

Doi: 10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2025. 09. 002

欢迎按以下格式引用: 邓荣荣, 肖湘涛. 智能制造促进企业新质生产力发展研究——基于双重机器学习的因果推断[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2025(5):48-61. Doi: 10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2025. 09. 002.



**Citation Format:** DENG Rongrong, XIAO Xiangtao. Research on intelligent manufacturing driving the development of new quality productivity of enterprises: Causal inference based on double machine learning[J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2025 (5):48-61. Doi: 10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2025. 09. 002.

# 智能制造促进企业 新质生产力发展研究 ——基于双重机器学习的因果推断

邓荣荣<sup>1</sup>, 肖湘涛<sup>2</sup>

(1. 南华大学 经济管理与法学学院, 湖南 衡阳 421000; 2. 南开大学 经济学院, 天津 300073)

**摘要:** 推动新质生产力发展是我国在新发展阶段实现经济高质量发展的重点任务和内在要求, 企业是经济社会高质量发展的重要载体与承担主体, 如何推动企业新质生产力发展具有重要的理论与现实价值。文章基于中国加快构建智能制造发展的现实背景, 将国家智能制造示范项目作为一项准自然实验, 采用文本分析法构建企业新质生产力的衡量指标, 在此基础上应用双重机器学习方法探讨了智能制造战略对企业新质生产力发展的影响效应和作用机制。研究发现: 智能制造战略能显著促进企业新质生产力水平的提升, 这一结论在经过包含内生性处理等系列稳健性检验后依然成立; 智能制造并非等效作用于各类企业的新质生产力水平, 在非国有企业、技术密集型企业、知识产权保护水平较高地区以及信息基础设施完善地区的企业, 智能制造对其新质生产力的赋能作用更为明显; 智能制造战略主要通过优化企业人力资本结构、降低企业信息获取成本、缓解企业资金约束等三个渠道促进企业新质生产力发展。文章在研究视角上探寻了智能制造对企业新质生产力水平的影响效应与作用路径, 有益地丰富与充实了新质生产力发展的相关研究, 为从产业智能化视角探寻企业新质生产力提升路径提供了理论与中国情景的经验证据; 在研究内容上, 考察了企业所有制类型、企业生产要素属性、区域知识产权保护水平和信息基础设施水平异质性对企业新质生产力发展的影响效果, 为有针对性的政策建议提供了更为细致的实证结论; 在研究方法上, 使用当前政策评估中较为前沿的双重机器学习方法, 较好地避免传统计量模型应用于因果推断产生的内生性偏误; 在变量测度上, 采用综合考虑新型生产技术、新兴生产要素、先进组织配置方式等新质生产力内涵关键词词频的文本分析法构建企业新质生产力的衡量指标,

**基金项目:** 国家社会科学基金项目“农村集体经济组织分享宅基地增值收益的理论机制与实现路径研究”(24BJY147)

**作者简介:** 邓荣荣, 南华大学经济管理与法学学院教授; 肖湘涛(通信作者), 南开大学经济学院博士研究生, Email: uscnum178@126.com。

克服了现有指标体系法存在的指标要素过多不易满足单一性、一致性和可加性等公理化准则的局限。研究内容和结论对于我国当前抓住智能制造契机赋能企业新质生产力提升具有重要的参考价值。

**关键词:**智能制造;新质生产力;双重机器学习;文本分析;全要素生产率

**中图分类号:**F425;F49 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2025)05-0048-14

## 引言

生产力是人类社会发展的根本动力,也是一切社会变迁和政治变革的终极原因。当前我国经济社会发展正面临世界百年未有之大变局,对外传统国际分工体系发生根本性变化、以外部市场和资源为主要驱动因素的粗放型经济增长模式难以持续,对内则受制于人口红利逐渐消失,自主创新乏力导致一些关键领域出现“卡脖子”危机<sup>[1]</sup>,经济运行遭遇内需疲软、供给收缩、市场信心不足等多重挑战,迫切需要通过生产力的创新突破来重塑经济发展格局,为中国经济注入新的发展动能。在此背景下,习近平总书记于2023年提出“新质生产力”这一重要概念;2023年中央经济工作会议指出,要以科技创新推动产业创新,特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能,通过发展新质生产力推动经济实现质的有效提升和量的合理增长;在2024年3月召开的十四届全国人大二次会议中,“新质生产力”这一名词首次被写入政府工作报告,并被列为2024年中国政府十大工作任务之一。表明大力发展新质生产力已成新发展阶段推动高质量发展的内在要求和重要着力点,也是我国拓展经济发展新空间、培育壮大发展新动能的必然选择。

大力發展新质生产力不能脱离新质生产力产生的时代背景,新质生产力并非凭空产生,而是在新型社会生产关系和社会制度体系下,由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生,以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的质变为基石<sup>[2]</sup>,是新一轮技术革命的浪潮下以数字技术为基础,依托云计算、互联网、大数据、人工智能等技术手段进行生产、交换和消费的经济形态,推动传统经济向新经济转型的结果。因此,立足于新质生产力产生的新经济背景探寻新质生产力的提升路径具有重要的理论与实践价值。从企业新质生产力发展的角度而言,近年来随着全球第四次科技革命和产业升级,数字技术不断突破并与先进制造技术加速融合,形成了显著智能制造发展趋势,正从本质上颠覆工业社会的生活方式,对企业的生产力行为带来了革命性影响<sup>[3]</sup>,也必然对企业的新质生产力水平产生不可忽视的影响。因此,将智能制造发展的现实背景纳入企业新质生产力提升路径的政策考量,深入揭示智能制造对企业新质生产力的影响效应及内在逻辑具有重要的理论与现实意义。

学术界围绕新质生产力的概念内涵、指标测度及政策路径等议题展开了众多研究。就新质生产力的概念与内涵而言,任保平等学者认为新质生产力本质上是在数字经济时代下数字化技术与新生产要素的结合,实现颠覆性技术创新而产生的生产力,其中的“新”主要表现为新兴的生产要素以及新的要素结合方式,“质”体现在高质量的产业体系与发展动力<sup>[4-5]</sup>。在概念和内涵界定的基础上,现有研究主要构建指标体系采用熵值法对研究对象的新质生产力水平进行测算与分析,例如,卢江等认为新质生产力是包含科技、绿色、数字三个方面的集成体<sup>[6]</sup>;韩文龙等基于实体性要素和渗透性要素的视角构建了区域新质生产力水平测度指标体系<sup>[7]</sup>。针对推动新质生产力提升的政策路径,现有相关研究多以逻辑演绎和定性分析为主,包括从马克思的《资本论》中关于生产力的定义

挖掘出新质生产力的系统特征和要素特征,从而寻找出推动新质生产力发展路径机制<sup>[8]</sup>,或从宏观层面新质生产力的驱动政策以及微观层面税收优惠、专项资金补贴等提升企业新质生产力的产业政策进行分析<sup>[9-10]</sup>。

综合现有关于新质生产力的相关研究,多数研究集中在理论分析阶段,目前实证方面的经验证据尚显不足<sup>[11-13]</sup>。考虑到新质生产力是人类社会发展历经四次科技革命,跨越蒸汽机时代、电气化时代和信息化时代,以智能技术为代表的新一轮技术革命引致的生产力跃迁<sup>[3]</sup>,本文试图从智能制造这一新型工业化应用场景出发,探寻企业新质生产力的提升路径。与现有研究相比,本文可能存在的边际贡献如下:第一,在研究视角上,从新质生产力产生的时代背景与发展基础出发,探寻智能制造对企业新质生产力水平的影响效应与作用路径,丰富与充实了新质生产力发展的相关研究,为从产业智能化视角探寻企业新质生产力提升路径提供了理论与中国情景的经验证据;第二,在研究方法上,本文使用当前因果推断中较为前沿的双重机器学习方法,能较好避免传统计量模型应用于政策因果推断的偏误及内生性问题,减少了估计偏误,从而更为科学地提炼智能制造对企业新质生产力的边际影响效应;第三,在变量测度上,采用综合考虑新型生产技术、新兴生产要素、先进组织配置方式等新质生产力内涵关键词词频的文本分析法构建企业新质生产力的衡量指标,克服了现有指标体系法存在的指标要素过多不易满足单一性、一致性和可加性等公理化准则的局限;第四,在研究内容上,本文还考察了企业所有制类型、企业生产要素属性、区域知识产权保护水平和信息基础设施水平存在的异质性对企业新质生产力发展的影响效果,为有针对性的政策建议提供了更为细致的实证结论。

## 一、制度背景和研究假说

### (一)制度背景

近年来,伴随着全球第四次科技革命,大数据、人工智能、区块链、云计算等技术不断突破,并与先进制造技术加速融合,形成了显著的产业智能化发展趋势并对企业的经济活动和决策行为带来革命性影响。为了抢占在当前全球智能化革命的先机,工业和信息化部于2015—2018年期间发布了《工业和信息化部关于公布智能制造试点示范项目名单的通告》,通过逐步试点的方式逐渐推广智能制造战略,中央也通过专项资金拨款、实行税收优惠给予试点企业一定的财政支持。2021年八部委联合发布的《“十四五”智能制造发展规划》明确指出,要坚定不移地以智能制造为制造强国建设的主攻方向,巩固实体经济根基、建成现代产业体系、实现新型工业化发展,这表明工业智能化承载着制造业高质量发展与新质生产力提升的政策依托。在智能制造大力推广后,制造业企业的技术附加值得到明显提升。工业和信息化部发布的《智能制造发展指数报告》显示,2020年全国制造业整体智能制造力度增强,企业智能化、数字化水平明显增强,企业自主创新能力得到显著提升<sup>[14]</sup>。

### (二)研究假说

智能制造作为贯穿规划、生产、管理的数字化生产方式,可以通过优化企业人力资本结构、降低企业信息获取成本、缓解企业资金约束三个渠道来促进企业新质生产力发展。

#### 1. 人力资本渠道

首先,不同于传统的制造企业需要大量劳动力进行简单、重复、效率较为低下的工作任务,智能制造企业通过“机器换人”效应替换大量从事机械体力劳动的员工,同时考虑到智能化设备的操作

需要从业者进行复杂的工作,企业会因此加大对高素质劳动者的需求,优化企业人力资本结构<sup>[15]</sup>。同时人力资本水平的提升会使企业对新技术的接受能力进一步增强,并提升企业的自主创新能力,从而有利于企业新质生产力水平的提升<sup>[16]</sup>。其次,智能制造战略的实施也会使企业加强对员工专项技能的培训,以确保员工熟悉操作流程处理各种日常生产管理活动以及突发事件。一方面,员工培训能够使员工更加容易匹配企业的技术水平,促进人机协调<sup>[17]</sup>;另一方面,由于企业培训所具备的专业性,能够接触到通过正规教育难以获得的实践经验和企业的商业机密,因此员工能够更好地将自身专业知识与企业发展现状相结合,提高企业创新活动的成功率,促进新质生产力的发展<sup>[18]</sup>。最后,人机协作的生产模式在加速数字化技术与企业生产融合,提升企业产品技术附加值外,还可以减少员工进行重复低效的体力劳动,使其专注于创造性的脑力劳动,促进新质生产力的发展<sup>[19]</sup>。

## 2. 信息成本渠道

首先,智能制造战略的实施有助于企业建立内部信息交流平台,提升企业设计、生产、管理各部门间信息集成速率,将不同环节、不同部门的信息实现实时共享,打破企业内部存在的信息孤岛,实现企业研发、生产、销售各环节之间的信息互联互通以及可视化,避免传统企业各部门、各环节间由于业务以及专业知识上的差异而导致的信息滞后现象<sup>[20]</sup>。其次,智能化技术有助于增强企业获取外部信息的能力。企业发展新质生产力需要跨越企业甚至是行业边界搜寻上下游产业链以及消费者的相关信息<sup>[21]</sup>,智能制造能通过智能化技术的加持,建立包括虚拟客户环境、知识共享平台以及数字创客空间等一系列数字化平台实现与客户之间的交流探讨,挖掘到客户对于产品的深层次需求与偏好,为企业指明创新方向,从而促进企业新质生产力水平的提升<sup>[22]</sup>。最后,数字智能技术的飞速发展带来的一个巨大优势就是计算机算力的大幅提升<sup>[23]</sup>,信息收集能力的提升可以使企业在面对海量数据时利用云计算、机器学习等方法筛选出有用信息,用以指导企业生产和销售,降低企业技术创新方向的不确定性以及所需成本,促进企业新质生产力发展<sup>[24-25]</sup>。

## 3. 资金约束渠道

首先,智能化技术可以优化企业上下游的供应链关系,加快企业资金周转速度。一方面,由于智能化技术的投入改变了传统企业间的信息交流方式,企业可以通过更低的成本建立更为稳定的商业网络关系,增强双方的合作意愿<sup>[26]</sup>;另一方面,企业可以通过数字化平台获得上下游企业的信息,增强供应链信息透明度以满足上下游企业与客户的需求,为企业带来更为稳定的现金流收入<sup>[27]</sup>,激励企业进行创新活动以提升新质生产力水平。其次,根据融资约束理论,由于我国资本市场仍然处在半强势有效市场,资本市场融资存在一定的不稳定性,而智能制造战略实施伴随而来的产业政策使企业更加容易获得具有直接性、无偿性、长期性的专项资金,弥补了企业发展新质生产力时面临的风险<sup>[28]</sup>。再次,政府作为中国特色社会主义市场体系中一个重要组成部分,其专项资金的注入往往会被认为是一种战略导向,这种政府的背书行为会被投资者们视作拥有良好的发展前景,从而给企业带来更多的融资途径,降低企业在货币市场和资本市场获取资金的难度<sup>[29]</sup>。最后,政府的激励补偿以及传递的积极信号在一定程度上会对企业产生一定的期望效应,这也无形之中提升了企业管理人员对发展新质生产力,实现企业高质量发展的信心<sup>[30]</sup>。

综上分析,本文提出以下研究假设。

H1:智能制造有助于提升企业新质生产力水平。

H2:智能制造可能通过优化企业的人力资本结构、降低信息成本、缓解资金约束三个渠道促进

企业新质生产力的发展。

## 二、研究设计

### (一)研究方法与模型设定

本文旨在探究智能制造战略对企业新质生产力发展的影响。过去较多的研究采用传统的因果推断模型进行政策效果评估,但是这些模型存在诸多限制,例如双重差分需要样本通过平行趋势检验,合成控制法需要处理组满足“极值”特性,而倾向得分匹配方法本身在匹配变量的选择上就具有较大主观性<sup>[31]</sup>。因此本文采用双重机器学习方法进行政策评估,构建双重机器学习模型如下:

$$Nqpf_{it} = \theta_0 IM_{it} + g(X_{it}) + U_{it}, E[U_{it}|X_{it}, IM_{it}] = 0 \quad (1)$$

$$IM_{it} = f(X_{it}) + V_{it}, E[V_{it}|X_{it}] = 0 \quad (2)$$

式(1)与式(2)中:Nqpf为企业新质生产力水平;IM为智能制造政策虚拟变量,设置试点后为1,其余为0,其系数 $\theta_0$ 为政策效应;X为控制变量的集合;U和V为扰动项;i为企业;t为时间。

### (二)变量定义

#### 1. 被解释变量:企业新质生产力水平(Nqpf)

本文采用文本分析的方法进行新质生产力指标测算,从技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级在企业应用的视角出发,以各年份上市公司企业年报中“管理层讨论与分析(MD&A)”这一部分作为分析对象,从新型生产技术、新兴生产要素、先进组织配置方式三个方面构建如图1所示的共计62个反映企业新质生产力水平的关键词,并利用Python提取涉及上述关键词的词频,同时参考杨贤宏等<sup>[32]</sup>的研究,剔除关键词前存在否定词语的表述以及包括非本公司的股东、客户、供应商等提到的关键词,最后统计词频出现的次数并将其对数化处理得到企业的新质生产力水平,并在后续将企业全要素生产率这一新质生产力提升的标志作为稳健性检验的一部分。

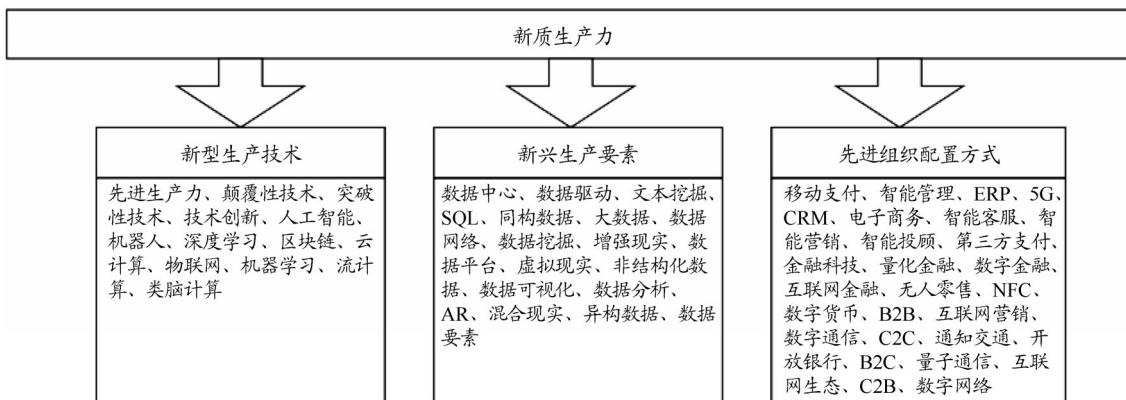


图1 新质生产力关键词

#### 2. 解释变量:智能制造政策虚拟变量(IM)

本文将工业和信息化部于2015—2018年颁布的《关于公布智能制造试点示范项目名单的通告》作为一项准自然实验,与制造业企业进行一一匹配,若企业属于智能制造企业且在当年以及之后则取值为1,否则为0。工业和信息化部于2015—2018年连续四年颁布该通告,其中2015年获批企业46家,2016年获批企业64家,2017年获批企业97家,2018年获批企业99家,经过匹配之后最终得到

了A股市场共有81家企业。

### 3. 控制变量

考虑到企业新质生产力发展受到企业特征影响,故参考以往研究选择包括企业年龄在内的15个变量作为企业控制变量,具体变量如表1所示。

表1 控制变量的具体描述

名称	缩写	定义
企业年龄	age	公司成立年限取自然对数
净资产收益率	roe	净利润除以股东权益平均余额
基本每股收益	eps	归属于母公司普通股股东净利润/发行在外普通股的加权平均股数
管理层薪资水平	wage	高管薪资总额取自然对数
利润增长率	growth	本年度净利润除以上一年度减1
财务杠杆	fl	(净利润+所得税费用+财务费用)/(净利润+所得税费用)
股权集中度	top1	第一大股东持股数量除以总股票数量
账面市值比	bm	用账面价值除以总市值衡量
董事会规模	board	董事会人数取自然对数
独立董事比例	indep	独立董事除以董事人数
机构投资者持股比	inst	机构投资者持股数除以流通股本
两职合一	dual	董事长兼任总经理为1,否则0
审计费用	Af	审计费用取自然对数
是否四大	big4	由普华永道、德勤、毕马威、安永审计为1,否则0
股权制衡度	balance	第二大股东持股数除以第一大股东持股数

### (三)数据来源

本文选取2011—2022年中国A股制造业企业作为研究对象。根据工业和信息化部于2015—2018年颁布的《关于公布智能制造试点示范项目名单的通告》,识别出智能制造企业。被解释变量以及企业层面控制变量来源于CSMAR数据库。同时参考以往研究惯例,对样本进行如下处理:(1)剔除在2015年及以后上市的企业样本、删除存在变量缺失的样本。(2)剔除ST以及ST\*的样本。(3)在1%和99%水平上对连续变量进行缩尾。得到描述性统计分析结果如表2所示。

## 三、实证结果

### (一)基准回归结果

本文选用机器学习方法中的Lasso算法来分析智能制造战略对企业新质生产力的影响,同时为了避免对回归参数进行估计时产生的过拟合问题,使用K折切分法(内外交叉验证法)将样本分为辅助样本和主样本,使得回归结果更具有稳健性。常用的分割比一般是1:1以及1:4,在表中用K=2以及K=5来表示,并在后续加入3和4折分进行稳健性检验。同时为了避免控制变量带来的非线性影响,引入非0-1变量的控制变量的二次项进行回归。基准回归结果如表3的列(1)—(4)所示,表明无论是否考虑控制变量的非线性影响以及采用不同的折分数,智能制造战略均在1%显著性水平促进了企业新质生产力水平的提升,假设1得到验证。为了统一标准,此后本文均采用5折分并引入控制变量二次项进行回归。

表2 描述性统计分析

变量名	样本数量	均值	标准差	最小值	最大值
Nqpf	20 354	1.177	1.008	0.000	4.742
IM	20 354	0.028	0.164	0.000	1.000
age	20 354	2.924	0.316	1.386	4.174
roe	20 354	0.062	0.163	-4.320	2.379
eps	20 354	0.460	1.270	-10.710	49.930
wage	20 354	15.349	0.738	9.385	18.844
growth	20 354	0.898	0.607	-0.683	3.213
fl	20 354	0.450	0.205	0.007	1.957
top1	20 354	0.331	0.141	0.053	0.852
bm	20 354	0.592	0.239	0.008	1.468
board	20 354	2.106	0.192	1.386	2.890
indep	20 354	0.376	0.056	0.143	0.631
inst	20 354	0.363	0.245	0.000	1.870
dual	20 354	0.323	0.467	0.000	1.000
big4	20 354	0.046	0.210	0.000	1.000
Af	20 354	13.669	0.592	11.918	17.146
balance	20 354	0.378	0.284	0.002	1.000

表3 基准回归

	Nqpf (1)	Nqpf (2)	Nqpf (3)	Nqpf (4)
IM	0.280*** (0.070)	0.417*** (0.072)	0.264*** (0.068)	0.370*** (0.069)
K	2	2	5	5
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	NO	YES	NO	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES
样本量	20 354	20 354	20 354	20 354

注:1. 括号内为稳健标准误;2. \*、\*\*、\*\*\*分别表示10%、5%、1%的显著性水平。以下各表相同。

## (二)稳健性检验

### 1. 内生性处理

首先,智能制造的引入在很大程度上能促进企业新质生产力的发展,但是反过来企业新质生产力水平的提升又会促进企业不断研发新的数字化技术;其次,本文尽管控制了许多能影响企业新质生产力的特征因素,但是仍存在某些对企业新质生产力发展产生影响的关键变量并不能够被很好地测度(比如企业高管对企业发展新质生产力的倾向,企业普通员工对企业发展新质生产力的接纳程度等)。因此,采用工具变量法对智能制造与企业新质生产力发展间可能存在的内生性问题进行处理。具体而言,选择区域地形起伏度作为工具变量:其一,企业进行智能制造离不开当地信息基础设施的支撑,而地区信息基础设施建设水平与当地的地形地势密切相关;其二,地形起伏度作为区域特有的地理变量,较好满足外生性的要求。考虑到地形起伏度是一个截面数据,引入上一年全

国互联网用户数作为一个随时间变化的变量与地形起伏度构造交乘项得到面板工具变量。具体回归结果如表4第(1)列所示,回归结果在5%水平上显著为正,表明控制模型内生性后智能制造对企业新质生产力发展的促进效应依然显著。

## 2. 更换被解释变量

依据中央财办对2023年中央经济工作会议精神的解读,新质生产力以全要素生产率提升为核 心标志,即企业新质生产力水平提升的一个明显特征为企业全要素生产率的提升。据此,本文通过将被解释变量替换为企业全要素生产率来进行稳健性检验。全要素生产率的测算方法参考鲁晓东和连玉君<sup>[33]</sup>的研究采用GMM法进行测算,回归结果如表4第(2)列所示,结果表明智能制造战略显著提升了企业全要素生产率水平,说明了前文的回归结果依然稳健。

## 3. 排除其他政策干扰

考虑到自2012年开始,包括工业和信息化部、发展改革委在内的多个政府部门提出并实施了多项企业层面的与智能化发展相关的试点计划,这些政策可能对企业新质生产力产生影响,因此本文参考黄卓等<sup>[34]</sup>的做法,剔除同时参与包括人工智能试点计划、“互联网+”重大工程支持项目、制造业与互联网融合发展试点示范项目等其他智能化计划的上市公司,用以排除其他政策对其产生的干扰。回归结果如表4的第(3)列所示。回归结果在1%显著性水平上显著为正,说明在排除了其他智能试点计划的干扰后,智能制造战略依然显著促进了企业新质生产力的发展。

表4 稳健性检验 I

	工具变量法	更换被解释变量	排除其他政策干扰
	(1)	(2)	(3)
IM	2.643 <sup>**</sup> (1.231)	4.474 <sup>***</sup> (0.631)	0.206 <sup>***</sup> (0.079)
K	5	5	5
控制变量一次项	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES
样本量	20 354	20 136	19 841

## 4. 剔除直辖市

鉴于直辖市与其他城市在政策规制、经济发展水平、市场环境上可能存在较大差异,因此本文在稳健性检验中剔除了位于直辖市的企业样本。结果如表5第(1)列显示,智能制造战略仍然在1%的显著性水平上促进了企业新质生产力水平发展,与前文基准回归结果一致。

## 5. 模型参数调整

将之前的K折分数2和5改为3和4,回归结果如表5第(2)—(3)列所示,回归结果依然显著为正,表明了前文基准回归的稳健性。

## 6. 更换双重机器学习算法

将套索(Lasso)算法更换为随机森林(Random Forest)算法和梯度提升树(Grandboost)算法,回归结果如表5第(4)—(5)列所示。回归结果表明在更换了机器学习算法之后,回归结果依然显著为正。

表5 稳健性检验Ⅱ

	剔除直辖市	更换折分数			更换算法	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
IM	0.302*** (0.076)	0.368*** (0.108)	0.374*** (0.123)	0.332*** (0.116)	0.408*** (0.157)	
K	5	3	4	5	5	
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES	
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES	
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	
样本量	17 516	20 354	20 354	20 354	20 354	

### (三)异质性分析

#### 1. 企业所有制类型

不同所有制企业类型引入智能制造技术的倾向可能存在较大差异。本文将企业划分为国有企业和非国有企业,回归结果如表6第(1)—(2)列所示。回归结果表明,智能制造战略显著促进了非国有企业新质生产力水平的提升,而对国有企业并不显著。可能的原因在于,非国有企业作为市场经济的构成主体,参与市场竞争程度较高,其通过引入智能化技术从而应对激烈市场竞争的动机更强,故智能制造赋能其新质生产力的边际效应也更强;而国有企业肩负市场竞争与贯彻落实国家相关政策的双重任务,其生产决策行为的市场化动机程度低于非国有企业,这也在一定程度上导致了智能制造引入带来的企业新质生产力发展的边际效应并不明显。

#### 2. 企业生产要素属性

制造业行业从传统意义上来说分为资本、劳动以及技术密集型制造业三大类,本文参考尹美群等<sup>[35]</sup>的研究将企业划分为资本、劳动以及技术密集型制造业三大类,回归结果如表6第(3)—(5)列所示。回归结果表明,智能制造战略仅仅显著促进了技术密集型企业新质生产力水平的发展。可能的原因是相比于资本密集型和劳动密集型的企业,技术密集型企业对技术进步带来的企业生产力水平提升更为敏感,能够产生更为显著的边际效应。

表6 异质性分析

	企业所有制类型		企业生产要素属性			知识产权保护水平		信息基础设施水平	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	国有	非国有	技术密集	资本密集	劳动密集	高	低	高	低
IM	0.273 (0.189)	0.177** (0.089)	0.332*** (0.094)	0.308 (0.243)	0.221 (0.183)	0.295*** (0.102)	-0.234 (0.159)	0.278*** (0.089)	0.356 (0.289)
K	5	5	5	5	5	5	5	5	5
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
样本量	5 850	14 504	12 116	3 915	4 323	12 432	7 922	10 919	9 435

#### 3. 区域知识产权保护水平

参考纪祥裕和顾乃华<sup>[36]</sup>的研究,本文用地方单位GDP的知识产权审判结案数来衡量地方知识

产权保护水平,并根据均值大小分为高低两组,回归结果如表6第(6)—(7)所示。回归结果表明智能制造战略只在知识产权保护水平高的地区显著促进了企业新质生产力的发展,而在低知识产权保护水平区域并不明显。考虑到企业新质生产力发展的关键便是企业的创新水平,而当地区知识产权保护力度较低时,企业难以阻止其创新成果的外溢,此时区域内大部分企业会出现创新活动的“搭便车”行为,从而抑制区域内企业的创新行为,因此即便企业引入了智能化技术,企业在此基础上进行技术创新的欲望也会大大降低。

#### 4. 区域信息基础设施水平

城市信息基础设施水平在一定程度上影响了智能制造技术赋能企业新质生产力发展的能力。本文参考黄群慧等<sup>[37]</sup>的研究通过指标体系法计算城市的信息基础设施水平,以均值作为划分高低信息基础设施建设水平的标准并进行分组回归。回归结果如表6第(8)—(9)列所示。回归结果表明高信息基础设施建设水平城市的智能制造技术能够更好地赋能企业新质生产力发展,而对于低信息基础设施水平城市这一效果并不显著。这一结果表明智能制造战略带来的企业新质生产力水平提升离不开强有力的信息基础设施的支撑,因此政府在鼓励企业发展智能制造技术的同时要注意提升区域的信息基础设施水平,为企业发展新质生产力创造有利条件。

#### (四)机制分析

江艇认为传统的中介效应模型存在内生性偏误和部分渠道识别不清等问题,因此更适用于心理学相关研究<sup>[38]</sup>。鉴于此,本文参考刘斌和甄洋<sup>[39]</sup>及2022年以后经济管理领域权威期刊的经验做法,主要对核心自变量作用于中介变量的影响效应进行实证分析,而中介变量对被解释变量的影响则在前文通过理论进行逻辑阐述,以此进行作用机制分析。根据前文的理论分析,本文从提升人力资本水平、降低信息成本、缓解资金约束三个渠道来分析。

智能制造战略的实施给企业带来了劳动力替代效应,优化了企业人力资本结构从而推动企业新质生产力的发展。为验证上述机制,本文参考肖土盛等<sup>[40]</sup>的研究,使用企业生产工人(lab)以及技术员工(tec)占劳动部门总人数的比重来衡量智能制造战略带来的企业人力资本提升效应。回归结果如表7第(1)—(2)列所示,回归结果表明智能制造战略显著提升了企业技术型从业人员占比,通过“机器换人”减少了生产工人的比重,优化了企业的人力资本结构。

智能制造战略的实施会让企业通过新一代智能化技术增强企业获取信息的能力,降低企业获取和分析信息的成本,推动企业新质生产力发展。为验证上述机制,本文参考祁怀锦等<sup>[41]</sup>的研究,手工整理出企业财报中与人工智能相关的无形资产投资和固定资产投资额度,然后利用二者汇总金额占企业年度资产总额的比重来测度智能化投资水平(deu),同时为了便于汇报最终回归结果,将上述智能化投资水平测算结果乘以1 000。回归结果如表7第(3)列所示,回归结果在1%显著性水平上显著为正。表明智能制造战略在一定程度上提升了企业的信息化水平从而带动企业新质生产力的发展。

智能制造战略的实施可以通过提升企业供应链效率以及政府实施的产业政策来弥补企业面临的资金约束。本文以企业库存周转天数(stc)来衡量供应链效率,该值越小表示供应链效率越高。用政府补贴(sub)和税收优惠(tax)作为政府产业政策的代理变量,其中政府补贴(sub)来源于企业财务报表中“政府补助”科目,并将其数值进行对数化处理;税收优惠(tax)参考柳光强<sup>[42]</sup>的做法,用企业收到的各项税费返还与支付的各项税费之和的倒数乘以收到的各项税费返还来衡量。回归结

果如表7第(4)—(6)列所示。第(4)列的回归结果在1%显著性水平上显著为负,表明智能制造战略能够在一定程度上减少企业货物库存周转天数,提升企业的供应链效率;第(5)和(6)列的回归结果分别在1%和5%显著性水平上为正,表明智能制造战略的实施可以在一定程度上为企业带来一定的政策利好,缓解企业面临的资金约束问题。至此,假说二得以验证。

表7 机制分析

	lab	tec	deu	stc	sub	tax
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
IM	-0.144** (0.073)	0.959*** (0.346)	0.373*** (0.050)	-0.141*** (0.021)	0.134*** (0.043)	0.009** (0.004)
K	5	5	5	5	5	5
控制变量一次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES
控制变量二次项	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
个体固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
样本量	20 004	20 203	20 328	20 354	20 354	20 215

#### 四、结论与政策建议

自中国经济进入新常态以来,提升新质生产力水平是转变经济发展模式、优化传统生产力发展路径,实现经济高质量发展的重要手段。在此背景下,本文利用文本分析法测算了2011—2022年企业新质生产力发展水平,从中国智能制造试点政策这一项准自然实验出发,运用双重机器学习法梳理并有效识别了智能制造对企业新质生产力发展的影响效应及作用机制。研究发现:(1)智能制造战略的实施有助于企业新质生产力水平的提升,该结论在进行了包含模型内生性处理等一系列稳健性检验后依然成立。(2)在非国有企业、技术密集型企业、知识产权保护水平较高以及信息基础设施建设完善的城市,智能制造的引入能够更好地赋能企业新质生产力发展。(3)机制分析结果表明,智能制造战略能够提升企业人力资本水平、降低企业信息成本、缓解企业资金约束从而促进企业新质生产力水平的提升。上述研究结果对于我国当前利用数字智能技术赋能企业新质生产力发展具有重要的政策内涵和启示。

第一,大力推行智能制造战略,发展企业新质生产力。首先,企业要逐渐摒弃以往粗放型的发展方式,紧跟时代发展潮流,研发包含大数据、云计算、人工智能<sup>[43]</sup>、区块链在内的数字化技术,提升企业新质生产力水平,实现颠覆性创新,在实现企业生产管理降本增效的同时,不断提升企业产品的技术附加值。其次,考虑到颠覆性技术创新的艰巨性,企业要在当前国内外经济形势不确定性加剧的情况下做好打持久战的准备,做到规范经营、守法经营,以长远的眼光看待企业发展,减少不必要的投资行为。最后,政府也要加强顶层设计,加快互联网、移动通信、数据中心等数字基础设施的建设和升级,提高网络覆盖范围和服务质量,通过打造良好的区域数字基础设施,为智能制造赋能新质生产力发展创造有利条件。

第二,营造公平竞争的市场环境,打造良好的企业创新环境,促进新质生产力发展。公平畅通的市场环境是促进企业创新发展,提升产业协调发展能力,减少“搭便车”现象,推动新质生产力发展的前提条件。因此,在强调经济高质量发展的当下,要积极维护区域内市场公平竞争和市场机制

的高效运行,建立健全各类维护市场主体权益的长效机制,打造公平竞争的市场环境,保障市场微观主体平等进入市场与使用生产要素,提高资源要素的配置效率。

第三,坚持科技是第一生产力的发展理念,重视人力资本投资,通过技术创新驱动新质生产力发展。一方面,智能制造示范企业要把握契机,主动担当起区域内科技创新的主体责任,在现有优势条件的基础上,构建创新主体培育网络、科技创新服务网络、人才协同支撑网络和创新转化保障网络,从而打通链条堵点,形成稳定的上下游供应链,推动科技和经济深度融合发展,打造具有核心竞争力的科技创新高地,为新质生产力发展聚势赋能;另一方面,企业要重视人才引进,增强对员工的教育培训,不断增强企业生产和管理过程中人机结合的能力,通过人机协作打造良好的信息网络平台,拓宽企业的信息获取途径,减少信息搜寻成本,为新质生产力发展创造有利条件。

第四,设计合理高效的产业政策,建立健全企业智能化发展考核机制,降低企业创新风险,促进企业新质生产力发展。首先,政府部门要加强对智能制造企业的创新补贴,缓解企业面临的资金约束,激发企业创新活力。其次,不断完善关于数字技术投资的相关规定和制度,鼓励市场投资者进行数字技术投资,建立健全企业与数字技术投资者的沟通渠道,加强投资信息安全保障,以此提高投资者参与度和积极性,增强企业进行创新活动期望效应。最后,政府在对智能制造示范企业实行产业政策的同时要注意资金的靶向性,建立合理的评价体系,公开透明企业获得补贴的过程,消除企业与政府,企业与投资者之间的信息不对称,促进企业新质生产力发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈劲,阳镇,朱子钦. “十四五”时期“卡脖子”技术的破解:识别框架、战略转向与突破路径[J]. 改革, 2020(12): 5-15.
- [2] 新华社. 详解2023年中央经济工作会议精神[N]. 人民日报, 2023-12-18(04).
- [3] GRAETZ G, MICHAELS G. Robots at work[J]. The Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5):753-768.
- [4] 任保平. 生产力现代化转型形成新质生产力的逻辑[J]. 经济研究, 2024(3):12-19.
- [5] 张辉,唐琦. 新质生产力形成的条件、方向及着力点[J]. 学习与探索, 2024(1):82-91.
- [6] 卢江,郭子昂,王煜萍. 新质生产力发展水平、区域差异与提升路径[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024(3): 1-17.
- [7] 韩文龙,张瑞生,赵峰. 新质生产力水平测算与中国经济增长新动能[J]. 数量经济技术经济研究, 2024(6):5-25.
- [8] 刘伟. 科学认识与切实发展新质生产力[J]. 经济研究, 2024(3):4-11.
- [9] 盛朝迅. 新质生产力的形成条件与培育路径[J]. 经济纵横, 2024(2):31-40.
- [10] 陶然,柳华平,周可芝. 税收助力新质生产力形成与发展的思考[J]. 税务研究, 2023(12):16-21.
- [11] 任宇新,吴艳,伍洁. 金融集聚、产学研合作与新质生产力[J]. 财经理论与实践, 2024(3):27-34.
- [12] 肖有智,张晓兰,刘欣. 新质生产力与企业内部薪酬差距:基于共享发展视角[J]. 经济评论, 2024(3):75-91.
- [13] 赵鹏,朱叶楠,赵丽. 国家级大数据综合试验区与新质生产力:基于230个城市的经验证据[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2024(4):62-78.
- [14] 马瑞光,秦一博,殷江滨. 制造业智能化带动了劳动力就业吗:来自中国智能制造推广的证据[J]. 山西财经大学学报, 2024(3):57-68.
- [15] 胡晨明,王林辉,朱利莹. 工业机器人应用存在人力资本提升效应吗?[J]. 财经研究, 2021(6):61-75,91.
- [16] DUFFY J, PAPAGEORGIOU C, PEREZ-SEBASTIAN F. Capital-skill complementarity? Evidence from a panel of countries[J]. Review of Economics and Statistics, 2004, 86(1):327-344.
- [17] FRITSCH M, FRANKE G. Innovation, regional knowledge spillovers and R&D cooperation[J]. Research Policy, 2004, 33(2):245-255.
- [18] 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

- 学与科学技术管理,2021(11):120-136.
- [19] 赵滨元. 数字技术应用、智能制造生产模式和企业生产效率[J]. 经济与管理,2023(6):76-84.
- [20] DAUTH W, FINDEISEN S, SUEDEKUM J, et al. The adjustment of labor markets to robots [J]. Journal of the European Economic Association,2021,19(6):3104-3153.
- [21] RAI A, CONSTANTINIDES P, SARKER S. Next generation digital platforms: toward human-AI hybrids[J]. MIS Quarterly, 2019,43(1):3-9.
- [22] 吴小龙,肖静华,吴记. 当创意遇到智能:人与AI协同的产品创新案例研究[J]. 管理世界,2023(5):112-126, 144, 127.
- [23] GOLDFARB A, TUCKER C. Digital economics[J]. Journal of economic literature, 2019,57(1):3-43.
- [24] 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(4):68-84.
- [25] PAN W R, XIE T, WANG Z W, et al. Digital economy: An innovation driver for total factor productivity [J]. Journal of Business Research,2022,139:303-311.
- [26] KADAPAKKAM P R, OLIVEIRA M. Binding ties in the supply chain and supplier capital structure[J]. Journal of Banking & Finance,2021,130:106183.
- [27] RAD F F, OGHAZI P, PALMIÉ M, et al. Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies [J]. Industrial Marketing Management, 2022, 105:268-293.
- [28] 郑世林,张果果. 制造业发展战略提升企业创新的路径分析:来自十大重点领域的证据[J]. 经济研究,2022(9): 155-173.
- [29] CRISCUOLO C, MARTIN R, OVERMAN H G, et al. Some causal effects of an industrial policy [J]. American Economic Review,2019,109(1):48-85.
- [30] WOLFF E A. The global politics of African industrial policy: The case of the used clothing ban in Kenya, Uganda and Rwanda[J]. Review of International Political Economy,2021,28(5):1308-1331.
- [31] 王茹婷,彭方平,李维,等. 打破刚性兑付能降低企业融资成本吗[J]. 管理世界,2022(4):42-64.
- [32] 杨贤宏,宁致远,向海凌,等. 地方经济增长目标与企业数字化转型:基于上市企业年报文本识别的实证研究[J]. 中国软科学,2021(11):172-184.
- [33] 鲁晓东,连玉君. 中国工业企业全要素生产率估计:1999—2007[J]. 经济学(季刊),2012(2):541-558.
- [34] 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(5): 40-59.
- [35] 尹美群,盛磊,李文博. 高管激励、创新投入与公司绩效:基于内生性视角的分行业实证研究[J]. 南开管理评论,2018 (1):109-117.
- [36] 纪祥裕,顾乃华. 知识产权示范城市的设立会影响创新质量吗[J]. 财经研究,2021(5):49-63.
- [37] 黄群慧,余泳泽,张松林. 互联网发展与制造业生产率提升:内在机制与中国经验[J]. 中国工业经济,2019(8): 5-23.
- [38] 江艇. 因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]. 中国工业经济,2022(5):100-120.
- [39] 刘斌,甄洋. 数字贸易规则与研发要素跨境流动[J]. 中国工业经济,2022(7):65-83.
- [40] 肖土盛,孙瑞琦,袁淳,等. 企业数字化转型、人力资本结构调整与劳动收入份额[J]. 管理世界,2022(12): 220-237.
- [41] 祁怀锦,曹修琴,刘艳霞. 数字经济对公司治理的影响:基于信息不对称和管理者非理性行为视角[J]. 改革,2020 (4):50-64.
- [42] 柳光强. 税收优惠、财政补贴政策的激励效应分析:基于信息不对称理论视角的实证研究[J]. 管理世界, 2016(10): 62-71.
- [43] 杜传忠,曹效喜,刘书彤. 人工智能与高新技术企业竞争力:机制与效应[J]. 商业经济与管理,2024 (2):30-49.

## Research on intelligent manufacturing driving the development of new quality productivity of enterprises: Causal inference based on double machine learning

DENG Rongrong<sup>1</sup>, XIAO Xiangtao<sup>2</sup>

(1. School of Economics, Management and Law, University of South China, Hengyang 421000, P. R. China;

2. School of Economics, Nankai University, Tianjin 300073, P. R. China)

**Abstract:** Promoting the development of new quality productive forces is a key task and inherent requirement for China to realize high-quality economic development in the new stage of development. Enterprises are important carriers and commitment subjects for high-quality economic and social development. How to promote the development of new quality productive forces in enterprises has important theoretical and practical value. Based on the realistic background of accelerating the construction of intelligent manufacturing development ecology in China, this paper takes the national intelligent manufacturing demonstration project as a quasi-natural experiment, adopts text analysis method to construct the measurement index of enterprise new quality productivity, and then applies the dual machine learning method to explore the influence effect and mechanism of intelligent manufacturing strategy on the development of enterprise new quality productivity. It is found that intelligent manufacturing strategy can significantly promote the improvement of new quality productivity of enterprises, and this conclusion is still valid after a series of robustness tests including endogenous processing. Intelligent manufacturing is not equivalent to the new quality productivity of all kinds of enterprises. In non-state-owned enterprises, technology-intensive enterprises, areas with high intellectual property protection level and areas with perfect information infrastructure, intelligent manufacturing has a more obvious enabling effect on their new quality productivity. Intelligent manufacturing strategy mainly promotes the development of new quality productivity of enterprises through three channels: optimizing the human capital structure of enterprises, reducing the cost of information acquisition of enterprises, and easing the capital constraints of enterprises. From the perspective of the research, this paper explores the influence effect and action path of intelligent manufacturing on the level of new quality productivity of enterprises, which helps to enrich the relevant research on the development of new quality productivity, and provides theoretical and empirical evidence of China's scenario for exploring the path of improving new quality productivity of enterprises from the perspective of industrial intelligence. In terms of research content, the effects of heterogeneity such as the type of enterprise ownership, the attributes of production factors, the level of regional property rights protection and the level of information infrastructure on the development of new quality productivity of enterprises are investigated, and more detailed empirical conclusions are provided for targeted policy recommendations. In terms of research methods, the use of the more advanced dual machine learning method can better avoid the bias and endogeneity problems of the traditional econometric model applied to policy causal inference. In terms of variable measurement, the text analysis method that comprehensively considers the word frequency of core terms connoted in new-quality productivity, such as new production technology, emerging production factors, advanced organization configuration, is adopted to construct the measurement index of enterprise new quality productivity, which overcomes the limitation that the existing index system method has too many index elements and easily fails to meet the axiomatic criteria such as unity, consistency and additivity. The research content and conclusion have reference value for China to seize the opportunity of intelligent manufacturing to enable enterprises to improve new quality productivity.

**Key words:** intelligent manufacturing; new quality productivity; double machine learning; text analysis; total factor productivity

(责任编辑 傅旭东)