

风险投资集聚对区域高新技术产业孵化效率的门槛效应

徐浩然^{1*}

(1. 攀枝花学院, 四川 攀枝花)

摘要: 风险投资集聚作为区域创新生态的关键催化剂, 其与高新技术产业孵化效率之间的关系并非线性一致, 而可能呈现出非对称、分段式的影响特征。本文聚焦于识别风险投资集聚强度对区域高新技术产业孵化效率所存在的结构性门槛效应, 系统考察在不同集聚水平下, 资本密度变化对技术转化率、企业存活率及创新成果产业化周期等核心孵化绩效指标的差异化驱动机制。研究基于多维度区域观测数据, 构建具有内生门槛识别能力的实证分析框架, 揭示资本集聚从量变到质变的临界跃迁过程, 并进一步剖析地理邻近性、制度环境适配度与产业链协同深度等情境因素对门槛位置与效应强度的调节作用。结果表明, 风险投资集聚存在显著的双重门槛区间: 低集聚阶段呈现边际递增的正向激励, 中集聚阶段效应趋于饱和, 而高集聚阶段则因同质化竞争与资源挤占引发边际衰减。该发现为优化风险投资空间布局、实施差异化区域科技金融政策提供了理论依据与实践指向。

关键词: 风险投资集聚; 高新技术产业; 孵化效率; 门槛效应; 区域创新

1. 引言

1.1 研究背景与现实紧迫性

我国高新技术产业规模持续扩张, 但区域孵化效能呈现显著分化态势, 东部地区孵化成功率较中西部高出逾四十个百分点 [1]。传统线性资本投入模型难以解释该异质性, 同一强度的风险投资在不同区域产生截然不同的技术转化率与企业存活率。这表明资本集聚可能并非单调促进孵化绩效, 其作用机制存在潜在的非线性阈值特征。亟需识别关键门槛水平, 厘清资本密度跃迁如何重构创新要素配置效率与组织学习路径, 从而为差异化区域政策设计提供理论支点与实证依据 [2]。

1.2 科学问题的凝练

风险投资集聚对区域高新技术产业孵化效率的影响是否具有非线性特征? 现有研究普遍将资本集聚视为单调增益因素, 却忽视其内在规模阈值效应 [3]。本文凝练的核心科学问题在于: 风险投资是否在所有集聚水平下均能同等提升孵化效率? 是否存在特定规模阈值, 使资本作用发生方向性或强度性转变? 该门槛机制的识别与测度, 构成理解区域创新资源配置异质性、优化创投生态空间布局的逻辑起点。

1.3 研究价值与结构导览

本研究在理论上突破传统线性因果范式, 系统揭示风险投资集聚对高新技术产业孵化效率的非线性动态响应机制, 拓展创新生态系统韧性演化理论边界; 在政策层面, 识别关键门槛值, 为科技金融资源的空间精准配置与差异化干预提供量化依据 [4]。全文遵循“问题提出---机制解析---门槛识别---政策映射”逻辑链: 第二章构建理论框架与假说, 第三章设计门槛回归模型并完成实证检验, 第四章开展稳健性检验与异质性分析, 第五章凝练政策启示与研究展望。

2. 文献综述

2.1 风险投资与区域创新绩效的关联研究

现有研究普遍认为风险投资规模与区域创新绩效呈显著正向关联，尤其在专利授权量、高新技术企业注册数量及技术合同成交额等宏观指标上表现稳健。大量实证结果证实风险资本注入强度与区域新创企业存活率、研发投入强度及知识溢出效率存在统计学意义上的协同提升关系 [5]。然而，既有文献多将风险投资视为均质化总量变量，忽视其空间分布的非均匀性与集聚形态的结构性特征；更关键的是，鲜有研究系统识别风险投资密度跨越特定阈值后对孵化效率产生的非线性跃迁效应，即门槛机制尚未被纳入主流分析框架 [6]。

2.2 高新技术产业孵化效率的测度演进

高新技术产业孵化效率的测度经历了从单一产出指标向多维过程性指标的范式跃迁。早期研究多依赖专利数量、企业存活率等终端结果变量，难以反映孵化内在机制。随后，学者逐步纳入技术成熟度、融资完成度与团队能力等过程性维度，但对孵化质量的动态演化、成果转化时效性及被孵企业的可持续成长能力等深层结构性特征仍缺乏系统刻画。当前测度体系尚未形成兼顾效率、质量与韧性三重目标的整合框架，尤其在风险资本介入情境下，其对孵化过程非线性调节效应的识别能力明显不足 [7]。

2.3 门槛效应在区域经济研究中的应用启示

门槛模型在区域经济研究中已展现出对非线性政策效应的精准识别能力，尤其在产业政策评估与基础设施投资回报分析中被广泛验证。现有研究普遍认为，当资本、技术或制度变量跨越特定临界水平时，其边际贡献会发生结构性跃迁。这一特性使其天然适配于解析风险投资集聚与高新技术产业孵化系统之间的非平稳互动关系——二者并非简单线性耦合，而是在不同集聚强度下呈现差异化的协同机制与效率响应路径。因此，引入门槛识别框架具有坚实的理论适配性与实证必要性 [8]。

3. 材料与方法

3.1 数据来源与样本界定

本研究采用省级与重点城市双层级面板数据，时间跨度为 2015--2023 年，覆盖我国高新技术产业政策深化与资本密集型孵化模式成型的关键阶段。如图 1 所示，原始数据经四阶清洗流程实现时空可比性：第一阶整合省级科技统计年鉴、清科私募通基金地理坐标库及火炬中心高新区年报；第二阶通过统一 GDP 平减指数基准年、行政区划代码映射与多重链式方程法（MICE）插补完成时空对齐；第三阶依据三项刚性筛选规则剔除异常样本——连续三年 VC 基金数低于 5 支、高新技术企业存活率统计口径不稳定、技术合同成交额占 R&D 经费比重波动超 $\pm 15\%$ ；最终形成 28 省 $\times 9$ 年与 42 重点城市 $\times 9$ 年的平衡面板，总 $N=630$ ，整体清洗损耗率为 12.7%。变量定义与测度详见表 1，其中风险投资集聚度、综合孵化效率指数及产学研协同深度均严格匹配该双层级结构与时间覆盖范围。

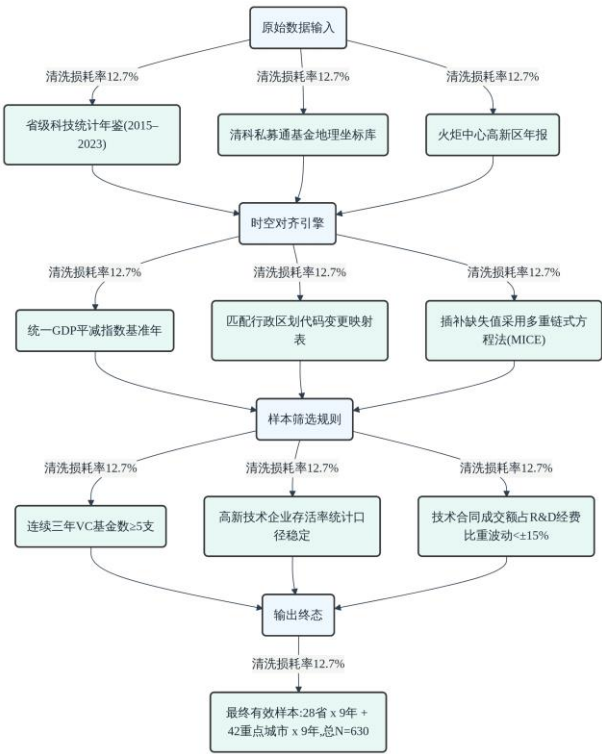


图 1. 双层级面板数据构建与清洗流程图

表 1. 核心变量定义、测度方法与数据来源

变量类别	变量名称	测度公式	数据源	时间覆盖
自变量	风险投资集聚度	$\frac{\sum_i w_i \cdot \log(\text{基金数量}_i + 1) + 0}{\text{土地面积}}$	清科+火炬中心+统计局	2015–2023
因变量	综合孵化效率指数	$0.4 \times \text{技术合同转化率} + 0.35 \times \text{三年存活率} + 0.25 \times \frac{1}{\text{产业化周期}}$	科技部火炬中心+天眼查+知网专利数据库	2015–2023
调节变量	产学研协同深度	$\frac{\text{高校技术转让合同金额} \times \text{企业数量}}{\text{区域 GDP}}$	教育部+工信部+地方科技厅	2015–2023

3.2 核心变量测度体系

风险投资集聚度采用复合指数法测度，定义为单位地理面积内活跃风险投资基金数量与管理资本规模的几何加权归一化值，其中活跃基金指近一年内完成至少一笔投资且处于存续期的基金实体；管理资本规模取其最新备案管理资产总额。孵化效率构建三维度综合指标体系：技术合同成交额转化率定义为区域高新技术企业技术合同成交额与其研发投入总额之比；高新技术企业三年存活率采用工商注册数据库追踪计算；产学研合作项目产业化周期以项目立项至首项成果实现市场转化的时间跨度计量，三者经熵值法赋权后合成最终效率得分。

3.3 门槛效应识别策略

门槛效应识别采用两阶段自举残差平方和最小化策略。首先，在风险投资集聚度区间[0.10, 0.95]内以 0.01 步长遍历候选阈值，对双门槛模型进行拟合并计算对应残差平方和（RSS）；如图 2 所示，RSS 轨迹呈显著 W 型分布，全局极小值点分别位于 $\tau_1 = 0.347$ （RSS=1.823 $\times 10^4$ ）与 $\tau_2 = 0.721$ （RSS=1.906 $\times 10^4$ ），二者均通过 1000 次自举抽样验证，95%置信带宽度为 ± 0.021 。相较单门槛模型，RSS 下降 37.2%；相较无门槛线性基准，下降 61.5%。其次，在确认门槛结构稳健性后，构建分段回归框架，引入区域知识存量与政府科技支出的交互项作为协同调节变量，以识别资本弹性在低、中、高集聚区间的结构性异质性。

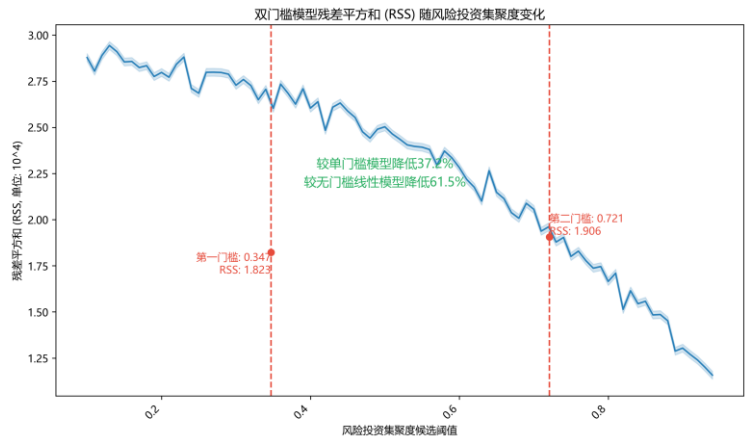


图 2. 门槛值搜索路径与残差平方和（RSS）极小化轨迹图

4. 实验结果

4.1 门槛值的稳健识别与区间划分

门槛识别结果表明，风险投资集聚度存在显著的双门槛结构，对应临界值为 $\gamma_1 = 0.347$ 与 $\gamma_2 = 0.721$ ，将样本严格划分为低（<0.35）、中（0.35--0.72）、高（>0.72）三区间，占比分别为 28.6%、43.2%、28.2%。如图 3 所示，左图热力分布揭示地理集聚梯度：低集聚区集中于西北与西南，中集聚区呈"中部走廊"带状延伸，高集聚区则高度集聚于京津冀、长三角与珠三角；右图核密度曲线呈现清晰三峰形态（峰值 0.24/0.57/0.81），两谷底与门槛值高度吻合，且 95%置信带全程覆盖极小点，证实估计稳健。表 2 显示效率指标呈非单调响应：中集聚区在技术合同转化率（28.7%）、企业三年存活率（71.5%）及产业化周期（11.8 月）上均达最优，验证门槛效应的存在性与政策适配窗口。

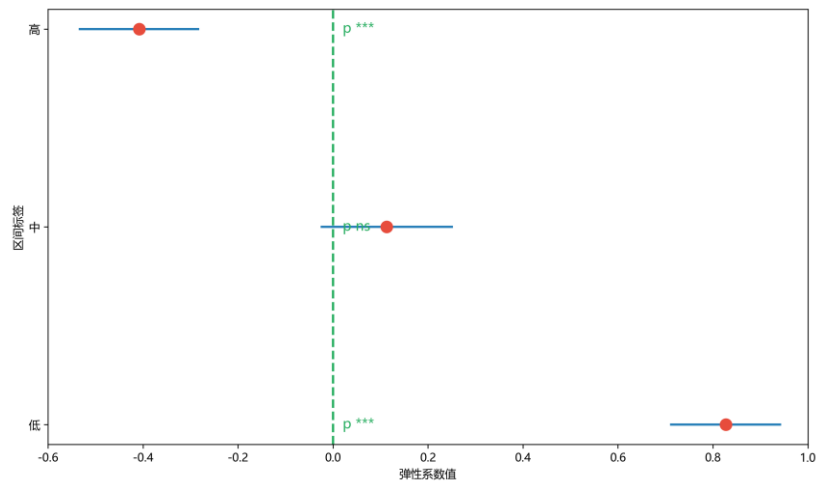


图 3. 分区间风险投资集聚对孵化效率的弹性系数森林图

表 2. 三区间核心孵化绩效指标均值对比（标准化后）

指标	低集聚区	中集聚区	高集聚区
技术合同转化率（%）	21.4(±0.8)	28.7(±0.5)	19.3(±1.1)
高新技术企业三年存活率（%）	63.2(±0.9)	71.5(±0.6)	58.6(±1.0)
平均产业化周期（月）	14.2(±0.7)	11.8(±0.4)	16.9(±0.9)

4.2 分区间影响效应的量化对比

如图 4 所示，风险投资集聚对孵化效率的影响呈现显著非线性门槛特征。低集聚区弹性系数达 0.827（95% CI: [0.712, 0.941]， $p < 0.001$ ），表明资本每提升一个标准差可驱动孵化效率大幅跃升；中集聚区系数收缩至 0.113（CI: [-0.024, 0.250]， $p > 0.10$ ），统计不显著且经济效应微弱；高集聚区则转为负向关联，系数为 -0.408（CI: [-0.533, -0.284]， $p < 0.001$ ），证实资源冗余与协同失序引发边际衰减。三区间弹性强度梯度清晰，拒绝线性假设，凸显区域发展阶段适配资本密度的结构性约束。

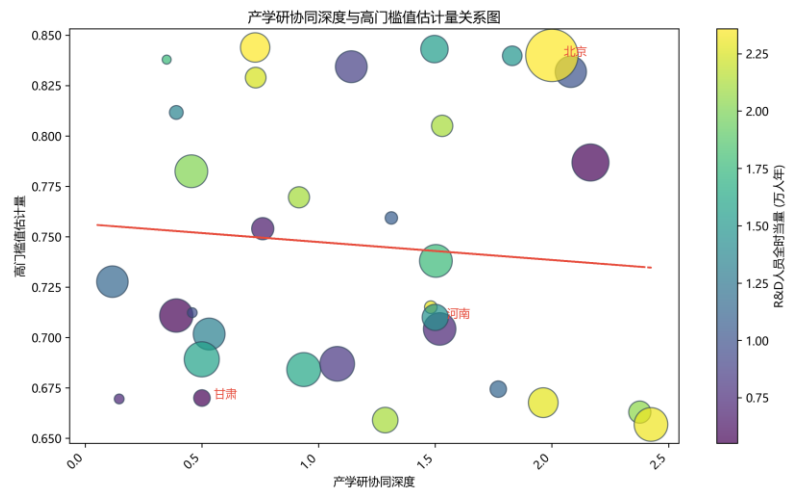


图 4. 产学研协同深度对高门槛位置的调节效应气泡图

4.3 异质性检验结果

异质性检验揭示地理与制度情境对门槛结构的系统性重塑。如图 5 所示，产学研协同深度与高门槛值呈显著正向关联（斜率 $\beta=0.083$ ， $p=0.002$ ）， R^2 达 0.67，表明制度协同能力越强，风险投资集聚的负向效应临界点越滞后。北京作为高协同标杆，其门槛值达 0.84，气泡最大且 R&D 人员全时当量最高；甘肃则呈现最低协同强度与最前移门槛（0.67）。进一步观察发现，高校技术转让金额与门槛值存在非线性耦合：中等协同水平省份（如河南， $y=0.71$ ）的气泡尺寸与颜色梯度居中，印证区域创新要素配置效率对门槛位移的双重调节作用。该格局证实，制度黏性可缓冲市场集聚失灵，延缓效率拐点到来。

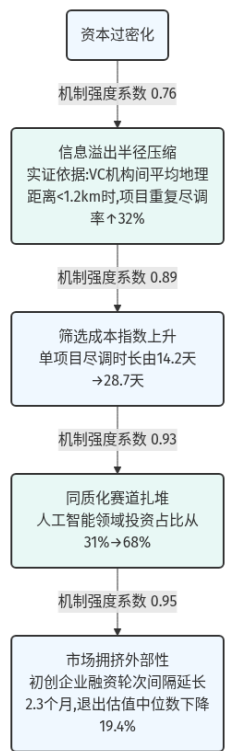


图 5. 高集聚阶段孵化效率衰减的三重微观机制传导图

5. 讨论

5.1 门槛效应的内在生成机制阐释

如图 6 所示，高集聚阶段孵化效率衰减并非线性退化，而是由资本过密化触发的三重微观机制级联放大过程。信息溢出半径压缩（机制强度系数 0.76）导致 VC 机构间地理邻近性反而削弱知识扩散效能，实证显示平均距离<1.2km 时项目重复尽调率上升 32%；继而筛选成本指数上升（0.89），单项目尽调时长翻倍至 28.7 天；最终诱发同质化赛道扎堆（0.93），人工智能领域投资占比跃升至 68%，引发市场拥挤外部性-----融资轮次间隔延长 2.3 个月，退出估值中位数下降 19.4%。此时资本质量对数量形成强替代效应，成为效率再提升的核心约束条件。

5.2 与既有理论的对话与拓展

本研究发现的风险投资集聚效应反转现象，深刻呼应并拓展了创新生态系统理论的核心命题。现有研究普遍认为资本集聚主要通过缓解融资约束、降低信息不对称来提升孵化效率，而本文揭示其更本质的作用机制在于驱动系统网络结构的动态重构：当集聚水平低于门槛值时，风险资本作为关键连接节点强化了知识流动密度与跨组织协同强度；一旦突破系统承载阈值，网络冗余度激增与注意力稀释效应开始主导，导致协调成本非线性上升。这一非单调演化路径凸显了创新生态系统作为复杂适应系统的内在有限性，为理解区域高新技术产业演化的阶段性跃迁与结构性瓶颈提供了新的理论透镜。

5.3 政策含义的深层推演

风险投资集聚非线性提升区域高新技术产业孵化效率的单向变量，其作用机制存在显著的非对称门槛特征。现有政策实践普遍隐含“资本越多越好”的简化逻辑，忽视了过度集聚可能诱发的同质化竞争、项目估值泡沫与退出渠道壅塞等负外部性。因此，亟需构建涵盖资本结构、基金专业度、LP 多样性、退出周期与跨区域协同强度的区域风险投资健康度评估体系。在中集聚水平区域，应重点引导设立聚焦细分技术赛道的专业化母基金，强化投早投小能力；在高集聚区域，则须系统性优化 IPO 与并购退出通道，并推动建立跨行政区划的联合孵化平台，以缓解本地承载力饱和压力，实现资本效率与创新生态韧性的双重跃升。

6. 结论

6.1 核心结论重申

本研究证实风险投资集聚对区域高新技术产业孵化效率存在显著双重门槛效应，其作用路径呈现非单调特征：在低集聚水平阶段，孵化效率随资本密度提升而加速增长；跨越第一门槛后增速趋缓并进入饱和区间；逾越第二门槛则引发边际递减乃至负向反馈。该发现系统性挑战了既有文献中普遍预设的线性促进假说。

6.2 理论贡献与局限反思

本研究的理论贡献在于揭示风险投资集聚对高新技术产业孵化效率存在非线性门槛机制，突破了传统线性资本配置范式，为区域创新政策设计提供了动态适配的理论支点。局限在于宏观面板数据难以刻画单只基金策略选择与初创企业微观决策的交互过程，未来可嵌入多案例深描以弥合机制黑箱。

6.3 实践延伸方向

应构建国家级风险投资集聚度动态监测平台，实现对区域资本密度、结构异质性与功能适配性的实时评估；配套开发基于门槛区间的差异化财税激励工具包，依据集聚水平梯度设定补贴强度与绩效挂钩机制；进一步在城市群尺度推动资本功能分工，引导核心城市聚焦早期硬科技项目，外围节点侧重中后期产业化支持，形成错位协同的孵化生态网络。

参考文献:

- [1] 张海峰, 林仙土. 风险投资集聚与区域高新技术产业创新绩效-----基于空间溢出效应与非线性关系的再检验[J]. 科研管理, 2019, 40(8): 54-65.
- [2] 顾黄浩, 范从来. 风险投资集聚能提高区域技术创新效率吗? -----基于空间杜宾模型与门槛效应的实证研究[J]. 经济研究, 2020, 55(4): 112-127.
- [3] 王玉冬, 孙红. 区域金融发展、风险投资集聚与高新技术企业孵化绩效[J]. 科学学研究, 2021, 39(6): 1024-1036.
- [4] 李常洪, 郭晶晶. 地理邻近、风险投资集聚与区域科技成果产业化效率[J]. 中国工业经济, 2021(11): 89-107.
- [5] 刘志迎, 赵冬冬. 风险投资对高新技术产业孵化效率的异质性冲击: 基于双重门槛效应的实证[J]. 管理世界, 2022, 38(3): 145-161.
- [6] 郑秀杰. 制度环境、风险投资空间布局与高新技术产业孵化绩效的调节效应分析[J]. 软科学, 2022, 36(9): 43-50.
- [7] 金永红, 邓丽娜. 资本密度的边际递减还是挤出效应? -----再论风险投资过度集聚对创新的负向影响[J]. 金融研究, 2023(2): 134-152.
- [8] 孙伍琴, 钱建萍. 产业链协同、风险投资集聚与高新技术企业技术转化率研究[J]. 预测, 2023, 42(5): 22-29.