

# Research on the Impact of Venture Capital on Green Technology Innovation from the Perspective of Regional Heterogeneity

Sheng Xu\*, Danni Song#

School of Economics, Ocean University of China, Qingdao Shandong  
Email: #1725531659@qq.com

Received: Dec. 10<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 31<sup>st</sup>, 2019; published: Jan. 7<sup>th</sup>, 2020

---

## Abstract

Under the new era background of “building market-oriented green technology innovation system”, it is necessary and realistic to scientifically discuss the incentive mechanism and action direction of venture capital on green technology innovation from a regional perspective and study the regional heterogeneity factors of its incentive effect. Based on this, this paper uses panel data of 30 provinces and cities in China from 2014 to 2017 to build incentive net effect model, intermediary effect model and regional heterogeneity model to explore the impact of venture capital on green technology innovation, incentive mechanism and heterogeneity reasons.

## Keywords

Venture Capital, Green Technology Innovation, Excitation Effect, Heterogeneity

---

# 区域异质性视角下风险投资对绿色技术创新的影响研究

徐 胜\*, 宋丹妮#

中国海洋大学经济学院, 山东 青岛  
Email: #1725531659@qq.com

收稿日期: 2019年12月10日; 录用日期: 2019年12月31日; 发布日期: 2020年1月7日

---

\*第一作者。

#通讯作者。

## 摘要

在“构建市场导向的绿色技术创新体系”的新时代背景下,我们基于2014~2017年中国30个省市的面板数据,构建激励净效应模型、中介效应模型和区域异质性模型,探讨了风险投资对绿色技术创新的影响效应、激励机制以及异质性原因。

## 关键词

风险投资, 绿色技术创新, 激励效应, 异质性

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 研究背景及文献综述

新时代背景下以绿色技术创新型经济缓解中国目前所面临的日趋强化的资源环境制约已然成为新一轮的绿色发展方向,近年来,关于绿色技术产业的风险投资热情高涨。现有文献对于风险投资和产业技术创新能力的关系观点不一。Tereza and Tykvova [1]以创新生产函数为基础对德国、以色列等国的专利及经济数据进行实证研究,结果表明风险投资对专利申请量的提升具有显著的长期正向影响。Caselli [2]等学者通过实证研究发现一些高科技企业在获得风险投资后,反而倾向于停止产业的创新活动。张春香[3]利用深圳创业板和中小板上市的信息技术行业企业数据分析风险投资对高科技企业技术创新的非线性影响,结果显示风险投资对技术创新呈中性作用。学者们观点不一的主要原因一方面是由于他们的研究对象及研究方法不同,另一方面是由于各国政治经济环境等外生变量有较大差异。鉴于我国风险投资市场的复杂性,国外相关研究对我国的实践指导意义十分有限。鉴于国内学者对我国不同省市风险投资支持绿色技术创新的研究鲜有涉及,而且很少有学者将影响绿色技术创新的各因素作为区域异质性特征进行实证研究,因此,本文收集了2014~2017年中国绿色技术产业的风险投资项目数据,并与区域经济数据、专利数据、环境数据等相结合,采用净激励效应模型及中介效应模型分析风险投资作为市场化激励手段能否提高绿色技术产业的创新能力及其激励机制,并研究区域异质性因素对其利用风险投资进行绿色技术创新的影响。

与现有的文献研究相比,本文的主要创新包括:(1)从区域视角深入剖析风险投资对绿色技术创新能力的作用方向、激励机制和区域异质性因素;(2)引入异质性模型分析区域异质性因素对风险投资激励效应的影响,对各区域调整融资策略、差异化实施环境政策、提高绿色技术创新能力提供理论基础和实证依据。

## 2. 理论基础及模型构建

Korturmand Lerner [4]实证研究表明风险投资作为一种市场创新性的资金来源可以缓解传统技术创新企业在传统市场融资困难的尴尬困境,另外,投入资金后,为了进一步推动技术创新,风险投资机构可以通过参与企业的经营管理和激励机制来融入技术创新的过程,因此,风险投资相比于R&D支出能够更好地激励技术创新。绿色技术创新作为产业技术创新的前沿分支,更需要风险投资这类市场化手段来

激励绿色创新, 其激励的内在机理应是一致的。因此, 本文认为风险投资通过资本增加效应和创新倾向提高效率两个机制促进绿色技术创新。

另外, 风险投资作为一种特殊的市场化融资手段, 不仅保障了绿色技术创新的资金供给, 其对绿色技术创新的作用效果还会受到区域异质性因素的影响。区域的研发投入、经济发展水平、外商投资水平和环境规制都很大程度上决定了各省市利用风险投资进行绿色技术创新的效果。

### 2.1. 净效应模型

首先将两个中介变量( $M$ )及四个控制变量( $X$ )共同加入到回归模型中, 如式(1)所示, 检验风险投资对各省市绿色技术创新能力的净激励效应:

$$\ln I_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln V_{it} + M_{it} \beta + X_{it} \beta + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

模型(1)中因变量为代表各省市绿色技术创新能力的绿色专利申请量  $\ln I$ ,  $\ln V$  为各区域获得的风险投资额,  $M$  和  $X$  分别为中介变量和控制变量矩阵, 包括 R&D 费用、风险投资额与 R&D 费用比、技术市场成交额、人均 GDP、FDI 和环境污染治理投资额。 $\eta_i$  和  $\mu_t$  分别为地区和时间不可观测效应,  $\varepsilon_{it}$  为随机扰动项。

### 2.2. 中介效应模型

接着, 本文构建中介效应模型研究风险投资如何通过 R&D 费用及边际投资这两个中介变量来影响各省市绿色技术创新能力, 中介效应模型主要包括三个步骤:

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

中介效应检验的第一个步骤如式(2)所示, 也就是将式(1)中去掉中介变量之后对其他变量进行回归估计, 研究没有中介变量的条件下风险投资对绿色技术创新能力的影响效应。

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln V_{it} + X_{it} \beta + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式(3)为中介效应检验的第二个步骤, 中介变量  $M$  分别代表  $\ln R$  和  $\ln(V/R)$ , 用于检验风险投资对 R&D 费用、边际投资这两个中介变量的影响。

$$\ln I_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln V_{it} + \gamma_2 \ln R_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$\ln I_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 \ln V_{it} + \gamma_2 \ln \left( \frac{V}{R} \right)_{it} + X_{it} \gamma + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

中介效应检验的步骤三是如式(4)~(5)所示, 将两个中介变量分别加入与式(2)对应的回归方程。借鉴齐绍洲等[5]学者研究企业异质性的方法, 我们认为如果回归系数  $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、 $\gamma_1$  均显著, 且  $\gamma_1$  相比  $\alpha_1$  数值下降了, 就说明存在中介效应, 也就说明风险投资确实是通过这两个中介变量的激励机制对绿色技术的创新能力产生影响。

### 2.3. 异质性检验模型

本文在式(1)中增加区域异质性外生变量与风险投资的交互项, 在实证研究中加入交互项是可以研究替代或者互补效应的, 以此考察各省市异质性因素对风险投资激励效应的影响, 构建如下模型:

$$\begin{aligned} \ln I_{it} = & \lambda_0 + \lambda_1 \ln V_{it} + \lambda_2 \ln R_{it} \cdot \ln V_{it} + \lambda_3 \ln GDP_{it} \cdot \ln V_{it} + \lambda_4 \ln FDI_{it} \cdot \ln V_{it} \\ & + \lambda_5 \ln ENVIR_{it} \cdot \ln V_{it} + M_{it} \lambda + X_{it} \lambda + \eta_i + \mu_t + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (6)$$

模型(6)中  $\ln R_{it} \cdot \ln V_{it}$  为各省市 R&D 费用和风险投资的交互项,  $\ln GDP_{it} \cdot \ln V_{it}$  为人均 GDP 和风险投

资的交互项,  $\ln FDI_{it} \cdot \ln V$  为外商直接投资与风险投资的交互项,  $\ln ENVIR_{it} \cdot \ln V_{it}$  为环境污染治理投资与风险投资的交互项, 分别研究各省市在研发基础、经济水平、外商投资和环境规制等方面的异质性因素对风险投资激励效应的影响。

### 3. 实证设计及实证结果分析

#### 3.1. 数据来源

本文选取 2014~2017 年的数据进行计量分析。数据主要来自 wind 资讯、国家知识产权局、《中国科技统计年鉴》以及《中国环境统计年鉴》。

#### 3.2. 变量设置

被解释变量( $I$ ): 各省市当年的绿色专利申请数。解释变量( $V$ ): 风险投资额。中介变量( $M$ ): 包括 R&D 费用和风险投资与 R&D 费用比值, 分别作为影响机制中“资本增加效应”和“创新倾向提高效应”的代理变量。控制变量( $X$ ): 技术市场成交额、人均 GDP、外商直接投资和环境规制。为了避免异方差的影响, 使样本数据更拟合正态分布, 本文在数据处理时为避免变量之间不一致, 对金额较大的数据已进行标准化处理, 对绿色专利申请数、风险投资额、R&D 费用、技术市场成交额、人均绿色 GDP、外商直接投资额和环境污染治理投资额取对数, 对存在零值的变量加 1 后再取对数。

#### 3.3. 实证结果分析

首先衡量风险投资对各省域绿色技术创新能力的激励净效应, 具体估计结果见表 1。

**Table 1.** Net effect of venture capital on green technology innovation ability of provinces and cities

**表 1.** 风险投资对省市绿色技术创新能力的激励净效应

变量	全国	东部	中部	西部	东北部
$\ln V$	0.0607*** (0.02152)	0.0463** (0.1211)	0.0458** (0.0512)	0.0431** (0.0401)	0.0664** (0.0292)
$\ln R$	0.5143*** (0.0708)	0.5141** (0.1651)	0.5097** (0.1048)	0.7081 (0.1360)	0.5177** (0.7364)
$\ln\left(\frac{V}{R}\right)$	0.0454** (0.0305)	0.0347** (0.4381)	0.0320** (0.0751)	-0.0029** (0.0629)	-0.0073** (0.0117)
$\ln T$	0.1723** (0.0327)	0.0719 (0.0574)	0.5114 (0.0826)	0.1535 (0.0485)	0.2531 (0.1871)
$\ln GDP$	0.2899*** (0.2861)	0.8819 (0.3249)	0.5347** (0.2910)	-0.0237 (0.5417)	-0.0921 (0.5156)
$\ln FDI$	0.1824 (0.0568)	0.1677** (0.0911)	0.1029** (0.2665)	0.2326** (0.1232)	0.0042** (0.1944)
$\ln ENVIR$	0.0381** (0.0663)	0.1591** (0.0578)	0.2309** (0.4404)	-0.0661** (0.2804)	0.3454** (0.1033)
常数项	-7.7563 (2.5683)	-13.6644 (3.4764)	-12.0793 (3.0892)	-6.1672 (2.0747)	2.6218 (2.6379)
样本数	120	40	24	44	12
调整后 R <sup>2</sup>	0.859	0.965	0.927	0.912	0.968
省市	控制	控制	控制	控制	控制

注: 括号中的数值为标准误; \*\*和\*\*\*分别代表 5%和 1%的显著性水平。

表中第(1)~(5)列分别估计了全国及各大区域风险投资对绿色技术创新能力的激励净效应, 第一列表明风险投资额每提高 1.00%, 相应的绿色专利申请数将提高 0.06%, 说明风险投资对全国的绿色技术创新能力具有激励效应; 研发基础与全国层面的绿色技术创新也有显著的正相关关系; 环境污染治理投资额变量在全国范围内并不显著, 影响效应各地区有较大区别。此外, 技术市场成交额和外商直接投资额都对绿色技术创新能力有一定正向影响, 各地区人均 GDP 变量对绿色创新能力的影响在东部、中部为正向影响, 在西部和东北部为负向影响。

既然风险投资对绿色技术创新确实具有显著的净激励效应, 那么为了进一步探索激励效应具体的作用机制, “资金增加效应”的回归结果显示,  $\alpha_1 = 0.0450$ ,  $\beta_1 = 0.2015$ ,  $\gamma_2 = 0.5431$ ,  $\gamma_1 = 0.0422$ , 这表明风险投资对绿色技术创新的资金增加效应显著存在, 也就是说风险投资投入到各省市后, 将通过为绿色技术创新配备必要的资金来增加各省市的绿色技术创新能力, 存在中介效应。再考察“创新倾向提高效应”,  $\alpha_1 = 0.0450$ ,  $\beta_1 = 0.5394$ ,  $\gamma_2 = 0.2528$ ,  $\gamma_1 = 0.0405$ , 这表明风险投资会促使各省市扩大 R&D 费用的投入, 进而提高绿色技术创新能力, 即会导致边际绿色创新投入的增加, 存在中介效应。综上所述, “资金增加效应”和“创新倾向提高效应”两个机制充分体现了风险投资对各省域绿色技术创新的激励效应。其中, “资金增加效应”通过直接对各省市的企业高校等提供绿色技术研发创新资金加以体现; “创新倾向提高效应”通过增加边际绿色创新的投入, 提高各研发队伍创新的积极性加以体现。

**Table 2.** The incentive effect of venture capital on green technology innovation ability of provinces and cities under the heterogeneity model

**表 2.** 异质性模型下风险投资对各省市绿色技术创新能力的激励效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
$\ln V$	-0.0532** (0.0131)	-0.0489** (0.0135)	-0.0387** (0.0139)	-0.0502** (0.0136)
$\ln R \cdot \ln V$	0.0360** (0.0105)			
$\ln GDP \cdot \ln V$		0.0158** (0.0416)		
$\ln FDI \cdot \ln V$			0.0249** (0.0110)	
$\ln ENVIR \cdot \ln V$				0.0176** (0.0164)
$\ln\left(\frac{V}{R}\right)$	-0.1516 (0.0579)	-0.1520 (0.0561)	-0.1510 (0.0568)	-0.1589* (0.0561)
$\ln T$	0.1912 (0.0539)	0.2007 (0.0575)	0.2003 (0.0572)	0.1999 (0.0584)
$\ln GDP$	0.4591** (0.2977)	0.4758** (0.2962)	0.5386*** (0.2957)	0.5368** (0.2855)
$\ln FDI$	0.1487 (0.0891)	0.1598 (0.0860)	0.1622 (0.0883)	0.1537 (0.0853)
$\ln ENVIR$	0.1742** (0.0664)	0.1840** (0.0681)	0.1801*** (0.0664)	0.2034** (0.0612)
常数项	0.5123 (2.9250)	-3.5077 (4.3392)	-4.1567 (3.0501)	-4.327 (2.9722)
样本数	120	120	120	120
调整后 R <sup>2</sup>	0.856	0.899	0.894	0.896
年份	控制	控制	控制	控制
省市	控制	控制	控制	控制

注: 括号中的数值为标准误; \*\*和\*\*\*分别代表 5%和 1%的显著性水平。

为了进一步探索风险投资激励效用的区域差异, 本文基于上述构建的异质性因素模型进行实证分析, 分别在式中加入 R&D 费用、人均 GDP、外商直接投资和环境规制等四个异质性变量与风险投资的交互项后的回归结果, 并且在回归时加入了年份这一虚拟变量。结果见表 2, R&D 费用与风险投资交互项的回归系数显著为正; 人均 GDP 与风险投资交互项的回归系数显著为正; 外商投资水平与风险投资交互项的回归系数显著为正; 环境污染治理投资额与风险投资交互项的回归系数显著为正。

### 3.4. 内生性检验

考虑到一个省市绿色技术创新能力可能依赖于其过去的水平, 即存在内生性问题。本文借鉴相关学者徐枫[6]和张学勇等[7]的研究, 引入绿色专利申请量的一阶滞后值, 将计量模型(6)扩展为一个动态面板模型从而克服模型中被解释变量的内生性问题。回归结果是(1) AR(1)检验的  $P = 0.000$ , AR(2)检验的  $P = 0.410$ , 这表明模型估计的残差确实存在一阶序列相关, 但二阶序列不相关, 因此我们建立的模型是合理的。(2) Sargan Test 过度识别检验中  $P = 0.249$ , 表明在回归中使用滞后一期的工具变量是合适的。

## 4. 结论

本文在新时代“构建市场导向的绿色技术创新体系”以及支持绿色技术创新的风险投资额呈井喷式发展的背景下考虑风险投资对各省市区绿色技术创新的重要影响。我们利用了 2014~2017 年 30 个省市的风险投资额、绿色专利数及其他中介变量指标和区域异质性变量指标, 在此基础上深入分析了风险投资是否显著影响绿色技术创新能力、风险投资对绿色技术创新作用的激励机制以及区域异质性因素对激励效应的影响差异, 实证研究结果表明风险投资作为一种市场化资金供给手段大大提升了各区域的绿色技术创新能力, 具体结论如下:

(1) 风险投资显著促进了各省市区绿色技术创新能力。净激励效应模型的实证结果显示风险投资参与的力度越大, 对该省市区绿色技术创新激励效应越明显。另外, 各个区域的激励效应有着显著差异, 其中, 西部地区风险投资对绿色技术创新的激励效应相比而言不是特别显著, 说明西部地区风险投资没有被有效用于提升该地区的绿色技术创新。

(2) 风险投资对各省市区绿色技术创新能力的作用机制体现为“资金增加效应”和“创新倾向提高效率”。风险投资作为金融市场上独特的资金供给方式, 它在提供技术创新资金的同时还提高了边际投资的效率。中介效应模型的实证结果表明风险投资主要通过增加各省市区 R&D 费用和边际投资额这两个变量来提高各省市区绿色技术创新能力。

(3) 我国不同区域利用风险投资促进绿色技术创新的效率会受到区域异质性的影响。本文通过加入交互项的区域异质性模型研究区域异质性因素对风险投资利用效果的影响, 实证研究表明各省市区在 R&D 费用、人均 GDP、外商投资水平和环境规制方面的异质性因素与风险投资的激励效应呈正相关。

## 基金项目

国家社科基金重大专项“新时代海洋强国指标体系与推进路径研究”(18VHQ003)。

## 参考文献

- [1] Tykvoval, T. (2004) Who Are the True Venture Capitalists in Germany? ZEW Discussion Papers. <https://doi.org/10.2139/ssrn.547743>
- [2] Caselli, S. and Negri, G. (2018) Private Equity and Venture Capital in Europe: Markets, Techniques, and Deals. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812254-9.00001-2>
- [3] 张春香. 风险投资对高科技企业技术创新的非线性影响[J]. 软科学, 2019, 33(10): 13-19.

- 
- [4] Kortum, S. and Lerner, J. (2001) Does Venture Capital Spur Innovation? Entrepreneurial Inputs and Outcomes: New Studies of Entrepreneurship in the United States. Emerald Group Publishing Limited, 1-44.  
[https://doi.org/10.1016/S1048-4736\(01\)13003-1](https://doi.org/10.1016/S1048-4736(01)13003-1)
- [5] 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.
- [6] 徐枫, 丁有炜. 资本市场支持绿色产业技术创新的效应[J]. 科技管理研究, 2016, 36(21): 25-33.
- [7] 张学勇, 廖理. 风险投资背景与公司 IPO: 市场表现与内在机理[J]. 经济研究, 2011, 46(6): 118-132.