

文章编号: 1001-0920(2014)11-2018-09

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2013.1139

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

窦亚芹^{1,2}, 朱金福¹

(1. 南京航空航天大学 经济与管理学院, 南京 211100; 2. 南京工程学院 经济与管理学院, 南京 211167)

摘要: 基于零售商存在资金约束和破产成本的条件假设, 研究由一个供应商与一个零售商组成的二级供应链中的外部金融服务和营运管理协调策略. 研究表明, 不确定需求分布下零售商的融资能力和订购水平是有限的. 资金不足零售商可通过外部金融服务实现最优订购, 为供应链创造价值, 并且金融市场的竞争程度、零售商的初始资金量和破产成本率会影响零售商的订购策略、供应商的批发价策略和供应链绩效.

关键词: 资金约束; 破产成本; 供应链融资; 供应链管理

中图分类号: F253.2; F253.7

文献标志码: A

Coordination strategy of financial services and operations management in supply chain of capital-constrained retailer

DOU Ya-qin^{1,2}, ZHU Jin-fu¹

(1. School of Economics and Management, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China;

2. School of Economics and Management, Nanjing Institute of Technology, Nanjing 211167, China. Correspondent:

DOU Ya-qin, E-mail: doris1000@126.com)

Abstract: Based on the assumption of a capital-constrained retailer who may face bankruptcy costs because of financing, the coordination decision on financial services and operational management in two-level supply chain composed of a retailer and a supplier is studied. The results show that the retailer has a limited financing capacity and a limited order levels under uncertain demand distribution. A capital-constrained retailer may achieve the optimal order and create value for the supply chain through external financial services. In addition, the results also show that risk-free rate, the retailer's amount of initial capital and rate of bankruptcy costs can impact on retailer's ordering strategy, supplier's wholesale strategy and supply chain performance.

Key words: funding constraints; bankruptcy costs; supply chain financing; supply chain management

0 引言

在当前供应链管理研究中, 多数文献是基于供应链中成员企业资金充足的假设展开的, 仅仅关注了如何提高供应链中物流运作的效率, 而忽略了资金流对物流营运决策影响的考虑. 在供应链管理中, 物流运作效率的提高需要资金流的有效配合, 没有二者的相互匹配, 难以达到供应链协调^[1]. 关于考虑资金约束情形的供应链协调的问题, 已逐渐成为学术界和企业关注的重点.

较早涉及此问题的相关研究是确定性需求条件下EOQ环境中成员企业间的商业信用问题. Goyal^[2]最早提出了延迟支付下的EOQ模型. 此后, 不少学者

对此进行了扩展研究: Aggarwa等^[3]和Jamal等^[4]是早期扩展研究商业信用对订购决策影响的代表; Ouyang等^[5]和Seifert等^[6]汇集了大量有关商业信用与生产/库存协调决策的研究文献. 商业信用是供应链中合作伙伴之间的资金让渡, 其实质是供应链内部融资. 相应地, 本文将由供应链以外的资金流服务商(主要指商业银行)为成员企业提供的金融服务界定为供应链外部融资. 近年来, 国内外关于供应链外部融资领域的理论研究比较活跃. Lariviere等^[7]较早地分析了供应商与无资金约束零售商之间的Stackelberg博弈销售报童问题. Buzacott等^[8]从银行利润最大化视角考察了零售商与银行组成的金融

收稿日期: 2013-08-21; 修回日期: 2013-12-31.

基金项目: 教育部人文社科青年基金项目(13YJCZH201); 江苏省高校哲学社会科学基金项目(2013SJD630024); 南京工程学院创新基金项目(CKJ2011008); 南京工程学院创新基金重大项目(CKJA201208).

作者简介: 窦亚芹(1973—), 女, 副教授, 博士生, 从事供应链管理等研究; 朱金福(1955—), 男, 教授, 博士生导师, 从事现代物流管理等研究.

供应链协同策略. Dada 等^[9]构建了供应链协调运作的非线性借贷合同, 提出借贷成本较低时, 资金约束零售商融资后的订购量低于报童理想状况. Srinivasa 等^[10]从银行绩效视角分析了资金约束与供应链中的短期融资问题. 在文献[8-10]中, 银行是自身利润优化的策划者, 而本文中银行是公平定价的风险经营者. 陈祥锋等^[11]研究得出, 银行金融服务可以为资金约束供应链创造新的价值, 金融市场的竞争度影响供应链决策. 关旭等^[12]研究了资金流服务商的供应链资金运作能力, 得出其融资服务和资金运作为供应链创造价值. 本文在此基础上进一步考虑零售商融资破产成本对供应链决策的影响. 在考虑破产成本方面, Xu 等^[13]首先提出了将破产成本引入报童模型, 研究了库存与融资决策的相互依赖性. Lai 等^[14]也分析了破产成本对资金不足供应链中库存决策和营运模式的影响.

基于上述研究, 本文研究了单期状况下由单一零售商与单一供应商构成的二级供应链中的外部金融服务和营运管理的协调决策问题, 并探讨了影响供应链决策的几个因素. 首先, 在产品市场需求不确定的背景下, 针对零售商不同资金状况, 构建了供应链中成员企业的利润最优决策模型和商业银行盈亏平衡决策模型; 然后, 分析了商业银行的利率决策, 提出了既定批发价下资金约束零售商的订购策略问题, 并基于供应商主导的 Stackelberg 博弈假设对供应商最优批发价格策略进行了研究. 与已有文献相比, 本文贡献主要体现在 3 个方面: 1) 考虑金融市场的不完善和破产程序需付出的代价, 协调决策模型中引入破产成本率变量, 使研究结果符合实际情况; 2) 在研究供应链中成员企业决策问题时, 比较分析零售商资金充足、资金不足不融资和资金不足拟融资 3 种营运资本拥有状况下二级供应链的决策问题, 重点探讨外部金融服务对供应链中成员企业营运策略的影响; 3) 在供应链外部金融服务与营运管理协调决策研究中, 考虑零售商的初始资金量、破产成本率和金融市场竞争程度对决策的影响.

1 问题描述和基本模型

1.1 问题描述

假设在二级供应链系统中, 供应商和零售商均为风险中性, 根据预期利润最大化进行决策. 其中, 供应商资金充足, 而零售商可能存在资金约束问题. 假设产品市场需求量 D 是随机的, 密度函数为 $f(D)$, 分布函数为 $F(D)$. 其中: $F(D)$ 可微且严格单调递增, $F^{-1}(D)$ 为 $F(D)$ 的反函数, $\bar{F}(D) = 1 - F(D)$. 假设 $F(D)$ 符合增加广义失败率 (IGFR) 性质, 即 $\frac{Df(D)}{\bar{F}(D)}$

在 D 上严格增加, 且存在最小的需求量上限 \hat{D} , 使得 $Df(D)/\bar{F}(D) \leq 1$.

令产品单位生产成本为 c , 单位批发价为 w , 单位零售价为 p . 其中 $p \geq w(1 + r_f) \geq c(1 + r_f)$ (r_f 为金融市场的无风险利率). 供应链系统决策时间顺序如图 1 所示.

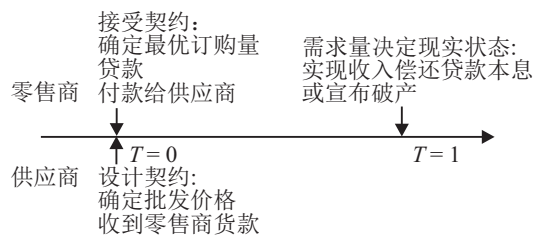


图 1 供应链系统决策时间顺序

营运期初 ($T = 0$), 处于 Stackelberg 博弈领导地位的供应商设计产品批发价 w , 跟随者零售商给出最优订购量 q 决策反应, 并向供应商支付货款 wq . 为了便于问题研究, 假设零售商对公司债务承担有限责任, 营运之前除拥有初始资金 K 外, 无其他资产, 资金不足时考虑从竞争的金融市场获取贷款 L , 银行给出贷款利率 r 决策. 提供金融服务的银行是风险中性投资者, 且对风险是无差异的, 即银行提供贷款的预期利率为无风险利率.

营运期末 ($T = 1$), 假设零售商实际销售 ξ 单位的产品, 即实现销售收入 $p\xi$. 若市场需求状况好, 则银行收取零售商偿还贷款本息 $L(1 + r)$; 反之, 若市场需求状况差, 零售商收入不足以偿还到期本息, 则宣布破产. 令银行对破产零售商资产的获得率为 α ($\alpha < 1$), $1 - \alpha$ 即为零售商的破产成本率. 零售商破产时, 银行将获得剩余资产 $\alpha p\xi$.

需要说明的是, 与相关研究的一般假设相同, 供应商与零售商信息对称, 供应商知悉零售商包括初始资金在内的相关信息.

1.2 基本模型

1.2.1 银行盈亏平衡决策模型

在竞争的金融市场中, 银行愿意为资金约束零售商提供融资服务, 获取融资收益. 然而, 金融市场的竞争程度将影响银行贷款利率 r , 故银行进行利率决策时, 需考虑金融市场的竞争状况. 根据问题描述和假设, 在产品市场需求不确定的条件下, 银行盈亏平衡决策模型为

$$L = \frac{1}{1 + r_f} \alpha p \int_0^z Df(D) dD + p \int_z^\infty z f(D) dD. \quad (1)$$

其中: $z = L(1 + r)/p$ 为零售商破产临界销量, 即银行获得预期收益的市场需求临界点.

1.2.2 零售商最优订购量决策模型

下面将分情形讨论在产品市场需求不确定条件

下,拥有不同资金状况的零售商最优决策模型.

1) 资金充足零售商最优决策.

由于资金充足,零售商不需要向银行贷款,不存在破产成本,其最优决策问题为

$$\begin{aligned} \max \pi_r(q) &= \frac{1}{1+r_f} p \int_0^q \bar{F}(D) dD - wq; \\ \text{s.t. } K &\geq wq. \end{aligned} \quad (2)$$

2) 资金不足零售商不贷款的最优决策.

此情形意味着零售商将根据自有初始资金和市场需求状况确定订购量,其最优决策问题为

$$\begin{aligned} \max \pi_r(q) &= \frac{1}{1+r_f} p \int_0^q \bar{F}(D) dD - wq; \\ \text{s.t. } K &< wq. \end{aligned} \quad (3)$$

3) 资金不足零售商拟贷款的最优决策.

为实现利润最大化,零售商欲通过银行贷款达到最优订购,其最优决策问题为

$$\begin{aligned} \max \pi_r(q) &= \frac{1}{1+r_f} \left[p \int_0^q \bar{F}(D) dD - \phi(z) \right] - wq; \\ \text{s.t. } \begin{cases} 0 \leq wq \leq K + L, \\ L = \frac{1}{1+r_f} \left(\alpha p \int_0^z Df(D) dD + \right. \\ \quad \left. p \int_z^\infty zf(D) dD \right), \\ \phi(z) = (1-\alpha)p \int_0^z Df(D) dD. \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

其中 $\phi(z)$ 为零售商预期破产损失,也可以理解为零售商的融资成本.

1.2.3 供应商最优批发价决策模型

根据批发价契约,供应商的利润函数为

$$\pi_s(q) = (w - c)q(1 + r_f),$$

其中 q 为 w 的函数. 面对不同情况的零售商,供应商会设计不同的定价合同使自身收益最大化.

1) 面对资金充足零售商的决策.

$$\begin{aligned} \max \pi_s(q) &= (w - c)q(1 + r_f); \\ \text{s.t. } \frac{d\pi_r}{dq} &= 0. \end{aligned} \quad (5)$$

2) 面对资金不足不贷款零售商的决策.

$$\begin{aligned} \max \pi_s(q) &= K - cq; \\ \text{s.t. } wq &= K. \end{aligned} \quad (6)$$

3) 面对资金不足拟贷款零售商的决策.

$$\begin{aligned} \max \pi_s(q) &= (w - c)q(1 + r_f); \\ \text{s.t. } \begin{cases} 0 \leq wq \leq K + L, \\ L = \frac{1}{1+r_f} \left(\alpha p \int_0^z Df(D) dD + \right. \\ \quad \left. p \int_z^\infty zf(D) dD \right). \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

2 供应链中的金融服务与营运管理协调策略

本节将分析为资金约束零售商提供金融服务的商业银行利率决策,讨论既定批发价下拥有不同初始资金情形的零售商最优订购量策略,并研究供应链均衡博弈下供应商最优批发价策略.

2.1 银行贷款利率策略

根据上述假设,商业银行将运用式(1)设计贷款利率. 下面给出引理1,讨论资金不足零售商的融资约束,从而证明关于商业银行贷款利率决策问题的命题1和关于零售商最优订购量决策问题的命题2.

引理1 资金约束零售商从竞争的金融市场贷款时,破产临界销量 z 随着贷款额 L 和订购量 q 的增加而凸性增加,零售商存在最高贷款上限 \hat{L} , 其最优状态遵循资金购买约束 $wq = K + L$.

证明 求式(1)关于 z 的一阶导数,可得

$$\frac{dL}{dz} = \frac{p\bar{F}(z)}{1+r_f} \left[1 - \frac{(1-\alpha)zf(z)}{\bar{F}(z)} \right].$$

根据 IGFR 性质, $zf(z)/\bar{F}(z)$ 在 z 上严格增加,而 $\bar{F}(z)$ 在 z 上单调减少. 故可得到 dL/dz 在 z 上单调减少,即 dz/dL 在 L 上单调增加,从而得到 z 在 L 上凸性增加.

此外, $zf(z)/\bar{F}(z)$ 在 z 上严格增加表明,必然存在唯一解 \hat{z} , 使得

$$1 - (1-\alpha)zf(z)/\bar{F}(z) = 0.$$

由此可知: 当 $z < \hat{z}$ 时, $dL/dz > 0$; 当 $z = \hat{z}$ 时, $dL/dz = 0$; 当 $z > \hat{z}$ 时, $dL/dz < 0$.

这说明当零售商贷款超过限额时,其边际破产临界销量 z 将要求增加更多,且随着 z 的增加,市场需求 D 则愈加可能降至 z 以下,零售商破产的可能性将越大. 理性的零售商不会过量贷款,其最优状态应遵循 $wq = K + L$ 资金购买约束. 因此,零售商存在最高融资上限 \hat{L} .

由 $wq = K + L$ 可得 $\frac{dL}{dq} = w$, 再由上述证明可得

$$\frac{dz}{dq} = \left(\frac{dL}{dz} \right)^{-1} \left(\frac{dL}{dq} \right) = \frac{w(1+r_f)}{p\bar{F}(z) \left[1 - \frac{(1-\alpha)zf(z)}{\bar{F}(z)} \right]}.$$

分析上式可知, dz/dq 在 q 上单调增加,从而 $z(q)$ 在 q 上凸性增加. \square

命题1 当金融市场存在竞争时,银行贷款利率 r 将随着零售商贷款额 L 的增加而提高,随着金融市场平均投资回报率 r_f 的增大而提高.

证明 由 $z = L(1+r)/p$ 可得

$$\frac{dz}{dr} = \frac{L}{p} > 0.$$

由引理 1 可知, 当 $z < \hat{z}$ 时, $\frac{dL}{dz} > 0$, 而 $\frac{dz}{dr} = \frac{L}{p} > 0$. 由 $\frac{dr}{dL} = 1 / \left(\frac{dL}{dz} \times \frac{dz}{dr} \right)$ 可得 $\frac{dr}{dL} > 0$. 故银行对零售商的贷款利率 r 随着贷款额 L 的增加而提高.

由式 (1) 和 $z = \frac{L(1+r)}{p}$ 可得

$$r = \frac{z(1+r_f)}{\alpha \int_0^z Df(D)dD + \int_z^\infty zf(D)dD} - 1,$$

$$\frac{dr}{dr_f} = \frac{z}{\alpha \int_0^z Df(D)dD + \int_z^\infty zf(D)dD} > 0. \quad \square$$

故银行对零售商的贷款利率随 r_f 的增大而提高.

2.2 融资服务与零售商最优订购量

本节重点讨论存在竞争金融市场和破产成本时, 资金约束零售商的融资和营运协调决策.

命题 2 在既定批发价下:

1) 资金充足零售商利润最大化的最优订购量

$$q_r^{**} = \bar{F}^{-1}[w(1+r_f)/p];$$

2) 若资金不足零售商不希望从金融市场贷款引发破产风险, 以其拥有的初始资金为限订购产品, 则最大采购量 $q_r^\# = K/w$ 即为最优采购量;

3) 若资金不足零售商拟选择从银行贷款实现最优订购量 q_r^* , 则 q_r^* 为下式的均衡解:

$$\begin{cases} \frac{p\bar{F}(q_r^*)}{1+r_f} - \frac{w}{1 - \frac{(1-\alpha)zf(z)}{\bar{F}(z)}} = 0, \\ wq_r^* - K = \frac{1}{1+r_f} \left(\alpha p \int_0^z Df(D)dD + p \int_z^\infty zf(D)dD \right). \end{cases} \quad (8)$$

证明 1) 在拥有足够的初始资金情形下, 零售商不需要从金融市场贷款. 此时, 零售商的最优问题即为经典报童订购决策模型. Lariviere 等^[7]已求得经典报童模型下零售商的最优订购量 $q_r^{**} = \bar{F}^{-1}[w(1+r_f)/p]$, 本节不再赘述.

2) 由式 (3) 可得

$$\frac{d\pi_r(q)}{dq} = \frac{p\bar{F}(q)}{1+r_f} - w,$$

由此可知 $d\pi_r(q)/dq$ 是 q 的递减函数. 故 $\pi_r(q)$ 为 q 的单峰函数. 当 $q_r < \bar{F}^{-1}[w(1+r_f)/p]$ 时

$$\frac{d\pi_r(q)}{dq} = \frac{p\bar{F}(q)}{1+r_f} - w > 0.$$

故在初始资金不足时, 零售商利润 $\pi_r(q)$ 是订购量 q 的递增函数. 显然, 当零售商将全部初始资金用于订购时, 利润将会最大, 最大采购量 $q_r^\# = K/w$ 即为最

优采购量.

3) 由于受资金约束, 情形 2) 的订购量一般不是最优的, 零售商宁愿从竞争的金融市场贷款以补充营运资本实现利润最大化. 此时, 零售商将运用式 (4) 设计最优订购量. 由式 (4) 可得

$$\frac{d\pi_r(q)}{dq} = \frac{p\bar{F}(q)}{1+r_f} - \frac{w}{1 - (1-\alpha)zf(z)/\bar{F}(z)},$$

而

$$\frac{d(zf(z)/\bar{F}(z))}{dq} = \frac{d(zf(z)/\bar{F}(z))}{dz} \frac{dz}{dL} \frac{dL}{dq}.$$

根据 IGFR 性质, 有

$$\frac{d(zf(z)/\bar{F}(z))}{dz} > 0.$$

由引理 1 可知, z 在 L 上凸性增加, 且 $dL/dq = w$, 得 $zf(z)/\bar{F}(z)$ 在 q 上凸性增加. 同时, $\bar{F}(q)$ 在 q 上单调减少, 这意味着 $d\pi_r(q)/dq$ 在 q 上单调减少. 由此可以得到 $\pi_r(q)$ 在 q 上是凹性的, 且在 $d\pi_r(q)/dq = 0$ 有唯一解, 用 q_r^* 表示, 即 q_r^* 可由式 (8) 解出. \square

由命题 2 的证明可知, 3 种情形下零售商最优订购量、利润函数和利润一阶导函数 3 者的关系描绘如图 2 所示.

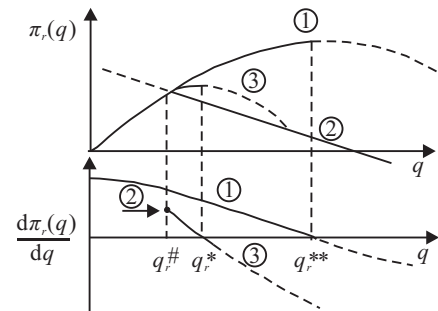


图 2 零售商预期利润和利润对订购量的一阶导数

本文第 3 节将通过具体算例表明融资服务能够给资金约束零售商创造价值.

命题 3 既定批发价下零售商最优订购策略与初始资金 K 的关系如下:

1) 当订购量 $q = q_r^{**}$ 时, 零售商的 q_r^{**} 和 $\pi_r(q_r^{**})$ 不随 K 的变化而改变;

2) 当订购量 $q = q_r^\#$ 时, 零售商的 $q_r^\#$ 和 $\pi_r(q_r^\#)$ 在 K 上递增;

3) 当订购量 $q = q_r^*$ 时, 零售商的 q_r^* 和 $\pi_r(q_r^*)$ 在 K 上递增, $z(q_r^*)$ 在 K 上递减.

证明 1) 当 $q = q_r^{**}$ 时, 零售商的资金总能满足订购报童数量, 故 q_r^{**} 不会随 K 的变化而改变.

由命题 2 的相关证明 $q_r^{**} = \bar{F}^{-1}[w(1+r_f)/p]$ 可得到

$$w = \frac{p\bar{F}(q_r^{**})}{(1+r_f)},$$

故

$$\frac{d\pi_r(q_r^{**})}{dK} = \left(\frac{p\bar{F}(q_r^{**})}{1+r_f} - w \right) \frac{dq_r^{**}}{dK} = 0,$$

从而 $\pi_r(q_r^{**})$ 不随 K 的变化而改变.

2) 当 $q = q_r^\#$ 时, 由 $q_r^\# = K/w$ 可得

$$\frac{dq_r^\#}{dK} = \frac{1}{w} > 0.$$

再由命题 2 中的相关证明可知, 当 $q = q_r^\# < q_r^{**}$ 时

$$\frac{d\pi_r(q_r^\#)}{dq_r^\#} = \frac{p\bar{F}(q_r^\#)}{1+r_f} - w > 0,$$

从而得到

$$\frac{d\pi_r(q_r^\#)}{dK} = \left(\frac{p\bar{F}(q_r^\#)}{1+r_f} - w \right) \frac{dq_r^\#}{dK} > 0,$$

故零售商 $q_r^\#$ 和 $\pi_r(q_r^\#)$ 在 K 上递增.

3) 当 $q = q_r^*$ 时, 由式 $wq_r^* = K + L^*$ 可得

$$\frac{dq_r^*}{dK} = \frac{1}{w} > 0,$$

故零售商 q_r^* 在 K 上递增.

由 $dL/dK = -1$ 和引理 1 中的公式

$$\frac{dL}{dz} = \frac{p\bar{F}(z)}{1+r_f} \left[1 - \frac{(1-\alpha)zf(z)}{\bar{F}(z)} \right],$$

可得

$$\frac{dz(q_r^*)}{dK} = -\frac{1+r_f}{p\bar{F}(z) \left[1 - \frac{(1-\alpha)zf(z)}{\bar{F}(z)} \right]}.$$

根据 IGFR 性质有 $zf(z)/\bar{F}(z) \leq 1$, 从而

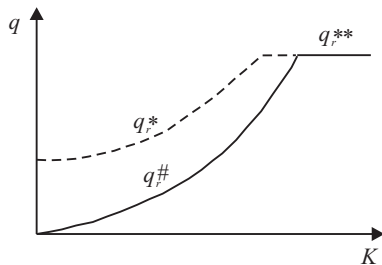
$$\frac{dz}{dK} < 0.$$

由 $d\pi_r(q_r^*)/dz = (\alpha-1)zf(z) < 0$ 可得

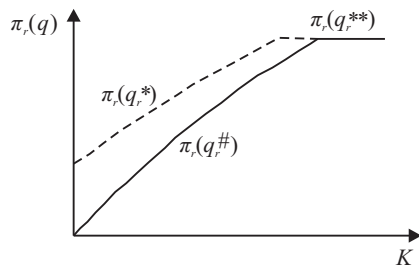
$$\frac{d\pi_r(q_r^*)}{dK} = \frac{d\pi_r(q_r^*)}{dz} \frac{dz}{dK} > 0,$$

故零售商 $z(q_r^*)$ 在 K 上递减, $\pi_r(q_r^*)$ 在 K 上递增. \square

命题 3 中零售商的 q 、 $\pi_r(q)$ 与其初始资金 K 的关系描绘如图 3 所示.



(a) 初始资金与最优订购量的关系



(b) 初始资金与利润的关系

图 3 零售商初始资金对最优订购量和利润的影响

命题 4 既定批发价下, 资金不足零售商对外贷款时, 其利润 $\pi_r(q_r^*)$ 随着破产成本率 $1-\alpha$ 和金融市场无风险利率 r_f 的增加而减少.

结论显然, 证明略.

2.3 融资服务与供应商最优批发价格决策

面对不同零售商, 供应商会设计不同批发价实现自身收益最大化. 下面将讨论零售商最优订购额与最优批发价下供应商利润之间的关系.

引理 2 当资金充足零售商 $q = q_r^{**}$ 时, 其订货总额 $W = w(q_r^{**})q_r^{**}$ 存在最高上限 \hat{W} , 且 \hat{W} 在 $\bar{F}(q_W^{**}) = q_W^{**}f(q_W^{**})$ 处取得. 订购量 q_W^{**} 大于供应商利润最大化时的订购量 q_s^{**} , 即 $q_W^{**} > q_s^{**}$.

证明 由命题 2 中资金充足零售商的最优订购量 $q_r^{**} = \bar{F}^{-1}[w(1+r_f)/p]$ 可得

$$W = w(q_r^{**})q_r^{**} = \frac{pq_r^{**}\bar{F}(q_r^{**})}{1+r_f}.$$

求 W 关于 q_r^{**} 的一阶导数, 得到

$$\frac{dW}{dq_r^{**}} = \frac{p\bar{F}(q_r^{**})}{1+r_f} \left[1 - \frac{q_r^{**}f(q_r^{**})}{\bar{F}(q_r^{**})} \right].$$

根据 IGFR 性质, 必然存在唯一解 \hat{q}_r^{**} , 使得

$$1 - \frac{q_r^{**}f(q_r^{**})}{\bar{F}(q_r^{**})} = 0.$$

由此可知: 当 $q_r^{**} < \hat{q}_r^{**}$ 时

$$\frac{dW}{dq_r^{**}} > 0;$$

当 $q_r^{**} = \hat{q}_r^{**}$ 时

$$\frac{dW}{dq_r^{**}} = 0;$$

当 $q_r^{**} > \hat{q}_r^{**}$ 时

$$\frac{dW}{dq_r^{**}} < 0.$$

即零售商订货总额在 $\bar{F}(q_W^{**}) = q_W^{**}f(q_W^{**})$ 处取得最大值.

当 $q = q_r^{**}$ 时, 由 $w = p\bar{F}(q_r^{**})/(1+r_f)$ 可知, 式 (5) 可以表示为

$$\pi_s(q) = [p\bar{F}(q_r^{**}) - c(1+r_f)]q_r^{**},$$

即 $\frac{d\pi_s(q)}{dq_r^{**}} = p[\bar{F}(q_r^{**}) - q_s^{**}f(q_r^{**})] - c(1+r_f)$.

$\pi_s(q)$ 取极大值的条件为 $d\pi_s(q)/dq_r^{**} = 0$, 由此可知

$$\bar{F}(q_s^{**}) - q_s^{**}f(q_s^{**}) = \frac{c(1+r_f)}{p},$$

故 $q_s^{**}f(q_s^{**})/\bar{F}(q_s^{**}) < 1$, 而 $q_r^{**}f(q_r^{**})/\bar{F}(q_r^{**}) = 1$, 所以

$$\frac{q_s^{**}f(q_s^{**})}{\bar{F}(q_s^{**})} < \frac{q_r^{**}f(q_r^{**})}{\bar{F}(q_r^{**})}.$$

根据 IGFR 性质, 得到 $q_s^{**} < q_W^{**}$, 如图 4 所示. \square

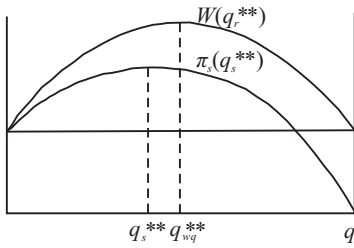


图 4 零售商最高订购额与供应商最大预期利润曲线比较

命题 5 在供应商主导的 Stackelberg 博弈假设下, 面对不同零售商, 供应商最优均衡批发价策略如下:

1) 若零售商资金充足, 供应商博弈均衡订购量

$$q = q_s^{**}, w_s^{**} = \frac{p\bar{F}(q_s^{**})}{1 + r_f},$$

其中 q_s^{**} 满足 $\bar{F}(q_s^{**}) - q_s^{**}f(q_s^{**}) = \frac{c(1 + r_f)}{p}$.

2) 若资金不足零售商不对外贷款, 则供应商的博弈均衡最优订购量 $q_s^\#$ 为方程 $p\bar{F}(q_s^\#) = K/q_s^\#$ 的较小解, $w^\# = K/q_s^\#$.

3) 若资金不足零售商为实现最优订购量, 选择从竞争的金融市场贷款, 则供应商的博弈均衡 q_s^* 和 w^* 的唯一解由下式解出:

$$\begin{cases} p\bar{F}(q_s^*) - \frac{w^*(1 + r_f)\bar{F}(z)}{\bar{F}(z) - (1 - \alpha)zf(z)} = 0, \\ W = K + \frac{1}{1 + r_f} \left(\alpha p \int_0^z Df(D)dD + p \int_\tau^\infty zf(D)dD \right), \\ \frac{p(\bar{F}(q_s^*) - qf(q_s^*))}{(1 + r_f)(h(W) + Wdh(W)/dW)} = 0. \end{cases} \quad (9)$$

其中: $W = w(q_s^*)q_s^*$, $h(W) = \bar{F}(z)/[\bar{F}(z) - (1 - \alpha)zf(z)]$.

证明 1) 见引理 1 证明.

2) 当 $q_r^* = q_s^{**}$ 时, K 不能满足零售商订购的资金需求. 根据引理 2 并结合图 5 可知, $\pi_s(q_r^{**})$ 曲线上有且只有 o_1 和 o_2 两点能够使零售商满足以 $q_r^\#$ 订货, 此时

$$W_{o_1} = W_{o_2} = K.$$

同时, o_1 点和 o_2 点又能够满足以 q_r^{**} 订货, 即方程 $p\bar{F}(q_r^\#) = K/q_r^\#$ 有且只有 2 个解 (分别设为 $q_{o_1}^\#$ 和 $q_{o_2}^\#$, 令 $q_{o_1}^\# < q_{o_2}^\#$). 由 $\pi_s(q_s^\#) = K - cq_s^\#$ 可得

$$\frac{d\pi_s(q_s^\#)}{dq_s^\#} = -c,$$

即 $\pi_s(q_s^\#)$ 是 $q_s^\#$ 的递减函数, 故 $\pi_s(q_s^\#)$ 的最大化只需考虑 $q_{o_1}^\#$.

由此容易证得, 供应商博弈均衡最优订购批量 $q_s^\# = q_{o_1}^\#$ 为方程 $p\bar{F}(q_s^\#) = K/q_s^\#$ 的较小解. 相应地

$$w^\# = p\bar{F}(q_s^\#) = K/q_s^\#.$$

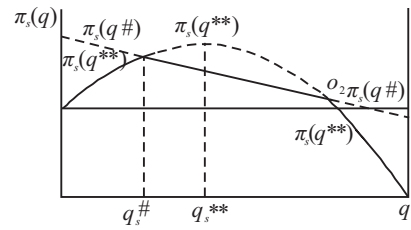


图 5 零售商不同订购策略下供应商预期利润曲线

3) 供应商根据式 (7) 设计最优批发价如下:

① 零售商利润最大化的一阶条件为

$$pq\bar{F}(q_s^*) - \frac{wq_s^*(1 + r_f)\bar{F}(z)}{\bar{F}(z) - (1 - \beta)zf(z)} = 0.$$

② 零售商资金约束方程变形为

$$W = K - \frac{1}{1 + r_f} \left(\alpha p \int_0^z Df(D)dD + p \int_z^\infty zf(D)dD \right).$$

③ 由供应商的利润函数可得

$$\frac{d\pi_s(q)}{dW} = (1 + r_f) > 0,$$

即 $\pi_s(q)$ 随着 W 的增加而增加, 显然在 W 取得最高值时, $\pi_s(q)$ 达到最大. 由此可知, 只要找到满足 W 取得最高值的条件即可.

令 $h(W) = \bar{F}(z)/[\bar{F}(z) - (1 - \alpha)zf(z)]$, 将 z 表达为 W 的函数

$$H(q, W) = pq\bar{F}(q) - \frac{W(1 + r_f)}{1 - (1 - \alpha)zf(z)/\bar{F}(z)},$$

$$\frac{dW}{dq} = - \frac{\partial H(q, W)/\partial q}{\partial H(q, W)/\partial W} = \frac{p\bar{F}(q)(1 - qf(q)/\bar{F}(q))}{(1 + r_f)(h(W) + Wdh(W)/dW)}.$$

容易证得上式中分母大于 0 (证明过程略).

根据 IGFR, 有

$$\left(1 - \frac{qf(q)}{\bar{F}(q)} \right) \Big|_{q=q_r^*} = 0.$$

由此必然存在唯一的 \hat{q}_r^* , 使得

$$\frac{dW}{dq} \Big|_{q=\hat{q}_r^*} = 0,$$

即 \hat{W} 在 \hat{q}_r^* 达到. 此时需满足

$$\frac{p\bar{F}(q_s^*)(1 - q_s^*f(q_s^*)/\bar{F}(q_s^*))}{(1 + r_f)(h(W) + Wdh(W)/dW)} = 0. \quad \square$$

引理 1 和命题 5 的证明说明了在不确定需求分布条件下, 零售商总是存在有限的订购水平.

本文第 3 节将通过算例验证外部金融服务能帮助零售商实现最优采购量, 提高供应链绩效.

命题 6 在供应链博弈均衡批发价下, 资金不足零售商对外贷款时, 零售商均衡利润 $\pi_r(q_s^*)$ 、供应商均衡利润 $\pi_s(q_s^*)$ 和均衡批发价 w^* 在零售商初始资金 K 上增加, 在零售商破产成本率 $1 - \alpha$ 和金融市场无风险利率 r_f 上减少.

结论显然, 证明略.

命题6的结论表明, 供应商更偏好于供应链中初始资金富裕的零售商. 资金约束零售商通过银行贷款提高订购量, 出于破产风险和金融市场竞争的考虑, 银行会收取较高利率, 最终会反映到批发价中. 故零售商均衡订购量会随着初始资金的增加而增加, 而银行收取的利率则随着初始资金的增加而降低. 即零售商初始资金的增加使得供应商不需要通过降低批发价来刺激零售商提高订购批量, 命题6隐含着供应商可以以更高的批发价分享零售商初始资金增长带来的收益.

3 算例分析

本节算例主要验证3大方面:

1) 既定批发价下拥有不同初始资金的零售商最优订购量和利润状况, 重点验证外部金融服务是否给零售商带来额外收益;

2) 面对不同的零售商, 供应商给出的博弈均衡批发价策略、零售商做出的订购反应和各类情形下供应链绩效状况, 重点验证外部金融服务是否给供应链创造价值;

3) 在资金约束零售商融资行为下, 零售商初始资金量、破产成本率和金融市场竞争程度如何影响供应链决策.

为了便于理解, 分别以 $\pi_c(q_s^{**})$ 、 $\pi_c(q_s^\#)$ 和 $\pi_c(q_s^*)$ 代表零售商资金充足、资金不足且不融资、资金不足拟融资3种情形下的博弈均衡供应链绩效.

3.1 外部金融服务对零售商最优订购量及其收益的影响

假设某供应链中产品的需求分布服从 $[0, 100]$ 的均匀分布, 生产成本 $c = 6$ \$, 既定批发价 $w = 10$ \$, 市场零售价 $p = 15$ \$, 零售商初始资金 $K = 200$ \$, 零售商破产成本 $1 - \alpha = 0.5$, 无风险利率 $r_f = 0.02$. 命题2的相关结论验证如下:

1) 由式 $q^{**} = \bar{F}^{-1}[w(1 + r_f)/p]$ 得到资金充足零售商最优订购量为 $q^{**} = 32$. 此时, 零售商自有资金 $K \geq wq^{**} = 320$ \$, 利润 $\pi_r(q^{**}) = 75.29$ \$.

假设初始资金 $K = 200$ \$ < 320 \$, 零售商会有以下2)和3)两种选择.

2) 不打算融资, 则最优采购量 $q^\# = K/w = 20$, 利润 $\pi_r(q^\#) = 64.71$ \$.

3) 拟通过融资实现最优订购量. 根据式(8)求出其最优订购量和破产临界量分别为 $q^* = 27$, $z = 5$, 利润 $\pi_r(q^*) = 72.54$ \$.

上述算例表明: 资金充足时, 零售商的最优订购量和利润比资金约束时更多; 资金不足时, 外部金融

服务可以激励零售商增加订购量, 带来额外收益. 在本算例中, 外部金融服务给零售商创造新价值7.83 \$. 命题2得以验证.

3.2 外部金融服务对供应商批发价策略及供应链绩效的影响

1) 面对资金充足零售商, 根据式 $\bar{F}(q_s^{**}) - q_s^{**} \times f(q_s^{**}) = c(1 + r_f)/p$ 计算出使供应商利润最大的零售商最优订购量 $q_s^{**} = 30$, 供应商批发价 $w^{**} = 10.29$ \$. 此时

$$\pi_r(q^{**}) = 66.30 \$, \pi_s(q^{**}) = 131.27 \$,$$

$$\pi_c(q_s^{**}) = 197.57 \$.$$

2) 面对资金不足不贷款零售商, 根据式 $p\bar{F}(q_s^\#) = K/q_s^\#$ 得到其中较小解为零售商最优订购量 $q_s^\# = 16$, 供应商批发价 $w^\# = 12.5$ \$. 此时

$$\pi_r(q^\#) = 16.47 \$, \pi_s(q^\#) = 106.08 \$,$$

$$\pi_c(q_s^\#) = 122.55 \$.$$

3) 面对资金不足拟贷款零售商, 由式(9)得到 q_s^* 和 w^* 的均衡解分别为 $q_s^* = 24$, $w^* = 10.71$ \$. 此时

$$\pi_r(q^*) = 52.96 \$, \pi_s(q^*) = 115.30 \$,$$

$$\pi_c(q_s^*) = 168.26 \$.$$

比较上述3种情形, 可以得出: 在零售商资金充足的情形下, 零售商、供应商和供应链整体实现的利润均大于零售商资金不足情形下相应的利润. 零售商的外部融资行为给自身带来额外收益36.49 \$, 给供应商带来额外收益9.22 \$, 给整个供应链创造价值45.71 \$. 由上面分析还可知, 第3.1节中资金充足零售商最优订购量 $q^{**} = 32$ 大于供应链均衡订购量 $q_s^{**} = 30$. 故命题4和命题5得以验证.

3.3 影响供应链决策的因素分析

3.3.1 零售商初始资金量对供应链决策的影响

上述分析是以固定初始资金为例进行讨论, 现以资金不足零售商外部融资为例, 进一步分析初始资金的变动如何影响供应链决策, 计算结果如表1所示.

在表1中, 既定批发价下零售商最优订购量 q_r^* 及其利润 $\pi_r(q_r^*)$ 、供应商博弈均衡批发价下零售商最优订购量 q_s^* 及其利润 $\pi_r(q_s^*)$ 、供应商利润 $\pi_s(q_s^*)$ 均随着初始资金 K 的增加而增加, 既定批发价格下破产临界销量 $z(q_r^*)$ 、均衡批发价下破产临界销量 $z(q_s^*)$ 和供应商均衡批发价 w^* 则随着初始资金 K 的增加而减少. 类似地, 可以分别检验命题3中情形1)和2)的最优订购量、利润与初始资金的关系, 此处不再赘述. 命题3得以验证.

表 1 初始资金对供应链决策的影响

K	L	q_r^*	$z(q_r^*)$	$\pi_r(q_r^*)$	q_s^*	$z(q_s^*)$	w^*	$\pi_r(q_s^*)$	$\pi_s(q_s^*)$	$r/\%$
0	180	18	13	54.67	11	9	13.43	2.16	83.36	13.37
50	160	21	12	61.10	13	7	13.18	6.09	98.52	12.27
100	130	23	10	65.66	16	6	12.50	16.47	106.08	10.77
150	100	25	7	69.89	20	5	11.60	31.79	114.24	8.00
200	70	27	5	72.54	24	4	10.71	52.96	115.30	7.14
250	40	29	3	74.30	27	3	10.56	58.01	125.58	4.34
300	20	32	2	75.15	30	1	10.29	66.30	131.27	3.25

此外,表 1 还表明,银行利率 r 、破产临界量 $z(q_r^*)$ 和 $z(q_s^*)$ 随着零售商贷款额 L 的增加而增加. 命题 1 得到验证.

3.3.2 破产成本率对供应链决策的影响

破产成本率 $1 - \alpha$ 的变化对供应链和银行贷款利率决策的影响如表 2 所示.

表 2 破产成本率对供应链决策的影响

$1 - \alpha$	$\pi_r(q^*)$	w^*	$\pi_r(q_s^*)$	$\pi_s(q_s^*)$
0.1	60.40	10.73	40.69	115.79
0.3	60.04	10.72	40.60	115.55
0.5	59.67	10.71	40.50	115.30
0.7	59.30	10.70	40.40	115.06
0.9	58.93	10.69	40.30	114.81

表 3 无风险报酬率对供应链决策和银行利率决策的影响

r_f	q^*	$\pi_r(q^*)$	q_s^*	w^*	$\pi_r(q_s^*)$	$\pi_s(q_s^*)$	$r/\%$
0	29	80.58	26 (5)	10.38	61.85	117.16	4.71
0.01	28	76.29	25 (5)	10.58	56.27	116.79	5.45
0.02	27	72.54	24 (4)	10.71	52.96	115.30	7.14
0.03	26	68.83	23 (3)	10.85	49.46	113.78	8.33

4 结 论

本文从理论上研究了资金不足零售商存在破产成本时,供应链中外部金融服务和运营管理的协调决策问题. 结果表明,不确定需求分布条件下零售商存在有限的融资能力和产品订购水平. 资金不足零售商通过外部金融服务能够为供应链中成员企业带来额外收益,从而为供应链创造价值. 在既定批发价下,资金不足零售商对外融资时,其利润随着初始资金量的增加而增加,随着破产成本率和无风险利率的增加而减少;在供应链博弈均衡批发价下,资金不足零售商对外融资时,零售商利润、供应商利润和供应链均衡批发价均随着零售商初始资金量的增加而增加,随着其破产成本率和无风险利率的增加而减少.

本文研究结论表明,外部金融服务可以为资金不足供应链和成员企业创造新的价值,且资金约束供应链中各成员企业的利润和供应链整体绩效与金融市场的无风险利率、破产成本率和成员企业的初始资金量等诸多因素有着密切关系. 如何在金融服务中降低融资成本、提高供应链各参与方的利润是资金约束供

表 2 数据表明,零售商利润、供应商批发价和利润均随着破产成本率 $1 - \alpha$ 的提高而减少.

3.3.3 金融市场无风险报酬率对于供应链决策的影响

金融市场的无风险报酬率对供应链决策和银行贷款利率 r 决策的影响如表 3 所示.

表 3 数据表明,零售商订购量和利润、供应商利润以及银行的贷款利率均随着无风险报酬率的提高而减少. 相反地,供应商博弈均衡批发价则随着无风险报酬率的提高而增加. 由此命题 4 和命题 6 得以验证.

供应链协调决策要解决的关键问题. 由此,本文提出以下 2 个方面的建议:

1) 实力雄厚的核心企业可以在供应链中充分发挥协调功能,帮助资金不足小微企业解决融资问题. 本文研究结论表明,供应商可以从下游资金不足零售商的外部融资中获得收益(其中供应商一般指供应链中资金充足的核心企业,零售商则多指供应链中资金不足的小微企业),这对供应商愿意帮助资金不足零售商从银行获得充足的财务资源的原因给予了解释. 21 世纪的竞争已经从单个企业层面上升到供应链层面. 供应链中的小微企业资金流瓶颈带来的供应链“木桶短板”效应及其高昂的融资成本,不仅成为制约其自身快速发展的桎梏,而且威胁到所在供应链的竞争力. 如果核心企业在供应链中通过融资担保或提供商业信用等多种形式有效地协助小微企业摆脱资金约束,帮助其实现融资与营运的相互协调,则将会给供应链各参与主体及整条供应链创造新的价值.

2) 政府与金融机构要合力推动对供应链中的小微企业的金融支持,降低其融资成本和破产风险,加

快供应链乃至整个社会经济系统中资金流和物流的整体协调。就政府角度而言,近年来国家各部委及地方政府出台了一系列金融支持小微企业发展的政策,然而资金不足仍然是制约其发展的重要瓶颈,其中很重要的原因就是政府层面的金融资源缺乏整体规划,政策协同性比较弱,没有形成强劲的政策合力。就金融机构而言,近年来商业银行在金融产品创新方面做出了成功的尝试,如“抱团贷款”、“供应链金融”、“物流金融”和“集合债券”等。然而,商业银行强调抵押、担保的经营模式与小微企业“轻资产、重技术”的现状之间的冲突并未从根本上解决,故难以有效地将金融资源引入小微企业。就本文研究而言,外部金融资源能够给企业和供应链创造新的价值,融资成本、破产风险等因素是影响供应链绩效的重要因素。为此,本文认为应该构建政府和金融机构推动小微企业发展的金融支持路径,分别发挥政府和金融机构在资源配置中的引导功能和主导功能,降低小微企业的融资成本和破产风险,实现社会资源的有效配置,使得资金从富余机构流向短缺机构,从而促进整个社会经济系统的快速发展。

参考文献(References)

- [1] 贾涛,郑毅,徐渝,等. 顾客部分延期付款下两级商业信用易腐品订货策略[J]. 运筹与管理, 2013, 22(2): 150-158.
(Jia T, Zheng Y, Xu Y, et al. Ordering policies for deteriorating item under two levels of trade credit policy with customers partially delay in payments[J]. *Operations Research and Management Science*, 2013, 22(2): 150-158.)
- [2] Goyal S K. Economic order quantity under conditions of permissible delay in payment[J]. *J of the Operational Research Society*, 1985, 36(4): 335-338.
- [3] Aggarwal, S P, Jaggi C K. Ordering policies of deteriorating items under permissible delay in payments[J]. *J of the Operational Research Society*, 1995, 46(5): 658-662.
- [4] Jamal A M, Sarker B R, Wang S. An ordering policy for deteriorating items with allowable shortage and permissible delay in payment[J]. *J of the Operational Research Society*, 1997, 48(8): 826-833.
- [5] Ouyang L Y, Chang C T, Shum P. The EOQ with defective items and partially permissible delay in payments linked to order quantity derived algebraically[J]. *Central European J of Operations Research*, 2012, 20(1): 141-160.
- [6] Seifert D, Seifert R W, Protopappa-Sieke M. A review of trade credit literature: Opportunities for research in operations[J]. *European J of Operational Research*, 2013, 231(2): 245-256
- [7] Lariviere M A, Porteus E L. Selling to the newsvendor: An analysis of price-only contracts[J]. *Manufacturing and Service Operations Management*, 2001, 3(4): 293-305.
- [8] Buzacott J A, Zhang R Q. Inventory management with asset-based financing[J]. *Management Science*, 2004, 50(9): 1274-1292.
- [9] Dada M, Hu Q. Financing newsvendor inventory[J]. *Operations Research Letters*, 2008, 36(5): 569-573.
- [10] 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.
- [11] 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(6): 70-77.)
- [12] 关旭,马士华,桂华明. 基于资金流服务商的供应链资金运作能力研究[J]. 管理评论, 2012, 24(1): 155-162.
(Guan X, Ma S H, Gui H M. A research on supply chain capital operation ability based on cash flow service provider[J]. *Management Review*, 2012, 24(1): 155-162.)
- [13] Lai G, Debo L G, Sycara K. Sharing inventory risk in supply chain: The implication of financial constraint[J]. *The Int J of Management*, 2009, 37(4): 811-825.
- [14] Xu X D, Birge J R. Joint production and financing decisions: Modeling and analysis[R]. Shenyang: Department of Industrial Engineering and Management Sciences, Northwestern University, 2004.

(责任编辑: 闫 妍)