

# 数字技术与企业高质量创新

丛昊<sup>1</sup> 张春雨<sup>2</sup>

(1.中南财经政法大学经济学院,湖北武汉430073; 2.中南财经政法大学财政税务学院,湖北武汉430073)

**摘要:**本文以2010~2019年沪深A股制造业企业为样本,使用上市公司年报中披露数字技术的词频数据,探究了数字技术应用对企业高质量创新的影响及其作用机制,研究发现:数字技术通过增加企业创新产出数量和提升企业人力资本促进了企业的高质量创新。进一步研究发现,数字技术对企业高质量创新的促进作用在技术密集型企业、大规模企业和非国有企业中更为显著。基于此,政府应制定相应的政策引导企业将数字技术应用于创新活动,企业也应主动将数字技术运用到研发与设计等创新活动中,并加强对员工相关技能的培训,充分发挥数字技术对企业高质量创新的促进作用。

**关键词:**数字技术;高质量创新;外延扩张策略;纵向深化策略;人力资本

**中图分类号:**F272.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1003-5230(2022)04-0029-12

## 一、引言

推动制造业高质量创新是我国实现由制造大国向制造强国转变的关键。2022年政府工作报告中明确指出:“要深入实施创新驱动发展战略,巩固壮大实体经济根基,……依靠创新提高发展质量。”一直以来,我国政府都将创新摆在重要的战略位置,并鼓励科技创新与实体经济深度融合,进而推动实体经济高质量发展。据世界知识产权组织(WIPO)统计,中国在《专利合作条约》框架下提交的专利申请量由2010年的12296件增长至2019年的58990件,创新数量在世界排名中已位列榜首。然而,从创新质量的角度看,我国的相关排名却始终未进入前十<sup>①</sup>,明显低于美国、瑞士等典型的创新型国家。这表明,我国的创新数量与创新质量未实现同步增长。高质量创新对于制造业的可持续发展尤为重要,因此,如何进一步提高我国制造业企业的创新质量成了重要议题。

随着大数据、人工智能等数字技术的不断发展,数字技术在企业的制造、研发及营销等各个环节中的作用日益凸显,显著改变了企业的研发及商业模式,已成为企业实现高质量创新的重要因素。从既有研究看,已有学者开始探究数字技术与创新的内在联系及其影响路径。一支文献从宏观层面考察了数字经济对区域技术创新的影响<sup>[1][2]</sup>,发现数字经济能够显著促进区域技术创新。这支文献对

**收稿日期:**2021-11-30

**基金项目:**国家社会科学基金一般项目“数字经济驱动中国制造业出口竞争力重塑的机理与路径研究”(21BJL067)

**作者简介:**丛昊(1994—),男,山东威海人,中南财经政法大学经济学院博士生;

张春雨(1994—),女,山东泰安人,中南财经政法大学财政税务学院博士生,本文通讯作者。

后续的相关研究具有借鉴意义,但其并未深入探讨数字技术如何影响微观主体的创新活动。另一支文献将视角聚焦于微观层面,从互联网化<sup>[3]</sup>、大数据应用<sup>[4]</sup>、人工智能<sup>[5]</sup>等数字技术的单一角度探究了其对企业技术创新的影响,但这支文献忽视了各类数字技术在企业技术创新中的整体作用。同时,上述研究单纯是以创新投入或创新产出的数量考察企业创新能力,忽视了创新质量的重要性。综上所述,鲜有文献从微观企业层面研究数字技术对企业高质量创新的影响。那么,数字技术能否激励企业实现高质量创新?其内在机制如何?对不同企业的影响是否存在差异?上述问题值得进一步深入探讨。

因此,本文基于2010~2019年中国制造业上市公司数据,实证研究数字技术对企业高质量创新的影响。在创新质量的指标选择上,与既有文献不同,我们使用了国泰安数据库提供的专利被引用数据,这也是国际上对创新质量的主流测度方法<sup>[6][7]</sup>。本文研究表明,数字技术能够显著促进企业的高质量创新,一方面,数字技术的应用能够激励企业开展创新活动,通过增加企业专利数量提升其创新质量;另一方面,数字技术可以通过提升企业人力资本激励企业实现高质量创新。异质性检验表明,数字技术对企业高质量创新的促进作用在具有较高创新需求且能够承担创新风险的企业中更为显著,如技术密集型企业、大规模企业和非国有企业。经过替换被解释变量、考虑公司其他特征及控制模型内生性等一系列稳健性检验后,上述结论依然成立。本文的研究表明,推动数字技术应用于创新活动,对于促进企业高质量创新具有重要意义。

本文的边际贡献主要体现在以下两个方面:(1)已有关于技术创新的研究大多以创新投入、创新产出数量或创新绩效为视角,忽略了对创新质量的考察。并且,现实中存在企业为了追求政府补助只关注创新数量的行为,因此,以专利数量考察企业的创新能力可能存在偏误。本文将研究视角聚焦于创新质量,并以专利被引用次数对其进行测度,可能更为准确。(2)既有文献大多从宏观层面研究如何提高区域创新质量,缺少从微观层面探究提升企业创新质量的路径,尤其是缺乏以数字技术为切入点的研究。鉴于此,本文基于微观视角探究数字技术对企业高质量创新的影响,着重从增加创新产出数量、优化已有创新成果以及提升企业人力资本三条路径探究数字技术促进企业高质量创新的内在机制。

本文后续结构安排如下:第二部分是理论分析与研究假设;第三部分是研究设计,包括数据来源、模型与变量设定;第四部分为实证结果与分析;最后为结论与启示。

## 二、理论分析与研究假设

企业开展创新活动需要大量的资源,而创新活动所需资源通常具有较高的价值和不可复制性<sup>[8]</sup>,仅依靠企业自身难以获取。数字技术具有可编辑性<sup>[9]</sup>、开放性和关联性<sup>[10]</sup>等特征,能够在一定程度上弥补企业获取资源能力不足的缺陷,帮助其从外部环境中更为便利地获取创新活动所需资源,从而促进企业创新质量的提升。具体而言:

第一,企业的创新活动通常是在新的环境中寻求技术突破。数字技术的可编辑性特征有助于企业更快地适应新环境<sup>[11]</sup>,使企业能够根据自身的创新需求有效地选择并充分利用与创新活动相关的资源。第二,企业不断追求高质量创新的重要目标之一是提高核心竞争力,以保证其在同行业竞争中的优势地位,因此充分了解同行业竞争者的信息便成为企业实现高质量创新的重要条件。数字技术的开放性特征能够提高企业与其竞争厂商之间的透明度<sup>[12]</sup>,这不仅有助于降低由信息不对称所导致的创新风险,还可以有效地激励企业不断提高自身的创新能力和竞争力。第三,数字技术的关联性特征既能够促进企业之间的连接与互动,拓宽企业获取资源的渠道<sup>[10]</sup>,又可以增强企业和消费者之间的沟通,使得消费者能真正地参与到产品创新和价值创造的过程中。就企业自身而言,数字技术的关联性特征有助于企业探索更多有价值的资源,帮助企业在创新活动中寻求突破,从而实现高质量创新。就消费者参与而言,数字技术的关联性特征有助于企业获取消费者的行为数据,准确地掌握客户的需求,提升企业的创新效率,这也是企业能够实现高质量创新的重要保证。综

上所述,我们提出假设 1:

假设 1:数字技术对企业高质量创新具有促进作用。

一般而言,数字技术促进企业高质量创新存在三种路径。第一种路径是数字技术通过增加创新数量促进企业高质量创新,这既包括企业探索原有领域中空白部分获取的新专利,又包含企业进军全新领域所产生的新成果。通常,新专利往往意味着收益增长或成本下降,具有一定的经济效益和正向外溢效应。因此,新的创新成果能够在一定程度上吸引众多厂商的关注,并相应增加了其被引用的可能性。一方面,数字技术的应用有助于企业改变原有的业务模式,能够在一定程度上拓宽企业的创新边界<sup>[13]</sup>。企业在既有领域中具有较为深厚的研究基础和较为完善的研发设备,数字技术的应用有助于企业进一步挖掘已有资源潜在的创新价值,突破原有技术的局限性,在该领域的空缺部分实现专利数量的增长,进而提升企业的创新质量。另一方面,数字技术的应用能帮助企业迅速了解新领域的创新现状,并有助于其在新领域中搜寻有价值的资源。通常,企业对新领域前沿技术的了解相对较少,在新领域寻求技术突破的难度较高。数字技术的应用能够激励企业涉足新领域,数字技术及时获取、重组资源的能力可以转变为企业宝贵的技术资源<sup>[14]</sup>,这将有助于企业在新领域中实现技术突破并获得相应的创新成果,从而推动企业实现高质量创新。综上所述,我们将以创新数量推动创新质量的路径称之为“外延扩张”策略,并提出假设 2:

假设 2:数字技术通过“外延扩张”策略促进企业高质量创新。

第二种路径是数字技术通过优化已有创新成果促进企业高质量创新。一方面,数字技术的应用有助于推动企业对现有技术实现数字化改造,提升企业的研发能力,使企业在既有的研发领域形成持续的竞争优势<sup>[13]</sup>。相较于未涉及的领域,企业在既有领域已获取的专利通常是拥有一定研究基础的成果,且具备专业的研发团队和完善的配套设施。因此,利用数字化技术对已有专利再优化,使该专利成果更符合市场的需求,能够进一步吸引各利益相关者的关注,增加专利被引用的可能性,从而提升企业创新质量。另一方面,数字技术的应用可以有效地提高企业搜集信息的效率,推动异质性知识在企业内部的碰撞<sup>[15]</sup>,从而对既有专利成果实现技术再突破。与此同时,信息搜集效率的提高还意味着企业能够及时准确地了解消费者对本企业产品和服务的反馈,从而激励企业对已有创新成果进行再优化,实现企业的高质量创新。综上所述,我们将以优化已有创新成果提升企业创新质量的路径称之为“纵向深化”策略,并提出假设 3:

假设 3:数字技术通过“纵向深化”策略促进企业高质量创新。

第三种路径是数字技术通过提升企业人力资本促进企业高质量创新。一方面,从整体视角看,数字技术的应用使得各部门员工能够更便捷地搜集有价值的信息,且不再受到时间和场地的限制,可以在相当程度上提升企业员工获取知识的效率<sup>[16]</sup>。因此,数字技术的应用有助于增加企业员工获取知识的主动性和积极性,进而通过知识积累实现人力资本提升。通常,企业人力资本的提升意味着员工理解和掌握知识的能力更强,并且员工在交流与互动中会进一步产生知识的外溢效应,影响企业的创新活动。就研发等部门而言,其人力资本的提升有助于突破企业的创新瓶颈,同时员工之间的协作与配合也能够显著提升其创新能力,实现企业的高质量创新。另一方面,从局部视角看,数字技术的应用需要与之匹配的高素质劳动力,因此,除直接引进高素质劳动力外,企业也需要对部分内部员工进行专业化的数字技术培训,将其培养为能够熟练应用数字技术的高素质劳动力。在此过程中,相关培训能够帮助这部分员工获得新技能,提高此类员工的综合素质,从而进一步推动企业人力资本提升。并且,接受上述培训,具备相关技能的高素质员工也能更好地将数字技术应用于创新活动,以实现企业创新质量的提升。比如,高素质的经理人能够利用数字技术制定更为准确的创新战略,合理地规避创新风险;高技能的研发人员能够运用数字技术突破企业的技术瓶颈,研发出高质量的创新成果。据此,我们提出假设 4:

假设 4:数字技术通过提高企业人力资本促进企业高质量创新。

### 三、研究设计

#### (一)数据来源

本文以沪深 A 股制造业上市公司为样本,样本期间为 2010~2019 年。其中,由于数字技术应用与企业创新质量提升之间存在时滞性,故后者的样本期间为 2011~2020 年。企业的创新数量和创新质量数据主要来自国泰安数据库(CSMAR),缺失数据由中国研究数据服务平台(CNRDS)进行补充;数字技术应用程度的词频数据来自文构财经文本数据平台(WinGo);其余数据均来自国泰安数据库(CSMAR)。为了减少状态异常的企业对实证结果产生的影响,我们剔除了样本期间内的 ST、PT 和 \* ST 状态的企业。并且,为消除异常数据对结果的影响,所有连续变量均在 1%和 99%分位上进行了缩尾处理。

#### (二)模型与变量设定

##### 1.模型设定

结合上文的理论分析,在借鉴已有研究的基础上,本文将基准模型设定如下:

$$\text{Quality}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Digital}_{it} + \sum_j \beta_j \text{Control}_{jit} + u_i + u_t + \epsilon_{it} \quad (1)$$

模型(1)中的变量设定如下:Quality 表示企业创新质量,Digital 表示企业应用数字技术的程度,Control 表示控制变量, $u_i$  和  $u_t$  分别代表企业和年份固定效应,下标  $i$  和  $t$  分别代表企业和年份; $j$  表示第  $j$  个控制变量。其中,加入企业固定效应可以排除行业固定特征在内的非时变遗漏因素,能够有效地避免不随时间变化的遗漏因素对估计结果产生的内生影响。同时,为了考察创新质量的收敛趋势,我们在模型中加入了创新质量的时间趋势项(Quality\_base\_trend),其设定方法如下:首先,以年份设置了时间趋势指标(trend),将 2010~2019 年分别赋值 1~10;其次,以 2010 年各企业高质量创新水平为基期构造高质量创新基期指标(Quality\_base);最后,将 trend 与 Quality\_base 的交乘项作为高质量创新的时间趋势控制变量(Quality\_base\_trend)<sup>②</sup>。

##### 2.变量设定

(1)被解释变量。本文探究的主要问题是数字技术应用对企业高质量创新的影响,因此,我们以高质量创新为被解释变量。已有研究大多是从专利数量的角度探究创新质量,虽然部分文献对该测算方法进行了改进,如使用专利授权率测度企业的创新质量<sup>[17]</sup>,以及只选用发明专利数量代表创新产出的质量<sup>[18][19]</sup>,但是上述指标实质上仍属于创新产出数量的范畴。并且,部分企业开展创新不仅仅是以保持竞争优势或促进技术进步为目的,还可能存在某种策略<sup>[20]</sup>,如获取政府补贴。因此,以创新数量的相关指标测度高质量创新可能存在一定的偏误。

高质量创新成果是指具有核心技术和较高商业价值的专利,而非通过技术模仿研制的弱专利,更不是仅仅为了获取优惠补贴产生的低质量专利<sup>[21]</sup>。国泰安数据库的专利被引用数据为我们的研究提供了新的思路,专利授权后被引用表明该技术存在外溢效应且能够获得市场认可,使用该指标进行测度更为准确。因此,本文借鉴已有研究的方法<sup>[6][7][22]</sup>,以专利被引用次数测度企业高质量创新。并且,考虑到专利从申请到被引用存在一定周期,我们最终以企业“ $t+1$  期专利被引用次数+1”的自然对数为被解释变量(Quality)的测度指标。

(2)解释变量。文本数据为许多问题的研究提供了新的视角<sup>[23]</sup>,也为本文测度企业应用数字技术的程度提供了思路。我们借鉴刘飞(2020)和赵宸宇(2021)的方法<sup>[24][25]</sup>,利用文构财经文本数据平台(WinGo)搜寻文本信息数据,采集企业年报中出现的与“数字技术”相关的词频。这些关键词主要包括:“互联网”“云计算”“大数据”“人工智能”及其相近的词汇,如分析“大数据”一词的同时,我们还提取了“数据分析”“数据营销”等相关词汇,以此类推。上述关键词出现的次数越多,表示该企业应用相关技术越频繁,即企业应用数字技术的程度越高。最终,我们以这些词频出现的次数之和对解释变量进行测度,即数字技术的应用程度。

(3)控制变量。考虑到还存在其他因素能够影响企业的高质量创新,借鉴已有研究<sup>[26][27]</sup>,我们在模型设定中加入了以下变量:企业年龄(Age),以“研究年份与成立年份之差”测度;资产报酬率

(ROA),用“(利润总额+财务费用)/资产总额”测度;财务杠杆(Lev),用“(净利润+所得税费用+财务费用)/(净利润+所得税费用)”测度;股东持股比例(Share),以前十大股东的持股比例测度;行业竞争度(HHI),用各行业中企业总资产占比的平方和测度;企业规模(Size),用企业员工数的自然对数进行测度。并且,我们分别在模型中加入了被解释变量的趋势控制变量,具体设定方法已在上文中进行了解释。上述变量的描述性统计结果如表1所示。

表1 主要变量的描述性统计

变量	变量含义	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
Digital	数字技术应用程度	11526	8.022	16.260	0	102
Quality	创新质量	8822	2.722	1.453	0.693	6.966
HC	人力资本	10675	0.202	0.150	0.005	0.740
Patent	创新产出数量	10602	3.426	1.401	0.693	7.307
Quality_ave	专利平均质量	8308	0.827	0.427	0.095	5.087
Size	企业规模	11536	7.920	1.105	5.513	11.020
Age	企业年龄	16480	14.870	6.088	1	31
Share	股东持股比例	11545	0.594	0.157	0.235	0.938
ROA	资产报酬率	11546	0.064	0.056	-0.124	0.242
HHI	行业竞争度	16474	0.081	0.059	0.018	0.292
Lev	企业财务杠杆	10808	1.406	1.074	0.503	8.376

#### 四、实证结果与分析

##### (一)高质量创新的特征事实分析

中国制造业上市公司高质量创新的情况值得关注。鉴于此,我们测算了2010~2019年各行业专利被引用数的均值,并依据结果进行了排序。其中,创新质量排名前五位的行业分别是铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业(C37),汽车制造业(C36),黑色金属冶炼和压延加工业(C31),计算机、通信和其他电子设备制造业(C39)以及专用设备制造业(C35),其专利被引用数的均值分别是123.81次、115.09次、100.81次、98.47次和70.15次;创新质量排名居后五名的行业分别是造纸和纸制品业(C22),酒、饮料和精制茶制造业(C15),化学纤维制造业(C28),皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业(C19)以及石油加工、炼焦和核燃料加工业(C25),其专利被引用数的均值分别为11.25次、11.02次、9.41次、8.19次和7.33次。

根据上述结果可知,专利被引用次数排名前列的行业基本都属于技术密集型行业,而排名靠后的大多是资本密集型行业。因此,我们借鉴张伯伟和沈得芳(2015)的分类标准<sup>[28]</sup>,按照要素密集度进一步将样本划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型行业<sup>③</sup>,并分别计算出这三类行业在2010~2019年专利被引用数的均值。其中,技术密集型行业的创新质量最高,劳动密集型行业次之,资本密集型行业的创新质量最低,其专利被引用数的均值分别为70.21次、27.05次和25.79次。综上所述可以发现,制造业各个行业之间的创新质量存在一定的差距,其中,技术密集型行业的创新质量较高,而劳动密集型和资本密集型行业的创新质量则相对较低。

##### (二)基准回归结果与分析

根据上文的分析,我们选用固定效应模型研究数字技术对企业创新质量的影响。在此,我们主要关注回归模型(1)中的系数 $\beta_1$ ,若其显著为正,则表明数字技术应用程度的增加显著促进了企业的高质量创新;若其显著为负,则反之。结合理论分析,我们预期其显著为正。回归结果列示于表2,其中:列(1)未加入任何控制条件,其核心解释变量的系数显著为正;列(2)和列(3)为逐步加入企业与年份固定效应,其核心解释变量的系数依然显著为正;列(4)中,我们加入了创新质量的时间趋势项(Quality\_base\_trend),核心解释变量仍显著为正;列(5)中,我们加入了所有控制变量,核心解释变量的系数依然显著为正。同时可以发现,列(2)~(5)中核心解释变量的系数变化较小,且都在1%的水平上显著,表明本文估计结果是可靠的。由此可知,企业应用数字技术的程度越高,其创新质量就越

高,即数字技术的应用显著提升了企业的创新质量,研究假设 1 得到验证。

上述结果表明,数字技术的应用能够帮助企业在创新活动方面取得突破,进而实现高质量创新发展。由此,对于中国的制造业企业而言,引进并应用人工智能、云计算等数字技术是提升企业创新质量的重要方式,也是促进其高质量发展的重要因素。同时,值得关注的是,在表 2 列(4)和列(5)中,创新质量的时间趋势项系数都显著为负,这表明企业的创新质量本身就具有一定的收敛性。其中,基期创新质量较高的企业随着时间推移,其创新质量的提升幅度逐渐变小;而基期创新质量较低的企业在发展过程中,其创新质量的提升幅度逐渐变大。

表 2 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Digital	0.014 *** (0.000)	0.004 *** (0.000)	0.002 *** (0.000)	0.004 *** (0.000)	0.003 *** (0.000)
Quality_base_trend				-0.025 *** (0.000)	-0.025 *** (0.000)
Age					-0.003 (0.922)
ROA					-0.146 (0.576)
Lev					0.005 (0.567)
Share					-0.354 *** (0.001)
HHI					-0.571 * (0.093)
Size					0.199 *** (0.000)
企业固定效应	否	是	是	是	是
年份固定效应	否	否	是	是	是
观测值	8553	8553	8553	5197	4857
R <sup>2</sup>	0.024	0.002	0.680	0.763	0.770

注: \*、\*\* 和 \*\*\* 分别表示 10%、5% 和 1% 的显著水平,括号内 p 值,下表同。

### (三)稳健性检验

根据上文的估计结果,数字技术的应用能够显著促进企业高质量创新。为了进一步检验上述结果的稳健性,我们采取以下几种方法进行探究,并将其结果与基准回归结果进行对比。

1. 更换被解释变量。我国专利法将专利划分为三种类型,其中,发明专利能更好地测度企业创新产出质量<sup>[19]</sup>。因此,为验证基准回归结果的可靠性,我们借鉴上述研究的方法,将“t+1 期发明专利申请数+1”的自然对数作为被解释变量的替代指标(Quality\*),再次进行回归分析,并将回归结果与基准回归进行对比。结果显示,核心解释变量的系数依然显著为正,与基准回归结果保持一致,验证了数字技术能促进企业高质量创新这一推论,回归结果见表 3 列(1)。

2. 变换模型设定形式。企业所属城市及年份不同,其创新质量会存在一定差异。因此,为了验证创新质量是否与地区特征相关,以及检验基准回归结果的稳健性,我们在模型中控制了企业、地区和年份固定效应,并进行重新估计。结果显示,核心解释变量的系数依然显著为正,再次验证了基准回归结果的稳健性,表明数字技术的应用能够有效地提升企业的创新质量,回归结果详见表 3 列(2)。

3. 考虑公司其他特征。为避免所选用模型可能存在的遗漏解释变量问题,本文借鉴许瑜和冯均科(2017)的研究<sup>[29]</sup>,在模型中进一步加入了企业的其他特征变量,包括企业的高管薪酬(Salary)和流动比率(Currt),其测度方法分别为“高管前三名薪酬总额的自然对数”和“流动资产与流动负债之比”。其中,高管薪酬能够反映企业对高管的激励情况,通常其数值越高,高管的综合能力就越强,其组织开展的创新活动就越有可能获得高质量的成果;流动比率反映的是企业的偿债能力,其能在一定

程度上反映企业的经营状况,对创新质量也会产生一定的影响。考虑到上述因素,我们在基准回归模型中加入了上述变量,并再次进行回归分析,回归结果详见表 3 列(3)。可以发现,核心解释变量的系数依然显著为正,且系数与基准回归的结果接近,支持了数字技术的应用能够显著促进企业高质量创新的结论,故基准回归所得结论是可靠的。

4. 缩短样本研究期间。2016 年起,国家全面推进“营改增”税制改革,相关政策的颁布亦可能会对企业创新行为产生影响。因此,为了降低此税制改革对本文估计结果产生的影响,我们将样本的研究期间缩短为 2010~2015 年,并将上述结果与基准回归进行对比分析。结果发现,核心解释变量的系数显著为正,且与基准回归的结果相差较小,表明基准回归结果具有稳健性,回归结果详见表 3 列(4)。

5. 进一步考虑专利被引用的滞后性。数字技术激励企业增加创新成果存在一定的时间周期,同时,企业从申请专利到该专利被引用也存在一定的滞后性,且该滞后期可能比我们在基准模型中设定的周期更长。因此,我们在基准回归分析的基础上延长滞后期,以“t+2 期的专利被引用次数+1”的自然对数作为被解释变量的替代变量(Quality\_1),再次进行回归分析。结果表明,核心解释变量的系数与基准回归中的结果基本一致,再次验证了基准回归结论的稳健性,回归结果详见表 3 列(5)。

表 3 稳健性检验结果

变量	(1) Quality*	(2) Quality	(3) Quality	(4) Quality	(5) Quality_1	(6) Quality
Digital	0.006*** (0.000)	0.003*** (0.000)	0.003*** (0.000)	0.003** (0.018)	0.003*** (0.000)	0.023*** (0.000)
Quality_base_trend	-0.030*** (0.000)	-0.024*** (0.000)	-0.024*** (0.000)	-0.030*** (0.000)	-0.024*** (0.000)	-0.034*** (0.000)
其他控制变量	是	是	是	是	是	是
新增控制变量	否	否	是	否	否	否
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
地区固定效应	否	是	否	否	否	否
观测值	4638	4857	4854	3065	4363	4857
R <sup>2</sup>	0.228	0.770	0.770	0.745	0.756	0.729

6. 工具变量回归。在基准回归模型中,我们控制了企业和年份固定效应,这能初步缓解由遗漏变量产生的内生性问题。然而,本文可能还存在反向因果的情况,这也是可能导致基准回归结果存在内生性的重要原因之一。数字技术能够通过各种渠道影响企业的创新质量,同时,企业创新质量也可能反向影响其应用数字技术的程度。解决上述问题的方法之一就是找到合理的工具变量(IV),其成立的条件是该工具变量要与被研究企业数字技术的应用程度相关但与其创新质量没有直接相关性。通常,企业应用数字技术的决策会受到同行业其他竞争厂商的影响。因此,我们借鉴 Jayaraman 和 Milbourn(2012)的方法<sup>[30]</sup>,采用同年份同行业其他企业数字技术应用程度的均值作为本文的工具变量,其与被研究企业的数字技术应用程度有关,但并不会对被研究企业的创新质量产生直接影响,符合工具变量选取的前提条件。随后,我们选用了二阶段最小二乘法(2SLS)进行内生性检验,结果如表 3 列(6)所示。可以发现,在考虑内生性因素后,该模型的核心解释变量系数依然显著为正,且系数与基准回归结果相差较小,支持了数字技术的应用能够显著提升企业创新质量的结论。并且,为验证该工具变量的有效性,我们分别进行了识别不足检验(Anderson canon. corr. LM 检验)和弱工具变量检验(Cragg-Donald Wald F 检验),结果显示本文选取的工具变量是合适的。

(四) 机制检验

结合上文的理论分析,数字技术能够通过三种路径促进企业的高质量创新。为了检验上述机制是否成立,我们借鉴温忠麟和叶宝娟(2014)的方法<sup>[31]</sup>,选用中介效应模型进行机制检验。具体而言:首先,我们以“Ln(t 期专利申请数+1)”衡量企业的创新产出数量(Patent)<sup>④</sup>,并以此作为中介变量,检验“外延扩张”策略是否成立,即数字技术能否通过增加创新产出数量促进企业高质量创新,结

果如表 4 的列(1)(2)所示。其中,我们在列(1)中加入了创新数量的时间趋势项(Patent\_base\_trend)和其他控制变量,结果显示:数字技术能够显著促进企业创新产出数量的增加,并且企业创新产出数量的增长具有收敛性。进一步,我们在列(2)中同时引入了中介变量(Patent)、创新质量的时间趋势项(Quality\_base\_trend)以及其他控制变量,结果显示:中介变量的系数显著为正,核心解释变量的系数显著为正且小于基准回归中的结果。上述结果表明,数字技术可以通过“外延扩张”策略提升企业的创新质量,即以创新数量推动创新质量的提升,假设 2 成立。

其次,数字技术对企业高质量创新的影响,不仅包括“外延扩张”策略,还可能存在对企业已有专利进行再优化的方式,即“纵向深化”策略。这里使用“专利平均被引次数”作为被解释变量,以“ $\ln(t+1 \text{ 期专利被引用次数}+1) / \ln(t \text{ 期专利申请数}+1)$ ”对其进行测度,并以此检验数字技术能否通过优化存量专利成果的方式实现企业的高质量创新。专利平均质量既可以直接反映企业专利成果的整体质量,也可以间接反映企业已有专利的质量情况,回归结果如表 4 的列(3)(4)所示。其中,列(3)是仅加入企业和年份固定效应的估计结果,列(4)中进一步加入了专利平均被引用次数的时间趋势控制项(Quality\_ave\_base\_trend)和其他控制变量。可以发现,在上述所有估计结果中,核心解释变量的系数都未通过显著性检验,无需再继续进行中介效应检验的下一步骤。这表明,目前数字技术未能优化企业的已有专利成果,即未能实现创新质量的“纵向深化”,假设 3 不成立。综上所述,从创新成果视角分析,数字技术主要是以创新数量推动企业创新质量的提升,未能通过优化企业既有专利成果提升其创新质量。该研究结论对于企业如何进一步利用数字技术优化既有专利成果,通过“纵向深化”策略实现高质量创新具有启示意义。

最后,我们以本科及以上学历的员工数占比测度企业的人力资本(HC)<sup>⑥</sup>,并将其作为中介变量,检验数字技术能否通过提升人力资本促进企业高质量创新,结果如表 4 的列(5)(6)所示。其中,我们在列(5)中加入了人力资本的时间趋势项(HC\_base\_trend)及其他控制变量,结果表明,数字技术能够显著促进企业人力资本提升。列(6)中,我们同时加入了中介变量(HC)、创新质量的趋势项(Quality\_base\_trend)以及其他控制变量,结果显示核心解释变量和中介变量的系数都显著为正,并

表 4 机制检验结果

变量	外延扩张策略		纵向深化策略		人力资本	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Patent	Quality	Quality_ave	Quality_ave	HC	Quality
Digital	0.004 *** (0.000)	0.002 *** (0.002)	-0.000 (0.263)	-0.000 (0.973)	0.001 *** (0.000)	0.003 *** (0.001)
Patent		0.202 *** (0.000)				
HC						0.257 * (0.068)
Quality_base_trend		-0.020 *** (0.000)				-0.025 *** (0.000)
Patent_base_trend	-0.031 *** (0.000)					
Quality_ave_base_trend				-0.067 *** (0.000)		
HC_base_trend					-0.018 *** (0.000)	
其他控制变量	是	是	否	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是
观测值	6190	4751	8228	4462	6118	4482
R <sup>2</sup>	0.347	0.791	0.272	0.382	0.248	0.775

且核心解释变量的估计系数小于基准回归中的结果。上述结果表明,数字技术的应用能够显著提高企业的人力资本水平,人力资本的提升有助于企业突破技术瓶颈,研发出质量较高的创新成果,以实现高质量创新。综上所述,人力资本是数字技术促进企业高质量创新的路径之一,假设4成立。

### (五)异质性分析

上文研究是从整体上探究数字技术对企业创新质量的影响,实际上忽略了要素密集度、企业规模及所有权性质等因素对估计结果产生的影响。由于创新活动具有风险性和不确定性,通常具有较强创新需求且能够承担较高创新风险的企业更倾向于将数字技术应用于创新活动,并以此实现高质量创新。根据上述分析,我们将样本划分为不同类型的子样本,以期获得更为细致的结论。

1.基于要素密集度的异质性分析。要素密集度不同的企业,其创新需求和创新质量的差异较为明显。其中,劳动密集型企业生产活动的标准化程度较高,这使得该类企业对技术创新的需求程度较低;技术密集型企业多属于朝阳产业,这类企业为了提高其核心竞争力,需要持续提升企业的创新能力和创新质量;资本密集型企业对创新的需求介于前两者之间<sup>[32]</sup>。那么,这些差异是否会体现在数字技术应用对企业高质量创新的影响中?

因此,我们根据上文所述的分类标准,将样本按照要素密集度划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型企业,并分别对上述子样本进行回归分析,结果列示于表5。其中,列(1)和列(2)分别为劳动密集型和资本密集型企业的估计结果,其核心解释变量的系数都未通过显著性检验;列(3)是技术密集型企业的估计结果,其结果显示,数字技术显著促进了该类企业的高质量创新。一个可能的解释是:对于劳动密集型和资本密集型企业而言,其对提升创新质量的需求相对较小,数字技术的效应更多地体现在生产经营的其他方面,而非创新活动。相较而言,技术密集型企业之间的竞争在一定程度上是技术创新水平的较量,数字技术的效用更多地体现在其对研发活动的支持中。综上所述,数字技术的应用能够有助于技术密集型企业在创新方面实现突破,提升其创新质量,但其未能显著影响劳动密集型和资本密集型企业的创新质量。

表5 异质性检验结果:要素密集度

变量	(1)劳动密集型	(2)资本密集型	(3)技术密集型
	Quality	Quality	Quality
Digital	-0.001 (0.838)	-0.001 (0.667)	0.002*** (0.002)
Quality_base_trend	-0.029*** (0.000)	-0.046*** (0.000)	-0.022*** (0.000)
其他控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
观测值	748	1002	3107
R <sup>2</sup>	0.779	0.736	0.785

2.基于企业规模的异质性分析。从融资约束的角度看,规模较大的企业资金较为雄厚,其融资约束较小;而规模较小的企业则通常面临较高的融资约束,存在一定的资金负担。高质量创新活动离不开大量的资金投入,因此,考虑到创新活动本身存在的风险性与不确定性,大规模企业将资金投入研发活动中的概率更高。从企业的组织结构看,规模较大企业的组织结构更完善,拥有更优秀的管理和研发团队,能够更合理地运用数字技术以实现高质量创新,小规模企业则相对欠缺。那么,数字技术对不同规模企业高质量创新的影响如何?

我们根据企业总资产的中值将全样本划分为两组,并进行了回归分析,结果如表6的列(1)和列(2)所示。其中,大规模企业的核心解释变量系数显著为正,而小规模企业的核心解释变量系数却不显著。该结果表明,大规模企业能够通过应用数字技术促进高质量创新。可能的原因是:大规模企业资金实力较为雄厚,在技术研究方面已经投入了大量资金与设备,因此,他们具有较好的创新基础与

条件,这是实现高质量创新的前提。并且,大规模企业通常具备比较完善的研发与营销部门,数字技术的应用有助于营销部门更好地了解及掌握客户需求,此时,研发部门能够根据消费者需求设计更具针对性的产品和服务。这是大规模企业能够通过数字技术实现高质量创新的重要原因,但小规模企业在上述方面相对欠缺,因此,小规模企业未能通过数字技术的应用实现高质量创新。

3.基于企业所有权性质的异质性分析。国有企业的实际控制人是政府,其管理者通常会与政府形成委托代理关系,生产经营相对稳定。因此,为了规避研发活动带来的风险,其管理者通常会选择相对稳定的投资项目。相较而言,非国有企业对经济环境的变化更加敏感,其面临的竞争更激烈,故非国有企业更倾向于利用数字技术提高其创新质量,以维持企业在市场竞争中的优势地位,获得长期收益。鉴于此,我们将继续探究数字技术对不同所有权性质企业高质量创新的影响。

根据企业所有权性质,我们将样本划分为国有企业和非国有企业两类,其估计结果如表 6 所示。其中,列(3)和列(4)分别是国有企业样本和非国有企业样本的估计结果,两者的核心解释变量系数都显著为正,但后者的系数明显大于前者。该结果表明,对于非国有企业而言,其增加数字技术应用程度以实现高质量创新的促进效果更为显著。可能的原因是:第一,技术创新通常被认定为国有企业负责人的重要考核项目之一,但其考核的标准更多的是基于创新产出数量的角度,缺乏直接对创新质量的考察;第二,相较于国有企业,非国有企业获得政府的优惠政策更少,面临的竞争压力更大。因此,非国有企业为了提升市场竞争力,亟须通过应用数字技术等途径提升创新质量,实现高质量创新的目标,以在市场竞争中占据优势地位,实现企业的长远发展。

表 6 异质性检验结果:企业规模和所有权性质

变量	(1)大规模	(2)小规模	(3)国有	(4)非国有
	Quality	Quality	Quality	Quality
Digital	0.004 *** (0.000)	0.000 (0.760)	0.002 ** (0.043)	0.005 *** (0.000)
Quality_base_trend	-0.024 *** (0.000)	-0.049 *** (0.000)	-0.036 *** (0.000)	-0.018 *** (0.000)
其他控制变量	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
观测值	3168	1686	2597	2260
R <sup>2</sup>	0.801	0.730	0.760	0.789

## 五、结论与启示

提高制造业企业创新质量是制造业实现高质量发展的重要途径,本文以制造业上市公司为考察对象,实证研究了数字技术对企业高质量创新的影响,结果表明:(1)制造业各个行业间的创新质量存在一定差距,技术密集型行业的创新质量普遍较高,而劳动密集型和资本密集型行业的创新质量则相对较低。(2)数字技术对企业高质量创新具有显著的促进作用,并且该结论通过稳健性检验,具有一定的可靠性。(3)数字技术对企业高质量创新的影响存在两条路径:第一,数字技术可以通过“外延扩张”策略,以创新产出数量推动企业高质量创新;第二,数字技术的应用能够通过提升企业的人力资本以实现高质量创新。(4)数字技术对企业高质量创新的影响在行业要素密集度、企业规模和所有权性质不同的企业中存在差异。其中,数字技术的应用对技术密集型企业、大规模企业和非国有企业的创新质量具有更显著的促进作用,而对其他类型企业的创新质量影响较弱。

根据本文的研究结论,我们认为制造业企业应用数字技术是必要的,但仍需要根据企业特征及所属行业特点进行综合性考虑。为此,本文提出如下建议:(1)政府部门应制定相关政策引导和支持企业应用数字技术,尤其是给予相关的政府补贴或税收优惠政策,这些政策能够有效地激励企业将数字技术应用于创新活动。并且,实现高质量创新是企业应用数字技术的重要目标之一,因此,有关部门在制定相

关政策时应将创新质量水平考虑在内,可以根据企业创新质量水平的达标情况给予进一步的补贴或优惠。(2)企业应该合理利用相关的数字技术,增加与同行业其他企业的交流与合作,从而掌握更多有利的资源,为提高企业创新质量奠定基础。同时,企业应该深化数字技术在生产制造、市场营销等各个环节的应用,真正地发挥数字技术的关键作用。(3)企业应该重视人力资本的提升,加强对员工相关技能的培训,尤其是要加强数字技术的相关培训,提升员工应用数字技术的能力,以实现高质量创新的目标。

#### 注释:

①数据来源:世界知识产权组织官方网站,https://www.wipo.int/portal/zh/。

②下文涉及变量时间趋势项的设定方法与创新质量时间趋势项的方法类似,故不再赘述。

③本文将样本所属行业按要素密集度划分如下:劳动密集型行业包括农副食品加工业(C13),食品制造业(C14),纺织业(C17),纺织服装、服饰业(C18),皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业(C19),木材加工和木、竹、藤、棕、草制品业(C20),家具制造业(C21),文教、工美、体育和娱乐用品制造业(C24),非金属矿物制品业(C30),金属制品业(C33),其他制造业(C41)以及废弃资源综合利用业(C42);资本密集型行业包括酒、饮料和精制茶制造业(C15),造纸和纸制品业(C22),印刷和记录媒介复制业(C23),石油加工、炼焦和核燃料加工业(C25),化学原料和化学制品制造业(C26),化学纤维制造业(C28),橡胶和塑料制品业(C29),黑色金属冶炼和压延加工业(C31)以及有色金属冶炼和压延加工业(C32);技术密集型行业包括医药制造业(C27),通用设备制造业(C34),专用设备制造业(C35),汽车制造业(C36),铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业(C37),电气机械和器材制造业(C38),计算机、通信和其他电子设备制造业(C39)以及仪器仪表制造业(C40)。

④创新产出数量是以企业研究年度的专利申请量进行计算的,不包含以往年度的专利申请量。

⑤为了检验这一路径是否成立,我们进一步使用了“硕士及以上学历的员工数占比”作为人力资本的替代变量,重新进行了回归分析,结果支持了“数字技术通过提高企业人力资本促进企业高质量创新”的结论。在此,感谢匿名审稿人提出的专业建议。

#### 参考文献:

- [1] 温琨,阎志军,程愚.数字经济驱动创新效应研究——基于省际面板数据的回归[J].经济体制改革,2020(3):31—38.
- [2] 周青,王燕灵,杨伟.数字化水平对创新绩效影响的实证研究:基于浙江省73个县(区、市)的面板数据[J].科研管理,2020(7):120—129.
- [3] 沈国兵,袁征宇.企业互联网化对中国企业创新及出口的影响[J].经济研究,2020(1):33—48.
- [4] 许芳,田萌,徐国虎.大数据应用能力对企业创新绩效的影响研究——供应链协同的中介效应与战略匹配的调节效应[J].宏观经济研究,2020(3):101—119.
- [5] 张光宇,欧春尧,刘盼新,等.人工智能企业何以实现颠覆性创新?——基于扎根理论的探索[J].科学学研究,2021(4):738—748.
- [6] Singh, J. Distributed R&D, Cross-regional Knowledge Integration and Quality of Innovative Output[J]. Research Policy, 2008, 37(1): 77—96.
- [7] Yamashita, N. Economic Crisis and Innovation Capacity of Japan: Evidence from Cross-country Patent Citations[J]. Technovation, 2021, 101: 102208.
- [8] Grant, R.M. Toward a Knowledge-based Theory of the Firm[J]. Strategic Management Journal, 1996, 17(2): 109—122.
- [9] Nambisan, S. Digital Entrepreneurship: Toward a Digital Technology Perspective of Entrepreneurship[J]. Entrepreneurship Theory and Practice, 2017, 41(6): 1029—1055.
- [10] Briel, F. V., Davidsson, P., Recker, J. Digital Technologies as External Enablers of New Venture Creation in the IT Hardware Sector[J]. Entrepreneurship Theory and Practice, 2018, 42(1): 47—69.
- [11] Huang, J., Henfridsson, O., Liu, M., et al. Growing on Steroids: Rapidly Scaling the User Base of Digital Ventures through Digital Innovation[J]. MIS Quarterly, 2017, 41(1): 301—314.
- [12] Smith, C., Smith, J.B., Shaw, E. Embracing Digital Networks: Entrepreneurs' Social Capital Online[J]. Journal of Business Venturing, 2017, 32(1): 18—34.
- [13] 陈庆江,王茂丰,王彦萌.数字技术应用对企业二元创新的影响——基于组织生命周期的实证检验[J].软科学,2021(11):92—98.
- [14] 王海花,杜梅.数字技术、员工参与与企业创新绩效[J].研究与发展管理,2021(1):138—148.
- [15] 陈国青,曾大军,卫强,等.大数据环境下的决策范式转变与使能创新[J].管理世界,2020(2):95—105.
- [16] 张骞,李长英.信息化对区域创新绩效的直接效应和间接效应——兼论人力资本非线性中介作用[J].现代经济探讨,2019(2):113—121.
- [17] 俞立平.效率视角下创新数量、质量与速度互动机制研究[J].经济与管理研究,2020(11):58—76.

- [18] 黎文靖,郑曼妮.实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J].经济研究,2016(4):60—73.
- [19] 江轩宇.政府放权与国有企业创新——基于地方国企金字塔结构视角的研究[J].管理世界,2016(9):120—135.
- [20] Tong, T. W., He, W., He, Z. L., et al. Patent Regime Shift and Firm Innovation: Evidence from the Second Amendment to China's Patent Law[J]. Academy of Management Annual Meeting Proceedings, 2014(1):14174.
- [21] 赵玉林,刘超,谷军健.研发投入结构对高质量创新的影响——兼论有为政府和有效市场的协同效应[J].中国科技论坛,2021(1):55—64.
- [22] 吴敏,刘冲,黄玖立.开发区政策的技术创新效应——来自专利数据的证据[J].经济学(季刊),2021(5):1817—1838.
- [23] Gentzkow, M., Kelly, B., Taddy, M. Text as Data[J]. Journal of Economic Literature, 2019, 57(3):535—574.
- [24] 刘飞.数字化转型如何提升制造业生产率——基于数字化转型的三重影响机制[J].财经科学,2020(10):93—107.
- [25] 赵宸宇.数字化发展与服务化转型——来自制造业上市公司的经验证据[J].南开管理评论,2021(2):149—163.
- [26] 刘斐然,胡立君,范小群.产学研合作对企业创新质量的影响研究[J].经济管理,2020(10):120—136.
- [27] 李仲泽.机构持股能否提升企业创新质量[J].山西财经大学学报,2020(11):85—98.
- [28] 张伯伟,沈得芳.政府补贴与企业员工就业——基于配对倍差法的实证分析[J].经济动态,2015(10):31—38.
- [29] 许瑜,冯均科.内部控制、高管激励与创新绩效——基于内部控制有效性的实证研究[J].软科学,2017(2):79—82.
- [30] Jayaraman, S., Milbourn, T. T. The Role of Stock Liquidity in Executive Compensation[J]. The Accounting Review, 2012, 87(2):537—563.
- [31] 温忠麟,叶宝娟.中介效应分析:方法和模型发展[J].心理科学进展,2014(5):731—745.
- [32] 卿陶,黄先海.国内市场分割、双重市场激励与企业创新[J].中国工业经济,2021(12):88—106.

## Digital Technology and Companies' High-quality Innovation

CONG Hao<sup>1</sup> ZHANG Chunyu<sup>2</sup>

(1.School of Economics, Zhongnan University of Finance and Law, Wuhan 430073, China;

2.School of Public Finance and Taxation, Zhongnan University of Finance and Law, Wuhan 430073, China)

**Abstract:** Taking the A-share listed companies of the manufacturing in the Shanghai and Shenzhen Stock Exchange from 2010 to 2019 as the research sample, this paper obtains the word frequency data of these companies' application of digital technology by analyzing the annual reports of listed companies, and explores the impact of the application of digital technology on companies' high-quality innovation and its mechanism. The research shows that digital technology mainly promotes companies to achieve high-quality innovation through two ways: increasing the number of innovation output and improving human capital. Further research finds that for technology intensive companies, large-scale companies and non-state-owned companies, digital technology has a more significant incentive effect on their high-quality innovation. Based on the above results, the government should formulate corresponding policies to guide companies to apply digital technology to innovation activities, while companies should also actively apply digital technology to R&D and design activities, strengthen the training of relevant skills of employees, and give full play to the role of digital technology in promoting high-quality innovation of companies.

**Key words:** Digital Technology; High-quality Innovation; Extensive Strategy; Intensive Strategy; Human Capital

(责任编辑:胡浩志)