

基于第三方物流的供应链金融监管博弈分析

刘星星¹, 邓爱民²

(湖南大学经济与贸易学院, 湖南长沙, 410006)

摘要: 近几年来, 金融业的监管越来越严, 我国的供应链金融也受到影响, 资金紧缩让一众供应链金融服务平台业务收缩。因为经济下行压力, 风险问题尤为突出, 不仅中小企业风险加大, 大企业也频繁爆雷。本文以第三方物流企业对供应链金融的监管为基本模式, 建立三方演化博弈模型。博弈结果表明声誉评价是第三方物流企业和融资企业策略选择的重要影响因素, 而监管成本是影响金融机构策略选择的重要因素。再加入激励机制, 研究惩罚和激励对于融资企业和物流企业的约束作用, 得知惩罚对于融资企业有较大的约束作用, 同时奖励对于物流企业的约束作用比惩罚的作用大。

关键词: 供应链金融; 供应链金融风险; 第三方物流监管; 金融监管; 委托代理关系

中图分类号: C27

Game Analysis of Supply Chain Financial Supervision Based on Third Party Logistics

LIU Xingxing, DENNG Aimin

(School of Economics and Trade, Hunan University, Changsha, Hunan, 410006)

Abstract: In recent years, the supervision of the financial industry has become more and more strict, and the supply chain finance of our country has also been affected. The tightening of funds has made a number of supply chain financial service platform business shrink. Because of the downward pressure of the economy, the risk problem is especially prominent, not only the risk of small and medium-sized enterprises increases, but also the large enterprises frequently explode thunder. This paper takes the supervision of supply chain finance by third party logistics enterprises as the basic model, and establishes the three-party evolutionary game model. The game results show that reputation evaluation is an important factor in the strategy selection of third party logistics enterprises and financing enterprises, and regulatory cost is an important factor in the strategy selection of financial institutions. Then the incentive mechanism is added to study the binding effect of punishment and incentive on financing enterprises and logistics enterprises. It is known that punishment has a greater binding effect on financing enterprises and that punishment has a greater binding effect on logistics enterprises than reward.

Keywords: Supply chain finance; supply chain financial risk; third party logistics supervision; financial supervision; principal-agent relationship

¹ **作者简介:** 刘星星 (1997-), 女, 主要研究方向: 物流与供应链金融

² **通讯联系人:** 邓爱民 (1964-), 女, 教授, 博导, 主要研究方向: 物流与供应链管理, 电子商务与物联网. E-mail: aimindeng@hun.edu.cn

0 引言

2020年新冠疫情在全球蔓延,新冠病毒对全球的金融和经济的影响不言而喻。一方面,自从全球化以来,全球主要经济体都因为供应链产业链有紧密的联系;另一方面,近些年来,不确定因素不断累加,如全球经济疲软、地缘争端、全球产能过剩、全球债务过高等,全球经济早已变得脆弱。而新冠疫情的突袭,让行业甚至很多地区经济发展停滞,由此产生的经济或信用风险会通过供应链传导至全世界,并且其他不确定因素也会不断叠加,这让新冠疫情影响全球经济和金融健康发展的程度加大。通过系统梳理供应链金融发展模式,一方面可以给我国中小企业融资困难提供启发,另一方面是能发挥出供应链金融的特长,从而实现上下游中小企业、金融机构、核心企业乃至第三方物流之间的良性互动和互利共赢。本文通过对以往文献的梳理,对第三方物流对供应链金融监管模式进行梳理,构建三方演化博弈模型对第三方物流监管进行分析,运用MATLAB进行仿真验证。对于供应链金融监管的研究有助于银行等金融机构开展供应链金融相关的业务活动,也有利于供应链金融有序健康的发展。

1 文献综述

1.1 关于供应链金融及风险研究

供应链金融有效解决了中小企业融资难、贵、慢等问题,但是金融普遍性的风险问题依然存在,金融监管依然或缺。当前,关于供应链金融研究主要在供应链金融概念、融资模式、运作风险以及第三方物流企业监管风险等方面。

从供应链金融概念来看。Hofmann, Elbert (2005)认为供应链金融是将金融、供应链管理、物流整合起来的理论,并且可以帮助供应链上的参与成员产生更多的收益^[1]。Michael (2007)的观点为供应链金融是指定的金融机构和供应链上的参与成员对供应链运行体系的创新金融工具投资组合、经营成本分析、财务管理以及把信息流和资金流进行整合,给供应链上各参与企业提供资金和减少交易成本两方面的金融服务^[2]。Randall等(2009)则认为供应链金融是可以让金融服务机构、供应方以及需求方三方实现紧密合作,并且若要实现银行和企业几方间的信息对称,可以通过实时监视和控制现金流提高供应链资金走向的透明度和降低金融成本来完成^[3]。胡跃飞、黄少卿(2009)则认为供应链金融就是要不断地挖掘贸易融资的深度以及广度,它是金融机构为供应链上各参与企业提供的一种全面管理资金流的服务^[4]。

从融资类型来看,主要分为存货类、预付类、应收类三种融资类型。Eisenstadt(1966)通过对以往的研究进行总结,得出了存货质押融资模式的优缺点^[5]。闫俊宏、许祥秦(2007)通过解析供应链金融概念,将预付账款、存货、应收账款作为质押物这三种融资模式,并分析对比了三种融资模式流程和优势,最后得出了供应链金融为中小企业融资提供了一个新途径^[6]。郭菊娥等(2014)对线上供应链金融研究了演化路径、分类、融资模式以及操作风险这几方面,得出在服务功效上和共同运作上,线上供应链金融提高了很多,但是同时也增加了一些传统供应链金融没有的风险,如信用风险、虚假交易风险等^[7]。白少布(2010)通过对知识产权质押供应链金融模式进行机制设计,分析了其运作前提和各参与主体的权利和义务,并提出了几点风险防范建议^[8]。邹宗峰等(2016)提出了以数据为质押物的供应链融资模式,建立了协同运作模式,介绍其主要的融资步骤^[9]。

从运作风险来看,定性的来看,Rafael, Javier (2004)为了防范开展供应链金融业务的道德和市场风险,分析了几种供应链金融模式,并且得出某种供应链金融模式很有效^[10]; Noah, Anthony (2005)基于对供应链金融业务的分析,得出其风险主要在经营的外部环境、人才、基础设施、企业自身道德运营和管理以及使用的信息技术这几个方面,并且得出结论:要想降低风险,应该要对供应链的整个运行过程的风险进行控制^[11]。陶凌云和胡红星(2009)基于博弈论和中间层等理论,研究了信贷风险存在于供应链金融的主要理由,结果表明优质的核心企业的选择是银行控制风险的关键因素^[12]。李毅学(2011)研究了供应链金融风险,主要包括不可分散风险和可分散风险,其中供应链风险、行业风险、宏观环境风险为不可分散风险,员工操作风险、信用风险及存货变现风险为可分散风险^[13]。陈志新和张忠根(2011)的研究表明:若要产业金融环境变得更好,可以通过管制供应链网络关系来实现,从而规避风险^[14]。

1.2 关于供应链金融中第三方物流监管研究

本节主要从第三方物流监管方面对文献进行梳理,主要从监管模式、监管风险两个方面进行分析。

从监管模式来看,Siskin (1998)分析了有零售商参与的存货质押融资,结论表明实行严密监管是非常必要的,并且说明了几个监管措施的作用,主要包含借助有信息优势的中介、加强对存货及相关企业财产的审核以及定时汇报质押物的监控情况等等^[15]。王勇等(2010)对存货质押供应链金融模式进行分类,分类成联合委托、物流银行、委托监管和统一授信这四种模式^[16]。付志强(2012)研究了线上化质押监管融资的作用,并提出了几种监管模式,提出要构建以仓储物流管理、存货质押等融资管理、风险管理、金融质押监管等功能为结合体的体系,从而无缝衔接供应链金融物流监管^[17]。鲁其辉等(2016)运用 EOQ 模型方法,分析了统一授信、物流银行以及委托监管三种融资模式,得出当融资利率和质押率在某一区间内时,制造商和物流企业会一起参加融资,而银行更加倾向于选择统一授信,只有银行利率小于沉淀资本收益率时,物流企业选择统一授信的收益才会大于委托监管的收益^[18]。

从监管风险来看,彭玉兰(2004)的研究表明第三物流监管会因为信息不对称、信息扭曲以及不确定的市场环境,导致道德、逆向选择及合作等风险的出现^[19]。陈祥锋等(2005)分析了各种各样的金融物流运作模式,得出了运营金融物流的主要风险,包含了运营风险、信用风险、安全风险等八方面的风险^[20];韦燕,孙朝苑等(2010)通过银行设置激励机制,分析在存货质押模式中,要使第三方物流发挥怎样的监管水平,要设置不同的激励程度^[21];赵学彬(2013)认为在第三方物流参与质押监管业务中,主要存在项目管理、合同管理和项目选择三方面的风险,分析了三种风险的主要来源以及应对措施^[22]。涂国平,谢江林等(2016)通过分析声誉对于约束物流企业的行为的作用,得出长期来看声誉作用很大,并最重要的是声誉的质量、未来的预期和已有的能力投入^[23]。储雪俭,程媛(2017)通过对两个案例的分析,得出金融机构为了防范多主体参与的委托监管业务运行的风险,可以从合同签约前的价值评估审核、存货抵押期间的多方合作、交付货物后的信用传递三个层次进行全面监控^[24]。

2 第三方物流参与供应链金融监管的机理分析

2.1 供应链金融模式中的委托代理关系

2.1.1 双重代理委托关系识别

金融机构为了降低放贷的风险，对第三方物流企业进行委托监管融资企业；第三方物流企业出于自身的利益最大化和完成与金融机构的合作，会提供给金融机构完整的融资企业信息，从而降低了供应链金融融资的风险。从这个层面来说，对于传统的信贷模式，减少了信息不对称的情况，也在某种程度上解决了逆向选择的问题。

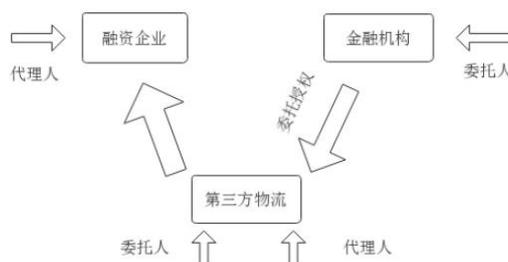


图 2-1 金融机构、融资企业、第三方物流之间委托代理关系图

在此双重委托代理关系中，第三方物流企业在其中担当关键节点，既是委托人，也是代理人，并且也联接了金融机构和融资企业。一方面，物流企业能够更加清楚的对融资企业的库存产品的型号、性质、销售渠道、质量等等信息有了解，经过配送和仓库管理，知晓融资的商品状况和库存变动，从而物流企业对客户信息有全面的了解，金融机构和物流企业进行合作，减少了金融机构因搜寻信息产生的成本；，由于第三方物流监管的特殊性，一般是要求商品、存货等一些资产进行质押，这对于金融机构或者物流企业来说，规避了一定的风险，也促使金融机构能够更加放心的进行放贷。

2.1.2 道德风险分析

供应链金融对经济发展有重要作用，而在以动产为质押物的供应链金融融资模式中，需要引入第三方物流企业对动产进行监管，以此来降低信息不对称的情况发生。但是金融机构和第三方物流企业之间的委托代理关系，会造成道德风险。在实际的执行当中，第三方物流企业也是理性人，会以实现最大利益为目标，有可能会采取隐瞒行动以来避免金融机构的监管，从而使得委托人的管理只在于表面，无法知晓内部问题。更为甚者还会存在第三方物流企业会跟融资企业进行合谋，比如合作弄虚作假、评估不当等情况而导致委托代理风险。此时，金融机构主要面临以下风险：

第一，数据失真。物流企业处于信息优势的地位，为了自身利益最大化或者和融资企业进行合谋以获得好处，因此物流企业会汇报虚假信息给金融机构，提高自身利润水平。

第二，质押物价值与评估价值不相符。融资企业为了获得更多的资金，会尽可能的让质押物的价值提高，这时，物流企业会因为业务需要，制作虚假的质押物价格评估报告；同时，也可能由于物流企业的业务水平有限，会对质押物的价值评价不准确，或者是对质押物的未来价值走向预测不准确，这些都可能会导致对质押物的评估价值失真。

第三，监管失效风险。为了套取资金，一方面会存在事前机会主义，通过一些虚构贸易形成一些交易合同和单证，以此来骗取贷款，并且和物流企业合谋，对仓单进行重复抵押，

或者对质押物重复担保；另一方面会存在事后机会主义，比如会存在三套行为、移花接木、非法挪用质押物等情况，而出现串通的状况时，无法解决被挪用的质押物的情况出现，从而导致金融机构的物权的损失。这些行为都会影响金融机构对质押物的处理和最后的收益。

第四，实际操作中的失误。物流企业监管对融资企业时，总会因为操作上的失误，对质押物造成一定损失，同时因为制度的不完善、监督体制尚未完全建立等等一系列的问题。

而对于第三方物流企业来说，其与融资企业也存在着委托代理关系，所以主要存在以下的风险：

第一，融资企业的资信风险。在第三方物流和融资企业委托代理关系中，很显然，融资企业知晓的信息较多。企业的业务能力、运营情况等都是物流企业要评估的风险因素。评估融资企业的偿债实力和资信级别这两方面，主要偏重审查企业的业务运营能力比如说产品的过去及目前的销售情况。而另一个重点考察的是质押物的合法性，即无法评估质押物时，必须对融资企业的质押物的所有权、使用权进行调查，避免有争议、质押权无法使用或依靠非法手段得到的商品变成质押物。

第二，仓单风险。在货物的质押或提取流程中，仓单是至关重要的凭证，但是就现在的状况来看，仓库出具的仓单良莠不齐，并不规范，也没有制定统一的标准供仓库使用，因此物流企业遇到仓单风险的频率很高，鉴别假冒仓单是物流企业的重中之重。

第三，质押物品选择风险。是否恰当的选取质押物，这会直接影响物流企业所面临的风险程度。质押物只有某些商品比较适合，有些商品极易发生损耗，或者价格容易变动，选择这样的商品，对于物流企业来说无疑是增大了风险。所以为了控制风险，以动产为质押物的前提下，在选择质押上主要考虑易卖、存储小、价格变动小为原则。

第四，企业内部管理和操作风险。就内部管理而言，第三方物流企业员工可能会违规或者合谋违规，造成企业的损失；而就操作风险而言，由于员工的素质不高或者监管制度的不成熟，造成对质押物的损害。

通过整理金融机构和物流企业都面临着道德风险，以下通过表格来呈现。

表 2-1 两企业面临的道德风险表

金融机构面临的风险	物流企业面临的风险
数据失真	融资企业的资信风险
质押物价值和评估物价值不相符	仓单风险
监管失效风险	质押物品选择风险
实际操作中的失误	内部管理和操作风险

2.2 供应链金融模式中的多主体参与的策略分析

供应链金融引入物流监管后，对三方主体进行分析，由于每个主体都是理性人，所以出于自身利益的考量，三方都会有不同的决策倾向。根据以下委托代理模式运行流程图进行分析。

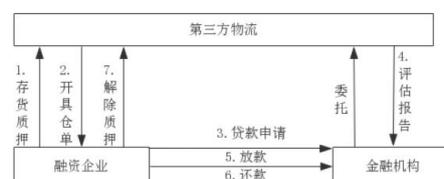


图 2-1 第三方物流企业参与供应链金融的运行流程图

(1) 融资企业

融资企业有两种决策可供选择：第一种是不投机，选择按照实际情况提供企业内部信息以及实际价值的质押物等，并且能够按时还给金融机构利息以及本金，此时，融资企业可以获得贷款，获得资金以后用于运营，可以获得利润，同时因为按时还款，会得到第三方物流以及金融机构好的外部评价，从而提升以后合作的机会，获得更长远的收益。第二种是投机，此时融资企业会向第三方物流企业寻租，当被第三方物流或者金融机构发现时，则不发放贷款，并且会得到负面评价，损失声誉。如图 2-2 所示。

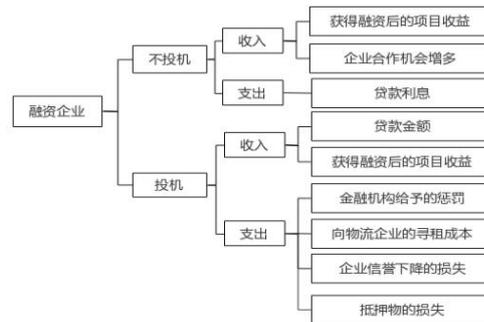


图 2-2 融资企业收益构成图

(2) 第三方物流企业

第三方物流企业可以选择两种决策：其一是严格监管，即在操作流程、质押物评价、质押物监管等方面，选择高监管成本决策，并且能够发现和及时制止融资企业的投机行为，向金融机构汇报，降低监管风险，此时，不能获得中小企业的违规收益。其二是宽松监管，不能及时发现融资企业的违规行为，会存在监管风险，此时的监管成本相对较低，并且会获得融资企业的寻租收益，但是若被金融机构发现会对其进行惩罚。如图 2-3 所示。



图 2-3 第三方物流企业收益构成图

(3) 金融机构

金融机构也是有两种可供选择的策略：其一是通过高成本的付出，对物流企业的内部监管和评估报告进行严格审核检查，这可以使得金融机构能准确道德观测到物流企业的监管决策，若发现物流企业选择的是严格监管行为，则金融机构会给予物流企业一定的奖励，并且因为积极监管的行为被表扬，从而声誉增加，会获得更多的潜在收益。相反，如果是宽松监管的话，金融机构会向物流企业没收寻租收益，并且给予一定的惩罚，同时也会因为信誉的下降，错失更多的合作机会，造成损失。其二是金融机构选择低成本的付出，没有办法观测到物流企业的决策，此时，若第三方物流企业选择严格监管时，金融机构还是可以获得贷

款收益；相反，则会造成一定的损失。

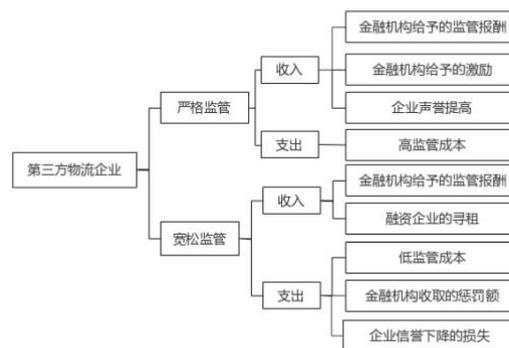


图 2-4 金融机构收益构成图

3 第三方物流对供应链金融监管的博弈分析

3.1 融资企业、第三方物流、金融机构间监管博弈模型假设与构建

3.1.1 融资企业、第三方物流、金融机构间监管博弈模型假设

建立融资企业、第三方物流、金融机构三方为博弈主体的演化博弈模型，分析三个主体之间的博弈策略，为便于研究三方之间的博弈策略，设定如下假设：

假设 1:该模型有三个参与主体：融资企业作为参与人 1；第三方物流作为参与人 2，金融机构作为参与人 3.三个参与成员都是有限理性的。参与主体 1 的可以选择的策略空间为 $L_r=(投机, 不投机)$ ；参与人 2 的策略空间为 $L_d=(严格监管, 宽松监管)$ ；参与人 3 的策略空间为 $L_b=(严格审核, 宽松审核)$

假设 2: 设 $x(0 \leq x \leq 1)$ 为融资企业不投机的概率,那么 $1-x$ 是投机的概率;设 $y(0 \leq y \leq 1)$ 为第三方物流企业严格监管的概率,那么 $1-y$ 为宽松监管的概率; $z(0 \leq z \leq 1)$ 为金融机构严格审核的概率,那么 $1-z$ 为不严格审核的概率。

假设 3: 融资企业融资的资金为 S ,收益率为 b (剔除项目成本率), 贷款期限为 t ,融资利率为 r , 显然 $(b > r)$; 融资企业需要获得贷款, 需要移交动产至第三方物流企业, 在物流企业里的流通商品的价值为 M , 假设质押率为 ϵ , 质押率为 $\epsilon = M/(M+S)$, 一般来说质押率取在 0.6 到 1 之间, 则质押物的价值为 ϵM 。

假设 4: 第三方物流企业不严格监管时, 监管成本为 C_{i2} ; 严格监管时, 需要聘请专业人士, 出具评估报告, 严格的监管体系, 监管成本为 C_{i1} ; 显然 $C_{i1} > C_{i2}$ 。金融机构给与第三方物流企业基本报酬为 W 。若融资企业准备投机向第三方物流企业寻租时, 若第三方物流企业严格监管, 且向银行上交寻租收益 C_0 , 此时银行不会发放贷款, 并且此时会因为第三方物流守约, 提升信誉, 与金融机构的合作机会增加, 获得外部收益 D_1 ; 第三方物流企业选择宽松监管策略时, 那么会接受寻租, 而此时金融机构严格审核, 则会发现融资企业的寻租行为, 不会发放贷款, 第三方物流企业会由于信誉下降, 有外部损失 D_2 。

假设 5: 设金融机构严格审核的成本为 C_{b1} , 宽松审核的成本为 C_{b2} ($C_{b1} > C_{b2}$)。当融资企业投机, 银行宽松审核, 且第三方物流企业宽松监管时, 会有处置质押物, 若期末融资企业违约, 则会移交物权, 银行处置质押物, 得到的收益为 ϵM 。

假设 6: 当融资企业守信, 行业内会因为融资企业信誉好, 增加合作机会, 有利于下次

融资，增加的外部收益为 N_1 ；如果融资企业失信，行业内会因为信誉下降，减少合作机会，造成外部损失为 N_2 。并且当融资企业投机被第三方物流或者金融机构的发现时，金融机构会停止向中小企业放款。

表 3-1 模型参数表

符号	定义	符号	定义
S	贷款金额	D_1	物流企业声誉提升的收益
b	项目利润率	D_2	物流企业声誉下降的损失
r	贷款利息率	N_1	融资企业声誉提升的收益
C_{b1}	金融机构高审核成本	N_2	融资企业声誉下降的损失
C_{b2}	金融机构低审核成本	W	物流企业的监管报酬
C_{i1}	物流企业高监督成本	M	质押物价值
C_{i2}	物流企业低监督成本	C_0	融资企业寻租成本
t	贷款期限	ϵ	质押率

3.1.2 融资企业、第三方物流、金融机构间监管博弈模型构建

根据上述的模型假设，可得融资企业、第三方物流以及金融机构三方的博弈矩阵如下图所示：

表 3-2 各方主体博弈策略收益表

策略选择		金融机构		
		第三方物流	严格审核 (z)	不严格审核 (1-z)
融 资 企 业	不投机 (x)	严格监管 (y)	$Sbt - Srt + N_1, W - C_{i1} + D_1,$ $Srt - W - C_{b1}$	$Sbt - Srt + N_1, W - C_{i1},$ $Srt - W - C_{b2}$
		宽松监管 (1-y)	$Sbt - Srt + N_1, W - C_{i2} - D_2,$ $Srt - W - C_{b1}$	$Sbt - Srt + N_1, W - C_{i2},$ $Srt - W - C_{b2}$
	投机 (1-x)	严格监管 (y)	$-N_2 - C_0, W - C_{i1} + D_1,$ $C_0 - W - C_{b1}$	$-N_2 - C_0, W - C_{i1},$ $C_0 - W - C_{b2}$
		宽松监管 (1-y)	$-N_2 - C_0, W + C_0 - C_{i2} - D_2,$ $-W - C_{b1}$	$(1+b)S - N_2 - \epsilon M - C_0, W + C_0 - C_{i2},$ $\epsilon M - W - C_{b2} - S$

从表 3-2 的供应链金融监管的安全策略博弈矩阵，可以得出：

设融资企业选择“不投机”的期望收益为 E_{r1} ,

$$E_{r1} = yz(Sbt - Srt + N_1) + y(1-z)(Sbt - Srt + N_1) + (1-y)z(Sbt - Srt + N_1) + (1-y)(1-z)(Sbt - Srt + N_1) = St(b-r) + N_1 \quad (3-1)$$

设融资企业选择“投机”的期望收益为 E_{r2} ,

$$E_{r2} = yz(-N_2 - C_0) + y(1-z)(-N_2 - C_0) + (1-y)z(-N_2 - C_0) + (1-y)(1-z)[(1+b)S - N_2 - \epsilon M - C_0] = -N_2 - C_0 + (1-y)(1-z)[(1+b)tS - \epsilon M] \quad (3-2)$$

$$\text{设融资企业的平均期望收益为 } \bar{E}_r, \quad \bar{E}_r = xE_{r1} + (1-x)E_{r2} \quad (3-3)$$

从上面公式可以得到复制动态方程，即为：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{r1} - \bar{E}_r) = x(1-x)[(z+y(1-z))((1+b)S - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)] \quad (3-4)$$

同样经过计算，可以求得第三方物流企业选择“严格监管”和金融机构选择“严格审查”策略两种情况的复制动态方程式，即为：

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{w1} - \bar{E}_w) = y(1-y)[z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0] \quad (3-5)$$

在这里面，第三方物流企业选择“严格监管”的概率是由 E_{w1} 表示，第三方物流企业的平均收益由表示。

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(E_{b1} - \bar{E}_b) = z(1-z)[C_{b2} - C_{b1} + (1-x-y+xy)(S - \varepsilon M)] \quad (3-6)$$

其中， E_{b1} 表示金融机构“严格审核”的概率， \bar{E}_b 表示金融机构的平均期望收益。

3.2 供应链金融模式中的多主体参与的策略分析

3.2.1 融资企业演化稳定策略

通过对融资企业“不投机”策略概率的复制动态方程求偏导 $F(x)$ 可得：

$$\frac{d(F(x))}{dx} = (1-2x)[(z+y(1-z))((1+b)S - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)] \quad (3-7)$$

若 $z = \frac{y((1+b)tS - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M)}$ ，则所有水平处于均衡状态，若 $z > \frac{y((1+b)tS - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M)}$ ，那么 $x^* = 1$ 是演化稳定策略；若 $z < \frac{y((1+b)tS - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M)}$ ，那么 $x^* = 0$ 是演化稳定策略。

推论 1：若要提高融资企业选择“不投机”的概率，则要提高第三方物流选择“严格监管”策略以及金融机构选择“严格审核”策略概率；并且会随寻租成本、外部信誉评价(包含 N_1 和 N_2) 和抵押物价值的数额的增加而提升。

证明：对融资企业选择“不投机”策略概率的复制动态方程 $F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{r1} - \bar{E}_r)$ 求偏导数：

$$\frac{d(F(x))}{dx} = (1-2x)[(z+y(1-z))((1+b)S - \varepsilon M) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)]$$

由上式可得，求出融资企业选择不投机的概率 x 关于第三方物流选择严格监管的概率 y 的反应函数，即为：

$$x = \begin{cases} 0 & \text{if } y < \frac{z[(1+b)S - \varepsilon M] - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-z)((1+b)S - \varepsilon M)} \\ [0,1] & \text{if } y = \frac{z[(1+b)S - \varepsilon M] - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-z)((1+b)S - \varepsilon M)} \\ 1 & \text{if } y > \frac{z[(1+b)S - \varepsilon M] - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-z)((1+b)S - \varepsilon M)} \end{cases} \quad (3-10)$$

当 $y < \frac{z[(1+b)S - \varepsilon M] - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-z)((1+b)S - \varepsilon M)}$ 时，那么 $x=0$ 是演化策略 (ESS)，这表明了当物流企业严格监管的概率小于某个值时，融资企业会倾向于选择投机，向第三方物流寻

租，以节约成本，获取更大的利益，此时，融资企业“不投机”概率演化轨迹将会倾向于 0；相反，当第三物流企业选择严格监管的概率大于这一值时，融资企业会通过行为判断，知道成功寻租的概率不高，并且会导致失去银行的信用，而错失贷款，所以融资企业“不投机”概率将倾向于 1。

同样的道理，可以求得融资企业选择“不投机”的策略概率 x 的反应函数是与关于金融机构选择“严格审核”策略的概率 z 有关，具体格式参考 (3-10)。

当 $z < \frac{y[(1+b)S - \varepsilon M] - (St + Str - M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)(1+b)S - \varepsilon M}$ 时，那么 $x=0$ 是演化策略 (ESS)，说明当

金融机构严格审核概率低于某一特定值时，金融机构会倾向于选择投机，融资企业铤而走险，倾向于选择投机，以获得资金，继续经营。因此，融资企业“不投机”的概率演化轨迹会倾向于 0；相反，当金融机构严格审核的概率高于这水平时，融资企业会通过行为判断，知道成功寻租的概率不高，容易导致失去银行的信用，而错失贷款，所以融资企业“不投机”概率将倾向于 1。

对于融资企业选择“不投机”策略的概率 x (即 B_{IB}) 分别关于 C_0 、 $N_1(N_2)$ 、 M 求偏导，可以得出：

$$\frac{\partial(R_{IR})}{\partial C_0} = -\frac{1}{(1+b)S - \varepsilon M} \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M}\right) > 0$$

$$\frac{\partial(R_{IR})}{\partial N_1} = -\frac{1}{(1+b)S - \varepsilon M} \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M}\right) > 0$$

$$\frac{\partial(R_{IR})}{\partial M} = -\frac{1}{[(1+b)S - \varepsilon M]^2} \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M}\right) > 0$$

由上面的偏导数可以得到，融资企业选择“不投机”的概率 x 分别是关于 C_0 、 N_1 、 M 的增函数，所以 x 会随着寻租成本、外部信誉评价和抵押物价值的增加而提高，即会倾向选择“不投机”。主要表示当融资企业选择“投机”时，会付出较大的代价，而减少收益，融资企业会更加倾向于去选择“不投机”，以降低损失。

结论：为了促使融资企业倾向于选择不投机，一方面可以从监管力度入手，提高第三方物流企业以及金融机构两者的监管强度，双方加强合作，防范融资企业的投机行为，保证供应链金融的有序运行；另外一方面可以从声誉效应入手，加大未来的合作的潜在收益，未来合作的收益或者合作伙伴对其的评价对企业发展的影响越大，越能够约束企业选择不投机，保持企业的诚信。

3.2.2 第三方物流演化稳定策略

通过对物流企业“严格监管”策略概率的复制动态方程 $F(y)$ 求偏导得到：

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1-2y)[z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0] \quad (3-11)$$

若 $x = \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0}$ ，那么无论如何都为稳定状态；若 $x > \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0}$ ，

那么 $y^*=0$ 是演化稳定策略；若 $x < \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0}$ ，那么 $y^*=1$ 是演化稳定策略。

推论 2：融资企业选择“不投机”的概率变大会造成第三方物流企业的“严格监管”策略概率变小，金融机构选择“严格审核”的概率变大会导致其增大；随自身金融机构对第三方物流企业的声誉评价增加而提高，融资企业给予的寻租收益的增加则其概率降低。

证明：第三方物流企业“严格监管概率的”复制动态方程 $F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{r1} - \bar{E}_r)$ 的偏导数：

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1-2y)[z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0]$$

由上式可得，第三方物流企业严格监管的概率 y 是关于融资企业不投机的概率 x 的反应函数，如下：

$$y = \begin{cases} 0 & \text{if } x > \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0} \\ [0,1] & \text{if } x = \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0} \\ 1 & \text{if } x < \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0} \end{cases} \quad (3-12)$$

可以知道，当 $x > \frac{z(D_1 + D_2) + C_{i2} - C_0 - C_{i1}}{-C_0}$ 时， $y=0$ 为演化稳定策略（ESS），则说明若融资企业选择“不投机”的概率大于某一值，由于融资企业的质押物价值、资信报告有一定的保证，那么第三方物流企业为使检测成本降低，则会降低“严格检测”的概率；相反，若融资企业选择“不投机”的概率小于这一值，融资企业资信保证不了，金融机构发现资信问题的概率大大提高，为避免金融机构的声誉评价，第三方物流企业“严格监管”的概率会提高，其演化趋势最后会趋向于 1。

同样的道理，第三方物流企业选择“严格监管”策略的概率（ y ）的反应函数与金融机构选择“严格审核”策略的概率（ z ）有关，格式参考（3-14）。

可以得到，若 $z < \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{D_1 + D_2}$ 时，那么 $y=0$ 则为演化稳定策略（ESS），说明了若金融机构严格审核的概率小于某一值，金融机构发现第三方物流企业懈怠或收取寻租收益的行为的概率较低，所以第三方物流企业为了降低监管成本，获得非法收入，物流企业选择“严格监管”的概率会倾向于 0；反之，若金融机构严格审核的概率大于这一值，发现第三方物流企业违规行为的概率会增大，所以，要减少因为寻租或松懈职责所造成的外部评价损失，降低合作机会，第三方物流企业选择“严格监管”策略的概率会倾向于 1。

对第三方物流企业严格监管的概率 y （即 P_{IIW} ）分别关于外部评价 D_1 、寻租收益 C_0 求偏导，格式参考式（3-12），此处略。

$$\frac{\partial P_{IIW}}{\partial D_1} = \frac{(C_{i2} - C_{i1} - C_0) \wedge 2}{2C_0(D_1 + D_2) \wedge 2} > 0$$

$$\frac{\partial P_{IIW}}{\partial C_0} = \frac{(C_{i2} - C_{i1} - C_0) \wedge 2 + 2C_0(C_{i2} - C_{i1} - C_0)}{2C_0 \wedge 2(D_1 + D_2)}$$

由此可得，第三方物流企业严格监管的概率 P_{IIW} 分别关于 D_1 、 D_2 是增函数，即随着金融机构对于第三方物流企业信誉评价的增加而增加，会倾向于选择严格监管来规避因为减少和金融企业的合作所带来的收益；融资企业给予第三方物流企业的寻租收益超过严格监管成本和宽松监管成本的差额时（即 $C_0 > C_{i1} - C_{i2}$ ），第三方物流企业严格监管的概率是关于寻租收益的减函数，即第三方物流企业严格监管的概率随寻租收益的增加而降低。

结论：第三方物流企业的策略选择和另外两方主体的策略选择息息相关。显然，不能用降低融资企业不投机的概率换取严格监管的概率，所以，为了让第三方物流企业认真的履行职责，金融机构要加强严格审核和惩罚力度，对于一些不认真履行职责的行为进行严惩，金融机构对于第三方物流企业的评价以及信用的丧失，会使其丧失和金融机构合作的业务，从

而减少受益；另外，若融资机构用大额的寻租收益来诱惑物流企业，使其合谋骗贷，此时，需要亟待解决问题是怎么样让第三方物流企业放弃寻租收益的诱惑，所以金融机构应该向社会公开建立物流企业黑白名单，提高声誉对于物流企业的影响。

3.2.3 金融机构演化稳定策略

通过求得金融机构部门选择“严格审核”策略概率的复制动态方程 $F(z)$ 的偏导：

$$\frac{d(F(z))}{dz} = (1-2z)[C_{b2} - C_{b1} + (1-x-y+xy)(S-\varepsilon M)] \quad (3-13)$$

若 $y = \frac{(1-x)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-x)(S-\varepsilon M)}$ ，则所有水平均处于稳定状态； $y < \frac{(1-x)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-x)(S-\varepsilon M)}$ ，那么 $z^*=1$ 是演化稳定策略，当 $y > \frac{(1-x)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-x)(S-\varepsilon M)}$ 时，那么 $z^*=0$ 是演化稳定策略，其中 $C_0 > C_{b1} - C_{b2}$ 。

推论 3：如果第三方物流企业选择“严格监管”和融资企业选择“不投机”策略概率的增加，金融机构选择“严格审核”策略的概率会降低；同时如果严格监管成本 (C_{b1}) 增加而其概率也会降低，而随质押物的价值增加而其概率会增加。

证明：对金融机构选择“严格审核”策略概率的复制动态方程 $F(z)$ 求解偏导数可得：

$$\frac{d(F(z))}{dz} = (1-2z)[C_{b2} - C_{b1} + (1-x-y+xy)(S-\varepsilon M)]$$

由此可以知道，金融机构选择“严格审核”策略的概率 (z) 的反应函数是和融资企业选择“不投机”策略的概率 (x) 有关的，如下：

$$z = \begin{cases} 0 & \text{if } x > \frac{(1-y)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-y)(S-\varepsilon M)} \\ [0,1] & \text{if } x = \frac{(1-y)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-y)(S-\varepsilon M)} \\ 1 & \text{if } x < \frac{(1-y)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-y)(S-\varepsilon M)} \end{cases} \quad (3-14)$$

当 $x > \frac{(1-y)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-y)(S-\varepsilon M)}$ 时， $z=0$ 为演化稳定策略 (ESS)，说明了若融资企业不投机的概率大于某一值，则市场上的融资企业的资信普遍较好，所以，金融机构会选择降低监管力度，选择“严格审核”策略的概率会倾向于 0；相反，若融资企业不投机的概率小于这一值，市场中存在许多失信企业，金融机构会选择加大监管力度，严格控制放贷情况，选择“严格审核”策略概率会倾向于 1。

同样道理，金融机构选择“严格审核”策略的概率 (z) 的反应函数函数是与第三方物流企业选择“严格监管”策略的概率 (y) 有关的，具体格式参考 (3-18)，这部分省略。

当 $y > \frac{(1-x)(S-\varepsilon M) + C_{b2} - C_{b1}}{(1-x)(S-\varepsilon M)}$ 时，那么 $z=0$ 是演化稳定策略，这说明了第三方物流企业如果用较大概率严格监管，执行金融机构代理人职责时，金融机构会适当宽松审核，所以，金融机构“严格审核”策略的概率将会倾向于 0；相反，若第三方物流企业严格监管的概率比较小，或较容易被融资企业的寻租诱惑时，市场上失信融资企业较多，金融机构会加大审核力度，最终金融机构选择“严格审核”的概率会倾向于 1。

通过对金融机构选择“严格审核”策略的概率 z (H_{III}) 关于 C_{b1} 、 ε 求偏导，即为下式。

$$\frac{\partial H_{III}}{\partial C_{b1}} = \ln\left(\frac{C_{b1}-C_{b2}}{S-\varepsilon M}\right) < 0$$

$$\frac{\partial H_{III}}{\partial \varepsilon} = -\frac{C_{b1}-C_{b2}}{(S-\varepsilon M)^{\wedge 2}} \ln\left(\frac{C_{b1}-C_{b2}}{S-\varepsilon M}\right) > 0$$

由此可得，金融机构选择“严格审核”策略的概率 z (H_{III}) 关于 C_{b1} 是减函数，而 H_{III} 是 ε 的增函数，表示随着严格审核的成本增加，金融机构严格审核的概率会降低，随着融资企业的质押率的增加，金融机构严格审核的概率会提高。

结论：金融机构和物流企业之间的合作需要加强，明确各方的职责，一方面要严格督促物流企业履行严格监管的义务，另一方面要相互配合，金融机构的合作伙伴之一为物流企业，合理分配两方的压力；高成本的审核费用是金融机构疏于监管的影响因素，需要通过建立标准的制度体系以及供应链金融的运行模式、及时对员工进行培训等手段来降低审核成本。

3.3 仿真分析

为了研究第三方物流企业对供应链金融运行的影响，第三方物流企业的监管对融资企业以及金融机构的策略选择，将运用 Matlab R2020b 软件进行仿真在把不同参数变化下，也研究了不同参数对博弈主体策略选择的敏感性。针对各关键参数即质押率、声誉价值、监管成本，这三个参数对博弈主体策略概率的敏感性分析。设定其他参数的数值为：贷款本金 $S=100$ 万元，抵押物价值 $M=120$ 万元，而中小企业获得资金后的利润率为 $b=10\%$ ；贷款期限 $t=1$ ，设年利率 $r=6\%$ ；第三方物流机构严格监管的成本 $C_{i1}=2$ 万元，宽松监管的成本 $C_{i2}=1$ 万元；而金融机构给予第三方物流企业的报酬 $W=2.5$ 万元，金融机构严格审查的成本 $C_{b1}=12$ 万元，不严格审核的成本为 $C_{b2}=1$ 万元，而融资企业的外部正面信誉 $N_1=2.5$ 万元，外部信誉损失 $N_2=1.5$ 万元，第三方物流企业的外部正信誉评价 $D_1=3$ 万元，融资企业寻租成本 $C_0=2$ 万元。

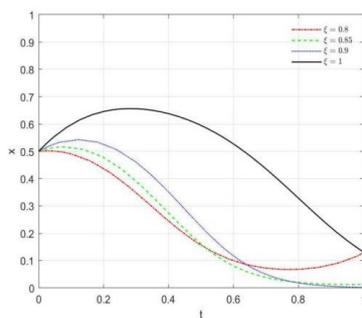
(1) 质押率数值变化对博弈主体的影响

假设本文所建立的模型中 x 、 y 和 z 的初始概率为 $(0.5, 0.5, 0.5)$ ，设定其他的参数不变，将质押率 (ε) 赋予不同的数值，即 $\varepsilon = 80\%$ ， 85% ， 90% ， 100% ，数值如下表所示：

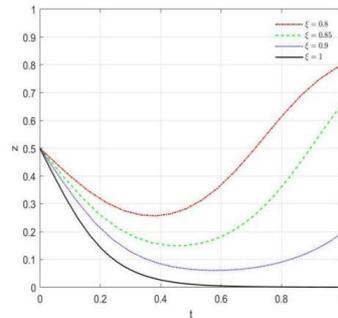
表 3-1 参数赋值表

S	100	b	10%	t	1	r	6%	C_0	2
W	2.5	M	120	C_{i1}	2	C_{i2}	2	C_{b1}	12
C_{b2}	1	D_1	3	D_2	2	N_1	2.5	N_2	1.5
ε	80%		85%		90%		100%		

通过 matlab 做数值仿真，得出当质押率变化时融资企业 (x) 和金融机构 (z) 的策略选择图，如图所示。



(a) 对融资企业决策的影响



(b) 对金融机构决策的影响

图 3-1

从图 3-5 可以看出，在其他参数给定时，当质押率越大时，随时间推移，融资企业会越迟选择投机策略，而金融机构会更加快的选择“严格审核”的策略。所以可以通过加大质押率，防范供应链金融的违约风险。

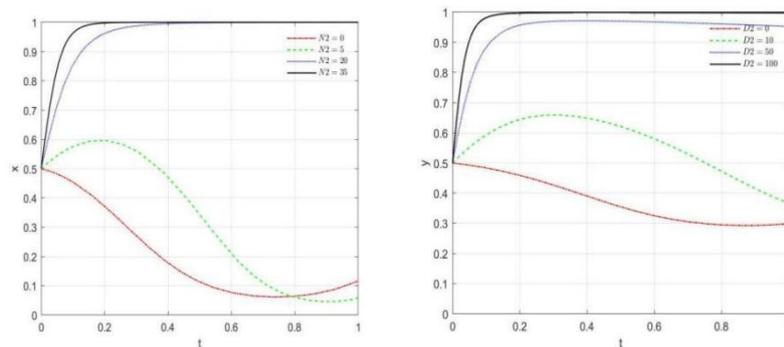
(2) 声誉负价值数值变化对博弈主体的影响

假设本文所建立的模型中 x 、 y 和 z 的初始概率为 $(0.5,0.5,0.5)$ ，设定其他的参数不变，将声誉负评价对融资企业的损失 (N_2) 和声誉负评价对物流企业的损失 (D_2) 赋予不同的数值，即当 $N_2=0,5,20,35$ 时， $D_2=2$ ；当 $D_2=0,10,50,100$ 时， $N_2=1.5$ ；数值如下表所示：

表 3-2 参数赋值表

S	100	b	10%	t	1	r	6%	ϵ	75%
C_0	2	M	120	W	2.5	C_{i1}	2	C_{i2}	1
C_{b1}	12	C_{b2}	1	D_1	3	N_1	2.5	/	/
N_2	0		5		20		35		
D_2	0		10		50		100		

通过 matlab 做数值仿真，得出当声誉负价值变化时融资企业 (x) 和物流企业 (y) 的策略选择图，如图所示。



(a) 声誉负评价对融资企业决策的影响 (b) 声誉负评价对物流企业决策的影响

图 3-6

由此可以得知，当声誉对于融资企业影响越大，融资企业随着时间推进，会越来越早趋近于 1；而声誉对物流企业的影响也极大，当声誉负评价越来越（比如大于 50 时），物流企业选择严格监管的概率会更倾向于 1。

(3) 监管成本数值变化对博弈主体的影响

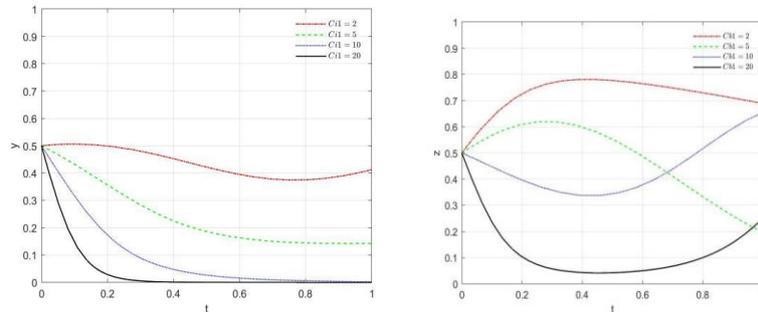
假设本文所建立的模型中 x 、 y 和 z 的初始概率为 $(0.5,0.5,0.5)$ ，设定其他的参数不变，将物流企业的高监管成本 (C_{i1}) 和金融机构的高监管成本 (C_{b1}) 赋予不同的数值，即当 $C_{i1}=0,5,20,35$ 时， $C_{b1}=2$ ；当 $C_{b1}=0,10,50,100$ 时， $C_{i1}=1.5$ ；数值如下表所示：

表 3-2 参数赋值表

S	100	b	10%	t	1	r	6%	ϵ	75%
C_0	2	M	120	W	2.5	C_{i2}	1	C_{b2}	1
D_1	3	D_2	2	N_1	2.5	N_2	1.5	/	/
C_{i1}	0		5		20		35		

C_{b1}	0	10	50	100
----------	---	----	----	-----

通过 matlab 做数值仿真，得出当监管成本变化对物流企业（y）和金融机构（z）的策略选择图，如图所示。



(a) 监管成本对物流企业决策的影响 (b) 监管成本对金融机构决策的影响

图 3-7

由上图可以得知，当监管成本越大时，物流企业和金融机构会越趋向于选择宽松监管和宽松审核。从而要降低物流企业严格监管的成本和金融机构严格审核的成本，提高他们选择严格的概率，降低风险。

4 激励机制下的供应链金融监管的博弈分析

4.1 加入奖惩合同的博弈分析

在此节分析中，加入对于融资企业的的惩罚合同和第三方物流企业奖惩合同，以使融资企业和物流企业选择对于融资企业的有利策略。在信息不对称的情况下，金融机构无法每时每刻观察到第三方物流企业的行为，而为了降低物流监管企业选择宽松监管的概率，金融机构不仅支付给第三方物流固定监管报酬，还会根据第三方物流内部监管的服务价值给予适当比例的激励报酬，从而影响第三方物流企业选择严格监管的概率。

(一) 激励模型的基本假设

(1) 第三方物流企业和融资企业是有限理性人，但是他们会更加倾向于选择自己利益最大的策略。

(2) 在金融机构和第三方物流、融资企业之间的激励关系中，金融机构在委托代理关系下呈现的是风险中性趋势，而第三方物流企业作为监管方，在激励措施的影响下会力求规避风险，且具有不变的风险规避特征。

(二) 激励模型的参数假设

(1) 假如融资企业选择投机策略，而恰巧第三方物流发现了投机行为，那么第三方物流就会选择“严格监管”，金融机构会对融资企业实施惩罚，设惩罚金额为 T 。

(2) 设 W 是金融企业给予物流企业的固定收入。金融机构对于第三方物流企业的惩罚金额会对第三方物流企业的监管行为决策造成较大的影响，因此同时也会加入惩罚约束机制。 α 是金融机构对于第三方物流企业的激励或惩罚强度系数； K_0 是金融机构对于第三方物流企业的监管标准的预期阈值，此阈值主要是根据第三方物流企业对于监管的努力程度，如对于融资企业的信用评估的可靠性、对质押物的监管程度等决定。当金融机构选择严格审核，发现第三方物流企业的监管程度 K_0 未达标时，会根据标准的值，对第三方物流企业进行惩

罚，如若发现第三方物流企业的监管程度高于标准时，就会根据标准的值，给第三方物流企业一定的激励措施，金融机构只有在能够准确得知第三方物流企业监管情况下（即金融机构选择严格审核），才会选择激励或者惩罚措施，而无法观测的情况就只会给予第三方物流固定的报酬（W）。则方程式为：

$$V=W+\alpha (K-K_0)$$

（注：当奖励时，K 取为 K_1 ，而当惩罚是，K 取为 K_2 ；且 $K_1>K_0, K_2<K_0$ ，奖励或惩罚的额度都不会超过阈值水平即 $K_1+K_2<2K_0$ ）。

自此，加入奖惩合同以后，构建融资企业、物流企业以及金融机构三方的供应链融资的混合策略博弈矩阵，如下表：

表 4-3加入奖惩合同的三方策略收益表

策略选择		金融机构		
		第三方物流	严格审核 (z)	不严格审核 (1-z)
融 资 企 业	不投机 (x)	严格监管 (y)	$Sbt-Str+N_i, W+\alpha (K_1-K_0)-C_{i1}+D_1,$ $Str-W-\alpha (K_1-K_0)-C_{b1}$	$Stb-Str+N_i, W-C_{i1},$ $Str-W-C_{b2}$
		宽松监管 (1-y)	$Sbt-Sr+N_i, W-\alpha (K_0-K_2)-C_{i2}-D_2,$ $Srt+\alpha (K_0-K_2)-W-C_{b1}$	$Sbt-Str+N_i, W-C_{i2},$ $Srt-W-C_{b2}$
	投机 (1-x)	严格监管 (y)	$-N_2-C_0-T, W+\alpha$ $(K_1-K_0)-C_{i1}+D_1, T+C_0-W-\alpha (K_1-K_0)-C_{b1}$	$-N_2-C_0-T, W-C_{i1},$ $T+C_0-W-C_{b2}$
		宽松监管 (1-y)	$-N_2-C_0-T, W+C_0-\alpha (K_0-K_2)-C_{i2}-D_2,$ $T+\alpha (K_0-K_2)-W-C_{b1}$	$(1+b)S-N_2-\epsilon$ $M-C_0, W+C_0-C_{i2},$ $\epsilon M-W-C_{b2}-S$

根据以上的博弈矩阵，可以得出三方的复制动态演化博弈方程，方程如下所示。

首先，融资企业选择“不投机”策略的复制动态方程为：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{x1} - \bar{E}_x) = x(1-x)[(z+y(1-z))((1+b)S - \epsilon M + T) - (St + Str - \epsilon M - C_0 - N_1 - N_2)] \quad (4-1)$$

其次，第三方物流企业的“严格监管”策略的复制动态方程为：

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{y1} - \bar{E}_y) = y(1-y)[z(D_1 + D_2 + \alpha(K_1 - K_0) + \alpha(K_2 - K_0)) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0] \quad (4-2)$$

金融机构的“严格审核”策略的复制动态方程为：

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(E_{z1} - \bar{E}_z) = z(1-z)[\alpha(K_0 - K_2) + C_{b2} - C_{b1} - y\alpha(K_1 - K_2) + (1-x-y+xy)(S - \epsilon M + T)] \quad (4-3)$$

4.2 增加激励措施对监管效率的作用和策略分析

4.2.1 金融机构演化稳定策略

对融资企业的“不投机”策略的复制动态方程求偏导得：

$$\frac{dF(x)}{dx} = (1-2x)[(z+y(1-z))((1+b)S - \epsilon M + T) - (St + Str - \epsilon M - C_0 - N_1 - N_2)] \quad (4-4)$$

当 $z = \frac{y((1+b)S - \epsilon M + T) - (St + Str - \epsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \epsilon M + T)}$, $F(x)=0$, 此时无论 x 为何值是都处

于演化稳定策略。 $z > \frac{y((1+b)S - \varepsilon M + T) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M + T)}$, $x=1$ 时是演化稳定

策略, $z < \frac{y((1+b)S - \varepsilon M + T) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)}{-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M + T)}$, $x=0$ 是演化稳定策略。

由此可得, 关于融资企业“不投机”策略的概率为:

$$\hat{R}_{IR} = 1 - \iint_{IR} [y((1+b)S - \varepsilon M + T) - (St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2)] / [-(1-y)((1+b)S - \varepsilon M + T)] dy dz$$

$$= 1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T} - \left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T}\right) \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T}\right)$$

(4-5)

而选择“投机”策略的概率为:

$$\hat{R}_{IR} = \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T} + \left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T}\right) \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T}\right)$$

(4-6)

对融资企业“不投机”策略概率对 T 求偏导得:

$$\frac{\partial(\hat{R}_{IR})}{\partial T} = -\frac{1}{[(1+b)S - \varepsilon M + T]^2} \ln\left(1 - \frac{St + Str - \varepsilon M - C_0 - N_1 - N_2}{(1+b)S - \varepsilon M + T}\right) > 0$$

由此可得, 融资企业“不投机”策略概率是惩罚额的增函数, 即如果金融机构给予融资企业的惩罚数额越大时, 那么融资企业选择“不投机”策略的概率将会越大。据此推导, 金融机构要合理的设置对融资企业的惩罚额, 增大融资企业选择不投机的概率, 保障贷款收益和贷款业务的有序运行。

4.2.2 第三方物流演化稳定策略

通过第三方物流企业“严格监管”策略的复制动态方程, 对求其偏导可得:

$$\frac{d(F(y))}{dy} = (1-2y)[z(D_1 + D_2 + \alpha(K_1 - K_0) + \alpha(K_2 - K_0)) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0]$$

(4-7)

设 $Q(x, z, \alpha) = z(D_1 + D_2 + \alpha(K_1 - K_0) + \alpha(K_2 - K_0)) + C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0$

当 $Q(x, z, \alpha) = 0$, 可以得到 $z = \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]}$ 时, $\frac{d(F(y))}{dy} = 0$; 当

$z \neq \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]}$ 时, 要对 α 进行讨论, 由 $z > 0$ 可得。

推论 1: 如果报酬激励系数比较小时, 而此时金融机构选择“严格审核”策略的概率比较小, 那么第三方物流企业选择“严格监管”策略概率将会趋近于 0; 反之, 金融机构选择“严格监管”策略的概率比较大, 那么第三方物流企业选择“严格监管”策略概率将会趋近于 1。

证明: 当 $\alpha < \frac{D_1 + D_2}{2K_0 - K_1 - K_2}$ 时, $\frac{\partial Q(x, z, \alpha)}{\partial z} > 0$, 这时 $Q(x, z, \alpha)$ 是关于 z 的增函数, 当 $z > \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]}$ 时, $Q(x, z, \alpha) > 0$, 此时会有, $\frac{\partial(F(y))}{\partial y} \Big|_{y=0} > 0$, $\frac{\partial(F(y))}{\partial y} \Big|_{y=1} < 0$; 而反之, 当 $z < \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]}$ 时, $Q(x, z, \alpha) < 0$, 所以有

$$\frac{\partial(F(y))}{\partial y} \Big|_{y=0} < 0, \quad \frac{\partial(F(y))}{\partial y} \Big|_{y=1} > 0$$

当 $\alpha < \frac{D_1 + D_2}{2K_0 - K_1 - K_2}$ 时, 那么得到物流企业“严格监管”策略的概率反应函数, 如下:

$$y = \begin{cases} 0 & \text{if } z < \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]} \\ [0,1] & \text{if } z = \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]} \\ 1 & \text{if } z > \frac{C_{i2} - C_0 - C_{i1} + xC_0}{-[D_1 + D_2 + \alpha(K_1 + K_2 - 2K_0)]} \end{cases} \quad (4-8)$$

推论 1 表明: 当激励强度系数较低时, 也即不合理时, 第三方物流企业的选择行为与合理的激励报酬机制的选择截然相反。当金融机构选择严格审核时, 但是激励报酬系数较低时, 第三方物流因为严格监管获得的报酬会减少, 第三方物流会倾向于选择宽松监管, 这就会导致金融机构丧失对于第三方物流企业的信用, 这对供应链金融的发展是非常不利的, 整个供应链金融发展氛围充斥着人人自危的局面, 不存在合作, 不利于社会经济的有序发展。所以设置一个合理的报酬激励系数是非常重要的, 要使得激励机制起到正向的作用。

4.2.3 金融机构演化稳定策略

对金融机构“严格审核”策略的复制动态方程求偏导可得:

$$\frac{d(F(z))}{dz} = (1-2z)[\alpha(K_0 - K_2) + C_{b2} - C_{b1} - y\alpha(K_1 - K_2) + (1-x-y+xy)(S - \varepsilon M + T)]$$

$$U(x, y, \alpha) = \alpha(K_0 - K_2) + C_{b2} - C_{b1} - y\alpha(K_1 - K_2) + (1-x-y+xy)(S - \varepsilon M + T)$$

当 $U(x, y, \alpha) = 0$, 可以得到 $y = \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)}$, 此时 $\frac{d(F(z))}{dz} = 0$,

当 $y \neq \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)}$ 时, 要对 α 进行讨论。

推论 2: 当激励报酬强度系数较高时, 若物流企业选择“严格监管”策略的概率比较小时, 那么金融机构选择“严格审核”策略的概率将稳定在 1; 相反, 若物流企业选择“严格审核”策略的概率比较大时, 那么金融机构选择“严格审核”策略的概率将稳定在 0。

证明: 当 $\frac{\partial U(x, y, \alpha)}{\partial y} = 0$, 得到 $\alpha = \frac{(x-1)(S - \varepsilon M + T)}{K_1 - K_2}$ 。由 $\frac{\partial U(x, y, \alpha)}{\partial y \partial \alpha} = K_2 - K_1 < 0$, 可以得到,

当 $\alpha > \frac{(x-1)(S - \varepsilon M + T)}{K_1 - K_2}$ 时, $\frac{\partial U(x, y, \alpha)}{\partial y} < 0$, 此时是关于 y 的减函数, 所以当

$y > \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)}$ 时, $U(x, y, \alpha) < 0$, 此时有 $\frac{\partial(F(z))}{\partial z} \Big|_{z=0} < 0$,

$\frac{\partial(F(z))}{\partial z} \Big|_{z=1} > 0$; 反之, 当 $y < \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)}$, $U(x, y, \alpha) > 0$, 此时有

$\frac{\partial(F(z))}{\partial z} \Big|_{z=0} > 0$, $\frac{\partial(F(z))}{\partial z} \Big|_{z=1} < 0$ 。

综上所述, 当 $\alpha > \frac{(x-1)(S - \varepsilon M + T)}{K_1 - K_2}$ 时, 金融机构选择“严格审核”策略的概率的反应函数

为:

$$z = \begin{cases} 1 & \text{if } y < \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)} \\ [0,1] & \text{if } y = \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)} \\ 0 & \text{if } y > \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)} \end{cases} \quad (4-9)$$

推论 2 表明: 在激励报酬强度系数较高的情况下, 当第三方物流企业倾向于选择“宽松监管”时, 很有可能会导致融资企业选择投机行为, 而金融机构要实现自身利益最大化, 减少支付给物流企业的报酬, 而增加对物流企业的惩罚额, 也是防范融资企业选择投机行为, 所以对于第三方物流企业的审核和监督金融机构会加强, 以保证供应链金融的健康有序运行。而第三方物流企业倾向于为获得更高的奖励报酬, 选择严格监管融资企业和质押物, 金融机构会降低严格审核的概率。

区域 IB' 的体积代表是金融机构选择严格审核的概率大小, 而相对应的 IIB' 代表的是不严格审核的概率大小, 经过计算可以得到:

$$B_{IB} = \iint_{IB} \frac{\alpha(K_0 - K_2) - (1-x)(S - \varepsilon M + T) + C_{b2} - C_{b1}}{\alpha(K_1 - K_2) + (1-x)(S - \varepsilon M + T)} dx dz = -1 + \frac{\alpha(K_0 - K_2) + C_{b1} - C_{b2}}{S - \varepsilon M + T} \ln\left(\frac{\alpha(K_2 - K_1)}{S - \varepsilon M + T}\right) \quad (4-10)$$

$$B_{IIB} = -\frac{\alpha(K_0 - K_2) + C_{b1} - C_{b2}}{S - \varepsilon M + T} \ln\left(\frac{\alpha(K_2 - K_1)}{S - \varepsilon M + T}\right) \quad (4-11)$$

推论 3: 金融机构选择严格审核的概率会随对融资企业的惩罚额的上升而增加, 会随监管成本的增加而下降。

证明: 对金融机构选择“严格审核”策略的概率 z , 也就是 B_{IB} 对 T 以及 C_{b1} 求偏导得:

$$\frac{\partial B_{IB}}{\partial T} = -\frac{\alpha(K_0 - K_2) + C_{b1} - C_{b2}}{(S - \varepsilon M + T)^2} \left[1 - \ln\left(\frac{\alpha(K_1 - K_2)}{S - \varepsilon M + T}\right)\right] > 0$$

$$\frac{\partial B_{IB}}{\partial C_{b1}} = \frac{1}{S - \varepsilon M + T} \ln\left(\frac{\alpha(K_1 - K_2)}{S - \varepsilon M + T}\right) < 0$$

所以, B_{IB} 是关于 T 的增函数, 也即会随着 T 的增大而增大; 是关于 C_{b1} 的减函数, 也即会随着 C_{b1} 的增大而降低。

推论 3 表明: 提高对于融资企业的惩罚额不仅可以对融资企业有约束, 同时也会对金融机构有约束。即当金融机构选择严格审核时, 一方面可以预防委托代理问题, 另一方面, 当发现融资机构有投机行为时, 会获得收益, 可以抵消一部分高监管成本的支出。

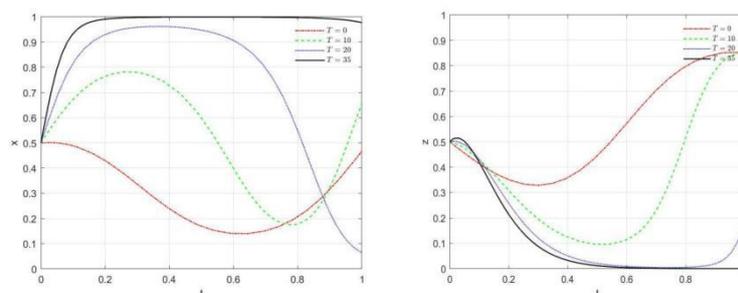
综上所述, 可以得出, 相比于第三章所构建的博弈模型, 本章中增加对融资企业的惩罚约束, 可以提高融资企业选择“不投机”策略的概率, 同时增加对第三方物流的激励合约, 增加了物流企业守约的概率。

4.3 仿真分析

假设 A 企业是一家中小企业, 准备借贷资金, 需要借贷的资金为 $S=100$ 万元, 质押物的价值 $M=90$ 万元, 企业运营的收益率 $b=10\%$, 根据银行的普遍的贷款利率, 本文取 $r=6\%$, 质押率 $\varepsilon=0.75$, 第三方物流企业高监管成本 $C_{i1}=2$, 低监管成本 $C_{i2}=1$; 正外部评价 $D_1=3$, 负外部影响 $D_2=2$; 金融机构高成本 $C_{b1}=2$ 万元, 低成本 $C_{b2}=0.5$ 万元; 给予融资企业的惩罚额

为 $T=8$ 万元，融资企业的循寻租成本 $C_0=2$ ；监管服务标准阈值 $K_0=3.5$ ，而高于阈值时给予的奖励 $K_1=4$ ，给予的惩罚 $K_2=2$ 。给予物流企业的激励报酬强度系数为 $\alpha=0.8$ （在此只仿真激励报酬强度系数较大时的情况），融资企业、第三方物流企业和金融机构三方博弈部门初始决策概率为 $(0.5, 0.5, 0.5)$ 。对各惩罚奖励参数进行了敏感性分析，主要包括 T ， K_1 和 K_2 三个参数。都是在设定其他参数数值不变的情况下，来分析关键参数对于监管的作用。

(1) 设定 T 分别为 $0, 10, 20, 35$ 时，对融资企业和金融机构选择策略的敏感性分析，分别如下图 4-2 (a) (b) 所示。

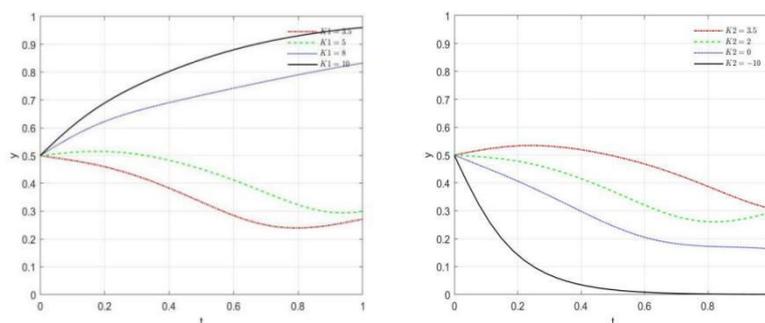


(a) 对融资企业的惩罚额对融资企业 (b) 对融资企业的惩罚额对金融机构

图 4-2

由上图可以知道，对融资企业的惩罚额对融资企业的策略选择影响很大，当惩罚额越大时，融资企业选择不投机的概率越大，并且趋向于 1；而对于金融机构来说，当没有惩罚额时，更加倾向于选择严格审核，说明惩罚对融资企业是非常大的约束作用。

(2) 设定 K_1 分别为 $3.5, 5, 8, 10$ 时，和 K_2 分别为 $3.5, 3, 0, -10$ 时，对物流企业策略选择的影响。如图所示。



(a) 激励机制对物流企业的影响 (b) 惩罚机制对物流企业的影响

图 4-3

由图 4-3 可以得知，当激励金额较大时，物流企业选择严格监管的概率趋向于 1，而当惩罚金额较大时，物流企业的选择严格监管的概率反而更快的趋向 0，由此可见，激励机制对于物流企业选择严格监管的作用更加大，所以金融机构要更加的注重对于激励数额的设置。

5 结论

本文基于双重委托代理关系，运用三方演化博弈模型对金融机构、融资企业以及第三方物流企业三方主体进行了分析，研究三方主体的策略选择，并为实现第三方物流企业监管的努力水平提升的目标，设置了激励机制，探究了激励机制如何影响融资企业、金融机构以及第三方物流企业三方博弈主体的策略选择。

(1) 供应链金融运行当中, 引入第三方物流企业的监管, 为银行减少了许多负担, 第三方物流企业与融资企业的策略选择正相关, 第三方物流企业对融资企业有强大的约束作用。

(2) 在供应链金融融资中, 要注重声誉效应, 声誉效应可以影响融资企业的策略选择, 当声誉效应所带来的收益越大时, 融资企业越会提高自己努力程度。同时, 对于物流企业也有相同的结论, 外部正评价(即声誉效应)带来的收益越大, 物流企业也会倾向于认真履行职责。所以要充分发挥声誉效应, 声誉评价对第三方物流企业的策略选择有很大的影响, 减少信息不对称, 记录第三方物流企业和融资企业的业务表现, 增加对于信用名单的建立, 提高声誉评价对于融资企业和第三方物流企业的影响。

(3) 建立激励惩罚机制后, 惩罚对于融资企业有大的约束作用, 有利于融资企业选择不投机策略, 利于信贷的回收。同时对于第三方物流企业来说, 激励数额大对于物流企业的影响更大, 要合理设置报酬激励系数, 增大对于物流企业的奖励力度。

参考文献

- [1] E Hofmann. Supply Chains Finance:Some Conceptual Insights[J]. Logistics Management, 2005, (1)
- [2] Michael Lamoureux. A Supply Chain Finance Prime[J]. Supply Chain Finance, 2007(4):34-48
- [3] Randall, W. S., & Theodore Farris, M. (2009). Supply chain financing: using cash - to - cash variables to strengthen the supply chain. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 39(8), 669-689.
- [4] 胡跃飞, 黄少卿. 供应链金融:背景、创新与概念界定[J]. 金融研究, 2009(08):194-206.
- [5] Eisenstadt, M. A Finance Company's Approach to Warehouse Receipt Loans[J]. New York Certified Public Accountant, 1986(9): 661-670.
- [6] 闫俊宏, 许祥泰. 基于供应链金融的中小企业融资模式分析[J]. 上海金融, 2007(02):14-16.
- [7] 郭菊娥, 史金召, 王智鑫. 基于第三方 B2B 平台的线上供应链金融模式演进与风险管理研究[J]. 商业经济与管理, 2014(1): 13-21
- [8] 白少布. 知识产权质押担保供应链融资运作模式研究[J]. 经济问题探索, 2010(7): 67-71
- [9] 邹宗峰, 佐思琪, 张鹏. 大数据环境下的数据质押供应链融资模式研究[J]. 科技管理研究, 2016(20): 201-205
- [10] Rafael, R. & Javier, S. Venture Capital finance: A Security Design Approach[J]. Review of Finance, 2004, 8(1):75-108
- [11] Barsky N P, Catanach A H J. Evaluating Business Risks in the Commercial Lending Decision[J]. Com. Lending Rev, 2005.
- [12] 陶凌云, 胡红星. 风险控制下的供应链金融——以某商业银行为例[J]. 区域金融研究, 2009(11): 28-31
- [13] 李毅学. 供应链金融风险评评估[J]. 中央财经大学学报, 2011, (10): 36-41
- [14] 陈志新, 张忠根. 供应链网络治理与供应链金融发展[J]. 经济学家, 2011(4)
- [15] Ed Siskin. Risks and rewards of asset-based lending to retailers[J]. Commercial Lending Review, 1998, 13(1):10-15
- [16] 王勇, 邓哲锋, 徐鹏. 基于参与各方相互关系的融通仓运作模式研究[J]. 华东经济管理, 2010, 24(2):128-132.
- [17] 付志强. 物流金融中的质押监管问题及信息系统实现 [D]. 天津大学, 2012.
- [18] 鲁其辉, 姚佳希, 周伟华. 基于 E0Q 模型的存货质押融资业务模式选择研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(1):56-66.
- [19] 彭玉兰. 第三物流及其风险分析[J]. 商业研究, 2004(24) 147-150

- [20] 陈祥锋, 朱道立. 现代物流金融服务创新-金融物流[J]. 物流技术, 2005 (3) :4-6
- [21] 韦燕, 孙朝范, 帅斌等. 存货质押业务中银行对第三方物流的激励契约设计[J]. 物流技术, 2010, 29(12):73-77.
- [22] 赵学彬. 第三方物流质押监管业务风险管理分析[J]. 物流技术, 2013 (12) : 76-78
- [23] 涂国平, 谢江林, 姜睿清. 供应链存货质押融资中的声誉效应及激励[J]. 江西社会科学, 2016 (5) : 211-215
- [24] 储雪俭, 程媛. 基于供应链金融的多方参与委托监管风险防范机制研究[J]. 金融发展研究, 2017 (1) : 67-71
- [25] 张强. 论金融监管中的信息约束[J]. 金融研究, 2000(05):80-84.
- [26] 蒋海, 萧松华, 齐洁. 金融监管效率的基石: 激励相容的监管机制[J]. 当代经济科学, 2004(04):15-20+108.
- [27] 王宏生. 加强对银行机构高管人员监管是提高监管有效性的关键[J]. 金融理论与实践, 2005(10):27-29.
- [28] 李娟, 徐渝, 冯耕中. 基于存货质押融资业务的博弈分析 [J]. 生产力研究, 2007 (20) : 49-51
- [29] 何娟, 蒋祥林, 王建. 不完全信息下存货质押业务中参与多方博弈行为分析[J]. 华东经济管理, 2012, 26 (12) : 105-109
- [30] 毛晟栋, 朱其特. 基于供应链金融的第三方物流进化博弈分析[J]. 世界科技研究与发展, 2016 (4) : 882-886
- [31] 储雪俭, 黄越等. 基于激励博弈的供应链金融物流监管风险研究[J]. 供应链管理, 2020 (12) : 48-62