

文章编号: 1004-8308(2023)06-0060-11

DOI: 10.13581/j.cnki.rdm.20230435



智能产品制造与企业价值链分工位置攀升

唐锦玥¹, 罗守贵^{1, 2}

(1. 上海交通大学 安泰经济与管理学院, 上海 200030;

2. 上海交通大学 知识竞争力与区域发展研究中心, 上海 200030)

摘要: 随着中国经济发展进入新常态, 制造业发展面临新挑战, 智能制造被认为是重塑制造业竞争新优势的关键。基于2008—2018年上海市科技企业数据库中的制造业企业统计数据, 采用基于机器学习的文本分析方法, 构建了智能产品制造水平的度量指标。研究发现, 智能产品制造推动了企业分工位置向价值链上游移动, 结果具有稳健性。异质性分析表明, 企业所在行业的创新度或开放度越高、竞争度越低, 智能产品制造的促进效应越强。研究结论为加快建设制造强国、实现制造业产业升级和提高产业竞争力提供了理论基础和政策参考。

关键词: 智能产品; 产品创新; 价值链分工; 制造业

中图分类号: F273.1; F406; F7

文献标识码: A

0 引言

在产品或服务从生产到最终消费者使用的一系列活动中, 每个阶段都增加价值, 即构成产品或服务的价值链^[1]。价值链上的各个环节被分散在世界各地的许多公司中, 各个公司占据了价值链的不同位置。根据微笑曲线理论, 增加值向两端环节集中, 而中间环节的增加值却不断下降。中国自2001年加入WTO以来, 在全球价值链中的参与度不断增强, 在价值链中的重要性也日益提升。然而, 在全球价值链分工体系中, 大量的中国企业集中在劳动密集型产业、低端制造和组装环节, 技术水平低, 自有品牌少, 议价能力弱, 利用更低的成本来获得出口优势^[2]。同时, 随着劳动力资源优势 and 成本优势逐渐弱化, 中国企业受到来自东南亚、中东欧国家和地区的竞争压力, 在价值链中的竞争力有所弱化^[3]。因而, 对于制造业企业来说, 沿着增值阶梯向上走、从低附加值的价值链中部转移到价值链上游^[4-5], 是企业增加利润空间、提高经营绩效的有效路径, 也是发展中国家企业实现战略升级的重要轨迹^[6]。

近年来, 信息化和数字化技术快速发展, 新一代信息通信、5G、区块链、物联网、人工智能等技术不断突破, 并与先进制造业深度融合, 持续引发影响深远的产业变革。在此背景下, 智能制造(intelligent/smart manufacturing)成为各国为推动产业发展而广泛采纳的战略方向。智能制造是一种基于智能科技的新型制造模式, 充分利用先进的信息和制造技术, 极大地提高生产效率、产品质量和服务水平, 升级了典型产品的设计、生产、管理和全生命周期的集成^[7]。智能制造是直面全球产业竞争环境, 实现产业升级, 重塑制造业竞争新优势, 迎接新一轮发展中巨大挑战的有效策略。智能制造已成为实现中国制造业转型升级的重要战略, 《中国制造2025》和《“十四五”智能制造发展规划》等文件均强调要加快新一代信息技术与制造业深度融合, 推进智能制造, 促进产业转型升级, 从而实现制造业由大变强的历史跨越。智能产品(intelligent/smart product)是智能制造的重要组成部分。智能产品具有信息处理、问题反馈和决策制订的功能^[8], 由数字部分和物理部分组成, 与其他智能产品或人类进行沟通和联系, 能够学习、预测和

收稿日期: 2023-04-27; 修改日期: 2023-11-03。

基金项目: 国家自然科学基金项目“基于重大传染病空间扩散规律的公共卫生事件应急响应体系与机制研究”(72174117); 上海市软科学基地课题“上海市知识竞争力与区域发展研究”(21692181000)。

第一作者: 唐锦玥(1999—), 女, 博士研究生, 研究方向为科技创新与产业创新, tangjinyue@126.com。

通信作者: 罗守贵(1963—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为城市与区域经济发展, sgluo@sjtu.edu.cn。

独立于用户干预而行动,并对自己及其与外部实体的互动做出决策^[9]。加快发展智能产品制造,尤其是集成电路及专用装备、信息通信设备、高档数控机床和机器人等重点产品的生产,有助于不断拓展制造业新领域,推动制造业企业向价值链上游移动,重塑价值链体系及在产业竞争格局中的位置。

已有研究发现,智能制造是实现中国制造业企业提高经营绩效、实现价值链升级的有效途径。智能制造对企业效率、劳动力、经营绩效的影响受到学者的广泛关注,如YANG^[10]基于我国台湾电子行业人工智能技术创新的企业数据,发现人工智能技术显著提高了效率和就业,并改变了企业的劳动力构成,降低了低学历劳动者占比。近年来,学者对智能制造与价值链分工位置之间关系的关注也不断提高。吕文晶等^[11]采用探索性单案例研究方法,分析了海尔的COSMOPlat智能制造模式,以及通过智能生产、智能服务与智能产品转型实现全球价值链升级的路径。裘莹等^[12]通过对已有研究的理论梳理,讨论了由数据分析平台、数据要素与数字智能、模块化治理驱动的智能制造微观治理结构。也有学者采用定量分析的研究方法,对二者关系进行实证检验。刘斌与潘彤^[13]基于工业机器人数据,发现人工智能的应用通过降低贸易成本、推动技术创新、优化资源配置,显著促进了行业的全球价值链参与和分工地位提升。彭刚等^[14]发现工业机器人对全球价值链分工地位提升的促进作用在非技术密集型行业和高使用密度的行业更为显著。周洛竹等^[15]则检验了工业机器人通过提高效率、改变劳动力结构和优化产品质量,对全球价值链分工位置优化的促进作用。

尽管已有研究为理解智能制造对价值链分工位置攀升的效应提供了丰富的证据,但仍存在以下不足。①智能制造对企业的生产、经营等相关研究仍在起步阶段,目前主要关注了在生产、经营环节中的智能化制造^[13-14],缺乏对智能产品制造的效应分析。了解智能产品制造如何影响企业在价值链中的分工位置变化,是理解区域及全球产业分工的动态变化和治理模式的重要突破口。②已有研究主要探讨了机器人、人工智能的应用效果^[15-16],但是人工智能仅是智能化的组成部分,对智能化经济效果的全面研究仍然有所缺失。③已有研究主要包括对智能制造推动价值链上位置攀升的成功案例的经验总结和比较分析^[11-12],少数实证研究则集中在区域和行业层面,缺乏对微观企业层面的细致探讨^[14]。

本文基于2008—2018年上海市科技企业中的制造业企业统计数据,通过企业经营范围文本信息,参考智能制造的术语词典,基于机器学习方法构建了智能产品制造水平的衡量指标。在此基础上,采用固定效应模型,检验了智能产品制造对企业价值链分工位置攀升的影响,以及这种效应在不同创新度、竞争度、开放度的行业间的异质性。本文的研究结论为如何加快建设制造强国、抢占制造业新一轮竞争制高点、提高区域及全球产业竞争力提供了理论基础和政策参考。

1 假设提出

1.1 智能产品制造与企业价值链分工位置

智能产品制造为企业在价值链中的分工位置向上游移动提供了机遇和可能。第一,智能产品制造通过提高产品质量、增加技术复杂度和产品附加值,优化企业在价值链上的战略地位,使企业逐步向制造业高端环节延伸,进入上游分工部门^[17]。由于价值链环节中企业之间激烈的竞争,向更高技能和更高价值位置转移的活动经常受到破坏。公司会采取多种战略来创造和维持竞争优势,提高在价值链中的产品增加值和利润率^[18]。产品创新是企业创造、整合、重组和转移资源,实现竞争力提高、企业增长和高质量发展的关键途径^[19]。在智能技术快速发展的背景下,企业根据市场和创业需要,将智能技术融入生产线,对产品的生产流程以及产品性能、外观等方面进行改良,并衍生出技术含量更高、质量更高的智能产品。智能产品制造提高了产品技术含量和产品质量,使得企业在与其他企业的产品竞争中更具有竞争力,在质量竞争、差异化竞争中占据优势。这有利于企业更广泛、更深层次地参与价值链分工,进入高技术水平、高附加值的上游生产环境,实现价值链分工位置的攀升^[20]。因此,智能产品作为企业的一种具有独特性、复杂性、难以被模仿替代的比较优势,推动企业改变发展战略,进入更复杂的产品生产环节、增加单位价值,即价值链中技术水平较高、占比较大的上游部分^[21]。

第二,制造业企业对智能产品的自用,尤其是对工业机器人、云计算、信息系统等技术和设备的应用,

推动了企业从劳动密集、资本密集向知识密集、技术密集的转型,能够显著提高企业的生产率,促进价值链分工位置向上游移动^[22]。智能产品提高了企业对研发设计、加工、制造和销售等环节的数据挖掘、分析、储存和预测能力,有助于企业发现各个环节的潜在问题并及时解决,精确调整生产计划,降低企业的生产成本和管理成本^[23]。例如,由于交易的不透明,供应链上各环节容易出现延迟、低效率和人为错误^[24]。基于区块链、物联网等先进技术的自动化生产线能够优化企业的供应链管理,在生产和交付过程中跟踪商品,以确保质量和真实性,并自动遵守货运和贸易法规^[25]。这极大地降低了企业与供应商的交易成本和信息不对称,提高了供应链管理效率和质量、保障生产材料供应效率。此外,智能产品能够优化配置劳动、资本、技术等各类生产要素,提高资源配置效率,从而提高企业的生产率^[26]。生产率提高是推动企业优化价值链分工位置的重要因素,已有研究表明,生产率较低的企业更可能位于价值链位置较低的环节,而生产率的提高能够提高企业在价值链中的嵌入程度^[15],因此,智能产品能够通过提高生产率来推动企业向价值链上游攀升。

第三,智能产品制造推动了本地区的产业升级,增加了本地区产业集群尤其是与智能技术相关的集群的竞争力,对本地企业有溢出效应,带动本地产业分工向价值链上游移动。产业升级是企业层面变化的聚合结果,在集聚经济的外部性推动下,集群内单一企业或核心企业的升级能够带动当地集群的整体升级。一方面,智能产品制造提高了制造业企业的人力资本和知识库规模,对本地企业产生技术溢出效应。本地企业能够通过模仿和研究合作,将溢出的新技术运用于生产和管理流程。另一方面,智能产品制造为本地集群的中间品市场提供了高技术、高附加值、多样化的中间品,降低最终品厂商的生产成本,带来规模经济效益^[27]。因此,单一企业的智能产品制造有助于本地产业集群从生产低质量、低附加值产品转向生产高质量、高附加值的智能化、数字化产品,从“传统制造”向“智能制造”转型,完成产业升级过程^[5,28]。产业升级增加了本地集群在价值链中的议价能力和核心竞争力,形成本地集群的品牌效应,辐射带动本地企业深入参与价值链分工,有助于促进本地企业在价值链中的分工位置攀升。据此,提出如下假设。

H1 智能产品制造促进了企业价值链分工位置攀升。

1.2 行业异质性

根据组织适应理论,外部环境是影响企业战略决策的关键因素。在不同的行业中,企业的环境条件存在明显的差异。例如,高创新度的行业有更浓厚的创新氛围,有利于行业内的知识传播和技术溢出;高开放度的行业内企业间的信息渠道更为完善,有助于新产品、新技术和新观念的传播;在高竞争度的行业内,企业创新容易受到其他在位企业的打压,形成技术和产品的模仿,因而面临替代品的竞争压力。结合智能产品制造的特性,本文从行业创新度、开放度、竞争度探讨智能产品制造效应在行业间的异质性。

根据创新需求拉动理论,企业创新的动力来源于所在行业对技术创新的需求程度,需求程度越高,企业创新动力越强。创新度较高的行业中,行业技术含量较高,技术环境较好,行业内有大量的研发资金和专业技术人员投入。企业在智能产品领域开展创新成本越低,智能产品转型的动力越强^[29]。此外,智能产品具有激进创新、破坏式创新的特征,是对传统产品和传统商业模式的颠覆,并极大地影响了消费者的采用决策^[9]。创新度较高的行业对激进创新的接受度和认可度较高,新产品的市场反应较好。因此,这种行业内的企业通过智能产品制造获得的比较优势更强,价值链攀升幅度更大。创新度较低的行业中,产业增长空间有限,行业技术环境和创新接受度较差,企业普遍缺乏产品智能化的投资动机和意愿,企业通过智能产品制造所获得的收益相对较少。据此,提出如下假设。

H2 相比低创新度行业,智能产品制造对高创新度行业的企业价值链分工位置攀升促进效应更强。

影响智能产品制造经济效果的一个重要原因是技术抵制^[9]。虽然智能产品使使用企业的任务更有效、工作更容易,但使用者可能认为智能产品是一种威胁,导致他们避免使用该技术。行业的高开放度有助于新理念、新技术和新产品的传播,降低产品市场推广的阻力和风险,使智能产品更快地被市场接受。此外,企业与客户、供应商、合作伙伴等主体之间的社会网络为企业提供了了解产品市场的信息渠道,降低了企业与终端消费者之间的信息不对称,有助于企业根据市场需求缺口和消费者偏好识别市场机会,抓住潜在需求,调整智能产品的发展方向,适应动态变化的外部环境^[30]。因此,相比于开放度低的行业,

开放度高的行业中企业与其他主体紧密联系,从而更准确地识别智能产品发展方向、弥补市场空缺,通过制造智能产品获得更大的收益。据此,提出如下假设。

H3 相比低开放度行业,智能产品制造对高开放度行业的企业价值链分工位置攀升的促进效应更强。

受到行业内其他企业的竞争压力,企业会调整自己的行为以规避竞争威胁,获取更多利润,表现为逃离竞争效应。这一效应在不同行业间有所不同。对于竞争度较低的行业来说,制造业企业更容易通过传统产品到智能产品的转型升级而获得高额垄断利润,向产业链上游攀升。对于竞争度较高的行业来说,激烈的竞争导致行业利润下降,企业缺乏用于创新和转型的资源,抑制企业产品的智能化转型。企业的产品升级会受到其他在位企业的打压,在位企业主动或被动地采取防御行为,以阻碍该企业从智能产品制造中获得超额收益。此外,其他在位企业会通过引进、模仿和学习来改善自身的经营管理水平和技术水平^[31]。当企业对当地竞争对手形成知识泄露(spill-out)时,企业失去了对知识的垄断,并必须分享其利润。这会产生租金窃取效应,竞争对手知识库的扩大削弱了公司在当地市场的竞争力和企业间的产品质量差异^[32],智能产品制造的经济效应减少。据此,提出如下假设。

H4 相比高竞争度行业,智能产品制造对低竞争度行业的企业价值链分工位置攀升的促进效应更强。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本文所用数据为2008—2018年上海市科技企业统计数据,该数据由上海市科学技术委员会按年度开展大规模的企业统计工作,调查得到企业的基本信息、科技创新、经济收入、经营业务情况。选用该数据出于以下原因。①数据的可靠性和可信度较高。该统计由上海市科委和上海市统计局两个官方机构联合进行,每年以正式的官方文件发布《上海市科技企业统计报表制度》,在年度科技企业登记时一并完成统计,《上海市统计年鉴》中“主要年份科技型企业状况表”中的数据即来源于该统计,因此,数据的质量及可信度较高。②数据的代表性较高。上海市是中国创新活动活跃、智能产品制造发展进程相对领先的地区,可以在一定程度上反映国内智能制造的产业升级过程和趋势。此外,25.2%的样本属于制造业行业,在技术研发和产品创新等方面较为突出,生产智能产品的活力和潜力较大,因而样本具有较强的代表性。本文采用2008—2018年的上海市科技企业中的制造业行业数据,剔除异常值和缺失值后,数据共包括11 099家企业、29 852个观测值。

2.2 变量测量

2.2.1 被解释变量价值链分工位置(*Chain*) 已有研究对价值链位置的定义主要包括平均传递步长、上游度和下游度、生产长度、增加值传递步长4类方法^[33],其中上游度和下游度是微观研究常采用的估计方法。上游度是指从产品生产端到最终需求端的距离^[34],上游度指数越大,表明该生产环节距离最终需求端越远,越接近上游,反之则越接近下游。下游度与其相反,下游度指数越大,表明该生产环节距离最终需求端越近。由于这一方法的测算受到投入产出模型中产品部门数量多少的影响,学者们在该研究方法的基础上提出了上游度与下游度的比值这一总括性指标^[33]。本文所用企业统计数据列示了企业每年的3个主要供应商、3个主要客户的地理位置,地理位置分为企业所在区县、本市其他区县、国内其他省市和海外4类。考虑本文所用数据较为特殊的数据结构,参考上游度的设定来构建本文的价值链分工位置指标^[33-35]。本文构建价值链分工位置(*Chain*)为企业当年主要客户数量减去主要供应商数量的差值并加3(加3以避免指标出现负值),即衡量价值链位置、涵盖企业到上游和下游的相对距离的总括性指标,能够避免不同行业产业链长度存在差异而对结果造成偏误。

2.2.2 核心解释变量智能产品制造(*SP*) 对于智能制造水平的衡量,部分学者采用信息技术的人员投入、投资和服务支出等要素指标^[36]和互联网发展水平等环境指标^[37],但这类指标受多重因素影响,涵盖多种维度和范畴,会导致数值偏高、无法准确衡量^[26]。一些学者使用了行业机器人应用数据^[16],然而,机器人仅是智能制造的一个组成部分,若以其作为指标,会导致数值偏低、衡量缺乏全面性的问题。近年来,还有学者采用基于机器学习的文本分析方法,以上市公司的企业年报、管理层会议记录等文件中数字化

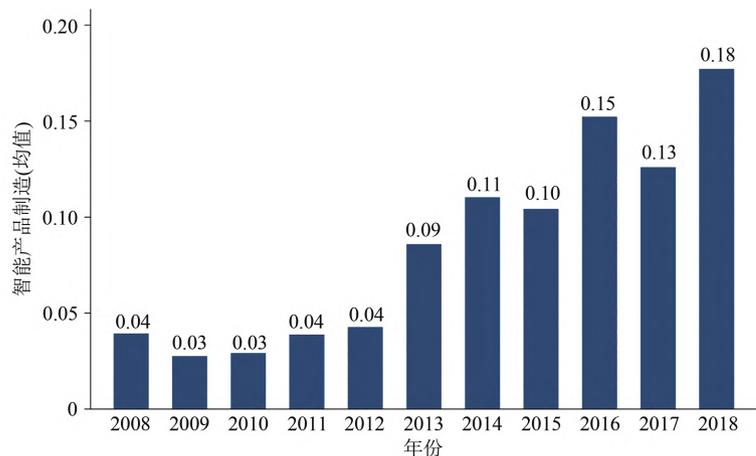
相关词汇的词频来构建数字化等程度指标^[23,25],但这种度量方法只能间接反映企业对数字技术的关注程度,且企业可能为了吸引分析师和投资者的关注而在年报中有意增加有关智能化、数字化的相关内容,因而其并不适合直接衡量企业的数字技术创新或产出水平^[26]。本文所用企业统计数据列示了企业每年的经营范围,这一文本数据为研究提供了关于企业产品生产类别和内容的详尽信息,本文以此作为数据池展开后续的特征词识别。为确定智能产品的特征词词库,本文基于《中国制造 2025》《“十四五”智能制造发展规划》《国家智能制造标准体系建设指南(2021 版)》等规划、指南、政策文件和学术界已有的研究^[38],综合学术研究和实体行业的智能制造发展现状进行整理、归纳和总结,并展开结构化分类,最终形成了表 1 的智能产品特征词词库。参考智能制造标准体系建设指南,将智能产品特征词划分为智能技术、智能装备、智能工厂、智能服务、智能系统 5 类,词库涵盖了人工智能、工业大数据、工业软件、工业云、边缘计算、数字孪生、区块链 7 类关键技术,以及智能装备、智能机械、智能工厂、智能家居 4 类重要产品。考虑到部分企业的经营业务以高科技产品为主,本文将智能技术纳入关键词,从而便于识别如“人脸识别技术开发及该领域的产品销售”这类未包含机器人等某一类具体的智能产品关键词,但也属于智能产品制造业务的文本。在此基础上,剔除关键词前存在的“没有”“无”“不”等否定词语表述。

表 1 智能产品分类及词汇表

Tab. 1 Smart product category and word dictionary

产品分类	二级分类	关键词
智能技术	人工智能	人工智能、生物识别、人脸识别、语音识别
	工业大数据	大数据、虚拟现实、数据采集、数据处理、数据存储、数据管理、数据分析、信息系统
	工业软件	工业软件、工业控制软件、智能控制、计算机辅助设计/CAD、计算机辅助工程/CAE、管理系统
	工业云	工业云、云服务、虚拟现实、仿真、销售自动化、物联网
	边缘计算	边缘计算、信息控制
	数字孪生	数字孪生、数字化
	区块链	区块链、虚拟货币、数字资产
智能装备		智能装备、数控机床、机器人、新型传感器、智能传感器、可穿戴设备、自动识别、智能控制、智能交通、智能机械、智能照明
智能工厂		智能工厂、智能生产线、智能物流、智能仓储、智能管控、智能制造
智能服务		智能服务、移动互联、互联网医疗、电子商务、移动支付、智能交通、智能家居、智能环保、智能电网、互联网金融、金融科技
智能系统		智能系统、智能管理系统、智能操作系统、智能应用系统

本文基于 Python 对企业经营范围文本提取形成的数据池,根据表 1 的特征词进行搜索、匹配和词频计数,并形成最终加总词频,从而得到企业智能产品制造水平的衡量指标(SP)。由图 1 可以看出,在样本期间 11 年时间范围内, SP 的指标均值随时间推移不断提高,即企业智能产品制造水平持续增强,程度不断加深。然而,本文发现这一指标均值的增长趋势在 2015 年和 2017 年有所波动,这可能是因为企业在当年受到了外生冲击,也可能因为统计过程中企业填写信息不够详细,或被调查的企业名录范围有所变化,从而导致指标均值下降。因此,本文在回归分析中加入了行业一年份固定效应以控制外生冲击,并在稳健性检验中对这些可能影响结果的因素加以检验。

图 1 企业智能产品制造水平(SP)的时间趋势Fig. 1 Time trend of firm smart product production (SP)

2.2.3 调节变量 为分析不同行业特征对智能产品推动价值链分工位置攀升效应的异质性,按照 3 个调节变量对行业进行分类,并分组进行回归。调节变量包括企业是否属于高创新度行业(*IM*)、是否属于高开放度行业(*OM*)和是否属于高竞争度行业(*CM*)。计算得到各年各行业的企业平均发明专利申请件数(*IndPatent*),企业平均主要客户、供应商和合作伙伴数(*IndNetwork*),以及基于企业总收入的行业赫芬达尔—赫希曼指数(Herfindahl-Hirschman Index, *HHI*)(*IndHHI*),以分别衡量行业的创新度、开放度和竞争度。采用均值而非总量的原因是,均值避免指标受到企业数量、行业规模的影响,更具有代表性。*IM*和*OM*的计算为分别比较各行业的*IndPatent*和*IndNetwork*值与该年的行业均值,若大于该年的行业均值,则认为该行业属于高创新度、高开放度行业。*HHI*数值越大表明行业竞争度越低,*CM*的计算为若一个行业的*IndHHI*值低于该年的行业均值,则认为其属于高竞争度行业。

2.2.4 控制变量 企业的价值链位置受到要素禀赋的影响,增加高级要素尤其是人力资本要素的投入有助于制造业的产业升级^[28],因此,以企业当年总雇员(*Labor*)、总资产(*Asset*)来分别代表劳动力投入和资本投入,控制公司的要素禀赋。技术创新水平能够提高企业在价值链分工体系中的位置,而当企业放弃创新过程或将高附加值职能外包给其他企业时,企业价值链位置升级也会受到阻碍^[39],本文采用企业当年发明专利申请数(*Patent*)来控制技术创新水平的影响。人力资本的提高会促使企业放弃价值链中的低技术、低附加值的生产活动,转向高技术、高附加值的产品制造^[40],本文加入企业当年具有中级技术职称(*Skill*)、具有硕士学位(*Grad*)的雇员比例作为控制变量,采用比例指标以避免与总雇员(*Labor*)之间可能存在的共线性问题。参与国际竞争可能通过增加企业生存压力从而激励企业提高效率、加强创新,影响企业的价值链位置^[41],因此,以企业当年出口额(*Export*)来控制企业对国际市场的参与程度。此外,还加入企业当年总负债(*Debt*)和资产负债率(*Adratio*)来控制融资能力和财务约束,加入以公司成立以来的年份整数表示企业年龄(*Age*)来控制生命周期的影响。

表 2 列示了变量定义与描述性统计结果。

表 2 变量定义与描述性统计 (N = 29 852)

Tab. 2 Variable definition and descriptive statistics (N = 29 852)

类型	变量	定义	均值	标准差	类型	变量	定义	均值	标准差
被解释变量	<i>Chain</i>	企业价值链分工位置	3.037	0.439	控制变量	<i>Labor</i>	企业总雇员/千人	0.140	0.440
核心解释变量	<i>SP</i>	企业智能产品制造水平	0.061	0.320		<i>Asset</i>	企业总资产/千亿元	0.002	0.021
调节变量	<i>IM</i>	企业是否属于高创新度行业 (0~1)	0.666	0.472		<i>Patent</i>	企业发明专利申请/件	1.008	8.328
	<i>OM</i>	企业是否属于高开放度行业 (0~1)	0.289	0.453		<i>Skill</i>	企业中级技术职称雇员占比	0.080	0.116
	<i>CM</i>	企业是否属于高竞争度行业 (0~1)	0.329	0.470		<i>Grad</i>	企业硕士学历雇员占比	0.228	0.217
						<i>Export</i>	企业出口额/亿元	0.076	0.739
						<i>Debt</i>	企业总负债/千亿元	0.001	0.008
						<i>Adratio</i>	企业资产负债率(除 100)	0.006	0.074
						<i>Age</i>	企业年龄/年	10.296	5.958

2.3 模型构建

本文采用固定效应模型(fixed-effect model, FE model)分析智能产品制造对企业价值链分工位置的影响,模型设定如下。

$$Chain_{i,j,t} = \alpha + \beta SP_{i,j,t} + X_{i,t}\gamma + \mu_j \times v_t + \varepsilon_{i,j,t}$$

其中, $Chain_{i,j,t}$ 是属于行业*j*的企业*i*在*t*年的价值链分工位置; $SP_{i,j,t}$ 是企业*i*在*t*年的智能产品制造水平; $X_{i,t}$ 是企业*i*在*t*年的控制变量; $\mu_j \times v_t$ 是行业一年份固定效应,行业分类标准参照《国民经济行业分类(GB/T4754—2011)》中的行业大类,以控制产业链长度等行业间差异和各年各行业外生冲击; $\varepsilon_{i,j,t}$ 是扰动项。部分企业可能出于纵向一体化程度较深等原因,在价值链中的参与程度较低,本文所用样本中 25.0% 的企业没有客户或供应商。对于这类企业来说,用分工位置指标(*Chain*)来衡量其在价值链中的位置是没有意义的。因此,剔除没有客户或供应商的企业后对样本进行回归。

3 实证结果

3.1 基准回归结果

表3列示了智能产品制造水平影响企业价值链分工位置的基准回归结果。第1列和第3列以价值链分工位置(*Chain*)为被解释变量,分别加入解释变量、控制变量、行业一年份固定效应。根据第3列的回归结果,智能产品制造水平(*SP*)的系数为0.022,且通过了1%水平下的显著性检验,验证了H1。此外,第4列和第5列以企业净利润的自然对数(*lnRevenue*)为被解释变量,检验了价值链分工位置指标与企业经营收益之间的U形关系。这与微笑曲线的理论解释相符,间接地验证了价值链分工位置(*Chain*)指标的合理性和可靠性。同时,该结果说明了分工位置向价值链上游攀升的重要性,即制造业企业通过向上游环节移动,能够提高经营收益。

表3 基准回归模型
Tab. 3 Baseline regression model

变量	(1) <i>Chain</i>	(2) <i>Chain</i>	(3) <i>Chain</i>	(4) <i>lnRevenue</i>	(5) <i>lnRevenue</i>
<i>SP</i>	0.033*** (0.008)	0.031*** (0.008)	0.022*** (0.008)		
<i>Chain</i>				0.072* (0.040)	-0.750*** (0.176)
<i>Chain</i> × <i>Chain</i>					0.125*** (0.026)
<i>Labor</i>		0.024*** (0.008)	0.015* (0.009)	2.003*** (0.055)	1.997*** (0.055)
<i>Asset</i>		-0.675*** (0.196)	-0.747*** (0.203)	-1.814 (1.280)	-1.977 (1.280)
<i>Patent</i>		0.000 (0.000)	0.000 (0.000)	0.023*** (0.002)	0.024*** (0.002)
<i>Skill</i>		-0.013 (0.023)	0.003 (0.024)	-0.405** (0.172)	-0.428** (0.172)
<i>Grad</i>		0.054*** (0.013)	0.021 (0.013)	-0.477*** (0.093)	-0.482*** (0.093)
<i>Export</i>		-0.014*** (0.000)	-0.012*** (0.000)	0.153*** (0.000)	0.153*** (0.000)
<i>Debt</i>		0.146 (0.617)	0.712 (0.649)	-24.452*** (4.254)	-23.886*** (4.254)
<i>Adratio</i>		-0.004 (0.034)	-0.008 (0.034)	0.049 (0.235)	0.049 (0.234)
<i>Age</i>		0.002*** (0.000)	0.001** (0.000)	0.093*** (0.003)	0.093*** (0.003)
固定效应	否	否	行业一年份	行业一年份	行业一年份
常数项	3.035*** (0.003)	3.004*** (0.006)	3.020*** (0.006)	5.120*** (0.129)	6.445*** (0.304)
样本量	29 852	29 852	29 731	23 785	23 785
解释度	0.001	0.003	0.031	0.297	0.297

注:***、**、*分别表示通过1%、5%和10%显著性水平检验,括号内为标准误,下同。

3.2 内生性检验

第一,供应商数量和客户数量可能与市场结构、行业特征有关,价值链分工位置(*Chain*)可能受到这些因素的影响,而无法完全准确地区分企业在价值链上的位置。①将有3个客户、没有供应商的企业定义为最上游位置并取值为3,将没有客户、有3个供应商的企业定义为最下游位置并取值为1,其余取值为2,得到价值链分工位置的虚拟变量(*DChain1*)。②将*Chain*大于3的定义为上游位置并取值为3,小于3的为下游位置并取值为1,其余为2,得到上下游的虚拟变量(*DChain2*)。对*DChain1*和*DChain2*重新进行回归,结果如表4的第1列和第2列所示,可以发现,*SP*的系数均显著为正,证明了基准回归结果的稳健性。

第二,在模型中加入企业经营范围字段的字符数(*String*)以及企业供应商和客户总数(*Market*)。智能产品制造水平(*SP*)指标的数值可能受到企业产品类别数量、业务范围和填写信息详尽程度的影响,即产品类别数量越多、业务范围越广或填写信息越详尽,指标数值可能越大。因此,加入企业经营范围的字符数(*String*)。为避免企业供应商数量和客户数量或在价值链中的参与程度对结果的影响,加入企业供应商和客户总数(*Market*)。表4第3列所示,控制变量加入*String*和*Market*后,回归结果变化不大,结论具有稳健性。

第三,企业是否制造智能产品是一个内生的战略选择,可能造成自选择偏误(*self selection bias*),对估计结果产生影响。本文对企业是否制造智能产品($SP > 0$)这一虚拟变量进行倾向得分匹配(*propensity score matching*, *PSM*)。在寻找对照组时,所选匹配变量包括总雇员(*Labor*)、总资产(*Asset*)、发明专利申请数(*Patent*)、具有中级技术职称(*Skill*)或具有硕士学位(*Grad*)的雇员比例、出口额(*Export*)、总负债

(*Debt*)、资产负债率(*Adratio*)、企业年龄(*Age*)。为了验证匹配结果的可靠性,本文对平衡性假设进行检验,匹配结果通过了平衡性假设。表4第4列为采用匹配后样本的固定效应模型回归结果,*SP*系数值仍显著为正,与基准回归的系数值相比变化幅度较小。

表4 内生性检验

Tab. 4 Endogeneity check

变量	(1) <i>DChain1</i>	(2) <i>DChain2</i>	(3) <i>Chain</i>	(4) <i>Chain</i>	(5) <i>f1Chain</i>	(6) <i>f2Chain</i>	(7) <i>Revenue1</i>	(8) <i>Revenue2</i>
<i>SP</i>	0.011* (0.006)	0.005*** (0.001)	0.022*** (0.008)	0.025** (0.011)	0.024*** (0.009)	0.019** (0.009)	0.092*** (0.023)	0.146*** (0.026)
<i>String</i>			0.001 (0.007)					
<i>Market</i>			-0.014*** (0.002)					
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份
常数项	0.017*** (0.005)	0.000 (0.001)	3.070*** (0.010)	3.025*** (0.018)	3.016*** (0.008)	3.028*** (0.009)	-0.077*** (0.018)	-0.133*** (0.021)
样本量	29 852	29 852	29 852	4 555	20 519	17 036	29 852	29 852
解释度	0.006	0.003	0.033	0.082	0.025	0.028	0.718	0.717

第四,企业的智能产品制造与价值链位置可能存在双向因果,即价值链分工位置位于上游的企业更可能通过提高生产率等途径而转向生产智能产品,造成结果偏误。本文替换被解释变量为滞后一期(*f1Chain*)和两期(*f2Chain*)的价值链分工位置,如表4第5列和第6列所示,*SP*系数显著为正,验证了基准回归结果的可靠性。由于本文数据为非平衡样本,故相比基准回归,第5列和第6列模型的样本量有所减少。

第五,本文所用的企业价值链分工位置(*Chain*)能够衡量企业在价值链上从下游到上游的转移,但是由于缺乏企业层面的投入产出数据,无法衡量企业在移动过程中的生产附加值变动情况。据此,本文以利润增长来检验企业分工位置攀升的经济效果。企业创造的利润和税收反映制造环节的产品附加值提高和价值链分工位置攀升。由于5 987个样本利润为负值,计算利润率没有意义。因此,表4第7列和第8列分别改用企业当年利润(*Revenue1*)和企业当年利润与税金之和(*Revenue2*)为被解释变量,并控制企业当年经营收入(*Income*),*SP*系数仍然显著为正。

3.3 异质性检验

本文根据行业创新度(*IM*)、开放度(*OM*)和竞争度(*CM*),对不同行业特征的企业子样本进行分组回归,以检验行业异质性。如表5所示,不同行业类别的分组回归中,智能产品制造(*SP*)对企业价值链分工位置攀升均有显著促进作用,但促进效应的大小不同。行业内活跃的创新活动降低了企业研发、制造智能产品的成本,增加了行业内其他企业对智能产品的接受度,有助于发挥智能产品制造对价值链分工的优化作用。比较第1列和第2列的回归系数发现,智能产品制造对高创新度行业的促进效应更强,验证了H2。第3列和第4列验证了H3,即行业开放度越大,企业之间的交流和往来更密切,促进了产品市场的信息传播,加快市场对智能产品的接受,使得智能产品对价值链分工的效应增强。第5列和第6列表明,智能产品制造对低竞争度行业的促进效应大于高竞争度行业,验证了H4。

表5 异质性检验

Tab. 5 Heterogeneity analysis

变量	(1)高创新度	(2)低创新度	(3)高开放度	(4)低开放度	(5)高竞争度	(6)低竞争度
<i>SP</i>	0.025** (0.012)	0.019* (0.011)	0.028* (0.016)	0.018* (0.009)	0.020** (0.009)	0.034* (0.020)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制
固定效应	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份	行业—年份
常数项	3.015*** (0.008)	3.029*** (0.011)	3.029*** (0.016)	3.015*** (0.007)	3.021*** (0.008)	3.018*** (0.010)
样本量	19 824	9 907	8 594	21 137	20 012	9 719
解释度	0.026	0.041	0.022	0.037	0.017	0.069

4 结论与讨论

4.1 研究结论

随着中国经济发展进入新常态,制造业发展面临新挑战,智能制造则被认为是重塑制造业竞争新优势的关键策略。本文基于2008—2018年上海市科技企业数据库中的制造业企业统计数据,采用固定效应模型进行实证检验。回归结果表明,智能产品制造推动了企业分工位置向价值链上游移动。替换被解释变量、加入更多的控制变量、倾向性匹配、滞后被解释变量的结果表明,基准回归结果具有稳健性。异质性分析发现,企业所在行业的创新度或开放度越高、竞争度越低,智能产品制造的促进效应越强。

4.2 理论贡献

第一,本文揭示了产品创新和工序创新之间的混合式创新对产业升级的意义。智能产品制造既具有产品创新又具有工序创新的特征,这与过去的二分法显著不同。在智能技术快速发展的背景下,智能产品作为一种具有高技术、高质量的新产品,对原有的传统产品形成替代,对制造业行业带来重大变革;而智能产品制造在工序上也发生了巨大的甚至革命性的变化。本文检验了智能产品制造这一混合创新形态对于制造业企业动态演化的影响,补充了对于产品创新推动产业升级和经济发展的理解。

第二,本文揭示了产业链与价值链之间的内在联系。价值链理论是企业制订竞争战略、实现价值创造的重要理论依据。通过判断企业所在的价值链,企业可以优化发展战略,管理内外部活动,以寻找优化在价值链上分工位置的机会。智能产品制造提高了产品质量,为企业创造竞争优势,并提供了在价值链上向高附加值的产业链上游环节攀升的机会。研究结论有助于深刻理解价值链动态演化过程,为企业通过产品升级所带来的价值链分工位置改善提供证据。

4.3 实践启示

研究结论为如何加快建设制造强国、重塑制造业竞争新优势提供了理论基础和政策参考。第一,在价值链中的分工位置决定了企业从产业分工中获得的利润和收益,智能产品制造促进了企业向价值链上游移动,这一结论佐证了引导和支持智能制造的政策重要性。未来应深化智能制造,鼓励龙头企业和领军企业不断探索、研究和开发新型智能产品,并形成对上下游、其他行业和链条上的企业的知识共享和技术溢出,打造高技术、高水平的智能产业集群,提高本地产业集群在区域乃至国际范围的产业竞争力。

第二,制造业企业应认识到从生产传统产品到生产智能产品对其带来的全方位战略变革,智能产品提高了生产经营效率,有助于企业在质量竞争、差异化竞争中占据优势。因而,企业应对智能化转型有清晰的认识,对自身智能化创新形成准确的判断,把握转型节奏,形成难以被模仿和替代的竞争力。

第三,应鼓励制造业企业开展创新活动、深化社会网络,提高市场对智能产品的接受度和认可度,并发挥智能技术、智能产品的溢出效应。此外,根据不同行业的环境和特征制定差异化的产业政策。例如,对于竞争度较高的行业,率先转向智能产品制造的企业可能受到其他在位企业的打压,应对这些企业制定具有针对性的减税、补贴等优惠政策,增加企业进行产品智能化的动力。

4.4 研究局限与展望

第一,智能产品的范围较广、内涵丰富,虽然本文对智能产品的内容、技术、领域等进行细分,但未对各类智能产品的经济效益进行深入探讨。研究智能产品各个细分领域对企业价值链分工变动、竞争力演变的影响是未来的研究方向。第二,沿着增值阶梯向上游移动只是企业在价值链中活动升级的可能轨迹之一,在价值链上同一阶段的努力建设和不断深化也很重要^[6]。因此,智能产品是否能够推动企业在价值链中获得其他形式的活动升级,仍有待展开进一步的探讨。第三,本文计算上游度指数主要基于企业在供应链所处的位置,虽然它与价值链在许多环节是相互交织的,但两者并不完全对应。如果能够获取企业层面供应链上各个环节的增加值详细数据,可以继续推进这方面的研究。

参 考 文 献

- [1] ANTRÀS P, CHOR D. Global value chains [J]. Handbook of International Economics, 2022, 5: 297 - 376.
- [2] 罗勇, 曹丽莉. 全球价值链视角下我国产业集群升级的思路[J]. 国际贸易问题, 2008(11): 92 - 98.

- [3] 吴云霞, 马野驰. 制造业投入服务化对价值链升级的影响——基于参与度和分工地位的双重视角[J]. 商业研究, 2020(2): 62 - 72.
- [4] GEREFFI G, HUMPHREY J, STURGEON T. The governance of global value chains [J]. *Review of International Political Economy*, 2005, 12(1): 78 - 104.
- [5] 孙文远. 产品内价值链分工视角下的产业升级[J]. 管理世界, 2006(10): 156 - 157.
- [6] MORRISON A, PIETROBELLI C, RABELLOTTI R. Global value chains and technological capabilities: a framework to study learning and innovation in developing countries [J]. *Oxford Development Studies*, 2008, 36(1): 39 - 58.
- [7] 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.
- [8] MEYER G G, FRÄMLING K, HOLMSTRÖM J. Intelligent products: a survey [J]. *Computers in Industry*, 2009, 60(3): 137 - 148.
- [9] ROCHI M. Technology paternalism and smart products: review, synthesis, and research agenda [J/OL]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2023 (2022-03-31) [2023-11-03]. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122557>.
- [10] YANG C H. How artificial intelligence technology affects productivity and employment: firm-level evidence from Taiwan [J/OL]. *Research Policy*, 2022(2021-05-18) [2023-11-03]. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104536>.
- [11] 吕文晶, 陈劲, 刘进. 智能制造与全球价值链升级——海尔 COSMOPlat 案例研究[J]. 科研管理, 2019, 40(4): 145 - 156.
- [12] 裘莹, 赵忠秀, 林曦. 中国智能制造企业的价值链分析: 微观治理结构、演进路径与制度保障[J]. 国际贸易, 2021(5): 22 - 31.
- [13] 刘斌, 潘彤. 人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(10): 24 - 44.
- [14] 彭刚, 林旭东, 翟铭阳. 智能制造与全球价值链分工地位——机理分析与实证检验[J]. 统计学报, 2021, 2(1): 26 - 35.
- [15] 周洺竹, 基建红, 张志彤. 人工智能对全球价值链分工位置的双重影响[J]. 财经研究, 2022, 48(10): 34 - 48.
- [16] 王永钦, 董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场? ——来自制造业上市公司的证据[J]. 经济研究, 2020, 55(10): 159 - 175.
- [17] 曾繁华, 何启祥, 冯儒, 等. 创新驱动制造业转型升级机理及演化路径研究——基于全球价值链治理视角[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(24): 45 - 50.
- [18] HUMPHREY J, SCHMITZ H. How does insertion in global value chains affect upgrading in industrial clusters? [J]. *Regional Studies*, 2002, 36(9): 1017 - 1027.
- [19] PONTE S, EWERT J. Which way is “up” in upgrading? Trajectories of change in the value chain for South African wine [J]. *World Development*, 2009, 37(10): 1637-1650.
- [20] 郑江淮, 郑玉. 新兴经济大国中间产品创新驱动全球价值链攀升——基于中国经验的解释[J]. 中国工业经济, 2020(5): 61 - 79.
- [21] 洪银兴. 科技创新阶段及其创新价值链分析[J]. 经济学家, 2017(4): 5 - 12.
- [22] 吕越, 谷玮, 包群. 人工智能与中国企业参与全球价值链分工[J]. 中国工业经济, 2020(5): 80 - 98.
- [23] 赵宸宇, 王文春, 李雪松. 数字化转型如何影响企业全要素生产率[J]. 财贸经济, 2021, 42(7): 114 - 129.
- [24] CASEY M J, WONG P. Global supply chains are about to get better, thanks to blockchain [J]. *Harvard Business Review*, 2017, 13: 1 - 6.
- [25] SCHMIDT C G, WAGNER S M. Blockchain and supply chain relations: a transaction cost theory perspective [J/OL]. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 2019(2018-05-07) [2023-11-03]. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2019.100552>.
- [26] 罗佳, 张蛟蛟, 李科. 数字技术创新如何驱动制造业企业全要素生产率? ——来自上市公司专利数据的证据[J]. 财经研究, 2023, 49(2): 95 - 109.
- [27] 苏丹妮, 盛斌, 邵朝对, 等. 全球价值链、本地化产业集聚与企业生产率的互动效应[J]. 经济研究, 2020, 55(3): 100 - 115.
- [28] 苏杭, 郑磊, 牟逸飞. 要素禀赋与中国制造业产业升级——基于 WIOD 和中国工业企业数据库的分析[J].

- 管理世界, 2017(4): 70 - 79.
- [29] 侯建, 刘青. 数字经济时代下智能化、科技人力资源与产业转型升级[J]. 研究与发展管理, 2022, 34(5): 123 - 135.
- [30] ITANI O S, KRUSH M T, AGNIHOTRI R, et al. Social media and customer relationship management technologies: influencing buyer-seller information exchanges [J]. *Industrial Marketing Management*, 2020, 90: 264 - 275.
- [31] 陈艳莹, 吴龙. 新企业进入对制造业在位企业利润率的影响——基于逃离竞争效应及其异质性的视角[J]. *中国工业经济*, 2015, 329(8): 50 - 65.
- [32] ARORA A, BELENZON S, SHEER L. Knowledge spillovers and corporate investment in scientific research [J]. *American Economic Review*, 2021, 111(3): 871 - 898.
- [33] 倪红福, 王海成. 企业在全球价值链中的位置及其结构变化[J]. *经济研究*, 2022, 57(2): 107 - 124.
- [34] ANTRÀS P, CHOR D, FALLY T, et al. Measuring the upstreamness of production and trade flows [J]. *American Economic Review*, 2012, 102(3): 412 - 416.
- [35] ANTRÀS P, CHOR D. Global value chains [R]. NBER Working Paper No.28549, 2021.
- [36] 李坤望, 邵文波, 王永进. 信息化密度、信息基础设施与企业出口绩效——基于企业异质性的理论与实证分析[J]. *管理世界*, 2015(4): 52 - 65.
- [37] 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.
- [38] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[J]. *管理世界*, 2021, 37(7): 130 - 144.
- [39] 李晓静, 蒋灵多, 罗长远. 数字技术与全球价值链嵌入位置——基于制造业企业的实证研究[J]. *学术研究*, 2023(5): 108 - 116.
- [40] 王孝松, 吕越, 赵春明. 贸易壁垒与全球价值链嵌入——以中国遭遇反倾销为例[J]. *中国社会科学*, 2017, 253(1): 108 - 124.
- [41] GEREFFI G. Global value chains and international competition [J]. *Antitrust Bulletin*, 2011, 56(1): 37 - 56.

Intelligent Product Manufacturing and Rising Position of Division of Labor in the Enterprise Value Chain

TANG Jin-yue¹, LUO Shou-gui^{1,2}

(1. *Antai College of Economics and Management, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China;*

2. Center for Knowledge Competitiveness & Regional Development, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: As China's economic development enters a new normal, the development of manufacturing industry is facing new challenges. Intelligent manufacturing is considered to be a key strategy to reshape the new competitive advantage of the manufacturing industry. Based on the manufacturing industry statistics in the Shanghai Science and Technology Enterprise Database from 2008 to 2018, it employed the text analysis method based on machine learning to construct the measurement index for the level of intelligent product manufacturing. It finds that intelligent product promotes the division of labor of firms to move to the upstream of the value chain, the results are robust. The heterogeneity analysis shows that the higher the degree of innovation and openness, or the lower the degree of competition in the industry, the stronger the promotion effect of intelligent product manufacturing. The research results provide a theoretical basis and policy reference for how to accelerate the construction of advanced manufacturing industry, realize manufacturing industry upgrading and improve industrial competitiveness.

Keywords: intelligent product; product innovation; division of labor in the value chain; manufacturing