

分类号 _____
UDC _____

密级 _____
编号 10741



硕士学位论文

(专业学位)

论文题目 风险投资对绿色技术创新
空间效应的影响研究

研究生姓名: 施子杨

指导教师姓名、职称: 方来 教授

学科、专业名称: 应用经济学 金融硕士

研究方向: 区域金融发展

提交日期: 2022年6月5日

独创性声明

本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名： 施子杨 签字日期： 2022年6月5日

导师签名： 马杰 签字日期： 2022年6月5日

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

关于论文使用授权的说明

本人完全了解学校关于保留、使用学位论文的各项规定， 同意（选择“同意”/“不同意”）以下事项：

1.学校有权保留本论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文；

2.学校有权将本人的学位论文提交至清华大学“中国学术期刊(光盘版)电子杂志社”用于出版和编入CNKI《中国知识资源总库》或其他同类数据库，传播本学位论文的全部或部分内容。

学位论文作者签名： 施子杨 签字日期： 2022年6月5日

导师签名： 马杰 签字日期： 2022年6月5日

导师(校外)签名： _____ 签字日期： _____

Research on the spatial effect of venture capital on green technology innovation

Candidate : Shi Ziyang

Supervisor: Fang Lai

摘 要

绿色技术创新依据其经济和环境效益的双重性质，对促进经济可持续发展具有重要意义。而风险投资作为一种特殊的市场化融资手段，从诞生之日起就与高科技产业和技术创新联系在一起。本文在验证了绿色技术创新具有空间异质性的基础上，分析风险投资对区域绿色技术创新的直接和间接效应，以合理优化我国风险投资空间布局，推动东、中、西部地区绿色技术创新发展。

因此，本文首先运用两阶段 SBM—DEA 模型测算 2011—2020 年中国 30 个省份（除西藏、港、澳、台地区）的绿色技术创新效率以及两个子阶段——绿色研发投入阶段和绿色成果转化阶段的效率，作为衡量绿色技术创新的指标，并探讨其区域差异；然后在考虑绿色技术创新效率的空间自相关前提下，使用空间杜宾模型分区域考察风险投资影响绿色技术创新过程中存在的直接效应和间接效应；最后检验风险投资推动绿色技术创新的两个子阶段发展过程中，在区域内和区域间存在的影响。最终得到以下结论：我国绿色技术创新效率整体处于较低水平，呈现出由东部向中西部地区递减的趋势，且绿色技术创新存在显著的空间相关性，创新的两个子过程也存在区域依赖性；风险投资整体上有助于提升绿色技术创新水平，具体表现为风险投资资金对研发人力资本和科技成果商业化支持，分区域来看，风险投资对东部地区绿色技术创新的整体影响多半来自于空间溢出效应，但对西部地区的作用效果相反；风险投资对绿色科技研发的影响总体大于对绿色成果转化的影响，即风险投资的参与更多刺激产业对研发的投入，但对最终产出推广也有正向影响。

关键词：绿色技术创新 空间计量 SBM-DEA 模型

Abstract

Green technology innovation plays an important role in promoting sustainable economic development according to its dual nature of economic and environmental benefits. Venture capital, as a special market-oriented financing means, has been linked with high-tech industry and technological innovation since its birth. On the basis of verifying the spatial heterogeneity of green technology innovation, this paper analyzes the direct and indirect effects of venture capital on regional green technology innovation, in order to optimize the spatial distribution of venture capital in China and promote the development of green technology innovation in eastern, central and western regions.

Therefore, this paper first uses the two-stage SBM-DEA model to calculate the green technology innovation efficiency of 30 Provinces (except Xizang, Hong Kong, Macao and Taiwan) from 2011 to 2020 and the efficiency of two sub-stages -- green R&D investment stage and green achievement transformation stage, as indicators to measure green technology innovation, and discusses the regional differences. Then, considering the spatial autocorrelation of green technology innovation efficiency, the spatial Dubin model is used to investigate the direct and indirect effects of venture capital in the process of green technology innovation. Finally, we examine the influence of venture capital on the two sub-stages of green technology innovation within and between regions.

Finally, the following conclusions are drawn: The overall efficiency of green technology innovation in China is at a low level, showing a decreasing trend from the east to the central and western regions, and there is a significant spatial correlation of green technology innovation, and the two sub-processes of innovation also exist regional dependence; Risk investment as a whole is helpful to enhance the level of green technology innovation, embodied in risk investment fund support for research and development of human capital and the commercialization of scientific and technological achievements, subregional perspective, risk investment to the overall impact of green technology innovation is in the east mostly comes from the spatial spillover effects, but the effects of the opposite in the western areas; The impact of venture capital on green science and technology r&d is generally greater than that on the transformation of green achievements, that is, the participation of venture capital stimulates industrial investment in R&D, but it also has a positive impact on the promotion of final output.

Keywords: Green technology innovation; Spatial metrology; SBM-DEA model

目 录

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 1 绪 论 | 1 |
| 1.1 研究背景及研究意义..... | 1 |
| 1.1.1 研究背景..... | 1 |
| 1.1.2 研究意义..... | 2 |
| 1.2 文献综述..... | 3 |
| 1.2.1 绿色技术创新的内涵及影响因素研究..... | 3 |
| 1.2.2 区域绿色技术创新研究..... | 4 |
| 1.2.3 风险投资与绿色技术创新关系研究..... | 5 |
| 1.2.4 文献评述..... | 6 |
| 1.3 研究内容及研究方法..... | 7 |
| 1.3.1 研究内容..... | 7 |
| 1.3.2 研究方法..... | 8 |
| 1.4 创新与不足..... | 9 |
| 1.4.1 本文创新点..... | 9 |
| 1.4.2 研究不足..... | 9 |
| 2 相关概念界定与作用机理 | 10 |
| 2.1 相关概念界定..... | 10 |
| 2.1.1 绿色技术创新的界定..... | 10 |
| 2.1.2 风险投资的界定..... | 11 |
| 2.2 风险投资和绿色技术创新的理论基础..... | 11 |
| 2.2.1 委托代理问题..... | 11 |
| 2.2.2 技术创新理论..... | 12 |
| 2.2.3 产业集聚理论..... | 14 |
| 2.2.4 区域创新系统理论..... | 15 |
| 2.3 风险投资对绿色技术创新的作用机理分析..... | 16 |
| 2.3.1 绿色技术创新的过程..... | 16 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 2.3.2 风险投资的过程 | 17 |
| 2.3.3 风险投资为绿色技术创新资源供给类型 | 18 |
| 2.3.4 风险投资对绿色技术创新的作用机理 | 19 |
| 3 绿色技术创新与风险投资现状分析 | 21 |
| 3.1 我国绿色技术创新发展现状 | 21 |
| 3.1.1 绿色技术的发展 | 21 |
| 3.1.2 我国绿色技术创新的现状 | 22 |
| 3.1.3 绿色技术创新的区域分布现状 | 23 |
| 3.2 我国风险投资发展现状 | 24 |
| 3.2.1 风险投资募资现状 | 25 |
| 3.2.2 风险投资投资现状 | 26 |
| 3.2.3 风险投资退出现状 | 27 |
| 4 风险投资对区域绿色技术创新空间效应的实证设计 | 29 |
| 4.1 计量模型的设计 | 29 |
| 4.1.1 两阶段绿色技术创新效率的模型设计 | 29 |
| 4.1.2 风险投资对绿色技术创新影响的空间面板模型设计 | 30 |
| 4.2 变量选择 | 31 |
| 4.3 数据来源说明和描述性统计 | 33 |
| 5 风险投资对区域绿色技术创新空间效应的实证结果分析 | 34 |
| 5.1 两阶段绿色技术创新效率实证结果分析 | 34 |
| 5.2 风险投资对绿色技术创新的影响实证结果分析 | 37 |
| 5.2.1 空间相关性检验 | 37 |
| 5.2.2 空间计量模型的确定 | 38 |
| 5.2.3 回归结果分析 | 38 |
| 5.2.4 稳健性检验 | 41 |
| 6 研究结论与政策建议 | 42 |
| 6.1 研究结论 | 42 |
| 6.2 政策建议 | 42 |

参考文献 **44**

致 谢 **48**

1 绪 论

本章主要对本文的研究背景及意义进行说明，并对风险投资和区域绿色技术创新的相关文献进行整理，对现有研究作出评述，最后介绍研究思路和方法，以及本文的创新与不足。

1.1 研究背景及研究意义

1.1.1 研究背景

“碳达峰、碳中和”目标为绿色金融提供了发展机会。“30•60”碳目标对于人类社会经济增长模式的转变具有重要意义，它意味着我国绿色环保行业和金融业将会有一场渐变式的变革。这个目标的实现需要巨量的资金支持，要通过市场引导金融机构为环保企业提供所需的投融资支持。中国人民银行公布了我国绿色产业的融资现状，数据显示，到2020年为止，绿色产业融资规模约12万亿元，其中绿色信贷投放规模超91.6%；境内贴标绿色债券余额约为8700亿元。绿色债券市场发展强劲，但绿色股权市场发展规模与之相比差距较大。目前，我国的PE/VC股权投资、绿色IPO和绿色企业再融资方面均处于起步阶段，2018—2019年我国绿色股权年均投资规模为424亿元，是绿色信贷与债券年均新增量的7.7%。未来经济发展必然会趋向绿色化，大量社会资本将随着市场运作流向绿色领域，绿色股权（PE/VC）投资将会大有可为。风险投资的绿色化会极大程度作用于企业技术研发和成果转化，最终促进企业的绿色技术创新发展，帮助公司更好地实现绿色技术创新和转型。

风险投资相较于其他融资手段来说较为特殊，它与高科技产业和技术创新密切相关。处于初创和成长时期的绿色中小企业缺乏稳定资金支持创新活动，而且很难达到银行贷款条件，面临着融资难问题。这些绿色企业拥有广阔的发展前景，独特的科学技术，但只靠自身并不能实现技术创新。风险投资本身就具有追求高风险、高收益的特殊性质，所以在筛选投资项目时倾向于选择具有发展潜力的初创企业。相应地，风险投资也符合绿色中小企业在初创和成长期

面临的资源需求。风险投资与绿色创新企业的结合，既解决了企业的资金需求，也为风险投资机构提供了投资项目。

1.1.2 研究意义

从现实意义来看，企业实现绿色技术创新不仅可以推动绿色环保行业发展，减少污染物排放，提高环境资源的利用效率。我国提出以生态文明建设为重点的发展理念，推动绿色技术创新正与此理念相符合。我国绿色金融发展成效显著，但规模还没有扩大，因此一直没有适合绿色环保企业的生存空间。它们急需通过引进外来先进技术或推动自身技术创新以求发展，但自身的限制条件使得它们长期处于资金紧缺状态。这些中小企业既没有能力向银行贷款，也不受金融机构青睐，基本采取民间融资或自筹资金来维持企业生存。这些问题主要依靠引进多重投资主体来逐步解决。风险企业接受风险投资机构的资金和增值服务，让风险投资机构依据它们的管理经验帮助风险企业治理公司。研究风险投资对绿色技术创新空间效应的影响，有助于政府和企业清晰地了解我国当前绿色技术创新的空间集聚情况，有利于绿色产业吸收风险投资资本，即使跨区域，也可以实现企业间合作与交流，实现资源整合，从科学的角度为风险投资和区域绿色技术创新的合作共赢发展提供政策思考。

从理论意义来看，在现有研究中，国内外学者大部分是对风险投资影响技术创新进行分析，而很少关注技术创新的延伸——绿色技术创新在风险投资的作用下的直接和间接效应。同时，现有学者在分析风险投资与区域技术创新的关系过程中，普遍将创新视为“同质”的研发投入或专利产出，本文认为绿色技术创新能力在不同区域存在差异，且使用绿色创新效率作为衡量指标。通过分析风险投资对区域绿色技术创新的影响机制，完善目前学者在风险投资对区域环保经济和机理研究部分的研究缺口。同时，由于目前各城市与地区间的风险投资活动联系日益密切，基于技术溢出效应，本文将考虑到风险投资对绿色技术创新在空间内的影响，采用空间杜宾模型分析绿色技术创新的空间异质性，厘清中国绿色技术空间布局状况，对实现我国绿色风险资本资源合理配置具有重要意义。

1.2 文献综述

1.2.1 绿色技术创新的内涵及影响因素研究

“绿色技术创新”是科技创新一词的延伸。前期的科技创新内涵强调对科学技术的变革，随着 1939 年熊彼特创新理论的提出，越来越多学者开始对技术创新理论进行研究。学者们认为技术创新是不等同于发明创造的，发明只是完成新产品的制作，而创新不仅是突破新产品和新技术，还要实现产品的商业化和产业化。技术创新的根本目的是获得经济效益，并强调了科技创新对于经济增长至关重要。在已有技术创新概念界定基础上，学者们提出了绿色技术创新。Braun 和 Wield（1994）是相对较早地用概念界定了绿色技术创新的人，他们定义绿色技术创新是绿色技术和技术创新的结合，用以绿色评价。舒雅楠（2015）、蒋洪强等（2015）认为绿色技术创新应该包含两方面，既是对原有环保技术的突破，也含有经济行为，是二者相互结合的产物。在前人研究基础上，Yudi 等人（2019）认为绿色技术创新可以激发企业提升研发水平，还可以为节能环保企业在市场上占据份额，并增加企业收益，助于企业发展壮大。

由于绿色技术创新概念的双重性，这种创新活动不仅包含传统技术创新的意义，还要综合区域环境等要素，所以其发展具有复杂多维度的特征。现有文献主要从企业创新主体内部和外部因素展开研究。

企业创新主体内部因素主要包括财务绩效、资金投入及公司治理方面。国外学者 Porter、Hoskisson（1990）和 Kim（1997）、Marchi（2012）研究发现，企业财务绩效增长会显著促进创新能力，同时为企业赢得竞争优势。之后，学者进一步细化分析了财务绩效对绿色技术创新过程的影响，朱乃平（2014）和 Li（2017）等人建立了两阶段投资决策模型，依据我国高新技术企业数据，探究技术创新投入和财务绩效的关系，结论表明企业赚取利润的能力会极大促进创新产品商业化，而对绿色科技研发过程的影响不显著。Ebrahimi 和 Mirbargkar（2017）等人认为当市场动荡时，提升财务绩效可以吸引更多的创新人员，还可以为中小企业绿色创新发展提供资金。刘小鲁（2011）、揭水晶（2013）等人通过实证分析发现了自主研发投入比重能够显著促进国内的技术进步速度。Evangelista、Fagerberg 和 Mowery（2005）提出，若企业拥有相同的

外部环境和公司规模，但创新能力差距较大，其根本原因就是内部结构的不同。依据公司治理理论，股权结构和董事会结构等的差异都会造成公司内部治理结构不同。股权结构方面，国内外学者基本达成统一意见，认为影响企业技术创新活动的主要是股权集中度和股权制衡度。秦德智、邵慧敏和苏琳淳

（2019）和郭萌（2021）分别根据我国创业板上市制造业企业和 A 股上市企业近年的相关数据对股权集中度和股权制衡度与企业创新能力的关系进行研究，结论为二者都与创新能力呈显著正相关关系。董事会结构方面，吴翔（2017）、秦兴俊和王柏杰（2018）分别研究了董事会规模和独立董事比例对企业创新的作用，结果表明对企业创新有显著的正向促进作用。本文通过现有学者对企业创新内部影响因素的研究，为风险投资刺激企业创新的影响机理提供理论参考。

外部影响因素主要基于制度环境、经济环境和创新主体。陈夕（2019）通过建立 Tobit 模型对绿色技术创新效率的外部差异性影响因素进行分析，结果表明 FDI、地方政府支持度、产学研合作对绿色技术创新效率有显著促进作用，而环境规制水平与全国绿色技术创新效率呈现 U 型相关。另外，市场结构会给企业研发带来很大激励，进而促进企业创新。陈程和刘和东（2012）、肖仁桥等（2015）研究认为，企业数量的增加对创新的两个子阶段有不同影响：企业数量越来越多会促进科技研发动力，激励企业进行科技研发，赢得竞争优势；但过多的企业也有可能因恶性竞争引发价格战等，会抑制科技成果转化效率。

1.2.2 区域绿色技术创新研究

区域经济在实践中有着举足轻重的重要性，近年来有很多学者将知识经济和区域经济结合在一起进行研究，因此促进了对区域创新系统的探讨。Cooke（1996）首先对区域创新系统作出界定。之后国内外学者对于区域创新系统的不同理解，决定了他们的概念界定也不全相同，但也仅是对地理空间范围、创新主体、组织和空间结构的不同定义。黄鲁成（2000）认为某特定区域内，创新的主体、非主体、不协调主体互相作用，形成信息共享的网络，就是区域创

新系统。Granovetter (2005) 认为此系统是一个复杂系统, 而且应该具有开放的边界。

我国学者在对区域创新系统进行评价时, 区域选择主要有以下几种: 第一种是对全国各省市进行效率测算, 如梁丽娜和于渤 (2021); 第二种是对全国某个或某些经济区域进行创新能力评价, 如杜爽、冯晶等人 (2018) 和赵青霞、夏传信等人 (2019) 衡量区域创新能力时将区域划分为京津冀、长三角、珠三角地区进行对比, 孙燕铭和谌思邈 (2021) 对长三角城市群进行实证分析; 第三种是对某个省份进行创新能力评价, 如赵宏波、李光慧等人 (2020) 基于专利视角对河南省创新能力及增速进行研究。

绿色技术创新的区域异质性也是学者们研究的热点。在区域创新系统理论研究基础上, 学者们通过实证分析检验我国各地区的绿色技术创新能力是否存在空间分异特征。陈建丽等人 (2014) 通过 SBM-DEA 模型分析技术创新效率的变动和收敛趋势, 结果表明技术研发效率不存在收敛, 但技术创新总效率和技术转化效率存在收敛。孙丝雨和安增龙 (2016)、岳梦婷等人 (2021) 对绿色技术创新效率进行评价, 得出绿色技术创新效率呈现出由东部向中、西部地区递减趋势的结论。梁中和昂昊 (2019)、孙欣 (2019)、李苏满 (2021) 等人通过对东中西部各区域高新技术产业和绿色技术创新效率的关系分析, 认为地区间溢出效应表现为异质性。孙丝雨等人 (2016)、张峰等人 (2020) 通过建立 DEA 模型测算绿色创新效率, 数据表明这种区域异质性的具体表现为“东中西”阶梯式递减和“南高北低”的空间分异特征。

1.2.3 风险投资与绿色技术创新关系研究

风险投资作为一种资本形态, 与科技创新最相匹配。1985 年我国风险投资行业正式开始起步, 经历了多年的发展, 已经逐渐步入正轨。陈治 (2010) 认为风险投资是一种特殊的融资方式, 可以为初创企业提供资金和技术管理等服务。风险投资主要是通过对企业进行全面评估, 作出是否投资该企业的决定, 有效解决企业的融资难题。陈思、何文龙和张然 (2017) 通过实证研究表明, 投资机构和高新技术企业之间的信息不对称问题可以通过机构参与企业管理来缓解, 风险投资资金会促进被投资企业专利申请数量的显著增长。此外, 风险投

资除为被投资企业提供急需资金外，龙勇和刘誉豪（2013）认为风险投资根据自身经验，为高新技术企业提供行业经验、发展建议、引进技术人才等非资本增值服务，以提升被投资企业的技术和管理能力，加强竞争力。

风险投资与创新之间的关系是一个热点问题，国内外学者从多角度阐述了其理论机制，对二者的相互影响作用有不同的解释。国外学者 Kortum 和 Lerner（2000）、Engel 和 Keilbach（2007）、Popov 和 Roosenboom（2012），国内学者王婷（2016）等人指出，风险投资机构根据其专业性，且拥有风险企业所需资金和管理经验，会较好地激励投资区域的创新能力。但也有学者认为风险投资与创新的关系是多样性的，如张春香（2019）认为风险投资对高科技企业技术创新存在非线性影响，于是利用深圳创业板和中小板上市的信息技术行业企业数据，结果表明二者确实是倒 U 型关系，且具有最优匹配关系。王婷（2016）基于创新生产函数，运用区域数据进行实证分析，认为风险投资仅在资本增加效应层面对创新有影响，对创新效率提高效应影响不显著。睢博（2018）、陈鑫等人（2021）利用空间面板模型，从区域层面考察了风险投资对不同创新的影响，结果表明风险投资活动仅能促进东部地区创新（前沿性创新）活动，对中西部地区创新（适应性创新）没有明显影响。

1.2.4 文献评述

从现有的文献来看，学者们更多关注风险投资对技术创新的影响，没有将风险投资对绿色技术创新影响纳入研究体系。而且限于各自研究的目的，以及对数据的使用方法和范围的差异，结论也存在一定差异，但大多学者们认为风险投资对区域技术创新有促进作用。绿色技术创新作为技术创新概念的延伸，可以认为风险投资对技术创新的影响一定程度上会延续到其对绿色技术创新的影响，这为本文的研究提供可能。因此，本文依据国内外学者已有研究成果，并在此基础上在以下方面进一步完善和补充：

首先，在研究内容上，现有研究较多的关注绿色技术创新类型的异质性，即使有区域异质性研究也只是分析异质现象、特征及其背后成因等方面，很少会以绿色技术创新的区域异质性为重点，分析风险投资对绿色技术创新的直接和间接刺激作用。因此，本文对风险投资影响区域绿色技术创新的作用机制进

行整理分析，揭示了风险投资资本进入企业后的去处，阐释了风险投资资本如何促进企业绿色技术进步，并最终促进区域绿色技术创新的直接效应和间接溢出效应。

其次，在研究视角上，现有研究大多使用截面数据或时间序列数据来分析风险投资与绿色技术创新的关系。事实上，绿色技术创新一定存在着空间区域的相互溢出影响，并不是独立的个体。当前地区的绿色创新活动一定会对周边地区以及本地区的其他区域产生辐射作用。因此，本文使用空间面板数据建立模型，综合考虑绿色技术创新的空间相关性和空间依赖性后得到的结果应是更精确的。

1.3 研究内容及研究方法

1.3.1 研究内容

本文主要研究风险投资异质性对区域绿色技术创新的影响，总共包括六个章节，各章节内容如下：

第一章绪论。本章节阐述了本文的研究背景及意义，整理相关文献并作出评述，介绍了本文的研究思路和方法，指出主要创新点与不足。

第二章相关概念界定与作用机理。本章节首先对绿色技术创新和风险投资的概念进行了界定，其次对与本文相关的委托代理理论、技术创新理论、产业集聚理论和区域创新系统理论进行回顾和总结，最后根据绿色技术创新和风险投资过程，说明风险投资为绿色技术创新资源供给类型，以及二者的作用机理。

第三章绿色技术创新与风险投资现状分析。分别介绍我国绿色技术创新发展现状和风险投资发展现状，其中涉及绿色技术专利的总量和区域分布现状，以及风险投资的募资、投资及退出现状。

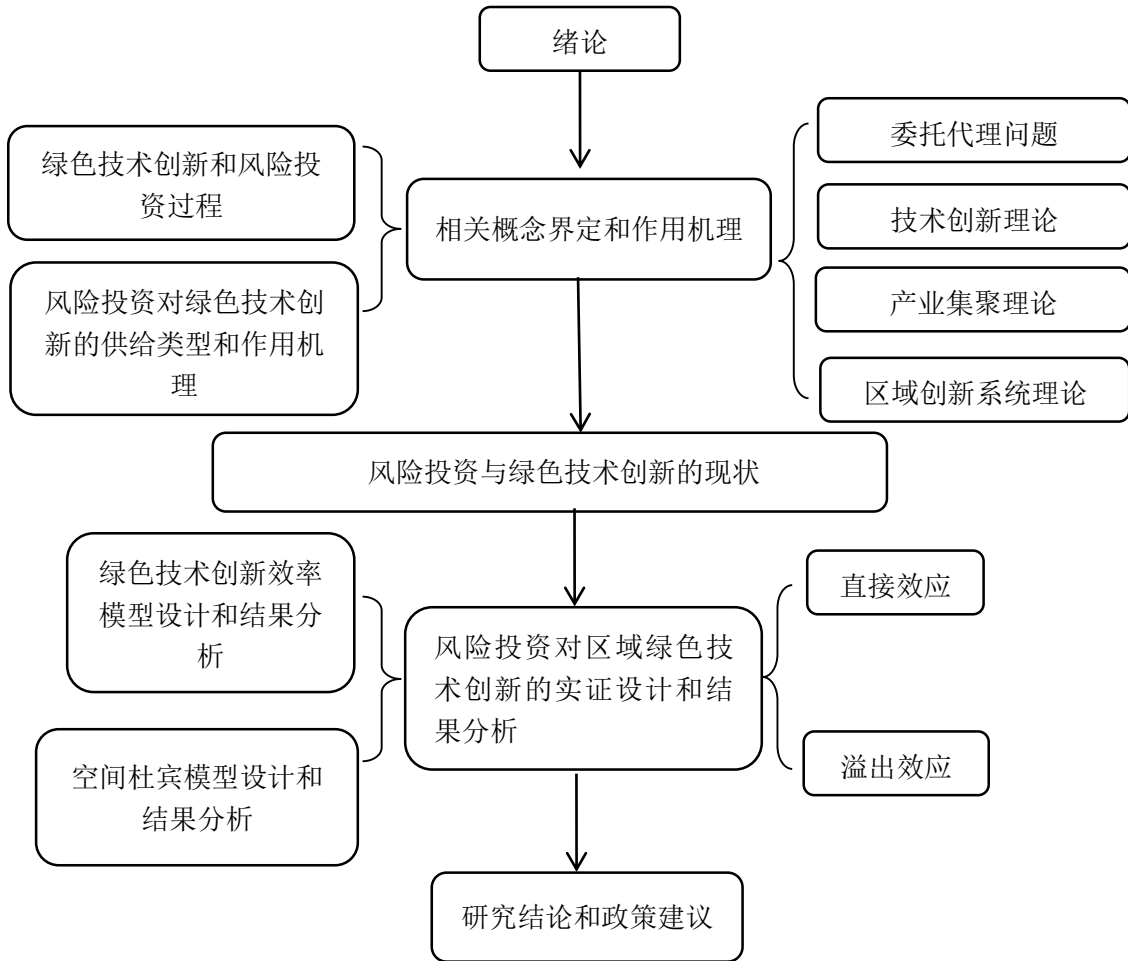
第四章风险投资视角下两阶段绿色技术创新空间效应的实证设计。本章首先设计了两阶段绿色技术创新效率模型和空间杜宾模型，然后对变量选择和数据进行说明。

第五章风险投资视角下两阶段绿色技术创新空间效应的实证分析。本章对两

个模型结果进行分析，首先确定绿色技术创新存在空间效应，然后检验了风险投资对绿色技术创新的直接和间接效应的影响，并分东、中、西部地区检验风险投资对其影响程度。最后进行了稳健性检验。

第六章研究结论与启示。该部分对本文的理论分析和实证结果进行总结，得出结论。之后结合研究结论从政府、企业、风险投资机构等方面提出政策建议，使得风险投资资源得到合理整合。

据此，本文的技术路线图如下所示：



1.3.2 研究方法

本文使用的研究方法为文献阅读和实证研究相结合，具体方法如下：

文献研究法：研究过程中，查阅了众多国内外与研究相关的资料，主要是与风险投资和绿色技术创新相关。梳理当前国内外研究现状，从委托代理理论分析风险投资异质性，从技术创新理论、产业集聚理论和区域创新系统理论阐述区域

绿色技术创新及其空间效应。从选择效应和作用效应分析风险投资对区域绿色技术创新的作用机理，为下文二者的空间效应检验提供理论支撑。

实证研究法：在测度绿色技术创新空间相关性的基础上，选取我国 30 个省份 2011—2020 年的相关数据，根据两阶段 SBM—DEA 模型测算绿色技术创新效率，并建立空间杜宾模型以考察风险投资对绿色技术创新的空间效应影响。

1.4 创新与不足

1.4.1 本文创新点

首先，现有文献在研究风险投资对绿色技术创新的影响效果时，大多不考虑绿色技术创新的区域异质性。而事实上，地理位置越靠近，各经济主体之间越容易形成长期交易关系，主要表现为信息互换、人才交流、技术流动、资产转移等交互关系，这些交互关系存在于具体形式之上，并以某种特定方式相联系，所以绿色技术创新存在区域内和区域间的直接和间接效应。其次，以往研究较多关注风险投资的加入对绿色专利申请或获得量的刺激作用，但创新是一个动态过程，不只是发明过程，还包含了经济意义，需要体现商业化应用或者实现企业资源合理配置。因此本文从投入和产出视角，将绿色技术创新划分为两个阶段：第一阶段是研发投入，第二阶段是成果转化。并分析了风险投资对两个子阶段的作用机制，说明风险投资资本的加入对技术创新过程的内部影响。

1.4.2 研究不足

由于数据可获得性与本人学术水平有限，使得本文的研究仍存在一定的不足，主要的不足之处是：各省每年投向绿色产业的风险投资金额数据较难获得，部分省市数据缺失严重。而每年风险投资金额的总量是确定的，投向绿色产业的比例基本稳定，因此本文选择各省风险投资额总量作为解释变量，但这样会使得模型结果有一定误差。

2 相关概念界定与作用机理

本章介绍了风险投资和绿色技术创新的概念,以及风险投资和绿色技术创新相关的理论基础,为之后进行实证研究,分析风险投资对绿色技术创新的影响奠定逻辑基础。然后根据风险投资为技术创新提供的资源类型、途径和风险投资过程,从作用效应和选择效应角度分析二者作用机理,为绿色技术创新两个子阶段的确定提供依据,并为后文实证研究提供逻辑思路。

2.1 相关概念界定

2.1.1 绿色技术创新的界定

绿色技术创新隶属于技术创新,是技术创新概念与生态保护理论的融合。绿色创新过程中,并不是单纯的只为降低生产成本,或提高经济效益。除了要考虑技术研发,还要考虑对生态环境的影响,要保证环境清洁和生态平衡,既强调经济效益,又强调生态效益,实现经济、资源和环境的协调。企业家在计算生产成本时,需要考虑资源环境成本,需要加强对清洁工艺和污染治理的重视,最终实现人与自然的和谐相处。

绿色技术创新的作用有两方面:一是对技术创新的发展方向产生一定程度的影响,表现为通过技术研发和出售新产品提升企业绩效,还可以通过知识溢出为实现区域绿色经济增长做贡献;二是对外部环境产生一定程度的影响,表现为通过提升绿色技术,减少对环境的污染。传统技术创新的优点是可以进行工艺创新和提高资源综合利用率,但忽视了污染量排放问题。绿色技术创新可以通过末端治理等方法控制污染物排放,在当前环境问题日益严重的情况下,要实现绿色发展和低碳循环发展均离不开绿色技术创新能力的支撑,未来绿色产业发展必然是重点关注领域。

2.1.2 风险投资的界定

风险投资主要关注处于初创时期的企业或先进的高新技术产品，为其提供资源支持和研发支持，目的是使得最终产出产品尽快实现商业成果转化，而自身在这个过程中就能获得收益，而且一般都是高收益，但投资机构也要承担企业破产或市场对产品承认度低的风险。风险投资机构的运作方式主要是经过向投资者融资，之后经过评估风险企业，将资本投向特别具有潜能的风险企业或高新技术产品项目。风险投资以创业基金的形式吸收资金，之后选定被投资企业，经历融资、投资、管理、退出后，完成整个风险投资过程。风险投资具备的要素有：充足的投资资金，较强的管理经验，优秀的专业人才，特定的市场机会等。风险投资具备的特点有：高风险、高收益；大多选择投资于科技含量高或成长潜力大的企业；会为风险企业提供增值服务并参与到企业管理中；控股的目的并不是为了获得公司所有权，而是为了参与企业管理；追求早日回收资金。

2.2 风险投资和绿色技术创新的理论基础

2.2.1 委托代理问题

委托代理理论以博弈论中的信息不对称问题为基础，这种信息的不对称指的是信息发生的时间不对称或信息传递的内容不对称。随着生产力迅速发展，生产逐渐大规模化，使得分工更加专业和细致，权利所有者不能完全实现自己的权利，需要一大批代理人，他们具有专业知识，且有精力、有能力，他们被权利所有者委托助力权利所有者行使权利。二者追求的目标是不一样的，但都是为自身利益考虑。委托人和代理人追求的分别是利润最大化和工资收入最大化。

委托代理问题在风险投资决策过程中的应用，源于风险投资机构和风险企业存在利益冲突，二者有不同的风险偏好。从风险投资机构角度来看，风险投资机构并不能完全了解项目内部信息和潜在风险，而它又需要尽最大可能降低风险成本，最终希望将投资创新企业的高风险转化为高收益。从风险企业角度来看，它是高风险能否转化成高收益的发源地，企业的创始人和企业的管理层在获得风险

资本后，有可能为了眼前利益，规避未来企业成长过程中出现的风险，不考虑企业长期价值，而风险投资属于长期投资，这时就会危及风险投资机构的利益。为了防止这种风险发生，投资机构不仅拥有风险企业的股份，还会选择适当的人才进入被投资企业参与企业董事会决策，以实施投后管理策略，保障自身高收益率。徐瑶（2021）认为风险投资机构与企业间的委托代理关系有两重：第一重主体是风险投资机构和风险企业，第二重主体是风险投资机构和控股股东。

一方面，在投资过程中，风险投资机构和风险企业的关系就是委托人和代理人的关系。风险企业并不会将全部信息告知风险投资机构，甚至可能会提供部分虚假信息，同时风险企业在运作过程中也会有信息不对称问题，这些情况都将是道德风险和逆向选择问题产生的原因。Jensen 和 Meckling（1996）认为一部分风险企业的创始人和高管为追求个人利益，与风险投资机构想实现企业价值最大化的想法产生利益冲突时，就形成了道德风险，此时委托代理问题会更加严重。降低道德风险的方式有多种，常见的有分阶段投资策略、可制定转换优先股合同、利用股票期权的激励约束功能、实行参与型即关系型投资进行监督等。风险投资需要对风险企业进行持续监督和管理。另外，风险投资机构选择被投资企业时很大程度是依赖于风险企业准备的自身信息，出于“自治”心理，风险企业提供的自身信息可能并不完全真实准确，这种情况导致的结果是质量低的项目会对质量高的项目进行驱逐，由此形成逆向选择问题。逆向选择问题解决的核心就是尽量减小信息不对称问题，风险投资机构可以依靠部分外部信息向他传递信号或甄别信号，客观评价投资项目或风险企业。同时也要制定严格的筛选机制，提高投资门槛。

另一方面，风险投资机构对风险企业的控股，会影响到自身和中小股东的利益。在公司中，股东持股比例越高，控制权越大，大股东会以自身利益最大化为目的对公司提出战略建议。中小股东持股较少，他们的权益很可能被牺牲。对于风险投资机构来说，他们的持股比例会极大影响到自身利益。因此风险投资机构需要积极参与风险企业的投后管理，以降低委托代理问题。

2.2.2 技术创新理论

熊彼特在 1912 年首次阐述了“创新”概念，并由此建立了他的“创新”理

论。熊彼特创新理论对三个概念进行了定义。一是创新的内涵。熊彼特认为创新就是企业家将社会资源和生产中的条件进行重新整理组合,变革技术体系,最终获得利润的过程。二是创新和发明的关系。创新是发明的首次商业应用,发明仍是产品,而创新却带有经济意义,可以获得价值。三是创新和企业及企业家的关系。企业家的存在就是为了推动创新进程,企业家雇佣工人研发新技术,提供薪酬和创新环境。若技术研发和成果转化成功,企业的总收入会超过总支出,这种差额就是创新带来的经济价值,即利润。同时,熊彼特约束了三个成为企业家应具备的条件:有组织和创新能力、有敢于冒风险的勇气、有发现潜在利润的能力。之后,学者们不断深入研究创新理论,从不同的探讨角度延伸出不同的创新学派。在众多学者的研究下,技术创新理论系统不断完善,包含了创新主体、创新客体、创新主体的创新构想、研究与开发、市场等要素,各要素之间相互联系以实现创新活动。

传统的技术创新以增加财富为主要目的,强调经济利益和人类中心主义,认为万物存在都是为了满足人类需求,因此人们通过向自然汲取资源来满足自身利益。这种技术体系必然是不断开发自然资源,一味的追求经济增长,是结构简单的创新体系。随着汲取自然资源规模的扩大,人与自然的矛盾逐渐显现出来,并且急速增强和扩展,对人类生产和发展造成威胁。同时,传统技术创新将创新活动完全交给企业和企业家,忽视了其他社会成员和组织机构的作用和地位,与社会发展极不适应。随着时代和社会发展需求,人们提出了生态化技术创新理论。

生态化技术创新理论是指在追求经济增长的同时,也要考虑自然生态平衡和人类可持续发展。“生态化”是一种科学的观念,以技术创新为基础,强调事物之间的相互协调。学者认为,技术创新是自然、社会、人文的有机统一,这个观点是对生态化技术创新理论的进一步完善。自然技术创新即生产技术实现的新突破,是生产力的直接创新;社会技术创新即组织和管理方面的技术创新,通过加强管理和协调,实现各生产要素的最优配置;人文技术创新即思想和知识方面的技术创新,需要改造创新主体的精神世界,提高综合素质,是促进经济社会协调发展的主要力量。技术创新是通过改进新技术不断实现新价值的过程,能否获得新价值是衡量创新是否成功的标准,自然技术可以带来新价值,但技术创新归根到底取决于人,需要社会技术创新和人文技术创新对自然技术创新进行组织引导

监督和规范思想道德，三者之间是辩证统一、相互影响、相互制约的。

2.2.3 产业集聚理论

韦伯首先提出了产业集聚理论，他认为企业、个人、知识等各种因素集中在一起，通过信息共享或知识溢出，彼此间会相互作用，从而带来经济收益。而出于节约成本的目的，区域内的产业会在空间内形成集聚。产业空间集聚是一种基本理论框架，被视为反映地区或国家经济实力的晴雨表，在分析世界经济时运用非常频繁。基于对产业集聚的研究，分化出不同理论学派，但各学派对于“外部性是产业集聚的源动力”的观点是一致的。外部性分为专业化中间产品和服务、劳动力市场共享、公司创新导致的技术外溢三个层次。其中专业化中间产品和服务与劳动力市场共享被称为金钱外部性，指降低本企业成本不会减少其他企业效率；公司创新导致的技术外溢称为技术外部性，指产业内的公司之间的知识共享或模仿学习。一提到产业集聚，必然会联想到外部性。尽管二者密不可分，但产业差异会导致外部性差异，集聚原因也会有差异。比如，以不同的生产要素密集程度划分产业为劳动密集型产业、知识密集型产业和资本——技术密集型产业，它们分别依赖于劳动力市场共享、技术溢出和中间产品投入的共享。

马歇尔认为规模经济应该是由内部和外部两大类组成。前者是指企业内部规模逐渐扩大，资源配置率不断提高，因此减少了企业生产成本；后者是指产业的专业化程度不断提升。其中外部规模经济又可以分成区域化经济和城市化经济两种情况。区域化经济是在企业投入不变的情况下，单个企业生产效率随生产规模扩大而提高；城市化经济是在企业投入不变的情况下，单个企业生产效率随城市规模扩大而提高。上述两种经济体现了集聚效应的两种形式。外部规模经济可以用来很好地解释空间集聚现象：由于企业和人口聚集形成市场，且市场规模和企业与人口集中程度有关。企业之间通过合作和竞争逐步完善市场，并互相分享学习技术，企业间资源共享，从而降低成本。由于市场不断完善，资源不断集聚，公共基础设施和公共事业会随市场需求而进一步发展，扩大社会的经济效益和环境效益。在集聚效应显著提升的区域里，会有利于企业之间互相交流管理经验，加强合作，最终创造出更大的经济效益。

2.2.4 区域创新系统理论

目前，经济全球化是世界经济发展的主要趋势，与经济全球化进程伴生的是区域经济的崛起，由此人们开始重视区域创新体系的研究。经济全球化的形成必然会导致区域创新体系的出现，反之，区域创新体系又会进一步推动经济全球化进程。

区域创新系统概念是 Cooke 于 1992 年提出的，他认为企业、研究机构、教育机构等主体互相关联，构成区域性的组织体系，即区域创新体系。之后 Cooke 于 1996 年进一步对区域创新体系的理论和实践进行阐述。国内外学者以多种角度理解区域创新系统，但对其概念界定却是逐渐趋于统一。区域创新体系主要包括创新投入、创新产出、创新主体、创新环境，即环境因素（如制度环境、金融环境、基础设施等）支撑和支持着区域创新体系。在特定的创新环境下，区域创新就是从宏观、中观、微观三种层次进行资源配置，归根结底就是对人才、资金、科技的投入，通过企业、科研机构、政府等创新主体参与一系列创新活动，并最终得到产物。

区域创新体系的功能主要包括：将区域创新资源优化和重组，使中介机构发挥其最大作用，联结各构成要素，从而引导知识传播，使得有限资源利用最大化；将技术创新过程包含于区域创新体系中，利用其体系中的科技和经济结合的创新体制，助其更快实现科技成果转化；优化各产业部门之间的比例，加强产业部门之间的相互联系和作用，优化升级主要体现在打破原有技术体系的平衡，形成新的生产部门，通过创新主体间的互动，刺激创新，从而加快体系内创新进程；区域经济的开放性使得率先创新的区域更容易被模仿和超越，因此在竞争力驱使下，会促使该区域不断进行创新，以形成区域核心竞争力；不同区域经济发展状况不同，经济发展较弱地区通过模仿创新，吸收发达地区的先进知识，势必会挖掘出自身潜在优势，并转化为现实优势。

区域创新系统的评价研究主要是衡量区域创新体系的效率，目前国内外学者们主要使用知识生产函数法、DEA 法、因子分析法、层次分析法进行计算。其中区域创新系统的研究领域内对 DEA 方法的探讨并不够深入，主要表现在 DEA 指标选取较单一，且一般选择单阶段评价模型，较少选择两阶段或三阶段 DEA 模型，难以全面反映区域创新系统的复杂活动，因此结论具有局限性。

2.3 风险投资对绿色技术创新的作用机理分析

2.3.1 绿色技术创新的过程

绿色技术创新过程是将知识和技能转化为产品的过程，包括研发、生产、销售阶段，具体表现为创新产生、投入、转化、产出和扩散。

1.绿色技术创新的第一阶段：创新产生和投入阶段。

创新产生阶段指对基础理论知识和应用进行研究分析后，确认项目独特性和创新性。投入阶段就是项目设计研发阶段，此阶段的形式包括机构内部研发、机构间合作研发和外部研发。创新的产生和投入阶段的特征主要有以下三点：（1）第一阶段需要大量资金支持，以顺利完成研发任务，但在这个阶段只有创新投入，并没有创新产出，因此没有收益；（2）在项目开始实施前，要首先对项目前景进行可行性分析，清楚认识到该项目是否有市场需求和潜在价值，包括技术水平是否能达到、资源支持是否可实现。该阶段的特点是高投入、无回报，因此需要对技术前景进行准确预估，以决定未来获得投资回报的可能性；（3）创新的产生和研发都需要优秀的技术开发团队支撑，这是第一阶段可以顺利实现的最关键要素之一。

2.绿色技术创新的第二阶段：创新的转化、产出和扩散阶段。

这一阶段即成果转化阶段，是将技术成果实现商业化的过程。Hansen 和 Wakonen（1997）采用了创新——知识生产函数模拟投入和产出之间的关系，结论表明投入形式不同，产品和创新不同。创新的转化、产出和扩散阶段的特征主要有以下三点：（1）第二阶段是将技术转化为新产品和新工艺的过程，需要资金支持实现产品推广，但在完成商业化后能产生一定的回报；（2）需要相关人员和专业人才的配合，确保完成批量生产；（3）这一阶段需要管理层的参与，对转化和扩散过程实施有效管理，保证资源不浪费。基于创新转化、产出和扩散的特点，该阶段需要两个要素支持。首先，该阶段仍需资金的投入，但投资回报率会逐渐升高。其次，需要一定的市场营销专业知识和技能，以抢占市场份额，完善产品扩散。

2.3.2 风险投资的过程

一个完整的风险投资过程包括三个基本阶段：（1）通过对项目进行筛选和评价，作出是否进行投资的决策；（2）通过拥有股权或参与董事会等方式经营投资项目；（3）退出风险企业，实现资产增值。

1. 项目筛选和投资决策

风险投资对象主要是高新技术企业，它是项目技术开发关键角色，也是市场风险发源地。因此，风险投资机构对风险企业的选择应十分慎重，需要尽可能了解企业内部信息，综合考虑企业家素质、管理和领导能力、投资行业、产品技术含量和未来发展前景等情况。进行风险投资决策时还要考虑投资阶段，不同投资阶段面临的风险不尽相同，但每个阶段都会存在技术风险和市场风险。对于种子期，企业内部风险包括研发产品不能投入生产、成本太高等，外部风险包括市场对新产品认可度低，或技术发展太过迅速新产品淘汰快等。对于创立期，内部风险为资金不良消耗过度、产品性能不佳等，外部风险为产品推广过程中发现潜在市场份额不足，或竞争者已优先占领市场。因此在选择合适项目时，要综合考虑创业者的信誉、产品的价值以及进入市场的难易程度，选择最优性价比的项目。投资项目来源渠道主要有：机构发布指南——创业企业提交申请——机构筛选、机构主动寻找项目、机构原项目库中的项目、风险投资机构网络推荐等。机构通过这些渠道选择合适的投资项目，审查企业递交的投资建议书和商业计划书，也可以约见创业家，在经过审慎考虑后，作出是否投资的决定。

机构投资目标是要最大程度减小可能存在的风险，经常会以投资组合的形式保证资金回收。在选择好合适的项目和企业后，二者需协商投资合同，内容需切实保护好双方利益。另外，若不能保证投资后的权利不被侵害，可以签署一些金融衍生合同。以风险投资机构为例，可以签订可转换债、可转换优先股和附认股权债等合同，保证可以继续监管被投资企业。

2. 经营管理投资项目

风险投资运作的主要阶段就是经营管理投资项目，也是最重要的阶段。风险投资机构为了实现风险最小化和收益最大化才会积极参与风险企业的管理。为了确保双方利益不受侵害，应以书面合同的形式确认风险承担条件和利益获取方式。风险投资机构的任务就是将募集的资金进行投资，尽最大能力为投资者获取利益。

风险投资机构提供基金管理服务，包括提供增值服务、制定激励机制、实行监督和约束。提供增值服务内容包括开发新产品，帮助被投资企业制定发展战略、规范管理、任用优秀人才。制定激励机制包括股权激励、业绩评价与薪酬业绩挂钩、加入对赌协议作为投资条件。实行监督和约束包括委派具有胜任能力的代表对被投资企业重大事项进行表决、聘请优秀的管理人员管理被投资企业、拥有定期审阅风险企业财务报表的权利、可以作出撤资决定等。

3. 风险资本退出

风险投资公司会选择在风险企业成熟后退出，原因主要是它们追求的是企业处于成长期时的高额利润，并不是想取得企业控制权。企业进入成熟期后，产品投入和企业管理已相对完善，很难再有长期持续的高利润，此时风险投资机构会选择出售投资，以追求自己利益最大化。主要退出方式有 IPO、股权转让、清算撤资。同时，要根据当前宏观经济环境，结合风险企业发展趋势确定合适的退出时机。一般认为，撤资的最佳时机就是公司未来投资的收益现值高于公司的市场价值时。

2.3.3 风险投资为绿色技术创新资源供给类型

1. 风险投资是绿色技术创新的资金供给者

企业在刚开始投入绿色技术创新生产时需要大量的资金支持，这部分资金区别于运营所需资金，一旦投资需要较长时间才可回收，且是持续不断的阶段性投入，不能确定未来收益。我国的金融市场体系尚不完善，主要的融资渠道有银行贷款、创始人自有资金和风险投资。银行贷款要求严格，对贷款人和抵押物都有较强规定，且存在信贷配给问题；创始人自有资金一般较难维持企业长期的生产经营。相比之下，风险投资具有“资金放大器”、“风险调节器”、“企业孵化器”的功能，是依据企业未来发展前景判断是否应作出投资决策，为非上市绿色企业提供了丰富的绿色技术创新资金支持。风险投资资金具有长期性，属于权益融资的一种，可以满足企业技术创新生命周期各阶段所需的资金量。

2. 风险投资是增值服务提供者

风险企业存在很大的不确定性，这是风险投资资本进入创业企业前就确定的事情。风险投资机构为了更熟悉企业，保证可以从企业处获得利润，会为企业提

供长期的资本和增值服务，培育企业快速成长，提升企业绩效，从而实现企业的价值增值。增值服务存在于整个创业企业发展和经营管理阶段，内容包括多方面，主要是提供组织管理、市场营销指导、技术研发和财务顾问、咨询等服务。

3. 风险投资是绿色技术创新战略决策推进者

资金进入风险企业以后，风险投资机构会通过投后管理和全面监管，对被投资企业进行约束和激励，从而减小信息不对称问题。同时会根据自身经验，提出各种投资策略，以规避投资风险。投资机构参与企业管理的方式就是加入董事会，监管企业运作。董事会作为公司治理机制核心，可以允许股东参与重大战略决策，风险投资机构可以依据企业发展情况，通过董事会，作出是否要追加投资或资产重组的决定，还可以选择聘用管理层人员。同时，风险投资机构作为股东，还可以行使重大业务方向变更权或一票否决权等，以保护自身权益。所以加入董事会是风险投资机构为推进企业战略决策最有效的方法之一。

2.3.4 风险投资对绿色技术创新的作用机理

现有研究多数证明了风险投资可以显著促进技术创新发展。然而，风险投资促进产业绿色技术创新的机制略有不同。林晓（2019）认为风险投资推动绿色技术创新的内在机理主要是“选择效应”和“作用效应”。其中，“选择效应”基于信号理论，即企业向风险投资机构发出反映自身真实情况的信号。在此之前，风险投资需要实现绿色化，也就是投资于发展前景较好的绿色创新项目。风险投资机构包括普通投资机构和专职投资机构，二者都可以确定投资决策。风险投资实现绿色化主要有两种途径：一种是投资于企业本身从事清洁生产技术，拥有“绿色”头衔，在企业管理全过程中就已将环境效益管理考虑其中；另一部分是能耗高、排放多、产能过剩的非绿色企业，造成严重环境污染和资源浪费，在全球环境问题如此严峻的情况下，需要实现转型升级，向生态、环保、绿色方向发展。“作用效应”指风险投资对绿色创新的影响，主要依赖两种路径：一种是“资本增加效应”，表现为风险投资机构为绿色技术创新提供资金。风险投资资金一部分转化为研发费用，用于劳动资本和人力资本。另一部分进入非研发部门，影响市场经营和产品推广等活动。由于信息不对称的存在，企业创新会面临风险投资机构较高的融资约束。风险投资机构不仅可以拓展外部融资渠道，提供长期资金支持，

还可以促进企业和市场中介机构建立良好合作关系,有效缓解企业和风险投资机构的信息不对称。另一种是“监督激励效应”,表现为参与企业治理和增强约束机制。风险投资机构一方面为保证自身利益,减少委托代理问题,会通过参与公司董事会决策的途径,使得企业决策的程序更加规范。另一方面通过对管理层实行长期激励机制,鼓励管理层提高执行效率,加强创新参与者的积极性,吸引更多有创新的意愿者加入到创新活动中。

综上所述,风险投资与绿色技术创新的相互作用机理如下图所示:

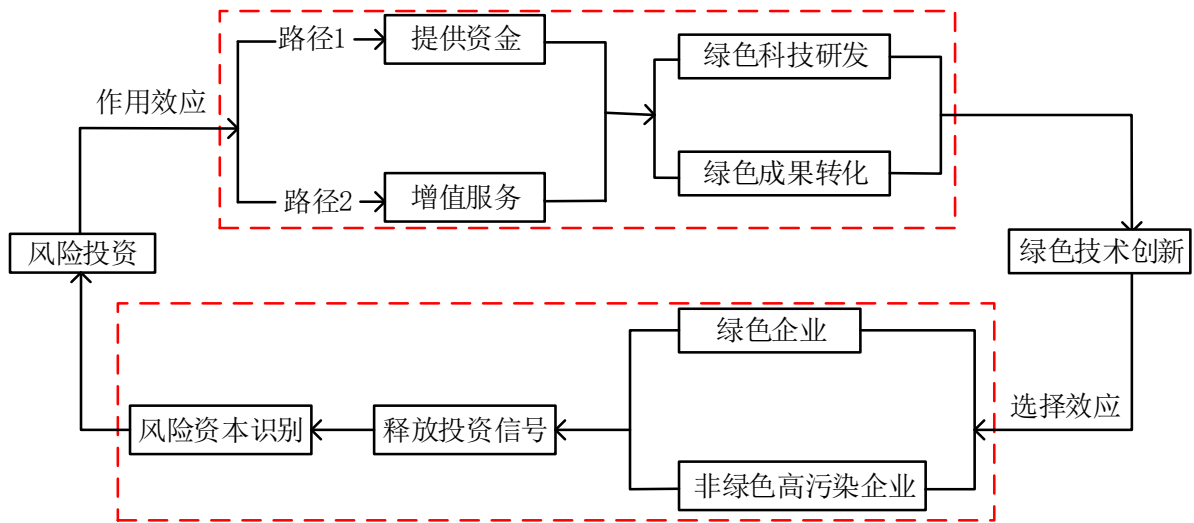


图 1 风险投资对绿色技术创新的作用机理图

3 绿色技术创新与风险投资现状分析

本章主要介绍我国绿色技术创新和风险投资的现状。对于我国绿色技术创新现状，首先介绍了绿色技术的发展，其次介绍我国绿色技术创新的现状，最后根据我国各省历年绿色专利获得量对绿色专利绿色技术创新的地域分布特征进行描述。同时，本章利用风险投资的募资、投资、退出数据分析我国风险投资市场现状。

3.1 我国绿色技术创新发展现状

3.1.1 绿色技术的发展

上世纪 60 年代开始，绿色技术的研究逐渐兴起。当时环境污染状况严重，部分发达国家尝试制定法律来减少环境污染，这些法律促使企业开始发展绿色技术。之后，绿色技术开始在全球范围内流行，并不断被受到重视。可持续发展思想是 1992 年联合国在《21 世纪议程》中提到的，这为“绿色技术”兴起奠定了思想基础。

20 世纪 60 年代以来，全球范围都不同程度地出现了环境污染问题。在此背景下，人们对环境保护的意识开始崛起，兴起了绿色潮流，在环境治理方面也逐渐引入科学技术，极大地推动了绿色技术的创新和发展。我国环境技术创新与发展经历了以污染的去除与资源化为主要特征的末端技术阶段、以资源合理利用为主要特征的无废工艺阶段、以零排放为主要特征的废物减量化阶段、以节能、降耗、减排为特征的清洁技术和以源头削减为特征的污染预防技术阶段，到 21 世纪绿色科技体系形成，环境技术创新的发展历程也意味着国民对绿色技术意识的转变，绿色技术相关制度也逐渐完善。绿色科技体系主要包括绿色科技基础研究体系、绿色科技应用研究体系、绿色科技传播推广体系和绿色科技中介服务体系。但当前我国绿色技术体系并不完善，与国际相比，绿色科技发展水平还有待提升。同时我国的绿色发展的关键技术仍以引进为主，自主创新能力较弱，绿色科技投入相对不足，技术竞争能力薄弱。

在前人研究基础上，大批国内外学者纷纷对绿色技术进行了理论和实证研究。

随着技术发展，人类五大关键领域——能源、交通通信、材料、产业和消费品取得的成就，在历史上占据重要位置。根据陈邵锋（2009）对环境演变分析，1750年至今我国五大技术领域发展演变逐渐走向绿色化。五大技术领域被分为主导技术群和新兴技术群，就主导技术群来看：能源行业由水、风、草料、木材逐渐发展为依靠燃气和电力；交通通信行业由起初的收费公路逐渐发展为更方便的公路和航空运输；材料行业由铁制逐渐发展为合金和特殊材料；产业行业由铸造逐渐发展为环境技术、拆卸和循环利用、消费服务等新兴行业；消费品行业由纺织品逐渐发展为休闲度假和订制品等娱乐服务。就新兴技术群来看，五大技术领域也在不断改进技术，减少对环境的破坏，向着高效率、低能耗方向发展学者们在对绿色技术进行定义和研究时，均充分依据了当时社会环境的实际情况，为环境技术创新与今后研究指明了方向。绿色技术的发展，一定是建立在现实基础上的，且其发展趋势也是社会进步的必然需求。

政府对于生态文明建设一向予以了高度的重视，并积极推出相关制度政策。我国绿色技术正处于一个高速发展时期，但仍需要不断创新。绿色技术创新被时代赋予了新的使命，其核心是人与自然的和谐相处，最终目的是实现可持续发展。在绿色技术创新约束下，人类在生产时会避免对自然的过度破坏。国内外人士都在关注我国的绿色技术创新发展理念，因此在某些方面会存在分歧。有的学者认为我国目前仍属于发展中国家，不具备推广和应用绿色技术的经济基础，当前的社会生产模式与发展绿色技术创新所需的条件相矛盾，会给经济建设带来压力。事实上，绿色技术创新与自然资源相辅相成，在推动经济建设的同时，它也在防守着环境保护的底线。所以现在开展绿色技术创新，不仅不会抑制经济发展，反而对今后社会经济建设有着相当重要的意义。这也是我国政府当前大力推动绿色发展和鼓励绿色技术创新的原因，我国经济建设必然会在绿色发展理念中步入新的轨道。

3.1.2 我国绿色技术创新的现状

2022年零壹智库首发了《中国绿色技术创新指数报告》，以绿色技术专利申请和授权情况表征绿色技术创新，研发了中国绿色技术创新指数（2008—2021）。绿色技术创新指数是基于创新产出、创新成效、创新活跃度三个维度构建的。报

告中的数据表明：绿色技术创新总量指数呈飞速上涨趋势。2008年中国举办“绿色奥运”，因此报告将时间追溯到2008年。绿色技术创新年度指数从2008年为基期的1000，增涨至2021年的4791.2，14年中增长了近4.8倍。这主要是因为我国政府一向重视可持续发展战略，并坚持鼓励绿色技术创新。经过多年的探索与实践，目前已形成独有特色：

1.政府主导型机制是我国绿色技术开发选用的模式。政府通过制定政策，对绿色技术创新进行宏观引导，并计划与实施“863项目”等，鼓励重大绿色科技研发项目。

2.我国现有的绿色技术创新体系是多层次的。第一层次的参与主体是政府、高校和企业，主要针对我国社会经济发展过程中，面临的重大环境生态问题；第二层次的参与主体是高校和企业，以课题形式开发绿色技术；第三层次的参与主体是企业，为了实现自身产品的市场化并获得利润，企业利用自有资金购买环保设备，开发绿色产品；第四层是企业对自己传统产品进行改进，实现产品绿色化，以适应市场竞争。

3.我国绿色技术开发开始以行业需求为导向，实现效益增长，逐渐向系列化和品牌化过度。绿色技术产业化水平可分为已通过中试或检验、已初步产业化、完全产业化三类，分别意味着即将进入市场、市场正在拓展、市场占有率高。我国目前已有多项技术和产品实现产业化，如绿色家电、清洁能源、水污染防治技术等。

4.我国与国际间关于绿色技术创新的交流逐渐密切。合作方式主要有举办博览会、参加和举办国际学术会议、引进国外技术、与国外较强的科研机构合作。通过与国外合作交流，对我国国内企业有一定的借鉴意义。

3.1.3 绿色技术创新的区域分布现状

绿色技术创新水平在不同省份发展规模不同，与区域经济发展水平有一定关联。下图是我国2011—2020年我国30个省市（西藏地区数据缺失严重，不计算在内）绿色专利获得量均值，而近10年我国平均绿色专利获得量为850件，仅有9个省市（北京、江苏、广东、浙江、上海、山东、湖南、西川、湖北）高于平均水平。其中获得量最高的省市为北京市，高达4528件，而最低的青海省平

均获得量仅为 21 件。我国绿色技术创新的区域分布有以下两个特点：一是仅有几个经济较发达的东部省市的专利获得量较高；二是根据绿色技术创新水平分布可以看出，与我国区域经济发展水平相一致，经济发达地区专利获得量就高，经济薄弱地区专利获得量较少。

从近 10 年各省专利获得量的分布中就可以看出，我国绿色技术创新的整体发展正在向好，但是各省市间和东中西地区间存在严重的不平衡，本文将通过实证检验深入分析这一现象后面的深层次原因。

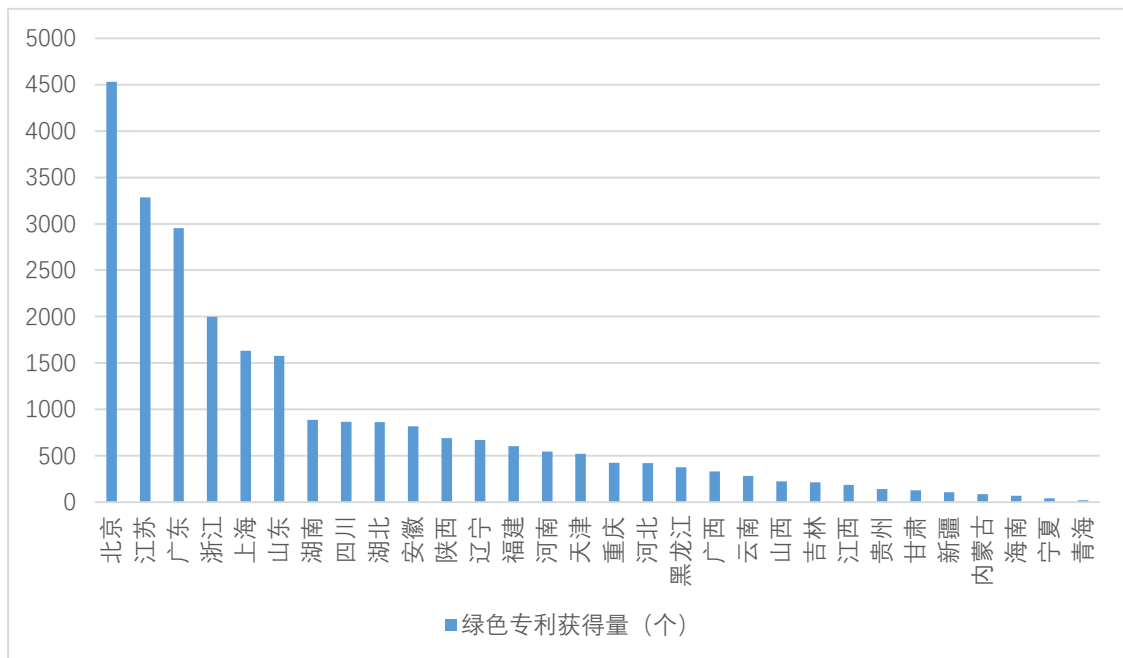


图 2 2011—2020 年各省绿色专利获得量均值分布

数据来源：国家统计局

3.2 我国风险投资发展现状

中国风险投资业萌发于 20 世纪 80 年代，到目前已取得了较大进步。改革开放以来，我国积极引进外资和先进技术，大力实行对外开放政策，对经济政策把控并不严格。我国以劳动力生产为主，处于生产链地段，缺乏技术创新。但一直在探索和尝试高新技术产业创新。中国的风险投资发展经历了 1998—2009 年的萌芽阶段、2010—2012 年的快速发展阶段、2013—2018 年的高速发展阶段以及 2019 至今的调整阶段。但与发达国家相比，我国的风险投资业仍处于初级阶段。

近年来，我国的风险投资市场有明显变化。首先是投资关注的重点领域发生

了变化，投资机构不再过多关注传统产业，而是将目光转移到新兴产业，如新能源产业、生物医疗产业、互联网产业等。其次是投资机构数量和募资金额呈现递增趋势。国内的风险投资尽管发展规模并不大，但作为一股新兴力量，正在向市场传递自身能量。目前投资市场的决策更加独立化、方式更加多样化，国内的风险投资机构正以越来越开放的姿态活跃在中国风险投资舞台。目前我国风险投资的募资、投资规模和数量等数据较难获取，大多公布的是私募股权投资和风险投资共同的数据。而二者加总得到的数据在一定程度上也可以反映风险投资的市场规模和变动趋势。因此，本文对风险投资募资和投资现状的描述均采用 PE/VC 市场的相关数据。

3.2.1 风险投资募资现状

2011 年至 2014 年，国内资本市场趋向成熟。在此基础上，国家积极鼓励发展高新技术产业，企业都在 PE/VC 市场寻求融资渠道，基金募集的数量和金额都呈现了较大幅度的增长。根据数据显示，2015 年新成立的基金数量骤增，达到了 8825 支，而且之后的两年数量依旧在涨，且连续突破一万只，并于 2017 年达到顶峰。2018 年以后基金募集数量开始下降，主要原因是在当年实施新《资产管理条例》，各类资金的准入难度加大，监管限制严格，PE/VC 行业融资更加艰难，认缴规模较上年下降 37.6%。2019 年是我国的“资本寒冬”，风险投资机构募集的数量和金额均有所下降。与 2018 年相比，2019 年参与投资机构数量减少近 30%。当时投资环境艰难，风险投资机构没有足够的资金，同时投资项目的成本很高，机构普遍在选择投资项目时更加审慎，宁缺毋滥，大多投资机构都在致力优投精投，尽量减少出手次数。

2020 年资本回暖，全球的风险投资额同比增长约 7% 左右，总额达 3130 亿美元，且募资总额 1112 亿美元巨量，是过去十年来投资额第二高的年份，也是募资规模第二大的年份。2020 年也是我国 10 年来 PE/VC 市场新成立基金的单笔募资规模最高的一年，较 2011 年扩大 1.5 倍；但认缴规模共计 4518 亿美元，此规模水平与 2015 年相持平。主要是因为 2020 年作为资管过渡期，同时受疫情以及国际局势变幻的影响。

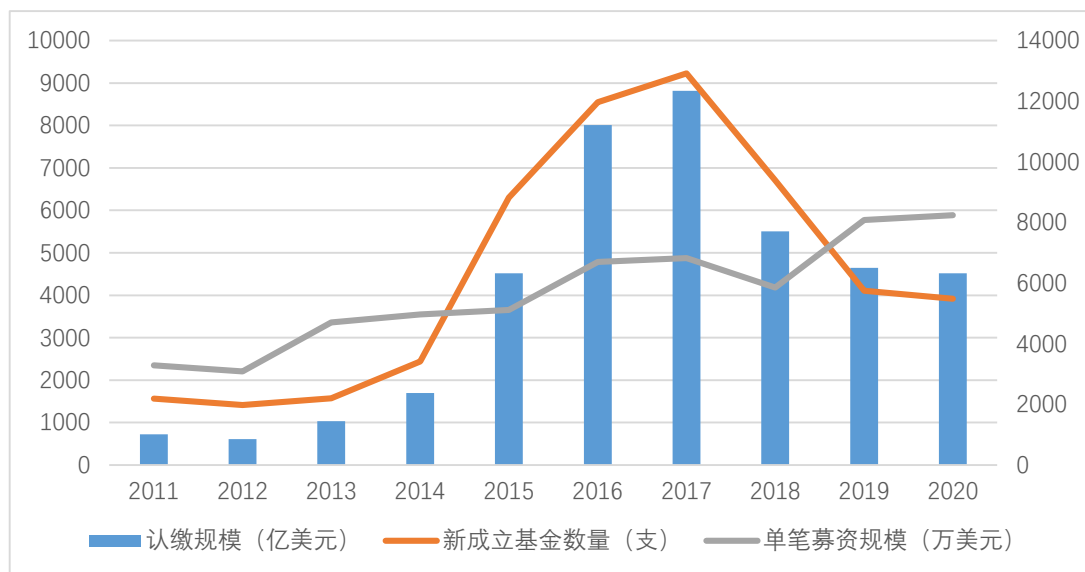


图 3 2011-2020 年 PE/VC 市场新成立基金数量、认缴规模、单笔募资规模变化

数据来源：清科研究中心

3.2.2 风险投资投资现状

近十年我国投资市场发展存在阶段性特征。2011—2013 年 VC/PE 市场发展比较缓慢，且相对平稳；2014 年—2018 年，中国的股权投资进入鼎盛时期，政府积极鼓励企业创业并吸引投资，机构发现新价值，积极支持新兴产业，拥有较高的投资活跃度。PE/VC 市场投资数量在 2016 年达到峰值，为 17142 起，之后持续走下坡路。2019 年以后，监管日渐加强，资管新规呈现的作用开始显现，PE/VC 市场开始回调。2020 年受疫情影响，投资机构和风险企业生存艰难，较多风险投资机构开始放慢投资节奏，更多企业开始寻求各种方式进行融资或尝试上市，PE/VC 市场各参与主体的目标仅仅是能维持生存。与 2019 年相比，2020 年 VC 市场略微有所增长，但也仅大致处于近十年的平均水平。

除此之外，根据我国 PE/VC 投资单笔投资规模数据可以发现，2011—2016 年投资数量一直在增长，尤其 2014 年国家大力鼓励“全民创业”后，投资数量显著增加。但投资数量增加并不意味着单笔投资规模也在增加，期间投资项目较分散，大多是投资数量事件多但投资金额不大。这是因为市场整体仍属于初步发展阶段，投资事件增长，而机构拥有的金额是有限的，所以单笔投资规模并不会很大。值得注意的是，2011 年单笔投资额与后续几年相比相对较高，结合当时经济环境可知，原因主要是当年互联网公司风靡，扎堆获得了大额融资。数据表明，

14 家单笔获投超 10 亿美金企业的融资总规模高达 397 亿美元，占当年融资规模的 42%。

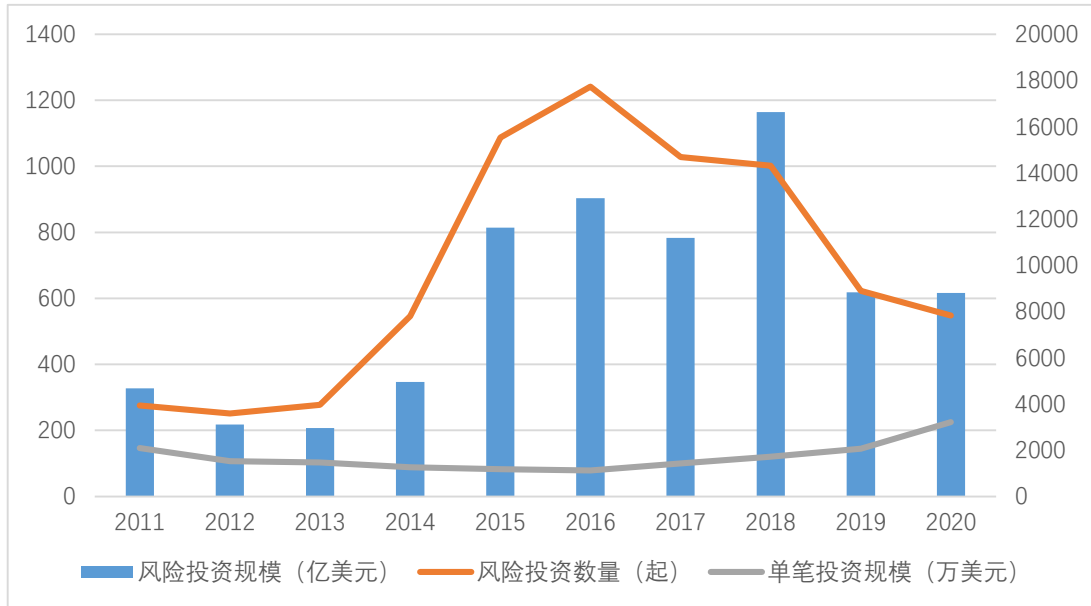


图 4 2011-2020 年中国 PE/VC 市场投资概况

数据来源：清科研究中心

3.2.3 风险投资退出现状

风险投资的退出是风险投资过程中最关键的一环，它标志着整个风险投资过程的结束，并决定是否给投资者带来预期收益。风险投资退出方式有多种，但被广泛应用的主要有 IPO、股权转让、并购。我国 PE/VC 的退出渠道随着科创板的发展有所改善，2020 年共发生 3842 笔股权投资市场退出事件，同比上升 30.3%。

按不同退出方式来看，IPO 上市的回报倍数大多高于其他两种退出方式，但近十年呈现下滑趋势。公认的风险投资最理想的退出方式就是 IPO，但数据表明，实质上只有少数企业可以成功上市，占比大约为 1/3。从图 5 中可以看到，2011—2014 年，IPO 回报倍数为近十年最高，2011 年达到 4.73 倍。这是因为在当时，国内企业纷纷选择去海外国家的创业板市场上市，因为国外的二板市场机制相对完善，市场比较成熟，退出相对简单。股权转让和并购的回报倍数相对平稳，并购退出收益整体呈先上升，后下降的趋势，在 2016 年达到峰值，为 1.99 倍。近年来，我国宏观经济增速放缓，导致并购市场持续降温，其退出带来的收益有限。股权转让的回报倍数一直在稳步上升，但波动幅度不大。股权转让方式包括股份

出售和回购，有很大的优越性。

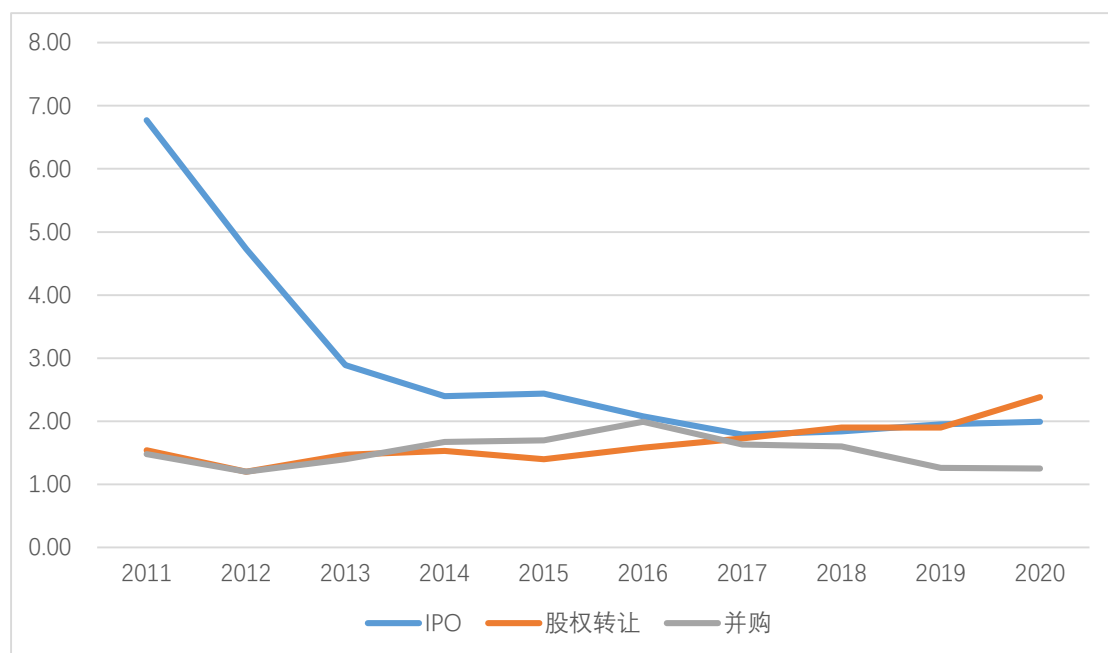


图 5 2011—2020 年中国 VC 市场不同退出方式下回报倍数

数据来源：清科研究中心

4 风险投资对区域绿色技术创新空间效应的实证设计

本章主要设计计量模型以及对变量选择和数据来源进行说明。本文依据研究目的, 设立了两个计量模型, 一个是用 SBM—DEA 方法测算绿色技术创新效率和两阶段效率, 另一个是建立空间杜宾模型分析区域绿色创新的空间相关性和溢出效应。

4.1 计量模型的设计

4.1.1 两阶段绿色技术创新效率的模型设计

现有研究常选择绿色专利授权量和绿色研发投入指标衡量绿色技术创新。在已有研究基础上, 本文参考部分文献, 基于两阶段创新思想, 将绿色技术创新分为第一阶段——绿色科技研发阶段和第二阶段——绿色成果转化阶段, 从创新投入和产出角度出发, 选择绿色技术创新效率作为衡量指标。根据效率的前沿测度理论, 在传统区域技术创新效率测算基础上, 将绿色技术创新效率定义为在劳动力与固定资本存量作用下, 实际绿色投入与绿色产出的比值, 用于衡量绿色技术创新资源的配置效率。本文使用数据包络分析法 (DEA), 在 Tone 提出的 SBM 模型基础上, 构建了两阶段 SBM 模型。

定义矩阵 X 、矩阵 Y_a 和矩阵 Y_b 分别表示投入矩阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵, 且有 n 个待评价决策单元 (DMU):

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_m] \in R^{m \times n} > 0 \quad (1)$$

$$Y_a = [y_{a1}, y_{a2}, \dots, y_{as_1}] \in R^{s_1 \times n} > 0 \quad (2)$$

$$Y_b = [y_{b1}, y_{b2}, \dots, y_{bs_2}] \in R^{s_2 \times n} > 0 \quad (3)$$

设 λ 为调整矩阵, $X\lambda$ 表示前沿上的投入量, $Y\lambda$ 表示前沿上的产出量。则生产可能集合为:

$$P = \{(x, y) | x \geq X\lambda, y_a \leq Y_a\lambda, y_b \leq Y_b\lambda, \lambda > 0\} \quad (4)$$

特定 DMU (x_0, y_0) 的表达式为:

$$\begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0 = Y\lambda - s^+ \end{cases} \quad (5)$$

其中 $s^- \geq 0$ 和 $s^+ \geq 0$ 分别表示投入和产出的松弛变量。令 s^{l-} 、 s^{l+} 、 s^a 、 s^b 分别表示第一阶段和第二阶段的松弛变量，令矩阵 $Z=[z_1, z_2, \dots, z_k] \in R^{s_2 \times n} > 0$ 表示中间产品。SBM 模型中，各项投入和产出的平均效率水平的乘积就是单个 DMU 的效率值。在规模报酬可变情况下，SBM 模型测算绿色科技研发效率的公式为：

$$\rho_1 = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^{1-}}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{k} \sum_{u=1}^k \frac{s_u^{1+}}{z_{u0}}} \quad (6)$$

s.t.

$$\begin{cases} X\lambda + s^- = x_k \\ Y\lambda - s^+ = y_k \\ \lambda, s^-, s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (7)$$

令 s_{11} 和 s_{12} 分别表示期望产出和非期望产出数量，绿色成果转化效率的公式为：

$$\rho_2 = \frac{1 - \frac{1}{k} \sum_{u=1}^k \frac{s_u^{1+}}{z_{u0}}}{1 + \frac{1}{s_{11} + s_{12}} (\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^a}{y_{ar0}} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{br0}})} \quad (8)$$

借鉴赵路（2021）等人对总效率的算法，绿色技术创新效率等于绿色科技研发效率和绿色成果转化效率的均值。

4.1.2 风险投资对绿色技术创新影响的空间面板模型设计

空间计量模型将区域绿色创新的空间相关性和溢出效应考虑在内，常见的空间面板模型有空间自回归模型（SAR）、空间误差模型（SEM）和空间杜宾模型（SDM）。根据本文研究方向和数据，选用空间和时间双固定的空间杜宾模型（SDM）进行空间关系研究。模型表达式为：

$$y_{it} = \rho W y_{it} + \beta_i x_{it} + \gamma_i W x_{it} + \mu_i + \varphi_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

其中， y_{it} 是被解释变量，包括绿色技术创新效率 gt_{it} 、绿色科技研发效率 gr_{it} 、绿色成果转化效率 ga_{it} ， x_{it} 是解释变量和控制变量， W 是反距离权重矩阵，具体为两地区距离平方的倒数， β_i 和 γ_i 是待估计系数， μ_i 表示个体固定效应， φ_t 表示时间效应， ε_{it} 表示服从正态分布假设的随机扰动项。由于变量之间单位不同，数值差距较大，会对估计结果产生偏差，所以本文对所有变量均进行归一化处理。

4.2 变量选择

1. 被解释变量

两阶段绿色技术创新理论表明,绿色技术创新包括绿色科技研发和绿色成果转化两个子过程组成,且彼此互相关联。第一阶段绿色科技研发主要衡量投入研发经费和研发人力产出为绿色专利等的的能力,其产出是中间产出指标,和其他非科技研发投入指标一起作为第二阶段的投入。第二阶段绿色成果转化的产出指标包括期望产出和非期望产出,期望产出指以经济生产为目的的具有效益的产出,非期望产出即并不被偏好的产出,在两阶段绿色技术创新理论中,通常是指污染物的排放。对非期望产出衡量指标是环境综合指数,即利用熵权法将单位 GDP 工业二氧化硫排放量、工业固体废物排放量和工业氨氮排放量赋予不同权重,最终得到环境综合指标。

表 1 绿色技术创新指标选取

| 指标分类 | 评价指标 | 指标衡量方式 |
|----------|-------|-------------------------------|
| 绿色科技研发投入 | 研发人力 | R&D 人员全时当量 (人) |
| | 研发资本 | 研发经费内部支出 (万元) 新产品开发支出 (万元) |
| 绿色成果转化投入 | 中间产出 | 绿色专利获得量 (件) 绿色专利申请量 (件) |
| | 非研发投入 | 技术改造费用 (万元) 能源消费总量 (万吨标准煤) |
| 最终产品 | 期望产出 | 新产品销售收入 (万元) |
| | 非期望产出 | 环境综合指数 (—) |

根据上文公式及指标得到绿色科技研发效率 (gr) 和绿色成果转化效率 (ga), 并最终得到绿色技术创新效率 (gt)。

2. 解释变量

风险投资是一种中长期权益投资,根据前文分析,它为企业提供资金和增值服务支持,以保证企业实现持续创新,是影响绿色技术创新的一个重要因素。根据本文研究目的,风险投资机构首先需要通过“选择效应”实现风险投资绿色化,为绿色企业 and 非绿色高污染企业提供资金并通过“作用效应”作用于绿色创新活动。限于相关数据的可得性,本文选用各地区获得的风险投资额占同年 GDP 比例 (vc) 衡量风险投资活动指标,以剔除经济波动的影响。

3.控制变量

除上述解释变量以外，还需引入控制变量，进而对绿色技术创新进行综合评估。本文选取的以下几个控制变量：

(1) 地区经济发展水平 (*pgdp*)。经济水平会促进创新创业活力，进而促进绿色技术创新发展，采用人均 GDP 衡量。

(2) 对外开放程度 (*open*)。进出口总额可以体现区域的知识和技术溢出水平，还可以拓宽企业创新资金的渠道，支撑企业技术发展，促使企业提升技术水平和管理技能。但企业间若有恶性竞争，出现抢占技术等现象，就会抑制企业的研发进度，不利于企业创新。采用进出口总额占 GDP 比重衡量对外开放程度。

(3) 教育水平 (*edu*)。高素质人才依据自身已有知识，为绿色企业发展提供科学合理的指导规划，促进企业绿色新技术的研发与创新项目落地，加快创新企业的运作，保证创新活动的产品质量，提高产品产出效率。同时研发人员会利用自身技能，带动区域间信息联系，从而影响技术创新。采用各地区本专科在校学生数占全省总人数比例衡量教育水平。

(4) 政府支持 (*gov*)。政府财政对节能环保的支持有助于激发企业创新热情，同时政府可以为企业研发提供资金和税收优惠政策鼓励企业实现绿色化。采用节能环保支出占政府财政支出比重衡量政府的支持力度。

(5) 环境规制 (*envir*)。通过对企业创新的环境规制，促使企业不断提升绿色科技水平，减少污染排放，进而促进企业绿色技术创新。采用单位 GDP 工业污染治理投资额衡量。

(6) 城镇化 (*urban*)。城镇化过程中的人力资本累积与聚集效应有利于绿色技术创新，采用城镇人口占总人口比例衡量。

表 2 变量选取

| 评价指标 | | 衡量指标 | 符号 |
|-------|----------|---------------|-------------|
| 被解释变量 | 绿色科技研发 | | <i>gr</i> |
| | 绿色成果转化 | | <i>ga</i> |
| | 绿色技术创新 | | <i>gt</i> |
| 解释变量 | 风险投资 | 风险投资金额/地区生产总值 | <i>vc</i> |
| | 地区经济发展水平 | 人均国内生产总值 (元) | <i>pgdp</i> |

| | | | |
|------|--------|----------------------|--------------|
| 控制变量 | 对外开放程度 | 对外贸易依存度：进出口总额/地区生产总值 | <i>open</i> |
| | 教育水平 | 本专科在校学生数/全省总人数 | <i>edu</i> |
| | 政府支持 | 地区节能环保支出/政府财政支出 | <i>gov</i> |
| | 环境规制 | 地区工业污染治理投资额/地区生产总值 | <i>envir</i> |
| | 城市化程度 | 地区城镇人口数/总人口数 | <i>urban</i> |

4.3 数据来源说明和描述性统计

本文选择 2011—2020 年中国 30 个省份（西藏、港、澳、台地区除外）数据为研究对象，自变量和控制变量数据来源于《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》，风险投资数据来源于清科私募通报告和 Wind 数据库。对模型中的原始数据进行描述性统计分析结果见下表：

表 3 变量的描述性统计结果

| 变量 | 平均值 | 标准差 | 最小值 | 最大值 |
|--------------|-------|-------|-------|--------|
| <i>gr</i> | 0.36 | 0.17 | 0.10 | 0.97 |
| <i>ga</i> | 0.50 | 0.20 | 0.12 | 1.00 |
| <i>gt</i> | 0.43 | 0.18 | 0.09 | 1.00 |
| <i>vc</i> | 10.94 | 24.39 | 0.03 | 219.76 |
| <i>pgdp</i> | 5.64 | 2.73 | 1.64 | 16.49 |
| <i>open</i> | 2.74 | 3.15 | 0.12 | 15.45 |
| <i>edu</i> | 1.93 | 0.50 | 0.80 | 3.45 |
| <i>gov</i> | 2.04 | 1.45 | 0.39 | 6.76 |
| <i>envir</i> | 0.12 | 0.11 | 0.002 | 0.99 |
| <i>urban</i> | 0.58 | 0.12 | 0.35 | 0.90 |

5 风险投资对区域绿色技术创新空间效应的实证结果分析

通过前文的分析,可以确定风险投资能够很好地与绿色创新活动的特点相匹配,从而促进绿色创新及其两个子阶段。本章通过实证分析检验以上理论结果,首先肯定绿色技术创新存在空间效应,确风险投资对绿色技术创新和两个子阶段都存在正向促进作用,并分东、中、西部地区检验风险投资对其影响程度。最后,对回归结果进行了稳健性检验。

5.1 两阶段绿色技术创新效率实证结果分析

本文选取 2011—2020 年相关数据,建立两阶段 SBM—DEA 模型,将省域绿色技术创新过程分解为绿色科技研发和绿色成果转化两个阶段,总效率为两阶段效率加权平均,用 MATLAB 软件计算结果见下表。

表 4 2011-2020 年各省效率均值

| 城市 | gt | gr | ga |
|------|------|------|------|
| 北京 | 0.58 | 0.60 | 0.56 |
| 天津 | 0.58 | 0.38 | 0.77 |
| 河北 | 0.34 | 0.25 | 0.43 |
| 辽宁 | 0.44 | 0.26 | 0.62 |
| 上海 | 0.63 | 0.40 | 0.87 |
| 江苏 | 0.67 | 0.45 | 0.89 |
| 浙江 | 0.74 | 0.59 | 0.89 |
| 福建 | 0.47 | 0.40 | 0.54 |
| 山东 | 0.58 | 0.38 | 0.78 |
| 广东 | 0.66 | 0.41 | 0.92 |
| 海南 | 0.31 | 0.39 | 0.23 |
| 东部平均 | 0.55 | 0.41 | 0.68 |
| 山西 | 0.26 | 0.21 | 0.30 |
| 内蒙古 | 0.21 | 0.16 | 0.26 |

| | | | |
|------|------|------|------|
| 吉林 | 0.46 | 0.32 | 0.60 |
| 黑龙江 | 0.33 | 0.46 | 0.21 |
| 安徽 | 0.58 | 0.40 | 0.76 |
| 江西 | 0.48 | 0.30 | 0.65 |
| 河南 | 0.53 | 0.47 | 0.59 |
| 湖北 | 0.58 | 0.43 | 0.73 |
| 湖南 | 0.67 | 0.43 | 0.91 |
| 广西 | 0.37 | 0.33 | 0.40 |
| 中部平均 | 0.45 | 0.35 | 0.54 |
| 重庆 | 0.51 | 0.31 | 0.72 |
| 四川 | 0.41 | 0.49 | 0.32 |
| 贵州 | 0.18 | 0.22 | 0.14 |
| 云南 | 0.25 | 0.32 | 0.18 |
| 陕西 | 0.31 | 0.35 | 0.26 |
| 甘肃 | 0.23 | 0.30 | 0.17 |
| 青海 | 0.20 | 0.29 | 0.10 |
| 宁夏 | 0.21 | 0.21 | 0.21 |
| 新疆 | 0.21 | 0.30 | 0.12 |
| 西部平均 | 0.28 | 0.31 | 0.25 |
| 全国均值 | 0.43 | 0.36 | 0.50 |

可以看出,我国整体绿色技术创新水平偏低,整体均值仅为0.43。本文根据《中国城市统计年鉴》,将30个省份按区域分为东、中、西三个地区,计算了三个地区效率变化均值,以便更直观地了解绿色技术创新的区域差异。东部和中部地区的平均绿色技术创新效率分别为0.55和0.45,均显著高于西部地区的效率值0.28。其中江苏、湖南、浙江、广东、上海5个省市效率均在0.6以上,而西部地区的9个省市中,仅有重庆的效率值为0.51,其他省市效率值均在0.5以下。出现这种区域差异的原因主要与地区所处地理位置和经济要素有关。东部地区的资源丰富,一直以来是我国经济发展主力军。东部沿海省市对外开放程度高,对于知识接受和消化速度快,已经较早地意识到环保的重要性。因此东部地区绿色

创新发展优势较大，属于我国区域绿色发展的“领头羊”。同时东部地区需要承担先行先试的风险，不仅要协调与中、西、东北地区发展和国内南北分化冲击，还要承担国际竞争压力，加强对外开放和改革创新。中部地区发挥了邻接东部和南部发达省份的优势，各地制定规划和制度以管控生态环境保护和绿色发展的空间格局。这些规划结合各地各地产业优势和潜力，为中部地区绿色创新的可持续发展留足了绿色空间。中部地区需要培育和壮大绿色经济的内生动力，加大绿色创新投入力度，形成区域甚至全国竞争优势。西部地区拥有其天然的生态优势，自然资源丰富，为我国生态安全保驾护航。但存在重工业化项目居多，绿色发展形式严峻，信息化和绿色化协同发展不足等问题。西部地区的绿色发展，创新是动力，也是发展路径，需要将生态优势转化为绿色发展优势，多种生产要素协同发力、互为支撑。

我国东中部地区绿色成果转化效率明显高于绿色科技研发效率，且存在明显的区域差异。从数据中可以看出，两个子阶段的变动与绿色技术创新整体效率同步性较强，可见绿色科技研发投入不足是导致各地区绿色技术创新效率偏低的主要原因。2014年以来，我国绿色研发投入不断加大，绿色专利申请量逐步提升。但从研发绿色技术到布局绿色专利需要一个积累的过程，但我国很多企业目前正处于从传统产业向创新、绿色领域的转型期，因此前期的绿色专利布局不足。且绿色专业人才和知识产权运营人才严重缺乏，绿色技术缺乏价值评估的技术支撑体系，从而影响金融孵化和技术转化效率。目前东部地区一些省市尝试建立绿色技术银行和绿色技术交易中心，旨在形成“绿色科技成果+金融”的转化机制，以带动全国绿色技术发展。西部地区绿色成果转化效率低于绿色科技研发效率，绿色创新成果并没有充分运用到经济活动，传统产业占比较高。但西部长期实施绿色技术追赶的创新战略，从引进模仿逐步实现自主创新，缩短了科技研发周期，完整产业体系已初步完成。重庆、四川、陕西等地涌现出多项重大科技成果，引领西北地区区域协同创新。因此西北地区要坚持差异化和特色创新，发展特色产业集群，加快提高农牧业现代化水平。

5.2 风险投资对绿色技术创新的影响实证结果分析

5.2.1 空间相关性检验

本文计算了区域绿色技术创新的整体效率和子阶段效率的 Moran's I 指数，以验证绿色创新是否存在空间自相关。计算结果如下表所示。

表 5 绿色技术创新的全局 Moran's I 检验结果

| 变量 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>gt</i> | 0.169 | 0.125 | 0.192 | 0.123 | 0.162 | 0.125 | 0.171 | 0.148 | 0.124 | 0.191 |
| <i>gr</i> | 0.136 | 0.130 | 0.014 | 0.052 | 0.113 | 0.006 | 0.136 | 0.040 | 0.099 | 0.082 |
| <i>ga</i> | 0.413 | 0.303 | 0.340 | 0.468 | 0.371 | 0.480 | 0.261 | 0.535 | 0.547 | 0.510 |

可以看出绿色技术创新的全局 Moran's I 指数均为正值，且在 5%水平下显著，可以认为我国 30 个省市的风险投资之间存在空间相关性，区域间会有知识溢出现象存在，即创新活动对周边地区有渗透作用。若使用传统线性回归模型，会忽略区域之间的空间相关性，估计结果可能存在偏误，需要考虑构建空间计量模型。

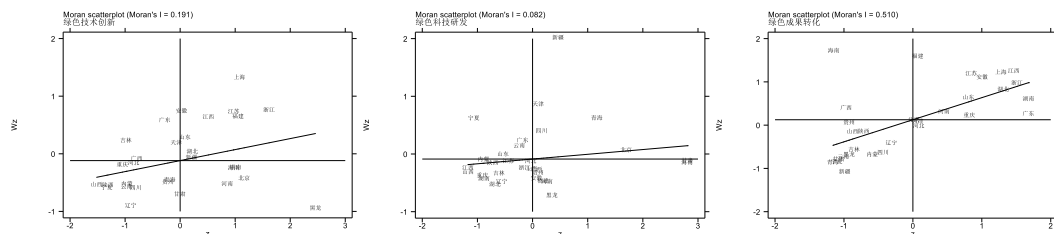


图 6 2020 年中国省域绿色技术创新及子阶段莫兰散点图

根据图 6 中三种效率 2020 年的局部 Moran's I 指数散点图也可以看出，我国省域绿色创新活动空间上并不是呈现随机分布，大部分城市分布在一三象限，即属于高创新能力周边地区的创新能力也较强，低创新能力周边地区的创新能力也较弱。意味着本地区的绿色创新水平会受到邻近地区的影响。同时，绿色成果转化效率的正相关性明显强于绿色科技研发效率，说明各省市间绿色产品的商业化应用交流频繁。

5.2.2 空间计量模型的确定

确定绿色技术创新存在空间自相关后,需要设定合适的空间计量模型分析风险投资对绿色技术创新的直接效应和间接效应。通过对数据进行 Hausman 检验、LM 检验、R-LM 检验、LR 检验,结果显示模型存在空间误差项 (Spatial error) 和空间滞后项 (Spatial lag),因此拒绝 SEM 和 SAR 模型,选择空间杜宾模型进行实证分析。同时检验空间和时间的随机性,最终确定使用空间和时间双固定效应的 SDM 模型。检验结果如下表所示:

表 6 空间模型检验结果

| 检验方法 | 变量 | 绿色科技研发效率 | | 绿色成果转化效率 | | 绿色技术创新效率 | |
|----------------|------------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | 检验原假设 | 统计量 | P 值 | 统计量 | P 值 | 统计量 | P 值 |
| LR 检验 | 空间固定 | 41.76 | 0.000 | 45.02 | 0.000 | 30.25 | 0.001 |
| | 时间固定 | 34.42 | 0.000 | 46.10 | 0.000 | 31.12 | 0.001 |
| | 检验结果 | 时间空间 双固定效应 | | 时间空间 双固定效应 | | 时间空间 双固定效应 | |
| LM 检验 | LM-Lag | 30.484 | 0.000 | 21.320 | 0.000 | 6.916 | 0.009 |
| | LM-Error | 20.947 | 0.000 | 21.388 | 0.000 | 0.160 | 0.000 |
| R-LM 检验 | R-LM-Lag | 11.510 | 0.001 | 11.990 | 0.058 | 25.760 | 0.000 |
| | R-LM-Error | 12.972 | 0.060 | 12.057 | 0.052 | 19.004 | 0.000 |
| | 检验结果 | 空间杜宾模型 | | 空间杜宾模型 | | 空间杜宾模型 | |
| Hausman 检验 | 固定效应 | 41.570 | 0.000 | 9.000 | 0.029 | 25.910 | 0.000 |
| | 检验结果 | 固定效应 | | 固定效应 | | 固定效应 | |
| 空间面板模型 识别结果 | | 时间空间双固定 固定效应杜宾模型 | | 时间空间双固定 固定效应杜宾模型 | | 时间空间双固定 固定效应杜宾模型 | |

5.2.3 回归结果分析

为研究风险投资对绿色技术创新的直接效应和间接溢出效应,进一步对各变量的空间效应进行分解,并具体到不同区域,结果见表 7。

表 7 风险投资对绿色技术创新影响的估计结果

| 变量 | | <i>gt</i> | <i>gr</i> | <i>ga</i> |
|------|------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 全国 | 直接效应 | 0.403*** (3.92) | 0.492*** (4.43) | 0.507*** (-3.78) |
| | 间接效应 | 0.071* (1.06) | 0.771* (3.68) | 0.480* (-1.38) |
| | 总效应 | 0.474** (2.81) | 1.263*** (4.82) | 0.987* (-2.66) |
| 东部地区 | 直接效应 | 0.090* (0.69) | 0.203*** (1.48) | 0.402* (2.51) |
| | 间接效应 | 0.323* (2.03) | 0.269* (1.37) | 0.576*** (1.62) |
| | 总效应 | 0.413* (1.11) | 0.472* (1.76) | 0.978** (3.22) |
| 中部地区 | 直接效应 | 0.308** (2.35) | 0.129* (1.24) | 0.323* (1.23) |
| | 间接效应 | 0.124*** (4.05) | 0.032 (1.83) | 0.129* (2.50) |
| | 总效应 | 0.432* (1.79) | 0.161* (0.99) | 0.452 (2.27) |
| 西部地区 | 直接效应 | 0.410** (-2.01) | 0.227* (1.13) | -0.468 (-1.61) |
| | 间接效应 | -0.330* (0.64) | -0.775* (1.59) | -0.558** (-1.99) |
| | 总效应 | 0.080* (1.00) | -0.548 (0.72) | -1.026* (-1.73) |

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%水平上显著

首先分析风险投资对绿色技术创新整体效率的影响。从实证结果中可以看出，全国整体风险投资对绿色创新的直接效应和溢出效应均为正值且通过 5%的显著

性检验,说明风险投资对所在地区和邻近地区的绿色创新水平都有促进作用。区域内部的直接效应就是因为风险投资直接对绿色技术创新提供资金支持。区域外部的空间溢出效应主要是因为知识的转移与扩散。一方面,风险投资活动沿着投资网络扩散到邻近地区,对邻近地区的风险企业提供管理和增值服务,提升其创新水平;另一方面,风险投资对本区域的资源支持促进了本地区的吸收能力,对邻近地区的溢出效应可以很好地接纳和利用。分地区来看,东部和西部地区的风险投资均对本地区和邻近地区绿色创新能力产生积极影响,但西部地区的溢出效应并不明显。东部地区的间接效应系数(0.323)显著大于直接效应系数(0.090),约占总效应的78.2%,说明风险投资对东部地区绿色技术创新的整体影响多半来自于空间溢出效应。西部地区的间接效应为-0.33,可以认为西部地区的风险投资甚至会抑制周边地区的绿色技术创新。东中西部地区形成的差异主要是因为经济、资本、人力、环境等资源配置不均衡。首先,东中部地区金融集聚程度高。北京、上海、浙江、广东等金融中心城市都分布在东部地区,各类创新型企业为获得更便捷的资源也会向东部集聚,这些企业也成为了风险投资的对象。创新型企业具有高风险高回报特征,会激励风险投资择优选择创新项目,对本地区和邻近地区的风险企业都会选择性合作,进而促进风险投资对邻近地区的空间溢出效应;其次,东部地区拥有更加成熟的资本市场,可以相对缓解企业的融资约束,会增强企业创新动力,中部地区通过合理的技术引进以及模仿创新,也能吸引到风险投资机构青睐。

其次分析风险投资对两个子阶段效率的影响。东中部地区绿色成果转化效率的总效应均显著大于绿色科技研发效率,说明在东中部地区风险投资更多作用于企业绿色产品市场推广等活动。同时,东部地区两种效率影响均为正值,说明风险投资在东部地区能有效促进区域内和区域外将研发技术投入转化为绿色专利和实现成果商业化的能力。相比较之下,中部地区两种效率受风险投资影响较小,地区间相关性较弱。风险投资的加入对西部地区的绿色技术研发和推广并没有起到促进作用,而且会抑制周边地区发展。

综上所述,经济发达地区企业在企业规模、知识产权保护和市场开放度等方面具有明显优势,会吸引到更多风险投资资源,企业以原始创新和二次创新为主,且较多为资本或技术密集型企业,有更高的回报率,二者起到互相促进的作用;

中低发展地区以劳动密集型企业为主，对风险投资依赖性不高，致使创新模式较多为技术引进基础上的模仿创新，并不能实现风险投资的最大化利用。

5.2.4 稳健性检验

考虑到结果的稳健性，本文使用邻近地理矩阵和经济距离矩阵分别进行SDM模型估计，与反距离权重矩阵下的直接效应和间接效应作对比，结果发现不同权重矩阵对结果的影响不大，说明本文的模型建立比较合理。

表 8 不同权重下风险投资对绿色技术创新及子阶段的效应

| 权重矩阵 | 邻近地理 | | | 经济距离 | | |
|------|-------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| | <i>gt</i> | <i>gr</i> | <i>ga</i> | <i>gt</i> | <i>gr</i> | <i>ga</i> |
| 直接效应 | 0.311** (1.71) | 0.438*** (3.34) | -0.121*** (-2.73) | 0.259*** (2.30) | 0.549*** (5.697) | -0.507*** (-3.77) |
| 间接效应 | 0.159 (0.33) | 0.554 (1.73) | -0.440* (0.98) | 0.455* (1.46) | 0.617** (3.241) | -0.479 (-1.38) |
| 总效应 | 0.470 (3.62) | 0.992*** (1.20) | -0.561* (-0.61) | 0.714* (2.09) | 1.166*** (3.54) | -0.986** (-2.67) |

6 研究结论与政策建议

6.1 研究结论

十四五规划对绿色金融发展做出明确规定,并提出对绿色技术创新的支持作用,建议升级改造重点行业和领域的绿色化发展,未来我国经济产业发展的其中一个重要目标就是低碳绿色产业。风险投资为绿色技术创新提供资源,本文在绿色技术创新的区域“异质性”视角下,研究风险投资对绿色技术创新直接效应和溢出效应的影响。本文运用两阶段的SBM—DEA模型测算创新效率以衡量绿色技术创新水平,通过莫兰指数确定绿色创新的空间相关性后,利用空间杜宾模型考察了风险投资对绿色技术创新效率及其两个子阶段——绿色科技研发效率和绿色成果转化效率在区域内和区域外的影响。研究发现:

1. 我国绿色技术创新效率整体处于较低水平,呈现出由东部向中西部地区递减的趋势,且绿色技术创新存在显著的空间相关性,且创新的两个子过程也存在区域依赖性;

2. 风险投资整体上有助于提升绿色技术创新水平,具体表现为风险投资资金对研发人力资本和科技成果商业化支持,分区域来看,风险投资对东部地区绿色技术创新的整体影响多半来自于空间溢出效应,但对西部地区的作用效果相反;

3. 风险投资对绿色科技研发的影响总体大于对绿色成果转化的影响,即风险投资的参与更多刺激产业对研发的投入,但对最终产出推广也有正向影响。

6.2 政策建议

通过上述结论分析结果可以看出,我国绿色技术创新具有显著的空间依赖性,风险投资对东中部地区绿色技术创新的溢出效应具有明显的促进作用,但对西部地区有抑制作用。本文根据上述分析,为我国风险投资业和绿色环保行业未来发展提供了一些建议。

1. 加强区域间绿色技术创新能力交流

结合不同地区经济发展水平,以市场需求为导向,充分利用地区绿色技术创新资源,提高创新产出和效率,实现环境保护和经济发展的双赢。技术创新与市

场是紧密相关的，创新不只是研发投入，更重要的是实现产品商业化转化。因此地区需加强绿色创新项目投入，鼓励企业与高校、研发机构的合作，增强技术创新成果转化。同时由于绿色技术创新区域异质性的存在，各地区经济和产业基础不同，需结合不同地区指定不同的发展策略。各地政府应积极推动当地绿色技术发展，合理调整产业结构，增大第三产业占比，为绿色技术创新营造良好发展环境。区域间应积极开展合作交流，共享绿色经验和绿色技术，带动绿色技术创新能力较弱地区的绿色发展，提升我国整体绿色技术效率水平，缩小区域差异，实现区域协同发展。

2. 优化风险投资的区域配置

中国省域经济发展阶段存在不平衡性，只有选择与地区创新模式相耦合的风险投资，优化资源配置，才能更好地促进创新经济增长。研究结果显示风险投资可以显著促进企业绿色技术创新水平，因此政府可以通过设计和完善税收优惠激励政策，营造良好的投资氛围，鼓励中长期风险投资资本进入绿色技术创新领域，真正激发资本积极性。另一方面，由于各地区创新能力和对风险投资的吸收能力不同，需要根据不同地区的创新模式，优化风险投资区域配置。我国东部地区已经形成了高效的风险投资溢出渠道，因此需要发挥带头作用，利用区位优势并兼顾我国风险投资发展；中西部地区需要弥补区位优势，重点扶持和培育本土绿色创新企业。

3. 提升风险投资对绿色技术创新的正向激励水平

鼓励风险投资资本更多流向绿色技术研发阶段，提高风险投资对绿色技术创新的正向促进作用，同时政府需引导绿色科技成果转化适当导入市场机制，促进创新产品实现产业化。风险投资资本加入后，可以保障研发人员薪酬，保障研发活动顺利进行，促进研发人员创新的积极性。同时投资机构可以选择留下或淘汰研发人员，优化人力资本结构，正向激励企业的绿色技术创新活动。对此，风险投资资本应当高效引导人力资本在产业内和产业间的自由流动，发挥其培育功能。此外，风险投资机构要重视对风险企业提供恰当的服务和指导，一切以实现被投资企业的价值增长为落脚点，最终目的是有效提升绿色技术创新的投入产出效率。

参考文献

- [1] Braun E, Wiold D. Regulation as a means for the social control of technology [J]. *Technology analysis & strategic management*, 1994(3).
- [2] Cooke P. The new wave of regional innovation networks: Analysis, characteristics and strategy [J]. *Small Business Economics*, 1996, 8(2).
- [3] EBRAHIMI P, MIRBARGKARSM. Green entrepreneurship and green innovation for SME development in market turbulence [J]. *Eurasian Business Review*, 2017, 7(4): 1-26.
- [4] 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.
- [5] Evangelista R, Fagerberg J, Mowery DC, et al. The Oxford Handbook of Innovation [J]. *Economia Political*, 2005(22): 1-1.
- [6] Granovetter M. The impact of social structure on economic outcomes [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2005(1): 33-50.
- [7] Hansen, S.O, Wakonen. J. Innovation, a winning solution? [J]. *International Journal of Technology Management*, 1997, 13(4), 345-358.
- [8] Hoskisson, Kim. International diversification: effects on innovation and firm performance in product-firms [J]. *Academy of Management Journal*, 1997, 40(5): 100-133.
- [9] Jensen Michael, C. and Meckling William, H. Theory of The Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure [J]. North-Holland, 1976, 3(4): 328-376.
- [10] Kortum S, Lerner J. Assessing the contribution of venture capital to innovation [J]. *The Rand Journal of Economics*, 2000, 31(4): 56-70.
- [11] LI D, HENG M, CAO C, et al. The impact of legitimacy pressure and corporate profitability on green innovation: Evidence from China top 100 [J].

- Journal of Cleaner Production, 2017, 141 (1): 41-49.
- [12] Popov ., Roosenboom P. Venture Capital and Patented Innovation: Evidence from Europe[J]. Economic Policy, 2012, 27 (71):447-482.
- [13] Porter M E.The Competitive Advantage of Nations [M]. NewYork:Free Press, 1990, 56-60.
- [14] Valentina De Marchi. Environmental innovation and R&D cooperation:Empirical evidence from Spanish manufacturing firms[J]. Research Policy, 2012, 41(3):26-30.
- [15] Yudi F, Charbel J, Chiappetta J. Pursuing green growth in technology firms through the connections between environmental innovation and sustainable business performance:Does service capability matter?[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2019, 141(02):8-20.
- [16] 陈夕. 中国工业绿色技术创新效率的区域差异及影响因素研究[D]. 大连理工大学, 2019.
- [17] 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(01):158-169.
- [18] 陈程, 刘和东. 我国高新技术产业创新绩效测度及影响因素研究——基于创新链视角的两阶段分析[J]. 科技进步与对策, 2012, 29(1):133-137.
- [19] 陈建丽, 孟令杰, 姜彩楼. 两阶段视角下高技术产业技术创新效率研究——基于网络 SBM 模型和 DEA 窗口分析[J]. 科技管理研究, 2014, 34(11): 11-16.
- [20] 陈劲锋. 可持续发展管理的理论与实证研究: 中国环境演变驱动力分析[D]. 中国科学技术大学, 2009.
- [21] 陈治, 张所地. 我国区域风险投资对技术创新效率的研究——基于与 R&D 投入的对比[J]. 科技管理研究, 2010, 30(08):250-251+254.
- [22] 陈鑫, 陈德棉, 叶江峰. 风险投资、空间溢出与异质创新[J]. 管理评论, 2021, 33(04):102-112.
- [23] 杜爽, 冯晶, 杜传忠. 产业集聚、市场集中对区域创新能力的作用——基于京津冀、长三角两大经济圈制造业的比较[J]. 经济与管理研究, 2018, 39(07):48-57.

- [24] 郭萌. 股权制衡度、技术创新投入与企业价值的关系[J]. 北方经贸, 2021, (02):133-135.
- [25] 黄鲁成. 关于区域创新系统研究内容的探讨[J]. 科研管理, 2000(3):43-48.
- [26] 蒋洪强, 张静, 张伟. 以技术创新推动环保产业发展的思路与建议[J]. 环境保护, 2015, 43(08):36-39.
- [27] 揭水晶, 吉生保, 温晓慧. OFDI 逆向技术溢出与我国技术进步——研究动态及展望[J]. 国际贸易问题, 2013(08):161-169.
- [28] 李苏满. 高技术产业绿色技术创新效率空间溢出效应分析[J]. 科学与管理, 2021, 41(05):47-55.
- [29] 林晓. 中国风险投资时空动态特征及其与创新之间的关系[D]. 华东师范大学, 2019.
- [30] 梁丽娜, 于渤. 技术流动、创新网络对区域创新能力的影响研究[J]. 科研管理, 2021, 42(10):48-55.
- [31] 梁中, 昂昊. 中国绿色技术创新效率演化及其空间治理[J]. 财贸研究, 2019, 30(08):16-25+63.
- [32] 刘小鲁. 知识产权保护、自主研发比重与后发国家的技术进步[J]. 管理世界, 2011(10):10-19+187.
- [33] 龙勇, 刘誉豪. 风险投资的非资本增值服务与高新技术企业技术能力关系的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(03):63-67.
- [34] 秦兴俊, 王柏杰. 股权结构、公司治理与企业技术创新能力[J]. 财经问题研究, 2018(07):86-93.
- [35] 秦德智, 邵慧敏, 苏琳淳. 技术创新对股权结构与企业绩效的中介效应——来自创业板上市制造企业的实证[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(16):77-83.
- [36] 舒雅楠, 刘军. 基于节能环保视野下的企业技术创新[J]. 吉林工程技术师范学院学报, 2015, 31(01):5-7+12.
- [37] 孙丝雨, 安增龙. 两阶段视角下国有工业企业绿色技术创新效率评价——基于网络 EBM 模型的分析[J]. 财会月刊, 2016(35):20-25.
- [38] 孙欣, 曾菊芬. 中国区域绿色技术创新效率的空间分布及影响因素分析[J].

- 长安大学学报（社会科学版），2019，21(06):29-44.
- [39] 孙燕铭,谌思邈.长三角区域绿色技术创新效率的时空演化格局及驱动因素[J].地理研究,2021,40(10):2743-2759.
- [40] 王婷. 区域视角下风险投资对技术创新的促进效应研究[J]. 科学学研究, 2016, 34(10):1576-1582+1592.
- [41] 吴翔.公司治理、研发投入与企业绩效[J]. 财会通讯 , 2017(30):32-36.
- [42] 肖仁桥, 王宗军, 钱丽. 我国不同性质企业技术创新效率及其影响因素研究: 基于两阶段价值链的视角[J]. 管理工程学报, 2015(2):191-201.
- [43] 徐瑶. 风险投资机构投后管理行为对企业创新投入的影响研究[D]. 浙江工商大学, 2021.
- [44] 岳梦婷, 刘军, 黄丽. 中国区域生态文明发展水平时空演变及影响因素——基于绿色技术创新视角[J]. 生态经济, 2021, 37(09):208-215.
- [45] 赵青霞, 夏传信, 施建军. 科技人才集聚、产业集聚和区域创新能力——基于京津冀、长三角、珠三角地区的实证分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(24):54-62.
- [46] 赵宏波, 李光慧, 苗长虹. 河南省区域创新能力与提升路径[J]. 经济经纬, 2020, 37(04):11-19.
- [47] 赵路, 高红贵, 肖权. 环境规制对绿色技术创新效率影响的实证[J]. 统计与决策, 2021, 37(03):125-129.
- [48] 朱乃平, 朱丽, 孔玉生, 沈阳. 技术创新投入、社会责任承担对财务绩效的协同影响研究[J].会计研究, 2014(02):57-63+95.
- [49] 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.

致 谢

总以为来日方长，却不知时光匆匆。

行文至此，意味着我的硕士生涯已至谢幕时刻。始于 2019 年金秋，终于 2022 年盛夏的三年硕士生活终于落下了帷幕，我也即将开始一段新的人生旅程。回首三年求学生涯，如璀璨烟花，在这座充满美好回忆的校园里，我曾迷茫失落过，也曾有被认可和坚定的喜悦。留下的是青春和汗水，收获的是知识和真情。

一朝沐杏雨，一朝念师恩。感谢我的指导教师方来教授，感谢您授以我学术素养，感谢您的体谅、包容与关爱。从研一入学以来，您就耐心引导我看文献，做学问，给我悉心指导，帮助我攻克学术研究时遇到的瓶颈和难关。从论文选题到最终成文，感谢您对我的点播和指导。感谢学院每一位老师呕心沥血的教育，给予我们追逐理想的勇气。

父母之爱子，则为之计深远。感谢父母家人对我的支持和陪伴，教会我正直、真诚的对待别人。你们是我前进路上最大的底气，感谢你们在我困难的时候给我依靠。你们总是默默关心我，予我暖衣饱食，谢谢你们把最好的都给予了我。

愿岁并谢，与友长兮。感谢这三年里陪我成长的朋友们，感谢你们陪我在荒凉的大西北走过这一程。我会记着图书馆里占过的位子，记着相册里留下的照片。此去经年，真心祝福你们前程似锦，未来可期。