

制造企业数字化转型与创新效率： 制造过程与商业模式的异质性分析

贺正楚^{1,2}, 潘为华², 潘红玉³, 吴 艳¹

(1. 湘潭大学商学院, 湖南 湘潭 411105; 2. 长沙理工大学经济与管理学院, 湖南 长沙 410114;
3. 湖南财政经济学院, 湖南 长沙 410205)

摘 要:基于 2007—2021 年 A 股上市制造企业面板数据, 从企业数字化转型的两个方面即制造过程数字化转型和商业模式数字化转型, 分别考察其对制造企业创新效率的影响。实证研究结果表明: 企业整体层面和制造过程层面的数字化转型能够显著提升制造企业创新效率; 短期内商业模式数字化转型能够提升制造企业创新效率, 长期中对创新效率的影响为负。在考虑内生性等问题后, 这一结果依然显著, 并在进行一系列稳健性检验后结论仍然成立。在影响机制方面, 交易成本在企业整体层面和制造过程层面数字化转型与创新效率的关系中发挥部分中介效应, 在商业模式层面数字化转型与创新效率的关系中发挥遮掩效应。基于异质性研究发现, 民营制造企业数字化转型对创新效率的影响程度要强于国有制造企业, 技术密集型制造企业数字化转型对创新效率的影响程度要强于劳动密集型和资本密集型制造企业。

关键词:数字化转型; 制造过程; 商业模式; 创新效率

中图分类号:F425

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2023)03-0162-16

Digital transformation and innovation efficiency of manufacturing firms: Heterogeneity analysis of manufacturing processes and business models

HE Zhengchu^{1,2}, PAN Weihua², PAN Hongyu³, WU Yan¹

(1. School of Business, Xiangtan University, Xiangtan 411105, China;
2. School of Economics and Management, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, China;
3. Hunan University of Finance and Economics, Changsha 410205, China)

Abstract: Based on the panel data of A-share listed manufacturing enterprises from 2007 to 2021, this paper investigates the impact of digital transformation on innovation efficiency of manufacturing enterprises from two aspects of digital transformation, namely, digital transformation of manufacturing process and digital transformation of business model. The empirical results show that digital transformation can significantly improve the innovation efficiency of manufacturing enterprises at both the enterprise level and the manufacturing process level. In the short term, the digital transformation of business model can improve the innovation efficiency of manufacturing enterprises, but in the long term, it has a negative impact on the innovation efficiency. After considering endogeneity and other issues, this result is

收稿日期: 2022-11-30 修回日期: 2023-02-08

基金项目:国家社会科学基金一般项目“我国半导体产业链脆弱性影响因素、形成机理及缓释路径研究”(22BJL121); 湖南省自然科学基金项目“湖南省数字经济与制造业产业链融合发展研究”(2022JJ40019); 湖南省教育厅科学研究项目“数字经济背景下制造业产业链创新网络演化及治理研究”(22B0908)。

作者简介:贺正楚(1968—), 男, 湖南衡阳人, 博士, 湘潭大学商学院教授, 长沙理工大学经管学院博士生导师, 研究方向为数字经济与制造业转型。通信作者: 潘红玉。

still significant, and the conclusion is still valid after a series of robustness tests. In terms of influencing mechanism, transaction cost plays a partial mediating effect in the relationship between digital transformation and innovation efficiency at the enterprise level and manufacturing process level, and a masking effect in the relationship between digital transformation and innovation efficiency at the business model level. Based on heterogeneity, it is found that the impact of digital transformation on innovation efficiency of private manufacturing enterprises is stronger than that of state-owned manufacturing enterprises, and the impact of digital transformation on innovation efficiency of technology-intensive manufacturing enterprises is stronger than that of labor-intensive and capital-intensive manufacturing enterprises.

Key words: digital transformation; digitization of manufacturing processes; digitization of business models; innovation efficiency

中国拥有全球规模最大、产业链条最完整的制造业体系,2021年制造业增加值达31.4万亿元,占全球比重达27.4%,连续12年世界第一。在高速发展的同时,中国制造业一直贴着“大而不强”的标签,突出表现为创新效率低下、关键核心技术受制于人等问题。尤其是当前百年未有之大变局和新冠病毒感染交织影响下,如何在激烈的“贸易战”和“技术战”中突破“脱钩断链”和“卡脖子”的创新困境,不仅关系到企业能否生存,而且关系到国家和民族的前途与命运。数字经济时代已经来临,数字经济的发展彰显出了强大的韧性和动能^[1]。在此背景下,企业如何借助数字经济加快发展?习近平总书记对此特别强调要主动应变、化危为机,以科技创新和数字化变革催生新的发展动能,这就为我国制造企业开展数字化转型、探寻创新发展新动能指明了方向。

企业数字化转型是利用数据要素和数字技术,变革企业生产流程、商业模式和组织结构^[2],改善要素配置效率、重构价值创造体系的过程^[3]。学术界对企业数字化转型的研究主要围绕以下几个方面展开:一是企业数字化转型的动因,驱动企业数字化转型的动力主要包含了数字技术发展及渗透^[4]、竞争环境加剧^[5]、用户需求变化^[6]等方面;二是企业数字化转型的测度,由于数据可得性的限制和数字化形式的多样性,对于企业数字化转型的测度主要有几种方式:采用以企业主页、邮箱、微博等作为企业互联网化的替代性指标^[7]、采用“当年是否进行数字化转型”的“0-1”虚拟变量来测度^[8]、采用问卷调查和量表开发的方法来测度^[9]、采用上市企业年报文本分析方法来测度^[10]、构建指标体系来测度等;三是企业数字化转型的效应,包括对劳动力就业^[12]、产品开发与创新^[13]、企

业业绩和绩效^[11,14]、组织韧性^[15]、企业出口^[16]、全要素生产率等^[17]方面产生广泛的影响;四是企业数字化转型的路径。对于企业数字化转型过程包含由高层发起的自上而下和由中下层发起的自下而上两种^[18]。在这一过程中,数字化转型战略和转型模式的选择是企业数字化转型研究的核心问题^[19]。在企业数字化转型与创新领域,学者对数字化转型的创新产出^[20-21]和创新绩效^[22-23]效应进行了初步的探讨。

由此可以看出:一方面,在企业数字化转型理论研究上,学者们从不同角度展开研究并取得了许多值得借鉴的成果,但是仍处于早期探索阶段,未形成完善的理论体系和实证分析框架。此外,现有关于企业数字化转型经济后果的研究主要集中于对主业绩的影响,较少涉及创新效率方面,更加鲜见从不同转型模式的视角探讨企业数字化转型对创新的影响,对于企业数字化转型影响创新效率的机制机理研究严重不足。另一方面,在企业数字化转型实践过程中,由于转型“阵痛期”的存在,许多企业在权衡转型所需投入以及产出回报之后,产生“不会转”“没钱转”“不敢转”的现象,更有甚者部分企业陷入“不转型等死、转型找死”的困局^[25]。有鉴于此,本文以创新效率为切入点,在采用文本分析法对制造企业数字化转型水平进行测度的基础上,探讨不同数字化转型模式对制造企业创新效率的异质性影响,在坚定企业开展数字化转型信心的同时,为政府更好地精准施策提供重要参考。

一、理论分析与研究假设

(一) 制造企业数字化转型与创新效率

从已有研究可以看出,制造企业数字化转型对创新效率的影响主要通过以下几条路径实现:

一是企业数字化转型的过程本身就是一种创新,通过数字技术和创新要素的结构优化,能够促进资源优化配置,有效提升创新效率^[25]。数字经济时代,数据作为一种新型生产要素^[26],广泛应用于制造企业生产和研发创新过程中,能够有效降低企业创新活动中信息不确定带来的经济成本,有效压缩企业内外部协同成本,提高数据的边际要素生产率,从而显著提高制造企业创新效率^[27]。二是企业数字化转型的过程是一个信息扩散、知识溢出的过程。一方面,开放式创新网络中,企业数字化水平的提升,能够提高信息流动的规模性、效率性和融合性^[28]。创新信息和创新知识在不同企业、不同地区的传播和扩散更有效率^[29],信息共享和知识溢出更加频繁,能够为企业创新活动的开展提供良好的开放环境。另一方面,企业数字化转型改变了制造企业传统的研发创新模式,拓宽了企业的创新边界,实现由传统的内部研发向开放式、网络化创新的转变^[30]。三是基于“创新投入—创新产出”的视角,企业数字化转型在精准创新投入、降低创新成本的同时,还能够有效提升创新产出,从而提升整体创新效率。在创新投入方面,企业通过数字化转型能够充分发挥“精、准、快”优势,快速响应市场需求、精准抓住创新机会、高效开展资源整合、有效降低创新风险、合理控制成本投入。在创新产出方面,一方面,基于先进数字技术的虚拟创新仿真和智能数据分析,有利于创新产出的增长;另一方面,数字化转型能够打破企业内部和外部协调沟通的边界壁垒,加速企业间的知识互动和协同合作,形成“1+1>2”协作创新局面。此外,创新不仅仅是简单“投入+产出”的过程,高效率的创新还需要高效的成果转换,企业数字化转型提升了制造企业高效率创新成果转换的可能性。基于上述分析,提出假设 H1:从整体上看,制造企业数字化转型能够有效提升创新效率,转型程度越高,越有利于创新效率的提升。

(二) 制造过程数字化转型、商业模式数字化转型与创新效率

制造企业数字化转型分为制造过程数字化和商业模式数字化^[31]。基于“技术—市场”的视角,企业通过数字化转型主要为实现两个目标:一是

通过数字自动化流程来降低运营成本;二是通过数字化销售方式增强客户体验以提高市场规模。制造过程数字化基于“技术”的视角,聚焦于企业的生产计划和流程管理实践,通过制造系统改造来实现效率提升。商业模式数字化则基于“市场”的视角,聚焦于体验、平台、内容,通过改善客户体验来实现价值增值。由于两种不同转型路径侧重点不同,对创新效率的影响也呈现出异质性特征。在复杂动态的市场环境中,制造企业的创新发展和转型升级,需要制造过程和商业模式的有机结合^[32],通过制造过程数字化实现技术更迭,通过商业模式数字化实现价值交换,从而实现企业持续创新发展。

1. 制造过程数字化转型与创新效率

制造过程数字化转型侧重于采用先进数字技术来推动制造流程的数字化、自动化、集成化、网络化,有效提高制造效率。第一,数字技术具有高融合性、高渗透性的特征,在制造企业数字化转型的过程中深度融入生产制造和研发创新的环节,在智能化生产过程中使用虚拟的仿真技术,完全拟态环境使得企业高效创新成为了可能^[33]。第二,制造过程数字化转型是大数据、云计算、5G、虚拟现实等新兴数字技术应用于生产制造流程的过程,是对制造企业传统生产设备和生产技术的全面革新,实现了制造企业由传统“生产制造车间”向现代化“智能智造中心”的升级。智能制造能够重构生产流程,重新定义生产链条,实现产品自动生产、数据自动生成、信息实时采集,有助于及时发现产品和技术的不足,实现高质量生产和高效率运行。第三,在完全拟态环境和信息实时采集的条件下,企业可以直接实现产品设计的模拟仿真及优化改进,减少了制造企业在研发实验中的创新资源投入,提高制造企业产品研发设计的效率^[34]。综上所述,提出假设 H2:制造过程数字化转型能够有效提升企业创新效率。

2. 商业模式数字化转型与创新效率

商业模式数字化转型则侧重于依托数字技术精准把握客户需求,实现价值增值。商业模式的数字化转型,能够促使企业商业模式向与消费者价值共创、网络化协同方向演变,能够有效缓解信

息不对称与需求不确定问题^[35],加速技术创新能力提升和投入产出效率跃迁。在传统制造企业中,创新需求的不确定性是制造企业创新效率提升的主要障碍。而商业模式的数字化转型,有效缓解了制造企业与终端消费者之间的供需不确定的问题,有助于制造企业增强产品研发创新的目的性、针对性与实效性^[36],进而提升制造企业创新效率。然而,一方面企业数字化转型和创新是一个长期的资源投入过程,根据资源的稀缺性假设,制造企业的长远发展,核心在于技术创新与技术突破。对于制造企业而言,商业模式的数字化转型必然会挤占生产制造数字化转型和技术创新发展所需的资金,不利于技术的更新改造与进一步升级^[37]。另一方面,企业的商业模式存在路径依赖性,随着时间推移,制造企业商业模式产生的组织惰性也越来越强^[39],不利于企业创新活动的开展和创新效率的提升。因此,本文提出假设 H3:在短期内,商业模式的数字化转型能够有效提升制造企业的创新效率;从长远来看,商业模式数字化转型会抑制创新效率的提升。

(三)数字化转型、交易成本与创新效率

企业数字化转型是组织动态调试与升级的过程,数字技术的大量运用提升了企业组织的结构效率和运营效率,降低企业的交易成本^[38],进一步提升企业的创新效率。一方面,企业数字化转型加速推动了组织结构由“封闭式、垂直化”管理向“开放式、扁平化”管理的进程,能够有效缓解企业管理中信息不对称的问题,尤其是对于减少研发创新活动的中间环节,提高制造企业创新活动中对信息、技术、知识等创新资源的整合能力具有重要作用。另一方面,基于数字技术构建的领导决策系统,有利于企业管理者持续提升管理决策能力,在瞬息万变的市场环境中抓住难得的创新机会,从而提升创新效率。此外,对于研发人员来说,数字化流程和数字化技术能够提高沟通效率,降低信息搜寻成本和创新的试错成本,极大地提高了生产工具效率和创新效率^[39]。因此,本文提出假设 H4:制造企业数字化转型通过降低交易成本,有效提升了创新效率。

二、实证设计

(一)样本选择与数据来源

数字化转型前期需要大量的资金投入,数字化转型取得成效的往往集中在经济实力较为雄厚的地区企业。本文以上市制造业企业为研究对象,在一定程度上降低了样本选择的偏误,因为上市公司相对于非上市公司,在转型战略选择、转型能力提升、转型动力驱动等方面具有更强选择性。数据来源包括以下几个部分:①选用 2007—2021 年上市制造业企业为研究样本,筛选出所属制造业行业门类的企业共有 2 634 家,剔除 B 股上市、科创板上市、ST 和 *ST 的制造企业样本后共有 2 335 家样本企业。②反映上市公司行业分类的指标,来自中国证券监督管理委员会网站发布的《2020 年 4 季度上市公司行业分类结果》。③反映制造企业数字化转型水平的指数,采用基于机器学习的文本分析法提取沪深制造业上市企业 2007—2021 年的年报文本数据,形成相应数据池。从制造过程数字化和商业模式数字化两个方面入手筛选出代表企业数字化转型的特定关键词。基于 Python 技术对特定关键词进行搜索、匹配和词频计数,并用最终加总词频在总词频中所占比例来衡量企业数字化转型程度。④其他数据主要来自于 CSMAR 数据库,极个别指标缺失的通过新浪财经、巨潮资讯等网站财经数据补充。

(二)模型设计

基于上述理论分析,本文构建模型(1)考察制造企业数字化转型对创新效率的影响为:

$$Effi_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \sum \beta Controls_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

式中, $Effi_{i,t}$ 为被解释变量创新效率。 $Digital_{i,t}$ 为核心解释变量数字化转型指数。本文将制造企业数字化转型的路径划分为制造过程数字化转型和商业模式数字化转型,并分别测算其数字化水平为 $Digital_m$ 和 $Digital_b$, 基于上述基准回归模型探讨不同数字化转型模式对创新效率的异质性影响。 β_0 为常数项; β_1 为影响系数; $Controls_{i,t}$ 为控制变量; μ_i 表示个体固定效应; δ_t 表示时点固定效应; $\varepsilon_{i,t}$ 表示随机扰动项。

(三) 变量定义

1. 解释变量

前文介绍了学术界关于企业数字化转型几种常用的方法,可以看出存在以下缺陷:一是在大部分文本分析方法在选择关键词时,都是基于企业数字化转型的“ABCD”底层技术与实践应用的词频图谱进行分析,并未考虑到制造企业与非制造企业数字化转型的特征差异。二是大部分文献都是从总体上考察企业数字化转型的经济效果,在测度企业数字化转型的程度时,并未对不同转型模式的水平进行测度。有鉴于此,本文基于制造企业数字化转型的独特特征,在进行整体测度的基础上,从制造过程和商业模式两个方面对制造企业数字化转型水平进行测度。

第一步,制造企业数字化转型词典构建。在文本分析方法中,关键词出现的次数体现了企业对关键词所表征的行为或现象越重视。因此,关键词词典的构建是文本分析的核心。本文将制造企业数字化转型的关键词分为制造过程和商业模式两类。其依据:一是参考企业数字化转型主题的现有文献;二是制造业数字化转型的相关政策文件和研究报告,如工业和信息化部办公厅发布的《中小企业数字化赋能专项行动方案》等;三是数字化转型较为成功的企业,从其年报中识别、筛选、提出关键词。最终,构建制造企业数字化转型分类词典。

第二步,关键词提取和统计。关于制造过程和商业模式数字化转型的关键词提取自上市公司的年报,采用 Python 软件从巨潮资讯网上下载。将年报文本转换为 TXT 格式,并提取上市公司关于经营情况讨论与分析章节。

第三步,制造企业数字化转型指数的测算。对上述提取的内容采用 Jieba 进行分词处理,根据分词结果分别统计每家公司的数字化转型、制造过程数字化转型、商业模式数字化转型的关键词词频。鉴于不同规模企业、不同行业企业的经营情况分析部分文本长度存在差异,因此本文采用数字化转型关键词词频在经营情况分析部分总词数中所占比例乘以 100 来表示企业数字化转型水平。具体计算如下:

制造企业数字化转型指数 $Digital$

$$= \frac{\text{数字化转型总词频}}{\text{经营情况分析部分总词数}} \times 100 \quad (2)$$

制造过程数字化转型指数 $Digital_m$

$$= \frac{\text{制造过程数字化转型总词频}}{\text{经营情况分析部分总词数}} \times 100 \quad (3)$$

商业模式数字化转型指数 $Digital_b$

$$= \frac{\text{商业模式数字化转型总词频}}{\text{经营情况分析部分总词数}} \times 100 \quad (4)$$

2. 被解释变量

本文的被解释变量为创新效率($Effi$)。企业创新研发的标志性成果之一就是专利申请的数量,也是衡量创新产出的直接指标,已有研究中大部分学者选用专利申请授权量作为企业创新能力的代理变量。然而,我国专利申请授权数量已处于世界第一,但原始创新能力不强、创新效率不高的现实问题仍然存在,也反映出单纯使用专利申请授权数量并不能完全代表创新水平和创新效率。本文在参考 Hirshleifer 等研究方法的基础上进行调整:

$$Effi_{i,t} = \ln(1 + Patent_{i,t}) / \ln(1 + Research_{i,t}) \quad (5)$$

模型(5)中, i 表示企业; t 表示年份; $Effi_{i,t}$ 为制造企业创新效率指标; $Patent_{i,t}$ 为创新产出指标,本文使用当年专利申请总数来衡量。相对于专利授权总数和新产品销售收入指标,本文认为专利申请数量能够更好的衡量创新产出。一方面,专利申请到授权、产品研发到销售均存在较长的时滞,专利申请总数能够更好地衡量当年的创新产出水平。另一方面,在制造企业数字化转型过程,不仅包含了产品的数字化转型,还包含技术性较强的商业模式数字化转型。商业模式数字化转型和创新也可以申请专利,且能够有效提升企业的盈利能力,但并没有在新产品销售收入等指标里面体现出来。 $Research_{i,t}$ 为创新投入指标,本文使用企业当年研发投入总额来衡量。在已有的研究中,许多学者同时使用研发投入与研发人员数量衡量创新投入,但研发投入包括研发人员薪资,且研发人员个体水平不同,薪资是较为准确的创新贡献量化指标。因此,本文认为研发投入能

更全面、准确地衡量企业创新投入水平。

3. 控制变量

(1)企业规模(*Size*)。自熊彼特提出创新理论以来,学者就围绕“熊彼特假设”展开多种讨论,公司规模就是影响企业创新投资的重要因素,已有研究发现大规模企业比小规模企业具有更好的条件且会更为迫切地进行创新投资与研发。因此,本文采用企业总资产取对数来计算企业规模。

(2)企业年龄(*Age*)。企业的经营年限也会对创新效率产生影响,因为经营时间较长的企业会在市场地位和利润获取都有优势,有更多的市场知识和经验。本文采用当年减企业成立年份取对数来衡量企业年龄指标。

(3)资产收益率(*Roa*)。创新是企业对未知路径的探索,具有周期性长、不确定性大、失败率高但潜在收益巨大等特点。资产收益率高的公司有更强的资金优势开展创新活动,本文采用净利润除以平均总资产来衡量。

(4)资产负债率(*Debt*)。资金缺乏是影响和限制企业创新活动开展的重要因素,尤其是制造企业。一般而言,企业开展创新活动并不能完全依靠自有资金,外部融资是企业创新投入资金的重要来源。因此,资产负债率是影响创新的重要因素,本文采用总负债除以总资产来衡量。

(5)政府补助(*Subsidy*)。政府补助是支持和引导企业创新的重要手段,一方面为企业开展新技术和新产品研发提供资金补充;另一方面,通过资源配置,引导企业在创新活动的开展,能够有效提高创新效率。考虑到不同规模和细分行业制造企业政府补贴不具备可比性,本文选择政府补贴在收入中占比作为控制变量。

(6)股权集中度(*Concent*)。股权集中度可以直接或间接通过企业决策来影响企业创新行为,较高的股权集中度使控股大股东利用控制权采取各种手段获取最大化的私人收益,从而产生“侵占效应”影响公司研发创新战略的开展。本文采用第一大股东持股比例来衡量股权集中度。

(7)机构持股比例(*Institute*)。机构投资者在资本市场上具有较高的信息优势,在参与企业创新活动过程中能够通过实地调研和参与股东大会

等方式形成有效的监督。此外,机构投资者具有较强的社会网络关系,能够为企业创新的开展集聚各种稀缺资源,从而提升创新效率。本文选用的机构持股比例指标包含了基金、合格境外投资者、券商、保险、社保基金、银行以及其他机构持股。

(8)可持续增长率(*Growth*)。创新是企业可持续发展的动力,而可持续发展才能促使企业保持不断创新的动机,为创新活动开展提供人力、物力和财力方面的支撑。因此,本文选择可持续增长率作为控制变量。

(9)审计意见(*Audit*)。高质量的审计可以有效提高会计信息透明度,降低资本成本,还能够帮助企业管理者更好地识别创新投资机会,降低企业与外部投资者之间的信息不对称,从而提升企业创新投资的效率。本文选择年度报告的审计意见来衡量该指标(见表1)。

表1 主要变量及定义

变量类型	变量名	变量定义
被解释变量	<i>Effi</i>	制造企业创新效率 = $\ln(1 + \text{专利申请量}) / \ln(1 + \text{研发投入水平})$
解释变量	<i>Digital</i>	制造企业整体数字化转型水平 = (数字化转型总词频/经营情况分析部分总词数) $\times 100$
	<i>Digital_m</i>	制造过程数字化转型水平 = (制造过程数字化转型总词频/经营情况分析部分总词数) $\times 100$
	<i>Digital_b</i>	商业模式数字化转型水平 = (商业模式数字化转型总词频/经营情况分析部分总词数) $\times 100$
控制变量	<i>Size</i>	企业规模 = $\ln(\text{总资产})$
	<i>Age</i>	企业年龄 = $\ln(\text{当年} - \text{企业成立年份})$
	<i>Roa</i>	资产收益率 = $\text{净利润} / \text{平均总资产} \times 100\%$
	<i>Debt</i>	资产负债率 = $\text{总负债} / \text{总资产} \times 100\%$
	<i>Subsidy</i>	政府补助 = $\text{政府补助明细项目本期金额数合计} / \text{营业收入} \times 100\%$
	<i>Concent</i>	股权集中度 = $\text{第一大股东持股} \times 100\%$
	<i>Institute</i>	机构持股比例 = $\text{基金、合格境外投资者、券商、保险、社保基金、银行以及其他机构持股比例} \times 100\%$
	<i>Growth</i>	可持续增长率 = $(\text{净利润} / \text{所有者权益合计期末余额}) \times [1 - \text{每股派息税前} / (\text{净利润本期值} / \text{实收资本本期期末值})] / (1 - \text{分子}) \times 100\%$
	<i>Audit</i>	审计意见 = 1(审计意见为标准无保留意见);审计意见 = 0(审计意见为其他类型)

4. 中介变量

为考察交易成本是否在企业数字化转型与创新效率发挥中介机制作用,本文借鉴吴海民等^[41]

的研究,使用管理费用率作为交易成本的替代变量,构建递归回归模型。管理费用率为管理费用在营业收入中所占的比重,包含了企业行政管理部门运营过程中所发生的各项为组织和管理生产经营活动费用,是对企业交易成本的概括。管理费用率较高,说明企业的利润在行政性、管理性方面的费用消耗过多,存在较高的交易成本,必须采取有效措施加强费用控制。

(四)描述性统计分析

表 2 列示了本文主要变量的描述性统计结果。从表 2 可以看出:创新效率(*Effi*)指标平均值为 0.165 1,标准差为 0.086,说明整体而言制造企业创新效率处于较低水平;数字化转型指数(*Digital*)的均值为 0.163 6,最大值为 0.233 1,说明企业对数字化转型重视程度不同,导致转型程度存在较大差异;从不同转型的模式来看,制造企业制造过程数字化转型水平(*Digital_m*)的平均值、中位值和最大值均高于商业模式数字化转型水平(*Digital_b*),由此可以看出制造企业在数字化转型过程中侧重于采用先进技术来改造生产制造流程;企业规模(*Size*)平均值为 21.999,标准差为 1.185 7,说明不同细分行业制造企业的规模存在差异,为后文基于企业规模的异质性分析提供了数据支撑;企业年龄(*Age*)均值为 16.669 6,中位值为 16,说明本文样本企业半数以上均成立有 16 年以上,可以更加全面反映不同生命周期的企业,在数字化转型与创新决策中的不同特征;资产收益率(*Roa*)指标平均值为 0.042 7,最大值为 0.785 9,中位值为 0.041 3,说明半数以上企业收益率为正,良好的收益是企业开展数字化转型的重要基础;政府补助(*Subsidy*)指标均值为 11.132 4,最大值为 22.105 8,标准差为 7.282 3,说明制造企业在获取政府补助的能力上存在较大差异;股权集中度(*Concent*)指标平均值为 34.241 7,略高于中位值,最大值达到了 89.99;机构持股比例(*Institute*)平均值为 36.057 1,中位值为 35.930 3,可以看出制造企业的大股东机构持股较多;可持续增长率(*Growth*)均值为 0.056 3,最小值为 -9.550 4,最大值达到了 98.693 8,说明该指标存在较多的异常值,在实证分析过程中应当引起

重视;审计质量(*Audit*)指标均值为 0.975 6,中位值和最大值均为 1,说明当前制造企业大部分年份审计意见均为标准无保留意见。

表 2 主要变量描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	中位值	最大值
<i>Effi</i>	18 953	0.165 1	0.086 0	0.000 0	0.173 3	0.572 9
<i>Digital</i>	19 580	0.163 6	0.233 1	0.000 0	0.084 7	2.688 0
<i>Digital_m</i>	19 580	0.141 7	0.211 7	0.000 0	0.070 0	2.612 1
<i>Digital_b</i>	19 580	0.021 9	0.065 1	0.000 0	0.000 0	2.015 7
<i>Size</i>	19 580	21.999 0	1.185 7	19.023 4	21.837 3	27.547 0
<i>Age</i>	19 580	16.669 6	5.825 3	1.000 0	16.000 0	62.000 0
<i>Roa</i>	19 580	0.042 7	0.071 1	-1.647 9	0.041 3	0.785 9
<i>Debt</i>	19 580	0.399 9	0.193 6	0.007 1	0.393 8	1.956 6
<i>Subsidy</i>	19 579	11.132 4	7.282 3	0.000 0	14.917 5	22.105 8
<i>Concent</i>	19 580	34.241 7	14.435 3	2.430 0	32.250 0	89.990 0
<i>Institute</i>	19 580	36.057 1	23.560 0	0.000 0	35.930 3	98.506 9
<i>Growth</i>	19 580	0.056 3	0.744 2	-9.550 4	0.049 1	98.693 8
<i>Audit</i>	19 580	0.981 0	0.136 5	0.000 0	1.000 0	1.000 0

三、实证分析

(一)基准回归分析

1. 整体回归分析

根据 Hausman 检验的结果,本文采用固定效应模型递进开展基准回归分析。考虑研究对象为制造业上市公司,不同细分行业的制造企业在数字化转型和创新效率上存在较大差异,因此基准回归分析中默认使用了行业层面的稳健标准误。表 3 中,列(1)为未纳入控制变量回归的结果,列(2)~列(3)为分别加入控制变量、时点效应回归的结果。从列(1)的结果可以看出,数字化转型对制造企业创新效率的影响系数为 0.087 7,且通过了 1% 水平上的显著性检验,这一结果在加入相关控制变量和时点效应后,依然至少在 5% 的水平上显著。说明整体上来看,制造企业数字化转型显著促进了创新效率的提升,证实了假设 1。在分别加入控制变量和时间效应后,影响系数变小,可能原因在于部分影响创新效率的因素被吸收。

从控制变量来看,企业规模对创新效率的影响系数为正,且均通过了 1% 水平上的显著性检验。说明规模大的企业,在数字化转型过程中,对于创新战略的选择、创新资源的配置具有更为丰富的经验与实力,从而更好地促进创新效率的提升。在不考虑时间效应的条件下,企业年龄对于创新效率的影响系数为 0.034 8,且在 1% 的水平上显著。说明整体上企业年龄的增长有助于经验

表3 制造企业数字化转型整体回归结果

变量	(1)	(2)	(3)
	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.087 7 *** (29.345 5)	0.041 7 *** (14.315 1)	0.005 3 * (1.901 9)
<i>Size</i>	—	0.027 7 *** (24.220 7)	0.023 7 *** (22.081 0)
<i>Age</i>	—	0.034 8 *** (12.803 1)	-0.005 1 (-1.167 7)
<i>Roa</i>	—	-0.010 0 (-1.225 7)	-0.002 6 (-0.346 6)
<i>Debt</i>	—	-0.024 3 *** (-5.279 8)	-0.008 7 ** (-2.035 9)
<i>Subsidy</i>	—	-0.000 0 (-0.596 0)	0.000 5 *** (5.615 3)
<i>Concent</i>	—	-0.000 1 (-1.355 8)	-0.000 2 *** (-3.141 7)
<i>Institute</i>	—	0.000 1 *** (3.271 7)	0.000 0 (1.624 0)
<i>Growth</i>	—	0.004 9 ** (2.557 4)	0.003 5 ** (2.048 2)
<i>Audit</i>	—	0.008 3 ** (2.383 1)	0.006 2 ** (1.970 3)
常数项	0.152 0 *** (238.366 6)	-0.543 9 *** (-25.410 9)	-0.347 4 *** (-13.903 6)
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	NO	NO	YES
变量值	19 580	19 580	19 580
调整 <i>R</i> ²	0.525 0	0.593 7	0.672 4
<i>F</i> 值	757.435 1	371.836 3	62.069 0

注:*t* statistics in parentheses * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$ 。下表同。

的积累,但是处于不同生命周期、不同行业的制造企业,其对于创新效率的也呈现出异质性。资产负债率对创新效率的影响系数均为负,虽然创新活动的开展虽然需要外部融资的参与,但是过高的负债会在一定程度上抑制创新投入的增加,可能降低创新效率水平。在考虑时间效应后,政府补助对创新效率的影响为0.000 5,且均在1%的水平上显著。说明政府补助对于企业数字化转型和企业创新的支撑,发挥了正向的引导作用,有助于企业创新效率水平的提升,且政府补助的引导作用存在一定的时间滞后性。股权集中度对于创新效率的影响系数为负,且在考虑时间效应后,这一负向效应通过了1%水平的显著性检验。可能原因是大股东出于风险厌恶的原因,放弃了风险较高的创新投入项目,侵占中小股东的利益,不利于创新效率的提升。且从长时间看,这一负向影响会更为明显。机构持股比例对创新效率的影响为正,在不考虑时间效应时,影响系数在1%的水平上显著。说明机构投资者的参与,能够为企业

创新研发引入大量的外部资金和先进的思想,从而促进创新效率的提升。可持续增长率对创新效率的影响系数为正,说明企业的可持续发展是企业创新发展的基础。审计质量对创新效率的影响系数均为正,且均在5%的水平上显著,说明高质量的审计有利于降低信息不对称水平,提高信息透明度和创新效率。

2. 不同转型模式的分析

本文将制造企业数字化转型的模式划分为制造过程数字化转型和商业模式数字化转型,并分别探讨其对创新效率的异质影响。表4中列(1)~列(3)为制造过程数字化转型的回归结果,列(4)~列(6)为商业模式数字化转型的回归结果。从制造过程数字化转型来看,3种情形下对创新效率的影响系数分别为0.083 8、0.041 5、0.007 7,均为正向影响且都通过了1%水平上的显著性检验。对于制造企业而言,一方面,制造过程数字化转型本身就是先进数字技术应用于生产流程的过程,通过对生产过程的实时监控,可以精准发现产品创造过程中的“技术痛点”,针对性采取进一步的技术创新活动,实现技术的突破和效率的提升;另一方面,转型过程中的技术积累、人才积累、经验积累,为后续创新活动的开展提供了坚实的基础,有利于创新效率的提升。从商业模式数字化转型来看,在不考虑时点固定效应的前提下,其对创新效率的影响为正,且至少在1%水平上显著。在考虑时点固定效应后,商业模式数字化转型对创新效率的影响系数变为-0.012 3,但不显著。说明商业模式数字化转型在短期内能够抓实瞬息万变的市场机会和客户需求,推动产品和模式创新。但是在长期的发展过程中,制造企业创新的核心在于掌握关键技术,通过技术的手段推动效率的提升。

表4 制造过程和商业模式数字化转型回归结果

变量	制造过程数字化转型			商业模式数字化转型		
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Effi</i>	(3) <i>Effi</i>	(4) <i>Effi</i>	(5) <i>Effi</i>	(6) <i>Effi</i>
<i>Digital_m</i>	0.083 8 *** (26.923 2)	0.041 5 *** (13.852 7)	0.007 7 *** (2.717 4)	—		
<i>Digital_b</i>	—			0.097 0 *** (10.029 8)	0.028 0 *** (3.141 1)	-0.012 3 (-1.513 4)
控制变量	NO	YES	YES	NO	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	NO	NO	YES	NO	NO	YES
<i>N</i>	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580
调整 <i>R</i> ²	0.524 1	0.593 9	0.672 4	0.506 4	0.589 4	0.672 3
<i>F</i> 值	724.856 6	372.686 5	62.417 2	100.596 1	350.669 7	61.889 0

(二) 内生性处理

由于遗漏变量、逆向因果问题的存在,本文的回归中可能存在内生性问题,即创效效率较高的制造企业具有更强动机和倾向实施数字化转型。因此,本文参考易靖韬等^[16]的研究,选择按行业—城市维度划分的企业数字化平均值作为工具变量,进行2SLS估计,以消除内生性问题所带来的干扰。选择此工具变量选择的依据在于:一方面,企业数字化转型存在显著的“同群效应”^[40],同一行业和同一城市的制造企业具有竞争性和趋同性的特征,因此行业—城市维度划分的企业数字化平均值具有一定代表性;另一方面,制造企业的创新决策无法直接影响行业—城市维度划分的企业数字化水平。表5报告了采用工具变量法处理内生性问题的实证结果。从表5可以看出,Kleibergen - PaaprK Wald F 统计量分别为 180.176、173.225、26.143,均大于 Stock - Yogo 弱工具变量 10% 的临界值 19.93,因此排出了弱工具变量问题。Hansen J 检验 P 值分别为 0.528 7、0.475 3、0.650 6,均远大于 0.1,通过了过度识别约束检验,说明工具变量足够外生。在排除内生性问题后,制造企业数字化转型、制造过程数字化转型对创新效率的影响系数均至少在 5% 的水平上显著,商业模式数字化转型对创新效率的影响为负,与前文结果保持一致,说明本文研究结论具有可靠性。

表 5 内生性处理——工具变量法

变量	制造企业 数字化转型	制造过程 数字化转型	商业模式 数字化转型
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Effi</i>	(3) <i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.016 8 ** (2.134)	—	
<i>Digital_m</i>	—	0.025 7 *** (2.859)	—
<i>Digital_b</i>	—		-0.044 1 (-1.032)
Kleibergen - PaaprK Wald F 统计量	180.176	173.225	26.143
Hansen J 检验 P 值	0.528 7	0.475 3	0.650 6
控制变量	YES	YES	YES
个体 FE	YES	YES	YES
时点 FE	YES	YES	YES
N	13 905	13 905	13 905
调整 R ²	0.023	0.021	0.023

(三) 稳健性检验

1. 时滞效应分析

基准回归结果可以看出,数字化转型对创新效率的影响存在一定的时滞效应。因此,将解释变量的滞后 1 期和滞后 2 期纳入基准回归模型,结果如表 6 所示,与前文保持一致。在不考虑时点固定效应下,整体层面数字化转型和制造过程数字化转型及其滞后 1 期和滞后 2 期对创新效率的影响均为正,且至少在 5% 的水平上显著。商业模式数字化转型对当期创新效率的影响显著为正,但是滞后 1 期和 2 期对创新效率的影响均为负。这就证明了假设 3,在短期内商业模式数字化转型有利于创新效率的提升,长期内则会在一定程度上抑制制造企业创新效率的提升。

表 6 时滞效应分析

序号	(1)	(2)	(3)
变量	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.050 3 *** (14.144 9)	—	—
<i>L. digital</i>	0.016 6 ** (2.546 4)	—	—
<i>L2. digital</i>	0.009 6 ** (2.431 9)	—	—
<i>Digital_m</i>	—	0.056 2 *** (14.220 7)	—
<i>L. digital_m</i>	—	0.015 4 ** (2.146 3)	—
<i>L2. digital_m</i>	—	0.009 5 ** (2.186 4)	—
<i>Digital_b</i>	—	—	0.064 0 * (1.857 0)
<i>L. digital_b</i>	—	—	-0.028 * (-1.909 7)
<i>L2. digital_b</i>	—	—	-0.015 8 (-1.144)
控制变量	YES	YES	YES
个体 FE	YES	YES	YES
N	13 905	13 905	13 905
F 值	145.184 7	145.555 4	126.767 4
调整 R ²	0.596 3	0.596 4	0.589 7

2. 替换被解释变量

制造企业通过数字化投入,将数据要素引入企业生产运营过程中,形成新的生产函数,实现对生产要素的重新组合或生产条件的创新。制造企业通过数字化转型,创新的类型和模式、创新产出和成果愈加丰富。数字经济环境下,影响制造企

业数字化转型和创新效率的因素也愈加多样。基于“创新投入—创新产出”的视角,本文更换被解释变量创新效率的计算方法,采用三阶段 DEA 模型计算制造企业创新效率,重新回归结果如表 7 所示。可以看出,替换被解释变量后回归结果与上文基准回归结果保持基本一致,说明本文研究结论的可靠性。

表 7 稳健性检验——替换被解释变量

变量	制造企业数字化转型			制造过程数字化转型			商业模式数字化转型		
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Effi</i>	(3) <i>Effi</i>	(4) <i>Effi</i>	(5) <i>Effi</i>	(6) <i>Effi</i>	(7) <i>Effi</i>	(8) <i>Effi</i>	(9) <i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.025 7 *** (5.856 2)	0.000 7 *** (4.165 8)	0.004 3 *** (3.975 6)	—					
<i>Digital_m</i>	—			0.031 4 *** (6.534 3)	0.003 0 *** (4.642 2)	0.001 7 ** (2.357)	—		
<i>Digital_b</i>	—						0.005 7 (0.377 3)	-0.036 4 ** (-2.543 2)	-0.031 ** (-2.1424)
控制变量	NO	YES	YES	NO	YES	YES	NO	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	NO	NO	YES	NO	NO	YES	NO	NO	YES
<i>N</i>	13 059	1 3059	13 059	13 059	13 059	13 059	13 059	13 059	13 059
调整 <i>R</i> ²	0.403 6	0.470 0	0.480 4	0.404 1	0.470 0	0.480 4	0.401 8	0.470 3	0.480 6
<i>F</i> 值	34.295 2	144.948 0	58.691 1	42.697 6	144.991 5	58.604 4	42.142 4	145.675 4	59.074 0

表 8 稳健性检验——Winsor 缩尾处理

变量	制造企业数字化转型			制造过程数字化转型			商业模式数字化转型		
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Effi</i>	(3) <i>Effi</i>	(4) <i>Effi</i>	(5) <i>Effi</i>	(6) <i>Effi</i>	(7) <i>Effi</i>	(8) <i>Effi</i>	(9) <i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.087 7 *** (29.345 5)	0.041 7 *** (14.315 1)	0.005 3 * (1.901 9)	—					
<i>Digital_m</i>	—			0.096 0 *** (28.869 1)	0.047 4 *** (14.678 9)	0.0084 *** (2.714 3)	—		
<i>Digital_b</i>	—						0.1439 *** (12.177 6)	0.0430 *** (3.914 1)	-0.0198 * (-1.957 3)
控制变量	NO	YES	YES	NO	YES	YES	NO	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	NO	NO	YES	NO	NO	YES	NO	NO	YES
<i>N</i>	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580
调整 <i>R</i> ²	0.524 5	0.591 6	0.670 6	0.523 8	0.591 8	0.670 6	0.504 4	0.586 9	0.670 6
<i>F</i> 值	861.158 2	375.135 6	61.290 8	833.427 4	376.411 8	61.679 5	148.294 9	352.193 1	61.313 0

4. 控制行业、省份、城市效应

前文的分析,只控制了个体和时点效应,本部分将行业效应、省份效应和城市效应纳入回归模型,结果如表 9 所示。可以看到,回归结果与前文基本一致,进一步验证了研究的可靠性和稳健性。

四、机制分析与进一步研究

(一) 机制分析——交易成本的中介效应

借鉴已有文献构建递归方程模型,考察交易成本是否在数字化转型影响创新效率中发挥了中介效应。具体方法如下:

3. Winsor 缩尾处理

通过前文描述性统计分析发现,股权集中度 (*Concent*)、机构持股比例 (*Institute*) 和可持续增长率 (*Growth*) 等指标存在异常现象。为消除极端值的干扰,本文对所有数据在 1% 和 99% 分位处进行缩尾处理。如表 8 所示,可以看出,回归结果与基准回归结果保持基本一致。

$$Effi_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 Digital_{i,t} + \sum \alpha Controls_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$Cost_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 Digital_{i,t} + \sum \beta Controls_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

$$Effi_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 Digital_{i,t} + \gamma_2 Cost_{i,t} + \sum \gamma Controls_{i,t} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

式中, $Cost_{i,t}$ 为本文的中介变量交易成本,其余变量设定如前文所述。对上述 3 个模型进行逐步检验,结果如表 10 所示。

表 9 稳健性检验——控制行业、省份、城市效应

变量	制造企业数字化转型			制造过程数字化转型			商业模式数字化转型		
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Effi</i>	(3) <i>Effi</i>	(4) <i>Effi</i>	(5) <i>Effi</i>	(6) <i>Effi</i>	(7) <i>Effi</i>	(8) <i>Effi</i>	(9) <i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.005 3 ** (1.901 9)	0.004 5 (1.592 0)	0.004 7 * (1.675 6)	— —	— —	— —	— —	— —	— —
<i>Digital_m</i>	— —	— —	— —	0.008 4 *** (2.714 3)	0.007 3 ** (2.377 7)	0.007 6 ** (2.456 5)	— —	— —	— —
<i>Digital_b</i>	— —	— —	— —	— —	— —	— —	-0.019 8 (-1.257 3)	-0.019 9 (-0.970 0)	-0.019 7 (-0.944 4)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
行业效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
省份效应	NO	YES	YES	NO	YES	YES	NO	YES	YES
城市效应	NO	NO	YES	NO	NO	YES	NO	NO	YES
<i>N</i>	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580
调整 <i>R</i> ²	0.670 6	0.671 7	0.672 0	0.670 6	0.671 8	0.672 1	0.670 6	0.671 7	0.672 0
<i>F</i> 值	61.290 8	58.641 0	57.828 3	61.679 5	58.963 8	58.162 2	61.313 0	58.780 3	57.929 0

表 10 中介效应检验

变量	制造企业数字化转型			制造过程数字化转型			商业模式数字化转型		
	(1) <i>Effi</i>	(2) <i>Cost</i>	(3) <i>Effi</i>	(4) <i>Effi</i>	(5) <i>Cost</i>	(6) <i>Effi</i>	(7) <i>Effi</i>	(8) <i>Cost</i>	(9) <i>Effi</i>
<i>Digital</i>	0.005 3 * (1.901 9)	-0.075 1 (-1.200 3)	0.005 5 * (1.950 3)	—	—	—	—	—	—
<i>Digital_m</i>	—	—	—	0.007 7 *** (2.717 4)	-0.092 3 (-0.295 9)	0.008 4 *** (2.734 2)	—	—	—
<i>Digital_b</i>	—	—	—	—	—	—	-0.012 3 (-1.513 4)	-0.203 6 *** (-3.171 5)	-0.018 8 (-1.475 6)
<i>Cost</i>	—	—	-0.013 0 *** (-5.981 3)	—	—	-0.013 0 *** (-5.995 7)	—	—	-0.013 0 *** (-5.983 4)
中介效应在总效应中占比	18.42%			15.58%			14.08%		
Sobel 检验	Z = 12.63 部分中介			Z = 13.87 部分中介			Z = -2.58 遮掩效应		
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580	19 580
调整 <i>R</i> ²	0.670 6	0.671 9	0.671 0	0.670 6	0.671 9	0.671 0	71.417 6	189.034 4	65.677 3
<i>F</i> 值	61.290 8	202.049 6	57.682 0	61.679 5	201.898 5	58.028 4	0.662 7	0.617 1	0.662 8

从制造企业数字化转型来看,方程(6)中 α_1 为0.005 3,且在10%的水平上显著;方程(7)中 β_1 为-0.002 4,但没有通过显著性检验;方程(8)中 γ_2 为-0.013 0,且在1%的水平上显著。由于 β_1 未通过显著性检验,本部分采用 *Bootstrap* 法直接检验,表明存在间接效应。 β_1 、 γ_2 为正, γ_1 为正,说明交易成本在制造企业数字化转型影响创新效率的过程中发挥了部分中介的作用。从制造过程数字化转型来看,方程(6)中 α_1 为0.007 7,且在1%的水平上显著;方程(7)中 β_1 为-0.000 6,但没有通过显著性检验;方程(8)中 γ_2 为-0.013 0,且在1%的水平上显著。由于 β_1 未通过显著性检验,本

部分采用 *Bootstrap* 法直接检验,表明存在间接效应。 β_1 、 γ_2 为正, γ_1 为正,说明交易成本在制造企业数字化转型影响创新效率的过程中发挥了部分中介的作用。从商业模式数字化转型来看,方程(6)中 α_1 为-0.012 3,但不显著;方程(7)中 β_1 为-0.022 6,且在1%的水平上显著;方程(8)中 γ_2 为-0.013 0,且在1%的水平上显著。由于 γ_2 未通过显著性检验,本部分采用 *Bootstrap* 法直接检验,表明存在间接效应。 β_1 、 γ_2 为正, γ_1 为负,说明交易成本在商业模式数字化转型影响创新效率的过程中发挥了遮掩效应。

为进一步检验中介机制是否有效,本文采用

Sobel 检验,结果显示在制造企业数字化转型、制造过程数字化转型和商业模式数字化转型影响创新效率的过程中,交易成本发挥了中介效应,Sobel 检验的 Z 值分别为 12.63、13.87、-2.58,中介效应占总效应的比例分别为 18.42%、15.58%、14.08%。

(二)进一步研究——异质性分析

前文分析了制造企业数字化转型对创新效率的影响路径和机制,分析了不同数字化转型模式的异质性影响。为进一步提高研究的精度,本部分将企业产权性质、所属行业分类因素纳入本文的研究模型中,探究这些结构性因素的影响下,制造企业数字化转型影响是否会对创新效率产生异质性影响。

1. 企业所有权属性

企业所有权属性对创新活动具有重要影响,本文根据 CSMAR 数据库中企业实际控制人的性质将制造业企业划分为国有和民营两种类型,并用 Nature 来表示。其中,国有的实际控制人具体包含了国有企业、国有非企业单位,记为 Nature = 1;民营企业的实际控制人包括自然人、自治组织以及外国政府等,记为 Nature = 0。由于版面限制,本文只列示了在同时控制个体和时点效应下的回归结果,如表 11 所示。由此可以看出,回归结果与前文基准回归结果保持一致,进一步说明了本文研究结论的稳健性。

表 11 异质性分析——基于企业所有权属性

变量	制造企业数字化转型		制造过程数字化转型		商业模式数字化转型	
	国企 Efi	民营 Efi	国企 Efi	民营 Efi	国企 Efi	民营 Efi
Digital	-0.001 6 (-0.310 8)	0.007 9 ** (2.390 1)	—	—	—	—
Digital_m	—	—	-0.000 8 (-0.148 7)	0.011 8 *** (3.204 9)	—	—
Digital_b	—	—	—	—	-0.023 8 (-1.111 3)	-0.015 9 (-1.389 0)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体 FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 FE	YES	YES	YES	YES	YES	YES
N	6 046	12 752	6 046	12 752	6 046	12 752
调整 R ²	0.703 8	0.656 9	0.703 8	0.703 9	0.708 2	0.656 8
F 值	23.395 3	35.129 9	23.387 6	35.600 1	23.514 1	34.739 8

研究还发现,不论在哪个层次,民营制造企业数字化转型对创新效率的影响强度均要强于国有企业。一方面,资源基础理论认为,企业数字化转型并非是一蹴而就,而是一个长期的资源投入的过程,需要调动大量的人、财、物资源。国有制造

企业拥有更为丰厚的资源,依托国家信誉支撑能够更加容易获取数字化转型发展所需的金融资源和政府补贴。相对而言,民营制造企业在获取数字化转型所需资源方面的能力较为有限,数字化转型推动力不足。另一方面,在数字经济发展的新时代,数字化转型已经成为必然趋势。立足于这一背景,组织惯性理论认为企业数字化转型是对组织自上而下的变革,而国有企业趋于僵化的管理体制、国企管理者“趋利避害”的风险规避思想、垂直式管理力导致的信息传递效率低下等,造成了国有制造企业在数字化转型过程中呈现出较大的路径依赖。相对而言,民营企业在管理体制上较为灵活,能够更加吸引高端数字化人才的加入,为转型发展和创新发展提供有力的支撑。因此,在权衡组织惯性和资源基础的影响下,民营制造企业在数字化转型过程中表现为更为灵活,更加有利于创新效率的提升。在整体转型和制造过程数字化转型层面,民营制造企业转型对创新效率的正向影响要强于国有制造企业;在商业模式数字化转型层面,民营制造企业转型对创新效率的负向影响也要强于国有制造企业。

2. 所属行业异质性

根据中国证券监督管理委员会发布的《2020 年 4 季度上市公司行业分类结果》,将所属行业门类为制造业(C)的上市制造企业分为 29 个行业大类。借鉴已有研究,将制造业企业所属行业分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型,用 Industry 表示分别记为 1、2、3,具体如表 12 所示。

表 12 制造企业所属行业分类标准

制造业类型	细分行业
劳动密集型 Industry = 1	农副食品加工业;食品制造业;酒、饮料及精制茶制造业;纺织业;纺织服装服饰业;皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业;木材加工及木、竹、藤、棕、草制品;家具制造业;废弃资源综合利用业
资本密集型 Industry = 2	造纸及纸制品业;印刷和记录媒介复制业;文教、工美、体育和娱乐用品制造业;石油加工、炼焦及核燃料加工业;化学原料及化学制品制造业;化学纤维制造业;橡胶和塑料制品业;非金属矿物制品业;黑色金属冶炼及压延加工业;有色金属冶炼及压延加工业;金属制品业;其他制造业
技术密集型 Industry = 3	医药制造业;通用设备制造业;专用设备制造业;汽车制造业;铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业;电气机械及器材制造业;计算机、通信和其他电子设备制造业;仪器仪表制造业

将样本企业与上述行业分类相匹配,进一步分为劳动密集型制造企业、资本密集型制造企业和技术密集型制造企业,分组回归结果如表 13 所示。研究发现:①对于劳动密集型制造企业而言,数字化转型对创新效率的影响并不显著。主要原因劳动密集型制造企业的核心要素是劳动力,尤其是低技能的劳动力。劳动密集型企业主要模式是生产或代加工中低端制造产品,企业的技术装备程度较低,创新能力较弱。因此,劳动密集型企业数字化转型过程中“不敢转”现象比较普遍,即使采取数字化转型的战略,对于创新效率的提升也并不显著。②对于资本密集型企业而言,整体层面数字化转型和制造过程数字化转型对创新效率的影响不显著,商业模式数字化转型对创新效率的影响显著为负。资本密集型企业资金需求量大,技术装备较多,相对于劳动密集型企业而言

具备一定的技术创新能力。企业数字化转型是一个长期的资金投入过程,在企业自身需求量较大的情况下,如果资本密集型企业更加关注企业商业模式的重构而不是制造技术的创新,必然会挤出技术创新所需资金,不利于技术创新效率的提升。③对于技术密集型企业而言,整体层面数字化转型和制造过程数字化转型对创新效率的影响显著为正,商业模式数字化转型对创新效率的影响为负,但没有通过显著性检验。技术密集型企业核心要素的技术,产品生产技术装备要求高,技术更新改造所需资金量较大。因此,整体上看,技术密集型企业数字化转型通过数字技术的广泛应用,能够有效提升创新效率。此外,技术密集型企业长期的发展方向是技术升级与创新,如果将大量资金投入运用与商业模式的重构,反而有可能会抑制创新效率的提升(见表 13)。

表 13 异质性分析——基于所属行业分类

变量	劳动密集型企业 (Industry = 1)			资本密集型企业 (Industry = 2)			技术密集型企业 (Industry = 3)		
	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>	<i>Effi</i>
<i>Digital</i>	- 0.006 2 (- 0.579 3)	—	—	- 0.001 1 (- 0.163 4)	—	—	0.011 9 *** (3.769 7)	—	—
<i>Digital_m</i>	—	0.003 0 (0.213 7)	—	—	0.006 0 (0.779 0)	—	—	0.0137 *** (4.028 9)	—
<i>Digital_b</i>	—	—	- 0.0292 (- 1.334 6)	—	—	- 0.0474 ** (- 2.199 9)	—	—	- 0.002 9 (- 0.204 1)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
时点 <i>FE</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	2 073	2 073	2 073	5 790	5 790	5 790	10 973	10 973	10 973
调整 <i>R</i> ²	0.640 6	0.640 6	0.629 4	0.634 0	0.634 0	0.627 2	0.681 8	0.681 9	0.673 0
<i>F</i> 值	3.373 2	3.343 7	3.520 4	15.279 3	15.339 1	15.775 0	53.579 4	53.792 4	52.086 1

五、结语

(一) 研究结论

(1) 制造企业数字化转型的路径包括了制造过程数字化转型和商业模式数字化转型,制造过程数字化转型是先进数字技术应用于生产流程的过程,侧重于通过对生产过程的实时监控,精准发现产品创造过程中的“技术痛点”,针对性采取进一步的技术创新活动,实现技术的突破和效率的提升;商业模式数字化转型侧重于抓实瞬息万变的市场机会和客户需求,促使企业商业模式向与消费者价值共创、网络化协同方向演变,推动产品和模式创新。基于其不同的侧重点,可以通过两类关键词词频的获取,衡量两种不同模式的数字

化转型程度。

(2) 从整体层面和制造过程层面,数字化转型能够有效提升制造企业的创新效率,在分别控制个体、时点等因素后,这一影响仍然显著。从商业模式层面,在控制时点因素后,商业模式数字化转型对创新效率的影响显著变负,说明商业模式数字化转型在短期内能够抓实瞬息万变的市场机会和客户需求,推动产品和模式创新。但是在长期的发展过程中,制造企业创新的核心在于掌握关键技术,通过技术的手段推动效率的提升。从控制变量来看,规模越大的企业,数字化转型对创新效率的影响程度越大;整体上企业年龄的增长有助于经验的积累,但是处于不同生命周期的制造

企业,对于创新效率的也呈现出异质性,需要进一步基于企业生命周期展开研究;政府补助对于企业数字化转型和企业创新的支撑,发挥了正向的引导作用,有助于企业创新效率水平的提升,且政府补助的引导作用存在一定的时间滞后性;机构投资者的参与,能够为企业创新研发引入大量的外部资金和先进的思想,从而促进创新效率的提升。

(3)由于逆向因果、遗漏变量等内生性问题的存在,本文将行业—城市维度划分的企业数字化平均值作为工具变量,纳入模型回归发现在排除内生性问题后,回归结果与基准回归结果保持一致。进一步地,本文进行了时滞效应分析、替换核心解释变量、Winsor 缩尾处理、控制行业、省份、城市效应等检验方法进行重新回归,结果与基准回归保持一致,说明本文研究结论具有可靠性。

(4)在影响机制上,本文采用交易成本作为中介变量,并采用分步回归模型和 Bootstrap 法对中介效应进行检验。研究发现:交易成本在企业整体数字化转型和制造过程数字化转型影响创新效率的过程中发挥了部分中介效应,在商业模式数字化转型影响创新效率的过程中发挥了遮掩效应。基于企业产权性质的异质性分析发现,民营制造企业数字化转型对创新效率的影响强度均要强于国有企业。基于行业属性的异质性分析发现,劳动密集型和资本密集型制造企业数字化转型对创新效率的影响并不显著,技术密集型制造企业数字化转型和制造过程数字化转型对创新效率的影响显著为正。

(二)政策启示

(1)在企业层面。一是继续深入实施数字化转型战略和创新发展战略。在数字经济时代,数字化转型已成为制造企业的“必修课”,也是企业升级发展和创新发展的重要动力和路径。制造企业只有主动适应这一时代选择,充分利用大数据、工业互联网、5G 等新兴数字技术,精准、实时采集企业研发数据和创新需求,加大研发投入,推动商业模式生态重构,提升创新信息传递效应,才能在激烈的市场竞争中立于不败之地。二是制造企业

在开展数字化转型过程中不能盲目跟风,要根据企业所处的生命周期、企业资源实际情况、企业所处细分行业发展的现状等,选择适合企业可持续发展的数字化转型路径。对于制造企业而言,商业模式的数字化转型是较为容易实现的,也是基础环节。企业可以以商业模式数字化转型为突破口,在此基础上,推动制造过程和生产全流程的数字化。三是提高费用控制水平。实证分析发现,交易成本在数字化转型与创新效率发挥了中介效应。在变幻莫测的市场环境中,利用新兴技术,适应内外部环境,并获得竞争优势的能力。在数字经济时代,制造企业需要在内部通过资源重组、组织学习,提升管理能力和效率;在外部通过资源整合、网络学习,获得企业发展和数字化转型所需的资源和能力。四是重视知识产权的保护、数据隐私、技术成果的应用于转化。数字经济时代的创新属于开放式创新,其核心要素是数据。企业应当在充分注重知识产权保护和数据隐私的基础上,加强企业间的协作,形成良好的创新生态,提升创新资源利用效率。同时,要加强创新成果的转换、应用与扩散,提升创新效率。

(2)在政府层面。一是要营造良好的数字经济发展和企业数字化转型的生态。要大力加强数字经济基础设施建设,推动数字产业化和产业数字化协调发展,在产业层面为制造企业的数字化转型提供良好生态。要加快构建健全多层次数据要素体制机制,完善数据流通交易的体系布局,加大数据要素和数据隐私监管。二是加大政府补助力度,实现对制造企业数字化转型的精准滴灌。一方面要“开源”,通过设立制造企业数字化转型专项基金、对转型企业实施税收优惠、鼓励和引导产业投资基金等社会资本广泛参与、设立专项金融扶持计划等,加大对企业数字化转型的资金支持;另一方面要“节流”,由于政府和企业信息不对称的存在,政府对企业数字化转型的资金要实现精准滴灌,好钢要用在刀刃上。三是要树立标杆,发挥制造企业数字化转型的示范效应。考虑到制造企业数字化转型的成本高、投入大、回报周期长,许多企业尤其是中小企业产生了“不敢转”的

心理。因此,要以政府为主导、行业协会为助力,发掘制造企业数字化转型中的典型案例和标杆企业,推动有实力的企业更主动地进行数字化改造,快速发展,引领数字化风潮。四是因地制宜、分类施策,对于国有企业和民营企业采取不同的支撑措施。国有企业在数字化转型中拥有更为丰厚的资源和社会网络关系,但是国企的决策受到行政体制、管理者决策等因素的影响,无法发挥数字化快速反应、实时沟通的优势。因此,针对国有企业要进一步加快混合所有制改革,在完善风险防范体系的基础上,对适合市场化运作的国有企业应减少约束,放大数字化的效果,以帮助其更好地适应数字经济时代。

参考文献:

- [1] 王军,朱杰,罗茜. 中国数字经济发展水平及演变测度[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(7):26-42.
- [2] SANNA J S, KIRSTI S, ANMARI V, et al. Firm performance among internationalized SMEs: the interplay of market orientation, marketing capability and digitalization [J]. Administrative sciences, 2018, 8(3):31-45.
- [3] 钱晶晶,何筠. 传统企业动态能力构建与数字化转型的机理研究[J]. 中国软科学,2021(6):135-143.
- [4] LI W, LIU K, BELITSKI M, et al. E-Leadership through strategic alignment: an empirical study of small and medium-sized enterprises in the digital age [J]. Journal of information technology, 2016, 31(2):185-206.
- [5] RAMDANI B, RAJA S, KAYUMOVA M. Digital innovation in SMEs: a systematic review, synthesis and research agenda [J]. Information technology for development, 2021(1):1-25.
- [6] ABRELL T, PIHLAHAMAA M, KANTO L, et al. The role of users and customers in digital innovation: insights from B2B manufacturing firms [J]. Information & management, 2016, 53(3):324-335.
- [7] 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,2020,55(1):33-48.
- [8] 何帆,刘红霞. 数字经济视角下实体企业数字化变革的业绩提升效应评估[J]. 改革,2019(4):137-148.
- [9] 王才. 数字化转型对企业创新绩效的作用机制研究[J]. 当代经济管理,2021,43(3):34-42.
- [10] 易露霞,吴非,徐斯旸. 企业数字化转型的业绩驱动效应研究[J]. 证券市场导报,2021(8):15-25,69.
- [11] 贺正楚,吴艳,潘红玉. 产业链企业商业模式的分类及绩效:以半导体产业为例[J]. 科技与管理,2022,24(6):1-11.
- [12] 孟祺. 数字经济与高质量就业:理论与实证[J]. 社会科学,2021(2):47-58.
- [13] URBINATI A, CHIARONI D, CHIESA V, et al. The role of digital technologies in open innovation processes: an exploratory multiple case study analysis [J]. R&D management,2020,50(1):136-160.
- [14] MLZA B, LB A, LT B. Is a digital transformation framework enough for manufacturing smart products? the case of small and medium enterprises [J]. Procedia manufacturing, 2020(42):70-75.
- [15] 蒋蕊,凌宇鹏,张吉昌,等. 数字化转型如何影响企业韧性?——基于二元创新视角[J]. 技术经济,2022,41(1):1-11.
- [16] 易靖韬,王悦昊. 数字化转型对企业出口的影响研究[J]. 中国软科学,2021(3):94-104.
- [17] 赵宸宇,王文春,李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济,2021,42(7):114-129.
- [18] HEYDEN M, FORRNE S, KOENE B, et al. Rethinking “Top-Down” and “Bottom-Up” roles of top and middle managers in organizational change: implications for employee support [J]. Journal of management studies, 2017, 54(7):961-985.
- [19] 王敬勇,孙彤,李珮,等. 数字化转型与企业融资约束——基于中小企业上市公司的经验证据[J]. 科学决策,2022(11):1-23.
- [20] 张国胜,杜鹏飞. 数字化转型对我国企业技术创新的影响:增量还是提质? [J]. 经济管理,2022,44(6):82-96.
- [21] 范德成,王娅. 传统企业数字化转型对其创新的影响研究——以汽车制造企业为例[J]. 软科学,2022,36(6):63-70.
- [22] 姜英兵,徐传鑫,班旭. 数字化转型与企业二元创新[J]. 经济体制改革,2022(3):187-193.
- [23] 张吉昌,龙静. 数字化转型、动态能力与企业创新绩效——来自高新技术上市企业的经验证据[J]. 经济与管理,2022,36(3):74-83.
- [24] 刘淑春,闫津臣,张思雪,等. 企业管理数字化变革能提升投入产出效率吗[J]. 管理世界,2021,37(5):170-190,13.
- [25] 金骋路,陈荣达. 数据要素价值化及其衍生的金融属性:形成逻辑与未来挑战[J]. 数量经济技术经济研究,2022,39(7):69-89.
- [26] 韦庄禹. 数字经济发展对制造业企业资源配置效率

- 的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(3): 66-85.
- [27] AL-ADWAN A. Information systems quality level and its impact on the strategic flexibility: afield study on tourism and travel companies in the Jordanian capital Amman [J]. International journal of human resource studies, 2017, 7(3): 164-187.
- [28] 安同良, 闻锐. 中国企业数字化转型对创新的影响机制及实证[J]. 现代经济探讨, 2022(5): 1-14.
- [29] 林琳, 吕文栋. 数字化转型对制造业企业管理变革的影响——基于酷特智能与海尔的案例研究[J]. 科学决策, 2019(1): 85-98.
- [30] BYUN J, SUNG E, PARK W. Technological innovation strategy: how do technology life cycles change by technological area[J]. Technology analysis & strategic management, 2017: 1-15.
- [31] 池仁勇, 郑瑞钰, 阮鸿鹏. 企业制造过程与商业模式双重数字化转型研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(1): 172-181.
- [32] BANKER R, BARDHAN I, ASDEMIR O. Understanding the impact of collaboration software on product design and development[J]. Information systems research, 2006, 17(4): 352-373.
- [33] MAUERHOEFER T, STRESE S, BRETTEL M. The impact of information technology on new product development performance[J]. Journal of product innovation management, 2017, 34(6): 719-738.
- [34] KOHTAMKI M, PARIDA V, PATEL C, et al. The relationship between digitalization and servitization: the role of servitization in capturing the financial potential of digitalization [J]. Technological forecasting and social change, 2020(151): 1-9.
- [35] FERREIRA J, FERNANDES I, FERREIRA F. To be or not to be digital, that is the question: firm innovation and performance[J]. Journal of business research, 2019, 101(8): 583-590.
- [36] FORMAN C, ZEEBROECK V. Digital technology adoption and knowledge flows within firms: can the internet overcome geographic and technological distance? [J]. Research policy, 2019(48): 1-9.
- [37] AMMIRATO S, LINZALONE R, FELICETTI M. Business model innovation drivers as antecedents of performance [J]. Measuring business excellence, 2022, 26(1): 6-22.
- [38] GRAETZ G, MICHAELS G. Robots at work[J]. Review of economics and statistics, 2018, 100(5): 753-768.
- [39] 王苗, 张冰超. 企业数字化能力对商业模式创新的影响——基于组织韧性和环境动荡性视角[J]. 财经问题研究, 2022(7): 120-129.
- [40] 陈庆江, 王彦萌, 万茂丰. 企业数字化转型的同群效应及其影响因素研究[J]. 管理学报, 2021, 18(5): 653-663.
- [41] 吴海民, 吴淑娟, 陈辉. 城市文明、交易成本与企业“第四利润源”——基于全国文明城市与民营上市公司核匹配倍差法的证据[J]. 中国工业经济, 2015(7): 114-129.

(本文责编: 海 洋)