

随机需求下考虑零售商损失厌恶的双渠道 供应链融资策略研究

王文隆¹ 王梓豪² 张涑贤² 刘 祺³

(1.西北农林科技大学经济管理学院,杨凌 712100;

2.西安建筑科技大学管理学院,西安 710055;

3.西安交通大学管理学院,西安 710049)

摘要:针对随机需求情形下供应链融资策略问题,考虑资金约束零售商的损失厌恶态度,基于 Stackelberg 博弈分别构建了贸易信贷模型和银行信贷模型,分析了双渠道供应链的最优运营决策,并通过数值分析揭示了零售商的损失厌恶系数和初始资金对供应链运营决策和融资策略的影响。结果表明,零售商的最优订购量关于损失厌恶系数单调递减,且相比于贸易信贷,银行信贷下最优订购量的递减速度较大。损失厌恶系数较大时,零售商和制造商均偏向于银行信贷;反之,双方均偏向于贸易信贷。初始资金较大时,零售商和制造商均偏向于银行信贷;反之,制造商偏向于贸易信贷,零售商偏向于银行信贷,此时制造商可以通过将批发价格限定在一定区间来实现双渠道供应链的帕累托改进。此外,当消费者的零售渠道偏好较大时,银行信贷是双渠道供应链的均衡融资策略。当需求波动较小时,贸易信贷是双方的均衡融资策略。

关键词:双渠道供应链;损失厌恶;资金约束;贸易信贷;银行信贷

DOI:10.14120/j.cnki.cn11-5057/f.20221229.005

引 言

工信部发布的《2019 年中国中小工业企业经济运行报告》显示,融资难、融资贵是中小企业仍然面临的主要难题,且 90% 以上的零售企业为中小企业,因此,资金短缺严重影响了零售企业的发展。在双渠道供应链中,零售商资金短缺不仅会制约自身的正常经营,还会打乱制造商的线上线下订单分配计划,造成直销渠道的需求扰动,进而降低供应链整体运营效率^[1]。目前,在管理实践中主要是通过银行信贷和贸易信贷来解决零售商资金短缺^[2]。由于银行信贷需要抵押或担保,大多数零售企业难以满足银行信贷所需的条件。因而,供应链成员之间的贸易信贷应运而生,即下游零售企业延期支付上游制造企业的部分货款。在双渠道供应链中,如果制造商提供贸易信贷,则零售商能够获得订购所需的资金。然而,渠道之间的竞争又会影响直销渠道的需求。那么,制造商是否会向零售商提供贸易信贷?与此同时,零售商会选择通过何种融资方式(贸易信贷或银行信贷)来解决资金短缺的问题?此外,由于零售商可能会因为无法偿还延期支付的货款或银行贷款而破产,面对破产带来的巨大财务损失,零售商往往表现出损失厌恶的态度。那么,零售商的损失厌恶是否会影响制造商和零售商的融资策略?

本文的研究主要围绕供应链融资策略和损失厌恶型供应链决策等问题展开。目前,有关供应链融资策略的研究主要集中在单渠道供应链。例如,钟远光等^[3]分别讨论了零售商在无融资、银行信贷和内部融资三种情形下的订购和定价决策。他们发现,在大多数情形下,对于资金约束的零售商而言,内部融资优于银行信贷。窦亚芹等^[4]分析了集中决策下资金约束零售商分别选择商业信用融资和银行贷款时供应链的最优采购量策略,并设计多个契约来提升分散式供应链绩效。在此基础上,高攀等^[5]进一步探讨了闭环供应链的融资策略,分析了经销商融资策略的选择边界。林强等^[6]针对保兑仓融资模式,探寻了销售奖惩和回购策略对供应链协调的影响。此外,Cao 等^[7]考虑了碳减排下的供应链融资策略,分析了供应链的最优批发价格和最优

收稿日期:2020-11-19

基金项目:国家自然科学基金青年项目(72102185;72102176);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2452021113;2452021171;xpt012021029);陕西省自然科学基金基础研究计划青年项目(2021JQ-518)。

作者简介:王文隆,西北农林科技大学经济管理学院副教授,硕士生导师,博士;王梓豪,西安建筑科技大学管理学院硕士研究生;张涑贤(通讯作者),西安建筑科技大学管理学院教授,博士;刘祺,西安交通大学管理学院副研究员,硕士生导师,博士。

订购量,并设计了协调契约。谭喻紫和杨箴^[8]针对线上供应链,探讨了多维委托代理关系和均衡决策,并通过引入收益共享机制来协调供应链。值得关注的是,Qin 等^[9]、史思雨和孙静春^[2]分析了贸易信贷对缓解双渠道供应链中渠道冲突的影响。Li 等^[10]分析了在双渠道供应链中,供应商和资金约束制造商在贸易信贷、银行信贷和混合融资(银行信贷和股权融资)三种融资模式下的最优运营决策,并且探讨了均衡融资策略。

对于损失厌恶型供应链运营决策的研究目前主要假设零售商资金充足,如马利军等^[11]分析了损失厌恶型零售商在同时面临供应不确定和需求不确定时的订购及支付策略。部分学者探讨了存在损失厌恶型零售商的供应链协调问题^[12-14]。例如,刘云志和樊治平^[14]分析了存在损失规避型零售商的供应链在市场需求受产品质量影响下的协调问题,得到了分散和集中决策下的最优决策。Hu 等^[15]进一步研究了两种不同供应链结构下零售商具有损失厌恶的协调问题。Yan 等^[16]研究了供应商融资和供应商投资两种模式下的供应链最优运营决策,并进一步讨论了供应链融资均衡。

通过梳理以上文献,发现现有研究存在以下不足:(1)现有关于资金短缺的研究多是在单渠道供应链的研究框架之下,而关于双渠道供应链中企业资金短缺问题的研究目前较少,仅有 Qin 等^[9]、史思雨和孙静春^[2]、Li 等^[10],并且在这些研究中均假定需求是确定的。然而,需求的不确定难以避免。故本文聚焦于在双渠道供应链和随机需求背景下成员企业面临资金约束如何选择不同的融资方案。(2)以往关于供应链金融的研究大多假设决策者为损失中性,然而,当企业面对不确定的需求时,其难以对损失保持中性的态度,故本文考虑了当资金约束的零售商是损失厌恶时,双渠道供应链融资策略的变化。

本文的贡献主要体现在:(1)钟远光等^[3]仅以资金约束的零售商为分析对象,得出在大多数情形下内部融资优于银行信贷,但并未给出具体边界条件。本文进一步在双渠道供应链中,以零售商和制造商为分析对象,站在两者利润(或效用)同时提升的视角,即帕累托改进,得到了不同条件下供应链均衡融资策略。(2)在双渠道供应链融资的研究中,Li 等^[10]剖析了均衡融资策略,但他们的研究结论中仅以融资利率和消费者的产品偏好为条件。本文在其基础上考虑了零售商的初始资金、消费者的零售渠道偏好和损失厌恶系数等因素对双渠道均衡融资策略的影响。他们得出银行信贷策略不会是均衡融资策略,与之不同,本文发现零售商的初始资金较大、消费者的零售渠道偏好较大或损失厌恶系数较大时,银行信贷是双渠道供应链的均衡融资策略。

基于上述研究背景,本文以存在损失厌恶型零售商的双渠道供应链为研究对象,构建制造商主导的 Stackelberg 博弈模型,剖析双渠道供应链各主体在贸易信贷和银行信贷两种融资模式下的最优运营决策。此外,通过数值分析探寻零售商的损失厌恶系数、初始资金、消费者的零售渠道偏好和需求不确定对供应链运营决策和融资策略的影响。

模型构建

在由一个制造商和一个零售商组成的供应链系统中,上游制造商是损失中性的并通过双渠道(网络直销渠道和传统零售渠道)销售产品,而下游零售商是资金短缺的并具有损失厌恶的态度。存在以下两种融资模式:(1)贸易信贷——初始资金为 B 的零售商订货时以批发价格 w 支付部分货款,剩余货款在销售期结束后再支付给制造商。(2)银行信贷——零售商在订货前以利率 r_b 向银行贷款用于支付货款,销售完成后向银行归还贷款本息。制造商采用按订单生产模式将产品批发给零售商,零售商的订购量为 q 。本文假定制造商处于核心地位,属于主导者,与零售商进行 Stackelberg 博弈。

在管理实践中,部分厂商采用双渠道统一定价的策略,如戴尔公司在官网上将每款笔记本电脑的直销价格设定为与传统线下渠道相同的销售价格^[17]。并且,在理论研究中,学者们认为差异化定价策略是导致渠道冲突的主要原因。更为重要的是,Lu 和 Liu^[18]发现在线上线下统一定价策略下,供应链各主体的利润更高。因此,部分学者在双渠道供应链的研究中采用统一定价策略。基于以上实践和理论两方面的考虑,本文假定,制造商提出了双渠道统一定价的方案,即零售渠道和直销渠道的销售价格均为 p ,且 $p > w$ 。借鉴杜文意等^[19]的研究,假定零售商是价格接受者,即销售价格为外生变量。制造商的生产成本为 c 。参考 Li 等^[20]的研究,零售渠道的需求函数为 $d_r = \theta \tilde{D}$,网络直销渠道的需求函数为 $d_m = (1 - \theta) \tilde{D}$ 。其中, θ 为零售渠道偏好系数, $(1 - \theta)$ 为直销渠道的偏好系数, $\tilde{D}$ 为市场需求。由于市场需求的不确定性,即 $\tilde{D} = D + \varepsilon$ 。其中, D 为基本市场需求, ε 为需求随机部分。 $F(\varepsilon)$ 和 $f(\varepsilon)$ 分别为 ε 的累积分布函数和概率密度函数, ε 的互补累积分布函数为 $\bar{F}(\varepsilon) = 1 - F(\varepsilon)$,且 $h(\varepsilon) = \frac{f(\varepsilon)}{\bar{F}(\varepsilon)}$ 是 ε 的增函数。

采用前景理论的 loss-averse 模型^[20]对损失厌恶型零售商进行刻画,则其具有以下分段效用函数:

$$U_j = \begin{cases} \pi_j, \pi_j \geq 0 \\ \lambda \pi_j, \pi_j < 0 \end{cases}, j = t, b \quad (1)$$

其中, λ 表示零售商的损失厌恶系数, $\lambda \geq 1$ 。 $\lambda = 1$ 表示零售商为损失中性, $\lambda > 1$ 表示零售商为损失厌恶。 λ 值越大, 则表明零售商对损失的厌恶程度越高。 t 和 b 分别表示贸易信贷和银行信贷。

贸易信贷决策模型

1、零售商的决策

制造商首先制定批发价格 w_t , 零售商再决定订购量 q_t 。在贸易信贷模式下, 资金短缺的零售商在订货初期用初始资金 B 支付一部分货款, 剩余货款 $w_t q_t - B$ 在销售季末付清。零售商破产和损失厌恶的需求阈值分别为 $x_{1t} = \frac{w_t q_t - B}{p\theta}$ 和 $x_{2t} = \frac{w_t q_t}{p\theta}$ 。当 $\varepsilon < x_{1t} - D$ 时, 零售商破产并将所有收入支付给制造商。当 $x_{1t} - D \leq \varepsilon < x_{2t} - D$ 时, 零售商获得的利润为 $pd_r - w_t q_t < 0$ 。当 $x_{2t} - D \leq \varepsilon < \frac{q_t}{\theta} - D$ 时, 零售商获得的利润为 $pd_r - w_t q_t \geq 0$ 。当 $\varepsilon \geq \frac{q_t}{\theta} - D$ 时, 零售商获得的利润为 $p q_t - w_t q_t > 0$ 。所以, 损失厌恶型零售商在贸易信贷模式下的期望效用函数为:

$$EU_t = \lambda \int_{-\infty}^{x_{1t}-D} -B f(\varepsilon) d\varepsilon + \lambda \int_{x_{1t}-D}^{x_{2t}-D} (pd_r - w_t q_t) f(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{x_{2t}-D}^{\frac{q_t}{\theta}-D} (pd_r - w_t q_t) f(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{\frac{q_t}{\theta}-D}^{+\infty} (p q_t - w_t q_t) f(\varepsilon) d\varepsilon \quad (2)$$

命题 1 在贸易信贷模式下, 损失厌恶型零售商的最优订购量为:

$$w_t [(\lambda - 1) \bar{F}(x_{2t} - D) - \lambda \bar{F}(x_{1t} - D)] + p \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D) + w_t - p = 0 \quad (3)$$

证明: 对式(2)求解可得零售商的期望效用函数为:

$$EU_t = -B \lambda F(\varepsilon) \Big|_{-\infty}^{x_{1t}-D} + \lambda (p\theta - w_t q_t) F(\varepsilon) \Big|_{x_{1t}-D}^{x_{2t}-D} + \lambda p \theta \varepsilon F(\varepsilon) \Big|_{x_{1t}-D}^{x_{2t}-D} - \lambda p \theta \int_{x_{1t}-D}^{x_{2t}-D} F(\varepsilon) d\varepsilon + (p\theta D - w_t q_t) F(\varepsilon) \Big|_{x_{2t}-D}^{\frac{q_t}{\theta}-D} + p \theta \varepsilon F(\varepsilon) \Big|_{x_{2t}-D}^{\frac{q_t}{\theta}-D} - p \theta \int_{x_{2t}-D}^{\frac{q_t}{\theta}-D} F(\varepsilon) d\varepsilon + (p q_t - w_t q_t) F(\varepsilon) \Big|_{\frac{q_t}{\theta}-D}^{+\infty}$$

分别求上式关于 q_t 的一阶导数和二阶导数, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{dEU_t}{dq_t} &= w_t [(\lambda - 1) \bar{F}(x_{2t} - D) - \lambda \bar{F}(x_{1t} - D)] + p \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D) + w_t - p \\ \frac{d^2EU_t}{dq_t^2} &= \frac{1}{p\theta} [w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2 (\lambda - 1) f(x_{2t} - D)] - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D) \end{aligned}$$

将 $f(\varepsilon) = h(\varepsilon) \bar{F}(\varepsilon)$ 代入上式可得:

$$\begin{aligned} \frac{d^2EU_t}{dq_t^2} &= \frac{1}{p\theta} [w_t^2 \lambda [h(x_{1t} - D) \bar{F}(x_{1t} - D) - h(x_{2t} - D) \bar{F}(x_{2t} - D)] + \\ &\quad w_t^2 h(x_{2t} - D) \bar{F}(x_{2t} - D) - p^2 h(\frac{q_t}{\theta} - D) \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D)] \end{aligned}$$

因为 $\bar{F}(x_{1t} - D) > \bar{F}(x_{2t} - D) > \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D)$, 对上式进行缩放可得:

$$\frac{d^2EU_t}{dq_t^2} \approx \frac{1}{p\theta} [w_t^2 \lambda \bar{F}(x_{2t} - D) [h(x_{1t} - D) - h(x_{2t} - D)] - \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D) [p^2 h(\frac{q_t}{\theta} - D) - w_t^2 h(x_{2t} - D)]]$$

因为 $p > w$, 对上式再次缩放可得:

$$\frac{d^2EU_t}{dq_t^2} \approx \frac{1}{p\theta} [w_t^2 \lambda \bar{F}(x_{2t} - D) [h(x_{1t} - D) - h(x_{2t} - D)] - \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D) w_t^2 [h(\frac{q_t}{\theta} - D) - h(x_{2t} - D)]]$$

由于 $h(\varepsilon)$ 为 ε 的增函数且 $x_{1t} - D < x_{2t} - D < \frac{q_t}{\theta} - D$, 则 $h(x_{1t} - D) < h(x_{2t} - D) < h(\frac{q_t}{\theta} - D)$ 。进而可得 $\frac{d^2EU_t}{dq_t^2} < 0$, 即

EU_n 是关于 q_t 的凹函数。由 $\frac{dw_t q_t}{dq_t} = 0$ 可得最优订购量 q_t 满足的条件为: $w_t [(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2t} - D) - \lambda \bar{F}(x_{1t} - D)] + p \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D) + w_t - p = 0$ 。证毕。

命题 1 表明, 损失厌恶型零售商在贸易信贷模式下的最优订购量与初始资金、损失厌恶系数、零售渠道偏好系数及批发价格相关。当零售商的初始资金 $B=0$ 时, 最优订购量与损失厌恶系数无关。这是因为在无初始资金的情形下, 零售商将全部的风险转移给制造商。如果零售商无法还清制造商货款, 则宣布破产, 收入为零。此时, 零售商没有损失, 因此其决策不受损失厌恶系数的影响。通过进一步分析可得损失厌恶型零售商在贸易信贷下订购决策的变化规律, 如推论 1 所示。

推论 1 q_t 在贸易信贷模式下的单调性:

- ①零售商最优订购量关于批发价格 w_t 单调递减, 即 $\frac{dq_t}{dw_t} < 0$ 。
- ②零售商最优订购量关于损失厌恶系数 λ 单调递减, 即 $\frac{dq_t}{d\lambda} < 0$ 。
- ③零售商最优订购量关于初始资金 B 单调递减, 即 $\frac{dq_t}{dB} < 0$ 。
- ④零售商最优订购量关于消费者对零售渠道的偏好系数 θ 单调递增, 即 $\frac{dq_t}{d\theta} > 0$ 。

证明: ①根据命题 1, 求 q_t 关于 w_t 的一阶导数, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{dq_t}{dw_t} &= \frac{p\theta\lambda\bar{F}(x_{1t} - D) - \lambda w_t q_t f(x_{1t} - D) - p\theta(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2t} - D) + w_t q_t(\lambda - 1)f(x_{2t} - D)}{w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)} \\ &= \frac{\lambda\bar{F}(x_{1t} - D)[p\theta - w_t q_t h(x_{1t} - D)] - (\lambda - 1)\bar{F}(x_{2t} - D)[p\theta - w_t q_t h(x_{2t} - D)]}{w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)} \end{aligned}$$

已知 $\lambda > 1$, $F(\varepsilon)$ 和 $h(\varepsilon)$ 是关于 ε 的增函数, 所以 $\bar{F}(x_{1t} - D) > \bar{F}(x_{2t} - D)$ 、 $h(x_{1t} - D) < h(x_{2t} - D)$, 可得 $\frac{dq_t}{dw_t} < 0$ 。

②求 q_t 关于 λ 的一阶导数, 可得:

$$\frac{dq_t}{d\lambda} = \frac{p\theta w_t [\bar{F}(x_{1t} - D) - \bar{F}(x_{2t} - D)]}{w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)}$$

因为 $\bar{F}(x_{1t} - D) > \bar{F}(x_{2t} - D)$, 所以 $\frac{dq_t}{d\lambda} < 0$ 。

③求 q_t 关于 B 的一阶导数, 可得:

$$\frac{dq_t}{dB} = \frac{\lambda w_t f(x_{1t} - D)}{w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)}$$

因为 $f(x_{1t} - D) > 0$, 所以 $\frac{dq_t}{dB} < 0$ 。

④求 q_t 关于 θ 的一阶导数, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{dq_t}{d\theta} &= \frac{\theta p w_t x_{1t} \lambda f(x_{1t} - D) - \theta p w_t x_{2t}(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 q_t f(\frac{q_t}{\theta} - D)}{\theta [w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)]} \\ &= \frac{\theta p w_t(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2t} - D)[x_{1t} h(x_{1t} - D) - x_{2t} h(x_{2t} - D)]}{\theta [w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)]} + \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_t}{\theta} - D)[\theta x_{1t} h(x_{1t} - D) - q_t h(\frac{q_t}{\theta} - D)]}{\theta [w_t^2 \lambda f(x_{1t} - D) - w_t^2(\lambda - 1)f(x_{2t} - D) - p^2 f(\frac{q_t}{\theta} - D)]} \end{aligned}$$

因为 $x_{1t}-D < x_{2t}-D < \frac{q_t}{\theta}-D$, $h(x_{1t}-D) < h(x_{2t}-D) < h(\frac{q_t}{\theta}-D)$, 所以 $\frac{dq_t}{d\theta} > 0$ 。证毕。

推论 1 表明,在双渠道供应链中,批发价格、初始资金和损失厌恶系数对于损失厌恶型零售商的订购决策具有负向影响,消费者对零售渠道的偏好系数对于损失厌恶型零售商的订购决策具有正向影响。随着零售商初始资金的增大,其向制造商延期支付的货款减少,承担的风险增大,因此零售商会选择订购较少的产品来降低风险。随着损失厌恶系数的增加,零售商对于未来面临的损失更加厌恶,因此会选择更加保守的策略即减少订购量。当消费者对零售渠道的偏好系数增加时,零售商会通过订购更多的产品来满足零售渠道不断增加的需求。

2、制造商的决策

基于损失厌恶型零售商的最优决策,制造商允许零售商在销售季末支付剩余货款 $w_t q_t - B$, 所以制造商的期望利润函数为:

$$\pi_{mt} = E\{\min[p\min(q_t, d_t), w_t q_t - B] + B + p d_m - c(q_t + d_m)\} \quad (4)$$

命题 2 在贸易信贷模式下,制造商的最优批发价格为:

$$p\bar{F}(x_{1t}-D)\bar{F}(\frac{q_t}{\theta}-D)[1-\frac{q_t}{\theta}h(\frac{q_t}{\theta}-D)] - c\{\lambda\bar{F}(x_{1t}-D)[1-\frac{w_t q_t}{p\theta}h(x_{1t}-D)] - (\lambda-1)\bar{F}(x_{2t}-D)[1-\frac{w_t q_t}{p\theta}h(x_{2t}-D)]\} = 0 \quad (5)$$

证明:由式(4)可得 $\pi_{mt} = (1-F(x_{1t}-D))w_t q_t + B + 2p(1-\theta)D - c(q_t + 2(1-\theta)D)$ 。由命题 1 可知,批发价格和订购量是一一对应的关系,故制造商决定批发价格等价于决定订购量。 π_{mt} 关于 q_t 的一阶导数为 $\frac{d\pi_{mt}}{dq_t} =$

$$\bar{F}(x_{1t}-D)\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t} - c, \pi_{mt} \text{ 关于 } q_t \text{ 的二阶导数为 } \frac{d^2\pi_{mt}}{dq_t^2} = -\frac{1}{p\theta}f(x_{1t}-D)(\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t})^2 + \bar{F}(x_{1t}-D)\frac{\partial^2 w_t q_t}{\partial q_t^2}。$$

由命题 1 解得:

$$\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t} = \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_t}{\theta}-D)[\theta - q_t h(\frac{q_t}{\theta}-D)]}{\lambda \bar{F}(x_{1t}-D)[p\theta - w_t q_t h(x_{1t}-D)] - (\lambda-1)\bar{F}(x_{2t}-D)[p\theta - w_t q_t h(x_{2t}-D)]}$$

$$\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t} \approx \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_t}{\theta}-D)[\theta - q_t h(\frac{q_t}{\theta}-D)]}{(\lambda-1)\bar{F}(x_{2t}-D)w_t q_t[h(x_{2t}-D) - h(x_{1t}-D)]}$$

此时只需判断分子正负。令 $\tilde{q}_t$ 为 $\theta - q_t h(\frac{q_t}{\theta}-D)$ 的根,当 $q_t \leq \tilde{q}_t$ 时, $\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t} \geq 0$; 当 $q_t > \tilde{q}_t$ 时, $\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t} < 0$ 。所以,

$w_t q_t$ 是关于 q_t 的凹函数,则 $\frac{\partial^2 w_t q_t}{\partial q_t^2} < 0$, 从而 $\frac{d^2\pi_{mt}}{dq_t^2} < 0$, 即 π_{mt} 是关于 q_t 的凹函数。将 $\frac{\partial w_t q_t}{\partial q_t}$ 代入 $\frac{d\pi_{mt}}{dq_t}$, 可得:

$$\frac{d\pi_{mt}}{dq_t} = \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_t}{\theta}-D)\bar{F}(x_{1t}-D)[\theta - q_t h(\frac{q_t}{\theta}-D)]}{\lambda \bar{F}(x_{1t}-D)[p\theta - w_t q_t h(x_{1t}-D)] - (\lambda-1)\bar{F}(x_{2t}-D)[p\theta - w_t q_t h(x_{2t}-D)]} - c。由此可知,制造商在贸易信贷下的最优批发价格满足的条件为:$$

$$p\bar{F}(x_{1t}-D)\bar{F}(\frac{q_t}{\theta}-D)[1-\frac{q_t}{\theta}h(\frac{q_t}{\theta}-D)] - c\{\lambda\bar{F}(x_{1t}-D)[1-\frac{w_t q_t}{p\theta}h(x_{1t}-D)] - (\lambda-1)\bar{F}(x_{2t}-D)[1-\frac{w_t q_t}{p\theta}h(x_{2t}-D)]\} = 0$$

证毕。

由命题 2 可知,当资金约束的损失厌恶型零售商向制造商寻求融资服务时,制造商制定的批发价格与损失厌恶系数相关。当零售商无初始资金即 $B=0$ 时,零售商的订购量和损失厌恶系数无关,故制造商的批发价格也与损失厌恶系数无关。当零售商有一定的初始资金即 $B>0$ 时,制造商制定的批发价格与初始资金、损失厌恶系数、零售渠道偏好系数及订购量有关。

银行信贷决策模型

1、零售商的决策

在银行信贷模式下,拥有初始资金 B 的零售商先向银行贷款并且将所有的货款 $w_b q_b$ 一次性支付给制造商,在销售季末向银行付清本息 $(w_b q_b - B)(1 + r_b)$ 。零售商破产和损失厌恶的需求阈值分别为 $x_{1b} = \frac{(w_b q_b - B)(1 + r_b)}{p\theta}$ 和 $x_{2b} = \frac{(w_b q_b - B)(1 + r_b) + B}{p\theta}$ 。当 $\varepsilon < x_{1b} - D$ 时,零售商面临破产并把所有的收入支付给银行。

当 $x_{1b} - D \leq \varepsilon < x_{2b} - D$ 时,零售商获得的利润为 $pd_r - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B < 0$ 。当 $x_{2b} - D \leq \varepsilon < \frac{q_b}{\theta} - D$ 时,零售商获得的利润为 $pd_r - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B \geq 0$ 。当 $\varepsilon \geq \frac{q_b}{\theta} - D$ 时,零售商获得的利润为 $pq_b - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B > 0$ 。所以,损失厌恶型零售商在银行信贷模式下的期望效用函数为:

$$EU_{rb} = \lambda \int_{-\infty}^{x_{1b}-D} -Bf(\varepsilon) d\varepsilon + \lambda \int_{x_{1b}-D}^{x_{2b}-D} (pd_r - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B)f(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{x_{2b}-D}^{\frac{q_b}{\theta}-D} (pd_r - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B)f(\varepsilon) d\varepsilon + \int_{\frac{q_b}{\theta}-D}^{+\infty} (pq_b - (w_b q_b - B)(1 + r_b) - B)f(\varepsilon) d\varepsilon \quad (6)$$

命题 3 在银行信贷模式下,损失厌恶型零售商的最优订购量为:

$$w_b(1 + r_b) [(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2b} - D) - \lambda\bar{F}(x_{1b} - D)] + p\bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) = 0 \quad (7)$$

证明:对式(7)求解可得零售商的期望效用函数为:

$$EU_{rb} = -B\lambda F(\varepsilon) \Big|_{-\infty}^{x_{1b}-D} + \lambda(p\theta D - w_b q_b)F(\varepsilon) \Big|_{x_{1b}-D}^{x_{2b}-D} + \lambda p\theta \varepsilon F(\varepsilon) \Big|_{x_{1b}-D}^{x_{2b}-D} - \lambda p\theta \int_{x_{1b}-D}^{x_{2b}-D} F(\varepsilon) d\varepsilon + (p\theta D - w_b q_b)F(\varepsilon) \Big|_{\frac{q_b}{\theta}-D}^{x_{2b}-D} + p\theta \varepsilon F(\varepsilon) \Big|_{\frac{q_b}{\theta}-D}^{x_{2b}-D} - p\theta \int_{\frac{q_b}{\theta}-D}^{x_{2b}-D} F(\varepsilon) d\varepsilon$$

对上式分别求 EU_{rb} 关于 q_b 的一阶导数和二阶导数,可得:

$$\frac{dEU_{rb}}{dq_b} = w_b(1 + r_b) [(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2b} - D) - \lambda\bar{F}(x_{1b} - D)] + p\bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D)$$

$$\frac{d^2EU_{rb}}{dq_b^2} = \frac{1}{P\theta} [\lambda w_b^2(1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2(\lambda - 1)(1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - P^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)]$$

因为 $f(\varepsilon) = \bar{F}(\varepsilon)h(\varepsilon)$ 且 $\bar{F}(x_{1b} - D) > \bar{F}(x_{2b} - D) > \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D)$, 对订购量的二阶导进行缩放,可得:

$$\frac{d^2EU_{rb}}{dq_b^2} \approx \frac{w_b^2(1 + r_b)^2}{P\theta} (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) [h(x_{1b} - D) - h(x_{2b} - D)] + \frac{1}{\theta} \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) [\frac{w_b^2(1 + r_b)^2}{P} h(x_{2b} - D) - Ph(\frac{q_b}{\theta} - D)]$$

$$\approx \frac{w_b^2(1 + r_b)^2}{P\theta} (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) [h(x_{1b} - D) - h(x_{2b} - D)] - \frac{1}{\theta} \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) \frac{w_b^2(1 + r_b)^2}{P} [h(\frac{q_b}{\theta} - D) - h(x_{2b} - D)]$$

进而可得 $\frac{d^2EU_{rb}}{dq_b^2} < 0$, 即 EU_{rb} 是关于 q_b 的凹函数。由 $\frac{dEU_{rb}}{dq_b} = 0$, 可得最优订购量 q_b 满足的条件为: $w_b(1 +$

$r_b) [(\lambda - 1)\bar{F}(x_{2b} - D) - \lambda\bar{F}(x_{1b} - D)] + p\bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) = 0$ 。证毕。

命题 3 表明,在银行信贷模式下,双渠道供应链中损失厌恶型零售商的最优订购量受银行利率的影响。此外,零售商订购量的增加会使其获得较低的边际成本。根据命题 3,可得损失厌恶型零售商在银行信贷模式下订购决策的变化规律。

推论2 q_b 在银行信贷模式下的单调性:

①零售商最优订购量关于批发价格 w_b 单调递减,即 $\frac{dq_b}{dw_b} < 0$ 。

②零售商最优订购量关于损失厌恶系数 λ 单调递减,即 $\frac{dq_b}{d\lambda} < 0$ 。

③零售商最优订购量关于初始资金 B 单调递减,即 $\frac{dq_b}{dB} < 0$ 。

④零售商最优订购量关于银行利率 r_b 单调递减,即 $\frac{dq_b}{dr_b} < 0$ 。

⑤零售商最优订购量关于消费者对零售渠道的偏好系数 θ 单调递增,即 $\frac{dq_b}{d\theta} > 0$ 。

证明:①根据命题3,求 q_b 关于 w_b 的一阶导数,可得:

$$\begin{aligned} \frac{dq_b}{dw_b} &= \frac{p\theta(1+r_b)[\lambda\bar{F}(x_{1b}-D) - (\lambda-1)\bar{F}(x_{2b}-D)] + w_b q_b(1+r_b)^2[(\lambda-1)f(x_{2b}-D) - \lambda f(x_{1b}-D)]}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} \\ &= \frac{\lambda(1+r_b)\bar{F}(x_{1b}-D)[p\theta - w_b q_b(1+r_b)h(x_{1b}-D)]}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} - \\ &\quad \frac{(\lambda-1)(1+r_b)\bar{F}(x_{2b}-D)[p\theta - w_b q_b(1+r_b)h(x_{2b}-D)]}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} \end{aligned}$$

已知 $\lambda > 1$, $F(\varepsilon)$ 和 $h(\varepsilon)$ 是关于 ε 的增函数,所以 $\bar{F}(x_{1b}-D) > \bar{F}(x_{2b}-D)$ 和 $h(x_{1b}-D) < h(x_{2b}-D)$, 可得 $\frac{dq_b}{dw_b} < 0$ 。

②求 q_b 关于 λ 的一阶导数,可得:

$$\frac{dq_b}{d\lambda} = \frac{p\theta w_b(1+r_b)[\bar{F}(x_{1b}-D) - \bar{F}(x_{2b}-D)]}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)}$$

因为 $\bar{F}(x_{1b}-D) > \bar{F}(x_{2b}-D)$, 所以 $\frac{dq_b}{d\lambda} < 0$ 。

③求 q_b 关于 B 的一阶导数,可得:

$$\begin{aligned} \frac{dq_b}{dB} &= \frac{-w_b(1+r_b)^2(\lambda-1)f(x_{2b}-D) + w_b(1+r_b)(\lambda-1)f(x_{2b}-D) + w_b(1+r_b)^2\lambda f(x_{1b}-D)}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} \\ &= \frac{w_b(1+r_b)^2(\lambda-1)[1 - \frac{f(x_{2b}-D)}{\bar{F}(x_{1b}-D)}] + w_b(1+r_b)(\lambda-1)f(x_{2b}-D) + w_b(1+r_b)^2\lambda f(x_{1b}-D)}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} \end{aligned}$$

已知 $\bar{F}(x_{1b}-D) > \bar{F}(x_{2b}-D)$, $1 - \frac{f(x_{2b}-D)}{\bar{F}(x_{1b}-D)} > 1 - h(x_{2b}-D) \geq 0$, 所以 $\frac{dq_b}{dB} < 0$ 。

④求 q_b 关于 r_b 的一阶导数,可得:

$$\frac{dq_b}{dr_b} = \frac{p\theta w_b \lambda [\bar{F}(x_{1b}-D) - x_{1b}f(x_{1b}-D)] - p\theta w_b(\lambda-1)[\bar{F}(x_{2b}-D) - x_{1b}f(x_{2b}-D)]}{\lambda w_b^2(1+r_b)^2 f(x_{1b}-D) - w_b^2(\lambda-1)(1+r_b)^2 f(x_{2b}-D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)}$$

$$= \frac{p\theta w_b \lambda \bar{F}(x_{1b} - D) [1 - x_{1b} h(x_{1b} - D)] - p\theta w_b (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) [1 - x_{1b} h(x_{2b} - D)]}{\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)}$$

已知 $\bar{F}(x_{1b} - D) > \bar{F}(x_{2b} - D)$ 和 $h(x_{1b} - D) < h(x_{2b} - D)$, 所以 $\frac{dq_b}{dr_b} < 0$ 。

⑤求 q_b 关于 θ 的一阶导数, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{dq_b}{d\theta} &= \frac{\lambda p\theta w_b (1 + r_b) x_{1b} f(x_{1b} - D) - p\theta w_b (1 + r_b) (\lambda - 1) x_{2b} f(x_{2b} - D) - p^2 q_b f(\frac{q_b}{\theta} - D)}{\theta [\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)]} \\ &= \frac{p\theta w_b (1 + r_b) (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) [x_{1b} h(x_{1b} - D) - x_{2b} h(x_{2b} - D)]}{\theta [\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)]} + \\ &\quad \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) [\theta x_{1b} h(x_{1b} - D) - q_b h(\frac{q_b}{\theta} - D)]}{\theta [\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)]} \end{aligned}$$

因为 $x_{1b} - D < x_{2b} - D < \frac{q_b}{\theta} - D$, $h(x_{1b} - D) < h(x_{2b} - D) < h(\frac{q_b}{\theta} - D)$, 所以 $\frac{dq_b}{d\theta} > 0$ 。证毕。

推论 2 表明, 在双渠道供应链中, 损失厌恶型零售商在银行信贷模式下的最优订购量与批发价格、初始资金、损失厌恶系数和零售渠道偏好系数相关。当银行利率增大时, 会增加零售商的融资成本和破产风险。对于一个理性的零售商而言, 当银行利率较高时, 其会减少订购量。

2、制造商的决策

在银行信贷模式下, 零售商将贷款 $w_b q_b$ 一次性支付给制造商, 所以制造商的期望利润函数为:

$$\pi_{mb} = E \{ w_b q_b + p d_m - c(q_b + d_m) \} \quad (8)$$

命题 4 在银行信贷模式下, 制造商的最优批发价格为:

$$\begin{aligned} p \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) [1 - \frac{q_b}{\theta} h(\frac{q_b}{\theta} - D)] - c(1 + r_b) \{ \lambda \bar{F}(x_{1b} - D) [1 - \frac{w_b q_b (1 + r_b)}{p\theta} h(x_{1b} - D)] - \\ (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) [1 - \frac{w_b q_b (1 + r_b)}{p\theta} h(x_{2b} - D)] \} = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

证明: 制造商期望利润函数为 $\pi_{mb} = w_b q_b + p(1 - \theta)D - c(q_b + 2(1 - \theta)D)$ 。

$\frac{d\pi_{mb}}{dw_b} = (w_b - c) \frac{dq_b}{dw_b} + q_b$, $\frac{d^2\pi_{mb}}{dw_b^2} = (w_b - c) \frac{d^2q_b}{dw_b^2} + 2 \frac{dq_b}{dw_b}$ 。类似于 Zhang 等^[21], 可得 $\frac{d^2\pi_{mb}}{dw_b^2} < 0$, 因此 π_{mb} 是关于 w_b

的凹函数。将 $\frac{dq_b}{dw_b}$ 代入 $\frac{d\pi_{mb}}{dw_b}$, 可得:

$$\begin{aligned} \frac{d\pi_{mb}}{dw_b} &= \frac{p^2 \bar{F}(\frac{q_b}{\theta} - D) [\theta - q_b h(\frac{q_b}{\theta} - D)]}{\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} - \\ &\quad \frac{c\lambda (1 + r_b) \bar{F}(x_{1b} - D) [p\theta - w_b q_b (1 + r_b) h(x_{1b} - D)]}{\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} - \\ &\quad \frac{c(\lambda - 1) (1 + r_b) \bar{F}(x_{2b} - D) [p\theta - w_b q_b (1 + r_b) h(x_{2b} - D)]}{\lambda w_b^2 (1 + r_b)^2 f(x_{1b} - D) - w_b^2 (\lambda - 1) (1 + r_b)^2 f(x_{2b} - D) - p^2 f(\frac{q_b}{\theta} - D)} \end{aligned}$$

令 $\frac{d\pi_{mb}}{dw_b} = 0$, 可得制造商在银行信贷模式下的最优批发价格 w_b 满足的条件为:

$$p \bar{F}\left(\frac{q_b}{\theta} - D\right) \left[1 - \frac{q_b}{\theta} h\left(\frac{q_b}{\theta} - D\right)\right] - c(1 + r_b) \left\{ \lambda \bar{F}(x_{1b} - D) \left[1 - \frac{w_b q_b (1 + r_b)}{p\theta} h(x_{1b} - D)\right] - \right. \\ \left. (\lambda - 1) \bar{F}(x_{2b} - D) \left[1 - \frac{w_b q_b (1 + r_b)}{p\theta} h(x_{2b} - D)\right] \right\} = 0$$

证毕。

由命题4可知,在银行信贷模式下,当零售商无初始资金即 $B=0$ 时,制造商的最优批发价格和损失厌恶系数无关。当零售商有一定的初始资金即 $B>0$ 时,批发价格与初始资金、损失厌恶系数、零售渠道偏好系数、银行利率及订购量有关。

数值分析

由于制造商在贸易信贷下的批发价格表达式较为复杂,无法直接比较制造商在两种融资模式下的期望利润函数,因此,本部分通过采用数值分析的方法来进行深入探讨。假设随机需求 ε 服从均匀分布, $\varepsilon \sim U(-A, A)$ 。相关参数赋值如下: $p=50, c=10, \theta=0.6, r_b=0.1, D=50, A=50$ 。

(1) 初始资金对供应链成员期望利润或期望效用的影响

图1(a)揭示了当零售商的损失厌恶系数 $\lambda=2$ 时,制造商的期望利润在两种融资模式下随初始资金 B 的变化规律。制造商在两种融资模式下的利润均随着零售商初始资金的增加而减少,并且当零售商的初始资金 $B \leq 1097.1$ 时,相比于银行信贷,制造商在贸易信贷下可以获得更多的利润。此时,制造商会向零售商提供贸易信贷。当零售商的初始资金 $B > 1097.1$ 时,相比于贸易信贷,制造商在银行信贷下可以获得更多的利润。此时,制造商不愿意提供贸易信贷。图1(b)揭示了当零售商的损失厌恶系数 $\lambda=2$ 时,零售商在两种融资模式下的期望效用关于初始资金 B 的变化规律。零售商在两种融资模式下的期望效用均随着初始资金 B 单调递增。因为初始资金越大,零售商利用初始资金订购的产品数量越多。此时,零售商获得的期望效用越大。由图1(a)和图1(b)可知,当零售商的初始资金较大时,零售商和制造商均偏向于银行信贷。当零售商的初始资金较小时,制造商偏向于贸易信贷,零售商偏向于银行信贷。此外,制造商作为主导者,需要采取一定措施来刺激零售商接受贸易信贷。

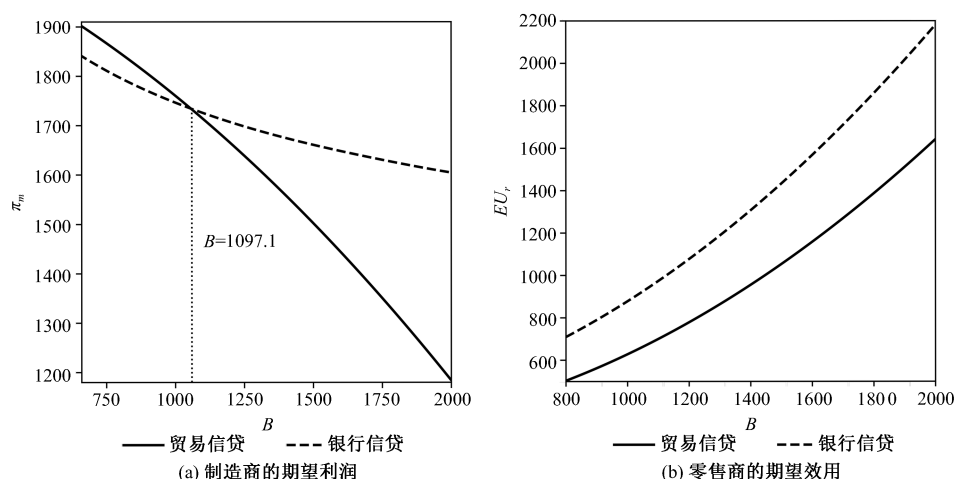


图1 供应链成员的期望利润或期望效用随初始资金的变化 ($\lambda=2$)

(2) 批发价格对供应链成员期望利润或期望效用的影响

图2(a)揭示了当损失厌恶型零售商的初始资金 $B=800$ 时,制造商在两种融资模式下的利润随批发价格的变化规律。将参数赋值分别代入命题2和命题4中,可解得两种融资模式下的最优批发价格分别为 $w_t=19.0$ 和 $w_b=16.7$ 。再将最优批发价格代入制造商分别在贸易信贷和银行信贷下的期望利润函数式(4)和式(8),可得 $\pi_{mt}=1820.0$ 且 $\pi_{mb}=1797.8$ 。显然制造商选择提供贸易信贷时获利较多。图2(b)展示了当损失厌恶型零售商的初始资金 $B=800$ 时,零售商在两种融资模式下的期望效用随批发价格的变化规律。由图2(b)可知,当制造商提供的批发价格 $14.7 \leq w_t \leq 26.1$ (将参数赋值分别代入命题1和命题3中,解得两种融资模式下的最优订购量,再将其及相关参数赋值分别代入零售商在两种融资模式下的期望效用函数式(2)和式(6)后联立求解可得)时,

零售商愿意接受贸易信贷。由图 2(a)可知,当批发价格 $w_i \geq 13.4$ (将参数赋值分别代入命题 1 和命题 3 中,解得两种融资模式下的最优订购量,再将其及相关参数赋值分别代入制造商在两种融资模式下的期望利润函数式 (4) 和式 (8) 后联立求解可得) 时,制造商愿意提供贸易信贷。因此,将 $14.7 \leq w_i \leq 26.1$ 与 $w_i \geq 13.4$ 取交集,可知当批发价格处于 $[14.7, 26.1]$ 时,制造商愿意提供贸易信贷,零售商愿意接受贸易信贷。

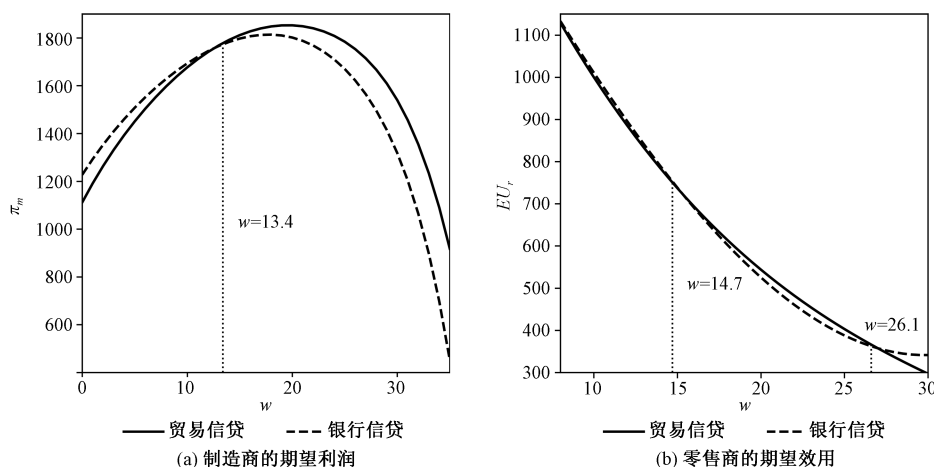


图 2 供应链成员的期望利润或期望效用随批发价格的变化 ($B=800, \lambda=2$)

(3) 损失厌恶系数对供应链的影响

由图 3(a)可知,零售商的最优订购量关于损失厌恶系数单调递减,且相比于贸易信贷,在银行信贷模式下的最优订购量的递减速度较大。因为零售商向制造商寻求融资时,双方共同承担了风险。而零售商向银行贷款时,零售商承担更多的风险,损失厌恶系数越大,零售商越不愿意承担风险,故订购决策更加保守。由图 3(b)可知,贸易信贷下的批发价格大于银行信贷下的批发价格。这是因为制造商在贸易信贷下承担了部分风险,其会提高批发价格以应对未来的不确定性、保证自身利润。随着损失厌恶系数的增加,零售商的订购量减少。制造商为了鼓励零售商增加订购数量,会降低批发价格。由图 3(c)可知,当零售商的损失厌恶系数 $\lambda \leq 3.12$ 时,制造商在贸易信贷模式下的利润大于银行信贷模式下的利润。当零售商的损失厌恶系数 $\lambda > 3.12$ 时,制造商在贸易信贷模式下的利润小于零售商向银行贷款时的利润。此时,制造商不愿提供贸易信贷。图 3(d)揭示了当损失厌恶型零售商的初始资金 $B=1000$ 时,零售商在两种融资模式下的期望效用随损失厌恶系数的变化规律。显然,零售商在两种融资模式下的期望效用均与损失厌恶系数正相关。当损失厌恶系数 $\lambda \leq 3.74$ 时,零售商偏向于贸易信贷。当损失厌恶系数 $\lambda > 3.74$ 时,零售商偏向于银行信贷。图 3(c)和图 3(d)表明损失厌恶系数越小,制造商越愿意提供贸易信贷,相应地,零售商越愿意接受贸易信贷。这是因为损失厌恶系数较小时,零售商的订购量相对较高,承受的风险较大,则更需要制造商分担一部分风险。而消费者对于直销渠道的需求相对较小,造成制造商直销渠道的利润相对较少,制造商向零售商提供贸易信贷来激励零售商增加订购量。当损失厌恶系数较大时,在银行信贷模式下,零售商承担更多的风险,订购更加保守,此时零售商的期望效用大于在贸易信贷下的期望效用。而在银行信贷模式下,制造商不承担任何风险,并且由于零售渠道订购量减少,制造商通过直销渠道获得更多的利润。

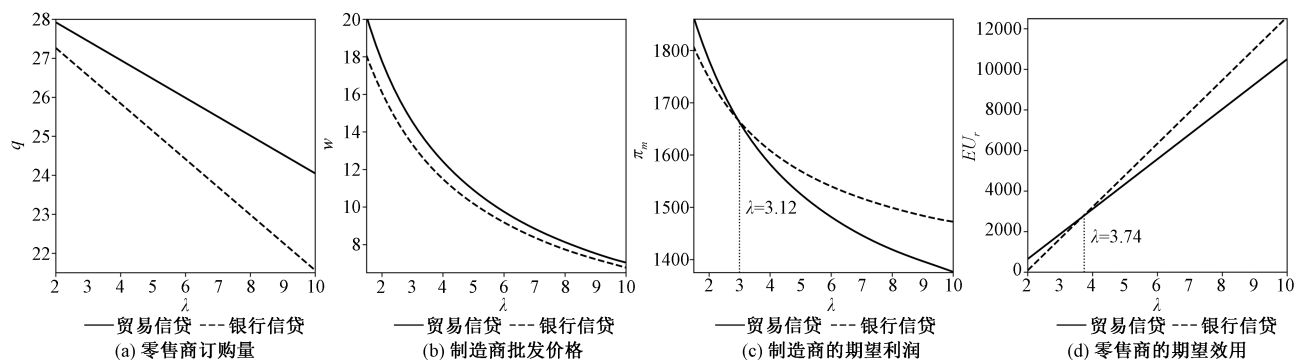


图 3 订购量、批发价格及供应链成员的期望利润或期望效用随损失厌恶系数的变化 ($B=1000$)

(4) 消费者的零售渠道偏好对供应链的影响

图 4 揭示了在双渠道供应链中,消费者的零售渠道偏好对供应链的影响。总体而言,制造商期望利润随

着消费者对零售渠道偏好的增加而降低。与之相反,零售商的期望效用随着消费者对零售渠道偏好的增加而增加。这是由于随着消费者的零售渠道偏好的增加,越来越多的消费者从线下零售商购买产品,从而使得零售商期望效用增加,制造商期望利润降低。值得关注的是,图4(a)表明,只有当消费者的零售渠道偏好较小时,制造商才愿意向零售商提供贸易信贷。这是因为,当消费者的零售渠道偏好较小时,消费者偏向于通过直销渠道购买产品,制造商获利较多。并且,直销渠道吸引了大部分消费者,制造商拥有足够的资金可以通过向零售商提供贸易信贷进一步销售更多的产品。然而,图4(b)表明,无论消费者的零售渠道偏好如何变化,零售商始终更愿意接受银行信贷。这是因为,制造商开通了直销渠道,如果零售商接受制造商的贸易信贷,那么将面临较高的批发价格,导致自身收益降低。综上所述,当消费者的零售渠道偏好较大时,银行信贷是双渠道供应链的均衡融资策略;否则,制造商偏向于贸易信贷,而零售商偏向于银行信贷。

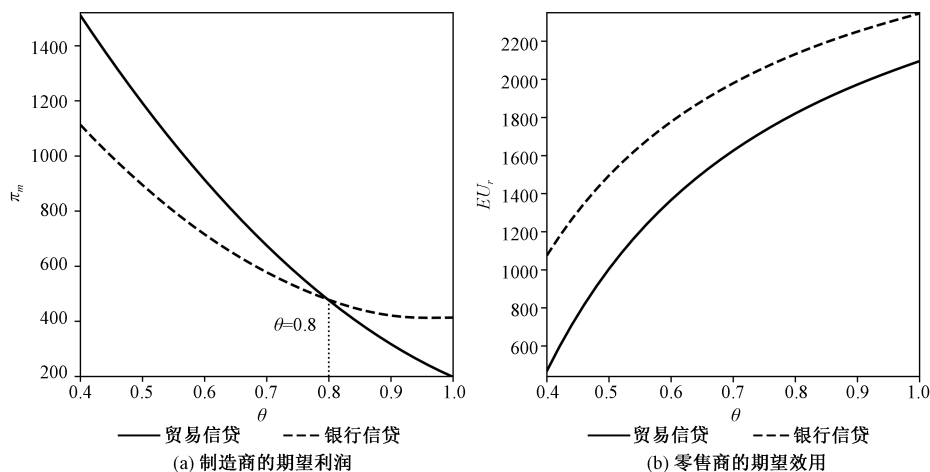


图4 供应链成员的期望利润或期望效用随消费者的零售渠道偏好的变化 ($B=800, \lambda=2$)

(5) 需求随机性对供应链的影响

图5表明,无论在何种融资模式下,制造商的期望利润和零售商的期望效用均随需求随机性的增加而减小。值得注意的是,由于需求波动越大,制造商通过直销渠道获得的利润越不确定,此时制造商难以保证有充足的资金提供贸易信贷。因此,当随机性较大时,制造商不愿意向零售商提供贸易信贷,如图5(a)所示。然而,图5(b)表明,零售商偏向于选择贸易信贷。这是因为需求波动会使得银行收紧对零售商的银行信贷,从而导致零售商选择银行信贷的难度与成本增加。与此同时,零售商通过向制造商申请延期支付,可以将一部分市场波动风险转移出去,从而保证自身利润。简而言之,当需求波动较小时,贸易信贷是双方的均衡融资策略;反之,制造商偏向于银行信贷,零售商偏向于贸易信贷。

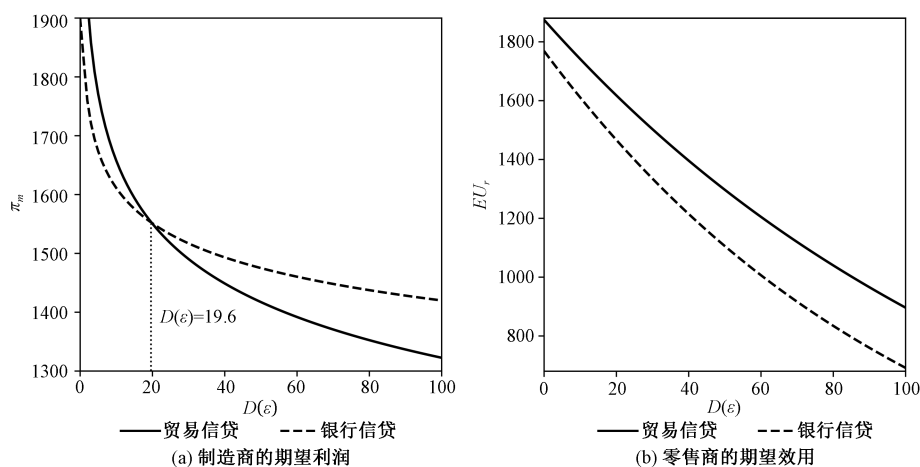


图5 供应链成员的期望利润或期望效用随需求随机性的变化 ($B=800, \lambda=2$)

结 论

本文针对双渠道供应链,考虑零售商的损失厌恶态度,通过构建博弈模型,分别研究了制造商和零售商在贸易信贷和银行信贷下的最优决策。在此基础上,利用数值分析阐述了零售商的损失厌恶系数和初始资金对供应链成员运营和融资决策的影响,得到如下结论:

(1)在两种融资模式下,零售商的最优订购量均关于损失厌恶系数单调递减。且在贸易信贷下,制造商替零售商承担部分风险,零售商订购量的递减速度较小,但同时制造商会制定较高的批发价格来弥补自身承担的风险。

(2)当零售商的损失厌恶系数较小时,制造商愿意提供贸易信贷,零售商也愿意接受贸易信贷,此时融资均衡为贸易信贷;反之,制造商不愿意提供贸易信贷,且零售商在贸易信贷模式下的期望效用小于银行信贷模式下的期望效用,此时融资均衡为银行信贷。

(3)当零售商的初始资金较小时,制造商愿意提供贸易信贷,且当批发价格在一定的区间内时,零售商也愿意接受贸易信贷,此时融资均衡为贸易信贷;反之,制造商不愿意提供贸易信贷,且零售商在贸易信贷模式下的期望效用小于银行信贷模式下的期望效用,此时融资均衡为银行信贷。此外,当消费者的零售渠道偏好较大时,银行信贷是双渠道供应链的均衡融资策略。当需求波动较小时,贸易信贷是双方的均衡融资策略。

本文只考虑了零售商的损失厌恶对双渠道供应链融资策略的影响,进一步研究可以拓展到制造商和零售商同时存在损失厌恶的情形。值得关注的是,虽然本文设定的统一定价策略能够减缓渠道冲突,但现实中部分企业会采用差异化定价,因此,线上直销渠道和线下零售渠道之间的竞争对双渠道供应链均衡融资策略的影响值得后续深入研究。此外,后续相关研究可以考虑将利率这一重要影响因素设置为内生变量加以探讨。

参考文献:

- [1] 郭金森,周永务,嵇凯. 带有资金约束的风险厌恶零售商的双渠道供应链运作策略[J]. 运筹与管理, 2017,26(4):28-36
- [2] 史思雨,孙静春. 基于不同融资方式的双渠道供应链定价决策[J]. 运筹与管理, 2019,28(4):1-8
- [3] 钟远光,周永务,李柏勋,等. 供应链融资模式下零售商的订货与定价研究[J]. 管理科学学报, 2011,14(6):57-67
- [4] 窦亚芹,白少布,储俊. 基于供应商回购激励的供应链投融资协调策略[J]. 管理评论, 2016,28(6):205-215
- [5] 高攀,丁雪峰,覃若兰. 面向资金约束经销商的闭环供应链融资策略[J]. 管理评论, 2021,33(4):306-314
- [6] 林强,史红红,张保银. 销售奖惩和回购策略对保兑仓融资下供应链协调的影响[J]. 管理评论, 2018,30(9):209-217
- [7] Cao E., Du L., Ruan J. Financing Preferences and Performance for an Emission-dependent Supply Chain: Supplier vs. Bank[J]. International Journal of Production Economics, 2019,208:383-399
- [8] 谭喻紫,杨箴. 基于收益共享机制的线上供应链金融最优均衡策略研究[J]. 管理评论, 2019,31(9):241-254
- [9] Qin J., Ren L., Xia L., et al. Pricing Strategies for Dual-channel Supply Chains under a Trade Credit Policy[J]. International Transactions in Operational Research, 2020,27(5):2469-2508
- [10] Li G., Wu H., Xiao S. Financing Strategies for a Capital-constrained Manufacturer in a Dual-channel Supply Chain[J]. International Transactions in Operational Research, 2020,27(5):2317-2339
- [11] 马利军,葛羊亮,薛巍立,等. 不确定环境下损失厌恶零售商的提前支付决策[J]. 系统工程理论与实践, 2015,35(2):315-323
- [12] Chen X., Hao G., Li L. Channel Coordination with a Loss-averse Retailer and Option Contracts[J]. International Journal of Production Economics, 2014,150:52-57
- [13] 张鹏,张杰,马俊. 考虑期望损失厌恶的供应链契约与协调[J]. 管理评论, 2015,27(4):177-186
- [14] 刘云志,樊治平. 考虑损失规避与质量水平的供应链协调契约模型[J]. 系统工程学报, 2017,32(1):89-102
- [15] Hu B., Meng C., Xu D., et al. Three-echelon Supply Chain Coordination with a Loss-averse Retailer and Revenue Sharing Contracts[J]. International Journal of Production Economics, 2016,179:192-202
- [16] Yan N., He X., Liu Y. Financing the Capital-constrained Supply Chain with Loss Aversion: Supplier Finance vs. Supplier Investment[J]. Omega, 2019,88:162-178
- [17] Ding Q., Dong C., Pan Z. A Hierarchical Pricing Decision Process on a Dual-channel Problem with One Manufacturer and One Retailer[J]. International Journal of Production Economics, 2016,175:197-212
- [18] Lu Q., Liu N. Pricing Games of Mixed Conventional and E-commerce Distribution Channels[J]. Computers & Industrial Engineering, 2013,64(1):122-132
- [19] 杜文意,刘晓婧,唐小我. 基于融资需求的损失厌恶零售商订货策略及供应链协调[J]. 中国管理科学, 2019,27(3):96-104

- [20] Li B., Chen P., Li Q., et al. Dual-channel Supply Chain Pricing Decisions with a Risk-averse Retailer[J]. International Journal of Production Research, 2014,52(23):7132-7147
- [21] Zhang B., Wu D., Liang L., et al. Supply Chain Loss Averse Newsboy Model with Capital Constraint[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics Systems, 2015,464(5):646-658

Financing Strategy for a Dual-channel Supply Chain that Faces Loss-averse Retailers and Stochastic Demands

Wang Wenlong¹, Wang Zihao², Zhang Suxian² and Liu Qi³

(1.School of Economics & Management, Northwest A&F University, Yangling 712100;

2.School of Management, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055;

3.School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract: Financing strategies for a dual channel supply chain that faces stochastic demands and loss-averse and financially constrained retailers are studied. By using the Stackelberg game theory, we establish a trade credit model and a bank credit model and then analyze supply chain members' optimal operational decisions under the two financing models. Our numerical analysis reveals the impact of retailers' loss aversion coefficient and initial capital on their decisions. The results show that retailers' optimal order quantity decreases in line with their loss aversion coefficient, and the decline rate of optimal order quantity under bank credit is larger than that under trade credit. When the loss aversion coefficient is relatively large, retailers and manufacturers prefer bank credit. Otherwise, both sides prefer trade credit. When initial capital is relatively large, retailers and manufacturers prefer bank credit. Otherwise, manufacturers prefer trade credit and retailers prefer bank credit. In this case, manufacturers could achieve Pareto improvement of the dual-channel supply chain by limiting the wholesale price to a certain range. In addition, when consumers prefer retail channel, bank credit is an equilibrium financing strategy for a dual-channel supply chain. When demand fluctuation is small, trade credit is an equilibrium financing strategy for both parties.

Key words: dual-channel supply chain, loss-aversion, capital constraint, trade credit, bank credit