

·调查与思考·

机器人对劳动收入份额的影响研究*

——来自企业调查的微观证据

余玲铮 魏下海 吴春秀

【摘 要】文章基于广东企业调查数据,考察了机器人应用如何重塑企业收入分配格局。研究发现:(1)在理论上,机器人作为一种偏向型技术进步的载体,当机器人与劳动是替代而非互补关系时,机器人应用将导致劳动收入份额下降。(2)问卷调查显示,企业的机器人使用率存在鲜明的特征差异,相比而言,出口企业、生命周期长、规模大、用工短缺、准备搬迁及非国有等企业的机器人使用率更高,这反映了劳动力市场变化和竞争环境是促进机器人使用的重要原因。(3)机器人所产生的增长效应不会均等地惠及所有要素,虽然机器人同时促进了工资率和劳动生产率的增长,但前者增长幅度不及后者,从而使劳动收入份额下降。只有当机器人与人力资本相匹配,才能更好地促进工资率和劳动生产率的增长。(4)异质性分析发现,在具有良好的劳动保护机制及国有集体企业中,机器人对劳动收入份额负面效应会有所减弱。

【关键词】机器人 劳动收入份额 劳动生产率 工资率

【作 者】余玲铮 华侨大学经济与金融学院,副教授;魏下海 华侨大学经济发展与改革研究院,特聘教授;吴春秀 上海财经大学公共经济与管理学院,博士研究生。

一、研究背景

随着《中国制造 2025》目标提出和“两化融合”的持续推进,机器人应用在中国愈发普遍。2013 年,中国已成为全球第一大工业机器人应用市场,2014 年销量达 5.7 万台,同比增长 56%,占全球销量的 1/4,机器人密度由 5 年前的 11 增加到 36^①。2017 年,中国引

* 本文为国家自然科学基金面上项目“企业工会的收入分配效应及其对技术升级路径的影响研究:微观机制与实证检验”(编号:71873048)的阶段性成果。

① 《三部委关于印发〈机器人产业发展规划(2016~2020 年)〉的通知》(<http://www.miit.gov.cn/n1146295/n1652858/n1652930/n3757018/c4746362/content.html>)。

入 13.79 万台工业机器人, 占全球份额的 36%^①。值得注意的是, 机器人在中国普及应用的拐点出现于 2013 年前后(程虹等, 2018), 恰逢中国人口红利开始衰减和劳动成本快速上升的时间节点, 从而诱致企业开始普及应用机器人。尤其近年来, 中国东南沿海地区“机器换人”已蔚然成风, 致力于通过技术红利替代人口红利, 以实现产业转型升级和高质量发展。

机器人在显著提升生产潜力的同时, 也将重塑收入分配格局。那么, 在机器人浪潮中, 它们是否对人类工作产生“创造性毁灭”, 社会劳动者能否公平地分享技术红利? 这些是新一轮技术革命下迫切需要讨论的焦点问题。本文试图利用广东省一手调查数据, 实地考察机器人在工作场所的应用情况, 并重点评估机器人对企业要素收入分配格局的影响。

从文献进展看, 机器人的收入分配效应是近年来劳动经济学的研究热点之一。众所周知, 由于机器人在执行“可编码的”常规型工作任务方面, 拥有手工操作无法比拟的精确性和稳定性, 因而机器人将从人类那里逐渐接管生产活动。本质上, 机器人作为一种技术进步的资本载体, 具有偏向型特征, 对异质性劳动者(执行常规与非常规工作任务)会产生不同的替代弹性。因此, 机器人技术对劳动收入份额的影响取决于资本与总体劳动的替代弹性(Acemoglu, 2002)。实证上, Autor 等(2003)研究发现, 计算机价格下降使工作场所计算机化, 从而加剧劳动收入差距。Autor 等(2017)发现, 技术变革更偏爱“超级明星”企业, 由于超级企业的利润率增长率通常远高于劳动工资增长率, 于是劳动收入份额下降了。Acemoglu 等(2018)研究表明, 机器人的替代效应会压低劳动者工资, 同时会产生正面的生产率效应, 最终对劳动收入份额的影响是负向的。目前国内研究讨论机器人收入分配效应的文献相对缺乏, 在为数不多的文献中, 陈秋霖等(2018)研究发现, 人口老龄化背景下人工智能对劳动力的替代效应是一种“补位式替代”。郭凯明(2019)认为, 人工智能会促使生产要素在产业部门间流动, 流动方向的不同将最终导致劳动收入份额的不同变动。

上述研究多以地区或者行业层面考察机器人的影响, 但在企业这一更微观层面进行的研究较少。鉴于此, 本文采用广东省企业调查数据, 考察微观企业使用机器人的现状和动因, 重点研究机器人如何重塑企业初次收入分配格局, 并论证这一影响的作用机制。

二、理论模型和实证设计

假设企业为三要素的生产部门 $Y=F(K_M, K_R, L)$, 且规模报酬不变。其中, K_M 表示建筑厂房类的资本, K_R 表示机器人, L 表示劳动。同时假定 Y 为 CES 型生产函数, 具体为:

① 数据来源: Executive Summary World Robotics 2018 Industrial Robots. International Federation of Robotics. 2018。

$$Y = AK_M^\alpha [\gamma K_R^\varepsilon + (1-\gamma)L^\varepsilon]^{(1-\alpha)/\varepsilon} \quad (1)$$

其中,企业技术进步系数 $A \in (0, +\infty)$, 分配系数 $\gamma \in (0, 1)$, 替代参数 $\alpha \in (0, 1)$ 、 $\varepsilon \in (-\infty, 1]$ 。那么,将式(1)左右两边同时除以劳动 L , 化简得到人均形式的生产函数:

$$y = Ak_M^\alpha [\gamma k_R^\varepsilon + (1-\gamma)]^{(1-\alpha)/\varepsilon} \quad (2)$$

其中, y 表示企业的劳动生产率, k_M 和 k_R 分别表示建筑厂房类的资本和机器人的单位要素投入。从式(2)容易看出,当机器人和劳动的替代参数 $\varepsilon \in (0, 1]$ 时,即机器人与劳动是相互替代的,那么企业的劳动生产率 y 会随着机器人 k_R 的增加而增加。此外,根据欧拉定理,平均工资率 w 可以表示为:

$$w = y - \frac{\partial y}{\partial k_M} k_M - \frac{\partial y}{\partial k_R} k_R \quad (3)$$

显然,对式(2)中的 k_M 、 k_R 分别求导代入式(3),化简得到:

$$w = \frac{(1-\alpha)(1-\gamma)}{\gamma k_R^\varepsilon + (1-\gamma)} y \quad (4)$$

那么根据式(4),可以进一步得到企业的劳动收入份额 LS :

$$LS = \frac{w}{y} = \frac{(1-\alpha)(1-\gamma)}{\gamma k_R^\varepsilon + (1-\gamma)} \quad (5)$$

根据式(5)的结果,当机器人和劳动的替代参数 $\varepsilon > 0$ 时,即机器人与劳动是相互替代关系,那么企业的劳动收入份额 LS 会随着机器人的增加而下降。反之,当机器人与劳动为互补关系时,劳动收入份额会随着机器人的增加而上升。同时,由于机器人和建筑类、厂房都属于资本,边际收入相等,即:

$$\frac{\partial y}{\partial k_M} = \frac{\partial y}{\partial k_R} \quad (6)$$

结合式(2),化简得到:

$$\frac{k_M}{k_R} = \frac{\alpha}{1-\alpha} + \frac{\alpha(1-\gamma)}{(1-\alpha)\gamma k_R^\varepsilon} \quad (7)$$

根据式(7)的结果,当机器人和劳动的替代参数 $\varepsilon \in (0, 1]$ 时,那么,随着机器人 k_R 的增加, k_M/k_R 会逐渐收敛于 $\alpha/(1-\alpha)$, 因此,二者之间存在最优的比例关系。

综合以上分析,本文可以推出待检验的研究假说:当机器人与劳动是相互替代的关系时,采用机器人越多,则劳动收入份额越低。这一待检验的假说是下文构建实证模型的理论依据。相应的,本文实证模型设定为:

$$LS_i = \alpha + \beta \times IR_i + X_i' \varphi + u_i \quad (8)$$

在式(8)中, i 表示企业。被解释变量 LS 为企业劳动收入份额。参考已有文献的做法(周明海等, 2010), 将企业劳动报酬总额除以销售收入作为劳动收入份额的代理变量。

核心解释变量为企业是否使用机器人 IR (industrial robots)。根据调查问卷,如果企

业“引进工业机器人,替代人工”或者“进行智能化和自动化技术改造”,则视为企业使用了机器人;反之亦然。在变量设置上,采用二值虚拟变量表示,企业使用机器人取值为1,未使用机器人取值为0。

X 表示影响劳动收入份额的一系列控制变量,包括:(1)企业出口状态。根据问卷“企业产品的主要市场在哪里?”来刻画。如果企业产品“小部分内销,大部分出口”或“全部出口”,视为出口企业,取值为1;如果企业产品“全部国内销售”或“大部分国内,小部分出口”,视为非出口企业,取值为0。(2)企业年龄。通常,企业的生命周期往往与要素分配密切相关,在企业初创阶段,劳动是生产要素投入的主体,拥有一定优势的议价能力。在成熟期,当企业拥有一定市场势力,意味着资本相比劳动有更具优势的议价能力,从而可能不利于劳动者公平分享收入份额。(3)企业规模,采用雇佣规模来刻画。企业规模对于劳动收入份额的影响方向并不明朗:一是规模经济,二是企业扩张可能带来的雇员谈判能力下降。(4)用工需求是否短缺。当企业面临劳动力市场用工短缺,通常会使其加快采用机器人自动化技术,也会改变工人议价能力,从而影响企业内部要素分配关系。根据问卷“在一线生产(服务)岗位,企业是否存在缺工及招工难的情况”来刻画企业用工需求,当企业存在缺工及招工难,取值为1,否则为0。(5)企业搬迁。根据问卷“您的企业是否考虑转移到其他地方”来刻画,如果企业考虑搬迁取值为1,暂时没考虑搬迁取值为0。(6)所有制。企业所有制结构对劳动收入份额的影响已得到众多文献证实,因此,本文分别控制了国有集体、私营、港澳台、外资等4种所有制属性。此外,本文还控制了企业所属的经济类型和地区效应。

三、数据与统计事实

(一) 数据来源

本文所用数据来自华东理工大学、中山大学等高校于2017年5~7月在广东省20个地级市(除深圳市外)进行的调查,包含制造业、建筑业等行业,全省的各地级市按照抽样行业分配表自行抽取企业填写问卷。企业调查内容涵盖企业类型、用工规模、经营状况、人工成本、最低工资执行情况以及企业重大经营战略调整等信息,共调查约2100家企业。本次调查,可以帮助人们更好地了解东南沿海地区制造业“机器换人”及其经济社会影响,从而为政策当局提供重要的决策参考。

本研究只保留回答了是否使用机器人自动化及其他核心变量指标的有效样本,最终得到大约1221家企业的样本。变量描述性统计如表1所示。

(二) 统计事实

1. 机器人使用率的跨地区和行业比较

图1给出了广东省20个城市的企业使用机器人比例,从中可知,机器人使用率最高和

表 1 变量描述性统计

变 量	观测数	均值	标准差	25 th 分位数	中位数	75 th 分位数
劳动收入份额(LS)	1229	0.211	0.191	0.069	0.159	0.283
机器人(IR)	1221	0.334	0.472	0	0	1
出口状态	1174	0.235	0.424	0	0	0
企业年龄	1199	16.908	11.263	9	15	22
企业规模	1229	0.433	0.864	0.058	0.150	0.380
用工需求	1192	0.751	0.433	1	1	1
企业搬迁	1222	0.043	0.202	0	0	0
国有集体企业	1217	0.131	0.338	0	0	0
私营企业	1217	0.589	0.492	0	1	1
港澳台企业	1217	0.170	0.376	0	0	0
外资企业	1217	0.109	0.312	0	0	0

最低分别是中山市(41.9%)和揭阳市(17.5%),机器人使用率较高的城市大多来自于珠三角地区。机器人使用率也体现了行业和经济类型差异(见表2)。我们通过调查

发现,机器人使用主要集中在制造业(50.9%),远大于总体平均的33.4%。

众所周知,珠三角地区是劳动密集型制造业的主要聚集地,过去依赖廉价劳动力参与国际分工,但近年来由于技工和普工供给短缺,原有的发展模式已面临困境,企业不得不主动求变,“机器换人”是大势所趋。以东莞为例,为应对用工短缺和劳动成本上涨,2014年8月,东莞市政府发布《东莞市推进企业“机器换人”行动计划(2014~2016年)》,从当年9月开始当地政府连续3年每年安排2亿元财政专项资金支持企业“机器换人”,2015年第一季度,东莞用机器人代替了34378名工人^①。2014年4月,广州市政府印发《关于推动工业机器人及智能装备产业发展的实施意见》,同年7月,佛山市顺德区发布《关于推进“机器代人”计划全面提升制造业竞争力实施办法》。显然,“机器换人”现象已经逐渐普及,尤其是在珠三角地区的制造业企业中。

2. 机器人使用率的企业间比较

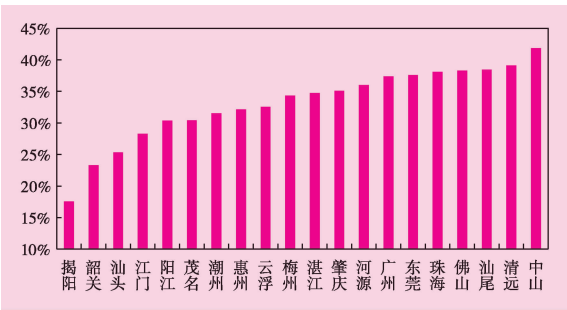


图 1 机器人使用率的城市间比较

从表3可以发现更愿意使用机器人的企业特征:(1)机器人使用偏向于出口企业,相比而言,出口企业使用机器人的比例为54.5%,而在非出口企业中这个比例仅为28%。这可能暗含着激烈的国际市场竞争及标准化的外包生产是促进机器人使用的重要原因。一方面,出口企业面临着强大的竞争压力,需要采用先进精

① 东莞市人民政府,2015年5月26日,网址:http://zwgk.gd.gov.cn/007330010/201505/t20150526_582398.html。

细的机器人技术来保持竞争优势(Nair等,2013)。另一方面,由于企业出口使市场规模扩大,可以使用更多的机器人以获得规模经济(Baldwin等,2004)。(2)企业年龄越大使用机器人的比例越高(约为36%),年轻企业(1~9年)使用机器人比例仅为24.7%。企业规模越大,使用机器人比例越高。其中,小微企业使用机器人比例较低(分别为23.5%和15.8%),大型企业使用机器人比例为53.9%。其原因可能是,与年轻或小微企业相比,规模较大、相对成熟的企业具备专业化资源优势,使用机器人更可能发挥内部协同效应和范围经济。(3)在缺工企业或准备搬迁企业中,机器人使用比例较高。(4)机器人使用存在鲜明的所有制特征。其中,国有集体企业机器人使用比例最低(19.5%),私营企业次之(29.8%),最高的是港澳台和外资企业(52.4%和39.8%)。港澳台和外资企业可能直接依赖外国技术,主要通过外国直接投资以实现产业结构升级和生产率增长(Pavlínek等,2009)。总之,企业面临的用工需求和竞争环境是诱使企业采用机器人替代人工的重要原因。

图2显示了劳动收入份额的均值和分布情况,相对而言,在使用机器人企业中,劳动收入份额分布更为离散,均值为18.4%,在未使用机器人企业中的劳动收入份额均值为22.5%,前者比后者低4.1个百分点,利用均值检验可知,这种差异在1%水平上显著。可见,企业使用机器人与劳动收入份额呈显著的负相关。

表2 机器人使用率的行业间比较

行 业	未使用 (%)	使用 (%)	样本量 (个)
制造业	49.1	50.9	623
建筑业	84.3	15.7	89
住宿和餐饮业	95.7	4.3	115
批发和零售业	91.1	8.9	124
租赁和商务服务业	100.0	0.0	19
交通运输、仓储和邮政	76.3	23.7	97
电力、燃气及水的生产	80.0	20.0	10
房地产业	70.0	30.0	10
居民服务和其他服务业	92.3	7.7	39
其他	70.1	29.9	67
总体	66.6	33.4	1193

表3 是否使用机器人的企业特征

	未使用(%)	使用(%)	样本量(个)
出口状态			
非出口企业	72.0	28.0	893
出口企业	45.5	54.5	275
企业年龄(年)			
1~9	75.3	24.7	296
10~19	64.3	35.7	518
20+	64.5	35.5	377
企业规模			
微型企业	84.2	15.8	266
小企业	76.5	23.5	217
中企业	69.4	30.6	356
大企业	46.1	53.9	382
用工需求			
不缺工企业	69.6	30.4	293
缺工企业	65.5	34.5	892
企业搬迁			
不搬迁	67.2	32.8	1163
准备搬迁	50.0	50.0	52
所有制			
国有集体	80.5	19.5	159
私营	70.2	29.8	712
港澳台	47.6	52.4	206
外资	60.2	39.8	133

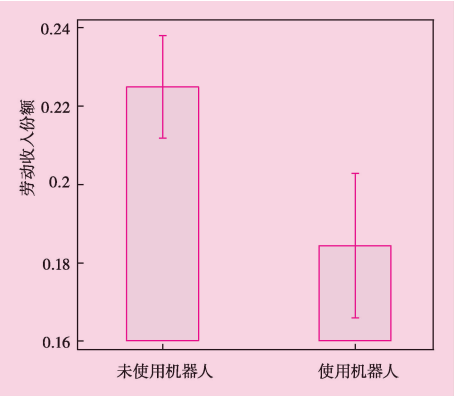


图2 机器人与劳动收入份额关系比较

四、机器人影响劳动收入份额的实证估计

(一) 基准估计结果

从表4模型1可知,机器人变量的估计系数为-0.0406,且在1%水平上显著,模型2加入部分企业特征变量,结果显示,机器人变量的估计系数为-0.0419,依然高度显著为负数。模型3的机器人变量估计系数虽有所缩小(绝对值),但仍在1%水平显著。模型4的机器人的估计系数为-0.0334,在1%水平上显著,这表明,在控制其他变量不变情形下,使用机器人让企业劳动收入份额下降3.34个百分点。机器人对于企业内部分配关系的影响非常可观,这与图2的统计事实一致。

模型4的估计结果显示,出口变量的估计系数显著为正数(0.0394),这表明,在控制其他变量不变条件下,出口企业比非出口企业劳动收入份额高出约4个百分点。企业年龄的估计系数为-0.0023,意味着企业年龄每增加1年,其劳动收入份额下降0.23个百分点,这意味着企业生命周期与劳动者分享比例呈负向关系。在不同所有制中,与国有集体企业相比,外资企业劳动收入份额最低,私营企业和港澳台企业劳动收入份额次之。企业规模、用工需求和企业是否搬迁的估计系数不显著。

(二) 稳健性分析

1. 考虑潜在内生性的影响

估计模型中,可能有潜在的内生性问题:一是自选择,企业之所以采用机器人等自

表4 全样本估计(被解释变量:劳动收入份额)

变 量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
机器人	-0.0406*** (0.0108)	-0.0419*** (0.0114)	-0.0360*** (0.0113)	-0.0334*** (0.0113)
出口状态		0.0204 (0.0126)	0.0401*** (0.0136)	0.0394*** (0.0134)
企业年龄		-0.0015*** (0.0005)	-0.0022*** (0.0005)	-0.0023*** (0.0005)
企业规模		0.0038 (0.0070)	0.0039 (0.0067)	0.0053 (0.0066)
用工需求		-0.0226 (0.0146)	-0.0132 (0.0149)	-0.0128 (0.0147)
企业搬迁		0.0190 (0.0237)	0.0251 (0.0233)	0.0236 (0.0235)
私营企业			-0.0712*** (0.0216)	-0.0726*** (0.0215)
港澳台企业			-0.0818*** (0.0254)	-0.0855*** (0.0254)
外资企业			-0.1387*** (0.0236)	-0.1432*** (0.0237)
传统行业				0.0267** (0.0109)
珠三角地区				0.0030 (0.0138)
样本量	1221	1106	1098	1098

注:括号内数据为标准误。*、**、*** 分别表示在 10%、5%、1%水平上显著。

自动化技术,可能是由某些特定因素决定,不得已而做出的选择;二是遗漏变量,企业难以测度的自身能力或外部环境既影响着是否使用机器人,同时也影响着企业分配机制。如果存在这两方面因素,则“机器人”变量可能是内生的,为此,检测遗漏变量问题是否足够严重,并借助工具变量缓解。企业是否进行“机器换人”或自动化技术升级,以及在多大程度上进行,主要取决于企业面临的用工和原材料成本困境及生产经营市场状况。鉴于此,本文使用两个外部工具变量:一是“目前下列哪一方面对企业的生产经营造成的影响最大”,如果是因为“人工成本和原材料价格上涨造成”,取值为1,否则为0。二是“与往年相比,2017年企业销售情况怎样”,根据问项“a 客户或订单有所增长 b 基本一样 c 客户或订单下降”,分别构建分类虚拟变量。表5中模型5和模型6分别对应极大似然法和两步法的干预效应估计结果。可以发现,核心解释变量“机器人”估计系数依然显著为负,表明在控制其他条件不变情形下,机器人导致企业内劳动收入份额下降。此外,本文采用Oster(2019)的方法评估遗漏变量对估计结果的影响。估计结果显示,经过遗漏变量偏误调整后“机器人”变量估计系数为-0.0314(表4模型4中该变量估计系数为-0.0334),与基准回归结果相比调整后的估计系数方向不变,大小变动不大,说明本研究遗漏变量的问题并不严重,使用机器人的企业劳动收入份额更低的结论依然成立。

2. 倾向得分匹配和估计

本文进一步使用PSM匹配的方法以比较相似样本由于是否使用机器人带来的劳动收入份额差异。在PSM估计的过程中,本文通过两个步骤进行。第一步,选择那些可能影响企业是否采用机器人的前定变量,包括上述回归用到的所有控制变量,采用最邻近匹配方法,进行无放回的一对一的匹配,为每个“干预组”的样本从“控制组”中选取对应的匹配样本,最终得到738个观测值的子样本;第二步,利用匹配后的样本进行回归分析,核心解释变量依然是企业是否使用机器人的二值虚拟变量。估计结果(见模型7)显示,机器人的估计系数依然在1%水平上显著为负,与基准回归OLS估计结果十分接近,这也印证了机器人使用会导致更低的企业劳动收入份额。

3. 异常样本点的处理

由于均值回归通常会追随异常样本点,为此本文考虑了两种处理异常样本点的估计

表5 稳健性分析(被解释变量:劳动收入份额)

变 量	模型 5 MLE	模型 6 two-step	模型 7 PSM	模型 8 稳健回归	模型 9 中位数回归
机器人	-0.1715*** (0.0344)	-0.1931*** (0.0548)	-0.0356*** (0.0128)	-0.0199** (0.0095)	-0.0315** (0.0130)
样本量	1067	1067	738	1098	1098

注:括号内数据为标准误。控制了企业特征变量、经济类型、地区效应。*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%水平上显著。

方法:一是稳健回归估计,二是中位数回归。估计结果(见模型 8、模型 9)显示,核心解释变量“机器人”的估计系数均为负数,均达到 5%显著水平。表明企业使用机器人会显著降低劳动收入份额。这些结果一致确认了机器人对于劳动收入份额的显著负向影响,文章实证结论是稳健可靠的。

五、机器人对劳动收入份额的作用机制

(一) 机器人应用的工资率效应与生产率效应

本文将劳动收入份额分解为工资率和劳动生产率,并检验那些使用机器人的企业,是否因平均工资和劳动生产率的不同幅度增长而导致劳动收入份额下降(或上升)。通过这一简要分解,便于缕析机器人影响劳动收入份额的作用机制。根据公式,劳动收入份额 LS 可分解为: $LS=\frac{wL}{Y}=\frac{w}{Y/L}=\frac{\text{平均工资}}{\text{劳动生产率}}$ 。可见,机器人导致的劳动收入份额差异来自平均工资与劳动生产率之比。当机器人导致平均工资增长幅度超过劳动生产率增长幅度时,劳动收入份额将上升;反之则下降。通过回归考察机器人对平均工资和劳动生产率的影响(见表 6)。其中,模型 10 的因变量为劳动生产率的自然对数,模型 11 的因变量为平均工资的自然对数,结果显示,机器人均能显著提高劳动生产率和平均工资,具体而言,在控制其他变量不变前提下,使用机器人的企业,劳动生产率增长了 18.24%,工资上涨了 13.21%,显然前者大于后者,说明机器人的确在带来工资上涨的同时,促进了企业劳动生产率更大幅度的增长,最终导致企业劳动收入份额下降。模型 12 和模型 13 的因变量分别是“您所在企业职工的工资,每年平均增长多少?”“2017 年您企业的工资水平预计增长多少”,从估计结果看,机器人对年均工资增长率和预期工资增长率均有显著正向影响。值得注意的是,机器人所带来的增长红利并不会以“涓流”方式令劳动者与资本者均等地分享。

(二) 人力资本的“技能载体”作用

理论上,人力资本是执行先进机器进行生产活动的重要依托和载体。对企业来说,使用机器人会激励雇主为员工进行更多的技能培训,毕竟机器与人在目前是无法完全隔离。对于员工来说,更高的技能有利于缓解机器人的替代效应(岳昌君等,2019)。因此,机器人通过人力资本的“技能载体”作用,共同促进企业的劳动生产率和工资率的增长,其结果是改变企业内要素收入分配关系。对此,本文将采用 Sobel (1982) 中介效应方法进行实证检验。根据调查问

表 6 机器人应用的工资率效应与生产率效应

变 量	模型 10 Ln(劳动生产率)	模型 11 Ln(平均工资)	模型 12 年均工资增长率	模型 13 预期工资增长率
机器人	0.1824**(0.087)	0.1321*(0.069)	0.1040**(0.051)	0.2349*** (0.056)
样本量	1098	1098	1086	1090

注:同表 5。

卷“您企业针对员工开展过哪些技能培训”来识别有无技能培训,有取值为 1,否则为 0。

从表 7 的估计结果中可以看出,模型 14 的机器人对技能培训有显著正向影响,即当企业采用机器人和自动化技术,企业对员工的技能培训随着增加。模型 15 和模型 17 中技能培训变量的系数显著为正,则意味着技能培训将显著促进企业的劳动生产率和员工的工资率。这表明机器人应用可以通过技能培训,从而“技术—技能”匹配关系这一渠道来提高企业劳动生产率和员工工资,其中,对工资率的影响是不完全的中介效应,而对劳动生产率的影响则是完全中介。有趣的是,通过对比模型 15 和模型 17 的技能培训估计系数可知,技能培训对平均工资影响系数为 0.3203,对劳动生产率影响系数为 0.8761,前者明显低于后者,这也暗含着,机器人可以通过人力资本的“技能载体”功能促使企业有更高生产率的同时,也获得了较高的技能工资溢价,但二者并不是均等增长,从而最终使劳动收入份额下降。

表 7 人力资本“技能载体”的中介作用

变 量	模型 14 技能培训	模型 15 Ln(平均工资)	模型 16 Ln(平均工资)	模型 17 Ln(劳动生产率)	模型 18 Ln(劳动生产率)
机器人	0.0350*(0.0198)	0.1208*(0.0716)	0.1321*(0.0718)	0.1518(0.0928)	0.1824*(0.0942)
技能培训		0.3203*** (0.1098)		0.8761*** (0.1422)	
样本量	1098	1098	1098	1098	1098

注:同表 5。

六、机器人对企业劳动收入份额的异质性影响

(一) 劳动保护机制的影响差异

根据 Freeman 等(1984)的研究,企业对于先进技术的采用会因劳动保护机制不同而产生截然不同的影响。一方面,在劳动保护强势的西方垄断工会下,由于担心企业引进新机器会引致工人大规模失业,工会化身寻租者角色,阻碍了新技术使用。另一方面是工会充当集体代言人,能有效降低雇员离职概率并形成长期稳定的劳资关系,从而促进企业对实物资本和先进机器投资。但与西方工会不同,中国工会组建自上而下,有其独特的运作模式。一方面工会服从企业“以经济建设为中心任务”,另一方面要承担保护劳动者利益的职责。所以从理论上讲,当企业引入机器人时,基层工会组织能促使职工相对公平地分享到“技术红利”。因此,本文预期,那些拥有工会保护机制的企业,机器人对劳动收入份额负向影响会有所减弱。鉴于此,本文表 8 中的模型 19 采用交互项估计,模型 20 和模型 21 分别给出了有工会企业与无工会企业子样本的估计结果。从中可知,机器人与工会交互项显著为正,说明工会的确抑制了机器人对企业劳动收入份额的负面影响。进一步分子样本考察发现,组建工会的企业,机器人对劳动收入份额没有显著负向影响。而未组建工会的企业,机器人的变量估计系数显著为负,这意味着,当企业有更多的

表 8 机器人的异质性影响

变 量	模型 19 交互项	模型 20 有工会	模型 21 无工会	模型 22 交互项	模型 23 国有集体	模型 24 非国有集体
机器人	-0.0727*** (0.0236)	-0.0168 (0.0123)	-0.0682*** (0.0249)	-0.0420*** (0.0118)	0.0616 (0.0489)	-0.0395*** (0.0117)
机器人×工会	0.0579** (0.0260)					
机器人×国有集体				0.1058** (0.0512)		
工会	-0.0524*** (0.0169)					
国有集体				0.0610*** (0.0235)		
样本量	1098	747	351	1098	132	966

注：同表 5。

劳动保护机制，工会介入的确有利于减少机器人对劳动收入分配的挤占效应。

(二) 不同所有制影响的差异

与其他所有制企业相比，国有集体企业的机器人使用

比例最低、劳动收入份额最高。考虑到公有制企业需要承担扩大就业和维持社会稳定的政治目标(林毅夫等,2004),因此有理由相信,在“机器换人”时代背景下,国有集体企业机器人应用的经济影响会有所不同。

本文采用交互项和子样本进行分析,结果显示,机器人与国有集体企业交互项估计系数为正,在 5%水平显著(见模型 22 至模型 24);分子样本发现,在国有集体企业中,机器人对劳动收入份额没有显著负向影响。而非国有集体企业中,机器人的变量估计系数显著为负。这也侧面反映了机器换人收入分配后果的所有制差异。

七、结论与启示

本文利用广东省企业调查数据发现:(1)使用机器人主要集中于珠三角地区制造业,当前劳动力用工短缺及激烈的竞争环境是促进机器人普及使用的重要原因。(2)机器人所产生的增长效应并不会以“涓流”方式均等地惠及所有要素,虽然机器人同时促进了工资率和劳动生产率的增长,但前者增长幅度不及后者,导致劳动收入份额下降。机器人通过人力资本“技能载体”的作用,才能更好地促进工资率和劳动生产率的增长,这是机器人分配效应的来源。(3)在更具良好的劳动保护机制及国有集体企业中,机器人对劳动收入份额负面效应会有所减弱。本文结论意味着,诚然,机器人普及应用会显著提升工作场所的生产潜力,但它同时也加剧了收入分配差距,劳动力相对于资本的地位在恶化。当机器人采用率越高,工人被取代的风险就越大,劳动收入占比下滑幅度也就越多,现实中的一些“无灯工厂”便是这一问题的缩影。

本文的政策启示是:(1)既然机器人需要与高技能人力资本相互匹配,那么,政策当

局应积极实施机器人产业人才培养和专业学科的建设,培养满足新一轮科技革命需求的复合型人才和产业大军。(2)对企业而言,应给予员工更多的与机器人相关的技能培训,而不是让员工在机器人浪潮中充当“局外人”或者独自承担“机器换人”的“阵痛”。(3)对于劳动者,在机器人和人工智能时代到来之际,应主动更新知识体系,努力形成终身学习能力,尤其培养社会互动和抽象分析的能力,毕竟这方面能力不容易被机器人所复制。(4)考虑到机器人取代人工而导致的失业和社会不稳定,在条件成熟下可适时开征“机器人税”,使机器人所产生的技术红利在社会群体中更具分享性。

参考文献:

1. 陈秋霖等(2018):《人口老龄化背景下人工智能的劳动力替代效应——基于跨国面板数据和中国省级面板数据的分析》,《中国人口科学》,第6期。
2. 程虹等(2018):《机器人在中国:现状、未来与影响——来自中国企业—劳动力匹配调查(CEES)的经验证据》,《宏观质量研究》,第3期。
3. 郭凯明(2019):《人工智能发展、产业结构转型升级与劳动收入份额变动》,《管理世界》,第7期。
4. 林毅夫等(2004):《政策性负担与企业的预算软约束:来自中国的实证研究》,《管理世界》,第8期。
5. 岳昌君等(2019):《就读重点大学对人工智能就业替代压力的缓解作用》,《中国人口科学》,第2期。
6. 周明海等(2010):《企业异质性、所有制结构与劳动收入份额》,《管理世界》,第10期。
7. Acemoglu D.(2002), Directed Technical Change. *The Review of Economic Studies*. 69(4):781-809.
8. Acemoglu D., Restrepo P.(2018), Low-skill and High-skill Automation. *Journal of Human Capital*. 12(2):204-232.
9. Autor D.H., Levy F. and Murnane R.J.(2003), The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration. *The Quarterly Journal of Economics*. 118(4):1279-1333.
10. Autor D., Dorn D., Katz L.F., and et al.(2017), Concentrating on the Fall of the Labor Share. *American Economic Review*. 107(5):180-185.
11. Baldwin J.R., Gu W.(2004), Trade Liberalization: Export-market Participation, Productivity Growth, and Innovation, *Oxford Review of Economic Policy*, 20(3):372-392.
12. Freeman R.B., Medoff J.L.(1984), *What Do Unions Do?*. Basic Books: New York.
13. Nair A., Ataseven C., and Swamidass P.M.(2013), An Examination of the Use of Manufacturing Technologies and Performance Implications in US Plants with Different Export Intensities. *International Journal of Production Research*. 51(11):3283-3299.
14. Oster E.(2019), Unobservable Selection and Coefficient Stability: Theory and Evidence. *Journal of Business & Economic Statistics*. 37(2):187-204.
15. Pavlínek, P., Domański B., and Guzik R.(2009), Industrial Upgrading through Foreign Direct Investment in Central European Automotive Manufacturing. *European Urban and Regional Studies*. 16(1):43-63.
16. Sobel M.E.(1982), Asymptotic Confidence Intervals for Indirect Effects in Structural Equation Models. *Sociological Methodology*. 13:290-312.

(责任编辑:朱 犁)