

智能化转型如何赋能制造企业高质量发展?

张吉昌 龙 静 王泽民

内容提要:智能化转型已成为制造企业实现高质量发展的战略选择。本文基于“认知—投入—产出”的逻辑链条构建全面反映制造企业智能化水平的指标。在此基础上,使用沪深A股制造业上市企业2007—2021年数据实证检验智能化转型对制造企业高质量发展的影响及其机理。研究结果显示,智能化转型显著提高了制造企业高质量发展水平。作用机制检验结果表明,智能化转型主要通过促进人力资本结构升级、提高吸收能力和强化服务型制造来促进制造企业高质量发展。异质性检验结果表明,智能化转型对制造企业高质量发展的影响在中小规模企业、民营企业以及高科技行业企业中更为明显。进一步分析结果表明,智能化转型的各维度对制造企业高质量发展存在非对称影响,智能化认知与智能化投入正向影响制造企业高质量发展,而智能化产出与制造企业高质量发展存在倒U型关系。研究结论有助于揭示中国制造企业智能化转型的总体概况,可以为智能化技术如何赋能实体经济、促进制造企业高质量发展提供重要启示。

关键词:智能化转型 高质量发展 全要素生产率 人工智能 人力资本结构升级 吸收能力 服务型制造

中图分类号:F272.7

文献标识码:A

文章编号:1000-7636(2023)04-0003-18

一、问题提出

中国是制造业大国,制造业在推动国家经济发展、产业结构优化升级以及提升产业结构水平方面起着举足轻重的作用。数字时代背景下,数字技术成为影响制造企业高质量发展的重要驱动力^[1],其中,人工智能技术作为引领新一轮科技革命和产业变革的战略性数字技术,在众多数字技术中具有“领头雁”的地位。2021年12月,工业和信息化部等八部门联合印发《“十四五”智能制造发展规划》,明确指出,“站在新一轮科技革命和产业变革与我国加快高质量发展的历史性交汇点,要坚定不移地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。”中国制造企业积极响应时代变化并转变发展方式,投入大量智能化基础设施,正在从传统资源消耗型的物理制造向智能化的智能制造转型。智能化转型是中国从制造大国向制造强国迈进的关键举措,其发展程度直接关乎中国制造企业发展质量,智能化转型如

收稿日期:2022-10-31;修回日期:2023-01-30

基金项目:国家自然科学基金面上项目“‘德不配位’与‘怀才不遇’:地位不一致情境下创业团队成员的应对行为及其匹配对创新绩效的影响”(72072086);江苏省研究生科研创新计划“人工智能应用对企业技术创新的影响及作用机制研究”(KYCX22_0066)

作者简介:张吉昌 南京大学商学院博士研究生,南京,210093;

龙 静 南京大学商学院教授、博士生导师;

王泽民 南京大学商学院博士研究生。

作者感谢匿名审稿人的评审意见。

何影响制造企业高质量发展正成为学术界、业界和政府部门关注的重点问题。

制造业中有着非常丰富和多元化的人工智能应用场景,这为制造企业提供了肥沃的智能化转型土壤,制造企业通过智能化转型可以转变制造思维、模式和流程,创造出更多的创新渠道以及更高的边际产出^[2-3],是提升高质量发展水平的突破点^[4-6]。由此引出的关键问题是:智能化转型对制造业高质量发展具体会产生何种影响?智能化转型会通过哪些渠道推动制造业高质量发展?深入探究上述问题,不仅能明晰制造业智能化转型与高质量发展的关系,而且有助于制造企业通过选择合适的渠道实现高质量发展的战略目标。因此,本文将以2007—2021年中国制造业上市企业为样本,实证检验智能化转型对制造企业高质量发展的影响及其机理。

二、文献回顾与研究假设

(一) 文献回顾

1. 企业高质量发展的影响因素

制造企业高质量发展是指企业通过技术创新与价值链攀升实现高生产效率的过程^[7]。学者们主要从环境与企业两个层面对企业高质量发展的前置因素进行探讨。从环境层面来看,现有研究发现地区营商环境对企业高质量发展有促进作用^[8]。从企业层面来看,现有研究发现制造业服务化^[7]、人工智能应用^[9]、环境信息披露^[10]、数字化转型^[11]对企业高质量发展具有正向影响,融资约束^[12]对制造企业高质量发展产生倒U型影响。

2. 智能化转型的影响后果

智能化转型是指企业通过智能化技术触发研发、生产、营销等组织流程的显著变化,从而改善企业的过程^[13]。现有研究发现智能化转型会对企业资源、企业能力、企业战略与企业财务表现产生影响。具体而言,第一,智能化转型会提高企业对高技能和高素质的员工的需求,降低重复性劳动力的需求,促进企业内部劳动力结构的优化^[14];第二,智能化转型会正向影响智能化能力^[15];第三,智能化转型会促使企业调整经营战略,打造“差异化+服务化”的竞争战略^[16];第四,智能化转型有利于提升企业财务方面的表现,如降低企业成本粘性^[6]、提升企业绩效^[5]。

3. 现有研究的不足

学者们围绕企业高质量发展的影响因素与智能化转型的影响后果做出了一定的研究积累,为进一步理解智能化与企业高质量发展关系提供了部分证据和启示,但还未有研究检验智能化转型对制造企业高质量发展的直接作用、中间机制以及异质性影响,至少还存在两个方面可以完善的地方。第一,现有研究大部分认为智能化转型是制造企业实现高质量发展的关键路径,但缺乏大样本实证研究对智能化转型的高质量驱动效应加以检验。第二,现有研究发现人工智能技术作为一种通用技术^[17]会正向影响产业高质量发展^[9]以及经济高质量发展^[18]。工业机器人^[19]、人工智能创新^[20]等会显著驱动制造企业高质量发展。但人工智能应用、工业机器人、智能制造都只属于智能化转型的有机组成部分,没有很好地反映现实制造企业智能化转型的全貌,以致未能全面体现企业智能化转型对高质量发展的赋能作用,这需要构建更为全面的智能化转型指标。

(二) 研究假设

1. 基准效应

智能化赋能制造企业高质量发展主要体现在三个方面。首先,智能化认知赋能。智能化认知指企业对智能化技术与应用的感知和重视程度,是智能化转型的战略前提。智能制造不仅仅是制造模式的转变更是

思维方式的转变^[21],传统的制造方式不注重将制造知识沉淀在生产流程中,对人的依赖过强,这需要企业转变制造思维。智能制造思维的创新性在于从制造问题出发,对生产流程中的参与物全部进行数字化,生成实时的海量数据^[22],这些数据最终转变为知识模型,不仅可以用于解决和预测制造问题,还可以基于数据优化制造,提高生产效率和质量。其次,智能化投入赋能。智能化投入指企业投入与智能化相关的无形资产与固定资产^[2],反映了企业真实的智能化投入水平。智能化发展需要企业投入相应的智能化资源,主要包括智能化软件与硬件。以人工智能为代表的智能技术可以帮助企业落实“智能制造+工业互联网”的发展模式,打通企业内部职能部门与研发、制造等部门的信息壁垒,使信息顺畅地在企业内部流通,降低资源冗余和浪费,形成协同制造,提升生产效率^[1]。最后,智能化产出赋能。智能化产出指企业利用智能化技术开发智能化产品或发明智能化专利,是企业智能化创新的成果,是企业智能化创新能力的体现^[2,20]。智能化技术会与企业的其他生产要素产生协同和互补关系,激发要素之间的生产效率^[9]。

基于上述分析,本文提出假设 H1:智能化转型正向影响制造企业高质量发展。

2. 影响机制

在基准效应分析的基础上,本文进一步剖析智能化转型对制造企业高质量发展的影响机制。

第一,智能化能够优化制造企业的人力资本结构,进而提升高质量发展水平。一方面,企业智能化转型将提高对高技能劳动的需求、挤出部分低技能劳动以优化人力资本结构。每一次技术革命都会伴随着一定程度的“技术性失业”,数字化革命也不例外。企业智能化转型带来的技术进步及智能化设备的普及应用可能直接替换相当一部分常规性、重复性、劳动密集型的工作岗位,如生产性员工与行政员工,这降低了制造企业对低技能劳动的需求。与此同时,由于资本-技能互补性的存在,与非技能劳动力相比,智能化资产与技能劳动力的互补性更高,从而增加了对技能劳动力的需求^[23],如智能化维修人员、操作人员以及在研发设计、物流营销、管理咨询、系统集成等方面的高端人才^[24-25]。另一方面,人力资本结构升级有利于高质量的知识资本和人力资本更好地融入研发、生产、运营等管理活动,进而提升制造企业高质量发展水平。对低技能员工需求的减弱,使得企业可以投入更多高技能的员工到具有创新性的活动中去,特别是研发活动,而这类活动对企业生产、制造具有极大的推动作用。智能技术可以与高技能劳动者起到互补作用^[18],会降低摩擦成本,提高生产效率。此外,相比于传统的以人工为主导的生产制造方式,自动化与智能化生产模式使得各生产环节具有数控性质,可以极大地减少人为造成的不良品率,提高产品的产出速度与质量。

基于上述分析,本文提出假设 H2:智能化转型能够促进人力资本结构升级,进而正向影响制造企业高质量发展。

第二,智能化转型能够提高制造企业的吸收能力,进而提升高质量发展水平。一方面,智能化有利于企业学习、吸收和消化内外部资源,提升企业吸收能力。吸收能力是指企业识别、消化、转化和应用有价值的内外部资源的能力^[26-27]。智能化转型会重构企业的资源结构,引入智能化技术、设备、人才等新资源,这需要企业将这些资源整合至业务流程、生产流程中去,吸收能力在这个过程中起到重要作用。智能化技术可以实时收集各生产环节所产生的数据,企业可以利用这些大数据建立数据模型,形成关于生产制造的知识^[22],提升智能制造的效率。另一方面,吸收能力有利于企业消化和吸收有关智能制造的默会知识,能有效地提升生产的效率。智能制造模式的运作基础是知识,数据作为新的生产要素,成为形成知识的重要途径,需要企业对产品设计知识、制造过程知识、顾客需求知识等隐性知识的动态应用^[21]。吸收能力强的制造企业可以基于知识库高效地对各种要素进行配置,将传统的“由产定销”模式转变为“由销定产”模式,企业能够根据订单需求来制定生产计划,实现准时制生产,这降低了生产成本、提升了库存周转速度^[28],最终提升高质量发展水平。

基于上述分析,本文提出假设 H3:智能化转型能够提高吸收能力,进而正向影响制造企业高质量发展。

第三,智能化能够强化制造企业的服务型制造,进而提升高质量发展水平。一方面,智能化有利于企业实施服务型制造战略。随着顾客需求的动态化、多样化和个性化,制造业行业正经历从产品为主导逻辑到服务主导逻辑的重大转变^[16],而智能化转型加速了这一过程。李杰等(2016)将服务型制造形象地比喻为“煎蛋模型”,产品质量是“蛋黄”,配套服务是“蛋清”,当产品质量不断同质化时,顾客会特别重视与产品配套的相关服务,这成为客户决定是否购买产品的关键^[21]。企业通过工业互联网平台、工业电子商务平台,移动互联网设备、3D 打印工具等智能化技术与设施,加强与客户或供应链上下游的联系,能够及时掌握和接收各方的需求信息,这为企业基于服务型制造增加产品的核心价值提供了契机。另一方面,服务型制造提升了制造企业高质量发展水平。服务型制造模式更加关注客户的价值,通过满足客户的价值从而实现企业的价值,强调两者的双赢。服务型制造模式不是以库存管理为基础的运作,而是以能力管理为基础的运作模式,可以根据客户的需要实现能力模块的快速发现、配置、运作和重构,这减少了企业的库存并提高单位用户的价值产出^[28]。

基于上述分析,本文提出假设 H4:智能化转型能够增强服务型制造,进而正向影响制造企业高质量发展。

三、研究设计

(一) 样本选择和数据收集

本文的初始样本包括 2007—2021 年在沪深主板上市和创业板上市的全部 A 股制造业公司。由于 2007 年开始实施新的《企业会计准则》,上市公司的信息披露要求发生了许多改变,本文以 2007 年作为研究起始点。本文对数据做如下处理:剔除样本期内被标记为 ST、*ST 和 PT 的企业;剔除净利润率大于 1、资产负债率不在 0~1 之间的企业;剔除数据缺失严重的企业;对所有连续变量进行缩尾调整,缩尾对象为上下 1% 的观测值,共得到 3 039 家中国制造业上市企业样本,共 21 586 个观测值。本文的企业年报数据来自文构财经文本数据平台(WinGo);其他数据来源于国泰安数据库(CSMAR)和中国研究数据服务平台(CNRDS)。

(二) 变量定义与测量

1. 核心解释变量

从现有文献对企业智能化转型的衡量来看,主要有如下三种方法:一是询问企业是否使用机器人来判断企业是否实施了智能化转型^[29];二是统计企业年报中与智能化相关的关键词的词频来刻画企业智能化转型程度^[3-6];三是从智能化资源的投入与应用两个方面建立综合指标^[14]。上述测量方法是衡量企业智能化转型的有益探索,但都存在不同程度的缺陷:第一,询问企业是否使用机器人设备的衡量方法过于粗糙,无法精准衡量企业智能化水平;第二,企业年报中关于智能化相关的关键词可能反映了高管的智能化认知,企业并没有开展相关的实践活动,存在对智能化水平的高估;第三,以往的测量指标较为单一,无法全面地对企业智能化水平进行衡量。

综合考虑已有研究和样本情况,本文基于“认知—投入—产出”的逻辑链条衡量企业智能化水平,设置三个子维度——智能化认知、智能化投入与智能化产出。第一,智能化认知指企业对智能化技术与应用的感知和重视程度,是智能化转型的战略前提。参考余明桂等(2022)^[30]、谢绚丽和王诗卉(2022)^[31]的做法,本文通过统计企业年报中管理层经营与讨论部分中与智能化有关的关键词词频来测量智能化认知。由于缺乏专门的智能化关键词词典,本文参考岳宇君和顾萌(2022)^[6]、肖土盛等(2022)^[32]的做法,基于国家发

布的关于促进人工智能与制造业智能化发展的政策文件和智能化研究文献构建智能化关键词词典。

通过手动检索相关政策文件,选取 2015—2022 年发布的九份促进人工智能发展和制造企业智能化发展的国家级政策文件。这样做的好处在于:一是保证了关键词的权威性和客观性^[32];二是考虑了制造企业智能化转型的行业差异。不同行业的智能化转型路径与实践有所不同,从促进人工智能发展和制造企业智能化发展的政策文件中选取的关键词更符合制造企业智能化转型的实际情况。将上述政策文件汇总成一个文本,利用 Python 软件和“jieba”库对文本进行分词,人工筛选出与智能化相关的关键词。此外,结合姜和吴(Lou & Wu, 2021)^[2]、于等人(Yu et al., 2021)^[3]、科伯恩等(Cockburn et al., 2018)^[17]研究中使用的智能化关键词,最终形成智能化词典。本文通过文构财经文本数据平台中的文本分析功能,对样本企业的财务报告中的管理层分析与讨论部分进行关键词检索,采用智能化关键词数量与管理层分析与讨论部分的关键词数量的比值衡量智能化认知。

第二,智能化投入是指企业投入与智能化相关的无形资产与固定资产,是企业智能化转型的基础。本文手工整理出上市公司财务报告附注中与智能化相关的无形资产投资和固定资产投资额度,用两者的投资总额度与企业年度资产总额之比来表示智能化投入水平^[14]。具体而言,智能化无形资产为科目名称中包含智能化关键词的无形资产项目;智能化固定资产为科目名称中包含智能化关键词的固定资产项目。

第三,智能化产出是指企业利用智能化技术开发智能化产品、专利的结果,是企业智能化转型的落地。本文采用企业拥有的智能化专利数量来衡量智能化产出。具体而言,本文基于智能化关键词,对专利标题、摘要与权利要求的文本进行分析,统计出现智能化关键词的专利数,按照企业和年份进行汇总得到智能化专利数量。

上述三个指标具有不同的单位和量纲,再归结为总指标时需要进行无量纲化处理。本文参考张吉昌和龙静(2022)^[33]的做法,采用最小最大归一化法对三个指标进行无量纲化处理,将原始数据的范围转换为 0~1。此外,智能化水平作为一个新兴概念,为避免主观因素的影响,本文参考谢绚丽和王诗卉(2022)^[31]的做法,使用主成分分析法确定指标的权重。首先,本文对三个指标进行抽样适合性(KMO)检验与巴特利特(Bartlett)球形检验,KMO 值为 0.502,巴特利特卡方值显著($P < 0.001$),说明三个指标适合进行主成分分析。其次,得到各指标的权重:智能化认知的权重为 29.30%,智能化投入的权重为 37.55%、智能化产出的权重为 33.15%。最后,采用加权平均的方法对三个指标进行合成,形成智能化转型指标。

为了检验本文构建的智能化转型指标具有合理性和客观性,本文参考朔尔蒂斯等(Scholtes et al., 2011)^[34]提出的检验程序,从内容效度、结构效度与效标效度三个方面对指标进行检验。首先,内容效度检验需要验证指标是否真实地反映了实际情况,即智能化转型指标能否真实地反映制造企业的智能化水平。本文抽取智能化转型平均指数排名前五的企业,通过查阅企业年报与官网中对智能化转型情况的介绍,发现智能化转型指标能够真实地反映企业对外披露的智能化转型情况。其次,结构效度检验是为了验证构建的新指标是否可以有效预测假设。本文在对相关变量进行控制后,发现智能化转型显著影响企业专利申请数量($\beta = 614.406, P < 0.05$),这与邓悦和蒋琬仪(2022)^[29]的结论一致。最后,效标效度是为了验证新指标与其相近指标是否具有相关性,如果具有显著的相关性,则说明新指标具有效标效度。为此,本文基于行业层面的工业机器人数量构建制造企业工业机器人渗透率指标^[25],发现智能化转型与工业机器人渗透率显著正相关($\beta = 0.102, P < 0.01$)。基于上述检验结果,本文通过综合指标法构建的智能化转型指标具有合理性和客观性,适合用于开展进一步的实证研究。

2. 被解释变量

企业高质量发展的实现过程是企业管理模式由粗放型向集约型转变、增长模式由外延式增长向内涵式增长转变的过程,主要体现在全要素生产率的提高。全要素生产率(TFP)代表了企业将投入转化为最终产出的整体效率,提高全要素生产率是企业高质量发展的动力源泉。为此,现有文献主要采用全要素生产率作为制造企业高质量发展的代理变量^[10,35-36]。全要素生产率的测算方法主要有四种:莱文索恩-彼得林(LP)法^[37]、奥利-帕克斯(OP)法^[38]、普通最小二乘(OLS)法与固定效应法。本文在基准回归中采用LP法,在稳健性检验中采用其他三种测量方法。

3. 控制变量

参考相关研究^[10,35-36],本文对可能影响制造企业高质量发展的代表性变量进行控制。

表1列示了上述的核心解释变量、被解释变量以及控制变量的名称、符号与测量方法。

表1 变量的选取与测量

变量类型	变量名称	变量符号	变量测量
被解释变量	高质量发展	TFP_{lp}	采用LP法测算
解释变量	智能化转型	IT	见上文
控制变量	两职兼任	$Dual$	董事长兼任首席执行官(CEO)为1,否则为0
	企业规模	$Size$	企业期末总资产额的自然对数
	上市年限	$Listage$	观测年份与上市年份的差值加1后对数
	产权性质	SOE	虚拟变量,国有企业为1,非国有企业为0
	股权集中度	$Top5$	前五大股东持股比例
	资产负债率	Lev	负债总额与资产总额的比值
	自由现金流	$Cashflow$	经营活动现金流量净额除以资产总额
	成长性	$Growth$	主营业务收入增长率
	企业业绩	ROA	总资产收益率
	年份	$Year$	年份虚拟变量
行业	$Industry$	根据《上市公司行业分类指引(2012年修订)》设定行业虚拟变量	

(三) 模型设计

为检验研究假设,本文设定如下模型:

$$TFP_{lp_{i,j,t}} = \beta_0 + \beta_1 IT_{i,j,t} + \sum \beta_k Controls_{i,j,t} + \delta_i + \gamma_j + \lambda_t + \varepsilon_{i,j,t} \quad (1)$$

在模型(1)中, i 表示样本企业, j 表示样本企业所属的细分行业, t 表示年份; $TFP_{lp_{i,j,t}}$ 是被解释变量,表示第 t 年 j 行业的 i 制造企业高质量发展指标; $IT_{i,j,t}$ 是核心解释变量,表示第 t 年 j 行业的 i 企业智能化转型指标; $Control_{i,j,t}$ 为前述控制变量; $\varepsilon_{i,j,t}$ 为模型随机误差项; δ_i 表示企业固定效应、 λ_t 表示年份固定效应、 γ_j 表示行业固定效应。

四、实证分析与结果

(一) 描述性统计

描述性统计结果如表2所示。企业高质量发展(TFP_{lp})的最小值为6.844,最大值为11.750,说明样本企业在高质量发展方面表现出一定差异。智能化转型(IT)最小值为0,表明样本企业中存在还未进行智能

化转型的企业,最大值为 0.174,标准差为 0.041,说明样本企业在智能化转型方面同样表现出较大差异。为方便检验各变量的描述性统计指标是否处于合理范围之内,本文展示了各变量的原始数值,其中 *Size* 的单位为百万元,*ListAge* 的单位为年,实证检验中的数值是依据表 1 的变量测量标准计算得来。

表 2 描述性统计

变量名	样本量	均值	中位数	标准差	最小值	最大值
<i>TFP_{lp}</i>	21 568	8.929	8.839	1.001	6.844	11.750
<i>IT</i>	21 568	0.061	0.063	0.041	0	0.174
<i>Dual</i>	21 568	0.293	0	0.455	0	1
<i>Size</i>	21 568	8 668	2 969	24 352.627	220.786	490 068.486
<i>ListAge</i>	21 568	9.055	8.000	6.530	1	26
<i>SOE</i>	21 568	0.301	0	0.459	0	1
<i>Top5</i>	21 568	0.527	0.527	0.146	0.200	0.856
<i>Lev</i>	21 568	0.407	0.402	0.194	0.055	0.884
<i>Cashflow</i>	21 568	0.049	0.047	0.067	-0.141	0.242
<i>Growth</i>	21 568	0.176	0.121	0.360	-0.482	2.141
<i>ROA</i>	21 568	0.043	0.041	0.065	-0.219	0.226

为详细了解不同细分的制造业行业智能化转型情况,本文根据《上市公司行业分类指引(2012年修订)》对样本企业的所属行业、观测值以及智能化转型指标得分进行了统计描述,如表 3 所示。其中,化学纤维制造业,黑色金属冶炼及压延加工业,造纸及纸制品业,计算机、通信和其他电子设备制造业等资本与技术密集型制造企业的智能化水平较高,而家具制造业与皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业等劳动密集型制造企业的智能化水平较低,这基本符合不同类型制造行业智能化水平的实践认知,说明本文构建的智能化转型指标具有合理性。

表 3 制造企业智能化转型的行业分布

代码	行业名称	观测值	智能化转型	代码	行业名称	观测值	智能化转型
C13	农副食品加工业	479	0.057	C29	橡胶和塑料制品业	671	0.065
C14	食品制造业	414	0.052	C30	非金属矿物制品业	927	0.062
C15	酒、饮料和精制茶制造业	434	0.044	C31	黑色金属冶炼及压延加工业	385	0.082
C17	纺织业	488	0.062	C32	有色金属冶炼及压延加工业	721	0.065
C18	纺织服装、服饰业	354	0.042	C33	金属制品业	565	0.059
C19	皮革、毛皮、羽毛及其制品和制鞋业	86	0.036	C34	通用设备制造业	1 157	0.058
C20	木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业	96	0.063	C35	专用设备制造业	1 848	0.050
C21	家具制造业	129	0.031	C36	汽车制造业	1 072	0.067
C22	造纸及纸制品业	327	0.079	C37	铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业	449	0.056
C23	印刷和记录媒介复制业	115	0.059	C38	电气机械及器材制造业	2 083	0.057
C24	文教、工美、体育和娱乐用品制造业	130	0.051	C39	计算机、通信和其他电子设备制造业	3 059	0.074
C25	石油加工、炼焦及核燃料加工业	216	0.070	C40	仪器仪表制造业	385	0.049
C26	化学原料及化学制品制造业	2 309	0.066	C41	其他制造业	203	0.058
C27	医药制造业	2 136	0.049	C42	废弃资源综合利用业	28	0.058
C28	化学纤维制造业	301	0.084				

(二) 相关性分析

表4列示了本文主要变量的相关系数。智能化转型与制造企业高质量发展的皮尔逊(Pearson)相关系数为0.062,斯皮尔曼(Spearman)相关系数为0.069,均通过了1%的显著性水平检验,说明智能化转型与制造企业高质量发展之间存在显著的正相关关系。

表4 相关性分析

变量	<i>TFP_lp</i>	<i>IT</i>	<i>Dual</i>	<i>Size</i>	<i>ListAge</i>	<i>SOE</i>	<i>Top5</i>	<i>Lev</i>	<i>Cashflow</i>	<i>Growth</i>	<i>ROA</i>
<i>TFP_lp</i>	1.000	0.069***	-0.131***	0.830***	0.369***	0.237***	0.057***	0.430***	0.158***	0.146***	0.142***
<i>IT</i>	0.062***	1.000	-0.052***	0.072***	0.121***	0.112***	-0.060***	0.121***	0.012*	-0.046***	-0.076***
<i>Dual</i>	-0.123***	-0.050***	1.000	-0.127***	-0.234***	-0.273***	0.064***	-0.121***	-0.002	0.045***	0.063***
<i>Size</i>	0.851***	0.058***	-0.118***	1.000	0.418***	0.242***	0.009	0.437***	0.077***	0.066***	0.009
<i>ListAge</i>	0.357***	0.123***	-0.232***	0.408***	1.000	0.435***	-0.379***	0.347***	-0.009	-0.140***	-0.232***
<i>SOE</i>	0.253***	0.108***	-0.273***	0.261***	0.420***	1.000	-0.040***	0.275***	-0.029***	-0.072***	-0.161***
<i>Top5</i>	0.102***	-0.070***	0.056***	0.066***	-0.384***	-0.031***	1.000	-0.132***	0.110***	0.076***	0.233***
<i>Lev</i>	0.417***	0.110***	-0.123***	0.427***	0.356***	0.283***	-0.130***	1.000	-0.159***	0.015**	-0.398***
<i>Cashflow</i>	0.162***	0.002	-0.008	0.092***	0.002	-0.022**	0.107***	-0.166***	1.000	0.053***	0.442***
<i>Growth</i>	0.137***	-0.015**	0.026***	0.073***	-0.081***	-0.054***	0.081***	0.036***	0.029***	1.000	0.367***
<i>ROA</i>	0.167***	-0.065***	0.039***	0.052***	-0.194***	-0.107***	0.219***	-0.382***	0.437***	0.294***	1.000

注:***、**、*分别表示1%、5%、10%的显著性水平,后表同。表格上三角报告斯皮尔曼相关系数,下三角报告皮尔逊相关系数。

(三) 基准回归

表5为智能化转型与制造企业高质量发展的基准回归结果。列(1)没有纳入控制变量,只控制了企业固定效应、年份固定效应和行业固定效应,列(2)在列(1)的基础上加入了控制变量。列(2)结果显示智能化转型的回归系数为0.719,相对于列(1)中的1.562有所减小,但仍在1%的水平上显著为正,说明智能化转型显著正向影响制造企业高质量发展,支持了假设H1。进一步地,可以通过列(2)来计算本文基准回归的经济显著性。智能化转型每提高1单位标准差,制造企业高质量发展水平平均增加2.948%(=0.719×0.041),能够解释样本均值8.929%的33.016%(=2.948%/8.929%),这说明智能化转型对制造企业高质量发展的影响在经济意义上也具有显著性。

表5 基准回归结果

变量	(1)	(2)
<i>IT</i>	1.562*** (0.497)	0.719*** (0.255)
控制变量	未控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制

表5(续)

变量	(1)	(2)
行业固定效应	控制	控制
常数项	8.681*** (0.217)	-2.815 (0.440)
观测值	21 568	21 568
$\overline{R^2}$	0.374	0.694

注:括号中的值为年份层面和企业层面的双向聚类稳健标准误;限于篇幅,仅列示主要回归结果。后表同。

(四) 内生性问题的处理

本文通过构建工具变量、赫克曼(Heckman)两阶段法、倾向得分匹配法(PSM)以及考虑遗漏变量来缓解内生性问题。

1. 工具变量法

本文参考肖土盛等(2022)^[32]、张吉昌和龙静(2022)^[33]构建工具变量的思路,以滞后一期的智能化转型(L_IT)与行业内除样本企业之外的智能化转型均值($OtherIT$)作为智能化转型的工具变量。原因在于:第一,滞后一期的智能化转型与行业内除样本企业之外的智能化转型均值对样本中的制造业上市企业的智能化转型程度有着正向影响。因此,满足相关性要求。第二,滞后一期的智能化转型与行业内除样本企业之外的智能化转型均值不太可能直接对样本企业高质量发展产生影响,因此满足外生性要求。第一阶段的回归结果如表6中的列(1)所示,滞后一期的智能化转型与行业内除样本企业之外的智能化转型显著正向影响智能化转型。此外,Kleibergen-Paap rk LM 统计量为 10.399, P 值为 0.005,故工具变量通过了不可识别检验;Cragg-Donald Wald F 统计量为 1301.262,超过了 Stock-Yogo 弱识别 F 检验在 10%的临界值 19.93,故工具变量通过了弱工具变量检验;Hansen J 统计量的 P 值大于 0.1,故工具变量通过了过度识别检验。第二阶段回归结果如表6的列(2)所示,基准回归结果仍然稳健。

2. 赫克曼两阶段法

第一阶段,设置被解释变量为虚拟变量 IT_Dum ,根据 IT 是否大于中位数来衡量, IT 大于中位数,表示样本企业智能化转型程度较高,编码为 1,反之则编码为 0;同时,在第一阶段模型中加入工具变量、控制变量以及行业虚拟变量、年份虚拟变量,用 Probit 函数计算逆米尔斯比率(IMR)。第二阶段,在回归模型中纳入 IMR。回归结果如表6的列(3)所示,基准回归结果仍然稳健。

3. 倾向性得分匹配法

首先设置被解释变量为虚拟变量 IT_Dum ,对 IT_Dum 编码,当 IT 大于中位数时,编码为 1,定义为高智能化转型组(实验组),反之则编码为 0,定义为低智能化转型组(对照组),使用 Logit 函数计算倾向性得分值。再选择多样化的匹配方法对样本进行匹配,分别对匹配得到的样本进行回归。回归结果如表6的列(4)、列(5)与列(6)所示,基准回归结果仍然稳健。

4. 考虑遗漏变量

本文在基准回归的基础上采用更为严格的固定效应来缓解可能存在的遗漏变量问题。回归结果如表6

的列(7)、列(8)与列(9)所示,基准回归结果仍然稳健。

表 6 内生性问题处理

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>IT</i>		2.002*** (0.552)	0.792*** (0.186)	0.730** (0.257)	0.718** (0.255)	0.755*** (0.247)	0.779** (0.268)	0.803*** (0.258)	0.841*** (0.275)
<i>L.IT</i>	0.391*** (0.069)								
<i>OtherIT</i>	0.294** (0.142)								
<i>Imr</i>			-0.039*** (0.010)						
控制变量	控制								
企业固定效应	控制								
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	未控制	未控制	未控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	未控制	未控制	未控制
省份-年份固定效应	未控制	未控制	未控制	未控制	未控制	未控制	控制	未控制	控制
行业-年份固定效应	未控制	控制	控制						
常数项	-0.054*** (0.004)	-6.131*** (0.219)	-2.275 (0.495)	-2.798*** (0.444)	-2.815*** (0.441)	-3.172*** (0.406)	-3.130*** (0.423)	-2.823*** (0.457)	-3.048*** (0.481)
观测值	17 952	17 952	18 139	21 506	21 565	21 374	21 568	21 568	21 568
$\overline{R^2}$	0.468	0.637	0.688	0.693	0.694	0.691	0.693	0.706	0.708

注:列(1)为工具变量法第一阶段回归,列(2)为工具变量法第二阶段回归;列(3)为赫克曼两阶段回归;列(4)—列(6)分别为一对一匹配、核匹配、半径匹配的倾向性得分匹配回归;列(7)—列(9)分别为控制不同固定效应的回归。

(五) 其他稳健性检验

1. 替换核心解释变量

首先,本文采用简单平均值法计算智能化转型指标;其次,本文构造企业智能化转型强度的序数变量,将企业的智能化转型程度按照年份从小到大排序,分为三个不同转型程度的样本,前 1/3 的样本赋值为 1,中间 1/3 的样本赋值为 2,最后 1/3 的样本赋值为 3^[39];最后,为了剔除智能化转型指标中的行业趋势,本文将智能化转型指标减去所在行业当年的智能化转型均值,从而剔除“行业-年份”层面的共同度量偏差。上述检验结果如表 7 的列(1)—列(3)所示,假设 H1 仍然成立。

2. 替换被解释变量

本文采用 OP 法、OLS 法与固定效应法重新测量全要素生产率^[40],检验结果如表 7 的列(4)—列(6)所示,假设 H1 仍然成立。

表 7 其他稳健性检验(一)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>IT</i>	0.628 *** (0.205)	0.014 *** (0.005)	0.065 *** (0.030)	0.403 * (0.205)	0.467 ** (0.213)	0.442 * (0.213)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.820 *** (0.440)	-2.822 *** (0.435)	-2.784 *** (0.441)	-1.002 ** (0.353)	-4.695 *** (0.482)	-5.153 *** (0.503)
观测值	21 568	21 568	21 568	21 568	21 568	21 568
$\overline{R^2}$	0.694	0.693	0.694	0.562	0.770	0.783

注:列(1)—列(3)分别为采用简单平均值、按照企业智能化转型强度序数赋值、剔除“行业-年份”层面的共同度量偏差替换核心解释变量的回归;列(4)—列(6)分别为采用OP法、OLS法与固定效应法替换被解释变量的回归。

3. 剔除异质性样本

第一,剔除与智能化转型高度相关的行业样本:计算机、通信和其他电子设备制造业(C39)。第二,剔除处于直辖市的样本。检验结果如表8的列(1)与列(2)所示,假设H1仍然成立。

4. 更换聚类方式

本文同时采用企业层面和“省份-行业”层面的聚类方式进行回归。检验结果如表8的列(3)所示,假设H1仍然成立。

5. 剔除异常年份

第一,2008年暴发了全球金融危机,2020年暴发了全球新冠疫情,重大的不利金融事件以及重大危机事件都会影响企业的发展战略^[33]。因此,本文截取2009—2019年的数据进行回归。第二,2015年5月份,国务院发布了《中国制造2025》,企业可能会在年报中对该政策进行策略性响应,因此本文仅用2009—2015年的数据进行分析。检验结果如表8的列(4)、列(5)所示,假设H1仍然成立。

6. 排除企业策略性信息披露行为

智能化认知维度是根据企业年报中披露的智能化关键词词频构建的,可能存在部分企业实际的智能化转型水平较低,但在企业年报中对智能化转型战略夸夸其谈。为规避这种策略性披露行为对本文结果的影响,本文进行如下两个稳健性检验:(1)剔除在观测期间因信息披露问题受到中国证券监督管理委员会或证券交易所处罚的企业样本;(2)只保留深圳证券交易所信息披露考评结果为优秀的上市企业样本。检验结果如表8的列(6)、列(7)所示,假设H1仍然成立。

7. 考虑结果产出的滞后性

考虑智能化转型不仅对当期的企业高质量发展有显著正向影响,还可能对后期的高质量发展产生作用,本文对智能化转型分别进行1阶和2阶滞后处理。检验结果如表8的列(8)、列(9)所示,假设H1仍然成立。

表 8 其他稳健性检验(二)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
<i>IT</i>	0.765*** (0.234)	0.714** (0.265)	0.714*** (0.185)	1.260*** (0.286)	0.962** (0.302)	0.683** (0.249)	1.249*** (0.329)	0.903*** (0.225)	0.700*** (0.198)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.077*** (0.437)	-2.617*** (0.449)	-2.617*** (0.373)	-2.183*** (0.554)	-0.702 (0.705)	-2.631*** (0.475)	-1.979** (0.830)	-2.202*** (0.498)	-2.339*** (0.541)
观测值	16 211	18 762	18 762	15 744	67 44	16 571	4 370	15 884	13 807
$\overline{R^2}$	0.686	0.695	0.695	0.652	0.587	0.705	0.696	0.687	0.676

注:列(1)剔除计算机、通信和其他电子设备制造业(C39)的样本,列(2)剔除直辖市的样本;列(3)更换聚类方式;列(4)截取2009—2019年数据,列(5)截取2009—2015年数据;列(6)剔除受处罚的企业样本,列(7)只保留深交所信息披露考评结果为优秀的上市企业样本;列(8)和列(9)分别对智能化转型进行1阶和2阶滞后处理。

五、作用机制检验

(一) 人力资本结构升级

借鉴刘啟仁和赵灿(2020)^[23],本文采用两种不同的方法来测量人力资本结构升级,然后对两个指标分别进行归一化处理后再进行加总:一是技能劳动力相对非技能劳动力雇佣比例,即技术人员相对于其他非技术人员的比例;二是高学历劳动力相对非高学历雇佣比例的增加,高学历劳动力是指受教育程度为大专及以上学历的劳动者。检验结果如表9的列(1)所示,智能化转型的回归系数显著为正($\beta = 0.213, P < 0.05$)。说明智能化转型对制造企业的人力资本结构升级具有显著的促进作用。结合前文的理论分析,说明智能化转型通过促进人力资本结构升级来提高企业的高质量发展水平的影响机制是成立的,假设H2得到验证。

(二) 吸收能力

借鉴张吉昌和龙静(2022)^[27],本文采用研发投入占营业收入的比重来衡量企业吸收能力。检验结果如表9的列(2)所示,智能化转型的估计系数显著为正($\beta = 2.587, P < 0.1$),说明智能化转型对制造企业的吸收能力具有显著的提升作用。结合前文的理论分析,说明智能化转型通过提升吸收能力来促进企业高质量发展水平的影响机制是成立的,假设H3得到验证。

(三) 服务型制造

借鉴方等人(Fang et al., 2008)^[41]和张峰等(2021)^[42],本文采用制造企业的服务业务收入与主营业务收入的比值来衡量制造企业服务型制造程度。由于上市企业没有明确披露服务业务收入,本文根据服务化项目相关的关键词库,对主营业务收入明细数据进行关键词检索,识别出服务化项目,然后按年份和企业对服务化收入进行加总。检验结果如表9的列(3)所示,智能化转型的估计系数显著为正($\beta = 0.592, P < 0.01$),表明智能化转型显著促进了制造企业服务型制造。基于前文的理论分析与

实证分析结果,说明智能化转型通过强化服务型制造来促进制造企业高质量发展水平的影响机制是成立的,假设 H4 得到验证。

表 9 作用机制检验

变量	(1)	(2)	(3)
<i>IT</i>	0.213** (0.074)	2.587* (0.019)	0.592*** (0.187)
控制变量	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制
常数项	-0.038 (0.145)	-1.940 (2.984)	-0.158 (0.355)
观测值	14 447	21 568	8 308
\bar{R}^2	0.111	0.430	0.059

注:列(1)为对人力资本结构升级的检验;列(2)为对企业吸收能力的检验;列(3)为对企业服务型制造程度的检验。

六、异质性检验

(一) 企业规模

本文按照企业规模将样本区分为大型制造企业和中小型制造企业两个组别^[43],分别进行检验。表 10 列示了回归结果,在大型制造企业样本组中,智能化转型的回归系数值不显著($\beta=0.266, P>0.1$);在中小型制造企业样本组中,智能化转型的回归系数显著为正($\beta=1.011, P<0.01$)。对于该结果的解释如下:尽管大型制造企业有足够的资源来投资数智化技术,但随着企业规模的增长,大型制造企业对外部环境的反应变得迟缓,承担高风险的智能化转型活动的意愿相对较低^[44],人工智能技术与其他生产要素之间的摩擦成本较高。相反,中小型制造企业的智能化转型协调成本相对

较低,拥有更多的工作自主性、灵活的思维方式、捕捉机会的能力等。

(二) 企业性质

本文按照企业所有权性质将样本区分为国有制造企业组和民营制造企业组,分别进行检验。表 10 列示了回归结果,在国有制造企业样本组中,智能化转型的回归系数值不显著($\beta=0.254, P>0.1$);在民营制造企业样本组中,智能化转型的回归系数显著为正($\beta=0.588, P<0.05$)。对于该结果的解释如下:相比于国有制造企业,民营制造企业会面临更为激烈的市场竞争,为了获取竞争优势,民营制造企业往往更有动力进行变革创新,通过智能化技术推动企业发展。

(三) 行业属性

本文参考权小锋等(2020)^[45]的做法,将企业样本区分为高新技术行业组和非高新技术行业组,分别进行检验。表 10 列示了回归结果,在高新技术行业样本组中,智能化转型的回归系数值不显著($\beta=0.684, P>0.1$);在非高新技术行业企业样本组中,智能化转型的回归系数显著为正($\beta=0.792, P<0.05$)。产生这个结果的原因可能在于:高新技术行业本身的智能化水平较高,其通过智能化转型所能提升的高质量发展水平较为有限,存在边际递减效应,而非高新技术行业的制造企业本身的智能化基础较为薄弱,通过智能化转型能够获得更大的边际产出,即显著推动高质量发展。

表 10 异质性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>IT</i>	0.266 (0.279)	1.011*** (0.336)	0.254 (0.294)	0.588** (0.238)	0.684 (0.396)	0.792** (0.268)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制

表10(续)

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-1.623 (1.005)	-2.065*** (0.479)	-0.607 (0.534)	-0.096 (0.546)	-3.223*** (0.535)	-2.108*** (0.508)
观测值	8 335	10 427	6 486	15 082	7 330	11 432
$\overline{R^2}$	0.625	0.560	0.560	0.562	0.694	0.678

注:列(1)为大型企业样本,列(2)为中小型企业样本;列(3)为国有企业样本,列(4)为民营企业样本;列(5)为高新技术企业样本,列(6)为非高新技术企业样本。

七、进一步检验

本文进一步检验智能化转型指标的三个子维度——智能化认知(*IT_cognition*)、智能化投入(*IT_input*)和智能化产出(*IT_output*)——对制造业企业高质量发展水平的影响。为识别智能化转型子维度与制造业企业高质量发展水平的非线性关系,本文分别加入了三个智能化转型子维度的二次项,检验结果如表 11 所示。

表 11 进一步检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>IT_cognition</i>	4.369*** (1.425)	4.272** (1.876)				
<i>IT_cognition</i> ²		4.928 (70.089)				
<i>IT_input</i>			0.203** (0.076)	0.092 (0.104)		
<i>IT_input</i> ²				0.201 (0.132)		
<i>IT_output</i>					2.996* (1.477)	3.041* (1.462)
<i>IT_output</i> ²						-0.159* (0.079)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
常数项	-2.807*** (0.433)	-2.807*** (0.433)	-2.821*** (0.440)	-2.824*** (0.441)	-2.817*** (0.436)	-2.816*** (0.436)
观测值	21 568	21 568	21 568	21 568	21 568	21 568
$\overline{R^2}$	0.693	0.693	0.694	0.694	0.693	0.693

注:列(1)和列(2)检验智能化认知维度;列(3)和列(4)检验智能化投入维度;列(5)和列(6)检验智能化产出维度。

表 11 的列(1)和列(2)检验了智能化认知维度对制造业企业高质量发展的影响,检验结果表明,智能化认知显著正向影响制造业企业高质量发展。可能的原因在于高管团队在智能化转型中起到关键作用,也就是业界所强调的“数智化转型是一把手工程”。如果制造业企业的高层领导非常重视智能化转型的实施,可能会亲自担任转型的领导,这不仅向企业内部员工和外部利益相关者展示出变革求新的勇气和决心,而且有利于智能化业务的顺利开展。

表 11 的列(3)和列(4)检验了智能化投入维度对制造业企业高质量发展的影响,检验结果表明,智能化投资显著正向影响制造业企业高质量发展。智能化投入维度之所以能够影响制造业企业的高质量发展,这可能与智能化软件和硬件的技术更新效应相关。制造业企业通过购买可以直接改变和优化生产流程的智能设备和软件,可以直接投入运营和生产,能带来即时的效益。

表 11 的列(5)和列(6)检验了智能化产出维度对制造业企业高质量发展的影响,检验结果表明,智能化产出的二次方显著为负,智能化产出的一次方显著为正,说明智能化产出与制造业企业高质量发展存在倒 U 型的非线性关系,具体表现为智能化产出先正向影响制造业企业高质量发展,达到特定阈值后负向影响制造业企业高质量发展。原因可能在于,智能化产出是企业利用智能化技术开发智能化产品或技术的过程,是智能化技术与实体经济的深度融合过程,在超过一定的阈值后,企业将研发的智能化技术或产品与组织、生产等流程进行协同匹配的成本大大提升,不利于生产效率的提升^[35]。

八、结论、贡献、启示与展望

(一) 研究结论

本文利用中国沪深 A 股制造业上市企业 2007—2021 年数据,系统考察智能化转型对制造企业高质量发展的影响及其作用渠道,得出如下研究结论:(1)智能化转型显著提高了制造企业高质量发展水平,该结论在经过系列内生性问题处理及稳健性检验后依旧成立。该结论部分印证了现有关于人工智能促进企业高质量发展的观点^[9,18]。(2)作用机制检验表明,智能化转型可以通过人力资本结构升级、吸收能力和服务型制造三个作用渠道影响制造企业高质量发展。(3)异质性检验结果表明,当制造企业为中小规模、民营企业和高科技行业企业时,智能化转型对制造企业高质量发展的影响作用更为明显。(4)进一步分析结果表明,智能化转型的各维度对制造企业高质量发展存在非对称影响,智能化认知与智能化投入正向影响制造企业高质量发展,而智能化产出与制造企业高质量发展存在倒 U 型关系。

(二) 研究贡献

本文的研究贡献体现在三个方面:第一,本文基于“认知—投入—产出”的逻辑链条构建智能化水平指标,能够为后续相关智能化研究提供可行的研究路径,推动智能化转型定量研究的发展;第二,本文识别出了制造企业智能化转型对高质量发展的影响,是对以往关于人工智能应用或工业机器人与高质量发展研究的进一步拓展和深化;第三,本文分析了智能化转型影响高质量发展的渠道机制和异质性影响,可以为制造企业高质量发展和政府制定相关政策提供理论指导。

(三) 政策启示

第一,制造企业应该把智能化转型视为提升高质量发展水平的战略举措。企业高层管理者应该提高智

能化认知,从战略层面肯定智能化转型的重要性,为智能化转型提供顶层设计,同时投入相应的智能化硬件与软件资源。由于智能化产品或设备与企业的组织管理、生产制造存在一定的协同成本,适度的智能化产出有利于提升高质量发展水平,而过度的智能化产出会挤占其他生产要素的投入、增加整体协同的成本,阻碍生产效率的提升。

第二,智能化转型为制造企业服务型制造提供了契机,是提升高质量发展的有效途径。制造企业正经历从产品逻辑向服务逻辑的转变,智能化转型加速了这一进程,企业通过为客户提供综合服务、个性化服务,能有效地提高生产能力和产品质量。截至2021年底,中国只有29.6%的制造企业开展了服务型制造^[46],与发达国家相比,中国制造业服务化水平仍有较大的提高空间。

第三,高技能与高素质的人才资源对于制造企业高质量发展至关重要。一方面,政府应该充分利用高校人才,搭建相关平台为企业提供智能化转型人才支持;另一方面,政府应该鼓励高等院校设立相关的专业,培养数智化人才。同时,企业应该积极开展智能化转型专业人才培养,提高员工的智能化技能。

(四) 研究局限与未来展望

第一,本文虽然基于已有文献构建了智能化转型指标,但限于数据的可得性,仍然存在难以全面反映制造企业智能化水平的局限性,后续研究可以在此基础上进一步完善和优化。第二,后续研究可以进一步挖掘智能化转型影响高质量发展的机制变量。第三,本文的研究结论可能更适用于制造企业,未来研究可以探讨智能化转型对其他类型企业高质量发展的影响。

参考文献:

- [1] 戚聿东,肖旭. 数字经济时代的企业管理变革[J]. 管理世界,2020,36(6):135-152.
- [2] LOU B, WU L. AI on drugs: can artificial intelligence accelerate drug development? Evidence from a large-scale examination of bio-pharma firms[J]. MIS Quarterly, 2021, 45(3): 1451-1482.
- [3] YU F F, WANG L T, LI X T. The effects of government subsidies on new energy vehicle enterprises: the moderating role of intelligent transformation[J]. Energy Policy, 2020, 141: 111463.
- [4] 温湖炜,钟启明. 智能化发展对企业全要素生产率的影响——来自制造业上市公司的证据[J]. 中国科技论坛,2021(1):84-94.
- [5] 李婉红,王帆. 智能化转型、成本粘性与企业绩效——基于传统制造企业的实证检验[J]. 科学学研究,2022,40(1):91-102.
- [6] 岳宇君,顾萌. 智能化转型、竞争战略与制造企业成本粘性[J]. 统计与信息论坛,2022,37(5):64-75.
- [7] 余东华,胡亚男. 制造业服务化、技术路径选择与高质量发展[J]. 经济与管理研究,2021,42(9):28-41.
- [8] 邵传林. 地区营商环境与民营企业高质量发展:来自中国的经验证据[J]. 经济与管理研究,2021,42(9):42-61.
- [9] 程文. 人工智能、索洛悖论与高质量发展:通用目的技术扩散的视角[J]. 经济研究,2021,56(10):22-38.
- [10] JIANG Y L, GUO C, WU Y Y. Can environmental information disclosure promote the high-quality development of enterprises? The mediating effect of intellectual capital[J]. Environmental Science and Pollution Research, 2021, 28(24): 30743-30757.
- [11] 肖土盛,吴雨珊,元文韬. 数字化的翅膀能否助力企业高质量发展——来自企业创新的经验证据[J]. 经济管理,2022,44(5):41-62.
- [12] 肖曙光,彭文浩,黄晓凤. 当前制造业企业的融资约束是过度抑或不足——基于高质量发展要求的审视与评判[J]. 南开管理评论,2020,23(2):85-97.
- [13] VIAL G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda[J]. The Journal of Strategic Information Systems, 2019, 28(2): 118-144.
- [14] 张远,李焕杰. 企业智能化转型对内部劳动力结构转换的影响研究[J]. 中国人力资源开发,2022,39(1):98-118.

- [15] 郑勇华,孙延明,尹剑峰. 智能化转型、智能化能力与制造企业转型绩效——战略匹配的调节作用[J]. 科技进步与对策,2022,39(18):99-109.
- [16] 戚聿东,徐凯歌. 智能制造的本质[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2022(3):93-103.
- [17] COCKBURN I M, HENDERSON R, STERN S. The impact of artificial intelligence on innovation[Z]. NBER Working Paper No. 24449, 2018.
- [18] 蔡跃洲,陈楠. 新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J]. 数量经济技术经济研究,2019,36(5):3-22.
- [19] 刘松竹,肖生鹏,梁运文. 人工智能与中国制造业企业高质量发展[J]. 江汉论坛,2022(7):24-31.
- [20] 黄东兵,王灵均,周承绪,等. 制造企业人工智能创新如何赋能高质量发展——来自中国上市公司的经验证据[J]. 科技进步与对策,2022,39(8):110-120.
- [21] 李杰,倪军,王安正. 从大数据到智能制造[M]. 上海:上海交通大学出版社,2016.
- [22] 蔡跃洲,马文君. 数据要素对高质量发展影响与数据流动制约[J]. 数量经济技术经济研究,2021,38(3):64-83.
- [23] 刘敏仁,赵灿. 税收政策激励与企业人力资本升级[J]. 经济研究,2020,55(4):70-85.
- [24] ACEMOGLU D, RESTREPO P. The race between man and machine: implications of technology for growth, factor shares, and employment[J]. The American Economic Review, 2018, 108(6): 1488-1542.
- [25] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and jobs: evidence from US labor markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [26] COHEN W M, LEVINTHAL D A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(1): 128-152.
- [27] 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.
- [28] 唐浩丹,方森辉,蒋殿春. 数字化转型的市场绩效:数字并购能提升制造业企业市场势力吗? [J]. 数量经济技术经济研究,2022,39(12):90-110.
- [29] 邓悦,蒋琬仪. 智能化转型何以激发企业创新? ——基于制造业劳动力多样性的解释[J]. 改革,2022(9):108-122.
- [30] 余明桂,马林,王空. 商业银行数字化转型与劳动力需求:创造还是破坏? [J]. 管理世界,2022,38(10):212-230.
- [31] 谢绚丽,王诗卉. 中国商业银行数字化转型:测度、进程及影响[J]. 经济学(季刊),2022,22(6):1937-1956.
- [32] 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,2022,38(12):220-237.
- [33] 张吉昌,龙静. 数字技术应用如何驱动企业突破式创新[J]. 山西财经大学学报,2022,44(1):69-83.
- [34] SCHOLTES V A, TERWEE C B, POOLMAN R W. What makes a measurement instrument valid and reliable? [J]. Injury, 2011, 42(3): 236-240.
- [35] 武常歧,张昆贤,周欣雨,等. 数字化转型、竞争战略选择与企业高质量发展——基于机器学习与文本分析的证据[J]. 经济管理,2022,44(4):5-22.
- [36] XUE Y, JIANG C D, GUO Y X, et al. Corporate social responsibility and high-quality development: do green innovation, environmental investment and corporate governance matter? [J]. Emerging Markets Finance and Trade, 2022, 58(11): 3191-3214.
- [37] LEVINSOHN J, PETRIN A. Estimating production functions using inputs to control for unobservables[J]. The Review of Economic Studies, 2003, 70(2): 317-341.
- [38] OLLEY G S, PAKES A. The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry[J]. Econometrica, 1996, 64(6): 1263-1297.
- [39] 张叶青,陆瑶,李乐芸. 大数据应用对中国企业市场价值的影响——来自中国上市公司年报文本分析的证据[J]. 经济研究,2021,56(12):42-59.
- [40] 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),2012,11(2):541-558.
- [41] FANG E, PALMATIER R W, STEENKAMP J B E M. Effect of service transition strategies on firm value[J]. Journal of Marketing, 2008, 72(5): 1-14.
- [42] 张峰,战相岑,殷西乐,等. 进口竞争、服务型制造与企业绩效[J]. 中国工业经济,2021(5):133-151.
- [43] 刘春林,田玲. 人才政策“背书”能否促进企业创新[J]. 中国工业经济,2021(3):156-173.
- [44] FORÉS B, CAMISÓN C. Does incremental and radical innovation performance depend on different types of knowledge accumulation capabilities and organizational size? [J]. Journal of Business Research, 2016, 69(2): 831-848.
- [45] 权小锋,刘佳伟,孙雅倩. 设立企业博士后工作站促进技术创新吗——基于中国上市公司的经验证据[J]. 中国工业经济,2020(9):175-192.
- [46] 赵艳艳. 数字化研发工具普及率达74.7% 我国制造业数字化转型加快发展[EB/OL]. (2022-02-28)[2022-10-30]. <https://m.gmw.cn/baijia/2022-02/28/35551093.html>.

How does Intelligent Transformation Empower High-quality Development of Manufacturing Enterprises?

ZHANG Jichang, LONG Jing, WANG Zemin

(Nanjing University, Nanjing 210093)

Abstract: As digital technology develops, intelligent transformation becomes a strategic choice for manufacturing enterprises to achieve high-quality development. Based on the logical chain of cognition-input-output, this paper constructs indicators that comprehensively reflect the intelligence of manufacturing enterprises. Then, it empirically examines the impact of intelligent transformation on the high-quality development of manufacturing enterprises and its mechanism of action, using the data of China's A-shares listed manufacturing enterprises in Shanghai and Shenzhen from 2007 to 2021.

The findings reveal that intelligent transformation significantly improves the high-quality development of manufacturing enterprises. The mechanism of action test shows that intelligent transformation mainly promotes the high-quality development of manufacturing enterprises by upgrading human capital structure, improving absorptive capacity and strengthening service-oriented manufacturing. The heterogeneity test results show that the impact of intelligent transformation on the high-quality development of manufacturing enterprises is more evident among small and medium-sized enterprises, private enterprises and enterprises in high-tech industries. Further analysis indicates that there is an asymmetric effect of each dimension of intelligent transformation on the high-quality development of manufacturing enterprises. Moreover, intelligent cognition and intelligent input positively affect the high-quality development of manufacturing enterprises. At the same time, there is an inverted U-shaped relationship between intelligent output and the high-quality development of manufacturing enterprises.

The contributions of this paper are reflected in the following three aspects. First, it constructs new intelligent transformation indicators from the logical chain of cognition-input-output based on previous research, providing a feasible path to promote the development of quantitative analysis of intelligence transformation. Second, it identifies the impact of intelligent transformation of manufacturing enterprises on their high-quality development, which further extends and deepens research on the application of artificial intelligence and high-quality development. Third, it analyzes the channel mechanism and heterogeneous impact of intelligent transformation on high-quality development, which provides theoretical guidance for the high-quality development of manufacturing enterprises and the formulation of relevant policies by the government.

The findings provide a general overview of the intelligent transformation of China's manufacturing enterprises and shed light on how intelligent technology can empower the real economy and promote the high-quality development of manufacturing enterprises.

Keywords: intelligent transformation; high-quality development; total factor productivity; artificial intelligence; human capital structure upgrade; absorptive capacity; service-oriented manufacturing

责任编辑:周 斌