获得银行支付的额外的信息租金, 从而避免了“劣币驱逐良币”的窘境.

下一步需要研究的问题:

1) 在不同的市场背景下, 改变零售商和银行的风险偏好可能有不同的研究结果;

2) 本文仅考虑了一个零售商与银行之间的决策问题, 以后要引入供应商、竞争性的零售商、第三方物流公司等增加供应链的复杂性, 模拟真实的市场环境;

3) 研究中假设零售商的初始资金为零, 今后可以探讨在多周期订货中, 初始资金量和不对称信息对运营和融资决策的影响.

参考文献(References)

[1] Stiglitz J E, Weiss A. Asymmetric information in credit markets and its implications for macro-economics[J]. Oxford Economic Papers, 1992, 44(4): 694-724.

[2] Buzacott J A, Zhang R Q. Inventory management with asset-based financing[J]. Management Science, 2004, 50(9): 1274-1292.

[3] Xu X, Birge J R. Operational decisions, capital structure, and managerial compensation: A news vendor perspective[J]. The Engineering Economist, 2008, 53(3): 173-196.

[4] 鲁其辉, 曾利飞, 包兴. 基于Stackelberg博弈的供应链采购融资模式研究[J]. 控制与决策, 2014, 29(10): 1907-1913.
(Lu Q H, Zeng L F, Bao X. Supply chain financing with purchase-order based on stackelberg game[J]. Control and Decision, 2014, 29(10): 1907-1913.)

[5] Dada M, Hu Q. Financing newsvendor inventory[J]. Operations Research Letters, 2008, 36(5): 569-573.

[6] 陈祥锋, 朱道立, 应雯珺. 资金约束与供应链中的融资和运营综合决策研究[J]. 管理科学学报, 2008, 11(3): 70-77.
(Chen X F, Zhu D L, Ying W J. Financial and operation decisions in budget-constrained supply chain[J]. J of Management Sciences in China, 2008, 11(3): 70-77.)

[7] 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.

[8] Jing B, Chen X, Cai G G. Equilibrium financing in a distribution channel with capital constraint[J]. Production and Operations Management, 2012, 21(6): 1090-1101.

[9] Srinivasa Raghavan N R, Mishra V K. Short-term financing in a cash-constrained supply chain[J]. Int J of Production Economics, 2011, 134(2): 407-412.

[10] Yan N, Sun B. Coordinating loan strategies for supply chain financing with limited credit[J]. OR Spectrum, 2013, 35(4): 1039-1058.

[11] Stiglitz J E, Weiss A. Credit rationing in markets with imperfect information[J]. The American Economic Review, 1981, 71(3): 393-410.

[12] Greenwald B C, Stiglitz J E. Asymmetric information and the new theory of the firm: Financial constraints and risk behavior[J]. The American Economic Review, 1990, 80(2): 160-165.

[13] Cachon G P, Lairiviere M A. Contracting to assure supply: How to share demand forecasts in a supply chain[J]. Management Science, 2001, 47(5): 629-646.

[14] Fisman R, Love I. Trade credit, financial intermediary development, and industry growth[J]. The J of Finance, 2003, 58(1): 353-374.

[15] Lai G, Debo L G, Sycara K. Sharing inventory risk in supply chain: The implication of financial constraint[J]. Omega, 2009, 37(4): 811-825.

[16] Kim S H, Netessine S. Collaborative cost reduction and component procurement under information asymmetry[J]. Management Science, 2013, 59(1): 189-206.

[17] Cachon G P, Zhang F. Procuring fast delivery: Sole sourcing with information asymmetry[J]. Management Science, 2006, 52(6): 881-896.

[18] Feng Q, Lai G, Lu L X. Dynamic bargaining in a supply chain with asymmetric demand information[J]. Management Science, 2015, 61(2): 301-315.

[19] Luo J, Zhang Q. Trade credit: A new mechanism to coordinate supply chain[J]. Operations Research Letters, 2012, 40(5): 378-384.

[20] 窦亚芹, 朱金福. 非对称信息下供应链融资优化决策研究[J]. 管理评论, 2012, 24(9): 170-176.
(Dou Y Q, Zhu J F. Optimization decision on supply chain finance under asymmetric information[J]. Management Review, 2012, 24(9): 170-176.)

[21] 于辉, 刘鹏飞, 孙彩虹. 信息可信与贷款利率确定问题的供应链鲁棒模型分析[J]. 中国管理科学, 2014, 22(8): 64-71.
(Yu H, Liu P F, Sun C H. Information credible and loan interest rate determination of supply chain robust model analysis[J]. Chinese J of Management Science, 2014, 22(8): 64-71.)

(责任编辑：郑晓蕾)