

# IPO 市场中风险投资家策略的演化博弈分析<sup>①</sup>

郑君君<sup>1</sup>, 韩笑<sup>1</sup>, 邹祖绪<sup>1</sup>, 范文涛<sup>2</sup>

(1. 武汉大学经济与管理学院, 武汉 430072;

2. 中国科学院武汉物理与数学所, 武汉 430071)

**摘要:** 在 IPO 市场中, 由于风险投资家和外部投资者之间存在事前信息不对称, 导致风险资本退出过程中普遍存在逆向选择问题, 而声誉的激励效应和监督机制的惩罚效应可以减轻和规避此类问题. 运用演化博弈理论与方法, 研究了具有有限理性的不同类型风险投资家与外部投资者之间策略选择的互动机制, 探讨了声誉的激励效应和监督机制的惩罚效应对不同风险投资家的有效性, 及其如何引导和制约风险投资家的策略选择, 并给出了相关建议, 为解决风险投资中的逆向选择问题提供了理论依据.

**关键词:** 逆向选择; 演化博弈; 复制动态方程

**中图分类号:** F224.9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1007-9807(2012)02-0072-11

## 0 引言

当风险企业运作相对成熟时, 风险投资家将会退出所投资的风险企业. 风险资本退出主要有 4 种方式: 首次公开发行 (initial public offering, 简称 IPO)、兼并与收购、回购和清算. 其中 IPO 是最常见的风险投资退出方式. 在 IPO 时期, 风险资本的退出交易主要涉及两方主体: 风险投资家 (venture capitalist, 简称 VC) 和外部投资者. 由于外部投资者缺少必要的信息和相关的专业知识, 在评价 VC 所投资的风险企业时面临着严重的信息不对称问题, 而风险投资家则相对拥有更多关于风险企业的信息, 其可能利用自身的信息优势而采取损害外部投资者利益的行为, 这样就导致了逆向选择问题.

国内外学者关于风险投资领域的逆向选择问题展开了大量的研究并取得了丰富的成果. Amit 等<sup>[1]</sup>认为当风险投资者对风险企业家的能力和

项目质量无法确定时, 只能根据市场情况对所有项目给出平均价格期望, 而这一价格水平不能为优秀风险项目所接受, 势必导致风险投资市场上优秀风险项目退出, 留下来的是劣质风险项目, 为了解决此问题引入了信息甄别机制, 通过考察风险企业家资历以及投资建议书的水平等信号来识别风险企业家及项目的真实类型. Chan 等<sup>[2]</sup>针对风险企业家能力的不确定性且随着项目的不断进行价值信息会越来越多地得以揭示这一事实提出了风险投资家与风险企业家之间的两期代理模型, 认为随着项目的进展, 企业家能力信息不断得以揭露从而决定第 2 阶段风险项目的控制主体. Gompers<sup>[3]</sup>通过对美国 795 家获得风险投资的企业进行实证研究发现, 风险投资机构对企业平均进行两阶段的投资能够在一定程度上克服逆向选择及道德风险问题, 这一发现也证明了 Chan 的结论. Bergemann 和 Hege<sup>[4]</sup>通过扩展 Chan 的两期代理模型提出了更为一般的动态代理模型, 认为

① 收稿日期: 2010-07-12; 修订日期: 2011-03-08.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (71071120)

© 2012 管理科学学报. All rights reserved. http://www.cnki.net

作者简介: 郑君君 (1966—), 女, 湖北松滋人, 博士, 教授. Email: 99zhengjunjun@163.com

风险项目控制权的动态分配能够作为甄别风险企业家的手段,有效地避免逆向选择的发生.国内学者曾勇等<sup>[5]</sup>综述了国内外关于风险投资领域的合约订立及治理机制的研究成果,指出风险投资家通过阶段性的风险资本投入以及合约订立能够较为有效地缓解其与风险企业家之间的委托代理冲突.刘长贤等<sup>[6]</sup>研究了代理人的生产成本为非对称信息的情况下,委托人如何设计最优合约来引诱代理人真实地汇报自己的成本信息的问题.结果表明:委托人的事前信念会影响到最优合约的参数配置;委托人的信息缺失会使其遭受一定的损失,而低成本类型的代理人将能获得额外的信息租金.袁锋等<sup>[7]</sup>构建了风险企业技术声誉信号传递模型,并在此模型框架下研究分离精炼贝叶斯均衡,得出了技术声誉能够作为风险企业能力的评价信号从而规避因逆向选择引发的市场失灵这一结论.金永红等<sup>[8]</sup>以不同能力的风险企业家对风险企业的控制权和剩余索取权关注程度不同为出发点,证明了具有不同能力的风险企业家之间存在唯一的分离均衡并据此建立了风险投资分离均衡式契约安排模型,该模型能在一定程度上规避逆向选择的发生.

可以发现,国内外学者在研究风险投资领域逆向选择问题时,大多针对的是风险投资家与风险企业家之间的逆向选择问题,而较少研究外部投资者与风险投资家之间的逆向选择问题.另外,针对风险投资逆向选择问题的研究多是在传统博弈<sup>[9-10]</sup>的理论框架下,以信号传递模型和信息甄别模型作为理论基础进行风险投资契约的设计与安排.大多数研究都是在绝对理性的假设前提下,从静态的角度出发提出防范和规避逆向选择措施的,尚未讨论这些措施是如何使代理人的决策行为随着不断模仿学习较优策略而使其自身行为决策发生变化的情况.事实上,现实生活中的代理人往往由于认知能力的限制仅具有有限理性,难以在一次事件中做出最优决策,而是通过模仿学习较优策略、不断改进自身的策略选择,使其在 IPO 市场上具有更高的环境适应性<sup>[11]</sup>.因此,与以往的研究不同,本文将运用演化博弈理论和方法,动

态地分析讨论声誉的激励效应和监督机制的运用对风险投资家和外部投资者策略选择的影响,进而找出影响策略选择的关键因素,从而有效地解决风险投资退出过程中的逆向选择问题.

## 1 背景简介及基本假设

由于 IPO 市场中的信息不对称,外部投资者无法了解到风险企业的真实质量而遭受到逆向选择的困扰.对于风险投资家来说,通过声誉向外部投资者传递信号可以使自身收益得到提高,并使投资更加高效,能够在一定程度上减轻逆向选择问题.

假设在 IPO 市场上存在两种风险投资家:有声誉的和无声誉的 VC.同时,市场上还存在两种类型的风险企业:高质量的风险企业  $h$  和低质量的风险企业  $l$ ,且两种类型的风险企业的真实价值分别为  $V_h$  和  $V_l$ .根据先验概率可知,市场上高质量风险企业所占比例为  $\eta$ ,低质量风险企业所占比例为  $1 - \eta$ .但是实际上每个 VC 所拥有的高质量企业比例是有差异的,此差异是由 VC 自身能力、投资额度等引起,即 VC 所拥有高质量企业的比例直接反映出他们综合实力的差异.假设 VC 所拥有的高质量企业比例为  $m$ , $m$  是 VC 综合实力的增函数,即 VC 的综合实力越强,其所拥有的高质量企业越多.

这些 VC 有两种退出资本的策略:一是在 IPO 时期(本文称为  $t = 1$  期)卖出风险企业的股份;二是在 IPO 之后的时期(即再融资时期,本文称为  $t = 2$  期)卖出股份.当 VC 在  $t = 1$  期卖出股份时,由于外部投资者无法了解到风险企业的真实信息,企业质量无法获知,所以对于无声誉的 VC,这些理性的外部投资者只愿支付市场平均价格  $\bar{V} = \eta V_h + (1 - \eta) V_l$ ,然而对于有声誉的 VC 所拥有的高质量风险企业,外部投资者愿意支付真实价值  $V_h$  进行购买;当 VC 在  $t = 2$  期卖出股份时,随着时间的推移信息逐渐被揭露,所有的信息不对称都已消失,风险企业将以真实价值被卖出.但是,由于资金具有时间价值, $t = 2$  期卖出的风险企业的

价值被打折了折扣,设此折扣因子为  $\sigma(0 < \sigma < 1)$ ,其中  $\sigma$  越大意味着风险投资家越看重风险资本的流动, $\sigma$  越小表示风险投资家越偏好 IPO 时期的收益<sup>[12]</sup>,高质量企业所得到的价格为  $\sigma V_h$ ,低质量企业所得到的价格为  $\sigma V_l$ .

由以上假设可知  $V_h > \bar{V} > V_l > \sigma V_l$ ,  $V_h > \sigma V_h$ .

基于以上假设,可以分别得到有声誉和无声誉 VC 的决策收益矩阵,见表 1 和表 2.

表 1 有声誉 VC 的收益矩阵

Table 1 Payoff matrix of reputable VC

高质企业	低质企业	
	$t = 1$ 期卖出	$t = 2$ 期卖出
$t = 1$ 期卖出	$V_h, V_l$	$V_h, \sigma V_l$
$t = 2$ 期卖出	$\sigma V_h, V_l$	$\sigma V_h, \sigma V_l$

表 2 无声誉 VC 的收益矩阵

Table 2 Payoff matrix of non-reputable VC

高质企业	低质企业	
	$t = 1$ 期卖出	$t = 2$ 期卖出
$t = 1$ 期卖出	$\bar{V}, \bar{V}$	$\bar{V}, \sigma V_l$
$t = 2$ 期卖出	$\sigma V_h, \bar{V}$	$\sigma V_h, \sigma V_l$

由收益矩阵可知,对于有声誉的 VC,在  $t = 2$  期卖出低质企业是强劣战略,即理性的有声誉 VC 将永远不会选择此战略.又因为  $V_h > \sigma V_h$ ,所以有声誉 VC 将会在  $t = 1$  期卖出高质和低质的企业,此战略组合是有声誉 VC 的最优退出战略组合,此战略的收益组合为  $(V_h, V_l)$ .由此可得,在一次退出阶段中有声誉 VC 的平均收益为  $R = mV_h + (1 - m)V_l$ .

当  $\bar{V} > \sigma V_h$  时,可得

$$\sigma_0 = \frac{V_l}{V_h} + \eta(1 - \frac{V_l}{V_h}) > \sigma$$

此博弈达到一个均衡,即无声誉 VC 的最优策略组合为在  $t = 1$  期卖出高质量和低质量的企业,此均衡称为混同均衡,其中  $\sigma < \sigma_0$  是达到此均衡的必要条件.在混同均衡时,无声誉 VC 的收益组合为  $(\bar{V}, \bar{V})$ ,其获得的平均收益为

$$R^{mix} = m\bar{V} + (1 - m)\bar{V} = \bar{V}$$

当  $\bar{V} < \sigma V_h$  时,可得

$$\sigma_0 = \frac{V_l}{V_h} + \eta(1 - \frac{V_l}{V_h}) > \sigma$$

此博弈达到另一个均衡,即无声誉 VC 的最优策略组合为在  $t = 2$  期卖出高质企业,在  $t = 1$  期卖出低质企业,此均衡称为分离均衡,其中  $\sigma > \sigma_0$  是达到此均衡的必要条件.在分离均衡时,无声誉 VC 的收益组合为  $(\sigma V_h, \bar{V})$ ,其获得平均收益为

$$R^{sep} = m\sigma V_h + (1 - m)\bar{V}$$

为了便于分析和避免过于冗长,本文只研究在混同均衡下各方策略的演化过程.

若声誉对 VC 产生激励,则在混同均衡下需要满足  $R > R^{mix}$ .

由上可得  $m > \eta$ ,即当 VC 所拥有的高质量企业比例大于市场的平均比例时,声誉才能发挥激励效应,换言之,声誉只对综合实力高于市场平均水平的 VC 具有激励作用,而对于综合实力较低的 VC 则激励无效,所以下文将 VC 分为强势(即综合实力较强)和弱势(即综合实力较弱)两种类型进行分析讨论.

## 2 强势风险投资家策略选择的演化博弈分析

假设在 IPO 市场中,对于拥有较强综合实力的 VC,存在无声誉 VC 和有声誉 VC 两个群体,且双方都具有有限理性,他们随机组合进行博弈,其策略集合分别为  $S_1 = \{ \text{建立声誉, 不建立声誉} \}$  和  $S_2 = \{ \text{保持声誉, 撒谎欺骗} \}$ .一般而言,无声誉 VC 在 IPO 市场上退出风险投资时可以通过两种途径建立声誉,一种是完成一次具有较高收益率的 IPO,另一种是在 IPO 市场上放弃欺骗定价的投机行为,真实地报告风险企业的质量.混同均衡下博弈主体的收益矩阵见表 3.

表 3 VC 的收益矩阵

Table 3 Payoff matrix of non-reputable VC and reputable VC

无声誉 VC	有声誉 VC	
	保持声誉	撒谎欺骗
建立声誉	$R - C_1, R$	$R - C_1, R^{mix}$
不建立声誉	$R^{mix}, R$	$R^{mix}, R^{mix}$

表中,  $C_1$  是无声誉 VC 建立声誉所需要耗费的成本, 此项成本不仅包括无声誉 VC 为履行承诺而付出的代价, 如放弃投机行为的机会成本等, 还包括在业界宣传声誉所耗费的费用, 如公关费、广告费等. 为了保证声誉效应发挥作用, 须满足  $R - C_1 > R^{\text{mix}}$ , 即  $C_1 < R - R^{\text{mix}}$ .

假设在 VC 群体中, 建立声誉的 VC 所占比例为  $a$ , 保持声誉的 VC 所占比例为  $b$ . 对于无声誉 VC 而言, 采用“建立声誉”和“不建立声誉”策略对应的收益分别为  $U_n^a$  和  $U_n^{1-a}$ , 混合策略的期望收益为  $EU_n$ , 则

$$\begin{aligned} U_n^a &= (R - C_1)b + (R - C_1)(1 - b) \\ &= R - C_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_n^{1-a} &= R^{\text{mix}}b + R^{\text{mix}}(1 - b) \\ &= R^{\text{mix}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EU_n &= (R - C_1)a + R^{\text{mix}}(1 - a) \\ &= R^{\text{mix}} + (R - C_1 - R^{\text{mix}})a \end{aligned}$$

有声誉 VC 采用“保持声誉”和“撒谎欺骗”策略对应的收益分别为  $U_h^a$  和  $U_h^{1-b}$ , 混合策略的期望收益为  $EU_h$ , 则

$$U_h^b = Ra + R(1 - a) = R$$

$$U_h^{1-b} = R^{\text{mix}}a + R^{\text{mix}}(1 - a) = R^{\text{mix}}$$

$$\begin{aligned} EU_h &= Rb + R^{\text{mix}}(1 - b) \\ &= R^{\text{mix}} + (R - R^{\text{mix}})b \end{aligned}$$

于是, 可得无声誉 VC 选择“建立声誉”策略的复制动态方程<sup>[13]</sup>为

$$\begin{aligned} \frac{da}{dt} &= F(a) = a(U_n^a - EU_n) \\ &= a[(R - C_1 - R^{\text{mix}}) - \\ &\quad a(R - C_1 - R^{\text{mix}})] \\ &= a(1 - a)(R - C_1 - R^{\text{mix}}) \end{aligned} \quad (1)$$

有声誉 VC 选择“保持声誉”策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned} \frac{db}{dt} &= G(b) = b(U_h^b - EU_h) \\ &= b[(R - R^{\text{mix}}) - b(R - R^{\text{mix}})] \\ &= b(1 - b)(R - R^{\text{mix}}) \end{aligned} \quad (2)$$

由式(1)和(2)可分别解出  $a_1^* = 0$ ,  $a_2^* = 1$ ,  $b_1^* = 0$ ,  $b_2^* = 1$  四个可能的稳定状态. 根据微分方

程的稳定性定理判断, 可知  $a_2^* = 1$ ,  $b_2^* = 1$  分别是博弈双方的演化稳定策略 (evolution stable strategy, 即 ESS), 即经历长期演化后, 具有有限理性的有声誉风险投资家选择继续保持声誉策略, 无声誉的风险投资家选择建立声誉策略. 博弈双方的复制动态相位图见图 1.

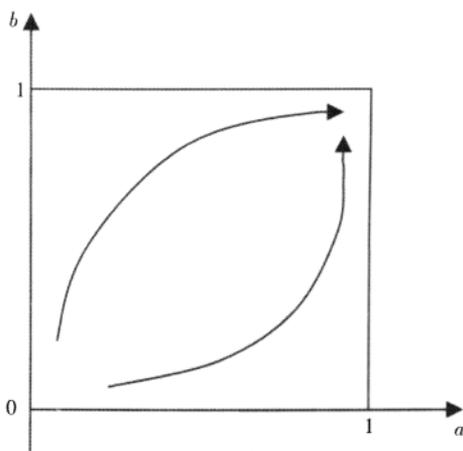


图 1 博弈两群体复制动态的关系和稳定性

Fig. 1 Dynamic replication and stability between two groups

### 3 弱势风险投资家和外部投资者策略选择的演化博弈分析

对于综合实力较低的风险投资家而言, 由于其拥有的高质企业的比例  $m$  小于市场上的平均比例  $\eta$ , 有声誉时的收益低于无声誉时的收益, 所以声誉对弱势 VC 无激励, 在无其他激励和约束的条件下, 有声誉 VC 将无动力保持声誉从而逐渐转化为无声誉 VC, 同时无声誉 VC 将会把低质量企业投入市场, 逆向选择难以避免, 最终市场萎缩, 市场厚度降低.

针对上述问题, 外部投资者应加强监督力度并对撒谎 VC 进行惩罚. 以下将借鉴文献<sup>[14, 15]</sup>的分析思路对弱势 VC 的策略选择和外部投资者的策略选择进行演化博弈研究.

#### 3.1 演化博弈模型的建立

在此博弈中, 假设  $\varepsilon$  表示 VC 揭示风险企业价值的程度,  $\gamma$  表示 VC 撒谎欺骗的程度,  $\hat{\beta}$  表示外部投资者自身的能力,  $P$  表示惩罚力度,  $\beta$  表示监督

力度  $C(i)$   $i = \varepsilon, \gamma, \beta$ , 表示付出的成本  $R(j)$ ,  $j = \varepsilon, \gamma, \tilde{\theta}$  表示获得的收益.

对于 VC 而言, 当其采取如实揭示的策略时, 不管外部投资者是否监督, VC 的收益均为  $R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$ ; 当 VC 采取欺骗的策略时, 若外部投资者对其监督, VC 的收益为  $R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2$ , 其中  $P\gamma^2$  表示 VC 的行为被揭示所遭受的惩罚, 若外部投资者不对其进行监督, VC 的收益为  $R(\gamma) - C(\gamma)$ .

对于外部投资者而言, 当其选择监督策略时,

表 4 非对称收益矩阵

Table 4 Asymmetric payoff matrix

VC	外部投资者	
	监督	不监督
如实揭示	$R(\varepsilon) - C(\varepsilon), R(\tilde{\theta}) - C(\beta)$	$R(\varepsilon) - C(\varepsilon), R(\tilde{\theta})$
欺骗	$R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2, R(\tilde{\theta}) - C(\beta) + P\gamma^2$	$R(\gamma) - C(\gamma), R(\tilde{\theta})$

$$\begin{aligned}
 U_{VC}^x &= [R(\varepsilon) - C(\varepsilon)]y + [R(\varepsilon) - C(\varepsilon)](1 - y) = R(\varepsilon) - C(\varepsilon) \\
 U_{VC}^{1-x} &= [R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2]y + [R(\gamma) - C(\gamma)](1 - y) = R(\gamma) - C(\gamma) - yP\gamma^2 \\
 EU_{VC} &= [R(\varepsilon) - C(\varepsilon)]x + [R(\gamma) - C(\gamma) - yP\gamma^2](1 - x) \tag{4}
 \end{aligned}$$

外部投资者采用“监督”和“不监督”策略对应的收益分别为  $U_{IN}^y$  和  $U_{IN}^{1-y}$

$$\begin{aligned}
 U_{IN}^y &= [R(\tilde{\theta}) - C(\beta)]x + \\
 & [R(\tilde{\theta}) - C(\beta) + P\gamma^2](1 - x) \\
 &= R(\tilde{\theta}) - C(\beta) + P\gamma^2 - xP\gamma^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{IN}^{1-y} &= R(\tilde{\theta})x + R(\tilde{\theta})(1 - x) = R(\tilde{\theta}) \\
 EU_{IN} &= U_{IN}^y y + U_{IN}^{1-y}(1 - y)
 \end{aligned}$$

于是, 可得 VC 选择“如实揭示”策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned}
 \frac{dx}{dt} &= F(x) = x(U_{VC}^x - EU_{VC}) \\
 &= [R(\varepsilon) - C(\varepsilon) - R(\gamma) + \\
 & C(\gamma) + yP\gamma^2]x(1 - x) \tag{3}
 \end{aligned}$$

外部投资者选择“监督”策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned}
 \frac{dy}{dt} &= G(y) = y(U_{IN}^y - EU_{IN}) \\
 &= [P\gamma^2 - C(\beta) - xP\gamma^2]y(1 - y) \tag{4}
 \end{aligned}$$

### 3.2 VC 策略的演化稳定分析

由式 (3) 可以看出, 当  $y = \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$  时, 所有的  $x$  均为

若 VC 如实揭示企业质量, 外部投资者的收益为  $R(\tilde{\theta}) - C(\beta)$ , 若 VC 进行欺骗, 外部投资者的收益为  $R(\tilde{\theta}) - C(\beta) + P\gamma^2$ ; 当外部投资者不监督时, 不论 VC 采取何种策略, 外部投资者的收益皆为  $R(\tilde{\theta})$ . 收益矩阵见表 4.

假设在 VC 群体中, 采取“如实揭示”策略的 VC 所占比例为  $x$ , 采取“监督”策略的外部投资者所占比例为  $y$ . 对于 VC 而言, 采用“如实揭示”和“欺骗”策略对应的收益分别为  $U_{VC}^x$  和  $U_{VC}^{1-x}$ , 平均收益为  $EU_{VC}$ . 则

稳定状态. 当  $y \neq \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$

时, 可解得  $x_1^* = 0$  和  $x_2^* = 1$  是可能的稳定状态, 下面将根据微分方程稳定性定理分析得出演化稳定策略.

当  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$  时, 即 VC 在不受外部投资者监督时选择“欺骗”所得收益小于其选择“如实揭示”所得收益, 此时  $y > \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$ ,  $F(x_2^*) < 0$ ,  $x_2^* = 1$  为稳定状态, 即 VC 将会选择“如实揭示”策略, 其群体复制动态相位图见图 2.

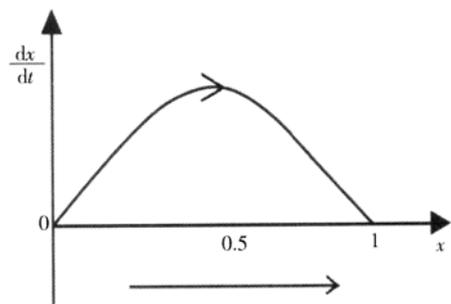


图 2  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$   
Fig. 2  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$

当  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$  ,即 VC 在不受外部投资者监督时选择“欺骗”所得收益大于其选择“如实揭示”所得收益,且  $y > \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$  时,  $F(x_2^*) < 0$ ,  $x_2^* = 1$  为稳定状态,即 VC 将会选择“如实揭示”策略;当  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$  ,且  $y < \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$  时,  $F(x_1^*) < 0$ ,  $x_1^* = 0$  为稳定状态,即 VC 将会选择“欺骗”策略,非对称博弈两群体复制动态的关系见图 3.

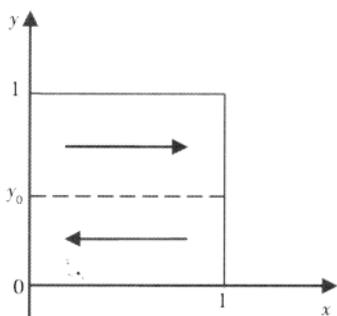


图 3  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$   
Fig. 3  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$

经过长期演化,当 VC 在不受外部投资者监督时选择“欺骗”所得收益小于其选择“如实揭示”所得收益,无论外部投资者监督与否,具有有限理性的 VC 都会选择“如实揭示”策略;当“欺骗”策略得到的收益大于“如实揭示”策略得到的收益,VC 的策略选择依赖于外部投资者的惩罚力度,外部投资者的惩罚力度越大,VC 选择“欺骗”策略的可能性越小,反之亦然.

### 3.3 外部投资者策略的演化稳定分析

由式(4)可以看出,当  $x = 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$  时,所有的  $y$  均为稳定状态.当  $x \neq 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$  时,可解得  $y_1^* = 0$  和  $y_2^* = 1$  是可能的稳定状态,下面将根据微分方程稳定性定理分析判定演化稳定策略.

当  $P\gamma^2 < C(\beta)$  时,即外部投资者惩罚得到的收益小于监督所付出的成本,此时  $x > 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$ ,  $G(y_1^*) < 0$ ,  $y_1^* = 0$  为稳定状态,即外部投资者将会选择“不监督”策略,该博弈群体的复制动态相位图见图 4.

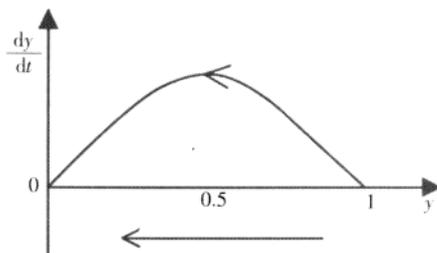


图 4  $R\gamma^2 < C(\beta)C(\varepsilon)$   
Fig. 4  $R\gamma^2 < C(\beta)C(\varepsilon)$

当  $P\gamma^2 > C(\beta)$  ,且  $x > 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$  时,  $G(y_1^*) < 0$ ,  $y_1^* = 0$  为稳定状态,即外部投资者将会选择“监督”策略;当  $P\gamma^2 > C(\beta)$  ,且  $x < 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$  时,  $G(y_2^*) < 0$ ,  $y_2^* = 1$  为稳定状态,即外部投资者将会选择“监督”策略,非对称博弈两群体的复制动态的关系见图 5.

经过长期演化,当外部投资者惩罚采取“欺骗”策略的 VC 所得到的收益小于其监督所付出的成本时,无论 VC 欺骗与否,具有有限理性的外部投资者都会选择“不监督”策略;当外部投资者惩罚采取“欺骗”策略的 VC 所得到的收益大于监督所付出的成本时,外部投资者的策略选择依赖于 VC 的欺骗程度,VC 的欺骗程度越大,外部投资者采取“监督”策略的可能性也就越大,反之亦然.

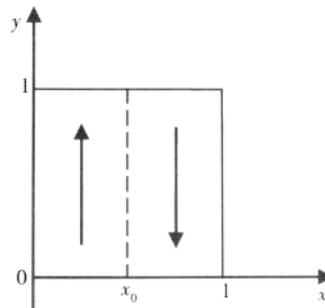


图 5  $P\gamma^2 > C(\beta)$   
Fig. 5  $P\gamma^2 > C(\beta)$

### 3.4 VC 和外部投资者策略的演化稳定分析

由式(3)和式(4)组成的 VC 与外部投资者的博弈动态系统中有 5 个可能的均衡点  $(0, 0)$ ,  $(0, 1)$ ,  $(1, 0)$ ,  $(1, 1)$ ,  $(1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}, \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2})$ , 当且仅当  $0 \leq x \leq 1$

$$\frac{C(\beta)}{P\gamma^2} \leq 1 \quad \rho \leq \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2} \leq$$

据雅可比矩阵局部稳定性分析法得到<sup>[16]</sup>。此系统

1时成立,此微分方程系统均衡点的稳定性可根

的雅可比矩阵为

$$J = \begin{bmatrix} [R(\varepsilon) - C(\varepsilon) - R(\gamma) + C(\gamma) + yP\gamma^2](1 - 2x) & P\gamma^2 x(1 - x) \\ -P\gamma^2 y(1 - y) & [P\gamma^2 - C(\beta) - xP\gamma^2](1 - 2y) \end{bmatrix}$$

根据雅可比矩阵局部稳定性分析法对均衡点进行分析,结果见表5,其中  $x_0 = 1 - \frac{C(\beta)}{P\gamma^2}$ ,

表5 稳定性分析结果

Table 5 Stability analysis results

均衡点	J的行列式	J的迹	结果	条件
$x = 0, y = 0$	+	-	ESS	$R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon), P\gamma^2 < C(\beta)$
$x = 0, y = 1$	+	-	ESS	$R(\varepsilon) - C(\varepsilon) < R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2, P\gamma^2 > C(\beta)$
$x = 1, y = 0$	+	-	ESS	$R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$
$x = 1, y = 1$	+	+	不稳定	在任意条件下都不稳定
$x = x_0, y = y_0$		0	鞍点	在任意条件下都是鞍点

$$y_0 = \frac{R(\gamma) - R(\varepsilon) + C(\varepsilon) - C(\gamma)}{P\gamma^2}$$

同时可以得到系统的复制动态的关系与稳定性,表示VC与外部投资者博弈双方策略变化的动态演化趋势,如图6-图9所示。

实揭示所得收益时,系统将收敛到  $x = 0, y = 1$ ,即外部投资者选择监督策略,而VC选择欺骗策略。

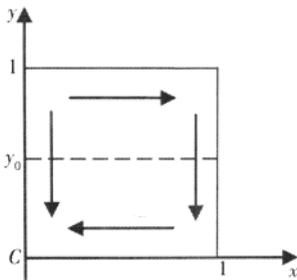


图6  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon), P\gamma^2 < C(\beta)$

Fig. 6  $R(\gamma) - C(\gamma) > R(\varepsilon) - C(\varepsilon), P\gamma^2 < C(\beta)$

由图6分析可知,当外部投资者惩罚所得收益  $P\gamma^2$  小于监督所付出的成本  $C(\beta)$ , VC选择“欺骗”策略所得收益大于“如实揭示”策略所得收益时,系统最终收敛到演化稳定均衡状态  $x = 0, y = 0$ ,即外部投资者选择不监督策略,VC选择欺骗策略。

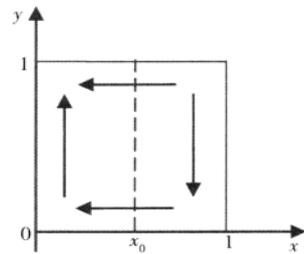


图7  $R(\varepsilon) - C(\varepsilon) < R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2, P\gamma^2 > C(\beta)$

Fig. 7  $R(\varepsilon) - C(\varepsilon) < R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2, P\gamma^2 > C(\beta)$

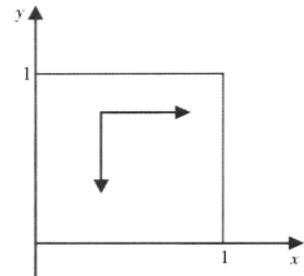


图8  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon), P\gamma^2 < C(\beta)$

Fig. 8  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon), P\gamma^2 < C(\beta)$

由图7分析可知,当外部投资者惩罚所得收益  $P\gamma^2$  大于监督所付出的成本  $C(\beta)$ , VC在外部投资者的监督下进行欺骗所得的收益仍然大于如

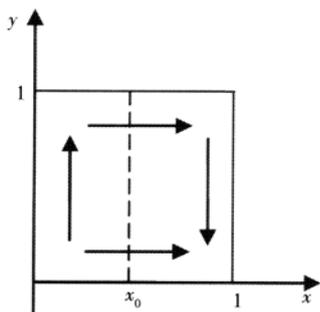


图 9  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$   $P\gamma^2 > C(\beta)$

Fig. 9  $R(\gamma) - C(\gamma) < R(\varepsilon) - C(\varepsilon)$   $P\gamma^2 > C(\beta)$

由图 8 和图 9 分析可知,当 VC 选择“如实揭示”所得收益大于其在不受外部投资者监督时选择“欺骗”所得收益时,无论外部投资者惩罚所得收益  $P\gamma^2$  是否小于监督所付出的成本  $C(\beta)$ ,系统都将收敛到  $x = 1, y = 0$ ,即 VC 选择如实揭示策略,外部投资者选择不监督策略。

通过系统的演化分析,可以得到以下结论:

1) 当 VC 在不受外部投资者监督时选择“欺骗”所得收益小于其选择“如实揭示”所得收益,其将始终选择“如实揭示”策略,而不依赖于外部投资者的策略选择。

2) 当外部投资者不监督时,VC 选择“欺骗”策略所得收益大于“如实揭示”策略所得收益,VC 的策略选择依赖于外部投资者的策略选择,依赖于其进行监督实施惩罚的力度,力度越大,VC 欺骗的可能性越小,反之亦然。

3) 当外部投资者惩罚撒谎 VC 所得的收益小于监督所付出的成本时,无论 VC 选择何种策略,外部投资者都将选择“不监督”策略。

4) 当外部投资者惩罚撒谎 VC 所得收益大于监督所付出的成本时,外部投资者的策略选择依赖于 VC 的欺骗程度,欺骗程度越大,外部投资者越有可能采取监督策略,反之亦然。

## 4 算例

为了更加直观地说明风险投资家和外部投资者之间策略选择的演化,下面将以弱势风险投资家与外部投资者的策略选择为例进行计算分析,

并给出如下假设。

假设 1 当 VC 采取如实揭示的策略时,不管外部投资者是否监督,VC 的收益均为  $R(\varepsilon) - C(\varepsilon) = 6$ ;当 VC 采取欺骗的策略时,若外部投资者对其监督,VC 的收益为  $R(\gamma) - C(\gamma) - P\gamma^2 = 7$ ,其中  $P\gamma^2 = 2$  表示 VC 的行为被揭示所遭受的惩罚,若外部投资者不对其进行监督,VC 的收益为  $R(\gamma) - C(\gamma) = 9$ 。

假设 2 当外部投资者选择监督策略时,若 VC 如实揭示企业质量,外部投资者的收益为  $R(\hat{\theta}) - C(\beta) = 5$ ,若 VC 进行欺骗,外部投资者的收益为  $R(\tilde{\theta}) - C(\beta) + P\gamma^2 = 7$ ;当外部投资者不监督时,不论 VC 采取何种策略,外部投资者的收益皆为  $R(\hat{\theta}) = 6$ 。

假设 3 在 VC 群体中,采取“如实揭示”策略的 VC 所占比例为  $x$ ,在外部投资者群体中,采取“监督”策略的外部投资者所占比例为  $y$ 。

根据以上假设,可以得到弱势风险投资家和外部投资者的收益矩阵,见表 6。

表 6 非对称收益矩阵

Table 6 Asymmetric payoff matrix

VC	外部投资者	
	监督	不监督
如实揭示	6 5	6 6
欺骗	7 7	9 6

将表中的数值分别代入式(3)和(4),可得到 VC 采用“如实揭示”策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= F(x) = x(U_{VC}^x - EU_{VC}) \\ &= [R(\varepsilon) - C(\varepsilon) - R(\gamma) + C(\gamma) + yP\gamma^2]x(1-x) \\ &= (2y - 3)x(1-x) \end{aligned}$$

外部投资者选择“监督”策略的复制动态方程为

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} &= G(y) = y(U_{IN}^y - EU_{IN}) \\ &= [P\gamma^2 - C(\beta) - xP\gamma^2]y(1-y) \\ &= (1 - 2x)y(1-y) \end{aligned}$$

首先对弱势风险投资家群体的复制动态方程进行分析,  $x_1 = 0$  和  $x_2 = 1$  是  $x$  的两个稳定状态,

因为  $0 \leq y \leq 1$ , 可得  $x_1 = 0$  是演化稳定策略.

对外部投资者群体的复制动态方程进行分析, 当  $x = 1/2$  时所有  $y$  都是稳定状态; 当  $x < 1/2$  时  $y_1 = 0$  和  $y_2 = 1$  是  $y$  的两个稳定状态, 其中  $y_2 = 1$  是演化稳定策略; 当  $x > 1/2$  时, 则  $y_1 = 0$  是演化稳定策略.

综上分析可得弱势风险投资家和外部投资者两个群体的复制动态相位图, 见图 10.

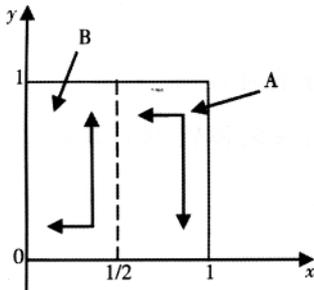


图 10 非对称两博弈方群体复制动态和稳定性

Fig. 10 Dynamic replication and stability between two groups

由上图中的箭头方向可知, 在弱势风险投资家和外部投资者两群体博弈中  $x^* = 0, y^* = 1$  是这个博弈的演化稳定策略, 其他点都不是复制动态中具有抗扰动的稳定状态. 这表明在本算例的假设条件下, 即当外部投资者惩罚所得收益  $P\gamma^2$  大于其监督所付出的成本  $C(\beta)$ , VC 在外部投资者的监督下进行欺骗所得的收益仍然大于如实揭示所得收益时, 具有有限理性的博弈双方群体经过长期反复地博弈以及不断地学习调整, 最终博弈结果为外部投资者采取监督 VC 行为的策略, 而 VC 采取说谎欺骗的策略, 即无论初始情况是落在 A 区域还是 B 区域, 最终都会收敛到演化稳定策略  $x^* = 0, y^* = 1$ .

## 5 结束语

本文运用演化博弈理论分析研究了在 IPO 市场中, 具有有限理性的不同类型风险投资家的策略选择与外部投资者的策略选择的互动机制, 并得出如下结论: 对于综合实力较强的风险投资家而言, 声誉的激励效应将促使无声誉的风险投资家建立并维护声誉, 不断进化成有声誉的风险投资家, 并激励有声誉的风险投资家继续维持声誉; 而对于综合实力较弱的风险投资家, 监督机制的

有效运用将能够减少其选择“欺骗”策略的可能性, 促使其采取“如实揭示企业质量”的策略.

通过以上分析, 针对不同的风险投资家应该实施不同的管理策略, 发展“因人而异”的管理模式, 可有效解决 IPO 市场中的逆向选择问题, 并提出如下建议:

1) 对于综合实力较强的风险投资家而言, 加强对 IPO 市场的建设并完善相关法律和法规, 提升 IPO 市场的有效性, 建立一套完善的风险投资家市场评估制度体系, 努力降低其建立并维护声誉所付出的成本, 可以保证声誉发挥激励与约束的双重作用, 保持市场稳定高效地运转. 实际上, 我国的风险投资 / 创业投资网站基本上都设置了“风投 / 创投人物”专栏, 如中国风险投资网 (VC in CHINA) 的“风投人物”专栏, 投资中国网 (China Venture) 的“创投人物”专栏, 中国市场投资数据研究机构颁布的“年度最佳创投人物”榜单等, 这些举措不仅体现了业界对 VC 声誉的肯定, 而且能够激励年轻 VC 努力建立并维护其声誉.

2) 对于综合实力较弱的风险投资家而言, 通过制定相应政策来加大对弱势风险投资家的扶持力度, 减少其揭示风险企业价值时所付出的成本, 同时加强监督力度, 加大对采取欺骗策略的 VC 实施惩罚的强度, 并加强弱势风险投资家自身综合能力的建设, 建立一套合理的风险投资家评估制度体系来激励弱势风险投资家努力建立其声誉, 能够有效地降低弱势风险投资家进行欺骗的可能性, 从而防范逆向选择问题的发生.

3) 对于外部投资者而言, 提高自身对风险投资家的鉴别能力, 并对风险投资家进行严格监督, 加强对采取欺骗策略的风险投资家的惩罚力度, 同时减少外部投资者实施监督所付出的成本. 当外部投资者实施监督策略付出的成本远超过其惩罚欺骗 VC 所得收益时, 政府部门应该适当地对外部投资者的监督予以补贴, 以激励其进行有效的监督, 并严惩 VC 的机会主义行为, 最终可维护交易公平, 保护交易双方的合法权益.

本文对 IPO 市场上风险投资家和外部投资者的策略选择的互动机制做了理论上的分析和研究, 通过本文的研究可为风险投资参与者及相关部门提供借鉴和参考依据.

## 参考文献:

- [1] Amit R, Glosten L, Muller E. Entrepreneurial ability, venture investments and risk sharing [J]. *Management Science*, 1990, 36(10): 1232 - 1245.
- [2] Chan Y S, Siegel D, Thakor A. Learning, corporate control and performance requirements in venture contract [J]. *International Economic Review*, 1990, 31(2): 365 - 381.
- [3] Gompers P A. The rise and fall of venture capital [J]. *Business and Economic History*, 1994, 23(2): 1 - 26.
- [4] Bergemann D, Hege U. Venture capital financing, moral hazard and learning [J]. *Journal of Banking and Finance*, 1998, 22(6-8): 703 - 735.
- [5] 曾勇, 郭文新, 李典蔚. 风险投资合约及治理机制实证研究综述 [J]. *管理科学学报*, 2008, 11(1): 110 - 121.  
Zeng Yong, Guo Wenxin, Li Dianwei. Survey of empirical studies on contracting and governance of venture capital investments [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2008, 11(1): 110 - 121. (in Chinese)
- [6] 刘长贤, 田厚平, 孙剑平. 逆向选择下供应链业务外包中的最优合约配置 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(6): 55 - 61.  
Liu Changxian, Tian Houping, Sun Jianping. Optimal contract in supply chain outsourcing under selection framework [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(6): 55 - 61. (in Chinese)
- [7] 袁锋, 陈晓剑, 朱宁. 信号传递与 R&D 合作伙伴的选择 [J]. *中国软科学*, 2004, (11): 110-114.  
Yuan Feng, Chen Xiaojian, Zhu Ning. Signaling and partner choice in R&D cooperation [J]. *China Soft Science*, 2004, (11): 110 - 114. (in Chinese)
- [8] 金永红, 奚玉芹, 叶中行. 风险投资中的逆向选择: 分离均衡式契约安排 [J]. *系统工程学报*, 2002, 17(6): 556 - 562.  
Jin Yonghong, Xi Yuqin, Ye Zhongxing. Study on adverse selection in venture capital: Separate balanced contract design [J]. *Journal of Systems Engineering*, 2002, 17(6): 556 - 562. (in Chinese)
- [9] Gardner R. *Games For Business and Economics* [M]. St. Martins: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [10] Vega R F. *Economics and The Theory of Games* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [11] Smith J M. *Evolution and The Theory of Games* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- [12] Neus W, Walz U. Exit timing of venture capitalists in the course of an initial public offering [J]. *Journal of Financial Intermediation*, 2005, 14(2): 253 - 277.
- [13] Day T, Taylor P D. Evolutionary dynamics and stability in discrete and continuous games [J]. *Evolutionary Ecology Research*, 2003, 5(4): 605 - 613.
- [14] 冉茂盛, 罗富碧, 黄凌云. 股权激励实施中经营者信息披露策略的演化博弈分析 [J]. *管理工程学报*, 2009, 23(1): 139 - 143.  
Ran Maosheng, Luo Fubi, Huang Lingyun. Evolutionary game analysis on executives information disclosure based on stock-based compensation [J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2009, 23(1): 139 - 143. (in Chinese)
- [15] 易余胤, 肖条军, 盛昭瀚. 合作研发中机会主义行为的演化博弈分析 [J]. *管理科学学报*, 2005, 8(4): 80 - 88.  
Yi Yuyin, Xiao Tiaojun, Sheng Zhaohan. Evolutionary game analysis on opportunistic behavior in cooperative R&D market [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2005, 8(4): 80 - 88. (in Chinese)
- [16] Friedman D. Evolutionary games in economics [J]. *Econometrica*, 1991, 59(3): 637 - 666.

## Analysis on venture capitalists' strategies in IPO market based on evolutionary game

ZHENG Jun-jun<sup>1</sup>, HAN Xiao<sup>1</sup>, ZOU Zu-xu<sup>1</sup>, FAN Wen-tao<sup>2</sup>

1. Economics and Management School, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. Wuhan Institute of Physics and Mathematics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China

**Abstract:** In the IPO market, the asymmetry information between venture capitalists (VCs) and outside investors can easily lead to adverse selection problem during the process of venture capital exit. However, the incentive effects of reputation and the punishment effects of supervision can reduce, even avoid such problem effectively. Considering the bounded rationality of players, we analyze the interaction mechanism between the VCs' policy and the outside investors' policy by using evolutionary game theory and method. We demonstrated the incentive effect of reputation and the constraint effect of supervision on different VCs, and discussed how the reputation and supervision guide VCs' strategy selection. At last, some suggestions are offered for both VCs and outside investors, which can provide a theoretical basis for solving adverse selection problem in venture capital.

**Key words:** adverse selection; evolutionary game; replicator dynamics equation