区块链视角下供应链商业信用融资研究

——基于多主体行为演化博弈的分析

赵保国，张紫琪

（北京邮电大学 经济管理学院，北京 100876）

摘 要：传统商业信用融资模式长期面临信息不对称和信任传导不畅，融资效率和风险管控能力均有待提高。区块链技术凭借智能合约、数据不可篡改和信息可追溯等特性，为缓解上述难题提供了可行路径。基于此，本文结合区块链技术特征与供应链商业信用融资场景，构建了包含供应商、核心企业和客户的三方演化博弈模型，系统考察区块链视角下多主体信用策略的动态演化路径及其稳定条件。通过引入智能合约自动履约、信用信息链上存证和风险协同管控等机制，研究发现区块链技术主要通过提高违约成本、加快资金周转和强化声誉约束三条路径驱动各主体行为趋向稳定均衡。结果表明，区块链技术的应用能够有效加速核心企业策略收敛进程，缓解中小企业融资约束，进而提升供应链系统的整体稳定性。本文研究为区块链技术赋能供应链信用治理提供了理论依据与实践参考，对推动中小企业信用融资与供应链协同发展具有积极意义。

关键词：区块链；供应链；商业信用融资；演化博弈；数值仿真

中图分类号：F224.32；F274 **文献标志码：**A **文章编号：**1000-176X（2026）09-0114-16

一、问题的提出

当前，中国正处于实体经济与数字经济深度融合的关键时期，供应链金融作为产业生态的重要组成部分，其信用传导机制直接影响中小企业的融资效率[1]。2025年，中国人民银行等七部门联合印发的《关于金融支持新型工业化的指导意见》明确提出，支持金融机构运用大数据、区块链、人工智能等科技手段，提高服务制造业特别是中小企业的效率。鼓励金融机构基于“数据信用”和“物的信用”，依托大数据和特定场景，为链上中小企业提供应收账款、存货、仓单和订单融资服务[2]。这一政策为供应链商业信用融资的数字化转型提供了明确指引。

传统商业信用融资模式虽然在缓解中小企业资金压力方面发挥了一定作用，但仍存在诸多局限性。一是信用传递效率低，多级供应商难以获得核心企业信用赋能[3]。二是信息不对称问题突出，“数据孤岛”现象普遍存在[4]。三是违约风险难以有效管控，道德风险与违约传染问题频发[5]。这些困境导致供应链金融服务的覆盖范围和效率受到严重制约。区块链技术的兴起为缓

收稿日期：2026-03-05

作者简介：赵保国（1971–），男，河南舞钢人，教授，博士，博士生导师，主要从事金融科技和数字经济、管理信息系统和人工智能安全应用研究。E-mail：zhaobaoguo@bupt.edu.cn

张紫琪（2002–），女，北京人，硕士研究生，主要从事商业信用、数字经济研究。E-mail：2024111436@bupt.cn

解这些难题提供了新的技术路径，其智能合约、数据不可篡改和信息可追溯等特性，能够构建高度透明的信任环境，显著提高供应链金融的运行效率和安全水平[6]。佟秉昆和景晓军的研究表明，通过区块链平台，企业平均融资成本显著下降[7]。2025年，商务部等八部门联合印发的《加快数智供应链发展专项行动计划》进一步提出，运用人工智能、物联网、区块链等新技术，“一链一策”推进供应链数字化、智能化、可视化改造；到2030年，在重要产业和关键领域基本建立深度嵌入、智慧高效、自主可控的数智供应链体系[8]。

供应链商业信用融资是中小企业纾困的有效手段，其运行机制和效率一直备受学术界和实务界的重视。针对数字技术和平台治理等问题，学者试图借助技术工具和平台规则完善信任机制。韩民春和饶玉蕾认为，供应链数字化能够提高供应链信息传递效率和协同水平，缓解上下游企业之间的信息不对称，提高中小企业信用信息透明度，从而缓解中小企业信用风险压力，为供应链商业信用融资提供有力支持[9]。庞瑞琦等认为，平台化的供应链可以通过数字信任监管约束小微企业的违约行为，而这种约束作用受到企业融资成本、合规激励和违约惩罚等因素的影响[10]。彭梓倩和周鹏认为，数字平台的搭建有助于加快信息流通速度，并向市场传递积极信号[11]。罗亮认为，数字化能力可有效促进核心企业信用传导，缓解中小企业融资困境[12]。Wan和Cui认为，金融科技产品可提高信息可见度，强化风险辨识，进而降低中小企业融资成本和金融风险[13]。

虽然技术工具在提高信息效率和防控风险等方面作用明显，但在进一步的研究中，学者意识到其效果严重依赖于中心化的管理系统结构，难以有效解决“数据孤岛”问题，也限制了信任在多层次供应链中的传递。因此，供应链协同与关系治理逐渐成为新的研究焦点，相关研究试图通过优化企业之间的合作关系，探索更为灵活的增信方式。顾婧等认为，良好的供应链关系能够传递声誉认证信号，加强企业之间的协同，从而缓解中小企业资金压力并产生融资协同效应[14]。孙辉和张仁寿从纵向协调角度出发，认为企业之间在信用环境下所进行的创新性合作行为可以减少信用风险的发生，提高供应链的稳定性[15]。而吴成锋等利用Stackelberg博弈模型证明了信用期限和定价策略的一体化能够提高供应商和零售商的利润水平，进而提升供应链整体利润[16]。

此外，基于双方信任的关系治理存在一定局限，过度依赖这种治理方式可能导致供应链主体难以从整体上防范道德风险和违约风险，进而推动了机制建设和政府调控下制度化信用体系的相关研究。Chu等利用演化博弈理论研究发现，建立交易信用体系并对违约者实施惩罚性措施，可以有效改善小微型物流企业之间的信用关系，促进供应链金融体系健康发展[17]。Fang和Feng引入政府补助变量，发现政府补助可以促使守信行为发生[18]。Xie和Wu拓展到三层次供应链的研究，探讨复杂信贷系统中多个参与者的行为选择及其变化规律，认为在传统模型中保持整个系统稳定性极其困难[19]。

随着区块链技术的不断革新和完善，其去中心化的信任体系也为供应链商业信用融资方式的变革带来了新的可能。区块链技术通过将供应链中的交易记录、合同信息和物流数据等关键数据上链，在整个链条上建立起信息公开化、全程可查证的信任体系，很大程度上减少了各个参与方之间的信息不对称。朱梦影认为，区块链技术提高了供应链透明度，从而增强了供应链整体竞争力，也提升了供应链融资过程的整体效果[20]。唐丹通过分析区块链技术在贸易融资中的应用，指出区块链技术能够提高信息真实性，降低信用风险[21]。除此之外，许欢以跨境支付为例，指出区块链技术凭借智能合约、数据不可篡改和信息可追溯等特性，能够在国际贸易结算中提高交易效率与安全性[22]。从影响机制来看，智能合约的应用可以实现融资条件的自动履行，包括资金转移、清算结算等一系列重要步骤，使原本需要花费几天时间的流程缩减为几分钟，极大地提高了融资速度，降低了操作风险。在区块链技术条件下部署的智能合约可有效解决交货延迟、信息不透明和违约行为等问题。赵保国和张倩歌认为，智能合约通过提高违约成本和降低信用风

险，有效约束企业机会主义行为，促进政府规制与企业策略之间的动态均衡，缓解商业信用扭曲的困境[23]。

区块链技术能够将核心企业的信用以数字化、可拆分、可流转的形式沿供应链向多级供应商传递，从而赋能中小企业，促进信用普惠，并通过提升供应链参与主体之间的信息共享与协同水平，推动构建更加开放、高效的供应链金融生态系统。刘若阳等基于演化博弈分析指出，区块链技术凭借数字债券凭证应用与信用寻租约束机制，可有效抑制中小微物流企业的信用投机行为，增强链上行为的可监督性与可信度[24]。唐丹和庄新田认为，在平台费率低于特定阈值时，区块链赋能的供应链金融模式可同时提升制造商与零售商收益，相较于传统银行融资和商业信用融资具有更好的经济绩效[25]。朱文新认为，尽管供应商集中度在短期内可能对企业绩效产生不利影响，但区块链技术通过提升运营能力和引入政府支持，最终可增强供应链整体稳定性和绩效表现[26]。更进一步地，王道平等将研究拓展至资金约束情境，将区块链的风险规避、信用期缩短与需求提升效应同其部署和使用成本纳入同一分析框架，对传统供应链融资与区块链供应链融资两种模式进行比较，分析供应链企业引入区块链技术的条件及其对企业利润的影响[27]。

综上所述，现有研究围绕供应链商业信用融资展开了多维度探讨，为理解传统商业信用融资的运行逻辑奠定了坚实基础。随着区块链技术在供应链金融中的创新应用，学者开始关注其如何通过智能合约、数据不可篡改和信息可追溯等特性提高信息透明度和融资效率，相关研究为缓解传统信用模式困境提供了新的思路。然而，现有研究仍有进一步拓展的空间。一是多数文献侧重于阐释区块链的技术功能，缺乏对其如何系统性地重塑多主体商业信用融资行为策略的深入分析。二是尽管部分研究开始运用博弈理论，但多局限于静态分析或双边关系分析，对区块链环境下供应商、核心企业和客户三方信用行为的动态演化过程与稳定机制探讨不足。三是尚未构建起区块链赋能供应链商业信用融资的全链条理论框架，难以揭示技术赋能下信用传导、风险协同与系统稳定的内在机制。

基于此，本文立足于区块链技术特征与供应链商业信用融资场景，构建一个包含供应商、核心企业和客户的三方演化博弈模型，重点分析区块链视角下各主体信用策略的选择动机、动态交互过程及其演化稳定条件，揭示区块链技术通过智能合约自动执行、数据不可篡改与风险协同管控等机制影响多主体策略选择，从而系统阐释区块链技术驱动下商业信用融资行为的优化机理与稳定机制。本文能够深化区块链技术赋能供应链信用的理论研究，为中小企业信用融资实践提供理论依据与实践参考。

二、问题描述与基本假说

（一）问题描述

本文分析了区块链视角下由供应商、核心企业和客户组成的供应链商业信用融资系统。在该系统中，供应商常面临流动性约束与信用弱势，核心企业具有信用分派的话语权，客户则在信用链条最末端，其还款与否决定着整个系统的稳定状况。三方通过应收账款的融资构建了多重信用联系，产生了复杂的博弈格局。该信用融资系统面临三类主体行为引发的风险。其一，供应商的信用扭曲行为。供应商出于短期生存压力或有限理性，可能提供虚假贸易背景或瑕疵质押物，以获取更高融资额度或更优融资条件，从而加剧链上信用风险[28]。其二，核心企业的信用滥用行为。核心企业作为供应链条中的强势一方，可能会有意拖延付款、挪用账户资金或过度转嫁风险，通过截留上下游企业资金牟取私利，损害整个链条上的信用公平性和公正性[29]。其三，客户的策略性违约行为。当市场需求波动或资金紧张时，客户可能选择故意拖延付款或恶意逃债，将信用风险逆向传递至全链[30]。

区块链技术的引入通过智能合约、数据不可篡改和信息可追溯等特性构建可信环境，要求将

各主体的行为数据进行上链存证、合约条款自动执行。在此约束下，各主体面临新的策略选择。守约行为可获得链上信用累积与融资便利；违约行为一旦被智能合约识别或链上验证发现，将自动触发违约惩罚并形成不可篡改的信用污点[31]。对于供应链系统而言，任意一方信任缺失都会造成链上信用价值衰减和协作效率损失，而信用环境的优化则能够提高融资效率、降低交易成本，增强系统整体稳定性[32]。

由此可见，区块链技术通过“成本—收益”结构的再设计，重塑了各主体的决策路径，使传统的信用博弈从信息不对称下的静态困境，转变为在透明化规则下可动态趋优的过程。为了精确捕捉这一转变并验证区块链的治理效果，本文构建三方演化博弈模型，通过将区块链的核心特征转化为模型中的关键外生变量，系统分析各主体策略选择的动态演化路径及稳定状态。

（二）模型变量及基本假说

传统信用约束方式，如严格的合同条款或征信体系等，通常依赖于第三方执行，其违约惩罚往往存在滞后性和一定变通空间，声誉损失也存在一定的可规避空间，资金结算在途时间较难压缩。相比之下，区块链技术通过智能合约自动触发违约惩罚，借助不可篡改的链上记录使违约行为能够被持续追溯。同时，去中介化的结算方式也在一定程度上缩短了资金在途时间，从而使这些约束更有效。基于此，本文使用区块链视角下供应链多主体商业信用融资行为的演化博弈模型，模型构建基于以下假说。

假说1：供应链商业融资参与主体为供应商X、核心企业Y和客户Z三方。三方主体均是在非完全信息条件下进行商业信用融资决策，且决策时是有限理性的。

假说2：供应商有两种行为策略。其一，增加融资供给，指供应商决定增加对核心企业的商业信用融资，概率为x（$0<x<1$）。其二，减少融资供给，指供应商减少或停止向核心企业提供商业信用融资，概率为$1-x$。

假说3：核心企业有两种行为策略。其一，履约，指核心企业按合同约定的时间还款，履行其对供应商的信用义务，概率为y（$0<y<1$）。其二，违约，指核心企业未按照合同约定履行还款义务，概率为$1-y$。

假说4：客户有两种行为策略。其一，按期交付，指客户在合同约定的时间节点或之前完成商品或服务的交付，概率为$z(0<z<1)$。其二，延期交付，指客户未能按合同约定的时间完成交付，交付时间晚于原定期限，概率为$1-z$。

假说5：应用区块链技术后，产品全过程的信息都被记录在链上，供应链参与主体均需支付区块链交易费用，假设单位融资的区块链运营成本为c。区块链技术中的智能合约可在销售期末自动触发相关合同，自动执行资金的相关分配，减少道德风险。此时，融资企业的违约或延期交付概率大幅下降。

假说6：为描述区块链对供应链商业信用融资行为的作用，引入区块链作用参数θ、η、φ和ρ，分别为违约惩罚增强系数、信息透明度提升系数、结算效率提高系数和声誉约束增强系数。具体而言，θ反映区块链环境下的违约惩罚成本，其作用主要体现在智能合约自动执行和链上仲裁等方式对违约行为的约束强化上。η反映信息透明度，信息上链和数据不可篡改能够提高信息透明度，减少信息不对称带来的交易风险和损失。φ反映结算效率，智能合约能够通过自动执行和即时结算加快资金流转速度。ρ反映声誉约束强度，链上信用记录能够增强企业声誉约束作用。在区块链视角下，这些机制通过作用于模型中相关参数体现其效果，不作为独立策略变量。

其中，客户延期所导致的间接经济损失n_1、n_2在实际中可能同时受到核心企业履约行为、上下游依赖程度等因素的影响。本文为突出主要风险传导路径，对其进行了简化处理，将相关损失主要归因于客户行为。模型参数及含义如表1所示。

表1 模型参数及含义

行为主体	参 数	含 义
供应商	e_1	供应商增加融资供给时，核心企业向供应商支付的利息
	e_3	供应商减少融资供给时，核心企业向供应商支付的利息
	n_1	客户延期交付时，供应商增加融资供给面临的间接经济损失（资金回笼延迟、坏账风险等）
	n_2	客户延期交付时，供应商减少融资供给面临的间接经济损失
	c_1	供应商需承担的区块链运营成本
核心企业	e_2	供应商增加融资供给时，客户向核心企业支付的利息
	e_4	供应商减少融资供给时，客户向核心企业支付的利息
	t_1	供应商增加融资供给时，核心企业违约的额外成本（合约罚金、数据修复成本、链上仲裁费用等）
	t_2	供应商减少融资供给时，核心企业违约的额外成本
	m	客户延期交付所引起的核心企业经济损失
	α	核心企业违约导致的声誉损失（信用评级下降、市场份额减少等）
	c_2	核心企业需承担的区块链运营成本
客户	t_3	供应商增加融资供给时，客户违约的额外成本
	t_4	供应商减少融资供给时，客户违约的额外成本
	w_1	供应商增加融资供给时，核心企业违约导致客户的间接经济损失（供应链中断、资金流动性问题等）
	w_2	供应商减少融资供给时，核心企业违约对客户的间接经济损失
	r	核心企业违约导致客户延期支付的附加成本（信用风险、生产停滞损失等）
	β	客户违约导致的声誉损失（信用评级下降、客户流失、合作机会减少等）

三、三方博弈分析

（一）矩阵构建

在运用区块链进行商业融资过程中，供应商X、核心企业Y与客户Z三方博弈的策略组合共有8种。商业信用融资三方行为策略收益矩阵如表2所示。

表2 商业信用融资三方行为策略收益矩阵

决策组合	收益矩阵		
	供应商	核心企业	客户
{增加融资供给，履约，按期交付}	e_1-c_1	$-e_1+e_2-c_2$	$-e_2$
{增加融资供给，履约，延期交付}	$e_1-n_1-c_1$	$-e_1-m-c_2$	$-\beta-t_3$
{增加融资供给，违约，按期交付}	$-c_1$	$e_2-\alpha-c_2-t_1$	$-e_2-w_1$
{增加融资供给，违约，延期交付}	$-n_1-c_1$	$-\alpha-c_2-t_1$	$-\beta-w_1-r-t_3$
{减少融资供给，履约，按期交付}	e_3-c_1	$-e_3+e_4-c_2$	$-e_4$
{减少融资供给，履约，延期交付}	$e_3-n_2-c_1$	$-e_3-m-c_2$	$-\beta-t_4$
{减少融资供给，违约，按期交付}	$-c_1$	$e_4-\alpha-c_2-t_2$	$-e_4-w_2$
{减少融资供给，违约，延期交付}	$-n_2-c_1$	$-\alpha-c_2-t_2$	$-\beta-w_2-r-t_4$

（二）模型分析与求解

根据收益矩阵，计算供应商、核心企业和客户三方主体的期望收益与平均期望收益，进而构建各主体的复制动态方程。

1.供应商增加融资供给行为的复制动态方程及其均衡点

根据供应商不同策略选择对应的支付结果，分别计算其选择增加融资供给和减少融资供给时的期望收益，并据此构建其复制动态方程。

当供应商采取增加融资供给策略时，其期望收益E_{x1}为：

$$E_{x1} = y[z(e_1 - c_1) + (1 - z)(e_1 - n_1 - c_1)] + (1 - y)[z(-c_1) + (1 - z)(-n_1 - c_1)] \tag{1}$$

当供应商采取减少融资供给策略时，其期望收益E_{x2}为：

$$E_{x2} = y[z(e_3 - c_1) + (1 - z)(e_3 - n_2 - c_1)] + (1 - y)[z(-c_1) + (1 - z)(-n_2 - c_1)] \tag{2}$$

平均期望收益为E_x可表示为：

$$E_x = xE_{x1} + (1 - x)E_{x2} \tag{3}$$

供应商增加融资供给行为的复制动态方程为：

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(E_{x1} - E_x) = x(x - 1)[(e_3 - e_1)y + (n_2 - n_1)z + n_1 - n_2] \tag{4}$$

为求解系统的均衡点，令$F(x) = 0$，y^*代表供应商复制动态方程满足$F(x) = 0$的临界值，可得以下情形：

若$y = y^* = \frac{(n_1 - n_2)z + n_1 - n_2}{e_1 - e_3}$，则所有$x$取值均处于稳定状态，供应商策略不随演化时间推移而改变。

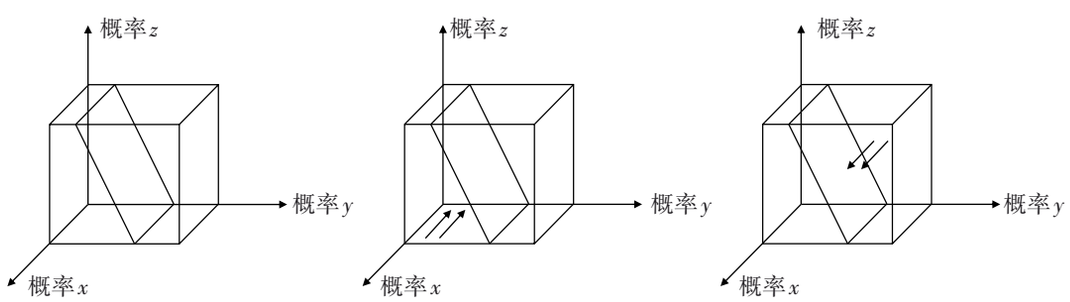
若$y \neq y^*$，则$x = 0$与$x = 1$为$F(x)$的两个可能的均衡状态点。根据微分方程的稳定性判据，演化稳定策略需满足$\frac{dF(x)}{dx} < 0$。对$F(x)$求导数得：

$$\frac{dF(x)}{dx} = (1 - 2x)[(e_1 - e_3)y + (n_1 - n_2)z + n_2 - n_1] \tag{5}$$

当$0 < y < \frac{(n_1 - n_2)z + n_1 - n_2}{e_1 - e_3}$时，计算可得$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=0} < 0$且$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=1} > 0$，此时$x = 0$为演化均衡点，意味着供应商最终会选择减少融资供给。

当$\frac{(n_1 - n_2)z + n_1 - n_2}{e_1 - e_3} < y < 1$时，计算可得$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=0} > 0$且$\left.\frac{dF(x)}{dx}\right|_{x=1} < 0$，此时$x = 1$为演化均衡点，此时供应商将倾向于选择增加融资供给策略。

将上述演化规律绘制于三维坐标系中，可得供应商行为动态演化趋势，如图1所示。



（a）$y=y^*$　　（b）$y<y^*$　　（c）$y>y^*$

图1　供应商行为动态演化趋势

2.核心企业履约行为的复制动态方程及其均衡点

当核心企业选择履约时，其期望收益E_{y1}为：

$$E_{y1} = x[z(-e_1 + e_2 - c_2) + (1 - z)(-e_1 - c_2 - m)] + (1 - x)[z(-e_3 + e_4 - c_2) + (1 - z)(-e_3 - c_2 - m)] \tag{6}$$

当核心企业选择违约时，其期望收益E_{y2}为：

$$E_{y2} = x[z(e_2 - c_2 - \alpha - t_1) + (1 - z)(-c_2 - \alpha - t_1)] + (1 - x)[z(e_4 - c_2 - \alpha - t_1) + (1 - z)(-c_2 - \alpha - t_1)] \tag{7}$$

平均期望收益E_y可表示为：

$$E_y = yE_{y1} + (1-y)E_{y2} \tag{8}$$

核心企业“履约”行为的复制动态方程为：

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = y(E_{y1} - E_y) = y(y-1)[(e_1 - e_3)x - mz + e_3 - \alpha + m - t_1] \tag{9}$$

令$F(y) = 0$，z^*代表核心企业复制动态方程满足$F(y) = 0$的临界值，可得以下情形：

若$z = z^* = \frac{(e_1 - e_3)x + e_3 - \alpha + m - t_1}{m}$，则代表y轴上的点均处于稳定状态，此时核心企业的策略选择不随时间的变化而改变。

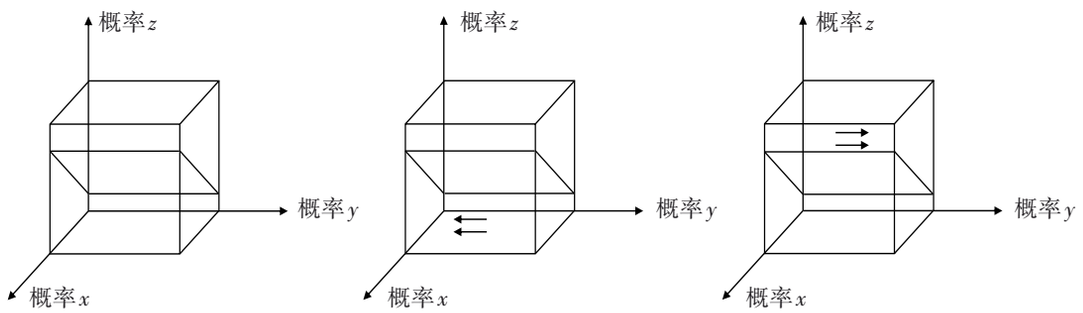
若$z \neq z^*$，则$y = 0$与$y = 1$为$F(y)$的两个可能的均衡状态点。根据微分方程的稳定性判据，演化稳定策略需满足$\frac{dF(y)}{dy} < 0$。对$F(y)$求导数得：

$$\frac{dF(y)}{dy} = (1-2y)[(e_3 - e_1)x + mz - e_3 + \alpha - m + t_1] \tag{10}$$

当$0 < z < \frac{(e_1 - e_3)x + e_3 - \alpha + m - t_1}{m}$时，可求得$\left.\frac{dF(y)}{dy}\right|_{y=0} < 0$且$\left.\frac{dF(y)}{dy}\right|_{y=0} > 0$，此时$y = 0$为演化均衡点，这意味着核心企业会更愿意选择违约策略。

当$\frac{(e_1 - e_3)x + e_3 - \alpha + m - t_1}{m} < z < 1$时，可求得$\left.\frac{dF(y)}{dy}\right|_{y=0} > 0$且$\left.\frac{dF(y)}{dy}\right|_{y=0} < 0$，此时$y = 1$为演化均衡点，核心企业将倾向于选择履约策略。

将上述演化规律绘制于三维坐标系中，可得核心企业行为动态演化趋势，如图2所示。



（a）$z=z^*$　（b）$z<z^*$　（c）$z>z^*$

图2　核心企业行为动态演化趋势

3.客户按期交付行为的复制动态方程及其均衡点

当客户选择按期交付时，其期望收益E_{z1}为：

$$E_{z1} = x[y(-e_2) + (1-y)(-e_2 - w_1)] + (1-x)[y(-e_4) + (1-y)(-e_4 - w_2)] \tag{11}$$

当客户选择延期交付时，其期望收益E_{z2}为：

$$E_{z2} = x[y(-\beta - t_3) + (1-y)(-\beta - w_1 - r - t_3)] + (1-x)[y(-\beta - t_4) + (1-y)(-\beta - w_2 - r - t_4)] \tag{12}$$

平均期望收益E_z可表示为：

$$E_z = zE_{z1} + (1-z)E_{z2} \tag{13}$$

客户按期交付策略的复制动态方程为：

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = z(E_{z1} - E_z) = z(z-1)[(e_2 - e_4 + t_4 - t_3)x + ry + e_4 - \beta - r + t_4] \tag{14}$$

令$F(z) = 0$，x^*代表客户复制动态方程满足$F(z) = 0$的临界值，可得以下情形：

若$x = x^* = \dfrac{-ry - e_4 + \beta + r - t_4}{e_2 - e_4 + t_4 - t_3}$，则$F(z) \equiv 0$，此时$z$轴上的点均处于稳定状态，客户策略不随演化时间推移而改变。

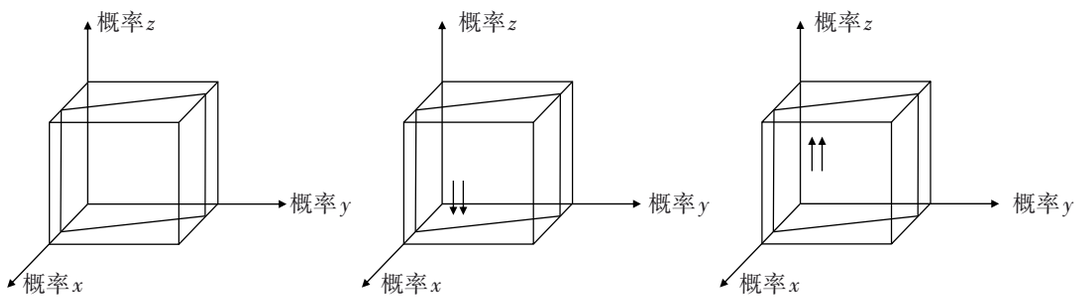
若$x \neq x^*$，则$z = 0$与$z = 1$为$F(z)$的两个可能的均衡状态点。根据微分方程的稳定性判据，演化稳定策略需满足$\dfrac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z} < 0$。对$F(z)$求导数得：

$$\frac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z} = (1 - 2z)[(e_4 - e_2 + t_3 - t_4)x - ry - e_4 + \beta + r + t_4] \tag{15}$$

当$0 < x < \dfrac{-ry - e_4 + \beta + r - t_4}{e_2 - e_4 + t_4 - t_3}$时，计算可得$\left.\dfrac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z}\right|_{z=0} > 0$且$\left.\dfrac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z}\right|_{z=0} < 0$，此时$z = 0$为演化均衡点，客户将倾向于选择按期交付策略。

当$\dfrac{-ry - e_4 + \beta + r - t_4}{e_2 - e_4 + t_4 - t_3} < x < 1$时，求得$\left.\dfrac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z}\right|_{z=0} < 0$且$\left.\dfrac{\mathrm{d}F(z)}{\mathrm{d}z}\right|_{z=0} > 0$，此时$z = 1$为演化均衡点，客户将倾向于选择延期交付策略。

将上述演化规律绘制于三维坐标系中，可得客户行为动态演化趋势，如图3所示。



（a）$x=x^*$　（b）$x<x^*$　（c）$x>x^*$

图3　客户行为动态演化趋势

（三）演化博弈模型均衡策略分析

综合上述各主体的复制动态方程，可构建描述三方策略协同演化的三维动力系统如下：

$$\begin{cases} F_x(x,y,z) = x(x-1)[(e_3 - e_1)y + (n_2 - n_1)z + n_1 - n_2] \\ F_y(x,y,z) = y(y-1)[(e_1 - e_3)x - mz + e_3 - \alpha + m - t_1] \\ F_z(x,y,z) = z(z-1)[(e_2 - e_4 + t_4 - t_3)x + ry + e_4 - \beta - r + t_4] \end{cases} \tag{16}$$

由$F_x(x, y, z) = 0$、$F_y(x, y, z) = 0$和$F_z(x, y, z) = 0$可得演化系统存在8个纯策略均衡点$D_1(0, 0, 0)$、$D_2(1, 0, 0)$、$D_3(0, 1, 0)$、$D_4(0, 0, 1)$、$D_5(1, 1, 0)$、$D_6(1, 0, 1)$、$D_7(0, 1, 1)$、$D_8(1, 1, 1)$。

参照Friedman的研究，可通过求解系统雅可比矩阵的特征值，判断各均衡点的稳定性[33]。雅可比矩阵的形式为：

$$J = \begin{bmatrix} \dfrac{\partial F_x(x,y,z)}{\partial x} & \dfrac{\partial F_x(x,y,z)}{\partial y} & \dfrac{\partial F_x(x,y,z)}{\partial z} \\ \dfrac{\partial F_y(x,y,z)}{\partial x} & \dfrac{\partial F_y(x,y,z)}{\partial y} & \dfrac{\partial F_y(x,y,z)}{\partial z} \\ \dfrac{\partial F_z(x,y,z)}{\partial x} & \dfrac{\partial F_z(x,y,z)}{\partial y} & \dfrac{\partial F_z(x,y,z)}{\partial z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} \\ J_{31} & J_{32} & J_{33} \end{bmatrix} \tag{17}$$

根据上述雅可比矩阵形式，将各元素展开可得：

$$J_{11}=(1-2x)[(e_1-e_3)y+(n_1-n_2)z+n_2-n_1] \tag{18}$$
$$J_{12}=x(x-1)(e_3-e_1) \tag{19}$$
$$J_{13}=x(x-1)(n_2-n_1) \tag{20}$$
$$J_{21}=y(y-1)(e_1-e_3) \tag{21}$$
$$J_{22}=(1-2y)[(e_3-e_1)x+mz-e_3+\alpha-m+t_1] \tag{22}$$
$$J_{23}=-y(y-1)m \tag{23}$$
$$J_{31}=z(z-1)(e_2-e_4+t_4-t_3) \tag{24}$$
$$J_{32}=z(z-1)r \tag{25}$$
$$J_{33}=(1-2z)[(e_4-e_2+t_3-t_4)x-ry-e_4+\beta+r+t_4] \tag{26}$$

基于雅可比矩阵的特征值，可对演化系统中的8个纯策略均衡点进行稳定性判别。当某一均衡点的所有特征值均小于0时，该点为系统的演化稳定策略；若存在至少一个特征值大于0，则该均衡点不稳定。纯策略均衡点的稳定性分析结果如表3所示。

表3 纯策略均衡点的稳定性分析结果

均衡点	λ_1	λ_2	λ_3	稳定性条件
$D_1(0,0,0)$	n_2-n_1	$-e_3+\alpha-m+t_1$	$-e_4+\beta+r-t_4$	$n_2<n_1$ $-e_3+\alpha<m-t_1$ $-e_4+\beta<-r+t_4$
$D_2(1,0,0)$	n_1-n_2	$-e_1+\alpha-m+t_1$	$-e_2-2t_4+t_3+\beta+r$	不稳定
$D_3(0,1,0)$	$-e_3+e_1-n_1+n_2$	$e_3-\alpha+m-t_1$	$-e_4+\beta-t_4$	$-e_3+e_1<n_1-n_2$ $e_3-\alpha<-m+t_1$ $-e_4+\beta<t_4$
$D_4(0,0,1)$	0	$-e_3+\alpha+t_1$	$e_4-\beta-r+t_4$	$\alpha+t_1<e_3$ $e_4-\beta<r-t_4$
$D_5(1,1,0)$	$e_3-e_1+n_1-n_2$	$e_1-\alpha+m-t_1$	$-e_2-2t_4+t_3+\beta$	$e_3-e_1<-n_1+n_2$ $e_1-\alpha<-m+t_1$ $t_3+\beta<e_2+2t_4$
$D_6(1,0,1)$	0	$-e_1+\alpha+t_1$	$e_2+2t_4-t_3-\beta-r$	$\alpha+t_1<e_1$ $e_2+2t_4<t_3+\beta+r$
$D_7(0,1,1)$	$-e_3+e_1$	$e_3-\alpha-t_1$	$e_4-\beta+t_4$	不稳定
$D_8(1,1,1)$	e_3-e_1	$e_1-\alpha-t_1$	$e_2+2t_4-t_3-\beta$	$e_3<e_1$ $e_1<\alpha+t_1$ $e_2+2t_4<t_3+\beta$

以均衡点$D_8(1,1,1)$为例，当其所有特征值均满足$\lambda<0$时，该点成为演化稳定策略。具体而言，须同时满足$e_3<e_1$，$e_1<\alpha+t_1$和$e_2+2t_4<t_3+\beta$。由表3可知，各均衡点的稳定性条件之间存在相互制约关系，因而在该博弈系统中仅有少数均衡点能够成为演化稳定策略。这表明只有当各主体的策略条件实现有效匹配时，系统才能逐步趋于稳定状态。

四、演化博弈模型数值仿真分析

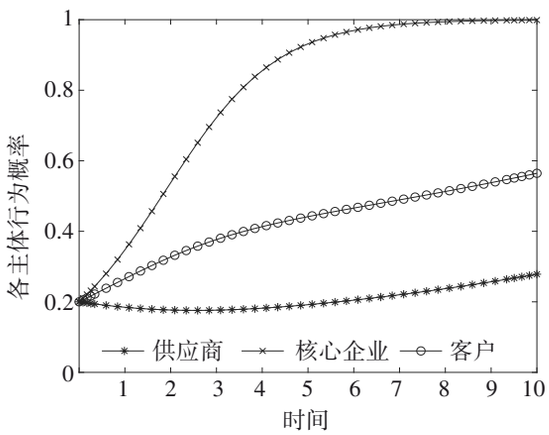
演化博弈仿真重点在于分析关键要素对均衡结果的影响，探索如何才能实现理想均衡。本文的理想均衡是供应链三方均履行商业信用，即$D_8(1,1,1)$。本文通过Matlab仿真模拟各影响因素对演化稳定策略的影响，探讨实现供应链三方理想均衡的演化路径。本文结合供应链商业信用融资场景及各参数含义，对参数初始值进行合理设定，参数初始值如表4所示。仿真过程中只改变参数取值，其余不变。具体而言，仿真以传统商业信用融资模式为基准情景，分别考察区块链作用参数θ、η、φ和ρ对三方主体策略演化的边际影响，并通过对比不同参数水平下三方主体行为概率的收敛速度与稳定状态，识别推动系统趋向理想均衡的关键变量及其作用方向，从而为区块链赋能供应链商业信用融资的机制设计提供仿真依据。

表4　参数初始值

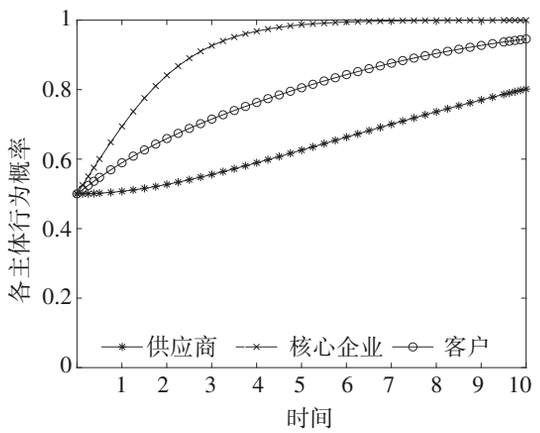
参　数	取　值	参　数	取　值
e_1	0.7	m	0.4
e_3	0.5	α	0.7
n_1	0.6	c_2	0.2
n_2	0.4	t_3	1.2
c_1	0.2	t_4	0.5
e_2	0.6	w_1	0.5
e_4	0.3	w_2	0.3
t_1	0.9	r	0.4
t_2	0.7	β	0.8

（一）传统商业融资仿真分析

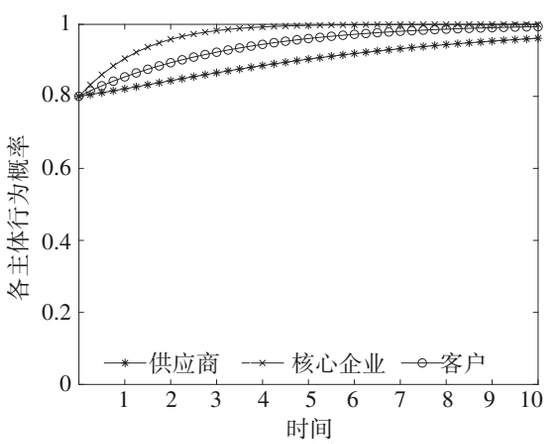
在无区块链情境下，设区块链作用参数θ、η、φ和ρ为0，且各主体不承担区块链运营成本。基于不同初始策略概率进行仿真分析，初始策略占比对系统演化结果的影响如图4所示。



（a）初始策略概率为0.2



（b）初始策略概率为0.5



（c）初始策略概率为0.8

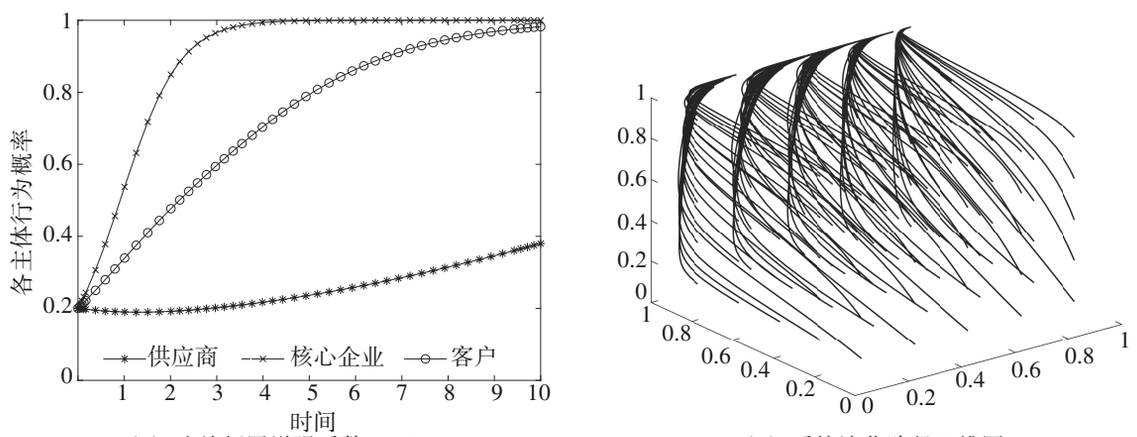
图4　初始策略占比对系统演化结果的影响

系统演化具有明显的路径依赖特征。随着初始策略概率由低到高，各主体行为逐步向合作方向演化，系统收敛效果不断增强。当初始策略概率较低时，核心企业履约概率虽可较快提高，但客户按期交付及供应商增加融资供给的意愿提升有限，系统难以形成稳定合作；当初始策略概率处于中等水平时，各主体选择合作策略的概率均呈上升趋势，系统逐步向合作均衡演化，但收敛

速度存在差异；当初始策略概率较高时，三方主体均能较快收敛至合作状态。总体来看，在无区块链环境下，系统对初始条件依赖较强，当初始合作水平较低时难以自发实现理想均衡，表明传统供应链信用融资模式稳定性相对有限，需引入区块链机制，分析其对系统演化路径和稳定性的影响。

（二）初始策略仿真分析

在引入区块链机制后，区块链作用参数θ、η、φ和ρ分别作用于模型中的违约成本、间接经济损失、利息成本和声誉损失，具体通过下述机制对模型中的关键参数产生调节作用。违约成本$t_i = t_{i0}(1+\theta)$，其中，t_{i0}为无区块链时的违约成本；间接经济损失$n_i = n_{i0}(1-\eta)$，其中，n_{i0}为无区块链时的间接损失；利息成本$e_i = e_{i0}(1-\varphi)$，其中，e_{i0}为无区块链时支付的利息；声誉损失$\alpha = \alpha_0(1+\rho)$、$\beta = \beta_0(1+\rho)$，其中，$\alpha_0$和$\beta_0$为无区块链时的声誉损失。在仿真中，参数$\theta$的赋值为0.3，表示违约惩罚增强了30%；$\eta$的赋值为0.2，表示信息透明度提升了20%；$\varphi$的赋值为0.25，表示智能合约执行和资金结算效率提高了25%；ρ的赋值为0.5，表示声誉损失因区块链的追溯性增强了50%。初始策略选择对系统演化结果的影响如图5所示。由图5可知，供应商、核心企业和客户的策略选择演化曲线具有显著的路径依赖特征，系统最终收敛于理想均衡状态，即供应商增加融资供给、核心企业履约、客户按期交付。这一结果表明，系统内在的激励机制能够有效引导有限理性主体最终实现协同合作。此外，注意到不同主体的策略收敛速度并不一致。核心企业作为供应链的协调枢纽和融资受益者，它的策略收敛速度最快，能够最早感知到履约的正面效果；客户次之，因为它的决策既受下游履约能力影响，也受上游融资条件制约；而供应商的收敛速度最慢，这反映出资金供给方在风险承担上更为谨慎，其策略调整往往需要持续观察核心企业和客户的行为表现并不断更新判断[34]。因此，有必要引导三方优化初始策略选择，通过协同推进加快系统收敛，促进供应链体系高效运行。



（a）违约惩罚增强系数$\theta = 0.6$　　（b）系统演化路径三维图

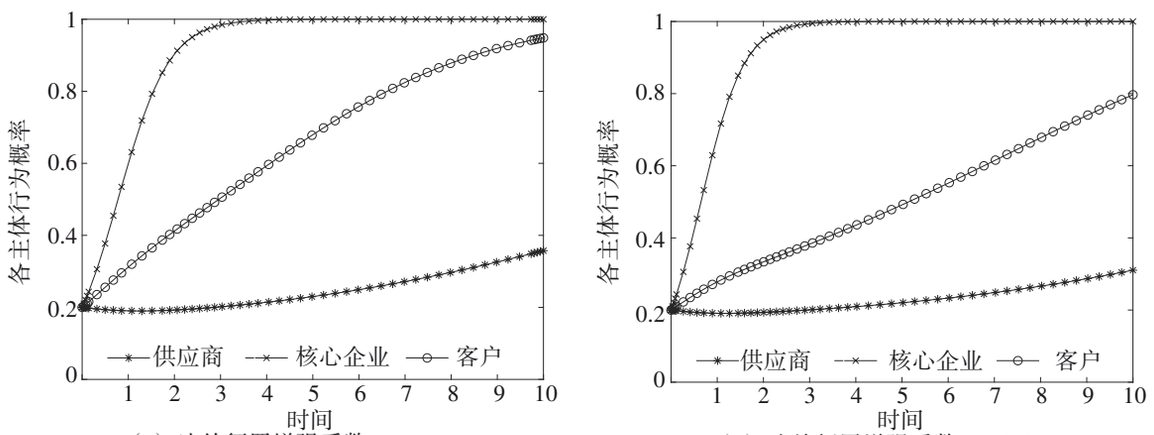
图5　初始策略选择对系统演化结果的影响

（三）外部变量仿真分析

由均衡点的稳定性条件$e_3 < e_1$、$e_1 < \alpha + t_1$和$e_2 + 2t_4 < t_3 + \beta$可知，只有当供应商、核心企业和客户在权衡风险与收益后，均选择既能够最大化自身利益又能够彼此协调的策略时，系统才会逐渐演化为｛增加融资供给，履约，按期交付｝。区块链技术方案的应用对模型中多个关键参数值有较大影响，有助于演化结果向三方共享的理想均衡转变。因此，有必要进一步考察区块链技术应用这一外部因素对系统演化路径与稳定结果的影响。

违约成本对系统演化结果的影响如图6所示。为进一步分析违约惩罚增强对系统演化的影

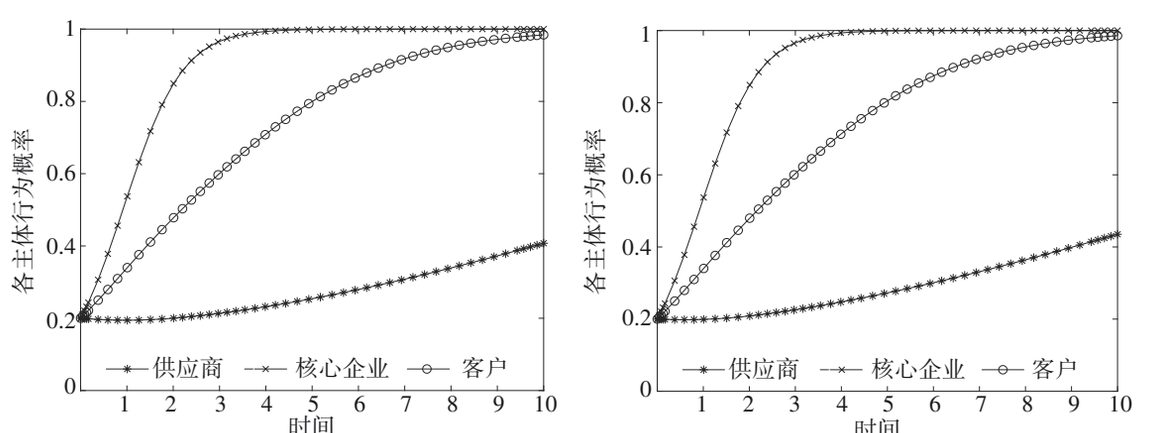
响，在初始赋值基础上分别取$\theta = 0.6$和$\theta = 0.9$进行仿真。随着违约惩罚增强系数θ逐步上升，三方主体的策略收敛呈现异质性特征。核心企业的收敛速率加快，而客户的收敛速率则明显减缓，原因在于各主体在供应链信用结构中的地位不同。核心企业作为信用枢纽，其对违约成本的变化敏感并快速趋向稳定策略；客户处于终端环节，面临更强的市场风险和资金约束，违约成本提高虽强化了约束效应，但也加剧了其决策权衡的复杂性，导致收敛速度下降。



（a）违约惩罚增强系数$\theta = 0.6$　　（b）违约惩罚增强系数$\theta = 0.9$

图6　违约成本对系统演化结果的影响

间接经济损失对系统演化结果的影响如图7所示。在初始赋值的基础上，图7（a）将信息透明度提升系数η提高至0.4，图7（b）进一步将η提高至0.6。核心企业和客户的收敛速度基本保持不变，说明其策略主要受整体收益和长期合作目标驱动，间接经济损失变化对其短期策略调整影响有限；供应商的收敛速度变化也不明显，说明间接经济损失的降低虽然减轻了潜在风险，但对其融资决策激励作用不大。间接经济损失调整虽然能够降低信息透明度和风险感知，但对各主体的决策敏感性影响有限，因而在实际治理中，可以将信息透明度提升作为辅助性手段，而主要依靠违约惩罚、资金效率和声誉约束来引导系统向稳定高效的演化均衡发展。

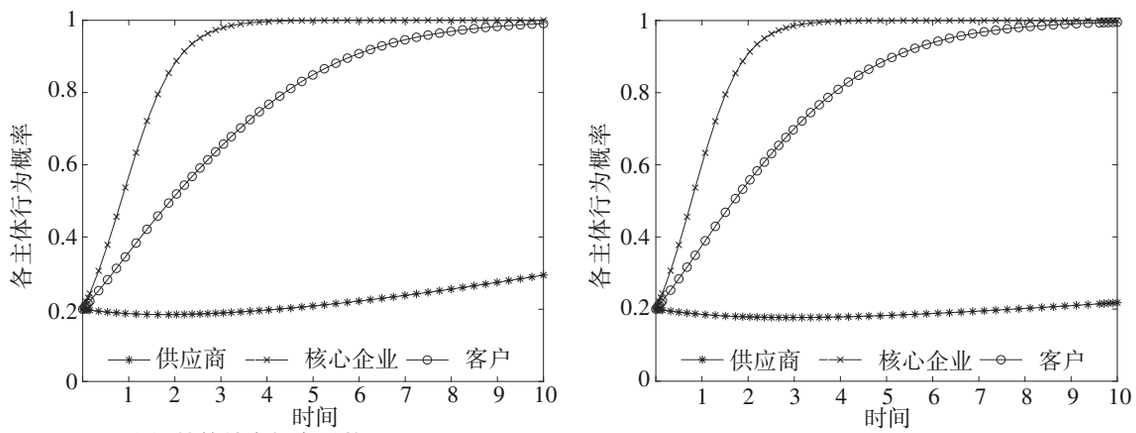


（a）信息透明度提升系数$\eta = 0.4$　　（b）信息透明度提升系数$\eta = 0.6$

图7　间接经济损失对系统演化结果的影响

利息成本对系统演化结果的影响如图8所示。区块链技术通过智能合约自动执行交易结算和款项划转，并依托数据不可篡改、数据共享透明等技术特征，实现融资和交易过程的全程可追溯性。这种机制降低了三方主体之间的违约风险和信息不对称程度，减少了交易成本，从而使资金

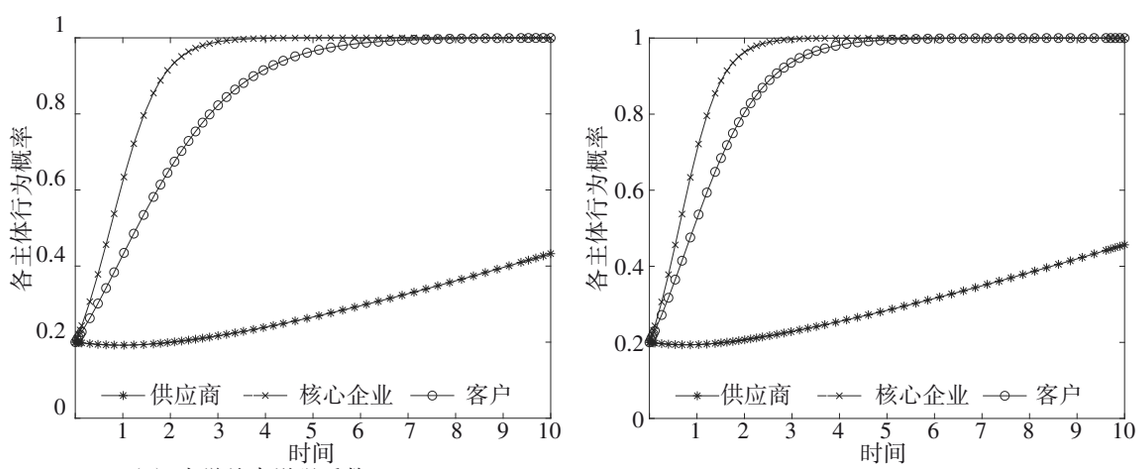
提供方不再需要通过提高利息弥补潜在风险[35]。在初始赋值的基础上，图8（a）将结算效率提高系数φ提高至0.5，图8（b）进一步提高至0.75。核心企业和客户的收敛速度基本保持不变，说明其决策主要受长期合作目标和整体收益驱动，利息水平变化对短期策略调整影响有限；供应商的收敛速度明显减慢，说明利息下降虽然降低了直接融资成本，但也减少了可能获得的额外收益，使其在选择合作策略时更加谨慎，延长了决策周期。利息水平调整不仅改变融资成本，还通过影响主体的风险收益感知和决策敏感性，产生差异化的策略收敛效果，因而应针对不同主体制定差异化治理策略，以实现系统的稳定与高效演化。



（a）结算效率提高系数φ = 0.5　　（b）结算效率提高系数φ = 0.75

图8　利息成本对系统演化结果的影响

声誉损失对系统演化结果的影响如图9所示。图9（a）将声誉约束增强系数ρ提高至0.7，图9（b）进一步提高至0.9。随着违约声誉损失参数的提高，核心企业和客户的策略收敛速度略有加快，而供应商的收敛速度变化不明显，说明链上声誉约束主要作用于存在违约或延期风险的主体[36]。对于核心企业和客户而言，区块链记录具有可追溯性和不可篡改性，违约行为会带来更大的长期声誉损失，因而二者更倾向于加快向履约和按期交付的策略转变。相比之下，供应商的主要决策在于是否增加融资供给，其策略更多受融资风险、收益预期和交易安全性影响，声誉损失对其直接约束较弱，因而收敛速度变化不大。



（a）声誉约束增强系数ρ = 0.7　　（b）声誉约束增强系数ρ = 0.9

图9　声誉损失对系统演化结果的影响

五、结　语

本文结合区块链技术特征与供应链商业信用融资场景，构建了包含供应商、核心企业和客户的三方演化博弈模型，系统考察区块链环境下多主体信用策略的动态演化路径及其稳定条件。通过引入智能合约自动履约、信用信息链上存证和风险协同管控等机制，研究发现区块链技术主要通过提高违约成本、加快资金周转和强化声誉约束三条路径驱动各主体行为趋向稳定均衡。结果表明，区块链技术的应用能够有效加速核心企业策略收敛进程，缓解中小企业融资约束，进而提高供应链系统的整体稳定性。

根据研究结论，本文提出以下建议。一是供应商应积极参与供应链信用体系建设，提高自身信用积累能力。供应商在融资过程中直接承担资金风险，策略调整相对谨慎，因而可以通过逐步积累交易和履约记录，提高信用信息透明度，降低融资过程中的不确定性，增强其选择增加融资供给的意愿。同时，供应商应加强与核心企业、客户之间的信息协同，充分利用区块链技术完善自身信用记录，提高市场认可度。随着信用信息的不断沉淀，也有助于改善其融资环境，进一步强化正向激励。二是核心企业应发挥供应链信用传导中的关键作用，规范自身履约行为。核心企业处于供应链信用传导的重要位置，对违约成本变化较为敏感，因而可以引入智能合约、自动结算等技术方式强化违约约束，提高合同执行的规范性，从而减少机会主义行为，在一定程度上稳定上下游合作预期。同时，核心企业应重视链上信用记录维护，将履约表现转化为长期声誉资本，提高供应链合作关系的稳定性。三是客户应加强履约管理，完善信用信息共享机制。客户行为对供应链风险传导具有直接影响，企业应通过完善履约记录与信息共享机制强化声誉约束，提高自身信用水平。同时，应结合优化采购计划、改进结算流程、缩短资金在途时间等措施，提高供应链资金循环效率，降低延期交付行为发生的可能性，为供应链整体稳定运行提供保障。

参考文献：

[1] 吴昌南，温星星. 供应链金融对企业数字化协同的影响研究[J]. 现代财经(天津财经大学学报)，2026，46(6)：40-59.

[2] 中华人民共和国中央人民政府. 中国人民银行等七部门联合印发《关于金融支持新型工业化的指导意见》[EB/OL]. (2025-08-05)[2025-12-22]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202508/content_7035298.htm.

[3] 吴勇民. 金融大模型赋能中小微企业供应链融资的双重机制与演化博弈研究[J]. 工业技术经济，2026，45(4)：16-29.

[4] 薛薇，李梓炎. 中国数字供应链金融发展水平测度与时空演进[J]. 统计与决策，2026，42(16)：132-137.

[5] Lin Qiang, Peng Ying. Incentive mechanism to prevent moral hazard in online supply chain finance[J]. Electronic Commerce Research，2021(21)：571-598.

[6] 王成付，陈祥锋，闫强，等. “数字人民币+区块链”赋能的供应链金融模式创新与实践路径研究[J]. 兰州学刊，2026(3)：90-105.

[7] 佟秉昆，景晓军. 一种基于区块链的供应链金融优化模型[J]. 西安邮电大学学报，2025，30(5)：100-108.

[8] 中华人民共和国中央人民政府. 商务部等8部门关于印发《加快数智供应链发展专项行动计划》的通知[EB/OL]. (2025-03-24)[2025-12-28]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202505/content_7025257.htm.

[9] 韩民春，饶玉蕾. 供应链数字化对企业商业信用风险的影响研究——基于供应链敏捷性视角[J]. 科研管理，2026，47(7)：161-169.

[10] 庞瑞琦，楚雪健，杨玉斌. 数字信托监管与中小企业运输能力融资的信用风险：基于在线货运平台的演进式游戏分析[J]. 上海大学学报(自然科学版)，2022，28(6)：970-980.

[11] 彭梓倩，周鹏. 数字化转型对商业信用融资能力的影响研究——基于供应链信息传递的视角[J]. 管理现代化，2023，43(1)：82-90.

[12] 罗亮. 基于区块链的供应链金融创新[J]. 银行家，2019(8)：47-49.

[13] Wan Qiang, Cui Jun. Dynamic evolutionary game analysis of how fintech in banking mitigates risks in agricultural supply chain finance[PP/OL].arXiv(2024-11-12)[2025-12-27]. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.07604.
[14] 顾婧，王君瑶，陈祥锋.供应链关系对中小企业融资影响分析[J].复旦学报(社会科学版)，2023，65(2)：129-139.
[15] 孙辉，张仁寿.供应链纵向协同创新：来自商业信用融资的证据[J].深圳大学学报(人文社会科学版)，2021，38(1)：79-88.
[16] 吴成锋，赵秋红，马艳红，等.Stackelberg博弈下基于商业信用的供应链决策模型[J].工业工程与管理，2019，24(5)：49-55.
[17] Chu Xuejian, Chen Nannan, Yang Yubin. The impact of transaction credit on credit enhancement of supply chain financing of small and micro-logistics based on evolutionary game analysis[J].International Journal of Information Systems and Supply Chain Management，2024，17(1)：1-22.
[18] Fang Shu, Feng Bao. Evolutionary game analysis of the behavior strategies of participants in the supply chain financial credit market under government subsidies[J]. Open Journal of Business and Management，2022，10(6)：3185-3201.
[19] Xie Lixu, Wu Juan. Research on evolutionary game of three-level supply chain financing strategy under blockchain technology[J]. Journal of Anhui University of Technology(Natural Science)，2025，42(1)：108-117.
[20] 朱梦影.区块链环境下资金约束供应链运营决策与融资模式选择研究[D].北京：北京科技大学，2024：11.
[21] 唐丹.基于区块链的供应链金融模式与融资决策研究[D].沈阳：东北大学，2021：67.
[22] 许欢.基于区块链技术的国际贸易结算新模式探究——以Blockchain World Wire平台为例[D].长春：吉林大学，2021：5.
[23] 赵保国，张倩歌.智能区块链对商业信用扭曲行为的影响分析——基于政府规制下演化博弈的视角[J].首都师范大学学报(社会科学版)，2024(6)：86-96.
[24] 刘若阳，史稳健，焦洋洋，等.区块链交易环境下中小微物流企业信用寻租约束机制研究[J].系统科学与数学，2023，43(5)：1276-1294.
[25] 唐丹，庄新田.制造商融资决策：银行、商业信用或区块链供应链金融[J].东北大学学报(自然科学版)，2021，42(8)：1202-1209.
[26] 朱文新.区块链概念上市企业供应商集中度与企业绩效关系研究——基于遮掩效应和调节效应的分析[D].大连：大连海事大学，2022：98.
[27] 王道平，朱梦影，董汉玺.资金约束下基于区块链技术的供应链融资模式选择研究[J].中国管理科学，2025，33(10)：236-245.
[28] 徐玉华，刘梦娜，王浚丞.中国特色社会主义审计理论的“链式”治理诠释——国家审计、国企信用与中小企业融资纾困[J].审计与经济研究，2025，40(6)：10-19.
[29] 胡秋阳，宋嘉倩.供应链金融如何促进企业创新[J].经济问题探索，2026(6)：172-190.
[30] 王道平，朱梦影，董汉玺.区块链环境下基于商业信用融资模式的供应链运营决策研究[J].管理工程学报，2025，39(1)：243-255.
[31] 杨婷，马超群，米先华.区块链技术驱动的供应链碳资产质押融资模式及其演化路径[J].系统工程理论与实践，2025，45(11)：3813-3833.
[32] 楼永，常宇星，郝凤霞.区块链技术对供应链金融的影响——基于三方博弈、动态演化博弈的视角[J].中国管理科学，2022，30(12)：352-360.
[33] Friedman D. Evolutionary games in economics [J]. Econometrica，1991，59(3)：637-666.
[34] 娄祝坤，高丽蕊.数字化转型与供应链商业信用融资[J].上海大学学报(自然科学版)，2023，29(3)：386-406.
[35] Zou Xuan, Zhou Lei. Trade credit and sustainable profitability in small and medium-sized enterprises [J]. Humanities and Social Sciences Communications，2025，12(1)：1-12.
[36] Su Limin, Cao Yongchao, Li Huimin, et al. Blockchain-driven optimal strategies for supply chain finance based on a tripartite game model[J]. Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research，2022，17(4)：1320-1335.

Supply Chain Commercial Credit Financing from the Perspective of Blockchain: An Analysis Based on the Evolutionary Game of Multi-Agent Behavior

ZHAO Baoguo, ZHANG Ziqi

(School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Summary: With the increasing integration of digital technologies and supply chain finance, blockchain provides a new approach to mitigating information asymmetry, inefficient credit transmission, and default risks in supply chain commercial credit financing through information traceability, data immutability, and smart contracts. However, existing studies have paid limited attention to the dynamic interactions among the credit behaviors of different supply chain participants, particularly suppliers, core enterprises, and customers. This paper therefore investigates the strategic choices and dynamic evolution of these participants in supply chain commercial credit financing from the perspective of multi-participant behavioral interactions.

A tripartite evolutionary game model involving suppliers, core enterprises, and customers is constructed, with their strategies defined respectively as increasing or reducing financing supply, fulfilling or defaulting on contractual obligations, and delivering on time or delaying delivery. Under bounded rationality and incomplete information, payoff matrices and replicator dynamic equations are established. The stability of pure-strategy equilibria is analyzed using the Jacobian matrix, followed by numerical simulations in Matlab. The results show that conventional commercial credit financing exhibits significant path dependence, making stable cooperation difficult to achieve when the initial level of cooperation is low. With the introduction of blockchain, the system gradually evolves toward the ideal equilibrium of "increasing financing supply, fulfilling contractual obligations, and delivering on time". Further analysis reveals that blockchain affects strategic choices mainly through four mechanisms: increasing default costs to promote contract fulfillment by core enterprises; improving information transparency and traceability to reduce losses caused by information asymmetry; enhancing settlement efficiency through smart contracts to facilitate capital circulation; and strengthening reputation constraints through traceable credit records to discourage default and delayed delivery.

Compared with existing studies, this paper extends the analysis of supply chain commercial credit financing by incorporating suppliers, core enterprises, and customers into a unified tripartite evolutionary game framework and examining the differentiated effects of default costs, information transparency, settlement efficiency, and reputation constraints on strategy evolution. The findings contribute to a better understanding of how blockchain affects the behavior of participants in supply chain commercial credit financing and provide practical references for suppliers to strengthen credit information accumulation, core enterprises to standardize contract fulfillment, and customers to improve contract fulfillment management and information sharing.

Key words: blockchain; supply chain; commercial credit financing; evolutionary game; numerical simulation

（责任编辑：刘欣琦）（校对：尚培培）

[DOI]10.19654/j.cnki.cjwtyj.2026.09.008

[引用格式]赵保国，张紫琪. 区块链视角下供应链商业信用融资研究——基于多主体行为演化博弈的分析[J]. 财经问题研究，2026(9)：114-128，封三.