

# 工业机器人应用对制造业投入服务化转型的影响研究——兼论新格局下我国外资增长的新动向

洪联英 罗燃燃

(湖南师范大学 商学院, 湖南 长沙 410081)

**[摘要]**工业机器人和制造业融合是当前经济高质量发展的重要议题,但是二者相结合的研究却较少有文献涉及。本文从理论上分析了制造业上市企业应用工业机器人影响企业投入服务化水平的作用途径,并选取2011-2018手工匹配的制造业上市企业数据进行实证研究,结果发现:制造业上市企业应用工业机器人能够显著提高企业投入服务化水平,在替换被解释变量、使用工具变量、替换数据源、控制行业溢出效应之后,结论仍然稳健,但该结论在不同分组子样本中存在异质性特征。机制检验的结果表明,制造业上市企业应用工业机器人对企业投入服务化水平的提升作用受到企业生产组织控制方式、企业劳动生产率、行业响应服务需求的能力等因素的影响。最后,提高服务业开放程度是加快制造业服务化转型的重要推动力,制造业投入服务化转型最终促使我国制造业嵌入全球价值链地位的攀升和外资规模的增长。本文对我国推进工业智慧建设和制造业强国建设提供了新的经验证据和启示。

**[关键词]** 工业机器人; 制造业投入服务化转型; 价值链攀升; 外资增长规模

## Research on the Impact of Industrial Robot Application on the Service-oriented Transformation of Manufacturing Inputs--Another Discussion on the New Trend of China's Foreign Investment Growth under the New Patterns

HONG Lianying, LUORanran

(Business school of Hunan Normal University, Changsha, Hunan 410081, China)

**[Abstract]** The integration of industrial robots and manufacturing industry is an important issue in the current high-quality development of the economy, but the research on the combination of the two is less involved in the literature. This paper theoretically analyzes the pathway of the role of the application of industrial robots by listed manufacturing enterprises in affecting the level of enterprise input servitization, and selects the data of manually matched listed manufacturing enterprises in the period of 2011-2018 to conduct an empirical study, and finds that the application of industrial robots by listed manufacturing enterprises can significantly improve the level of enterprise input servitization, with replacement of the explanatory variables, the use of instrumental variables, and the replacement of the data source, After controlling for industry spillover effects, the conclusion remains robust, but the conclusion is characterized by heterogeneity in different sub-samples of the grouping. The results of the mechanism test indicate that the role of the application of industrial robots by listed manufacturing firms in enhancing the level of servitization of business inputs is influenced by the way of production organization and control of the firms, the labor productivity of the firms, and the ability of the industry to respond to the demand for services. Finally, improving the degree of openness of the service industry is an important driving force to accelerate the transformation of manufacturing servitization, and the transformation of manufacturing input servitization ultimately contributes to the climbing status of China's manufacturing industry embedded in the global value chain and the growth of the scale of foreign investment. This paper provides new empirical evidence and inspiration for China to promote the construction of industrial wisdom and the construction of a manufacturing power.

### 作者简介:

洪联英(1972-),湖南师范大学商学院国贸系主任,教授,博士生导师,研究方向:国际

贸易与投资，产业经济；罗燃燃，湖南师范大学商学院硕士研究生；

通讯作者：罗燃燃 电子邮箱：[lrr1272345443@163.com](mailto:lrr1272345443@163.com) 联系电话：13786454317

通信地址：长沙市岳麓区麓山路 36 号湖南师范大学商学院（410081）

# 工业机器人应用对制造业投入服务化转型的影响研究——兼论新格局下我国外资增长的新动向

**[摘要]**工业机器人和制造业融合是当前经济高质量发展的重要议题,但是二者相结合的研究却较少有文献涉及。本文从理论上分析了制造业上市企业应用工业机器人影响企业投入服务化水平的作用途径,并选取 2011-2018 手工匹配的制造业上市企业数据进行实证研究,结果发现:制造业上市企业应用工业机器人能够显著提高企业投入服务化水平,在替换被解释变量、使用工具变量、替换数据源、控制行业溢出效应之后,结论仍然稳健,但该结论在不同分子样本中存在异质性特征。机制检验的结果表明,制造业上市企业应用工业机器人对企业投入服务化水平的提升作用受到企业生产组织控制方式、企业劳动生产率、行业响应服务需求的能力等因素的影响。最后,提高服务业开放程度是加快制造业服务化转型的重要推动力,制造业投入服务化转型最终促使我国制造业嵌入全球价值链地位的攀升和外资规模的增加。本文对我国推进工业智建设造和制造业强国建设提供了新的经验证据和启示。

**[关键词]** 工业机器人; 制造业投入服务化转型; 价值链攀升; 外资增长规模

## 一、引言

《十四五智能制造发展规划》中明确指出,我国当前已经转向高质量发展阶段,正处于转变发展方式、优化经济结构、转换经济增长动力的攻关期,要深入推进智能制造,在 2035 年整体达到世界制造强国阵营中等水平,并实现全面工业化。其中,工业机器人作为新兴技术,通过对原有设备、流程、供应链的优化和改造,达到提质、降本、增效或变革生产组织方式的目的,对企业生产方式产生深远影响(Sirkin et al, 2015; Nordhaus, 2015)。与早期机器人不同的是,新一代机器人不仅可以在一些单调、繁杂、高时长的工作中替代人力劳动,还具有可自动控制、重复编程、完成多目标任务的特征,机器人不仅可以实现“机器学习”,在更大范围上实现技术红利对人口红利的替代;而且能够更稳定、更高标准的完成机械化和重复化劳动,这不仅有助于降低企业成本,还能够有效缓解制造业生产“低质低价”的问题。

同时,近年来我国制造业发展模式也出现了新变化,其明显从单一制造业向制造业投入服务化转型。制造业服务化是指即新服务与现有产品之间的融合(Jang et al.,2021;Favoretto et al,2022),即在生产过程中与服务进行融合的一种新的发展业态,旨在给顾客提供更加完整的产品和服务的“组合包”,这相较于传统制造业而言不仅具有高附加值和强竞争力的优势,还是我国当前产业政策的重点扶持方向。《十四五规划》中指出,要加快推进先进制造业和现代服务业深度融合,突破原有的生产方式和企业边界,融合更多的要素,并进一步向服务业方向延伸。现有关于制造业服务化的研究多集中在制造业服务化所带来的作用上,例如对企业污染排放的抑制作用(郭娟娟等,2022)、对全球价值链嵌入位置的提升作用(熊彬和罗科,2023;刘斌等,2016;聂飞和李磊,2022)、对企业出口和对外投资的促进作用(聂飞和李磊,2022;聂飞等,2022),鲜少有人关注制造业投入服务化转型的内在动因。因此,自然而然的问题是:作为智能制造的微观主体,制造业企业应用工业机器人会对制造业投入服务化转型产生什么样的作用?其是否有利于制造业与服务业在生产过程中的融合呢?如若,其背后的作用机制是什么?对此问题进行研究,更能为我国推进智能制造进程和实现制造业结构化转型提供有益的理论支撑。

本文整合 2011-2018 年手工匹配的上市公司面板数据,实证检验了制造业上市企业应用工业机器人对制造业企业投入服务化水平的提升作用,结果发现:企业应用工业机器人对企

业投入服务化水平提升具有显著的正向推动作用,该结论在替换被解释变量、使用工具变量、替换数据源、控制行业溢出效应之后仍然稳健,并且在不同的分组子样本中产生异质结果。同时,进一步检验证明提高服务业开放度是实现制造业投入服务化转型的关键条件,并且制造业投入服务化最终能够使我国制造业在全球价值链中的嵌入地位攀升和外资规模的增长。

本文的边际贡献主要体现在:(1)将工业机器人的研究拓展到制造业投入服务化转型层面,研究制造业企业投入服务化水平提升受工业机器人影响的程度,丰富和拓展了机器人与制造业结构转型的关系研究。(2)基于国泰安数据库和世界经合组织投入产出表的数据,整合多维度指标和多层级样本展开实证检验,揭示了企业生产组织方式、劳动生产率、行业响应服务需求能力的调节作用,为其他新兴工业化国家推进智能制造和制造业投入服务化转型提供了新的经验证据。(3)进一步讨论了应用工业机器人对制造业投入服务化转型进而对我国制造业全球价值链嵌入位置攀升和外资规模增长的作用,并揭示了服务业开放程度作为制造业企业投入服务化水平提升中的内在助推作用。

余下结构安排如下:第二节为理论基础与研究假设;第三节对研究方法和数据进行说明;第四节对企业应用工业机器人对制造业投入服务化转型的影响进行实证分析与讨论;第五节为机制检验;第六节为进一步讨论;最后为本文的结论和政策建议。

## 二、理论基础与研究假设

Vandermerwe 和 Rada (1988)用“服务化”来描述企业从生产为中心向顾客为中心转变,提供的产品从单纯产品向“产品+附加服务”到“产品-服务包”转变这一现象。其中,服务化主要来源于客户的需求。而为了更好的满足客户需求,增加用户黏性,最终推动投入服务化水平提升,主要有企业组织方式、生产经营和后期服务三方面的动力因素。其中,企业组织的调整有利于使企业更高效的运作;生产经营效率的提高会使企业的产能跟上消费者需求变化;后期服务的优化会提高消费者的满意度。因此,本文选取企业生产组织方式、劳动生产率和响应服务需求能力作为机制变量进行讨论。

### (一) 工业机器人、企业生产组织方式与制造业企业投入服务化转型

基于资源的企业能力理论认为,企业的本质不仅是一组物质资产集(Grossman 和 Hart, 1986)或关键物质或人力资产集(Rajan 和 Zingales, 1998),而且是一组有组织特征的独特资源与能力组成的集合体。换言之,即制造业企业进行组织控制的权利来源于其所拥有的物质资产和无形资产的合集,这两类在全球产业链和供应链中的位置越重要,企业进行生产组织的能力越强。企业主要存在两种生产组织方式:一是基于企业股权所产生的的一体化组织方式;二是基于企业所拥有的的品牌、商标、先进生产技术、管理者经验能力所产生的的分散化组织方式(洪联英等, 2022)。工业机器人的生产能力作为企业无形资产中先进技术的具象化体现,无疑会提高企业进行分散化组织的程度;同时工业机器人作为企业所拥有的物质资产,又会提高企业进行一体化组织的程度。一方面来说,更为高效的一体化生产组织方式使企业内部管理和服务网络更为完善和健全,这对开发服务化产品、维护客户关系、为客户提供更为有效的解决方案至关重要(Alghisi and Sacconi; 2015);另一方面,分散化组织方式的程度越高,企业所拥有的无形资产越多(洪联英等, 2022),企业拥有更强的能力进行开发性创新和探索性创新(Wei et al., 2022),这无疑能够使企业将更多的技术和要素投入到生产过程中去,最终能够满足客户需求,增加用户粘性,从而实现企业服务化的转型。

因此,我们提出假说 1。

假说 1a: 企业应用工业机器人通过股权制控制方式促进制造业投入服务化转型。

假说 2a: 企业应用工业机器人通过能力制控制方式促进制造业投入服务化转型。

### (二) 工业机器人、企业劳动生产率与制造业投入企业服务化转型

工业机器人对劳动生产率的提升作用毋庸置疑。一方面，工业机器人通过替代劳动力（Acemoglu and Restrepo, 2020; 何小钢等, 2023），利用自动化技术成为工业生产的发动机，完成自动化范围内的任务（孙早和陈玉洁, 2023）；另一方面，工业机器人可以辅助劳动力实现非自动化范围内生产环节的分割重组，推动生产方式的转变（孙早和陈玉洁, 2023），最终以提高企业劳动生产率的方式表现出来。进一步的，制造业投入服务化水平随着企业劳动生产力的提升而提升（Friesenbichler and Kügler, 2022），企业产能的提升会降低企业生产成本，促使企业市场竞争力提升和营收的增加（朱益超, 2016），进而整合内部资源，一方面利用本企业原有产品低成本的优势，实现企业生产“扩展边际”的增长，另一方面加速制造业产品在生产过程中与服务要素的融合，最终生产出比之前更为优质的产品。同时，企业也有更加充裕的现金流用来摸索制造业和服务业的融合，并最终促进制造业企业投入服务化转型，实现制造业和服务业耦合共生、相融相长。

假说 2：企业应用工业机器人通过提高企业劳动生产率促进制造业企业投入服务化转型。

### （三）工业机器人、响应服务需求与制造业投入服务化转型

Vandermerwe 和 Rada (1988) 用“服务化”来描述企业从生产为中心向顾客为中心转变，提供的产品从单纯产品向“产品+附加服务”到“产品-服务包”转变这一现象。其中，服务化主要来源于客户的需求，企业响应服务需求能力的提升无疑会进一步推动企业投入服务化转型（熊彬和罗科, 2023）。首先，企业应用机器人会通过规范化生产提高生产的产品质量（Hong et al., 2022）和扩大产品生产范围（綦建红和张志彤, 2022），企业生产率总体得到提高而企业成本却下降。相对来说，消费者购买力越高并且能够接收到的产品越优质，则会进一步催生消费者的服务需求。此时，企业争相加工更低价的产品只会使制造企业进入“比较优势”的泥沼并造成整体衰退（刘志彪, 2008），相反的，如果响应消费者对服务的需求则会增加企业难以被复制的无形资产，并在市场竞争中占据优势地位（Valtakoski, 2017）。进一步的，企业对服务需求的响应会促使企业生产往“产品+服务”的方向去延伸，最终加速实现制造业投入服务化的转型。因此，我们提出假说 3

假说 3：企业应用工业机器人通过提高行业响应服务需求的能力来促进制造业投入服务化转型。

## 三、数据与研究方法

### （一）计量模型设定与变量说明

为了检验制造业企业应用工业机器人对企业投入服务化水平的影响。本文构建以下基准计量模型。

$$serv_{ijt} = a_0 + a_1 \ln robot_{ijt} + \beta x_{it} + \lambda_i + \theta_t + \sigma_j + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中， $i$ 表示企业， $j$ 表示行业， $t$ 表示年份， $serv_{ijt}$ 表示企业 $i$ 在 $t$ 年的投入服务化水平，本文的核心解释变量是 $\ln robot_{ijt}$ ，表示企业层面工业机器人渗透度的对数， $x_{it}$ 表示控制变量的集合， $\lambda_i$ 表示个体固定效应， $\theta_t$ 表示时间固定效应， $\sigma_j$ 表示行业固定效应， $\varepsilon_{it}$ 表示计量模型的随机误差。

### （二）数据的来源与处理

本文所使用的工业机器人数据来源于IFR（国际机器人联合会），该组织每年会对全球工业机器人生产制造商的生产情况进行调查，并形成国家-行业-年份层面的权威数据，本文研究对象为国泰安（CSMAR）数据库中的A股制造业上市企业（二位码行业），现有关于工业机器人的研究一部分是基于工业企业数据库的数据开展的，不可否认的是工企数据库对于研究机器人具有着非常独特的优势，但考虑到中国于2006年才开始使用工业机器人，并且于2009年才开始出现明显增长，而工企数据库到2014年之后就不再更新。因此，本文采用国泰安数据库中2011-2018全体A股制造业上市企业作为研究对象。其中，企业生产部门员工构成

数据主要来自于Wind数据库，企业财务信息和经营方面的数据来自国泰安数据库，制造业投入服务化相关数据来自于世界经济合作与发展组织公布的OECD国家间投入产出表，就业数据来源于《中国工业统计年鉴》，控制变量数据来源于《中国统计年鉴》，美国就业数据来源于NBER-CES。

由于OECD-ICIO与中国的制造业行业分类标准存在差异，因此必须进行匹配来保证二者统计口径的一致。为此，本文首先将《国民经济行业分类》（GB/T4754-2017）中的制造业行业与采用《国际标准产业分类》（ISIC Rev 4.0）标准的OECD-ICIO制造业行业合并成15个制造业行业，其中，制造业涉及D10T33合计17个行业，服务投入来源涉及D45T98合计20个行业<sup>①</sup>。

### （三）变量测算

（1）制造业企业投入服务化水平。本文基于经济合作与发展组织（OECD）世界投入产出数据，选择对服务业部门的完全消耗系数和直接消耗系数来刻画制造业投入服务化水平（刘斌等，2016），具体测算公式如下所示：

$$serv_{kj} = a_{kj} + \sum_{s=1}^n a_{ks} a_{sj} + \sum_{q=1}^n \sum_{s=1}^n a_{kq} a_{qs} a_{sj} + \dots \quad (2)$$

其中， $serv_{kj}$ 表示j行业的投入服务化水平，公式右边第一项表示行业j第一轮直接消耗服务行业k的要素投入，公式右边第二项表示行业j第二轮间接消耗的服务部门k的要素投入，依次类推得到第n轮的要素消耗，加总可得到制造业行业j对所有服务业部门的要素消耗，即为完全消耗。由此可见，完全消耗系数揭示了制造业部门j对所有服务业部门的依赖程度，本文还将在后文将直接消耗系数作为稳健性来检验基准回归的结论。

由于完全消耗系数作为行业层面指标难以体现企业层面的特征，因此本文采用企业服务化水平作为权数进行加权，即企业服务化水平等于企业管理费用、财务费用和销售费用之和与工业总产值的比（祝树金等，2021；许和连等，2017），进而得到企业层面的制造业服务化指标，随后将该指标进行取对数和缩尾处理后引入回归模型。

（2）企业工业机器人渗透度。本文借鉴Acemoglu和Restrepo（2020；2018）、王永钦和董雯（2020）的方法构造Bartik变量，构造方法如下：

$$\ln robot_{ijt} = \frac{PWP_{ijt=2011}}{ManuPWP_{ijt=2011}} * \frac{MR_{jt}^{CH}}{L_{jt=2011}^{CH}} \quad (3)$$

该变量衡量了企业层面工业机器人的渗透度，其中， $\ln robot_{ijt}$ 表示j行业i企业在t年的工业机器人渗透度， $\frac{PWP_{ijt=2011}}{ManuPWP_{ijt=2011}}$ 表示表示制造业中j行业i企业2011年（基期）生产部门员工占比与制造业所有企业2011年生产部门员工占比中位数的比值。 $\frac{MR_{jt}^{CH}}{L_{jt=2011}^{CH}}$ 表示行业层面工业机器人渗透度， $MR_{jt}^{CH}$ 表示中国j行业t年工业机器人存量， $L_{jt=2011}^{CH}$ 表示中国j行业2011年就业人数（基期）。

（3）控制变量。进一步的，由于影响到制造业投入服务化的因素众多，因此为了控制被解释变量受其他变量影响所造成的模型偏误，本文分别从地区层面、企业引入控制变量，具体包括：①公司规模(size)：年总资产的自然对数；②资产负债率(lev)：年末总负债与年末总资产的比值；③总资产净利润率(ROA)：净利润与总资产平均余额的比值；④总资产周转率(ATO)：营业收入与平均资产总额的比值；⑤现金流比率(cashflow)：经营活动产生的现金流量净额与总资产的比值。⑥外贸依存度(Inforegin\_depen)：进出口贸易总额与

① OECD-ICIO 对中国进行了一般贸易和加工贸易投入产出的划分，本文在基准回归中对“CN1”和“CN2”分别作合并处理作为中国制造业投入产出的考量，在后文异质性中对中国一般贸易“CN1”和加工贸易“CN2”分别进行讨论。

国内生产总值的比值；⑦财政支出占比 (*Infinan\_expent*)：财政支出与国内生产总值的比值。

表 1 主要变量描述性统计

变量名	样本数	均值	标准误	最小值	最大值
serv	10089	0.3075	0.1519	0.0607	0.7770
lnrobot	7789	2.0387	1.8467	-4.6030	5.8183
size	10304	21.9548	1.1654	19.5245	26.2497
lev	10304	0.3879	0.1975	0.0310	0.9246
roa	10303	0.0489	0.0605	-0.3982	0.2222
roe	10296	0.0724	0.1167	-1.0721	0.3970
ato	10303	0.6878	0.3953	0.0531	2.9022
cashflow	10304	0.0463	0.6590	-0.2003	0.2568
lnforeign_depen	11055	-1.1848	0.9423	-4.4562	0.3769
lnfinan_expent	11055	-1.715	0.3428	-2.2048	0.3215

#### (四) 分行业工业机器人渗透度的分布特征

(1) 中国工业机器人渗透度。与 IFR 公布的原始数据例如机器人安装量、机器人存量等指标相比，工业机器人的渗透度更能反应一个国家或地区工业机器人的实际应用水平。中国分行业工业机器人渗透度的情况如图 1 所示<sup>②</sup>，可以看出，中国工业机器人渗透率最高的行业是汽车制造业，其次是塑料和化学制品制造业；渗透率最低的行业是纺织品和木材加工制造业，不同行业间的工业机器人渗透度差异较大。

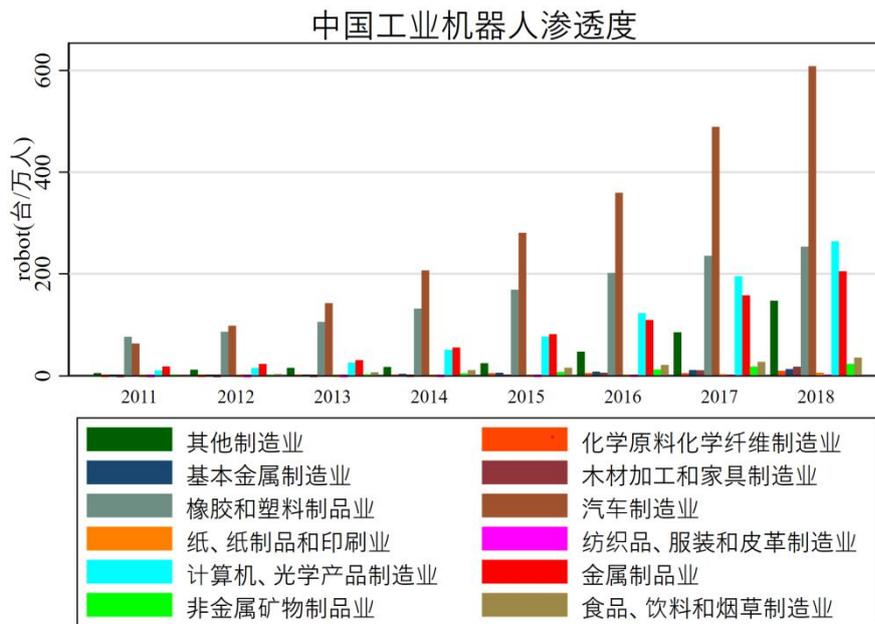


图 1 中国制造业分行业工业机器人渗透度

(2) 美国工业机器人渗透度。美国分行业的工业机器人渗透度分布状况如图 2 所示，可以看出，美国工业机器人渗透度最高的行业为汽车制造业，同中国一致，这与 Acemoglu 和 Restrepo (2020) 的研究相符合；渗透度最低的行业为纸制品印刷业等。并且相同行业横向比较可以看出：美国的工业机器人渗透度比中国更高。总体来看，中国和美国都表现出资本密集型行业拥有更高的工业机器人渗透度（例如汽车制造业等），而传统劳动密集型行业工业机器人渗透不明显这一现象。

<sup>②</sup> 工业机器人渗透度=工业机器人安装量/该行业基期（2011 年）全国从业人数，数据来源于《中国劳动统计年鉴》

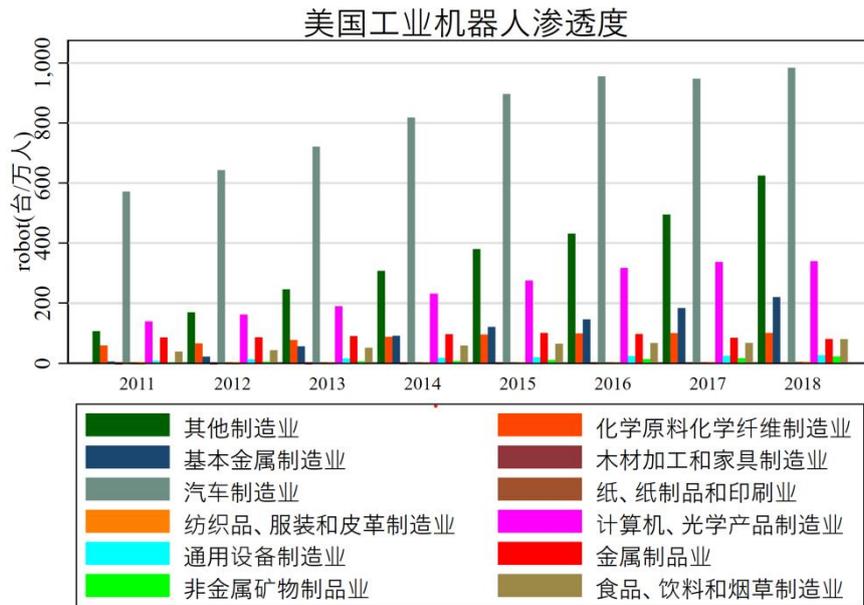


图 2 美国制造业分行业工业机器人渗透度

## 四、实证结果分析

### (一) 基准结果

根据上述基准回归的公式（1），本文考虑企业层面工业机器人渗透度对企业投入服务化水平的作用，结果如表 2 所示：列（1）在未加入控制变量和未控制年份的情况下，估计了制造业上市企业应用工业机器人对被解释变量制造业企业投入服务化水平作用，结果表示企业工业机器人渗透度越高，制造业企业投入服务化水平越高；列（2）控制了年份和行业，结果表示制造业上市企业应用工业机器人对制造业企业投入服务化水平的提高有显著正向影响；列（3）和列（4）逐步引入了企业层面和省份层面的控制变量，结果表明制造业上市企业工业机器人渗透度越高，制造业企业投入服务化水平越高。由此可以看出，不管如何进行调整，制造业上市企业应用工业机器人都有利于制造业企业投入服务化水平的提高。

表 2 基准回归表

	(1)	(2)	(3)	(4)
	serv	serv	serv	serv
lnrobot	0.0121*** (0.0003)	0.0026*** (0.0008)	0.0024*** (0.0008)	0.0024*** (0.0008)
size			0.0004 (0.0009)	0.0004 (0.0009)
lev			-0.0003 (0.0031)	-0.0004 (0.0031)
roa			-0.0183 (0.0115)	-0.0176 (0.0115)
roe			0.0012 (0.0040)	0.0009 (0.0040)
ato			0.0047*** (0.0015)	0.0046*** (0.0015)
cashflow			-0.0130*** (0.0038)	-0.0129*** (0.0038)
lnforeign_depen				-0.0032* (0.0018)
lnfinan_expent				0.0027 (0.0046)

年份	未控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制
_cons	0.2148*** (0.0092)	0.2048*** (0.0086)	0.1895*** (0.0202)	0.1920*** (0.0219)
N	7,493	7493	7,302	7,302
R-sq	0.3835	0.6747	0.6732	0.6735

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10%的水平下显著，括号内为统计的标准误差。

## (二) 稳健性检验

(1) 替换被解释变量。借鉴刘斌和赵晓斐(2020)、祝树金等(2021)的思路,使用直接消耗系数(*servz*)替代完全消耗系数来衡量制造业投入服务化水平。同样的,我们也采用企业的服务化指标对直接消耗系数进行加权,回归结果如表3的列(1)所示,可以看出应用工业机器人有利于提高制造业企业投入服务化水平,即同基准回归的结论相符,结果是稳健的。

(2) 工具变量法。本文参考 Acemoglu 和 Restrepo(2020)的做法,通过构造美国制造业分行业层面工业机器人的渗透率作为该行业的企业人工智能使用强度的工具变量。选取该工具变量的主要原因有二:①相关性。工业机器人是制造业领域中人工智能技术应用的重要部分,而美国的工业机器人应用处于全球领先地位,因此其发展趋势能够反映中国制造业行业工业机器人应用的趋势;②外生性。由于美国的劳动力市场相对完全,其行业机器人应用对于中国制造业投入服务水平的影响更多的体现为一种外生的技术冲击,与影响制造业投入服务水平的本土因素无关。因此,选择美国制造业细分行业工业机器人渗透率作为工业机器人应用强度的工具变量,能够同时满足工具变量的相关性和外生性要求。Bartik 工具变量的衡量方法如下:

$$IV\_indus_{it} = \frac{R_{it}^{US}}{L_{it=2000}^{US}} \quad (4)$$

其中,  $R_{it}^{US}$  表示美国  $i$  行业  $t$  年的工业机器人存量,  $L_{it=2011}^{US}$  表示美国  $i$  行业 2011 年(基期)的就业人数,  $\frac{R_{it}^{US}}{L_{it=2011}^{US}}$  表示美国  $i$  行业在  $t$  年的工业机器人渗透度。采用 2SLS 之后第二阶段的回归结果如表 3 中的列(2)所示,核心解释变量的系数依然显著为正,与基准回归的结果一致,说明在考虑了潜在内生性问题的情况下,工业机器人的应用会提高制造业企业投入服务化水平这一结论是稳健的。除此之外, Kleibergen-Paap rk Wald F statistic > 10, 且大于 Stock-Yogo weak ID test critical values 在 10%的水平,拒绝了工具变量为弱工具变量的原假设。Kleibergen-Paap rk LM statistic 统计量为 1310.661, 在 1%的水平上显著,拒绝了工具变量识别不足的原假设。

(3) 考虑离群值干扰。为了排除离群值是否对基准回归结论的稳健性造成干扰。本文剔除使用工业机器人程度最高的行业(汽车和运输设备制造业),对基准回归进行重新估计,表 3 中的列(3)表示剔除汽车和运输设备制造业之后的结果。可以看出,回归中的核心解释变量的系数依然为正,表示基准回归的结论具有稳健性。

(4) 替换被解释变量数据源。现有研究对制造业投入服务化水平的测算主要依据 WIOD 投入产出比表和 OECD 投入产出表来展开。因此,本文采用 WIOD 投入产出表作为数据源重新测算制造业投入服务化水平,由于 WIOD 投入产出表最新只公布到 2014 年,本文仅计算 2011-2014 年的制造业投入服务化水平来作为稳健性检验。结果如表 3 中的列(4)所示,可以看出核心解释变量的系数为正,即制造业上市企业应用工业机器人会提高制造业企业投入服务化水平,与基准回归结论一致。

(5) 控制行业间交互影响。考虑到工业机器人应用可能存在溢出效应,即本行业的服

务投入水平可能受到上游和下游行业<sup>③</sup>应用工业机器人的影响，为完整识别工业机器人应用对制造业企业投入服务化水平的影响，本文借鉴 Acemoglu et al.(2018)、王永钦和董雯(2020)的做法，构建如下识别方程：

$$serv_{jt} = a_0 + \beta_1 lnrobot + \beta_2 upstream_{ijt} + \beta_3 downstream_{ijt} + \beta_4 x_{it} + \lambda_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中， $upstream_{ijt}$ 和 $downstream_{ijt}$ 分别表示“向上游效应”和“向下游效应”，“向上游效应”表示j行业的下游行业应用工业机器人对j行业投入服务化水平的作用，“向下游效应”则表示j行业的上游行业应用工业机器人对j行业投入服务化水平的作用，其余变量含义同上文一致。“向上游效应”和“向下游效应”的构造方法如下：

$$upstream_{ijt} = \sum_k (output\%_{j \rightarrow k}^{2011} - 1_{k=j}) * \frac{MR_{kt}^{CH}}{L_{kt=2011}^{CH}} \quad (6)$$

$$downstream_{ijt} = \sum_k (input\%_{j \rightarrow k}^{2011} - 1_{k=j}) * \frac{MR_{kt}^{CH}}{L_{kt=2011}^{CH}} \quad (7)$$

其中， $\sum_k (output\%_{j \rightarrow k}^{2011} - 1_{k=j})$ 表示行业j与下游行业k的关联系数，表示j行业每单位产出被k行业用作中间投入的部分， $1_{k=j}$ 是一个指示函数(k=j时，即为1，否则则为0)， $\sum_k (input\%_{j \rightarrow k}^{2011} - 1_{k=j})$ 表示行业j与上游行业k的关联系数，表示k每单位产出被j行业用作中间投入的部分。将向上游效应与向下游效应引入到回归函数中如列(5)所示，回归结果可见表3的列(5)，可以看到在控制了行业间的交互影响后，工业机器人对制造业企业投入服务化的提升依然存在显著的正向作用，与本文基准回归的结论一致。

表3 稳健性检验

	(1) servz 替换被解释 变量	(2) serv 工具变量法	(3) serv 剔除汽车行业	(4) serv 更换数据源	(5) serv 控制上下游 行业
lnrobot	0.0011*** (0.0003)	0.0169*** (0.0024)	0.0022*** (0.0008)	0.0079*** (0.0010)	0.0021*** (0.0008)
upstream					0.0002*** (0.0000)
downstream					0.0004*** (0.0000)
Control	YES	YES	YES	YES	YES
年份	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制	控制
Constant	0.0980*** (0.0151)	0.9295*** (0.0329)	0.1909*** (0.0236)	0.3578*** (0.0563)	0.1741*** (0.0210)
Kleibergen-Paap rk Wald F statistic		5314.271			
Kleibergen-Paap rk LM statistic		1310.661 (0.0000)			
Stock-Yogo weak ID test		16.38			
Observations	6,849	7,302	6,730	3,614	7,302
R-squared	0.3513	0.5345	0.6738	0.5574	0.6899

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%的水平下显著，括号内为统计的标准误差。

### (三) 异质性分析

(1) 贸易方式异质性。中国出口贸易呈现出明显的“二元式”特征，工业机器人应用对不同贸易方式的制造业服务化水平的影响可能存在差异。根据OECD投入产出表所区分的

<sup>③</sup> 上下游行业用上游度指数来进行判断，上游度指数越大，则该行业在产业链中越处于上游。

一般贸易和加工贸易两种方式分别进行回归，结果如表 4 的列（1）和列（2）所示，可以看出应用工业机器人对一般贸易方式的制造业企业投入服务化水平具有显著正向作用，对加工贸易的制造业企业投入服务化水平具有显著负向作用。究其原因，加工贸易指的是企业进口部分或全部原材料、零部件或包装物料等，经加工和装配后，将制成品出口的贸易方式，这种“两头在外”的生产方式在价值链中所处的地位低，服务要素投入少，整体服务化程度还处于较低的水平，因此对工业机器人应用的反应可能呈现 U 型特征，表现为工业机器人应用与制造业企业投入服务化水平呈反向关系（许和连等，2017）。

（2）行业异质性。本文将企业所在的制造业行业区分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型三类。其中劳动密集型包括食品加工业、食品制造业、饮料制造业、烟草加工业、纺织业、服装和其他纤维品制造业、皮革毛皮羽绒及其制造业、木材加工及木竹藤棕草制造业、家具制造业、造纸及纸品业、印刷业和记录媒介的复制、文教体育用品制造业、橡胶制品业和塑料制品业等 14 个行业；资本密集型包括石油加工炼焦及核燃料加工业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业和仪器仪表及文化办公机械制造业等 8 个行业；技术密集型包括医药制造业、化学原料及化学制品制造业、化学纤维制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备计算机及其他电子设备制造业等 6 个行业。其分行业回归结果如表 4 面板 A 的列（3）-列（5）所示。列（4）的结果表示，在资本密集型行业中，采用机器人对制造业投入服务化的作用不显著，这可能是因为资本密集型行业的发展往往受到“资源诅咒”效应的作用而排斥高级要素的进入，因为导致投入服务化的进程相对来说比较缓慢（Papyrakis and Gerlagh, 2007；高翔和袁凯华，2020）。而列（5）的结果表示，技术密集型行业中采用工业机器人对制造业投入服务化具有显著负向作用，这可能是因为技术密集型行业最初在工业机器人的影响下会优先提升产品所包含的技术水平，而不是朝着“产品+服务”的方向扩张。

（3）地区异质性。本文考虑到不同省份地理位置存在差异，位于不同省份的企业应用工业机器人对制造业企业投入服务化的作用也会不同，故本文将样本分为沿海地区和内陆地区两类，其回归结果如表 4 面板 B 的列（1）和列（2）所示：可以看出，沿海地区应用工业机器人对制造业企业投入服务化存在显著正向作用，而内陆地区机器人对企业制造业投入服务化的作用则不显著。这是因为我国的工业机器人来源有 70% 依靠进口（李磊等，2021），而沿海地区进出口贸易更为发达，企业进口工业机器人乃至应用工业机器人的规模都更大，进而形成规模效应，因此对制造业企业投入服务化会产生更显著的作用。

（4）企业性质异质性。为考察不同类型所有制企业应用工业机器人的不同程度对制造业投入服务化水平的影响，本文将样本企业划分为国有企业、民营企业和外资企业，结果如表 4 面板 B 的列（3）-列（5）所示：可以看出，民营企业和外资企业应用工业机器人都会对制造业企业投入服务化产生显著正向作用，但该作用在国有企业样本中不显著，这可能是因为国有企业普遍体系庞大复杂，末级单位多且情况复杂，应用工业机器人等一类技术进步行为相较于非国有企业更为迟缓，因此对制造业投入服务化未产生显著作用。

表 4 异质性检验

Panel A	(1) serv 一般贸易	(2) serv 加工贸易	(3) serv 劳动密集型	(4) serv 资本密集型	(5) serv 技术密集型
lnrobot	0.0083*** (0.0020)	-0.0370*** (0.0025)	0.0087*** (0.0011)	0.0027 (0.0034)	-0.0094*** (0.0012)
Control	YES	YES	YES	YES	YES
年份	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制	控制

Constant	-1.5059*** (0.0643)	-1.2556*** (0.0523)	0.3998*** (0.0664)	0.1364* (0.0762)	0.2489*** (0.0261)
Observations	7,302	7,302	1,389	2,480	3,377
R-squared	0.8380	0.8687	0.7452	0.6139	0.7153
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Panel B	serv 沿海地区	serv 内陆地区	serv 国有企业	serv 民营企业	serv 外资企业
lnrobot	0.0035*** (0.0009)	0.0005 (0.0016)	0.0002 (0.0012)	0.0028*** (0.0010)	0.0078** (0.0035)
Control	YES	YES	YES	YES	YES
年份	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制	控制
Constant	0.2236*** (0.0260)	0.1949*** (0.0359)	0.1525*** (0.0348)	0.2247*** (0.0278)	0.7597*** (0.2215)
Observations	4,377	2,925	2,595	4,146	226
R-squared	0.6773	0.6827	0.7242	0.6631	0.6100

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10%的水平下显著，括号内为统计的标准误差。

## 五、机制检验

为进一步分析哪些潜在因素会影响企业应用工业机器人对制造业企业投入服务化水平的积极作用，从而更好的推进我国制造业服务化转型，提升制造业行业嵌入全球价值链的地位，本文重点关注三方面因素，分别是：企业生产组织方式、企业劳动生产率、响应服务需求能力。基于此，本文构建如下计量模型：

$$serv_{ijt} = a_0 + a_1 lnrobot_{ijt} + \beta_1 lnrobot_{ijt} * factor_{ijt} + \beta_2 x_{it} + \lambda_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中， $factor_{ijt}$ 表示本文所重点关注的三个因素，其余设定同上文一致。需要强调的是，在 $factor$ 和 $lnrobot$ 交乘前应先进行中心化处理。

### （一）生产组织方式效应检验

根据前文理论分析所述，企业拥有的物质资产和无形资产以及由此产生的企业法定所有权和剩余控制权，是企业生产组织方式的权利来源，具体体现为企业一体化组织方式（ $lnhold$ ）和企业分散化组织方式（ $ICC$ ）。企业一体化组织方式用第一大股东持股比例来进行衡量，企业分散化组织方式用管理者能力和发明专利授予量加上 1 的自然对数的加和来衡量，结果如表 5 的列（1）和列（2）所示：可以看出，企业采取一体化组织方式显著提升了应用工业机器人对制造业企业投入服务化的正向作用，这与我们所提出的假说 1a 相符，而企业采取分散化组织方式显著抑制了应用工业机器人对制造业企业投入服务化的正向作用则与我们所提出的假说 2a 相反，这可能是因为分散化组织方式实际依赖于企业所拥有的品牌、商标、管理者能力与经验、先进技术等无形资产，其执行对企业所拥有的无形资产规模具有较高要求，对于我国大多数制造业企业来说，可能都没有拥有足以采用分散化组织方式的无形资产，因而分散化组织方式在本文所研究的年份区间中呈现抑制作用。

### （二）企业劳动生产率效应检验

根据上文理论分析所述：企业应用工业机器人通过更规范化、更标准化的方式进行生产，有效提高了企业劳动生产率，使企业拥有更充足的现金流用来摸索“产品+服务”的生产方式，进而实现制造业和服务业在生产中的有机结合，最终实现制造业企业投入服务化的转型。本文借鉴程欣和邓大松（2020）的思想，采用企业营业收入与企业员工人数的权数的乘积作为企业劳动生产率的代理变量，该员工权数为企业生产部门员工人数与企业所有部门员工人数中位数的比值。回归结果如表 5 的列（3）所示，企业成本劳动生产率越高越会促进应用工业机器人对制造业投入服务化的提升作用，即应用工业机器人的企业通过提高劳动生产率实现制造业企业投入服务化的转型，这与我们所提出的假说 2 相符合。

### （三）响应服务需求程度检验

根据上文理论分析所述，应用了工业机器人的企业会提供更为优质的产品，进而催生出消费者对更高级的服务的需求，满足消费者的这些需求无疑会增加客户粘性，推动制造业的服务化转型。本文参考熊彬和罗科（2023）、夏秋（2021）的方法来分割服务部门所满足的国内外最终消费，构造指标如下：

$$demand_{it} = \sum_k B_{ik} * (CHFCE_{kt} + NPISHI_{kt} + GGFC_{kt}) \quad (9)$$

其中， $B_{ik}$ 为服务业各部门对制造业行业*i*投入的完全消耗系数， $CHFCE_{kt}$ 、 $NPISHI_{kt}$ 和 $GGFC_{kt}$ 分别表示 OECD 投入产出表中服务业各部门所创造的家庭、非盈利组织和政府部门的消费量，该公式可以衡量制造业不同行业最终所响应的最终服务需求的量。回归结果如表 5 的列（4）所示，可以看出，企业响应服务需求能力显著提升了应用工业机器人对企业投入服务化水平的正向促进作用，这与我们之前所提出的假说相符，即企业应用工业机器人通过提升响应需求的反应程度来进一步促进制造业投入服务化转型。

表 5 机制检验

	(1) serv 一体化组织方式	(2) serv 分散化组织方式	(3) serv 企业劳动生产率	(4) serv 响应服务需求
Inrobot	0.0023*** (0.0008)	0.0018** (0.0008)	0.0018** (0.0008)	0.0060*** (0.0010)
factor*lnhold	0.0018** (0.0007)			
factor*ICC		-0.0010*** (0.0001)		
factor*cost			0.0088*** (0.0018)	
factor*demand				0.0039*** (0.0005)
年份	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制
_cons	0.2014*** (0.0224)	0.1770*** (0.0224)	0.1984*** (0.0216)	0.2009*** (0.0213)
N	7,302	6,911	7,299	6,849
R-sq	0.6743	0.6692	0.6782	0.6789

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10%的水平下显著，括号内为统计的标准误差。

## 六、进一步讨论

### （一）基于全球价值链地位攀升的分析

伴随着新一轮的产业革命和科技革命，全球制造业发展呈现出智能化、服务化和高端化趋势，全球生产制造方式也在发生深刻的变革，其中新兴工业国家也在不断探索“破局”方式，寻求使本国嵌入价值链地位攀升的新路径。中国作为全球的制造大国，在价值链嵌入位置上却位于低端，其中关键在于我国制造业服务化发展上相对滞后，产业结构转型存在困境。但是我国制造业企业应用工业机器人无疑会促进制造业行业投入服务化水平的提升，那么进一步会对价值链地位攀升产生什么样的影响呢？本文借鉴 Koopman 等（2010）的方法，构建价值链地位指数（GVC），其方程如下：

$$GVC_{rj} = \ln(1 + \frac{IV_{rj}}{E_{rj}}) - \ln(1 + \frac{FVA_{rj}}{E_{rj}}) \quad (10)$$

其中， $GVC_{rj}$ 表示 r 国 j 行业的价值链嵌入地位， $IV_r$ 表示 r 国 j 行业的间接增加出口值，

$E_r$ 表示r国j行业出口额,  $FVA_r$ 表示r国j行业出口中的国外增加值,  $GVC_{rj}$ 越大, 表示该国j行业嵌入全球价值链的地位越高, 由于该方法计算所得的价值链地位指数为行业数据, 为使该变量涵盖企业层面特征, 故同基准回归部分一致, 采用服务化水平进行加权, 并将加权后的价值链地位指数引入到回归方程中, 结果如表6所示: 可以看出, 企业应用工业机器人会促进制造业企业投入服务化水平的提升, 进而促进我国制造业企业嵌入价值链地位的提升。

### (二) 服务业开放的作用

随着全球贸易格局的重构、产业结构的调整和新兴智能技术应用的不断加深, 服务业开放逐渐成为衡量贸易高质量发展的重要准绳之一, 服务业开放程度的高低对制造业投入服务化的持续推进具有深刻的影响, 一方面服务业开放可以带来技术溢出效应、干中学效应等, 激发相关企业的创新和研发投入, 有利于各行业深度融合发展; 另一方面, 服务业开放有利于进一步降低贸易成本, 进一步提高制造业服务化水平(郭娟娟等, 2022)。因此, 本文借鉴Arnold(2016)的方法, 构建服务业外资自由化指数如下:

$$opser_{jt} = \theta * FCI_{st} \quad (10)$$

其中,  $opser_{jt}$ 为服务业开放程度的代理变量, 该值越大, 说明服务业开放程度越小。  $\theta$ 表示该制造业使用的所有中间投入要素中服务业提供的要素的比重,  $FCI_{st}$ 表示服务业s在t年的FDI限制指数<sup>④</sup>。本文按照 $opser$ 将样本划分为小于25%分为、25%-50%、50%-75%、大于75%分为四个部分, 并对着四个子样本进行分组回归, 回归结果如表6的列(2)-列(5)所示: 可以看出服务业开放在企业应用工业机器人对制造业投入服务化关系中起到重要作用, 相比于服务业开放水平低的行业, 企业应用工业机器人更能促进服务业开放水平更高的行业提升企业投入服务化水平。

### (三) 对外资规模的影响

当前我国已经进入新发展阶段, 做好外资工作是构建新发展格局的需要, 也是提高产业链供应链稳定性的需要。因此, 本文进一步分析制造业企业投入服务化转型对吸引外资的规模的作用。现有研究一般用企业是否为外资企业(陈强远等, 2021)、股本结构中是否存在外资股(戴小勇和陈力为, 2014)、企业实际控制人性质(周县华等, 2012)等虚拟变量来反映外资的信息, 虚拟变量虽然能够较好的反应企业的性质, 但却损失了较多关于外资规模的信息。因此, 本文采用前十大股东中外商股东持股比例之和( $fdi$ )作为企业外资规模变动的代理变量, 回归结果如表6的列(6)所示: 可以看出, 制造业企业投入服务化水平的提升对企业外商投资规模的扩大具有显著正向作用。

表6 进一步讨论

	(1) GVC	(2) serv 小于25% 分位	(3) serv 25%-50% 分位	(4) serv 50%-75% 分位	(5) serv 大于75% 分位	(6) fdi
serv	0.0321*** (0.0035)					0.0323*** (0.0123)
lnrobot		0.0135*** (0.0008)	0.0080*** (0.0010)	-0.0091*** (0.0016)	-0.0199*** (0.0023)	
年份	控制	控制	控制	控制	控制	控制
行业	控制	控制	控制	控制	控制	控制
个体	控制	控制	控制	控制	控制	控制
_cons	0.0340*** (0.0109)	0.2095*** (0.0235)	0.2755*** (0.0281)	0.2718*** (0.0471)	0.3296*** (0.0342)	0.0322 (0.0294)
N	7,247	1,534	1,911	2,107	1,750	3,077
R-sq	0.2810	0.8426	0.8611	0.8415	0.8015	0.1736

注: \*\*\*, \*\*, \*分别表示在1%、5%、10%的水平下显著, 括号内为统计的标准误差。

<sup>④</sup> FDI限制指数来源于OECD中的“外商直接投资限制指数”

## 七、结论与启示

中国作为工业机器人的使用大国和进口大国,其制造业企业应用工业机器人会对我国制造业企业投入服务化水平产生什么影响?其作用机制是什么?围绕这一问题,本文研究认为企业应用工业机器人,会通过改变生产组织方式、提高劳动生产率、提高响应服务需求的能力这三种渠道促进制造业投入服务化转型。

进一步的,本文采用 2011-2018 手工匹配的制造业上市公司面板数据对理论假说进行了实证检验,结果表明:(1)企业应用工业机器人对提升制造业企业投入服务化水平具有显著正向作用,这一结论在替换被解释变量、使用工具变量、替换数据源和控制行业溢出效应之后仍然稳健,并在不同的子样本中出现了异质结果。(2)企业应用工业机器人对制造业企业投入服务化水平的正向作用主要是通过改变生产组织方式、提高劳动生产率、提高响应服务需求的能力这三张作用渠道所实现的。(3)企业应用工业机器人会促进制造业投入服务化转型,并进一步促使我国制造业嵌入全球价值链地位的攀升和外资规模的增长;同时,服务业开放程度会对制造业投入服务化的成功转型产生影响。

本文研究表明,工业机器人应用对制造业投入服务化转型密切相关,这一研究为新兴工业化国家推进智能制造与制造业结构转型提供理论与事实参照。本文可得以下启示:(1)在推进工业智能制造发展中,应用工业机器人能够通过转变生产组织方式、提高劳动生产率、提升响应服务需求的能力来有效促进制造业结构转型,实现制造业和服务业的有机耦合,并能够进一步使得制造业在全球价值链嵌入位置攀升和外资规模的增长。因此,新兴工业化国家应充分把握智能制造发展的新机遇,适时的进行智能化转变。(2)在智能制造的应用范围选择上,中国作为一个发展中制造大国,工业机器人的应用对制造业投入服务化转型的影响在内陆地区和资本密集行业中不显著,那么,其他国家在初期推广工业机器人的应用时,需要有针对性选择适宜的地区、行业和特定企业,不宜普遍推广。(3)企业应用工业机器人对企业投入服务化水平产生的作用在服务业开放程度较低的行业中不显著,这说明加大服务业开放力度,减少行业在国际上进出口的限制具有非常重要的意义。

## 参考文献

- [1] 陈强远,钱则一,陈羽等. FDI对东道国企业的生存促进效应——兼议产业安全与外资市场准入[J]. 中国工业经济, 2021(07):137-155. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2021.07.008.
- [2] 程欣,邓大松. 社保投入有利于企业提高劳动生产率吗?——基于“中国企业—劳动力匹配调查”数据的实证研究[J]. 管理世界, 2020, 36(03):90-101. DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2020.0036.
- [3] 戴小勇,成力为. 产业政策如何更有效:中国制造业生产率与加成率的证据[J]. 世界经济, 2019, 42(03):69-93. DOI:10.19985/j.cnki.cassjwe.2019.03.005.
- [4] 高翔,袁凯华. 中国企业制造业服务化水平的测度及演变分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(11):3-22. DOI:10.13653/j.cnki.jqte.2020.11.001.
- [5] 郭娟娟,许家云,杨俊. 制造业服务化与企业污染排放:来自中国制造业企业的证据[J]. 国际贸易问题, 2022(05):137-154. DOI:10.13510/j.cnki.jit.2022.05.007. [1]刘斌,赵晓斐. 制造业投入服务化、服务贸易壁垒与全球价值链分工[J]. 经济研究, 2020, 55(07):159-174.
- [6] 何小钢,朱国悦,冯大威. 工业机器人应用与劳动收入份额——来自中国工业企业的证据[J]. 中国工业经济, 2023(04):98-116. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2023.04.00

2.

- [7] 洪联英, 张玉珍, 吴雨奇, 姜建刚. 全球政策不确定性、组织控制与民营企业海外投资安全[J]. 世界经济研究, 2022(09):62-77+136. DOI:10.13516/j.cnki.wes.2022.09.002.
- [8] 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, 37(09):104-119. DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2021.0140.
- [9] 刘斌, 王乃嘉. 制造业投入服务化与企业出口的二元边际——基于中国微观企业数据的经验研究[J]. 中国工业经济, 2016, No. 342(09):59-74. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2016.09.004.
- [10] 刘斌, 赵晓斐. 制造业投入服务化、服务贸易壁垒与全球价值链分工[J]. 经济研究, 2020, 55(07):159-174.
- [11] 刘志彪. 生产者服务业及其集聚: 攀升全球价值链的关键要素与实现机制[J]. 中国经济问题, 2008(01):3-12. DOI:10.19365/j.issn1000-4181.2008.01.001.
- [12] 聂飞, 范炳, 鲁思琪. 我国企业“走出去”的创新驱动力何在——来自制造业投入服务化的理论解释与实证检验[J]. 国际贸易问题, 2022, No. 475(07):159-174. DOI:10.13510/j.cnki.jit.2022.07.008.
- [13] 聂飞, 李磊. 制造业企业对外直接投资、去工业化及其对全球价值链分工地位的影响[J]. 国际贸易问题, 2022(03):160-174. DOI:10.13510/j.cnki.jit.2022.03.009.
- [14] 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, 45(09):3-31. DOI:10.19985/j.cnki.cassjwe.2022.09.009.
- [15] 孙早, 陈玉洁. 机器人角色、生产分割与生产方式转换[J]. 中国工业经济, 2023, No. 421(04):5-23. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2023.04.004.
- [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] 夏秋. 制造业服务化能否促进产业结构升级——基于技术创新和服务需求的中介效应分析[J]. 中国科技论坛, 2021(07):66-75. DOI:10.13580/j.cnki.fstc.2021.07.014.
- [18] 熊彬, 罗科. 中国制造业投入服务化与价值链功能攀升——基于内向绿地投资视角[J]. 国际贸易问题, 2023(02):126-142. DOI:10.13510/j.cnki.jit.2023.02.004.
- [19] 许和连, 成丽红, 孙天阳. 制造业投入服务化对企业出口国内增加值的提升效应——基于中国制造业微观企业的经验研究[J]. 中国工业经济, 2017(10):62-80. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2017.10.005.
- [20] 周县华, 范庆泉, 吕长江等. 外资股东与股利分配: 来自中国上市公司的经验证据[J]. 世界经济, 2012, 35(11):112-140. DOI:10.19985/j.cnki.cassjwe.2012.11.006.
- [21] 朱益超. 中国劳动生产率增长动能转换与机制创新研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2016, 33(09):58-75. DOI:10.13653/j.cnki.jqte.2016.09.004.
- [22] 祝树金, 罗彦, 段文静. 服务型制造、加成率分布与资源配置效率[J]. 中国工业经济, 2021(04):62-80. DOI:10.19581/j.cnki.ciejournal.2021.04.010.
- [23] Acemoglu D, Restrepo P. Artificial intelligence, automation, and work[M]//The economics of artificial intelligence: An agenda. University of Chicago Press, 2018: 197-236.
- [24] Acemoglu D, Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J]. Journal of Political Economy, 2020, 128(6): 2188-2244.
- [25] Alghisi A, Saccani N. Internal and external alignment in the servitization journey—overcoming the challenges[J]. Production Planning & Control, 2015, 26(14-15): 1219-1232.
- [26] Arnold J M, Javorcik B, Lipscomb M, et al. Services reform and manufacturing performance:

- Evidence from India[J]. *The Economic Journal*, 2016, 126(590): 1-39.
- [27] Favoretto C, Mendes G H S, Oliveira M G, et al. From servitization to digital servitization: How digitalization transforms companies' transition towards services[J]. *Industrial marketing management*, 2022, 102: 104-121.
- [28] Friesenbichler K S, Kügler A. Servitization across countries and sectors: Evidence from world input-output data[J]. *Economic Systems*, 2022, 46(3): 101014.
- [29] Grossman S J, Hart O D. The costs and benefits of ownership: A theory of vertical and lateral integration[J]. *Journal of political economy*, 1986, 94(4): 691-719.
- [30] Hong L, Liu X, Zhan H, et al. Use of industrial robots and Chinese enterprises' export quality upgrading: Evidence from China[J]. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 2022: 1-16.
- [31] Jang K K, Bae J, Kim K H. Servitization experience measurement and the effect of servitization experience on brand resonance and customer retention[J]. *Journal of Business Research*, 2021, 130: 384-397.
- [32] Koopman R, Powers W, Wang Z, et al. Give credit where credit is due: Tracing value added in global production chains[R]. *National Bureau of Economic Research*, 2010.
- [33] Nordhaus W D. Are we approaching an economic singularity? information technology and the future of economic growth[J]. *NBER Working Paper*, 2015.
- [34] Papyrakis E, Gerlagh R. Resource abundance and economic growth in the United States[J]. *European Economic Review*, 2007, 51(4): 1011-1039.
- [35] Rajan R G, Zingales L. Power in a Theory of the Firm[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1998, 113(2): 387-432.
- [36] Sirkin D, Mok B, Yang S. Mechanical ottoman: how robotic furniture offers and withdraws support[C]//*Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. 2015: 11-18.
- [37] Valtakoski A. Explaining servitization failure and deservitization: A knowledge-based perspective[J]. *Industrial Marketing Management*, 2017, 60: 138-150.
- [38] Vandermerwe S, Rada J. Servitization of business: adding value by adding services[J]. *European management journal*, 1988, 6(4): 314-324.
- [39] Wei Z, Huang W, Wang Y, et al. When does servitization promote product innovation? The moderating roles of product modularization and organization formalization[J]. *Technovation*, 2022, 117: 102594.