

政府支持下的军工供应链金融信息合作主体 关系演化博弈研究

周雪亮, 张纪海

(北京理工大学 管理与经济学院, 北京 100081)

摘要:军工供应链金融是保障军工供应链稳定和高效发展的重要推动力。现有的军工供应链金融存在信息合作不畅通等问题,严重制约了军工供应链金融业务的开展,一定程度上限制了军工产业的发展。针对此问题,构建政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台相互合作的演化博弈模型,分析三方主体在军工供应链金融信息合作中的策略选择,并结合仿真分析,探究在进行信息合作中三方主体策略选择的影响因素。研究认为三方主体合作意愿相互之间存在影响,政府不同的支持方式对军工核心企业和军工供应链金融服务平台有不同程度的影响,军工核心企业和平台之间的信息合作程度对平台的影响较大。

关键词:军工供应链金融;信息合作;合作意愿;信息合作程度

中图分类号:F062.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)04-0053-10

当今世界正面临百年未有之大变局,国际局势风起云涌,强大的国防实力是维护国家主权、安全和发展利益的基石。十九届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》指出,“加快国防和军队现代化,实现富国和强军相统一”。军工供应链是实现国防和军队现代化重要支撑力量,保障军工供应链的稳定和高效发展是加快国防和军队现代化建设的关键环节。随着国防经费的增加,军工产业得到快速发展,军工供应链上的各级供应商是军工产业发展的重要组成部分。参与军工生产的供应商(特别是中小企业)由于前期投入大、回款周期长等因素,使得企业发展资金紧张问题严重,中小企业本身资质弱再叠加军工行业背景的特殊性,使得军工供应链上的中小企业资金紧张问题更加突出,融资难、融资贵已经成为制约军工供应链发展的重要因素。供应链金融能够对供应链上的各级供应商实现精准融资服务,有效地解决中小企业融资难、融资贵等问题。现阶段,军工领域供应链金融的发展处于加速快跑阶段,但是发展过程中也存在了一定的问题。经过调研发现,军工供应链金融在业务开展中存在是军工核心企业与

供应链金融服务平台进行信息合作(贸易信息确认、确权等)的较大阻力。由于军工行业的保密性和复杂性等原因,大多数军工核心企业缺乏为中小企业的供应链融资提供信息合作的积极性。政府作为经济建设和国防建设统筹发展的“引领者”,能够对军工供应链金融相关主体进行支持和引导,提供一系列引导政策、协调支持和奖励等,进一步促进军工核心企业和平台进行信息共享合作,从而解决军工供应链金融信息合作问题,帮助军工供应链中小企业获得贷款,保障军工供应链稳定和高效发展。

现有文献对供应链金融的研究取得了一定的成果。Chakuu 等分析了供应链金融参与者和融资方式之间的关系及其影响因素^[1];Tang 等分析了供应商采用订单融资时对比了向金融机构融资和核心企业直接融资两种方式效率差异^[2];Reindorp 等研究认为零售商可通过调整批发价格或批发价格与保证的组合形式来缓解供应商的资金紧张^[3];Huang 等研究认为采购方为供应商提供担保时应该考虑产品的利润率和供应商的可靠性^[4];Xiao 等通过构建制造商和零售商组成的两级供应链,分析了供应链中的最优定价和最后订货量的问题^[5];

收稿日期:2021-11-11

基金项目:中国工程院重大战略研究与咨询项目(2020-ZD-1);国家自然科学基金(71473015)。

作者简介:周雪亮(1990—),男,河南安阳人,北京理工大学管理与经济学院,博士研究生,研究方向为军工供应链金融;通信作者张纪海(1976—),男,黑龙江大庆人,北京理工大学管理与经济学院,教授,博士,研究方向为国防经济、军民融合。

Wang 等认为电商供应链融资能够使参与者获得更大的利润^[6]；匡海波等分析了中小企业在供应链金融模式下的贷款定价机制，认为供应链贷款模式可以为优质的企业带来显著的贷款优惠^[7]；卢强等基于“结构-行为-绩效”的逻辑，构建了中小企业行为影响企业融资绩效的分析模型，并进行了实证分析^[8]；赵晟莹等以核心企业为零售商和供应商组成的两级供应链为背景，在零售商有违约风险的情况下，讨论了第三方部分担保对供应链应收账款融资行为的影响^[9]；于海静等分析了供应链金融对于解决中小企业融资的作用机制^[10]；王宗润等通过考虑核心企业回购的情况下，对零售商的最优订货量、核心企业的最优回购率和银行的最优贷款利率的决策进行了分析^[11]；白燕飞等分析了基于区块链技术的供应链金融平台的优化结构，并提出了相关发展建议^[12]；张琅等研究认为借款期限、借款企业信用水平和供应链金融贸易背景的风险控制等因素对 P2P 供应链金融的贷款利率的影响较大^[13]。

综上所述，现有供应链金融的研究在中小企业和核心企业之间决策机制、供应链金融的融资效果和供应链金融服务平台的发展等方面取得了丰富的研究成果，但是供应链金融的研究，尤其是军工供应链金融研究存在一定不足。第一，缺乏将政府作为行为主体与供应链金融其他相关主体之间的合作机制等的研究；第二，大多数研究主要是考虑融资决策等方面的内容，考虑供应链金融中信息合作相关主体之间关系的研究相对较少，而军工供应链金融的信息合作问题较为突出，迫切需要分析相关主体之间的合作关系及影响因素。

本文针对军工供应链金融发展中军工核心企业与供应链金融信息服务平台进行信息合作的问题，将政府作为信息合作的行为主体，考虑政府政策、协调支持和奖励对军工核心企业和金融服务平台信息合作关系的影响。通过构建政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台参与的三方演化博弈模型，分析政府支持、军工核心企业和信息服务平台之间的信息合作机制，分析不同形式下的三方主体演化博弈关系，并通过数值分析研究影响军工供应链金融信息合作策略选择的因素，为政府支持军工供应链金融发展提供理论参考。

1 问题提出和模型构建

1.1 问题提出

军工中小企业与军工核心企业的贸易合作过程中，会产生不同类型的信息，这些信息又是开展

军工供应链金融合作的重要凭证，而信息合作是军工供应链金融开展过程中的必要环节之一。由于军工核心企业的特殊性质和军工行业保密性等原因，军工核心企业与供应链金融服务平台进行信息合作的积极性较低，使得平台与军工核心企业的信息合作不顺畅，并且信息合作程度较低，导致军工供应链金融发展受到一定限制。军工供应链金融所需的信息类型如图 1 所示。现阶段已经有军工中小企业通过采用应收账款类融资方案获得融资，但是军工供应链从订单产生到获得应收账款凭证经历的周期较长，仅仅利用应收账款融资不能充分发挥供应链金融的优势。但是由于军工的保密性、复杂性和政策等方面的限制，导致了信息合作程度较低，合作成本较高，军工供应链金融信息合作的整体潜力没能充分发挥。

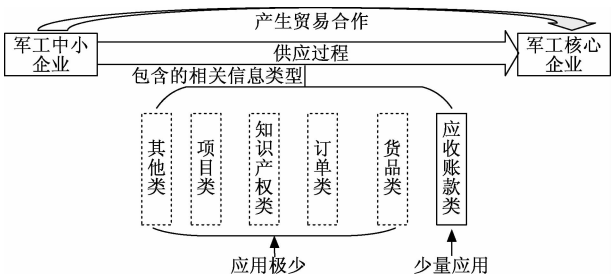


图 1 军工供应链金融所需的信息类型

政府作为国防建设和军工发展的主导者，也是促进军工供应链金融发展的重要推动主体，政府部门在军工供应链金融信息合作中具有重要作用，是军工供应链金融发展的引导者，可以提供政策、协调和奖励等方面的支持，帮助军工中小企业发展能够使政府部门获得相应的社会收益，包括税收、带动就业、国防和军队现代化建设发展、科技进步等等。部分地方政府正大力支持军工供应链金融业务开展，助力地方军工产业发展。军工供应链金融信息服务平台是军工供应链金融的中枢系统，集成了军工供应链上中小企业的融资信息、贸易信息、金融机构资源等，同时也是军工供应链贸易信息的需求方，通过与军工核心企业信息合作，能够确认军工供应链贸易信息的真实性和准确性，进而可以辅助中小企业获得贷款，解决资金紧张问题，平台从中获取一定服务费和积累客户资源。军工核心企业作为贸易信息的提供方，通过与平台进行贸易信息确认，帮助自身的供应商（中小企业）解决资金问题，能够提高自身供应链的运营效率，减低成本，军工核心企业科技创新速度加快，供应链稳定性提

高,军工产业快速发展。政府支持下的军工供应链金融信息合作结构如图 2 所示。

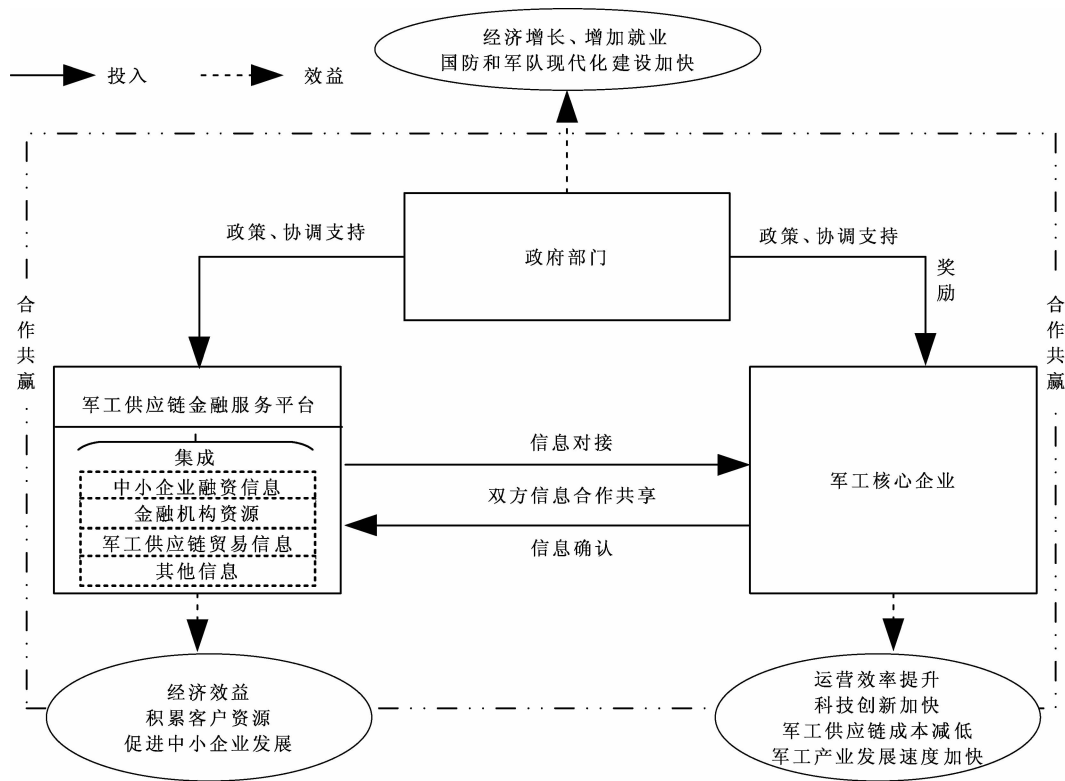


图 2 政府支持下的军工供应链金融信息合作结构

1.2 模型基本假设

假设 1:参与主体。假定军工供应链金融信息合作的利益相关方主要包括政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台三方。本文仅对影响军工供应链金融信息合作的政府(G)、军工核心企业(E)和军工供应链金融服务平台(P)展开研究。政府部门主要是通过为军工核心企业和供应链金融服务平台提供奖励、政策和协调等支持,推动军工核心企业和军工供应链金融服务平台进行信息合作;军工核心企业主要负责向军工供应链金融服务平台进行贸易信息确认、确权等,以便平台为中小企业供应商提供融资服务;平台主要负责确认军工供应链上的实际贸易信息,为中小企业供应商提供军工供应链生产全过程的融资服务。三方在博弈过程中都是有限理性的主体,通过多次博弈达到最优策略。

假设 2:参与主体的合作策略。在博弈模型中,政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台依据自身的合作意愿进行相应的策略选择,政府的合作策略为(支持、不支持)。军工核心企业和军工供应链金融服务平台选择策略集合均为(合作,不合作)。假设政府部门依据自身的支持意愿进行决策,政府选择支持军工供应链金融信息合作的意愿

概率为 x ,则不支持的意愿为 $1-x$;军工核心企业选择进行信息合作的意愿为 y ,不合作的意愿为 $1-y$;军工供应链金融服务平台选择进行信息合作的意愿为 z ,不合作的意愿为 $1-z$ 。 $x,y,z \in [0,1]$,并且 x,y,z 都是时间 t 的函数。

假设 3:参与主体的成本情况。政府选择支持军工供应链金融信息合作时投入人员、宣传、协调等的总成本为 iC_1 ,其中 i 为政府提供支持时的服务力度系数,其中 $0 < i < 1$ 。军工核心企业是军工供应链金融的重要参与主体,在进行信息合作时会投入相应的人力、物力和财力参与沟通协调、谈判、信息确认和确权等,产生的总成本为 C_3 ,当政府选择支持军工供应链金融信息合作时,政府提供的政策和协调等方面的支持能够降低军工核心企业在参与信息合作时的总成本 C_3 ,降低的成本量为 H_1 ,即政府支持下的军工核心企业参与信息对接的总成本为 $C_3 - H_1$,其中 $C_3 > H_1$,同时,在政府支持下军工核心企业不参与信息合作时,会造成自身供应商资源流失等方面的损失,假设该值可以量化为损失额 C_2 。军工供应链金融服务平台在进行信息合作时会投入一定的人员、物力和财力进行信息合作沟通、谈判等,总成本为 C_4 ,在政府相应政策和协调的

支持下,成本会减低 H_2 ,即在政府支持下的军工供应链金融服务平台的成本为 $C_4 - H_2$,其中 $C_4 > H_2$,同时在军工核心企业进行信息合作时,平台不进行合作会带来自身用户流失和自身价值降低等方面的损失 C_5 。

假设 4:参与主体的收益情况。政府选择支持军工供应链金融信息合作时,能够帮助军工供应链上的中小企业发展,带动经济增长,获得的收益为 R_1 ,政府在不支持时所获的收益占支持时所获得的收益比例为 $\beta(0 < \beta < 1)$,则政府在不支持时所获得的收益为 βR_1 。军工核心企业的初始收益为 R_2 ,军工供应链金融服务平台的初始收益为 R_3 ,当军工核心企业和军工供应链金融服务平台进行信息合作时,收益分两种情况,一是在政府支持时军工核心企业获得的收益为 $a_1 R_{41}$;二是在政府不支持时军工核心企业获得的收益为 $a_2 R_{42}$, a_1 和 a_2 表示在政府

支持和不支持时双方的信息合作程度(下同),同时在政府支持的情况下,军工核心企业积极参与信息合作,会得到政府的奖励 C_6 。军工供应链金融服务平台进行信息合作获得的收益也分两种情况,一是在政府支持时军工核心企业获得的收益为 $a_1 R_{51}$;二是在政府不支持时军工核心企业获得的收益为 $a_2 R_{52}$,同时在供应链金融服务平台积极进行信息合作的情况下,客户资源得到积累,客户量会越来越多,业务范围会越来越广,能够获得间接收益为 qR_6 , q 为时间效应系数,其中 $0 < q < 1$ 。假设 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、 C_6 、 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_{41} 、 R_{42} 、 R_{51} 、 R_{52} 、 R_6 、 H_1 、 $H_2 > 0$ 。

1.3 支付矩阵构建与分析

基于以上假设,构建政府主体、军工核心企业主体和军工供应链金融服务平台主体三类主体之间的演化博弈模型的支付矩阵见表 1。

表 1 政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台三方主体支付矩阵

博弈策略	政府部门	军工核心企业	军工供应链金融服务平台
支持,合作,合作	$R_1 - iC_1 - C_6$	$R_2 + C_6 + a_1 R_{41} - (C_3 - H_1)$	$R_3 + a_1 R_{51} + qR_6 - (C_4 - H_2)$
支持,合作,不合作	$R_1 - iC_1 - C_6$	$R_2 + C_6 - (C_3 - H_1)$	$R_3 - C_5$
支持,不合作,合作	$R_1 - iC_1$	$R_2 - C_2$	$R_3 - (C_4 - H_2)$
支持,不合作,不合作	$R_1 - iC_1$	$R_2 - C_2$	R_3
不支持,合作,合作	βR_1	$R_2 + a_2 R_{42} - C_3$	$R_3 + a_2 R_{52} + qR_6 - C_4$
不支持,合作,不合作	βR_1	$R_2 - C_3$	$R_3 - C_5$
不支持,不合作,合作	βR_1	R_2	$R_3 - C_4$
不支持,不合作,不合作	βR_1	R_2	R_3

根据表 1 的支付矩阵可知,政府在博弈时选择“支持”策略的期望收益为 U_{G1} 、选择“不支持”策略的期望收益 U_{G2} 和平均期望收益 U_G 分别为

$$U_{G1} = yz(R_1 - iC_1 - C_6) + y(1 - z)(R_1 - iC_1 - C_6) + (1 - y)z(R_1 - iC_1) + (1 - z)(1 - y)(R_1 - iC_1)$$

(1)

$$U_{G2} = yz(\beta R_1) + y(1 - z)(\beta R_1) + (1 - y)z(\beta R_1) + (1 - z)(1 - y)(\beta R_1)$$

(2)

$$U_G = xU_{G1} + (1 - x)U_{G2}$$

(3)

通过进一步分析,可以得到政府的复制动态方程为

$$F(x) = \frac{dx}{dt} = x(U_{G1} - U_G) = x(1 - x)(U_{G1} - U_{G2}) = x(x - 1)(iC_1 - R_1 + \beta R_1 + C_6 y)$$

(4)

同理,可以求出军工核心企业的复制动态方程为

$$F(y) = \frac{dy}{dt} = -y(y - 1)(C_2 x - C_3 + C_6 x + H_1 x + a_2 R_{42} z + a_1 R_{41} xz - a_2 R_{42} xz)$$

(5)

同理,可以求出军工供应链金融服务平台的复制动态方程为

$$F(z) = \frac{dz}{dt} = -z(z - 1)(C_5 y - C_4 + H_2 x + a_2 R_{52} y + qR_6 y + a_1 R_{51} xy - a_2 R_{52} xy)$$

(6)

2 博弈模型分析

依据演化博弈的相关理论,将式(4)、(5)和(6)联立,构成政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台的复制动态方程组,进一步可以求得政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台在演化博弈过程中的 8 个均衡点和雅克比矩阵 J ,依据 Friedman 的方法,微分方程的系统稳定性可以通过分析雅克比矩阵的局部稳定性来确定^[14],即通过各个均衡点所对应的雅克比矩阵的特征值来确定均衡点是否是演化稳定点,当均衡点所对应的特征值均小于 0 时,该均衡点为演化稳定点,均衡点分别为 $E_1 = (1, 1, 1)$ 、 $E_2 = (1, 1, 0)$ 、 $E_3 = (1, 0, 1)$ 、 $E_4 = (1, 0, 0)$ 、 $E_5 = (0, 1, 1)$ 、 $E_6 = (0, 1, 0)$ 、 $E_7 = (0, 0, 1)$ 、 $E_8 = (0, 0, 0)$ 。

J = \begin{bmatrix} (2x-1)(iC_1-R_1+\beta R_1) & C_6x(x-1) \\ y(1-y)(C_2+C_6+H_1+a_1R_{41}z-a_2R_{42}z) & (1-2y)(C_2x-C_3+C_6x+H_1x+a_2R_{42}z+a_1R_{41}xz-a_2R_{42}xz) \\ z(1-z)(H_2+a_1R_{51}y-a_2R_{52}y) & z(1-z)(C_5+a_2R_{52}+qR_6+a_1R_{51}x-a_2R_{52}x) \\ 0 & \\ y(1-y)(a_2R_{42}+a_1R_{41}x-a_2R_{42}x) & \\ (1-2z)(C_5y-C_4+H_2x+a_2R_{52}y+qR_6y+a_1R_{51}xy-a_2R_{52}xy) \end{bmatrix}.

将 8 个均衡点依次带入雅克比矩阵 J 中,能够得到不同均衡点所对应的雅克比矩阵特征值,见表 2。

基于表 2 中特征值表达式,为了方便分析各个均衡点多对应的特征值的正负性,并且符合实际情况,假设政府支持信息合作,军工核心企业和军工供应链金融服务平台进行信息合作时各个主体的净收

益大于不合作时的净收益,即 $(1-\beta)R_1-iC_1-C_6>0$ 、 $C_2+C_6+a_1R_{41}-C_3>0$ 、 $C_5+a_1R_{51}+qR_6-C_4>0$ 时,由于模型中的参数较为复杂,根据特征值的表达式参数的取值范围本文分 4 种情形对该博弈系统演化稳定性进行讨论分析,各个均衡点在不同情形下所对应的雅克比矩阵特征值正负情况见表 3。

表 2 各平衡点雅克比矩阵的特征值

均衡点	特征值 λ_1	特征值 λ_2	特征值 λ_3
$E_1(1,1,1)$	$-[(1-\beta)R_1-iC_1-C_6]$	$-[C_2+C_6+a_1R_{41}-(C_3-H_1)]$	$-[C_5+a_1R_{51}+qR_6-(C_4-H_2)]$
$E_2(1,1,0)$	$-[(1-\beta)R_1-iC_1-C_6]$	$-[C_2+C_6-(C_3-H_1)]$	$C_5+a_1R_{51}+qR_6-(C_4-H_2)$
$E_3(1,0,1)$	$-[(1-\beta)R_1-iC_1]$	$C_2+C_6+a_1R_{41}-(C_3-H_1)$	(C_4-H_2)
$E_4(1,0,0)$	$-[(1-\beta)R_1-iC_1]$	$C_2+C_6-(C_3-H_1)$	$-(C_4-H_2)$
$E_5(0,1,1)$	$(1-\beta)R_1-iC_1-C_6$	$-(a_2R_{42}-C_3)$	$-(C_5+a_2R_{52}+qR_6-C_4)$
$E_6(0,1,0)$	$(1-\beta)R_1-iC_1-C_6$	C_3	$C_5+a_2R_{52}+qR_6-C_4$
$E_7(0,0,1)$	$(1-\beta)R_1-iC_1$	$a_2R_{42}-C_3$	C_4
$E_8(0,0,0)$	$(1-\beta)R_1-iC_1$	$-C_3$	$-C_4$

表 3 不同情形下各平衡点对应雅克比矩阵的特征值符号判断

均衡点	情形 1-1		情形 1-2		情形 2-1		情形 2-2	
	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	稳定性	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	稳定性	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	稳定性	$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$	稳定性
$E_1(1,1,1)$	$-, -, -$	ESS	$-, -, -$	ESS	$-, -, -$	ESS	$-, -, -$	ESS
$E_2(1,1,0)$	$-, +, +$	非稳定点	$-, +, +$	非稳定点	$-, -, +$	非稳定点	$-, -, +$	非稳定点
$E_3(1,0,1)$	$-, +, +$	非稳定点	$-, +, +$	非稳定点	$-, +, +$	非稳定点	$-, +, +$	非稳定点
$E_4(1,0,0)$	$-, -, -$	ESS	$-, -, -$	ESS	$-, +, -$	非稳定点	$-, +, -$	非稳定点
$E_5(0,1,1)$	$+, +, +$	鞍点	$+, -, -$	非稳定点	$+, +, +$	鞍点	$+, -, -$	非稳定点
$E_6(0,1,0)$	$+, +, -$	非稳定点	$+, +, +$	鞍点	$+, +, -$	非稳定点	$+, +, +$	鞍点
$E_7(0,0,1)$	$+, -, +$	非稳定点	$+, +, +$	鞍点	$+, -, +$	非稳定点	$+, +, +$	鞍点
$E_8(0,0,0)$	$+, -, -$	非稳定点	$+, -, -$	非稳定点	$+, -, -$	非稳定点	$+, -, -$	非稳定点

情形 1-1:当 $C_2+C_6-(C_3-H_1)<0$ 时,并且 $a_2R_{42}-C_3<0$ 和 $C_5+a_2R_{52}+qR_6-C_4<0$ 时,即当军工核心企业在政府支持的情况下选择不参与信息合作的损失额与政府对军工核心企业参与信息合作的奖励之和小于军工核心企业在政府支持下的信息合作所付出的成本,并且军工核心企业在政府不支持的情况下参与信息合作的收益小于其参与信息合作的所付出的成本,以及军工供应链金融服务平台在政府不支持情况下的进行信息合作的收益小于其参与信息合作所付出的成本时,由

表 2 可知,只有均衡点 $E_1(1,1,1)$ 和 $E_4(1,0,0)$ 达到特征值均小于 0 的条件。这种情形下该博弈系统存在 2 个稳定点即 $E_1(1,1,1)$ 和 $E_4(1,0,0)$ 。

情形 1-2:当 $C_2+C_6-(C_3-H_1)<0$ 时,并且 $a_2R_{42}-C_3>0$ 和 $C_5+a_2R_{52}+qR_6-C_4>0$ 时,即当军工核心企业在政府支持的情况下选择不参与信息合作的损失额与政府对军工核心企业参与信息合作的奖励之和小于军工核心企业在政府支持下的信息合作所付出的成本,并且军工核心企业在政府不支持的情况下参与信息合作的收益小于其

参与信息合作的所付出成本,以及军工供应链金融服务平台在政府不支持情况下的进行信息合作的收益小于其参与信息合作所付出的成本时,由表2可知,只有均衡点 $E_1(1,1,1)$ 和 $E_4(1,0,0)$ 达到特征值均小于0的条件。这种情形下该博弈系统存在2个稳定点即 $E_1(1,1,1)$ 和 $E_4(1,0,0)$ 。

情形2-1:当 $C_2 + C_6 - (C_3 - H_1) > 0$ 时,并且 $a_2R_{42} - C_3 < 0$ 和 $C_5 + a_2R_{52} + qR_6 - C_4 < 0$ 时,即当军工核心企业在政府支持的情况下选择不参与信息合作的损失额与政府对军工核心企业参与信息合作的奖励之和大于军工核心企业在政府支持下的信息合作所付出的成本,并且军工核心企业在政府不支持的情况下参与信息合作的收益小于其参与信息合作的所付出成本,以及军工供应链金融服务平台在政府不支持情况下的进行信息合作的收益小于其参与信息合作所付出的成本时,由表2可知,只有均衡点 $E_1(1,1,1)$ 达到特征值均小于0的条件。这种情形下该博弈系统存在1个稳定点即 $E_1(1,1,1)$ 。

情形2-2:当 $C_2 + C_6 - (C_3 - H_1) > 0$ 时,并且 $a_2R_{42} - C_3 > 0$ 和 $C_5 + a_2R_{52} + qR_6 - C_4 > 0$ 时,即当军工核心企业在政府支持的情况下选择不参与信息合作的损失额与政府对军工核心企业参与信息合作的奖励之和大于军工核心企业在政府支持下的信息合作所付出的成本,并且军工核心企业在政府不支持的情况下参与信息合作的收益大于其参与信息合作的所付出成本,以及军工供应链金融服务平台在政府不支持情况下的进行信息合作的收益大于其参与信息合作所付出的成本时,由表2可知,只有均衡点 $E_1(1,1,1)$ 达到特征值均小于0的条件。这种情形下该博弈系统存在1个稳定点即 $E_1(1,1,1)$ 。

3 军工供应链金融信息合作的数值分析

综合上述分析,本文基于军工供应链金融信息合作的实际情况,对支付矩阵中的参数进行如下设置,假设 $R_1 = 40, C_1 = 10, i = 0.5, C_6 = 7, H_1 = 7, H_2 = 13, \beta = 0.5; a_1R_{41} = 25$, 其中 $a_1 = 0.5, R_{41} = 50, a_2R_{42} = 18.4(a_2 = 0.4, R_{42} = 46), C_2 = 5, C_3 = 20; a_1R_{51} = 50(a_1 = 0.5, R_{51} = 100), a_2R_{52} = 36(a_2 = 0.4, R_{52} = 90), qR_6 = 6(q = 0.5, R_6 = 12), C_4 = 40, C_5 = 12$ 。政府部门、军工核心企业和军工供应链金融服务平台初始支持意愿 $x = y = z = 0.5$ 。基于 MATLAB 软件进行仿真分析,探讨三方主体的不同参数变化对仿真结果的影响。

3.1 三方主体初始意愿对信息合作关系演化的影响

政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台在不同的初始合作意愿下对供应链金融信息合作的影响仿真结果,如图3所示,其中G代表政府主体曲线,E代表军工核心企业主体曲线,P代表军工供应链金融服务平台主体曲线(下同)。假设三方的初始意愿相同,由图3可知,三方主体的参与意愿在区间0.4~0.5中存在临界点,当三方的初始意愿均小于此临界值时,博弈系统最后平衡点趋向于(1,0,0),由于军工供应链金融服务平台是市场化运营的,收敛速度比军工核心企业都快。当三方的初始意愿 x, y, z 均大于临界点时,博弈系统最后的平衡点趋向于(1,1,1);当三方主体的参与意愿均在中等水平时,政府主体的参与意愿随着时间推移在不断提高,军工核心企业的参与意愿会随着政府合作意愿的提高而提高,而军工供应链金融服务平台的参与意愿会先下降,随着政府和军工核心企业的参与意愿的提高到某一值后,军工供应链金融服务平台的参与意愿也开始不断提高,博弈系统最后平衡点趋向于(1,1,1);当三方主体的初始的参与意愿均较大时,随着时间的变化三方的参与合作意愿均会直接升高,博弈系统最后平衡点趋向于(1,1,1)。结果说明,随着三方主体初始参与意愿的增加, x 收敛于1的速度基本不变, y 和 z 收敛于1的速度变快,博弈系统最终稳定于(1,1,1),主要是因为军工核心企业和供应链金融服务平台参与意愿不高时,政府会发挥其引导作用,出台相应的政策、完善相关机制、做好相应的协调,推动军工核心企业和军工供应链金融服务平台进行信息合作。

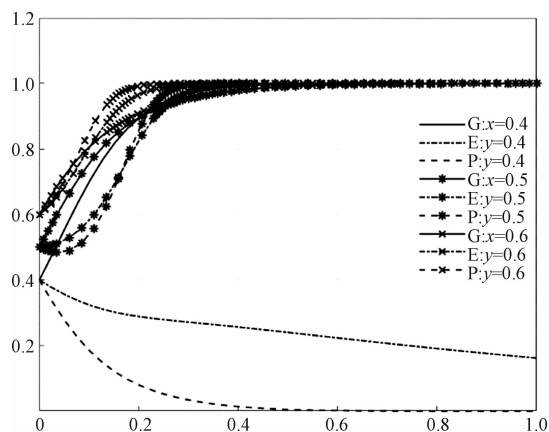


图3 三方初始意愿 x, y, z 同时变化的演化结果

在其他参数不变时,政府支持信息合作的初始参与支持意愿 x 变化对军工核心企业与军工供应链金融服务平台进行信息合作策略的影响,仿真结果如图 4 所示,政府支持意愿 x 在区间 $0.2 \sim 0.3$ 之间存在临界点,当政府主体参与意愿 x 大于临界值,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$,此时随着政府支持意愿 x 的增加,军工核心企业和军工供应链金融服务平台的合作意愿会逐渐提升,并且军工核心企业比军工供应链金融服务平台的反应更敏感,军工核心企业参与意愿受到政府支持意愿影响较大。结果说明,军工核心企业在进行信息合作时受到体制机制、保密约束等方面的阻力较大,但是在政府支持下,军工核心企业进行信息合作的体制机制问题得到解决,参与意愿不断提升,而平台作为信息需求方,经济利益对其策略选择有直接影响,当军工核心企业的合作意愿上升后,平台与其进行信息对接成本下降、信息合作相对容易进行,所以军工供应链金融服务平台的参与意愿会不断提升,而且核心企业的合作意愿越高对平台的合作意愿影响越大。

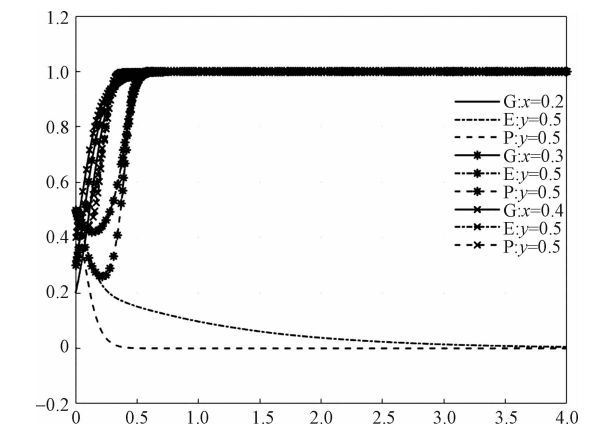


图 4 支持意愿 x 变化,合作意愿 y,z 不变化的演化结果

在其他参数不变时,军工核心企业进行信息合作的初始合作意愿 y 变化对博弈系统的影响,仿真结果如图 5 所示,军工核心企业的参与意愿 y 在区间 $0.2 \sim 0.3$ 之间存在临界点。当军工核心企业的初始意愿小于该临界点时, y 和 z 均在 $y=0$ 和 $z=0$ 达到稳定, x 在 $x=1$ 达到稳定,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,0,0)$,在军工核心企业参与信息合作的意愿不高时,平台受到的影响较大,收敛于 0 的速度较快;当军工核心企业的参与意愿大于该临界点时,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$;当核心企业初始参与意愿大于临界点但是低于中等水平时,平台的参与意愿会先降低,但随着军工核心企业合

作意愿的升高,平台的合作意愿也会逐步升高,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$ 。在军工核心企业初始意愿较高时,三方的参与意愿会直接升高,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$ 。结果说明,由于在信息合作过程中,军工核心企业是供应链金融信息合作中的信息提供方,是信息合作的主导者,而平台作为信息的需求方,当军工核心企业参与意愿较低时,平台的参与意愿会迅速降低;当军工核心企业参与意愿不断升高时,平台的参与信息合作的意愿也会不断升高,平台的合作意愿受军工核心企业的合作意愿影响较大。

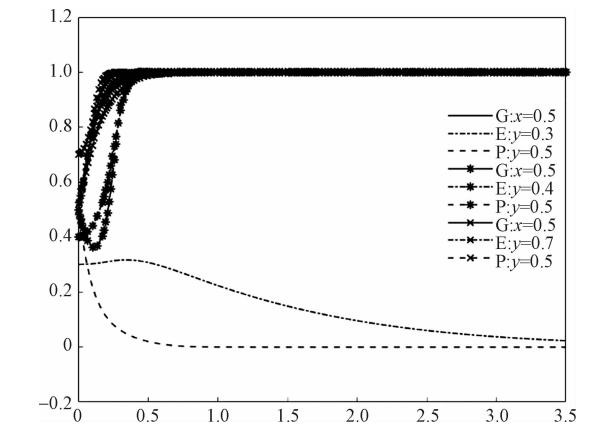


图 5 合作意愿 y 变化,参与意愿 x,z 不变化的演化结果

在其他参数不变时,军工供应链金融服务平台进行信息合作的初始合作意愿 z 变化的对政府支持意愿和军工核心企业参与信息合作策略的影响,仿真结果如图 6 所示,军工供应链金融服务平台的参与意愿 z 在区间 $0.1 \sim 0.2$ 之间存在临界点。当军工供应链金融服务平台的初始合作意愿小于该临界点时,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,0,0)$,此时军工核心企业参与信息合作意愿会在平台的影响下逐步减低;当军工核心企业的参与意愿大于该临界点时,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$;当军工供应链金融平台初始合作意愿大于临界点当低于中等水平时,平台合作意愿前期呈现先降低后升高的状态,主要是由于在前期平台的初始合作意愿虽然大于临界值,但是低于中等水平的时候,核心企业的参与意愿也会先降低,但随着政府支持的意愿提高,军工核心企业的合作意愿会逐步提高,进而带动平台的参与意愿提高,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1,1,1)$;当平台的初始合作意愿大于中等水平时,三方主体的合作意愿会直接上升,最后达到平衡点 $(1,1,1)$ 。结果说明,政府支持对军工核心企业的合作意愿影响较

大,而军工核心企业的合作意愿对平台合作意愿的影响较大。

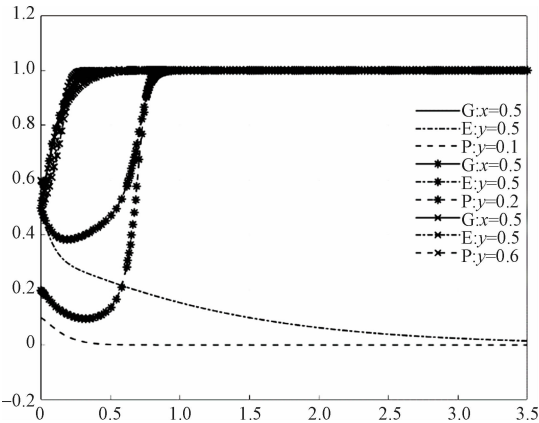


图 6 合作意愿 z 变化,参与意愿 x,y 不变化的演化结果

3.2 政府政策支持和奖励支持对三方主体信息合作关系演化的影响

政府的支持信息合作主要体现在两个方面:一是出台相关政策、协调等方面的支持军工核心企业和军工供应链金融服务平台进行信息合作,能够有效地降低双方的合作成本;二是政策奖励,某些地方政府为了支持当地军工产业发展,会对军工核心企业信息合作的行为给予一定的奖励(资金或其他奖励)。在其他参数不变时,政府对信息合作提供政策和协调等支持对三方主体演化结果影响如图 7 所示, H_1 和 H_2 同时变化都较小时, $H_1 + H_2$ 在区间 6 ~ 10 之间存在临界点。当 $H_1 + H_2$ 小于该临界点时,博弈系统最后平衡点趋向于(1,0,0),此时 $H_1 + H_2$ 越小, y 和 z 收敛于 0 的速度越快,其中 z 的收敛

速度比 y 的收敛速度要快;当 $H_1 + H_2$ 大于该临界点时,博弈系统最后平衡点趋向于(1,1,1),此时 $H_1 + H_2$ 越大, y 和 z 收敛于 1 的速度越快,其中 z 的收敛速度比 y 的收敛速度先慢后快, z 对 $H_1 + H_2$ 的变化原来越敏感。结果说明,成本的减少量 H_1 和 H_2 能够影响军工核心企业和军工供应来金融服务平台策略的合作意愿,其中平台比军工核心企业的影响程度大。由于在信息合作过程中,政府会提供政策和协调等方面的支持,使双方在信息合作中付出的成本降低,整体收益会提高,使得军工核心企业和军工供应来金融服务平台最终都会选择进行信息合作,而平台是市场化运营的,对成本降低程度更加敏感。

在其他参数不变时,政府给予军工核心企业的奖励支持对三方主体演化博弈仿真结果如图 8 所示。由图 8 可知,在政府给予军工核心企业的政策性奖励相对较低时,军工核心企业的合作意愿在前期会有小幅度降低,随着政府支持意愿的升高,军工核心企业的合作意愿开始升高,从而带动军工供应链金融服务平台的合作意愿也不断上升,在上升的过程中,平台的收敛速度会超过军工核心的收敛速度。当政府给予军工核心企业的政策性奖励越大,军工核心企业的收敛速度越快。结果说明,政府的政策性奖励会影响军工核心企业和平台的合作意愿,前期军工核心企业对奖励的反应更敏感,但后期随着军工核心企业的合作意愿的提高,军工供应链金融服务平台合作意愿受到的影响程度较大。主要是由于政府对军工核心企业进行政策性

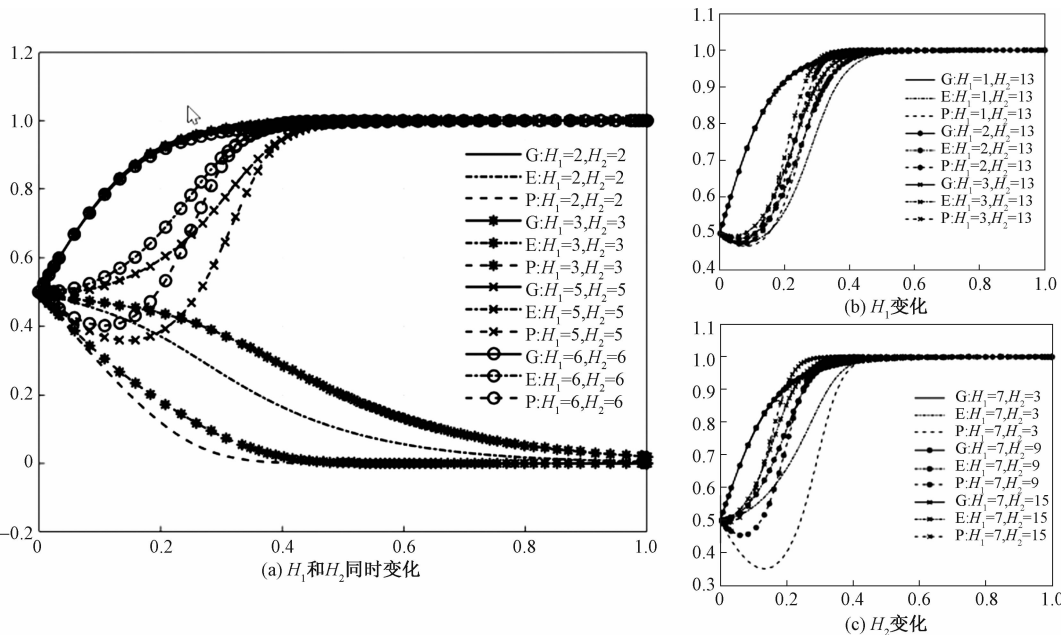


图 7 政府政策、协调等支持影响三方主体合作意愿演化结果

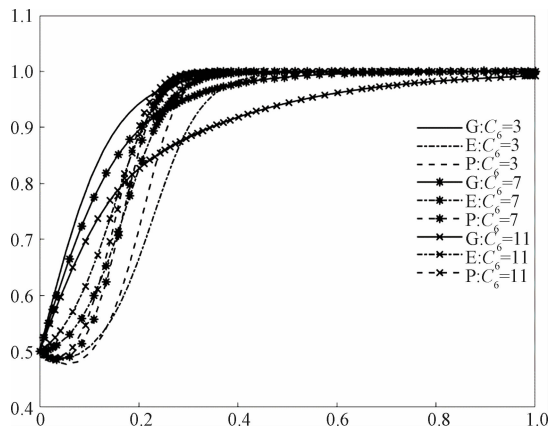


图8 政府奖励支持影响三方主体合作意愿的演化结果

奖励,促进军工核心企业进行信息合作,而军工核心企业是信息的提供方,作为资金需求方的平台在军工核心企业积极参与的情况下,平台的合作意愿会大幅度提升。所以,政策性奖励会对军工核心企业合作意愿产生直接影响,会对平台的合作意愿产生间接影响。

3.3 信息合作程度对三方主体信息合作关系演化的影响

在其他参数不变时,信息合作程度对军工核心企业和平台合作意愿影响的仿真结果如图9所示,由上文分析整个系统的稳定性可知,只有 a_1 能够影响主体的合作意愿,所以本文只对 a_1 变化的情况进行讨论。信息合作程度 a_1 在区间 $0.3 \sim 0.4$ 之间存在临界点。当信息合作程度小于该临界点时, y 和 z 均在 $y = 0$ 和 $z = 0$ 达到稳定,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1, 0, 0)$,这种情况下 z 的收敛速度比 y 速度快;当信息合作程度大于该临界点时, y 和 z 均在 $y = 1$ 和 $z = 1$ 达到稳定,博弈系统最后平衡点趋向于 $(1, 1, 1)$ 。在 a_1 接近中等程度时,平台的合作意愿会有小幅度的下降,但是随着核心企业的合作意愿的提升,在达到某一个值后,平台的合作意愿也开始上升,最终选择信息合作;在 a_1 超过中等程度时,核心企业和平台的合作意愿会直接上升,选择信息合作。结果说明,信息合作程度增加会影响军工核心企业和平台之间的合作策略,并且平台对信息合作程度比军工核心企业更敏感,这是因为军工核心企业是决定信息合作程度的主导者,平台是市场化运营的,首先考虑的是经济利益,与平台的信息合作程度越大,平台创造收益才越多,所以信息合作程度对平台影响较大。

4 结论及建议

本文系统性分析了政府、军工核心企业和军工

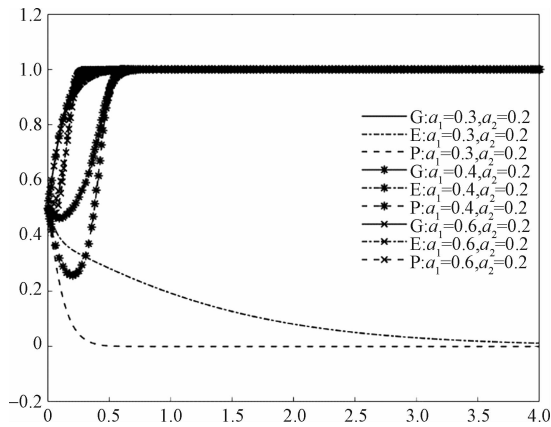


图9 信息合作影响三方主体合作意愿的演化结果

供应链金融服务平台在信息合作中的演化过程,探究了政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台的信息合作策略选择及其影响因素,得出如下结论及建议:

1)政府、军工核心企业和军工供应链金融服务平台相互之间的参与合作意愿对相互之间的影响程度不同。一是军工供应链金融服务平台的策略选择受到军工核心企业合作意愿的影响较大,而军工核心企业进行信息合作受政府支持意愿的影响较大。在实际军工供应链金融运行过程中,军工核心企业的由于体制机制和保密等方面的参与意愿往往较低,只有在政府积极推动和激励下才能提高军工核心企业的参与意愿,而供应链金融服务平台因市场经济因素影响,其合作意愿主要考虑自身的经济收益情况。二是军工核心企业和军工供应链金融服务平台之间的相互影响程度也是不同的,军工供应链金融服务平台对军工核心企业的合作意愿敏感程度更大。所以,政府应积极出台相关政策刺激军工核心企业参与信息合作,同时完善信息合作相关体制机制,破解保密问题的阻力,优化合作模式,做到即安全又高效,积极协同军工核心企业与军工供应链金融服务平台进行信息合作,为军工供应链金融信息合作创造良好的政策环境和市场运营环境,充分发挥政府部门的政策引导和的协调作用,帮助军工供应链上的各级供应商参与供应链融资过程中的信息合作问题。

2)政策、协调支持对军工供应链金融服务平台的影响程度较大,政策奖励对军工核心企业的影响程度较大,因为在信息合作过程中,政府出台相关政策和提供相关协调支持能够有效地降低信息合作中的成本,军工供应链金融服务平台的策略选择主要看中的是经济效益,政策、和协调支持对平台

的影响程度较大。政策奖励是政府部门为了鼓励军工核心企业参与信息合作,为军工核心企业给予一定的政策奖励(如资金奖励、行政奖励、各项优惠等方式),能够促进当地的军工产业发展。所以政府部门在促进军工供应链金融发展时,要多政策并施,多举措并行,多协调配合等多样化的支持方式,解决军工供应链金融信息合作中的体制机制问题,降低平台的信息合作成本,也要积极奖励军工核心企业,提高其参与信息合作的积极性。同时,在政府支持信息合作时也要适度而行,政府过度干预会使军工核心企业和军工供应链金融服务平台的合作积极性降低,所以政府的支持信息合作时要适度,要坚持市场化的导向,既要积极支持,又要灵活有度。

3)信息共享程度对军工供应链金融服务平台的影响程度较大,在军工供应链金融运行过程中,平台与军工核心企业的信息合作程度越高,带来的经济效益越大。因此应在国家政策允许的范围内,通过制定相关政策、协调相关部门、灵活脱密机制等多元化的方式,积极提高军工核心企业和军工供应链金融服务平台的信息合作程度。平台获得军工核心企业供应链信息越多,其帮助中小企业获得的融资也就越多,越能够解决军工供应链上中小企业的资金紧张问题,同时也能促进军工核心企业的运营效率提高,军工供应链更加稳定、高效。

参考文献

- [1] CHAKU S, MASI D, GODSELL J. Exploring the relationship between mechanisms, actors and instruments in supply chain finance: A systematic literature review[J]. *International Journal of Production Economics*, 2019, 216: 35-53.
- [2] TANG C S, YANG S A, WU J. Sourcing from suppliers with financial constraints and performance risk[J]. *Manu-*

facturing and Service Operations Management, 2018, 20(1):70-84.

- [3] REINDORP M, TANRISEVER F, LANGE A. Purchase order financing: Credit, commitment, and supply chain consequences[J]. *Operations Research the Journal of the Operations Research Society of America*, 2018, 66(5): 1287-1303.
- [4] HUANG B, WU A, CHIANG D. Supporting small suppliers through buyer-backed purchase order financing[J]. *International Journal of Production Research*, 2018, 56(17-18):1-24.
- [5] XIAO Y, ZHANG J. Preselling to a retailer with cash flow shortage on the manufacturer[J]. *Omega*, 2018, 80:43-57.
- [6] WANG C, FAN X, YIN Z. Financing online retailers: Bank vs. electronic business platform, equilibrium, and coordinating strategy[J]. *European Journal of Operational Research*, 2019, 276(1):343-356.
- [7] 匡海波, 杜浩, 张欣, 等. 供应链金融模式下中小企业贷款定价研究[J]. *管理评论*, 2020, 32(11):245-259.
- [8] 卢强, 杨晓叶. 基于“结构-行为-绩效”逻辑的供应链融资效果研究: 二元学习的中介作用[J]. *研究与发展管理*, 2020, 32(5):3-15.
- [9] 赵晟莹, 卢祥远. 第三方部分担保下的供应链应收账款融资模型[J]. *系统工程*, 2020, 38(6):81-89.
- [10] 于海静, 康灿华. 基于供应链金融视角的中小企业融资机制研究[J]. *南开经济研究*, 2017(4):141-152.
- [11] 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[J]. *中国管理科学*, 2015, 23(9):1-8.
- [12] 白燕飞, 翟冬雪, 吴德林, 等. 基于区块链的供应链金融平台优化策略研究[J]. *金融经济学研究*, 2020, 35(4): 119-132.
- [13] 张琅, 胡海青, 吴溥峰. P2P 供应链金融借贷利率的影响因素[J]. *中国流通经济*, 2019, 33(7):95-104.
- [14] FRIEDMAN D. On economic applications of evolutionary game theory[J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 1998, 8(1):15-43.

Research on Evolutionary Game of Financial Information Cooperation Subject Relationship in Military Supply Chain Supported by Government

ZHOU Xueliang, ZHANG Jihai

(College of Management and Economics, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China)

Abstract: The military supply chain finance is an important driving force to ensure the stable and efficient development of the military supply chain. The existing military supply chain finance has some problems, such as poor information cooperation, which seriously restricts the development of the military supply chain finance business and limits the development of the military industry to a certain extent. For this problem, an evolutionary game model of cooperation was constructed among government guidance, military core enterprises and military supply chain financial service platform. The strategic choice of the three parties in the military supply chain financial information cooperation was analyzed. The research shows that the willingness of the three parties to cooperate has an impact on each other. Different government support methods have different degrees of impact on the military core enterprises and the military supply chain financial service platform, and the degree of information cooperation between the military core enterprises and the platform has a great impact on the platform.

Keywords: military supply chain finance; information cooperation; willingness to cooperate; degree of information cooperation