引用格式:曾江洪, 王小雨. 数字技术创新如何提升制造业企业产能利用率——来自企业关键数字技术专利的证据[J]. 技术经济, 2026, 45(1): 120-130.

Zeng Jianghong, Wang Xiaoyu. How digital technology innovation promotes the capacity utilization of manufacturing firms? Evidence from key digital technology patents[J]. Journal of Technology Economics, 2026, 45(1): 120-130.

技术经济评价

数字技术创新如何提升制造业企业产能利用率

——来自企业关键数字技术专利的证据

曾江洪, 王小雨

(中南大学商学院, 长沙 410083)

摘 要: 当前中国制造业企业面临产能过剩问题,数字技术创新是提升企业产能利用率的关键所在。利用2013—2023年中国A股制造业上市公司数据,实证检验数字技术创新对制造业企业产能利用率的影响。研究发现,以企业关键数字技术专利衡量的数字技术创新对制造业企业产能利用率具有显著的提升作用。机制分析发现,数字技术创新主要通过抑制企业过度投资和降低供应链协调成本来提升制造业企业产能利用率。异质性分析发现,数字技术创新对企业产能利用率的提升作用在数据要素水平较高、行业技术活跃性较高、经济发展水平较差及市场环境较差的样本中更为有效。研究结论不仅为中国制造业产能过剩的化解提供了理论证据和实践启示,也为数字技术赋能实体经济高质量发展提供了参考。

关键词: 数字技术创新; 产能利用率; 过度投资; 供应链协调成本

中图分类号: F272 **文献标志码**: A **文章编号**: 1002-980X(2026)01-0120-11

DOI:10.12404/j.issn.1002-980X.J25052801

一、引言

现阶段,推动实体经济高质量发展是中国经济工作的重要任务。制造业作为实体经济的根基,其产能利用率直接关系到深化供给侧结构性改革的成效。然而,中国制造业企业面临产能过剩问题。根据国家统计局数据,2024年中国规模以上工业产能利用率为75.1%,仍有待提高。在经济发展过程中,较低的产能利用率可能会引发企业利润下滑、员工流失、银行不良贷款规模上升及就业增长率下降等一系列不良经济后果,从而严重抑制新常态下的宏观经济增长[1-2]。2024年《政府工作报告》提出防止产能过剩和低水平重复建设,凸显出国家对产能过剩问题的重视。尽管产能过剩属于宏观命题范畴,但产能的形成归根结底源于企业的微观行为。从企业层面探究影响产能利用率的因素,对有效化解制造业产能过剩及实体经济高质量发展具有重要现实意义。

从现实层面看,中国制造业产能利用率的提升面临多重制约。一方面,传统投资模式下的盲目扩张加剧了产能过剩,部分企业因过度投资导致产能利用率低[3];另一方面,数字经济背景下需求端的快速迭代与个性化趋势加剧了供需错配,部分企业缺乏实时响应市场变化的能力,导致产能处于被动闲置状态。在此背景下,数字技术创新正日益成为化解产能过剩的关键所在。依托数字技术创新成果,企业不仅可以提升投资决策水平,从源头上避免产能盲目扩张,还可以降低供应链协调成本,实现内外部的供需精准匹配与柔性协同,从而有利于提升企业产能利用率。由此可见,数字技术创新有望成为提升制造业企业产能利用率的重要抓手。

从理论层面看,数字技术对企业产能利用率的影响效应日益受到学术界关注。现有研究从企业数字化

收稿日期: 2025-05-28

基金项目: 湖南省社会科学基金重点项目"湖南省专精特新企业高质量发展的路径研究"(23ZDB044)

作者简介: 曾江洪(1968—),博士,中南大学商学院教授,博士研究生导师,研究方向:中小企业成长、企业创新管理;王小雨(2001—),中南大学商学院硕士研究生,研究方向:数字化转型、企业创新管理。

转型、供应链数字化及外部数字环境等方面验证了数字化对企业产能利用率的积极影响。研究发现，企业数字化转型具有显著的去产能效应，能够提升企业产能利用率[4-6]。陈字理和朱桂龙[7]基于投资效率视角进一步发现，企业数字化可通过抑制过度投资与缓解投资不足进而提升产能利用率。也有学者以供应链数字化为切入点，发现降低信息不对称和增强产品竞争力是供应链数字化提升产能利用率的机制[3]。在外部数字环境方面，地区数字基础设施建设[8]、数字经济发展水平[9]及城市数字化发展[10]亦被证明有助于提高企业产能利用率。然而，现有研究多聚焦于数字技术的直接应用或外部支撑条件，而对以专利产出为表征的企业数字技术创新活动的关注明显不足。鉴于此，本文利用2013—2023年中国A股制造业上市公司数据，通过《关键数字技术专利分类体系（2023）》识别企业关键数字技术专利，探究数字技术创新对制造业企业产能利用率的影响效应、作用机制和异质性特征等问题。

研究的边际贡献为：第一，通过《关键数字技术专利分类体系（2023）》识别企业关键数字技术专利，并从产能利用率视角评估了数字技术创新的经济后果，丰富和拓展了数字技术创新与企业产能利用率两个领域的相关研究。第二，识别了数字技术创新提升制造业企业产能利用率的作用机制，包括抑制过度投资和降低供应链协调成本，有助于深化对数字技术创新与企业产能利用率之间关系的理解。第三，探究了企业层面、行业层面和地区层面的特征对数字技术创新提升制造业企业产能利用率的异质性影响，为理解数字技术创新如何更好提升制造业产能利用率提供了证据。第四，研究结论为提升制造业产能利用率提供了实践启示，也为数字技术赋能实体经济高质量发展提供了参考。

二、理论分析与研究假设

（一）数字技术创新与企业产能利用率

数字技术创新作为数字经济时代企业变革的核心驱动力，其本质是依托物联网、人工智能、大数据等关键数字技术，对企业工艺、产品及商业模式进行系统性革新的过程与结果[11]，有助于提升企业产能利用率。第一，在工艺革新层面，数字技术创新驱动制造业企业深度重构生产工艺，通过优化生产流程与设备效率提升产能利用水平。借助物联网技术实现生产设备的实时互联与状态监控，并结合人工智能算法开展智能调度与预测性维护，企业能够显著减少设备空转、消除生产瓶颈、提升产能利用率[12]。同时，区块链技术在供应链管理中的应用，可降低因信息不对称导致的库存积压和供应链效率低下，有助于产能的高效利用。此外，工艺层面的精准管控与动态优化，直接提高了设备利用率和产线运转效率，从而也有助于促进企业产能利用率提升。第二，在产品革新层面，数字技术创新赋能企业产品的智能化升级与精准开发。利用大数据分析与用户画像技术深度洞察市场需求变化与消费者偏好，结合人工智能技术进行产品功能优化与快速迭代，企业能够有效避免产品同质化竞争、缩短新品研发周期[13]。以数据驱动的产品创新，确保了生产活动与市场需求的高度契合，显著降低了因需求误判或产品滞销导致的产能闲置与库存积压。第三，在商业模式革新层面，数字技术创新推动企业商业模式的深度转型，通过催生服务型制造、共享制造等新型商业模式激活闲置产能。基于云平台、区块链等技术，企业能够突破传统组织边界，将内部闲置的产能转化为可对外提供的标准化服务，实现跨企业、跨区域的产能共享与协同，不仅盘活了原本沉睡的产能资源，而且创造了新的价值来源，从整体上提升了企业乃至产业链的产能利用率。综上所述，数字技术创新通过对企业工艺、产品及商业模式的系统性革新，有效提升制造业企业的产能利用率。

基于此，提出研究假设：

数字技术创新能够显著提升制造业企业产能利用率（H1）。

（二）数字技术创新提升企业产能利用率的作用机制

1. 过度投资机制

数字技术创新通过抑制企业过度投资提升企业产能利用率。数字技术创新能够有效抑制企业过度投资[14]。在数字经济时代，市场信息呈现复杂、分散的特征，企业传统信息获取方式易受限于成本高、时效性差等问题，易导致投资决策偏离实际。企业通过数字技术创新可以拓宽信息的收集渠道，从多维度及时、准确地获取与企业经营相关的市场需求、行业竞争及政策环境等信息，大幅度降低信息获取成本[15]。企业还

可以进一步利用大数据、人工智能等数字技术对所获取的信息进行深度挖掘与分析,将海量的碎片化原始数据转化为支撑投资决策的有效依据,从而有效提高企业的投资效率,减少非效率投资[16]。例如,企业通过数据分析和智能决策系统预估投资项目的绩效,科学判断项目可行性与预期收益,减少盲目投资并降低过度投资水平。企业过度投资是导致产能过剩的重要原因,抑制过度投资可直接推动产能利用率提升[8,17]。一方面,过度投资往往使企业将大量资金、设备、人力投入到非必要或低效益项目中,造成资源闲置浪费。当过度投资得到抑制后,被占用的生产资源可重新分配至核心业务、高需求产品生产线等高效领域。企业若将原本用于盲目扩张产能的资金投入现有设备升级或生产工艺优化,不仅能提升单位资源的产出效率,更可有效减少现有产能闲置、降低生产浪费,进而精准提高企业整体产能利用率。另一方面,过度投资还可能导致企业在供应链某一环节过度投入,造成产能错配。例如,盲目扩建生产基地却忽视原料供应能力,会导致制造端虽有高设计产能,却因原料供应不足无法释放实际产能,降低整体产能利用率。抑制过度投资后,企业能以更均衡的视角规划产能布局,减少因环节间产能失衡导致的生产停滞,确保生产线持续高效运转,从而提升企业产能利用率。

基于上述分析,提出研究假设:

数字技术创新通过抑制企业过度投资,进而提升制造业企业产能利用率(H2)。

2. 供应链协调成本机制

数字技术创新通过降低供应链协调成本提升企业产能利用率。数字技术创新能够有效降低供应链协调成本。依托物联网、大数据等数字技术,企业能够实时整合供应链中碎片化的供需信息,降低企业与供应端和市场端等协调成本[13]。从上游原材料库存、在途物流信息到下游经销商订单、终端消费需求变化,全链路信息的即时互通大幅减少了传统模式下因信息滞后、数据失真导致的沟通损耗与决策偏差,降低了供应链协调成本。供应链协调成本的降低反映了供需匹配精准度的提高[18],有利于提升企业产能利用率[19]。一方面,供应链协调成本降低时,各节点企业间的信息不对称程度减弱,生产计划与市场需求之间的传导效率得以提升,有效缓解了牛鞭效应导致的库存积压或原料短缺问题。企业能够基于更精准及时的供应链信息制定生产计划,减少因上游原料供应滞后或物流不畅造成的生产等待时间,同时避免因对下游需求误判而导致的过度备货及产能闲置。另一方面,供应链协调成本的降低推动企业产能管理模式从传统工业模式向精细化、柔性化、智能化转变[13],不仅有助于减少企业冗余的生产资源,也增强了企业应对市场波动的能力[19]。企业既可以在终端需求增加时能快速向上游传递信号以保障原材料供应,避免因原材料短缺导致生产线停摆和产能闲置,也可以在需求下降时及时缩减生产规模,从源头减少产品积压风险,避免产能浪费。供应链协调成本的降低带来的供需精确匹配和生产柔性提高,有效减轻了产能错配问题,设备既不会因原料短缺而闲置,产能也不会因产品滞销而被无效占用,最终实现产能利用率的提升。

基于上述分析,提出研究假设:

数字技术创新通过降低供应链协调成本,进而提升制造业企业产能利用率(H3)。

三、研究设计

(一)样本选择与数据来源

考虑到2013年"宽带中国"战略的实施为企业数字技术创新奠定了坚实基础,本文选取2013—2023年中国A股制造业上市公司为研究样本。企业财务数据来自国泰安数据库(CSMAR),数字专利数据来自国家知识产权局。为避免异常值的影响,对数据进行如下处理:①剔除ST(special treatment)、*ST、PT(particular transfer)及资产负债率大于1的样本;②剔除发生暂停上市及当年上市的样本;③剔除主要变量缺失的样本;④在1%和99%水平上对连续变量进行缩尾处理。经过上述处理,最终得到20833个观测值。

(二)研究模型

参考陈字理和朱桂龙[7]及徐业坤和马光源[20]的研究,为研究数字技术创新对制造业企业产能利用率的影响效应,构建基准模型如式(1)所示。

$$CU_{i,t} = \alpha + \beta KeyDig_{i,t} + \theta Controls_{i,t} + \sum Indu + \sum Prov + \sum Year + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

其中：i 为企业；t 为年份；被解释变量为企业产能利用率（*CU*）；核心解释变量为企业数字技术创新（*KeyDig*）；*Controls* 为控制变量集合；*Indu*、*Prov* 和 *Year* 分别为行业、地区和年份固定效应；ε 为随机扰动项；β 为主要关注的回归系数，若 β 显著为正，则表明数字技术创新能够提升制造业企业产能利用率。此外，对标准误在企业层面进行聚类调整。

（三）变量设计

1. 被解释变量：企业产能利用率（*CU*）

参考李雪松等[21]的做法，使用随机前沿生产函数法测算企业产能利用率（*CU*）。具体而言，将企业产能利用率定义为实际产出与前沿产出的比值，利用营业收入、总资产和员工人数构建随机前沿生产面，测算企业产能利用率。为了方便表述，将该指标乘以 100。

2. 核心解释变量：数字技术创新（*KeyDig*）

现有文献多用文本分析法和国际专利分类号（IPC）分类法识别数字专利，以专利申请数量测度企业数字技术创新水平[22]。本文认为，IPC 信息的标准性和规范性更强，能够相对准确地界定专利是否与数字技术创新活动相关。国家知识产权局为规范和管理关键数字技术专利申请和授权制定《关键数字技术专利分类体系（2023）》。基于此分类体系，借鉴周阔等[23]和张尧等[24]的做法，通过匹配 IPC 分类号识别企业数字专利，并采用当年关键数字技术专利申请数量加 1 后取自然对数构建企业数字技术创新水平测度指标（*KeyDig*）。

3. 控制变量

参考陈字理和朱桂龙[7]、徐斌和吕波[25]及杜勇等[26]的研究，控制如下变量：企业规模（*Size*），总资产的自然对数；企业年龄（*Age*），上市年限加 1 的自然对数；总资产收益率（*ROA*），净利润与平均总资产的比值；资产负债率（*Lev*），总负债和总资产的比值；现金流比率（*Cashflow*），经营活动产生的现金流净额与总资产的比值；管理费用率（*Mfee*），管理费用与营业收入的比值；成长性（*Growth*），营业收入增长率；董事会规模（*Board*），董事会人数的自然对数；独立董事比例（*Indep*），独立董事人数与董事会人数的比值；股权集中度（*Top*5），前五大股东持股比例；两职合一（*Dual*），董事长和总经理为同一人时取值为 1，否则为 0；股权性质（*SOE*），国有企业取值为 1，否则为 0。

四、实证分析与结果

（一）描述性统计

主要变量描述性统计结果见表 1。制造业企业产能利用率（*CU*）的均值为 75.679，与国家统计局数据相近，验证了样本数据的合理性和可靠性。数字技术创新（*KeyDig*）的最小值和最大值分别为 0 和 5.444，说明样本企业间数字技术创新水平存在差异。其余变量的描述性统计结果均处于合理区间。

表 1　描述性统计表

变量	样本量	均值	标准差	最小值	第 25 百分位数	中位数	第 75 百分位数	最大值
CU	20833	75.679	4.487	61.169	73.209	75.970	78.582	85.652
KeyDig	20833	1.236	1.339	0	0	0.693	2.079	5.444
Size	20833	22.145	1.169	20.044	21.310	21.980	22.793	25.735
Age	20833	2.111	0.776	0.693	1.609	2.197	2.773	3.367
ROA	20833	0.044	0.063	−0.193	0.014	0.042	0.076	0.227
Lev	20833	0.392	0.186	0.060	0.242	0.384	0.528	0.850
Cashflow	20833	0.053	0.065	−0.128	0.014	0.050	0.091	0.244
Mfee	20833	0.080	0.055	0.010	0.043	0.067	0.100	0.329
Growth	20833	0.151	0.340	−0.461	−0.028	0.100	0.251	1.992
Board	20833	2.098	0.188	1.609	1.946	2.197	2.197	2.565
Indep	20833	0.378	0.054	0.333	0.333	0.364	0.429	0.571
*Top*5	20833	0.526	0.147	0.203	0.418	0.524	0.636	0.858
Dual	20833	0.326	0.469	0	0	0	1	1
SOE	20833	0.267	0.443	0	0	0	1	1

(二)基准回归分析

表 2 的(1)列报告了仅控制行业、地区和时间固定效应的回归结果,数字技术创新对制造业企业产能利用率的回归系数为正。(2)列报告了进一步加入一系列控制变量后的回归结果,数字技术创新对制造业企业产能利用率的回归系数为 0.211 且在 1%的水平下显著为正,说明数字技术创新能够显著提升制造业企业产能利用率,假设 H1 得到验证。

表 2　基准回归结果

变量	(1)	(2)
	CU	*CU*
KeyDig	0.074 (0.051)	0.211*** (0.043)
Size		−1.372*** (0.067)
Age		0.733*** (0.080)
ROA		9.557*** (0.769)
Lev		4.112*** (0.328)
Cashflow		6.745*** (0.540)
Mfee		−48.831*** (1.189)
Growth		0.567*** (0.092)
Board		−0.234 (0.307)
Indep		−0.826 (0.989)
Top5		0.861** (0.369)
Dual		−0.196** (0.091)
SOE		0.357*** (0.137)
_cons	75.587*** (0.093)	105.999*** (1.584)
Indu_FE	Yes	Yes
Prov_FE	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes
样本量	20833	20833
adjust R^2	0.175	0.539

注:*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平上显著;括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

(三)稳健性检验

1. 替换被解释变量

企业产能的形成与要素的投入密切相关。本文借鉴唐嘉尉和蔡利[27]的做法,选用反映可变要素和固定要素投入的总资产周转率重新衡量企业产能利用率。数值越大说明产能规模固定时的实际产出价值越大,即产能利用水平越高,回归结果见表 3 的(1)列。数字技术创新的回归系数显著为正,说明数字技术创新显著提升制造业企业产能利用率的研究结论稳健。

2. 滞后核心解释变量

鉴于数字技术创新对制造业企业产能利用率的影响可能存在时滞性,分别采用滞后一期、滞后两期的数字技术创新重新回归进行稳健性检验,回归结果见表 3 的(2)列和(3)列。滞后一期和滞后两期数字技术创新对制造业企业产能利用率的回归系数依然显著为正,研究结论稳健。

3. 子样本回归

为排除样本范围对研究结论的影响,本文从两个方面进行子样本回归以检验研究结论的稳健性。一方面,2016 年《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》中提出“加快建设数字中国”,并强调“推进信息技术与制造技术深度融合”“培育制造业竞争新优势”。这一政策导向为制造业企业通过数字技术创新优化资源配置、提升产能利用率提供了制度驱动。基于此,本文选取 2016—2023 年的样本重新进行回归。另一方面,《进一步化解产能过剩的政策研究》[28]中将产能利用率低于 75%的上市公司定义为产能过剩企业,否则为产能非过剩企业。参照该标准,本文选取产能利用率小于 75%的产能过剩样本重新回归,子样本的回归结果见表 3 的(4)列和(5)列。数字技术创新对制造业企业产能利用率的回归系数均显著为正,说明研究结论稳健。

表 3　稳健性检验(替换被解释变量、滞后核心解释变量、子样本回归)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换被解释变量	滞后一期	滞后两期	2016 年之后样本	产能过剩样本
	CU	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*
KeyDig	0.015*** (0.004)	0.009*** (0.002)	0.010*** (0.003)	0.170*** (0.042)	0.274*** (0.050)
_cons	1.737*** (0.163)	105.575*** (1.556)	105.349*** (1.546)	105.911*** (1.580)	96.231*** (1.770)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

续表

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	替换被解释变量	滞后一期	滞后两期	2016 年之后样本	产能过剩样本
	CU	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*
Indu_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Prov_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	20833	20753	20617	16839	8404
adjust R^2	0.436	0.538	0.538	0.544	0.374

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平上显著；括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

4. 排除替代性解释

由于数字化转型[4-6]和供应链数字化[3]既对企业产能利用率具有显著的提升作用，又和数字技术创新高度相关。为排除二者对本文研究结论的干扰，在基准回归中进一步控制了数字化转型变量和供应链数字化变量。其中，数字化转型变量分别参考吴非等[29]、张永珅等[30]和赵宸宇等[31]的做法，使用数字化转型关键词词频（DCG_1）、数字化技术相关部分无形资产占无形资产总额的比例（DCG_2）及企业数字化转型指数（DCG_3）来衡量。供应链数字化采用“供应链创新与应用试点”外生冲击变量（*SupplyDig*）衡量，回归结果见表 4 的（1）列~（3）列。数字技术创新的回归系数均显著为正，说明在排除数字化转型和供应链数字化提升企业产能利用率的替代性解释后，数字技术创新能够显著提升制造业企业产能利用率的研究结论稳健。

表 4　稳健性检验（排除替代性解释）

变量	(1)	(2)	(3)
	CU	*CU*	*CU*
KeyDig	0.176***	0.195***	0.190***
	(0.043)	(0.042)	(0.043)
DCG_1	0.177***		
	(0.041)		
DCG_2		1.994***	
		(0.396)	
DCG_3			8.089***
			(2.900)
SupplyDig	1.816***	1.701***	1.821***
	(0.531)	(0.526)	(0.533)
_cons	106.221***	105.520***	106.057***
	(1.580)	(1.582)	(1.579)
Controls	Yes	Yes	Yes
Indu_FE	Yes	Yes	Yes
Prov_FE	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes
样本量	20832	20833	20832
adjust R^2	0.540	0.541	0.539

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平上显著，括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

5. 控制更严格的固定效应

考虑到企业产能利用率还可能会受到企业特征因素及行业和地区随时间变化的混杂因素的干扰，本文在基准回归模型中分别加入企业固定效应、行业和时间的交互固定效应、地区和时间的交互固定效应进行稳健性检验。从表 5 的（1）列~（3）列可以看出，控制更严格的固定效应后，数字技术创新的回归系数依然显著为正，说明数字技术创新提高制造业企业产能利用率的研究结论稳健。

6. 工具变量法

数字技术创新和企业产能利用率的关系可能存在潜在的内生性问题。一方面，高产能利用率可能促使企业开展数字技术创新活动，即可能存在双向因果关系；另一方面，遗漏变量的存在可能导致估计结果有偏。本文采用工具变量法进行内生性检验。借鉴黄勃等[32]的研究，本文采用企业所在地级市 1984 年每万人固定电话数量的自然对数与上一年度企业所在省份的互联网接入端口的交乘项作为企业数字技术创新的工具变量（*IV*）。原因在于，企业所在地级市的固定电话数量反映了当时区域的信息通信基础设施水平，可能会影响数字技术创新进程，满足相关性假设；历史区域固定电话数量和上一年度互联网接入端口数量均不会直接影响企业产能利用率，满足外生性假设。由表 5 的（4）列可知，工具变量法第一阶段数字技术创新的回归系数显著为正，表明历史信息通信基础设施水平与企业数字技术创新水平正相关，且 F 统计量为 22.678 大于 10%置信水平下的临界值 16.38，LM 统计量对应的 P 为 0.0048（小于 0.1），表明不存在弱工具变量和工具变量不可识别的问题。由表 5 的（5）列可知，工具变量法第二阶段数字技术创新对制造业企业产能利用率的回归系数依然显著为正，符合预期。因此，在考虑可能存在的内生性问题后，数字技术创新提升制造业企业产能利用率的研究结论依然稳健。

表 5　稳健性检验(控制更严格固定效应及工具变量法)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	加入企业固定效应	加入行业与时间交互固定效应	加入地区与时间交互固定效应	工具变量法第一阶段	工具变量法第二阶段
	CU	*CU*	*CU*	*KeyDig*	*CU*
KeyDig	0.054* (0.031)	0.222*** (0.043)	0.216*** (0.043)		2.931** (1.457)
IV				0.080*** (0.028)	
_cons	125.882*** (2.356)	106.744*** (1.603)	106.338*** (1.601)	−11.956*** (0.514)	
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Indu、*Prov*、*Year_FE*	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm_FE	Yes	No	No	No	No
Indu×*Year_FE*	No	Yes	No	No	No
Prov×*Year_FE*	No	No	Yes	No	No
样本量	20527	20830	20824	19191	19191
Kleibergen-Paap rk LM				7.952(P = 0.0048)	
Cragg-Donald Wald *F*				22.678(10%临界值 16.38)	

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%的显著性水平上显著；括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

(四)机制检验

1. 过度投资机制

数字技术能够通过提升信息获取与深度分析能力，抑制企业过度投资，从源头减少因盲目扩张导致的产能闲置与错配。为检验上述机制，参考 Richardson[33] 的模型计算企业实际投资水平与预期投资水平的残差，并选取大于 0 的残差值来衡量企业过度投资(*OverInv*)，值越大说明过度投资越严重。中介效应检验结果见表 6 的(1)列，数字技术创新的回归系数显著为负，说明数字技术创新能够抑制企业过度投资行为。将数字技术创新和中介变量同时纳入回归后，回归结果见表 6 的(2)列，企业过度投资对制造业企业产能利用率的系数显著为负，表明过度投资的中介作用显著成立。因此，数字技术创新有助于抑制企业过度投资，进而提升企业产能利用率，假设 H2 成立。

2. 供应链协调成本机制

数字技术创新能够降低供应链协调成本，使企业能够灵活应对供需变化，实现更高效的产能管理，从而提升产能利用率。借鉴巫强和姚雨秀[18]的研究，以企业生产波动对需求波动的偏离程度来衡量

表 6　机制检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)
	过度投资		供应链协调成本	
	OverInv	*CU*	*CoorCost*	*CU*
KeyDig	−0.002*** (0.001)	0.240*** (0.057)	−0.024*** (0.008)	0.207*** (0.043)
OverInv		−8.432*** (0.765)		
CoorCost				−0.218*** (0.034)
_cons		107.579*** (1.996)	1.192*** (0.349)	106.167*** (1.671)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes
Indu_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Prov_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	7395	7395	20807	20807
adjust R^2	0.141	0.567	0.041	0.540

注：*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1% 的显著性水平上显著；括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

供应链协调成本（*CoorCost*）。该指标越小表明偏离程度越小，供求匹配精准度越高，即企业的供应链协调成本越低。中介效应检验结果见表 6 的（3）列，数字技术创新的回归系数显著为负，说明数字技术创新能够降低供应链协调成本，提高了企业供应链供求匹配精准度。将数字技术创新和中介变量同时纳入回归后，回归结果见表 6 的（4）列，供应链协调成本对制造业企业产能利用率的回归系数显著为负，表明供应链协调成本的中介作用显著成立。因此，数字技术创新有助于降低供应链协调成本，进而提升企业产能利用率，假设 H3 成立。

（五）异质性检验

1. 数据要素水平

数据要素是企业数字技术创新的直接生产资料，是企业开展数字技术创新活动的信息基础[34]。企业数据要素水平的高低，直接关系到数字技术创新水平及其作用的发挥，进而可能影响数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。为检验企业数据要素水平对数字技术创新效果的异质性影响，参考赵丽和胡植尧[35]的研究，以企业年报中数据要素相关的关键词的总词频加 1 的自然对数值衡量企业的数据要素水平，并按照年度中位数进行分组回归。从表 7 的（1）列和（2）列可以看出，在数据要素水平较高的样本中，数字技术创新对企业产能利用率的提升作用更大。原因在于，数据要素水平较高的企业所积累的丰富、优质、结构化数据，是数字技术创新有效提升产能利用率的核心支撑。具有较高水平数据要素的企业可以凭借充足的数据资源禀赋与卓越的数据采集处理能力，将数字技术创新成果应用于产能优化的核心环节，从而强化数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。例如，通过物联网采集设备运行数据，结合大数据分析实现预测性维护，企业可以减少设备故障导致的产能损失；通过数字技术实现供应链动态调整，企业可降低库存积压与产能闲置。相比之下，数据要素水平较低的企业因数据要素积累和处理能力不足，不仅制约了数字技术创新活动的开展和应用，也由此限制了数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。

2. 行业技术活跃性

行业技术活跃性作为行业技术生态的重要特征，与企业数字技术创新活动的开展密切相关，其差异可能会影响数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。高技术行业作为知识与技术密集型领域，创新频率高且成果密集；传统低技术行业则技术体系成熟稳定，创新活力相对较弱。为检验行业技术活跃性对数字技术创新效果的异质性影响，参考陶锋等[13]的做法，将制造业中的通用设备、专用设备、交通运输设备、电气机械及器材、计算机及其他电子设备、通信设备、仪器仪表及文化、办公用机械划为高技术行业，其余行业为低技术行业。从表 7 的（3）列和（4）列可以看出，在高技术行业样本中，数字技术创新对企业产能利用率的提升作用更大。原因在于，数字技术创新与高技术行业技术活跃性高、迭代快的属性天然适配，且高技术行业普遍具备更深厚的技术积淀和更完善的研发体系，为数字技术创新成果的落地提供了坚实的技术底座。此外，高技术行业市场需求的快速变化驱动企业持续进行技术升级。数字技术创新作为响应市场变化的关键工具，在高活跃度技术生态中更易识别并作用于产能提升的关键环节，从而强化了数字技术创新对产能利用率的提升作用。相比之下，传统低技术行业技术体系虽稳定但灵活性不足，数字技术创新面临适配成本高、应用场景有限等制约，其提升产能利用率的作用因此受限。

3. 经济发展水平

地区经济发展水平作为企业所处外部环境的关键特征，其差异可能会影响数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。从现实情况来看，经济发展水平与产能利用率的区域分布特征保持一致，即经济发展水平较高的地区，往往具有较高的产能利用率[36]。为检验地区经济发展水平对数字技术创新效果的异质性影响，本文以地区人均 GDP 的年度中位数衡量经济发展水平，并以其作为分组依据进行回归。从表 7 的（5）列和（6）列可以看出，在经济发展水平低的地区中，数字技术创新对企业产能利用率的提升作用更为显著。原因在于，经济发展水平高地区的企业往往拥有更先进的技术工艺及更丰富的专业人才储备，产能利用率水平相对较高，导致其在数字技术创新情境下的提升空间十分有限。经济发展水平低的地区通常面临更为严重的产能过剩问题，产能利用率具有较大的提升潜力，且数字技术创新能针对经济欠发达地区产能配置低效、供需匹配失衡等核心问题发挥作用，从而能够在更大程度上提升企业的产能利用率。例如，借助大数据

分析梳理区域内的产能分布与市场需求差异,可引导企业调整生产计划,减少无效产能;通过工业互联网平台整合分散的生产资源,企业能提高生产效率,盘活闲置产能。

4. 市场环境

产能过剩与市场化改革滞后相关,市场环境的完善程度作为影响企业资源配置效率的关键外部条件,是化解产能过剩的核心力量[37]。为检验地区市场环境对数字技术创新效果的异质性影响,以樊纲市场化指数衡量地区市场环境完善程度[38],并按其年度中位数进行分组回归。从表7的(7)列和(8)列可以看出,在市场环境完善程度较差的地区,数字技术创新对企业产能利用率的提升作用更大。原因在于,在市场环境较完善的地区,市场机制能够有效降低信息不对称程度,推动资源实现高效流动与精准匹配。这类地区的企业依托完善的市场环境,产能利用率处于相对合理水平,数字技术创新对产能利用率的提升空间相对有限。在市场环境不完善地区,由于信息传递不畅、交易成本高和竞争机制不完善,企业资源配置低效,产能过剩问题突出。此时,数字技术创新能够有效弥补市场环境不完善带来的短板,打破信息壁垒、降低交易成本并推动资源流动,促进供需精确匹配和产能利用,从而能够在更大程度上提升企业的产能利用率。例如,通过搭建数字化平台,企业既能整合内外部供需信息,提高需求预判能力,减少盲目生产,也能简化交易流程,促进企业间资源流动,从而有利于提升企业产能利用率。

表7　异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	数据要素水平		行业技术活跃性		经济发展水平		市场环境	
	低	高	低技术行业	高技术行业	低	高	差	好
	CU	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*	*CU*
KeyDig	0.147**	0.252***	0.136**	0.274***	0.288***	0.075	0.272***	0.152***
	(0.057)	(0.053)	(0.057)	(0.059)	(0.058)	(0.059)	(0.063)	(0.054)
_cons	104.531***	107.271***	103.974***	110.748***	105.661***	107.266***	105.127***	107.193***
	(1.946)	(2.031)	(2.009)	(2.338)	(2.022)	(2.410)	(2.248)	(2.025)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Indu_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Prov_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year_FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
费舍尔检验	−0.105** (P=0.016)		−0.139*** (P=0.000)		0.213*** (P=0.000)		0.120*** (P=0.002)	
样本量	10633	10200	12497	8336	11718	9115	9757	11076
adjust R^2	0.557	0.527	0.563	0.525	0.535	0.557	0.557	0.532

注:*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%的显著性水平上显著;括号内为企业层面的聚类稳健标准误。

五、结论与建议

当前中国制造业企业处于产能过剩状态。数字技术创新为制造业企业带来巨大的工艺、产品和商业模式变革,可能有助于化解制造业产能过剩。在此背景下,利用2013—2023年中国A股制造业上市公司数据,通过《关键数字技术专利分类体系(2023)》识别数字专利,考察数字技术创新对制造业企业产能利用率的影响效应及作用机制。研究结果显示:①数字技术创新能显著提升制造业企业产能利用率,即数字技术创新是化解制造业产能过剩的关键所在;②数字技术创新主要通过抑制企业过度投资和降低供应链协调成本来提升制造业企业产能利用率;③异质性分析结果显示,数字技术创新对制造业企业产能利用率的提升作用在数据要素水平较高、行业技术活跃性较高、经济发展水平较差及市场环境较差的样本中更为有效。

基于上述研究结论,提出以下建议:

(1)聚焦数字技术创新提升产能利用率的重要作用,以数字技术创新为突破口提升制造业企业产能利用率。一方面,企业应将数字技术创新纳入发展战略核心。结合自身生产经营特点,明确数字专利研发的重点方向。加大在数字专利研发上的投入,聚焦能直接作用于生产流程优化、投资效率提升和供应链协同的关键技术,如通过工业软件实现生产设备的智能调度,利用大数据分析精准预测市场需求以调整生产计划。另一方面,政府应构建完善的数字技术创新支持体系。加大对企业数字技术研发的资金扶持,设立专

项补贴资金，对企业的数字专利申请、数字技术研发项目给予资助，降低企业创新成本。加强数字技术创新平台建设，整合高校、科研机构和龙头企业的创新资源，为制造业企业提供数字技术创新的技术支持和服务。优化数字技术创新的政策环境，简化相关审批流程，对数字技术创新成果突出的企业给予税收减免等优惠政策，激发企业开展数字技术创新的积极性。

（2）聚焦数字技术创新提升产能利用率的核心作用机制，打通数字技术创新赋能制造业企业产能优化的关键路径。一方面，企业应从多维度发力，推动数字技术创新在提升产能利用率上的应用。在抑制企业过度投资上，企业可借助数字技术从多维度获取与企业生产经营相关的信息，建立模型科学评估投资项目收益与风险，搭建动态监控平台追踪项目进度，减少盲目投入并及时调整低效投资。在供应链协调成本降低上，搭建数字化供应链协同平台，实现上下游信息实时共享，运用物联网技术对物流运输、库存管理等环节进行智能化管控，提高供应链响应速度和效率。另一方面，政府应从宏观层面引导和支持企业探索提升产能利用率的多维路径。在抑制企业过度投资上，鼓励企业利用数字技术开展投资分析，搭建公共信息平台为企业提供数据支持，同时加强产能过剩监测和预警，引导企业理性投资。在供应链协调上，加大对数字基础设施的投入，为企业利用数字技术创新实现供应链协调提供硬件支撑，促进供需精准匹配。

（3）营造良好的数字技术创新环境，依据异质性特征精准施策，最大程度地发挥数字技术创新对企业产能利用率的提升作用。①深化数据要素赋能。企业需构建数据采集、治理、应用全流程管理体系，通过制定数据质量标准、引入智能管理工具，系统提升数据要素水平。政府需加快数据要素市场化和公共数据平台开放，降低企业获取优质数据的成本与门槛，助力企业数据要素水平提高。②强化高技术行业创新优势。高技术行业企业应依托技术积淀和研发体系，聚焦人工智能、区块链等关键领域开展创新攻关，提升数字技术创新水平。政府应重点支持行业共性数字技术攻关，推动产学研协同，加速数字技术创新成果向产能利用率提升的转化。③针对不同地区精准施策。针对欠发达地区，政府需加大政策倾斜，既要优先布局 5G 基站、工业互联网等数字基础设施，筑牢创新硬件支撑，也要通过专项资金定向扶持，降低企业数字技术创新的试错成本，激发创新活力。针对市场环境待完善地区，政府需支持搭建供需匹配与资源共享平台，引导企业通过数字技术创新破除信息壁垒，促进资源优化配置，让数字技术创新充分发挥对产能利用率的提升作用。

参考文献

[1] 林毅夫，巫和懋，邢亦青. “潮涌现象”与产能过剩的形成机制[J]. 经济研究，2010，45(10)：4-19.

[2] 皮建才，宋大强. 中国制造业的产能过剩与就业波动[J]. 金融研究，2023(11)：115-131.

[3] 朱国悦，陶锋. 供应链数字化与企业产能利用率[J]. 当代财经，2025(6)：125-138.

[4] 韩国高，陈庭富，刘田广. 数字化转型与企业产能利用率——来自中国制造企业的经验发现[J]. 财经研究，2022，48(9)：154-168.

[5] 孙帆，杜勇，胡红燕. 企业数字化转型的去产能效应研究[J]. 软科学，2023，37(10)：122-128.

[6] LIU Y，ZHANG H，GAO X，et al. Corporate digital transformation and capacity utilization rate：The functionary path via technological innovation [J]. International Journal of Financial Studies，2025，13(3)：144.

[7] 陈字理，朱桂龙. 企业数字化对产能利用率的影响研究[J]. 管理学报，2025，22(11)：2018-2027.

[8] 罗奇，陈梁，赵永亮. 数字基础设施建设与企业产能利用率——来自“宽带中国”战略的经验证据[J]. 产业经济研究，2022(5)：1-14.

[9] 郑雪梅，邹粉菊，徐伟呈. 数字经济、要素资源错配与企业产能利用率[J]. 南京财经大学学报，2023(6)：90-98.

[10] ZHENG X，ZOU F，LIU Z，et al. How does digitalization affect capacity utilization in the energy sector? Evidence from China[J]. Energy Economics，2025，144：108337.

[11] NAMBISAN S，LYYTINEN K，MAJCHRZAK A，et al. Digital innovation management[J]. MIS Quarterly，2017，41(1)：223-238.

[12] 黄卓，陶云清，刘兆达，等. 智能制造如何提升企业产能利用率——基于产消合一的视角[J]. 管理世界，2024，40(5)：40-59.

[13] 陶锋，朱盼，邱楚芝，等. 数字技术创新对企业市场价值的影响研究[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(5)：68-91.

[14] LAI X，QUAN L，GUO C，et al. Exploring the digital era：Has digital technology innovation reshaped investment efficiency in Chinese enterprises?[J]. Research in International Business and Finance，2025，75：102729.

[15] GOLDFARB A，TUCKER C. Digital economics[J]. Journal of Economic Literature，2019，57(1)：3-43.

[16] 陈荣达，翟嘉俊，张硕楠，等. 企业数字技术创新对地方新质生产力发展的影响研究[J/OL]. 管理评论，1-11[2025-09-08]. https：//doi. org/10. 14120/j. cnki. cn11-5057/f. 20250718. 001.

[17] 毛其淋，谢汇丰. 服务业开放对中国制造业企业产能利用率的影响研究[J]. 财贸经济，2023，44(11)：72-87.

[18] 巫强, 姚雨秀. 企业数字化转型与供应链配置: 集中化还是多元化[J]. 中国工业经济, 2023(8): 99-117.
[19] 王浩旸, 黄漫宇, 杨露. 全国统一大市场建设如何影响企业产能利用率[J]. 中国农村经济, 2025(7): 104-124.
[20] 徐业坤, 马光源. 地方官员变更与企业产能过剩[J]. 经济研究, 2019, 54(5): 129-145.
[21] 李雪松, 赵宸宇, 聂菁. 对外投资与企业异质性产能利用率[J]. 世界经济, 2017, 40(5): 73-97.
[22] LIU Y, DONG J, MEI L, et al. Digital innovation and performance of manufacturing firms: An affordance perspective[J]. Technovation, 2023, 119: 102458.
[23] 周阔, 曲植, 时运通, 等. 地方政府债务治理与民营企业新质生产力——基于关键数字技术突破的考察[J]. 经济评论, 2024(4): 20-37.
[24] 张尧, 于丽洁, 王元彬, 等. 新质生产力、供应链深度数字化与企业碳绩效——来自关键数字技术专利的证据[J]. 中国人口·资源与环境, 2024, 34(10): 80-93.
[25] 徐斌, 吕波. 工业智能化对企业产能利用率的影响研究——基于制造业上市公司的经验证据[J]. 技术经济, 2024, 43(9): 126-140.
[26] 杜勇, 孙帆, 胡红燕. 共同机构所有权与企业产能利用率[J]. 财经研究, 2022, 48(10): 49-63, 168.
[27] 唐嘉尉, 蔡利. 政府审计、非效率投资与产能利用率提升[J]. 审计研究, 2021(1): 19-30.
[28] 国务院发展研究中心《进一步化解产能过剩的政策研究》课题组, 赵昌文, 许召元, 等. 当前我国产能过剩的特征、风险及对策研究——基于实地调研及微观数据的分析[J]. 管理世界, 2015, 31(4): 1-10.
[29] 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, 37(7): 130-144, 10.
[30] 张永珅, 李小波, 邢铭强. 企业数字化转型与审计定价[J]. 审计研究, 2021(3): 62-71.
[31] 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.
[32] 黄勃, 李海彤, 刘俊岐, 等. 数字技术创新与中国企业高质量发展——来自企业数字专利的证据[J]. 经济研究, 2023, 58(3): 97-115.
[33] RICHARDSON S. Over-investment of free cash flow[J]. Review of Accounting Studies, 2006, 11(2): 159-189.
[34] 李长英, 张帅, 王曼. 数据要素市场建设对企业创新的影响研究[J/OL]. 科研管理, 1-17[2025-07-26]. http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.g3.20250722.1443.002.html.
[35] 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, 46(7): 55-72.
[36] 肖明月, 郑亚莉. 供给质量提升能否化解中国制造业的产能过剩? ——基于结构优化与技术进步视角[J]. 中国软科学, 2018(12): 126-139.
[37] 余靖雯, 韩秀华, 李一可. 政府补贴与企业产能过剩[J]. 产业经济评论, 2022(5): 130-153.
[38] 樊纲, 王小鲁, 马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献[J]. 经济研究, 2011, 46(9): 4-16.

How Digital Technology Innovation Promotes the Capacity Utilization of Manufacturing Firms? Evidence from Key Digital Technology Patents

Zeng Jianghong, Wang Xiaoyu
(School of Business, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: Currently, manufacturing enterprises in China are facing significant challenges due to overcapacity. Digital technological innovation is regarded as a critical driver for improving enterprise capacity utilization rates. Based on capacity utilization data for China A-share listed manufacturing firms from 2013 to 2023, digital technology patents were used to measure digital technological innovation to examine its impact on manufacturing firms' capacity utilization rate and transmission channels. The empirical results indicate that digital technological innovation, measured by the number of key digital technology patents, has a statistically significant and positive effect on enhancing enterprise capacity utilization rates. Mechanism analysis demonstrates that digital technological innovation primarily improves capacity utilization through decreasing corporate over-investment and reducing supply chain coordination costs. Heterogeneity analysis further reveals that the positive impact of digital technological innovation on enterprise capacity utilization is more pronounced in firms characterized by greater data resource endowments, higher industry technological dynamism, lower regional economic development levels and weaker market environments. The conclusions not only contribute theoretical support and practical implications for addressing overcapacity in the manufacturing sector but also provide meaningful insights into how digital technologies can facilitate the high-quality development of the real economy.

Keywords: digital technology innovation; capacity utilization; over-investment; supply chain coordination costs