

引用格式:王昶,王恺霖,宋慧玲. 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应及差异[J]. 资源科学, 2020, 42(8): 1566-1579. [Wang C, Wang K L, Song H L. Incentive effects and differences of venture capital and government subsidies on technological innovation of advanced material enterprises[J]. Resources Science, 2020, 42(8): 1566-1579.] DOI: 10.18402/resci.2020.08.11

# 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应及差异

王昶<sup>1,2</sup>, 王恺霖<sup>1</sup>, 宋慧玲<sup>1</sup>

(1. 中南大学商学院, 长沙 410083; 2. 自然资源部国土资源战略研究重点实验室, 北京 100812)

**摘要:**随着近年资源应用领域逐步向高新技术产业延伸,下游材料端的技术创新突破已成为重构中国资源产业优势的战略着力点。本文利用2008—2017年中国新材料企业面板数据,运用PVAR模型和脉冲响应函数,从技术生命周期视角探究了风险投资与政府补贴对中国新材料企业技术创新的激励效应及其差异性。研究表明:①对于新材料企业,风险投资和政府补贴通过提升企业研发投入进而促进了新材料企业的技术创新。其中,风险投资的激励效应更明显但具有短期性,政府补贴的激励效应则具有滞后性;②对于导入期新材料企业,风险投资对其技术创新的激励效应较小,而政府补贴正好弥补了市场资金配置的不足;对于成长期新材料企业,风险投资对其技术创新的长期激励效应强于政府补贴;对于成熟期新材料企业,政府补贴不能促进其技术创新,风险投资的激励效应则比较显著。因此,为更好地提升中国新材料技术创新水平,政府应引入分类补贴机制,重点向导入期新材料企业倾斜,并引导风险资本投入成长期和成熟期新材料企业。

**关键词:**资源高端应用;新材料企业;技术创新;风险投资;政府补贴;技术生命周期

DOI: 10.18402/resci.2020.08.11

## 1 引言

中国是资源生产与消费大国,但因粗放开采和低水平应用,中国资源产业长期被低端锁定,面临“一买就涨,一卖就跌”的窘境。随着近年资源应用领域逐步向高技术产业和战略性新兴产业延伸,加快实现下游材料端的技术创新突破已成为中国重构资源产业优势的战略着力点<sup>[1]</sup>,并将影响中国制造业水平的提升。然而,新材料技术具有研发周期长、投资风险高、资金成本高等特点,Nature Materials上一项研究表明<sup>[2]</sup>,新材料实现商业化的时间和成本与生物科技相近,但远高于软件技术。这种“高技术不确定性”和“高市场不确定性”特征,决定

了新材料技术创新需要政府和市场力量的共同推动才能实现。近年中国以风险投资为代表的市场化激励手段不断推进,新材料产业风险投资规模位居所有产业的前列<sup>[3]</sup>。政府也通过提供补贴等方式支持和引导新材料企业的技术创新。但这些风险投资和政府补贴对中国新材料企业技术创新的激励效应如何还有待进一步探究。

现有学者对政府补贴、风险投资与技术创新的关系作了些研究<sup>[4-10]</sup>,并取得了一定的成果,但两种手段究竟促进还是抑制企业的技术创新,现有研究还存在一定分歧和缺口:一是企业技术创新往往需要市场和政府的共同作用,然而现有研究主要从单

收稿日期:2020-02-19 修订日期:2020-06-18

基金项目:国家社会科学基金项目(18ZDA061;19BJY039);国家自然科学基金项目(71991482;71633006);湖南省智库重点委托项目(17ZWB25)。

作者简介:王昶,男,湖南怀化人,教授,博士生导师,研究方向为资源战略与政策。E-mail: changw1000@163.com

通讯作者:宋慧玲,女,河南周口人,博士生,研究方向为资源经济学。E-mail: songhuiying@csu.edu.cn

2020年8月

项手段出发分别研究风险投资或政府补贴对技术创新的激励效应,缺乏综合考虑两种手段对技术创新的影响效应;二是现有研究大多针对整体制造业或一般性行业进行研究,忽视了新材料行业的特殊性;三是处于不同技术生命周期的新材料企业,面临的技术创新形势和任务有别,风险投资或政府补贴对其技术创新的激励效应可能会存在差异。因此,非常有必要综合研究政府补贴与风险投资两种手段对不同技术生命周期新材料企业技术创新的激励效应及其差异性。

基于此,本文利用2008—2017年中国新材料企业面板数据,运用PVAR模型和脉冲响应函数,基于技术生命周期视角研究风险投资和政府补贴对中国新材料企业技术创新的激励效应,旨在回答风险投资与政府补贴如何影响新材料企业的技术创新,以及两种手段对不同技术生命周期新材料企业技术创新的激励效应是否存在差异。这将为探索中国资源下游高端化应用与技术创新能力提升提供参考。

## 2 理论分析与研究假设

### 2.1 风险投资对新材料企业技术创新的影响

随着中国风险投资产业的蓬勃发展,风险资本已成为促进新材料企业技术创新的有力助推者。风险投资可以为新材料企业提供资金支持,增加其创新倾向,使得企业更多地从事创新活动,进而显著提升其技术创新能力<sup>[4]</sup>。杨昀<sup>[11]</sup>、张伟科<sup>[12]</sup>对企业创新绩效的研究表明,风险投资对企业技术创新具有正向显著的影响。而且风险投资的期限越长,对企业技术创新的促进作用越强<sup>[5]</sup>。从影响机制上看,风险投资介入后会对企业创新活动进行有效地监督与管理,激励企业提高研发投入力度,从而产生显著的额外研发投入引致效应,促进创新成果的转化,进而对企业技术创新产生积极影响<sup>[13]</sup>。马嫣然等<sup>[14]</sup>实证研究进一步表明,研发投入在风险投资与技术创新之间发挥中介作用,即风险投资通过直接和间接作用于研发投入共同影响企业技术创新产出。基于上述分析,本文提出如下假设:

H1:风险投资对新材料企业的技术创新具有促进作用。

H1a:企业研发投入在风险投资对新材料企业技术创新的影响关系中具有中介作用。

### 2.2 政府补贴对新材料企业技术创新的影响

新材料企业的研发活动长期需要大量的资金投入,政府补贴成为各级政府促进新材料企业技术创新的重要手段。康志勇<sup>[15]</sup>关于政府补贴对企业专利质量影响的实证研究表明,政府补贴对企业技术创新水平的提升具有促进作用。政府补贴可直接作为企业技术创新投入资金使用,缓解企业内源融资的压力,使企业有更加充足的资金用于技术创新,而且政府补贴可以分担企业创新活动的风险,增加企业技术创新投资的信心,从而有利于提高企业技术创新水平<sup>[9]</sup>。Dang等<sup>[16]</sup>、杨亭亭等<sup>[17]</sup>对政府补贴的技术创新效应研究表明,政府补贴通过影响企业的研发投入进一步作用于企业技术创新,研发投入起到中介作用。张永安等<sup>[18]</sup>也认为,政府补贴能够通过资源倾向机制和信号传递机制促进企业技术创新绩效的提升,企业研发投入在其中起中介作用。基于上述分析,本文提出如下假设:

H2:政府补贴对新材料企业的技术创新具有促进作用。

H2a:企业研发投入在政府补贴对新材料企业技术创新的影响关系中具有中介作用。

### 2.3 企业技术生命周期与技术创新

技术生命周期是指技术的先进性在人们认识自然、改造自然过程中发生的阶段性变化,具有周期性的演化规律<sup>[19]</sup>。技术生命周期的不同会影响企业技术创新轨道的演化路径<sup>[20]</sup>。Haupt等<sup>[21]</sup>认为对技术的投资必须考虑其当前的生命周期阶段,投资主体机构也应根据技术生命周期理论决定资本的投入方向。陈红等<sup>[22,23]</sup>的实证研究表明,在引入企业生命周期之后,政府补贴对不同生命周期企业的技术创新的影响存在差异。由于企业所处的生命周期阶段不同,在现金流量、融资约束以及技术创新需求等方面有不同的特征<sup>[24]</sup>,因而市场手段和政府手段对其技术创新的支持意愿和力度也会有所不同,进而影响其激励效果。为此,本文从技术生命周期视角,将新材料企业分为导入期、成长期、成熟期3类,并基于上述理论分析,提出以下假设:

H3: 新材料企业所处的技术生命周期阶段不同, 风险投资与政府补贴对其技术创新的影响作用不同。

导入期新材料企业的技术创新体系薄弱, 技术专利数量少, 尚未取得大量成果, 新材料产品从开始研发到商业化也需要5~10年甚至更长的时间和更高的研发成本<sup>[2]</sup>。而风险投资具有资本逐利性, 比较偏向于高增长的企业<sup>[25]</sup>, 不愿向导入期新材料企业注入大量资金或者会过早退出, 对其技术创新的作用有限<sup>[26]</sup>。尽管导入期新材料企业的技术创新风险较高, 但考虑到新材料技术发展初期代表材料技术领域前沿发展方向, 对国家未来新材料产业的发展具有重大引领作用<sup>[27]</sup>, 政府会积极为此类企业提供政府补贴, 这可直接作为企业创新投入资金使用, 有助于缓解此类企业技术创新内源融资的压力, 并分担其技术创新风险<sup>[9]</sup>, 从而有利于促进其技术创新。基于上述理论分析, 本文提出以下假设:

H3a: 对于导入期新材料企业, 政府补贴相比风险投资更能促进其技术创新。

成长期新材料企业的业绩迅速增长, 并开始大规模购置生产设备、增加人力资源投入, 这都需长期稳定的资金支持<sup>[28]</sup>。同时, 企业经营规模和产品市场的迅速扩张, 也导致其经营管理风险较高<sup>[29]</sup>。随着此类企业盈利能力的提升, 风险投资的投资意愿开始增强, 以锂电池材料为例, 其良好的市场前景使其在全球获得的风险投资从2018年的8.5亿美元上升到2019年的17亿美元<sup>[30]</sup>。这有利于提高此类企业的技术创新倾向, 刺激企业增加技术创新活动, 直接促进其技术创新能力的提高<sup>[31]</sup>。而且, 风险投资还可通过参与企业管理和决策, 改善此类企业的治理状况, 降低其经营管理风险, 从而间接地促进其技术创新水平的提高<sup>[4]</sup>。虽然政府补贴可以缓解此类企业的融资约束压力, 进而促进其技术创新, 但并不会参与企业经营管理活动, 也难以改善其经营管理风险。基于上述理论分析, 本文提出以下假设:

H3b: 对于成长期新材料企业, 风险投资相比政府补贴更能促进其技术创新。

成熟期新材料企业的主导技术和产品市场已比较成熟, 形成了较为稳定的现金流。风险投资为

了获利退出, 会积极行使股东权利, 参与公司治理, 以提高公司市值<sup>[32]</sup>, 客观上会促进企业技术创新。由于此类企业的盈利水平已较为稳定, 进行持续创新的意愿也逐渐降低, 政府补贴容易引起企业进行“寻租”, 产生寻租的成本, 进而对其自身技术创新研发投入产生挤出效应<sup>[33,34]</sup>, 不利于企业技术创新水平的提高。而且政府补贴对企业技术创新的激励作用存在门槛效应, 过高的补贴会扭曲要素市场, 抑制企业的技术创新<sup>[10,35]</sup>。基于上述理论分析, 本文提出以下假设:

H3c: 对于成熟期新材料企业, 风险投资对其技术创新具有促进作用, 而政府补贴具有抑制作用。

综合上述理论分析, 本文构建了风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的理论分析框架(图1)。

### 3 数据来源、变量设置与实证模型

#### 3.1 数据来源和样本选取

由于中国新材料产业大约从2008年开始迅速发展, 并且考虑到数据的可获取性, 本文选取2008—2017年为时间截面, 利用中国新材料企业风险投资、政府补贴和专利等数据分析风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应。其中, 风险投资数据来自投资中国的“CVSource”数据库, 该数据库是目前中国最全面的风险投资数据库, 涵盖了风险投资事件的投资方、被投资方和投资金额等详细信息。本文以新材料企业名称作为关键词检索, 手工收录了样本企业在2008—2017年的每一笔投资事件的投资额。由于中国风险投资机构(VC)和私募股权投资机构(PE)在实际业务中并无明确界限, 投资阶段也往往存在交叉, 因此本文将两类投资都视为风险投资; 新材料公司财务数据来自国泰安CSMAR数据库和上市公司招股说明书; 专利数据来自国家知识产权局和国泰安CSMAR数据库。

由于其他数据库暂无新材料概念板块分类, 本文分别从东方财富新材料概念板块和中国权威新材料信息类平台“新材料在线”收集了A股上市企业169家和418家, 再结合《新材料产业发展指南》界定的范围, 人工筛选出新材料板块成分股A股上



2020年8月

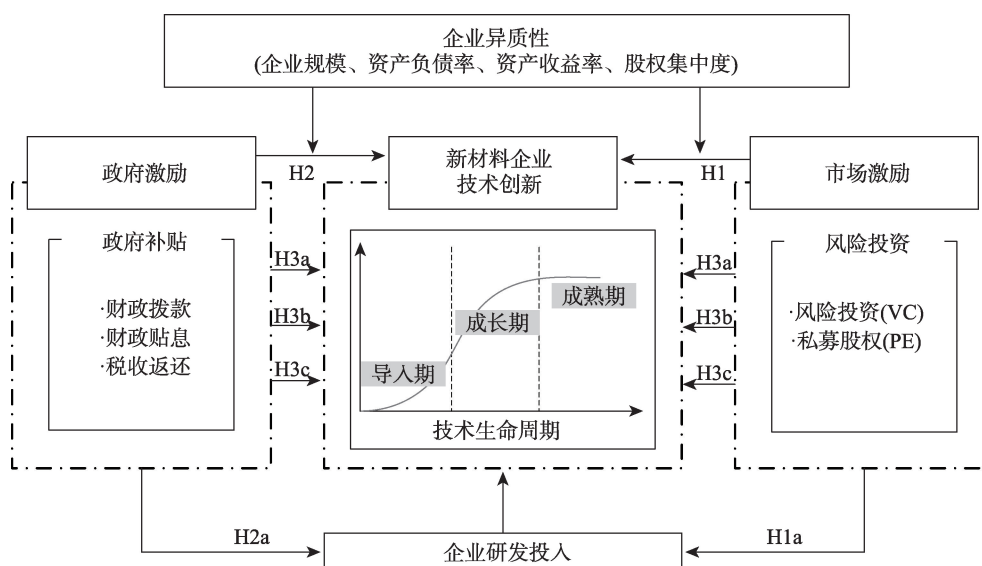


图1 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的理论分析框架

Figure 1 An analytical framework of the incentive effect of venture capital and government subsidies on technological innovation in advanced material companies

市企业149家,通过与上文获取到的政府补贴和风险投资数据比对,剔除了数据不全或者无相关数据的78家企业,最终将剩下71家同时获得了政府补贴和风险投资的新材料企业作为本文的研究样本。根据投中研究院关于新材料企业技术生命周期阶段的划分方法<sup>[36]</sup>,本文基于企业公开资料对各企业主营业务和主要产品进行识别,将71家新材料企业划分为导入期(14家)、成长期(14家)、成熟期(43家)3类。最终将研究对象划分为4个面板,分别为Panel T(全部企业)、Panel A(导入期企业)、Panel B(成长期企业)、Panel C(成熟期企业)。

### 3.2 变量设置

为分析风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应,本文以技术创新为被解释变量,以风险投资与政府补贴为解释变量,引入研发投入作为中介变量,并将企业规模、资产负债率、资产收益率和股权集中度设为控制变量,各个变量的具体测量方式如下:

(1)被解释变量:技术创新(*lnpat*)。由于新材料企业在申请专利时,相关研发活动已经取得成果,因此本文借鉴Jin等<sup>[37]</sup>的做法,选择新材料企业当年新申请专利数来衡量其技术创新水平。

(2)解释变量:包括风险投资和政府补贴。①

风险投资(*lnvc*):本文根据Mann等<sup>[38]</sup>的研究,采用风险投资来代表新材料企业技术创新过程中的市场支持力量。由于风险投资对新材料企业技术创新的影响是一个长期的过程,本文借鉴齐绍洲等<sup>[4]</sup>的方法,探索性地使用“风险投资存量”代表风险投资:

$$VC_t = VCQ_t / FAIPI_t + (1 - \delta_t) VC_{t-1} \quad (1)$$

式中: $VC_t$ 代表第 $t$ 年企业获得的风险投资存量; $VCQ_t$ 为当期所获得风险投资额; $FAIPI_t$ 为当期固定资产投资价格指数; $VC_{t-1}$ 为上一年风险投资存量; $\delta_t$ 为折旧率。折旧率的选取参照陈诗一<sup>[39]</sup>的方法,利用2003—2017年《中国工业经济统计年鉴》<sup>[40]</sup>和《中国建筑业统计年鉴》<sup>[41]</sup>的数据计算不同行业的可变折旧率。

②政府补贴(*lnsub*):本文根据Zúñiga-Vicente等<sup>[42]</sup>的研究,采用政府补贴来代表新材料企业技术创新过程中的政府扶持力量,具体从国泰安CSMAR数据库中上市企业年报和手工收录招股说明书中的“营业外收入”科目下的“政府补助”明细项中整理得到政府补贴总额,以此表示新材料企业当年所获得的政府补贴金额。

(3)中介变量:企业研发投入(*lnrd*)。根据理论分析可知,风险投资与政府补贴能够通过影响新材

料企业的研发投入进而影响其技术创新,故本文选取企业当年的研发投入作为中介变量。

(4)控制变量。研究证明重要的财务指标和公司治理指标会对企业的技术创新产生影响<sup>[6,10]</sup>,因此本文选取以下控制变量:

①企业规模(*lnsize*)。大型企业在控制风险、规模经济、融资渠道等方面比小型企业具有更大的优势,在获得政府补贴和风险投资方面具有更高的概率,从而更具技术创新能力。本文用企业的总资产规模来衡量企业的规模大小。

②资产负债率(*lev*)。资产负债率涉及企业的财务状况,企业负债率越高,财务状况越差,使其无法探索有长远发展潜力的创新机会。本文用负债与总资产的比值来表示。

③资产收益率(*roa*)。企业的创新活动往往需要前期大规模的资金投入,企业的高资产回报率意味着企业具有较强的盈利能力,他们有雄厚的资金支持研发项目,也可以承担研发活动的高风险。本文以税后净利润与总资产的比值来表示。

④股权集中度(*hold*)。在股权集中度高的企业,为最大程度地获得自身利益,大股东将要求企业经营人员开展技术创新活动,并投资于企业的长远发展目标。本文以企业第一大股东的持股比例来衡量企业的股权集中度。

为避免异方差的出现,本文将部分变量经过对数化处理(表1),变量的描述性统计见表2。可以发现,导入期和成长期新材料企业获得的风险投资和政府补贴均高于整体新材料企业的平均值,而成熟期新材料企业的风险投资、政府补贴和技术创新的

表1 变量定义表

Table 1 Variable definition

变量类型	变量名称	变量符号	测量方法
被解释变量	技术创新	<i>lnpat</i>	ln(1+当年新申请专利数)
解释变量	政府补贴	<i>lnsub</i>	ln(1+当年获得的政府补贴)
	风险投资	<i>lnvc</i>	ln(1+风险投资存量)
中介变量	研发投入	<i>lnrd</i>	ln(1+企业研发投入)
控制变量	企业规模	<i>lnsize</i>	ln(1+当年公司总资产)
	资产负债率	<i>lev</i>	总负债/总资产
	资产收益率	<i>roa</i>	净利润/总资产
	股权集中度	<i>hold</i>	第一大股东持股比例/%

表2 主要变量的描述性统计

Table 2 Descriptive statistics of the main variables

	变量	样本	均值	标准差	最小值	最大值
总体样本	<i>lnpat</i>	710	2.325	1.409	0.000	6.548
	<i>lnvc</i>	710	6.497	3.174	0.000	11.090
	<i>lnsub</i>	710	5.140	2.907	0.000	10.311
导入期	<i>lnpat</i>	140	3.094	1.332	0.000	6.548
	<i>lnvc</i>	140	7.277	2.512	0.000	10.716
	<i>lnsub</i>	140	6.322	2.042	0.000	9.851
成长期	<i>lnpat</i>	140	2.199	1.403	0.000	5.380
	<i>lnvc</i>	140	6.607	3.049	0.000	10.661
	<i>lnsub</i>	140	5.326	2.986	0.000	10.311
成熟期	<i>lnpat</i>	430	2.115	1.351	0.000	5.545
	<i>lnvc</i>	430	6.207	3.362	0.000	11.090
	<i>lnsub</i>	430	4.694	3.011	0.000	9.655
中介变量	<i>lnrd</i>	710	6.096	3.514	0.000	11.615
控制变量	<i>lnsize</i>	710	9.574	4.789	0.000	15.047
	<i>lev</i>	710	0.290	0.224	0.000	1.081
	<i>roa</i>	710	0.024	0.040	-0.188	0.285
	<i>hold</i>	710	0.188	0.186	0.000	0.635

平均值都低于整体的平均值。

### 3.3 模型设置

#### 3.3.1 面板数据固定效应模型

本文首先验证风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的作用。由于面板数据回归相比于一般时间序列回归降低了多重共线性、控制了个体的异质性,且具有普遍适用性能够更好地解释复杂的经济问题,因此本文使用面板数据固定效应模型进行实证检验,设定如下模型:

$$\ln pat_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln vc_{it} + X_{it}\alpha + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$\ln pat_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln sub_{it} + X_{it}\alpha + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$\ln rd_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln vc_{it} + X_{it}\beta + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\ln rd_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln sub_{it} + X_{it}\beta + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 \ln rd_{it} + X_{it}\gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln sub_{it} + \gamma_2 \ln rd_{it} + X_{it}\gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

式中: *lnpat* 为专利申请数; *lnvc<sub>it</sub>* 为风险投资; *lnsub<sub>it</sub>* 为政府补贴; *lnrd<sub>it</sub>* 为研发投入; *X<sub>it</sub>* 为控制变量集合(企业规模、资产负债率、资产收益率、股权集中度);  $\eta_i$  为个体固定效应;  $\mu_t$  为时间固定效应;  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项;  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  分别为各变量的弹性系数和系数向量集合; *i*、*t* 分别代表企业个体和年份; 下标  $i=1, 2, \dots, 71$ , 表示 71 个样本公司。

2020年8月

以上模型中,式(2)和式(3)分别为风险投资和政府补贴对新材料企业技术创新的直接作用,式(4)和式(5)分别为风险投资和政府补贴对中介变量企业研发投入的作用效果,式(6)和式(7)分别在(2)和(3)的基础上加入了中介变量企业的研发投入。

### 3.3.2 面板向量自回归模型

为探究风险投资和政府补贴对不同技术生命周期新材料企业技术创新的动态作用,本文采用PVAR(面板向量自回归模型)<sup>[6]</sup>,通过引入个体效应和时点效应分别捕捉了个体差异和不同截面受到的共同冲击,以避免模型的内生性问题,具有较强的稳健性,表达式如下:

$$y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^p A_j y_{i,t-j} + f_j + d_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$y_{it} = \begin{Bmatrix} \ln vc_{it} \\ \ln sub_{it} \\ \ln pat_{it} \end{Bmatrix} \quad (9)$$

式中:  $y_{it}$  表示第  $i$  个新材料企业在第  $t$  年由内生变量组成的向量,依次为风险投资、政府补贴和新材料企业技术创新;  $y_{i,t-j}$  为所有的内生变量;  $\alpha_0$  为截距;  $A_j$  为回归系数矩阵;  $f_j$  和  $d_t$  分别为固定效应和时间效应。

## 4 结果与分析

### 4.1 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励的主效应分析

本文首先衡量风险投资、政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应。在进行后续的实证检验步骤之前,需要用单位根检验确认各变量的平稳性,变量的非平稳性在回归分析中可能导致伪回归现象,使得回归结果出现大的偏差,也会影响脉冲响应与方差分解的稳定性。为保证面板单位根检验结果稳健性,本文采用LLC和IPS方法来进行检验。表3表明,所有变量的原序列都是平稳的。

针对模型(2)、(3)风险投资和政府补贴对新材料企业技术创新影响的基准模型进行估计,结果如表4所示。表中被解释变量为企业的技术创新  $\ln pat$ , 主要解释变量为风险投资  $\ln vc$  和政府补贴  $\ln sub$ , 控制变量包括  $\ln size$ 、 $lev$ 、 $roa$ 、 $hold$  等。(1)–(3)

表3 面板单位根检验

Table 3 Panel unit root test

变量	LLC		IPS		是否平稳
	统计量	P值	统计量	P值	
$\ln vc$	-92.3846	0.0000	-34.1357	0.0000	是
$\ln sub$	-20.5261	0.0000	-5.2781	0.0000	是
$\ln pat$	-18.3801	0.0000	-6.0536	0.0000	是
$\ln size$	-34.0674	0.0000	-9.3688	0.0000	是
$lev$	-17.8155	0.0000	-3.7711	0.0001	是
$roa$	-14.3225	0.0000	-4.4254	0.0000	是
$hold$	-30.3085	0.0000	-3.0371	0.0012	是
$\ln rd$	-31.6318	0.0000	-7.0676	0.0000	是

列为风险投资对新材料企业技术创新的回归结果,(4)–(6)列为政府补贴对新材料企业技术创新的回归结果,(1)、(4)列为不加入控制变量的回归结果,(2)、(5)列为加入控制变量的回归结果,(3)、(6)列在此前基础上加入时间控制。第(1)–(3)列的结果表明,风险投资和技术创新之间的系数为0.136、0.053、0.044,且都在1%的水平上显著为正,这表明在中国的新材料企业中,风险投资能够有效地正向促进企业的技术创新,假设H1得证。第(4)–(6)列的结果表明,政府补贴和技术创新之间的系数为0.226、0.181、0.131,且都在1%的水平上显著为正,这表明在中国的新材料企业中,政府补贴能够有效地正向促进企业的技术创新,假设H2得证。

为了验证上文实证结果的稳健性,本文利用GMM(广义矩估计)方法进行检验。检验结果显示风险投资与技术创新的相关系数为0.086,政府补贴与技术创新的相关系数为0.056,两者结果都显著为正,与上文研究结果一致,具有稳健性。

### 4.2 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励的中介效应分析

在证明风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应确实存在后,本文进一步探索其中介作用机制,对模型(4)–(7)的回归结果如表5所示。(1)、(2)列分别检验了风险投资和政府补贴对企业研发投入的作用,(3)列检验了风险投资与研发投入对技术创新的影响,(4)列检验了政府补贴与研发投入对技术创新的影响。第(1)列的结果表明,风险投资对新材料企业研发投入的作用显著为正,相关系数为0.0667,综合第(3)列结果,说明风险

表4 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励的主效应分析

Table 4 The main effect of venture capital and government subsidy on technological innovation incentive of advanced material enterprises

变量	(1) <i>lnpat</i>	(2) <i>lnpat</i>	(3) <i>lnpat</i>	(4) <i>lnpat</i>	(5) <i>lnpat</i>	(6) <i>lnpat</i>
<i>lnvc</i>	0.136*** (0.0153)	0.053*** (0.0179)	0.044** (0.0180)			
<i>lnsub</i>				0.226*** (0.000)	0.181*** (0.0379)	0.131*** (0.0353)
<i>lnsize</i>		0.116*** (0.0205)	0.0373* (0.0191)		0.0488* (0.0269)	-0.00765 (0.0245)
<i>lev</i>		-0.758* (0.404)	0.639** (0.308)		-0.950** (0.395)	0.472 (0.303)
<i>roa</i>		-2.208 (1.474)	2.174 (1.423)		-2.122 (1.459)	2.182 (1.413)
<i>hold</i>		1.093** (0.444)	0.426 (0.333)		0.851* (0.442)	0.216 (0.326)
<i>Constant</i>	1.4407*** (0.1072)	0.932*** (0.129)	0.598*** (0.159)	1.164*** (0.000)	1.094*** (0.121)	0.744*** (0.155)
<i>Observations</i>	710	710	710	710	710	710
<i>R-squared</i>	0.111	0.201	0.312	0.195	0.218	0.319
<i>Ajust_R<sup>2</sup></i>	0.012	0.106	0.298	0.106	0.125	0.306
<i>F_value</i>	79.48	31.88	22.52	154.70	35.31	23.30
时间控制	否	否	是	否	否	是

注: \*、\*\*和\*\*\*分别表示统计值在10%、5%和1%的水平上显著,下同。

表5 中介效应检验结果

Table 5 The result of intermediate effect test

变量	(1) <i>lnrd</i>	(2) <i>lnrd</i>	变量	(3) <i>lnpat</i>	(4) <i>lnpat</i>
<i>lnvc</i>	0.0667*** (-0.0248)		<i>lnvc</i>	0.0442** (-0.0177)	
<i>lnsub</i>		0.250*** (-0.0523)	<i>lnsub</i>		0.150*** (-0.0381)
<i>lnsize</i>	0.664*** (-0.0283)	0.567*** (-0.0372)	<i>lnrd</i>	0.134*** (-0.0283)	0.121*** (-0.0284)
<i>lev</i>	0.577 (-0.558)	0.333 (-0.545)	<i>lnsize</i>	0.0272 (-0.0275)	-0.0197 (-0.0311)
<i>roa</i>	-3.690* (-2.037)	-3.567* (-2.012)	<i>lev</i>	-0.836** (-0.397)	-0.990** (-0.39)
<i>hold</i>	-0.266 (-0.614)	-0.598 (-0.61)	<i>roa</i>	-1.712 (-1.454)	-1.691 (-1.443)
<i>Constant</i>	-0.727*** (-0.178)	-0.518*** (-0.167)	<i>hold</i>	1.128** (-0.437)	0.923** (-0.436)
			<i>Constant</i>	1.029*** (-0.128)	1.157*** (-0.12)
<i>Observations</i>	710	710	<i>Observations</i>	710	710
<i>R-squared</i>	0.757	0.762	<i>R-squared</i>	0.228	0.24



2020年8月

投资通过促进新材料企业的研发投入提高了其技术创新,中介效应存在,假设H1a得证。风险投资的介入不仅直接为新材料企业带来研发投入资金,还可以对新材料企业创新活动进行管理,提高其技术创新倾向,从而产生额外的研发投入引致效应<sup>[3,13]</sup>,进而有效促进了新材料企业技术创新水平的提高。

第(2)列的结果表明,政府补贴能够促进新材料企业研发投入,相关系数为0.250,第(4)列的回归结果同样也显著为正,这说明政府补贴也能通过促进新材料企业的研发投入进而提高其技术创新,中介效应存在,假设H2a得证。新材料的技术门槛与研发成本较高,新材料企业自身可能无法承受如此高的风险,政府补贴能够有效缓解新材料企业融资压力,使企业有充足的研发投入资金来开展创新活动,进而促进其技术创新。

#### 4.3 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的差异性分析

在确定了风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应及其中介机制的基础上,将进一步分析两种手段对不同技术生命周期新材料企业技术创新激励效应的差异性。

##### 4.3.1 面板协整检验结果分析

在确定各变量为平稳序列的基础上,进行面板协整检验考察变量间长期的均衡关系。从表6中8个统计量可以看出:至少存在4个统计量显著拒绝不存在协整关系的原假设,因此有理由认为风险投资、政府补贴和技术创新存在长期均衡关系。

##### 4.3.2 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新的动态激励效应分析

脉冲响应能够直观地表明各个变量之间未来几期的动态相互关系,它衡量一个变量受到单位标准差的冲击后对另一个变量的单方面影响。本文给予每个变量一个标准差的冲击并使用Monte Carlo方法模拟500次,得到每个变量的冲击对技术创新的滞后0~6期的作用。脉冲响应结果如图2所示,从中可以看出两种手段对新材料企业技术创新的激励效应的动态变化情况。

对于整体企业来说,风险投资其技术创新的激励效应具有短期性,而政府补贴的激励效应具有一定的滞后性。具体来看,图2a表明风险投资对技术创新产生正向冲击,冲击作用在滞后1期达到最大值,随后逐渐减小,这说明风险投资对新材料企业技术创新的激励效应具有短期性,这可能是因为到了后期随着风险投资的退出,存量的激励效应放缓。图2b表明政府补贴在滞后2期之前对技术创新产生负向冲击,随后转为正向冲击,而且持续到第6期一直为正向影响,说明政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应存在一定的滞后性,在短期内难以快速奏效,政府只有提供长期性、持续性补贴才会起到激励作用。与Guo等<sup>[43]</sup>学者的研究结果类似<sup>[37]</sup>,新材料企业技术创新是一个漫长的过程,政府补贴作为投入的一端,从投入到产出需要一定的时间,只有制定长期政策来扶持新材料企业,才能有效的促进新材料企业的技术创新。

表6 各面板变量协整检验结果

Table 6 Panel cointegration test

	整体		导入期		成长期		成熟期	
	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
Panel v-Statistic	-1.4031	0.9197	-1.6873	0.9542	-0.2534	0.6000	-1.0454	0.8521
Panel rho-Statistic	5.4695	1.0000	1.4791	0.9304	1.8750	0.9696	4.6703	1.0000
Panel PP-Statistic	-5.8396	0.0000	-5.8796	0.0000	-7.1774	0.0000	-2.3860	0.0085
Panel ADF-Statistic	-5.4631	0.0000	-5.3137	0.0000	-5.5690	0.0000	-2.5053	0.0061
Panel v-Statistic(weight statistic)	2.5189	0.0059	8.5528	0.0000	0.9109	0.1812	0.2356	0.4069
Panel rho-Statistic(weight statistic)	5.1799	1.0000	2.1505	0.9842	1.4812	0.9307	4.4846	1.0000
Panel PP-Statistic(weight statistic)	-7.1078	0.0000	-2.4921	0.0064	-7.1757	0.0000	-3.8153	0.0001
Panel ADF-Statistic(weight statistic)	-6.5046	0.0000	-2.4469	0.0072	-6.2991	0.0000	-3.6318	0.0001

注:检验模型选择的趋势形式为有截距项和趋势项、滞后期由Schwarz准则选择。



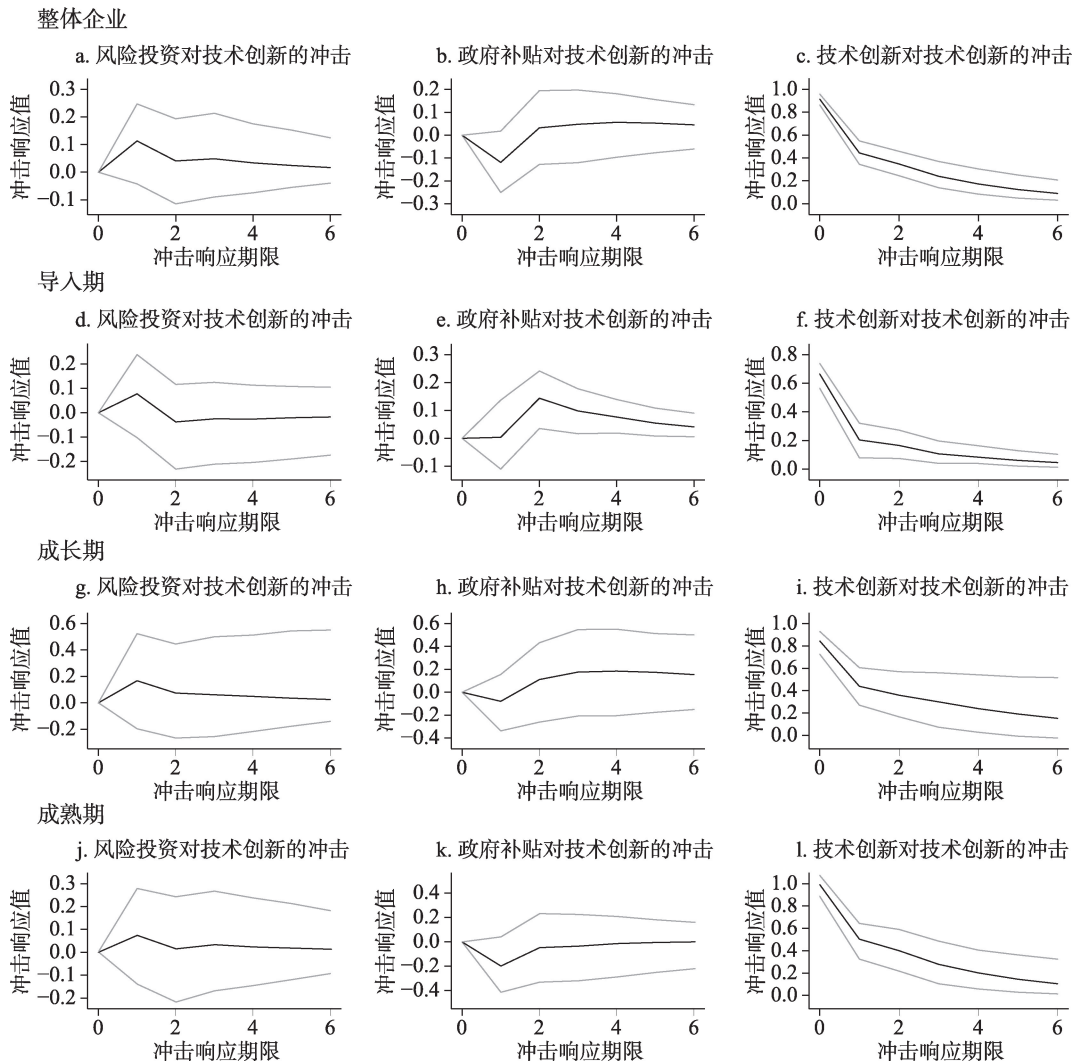


图2 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的动态激励效应结果

Figure 2 Results of dynamic incentive effect of venture capital and government subsidy on technological innovation of advanced material enterprises

注:从上至下的4行分别表示整体企业、导入期、成长期和成熟期的脉冲响应结果,从左至右的3列分别表示风险投资、政府补贴和技术创新对技术创新的脉冲响应结果;灰线代表置信区间,中间黑线代表冲击效应。

对于导入期新材料企业来说,风险投资对其技术创新的激励效应有限,政府补贴可以长期、持续地起到激励作用。具体来看,图2d表明风险投资在滞后2期之前能够有效的激励新材料企业的技术创新,然而在滞后2期之后,风险投资反而会产生负向的影响,这表明风险投资对此类企业的技术创新促进作用有限。图2e表明政府补贴对技术创新的激励效应从滞后1期才开始逐渐增长,并在滞后2期达到峰值,随后缓慢减弱,但始终保持正向的冲击趋势,政府补贴可以长期、持续地促进导入期新材料企业的技术创新。

对于成长期新材料企业来说,风险投资和政府

补贴两种手段都可以长期、持续地促进其技术创新。具体来看,图2g表明风险投资能够显著激励技术创新,在滞后1期达到最大值,随后缓慢减弱,但一直保持正向的冲击,风险投资能够持续、有效地促进其技术创新。图2h表明政府补贴对技术创新的冲击在滞后1期之前为负,随后转变为长期持续的正向冲击,政府补贴同样也对新材料企业的技术创新起到促进作用,可见政府补贴的技术创新激励作用具有长期性。但综合来看,风险投资的技术创新激励效应相对政府补贴更大,政府应该提供适度的资金支持来起到辅助的作用,以避免可能产生的“马太效应”<sup>[38]</sup>。

2020年8月

对于成熟期新材料企业来说,风险投资可以持续地促进其技术创新,而政府补贴不利于此类企业技术创新水平的提高。图2j表明风险投资对此类企业的技术创新产生显著正向冲击,在滞后3期之前的冲击作用呈现“增长-减少-增长”的趋势,在滞后3期后逐渐减小,此类企业对内外部资源的利用能力更强,能够与风险投资形成良好的交互作用。图2k表明政府补贴对技术创新存在负向冲击作用,而且在滞后1期达到最大,随后逐渐减小,说明政府补贴不利于促进此类企业的技术创新。与Yu等<sup>[31]</sup>的研究结果相似,成熟期的新材料企业可能存在一定的寻租现象,导致了研发投入的挤出现象,政府补贴不但不能有效促进成熟期新材料企业的技术创新,反而会产生一定的抑制作用。

图2c、2f、2i、2l表明了4类面板企业中,不同类型企业其技术创新自身对自身未来的影响,它们都对自身产生了正向的冲击效应,在最初技术创新对其自身的冲击效应最大,在滞后1期迅速减弱,随着时间的推移,其对自身的冲击作用会越来越小。综上,对于不同技术生命周期的新材料企业,风险投资和政府补贴对其技术创新的影响作用有显著区别,假设H3得证。

#### 4.3.3 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的贡献度分析

方差分解是将任意一个变量的预测方差分解成系统中各个变量的随即冲击所做的贡献,计算每个变量冲击所贡献的百分比大小,从而评估一个变量冲击对另一个变量的影响程度,表7为第3、6期内方差分解结果,从中可以看出风险投资与政府补贴两种手段对新材料企业技术创新的激励效应的贡献大小及其差异。

从导入期企业面板来看,政府补贴对其技术创新的激励效应明显高于风险投资的作用。从第3期

至第6期,风险投资的贡献率从1.6%增长至1.9%,基本维持不变,政府补贴的贡献率从4.0%提升至5.9%,增长显著,并且不管是在第3期还是第6期,政府补贴的贡献率远远大于风险投资。结合脉冲响应结果可以看出,对于导入期新材料企业,政府补贴的技术创新激励效应比风险投资明显,假设H3a得证。与Bertoni等<sup>[26]</sup>的研究结果类似,风险投资逐名和逐利的特征决定了其会过早退出<sup>[19]</sup>,因此导入期新材料企业还存在较大资金缺口,而政府扶持正好弥补了市场资金配置的不足,兼顾了市场力量作用较小的新材料企业,有效的激励了导入期新材料企业的技术创新。

从成长期企业面板来看,风险投资比政府补贴更能促进其技术创新水平的提高。从第3期至第6期,风险投资的贡献率从8.7%增长至18.9%,政府补贴的贡献率从12.1%减小至11.7%。在第3期,政府补贴的作用大于风险投资,但到第6期,风险投资的作用超过了政府补贴。这表明风险投资和政府补贴都同时显著激励了成长期新材料企业的技术创新,而且风险投资的激励效应先弱后强,政府补贴的激励效应先强后弱,从长期来看,风险投资相比政府补贴更能促进新材料企业的技术创新,与郑吉川等<sup>[30]</sup>的研究结果类似,政府在前期扶持产业发展的基础上后期逐渐减少投入,主要起到辅助作用,结合脉冲响应结果,假设H3b得证。

从成熟期企业面板来看,风险投资对其技术创新的激励作用起主导作用,政府补贴的激励作用较弱。从第3期至第6期,风险投资的贡献率从6.4%增长至10.3%,政府补贴的贡献率从2.9%减小至2.5%,在风险投资的贡献率增长的同时,政府补贴的贡献率有微弱的减小,且风险投资对成熟期新材料企业技术创新的贡献占主导地位,结合脉冲响应结果,假设H3c得证。以风电、光伏材料为例,风险

表7 风险投资与政府补贴对新材料企业技术创新激励效应的贡献度实证结果

Table 7 The contribution of venture capital and government subsidy to technological innovation incentive effect of advanced material enterprises

期数	导入期			成长期			成熟期			
	Invc	Insu	Inpat	Invc	Insu	Inpat	Invc	Insu	Inpat	
Inpat	3	0.016	0.040	0.943	0.087	0.121	0.792	0.064	0.029	0.908
Inpat	6	0.019	0.059	0.922	0.189	0.117	0.693	0.103	0.025	0.871

投资对其技术创新的激励作用是有效且持续的,市场自由化程度越深,越能诱发其技术创新,而政府补贴强度处于过高的区间<sup>[44]</sup>,导致企业寻租行为,未能有效促进其技术创新。这表明风险投资更能促进成熟期新材料企业的技术创新<sup>[39]</sup>。

## 5 结论与政策建议

### 5.1 结论

本文以中国A股新材料板块2008—2017年71家企业为样本,利用PVAR模型等方法,研究了风险投资和政府补贴对中国新材料企业技术创新的激励效应,并进一步分析了两种手段对不同技术生命周期新材料企业技术创新影响的差异性。研究发现:

(1)对于新材料企业来说,风险投资和政府补贴通过提升企业研发投入进而促进了新材料企业的技术创新,其中风险投资的激励效应较政府补贴更明显,但风险投资的激励效应具有短期性,而政府补贴的激励效应则具有一定滞后性。

(2)对于导入期的新材料企业,由于市场资本逐利性和导入期新材料技术创新的高风险特征,导致此类企业得不到市场资金的青睐,风险投资对此类企业技术创新的激励作用较小。而此类企业正需要大量的研发投入,政府补贴弥补了资本市场的不足,激励了导入期新材料企业的技术创新;对于成长期的新材料企业,风险投资相比政府补贴更能促进新材料企业的技术创新,政府补贴对新材料企业技术创新的激励效应则逐渐减弱;对于成熟期的新材料企业,以风险投资为代表的市场化手段可以发挥其主导作用很好的促进此类企业的技术创新。而政府补贴容易引起此类企业进行寻租,对其自身技术创新研发投入产生挤出效应,从而抑制了此类新材料企业的技术创新。

### 5.2 政策建议

为更好地促进新材料企业的技术创新,本文根据以上研究结论提出如下政策建议。

(1)充分发挥市场与政府的作用,促进新材料企业技术创新。由于风险投资对整体新材料企业技术创新的激励效应要大于政府补贴的作用,并且政府补贴的激励效应存在滞后性,未来要充分发挥

并释放市场力量的激励作用;同时,政府通过提供补贴向市场释放创新红利的积极信号,引导风险资本投入到新材料产业,从而促进新材料企业加大研发投入。

(2)建立政府补贴分类指南和退坡机制,重点向有市场前景和潜力的导入期新材料企业倾斜。研究表明,政府补贴对导入期新材料企业技术创新的激励效应更强,因此,政府要对不同技术发展阶段的新材料企业精准施策,避免政府补贴的“一刀切”。建议政府建立合适的分类补贴指南,贯彻“因企而异”的补贴措施,重点对导入期新材料企业提供长期性、持续性的补贴扶持,并逐步减少对成熟期新材料企业的补贴。

(3)引导风险资本更多的投入到成长期和成熟期的新材料企业当中。实证结果表明,风险投资对成长期和成熟期的新材料企业技术创新的促进作用更强。建议政府设立产业引导母基金,吸引风险资本成立新材料子基金,有效引导风险投资机构投入到成长期和成熟期的新材料企业,进而促进其技术创新水平的提高。

### 参考文献(References):

- [1] 王昶,宋慧玲,耿红军,等.关键新材料创新突破的研究回顾与展望[J].资源科学,2019,41(2):207-218.[Wang C, Song H L, Geng H J, et al. Review and prospect of advanced material innovative development[J]. Resources Science, 2019, 41(2): 207-218.]
- [2] Maine E, Seegopaul P. Accelerating advanced-materials commercialization[J]. Nature Materials, 2016, 15(5): 487-491.
- [3] 中国科学技术发展战略研究院.中国创业风险投资发展报告2016[M].北京:经济管理出版社,2016.[China Academy of Science and Technology Development Strategy. China Venture Capital Investment Development Report 2016[M]. Beijing: Economic Management Press, 2016.]
- [4] 齐绍洲,张倩,王班班.新能源企业创新的市场化激励:基于风险投资和企业专利数据的研究[J].中国工业经济,2017,(12):95-112.[Qi S Z, Zhang Q, Wang B B. Market-oriented incentives to the innovation of new energy companies: Evidence from venture capital and companies' patents[J]. China Industrial Economics, 2017, (12): 95-112.]
- [5] 陈思,何文龙,张然.风险投资与企业创新:影响和潜在机制[J].管理世界,2017,(1):158-169.[Chen S, He W L, Zhang R. Venture capital and enterprise innovation: Impact and potential mech-



2020年8月

- anism[J]. *Management World*, 2017, (1): 158-169.]
- [6] Lahr H, Mina A. Venture capital investments and the technological performance of portfolio firms[J]. *Research Policy*, 2016, 45(1): 303-318.
- [7] Szczygielski K, Grabowski W, Pamukcu M T, et al. Does government support for private innovation matter? Firm-level evidence from two catching-up countries[J]. *Research Policy*, 2017, 46(1): 219-237.
- [8] 袁丽静, 郑晓凡. 环境规制、政府补贴对企业技术创新的耦合影响[J]. *资源科学*, 2017, 39(5): 911-923. [Yuan L J, Zheng X F. Coupling induction of environmental regulation and government subsidy on enterprise technological innovation[J]. *Resources Science*, 2017, 39(5): 911-923.]
- [9] 郭玥. 政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J]. *中国工业经济*, 2018, (9): 98-116. [Guo Y. Signal transmission mechanism of government innovation subsidy and enterprise innovation[J]. *China Industrial Economics*, 2018, (9): 98-116.]
- [10] 姚海琳, 贾若康. 政府补贴与资源循环利用企业生产率: 基于中国上市公司面板门槛效应实证研究[J]. *资源科学*, 2018, 40(11): 2280-2295. [Yao H L, Jia R K. Government subsidies and productivity of resource recycling enterprises: An empirical study on panel threshold effect of listed enterprises in China[J]. *Resources Science*, 2018, 40(11): 2280-2295.]
- [11] 杨昉. 高端装备制造企业风险投资、研发投入与技术创新[J]. *统计与决策*, 2020, (12): 173-175. [Yang Y. Venture investment, R&D investment and technological innovation of high-end equipment manufacturing enterprises[J]. *Statistics & Decision*, 2020, (12): 173-175.]
- [12] 张伟科. 风险投资介入与企业创新: 基于PSM模型的经验证据[J]. *科技进步与对策*, 2020, 37(2): 10-18. [Zhang W K. Venture capital and enterprise innovation: Empirical evidence based on PSM model[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2020, 37(2): 10-18.]
- [13] 李梦雅, 严太华. 风险投资、引致研发投入与企业创新产出: 地区制度环境的调节作用[J]. *研究与发展管理*, 2019, 31(6): 61-69. [Li M Y, Yan T H. Venture capital, incentive R&D investment and enterprise' innovation output: Moderative effect of regional institutional environment[J]. *R&D Management*, 2019, 31(6): 61-69.]
- [14] 马嫣然, 蔡建峰, 王森. 风险投资背景、持股比例对初创企业技术创新产出的影响: 研发投入的中介效应[J]. *科技进步与对策*, 2018, 35(15): 1-8. [Ma Y R, Cai J F, Wang M. The impact of venture capital's background, shareholding ratio on startup's innovation output: Based on the intermediary effect of R & D[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2018, 35(15): 1-8.]
- [15] 康志勇. 政府补贴促进了企业专利质量提升吗?[J]. *科学学研*究, 2018, 36(1): 69-80. [Kang Z Y. Does Chinese government subsidies promote the quality of enterprise patents?[J]. *Studies in Science of Science*, 2018, 36(1): 69-80.]
- [16] Dang J, Motohashi K. Patent statistics: A good indicator for innovation in China? Patent subsidy program impacts on patent quality [J]. *China Economic Review*, 2015, 35: 137-155.
- [17] 杨亭亭, 罗连化, 许伯桐. 政府补贴的技术创新效应: “量变”还是“质变”?[J]. *中国软科学*, 2018, (10): 52-61. [Yang T T, Luo L H, Xu B T. The technical innovation effect of government subsidy: “Quantity change” or “quality change” [J]. *China Soft Science*, 2018, (10): 52-61.]
- [18] 张永安, 严嘉欣, 胡佩. 政府补贴对企业创新绩效的双重作用机制研究: 以生物医药上市企业为例[J]. *科技管理研究*, 2020, 40(1): 32-39. [Zhang Y A, Yan J X, Hu P. Research on the dual effect mechanism of government subsidy on enterprise innovation performance: A case study of listed biopharmaceutical enterprises [J]. *Science and Technology Management Research*, 2020, 40(1): 32-39.]
- [19] Taylor M, Taylor A. The technology life cycle: Conceptualization and managerial implications[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 140(1): 541-553.
- [20] 罗建强, 戴冬焯, 李丫丫. 基于技术生命周期的服务创新轨道演化路径[J]. *科学学研究*, 2020, 38(4): 759-768. [Luo J Q, Dai D Y, Li Y Y. Study on evolution path of service innovation trajectory based on technology life cycle[J]. *Studies in Science of Science*, 2020, 38(4): 759-768.]
- [21] Haupt R, Kloyer M, Lange M. Patent indicators for the technology life cycle development[J]. *Research Policy*, 2007, 36(3): 387-398.
- [22] 陈红, 张玉, 刘东霞. 政府补助、税收优惠与企业创新绩效: 不同生命周期阶段的实证研究[J]. *南开管理评论*, 2019, 22(3): 187-200. [Chen H, Zhang Y, Liu D X. Government subsidies, tax breaks and enterprise's innovation performance: An empirical study on different life cycle stages[J]. *Nankai Business Review*, 2019, 22(3): 187-200.]
- [23] 刘谊, 章新蓉, 沈静琦. 融资约束、政府补贴与技术创新: 基于高新技术企业生命周期视角[J]. *财会通讯*, 2019, (9): 97-102. [Liu Y, Zhang X R, Shen J Q. Financing constraints, government subsidy and technological innovation: Based on the perspective of high-tech enterprise life cycle[J]. *Communication of Finance and Accounting*, 2019, (9): 97-102.]
- [24] 王小燕, 张俊英, 王醒男. 金融科技、企业生命周期与技术创新: 异质性特征、机制检验与政府监管绩效评估[J]. *金融经济研究*, 2019, 34(5): 93-108. [Wang X Y, Zhang J Y, Wang X N. Fintech, corporate lifecycle and technological innovation: Heterogeneous characteristics, mechanism test and governmental regulation performance evaluation[J]. *Financial Economics Research*, 2019, 34(5): 93-108.]

- [25] Biddle G C, Chen P, Zhang G. When capital follows profitability: Non-linear residual income dynamics[J]. *Review of Accounting Studies*, 2001, 6(3): 229-265.
- [26] Bertoni F, Tykvová T. Does governmental venture capital spur invention and innovation? Evidence from young European biotech companies[J]. *Research Policy*, 2015, 44(4): 925-935.
- [27] 马琳, 商龚平. “中国制造2025”对材料提出新要求[J]. *新材料产业*, 2015, (7): 11-13. [Ma L, Shang G P. “Made in China 2025” puts new requirements on materials[J]. *Advanced Materials Industry*, 2015, (7): 11-13.]
- [28] Gilsing V, Bekkers R, Freitas I M B, et al. Differences in technology transfer between science-based and development-based industries: Transfer mechanisms and barriers[J]. *Technovation*, 2011, 31(12): 638-647.
- [29] 黄宏斌, 翟淑萍, 陈静楠. 企业生命周期、融资方式与融资约束: 基于投资者情绪调节效应的研究[J]. *金融研究*, 2016, (7): 96-112. [Huang H B, Zhai S P, Chen J N. Corporate life cycle, financing methods and financing constraints: Based on the moderating effect research of investor sentiment[J]. *Journal of Financial Research*, 2016, (7): 96-112.]
- [30] 郑吉川, 赵骅, 李志国. 双积分政策下新能源汽车产业研发补贴研究[J]. *科研管理*, 2019, 40(2): 126-133. [Zheng J C, Zhao H, Li Z G. A research on new energy vehicle industry R&D subsidy under the policy of “double credits” [J]. *Science Research Management*, 2019, 40(2): 126-133.]
- [31] Arqué- Castells P. How venture capitalists spur invention in Spain: Evidence from patent trajectories[J]. *Research Policy*, 2012, 41(5): 897-912.
- [32] Blair M M. Ownership and control: Rethinking corporate governance for the twenty-first century[J]. *Long Range Planning*, 1996, 29(3): 432-432.
- [33] Yu F, Guo Y, Le-Nguyen K, et al. The impact of government subsidies and enterprises’ R&D investment: A panel data study from renewable energy in China[J]. *Energy Policy*, 2016, 89: 106-113.
- [34] Görg H, Strobl E. The effect of R&D subsidies on private R&D[J]. *Economica*, 2007, 74: 215-234.
- [35] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响: 基于补贴强度“适度区间”的视角[J]. *中国工业经济*, 2015, (6): 94-107. [Mao Q L, Xu J Y. The effect of government subsidy on firms’ new product innovation: An analysis based on the moderate interval of subsidy intensity[J]. *China Industrial Economics*, 2015, (6): 94-107.]
- [36] 吴穹, 周航, 关璐, 等. 国内新材料行业投资现状概述[J]. *新材料产业*, 2016, (8): 7-14. [Wu Q, Zhou H, Guan L, et al. Overview of investment status of domestic new materials industry[J]. *Advanced Materials Industry*, 2016, (8): 7-14.]
- [37] Jin H, Feng B, Wu Y R, et al. Do government grants promote innovation efficiency in China’s high-tech industries?[J]. *Technovation*, 2016, 57-58: 4-13.
- [38] Mann R J, Sager T W. Patents, venture capital, and software startups[J]. *Research Policy*, 2007, 36(2): 193-208.
- [39] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算: 1980-2008[J]. *经济学(季刊)*, 2011, 10(3): 735-776. [Chen S Y. Reconstruction of sub-industrial statistical data in China (1980-2008)[J]. *China Economic Quarterly*, 2011, 10(3): 735-776.]
- [40] 国家统计局. 中国工业经济统计年鉴2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017. [National Bureau of Statistics of China. *China Industrial Statistics Yearbook in 2017*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017.]
- [41] 国家统计局. 中国建筑业统计年鉴2017[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017. [National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook on Construction in 2017*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2017.]
- [42] Zúñiga-Vicente J Á, Alonso-Borrego C, Forcadell F J, et al. Assessing the effect of public subsidies on firm R&D investment: A survey[J]. *Journal of Economic Surveys*, 2014, 28(1): 36-67.
- [43] Guo D, Guo Y, Jiang K. Government-subsidized R&D and firm innovation: Evidence from China[J]. *Research Policy*, 2016, 45(6): 1129-1144.
- [44] 李杨. 政府政策和市场竞争对欧盟国家可再生能源技术创新的影响[J]. *资源科学*, 2019, 41(7): 1306-1316. [Li Y. Impact of government policy and market competition on renewable energy innovation in EU countries[J]. *Resources Science*, 2019, 41(7): 1306-1316.]

# Incentive effects and differences of venture capital and government subsidies on technological innovation of advanced material enterprises

WANG Chang<sup>1,2</sup>, WANG Kailin<sup>1</sup>, SONG Huiling<sup>1</sup>

(1. School of Business, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Key Laboratory of Strategic Studies, Ministry of Natural Resources, Beijing 100812, China)

**Abstract:** In recent years, with the application of resources gradually extended to high-tech industry and strategic emerging industry, the technological innovation of downstream material end has become the strategic focus of reconstructing the advantages of China's resource industry. Based on the panel data of China's advanced material enterprises from 2008 to 2017, this study used the panel vector autoregressions (PVAR) model to comprehensively explore the dynamic incentive effects of venture capital and government subsidies on technological innovation of China's advanced material enterprises, and comparatively analyzed the differences in incentive effects between the two tools from the perspective of technology life cycle. The results show that although both venture capital and government subsidies can improve the technological innovation of advanced material enterprises, the incentive effect of venture capital is short term, while the long-term incentive effect of government subsidies is obvious. For enterprises in the introduction period, the incentive effect of venture capital on their technological innovation is small, and government subsidies can make up for the lack of market capital allocation. For enterprises in the growth period, the incentive effect of venture capital on their technological innovation is stronger than that of government subsidies in the long run. For enterprises in the mature period, the incentive effect of government subsidies is limited, and venture capital can play a leading role in promoting the technological innovation of such enterprises. Therefore, in order to promote the technological innovation of advanced material enterprises, the government should introduce a classified subsidy mechanism, focusing on enterprises in the introduction period, and guiding venture capital investment in enterprises in the growth and mature periods.

**Key words:** high-end application of resources; advanced material enterprises; technological innovation; venture capital; government subsidy; technology life cycle