

风险投资与技术创新的非线性关系研究

——基于省级数据的PSTR分析

冯照桢¹ 温军¹ 刘庆岩²

(1. 西安交通大学经济与金融学院, 陕西 西安 710061; 2. 浙江大学管理学院, 浙江 杭州 310058)

摘要: 针对风险投资与技术创新这一热点问题, 在回顾国内外学者相关研究、系统梳理风险投资对技术创新的影响路径和作用机理的基础上, 提出二者可能存在非线性关系的理论假设; 接着利用中国2001—2012年各省市(自治区)的面板数据, 运用面板平滑转换回归(PSTR)模型, 从风险投资规模和风险投资数量两个角度对风险投资与技术创新(专利数量和研发效率)的非线性关系进行了实证分析。结果发现: 风险投资与技术创新之间存在着门槛效应, 即当风险投资规模低于门槛值时, 风险投资的融资支持和增值作用有限, 更多表现为盘剥行为, 会抑制企业技术创新; 但当风险投资规模超越门槛值后, 融资支持和增值作用会促进企业进行技术创新; 风险投资数量的实证结果也验证了同样的结论。针对我国风险投资的发展提出了相关政策建议。

关键词: 风险投资; 技术创新; 研发效率; 面板平滑转换模型; 门槛效应; 增值作用; 盘剥

中图分类号: F832.5; F276.6 文献标识码: A 文章编号: 1671-9301(2016)02-0032-11

DOI:10.13269/j.cnki.ier.2016.02.004

一、引言

经过30多年的快速发展, 中国经济取得了举世瞩目的巨大成就, 经济总量突破10万亿美元大关, 跃居世界第二。但是, 由于企业的自主创新能力不高, 中国经济增长的可持续性令人担忧。纵观发达国家经济发展的历史不难发现, 创新是中国未来经济持续高速增长的关键所在。然而, 影响企业技术创新的因素错综复杂, 既包括一国的社会文化价值、知识产权保护水平等, 也包括公司治理等方面的原因^[1-3]。另外, 由于技术创新过程存在较大风险, 资金短缺自然成为制约技术创新的主要瓶颈。究其原因, 进行技术创新的企业无形资产比重高, 与传统信贷资金来源机构(比如银行)重实物资产的要求相矛盾, 导致技术创新资金供给不足。在这种背景下, 风险投资(Venture Capital)作为一种创新的融资机制和风险分担机制应运而生, 其从诞生之日就与高科技、创新联系在一起。

既然技术创新在经济增长中的地位如此重要且日益显著, 风险投资又与技术创新联系紧密, 那么中国的风险投资是否能有力地促进技术创新呢? 这种作用究竟是线性还是非线性的? 是否存在门槛效应? 风险投资在什么情况下会对技术创新产生积极作用? 并会受到哪些因素的影响和制约? 对于诸如此类问题, 虽然国内外学者做出了一些有益的尝试, 但尚未得出一致的结论, 甚至存在相互

收稿日期: 2015-09-28; 修回日期: 2015-12-14

作者简介: 冯照桢(1988—), 男, 湖北宜昌人, 西安交通大学经济与金融学院博士研究生, 研究方向为公司治理与企业创新、风险投资; 温军(1978—), 男, 内蒙古呼和浩特人, 西安交通大学经济与金融学院副教授, 经济学博士, 研究方向为风险投资与企业创新; 刘庆岩(1976—), 女, 陕西西安人, 浙江大学管理学院博士后, 研究方向为企业管理。

基金项目: 陕西省软科学研究计划项目(2015KRM019); 西安交通大学中央高校基本科研业务费自主项目; 西安新兴产业发展研究: 新能源汽车推广应用实施路线图(SF1507(3))

矛盾。目前的研究主要存在以下两个特点:第一,在研究的问题上,“风险投资是否提高了创新水平”以及“风险投资与创新:谁引致了谁?”这两个问题是其研究重心,鲜有文献对“风险投资是通过什么机制和什么渠道对企业创新产生影响”这一问题进行研究,尤其是缺乏对“风险投资是否会对企业创新存在盘剥(Expropriation)行为,即风险投资是否会降低企业技术创新问题”的深入探讨,以及对“这种行为是如何与增值服务机制相互作用而对企业创新施加共同影响的”等问题的研究。第二,在计量技术方面,除个别学者外,国内文献在实证分析时基本都没有对变量的非线性作用进行处理,运用更为稳健的计量技术研究中国风险投资对创新的非线性作用仍有必要。因此,本文拟从中国省级面板数据出发,运用面板平滑转换模型(PSTR)对风险投资与技术创新之间可能存在的非线性影响及作用机制进行实证分析,为风险投资与技术创新方面的研究做一个有益的补充。

本文可能的创新如下:首先,考虑了风险投资与技术创新之间的非线性关系。通过对已有文献的梳理,发现二者之间可能存在着非线性关系和门槛效应,即风险投资对创新的作用在门槛值前后会发生实质性变化。其次,从专利数量和研发效率两个角度实证分析了风险投资对创新的非线性作用,保障了本文结论的稳健性。最后,相较于线性研究和其他门槛回归方法,使用面板平滑转换模型更能保障结论的可靠性。

本文的后续安排如下:第二部分是文献述评及非线性假说提出;第三部分是变量选择与数据来源;第四部分是计量模型和结果分析;最后一部分是结论及政策建议。

二、文献述评及非线性假说提出

随着风险投资的出现及不断发展,以及技术创新对一国或地区经济发展的重要作用日益增强,理论及实务界对风险投资与技术创新之间关系的研究也日益增多,但由于国情背景、数据、研究方法等差异,各种研究得出了不一致甚至相互矛盾的结论。

风险投资主要通过以下三种途径影响创新:融资支持、增值服务(治理监督与资源连接)还有盘剥行为。首先,就融资支持而言,风险投资最为直接的目的就是缓解初创企业的融资难问题,解决信息不对称导致的初创型和创新性小微企业融资困境问题。这类企业的核心资产就是创业者的天赋、才能以及少量的专利技术,创业者对其技术前景有比较充分的了解,而外部投资者则难以做到这一点,严重的信息不对称使得一般投资者,甚至股权基金都不愿意投资小微企业^[4-5],而风险投资凭借其专业性有效解决企业进行技术创新过程中的资金支持供应问题,保障创新过程的持续性。Kortum和Lerner^[6]将风险投资看作是和R&D一样的创新投入要素,分析了其对专利授权的影响,发现风险投资导致了专利申请数量的增加,得出了风险投资能显著促进创新的结论;他们还发现与无风险投资进入的样本相比,风险投资支持的样本在专利数量、专利被引用次数及专利质量上均具有明显优势。

其次,就增值服务来看,风险投资可以利用自身的成熟运作经验,设计风险分担及监督激励机制,保障企业技术创新能够与时俱进。但风险投资持股比例只有达到特定水平时,才能约束和监督初创企业的经营者,缓解初创企业的代理问题。学者利用以色列、德国、瑞典、中国台湾以及欧洲其他国家的数据进行研究^[7-11],均发现风险投资的支持能够提高创新水平。

然而,增值服务并不是风险投资对企业创新的唯一作用机制,风险投资对企业可能存在盘剥行为^[12-13]。部分学者研究表明,源于信息不对称以及风险资本家与创业者的利益和战略目标的不一致性,加之风险资本家在控制董事会、反对股权稀释以及对未来融资的控制等方面拥有较多契约权力,风险资本家对创业者,如同创业者对风险资本家一样,存在较为严重的代理问题和“敲竹杠”行为^[12,14-15]。首先,风险资本家可能通过“金融隧道效应”和“经营隧道效应”将创新思想输送到自己控制的其它创新企业,剥夺或盗取创新企业的创新思想,产生所谓的创新收益独占性道德风险问题。其次,风险投资可能通过“所有权替代效应”迫使创业者离开企业,自己去研究和开发

创业者已有的创新思想。风险投资倾向于选择经营绩效好、创新能力强的企业进行投资^[16],但风险投资机构会迫使接受风险投资的企业以产品销售为市场导向,大肆消费和利用已有的创新资源,缺乏动力和精力促进企业进一步的创新。另外,风险投资的进入会引起行业内优势企业的排他性专利的恶意申请,为后续技术创新及专利申请制造障碍,恶化专利的平均质量,导致风险投资抑制后续创新^[17-18]。

虽然我国风险投资行业起步较晚、发展时间较短,但和国外发达国家一样,我国也经历了从无到有、从小到大的发展历程。一方面,融资支持理论表明在风险投资行业早期,风投资金量少,很难有效解决初创企业的融资难问题;加上风险投资和投资对象之间存在着双向信息不对称,风险投资由于对初创企业的投资比例很低,对企业的经营决策影响力不足,其治理监督职能和资源连接功能的发挥受到较多限制,难以提高企业创新水平。另一方面,风险投资声誉机制不健全,投资对象并不能以低成本发现高声誉投资者;风险投资者之间缺乏股权制衡,风险投资反而可以低成本利用自身的行业优势和信息优势攫取投资对象的创新项目和想法,对所投资企业进行盘剥,要求投资对象快速商业化,抑制企业后续技术创新。陈见丽^[19]以2010年76家中国创业板高新技术上市公司为样本,采用横截面回归发现,风险投资的参与并不能为企业带来更多技术创新资源,也不能促使企业创造更多技术创新成果和效益。杨宝和袁天荣^[20]也发现,风险资本的介入并未显著提高我国创业板上市公司的研发投入强度。方世建和俞青^[21]则进一步指出风险投资的制度环境是制约风险投资发挥促进作用的主要制约因素。

然而,随着风险投资行业的迅速发展,无论是风险投资规模还是风险投资项目数量均发生了巨大变化,风险投资行业已逐渐成为初创企业获得融资的重要渠道。这种背景下,风险投资的融资支持作用和增值作用能够发挥积极作用,更为重要的是,风险投资的行业规模逐渐扩大和行业竞争加剧增加了风险资本管理者的持续筹资压力,促使声誉在风险投资和投资对象的双向选择过程中发挥重要作用,有效遏制了风险投资的单向盘剥行为。Atanasov *et al.*^[12]和 Hsu^[13]等认为,声誉是一种有价值的资产,高声誉风险投资一旦对企业家进行剥夺,将产生三种不利后果:一是有关剥夺行为的信息会扩散到其他企业家,从而损失与这些企业家未来进行合作的机会;相反,当风投拥有不剥夺企业家创新思想的美誉时,企业家则愿意付出更多的努力进而产生出能够在未来带来更多价值的创新项目或想法^[22];二是其它风险投资将减少或不愿意参与由这些风投发起的联合投资,以避免自身的声誉由于这种联合行动而受损;三是风险投资的有限合伙人预期到未来现金流的下降,而不再愿意投资到这些风险投资机构,从而提高其融资成本。实证研究也发现风险投资能够提高创新效率并解决信息不对称和道德风险等问题进而促进高新企业发展^[23]、提高我国专利产出数量^[24-27]、提高企业技术创新水平^[28-29]。

根据以上分析,本文提出以下假说:

风险投资和技术创新之间存在非线性关系:在风险投资处于较低发展水平时,并不会促进技术创新,甚至可能产生抑制作用;但当风险投资极度繁荣时,技术创新得到提升。

三、变量选择与数据来源

(一) 变量选择

1. 被解释变量

在变量设定上,本文参考温军和冯根福^[3]的研究,从研发产出总量和研发效率两个角度来衡量各省的技术创新水平。具体而言,使用研发产出(PATENT,专利数量)作为研发产出总量的衡量变量,而进一步参考 Desyllas and Hughes^[30]和 Hirshleifer *et al.*^[31],采用专利数量和研发投入的自然对数之比来表示研发效率,记做:

$$P/R = \frac{\text{PATENT}}{\ln(\text{R\&D})} \quad (1)$$

2. 解释变量

参考 Bottazz and Da Rin^[5], 为保证结论的稳健性, 本文选择风险投资的两种测度变量来代表各省市风险投资发展情况: (1) 风险投资规模 (VCASSETS, 单位万元), (2) 风险投资数量 (VCPROJECT)。这两项数据均来自于《中国风险投资年鉴》及《中国创业投资发展报告》。

3. 控制变量

(1) 研发人员 Cheung and Lin^[32]的研究指出, 研发人员的数量是研发绩效的关键因素, 据此, 本文使用各省(直辖市、自治区)研究与开发机构人员全时当量代理各省市的研发人员数量, 使用 RDP 来表示。(2) 经济发展水平 Cheung and Lin^[32]也指出不同发展阶段国家的创新能力具有显著差异, Anokhin and Schulze^[33]同样指出各地区人均财富的创新效果具有显著差异, 为了控制这一变量, 本文使用各省市的人均 GDP 代理各地经济发展水平, 使用 AGDP 表示。(3) 对外开放程度 对外贸易开放程度是影响创新的关键因素之一^[34]。跨国公司在国际性的技术转移中发挥了关键因素, 能够促进本地企业和跨国公司之间的深度技术合作, 进而提高整体创新水平^[35-36]。因此, 本文使用各地进出口占 GDP 总量的比例代理对外开放程度, 使用 OPEN 表示。(4) 工资水平 经济增长理论的分析认为工资和产出增加之间存在着明显的关系, 产出效率的增加会提高工资水平。Bester *et al.*^[37]发现具有竞争力的行业工资能够提高劳动生产率, Majumdar^[38]的研究进一步验证了工资和技术进步之间的正向关系。据此分析, 本文使用在岗职工平均工资代理各省市的工资薪金水平, 符号为 WAGE。(5) 国有经济比重 国有企业和民营企业存在显著差异^[39]。因此, 本文选择 SOER 来代表国有经济的比重。(6) 市场化水平 地区金融环境发展现状也会对地区风险投资发展及技术创新产生重要影响。本文使用樊纲等人编写的《中国市场化指数》中各地区市场化进程指数可以近似替代地区金融发展程度, 符号为 MARK。

(二) 数据来源与处理

在本文数据中, 各省(直辖市、自治区)研究与开发机构人员全时当量和各地区研究与开发机构研究与试验发展 (R&D) 经费内部支出数据来自《中国科技统计年鉴》; 各省(直辖市、自治区)的专利数据为国内外申请专利汇总, 来自《中国知识产权年鉴》; 人均 GDP、在岗职工平均工资、进出口总额和 GDP 数据来自中国知网—中国经济与社会发展统计数据库, 各地区的开放度由相应年度的进出口总额除以 GDP 得到。市场化指数来自樊纲等人所编写的《中国市场化指数》, 国有经济占比根据《中国工业经济统计年鉴》计算得出。

本文所采用的风险投资数据来自《中国风险投资年鉴》及《中国创业投资发展报告》。考虑到研发数据的可得性, 本文最终选取 2001—2012 年作为研究的时间跨度, 同时由于海南、青海、西藏等省份风险投资数据严重缺失, 我们最终选择中国 28 个省 12 年的数据, 共计 336 个有效样本。

(三) 描述性统计及相关分析

表 1 为各变量的描述性统计和相关分析。从表中可以看出, 各省市的专利数量存在很大的差距, 最小值为宁夏自治区 2005 年专利数量; 最大值为江苏省 2012 年专利数量; 而就研发效率而言, 同样存在着差距。分析各省市风险投资发展情况, 可以发现江西省在 2001 年风险投资管理资产规模仅有 3000 万元, 而江苏省在 2011 年的风险投资管理资产规模达到了 1079.2 亿元, 体现出各省市在风险投资资产规模上存在的巨大差异, 各省市风险投资行业发展水平不均衡; 风险投资基金数量也表明了类似结果。就相关系数的分析而言, 可以发现风险投资规模、风险投资数量和专利数量以及研发效率均显著正相关; 研发人员数量、人均 GDP、工资薪金水平、对外开放程度以及市场化进程指数也均能够显著促进各省市专利数量和研发效率, 但是国有企业占比会显著降低各省市的专利数

量和研发效率。然而 相关分析仅是两个变量之间线性关系 非线性关系则需要进一步通过实证分析进行验证。

表 1 各回归变量的描述性统计和相关分析

变量	单位	样本数	最小值	最大值	均值	标准差	相关系数	
PATENT	项	336	216	474 585	24 692.84	47 926.6	1	—
P/R	-	336	27.501 93	28 989.23	1 865.517	3 329.288	0.990 6***	1
VCASSETS	万元	336	3 000	10 792 000	608 417.9	1 423 696	0.811 4***	0.826 6***
VCPROJECT	个	336	1	338	20.053 57	38.873 35	0.874 9***	0.873 4***
RDP	人·年	336	809	605 394	25 268.18	43 537.35	0.118 9**	0.105 5*
AGDP	亿元	336	3 000	93 173	23 641.23	17 857.53	0.562 6***	0.559 7***
WAGE	元	336	7 908	85 306	25 208.37	13 843.26	0.492 0***	0.481 9***
OPEN	%	336	1.487 959	177.783 7	30.978 88	41.142 05	0.448 7***	0.472 9***
SOER	%	336	9.06	83.27	46.03	18.04	-0.491 2***	-0.511 9***
MARK	%	336	2.7	12.04	6.873 899	2.052 138	0.662 2***	0.687 6***

注:***、**、* 分别表示相关系数在 0.01、0.05 和 0.1 的显著性水平下显著 相关系数为 Person 相关系数。

四、计量模型与结果分析

(一) 模型设计

面板平滑转换回归(Panel Smooth Transition Regression, PSTR)最早由 González *et al.* [40] 提出,其在面板门槛回归模型(PTR)的基础上,放松了限制条件,使用 Logistic 函数形式的平滑转换解决了门槛回归模型中突变现象,使面板门槛回归模型能够更加一般化。本文首先考虑线性面板模型:

$$\ln \text{PATENT}_{it} = \mu_i + \beta_0 \ln \text{VCASSETS}_{it} + \beta' X + u_{it} \quad (2)$$

其中 i 为个体代表 t 代表时间 μ_i 代表个体固定效应 u_{it} 代表误差项 $\beta' X$ 为其他控制变量回归系数与变量的乘积矩阵。

然而 (2) 式中并未考虑各地区风险投资水平差异问题带来的非线性影响,借鉴 PSTR 模型的方法,进一步将 (2) 式扩展为:

$$\ln \text{PATENT}_{it} = \mu_i + \beta_0 \ln \text{VCASSETS}_{it} + \beta_1 \ln \text{VCASSETS}_{it} g(q_{it}; \gamma_j, \epsilon_j) + \beta' X + u_{it} \quad (3)$$

$g(q_{it}; \gamma_j, \epsilon_j)$ 是以 q_{it} 为转换变量的连续型转换函数,并且被限定在 0 和 1 之间;对于特定的 q_{it} 而言,对于个体 i 在 t 时期有效的回归系数可以表示为 $\beta_0 + \beta_1 g(q_{it}; \gamma_j, \epsilon_j)$;一般使用 Logistic 形式的设定来确定转换函数:

$$g(q_{it}; \gamma_j, \epsilon_j) = (1 + \exp(-\gamma \prod_{j=1}^m (\ln \text{VCASSETS}_{it} - c_j)))^{-1} \quad (4)$$

(4) 式中 $\gamma > 0$ 并且 $c_1 < c_2 < \dots < c_j; c = (c_1, \dots, c_m)$ 是转换点参数的 m 维向量 ϵ_j 为真正出现转换的点,而 γ 则决定了转换的平滑度,即接近和越过转换点后的转换速度。本文中 q_{it} 为门槛变量,在实证部分分别使用风险投资规模($\ln \text{VCASSETS}$) 和风险投资数量($\ln \text{VCPROJECT}$)。在实际运用中,一般 $m = 1$ 或者 2 即可。对于更一般的设定如下:

$$y_{it} = \mu_i + \beta_0 x_{it} + \sum_{j=1}^r \beta_j x_{it} g_j(q_{it}^{(j)}; \gamma_j, \epsilon_j) + u_{it} \quad (5)$$

上式中 r 代表转换函数的个数,其他变量与模型 2 类似;另外,如果对于所有的 j 来说 $m = 1$, $q_{it}^{(j)} = q_{it}$ 且 $\gamma_j \rightarrow \infty$, 则模型 5 就退化为一个有 $r + 1$ 个区制(regime) 典型的面板门限回归(PTR)。另外,模型 5 可以作为剩余异质性(Remaining Heterogeneity) 的诊断检验。当 $g_j(q_{it}^{(j)}; \gamma_j, \epsilon_j)$ 在 0 和 1 之间进行平滑变换时,就代表模型在低区制($g_j(q_{it}^{(j)}; \gamma_j, \epsilon_j) = 0$) 和高区制($g_j(q_{it}^{(j)}; \gamma_j, \epsilon_j) = 1$) 之间进行转换。就本文而言,即风险投资发展水平处于低水平和高水平分别对应着两种不同的技术创新状态;随着风险投资发展水平的提升,其对技术创新的影响表现为非线性化。

(二) 实证分析

1. 非线性检验及门槛个数的选择

一些研究表明,不平稳的面板数据直接进行分析的结果是有偏的^[41-42]。因此,本文在进行实证分析之前,先进行了面板数据单位根检验来判断本文数据的平稳性。结果如表2所示。

表2的结果表明,除极个别变量外,大多数变量在5%的显著性水平下均显著,表明并不存在单位根,即序列平稳性良好。

紧接着,本文进行了非线性检验(表3),以及判断转换点个数的检验(表4),进而判断使用非线性模型的合理性。表3展示了非线性检验的结果,表明在3种不同的检验下(Wald检验、Fischer检验以及似然比检验)均拒绝原始模型为线性的假定,认为存在着显著的非线性关系。

表2 面板数据单位根检验结果

Variables	LLC	IPS
lnPATENT	-13.701** (0.000)	-20.022** (0.000)
lnP/R	-23.142** (0.000)	-44.128** (0.000)
lnVCASSETS	-15.139** (0.000)	-50.194** (0.000)
lnVCPROJECT	-0.020 (0.4301)	-41.709** (0.000)
RDP	-3.822** (0.001)	-27.012** (0.000)
AGDP	-16.927** (0.000)	0.982 (0.540)
WAGE	-17.229** (0.000)	-9.682** (0.000)
OPEN	-5.725** (0.000)	0.962 (0.435)
SOER	-6.942** (0.000)	-9.172** (0.000)
MARK	-0.940 (0.434)	-23.433** (0.000)

注: LLC和IPS检验分别代表面板单位根检验方法; *, ** 和 *** 分别表示1%、5%和10%的显著性水平。

表3 非线性检验

被解释变量	lnPATENT		lnP/R	
	统计值	P值	统计值	P值
Lagrange multiplier-Wald(LM)	W = 103.968	0.000	W = 84.088	0.000
Lagrange multiplier-Fischer(LMF)	F = 5.302	0.000	F = 4.562	0.000
Likelihood ratio(LR)	LR = 124.400	0.000	LR = 96.778	0.000

注: H0: 该模型为线性模型; H1: 该模型为至少有一个门槛变量的PSTR模型。

表4为门槛值个数的检验结果。按照González *et al.*^[40]所提出的检验思路,构建 $m=3$ 的辅助回归如下:

$$y_{it} = \mu_i + \beta_0^* x_{it} + \beta_1^* x_{it} q_{it}^1 + \beta_2^* x_{it} q_{it}^2 + \beta_3^* x_{it} q_{it}^3 + u_{it}^* \quad (6)$$

其中 y 为被解释变量, q_{it} 为转换变量(lnASSETS), β_1^* 、 β_2^* 和 β_3^* 分别为式(4)泰勒线性化合并同类项的系数, $\mu_{it}^* = u_{it} + R_m \beta_1^* x_{it}$, 而 R_m 为泰勒展开式的余项。表4为门槛值个数的检验结果,显示以lnPATENT和lnP/R为被解释变量的检验结果均表明对 H_0^1 的拒绝是最严格的,因此,应选择 $m=1$, 即两个模型均仅存在一个门槛值。

2. 实证结果及分析

表5为风险投资与技术创新的PSTR实证结果。图1和图2中的每一个点都代表了一个观测值,很明显,虽然有大部分观测值要么处于高区制,要么处于低区制,但仍可以看到有一部分观测值处于两种区制之间,而如果仅使用PTR模型进行回归,必然会忽视这部分样本所包含的信息,所以使用面板平滑转换回归(PSTR)这种非线性回归技术对本文所研究的问题进行分析是合理的。

表5中模型1和模型2考虑被解释变量为专利数量自然对数(lnPATENT)的情况,可以发现,在风险投资规模低于门槛值时(低区制, VCASSETS < 91亿 = $e^{13.7256}$),并不能提高专利产出,相反,风险投资规模增加1%,专利产出水平显著降低0.04%;而一旦风险投资规模跨过门槛值,进入高区制(即VCASSETS > 91亿),其增加1%会显著提高专利产出水平0.08%。这一结论和Hellman and Puri^[43], Romain and Potterie^[44]以及Caselli *et al.*^[45]的发现相同,即风险投资一般会促进创新。门槛

表4 门槛数量选择的检验

被解释变量	lnPATENT		lnP/R	
	统计值	P值	统计值	P值
$H_0^3: \beta_3^* = 0$	F3 = 0.197	1.000	F3 = 0.307	0.999
$H_0^2: \beta_2^* = 0 \mid \beta_3^* = 0$	F2 = 1.526	0.058	F2 = 1.250	0.209
$H_0^1: \beta_1^* = 0 \mid \beta_2^* = \beta_3^* = 0$	F1 = 3.320	0.000	F1 = 2.832	0.000

值附近的转换速度为 2.7018,表明当风险投资规模超过门槛值时,其对专利产出水平的作用会较为迅速地从抑制转换为促进,存在一种平滑机制。研发投入在门槛值前后对专利水平的影响均不显著,表明可能存在研发投入的低效率甚至无效率,专利水平并不完全与研发投入正相关。工资水平(WAGE)在风险投资规模处于低区制时会正向促进专利水平,表明该阶段工资收入可能是研发人员的主要收入,激励作用明显;而一旦风险投资规模进入高区制,工资收入则会抑制专利水平,表明该阶段多样化的薪酬体系可能更能激励研发人员。人均GDP(AGDP)和专利水平之间可能存在相互影响,财富效应在低区制时阻碍了社会的创新,而一旦风险投资

规模进入高区制,人均GDP的增加和创新之间存在互相促进关系。对外开放程度(OPEN)在风险投资规模处于低区制时,会提高专利水平;但随着风险投资规模的增加,过于开放的市场不利于企业进行技术创新。市场化水平(MARK)的结果表明,高市场化水平能够提高技术创新,并且这种作用并不随着风险投资规模由低区制向高区制转换而减弱;反而在高区制时,市场化水平的提高更能促进技术创新(系数变大,且T值升高;模型3和模型4更能证明这一点),这一发现与张杰等^[46]、戴魁早和刘友金^[47]的结论相一致。对于国有经济占比(SOER)来说,在风险投资规模较低时,国有企业可能是技术创新的主体;而风险投资规模进入高区制时,国有企业的作用就会降低,证实了Zucker *et al.*^[48]及Bhide^[17]的发现。研发人员(RDP)对提高创新水平发挥重要作用,能够显著提高专利数量。

表5中模型3和模型4考虑被解释变量为研发效率自然对数($\ln P/R$)的情况。可以发现风险投资规模对研发效率的影响仍然存在着门槛效应,即:当风险投资规模小于门槛值($e^{13.6914} = 88$ 亿)时,风险投资规模的增加会降低企业的技术研发效率,1%的风险投资规模的增加会带来0.0429%研发效率的下降;而一旦风险投资规模跨过门槛值(88亿),企业技术研发效率则会随着风险投资规模的增大而得到显著提升,1%的风险投资规模增加会带来0.05%的研发效率提升。其他变量与模型1及模型2的结果不具有实质性差异。模型3和模型4的实证结果进一步验证了本文的假说,即风险投资和技术创新之间存在着非线性关系,只有当风险投资达到一定规模后(90亿元人民币),才能促进技术创新。

(三) 稳健性检验

为了检验本文结论的稳健性,本文使用风险投资基金数量(VCPROJECT)作为风险投资规模的替代变量进行稳健性检验分析,实证结果如表6及图3和图4所示。首先观察图3和图4和图1及图2类似,仍表明有一部分观察值处于高区制和低区制之间,如果使用非平滑转换模型进行计量,结论可能是有偏误的,进一步表明本文方法的准确性。

表5 风险投资金额与技术创新实证结果

	lnPATENT		lnP/R	
	(1)	(2)	(3)	(4)
lnVCASSETS	-0.042 5*** (-2.842 7)	0.082 7* (1.778 8)	-0.042 9** (-2.659 2)	0.049 4* (1.737 2)
R&D	-0.010 6 (-0.548 4)	0.019 1 (0.708 6)		
WAGE	0.667 1*** (13.431 3)	-0.340 8*** (-2.962 7)	0.573 1*** (11.568)	-0.266 7** (-2.560 4)
AGDP	-0.179 8*** (-5.480 9)	0.011 6 (0.095 5)	-0.183 6*** (-5.075 9)	-0.009 3 (-0.082 7)
OPEN	0.003*** (3.216 2)	-0.004 6*** (-3.364 5)	0.003 4*** (3.555 6)	-0.003 8 (-3.041 2)
MARK	0.028 8 (0.737 5)	0.109 4 (1.519 4)	0.065 1* (1.762 6)	0.121 9* (1.833 2)
SOER	0.776 3*** (3.059 3)	-0.798 5 (-1.130 7)	0.847 6*** (3.501 6)	-0.445 4 (-0.682 9)
RDP	0.010 1*** (7.650 7)	-0.000 8 (-0.504 4)	0.009 3*** (7.059 4)	0.000 1 (0.039 3)
斜率变量(γ)		2.701 8		2.839 9
门槛值(c)		13.725 6		13.691 4
N		336		336

注:*、**和***分别表示1%、5%和10%的显著性水平;括号内为经过异方差修正的T值。

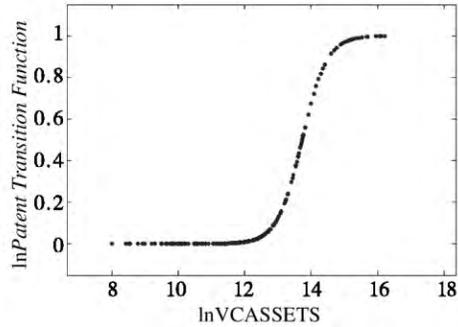


图1 被解释变量为 lnPATENT 时的转换函数

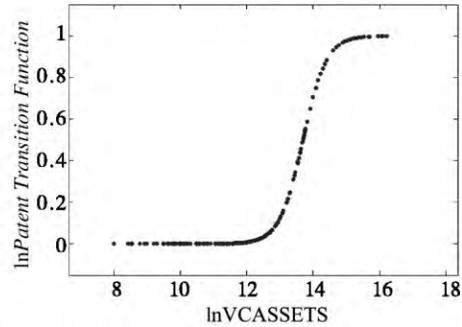


图2 被解释变量为 lnP/R 时的转换函数

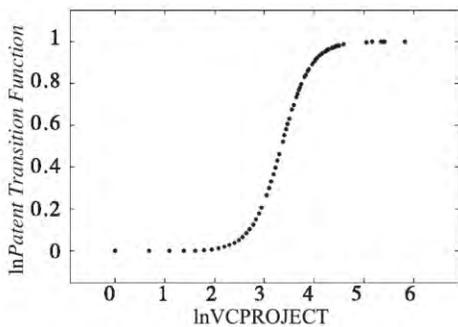


图3 VCPROJECT 的 lnPATENT 的转换函数

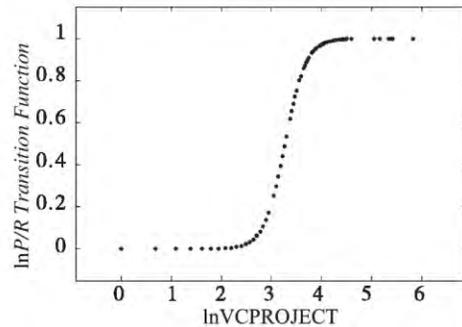


图4 VCPROJECT 的 lnP/R 的转换函数

其次,观察表6中以 lnPATENT 为被解释变量的回归结果,可以发现,当风险投资基金数量处于低区制($VCPROJECT < e^{3.3399} = 28$)时,其对专利数量产生显著不利影响,即当风险投资数量小于28只时,并不会提高企业创新水平;但一旦超过门槛值(多于28只),进入高区制,其每增加1%,会显著增加专利数量0.08%,转换速度为3.4085,表明超过门槛值后,风险投资基金数量对专利数量的影响会迅速转化为促进作用。以 lnP/R 为被解释变量的回归结果同样可以发现,风险投资基金数量低于门槛值($VCPROJECT < e^{3.2676} = 26$)时会显著降低研发效率;一旦风险投资基金数量超过门槛值,其每增加1%会提升研发效率0.12%,转化速度为4.8522。表6的结论表明,风险投资基金数量超过28只时,才能发挥对创新的积极促进作用。表6和表5的结果并不存在实质性差异,进一步验证了本文结论的稳健性,即风险投资与技术创新之间存在非线性关系。

表6 风险投资项目与技术创新 PSTR 实证结果

	lnPATENT		lnP/R	
	(1)	(2)	(1)	(2)
lnVCASSETS	-0.060 5*	0.083 2*	-0.069 9**	0.124 2
	(-1.763 9)	(1.900 1)	(-2.087 1)	(1.458 8)
R&D	-0.032	0.021		
	(-1.410 1)	(0.804 5)		
WAGE	0.687 7***	-0.414 4***	0.563 4***	-0.278 ***
	(14.091)	(-3.880 9)	(11.029 2)	(-2.819 9)
AGDP	-0.203 5***	0.106 1	-0.184 1***	0.043 1
	(-5.842 4)	(1.032 6)	(-4.717 7)	(0.449 5)
OPEN	0.003 7***	-0.004 8***	0.004 1***	-0.003 2**
	(3.184 5)	(-3.527 2)	(3.381 3)	(-2.426 6)
MARK	-0.021 9	0.214 6***	0.042 8	0.151 7***
	(-0.686 5)	(4.145 5)	(1.277 7)	(3.079 1)
SOER	0.452*	-0.483 1	0.733 5***	-0.449 8
	(1.932 6)	(-1.118 1)	(2.861 2)	(-1.010 7)
RDP	0.010 9***	-0.002 2	0.010 1***	-0.002 1
	(9.855 9)	(-1.371 6)	(8.628 5)	(-1.184)
斜率变量(γ)		3.408 5		4.852 2
门槛值(c)		3.339 9		3.267 6
N		336		336

注:*、**和***分别表示1%、5%和10%的显著性水平;括号内为经过异方差修正的T值。

五、结论及政策建议

本文主要研究了风险投资对技术创新的非线性关系。首先,本文在回顾国内外学者相关研究的基础上系统阐述了风险投资对技术创新的不同影响路径和作用机理,并提出两者之间可能存在非线性关系的假设;其次,利用我国2001—2012年各省市(自治区)的面板数据,运用面板平滑转换回归(PSTR)模型对风险投资与技术创新的非线性关系进行了实证分析,弥补了以往研究过于注重线性关系的不足。本文的主要结论如下:风险投资与技术创新之间存在着非线性关系,即风险投资规模低于门槛值时,风险投资的融资支持和增值作用有限,更多表现为盘剥行为,会抑制企业技术创新;但当风险投资规模超越门槛值,融资支持和治理效果才会发挥作用,进而促进企业进行技术创新;风险投资数量的实证结果同样表明了这一点。

根据实证结果,本文认为我国政府应大力推动各地区发展风险投资行业,扩大风险投资规模和项目数量,鼓励万众创业、全民创新,发挥风险投资行业规模优势以推动企业技术创新,保持经济高速发展。同样的,要想超常规发展风险投资、鼓励风险投资参股初创型企业,政府须给予风险投资行业一定的税收优惠并进行重点扶植;另外,政府可以通过成立一些重点行业引导基金,对重点项目和优势项目采取“领投”行为,释放积极信号,吸引民营资本进入,以推动相关高新技术行业的发展。

然而,尽管本文在理论阐释及实证设计方面做出了一些新颖的变革,但由于作者的知识水平有限,难免存在一定的局限性。笔者今后将继续跟踪公司微观层面的风险投资与技术创新的非线性关系,对本文结论进行补充。

参考文献:

- [1]李春涛,宋敏.中国制造业企业的创新活动:所有制和CEO激励的作用[J].经济研究,2010(5):55-67.
- [2]冯根福,温军.中国上市公司治理与企业技术创新关系的实证分析[J].中国工业经济,2008(7):91-101.
- [3]温军,冯根福.异质机构,企业性质与自主创新[J].经济研究,2012(3):53-64.
- [4]BERTONI F, COLOMBO M G, CROCE A. The effect of venture capital financing on the sensitivity to cash flow of firm's investments[J]. European financial management 2010, 16(4):528-551.
- [5]BOTTAZZI L, DA RIN M. Venture capital in Europe and the financing of innovative companies[J]. Economic policy, 2002, 17(34):229-270.
- [6]KORTUM S, LERNER J. Assessing the contribution of venture capital to innovation[J]. The RAND journal of economics 2000, 31(4):674-692.
- [7]AVNIMELECH G, TEUBAL M. Creating venture capital industries that co-evolve with high tech: insights from an extended industry life cycle perspective of the Israeli experience[J]. Research policy 2006, 35(10):1477-1498.
- [8]CHAMPENOIS C, ENGEL D, HENERIC O. What kind of German biotechnology start-ups do venture capital companies and corporate investors prefer for equity investments? [J]. Applied economics 2006, 38(5):505-518.
- [9]SVENSSON R. Commercialization of patents and external financing during the R&D phase[J]. Research policy 2007, 36(7):1052-1069.
- [10]TANG M C, CHYI Y L. Legal environments, venture capital, and total factor productivity growth of Taiwanese industry[J]. Contemporary economic policy 2008, 26(3):468-481.
- [11]FARIA A P, BARBOSA N. Does venture capital really foster innovation? [J]. Economics letters 2014, 122(2):129-131.
- [12]ATANASOV V A, IVANOV V I, LITVAK K. VCs and the expropriation of entrepreneurs [Z]. Available at SSRN 905923, 2006.
- [13]HSU D H. What do entrepreneurs pay for venture capital affiliation? [J]. The journal of finance 2004, 59(4):1805-1844.
- [14]UEDA M. Banks versus venture capital: project evaluation, screening, and expropriation[J]. The journal of finance 2004, 59(2):601-621.
- [15]DUSHNITSKY G, LENOX M J. When does corporate venture capital investment create firm value? [J]. Journal of

- business venturing 2006 21(6):753-772.
- [16]ENGEL D, KEILBACH M. Firm-level implications of early stage venture capital investment—an empirical investigation [J]. Journal of empirical finance 2007 14(2):150-167.
- [17]BHIDE A. The origin and evolution of new businesses [M]. Oxford: Oxford University Press 2000.
- [18]TREDENNICK N, SHIMAMOTO B. An engineer's view of venture capitalists [J]. IEEE spectrum 2001 38(9):67-70.
- [19]陈见丽. 风险投资能促进高新技术企业的技术创新吗? ——基于中国创业板上市公司的经验证据 [J]. 经济管理 2011(2):71-77.
- [20]杨宝, 袁天荣. 风险资本介入 研发投入与创新绩效关系研究——基于创业板的经验证据 [J]. 科技进步与对策, 2013(13):83-86.
- [21]方世建, 俞青. 中国风险投资对技术创新影响的实证研究 [J]. 西北工业大学学报(社会科学版) 2013(4):63-68.
- [22]BACHMANN R, SCHINDELE I. Theft and syndication in venture capital finance [Z]. Available at SSRN 896025, 2006.
- [23]马晓国, 李宗植, 管军. 江苏风险投资与高新技术产业发展实证分析 [J]. 科学学研究 2005(S1):152-156.
- [24]程昆, 刘仁和, 刘英. 风险投资对我国技术创新的作用研究 [J]. 经济问题探索 2006(10):17-22.
- [25]王玉荣, 李军. 风险投资对中小企业自主创新影响的实证研究——基于中小企业板的经验数据 [J]. 山东科技大学学报(社会科学版) 2009(1):47-52.
- [26]杨晔, 邵同尧. 基于面板数据的风险投资与区域创新因果关系研究 [J]. 管理评论 2012(6):27-33.
- [27]苟燕楠, 董静. 风险投资背景对企业技术创新的影响研究 [J]. 科研管理 2014(2):35-42.
- [28]龙勇, 杨晓燕. 风险投资对技术创新能力的作用研究 [J]. 科技进步与对策 2009(23):16-20.
- [29]金雪军, 郑冰开. 基于中国创业板公司的风险投资与企业创新能力研究 [J]. 上海金融 2013(12):129-131.
- [30]DESYLLAS P, HUGHES A. Do high technology acquirers become more innovative? [J]. Research policy 2010, 39(8):1105-1121.
- [31]HIRSHLEIFER D, HSU P H, LI D. Innovative efficiency and stock returns [J]. Journal of financial economics 2013, 107(3):632-654.
- [32]CHEUNG K Y, LIN P. Spillover effects of FDI on innovation in China: evidence from the provincial data [J]. China economic review, 2004 15(15):25-44.
- [33]ANOKHIN S, SCHULZE W S. Entrepreneurship, innovation and corruption [J]. Journal of business venturing, 2009, 24(5):465-476.
- [34]WANG C, KAFOUROS M I. What factors determine innovation performance in emerging economies? evidence from China [J]. International business review, 2009 18(16):606-616.
- [35]SILER P, WANG C, LIU X. Technology transfer within multinational enterprises: panel data evidence from US subsidiaries in Scotland [J]. Regional studies, 2003 37(1):15-25.
- [36]KENNEL J S. Foreign direct investment and local linkages: an empirical investigation [J]. Management international review, 2007 47(1):51-77.
- [37]BESTER H, MILLIOU C, PETRAKIS E. Wage bargaining, productivity growth and long-run industry structure [J]. Labour economics, 2012 19(6):923-930.
- [38]MAJUMDAR S K. Technology and wages: why firms invest and what happens [J]. Technology in society, 2014 39:44-54.
- [39]CHEMMANUR T J, TIAN X, LOUTSKINA E. Corporate venture capital, value creation, and innovation [J]. Review of financial studies, 2013 27(8):2434-2473.
- [40]GONZÁLEZ A, TERÁSVIRTA T, DIJK D V. Panel smooth transition regression models [Z]. SSE/EFI working paper series in economics and finance, 2005.
- [41]WEN J, CHANG C P. Government ideology and the natural disasters: A global investigation [J]. Natural hazards, 2015 78(3):1481-1490.

- [42] CHANG C P , LEE C C. Do oil spot and futures prices move together? [J]. *Energy economics* , 2015 50: 379-390.
- [43] HELLMANN T , PURI M. The interaction between product market and financing strategy: the role of venture capital [J]. *Review of financial studies* , 2000 13(14) : 959-984.
- [44] ROMAIN A , VAN POTTELSBERGHE DE LA POTTERIE B. The economic impact of venture capital [Z]. Working paper , Universite Libre de Bruxelles 2004.
- [45] CASELLI S , GATTI S , PERRINI F. Are venture capitalists a catalyst for innovation? [J]. *European financial management* , 2009 15(1) : 92-111.
- [46] 张杰 , 李克 , 刘志彪. 市场化转型与企业生产效率——中国的经验研究 [J]. *经济学(季刊)* , 2011(2) : 571-602.
- [47] 戴魁早 , 刘友金. 行业市场化进程与创新绩效——中国高技术产业的经验分析 [J]. *数量经济技术经济研究* , 2013(9) : 37-54.
- [48] ZUCKER L G , DARBY M R , BREWER M B. Intellectual human capital and the birth of U. S. Biotechnology enterprises [J]. *The American economic review* , 1998 88(1) : 290-306.

(责任编辑: 禾 日)

Research on Non-linear Relationship between Venture Capital and Technological Innovation ——Evidence from PSTR of Provincial Data

FENG Zhaozhen¹ , WEN Jun¹ , LIU Qingyan²

(1. School of Economics and Finance , Xi'an Jiaotong University , Xi'an 710061 , China;

2. School of Management , Zhejiang University , Hangzhou 310058 , China)

Abstract: This paper puts forward the hypothesis that there may be a nonlinear relationship between venture capital and technological innovation by reviewing the related researches and combing the mechanisms through which venture capital can influence technological innovation. Based on 2001—2012 panel data of all provinces (autonomous regions) , and using the panel smooth transition regression (PSTR) model , this paper studies the nonlinear relationship between venture capital and technology innovation (patent filed and R&D efficiency) from the angels of venture capital scale and venture capital funds number. Results show that: there does exist a threshold effect between venture capital and technological innovation , namely when the venture capital scale is below the threshold value; the finance and value-added function is limited; the appropriation is dominated and inhibits the enterprise technological innovation; however , when the venture capital scale is beyond the threshold value , its development will promote enterprises to carry out technological innovation; the empirical results of venture capital funds number also verify the same conclusion. This paper also provides some suggestions to develop venture capital industry in China.

Key words: venture capital; technological innovation; research and development efficiency; PSTR; threshold effect; value-added; expropriation