

企业数字化转型对两阶段技术创新效率的影响研究

——兼论政府治理的调节效应

任 缙 高 婷婷

(重庆师范大学 经济与管理学院,重庆 401331)

摘 要:在数字经济时代,企业如何通过数字化转型和技术创新的深度融合实现跨越式发展,已成为推动新质生产力形成、促进经济高质量增长的关键动力。基于2011-2022年我国30个省份数据,通过测算企业数字化转型指数和基于创新价值链视角的两阶段技术创新效率,实证检验企业数字化转型对技术创新的影响。在理论阐释其影响效应和作用机理的基础上,进一步探讨数字化转型对技术创新效率的多维度影响,研究表明:(1)数字化转型显著提升了技术创新效率,尤其在成果市场转化阶段;(2)数字化转型在不同阶段对技术创新效率的影响呈现不同趋势,基础研发阶段呈现“N型”关系,而成果转化阶段呈现“倒U型”关系;(3)考虑到技术创新的外部性问题,从资本要素、公共产品和规则意识三个维度深入剖析政府在数字化转型和技术创新不同阶段中可采取的治理方式和手段。本研究为提高数字化转型对技术创新效率的促进作用提供了理论和实践参考,并为解决企业技术创新外部性问题提供了相适配的“政策组合拳”的经验证据。

关键词:数字化转型;两阶段技术创新;政府治理;GPSM

中图分类号:F274

文献标识码:A

文章编号:1673-0429(2024)04-0090-14

doi:10.19742/j.cnki.50-1164/C.240409

引 言

基于新一轮科技革命和产业变革、大国竞争加剧以及我国经济发展方式转型的背景,习近平总书记指出:“要整合科技创新资源,引领发展战略性新兴产业和未来产业,加快形成新质生产力。”在理论层面,新质生产力是经济发展的新起点与新动能,是摆脱了传统增长路径、契合高质量发展要求的生产力,也是在数字时代更具融合性且更能体现新内涵的生产力;在实践层面,新质生产力与传统生产力最突出的特点在于其是以科技创新为核心,并衍生出了包括数字化、绿色化、融合性、协调性在内的诸多特征^[1]。在此背景下,作为经济高质量发展的微观主体,企业如何通过数字化转型和技术创新的深度融合实现跨越式发展,成为发展新质生产力的关键问题。

近年来,数字技术的无边界性、互联性等特征改变了垂直行业的“孤岛”效应,超越了企业传统创新理论的研究边界^[2],在一定程度实现了数字技术与实体经济的有效融合。数字化转型能够创新产业发

收稿日期:2024-06-17

作者简介:任缙(1984—),女,四川南充人,博士,重庆师范大学经济与管理学院副教授,主要研究方向:数字经济、宏观经济与技术进步。

基金项目:2021年度国家社会科学基金一般项目“数字普惠金融支持中小企业发展效率提升的机理分析与优化路径研究”(21BJY047);2024年重庆师范大学研究生科研创新项目“数字化转型促进中小企业‘专精特新’发展的机理分析与优化路径研究”(YKC24019)。

展模式,孕育产业创新生态,通过创新链条和创新生态系统为新质生产力的持续涌现提供保障。而实现生产力的现代化、数字化、智能化发展,加快新质生产力的涌现,需要依靠技术创新。现有文献已经关注到数字化转型可帮助企业有效整合数据、知识和技术,带来前所未有的创新价值点^[3]。但现有研究主要聚焦于数字化转型对专利数量等技术创新产出的整体作用,而鲜有学者着眼于技术创新效率,关注数字化转型在研发前端和后端的差异化影响,且对两阶段过程中非期望产出的探讨相对缺乏。基于创新价值链理论,在技术创新的不同阶段,对创新资源的需求、吸收能力等方面均有所不同;而且通过对创新过程进行两阶段划分,我们可以更有效地区分创新效率不足的原因:是由于知识生产能力不足,还是市场转化能力有限^[4-5]。那么,基于创新价值链,当前蓬勃发展的数字化进程在技术创新的不同阶段所起的作用是否有所不同?其影响是否存在长期动态效应?特别是在绿色可持续发展的背景下,考虑了环保治理投入和环境综合指数等期望产出指标以后,关于数字化转型对两阶段技术创新效率的差异化影响,现有研究尚未做出明确的解释。

从技术创新的投入产出看,在实施创新驱动发展战略的背景下,我国近年来的创新投入产出指标位居世界前列:2022 年中国研究与实验发展(R&D)经费达 3.08 万亿元,居世界第二位;同时中国 PCT 国际专利申请已连续三年位居世界首位。但整体来看,中国创新投入产出效率仍相对低下,表现为基础研发薄弱,“卡脖子”关键技术难以攻克,科研成果市场转化效率低下等^[4,6]。对此,部分研究发现,科技创新的系统性要求使得面向某几个方面的投入通常很难改变创新资源投入冗余和创新效率低下的现状^[2],但现有文献通常将创新过程视为一个整体处理,对创新过程的内在运行机理和多阶段衔接问题的深入探讨则相对较少^[5]。这也与过去企业在研发过程中,习惯于单打独斗的创新发展模式有关。而在技术创新的系统性要求日益增长的背景下,只有提高各技术创新主体间的信息共享、沟通效率以及能力互补、创新合作的力度,才能切实地推进关键技术的突破发展^[7],有效发挥新质生产力的基础性和关键性作用。

因此,技术创新是一项富有高度外部性特征的活动,特别是考虑了环保治理投入的技术创新活动,仅靠企业内生动力或纯粹市场力量并不足以支撑技术创新的规模化推进,还要依赖于外部环境营造丰沃的创新土壤。根据资源基础理论,政府资源的投入和引导能进一步帮助企业更高效地运用数字技术,实现整体协同进化,推动技术创新。遗憾的是,在政府对技术创新的作用方面,多为环境规制等政策方面的研究,对政府通过创新补贴等财政手段间接支持技术创新资本要素供给,以及技术创新服务作用等的关注相对较少。因此,如何更好地发挥政府多元治理的调节效应来驱动数字化转型对技术创新的积极作用,具有重要的理论意义和现实意义。

基于以上分析,本研究的边际贡献在于:首先,从两阶段价值链视角出发,将技术创新过程划分为基础研发和成果市场转化两个阶段,通过改进的包含环保投入产出指标的 DEA-SBM 模型,分别测算了 2011—2022 年的两阶段技术创新效率,弥补前人利用传统评价体系而忽视环境因素的不足,为技术创新与可持续发展的协同提供新的研究视角。其次,在理论阐释其影响效应和作用机理的基础上,通过 GPSM 方法进一步探讨数字化转型对技术创新效率的多维度影响。既有研究已经认识到数字化转型对技术创新的重要性,但往往缺乏对数字化转型影响的动态分析,导致我们对数字化转型在不同时间点和不同阶段对技术创新效率影响的理解不够深入。通过 GPSM 方法的应用,补充现有研究在动态影响分析方面的不足,提供更为全面和深入的多维度影响分析,为制定更有效的政策建议提供坚实的理论基础和实证依据。最后,本文的机制分析拓展了微观经济主体技术创新的研究框架,既有研究主要考察了数字化转型通过缓解融资约束、提高信息整合能力等机制增强企业技术创新能力,而如何从政府角度更好助力数字化转型有效释放数字红利,成为近年来社会各界广泛讨论的议题。本研究从资本要素、公共产品和规则意识三个维度,将政府多元治理纳入微观经济主体技术创新研究框架内,以期为解决企业技术创新外部性问题提供相适配的“政策组合拳”的经验证据。

一、理论分析与研究假设

传统的技术创新是以创造新技术为目的,重点在于提高企业的技术竞争力,是实现经济增长提速、产业结构转型升级、全球价值链攀升等经济效益的核心驱动力。基于创新价值链视角的两阶段技术创新是一个包含多阶段的复杂系统,它则强调在创新过程中不仅要关注技术的创造,更要关注技术的传播和应用。这种创新模式的技术风险大、技术变革程度深,具有周期长、不确定性高、技术不连续性等显著特征。企业数字化转型作为数字经济时代经济高质量发展下的微观缩影表现,将数字技术与企业结构和业务流程等全方位要素进行深度融合,通过知识溢出突破传统要素的边界约束,优化信息处理和资源配置效率、构建全新的组织生态,能够积累到更大的创新潜能。在此背景下,政府的治理作用至关重要,其通过资本要素的创新补贴、公共产品的新型基础设施建设以及规则意识中的知识产权保护等多维度手段,不仅能够优化企业数字化转型的路径,还能有效提升技术创新的效率和质量。通过多个维度的有机结合,政府可以更有效地引导和支持企业数字化转型,共同构筑起政府促进企业技术创新的综合政策框架。

(一) 数字化转型对两阶段技术创新的直接影响

企业内部的技术创新是新质生产力提升的重要来源,新质生产力以创新起主导作用,数字化转型带来的技术创新与新质生产力的催生条件不谋而合。基于创新价值链视角,数字化转型可能会促进企业技术创新,产生赋能效应。第一,就技术创新的基础研发阶段而言,数字技术在企业层面的应用可以降低创新的风险和成本,促进区域内创新主体研发合作^[8-9],鼓励协同创新^[10],提高企业基于现有技术的基础研发能力。第二,就市场成果转化阶段而言,企业利用先进的数字技术识别和获取更多的网络资源,打破信息孤岛,把握市场发展趋势和消费者需求,以更好地适应需求导向型创新转化^[11]。第三,从内部治理机制而言,数字技术的应用可以提升组织管理效率,有效降低交易成本,从而缓解技术创新活动面临的成本约束;从外部治理机制而言,数字化转型缓解了外部利益相关者的信息不对称问题,降低了代理成本,使其积极参与和协助企业可持续发展,进而推动了企业的技术创新。

然而,从负向效应逻辑梳理,对企业而言,数字化转型过程本身会挤占企业资金,产生机会成本,对创新活动造成“挤出效应”^[2];数字化技术应用,如驱动数据和管理数据带来的电力和能源消耗也可能产生环境负面影响。此外,数字化转型需要企业具备一定的数字技术认知度,然而在初始阶段,一些企业对数字化转型仍缺乏充分的认识和理解,导致企业难以充分发掘其对技术创新的潜力^[12]。基于以上分析,本文提出假说 H1a:

H1a:数字化转型对技术创新会产生赋能效应,但长期来看,不同数字化程度对技术创新的影响存在非线性变化。

从价值链视角出发,在技术创新的基础研发阶段,主要包含设计、开发、“干中学”、测试等活动,专利等中间产出;成果市场转化阶段则是从可持续发展角度开展技术改造、环保治理,通过进一步的产品开发和实验、市场推广等活动,将第一阶段的中间产出转化为新产品销售收入和环境经济效益^[5]。数字化转型对于此两个阶段的影响也可能存在区别。基于此,本文提出假说 H1b:

H1b:数字化转型对不同阶段技术创新效率的影响效应存在阶段异质性。

(二) 政府治理在数字化转型促进技术创新过程中的调节作用

数字技术的变革和应用则要求企业利用内部要素禀赋特征和外部环境激发数据活力,提升技术创新效率^[13]。同时,从实践层面而言,基础研发阶段通常凝聚着更高的风险,因此,需要政府直接提供资本和政策支持;而成果市场转化阶段则需要政府发挥催化剂的作用,通过政策引导和合作促进技术的商业化转化与推广,政府多元治理在数字化转型对技术创新的两个阶段的作用过程中存在差异性。因此,本文从资本要素、硬件设施、规则意识三个维度探讨政府治理的调节作用。

1. 资本要素:创新补贴

当前,在应对气候变化和环境可持续性方面需求日益增长的背景下,技术创新的高成本、市场认可度不足以及技术成熟度等问题制约了其在市场上的推广和应用^[14]。从资本要素角度而言,政府创新补贴对企业技术创新起到了市场调节作用,通过直接或间接的经济激励措施,缓解企业进行技术创新时的资金压力,引导企业在技术领域开展研发和创新活动。另外,更具偏向性的研发激励,将引导研发资源向领域倾斜,通过修正市场扭曲、优化研发资源配置,转变技术进步方向^[15]。因此,提出如下假说:

H2a:政府创新补贴可强化数字化转型促进两阶段技术创新的作用。

2. 公共产品:新型基础设施建设水平(“新基建”)

新基建作为实现经济高质量发展的战略平台,为企业数字化转型和战略性新兴产业发展提供了必要的支持,催生了大量的创新应用和产业形态^[16]。具体来说,新基建可以为培育现代化创新体系提供数字化和智能化支持,通过降低交易成本、提高管理效率和加快产业融合等手段,促进技术研发并提升创新效率;此外,新基建加速了万物互联,促进了创新扩散与外溢。但是,新基建具有公共物品的属性,私人部门难以独立提供,因此需要政府主导完成。基于此,本文提出如下假说:

H2b:新基建可强化数字化转型对两阶段技术创新的正向效应。

3. 规则意识:知识产权保护水平

创新活动存在着正外部性的特征,导致创新者面临着不公平竞争和知识流失的风险。特别是在数字化背景下,侵权成本更低,知识产权侵权在网络上更易发生,侵权方式更为隐蔽,创新主体的权益更难得到有效保障。知识产权保护力度越大,模仿者的模仿成本将会提高,各个主体的规则意识也会增强,侵权行为的发生频率就会下降。因此,政府加强对知识产权的保护有助于提供商业化收益,给创新主体提供动态激励和合理回报^[17],创造良好的创新环境,并激发企业进行技术创新的活力。由此,提出研究假设:

H2c:知识产权保护水平可强化数字化转型对两阶段技术创新的正向效应。

二、计量模型、变量界定和数据说明

(一) 变量界定

1. 被解释变量:两阶段技术创新效率(*Green*)

本研究将技术创新过程划分为基础研发(*Green1*)和成果转化(*Green2*)两个阶段,在刘鹏振等人研究基础上^[18],参考王亚飞等人对创新效率的测度^[8],为不高估技术创新效率,本文进一步考虑非期望产出,构建了企业两阶段技术创新过程图(图1)。本文采用 Tone^[19]提出的基于松弛变量测度的非径向非角度的网络 SBM 模型分别选取我国 30 个省份每个阶段的技术创新效率数据进行测算。基础研发阶段投入指标主要考虑人力资本和研发经费两方面因素。由于目前统计方法的限制和技术创新活动本身具有的效率提升和环境改善作用,难以将数字化转型中的创新人员和传统创新研发人员完全分离,因此本文借鉴肖仁桥^[5]等人的研究,用全时当量的研发经费、研发人员等变量代替研发经费和研发人员作为基础研发阶段的投入指标。考虑到与投入指标的对应,该阶段的产出变量选取拥有发明专利授权数和专利申请量来测度。

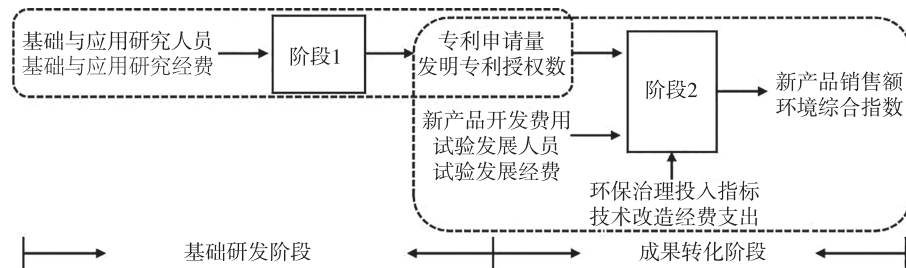


图1 企业两阶段技术创新过程

成果转化阶段是企业将基础研发阶段的成果转化为市场收益和环境经济效益的过程^[20],以体现技术的市场价值。因此,第二阶段的投入变量包括第一阶段的产出变量:专利申请数和拥有发明专利授权数,这两个指标作为中间变量将基础研发和成果转化阶段联系起来,以体现两个阶段的传递性、关联性和整体性。除中间变量外,新产品开发费用、试验发展人员、试验发展经费、环保治理投入指标和技术改造经费支出作为追加投入纳入成果转化阶段作为投入指标。产出变量选取新产品销售额和环境综合指数,以此来衡量基础研发阶段经过市场转化后给各个省份带来的绩效。

我国两阶段技术创新效率测算的均值变化过程见图 2,可以看出基础研发阶段效率不仅全程显著低于成果转化阶段,而且在 2015 年出现明显下降。而事实上 2015 年中国基础研究经费投入增幅分别为应用研究和试验发展研究的 1.8 倍和 2 倍,这一方面体现了基础研究具有周期长、见效慢的特点,也反映了当前基础研发投入冗余和产出低效这一现状。但是,从长远来看,基础研究是应用研究的基石,后期效益将凸显,表现为成果转化效率从 2016 年开始小幅攀升。

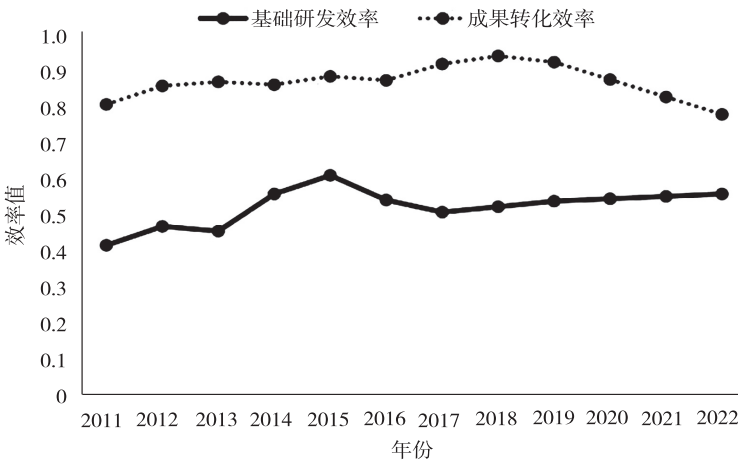


图 2 2011—2022 年中国两阶段技术创新效率均值变化过程

从四大区域来看,东部地区的基础研发效率高于全国平均水平且在多个年份位于全国首位(图 3),这是因为东部地区的研发投入主要集中在前沿科技、高技术产业和新兴产业等领域,这种富有内涵的创新产出,为基础研发提供了良好的资源禀赋。而相较于基础研发阶段,成果市场转化阶段效率在四大地区之间差距较小(图 4),这主要得益于市场一体化的建设,四大区域内的企业和投资机构可以跨地区进行资金投入和资源整合,缩小了成果转化阶段效率的区域差距。

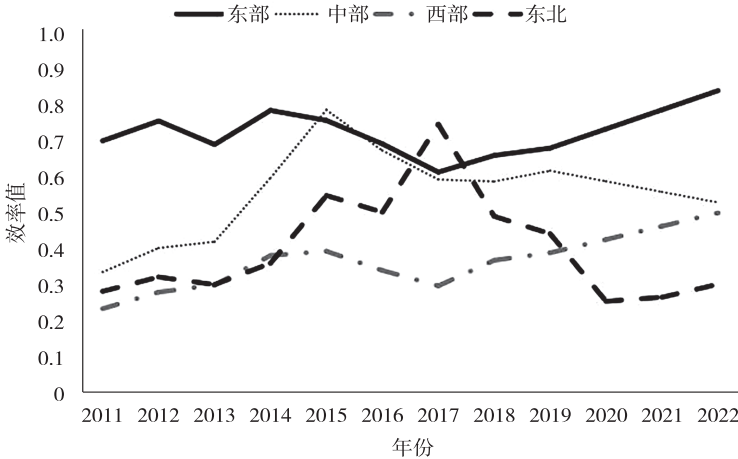


图 3 2011—2022 年中国各地区基础研发阶段效率比较

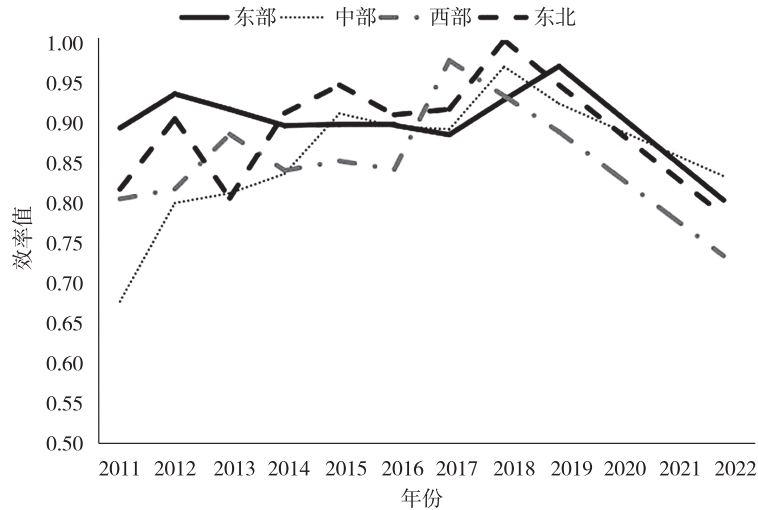


图4 2011—2022年中国各地区成果市场转化阶段效率比较

2. 核心解释变量:数字化转型(Szh)

参考吴非等^[21]的做法,借助 Python 编程语言并结合文本分析法对中国 30 个省份 4912 家上市公司 2011—2022 年所有年报中特定关键词的词库进行文本识别、提取,对人工智能技术(Artificial Intelligence)、区块链技术(Blockchain)、云计算技术(Cloud Computing)、大数据技术(Data)四个维度 99 个数字化相关词频进行统计,并将 ABCD 四类基础数字技术运用扩展成为数字化转型的第五类技术,以表征数字化程度。由于这类数据通常呈现出典型的右偏性分布,本文对词频进行对数化处理,以更好地刻画企业数字化转型的整体指标。

3. 控制变量

参考已有文献^[18],选取如下控制变量:对外开放程度($Open$),各省实际外商直接投资额占 GDP 比重;经济发展水平($Economic$),各省人均地区生产总值;政府规模($Sale$),各省政府财政支出占 GDP 的比重;金融发展水平($Finance$),各省年末机构存款;政府干预度($Intervention$),各省政府财政支出与 GDP 比值。

4. 调节变量

资本要素:创新补贴($Subsidy$)。参考应千伟和何思怡的衡量方法^[22],本文选取的创新补贴数据均来自财务报表附注中财政补贴明细的披露。

公共产品:新型数字基础设施发展水平(Xjj)。参考王亚飞等人的方法^[23],从信息基建、融合基建、创新基建等三个方面测度新基建发展水平指数。

规则意识:知识产权保护水平($Knowledge$)。基于数据可得性以及能够更加全面地衡量知识产权保护的原则,借鉴杨君等的研究^[24],从执法角度构建知识产权保护指标,然后取对数来衡量地区知识产权保护水平。

(二) 模型设定

1. 基准模型:系统 GMM 方法

本文考察数字化转型对两阶段技术创新效率的影响,并构建如下模型展开分析:

$$Green_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 Green_{it-1} + \alpha_2 Szh_{it} + \varphi Control_{it} + \mu_i + \sigma_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 为省份, t 为年份, $Green_{it}$ 为被解释变量两阶段技术创新效率, $Green_{it-1}$ 为两阶段技术创新效率的一阶滞后项, Szh_{it} 为数字化转型指数, $Control_{it}$ 为控制区域特征和企业特征的一系列控制变量, μ_i 和 σ_t 分为个体和时间固定效应, ε_{it} 表示随机误差项。若 $\alpha_1 > 0$,表明数字化转型有助于企业进行技术创新;反

之亦然。

2. 动态效应分析:广义倾向得分匹配模型(GPSM)

传统倾向得分匹配法只能获得样本平均处理效应,且只适用于二元选择变量,而广义倾向得分匹配方法(Generalized Propensity Score Matching,GPSM),不仅突破了传统倾向得分匹配法必须是二元选择变量的约束,同时还能够获得样本动态异质效应,在保留更多有效信息的前提下,进一步纠正样本自选偏差问题^[25]。依据GPS法得出的剂量反应函数(Dose Response Function)可以在给定处理变量(数字化转型)和GPS值的情况下,描述不同连续处理水平(数字化转型)上对应结果(技术创新效率)的条件期望,探究不同强度的数字化转型对两阶段技术创新的动态异质效应。其步骤如下:首先,根据匹配变量 X ,估计条件概率密度;然后,利用处理变量 T 构建结果变量 Y 的条件期望模型;最后,通过估计剂量反应函数 $\rho(t)$ 得出结果,并估计出处理变量与结果变量的因果关系,同时呈现两者之间的剂量反应函数图像。

$$\rho(t)=E[y_i(t)]=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^n\{\alpha_0+\alpha_1t+\alpha_2t+\cdots\alpha_it\}\tag{2}$$

参考现有研究^[26],本文选择对外开放程度、经济发展水平、政府规模、金融发展水平和政府干预度作为匹配变量,并且控制了时间和地区,分析数字化转型对两阶段技术创新的影响。

3. 调节效应模型

为进一步考察政府治理的不同方面在数字化转型与两阶段技术创新效率关系中的调节作用,在式(1)的基础上分别加入数字化转型与调节变量 M 的交互项,得到:

$$Green_{it}=\alpha_0+\alpha_1Green_{it-1}+\alpha_2Szh_{it}*M_{it}+\varphi Control_{it}+\mu_i+\sigma_t+\varepsilon_{it}\tag{3}$$

其中, M 是不同的调节变量,分别表示创新补贴、新型数字基础设施建设水平、知识产权保护水平。

(三)数据说明

本文选取2011—2022年中国30个省份(不包括西藏和港澳台地区)的数据作为样本,数据主要来源于企业年报、国泰安CSMAR数据库、《中国统计年鉴》等,变量定义见表1,描述性统计见表2,相关变量已进行对数化处理。

表1 各变量定义

变量名称	变量符号	定义
基础研发	<i>Green1</i>	作者测算
成果转化	<i>Green2</i>	作者测算
数字化转型	<i>Szh</i>	作者测算
创新补贴	<i>Subsidy</i>	采用公司研发投入与公司创新产出来衡量
新型数字基础设施建设水平	<i>Xjj</i>	作者测算
知识产权保护水平	<i>Knowledge</i>	采用各地区知识产权侵权立案数除以总人口和地区律师人数除以总人口两者取平均值后取对数
对外开放程度	<i>Open</i>	各省实际外商直接投资额占GDP比重
经济发展水平	<i>Economic</i>	各省人均地区生产总值
政府规模	<i>Sale</i>	各省政府财政支出占GDP的比重
金融发展水平	<i>Finance</i>	各省年末机构存款
政府干预度	<i>Intervention</i>	各省政府财政支出与GDP比值

表 2 主要变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>Green1</i>	360	0.523	0.3	0.100	1
<i>Green2</i>	360	0.87	0.193	0.427	1
<i>Szh</i>	360	9.069	7.016	0.111	37.209
<i>Subsidy</i>	360	2.906	0.085	2.557	3.074
<i>X_{ij}</i>	360	0.238	0.198	0.003	0.971
<i>Knowledge</i>	360	0.192	0.64	-1.049	2.190
<i>Open</i>	360	3.97	4.407	0.111	23.970
<i>Economic</i>	360	10.892	0.437	9.706	12.013
<i>Sale</i>	360	6.356	6.231	0	25.673
<i>Finance</i>	360	3.393	1.231	1.518	8.131
<i>Intervention</i>	360	0.253	0.106	0.110	0.643

三、实证结果与分析

(一) 基准回归: 系统 GMM 方法

表 3 为验证数字化转型对基础研发和成果转化阶段效应的系统 GMM 方法回归结果,所有回归中均控制个体和时间层面的固定效应。根据 Hansen 检验和自相关检验的结果,前文所设定的面板模型是合理可靠的。

根据表 3 估计结果可知,数字化转型对技术创新的两个阶段均存在显著的正向影响,假说 H1a 部分得证。但与成果转化阶段相比,数字化转型对基础研发阶段的系数较小,说明数字化转型在第二阶段的促进作用更大,两个阶段存在异质性影响,假说 H1b 得证。原因可能是数字化转型为企业提供了更广泛的市场渠道,企业可以更快地进行产品设计、开发和测试,并与客户进行快速迭代循环,这种敏捷的迭代过程可以更有效地满足市场需求,可以更有针对性地进行市场推广和品牌建设。

表 3 基准回归结果

变量	<i>Green1</i>	<i>Green2</i>
<i>L. Green</i>	0.745 *** (6.91)	0.865 *** (3.43)
<i>Szh</i>	0.005 *** (3.12)	0.014 *** (2.94)
<i>Sale</i>	-0.020 *** (-4.87)	-0.011 (-0.71)
<i>Finance</i>	-0.058 ** (-2.21)	-0.079 * (-1.86)
<i>Economic</i>	0.029 (0.45)	-0.190 (-0.98)
<i>Open</i>	0.035 *** (4.13)	0.025 *** (2.90)
<i>Intervention</i>	1.061 *** (3.75)	0.508 (1.10)
个体固定	控制	控制
时间固定	控制	控制
观测数目	330	330
AR(1)	0.001	0.033
AR(2)	0.547	0.723
Hansen	0.870	0.200

注:①10%、5%、1%的显著性水平分别用*、**、***表示,括号内为其t值;②AR(1)、AR(2)和Hansen检验分别提供检验的p值;③L. Green为被解释变量的滞后一期,下同

(二) 动态效应分析:GPSM 估计

上述基准回归只能获得平均效应,而相比于平均效应,数字化转型的动态效应在促进两阶段技术创新中具有更重要的现实意义。具体而言,采用 Fractional Logit 模型来估计广义倾向得分,通过 GPSM 对样本进行匹配。在匹配过程中,要求满足平衡条件,确保各组样本之间协变量的平衡性,本文对相关协变量进行了平衡性检验。由检验结果可以看出,在经过 GPSM 匹配调整之后,大部分匹配变量的标准化偏差在匹配后明显缩小,即处理组和对照组样本之间的差异已经被显著减小,表明选择的匹配变量和匹配方法是合适的,即经过匹配后得到的估计结果是有效的。进一步按照 10—100 的均匀弥合步长设定 TP 值,得到广义倾向得分匹配的估计结果。图 5、6 分别汇报了基于 GPSM 方法得到的数字化转型与基础研发和成果转化效率的剂量反应函数。图 5、6 横坐标为数字化转型变量,纵坐标分别为基础研发效率、成果转化效率,两图中间的黑色实线为剂量反应曲线,黑色实线上下两条线分别为置信度为 95% 的上下边界。

图 5 中,随着数字化转型水平的不断提高,第一阶段基础研发效率存在着近似先上升后下降再上升的“N 型”关系,图像的第一个拐点出现在数字化转型程度位于 0.08 附近,第二个拐点出现在数字化转型程度位于 0.23 附近。图 6 中,数字化转型与第二阶段成果转化效率之间存在明显的“倒 U 型”关系,当数字化转型程度在 0.09 左右时,拐点出现。

由图 5 和图 6 可知,数字化转型对企业技术创新效率存在长期动态影响。初始阶段,数字化转型可以为技术创新带来便利和机遇,提升其研发效率和质量,促进技术的应用和推广;即技术创新效率的边际效用随着数字化转型的深化而上升。然而,当数字化转型积累到一定程度之后,数字化转型对技术创新效率的边际效用下降。而在第二阶段,只有当数字化转型积累到一定程度时,数字化对研发成果市场转化的边际效用才能从下降转为上升。

两个图形平均剂量反应函数的中间黑色实线一直处在 95% 的置信边界范围内,但随着数字化转型程度的增大,置信区间会不断膨胀,其对企业两阶段技术创新效率将不满足统计意义上的显著性,出现这种现象的原因主要是膨胀范围内样本较少,但并不影响数字化转型与企业基础研发效率间呈近似 N 型,并与成果转化效率间呈倒 U 型关系的结论。这说明政府应该综合统筹数字化转型进程,避免过度夸大数字化转型的促进作用,而是寻求合适的平衡,以实现可持续发展的目标。

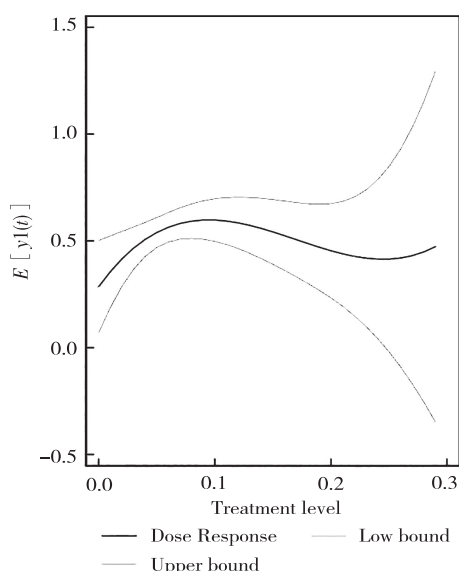


图 5 数字化转型与基础研发效率的剂量反应

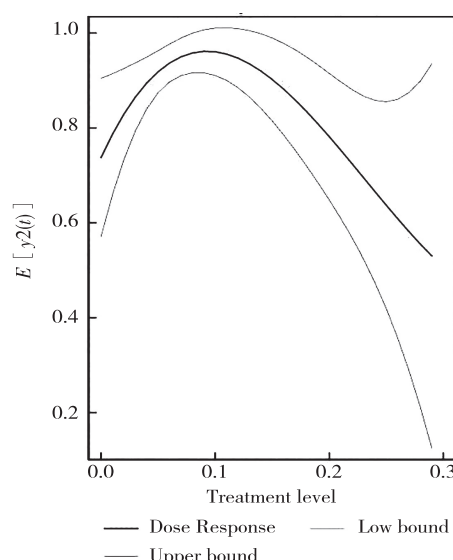


图 6 数字化转型与成果转化效率的剂量反应

(三) 内生性检验

考虑到可能受反向因果关系引起的内生性问题的影响,本文参考赵璨等^[27]的研究,选择企业所在地区互联网上网人数的增长率(*Internet*)作为数字化转型的工具变量。根据表 4 结果可以发现,过度识

别检验和弱工具变量检验表明本文选取的工具变量合理有效,数字化转型对技术创新效率的两个阶段都产生了明显的增强效果,说明结果是可靠和稳健的。

表 4 2SLS 检验

变量	工具变量 <i>Internet</i>		
	<i>Szh</i>	<i>Green1</i>	<i>Green2</i>
	第一阶段	第二阶段	第二阶段
<i>Szh</i>		0.020 ** (2.53)	0.022 *** (3.16)
<i>Internet</i>	0.001 *** (6.07)		
控制变量	控制	控制	控制
N	360	360	360
<i>R</i> ²	0.605	0.422	0.089
弱工具变量检验 F 值		263.41	55.54
过度识别检验 P 值		0.000	0.000

(四) 稳健性检验

为使基准回归结果可靠,本文从以下两个方面进行稳健性检验。

1. 更换回归方法。首先,使用 Tobit 模型对基准模型进行估计。Tobit 模型相较于系统 GMM 模型在处理存在截断或者被观测变量的情况下更为适用,因此,能够更准确地捕捉数字化转型对两阶段技术创新效率的影响。所有变量均通过相关性检验。回归结果见表 5 所示。数字化转型的估计系数对技术创新效率的两个阶段仍然显著为正。

表 5 Tobit 模型回归结果

解释变量	被解释变量	标准差	系数估计值	P 值
数字化转型(<i>Szh</i>)	基础研究(<i>Green1</i>)	0.002	0.006	0.000
数字化转型(<i>Szh</i>)	成果转化(<i>Green2</i>)	0.002	0.006 3	0.001

2. 替换解释变量。参考赵宸宇等的研究^[28],对数字技术应用、互联网商业模式、智能制造、现代信息系统四个维度 99 个数字化相关词频进行统计,以重新表征数字化程度。通过比较两种不同测算方法得出的企业数字化转型指标,可以检验研究结果的一致性和可靠性。回归结果见表 6 所示。数字化转型的估计系数对技术创新效率的两个阶段仍然显著为正,并且基础研究阶段的估计系数依然低于成果转化阶段的估计系数。

表 6 稳健性检验结果

变量	<i>Green1</i>	<i>Green2</i>
<i>L. Green</i>	0.630 *** (4.27)	0.510 *** (1.82)
<i>Szh</i>	0.003 *** (3.05)	0.010 *** (3.61)
控制变量	控制	控制
个体固定	控制	控制
时间固定	控制	控制
观测数目	330	330
AR(1)	0.001	0.042
AR(2)	0.430	0.879
Hansen	0.756	0.841

(五) 异质性分析

1. 数字人才储备规模异质性

在数字化转型过程中,数字人才必不可少,这是企业突破创新资源禀赋的关键。本文参考孙黎和许

唯聪^[29]等的研究,使用信息传输和软件业从业人员规模来衡量数字人才储备规模,并依据数字人才储备规模的高低进行两分位处理,结果如表 7 所示。显然,无论在技术创新的第一阶段还是第二阶段,数字化转型在数字人才储备规模水平较高的省份中,对技术创新的促进作用更大。

2. 数字技术服务水平异质性

数字技术服务水平的高低直接关系到一个企业在数字经济时代中的创新竞争力和发展潜力。参考孙黎和许唯聪等的研究^[29],通过使用高技术产品出口占总出口的比重和地区软件业务收入两个指标,利用熵值法测算得出地区数字技术服务水平,并依据数字技术服务水平的高低进行两分位处理,结果如表 7 所示。可知无论是技术创新的第一阶段还是第二阶段,在数字技术服务水平较低的省份,数字化转型对技术创新的促进作用更大。

表 7 异质性分析

变量	Green1		Green2		Green1		Green2	
	数字人才储备规模		数字人才储备规模		数字技术服务水平		数字技术服务水平	
	高	低	高	低	高	低	高	低
<i>L. Green</i>	0.701 (1.54)	0.976*** (5.19)	0.303 (1.01)	0.563 (0.86)	0.155 (0.89)	0.786*** (3.58)	0.612** (2.58)	0.961** (2.38)
<i>Szh</i>	0.025* (1.94)	0.003 (0.79)	0.030* (1.88)	0.001 (0.10)	0.016 (1.61)	0.013* (1.79)	0.002 (0.37)	0.058* (1.97)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测数目	159	156	159	156	162	160	162	160
AR(1)	0.060	0.017	0.040	0.045	0.041	0.066	0.056	0.061
AR(2)	0.261	0.695	0.117	0.320	0.421	0.618	0.451	0.831
Hansen	0.901	0.976	0.890	0.199	0.921	0.482	0.782	0.974

(六) 政府治理的调节机制检验

1. 资本要素:创新补贴

根据表 8 可以发现,成果转化阶段的显著性高于基础研发阶段,原因可能在于,基础研发的所有过程从科学基础研究到研究开发都需要比较长的时间投入,同时基础研发面临较高的不确定性。此外,创新补贴对第二阶段的影响更为显著可能是由于创新补贴样本来自上市公司,而我国区域基础研发阶段的主体更多可能为科研机构 and 高校等,所以在本文的样本下实证结果显示创新补贴对第一阶段的影响较为有限。

2. 公共产品:新基建水平

如表 8 所示,新基建与数字化转型交互项的估计系数在两个阶段均在 1%的水平上显著为正。而新基建可以提升基础研发的硬件条件和外部环境,有利于信息、技术、大数据等研发资源的流动和资源再配置,为企业研发提供良好的公共产品,导致交互项在第一阶段的系数高于第二阶段。

3. 规则意识:知识产权保护水平

如表 8 所示,数字化转型与知识产权保护水平的交互项系数在两个阶段均显著为正,原因在于它为创新企业提供了稳定的法律保障和经济激励,提高了企业的规则意识,保护和促进了企业的技术创新动力。然而,第一阶段的系数绝对值和显著性均高于第二阶段,可能是因为第一阶段的产出为专利申请数和拥有发明专利授权数,这正是知识产权保护的主体。

表 8 机制检验结果

变量	创新补贴		新基建水平		知识产权保护水平	
	Green1	Green2	Green1	Green2	Green1	Green2
<i>L. Green</i>	0.584 *** (4.80)	0.846 *** (5.35)	0.663 *** (4.33)	0.409 *** (4.97)	0.810 *** (5.84)	0.523 ** (2.54)
<i>c_机制变量 * c_Szh</i>	0.087 ** (3.16)	0.004 *** (4.08)	0.061 *** (3.42)	0.020 *** (2.84)	0.015 *** (3.58)	0.004 * (1.97)
<i>c_机制变量</i>	0.790 (0.77)	-0.096 *** (-3.61)	-0.591 (-1.66)	-0.206 (-0.97)	0.232 (1.49)	-0.086
<i>c_Szh</i>	0.004 (0.91)	0.001 (0.48)	0.005 (1.28)	0.002 (0.41)	-0.002 (-0.57)	-0.002 (-0.89)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体固定	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定	控制	控制	控制	控制	控制	控制
观测数目	330	330	330	330	330	330
AR(1)	0.001	0.030	0.005	0.023	0.002	0.037
AR(2)	0.481	0.808	0.452	0.977	0.174	0.826
Hansen	0.986	0.628	0.501	0.846	0.778	0.149

四、研究结论与政策启示

本文通过 DEA-SBM 模型分别测算了 2011—2022 年基础研发和成果转化阶段的技术创新效率。在理论阐释的基础上,基于系统 GMM 和 GPSM 估计方法,考察了数字化转型对两阶段技术创新的影响和异质性效应。研究表明:第一,数字化转型对技术创新的两个阶段具有显著的正向影响,尤其在成果市场转化阶段更为显著;第二,基于 GPSM 分析发现,数字化转型在基础研发阶段的影响效应上呈现近似先上升后下降再上升的“N 型”关系,在成果转化阶段呈现先上升后下降的“倒 U 型”关系;第三,数字化转型通过创新补贴和知识产权保护等政府治理机制显著促进了企业两阶段技术创新,但两个阶段的作用存在差异。基于上述结论,本文提出如下建议:

第一,企业应积极拥抱数字化转型,以促进新质生产力的培育和发展,实现创新驱动的增长模式。企业可以通过深化数字技术在各个环节的应用,构建智能化的分析与决策系统,实现资源的优化配置和流程的高效管理。同时,企业必须深刻认识到新质生产力的核心地位,这种生产力的培育和提升是企业持续竞争力的关键。新质生产力的内涵远不止于技术创新本身,它更是一种综合创新能力,包括但不限于管理创新、商业模式创新以及文化创新等,通过多维度的创新,企业能够更好地适应市场变化,引领行业发展,最终实现可持续的竞争优势和长期价值创造。

第二,企业在数字化转型中应注重技术创新效率的持续优化,确保技术进步与转型策略相协调,以实现长期的可持续发展。在推动企业数字化转型过程中,应综合考虑企业技术创新效率的长期动态影响。随着数字化转型程度的增加,对企业两阶段技术创新效率的促进作用存在一定局限性,且在达到一定程度后可能出现边际效用下降问题。因此,政府应引导企业合理规划数字化转型进程,避免过度夸大数字化转型的促进作用,帮助企业识别数字化转型的最优路径,确保数字化转型与企业资源和能力相匹配。

第三,政府应通过精准的政策支持和资源配置,激发企业在数字化转型中的创新活力,推动新质生

产力的全面提升。首先,政府应该制定更加具体、明确的创新补贴政策,鼓励企业在数字化转型过程中加大对技术创新的投入,同时加强新型基础设施建设,为企业提供一个更优的技术研发和成果转化环境。其次,政府需要加强知识产权渠道的保护和规范,确保技术创新有一个良好的法律保障。最后,也是最为关键的是,政府与企业应共同探索新质生产力的发展路径,通过政策引导和资源配置,促进企业资源节约和环保优先的发展模式,实现经济的可持续增长和社会的全面进步。

[参 考 文 献]

- [1] 李晓华. 新质生产力的主要特征与形成机制[J]. 人民论坛, 2023(21): 15-17.
- [2] 刘畅, 潘慧峰, 李珮, 等. 数字化转型对制造业企业绿色创新效率的影响和机制研究[J]. 中国软科学, 2023(04): 121-129.
- [3] 杨芳, 张和平, 孙晴晴, 等. 企业数字化转型对新质生产力的影响[J]. 金融与经济, 2024(05): 35-48.
- [4] 郭爱君, 杨春林, 张永年, 等. 数字经济产业发展对城市绿色创新效率的影响: 基于两阶段价值链视角的分析[J]. 城市问题, 2023(01): 49-59.
- [5] 肖仁桥, 宋莹, 钱丽. 企业绿色创新产出及其空间溢出效应研究: 基于两阶段价值链视角[J]. 财贸研究, 2019(04): 71-83.
- [6] 任缙, 史乐峰. 金融支持实体经济技术创新的效率测度及影响因素研究[J]. 重庆师范大学学报(社会科学版), 2021(04): 40-51.
- [7] 段俊, 刘婷婷, 张保帅. 促进还是抑制: 金融资产配置与企业技术创新[J]. 重庆师范大学学报(社会科学版), 2023(03): 20-34.
- [8] 张大为, 张林, 黄秀丽. 数字技术创新能提升制造企业绿色治理水平吗? [J]. 企业经济, 2024(04): 87-98.
- [9] 曾燕萍, 蒋楚钰, 崔智斌. 数字金融对经济高质量发展的影响: 基于空间杜宾模型的研究[J]. 技术经济, 2022(04): 94-106.
- [10] 顾海峰, 高水文. 数字金融发展对企业绿色创新的影响研究[J]. 统计与信息论坛, 2022(11): 77-93.
- [11] 何培育, 孙玲. 政府补助对专利密集型企业技术创新效率的影响: 基于两阶段技术创新过程的视角[J]. 科技管理研究, 2023(22): 54-64.
- [12] 高辉, 李玲. 制度支持对制造企业数字化转型的影响: 基于管理者认知视角[J]. 企业经济, 2022(12): 151-160.
- [13] 刘敏, 杨旭, 平卫英, 等. 数字技术创新、信息化水平和数字化平台发展: 基于金融科技平台视角[J]. 系统管理学报, 2024(05): 1181-1193.
- [14] Adam J, Richard N, Robert S. A tale of two market failures: technology and environmental policy[J]. Ecological Economics, 2005(02-03): 164-174.
- [15] 赵巧芝, 贾丁, 向凯. 研发补贴与环境规制的技术创新效应研究: 考虑政策耦合的空间杜宾模型检验[J]. 工业技术经济, 2023(05): 114-123.
- [16] 王韧, 许豪, 王中杰等. 异质性视角下中小企业网络安全防御的最优投资策略[J]. 系统工程理论与实践, 2023(02): 398-420.
- [17] Parra A. Sequential innovation, patent policy, and the dynamics of the replacement effect[J]. The Rand Journal of Economics, 2019(3): 568-590.
- [18] 刘鹏振, 董会忠, 张力元. OFDI 能提升技术创新效率吗?: 基于环境规制强度差异视角[J]. 华东经济管理, 2022(11): 54-63.
- [19] Kaoru T, Miki T. Network DEA: a slacks-based measure approach[J]. European Journal of Operational Research, 2009(01): 243-252.
- [20] Katharina-maria R, Klaus R, Andreas Z. Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis[J]. Ecological Economics, 2007(01): 91-100.
- [21] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现: 来自股票流动性的经验证据[J]. 管理世界, 2021(07): 130-144.
- [22] 应千伟, 何思怡. 政府研发补贴下的企业创新策略: “滥竽充数”还是“精益求精”[J]. 南开管理评论, 2022(02): 57-69.

- [23] 王亚飞,刘静,柏颖. 交通基础设施、信息基础设施对要素错配的影响:兼论产业集聚与要素市场化的调节作用[J]. 系统管理学报,2023(03):549-559.
- [24] 杨君,肖明月,蒋墨冰. 知识产权保护、技术创新与中国的资本回报率[J]. 科研管理,2023(02):137-145.
- [25] Hirano K, Imbens G W. The propensity score with continuous treatments. In: applied bayesian modeling and causal inference from incomplete data perspectives[M]. John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [26] 司京艳,张建武. 工业机器人应用对企业劳动力需求的影响:基于广义倾向得分匹配方法的实证研究[J]. 中国劳动,2022(04):62-79.
- [27] 赵璨,曹伟,姚振晔,等. “互联网+”有利于降低企业成本粘性吗? [J]. 财经研究,2020(04):33-47.
- [28] 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(07):114-129.
- [29] 孙黎,许唯聪. 数字经济对地区全球价值链嵌入的影响:基于空间溢出效应视角的分析[J]. 经济管理,2021(11):16-34.

Research on the Influence of Enterprise Digital Transformation on Two-Stage Technological Innovation Efficiency —the Moderating Effect of Government Governance

Ren Jin Gao Tingting

(School of Economics and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: In the era of digital economy, how enterprises achieve leapfrog development through the deep integration of digital transformation and technological innovation has become a key driving force to promote the formation of new quality productivity and promote high-quality economic growth. Based on the data of 30 provinces in China from 2011 to 2022, this paper empirically tests the impact of enterprise digital transformation on technological innovation by measuring enterprise digital transformation index and two-stage technological innovation efficiency based on the perspective of innovation value chain. On the basis of the theoretical explanation of its influence and mechanism, the multi-dimensional influence of digital transformation on the efficiency of technological innovation is further discussed. The results show that (1) Digital transformation significantly improves the efficiency of technological innovation, especially in the transformation stage of the result market. (2) The influence of digital transformation on technological innovation efficiency at different stages presents different trends. The basic research and development stage presents an “N-shaped” relationship, while the results transformation stage presents an “inverted U-shaped” relationship. (3) Considering the externality of technological innovation, this paper deeply analyzes the governance methods and means that the government can adopt in different stages of digital transformation and technological innovation from three dimensions: capital elements, public goods and awareness of rules. Overall, the research offers both theoretical insights and empirical evidence to enhance the impact of digital transformation on technological innovation efficiency. It also suggests a policy mix as a suitable approach to addressing the externality issues faced by firms in technological innovation.

Keywords: digital transformation; two-stage technological innovation; government governance; GPSM

[责任编辑:左福生 邹柳馨]