

机器人应用对企业生产率和创新的效应

屈小博¹, 吕佳宁²

(1. 中国社会科学院 人口与劳动经济研究所、人力资源研究中心, 北京 100006;
2. 中国社会科学院大学, 北京 102488)

摘要: 在新技术进步快速渗透和人口老龄化趋势下, 传统增长动能难以为继, 中国制造业加速机器人应用既是趋势也是挑战。本文基于“中国企业—员工匹配调查”和“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况调研”数据, 从企业微观层面分析机器人应用对中国制造业企业生产率和创新能力的影响。研究表明, 使用工业机器人对提升企业当前和预期的生产绩效有正向作用; 采用工业机器人的企业具备更强的创新能力, 在创新投入、创新产出、创新潜能上发挥了更明显的优势; 相比较而言, 未使用机器人的企业缺乏各类条件的支持, 难以在生产中开展机器人替代, 不能跨越使用先进的智能技术的高门槛。本文对中国智能化制造新技术应用水平提供了更精细的证据, 为制造业企业如何最大限度地发挥创新驱动的作用, 将新技术转化为产业升级下的有效生产力, 提供了相应的对策建议。

关键词: 机器人; 企业生产率; 创新能力

中图分类号: F124.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-723X(2022)8-0090-10

以18世纪60年代广泛使用蒸汽机为标志的第一次工业革命打开了机器替代劳动力的先河, 直至今日第四次工业革命的到来, 人工智能、机器人正逐渐渗透于各个行业乃至人们的日常生活。当人们意识到正处于技术创新所掀起的人类经济社会发展新浪潮时, 我们已经也不得不接受新技术更迭带来的“创造性破坏”。新一轮产业升级和科技革命下, 劳动密集型产业的比较优势和竞争优势已不再是中国产业的发展红利, 要从“中国制造”走向“中国智造”, 仅仅依靠原有的资本积累和更深层次的资本深化来促进经济增长, 已无法再次突破性地优化资源配置, 达到帕累托最优。尽管没有哪一次的产业变革能够在初始时就有清晰的实践路径, 但是可以预见, 机器人替代既是趋势也是挑战, 未来中国经济必然需依靠技术进步实现生产率的继续攀升。

一、理论基础

(一) 技术进步与经济增长

现代经济学在探究经济增长规律和各类影

响与制约经济增长因素的研究都曾强调技术进步的重要性。1956年索洛提出的经济增长模型成为现代增长理论的基石, 指出外生的技术进步是推动经济增长的唯一源泉(Solow, 1956)。索洛模型验证了劳动有效性能带来产出的额外增长, 尽管劳动有效性在模型推导中较为抽象, 但是我们可以将现实中技术水平的提升认为是索洛剩余的关键组成部分, 技术进步率的变化具有增长效应, 能推动人均产量的永久性增长。当前第四次工业革命中, 人工智能是技术进步重要的物质载体和标志, 埃森哲研究公司将人工智能定义为多种技术的集合, 这项技术是数字化快速转型的重要组成部分和加速器, 机器能够不依靠外力自己检测、理解、行动和学习。

随着人工智能技术的发展对社会经济各方面的影响日益深入, 已涌现出大量关于人工智能、机器人对国家和产业发展影响的文献。国家层面上的实证分析表明, 技术进步能够拉动整体经济的发展。Aly(2020)利用25个发展中国家2017年的截面数据验证了数字化转型与经济发

基金项目: 国家自然科学基金专项项目(72141310); 中国社会科学院国情调研重大项目(GQZD2020004)

作者简介: 屈小博(1974—), 男, 陕西西安人, 中国社会科学院人口与劳动经济研究所研究员, 中国社会科学院人力资源研究中心副主任, 主要从事劳动经济学研究;

吕佳宁(1995—), 女, 浙江湖州人, 中国社会科学院大学博士研究生, 主要从事劳动市场理论与政策研究。

展和劳动生产率均呈现正相关关系。人工智能、快速技术进步和数字化转型为发展中国家带来巨大利益。更有研究表明,数字生态系统发展指数每增长1%,人均GDP就有可能增长0.13%(Katz & Callorda, 2018)。在产业层面上的研究中,已有学者证实了使用机器人能够提升劳动生产率(Acemoglu & Restrepo, 2020)。而就中国经验来说,国内学者发现重工业较高的技术进步率是中国工业结构升级的动因(杨智峰等, 2016),效率增进型人工智能发展对制造业产生正向效应(孙早和侯玉琳, 2021)。

在已被普遍认可的人工智能促进经济增长的观点基础上,一些学者也对其中的影响机制和效应产生的时滞问题作出了相应的研究。如果同时考虑资本和技术的结合,资本偏向性技术进步与资本深化水平融合促进了中国工业部门全要素生产率(TFP)增长(李小平, 2018)。人工智能通过提高生产智能化程度和全要素生产率,增强实体经济的吸引力,提高实体经济资本占比,降低住房资本占比和基建资本占比,进而优化资本结构(林晨等, 2020)。除了人工智能产生的广泛影响,不同时期的参与者所获得的效益也不尽相同,Benassi et al. (2020)在验证了第四次工业革命技术相关的知识积累与企业生产率之间存在显著的正相关关系之后,还发现后进者比早期进入者从第四次工业革命技术能力的发展中获益更多,并经历了显著的“助推效应”。

(二) 人工智能与创新能力

同样值得关注的是,人工智能对于整个经济体和微观企业创新能力的影响。大多研究人工智能、机器人与经济创新的研究集中于定性研究。这一点可以从产业体系得到解释,工业机器人大多服务于制造业。工业转型与产业升级,体现的是工业所具有的创新性和革命性(金碚, 2014)。制造业是大多数科技创新的孵化基地和应用领域,既是创新诱导型产业也是诱导创新型产业(蔡昉, 2021),进而很难在宏观研究中将机器人替代和创新能力完全分割。在使用微观数据实证分析产业相关问题的研究中,大多学者在人工智能企业范围内研究企业创新,将机器人作为创新能力的表征,或将创新能力融入企业生产绩效(王学义, 2021),或将科技进步作为中间变量(杨光等, 2020)。

从企业的微观角度出发,人工智能、机器人与企业创新能力的内在关系可以从新奥地利学

派的熊彼特的理论中得到启发。熊彼特强调企业家的创新活动是经济周期波动和经济发展的内来源(Schumpeter, 1942)。创新活动推动经济增长的机制在于,创新活动使得部分企业的利润增加,引起了企业家之间的激烈竞争,诱导各企业改进技术水平,提升企业自身的实力,从而推动了经济的繁荣增长。

熊彼特的创新理论为当前维护和激发市场主体的活力提供了借鉴意义,也为当下分析机器人应用对企业生产率和创新能力的影响提供了有力的理论支持。市场主体活力的内部动力来源于企业之间的竞争,技术要做到跨越性升级需要一个漫长的过程,但是能够迅速响应市场需求的产品生命周期较短,受限现有的生产能力,制造业企业仅延续上一代技术和产品,或者照搬其他企业的生产模式,将无法保证供给的质量和效率。各个工业大国的发展经验已经揭示,技术水平的发展需要长期的时间沉淀,新技术革命催生的新产品、新业态、新市场并不是完全构建在传统产业的基础上,因此依靠人工智能、机器人等新技术抢占国内的竞争市场和全球价值链的新高地还存在充足的空间和可能性。

基于上述对机器人替代的现实背景和已有理论研究的梳理,可以发现以工业机器人应用来实现先进制造业跨越发展已成为全球共识(邓仲良和屈小博, 2021),未来产业转型升级和企业的发展将依赖于技术进步。尽管关于人工智能、机器人应用对国家产业发展的正向影响已经得到证实,但是由于缺乏详细的微观数据,无法观察新技术革命下制造业企业运用机器人的状况,以及工业机器人对微观制造业企业所产生的经济和创新效应。因此,本文将使用2015—2018年“中国企业—劳动力匹配调查”(CEES)和2021年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查两套企业微观数据,分析工业机器人对中国制造业企业生产率和创新能力的影响,发现存在的问题和挑战,总结规律和政策建议,为中国产业升级及未来发展提供一些思考。

二、工业机器人对企业生产率的影响

创造更多的利润是企业生产的最重要目标,从提升企业生产率出发进行全局思考,洞察人工智能、机器人等先进技术水平在复杂动态的生产系统的运用情况,分析工业机器人对制造业企业

生产力的影响,能够帮助企业在新一轮科技革命下树立更多的卓越成就。

本文使用 2021 年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据,基于模型(1)实证分析工业机器人对企业生产率的影响。模型形式可表示为:

$$\ln \text{apl} = \alpha + \beta_1 \text{robot} + \gamma Z + \mu \quad (1)$$

其中 $\ln \text{apl}$ 是企业生产率, robot 在两个模型中分别代表是否使用工业机器人、拥有工业机器人数量 Z 是影响企业生产率的其他控制变量,包括是否使用信息管理系统、政府扶持、企业年龄、注册类型。 μ 是残差项。 β_1 是工业机器人产生的效应。

根据表 1 的描述性统计,将 2020 年企业总产值与企业总员工数的比例设为劳动生产率,进一步使用企业劳动生产率的对数作为被解释变量企业生产率的代理指标。解释变量之一是否拥

有工业机器人为虚拟变量,如表 1 所示,57.78% 的抽样企业在生产中都使用了工业机器人。另一个解释变量工业机器人数量为 2020 年各企业现有工业机器人总数,平均值为 58.26 台。其余变量为控制变量,其中信息管理系统为虚拟变量,有 58.26% 的制造业企业使用了信息管理系统。将使用 2018—2020 年是否受到包括进口机器人购置补贴、国产机器人购置补贴、企业自主研发机器人研发补贴、智能制造重大产业项目、人工智能技术研发补贴等各项政府补贴为依据,作为虚拟变量政府扶持的衡量指标,有 30.22% 的企业在近三年获得过相关的政府扶持。企业年龄由调查数据年份与企业报告的注册年份之差作为计算依据,企业的平均年龄为 13.66 年。注册类型分为内资企业、港澳台企业和外资企业,使用内资企业作为参照组,港澳台企业和外资企业为实验组。

表 1 主要变量的描述性统计

变量	变量含义	观察值	平均值	标准差
劳动生产率	$\ln(\text{总产值}/\text{企业员工数量})$	225	3.8451	1.4893
是否有工业机器人	1 = 有工业机器人 0 = 没有工业机器人	225	0.5778	0.4950
工业机器人数量	现有工业机器人数量	114	58.2632	195.5388
信息管理系统	1 = 使用信息管理系统 0 = 不使用信息管理系统	225	0.5911	0.4927
政府扶持	1 = 政策补贴 0 = 没有政策补贴	225	0.3022	0.4602
企业年龄	2020 年 - 企业注册年份	225	13.6578	9.4611
注册类型	1 = 内资企业(参照组) 2 = 港澳台企业 3 = 外资企业	225	1.3244	0.6591

资料来源:根据 2021 年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据计算。该调查面向广东省、江苏省的制造业企业。

表 2 是工业机器人对企业生产率的回归结果。列(1)显示,使用工业机器人对企业生产率产生显著正向影响,使用工业机器人的企业比未使用工业机器人的平均企业生产率高出 51.96%,说明工业机器人的应用能明显提升企业的生产绩效。信息管理系统的系数显著为正,说明采用信息管理系统同样能够帮助企业提升生产力,产生的正向效应能使企业劳动生产率大幅度提升,相比未使用信息管理系统的企业能增加 70.97% 的经济效益。模型(2)分析了工业机器人使用数量对企业生产绩效的影响。解释变量工业机器人使用数量的系数显著为正,数值为 0.4%,尽管影响程度较小,但在此更关注其产生的效应方向,验证了拥有更多数量的工业机器人

能提升企业生产率。结合两个模型的解释变量产生的正向效应可以发现,在新一轮科技革命中,使用工业机器人、信息管理系统等智能技术能够对企业生产效率产生积极的效应。科技创新是企业增强实力的驱动力,把握提升技术水平的目标,才能抓住产业升级换代的机遇。如果国内的生产厂商没有拥有自主核心技术,完全依靠“两头在外”的生产模式加工中间投入品,则不需要全自动的机器操作任务,但是目前,传统的制造业生产模式对外依存度高,将在技术水平更新换代、供应链产业链融合发展中无法适应变革,始终嵌于全球价值链分工的落后地位(韩博和郑宇轩 2022)。

表2 工业机器人对企业生产率的影响

	(1)	(2)
是否拥有工业机器人	0.5197* (-0.2731)	/
工业机器人数量	/	0.004** (-0.002)
信息管理系统	0.7097*** (-0.2658)	0.1688 (-0.2418)
政府扶持	-0.3363 (-0.2327)	-0.4740* (-0.2604)
企业年龄	0.0201** (-0.0086)	0.0168 (-0.0102)
注册类型(内资企业为参照组)		
港澳台企业	0.0357 (-0.4592)	-1.7709** (-0.7410)
外资企业	0.7179*** (-0.2388)	0.7948*** (-0.2265)
常数	2.8706*** (-0.2246)	4.0473*** (-0.2306)
观察数值	225	114
R ²	0.164	0.215

注: 括号内为t值; * p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01。资料来源: 根据2021年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据计算。

其余控制变量的回归结果显示,列(1)中企业年龄的系数显著为正,表明生产经验更加丰富的企业拥有更多的资源和成熟的产业链,资本积累较多,能在市场竞争中占据更大的优势。但是值得注意的是,由于企业存在的时间越长,愈加不易改变企业内部管理模式,仅依靠原有的经验管理难以适应市场快速的变化,企业风险也将随之增加,因此更需要塑造市场创新、管理创新、技术创新的经营理念以应对激烈的市场竞争。

列(2)中政府扶持的系数显著为负,说明没有政府补贴的企业拥有更高的劳动生产率。实际上,制造业企业尤其是高新技术企业,在企业设立之初,能够获得各类的政府补贴,此时政府补贴对于企业的激励效应最为明显,企业将获得的资金投入转为创新投入,进而提升企业的生产规模。但政府资金补贴也存在一定的弊端,由于小规模企业对政府补贴的金额更为敏感,因此创业之初,依靠政府补贴能产出更高的效益(李丹丹,2022)。但是由于创新是一个持续性过程,需要大量投入资金,一次性的政府补贴难以满足企业研发需要,所以企业

会在后续的发展中陷入创新瓶颈,甚至难以维持经营。而对于规模较大的制造业企业,政府补贴并不是重要的资金来源,企业一旦达到一定的生产率水平,能够通过洞察市场需求进行企业管理,自我提升技术水平以提升竞争力。

在列(1)和列(2)中,以内资企业为参照组,外资企业系数显著为正,说明相对于内资企业,外资企业的劳动生产率更高。外资企业具备更先进的生产技术和管理模式,以大量投资进入国内市场,较高的工资吸引更高技术的劳动力,激励员工更加努力地工作,并且外资企业严格的管理模式和良好的工作环境,能够吸引和留住生产率更高的劳动力。由于外资企业拥有更多的自主核心技术,对机器设备的使用有着特定且更高的标准的要求,在培训一线生产工人后,劳动力拥有对当前企业更具实用性的技能,员工的流动性更低,有利于企业提升生产绩效。

由于人工智能在期初需要大量的资本投入,技术创新进步需要时间来显现对不同经济体增长的影响,并使其影响扩散到整个经济(Park &

Sang 2019)。对于企业同样需要资金和时间培养适合的高技能劳动力、研发匹配企业生产需求的应用程序 因此工业机器人的回报存在一定的时间滞后性。从近三年购买工业机器人的数量与对企业预计第二年和第三年销售增长率的关系中可以观察工业机器人对企业经营产生的长期效应。如图 1 所示 使用 2017 年制造业企业数据 横轴坐标为企业 2015—2017 年购买工业机器人加总数量占企业现有工业机器人数量的比例,以 2017 年销售额为基期,计算预计 2018 年和 2019 年销售增长率,并以此作为纵轴,可以发现引进工业机器人能增加企业的产品销售额,并且随着近三年购买机器人数量的增加,企业的销售额增长速度也将加快。近三年工业机器人购买

占比的企业主要分布在预计销售增长率为 1% ~ 50%,说明企业对于工业机器人的引进有着较好的预期,认为技术水平能够提升企业的生产绩效,为企业带来更多的利润。企业也将在引入工业机器人后,得到持续的发展,第三年的销售额将在第二年的基础上得到提升。甚至一些企业认为能在三年内大幅度增加企业销售率,做到企业销售额翻倍的成效。通过观察近三年购买机器人占比为 100% 的企业可以看出,大量的企业集中于近三年才初次购买工业机器人,其预期的第三年销售增长率范围最低为 1.54%,最高为 134.68%,说明企业对于工业机器人提升销售额整体有着积极向好的预期,但是对于企业未来的发展抱有不同程度的观望态度。

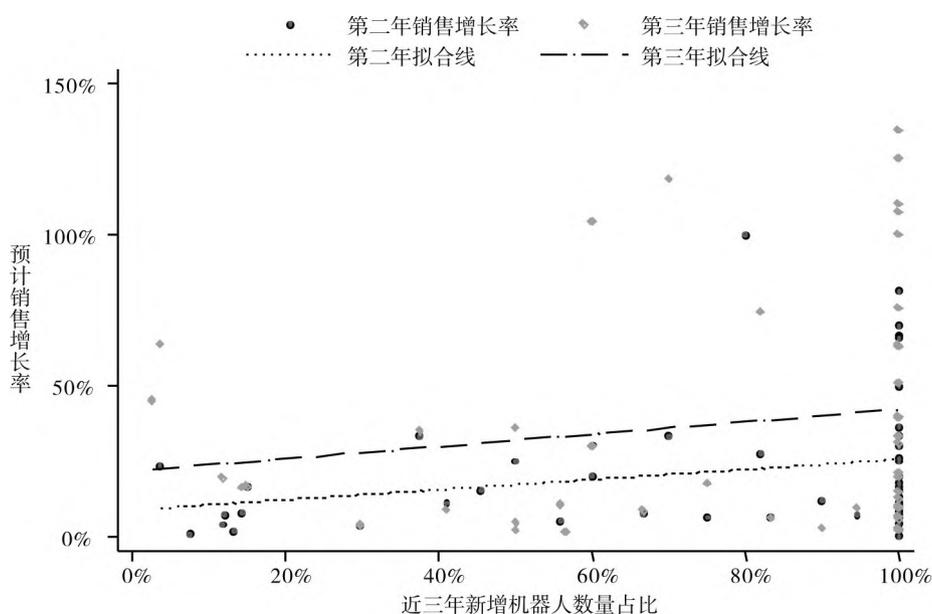


图 1 新增机器人数量对预计销售率的影响

资料来源:2018 年“中国企业—劳动力匹配调查”(CEES)数据计算。该调查面向四川省、广东省、江苏省、吉林省、湖北省的制造业企业。

通过以上对当前机器人应用和企业生产率之间关系的分析表明,工业机器人等多种智能技术已经嵌入到中国制造业企业的生产经营过程。但是还需要意识到在焊接、喷涂、上下料、包装、码垛、搬运、洁净室、装配等生产操作过程中工业机器人的应用范围和数量有限,制造业企业更多地将机器人与信息管理系统、数控设备等多种智能技术协同应用,形成柔性生产线。因此,当前中国制造业企业智能技术运用的整体水平有待提升,企业间使用工业机器人的情况差异较为明显,国内企业尤其是内资企业需要持续加大对智能技术的应用以积极参与全球价值链的

竞争。

三、工业机器人对创新能力的影响

企业创新能力是一个复合性概念,创新资源的投入、创新成果的产出以及对创新活动的主动性和前瞻性都将影响企业整体的创新能力,进而将创新能力转化为经济价值和竞争优势。本文采用创新投入、创新产出、创新潜能三个维度全面衡量企业的创新能力,分析工业机器人对企业创新能力的影响。

(一) 机器人与企业创新投入

本文采用研发支出、研发人员投入两个指标

衡量企业创新投入。企业创新投入最为直观地表现为企业研发支出,即针对研发投入的资金数额(巴曙松等,2022)。如图2所示,本文统计了2017年不同注册类型的制造业企业年平均研发支出。只有预期到持续性的创新投入能够获得未来更高的回报,才能激发创新的动力,企业更愿意在研发上投入大量的资金。未拥有工业机器人和已拥有工业机器人的企业分别投入的年平均研发支出为内资企业1.67万元和6.65万元,港澳台企业7.92万元和2.28万元,外资企业1.78万元和1.80万元。外资企业的研发投入较低,且区分有无工业机器人后,数值并未显示明显的差异,是因为外资企业研发中心大多在国外的总公司,国内的经营重心在于生产环节,因此国内公司并不需要大量的研发投入。已拥有工业机器人的内资企业对于研发的投入是还未使用工业机器人的企业的3.98倍,说明引入工业机器人的内资企业对于技术创新的意识更强。从总体平均值看,内资企业需要更多的研发投入来提升企业创新实力。比如中国顶尖的科技公司华为,2021年的研发资金为1427亿元^①,华为意识到掌握核心技术的重要性,只有通过长期研究开发自主核心技术,才能摆脱对国外供应商的依赖,增强企业的综合实力,也能提升产业链整体价值,从而在全球化的科技革命中占据主导地位。目前中小规模的企业难以负担像华为这样的高额研发投入,因此研发动力需要多方的支持,尤其是需要外部力量即政府的支持,才能维护和激活市场创新的能力。

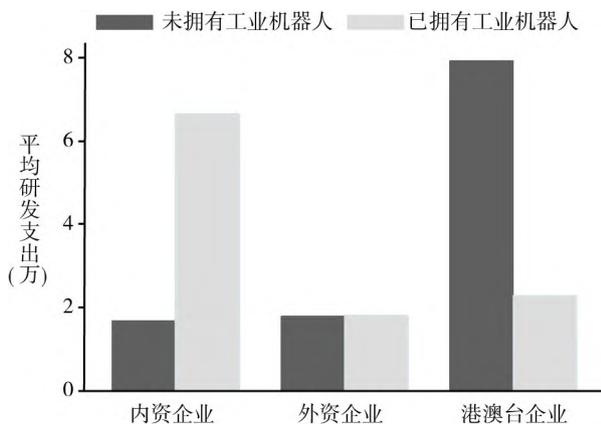


图2 不同注册类型制造业企业年平均研发支出情况

资料来源:根据2018年“中国企业—劳动力匹配调查”(CEES)数据计算得到。

创新投入除了资金支持,还需要耦合其他生

产要素的投入,尤其是劳动力要素。本文使用“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”的企业数据,统计分析2018—2020年未拥有工业机器人和已拥有工业机器人企业中一线生产工人和研发人员占比能够更深入的展现企业创新投入的发展趋势。如图3所示,在已拥有工业机器人的企业中,2020年一线生产工人占比有所下降,从2019年的66.32%下降到2020年61.10%,可能是受到2020年疫情的影响,企业调整内部生产模式,更多地使用机器人替代生产工人。已拥有工业机器人的企业研发人员占比一直高于未拥有工业机器人的企业,说明已拥有工业机器人的企业对于创新的投入更多,以维持深度的脉络性的研究,有助于企业提升创新能力。制造业企业的员工总数整体呈上升趋势,即伴随企业的规模逐年扩大,在引进工业机器人后,机器设备会替代一部分低技能的生产工人,补充更多的研发人员以满足维护和开发技术水平的需要,这一趋势也在图3中得到体现。总体来说,当前国内制造业企业正加大对资金和高技能水平的研发人员的投入,管理决策正偏向于对新兴技术的开发,推动企业科研成果的产出并转化为市场需求的产品。

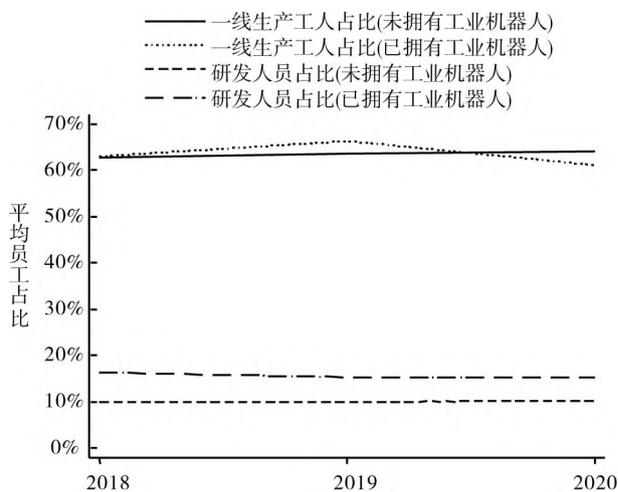


图3 机器人替代对一线生产工人和研发人员占比的影响

资料来源:根据2021年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据计算。

(二) 工业机器人与企业创新产出

由于难以界定企业利润中创新所作出的贡献,而且一旦产品、技术研发成功,相关的研发投入转为无形资产,因此很难从财务报表中挖掘关

① 资料来源:华为投资控股有限公司《2021年年度报告》。

于企业创新产出的有用信息。考虑到企业专利创新能力与企业协同创新模式两者间有互相正向影响(王天祥和樊勇, 2019), 本文借鉴邵朝对等(2021)的研究方法采用发明专利、实用新型专利和设计专利三种专利的申请数衡量企业创新数量。将近三年企业获批大陆专利的数量和申请国外专利的数量作为企业创新产出的评估指标, 观察工业机器人与企业创新产出的相关关系。

大陆专利分为发明专利、实用新型专利、设计专利。如图4所示, 已拥有工业机器人的企业近三年获批的平均申请专利数量为52.19个, 高于未拥有工业机器人的企业。发明专利是三种专利中技术含量最高的专利, 保护期限更长, 需要开发全新的产品或者技术。从发明专利上看, 未拥有工业机器人的企业平均获批13.31个, 已拥有工业机器人的企业平均获批9.44个, 未进行机器人替代的企业占据相对的优势。但是由于制造业下各个产业的生产模式和方法不同, 因此企业名下获批的专利种类也会产生较大的差距。在观察实用新型专利和设计专利的平均获批数量后发现, 已使用工业机器人的企业在产品的实用性技术方案、外观上有更大的创新能力。在观察大陆专利所代表的创新产出能力后, 考虑到国内的专利从申请开始满18个月才具有临时保护权, 近三年获批的专利是从2013年至2015年申请, 因此获批专利的数据有相对时滞性。并且, 目前企业申请国内专利的目的, 一方面是为了提升企业生产过程和产品的创新性, 另一方面可能是为了获得政府补贴, 或是满足申请高新技术企业的必备条件, 因此还需要补充其他数据来修正大陆专利作为创新产出衡量指标的准确性。

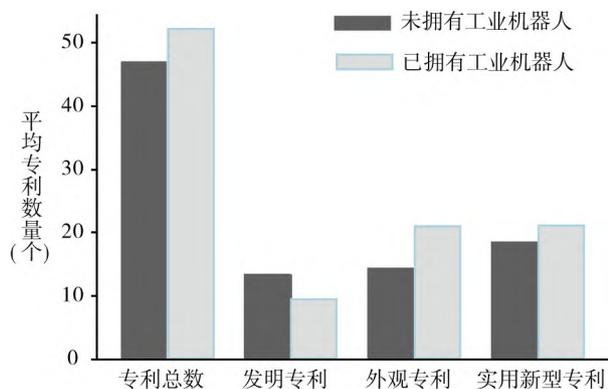


图4 机器人替代对近三年获批中国专利数量的影响

资料来源: 根据2018年“中国企业—劳动力匹配调查”(CEES)数据计算得到。

除了申请大陆专利这一渠道, 企业还能通过向海外的专利局申请, 实行专利多方保护, 通过市场扩张效应和市场势力效应参与市场竞争(王叶等, 2022)。目前全球五大知识产权局分别为中国国家知识产权局、欧洲专利局、日本特许厅、韩国特许厅、美国专利局。如果企业在国外申请专利, 需要花费更多的时间和精力, 也能从一定程度上体现专利的质量水平。如图5, 统计了近三年企业在境外申请专利的平均数量, 可以看出近年来已拥有工业机器人的企业在国际上申请的平均专利数量明显多于未拥有工业机器人的企业。未进行机器人替代的企业在美国、日本、欧洲、中国港澳台地区及其他国家申请的平均数量不足1个, 说明企业创新产出的能力较差。而已拥有工业机器人的企业在美国专利局申请的平均数量为16.53个, 在包含韩国等其他国家申请的平均数量为16.49个, 说明企业申请专利质量较高, 创新产出的能力较强, 能够在国内和国际多方申请专利, 具备较强的保护企业核心自主能力意识。

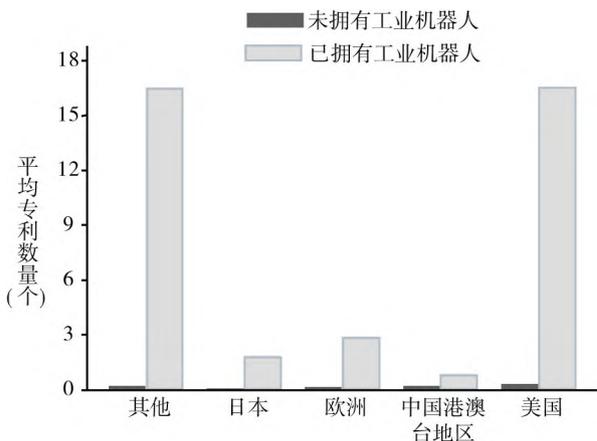


图5 机器人替代对近三年申请境外专利数量的影响

资料来源: 根据2015—2018年“中国企业—劳动力匹配调查”(CEES)数据计算得到。

(三) 工业机器人与企业创新潜能

本文将企业对增加机器人和人工智能的创新计划和行为作为企业创新潜能的衡量指标, 分析机器人应用是否对企业过去和未来使用新技术产生影响, 并通过政策扶持的需求迫切程度了解当前制造业企业在技术革命下需要哪些具体的外部支持。

表3针对2020年疫情影响, 统计了企业对于增加机器人和人工智能的创新计划和行为。如表3所示, 在2020年45.45%的已拥有工业机器人的制造业企业已增加机器人和人工智能

技术的使用,5.15%未拥有工业机器人的企业尽管没有使用工业机器人,但是在2020年采用了其他的人工智能技术。从短期计划看,70.68%的已使用工业机器人的企业将在一年内采用更多的智能技术,而未拥有工业机器人的企业中仅有5.15个百分点的企业愿意引进先进的技术。从长期计划看,82.71%的已拥有工业机器人的企业将在未来一到三年内继续增

加对机器人和其他人工智能技术的投入,而这一比例是未使用工业机器人企业的近6倍。已使用工业机器人的企业拥有更多的创新潜能,相比于未使用工业机器人的企业,积累了智能技术的应用经验,由于技术水平更新换代速度快,市场需求变化快,疫情的常态化将促使有工业机器人的企业继续加大对工业机器人和其他人工智能技术的投资。

表3 机器替代对企业增加机器人和人工智能的创新计划和行为的影响

	未拥有工业机器人占比	已拥有工业机器人占比
2020年已增加机器人和人工智能技术使用	5.15%	45.45%
计划于1年内增加机器人和人工智能技术使用	5.15%	70.68%
计划于1~3年内增加机器人和人工智能技术使用	14.43%	82.71%

资料来源:根据2021年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据计算。

根据上述企业对于过去和未来增加工业机器人和其他人工智能技术的情况分析,我们可以看到未使用工业机器人的企业对于日后引进人工智能技术的可能性并不高,为了更深入地探究其中的原因,表4统计了企业针对机器人和人工智能技术的五类政策的平均需求迫切程度,1分至10分表示迫切程度由低到高。在五类政策需求中,未拥有工业机器人的企业对政策的迫切程度都远高于已拥有工业机器人的企业,其中对工业互联网、大数据、5G等新基础设施需求迫切程度为7.56分,对资金支持以降低企业机器人和人工智能技术使用成本的迫切程度最高,为8.11

分。除此之外对技术的应用支持、人才支持和技能培训支持,未进行机器人替代的企业都有着极大的需求。未拥有工业机器人的企业同样有创新意识,但是缺乏各类条件的支持,难以在生产中开展机器人替代,跨越使用先进的智能技术的高门槛。已使用工业机器人的企业对五类政策需求大致分布在1分到2分之间,说明已经进行机器人替代的企业也需要相关政策的支持,但是目前已有的政策扶持力度有限,已进行机器人替代的企业意识到完全靠政策扶持实现企业创新能力的提升并不现实,更多的是企业内部加大对高新技术的研发,实现完全的机器替人。

表4 制造业企业对智能技术相关政策的需求情况

政策需求	需求迫切程度(分)	
	未拥有工业机器人	已拥有工业机器人
工业互联网、大数据、5G等“新基础设施”	7.56	1.55
资金支持降低企业机器人和人工智能技术使用成本	8.11	2.09
技术和技术应用支持	8.09	1.74
人工智能技术人才支持	8.00	1.79
技能培训支持	8.07	1.81

资料来源:根据2021年中国社会科学院国情调研重大项目“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据计算。

通过对机器人应用与企业创新产出、创新投入、创新潜能的关系分析结果表明,已拥有工业机器人的企业具备更强的创新能力,对新技术的

应用有更高的敏感性。尽管在产业发展中翻来覆去地强调创新的重要性,但是能够真正推倒现有技术束缚的藩篱,实现突破性的创新创造还有

很长的路要走。

四、结论与对策建议

技术进步是推动经济增长的重要源泉,新技术革命催生的新产品、新业态、新市场为国家整体经济发展和企业生产率提升带来了全新的机遇和挑战。本文基于“中国企业—员工匹配调查”和“产业结构升级背景下制造业机器人实施状况”调查数据,从企业微观层面探究了机器人应用对中国制造业企业生产率和创新能力的影响。研究发现,工业机器人能够有效提升企业生产力,依靠人工智能、机器人等先进技术,打造国内的新型制造业竞争市场,提升产业链现代化水平,将抢占全球制造业价值链的新高地。研究还发现,使用机器人与企业创新能力呈现正相关关系,进行机器替代的企业在创新投入、创新产出、创新潜能上发挥了更明显的优势。

但是值得注意的是,虽然中国制造业企业对技术水平的应用速度加快,但是目前新技术应用和扩散的时间和经验积累尚不足。据相关数据统计,2012年中国内地工业机器人销量为2.68万台,这一数值在当年被称为“工业机器人爆发式增长”,10年后的今天,中国市场已经涌现了大量的国产工业机器人生产厂商,如新松、埃斯顿、埃夫特等国内顶尖品牌,但是由于缺少技术积累,还不能完全比肩世界工业机器人技术的品牌。从本文的数据观察,中国工业机器人还存在极大的市场,即便需求创造了供给,但是供给无法对需求产生牵引效应,追根究底还是当顶尖技术掌握在少数企业手中,无论是机器人的需求方还是供给方都需要更多的时间来成长和匹配,也需要更多的政策进行扶持。

如何最大限度地发挥创新驱动的作用,将无形的创新转化为客观存在的生产力将是制造业企业下一步优化管理和调整生产模式的重要目标之一。首先,提升创新意识,加大对自主核心技术研发的投入。研究表明机器人应用对企业生产率和全要素生产率有显著正相关关系,制造业企业应进一步加大研发资本和高技能的劳动力的投入。及时关注同行业其他企业、客户、供应商的发展动态,拓展创新合作伙伴范围,结合企业内部研发与大学或其他科研机构研发,聚焦于核心关键技术的长期性投入。同时加大培养高技能水平的劳动力的力度,提升企业人才的核心

竞争力。以此多方优化生产要素,实现颠覆性的技术革新。

其次,政府应多方面扶持中小规模企业,加快企业进入智能技术运用队列的步伐。研究表明,未拥有工业机器人的企业对于增加机器人、人工智能的政策需求迫切程度高,但不具备完善的研发条件,因此维护和激活市场创新活力需要政府的外部支持。政府应从资金、人才培养、技术应用等方面对企业给予支持,打通企业使用工业机器人的渠道。技术创新呈螺旋式上升,因此政府应长期关注制造业企业智能技术的发展动态,提供动态有效的支持。

最后,审视评判新技术运用的优劣标准,不盲目追求片面的技术提升速度。新技术对于人类社会的影响深远,不同于传统的科学技术,需要理性地思考未来智能技术应用程度的良莠,不囿于追求使用机器人提升企业生产效率,在此基础上多思考人工智能和未来劳动力的关系,赋予人工智能更多自动学习的能力,形成机器学习的良性循环,才能辩证性地统筹短中长期的目标,跟上国际新技术发展的领先水平。

[参考文献]

- [1] Solow R A. Contribution to the theory of economic growth [J]. Quarterly Journal of Economics, 70(5): 65-94.
- [2] Aly H. Digital transformation, development and productivity in developing countries: Is artificial intelligence a curse or a blessing? [J]. Review of Economics and Political Science, 2020 Vol. ahead-of-print: No. ahead-of-print.
- [3] Katz R, Callor Da F. Accelerating the development of Latin American digital ecosystem and implications for broadband policy [J]. Telecommunications Policy, 2018 (9): 661-681.
- [4] Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: evidence from US labor markets [J]. Journal of Political Economy, 2020(6): 2188-2244.
- [5] 杨智峰,汪伟,吴化斌. 技术进步与中国工业结构升级 [J]. 财经研究, 2016, (11).
- [6] 孙早,侯玉琳. 人工智能发展对产业全要素生产率的影响——一个基于中国制造业的经验研究 [J]. 经济学家, 2021 (1).
- [7] 李小平,李小克. 偏向性技术进步与中国工业全要素生产率增长 [J]. 经济研究, 2018, (10).
- [8] 林晨,陈小亮,陈伟泽,等. 人工智能、经济增长与居民消费改善: 资本结构优化的视角 [J]. 中国工业经济, 2020, (2).
- [9] Benassi M, Grinza E, Rentocchini F, et al. Going Revolutionary: The impact of 4IR technology development on firm performance [J]. SEEDS Working Papers, 2020.
- [10] 金碚. 工业的使命和价值——中国产业转型升级的理论逻辑 [J]. 中国工业经济, 2014 (9).
- [11] 蔡昉. 生产率、新动能与制造业——中国经济如何提高资源

- 重新配置效率[J]. 中国工业经济 2021 ,(5) .
- [12]王学义,何泰屹. 人力资本对人工智能企业绩效的影响——基于中国282家人工智能上市企业的分析[J]. 中国人口科学 2021 ,(5) .
- [13]杨光,侯钰. 工业机器人的使用、技术升级与经济增长[J]. 中国工业经济 2020 ,(10) .
- [14]Schumpeter ,J. ,Capitalism , Socialism , and Democracy [M]. New York: Harper and Row ,1942.
- [15]邓仲良,屈小博. 工业机器人发展与制造业转型升级——基于中国工业机器人使用的调查[J]. 改革 2021 ,(8) .
- [16]韩博,郝宇轩. 提升沿边开发开放在国内国际双循环中的嵌入度、贡献度和价值链地位[J]. 学术探索 2022 ,(1) .
- [17]李丹丹. 政府研发补贴对企业创新绩效的影响研究——基于企业规模和产权异质性视角[J]. 经济学报 2022 ,(1) .
- [18]Park H J , Sang O C. Digital innovation adoption and its economic impact focused on path analysis at national level [J]. Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity , 2019 (3) : 56.
- [19]巴曙松,吴丽利,熊培瀚. 政府补助、研发投入与企业创新绩效[J]. 统计与决策 2022 ,(5) .
- [20]王天祥,樊勇. 企业协同创新合作倾向的影响因素及其模式选择[J]. 学术探索 2019 ,(10) .
- [21]邵朝对,苏丹妮,王晨. 服务业开放、外资管制与企业创新: 理论和 中国经验[J]. 经济学(季刊) 2021 ,(4) .
- [22]王叶,张天硕,曲如晓. 中国海外专利申请与出口贸易[J]. 经济经纬 2022 ,(1) .

The Effect of Robotics Application on Enterprise Productivity and Innovation

Qu Xiaobo¹ ,Lv Jianing²

- (1. Institute of Population and Labor Economics , Chinese Academy of Social Sciences & Center for Human Resources Research , Chinese Academy of Social Sciences ,Beijing 100006 , China;
2. University of Chinese Academy of Social Sciences ,Beijing 102488 , China)

Abstract: In the trends of rapid penetration of the fourth industrial revolution and population aging , it is difficult to rely on investment to drive industrial development , and robot substitution is both a trend and a challenge. Based on the data of “China Employer – Employee Survey” and “Survey on the Implementation of Manufacturing Robots under the Background of Industrial Structure Upgrading” , this paper analyzes the impact of robot application on the productivity and innovation ability of China’s manufacturing enterprises from the micro level of enterprises. The study shows that the use of industrial robots can contribute to the current and expected production performance of enterprises; enterprises that already have industrial robots have stronger innovation capabilities and have played a more obvious advantage in innovation input , innovation output , and innovation potential. In comparison , enterprises that do not use robots lack the support of various conditions , and it is difficult to carry out robot substitution in production , crossing the high threshold of using advanced intelligent technology. This paper provides more refined evidence on the application level of new technologies in China’s intelligent manufacturing , and provides corresponding countermeasures for how manufacturing enterprises can maximize their innovation – driven role and transform new technologies into effective productivity under industrial upgrading.

Key words: robot; enterprise productivity; innovation ability

(责任编辑: 吴 瑛)