

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

齐绍洲, 张倩, 王班班

[摘要] 以风险投资为代表的市场化手段能否有效激励新能源企业创新,这一问题对于转变中国新能源产业发展方式、构建低碳安全的能源体系和市场导向的绿色技术创新体系、推进绿色发展具有重要意义。本文基于新能源政府补贴缺口逐年扩大的特定背景,考虑风险投资对新能源企业创新能力的内在影响机制,并在吸收能力的视角下探讨新能源企业的异质性因素对风险投资作用效果的影响。结果表明,风险投资能够显著提升新能源企业的创新能力。这一激励效应主要通过三个机制共同实现,分别是“资金增加效应”,即为企业的经营发展提供直接的资金支持;“创新倾向提高效应”,即提高企业研发创新的积极性;“股东积极主义效应”,即为企业多种形式的增值服务。这说明风险投资作为一种市场化的资本运作方式,在新能源产业的发展中发挥着重要作用。因此,从新能源产业的现状考虑,一方面,应当使市场在资源配置中起决定性作用,实现新能源领域的要素自由流动和企业优胜劣汰,达到集约发展和结构调整的目的;另一方面,需要政府更好地发挥作用,在逐步减少新能源补贴等直接干预的同时,利用宏观调控体系为新能源企业创新能力的提高创造良好的制度环境。本文的研究不仅对中国新能源产业方面的政策制定具有重要启示,也为利用市场机制激励技术创新提供了一定的经验依据。

[关键词] 新能源产业; 创新能力; 市场机制; 风险投资

[中图分类号]F420 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2017)12-0095-18

一、问题引入

党的十九大报告明确指出要“构建市场导向的绿色技术创新体系”,“推进能源生产和消费革命,构建清洁低碳、安全高效的能源体系”。当前,中国的经济社会发展面临日趋强化的资源环境制约,不仅能源消费的持续增长使化石能源进口依存度不断提高,能源安全面临新的挑战,而且以煤为主的能源结构更是造成了环境污染、生态恶化的严峻态势。因此,改善能源结构、大力发展新能源成为贯彻落实十九大精神、推进能源生产和消费革命、构建清洁低碳和安全高效的能源体系的关键

[收稿日期] 2017-03-06

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金项目“基于碳价格映射的中国工业能源结构优化研究”(批准号71503087)。

[作者简介] 齐绍洲(1965—),男,河南宝丰人,武汉大学经济与管理学院教授,武汉大学气候变化与能源经济研究中心主任,碳排放权交易湖北省协同创新中心主任,博士生导师,经济学博士;张倩(1993—),女,安徽合肥人,武汉大学经济与管理学院硕士研究生;王班班(1986—),女,湖北武汉人,华中科技大学经济学院讲师,经济学博士。通讯作者:张倩,电子邮箱:whu_zhangqian@126.com。感谢匿名审稿人和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

着力点。一直以来,中国新能源产业的发展主要依赖于政府补贴,然而,随着新能源产业规模的不断扩大,这一模式的弊端逐渐显现。一方面,政府财政压力增加,补贴缺口逐年扩大,而企业对补贴的过于依赖使得新能源产业脆弱性提高(Ouyang and Lin,2014);另一方面,政府直接干预扭曲了新能源领域要素及产品的市场价格,阻碍了市场竞争,导致资源配置效率降低(Zeng et al.,2014)。追根溯源,事前补贴、“一刀切”等补贴方式助长了企业的投机心理,诱使企业为获取补贴而投资于低技术门槛项目,并盲目扩大产量、忽视研发创新,造成新能源领域低端产品产能过剩而关键部件却依赖进口的结构性失调局面(余东华和吕逸楠,2015)。这一局面不仅使得以价格为核心的市场机制难以发挥作用,加剧了资源错配与产业同构,也削弱了新能源企业的内在发展动力,增加了其对政府补贴的过度依赖。政府补贴作为促进新能源产业发展的重要手段,重点在于培育初期的引导作用,通过援助之手将产业扶持到正确的轨道上来,但是新能源产业的最终成长还是需要市场来主导(肖兴志和王伊攀,2014)。因此,深入研究以风险投资为代表的市场机制对新能源企业创新能力的激励效应,对于落实党的十九大提出的“构建市场导向的绿色技术创新体系”并“建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系”,具有重要的意义。

创新能力是新能源企业的核心竞争要素,但已有研究表明,政府补贴并不能有效提升新能源企业的创新能力,即使能够提高企业的专利数量,也无法保证专利质量(Dang and Motohashi,2015; Fisch et. al,2017)。因此,有效利用市场机制是助推新能源企业创新的主要方向。风险投资作为高度市场化的资本运作方式,是联系资本市场与实体经济的重要纽带,也是通过市场手段促进新能源产业创新发展的主要资本来源。

当前学术界鲜有就风险投资对新能源企业创新能力的影响做出专门研究,但已有一定数量的文献涉及了风险投资对一般企业创新能力的影响。然而,相关实证文献并未得出一致结论。大部分学者认为风险投资对企业的创新能力有显著的正向影响(如 Kortum and Lerner,2000;Faria and Barbosa,2014;Kolmakov et al.,2015)。因为风险投资具有高风险、高收益、权益性等特征,并能够提供额外的增值服务,从而有助于企业投入研发、提高创新能力。还有学者认为风险投资并不能促使企业进行创新(如 Engel and Keilbach,2007;Arvanitis and Stucki,2014)。他们指出风险投资具有逐利性和短视性的特征,会选择研发基础较好的企业进行投资,但在投资后不会鼓励企业继续创新。另外,有部分学者认为风险投资对企业创新能力的影响是有条件的,如 Popov and Roosenboom (2012)认为只有在风险投资发达的国家这一影响才是显著的,同时表明国家在税收和管理方面的优惠可以增加企业的风险投资额;冯照桢等(2016)认为风险投资与技术创新之间存在着门槛效应,只有在跨越门槛值以后,风险投资才会促进企业的技术创新。

对于这一问题,学者们为什么会得出不同的结论?一方面,国内风险投资市场发展并不成熟,加之风险投资机构的多样性和投资行为的复杂性(苟燕楠和董静,2013),使得研究结论对于行业和数据的选择尤为敏感;另一方面,鲜有文献深入剖析风险投资对企业创新能力影响的机制和企业异质性因素(冯照桢等,2016),而不同机制在行业间影响程度的差异可能是造成现有研究结论对行业 and 样本选择敏感的深层次原因。

新能源产业属于中国的战略性新兴产业之一,高风险是其重要的行业特点,创新能力是其核心竞争要素。鉴于此,新能源产业成为研究风险投资对企业创新能力影响这个一般性问题的颇具代表性的行业案例。不仅如此,通过将研究样本限定在代表性的行业,可以排除行业差异对研究结论的干扰;通过深入分析新能源产业特征,还可以提炼风险投资对企业创新能力影响的不同机制。从中国新能源产业的发展特征看,虽然近年来以光伏、风力为代表的新能源发电装机总量不断增长,但

是企业的创新能力不容乐观。具体表现为:①研发创新资金不足。充足的现金流是企业进行创新的前提(Hansen and Birkinshaw, 2007), 新能源企业的建设运营成本较高, 主要体现在其单位造价高、燃料成本高、运营维护成本高三个方面(中国可再生能源学会, 2014), 日常经营已占据企业大部分资金, 故新能源企业的创新资金十分缺乏。此外, 截至2016年6月, 中国新能源补贴缺口已达550亿元人民币, 原有补贴模式难以为继, 这对于资金技术密集型的新能源企业而言无疑是雪上加霜。在这种情况下, 如何拓宽资金来源成为政府和新能源企业必须面对的难题。②创新水平和倾向不高。中国新能源产业起步较晚, 技术研发能力和设备制造能力与外国先进水平有一定差距, 如风力发电机的轴承、光伏发电中的集热管等关键设备还需要从外国进口(韩秀云, 2012), 创新能力亟待提高。然而, 政府以产量、发电量为标准的补贴政策在一定程度上增强了企业的投机心理, “抢装”、“抢产”现象非常明显, 扩大产能代替研发创新成为新能源企业的经营重心。③内部创新环境较差。新能源企业存在盲目发展现象, 如电池组件产能过剩, 而多晶硅材料却依然依赖进口, 从而导致大部分企业议价能力较弱、盈利空间较小(余东华和吕逸楠, 2015), 且规模较小、经营效率不高, 无法形成规模效应。

风险投资能够对新能源企业的创新能力产生何种影响? 这种影响会通过哪些机制实现? 这些机制对不同类型的企业影响程度有何差异? 以上问题的回答对于提升新能源企业创新能力、促进新能源产业发展具有重要的参考价值, 对于深入剖析风险投资对企业创新能力的影响机制也具有一定的理论启示。对此, 本文收集了2002—2015年中国新能源产业的风险投资项目数据, 并与A股上市公司和新三板企业的经济数据、研发数据、专利数据相匹配, 利用中介效应模型验证风险投资能否提升新能源企业的创新能力及其作用机制, 并分析新能源企业的异质性因素对其利用风险投资进行创新的影响效果。本文的研究贡献体现在:①理论上, 从中国新能源产业的特征出发, 深入剖析风险投资对企业创新能力的影响方向、影响机制及企业异质性因素;②利用微观数据验证新能源领域风险投资对企业创新能力的激励效应, 为提升中国新能源企业创新能力和产业发展的宏观战略与政策提供微观基础;③分析企业异质性因素对风险投资作用效果的影响, 对新能源企业调整自身策略、拓宽融资渠道、提高自主研发创新能力提供量化的可行依据。

二、理论分析

1. 风险投资对新能源企业创新能力的激励机制

风险投资是一种高风险、高潜在收益的投资方式, 这与新能源产业资金缺口大、风险高、潜在利润率高的特征不谋而合(Gebhardt, 2009; 武巧珍, 2009)。近年来, 风险投资对于新能源产业保持着较高的投资热情。2015年中国风险投资管理资本总量达到6653.3亿元, 截至2015年底, 全国投资项目17376项, 其中高新技术企业项目数8047项, 累计投资金额3361.2亿元, 新能源为主要投资行业之一, 投资金额和投资项目分别占3.0%和4.2%, 相比2014年稳步增长(胡志坚等, 2016)。风险投资不同于其他融资方式, 在提供资金的同时还会参与企业管理, 提供一系列增值服务(成思危, 2008; Chemmanur et al., 2014)。对新能源企业来说, 产品和技术的创新能力是其核心竞争要素, 因此风险投资为了降低风险、提高收益, 在投资新能源企业后会对其创新行为进行严格的监督和指导, 如鼓励企业投入研发、加强创新网络建设、改善创新环境等, 从而提高企业的创新能力(Kortum and Lerner, 2000; 黄福广等, 2016)。

结合新能源产业和风险投资的特征, 本文提炼出风险投资对新能源企业创新能力的三大激励机制: 资金增加效应、创新倾向提高效应和股东积极主义效应。

(1)资金增加效应。资金是企业进行创新的重要基础性资源,企业的研发投入数量和强度与其现金流之间呈正相关(Himmelberg and Petersen,1994;Hansen and Birkinshaw,2007)。资金增加效应主要是指风险投资为新能源企业的研发创新提供了直接的资金支持,即提高企业的货币资金量。

中国新能源产业传统的融资方式主要有银行贷款、上市融资和政府补贴。然而,商业银行受其保障资金安全的原则影响,投资注重稳健性和流动性,且对企业存在明显的“所有制歧视”和“规模歧视”,很少为非国有的新能源企业提供贷款;企业上市的门槛高、手续繁琐,也将诸多发展初期、前景看好但缺乏资金的新能源企业拒之门外;政府补贴虽可缓解一时之需,但财政预算有限,公共投资已不足以满足中国经济绿色转型的资金需求。由此可见,传统的融资方式并不能适应新能源企业的发展需要。风险投资作为一种新型融资方式,具有传统方式所不具备的特征:①股权类融资。风险投资机构采用以资金换股权的方式为被投资企业提供融资,与企业当时的盈利状况相比,他们更在意企业未来的价值增值,因此,企业所处行业的发展趋势格外重要。新能源产业属于高新技术产业,也是政府重点扶持的产业之一,享受诸多政策优惠,发展前景可观,所以风险投资机构愿意为新能源企业提供资金支持。②风险承担能力强。风险投资机构追求的是投资组合的收益率,按照经验法则,投资组合中约 1/3 的公司会创造 5—10 倍于投资的价值;1/3 的公司会创造 1—3 倍于投资的价值;余下 1/3 的公司则会彻底失败(Ramsinghani,2014)。因为允许投资失败的发生,所以风险投资机构愿意承担新能源企业的研发风险。③拓宽后续融资渠道。风险投资机构可以通过引进政府引导基金、资本市场运作、提高企业获得贷款能力等方式全方位扩充企业的资金量(成思危,2008),因此,获得过风险投资支持的企业相对于没有获得的企业而言,后续融资成本更低(Baeyens and Manigart,2003)。

(2)创新倾向提高效应。风险投资在为新能源企业提供资金支持的同时,会提高企业的创新倾向,使得企业更多地从事创新活动。

风险投资的创新倾向提高效应由以下原因所致:①主观上,风险投资机构重视培养新能源企业的创新能力。新能源产业技术门槛高,尤其是新能源汽车、生物质发电等领域,技术变化日新月异,企业之间的竞争更多的是技术上的竞争。一般认为,风险投资会偏爱有一定研发基础的企业(Caselli,2010;Hirukawa and Ueda,2011)。在进入企业后,为占领行业技术的制高点、获得丰厚的投资收益,风险投资机构必然会采取相应措施。例如,督促企业聘请更多专业人士,开发新技术、新产品,并且通过股权激励等方式分享创新收益,从而激发企业从事研发的积极性;风险投资能够成为知识的传播媒介,帮助企业从外部获取知识,并加速内部知识的扩散(Barney,1986)。②客观上,风险投资机构并不看重新能源企业的短期盈利能力。一方面,风险投资机构有较高的风险容忍度,与企业风险共担,收益同享,不会规定企业的投资回报率;另一方面,风险投资的投资期限一般在 7—10 年之间,资金进入 5 年左右才会开始退出(Ramsinghani,2014)。传统的贷款等债务融资需要企业按月支付利息,到期还款;相比之下,风险投资则给予企业较长的资金周转期。因此,新能源企业能够不局限于短期利益,而更多地将重心放到对富有市场潜力的新技术、新工艺和新产品的研发创新中去,以提升企业的技术壁垒和长期竞争力。

(3)股东积极主义效应。“股东积极主义”是指股东不是仅凭股权买卖间接影响管理层,而是积极行使股东权利,参与公司管理和决策,从而改善公司的治理状况,提高公司的业绩(Blair,1996)。本文认为企业的治理状况和业绩表现会综合形成创新的内部环境,间接影响企业的创新能力。

风险投资与其他融资方式的显著差异之一就是不仅仅为企业提供资金,还会帮助企业孵化,参与企业管理。大多数新能源企业发展存在盲目性、规模较小、社会资源有限等问题,而风险投资机构

一般具有丰富的经营管理经验和完善的社会网络体系,能够为新能源企业提供市场营销指导、企业管理服务和法律顾问服务等一系列增值服务(成思危,2008),全方位改善企业的治理状况。①战略制定方面,风险投资机构会帮助新能源企业把握行业脉搏和前进方向,参与企业长期发展战略的制定,提高企业的市场适应性和前瞻性;②管理方面,风险投资机构会利用其自身积累的经验帮助新能源企业在管理模式、层级设置和人事任用等方面进行调整,提升企业的管理效率;③销售方面,风险投资机构可以为成立初期的新能源企业安排富有经验的销售总监和产品经理,为较为成熟的新能源企业对接更多的客户资源,进一步提升企业的销售效率。新能源企业治理状况的改善会使其日常运营进入良性循环,为企业的创新活动创造良好的内部环境,表现为企业规模扩大、长期业绩提高、综合实力增强。

在资金增加效应、创新倾向提高效应和股东积极主义效应的共同激励作用下,本文认为风险投资能够显著提高新能源企业的创新能力。为初步验证这一推论,本文将风险投资数据与新能源上市公司的财务、专利数据相匹配,匹配后数据的变化趋势如图1所示。可以发现,上市公司研发支出和专利申请量逐年上升且变化幅度相近,其中专利申请量和风险投资额一样,在2013年出现短暂下滑。至于风险投资额与研发支出、专利申请数的具体关系,还需要进一步的检验。

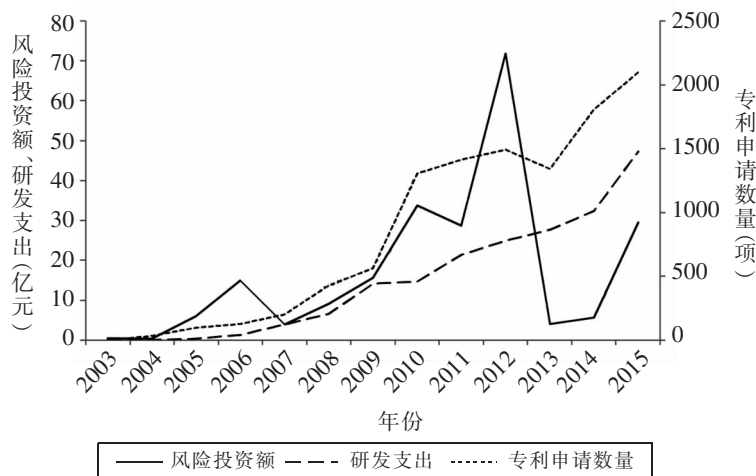


图1 上市公司所获风险投资与企业研发数据的时间趋势

资料来源:作者根据投资中国、国家专利统计局网站、上市公司年报公开数据整理绘制。

2. 新能源企业异质性因素对风险投资作用效果的影响

风险投资作为一种特殊的外部融资方式,在为新能源企业提供资金支持的同时,还会督促企业进行研发创新,并为企业的发展提供有效的管理经验和外部资源。因此,新能源企业吸收外部知识的能力对其利用风险投资的效果也会产生影响,本文从吸收能力视角对这一问题加以分析。吸收能力是一种在实践中识别、获取、消化和利用外部新知识并最终形成商业化的能力(Cohen and Levinthal,1990),企业的研发投入、人力资本、规模以及融资水平都是其吸收能力的重要构成因素(黄静,2006;李斌等,2016),很大程度上决定了新能源企业利用风险投资进行创新的效果。

(1)研发投入和人力资本。目前中国不同的新能源企业在研发基础方面存在较大差异,主要表现为研发投入和人力资本尤其是R&D劳动力数量上的差异。新能源产业的核心技术门槛高,企业之间的竞争更多的是技术上的竞争。已有研究表明,企业知识产品的生产具有一定的自我积累性和路径依赖性,企业的研发基础越好,其对知识的吸收和转化效率越高、创新能力越强(Mangematin and Nesta,1999;Roper and Hewit-Dundas,2015)。因此,本文认为良好的研发基础将对新能源企业利用风险投资的效果产生正向影响。

(2)企业规模。新能源产业具有自然垄断性,表现为较高的沉没成本和明显的规模经济(辜胜阻和王晓杰,2006)。仅就风力发电而言,2015年中国前四大整机厂商总装机量占全国当年装机总量的55%,与诸多规模小、市场占有率低的风力企业形成鲜明对比。新能源企业的经营和研发风险较高,因此规模较大的企业进行创新的优势更大;反之,如果规模较小,企业能够调动的资源也就更少,那么利用风险投资的效果也会大打折扣。

(3)融资水平。在新能源产业高速发展的态势下,银行信贷、上市融资等方式无法满足新能源企业的资金需求,加之政府补贴缺口逐年扩大,“融资难”成为新能源产业持续健康发展的软肋(Wu et al.,2016)。风险投资进入后,其创新倾向提高效应和股东积极主义效应的实现离不开新能源企业的各项资金投入,而当风险投资金额不足时,则需要借助于债务融资。所以,新能源企业的融资水平越高,越能够与风险投资形成良好补充作用,从而更好地吸取风险投资机构的经验和建议,提高企业的创新能力。

三、指标选取与实证模型

1. 数据来源和指标选取

中国新能源领域的风险投资大约在2001年以后才逐步发展,因此,本文选取2002—2015年的数据进行计量分析。其中,风险投资数据来自“投资中国”网站,该网站具体统计了2000年至今新能源领域风险投资事件的投资方、被投资方和投资金额等详细信息;专利数据来自国家知识产权局和上市公司招股说明书;上市公司数据来自国泰安CSMAR数据库、Wind资讯和企业年报。

本文将获得风险投资的新能源上市公司(包括A股和新三板)作为处理组,同时选取未获得风险投资的新能源上市公司为对照组,研究风险投资对新能源企业创新的影响。处理组即为“投资中国”网站“清洁能源”分类下的上市公司(共56家),通过分析处理组企业发现,其多属于电气机械和器材制造业、电力热力生产和供应业、通用设备制造业、专用设备制造业、计算机通信和其他电子设备制造业、非金属矿物制品业、交通运输设备制造业、金属制品业等八大制造业,主营业务为光伏发电或光电产品制造、风力发电或风电产品制造、生物质发电、锂电池或铅酸蓄电池等电池制造、新能源汽车五大类。随后本文在Wind资讯中筛选出处理组对应的八大行业中主营业务为新能源业务且没有接受风险投资的上市公司,共88家,作为对照组。

2. 变量设置

(1)被解释变量:企业当年的专利申请数。之所以选择专利申请数而不是专利授权数,是因为:①一项专利从申请到授权往往需要1、2年的时间,因此专利申请数更有利于体现企业当期的创新能力;②专利申请数受到专利机构工作效率、偏好等外部因素的影响也较小。

(2)解释变量:风险投资(VC)。本文探索性地使用“风险投资存量”代表风险投资,将企业往期所获风险投资额的累计值经永续盘存法计算得到。已有研究(吴延兵,2006;白俊红,2011)认为,企业的创新能力不仅依赖于当期的R&D费用,也会受到前期R&D费用的影响,仅使用当期研发费用测算创新能力是有偏差的。类似地,风险投资对于企业创新能力的影响也是一个长期的过程,故本文参考吴延兵(2006)等学者的方法,计算风险投资存量:

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

其中, $VC_t - f_t$ 为当期所获风险投资额, $FAIPI_t$ 为当期固定资产投资价格指数, VC_{t-1} 为上期风险投资存量, δ_t 为折旧率,基期资本存量为企业首次获得风险投资的数额。折旧率 δ_t 的选取参照陈诗

一(2011)的方法,利用2003—2015年《中国工业经济统计年鉴》的数据计算不同行业的可变折旧率^①。

(3)中介变量(M):包括企业的货币资金、R&D资本、R&D劳动力、规模和盈利能力,分别作为影响机制中“资金增加效应”、“创新倾向提高效应”和“股东积极主义效应”的代理变量。风险投资进入企业后对创新最直接的影响是增加企业的货币资本量,表现为资产负债表中“货币资金”的增加,这与“资金增加效应”的内涵一致。若把专利申请数作为企业的创新产出,那么R&D资本和R&D劳动力均为重要的创新投入要素,故用二者作为“创新倾向提高效应”的代理变量。为使R&D资本和风险投资的量级保持一致,使用R&D资本存量作为企业当期的R&D资本(吴延兵,2006;白俊红,2011),具体表示为:

$$RD_t = \frac{RD_{-}f_t}{P_t} + (1-\delta_t)RD_{t-1} \quad (2)$$

其中, $RD_{-}f_t$ 为当期R&D支出, P_t 为当期的R&D支出价格指数^②, δ_t 为当期折旧率, RD_{t-1} 为上一期的R&D资本存量。根据理论分析可知,风险投资参与新能源企业的管理和决策能够改善企业的治理状况,表现为企业规模的扩大和盈利能力的增强,故用企业规模和盈利能力作为“股东积极主义效应”的代理变量。其中,企业规模借鉴周亚虹等(2015)的指标构建方法,用总资产表示;盈利能力用总资产净利率(roa)表示。选用 roa 而非净资产收益率(roe)是因为 roe 反映的是仅由股东投入的资金所产生的利润率, roa 则综合考虑了股东和债权人共同的资金所产生的利润率,更能全面反映企业对资产的利用情况。

(4)控制变量。主要用于刻画新能源企业的其他异质性因素,包括:①政府补贴,用企业当年获得的政府补贴表示;②财务杠杆,用企业的资产负债率表示,这也是当前刻画财务杠杆的最重要指标;③企业年龄,用截至2015年企业的成立时间表示;④企业性质,用虚拟变量表示,1代表企业为国有控股或参股企业,具有政府背景;0代表企业不具有政府背景。为了消除异方差、使样本接近正态分布,本文在实证分析时对专利申请数、风险投资存量、货币资金、R&D资本、R&D劳动力、资产总额、政府补贴取对数,对存在零值的数据加1后再取对数。此外,为使数据都在1—100之间,将总资产净利率和资产负债率的数值乘以100,本文的主要变量含义及具体形式见表1。

变量的描述性统计见表2,可以发现处理组(获得风险投资的新能源企业)的创新能力显著高于对照组(未获得风险投资的新能源企业),且处理组的货币资金量、研发基础(表现为R&D资本和R&D劳动力)和企业规模也显著高于对照组。处理组大多没有政府背景,对照组的盈利能力更强,两组企业在财务杠杆和企业年龄方面没有显著差异。

3. 模型设置

(1)净效应模型。本文首先在模型中加入各项中介变量和控制变量,检验风险投资对新能源企业的创新能力的净激励效应:

$$\ln pat_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln vc_{it} + \beta_2 \ln rd_{it} + \beta_3 \ln l_{it} + M_{it}\beta + X_{it}\beta + \eta_i + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

模型(3)中因变量为代表企业创新能力的专利数量 $\ln pat$, $\ln vc$ 为企业获得的风险投资存量, $\ln rd$ 为企业的R&D资本, $\ln l$ 为企业的R&D劳动力, M 和 X 分别为中介变量和控制变量矩阵,包括

① 计算结果详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)公开附件。

② 对于R&D支出价格指数 P_t ,本文利用《中国科技统计年鉴》(2003—2016)的数据,按照不同行业、不同年份R&D支出在人员劳务费和资产性支出之间的比例进行构造,结果详见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)公开附件。

表 1 主要变量含义及具体形式

变量	类别	含义	具体形式
<i>lnpat</i>	因变量	创新能力	$\ln(1+\text{专利申请数})$
<i>lnvc</i>	自变量	风险投资	$\ln(1+\text{风险投资存量})$
<i>lnmon</i>	<i>M</i>	资金增加效应	$\ln(\text{货币资金})$
<i>lnrd</i>	<i>M</i>	创新倾向提高效率	$\ln(1+\text{R\&D 资本})$
<i>lnl</i>	<i>M</i>	创新倾向提高效率	$\ln(1+\text{R\&D 劳动力})$
<i>lnta</i>	<i>M</i>	股东积极主义效应	$\ln(\text{资产总额})$
<i>roa</i>	<i>M</i>	股东积极主义效应	净利润/平均资产总额 $\times 100$
<i>lnsub</i>	<i>X</i>	政府补贴	$\ln(1+\text{政府补贴})$
<i>lev</i>	<i>X</i>	财务杠杆	总负债/总资产 $\times 100$
<i>age</i>	<i>X</i>	企业年龄	截至 2015 年企业的成立时间
<i>gov</i>	<i>X</i>	政府背景	是否有政府背景
<i>year</i>	<i>X</i>	年份	2002—2015 年

资料来源:作者整理。

表 2 主要变量的描述性统计

	整体		处理组		对照组	
	均值	标准误	均值	标准误	均值	标准误
<i>lnpat</i>	1.6692	0.0478	2.1922***	0.0824	1.3470	0.0543
<i>lnvc</i>	3.3761	0.1428	8.8762***	0.0825	0.0000	0.0000
<i>lnmon</i>	9.5278	0.0761	10.4215***	0.0895	8.9743	0.1038
<i>lnrd</i>	7.2789	0.1010	8.3047***	0.1268	6.6131	0.1377
<i>lnl</i>	4.7721	0.0512	5.1660***	0.0668	4.5092	0.0703
<i>lnta</i>	11.7116	0.0599	12.4717***	0.0758	11.2427	0.0789
<i>roa</i>	5.7569	0.4571	3.7444	0.9247	7.0048***	0.4619
<i>lnsub</i>	4.1695	0.1118	4.4103*	0.1819	4.0211	0.1415
<i>lev</i>	51.8992	0.7709	53.0082	1.1949	51.2150	1.0048
<i>age</i>	13.2372	0.1797	13.2445	0.2466	13.2327	0.2475
<i>gov</i>	0.1724	0.0122	0.0631	0.0127	0.2394***	0.0175

注: *、** 和 *** 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

企业规模、盈利能力、政府补贴、财务杠杆、企业年龄和性质等。 η_i 和 μ_i 分别为行业和时间不可观测效应, ε_{it} 为随机扰动项。

考虑到风险投资会选择研发基础较好的企业进行投资 (Engel and Keilbach, 2007; Arvanitis and Stucki, 2014), 其并不是一个严格的外生变量。为处理内生性问题, 本文使用倾向得分匹配方法 (Propensity Score Matching, PSM) 进行补充检验。PSM 是一种“反事实”的推断模型, 其核心理念是构造与处理组 (获得风险投资的新能源企业) 的特征最为相近的对照组 (未获得风险投资的新能源企业), 使二者仅在是否获得风险投资这一点存在差异。这样便可以用新的对照组代替未获得风险投资的处理组, 通过检验两组企业在创新能力方面是否存在显著差异来检验风险投资的激励效应, 即:

$$P_i(X_i)=E(Y_i^N | S=1, X_i)=E(Y_i^N | S=0, X_i) \quad (4)$$

其中, Y_i^N 表示未获得风险投资情况下的结果变量; S 是处理变量, 表示企业是否获得了风险投资, 1 表示获得风险投资, 0 表示未获得风险投资; X_i 表示用于倾向匹配的控制变量。对模型(4)采用 Logistic 估计, 可以得到样本中每个企业的倾向得分 $P_i(X_i)$, 以此为依据采用最邻近匹配(n=4)、卡尺匹配和核匹配三种方式对得分相近的个体进行匹配, 从而得到风险投资对新能源企业创新能力的平均影响(ATT), N_1 为处理组的样本个数:

$$ATT = \frac{1}{N_1} \sum_{i; S_i=1} [(Y_i^{S=1} - Y_{i0}^{S=1})] \quad (5)$$

(2) 中介效应模型。进一步, 本文利用中介效应模型探索风险投资对新能源企业创新能力激励效应的作用机制, 构建如下回归模型^①:

$$\ln pat_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln vc_{it} + X_{it} \alpha + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

模型(6)为中介效应检验的步骤一, 即对(6)式中除中介变量之外的其他变量进行计量回归, 考察在不存在中介变量的情况下风险投资对新能源企业创新能力的作用效果。

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln vc_{it} + X_{it} \beta + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

模型(7)为中介效应检验的步骤二, M 分别代表 $\ln mon$ 、 $\ln rd$ 、 $\ln l$ 、 $\ln ta$ 和 roa , 用于检验风险投资对货币资金、R&D 资本、R&D 劳动力、企业规模和盈利能力等中介变量的影响。

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 \ln mon_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 \ln rd_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 \ln l_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 \ln ta_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

$$\ln pat_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln vc_{it} + \gamma_2 roa_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

模型(8)——(12)将五个中介变量分别加入与模型(6)对应的回归方程, 为中介效应检验的步骤三。如果回归系数 α_1 、 β_1 和 γ_2 均显著, 且 γ_1 相比 α_1 显著性下降或数值下降, 则说明存在中介效应。

(3) 异质性因素模型。本文在模型(3)中加入企业异质性控制变量与风险投资的交互项, 以研究新能源企业异质性对风险投资激励效应的影响, 具体模型如下:

$$\ln pat_{it} = \lambda_0 + \lambda_1 \ln vc_{it} + \lambda_2 \ln ta_{it} \cdot L \ln vc_{it} + \lambda_3 \ln rd_{it} \cdot L \ln vc_{it} + \lambda_4 \ln l_{it} \cdot L \ln vc_{it} + \lambda_5 \ln lev_{it} \cdot L \ln vc_{it} + \lambda_6 \ln rd + \lambda_7 \ln l + M_{it} \lambda + X_{it} \lambda + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

模型(13)中 $\ln ta_{it} \cdot L \ln vc_{it}$ 为企业规模和风险投资的交互项, $\ln rd_{it} \cdot L \ln vc_{it}$ 和 $\ln l_{it} \cdot L \ln vc_{it}$ 分别为 R&D 资本和 R&D 劳动力和风险投资的交互项, $\ln lev_{it} \cdot L \ln vc_{it}$ 为财务杠杆和风险投资的交互项, 以分别考察新能源企业在规模、研发基础和融资水平等方面的异质性对风险投资作用效果的影响。

与净效应模型类似, 本文同样使用 PSM 方法降低异质性因素模型的内生性, 根据企业在规模、R&D 资本、R&D 劳动力和财务杠杆等 4 项异质性变量的均值差异, 将总样本分为 8 个子样本, 分别检验风险投资对各子样本的激励效应。

由于不同企业的成立时间不同, 本文的数据为非平衡面板数据, 根据 Hausman 检验的结果分别采用固定效应或随机效应模型对上述微观数据模型进行估计。

① 考虑到风险投资的影响可能具有滞后性, 故在实证分析中会放入 $\ln vc_{it}$ 的滞后项。

四、实证结果分析

1. 净效应模型

首先衡量风险投资对新能源企业创新能力的激励净效应,表3报告了对模型(3)的估计结果。

表3第(1)—(3)列显示,风险投资对企业创新能力的影响具有一阶滞后性,当期风险投资额每增加1.00%,下一期的专利申请数将增加0.05%,说明风险投资对新能源企业的创新能力具有激励效应。第(2)列的结果表明,研发基础对新能源企业的创新能力也有显著的正向影响,企业的R&D资本和R&D劳动力每增加1.00%,创新能力将分别提高0.06%和0.28%。具有政府背景的新能源企业专利申请数更多,这可能与国有企业的评价机制有关。政府补贴变量并不显著,说明政府为扶持新能源产业发展而提供的高额补贴并没有显著提升新能源企业的创新能力,这与Dang and Motohashi(2015)的研究结果一致。此外,企业规模对创新能力有一定正向影响;盈利能力、财务杠杆和成立时间不同的新能源企业在创新能力上没有显著差异。

第(4)列在第(2)列的基础上加入年份虚拟变量,此时风险投资变量依然显著,这说明风险投资确实有助于企业提高创新能力。

PSM的实证结果主要包括三部分,分别是Logistic估计结果、ATT值以及匹配后的变量平衡表(见表4、表5)。总样本的Logistic估计结果见表5第2列,企业规模和财务杠杆变量显著为正,说明风险投资偏好具有一定规模、融资情况比较好的新能源企业。盈利能力在1%的水平上显著为负,表明风险投资机构注重的并不是企业当期盈亏,而是企业未来的增值潜力,当期盈利表现欠佳的企业未来的增值空间可能更大。政府补贴、企业成立时间和性质变量显著为负,意味着风险投资机构对获得政府补贴较多、成立时间较长、具有政府背景的新能源企业投资较少,因为这类新能源企业一般不缺乏资金。从表4和表5的估计结果可以发现,ATT值在1%水平下显著为正,同时变量平衡表显示匹配后的两组企业在各项变量上均不存在显著差异,说明匹配结果有效。

综上所述,风险投资对新能源企业的创新能力有显著的激励效应。

2. 中介效应模型

在证明风险投资的激励效应确实存在后,本文进一步探索激励效应的作用机制,对模型(6)—(12)的回归结果如表6所示。

观察对“资金增加效应”的回归结果,可以发现式(6)中 α_1 、式(7)中 β_1 和式(8)中 γ_2 均显著($\alpha_1=0.0382, \beta_1=0.0294, \gamma_2=0.1067$),且式(8)中 γ_1 的大小较 α_1 有所下降($\gamma_1=0.0356$),说明风险投资对新能源企业的资金增加效应显著存在,即风险投资进入新能源企业后,会通过为其提供创新必需的资金从而增加新能源企业的创新能力。

对“创新倾向提高效应”的回归结果显示:①对R&D资本而言,虽然式(6)中 α_1 显著,但式(7)中 β_1 并不显著($\alpha_1=0.0382, \beta_1=0.0093$),说明风险投资并不能通过增加企业的R&D资本存量来提高企业的创新能力,该中介效应不存在。②对R&D劳动力而言,式(6)中 α_1 、式(7)中 β_1 和式(10)中 γ_2 均显著($\alpha_1=0.0382, \beta_1=0.0198, \gamma_2=0.3621$),且式(10)中 γ_1 的显著性和大小较 α_1 显著下降($\gamma_1=0.0334$),说明风险投资会促使新能源企业扩大R&D劳动力数量,进而提高新能源企业的创新能力,存在中介效应。③风险投资的创新倾向提高效应主要通过影响企业的R&D劳动力实现,体现出风险投资对新能源企业创新能力的影响具有长远性和持久性,更加重视对企业能力的培养,而不是关注企业的短期创新绩效。

表 3 风险投资对新能源企业创新能力的激励净效应

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>lnvc</i>	0.0175 (0.0175)	-0.0142 (0.0236)	-0.0161 (0.0257)	-0.0238 (0.0234)
<i>L.lnvc</i>		0.0539** (0.0233)	0.0570* (0.0312)	0.0425* (0.0229)
<i>L2.lnvc</i>			0.0159 (0.0235)	
<i>lnrd</i>	0.0705*** (0.0250)	0.0558** (0.0257)	0.0501* (0.0282)	-0.0090 (0.0306)
<i>lnl</i>	0.2504*** (0.0753)	0.2847*** (0.0780)	0.3569*** (0.0837)	0.2991*** (0.0770)
<i>lnta</i>	0.2751*** (0.0780)	0.2463*** (0.0853)	0.2635*** (0.0981)	0.1932** (0.0930)
<i>roa</i>	0.0010 (0.0032)	0.0026 (0.0034)	0.0018 (0.0044)	0.0041 (0.0035)
<i>lnsub</i>	-0.0015 (0.0192)	0.0024 (0.0203)	-0.0009 (0.0227)	-0.0314 (0.0212)
<i>lev</i>	0.0010 (0.0028)	0.0024 (0.0031)	-0.0013 (0.0037)	0.0004 (0.0032)
<i>age</i>	0.1825 (0.2089)	0.1550 (0.2113)	0.1845 (0.2142)	0.0542 (0.2061)
<i>gov</i>	1.3474*** (0.4224)	1.3535*** (0.4287)	1.5225*** (0.4676)	1.6287*** (0.4219)
常数项	-5.9164** (3.0042)	-5.4461* (3.0933)	-6.4457* (3.2969)	-3.4105 (3.0873)
样本数	750	707	603	707
调整后 R ²	0.2220	0.2089	0.2374	0.2716
年份				控制
企业	控制	控制	控制	控制

注:括号中为标准误;*、**和***分别代表10%、5%和1%的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

表 4 PSM 检验结果

	ATT	T-stat
最邻近匹配	0.5224***	3.48
卡尺匹配	0.4698***	3.40
核匹配	0.4718***	3.41

注:*、**和***分别代表10%、5%和1%的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

对“股东积极主义效应”的回归结果表明:①对企业规模而言,式(6)中 α_1 、式(7)中 β_1 和式(11)中 γ_2 均显著,且式(11)中 γ_1 的显著性和大小较 α_1 明显下降($\gamma_1=0.0280, \alpha_1=0.0382$),说明风险投资能够通过扩大新能源企业的规模提高其创新能力,中介效应显著存在。②对盈利能力而言,与R&D资本类似,因为式(7)中 β_1 并不显著($\beta_1=-0.0436$),所以该中介效应不存在。③短期内,风险投资的股

表 5 Logistic 估计结果与核匹配后的变量平衡表

Logistic 估计结果		变量平衡表	
<i>lnrd</i>	0.0037 (0.0440)	<i>lnrd</i>	-4.6000 (-0.6100)
<i>lnl</i>	0.1462 (0.1066)	<i>lnl</i>	-4.5000 (-0.5900)
<i>lnta</i>	0.4997*** (0.0898)	<i>lnta</i>	-2.6000 (-0.3500)
<i>roa</i>	-0.0210*** (0.0070)	<i>roa</i>	-3.4000 (-0.4400)
<i>lnsub</i>	-0.0773** (0.0346)	<i>lnsub</i>	7.3000 (0.8400)
<i>lev</i>	0.0079* (0.0044)	<i>lev</i>	0.9000 (0.1200)
<i>age</i>	-0.0361* (0.0209)	<i>age</i>	-8.2000 (-1.0100)
<i>gov</i>	-2.1368*** (0.3249)	<i>gov</i>	-2.7000 (-0.4400)
常数项	-6.3648*** (0.8222)		
LR χ^2	182.70	处理组	285
PseudoR ²	0.1804	对照组	427
Log likelihood	-415.0581		
样本数	748	样本数	712
年份	控制	年份	控制

注:左侧括号中为标准误;右侧括号中为 t 检验值;*,** 和 *** 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

东积极主义效应主要表现为对企业规模而不是盈利能力的影响。本文认为,出现该结果主要因为新能源领域的创新活动壁垒高、周期长且风险大,新能源企业投入创新后,短期的财务表现可能不尽如人意(温军和冯根福,2012),此时风险投资对新能源企业治理状况的改善主要通过帮助企业扩大规模以实现规模效应来实现。

综上所述,风险投资对新能源企业的激励效应主要通过“资金增加效应”、“创新倾向提高效应”和“股东积极主义效应”三个机制来实现。其中,“资金增加效应”表现为直接对新能源企业的研发创新提供资金支持;“创新倾向提高效应”表现为提高新能源企业进行创新的积极性,尤其是研发队伍的建设;“股东积极主义效应”表现为治理状况改善所营造的良好内部环境。

3. 异质性因素模型

为了使分析更加深入,本文进一步考虑新能源企业的异质性对风险投资激励效应的影响,对模型(13)的具体回归结果见表 7。表 7 第(1)—(4)列分别为在式(3)中加入 R&D 资本、R&D 劳动力、企业规模和财务杠杆等 4 个异质性变量与风险投资存量的交互项后的回归结果。

从第(1)列和第(2)列估计结果看,R&D 资本和 R&D 劳动力与风险投资的交互项均显著为正,表明企业的研发基础越好,越有利于风险投资对创新产出激励作用的发挥。创新是由量变到质变的过程,需要不断地投入和积累。从 R&D 资本的角度看,企业已有的知识储备越雄厚,利用风险投资进行研发创新也就越得心应手,越有助于创新倾向提高效应和股东积极主义效应发挥作用,从而能

表 6 风险投资对新能源企业创新能力激励效应的作用机制

(6)	资金增加效应	创新倾向提高效应		股东积极主义效应	
	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>
L.lnvc(α_1)	0.0382** (0.0171)	0.0382** (0.0171)	0.0382** (0.0171)	0.0382** (0.0171)	0.0382** (0.0171)
(7)	<i>lnmon</i>	<i>lnrd</i>	<i>lnl</i>	<i>lna</i>	<i>roa</i>
L.lnvc(β_1)	0.0294* (0.0174)	0.0093 (0.0234)	0.0198* (0.0114)	0.0262*** (0.0089)	-0.0436 (0.2056)
(8)–(12)	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>	<i>lnpat</i>
L.lnvc(γ_1)	0.0356** (0.0171)	0.0356** (0.0174)	0.0334* (0.0182)	0.0280* (0.0168)	0.0095 (0.0166)
<i>M</i> (γ_2)	0.1067*** (0.0386)	0.0072 (0.0299)	0.3621*** (0.0665)	0.3894*** (0.0734)	-0.0007 (0.0031)
<i>lnsub</i>	-0.0088 (0.0183)	-0.0085 (0.0187)	-0.0210 (0.0190)	-0.0265 (0.0184)	0.0024 (0.0173)
<i>age</i>	-0.0418 (0.2112)	-0.1041 (0.2123)	0.0094 (0.2038)	0.0340 (0.2079)	-0.0686 (0.2174)
<i>gov</i>	1.5698*** (0.4286)	1.5924*** (0.4356)	1.6222*** (0.4163)	1.5546*** (0.4209)	1.4299*** (0.4226)
常数项	0.0106 (2.9372)	1.8618 (2.9043)	-1.0748 (2.8675)	-4.2304 (3.0297)	1.0140 (2.8959)
样本数	806	778	724	812	951
调整后 R ²	0.2898	0.2711	0.2718	0.3117	0.2859
年份	控制	控制	控制	控制	控制
中介效应	存在	不存在	存在	存在	不存在

注:括号中为标准误;*、**和***分别代表10%、5%和1%的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

够产生更多专利。从 R&D 劳动力的角度看,企业的研发并不是个人能够完成的,需要团队协作。R&D 劳动力的增加使得团队的知识、技能和经验不断提升,彼此的沟通交流更有效率,从而提高新能源企业的创新效率。在企业获得风险投资后,优秀的研发团队能够合理利用资金,提高创新倾向,进而形成更多的专利。

第(3)列的结果显示,企业规模与风险投资的交互项显著为正,即企业规模的扩大有助于吸收风险投资进行创新。一方面,新能源企业规模的扩大能够为专利的申请和维护提供必要的支持;另一方面,由于新能源产业具有规模效应,故企业规模扩大后,自身经营效率更高,对内外部资源的利用能力更强,能够与风险投资机构形成良好的交互作用,更好地发挥股东积极主义效应,促进企业的专利研发。

第(4)列表明,企业的财务杠杆与风险投资的交互项显著为正,说明企业资产负债率的提高会对风险投资的作用效果有正向影响。对于中国的新能源企业而言,核心技术缺乏、创新成本高,对资金的需求量很大,因而债务融资能够从资金量上对风险投资进行补充,从而增强风险投资的作用效果。此外,由于新能源企业较难获得贷款,财务杠杆高说明新能源企业的整体实力较强,能够进一步吸引风险投资。

表 7 异质性模型下风险投资对新能源企业创新能力的激励效应

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>lnvc</i>	-0.0148 (0.0236)	-0.0298 (0.0234)	-0.0246 (0.0234)	-0.0231 (0.0232)
<i>L.lnvc</i>	-0.0658 (0.0469)	-0.1174* (0.0658)	-0.2425 (0.1475)	-0.0549 (0.0364)
<i>lnrd</i> × <i>L.lnvc</i>	0.0139*** (0.0053)			
<i>lnl</i> × <i>L.lnvc</i>		0.0306** (0.0118)		
<i>lnta</i> × <i>L.lnvc</i>			0.0227* (0.0116)	
<i>lev</i> × <i>L.lnvc</i>				0.0020*** (0.0006)
<i>lnrd</i>	-0.0398 (0.0326)	-0.0030 (0.0305)	-0.0063 (0.0305)	-0.0127 (0.0303)
<i>lnl</i>	0.2991*** (0.0766)	0.1449 (0.0970)	0.2721*** (0.0781)	0.3062*** (0.0763)
<i>lnta</i>	0.1876** (0.0926)	0.1890** (0.0926)	0.1239 (0.0993)	0.1739* (0.0923)
<i>roa</i>	0.0044 (0.0034)	0.0038 (0.0034)	0.0043 (0.0035)	0.0050 (0.0034)
<i>lnsub</i>	-0.0315 (0.0211)	-0.0269 (0.0212)	-0.0306 (0.0212)	-0.0233 (0.0212)
<i>lev</i>	-0.0007 (0.0032)	0.0001 (0.0032)	-0.0004 (0.0032)	-0.0068* (0.0038)
<i>age</i>	0.0850 (0.2053)	0.0959 (0.2057)	0.0963 (0.2067)	0.0518 (0.2041)
<i>gov</i>	1.6138*** (0.4197)	1.5843*** (0.4201)	1.6254*** (0.4209)	1.6474*** (0.4179)
常数项	-3.7195 (3.0729)	-3.1693 (3.0727)	-3.0520 (3.0848)	-2.8727 (3.0615)
样本数	707	707	707	707
调整后 R ²	0.2808	0.2805	0.2767	0.2869
年份	控制	控制	控制	控制
企业	控制	控制	控制	控制

注:括号中为标准误,*、**和***分别代表10%、5%和1%的显著性水平。

资料来源:作者计算整理。

根据企业在规模、R&D 资本、R&D 劳动力和财务杠杆等 4 项异质性变量的均值差异,将总样本分为 8 个子样本,对各子样本的 PSM 检验结果如表 8 所示。观察表 8 可以发现,风险投资对研发基础较好、规模更大、融资水平更高的新能源企业创新能力的激励效应更为明显,这一结果基本符合利用交互项进行实证回归所得到的结论,即新能源企业在研发基础、规模和财务杠杆等方面的异质性会对风险投资的作用效果产生正向影响。根据中位数对子样本进行重新分类并检验,所得结果与使用平均数进行分类的结果基本一致。

表 8 PSM 检验结果

	lnrd 小	lnrd 大	lnl 小	lnl 大
最邻近匹配	0.3972*	0.6416***	0.5989***	0.4573**
卡尺匹配	0.3273	0.5395***	0.6342***	0.3556**
核匹配	0.3222	0.5466***	0.6332***	0.3590**
	lnta 小	lnta 大	lev 小	lev 大
最邻近匹配	0.3916**	0.6219***	-0.0449	0.8733***
卡尺匹配	0.3335*	0.6287***	0.1027	0.8527***
核匹配	0.3336*	0.6259***	0.0998	0.8522***

注: *、** 和 *** 分别代表 10%、5% 和 1% 的显著性水平。

资料来源: 作者计算整理。

五、结论与建议

1. 研究结论

本文在当前政府补贴已不足以支持中国新能源产业进一步优化发展的背景下考虑市场化的资本运作方式——风险投资对促进新能源产业发展的重要作用。围绕风险投资对异质性新能源企业创新能力的激励效应, 本文收集了 2002—2015 年新能源上市公司的风险投资数据和专利数据, 在此基础上深入研究了风险投资的激励效应是否存在、激励效应的作用机制以及新能源企业的异质性对激励效应的影响, 结果表明在新能源领域风险投资对政府补贴有很好的补充和替代作用, 具体而言:

(1) 风险投资对新能源企业的创新能力有积极的影响作用。描述性统计的结果显示, 有风险投资参与的企业在创新能力方面明显优于没有风险投资参与的企业。净效应模型的结果表明风险投资对企业创新能力的影响具有一阶滞后性, 因为从投入研发到产生专利需要一定的时间积累。相比之下, 政府的高额补贴却没有起到提高新能源企业创新能力的作用, 说明应该进一步鼓励风险资本进入新能源领域, 和政府资金形成良好补充。

(2) 风险投资对新能源企业创新能力的激励机制表现为“资金增加效应”、“创新倾向提高效率”和“股东积极主义效应”。风险投资是一种股权型投资, 在提供资金的同时还会通过提供非资本增值服务的方式参与企业的经营管理。本文利用中介效应模型发现, 风险投资主要通过增加新能源企业的货币资金、R&D 劳动力和企业规模三个变量来提高新能源企业的创新能力。

(3) 新能源企业对风险投资的利用效率会受到自身异质性因素的影响。本文利用加入交互项的企业异质性模型对这一问题加以分析, 结果表明新能源企业在企业规模、研发基础和融资水平方面的异质性会对风险投资的激励效应产生正向影响。

(4) 风险投资偏好具有一定规模、融资情况较好的民营企业, 并不看重企业的当期盈亏, 更注重企业未来的发展潜力。风险投资机构会通过严格的评估和筛选, 选择最具有增值潜力的公司进行投资, 以获得最大的投资收益。对于新能源企业而言, 规模较大、融资水平较高的企业往往投资风险较小, 民营企业对资金的需求更大且经营策略更加灵活。

2. 政策建议

中国新能源产业的发展已经由政府扶持过渡到市场主导阶段, 因此, 政府应当减少对新能源企业的直接干预, 使市场在资源配置中起决定性作用, 让无形的手推动新能源企业加强技术创新, 使其在良性竞争中发展壮大。同时, 要更好地发挥政府作用, 以国家发展战略和规划为导向, 深化科技

体制改革,建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系,为新能源企业创新能力的提高创造良好的制度环境。

(1)充分利用风险投资对新能源企业创新的激励作用,扩大风险投资规模,发挥投资对优化新能源产业供给结构的关键性作用。政府可以通过税收减免、政府担保、信贷优惠、创造灵活畅通的退出机制等方式支持风险投资的发展,增强风险投资市场活力。充分发挥政府引导基金的作用,为新能源领域的风险投资配资,以扩大对新能源企业的投资总量。通过风险投资市场化运作,使资金流向技术水平高、创新能力强、发展潜力大的企业,实现优胜劣汰,从而优化新能源产业的供给结构。

(2)提高风险投资自身的管理能力和服务质量,促进新能源企业和风险投资的良性互动。对风险投资机构而言,应当进一步加强自身专业素养并积累社会资源,定期跟踪新能源企业的发展情况,及时帮助其调整战略并对接资源,搭建高效、合规的投后管理体系。对新能源企业而言,应当增进与风险投资机构的沟通 and 交流,充分吸收有益经验和建议,扩大企业规模和实力,寻求合适的发展路径。

(3)不断深化“放管服”改革,为风险投资发展和新能源企业创新提供良好的外部环境。政府应当改变目前以产量为标准的补贴政策,逐步减少补贴或转而对企业的创新行为进行补贴,完善知识产权法等相关法律法规,强化对知识产权的保护,纠正创新行为的外部性。建立与市场相融的激励机制,发挥市场内生动力,加快企业创新成果转化、应用和推广,让新能源企业充分享受创新带来的收益。注重对新能源领域创新人才的培育,通过新设学科、校企合作、职业教育、引进国外人才等方式为新能源企业输送高质量的研发创新人才。鼓励新能源企业间的有序竞争,通过兼并重组推进企业实现横、纵向一体化,提高企业应对风险和整合资源的能力。深入推进利率市场化改革,促使金融机构调整原有业务模式,降低新能源企业的融资成本,提高其融资水平。

[参考文献]

- [1]白俊红. 中国的政府 R&D 资助有效吗? 来自大中型工业企业的经验证据[J]. 经济学(季刊), 2011, (4):1375-1400.
- [2]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, (3):735-776.
- [3]成思危. 风险投资在中国[M]. 北京:中国人民大学出版社, 2008.
- [4]冯照楨,温军,刘庆岩. 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[J]. 产业经济研究, 2016, (2):32-42.
- [5]苟燕楠,董静. 风险投资进入时机对企业技术创新的影响研究[J]. 中国软科学, 2013, (3):132-140.
- [6]辜胜阻,王晓杰. 新能源产业的特征和发展思路[J]. 经济管理, 2006, (11):29-32.
- [7]韩秀云. 对中国新能源产能过剩问题的分析及政策建议——以风能和太阳能行业为例[J]. 管理世界, 2012, (8):171-172.
- [8]胡志坚,张晓原,张志宏. 中国创业风险投资发展报告(2016)[M]. 北京:经济管理出版社, 2016.
- [9]黄福广,王建业,朱桂龙. 风险资本专业化对被投资企业技术创新的影响[J]. 科学学研究, 2016, (12):1875-1885.
- [10]黄静. 影响 FDI 技术外溢效果的因素分析——基于吸收能力的研究[J]. 世界经济研究, 2006, (8):60-66.
- [11]李斌,李倩,祁源. FDI 技术溢出对高技术产业技术进步的门槛效应研究——基于吸收能力与金融发展视角的门槛模型检验[J]. 国际商务:对外经济贸易大学学报, 2016, (3):74-84.
- [12]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.
- [13]武巧珍. 风险投资支持高新技术产业自主创新的路径分析[J]. 管理世界, 2009, (7):174-175.
- [14]吴延兵. R&D 存量,知识函数与生产效率[J]. 经济学(季刊), 2006, (4):1129-1156.
- [15]肖兴志,王伊攀. 政府补贴与企业社会资本投资决策——来自战略性新兴产业的经验证据[J]. 中国工业经济,

- 2014, (9):148–160.
- [16]余东华,吕逸楠. 政府不当干预与战略性新兴产业产能过剩——以中国光伏产业为例[J]. 中国工业经济, 2015, (10):53–68.
- [17]中国可再生能源学会. 中国新能源与可再生能源年鉴[M]. 北京:中国可再生能源学会, 2014.
- [18]周亚虹,蒲余路,陈诗一,方芳. 政府扶持与新型产业发展——以新能源为例[J]. 经济研究, 2015, (6):147–161.
- [19]Arvanitis, S., and T. Stucki. The Impact of Venture Capital on the Persistence of Innovation Activities of Start-ups[J]. *Small Business Economics*, 2014, 42(4):849–870.
- [20]Baeyens, K., and S. Manigart. Dynamic Financing Strategies: The Role of Venture Capital [J]. *The Journal of Private Equity*, 2003, 7(1):50–58.
- [21]Barney, J. B. Strategic Factor Markets: Expectations, Luck, and Business Strategy [J]. *Management Science*, 1986, 32(10):1231–1241.
- [22]Blair, M. M. Ownership and Control: Rethinking Corporate Governance for the Twenty-first Century [J]. *Long Range Planning*, 1995, 3(29):432.
- [23]Caselli, S. Private Equity and Venture Capital in Europe: Markets, Techniques, and Deals [M]. Academic Press, 2010.
- [24]Chemmanur, T. J., E. Loutskina, and X. Tian. Corporate Venture Capital, Value Creation, and Innovation[J]. *The Society for Financial Studies*, 2014, (5):2434–2473.
- [25]Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35(1):128–152.
- [26]Dang, J., and K. Motohashi. Patent Statistics: A Good Indicator for Innovation in China? Patent Subsidy Program Impacts on Patent Quality[J]. *China Economic Review*, 2015, (35):137–155.
- [27]Engel, D., and M. Keilbach. Firm-level Implications of Early Stage Venture Capital Investment—An Empirical Investigation[J]. *Journal of Empirical Finance*, 2007, 14(2):150–167.
- [28]Faria, A. P., and N. Barbosa. Does Venture Capital Really Foster Innovation [J]. *Economics Letters*, 2014, 122(2):129–131.
- [29]Fisch, C., P. Sandner, and L. Regner. The Value of Chinese Patents: An Empirical Investigation of Citation Lags[J]. *China Economic Review*, 2017, (45):22–34.
- [30]Gebhardt, G. A Soft Budget Constraint Explanation for the Venture Capital Cycle [J]. *German Economic Review*, 2009, 10(1):71–90.
- [31]Hansen, M. T., and J. Birkinshaw. The Innovation Value Chain [J]. *Harvard Business Review*, 2007, 85(6):121.
- [32]Himmelberg, C. P., and B. C. Petersen. R&D and Internal Finance: A Panel Study of Small Firms in High-tech Industries[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1994, 76(1):38–51.
- [33]Hirukawa, M., and M. Ueda. Venture Capital and Innovation: Which Is First [J]. *Pacific Economic Review*, 2011, 16(4):421–465.
- [34]Kolmakov, V. V., A. G. Polyakova, and V. S. Shalaev. An Analysis of the Impact of Venture Capital Investment on Economic Growth and Innovation: Evidence from The USA and Russia [J]. *Economic Annals*, 2015, (207):7–37.
- [35]Kortum, S., and J. Lerner. Assessing the Contribution of Venture Capital to Innovation [J]. *RAND Journal of Economics*, 2000, 31(4):674–692.
- [36]Mangematin, V., and L. Nesta. What Kind of Knowledge Can A Firm Absorb [J]. *International Journal of Technology Management*, 1999, 18(3):149–172.
- [37]Ouyang, X. and B. Lin. Impacts of Increasing Renewable Energy Subsidies and Phasing Out Fossil Fuel

- Subsidies in China[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2014,37(3):933-942.
- [38]Popov, A., and P. Roosenboom. Venture Capital and Patented Innovation: Evidence from Europe[J]. *Economic Policy*, 2012,27(71):447-482.
- [39]Ramsinghani, M. The Business of Venture Capital: Insights from Leading Practitioners on the Art of Raising A Fund, Deal Structuring, Value Creation, and Exit Strategies [J]. *Free Radical Biology & Medicine*, 2014,20(7):933-956.
- [40]Roper, S., and N. Hewitt-Dundas. Knowledge Stocks, Knowledge Flows and Innovation: Evidence from Matched Patents and Innovation Panel Data[J]. *Research Policy*, 2015,44(7):1327-1340.
- [41]Wu, G., M. Zeng, L. L. Peng, X. M. Liu, B. Li, and J. H. Duan. China's New Energy Development: Status, Constraints and Reforms [J]. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* January, 2016, (53):885-896.
- [42]Zeng M., X. Liu, Y. Li, and L. Peng. Review of Renewable Energy Investment and Financing in China: Status, Mode, Issues and Countermeasures[J]. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 2014,31(2):23-37.

Market-oriented Incentives to the Innovation of New Energy Companies —Evidence from Venture Capital and Companies' Patents

QI Shao-zhou¹, ZHANG Qian², WANG Ban-ban³

- (1. Climate Change and Energy Economics Study Center, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
2. School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
3. School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Whether the market approach represented by venture capital (VC) can effectively stimulate the innovation of new energy companies or not is of great significance for changing the development mode of China's new energy industry, building a low-carbon, safe energy sector and market-oriented system for green technology innovation, and promoting green development. Under the specific background that the gap of new energy government subsidies expands year by year, this paper takes the inherent influence mechanism of VC on innovation ability of new energy companies into consideration and explores the effect of heterogeneity of new energy companies on the effect of VC from the perspective of absorbing ability. As shown in the result, VC, as a market-oriented capital operation, plays an important role in the development of new energy industry, and this incentive mechanism is realized mainly through three channels together: ① "capital increasing effect" is to financially support the companies' development directly; ② "innovative awareness enhancing effect" means to boost companies' enthusiasm for R&D; ③ "shareholder activism effect" refers to providing companies with various forms of value-added services. Therefore, for the current situation of new energy industry, the market should play the decisive role in resource allocation so as to ensure free flows of factors in the new energy field and the survival of the fittest of the companies, achieving the goal of intensive development and structural adjustment. Besides, the government shall play a better role of direct intervention in gradually reducing subsidies for new energy while creating a favorable institutional environment for the improvement of innovation ability of new energy companies through macro-regulation. The research of this paper not only offers important enlightenment for the policy formulation of China's new energy industry, but also provides some empirical evidence for stimulating technological innovation by using market mechanism.

Key Words: new energy industry; innovation capacity; market mechanism; venture capital

JEL Classification: D21 G24 O32

[责任编辑:章毅]