

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

郑勇华^{1,2} 孙延明³ 尹剑峰⁴¹

(1. 贵州民族大学 传媒学院, 贵州 贵阳 550025;

2. 华南理工大学 工商管理学院, 广东 广州 510641;

3. 广州大学 管理学院, 广东 广州 510006;

4. 贵州民族大学 商学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘要】: 基于企业能力理论视角研究智能化转型对转型绩效的内在作用机制, 并对 234 份智能化企业调查问卷进行实证研究, 结果发现: 制造企业智能化转型正向影响转型绩效; 装备智能化能力、管理智能化能力在智能化转型与转型绩效关系中起中介作用, 但人员智能化能力在智能化转型与转型绩效间的中介作用不显著; 战略匹配正向调节智能化转型与转型绩效的关系, 同时战略匹配正向调节智能化转型与装备智能化能力的关系, 以及智能化转型与管理智能化能力的关系, 但在智能化转型与人员智能化能力关系中的调节作用不显著; 战略匹配正向调节智能化转型通过装备智能化能力、管理智能化能力对转型绩效的促进作用。

【关键词】: 智能化转型 智能化能力 战略匹配 转型绩效

【中图分类号】: F272.1 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2022) 18-0099-11

0 引言

新一代信息技术飞速发展及其与先进制造技术的加速融合, 催生了智能制造^[1]。作为一种人机(人类专家与智能机器)一体化智能系统^[2], 智能制造有助于企业在制造过程中开展分析、推理、判断、构思及决策等一系列智能活动, 能够将传统制造由自动化、信息化、数字化进一步扩展到智能化^[3]。在争夺全球制造业新一轮竞争制高点的大国战略博弈中, 美国“先进制造业领导力战略”“欧盟工业 5.0”均以智能制造作为主要抓手。作为我国制造强国建设的主攻方向, 智能制造发展对我国未来制造业全球地位提升至关重要^[4]。为此, 中华人民共和国工业和信息化部相继起草《智能制造发展规划(2016—2020 年)》(智能制造“十三

作者简介: 郑勇华(1978-), 男, 贵州道真人, 贵州民族大学传媒学院副教授, 华南理工大学工商管理学院博士研究生, 研究方向为智能制造与企业转型; 孙延明(1968-), 男, 黑龙江穆棱人, 博士, 广州大学副校长、管理学院教授、博士生导师, 研究方向为智能制造信息系统; 尹剑峰(1980-), 男, 江西永新人, 博士, 贵州民族大学商学院副教授, 研究方向为智能制造与企业转型。

基金项目: 国家自然科学基金项目(7157072); 贵州民族大学专项基金项目(GZSKLLH2019YB16)

五”规划)、《“十四五”智能制造发展规划》(征求意见稿),以加快推动智能制造发展并初显成效。据《2018年智能制造试点示范项目名单》(工信部发布)显示,我国从31个省(自治区、直辖市)92个行业类别中遴选出的智能制造试点示范项目达305个。智能制造具有高产量、高精度、高预测、低成本、高盈利回报等优势^[6],吸引众多制造企业进行智能化转型,如富士康科技集团、海尔集团公司、美的集团、格力电器等。由此,智能制造成为我国制造企业转型发展趋势^[6]。

与实践相比,制造企业智能化转型理论研究稍显滞后。目前,学者们从不同角度探讨制造企业智能化转型内涵问题^[7]。例如,Davis^[8]基于制造科学的理论视角认为,制造企业智能化转型是将传感、网络、人工智能等新一代信息技术应用于产品生产,从而引领生产装备和工艺流程智能化的过程;Mittal等^[9]进一步研究指出,智能化转型不仅意味着新一代信息技术对传统生产工艺流程的改造,而且包含产品服务及运营管理模式智能化转变。此外,也有学者对制造业智能化历程进行梳理分析,基于创新柔性^[6]、效果推理^[7]、工程师文化^[10]、价值链优化^[11]等视角对制造企业智能化转型内在机制进行探讨,却忽视了制造企业智能化转型结果。制造企业如何通过智能化转型获得较好的转型绩效?即企业智能化转型对转型绩效的作用机制是什么?这是亟待解决的重要问题,主要包括:

(1) 智能化转型对制造企业转型绩效的中介机制问题。

智能化转型对制造企业转型绩效的作用路径机制是什么?李婉红、王帆^[12]实证研究发现,成本粘性在智能化转型与制造企业绩效间起部分中介作用。但已有研究存在解释力不足的问题,作为一种新型制造模式,制造企业只有具备一定智能化能力,才能成功实现智能化转型并取得良好的转型绩效。为此,本文基于企业能力理论视角,通过引入智能化能力的中介机制,对制造企业智能化转型影响转型绩效的内在作用机制提出新的理论解释,即智能化能力是智能化转型作用于制造企业转型绩效的潜在有效中介路径吗?

(2) 战略匹配的调节效应问题。

作为制造企业寻求竞争优势,以获取流程能力与管理政策间一致性的有效策略^[13],战略匹配有助于制造企业在智能化转型过程中整合相关资源,强化智能化能力,从而提升转型绩效。由此可见,战略匹配有助于强化智能化转型对制造企业智能化能力、转型绩效的作用。为此,本文通过构建战略匹配的调节机制,就智能化转型对智能化能力及转型绩效的内在作用机制作出新的理论解释。

1 文献回顾与研究假设

1.1 制造企业智能化转型对转型绩效的直接作用

智能化转型是指传统制造企业运用网络技术、人工智能技术等新一代信息技术及先进制造技术对制造装备、传统制造过程进行改造升级^[14],以达到动态感知、交互、执行,进而实现产品全生命周期智能化的过程^[6]。其本质是将新一代信息技术、人工智能技术等先进技术应用于企业经营管理全过程,以实现对产品全生命周期的实时管理与优化^[15]。随着新一代信息技术飞速发展,智能化转型已成为我国传统制造企业发展趋势,能从多个方面促进传统制造企业转型绩效提升。

(1) 智能化转型有助于制造企业通过采用人工智能和新一代信息通信技术等先进技术对产品制造全过程(设计、生产、管理、服务等)进行改造^[1],实现产品全生命周期智能化,使制造企业拥有智能感知、精准执行、精益管控和智能决策等独特功能(康志男、王海燕,2020),从而有效提升制造企业要素配置效率(王如玉等,2018)、生产效率^[16]。由此可见,智能化转型有助于提升制造企业全要素生产率,进而提升其转型绩效。

(2) 智能化转型有助于制造企业加强与客户的连接^[17],采用个性化定制和服务化延伸等方式提升制造企业精准营销能力,既

能通过满足客户个性化需求提升客户满意度^[18],又能通过“按需生产”最大限度地减少库存成本,从而提升制造企业转型绩效。

(3) 智能化转型有助于制造企业利用物联网、工业互联网等构建全产业链沟通平台^[19],通过设计、生产、销售等各环节数据互通与协同,实现与上下游企业生产要素精准对接和产能共享,从而提升制造企业转型绩效。由此可见,智能化转型有助于制造企业通过多种方式提升其经营效率与效益,从而提升其转型绩效。目前,已有实证研究发现,智能化转型能够显著正向促进制造企业绩效提升^[12]。基于以上分析,本文提出以下假设:

H₁:智能化转型正向影响转型绩效。

1.2 智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间的中介作用

参照 IT 能力^[20]、数字化能力^[21]的概念,本文将智能化能力定义为制造企业所具备的能够将新一代信息技术资源与已有其它资源或能力结合起来的动员、部署和协调能力,具体包括装备智能化能力、人员智能化能力和管理智能化能力 3 个维度。作为一种新型制造模式,智能制造是人机(人类专家与智能机器)一体化智能系统,旨在通过人与智能机器合作帮助制造企业逐步实现产品全生命周期经营管理活动智能化。在智能制造背景下,智能化转型成为我国制造企业未来发展趋势,既能给我国传统制造企业带来新机遇,也可能带来重大挑战。鉴于我国制造企业智能化水平参差不齐^[12],不同制造企业在智能化转型过程中取得的转型绩效也大不相同。由此,在智能化转型过程中,有效提升智能化水平成为传统制造企业实现智能制造以获取良好转型绩效的关键。依据企业能力理论,在智能化转型战略的推动下,制造企业所具备的智能化能力有助于其将新一代信息技术资源与已有其它资源或能力结合起来,通过加强智能装备投入、人员智能化能力培养及管理模式智能化转变等方式,有效提升其智能化水平,从而提升其转型绩效。由此,本文提出如下假设:

H₂:智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间发挥中介作用。

(1) 装备智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系中的中介作用。装备智能化能力是指制造企业具备将传感、网络、人工智能等新一代信息技术应用于生产装备,使其具有感知、学习、分析、决策、执行和控制能力的的能力^[15]。智能装备是信息技术、智能技术和先进制造技术的集成与深度融合。智能装备投入与升级是确保制造企业实现智能化转型的基本条件^[22],装备智能化是制造企业智能化的集中体现。由此,在智能化转型战略推动下,制造企业利用装备智能化能力将具有分析、感知、决策功能的基本结构单元和软件系统嵌入传统装备中,从而实现传统装备智能化。由此,制造企业可以利用智能装备处理生产活动中的各种问题,实施相对完整的智能制造活动并大幅提升企业生产效率,从而提升转型绩效。由此可见,装备智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系中起重要中介作用。基于以上分析,本文提出以下子假设:

H_{2a}:装备智能化能力在智能化转型与转型绩效关系间发挥中介作用。

(2) 人员智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间的中介作用。人员智能化能力是指制造企业具备有效提升人员智能化知识水平、技能水平,以及在工作中使用智能装备的能力。相比于一般活动中的劳动力,制造企业智能化转型过程中需要人员运用知识、经验、技术等解决问题,从而确保智能制造稳定运行^[23]。由此,在智能化转型战略推动下,制造企业通过加强智能化专业人才培养,以及对人员的智能化知识与技能培训,确保企业人员在工作中能够有效使用智能装备,成功实现企业经营管理活动智能化,提升转型绩效。由此可见,人员智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间发挥中介作用。基于以上分析,本文提出以下假设:

H_{2b}:人员智能化能力在智能化转型与转型绩效关系间发挥中介作用。

(3) 管理智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间的中介作用。管理智能化能力是指制造企业具备将智能技术应

用于管理活动,构建基于智能技术的全面管理体系,在设计、生产、管理、服务等各环节实现智能化管理的能力。智能化转型是制造企业基于新一代信息技术,对产品全生命周期进行实时管理与优化的过程。智能化转型离不开科学、高效的管理体系。由此,在智能化转型战略推动下,制造企业凭借管理智能化能力,从产品设计到销售服务各阶段进行实时监控和精益化管理,进而有效提高制造企业经营管理活动效率与效益^[17],最终提升转型绩效。由此可见,管理智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系中起重要中介作用。基于以上分析,本文提出以下假设:

H_{2c}:管理智能化能力在智能化转型与转型绩效关系间发挥中介作用。

1.3 战略匹配在制造企业智能化转型与转型绩效关系中的调节作用

企业战略与内部资源、能力及外部环境等匹配问题是战略管理研究领域的核心问题。基于企业组织与环境视角,战略匹配可分为企业内部各战略间的微观匹配,以及企业组织与外部环境间的宏观匹配。作为企业战略实施等相关经营行为是否协调的重要衡量指标,战略匹配不仅是指企业所有经营行为的一致性和协同性,而且是指企业竞争优势的可持续性^[24]。Venkatraman^[25]指出,战略匹配的意义在于使企业战略与经营环境保持协调一致性,并定义了6种匹配模式,其中一种就是调节模式,即企业战略与其它变量的交互效应会对企业绩效产生影响。战略匹配旨在企业通过一系列活动实现其内部各种战略特征协同^[26]。依据战略匹配理论,企业战略与企业智能化转型的匹配程度对于转型绩效至关重要^[27]。智能化转型只有与企业战略高度契合,才能为制造企业带来投资回报和战略收益。由此可见,作为企业智能化转型与企业现有可利用资源、整体经营战略等一致性程度的集中体现,战略匹配在智能化转型与转型绩效关系中起重要调节作用,战略匹配度越高,智能化转型对转型绩效的促进作用就越大。基于以上分析,本文提出如下假设:

H₃:战略匹配正向调节制造企业智能化转型与转型绩效间的关系。

1.4 战略匹配在制造企业智能化转型与智能化能力关系中的调节作用

企业战略是企业发展战略、竞争战略、资源开发战略等的统称,决定企业经营理念、方向、规模与远景目标等。企业战略主要由企业经营范围、资源配置、协同作用和竞争优势4个因素组成。Porter^[28]率先提出战略匹配的观点,发现企业基于经营领域选择而获取的竞争优势易于被复制,由此,企业必须基于其经营领域建立有助于各项经营活动协同作用的机制,这一机制被称为匹配。战略匹配是指企业竞争优势与相应管理政策及流程能力间的一致性^[29]。战略匹配是确保企业战略成功实施以及构建企业竞争优势的关键。在制造企业智能化转型中,企业战略与智能化转型间的有效匹配既有利于内部各类组织或管理要素之间发挥协同效应,也有利于制造企业通过资源配置有效使用资源,进而促进智能化能力的提升。由此可见,战略匹配在制造企业智能化转型与智能化能力关系中起重要调节作用,具体包括:

(1)战略匹配在制造企业智能化转型与装备智能化能力关系中的调节作用。在企业智能化转型中,智能装备投入与升级是制造企业实现装备智能化的关键^[30],而这与企业的技术开发战略、资源开发战略等企业战略密切相关。当企业战略与智能化转型目标一致时,制造企业会加强智能化技术开发与应用,并加大相关资源投入,努力将智能化技术嵌入传统装备中,对传统制造装备进行智能化升级,进而提升制造企业装备智能化能力。由此可见,战略匹配能进一步强化制造企业智能化转型对装备智能化能力的促进作用。基于以上分析,本文提出以下假设:

H_{4a}:战略匹配正向调节制造企业智能化转型与装备智能化能力间的关系。

(2)战略匹配在制造企业智能化转型与人员智能化能力关系中的调节作用。在企业智能化转型中,企业战略与智能化转型目标间的有效匹配对制造企业人员智能化能力具有促进作用^[31]。当制造企业战略与智能化转型目标一致时,制造企业通过招聘智能化专业领域高端人才,并对企业人员进行智能化知识与技能培训,不断优化企业人才资源,从而有效提升制造企业人员智能化

能力。由此可见，战略匹配能够进一步强化制造企业智能化转型对人员智能化能力的促进作用。基于以上分析，本文提出以下假设：

H_{6b}: 战略匹配正向调节制造企业智能化转型与人员智能化能力间的关系。

(3) 战略匹配在制造企业智能化转型与管理智能化能力关系中的调节作用。企业智能化转型有助于制造企业将智能化技术与企业管理高度融合，从而提升制造企业管理智能化能力。这一关系受战略匹配的影响，当企业战略与智能化转型目标一致时，制造企业会将智能技术与内部管理系统之间的匹配性或适应性作为战略选择目标^[32]，并积极将智能技术应用于企业管理活动中，推动企业管理模式及各环节管理流程(如设计、生产、管理、服务等)智能化变革，从而提升制造企业管理智能化能力。由此可见，战略匹配可以进一步强化制造企业智能化转型对管理智能化能力的促进作用。基于以上分析，本文提出以下假设：

H_{6c}: 战略匹配正向调节制造企业智能化转型与管理智能化能力之间的关系。

1.5 战略匹配在制造企业智能化转型与转型绩效关系中的调节作用

在假设 H₂ 基础上，本文进一步推测，智能化转型与智能化能力及转型绩效的关系会受战略匹配的调节：当战略匹配程度高时，制造企业会加速智能化转型，努力配置资源以强化智能化能力，从而提升转型绩效；当战略匹配程度低时，企业战略、资源与智能化转型目标间的一致性程度较低，制造企业在智能化转型相关资源投入方面也不够积极，导致智能化能力不强，转型绩效提升程度受限。由此可见，战略匹配在制造企业智能化转型对转型绩效的间接影响过程中起正向调节作用，具体包括：

(1) 战略匹配在智能化转型通过装备智能化能力影响转型绩效过程中的调节作用。战略匹配能够进一步强化制造企业智能化转型对装备智能化能力的促进作用，通过提升装备智能化能力促进转型绩效提升，即战略匹配程度越高，制造企业在智能化转型过程中，越会积极配置资源以促进智能装配投入与升级，进而有效提升企业装备智能化能力，最终提升转型绩效。基于以上分析，本文提出以下假设：

H_{5a}: 战略匹配正向调节智能化转型通过装备智能化能力对转型绩效的间接影响。

(2) 战略匹配在智能化转型通过人员智能化能力影响转型绩效过程中的调节作用。战略匹配能够进一步强化制造企业智能化转型对人员智能化能力的促进作用，通过提升人员智能化能力促进转型绩效提升，即战略匹配程度越高，制造企业在智能化转型过程中越会加强智能化领域专业人才招聘，以及对人员的智能化知识与技能培训^[33]，有效提升企业人员智能化能力，从而提升转型绩效。基于以上分析，本文提出以下假设：

H_{5b}: 战略匹配正向调节智能化转型通过人员智能化能力对转型绩效的间接影响。

(3) 战略匹配在智能化转型通过管理智能化能力影响转型绩效过程中的调节作用。战略匹配能够进一步强化制造企业智能化转型对管理智能化能力的促进作用，通过提升管理智能化能力促进转型绩效提升，即战略匹配程度越高，制造企业在智能化转型过程中越会主动将智能技术应用于管理活动以实现管理变革，通过提升企业管理智能化能力促进企业管理效率提升，最终提升转型绩效。基于以上分析，本文提出以下假设：

H_{5c}: 战略匹配正向调节智能化转型通过管理智能化能力对转型绩效的间接影响。

基于以上分析，本文基于智能化转型视角，通过引入智能化能力的中介机制与战略匹配的调节机制，探讨制造企业智能化转型对转型绩效的作用机制。为此，本文构建研究理论框架，如图 1 所示。

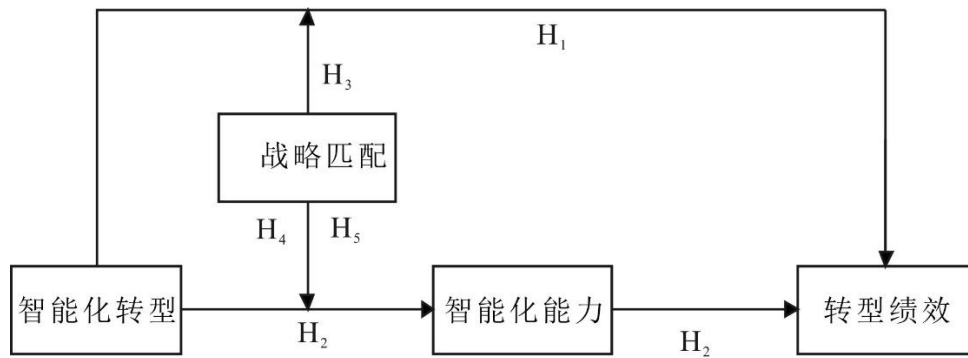


图 1 理论框架

2 研究设计

2.1 研究样本与数据收集

本文以 2018 年北京、广东、山东、江苏、上海、安徽、重庆、贵州等 8 个地区工业互联网试点示范项目企业为研究对象，针对上述企业智能化项目团队负责人或中高层管理人员进行问卷调研。在问卷收集过程中，为了避免同源偏差问题，本研究采用纵向研究设计，分两阶段发放调研问卷，并在问卷中设置反向题项。第一，采用电子邮件和电话形式与各企业人力资源部及智能化项目负责人联系，详细解释研究意图，消除被调研者的心理顾虑，并邀请其加入课题调研微信群；第二，在课题调研微信群中随机抽取 300 人进行问卷发放；第三，2020 年 3 月发放第一阶段问卷，问卷内容包含企业规模、企业类型、企业性质、企业年龄、智能化转型相关信息，收回问卷 273 份。第二阶段问卷一个月后发放，调研内容包含战略匹配、智能化能力和转型绩效相关信息，回收问卷 240 份。调研完成后，对问卷进行分类整理，剔除无效问卷后得到有效问卷 234 份，有效回收率 78%。样本特征如表 1 所示。

表 1 样本基本特征

名称	类别	数量	占比 (%)	名称	类别	数量	占比 (%)
企业规模	500 以下	63	26.9	行业	汽车/轮船/工程机械/航空航天	25	10.7
	500~1000 人	81	34.6		消费品/零售/服装/家具/贸易	87	37.2
	1000~2000 人	63	26.9		通信/家电/网络设备/计算机	60	25.6
	2000~5000 人	17	4.3		交通运输/物流仓储/化工	22	9.4
	5000 人以上	10	4.2		其它	40	17.1
企业性质	国有	24	10.1	企业年龄	5 年以下	19	8.1
	民营	41	18.0		5~10 年	60	25.6
	合资	63	27.1		10~15 年	97	41.5
	外资	73	30.3		15~20 年	50	21.4

	其它	33	13.6		20 年以上	8	3.4
--	----	----	------	--	--------	---	-----

2.2 变量测量

本研究量表采用 Likert5 点量表, 1~5 分别代表“完全不符合”到“完全符合”。

(1) 自变量: 智能化转型(AU)。

鉴孟凡生、赵刚^[6]的研究成果, 结合制造企业智能化转型实际情况, 制造企业智能化转型量表共设置如下 4 个题项: “我们对智能化转型的意愿” “我们为推动智能化转型采取的实际行动” “我们推动关键设备和关键环节智能化” “我们大部分人员支持智能化转型”。本研究中, 该量表 Cronbach's α 信度系数为 0.902。

(2) 因变量: 转型绩效(BP)。

借鉴张怀英等^[34]的研究成果, 转型绩效测量量表共设置如下 3 个题项: “与智能化转型前相比, 我们公司拥有更高销售额增长”、“与智能化转型前相比, 我们公司拥有更高利润增长”、“与智能化转型前相比, 我们公司拥有更高市场份额增长”。本研究中, 该量表 Cronbach's α 信度系数为 0.867。

(3) 中介变量: 智能化能力分为装备智能化能力(AEA)、人员智能化能力(APA)、管理智能化能力(AMA)。

针对智能化能力的测量, 在参考 IT 能力^[35]和大数据应用能力^[36]测量量表的基础上, 本研究结合智能制造项目具体情境设计测量指标, 并邀请智能制造项目业界专家对量表进行研讨。结合智能制造项目运营情况对题项相关表述进行修订后再进行预调研, 并根据因子分析和 CITIC 值删减问卷题项, 问卷题项及引用来源如表 2 所示。

(4) 调节变量: 战略匹配(SM)。

借鉴 Kearns & Sabherwal^[37]研究成果, 企业战略匹配测量量表共设置 4 个题项: “我们公司智能化转型计划符合企业使命、目标和战略” “我们公司智能化转型计划包含具体量化的考核指标” “智能化转型能够支持我们公司发展方向” “我们公司优先考虑智能化转型对转型绩效的影响”。本研究中, 该量表 Cronbach's α 信度系数为 0.893。

(5) 控制变量。

参照相关研究, 本研究选取有可能对企业智能化转型产生影响的企业规模(Size)、行业类型(Type)、企业性质(Nat)和企业年龄(Year)作为控制变量, 采用 Likert5 级度量法进行打分。

表 2 智能化能力测量量表题项

维度	题项	题项表述	荷载	Cronbach's α	CR	AVE
AEA	1	我们公司智能装备具有良好的兼容性	0.815	0.839	0.894	0.679
	2	我们公司智能装备具有良好的连接线	0.827			

	3	我们公司智能装备具有良好的安全性	0.782			
	4	我们公司智能装备具有良好的感知性	0.870			
APA	1	我们公司人员能够运用智能技术应对日常工作	0.893	0.837	0.894	0.679
	2	我们公司人员能及时解决遇到的智能化技术问题	0.805			
	3	我们公司人员工学习智能化技术的能力较强	0.770			
	4	我们公司人员能及时把自己融入智能化各环节中	0.822			
AMA	1	we 公司有相应智能化管理制度	0.771	0.830	0.897	0.686
	2	we 公司有专门智能化管理组织	0.846			
	3	我们公司能有效协调人机物之间的关系	0.865			
	4	我们公司能有效实现管理透明化和可视化	0.827			

2.3 共同方法偏差检验

本研究采用 Harman 单因子检验法对问卷中的 6 个变量 23 个题项进行因子分析，在未旋转情况下得到第一主成分 32.007%，低于 50%的判定标准，表明本研究同源性误差在可接受范围之内。

2.4 区分效度检验

本研究采用验证性因子法检验各变量间的区分效度，分别比较单因子模式、二因子模型、三因子模型、四因子模型、五因子模型和六因子模型，结果见表 3。六因子模型的拟合指数 $\chi^2/df=1.239$, RMSEA=0.032, RMR=0.035, CFI=0.984, TLI=0.98, 明显优于其它模型，6 个变量之间的区分效度良好。综上表明，本研究变量数据同源偏差得到有效控制。

3 实证结果分析

3.1 描述性统计与相关系数

相关变量均值、标准差和相关系数如表 4 所示。由表 4 分析可知，智能化转型与转型绩效显著正相关($r=0.338, p<0.001$)；装备智能化能力与转型绩效显著正相关($r=0.457, p<0.001$)，人员智能化能力与转型绩效显著正相关($r=0.352, p<0.001$)，管理智能化能力与转型绩效显著正相关($r=0.446, p<0.001$)；智能化转型与装备智能化能力显著正相关($r=0.217, p<0.01$)，智能化转型与人员智能化能力显著正相关($r=0.189, p<0.01$)，智能化转型与管理智能化能力显著正相关($r=0.245, p<0.01$)；战略匹配与管理智能化能力显著正相关($r=0.142, p<0.01$)。

表 3 验证性因子分析结果

模型	χ^2/df	RMSEA	RMR	CFI	TLI
六因子模型：BP;AU;AEA;APA;AMA;SM	1.239	0.032	0.035	0.984	0.982

五因子模型：BP;AU;AEA+APA;AMA;SM	3.079	0.094	0.079	0.862	0.841
四因子模型：BP;AU;AEA+APA+AMA;SM	4.093	0.115	0.079	0.790	0.763
三因子模型：BP+AU;AEA+APA+AMA;SM	5.010	0.131	0.090	0.725	0.694
二因子模型：BP+AU+AEA+APA+AMA;SM	6.972	0.160	0.105	0.674	0.631
一因子模型：BP+AU+AEA+APA+AMA+SM	9.428	0.190	0.145	0.413	0.355

注：“+”表示两个因子合并为一个因素

表4 各变量均值、标准差与相关系数

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Size	1									
2. Nat	0.166*	1								
3. Type	0.044	-0.042	1							
4. Year	-0.060	-0.083	0.051	1						
5. BP	-0.036	0.020	0.138*	-0.052	1					
6. AU	-0.016	0.071	-0.017	0.061	0.338***	1				
7. AEA	0.019	-0.026	0.111	0.045	0.457***	0.217**	1			
8. APA	-0.092	0.033	0.033	0.046	0.352***	0.189**	0.481***	1		
9. AMA	-0.040	0.072	0.069	-0.026	0.446***	0.245***	0.521***	0.373***	1	
10. SM	0.053	-0.084	-0.040	-0.091	0.089	-0.086	0.077	0.149*	0.093*	1
均值	2.270	3.210	2.850	2.860	3.510	3.863	3.931	3.041	3.152	3.555
标准差	1.069	1.192	1.249	0.958	0.861	0.813	0.766	0.841	0.888	0.836

注：*、**、***分别表示在 P<0.05、P<0.01、P<0.001 的水平上显著相关，下同

3.2 假设检验

3.2.1 全模型检验

根据既有研究，企业规模、企业性质、行业类型和企业年龄对转型绩效会产生影响。因此，在假设检验模型中，本文控制以上变量对转型绩效的影响。此外，由相关系数表可知，转型绩效与行业类型显著相关。本研究借鉴占小军等的检验方法，采用

MPLUS7.4 软件对智能化转型、智能化能力(装备智能化能力、人员智能化能力、管理智能化能力)与转型绩效的关系进行检验。模型验证性拟合检验结果如下： $\chi^2/\lambda=1.203<3$, CFI=0.984>0.9, TLI=0.982>0.9, SRMR=0.042<0.05, RMSEA=0.029<0.08。参考王孟成(2014)提出的 MpLus 模型拟合指标及评价标准可以判定，该模型拟合指标良好。

表 5 理论模型路径系数及检验结果

路径	标准化路径系数	S. E.	st. /S. E.	P 值	路径显著性
Size→BP	-0.026	0.057	-0.0463	0.643	不显著
Nat→BP	-0.008	0.064	-0.130	0.896	不显著
Type→BP	0.107	0.062	1.723	0.085	不显著
Year→BP	-0.087	0.060	-1.446	0.148	不显著
AU→BP	0.231	0.064	3.614	***	显著
AEA→BP	0.266	0.093	2.847	0.004	显著
APA→BP	0.114	0.083	1.373	0.170	不显著
AMA→BP	0.234	0.083	2.809	0.005	显著
AU→AEA	0.245	0.072	3.398	0.001	显著
AU→APA	0.217	0.070	3.128	0.002	显著
AU→AMA	0.273	0.073	3.715	***	显著

由表 5 可知，在引入 4 个控制变量后，智能化转型对转型绩效影响的标准化路径系数值为 $\beta=0.231$ ，显著性水平为 $p<0.001$ ，假设 H₁ 得到支持；装备智能化能力对转型绩效影响的标准化路径系数值 $\beta=0.266$ ，显著性水平为 $p<0.01$ ；人员智能化能力对转型绩效影响的标准化路径系数值 $\beta=0.114$ ，显著性水平为 $p>0.05$ ；管理智能化能力对转型绩效影响的标准化路径系数值 $\beta=0.234$ ，显著性水平为 $p<0.01$ ；智能化转型对装备智能化能力影响的标准化路径系数值 $\beta=0.245$ ，显著性水平为 $p<0.01$ ；智能化转型对人员智能化能力影响的标准化路径系数值 $\beta=0.217$ ，显著性水平为 $p<0.01$ ；智能化转型对管理智能化能力影响的标准化路径系数值 $\beta=0.273$ ，显著性水平为 $p<0.001$ 。

3.2.2 多重中介效应检验

采用 Bootstrap 方法进行中介效应的显著性检验，采用 MPLUS7.4 软件重复抽样 1000 次，检验结果见表 6。由表 6 可知，智能化转型通过装备智能化能力对转型绩效的中介作用 ($\beta=0.063$, $p<0.05$)95%的置信区间[0.016, 0.136]不包含 0, H_{2a} 得到验证；智能化转型通过人员智能化能力对转型绩效的中介作用 ($\beta=0.025$, $p=0.225>0.05$)95%的置信区间[-0.005, 0.080]包含 0, H_{2b} 未得到验证；智能化转型通过管理智能化能力对转型绩效的中介作用 ($\beta=0.067$, $p<0.05$)95%的置信区间[0.018, 0.138]不包含 0, H_{2c} 得到验证。此外，总效应估计值为 0.361, 总中介效应估计值为 0.130。

表 6 智能化转型与转型绩效之间的中介效应显著性检验结果

路径	Bootstrap(95%的置信区间)				P
	Effect	S. E.	LLCI	UPCI	
直接效应: AU→BP	0.231	0.064	0.100	0.366	***
间接效应 1: AU→AEA→BP	0.063	0.030	0.016	0.136	0.030
间接效应 2: AU→APA→BP	0.025	0.020	-0.005	0.080	0.225
间接效应 3: AU→AMA→BP	0.067	0.030	0.018	0.138	0.032
总效应	0.361	——	——	——	——

3.2.3 调节效应检验

由上一步中介效应分析可知, 人员智能化能力的中介效应未得到验证, 故对应的调节效应不作分析。进一步运用 MPLUS7.4 软件检验战略匹配的调节效应和被调节的中介效应, 为避免多重共线性问题, 对所有变量进行中心化处理, 结果显示, 该模型验证性拟合指标良好: $\chi^2/\lambda=1.063<3$, CFI=0.989>0.9, TLI=0.986>0.9, SRMR=0.022<0.05, RMSEA=0.021<0.08。智能化转型与战略匹配的交互作用对装备智能化能力具有正向影响 ($\beta=0.318, p<0.001$), 即智能化转型和战略匹配在促进制造企业装备智能化能力提升方面具有互补作用, H_{4a} 得到验证; 智能化转型与战略匹配的交互作用对管理智能化能力具有正向影响 ($\beta=0.400, p<0.001$), 即智能化转型和战略匹配在促进制造企业管理智能化能力提升方面具有互补作用, H_{4c} 得到验证; 智能化转型与战略匹配的交互作用对转型绩效有正向影响 ($\beta=0.189, p<0.05$), 即智能化转型和战略匹配在促进转型绩效提升方面具有互补作用, H_5 得到验证。

为了直观地揭示战略匹配的调节效应, 本文根据调节效应验算数据绘制战略匹配对智能化转型与装备智能化能力关系的调节效应图(见图 2)、战略匹配对智能化转型与管理智能化能力关系的调节效应图(见图 3), 以及战略匹配对智能化转型与转型绩效关系的调节效应图(见图 4)。由图 2 可知, 高战略匹配情况下直线斜率显著大于低战略匹配情况下的直线斜率, 表明战略匹配程度越高, 智能化转型越能促进制造企业装备智能化能力提升。由图 3 可知, 战略匹配程度越高, 智能化转型越能促进制造企业管理智能化能力提升。由图 4 可知, 战略匹配程度越高, 智能化转型越能促进转型绩效提升。

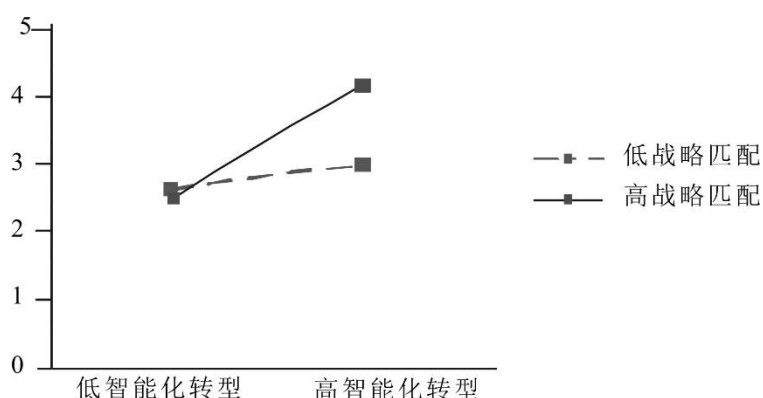


图 2 战略匹配对智能化转型与装备智能化能力的调节效应

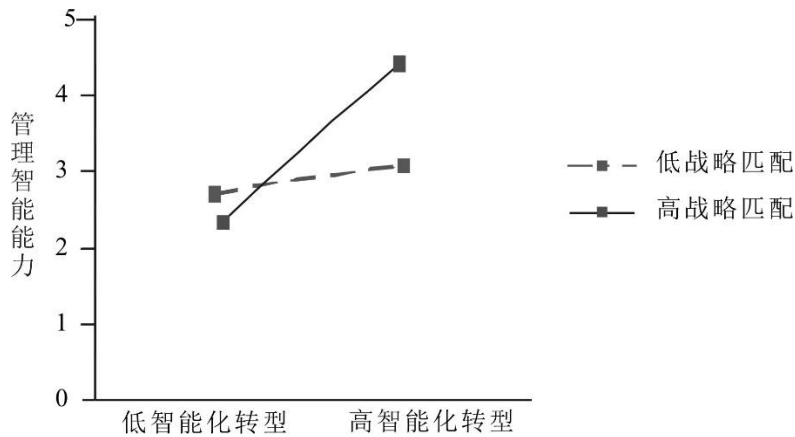


图3 战略匹配对智能化转型与管理智能化能力的调节效应

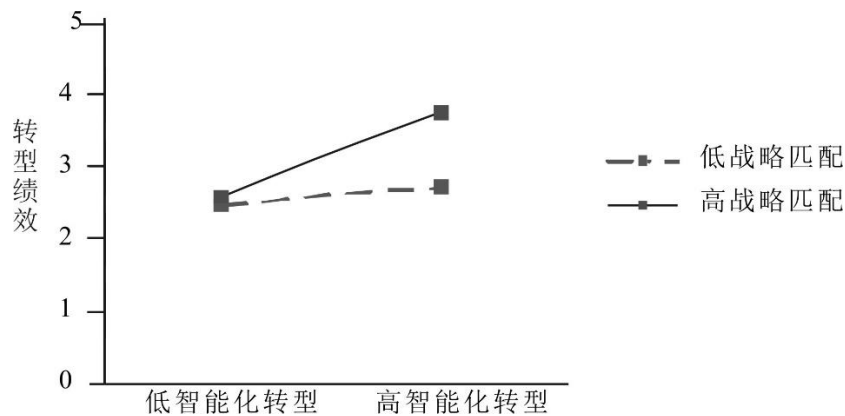


图4 战略匹配对智能化转型与转型绩效的调节效应

3.2.4 被调节的中介效应检验

由表7可知,在战略匹配分别为低值和高值情况下,智能化转型通过装备智能化能力影响转型绩效的间接效应分别为0.061和0.195,95%置信区间分别为[0.003,0.023]和[0.108,0.309],均不包含0,表明战略匹配能够正向调节装备智能化能力的中介作用,假设 H_{5a} 得到验证。智能化转型通过管理智能化能力影响转型绩效的间接效应分别为0.060和0.202,95%置信区间分别为[-0.142,0.013]和[0.110,0.312]。由此可见,调节变量战略匹配在不同取值情况下,间接效应95%的置信区间一个包含0,而另一个不包含0,无法对被调节的中介效应作出判断。因此,参照Hayes^[38]的方法作进一步判断,即采用高战略匹配的间接效应减去低战略匹配的间接效应(结果为0.142),利用MPLUS软件计算差值的95%置信区间为[0.127,0.436],不包含0,表明战略匹配能够正向调节管理智能化能力的中介作用,假设 H_{5c} 得到验证。

4 结语

4.1 研究结论

(1)智能化转型对制造企业绩效具有正向促进作用。智能化转型有助于制造企业整体智能化程度提升,通过促进产品销售额、利润和市场份额增加等方式,促进制造企业绩效提升。显然,智能化转型已成为制造企业绩效提升的主要方式。

表 7 被调节的中介效应分析结果

战略匹配	效应	95%置信区间	
		LLCI	ULCI
智能化转型→装备智能化能力→转型绩效			
低战略匹配	0.061	0.003	0.023
高战略匹配	0.195	0.108	0.309
智能化转型→管理智能化能力→转型绩效			
低战略匹配	0.060	-0.142	0.013
高战略匹配	0.202	0.110	0.312

(2) 智能化能力在智能化转型与制造企业转型绩效关系间起部分中介作用，即装备智能化能力、管理智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间起中介作用。其中，装备智能化能力有助于制造企业加强智能装备投入，实现从局部智能化向智能工厂进化，提升企业生产效率和效益，最终提升企业转型绩效；管理智能化能力有助于制造企业借助智造管理系统或云平台进行内外部资源智能化管理，进而提升转型绩效。然而，人员智能化能力在制造企业智能化转型与转型绩效关系间的中介作用不显著，一方面可能与我国制造企业正处于智能化转型初级阶段有关；另一方面智能化专业人才培养是一个长期过程，需要企业持续投入资金，而智能化人才异质性较大，会削弱制造企业对智能化人才的培养意愿^[39]。

(3) 战略匹配在智能化转型与制造企业转型绩效关系中起正向调节作用。依据战略匹配理论，战略与智能化转型间的匹配程度对于制造企业转型绩效至关重要。在智能制造背景下，企业战略与智能化转型契合度越高，越有助于制造企业加大资源投入以加速智能化转型，采用人工智能和新一代信息通信技术等先进技术对产品制造全过程(设计、生产、管理、服务等)进行改造，实现产品全生命周期智能化，通过提升制造企业全要素生产率促进转型绩效提升。

(4) 战略匹配在制造企业智能化转型与智能化能力关系中起部分正向调节作用。本文发现，战略匹配在智能化转型与装备智能化能力、管理智能化能力关系中起正向调节作用。企业战略与智能化转型之间的匹配度越高，越有利于企业内部组织或管理要素间协同效应发挥，就越有利于制造企业通过资源配置有效使用资源以形成特殊能力。由此，当企业战略与智能化转型目标一致时，制造企业会加大智能化技术开发与应用力度，从而有效提升其装备智能化能力。同时，制造企业会积极推动管理模式及各环节管理流程智能化变革，从而有效提升其智能化管理能力。然而，战略匹配在智能化转型与人员智能化能力关系中的调节作用不显著。

(5) 战略匹配正向调节装备智能化能力和管理智能化能力的中介作用。在制造企业智能化转型过程中，企业战略与智能化转型匹配度越高，越有助于制造企业通过加大智能装备投入促进管理模式及各环节管理流程智能化变革，进而促进装备智能化能力、管理智能化能力及转型绩效提升。

4.2 理论贡献

(1) 本文基于企业能力理论视角，构建智能化能力在智能化转型与转型绩效关系间的中介机制，实证检验发现，智能化能力在智能化转型与转型绩效关系间起部分中介作用。

(2) 本文探讨战略匹配在智能化转型与转型绩效关系中的调节机制, 实证研究发现, 战略匹配在智能化转型与转型绩效关系中起正向调节作用, 就智能化转型对转型绩效的内在作用机制作出了一定的理论解释。同时, 构建战略匹配在智能化转型与智能化能力关系中的调节机制, 实证检验发现, 战略匹配正向调节智能化转型通过装备智能化能力、管理智能化能力对转型绩效的促进作用, 就智能化转型对转型绩效的内在作用机制作出了一定的理论解释。

4.3 管理启示

(1) 传统制造企业要积极拥抱智能化转型, 消除对智能化转型的排斥和观望态度。为此, 制造企业高管要把智能化转型纳入自身发展规划, 优化智能化转型信息基础设施, 主动争取企业外部资源(如政府支持、工业互联网平台企业等), 从而全方位推动制造企业智能化转型。

(2) 智能化能力是制造企业通过智能化转型提升转型绩效的重要一环。制造企业要根据行业特点、市场需求和企业实际情况, 探索可行的智能化信息基础实施(如物联网、工业互联网平台、5G 等) 和智能装备资源(如智能机器人、智能传感器等) 建设路径。同时, 制造企业应根据智造全流程无缝衔接的特点, 构建适应智能制造发展的智造管理体系和智造平台(如智能生产系统、智能管理系统、智能产品系统、工业 APP 等)。

(3) 制造企业要善于将自身战略与智能化转型目标进行有效匹配, 强化顶层设计, 明确智能化转型目标和路线, 如基础设施战略、人才战略、技术战略、市场开发战略应围绕智能化转型目标展开, 发挥企业内部各类组织或管理要素间的协同效应, 有效提升制造企业智能化能力, 从而提升转型绩效。

4.4 研究局限性

(1) 本文研究对象为国家工信部遴选的工业互联网试点示范项目企业, 结论的普适性可能受一定程度的限制。

(2) 本研究仅关注智能化能力对转型绩效的影响, 未从其它层面探讨智能化转型对转型绩效的内在作用机理和边界条件。未来研究可基于动态学习能力、数据赋能等视角, 进一步探究智能化转型对转型绩效的内在作用机制问题, 以丰富该领域研究成果。

(3) 受调研客观条件限制, 转型绩效测量数据的主观性仍难以避免, 期待后续研究结合财务报表作进一步完善。

参考文献:

[1]XU Y,SUN Y M,LIU X L,et al.A digital-twin-assisted fault diagnosis using deep transfer learning[J].IEEE Access,2019,7:19990-19999.

[2]ROMERO D,JARDIM-GONCALVES R,GRILLO A.Factories of the future:challenges and leading innovations in intelligent manufacturing[J].International Journal of Computer Integrated Manufacturing,2017,30(1):1-3.

[3]SHAN S Q,WEN X,WEI Y G,et al.Intelligent manufacturing in industry 4.0:a case study of Sany heavy industry[J].Systems Research and Behavioral Science,2020,37(4):679-690.

[4]高柏, 朱兰. 从“世界工厂”到工业互联网强国: 打造智能制造时代的竞争优势[J]. 改革, 2020, 33(6):30-43.

-
- [5]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,2021,37(3):161-179,225,11.
- [6]孟凡生,赵刚.中国制造企业创新柔性 with 智能化转型关系的实证研究:基于商业模式创新和环境动态性的中介调节效应[J].预测,2018,37(6):1-8.
- [7]王影,张宏如,梁祺.效果推理对制造企业智能化转型的影响机制研究[J].研究与发展管理,2021,33(1):27-38.
- [8]DAVIS J,EDGAR T,PORTER J,et al.Smart manufacturing,manufacturing intelligence and demand-dynamic performance[J].Computers & Chemical Engineering,2012,47:145-156.
- [9]MITTAL S,KHAN M A,ROMERO D,et al.Smart manufacturing:characteristics,technologies and enabling factors[J].Journal of Engineering Manufacture,2019,233(5):1342-1361.
- [10]吴阳,仝端哲.工程师文化对企业智能化转型的作用机制:一项基于多案例研究的探索[J].中国人力资源开发,2018,35(4):151-162.
- [11]尹华,余昊,谢庆.基于价值链优化的制造企业智能化转型升级研究[J].中国科技论坛,2021,37(3):113-122.
- [12]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,2020,39(12):1-19.
- [13]LUO YD,PARK S H.Strategic alignment and performance of market-seeking MNCs in China[J].Strategic Management Journal,2001,22(2):141-155.
- [14]ZHONG R Y,XU X,KLOTZ E,et al.Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0:a review[J].Engineering,2017,3(5):616-630.
- [15]陈旭升,梁颖.双元驱动下智能制造发展路径:基于本土制造企业的多案例研究[J].科技进步与对策,2020,37(10):71-80.
- [16]ZISSIS G.Industrial automation:a cornerstone shaping industry 4.0 president's message[J].IEEE Industry Applications Magazine,2020,26(2):4-66.
- [17]李永红,王晟.互联网驱动智能制造的机理与路径研究:对中国制造 2025 的思考[J].科技进步与对策,2017,34(16):56-61.
- [18]GIRET A,GARCIA E,BOTTI V.An engineering framework for service-oriented intelligent manufacturing systems[J].Computers in Industry,2016,81:116-127.
- [19]郑勇华,孙延明,朱建华.工业互联网平台使用意愿影响因素研究:基于改进 UTAUT 模型[J].科技管理研究,2020,40(14):123-130.

-
- [20]NWANKPA J K,DATTA P.Balancing exploration and exploitation of IT resources:the influence of digital business intensity on perceived organizational performance[J].European Journal of Information Systems,2017, 26(5):469-488.
- [21]LENKA S,PARIDA V,WINCENT J.Digitalization capabilities as enablers of value co-creation in servitizing firms[J].Psychology & Marketing,2017,34(1):92-100.
- [22]孟凡生,徐野,赵刚.高端装备制造企业向智能制造转型过程研究:基于数字化赋能视角[J].科学决策,2019,26(11):1-24.
- [23]贾根良.第三次工业革命与工业智能化[J].中国社会科学,2016,37(6):87-106,206.
- [24]AVISON D,JONES J,POWELL P,et al.Using and validating the strategic alignment model[J].The Journal of Strategic Information Systems,2004,13(3):223-246.
- [25]VENKATRAMAN N,CAMILLUS J C.Exploring the concept of “fit” in strategic management[J].Academy of Management Review,1984,9(3):513-525.
- [26]CHAU D C K,NGAI E W T,GEROW J E,et al.The effects of business-IT strategic alignment and IT governance on firm performance:a moderated polynomial regression analysis[J].MIS Quarterly,2020,44(4):1679-1703.
- [27]HENDERSON J C,VENKATRAMAN H.Strategic alignment:leveraging information technology for transforming organizations[J].IBMSystems Journal,32(1):472-484.
- [28]PORTER M E.The contributions of industrial organization to strategic management[J].The Academy of Management Review,1981,6(4):609.
- [29]L'ÉCUYER F,RAYMOND L,FABI B,et al.Strategic alignment of IT and human resources management in manufacturing SMEs[J].Employee Relations:the International Journal,2019,41(5):830-850.
- [30]LI B,CHEN R S,LIU C Y.Using intelligent technology and real-time feedback algorithm to improve manufacturing process in IoT semiconductor industry[J].The Journal of Supercomputing,2021,77(5):4639-4658.
- [31]LV L,DENG Z H,LIU T,et al.Intelligent technology in grinding process driven by data:a review[J].Journal of Manufacturing Processes,2020(58):1039-1051.
- [32]YUN J J,WON D,JEONG E,et al.The relationship between technology,business model,and market in autonomous car and intelligent robot industries[J].Technological Forecasting and Social Change,2016,103:142-155.
- [33]ESMAEEL R I,ZAKUAN N,JAMAL N M,et al.Understanding of business performance from the perspective of manufacturing strategies:fit manufacturing and overall equipment effectiveness[J].Procedia Manufacturing,2018,22: 998-1006.

-
- [34]张怀英,李璐,蒋辉.正式关系网络、企业家精神对中小企业绩效的影响机制研究[J].管理学报,2021,18(3):353-361.
- [35]BHATT G,EMDAD A,ROBERTS N,et al.Building and leveraging information in dynamic environments:the role of IT infrastructure flexibility as enabler of organizational responsiveness and competitive advantage[J].Information & Management,2010,47(7-8):341-349.
- [36]许芳,田萌,徐国虎.大数据应用能力对企业创新绩效的影响研究:供应链协同的中介效应与战略匹配的调节效应[J].宏观经济研究,2020,42(3):101-119.
- [37]KEARNS G S,SABHERWAL R.Strategic alignment between business and information technology:a knowledge-based view of behaviors,outcome,and consequences[J].Journal of Management Information Systems,2006,23(3):129-162.
- [38]HAYES A F.Anindex and test of linear moderated mediation[J].Multivariate Behavioral Research,2015,50(1):1-22.
- [39]李英杰,韩平.数字经济下制造业高质量发展的机理和路径[J].宏观经济管理,2021,37(5):36-45.