

DOI: 10.19361/j.er.2026.02.02

# 工业机器人对中国 企业参与国际循环的影响

葛新庭 谢建国\*

**摘要:** 本文基于 IFR 机器人数据、全球投入产出数据与中国工业企业数据等, 研究了工业机器人对中国企业参与国际循环的影响。结果显示, 工业机器人显著降低了中国企业 GVC 关联度, 国内中间品市场效应与贸易结构升级是其主要影响机制。异质性分析表明, 工业机器人对企业 GVC 关联度的负向影响主要体现在劳动密集型行业与东部地区, 这与自动化改变产业单向梯度转移的结论一致。进一步研究发现, 工业机器人吸引了外资企业进入, 这种现象表明中国正在形成一种以国内循环为主体、以高水平技术和市场容量为支撑的外向型开放模式。在“机器换人”背景下, 本文为企业如何组织生产分工, 以及优化布局国内、国际两个市场提供经验证据。

**关键词:** 工业机器人; GVC 关联度; 国内中间品市场

**中图分类号:** F740

## 一、引言

人工智能是一项通过编程、机器学习、人机交互等方式执行高精度复杂任务的技术, 在生产领域主要通过工业机器人实现, 并越来越广泛地应用于各行业。世界主要制造业大国纷纷出台一系列战略政策, 推动制造业与信息技术融合, 以实现制造业智能化发展。据国际机器人联合会 (IFR) 的数据显示, 2024 年, 全球新安装工业机器人数量已经达到 54.2 万台<sup>①</sup>。从生产分工角度来看, 工业机器人是低技能劳动力的替代和高技能劳动力的补充, 与机器人相关的新一代人工智能技术变革将改变相关的要素禀赋和比较优势, 预计会对未来的国际生产组织方式产生深刻影响, 重塑当前的国际分工格局。

目前, 围绕人工智能的讨论主要集中在对劳动力市场的影响上。多数研究结果已经证

\* 葛新庭, 南京林业大学经济管理学院, 邮政编码: 210037, 电子信箱: gxt15110506826@163.com; 谢建国 (通讯作者), 南京大学商学院, 邮政编码: 210093, 电子信箱: xjg@nju.edu.cn。

本文获得国家社会科学基金重点项目“全球化与逆全球化研究”(24AZD050)、国家自然科学基金项目“基于要素生产与要素创造的大国贸易利益分配: 逻辑、动力与测度研究”(72073062)、国家自然科学基金后期资助项目“绿色低碳政策与中国全球价值链升级研究”(24FJYB033)的资助。感谢匿名审稿专家及编辑部的宝贵意见, 文责自负。

①数据来源: 国际机器人联合会官网 (ifr.org) 发布的《世界机器人报告 2025》。

实人工智能技术具有替代劳动力的作用,尤其是对低技能劳动力的就业具有破坏性影响。Acemoglu 和 Restrepo(2020)通过机器人与工人竞争模型解释机器人应用可能同时减少就业和工资,根据 1990—2007 年美国的数据,每千名工人增加一台机器人,就业比和工资将分别降低 0.2 个百分点和 0.42%。Chen 等(2022)则基于英国的数据估计,每千名工人增加一台机器人,就业比将降低 0.5 个百分点。在有关中国的研究中,王永钦和董雯(2020)利用上市公司数据的研究表明,机器人对劳动力存在一定的替代效应,机器人渗透度每增加 1%,企业劳动需求将减少 0.18%。

迄今为止,关于人工智能对新兴经济体的影响大多集中于“回流”<sup>①</sup>的讨论。现有研究对工业机器人是否推动制造业“回流”形成了两种主要观点。部分学者认为,工业机器人通过替代低技能劳动力、提升生产效率,使得发达国家在成本与效率上重新获得制造优势,从而推动生产环节向本土“回流”(Carbonero et al., 2018; Faber, 2020; Krenz et al., 2021; 李磊、马欢, 2023)。也有研究对这一趋势提出质疑,De Backer 等(2018)指出,尽管机器人的应用延缓了新的离岸外包,但现有证据仍不足以表明制造业发生了实质性“回流”。綦建红和周洛竹(2024)发现国内机器人应用缓解了外资撤离程度,一定程度上对冲了“回流”趋势。此外,Acemoglu 和 Restrepo(2019)提出“复原效应”,认为虽然工业机器人替代了部分岗位,但通过提升整体生产率,反而创造了新的任务和需求,这些新任务可能成为新的贸易内容或离岸环节,以此为发展中国家提供新的比较优势与全球嵌入路径。

现有研究分歧的原因在于脱离了全球价值链(GVC)的分析框架,忽视了国家间生产网络的深度嵌套和结构性关联。在 GVC 背景下,即便发达国家借助工业机器人回流部分生产环节,也高度依赖新兴经济体在中间产品制造、装配、物流等方面的支撑。因此,工业机器人所引发的“回流”,不一定意味着新兴经济体被排除在国际循环之外。目前,中国不仅是全球最大的工业机器人消费市场,还处于全球价值链共轭环流的关键位置。随着人工智能技术在中国加速部署,仅以“发达国家回流—发展中国家边缘化”的线性逻辑来分析,难以准确评估工业机器人对中国企业国际循环参与路径的重构作用。本文将全球价值链视角引入“工业机器人—国际循环”研究中,试图回答工业机器人是否以及如何重塑中国企业与全球生产体系之间的关系。

本文的研究贡献在于:第一,现有研究较多关注人工智能技术对“回流”的影响,但鲜有文献在全球价值链生产组织模式下分析人工智能技术对中国企业参与国际循环的影响,本文跳出“回流”的概念,将全球价值链关联纳入分析框架,在企业层面检验工业机器人对企业与全球价值链关联程度的影响。第二,在方法上,利用区域间智能化与产业结构差异构建地区层面的工业机器人渗透度,将世界投入产出数据与中国企业数据对接,构造企业 GVC 关联度表征中国企业参与国际循环的程度。第三,拓展了人工智能与全球价值链的相关研究,从国内中间品市场与贸易结构转型升级的角度解释工业机器人对企业国际循环的影响机制,为企业优化布局国内、国际两个市场提供了重要启示。

<sup>①</sup>“回流”是离岸外包的反向过程,广义的回流指的是生产保留在母国,狭义的回流指的是以前离岸的任务被转移回母国。

## 二、理论分析与研究假说

在全球价值链的框架下,本文从国内中间品市场与贸易结构转型升级两条渠道分析工业机器人对企业参与国际循环的影响机制。

### (一)国内中间品市场效应

作为新型生产要素,工业机器人能为企业提供创新激励。一方面,工业机器人通过降低生产成本,激励企业进行技术创新和生产模式的优化,使得企业能够更好地应对激烈的国际竞争,并推动本土技术的进步和创新。另一方面,机器人与高技能劳动力形成互补关系,在推动技术进步的同时,也提升了劳动力的整体素质和生产力(冯玲等,2023;Aghion et al.,2018)。高技能劳动力与机器人的协同作用,使得生产过程中的各项任务能够更加高效、精准地完成,从而有助于创新要素的聚集与提升。

在此背景下,机器人引致的本地创新积累将直接提升国内中间品的供应能力。通过机器人技术的应用,本土上游企业可以更高效地生产高质量的中间品,从而为下游企业提供具有价格和质量优势的本地供应。研究表明,生产率的提升和技术创新能够显著降低生产成本,使得本土企业在价格、质量和多样性上形成竞争优势(郑江淮、郑玉,2020)。这不仅促进了本地供应链的扩展,还提高了市场竞争力,降低企业对国外中间品的依赖。当本土供应商能够提供更多种类、更高质量、更具竞争力的中间品时,企业自然倾向于优先选择本地产品,从而推动进口替代的进程。

随着国内中间品市场逐渐成熟,企业对国际循环的依赖程度将逐步下降。由于本土供应链的稳定性和技术创新的推动作用,企业在全球价值链中的角色将发生变化。企业不再仅仅是低端环节的参与者,而是能够主动掌控核心技术和生产模块的引领者,从而减少对国外中间品的技术依赖。研究表明,当国内中间品的供给能力提高时,企业的采购成本降低,进口依赖度随之下降,而本土中间品市场的竞争力也得到显著增强(严兵、蒋晓婧,2025;王岚等,2025)。

基于此,本文提出:

假说1:工业机器人通过赋能本地创新,提升国内中间品供应能力,由此形成的国内中间品市场效应降低了企业对国际循环的依赖。

### (二)贸易结构转型升级

加工贸易和一般贸易的主要区别在于,前者依赖于国外中间品的进口,而后者则依赖于本地生产投入。加工贸易企业通常在全球价值链中的位置较低,依赖于外部分销渠道,而一般贸易企业则能够更加自主地控制其生产和销售流程。因此,尽管一般贸易和加工贸易企业都涉及国际市场的销售,但已有证据表明一般贸易企业在生产效率(Dai et al.,2016)、出口绩效、附加值(Manova and Yu,2016)等方面优于加工贸易企业。由于工业机器人技术的应用,一般贸易企业的门槛显著降低,使得企业在转型过程中能够获得更高的生产效率和市场竞争力。

工业机器人不仅能够提高生产的准确性和精度,还能够通过机器学习、编程和人机交互等方式,推动更复杂任务模型的虚拟化,从而促进企业技术的深度创新和效率的提升

(DeStefano and Timmis, 2024; 诸竹君等, 2022)。这一技术进步提高了企业在国际市场中的竞争力,降低了其在全球价值链中的成本,从而有利于企业从加工贸易向一般贸易转型。特别是在机器人应用和人工智能技术的推动下,企业能够在减少双边贸易成本、简化生产流程和提高多个市场沟通效率等方面实现更大突破,从而进一步降低企业的搜寻成本、运输成本、追踪成本等冰山成本(董直庆等, 2023)。

此外,成熟的本地供应链也为这一转型提供了支撑。随着工业机器人技术的发展,国内中间品的质量和价格竞争力显著增强,这为企业在贸易结构转型中的物质保障提供了基础。当国内中间品能够满足企业的生产需求时,企业能够更轻松地实现从加工贸易向一般贸易转型,进一步降低其对国际循环的依赖程度。

基于此,本文提出:

假说2:工业机器人推动企业实现贸易结构转型升级,以此降低企业对国际循环的依赖。

### 三、实证研究设计

#### (一) 计量模型设计

本文借鉴 Acemoglu 和 Restrepo (2020)、王永钦和董雯 (2023) 构建如下计量模型:

$$ex\_gvcgl_{ft} = \beta_0 + \beta_1 rob\_exposure_{ct} + \beta_2 control_{ft} + \beta_3 control_{ct} + \delta_f + \delta_t + \delta_c + \varepsilon_{cft} \quad (1)$$

(1)式中:下标  $f, c, t$  分别代表企业、企业所在地地级市和年份。本文的被解释变量  $ex\_gvcgl_{ft}$  为企业 GVC 关联度,刻画了企业参与全球价值链贸易的紧密程度,该值越高说明企业融入国际循环的程度越深。 $rob\_exposure_{ct}$  为本文的核心解释变量,代表企业所在地  $c$  城市  $t$  年的工业机器人渗透度,能够反映企业所在地对工业机器人应用的敏感程度。 $control_{ft}$  表示企业层面的控制变量集合,  $control_{ct}$  表示城市层面的控制变量集合;模型中加入了企业固定效应 ( $\delta_f$ )、城市固定效应 ( $\delta_c$ ) 与年份固定效应 ( $\delta_t$ );  $\varepsilon_{cft}$  为随机扰动项。由于被解释变量存在 0 值,选择泊松固定效应模型进行检验。

#### (二) 变量定义与说明

##### 1. 被解释变量:企业 GVC 关联度

经济循环是基于经济分工和价值增值的信息、资金和商品在不同主体之间流动循环的过程,国际循环通常被理解为向国外市场提供产品服务和使用国外生产要素的过程(黄群慧, 2021; 江小涓、孟丽君, 2021)。在以全球价值链分工为主要特征的国际循环模式下, GVC 关联度体现了经济主体对国际循环的依存度。本文参考葛顺奇等 (2021) 测算行业层面的双边价值链关联度,然后借鉴 Chor 等 (2021) 计算企业层面出口上游度的做法,将双边价值链关联度与中国海关出口数据对接,计算得到企业层面的 GVC 关联度表征企业的国际循环参与程度<sup>①</sup>,计算公式如下:

$$ex\_gvcgl_{ft} = \sum_j \sum_k \left( \frac{EX_{fjkt}}{EX_{ft}} \times gvcgl_{jkt}^{CHN} \right) \quad (2)$$

<sup>①</sup>将海关 HS6 位编码统一至 HS2007,根据 WITS 提供的 HS6 位产品编码与 ISIC 行业编码对应表实现海关产品数据与双边价值链关联度的匹配。内销企业的 GVC 关联度赋值为 0。

(2)式中: $gvcgl_{jkt}^{CHN}$ 代表中国与 $j$ 国在 $k$ 行业的双边价值链关联度, $\frac{EX_{fjkt}}{EX_{jt}}$ 代表 $f$ 企业向 $j$ 国出口 $k$ 行业产品占 $f$ 企业向 $j$ 国总出口的比重,根据企业出口产品向目的国的出口占企业总出口的比重加总得到企业GVC关联度。企业GVC关联度由企业出口目的市场与出口产品组合共同决定,在企业的出口组合中,与出口目的国的价值链关联度越紧密的产品所占比重越高,企业GVC关联度就越高。该值越大表明企业与国际市场的价值链关联越紧密,融入国际循环的程度越深;反之,意味着企业与全球价值链关联趋于收缩,生产分工以国内循环为主。

## 2. 核心解释变量:工业机器人渗透度

工业机器人是人工智能在生产领域应用的主要载体,IFR将工业机器人定义为:自动控制的、可重复编程的、多用途的机器,这意味着工业机器人不仅仅是简单的人力替代,而且能够借助人工智能技术所具备的分解、模拟和延伸人脑劳动的性能,通过任务程序迭代更新,实现生产知识的创新,在生产中扮演了“工具机”的角色(王永钦、董雯,2023)。本文借鉴Giuntella等(2022),利用2000年中国城市层面的制造业就业分布和历年各行业工业机器人存量的变化来衡量企业所在地级市的工业机器人渗透度<sup>①</sup>,该指标在反映地区就业结构的同时,也表示区域劳动力市场对行业整体的工业机器人应用水平的敏感程度。具体地, $c$ 城市 $t$ 年的工业机器人渗透度可以表示为:

$$rob\_exposure_{ct} = \sum_k \tau_{ck}^{2000} \frac{R_{kt}}{L_{k,2000}} \quad (3)$$

(3)式中: $\tau_{ck}^{2000}$ 表示2000年 $c$ 城市 $k$ 行业的就业人数占全国 $k$ 行业就业人数的比重, $R_{kt}$ 为 $t$ 年 $k$ 行业的工业机器人存量, $L_{k,2000}$ 为2000年 $k$ 行业的就业人数。地级市层面的工业机器人渗透度由基期的城市制造业就业结构与各行业机器人密度构成,能够反映该地区内企业受到工业机器人应用的冲击程度。

## 3. 控制变量

本文选取企业层面的控制变量与城市层面的控制变量。企业层面的控制变量包括:(1)企业规模( $scale_{jt}$ ),采用职工人数取自然对数衡量;(2)企业年龄( $age_{jt}$ ),用当年减去开业年份取自然对数表示;(3)杠杆率( $leverage_{jt}$ ),用企业负债占总资产的比重表示;(4)融资约束( $fin_{jt}$ ),利用信贷获取难度表征,即利息占固定资产的百分比,该值越大意味着企业更容易获取信贷支持,面临的融资约束越小;(5)企业的国际化程度( $ex_{jt}$ ),采用出口规模衡量,即出口交货值占销售额的比重。城市层面的控制变量包括:(1)地区生产总值( $gdp$ ),用地区人均生产总值取自然对数表示;(2)人口规模( $pop$ ),用城市人口密度取自然对数表示;(3)地方产业结构( $str$ ),采用第二产业占比衡量;(4)开放程度( $open$ ),以实际使用外商直接投资占GDP的比重衡量。

<sup>①</sup>因为中国工业机器人增长主要发生在2005年以后,基期设定在2000年可以减轻与扰动项的相关性。虽然中国海关数据库记录了2005年之前已有进口工业机器人,但数量极少,而工业机器人应用程度在极低的水平下仅充当“发动机”的角色,不具备人工智能的特征。

### (三) 数据来源与说明

本文数据主要来源于 IFR 的工业机器人数据、对外经济贸易大学全球价值链研究院数据 (UIBE GVC Database)、中国海关数据库数据、中国工业企业数据库数据以及国泰安数据库数据 (CSMAR)。其中, IFR 提供了国家-行业-年份维度的机器人存量数据, 中国工业企业数据库提供了各城市初始期的制造业就业数据, 将 IFR 行业与国民经济行业分类 (GB/T 4754-2002) 匹配, 可以计算出各城市历年工业机器人渗透度。UIBE GVC 数据库提供了计算双边价值链关联所需的贸易流量分解数据, 根据 ISIC 行业编码与 HS 编码的对应表将其与中国海关产品数据对接, 计算得到本文的被解释变量企业 GVC 关联度。企业层面控制变量数据主要来源于中国海关数据库与中国工业企业数据库, 城市层面控制变量数据来源于 CSMAR。此外, 考虑到外资企业与本土企业在机器人使用、对 GVC 关联度影响机制等问题上存在较大差异, 本文根据企业注册登记类型对企业所有制进行识别, 剔除外商独资企业, 最终得到 2006—2014 年企业层面的面板数据, 主要变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 主要变量描述性统计

变量	变量含义	均值	最小值	最大值	样本量
<i>ex_gvcgl</i>	企业 GVC 关联度	0.796	0.000	2.321	202528
<i>rob_exposure</i>	工业机器人渗透度	0.382	0.000	1.959	202528
<i>scale</i>	企业规模	5.468	2.079	11.930	202528
<i>age</i>	企业年龄	2.325	0.000	7.582	202528
<i>leverage</i>	杠杆率	0.589	0.285	1.389	202528
<i>fin</i>	融资约束	1.353	-0.310	4.608	202528
<i>ex</i>	企业国际化程度	0.314	0.000	1.718	202528
<i>gdp</i>	地区生产总值	10.84	8.296	12.320	202528
<i>pop</i>	人口规模	6.711	3.056	8.673	202528
<i>str</i>	地方产业结构	0.516	0.159	0.910	202528
<i>open</i>	开放程度	0.036	0.000	0.119	202528

## 四、实证结果与分析

### (一) 基准回归结果与分析

工业机器人对企业 GVC 关联度的影响结果如表 2 所示。表 2 第(1)列仅加入核心解释变量工业机器人渗透度、年份固定效应和企业固定效应, 工业机器人渗透度的系数为负, 且达到 5% 的显著性要求。第(2)列加入企业层面的控制变量, 工业机器人渗透度对企业 GVC 关联度的影响系数仍显著为负。第(3)列继续加入城市层面的控制变量, 核心解释变量系数的方向与显著性未发生明显变化。第(4)列加入了全部控制变量, 并且在企业固定效应与年份固定效应的基础上继续控制城市固定效应, 以避免企业易地搬迁等活动对结果的干扰, 工业机器人渗透度的系数为 -0.042, 并且满足 5% 的显著性水平。基准回归结果表明, 随着工业机器人渗透度提高, 企业 GVC 关联度将呈现下降趋势, 该结果初步证明工业机器人对企业 GVC 关联度存在负向影响, 中国企业参与国际循环的程度因智能化技术而呈现收缩态势。

表 2 工业机器人对企业 GVC 关联度影响的基准回归结果

变量	<i>ex_gvcgl</i>			
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>rob_exposure</i>	-0.035 ** (-2.023)	-0.038 ** (-2.007)	-0.042 ** (-2.103)	-0.042 ** (-2.091)
<i>scale</i>		0.080 *** (11.915)	0.081 *** (11.971)	0.080 *** (11.974)
<i>age</i>		0.137 *** (14.018)	0.137 *** (14.037)	0.137 *** (14.058)
<i>leverage</i>		0.004 (0.541)	0.004 (0.574)	0.004 (0.572)
<i>fin</i>		0.008 *** (3.782)	0.008 *** (3.742)	0.008 *** (3.731)
<i>ex</i>		0.085 *** (14.834)	0.086 *** (15.139)	0.086 *** (15.227)
<i>gdp</i>			-0.113 ** (-2.091)	-0.124 ** (-2.131)
<i>pop</i>			-0.099 * (-1.765)	-0.112 * (-1.824)
<i>str</i>			-0.004 (-0.025)	0.008 (0.047)
<i>open</i>			-0.788 ** (-2.188)	-0.798 ** (-2.228)
<i>Constant</i>	0.146 *** (22.235)	-0.681 *** (-14.964)	1.245 (1.385)	1.448 (1.472)
年份固定效应	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	否	否	否	是
观测值	202528	202528	202528	202528
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup>	0.242	0.243	0.243	0.243

注:稳健标准误聚类在城市层面,括号内为  $z$  值,\*\*\*、\*\*、\* 分别表示 1%、5%、10% 的显著性水平,无特殊说明后表同。

## (二) 内生性问题的处理

针对可能的遗漏变量偏误,本文使用联合固定效应方法处理。考虑到企业应用工业机器人的程度及参与双边价值链活动均容易受到各地区地理位置、产业政策等因素的影响,本文使用联合固定效应排除地区经济发展差异、产业政策法规等因素的干扰。如表 3 第(1) — (2) 列所示,在模型(1)的基础上分别加入区域-年份联合固定效应与省份-行业联合固定效应后,核心解释变量工业机器人渗透度的系数保持负显著。

由于企业智能化水平在区域内与供应链上产生技术溢出,可能会反向带动地区智能化应用水平的提高,导致双向因果关系引致的内生性问题。本文借鉴 Acemoglu 和 Restrepo (2020),利用美国工业机器人存量构建“Bartik 工具变量”,并使用两阶段最小二乘法进行估计。工具变量的选取首先要满足相关性要求,即工具变量与核心解释变量相关,与扰动项不相关。由于中国智能化技术发展的步伐不断加快,中美两国工业机器人应用水平逐渐趋近,使得两国在智能化进程中呈现相互借鉴、相互影响的态势(葛新庭、谢建国,2023)。同时,美国的工业机器人应用不会直接对企业 GVC 关联度造成影响,符合工具变量的外生性选择要求。“Bartik 工具变量”的具体构建方式如下:

$$USrob_{ct} = \sum_k \tau_{ck}^{2000} \frac{USR_{kt}}{USL_{k,2000}} \quad (4)$$

(4)式中:  $USR_{kt}$  表示美国  $k$  行业的工业机器人存量,  $USL_{k,2000}$  表示美国  $k$  行业在基期的就业人数,  $\tau_{ck}^{2000}$  代表基期城市  $c$  行业  $k$  就业人数占比。

使用工具变量的回归结果如表3第(3)列所示,核心解释变量的估计系数显著为负。与此同时,不可识别检验的结果拒绝工具变量识别不足的原假设,弱工具变量检验的  $F$  值显著大于临界值 16.38,排除了弱工具变量的可能性,工具变量的选择是有效的。

考虑到仅使用美国的工业机器人数据可能无法完全剔除内生性,本文借鉴董直庆等(2023)选择与中国工业机器人密度在行业分布上正相关的国家,通过计算美国、荷兰、德国、韩国和葡萄牙的工业机器人密度的加权平均值构建“Bartik 工具变量”<sup>①</sup>,相应的回归结果如表3第(4)列所示,核心解释变量的系数仍显著为负,且通过不可识别检验与弱工具变量检验。以上结果进一步验证了工业机器人对企业 GVC 关联度存在负向影响。

表3 内生性检验结果

变量	联合固定效应		IV法	
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>rob_exposure</i>	-0.036** (-2.037)	-0.033* (-1.908)	-0.029*** (-2.805)	-0.037*** (-3.123)
企业层面控制变量	是	是	是	是
城市层面控制变量	是	是	是	是
LM值			8.4e+04	2.4e+04
F值			1.0e+05	1.4e+05
年份固定效应	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
区域-年份联合固定效应	是	否	否	否
省份-行业联合固定效应	否	是	否	否
观测值	202528	202496	202528	202528
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup> / <i>R</i> <sup>2</sup>	0.243	0.243	0.011	0.011

### (三) 稳健性检验

#### 1. 替换被解释变量——国际生产阶段

基准回归中设定企业 GVC 关联度为被解释变量,该指标体现了企业与全球价值链生产活动的关联度和紧密度。接下来,本文使用企业的国际生产阶段替换被解释变量。在国际投入产出模型中,国外生产某产品对一国中间投入的需求引起该国隐含的生产阶段被定义为国际生产阶段(倪红福等,2016),在增加值贸易框架下,国际生产阶段数体现了经济体与国际生产关联的密切性,可以反映参与国际循环的程度。本文借鉴 Wang 等(2017)的方法计算国际生产阶段数,并根据企业出口额加权计算得到企业层面的国际生产阶段数,该值越

<sup>①</sup>计算公式:  $ave\ rob_{ct} = \sum_k \tau_{ck}^{2000} \frac{ave\ R_{kt}}{ave\ L_{k,2000}}$ ,其中  $ave\ R_{kt}$  为美国、荷兰、德国、韩国和葡萄牙在  $k$  行业的平均工业机器人存量,  $ave\ L_{k,2000}$  为美国、荷兰、德国、韩国和葡萄牙在  $k$  行业的平均就业人数。

大意味着企业涉及更多的 GVC 生产环节,该值越小说明企业参与 GVC 活动呈现收缩的态势,与国外的生产联系减弱。

企业层面国际生产阶段数的测算公式如下:

$$pl\_gvc_{ft} = \sum_k \left( \frac{EX_{fkt}}{EX_{ft}} \times pl\_gvc_{kt} \right) \quad (5)$$

(5)式中: $pl\_gvc_{kt}$ 为基于前向关联计算得到的中国  $k$  行业的国际生产阶段数, $\frac{EX_{fkt}}{EX_{ft}}$ 表示企业  $f$  出口的属于  $k$  行业的产品在企业总出口的占比, $pl\_gvc_{ft}$ 为企业国际生产阶段数。

使用国际生产阶段数做被解释变量的回归结果如表 4 第(1)列所示,核心解释变量工业机器人渗透度的系数显著为负,该结果意味着随着智能化技术的发展,企业的国际生产阶段数将缩小,涉及的国际循环呈现收缩态势。

表 4 稳健性检验结果

变量	国际生产阶段	OLS	金融危机	信息技术	Heckman
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>rob_exposure</i>	-0.005** (-2.265)	-0.032*** (-5.798)	-0.037* (-1.768)	-0.043** (-2.097)	-0.022*** (-3.685)
企业层面控制变量	是	是	是	是	是
城市层面控制变量	是	是	是	是	是
<i>imr</i>					0.232*** (3.111)
年份固定效应	是	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是	是
观测值	202528	202528	171007	202528	202528
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup> / <i>R</i> <sup>2</sup>	0.017	0.837	0.247	0.243	0.243

注:第(2)列括号内为  $t$  值。

## 2. 更换计量模型

基准回归中使用泊松固定效应模型进行检验,为了进一步验证模型选择对实证结果无干扰,本文使用多维面板固定效应模型再次进行检验,结果如表 4 第(2)列所示,工业机器人渗透度的系数显著为负,与表 2 结果基本一致,表明计量模型选择不会影响本文的核心结论。

## 3. 排除其他因素的干扰

本文的样本区间经历了 2008 年全球性的金融危机以及互联网技术的快速发展时期,为了进一步排除可能对结果造成干扰的外生影响,表 4 第(3)列汇报了剔除 2008 年样本的回归结果,工业机器人渗透度对企业 GVC 关联度的影响显著为负。本文继续在模型(1)的基础上增加了控制变量互联网水平(*internet*),结果如表 4 第(4)列所示,核心解释变量的系数仍显著为负。

## 4. 样本选择偏误

虽然上述检验均证明了本文的基准结果较为稳健,但企业是否与国外搭建价值链关联并非随机决定,企业 GVC 关联度指标也蕴含着企业构建双边价值链关联的前提是参与出口

贸易活动,因此工业机器人对企业 GVC 关联度的影响涉及两个阶段,即是否参与国际循环以及参与国际循环的深度,如果忽略了是否参与国际循环这一阶段,可能会存在样本选择偏误。本文通过 Heckman 两步法对模型进行再检验,首先以企业是否出口作为被解释变量进行 Probit 回归,然后在模型(1)中加入第一阶段计算得到的逆米尔斯比率(imr),代入基准模型中进行检验。Heckman 两步法的回归结果如表 4 第(5)列所示,工业机器人渗透度的系数仍显著为负,说明在处理样本选择偏误后,本文的基准结论具有较高的稳健性。

#### (四) 异质性分析

##### 1. 基于要素密集度的检验

工业机器人具有劳动替代型特征,主要表现为替代传统由劳动执行的生产任务,进而降低劳动力的市场需求。孙早和侯玉琳(2021)发现,由于工业智能化降低了用工依赖,自动化的生产环节区间越来越大,劳动力成本对工业产业转移的影响力不断减弱。因此,工业机器人可能会通过赋予劳动密集型行业比较优势,延缓劳动密集型生产环节的转出,以此降低企业与国际循环的关联程度。为考察工业机器人对不同行业的企业参与国际循环的差异性影响,本文根据要素密集度将行业划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型。如表 5 第(1)一(3)列所示,在劳动密集型行业分样本中,工业机器人渗透度的系数显著为负,说明工业机器人降低了劳动密集型行业的企业 GVC 关联度;在资本密集型行业与技术密集型行业分样本中,工业机器人渗透度的系数未通过显著性要求。鉴于分样本回归无法直接通过比较回归系数检测不同要素密集度行业间工业机器人对企业 GVC 关联度的异质性影响,我们通过加入工业机器人渗透度与劳动密集型行业虚拟变量的交互项(rob×lab)至基准回归模型中进行检验,结果如表 5 第(4)列所示,交互项的系数显著为负。基于要素密集度异质性的检验结果表明,工业机器人为传统劳动密集型行业继续在国内生产赋予比较优势,国内价值链对全球价值链的可替代性进一步加强。

表 5 基于要素密集度的检验结果

变量	劳动密集型	资本密集型	技术密集型	全样本
	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>rob_exposure</i>	-0.073 ** (-2.052)	-0.039 (-0.875)	-0.029 (-1.157)	-0.028 (-0.955)
<i>rob×lab</i>				-0.032 *** (-5.083)
企业层面控制变量	是	是	是	是
城市层面控制变量	是	是	是	是
企业固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是
城市固定效应	是	是	是	是
观测值	60353	47719	85820	202528
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup>	0.284	0.287	0.229	0.243

##### 2. 基于区域异质性的检验

中国东部沿海省份临近海岸线港口,参与国际循环的成本较低,同时东部沿海省份

经济发达、人口密集,高昂的雇佣成本致使企业应用工业机器人的倾向也较高。而中西部省份受地理条件的约束,参与国际循环的成本较高,且中西部地区尚处于人口红利阶段,对工业机器人的需求较少。本文通过分区域样本进行检验,考察工业机器人对企业 GVC 关联度在不同区域间的差异性影响。结果如表 6 所示,工业机器人渗透度对企业 GVC 关联度影响的系数在东部地区显著为负,但在中西部地区,该系数不满足显著性要求,结果初步表明工业机器人对企业 GVC 关联度的负向影响主要体现在东部地区。如第(3)列所示,增加工业机器人渗透度与中西部地区虚拟变量的交互项后,工业机器人渗透度的系数显著为负,但交互项系数不显著,结果表明,工业机器人降低了东部地区企业国际循环参与程度,对中西部地区企业暂无影响。可能的原因在于,相比中西部地区,东部地区具备更完整的产业基础与更高的要素市场化水平,工业机器人的应用能够快速衔接本地供应链网络,有效激发中间品供应商的产能扩张与技术升级,从而实质性降低东部企业对国际中间品的依赖。

**表 6** 基于区域异质性的检验结果

变量	东部地区	中西部地区	全样本
	(1)	(2)	(3)
<i>rob_exposure</i>	-0.039* (-1.832)	-0.053 (-1.046)	-0.042** (-2.087)
<i>rob</i> ×中西部地区			0.012 (0.266)
企业层面控制变量	是	是	是
城市层面控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
观测值	183675	18858	202533
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup>	0.242	0.246	0.243

### 3. 企业生产率异质性

生产率是企业参与全球价值链的决定性因素,也是影响企业以何种方式参与全球价值链分工模式的重要因素。不仅如此,不同生产率水平企业对智能化技术冲击的反应有所差异,高生产率企业在海外竞争的优势可能被人工智能的生产率效应所强化,促使其不断向 GVC 网络核心地位拓展,进而与海外市场建立深层次的价值链关联。为检验工业机器人对不同生产率企业 GVC 关联度的差异性影响,本文按照企业全要素生产率 75 分位将样本划分为低生产率企业与高生产率企业两组,分组回归的结果如表 7 第(1)–(2)列所示,工业机器人渗透度对企业 GVC 关联度的负向影响主要体现在低生产率组。第(3)列展示了工业机器人渗透度与企业全要素生产率交互项(*rob*×*lp*)的回归结果,工业机器人渗透度的系数显著为负,但交互项的系数显著为正,进一步证明了工业机器人对企业 GVC 关联度的负向影响主要体现在低生产率企业中。该结果也意味着,当受到智能化技术冲击时,具有生产率优势的企业与全球价值链的生产关联更加坚固,而低生产率企业与全球价值链的关联向内收缩,工业智能化对不同生产率企业 GVC 关联度的影响呈现“两

极化”的特征。

表 7 基于企业生产率异质性的检验结果

变量	低生产率	高生产率	全样本
	(1)	(2)	(3)
<i>rob_exposure</i>	-0.032*** (-3.282)	-0.007 (-0.735)	-0.104*** (-4.785)
<i>rob×lp</i>			0.011*** (3.836)
<i>lp</i>			0.042*** (17.033)
企业层面控制变量	是	是	是
城市层面控制变量	是	是	是
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
观测值	106426	77853	184279
Pseudo R <sup>2</sup>	0.243	0.246	0.245

### 五、影响机制检验

上文的理论分析提出,工业机器人通过国内中间品市场效应与贸易结构转型升级两条渠道影响企业 GVC 关联度。本文参考江艇(2022),将影响机制变量设定为被解释变量,利用(6)式进一步检验工业机器人对机制变量的影响。

$$channel = \beta_0 + \beta_1 rob\_exposure_{ct} + \beta_2 control + \delta_{\Omega} + \varepsilon_{cft} \quad (6)$$

(6)式中: *channel* 表示机制变量,  $\sum \delta_{\Omega}$ 表示对应维度的固定效应。

#### (一)国内中间品市场机制检验

基于前文的理论分析,本文认为工业机器人的应用有助于培育本地创新优势,为企业生产提供更丰富的高质量中间品,逐渐完善的国内中间品市场为企业生产提供了充足、稳定的投入保障,对进口投入起到了替代作用,因此,企业 GVC 关联度呈现收缩态势。本文分别借鉴郑江淮和师磊(2023)计算本地创新优势(*trca<sub>ckt</sub>*)、韩峰和袁香钰(2023)计算国内中间品供给能力(*IS<sub>ct</sub>*),将本地创新优势与国内中间品供给能力作为(6)式中的被解释变量,以此检验国内中间品市场效应这一机制。计算公式如下:

$$trca_{ckt} = \frac{patent_{ckt} / \sum_k patent_{ckt}}{\sum_c patent_{ckt} / \sum_c \sum_k patent_{ckt}} \quad (7)$$

(7)式中:*c*代表城市,*k*代表国民经济行业2位编码,*t*代表年份,*patent<sub>ckt</sub>*为城市*c*行业*k*申请的专利数量,*trca<sub>ckt</sub>*为城市*c*行业*k*的本地化创新优势,该值越大说明该行业在本地生产具有创新比较优势。

$$IS_{ct} = \sum_{kt} \frac{E_{ckt}}{E_{ct}} \left[ \sum_{dt} \left( \sum_{it} \frac{E_{dit} r_{ik}}{r_{lk}} \right) d_{cd}^{-\mu} \right] \quad (8)$$

(8)式中,*E<sub>d<sub>it</sub></sub>*

$E_{ckt}/E_{ct}$  表示行业  $k$  就业人数在城市  $c$  的份额,以此为权重对行业  $k$  中所有制造业的中间投入进行加权,构建指标  $IS_{ct}$  衡量城市  $c$  的中间品供给能力。

国内中间品市场机制的检验如表 8 第(1)一(2)列所示。第(1)列为工业机器人渗透度对本地创新优势的回归结果,工业机器人渗透度的系数为 0.333,且满足 5% 的显著性要求;第(2)列为工业机器人渗透度对国内中间品供给能力的回归结果,工业机器人渗透度的系数同样显著为正。结果验证了工业机器人赋予了本地创新优势,提高了国内中间品供给能力,形成了国内中间品市场效应,由此降低了企业对国际循环的依赖。本文的假说 1 得证。

## (二) 贸易结构转型升级机制检验

加工贸易的海外代工模式使企业要素投入与产出销售均依赖于海外需求商,与海外的价值链关联度更高。对于一般贸易企业,从投入的角度看,生产要素可以来自国外也可以从本土采购;从产出的角度看,一般贸易企业同时面临海外市场与国内市场,因此与全球价值链关联相对较低。基于交易成本理论,工业机器人的应用有效地降低双边交易成本与信息成本,使得一般贸易的出口成本降低,推动加工贸易向一般贸易转型,进而降低企业 GVC 关联度。

为此,本文以加工贸易转向一般贸易表征贸易结构转型升级,以此检验工业机器人对企业贸易结构转型的影响。表 8 第(3)列汇报了贸易结构转型升级机制的实证检验结果,工业机器人渗透度的系数显著为正,表明工业机器人推动了企业由加工贸易向一般贸易的转型,减少了对国际循环的依赖。本文的假说 2 得证。

表 8 影响机制检验

变量	本地创新优势	国内中间品供应	贸易方式转型
	(1)	(2)	(3)
<i>rob_exposure</i>	0.333** (2.328)	0.018* (1.935)	0.050*** (2.986)
企业层面控制变量	否	否	是
城市层面控制变量	是	是	是
企业固定效应	否	否	是
年份固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	是
行业固定效应	是	否	否
观测值	10180	1019	168499
$R^2$	0.479	0.202	0.030

注:第(1)一(2)列括号内为  $t$  值。

## 六、拓展分析:工业机器人对外资企业进入的影响

对于本土企业而言,工业机器人激发国内中间品市场效应降低了对国际市场的依赖,影响其参与国际循环。对于外资企业而言,东道国市场亦是对华投资决策的战略考量,工业机器人的应用不仅提高了国内的中间品供给能力、完善了零部件配套体系,而且激活了研发-生产联动机制,可能吸引更多的外资企业来华生产产品并在本地市场出售。为此,本文基于中国工商企业数据识别出 2006—2014 年地级市-行业层面的新增外资企业数量,以此检验工业机器人对外资企业进入的影响。

结果如表 9 所示,工业机器人渗透度的系数显著为正。由此可见,工业机器人一方面强

化了国内循环的内生动力,另一方面增强了中国对外资的吸引力,促进国际要素流入。这一现象表明工业机器人的应用降低了企业对传统低成本、低技术嵌入模式的依赖,转而通过打造一个由先进技术驱动的、更高效、更稳定、更具韧性的国内生产体系,吸引寻求效率和质量的外资,从而在更先进的产业层次上强化与全球价值链的联系,最终形成由国内循环带动国际循环的外向型开放模式。

表 9 工业机器人对外资企业进入的影响

变量	新增外资企业		
	(1)	(2)	(3)
<i>rob_exposure</i>	0.137*** (3.510)	0.324*** (5.924)	0.324*** (5.924)
城市层面控制变量	否	是	是
年份固定效应	是	是	是
城市固定效应	是	是	否
行业固定效应	是	是	否
城市-行业固定效应	否	否	是
观测值	73650	66860	66860
<i>Pseudo R</i> <sup>2</sup>	0.898	0.875	0.986

### 七、结论及政策启示

在机器换人时代,人工智能技术正在改变各国要素禀赋优势,重塑国际分工格局。本文通过将 IFR 工业机器人数据、全球投入产出数据等行业层面的数据与微观层面的中国海关数据、中国工业企业数据对接,构建表征企业参与国际循环的 GVC 关联度,为工业机器人对企业参与国际循环的影响提供了经验证据。文章分析的结果表明,工业机器人显著降低了企业 GVC 关联度,证明了中国企业与国际循环的紧密程度因工业机器人而呈现收缩的态势,在排除可能的内生性、样本选择偏误、替换核心变量等一系列检验后,核心结论保持稳健。影响机制的结果显示,工业机器人通过国内中间品市场效应、促进贸易结构转型升级影响企业 GVC 关联度。异质性分析发现,工业机器人对企业 GVC 关联度的负向影响在劳动密集型行业与东部地区最为明显,该结果与机器人改变产业单向梯度转移的结论一致;企业生产率异质性结果表明,工业机器人对企业参与国际循环的影响具有“两极化”的特征。进一步研究发现,工业机器人不仅强化了国内循环的内生动力,还通过国内市场增强了对外资企业的吸引力,这一现象表明中国不再依赖低成本要素融入国际循环,而是通过技术进步与完善的供应链体系实现国内循环带动国际循环的新发展格局。

基于研究结论,本文得出如下政策启示:

第一,继续大力发展人工智能技术,通过新一代人工智能优化布局国内国际两个市场。虽然本文的研究结论指出工业机器人降低了企业 GVC 关联度,但该结果并不意味着人工智能将中国企业排除在全球价值链之外。GVC 关联度降低的另一面是深度拓展国内分工,机器人应用降低企业 GVC 关联度间接印证可以通过培育人工智能增强国内大循环的内生动力,加快构建国内大循环为主体的发展格局。此外,工业机器人对企业与全球价值链关联的影响在生产率上表现出“两极化”趋势,低生产率企业受机器人的影响将生产活动布局于国内市场,高生产率的企业借助智能技术继续深度参与国际循环,最终有利于实现统筹国内国

际两个市场,加速形成双循环发展格局。

第二,加强政策引导,发挥有为政府的作用,持续优化营商环境,提升人力资本软环境。工业机器人对区域产业结构与国内就业造成不可避免的冲击,深入推进人工智能与制造业融合要求政府持续发挥政策引导,既要建设高标准市场体系,完善产权保护、市场准入,加大放管服改革,优化营商环境,吸引新兴产业集聚,打造国际开放前沿阵地;又要加大人才教育投入,健全人才激励机制,深入推进地区人力资本结构升级,健全契合智能化发展趋势的人力资源体系,充分发挥人机协同的创新发展策略。

第三,正确看待人工智能与制造业“回流”的关系。全球价值链是最主要的国际分工模式,脱离全球价值链谈“回流”可能难以捕捉真实的国际分工状态。中国经历了劳动成本大幅增长,尤其在中国东部沿海地区,贸易与开放的红利吸引了大批高技能人才聚集。由于低技能劳动力短缺,东部沿海地区制造业企业“用工荒”的问题日益严峻,同时环境规制等政策进一步加剧了制造业企业的生存压力。但是,中国内部经济体量巨大,产业结构完善,拥有发达的交通系统和供应链网络,这也意味着制造业在中国仍有很大的发展空间。

#### 参考文献:

- 1.董直庆、姜昊、王林辉,2023:《“头部化”抑或“均等化”:人工智能技术会改变企业规模分布吗?》,《数量经济技术经济研究》第2期。
- 2.冯玲、袁帆、刘小逸,2023:《工业机器人与企业创新——来自中国制造业企业的证据》,《经济学(季刊)》第4期。
- 3.葛顺奇、李川川、林乐,2021:《外资退出与中国价值链关联:基于外资来源地的研究》,《世界经济》第8期。
- 4.葛新庭、谢建国,2023:《最低工资标准、产业智能化与企业出口国内附加值》,《经济评论》第2期。
- 5.黄群慧,2021:《新发展格局的理论逻辑、战略内涵与政策体系——基于经济现代化的视角》,《经济研究》第4期。
- 6.韩峰、袁香钰,2023:《国内大市场优势与企业自主创新》,《财经研究》第12期。
- 7.江艇,2022:《因果推断经验研究中的中介效应与调节效应》,《中国工业经济》第5期。
- 8.江小涓、孟丽君,2021:《内循环为主、外循环赋能与更高水平双循环——国际经验与中国实践》,《管理世界》第1期。
- 9.李磊、马欢,2023:《从“生产回岸”谈“稳外资”——基于发达国家机器人使用驱动的分析》,《管理世界》第10期。
- 10.倪红福、龚六堂、夏杰长,2016:《生产分割的演进路径及其影响因素——基于生产阶段数的考察》,《管理世界》第4期。
- 11.綦建红、周洛竹,2024:《机器人应用与“稳外资”》,《世界经济》第8期。
- 12.孙早、侯玉琳,2021:《工业智能化与产业梯度转移:对“雁阵理论”的再检验》,《世界经济》第7期。
- 13.王岚、陈影、程志宙,2025:《本土市场规模、数字化投入与全球价值链风险:基于供给端冲击视角》,《世界经济研究》第2期。
- 14.王永钦、董雯,2020:《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》,《经济研究》第10期。
- 15.王永钦、董雯,2023:《人机之间:机器人兴起对中国劳动者收入的影响》,《世界经济》第7期。
- 16.严兵、蒋晓婧,2025:《产业配套能力、供应链稳定性与“稳外资”》,《世界经济研究》第1期。
- 17.郑江淮、师磊,2023:《本地化创新能力、区域创新高地与产业地理梯度演化路径》,《中国工业经济》第5期。
- 18.郑江淮、郑玉,2020:《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》,《中国工业经济》第5期。
- 19.诸竹君、袁逸铭、焦嘉嘉,2022:《工业自动化与制造业创新行为》,《中国工业经济》第7期。
- 20.Acemoglu, D., and P. Restrepo. 2019. “Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor.” *Journal of Economic Perspectives* 33(2): 3–30.

21. Acemoglu, D., and P. Restrepo. 2020. "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets." *Journal of Political Economy* 128(6): 2188–2244.
22. Aghion, P., A. Bergeaud, M. Lequien, and M. J. Melitz. 2018. "The Impact of Exports on Innovation: Theory and Evidence." NBER Working Paper 24600.
23. Carbonero, F., E. Ernst, and E. Weber. 2018. "Robots Worldwide: The Impact of Automation on Employment and Trade." International Labour Office (ILO), Research Department Working Paper No. 36.
24. Chen, C., C. B. Frey, and G. Presidente. 2022. "Automation or Globalization? The Impacts of Robots and Chinese Imports on Jobs in the United Kingdom." *Journal of Economic Behavior & Organization* 204: 528–542.
25. Chor, D., K. Manova, and Z. Yu. 2021. "Growing Like China: Firm Performance and Global Production Line Position." *Journal of International Economics* 130, 103445.
26. Dai, M., M. Maitra, and M. Yu. 2016. "Unexceptional Exporter Performance in China? The Role of Processing Trade." *Journal of Development Economics* 121: 177–189.
27. De Backer, K., T. DeStefano, C. Menon, and J. R. Suh. 2018. "Industrial Robotics and the Global Organisation of Production." OECD Science, Technology and Industry Working Papers.
28. DeStefano, T., and J. Timmis. 2024. "Robots and Export Quality." *Journal of Development Economics* 168, 103248.
29. Faber, M. 2020. "Robots and Reshoring: Evidence from Mexican Labor Markets." *Journal of International Economics* 127, 103384.
30. Giuntella, O., Y. Lu, and T. Wang. 2022. "How Do Workers and Households Adjust to Robots? Evidence from China." NBER Working Paper 30707.
31. Krenz, A., K. Prettner, and H. Strulik. 2021. "Robots, Reshoring, and the Lot of Low-skilled Workers." *European Economic Review* 136, 103744.
32. Manova, K., and Z. Yu. 2016. "How Firms Export: Processing vs. Ordinary Trade with Financial Frictions." *Journal of International Economics* 100: 120–137.
33. Wang, Z., S. J. Wei, X. Yu, and K. Zhu. 2017. "Characterizing Global Value Chains: Production Length and Upstreamness." NBER Working Paper 23261.

## The Impact of Industrial Robots on Chinese Enterprises' Participation in International Circulation

Ge Xinting<sup>1</sup> and Xie Jianguo<sup>2</sup>

(1: College of Economics and Management, Nanjing Forestry University;

2: School of Business, Nanjing University)

**Abstract:** Based on the IFR data, WIOD, and data from Chinese enterprises, this paper discusses the impact of industrial robots on enterprises' international circulation. The research findings show that industrial robots significantly reduce the linkages between enterprises and GVCs, the domestic intermediate inputs market effect and trade structure upgrading are the main influence mechanisms. Heterogeneity analysis reveals that the negative impact of industrial robots on the linkages between enterprises and GVCs is obvious in labor-intensive industries and the eastern region, which is consistent with the conclusion that industrial robots change the industrial one-way gradient transfer mode. Furthermore, it finds that robot adoption attracts foreign-invested enterprises, suggesting that China is transitioning toward an outward-oriented development model supported by a robust domestic cycle, advanced technological capacity, and large market size. In the era of "Machine Replacement", this paper provides empirical evidence on how Chinese enterprises optimize the layout of domestic and international markets.

**Keywords:** Industrial Robots, GVC Linkages, Domestic Intermediate Product Market

**JEL Classification:** F12

(责任编辑:陈永清)