

# 数据要素如何影响企业技术复杂度?

张 帅, 李长英

(山东大学 经济学院, 山东 济南 250100)

**摘 要:**作为数字时代的战略性资产,数据要素是我国提升企业技术复杂度、破解关键核心技术瓶颈、实现由“科技大国”向“科技强国”转变的关键。文章利用我国 2010—2023 年上市公司数据,考察了数据要素对企业技术复杂度的影响。实证结果表明:数据要素能够提高企业技术复杂度;数据要素能通过促进企业开放式创新、缓解企业融资约束和降低企业创新不确定性,从而影响企业技术复杂度;相比于交易型数据要素,自用型数据要素对企业技术复杂度的提升效应更明显;数据要素市场能够释放交易型数据要素的价值,数据要素市场发展程度越高,交易型数据要素对企业技术复杂度的影响越大。此外,创新基础、外部压力和制度保障是数据要素提升企业技术复杂度的重要条件。只有在企业专利存量较高、行业市场竞争较激烈、地区知识产权保护较好时,数据要素才能提高企业技术复杂度;若缺乏上述条件,数据要素则会促使企业追求低质量的创新数量增长。文章的研究结论对完善数据要素发展政策、释放数据要素潜能和激励企业开展复杂技术创新具有重要启示。

**关键词:**数据要素;企业技术复杂度;开放式创新;融资约束;创新不确定性

**中图分类号:**F270 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2026)06-0019-15

**DOI:** 10.16538/j.cnki.jfe.20260416.301

## 一、引 言

随着技术的快速发展,知识型经济模式已经逐渐取代了传统资源型经济模式,国际竞争也因此而主要表现为科技竞争(吴超鹏和严泽浩, 2023)。近年来,我国相继攻克了航天技术、高速铁路、5G 通信等关键核心技术领域,但在高端制造、生物医药等领域仍受制于人(郑世林等, 2024)。为此,党的二十届三中全会提出要“强化基础研究领域、交叉前沿领域、重点领域前瞻性、引领性布局”“统筹强化关键核心技术攻关”。关键核心技术往往需要整合多学科的知识体系,由此具有高度复杂性和交叉性特征的复杂技术成为了我国打赢关键核心技术攻坚战的核心。但复杂技术研发的技术门槛高、研发投入大、风险高(卞元超和白俊红, 2024),因此企业往往不愿进行高质量的复杂技术研发,倾向于选择技术门槛低的简单和低端技术。2024 年的统计数据显示,我国研发经费投入总量达到 36130 亿元(全球第二),<sup>①</sup>PCT 国际专利申请量达到 70160 件(全球第一),<sup>②</sup>但全球创新指数仅排在第 11 位,<sup>③</sup>这表明我国仍面临“大而不强”的科技创新

收稿日期:2025-09-22

基金项目:国家社会科学基金重点项目(23AJY006)

作者简介:张 帅(1996—)(通讯作者),男,河南驻马店人,山东大学经济学院博士研究生;

李长英(1966—),男,山东无棣人,山东大学经济学院教授,博士生导师。

① 数据来自国家统计局。

② 数据来自世界知识产权组织 2024 年全球知识产权申报统计数据。

③ 数据来自世界知识产权组织《2024 年全球创新指数》。

困境。这种创新规模与创新质量的失衡不仅会导致创新低效率和资源浪费,还会使产业面临“中低端锁定”的风险,降低抵御外部技术封锁的能力。为实现经济高质量发展,亟需企业进行更多复杂技术研发。作为数字经济时代的核心引擎,数据要素能够重塑企业创新资源配置模式、缓解复杂技术研发的信息壁垒与风险约束,是我国破解科技创新困境的关键抓手。在大数据蓬勃发展的数字时代,研究数据要素如何影响企业技术复杂度,对破解关键核心技术,推动我国由“科技大国”向“科技强国”转变,实现经济高质量发展具有重要的现实意义。

在创新经济学领域,技术复杂度衡量的是技术创新过程中所涉及知识的复杂性、多元性和交叉性(Mewes 和 Broekel, 2022),强调技术本身的知识结构和知识密集度。相比于简单的低端技术,复杂技术的知识密集度和技术门槛更高,不易被模仿,因此能帮助企业建立更大的竞争优势(卞元超和白俊红, 2024)。然而,目前较少有文献关注技术复杂度。卞元超和白俊红(2022)的研究发现,出口贸易政策不确定性下降会提高本土企业的市场需求规模和国内行业资源的配置效率,从而提高企业技术复杂度;全国统一大市场建设能够提高地区的技术多样化水平,进而提升企业技术复杂度(卞元超和白俊红, 2024)。并且这种技术复杂度的提高最终能够促进区域经济增长(Mewes 和 Broekel, 2022)。

随着移动互联网、云计算、人工智能、机器学习等新一代信息技术的发展,数据已经成为了重要的战略性资源。早在 2014 年,我国就已将大数据写入政府工作报告。2020 年 4 月,中共中央 国务院发布《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》,数据被明确为与土地、劳动力、资本、技术并列的五大生产要素之一。2021 年 12 月国务院发布的《“十四五”数字经济发展规划》更是明确提出:“数据要素是数字经济深化发展的核心引擎”。2026 年 3 月公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》也强调:“把握数字化、网络化、智能化发展大势,充分发挥我国数据资源丰富、产业体系完备、应用场景广阔优势,激活数据要素潜能”。作为新型生产要素,数据已融入了生产、流通、消费等各个环节,数据要素价值不断释放。那么,数据要素会如何影响企业技术复杂度呢?本文利用 2010—2023 年我国上市公司数据,以文本分析法测度企业数据要素,以知识宽度法测度企业技术复杂度,采用固定效应模型实证研究了数据要素对企业技术复杂度的影响效应和作用机制。研究结果表明:数据要素显著提高了企业的技术复杂度,其机制在于促进了企业的开放式创新、缓解了企业融资约束和降低了企业创新不确定性。自用型数据要素能够显著提升企业技术复杂度,而交易型数据要素的影响不显著。但随着数据要素市场发展程度的提高,交易型数据要素会对企业技术复杂度产生更明显的影响。创新基础、外部压力和制度保障是数据要素提升企业技术复杂度的重要前提。只有在企业的发明专利存量较高、行业市场竞争较激烈、地区知识产权保护较好时,数据要素才能提高企业技术复杂度;反之,数据要素则不会影响企业技术复杂度,只能提高企业的创新数量。

本文可能的边际贡献有以下几点:第一,丰富了数据要素和企业创新相关领域的文献。复杂技术是我国打赢关键核心技术攻坚战的核心。作为数字经济时代的新型生产要素,数据能够为企业复杂技术研发提供多元化的知识和信息。已有文献虽然研究了数据要素和企业创新的关系,但其研究视角主要集中在创新投入、专利产出或绿色创新层面(李健等, 2023; 陈丽莉等, 2024; 王柯丹等, 2024),鲜有文献研究数据要素对企业技术复杂度的影响。本文研究表明,数据要素能够促进企业开放式创新、缓解企业融资约束、降低企业创新不确定性,从而提高企业技术复杂度,补充了相关文献。第二,从数据要素市场的视角揭示了交易型数据要素提升企业技术复杂度的条件。借鉴何瑛等(2024)的做法,本文将数据要素划分为自用型数据要素和交易型数据要素两种类型,研究发现数据要素对企业技术复杂度的提升效应主要体现在自用型数据要

素,而非交易型数据要素。但数据要素市场会释放交易型数据要素的潜能,当数据要素市场发展程度更高时,交易型数据要素对企业技术复杂度的促进效应也会更高,这一发现有力回应了以往文献关于数据要素市场促进企业创新的结论(赵放等, 2024; 郑国强等, 2024)。第三,从创新基础、外部压力和制度保障三个视角探寻了数据要素提升企业技术复杂度的边界,为政府精准制定数据要素发展政策、助力企业挖掘数据要素价值提供了参考。本文研究发现,只有在创新基础好、外部压力大和制度保障较完善的情况下,数据要素才能提升企业技术复杂度;反之,企业会转而追求创新数量的增长,该结论为企业和政府更好地释放数据要素潜能、提高技术复杂度提供了启示。

## 二、理论分析与研究假设

创新是利用已有知识和信息,产生新的知识和信息,并揭示事物本质和客观规律的过程(Aghion 和 Jaravel, 2015)。数据是关于事物状态、特征、关系等信息的记录,是知识和信息的重要载体(张叶青等, 2021; 游家兴和苏三妹, 2024)。在数字时代,数据驱动创新已经成为科学研究的主要范式,企业能够通过算法和深度学习等数字技术探索海量数据内部的数据关系,从而发现数据关系背后隐藏的物理规律,实现高质量创新(江小涓等, 2024)。例如在生物医学领域,大量的基因序列、蛋白质结构、临床病例等数据为研究人员探索疾病机理、开发新药物提供了基础。通过多领域的数据交互与融合,企业能够整合不同领域的知识和信息,从而发现新的知识关联和创新点。因此,数据要素为企业进行跨领域、多元化的复杂技术研发提供了丰富的“原材料”。本文将从开放式创新、融资约束和创新不确定性三个角度分析数据要素影响企业技术复杂度的机理。

### (一)促进开放式创新

技术复杂度本质上体现为技术构成的多元性和知识领域的跨界性,因此复杂技术研发需要多元的知识交互和长期的资源投入。在封闭创新模式下,企业受限于内部知识存量、研发资源与技术路径依赖,难以持续进行复杂技术的研发。通过开放式创新,一方面企业能够整合高校、科研机构、供应商、客户乃至竞争对手的异质性知识,获得超越组织边界的知识和资源,实现基础研究、应用研究与产业化技术的对接,弥补内部技术短板,拓宽技术组合空间,为复杂技术研发提供多元化的知识供给;另一方面企业能够和其他创新主体共同投入资金、人才、设备等创新资源,从而有能力开展超出自身资源承载力的复杂技术研发(杨震宁等, 2021)。可见,开放式创新是企业提升技术复杂度的重要手段。

数据要素能够提高企业开放式创新的收益,促进开放式创新。第一,数据具有无限次复用和融合的特点,同一组数据和不同数据的融合能形成不同的数据关系,可帮助企业发现更多的物理规律。由于异质性企业持有的数据要素隐含着差异性和互补性的信息,通过开放式创新能够实现不同企业间的数据和信息交互融通,产生叠加和倍增效应(江小涓等, 2024)。第二,数据要素能够提高企业协同创新的效率。Akcigit 和 Liu(2016)构建了一个“赢者通吃”的动态博弈模型,结果发现,若缺乏信息共享,企业会互相隐藏创新失败的信息,从而导致竞争性企业要么在高失败风险的创新项目上进行非必要的重复投入,要么放弃创新造成时间和资源的浪费。而数据要素能使企业通过数据共享和合作研发提高创新效率,避免效率损失(徐翔等, 2021)。据此,本文提出如下假说:

H1: 数据要素能够促进企业开放式创新,进而提高企业技术复杂度。

## （二）缓解企业融资约束

创新是一项高风险、高投入的资源依赖型经济活动(冀云阳等, 2023), 从前期的研发团队组建、研发设备购买和实验场地建设, 到后期的技术市场化推广, 每个创新环节都需要大量资金投入。因此, 充足且稳定的资金是企业开展技术创新活动的关键(Brown 和 Petersen, 2011)。相比于普通技术研发, 复杂技术研发的研发周期更长, 资源投入和研发风险更大, 因此其高度依赖持续稳定的资金支持。强大的融资能力能够为企业引进高端人才、购置研发设备、开展长期试验与跨领域知识整合提供资金保障, 使企业有能力承担高投入、高风险的复杂技术研发活动。同时, 稳定的资金支持有助于企业加大基础研究与前沿技术布局, 推动技术从单点突破向多领域融合方向升级, 从而显著提升技术复杂度。

数据要素能够作为企业向金融机构融资的质押品, 同时通过信号传递效应降低银企之间的信息不对称, 进而缓解企业融资约束。第一, 银行信贷是企业外部融资的主要渠道(Amore 等, 2013), 但银行往往偏好于企业缺乏的高价值有形质押物, 导致企业融资困难(孙薇和叶初升, 2023)。不同于以往传统无形资产的高专用性, 数据要素具有更强的通用性, 能够作为信贷质押物向银行贷款(何瑛等, 2024), 这为企业(尤其是那些拥有大量数据要素但缺乏传统质押物的科技型企业)开辟了新的融资渠道。例如, 罗克佳华科技集团股份有限公司将持有的环境大气质量监测等数据作为质押物, 于 2022 年 10 月 12 日从北京银行城市副中心分行获得了 1000 万元贷款。<sup>①</sup>第二, 数据要素是数字经济时代的重要战略性资产, 企业持有的数据要素越多, 则说明其在数据管理、技术创新和市场竞争能力方面的潜力越大。此外, 数据要素还可以向外界传递企业的经营状况、财务健康度以及未来发展前景等信息, 从而增强外部金融机构对企业未来发展的信心, 减少因信息不对称导致的融资障碍(何瑛等, 2024)。基于此, 本文提出如下假设:

H2: 数据要素能够缓解企业融资约束, 进而提高企业技术复杂度。

## （三）降低企业创新不确定性

创新具有难以预知的不确定性, 且这种不确定性并非均匀分布的, 因此, 即使在初期项目评估阶段的预期收益率很高, 项目最终也可能会走向失败(Hall 和 Rosenberg, 2010), 对于复杂技术来说更是如此。若进行复杂技术研发的风险和不确定性过高, 出于对资金损失的担忧, 企业即使拥有充足的资源, 也不会将之投入创新活动。例如, Tsuboi(2020)的研究发现, 创新不确定性的提升会导致资源在不同部门间的重新分配, 企业会减少研发投入, 而将资源转向最终商品生产部门。若数据要素能够降低企业创新不确定性, 不仅会提升企业的资源使用效率与投入可持续性, 还能够帮助企业形成稳定的研发预期, 鼓励企业将资源配置到周期更长、难度更高、结构更复杂的研发项目中, 最终提升企业技术复杂度。

数据本质上就是信息, 而信息可以减少认知偏差(江小涓等, 2024), 降低企业创新过程中的不确定性和失败风险(张叶青等, 2021)。第一, 数据要素能够降低研发阶段的不确定性。技术演进具有多种路径, 但由于物理原理与工程实现的转化过程存在多重理论盲区, 企业难以预知自己选择的技术路径是否为“死胡同”, 因此在研发过程中会面临技术不确定性。数据要素能够提高企业的分析和预测能力(张叶青等, 2021), 帮助企业预测最优的生产技术(徐翔等, 2021), 减少研发过程中的试错成本(Akcigit 和 Liu, 2016)。第二, 数据要素能够降低技术成果在商业转化阶段的不确定性。由于市场需求、消费者偏好、竞争对手行为等因素的不可预测性, 即使技术研发本身是成功的, 其在实际应用中的有效性和市场接受度也面临挑战。企业能够基于买家特征、流量图像、用户评论、点击数据以及其他经济活动的的数据要素, 利用数字技术预测市场偏好

<sup>①</sup> 资料来自: <https://data.beijing.gov.cn/publish/bjdata/yscg/jrfw/82eeb0926e0541b7a08369a4edebfedd.htm>。

和趋势,精确识别目标客户(徐翔等, 2021; Farboodi 和 Veldkamp, 2022),提高企业技术成果的商业转化成功率。基于此,本文提出如下假说:

H3: 数据要素能够降低企业创新不确定性,进而提高企业技术复杂度。

### 三、研究设计

#### (一)样本和数据说明

本文的研究样本是我国 2010—2023 年的上市公司。<sup>①</sup>其中,专利数据取自中国研究数据服务平台(CNRDS),财务数据取自国泰安数据库(CSMAR)。本文对初始数据进行了处理:(1)删除 ST、\*ST 类企业样本;(2)删除金融行业样本;(3)删除主要变量缺失的样本;(4)对连续变量进行上下 1% 的缩尾处理。最终样本包括 45331 个企业—年份观测值。

#### (二)变量定义

1.被解释变量:企业技术复杂度。借鉴张杰和郑文平(2018)、卞元超和白俊红(2024)的做法,本文以知识宽度法测度企业技术复杂度。知识宽度越大,说明专利在大组层面的专利分类号差异越大,涉及的技术领域越广,因此技术复杂度也就越高(张杰和郑文平, 2018)。具体而言,专利  $j$  的技术复杂度计算公式为:

$$TC_j = 1 - \sum \alpha^2 \quad (1)$$

其中,  $\alpha$  表示专利分类号中各大组分类的比值。我们在企业—年份层面计算专利知识宽度的均值( $TC\_mean$ ),并以其衡量企业技术复杂度。此外,由于市场需求的多样性,企业的研发活动会随之呈现出差异化特征,低质量、低复杂度的专利可能只是企业现实需要的反映,并不能代表企业真实的创新水平,企业技术创新能力的“天花板”更值得关注(高超和刘灿雷, 2022)。因此,我们以企业—年份层面专利知识宽度的最大值( $TC\_max$ )来测度企业的技术复杂度。

2.核心解释变量:数据要素。由于我国推行数据资产入表的时间较短且进展缓慢,<sup>②</sup>因此目前还难以直接从企业财务报表中获取数据要素信息,学术界主要通过以下两种方法间接测度企业数据要素:一是将数据要素视为企业的一项特殊资产,使用现成的财务指标倒推企业数据要素,如路征等(2023)以企业市场价值减去固定资产、金融资产、无形资产后的差额衡量企业数据要素。该方法计算较为容易,但是指标噪声过大,难以真实反映企业的数据要素状况(何瑛等, 2024)。二是使用文本分析法,通过构造数据要素相关词汇而提取和统计企业年报中的相关关键词数量(何瑛等, 2024; 戴魁早等, 2024; 赵丽和胡植尧, 2024)。相比于财务数据倒推法,文本分析法的噪声较小,能更直观地反映企业数据要素的信息(何瑛等, 2024)。因此,我们利用文本分析法测算企业数据要素。首先,利用何瑛等(2024)的做法,构建数据要素词典;其次,爬取上市公司年报,并将其转换为文本文件;最后,将数据要素相关关键词和年报文本进行匹配,统计文本中出现的数据要素相关关键词总词频,并将其加 1 后取对数来衡量企业的数据要素水平。

<sup>①</sup> 2005 年《国务院关于加快电子商务发展的若干意见》发布,标志着以电子商务为代表的数字经济发展成为了国家战略的重要组成部分;2007 年《电子商务发展“十一五”规划》发布,将电子商务服务业确定为国家重要的新兴产业;2009 年以社交网站为基础的虚拟社区游戏迅速升温,“微博”上线,且通过即时分享的强大优势迅速传播;2012 年中国手机网民规模达到 4.2 亿,使用手机上网的网民首次超过台式电脑,中国数字经济发展进入新阶段(以上资料来自中华人民共和国国家互联网信息办公室于 2020 年 1 月 19 日发布的《图解中国数字经济发展之路》)。可见,我国的数字经济在 2008 年前后开始迅速发展。考虑到数据要素是数字经济发展的直接产物,同时为规避 2008 年国际金融危机影响,我们将样本起始年份定为 2010 年。

<sup>②</sup> 为规范企业数据资源相关会计处理,财政部会计司于 2023 年 8 月 1 日发布《企业数据资源相关会计处理暂行规定》,并自 2024 年 1 月起开始施行。东方财富 Choice 金融终端统计数据显示,仅有 44 家上市公司在 2024 年半年报的主表中披露了数据资源,占比不足上市公司数量的 1%。

3.控制变量。本文控制了以下可能会影响企业技术复杂度的变量：企业年龄(*Age*)为观测年份减去企业成立年份加 1 后取对数；资本密度(*KI*)为固定资产和员工人数的比值加 1 后取对数；企业规模(*Size*)为员工人数的对数值；资产负债率(*Lev*)为负债总额占资产总额的比值；资本性支出比例(*Capex*)为资本支出与资产总额之比；现金流(*Cash*)为经营活动现金流量净额占资产总额的比例；总资产净利润率(*Roa*)为净利润和资产总额之比；固定资产比例(*Fixed*)为固定资产占资产总额的比值；股权集中度(*Shrcr*)为前十大股东的持股比例；政府补贴强度(*Subs*)为政府补助额占资产总额的比例；地区数字基础设施建设水平(*Digital\_infra*)为地区各年度人均互联网宽带接入端口数。

### (三)模型设定

为检验数据要素对企业技术复杂度的影响，本文设定模型如下：

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Data_{it} + \delta X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中，*i*、*t* 分别表示企业和年份；*Y<sub>it</sub>* 为被解释变量，代表企业技术复杂度，包括 *TC\_mean* 和 *TC\_max* 两种测度指标；*Data<sub>it</sub>* 为核心解释变量，代表企业的数据要素；*X<sub>it</sub>* 为控制变量；*μ<sub>i</sub>* 和 *λ<sub>t</sub>* 为企业和年份固定效应；*ε<sub>it</sub>* 为随机扰动项。

### (四)描述性统计

描述性统计结果显示，企业专利知识宽度均值(*TC\_mean*)的均值为 0.2711，标准差为 0.1916；企业知识宽度最大值(*TC\_max*)的均值为 0.5717，标准差为 0.3215，这说明我国企业的技术复杂度存在较大差异。企业数据要素(*Data*)的均值为 3.2808，标准差为 0.6666，且中位数为 3.1781，这说明大部分企业的数据要素低于均值。其余变量的取值均在合理区间。

## 四、实证结果和分析

### (一)基准回归

表 1 列示了基于式(2)的回归结果。列(1)和列(2)仅控制了企业和年份固定效应，列(3)和列(4)同时控制了企业、年份固定效应以及控制变量，各列 *Data* 的估计系数均显著为正。列(3)和列(4)的估计结果显示，*Data* 每提升 1%，专利知识宽度均值 *TC\_mean* 和最大值 *TC\_max* 将分别平均提高 4.0207%(0.0109/0.2711×100%)和 3.5683%(0.0204/0.5717×100%)。因此，基准分析结果表明，无论是否考虑控制变量，数据要素均显著提高了企业技术复杂度，这与本文理论分析的预期一致。

表 1 基准回归结果

|                       | (1)<br><i>TC_mean</i> | (2)<br><i>TC_max</i>  | (3)<br><i>TC_mean</i> | (4)<br><i>TC_max</i>  |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Data</i>           | 0.0149***<br>(4.9405) | 0.0316***<br>(6.3290) | 0.0109***<br>(3.7051) | 0.0204***<br>(4.3667) |
| 控制变量                  | 不控制                   | 不控制                   | 控制                    | 控制                    |
| 固定效应                  | 控制                    | 控制                    | 控制                    | 控制                    |
| 观测值                   | 44 504                | 44 504                | 44 504                | 44 504                |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.5059                | 0.6053                | 0.5130                | 0.6204                |

注：本文将标准误在企业层面聚类，括号内的数值为*t*值。\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的显著性水平上显著。若无特殊说明，则以下各表统同。

(二)稳健性检验<sup>①</sup>

1.工具变量法。首先,本文借鉴柏淑嫒等(2024)的做法,使用地理数据构造企业数据要素的工具变量  $IV\_Hang$ 。具体地:将企业和杭州的地理距离与企业所在地区的地形起伏度相乘取自然对数,再除以城市层面企业的数据要素均值。从相关性假设来看,杭州是我国数字经济发展的先行区,对其他地区数字技术的应用和数据要素的积聚具有很强的示范引导作用。距离杭州越远,或者所在地区的地形起伏度越大,企业受到杭州大数据应用溢出效应的影响越小,因此满足相关性。从排他性来看,企业的地理特征属于外生前定数据,难以直接影响企业当下的数据要素发展状况。同时,考虑到企业的地理特征是非时变值,难以直接作为面板数据的工具变量,所以本文用地理距离和地形起伏度乘积的自然对数除以地区企业数据要素的均值来构造时变工具变量。其次,借鉴 Lewbel(1997)的思路,使用企业数据要素与年份—省份—行业层面的数据要素均值之差的三次方作为工具变量  $IV\_Lewbel$ 。该方法突破了传统工具变量对外部数据的依赖,能够很大程度上提高估计精度(Lewbel, 1997)。使用工具变量后,本文的结论依然不变。

2.替换被解释变量测度指标。首先,借鉴张杰和郑文平(2018)的思路,我们在企业—年份层面计算专利知识宽度的中位数  $TC\_med$ ,并以之衡量企业技术复杂度。其次,考虑到本文关注的是企业的高复杂度技术创新行为,而发明专利是三种专利中质量最高的,所以我们将被解释变量替换为企业发明专利的知识宽度平均值  $TC\_mean1$ 、中位数  $TC\_med1$  和最大值  $TC\_max1$ 。经过上述替换后,主要变量的估计系数均显著为正。

3.替换核心解释变量测度指标。借鉴张叶青等(2021)的做法,我们使用以下三种方法测度企业的数据要素。第一,考虑到数据要素相关词频的绝对数量可能会受到企业年报文本长度的影响,我们以数据要素词频数量与年报文本总词频数量之比  $Data\_ratio$  衡量企业数据要素。第二,由于上市公司年报中的数据要素相关词汇容易受到管理者操纵,基于文本分析法测度的企业数据要素发展水平可能存在人为夸大的嫌疑,所以我们将基准回归中的  $Data$  更改为分类变量  $Data\_dummy$ :若当年企业年报中未披露数据要素相关词频,则取值为0;若数据要素相关词频数量位于后1/3,则取值为1;若数据要素相关词频数量位于中间的1/3,则取值为2;若数据要素相关词频数量位于前面1/3,则取值为3。这种方法能够缩小人为夸大带来的测度误差。第三,考虑到行业之间数据要素的发展状况和对数据要素的依赖程度存在很大差异,而企业的产品和技术竞争却往往是行业内竞争,所以我们将自变量替换为企业数据要素与行业数据要素均值之比  $Data\_industry$ 。经过上述替换后,本文结论保持稳健。

4.更换研究样本。第一,制造业是技术创新的主体,因此本文删除非制造业样本。第二,突发公共卫生事件可能对企业创新行为产生冲击,我们借鉴黄先海等(2024)的做法,删除2020年及之后的样本。第三,直辖市的经济和创新实力明显高于其他地区,我们参考游家兴和苏三妹(2024)的做法,删除北京、天津、上海和重庆的样本。经过上述处理后,本文结论依然稳健。

5.控制高维固定效应。考虑到可能会存在年份—行业或年份—地区层面的遗漏变量,我们进一步控制了年份—行业、年份—地区固定效应。结论依然保持一致。

6.排除数字化转型的干扰。数字化转型是企业利用数字技术改造、重塑生产方式和组织结构的过程,能够催生和积累大量数据要素。有研究表明,数字化转型能够促进企业创新(冀云阳等, 2023),这可能导致本文的估计结果(即数据要素能够提升企业技术复杂度)被归因于企业数字化转型。为了排除这种干扰,我们在基准模型中控制了企业的数字化转型程度。以 CNRDS

<sup>①</sup> 受篇幅限制,稳健性检验结果留存备索。

数据库中的企业年报文本数字化和 MD&A 文本数字化衡量企业的数字化转型程度 (*Digtrans1* 和 *Digtrans2*), 并分别将其引入基准模型。本文结论依然成立。

### (三) 机制分析

理论分析表明, 数据要素对企业技术复杂度的提升效应主要来自其能够促进企业开放式创新、缓解企业融资约束、降低企业创新不确定性。

1. 促进企业开放式创新。合作研发是企业开放式创新的重要形式。基于此, 本文将企业当年申请的联合专利数量进行了对数化处理 (*Combination\_Patent*), 以其来测度企业的开放式创新。表 2 列(1)为将 *Combination\_Patent* 作为被解释变量的回归结果, *Data* 的系数显著为正, 表明数据要素显著提高了企业的联合专利申请数量。此外, 表 2 列(2)为将企业联合发明专利申请数量的自然对数 (*Combination\_Patent1*) 作为被解释变量的回归结果, 表 2 列(3)是将企业联合非发明专利申请数量的自然对数 (*Combination\_Patent2*) 作为被解释变量的回归结果, *Data* 的系数均显著为正。上述结果表明, 数据要素能够促进企业的开放式创新, 进而提高企业技术复杂度, 假说 H1 得到了验证。

表 2 促进企业开放式创新

|             | (1)<br><i>Combination_Patent</i> | (2)<br><i>Combination_Patent1</i> | (3)<br><i>Combination_Patent2</i> |
|-------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Data</i> | 0.0600***<br>(2.9677)            | 0.0594***<br>(3.3531)             | 0.0305**<br>(1.9893)              |
| 控制变量        | 控制                               | 控制                                | 控制                                |
| 固定效应        | 控制                               | 控制                                | 控制                                |
| 观测值         | 44 504                           | 44 504                            | 44 504                            |
| $R^2$       | 0.7090                           | 0.7015                            | 0.6796                            |

2. 缓解企业融资约束。前文的理论分析表明, 数据要素一方面可以作为质押物向外部金融机构借款融资; 另一方面还能够通过信号传递效应, 提高企业信用, 吸引银行和潜在投资者, 从而缓解企业融资约束。这意味着, 数据要素多的企业更容易获得银行信贷资金的支持。表 3 列(1)将企业银行借款总额的自然对数 (*Bankloan*) 作为被解释变量, 回归结果显示, *Data* 的估计系数显著为正, 即数据要素越多, 企业越容易获得银行借款。此外, 我们借鉴郭玥(2018)的做法, 分别使用企业被分析师和研报跟踪分析数量的自然对数 (*Attention1* 和 *Attention2*) 衡量企业受到的外界关注度, 以此来验证数据要素的信号传递效应。表 3 列(2)和列(3)的回归结果显示, *Data* 的估计系数均显著为正, 表明企业的数据要素越多, 外界关注度也就越高, 从而能帮助企业获得更多的社会资源和资金支持。随后, 我们使用 *SA* 指数和 *WW* 指数直接衡量企业融资约束程度, 回归结果见表 3 的列(4)和列(5), *Data* 的估计系数均显著为负, 即数据要素降低了企业的融资约束程度。上述结果均支持了本文的假说 H2, 表明数据要素能够通过缓解企业融资约束进而提高企业技术复杂度。

3. 降低企业创新不确定性。本文通过以下两种方式验证该机制: 第一, 借鉴孙薇和叶初升(2023)的做法, 以企业当年申请的、最终未获得授权的专利数量占比 (*RD\_uc*) 衡量企业的创新不确定性。专利最终是否被授权是技术成功与否的重要标志; 专利未被授权的比例越高, 则代表企业的创新不确定性越大。表 4 列(1)的估计结果表明, *Data* 的系数显著为负, 即数据要素能显著降低企业的创新不确定性。第二, 创新不确定性降低的一个自然结果是提高企业的创新效率。为此, 首先, 本文参考冀云阳等(2023)的做法, 以企业资本化研发支出占研发支出总额的比例衡量企业的创新效率 (*RD\_efficiency1*); 其次, 本文参考方先明和胡丁(2023)的思路, 以企业专

利申请数量与企业员工人数的比例衡量企业的创新效率( $RD\_efficiency2$ )。表 4 列(2)和列(3)的估计结果表明,  $Data$  的系数仍显著为正, 即数据要素显著提高了企业的创新效率。上述结果均支持了本文的假说 H3, 表明数据要素能够降低企业创新不确定性, 进而提高企业技术复杂度。

表 3 缓解企业融资约束

|        | (1)                   | (2)                   | (3)                    | (4)                     | (5)                     |
|--------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
|        | $Bankloan$            | $Attention1$          | $Attention2$           | $SA$                    | $WW$                    |
| $Data$ | 0.1001***<br>(4.0239) | 0.1747***<br>(9.6203) | 0.2309***<br>(10.2322) | -0.0080***<br>(-3.5734) | -0.0043***<br>(-4.8174) |
| 控制变量   | 控制                    | 控制                    | 控制                     | 控制                      | 控制                      |
| 固定效应   | 控制                    | 控制                    | 控制                     | 控制                      | 控制                      |
| 观测值    | 35 698                | 44 504                | 44 504                 | 44 438                  | 38 293                  |
| $R^2$  | 0.8730                | 0.6876                | 0.6836                 | 0.9566                  | 0.8187                  |

表 4 降低企业创新不确定性

|        | (1)                    | (2)                   | (3)                   |
|--------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
|        | $RD\_uc$               | $RD\_efficiency1$     | $RD\_efficiency2$     |
| $Data$ | -0.0126**<br>(-2.1607) | 0.0099***<br>(2.7589) | 1.7853***<br>(3.1806) |
| 控制变量   | 控制                     | 控制                    | 控制                    |
| 固定效应   | 控制                     | 控制                    | 控制                    |
| 观测值    | 34 281                 | 25 793                | 44 504                |
| $R^2$  | 0.4090                 | 0.7164                | 0.6718                |

五、进一步分析

(一)数据要素类型:自用型数据要素还是交易型数据要素

按照数据的持有目的,数据要素可以分为自用型数据要素和交易型数据要素。自用型数据要素是指企业为了满足自身生产经营、管理决策、产品研发等内部需求而持有的数据。交易型数据要素是指企业为了对外出售、许可或交换而持有的数据。为了探究数据要素类型的不同会对企业技术复杂度产生何种异质性影响,本文借鉴何瑛等(2024)的做法,将企业持有的数据要素划分为自用型数据要素( $Data\_O$ )和交易型数据要素( $Data\_T$ )。表 5 列(1)和列(2)的估计结果表明,  $Data\_O$  的系数显著为正,  $Data\_T$  的系数不显著, 即数据要素对企业技术复杂度的提升效应主要体现于自用型数据要素上, 而非交易型数据要素。这可能主要是因为自用型数据要素是通过内部应用直接提升企业的运营效率和竞争力, 而交易型数据要素的价值则依赖于市场交易。然而, 当前我国的数据要素市场建设仍处于发展初期, 存在交易模式不成熟、基础设施建设滞后、数据标准化程度低等诸多问题, 这一方面会导致企业发展交易型数据要素的热情不高(从本文的研究样本来看, 只有 40% 的样本存在交易型数据要素, 即  $Data\_T$  大于 0), 另一方面会导致企业难以通过市场交易释放交易型数据要素的潜在价值。若该猜测成立, 则地区数据要素市场发展程度越高, 交易型数据要素对企业技术复杂度的影响也理应越大。

为了验证这一猜测, 本文以是否设立大数据交易所衡量地区数据要素市场发展程度。为推动数据要素市场化配置, 释放数据要素经济价值, 我国自 2015 年开始在各地建立大数据交易所, 为数据交易提供合规审查、定价、争议仲裁等数字中介服务, 同时还建立了相应的交易规

则、标准合约、数据交易主体认证、数据交易安全保障等政策体系,缓解了数据交易过程中的信息不对称,降低了交易成本。因此,若企业所在城市建立了大数据交易所,则表明该地区的数据要素市场发展程度较高。本文在表 5 列(1)和列(2)的基础上,引入虚拟变量  $Data\_Market$  (即若城市建立了大数据交易所则取值为 1,否则为 0)及其与交易型数据要素  $Data\_T$  的交互项。列(3)和列(4)的估计结果显示,  $Data\_T \times Data\_Market$  的系数显著为正,即数据要素市场化程度越高,交易型数据要素越能促进企业技术复杂度的提高,这表明数据要素市场的发展是交易型数据要素提升企业技术复杂度的重要条件,该结论支持了上述猜测。

表 5 自用型数据要素还是交易型数据要素

|                               | (1)<br>$TC\_mean$     | (2)<br>$TC\_max$      | (3)<br>$TC\_mean$      | (4)<br>$TC\_max$      |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| $Data\_O$                     | 0.0108***<br>(3.5795) | 0.0216***<br>(4.4958) | 0.0103***<br>(3.4143)  | 0.0209***<br>(4.3577) |
| $Data\_T$                     | 0.0011<br>(0.6316)    | -0.0001<br>(-0.0219)  | -0.0023<br>(-1.1238)   | -0.0043<br>(-1.2730)  |
| $Data\_Market$                |                       |                       | -0.0098**<br>(-2.3832) | -0.0105<br>(-1.6211)  |
| $Data\_T \times Data\_Market$ |                       |                       | 0.0087***<br>(3.1557)  | 0.0107**<br>(2.4558)  |
| 控制变量                          | 控制                    | 控制                    | 控制                     | 控制                    |
| 固定效应                          | 控制                    | 控制                    | 控制                     | 控制                    |
| 观测值                           | 44 504                | 44 504                | 44 504                 | 44 504                |
| $R^2$                         | 0.5130                | 0.6204                | 0.5132                 | 0.6205                |

## (二)数据要素何时更能提升企业技术复杂度

前文的研究发现,数据要素能够提升企业技术复杂度。但技术创新是一项高风险、高投入的经济活动,复杂技术的研发更是如此。因此,企业若计划开展更高复杂度的技术创新活动,则往往需要考虑三个问题:第一,企业是否有能力进行高复杂度创新?第二,企业是否需要进行高复杂度创新?第三,企业若选择开展高复杂度创新,其创新收益是否能获得足够的制度保障?基于此,本文将分别从创新基础、外部压力和制度保障三个视角对数据要素提升企业技术复杂度的约束条件展开讨论。

1.企业提升技术复杂度的创新基础:专利存量视角。知识具有非竞争性,即使是过去的知识也可以提高企业当前的创新能力(Matray, 2021)。因此,知识积累是技术创新的重要推动力和基础。知识积累越多,企业的创新基础也就越好,这一方面表明该企业通常具有更强的技术吸收和应用能力,能够更有效地将数据要素转化为创新产出;另一方面也意味着企业在开展复杂技术研发时,能够基于已有的知识积累,更好地理解新技术的原理和可行性,从而降低复杂技术研发的风险。专利存量体现了企业过去在技术研发上的投入和积累,这些技术积累为企业后续的创新活动提供了基础。相比于实用新型专利和外观设计专利,发明专利在创新程度、技术贡献、经济价值等方面具有更大的价值,更能代表企业开展复杂技术研发的创新基础,因此本文以企业发明专利存量衡量创新基础,并按照企业发明专利存量的中位数将样本划分为两组。本文参考 Hall 等(2005)的思路,以 15% 为标准,对发明专利存量进行折旧。表 6 的估计结果显示,列(1)和列(3)的系数显著为正,列(2)和列(4)的系数不显著,这说明在企业专利存量更高(创新基础更好)时,数据要素更能提升企业技术复杂度。

表 6 企业提升技术复杂度的创新基础

|                       | (1)                   | (2)                | (3)                   | (4)                |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                       | <i>TC_mean</i>        | <i>TC_mean</i>     | <i>TC_max</i>         | <i>TC_max</i>      |
|                       | 高专利存量                 | 低专利存量              | 高专利存量                 | 低专利存量              |
| <i>Data</i>           | 0.0112***<br>(3.0579) | 0.0047<br>(0.9318) | 0.0238***<br>(4.4350) | 0.0098<br>(1.2301) |
| 控制变量                  | 控制                    | 控制                 | 控制                    | 控制                 |
| 固定效应                  | 控制                    | 控制                 | 控制                    | 控制                 |
| 观测值                   | 22 121                | 21 009             | 22 121                | 21 009             |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.5423                | 0.5139             | 0.5259                | 0.5982             |
| 组间差异系数检验 <i>P</i> 值   | 0.096*                |                    | 0.044**               |                    |

2.企业提升技术复杂度的外部压力:市场竞争视角。市场竞争是企业外部创新压力的重要来源。当竞争程度较低时,市场较为稳定,企业利用复杂度较低的简单和低端技术即可建立市场优势;当竞争程度较高时,企业只有依赖于技术门槛和模仿成本高、知识密集度大的复杂技术才能建立竞争优势(卞元超和白俊红, 2024)。因此,市场竞争越激烈,企业开展复杂技术研发的外部压力也就越大;反之,若市场竞争程度较低,考虑到复杂技术研发的高投入、高风险特征,企业往往不会选择高复杂度的技术研发活动。基于此,我们借鉴黄先海等(2024)的做法,利用企业收入计算赫芬达尔指数来测度市场竞争程度,并按照中位数将样本划分为两组,回归结果见表 7。其中,列(1)和列(3)的系数显著为正,列(2)和列(4)的系数不显著,这表明当市场竞争更激烈(外部压力更大)时,数据要素更能提升企业技术复杂度。

表 7 企业提升技术复杂度的外部压力

|                       | (1)                   | (2)                | (3)                   | (4)                |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
|                       | <i>TC_mean</i>        | <i>TC_mean</i>     | <i>TC_max</i>         | <i>TC_max</i>      |
|                       | 高市场竞争                 | 低市场竞争              | 高市场竞争                 | 低市场竞争              |
| <i>Data</i>           | 0.0175***<br>(4.3146) | 0.0057<br>(1.3649) | 0.0314***<br>(5.4289) | 0.0068<br>(0.9566) |
| 控制变量                  | 控制                    | 控制                 | 控制                    | 控制                 |
| 固定效应                  | 控制                    | 控制                 | 控制                    | 控制                 |
| 观测值                   | 22 938                | 21 190             | 22 938                | 21 190             |
| <i>R</i> <sup>2</sup> | 0.5379                | 0.5188             | 0.6303                | 0.6383             |
| 组间差异系数检验 <i>P</i> 值   | 0.000***              |                    | 0.000***              |                    |

3.企业提升技术复杂度的制度保障:产权保护视角。创新具有外部性,创新主体很难阻止其他企业使用自己的知识产权,进而导致企业无法实现创新收益的内部化,这一特性大大降低了企业的创新动力,尤其是对于高投入、高风险的复杂技术研发来说更是如此。若缺乏制度保障,企业将无法收回复杂技术研发的巨额投入。知识产权保护便是降低创新外部性、保障企业创新收益的重要制度保障(李莉等, 2014)。知识产权保护越好,企业开展复杂技术研发的制度保障也就越强,数据要素对企业技术复杂度的提升效果也理应越大。基于此,我们借鉴李莉等(2014)的做法,以地区技术市场成交额与 GDP 之比衡量地区的知识产权保护程度。若某地区的知识产权保护程度较高,则意味着企业只能通过合法的市场交易获得相应技术的使用权(因为此时企业实施知识产权侵权行为的违法成本较高);反之,若某地区的知识产权保护程度较低,则企业往往会选择直接复制、侵占其他企业的知识产权,而不是通过正规的市场交易。因此,技

术市场成交额越高,某种程度上也就代表着地区知识产权保护程度越好。我们按照地区技术市场成交额比值的中位数将样本划分为两组,回归结果见表 8。其中,列(1)和列(3)的系数显著为正,列(2)和列(4)的系数不显著,这表明当知识产权保护程度较高(制度保障更好)时,数据要素更能提升企业技术复杂度。

通过上述分析我们可以发现,只有在创新基础好、外部压力较大和制度保障良好的情况下,数据要素才能提升企业技术复杂度。然而,创新是企业建立市场竞争力、实现高质量发展的重要手段。那么,当缺乏上述条件时,企业虽不会开展“质量”层面的复杂技术创新,但是否会转而追求“数量”层面的创新增长呢?为了回答这一问题,我们以企业专利申请数量加 1 后的自然对数衡量企业创新数量(*Patent*),并按照专利存量、市场竞争程度和产权保护程度再次进行分组回归检验。综合表 6—表 9 的结果可知,对于高专利存量组、高市场竞争组和高产权保护组企业,数据要素能够同时提升技术复杂度和创新数量;对于低专利存量组、低市场竞争组和低产权保护组企业,数据要素对技术复杂度无影响,只能提升创新数量。

表 8 企业提升技术复杂度的制度保障

|                | (1)<br><i>TC_mean</i> | (2)<br><i>TC_mean</i> | (3)<br><i>TC_max</i>  | (4)<br><i>TC_max</i> |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
|                | 高产权保护                 | 低产权保护                 | 高产权保护                 | 低产权保护                |
| <i>Data</i>    | 0.0209***<br>(4.4479) | 0.0022<br>(0.5469)    | 0.0376***<br>(5.1469) | 0.0065<br>(1.0303)   |
| 控制变量           | 控制                    | 控制                    | 控制                    | 控制                   |
| 固定效应           | 控制                    | 控制                    | 控制                    | 控制                   |
| 观测值            | 20 356                | 23 708                | 20 356                | 23 708               |
| $R^2$          | 0.5822                | 0.5251                | 0.6815                | 0.6267               |
| 组间差异系数检验 $P$ 值 | 0.000***              |                       | 0.000***              |                      |

表 9 基于创新数量视角的检验

|                | (1)<br><i>Patent</i>  | (2)<br><i>Patent</i> | (3)<br><i>Patent</i>  | (4)<br><i>Patent</i> | (5)<br><i>Patent</i>  | (6)<br><i>Patent</i> |
|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|                | 高专利存量                 | 低专利存量                | 高市场竞争                 | 低市场竞争                | 高产权保护                 | 低产权保护                |
| <i>Data</i>    | 0.1132***<br>(3.8639) | 0.0727**<br>(2.3365) | 0.1343***<br>(4.8503) | 0.0673**<br>(2.0532) | 0.1451***<br>(4.4127) | 0.0695**<br>(2.4225) |
| 控制变量           | 控制                    | 控制                   | 控制                    | 控制                   | 控制                    | 控制                   |
| 固定效应           | 控制                    | 控制                   | 控制                    | 控制                   | 控制                    | 控制                   |
| 观测值            | 22 121                | 21 009               | 22 938                | 21 190               | 20 356                | 23 708               |
| $R^2$          | 0.7842                | 0.7109               | 0.8200                | 0.8073               | 0.8425                | 0.8038               |
| 组间差异系数检验 $P$ 值 | 0.130                 |                      | 0.010***              |                      | 0.008***              |                      |

## 六、结论与启示

数据作为新一轮科技和产业革命中最为活跃的生产要素,是企业创新的重要源泉。本文利用文本分析法测度企业数据要素发展水平,实证研究了数据要素对企业技术复杂度的影响效应和作用机制。研究发现:第一,数据要素能够提升企业技术复杂度。第二,数据要素提高企业技术复杂度的原因在于其能够促进企业开放式创新、缓解企业融资约束、降低企业创新不确定性。第三,数据要素对企业技术复杂度的提升效应主要体现在自用型数据要素上,而非交易型

数据要素。但当数据要素市场发展程度更高时,交易型数据要素对企业技术复杂度的促进效应也会更高。第四,创新基础、外部压力和制度保障是数据要素提升企业技术复杂度的重要前提。只有在企业的专利存量较高、行业市场竞争较激烈、地区知识产权保护较好时,数据要素才能提高企业技术复杂度;反之,数据要素不能影响企业技术复杂度,只能提高企业的创新数量。

基于上述研究结论,本文提出以下政策启示:第一,政府要强化顶层制度设计,完善数据要素市场化配置。数据流通和交互是释放数据要素价值的重要前提。为建立一个公平、开放、竞争、有序的数据要素市场体系,释放数据要素潜能,首先,政府要加强 5G 基站、数据中心、云计算平台等数字基础设施建设,为数据的采集、存储、传输、处理和流通提供基础;其次,要进一步推进和完善公共数据开放,按照“应开尽开”的原则,逐步扩大公共数据的开放范围,同时整合和联通各部门与地方政府的数据资源,建设统一的公共数据开放平台,提供一站式的数据查询和下载服务;最后,要进一步完善大数据交易所等数据交易机构的交易制度和规则体系,同时制定相关法律法规,明确场外交易双方的权利和义务,以及数据的保密和安全要求,规范场外交易行为,促进场内交易和场外交易有机结合。第二,企业要构建数据驱动的技术研发体系,充分挖掘数据要素的创新潜力。首先,企业应将数据要素纳入整体战略规划,明确数据驱动的核心目标,探索数据驱动的业务模式和创新模式;其次,要构建高效的数据基础设施,在广泛采集和整合内外部数据的同时,利用数字技术深度分析和挖掘数据的信息和价值;最后,应通过内部培训和学习,提高员工的数据分析能力和技术应用能力,同时对外招聘数据科学家、数据工程师、数据分析师等专业人才,充实数据团队。第三,政府要辅以相应的配套措施,畅通数据要素提升企业技术复杂度的三条传导渠道,实现数据要素发展和配套措施之间的协同。首先,政府要加大对开放式创新中出现的侵权行为的惩处力度,保障开放式创新各参与方的创新权益;其次,要优化金融支持体系,引导金融资源向复杂技术创新领域倾斜;最后,强化创新引导与信息服务,为企业创新方向选择和复杂技术研发提供精准参考,降低企业创新试错成本。第四,政府要发挥有为政府职能,为释放数据要素创新潜能、提高企业技术复杂度提供更好的内外部环境。首先,政府应通过政策引导、平台搭建、服务优化等手段,帮助不同创新基础的企业互联互通,实现资源共享、优势互补;其次,要完善市场竞争法律法规,营造公平、透明、高效的市场竞争环境;最后,要强化知识产权保护,加大知识产权侵权惩处力度。

#### 参考文献:

- [1]柏淑娜,潘子成,曹伟,等.企业大数据应用对 ESG 评价的影响[J].世界经济,2024,(8):133-167.
- [2]卞元超,白俊红.出口贸易政策不确定性如何影响了企业的技术复杂度?[J].国际金融研究,2022,(9):25-34.
- [3]卞元超,白俊红.全国统一大市场、地区技术多样化与企业技术复杂度[J].数量经济技术经济研究,2024,(6):129-150.
- [4]陈丽莉,张若琪,戎珂.数据要素赋能企业创新:基于内外部资源视角[J].管理评论,2024,(12):15-25.
- [5]戴魁早,黄姿,梁银笛.数据要素与服务型制造发展[J].经济研究,2024,(12):95-112.
- [6]方先明,胡丁.企业 ESG 表现与创新——来自 A 股上市公司的证据[J].经济研究,2023,(2):91-106.
- [7]高超,刘灿雷.企业创新的外在动力:公共科研机构技术转让的驱动效应[J].世界经济,2022,(11):201-224.
- [8]郭玥.政府创新补助的信号传递机制与企业创新[J].中国工业经济,2018,(9):98-116.
- [9]何瑛,陈丽丽,杜亚光.数据资产化能否缓解“专精特新”中小企业融资约束[J].中国工业经济,2024,(8):154-173.
- [10]黄先海,孙涌铭,陈梦涛.企业数字化转型与颠覆性技术创新——来自专利网络与 SBERT 模型的微观证据[J].中国工业经济,2024,(10):137-154.

- [11]冀云阳,周鑫,张谦.数字化转型与企业创新——基于研发投入和研发效率视角的分析[J].金融研究,2023,(4):111-129.
- [12]江小涓,宫建霞,李秋甫.数据、数据关系与数字时代的创新范式[J].中国社会科学,2024,(9):185-203.
- [13]李健,董小凡,张金林,等.数据资产对企业创新投入的影响研究[J].外国经济与管理,2023,(12):18-33.
- [14]李莉,闫斌,顾春霞.知识产权保护、信息不对称与高科技企业资本结构[J].管理世界,2014,(11):1-9.
- [15]路征,周婷,王理,等.数据资产与企业发展——来自中国上市公司的经验证据[J].产业经济研究,2023,(4):128-142.
- [16]孙薇,叶初升.政府采购何以牵动企业创新——兼论需求侧政策“拉力”与供给侧政策“推力”的协同[J].中国工业经济,2023,(1):95-113.
- [17]王柯丹,刘颖,汪寿阳.数据要素与绿色创新:基于新质生产力视角[J].财经问题研究,2024,(9):18-33.
- [18]吴超鹏,严泽浩.政府基金引导与企业核心技术突破:机制与效应[J].经济研究,2023,(6):137-154.
- [19]徐翔,厉克奥博,田晓轩.数据生产要素研究进展[J].经济学动态,2021,(4):142-158.
- [20]杨震宁,侯一凡,李德辉,等.中国企业“双循环”中开放式创新网络的平衡效应——基于数字赋能与组织柔性的考察[J].管理世界,2021,(11):184-205.
- [21]游家兴,苏三妹.打破数据“烟囱”:大数据驱动的新质生产力与劳动投资效率[J].经济管理,2024,(9):5-29.
- [22]张杰,郑文平.创新追赶战略抑制了中国专利质量么?[J].经济研究,2018,(5):28-41.
- [23]张叶青,陆瑶,李乐芸.大数据应用对中国企业市场价值的影响——来自中国上市公司年报文本分析的证据[J].经济研究,2021,(12):42-59.
- [24]赵放,蒋国梁,马婉莹.数据要素市场赋能数字产业创新——来自准自然实验的证据[J].经济评论,2024,(3):109-125.
- [25]赵丽,胡植尧.数据要素、动态能力与企业全要素生产率——破解“数据生产率悖论”之谜[J].经济管理,2024,(7):55-72.
- [26]郑国强,张馨元,赵新宇.数据要素市场化能否促进企业绿色创新?——基于城市数据交易平台设立的准自然实验[J].上海财经大学学报,2024,(3):33-48.
- [27]郑世林,汉馨语,郭锡栋,等.国家战略科技力量与企业关键核心技术突破——来自国家和省级重点实验室的证据[J].中国工业经济,2024,(9):62-80.
- [28]Aghion P, Jaravel X. Knowledge spillovers, innovation and growth[J]. The Economic Journal, 2015, 125( 583 ): 533-573.
- [29]Akcigit U, Liu Q M. The role of information in innovation and competition[J]. Journal of the European Economic Association, 2016, 14(4):828-870.
- [30]Amore M D, Schneider C, Žaldokas A. Credit supply and corporate innovation[J]. Journal of Financial Economics, 2013, 109(3):835-855.
- [31]Brown J R, Petersen B C. Cash holdings and R&D smoothing[J]. Journal of Corporate Finance, 2011, 17(3):694-709.
- [32]Farboodi M, Veldkamp L. A model of the data economy[R]. Working Paper 28427, 2022.
- [33]Hall B H, Jaffe A, Trajtenberg M. Market value and patent citations[J]. The Rand Journal of Economics, 2005, 36(1):16-38.
- [34]Hall B H, Rosenberg N. Handbook of the economics of innovation[M]. Amsterdam: North Holland, 2010.
- [35]Lewbel A. Constructing instruments for regressions with measurement error when no additional data are available, with an application to patents and R&D[J]. Econometrica, 1997, 65(5):1201-1213.
- [36]Matray A. The local innovation spillovers of listed firms[J]. Journal of Financial Economics, 2021, 141(2):395-412.

- [37]Mewes L, Broekel T. Technological complexity and economic growth of regions[J]. *Research Policy*, 2022, 51(8): 104156.
- [38]Tsuboi M. Growth, R&D, and uncertainty[J]. *Economic Modelling*, 2020, 87: 394–400.

## How do Data Elements Affect Enterprise Technological Complexity?

Zhang Shuai, Li Changying

(School of Economics, Shandong University, Jinan 250100, China)

**Summary:** Key core technologies often require the integration of multidisciplinary knowledge systems. Therefore, complex technologies characterized by high complexity and an interdisciplinary nature have become the core for China to secure breakthroughs in critical core technologies. Nevertheless, the research and development of complex technologies are constrained by high technical barriers, massive capital input, and substantial innovation risks. Faced with such challenges, enterprises tend to opt for simple and low-end technologies with low entry thresholds, and are reluctant to engage in high-quality R&D of complex technologies. In the digital era marked by the vigorous development of big data, exploring how data elements affect enterprise technological complexity holds important practical significance.

Using data on Chinese listed companies from 2010 to 2023, this paper examines the impact of data elements on enterprise technological complexity. The empirical results show that data elements improve enterprise technological complexity. Data elements can promote open innovation, alleviate financing constraints, and reduce uncertainty in enterprise innovation, thereby affecting the enterprise technological complexity. Self-used data elements have a more pronounced effect on enterprise technological complexity than transactional data elements. The data element market can unlock the value of transactional data elements—the more developed the data element market, the greater the impact of transactional data elements on enterprise technological complexity. Moreover, innovation foundation, external pressure, and institutional guarantees are critical conditions under which data elements improve enterprise technological complexity. Data elements can only enhance enterprise technological complexity when enterprises possess substantial patent stocks, operate in highly competitive industries, and are located in regions with strong IP protection. Without these conditions, data elements may lead enterprises to pursue low-quality innovation quantity growth.

This paper offers the following marginal contributions: First, it explores the impact of data elements on enterprise technological complexity, enriching the literature on data elements and enterprise innovation. Second, from the perspective of the data element market, it reveals the conditions under which transactional data elements enhance enterprise technological complexity. Third, it identifies the boundary conditions of how data elements promote technological complexity from three dimensions: innovation foundation, external pressure, and institutional guarantees, providing practical implications for enterprises and governments to fully release the value of data elements and upgrade technological complexity.

**Key words:** data elements; enterprise technological complexity; open innovation; financing constraints; innovation uncertainty