

创新型中小企业与商业银行 的演化博弈及信贷稳定策略研究

梁益琳 张玉明*

摘要：创新型中小企业融资难由来已久，特别是在以间接融资为主的金融环境下如何明晰银企关系，形成与之匹配的信贷策略，是化解企业融资约束的关键。本文首先建立银企演化博弈的理论框架，对创新型中小企业与商业银行的信贷行为演化过程及演化稳定性标准进行探讨，并从创新风险与监管奖惩两个维度构建银企演化博弈模型，分析两类群体在长期信贷博弈中的演化稳定策略。结果表明，银企双方均对高收益策略有模仿倾向，但创新型中小企业在与银行的长期合作中会对少数企业的违约行为具有抵御性；研发创业期企业所受融资约束最高，当且仅当创新成功率高于最小下限时，商业银行才考虑与企业发生信贷关系；政府、信用担保等外部力量与内生要素的相互制衡对实现银企信贷稳定状态具有重要作用。

关键词：创新型中小企业 融资约束 商业银行体系 演化博弈

一、引言

我国经济增长在产业升级和经济转型的推进下逐渐由“要素推动”向“创新推动”转变，具有核心竞争力的创新型中小企业群已成为经济发展之源。一般而言，创新型中小企业是指具有新技术、新产品、新商业模式等并以持续创新为基础的中小规模企业。该群体仅占到我国中小企业总数的 3%，却贡献了超过 50% 的创新成果，涉及生物医药、新能源、新材料、信息技术等高新技术产业（朱岩梅 2008）。但与之贡献不相符的是，创新型中小企业的融资困境由来已久，企业融资过程中所面临的约束程度远大于其他类型企业（Taplin, 2006），已严重制约了企业的投资行为甚至长期生存与发展（Gugler 2003; Arslan et al. 2006）。特别是该类型企业高风险、高投入、高效益与高失败率并存的特性导致其在不完美市场中的信息不对称程度更为严重（Myers and Majluf, 1984），随之产生的交易成本、信息成本、创新风险必然增加企业的融资成本，融资约束效应也就更为显著。

在我国金融市场不够发达、投融资环境并不成熟、中小板和创业板门槛过高、创业投资难以形成有效支持的情况下，依赖商业银行贷款在很长一段时期内仍将是创新型中小企业融资的主要渠道。这一点已被许多研究者通过实证研究得到检验（Baas and Schrooten 2005），并在日、德等银行主导型金融体制国家和美、英等证券市场主导型国家中得以实践。但在我国银行主导的金融体系中资源分配却极不平衡，投融资政策过分地向国有大型企业倾斜，商业银行在垄断优势下缺乏发放中小企业贷款的动力，2004 - 2008 年间中小企业贷款占金融机构总贷款比率还不足 1.5%。

基于以上状况，要对创新型中小企业信贷融资问题有更为深入本质的思考，必须对银企两类群体而非单一个体的演化发展过程和行为特点进行综合分析。本文的研究即以此为契机引入非理性下生物进化博弈理论，将复杂的银企信贷演化过程抽象为选择、模仿和突变三阶段，探讨创新型中小企业与商业银行在借贷过程中行为的变化轨迹并得出最终的演化稳定策略（ESS），试图回答银企双方如何在多次信贷合作中达成

* 梁益琳，山东大学管理学院，邮政编码：250100，电子信箱：lin0301@gmail.com；张玉明，山东大学管理学院，邮政编码：250100，电子信箱：ymzh3878@vip.sina.com。

本文得到国家社会科学基金项目“基于企业基因的创新型中小企业成长研究”（项目编号：11BJY078）和教育部人文社科研究规划基金项目“中国低碳自主创新模式选择与对策研究”（项目编号：10YJA630211）的资助。特别感谢匿名审稿人提出的宝贵建议，当然文责自负。

长期稳定的关系。本文以下部分的结构如下:第二部分对企业融资问题的已有研究进行回顾评述;第三部分解析银企演化博弈过程的作用机制及如何达到演化稳定状态;第四部分构建相应的演化博弈模型;第五部分对模型结果及其演化稳定性予以讨论;最后是主要结论和启示。

二、创新型中小企业信贷融资的研究评述

现有文献对创新型中小企业信贷融资的研究主要从两个方面进行:一方面根据中小企业自身的成长特性,从创新风险与企业融资可得性视角展开,另一方面从商业银行信贷策略及其关联的外部环境约束出发来进行研究。

(一)创新型中小企业的风险等级与融资特征

创新型中小企业的基本特征之一是高风险,特别是源自技术创新过程的不确定性、不可分割性及创新利润的非独占性。Asch(1995)指出创新型中小企业的这种高风险和高失败率,商业银行为之提供贷款的成本较高,甚至贷款的边际收益为零,使得该类企业通常被信贷机构忽视。因而与大企业相比,创新型中小企业面临着更大的盈利不确定性和波动性,具有更大的经营风险和财务风险,风险等级不一致的程度更为严重(张玉明,2006)。针对创新型中小企业融资风险的特殊性和复杂性,张捷(2003)认为主流学派的各种金融理论缺乏充分的解释力。而以Weston和Brigham(1978)、Berger和Udell(1998)为代表的根据企业规模、资金需求、信息约束条件等显性及隐性要素所构建并修正的金融生命周期模型恰好能够弥补主流理论的静态性缺陷,从长期和动态的角度分析企业不同成长阶段的风险等级、融资策略和融资结构。

具体而言,在企业研究开发和创业阶段,创新型中小企业面临三方面的巨大风险:一是高新技术不成熟的技术风险;二是产品研发能否成功及产品能否被接受的市场风险;三是管理风险。这两个阶段项目失败率很高,很难获得外源融资,企业资金来源主要以自有资金、创业者自筹、私人投资者等私人资本或风险资本为主。在企业早期及加速成长阶段,技术和产品逐渐符合市场需求,风险等级开始下降,随着市场的拓展和生产规模的扩大,企业资金需求迅速增长,该阶段的融资方式以内部融资和债务融资为主。企业进入稳定成熟阶段后,新技术和新产品已被市场接受,占有率不断扩大,风险等级降至很小。该阶段如果企业成长性突出,再加之企业规模扩大,可抵押资产增多,企业能够采取股权融资或来自商业银行等金融机构的债务融资方式开展资产经营活动。Berger和Udell(1998)对美国中小企业的融资结构变化进行实证研究发现,债务融资比率在企业成长过程中呈倒U型,结论符合金融成长周期理论。尽管在经济转轨时期我国中小企业的融资行为同样符合西方成熟国家的金融成长周期理论(陈晓红、刘剑,2006),但我国企业获得贷款的成长阶段却滞后很多,越是在研发创业和早期成长阶段获得银行贷款的可能性越小,难以满足创新型中小企业在整个生命周期对商业银行各项金融服务更迫切、更高层次的需求。

(二)创新型中小企业的信贷配给与银企博弈

已有研究普遍认为信息不对称是造成创新型中小企业信贷配给的主要原因,但从创新型中小企业和商业银行两类参与主体角度分析,信息不对称的作用机制又包含两个层面:第一个层面,信息不对称是融资需求和融资供给之间存在矛盾的本源,会影响到企业筹集外部资金的成本,内外融资成本的差异必然使企业面临不同程度的信贷融资约束(Rajan and Zingales,1998)。第二个层面,当商业银行对创新型中小企业的知识产权价值、信用状况、成长潜力很难做出判断时,银企双方的这种信息不对称,直接导致商业银行为避免逆向选择和道德风险严厉限制其贷款审批比例从而产生信贷配给现象(Stiglitz and Weiss,1981)。融资成本理论认为,由于中小企业与大企业相比单位贷款处理成本相对较高,规模不经济是商业银行在信贷紧缩时倾向拒绝中小企业信贷需求的另一原因(Martinelli,1997)。因而大型商业银行很难与创新型中小企业建立稳定的合作关系,中小商业银行更有利于为中小企业提供贷款(Jayaratne and Wollen,1999)。基于Stiglitz等学者提出的信贷配给理论,国外许多研究表明抵押和担保机制能够解决逆向选择问题并有效避免商业银行的信贷配给。但在我国产权交易市场还不发达的情况下,有效抵押担保资产不足及抵押条件的差异化反而成为创新型中小企业信贷配给的又一直接原因。

如何形成推动我国创新型中小企业持续发展的信贷策略逐渐成为研究关注的焦点。王霄和张捷(2003)较早认识到抵押品作为信贷配给机制是转型经济和金融欠稳定经济的一个重要特征,提出放松对信贷市场的准入管制,允许更多中小银行进入市场有助于降低信贷市场的企业规模门槛。特别是中小银行在收集中小企业“软信息”方面的优势,能够改进整个信贷市场的资金配置效率,起到缓解中小企业融资约束的作用(林毅夫等,2009)。晏露蓉等(2007)针对中小企业融资“担保难”问题提出整合企业和各金融资本中介的利益链条,创建担保机构风险、收益相匹配的商业模式。但袁增霆等(2010)认为在中国条块分割的背景下并不适宜发展各种

商业担保和政策性担保模式,最为有效的措施是建立征信体系提高商业银行的监管效率。

在定性分析的基础上利用博弈论分析银企信贷行为是采用较多的研究方法,莫万贵和杨明奇(2003)、王玥和秦学志(2008)等就通过建立不对称信息条件下动态博弈模型分析信贷风险及信贷配给现象的部分原因,探索性给出了银企双方实现共赢的有效策略集。但经典博弈理论在分析动态博弈时具有局限性,无法从根本上解决多重均衡问题,演化博弈理论的发展则能够有效弥补这一缺陷。近年来,演化博弈作为经济学的重要分析手段逐渐应用于金融体系创新(Lee,2007)、买卖双方担保与声誉机制(Guth,et al.,2007)、中小企业银行贷款与信用担保(梅强等,2009)等问题,特别是研究特定制度与技术条件下的群体行为选择。鉴于此,本文选择构建银企演化博弈模型,以期从银企微观行为的动态特性揭示在现有金融及政策环境下两类群体的整体均衡特性以及信贷策略选择。

三、银企演化博弈过程的理论解析

当创新型中小企业与商业银行的特定表现型的适应度依赖于其在该群体中的频率分布(Smith,1982)时,演化博弈理论就成为从银企双方行为演化角度思考信贷策略问题的一种有效方法。借助Weibull(1995)、Page和Nowak(2002)等关于演化博弈的研究文献,本文在这一部分将阐明创新型中小企业与商业银行如何在长期演化共存中达到稳定合作状态,同时也构成了后文分析的理论基础。

(一)银企演化博弈的理论框架

与经典博弈的完全理性假设和“先验”特性不同,演化博弈认为参与者包括银企双方并不拥有博弈结构和规则的全部知识,相反,参与者是只具有有限理性的,并且通常是通过某种传递机制而非理性选择获得相关策略(黄凯南,2009)。同时,演化博弈论中演化稳定性和动态适应等核心思想也深受达尔文的自然选择理论及诸多生物种群模型的影响。因此,这些特征决定了银企双方参与的演化博弈是在特定制度和环境条件下进行的具有特定结构和规则的双策略两群体直接博弈。

创新型中小企业和商业银行两类参与群体可以分别表示为 E 和 B , $K \geq 1$ 表示参与群体的数量,则 $E, B \in \{1, 2, \dots, K\}$ 。与参与群体对应的是该群体中参与人可选择的策略集合,用 S^E, S^B 表示 E, B 群体的策略集。针对创新型中小企业和商业银行相互博弈的两类群体,创新型中小企业可以选择及时还款或者逾期违约两种策略,商业银行则可以选择批准贷款或者拒绝贷款两种策略,以及在批准贷款后选择进行定期审查监督或不进行核查两种策略。从而可以设定群体 E, B 中选择策略 s_1 的比例分别为 P_1, Q_1 ($P_1, Q_1 \in [0, 1]$)。则选择策略 s_2 的参与者比例分别为 $P_2 = 1 - P_1, Q_2 = 1 - Q_1$ 。

依据上述设定,本文将创新型中小企业和商业银行两类不同质群体的非对称博弈策略空间分别表示为: $S^E = \{s_{11}, s_{12}\}; S^B = \{s_{21}, s_{22}\}$ 。则任意来自群体 E, B 的参与个体与对方任意参与个体进行博弈的收益结构表示为收益矩阵 $A, B: A = \{a_{ij}\}, 1 \leq i, j \leq 2; B = \{b_{ij}\}, 1 \leq i, j \leq 2$ 。当群体 E 中某一参与企业采取混合策略 $\alpha_1 = (x_1, 1 - x_1)^T$ 时,商业银行群体 B 中参与者采用的策略统计分布向量为 $s^B = \{Q_1, 1 - Q_1\}^T$,则群体 E 中该参与企业的收益期望为: $f(\alpha_1, s^B) = \alpha_1^T A s^B$ 。同理可得群体 B 中某商业银行的收益期望为: $f(\alpha_2, s^E) = \alpha_2^T A s^E$ 。

(二)银企博弈的演化过程:选择、模仿和突变机制

银企演化博弈模型重点在于研究策略频率的动态演化过程,认为非完全理性的银企双方能够通过搜集获取更多的信息而不断学习进化。因此,基于创新型中小企业的信贷演化特征,该博弈模型的演化过程可从自然选择机制、模仿机制和突变机制展开分析。

1. 选择机制

在选择机制阶段,无论是商业银行还是创新型中小企业均表现为较高期望收益的策略比期望收益占劣势的策略更具有适应性。当企业向商业银行申请贷款时,由于存在信息不对称情况,银行对企业的信贷行为特别是高风险创新项目的贷款决策、贷款管理等很难做出准确的判断,从而在流行性放贷宽松、放贷压力较大的时期屡屡在贷款订约前出现逆向选择。而企业在获得银行融资后以一定概率违约或不违约,其中违约又可分为主观违约和客观违约。尽管在一次静态博弈中唯一的纳什均衡是企业 and 银行选择{不贷款、失信},但银企博弈是重复多次的长期动态选择过程,因此如期还款应该是企业的最佳策略。基于上述分析,可建立由银企双方适应度决定的复制子动态模拟群体 E, B 的遗传效应和自然选择:

$$\dot{x}_i = x_i f_i^E(a_i, s^B) \quad (1)$$

$$\dot{y}_i = y_i f_i^B(b_i, s^E) \quad (2)$$

其中 x_i 和 y_i 分别表示创新型中小企业群体和商业银行群体在 t 时刻采用策略 i 的参与者数量, a_i 和 b_i

表示两类群体在 t 时刻采用策略 i 的收益值 f_i^E 和 f_i^B 是相应的适应度函数 在此用给定一个群体的策略分布下某一种策略带来的收益表示。因此群体 E 、 B 的总数是 $N = \sum_{i=1}^n x_i$ 和 $M = \sum_{i=1}^n y_i$ 将 $x_i = P_i N$ 、 $y_i = Q_i M$ 代入以上方程可得下式 其中 \bar{f}^E 、 \bar{f}^B 分别表示群体 E 、 B 的平均适应度:

$$\dot{P}_i = P_i [f_i^E(a_i, Q, M) - \bar{f}^E] \quad (3)$$

$$\dot{Q}_i = Q_i [f_i^B(b_i, P, N) - \bar{f}^B] \quad (4)$$

2. 模仿机制

模仿机制是对创新型中小企业和商业银行两类群体在现实经济活动中模仿行为的建模。每次博弈结束 银企双方会观察博弈的结果 并以一定频率对自身的表现及当前总体状态进行反思 从而决定下一时刻策略的选择概率。本文用 $r_i(P)$ 、 $r_i(Q)$ 表示运用策略 i 的参与者 E 、 B 的平均反思率 则通过反思参与者 E 、 B 由 i 策略转而采取 j 策略的概率记作 $\delta_i^E(P)$ 、 $\delta_i^B(Q)$ 。以创新型中小企业群体为例 如果该群体的参与者仅为单纯模仿其周围参与者的策略 那么在参与者的反思率与其当前收益呈线性递减的情形下:

$$r_i(P) = \alpha - \beta f_i^E(a_i, Q, M) \quad (\alpha, \beta \in R \quad \beta > 0 \quad \alpha/\beta \geq f_i^E(a_i, Q, M)) \quad (5)$$

其中 μ 表示在 $r_i(P) = 0$ 时参与者的收益值。根据上述推导得到选择动态为:

$$\dot{P}_i = \beta [f_i^E(a_i, Q, M) - \bar{f}^E] P_i \quad (\beta > 0 \quad \beta \in R) \quad (6)$$

当创新型中小企业群体中的参与者非单纯模仿 而是将自身收益与按一定概率抽取的参与者的收益进行比较 或根据某一策略的流行度加以判断时 考虑到较成功参与者的炫耀性或真实可见的收益 这些参与者从总体中被随机抽取到的可能性更大。从而某一参与者经过反思更有可能模仿当期收益最高的较成功企业 此时对某个 ε 、 $\phi \in R$ 有 $\delta_i^E(P) = \phi + \varepsilon f_i^E$ 使得 $\varepsilon > 0$ 那么选择动态是通过收益确定权重进行模仿复制的模型:

$$\dot{P}_i = \frac{\varepsilon}{\phi + \varepsilon \bar{f}^E} [f_i^E(a_i, Q, M) - \bar{f}^E] P_i \quad (\varepsilon, \phi \in R \quad \varepsilon > 0) \quad (7)$$

3. 突变机制

银企演化博弈的建模过程主要依赖于选择机制 突变机制的作用较为有限 多用于检验演化均衡的稳定性(Kaniovski and Young, 1995)。在复制子动态模型中引入参与主体的策略随机变动 就构成了相应的复制变异者模型:

$$\dot{P}_i = \sum_{j \neq i}^n [\varphi(i, j) P_j - \varphi(j, i) P_i] + P_i [f_i^E(a_i, Q, M) - \bar{f}^E] \quad (8)$$

$$\dot{Q}_i = \sum_{j \neq i}^n [\gamma(i, j) Q_j - \gamma(j, i) Q_i] + Q_i [f_i^B(b_i, P, N) - \bar{f}^B] \quad (9)$$

其中 $\varphi(i, j)$ 、 $\gamma(i, j)$ 分别表示群体 E 、 B 中策略 j 突变为策略 i 的概率 $\varphi(j, i)$ 、 $\gamma(j, i)$ 表示策略 i 转变为策略 j 的概率。 $\sum_{j \neq i}^n [\varphi(i, j) P_j - \varphi(j, i) P_i]$ 、 $\sum_{j \neq i}^n [\gamma(i, j) Q_j - \gamma(j, i) Q_i]$ 则分别表示两个群体突变机制对策略 i 的整体影响。

(三) 演化稳定性标准

现有研究对多个总体间互动的演化稳定性标准还未达成共识。本文参阅 Swinkels(1992) 的相对弱的演化稳定性标准 假设在每次互动发生时 从创新型中小企业和商业银行每个博弈方位置随机抽取一个参与个体 从而可得:

定义 1: 策略组合 s 是演化稳定的 如果对每一个策略组合 $s' \neq s$ 存在某一 $\bar{\sigma}_{s'} \in (0, 1)$ 使得对所有的 $\sigma \in (0, \bar{\sigma}_{s'})$ 和 $\omega = \sigma s' + (1 - \sigma) s$ 成立 则 $f_i(s_i, \omega_{-i}) > f_i(s'_i, \omega_{-i})$ ($i \in K$)。

定义 1 可解释为 策略组合 s 是演化稳定的 如果对每一个突变策略组合 $s' \neq s$ 存在入侵壁垒 $\bar{\sigma}_{s'}$ 使得如下情形成立: 如果 s' 所占比例较小 那么在进入群体 E 或 B 后的组合中 s_i 的表现要优于突变策略 s'_i 。由于相关文献(Selten, 1992) 已证实 即便是个总体的弱演化稳定性标准也只接受严格纳什均衡 因此在定义 1 的基础上进行规范限定 提出定义 2。

定义 2: 策略组合 s 是演化稳定的 当且仅当 s 是一个严格的纳什均衡。

群体 E 、 B 所构成的某一策略组合 s 如果满足定义 1、2 的要求 策略组合 s 可视为该银企博弈模型的演化稳定策略(ESS)。当银企双方分别采取 s 的相应策略 演化博弈模型最终趋于稳定 商业银行或创新型中小企业在对其他突变策略具有较好“免疫性”的同时 也可根据 ESS 及各自的博弈地位来调整彼此的行动策略。

四、银企演化博弈模型的构建

基于前述理论分析, 本文期望得到在融资约束下创新型中小企业与商业银行有限次重复博弈的演化稳定策略集。考虑到在现有的融资环境中, 商业银行对企业的信贷行为如贷款决策、贷款定价等受到信息不对称的严重影响以及银企间行为的动态性, 将创新型中小企业与商业银行间的演化博弈分为两个阶段, 如图 1 所示。在贷款申请阶段, 企业的策略集合包括申请贷款时机、贷款总额、期限特征等。由于信息不对称状况, 企业的贷款动机、所提供信息的真实性往往难以甄别, 银行需要通过观察它的行为采取对策。这种情形下, 越是风险高信用低的企业, 越有动机冒充成优质企业去申请贷款, 既达到提前筹资转嫁风险的目的, 又避免了后续融资难的问题(Flannery, 1986)。就银行而言为控制风险, 所选择的策略是在保证完成信贷任务和当期收益下尽可能惜贷, 并集中于优质客户。在银企博弈的第二阶段, 企业的策略集合包括按时还贷、主观违约、客观违约等。在法律约束不足的情况下, 逾期违约难以得到及时有效的监管, 并且企业要依赖滚动债务融资来不断获得资金, 因此威胁违约或继续申请获得新贷款是最优选择。而银行面对违约企业可选择变卖抵押资产或追讨担保人收回部分贷款本息, 而无法收回部分反映为银行不良贷款; 或者存在道德风险等因素选择允许企业借新还旧, 但是银行这种妥协策略将会被其他贷款到期企业观察模仿从而陷入被动。根据上述分析, 银企演化博弈模型的具体构建及分析如下。



图 1 银企演化博弈的多阶段分析

(一) 考虑创新风险下商业银行与创新型中小企业的演化博弈模型

当某一创新型中小企业 $E_i (i = 1, \dots, n)$ 有机会承担固定投入成本为 D 的项目时, 在信息不对称的前提下, 为使演化博弈模型的分析趋于简化且不失一般性, 提出下列假设: (1) 银行无法准确得知创新型中小企业 E_i 的风险类型, 只知道企业创新项目的平均成功率为 $\lambda_i (0 \leq \lambda_i \leq 1)$, 当项目成功时企业的投资收益率为 κ_i , 失败时投资收益为 0; (2) 企业的初始自有资金为 C_i , 通过商业银行融资获得贷款额度为 D , 满足 $D > C_i > 0$, 即自有资本无法满足项目资金需求, 企业的贷款成本为 BD , 贷款利率为 R , 贷款期限为 t , 银行的资金成本率为 R_0 ; (3) 当企业因项目失败等原因发生违约行为后, 如果企业无抵押物且银行未争取贷款恢复, 企业贷款收益为 D' , 如果企业以抵押担保形式贷款, 银行可通过抵押物或第三方担保人追加不良贷款收入 G , 满足 $C_i > G > 0$ 。因此构造商业银行与创新型中小企业的演化博弈模型如表 1。

表 1 银企双方演化博弈模型 I

创新型中小企业	商业银行		策略 2: 不贷款
	策略 1: 贷款		
	无抵押担保	有抵押担保	
策略 1: 逾期违约	$\lambda_i [D(1 + \kappa_i) + C_i] - BD, -DR_0$	$\lambda_i [D(1 + \kappa_i) + C_i - G] - BD, G - DR_0$	0 ρ
策略 2: 如期还款	$\lambda_i [D(\kappa_i - R(t)) + C_i] - BD, \lambda_i D(1 + R(t)) - DR_0$	$\lambda_i [D(\kappa_i - R(t)) + C_i] - BD, \lambda_i [D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0$	0 ρ

根据前述设定, 群体 E, B 中选择策略 s_1 , 即企业逾期违约和银行批准贷款的比例分别为 $P_1, Q_1 (P_1, Q_1 \in [0, 1])$, 则状态 $S = \{(s_1^E, s_2^E), (s_1^B, s_2^B)\} = \{(P_1, 1 - P_1), (Q_1, 1 - Q_1)\}$ 。因此根据表 1 在有抵押担保情况下创新型中小企业 E 采用策略 1、2 的适应度(期望收益)和平均适应度为:

$$f_1^E = Q_1 \{ \lambda_i [D(1 + \kappa_i) + C_i - G] - BD \} \quad (10)$$

$$f_2^E = Q_1 \{ \lambda_i [D(\kappa_i - R(t)) + C_i] - BD \} \quad (11)$$

$$\bar{f}^E = P_1 f_1^E + (1 - P_1) f_2^E \quad (12)$$

类似可得商业银行 B 采用策略 1、2 的适应度(期望收益)和平均适应度为:

$$f_1^B = P_1 (G - DR_0) + (1 - P_1) \{ \lambda_i [D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0 \} \quad (13)$$

$$f_2^B = 0 \quad (14)$$

$$\bar{f}^B = Q_1 f_1^B + (1 - Q_1) f_2^B \quad (15)$$

群体 E, B 在选择机制作用下会逐渐趋于选择和发展适应度高于群体平均适应度的策略, 从而群体 E, B

的复制者动态模型可具体表示为:

$$\dot{P} = P_1(f_1^E - \bar{f}^E) = P_1(1 - P_1)Q_1\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] \quad (16)$$

$$\dot{Q} = Q_1(f_1^B - \bar{f}^B) = Q_1(1 - Q_1)\{\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0 - P_1\lambda_i[D(1 + R(t)) - G]\} \quad (17)$$

上述复制者动态模型描述了创新型中小企业与商业银行信贷行为的演化过程。可见,仅当 $P_1 = 0, 1$ 或 $Q_1 = 0$ 时创新型中小企业群体中使用策略 1 的企业所占的比例是稳定的;仅当 $Q_1 = 0, 1$ 或 $P_1 = \{\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0\} / \lambda_i[D(1 + R(t)) - G]$ 时商业银行群体中使用策略 1 的银行所占比例是稳定的。因此可得到在考虑创新风险下的银企演化博弈模型在平面 $\{(Q_1, P_1) : 0 \leq Q_1, P_1 \leq 1\}$ 上存在五个局部均衡点: $E_1(0, 0)$ 、 $E_2(0, 1)$ 、 $E_3(1, 0)$ 、 $E_4(1, 1)$ 和 $E_5(0, \{\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0\} / \lambda_i[D(1 + R(t)) - G])$ 。

(二) 考虑监管与奖惩机制下商业银行与创新型中小企业的演化博弈模型

由模型 I 可知,创新型中小企业群体采取违约行为的概率取决于项目成功率 λ_i 、抵押资产状况、信用等级等诸多因素,而由于创新型中小企业规模小、资产不足、经营失败率高等特征使得这些因素同时具有极高的不确定性。因此,为有效防范企业出现逾期违约行为,在演化博弈模型 II 中商业银行群体可选择建立信贷监管与奖惩机制以加强对信贷业务全过程的监管控制,此时商业银行增加监管成本 U ,同时设置企业如果按期还款,会获得奖励 H ,如果出现违约骗贷现象,银行会给予资金、信用等严厉惩罚 $-H$,且惩罚成本 H 大于银行的监管成本 U 。则相应商业银行与创新型中小企业在有抵押担保方式下的演化博弈模型如表 2 所示。

表 2 银企双方演化博弈模型 II

创新型中小企业	商业银行	
	策略 1: 监管奖惩	策略 2: 不监管奖惩
策略 1: 逾期违约	$\lambda_i[D(1 + \kappa_i) + C_i - G] - BD - H, G + \lambda_i H - DR_0 - U$	$\lambda_i[D(1 + \kappa_i) + C_i - G] - BD, G - DR_0$
策略 2: 如期还款	$\lambda_i[D(\kappa_i - R(t)) + C_i + 2H] - BD - H,$ $\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0 - U$	$\lambda_i[D(\kappa_i - R(t)) + C_i] - BD,$ $\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0$

设定商业银行 B 中选择策略 1 即建立监管奖惩机制的比例为 V_1 ($V_1 \in [0, 1]$) ,则状态 $S^B = (s_1^B, s_2^B) = (V_1, 1 - V_1)$ 。同理,根据表 3 分别计算群体 E, B 采用策略 1、2 的适应度(期望收益)和平均适应度,可得到群体 E, B 的复制者动态模型。

$$\dot{P} = P_1(f_1^E - \bar{f}^E) = P_1(1 - P_1)\lambda_i[D(1 + R(t)) - G - 2HV_1] \quad (18)$$

$$\dot{V} = V_1(f_1^B - \bar{f}^B) = V_1(1 - V_1)(\lambda_i HP_1 - U) \quad (19)$$

此时模型 II 在平面 $\{(V_1, P_1) : 0 \leq V_1, P_1 \leq 1\}$ 上存在五个局部均衡点,分别为: $E_1'(0, 0)$ 、 $E_2'(0, 1)$ 、 $E_3'(1, 0)$ 、 $E_4'(1, 1)$ 和 $E_5'(\frac{[D(1 + R(t)) - G]}{2H, U/\lambda_i H})$ 。下面将采用局部稳定分析方法逐一分析模型 I、II 在考虑创新风险及监管奖惩机制时的系统稳定性。

五、模型结果分析

模型 I、II 的复制者动态模型给出了群体 E, B 的总体选择机制倾向和可能达到银企双方信贷行为稳定的局部均衡性位置。通过对这些均衡点的演化稳定性讨论,能够进一步得出群体 E, B 在博弈过程中最终所选择的策略集合以及这些策略面临突变机制下其他策略入侵时的抵抗能力。

(一) 模型 I 的演化稳定性分析

一般而言,企业抵押担保金额 G 只有大于商业银行的信贷成本 DR_0 即 $G > DR_0$ 时,商业银行才会考虑采取批准贷款策略。此时 $P_1 = \{\lambda_i[D(1 + R(t)) - G] + G - DR_0\} / \lambda_i[D(1 + R(t)) - G]$ 的取值在 $[0, 1]$ 区间范围之外,因此 E_5 不再属于局部均衡点。

根据模型假设,贷款额度 D 、自有资金为 C_i 及抵押担保额 G 之间关系满足 $D > C_i > 0$ 且 $C_i > G > 0$,从而可得 $D(1 + R(t)) > G$ 。据此可将模型 I 的复制子动态系统简化为: $\dot{P} = P_1(1 - P_1)Q_1X$ 和 $\dot{Q} = Q_1(1 - Q_1)(Y - P_1Z)$,其中 $X, Y, Z > 0$ 且 $X, Y, Z \in R$ 。这两个等式近似于多总体进入阻扰博弈的标准复制子动态(Weibull, 1995),可以得出 P_1 沿着平面 $[0, 1]$ 上的内点解轨道单点递减, Q_1 呈现先减后增的 U 型变化趋势,此时唯一的子博弈完美策略 $(P_1, Q_1) = (0, 1)$ 符合定义 1、2 的界定是一个渐进稳定的严格的纳什均衡,如图 2 所示。在初始状态时由于 P_1 处于一个较高的水平即创新型中小企业群体在创业初期因项目成功率 λ_i 因素需面临巨大的创新风险,企业的贷款违约率自然较高,导致商业银行体系对该类企业贷款申请的批准比例急剧下降选择不贷款策略。当 P_1 取值越来越小并最终为 0 时,表明博弈方创新型中小企业群体在反复多次

博弈过程中发现如期还款企业在长期发展中能得到更高的收益,因此最初选择违约的企业开始模仿信用等级高的企业选择如期还款策略。同时在不断演化的过程中企业历经创业期和成长早期经营状况和研发水平趋于稳定,项目成功率 λ_i 逐渐提高,企业的客观违约率也会逐渐下降。从而在两方面共同作用下,创新型中小企业群体的违约率最终下降为0,企业全部选择如期还款策略并逐渐达到稳定。此时,商业银行体系在企业诚信程度不断提升和违约比例不断下降的情况下必然会提高对创新型中小企业贷款的积极性和审批比例,从而达到双赢的局面。但值得注意的是,我国中小企业设立门槛较低,平均寿命仅为2.9岁,这意味着该群体中大部分企业实际难以逾越初创期的“死亡高峰”,违约率也就在相当长时期内无法达到模型I中的理想状态,整个群体的融资约束势必进一步加大,导致部分真正有培育和扶持潜力的创新型中小企业也无法从商业银行获得资金支持。

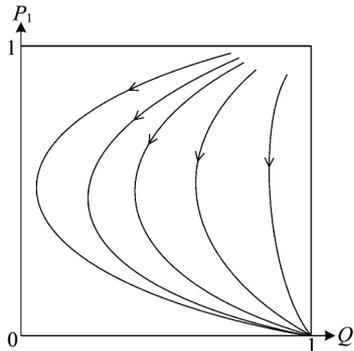


图2 模型I的复制动态过程

(二) 模型II的演化稳定性分析

尽管模型I在考虑企业创新风险的同时加入了对抵押担保的要求,但在非对称信息条件下商业银行仍无法保证企业按时还款。而且抵押担保型信贷配给主要淘汰的是无法满足抵押和担保临界值的中小企业,由于这些企业并非都是高风险借款人,这类贷款在为商业银行提供安全性的同时也可能会造成潜在经济收益的较大损失(王霄、张捷,2003)。因此,在模型II中设计监管和奖惩机制,以期达到有效甄别信贷风险信息激励企业提高项目成功率的目的。根据模型II的复制动态方程可得出,奖惩额度 H 和监管成本 U 的取值直接关系到模型最终的演化稳定性。

1. 当 $H < [D(1+R(t)) - G]/2$ 时, $V_1 = [D(1+R(t)) - G]/2H > 1$,此时 $E_5^*(U/\lambda_i H, [D(1+R(t)) - G]/2H)$ 不属于模型II的局部均衡点。考虑到项目成功率 λ_i 与模型稳定性的关系,又可分为两种情况分而述之:当 $\lambda_i < U/H$ 时,无论 V_1, P_1 在 $[0, 1]$ 区间上取何值, $\dot{V} < 0, \dot{P} < 0$,可得出 $E_2^*(0, 1)$ 是模型II中唯一的稳定点。这意味着当企业投资风险过高时,企业掩盖风险类型并逾期违约的可能性增大,致使商业银行在信贷风险和监管成本过大的局面下直接采取严格的惜贷策略。因此,只有在企业成功率高于最小取值下限时商业银行才会考虑与该类型企业发生信贷关系。当 $\lambda_i > U/H$ 时,通过局部稳定分析方法得到模型II的四个均衡点中只有 $E_4^*(1, 1)$ 是稳定点, $E_1^*(0, 0)$ 和 $E_2^*(0, 1)$ 是鞍点, $E_3^*(1, 0)$ 是不稳定均衡点,如图3(a)所示。从初始状态 E_3^* 点商业银行采取监管奖惩策略、企业选择如期还款,此时由于违约率为0,商业银行为减少监管成本逐渐减低监管核查比例。当部分企业在多次博弈中观察到商业银行的策略变化后开始选择违约骗贷以获取更高收益,整个过程违约比例 P_1 单调递增,当 P_1 大于 $U/\lambda_i H$ 时,商业银行迫于不良贷款压力不得不重新增加监管力度直至全部设立监管奖惩机制,才能逐渐达到演化稳定。

2. 当 $H > [D(1+R(t)) - G]/2$ 时, $V_1 = [D(1+R(t)) - G]/2H \in [0, 1]$ 。此时,当 $\lambda_i < U/H$ 时, $P_1 = U/\lambda_i H > 1$, E_5^* 仍不在平面 $\{(V_1, P_1) : 0 \leq V_1, P_1 \leq 1\}$ 内,模型II的稳定点 $E_2^*(0, 1)$ 与 $H < [D(1+R(t)) - G]/2$ 时相同。当 $\lambda_i > U/H$ 时,就创新型中小企业群体的复制动态方程而言,如果 $V_1 > [D(1+R(t)) - G]/2H, \dot{P} < 0$,选择违约的企业群体收益小于整个群体的平均收益, $P_1 = 0$ 将是一个演化稳定策略。这表明商业银行对企业违约的惩罚程度和监管比例超过 $[D(1+R(t)) - G]/2H$ 时,违约企业会通过模仿学习产生策略偏离,最终遵循该群体中大部分企业的进化轨迹选择按时还款。如果 $V_1 < [D(1+R(t)) - G]/2H$,同理可得 $P_1 = 1$ 则是该复制动态者模型的演化稳定策略。就商业银行的复制动态方程而言,如果 $P_1 < U/\lambda_i H, \dot{V} < 0$,采取监管奖惩机制的商业银行收益小于商业银行体系的平均收益, $V_1 = 0$ 是对应的演化稳定策略。这是由于在 $V_1 = 1$ 状态下,某一商业银行在一次博弈中选择不监管奖惩策略,其他银行就会通过模仿机制相继学习,并且 $V_1 = 0$ 能够免疫少数突变策略的入侵,最终达到稳定状态。如果 $P_1 > U/\lambda_i H$,可推导出 $V_1 = 1$ 是演化稳定策略。

上述分析如图 3(b) 所示,点(0, ρ) 应是银企关系期望的理想状态,但遗憾的是在该模型中创新型中小企业和商业银行双方最终没有形成演化稳定策略组合。在这一模拟进化博弈过程中,由于银行的奖惩力度 H 较大,企业都趋于选择如期还款,此时商业银行逐渐倾向于采取不监管奖惩的策略,于是企业群体中“理性”个体为追求利益最大化必然随之增加违约的概率,所以在不断反复循环下模型始终不会到达点(0, ρ)。这也充分说明构建稳定的银企关系除设立完善监管奖惩机制外,还需要政府、信用担保机构等外部中介力量的加入和制衡,推动创新型中小企业向 $P_1 = 0$ 的演化稳定状态发展。

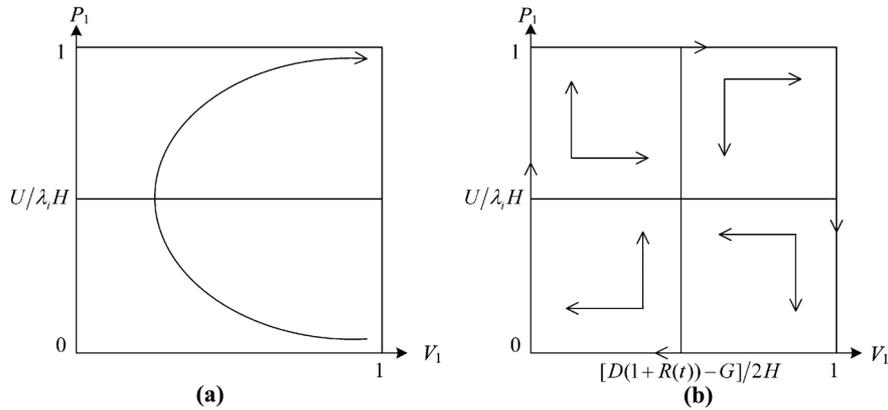


图 3 模型 II 的复制动态过程

六、结论与启示

迄今为止有关中小企业融资约束的研究虽已取得显著成果,但很少专门涉及以新技术、新产品、新商业模式等为主要特征的创新型中小企业。本文在对银企信贷演化过程进行理论分析的基础上,分别构建考虑创新风险及银行监管奖惩机制下的演化博弈模型,分析创新型中小企业与商业银行在信贷博弈过程中的群体进化过程和演化稳定策略。研究发现,创新型中小企业和商业银行两类群体均对高收益策略有模仿倾向,但创新型中小企业群体在与商业银行的长期演化合作中对少数企业的违约行为具有抵御性;由于风险等级、违约概率与商业银行的贷款比例负向关联,创新型中小企业在研发期和创业期所受融资约束程度最高,当且仅当项目成功率 λ_i 高于最小下限值时商业银行才会考虑与企业发生信贷合作;在缺乏外部力量制约的情况下,仅依赖中小企业诚信意识和商业银行监管机制等内生要素,银企信贷博弈模型无法达到演化稳定状态。

本文的研究意味着,在不断提高创新型中小企业研发成功率、抗风险能力及经营管理水平的同时,更要重视商业银行对科技创新产业化中后期的资金支持,加快我国商业银行体系的改革,以更好地促进创新型中小企业的成长。首先,要根据创新型中小企业在各个成长阶段不同的融资需求构建多层次金融支持体系,尤其是加大中小金融机构的信贷支持力度。前述理论研究及模型分析已证实中小银行因其天然的信息优势和成本优势更适宜选择中小企业为主要信贷对象。但中国人民银行统计数据显示,截至 2009 年中小企业贷款仍以依赖国有、股份制商业银行为主,城市商业银行、城市信用社等中小金融机构所占份额不足 30%,且贷款形式单一。可见中小金融机构近年来的发展并未与理论预期一致,因此如何强化金融创新、提供多元化融资服务是现阶段亟待解决的课题。其次,借助政府及金融中介的外力作用,进一步健全和完善企业信用信息共享体系,降低商业银行的信息不对称程度,促进银企信贷关系向长期稳定状态发展。最后,在形成有效的企业信用体系和银行监管机制的前提下,商业银行应积极探索、创新介入企业研发期和创业期的路径与方式。特别是在我国建设创新型国家及产业结构向技术密集型转变的背景下,商业银行一方面应当有所作为,另一方面对创新型中小企业的创业投资一旦成功,不仅扩大了新的利润增长点,也为其后期进入奠定基础。

本文的研究主要通过演化博弈模型分析创新型中小企业与商业银行间的信贷稳定策略。然而随着我国金融环境不断变化和成熟,银企双方必将面对新的制度安排和行为选择。未来的研究可以进一步检验博弈结构、行为偏好、模仿规则的改变对创新型中小企业与商业银行两类群体间信贷关系及演化稳定性的影响程度。

参考文献:

1. 陈晓红、刘剑 2006 《不同成长阶段下中小企业融资方式选择研究》,《管理工程学报》第 1 期。
2. 黄凯南 2009 《演化博弈与演化经济学》,《经济研究》第 2 期。
3. 林毅夫、孙希芳、姜烨 2009 《经济发展中的最优金融结构理论初探》,《经济研究》第 8 期。
4. 莫万贵、杨明奇 2003 《我国信贷市场的风险与效益分析——一个博弈论的视角》,《国际金融研究》第 7 期。
5. 梅强、马国建、杜建国 2009 《中小企业信用担保路径演化研究》,《系统工程学报》第 3 期。

6. 王霄、张捷 2003 《银行信贷配给与中小企业贷款——一个内生性抵押品和企业规模的理论模型》，《经济研究》第7期。
7. 王玥、秦学志 2008 《双重违约风险下的银企共赢信用机理研究》，《运筹与管理》第6期。
8. 晏露蓉、赖永文、张斌 2007 《创建合理高效的中小企业融资担保体系研究》，《金融研究》第10期。
9. 袁增霆、蔡真、王旭祥 2010 《中国小企业融资难问题的成因及对策》，《经济学家》第8期。
10. 张捷 2003 《结构转换期的中小企业金融研究——理论、实证和国际比较》经济科学出版社。
11. 张玉明 2006 《信息风险契约与中小企业融资》，《复旦学报(社会科学版)》第2期。
12. 朱岩梅 2008 《比较优势战略对中国经济发展局限性的研究》，《中国软科学》第8期。
13. Arslan, O., C. Florackis, and A. Ozkan. 2006. "The Role of Cash Holdings in Reducing Investment - cash Flow Sensitivity: Evidence from a Financial Crisis Period in an Emerging Market." *Emerging Markets Review*, 7(4): 320 - 338.
14. Asch, L. 1995. "How the RMA/Fair, Isaac Credit - Scoring Model Was Built." *Journal of Commercial Lending*, 77(10): 10 - 16.
15. Baas, T., and M. Schrooten. 2005. *Relationship Banking and SMEs: A Theoretical Analysis*. Berlin: German Institute of Economic Research.
16. Berger, A. N., and G. F. Udell. 1998. "The Economics of Small Business Finance: The Roles of Private Equity and Debt Markets in the Financial Growth Cycle." *Journal of Banking and Finance*, 22(6-8): 613 - 673.
17. Flannery, M. J. 1986. "Asymmetric Information and Risky Debt Maturity Choice." *Journal of Finance*, 41(2): 19 - 37.
18. Fudenberg, D. and D. K. Levine. 1998. *The Theory of Learning in Games*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
19. Gugler, K. 2003. "Corporate Governance and Investment." *International Journal of the Economics of Business*, 10(3): 261 - 289.
20. Güth, W., Mengerl, F., and A. Ockenfels. 2007. "An Evolutionary Analysis of Buyer Insurance and Seller Reputation in Online Markets." *Theory and Decision*, 3 (November): 265 - 282.
21. Jayaratne, J., and J. Wollen. 1999. "How Important Are Small Banks to Small Business Lending?" *Journal of Banking and Finance*, 23(February): 427 - 458.
22. Kaniovski, Y. M., and H. P. Young. 1995. "Learning Dynamics in Games with Stochastic Perturbations." *Games and Economic Behavior*, 11(2): 330 - 363.
23. Lee, C. K. 2007. "Analysis on the Evolutionary Game of Innovative Financial System." *Journal of American Academy of Business*, 5(1): 338 - 343.
24. Martinelli, C. 1997. "Small Firms, Borrowing Constraints, and Reputation." *Journal of Economic Behavior and Organizations*, 33(5): 22 - 27.
25. Myers, S. C., and N. Majluf. 1984. "Corporate Financing and Investment Decisions When Firms Have Information that Investors Do Not Have." *Journal of Financial Economics*, 13(2): 187 - 221.
26. Page, K. M., and M. A. Nowak. 2002. "Unifying Evolutionary Dynamics." *Journal of Theoretical Biology*, 219(1): 93 - 98.
27. Rajan, R., and L. Zingales. 1998. "Financial Dependence and Growth." *American Economic Review*, 88(3): 559 - 586.
28. Samuelson, L. 1993. "Does Evolution Eliminate Dominated Strategies?" In *Frontiers of Game Theory*, ed. Kenneth G. Binmore, Alan P. Kirman and Piero Tanni, 213 - 236. Cambridge, MA: MIT Press.
29. Selten, R. 1992. "Evolution, Learning, and Economic Behavior." *Games and Economic Behavior*, 3(1): 3 - 24.
30. Smith, J. M. 1982. *Evolution and the Theory of Games*. Oxford: Oxford University Press.
31. Stiglitz, J., and A. Weiss. 1981. "Credit Rationing in Markets with Imperfect Information." *American Economic Review*, 71(3): 393 - 410.
32. Swinkel, J. 1992. "Evolutionary Stability with Equilibrium Entrants." *Journal of Economic Theory*, 57(2): 306 - 332.
33. Taplin, R. 2006. "Managing Funding for Innovative European SMEs." *Engineering Management Journal*, 16(1): 18 - 21.
34. Weibull, J. W. 1995. *Evolutionary Game Theory*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
35. Weston, J. F., and E. F. Brigham. 1978. *Managerial Finance*. Illinois: The Dryden Press.

Research on Evolutionary Game and Credit Stable Strategies between Innovative SMEs and Commercial Banks

Liang Yilin and Zhang Yuming

(School of Management , Shandong University)

Abstract: Innovative small and medium enterprises (Innovative SMEs) have been facing financing difficulties for a long time. Especially in the indirect financing dominate environment , it is the key of solving innovative SMEs' financing constraints that how to clarify bank - enterprise relationship and put forward reasonable credit strategies. Based on the theoretical framework of evolutionary game between banks and enterprises , this paper analyzes the evolutionary process of credit behavior of innovative SMEs and commercial banks , and proposes the strategies of evolutionary stability. Then , this paper establishes evolutionary game models of banks and enterprises from two dimensions of innovative risk and supervision , and discusses two groups' evolutionary stable strategies in the process of long credit game. This paper reveals several results. First , although both banks and enterprises have the tendency to imitate the high profit strategy , innovative SMEs can resist few companies' breach of contract. Second , innovative SMEs in the R&D and pioneering period suffer the highest degree of financing constraints. So commercial banks build up the credit relations with innovative SMEs only if the success rate of innovation is higher than minimum lower limit. Third , in order to reach the steady state , evolutionary game of banks and enterprises have to depend on the mutual restriction of endogenous factors and external strength including government and financial intermediaries.

Key Words: Innovative Small and Medium Enterprises; Financing Constraints; Commercial Bank System; Evolutionary Game

JEL Classification: M21 , C73 , G21

(责任编辑: 孙永平、陈永清)