

融资结构视角下损失厌恶零售商的订购策略研究

燕汝贞¹, 邱启文¹, 高伟², 吴栩¹

(1. 成都理工大学商学院, 四川 成都 610059;

2. 四川农业大学商学院, 四川 成都 611830)

摘要: 在零售商具有损失厌恶偏好和资金受限的条件下, 研究融资结构、缺货损失和随机需求等因素对零售商订购策略影响问题. 结果表明, 最优订购量与库存成本呈反比, 与缺货损失、回购价格呈正比; 在市场需求分布满足一定条件下, 最优订购量与债权融资比例、债权融资利率、损失厌恶程度呈反比; 在不考虑缺货损失时, 零售商最优订购量与市场需求分布无关; 如果考虑缺货损失, 那么不仅最优订购量会受到市场需求分布的影响, 而且最优订购量与融资结构、损失厌恶程度之间的关系也会受到市场需求分布的影响.

关键词: 订购策略; 损失厌恶; 随机市场需求; 融资结构

中图分类号: F274; O227

文献标识码: A

文章编号: 1000-5781(2021)05-0668-14

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2021.05.008

Study of the ordering strategy of loss-averse retailers from the perspective of financing structure

Yan Ruzhen¹, Qiu Qiwen¹, Gao Wei², Wu Xu¹

(1. School of Business, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. School of Business, Sichuan Agricultural University, Chengdu 611830, China)

Abstract: This paper develops a supply chain model consisting of one supplier and one loss averse and capital-constrained retailer to investigate the impacts of loss aversion, financing structure, shortage cost and demand randomness on the ordering strategy of the retailer. The result shows that when the market demand distribution satisfies certain conditions, the optimal ordering quantity decreases with loss aversion, debt financing ratio, and debt financing interest rate; the optimal ordering quantity decreases with the inventory cost, but increases with the inventory cost and buyback price; the impacts of loss aversion, financing structure on the ordering strategy also depend on the market demand distribution when considering the shortage cost.

Key words: ordering strategy; loss aversion; random market demand; financing structure

1 引言

2018-11-01, 习近平主持召开民营企业座谈会时强调, 非公有制经济是我国社会主义市场经济的重要组成部分, 民营经济在稳定增长、促进创新、增加就业和改善民生等方面发挥了重要作用, 成为推动经济社会发展的重要力量. 然而, 我国许多民营企业, 特别是中小企业, 一直存在着融资难融资贵问题. 根据中国财政

收稿日期: 2019-08-29; 修订日期: 2020-11-30.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71501018; 71903017; 71972136; 71602134); 教育部人文社会科学研究资助项目(17-YJC790168).

科学研究院和我国中小企业协会的相关统计,在2018年有56.3%的企业存在融资难、融资贵问题,80%以上中小企业的实际融资需求得不到满足。为解决企业融资难融资贵问题,国家相继采取了拓宽融资渠道、减免中小微企业合同印花税等众多举措。习近平主持召开民营企业座谈会强调,要拓宽民营企业融资途径,发挥民营银行、股权和债权等融资渠道的作用;中共中央办公厅、国务院办公厅2019年印发的《关于促进中小企业健康发展的指导意见》也明确指出,要积极拓宽融资渠道,支持利用资本市场直接融资,减轻企业融资负担。当然,企业在积极改善融资结构的过程中,还面临着许多问题:企业在随机市场需求情形下应该选择股权融资,还是债权融资,亦或是股权债权混合融资?企业融资结构对其订购策略和期望效用有什么样的影响?随机市场需求分布会影响企业融资结构和订购策略之间的关系吗?企业的损失厌恶偏好会影响其订购策略吗?本文将以零售企业为例,围绕着这些问题对其订购策略展开研究。

与本研究主题相关的文献主要有三类,一是关于零售商订购策略的研究;二是关于融资结构方面的研究;三是关于损失厌恶方面的文献。关于零售商订购策略,传统的订购策略研究大都是在利润最大化或成本最小化目标下,考虑零售商库存、缺货、进货等成本因素,以及外部市场需求等特定因素,构建零售商订购模型,并利用最优化理论与方法得到最优订购策略。然而,从现实情况来看,这个理论上的最优订购量与零售商实际订购量之间存在明显的差异^[1-3]。造成这种差异的原因,可能是市场需求不确定、零售商资金受限、损失厌恶偏好^[4-7]、理论模型假设与现实不符等。由于市场需求具有较大的随机性与波动性,Godfrey等^[8]指出目前常用订货策略分析技术大都存在需要确定市场需求分布函数的弊端,并不能达到根据现实市场需求情况自主优化订货模型的目标。Janssen等^[9]提出最优订货量的计算需要在规范的需求分布情形下,而传统的直接假设需求分布方法将会导致所得理论最优解明显小于实际最优解。鲁渤等^[10]通过构建集装箱码头装卸设施配置的逆优化模型,发现需求误差的确影响模型优化,在现实决策中不得不重视需求问题。Shawn等^[11]也发现在需求分布信息有限且存在潜在需求冲击的情形下,大多数现有报童问题求解方法效果不佳。进一步,王海燕等^[12]、柳键等^[13]指出需求分布有规律变化的假定,将不利于零售商制定最优订购决策,且市场需求分布将会显著的影响损失厌恶对零售商订货量的影响作用。

市场需求的高度不确定性不但影响零售商订购策略的制定,还对零售商自有资金提出更高挑战。为了缓解资金约束、增加自身利润,零售商经常从金融机构、投资者或供应链内部上下游企业,利用债权融资和股权融资的方式进行融资。这种采用不同融资方式,融通各种资本经济主体的构成和比例关系就是融资结构^[15]。本文融资结构是指债权融资和股权融资的比例。所谓的债权融资是有偿使用企业外部资金的一种融资方式,主要包括银行借贷、发行债券、民间借贷、贸易信贷等模式,采用债权融资时,企业需要在约定的时间里归还本金,并支付一定的融资利息;股权融资是指企业通过出让部分股权以获得所需资金的一种融资方式,股权融资与债权融资最大的差异在于,企业进行债权融资时必须到期还本付息,而采用股权融资则不必向其投资者归还本金和利息,此时投资者和企业共同享有企业收益、共同承担企业风险,即利益共享、风险共担^[16]。

在融资结构研究方面,很多学者分别对债权融资和股权融资进行了研究。关于债权融资,王建秀等^[17]探讨了不同风险类别的中小企业融资博弈模型,发现更多的中小企业倾向于选择进行债权融资;占济舟等^[18]研究了生产资金约束供应链的融资和生产决策问题,发现银行借贷和贸易信贷均可作为资金约束供应链创造价值;李沿海等^[19]对比分析了银行债权与买方预付款这两种债权融资模式对均衡订购量的影响,指出在预付款融资模式下零售商所得利润更高;Hua等^[20]对资金约束零售商在银行债权融资和贸易信贷融资模式下的订购决策进行了对比分析,发现零售商更倾向于进行贸易信贷债权融资;关于股权融资,黄少安等^[21]分析中国上市公司融资结构,发现公司股权融资成本远低于债务融资成本,大部分上市公司存在股权融资偏好;王宇等^[22]研究供应链合作对于零售商股权融资策略和订购策略的影响,发现零售商市场成长性是影响其股权融资策略选择的一个重要因素。Yang等^[23]指出股权融资方式显著影响零售商订购决策,并且还能提高供应链整体绩效;马健等^[24]在异质信念下构建公司股权债权融资模型,发现投资者对企业融资收益的预期大于管理者预期时,股权融资方式更为有利。进一步,于辉等^[25]通过对比分析不同融资模式下零售商的订购决策发现,市场估值较高的零售商和市场估值较低的高成长性零售商一般选择股权融资,而市场

估值较低的中或低成长性零售商将按照优序融资理论优先选择债权融资。

在损失厌恶偏好方面的研究中,褚宏睿等^[26]、文平等^[27]基于前景理论,利用零售商效用函数刻画其损失厌恶特征,并对比分析损失厌恶与损失中性零售商订购决策的差异,发现损失厌恶零售商订购量明显小于损失中性零售商;Wang 等^[28]分析了商品销售价格变动对损失厌恶零售商最优订购决策的影响,发现随着商品销售价格的增大,损失厌恶零售商最优订购量逐渐减小.进一步,从损失厌恶程度与最优订购量的关系来看,研究发现损失厌恶偏好将对供应链成员订购决策和供应链整体利益产生明显影响^[29–31];Chen 等^[32]将客户退货因素引入损失厌恶零售商的订购策略模型,指出损失厌恶零售商的最优订购量取决于退货成本、库存成本、缺货成本以及损失厌恶系数;马德青等^[33]研究了具有损失厌恶和损失厌恶概率厌恶行为的考虑缺货成本报童模型,发现零售商订货量与损失厌恶系数具有一个明显负向关系。

综上所述,现有订购策略研究大都只考虑了库存成本、缺货成本、进货成本、损失厌恶偏好等因素的影响,而没有重视现实需求高度不确定性、零售商资金受限、以及融资结构与融资成本等因素.事实上,在现实运营过程中,由于市场需求复杂多变,零售商很容易出现资金短缺、融资成本过高和订货量过多或不足等情形.基于此,本文在随机市场需求背景下,针对资金受限的损失厌恶零售商,引入融资结构因素,构建具有缺货损失的最优订购模型,并利用最优化理论与方法得到零售商最优订购量,还从理论和数值分析上分别研究零售商的融资结构、损失厌恶程度、缺货损失、库存成本和回购价格等因素对最优订购量的影响.研究发现,在随机市场需求下,融资结构、损失厌恶程度等因素对损失厌恶零售商的最优订购量和最大期望效用均具有显著影响;市场需求分布会影响融资结构和最优订购策略之间的关系.本文创新之处在于,一方面,针对资金受限的损失厌恶零售商,将融资结构因素引入传统的零售商订购策略模型,既有效扩展零售商融资渠道、优化融资结构,还可以明显降低零售商融资成本、提高零售商期望效用;另一方面,针对现实需求高度不确定的特性,引入分布函数未知的随机市场需求,利用优化理论与方法得到了损失厌恶零售商的最优订购量,相关结论具有较好的普适性。

2 损失厌恶零售商订购策略模型

在随机市场需求情形下,为了更好的讨论和分析具有资金约束的损失厌恶零售商最优订购策略问题,假设如下: 1) 市场需求随机分布; 2) 零售商初始资金为零,信用良好,不存在违约行为; 3) 供应商和零售商具有良好合作关系,供应商愿意在交易期初以延期支付方式向零售商提供商品; 4) 面临资金约束时,零售商既可以选择债权融资,也可以股权融资方式。

在损失厌恶零售商订购策略模型中,主要涉及参数如表 1 所示。

表 1 符号说明
Table 1 Symbol descriptions

参数	含义
p	销售价格
c	进货价格
w	回购价格(为满足实际经济意义, $p > c > w$)
h	单位库存成本
b	单位缺货成本
α	债权融资比例, $\alpha \in (0,1)$
r_I	债权融资利率
r_f	投资收益率
q	零售商决策订购量
x	市场需求量
$f(\cdot)$	需求概率密度函数
$F(\cdot)$	需求分布函数

考虑由一个供应商和一个损失厌恶零售商组成的两级供应链,假设零售商初始资本为零.在销售期初,零售商利用延期支付方式从供应商处取得商品,随后在市场上进行销售,若市场上商品出现供过于求的情

形, 零售商可以按照事先约定的回购价格将期末剩余商品退还给供应商, 若市场上商品出现供不应求的情形, 零售商将面临一定的缺货损失. 销售期末, 零售商利用销售收入偿还所欠货款, 以及支付库存等其它成本, 若销售收入不足以支付所欠货款和其它费用, 零售商将利用债权和股权融资的方式进行融资. 当采用债权融资时, 零售商不仅需要在约定时期内归还本金, 还需要向债权人支付一定利息; 与债权融资方式不同, 当利用股权进行融资时, 零售商不必归还本金和利息, 只需要按照一定比例与投资者进行利润分红, 当然, 如果出现亏损, 投资者也将按照一定比例与零售商共同承担损失, 即采用股权融资时, 融资方与投资者按照约定比例收益共享、风险共担. 若销售收入在支付货款和其它费用后仍有结余, 则零售商可利用剩余收入进行投资, 获得短期投资收益.

在随机市场需求情形下, 借鉴文献[34-36]的研究方法, 基于前景理论, 损失厌恶零售商的效用函数为

$$U = \begin{cases} \pi, & \pi \geq \pi_0 \\ \lambda\pi, & \pi < \pi_0, \end{cases} \quad (1)$$

其中 π 表示利润; π_0 表示零售商利润盈亏临界值. 为了讨论方便, 且不失一般性, 假设零售商盈亏临界值为零, 即 $\pi_0 = 0$; λ 表示零售商的损失厌恶程度, 且 $\lambda \geq 1$, λ 的值越大表示零售商的损失厌恶程度越大, 当 $\lambda = 1$ 时, 表示零售商为损失中性型零售商; 当 $\lambda > 1$ 时, 意味着零售商是损失厌恶型零售商.

从式(1)可以看出, 前景理论意味着, 在一定的参照水平之下, 同等程度的盈利和损失给损失厌恶零售商带来的效用是不对等的. 基于前景理论, 本研究依据零售商所面临的市场需求情况, 计算损失厌恶零售商的盈亏临界值, 也就是使得零售商利润为零时的需求临界点 x_1 和 x_2 , 并综合考虑供过于求且无法支付全部费用、供过于求可以支付全部费用、供不应求可以支付全部费用、以及供不应求且无法支付全部费用这4种情形, 以此构建损失厌恶零售商的最优订购策略模型.

1) 供过于求, 且销售收入无法支付商品货款和其它费用. 此时, 市场需求 x 满足 $0 < x < x_1$, 零售商部分商品无法售出. 对于这部分剩余商品, 零售商可以在期末以回购价格退回供应商, 从而获得一定的回购款; 由于这部分剩余商品从期初一直保存到期末, 所以此部分商品还有一项库存费用; 零售商销售收入无法支付全部货款和费用, 为了弥补资金缺口, 零售商可以选择债权和股权融资方式进行融资. 因此, 零售商利润可以表示为

$$\pi_1 = (1 + \alpha r_I)(px - (h - w)(q - x) - cq). \quad (2)$$

对于式(2), 令 $\pi_1 = 0$, 可得到零售商的需求临界点 x_1 , 也就是零售商利润为零时的市场需求量, 即

$$x_1 = q \left(\frac{c + h - w}{p + h - w} \right). \quad (3)$$

显然, $x_1 < q$, 且当 $x \in [0, x_1]$ 时, $\pi_1 < 0$, 意味着此时零售商面临损失.

2) 供过于求, 且销售收入可以支付货款和其它费用. 此时, 市场需求 x 满足 $x_1 < x < q$, 存在部分商品无法售出, 与第一种情况类似, 零售商在期末将剩余商品退回供应商获得一定回购款, 也将承担一部分库存费用; 另外, 零售商可将扣除货款和其它费用后的剩余销售收入, 按照利率 r_f 在金融市场上进行短期投资, 以获得短期投资收益, 实现资本保值. 因此, 零售商利润可以表示为

$$\pi_2 = (1 + r_f)(px - (h - w)(q - x) - cq). \quad (4)$$

从上式可知, 当 $x \in [x_1, q]$ 时, $\pi_2 > 0$, 意味着此情况下零售商将会获得一定利润.

3) 供不应求, 且销售收入可以支付货款和其它费用. 此时, 市场需求 x 满足 $q < x < x_2$, 零售商商品供不应求, 面临一定的缺货损失; 另外, 第二种情况类似, 零售商可将扣除货款和其它费用后的剩余销售收入, r_f 在金融市场上进行短期投资. 因此, 零售商利润可以表示为

$$\pi_3 = (1 + r_f)(pq - b(x - q) - cq). \quad (5)$$

对于上式, 令 $\pi_3 = 0$, 可以得到零售商的另一个需求临界点 x_2 , 也就是使得零售商利润为零时的市场需求量, 即

$$x_2 = q \left(1 + \frac{p-c}{b} \right). \quad (6)$$

显然, $x_2 > q$, 且当 $x \in [q, x_2]$ 时, $\pi_3 > 0$, 意味着此时零售商可以获得一定的利润.

4) 供不应求, 且销售收入无法支付货款和其它费用. 此时, 市场需求满足 $x_2 < x < +\infty$ 时, 零售商商品出现严重供不应求, 产生较大缺货损失, 且随着缺货损失的不断增大, 零售商利润逐渐降低, 直至其销售收入无法支付货款和相关费用. 为了弥补资金缺口, 零售商选择债权和股权方式进行融资. 因此, 零售商利润可表示为

$$\pi_4 = (1 + \alpha r_1) (pq - b(x - q) - cq). \quad (7)$$

显然, 当 $x \in [x_2, +\infty]$ 时, $\pi_4 < 0$, 在此情形下零售商将会面临一定的损失.

结合以上四种情形, 可将零售商的期望效用表示为

$$E[U(q)] = \lambda \alpha \int_0^{x_1} \pi_1 f(x) dx + \alpha \int_{x_1}^q \pi_2 f(x) dx + \alpha \int_q^{x_2} \pi_3 f(x) dx + \lambda \alpha \int_{x_2}^{+\infty} \pi_4 f(x) dx. \quad (8)$$

式(8)的经济含义为: 1) 损失厌恶零售商的期望效用就是, 零售商在损失风险中性条件下的期望利润与损失厌恶偏好下的期望损失之和; 2) 损失厌恶零售商的期望效用就是, 零售商商品供过于求与供不应求时的期望利润和期望损失之和.

3 最优订购策略分析

针对上文所构建损失厌恶零售商的订购策略模型, 本部分将从理论上分析此模型最优解的存在性与唯一性, 以及库存成本、缺货成本、回购价格、损失厌恶程度、债权融资比例和债权融资利率等因素对此最优订购量的影响.

命题 1 零售商期望效用函数 $E[U(q)]$ 是关于订购量 q 的凹函数.

证明 根据零售商期望效用函数式(8), 其对订购量的二阶导数为

$$\begin{aligned} \frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} &= \alpha [(1 + r_f) - \lambda (1 + \alpha r_1)] \left[(p + b - c) \frac{\partial x_2}{\partial q} f(x_2) + (c + h - w) \frac{\partial x_1}{\partial q} f(x_1) \right] - \\ &\quad \alpha (1 + r_f) (p + b + h - w) f(q), \end{aligned} \quad (9)$$

其中 $N_1 = p + b - c$, $N_2 = c + h - w$, $K = (1 + r_f) - \lambda (1 + \alpha r_1)$.

为满足实际经济意义, 零售商的销售价格一定大于其进货价格, 且进货价格一定大于供应商的回购价格, 也就是 $p > c > w$, 由此可知, $N_1 > 0$, $N_2 > 0$. 一般而言, 金融市场上短期无风险投资都是获得无风险收益, 所以零售商短期投资收益率比较低, 不妨设此收益率低于债权融资比例与融资利率之积, 即 $r_f \leq \alpha r_1$, 由此可知 $K \leq 0$. 结合零售商商品在供不应求和供过于求时利润为零的需求临界点 x_1 和 x_2 , 可知 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$. 显然, 零售商期望效用函数 $E[U(q)]$ 是一个关于订购量 q 的凹函数. 证毕.

通过命题 1 可知, 零售商期望效用函数是关于订购量的凹函数, 所以此订购决策问题存在唯一最优解, 且最优解由一阶条件决定, 即 $\frac{dE[U(q)]}{dq} = 0$, 求解可得

$$\lambda (1 + \alpha r_1) \left[N_1 \int_{x_2}^{+\infty} f(x) dx - N_2 \int_0^{x_1} f(x) dx \right] + (1 + r_f) \left[N_1 \int_q^{x_2} f(x) dx - N_2 \int_{x_1}^q f(x) dx \right] = 0. \quad (10)$$

对上式求解即可得零售商的最优订购量 q^* . 将最优订购量 q^* 代入零售商期望效用函数式(8)就可得到零售商的最大期望效用值. 由于式(10)的决策变量 q 位于定积分的上下限, 并且 x_1 和 x_2 也是关于 q 的函数,

此方程过于复杂, 所以难于计算其最优解 q^* 的具体解析式. 因此, 本文利用一个函数 g 来描述库存成本、缺货成本、进货价格、债权融资比例、融资利率等变量和最优订购量的关系, 即

$$q^* = g(h, b, w, \lambda, \alpha, r_I, r_f, p, c, x). \quad (11)$$

虽然在市场需求分布函数未知情形下, 本文没有给出最优订购量的具体解析式. 然而, 当市场需求服从某一个均匀分布, 假定 $x \sim U \in [u, v]$, 那么此时利用式(10)就可以计算得到该模型最优解 q^* , 其表达式为

$$q^* = \frac{\lambda(1 + \alpha r_I)(vN_1 + uN_2)}{(1 + r_f)(N_1 + N_2) - KN_1(1 + (p - c)/b) - KN_2(1 + (c - p)/(p + h - w))}. \quad (12)$$

从命题1和式(10)可以看出, 尽管零售商所面临的市场需求是完全随机的, 且分布函数未知, 但是本文构建的损失厌恶零售商订购决策模型存在唯一最优解, 也就意味着采用此模型的损失厌恶零售商一定存在最优订购策略. 事实上, 在现实应用中, 损失厌恶零售商只要确定了市场需求分布函数, 就可以利用式(1)得到具体的最优订购量和最大期望效用值. 从这一点看, 也正好说明本文所构建模型具有很好的普适性, 可以为不同市场需求分布下损失厌恶零售商的订购行为提供一定的决策参考.

命题2 零售商最优订购量随着单位库存成本增大而减小.

证明 由于零售商最优订购量 q^* 是一个关于库存成本、缺货成本、进货价格、债权融资比例和融资利率等变量的隐函数, 即 $q^* = g(h, b, w, \lambda, \alpha, r_I, r_f, p, c, x)$, 所以可利用隐函数求导方法, 分析最优订购量与单位库存成本的关系. 将零售商最优订购量对单位库存成本求一阶偏导, 可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^*}{\partial h} = & \left(-(1 + r_f) \int_{x_1^*}^q f(x) dx - \lambda(1 + \alpha r_I) \int_0^{x_1^*} f(x) dx + \frac{KN_2(p - c)f(x_1^*)}{(p + h - w)^2} \right) \times \\ & \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (13)$$

由命题1可知 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 $K \leq 0$, 所以易于得知, $\frac{\partial q^*}{\partial h} < 0$, 这意味着随着商品单位库存成本的增大, 零售商最优订购量逐渐减小. 证毕.

命题2表明, 在保持其它变量不变的情况下, 零售商最优订购量与单位库存成本存在一个负向关系. 这是因为, 在面临不确定性市场需求情形下, 如果零售商面临的其它因素没有改变, 那么其单位库存成本越大, 也就意味供过于求时的商品总成本越高. 此时, 在期望效用最大化目标下, 零售商为实现自身效用最大化, 就会尽可能减少商品订购量, 缩减商品成本支出. 通过此命题也可以看出, 在需求高度不确定的市场上, 如果损失厌恶零售商的持有成本、进货价格和销售价格等已经确定, 那么就应该尽可能的降低单位库存成本; 如果单位库存成本较高, 无法有效降低, 那么零售商就要适当的缩减订购量.

命题3 零售商最优订购量随单位缺货成本增大而增大.

证明 由式(11)可知, 零售商最优订购量是一个关于缺货成本等变量的隐函数, 所以可以利用命题2的证明方式, 通过隐函数求导方法来分析最优订购量与单位缺货成本的关系. 将式(11)对单位缺货成本求一阶偏导可得

$$\begin{aligned} \frac{\partial q^*}{\partial b} = & - \left((1 + r_f) \int_q^{x_2^*} f(x) dx + \lambda(1 + \alpha r_I) \int_{x_2^*}^{+\infty} f(x) dx + \frac{KN_1 f(x_2^*)(c - p)}{b^2} \right) \times \\ & \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}. \end{aligned} \quad (14)$$

由命题1可知 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 $K \leq 0$, 并结合基本假设 $p > c > w$, 易于得知, $\frac{\partial q^*}{\partial b} > 0$, 表明随着单位缺货成本的增大, 零售商最优订购量在逐渐增大. 证毕.

从命题3可以看出,在保持其它因素不变的情况下,零售商最优订购量与单位缺货成本存在一个正向关系,随着缺货成本的不断增大,零售商最优订购量也将逐渐增加.这是因为,在面临不确定性市场需求情形下,如果零售商面临的其它因素没有发生变化,并且单位缺货成本较高,那么在期望效用最大化的目标下,一旦市场出现供不应求情形,零售商将会承担较大损失.为了避免这种损失,零售商必然会提高订购量.通过此命题也可以看出,在其它条件已定情况下,如果面临不确定市场需求,且单位缺货损失较大,那么损失厌恶零售商要尽可能的增加订购量.

命题4 零售商最优订购量随着回购价格增大而增大.

证明 由式(11)可知,零售商最优订购量是一个关于回购价格等变量的隐函数,所以可以利用隐函数求导方法来分析最优订购量与回购价格之间的关系.将式(11)对回购价格 w 进行隐函数求导可得

$$\frac{\partial g^*}{\partial w} = - \left((1+r_f) \int_{x_1^*}^q f(x)dx + \lambda(1+\alpha r_1) \int_0^{x_1^*} f(x)dx + \frac{KN_2 f(x_1^*)(c-p)}{(p+h-w)^2} \right) \times \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}. \quad (15)$$

由命题1可知 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 $K \leq 0$, 易于得知, $\frac{\partial g^*}{\partial w} > 0$, 也就是说随着回购价格的增大,零售商最优订购量逐渐增大. 证毕.

命题4表明零售商订购量与回购价格之间存在一个正向关系.这是因为,在不确定市场需求下,当商品供过于求时,零售商可以将剩余商品按照某一回购价格退回给供应商,这也就意味着,剩余商品并没有完全造成损失,而是在期末仍能获得一定的价值,即残值,在其它条件不变情形下,回购价格越高,剩余商品的残值越大.因此,在现实操作中,在其它条件不变时,单位回购价格越高,损失厌恶零售商就越应该增加其订购量,以便使得自身效用最大化.

命题5 当 $N_1(1-F(x_2^*)) < N_2F(x_1^*)$ 时,零售商最优订购量 q^* 随着损失厌恶程度增大而减小;当 $N_1(1-F(x_2^*)) > N_2F(x_1^*)$ 时,零售商最优订购量 q^* 随损失厌恶程度增大而增大.

证明 由式(11)可知,零售商最优订购量是一个关于损失厌恶程度等变量的隐函数,所以可以利用隐函数求导方法来分析最优订购量与损失厌恶程度之间的关系.将式(11)对损失厌恶程度 λ 求一阶偏导可得

$$\frac{\partial g^*}{\partial \lambda} = -G(1+\alpha r_1) \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}, \quad (16)$$

其中 $G = N_1 - N_1 \int_0^{x_2^*} f(x)dx - N_2 \int_0^{x_1^*} f(x)dx = N_1(1-F(x_2^*)) - N_2F(x_1^*)$.

因为 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 $1+\alpha r_1 > 0$, 所以,当 $N_1(1-F(x_2^*)) < N_2F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial \lambda} < 0$, 表示随着零售商损失厌恶程度的增大,其最优订购量逐渐减小;当 $N_1(1-F(x_2^*)) > N_2F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial \lambda} > 0$, 表示随着零售商损失厌恶系数的增大,其最优订购量逐渐增大. 证毕.

命题5表明在考虑零售商损失厌恶偏好的订购策略模型中,不同的市场需求分布会影响最优订购量与损失厌恶程度之间的关系,即当市场需求分布满足一定条件时,零售商最优订购量随其损失厌恶程度的增大而减小;反之,零售商最优订购量随其损失厌恶程度的增大而增大.这也表明,对于损失厌恶零售商而言,市场需求分布的精准预测是非常重要的.因此,零售商在制定最优订购策略时必须同时要同时结合考虑预期市场需求分布和自身损失厌恶程度因素.

命题6 当 $N_1(1-F(x_2^*)) < N_2F(x_1^*)$ 时,零售商最优订购量 q^* 随着债权融资比例增大而减小;当 $N_1(1-F(x_2^*)) > N_2F(x_1^*)$ 时,零售商最优订购量 q^* 随着债权融资比例增大而增大.

证明 由式(11)可知,零售商最优订购量是一个关于债权融资比例等变量的隐函数,所以可以利用隐函数求导方法来分析最优订购量与债权融资比例之间的关系.将式(11)对债权融资比例 α 求一阶偏导可得

$$\frac{\partial g^*}{\partial \alpha} = -\lambda r_1 G \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}.$$

如命题5所述, $G = N_1(1 - F(x_2^*)) - N_2 F(x_1^*)$. 因为 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 λ 和 r_1 均为非负实数, 所以, 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) < N_2 F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial \alpha} < 0$, 这表明随着债权融资比例的增大, 零售商最优订购量逐渐减小; 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) > N_2 F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial \alpha} > 0$, 这表明随着债权融资比例的增大, 零售商最优订购量逐渐增加.

证毕.

命题6揭示了融资结构因素对零售商最优订购量的影响, 根据市场需求分布函数情况来看, 融资结构因素对零售商最优订购量既可能存在一个正向影响, 也可能存在一个负向影响; 这也表明, 市场需求分布情况会影响融资结构与最优订购量之间的关系. 究其原因, 主要是在其它因素不变的情况下, 不同的需求分布直接影响零售商对未来市场需求的预期, 进而影响零售商融资决策, 那么为了追求期望效用最大化, 零售商必然会当前情况调整其最优订购量. 因此, 零售商在制定最优订购决策时必须要结合考虑市场需求分布因素, 这也再次说明了市场需求分布预测的重要性. 当然, 如果通过历史数据拟合等方法已经得到市场需求分布函数, 那么只需要带入此条件计算, 即可得到融资结构和最优订购量之间的关系.

命题7 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) < N_2 F(x_1^*)$ 时, 零售商最优订购量 q^* 随着债权融资利率增大而减小; 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) > N_2 F(x_1^*)$ 时, 零售商最优订购 q^* 随着债权融资利率增大而增大.

证明 由式(11)可知, 零售商最优订购量是一个关于债权融资利率等变量的隐函数, 所以可以利用隐函数求导方法来分析最优订购量与债权融资利率之间的关系. 将式(11)对债权融资利率 r_1 计算一阶偏导可得

$$\frac{\partial g^*}{\partial r_1} = -\lambda \alpha G \left(\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} \right)^{-1}. \quad (17)$$

根据命题5和命题6分析可知, $G = N_1(1 - F(x_2^*)) - N_2 F(x_1^*)$. 因为 $\frac{d^2 E[U(q)]}{dq^2} < 0$, 且 λ 和 α 均为非负实数. 因此, 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) < N_2 F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial r_1} < 0$, 表示随着债权融资利率的增大, 零售商最优订购量逐渐减小; 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) > N_2 F(x_1^*)$ 时, $\frac{\partial g^*}{\partial r_1} > 0$, 表示随着债权融资利率的增大, 零售商最优订购量逐渐增大.

证毕.

通过命题7可以看出, 市场需求分布会显著影响债权融资利率与最优订购量之间的关系; 受到不同市场需求分布函数的影响, 债权融资利率既可能对最优订购量存在正向影响, 也可能存在负向影响. 因此, 在实际操作中, 零售商为了达到期望效用最大化的目标, 在制定最优交易策略时要综合考虑具体市场需求分布情况和债权融资利率等因素.

命题8 不考虑缺货成本时, 市场需求分布不影响损失厌恶程度、融资结构与最优订购量之间的关系; 考虑缺货成本时, 市场需求分布不仅会影响最优订购量, 还会显著影响损失厌恶程度、融资结构等因素与最优订购量之间的正向或负向关系.

证明 根据上面的分析可知, 损失厌恶零售商的两个盈亏需求临界点分别为

$$x_1^* = q^* \left(\frac{c + h - w}{p + h - w} \right), \quad x_2^* = q^* \left(1 + \frac{p - c}{b} \right).$$

1) 在不考虑缺货成本时, 即当时, 有 $x_2^* \rightarrow +\infty$, 其分布函数 $F(x_2^*) \rightarrow 1$, 又因为 $N_1 > 0, N_2 > 0$, 此时在 $G = N_1(1 - F(x_2^*)) - N_2 F(x_1^*)$ 中, 一定有 $N_1 F(x_2^*) + N_2 F(x_1^*) > N_1$, 因此本文模型参数始终满足于条件 $N_1(1 - F(x_2^*)) < N_2 F(x_1^*)$, 即 $G < 0$.

此时, 本文模型转化为不考虑缺货成本因素的损失厌恶零售商订购策略模型, 零售商最优订购量始终随损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率的增大而减小, 市场需求分布不影响损失厌恶程度、融资结构与最优订购量之间的关系.

2) 在考虑缺货成本时, 即当 $b \neq 0$ 时, $G = N_1(1 - F(x_2^*)) - N_2 F(x_1^*)$ 取值的正负取决于 $N_1(1 - F(x_2^*))$

和 $N_2 F(x_1^*)$ 的相对大小, 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) < N_2 F(x_1^*)$ 时, $G < 0$, 零售商最优订购量随损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率的增大而减小; 当 $N_1(1 - F(x_2^*)) > N_2 F(x_1^*)$ 时, $G > 0$, 零售商最优订购量随损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率的增大而增大. 也就是说, 在考虑缺货成本因素时, 市场需求分布不仅会影响最优订购量, 还会显著影响损失厌恶程度、融资结构等因素与最优订购量之间的正向或负向关系. 证毕.

通过命题 6 和命题 7 可以看出, 市场需求分布会显著影响融资结构、债权融资利率与最优订货量之间的关系, 说明了市场需求分布在零售商订购策略研究中具有重要的地位和作用, 但是这都是在零售商考虑缺货成本的前提下, 如果单位缺货成本非常低, 甚至于不考虑缺货成本, 那么市场需求分布不影响损失厌恶程度、融资结构和最优订购量之间关系, 即最优订购量随着损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率的增大而减小, 此时如果损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率比较大, 那么损失厌恶零售商为了追求期望效用最大化就需要适度降低订购量.

4 数值实验

本部分将利用数值实验来验证本文模型所提出结论的正确性和有效性, 参数取值主要借鉴文献[37–39], 并结合本文内容做了一定调整, 具体的取值为 $p = 10, c = 5, w = 3, b = 6, h = 2, \alpha = 0.4, r_1 = 0.01, r_f = 0.001, \lambda = 2$.

为了分析随机市场需求分布下零售商的订购策略, 本部分分别针对均匀分布市场需求和指数分布市场需求进行了研究. 假设市场需求 x 服从均匀分布, 即 $x \sim U(0, 1000)$, 也就是均匀分布需求下限为 0, 均匀分布需求上限为 1 000, 则市场需求的分布函数为

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x \in (-\infty, 0) \\ \frac{x}{1000}, & x \in [0, 1000] \\ 1, & x \in (1000, +\infty). \end{cases} \quad (18)$$

假设市场需求 y 服从指数分布, 即 $y \sim E(0.001)$, 则此时市场需求的分布函数为

$$F(y) = \begin{cases} 1 - e^{-0.001y}, & y \geq 0 \\ 0, & y < 0. \end{cases} \quad (19)$$

将相关参数带入损失厌恶零售商订购策略模型可以得到, 库存成本、缺货成本、回购价格、损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率与零售商订购量之间的关系, 以及债权融资比例与零售商期望效用之间的关系, 具体如图 1~图 8 所示.

图 1 刻画了不同市场需求分布下的库存成本与最优订购量的关系, 其中 q_1 和 q_2 分别表示市场需求服从均匀分布和指数分布时的零售商最优订购量. 由图 1 可知, 在其它条件不变时, 无论是均匀市场需求分布还是指数市场需求分布, 损失厌恶零售商的最优订购量均随单位库存成本增大而减小, 并且指数市场需求分布情形下最优订购量的减小幅度更大. 这是因为, 无论市场需求如何分布, 当意识到供过于求的商品将产生较多的库存费用时, 理性零售商都会相应的减少订购量, 以避免商品供过于求; 而指数市场需求分布情形下的市场需求减少幅度更大, 所以受到较高库存成本影响时, 其最优订购量的下降幅度也更大. 图 2 描述了不同市场需求分布下缺货成本与零售商订购量的关系. 由图 2 可知, 在其它条件不变时, 无论是均匀市场需求分布还是指数市场需求分布, 零售商订购量均随单位缺货成本增大而增大, 且指数市场需求分布下的增大趋势更加明显. 这是因为, 零售商为了实现自身效用最大化, 在单位缺货成本不断增加时必然会逐渐增加其订购量, 以减少产品供不应求时带来的额外损失; 指数市场需求分布增加趋势更大是因为, 指数市场需求分布下市场需求增加量明显大于均匀分布, 所以造成缺货成本快速增加, 进而导致其增加订购.

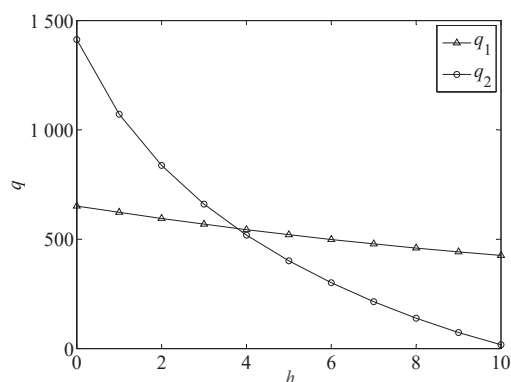


图1 库存成本与订购量的关系

Fig. 1 Relationship between inventory cost and order quantity

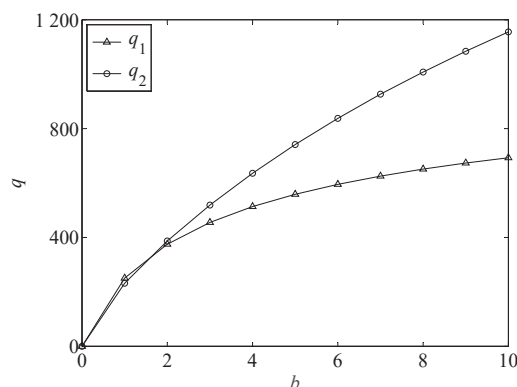


图2 缺货成本与订购量的关系

Fig. 2 Relationship between shortage cost and order quantity

图3和图4分别描述了不同市场需求分布下商品回购价格与零售商订购量的关系和零售商损失厌恶程度与其订购量的关系。

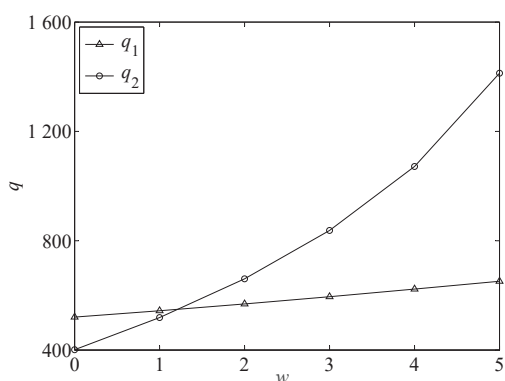


图3 回购价格与订购量的关系

Fig. 3 Relationship between buyback price and order quantity

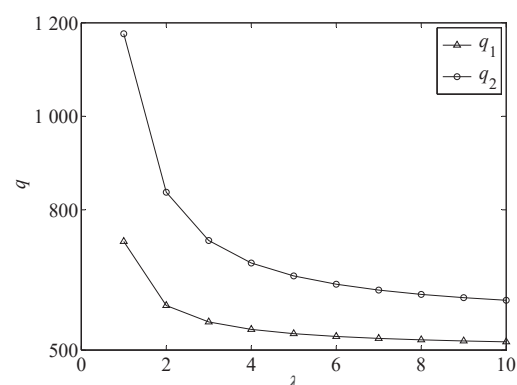


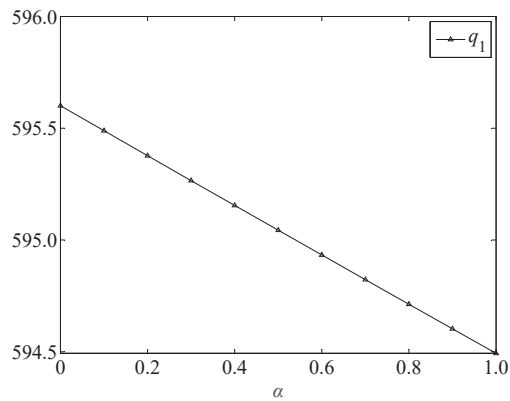
图4 损失厌恶程度与订购量的关系

Fig. 4 Relationship between loss aversion and order quantity

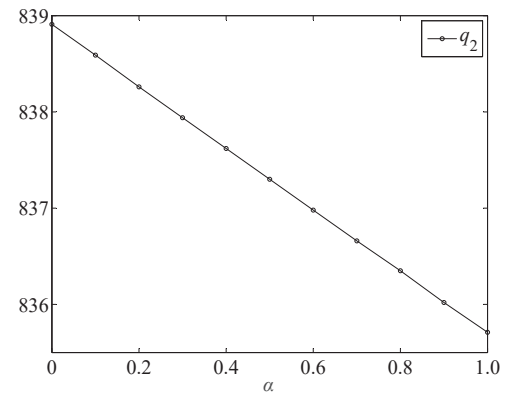
由图3可知, 当其它条件不变时, 无论是均匀市场需求分布还是指数市场需求分布, 零售商订购量与商品回购价格均呈正向变动关系, 即零售商的订购量总是随着回购价格的增大而增大, 与命题4结论一致. 这是因为, 商品回购价格越高, 意味着供过于求商品的剩余价值越高, 零售商也就愿意增加订购量以谋求获得获取更多销售收入的机会.

由图4可知, 无论市场需求服从均匀分布还是指数分布, 随着损失厌恶程度的增大, 零售商订购量总是不断减小, 且减小趋势逐渐变得缓慢, 该结论与命题5结论一致. 这是因为, 损失厌恶零售商对于损失带来的效用减量远大于同等收益所带来的效用增量, 还考虑到在本部分参数取值下, 商品剩余的潜在损失大于缺货损失, 所以零售商愿意适当减少订购量以避免损失的产生. 但是零售商的订购量也不会无限制减少, 随着损失厌恶程度的不断增大, 零售商的订购量下降到较低水平, 在一定的市场需求水平下, 损失厌恶程度对零售商订购量的影响不再明显.

图5和图6分别刻画了不同市场需求分布下, 债权融资比例、债权融资利率与零售商订购量的关系. 由图可见, 无论市场需求服从均匀分布还是指数分布, 零售商最优订购量总是随着债权融资比例、债权融资利率的增大而减小, 显然与命题6和命题7结论一致. 这是因为, 在其它因素不变情况下, 当零售商更多地去选择债权融资方式、或是债权融资利率较高时, 债权融资成本较大, 为了降低成本以增加自身效用, 损失厌恶零售商就会减少订购. 同时, 可以看到, 与均匀市场需求分布相比, 指数市场需求分布下的最优订购量减小速度更快.



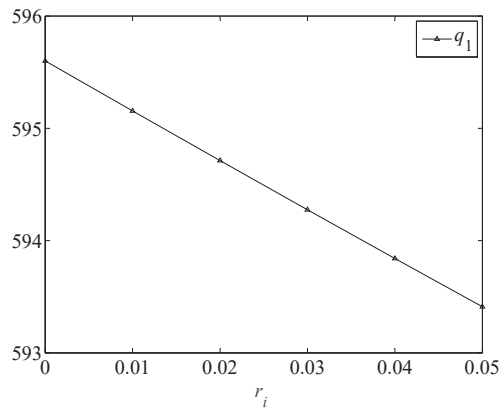
(a)



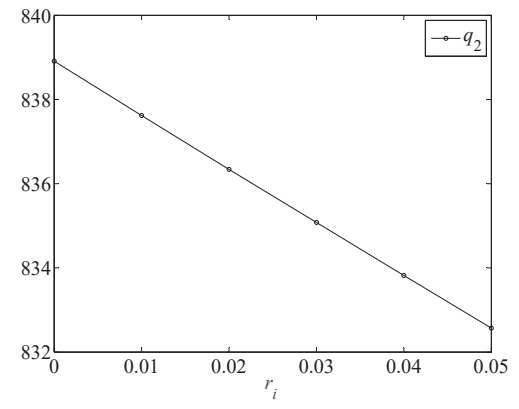
(b)

图5 债权融资比例与订购量的关系

Fig. 5 Relationship between debt financing ratio and order quantity



(a)



(b)

图6 债权融资利率与订购量的关系

Fig. 6 Relationship between debt financing interest rate and order quantity

图7和图8分别描述了不同市场需求分布下, 债权融资比例与零售商期望效用的关系和债权融资比例、损失厌恶程度与零售商订购量的关系, 其中 $\lambda \in (1, 10)$, $\alpha \in (0, 1)$.

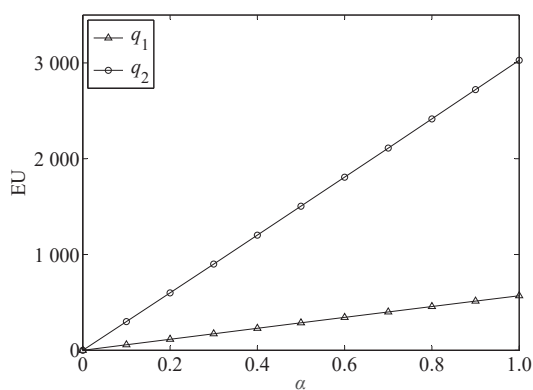


图7 债权融资比例与期望效用的关系

Fig. 7 Relationship between debt financing ratio and expected utility

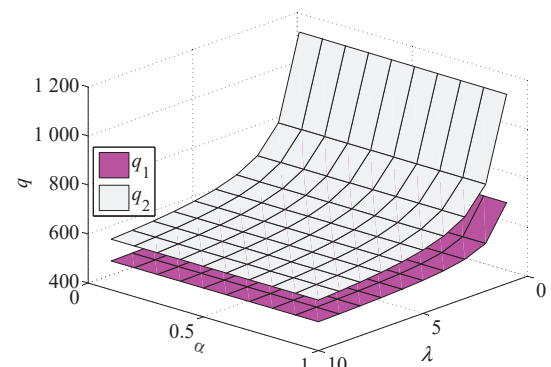


图8 债权融资比例、损失厌恶程度与订购量的关系

Fig. 8 Relationship between debt financing ratio, loss aversion and order quantity

由图7和图8可知,当其它条件不变时,不同需求分布下,零售商债权融资比例与其期望效用均呈正向变动,即零售商期望效用总是随着债权融资比例的增大而增大;并且,与均匀市场需求分布相比,指数市场需求分布下的债权融资比例对零售商期望效用的影响更大.在现实操作中,零售商的目标是自身效用最大化,所以结合图7可知在研究零售商订购决策行为时考虑融资结构因素是非常有必要的.

图8描述了不同市场需求分布下,债权融资比例、损失厌恶程度与零售商订购量的关系,其中 $\lambda \in (1, 10)$, $\alpha \in (0, 1)$.由图8可知,在其它参数保持不变的情况下,市场需求无论服从均匀分布还是指数分布,零售商最优订购量与债权融资比例、损失厌恶程度均呈反向变动关系,且相对于债权融资比例而言,损失厌恶程度对零售商订购量影响程度更大.另外,当市场需求服从指数分布时,各变量对零售商订购量的影响相对更为显著.

5 结束语

企业订购策略和融资方式在日常运营管理中非常重要,本文在传统订购策略模型基础上,考虑融资结构、损失厌恶偏好、随机市场需求、以及缺货损失等因素对零售商最优订购策略的影响,建立了损失厌恶零售商在债权股权混合融资方式下的订购策略模型,并利用最优化理论与方法得到最优订购量,分析此最优订购量的存在性与唯一性;进一步,从理论上分析了库存成本、缺货成本、回购价格、损失厌恶程度、债权融资比例、债权融资利率等因素对最优订购量的影响;最后,利用数值实验验证理论分析结果的正确性和有效性.研究结果也表明,零售商在制定最优订购策略时需要综合考虑融资结构、随机需求、缺货损失、损失厌恶程度等因素的影响.相关研究结论也有利于增加零售商自身效用、改善融资结构、提高供应链效率.但本文仅考虑了供应链中单一零售商的损失厌恶偏好,接下来的研究还可以拓展到供应链中具有多个竞争关系的损失厌恶零售商等情形.

参考文献:

- [1] Kahn J A. Why is production more volatile than sales. theory and evidence on the stockout-avoidance motive for inventory-holding. *Quarterly Journal of Economics*, 1992, 107(2): 481–510.
- [2] 王圣东, 周永务. 带有二次订购的单制造商多销售商协调模型. *系统工程学报*, 2009, 24(4): 423–429.
Wang S D, Zhou Y W. Single-manufacturer multi-vendor coordination model with secondary ordering. *Journal of Systems Engineering*, 2009, 24(4): 423–429. (in Chinese)
- [3] 曹兵兵, 樊治平, 尤天慧, 等. 基于失望理论的零售商订货与广告联合决策. *系统工程学报*, 2019, 34(4): 469–482.
Cao B B, Fan Z P, You T H, et al. Retailer's joint decision-making and advertising decision based on disappointment theory. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(4): 469–482. (in Chinese)
- [4] Schweitzer M E, Cachon G P. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: Experimental evidence. *Management Science*, 2000, 46(3): 404–420.
- [5] Tian Y, Huang D. A loss averse supply chain coordination modeling. *Control Engineering of China*, 2006, 13(4): 366–369.
- [6] 沈厚才, 徐进, 庞湛. 损失规避偏好下的定制件采购决策分析. *管理科学学报*, 2004, 7(6): 37–45.
Shen H C, Xu J, Pang Z. Analysis of purchasing decisions of custom parts under loss avoidance preference. *Journal of Management Sciences in China*, 2004, 7(6): 37–45. (in Chinese)
- [7] 林志炳, 蔡晨, 许保光. 损失厌恶下的供应链收益共享契约研究. *管理科学学报*, 2010, 13(8): 33–41.
Lin Z B, Cai C, Xu B G. Research on supply chain revenue sharing contract under loss aversion. *Journal of Management Sciences in China*, 2010, 13(8): 33–41. (in Chinese)
- [8] Godfrey G A, Powell W B. An adaptive distribution-free algorithm for the newsvendor problem with censored demands with applications to inventory and distribution. *Management Science*, 2001, 47(8): 1101–1112.
- [9] Janssen E, Strijbosch L W G, Brekelmans R C M. Assessing the effects of using demand parameters estimates in inventory control and improving the performance using a correction function. *International Journal of Production Economics*, 2009, 118(1): 34–42.

- [10] 鲁 渤, 王辉坡, 汪寿阳. 需求约束下集装箱码头装卸设施配置逆优化模型. 系统工程学报, 2018, 33(6): 845–853.
Lu B, Wang H P, Wang S Y. Inverse optimization model of container terminal loading and unloading facility configuration under demand constraints. Journal of Systems Engineering, 2018, 33 (6): 845–853. (in Chinese)
- [11] Shawn O N, Zhao X Y, Sun D, et al. Newsvendor problems with demand shocks and unknown demand distributions. Decision Sciences, 2016, 47(1): 125–156.
- [12] 王海燕, 隽志如, Xu H, 等. 需求分布规律变化情况下的报童订货策略. 中国管理科学, 2018, 26(4): 22–29.
Wang H Y, Juan Z R, Xu H, et al. News ordering strategy under the condition of changes in demand distribution law. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(4): 22–29. (in Chinese)
- [13] 柳 键, 邱国斌, 黄 健. 考虑缺货损失情形下损失厌恶零售商的订货决策. 控制与决策, 2012, 27(8): 1195–1120.
Liu J, Qiu G B, Huang J. Ordering decision of loss aversion retailer considering stock loss. Control and Decision, 2012, 27(8): 1195–1120. (in Chinese)
- [14] 张昌彩. 企业融资结构与资本市场发展. 管理世界, 1998, 14(3): 92–102.
Zhang C C. Corporate finance structure and capital market development. Management World, 1998, 14(3): 92–102. (in Chinese)
- [15] 燕汝贞, 李 冉, 高 伟, 等. 供应链融资结构视角下的零售商订购策略研究. 中国管理科学, 2019, 27(8): 158–167.
Yan R Z, Li R, Gao W, et al. Research on retailer ordering strategy from the perspective of supply chain financing structure. Chinese Journal of Management Science, 2019, 27(8): 158–167. (in Chinese)
- [16] Modigliani F, Miller M H. The cost of capital, corporation finance, and the theory of investment. American Economic Review, 1958, 48(3): 261–297.
- [17] 王建秀, 李常洪, 张改枝. 基于不同风险类别的中小企业融资博弈模型分析. 中国软科学, 2012(3): 181–186.
Wang J X, Li C H, Zhang G Z. Analysis of financing game model of SMEs based on different risk categories. China Soft Science, 2012(3): 181–186. (in Chinese)
- [18] 占济舟, 周献中, 公彦德. 生产资金约束供应链的最优融资和生产决策. 系统工程学报, 2015, 30(2): 190–200.
Zhan J Z, Zhou X Z, Gong Y D. Optimal financing and production decision-making of supply chain constrained by production funds. Journal of Systems Engineering, 2015, 30(2): 190–200. (in Chinese)
- [19] 李沿海, 顾超成, 邓世名. 装配系统中的供应商融资: 银行贷款vs 买方预付款. 运筹与管理, 2018, 27(11): 157–162.
Li Y H, Gu C C, Deng S M. Supplier financing in assembly systems: Bank loans vs buyer prepayments. Operations Research and Management, 2018, 27(11): 157–162. (in Chinese)
- [20] Hua S, Liu J, Cheng T C E, et al. Financing and ordering strategies for a supply chain under the option contract. International Journal of Production Economics, 2019, 208: 100–121.
- [21] 黄少安, 张 岗. 中国上市公司股权融资偏好分析. 经济研究, 2001, 36(11): 12–27.
Huang S A, Zhang G. Analysis of equity financing preference of Chinese listed companies. Economic Research, 2001, 36(11): 12–27. (in Chinese)
- [22] 王 宇, 于 辉. 供应链合作下零售商股权融资策略的模型分析. 中国管理科学, 2017, 25(6): 101–110.
Wang Y, Yu H. Model analysis of retailer equity financing strategy under supply chain cooperation. Chinese Journal of Management Science, 2017, 25(6): 101–110. (in Chinese)
- [23] Yang H, Zhuo W, Shao L. Equilibrium evolution in a two-echelon supply chain with financially constrained retailers: The impact of equity financing. International Journal of Production Economics, 2017, 185: 139–149.
- [24] 马 健, 刘志新, 张力健. 异质信念、融资决策与投资收益. 管理科学学报, 2013, 16(1): 59–73.
Ma J, Liu Z X, Zhang L J. Heterogeneous belief, financing decision and investment returns. Journal of Management Sciences in China, 2013, 16(1): 59–73. (in Chinese)
- [25] 于 辉, 王 宇. 供应链视角下成长型企业融资方式选择: 债权融资 VS 股权融资. 中国管理科学, 2018, 26(5): 74–85.
Yu H, Wang Y. Choice of financing methods for growth-oriented enterprises from the perspective of supply chain: Debt financing vs equity financing. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26 (5): 74–85. (in Chinese)
- [26] 褚宏睿, 冉 伦, 李金林, 等. 带有回购和缺货惩罚的损失厌恶报童问题. 管理评论, 2014, 26(4): 101–110.
Chu H R, Ran L, Li J L, et al. Loss aversion newsboy with repurchase and out of stock punishment. Management Review, 2014, 26(4): 101–110. (in Chinese)
- [27] 文 平, 庞庆华. 基于预期的报童问题研究. 中国管理科学, 2018, 26(3): 109–116.
Wen P, Pang Q H. Research on newsboy problem based on expectation. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(3): 109–116. (in Chinese)

- [28] Wang C X, Webster S, Suresh N C. Would a risk-averse newsvendor order less at a higher selling price. *European Journal of Operational Research*, 2009, 196(2): 544–553.
- [29] 胡劲松, 朱太硕, 王永波. 损失概率厌恶和损失厌恶行为零售商的供应链网络均衡. *控制与决策*, 2016, 31(7): 1296–1304.
Hu J S, Zhu T S, Wang Y B. Supply chain network equilibrium of retailers with loss probability aversion and loss aversion behavior. *Control and Decision*, 2016, 31(7): 1296–1304. (in Chinese)
- [30] 付红, 马永开, 唐小我. 组装商损失厌恶情形下组装供应链协调. *系统工程学报*, 2016, 31(4): 504–514.
Fu H, Ma Y K, Tang X W. Coordination of assembly supply Chain with a loss-averse assemble. *Journal of Systems Engineering*, 2016, 31(4): 504–514. (in Chinese)
- [31] 杨光, 刘新旺. 基于损失偏好的双渠道在线折扣销售策略研究. *系统工程学报*, 2019, 34(1): 102–115.
Yang G, Liu X W. The selling strategy on dual-channel on-line discounts considering loss preferences. *Journal of Systems Engineering*, 2019, 34(1): 102–115. (in Chinese)
- [32] Chen X, Zhou Q. Loss-averse retailer's optimal ordering policies for perishable products with customer returns. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014(1): 1–5.
- [33] 马德青, 胡劲松, 姜伟, 等. 具损失厌恶和损失概率厌恶的报童问题研究. *中国管理科学*, 2017, 25(9): 188–196.
Ma D Q, Hu J S, Jiang W, et al. Research on newsboy problem with loss aversion and loss probability aversion. *Chinese Journal of Management Science*, 2017, 25(9): 188–196. (in Chinese)
- [34] Wang C X, Webster S. The loss-averse newsvendor problem. *Omega: The International Journal of Management*, 2009, 37(1): 93–105.
- [35] 周永务, 肖旦, 李绩才. 损失规避零售商订货量与广告费用的联合决策. *系统工程理论与实践*, 2012, 32(8): 1727–1738.
Zhou Y W, Xiao D, Li J C. Joint decision of loss avoiding retailer's order quantity and advertising cost. *Systems Engineering: Theory and Practice*, 2012, 32(8): 1727–1738. (in Chinese)
- [36] Liu W, Song S, Wu C. Single-period inventory model with discrete stochastic demand based on prospect theory. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 2017, 8(3): 577–590.
- [37] 邱国斌. 考虑参照点的损失厌恶企业订货决策研究. *系统科学学报*, 2018, 26(1): 115–118.
Qiu G B. Considering the loss of reference point aversion enterprise order decision research. *Journal of Systems Science*, 2018, 26(1): 115–118. (in Chinese)
- [38] 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. *中国管理科学*, 2019, 27(3): 96–104.
Du W Y, Liu X J, Tang X W. Loss-averse retailer ordering strategy and supply chain coordination based on financing demand. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(3): 96–104. (in Chinese)
- [39] Xu X S, Wang H, Dang C, et al. The loss-averse newsvendor model with backordering. *International Journal of Production Economics*, 2017, 188: 1–10.

作者简介:

燕汝贞(1982—), 男, 山东淄博人, 博士, 副教授, 研究方向: 供应链金融, 公司金融, Email: yanruzhen@163.com;

邱启文(1996—), 女, 四川宜宾人, 硕士生, 研究方向: 供应链金融, 公司金融, Email: qiuqiwen726@163.com;

高伟(1982—), 女, 山东烟台人, 博士, 教授, 研究方向: 物流与供应链管理, Email: gaow956@qq.com;

吴栩(1986—), 男, 四川巴中人, 博士, 副教授, 研究方向: 资本市场与公司金融, Email: markwoo@aliyun.com.