

# 回购和销售奖惩联合契约能优化 保兑仓交易决策吗?\*

• 吴勇民<sup>1,2</sup> 钱哲<sup>2</sup>

(1 吉林大学数量经济研究中心 长春 130012; 2 吉林大学商学与管理学院 长春 130012)

**【摘要】**保兑仓融资模式的发展为缓解中小企业的资金约束开辟了新的途径，但保兑仓融资模式的参与企业之间既存在合作，也存在冲突，因此，如何通过设计有效的激励机制实现其交易决策的优化是学术界研究的重要课题。通过建立回购和销售奖惩联合契约的保兑仓交易决策模型可知，回购与销售奖惩联合契约的运用能提升保兑仓参与企业的整体利润水平，并且通过批发价、银行利率、奖惩参数的设置，不仅销售商可以实现最优的订货量，供应商也可以把销售商的订货量控制在一个合理的范围内，降低回购风险。算例的仿真结果进一步验证了回购和销售奖惩联合契约对于供应链参与企业的交易决策具有明显的优化作用。

**【关键词】**保兑仓 回购契约 销售奖惩契约 交易决策

中图分类号：F832；C931 文献标识码：A

## 1. 引言

金融只有回归服务实体经济的本源才能避免发生系统性风险，而实体经济领域中的广大中小微企业是我国经济中最具活力的部分，其重要性不言而喻。国家统计局第四次全国经济普查报告的数据显示，2018 年末，我国中小微企业资产占全部资产总计的 77.1%，全年营业收入占全部企业全年营业收入的 68.2%，吸纳就业人数占全部就业人数的 79.4%。然而，长期以来，融资难、融资贵一直是制约中小企业发展的难点和痛点问题。Sullivan 等(1999)研究表明，28%的中小型企业破产是由资金不足导致的。国内外学术界和实业界都为解决这一问题展开了富有成效的探索，其中，供应

\* 基金项目：吉林大学商学与管理学院创新领域培育计划项目“供应链金融支持实体经济的机制和政策研究”(项目编号：2023-10)。

通讯作者：吴勇民，E-mail: wuym@jlu.edu.cn。

链金融模式的创新和发展被广泛认为是解决这一难题极具潜力的途径之一。供应链金融从供应链的整体视角, 审视供应链系统中广大中小企业的资金管理问题, 涌现出很多创新的金融服务模式, 在很大程度上缓解了中小企业的融资约束问题, 从而成为金融服务实体经济的有效途径(吴勇民和陈凯月, 2023)。

保兑仓融资模式作为一种重要的供应链金融模式, 可以有效地解决供应链下游中小企业的资金约束问题(田江和姜康, 2015)。与传统融资模式相比, 由于保兑仓融资模式引入金融机构作为第三方参与者, 影响了供应链的资金流和物流, 从而改变了传统供应链的协调机制。这种融资模式不仅为供应链提供了资金支持, 还通过优化资金流和物流、降低风险、提升整体绩效等方式, 促进了供应链的协调与稳定发展。更重要的是, 保兑仓融资模式能实现供应链核心企业与中小企业的资金流和物流的整合, 把单个企业的不可控风险转变为供应链整体的可控风险, 使得越来越多的供应链企业和金融机构参与到保兑仓融资模式中, 促进了保兑仓融资的快速发展, 也成为学术界研究的热点。

从文献研究的角度来看, 国外学术界通常把保兑仓融资称为渠道融资或销售融资, 国内有关保兑仓融资的研究主要从保兑仓融资模式的运作机理及功能层面展开。白少布和刘洪(2009)分析了保兑仓融资模式的内涵及运作流程, 并指出企业努力水平和信用程度与保兑仓业务的收益密切相关; 马晶晶和陈祥锋(2010)通过对仓单质押和保兑仓融资模式的对比分析, 得出了二者在融资额度和订货量方面的差异。这些文献奠定了保兑仓融资模式研究的理论基础, 并在实际运用中得到了进一步发展。

尽管保兑仓融资模式为缓解下游中小零售企业的融资困境开辟了途径, 但在实际运作中, 由于保兑仓融资模式参与企业的复杂性, 每个参与方都以自身利益最大化为目标, 彼此之间既发生合作, 也存在利益冲突。由于存在利益分配、货物监管以及商业信息的安全性等因素, 参与方在交易决策中呈现出明显的复杂性和不确定性特征, 这不仅涉及金融机构提供资金的数额、利率和期限等融资参数的决策问题, 而且还涉及供应链核心企业、零售企业的交易参数的决策问题, 如果忽略这些影响因素, 就会影响保兑仓模式的有效运作, 进而损害供应链的整体绩效。因此, 如何通过设计有效的激励相容机制, 实现供应链参与企业交易决策的协调, 无疑具有重要的理论意义和现实意义。

## 2. 文献回顾

学术界和实业界常常通过设计多种类型的契约来协调供应链的冲突, 这样的做法也为本文优化保兑仓参与企业的交易决策提供了参考。供应链契约设计的主要目的是规范各参与企业的行为, 降低不确定性所带来的风险, 协调利益分配, 实现供应链整体和单个企业的利润同时达到最优。黄广超和蓝海林(2006)认为供应链契约的根本目的是实现供应链各参与方的多赢以及整体效益的最优, 并从供应链契约决策变量的视角出发, 对常见的契约变量进行归纳总结, 比较不同契约之间的差异。供应链契约讨论的问题涉及定价、订货量、提前期、产品质量、退货策略等, 因此, 供应链契约的广泛运用不仅约束各企业按照规定进行交易, 而且有利于供应链的整合与协调。目前, 学术界研究和讨论的契约类型主要有回购契约、数量折扣契约、收益共享契约和销售奖惩契约。

回购契约是指销售期末, 供应商以回购价格将销售商的剩余产品收购回去, 需要确定的契约参数包括批发价、订货量和回购价格。Pasternack(1985)的研究证明了回购契约的重要性, 他认为, 供应商为销售商部分退货提供完全信用的策略可以实现渠道协调。代建生和秦开大(2017)运用 CVaR 方法研究了风险厌恶零售商促销下供应商的回购契约设计问题, 结论表明, 对任意给定的促销成本分担比例, 都存在一个回购契约可最大化供应商和零售商的期望利润。田原等(2021)研究了基于延迟定价和回购契约的供应链协调策略, 分析表明: 采用回购契约得到的最优订货量能使零售商和生产商均实现利润最大化, 达到供应链协同。陈碎雷等(2023)考察了供给与需求不确定情形下的供应链回购契约与补偿契约, 并对不同契约机制下制造商和零售商的利润水平进行了比较。

数量折扣契约是为了激励销售商的订货量而采取的一种减价优惠, 供应商根据销售商的订货批量给予一定的批发价格折扣, 一般订货量越大, 折扣力度越大。Monahan(1984)基于供应商和单个销售商组成的两级供应链系统, 探讨了供应商构造最优数量折扣契约的条件, 他认为, 如果确定了销售商的订单规模和相应的价格折扣, 就可以最大限度地增加供应商的净利润和现金流量。彭作和田澎(2006)指出将“隐性特权费”和数量折扣契约联合应用到供应链系统中可以保证双方收益并实现系统整体利润最优。

收益共享契约指的是供应商分享销售商一定比例的销售收入, 主要参数包括批发价、订货量和收益共享比例。邱若臻和黄小原(2006)建立了具有缺货成本的供应链收入共享契约协调的随机期望值模型, 分析了共享契约的参数关系以及对供应链整体运作绩效方面的影响。代建生和孟卫东(2014)分析了销售商风险规避且存在促销效应的收益共享契约, 认为销售商不过于规避风险时可以实现渠道协调。王宁宁等(2015)建立了模糊需求下收益共享契约模型, 验证了考虑销售商关切行为的收益共享契约可以实现供应链协调。李永飞等(2022)研究了随机需求和收益共享契约约束下的供应链协调问题, 研究结果表明, 若零售商售价给定, 收益共享供应链可获得集中式供应链的收益, 供应链实现协调。赵雪云(2022)通过构建一个允许零售商在有限损失下共享收益与期权的联合契约分散决策模型, 验证了这种联合契约能够有效地协调存在有限损失容忍度的供应链。

销售奖惩契约在销售返利契约的基础上考虑惩罚的影响, 供应商分别为超过和不足销售目标的产品奖励或惩罚零售商一定的金额。He 等(2009)假设市场需求同时受销售努力和零售价格双重因素影响, 研究了销售奖惩契约对供应链协调的影响。王芳和吴祈宗(2008)探讨了销售商占主导地位的供应链中, 为激励生产商的生产数量, 销售商对生产商缺货行为进行惩罚, 验证了惩罚契约可以实现供应链的协调。李建斌等(2015)研究了销售商为风险厌恶下的两种供应链返利与惩罚契约, 对两种类型的契约分别设计合理参数, 并验证契约的有效性。林强等(2018)研究了销售奖惩和回购策略对供应链协调的影响, 结论表明, 只有支持回购的销售奖惩策略可以实现供应链的融资协调。此外, Zhang 等(2021)调查了供应链中制造商通过零售商销售季节性产品的动态契约问题, 重点研究了两个时期内的快速响应以及如何通过动态契约协调供应链。

保兑仓融资模式与供应链契约结合, 既提升了买卖双方的资金融通与销售稳定性, 又降低了银行风险, 同时优化了整个供应链的运作效率, 因此, 在实践中, 企业在通过保兑仓融资模式进行融资时, 往往与供应链契约相结合。例如, 某钢铁生产企业为了扩大销售和稳定销售渠道, 与其经销商签订了保兑仓融资协议。根据协议, 银行为该经销商提供定向采购融资, 以支持其从钢铁生产企

业购买钢材。同时, 钢铁生产企业作为卖方, 对承兑汇票保证金以外的金额部分提供回购担保, 在这样的情况下, 如果经销商无法按期还款, 钢铁生产企业将负责回购剩余货物, 从而降低银行的贷款风险。此外, 为了确保供应链的稳定和高效运作, 钢铁生产企业还与经销商签订了销售奖惩契约。该契约明确规定了双方的责任和义务, 包括产品质量、交货期限、销售价格等条款。同时, 还设定了相应的激励机制和惩罚措施, 以促使双方共同遵守契约并努力实现供应链的整体优化。通过保兑仓融资模式和销售奖惩契约的应用, 某钢铁生产企业成功地扩大了销售网络并稳定了客户关系, 而经销商则获得了必要的融资支持并确保了货源的稳定供应, 同时, 银行也通过控制货权和卖方的回购担保降低了贷款风险并拓展了业务领域。但在理论研究方面, 通过以上的文献梳理, 不难发现, 把保兑仓融资模式和供应链契约割裂开分别进行研究是现有文献存在的主要问题。一方面, 在研究保兑仓融资模式的运作机理及其对供应链企业绩效的影响时, 忽略了供应链冲突对保兑仓模式的有效运作产生的影响, 比如, 当供应链合作企业定价不合理或者目标不一致时, 可能会削弱保兑仓融资模式的效果, 因为这些冲突会导致合作伙伴之间的协作不足, 从而影响整个供应链的绩效。另一方面, 在研究供应链契约对各参与方的决策及供应链整体协调的影响时, 又忽略了在保兑仓融资模式下讨论各参与方的交易决策问题, 比如, 供应链契约是协调供应链参与者的行为、优化供应链绩效的重要工具, 然而, 现有的文献却没有充分研究供应链契约是如何在保兑仓融资模式中发挥作用的。基于这样的考虑, 本文将应用广泛的销售奖惩契约纳入保兑仓融资模式的框架, 通过设计回购与销售奖惩的联合契约, 探索保兑仓各参与方交易决策的优化路径, 从而实现通过回购与奖惩机制激励供应链各方积极参与, 减少信息不对称和目标不一致所导致的冲突。同时, 通过联合契约的设计, 优化保兑仓融资模式下的资金流动和风险分配, 从而提高整个供应链的绩效。

与现有文献相比, 本文具有以下两点贡献:

第一, 本文深入探讨了保兑仓融资模式下供应链企业之间的交易协调机制, 从理论上为供应链金融提供了新的研究视角。通过构建数学模型和算例分析, 本文揭示了在保兑仓融资模式下, 销售商如何通过融资缓解自身资金约束, 实现全额付款, 选择最优的订货量; 供应商如何确定合理的批发价格和奖惩价格, 实现批量销售, 减低回购风险; 银行如何综合考虑影响信贷风险的因素, 制订最优的贷款利率。因此, 本文的研究不仅丰富了供应链金融的理论体系, 也为实践中供应链金融服务的改进提供了理论指导。

第二, 通过对保兑仓协调机制的深入探索, 提出了一系列有效的策略来协调供应链企业之间的冲突, 优化交易决策。这些策略包括确定合理的融资条件、优化货物交付流程、建立风险共担机制等。这些策略的实施, 可以有效激励和吸引更多的供应链企业采用保兑仓融资模式, 从而为下游中小企业提供更加灵活和低成本融资渠道, 缓解其资金约束问题。

### 3. 考虑回购与销售奖惩联合契约的保兑仓交易决策模型

本文以经典的三方保兑仓融资模式为例, 将保兑仓所固有的回购契约与销售奖惩契约联合使用, 建立供应链集中决策和分散决策下的各参与企业的交易决策模型。

### 3.1 问题描述

三方保兑融资模式的参与方包括核心供应商、下游销售商和金融机构。供应商根据银行的指示给销售商发货,并承担货物仓储监管的责任和相应的仓储成本,销售商提货的部分以供应商回购作为担保。在没有银行参与的供应链回购合同中,如果下游销售商未能提走所有的货物,供应商需负责回购剩余货物,并且按照合同的相关规定办理退款。在三方保兑仓业务中,供应商同样向银行提供回购担保,在银行承兑汇票到期前,若销售商没有提走全部货物,供应商负责退还银行承兑汇票面额与销售商提走的全部货物之间的差额款项。

本文将销售奖惩契约引入保兑仓融资模式后,与回购契约共同约束参与方的决策行为,其中供应商和销售商按照如下流程执行契约。首先,一方提出合作意向后,如果另一方同意合作,双方协商确定契约和相关方案;其次,供应商和销售商根据协议内容组织各自的生产经营活动,供应商生产产品并向销售商供货,销售商按照协议进货;再次,根据市场实际需求情况,销售商的销售量超过目标销售量则给予奖励,若低于目标销售量则进行惩罚,并且供应商对销售期末的剩余产品进行回购处理。

在考虑回购与销售奖惩联合契约的保兑仓融资模式下,供应商需要确定单位销售奖励和惩罚价格、批发价和目标销售量,销售商则根据供应商的一系列决策和市场情况确定订货批量的大小。同时,供应商向银行承诺在销售期末回购剩余产品。由供应商确定批发价格  $w$  和目标销售量  $T$ ,对销售商销售超过  $T$  的部分给予一定程度的奖励,单位奖励价格为  $m$ ,对不足  $T$  的部分给予一定程度的惩罚,单位惩罚价格为  $d$ 。在这种情况下,当销售商的订货量小于供应商确定的目标销售量时,销售奖惩契约就转化为简单批发价格契约,这时无法实现供应链的协调;当目标销售量大于最优订货量时,显然也不能实现供应链的协调。因此,我们在  $q \geq T$  并且  $T < q^*$  的条件下讨论整个供应链收益的变化以及能否协调。

### 3.2 模型符号及基本假设

基于对模型的描述,相关假设如下:

- (1) 银行是中性风险偏好者;
- (2) 资金约束的销售商按需订货,不考虑库存成本和缺货成本;
- (3) 在销售期内销售商的销售价格不变;
- (4) 该模型仅考虑短期、单轮融资及销售,所以不考虑销售商的破产风险;
- (5) 为了方便计算和比较销售奖惩所带来的影响,本文设定供应商的单位回购价格等于单位批发价格。

基于上述假设,本文模型的参数及含义如表 1 所示:

表 1 模型参数及含义

参 数	含 义
$q$	销售商订货量
$p$	销售商单位售价
$w$	供应商单位批发价格/单位产品回购价格
$c$	供应商单位成本
$v$	产品剩余残值
$B$	销售商自有资金
$T$	目标销售量
$m$	单位产品的销售奖励价格
$d$	单位产品的销售惩罚价格
$r$	银行向销售商收取的融资利率
$r_0$	银行保兑仓业务的目标收益率
$x$	市场随机需求变量
$\mu$	产品期望需求
$\pi_r, \pi_s, \pi_b, \pi_z$	销售商利润、供应商利润、银行利润、供应链企业总利润

因为销售商面临资金约束问题, 自身所拥有的资金不足以支付期初的货款, 所以向银行融资的金额为  $wq - B$ 。同时, 根据市场的实际情况, 可知有  $p > w > c > v \geq 0$ 。

产品的市场需求概率密度为  $f(x)$ , 分布函数为  $F(x)$ ,  $F(x)$  是可导且严格单调递增函数,  $F(0) = 0$ , 期望需求  $\mu = E(D) = \int_0^{Q_0} xf(x) dx$ 。在市场中销售商实际的销售量为  $S(q)$ , 其具体公式如下:

$$S(q) = \int_0^q xf(x) dx + \int_q^{Q_0} qf(x) dx = q - \int_0^q F(x) dx \quad (1)$$

期末产品的剩余量为  $L(q)$ , 公式为:

$$L(q) = q - S(q) = \int_0^q F(x) dx \quad (2)$$

以下将分为两种情况进行讨论: 一是集中决策, 从供应链整体的角度对订货决策进行分析; 二是分散决策, 从供应链各参与方的角度对相应决策进行讨论, 分别是银行的利率决策、销售商和供应商以自身利润最大化为目标的独立决策, 并与不考虑销售奖惩的保兑仓模式进行比较分析。

### 3.3 集中决策模型

供应链的集中决策指不考虑供应链各参与方的收益情况是否满足最优期望, 仅以供应链收益最优为决策目标。因此, 根据保兑仓模式的决策流程以及各参与方的利润组成, 得到供应链整体的

利润。

在支持回购的保兑仓融资模式下, 供应链各方应建立信息共享机制, 保兑仓作为融资手段, 其交易决策需要基于供应链中的实时信息, 如库存水平、需求预测、物流状态等, 以便做出准确的融资决策。因此, 进行集中决策时供应链上的各个参与方被视为一个整体, 供应链总体期望利润为需求量小于订货量  $q$  时的利润与需求量大于订货量  $q$  时的利润之和, 表示为:

$$\begin{aligned} \pi_{sc} &= \int_0^q [px - cq + v(q - x)]f(x) dx + \int_q^{+\infty} (pq - cq)f(x) dx \\ &= (p - c)q - (p - v) \int_0^q F(x) dx \end{aligned} \quad (3)$$

上式中, 销售价格  $p$ 、生产成本  $c$  和残值  $v$  都是确定的常数值, 所以供应链的整体利润变化趋势受销售商的订货量影响, 为了增加供应链整体收益应激励销售商, 通过提供相应的鼓励政策来增加订货量。

以  $q$  为自变量对  $\pi_{sc}$  进行求导, 得到:  $\frac{\partial \pi_{sc}}{\partial q} = p - c - (p - v)F(q)$ , 令其等于零, 解得:

$$q_0^* = F^{-1} \left[ \frac{p - c}{p - v} \right] \quad (4)$$

因为  $\frac{\partial^2 \pi_{sc}}{\partial q^2} = -(p - v)f(q) < 0$ , 可知  $q_0^*$  为极大值点, 即供应链整体利润达到最大值时对应的销售商最优订货量。根据该最优解, 可以得到最优订货量  $q_0^*$  与市场价格  $p$ 、生产成本  $c$  和回购价格相关。市场价格和回购价格与订货量呈正相关关系, 当市场价格和回购价格变高时, 对销售商而言起到激励的影响, 促使销售商的订货量变大; 当产品的生产成本变高时, 销售商的订货量会变小, 继而会影响生产商相应的生产行为。供应商的利润受到回购价格和订货量等因素的影响, 供应商在进行决策时, 如果仅仅为了提高订货量而盲目提高回购价格, 一方面对销售商的激励可能达不到预期效果, 另一方面也会给自己带来过高的回购成本, 形成不利的影 响。同时观察上式可知, 银行利率  $r$ 、供应商批发价格  $w$  这些变量的大小变化不影响供应链整体利润的大小, 只决定供应链总收益在各参与者之间的分配。

### 3.4 分散决策模型

在分散决策时, 为求出保兑仓各参与企业的交易决策最优解, 需基于特定的博弈框架, 本文采用 Stackelberg 博弈模型, 并设供应商为领导者, 销售商为跟随者, 各参与方依次决策, 银行首先进行决策, 确定贷款利率; 供应商在满足自身利润最大化的前提下, 确定批发价格; 销售商预见到供应商的决策, 并据此做出反应决策, 确定自己的最优订货量。通过逆向归纳法进行求解, 先计算销售商的期望利润和最优订货量, 再计算供应商的期望利润。

#### 3.4.1 银行的利率决策

本文假定银行是风险中性的投资者, 对不同项目的投资风险采取相同态度。在信贷市场中, 银

行提供融资服务需要满足基本条件, 即期末期望收益等于资本市场的平均投资回报, 即  $\pi_{b(r)} = L_0 r_f$ , 该等式左边表示银行提供融资的期望利润, 等式右边表示等同的贷款量在市场上得到的无风险回报收益。

在保兑仓业务中, 银行会要求供应商回购销售商的剩余产品, 当外部环境产生波动影响市场对产品的需求时, 产品大量积压会为供应商带来过多的回购成本, 那么供应商会选择违约即不进行回购。供应链协调决策要考虑到整个供应链的风险管理, 而保兑仓交易决策则需要关注融资风险。两者需要共同评估和管理供应链中可能出现的风险, 如信用风险、市场风险等。因此, 银行在为中小企业提供贷款时, 会考虑供应商的回购能力和违约概率, 供应商的违约风险会对银行的期望收益带来影响。设定  $Z$  为银行面临违约风险的市场需求临界点, 当  $D$  即市场需求大于  $Z$  时, 银行可以获得期望收益; 当  $D < Z$  时, 供应商选择违约, 拒绝回购剩余产品, 银行承担损失。

银行的期望利润表示为:

$$\pi_b = \begin{cases} (wq - B)r, & D > Z \\ (wq - B)r - (w - v)E(q - D)^+, & D \leq Z \end{cases} \quad (5)$$

整理得:

$$\begin{aligned} \pi_b &= (wq - B)r \cdot P\{D > Z\} + [(wq - B)r - (w - v)E(q - D)^+]P\{D \leq Z\} \\ &= (wq - B)r - (w - v) \left[ F(z)(q - z) + \int_0^z F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (6)$$

用  $\lambda$  表示保兑仓模式下供应商的回购违约概率,  $\lambda \in (0, 1)$ , 则根据  $\pi_{b1} = (wq - B)r_f$  可得银行的贷款利率为:

$$r = r_f + \frac{(w - v) \left[ (1 - \lambda)qF(\lambda q) + \int_0^{\lambda q} F(x) dx \right]}{wq - B} \quad (7)$$

以  $\lambda$  为自变量, 由上式对其一阶求导可得如下结果:

$$\frac{\partial r}{\partial \lambda} = \frac{w - v}{wq - B} [(1 - \lambda)q^2 f(\lambda q)] > 0 \quad (8)$$

由求导结果大于 0 可知, 银行的贷款利率  $r$  关于回购违约概率  $\lambda$  单调递增。 $\lambda$  反映了供应商的信用,  $\lambda$  越大, 供应商的违约概率越高, 即信用越低, 银行的贷款利率应相应增大。

令  $L_0 = wq - B$  表示贷款量, 以  $L_0$  为自变量求关于  $r$  的一阶导数, 得到:

$$\frac{\partial r}{\partial L_0} = - \frac{(w - v) \left[ (1 - \lambda)qF(\lambda q) + \int_0^{\lambda q} F(x) dx \right]}{L_0^2} \quad (9)$$

因为  $(w - v) \left[ (1 - \lambda)qF(\lambda q) + \int_0^{\lambda q} F(x) dx \right] > 0$ , 所以  $\frac{\partial r}{\partial L_0} < 0$ , 银行的贷款利率  $r$  关于贷款量  $L_0$  单调递减。贷款量反映了融资规模, 在合理范围内, 银行通过降低贷款利率鼓励销售商增加订货款量、扩大融资规模, 从而增加银行利润。同时,  $(w - v)$  表示产品的价值波动, 当批发价和回购价格差值越大, 银行面对的市场风险就越大, 银行设定的销售商贷款利率就会越大, 所以产品的市场需求和价格的平稳对办理保兑仓融资业务有着一定程度的影响。

银行为获得期望收益需要考虑资本市场的资金回报情况,所以在融资业务中要结合市场无风险收益率  $r_f$  来设定贷款利率  $r$ 。观察公式(7)可知,银行的贷款利率  $r$  与市场无风险收益率  $r_f$  呈正相关,  $r$  关于  $r_f$  单调递增。综上所述,银行在做出利率决策时需要考虑对风险产生影响的因素,除参考市场无风险收益率和销售商的融资规模外,还应当考察购销协议数量、产品单价和产品残值来确定贷款利率。

### 3.4.2 无销售奖惩的订货和定价决策

处于资金约束困境的销售商,往往受制于低等级授信额度或资金水平,陷入难以直接向银行贷款的恶性循环,所以需要借助核心企业的信用和回购担保解决资金不足的难题。在传统保兑仓模型中,供应商作为核心企业处于优势地位,银行基于供应商与销售商真实发生的交易和供应商的资信情况,向面临资金约束的销售商提供融资服务,同时为了降低风险,银行常常要求供应商承诺回购,当销售期末仍有剩余产品未被销售出去,供应商则应按照约定好的协议内容将剩余产品回购。

根据逆向归纳法求解过程,首先要考虑销售商最优订货量  $q$  的决策问题,应用报童模型原理可求得 Stackelberg 博弈的均衡结果。

销售商的总收益即销售收入,总成本由订货成本和融资后需要支付的利息组成,所以销售商的期望利润可表示如下:

$$\pi_{r1} = (p - w) \left[ \int_0^q xf(x) dx + q \int_q^{+\infty} f(x) dx \right] - (wq - B)r \quad (10)$$

对式(10)求导,分别得到销售商期望利润关于订货量的一阶导数和二阶导数,具体为:

$$\frac{\partial \pi_{r1}}{\partial q} = (p - w)(1 - F(q)) - wr \quad (11)$$

$$\frac{\partial^2 \pi_{r1}}{\partial q^2} = -(p - w)f(q) < 0 \quad (12)$$

因为  $f(x)$  是大于零的,销售价格  $p$  大于批发价格  $w$ ,所以销售商利润公式的二阶导数小于零,可知存在最大值。令一阶导数等于零时,可求得最优订货量为  $q_1^*$ ,具体表示为:

$$q_1^* = F^{-1} \left( \frac{p - (1 + r)w}{p - w} \right) \quad (13)$$

对  $q_1^*$  关于  $r$  和  $w$  分别求导,可得到如下式子:

$$\frac{\partial q_1^*}{\partial r} = - \frac{1}{f(q_1^*)} \frac{w}{p - w} \quad (14)$$

$$\frac{\partial q_1^*}{\partial w} = - \frac{1}{f(q_1^*)} \frac{rp}{(p - w)^2} \quad (15)$$

由  $0 < w < p$  且  $f(x) > 0$  可知,  $\frac{\partial q_1^*}{\partial r}$ 、 $\frac{\partial q_1^*}{\partial w}$  均小于零,所以最优订货量是关于保兑仓融资利率  $r$  和供应商批发价格  $w$  的减函数,订货量会随着融资利率和批发价格的上升而下降。当分散决策下的最优订货量等于集中决策的最优订货量,即  $q_0^* = q_1^*$ ,则供应链可以实现协调;当二者不等时,则供应链无法实现协调。

供应商的总收入包括批发收入和残值收入, 总成本由制造成本和回购成本组成, 供应商售出一件商品可获得收入  $(w - c)$ , 回购一件商品需要支付  $(w - v)$ , 当产品剩余量过多时, 供应商选择不回购。所以供应商的期望利润=批发收入-制造成本-回购成本+残值收入, 具体表示如下:

$$\begin{aligned} \pi_{s1} &= (w - c)q - (w - v)E(q - D) + P\{D > Z\} - 0 \cdot P\{D \leq Z\} \\ &= (w - c)q - (w - v) \left[ -F(z)(q - z) + \int_z^q F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (16)$$

供应商进行批发价格的决策时, 会考虑到对方据此做出的反应, 即销售商采取的最优订货量决策, 因此在分析供应商的批发价格决策时, 将销售商分散决策下的最优订货量  $q_1^*$  代入供应商的决策函数, 并对批发价  $w$  求一阶导数, 可以得到:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{s1}}{\partial w} &= \{w - c - (w - v) [ -\alpha(1 - \alpha)f(\alpha q_1^*) - F(\alpha q_1^*) + F(q_1^*) ]\} \frac{\partial q_1^*}{\partial w} \\ &+ q_1^* + \left[ (1 - \alpha)q_1^* F(\alpha q_1^*) - \int_{\alpha q_1^*}^{q_1^*} F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (17)$$

虽然回购契约在一定条件下可以实现供应链协调, 但在销售期后剩余产品由供应商回购处理情况下, 供应商将承担全部的市场需求不确定风险, 在竞争日趋激烈的市场环境下, 企业不能仅凭收益做出决策, 还需要对风险进行合理分析, 所以仅考虑回购契约无法实现风险共担的目的。本文将引入销售奖惩契约有效降低供应商的风险, 并且可以柔性分配参与方之间的利润, 并将其与传统保兑仓模式进行对比分析。

### 3.4.3 考虑销售奖惩的订货和定价决策

本文将返利和惩罚模型与回购契约联合应用到保兑仓融资模式中。为了激励销售商销售更多产品, 销售奖惩契约是一种有效的方法。销售奖惩契约通常包括奖励销售商达到或超过某个销售目标的奖金, 以及未能达到销售目标时的惩罚措施; 而回购契约是供应商为减少销售商的库存风险, 同意回购销售商未能售出的产品的一种契约; 两种契约应用在保兑仓模式中, 可以从风险共担、销售激励、库存控制等方面实现供应链协调。因此, 将回购契约和销售奖惩契约联合应用在保兑仓模式中, 可以更合理、有效地提升供应链的效率, 均衡三方的利益诉求。

在考虑销售奖惩的模式下, 供应商处于核心地位, 确定批发价格、目标销量、单位奖励和惩罚价格; 销售商在供应商做出决策后决定自己的订货量, 进行销售满足市场需求。当销售商的订货量小于确定的目标销量时, 可知该契约退化为简单批发契约, 无法满足约束, 因此目标销量需要满足小于订货量并且小于最优订货量的约束条件, 即  $q \geq T$  且  $T < q^*$ 。

销售商的期望利润=销售收入-销售成本-贷款利息+达到目标销量的奖励-未达到目标销量的惩罚, 具体表示如下:

$$\pi_{r2} = pS(q) - wS(q) - wqr + mE[\min(q, D) - T]^+ - dE[T - \min(q, D)]^+ \quad (18)$$

只考虑  $q \geq T$  且  $T < q^*$  时, 整理得:

$$\begin{aligned} \pi_{r_2} &= (p - w) \left( \int_0^q xf(x) dx + q \int_q^{+\infty} f(x) dx \right) + m \left( q - T - \int_T^q F(x) dx \right) - d \int_0^T F(x) dx - wqr \\ &= (p + m - w - wr)q - (p - w) \int_0^q F(x) dx + Br - m \left( T + \int_T^q F(x) dx \right) - d \int_0^T F(x) dx \end{aligned} \quad (19)$$

根据上述公式, 本文提出四个命题, 并证明如下:

**命题 1** 在考虑销售奖惩的保兑仓融资中, 销售商存在唯一最优订货量决策  $q_2^*$  使其利润最大化, 且  $q_2^* = F^{-1} \left( 1 - \frac{wr}{p + m - w} \right)$ 。

证明: 在供应链运营过程中, 销售商的主要决策为订货量决策, 所以对销售商的期望利润  $\pi_{r_2}$  求关于  $q$  的一阶导数, 可得到如下式子:

$$\frac{\partial \pi_{r_2}}{\partial q} = (p + m - w)(1 - F(q)) - wr \quad (20)$$

令其一阶导数等于零, 可知销售商最优订货量为:

$$q_2^* = F^{-1} \left( 1 - \frac{wr}{p + m - w} \right) \quad (21)$$

对  $\pi_{r_2}$  求关于  $q$  的二阶导数, 可得  $\frac{\partial^2 \pi_{r_2}}{\partial q^2} = -f(q)(p + m - w)$ , 因为  $q_2^*$  为  $\pi_{r_2}$  的驻点, 同时  $\frac{\partial^2 \pi_{r_2}}{\partial q^2} < 0$ , 可知  $q_2^*$  为极值点, 对应销售商的利润最大点。

**命题 2** 在考虑销售奖惩的保兑仓融资中, 销售商的最优订货量  $q_2^*$  与批发价  $w$ 、银行利率  $r$  呈负相关关系, 与奖励参数  $m$  呈正相关关系。

证明: 对式(20)分别求关于批发价  $w$ 、银行利率  $r$  和奖励参数  $m$  的一阶偏导, 得到:

$$\frac{\partial q_2^*}{\partial w} = - \frac{1}{f(q)} \frac{r(p + m)}{(p + m - w)^2} \quad (22)$$

$$\frac{\partial q_2^*}{\partial r} = - \frac{1}{f(q)} \frac{w}{(p + m - w)} \quad (23)$$

$$\frac{\partial q_2^*}{\partial m} = \frac{1}{f(q)} \frac{wr}{(p + m - w)^2} \quad (24)$$

由相关参数约束条件和  $f(q) > 0$  可知, 式(22)和式(23)表明销售商的最优订货量与批发价、银行利率呈负相关关系, 当批发价和银行利率变大时, 销售商的销售成本也会增加, 导致订货量减少; 式(24)表明最优订货量与奖励参数呈正相关关系, 供应商给予销售奖励可以鼓励销售商的订货行为, 从而提高订货量。

供应商的期望利润=批发收入-生产成本-回购成本+残值收入-销售商达到目标销量的奖励+销售商未达到目标销量的惩罚, 具体表示如下:

$$\begin{aligned} \pi_{s_2} &= (w - c)q - (w - v) \left[ -F(z)(q - z) + \int_z^q F(x) dx \right] \\ &\quad - mE[\min(q, D) - T]^+ + dE[T - \min(q, D)]^+ \end{aligned} \quad (25)$$

只考虑  $q \geq T$  且  $T < q^*$  时的情况, 具体表示如下:

$$\begin{aligned} \pi_{s2} = & (w - c)q - (w - v) \left[ -F(z)(q - z) + \int_z^q F(x) dx \right] \\ & - m \left( q - T - \int_T^q F(x) dx \right) + d \int_0^T F(x) dx \end{aligned} \quad (26)$$

以批发价  $w$  为自变量对上式求偏导, 可以得到:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_{s2}}{\partial w} = & q + F(\alpha q)(\alpha q - q) + \int_{\alpha q}^q F(x) dx \\ = & \left\{ \begin{aligned} & w - c - m(1 - F(q)) - (w - v)[(\alpha - 1)(\alpha f(\alpha q)q + F(q))] \\ & + F(q) - \alpha F(\alpha q) \end{aligned} \right\} \frac{\partial q}{\partial w} \end{aligned} \quad (27)$$

将式(21)代入式(27)即可得到供应商的批发价关系式。

**命题 3** 在分散决策下, 传统保兑仓融资模式的最优订货量小于考虑销售奖惩的保兑仓融资模式的最优订货量。

证明: 对式(21)求关于  $w$  的二阶导数, 可以得到:

$$\frac{\partial^2 q}{\partial w^2} = - \frac{2r(p + m)}{f(q)(p + m - w)^3} \quad (28)$$

因为  $f(q) > 0$  且  $p + m - w > 0$ , 所以  $\frac{\partial^2 q}{\partial w^2} < 0$ , 当  $w$  增大时,  $q$  随之变小。

$$F(q_1^*) = 1 - \frac{wr}{p - w} \quad (29)$$

$$F(q_2^*) = 1 - \frac{wr}{p + m - w} \quad (30)$$

因为  $\frac{wr}{p - w} > \frac{wr}{p + m - w}$ , 所以  $q_1^* < q_2^*$ 。说明在一定条件下, 考虑销售奖惩的保兑仓模式比传统保兑仓模式的订货量会更大一些, 而订货量对供应链利润十分重要, 订货量增加会提高销售商的利润, 供应商的销售量会随之扩大, 同时供应链的整体利润也将提高。

下面就销售奖惩契约中相关参数对销售商和供应商利润影响情况进行讨论。

根据供应链协调条件可知, 销售商分散决策下的最优订货量等于集中决策下的最优订货量, 且各成员的期望利润不能小于保留利润可实现协调, 因此可以得到考虑销售奖惩情况下供应链的协调条件。

**命题 4** 考虑销售奖惩的保兑仓融资模式, 为使供应链达到协调, 奖励参数需要满足  $m = \frac{wr(p - v) - (p - w)(c - v)}{c - v}$ 。

证明: 由供应链协调条件可知, 集中决策订货量与分散决策订货量相等, 则式(4)与式(21)相等, 即:

$$\left( \frac{p - c}{p - v} \right) = \left( 1 - \frac{wr}{p + m - w} \right) \quad (31)$$

可得  $m$  满足下式:

$$m = \frac{wr(p-v) - (p-w)(c-v)}{c-v} \quad (32)$$

对  $m$  分别求关于  $w$  和  $r$  的一阶偏导数可得到:

$$\frac{\partial m}{\partial w} = \frac{r(p-v) + c-v}{c-v} \quad (33)$$

$$\frac{\partial m}{\partial r} = \frac{w(p-v)}{c-v} \quad (34)$$

由式(33)、式(34)可知, 奖励参数  $m$  与批发价  $w$ 、贷款利率  $r$  均呈正相关, 当批发价格或贷款利率增大时, 销售商的订货量会相应减小, 为了鼓励销售商订货行为, 供应商会通过增加奖励单价来提高销售商的订货量。

在协调的同时, 销售商和供应商的期望利润也需要满足约束条件, 不能小于保留利润, 则有:

$$\begin{cases} \pi_{r2}(q_2^*) \geq \pi_{r1}(q_1^*) \\ \pi_{s2}(q_2^*) \geq \pi_{s1}(q_1^*) \end{cases} \quad (35)$$

对销售商和供应商分别求关于  $d$  和  $T$  的导数, 可得到:

$$\frac{\partial \pi_{r2}}{\partial T} = -m(1-F(T)) - dF(T) \quad (36)$$

$$\frac{\partial \pi_{s2}}{\partial T} = m(1-F(T)) + dF(T) \quad (37)$$

$$\frac{\partial \pi_{r2}}{\partial d} = \int_0^T F(x) dx \quad (38)$$

$$\frac{\partial \pi_{s2}}{\partial d} = -\int_0^T F(x) dx \quad (39)$$

因为  $F(q) \in [0, 1]$ , 可知销售商利润对  $T$  的一阶导数小于零, 供应商利润对  $T$  的一阶导数大于零, 即销售商的利润随着  $T$  的增大而减小, 供应商的利润随着  $T$  的增大而增大, 因为目标销量设定越高, 对销售商而言完成难度就越高, 更多供应链利润也会随之被分配给供应商。

同理可知, 销售商利润对  $d$  的一阶导数小于零, 供应商利润对  $d$  的一阶导数大于零, 即销售商的利润随着  $d$  的增大而减小, 供应商的利润随着  $d$  的增大而增大, 惩罚参数的设置可以控制销售商的订货量范围, 一定的惩罚可以弥补供应商的回购损失。在满足约束条件的情况下, 可以通过调节  $d$  和  $T$  来实现利润的灵活分配。

通过以上对供应链参与企业的交易决策建模可知, 在传统保兑仓模式下, 供应商承诺回购剩余产品获得银行的融资, 但实际上销售商掌握更多的需求信息, 因此供应商由于缺乏市场信息而面临一定的回购风险; 与之相比, 通过联合使用回购契约和销售奖惩契约, 供应商通过参数设计可以将销售商订货量控制在合理范围, 有效控制自身承担的风险。

## 4. 算例分析

保兑仓交易决策与供应链协调决策的相互融合在现实世界中有很多成功的案例。例如, 大型制

制造企业 A 拥有多个生产基地, 生产各种高质量的机械设备。A 企业为了进一步扩大市场份额, 计划向分销商 B 销售产品。然而, 由于 A 企业产品的价格较高, 分销商 B 的现金流不足以一次性支付全部货款。为解决这一问题, A 企业决定与中国银行 C 分行合作, 签订了含有销售奖惩条款的三方保兑仓协议。这一协议不仅解决了分销商 B 现金流不足的问题, 提高了销售量, 同时, A 企业也扩大了市场份额, 并且获得了中国银行的信用支持, 降低了因分销商 B 违约而产生的信用风险, 实现了制造商 A 企业、分销商 B 企业和中国银行 C 分行的多方共赢, 实现了供应链的协调决策。这个成功的案例由于涉及商业机密而无法获得具体的数据, 为验证上述模型所得出的结论, 本文通过一个具体的算例, 运用 Matlab 软件进行仿真实验。

#### 4.1 算例描述

根据保兑仓业务流程和融资方案, 供应商和销售商签订购销协议, 银行对双方的协议和资信能力进行评估, 并与销售商签订融资协议, 银行将资金支付给供应商, 销售商将资金分批返还给银行, 当保兑仓融资结束时, 销售商需要补全保证金, 并且按照协议未销售出去的产品由供应商全部回购。通过对市场信息的合理估计, 对各参数赋值如下: 产品的单位生产成本为 22, 产品的市场价格为 30, 期末剩余产品残值为 15, 期初销售商自有资金为 300。在实际的生产活动中, 产品的市场需求受到诸如消费者收入水平、替代品等因素影响而不确定, 在本文中为了简化模型, 假设该产品的市场需求满足期望为 30、标准差为 15 的正态分布。

#### 4.2 参与企业的分散决策

根据上述的业务流程和参数, 下文将对银行如何确定利率, 供应商和销售商如何分别确定批发价格和订货量进行讨论。按照决策顺序, 首先是银行确定贷款区间内的贷款利率, 然后是供应商和销售商根据对市场和自身经营规模等情况的预计确定购销协议。

下面根据贷款利率公式说明贷款利率  $r$  的确定以及同其他参数之间的关系。银行为顺利开展保兑仓业务, 会从销售能力、生产水平、经营规模、产品的市场需求等方面对供应商和销售商进行评估, 并且对供应商和销售商之间购销协议的真实性和充分性进行充分了解, 所以对于银行而言批发价格按照定值处理, 即批发价格波动范围较小时, 不会对银行构成较大影响; 在保兑仓业务中, 银行关注的变量主要有: 供应商和销售商之间的订货量  $q$ 、客户自有资金  $B$ 、供应商的违约概率  $\lambda$ 。本文假定  $w = 25$ , 违约概率  $\lambda = 0.05$ 。

根据销售商的订购量  $q$  和其自有资金  $B$ , 通过  $L_0 = wq - B$ , 可求得销售商向银行提出保兑仓融资申请时的具体贷款金额。根据市场需求  $D \sim N(30, 15^2)$  和式(7), 银行根据不同的贷款额度区间设置贷款利率, 在不超过区间上限时银行贷款利率均按照区间上限确定。

贷款利率  $r$  和贷款金额  $L_0$  的关系如图 1 所示, 可以看出贷款利率  $r$  随着贷款金额  $L_0$  单调递减, 当贷款金额  $L_0$  变大时,  $r$  随之变小。尽管这一关系在现实中有时并非如此, 有时贷款金额越高, 由于

借款人的风险越大,有不少贷款机构就可能会给出比较高的贷款利率。不过贷款利率是实行差别化定价,并不会单看贷款金额,关键还要结合贷款人当前的资信条件、贷款类型等进行综合评估。本文在分析中,设定了银行的贷款区间,即设定了贷款上限,因此,本文所假设的贷款利率和贷款金额在特定区间的单调递减关系并不影响本文的研究结论。

本文假设销售商的订购量在区间 $[25, 40]$ ,所需贷款量的范围为 $[325, 700]$ ,无风险利率 $r_f$ 为 5%(本文参考了 5 年期贷款市场报价利率 4.20%),计算可得在此区间内对应的贷款利率区间为 $[0.047, 0.051]$ 。

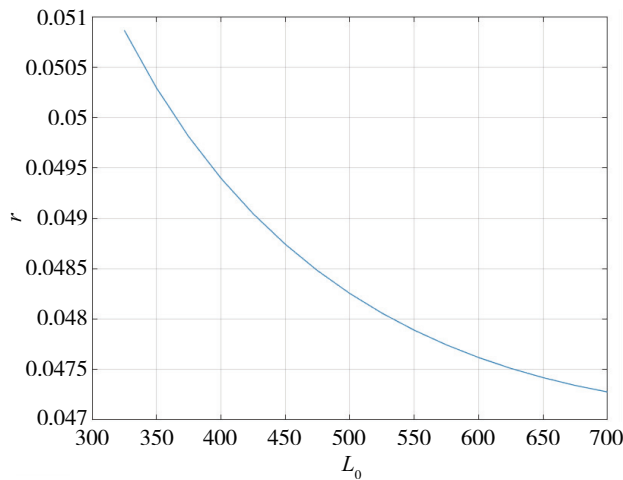


图 1 贷款利率  $r$  与贷款金额  $L_0$  的关系图

根据公式  $r = r_f + \frac{(w - v) \left[ (1 - \lambda)qF(\lambda q) + \int_0^{\lambda q} F(x) dx \right]}{wq - B}$ , 可得到银行利率  $r$  和订货量  $q$ 、批发

价  $w$  之间的关系图,通过图 2 可以看出,在  $q$  取值范围为 $[20, 60]$ 和  $w$  取值范围为 $[22, 30]$ 的联合区间内,银行的贷款利率  $r$  在 $[0.044, 0.056]$ 的区间内变化。图 2 说明销售商订货量很少并持续增加过程中,银行会降低贷款利率提供一定的优惠和激励;供应商的批发价提高时,销售商的订货量有减少的趋势,银行为了增加利润会降低贷款利率,促使销售商提高订货量。

运用 Matlab 对式(13)和式(21)进行数值求解,此处设定  $m = 2$ ,以方便进行数值的比较,由图 3 可以看出, $q_2^*$  的曲线总是在  $q_1^*$  曲线的上方, $q_0^*$  为一条直线,验证了集中决策下最优订货量的大小只与市场价格、生产价格和回购价格有关,与批发价  $w$  无关,变化趋势如图 3 所示。

计算不同批发价下的最优订货量,对比情况见表 2,在考虑销售奖惩的保兑仓模式中,分散决策时销售商的订货量是大于无销售奖惩的保兑仓模式的,说明引进销售奖惩契约后对销售商订货决策起到了一定的激励作用。

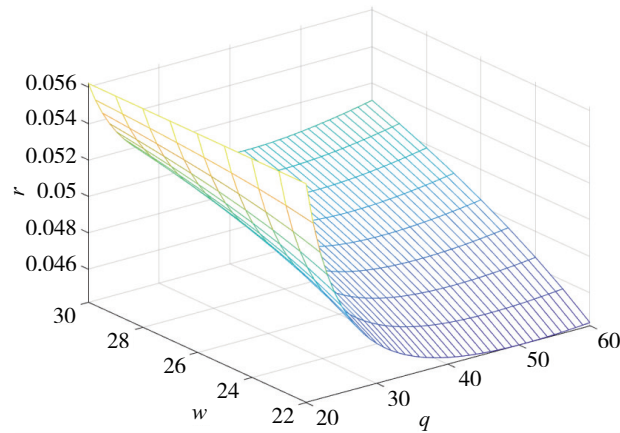


图2 贷款利率  $r$  与订货量  $q$ 、批发价格  $w$  的关系图

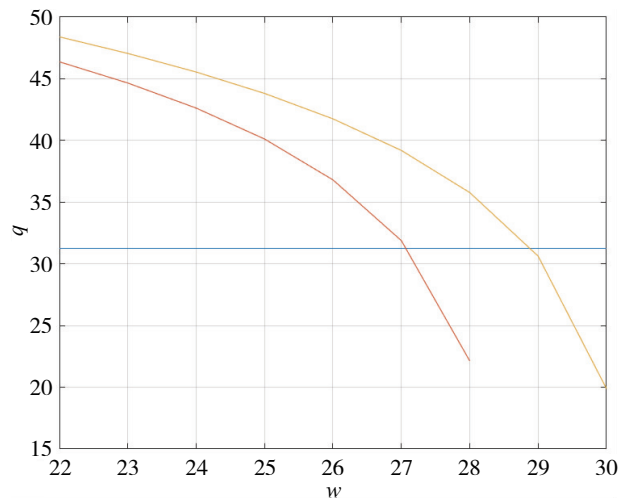


图3  $q_0^*$ 、 $q_1^*$  及  $q_2^*$  与批发价  $w$  的关系图

表2 不同批发价格下的最优订货量对比

$w$	$q_1^*$	$q_2^*$
22	46.37	48.40
23	44.65	47.05
24	42.62	45.55
25	40.12	43.81
26	36.81	41.75
27	31.88	39.19
28	22.13	35.78

根据式(19)可得如图4所示销售商利润与批发价、订货量的关系。在批发价一定时, 存在订货

临界值, 当订货量小于该临界值时, 销售商的期望利润随着订货量的增加而增加; 当订货量大于该临界值时, 期望利润随着订货量的增加而减少, 即当订货量逐渐增大时, 销售商的期望利润呈现出先增后减的变化趋势。

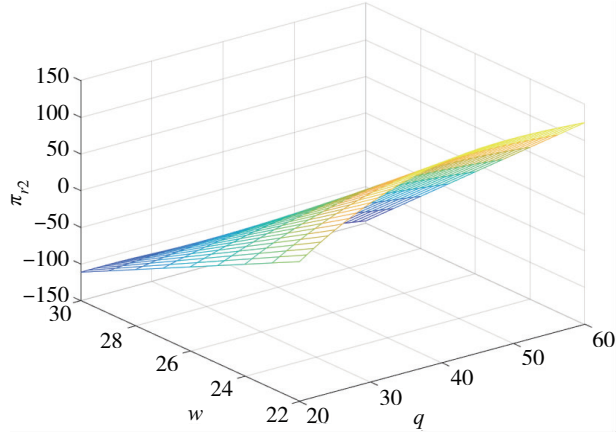


图 4 销售商利润与批发价、订货量的关系

根据式(25)可得如图 5 所示供应商利润与批发价、订货量的关系。由图可知, 在订货量一定的情况下, 供应商的期望利润会随着批发价的增加而增加; 当批发价一定且订货量超过临界值时, 供应商的期望利润呈现递减的趋势, 订货量过多会给供应商增加回购的风险和损失。

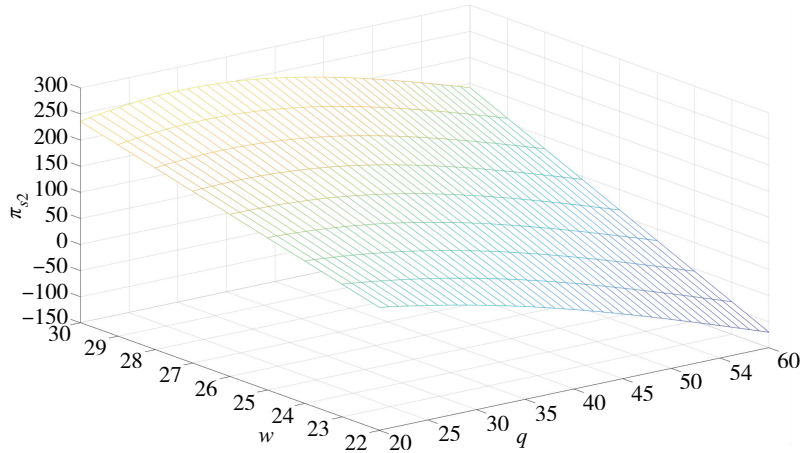


图 5 供应商利润与批发价、订货量的关系

将各参数数值代入公式进行具体的数值对比可知, 相较于传统保兑仓模式, 在考虑销售奖惩的保兑仓模式满足协调时, 联合运用销售奖惩和回购契约使供应链各参与方的利润均有所增加, 提高了供应链整体收入水平。

### 4.3 集中决策与协调系数的确定

根据式(4)可知, 将保兑仓融资模式各参与主体视为整体, 运用 Matlab 作出订货量和保兑仓整体期望利润的关系图, 具体如图 6 所示:

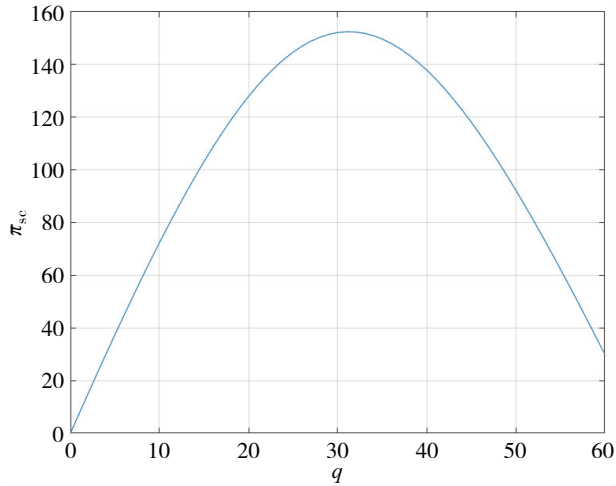


图 6 集中决策下保兑仓利润和订货量的关系图

由图 6 可知, 在集中决策下存在唯一的最优订货量, 供应链整体利润随着订货量的增加呈现先增后减的趋势, 且当订货量为 31.25 时, 保兑仓整体利润最大为 152.45。

为实现供应链协调, 则应满足分散决策下销售商的订货量与集中决策下的供应链订货量相等, 因而存在参数满足式(28)的条件。

可以看出  $m$  与等式右边的参数存在关系, 进而可以对供应商的决策进行分析。在算例中已对  $p$ 、 $c$ 、 $v$  赋值, 忽略对  $m$  的影响, 此处则重点考虑  $m$  与  $r$ 、 $w$  间的关系, 可以得到图 7。

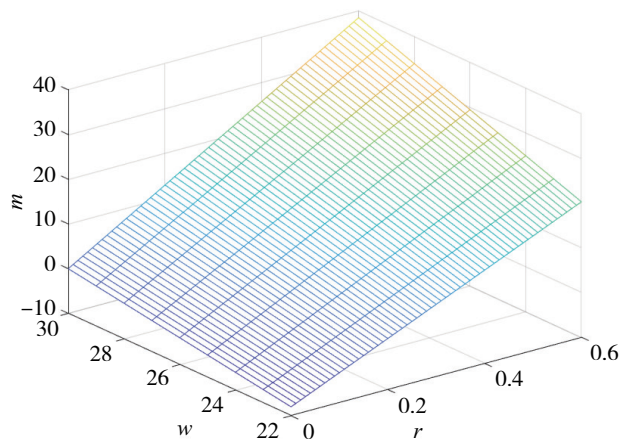


图 7 供应链协调时, 单位产品的销售奖励价格  $m$  与利率  $r$ 、批发价  $w$  之间的关系图

由图 7 可以看出, 满足供应链协调条件时,  $m$  与批发价、贷款利率呈正相关关系, 即当批发价  $w$  为某一定值时,  $m$  随着贷款利率  $r$  的增加而增加; 当贷款利率  $r$  为某一定值时,  $m$  随着批发价  $w$  的增加而增加。批发价和贷款利率增大时, 销售商会减少订货需求, 因此  $m$  作为奖励参数对销售商的订货决策起到正向的激励作用, 会与批发价、贷款利率呈现正相关关系。

图 8 反映出目标销售量一定时, 供应商利润随着惩罚强度的增大而增大, 同时销售商利润随着惩罚强度的增大而减小, 惩罚强度作为供应商对销售商的一种约束, 会对销售商的订货量起到一定的控制作用。

图 9 反映出惩罚强度一定时, 供应商利润随着目标销量的增大而增大, 同时销售商利润随着目标销量的增大而减小。销售奖惩契约本质上是通过批发价格来实现供应链协调, 供应商在供应链上居于核心地位, 通过对奖惩参数和目标销售量的有效设定影响销售商的订货决策, 调整供应链收益在参与方之间的分配, 因此更有利于实现供应链协调, 实现交易决策优化。

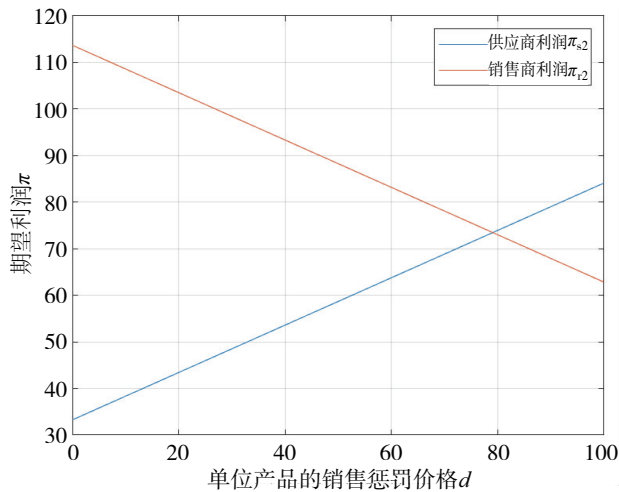


图 8 供应商、销售商利润随  $d$  变化情况

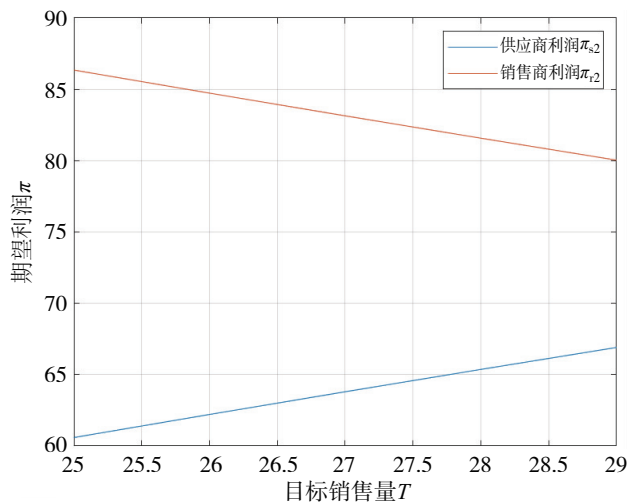


图 9 供应商、销售商利润随  $T$  变化情况

通过以上的算例分析, 回购与销售奖惩联合契约的使用, 可以实现保兑仓融资模式参与企业交易决策的优化, 具体表现在: (1) 在分散决策下, 银行有最优利率决策, 并且当贷款额度处于合理范围时, 贷款利率与贷款额度和批发价呈负相关关系; 销售商有最优订货决策, 最优订货量随着批发价和贷款利率的增大而减小, 且考虑销售奖惩情况下的最优订货量高于传统保兑仓模式下的最优订货量; 供应商有最优定价决策, 且与奖励因素呈负相关关系。(2) 在集中决策下, 销售商存在订货量的最优解, 从而使保兑仓各参与企业的利润达到最大。

## 5. 结论与展望

本文将回购和销售奖惩联合契约引入保兑仓融资模式, 研究了该情形下保兑仓融资模式中各参与方的交易决策问题, 具有一定的理论创新性和实践意义。

(1) 考虑回购与销售奖惩联合契约的保兑仓融资模式可以优化各参与方的交易决策。对销售商而言, 可以通过融资, 缓解自身资金约束, 实现全额付款, 选择最优的订货量。对供应商来说, 可以确定合理的批发价格和奖惩价格, 实现批量销售, 减少回购风险。对银行来说, 可以综合考虑影响信贷风险的因素, 制订最优的贷款利率。

(2) 与仅考虑回购契约的保兑仓融资模式相比, 加入了销售奖惩契约的保兑仓模式可以使销售商的订货量得到提高, 从而提高供应链参与企业的整体利润水平。同时, 供应商可以通过参数设计, 将销售商订货量控制在一个合理的范围, 有效控制自身承担的风险。

(3) 通过建立 Stackelberg 博弈模型分析保兑仓融资模式下各参与方的交易决策, 可以得到供应链协调时奖惩参数和目标销售量的约束条件: 其一, 银行在进行利率决策时, 不仅需要考察市场无风险收益率和销售商的融资规模, 而且还应当考察购销数量、产品单价和产品残值等因素; 其二, 奖励参数与批发价、贷款利率均呈正相关, 因此供应商可以通过增加奖励单价来提高销售商的订货量; 其三, 惩罚参数的设置可以控制销售商的订货量范围, 一定的惩罚可以弥补供应商的回购损失。

本文的研究不足之处在于仅考虑了一个三方保兑仓融资模式, 随着融资业务的不断拓展, 四方保兑仓业务也得到越来越多的重视, 第三方物流企业已经不仅仅承担货物运输的职责, 因此, 研究物流企业对保兑仓业务的影响也具有重要的研究价值。同时, 本文的一些研究假设有待进一步拓展, 比如销售周期为单周期、供应链各参与方对风险的态度都是中性的, 但在实际业务中, 很多企业考虑到支付成本和稳定的合作关系都是采用多周期, 而且对于风险的态度也会有所不同。

### ◎ 参考文献

- [1] 白少布, 刘洪. 基于供应链保兑仓融资的企业风险收益合约研究[J]. 软科学, 2009, 23(10).
- [2] 陈碎雷, 薛巍立, 申佳. 供给与需求不确定情形下的供应链回购契约与补偿契约比较[J]. 系统管理学报, 2023(2).

- [3] 代建生, 孟卫东. 风险规避下具有促销效应的收益共享契约[J]. 管理科学学报, 2014, 17(5).
- [4] 代建生, 秦开大. 零售商促销下供应商的回购契约设计[J]. 系统管理学报, 2017, 26(1).
- [5] 黄广超, 蓝海林. 供应链契约决策变量研究综述[J]. 科技管理研究, 2006 (3).
- [6] 李建斌, 余牛, 刘志学. 两种基于 cvar 准则的供应链返利与惩罚契约研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(7).
- [7] 李永飞, 魏松波, 董焕焕. 随机需求和收益共享契约约束下的供应链协调问题研究[J]. 统计与决策, 2022, 38 (1).
- [8] 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).
- [9] 马晶晶, 陈祥锋. 基于物流金融环境下企业的运营决策研究[J]. 物流技术, 2010, 29(11).
- [10] 彭作和, 田澎. 基于完全信息的供应链数量折扣契约设计[J]. 管理工程学报, 2006 (2).
- [11] 邱若臻, 黄小原. 供应链收入共享契约协调的随机期望值模型[J]. 中国管理科学, 2006 (4).
- [12] 田江, 姜康. 基于系统动力学的供应链融资仿真研究——以保兑仓融资模式为例[J]. 物流工程与管理, 2015, 37(5).
- [13] 田原, 陈炜, 赵袁军. 基于延迟定价和回购契约的供应链协调策略研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2021, 55 (6).
- [14] 王芳, 吴祈宗. 惩罚契约下零售商占主导地位的供应链协调研究[J]. 科学技术与工程, 2008, 8 (23).
- [15] 王宁宁, 王晓欢, 樊治平. 模糊需求下考虑公平关切的收益共享契约与协调[J]. 中国管理科学, 2015, 23(8).
- [16] 吴勇民, 陈凯月. 混合融资模式下的中小零售企业订货决策研究[J]. 珞珈管理评论, 2023(3).
- [17] 赵雪云. 基于收益共享——期权联合契约下零售商是允许有限损失的供应链协调研究[J]. 运筹与模糊学, 2022, 12(1).
- [18] He, Y., Zhao, X., Zhao, L., He, J. Coordinating a supply chain with effort and price dependent stochastic demand[J]. Applied Mathematical Modelling, 2009, 33(6).
- [19] Monahan, J. A quantity discount pricing model to increase vendor profits[J]. Management Science, 1984, 30(6).
- [20] Pasternack, B. A. Optimal pricing and return policies for perishable commodities[J]. Marketing Science, 1985, 4(2).
- [21] Sullivan, T. A., Warren, E., Westbrook, J. Financial difficulties of small businesses and reasons for their failure[R]. Office of Advocacy, US Small Business Administration, 1999.
- [22] Zhang, J., Qi, L., Tong, S. Dynamic contract under quick response in a supply chain with information asymmetry[J]. Production and Operations Management, 2021, 30(5).

**Can the Joint Contract of Buyback and Sales Rebate-penalty  
Optimize Confirmed Warehouse Trading Decisions?**

Wu Yongmin<sup>1,2</sup> Qian Zhe<sup>2</sup>

(1 Center for Quantitative Economics, Jilin University, Changchun, 130012;

2 School of Business and Management, Jilin University, Changchun, 130012)

**Abstract:** The majority of small and medium-sized enterprises(SMEs) are concentrated in the upstream and downstream of the supply chain, which is the most dynamic part of the real economy. However, The difficulty of financing is an important obstacle to its development. The development of confirmed warehouse financing mode has opened up a new way to alleviate the capital constraints of SMEs. However, there are both cooperation and conflict among the participating enterprises in the confirmed warehouse financing mode. Therefore, how to optimize their trading decisions by designing an effective incentive mechanism is one of the important topics in academic research. In the confirmed warehouse financing mode, through the joint use of repurchase contract and sales rebate-penalty(SRP) contract, suppliers can control the seller's order quantity within a reasonable range through parameter design and effectively control their own risks. At the same time, simulation example shows that the joint contract of repurchase and sales rebate-penalty has an obvious optimization effect on the trading decision of the supply chain participating enterprises. That is, it can not only improve the overall profit level of the supply chain enterprises, but also realize the optimal interest rate decision of the bank, the optimal order decision of the seller and the optimal pricing decision of the supplier.

**Key words:** Conforming warehouse; Buyback contract; Sales rebate-penalty (SRP) contract; Trading decision

专业主编: 许明辉