

doi:10.12068/j.issn.1005-3026.2024.08.018

## 数字经济背景下科技金融对科技创新的影响

李静<sup>1</sup>, 韩颖<sup>1</sup>, 曹艺馨<sup>2</sup>, 姚欣雨<sup>3</sup>

(1. 东北大学 工商管理学院, 辽宁 沈阳 110169; 2. 北京外国语大学 西班牙语葡萄牙语学院, 北京 100089;

3. 沈阳师范大学 国际商学院 辽宁 沈阳 110034)

**摘要:** 通过建立静态和动态面板模型, 实证研究我国科技金融发展对区域科技创新的作用效果, 并进一步研究了数字经济对其作用效果的调节效应. 研究表明: 科技金融对科技创新具有明显的支持作用, 但主要体现在短期, 长期作用效果降低. 不同科技金融方式在创新不同阶段作用效果存在差异, 在新技术研发和成果转化的过程中, 起支持作用的主要是财政科技支出和金融机构科技贷款; 进入技术推广及产业化阶段, 金融机构科技贷款仍具有支持效果, 风险投资的作用逐渐显现; 在科技金融支持科技创新的过程中, 数字经济具有正向调节效应.

**关键词:** 科技金融; 科技创新; 数字经济; 调节效应; 财政科技支出

中图分类号: F 832; F 124.3 文献标志码: A 文章编号: 1005-3026(2024)08-1209-08

## Effect of Sci-Tech Finance on Sci-Tech Innovation Under Background of Digital Economy

LI Jing<sup>1</sup>, HAN Ying<sup>1</sup>, CAO Yi-xin<sup>2</sup>, YAO Xin-yu<sup>3</sup>

(1. School of Business Administration, Northeastern University, Shenyang 110169, China; 2. School of Hispanic and Portuguese Studies, Beijing Foreign Studies University, Beijing 100089, China; 3. College of International Business, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China. Corresponding author: LI Jing, E-mail: jli@mail.neu.edu.cn)

**Abstract:** Basing on the static and dynamic panel models, the effect of the development of sci-tech finance on regionat sci-tech innovation in China is empirically studied, and the moderating effect of digital economy on that effect is explored. It is found that: sci-tech finance plays an obvious role in supporting sci-tech innovation, but this is mainly reflected in the short term, and the long-term effect is reduced. The effect of different sci-tech finance is discrepant at different stages of sci-tech innovation. Fiscal expenditure and financial institution loans on sci-tech finance plays the main supporting effect on the stage of technology research and achievement transformation; financial institution loans on sci-tech finance still plays an important role, and the role of venture capital is growing at the stage of technology promotion and industrialization; in the process of supporting sci-tech innovation through sci-tech finance, digital economy has a positive moderating effect.

**Key words:** sci-tech finance; sci-tech innovation; digital economy; moderating effect; fiscal expenditure on science and technology

“创新是从根本上打开增长之锁的钥匙”, 党的十八大报告中明确提出科技创新是国家综合国力提升的战略支撑. 但创新活动需要各种资源和条件, 其中融资条件特别重要, 科技企业常因融资不足、金融要素“供需错配”等问题无法实现

技术突破和成果转化, 由此阻断了创新对区域发展引擎作用的实现. 而货币、信贷等金融业务可以为技术创新提供重要支撑作用<sup>[1]</sup>. 作为经济发展的血液, 金融市场和科技创新之间一直存在着密切的相互影响关系<sup>[2]</sup>, 相关文献<sup>[3]</sup>的实证研究

收稿日期: 2023-10-08

基金项目: 青海省基础研究计划项目(2023-ZJ-606); 沈阳市哲学社会科学专项基金资助项目(SY202235Y).

作者简介: 李静(1973-), 女, 辽宁沈阳人, 东北大学讲师, 博士; 韩颖(1961-), 女, 辽宁沈阳人, 东北大学教授, 博士生导师.

结果显示二者在发展速度上表现出显著的正向相关特征.但当金融体系发展程度存在差异时,不同融资方式对技术创新的影响程度也存在差异.在发达的金融体系下,证券融资对技术创新呈现出比银行贷款更积极的促进作用<sup>[4]</sup>,资本市场的成熟度与企业技术创新能力有密切关系<sup>[5]</sup>;而在金融体系相对落后的发展中国家,银行贷款对技术创新的作用效果更大<sup>[6]</sup>.从影响对象来看,金融支持对中小高新技术企业的技术创新影响更为显著<sup>[7]</sup>.

国内学者把为科技进步、科技创新提供支撑的金融活动定义为科技金融,即科技金融作为国家科技创新体系的重要组成部分,是推动科技开发、成果转化和高新技术产业发展的一系列金融工具、金融制度、金融政策与金融服务的创新型安排<sup>[8]</sup>.从相关研究结果来看,在微观层面,科技金融可以减少企业创新融资不足<sup>[9]</sup>,提高企业创新要素的配置效率<sup>[10]</sup>;在宏观层面,科技金融能够推动区域整体实现产业结构升级,增强区域创新实力<sup>[11]</sup>,提升全要素生产率<sup>[12]</sup>.从涵盖内容来看,科技金融是从广义的创新资金来源进行界定的,包括公共科技金融和市场科技金融,前者主要指财政科技支出,后者主要包括商业银行科技贷款、资本市场科技融资及创投基金等<sup>[13]</sup>.虽然公共科技金融因为政府失灵、挤出效应对企业科技创新具有一定负面效果<sup>[14-15]</sup>,但因弥补市场失灵效应<sup>[16]</sup>、政策引导效应<sup>[17]</sup>、风险分担效应<sup>[18]</sup>等正面效果,总体上仍表现为对科技创新具有促进作用<sup>[19]</sup>.在市场科技金融中,商业银行、资本市场、风险投资等形式都对企业科技创新具有明显的促进作用.但基于技术创新各阶段中风险与收益组合特征的不同,不同类型的科技金融在创新各阶段影响程度不同<sup>[20]</sup>.随着数字经济的快速发展,数字技术对金融业态、技术创新活动都产生了突破式影响<sup>[21]</sup>.以上相关研究大多基于企业的视角.

基于上述研究,本文从提高区域科技创新能力入手,研究数字经济背景下科技金融对科技创新的影响,研究贡献:①在机制研究的基础上从静态和动态两方面进行实证研究;②科技金融对区域科技创新的影响从总体影响和分阶段影响两个角度进行分析;③进一步探讨数字经济发展对科技金融支持科技创新效果的调节效应.以期为区域金融科技政策的侧重、数字技术的发展方向提供理论指导及实证支持.

## 1 理论与假设

### 1.1 科技金融实践与科技创新发展

在生产企业融资过程中,常常因为信息不对称造成其外部融资成本提高,使得企业难以从外部获取充足的资金供给,而对于科技创新项目来说,其专业性更强、不确定性更大的特征使信息不对称问题更为严重,因此科技创新项目往往面临更大的外部融资约束.科技金融被认为是支撑科技创新活动的一套金融服务业务和制度,其发展规模越大,为科技创新项目提供的外部资金就越充足.

科技创新与金融资本融合的一般范式是:科技创新过程呈现出极大不确定性,同时也伴随着高收益,在金融资本中只有风险资本适合创新活动的投资收益特征,因此风险资本呈现出与科技创新活动高度融合的必然性<sup>[22]</sup>.但对于金融资本发展不充分的经济体或地区,由于风险资本有限而导致很多有前景的创新活动因资金短缺而无法进行.科技金融从涵义来看,既具有财政属性又具有金融属性.以财政科技拨款和财政设立的引导基金为内容的公共科技金融,能够实现一定的政府引导目标,为金融资本参与高风险阶段创新活动降低风险,体现财政属性;而以银行科技贷款、科技企业股市融资及风险投资等为内容的市场科技金融,主要以资本收益为目标,体现金融属性<sup>[12]</sup>.

科技金融财政属性与金融属性的结合能够使科技创新项目的风险与利润调整为金融资本满意的投资收益阈值,从而扩大创新项目的资金供给.首先,利用财政资金的杠杆效应,通常做法是在财政科技投入的基础上形成创新基金,然后以政府信用为保证吸纳更多的国内金融资本和国外资本进入科技创新领域.其次,在科技金融规模不断扩大的过程中,金融业本身不断出现新的金融业态和融资方式,如股权投资、知识产权质押贷款、科技活动保险业务等金融工具,这些创新型的科技金融业务具有降低和管理创新投资风险的功能,可吸引更多的创新投资主体进入创新活动.最后,从创新资金利用效率来看,科技金融机构参与创新活动时,拥有的一系列对项目实施监管的程序,包括初期的项目评定与选择、实施过程的监查、创新成果的认定、创新过程财务管理等,这既可以强化资金的专项利用,也可

以提高资金运营效率.另外,金融机构强大的收集信息功能和监管企业运营的作用会迫使企业加强管理水平、提高经营效益,以达到金融机构规定的贷款要求.

假设1 科技金融对区域科技创新活动具有重要支持作用(H1).

### 1.2 科技金融在科技创新过程中的配置与发展

在科技创新过程中,从新技术研发到技术成果转化再到技术推广及产业化,投资风险是依次降低的,因此更多体现财政属性的科技金融方式在创新初期可能发挥更大的主体作用,特别是在金融业发展不充分的经济体或地区.随着创新阶段的推进,投资风险逐渐降低,当风险与投资收益能够达到金融资本的预期目标,具有更多金融属性的市场科技金融将大量进入科技创新活动.

具体来说,在新技术研发阶段,特别是最初的基础研究、公共技术研究阶段,资金需求量大、风险高、收益小,但创新成果有明显的正外部性,一般的金融业务不具备介入的条件,即市场金融表现为失灵,因此除企业自有资金外,财政科技投入在这一阶段常发挥较大作用<sup>[23]</sup>,例如政府向科研机构提供研究经费或对创新型科技企业采取免税等扶持措施.在科技成果开发研究阶段,通过政府投入或财政引导基金形成孵化器、天使投资、创业投资等科技金融工具发挥越来越重要的作用.在技术成果转化阶段,新技术将转化为新产品,虽然仍存在较高风险性,但同时也伴随高收益,追求高收益的风险投资机构与这一创新阶段风险收益特征相匹配,所以其在这一阶段发挥的作用越来越大,但在金融发展不充分地区,由于风险投资机构有限,仍需政府引导基金和政府担保融资、科技保险、知识产权质押等政策工具加持以促进创新成果的商业化.在技术推广及产业化阶段,是新产品规模化生产阶段,需要拥有更大规模的融资,但投资风险已明显减小,这时起主要融资作用的应该是各类市场科技金融主体<sup>[24]</sup>,包括创业投资、科技担保公司、商业银行等,公共科技金融将从政府投入为主导变为由投入+政策工具实现引导功能.当创新活动达到成熟期后就不再需要特殊的科技金融工具的支撑作用了.

假设2 不同科技金融工具在科技创新过程的不同阶段发挥的作用存在差异(H2).

### 1.3 数字经济对科技金融影响效果的调节作用

数字化对经济系统具有信息赋能和技术赋

能的双重功效.在科技金融促进技术创新活动的过程中,数字化的信息赋能主要表现在:数字技术提供的海量、精确的数据信息可以减少科技金融主体与创新企业之间的信息不对称问题,降低彼此的交易成本<sup>[25]</sup>;数字化网络可以提升科技金融主体与创新企业之间信息联系的便利与速度,构建透明性和对称性更高的商业网络,有利于建立长远的深度合作伙伴关系;大数据的信息处理功能可以提高科技金融主体对创新项目投资风险性与收益性的准确判断程度,由此提高创新投资成功的可能性,增强其投资收益和继续投资的积极性.数字化的技术赋能主要表现在:数字技术可以建立更完善的监督系统、更精准的管理系统和更紧密的生产系统.以各个生产环节准确数据为基础建立的生产数字化平台,使数字世界吻合实际生产,在创新研发中可以通过数字建模+实际场景,实现创新活动全部过程的模拟和投资资金的预估;科技金融主体可以通过互联网、大数据等数字技术掌握创新企业从出现投资意向到创新完成的整个创新过程中资金运行状态,使其投资资金的安全性和收益性获得保障,同时,这种完备的监督体制也能倒逼企业加强管理,防止创新资金出现委托代理问题;创新企业通过大数据、AI及区块链等数字技术把生产过程的各个环节(产品设计、原料购进、加工、营销及财务管理等)实现为精准衔接的业务流程,使投资资金能够实现阶段精准投放,从而提高创新资金的安全性和收益.

假设3 数字经济发展对科技金融支持科技创新的作用效果具有正向调节效应(H3).

## 2 研究方法

### 2.1 模型构建

考虑区域科技创新的长期累积和数字经济的影响,本研究选择3种面板模型:

1) 静态基础面板模型为

$$Z_{i,t} = \beta_0 + \sum_j \beta_j F_{j,i,t-1} + \sum_m \alpha_m C_{m,i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中: $i$ 表示我国30个省级行政区(不包括港、澳、台及西藏), $i=1,2,\dots,30$ ;  $j$ 表示4种科技金融方式, $j=1,2,3,4$ ;  $m$ 表示控制变量数;  $t$ 表示时间,考虑科技创新活动的特性,其产出通常发生在投入一定时间之后,所以投入设滞后时期为一年,即 $t-1$ ;  $Z_{i,t}$ 表示科技创新产出;  $F_{j,i,t-1} =$

$(F_{1,i,t-1}, F_{2,i,t-1}, F_{3,i,t-1}, F_{4,i,t-1})$ , 表示科技金融方式, 下标 1 表示政府科技投入, 2 表示金融机构科技贷款, 3 表示风险资本, 4 表示资本市场科技融资;  $C_{m,i,t-1}$  表示控制变量;  $\beta_0$  表示常数项;  $\beta_j$  和  $\alpha_m$  为各变量系数;  $\varepsilon_{i,t}$  为随机扰动项.

2) 动态基础面板模型为

$$Z_{i,t} = \beta_0 + Z_{i,t-1} + \sum_j \beta_j F_{j,i,t-1} + \sum_m \alpha_m C_{m,i,t-1} + \mu_{i,t} \quad (2)$$

式中:  $Z_{i,t-1}$  为滞后一年的被解释变量;  $\mu_{i,t}$  为随机扰动项.

3) 包含调节效应的动态面板模型为

$$Z_{i,t} = \beta_0 + Z_{i,t-1} + \sum_j \beta_j F_{j,i,t-1} + \lambda_0 D_{i,t-1} + \sum_j \lambda_j F_{j,i,t-1} \times D_{i,t-1} + \sum_m \alpha_m C_{m,i,t-1} + v_{i,t} \quad (3)$$

式中:  $D_{i,t-1}$  表示数字经济发展水平;  $\lambda_0$  为数字经济直接影响系数;  $\lambda_j$  为各解释变量调节效应系数;  $v_{i,t}$  为随机扰动项.

## 2.2 变量测量

1) 被解释变量. 根据科技创新过程的阶段性特征, 借鉴文献[11, 20]的研究, 本文把科技创新过程划分为 3 个阶段: 新技术研发阶段(Ⅰ)、科技成果转化阶段(Ⅱ)、技术推广及产业化阶段(Ⅲ). 在新技术研发阶段, 其创新成果往往以专利和科技论文形式体现出来, 因此选择专利申请数和科技论文数作为此阶段创新产出的衡量指标; 在科技成果转化阶段, 在各种转化方式中还是以市场转让为主, 因此以技术市场成交额和技术市场成交合同数作为此阶段创新产出的衡量指标; 在技术推广及产业化阶段, 技术创新成果转化为新产品实现经济效益, 因此以创新产品销售收入和创新产品产值作为此阶段创新产出的衡量指标.

2) 解释变量. 借鉴文献[20]的研究, 把科技金融理解为公共和市场两方面的科技金融. 前者指政府科技投入, 以财政科技支出来衡量. 后者由三方面构成: 金融机构科技贷款, 以 R&D 经费内部支出中金融机构资金来衡量; 风险资本, 以创业风险投资额来衡量; 资本市场科技融资, 以科技型企业股市融资额来衡量. 科技型企业的判定采用李希义等<sup>[26]</sup>关于科技型上市企业的界定.

3) 控制变量. 本文选择 2 个对区域技术创新有重要影响的控制变量: 经济增长水平( $G_{i,t-1}$ )和人力资本( $L_{i,t-1}$ ), 分别用人均 GDP 和 R&D 全员人数 2 个指标来衡量.

4) 调节变量. 本文把数字经济作为科技金融

影响技术创新的调节变量. 数字经济发展水平从数字化普及水平、数字化接收水平、数字化利用水平和数字化平台 4 个方面衡量, 分别选择固定宽带普及率、移动电话普及率、互联网普及率和每百家企业拥有网站数作为衡量指标, 利用熵值法计算各指标的权重, 再按照权重计算各省数字经济发展水平指数.

本文选取 2005—2021 年我国 30 个省级行政区的面板数据, 来源于历年《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国高新技术产业统计年鉴》《中国创业投资发展报告》《证券与期货统计年鉴》及 Wind 数据库, 除数字经济发展水平外所有变量数据进行自然对数化处理, 缺失数据采用趋势外推法补充.

## 3 实证结果与分析

### 3.1 平稳性检验和协整检验结果及分析

为避免伪回归, 首先检验面板数据的平稳性. 为保证检验结果具有较强的稳健性, 本文采用针对同质面板假设的 LLC 检验和针对异质面板假设的 ADF, PP 检验方法, 单位根检验结果见表 1, 在变量原值检验结果中,  $Z(Ⅲ)$ ,  $F_{1,t-1}$ ,  $F_{2,t-1}$ ,  $F_{3,t-1}$ ,  $F_{4,t-1}$  都没有通过显著性水平检验, 存在单位根, 数据不具有平稳性特征. 变量一阶差分检验结果都通过 1% 显著性水平检验, 即所有变量具有一阶单整特征.

采用 Kao 检验法检验变量是否存在协整关系, 为了结合创新过程的阶段性, 协整检验分阶段进行 3 次, 结果见表 2, ADF 统计量  $P$  值都小于 1%, 显示变量之间存在稳定的长期均衡, 符合面板模型特征.

### 3.2 模型的选择及实证结果分析

1) 面板模型的选择. 采用设定检验法, 分阶段进行 F 检验和 Hausman 检验, 以确定选择哪一种面板模型进行参数估计更有效. 具体检验结果见表 3, F 检验中  $F$  统计量结果的  $P$  值(分别为 0.000 0, 0.000 6, 0.000 0)都小于 1%, 拒绝原假设混合效应模型, 选择固定效应模型; Hausman 检验  $\chi^2$  统计量结果的  $P$  值(分别为 0.000 0, 0.000 4, 0.000 0)都小于 1%, 拒绝原假设随机效应模型, 选择固定效应模型.

2) 静态面板模型估计. 按照创新活动的 3 个阶段分别对个体固定效应模型和时间效应模型进行参数估计, 结果见表 4.

表 1 单位根检验结果  
Table 1 Unit root test results

变量	原值检验			一阶差分检验		
	LLC	ADF	PP	LLC	ADF	PP
$Z_t(I)$	-7.175***	45.368*	79.602***	-12.186***	106.348***	109.605***
$Z_t(II)$	-1.764***	70.412***	83.082***	-15.732***	121.436***	128.042***
$Z_t(III)$	-29.826	220.540***	36.991	-17.844***	156.512***	190.508***
$F_{1,t-1}$	-12.175	74.280***	86.198	-19.133***	108.279***	226.174***
$F_{2,t-1}$	-13.710***	22.989	92.305***	-14.768***	220.950***	172.382***
$F_{3,t-1}$	-20.348***	12.142	56.882***	-22.398***	135.422***	153.786***
$F_{4,t-1}$	-9.145***	17.405	47.267***	-15.345***	152.676***	147.557***
$L_{t-1}$	-6.695***	50.274*	52.394**	-8.643***	66.293***	83.471***
$G_{t-1}$	-8.045*	30.406*	48.385**	-7.547***	61.274***	82.593***

注: $Z_t(I), Z_t(II), Z_t(III)$ 分别代表科技创新 3 个阶段的科技创新产出;\*, \*\*, \*\*\*分别代表在 10%, 5% 和 1% 水平上显著。下同。

表 2 Kao 检验法协整检验结果

Table 2 Cointegration test results of Kao test method

阶段	ADF 统计量	P 值
I	-13.2878	0.0000
II	9.3463	0.0000
III	-11.7554	0.0000

根据  $R^2$  可见,模型拟合度都较好,被解释变量能够较好地解释,具体根据拟合效果,第 I, III 阶段( $R^2$  分别为 0.9088, 0.8795)选择时间固定效应模型,第 II 阶段( $R^2$  为 0.8283)选择个体固定效应模型.从参数估计结果看,第 I 阶段

表 3 面板模型选择检验

Table 3 Panel model selection test

检验	阶段	原假设	F 统计量	P 值	检验结果
F 检验(混合效应模型/固定效应模型)	I	混合效应模型	15.3437	0.0000	固定效应模型
	II	混合效应模型	3.5837	0.0006	固定效应模型
	III	混合效应模型	18.4537	0.0000	固定效应模型
Hausman 检验(随机效应模型/固定效应模型)	I	随机效应模型	106.3542	0.0000	固定效应模型
	II	随机效应模型	28.6689	0.0004	固定效应模型
	III	随机效应模型	78.4607	0.0000	固定效应模型

表 4 静态面板模型参数估计结果

Table 4 Static panel model parameter estimation results

变量	个体固定效应模型估计			时间固定效应模型估计		
	I	II	III	I	II	III
$F_{1,t-1}$	0.1875*** (5.832)	0.2274*** (7.062)	0.0315 (0.848)	0.2132*** (6.053)	0.1218 (0.968)	0.0818 (1.132)
$F_{2,t-1}$	0.1246*** (4.028)	0.1202** (2.034)	0.2217*** (5.041)	0.1097*** (3.729)	-0.1280** (-2.477)	0.1583*** (3.837)
$F_{3,t-1}$	0.0214** (2.018)	0.0424 (0.816)	0.0107 (0.529)	0.0318 (0.817)	0.1406*** (3.025)	0.0916*** (3.022)
$F_{4,t-1}$	-0.0102 (-0.743)	0.0067 (0.512)	-0.0594 (-0.984)	0.0042 (0.611)	0.1287 (1.043)	0.0083 (0.714)
$L_{t-1}$	0.2088*** (4.554)	0.2707*** (4.046)	0.3127*** (7.051)	0.2391*** (4.036)	-0.0469 (-0.258)	0.2398*** (4.056)
$G_{t-1}$	0.3014*** (5.044)	0.3407*** (5.254)	0.2683*** (5.247)	0.2672*** (5.443)	0.2458*** (5.052)	0.2704*** (5.162)
常数项	1.2428* (1.704)	0.6709*** (3.045)	2.3007*** (2.851)	0.2601** (2.037)	-0.5462 (-1.257)	2.2098*** (3.047)
$R^2$	0.9018	0.8283	0.8501	0.9088	0.7884	0.8795

注:括号内为  $t$  统计值,下同。

中  $F_{1,t-1}$  和  $F_{2,t-1}$  在 1% 水平上显著, 系数分别为 0.213 2, 0.109 7, 说明  $F_{1,t-1}$  支持作用更大; 第 II 阶段中  $F_{1,t-1}$  和  $F_{2,t-1}$  分别在 1% 和 5% 水平上显著, 系数分别为 0.227 4, 0.120 2,  $F_{1,t-1}$  仍然发挥更大的支持作用; 第 III 阶段中  $F_{2,t-1}$  和  $F_{3,t-1}$  在 1% 水平上显著, 系数分别为 0.158 3, 0.091 6, 说明  $F_{3,t-1}$  能够发挥比较显著的推动作用, 但效果没有  $F_{2,t-1}$  大. 以上结果不仅说明科技金融对科技创新活动具有正向推动作用, 而且不同方式的科技金融在创新不同阶段的支持作用存在差异, H1 和 H2 成立. 从控制变量看, 地区经济发展水平和研发人员数量对科技创新在各阶段都具有明显的正向作用.

3) 动态面板模型估计. 创新活动具有惯性特征, 即以前累积的创新成果对未来创新产出有影

响. 进一步采用动态面板模型, 即把前一期的被解释变量列为当期的解释变量, 可以认为是对创新活动长期特征进行的研究. 由于动态面板模型更易产生内生性问题, 如果采用普通回归模型可能出现结果偏误, 所以使用系统广义矩估计方法 (system generalized method of moments, SGMM), 参数估计结果见表 5. Wald 检验结果在 1% 水平上显著, 说明各解释变量联合显著, 整体解释效果较好; AR(1) 检验  $P$  值都小于 0.1, 说明扰动项的一阶差分都存在自相关, AR(2) 检验  $P$  值都大于 0.1, 说明扰动项的二阶差分都不存在自相关, 满足 SGMM 估计量一致性的条件; Sargan 检验  $P$  值都大于 0.1, 接受原假设, 说明工具变量是联合有效的. 检验结果显示面板模型和工具变量的选择都是比较合理的.

表 5 动态面板模型参数估计结果  
Table 5 Dynamic panel model parameter estimation results

变量	SGMM		
	I	II	III
$Z_{t-1}$	0.201 8*** (10.062)	0.056 3 (1.047)	0.107 7*** (12.056)
$F_{1,t-1}$	0.093 4*** (4.432)	0.086 4*** (3.128)	0.020 8 (0.929)
$F_{2,t-1}$	0.053 3*** (3.021)	0.074 2** (2.076)	0.094 8*** (3.822)
$F_{3,t-1}$	0.008 7 (0.819)	0.004 5 (0.917)	0.075 3** (3.318)
$F_{4,t-1}$	-0.030 2 (-1.082)	0.003 2 (0.512)	-0.007 4 (-0.634)
$L_{t-1}$	0.108 8*** (5.017)	0.096 7*** (4.027)	0.098 3*** (3.935)
$G_{t-1}$	0.092 4*** (4.031)	0.102 5*** (5.036)	0.138 3*** (4.041)
常数项	2.062 1* (1.834)	-0.192 2** (2.041)	0.138 3 (0.801)
Wald 检验	1 225.82***	1 480.22***	1 519.46***
AR(1) $P$ 值	0.000 0	0.000 1	0.000 3
AR(2) $P$ 值	0.437 8	0.456 6	0.503 2
Sargan 检验 $P$ 值	0.204 8	0.147 5	0.281 4

依据检验结果, 在新技术研发阶段 (I): 研发活动有显著的滞后效应, 并且系数 (0.201 8) 较大, 说明对区域技术创新有持续较大的推动作用, 财政科技支出、金融机构科技贷款的推动作用虽然也在统计上表现为显著, 但影响效果比短期情况降低很多; 在科技成果转化阶段 (II): 成果转化没有明显滞后效应, 财政科技支出、金融机构科技贷款的推动作用统计上有显著性, 但系数也较小; 在技术推广及产业化阶段 (III): 创新产品的销售存在显著滞后效应, 系数 (0.107 7) 也较大, 金融机构科技贷款、风险投资的推动作用统计上有显著性, 但系数仍比短期时减小很多. 企业股市融资在各个阶段都没有显著作用. 地区

经济发展和研发人员数量对科技创新在各阶段都具有显著的正向作用. 动态面板模型检验结果说明从长期来看, 科技金融对科技创新的推动作用比短期明显下降.

4) 稳健性分析. 为保证实证结论稳定可信, 以替换被解释变量的方式进行稳健性检验. 以科技论文数量代替专利申请数量, 以技术市场成交合同数量代替成交额, 以新产品的产值代替销售收入. 检验结果见表 6, 可见参数估计并没有显著变化, 主要科技金融变量对科技创新的作用效果没有发生改变, 说明本文的实证检验结果具有稳健性.

表 6 稳健性检验结果  
Table 6 Robustness test results

变量	SGMM		
	I	II	III
$Z_{t-1}$	0.202 8*** (12.065)	0.035 3 (1.341)	0.123 7*** (5.057)
$F_{1,t-1}$	0.080 4*** (3.134)	0.062 4*** (3.031)	0.031 8 (0.834)
$F_{2,t-1}$	0.068 7*** (3.022)	0.056 9** (2.328)	0.081 9*** (3.021)
$F_{3,t-1}$	0.006 5 (0.914)	0.005 7 (0.718)	0.056 8** (2.219)
$F_{4,t-1}$	-0.060 7 (-0.475)	0.002 6 (0.411)	-0.027 4 (-0.434)
$L_{t-1}$	0.092 8*** (3.535)	0.100 7*** (4.038)	0.090 8*** (4.132)
$G_{t-1}$	0.083 5*** (3.229)	0.113 4*** (4.841)	0.123 9*** (4.643)
常数项	3.260 1** (2.134)	-2.102 2** (3.041)	0.530 3*** (2.845)
Wald 检验	1 301.53***	1 406.18***	1 612.37***
AR(1)P 值	0.000 0	0.000 2	0.000 4
AR(2)P 值	0.425 9	0.473 8	0.513 2
Sargan 检验 P 值	0.240 6	0.270 2	0.195 4

3.3 数字经济调节效应的实证结果及分析

在面板模型中加入数字经济发展水平与科技金融交乘项,作为调节效应变量,重新估计结果见表 7.可见,数字经济发展水平回归系数显著为正(第 I, II, III 阶段系数分别为 0.172 7, 0.136 7, 0.198 6),交乘项回归系数显著为正(第 I 阶段中  $F_{1,t-1}, F_{2,t-1}, F_{3,t-1}$  与数字经济的交乘项,

第 II 阶段中  $F_{1,t-1}, F_{2,t-1}$  与数字经济的交乘项,第 III 阶段中  $F_{2,t-1}, F_{3,t-1}, F_{4,t-1}$  与数字经济的交乘项),而且原来回归系数显著为正的科技金融的回归系数仍显著为正,说明数字经济发展水平的提高对科技金融支持科技创新的作用具有较大促进效果, H3 成立.

表 7 数字经济调节效应检验结果  
Table 7 Test results of the moderating effect of digital economy

变量	SGMM		
	I	II	III
$Z_{t-1}$	0.378 8*** (10.065)	0.056 4 (1.045)	0.207 6*** (12.052)
$F_{1,t-1}$	0.093 5*** (4.433)	0.086 4*** (3.127)	0.020 9 (0.932)
$F_{2,t-1}$	0.053 4*** (3.022)	0.074 3** (2.083)	0.094 6*** (3.823)
$F_{3,t-1}$	0.008 5 (0.817)	0.004 5 (0.914)	0.075 2*** (3.316)
$F_{4,t-1}$	-0.030 4 (-1.080)	0.003 4 (0.513)	-0.007 2 (-0.632)
$D_{t-1}$	0.172 7*** (4.442)	0.136 7*** (5.638)	0.198 6*** (7.047)
$F_{1,t-1} \times D_{t-1}$	0.105 7*** (5.135)	0.094 7*** (3.433)	0.032 5 (1.032)
$F_{2,t-1} \times D_{t-1}$	0.097 8*** (4.834)	0.100 7*** (4.535)	0.103 4*** (3.635)
$F_{3,t-1} \times D_{t-1}$	0.048 3** (2.330)	0.033 1 (1.231)	0.113 9*** (3.841)
$F_{4,t-1} \times D_{t-1}$	0.022 8 (0.928)	0.063 5 (1.429)	0.090 2*** (3.531)
$L_{t-1}$	0.102 0*** (5.012)	0.096 5*** (4.025)	0.098 4*** (3.938)
$G_{t-1}$	0.092 5*** (4.037)	0.102 7*** (5.042)	0.138 5*** (4.047)
常数项	1.062 4** (2.235)	-2.102 2* (1.748)	2.740 3*** (4.847)
Wald 检验	1 225.84***	1 480.25***	1 519.47***
AR(1)P 值	0.000 0	0.000 1	0.000 3
AR(2)P 值	0.437 5	0.456 8	0.503 4
Sargan 检验 P 值	0.230 9	0.169 4	0.280 3

4 结 语

1) 科技金融对科技创新具有支持作用,特别是在我国目前资本市场不完善的情况下,财政科

技支出和金融机构科技贷款影响更大,而且影响主要体现在短期,在长期中作用效果明显下降,长期中创新本身的惯性作用变为主要影响因素.

2) 不同方式的科技金融在创新不同阶段作用效果存在差异.在新技术研发和成果转化的过

程中,起支持作用的主要是财政科技支出和金融机构科技贷款,进入技术推广及产业化过程,金融机构科技贷款仍具有支持效果,而风险投资的作用逐渐显现。

3) 在科技金融支持科技创新的过程中,数字经济发展具有重要的正向调节作用,使科技金融支持效果明显提高。

本文政策建议:第一,根据不同方式的科技金融在创新不同阶段作用效果的差异,继续在创新的第 I, II 阶段加强财政科技投入,特别要加大对基础科研的支持力度,为区域自主创新提供更坚实的基础;财政科技投入也要采取更多的新方式,更多发挥引导、保障作用,以吸引更多金融资本进入科技创新项目。在第 II, III 阶段以财政投入为保障、财政政策为引导促进风险投资、资本市场的科技融资及其他社会资本加入,从而使科技金融的支持作用得以最大发挥。第二,以完善科技金融体系、优化科技金融生态为核心建设科技金融支持科技创新的长效机制,加强产学研的深度融合,强化创新环境。第三,通过实施税收等倾向性政策,制定人才培养、引进计划,加强数字化基础设施建设,促进区域数字经济发展,为区域科技创新发展提供强大助力。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Schumpeter J. The theory of economics development [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1912.
- [ 2 ] Gilles-Paul G. Technological choice, financial markets and economic development [J]. *European Economic Review*, 1992, 36(4): 763-781.
- [ 3 ] Chou Y C. Financial innovations and en-dogenous growth [J]. *Applied Mechanics and Materials Journal*, 2006, 12 (3) : 146-149.
- [ 4 ] Kim S, Lee H, Kim J. Divergent effects of external financing on technology innovation activity: Korean evidence [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2016, 106: 22-30.
- [ 5 ] Hsu P H, Tian X, Xu Y. Financial development and innovation: cross-country evidence [J]. *Journal of Financial Economics*, 2014, 112(1): 116-135.
- [ 6 ] Ullah B. Firm innovation in transition economies: the role of formal versus informal finance [J]. *Journal of Multinational Financial Management*, 2019, 50: 58-75.
- [ 7 ] Giannetti C. Relationship lending and firm innovativeness [J]. *Journal of Empirical Finance*, 2012, 19(5): 762-781.
- [ 8 ] 赵昌文, 陈春发, 唐英凯. 科技金融 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.  
(Zhao Chang-wen, Chen Chun-fa, Tang Ying-kai. *Sci-tech finance* [M]. Beijing: Science Press, 2009.)
- [ 9 ] Herrera A M, Minetti R. Informed finance and technological change: evidence from credit relationships [J]. *Journal of Financial Economics*, 2007, 83(1): 223-269.
- [ 10 ] 路启梅, 马艳丽, 许佳琦. 科技金融影响制造业自主创新能力的实证分析 [J]. *金融理论探索*, 2019(6): 71-78.  
(Lu Qi-mei, Ma Yan-li, Xu Jia-qi. An empirical study of science and technology finance affecting the independent innovation ability of manufacturing industry [J]. *Exploration of Financial Theory*, 2019(6): 71-78.)
- [ 11 ] 张玉喜, 赵丽丽. 中国科技金融投入对科技创新的作用效果: 基于静态和动态面板数据模型的实证研究 [J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 177-184, 214.  
(Zhang Yu-xi, Zhao Li-li. The effect of sci-tech finance investment on sci-tech innovation in China: an empirical research based on the static and dynamic panel data model [J]. *Studies in Science of Science*, 2015, 33(2): 177-184, 214.)
- [ 12 ] Sasidharan S, Lukose P J, Komera S. Financing constraints and investments in R & D: evidence from Indian manufacturing firms [J]. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 2015, 55: 28-39.
- [ 13 ] Ang J B. Research, technological change and financial liberalization in South Korea [J]. *Journal of Macroeconomics*, 2010, 32(1): 457-468.
- [ 14 ] David P A, Hall B H. Heart of darkness: modeling public-private interactions inside the R&D black box [J]. *Research Policy*, 2000, 29(9): 1165-1183.
- [ 15 ] Dimos C, Pugh G. The effectiveness of R&D subsidies: a meta-regression analysis of the evaluation literature [J]. *Research Policy*, 2016, 45(4): 797-815.
- [ 16 ] Neff C. Corporate finance, innovation and strategic competition [M]. Berlin: Springer Science & Business Media, 2012.
- [ 17 ] Benfratello L, Schiantarelli F, Sembenelli A. Banks and innovation: micro-econometric evidence on Italian firms [J]. *Journal of Financial Economics*, 2008, 90(2): 197-217.
- [ 18 ] George G, Prabhu G N. Developmental financial institutions as technology policy instruments: implications for innovation and entrepreneurship in emerging economies [J]. *Research Policy*, 2003, 32(1): 89-108.
- [ 19 ] Leleux B, Surlémont B. Public versus private venture capital: seeding or crowding out? a pan-European analysis [J]. *Journal of Business Venturing*, 2003, 18: 81-104.
- [ 20 ] 芦锋, 韩尚容. 我国科技金融对科技创新的影响研究: 基于面板模型的分析 [J]. *中国软科学*, 2015(6): 139-147.  
(Lu Feng, Han Shang-rong. Research on the impact of science-finance on technological innovation based on panel data model [J]. *China Soft Science*, 2015(6): 139-147.)
- [ 21 ] 李雪松, 党琳, 赵宸宇. 数字化转型、融入全球创新网络与创新绩效 [J]. *中国工业经济*, 2022(10): 43-61.  
(Li Xue-song, Dang Lin, Zhao Chen-yu. Digital transformation, global innovation network and innovation performance [J]. *China Industrial Economics*, 2022(10): 43-61.)
- [ 22 ] Perez C. Technology revolution and finance capital [M]. London: Edward Elgar, 2002: 50-60.
- [ 23 ] Tian X. The role of venture capital syndication in value creation for entrepreneurial firms [J]. *Review of Finance*, 2012, 16(1): 245-283.
- [ 24 ] Guariglia A, Liu P. To what extent do financing constraints affect Chinese firms' innovation activities? [J]. *International Review of Financial Analysis*, 2014, 36: 223-240.
- [ 25 ] Tadesse S. Innovation, information and financial architecture [J]. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 2006, 41 (4): 753-786.
- [ 26 ] 李希义, 房汉庭. 我国科技型上市公司的创新性 [J]. *经济管理*, 2008(11): 22-27.  
(Li Xi-yi, Fang Han-ting. The analysis of innovation of Chinese scientific & technologic listed companies [J]. *Business and Management Journal*, 2008(11): 22-27.)