

# 减税与企业工业机器人应用

刘学悦, 赵 城, 寇宗来

**[摘要]** 在当前加快推进新型工业化背景下,促进人工智能和实体经济深度融合成为发展新质生产力的关键方向。本文通过构建异质性企业模型,创新性地探讨了政府减税如何影响企业的工业机器人应用。理论分析表明,所得税税率下降会通过要素替代效应提高企业应用工业机器人的激励;进一步分析显示,当企业生产率较高、工业机器人应用的固定成本较低、市场中企业数量较多或消费者收入水平较高时,这种激励效应相对更大。基于此,本文以2008年“两税合一”政策作为准自然实验,结合双重差分法和制造业企业微观数据进行系统的经验分析,结果支持了理论分析的推论。本文的研究结论为中国深化财税体制改革提供了科学可靠的理论依据和政策启示。

**[关键词]** 减税; 工业机器人; “两税合一”; 要素替代效应; 人工智能

**[中图分类号]** F424 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1006-480X(2025)07-0081-19

## 一、引言

在以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业为中心任务的新时代,加快实现人工智能和实体经济深度融合、推进新型工业化,是实现这一战略任务的重要路径。2023年,中国制造业增加值占全球比重超过30%,稳居世界第一。充分落实结构性减税降费政策以促进企业人工智能应用,在一定程度上能够为维护全球产业链供应链稳定、促进世界经济复苏贡献关键力量。基于此,探究政府减税与企业人工智能应用之间的内在逻辑,具有重要的理论价值和现实意义。

当前,人工智能在制造业中的典型应用包括工业机器人、工业物联网、人工智能芯片以及制造云平台等多个领域。其中,在核心的生产制造环节,工业机器人仍是人工智能最具代表性和典型意义的应用形式。考虑企业层面数据的可获得性,本文借鉴已有研究,选取被誉为“制造业皇冠顶端的明珠”的工业机器人作为研究对象(Aghion et al., 2019; 陈东和秦子洋, 2022; 潘珊等, 2025)。根据

**[收稿日期]** 2025-02-27

**[基金项目]** 国家社会科学基金重点项目“推动经济发展的质量变革、效率变革和动力变革研究”(批准号22AZD031); 中国博士后科学基金面上项目“劳动力成本上涨影响中国企业人工智能应用的理论机制、经验证据和政策优化研究”(批准号2024M760468); 国家自然科学基金青年科学基金项目“环境规制与企业低碳转型:基于协同减排和能源反弹视角的研究”(批准号72303037)。

**[作者简介]** 刘学悦,复旦大学经济学院副教授,经济学博士;赵城,复旦大学经济学院博士后,经济学博士;寇宗来,复旦大学中国社会主义市场经济研究中心、复旦大学创新与数字经济研究院教授,博士生导师,经济学博士。通讯作者:寇宗来,电子邮箱:zlkou@fudan.edu.cn。本文得到上海市教育委员会人工智能促进科研范式改革赋能学科跃升计划专项“基于AI法院的知识产权诉讼偏误及其创新效应研究”的支持。感谢匿名评审专家和编辑部的建设性意见,文责自负。

国际标准化组织的定义,工业机器人是一种可自动控制、可重复编程且具有多功能用途、多自由度的机械,拥有三个乃至三个以上可固定或移动的轴,主要用于工业自动化领域。同时,工业机器人广泛集成了感知、控制等关键技术,并逐步深入融合大语言模型、机器学习、人机交互等前沿方案,呈现出明显的人工智能特征。因此,以工业机器人为对象,能够较为准确地衡量人工智能在制造业领域的应用水平。

作为制造业第一大国,中国应用工业机器人的程度深刻影响着全球的生产组织方式。事实上,过去15年间中国企业使用工业机器人的数量经历“爆炸式”增长。据国际机器人联合会(IFR)统计,从存量角度看,中国企业的工业机器人累计安装量从2004年的7096台跃升至2023年的175.5万台;从流量角度看,2013年以来,中国已连续多年成为全球最大的工业机器人销售市场,2023年中国的工业机器人销售量高达27.63万台,占全球总销量的51%。进一步,对比2004—2019年主要国家制造业企业工业机器人使用数量的变化趋势可以发现,2008年以后中国工业机器人使用数量迅速增长。值得注意的是,这一时间点恰好与中国2008年实施重大税制改革高度重合。具体而言,《中华人民共和国企业所得税法》的颁布,统一了内外资企业的法定所得税税率(简称“两税合一”),尤其是将民营企业的法定所得税税率从此前的33%统一降低至25%,显著减轻了民营企业的税收负担。据此,本文推测,中国制造业企业工业机器人应用水平的显著提升可能与此次税制改革所带来的减税效应存在紧密关联。

既有研究发现,工业机器人可以在一系列“可自动化任务”中替代大量的劳动力(Acemoglu and Restrepo, 2020;王永钦和董雯, 2020;徐斌和吕波, 2024),越来越多的企业正在加快推进工业机器人替换劳动力的进程。然而,尚未有文献从政府减税视角考察企业应用工业机器人的动因。理论上,一方面,企业应用工业机器人需要支付一定的固定成本,减税通过增加企业内部现金流,提高了企业应用工业机器人的可能性;另一方面,政府在企业就业与工资支出方面实施的所得税加计扣除等政策在一定程度上抵消了劳动力成本上涨对企业使用工业机器人的激励作用,而所得税减税则可能削弱这一抵消效应,增强企业应用工业机器人的激励。本文将通过理论模型推导和利用详细的微观数据,考察减税对中国企业工业机器人应用的影响效果和作用机制,以期为中国通过精准落实结构性减税政策塑造发展新动能新优势提供政策参考。

具体而言,本文将所得税税率引入企业工业机器人应用决策模型,并结合中国“稳就业”政策的实际背景,综合考虑与企业劳动力工资及福利支出相关的各类所得税优惠,包括税收减免、加计扣除等措施。在此基础上,运用比较静态分析方法,研究所得税税率变动如何影响企业的工业机器人应用激励,并提出若干有待经验检验的理论假说。本文的理论逻辑是:在其他条件不变的情况下,当所得税税率较高时,企业可享受的税收优惠力度较大,能够有效抵消劳动力成本上升或工业机器人成本下降带来的要素替代效应,从而降低企业应用工业机器人的激励。然而,随着所得税税率的降低,企业因雇佣劳动力而获得的税收优惠减少,导致劳动力的相对价格上升,这种要素价格的相对变化将提高企业用工业机器人替代劳动力的激励。并且,当企业的劳动收入份额较高时,其使用一般性的资本投入替代劳动力的成本也相对较高,所得税税率下降激励其使用工业机器人替代劳动力的效应也相对较大。此外,利用理论模型可得出以下推论:当企业生产率更高、工业机器人安装的固定成本更低、市场中企业数量更多或消费者收入水平更高时,政府降低所得税税率对企业应用工业机器人的激励效应更大。

为验证上述理论假说,本文立足中国税制改革实践,以2008年实施的内外资企业“两税合一”政策作为准自然实验,并利用2004—2012年中国工业企业数据库与中国海关数据库的匹配数据,

采用双重差分法识别政府减税对企业工业机器人应用的影响。本文还通过事件分析法进行平行趋势假设评估,并利用平行趋势敏感性检验、安慰剂检验和排除预期效应等方法检验基准模型的识别有效性。此外,本文围绕被解释变量零值分布问题、重新定义核心变量、排除其他竞争性解释、替换样本范围以及调整标准误差聚类层级等维度开展稳健性检验,以增强结论的可靠性。在此基础上,进一步从企业所得税实际税率下降以及由此引致的劳动力相对成本变化两个视角,揭示减税促进企业工业机器人应用的作用机制。最后,根据理论模型的推论,本文分别从企业生产率、规模、所处行业的市场竞争程度以及所在地区的市场需求等方面,检验减税影响企业工业机器人应用的异质性效应,全面呈现中国企业智能化发展面临的激励因素与约束条件。

本文的经验分析结果表明,“两税合一”政策实施后,相比外资企业,所得税税率降低导致民营企业的工业机器人应用数量显著增加。事件分析结果显示,在政策实施前,民营企业与外资企业的工业机器人应用数量不存在统计意义上的显著差异,即未拒绝事前趋势平行的假设。机制分析结果表明,“两税合一”政策降低了企业的所得税实际税率,并进一步提高了劳动力的相对价格,从而强化了工业机器人相对于劳动力的成本优势,推动了企业应用工业机器人。异质性分析结果表明,对于生产率更高、规模更大、市场竞争更激烈或市场需求更大的企业,“两税合一”政策对其工业机器人应用的促进作用更大。

本文可能的边际贡献主要有两个方面:①基于工业机器人应用动因视角,揭示了政府减税在推动企业应用工业机器人中的重要作用。近年来,随着各类智能技术显著进步,相关技术、产品及服务的价格大幅下降,推动全球工业机器人应用水平持续提升(Graetz and Michaels, 2018; Acemoglu et al., 2022; Adachi et al., 2024)。与此同时,大量研究发现,人口结构变化(Acemoglu and Restrepo, 2022; Mann and Pozzoli, 2024)、最低工资上涨(Fan et al., 2021; Freeman et al., 2024)以及劳动保护强化(赵城和熊瑞祥, 2023)均会促进企业的工业机器人应用。然而,工业机器人应用需支付高昂的一次性投入及持续的维护、修理费用,而政府补贴能够显著降低企业采用工业机器人的实际成本,从而激励其应用(Cheng et al., 2019)。基于上述文献,本文将政府减税与企业工业机器人应用纳入统一分析框架,构建理论模型阐释二者之间的内在逻辑。具体而言,本文创新性地将与劳动力成本相关的所得税优惠视为政府减税影响企业工业机器人应用的关键机制,厘清了“所得税率下降→雇佣劳动力税收优惠减少→劳动力相对成本上升→工业机器人应用增加”这一影响路径,从而拓展了关于企业工业机器人应用动因的研究。②尝试识别政府减税影响企业智能化发展的因果效应与作用机制,丰富了关于减税影响企业投资行为的文献。一方面,法定所得税率下调和各类减税政策不仅能通过降低资本成本直接激励企业固定资产投资(Kaymak and Schott, 2023),还能通过增加企业现金流和提高资源配置效率等渠道间接促进企业投资(Djankov et al., 2010)。另一方面,受资本调整成本、投资不可逆性及减税预期等因素影响(Chen et al., 2023),政府减税对企业投资的影响效果可能并不显著(Yagan, 2015)。在中国情境下,“两税合一”和服务外包试点等所得税减税政策提升了企业投资(毛德凤等, 2016; Li et al., 2021),增值税改革同样促进了企业投资(Liu and Mao, 2019),而“营改增”的减税效应也有效驱动了企业固定资产投资(申广军等, 2016)。相较于已有文献主要基于融资约束视角考察政府减税的投资效应,本文创新性地利用企业数据,聚焦税率降低对劳动力相关税收优惠的抵消效应,探究政府减税如何影响企业的工业机器人投资。基于此,本文也为减税降低企业劳动收入份额的相关研究(Li et al., 2021; Kaymak and Schott, 2023)提供了直接的机制支撑:减税促使企业采取“机器换人”策略,导致其劳动收入份额下降。

## 二、理论模型与研究假说

本部分将参考 Helpman et al.(2004), 构建一个异质性企业模型, 刻画所得税税率变化对企业工业机器人应用的影响, 并提出多个有待检验的研究假说。

假设经济中有两个生产部门, 其中, 一个部门内各企业以不同的生产率生产差异化产品, 在考虑所得税的情况下, 这些企业基于利润最大化原则决定是否应用工业机器人。另一个部门生产计价品, 市场结构为完全竞争, 其产品可以与其他部门自由交易, 该部门的生产率为  $w$ , 决定(且等于)本地工资水平。此外, 该经济中劳动力与工业机器人的供给均充足。

### 1. 消费者

假设经济中存在一个代表性消费者, 其效用函数设定为  $U = q_0^\alpha \left[ \left( \int_{\omega \in \Omega} q(\omega)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} d\omega \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \right]^{1-\alpha}$ , 其中,

$q_0$  为计价品需求量,  $q(\omega)$  表示消费者对产品  $\omega$  的需求量,  $\Omega$  表示消费者可以获得的消费种类集,  $\sigma$  为差异化产品之间的替代弹性 ( $\sigma > 1$ ),  $\alpha$  表示消费者在计价品上的支出份额 ( $0 < \alpha < 1$ )。不失一般性的, 假设计价品的价格标准化为 1, 即  $p_0 = 1$ , 而差异化产品  $\omega$  的价格为  $p(\omega)$ , 消费者的总支出为  $E$ 。

消费者的效用最大化问题为:

$$\max_q U = q_0^\alpha \left[ \left( \int_{\omega \in \Omega} q(\omega)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} d\omega \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \right]^{1-\alpha} \quad (1)$$

$$\text{s.t. } q_0 + \int_{\omega \in \Omega} q(\omega) p(\omega) d\omega \leq E$$

求解消费者优化问题, 可以分别得到产品  $\omega$  和计价品的需求函数:

$$q(\omega) = p(\omega)^{-\sigma} P^{\sigma-1} (1 - \alpha) E \quad (2)$$

$$q_0 = \alpha E \quad (3)$$

其中,  $P = \left( \int_{\omega \in \Omega} p(\omega)^{1-\sigma} d\omega \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$  为差异化产品的总价格指数。

### 2. 企业

计价品部门仅使用劳动力这一种要素进行生产, 生产函数为  $q_0 = wL_0$ 。由于生产计价品的企业具有同质生产率, 且为完全竞争市场, 故计价品部门的收入全部用于发放工资, 经济利润为 0, 即  $\pi_0 = p_0 q_0 - wL_0 = 0$ 。

在差异化产品部门中, 企业的异质性体现在生产率差异上, 并且每家企业只生产一种特定的产品。借鉴 Fan et al.(2021) 的做法, 假设异质性企业的生产率为  $\phi$ ,  $\phi$  的累积分布函数为  $G(\phi)$ , 其生产函数为:

$$q(\phi) = \phi(Q + \beta R) \quad (4)$$

其中,  $Q = L^\lambda K^{(1-\lambda)}$  表示由劳动力和一般性的资本投入组成的复合投入,  $\lambda$  表示劳动力投入份额 ( $0 < \lambda < 1$ ),  $L, K, R$  分别表示生产过程中投入的劳动力、一般性的资本投入和工业机器人,  $\beta$  表示复合投入和工业机器人之间相对生产率的参数 ( $\beta > 1$ )。从式(4)可以看出, 机器人与复合投入

之间是完全替代关系,这个假设被广泛应用于企业工业机器人应用相关的理论模型中(Acemoglu and Restrepo, 2020; Acemoglu et al., 2022)。

由式(4)可知,企业使用复合投入进行生产时,单位产出的可变成本为  $C_Q = \frac{1}{\phi} \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}}$ ,其中,  $w$  和  $i$  分别为劳动力工资和一般性资本投入的租金;企业使用工业机器人进行生产时,单位产出的可变成本为  $C_R = \frac{r}{\phi\beta}$ ,其中,  $r$  为工业机器人的租金,假设其与一般资本品租金  $i$  之间存在线性函数关系。除可变成本外,企业应用工业机器人还需要支付一笔固定成本,假设固定成本为  $F\theta$ ,  $\theta$  是一个随机变量,  $\theta \in (0, +\infty)$ ,其概率密度函数为  $h(\theta)$ ,累积分布函数为  $H(\theta)$ ,  $H(\theta)$  独立于  $G(\phi)$  且均值为 1。并且,当企业购买工业机器人时,政府会提供比率为  $\tau$  的补贴,故企业使用工业机器人的实际固定成本为  $(1-\tau)F\theta$ 。<sup>①</sup>

在给定消费者需求的前提下,企业通过比较采用复合投入与应用工业机器人两种情形下的均衡利润,决定是否应用工业机器人。

当企业仅使用复合投入进行生产时,其利润为:

$$\pi_Q = (pq - wL - iK) - t(pq - wL - iK - \eta wL) = (1-t)(pq - wL - iK) + t\eta wL \quad (5)$$

其中,  $\pi_Q(\phi, \theta)$  为企业仅使用复合投入时的利润,  $t$  为政府对企业征收的所得税税率。另外,结合中国长期以来实施的“稳就业”政策,本文假设企业使用劳动力时,支付的工资总额可以用来额外抵扣一部分所得税,税收抵扣比例为  $\eta$  ( $0 < \eta < 1, 1-t(1+\eta) > 0$ ),即企业雇佣劳动力可以额外获得总额为  $t\eta wL$  的收益。<sup>②</sup>

当企业仅使用工业机器人进行生产时,其利润为:

$$\pi_R = (1-t)[pq - rR - (1-\tau)F\theta] \quad (6)$$

为简化模型,这里不考虑企业的进入条件,而是假设差异化产品部门中的所有企业无论使用复合投入生产还是工业机器人生产均能获得非负的利润。换言之,对于  $G(\phi)$  和  $H(\theta)$  支撑集上的任何  $\phi$  和  $\theta$ ,均满足  $\pi_Q(\phi, \theta), \pi_R(\phi, \theta) \geq 0$ 。<sup>③</sup>

企业比较使用工业机器人的利润和使用复合投入的利润,作出是否使用工业机器人生产的决策。当  $\pi_R(\phi, \theta) > \pi_Q(\phi, \theta)$  时,企业才会使用工业机器人。不难猜想,在给定生产率  $\phi$  时,使用工业机器人固定成本越小的企业越有可能使用工业机器人生产。考虑一个使用工业机器人和使用复合投入生产无差异的企业,其工业机器人实际固定成本为  $\theta^*(\phi)(1-\tau)F$ ,那么所有  $\theta < \theta^*(\phi)$  的企

① 这一假设符合中国实践,各地方政府普遍对企业购买工业机器人提供一定比例的补贴,详细讨论参见后文“识别策略”部分。

② 假设“企业雇佣劳动力可以获得所得税优惠”是契合中国就业优先政策实践的。目前这种所得税优惠主要包括三种:一是企业在雇佣退伍军人、失业者、应届毕业生及贫困人群等重点群体时,可享受企业所得税减免及加计扣除等一系列优惠政策。二是企业在安置残疾人员时所支付工资的加计扣除,即在按照支付给残疾职工工资据实扣除的基础上,额外享受 100% 的加计扣除。三是企业研发人员的薪资及福利费被视为研发费用的一部分,可享受特定比例的所得税加计扣除优惠。此外,还有一部分来自政府出于鼓励企业不裁员、少裁员和“稳就业”的考虑而向企业直接发放的就业补贴。

③ 假设政府没有支出,并将全部税收收入一次性转移支付给消费者。因此,消费者收入来源于企业税后利润、工资、工业机器人租金以及政府税收返还,可加总为:  $E = q_0 + \int_{\omega \in \Omega} q(\omega)p(\omega)d\omega$ 。这一预算平衡条件体现在式(1)的消费者优化问题中。

业都将使用工业机器人生产。

### 3. 均衡求解

经济的静态均衡是包含  $\{\theta^*(\phi), \pi(\phi, \theta), p(\phi, \theta), q(\phi, \theta), Q(\phi), R(\phi, \theta)\}$  的一组解, 由如下优化问题给出:

$$\max_{p(\phi, \theta)} \pi(\phi, \theta) = \begin{cases} \pi_Q(\phi, \theta), & \text{如果 } \theta \geq \theta^*(\phi) \\ \pi_R(\phi, \theta), & \text{如果 } \theta < \theta^*(\phi) \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } \pi_Q(\phi, \theta) = (1-t)(p(\phi, \theta)q(\phi, \theta) - wL(\phi) - iK(\phi)) + t\eta wL(\phi) \quad (8)$$

$$\pi_R(\phi, \theta) = (1-t)(p(\phi, \theta)q(\phi, \theta) - rR(\phi, \theta) - (1-\tau)F\theta) \quad (9)$$

$$q(\phi, \theta) = \phi(Q(\phi) + \beta R(\phi, \theta)) \quad (10)$$

$$q(\phi, \theta) = p(\phi, \theta)^{-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E \quad (11)$$

$$\pi_R(\phi, \theta^*) = \pi_Q(\phi, \theta^*) \quad (12)$$

其中, 式(7)一式(10)给出了差异化产品部门中企业的利润最大化问题。式(11)为消费者效用最大化问题的产品需求。式(12)为企业决定是否应用工业机器人生产的临界条件。

将式(10)和式(11)代入式(8)求解企业利润最大化问题, 可以得到使用复合投入生产的企业的复合投入数量和均衡利润:

$$Q(\phi) = \phi^{\sigma-1} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{-\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E \quad (13)$$

$$\pi_Q(\phi, \theta) = \left( \frac{1-t}{\sigma-1} + t\eta\lambda \right) \phi^{\sigma-1} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E \quad (14)$$

同理, 将式(10)和式(11)代入式(9)求解企业利润最大化问题, 可以得到应用工业机器人生产的企业的工业机器人应用数量和均衡利润:

$$R(\phi, \theta) = \frac{1}{r} \left( \frac{r}{\phi\beta} \right)^{1-\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E \quad (15)$$

$$\pi_R(\phi, \theta) = (1-t) \left[ \left( \frac{r}{\phi\beta} \right)^{1-\sigma} \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{1-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E - (1-\tau)F\theta \right] \quad (16)$$

如前所述, 只有当  $\pi_R(\phi, \theta) > \pi_Q(\phi, \theta)$  时, 企业才会应用工业机器人。将式(14)和式(16)代入临界条件式(12), 可得:

$$\theta^*(\phi) = \frac{A\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \left\{ \left( \frac{r}{\beta} \right)^{1-\sigma} - \left[ 1 + \frac{t\eta\lambda(\sigma-1)}{1-t} \right] \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} \right\} \quad (17)$$

其中,  $A = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{1-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha)E$ 。此时, 企业工业机器人应用概率由  $Pr(\theta < \theta^*(\phi)) = H(\theta^*(\phi))$  给定。因此, 给定其他条件不变, 所得税税率变化对企业工业机器人应用概率的影响为:

$$\frac{\partial Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t} = -h(\theta^*) \frac{A\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \frac{\eta\lambda(\sigma-1)}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} < 0 \quad (18)$$

由此, 本文提出:

假说1: 政府降低所得税税率会提高企业的工业机器人应用激励。

假说1表明,当政府降低所得税税率时,企业通过劳动力相关成本支出所获得的税收优惠会减少,即便使用工业机器人的成本没有下降,使用劳动力的实际相对成本仍会上升,从而促使企业倾向于以工业机器人替代劳动力。此外,根据式(4),劳动力和一般性的资本投入共同构成复合要素投入,当劳动力的相对成本提高时,企业可能会使用更多的一般性的资本投入来替代劳动力。然而,在劳动收入份额( $\lambda$ )较高的情况下,虽然一般性的资本投入可以替代部分劳动力,但为维持复合投入( $Q$ )不变,企业可能需要增加更多一般性的资本投入。基于此,劳动力投入减少带来的成本节约可能被一般性的资本投入增加所带来的成本抵消甚至超出,最终降低使用复合投入的利润,这也进一步强化了企业使用工业机器人替代复合投入的内在激励。通过式(18)对劳动收入份额( $\lambda$ )求二阶偏导数,可以刻画以上思路:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t \partial \lambda} &= -h(\theta^*) \frac{A\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \frac{\eta(\sigma-1)}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} \\ &\quad \times \left[ 1 + \lambda(1-\sigma) \ln \left( \frac{w(1-\lambda)}{i\lambda} \right) \right] < 0 \end{aligned} \quad (19)$$

根据式(19),本文提出:<sup>①</sup>

假说2:企业劳动收入份额越高,政府降低所得税税率对其工业机器人应用的激励效果越大。

为进一步分析所得税税率变动影响企业工业机器人应用的异质性效应,分别对式(18)中的生产率( $\phi$ )、工业机器人的安装成本( $F$ )、企业数量( $n$ )、消费者收入水平( $E$ )求二阶偏导数,可得:<sup>②</sup>

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t \partial \phi} &= -h(\theta^*) (\sigma-1)^2 \frac{A\phi^{\sigma-2}}{(1-\tau)F} \frac{\eta\lambda}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} \\ &\quad + \frac{\partial h(\theta^*)}{\partial \theta^*} \frac{\partial \theta^*}{\partial \phi} < 0 \end{aligned} \quad (20)$$

$$\frac{\partial^2 Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t \partial F} = h(\theta^*) \frac{A\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F^2} \frac{\eta\lambda(\sigma-1)}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} + \frac{\partial h(\theta^*)}{\partial \theta^*} \frac{\partial \theta^*}{\partial F} > 0 \quad (21)$$

① 由于  $-h(\theta^*) \frac{A\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \frac{\eta(\sigma-1)}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} < 0$ , 因此, 当  $\ln \left( \frac{w(1-\lambda)}{i\lambda} \right) < \frac{1}{\lambda(\sigma-1)}$  时, 式(19)才成立。

故当  $\ln \left( \frac{w(1-\lambda)}{i\lambda} \right) < 0$ , 即  $\frac{w}{i} < \frac{\lambda}{1-\lambda}$  时, 式(19)恒成立。其经济含义是: 当工资水平相对较低时, 企业在复合投入中会相对使用更多的劳动力, 政府所得税税率下降会削弱使用劳动力的税收抵扣效果, 特别是劳动收入份额较高的企业受税率下降的影响更大, 这在更大程度上激励其使用工业机器人。而当  $\ln \left( \frac{w(1-\lambda)}{i\lambda} \right) > \frac{1}{\lambda(\sigma-1)}$  时, 式(19)不成立。原因在于: 当工资水平相对较高时, 企业往往采用了大量一般性的资本投入或工业机器人生产。此时, 即使企业的劳动收入份额再高, 所得税税率降低也难以进一步激励其使用工业机器人, 呈现出明显的政策边际效应递减。

② 为简化分析, 假设  $\phi$  服从均匀分布, 则  $\frac{\partial h(\theta^*)}{\partial \phi} = 0$ 。另外, 在分析企业工业机器人应用概率对企业数量的二

阶偏导数时, 假设生产异质性产品的企业都是对称的, 则总价格指数可以改写为  $P = \left( \int_{\omega \in \Omega} p(\omega)^{1-\sigma} d\omega \right)^{\frac{1}{1-\sigma}} =$

$n\bar{P}$ ,  $\bar{P}$  表示平均价格, 此时  $A = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma-1} \right)^{1-\sigma} (n\bar{P})^{\sigma-1} (1-\alpha)E$ 。

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t \partial n} &= -h(\theta^*)(\sigma - 1)^2 \left[ \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma - 1} \right)^{1-\sigma} (n\bar{P})^{\sigma-2} \bar{P}E \frac{\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \right] \times \\ &\quad \frac{\eta\lambda}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} + \frac{\partial h(\theta^*)}{\partial \theta^*} \frac{\partial \theta^*}{\partial n} < 0 \end{aligned} \quad (22)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 Pr(\theta < \theta^*(\phi))}{\partial t \partial E} &= -h(\theta^*) \left[ \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\sigma}{\sigma - 1} \right)^{1-\sigma} P^{\sigma-1} (1-\alpha) \frac{\phi^{\sigma-1}}{(1-\tau)F} \right] \times \\ &\quad \frac{\eta\lambda(\sigma-1)}{(1-t)^2} \left[ \frac{w^\lambda i^{1-\lambda}}{\lambda^\lambda (1-\lambda)^{1-\lambda}} \right]^{1-\sigma} + \frac{\partial h(\theta^*)}{\partial \theta^*} \frac{\partial \theta^*}{\partial E} < 0 \end{aligned} \quad (23)$$

根据式(20)一式(23),本文提出:

假说3:企业生产率越高、安装工业机器人的固定成本越低、市场中企业数量越多或消费者收入水平越高,政府降低所得税税率对企业工业机器人应用的激励效果越大。

### 三、制度背景、数据处理与识别策略

#### 1. 制度背景

改革开放后,为了吸引外商投资并引进外国技术,中国政府对外资企业采取了一系列优惠措施,其中,最主要的政策之一就是所得税减免。1991年,《中华人民共和国外商投资企业和外国企业所得税法》颁布并实施,规定外商投资企业、外国企业的企业所得税税率为30%,同时应缴纳的地方所得税税率为3%,故其名义税率为33%。但由于大多数外资企业在国内享有各类税收优惠待遇,其实际税率大致在15%—24%之间,远低于名义税率。相比之下,内资企业的所得税实际税率相对较高,根据1993年颁布的《中华人民共和国企业所得税暂行条例》规定,内资企业税率为33%,并且政府在实施税收优惠、税前扣除等政策时对内资企业偏紧。自此开始,中国“一个税种、两套税制、内外有别”的企业所得税征收格局基本形成。

进入21世纪,随着中国外商投资规模持续增加、内资企业发展壮大,内外资企业之间的税率优惠差异成为个别企业偷税、漏税的手段,严重影响了不同所有制企业之间的公平竞争,内资企业和外资企业之间的税收歧视亟须打破。鉴于此,2008年中国政府对企业所得税制度进行了全面改革,颁布并实施《中华人民共和国企业所得税法》,其主要内容可概括为“统一税法,统一税率,统一税前扣除和统一税收优惠”(高培勇,2009),明确规定内外资企业所得税税率均为25%,故此次改革被称为“两税合一”。

“两税合一”政策的实施意味着,自2008年开始,中国内资企业的所得税率显著降低。尤其是,伴随着内资企业的所得税实际税率下降和外资企业的所得税实际税率上升,这两类企业的所得税实际税率逐渐缩小并趋于统一。因此,这一政策调整显著减轻了内资企业相对于外资企业的实际税负,对其投资行为产生了显著的影响。<sup>①</sup> 基于这一背景,“两税合一”政策实施可被视为研究中国民营企业减税问题的准自然实验(毛德凤等,2016; Deng et al., 2023)。本文将以民营企业为处理

<sup>①</sup> 现实中,地方政府因享有税收征管的自由裁量权,往往会对本地企业实施各种税收优惠措施,导致企业的实际税率低于法定名义税率。鉴于此,本文在基准回归模型中控制“城市—年份”固定效应来排除这一因素的干扰。

组、外资企业为对照组,识别“两税合一”影响企业工业机器人应用的因果效应。<sup>①</sup>

与此同时,尽管中国制造业企业的工业机器人使用数量在2004—2008年间无较大变化,但从2008—2009年开始快速上涨,本文猜测这可能与“两税合一”政策的实施有关。进一步分析发现,自2008年起,中国制造业民营企业中,平均每家企业工业机器人存量相对外资企业的比例迅速上升,同样支持“两税合一”可能是近年来中国制造业企业大规模应用工业机器人的重要动因。

## 2. 数据处理

本文主要使用两套微观企业数据库,第一套是中国工业企业数据库(简称工企数据),该数据库的统计对象为中国所有规模以上工业企业,主要提供企业基本信息、财务信息和产销信息,如企业名称、法人代码、登记注册类型、开业年份、利润总额、应交所得税、资产总额、出口交货值等。本文参照寇宗来和刘学悦(2020)的做法,依次利用法人代码和企业名称等信息将各年工企数据匹配形成面板数据,并按照如下方式依次剔除异常样本:①年销售额在500万元以下;②职工人数少于8人;③流动资产高于总资产;④固定资产高于总资产;⑤年销售额、职工人数或总资产等主要数据缺失。第二套是中国海关数据库(简称海关数据),该数据库统计了中国每一条进口和出口数据,主要提供企业的产品进出口交易信息,如企业名称、HS产品代码、交易数量和交易金额等。参照海关数据中的HS产品代码,工业机器人主要包括以下几类:多功能工业机器人(84795010)、其他未列名工业机器人(84795090)、喷涂机器人(84248920)、搬运机器人(84289040)、集成电路工厂专用的自动搬运机器人(84864031)、电阻焊接机器人(85152120)、电弧焊接机器人(85153120)和激光焊接机器人(85158010)。本文使用以上HS产品代码提取海关数据中的工业机器人进口数据,以此衡量企业使用工业机器人的水平。需要强调的是,2012年中国本土品牌机器人销量在国内市场占有率仅为8.7%。2013年开始,随着《工业和信息化部关于推进工业机器人产业发展的指导意见》发布,本土品牌的份额显著增加。因此,本文使用2012年及之前工业机器人进口数据衡量中国企业使用工业机器人的水平是合理的(赵城和熊瑞祥,2023)。为确保样本数据中企业进口机器人是自己使用而非用于二次销售,本文剔除了进口企业中的外贸公司和机器人制造商。<sup>②</sup>此外,本文还使用海关数据计算了企业每年的进口总额。

本文首先使用企业名称匹配工业机器人进口数据和工企数据。然后,借鉴Fan et al.(2023)的做法,按照如下规则剔除企业样本:①拥有所得税税率优惠的国有企业、集体企业和其他企业;②样本期内所有制发生变化的企业;③在2008年“两税合一”政策实施前退出或实施后进入的企业。本文最终得到了涵盖2004—2012年制造业企业的回归样本,包含189275家企业的1221035个观测值。<sup>③</sup>

## 3. 识别策略

为验证假说1是否成立,本文以2008年“两税合一”政策作为准自然实验,利用双重差分法检验

① 为了排除本文观察到的政策处理效应是由外资企业的所得税实际税率提高而导致的,本文在稳健性检验中还以“两税合一”政策实施前后平均所得税实际税率变动绝对值小于1%的外资企业作为对照组进行回归分析。此外,由于国有企业、集体企业在税收征管、要素使用等方面享受一定所得税优惠,因此,本文在经验分析部分剔除这两类企业。

② 本文将名称中包括“进出口”“贸易”“经贸”“国贸”或“代理”等关键词的企业判断为外贸公司。同时,从中国工商企业注册数据库中提取经营范围同时包含“机器人”和“生产”(或“制造”“加工”等)关键词的企业,这些企业即为机器人制造商。

③ 由于2010年的工企数据缺失,本文在经验分析部分剔除了2010年的企业样本。

减税影响企业工业机器人应用的因果效应,基准计量模型设定如下:

$$Robot_{isct} = \beta_0 + \beta_1 POE_i \times Post_t + \gamma Z_{it} + \lambda_i + \lambda_{st} + \lambda_{ct} + \varepsilon_{isct} \quad (24)$$

其中,被解释变量  $Robot_{isct}$  代表行业  $s$ 、城市  $c$  的企业  $i$  在  $t$  年的工业机器人使用数量(反双曲正弦值)。<sup>①</sup>核心解释变量  $POE_i$  代表企业  $i$  是否为民营企业的虚拟变量,是取1,否则取0。本文根据企业的登记注册类型判断民营企业;在稳健性检验中,使用实收资本占比作为替代标准进行判断。 $Post_t$  代表政策实施的虚拟变量,当  $t$  为2008年及以后时取1,否则取0。系数  $\beta_1$  为本文所关注的“两税合一”政策对企业工业机器人应用的影响效果,当其显著大于0时,假说1成立。

$Z_{it}$  表示企业层面的控制变量。由于随时间变动的企业特征可能会受到“两税合一”实施的影响,从而导致“坏的控制”(Bad Controls)问题,造成估计结果偏误,故本文控制了“在‘两税合一’政策实施前(2004—2007年)不随时间变动的多个企业特征与一系列年份虚拟变量的交互项。具体地,本文选择的企业事前特征包括:规模( $Size$ ),用销售收入的自然对数衡量;资本—劳动比率( $K-L$ ),用固定资产总额与劳动力数量之比的自然对数衡量;出口状态( $Export$ ),当企业在政策实施前任意一年的出口交货值大于0时取1,否则取0;进口状态( $Import$ ),当企业在政策实施前任意一年的进口额大于0时取1,否则取0。进一步,考虑到在样本期内中国政府持续出台相关补贴政策来推广工业机器人的使用,由此逐渐提高了企业的工业机器人使用水平(Cheng et al., 2019),<sup>②</sup>为了排除这种政策支持引致的企业工业机器人使用固有趋势的差异,本文还控制了企业样本初期工业机器人存量以及政策实施前工业机器人使用数量的增速这两个变量与年份虚拟变量的交互项。<sup>③</sup>

$\lambda_i$  表示企业固定效应,用来控制企业不随时间变化但会影响其工业机器人使用的特征; $\lambda_{st}$  表示“四位码行业—年份”固定效应,用来控制不同年份的产业政策、劳动力保护强度、工会密度等可能会影响企业工业机器人使用的行业层面因素; $\lambda_{ct}$  表示“城市—年份”固定效应,用来控制不同年份各城市的劳动力成本、劳动力规模、经济发展水平、人口老龄化程度、“机器换人”政策等可能会影响企业工业机器人使用的特征。需要说明的是,同时控制“城市—年份”固定效应和“四位码行业—年份”固定效应能够在一定程度上排除2008年底开始推行的“四万亿计划”的影响,该计划主要在地区层面与行业层面推进,提供了一揽子刺激方案,可能会间接影响企业使用工业机器人。 $\varepsilon_{isct}$  为残差项。此外,由于“两税合一”政策冲击主要在企业层面,故本文将标准误差聚类在企业层面。

为检验双重差分法的适用性,本文利用事件分析法对平行趋势假设进行评估,并考察“两税合一”政策影响企业工业机器人应用的动态效应,计量模型设定如下:

$$Robot_{isct} = \beta_0 + \sum_{t=2004}^{2012} \beta_t POE_i \times Year_t + \gamma Z_{it} + \lambda_i + \lambda_{st} + \lambda_{ct} + \varepsilon_{isct} \quad (25)$$

其中,  $Year_t$  表示第  $t$  年的年份虚拟变量,其余变量与式(24)相同。本文以“两税合一”政策实施前一年(2007年)为基期,主要关注系数  $\beta_t$  的情况,其具体含义为,在第  $t$  年,民营企业(处理组)和外资企业(对照组)之间工业机器人使用数量的差异。

①  $Robot_{isct} = \ln\left(x + \sqrt{(x^2 + 1)}\right)$ , 其中,  $x$  表示企业的工业机器人进口数量。

② 例如,为了有效应对制造业企业日益增加的工业机器人应用需求,国家发展和改革委员会等多部委联合颁布《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南》(2004年、2007年、2011年),明确将工业机器人列为优先发展领域,并在不同时期设定了重点任务,逐步提高了中国企业的工业机器人应用水平。

③ 主要变量的描述性统计参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

四、回归结果分析

1. 基准回归结果

本文的基准回归结果如表1所示,各列的被解释变量均为企业的工业机器人使用数量(反双曲正弦值)。第(1)列中,除了本文关心的核心交互项,只加入了企业固定效应和年份固定效应;第(2)列在第(1)列的基础上加入“四位码行业一年份”固定效应;第(3)列在第(2)列的基础上加入“城市一年份”固定效应;第(4)列在第(3)列的基础上进一步加入所有企业事前特征与一系列年份虚拟变量的交互项。第(1)一(4)列结果显示,交互项  $POE \times Post$  的系数均为正且在1%的统计意义上显著,表明减税提高了企业的工业机器人使用数量。以第(4)列为基准,估计系数为0.0033,这意味着,平均而言,“两税合一”政策促使企业的工业机器人使用数量增加了0.0033 ( $=e^{0.0033} - 1$ ) 台,这一效应相较于样本均值(0.0039)提高约84.6% ( $\approx 0.0033/0.0039$ )。以上回归结果证明假说1成立,即政府减税会促进企业的工业机器人应用。

表1 基准回归结果

| 变量                | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $POE \times Post$ | 0.0121***<br>(0.0008) | 0.0090***<br>(0.0007) | 0.0081***<br>(0.0006) | 0.0033***<br>(0.0005) |
| 企业事前特征×年份虚拟变量     | 否                     | 否                     | 否                     | 是                     |
| 企业固定效应            | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 年份固定效应            | 是                     | —                     | —                     | —                     |
| 行业一年份固定效应         | 否                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 城市一年份固定效应         | 否                     | 否                     | 是                     | 是                     |
| 观测值               | 1221035               | 1221035               | 1221035               | 1221035               |
| 调整 R <sup>2</sup> | 0.326                 | 0.330                 | 0.330                 | 0.502                 |

注:括号中是聚类到企业层面的稳健标准误,\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的水平上显著,以下各表同。

2. 内生性检验<sup>①</sup>

(1)平行趋势假设评估。基准回归结果显示,“两税合一”政策提高了企业的工业机器人使用数量。但这可能只是反映了“两税合一”政策实施之前就已经存在的差异,即在2008年之前,民营企业工业机器人使用数量本来就显著高于外资企业。对此,本文基于式(25)的回归方程进行平行趋势假设评估。估计结果如图1所示,在2008年之前,系数  $\beta_i$  均不显著,说明“两税合一”政策实施之前民营企业和外资企业的工业机器人使用数量没有显著差异,这与平行趋势假设一致。同时,从2008年开始,系数  $\beta_i$  均显著大于0,并且逐年变大,意味着“两税合一”政策促进企业使用工业机器人的效应逐年递增。

① 平行趋势敏感性检验、安慰剂检验和预期效应检验结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

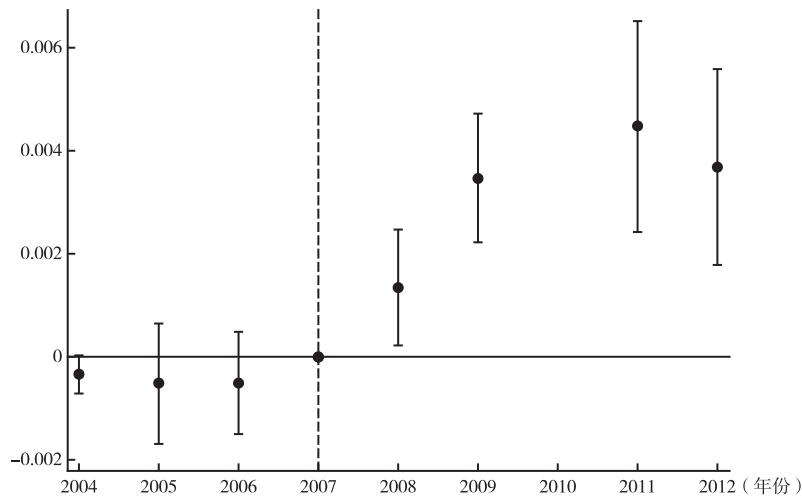


图1 平行趋势假设评估

注:实心点表示式(25)估计的系数 $\beta_1$ ,竖线表示估计系数的95%上下置信区间。横轴代表年份,纵轴代表估计系数。

(2)平行趋势敏感性检验。Rambachan and Roth(2023)指出,传统事件分析法对事前平行趋势的显著性检验在有限样本中统计功效偏弱,且即便通过检验,也可能存在系统性偏误。鉴于此,本文使用平行趋势敏感性检验(HonestDiD)方法对基准结果进行更严格的检验。结果发现,如果允许违反平行趋势的程度不超过政策实施前最大值的0.4倍,则“两税合一”政策促进企业工业机器人使用的结果依然稳健。该敏感性分析也说明,处理组与对照组之间具有较强的可比性。

(3)安慰剂检验。①将全部企业的所有制属性随机打乱顺序并分配给每个企业,形成“虚假”的处理组和对照组,然后通过1000次的重复模拟回归得到“虚假”的估计系数。②利用西部大开发所涉区域企业和高新技术企业的所得税豁免政策进行安慰剂检验,这些企业在2008年前后都享受15%的税收优惠待遇,因此,没有受到“两税合一”政策实施的影响。结果发现,潜在的企业层面遗漏变量问题不会影响本文结论,“两税合一”政策是导致企业工业机器人使用数量上升的主要因素。

(4)预期效应。双重差分法的另一个核心假设是无政策预期效应,即处理组不会在政策正式实施之前改变行为。由此,本文在基准回归中加入处理变量 $POE$ 与2004年、2005年、2006年虚拟变量的交互项,以及 $POE$ 与2007年虚拟变量的交互项进行回归,结果拒绝了预期效应存在的假设。

### 3. 稳健性检验<sup>①</sup>

为确保基准回归结果的可靠性,本文从以下六方面开展稳健性检验:①利用高维固定效应的泊松伪极大似然方法进行估计,并以企业是否使用工业机器人虚拟变量作为结果变量进行回归,缓解被解释变量零值问题导致的估计偏误。②更换被解释变量的函数转换形式和定义方式,检验估计结果对工业机器人测度方法的敏感性。③更换企业所有制的衡量方式,排除潜在变量测量误差带来的影响。④引入一系列同时期发生的外部冲击(如生产成本冲击、国际金融危机、“四万亿计划”与产业政策等),排除其他竞争性解释。⑤改变回归样本范围或权重,排除潜在样本选择偏误的影响。⑥更换标准误差聚类层级,排除潜在的异方差和序列相关性问题。

<sup>①</sup> 稳健性检验结果参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

五、机制检验与异质性分析

1. 机制检验

本文的理论模型发现,随着企业所得税税率下降,原本针对工资、福利等可抵扣支出的税收减免降低,企业通过雇佣劳动力所获得的税收优惠相应减少。在其他条件不变的情况下,这相当于提高了劳动力的相对价格,最终激励企业的工业机器人应用。本部分以“两税合一”政策实施的外生冲击作为企业实际税率的工具变量,使用两阶段最小二乘法来识别减税通过降低企业实际税率影响工业机器人使用的潜在机制。

表2展示了两阶段最小二乘法的估计结果。参考田彬彬等(2020)的做法,以企业应交所得税与利润总额的比值衡量企业所得税实际税率,第一阶段的估计结果如第(1)列所示,交互项的系数显著为负,说明“两税合一”政策确实会降低民营企业的所得税实际税率;第二阶段的估计结果如第(2)列所示,回归系数显著为负,表明企业的所得税实际税率降低会提高其工业机器人使用数量。另外,本文还使用企业应交所得税与销售收入的比值衡量企业所得税实际税率,第一阶段和第二阶段的估计结果如第(3)、(4)列所示,估计系数的方向和显著性与第(1)、(2)列基本一致。由此可见,“两税合一”政策主要通过降低企业的所得税实际税率促进企业工业机器人应用,这与理论模型的预测完全一致。

表2 机制分析:所得税实际税率下降

| 变量                       | (1)                    | (2)                    | (3)                    | (4)                    |
|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                          | 第一阶段                   | 第二阶段                   | 第一阶段                   | 第二阶段                   |
|                          | <i>ETR_profit</i>      | <i>Robot</i>           | <i>ETR_sales</i>       | <i>Robot</i>           |
| <i>POE</i> × <i>Post</i> | -7.4965***<br>(0.0907) |                        | -0.2826***<br>(0.0066) |                        |
| <i>ETR_profit</i>        |                        | -0.0004***<br>(0.0001) |                        |                        |
| <i>ETR_sales</i>         |                        |                        |                        | -0.0117***<br>(0.0020) |
| 企业事前特征×年份虚拟变量            | 是                      | 是                      | 是                      | 是                      |
| 企业固定效应                   | 是                      | 是                      | 是                      | 是                      |
| 行业一年份固定效应                | 是                      | 是                      | 是                      | 是                      |
| 城市一年份固定效应                | 是                      | 是                      | 是                      | 是                      |
| 不可识别检验                   |                        | 6825                   |                        | 1837                   |
| 弱识别检验                    |                        | 5764                   |                        | 1763                   |
| 观测值                      | 1140590                | 1140590                | 1140590                | 1140590                |

注:由于实际税率存在非正数等异常值,因此在回归中剔除了前后1%区间的异常值。不可识别检验使用了Kleibergen—Paap rk LM统计量,弱识别检验使用了Kleibergen—Paap rk Wald F统计量。

由于缺乏企业在工资、福利等项目上所享受所得税优惠的具体指标,故无法直接检验“要素替代效应”,即所得税实际税率降低改变了企业在劳动力雇佣和工业机器人应用之间的权衡取舍。对此,本文在表3中进行间接验证。

表3 机制分析:要素替代效应

| 变量                          | (1)                   | (2)                     | (3)                   | (4)                   |
|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                             | <i>Robot/L</i>        | <i>Robot value/Wage</i> | <i>Robot</i>          | <i>Labor share</i>    |
| <i>POE×Post</i>             | 0.0053***<br>(0.0007) | 0.0004***<br>(0.0001)   | -0.0006<br>(0.0010)   | -0.0009**<br>(0.0004) |
| <i>POE×Post×Labor_share</i> |                       |                         | 0.0068***<br>(0.0016) |                       |
| 企业事前特征×年份虚拟变量               | 是                     | 是                       | 是                     | 是                     |
| 企业固定效应                      | 是                     | 是                       | 是                     | 是                     |
| 行业—年份固定效应                   | 是                     | 是                       | 是                     | 是                     |
| 城市—年份固定效应                   | 是                     | 是                       | 是                     | 是                     |
| 观测值                         | 1221035               | 1061795                 | 1220486               | 1060819               |
| 调整 R <sup>2</sup>           | 0.412                 | 0.263                   | 0.502                 | 0.617                 |

直观上,劳动力相对成本的上升会提高工业机器人在企业生产中的相对优势,促使企业在要素配置上向“机器换人”方向调整。本文以企业工业机器人使用密度(=工业机器人进口数量/劳动力数量)和工业机器人相对支出强度(=工业机器人进口金额/应付职工薪酬)作为被解释变量,从而衡量企业的“机器换人”行为。表3第(1)、(2)列结果显示,“两税合一”政策的实施提高了企业的工业机器人使用密度和相对支出强度,表明在政府减税引致企业雇佣劳动力相对收益下降的情境下,其更倾向以工业机器人替代劳动力。

与此同时,本文的假说2表明,当企业的劳动收入份额较高时,为维持产量不变,单位劳动力减少所需的一般性的资本投入增量相对更大,由劳动力投入减少所节省的成本可能会被一般性的资本投入增加所带来的成本(部分甚至全部)抵消,从而以工业机器人替代劳动力,相比直接使用一般性的资本投入,能获得更多的利润。因此,相比低劳动收入份额企业,政府减税激励高劳动收入份额企业使用工业机器人的效应会相对更大。对此,本文计算了政策实施前企业的劳动收入份额(=应付职工薪酬/总产值),并根据样本分布的中位数构造是否为高劳动收入份额企业的虚拟变量*Labor\_share*,然后将其与*POE×Post*的三乘交互项代入基准方程进行回归。结果如表3第(3)列所示,三乘交互项的估计系数显著为正,表明相比劳动收入份额较低的企业,“两税合一”政策促进劳动收入份额较高企业应用工业机器人的效果更大,由此证实了假说2。

最后,本文在表3第(4)列中将企业的劳动收入份额作为被解释变量进行估计。结果发现,“两税合一”政策的实施降低了企业的劳动收入份额。这表明,尽管所得税减免在短期内提高了企业的劳动力成本,但企业通过“机器换人”抵消了劳动力成本上升,最终降低了劳动收入份额。Li et al. (2021)、Kaymak and Schott(2023)发现,法定企业所得税税率的降低会导致企业的劳动收入份额下降,而本文的研究为上述结论提供了一个关键的机制补充:所得税税率降低会通过促进企业应用工业机器人来减少其劳动收入份额。

## 2. 异质性分析

为验证假说3,本文使用三重差分法考察减税影响企业工业机器人应用的异质性效应。

(1)生产率。应用工业机器人能够大幅提高企业的生产率水平,而高生产率企业往往能从智能化生产方式中获得更高的利润和市场份额(Graetz and Michaels, 2018),故当企业的生产率水平越高时,减税政策对其工业机器人应用的促进效应更大。鉴于此,本文利用GMM方法和ACF修正的LP

方法计算企业事前的全要素生产率,并根据其是否大于样本分布的中位数生成高生产率企业虚拟变量  $TFP\_GMM$  和  $TFP\_LP$ ,然后分别将其与  $POE \times Post$  的交互项代入基准回归方程进行估计。表 4 第(1)、(2)列结果显示,三乘项的估计系数均显著为正,表明相比低生产率企业,减税促使高生产率企业使用更多工业机器人。

表 4 异质性分析:企业生产率与规模

| 变量                          | (1)                   | (2)                   | (3)                   | (4)                   |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                             | $\#TFP\_GMM$          | $\#TFP\_LP$           | $\#Large\_asset$      | $\#Large\_sales$      |
| $POE \times Post \times \#$ | 0.0043***<br>(0.0012) | 0.0036***<br>(0.0012) | 0.0069***<br>(0.0008) | 0.0050***<br>(0.0011) |
| 企业事前特征×年份虚拟变量               | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 企业固定效应                      | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 行业一年份固定效应                   | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 城市一年份固定效应                   | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 所有制一年份固定效应                  | 是                     | 是                     | 是                     | 是                     |
| 观测值                         | 1214499               | 1214499               | 1221035               | 1221035               |
| 调整 R <sup>2</sup>           | 0.502                 | 0.502                 | 0.502                 | 0.502                 |

注: #表示各列中用于构造三乘交互项的分组变量。下表同。

(2)固定成本。作为一种智能化投资,工业机器人通常伴随着较高的单位价格和安装成本,而一旦企业决定投资工业机器人,则这种成本就是一种沉没成本。无论此后企业是否继续生产经营,该费用都必须在先前予以支付。同时,受市场不完全性和投资不可逆的影响,企业出售工业机器人时往往无法完全回收初始安装成本。因此,企业应用工业机器人的意愿将取决于其前期支付能力。一般而言,大企业可以将投资工业机器人的固定成本分摊到不同的产品上,从而降低单位工业机器人安装成本。因此,在减税政策实施后,大企业在固定成本分摊上的比较优势将被进一步强化,这将激励其增加工业机器人应用。鉴于此,本文以企业事前资产总额和销售收入的自然对数计算企业规模,并根据其是否大于样本分布的中位数生成大企业虚拟变量  $Large\_asset$  和  $Large\_sales$ ,然后分别将其与  $POE \times Post$  的三乘交互项代入基准回归方程进行估计。表 4 第(3)、(4)列结果显示,三乘交互项的系数显著为正,表明相比小企业,减税会促使大企业使用更多工业机器人。

(3)市场竞争程度。减税会增加企业税后利润,降低税收负担预期,吸引更多新企业进入市场,这将加剧市场竞争程度,侵蚀在位企业的市场份额,并最终降低其边际利润率。应用工业机器人则能够有效提高企业全要素生产率,降低劳动力投入和可变成本,提高企业的定价能力和市场地位。因此,在减税政策实施后,企业可能会出于逃离竞争的意图加速工业机器人应用。鉴于此,本文根据行业初始年份的企业数量和赫芬达尔指数来代理市场竞争程度,然后根据其是否大于样本分布的中位数分别生成代表是否高/低市场竞争程度的虚拟变量  $Firm\_num$  和  $HHI$ ,并将其与  $POE \times Post$  的交互项代入基准回归方程进行估计。表 5 第(1)、(2)列结果显示,相比市场竞争程度较低的行业,减税提高了市场竞争程度较高行业的工业机器人使用数量。

表 5 异质性分析:市场竞争与需求

| 变量                          | (1)                  | (2)                    | (3)                   | (4)                  |
|-----------------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
|                             | #Firm_num            | #HHI                   | #GDP_per              | #GDP                 |
| <i>POE</i> × <i>Post</i> ×# | 0.0048**<br>(0.0019) | -0.0041***<br>(0.0013) | 0.0046***<br>(0.0016) | 0.0039**<br>(0.0019) |
| 企业事前特征×年份虚拟变量               | 是                    | 是                      | 是                     | 是                    |
| 企业固定效应                      | 是                    | 是                      | 是                     | 是                    |
| 行业—年份固定效应                   | 是                    | 是                      | 是                     | 是                    |
| 城市—年份固定效应                   | 是                    | 是                      | 是                     | 是                    |
| 所有制—年份固定效应                  | 是                    | 是                      | 是                     | 是                    |
| 观测值                         | 1221035              | 1221035                | 1221035               | 1221035              |
| 调整 R <sup>2</sup>           | 0.502                | 0.502                  | 0.502                 | 0.502                |

(4)市场需求。企业在决定是否应用工业机器人时,需要权衡成本与收益。更强的市场需求意味着本地市场规模更大,有助于企业通过应用工业机器人充分发挥规模经济效应,实现更大范围的成本分摊和利润扩张。因此,企业在减税政策实施之后倾向于应用工业机器人。一般而言,在经济发展水平越高、人均收入越高的地区,居民的消费能力和消费意愿更强,市场需求也更加旺盛。鉴于此,本文利用城市初始年份的人均地区生产总值和地区生产总值是否大于样本分布的中位数来生成高市场需求虚拟变量 *GDP\_per* 和 *GDP*,并分别将其与 *POE*×*Post* 的交互项代入基准回归方程进行估计。表 5 第(3)、(4)列结果显示,三乘交互项的估计系数均显著为正,表明相比市场需求较低的地区,减税提高了市场需求较高地区的工业机器人使用数量。

以上分析结果证明假说 3 成立,即当企业生产率越高、安装工业机器人的固定成本越低、所在行业市场竞争程度越高、所处地区市场需求越大,减税对其工业机器人应用的正向激励效应相对更强。

六、结论与政策启示

在全面建设社会主义现代化国家的新时代背景下,实施更加精准有效的结构性减税降费政策,对于加速企业工业机器人应用、推动人工智能与实体经济深度融合至关重要,这将为培育和发展新质生产力、实现经济高质量发展奠定坚实基础。基于此,本文首先构建了一个异质性企业模型,探讨法定所得税率变动对企业工业机器人应用的影响;然后,利用 2004—2012 年中国工业企业数据库与中国海关数据库的匹配数据,以 2008 年“两税合一”政策作为准自然实验,并运用双重差分法识别减税对企业工业机器人应用的影响效应及作用机制。研究发现,“两税合一”政策提升了企业的工业机器人应用水平。机制分析表明,该政策通过降低企业所得税实际税率,抵消了与劳动力支出相关的税收优惠,提高了劳动力相对成本,从而促进了企业应用工业机器人。进一步的异质性分析发现,减税对企业工业机器人应用的影响存在显著差异:在“两税合一”政策实施后,高生产率企业、大型企业以及面临更激烈市场竞争、拥有更大市场需求的企业,其工业机器人应用的提升幅度相对更大。根据上述研究结论,本文提出以下政策启示:

(1)有效落实结构性减税降费政策,重点聚焦支持科技创新与工业机器人产业发展。在当前中国以间接税为主的税收结构中,企业事实上承担了大量各类税费。这也意味着,尽管中国宏观税负

水平相对较低,但在切实降低企业实际税费负担方面仍具有较大空间。因此,应在保障财政可持续性的前提下,充分运用并精准落实结构性减税政策,将人工智能、重点产业链等关键领域作为着力点。具体而言,可通过实施所得税税率优惠、固定资产加速折旧、研发费用加计扣除等政策工具,分阶段、差异化降低企业的投资成本。同时,需有效发挥中央转移支付和专项债券的支撑作用,压实地方政府责任,确保减税、退税资金高效直达企业,尤其要着力为制造业企业减负。此外,应尊重市场经济规律和企业差异化特征,依据企业资产规模、生产率水平及发展面临的现实困难,强化对发展绩效良好企业(特别是制造业民营企业)的常态化政策支持,从而为企业培育和发展新质生产力创造有利条件。

(2)协同推进减税降费政策与全国统一大市场建设。本文研究发现,在生产率更高、规模更大、市场竞争更充分以及市场需求更旺盛的企业情境下,减税政策对其工业机器人应用的激励效应更为显著。这表明,减税政策激励效应的充分发挥依赖于统一、高效、开放的市场环境,而构建全国统一大市场则能有效放大减税降费对企业智能化转型的推动作用。首先,应加快破除地方保护和市场分割,健全统一的要素市场制度与规则,推动数据、算力、劳动力等要素跨区域自由流动和高效配置,为企业智能化发展提供坚实基础。其次,应完善统一的基础制度规则和监管体系,强化产权保护、公平准入和竞争机制,构建优胜劣汰、效率导向的市场环境,引导资源向高效率企业集中,激发市场主体应用工业机器人的积极性。最后,应推动建设统一联通的市场设施体系,发展全国统一的商品和服务市场,释放多层次的内需潜力,拓展工业机器人及新一代人工智能在制造业和服务业等领域的应用场景,为企业智能化发展提供持续的市场需求与应用场景保障。

(3)在实施减税政策促进企业工业机器人应用的同时,审慎评估其可能对全社会就业产生的潜在冲击。应同步加快落实就业优先战略,推动智能化转型与就业扩容协调联动,实现人机协同的动态平衡。首先,要强化落实“稳就业”政策,因地制宜发展新质生产力,通过就业补贴等措施创造更多工作岗位。其次,要提高教育供给与人才需求的匹配度,增加大语言模型、机器学习、大数据、智能系统设计等领域的优质在线教育供给,在全社会范围内提高人力资本水平,不断提高劳动力与工业机器人之间的协作能力。最后,要加大长期职业教育和职业技能培训力度,积极引导劳动者适应人工智能发展孕育出来的新工作岗位,如数据标注、内容审核等。特别是,要针对人工智能替代风险较高的群体开展在岗、转岗培训,提升其技能适应性与岗位匹配度,推动人工智能和劳动力良性竞争。

#### 〔参考文献〕

- [1]陈东,秦子洋.人工智能与包容性增长——来自全球工业机器人使用的证据[J].经济研究,2022,(4):85-102.
- [2]高培勇.新一轮税制改革评述:内容、进程与前瞻[J].财贸经济,2009,(2):5-12.
- [3]寇宗来,刘学悦.中国企业的专利行为:特征事实以及来自创新政策的影响[J].经济研究,2020,(3):83-99.
- [4]毛德凤,彭飞,刘华.税收激励对企业投资增长与投资结构偏向的影响[J].经济学动态,2016,(7):75-87.
- [5]潘珊,李剑培,顾乃华.人工智能、产业融合与产业结构转型升级[J].中国工业经济,2025,(2):23-41.
- [6]申广军,陈斌开,杨汝岱.减税能否提振中国经济?——基于中国增值税改革的实证研究[J].经济研究,2016,(11):70-82.
- [7]田彬彬,陶东杰,李文健.税收任务、策略性征管与企业实际税负[J].经济研究,2020,(8):121-136.
- [8]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,(10):159-175.
- [9]徐斌,吕波.工业智能化对企业产能利用率的影响研究——基于制造业上市公司的经验证据[J].技术经济,

- 2024, (9):126–140.
- [10]赵城,熊瑞祥.劳动保护与工业机器人使用——基于《劳动合同法》的准实验[J].经济科学,2023,(6):201–219.
- [11]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets[J]. *Journal of Political Economy*, 2020, 128(6):2188–2244.
- [12]Acemoglu, D., and P. Restrepo. Demographics and Automation[J]. *Review of Economic Studies*, 2022, 89(1):1–44.
- [13]Acemoglu, D., D. Autor, J. Hazell, and P. Restrepo. Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies[J]. *Journal of Labor Economics*, 2022, 40(S1):293–340.
- [14]Adachi, D., D. Kawaguchi, and Y. U. Saito. Robots and Employment: Evidence from Japan, 1978–2017 [J]. *Journal of Labor Economics*, 2024, 42(2):591–634.
- [15]Aghion, P., C. Antonin, and S. Bunel. Artificial Intelligence, Growth and Employment: The Role of Policy [J]. *Economie et Statistique/Economics and Statistics*, 2019(510–512):150–164.
- [16]Chen, Z., X. Jiang, Z. Liu, J. C. S. Serrato, and D. Y. Xu. Tax Policy and Lumpy Investment Behaviour: Evidence from China’s VAT Reform[J]. *Review of Economic Studies*, 2023, 90(2):634–674.
- [17]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.
- [18]Deng, J., C. Liu, Z. Wang, and Y. Zi. Local Corporate Taxes and the Geography of Foreign Multinationals[R]. CEPR Discussion Paper, 2023.
- [19]Djankov, S., T. Ganser, C. McIlesh, R. Ramalho, and A. Shleifer. The Effect of Corporate Taxes on Investment and Entrepreneurship[J]. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 2010, 2(3):31–64.
- [20]Fan, H., Y. Hu, and L. Tang. Labor Costs and the Adoption of Robots in China[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 2021, 186:608–631.
- [21]Fan, H., Y. Liu, S. Tian, and X. Wang. Firm Outward Direct Investment and Multinational Activity under Domestic Taxes[J]. *Economic Inquiry*, 2023, 61(3):605–628.
- [22]Freeman, R. B., X. Liu, Z. Liu, R. Song, and R. Xiong. The Cause and Consequence of Robot Adoption in China: Minimum Wages and Firms’ Responses [J]. *Fundamental Research*, <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2022.07.016>, 2024.
- [23]Graetz, G., and G. Michaels. Robots at Work[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2018, 100(5):753–768.
- [24]Helpman, E., M. J. Melitz, and S. R. Yeaple. Export versus FDI with Heterogeneous Firms[J]. *American Economic Review*, 2004, 94(1):300–316.
- [25]Kaymak, B., and I. Schott. Corporate Tax Cuts and the Decline in the Manufacturing Labor Share[J]. *Econometrica*, 2023, 91(6):2371–2408.
- [26]Li, B., C. Liu, and S. T. Sun. Do Corporate Income Tax Cuts Decrease Labor Share? Regression Discontinuity Evidence from China[J]. *Journal of Development Economics*, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2021.102624>, 2021.
- [27]Liu, Y., and J. Mao. How Do Tax Incentives Affect Investment and Productivity? Firm-Level Evidence from China[J]. *American Economic Journal: Economic Policy*, 2019, 11(3):261–291.
- [28]Mann, K., and D. Pozzoli. Robots and Immigration[J]. *Journal of Economic Behavior & Organization*, <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2024.106708>, 2024.
- [29]Rambachan, A., and J. Roth. A More Credible Approach to Parallel Trends[J]. *Review of Economic Studies*, 2023, 90(5):2555–2591.
- [30]Yagan, D. Capital Tax Reform and the Real Economy: The Effects of the 2003 Dividend Tax Cut[J]. *American Economic Review*, 2015, 105(12):3531–3563.

**Tax Reduction and Firms' Industrial Robot Adoption**LIU Xue-yue<sup>1</sup>, ZHAO Cheng<sup>1</sup>, KOU Zong-lai<sup>2,3</sup>

(1. School of Economics, Fudan University;

2. China Center for Economic Studies, Fudan University;

3. Research Institute of Innovation and Digital Economy, Fudan University)

**Abstract:** Over the past two decades, the widespread adoption of industrial robots has reshaped global manufacturing and profoundly influenced labor markets and firm behavior. While existing studies have primarily examined the drivers of automation from the perspective of labor costs, a key factor has received limited attention: changes in corporate income tax rates may alter the relative cost of industrial robots versus labor, thereby influencing firms' technological choices. Although corporate income tax cuts are generally regarded as policy instruments to encourage corporate investment, whether such tax reductions promote industrial robot adoption remains underexplored in both theoretical and empirical research. Against this backdrop, this paper examines the role of government tax reduction as a driver of industrial robot adoption.

This paper first develops a theoretical framework that incorporates the corporate income tax rates and tax incentives related to labor wages and benefits into firms' decisions to adopt industrial robots. Using comparative statics, this paper analyzes how changes in income tax rates affect adoption decisions and proposes a set of testable predictions. To empirically evaluate these predictions, this paper exploits China's 2008 corporate income tax unification reform as a quasi-natural experiment. This reform unified the statutory income tax rates for domestic and foreign-invested firms, notably reducing the statutory tax rate for domestic private firms from 33% to 25% and substantially alleviating their tax burden. Using matched data from the China Industrial Enterprise Database and China's General Administration of Customs Database over the period 2004—2012, this paper applies a difference-in-differences (DID) approach to identify the causal effect of tax cuts on firms' industrial robot adoption and explore the underlying mechanisms.

The empirical results show that following the reform, domestic private firms that benefit from income tax reductions significantly increase their adoption of industrial robots relative to foreign-invested firms. The magnitude of the effect is economically meaningful: The tax-induced increase in robot adoption corresponds to approximately 84.6% of the sample mean. Mechanism analyses indicate that the reform significantly reduces firms' effective tax rates, raises the relative price of labor, and enhances the cost advantage of robots over labor, thereby promoting robot adoption. Heterogeneity analyses further reveal that the effect is stronger among firms with higher productivity, larger firms, those operating in more competitive markets, and those facing greater market demand.

This paper contributes to existing literature in two aspects. First, it identifies tax benefits related to labor costs as a critical channel through which tax reductions influence industrial robot adoption, thereby enriching literature on the determinants of firm-level automation. Second, it examines how tax reductions offset labor-related tax incentives and influence firms' technological choices, contributing to broader research on the economic consequences of tax policy. In this sense, this paper provides novel micro-level evidence that tax cuts contribute to the decline in labor share by encouraging robot substitution.

The findings of this paper highlight the critical role of tax reduction policies in technological transformation. For policymakers, structural tax reduction policies should focus on supporting technological upgrading and the development of the industrial robot sector. Additionally, it is essential to assess the potential employment impacts of widespread robot adoption, accelerate pro-employment strategies, and promote the coordinated development of intelligent transformation and employment expansion to achieve a dynamic balance between human labor and machines.

**Keywords:** tax reduction; industrial robots; corporate income tax unification; factor substitution effects; artificial intelligence

**JEL Classification:** H25 L20 O31

[责任编辑: 覃毅]