

产业技术复杂性能够改善企业投资效率吗?*

刘剑民¹ 侯晓晨² 徐玉德²

(1.南昌大学经济管理学院,江西 南昌 330031;

2.中国财政科学研究院,北京 100142)



内容提要:产业转型升级引致产业技术复杂性大幅增加,蕴含着巨大的新技术投资机会。但是,理论上产业技术复杂性影响企业投资效率的机制尚未厘清。本文以2003—2022年A股上市公司为样本,研究产业技术复杂性对企业投资效率的影响。研究发现:转型升级进程中,产业技术复杂性总体上显著负向影响企业投资效率,存在投资过度现象。其中,产业技术复杂性对产业链前中端企业和国有企业具有显著负向影响,而对产业链后端企业和民营企业的影响并不显著。机制检验表明,企业技术吸收和储备能力提升、技术转化与应用能力增强、治理机制和信息披露质量改善,可以形成内部适应性效应;资本市场估值溢价和政府科技支持可以产生外部激励性效应。研究结论有利于进一步推动企业适应产业技术复杂性增加,对于产业技术应用的企业内外部激励结构形成和企业投资效率改善提供理论依据和启示。

关键词:产业技术复杂性 转型升级进程 企业投资效率 适应性效应 激励性效应

中图分类号:F272.92 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—5766(2024)09—0188—21

一、引言

当前经济高质量发展的重点是加快产业结构优化升级,其中,产业结构升级的重要衡量指标是产业技术复杂性(Costinot, 2009)^[1]。伴随着产业结构升级,产业技术复杂性往往会增加(刘剑民等, 2024)^[2]。产业技术复杂性增加可以为企业提供相关新技术投资机会^①,企业进行新技术投资可以强化成长机会(Segal等, 2015)^[3]、增加预期价值(吴璇等, 2017)^[4]、提高企业产品技术附加值(祝树金和汤超, 2020)^[5],获得高额回报。然而,实践中,不同企业相关投资收益和损失差异甚大,产业技术复杂性增加可能给一些企业带来投资收益快速增长,也可能使另一些企业投资收益下降,甚至加速淘汰一些技术落后的产能和企业。

埃森哲发布的《2021中国企业数字转型指数》也表明,中国企业数字化转型等新技术投资的难题在于难以获取合理投资回报和企业能力建设不足等。2018年7月23日—8月31日,思杰(Citrix)委托The Glass Elevator机构对中国1764家企业的技术决策者调研发现:超过半数的中国企业正在努力应对技术复杂性大幅增加带来的挑战,中国企业首要关心的是新技术投资可能带来的投资效

收稿日期:2023-10-25

* 基金项目:国家社会科学基金社科学术社团资助项目“新时代国有经济布局优化和结构调整研究”(23STA017);湖南省社科成果评审委员会“地方国有企业集团内部资本市场资本配置效率损失及治理研究”(XSP19YBZ041)。

作者简介:刘剑民,男,教授,博士生导师,管理学博士,研究领域是产业技术与资本市场,电子邮箱:lzh1998828@163.com;侯晓晨,女,博士研究生,研究领域是技术创新与企业财务,电子邮箱:18637904604@163.com;徐玉德,男,研究员,博士生导师,管理学博士,研究领域是资本市场财务与会计、国资国企改革等,电子邮箱:xuyude352@sina.cn。通讯作者:徐玉德。

① 产业技术复杂性越高,其中蕴含的技术投资机会就越多,这会诱发企业开发新产品、完善生产工艺或改变产品质量和结构,改进工具、设备、仪器、装置、检验方法等。企业可以从多个切入点参与产业技术投资,采用新技术替代原有旧技术。

率降低问题^①。产业转型升级进程中产业技术复杂性增加,而一些企业难以驾驭超出自身能力和资源上限的产业技术,投资效率明显下降。以光伏产业中复杂性较高的N型电池技术取代P型技术为例,TCL中环与晶科能源等企业都对N型技术的研发和应用提前布局,但近年来TCL中环等企业业绩持续恶化,而同为储能企业的晶科能源的营收、净利润双增^②。究其原因,一些企业尚未构建适应产业技术复杂性的激励结构,企业的旧模式、旧方法与原有组织结构等难以应对产业技术复杂性增加。周驷华和万国华(2017)^[6]对423份来自上海地区制造企业的问卷调查也表明,在企业业务流程等存在重大缺陷情况下,投资信息技术等将无法实现预期收益。埃森哲咨询公司发布的《技术展望2020》研究报告进一步表明,企业旧模式、旧方法会与技术产品新需求产生冲突,影响投资回报。

组织社会学的新制度主义学派认为,产业技术是一种重要的外部技术环境,其激励结构起作用需要制度保障、功能支撑和要素支持等内外部环境系统与之相适应(Khurana, 1999)^[7]。从内部适应性来看,企业需要提升自身能力以适应产业技术规则的变化;从外部适应性来看,资本市场和政府行为等外部系统要为新技术体系提供要素支持。中国产业转型升级进程中新技术替代旧技术是否存在激励结构?企业内外部系统需要发生怎样的适应性变化才能提高企业投资效率?为此,需要回答以下几个问题:产业技术复杂性与企业投资效率存在什么样的关系?影响机理如何?企业内部是否存在产业技术复杂性与企业投资效率的适应性效应、外部是否存在激励性效应?如果存在,如何作用于产业技术复杂性与企业投资效率?

本文探讨产业技术复杂性对企业投资效率的作用机制,以及企业内部产生的适应性效应、外部产生的激励性效应对二者的作用机理。本文的主要贡献:一是弥补和发展产业技术复杂性经济后果的研究。当前学术界对产业升级的研究逐步从宏观转向微观机理探寻,但对于与产业升级有内在逻辑关联的产业技术复杂性,相关研究尚未开展。本文弥补了产业技术复杂性对企业经济后果的理论和实证研究缺口。二是探索和验证企业内外部系统对产业技术复杂性与企业投资效率的作用机制。本文从企业内外部系统对制度环境所形成的适应性变化入手,遵循“产业技术演化与复杂性特征分析——企业内部适应性——企业外部激励性——投资效率改善”的分析逻辑,为外部制度环境对企业决策的研究提供一个基础性研究框架。此外,本文也重点考虑技术吸收和储备能力、技术转化与应用能力等内部技术因素适应性,而外部系统则主要考虑对于内部适应性的激励结构,这些也是传统投资理论分析尚未涉及的重要理论内容。三是本文从产业转型升级角度探讨企业内部适应性效应、外部激励性效应,丰富了产业转型升级和旧技术转化实践中差异性政策研究。

二、文献回顾与研究假设

1. 文献回顾

(1)产业技术与产业技术复杂性。从产业技术演化过程看,一系列技术在产业层面整合,形成特定结构的技术系统,即产业技术(何荣天,2000)^[8]。现有产业技术相关文献主要集中在理论阐述(Mewes和Broekel, 2022)^[9]、测度(Mewes和Broekel, 2022^[9];安苑和王珺, 2012^[10];周茂等, 2018^[11])

^① 资料来源于思杰系统亚太有限公司2019年6月发布的《中国信息技术复杂性现状》研究报告。此外,埃森哲咨询公司发布的《技术展望2020》研究报告也表明,社会对技术应用的期望带来新需求,企业需要打造技术驱动型产品和服务,但60%以上的中国企业对新技术投资回报不满意。

^② 公司财报显示,TCL中环2023年以及2024年Q1营收分别为591.46亿元、99.33亿元,分别同比下跌11.74%、43.62%;净利润分别为34.16亿元、-8.80亿元,分别同比下降49.9%、139.05%。但是,晶科能源2023年营收1186.82亿元,同比增长43.55%;净利润74.40亿元,同比增长153.20%。

和影响因素(马双等,2020)^[12]等方面的碎片化研究,尚未形成较为系统的理论体系。有学者用群落演替动态拟合产业技术的各个演化阶段,发现产业技术存在着技术由互不干扰的离散分布,发展至协同演化的高集聚网络结构的非线性演化过程性(Costinot,2009)^[11]。具体而言,产业技术的演化高度依赖环境;产业技术存在结构多样性和层级多样性;产业技术时效性与价值性随时间推移而降低;产业内各种技术之间存在激烈竞争或学习合作关系,技术间关系也随时间变化。由演化过程可知,产业技术复杂性是产业技术与生俱来的根本特性。

“复杂性”来自信息论,定义为系统可能状态的数量。产业技术复杂性则反映一个产业技术体系可能状态的数量(吴彤和胡晨,2003)^[13]。产业技术复杂性具体表现出非线性、不可预测性、可分性和系统性等特性(Costinot,2009)^[11];产业技术复杂性一般涉及一系列不可分解的中间产品和过程要素,要素间存在非线性相互作用;产业技术复杂性涉及多学科知识(Hobday,1998)^[14],存在学习难度和认知偏差等问题,导致产业技术系统发展的不可预测性;产业技术复杂性使分工不断细化和深化,出现大量中间产品,呈现出可分性;产业技术之间存在着相互关联特征,产业链上的企业需要应用新技术并与其他企业进行技术合作、学习和互补,才能实现产业技术的价值,呈现出系统性。

已有研究表明,产业技术复杂性会影响经济增长(余泳泽等,2019)^[15]。近年来,有学者开始关注产业技术复杂性对企业创新(刘剑民等,2024^[2];侯晓晨和徐玉德,2024^[16])的影响,产业技术复杂性的微观经济后果研究尚处于起步阶段。

(2)产业技术复杂性与企业投资效率。企业投资效率问题一直是学术界关注的焦点。传统投资理论认为,企业投资决策与外部制度环境无关,以往大量相关文献主要从企业经营特征和内部治理特征等方面展开研究。随着研究不断深入,越来越多的学者发现企业投资效率低下依旧是普遍现象,传统投资理论并不能完美解释企业投资行为和投资效率。因此,众多学者开始从法制环境(万良勇,2013)^[17]、政府质量(钱雪松和方胜,2021)^[18]、投资者保护(王雄元和徐晶,2022)^[19]、开发区建设(陈熠辉等,2023)^[20]等制度环境角度展开实证检验。产业转型阶段,产业政策因素与技术因素成为企业极其重要的制度环境,必然对企业投资决策产生重大影响。一方面,张新民等(2017)^[21]、刘慧和綦建红(2022)^[22]等学者研究了产业政策对投资效率的影响;另一方面,王化成等(2023)^[23]从数字技术和企业数字化转型等技术进步视角探讨了企业投资效率问题。但是,产业技术复杂性对企业投资效率的影响仍有待研究。

2. 研究假设

(1)产业技术复杂性与企业投资效率。产业技术复杂性越高,存在可能状态的数量越多,其中蕴含着越多种技术投资机会集。产业技术复杂性形成的投资机会集促使企业开发新产品、完善生产工艺或改变产品质量和结构,改进工具、设备、仪器、装置、检验方法等。企业可以从多个切入点参与产业技术投资,采用新技术替代原有旧技术。如果企业能够采用新技术并成功替代旧技术,必然发生生产设备升级、经验技能积累、技艺理论更新,往往可以提高企业生产效率。为此,各个企业投资的乐观情绪相互影响,造成投资期望膨胀,催生企业新技术投资热潮,往往可能形成过度投资现象。尤其是,根据技术系统进化S曲线法则^①,在新技术逐步替代旧技术过程中,采用旧模式、旧方法的企业难以应对产业技术复杂性增加,企业采用新技术替代旧技术往

^① 根据技术系统进化的S曲线法则,新技术应用通常包括婴儿期、萌芽期、成长期、成熟期和衰退期,通常新技术应用进入成长期和成熟期后,新技术应用带来收益的确定性会增加。根里奇·阿奇舒勒在阿奇舒勒技术系统八大进化法则的基础上提出了十大法则,十大法则之首的技术系统进化的S曲线法则的逻辑是:如果在一个跨度足够长的时间段内去看某个技术系统的某个“重要的系统特征”的发展的话,它的发展将呈现出一个形如英文字母S的曲线,这条曲线称为“技术系统生命周期”,也称为“S曲线”。技术系统进化的S曲线法则可以很好地解释和分析产业升级过程中新技术替代旧技术的生命周期。

往存在能力不足等问题,具体表现为企业技术吸收和储备能力差、技术转化和应用能力弱、新技术成果产出率低、内部监督不健全等,甚至出现制度性阻碍^①,投资新技术等可能难以实现预期收益。

产业转型升级进程中,产业技术复杂性增加往往导致企业相关技术知识和技术人才储备不足。产业技术复杂性表现出非线性和不可预测性(Costinot, 2009)^[1],企业很难提前做出充分的相关知识储备,可能导致瑕疵或差错。产业技术复杂性所涉及知识深度和广度的增加,使得企业原有技术知识和技术人才储备相对不足,容易产生技术误差和认知偏差,缺乏对投资项目可行性、前景和时机等进行评价的可量化甄选技术标准,削弱企业管理层精确预测能力,扭曲企业投资决策,降低投资效率(徐业坤和马光源, 2019)^[24]。此外,企业日常经营往往受到资本总量限制,增加新技术投资可能挤出企业原本面临的证券投资、股权投资、债权投资、存货投资、固定资产投资等众多投资机会,尤其当技术投资回报难以补偿挤出的其他投资收益时,企业投资效率通常会进一步降低。

产业转型升级进程中,产业技术复杂性往往引发企业系统性技术转化和应用能力不足。产业技术复杂性表现出可分性和系统性(Costinot, 2009)^[1],出现一系列相互关联技术在各个环节中的推广应用,这就要求企业相关联技术的整合和组织实施,即系统性技术转化和应用能力。而企业的相关联的技术转化和应用能力难以及时提升,难以适应新技术替代旧技术的要求。在此情境下,即使企业内部知识积累和人才储备达到一定规模,企业利用内部知识和人才的效率与效果也会下降。实践中,很多企业投资和应用新技术却并未获得合理回报,产生产业转型升级悖论。例如,近年来很多企业数字化转型出现的相关投资增加、投入产出效率下降现象(刘淑春等, 2021)^[25],主要原因在于系统性技术转化和应用能力不足导致投入成本增加而投资效率下降。

产业转型升级进程中,产业技术复杂性可能加剧信息不对称。产业技术复杂性具有多学科知识融合的特征(Hobday, 1998)^[14],相关技术知识在企业内的学习和扩散难度加大,可能恶化高管和股东之间、大股东与中小股东之间的技术信息不对称,给高管和大股东通过过度投资追求私人收益提供了便利条件。具体而言:一方面,产业技术复杂性产生的信息不对称,增加了对高管行为激励和监督的难度。高管主观上往往存在机会主义冲动,为获取更多的在职消费以及其他的隐性激励而从事过度投资等行为(辛宇等, 2022)^[26]。如果将来投资失败,高管很容易将原因归于客观技术(申慧慧等, 2012)^[27]。另一方面,产业技术复杂性产生的信息不对称也增加了外部股东对项目投资回报评价的难度,当激励和监督机制不足,大股东倾向于利用过度投资侵害中小投资者利益。为此,产业技术复杂性可能增加企业代理成本,引发企业投资效率下降。因此,本文提出如下假设:

H₁:产业转型升级进程中,产业技术复杂性增加总体上对企业投资效率存在显著负向影响。

(2)产业技术复杂性、内部适应性效应与企业投资效率。产业技术复杂性增加是一种重要的社会技术现象和环境,蕴含新的规范和竞争规则(Broekhuizen等, 2021)^[28],形成企业经营系统的运作基础、规则和框架(喻国明, 2015)^[29],对企业构成合法性压力(Li等, 2018)^[30]。在产业技术复杂性诱发新的投资机会出现时,合法性压力迫使企业必须改善原有的技术知识、设备和治理机制。企业需要提升自身能力以适应产业技术复杂性,形成相适应的内部激励结构(Khurana, 1999)^[7]。例如,从近年来中国企业数字化转型升级情况来看,随着企业内部能力提升、外部环境改善,企业

^① 新旧技术之间的矛盾,不仅仅是技术本身之间的矛盾,更是新旧技术所代表的企业、产业、利益集团或者社会群体之间的矛盾。新旧技术的矛盾直接表现为新技术对旧技术的市场竞争,在位企业势必会通过改造旧技术来阻止新技术替代旧技术。

投资过度和投资效率下降的情况逐步缓解。埃森哲连续五年(2018—2022年)通过中国企业数字化转型指数追踪中国企业转型进程,发现转型成效较显著的企业比例从2018年的7%上升至2022年的17%。这些企业基本实现内部能力和资源的积累和提升,企业投资逐步趋于谨慎,企业投资回报、未来价值获得方面取得了显著增长。2023年埃森哲研究也发现,积极投入全面重塑战略的企业,能够形成更广泛和坚实的整体合力,在财务维度、技术回报和360°价值维度上均能脱颖而出,超越同行企业。进一步,埃森哲发布《2024中国企业数字化转型指数》,发现目前有32%的中国企业正在尝试重新设计现有工作岗位以适应新兴技术,但这一比例仍低于全球的平均数字36%,说明企业适应性变革有待进一步深入^①。

第一,为应对产业技术复杂性,企业会提升技术吸收和储备能力以产生内部适应性效应。产业技术复杂性增加意味着相关产业技术标准的提升,较难适应的企业必然在市场竞争中处于弱势地位甚至被淘汰。企业为适应技术环境变化,往往会主动增加相关产业技术储备和技术人员,吸收和储备技术知识(李姝等,2022)^[31],提升技术创新绩效(孙忠娟等,2022)^[32]。通常,技术知识资源库和研发人员储备扩充、技术创新绩效提高表明企业技术吸收和储备能力提升。企业需要掌握足够的技术知识,才能减少知识储备不足和认知偏差,降低投资失败的概率。因此,企业提升技术吸收和储备能力可以产生适应性效应,企业投资效率提高的可能性增加。

第二,为应对产业技术复杂性,企业会增强技术转化与应用能力以产生内部适应性效应。企业的技术转化和应用能力根植于特定领域或生产环节(刘淑春等,2021)^[25],通过操作和激活技术资源储备使技术知识价值得到发挥(Ebers和Maarer,2014)^[33]。企业的技术资源储备需要企业的技术转化与应用能力产生适应性激励,即企业通过对人、资金等的动员、整合和组织,激活技术资源储备,产生适应性效应,可以提高企业生产效率并减少产品缺陷,能够以较低的价值投入获得较高的价值产出,企业投资效率提高的可能性增加。

第三,为应对产业技术复杂性,企业会改善治理机制和信息披露质量以产生适应性效应。企业的组织结构及治理机制对资源的动员能力直接关系到产业技术各个环节的组织和协调。企业组织结构和治理机制的改善有助于适应新技术投资(Markard等,2016)^[34]。但在产业转型升级进程中,企业的有效激励和监督等治理机制尚未普遍建立,原有组织结构和流程会对新技术应用产生阻力和代理成本增加等问题。新旧技术替代也可能给予高管、大股东私有收益的便利和隐蔽性,过度投资往往成为高管和大股东获取私利的主要方式。为此,企业需要从岗位设置入手,在减少多余岗位、增加适应新技术应用岗位等方面重构企业治理结构并改进治理机制。有效的内部治理机制可以增加大股东和高管侵害行为被发现的可能性,减少高管与大股东机会主义动机和行为。同时,企业提高信息披露质量可以降低高管和股东之间、大股东与中小股东之间信息不对称,有利于内部激励和监督机制运行,抑制过度投资行为。因此,本文提出如下假设:

H₂:产业转型升级进程中,企业提升技术吸收和储备能力、增强技术转化与应用能力、改善治理机制和信息披露质量,形成应对产业技术复杂性的内部适应性效应,提高企业投资效率。

(3)产业技术复杂性、外部激励性效应与企业投资效率。企业能否有效将投资机会转化为实际投资,不仅取决于微观企业的内部适应性能力系统,而且依赖着外部资源配置系统的匹配。企业内部能力提升是企业获取适应性结构的本源,而外部资本市场和政府行为则是外生变量和影响企业能力提升的重要因素(Teece等,1997)^[35]。外部资本市场和政府通过对企业内部能力进行解

^① 数据来源于埃森哲发布的《2022中国企业数字化转型指数》《2023中国企业数字化转型指数》和《2024中国企业数字化转型指数》。

读、评估等,能够对企业内部能力改善产生激励性效应。

第一,外部资本市场估值溢价可以产生激励性效应。企业对于产业技术的吸收、掌握和所形成的知识储备以及新技术的转化应用能力反映了企业技术方面特质性信息。公允的资本市场估值往往是基于特质性信息所形成,是资本市场对企业应对产业技术复杂性给予的客观解读和评价。企业特质性信息传递给资本市场,这些信息作为一揽子市场价值的动态信息流,在资本市场估值体系和市场结构中形成资本市场估值,决定资本市场交易双方的利益分配。当资本市场判断企业新技术投资未来价值提升,以及对企业适应产业技术复杂性给予积极的客观评价,企业相应估值增加,形成估值溢价,引导资源流入内部适应性较好的企业,产生激励性效应。

第二,政府科技支持可以产生激励性效应。产业技术演化通常伴随着产业规则和政策等制度和政府行为。其中,政府科技支持作为政府行为,可以诱发、引导和推进技术成果扩散(Rodrik, 2006)^[36],促进产业技术应用和企业投资效率提高。政府作为外生因素,对产业技术复杂性所形成的技术标准以及推广应用可能性给予客观评价。同时,政府判断企业是否适应产业技术复杂性,结合组织治理机制等企业内部因素,决定是否给予科技支持。政府科技支持引导资源配置并产生激励性效应,放大了企业内部能力差异影响,导致企业适应性效果提升。因此,本文提出如下假设:

H₃:产业转型升级进程中,企业获得资本市场估值溢价和政府科技支持,形成应对产业技术复杂性的外部激励性效应,提高企业投资效率。

三、研究设计

1. 模型设立

(1)企业投资效率模型。借鉴赵振洋等(2022)^[37]做法,构建如下投资效率模型:

$$inv_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 growth_{i,t-1} + \alpha_2 cash_{i,t-1} + \alpha_3 listy_{i,t-1} + \alpha_4 size_{i,t-1} + \alpha_5 lev_{i,t-1} + \alpha_6 ret_{i,t-1} + \alpha_7 inv_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中,残差绝对值($absinv_t$)表示投资效率,值越小,企业投资效率越高。模型回归残差为负,表示投资不足($underinv_t$);回归残差为正,表示投资过度($overinv_t$)。

(2)基准模型。本文以企业投资效率为被解释变量,产业技术复杂性为解释变量构建如下模型:

$$absinv_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 prody_{ind,t-1} + \sum control + \sum year + \sum pro + \gamma_{i,t} \quad (2)$$

其中, $prody_{ind,t-1}$ 为核心解释变量,表示位于产业 ind 中企业 i 在第 $t-1$ 期的产业技术复杂性。传统企业投资效率的影响因素包括:企业规模($size$)、资产负债率(lev)、第一大股东持股比例($top1$)、总经理持股比例(mc)、上市年龄(age)和净资产收益率(roe)。考虑到企业投资效率可能存在遗漏重要变量所造成的估计结果偏差问题,为稳健起见,本文加入微观控制变量:现金持有量(ocf)、固定资产比率(ppe)、是否亏损($loss$)和市场势力($market$)。同时,考虑产业技术复杂性的宏观和中观属性,加入影响企业投资效率的宏观控制变量:物质资本投入(pci)、工业占比($indrate$)和财政支出比例(pfe)。 $year$ 和 pro 为年份和地区虚拟变量。

相对于产业技术复杂性增加,企业投资效率时间上具有滞后性,本文模型(2)选取产业技术复杂性滞后一期。其中, i 表示企业, t 表示年份, ind 表示产业。

2. 变量选择

(1)企业投资效率($absinv$)。对模型(1)计算出的残差值取绝对值($absinv_t$),企业投资效率与 $absinv_t$ 反向变化, $absinv_t$ 表示企业投资效率的反向指标。

(2)产业技术复杂性($prody$)。技术复杂性度量源自系统科学。复杂性的基础是多样性(吴彤

和胡晨,2003)^[13],系统科学范式下往往以多样性为基础开展复杂性研究。系统科学中,基于多样性为基础的计量复杂性一般分为两种:一种是将复杂性等同于多样性,直接采用多样性的指数来衡量复杂性(Eriksson等,2006)^[38];另一种是在多样性定义的基础上利用其测度原理进行适当变换来衡量结构复杂性和技术复杂性(Zenner,2004)^[39]。

经济学关于技术复杂性的度量主要采用技术复杂度,赫芬达尔指数适当变换是主要度量方法。近年来,一些学者逐步将技术复杂度扩展到产业层面的技术复杂度,研究主要涉及经济增长和产业升级等方面(安苑和王珺,2012^[10];蒋冠宏等,2013^[40];张其仔,2014^[41];周茂等,2018^[11])。产业技术进步和效率改进是劳动分工的结果,一个产业中的劳动分工越细致,中间产品数量和种类越多(Jesus等,2010)^[42]。以往文献常用产业对中间产品的数量来衡量产业技术复杂性,即中间产品的数目在总中间产品的数目中的比例衡量。其中,安苑和王珺(2012)^[10]认为,产业技术进步和效率改进是劳动分工的结果,一个产业中的劳动分工越细致则中间产品数量和种类越多,在生产过程中使用的中间产品数量和种类越多,技术复杂性越高。因此,产业技术复杂性的度量采用中间产品的1-赫芬达尔指数度量多样性。参考安苑和王珺(2012)^[10]做法,计算投入产出表划分的每个产业使用中间投入的赫芬达尔指数,然后使用(1-赫芬达尔指数)来度量每个产业技术复杂程度。最后,将上述产业逐一归类到二位数产业中,取二位数产业中中位数产业的技术复杂程度作为该产业技术复杂性($prody_{i-1}$)。

本文相关变量及定义如表1所示。

表1 变量定义

变量名称	变量符号	变量定义
投资效率	<i>absinv</i>	模型(1)中计算出的残差值取绝对值
产业技术复杂性	<i>prody</i>	根据投入产出表计算出的具体数值
投资不足	<i>underinv</i>	模型(1)回归残差为负
投资过度	<i>overinv</i>	模型(1)回归残差为正
第一大股东持股比例	<i>top1</i>	企业第一大股东持股数量/总股数
固定资产比率	<i>ppe</i>	固定资产/总资产
总经理持股比例	<i>mc</i>	总经理持股数量/总股数
是否亏损	<i>loss</i>	企业是否亏损,未亏损为1,否为0
现金持有量	<i>ocf</i>	经营活动产生的现金流量净额/总资产
市场势力	<i>market</i>	营业收入/营业成本
公司规模	<i>size</i>	总资产自然对数
资产负债率	<i>lev</i>	总负债/总资产
上市年龄	<i>age</i>	企业上市年龄自然对数
净资产收益率	<i>roe</i>	净利润/总资产股东权益平均余额
物质资本投入	<i>pci</i>	人均固定资产投资
工业占比	<i>indrate</i>	工业增加值/地区生产总值

续表 1

变量名称	变量符号	变量定义
财政支出比例	<i>pfe</i>	财政支出/地区生产总值
企业资本投资量	<i>inv</i>	模型(1)第 t 年(构建固定资产、无形资产和其他长期资产支付的现金-处置固定资产、无形资产和其他长期资产收回的现金净额)/期初总资产
企业成长机会	<i>growth</i>	模型(1)第 $t-1$ 年末营业收入增长率
企业现金持有量	<i>cash</i>	模型(1)第 $t-1$ 年末现金及现金等价物/总资产
年度股票回报率	<i>ret</i>	模型(1)第 $t-1$ 年末考虑现金红利再投资的年个股回报率
企业资本投资量	<i>inv</i>	模型(1)第 $t-1$ 年企业资本投资量
上市年龄	<i>listy</i>	模型(1)第 $t-1$ 年末企业上市年龄自然对数
地区	<i>pro</i>	地区固定效应
年份	<i>year</i>	年份固定效应

3. 样本选取与数据来源

本文选取 2003—2022 年全部 A 股上市企业为研究样本,剔除数据缺失样本,得到 29479 个样本值。根据 2012 年《国民经济行业分类》(GB/T4754-2011)划分行业。其中,企业层面变量数据主要来源于 CSMAR,城市层面变量数据主要来源于《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》,投入产出表来源于国家统计局^①。本文对连续变量进行上下 1% 缩尾处理。

4. 描述性统计

如表 2 所示,企业投资效率(*absinv_{it}*)最小值、最大值和平均值分别为 0.0006、0.2929 和 0.0517,投资效率波动较大。产业技术复杂性(*prody_{it-1}*)最小值和最大值分别为 0.5965 和 0.9974,说明样本企业所处产业的技术复杂性差别较大。产业技术复杂性数值越大,表明企业所处产业的技术复杂性越高,企业为在市场中拥有核心技术竞争优势,需要采用更多新技术应对较高产业技术复杂性。

表 2 主要变量的描述性统计结果

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>absinv</i>	29479	0.0517	0.0515	0.0006	0.2929
<i>prody</i>	29479	0.8733	0.0895	0.5965	0.9974
<i>top1</i>	29479	0.3439	0.1506	0.0842	0.7466
<i>ppe</i>	29479	0.4513	0.2007	0.0525	0.9090
<i>mc</i>	29479	0.0368	0.0938	0.0000	0.4651
<i>loss</i>	29479	0.8773	0.3281	0.0000	1.0000
<i>ocf</i>	29479	0.0478	0.0707	-0.1680	0.2512
<i>market</i>	29479	1.5217	0.6540	0.9750	5.3024
<i>size</i>	29479	22.1863	1.2974	19.6485	26.1516

^① 投入产出表选取年份为 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年、2012 年、2015 年、2017 年、2018 年、2020 年,使用上一年数据对缺失值进行填充。

续表 2

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lev</i>	29479	0.4522	0.2014	0.0656	0.9084
<i>age</i>	29479	2.1444	0.7232	0.6931	3.2958
<i>roe</i>	29479	0.0401	0.1941	-1.2640	0.3408
<i>pci</i>	29479	3.5210	1.6149	0.4126	7.1833
<i>indrate</i>	29479	0.3529	0.0888	0.1184	0.5055
<i>pfe</i>	29479	0.1872	0.0683	0.0962	0.4560

四、实证结果与分析

1. 产业技术复杂性与企业投资效率

表 3 第(4)列检验结果显示,产业技术复杂性与企业投资效率在 1% 水平上显著负相关。产业技术复杂性每增加一单位的标准差,会导致企业投资效率相对于其平均值减少 1.56%^①。检验结果表明,产业转型升级进程中,产业技术复杂性增加总体上对企业投资效率存在显著负向影响,假设 H₁ 成立。前文理论分析指出,产业技术复杂性产生了投资过度。为此,本文进行实证检验,第(5)和(6)列结果表明,产业技术复杂性可能导致企业投资过度,降低了企业投资效率。

表 3 产业技术复杂性对企业投资效率影响的基准回归

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>underinv</i>	<i>overinv</i>
<i>prody</i>	0.0201*** (5.95)	0.0109*** (3.13)	0.0092*** (2.65)	0.0090*** (2.59)	-0.0015 (-0.49)	0.0210*** (3.01)
<i>top1</i>	0.0053*** (2.69)	-0.0025 (-1.27)	0.0064*** (3.13)	0.0044** (2.17)	0.0100*** (5.37)	-0.0061 (-1.56)
<i>ppe</i>	0.0410*** (27.02)	0.0415*** (27.81)	0.0455*** (29.49)	0.0476*** (30.75)	0.0070*** (4.96)	0.0920*** (29.18)
<i>mc</i>		0.0118*** (3.73)	0.0055* (1.69)	0.0010 (0.31)	-0.0142*** (-4.62)	0.0247*** (3.72)
<i>loss</i>		0.0023*** (2.58)	0.0064*** (6.72)	-0.0023* (-1.95)	-0.0020** (-2.04)	-0.0017 (-0.66)
<i>ocf</i>			-0.0079* (-1.79)	-0.0151*** (-3.38)	-0.0375*** (-9.79)	0.0147 (1.55)
<i>market</i>			0.0005 (1.02)	0.0001 (0.29)	0.0019*** (4.63)	0.0000 (0.03)
<i>size</i>			-0.0047*** (-16.39)	-0.0050*** (-17.05)	-0.0165*** (-56.22)	0.0038*** (6.36)
<i>lev</i>			0.0151*** (8.47)	0.0198*** (10.91)	0.0070*** (4.56)	0.0335*** (8.48)

^① $prody_{i,t}$ 的标准差为 0.0895, $prody_{i,t}$ 的系数在第(4)列中为 0.0090(因为第(4)列控制了所有控制变量和固定效应,故以这一列解释变量的系数为准), $absinv$ 的均值为 0.0517, 则 $0.0895 \times 0.0090 / 0.0517 = 1.5580\%$ 。

续表 3

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>underinv</i>	<i>overinv</i>
<i>age</i>				-0.0019*** (-3.92)	0.0096*** (21.99)	-0.0149*** (-15.81)
<i>roe</i>				0.0248*** (11.84)	0.0103*** (6.12)	0.0508*** (9.62)
<i>pci</i>				0.0009* (1.83)	0.0002 (0.36)	0.0003 (0.28)
<i>indrate</i>				-0.0164 (-1.16)	0.0362*** (2.84)	-0.0675** (-2.43)
<i>pfe</i>				-0.0014 (-0.08)	-0.0134 (-0.84)	0.0170 (0.48)
常数项	0.0115*** (3.33)	0.0254*** (5.37)	0.1091*** (14.80)	0.1278*** (15.30)	0.3583*** (44.71)	-0.0648*** (-3.85)
地区固定效应	是	否	是	是	是	是
年份固定效应	否	是	是	是	是	是
观测值	29479	29479	29479	29479	17932	11547
调整 R ²	0.0317	0.0584	0.0723	0.0771	0.2635	0.1354

注:括号中为估计系数对应 *t* 值; *、**、***表示 10%、5% 和 1% 显著性水平,下同

2. 内生性检验

(1) 外生政策冲击。产业技术复杂性往往与科技和金融水平相关,本文采用“促进科技和金融结合”试点城市作为外生冲击政策。随着 2011 年科学技术部等部门《关于印发促进科技和金融结合试点实施方案通知》的发布,促进科技和金融结合试点城市的设立为产业内企业和投资者搭建信息共享平台、建立企业间科技数据库、开展企业信用体系建设和服务热线等创新举措给予支持,更好地提高地区市场化程度、开放程度和技术发展水平,带来产业技术复杂性提高。因此,使用双重差分法实证检验产业技术复杂性对企业投资效率的影响,构建模型:

$$absinv_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 treat_post_{i,t-1} + \sum control + \sum year + \sum pro + \sum firm + \gamma_{i,t} \quad (3)$$

其中, *treat* 是城市虚拟变量,在样本期内设立促进科技和金融结合试点城市赋值为 1(实验组), 否为 0(对照组); *post* 为时间虚拟变量,城市在设立促进科技和金融结合之前赋值为 0, 否则为 1; *treat_post* 为 *treat* 和 *post* 的交互项; *firm* 为企业固定效应。

本文进一步进行平行趋势检验和安慰剂检验来增加基准回归的可信度。在表 4 第(2)列,加入控制组年份 2004—2010 年的七个虚拟变量(*dum*)与 *treat* 的交互项,如果交互项不显著,说明模型满足平行趋势检验。同时,采用安慰剂检验,通过对试点城市设立随机产生实验组,形成交互项系数估计值,重复 500 次并进行观察。进一步,为克服试点城市固有差异导致的内生性问题,本文采用倾向得分匹配双重差分法(PSM-DID)对回归结果进行稳健性检验。

如表 4 所示,第(1)列显示,交互项对企业投资效率的影响 1% 水平显著为正,印证了假设 H₁。第(2)列结果显示,交互项均不显著,模型满足平行趋势检验。图 1 安慰剂检验结果说明,其他非观测因素对估计结果未产生显著影响。表 4 第(3)列结果显示,采用 PSM-DID 后,交互项对企业投资效率的影响在 5% 水平上显著为正,结果具有稳健性。

(2)更换回归模型。为了避免变量测量误差或变量间共线性等问题,本文控制年份和企业固定效应,同时进行企业层面聚类分析,纠正标准误可能存在的误差。表4第(4)列结果显示,研究结果依然成立。

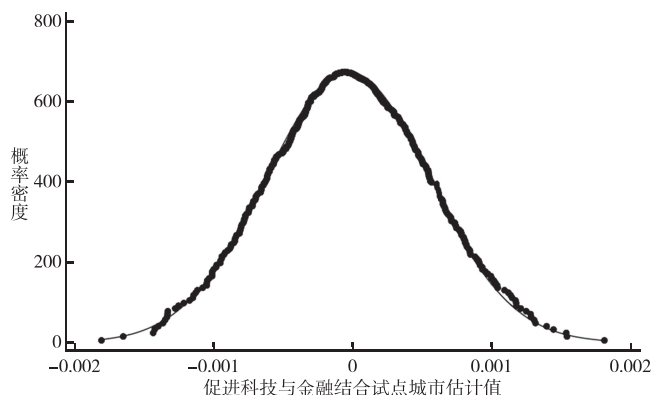


图1 安慰剂检验

资料来源:作者整理

(3)工具变量法。随着城市经济发展,城市发展规模不断向纵深和横向推进,其发展水平与区域内土地面积也存在明显的相关性。其中,城市发展规模反映了城市禀赋差异与选择性产业集群网络,形成当地产业技术。此外,不同城市存在不同产业依赖性(沈能和周晶晶,2018)^[43]。因此,本文从地理角度出发,选择城市土地面积作为工具变量。城市土地面积影响产业技术的成本、质量和运行效率,与产业技术复杂性的形成相关度高,与企业投资效率和模型残差不相关,可作为产业技术复杂性的工具变量。此外,通常而言,相对固定的历史数据能够较好地满足外生性条件,工业企业数实际上也影响了当地产业发展和技术进步(当工业企业数量越多,当地工业体系可能越完善,相关产业技术创新和技术应用能力越强),选取1995年工业企业数作为产业技术复杂性的工具变量。进一步,考虑到历史数据是一个不随时间变化的常数,构建城市土地面积和1995年工业企业数的交互项作为具有时间变化效应的产业技术复杂性的工具变量(iv)。第一阶段回归F统计量17.21(1%水平显著)大于10,最小特征值统计量16.62(大于10%临界值),拒绝弱工具变量原假设。表4第(5)列说明工具变量具有相关性,第(6)列结果说明研究假设成立。

表4 内生性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>prody</i>	<i>absinv</i>
<i>did</i>	0.0078*** (4.77)		0.0019** (2.32)			
<i>treat_dum2004</i>		-0.0102 (-0.91)				
<i>treat_dum2005</i>		-0.0011 (-0.10)				
<i>treat_dum2006</i>		-0.0095 (-0.87)				
<i>treat_dum2007</i>		-0.0063 (-0.59)				

续表 4

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>prody</i>	<i>absinv</i>
<i>treat_dum2008</i>		-0.0088 (-0.86)				
<i>treat_dum2009</i>		-0.0125 (-1.20)				
<i>treat_dum2010</i>		-0.0046 (-0.45)				
<i>prody</i>				0.0097* (1.76)		0.2757* (1.73)
<i>iv</i>					0.0005 (4.15)	
<i>top1</i>	0.0068 (1.32)	-0.0037 (-0.23)	0.0206*** (9.72)	0.0079 (1.21)	-0.0115*** (-3.23)	0.0072** (2.45)
<i>ppe</i>	0.0171*** (5.11)	0.0556*** (3.76)	0.0548*** (35.78)	0.0180*** (4.24)	-0.0686*** (-25.07)	0.0663*** (5.99)
<i>mc</i>	-0.0160** (-2.48)	0.0171 (0.37)	-0.0059* (-1.66)	-0.0157** (-1.98)	-0.0064 (-1.12)	0.0027 (0.69)
<i>loss</i>	0.0018 (1.63)	0.0018 (0.52)	0.0020* (1.70)	0.0019 (1.63)	-0.0007 (-0.37)	-0.0023* (-1.75)
<i>ocf</i>	-0.0227*** (-4.63)	-0.0144 (-1.20)	0.0041 (0.95)	-0.0234*** (-4.34)	-0.0261*** (-3.55)	-0.0081 (-1.24)
<i>market</i>	0.0030*** (3.28)	0.0134*** (3.18)	0.0001 (0.19)	0.0028** (2.29)	0.0050*** (7.23)	-0.0010 (-1.10)
<i>size</i>	-0.0047*** (-5.80)	0.0068* (1.77)	-0.0057*** (-19.76)	-0.0049*** (-4.31)	-0.0028*** (-5.58)	-0.0041*** (-7.38)
<i>lev</i>	0.0185*** (5.55)	0.0255** (2.12)	0.0219*** (11.90)	0.0190*** (4.57)	0.0004 (0.14)	0.0198*** (9.86)
<i>age</i>	-0.0038*** (-2.61)	-0.0226*** (-3.41)	-0.0012** (-2.34)	-0.0036* (-1.92)	-0.0025*** (-3.20)	-0.0015** (-2.25)
<i>roe</i>	0.0243*** (11.45)	0.0260*** (4.02)	0.0213*** (10.91)	0.0240*** (11.11)	0.0001 (0.03)	0.0246*** (10.65)
<i>pci</i>	0.0014** (2.57)	-0.0011 (-0.32)	0.0035*** (7.23)	0.0003 (0.42)	-0.0036*** (-3.99)	0.0017** (2.47)
<i>indrate</i>	-0.0158 (-1.00)	-0.0746 (-1.45)	0.0077 (0.54)	0.0065 (0.33)	-0.0160 (-0.69)	-0.0071 (-0.42)
<i>pfe</i>	0.0029 (0.15)	0.0992 (1.44)	0.1186*** (6.87)	-0.0081 (-0.35)	-0.050* (-1.68)	0.0092 (0.42)

续表 4

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>absinv</i>	<i>prody</i>	<i>absinv</i>
常数项	0.1228*** (6.19)	-0.0360 (-0.39)	0.1444*** (19.98)	0.1330*** (5.08)	1.0112*** (82.31)	-0.1448 (-0.89)
地区固定效应	是	是	是	否	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	否	否
观测值	29238	5425	28913	29219	29003	29003
调整 R ²	0.2963	0.3303	0.1488	0.2869	0.1342	-0.1101

3. 稳健性检验

(1) 关键变量替代。本文借鉴陈运森和黄健峤(2019)^[44]模型衡量企业投资效率,取模型残差值的绝对值表示第 t 年企业投资效率,该指标与企业投资效率反向变化。表 5 第(1)列结果表明,在替代关键变量后,本文研究结论依然成立。

蒋冠宏等(2013)^[40]建立模型(4)对产业多样性进行衡量。其中, y_{jk} 表示产业 i 地区 k 的产出, y_k 表示地区 k 的总产出, y_i 表示产业 i 的全国总产出, y 表示全国所有产业的总产出。

$$div_{ik} = \frac{\sum_{j \neq i} (y_j / (y - y_i))^2}{\sum_{j \neq i} (y_{jk} / (y_k - y_{jk}))^2} \quad (4)$$

古典经济学认为,产品的价值体现在市场中的销售收入,只有经过市场认可并获得销售收入的产品才具有社会认可的价值。故张其仔(2014)^[41]提出产品空间结构主要应该是基于产品(或地区某产品)层面度量地区的整体产业升级程度,因此可以采用某地区生产某产品的价值度量产业技术复杂度。进一步,张其仔(2014)^[41]认为,产业技术复杂性的度量应该结合产品技术含量,与产品的技术含量测定的其他指标有关联,但并不完全相同。因此,本文采用销售收入作为衡量产品价值的指标计算产业 i 地区 k 的产出。本文将模型(4)计算得到的结果,作为衡量产业层面技术复杂性的替代指标。表 5 第(2)列结果表明研究假设成立。

(2) 截取时间段的子样本检验。供给侧结构性改革可以有力推进产业结构优化升级,意味着产业技术快速更新换代。同时,鉴于中央于 2015 年下半年明确提出要推进“供给侧结构性改革”,本文截取区间为 2015—2022 年子样本进行检验。表 5 第(3)列结果表明,研究结论依然成立。

表 5 稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)
	企业投资效率变量替代	产业技术复杂性变量替代	子样本检验
<i>prody</i>	0.0075** (2.40)	0.0006** (2.35)	0.0099** (2.41)
常数项	0.1068*** (8.84)	0.1473*** (19.80)	0.0829*** (5.20)
控制变量	控制	控制	控制
地区/年份固定效应	是	是	是

续表 5

变量	(1)	(2)	(3)
	企业投资效率变量替代	产业技术复杂性变量替代	子样本检验
观测值	17813	31938	16871
调整 R ²	0.0928	0.0787	0.0453

注:限于篇幅,控制变量未列示,备案,下同

4. 异质性检验

产业技术复杂性呈现出丰富的产业位置差异特征。借鉴 Antras 等(2012)^[45]做法,采用上游水平值衡量每个行业并划分为产业前中端、后端两组,进行分组检验。此外,考虑企业产权性质可能导致企业在政策目标、融资约束等方面差异,使得产业技术复杂性对企业投资效率影响不同。

如表 6 所示,产业技术复杂性对产业链前中端企业和国有企业投资效率均在 1% 水平上显著负相关。产业技术复杂性每增加一单位的标准差,会导致企业投资效率相对于其平均值分别减少 3.46 和 3.71%^①。而产业技术复杂性对产业链后端企业和民营企业投资效率的影响并不显著。产业技术复杂性存在位置差异,产业技术在前中端复杂性往往高于后端环节,所涉及产业技术的可分性、系统性更强,跨学科知识在广度和深度上更为突出。前中端产业技术在推广应用中相关知识的学习、分析、模仿、复制等操作的难度较高,而且往往涉及大量私人知识及新知识生产过程,导致企业投资前中端产业技术需要承担大量资金和人员投入,却无法短期获取应有收益,增加了投资成本和投资风险。此外,前中端产业技术投资通常较多用于技术研发创新等,拥有较为完备的技术知识和人才储备,而具有相对后端产业技术投资的企业较为缺少。前中端产业技术投资的企业对产业技术复杂性所需要的相关知识掌握和运用能力往往强于后端产业技术投资的企业,对投资项目的可行性、前景和时机等进行评价的预测能力要求更高。当适应性效应未能发挥作用时,企业盲目的技术投资决策较多,产业技术复杂性增加诱发的过度投资更显著。

产业技术复杂性对于国有企业和民营企业影响差异,主要是由于国有企业融资约束较低和国有资本目标的异化。一方面,国有企业往往获得更多的银行贷款支持、预算软约束和隐性担保,融资约束相对较低,往往对新技术存在投资冲动;另一方面,地方产业转型升级战略等多元化目标可能干扰资本逐利规律,即使在产业转型升级进程中,一些项目投资回报率可能低于融资利率,也会加快加大产业技术投资,国有资本追逐的目标异化为地方多元化目标。在政策目标驱使下,国有企业产业转型升级意愿往往强于民营企业,资本汇集往往也使得国有企业资金相对充足,企业投资的乐观情绪和投资期望较为高涨,更容易产生投资过度,投资效率下降明显。而民营企业出于资金约束和风险考虑往往较多采用产业中成熟技术,投资意愿和能力弱于国有企业,产业技术复杂性对投资效率影响较弱。

表 6 异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	产业链前中端	产业链后端	国有企业	民营企业
<i>prody</i>	0.0203*** (4.11)	0.0010 (0.18)	0.0210*** (3.94)	-0.0059 (-1.18)

① 产业链前中端企业 $absinv_t$ 均值为 0.0525, $prody_{t-1}$ 标准差为 0.0896, 则 $0.0203 \times 0.0896 / 0.0525 = 3.4645\%$; 国有企业 $absinv_t$ 均值为 0.0515, $prody_{t-1}$ 标准差为 0.0911, 则 $0.0210 \times 0.0911 / 0.0515 = 3.7148\%$ 。

续表 6

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	产业链前中端	产业链后端	国有企业	民营企业
常数项	0.1572*** (12.62)	0.1234*** (8.84)	0.0927*** (7.79)	0.1756*** (11.52)
控制变量	控制	控制	控制	控制
地区/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	15330	11140	12448	14735
调整 R ²	0.0737	0.0947	0.0935	0.0750

五、内部适应性效应与外部激励性效应检验

1. 产业技术复杂性、内部适应性效应与企业投资效率检验

为探讨内部适应性效应,模型(2)加入产业技术复杂性和调节变量交互项($prody \times moderator_{i,t-1}$),构建模型(5)。若交互项系数显著,说明调节变量对产业技术复杂性之于企业投资效率具有显著影响。

$$absinv_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 prody_{ind,t-1} + \beta_2 moderator_{i,t-1} + \beta_3 prody \times moderator_{i,t-1} + \sum control + \sum year + \sum pro + \gamma_{i,t} \quad (5)$$

(1)企业技术吸收和储备能力提升产生的适应性效应。企业的研发人员占比越高,说明企业技术知识的学习难度和认知偏差越小,具备吸收和掌握技术知识的能力越强;企业创新绩效越高,则说明企业对于技术知识的创新产出和储备越多。基于此,本文采用研发人员占比、当年授权专利数衡量企业技术吸收和储备能力。如表7第(1)和(2)列所示,研发人员占比、授权专利数的影响均在10%水平上显著正相关,说明反向调节作用显著。企业技术吸收和储备能力增强可以减弱产业技术复杂性对投资效率的负面影响,企业技术吸收和储备能力提升产生的适应性效应成立。

(2)企业技术转化与应用能力增强产生的适应性效应。前文理论分析指出,企业技术转化和应用能力通常可以被视为企业应用新技术实现技术进步,体现为全要素生产率的增长(刘志彪和凌永辉,2020)^[46]。同时,刘伟江等(2019)^[47]认为,全要素生产率能够反映新技术应用能力,故本文采用全要素生产率衡量企业技术应用能力。进一步,本文也选择当年研发费用占营业收入比值测量企业技术转化能力,反映企业将技术研发成功产生现金流的能力。表7第(3)和(4)列结果显示,研发费用占营业收入比值、全要素生产率的影响分别在5%和1%水平上显著正相关,说明反向调节作用显著。企业技术转化和应用能力提升减弱了产业技术复杂性对投资效率的负面影响,企业的技术转化和应用能力增强产生的适应性效应有效。

(3)企业治理机制和信息披露质量改善产生的适应性效应。前文理论分析指出,企业内部系统的适应性激励也主要依赖于企业治理机制的改善和信息披露质量的提高。本文借鉴周茜等(2020)^[48]做法,考虑激励、监督机制和决策权力三方面指标衡量企业治理机制。第(5)列结果显示,企业治理机制的影响在1%水平上显著正相关,说明反向调节作用显著。企业治理机制改善的激励效应成立。为进一步验证企业信息披露质量产生的适应性效应,本文采用分行业的 Jones 模型求得的可操控应计利润 DA 衡量企业信息披露质量。 DA 指数越高,说明信息披露质量越差(即反向指标)。表7第(6)列结果显示, DA 指数的影响在5%水平上显著负相关,说明正向调节作用显著,即信息披露质量反向调节作用显著。企业信息披露质量提高可

以减弱产业技术复杂性对投资效率的负面影响,企业信息披露质量改善产生的适应性效应成立。

综上,假设H₂成立,产业转型升级进程中,企业提升技术吸收和储备能力、增强技术转化与应用能力、改善治理机制和信息披露质量,形成应对产业技术复杂性的内部适应性效应,企业投资效率提高。

表7 企业内部产生的适应性效应检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	技术吸收能力	技术储备能力	技术转化能力	技术应用能力	企业治理机制	信息披露质量
<i>prody</i> × <i>moderator</i>	-0.0007* (-1.82)	-0.0001* (-1.82)	-0.0029** (-2.24)	-0.0092*** (-4.91)	-0.0308*** (-3.47)	0.0783** (2.30)
<i>prody</i>	0.0088 (1.18)	0.0261*** (2.66)	0.0125* (1.96)	0.1452*** (5.17)	0.0091** (2.57)	0.0103*** (2.88)
<i>moderator</i>	0.0006* (1.73)	0.0001** (2.09)	0.0027** (2.37)	-0.0006 (-0.36)	0.0315*** (3.99)	-0.0728** (-2.39)
常数项	0.2597*** (5.43)	0.0665** (2.45)	0.0603 (1.34)	0.0229 (0.88)	0.1329*** (6.91)	0.1257*** (14.99)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
地区/年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	12851	3644	15158	29436	26685	29474
调整 R ²	0.0532	0.0719	0.0493	0.0867	0.0794	0.0772

2. 产业技术复杂性、外部激励性效应与企业投资效率

(1) 资本市场估值溢价产生的激励性效应。本文采用托宾Q值衡量资本市场估值,使用年度多时点均值计算。表8第(1)列结果显示,资本市场估值溢价的影响在1%水平上显著为正,说明负向调节作用显著。资本市场估值溢价可以减弱产业技术复杂性对投资效率的负面影响,资本市场估值的激励性效应成立。资本市场效率是资本市场估值溢价的基础,保证溢价的公允和非泡沫化,产生的激励性效应才有效。借鉴游家兴和吴静(2012)^[49]做法,采用市场股票误定价指标的绝对值衡量误定价的绝对程度。该指标越大,误定价程度越高(即反向指标)。表8第(2)列结果显示,股票误定价的影响在1%水平上显著为负,说明正向调节作用显著。股票误定价程度较低,资本市场溢价效应较为公允可靠,进一步说明资本市场估值溢价存在估值泡沫的可能性较低,激励性效应成立。

(2) 政府科技支持产生的激励性效应。本文采用地方财政科学技术支出与地方财政一般预算支出的比值衡量政府科技支持。表8第(3)列结果显示,省份层面政府科技支持的影响在5%水平上显著为正,说明负向调节作用显著。省份层面政府科技支持可以减弱产业技术复杂性对投资效率的负面影响,省份层面政府科技的激励性效应成立。本文采用企业政府补助项目内有关科技项目的对数值衡量企业内部政府科技支持。第(4)列结果显示,企业层面政府科技支持的影响在1%水平上显著为正,说明负向调节作用显著。企业层面政府科技支持可以减弱产业技术复杂性对投资效率的负面影响,企业层面政府科技支持的激励性效应成立。

综上,假设H₃成立,产业转型升级进程中,企业获得资本市场估值溢价和政府科技支持,形成应对产业技术复杂性的外部激励性效应,企业投资效率提高。

表 8 企业外部产生的激励性效应

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	资本市场估值溢价	股票误定价	省份层面政府科技支持	企业层面政府科技支持
$prody \times moderator$	-0.0078*** (-3.73)	0.0304*** (2.98)	-0.4086** (-2.56)	-0.1640*** (-3.06)
$prody$	0.0257*** (4.15)	-0.0006 (-0.11)	0.0233*** (3.63)	0.0138*** (2.91)
$moderator$	0.0138*** (7.38)	-0.0187** (-2.09)	0.4379*** (2.98)	0.1553*** (3.33)
常数项	0.0234** (2.34)	0.1222*** (13.06)	0.1152*** (11.42)	0.1186** (2.53)
控制变量	控制	控制	控制	控制
地区/年份固定效应	是	是	是	是
观测值	28242	27584	29238	15757
调整 R ²	0.1098	0.0787	0.0779	0.0743

六、结论与建议

1. 研究结论

产业转型升级进程中,产业技术复杂性大幅度增加,新技术替代旧技术带来了企业投资机会。然而,实践中,一些企业适应产业技术复杂性的激励结构尚未构建,存在投资效率下降的情况。本文研究产业技术复杂性对企业投资效率的作用机制、企业内部产生的适应性效应、外部产生的激励性效应。研究发现:转型升级进程中,产业技术复杂性总体上显著负向影响企业投资效率,存在投资过度现象。产业技术复杂性每增加一个单位的标准差,企业投资效率相对于其平均值减少1.56%;产业技术复杂性对产业链前中端企业和国有企业具有显著负向影响。产业技术复杂性每增加1个单位的标准差,企业投资效率相对于其平均值分别减少3.46%和3.71%。而产业技术复杂性对于产业链后端企业和民营企业的影响并不显著。机制检验表明,企业技术吸收和储备能力提升、技术转化与应用能力增强、治理机制和信息披露质量改善,可以形成内部适应性效应;资本市场估值溢价和政府科技支持可以产生外部激励性效应。

2. 政策建议

本文对于产业技术复杂性应对的关键点提出如下政策建议:

第一,利用市场手段推动产业技术复杂性提升,并有针对性地提高相关新技术应用企业的投资回报。新技术应用是产业技术复杂性的主要内容,往往需要通过公募风投基金、大科技平台等创新投资引导、风险分担机制等支持企业技术储备、吸收、转化和应用,并有针对性地提高相关新技术应用企业的投资回报。当前重点是着力构建自主可控、安全高效的产业链供应链。尤其是在一些涉及重大核心技术的重要领域和关键环节,需要发挥政府公募风投基金等市场手段激励、统筹规划和组织协调作用。例如:中国集成电路产业对设备使用和技术门槛有很高的复杂性要求,后发优势明显,产品要达到多功能、高精度、智能化普及、功能性便捷等要求,才能进一步提高产品收益。具体而言,一是政府公募风投基金、大科技平台等引导形成完整的集成电路产业链。产业技术复杂性高的设备使用发生异常的损失往往很大,仅仅依赖私募风投基金等可能还难以满足企业科技资金需求和承担较大不确定风险,需要政府公募基金和大科技平台

建立导向的工艺-设备生态圈联合体协同发展和应用技术,形成完整的集成电路产业链;二是要强化产业链龙头企业的作用。龙头企业具有资源和技术优势,发挥龙头企业作用可以形成协同发展基础上进一步降低技术应用的市场风险;三是有针对性地提高相关新技术应用企业的投资回报。以产业技术复杂性为牵引,通过产品竞争力提升获取市场竞争优势,增加相关新技术应用企业的投资回报。

第二,分类精准施策,有针对性地缓解各类企业面临的技术投资风险。通过混合所有制改革保证国有企业平等市场主体地位,降低民营企业技术创新风险。具体而言,一是着重推动国有企业市场化水平建设使市场化公平主体地位逐步实现,能够更好发挥市场风险承担机制;二是科学决策新技术投资,弱化产业技术复杂性和投资效率关系的负向作用;三是在分类、分层推进方面仍需进一步深化改革,可以进一步区分产业领域、业务特点和企业规模,分类施策、有序推进市场化水平发展;四是在混合所有制改革过程中,赋予发展潜力大和成长性强的民营企业更加重要的竞争地位;五是地方国有资本投资运营公司以投资、并购重组等方式参与资本运作并按市场机制赋予非国有股东参与企业治理,有效降低民营企业应对产业技术复杂性带来的投资风险。此外,需要加大政策支持产业链前中端企业技术发展力度,推动经济价值提高。产业链前中端具有技术门槛高、前期技术应用风险大和后期价值增长大的特点,产业技术应用的效率提升仅仅依靠市场力量存在不足。这就需要前期政府扶持、保护和引导推动^①,企业投资效率的改善才可以更易于实现。产业链前中端技术发展不但要通过政策保护、风险分担机制等支持高技术企业技术创新及产业化,还要通过提高相关企业的投资回报。比如建立适度高于产业链后端企业的工资增长激励机制、建立产业链前中端企业人力资本流动的社会保障制度等改善企业内外部环境。而产业链后端企业则需要较多发挥市场竞争机制形成的适应性激励的基础性作用,通过市场机制倒逼企业建立适应性激励系统,应对产业技术复杂性的大幅度增加。

第三,为适应产业技术复杂性,企业内部应积极主动推进适应性激励措施。具体而言,一是企业要重视技术吸收和储备能力,增加研发人员储备和提高创新绩效。企业要重视将创新资源转化为创新产出的动态能力,将创新资源与内部组织流程进行协调整合以更新运营惯例。企业克服原有的组织惯性,重点在于培育组织学习、吸收、储备知识的能力,建立先进灵活的管理体制以激发创新动能,比如建立适度高于其他企业的工资增长激励机制、建立相关新技术应用企业人力资本流动的企业和社会保障制度等;二是企业要提高技术转化和应用能力,推进企业技术进步,获取更多经济收益。企业通过对人、资金等的动员和组织,激活技术资源储备,在动态多变的环境中建立技术壁垒,改进既有技术以及生产新技术产品,降低技术应用成本和提高产品效率;三是科学配置企业治理中的监督力量,优化激励措施。就监督内容而言,强化单层制下董事会监督职能和优化双层制下监事会制度,科学配置监督力量。就激励内容而言,将董事、监事、高管选聘、考核、奖惩、薪酬、股权与技术创新评价和新技术投资效率结合起来,并通过开展专业技术培训及积极引进领域内高端知识型和管理型复合人才的方式,提高董事、监事、高管素质及专业技术水平;四是提高信息披露质量,抑制代理问题。构建高水平的信息披露系统,及时、准确、完整地披露企业的真实信息,从企业内部和外部抑制高管和控股大股东过度投资行为。

第四,结合产业技术复杂性的推广应用,积极推动奖励性激励措施。具体而言,一是发挥资本市场估值的奖励性效应。提升资本市场的定价效率能够有效地缓解上市公司的估值泡沫现象,更

^① 5G、云计算以及汽车电子等新兴领域的崛起对先进工艺集成电路产品提出和产生了巨大功能要求和需求,集成电路产业等和软件产业等信息产业成为新一轮产业升级的核心,技术复杂性日益增加。纵观国际集成电路产业的发展可以看出主流厂商保持竞争力的主要手段是:保持创新能力、持续大比例研发投入、择机外延并购以及全球范围整合优质资源,这些手段往往需要发挥政府统筹规划、政策激励和组织协调作用。

客观反映新技术应用的未来前景和价值增长。发挥资本市场估值的奖励性效应,引导资源优化流入具有技术能力和内部治理优势的企业,从而实现资本市场服务产业转型升级。资本市场估值效应的发挥需要资本市场公允的定价效率,具体考虑在大股东减持、退市制度、管理层信托责任制度、中小投资者利益保护制度、以信息披露为核心的注册制等制度的完善,加大上市公司违规行为的科技监管力度,促进市场的优化和调整,为资本市场奖励性效应提供带来公平的科技金融环境;二是发挥政府科技支持奖励性效应。加大政府科技支持力度,建立完善多层次、多元化、多渠道的科技支持体系,促进政府科技支持与市场导向的技术需求对接。发挥政府科技支持的奖励性效应,降低企业新技术吸收、应用等风险,促进区域内企业技术能力和效率提升。比如针对产业链前中端具有技术门槛高、前期技术应用风险大和后期价值增长大的特点,产业技术应用的效率提升仅仅依靠市场力量存在不足。比如,云计算以及汽车电子等新兴领域的崛起对先进工艺集成电路产品提出和产生了巨大功能要求和需求,集成电路产业等和软件产业等信息产业成为新一轮产业升级的核心,技术复杂性日益增加。纵观国际集成电路产业的发展可以看出主流厂商保持竞争力的主要手段是:保持创新能力、持续大比例研发投入、择机外延并购以及全球范围整合优质资源,这些手段往往需要发挥政府统筹规划、政策激励和组织协调作用,企业投资效率的改善才可以更易于实现。

参考文献

- [1] Costinot, A. On the Origins of Comparative Advantage[J]. *Journal of International Economics*, 2009, 77, (2): 255-264.
- [2] 刘剑民, 夏琴, 徐玉德, 侯晓晨. 产业技术复杂性、政府补助与企业绿色技术创新激励[J]. 天津: 南开管理评论, 2024, (2): 94-105.
- [3] Segal, G., I. Shaliastovich, and A. Yaron. Good and Bad Uncertainty: Macroeconomic and Financial Market Implications[J]. *Journal of Financial Economics*, 2015, 117, (2): 369-397.
- [4] 吴璇, 田高良, 司毅, 于忠泊. 网络舆情管理与股票流动性[J]. 天津: 管理科学, 2017, (6): 51-64.
- [5] 祝树金, 汤超. 企业上市对出口产品质量升级的影响——基于中国制造业企业的实证研究[J]. 北京: 中国工业经济, 2020, (2): 117-135, 1-8.
- [6] 周骊华, 万国华. 电子商务对制造企业供应链绩效的影响: 基于信息整合视角的实证研究[J]. 北京: 管理评论, 2017, (1): 199-210.
- [7] Khurana, A. Managing Complex Production Processes[J]. *Sloan Management Review*, 1999, 40, (2): 85-97.
- [8] 何荣天. 产业技术进步论[M]. 北京: 经济科学出版社, 2000.
- [9] Mewes, L., and T. Broekel. Technological Complexity and Economic Growth of Regions[J]. *Research Policy*, 2022, 51, (8): 20-49.
- [10] 安苑, 王珺. 财政行为波动影响产业结构升级了吗? ——基于产业技术复杂度的考察[J]. 北京: 管理世界, 2012, (9): 19-35, 187.
- [11] 周茂, 陆毅, 杜艳, 姚星. 开发区设立与地区制造业升级[J]. 北京: 中国工业经济, 2018, (3): 62-79.
- [12] 马双, 曾刚, 张翼鸥. 技术关联性、复杂性与区域多样化——来自中国地级市的证据[J]. 北京: 地理研究, 2020, (4): 865-879.
- [13] 吴彤, 胡晨. 论技术复杂性[J]. 北京: 科学学研究, 2003, (2): 126-130.
- [14] Hobday, M. Product Complexity, Innovation and Industrial Organisation[J]. *Research Policy*, 1998, 26, (6): 689-710.
- [15] 余泳泽, 张少辉, 杜运苏. 地方经济增长目标约束与制造业出口技术复杂度[J]. 北京: 世界经济, 2019, (10): 120-142.
- [16] 侯晓晨, 徐玉德. 产业技术复杂性与企业家技术创新行为[J]. 太原: 山西财经大学学报, 2024, (2): 54-67.
- [17] 万良勇. 法治环境与企业投资效率——基于中国上市公司的实证研究[J]. 北京: 金融研究, 2013, (12): 154-166.
- [18] 钱雪松, 方胜. 《物权法》出台、融资约束与民营企业投资效率——基于双重差分法的经验分析[J]. 北京: 经济学(季刊), 2021, 21, (2): 713-732.
- [19] 王雄元, 徐晶. 放松市场准入管制提高了企业投资效率吗? ——基于“市场准入负面清单”试点的准自然实验[J]. 北京: 金融研究, 2022, (9): 169-187.
- [20] 陈熠辉, 蔡庆丰, 王瑶. 开发区建设改善了企业的投资效率吗——基于国家级和省级开发区的对比分析[J]. 北京: 会计研

究,2023,(7):72-86.

[21]张新民,张婷婷,陈德球.产业政策、融资约束与企业投资效率[J].北京:会计研究,2017,(4):12-18,95.

[22]刘慧,蔡建红.“竞争友好型”产业政策更有利于企业投资效率提升吗——基于公平竞争审查制度的准自然实验[J].北京:财贸经济,2022,(9):101-116.

[23]王化成,李雪晨,李海彤.数字创新与企业投资效率——基于专利文本分析的证据[J].北京:会计研究,2023,(7):55-71.

[24]徐业坤,马光源.地方官员变更与企业产能过剩[J].北京:经济研究,2019,(5):129-145.

[25]刘淑春,闫津臣,张思雪,林汉川.企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J].北京:管理世界,2021,(5):170-190,13.

[26]辛宇,宋沛欣,徐莉萍,滕飞.经营投资问责与国有企业规范化运作——基于高管违规视角的经验证据[J].北京:管理世界,2022,(12):199-221.

[27]申慧慧,于鹏,吴联生.国有股权、环境不确定性与投资效率[J].北京:经济研究,2012,(7):113-126.

[28]Broekhuizen, T.L.J., M.Broekhuis, and M.J.Gijsenberg, et al.Introduction To the Special Issue-Digital Business Models: A Multi-Disciplinary and Multi-Stakeholder Perspective[J].Journal of Business Research, 2021, 122:847-852.

[29]喻国明.互联网是高维媒介:一种社会传播构造的全新范式——关于现阶段传媒发展若干理论与实践问题的辨正[J].上海:编辑学刊,2015,(4):6-12.

[30]Li, D., M.Huang, and S.G.Ren, et al.Environmental Legitimacy, Green Innovation and Corporate Carbon Disclosure: Evidence from CDP China 100[J].Journal of Business Ethics, 2018, 150,(4):1089-1104.

[31]李姝,田马飞,孙红艳.“未雨绸缪”何以“过冬”:通货膨胀预期与企业技术创新[J].北京:经济管理,2022,(3):39-54.

[32]孙忠娟,范合君,李纪珍.何种创新政策更有效?——基于企业规模的异质性分析[J].北京:经济管理,2022,(2):73-87.

[33]Ebers, M., and I.Maurer.Connections Count: How Relational Embeddedness and Relational Empowerment Foster Absorptive Capacity[J].Research Policy, 2014, 43,(2):318-332.

[34]Markard, J., S.Wirth, and B.Truffer.Institutional Dynamics and Technology Legitimacy-A Framework and a Case Study on Biogas Technology[J].Research Policy, 2016, 45,(1):330-344.

[35]Teecce, D.J., G.Pisan, and A.Shuen.Dynamic Capabilities and Strategic Management[J].Strategic Management Journal, 1997, 18,(7):509-533.

[36]Rodrik, D.What's So Special about China's Exports?[J].China and World Economy, 2006, 14,(5):1-19.

[37]赵振洋,王雨婷,陈佳宁.非行政处罚性监管与企业投资效率——基于交易所问询函的经验证据[J].天津:南开经济研究,2022,(5):181-200.

[38]Eriksson, B.K., A.Rubach, and H.Hillebrand.Biotic Habitat Complexity Controls Species Diversity and Nutrient Effects on Net Biomass Production[J].Ecology, 2006, 87,(1):246-254.

[39]Zenner, E.K.Does Old-Growth Condition Imply High Live-Tree Structural Complexity?[J].Forest Ecology and Management, 2004, 195,(1-2):243-258.

[40]蒋冠宏,蒋殿春,王晓尧.契约执行效率与省区产业增长:来自中国的证据[J].北京:世界经济,2013,(9):49-68.

[41]张其仔.中国能否成功地实现雁阵式产业升级[J].北京:中国工业经济,2014,(6):18-30.

[42]Jesus, F., K.Utsav, and A.Arnelyn.How Rich Countries Became Rich and Why Poor Countries Remain Poor: It's the Economic Structure ...Duh![R].Bard College Levy Economics Institute Working Paper, 2010.

[43]沈能,周晶晶.技术异质性视角下的我国绿色创新效率及关键因素作用机制研究:基于 Hybrid DEA 和结构化方程模型[J].杭州:管理工程学报,2018,(4):46-53.

[44]陈运森,黄健翀.股票市场开放与企业投资效率——基于“沪港通”的准自然实验[J].北京:金融研究,2019,(8):151-170.

[45]Antras, P., D.Chor, and T.Fally, et al.Measuring the Upstreamness of Production and Trade Flows[J].American Economic Review, 2012, 102,(3):412-416.

[46]刘志彪,凌永辉.结构转换、全要素生产率与高质量发展[J].北京:管理世界,2020,(7):15-29.

[47]刘伟江,孙聪,赵敏慧.全要素生产率视角下创业企业发展路径研究[J].北京:科学学研究,2019,(7):1286-1294.

[48]周茜,许晓芳,陆正飞.去杠杆,究竟谁更积极与稳妥?[J].北京:管理世界,2020,(8):127-148.

[49]游家兴,吴静.沉默的螺旋:媒体情绪与资产误定价[J].北京:经济研究,2012,(7):141-152.

Can Industrial Technological Complexity Improve Enterprise Investment Efficiency?

LIU Jian-min¹, HOU Xiao-chen², XU Yu-de²

(1.School of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang, Jiangxi, 330031, China;

2.Researcher of China Academy of financial Sciences, Beijing, 100142, China)

Abstract: China's industrial upgrading has led to a significant increase in industrial technological complexity, which contains huge opportunities for technology investment. In practice, some enterprises have the situation of declining investment efficiency. In recent years, The Glass Elevator and other institutions have found that more than half of Chinese enterprises are trying to cope with the challenge of greatly increasing technological complexity, and the primary concern of Chinese enterprises is the possible reduction of investment efficiency caused by technological complexity. In the process of industrial transformation and upgrading, the existing capacity and resources of enterprises can not cope with the increase of industrial technological complexity, and the incentive structure of enterprises to adapt to industrial technological complexity has not been constructed. These are the key problems for enterprises to cope with the opportunities and challenges brought by the large increase of industrial technological complexity, and also the realistic problems in China's industrial upgrading, which have not attracted enough attention from the academic community so far.

This paper attempts to provide a theoretical analysis framework and an empirical test for the reasons and improvement measures of declining investment efficiency caused by industrial technological complexity. Based on the analysis of industrial technology evolution, industrial technological complexity shows the characteristics of nonlinearity, unpredictability, divisible and systematization, which leads to the insufficiency of enterprise technology absorption and reserve capacity, technology transformation insufficiency and application ability, and the imperfection of internal governance, which distorts enterprise investment decisions and may reduce enterprise investment efficiency.

The results show that: In the process of transformation and upgrading, industrial technological complexity has a significant negative impact on enterprise investment efficiency on the whole, and there is over-investment. Among them, industrial technological complexity has a significant negative impact on state-owned enterprises and enterprises at the front and middle end of the industrial chain, while industrial technology complexity has no significant impact on private enterprises and the back-end enterprises of the industrial chain. Mechanism test shows that, enterprise's technology absorption and reserve ability is enhanced, the technology transformation and application ability is enhanced, and the quality of governance mechanism and information disclosure is improved, the enterprise can form an internal adaptability effect to the industrial technology complexity. Therefore, enterprises dealing with the complexity of industrial technology can form a capital market valuation premium, obtain government scientific and technological support, and produce an external reward effect.

The following suggestions are put forward: on the one hand, it is necessary to adopt precise and classified policies to alleviate the technology investment risks faced by various enterprises. On the other hand, it is necessary to take multiple steps and coordinate efforts to promote the enterprise internal adaptive incentive and external reward measures.

First, this paper studies for the first time the mechanism of industrial technological complexity on investment efficiency of micro enterprises. Second, this paper takes the lead in studying the influence mechanism of the internal adaptive incentive effect and the external reward effect on the enterprise investment efficiency of industrial technology complexity. Third, this paper discusses and enriches the different policy implications of enterprises' new technology investment practice in the process of industrial upgrading.

There are differences in the technological complexity of different industrial locations (front-end, mid-end, back-end) and different industrial categories, and their influence mechanisms on specific investment project are different. Relevant research is the main content of the next research. In addition, there is a coordinate and mismatch between the combinations of related industrial technologies, and future research needs to consider how to coordinate industrial technology chain.

Key Words: industrial technological complexity; the process of transformation and upgrading; enterprise investment efficiency; adaptive effect; incentive effect

JEL Classification: G31, O16, O33

DOI: 10.19616/j.cnki.bmj.2024.09.010

(责任编辑:张任之)