

智能制造试点与企业创新

——基于“智能制造试点示范专项行动”的准自然实验

韩龙艳¹, 涂玉晖¹, 庄芹芹²

(1. 合肥工业大学经济学院, 安徽 合肥 230601; 2. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732)

摘要: 智能制造是制造强国建设的主攻方向, 智能制造试点是引领带动智能制造高质量发展的重要制度探索。本文基于2010—2021年中国A股制造业上市企业数据, 以智能制造试点示范专项行动为准自然实验, 利用多时点双重差分模型考察智能制造对中国企业创新的影响效应及其作用机制。研究发现, 智能制造试点显著促进了企业创新, 该结论通过多种稳健性检验依旧成立。机制分析表明, 智能制造试点能够通过增加研发投入、提升人力资本水平、缓解融资约束推动企业创新。异质性分析表明, 智能制造试点的创新驱动效应因企业、行业、地区特征的不同而呈现差异性, 在大规模企业、高技术行业企业以及东部地区企业中更为显著。为此, 应扩大智能制造试点示范范围, 坚持外部融资获取增加与内部研发投入增加并举, 坚持培养和引进人才“两条腿”走路, 坚持因企施策、实施差异化发展路径, 以更好地促进中国制造业企业智能化转型, 推动制造强国战略实施。

关键词: 智能制造; 企业创新; 研发投入; 人力资本; 融资约束

中图分类号: F410; G306 **文献标识码:** A

DOI:10.13580/j.cnki.fstc.2024.06.016

Intelligent Manufacturing Pilots and Enterprises Innovation

——A Quasi-Natural Experiment Based on the “Intelligent Manufacturing Pilot Demonstration Project”

Han Longyan¹, Tu Yuhui¹, Zhuang Qinqin²

(1. School of Economics, Hefei University of Technology, Hefei 230601, China;

2. Institute of Quantitative and Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: Intelligent manufacturing is the main direction of the construction of a strong manufacturing country, and intelligent manufacturing pilot is an important institutional exploration to lead and drive the high-quality development of intelligent manufacturing. Based on the data of A-share listed manufacturing enterprises from 2010 to 2021, this paper uses the quasi-natural experiment of an intelligent

基金项目: 国家自然科学基金青年项目“美国贸易政策不确定性对中国制造业企业创新的影响: 效应、识别与对策研究”(72204264), 中国社会科学院经济大数据与政策评估实验室(2024SYZH004), 中央高校基本科研业务费专项资金资助“产业政策如何影响企业技术创新: 基于资源配置的视角”(JZ2021HGQA0226), 中央高校基本科研业务费专项资金资助“产业政策对数字经济行业技术创新的促进效应: 存在性与异质性”(JS2021ZSPY0019)。

收稿日期: 2023-08-02

作者简介: 韩龙艳(1992—), 女, 安徽蚌埠人, 博士、讲师, 研究方向为产业政策、企业创新。

通信作者: 涂玉晖

manufacturing pilot demonstration project to investigate the effect of the intelligent manufacturing strategy on enterprises innovation and the mechanisms by multiple-time-point difference-in-differences model. Results show that intelligent manufacturing pilots significantly promote enterprises innovation, which remains valid through a variety of robustness tests. The mechanism analysis shows that the intelligent manufacturing pilots can promote enterprises innovation by increasing R&D investment, upgrading human capital and easing financing constraints. Heterogeneity analyses show that the innovation-driven effects of intelligent manufacturing pilots are differentiated by the characteristics of enterprises, industries and regions, which are more significant for enterprises that are larger, in high-tech industries, and in eastern regions. In the end, it is necessary to expand the scope of pilot demonstration of intelligent manufacturing, adhere to the increase in external financing and internal R&D investment, and adhere to the “two-legged” approach of cultivating and introducing talents, adhere to enterprise-specific policies and implementing differentiated development paths, to better promote the intelligent transformation of China’s manufacturing enterprises and the implementation of the strategy of a strong manufacturing country.

Key words: Intelligent manufacturing; Enterprises innovation; R&D investment; Human capital; Financing constraints

0 引言

当前,第四次工业革命正以前所未有的态势席卷全球,中国经济发展进入由高速增长阶段转向高质量发展阶段的新时代,以新一代信息技术与先进制造技术深度融合为基本特征的智能制造被认为是引领制造业企业创新转型的关键、推动制造业高质量发展的重要抓手和建设制造强国的主攻方向。习近平总书记强调,要以智能制造为主攻方向推动产业技术变革和优化升级,推动制造业产业模式和企业形态根本性转变。但学术界关于智能制造与企业创新能力关系的讨论尚不深入,且主要集中在理论分析和经验总结层面,同时在实践中依然有许多制造业企业对是否开展智能化转型持观望态度。在此背景下,探讨我国智能制造试点对企业创新的影响效应及其内在机理是重要且必要的。

现有文献关于企业创新的研究较丰富,从内部因素看,Tan等^[1]发现民营企业比国有企业更愿意参与创新活动;Cayle^[2]验证熊彼特假说,即企业扩大规模更有利于促进技术创新;辜胜阻等^[3]强调,要完善企业内部制度建设,激发企业家精神和管理者、研发人员的创新精神。从外部因素看,张燕等^[4]论证产业政策的创新促进效应会通过税收优惠、创新补贴、市场竞争等手段得以实现;张杰等^[5]论证中国基本国情下,市场竞争与企业创新之间存在稳健的正向关联;单春霞等^[6]认为知识产权保护是促进企业创新的重要手段。

尽管目前学术界和产业界尚未对智能制造的定义形成统一共识,但从强调将智能技术运用于制造生产过程^[7],到强调智能制造是通过人、机、物的全面互联而形成的全新制造和服务体系^[8],

智能制造技术和智能制造系统作为智能制造的核心组成部分已经得到普遍共识。在对智能制造实践效果的探索中,众多学者研究发现,从宏观层面看,智能制造能够促进中国经济增长^[9]、重塑劳动力就业结构^[10]、影响国际贸易水平^[11]。从中观层面看,智能制造能够促进产业集聚^[12]、推动绿色技术创新^[13]、助力制造业迈向价值链中高端^[14]。从微观层面看,智能制造能够提升企业全要素生产率^[15]、抑制企业成本粘性^[16]、提高企业运营效率^[17]、降低企业污染排放强度^[18]、推动企业创新“增量提质”^[19-20]。整体上看,现有研究大多从正面肯定智能制造的积极作用,但也有学者认为,智能制造与生产率存在负向关系^[21],与创新存在非线性关系^[22]乃至没有关系^[23]。

梳理上述文献可知,智能制造试点作为一项特殊的产业政策,其实施必然会对制造业企业创新产生影响,但影响效果尚未可知。而现有文献中关于智能制造试点实施效果的研究往往集中在宏观和中观层面及企业效率、产品质量等微观层面,对制造业企业创新政策影响因素的研究也主要集中于五年规划、具体的产业政策等,鲜有文献深入探讨智能制造试点示范项目是否能够有效驱动企业创新,为什么能以及在何种条件下更能发挥作用等问题。基于此,本文以智能制造试点示范项目实施为契机,选取2010—2021年中国制造业上市公司数据,利用多时点双重差分模型深入探究智能制造试点对企业创新的影响及其内在机理和调节因素,拓展了智能制造试点效应的研究范式和现有微观企业创新“理论黑箱”研究的边界,充实了相关研究文献,为政府推广智能制造相关政策,更好促进制造业企业提升自主创新能

力、实现智能化转型升级提供实践启示。

1 理论分析与研究假设

1.1 智能制造试点与企业创新

创新是高投入、高风险、长周期、收益非独占性的复杂系统,在单纯依靠市场力量推动企业创新的过程中,出现了外部性、公共物品和信息不对称等造成的“市场失灵”,企业缺乏创新动力和能力。与之契合的“智能制造”重点建设项目是我国推动制造业向高端化、智能化迈进的重要举措,能够对企业创新产生直接推动作用。首先,智能制造试点有利于发挥政府“有形之手”的作用,为入选试点示范项目的企业创新活动提供有效引导和服务,增强企业创新动力、缓解企业融资约束,进而激发企业创新热情。其次,智能制造试点作为新一代信息技术与先进制造技术深度融合的产物,在赋能制造业智能化变革的同时,既强化了企业的基础技术能力^[20],使企业高效响应市场需求、实现价值共创^[24],又能通过信息共享、资源高度整合等降低创新风险,进而提高企业创新能力。最后,智能制造试点有利于打通行业内的“信息孤岛”,降低上下游产业链、企业间、企业与外部投资者和合作者之间的信息不对称,推动资金流、人才流、信息流、知识流的大范围共享,形成多主体互动、各类创新要素充分涌流的创新生态,激发企业内在创新动力^[25]。因此,提出假设 H1:智能制造试点可以促进企业创新。

1.2 智能制造试点影响企业创新的机理分析

(1)研发投入。研发投入是企业创新的物质基础和重要前提,但我国企业研发投入不足的问题仍较为突出。智能制造试点能够增强企业家信心,进一步引导企业加大创新投入。一方面,智能制造是贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节的新型生产方式,既可以通过提高企业搜集内外部信息、处理及分析信息的能力,使企业更精准地把握市场需求,从而降低研发过程中的不确定性^[19],使企业更有信心投入研发,又可以推动企业创新纵向贯通、横向联动,以外部资源获取的增加促进内部研发经费投入的增加^[26];另一方面,智能制造试点是政府创新体制机制、提升服务能力等方面的探索,其采取的财税优惠政策能够通过增加企业的收入和利润^[27]、降低企业

创新的成本和风险^[28]来弥补技术创新外部性。其采取的建设智能制造基础设施、打造智能制造公共服务平台等配套措施有利于营造良好的创新环境,进而增强企业加大研发投入的内生动力。研发投入的增加有助于企业购买先进生产设备、加速新产品开发进度、推进创新成果转移转化等,进一步提高创新效率。因此,提出假设 H2a:智能制造试点通过增加研发投入促进企业创新。

(2)人力资本。人才是企业创新的源泉,缺乏高端人才成为中国企业创新的重要制约因素之一。智能制造试点有利于优化人力资本结构、提高企业“人才密度”。在数字经济时代,前沿科技的合理运用离不开与之相匹配的高素质员工,因而智能制造模式会形成机器对低技能劳动力减少需求的“替代效应”^[29]和高技能劳动力增加需求的“促进效应”^[30],倒逼企业必须引进更多高技术人才或是加强对员工的专业技能培训,以确保企业员工能够熟练掌握智能制造相关技术、设备和软件,具备在自动化、数字化、网络化、智能化等领域的专业知识和实践经验^[31],加快实现人机协同合作。一方面,智能化生产技术与高技能人才的合理匹配能够创造更高的生产效率^[32],引致企业技术进步和创新;另一方面,不管是引进的专业技术人才还是接受专业培训的员工,都有更强的创新意识和创新能力,能够将高质量知识资本融入产品生产和经营过程中^[19],进一步产出创新成果、提高创新效率。此外,随着人力资本结构不断优化,在员工协同创新的互动过程中,有利于营造创新文化氛围,为创新驱动注入不竭动力。因此,提出假设 H2b:智能制造试点通过提高人力资本水平促进企业创新。

(3)融资约束。资金是创新的“血液”,企业为了满足创新的资金需求会进行外部融资,但具有投资金额大、投资周期长等特征的技术创新活动,会囿于信息不对称、金融市场不完善和自身实力不强等面临融资约束。智能制造试点能够缓解企业融资约束,为企业创新提供资金保障。首先,智能制造试点可以优化供应链上下游关系,依托信息技术和数字化平台强化与链上供应商和客户的合作^[33],从而使企业获得稳定可持续的资金流入。其次,智能制造试点能够获得政府支持^[34],政府会通过奖励、补助、财税联动等措施

缓解企业创新所需的融资压力。最后，智能制造试点能够获得外部投资者支持，一方面，信息技术的引入能提高企业信息披露质量^[35]，优化银企关系，缓解企业融资“难”且“贵”的窘境；另一方面，入选智能制造试点示范项目所释放的基于政府信用的技术认证和监管认证双重信号^[36]，能够吸引包括金融机构、社会资金等多种形式的外部资金来弥补企业创新融资缺口。创新主体内外部融资约束的缓解，有利于实现企业资本结构和生产经营活动最优化，进而加大创新强度，提升创新能力。因此，提出假设 H2c：智能制造试点通过缓解融资约束促进企业创新。

2 研究设计

2.1 模型设定

本文以 2015—2018 年国家“智能制造试点示范专项行动”为准自然实验，利用双重差分模型考察智能制造与中国企业创新的因果关系。智能制造项目有明确的企业名单，政策从制定到执行的缓冲期比较短，可以视为项目所受到的外生政策影响，一般计划实施期为 4 年，满足了多期 DID 模型的条件。

基于上述思想，本文构建 DID 模型如下：

$$\ln IP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta X_{it} + \theta_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中， i 和 t 分别表示企业个体和时间年份，被解释变量 $\ln IP$ 为企业发明专利授权数据，表示企业的创新能力；核心解释变量是 DID ，若企业该

年已经在国家“智能制造”重点试验行列，则为实验组， DID 取值为 1，否则为控制组， DID 取值为 0。 X 是一系列控制变量， θ_i 与 λ_t 分别表示企业个体固定效应与年份固定效应， ε_{it} 为随机扰动项， β_0 为常数项， β_1 为核心解释变量系数，反映智能制造试点对企业创新的影响方向与范围。

2.2 变量说明

(1) 核心解释变量：智能制造试点政策。本研究以 2015—2018 年工信部遴选的智能制造项目试点单位为依据，若企业属于该行列，则 DID 变量在企业被评为试点项目的当年及之后取值为 1，否则为 0。

(2) 被解释变量：企业创新。现有研究一般选择专利数据作为企业创新的衡量指标，且认为发明专利才能真正反映企业的技术创新水平^[37]。而相比于专利申请量，企业发明专利的授权量往往还需要经过企业形式审查、实质审核以及发明专利授权等流程，更能够反映企业真实的创新能力。因此，本文以企业发明专利授权数量加 1 取自然对数 ($\ln IP$) 表征企业创新能力。

(3) 控制变量。参考现有研究，在考察企业创新影响因素时，本文控制企业规模 ($Size$)、资产负债率 (Lev)、企业年龄 (Age)、有形资产占比 ($Tangib$)、资产收益率 (Roa)、经营现金流 (Cf)、企业成长性 ($Growth$) 和股权集中度 ($Top1$) 等反映企业特征的因素。具体信息见表 1。

表 1 变量说明

变量性质	变量名称	变量符号	变量描述
被解释变量	企业创新	$\ln IP$	企业发明专利授权量加 1 取对数
解释变量	智能制造试点	DID	企业在当年入选智能制造试点示范项目，则取 1，否则取 0
控制变量	企业规模	$Size$	企业总资产取对数
	资产负债率	Lev	企业总负债除以总资产
	企业年龄	Age	企业所在年份减去成立年份取对数
	有形资产占比	$Tangib$	固定资产除以总资产
	资产收益率	Roa	企业税后净利润除以总资产
	经营现金流	Cf	现金流量净值除以总资产
	企业成长性	$Growth$	本年营业收入增加额除以上年营业收入总额
	股权集中度	$Top1$	第一大股东持股比例

2.3 数据来源与描述性统计

本文选择2010—2021年中国A股制造业上市公司为初始样本,对数据进行如下处理:①剔除非制造业企业,参考中国国民经济行业分类标准(GB/T4754—2017),选取代码为C13—C43的上市公司作为样本;②剔除ST、*ST、PT类样本;③剔除存在特殊数据或缺失值的样本、资产和所有者权益为负值或0值的样本;④对所有连续变量进行1%的双边缩尾处理。最终得到2830个企业、20469个样本数据。样本数据主要来自于国泰安数据库(CSMAR)、Wind数据库、CNRDS数据库、国家知识产权局(SIPO)等。变量的描述性统计见表2。可以看到,企业发明专利授权量的数据均值为1.403,标准差为1.293,最小值为0,最大值为8.038,说明不同企业间技术创新能力参差不齐。

表2 变量的描述性统计

变量	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
lnIP	20469	1.403	1.293	0.000	8.038
DID	20469	0.031	0.174	0.000	1.000
Size	20469	22.010	1.173	19.700	25.510
Lev	20469	0.408	0.203	0.050	0.965
Age	20469	2.105	0.761	0.693	3.296
Tangib	20469	0.369	0.154	0.059	0.752
Roa	20469	0.038	0.067	-0.261	0.213
Cf	20469	0.048	0.068	-0.157	0.246
Growth	20469	0.179	0.384	-0.514	2.378
Top1	20469	0.334	0.140	0.089	0.716

3 实证结果与分析

3.1 基准回归

回归结果见表3。列(1)(2)结果显示,智能制造试点DID的回归系数均显著为正;从列(2)结果看,在加入控制变量和个体、时间固定效应后,DID的回归系数为0.405,且在1%水平上显著。列(3)(4)是以企业非发明专利授权量加1取对数(实用新型专利和外观设计专利)后为被解释变量进行回归的结果,DID的回归系数不再显著。这表明智能制造试点示范行动通过缓解融资约束、降低创新风险、减少信息不对称等,赋能了企业“实质性创新”而非“策略性创新”,切实为企业高质量发展提供了新动力,本文假设H1得以证实。

表3 基准回归结果

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)
	lnIP	lnIP	lnUP	lnUP
DID	0.480*** (0.105)	0.405*** (0.097)	-0.001 (0.094)	-0.076 (0.085)
Size		0.449*** (0.029)		0.551*** (0.033)
Lev		0.030 (0.084)		-0.095 (0.101)
Age		-0.171*** (0.044)		-0.011 (0.052)
Tangib		0.156* (0.089)		0.157 (0.119)
Roa		-0.459*** (0.122)		-0.120 (0.162)
Cf		0.035 (0.107)		-0.029 (0.131)
Growth		-0.056*** (0.017)		-0.070*** (0.020)
Top1		0.033 (0.179)		0.362* (0.216)
Constant	0.624*** (0.030)	-8.736*** (0.618)	1.652*** (0.037)	-10.200*** (0.712)
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes
N	20469	20241	20469	20241
R ²	0.159	0.210	0.207	0.259

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%水平显著,括号内为企业层面聚类稳健标准误。下同。

3.2 稳健性检验

(1)平行趋势检验。采用双重差分估计法的目的在于消除非政策因素对被解释变量的影响,真实检验智能制造试点的效果,因而使用双重差分模型需要满足平行趋势假定。智能制造试点政策实施前的系数估计值均不显著,表明实验组与控制组之间并无显著差异,但政策实行以后,DID系数估计值显著异于0,表明实验组与控制组之间差异不断扩大,通过了平行趋势检验,如图1所示。

(2)安慰剂检验。为排除其他偶然因素对本文结论的干扰,随机生成伪实验组虚拟变量以及伪政策冲击虚拟变量,并依据基准模型重复抽样500次进行回归模拟。随机处理过程生成的系数主要集中于0附近,且服从正态分布,并显著异于基准回归系数0.405。这表明未观测到的随机因素未对

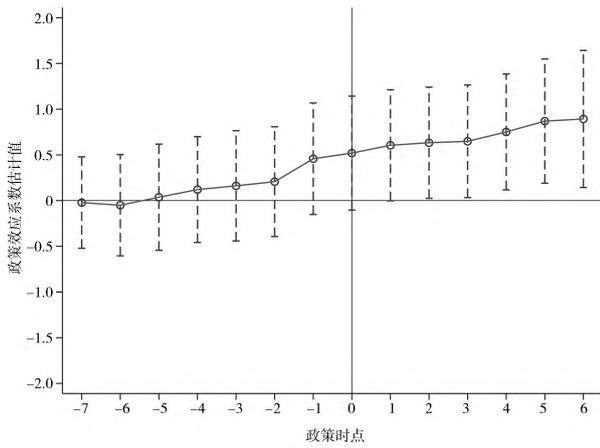


图1 平行趋势检验结果

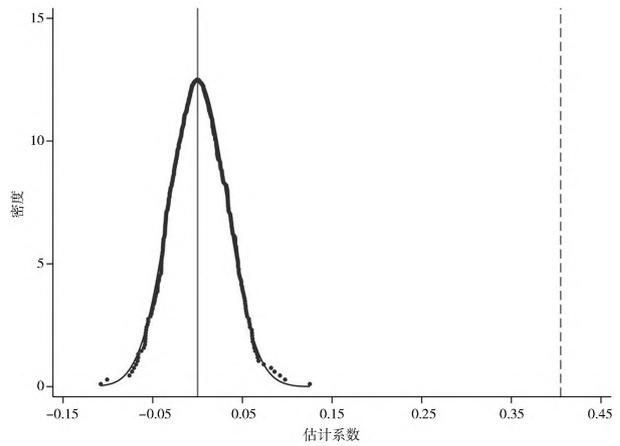


图2 安慰剂检验结果

企业创新产生影响，即本文设定的多期双重差分模型通过了安慰剂检验，如图2所示。

(3)其他稳健性检验。①PSM-DID。为降低双重差分估计偏误，本文进一步使用PSM-DID方法进行稳健性检验。采用核密度匹配法进行匹配，且匹配效果很好，回归结果见表4列(1)(2)，DID变量系数的符号、显著性水平与基准回归一致，因此认为前文估计结果是稳健的。②替换被解释变量。以发明专利申请量加1取对数作为企业创新能力的衡量指标，表4列(3)(4)的结果显示，智能制造试点对企业创新的促进作用依然存在。

③排除干扰因素。考虑到中国股灾(2015年)和新冠疫情(2020年)可能对上市公司产生的影响，本文剔除2015、2020和2021年后进行回归，结果见列(5)(6)，DID系数在1%水平下依然显著，验证了本文核心结论的稳健性。④控制行业年度趋势。受国家或地区每年出台的经济政策以及行业周期性波动的影响，企业是否实施智能制造的意愿也可能受到影响。本文在控制个体、年份固定效应的基础上，进一步加入年度与行业交乘的固定效应，结果见表4列(7)(8)，与基准回归结果整体保持一致。

表4 稳健性检验结果

VARIABLES	PSM-DID		替换被解释变量		排除干扰因素		控制行业年度趋势	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
DID	0.481*** (0.105)	0.405*** (0.097)	0.171* (0.101)	0.179* (0.099)	0.485*** (0.110)	0.431*** (0.103)	0.477*** (0.104)	0.403*** (0.097)
Controls	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Constant	0.628*** (0.030)	-8.821*** (0.620)	1.227*** (0.032)	0.943*** (0.121)	0.645*** (0.028)	-8.335*** (0.670)	-0.211 (0.288)	-9.486*** (0.678)
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Industry×Year	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
N	20397	20169	20469	20241	14099	13951	20469	20241
R ²	0.158	0.209	0.193	0.204	0.188	0.238	0.161	0.212

3.3 机制检验

基准回归结果表明，智能制造试点能够促进

企业创新。为了进一步研究其如何促进企业创新，依据前文理论分析，本文构建模型如下：

$$M_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta X_{it} + \theta_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

$$\ln IP_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 M_{it} + \beta X_{it} + \theta_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中, M 代表中介变量, 主要从研发投入 (RD)、人力资本 (RDSR) 和融资约束 (SA 指数) 3 个方面讨论, 其余变量与式 (1) 定义一致。 M 的具体测度方法如下: 研发投入采用企业研发支出加 1 取自然对数表示; 人力资本采用企业研发人员数量占员工总数比重表示; 融资约束采用 SA 指数衡量, SA 指数为负且绝对值越大, 说明企业受到的融资约束程度越严重。检验结果见表 5。

研发投入中介效应的回归结果见表 5 中列 (1) (2)。列 (1) 中 DID 的系数在 5% 水平上显著为正, 说明智能制造试点的实施促进了企业加大研发经费投入力度; 列 (2) 显示, 加大研发投入是智能制造试点政策促进企业创新的重要传导机制, 证实了假设 H2a。可能的原因是: 被列入智能制造试点名单的企业需要持续增加技术研发投入来维持其创新水平, 而智能制造试点的推行又能通过强化信息技术支撑和政府激励来促进企业加大研发投入。随着创新投入力度的加大, 企业有能力开展更多的包括引进人才、引进技术、技术研发、合作创新等在内的创新活动, 我国制造业企业的自主创新能力将持续提升。

人力资本中介效应的回归结果见表 5 中列 (3) (4)。列 (3) 中 DID 的系数在 10% 水平上显著为正, 说明智能制造试点示范专项行动使得企业不断引育研发人员, 优化人力资本结构; 列 (4) 显示, 提高人力资本水平是智能制造试点政策促进企业创新的重要传导机制, 证实了假设 H2b。可能的原因是: 在智能制造模式推动下, 企业需要全方位培养和引进高技能人才, 不断提高 R&D 人力投入强度, 以匹配高精尖技术和设备的需求。随着企业不断优化创新环境, 逐步实现低人力资本向高人力资本转型, 企业员工形成敢于创新的自觉意识并积极提升专业技能, 成为企业自主创新的“源头活水”。

融资约束中介效应的回归结果见表 5 中列 (5) (6)。列 (5) 中 DID 的系数在 1% 水平上显著为负, 说明相较于未受智能制造试点支持的企业, 受智能制造试点支持的企业的融资约束问题得到了缓解; 列 (8) 显示, 缓解融资约束是智能制造试点政策促进企业创新的重要传导机制, 证实了假设 H2c。可能的原因是: 在融资约束背景下, 智能制造试点政策的资源属性和信号属性使受支持的企业, 不仅更容易通过供应链金融获得较为稳定的外部融资, 而且能通过强化银企合作、吸引外部投资、加强政府扶持等方式提升企业融资可得

表 5 机制检验结果

VARIABLES	研发投入		人力资本		融资约束	
	(1) RD	(2) lnIP	(3) RDPR	(4) lnIP	(5) SA	(6) lnIP
DID	0.104** (0.053)	0.266*** (0.085)	0.009* (0.005)	0.174** (0.085)	-0.060*** (0.008)	0.290*** (0.090)
RD		0.146*** (0.017)				
RDPR				0.627*** (0.239)		
SA						-1.924*** (0.274)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-1.007* (0.562)	-9.613*** (0.650)	0.168*** (0.014)	0.520*** (0.184)	2.981*** (0.093)	-2.999*** (0.892)
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	18273	18273	13017	13017	20241	20241
R ²	0.570	0.205	0.044	0.042	0.891	0.223

性。随着融资约束的缓解，企业创新资源得到合理配置，创新增量提质成为可能。

3.4 异质性检验

为了进一步探究智能制造试点的创新驱动效应，是否会因企业、行业以及地区特征的不同而呈现差异性，本文将从以下方面对样本分组进行异质性检验。

(1) 基于企业规模。本文参照张燕等^[4]的做法，将样本企业规模(企业总资产取对数)大于等于所有企业规模的中位值界定为大规模企业，反之则界定为小规模企业。表6列(1)(2)结果显示，智能制造试点对促进大规模企业创新具有明显的正向激励作用，但对小规模企业却没有显著作用。可能的原因是：相较于小规模企业，一方面，大规模企业拥有较成熟的运营管理模式、研发体系和较丰富的创新资源，因而更易抓住智能制造试点的“红利”，强化“纵向贯通、横向联动”的创新合作，实现智能化变革；另一方面，大规模企业因更复杂的组织结构和更大的管理难度，管理成本高企，严重制约企业创新，但智能制造试点可以通过吸引外部投资、开展供应链金融等方式缓解企业融资约束，使大企业更有动力和能力依托高质量创新实现可持续发展。

(2) 基于行业类型。本文采用《高技术产业(制造业)分类(2017)》中对高技术制造业的划分标准，按样本期内各行业 R&D 经费内部支出占主营业务收入比重的均值对样本进行分组，采用 K—均值聚类法将 28 个制造业划分为高、低技术两大类。其中，高技术行业主要包括医药制造业(C27)、通

用设备制造业(C34)、专用设备制造业(C35)、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)、仪器仪表制造(C40)。回归结果见表6列(3)(4)，智能制造试点在1%水平上促进了高技术行业的企业创新，对非高技术行业的影响不显著。可能的原因是：相较于非高技术企业，高技术企业技术密集、知识密集的特性决定了创新是其永恒的“使命”，但同时也伴随着高投入、高风险、长周期、信息不对称等问题的存在，智能制造试点的实施不仅能够缓解企业创新资金不足的困境，而且能够在依托智能技术推进制造业数字化进程中，降低企业创新风险、助力企业突破技术创新难题。

(3) 基于地区差异。改革开放以来，伴随着我国经济社会迅猛发展，区域经济发展不平衡的问题日益凸显。与之相应地，我国企业创新能力存在明显的地区性差异。表6列(5)(6)(7)的结果表明，智能制造试点显著推动东部地区企业创新，但对中西部地区企业不显著。可能的原因是：囿于经济基础、创新要素、基础设施建设、市场环境等因素，东部地区的创新条件明显优于中西部地区，使得智能制造试点的各项措施能够真正落地落实，进而加速新一代信息技术与先进制造技术的融合发展与创新应用，推进企业迈向高端化智能化。但中西部地区仍面临创新意识不够、创新资源稀缺、创新基础设施不完善、创新能力薄弱等问题，而智能制造试点项目也并未有效改善区域创新发展不平衡的状况。

表6 异质性分析结果

VARIABLES	企业规模		行业类型		地区		
	(1) 大规模	(2) 小规模	(3) 高技术	(4) 非高技术	(5) 东部	(6) 中部	(7) 西部
DID	0.355*** (0.107)	0.260 (0.193)	0.453*** (0.120)	0.146 (0.140)	0.495*** (0.122)	0.247 (0.223)	0.277 (0.221)
Controls	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-12.745*** (1.316)	-5.917*** (0.805)	-10.152*** (0.847)	-6.183*** (0.816)	-9.619*** (0.824)	-8.102*** (0.977)	-6.122*** (1.466)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	10145	10096	11594	8647	13872	3962	2391
R ²	0.232	0.092	0.249	0.140	0.210	0.225	0.198

5 研究结论与政策启示

本文以2010—2021年中国制造业A股上市公司为研究样本,手工整理并构建智能制造试点名单的虚拟变量,利用双重差分模型考察智能制造试点对中国企业创新的影响效应及其作用机制和调节因素。研究发现:①智能制造试点能够促进制造业企业创新,该结论通过多种稳健性检验依旧成立;②智能制造试点不仅能够直接促进制造业企业创新,还能通过增加研发投入、提升人力资本水平、缓解融资约束来提高企业创新能力,即研发投入、人力资本和融资约束在智能制造试点与企业创新之间起到部分中介作用;③智能制造试点的创新驱动效应呈现出异质性特征,主要在大规模企业、高技术行业企业以及东部地区企业中发挥促进作用,但对小规模企业、非高技术行业企业以及中西部地区企业没有显著影响。

基于本文研究结论,提出如下政策建议。

(1)持续推进智能制造试点示范项目,并进一步扩大试点范围,同时注重对试点企业创新成果进行评估以督促其进行实质性创新活动。各地要统筹用好智能制造试点示范项目成果,推广学习成功经验模式,以智能制造为主攻方向,推进我

国制造业数字化转型、智能化升级。企业也要积极探索数智化转型之路,加大研发投入力度、积极引育高层次人才、不断提升自主创新能力,为持续创新和高质量发展聚力赋能。

(2)坚持外部融资获取增加与内部研发投入增加并举,以持续的资金投入助力企业创新转型,既要通过奖励、补助、财税联动等措施破解企业创新的融资难题,又要激发市场活力,撬动金融机构和社会资金加大对企业智能化转型的融资支持,还要鼓励企业探索供应链融资新路径。同时,坚持培养和引进人才“两条腿”走路,不断优化企业人力资本结构,加速劳动力与智能设备有机融合,以人力资本升级助推企业技术进步和创新。

(3)在开展智能制造试点示范行动时要坚持因企施策,根据企业内外部环境的差异合理制定和实施相关配套措施。特别是鼓励小规模企业、非高技术行业企业增强自主创新意识、强化创新要素支撑,加快智能化、数字化转型步伐;鼓励中西部地区坚持以科技创新促进高质量发展,通过完善创新基础设施、优化创新环境、加强创新合作、强化政策支持等,推进智能制造新技术的试点探索与数字化转型。

参考文献:

- [1] TAN Y, XUAN T, ZHANG C X, et al. Privatization and innovation: evidence from a quasi-natural experiment in china kelley school of business research paper theory[J]. Quarterly Journal of Economics, 2014, 65(3): 417-428.
- [2] GAYLE P G. Market concentration and innovation: new empirical evidence on the schumpeterian hypothesis[R]. Discussion Papers in Economics, 2001.
- [3] 辜胜阻, 韩龙艳, 何峥. 供给侧改革需加快推进国企创新驱动战略——来自央企的调查研究[J]. 湖北社会科学, 2016, 355(7): 87-92.
- [4] 张燕, 邓峰, 卓乘风. 产业政策对创新数量与质量的影响效应[J]. 宏观质量研究, 2022(3): 63-78.
- [5] 张杰, 郑文平, 翟福昕. 竞争如何影响创新: 中国情景的新检验[J]. 中国工业经济, 2014(11): 56-68.
- [6] 单春霞, 李倩, 丁琳. 知识产权保护、创新驱动与制造业高质量发展——有调节的中介效应分析[J]. 经济问题, 2023, 522(2): 51-59.
- [7] WRIGHT P K, BOURNE D A. Manufacturing intelligence[M]. New Jersey: Addison-Wesley, 1998.
- [8] 周济. 走向新一代智能制造[J]. 中国科技产业, 2018, 348(6): 20-23.
- [9] 刘军, 史梦雪, 招玉辉. 智能化对中国经济增长的影响研究[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2021, 23(4): 44-50, 106-107.
- [10] 孙早, 侯玉琳. 工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J]. 中国工业经济, 2019, 374(5): 61-79.
- [11] GOLDFARB A, TREFLER D. AI and international trade[R]. NBER Working Paper, 2018.
- [12] 肖静华, 吴小龙, 谢康, 等. 信息技术驱动中国制造转型升级——美的智能制造跨越式战略变革纵向案例研究[J]. 管理世界, 2021(3): 161-179, 225, 11.
- [13] 张兵, 孙明欣, 钱昕怡, 等. 科技金融、智能制造与绿色技术创新: 基于省际面板数据的实证研究[J]. 科技管理研究, 2023,

- 43 (17):236-246.
- [14]徐兰,吴超林.数字经济赋能制造业价值链攀升:影响机理、现实因素与靶向路径[J].经济学家,2022(7):76-86.
- [15]史丹,孙光林.大数据发展对制造业企业全要素生产率的影响机理研究[J].财贸经济,2022,43(9):85-100.
- [16]权小锋,李闯.智能制造与成本粘性——来自中国智能制造示范项目的准自然实验[J].经济研究,2022,57(4):68-84.
- [17]温素彬,张金泉,焦然.智能制造、市场化程度与企业运营效率:基于A股制造业上市公司年报的文本分析[J].会计研究,2022,421(11):102-117.
- [18]林熙,刘啟仁,冯桂媚.智能制造与绿色发展:基于工业机器人进口视角[J].世界经济,2023,46(8):3-31.
- [19]尹洪英,李闯.智能制造赋能企业创新了吗:基于中国智能制造试点项目的准自然试验[J].金融研究,2022,508(10):98-116.
- [20]谷城,张树山.智能制造何以实现企业绿色创新“增量提质”[J].产业经济研究,2023,122(1):129-142.
- [21]AGHION P B,JONES F,JONES C I. Artificial intelligence and economic cash[R].NBER Working Paper,2017.
- [22]KARHADE P P,DONG J Q. Information technology investment and commercialized innovation performance:dynamic adjustment costs and curvilinear impacts[J].MIS Quarterly,2021,45(3):1007-1024.
- [23]HAUG A,WICKSTRM K A,STENTOFT J,et al. The impact of information technology on product innovation in smes;the role of technological orientation[J].Journal of Small Business Management,2020(7):1-27.
- [24]胡海波,卢海涛.企业商业生态系统演化中价值共创研究——数字化赋能视角[J].经济管理,2018(8):55-71.
- [25]王昌林.大众创业万众创新理论初探[M].北京:人民出版社,2018.
- [26]CASSIMANA B,VEUGELERS R. In search of complementarity in innovation strategy:internal R&D and external knowledge acquisition[J].Management Science,2006,52(1):68-82.
- [27]邹洋,聂明明,郭玲,等.财税政策对企业研发投入的影响分析[J].税务研究,2016,379(8):42-46.
- [28]程瑶,闫慧慧.税收优惠对企业研发投入的政策效应研究[J].数量经济技术经济研究,2018,35(2):116-130.
- [29]ACEMOGLU D,RESTREPO P. Robots and jobs:evidence from us labor markets[J].Journal of Political Economy,2020,128(6):2188-2244.
- [30]孙早,侯玉琳.工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J].中国工业经济,2019(5):61-79.
- [31]吴一平,陈家和,李鹏飞.自动化技术应用与企业人力资本结构:基于供应链视角的研究[J].财经研究,2023,49(7):4-18.
- [32]李后建,刘培森.人力资本结构多样性对企业创新的影响研究[J].科学学研究,2018,36(9):1694-1707.
- [33]王可,李连燕.“互联网+”对中国制造业发展影响的实证研究[J].数量经济技术经济研究,2018,35(6):3-20.
- [34]张树山,胡化广,孙磊,等.智能制造如何影响企业绩效:基于“智能制造试点示范专项行动”的准自然实验[J].科学与科学技术管理,2021,2(11):120-136.
- [35]肖红军,阳镇,刘美玉.企业数字化的社会责任促进效应:内外双重路径的检验[J].经济管理,2021,43(11):52-69.
- [36]王刚刚,谢富纪,贾友.R&D补贴政策激励机制的重新审视:基于外部融资激励机制的考察[J].中国工业经济,2017(2):60-78.
- [37]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.

(责任编辑 申秋红)