

基于三级供应链的银行贷款决策研究

周建, 张卉

(上海大学管理学院, 上海 200444)

摘要: 在充分考虑应收账款质押融资模式和存货质押融资模式结合时产生的相互作用的前提下, 本文构建了基于供应链金融的三级供应链银行贷款决策模型, 并进一步仿真分析了部分变量与回购率和回购价格的关系, 为银行协商制定适当的回购率和回购价格提供参考. 结果表明: 由供应链各参与方共同影响的银行贷款决策在现实生活中具有合理性和可操作性; 存在适当的回购率和回购价格可以使银行在风险可控的情况下实现利润最大化; 上下游中小企业由资金缺乏状态转换成盈利状态, 有效缓解了其融资困境.

关键词: 供应链金融; 三级供应链; 应收账款质押融资; 存货质押融资; 混合融资模式

中图分类号: F830 文献标识码: A 文章编号: 1000-5781(2020)01-0088-17

doi: 10.13383/j.cnki.jse.2020.01.008

Lending decisions of banks based on three-level supply chains

Zhou Jian, Zhang Hui

(School of Management, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: Considering the interactions of the accounts receivables finance pledged models and inventory financing models, this paper constructs a three-stage supply chain decision model for banks based on supply chain finance, and further analyzes the relationships between some variables and repurchase rate and repurchase price, to provide references for banks. Our results show that: i) bank lending decisions jointly influenced by all parties in the supply chain are reasonable and implementable in practice; ii) there exist appropriate repurchase rates and repurchase prices for banks to achieve profit maximization on condition that risks are under control; iii) small and medium-sized enterprises in the upstream and downstream can transform from lacking necessary funds into the profit firms, since their financing difficulties are alleviated.

Key words: supply chain finance; three echelon supply chain; account receivables finance pledged; inventory financing; mixed financing model

1 引言

由于中小企业“败德成本”较低、信用观念淡薄, 固定资产陈旧落后、变现能力较低, 以及组织关系简单、缺乏第三方担保等原因, 导致其通过传统信贷方式很难获得金融机构的贷款^[1]. 同时, 中外经济发展的实践又表明了中小企业的大量存在是经济发展的内在要求和必然结果^[2], 由此突出了解决中小企业融资困难的必要性. 结合当前中小企业的实际情况可以看出: 一方面, 当中小企业面对实力雄厚的核心企业时, 经常被迫采用赊销方式, 形成大量应收账款; 另一方面, 中小企业通常拥有大量的原材料、在制品和产成品等

收稿日期: 2017-02-22; 修订日期: 2017-06-01.

基金项目: 国家社会科学基金资助项目(13CGL057); 上海市教委2015年度“曙光计划”资助项目(15SG36).

动产。这些应收账款以及存货动产使中小企业现有流动资金保持较低水平,对其正常生产运作有较大影响。因此,相比于固定资产,动产在中小企业融资实践中可能会得到更为有效的应用。

基于中小企业拥有的大量动产,供应链中的核心企业开始挖掘资金链中的潜在价值,其中最具有代表性的是应收账款质押融资担保和存货质押融资担保。其担保动机主要体现在两点:第一,核心企业作为供应链中资金比较雄厚、信用比较良好的一方,为了尽可能增加用于生产或者其他增值服务的流动资金,会倾向于积极的态度为上游中小企业进行应收账款质押融资担保,从而实现双赢的结果;第二,供应链中的核心企业为了扩展自身的销售渠道,更加快速地占据市场继而巩固其在市场中的地位以及增加整条供应链的稳定性,在确保下游中小企业信用良好的情况下,会同意对其下游中小企业进行存货质押融资担保。同时,银行业也会主动开拓应收账款质押融资业务和存货质押融资业务来满足这些需求^[3]。

关于应收账款质押融资,国内外都有学者进行研究。Sopranzetti^[4]首先分析了委托代理等行为对市场的影响,继而通过求解最优保理合同模型的方式,研究了道德风险对应收账款质押融资的影响。Klapper^[5]研究了应收账款保理融资的优缺点,同时利用实际案例进一步概述了经济增长在保理服务中起到的作用,指出在信息不对称的条件下反向保理也能有效推动中小企业获取银行融资。García-Teruel等^[6]基于2922个西班牙中小企业的样本,采用广义矩估计法对不可观察的异质性和潜在的内生性问题进行了估计,结果表明企业对应收账款的接受度有一个上限值,这个标准对中小企业通过应收账款进行融资造成了部分约束。Wu等^[7]基于私营企业金融灾难频发的背景,为银行提出了能够支持应收账款风险管理的决策模型,以便银行准确评估应收账款质押融资风险,有效减少损失。国内该领域的研究主要集中在三个方面:一是应收账款质押融资模式的构建。刘^[8]分析了应收账款质押融资模式的特点,同时对应收账款售让、应收账款质押贷款和应收账款证券化三种融资模式进行了对比分析。二是应收账款质押融资的风险管理。马等^[9]为了使核心企业愿意与中小企业实施信用捆绑,并且降低中小企业道德风险发生的概率,保障核心企业与银行的利益,提出了基于应收账款质押融资的“条件合同”。三是应收账款质押相关法律问题的研究。王^[10]指出由于我国学术界对应收账款质押制度法律性质的误解,致使物权法中出现了错误规定,并针对错误规定提出了修改意见。

目前,关于存货质押融资的研究,国内外学者主要针对二级供应链进行分析,且定量研究相对较少。而针对三级供应链,现有文献大多采用博弈的方法对供应链决策行为进行了探讨,还未涉及银行和贷款模式的应用^[11,12]。Lee等^[13]研究了二级供应链中存货质押融资成本对供应链合作协调的影响,研究表明回购担保机制可以有效提高供应链的交易信用,获得较优的联合供应链利润。在国内,大部分研究主要是针对风险管理、融资模式应用和演化过程进行的定性研究。刘等^[14]借鉴了证券市场流动性度量方法,并将其应用于存货质押融资业务的风险管理中,同时根据质押存货的不同风险价值设定出差异化质押率。孙等^[15]基于随机需求的假设构建了企业的项目投资模型,通过对比企业正常经营时和进行存货质押融资时分别获得的期望利润,为中小企业的投资决策提供了建议。李等^[16]从业务模式、业务基本要素和业务控制方式三个方面对比分析了国外初期、中期、近期以及国内20世纪90年代以前和以后各阶段的存货质押融资业务基本特征,并通过对演化过程的深入分析,总结出存货质押融资业务在我国的发展对策。

此外,以我国实际情况为依据,国内学者继而提出了基于供应链金融理论的应收账款质押融资模式以及基于供应链金融理论的存货质押融资模式。前者是指以供应链中各企业的合作和核心企业信用水平为前提,供应链中的中小企业为了获得流动资金来保证正常运营,以与核心企业真实形成的应收账款为基础,以银行为中小企业提供的基于合同的应收账款回收资金作为还款来源的融资模式^[17]。王等^[18]基于供应链金融的背景,将度量证券市场流动性的方法引入到存货质押融资的风险管理中,对存货质押融资的风险值进行动态调整,并给出了相应质押率。后者是以供应链中各企业的合作和核心企业信用水平为背景,以融资企业贸易行为产生的资金流为直接还款来源,结合银行封闭贷款操作和短期金融产品开展的单笔或授信方式的融资业务^[19]。易等^[20]用剩余产品回购率描述了供应链上游核心企业对下游中小企业的存货质押融资的担保程度,从而为银行要求核心企业提供的回购担保程度提供了理论依据。

综上所述, 现有的文献虽然在存货质押融资模式和应收账款质押融资模式方面做出了一定贡献, 但仍存在下述三方面的不足. 其一, 现有的研究主要基于供应链金融背景, 针对二级供应链, 对应收账款质押融资模式或基于回购担保的存货质押融资模式进行了分析, 而现实生活中纯粹的二级供应链并不具有普遍性, 完整的供应链一般至少包括三级. 基于上述分析, 本文将针对单一供应商(上游中小企业)、单一制造商(核心企业)和单一零售商(下游中小企业)组成的三级供应链来构建银行的贷款决策模型. 其二, 大部分学者对应收账款质押融资模式和基于回购担保的存货质押融资模式分别进行了详细研究, 并未涉及两种融资模式的融合, 忽略了两种融资模式在相互促进、相互制约的情况下对供应链各方以及银行造成的影响. 考虑到多种贷款融资方式同时发生的情况更具现实意义, 并且融资模式融合造成的影响是独立考虑单个融资模式时不具备的, 因此本文考虑了由应收账款质押融资模式和存货质押融资模式相互作用而可能引致的核心企业违约风险, 并在此模式下构建了银行贷款决策模型. 其三, 国内大部分关于应收账款质押融资模式和存货质押融资模式的研究主要采用定性的方法. 本文将采用定量的方法, 首先将市场需求假设为随机数, 继而考虑下游中小企业以及核心企业的违约行为, 分析在不同市场需求情况下银行以及供应链各参与方的期望利润, 并且, 结合银行由于下游中小企业以及核心企业的不确定性决策而产生的风险约束以及各变量之间固有的约束关系, 最终构建了基于混合融资模式的银行贷款决策模型.

2 问题描述和符号定义

本节描述了在包含三级供应链的供应链金融环境中, 基于核心企业担保的应收账款质押融资以及存货质押融资相结合的混合融资模式. 同时, 给出了下文模型构建中所涉及的相关变量的符号定义和它们之间的约束条件.

2.1 核心企业担保下三级供应链融资业务流程

考虑一条由单一供应商、单一制造商和单一零售商构成的三级供应链. 供应商拥有大量的应收账款, 但缺乏流动资金, 为了维持自身的经营, 向银行申请应收账款质押融资; 同时, 资金短缺急需融资的零售商通过采购合同向银行申请存货质押融资. 核心企业(制造商)为了提高产品市场占有率、增加整条供应链的竞争力, 通过向银行出具付款承诺书以及回购担保, 为上下游中小企业的贷款进行担保; 银行基于核心企业的良好信用, 同意为中小企业提供融资服务. 在该三级供应链中, 应收账款质押融资以及基于回购担保的存货质押融资相结合的混合融资模式为(相应流程图见图1): 制造商和供应商进行货物交易, 并交付应收账款单据, 债权债务关系形成; 零售商向制造商订购产品, 双方签订采购合同; 供应商将应收账款单据作为质押物, 向银行申请贷款; 制造商向银行提供付款承诺书, 为供应商作担保; 银行根据应收账款单据发放贷款给供应商; 零售商向银行提供采购合同, 申请存货质押贷款; 制造商向银行承诺当零售商的销售收入无法偿还银行本金时, 按一定比例回购剩余产品, 双方签订回购协议; 银行根据确定的贷款利率和存货质押率开出承兑汇票交付给制造商, 作为部分货款; 归属银行的第三方物流企业将产品从制造商处运往仓库, 进行监督管理和控制; 物流企业将部分产品运往零售商仓库; 零售商将货物销售给消费者; 零售商销售产品的收入作为偿还银行贷款的资金打入其在银行开立的封闭式账户, 银行给物流企业发出派送产品给零售商的指令; 制造商按照应付账款的金额把资金支付给银行; 银行扣除贷款本息后, 把剩余账款归还给供应商; 零售商还清银行贷款本息后, 银行把质押的剩余货物全部归还给零售商; 零售商用销售所得归还制造商的剩余货款及利息; 若零售商到期无法还清贷款本息, 制造商按协议回购剩余质押货物.

从图1可以看出, 核心企业与上下游中小企业进行了信用捆绑, 从而为银行分担了部分风险, 使银行愿意为中小企业提供贷款, 也在一定程度上解决了中小企业融资难的困境. 但尽管如此, 由于市场需求是随机的, 银行可能遭遇零售商以及制造商违约的风险, 继而造成大量损失. 因此, 在核心企业进行担保, 中小企业进行融资的过程中, 仍不能忽视对银行风险的控制. 因而, 本文将在保证供应链各参与方利益不受损害的前提下, 构建满足风险约束以及合理假设的银行利益最大化贷款决策模型.

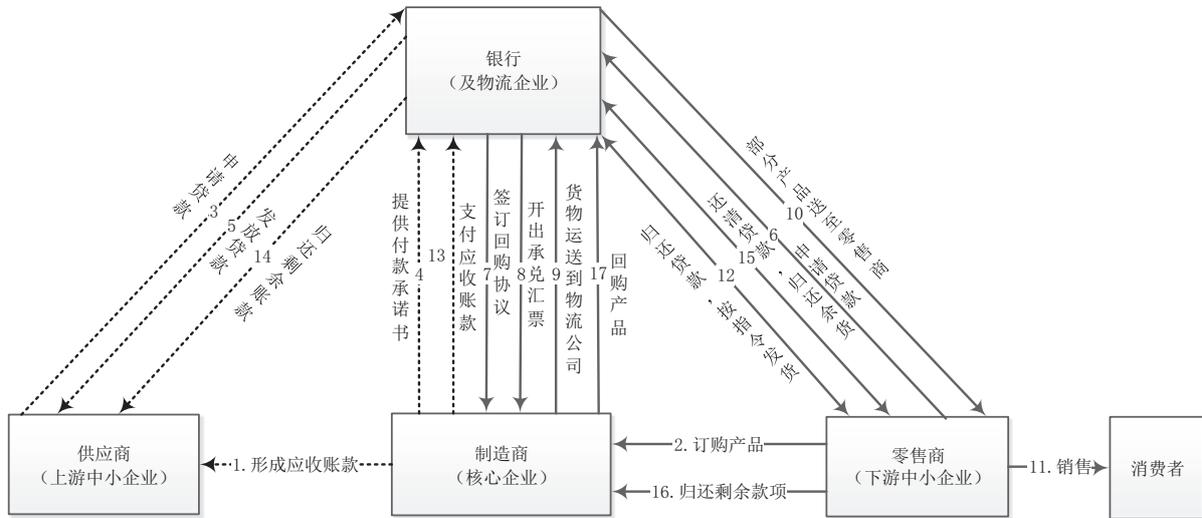


图 1 核心企业担保下三级供应链融资业务流程

Fig. 1 Three level supply chain financing business process with core enterprise guarantee

2.2 相关假设和符号定义

在构建银行决策模型之前, 本节先介绍模型构建中涉及的相关假设和符号定义. 首先, 为了方便研究, 本文所探讨的基于供应链金融的三级供应链银行决策模型遵循以下假设:

- 1) 假设制造商向供应商订购的商品数量与零售商向制造商订购的商品数量相同, 且是针对同一种产品而发生的采购行为;
 - 2) 假设零售商自有资金为0, 销售期间价格保持不变, 销售收入是零售商还款来源;
 - 3) 当零售商有产品剩余时, 制造商会以小于1的比例回收剩余产品, 此时, 假设制造商对于产品的回购价格等于零售商的批发价格^[20];
 - 4) 由于应收账款质押融资和存货质押融资的短期性, 因此不考虑资金的时间价值, 即贴现率为0;
 - 5) 假设产品市场需求信息完全对称, 零售商不具有进入剩余产品市场的能力, 而银行与制造商同样具有进入剩余产品市场的能力, 银行与制造商对剩余产品的处置价格相同;
 - 6) 不考虑制造商和零售商的名誉损失以及零售商的销售成本;
 - 7) 制造商需要偿还应付账款的最后期限早于零售商归还银行贷款本息的时间.
- 相关变量符号定义如下:

表 1 变量符号定义

Table 1 Define variable symbols

变量	含义
外生变量	
u	供应商单位生产成本
v	供应商销售给制造商的单位产品批发价格
c	制造商的单位加工成本
w	制造商提供给零售商的单位产品批发价格以及制造商期末对单位产品的回购价
θ	制造商向银行承诺的期末未销售质押产品的回购率, $0 < \theta \leq 1$
k	制造商的外生违约率, $0 < k < 1$
r_m	零售商归还制造商剩余贷款时的利率
q	零售商根据制造商提供的批发价格 w 确定的产品采购数量, 并以此数量申请质押贷款, $q > 0$
p	零售商提供给顾客的销售价格
h	零售商具有的外生违约率, $0 < h < 1$

续表1

Table 1 Continue

变量	含义
外生变量	
s	零售商期末未销售产品的单位处置价格, $0 \leq s < w$
r_0	银行的资金成本利率(包括贷款期间银行所付出的各种成本)
R	政府管制的贷款利率上限值
x	产品需求(随机变量), 其概率密度函数为 $f(x)$, 需求分布函数为 $F(x)$, $x \geq 0$
n_1	存货质押融资阶段的贷款期限
n_2	应收账款质押融资阶段的贷款期限
决策变量	
r_1	银行存货质押融资阶段的贷款利率, $r_0 < r_1 \leq R$
r_2	银行应收账款质押融资阶段的贷款利率, $r_0 < r_2 \leq R$
t_1	存货质押融资阶段的质押率, $0 \leq t_1 \leq 1$
t_2	应收账款质押融资阶段的质押率, $0 \leq t_2 \leq 1$

注1 考虑到存货质押融资与应收账款质押融资持续的时间不同, 为了简化公式, 后文用 R_1 表示存货质押融资的利率 $r_1 n_1$; R_{10} 表示存货质押融资的资金成本利率 $r_0 n_1$; R_2 表示应收账款质押融资的利率 $r_2 n_2$; R_{20} 表示应收账款质押融资的资金成本利率 $r_0 n_2$; R_3 表示零售商归还制造商剩余货款时的利率 $r_m n_1$.

文中涉及各变量之间的约束关系包括:

1) 供应商的生产成本 u 应小于制造商的批发价 v , 制造商的进货成本 v 加上其加工费用 c 应小于等于零售商的批发价 w , 零售商的售价 p 应大于等于进货成本 w , 即 $0 < u < v < v + c \leq w \leq p$;

2) 期末存货质押融资贷款本息和 $t_1 p q (1 + R_1)$ 应不大于质押存货的市场价值 $p q$, 即 $t_1 p q (1 + R_1) \leq p q$, 可化简为 $t_1 (1 + R_1) \leq 1$;

3) 期末应收账款质押融资贷款本息和 $t_2 v q (1 + R_2)$ 应不大于应收账款的金额 $v q$, 即 $t_2 v q (1 + R_2) \leq v q$, 可化简为 $t_2 (1 + R_2) \leq 1$;

4) 银行给零售商的贷款额 $t_1 p q$ 应不大于零售商需要支付给制造商的采购金额 $w q$, 即 $t_1 p q \leq w q$, 可化简为 $t_1 \leq w/p$.

3 混合融资模式下各方收益

本节充分考虑了存货质押融资模式与应收账款质押融资模式在融合过程中对核心企业决策产生的影响, 并分情况讨论了存货质押融资和应收账款质押融资阶段银行、供应商、制造商和零售商的期望利润, 为构建基于三级供应链的银行贷款决策模型进行了前期准备.

3.1 存货质押融资阶段各方收益

首先, 用 z_1 表示当零售商销售收入、制造商的回购收入与银行处置剩余产品的收入总和刚好等于期末存货质押贷款本息和时的产品需求临界值, 即 $p z_1 + (1 - \theta)(q - z_1)s + \theta(q - z_1)w = t_1 p q (1 + R_1)$, 化简得

$$z_1 = \frac{t_1 p q (1 + R_1) - \varphi q}{p - \varphi}. \quad (1)$$

其中 $\varphi = \theta w + (1 - \theta)s$.

又因为 $z_1 \geq 0$, 可得约束条件

$$t_1 p (1 + R_1) \geq \varphi. \quad (2)$$

其次, 用 z_2 表示当零售商的销售收入以及制造商的回购收入总和正好等于期末存货质押贷款本息和时的产品需求临界值, 即 $p z_2 + \theta(q - z_2)w = t_1 p q (1 + R_1)$, 化简得

$$z_2 = \frac{t_1 p q (1 + R_1) - \theta w q}{p - \theta w}. \quad (3)$$

再次, 用 z_3 表示当零售商的销售收入正好等于期末存货质押贷款本息和时的产品需求临界值, 即 $pz_3 = t_1pq(1 + R_1)$, 化简得

$$z_3 = t_1q(1 + R_1). \tag{4}$$

最后, 用 z_4 表示当零售商的销售收入正好能够偿还银行期末存货质押贷款本息和以及制造商剩余货款及利息时的产品需求临界值, 即 $pz_4 = (wq - t_1pq)(1 + R_3) + t_1pq(1 + R_1)$, 化简得

$$z_4 = \frac{wq(1 + R_3) + t_1pq(R_1 - R_3)}{p}. \tag{5}$$

综上, 各临界值之间的关系为 $z_1 < z_2 < z_3 < z_4 \leq q$ (见图2).

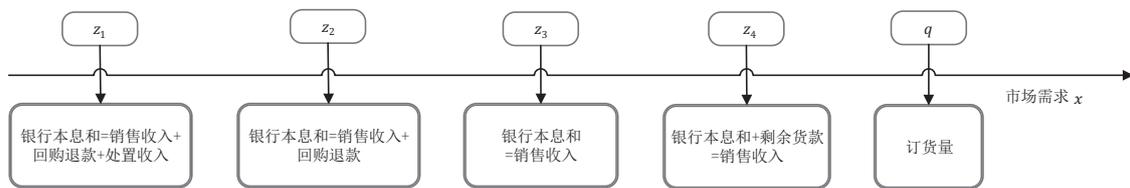


图 2 市场需求临界值之间的关系

Fig. 2 The relationship between the critical value of the market demand

1) 当产品实际需求 $x \geq z_1$ 时, 银行在贷款期末可以收回贷款本息和. 此时, 各参与方的利润如下: 银行获得的利润为

$$\Pi_{b1}^1(t_1, r_1) = t_1pq(R_1 - R_{10}). \tag{6}$$

零售商获得的利润为

$$\Pi_{r1}^1(t_1, r_1) = \begin{cases} 0, & z_1 \leq x < z_4 \\ px - t_1pq(R_1 - R_3) - wq(1 + R_3), & z_4 \leq x < q \\ pq - t_1pq(R_1 - R_3) - wq(1 + R_3), & x \geq q. \end{cases} \tag{7}$$

由此可得零售商的期望利润为

$$\pi_{r1}^1(t_1, r_1) = [wq(1 + R_3) + t_1pq(R_1 - R_3) - pz_4]F(z_4) + [p - w(1 + R_3) - t_1pq(R_1 - R_3)]q - p \int_{z_4}^q F(x)dx. \tag{8}$$

在存货质押融资阶段, 零售商首先需要偿还银行的贷款本息, 其次偿还制造商的剩余款项及利息. 若零售商在偿清银行贷款本息后, 仍有产品剩余, 银行会把剩余产品归还给零售商, 零售商为了偿还制造商, 会以剩余产品作为物质抵押交由制造商, 最后制造商通过进入剩余产品市场换取流动资金来弥补自身的亏损. 同时, 在零售商销售收入、制造商回购收入和银行处置剩余产品收入偿还银行贷款本息后仍有剩余资金时, 银行会把剩余资金交还零售商, 接着, 零售商会把全部款项交由制造商来弥补欠的剩余款项. 另外, 考虑到制造商在计算存货质押融资阶段的期望利润时尚未支付银行的应收账款, 因此在本阶段制造商暂不考虑应付账款 vq . 基于上述条件, 制造商获得的利润为

$$\Pi_{m1}^1(t_1, r_1) = \begin{cases} (t_1p - c)q - \theta(q - x)w + xp + (q - x)\varphi - t_1pq(1 + R_1), & z_1 \leq x < z_2 \\ (t_1p - c)q - \theta(q - x)w + (1 - \theta)(q - x)s + xp + \theta(q - x)w - t_1pq(1 + R_1), & z_2 \leq x < z_3 \\ (t_1p - c)q + xp - t_1pq(1 + R_1) + (q - x)s, & z_3 \leq x < z_4 \\ wq(1 + R_3) - t_1pqR_3 - cq, & x \geq z_4. \end{cases} \tag{9}$$

由此可得制造商的期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_{m1}^1(t_1, r_1) = & [t_1 p R_1 + c - (1 - \theta) s] q F(z_1) - \theta s q F(z_3) + [s q - t_1 p q R_1 - w q (1 + R_3) + t_1 p q R_3] F(z_4) + \\ & w q (1 + R_3) - t_1 p q R_3 - c q + [(1 - \theta) s - p] z_1 F(z_1) + \theta s z_3 F(z_3) + (p - s) z_4 F(z_4) - \\ & (p - s) \int_{z_1}^{z_4} F(x) dx - \theta s \int_{z_1}^{z_3} F(x) dx. \end{aligned} \quad (10)$$

2) 当市场需求 $x < z_1$ 时, 零售商销售收入加制造商的回购退款再加上剩余产品处置收入之和不足以偿还银行贷款的本息和; 此时, 零售商可以选择继续守约或者违约. 如果零售商最终选择以 h 的概率违约, 那么制造商就会按照一定的比例回收零售商未销售的产品, 剩下的产品将由银行进入剩余产品市场进行处置. 该情况下, 各参与方的利润如下:

银行获得的期望利润为

$$\pi_{b2}^1(t_1, r_1) = p \int_0^{z_1} x f(x) dx + \varphi \int_0^{z_1} (q - x) f(x) dx - t_1 p q (1 + R_{10}) F(z_1). \quad (11)$$

制造商获得的期望利润为

$$\pi_{m2}^1(t_1, r_1) = (t_1 p q - c q - \theta w q + \theta w z_1) F(z_1) - \theta w \int_0^{z_1} F(x) dx. \quad (12)$$

零售商获得的利润为

$$\Pi_{r2}^1 = 0. \quad (13)$$

3) 当市场需求 $x < z_1$ 时, 若零售商以 $1 - h$ 的概率选择继续守约, 则会通过其他渠道获得资金(如: 变卖固定资产)来归还银行贷款本息和及制造商的剩余货款和利息. 该情况下, 各参与方的利润如下:

银行获得的利润为

$$\Pi_{b3}^1(t_1, r_1) = t_1 p q (R_1 - R_{10}). \quad (14)$$

制造商获得的利润为

$$\Pi_{m3}^1(t_1) = w q (1 + R_3) - t_1 p q R_3 - c q. \quad (15)$$

零售商获得的期望利润为

$$\pi_{r3}^1(t_1, r_1) = [p z_1 - t_1 p q (R_1 - R_3) - w q (1 + R_3)] F(z_1) - p \int_0^{z_1} F(x) dx. \quad (16)$$

综合以上三种情况的分析结果, 得出各个参与方在存货质押融资贷款阶段的总期望利润如下:

银行的期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_b^1(t_1, r_1) = & \Pi_{b1}^1(t_1, r_1) [1 - F(z_1)] + h \pi_{b2}^1(t_1, r_1) + (1 - h) \Pi_{b3}^1(t_1, r_1) F(z_1) \\ = & t_1 p q (R_1 - R_{10}) - h (p - \varphi) \int_0^{z_1} F(x) dx. \end{aligned} \quad (17)$$

制造商的期望利润为

$$\begin{aligned} \pi_m^1(t_1, r_1) = & \pi_{m1}^1(t_1, r_1) + h \pi_{m2}^1(t_1, r_1) + (1 - h) \Pi_{m3}^1(t_1) F(z_1) \\ = & [t_1 p q R_1 - (1 - \theta) s (q - z_1) - p z_1 + h (t_1 p q - \theta w q + \theta w z_1) + (1 - h) w q + (w - t_1 p) q R_3 (1 - h)] \times \\ & F(z_1) + (\theta s z_3 - \theta s q) F(z_3) + [s q - t_1 p q R_1 - w q (1 + R_3) + t_1 p q R_3 + p z_4 - s z_4] F(z_4) + \\ & w q (1 + R_3) - t_1 p q R_3 - c q - (p - s) \int_{z_1}^{z_4} F(x) dx - \theta s \int_{z_1}^{z_3} F(x) dx - h \theta w \int_0^{z_1} F(x) dx. \end{aligned} \quad (18)$$

零售商的期望利润为

$$\begin{aligned}\pi_r^1(t_1, r_1) &= \pi_{r1}^1(t_1, r_1) + h\Pi_{r2}^1 F(z_1) + (1-h)\pi_{r3}^1(t_1, r_1) \\ &= [wq(1+R_3) + t_1pq(R_1 - R_3) - pz_4]F(z_4) + [p - w(1+R_3) - t_1p(R_1 - R_3)]q - \\ &\quad p \int_{z_4}^q F(x)dx + (1-h)[pz_1 - t_1pq(R_1 - R_3) - wq(1+R_3)]F(z_1) - \\ &\quad p(1-h) \int_0^{z_1} F(x)dx.\end{aligned}\quad (19)$$

3.2 应收账款质押融资阶段各方收益

由于存货质押融资的还款周期长于应付账款质押融资, 因此制造商需要先向银行偿还应付账款 vq , 之后才会实施回购行为. 在此情况下, 虽然作为核心企业的制造商信用较好、市场竞争力较强、有足够的支付能力, 但是当还款期限临近, 制造商出于自身利益的考虑, 通常会根据在存货质押融资阶段的收益来决定是否履行偿还银行应收账款的责任. 因此, 制造商在存货质押融资阶段的期望利润存在下限值, 记为 I . 当制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润 $\pi_m^1 \geq I$ 时, 制造商会按照协议向银行支付应付账款 vq ; 当 $\pi_m^1 < I$ 时, 制造商会以 k 的概率选择违约, 不向银行支付应付账款; 或者以 $1-k$ 的概率选择守约, 按时支付账款.

1) 当 $\pi_m^1 \geq I$ 时, 制造商会按时支付应付账款, 在此阶段各方利润如下:

银行获得的利润为

$$\Pi_{b1}^2(t_2, r_2) = t_2vq(R_2 - R_{20}). \quad (20)$$

供应商获得的利润为

$$\Pi_{s1}^2(t_2, r_2) = (v-u)q - t_2vqR_2. \quad (21)$$

制造商获得的利润为

$$\Pi_{m1}^2 = -vq. \quad (22)$$

2) 当 $\pi_m^1 < I$ 时, 即制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润 π_m^1 小于制造商所期望的利润 I , 制造商出于对自身利益的考虑, 可能以 k 的概率选择违约, 从而出现不偿还银行应收账款的行为. 在该情况下, 各方的利润如下:

银行获得的利润为

$$\Pi_{b2}^2(t_2, r_2) = -t_2vq(1 + R_{20} + R_2). \quad (23)$$

供应商获得的利润为

$$\Pi_{s2}^2(t_2) = (t_2v - u)q. \quad (24)$$

制造商获得的利润为

$$\Pi_{m2}^2 = 0. \quad (25)$$

3) 当 $\pi_m^1 < I$ 时, 制造商以 $1-k$ 的概率选择继续守约, 即履行偿还银行应收账款的义务. 此时, 供应链各参与方的利润与 $\pi_m^1 \geq I$ 时相同, 分别用 $\Pi_{b3}^2(t_2, r_2)$ 、 $\Pi_{s3}^2(t_2, r_2)$ 和 Π_{m3}^2 表示.

综合情况2)和3)可以得出, 当 $\pi_m^1 < I$ 时, 应收账款质押融资阶段银行、制造商和供应商的期望利润如下:

银行获得的期望利润为

$$\begin{aligned}\pi_b^2(t_2, r_2) &= k\Pi_{b2}^2(t_2, r_2) + (1-k)\Pi_{b3}^2(t_2, r_2) \\ &= t_2vq[(1-2k)R_2 - k - R_{20}].\end{aligned}\quad (26)$$

供应商获得的期望利润为

$$\begin{aligned}\pi_s^2(t_2, r_2) &= k\Pi_{sk}^2(t_2) + (1-k)\Pi_{s2}^2(t_2, r_2) \\ &= t_2vqk(1+R_2) - vq(k+t_2R_2) + (v-u)q.\end{aligned}\quad (27)$$

制造商获得的期望利润为

$$\pi_m^2 = k\Pi_{mk}^2 + (1-k)\Pi_{m2}^2 = (k-1)vq. \quad (28)$$

3.3 两阶段各方总收益

基于上述对存货质押融资以及应收账款质押融资两种融资模式的分析, 可得下列结果:

1) 当 $\pi_m^1 \geq I$ 时, 结合式(17)和式(20), 得出银行在混合融资模式中获得的期望利润之和为

$$\begin{aligned}\pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2) &= \pi_b^1(t_1, r_1) + \Pi_{b1}^2(t_2, r_2) \\ &= t_1pq(R_1 - R_{10}) - h(p-\varphi) \int_0^{z_1} F(x)dx + t_2vq(R_2 - R_{20}).\end{aligned}\quad (29)$$

供应商在混合融资模式中获得的期望利润之和与式(21)相同, 即

$$\pi_s^{C1}(t_2, r_2) = \Pi_{s1}^2(t_2, r_2) = (v-u)q - t_2vqR_2. \quad (30)$$

结合式(18)和式(22), 得出制造商在混合融资模式中获得的期望利润之和为

$$\begin{aligned}\pi_m^{C1}(t_1, r_1) &= \pi_m^1(t_1, r_1) + \Pi_{m1}^2 \\ &= [t_1pqR_1 - (1-\theta)s(q-z_1) - pz_1 + h(t_1pq - \theta wq + \theta wz_1) + (1-h)wq + (w-t_1p)qR_3(1-h)] \times \\ &\quad F(z_1) + (\theta sz_3 - \theta sq)F(z_3) + [sq - t_1pqR_1 - wq(1+R_3) + t_1pqR_3 + pz_4 - sz_4]F(z_4) + \\ &\quad wq(1+R_3) - t_1pqR_3 - (v+c)q - (p-s) \int_{z_1}^{z_4} F(x)dx - \theta s \int_{z_1}^{z_3} F(x)dx - \\ &\quad h\theta w \int_0^{z_1} F(x)dx.\end{aligned}\quad (31)$$

零售商在混合融资模式中获得的期望利润之和与式(19)相同, 即

$$\begin{aligned}\pi_r^{C1}(t_1, r_1) &= \pi_r^1(t_1, r_1) \\ &= [wq(1+R_3) + t_1pq(R_1 - R_3) - pz_4]F(z_4) + [p - w(1+R_3) - t_1p(R_1 - R_3)]q - \\ &\quad p \int_{z_4}^q F(x)dx + (1-h)[pz_1 - t_1pq(R_1 - R_3) - wq(1+R_3)]F(z_1) - \\ &\quad p(1-h) \int_0^{z_1} F(x)dx.\end{aligned}\quad (32)$$

2) 当 $\pi_m^1 < I$ 时, 结合式(17)和式(26), 得出银行在混合融资模式中获得的期望利润之和为

$$\begin{aligned}\pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2) &= \pi_b^1(t_1, r_1) + \pi_b^2(t_2, r_2) \\ &= t_1pq(R_1 - R_{10}) - h(p-\varphi) \int_0^{z_1} F(x)dx + t_2vq[(1-2k)R_2 - k - R_{20}].\end{aligned}\quad (33)$$

供应商在混合融资模式中获得的期望利润之和与式(27)相同, 即

$$\pi_s^{C2}(t_2, r_2) = \pi_s^2(t_2, r_2) = t_2vqk(1+R_2) - vq(k+t_2R_2) + (v-u)q. \quad (34)$$

结合式(18)和式(28), 得出制造商在混合融资模式中获得的期望利润之和为

$$\begin{aligned}\pi_m^{C2}(t_1, r_1) &= \pi_m^1(t_1, r_1) + \pi_m^2 \\ &= [t_1pqR_1 - (1-\theta)s(q-z_1) - pz_1 + h(t_1pq - \theta wq + \theta wz_1) + (1-h)wq + (w-t_1p)qR_3(1-h)] \times \\ &\quad F(z_1) + (\theta sz_3 - \theta sq)F(z_3) + [sq - t_1pqR_1 - wq(1+R_3) + t_1pqR_3 + pz_4 - sz_4]F(z_4) + \\ &\quad wq(1+R_3) - t_1pqR_3 - cq - (p-s) \int_{z_1}^{z_4} F(x)dx - \theta s \int_{z_1}^{z_3} F(x)dx - \\ &\quad h\theta w \int_0^{z_1} F(x)dx - (1-k)vq.\end{aligned}\quad (35)$$

零售商在混合融资模式中获得的期望利润之和与式(19)相同, 即

$$\begin{aligned}\pi_r^{C2}(t_1, r_1) &= \pi_r^1(t_1, r_1) \\ &= [wq(1+R_3) + t_1pq(R_1 - R_3) - pz_4]F(z_4) + [p - w(1+R_3) - t_1p(R_1 - R_3)]q - \\ &\quad p \int_{z_4}^q F(x)dx + (1-h)[pz_1 - t_1pq(R_1 - R_3) - wq(1+R_3)]F(z_1) - \\ &\quad p(1-h) \int_0^{z_1} F(x)dx.\end{aligned}\quad (36)$$

4 银行决策模型的建立和分析

应收账款质押融资和存货质押融资为银行带来利润的同时也伴随着诸多风险的产生. 虽然核心企业对中小企业的融资担保在一定程度上分担了由于中小企业资金不足、信用薄弱等原因为银行带来的风险, 但是, 银行在考虑期望收益时, 还需要进行相应的风险控制. 在存货质押融资阶段, 银行面临的风险主要包括产品市场风险和零售商信用风险(其他风险如汇率风险和政策风险等, 本文不予考虑). 当银行面临的这两种主要风险同时发生时(即产品市场需求不足与零售商违约风险同时发生), 银行就会产生贷款损失. 在本文研究中, 银行采取下侧风险控制模式(l_1, β_1)对存货质押融资阶段的风险进行监管, 其中 l_1 表示银行确定的最大贷款损失度, β_1 表示银行在存货质押融资阶段对风险的最大容忍度, 即银行的实际贷款损失 L_1 超过银行愿意承受的最大损失 l_1t_1pq 与零售商选择违约两者同时发生的概率不能超过风险容忍度 β_1 , 亦即 $P\{L_1 \geq l_1t_1pq\}h \leq \beta_1$. 又因为在产品实际需求为 x 时, 贷款损失 $L_1 = t_1pq(1+R_{10}) - px - (q-x)\varphi$, 可得: $P\{L_1 \geq l_1t_1pq\}h = F(z_5)h \leq \beta_1$, 简化为

$$F(z_5) \leq \beta_1/h, \quad (37)$$

$$z_5 = \frac{t_1pq(1+R_{10}-l_1) - \varphi q}{p - \varphi}, \quad (38)$$

其中 z_5 是一个临界值, 表示当 $L_1 = l_1t_1pq$ 时产品的市场需求量.

在应收账款质押融资阶段, 银行面临的风险主要来自于制造商的信用风险. 当制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润 π_m^1 小于其期望利润的下限值 I , 并且制造商选择违约时, 银行就会产生贷款损失. 同样地, 银行也采取下侧风险控制模式(l_2, β_2)对应收账款质押融资阶段的风险进行监管, 也就是说银行的实际贷款损失 L_2 超过银行愿意承受的最大损失 l_2t_2vq 与制造商选择违约同时发生的概率不能超过其最大风险容忍度 β_2 , 即 $P\{L_2 \geq l_2t_2vq\}k \leq \beta_2$. 当且仅当制造商违约时银行才有损失, 可得银行在应收账款质押融资阶段的实际贷款损失 $L_2 = t_2vq(1+R_{20}) > l_2t_2vq$, 故有 $P\{L_2 \geq l_2t_2vq\} = 1$, 由此得

$$k \leq \beta_2. \quad (39)$$

根据第三节对银行期望利润以及上述对银行风险管理的分析可知,在供应链金融背景下,银行基于核心企业(制造商)的不同决策行为为上下游中小企业进行相应贷款决策的模型如下:

1) 模型1: 当制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润大于等于 I 时,

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2) &= t_1 p q (R_1 - R_{10}) - h(p - \varphi) \int_0^{z_1} F(x) dx + t_2 v q (R_2 - R_{20}) \\ \text{s.t. } \begin{cases} F(z_5) \leq \beta_1/h & \text{(a)} \\ t_1 p (1 + R_1) \geq \varphi & \text{(b)} \\ t_1 (1 + R_1) \leq 1 & \text{(c)} \\ t_2 (1 + R_2) \leq 1 & \text{(d)} \\ t_1 \leq w/p & \text{(e)} \\ \pi_m^1 \geq I & \text{(f)} \\ 0 \leq t_1, t_2 \leq 1; r_0 \leq r_1, r_2 \leq R. & \text{(g)} \end{cases} \end{aligned} \quad (40)$$

2) 模型2: 当制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润小于 I 且制造商的外生违约率小于等于 β_2 时,

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2) &= t_1 p q (R_1 - R_{10}) - h(p - \varphi) \int_0^{z_1} F(x) dx + t_2 v q [(1 - 2k)R_2 - k - R_{20}] \\ \text{s.t. } \begin{cases} F(z_5) \leq \beta_1/h & \text{(a)} \\ t_1 p (1 + R_1) \geq \varphi & \text{(b)} \\ t_1 (1 + R_1) \leq 1 & \text{(c)} \\ t_2 (1 + R_2) \leq 1 & \text{(d)} \\ t_1 \leq w/p & \text{(e)} \\ \pi_m^1 < I & \text{(h)} \\ 0 \leq t_1, t_2 \leq 1; r_0 \leq r_1, r_2 \leq R. & \text{(g)} \end{cases} \end{aligned} \quad (41)$$

当制造商在存货质押融资阶段获得的期望利润小于 I 且制造商的外生违约率大于 β_2 时,由于风险过大,此时银行不会选择对中小企业进行贷款.除此情况以外,银行将从上述两个模型中选择最符合实际需要的模型进行决策.上述两个模型中,约束(a)来自式(37);约束(b)来自式(2);约束(c)、(d)、(e)来自2.2节中的相关变量约束关系;约束(f)为分类讨论的假设条件;约束(g)来自合理的决策变量取值范围.

综上所述,本节结合银行下侧风险约束,给出了在制造商不同决策行为下银行的贷款决策模型,使得银行在包含混合融资模式的三级供应链中,能够在满足风险约束的条件下达到自身利益的最大化.进一步地,通过对模型1和模型2的求解,可以得出银行在不同情况下确定的两融资阶段的决策利率和决策质押率,结论如下.

定理1 在由单一供应商、单一制造商和单一零售商构成的三级供应链中,供应商产品批发价格为 v ,制造商批发价格为 w ,零售商销售价格为 p ,整个供应链以数量 q 流通同一种产品.假设供应商向银行申请应收账款质押融资,零售商向银行申请基于回购担保的存货质押贷款,其中零售商的外生违约率为 h ,制造商的外生违约率为 k .在两种融资模式同时存在的三级供应链中,银行在存货质押融资阶段的贷款策略为

$$\begin{aligned} r_1^* &= R, \quad t_1^* = \min(t_1^0, t_1^1, w/p), \\ t_1^0 &= \frac{(p - \varphi)F^{-1}(\beta_1/h) + \varphi q}{pq(1 + R_{10} - l_1)}, \\ t_1^1 &= \frac{(p - \varphi)F^{-1}[(Rn_1 - R_{10})/h(1 + Rn_1)] + \varphi q}{pq(1 + Rn_1)}, \end{aligned}$$

其中 r_1^* 为存货质押融资阶段决策利率, t_1^* 为存货质押融资阶段决策质押率, t_1^0 为存货质押融资阶段满足风险约束的约束质押率, t_1^1 为存货质押融资阶段的最优质押率.

定理2 在定理1描述的三级供应链中, 银行在应收账款质押融资阶段的贷款策略为

1) 当 $\pi_m^1 \geq I$ 时, $r_2^* = R, t_2^* = 1/(1 + R_2)$;

2) 当 $\pi_m^1 < I$ 且 $k \leq \beta_2$ 时, 若 $R_2 > (k + R_{20})/(1 - 2k)$, 则 $r_2^* = R, t_2^* = 1/(1 + R_2)$;

3) 当 $\pi_m^1 < I$ 且 $k \leq \beta_2$ 时, 若 $R_2 < (k + R_{20})/(1 - 2k)$, 则 $r_2^* = R, t_2^* = 0$;

4) 当 $\pi_m^1 < I$ 且 $k \leq \beta_2$ 时, 若 $R_2 = (k + R_{20})/(1 - 2k)$, 则 $r_2^* = R, t_2^*$ 为区间 $[0, 1/(1 + R_2)]$ 内任意实数,

其中 r_2^* 为应收账款质押融资阶段的决策利率, t_2^* 为应收账款质押融资阶段的决策质押率。

注2 定理1和定理2的证明见附录。

基于上述两个定理的结论, 银行首先会确定定理1中涉及的存货质押融资阶段的决策利率 r_1^* (银行为了获取最大利润必然会将 r_1^* 设为政府管制利率上限值 R), 继而根据已经确定的 r_1^* 进一步得出该阶段决策质押率 t_1^* 的值. 当 r_1^* 和 t_1^* 都确定后, 制造商依据 π_m^1 与 I 的大小采取的决策行为随之得以确定. 此时, 银行会根据制造商的决策行为以及 $(k + R_{20})/(1 - 2k)$ 的大小来决定定理2中包含的应收账款质押融资阶段的决策利率 r_2^* 和决策质押率 t_2^* , 从而最终完成整个混合融资模式下的决策. 另外, 银行在进行决策时面临的风险值为 $\text{Risk1} = F(z_5) \times h$ (采用模型1)或 $\text{Risk2} = F(z_5) \times h + k$ (采用模型2).

分析定理1和定理2可知, 第一, 本文研究的混合融资模式下银行的贷款决策行为考虑了存货质押融资模式和应收账款质押融资模式结合时产生的相互影响, 这是分别研究两种融资模式时不会涉及的; 第二, 由于银行在存货质押融资阶段的决策受零售商行为的影响, 在应收账款质押融资阶段的决策取决于制造商是否履行还款义务, 而制造商履行应收账款还款义务的行为又受到存货质押融资阶段零售商决策的影响, 由此可以看出银行的贷款决策不是一家之言的结果. 综上所述, 本文基于存货质押融资模式与应收账款质押融资模式结合的混合融资模式研究银行的最优贷款决策是具有实际意义的, 并且, 其贷款决策行为是多方共同参与的结果, 这也从理论上说明本文构建的银行贷款决策模型具有一定的合理性和可操作性。

5 算例分析

一条经营煤矿的三级供应链包含A(供应商)、B(制造商)和C(零售商). A用B签署的应收账款单据向银行申请贷款, C采用存货质押的方式向银行融资. 上述两个融资过程均由B进行担保. 基于前文对各参与方的利润分析和银行决策模型的构建, 下面用Matlab 2012b对上述问题进行仿真. 首先对模型中的各个参数进行赋值: $u = 1, v = 2, c = 1, k = 0.1\%, r_m = 10\%, q = 1714, p = 8, h = 8\%, s = 1, r_0 = 3.5\%, R = 5.6\%, n_1 = 1/2, n_2 = 1/4, l_1 = 25\%, \beta_1 = 0.2\%, l_2 = 25\%, \beta_2 = 0.2\%, I = 1.8vq$. 产品市场需求 x 服从 $[0, 3000]$ 的均匀分布. 其中, 银行贷款成本 r_0 是在当前国内银行1年期存款利率的基础上, 再考虑物流公司的相关成本而确定的; 贷款利率的上限值 R 参考了近期央行年贷款利率; 产品采购数量 q 取值由文献^[21]结论 $F^{-1}[(p - w)/(p - s)]$ 得出; 剩余变量参照其他文献归纳给出.

由于在存货质押融资阶段制造商的担保形式是对剩余产品以一定比例进行回购, 回购价格 w 和回购率 θ 的取值会对制造商和银行的利益产生较大影响, 因而银行为了维护自身利益会与制造商共同协商决定 w 和 θ 的取值. 为了为银行和制造商制定合适的 w 和 θ 提供参考建议, 本节首先通过对两模型求解, 得出存货质押融资阶段的决策质押率、应收账款质押融资阶段的决策质押率与 w 和 θ 之间的关系, 验证了定理1和定理2的结论, 并以此为基础, 继而分别对制造商和银行的期望利润、银行决策时承担的风险以及供应链各参与方与整条供应链的期望利润与 w 和 θ 之间的关系进行了仿真分析. 在该仿真中, 由于 w 既表示回购价格又表示零售商单位产品的批发价格, 并且制造商的成本为3, 因而本节选用了从3开始以0.5为间距的五个 w 值进行对比分析.

1) 存货质押融资阶段的决策质押率、存货质押融资阶段制造商的期望利润、应收账款质押融资阶段的决策质押率与回购价格以及回购率之间的关系(见图3~图5)

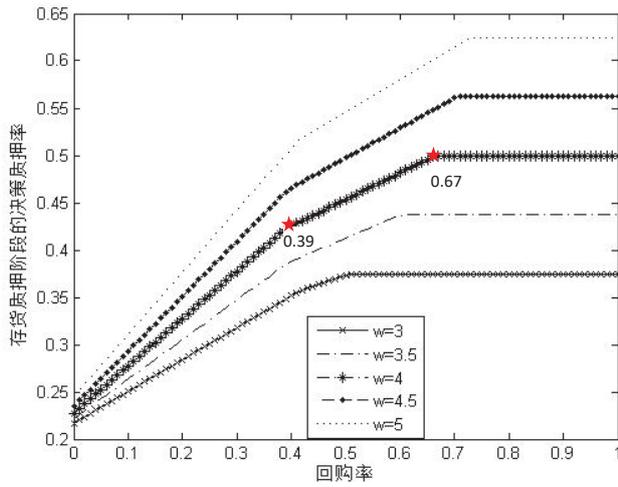


图3 t_1^* 和 θ 以及 w 之间的关系

Fig. 3 The relationships among t_1^* , θ and w

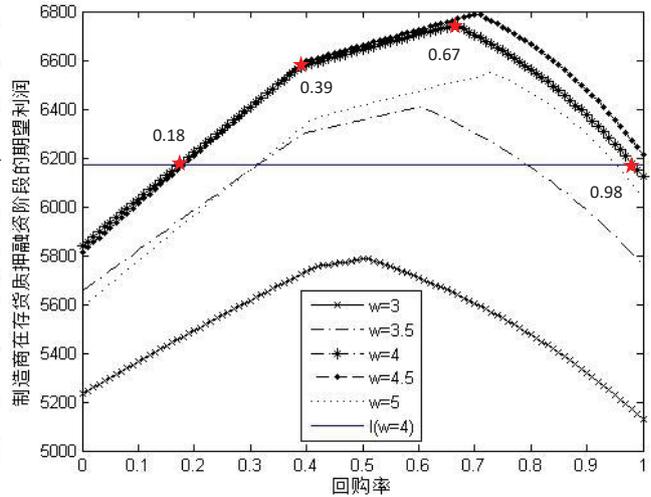


图4 π_m^1 和 θ 以及 w 之间的关系

Fig. 4 The relationships among π_m^1 , θ and w

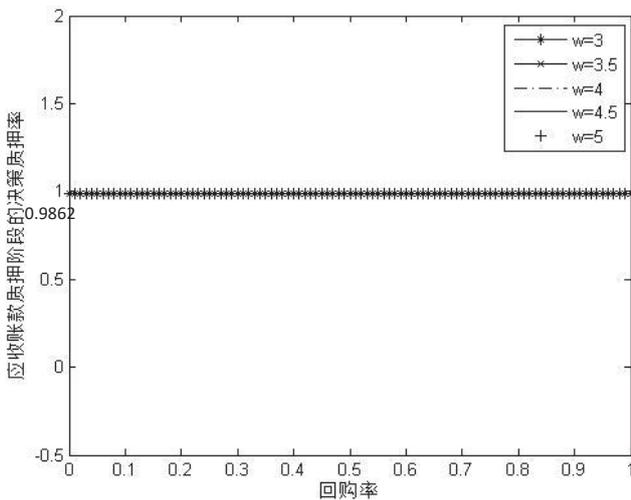


图5 t_2 和 θ 以及 w 之间的关系

Fig. 5 The relationships among t_2 , θ and w

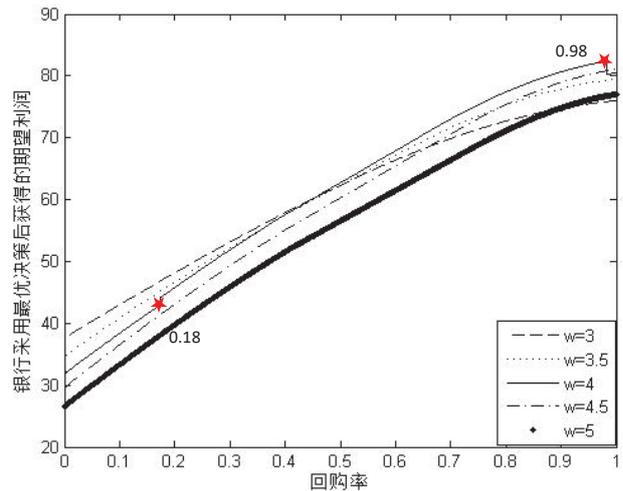


图6 π_b^C 和 θ 以及 w 之间的关系

Fig. 6 The relationships among π_b^C , θ and w

图3给出了存货质押融资阶段的决策质押率 t_1^* 与回购价格 w 和回购率 θ 之间的关系, 观察各曲线可以看出, 在保持 w 不变的情况下, t_1^* 开始时随着 θ 的增加呈现出递增的趋势, 当 θ 达到某一值之后 t_1^* 将保持定值. 以 $w = 4$ 的曲线为例, t_1^* 开始时随着 θ 的增大而增加, 当 θ 处于0.39到0.67范围内时 t_1^* 的增长速度变缓, 这是由于银行下侧风险约束造成的. 当 θ 增加到0.67后 t_1^* 的值始终保持在0.5, 这是因为在 $t_1 \leq w/p$ 的约束下, t_1^* 最大只能取到0.5. 另外, 固定 θ 不变, t_1^* 随着 w 的增加同样呈现出递增的趋势. 此外, 在对模型求偏导确定存货质押融资阶段的决策利率 $r_1^* = R$ 后, 通过计算可知在 $0 \leq \theta \leq 1$ 的整个范围内, 不管 w 取何值, t_1^* 始终等于 $\min(t_1^0, t_1^1, w/p)$, 由此验证了定理1的结论.

根据图3中 t_1^* 与 w 和 θ 之间的关系能够计算出在不同 θ 和 w 取值下制造商在存货质押融资阶段的期望利润 π_m^1 (见图4). 观察图4可看出, 在保持 w 不变时, π_m^1 的值和 t_1^* 的变化密切相关, 在 t_1^* 递增的范围内 π_m^1 呈现出递增的趋势, 而当 t_1^* 保持不变时 π_m^1 随着 θ 的增加而减小. 同样以 $w = 4$ 的曲线为例, 可以看出该曲线的两个转折点分别在 $\theta = 0.39$ 和 $\theta = 0.67$ 处, 与图3中对应曲线的转折点完全一致. 为了给出银行决策模型选取的 θ 范围, 进一步在图4中加入了 $w = 4$ 时存货质押融资阶段制造商的期望利润下限值 I , 从图中可以看到 π_m^1 与 I 的交点分别在 $\theta = 0.18$ 和 $\theta = 0.98$ 处, 即当 θ 处在 $[0.18, 0.98]$ 区间时($\pi_m^1 \geq I$), 银行采用模型1进行决策; 当 θ 处

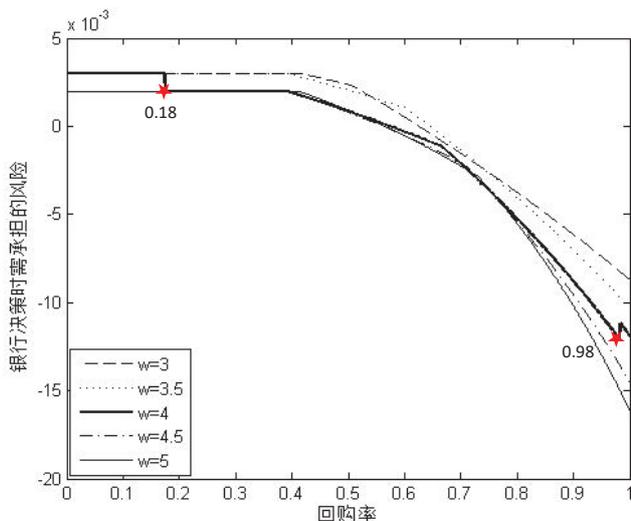


图 7 Risk和 θ 以及 w 之间的关系

Fig. 7 The relationships among risk, θ and w

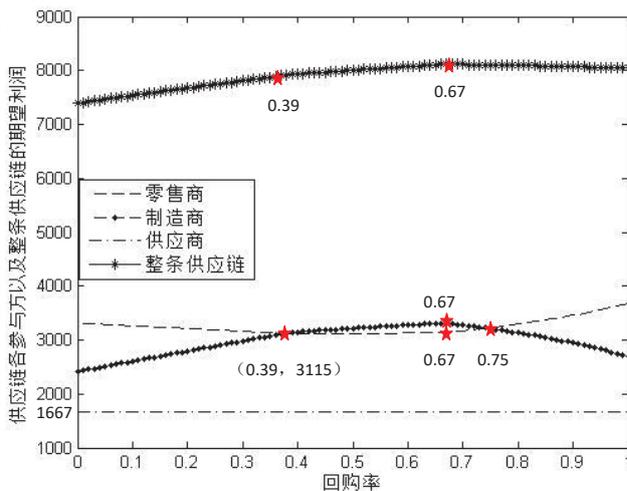


图 8 π_s^C 、 π_m^C 、 π_r^C 、 $\pi_s^C + \pi_m^C + \pi_r^C$ 和 θ 之间的关系

Fig. 8 The relationships among π_s^C 、 π_m^C 、 π_r^C 、 $\pi_s^C + \pi_m^C + \pi_r^C$ and θ

在 $[0, 0.18]$ 和 $[0.98, 1]$ 两个区间时($\pi_m^1 < I$), 银行采用模型2进行决策.

进一步, 通过对两模型求偏导确定决策利率 $r_1^* = r_2^* = R = 5.6\%$ 以及通过图3确定出 t_1^* 后, 本文对两模型求解给出了不同情况下应收帐款质押融资阶段决策质押率 t_2^* 的变化趋势(见图5). 从图5中可以看出 t_2^* 始终等于0.986 2, 与 θ 和 w 的取值无关. 此外, 通过计算可得在该算例分析中应收账款质押融资阶段的贷款利率 R_2 恒大于 $(k + R_{20})/(1 - k)$, 且 $0.986 2 = 1/(1 + R_2)$. 由此可见, 上述结论与定理2的结果一致.

2) 银行采用最优决策后获得的期望利润、银行决策时需承担的风险与回购价格以及回购率之间的关系(见图6~图7)

该部分将对银行期望利润及风险与 θ 和 w 之间的关系进行分析, 以便在保证供应链各参与方利益不受损害的前提下实现银行利益的最大化. 首先, 图6给出了银行采用最优决策后获得的期望利润 π_b^C 与 θ 和 w 之间的关系. 分析可知, 在给定 w 时 π_b^C 随着 θ 增加的变化趋势与制造商的决策行为有关. 以 $w = 4$ 的曲线为例, 该曲线在 $\theta = 0.18$ 和 $\theta = 0.98$ 处存在转折点, 结合图4可知这是由于银行采用不同决策模型造成的. 另外, 固定 θ 不变, 通过改变 w 的值可以发现 π_b^C 与 w 之间的关系是多变的, 这是因为银行的决策行为不仅受 w 影响, 还与制造商的决策行为有关.

本文进一步研究银行决策时需承担的风险值Risk与 θ 和 w 之间的关系(见图7). 结合第4节风险值计算公式和图7可知, 在保持 w 不变时Risk随着 θ 增加的变化趋势同样受银行决策模型选取的影响. 以 $w = 4$ 的曲线为例可知, 由于银行选用不同决策模型使得该曲线同样在 $\theta = 0.18$ 和 $\theta = 0.98$ 处存在两个转折点. 此外, 当 θ 保持不变时, Risk在受 w 影响的同时还受制造商在存货质押融资阶段决策的影响, 与 w 之间没有固定的关系. 并且, 分析图7还可以发现, 在 $\theta = 0$ 处部分曲线之间的间距为0.1%, 根据银行风险值计算公式可知这是因为银行选用两模型时面临的风险差为 k , 此时 $k = 0.1\%$.

3) 供应商的期望利润、制造商的期望利润、零售商的期望利润、整条供应链的期望利润与回购率之间的关系(见图8)

最后, 图8给出了 $w = 4$ 时供应链各参与方以及整条供应链的期望利润随 θ 增加的变化趋势. 可以看到, 供应商的期望利润始终等于1 667; 零售商的期望利润在 $\theta \in [0, 0.39]$ 内呈递减趋势, 在 $[0.39, 0.67]$ 内以缓慢的速度递增, 在 $[0.67, 1]$ 内以较快速度递增, 其期望利润最低值为3 115. 供应商和零售商由融资前缺乏资金进行正常生产运作转变为融资后赚取利润, 证明本文构建的混合融资模式能够有效缓解供应链上下游中小企业的融资困境. 另外, 在整个融资过程中制造商和整条供应链的期望利润均随着 θ 的增加先以较快的速度递增, 继而增速放缓, 最后出现递减趋势, 且转折点同图4一致, 这是因为制造商在应收账款质押融资阶段获

得的期望利润为常数以及制造商在供应链中的核心地位造就的。另外,与不进行融资活动相比,制造商和整条供应链由不获利转变为盈利,表明了本文构建的基于核心企业担保的混合融资模式具有可行性。

为了给银行协商制定适当的 θ 和 w 提供建议,观察图4可知,制造商在 $w = 4$ 和 $w = 4.5$ 时均能获得较多利润且两条利润曲线较接近,而此时银行为了在获得更多利润时尽可能降低风险会倾向于选取 $w = 4$ (见图6和图7)。另外,通过计算可知,在本节选用的任一 w 值下零售商的期望利润均大于0,其不会参与到 w 的协商制定中。因而,此时银行与制造商的协商结果很可能为 $w = 4$ 。继而在 $w = 4$ 时,银行为了获取更多利润会期望 θ 值尽可能靠近0.98(见图6),但由于制造商为了维护自身利益难以接受低于零售商的收益,即此时制造商的 θ 值接受区间为 $[0.39, 0.75]$ (见图8)。为了使贷款行为得以展开,银行与制造商的 θ 协商值应为0.75。综上所述,针对本文给出的算例分析,银行和制造商共同协商制定的最优 w 和 θ 值分别为4和0.75。

6 结束语

在存货质押融资模式与应收账款质押融资模式相结合的混合融资模式中,为了使银行能够规避制造商违约带来的损失,本文综合考虑该混合融资模式下各参与方之间的相互作用,构建了基于供应链金融的三级供应链银行贷款决策模型,为银行确定存货质押融资阶段和应收账款质押融资阶段的质押率、融资利率提供了理论指导,使银行在风险可控的前提下获得更多收益。并且,本文最后在算例仿真中研究了两融资阶段的银行决策质押率、银行采用最优决策后获得的期望利润以及面临的风险、供应链各参与方以及整条供应链的期望利润与回购率和回购价格之间的关系,从数值上表明混合融资模式在三级供应链中的可行性和可操作性,并为银行协商确定回购率以及回购价格的大小提供了可视化参考。同时通过计算供应链各参与方的期望利润证明了该混合融资模式可以有效缓解供应链中中小企业的融资难问题。

本文所研究的混合融资模式是应收账款质押融资模式与存货质押融资模式的结合,在实践中关于不动产质押的融资模式还存在许多,这些融资模式结合形成的新混合融资模式可以作为未来进一步的研究方向。另外,针对回购率以及回购价格的制定问题,未来还可以尝试从博弈论的角度对其进行研究。

参考文献:

- [1] 赵岳,谭之博. 电子商务、银行信贷与中小企业融资: 一个基于信息经济学的理论模型. 经济研究, 2012, 47(7): 99–112.
Zhao Y, Tan Z B. E-commerce, bank loans and financing of small and medium enterprises (SMEs). *Economic Research Journal*, 2012, 47(7): 99–112. (in Chinese)
- [2] 吕劲松. 关于中小企业融资难、融资贵问题的思考. 金融研究, 2015 (11): 115–123.
Lü J S. On financing constraints of small and medium enterprises. *Journal of Financial Research*, 2015 (11): 115–123. (in Chinese)
- [3] 胡跃飞,黄少卿. 供应链金融: 背景、创新与概念界定. 金融研究, 2009 (8): 193–206.
Hu Y F, Huang S Q. Supply chain finance: Background, innovation and concept definition. *Journal of Financial Research*, 2009 (8): 193–206. (in Chinese)
- [4] Sopranzetti B J. The economics of factoring. *Journal of Economics and Business*, 1998, 50(4): 339–359.
- [5] Klapper L. The role of factoring for financing small and medium enterprises. *Journal of Banking & Finance*, 2006, 30(11): 3111–3130.
- [6] García-Teruel P J, Martínez-Solano P. A dynamic approach to accounts receivable: A study of Spanish SMEs. *European Financial Management*, 2010, 16(3): 400–421.
- [7] Wu D D, Olson D L, Luo C. A decision support approach for accounts receivable risk management. *IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics Systems*, 2014, 44(12): 1624–1632.
- [8] 刘桂荣. 供应链金融: 应收账款融资逆向选择的解决方案. 上海经济研究, 2012, 24(10): 59–64.
Liu G R. Supply chain finance: Solution of adverse selection of accounts receivable financing. *Shanghai Journal of Economics*, 2012, 24(10): 59–64. (in Chinese)

- [9] 马本江, 姜云芳, 陈晓红. 存在应收账款条件下中小企业不足额质押融资合同设计. 中国管理科学, 2015, 23(12): 35–44.
Ma B J, Jiang Y F, Chen X H. Deficiency pledge financing contract design with accounts receivable for SMEs. Chinese Journal of Management Science, 2015, 23(12): 35–44. (in Chinese)
- [10] 王乐兵. 法典化背景下的应收账款质押: 现实困境与未来改革. 法学杂志, 2016, 37(4): 49–56.
Wang L B. The pledge of account receivables in the civil codification: The institutional dilemma and potential reform. Law Science Magazine, 2016, 37(4): 49–56. (in Chinese)
- [11] 陈晓旭, 王勇, 孙海雷, 等. 零售商主导下物流外包的三级供应链决策. 系统工程学报, 2016, 31(2): 254–267.
Chen X X, Wang Y, Sun H L, et al. Decisions for a three-echelon supply chain with logistics outsourcing under a dominant retailer. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(2): 254–267. (in Chinese)
- [12] Jafari H, Hejazi S R, Rasti-Barzoki M. Sustainable development by waste recycling under a three-echelon supply chain: A game-theoretic approach. Journal of Cleaner Production, 2016, 142(4): 2252–2261.
- [13] Lee C H, Rhee B D. Coordination contracts in the presence of positive inventory financing costs. International Journal Production Economics, 2010, 124(2): 331–339.
- [14] 刘妍, 安智宇. 考虑流动性风险的存货质押融资质押率的设定. 中国管理科学, 2014, 22(S1): 324–328.
Liu Y, An Z Y. Loan-to-value ratio of inventory financing adjusted by liquidity risk. Chinese Journal of Management Science, 2014, 22(S1): 324–328. (in Chinese)
- [15] 孙海雷, 王勇, 陈晓旭, 等. 随机需求下基于存货质押融资的项目投资决策. 系统工程学报, 2016, 31(2): 227–233.
Sun H L, Wang Y, Chen X X, et al. Project investment decision-making based on inventory financing with stochastic demand. Journal of Systems Engineering, 2016, 31(2): 227–233. (in Chinese)
- [16] 李毅学, 徐渝, 冯耕中. 国内外存货质押融资业务演化过程研究. 经济与管理研究, 2007, (3): 22–26.
Li Y X, Xu Y, Feng G Z. The domestic and foreign research on evolution process of inventory financing. Research on Economics and Management, 2007, (3): 22–26. (in Chinese)
- [17] 曹文彬, 马翠香. 基于供应链金融的应收账款融资博弈分析. 商业研究, 2013, 55(3): 168–173.
Cao W B, Ma C X. Analysis of accounts receivable financing game based on supply chain finance. Business Studies, 2013, 55(3): 168–173. (in Chinese)
- [18] 王宗润, 田续燃, 陈晓红. 考虑隐性股权的应收账款融资模式下供应链金融博弈分析. 中国管理科学, 2015, 23(9): 1–8.
Wang Z R, Tian X R, Chen X H. Game theory analysis on accounts receivable financing of supply chain financing system considering implicit equity stake. Chinese Journal of Management Science, 2015, 23(9): 1–8. (in Chinese)
- [19] 仇荣国. 中小企业存货质押供应链金融博弈及数值分析. 企业经济, 2014, 33(3): 102–105.
Chou R G. The small and medium-sized enterprise inventory supply chain financial game and numerical analysis. Enterprise Economy, 2014, 33(3): 102–105. (in Chinese)
- [20] 易雪辉, 周宗放. 核心企业回购担保下银行的存货质押融资定价决策. 系统工程, 2011, 29(1): 38–44.
Yi X H, Zhou Z F. Pricing decisions on inventory financing of the banks with core enterprises' buy-back guarantee. Systems Engineering, 2011, 29(1): 38–44. (in Chinese)
- [21] 苏菊宁, 刘书庆, 赵小惠. 随机需求下供应链库存协调策略研究. 系统工程, 2004, 22(7): 26–30.
Su J N, Liu S Q, Zhao X H. Research on inventory coordination strategy in supply chain under random demand. Systems Engineering, 2004, 22(7): 26–30. (in Chinese)

作者简介:

周建 (1975—), 女, 重庆人, 博士, 教授, 研究方向: 供应链金融、复杂系统建模与优化、模糊聚类及其应用、智能算法, Email: zhou_jian@shu.edu.cn;

张卉 (1992—), 女, 安徽省宿州人, 硕士生, 研究方向: 供应链金融、模糊线性回归, Email: zhang_hui@i.shu.edu.cn.

附录

定理1证明: 针对模型1和模型2中的目标函数求关于 r_1 和 t_1 的一阶偏导数, 两个模型能够得出相同结果

$$\frac{\partial \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_1} = t_1 p q n_1 [1 - hF(z_1)], \quad (A1)$$

$$\frac{\partial \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_1} = p q (R_1 - R_{10}) - h p q (1 + R_1) F(z_1). \quad (A2)$$

根据式(A1)和式(A2)可得

$$\frac{\partial \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_1} > 0, \quad \frac{\partial^2 \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_1^2} < 0.$$

由此可知, 在求解目标函数最大值时应先确定银行在存货质押融资阶段的决策利率 r_1^* , 再确定该阶段的决策质押率 t_1^* . 由于 $\pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是关于 r_1 的单调递增函数, 因此, r_1^* 应取最大值等于政府管制利率的上限 R . 并且, $\pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是关于 t_1 的凹函数, 因此 $\pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 在质押率取0到最优质押率 t_1^1 区间内是单调递增的.

令

$$\frac{\partial \pi_b^C(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_1} = 0,$$

可得最优质押率为

$$t_1^1 = \frac{(p - \varphi)F^{-1}[(Rn_1 - R_{10})/h(1 + Rn_1)] + \varphi q}{pq(1 + Rn_1)}.$$

进一步分析在存货质押融资阶段银行的风险约束条件(式(37))可知, 存在一个约束质押率

$$t_1^0 = \frac{(p - \varphi)F^{-1}(\beta_1/h) + \varphi q}{pq(1 + R_{10} - l_1)},$$

使得当 $t_1 \leq t_1^0$ 时, 不等式(37)有解.

又考虑到约束条件 $t_1 \leq w/p$ 的存在, 因此, 当 $\min(t_1^1, t_1^0, w/p) = t_1^1$ 时, 由于 t_1^1 不仅能够使目标函数取最大值, 同时满足风险约束和约束条件 $t_1 \leq w/p$, 可判定此时 $t_1^* = t_1^1$; 当 $\min(t_1^1, t_1^0, w/p) = t_1^0$ 时, 为了满足风险约束, t_1^* 最优只能等于 t_1^0 ; 当 $\min(t_1^1, t_1^0, w/p) = w/p$ 时, 同样为了满足约束条件 $t_1 \leq w/p$, t_1^* 最优只能取到 w/p . 证毕.

定理2证明: 当 $\pi_m^1 \geq I$ 时, 针对模型1中的目标函数求关于 r_2 和 t_2 的一阶偏导数, 可得

$$\frac{\partial \pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_2} = t_2 v q n_2, \quad (\text{B1})$$

$$\frac{\partial \pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_2} = v q (R_2 - R_{20}). \quad (\text{B2})$$

根据式(B1)和式(B2)可得

$$\frac{\partial \pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_2} > 0, \quad \frac{\partial \pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_2} > 0.$$

由此可知, 随着 r_2 的增加, $\pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 呈现出递增的趋势, 故应收账款质押融资阶段的决策利率 r_2^* 应取最大值等于政府管制利率的上限 R . 同样, $\pi_b^{C1}(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是关于 t_2 的单调递增函数, 又因为约束条件 $t_2 \leq 1/(1 + R_2)$ 的限制, 因而可得应收账款质押融资阶段的决策质押率 $t_2^* = 1/(1 + R_2)$.

当 $\pi_m^1 < I$ 且 $k \leq \beta_2$ 时, 针对模型2中的目标函数求关于 r_2 和 t_2 的一阶偏导数, 可得

$$\frac{\partial \pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_2} = (1 - 2k)t_2 v q n_2, \quad (\text{B3})$$

$$\frac{\partial \pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial t_2} = v q [(1 - 2k)R_2 - R_{20} - k]. \quad (\text{B4})$$

根据式(B3)可得

$$\frac{\partial \pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)}{\partial r_2} > 0.$$

同理可知, 此时 $r_2^* = R$.

进一步讨论式(B4), 若 $vq[(1 - 2k)R_2 - k - R_{20}] > 0$, 则 $\pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是关于 t_2 的单调递增函数, 又由于 $t_2 \leq 1/(1 + R_2)$ 的限制, 使得此时 $t_2^* = 1/(1 + R_2)$; 若 $vq[(1 - 2k)R_2 - k - R_{20}] < 0$, 则 $\pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是关于 t_2 的单调递减函数, 由于 t_2 必须为大于等于0的数, 因而此时 $t_2^* = 0$; 若 $vq[(1 - 2k)R_2 - k - R_{20}] = 0$, 则 $\pi_b^{C2}(t_1, t_2, r_1, r_2)$ 是一个常数, 此时 t_2^* 为区间 $[0, 1/(1 + R_2)]$ 内的任意实数. 证毕.