

智能制造与出口企业产品策略： 专业化与多样化的背离

王永进， 陈 菲

[摘要] 自工业革命以来,新技术往往推动分工的深化,从而使企业专注于大规模、专业化生产。然而,在智能制造技术背景下,中国出口企业的产品范围不断扩大,而产品的平均产量却不升反降。这是否意味着智能制造使企业采取了多样化为抓手的产品策略?而这是是否削弱了专业化生产呢?对此,本文构造了一个多产品企业模型阐明智能制造对企业产品策略的影响,并在准确识别和测度智能制造的基础上检验了智能制造对出口企业产品策略的影响机制。研究表明:智能制造所导致的平均产量下降并不意味着智能制造对专业化生产的损害,而是源于智能制造带来的产品范围扩张所产生的“蚕食效应”。具体而言,智能制造作为一种通用型技术,降低了企业扩展新产品的固定成本,提高了企业生产的转向能力,从而促使产品范围扩大。为防止多产品之间的“利润蚕食”,企业选择在增加产品种类的同时减少每种产品的平均产量。进一步分析发现,智能制造提升了企业的成本加成率,也意味着企业垄断势力的增强。本文研究有助于理解智能制造时代企业产品策略选择,这一选择使企业得以利用多样化的产品策略在国际市场上取得新的优势,推进中国对外贸易高质量发展。

[关键词] 多样化; 智能制造; 专业化; 产品范围; 蚕食效应

[中图分类号] F424 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)05-0043-19

一、引言

历次工业革命发展历程表明,新技术的应用通常会推动分工的深化,并显著提升生产效率(Aghion and Howitt, 1992; Fare et al., 1994)。随着分工的细化,生产任务被进一步分解,操作者的技能逐渐变得单一,生产设备越来越专注于特定生产环节,从而变得更加专业化。专业化工人与专业化生产设备的紧密配合,不仅提高了生产效率,还使企业能够聚焦同类产品大规模生产。然而,不同于以往工业革命带来的技术,智能制造技术并非使企业集中于单一品种的生产,而是促使企业更

[收稿日期] 2024-08-05

[基金项目] 国家社会科学基金重大项目“数字经济赋能全球价值链韧性提升的理论与实践研究”(批准号22&ZD074);国家自然科学基金面上项目“竞争中性原则与中国对外贸易利益:理论机制、实证检验与量化分析”(批准号72073073);国家自然科学基金面上项目“国际离岸生产回流与中国加工厂地位:影响、机制及应对策略”(批准号72473074)。

[作者简介] 王永进,南开大学经济学院教授,博士生导师,经济学博士;陈菲,南开大学经济学院博士研究生。通讯作者:陈菲,电子邮箱:luckyfye@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的建设性意见,文责自负。

多采用小规模定制化的生产策略。无独有偶,在智能制造不断发展的背景之下,中国出口企业的产品范围不断扩大,而产品产量则呈下降趋势(见图1)。这表明,中国出口企业更倾向于以多样化为抓手的产品策略,进一步扩大产品范围,而非以专业化生产提升产品产量。对此,如何解释这一现象?是智能制造促使企业选择多样化进而放弃专业化生产吗?产品产量的下降是否意味着智能制造并未带来生产效率的显著改善?产品范围扩张和产量下降并存,是否意味着企业在市场上的议价能力增加从而垄断势力上升?深入理解上述问题,对于洞察智能制造时代企业产品策略选择至关重要,对于构建中国对外贸易新的竞争优势具有决定性意义。

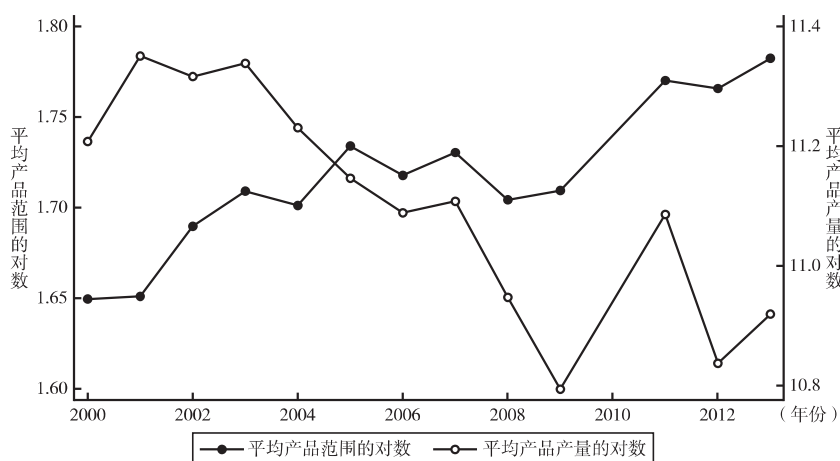


图1 中国出口企业产品策略变化

鉴于此,本文在Dhingra(2013)的基础上,将智能制造纳入多产品企业的垄断竞争模型,以阐释智能制造对企业产品策略的影响。作为一种通用型的生产技术,智能制造有效降低了企业开发新产品所需的固定成本,从而促使企业倾向于扩大产品范围。在消费者多样化偏好的背景下,新产品的引入将侵蚀旧产品的利润,即存在“蚕食效应”。当企业面临扩大产品范围和提高产品产量不可兼得的局面时,往往倾向于扩大产品范围,降低产品产量。基于上述理论模型,本文实证考察了智能制造对出口企业产品策略的影响及内在机制。首先,本文利用中国工业企业数据库和海关数据库,准确识别和测度了企业智能制造应用程度。本文发现,当企业智能制造应用程度增加1%,产品范围将增加3.43%—4.82%,而产品产量却降低3.44%—4.36%,且该结论存在区域和企业异质性。进一步地,本文验证了智能制造作用于企业产品策略的机制。结果表明,通用型智能制造技术提升了企业的生产转向能力,并降低了企业开发新产品的固定成本。这证明,智能制造所产生的平均产量下降并不意味着损害专业化生产,而是源于产品范围扩张所产生的“蚕食效应”。此外,智能制造显著提高了企业的成本加成率,提升了企业市场势力,说明智能制造将推动中国出口企业摆脱“低加成率陷阱”,使出口动能由“价格竞争”转向“非价格竞争”。

相较于已有文献,本文的创新与贡献主要体现在以下方面:

(1)本文发现了产品范围上升与产量下降共存现象,并从智能制造角度给出理论解释和实证检验。目前,关于多产品企业的文献大多聚焦对产品范围的分析(Brambilla, 2009; Bernard et al., 2010; 吕越和邓利静, 2020; 陈勇兵等, 2023; 魏浩和王超男, 2023), 尚未有实证研究揭示产品范围扩大与产量下降并存的现象,而这一现象也难以从现有的理论和实证研究中找到合理的解释。与本文相

关的研究如下:綦建红和张志彤(2022)将自动化对贸易的影响拓展至多产品企业,发现工业机器人的应用将扩大企业产品范围;蒋为等(2024)发现,中国制造企业与数字企业接近度的提升不仅扩张了出口产品范围,还显著提升了出口偏度。然而,这些研究往往从智能制造带来的边际成本下降角度分析,无法解释产品产量下降现象。本文揭示了中国出口企业产品范围上升与产品产量下降并存的现象,并从智能制造带来的产品层面固定成本下降的角度对这一现象做了理论解释和实证检验。研究表明,智能制造降低了生产新产品所需的固定成本,从而推动产品范围扩张,但由于“蚕食效应”的存在,产品产量下降。此外,智能制造提升了企业成本加成率,强化了其垄断势力,这也为企业选择通用型智能制造技术提供了新的解释。

(2)本文丰富了多产品企业的相关研究,实证检验了“蚕食效应”的理论。在多产品企业的研究中,一部分文献假定成本加成率不变,研究了贸易开放对多产品企业产品范围的影响,并对此做了实证检验(Bernard et al., 2011; Mayer et al., 2014; Nocke and Yeaple, 2014);而另一部分文献则假定成本加成率可变,将新旧产品间的“蚕食效应”引入多产品企业模型,分析多产品企业的策略选择。Feenstra and Ma(2007)放松了CES函数中不变价格指数的假设,发现企业产品范围受企业生产率、生产规模和市场势力影响。企业生产新产品将会影响企业市场势力,从而产生“蚕食效应”。Eckel and Neary(2010)在寡头垄断的框架下发现,企业改变产品范围会受到利润侵蚀效应和弹性制造技术的影响。Dhingra(2013)表明,消费者的多样化偏好将带来企业生产新产品的“蚕食效应”,其研究了贸易开放如何影响企业在产品工序创新和产品创新之间的决策。然而,以上文献均限于理论分析,尚未拓展至实证检验。本文发现了中国出口企业产品范围上升与产品产量下降并存这一与“蚕食效应”相吻合的现象,并将其与多产品企业理论相结合,从智能制造带来的开发新产品所需固定成本下降的角度解释了企业为何会选择扩大产品范围而非提高产品产量,并对此做了实证检验。结果表明,通用型智能制造降低了企业生产新产品的固定成本,提升了企业生产的转向能力,促使企业扩大产品范围。在存在“蚕食效应”的情况下,企业无法实现范围扩张和产量提升的“双赢”。因此,在产品范围扩大的同时,企业的产品产量降低。

(3)本文对智能制造做了精准的定义与识别,从通用型技术的角度阐释了智能制造技术的影响,为后续的理论 and 实证研究奠定了基础工作。目前,关于智能制造的研究多以定性分析为主(肖静华等, 2021)。在定量分析中,一部分文献从机器人的角度测度了企业智能制造程度(Acemoglu and Restrepo, 2020; Koch et al., 2021),认为机器人和自动化作为劳动力替代型技术,以新资本要素取代生产中的劳动要素,扩展了资本的生产范围。然而,该衡量方法忽视了生产中旧有资本要素的变化,即机器设备的更新迭代(Jones and Liu, 2024; Acemoglu, 2025)。因此,本文从企业智能制造的过程出发,准确定义了智能制造的概念,并识别了企业智能制造过程中关键的硬件投入。本文的指标不仅囊括机器人和自动化这一类劳动力替代型生产技术,而且包含资本增强型技术(Acemoglu and Restrepo, 2018; Jones and Liu, 2024; Acemoglu, 2025),全面识别了企业智能制造的应用程度,为智能制造的相关理论和实证研究奠定了微观基础。同时,本文的研究从通用型视角审视智能制造技术的影响,研究了智能制造技术对企业生产新产品所需付出的固定成本的影响,而不局限于探讨智能化技术对劳动力的替代。

二、理论分析

本文将智能制造技术引入Dhingra(2013)所构建的多产品企业模型,探讨其对企业产品策略的

影响。假设企业的生产决策过程可以分为三个时期:第一个时期,企业采用传统生产技术进行生产。在这个时期,企业的决策主要分为两个阶段,第一阶段,企业支付沉没成本后进入市场;第二阶段,企业决定产量 q 和生产的品种种类 h 。本文使用逆向归纳法,首先得到企业的产品范围和产品产量,再推导得到市场中企业的数目 M 。第二个时期,智能制造技术出现,企业可以付出更高的沉没成本以采用这一新技术进行生产,从而收获更低的边际成本,降低开发新产品所需要付出的固定成本。在短期均衡下,市场上的企业数量保持不变,企业比较智能制造技术下的利润和传统生产技术下的利润,以此决定是否进行智能化转型。本文使用上标“1”表示企业使用智能制造技术,使用上标“s”表示短期均衡。第三个时期,在长期均衡下,零利润条件成立,企业的数目发生变化。本文上标“l”表示长期均衡,通过比较长期均衡下智能制造企业与传统技术企业在产品产量和产品范围上的差异得到本文的核心结论。

1. 消费者需求

假设市场上的消费者是同质的,并且每个消费者消费两类产品:同质化产品和差异化产品。 q_0^k 表示消费者 k 对同质化产品的消费量。对于差异化产品部门, f 表示企业, $i \in \Omega_f$ 表示产品集合中企业 f 所生产的产品, q_{if}^k 表示消费者 k 对企业 f 生产的差异化产品 i 的消费量, $q_f^k \equiv \int_i q_{if}^k di$ 为消费者 k 对企业 f 的总消费量, $Q^k \equiv \int_f q_f^k df$ 为消费者消费的差异化产品的总量,代表性消费者 k 的效用函数为:

$$U^k \equiv q_0^k + \alpha Q^k - \frac{\delta}{2} \int_f \int_i (q_{if}^k)^2 di df - \frac{\gamma}{2} \int_f (q_f^k)^2 df - \frac{\eta}{2} (Q^k)^2 \quad (1)$$

其中,外生参数 α 和 η 代表同质化产品部门和差异化产品部门的替代性,反映了消费者对差异化产品的总体偏好程度。当 α 越高,消费者对差异化产品的需求越强,相较于同质化产品,更愿意消费差异化产品。参数 δ 、 γ 分别表示产品层面、企业层面的边际效用递减速度。假定消费者同时消费同质产品和异质产品,根据效用最大化的条件,可以得到每个消费者的反需求函数:

$$p_{if} = MU_{if} = \alpha - \delta q_{if}^k - \gamma q_f^k - \eta Q^k = \alpha - \frac{\eta Q}{L} - \frac{\delta q_{if}}{L} - \frac{\gamma q_f}{L} \quad (2)$$

其中, q_{if} 代表所有消费者对企业 f 产品 i 的需求,由代表性消费者的假定可以得到 $q_{if} = q_{if}^k \times L$ 。同理,有 $q_f = L \times q_f^k$, $Q = L \times Q^k$, L 为消费者总数。从式(2)中可以发现,消费者从产品 if 获得的边际效用受到产业层面消费量 Q^k 、企业层面消费量 q_f^k 和产品层面消费 q_{if}^k 的影响。对式(2)求一阶偏导数可知: $-\frac{\partial p_{if}}{\partial q_{if}^k} = \delta + \gamma + \eta$, $-\frac{\partial p_{if}}{\partial q_f^k} = \gamma + \eta$, $-\frac{\partial p_{if}}{\partial Q^k} = \eta$ 。其中, $\delta > 0$ 保证了同一企业内的不同产品间存在差异。否则,若 $\delta = 0$,则同一企业内不同的产品之间将是完全替代的。 $\gamma > 0$ 保证了企业间产品的差异性。若 $\gamma = 0$,则企业内其他产品与其他企业产品消费量对产品 if 边际效用的影响是无差异的。随着社会变迁、技术进步以及消费者偏好演变,市场逐渐从传统的“大众需求”转向更加细分和多样化的需求结构,个性化产品的需求显著增加。当企业间产品具有一定的差异化($\gamma > 0$)时,产品种类的增加会“蚕食”旧产品利润,导致单个产品的产量减少^①。

2. 传统技术下的企业生产

本文假定差异化产品部门的市场结构为垄断竞争。在初期阶段,企业采用传统的生产技术进行生产。企业^②进入市场时,需要首先支付进入市场的沉没成本 F ,这一成本是进入市场后不可回

① “蚕食效应”的具体解释参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 为简化分析,这里研究对象为同质性的出口企业,并假定冰山贸易成本为1。

收的固定成本,反映了市场准入障碍。进入市场后,企业将决定每种产品的产量 q ,以及供应多少种产品 h 。企业每增加1单位产品的生产需要付出边际成本 c ,这一成本主要包括生产过程中直接的资源投入,如原材料、劳动力和其他可变成本。同时,每拓展一种新产品,企业需要支付额外的固定成本 g ,该成本代表产品层面的固定成本,如设备改造、设计生产等成本。企业的利润最大化条件为:

$$\max_{q_{if}, h_f} \Pi_f = \int_0^{h_f} [(p_{if} - c)q_{if} - g] di - F \quad (3)$$

其中,企业面临的价格 $p_{if} = \alpha - \frac{\eta Q}{L} - \frac{\delta q_{if}}{L} - \frac{\gamma q_f}{L}$ 。为了简化模型,假定成本对称,企业 f 对所供应的每一种产品选择相同的工艺和数量,即 $q_f = \int_i q_{if} di = h_f q_{if}$ 。企业的利润函数可进一步简化为:

$$\Pi = h[(p - c)q - g] - F \equiv \pi h - F \quad (4)$$

市场中,企业数目为 M 。企业在利润最大化的条件下,产品产量 q^s 和产品范围 h^s 为:

$$q^s = \sqrt{\frac{Lg}{\delta}}, h^s = \frac{1}{\eta M + 2\gamma} \left[(\alpha - c) \sqrt{\frac{L\delta}{g}} - 2\delta \right] \quad (5)$$

通过零利润条件 $\Pi = \pi h - F = 0$ 和消费者的反需求函数即式(2),本文得到传统技术条件下市场均衡的企业数目 M^l ,为:

$$M^l = \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{\gamma}{F}} \left[(\alpha - c)L - 2\sqrt{g\delta} \right] - \frac{2\gamma}{\eta} \quad (6)$$

其中,均衡企业数目 M^l 与产业层面的边际效用递减率 η 之间呈负相关关系, η 越高,消费者消费异质性产品所获得的边际效用递减的程度越大,这导致进入市场的企业数目减少。市场中企业的数目与进入市场的沉没成本之间呈负相关关系,如果进入市场的沉没成本过高,那么只有拥有更强竞争力的企业才能进入市场,从而使市场上企业数目减少。市场规模 L 与企业数目之间呈正相关关系,更大的市场规模为企业提供了更多的需求。边际成本 c 以及生产新产品所需要付出的固定成本 g 与企业数目之间呈负相关关系,成本越低,企业所能取得的利润越高,那么更容易支付进入市场所需的固定成本,能进入的企业数目增加。

在使用传统生产技术时,均衡下最优的产品范围 h^l 和产品产量 q^l 为^①:

$$q^l = \sqrt{\frac{Lg}{\delta}}, h^l = \frac{1}{\eta M^l + 2\gamma} \left[(\alpha - c) \sqrt{\frac{L\delta}{g}} - 2\delta \right] = \sqrt{\frac{F\delta}{g\gamma}} \quad (7)$$

引理1:企业的产品产量 q^l 与市场规模 L 、增加新产品的固定成本 g 之间呈正相关关系,与企业内部不同产品间的差异化程度 δ 之间呈负相关关系。

上述一系列公式中, q^l 与 L 之间呈正相关关系,市场规模 L 的扩张会带来产品产量 q^l 的增加。这是因为,市场规模的扩大使得企业有更多的消费者,产品需求增加,因此,企业需要生产更多的产品来满足需求,从而提高产量。企业的产品产量 q^l 与增加新产品所需要付出的固定成本 g 之间呈正相关关系, g 越大,企业扩大产品范围 h 所需付出的成本越高,这使得企业更为谨慎地扩展产品种类。相反,企业可能会集中资源于利润较高的现有产品,使用规模化生产战略,增加产品产量。企业内产品间的差异化程度 δ 与 q^l 之间呈现负相关关系。当 δ 增加时,产品间的差异化程度增加,消费者

① 具体推导过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

在产品层面增加消费所能收获的边际效用递减越快,消费单一产品的需求会更快速下降,企业因此可能会减少大规模、批量化的生产。然而,当 δ 降低,即产品间差异化程度降低、产品间替代弹性较大时,企业可能选择增加产量,通过规模效应降低成本。

引理2:企业的产品范围 h' 与进入市场所需要付出的沉没成本 F 、企业内部不同产品间的差异化程度 δ 之间呈正相关关系,与增加新产品的固定成本 g 、企业间产品的差异化程度 γ 之间呈负相关关系。

本文发现,企业产品范围 h' 同样受到多种因素影响。首先, γ 代表企业间产品的差异化程度,当 γ 越大,消费者在同一企业层面增加消费所能收获的边际效用递减越快,此时企业扩大产品范围的意愿降低。 F 代表企业进入市场所需要付出的沉没成本,该沉没成本越高,企业越倾向于扩大产品范围,以取得更高的市场份额,分摊进入市场所需要付出的沉没成本。

3. 智能制造技术下的企业生产

在第二个时期,智能制造技术出现,企业可以通过智能化转型来优化生产流程和提升效率。然而,这一选择伴随着更高的沉没成本 F^1 ,有 $F^1 > F$ 。原因在于,智能化转型通常需要企业购置智能制造设备,如自动化生产线、工业机器人或传感设备等。这些设备的采购、安装及维护成本显著高于传统生产模式的固定投入。因此,企业在进行智能化转型决策时,必须权衡高额沉没成本与转型带来的生产效率提升之间的关系。

智能化转型将给企业带来两方面的收益。一方面,企业将获得更低的边际成本 c' ,有 $c' < c$ 。例如,数控机床的使用提高了加工精度,减少了返工和废品率,节省了原材料和人工成本。机器人和自动化生产线等技术提高了生产效率,减少了人为错误导致的成本损失。先进的传感器和控制设备提升了企业生产的实时监控能力,减少了设备故障和生产停滞的时间。智能仓储和物流设备使企业与供应链各环节有效协同,降低了库存成本和物流费用。因此,使用智能制造技术将提升企业的生产效率,降低生产的边际成本。另一方面,智能化转型降低了企业增加新产品所需要付出的固定成本,即 $g^1 < g$ 。这是因为,智能制造技术是通用型技术(General Purpose Technologies, GPT)的重要组成部分^①,其生产设备往往可以用于多种产品的生产。例如,数控机床通常具备多种加工功能,能够支持不同产品的同时生产。通过数控机床,企业可以快速制造样品,降低了新产品开发阶段对专业模具的需求,减少了新产品开发的固定成本。智能传感器可以实时收集生产过程中的数据,帮助企业快速识别问题和优化设计。例如,开发新产品时,智能传感器可以监控产品的物理特性(如温度、压力等),及时反馈设计缺陷,减少试错成本。同时,智能控制设备可以根据实时数据调整生产参数,优化生产工艺,降低开发新产品过程中的原材料和时间浪费。因此,智能制造技术提升了企业生产的转向能力,从而降低了产品层面的固定成本。

① Bresnahan and Trajtenberg(1995)将通用型技术定义为在各部门中广泛应用、拥有自身潜力的关键技术。通用型技术特征包括:一是通用性。通用型技术可以在不同产品和部门间广泛应用。二是改进性。通用型技术存在较强的技术活力,可以在其所在行业不断改进和发展。三是互补性。与不同技术之间存在一定的互补性,不仅可以改变现有技术,还可以与现有技术融合发展(Helpman, 1998)。目前, Jovanovic and Rousseau(2005)将AI、ICT等第四次工业革命中的智能化技术纳入通用型技术范畴。这是因为,智能制造通过运用传感器、机器人等通用型设施采集数据要素,辅助、监测生产过程,这一技术被广泛应用于各个行业部门,满足通用型技术的通用性特征。同时,智能制造技术不断演进发展,随着时间推移而不断改进和升级,使用成本逐渐降低,满足了通用型技术的改进性要求。智能制造的发展促进了人工智能、大数据分析等相关技术的创新,这些技术的发展又反过来推动智能制造的进步,满足通用型技术的互补性要求。

(1)企业智能化的决定条件。短期均衡下,市场上企业的数目不发生变化,企业比较智能制造技术与传统生产技术带来的利润差异,由此决定是否要进行智能化转型。在市场中企业数目不变的情况下,求解得到智能化企业的产品范围和产品产量为:

$$q^{s,1} = \sqrt{\frac{Lg^1}{\delta}}, h^{s,1} = \frac{1}{\eta M^1 + 2\gamma} \left[(\alpha - c^1) \sqrt{\frac{L\delta}{g^1}} - 2\delta \right] \quad (8)$$

当选择智能化的利润高于非智能化的利润,即 $\Pi^{s,1} > \Pi^1$ 时,企业将进行智能化转型,有:

$$h^{s,1} [(p^{s,1} - c^1) q^{s,1} - g^1] - F^1 > h^1 [(p^1 - c) q^1 - g] - F \quad (9)$$

其中, $p^{s,1} = \alpha - \frac{\eta h^{s,1} q^{s,1} M^1}{L} - \frac{\delta q^{s,1}}{L} - \frac{\gamma h^{s,1} q^{s,1}}{L}$, $p^1 = \alpha - \frac{\eta h^1 q^1 M^1}{L} - \frac{\delta q^1}{L} - \frac{\gamma h^1 q^1}{L}$, 将上面求解得到的 $q^{s,1}$ 、 $h^{s,1}$ 、 q^1 和 h^1 代入,化简得到:

$$L(c - c^1)(2\alpha - c - c^1) + 4\sqrt{L\delta} \left[(\alpha - c) \sqrt{g} - (\alpha - c^1) \sqrt{g^1} \right] - 4\delta(g - g^1) > (F^1 - F) \frac{(\eta M^1 + 2\gamma)^2}{\gamma} \quad (10)$$

其中,公式左侧代表企业智能化转型后的收益,由边际成本下降的收益 $c - c^1$ 和开发新产品的固定成本下降的收益 $g - g^1$ 组成,如果 c^1 大幅低于 c 或 g^1 大幅低于 g ,智能化转型将带来显著的成本降低,从而大幅提高利润。公式右侧则是智能化转型所需要付出的沉没成本 $F^1 - F$ 。如果 $F^1 - F$ 较小,说明智能化转型的初期投资相对较低,企业能够快速收回成本,更有可能进行转型。如果 $F^1 - F$ 较大,说明智能化转型需要企业投入更多的资金,且回报期较长。在这种情况下,企业可能需要更高的市场回报(如更高的市场规模 L 或更低的成本下降)才能确保转型后的利润大于传统生产模式下的利润,否则,企业可能会选择继续采用传统生产方式。

(2)智能化与企业产品策略。本文假定市场结构为垄断竞争。短期均衡下,智能制造技术出现后,市场中企业数目保持不变。长期均衡下,零利润条件成立,市场上企业数目达到新的均衡。本文进一步通过求解长期均衡得到本文的核心命题。

在使用智能化生产技术的情况下,市场上的企业数目为:

$$M^{1,1} = \frac{1}{\eta} \sqrt{\frac{\gamma}{F^1}} \left[(\alpha - c^1)L - 2\sqrt{g^1\delta} \right] - \frac{2\gamma}{\eta} \quad (11)$$

本文发现,智能制造将对市场中的企业数目 $M^{1,1}$ 带来两方面的影响:一是智能化提高了进入市场的门槛,使企业的沉没成本增加,降低了市场中企业数目;二是智能化降低了企业生产的成本,使企业的生产更加有利可图,增加了市场中企业的数目。因此,长期均衡下最优的企业产品范围 $h^{1,1}$ 和产品产量 $q^{1,1}$ 分别为:

$$h^{1,1} = \sqrt{\frac{F^1\delta}{g^1\gamma}}, q^{1,1} = \sqrt{\frac{Lg^1}{\delta}} \quad (12)$$

据此,智能制造带来了企业产品范围的扩大,即:

$$h^{1,1} - h^1 = \sqrt{\frac{\delta}{\gamma}} \left(\sqrt{\frac{F^1}{g^1}} - \sqrt{\frac{F}{g}} \right) > 0 \quad (13)$$

同时,智能制造降低了企业的产品产量,即:

$$q^{1,1} - q^1 = \sqrt{\frac{L}{\delta}} \left(\sqrt{g^1} - \sqrt{g} \right) < 0 \quad (14)$$

据此,本文提出:

命题:智能制造带来了沉没固定成本,降低了企业生产新产品所需的固定成本,扩大了企业的产品范围,并降低了企业的产品产量。

三、实证研究设计

1. 数据来源

本文使用2000—2013年(不包括2010年)的企业数据。其中,进出口贸易数据和企业财务数据分别来源于中国海关数据库和中国工业企业数据库。城市层面的经济发展数据则来源于相关年份《中国城市统计年鉴》和各省份统计年鉴。各个国家和地区产品层面贸易数据来自CEPII数据库和中国台湾省经济局。关税数据来源于世界银行与UNCTAD合作开发的全球贸易数据库(WITS)和世界贸易组织(WTO)。

2. 变量设定

(1)被解释变量:本文的被解释变量为出口企业的产品策略,体现为出口企业的产品范围和产品产量。海关数据库拥有更详细和规范的产品和产量信息,各年份的产品可以根据HS代码得到更精准的定义。同时,海关数据库横跨时间更长,更能反映现实信息。因此,本文的分析对象为多产品出口企业,即出口的产品数目大于2的企业。本文选取企业HS 8分位下出口产品种类作为产品范围($\ln Scope$)的代理变量,选取企业HS 8分位下平均产品出口量作为产品产量($\ln Volume$)的代理变量。

(2)核心解释变量:智能制造^①。智能制造是信息通信技术与先进制造技术深度融合,具有自感知、自学习、自决策、自执行、自适应等功能新型生产方式。随着高性能计算、数字控制、精密传感等技术不断成熟,智能化设备和操作系统逐渐嵌入制造领域,实现生产和管理的精细化、柔性化、实时化、智能化,带来制造业企业生产过程质的飞跃。本文从企业智能制造硬件投入角度出发,以企业智能制造投入累积进口额作为企业智能制造投入的代理变量。选择该指标的原因在于:①中国智能制造设备主要源于进口,智能化核心投入的国产化率较低^②。②智能制造生产设备是企业智能化转型中必要的固定资产投入,使用寿命较长^③。测算方法上,本文首先参考吴非等(2021)做法,利用Python的Jieba分词库,在去除停用词和非智能制造关键词后^④,对智能制造相关文件^⑤做分词处理和词频处理,结合文件识别的关键词和吴非等(2021)确定了与智能制造相关的关键词。

① 企业智能制造特征及智能制造与出口企业产品策略的特征事实参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)。

② 从机器人角度看,2012年前进口是中国机器人的主要来源(Cheng et al., 2019),本土机器人供应率不足15%(李磊等, 2021);从数控机床角度看,目前大部分国产机床尚不具备智能化功能,数控机床主要来源于进口;从智能传感和控制角度看,传感器等设备被BOSCH、MEAS等国外公司垄断,国产化率不足20%。《智能制造发展规划(2016—2020年)》指出,2016年之前,智能制造装备的国产率显著低于50%。

③ 在正常使用的情况下,数控机床的使用寿命往往可以达到10年。而根据国际机器人联合会的相关数据,工业机器人的使用寿命一般在12—15年。本文也使用考虑折旧后的智能制造投入做稳健性检验,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

④ 相关文件中,含有“发布”“要求”“应用”等不符合标准停用词范畴的词汇,但其与本文研究内容无关,因此,本文予以剔除。

⑤ 包括《“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)》《智能制造发展规划(2016—2020年)》《中国制造2025》等。

然后,利用正则表达式从海关数据库的产品信息中定位了智能制造过程中的硬件设备,将企业信息和智能制造投入结合起来。

(3)控制变量。为准确识别智能制造投入对企业出口产品策略的因果效应,减轻回归中可能存在的内生性问题,本文参考相关文献的做法,从企业、行业和城市层面加入三类控制变量^①。

3.模型设定与实证策略

为分析智能制造投入对企业产品策略的影响,本文建立如下模型:

Y_{jt} = \beta_0 + \beta_1 IM_{jt} + \eta \cdot F_{jt} + \theta \cdot I_{it} + \psi \cdot C_{pt} + \mu_f + \mu_{i,t} + \mu_{\tau} + \varepsilon_{jt} \tag{15}

其中,Y_{jt}为产品策略,包含产品范围(lnScope_{jt})和产品产量(lnVolume_{jt})。IM_{jt}为智能制造投入,以企业智能制造投入累积进口额的对数衡量。F_{jt}、I_{it}和C_{pt}分别代表企业、四分位行业和城市层面的控制变量。为控制企业不随时间变化的个体特征,本文进一步控制了企业固定效应\mu_f。考虑到可能存在难以观测的行业特征、区域特征以及行业和地区层面的冲击,本文进一步控制了3分位行业\times时间固定效应\mu_{i,t}^②和省份\times时间固定效应\mu_{\tau}。 \varepsilon_{jt}表示随机扰动项。

四、智能制造与出口企业产品策略

1.基准结果

表1汇报了本文的基准回归结果,其中,第(1)、(4)列包含企业和时间固定效应,第(2)、(5)列加入企业固定效应和行业\times时间固定效应,而第(3)、(6)列进一步加入省份\times时间固定效应。回归结果表明,智能制造的应用促进了企业产品范围的扩张,当智能制造应用增加1%时,产品范围将增加3.43%—4.82%。然而,在产品范围扩张的同时,产品产量不升反降。具体而言,当智能制造应用增加1%时,产品产量降低3.44%—4.36%。本文的基准回归结果验证了前文的理论分析,即智能制造扩大了企业的产品范围,但降低了产品产量。潜在原因在于:首先,智能化转型增加了企业面临的

表 1 基准回归结果

	产品范围			产品产量		
	(1) lnScope	(2) lnScope	(3) lnScope	(4) lnVolume	(5) lnVolume	(6) lnVolume
IM	0.0482*** (24.4664)	0.0363*** (18.8442)	0.0343*** (17.8642)	-0.0436*** (-11.1481)	-0.0383*** (-10.2644)	-0.0344*** (-9.2015)
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
时间固定效应	控制	不控制	不控制	控制	不控制	不控制
行业—时间固定效应	不控制	控制	控制	不控制	控制	控制
省份—时间固定效应	不控制	不控制	控制	不控制	不控制	控制
样本量	388306	388208	388204	388284	388186	388182
adj. R ²	0.7723	0.7767	0.7776	0.9125	0.9147	0.9150

注: *、**和***分别表示显著性水平为10%、5%和1%,括号中为企业层面聚类的t统计量,以下各表同。

① 控制变量及描述性统计结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 后文称行业\times时间固定效应。

沉没固定成本,需要进一步扩大产品范围以分摊增加的沉没固定成本。其次,智能制造降低了企业开发新产品所需的固定成本。一方面,智能制造的可编程和程序化特性降低了企业开发新产品所需付出的转换成本。从资本角度看,传统制造业的机械设备通常专用于特定产品,开发新产品需要进行产品线改装或购置新的生产设备。从劳动角度看,智能制造背景下,企业只需重新编写生产程序即可开发新产品,而不需要付出对劳动力的培训成本。另一方面,通用型智能制造技术能够适用于多种产品的生产,从而提升了跨部门生产的可能性。

2. 内生性分析与稳健性检验

本文实证估计可能面临的问题是核心解释变量和被解释变量之间存在内生性问题,从而影响 β_1 的一致估计。具体而言,存在两种可能性:①反向因果。企业应用智能制造存在自选择的问题。一方面,企业的智能制造选择可能受到出口国需求冲击的影响;另一方面,企业的智能制造选择可能与企业规模、生产率等因素有关。②遗漏变量。可能存在一些难以观测的因素,同时影响企业的产品策略和智能制造选择,从而导致内生性带来估计偏误。因此,本文采用三种工具变量解决内生性问题:一是参考Imbert et al.(2022)的思路,从企业面临供给价格冲击的角度构建了移动份额法(Shift-Share)工具变量。二是参考Lu and Liu(2015)的做法,以企业智能制造投入相关的外生冲击构造工具变量。具体而言,本文以增值税改革带来的企业智能制造投入进口降低和2007年《鼓励进口技术和产品目录》带来的企业进口智能制造投入增加作为工具变量。三是参考黄群慧等(2019)的做法,使用城市历史邮电数据作为工具变量^①。

为了保证基准回归结果的准确性与可靠性,本文做了一系列稳健性检验:①更换企业产品策略与智能制造投入的指标构造方法,以排除可能存在的指标测度偏误;②考虑到智能制造对企业生产的时滞效应,使用滞后一期的智能制造投入来检验;③为排除可能存在的选择性偏误,排除了非智能制造企业做稳健性检验;④考虑到加工贸易企业的产品范围可能取决于来料中间品,排除了样本中的加工贸易企业做稳健性检验;⑤企业应用智能制造后,可能从单产品企业转换为多产品企业,因此,加入单产品企业样本做稳健性检验;⑥企业产品策略可能存在路径依赖,加入滞后一期被解释变量作为控制变量做稳健性检验^②。

3. 异质性分析

本文的基准结果表明,智能制造带来了企业出口产品范围的扩大和产品产量的降低,但上述影响可能因企业内产品差异化程度、地区智能化基础设施差异和企业所有制类型的不同而存在差异。因此,本文从三个角度展开异质性分析。

(1)企业内产品差异化程度异质性。前文理论分析表明,智能化转型对企业产品策略的影响受到企业内产品差异化程度 δ 的影响,当 δ 越高时,智能化对企业产品策略的影响越大。这是因为,当企业内产品差异化程度较高时,消费者增加同一种产品的消费所能获得的效用更低,此时消费者更倾向于消费多样化的产品。因此,生产产品差异化程度更高的企业在市场上拥有更大的定价权,更有可能通过扩大产品范围来满足不同消费者的需求,进而实现更高的利润。本文根据Rauch(1999)^③的方法,识别了产品的差异化程度,表2第(1)、(2)列汇报了相应结果。研究结果表明,智能制造技术能够更好地支持企业内产品差异化程度更高的企业扩大产品范围而非产品数量。这是

① 内生性分析结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 稳健性检验结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ Rauch(1999)根据产品价格是否透明来对产品的差异化程度作划分,当产品替代弹性越高时,差异化程度越低。

因为,当产品同质化程度较高,即产品间替代弹性较大时,消费者对价格变动的反应较大。此时,企业应增加产量,通过规模效应降低成本,从而在竞争中取得优势地位。相反,当产品差异化程度较高,即产品间替代弹性较小时,消费者愿意为差异化产品支付更高的价格。

表 2 异质性分析

	差异化产品异质性		地区智能化水平异质性		所有制异质性	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	lnScope	lnVolume	lnScope	lnVolume	lnScope	lnVolume
<i>IM</i> × <i>Diff</i>	0.0065** (2.0269)	-0.0218*** (-3.0560)				
<i>Diff</i>	0.0002 (0.0198)	-0.3675*** (-17.6818)				
<i>IM</i> × <i>INT</i>			0.0484*** (16.4802)	-0.0409*** (-6.9983)		
<i>IM</i> × <i>FOE</i>					0.0191*** (5.7353)	-0.0334*** (-4.1937)
<i>IM</i>	0.0292*** (9.3716)	-0.0170*** (-2.5914)	0.1078*** (21.5340)	-0.0955*** (-9.5557)	0.0196*** (6.3308)	-0.0087 (-1.1926)
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
行业—时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
省份—时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
样本量	388204	388182	381408	381385	388204	388182
adj. R ²	0.7777	0.9154	0.7802	0.9157	0.7777	0.9150

(2)地区工业智能化水平异质性。中国经济发展存在地区不平衡,目前,东部地区积极推动“机器换人”行动,对智能化转型施以财政补贴,而欠发达地区仍在积极承接发达地区转移的落后工业。因此,本文将进一步分析智能制造对企业产品策略的影响是否因地区工业智能化水平不同而表现出异质性。在基准回归的基础上,引入企业智能制造投入与地区智能化水平异质性的交乘项^①。表2第(3)、(4)列汇报了工业智能化的异质性分析结果。结果表明,当地区工业智能化水平越高时,智能制造的应用将会使企业倾向于选择拓展产品范围的产品策略。这是因为,当地区工业智能化水平越高时,产生的外部规模经济集聚效应越显著。同时,地区工业智能化水平越高,企业智能化转型越容易获得更高的支持,智能化转型的效果越好。

(3)内外资企业异质性。不同所有制企业应用的生产技术存在差别,出口模式也有所不同。Bramnilla(2009)研究表明,由外国投资者出资设立或者控股的外资企业往往比内资企业新增产品数目更多,这是因为外资企业往往拥有更为先进的技术和管理经验。同时,外资企业往往规模更大,利润侵蚀效应对其影响可能更为显著。本文在基准回归的基础上进一步引入企业智能制造投入与企业所有制的交乘项。表2第(5)、(6)列汇报了企业所有制的异质性分析结果。结果表明,相

① 本文使用孙早和侯玉琳(2019)提供的各省份工业智能化水平作为地区工业智能化水平的代理变量。

对于内资企业,在使用智能制造后,外资企业更倾向于拓展产品范围,降低产品产量。这主要有以下几个原因:首先,外资企业与内资企业的市场定位不同。外资企业更倾向于在更高端或多样化的市场中竞争,其客户的多样化偏好更显著。因此,智能制造使其能够在不同市场间灵活调整,拓展产品范围。其次,外资企业与内资企业在市场规模上存在差异。外资企业的雇佣规模和出口规模往往大于内资企业^①,因此,其受到“蚕食效应”的影响更大,更倾向于在扩大产品范围的同时,进一步降低产品产量。

五、机制分析

前文理论分析表明,智能制造作为一种通用型技术,能够降低企业在生产新产品时的固定成本,使企业扩大产品范围并降低产品产量。首先,通用型技术往往可以被同时应用于多个产品的生产环节,适用于多个部门,从而缩小了各部门生产过程的异质性^②。其次,智能制造提高了资本和劳动的生产转换能力。一方面,智能制造技术增加了资本的柔性。在更快的计算能力支持下,越来越多的生产任务从硬件转移到软件,其优势在于允许新机器的大量功能在制造后进行修改,以纠正问题或满足不断变化的用户需求,从而降低企业开发新产品的固定成本。另一方面,智能制造技术增加了劳动的柔性。企业使用智能制造技术需要雇佣更多的高技能劳动力,其学习能力比低技能劳动力更强,企业需付出的培训成本更低。因此,通用型智能制造技术提升了企业内部柔性,降低了企业在生产中的内部调整成本。

(1)智能制造从通用型技术渠道降低生产新产品的固定成本的机制。对于智能制造通用程度的刻画,本文从智能制造设备来源国和智能制造适用行业角度进行分析。首先,如果来源国自身生产较多的产品种类,则其国内制造商在生产设备时往往会考虑本国的情况,更加关注设备自身的通用程度而非专用程度,从而使设备适用于更多产品的生产。其次,当某种设备被越多行业采用时,其越有可能被用于多产品、跨部门的生产过程,从而通用程度越强,专用程度越差。在此基础上,本文将智能制造技术与通用程度的交互性引入基准回归^③。表3提供了来自通用型技术角度的估计结果。其中,第(1)、(2)列从来源国技术通用程度视角进行分析,第(3)、(4)列从行业通用程度角度进行研究。结果表明,无论从进口来源国还是从适用行业角度分析,当企业使用通用程度越高的技术时,越倾向于扩大产品范围,降低产品产量。同时,当考虑通用程度渠道后,本文的核心解释变量符号方向发生了变化。即如果智能制造技术为专用技术(通用程度为0),应用智能化技术将缩小产品范围并增加产品产量,这进一步证明了本文假设的合理性。

① 这里进一步分析了企业规模异质性,参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 智能制造设备往往被用于多个行业和部门的生产,因此,可以满足跨行业、跨部门的生产任务需求。例如,数控机床的多功能性和高精度可以满足不同行业对复杂零件加工的需求,在航空航天和汽车制造、医疗器械、电子产品、能源工业等各个领域,数控机床都发挥了巨大的作用。由于数控机床具有灵活性和自动化的特点,其可以适应各种材料和形状的加工,从而实现灵活的生产转向。同时,机器人、智能传感和控制设备也被应用于多个行业的生产,其执行的组装、搬运、焊接、检查和收集数据、自动控制等任务是多个行业重要的生产环节。

③ 具体而言,本文分别计算了初始年(2000年)智能制造进口来源国产品范围数量和进口各类智能制造设备的行业数量。为平滑数据,本文对通用程度做加1取对数处理。

表 3 机制分析：智能制造通用程度效应

	通用程度(来源国视角)		通用程度(适用行业视角)	
	(1) lnScope	(2) lnVolume	(3) lnScope	(4) lnVolume
IM×CGPT	0.0264** (2.0076)	-0.0275** (-2.1176)		
CGPT	-0.0069*** (-5.7952)	0.0090*** (3.8362)		
IM×IGPT			0.0168*** (9.0871)	-0.0128*** (-3.4537)
IGPT			-0.0109*** (-5.6139)	0.0137*** (3.5386)
IM	-0.1819 (-1.6228)	0.1879* (1.7009)	-0.0333*** (-4.0538)	0.0135 (0.8702)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
行业—时间固定效应	控制	控制	控制	控制
省份—时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	388196	388174	388204	388182
adj. R ²	0.7777	0.9150	0.7779	0.9150

(2)智能制造通过增强企业生产转向能力从而降低生产新产品所需的固定成本的机制。Hausmann and Klinger(2007)、Hidalgo et al.(2007)以“猴子跳树”理论隐喻产品生产能力。猴子如同企业,企业可生产的产品就像森林中的树。猴子在森林中跳跃,从一棵树跃至另一棵树,其可以到达的树木数量类似于企业能够生产的产品种类。在传统的增长理论中,森林中的树是均匀分布的。然而,现实生活中,产品间往往存在一定的技术关联,即树与树之间的技术距离不同。当猴子可以跳跃的树木数量增加时,往往存在两种可能性,一是企业生产转向能力上升,即跳跃至其他树所需要付出的固定成本下降;二是企业选择技术距离更近的产品,即猴子跳跃至更近的树。因此,本文进一步检验智能制造应用如何影响企业内产品间技术距离,为智能制造降低产品层面固定成本提供佐证性证据。多产品企业在生产时往往拥有一个核心产品,其生产效率最高,距离核心产品越远的产品,效率越低(Mayer et al.,2014)。当企业生产与核心产品更为类似的产品时,其更容易获取与核心产品类似的比较优势,从而进一步降低生产和交易所需的成本。此时,企业的产品范围扩大,就像猴子选择跳跃至更近的树,而非猴子跳跃能力的提升。本文将核心产品定义为销售额最高的产品,并计算了企业生产其他产品与核心产品的相似度,即平均技术距离^①。如果智能制造降低了平均技术距离,那么证明智能制造并未使企业转向生产技术距离更近的产品,而是提升了企业的生产转向能力,降低了生产新产品需付出的固定成本。

表4汇报了智能制造技术对产品技术距离的影响。结果表明,无论以哪种方式衡量产品与核心产品的技术距离,智能制造技术的应用均降低了产品间的平均技术距离。这也反映了智能制造对企业实际生产技术的改变,即智能制造提升了企业生产转向能力,使企业向新产品跳跃的能力提

① 本文参考并拓展Hidalgo et al.(2007),从四个角度计算企业产品相似性,即产品间平均技术距离指标,具体计算方法参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

升(Hidalgo et al.,2007)。这主要有两方面的原因:一方面,大部分智能化设备在改变生产产品时仅需重新编写程序,大大降低了人力的学习成本;另一方面,智能化生产设备使生产分割程度进一步提升,将相同的生产工序用于不同的产品生产,从而使企业能生产的产品种类增加。这也进一步证实了本文机制的合理性。

表 4 机制分析:智能制造与企业生产转向能力

	(1) <i>Sim_RCA</i>	(2) <i>Sim_Exp</i>	(3) <i>Sim_Cos</i>	(4) <i>Sim_Abs</i>
<i>IM</i>	-0.0046*** (-12.1245)	-0.0044*** (-11.6954)	-0.0013*** (-2.5833)	-0.0039*** (-10.7506)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
行业—时间固定效应	控制	控制	控制	控制
省份—时间固定效应	控制	控制	控制	控制
样本量	388204	388204	388204	388204
adj. R ²	0.6877	0.6837	0.6808	0.6896

注:第(1)—(4)列分别代表以不同方式衡量的产品间相似度。

六、进一步分析

企业的成本加成率是产品价格与可变成本之比,反映了企业的盈利能力。成本加成率越高,企业定价能力越强,可以获取的垄断利润越高,拥有的市场势力越大。长期以来,中国企业依赖低价竞争策略,虽然在出口市场中占据了一定地位,但是利润空间被严重压缩,创新能力和可持续发展潜力受到削弱,难以实现高质量发展。智能制造作为当前先进技术的代表,以其程序化特性,正在深刻重塑企业的生产方式,从而改变企业的成本加成率。首先,智能制造信息化、数控化的本质减少了企业在生产过程中不必要的原料损耗,提升了企业的生产率,降低了企业面临的可变成本,在价格不变的情况下,这将提升企业的成本加成率。其次,智能制造技术作为精细化的生产技术,将大大降低次品率,从而提升企业产品质量,提高企业的定价能力。例如,相比普通机床,数控机床可以加工更精细化的零件,产品次品率也更低。传感器等设备可以对产品进行无伤检测,进而提升了企业的品控能力。自动化生产线和机器人等劳动替代型设备降低了劳动力可能会出现的失误率。上述智能制造的优点均提升了企业的产品质量。但与此同时,由于“蚕食效应”的存在,企业引入新产品将导致消费者对旧产品需求的降低,面临的需求价格弹性上升,成本加成率降低。那么,智能制造是否会改变企业的成本加成率?其带来的新生产优势是否有助于企业摆脱低价竞争呢?因此,本部分将进一步探讨智能制造是否改变企业的价格竞争策略。

基于此,本文通过实证分析来检验智能制造与成本加成率的关系。以往研究利用OP、LP、ACF等传统全要素生产率估计方法中所设定的函数形式和估计方法计算,但这些方法计算的可变要素弹性在行业内企业间往往是相同的,这将带来企业层面成本加成率的估计偏误。而Gandhi et al.(2020)充分考虑了可变要素弹性的企业异质性,能够得到更精准的成本加成率估计。因此,本文使用Gandhi et al.(2020)的方法估计生产函数,参考De Loecker and Warzynski(2012)、Raval(2023),以中

间品投入弹性与中间品投入占比计算成本加成率^①。估计结果见表 5 第(1)列,结果表明,智能制造的应用提升了企业的成本加成率,当智能制造投入增加 1% 时,企业的成本加成率将上升 0.54%。本文同样参考 Levinsohn and Petrin(2003)的生产函数估计方法计算了企业的成本加成率。估计结果见第(2)列,本文的结论依然稳健。

表 5		进一步分析	
	(1)	(2)	
	$\ln Markup_{gnr}$	$\ln Markup_{lp}$	
<i>IM</i>	0.0054*** (5.1763)	0.0044*** (4.5152)	
控制变量	控制	控制	
企业固定效应	控制	控制	
行业—时间固定效应	控制	控制	
省份—时间固定效应	控制	控制	
样本量	379917	382400	
adj. R ²	0.6263	0.5068	

上述结果表明,智能制造为中国出口企业提供了新的国际竞争力。首先,智能制造使企业能够快速响应市场变化和消费者需求,推动产品创新和多样化。这种灵活性使得企业能够为新产品设置更高的价格,从而提升成本加成率。其次,智能制造系统通常配备先进的数据分析工具,帮助企业洞察市场趋势和消费者偏好。这种信息优势使得企业能够更精准地定价,提升加成率。最后,智能制造可以降低新产品开发和生产的固定成本,使企业在产品范围扩大时能更好地分摊成本,从而提高成本加成率。因此,智能制造有利于中国出口企业摆脱“低成本加成率陷阱”,在出口市场上获得更大的竞争优势^②。但与此同时,需要警惕成本加成率增加带来的企业垄断势力上升,这表明智能制造带来的收益被企业所有者拥有,可能侵占劳动收入份额。此外,智能制造企业垄断势力的增加拉大了企业间差距,压缩了非智能制造企业的生存空间,不利于良好市场竞争环境的形成。

七、结论与启示

智能制造作为一种新型生产方式,对制造业的生产流程和企业产品策略带来深远的影响。本文的特征事实表明:在智能制造时代,中国企业产品范围不断扩大,产品产量则出现下降趋势。鉴于此,本文利用 2000—2013 年中国工业企业数据库和海关数据库,探讨了智能制造对企业产品策略的影响。本文首先在 Dhingra(2013)的基础上,将智能制造投入纳入多产品企业的垄断竞争模

① De Locker and Warzynski(2012)利用可变要素弹性和可变要素之比来计算成本加成率,并将劳动要素视为可变要素投入。但中国劳动力流动往往受户籍等制度的限制,这一扭曲将影响要素弹性的准确估计。Raval(2023)发现,劳动力市场摩擦和垄断势力的存在将影响劳动力的静态成本最小化条件,而投入品不会受到影响。同时,中间品投入要素的调整往往比劳动要素更加灵活,估计也将更精准。因此,本文使用中间品投入弹性与中间品投入占比计算成本加成率。

② 本文进一步检验了智能制造对企业出口价格和出口额的影响。结果表明,智能制造提升了企业出口价格,扩大了企业出口额。具体参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

型,发现智能制造降低了企业生产新产品的固定成本,扩大了企业产品范围。在存在“蚕食效应”的情况下,企业无法实现产品范围扩大和产品产量上升的“双赢”,而是随着产品数目的增加,产品产量下降。然后,在准确识别和测度智能制造的基础上,本文实证检验了智能制造对企业产品策略的影响。当企业智能制造应用增加1%时,企业的产品范围将增加3.43%—4.82%,产品产量将降低3.44%—4.36%。进一步分析表明,智能制造提高了企业的成本加成率,有助于出口企业摆脱“价格竞争”的困境,同时带来了企业垄断势力的增强。

本文的研究揭示了通用型智能制造技术在带来产品范围扩大的同时降低了产品产量,这有利于理解智能制造时代企业产品策略的选择,不仅从智能制造角度补充了多产品企业相关的文献,而且对中国智能制造转向深化应用、规范发展、普惠共享的新阶段提供了经验证据。智能化转型对于增强中国企业对需求变化的适应性和灵活性、提高质量和技术、培育品牌和产品竞争力具有重要的现实意义。基于上述结论,本文提出如下启示:

(1)以智能化为驱动,企业充分发挥智能制造技术在多元化战略中的核心作用,以应对消费者需求日益多元化的趋势,降低出口贸易风险。本文研究表明,智能制造通过柔性化生产降低了新增产品所需的单位固定成本,拓宽了企业的产品范围。这种能力不仅提升了中国企业在出口市场的拓展边际,还使得企业能够通过多元化战略实现供需动态平衡。一方面,调整产品种类是多产品企业资源配置的关键手段,能够有效规避因消费者需求变化带来的市场风险;另一方面,国际市场消费者的需求正从基础的生存型消费向发展型和享受型消费转变。而个性化、定制化的产品正成为这一转变的主要体现,有助于满足消费者的“长尾需求”,从而推动出口的持续增长。因此,企业应加快智能化技术的引入与升级,尤其是通用型智能制造技术,特别是柔性生产设备,以增强生产灵活性,扩展产品种类,进而更好地适应市场需求的动态变化和消费者偏好的不断调整。此外,企业应利用智能化技术的柔性特点,进一步研发适应市场需求变化的定制化产品。例如,通过智能传感器、数控机床等设备,企业能够根据不同消费者需求灵活调整产品规格,精准匹配市场需求,从而增强市场竞争力并推动出口增长。

(2)统筹实施智能制造工程,积极引导各类社会资源向智能制造领域集聚,推动产业技术变革和结构优化升级,从而促进企业形态的根本性转变。本文研究表明,智能制造作为当前最前沿的生产技术,既显著降低企业的生产成本,又有效提升企业的成本加成率,进而在提高盈利能力的同时增强企业的市场竞争力。政府应通过税收减免、财政补贴等政策,激励企业加大对通用型智能制造技术的投资,特别是在中小型企业中推广柔性化生产设备。通过降低智能化转型的初期投入成本,帮助企业实现智能化转型,提升生产效率。加强智能制造领域的政策引导与资源配置,引导社会资源向智能制造领域聚集,促进资金、人才和技术的跨行业流动。加强智能制造相关领域的职业技能培训,特别是面向技术工人和管理层的智能化知识培训,提升劳动力的技术适应能力。

(3)因地制宜,根据不同行业、地区和所有制企业的具体发展需求,实施差异化产业政策。本文研究表明,智能制造对企业产品范围的扩大作用集中于内部产品差异化程度更高的企业、外资企业和位于工业智能化水平更高地区的企业。其中,内资企业和位于工业智能化水平较低地区的企业往往因落后的技术、较高的转型成本而使智能制造的效果无法充分发挥。因此,政府应采取有针对性的政策措施,推动这些企业使用更先进的智能化技术、推动企业的转型升级。例如,针对内资企业,政府可以通过提供技术培训、财政补贴、税收优惠等手段,降低企业转型的技术门槛和资金压力;针对位于工业智能化水平较低地区的企业,政府应促进区域间的协调发展,通过跨区域的技术合作和资源共享,推动整体产业的技术进步和升级,从而实现区域产业的均衡发展和智能制造技术的普及

应用。生产同质化产品的企业通常位于替代弹性较大的行业中,在这种情况下,消费者的需求价格弹性较高,价格下降会导致消费者需求显著增加。对于此类行业,提高产量并降低价格可能是实现最大化利润的最优策略。因此,政府应针对具有不同需求价格弹性的行业制定差异化产业政策,从宏观上把控智能制造应用方向,鼓励位于完全竞争行业、生产同质化产品的企业采用更加专业化的智能制造设备,分别培育“专精特”的单项生产冠军企业和个性化、定制化的柔性制造企业。

(4)警惕智能化带来的负面影响,特别是预防智能化引发的企业垄断势力上升及其可能导致的收入分配不均问题。本文研究表明,智能制造不仅提升了企业的成本加成率,意味着企业盈利能力的增强,同时推动了企业市场势力的上升。一方面,垄断势力的增加使智能制造企业在市场中具备更强的议价能力,进而导致非智能制造企业市场势力的下降,从而影响中小企业的收入水平;另一方面,企业垄断势力的扩张可能进一步压缩劳动收入占比,并通过价格上涨削弱消费者福利。因此,政府应采取措施缓解智能制造带来的收入不平等問題。例如,实施专门面向中小企业的智能化转型扶持政策,引导社会资本支持中小企业采用智能制造技术,防止垄断现象及资本无序扩张,从而形成更加公平、有序的市场环境。同时,通过干预措施调节资本收入分配权,推动劳动收入占比的提升,通过再分配等手段,缓解智能化带来的收入不平等問題,确保经济转型过程中各类主体的利益平衡。

〔参考文献〕

- 〔1〕陈勇兵,李辉,张晓倩. 供应链冲击与企业生产产品范围调整[J]. 世界经济, 2023, (5): 29-57.
- 〔2〕蒋为,倪诗程,彭森. 数实融合与企业出口产品策略优化:基于柔性生产视角[J]. 世界经济, 2024, (5): 3-33.
- 〔3〕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.
- 〔4〕李磊,王小霞,包群. 机器人的就业效应:机制与中国经验[J]. 管理世界, 2021, (9): 104-119.
- 〔5〕吕越,邓利静. 全球价值链下的中国企业“产品锁定”破局——基于产品多样性视角的经验证据[J]. 管理世界, 2020, (8): 83-98.
- 〔6〕綦建红,张志彤. 机器人应用与出口产品范围调整:效率与质量能否兼得[J]. 世界经济, 2022, (9): 3-31.
- 〔7〕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.
- 〔8〕魏浩,王超男. 外国知识产权保护、产品组合调整与中国出口高质量发展[J]. 中国工业经济, 2023, (6): 81-98.
- 〔9〕吴非,胡慧芷,林慧妍,任晓怡. 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, (7): 130-144.
- 〔10〕肖静华,吴小龙,谢康,吴瑶. 信息技术驱动中国制造转型升级——美的智能制造跨越式战略变革纵向案例研究[J]. 管理世界, 2021, (3): 161-179.
- 〔11〕Acemoglu, D. The Simple Macroeconomics of AI[J]. Economic Policy, 2025, 40(121): 13-58.
- 〔12〕Acemoglu, D., and P. Restrepo. Modeling Automation[J]. AEA Papers and Proceedings, 2018, 108(6): 48-53.
- 〔13〕Acemoglu, D., and P. Restrepo. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(6): 2188-2244.
- 〔14〕Aghion, P., and P. Howitt. A Model of Growth through Creative Destruction[J]. Econometrica, 1992, 60(2): 323-351.
- 〔15〕Bernard, A. B., S. J. Redding, and P. K. Schott. Multiple-Product Firms and Product Switching[J]. American Economic Review, 2010, 100(1): 70-97.
- 〔16〕Bernard, A. B., S. J. Redding, and P. K. Schott. Multi-product Firms and Trade Liberalization[J]. Quarterly Journal of Economics, 2011, 126(3): 1271-1318.

- [17] Brambilla, I. Multinationals, Technology, and the Introduction of Varieties of Goods [J]. *Journal of International Economics*, 2009, 79(1): 89–101.
- [18] Bresnahan, T., and M. Trajtenberg. General Purpose Technologies Engines of Growth [J]. *Journal of Econometrics*, 1995, 65(1): 83–108.
- [19] Cheng, H., R. Jia, D. Li, and H. Li. The Rise of Robots in China [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2019, 33(2): 71–88.
- [20] De Loecker, J., and F. Warzynski. Markups and Firm-Level Export Status [J]. *American Economic Review*, 2012, 102 (6): 2437–2471.
- [21] Dhingra, S. Trading away Wide Brands for Cheap Brands [J]. *American Economic Review*, 2013, 103(6): 2554–2584.
- [22] Eckel, C., and J. P. Neary. Multi-Product Firms and Flexible Manufacturing in the Global Economy [J]. *Review of Economic Studies*, 2010, 77(1): 188–217.
- [23] Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries [J]. *American Economic Review*, 1994, 87 (5): 1040–1044.
- [24] Feenstra R., and H. Ma. Optimal Choice of Product Scope for Multiproduct Firms Under Monopolistic Competition [R]. NBER Working Paper, 2007.
- [25] Gandhi, A., S. Navarro, and D. A. Rivers. On the Identification of Gross Output Production Functions [J]. *Journal of Political Economy*, 2020, 128 (8): 2973–3016.
- [26] Hausmann, R., and B. Klinger. The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage [R]. CID Working Paper, 2007.
- [27] Helpman, E. General Purpose Technologies and Economic Growth [M]. Cambridge: MIT Press, 1998.
- [28] Hidalgo, C. A., B. Klinger, A. L. Barabasi, and R. Hausmann. The Product Space Conditions the Development of Nations [J]. *Science*, 2007, 317 (5837): 482–487.
- [29] Imbert, C., M. Seror, Y. Zhang, and Y. Zylberberg. Migrants and Firms: Evidence from China [J]. *American Economic Review*, 2022, 112(6): 1885–1914.
- [30] Jones, B. F., and X. Liu. A Framework for Economic Growth with Capital-embodied Technical Change [J]. *American Economic Review*, 2024, 114(5): 1448–1487.
- [31] Jovanovic, B., and P. L. Rousseau. General Purpose Technologies [A]. Aghion, P., and S. Durlauf. *Handbook of Economic Growth* [C]. Amsterdam: Elsevier, 2005.
- [32] Koch M., I. Manuylov, and M. Smolka. Robots and Firms [J]. *Economic Journal*, 2021, 131(638): 2553–2584.
- [33] Levinsohn, J., and A. Petrin. Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables [J]. *Review of Economic Studies*, 2003, 70(2): 317–341.
- [34] Lu, Y., and Q. Liu. Firm Investment and Exporting: Evidence from China’s Value-Added Tax Reform [J]. *Journal of International Economics*, 2015, 97(2): 392–403.
- [35] Mayer, T., M. J. Melitz, and G. I. P. Ottaviano. Market Size, Competition, and the Product Mix of Exporters [J]. *American Economic Review*, 2014, 104(2): 495–536.
- [36] Nocke, V., and S. Yeaple. Globalization and Multiproduct Firms [J]. *International Economic Review*, 2014, 55(4): 993–1018.
- [37] Rauch, J. E. Networks versus Markets in International Trade [J]. *Journal of International Economics*, 1999, 48(1): 7–35.
- [38] Raval, D. Testing the Production Approach to Markup Estimation [J]. *Review of Economic Studies*, 2023, 90(5): 2592–2611.

Intelligent Manufacturing and the Product Strategies of Chinese Export Firms: The Divergence between Specialization and Diversification

WANG Yong-jin, CHEN Fei
(School of Economics, Nankai University)

Abstract: After the Industrial Revolution, new technologies enabled firms to focus on specific stages of production, achieving large-scale manufacturing. However, in the era of intelligent manufacturing, Chinese export firms have increasingly expanded their product scope, while seeing a decline in the average product output. Has intelligent manufacturing led firms to adopt a diversification strategy, potentially undermining production specialization? This paper first builds a theoretical model of multi-product firms that highlights how intelligent manufacturing affects firms' product strategies. Next, this paper utilizes data from the ASIF and customs databases to identify and measure the application of intelligent manufacturing and empirically tests its effects on export firms' product strategies and the underlying mechanisms.

This paper finds that a 1% increase in the adoption of intelligent manufacturing leads to a 3.43% to 4.82% expansion in the product scope, while output per product decreases by 3.44% to 4.36%. However, the decline in average product output does not imply a negative effect on production specialization. Instead, it results from the “cannibalization effect” driven by the expansion of the product scope. Specifically, intelligent manufacturing, as a general-purpose production technology, reduces the fixed costs of developing new products and enhances firms' production flexibility. This encourages firms to broaden their product scope. As consumer preferences become more diverse, the introduction of new products reduces the profitability of existing ones, causing the “cannibalization effect”. Therefore, when firms cannot simultaneously expand their product scope and increase average product output, they tend to reduce average product output while increasing product scope. Heterogeneity analysis further shows that this effect is more pronounced in firms that produce highly differentiated products, those in regions with higher intelligent manufacturing, and foreign-owned enterprises. Moreover, this paper finds that intelligent manufacturing significantly raises firms' markups, thereby strengthening their market power. This suggests that intelligent manufacturing helps Chinese export firms break free from the “low-margin trap”, thereby gaining an advantage through non-price competition.

This paper contributes to existing literature on intelligent manufacturing and multi-product firm theory. First, it is the first to find the phenomenon of expanding product scope and declining average product output, providing both a theoretical explanation and empirical evidence for this phenomenon from the perspective of intelligent manufacturing. Second, it enriches research on multi-product firms by empirically examining the “cannibalization effect” theory for the first time. Third, it provides a precise definition and identification of intelligent manufacturing, laying the groundwork for future theoretical and empirical research.

The findings of this paper are valuable for understanding the product strategy choices of firms in the era of intelligent manufacturing and promoting the high-quality development of China's exports. Based on these insights, this paper proposes the following policy implications. First, governments should drive trade structure optimization by promoting smart manufacturing adoption, encouraging firms to shift toward exporting personalized and customized products. Second, the government should deepen the implementation of intelligent manufacturing initiatives to facilitate the transformation of traditional manufacturing technology. Third, firms should remain vigilant about the potential for product redundancy resulting from intelligent manufacturing.

Keywords: diversification; intelligent manufacturing; specialization; product scope; cannibalization effect

JEL Classification: F14 L25 O33

[责任编辑:覃毅]