

·调查与思考·

“机器换人”对劳动者工作质量的影响*

——基于广东省制造企业与员工的匹配调查

侯俊军 张莉 窦钱斌

【摘要】文章在对劳动者工作质量进行界定和测度的基础上,实证分析了“机器换人”对劳动者工作质量的影响。结果发现:(1)企业实施“机器换人”能够通过提高劳动者收入和改善工作环境两条路径提升劳动者的工作质量,这种正向效应在大规模实施“机器换人”的企业中表现得更为明显,但效应大小会随着实施时间的推移而减弱。(2)“机器换人”对40岁以下和低技能劳动者获得的工作质量提升更大;女性劳动者工作质量的提升更明显。(3)“机器换人”对极易被替代的工作岗位的劳动者工作质量提升最明显,随着岗位替代难度的增加,提升作用逐渐减弱。文章认为,实施“机器换人”不仅是企业实现转型升级的必然选择,也是改善劳动者工作环境,提升工作质量,实现体面劳动的有效途径。

【关键词】机器换人 制造业 工作质量 劳动者

【作者】侯俊军 湖南大学经济与贸易学院,教授;张莉 湖南大学经济与贸易学院,博士研究生;窦钱斌 上海社会科学院世界经济研究所,博士研究生。

一、引言

21世纪以来,随着全球竞争的加剧,中国制造业面临巨大的转型升级压力。广泛采用工业机器人、机器臂、电脑数控机床等自动化生产设备,实施“机器换人”是制造企业提高生产效率、降低生产成本、实现技术转型升级的必然选择。根据国际机器人联合会(IFR)的统计,2018年中国工业机器人安装量约15.4万台,占世界总安装量的36%^①。中

* 本文为2017年度国家社科基金重大项目“中国标准治理与全球贸易规则重构研究”(编号:17ZDA099)的阶段性成果。

① The International Federation of Robotics, World Robotics Report 2019, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-investment-reaches-record-16.5-billion-usd>.

国作为世界最大的工业机器人市场,机器人技术和应用有无限的可能,而机器人和自动化设备带来的影响和社会后果值得持续研究和关注。

现有对“机器换人”的研究主要集中在两个方面:一是对企业生产经营的影响,如“机器换人”对企业产业转型升级的作用(程虹等,2017);二是对劳动者和劳动力市场的影响,如“机器换人”对劳动力的替代作用和对劳动力结构、劳动收入份额的影响(Cortes等,2017;Frey等,2017;余玲铮等,2019),以及劳动者权益受损的问题(Ernst,2017;许怡、叶欣,2020),但缺少综合考察“机器换人”对劳动者整体工作情况的影响研究。引入机器设备后对劳动者是利还是弊?目前还没有一致的答案。本文从劳动者工作质量的角度出发,利用微观数据考察“机器换人”对劳动者整体工作情况的影响,以期回答这一问题。

“工作质量”是体现劳动者工作状况的综合指标,与劳动者收入或权利相比,“工作质量”包含不同工作状态的多维度特征。通过对劳动者工作质量的分析,有助于更加全面地认识“机器换人”对劳动者工作状态的影响,进而明晰“机器换人”在当前现实情境下的社会意义。基于此,本文利用2018年广东省制造企业和员工匹配调查数据,重点考察“机器换人”对劳动者工作质量产生的影响,并从劳动者异质性、工作岗位异质性等角度考察劳动者工作质量在“机器换人”过程中受到的影响。

作为中国制造业第一大省,广东是中国制造业转型升级的一个缩影。21世纪初广东省制造业遇到了劳动力短缺和技术含量低等结构性问题,较早提出了“机器换人”和产业升级概念。2008年国际“金融危机”后,广东省提出“腾笼换鸟”的战略方针,通过产业转移和劳动力转移推动产业结构调整和转型升级。随着2015年《中国制造2025》的印发,广东省相继出台《广东省工业转型升级攻坚战三年行动计划(2015~2017)》《广东省智能制造发展规划(2015~2025年)》等政策文件,提出以工业转型升级提质增效为主战场大力实施创新驱动发展战略,促进制造企业“机器换人”和自动化改造的进程。另外,广东省制造业门类齐全,不同层次的制造业混杂,既有智能设备等高端制造业也有布料加工等低端产业,可以获得更为全面的信息。最后,广东省还存在区域发展不平衡的问题,珠三角与非珠三角地区存在一定的区域差异,能够满足样本的多样性。可见,作为中国改革开放和经济发展的前沿,广东省的问题通常是其他省份尚未出现或即将出现的,调查与分析广东“机器换人”对认识全国制造业转型升级过程具有借鉴意义。

二、理论机制与研究假设

(一) 理论机制

从历史经验和现有研究看,“机器换人”对就业的影响机制主要体现在以下两个方面:一是从就业总量看,“机器换人”对就业岗位存在着替代效应和创造效应,“机器换人”的推进在消灭部分就业岗位的同时也会创造新的就业岗位,使总的就业岗位基本保持

稳定,因此,“机器换人”是中性的(蔡跃洲、陈楠,2019);二是从机器与人的“互动”看,机器的使用能够提高生产效率,减轻劳动者劳动强度,提高劳动者的工作质量。“机器换人”主要通过以下机制影响就业质量。

1. “机器换人”对就业岗位的替代效应

直观地看,“机器换人”将原本由劳动者完成的工作变为由机器实现,降低了制造过程对劳动者的依赖,长期可能引发部分就业岗位消失。Arntz 等(2016)考察了自动化技术对劳动者工作任务的影响,发现工业机器人等自动化设备的运用对程序性工作任务有显著的替代效应,可能导致经合组织国家平均 9%的工作被自动化,造成相应工作岗位的流失。

2. “机器换人”对就业岗位的创造效应

自动化也可能创造出新的就业机会。随着科技和自动化技术的不断发展,劳动者就业规模并未缩小,这是由于“机器换人”在替代部分就业岗位的同时也催生新的工作岗位,从而在就业总量上抵消机器对人的挤出(Borland 等,2017)。创造效应主要通过两个途径实现,一是自动化技术的持续应用会带来生产效率的提升,进而扩大整个行业的规模,从而增加对劳动力的需求(Acemoglu 等,2017);二是自动化进程的推进会不断衍生和创造出新的就业岗位(Autor,2015)。

3. 机器与劳动力的互补效应

机器人技术与劳动力存在互补效应,工人在人机互动、灵活性、适应性、解决问题能力等方面具有优势(Cho 等,2018)。劳动者在面对机器投入时并非只能被替代。生产技术进步会对劳动者有新的技能需求,只要劳动者通过再技能化掌握适应机器的新技能,就可以实现人机的合作与互补。麦肯锡在 2017 年发布的报告中指出,自动化可以给居民带来新的发展机会及更安全、便利和高质量的生活(麦肯锡全球研究院,2017)。机器与人的互补作用从 3 个方面提高工作质量:(1)“机器换人”能够显著提高生产效率,使劳动者获取更多报酬。同时,生产效率的提高使生产相同数量的产品花费的时间减少,从而增加劳动者的休息时间;(2)存在危险性和污染性的工作任务时,由工业机器人代替人完成,能够保证劳动者安全,改善劳动者工作环境,实现“体面工作”。(3)生产过程中机器的投入能够减少劳动者的劳动强度,让劳动者感到更轻松,获得更多的满足感。

4. “机器换人”形成两极化的就业结构

自动化进程虽然不会带来就业总量上的大幅波动,但对劳动力市场结构将产生重大影响。随着工业自动化进程的推进,劳动力市场呈现两极化,中等技能的工作逐渐被机器替代,出现大量低技能的服务业工作,高技能工作由于难以被替代,在劳动力市场的份额也有所扩大(Autor 等,2013;Goos 等,2014)。

(二) 研究假设

根据以上理论分析,“机器换人”一方面通过替代效应让劳动者产生职业危机感,降

低劳动者的工作质量;另一方面提高劳动生产率,扩大生产规模,增加劳动力需求,“机器换人”衍生出的新岗位甚至可能超过替代效应,从而提高劳动者的再就业水平(受访劳动者大部分表示即使失业也很容易找到工作)。而机器与人的互补作用通过提高生产效率、减少人的劳动强度等方式提高了劳动者工作质量。据此,本文提出假设1:“机器换人”通过替代效应降低劳动者工作质量,但创造效应会抵消这种下降,互补效应最终提高劳动者的工作质量。

在假设1的基础上进一步考察“机器换人”在提高劳动者工作质量上的时间效应,本文认为在控制“机器换人”规模的前提下,工业机器人在投入初期对劳动者的工作质量的促进作用明显,随着实施“机器换人”的年限的增加,促进作用下降,最后工业机器和人之间的分工合作(互补效应)基本达到平衡。据此,本文提出假设2:“机器换人”在提高劳动者工作质量上存在时间效应,这种效应会随着时间推移而逐渐变小。

机器与人互补作用的不同可能体现在劳动力的人口特征差异上。据此,本文提出假设3:“机器换人”对不同性别、不同年龄劳动者工作质量的影响不同,与青壮年、男性或低技能的劳动者相比,“机器换人”对女性、年龄较大或低技能劳动者工作质量的提升更为显著。

“机器换人”对就业两极化的影响是长期显现的。本文的劳动者样本是在职在岗的时间节点数据,无法全面展现整个过程,但各个岗位特点决定其是否容易被机器替代。本文利用 Frey-Osborne 测量法计算就业岗位的被替代概率,并提出假设4:“机器换人”对不同岗位劳动者工作质量影响不同,对最易被替代的岗位劳动者的工作质量提升最为显著,对极难被替代岗位的劳动者提升作用最小。

三、数据、变量与统计描述

(一) 数据来源

本文所用数据来自2018年在广东省19个地级市(不包括汕尾和茂名)开展的问卷调查。鉴于各个地级市制造业产值总量和规模以上企业数量不同,调查采用配额抽样与立意抽样相结合的方法。广州、深圳、东莞各抽取不低于50户企业;珠海、汕头、佛山、惠州、中山、江门、湛江、肇庆各抽取不低于30户企业;其余各市要求完成21户企业调查。另外,为了解员工受“机器换人”的影响和态度,要求每家企业访问4位一线员工,其中男女各2位。问卷调查共回收有效企业问卷608份,其中珠三角地区362份,占59.54%,非珠三角地区246份,占40.46%;共回收员工问卷2443份,其中珠三角地区1414份,占57.88%;非珠三角地区1029份,占42.12%。具体样本分布如表1所示。

(二) “机器换人”的进展情况

表2显示,广东省超过50%的企业已不同程度地实施了“机器换人”,另有16.42%的

企业准备实施,通过引进工业机器人、电脑数控机床等自动化设备来替代人工。从全省看,经济发达的珠三角地区“机器换人”的进程明显快于非珠三角地区。珠三角地区有53.11%的企业实施了“机器换人”,超过非珠三角地区的7.43个百分点。非珠三角地区高达39.92%的企业暂不考虑进行机器换人,在珠三角地区该比例只有29.1%。

由于技术、模式、细化程度不同,不同行业的“机器换人”密度也呈现出较为明显的差异。电子电器行业引入自动化设备的企业比例最高为61.34%,纺织服装皮革行业实施“机器换人”的企业比例最少,仅为34.34%,并且大多是少量使用。另外,汽车制造行业走在“机器换人”的前列,广泛应用的比例最高,为34.62%,远超其他行业。其他行业“机器换人”程度也存在一定的差异。

(三)主要变量设定与处理

1. 劳动者工作质量

工作质量是本文的被解释变量。国际劳工组织(ILO)将工作质量定义为“体面工作”,包括公平收入、工作场所安全等一系列的综合考量。许多研究认为,工作质量应广泛包含体现劳动者工作状况的多维度因素(Sirgy等,2001;Ferreiraa等,2011)。考虑到本文主要目的是考察“机器换人”对劳动者工作质量的影响,本文采用客观变量和主观变量相结合的方式选取在企业范围内受到“机器换人”影响的8个能够体现工作质量的指标(见表3)。前4个是客观变量,分别为劳动者的月收入、每周休息时间、工作环境和培训次数。其中月收入用每月实发工资衡量;每周休息时间等于总时间减去工作时间;工作环境是关于污染、噪声、粉尘等指标打分的加总,重度为1,轻度或没有得分为2;培训次数为年培训次数,受问卷限制,指标的时间单位没有统一,后续通过标准化处理予以解决。后4

表1 企业与员工样本分布

企业特征	均值或百分比	企业特征	均值或百分比
企业年龄(年)	16.90	规模	
行业		小型(1~299人)	47.57
电子电器	25.30	中型(300~999人)	31.83
机械设备	9.95	大型(1000+)	20.60
塑料化工制药	13.15	高新技术企业	46.22
纺织服装皮革	16.69	员工特征	
五金制品	7.25	平均年龄(岁)	34.00
家具玩具办公	9.44	性别	
汽车制造	6.07	男性	49.83
食品饮料等	5.73	女性	50.17
冶金陶瓷等	6.41	户籍	
所有制		农业	69.95
民营	51.48	非农业	30.05
国有	3.95	受教育程度	
港资	19.90	初中及以下	30.16
台资	7.89	高中、中专等	40.13
日资	4.28	大专及以上	29.71
欧美	3.95	平均企业工龄(年)	6.48
其他	8.22		

表 2 广东省“机器换人”进展 %

	暂不考虑	准备使用	少量使用	广泛使用
区域				
全省	33.50	16.42	38.86	11.22
粤东西北	39.92	14.40	34.98	10.70
珠三角	29.10	17.80	41.53	11.58
行业				
电子电器	27.33	11.33	48.67	12.67
机械设备	30.51	32.20	27.12	10.17
塑料化工制药	30.00	14.29	37.14	18.57
纺织服装皮革	54.55	11.11	32.32	2.02
五金制品	25.58	13.95	53.49	6.98
家具玩具办公	32.14	26.79	35.71	5.36
汽车制造	11.54	34.62	19.23	34.62
食品饮料等	26.47	14.71	41.18	17.65
冶金陶瓷等	44.74	13.16	34.21	7.89

表 3 劳动者工作质量指标的描述性统计

指 标	平均值	标准差	最小值	最大值
月收入(元)	3991.11	1423.75	1400	23000
周休息时间(小时)	119.12	10.32	48	164.75
工作环境	16.28	2.10	9	18
培训次数	1.18	5.08	0	144
培训是否足够	0.71	0.46	0	1
离职意愿	0.78	0.41	0	1
工作满意度	3.01	0.45	1	4
职业危机感	2.87	0.75	1	4

个是主观的虚拟变量,来自劳动者的主观判断,分别为培训是否足够、是否有离职意愿、工作满意度和职业危机感。

本文先通过因子方法寻找变量背后的逻辑,再利用主因子的特征值进行加权,最终拟合为工作质量指标。所有变量进行标准化处理之后纳入因子分析,进行 KMO 和 Bartlett 球形度检验均显示适合通过因子分析法进行降维(KMO 为 0.6, Bartlett 球形度检验 P 值等于 0)。综合工作质量衡量指标的特点,本文采用迭代因子法进行降维度,最终保留了 2 个因子:主因子 1 在月收入和休息时间上的载荷最大,命名为单位收入因子;主因子 2 在工作环境、满意度的载荷最大,命名为工作环境满意度因子。进一步,

根据两个主因子的特征值进行加权拟合得到工作质量指标^①。

2. 劳动者就业岗位异质性处理

以往关于岗位异质性的研究主要从劳动者本身的视角出发,即基于劳动者的教育水平、技能、性别、年龄等特征考察“机器换人”对劳动者就业的影响,隐含的一个假设则是不同层次的技能劳动者从事其相应层次的技能岗位,而这忽略了劳动者可能存在岗位错配问题,即高(低)层次的技能劳动者也可能从事低(高)层次岗位。本文参考 Frey-Osborne 的方法对岗位进行异质性处理,从岗位角度考察“机器换人”对劳动者工作质量的影响。问卷设计了操作精度、创造力、社交能力 3 个维度共 8 个问题了解劳动者工作岗位的特性,参考 Frey 等(2017)的设计,工作岗位操作难度、创造力、社交能力

① 因篇幅限制,测度过程省略。

要求越高,越难以被机器替代,反之则越容易被替代。本文利用熵值法计算劳动者的总特征值^①。根据特征值从低到高的顺序排序,前 25%为极易被替代,25%~50%为易被替代,50%~75%为不易被替代,75%~100%为极难被替代。

3. 其他变量

本文选择地区、企业和劳动者 3 个层面的控制变量,主要包括地区、企业规模、企业类型(所有制)、企业行业、劳动者的性别、年龄、学历等。

四、实证过程和假设检验

(一) 模型设定

为了从微观个体角度考察“机器换人”与劳动者工作质量的关系,检验本文的 4 个假设,将模型设计为:

$$equ_i = \alpha + \beta_1 robot_{if} + \beta_2 V_f + \beta_3 V_i + I_f + R_{if} + \varepsilon_i$$

其中, i 表示个体, f 表示企业, equ_i 表示劳动者的工作质量, $robot_{if}$ 为虚拟变量(未实施“机器换人”的企业为 0,少量实施的为 1,广泛进行“机器换人”的企业为 2)。 V_f 为企业特征变量, V_i 为劳动者个体特征, I_f 为企业行业特征, R_{if} 为企业所在的地区特征, ε_i 为服从正态分布的随机扰动项。

(二) 假说检验

1. “机器换人”对工作质量的影响

本文首先估计“机器换人”对劳动者工作质量的影响。表 4 中模型 1 至模型 4 依次纳入关键变量“机器换人”、个体、企业和行业—城市控制变量。回归结果显示,在其他控制变量不变的情况下,不论企业是少量实施“机器换人”还是广泛使用,对劳动者工作质量的影响都是正向的,且大多在 1%的水平上显著;进一步,广泛进行“机器换人”的回归系数高于少量实施的企业。假设 1 得到验证。这说明企业实施“机器换人”虽然可能会导致少数员工岗位被调整或失业,但其能够显著提高在岗职工的工作质量,促进体面劳动的实现;同时随着“机器换人”的深度推进,其对劳动者的工作质量影响会进一步提升。“机器换人”的实施不仅有助于降低企业生产成本,提高生产效率,对劳动者而言更为重要的是促进其工作条件的转变,这正是工人所获得的“技术红利”。

从模型 4 的结果看,其他变量对劳动者工作质量的影响基本与预期一致。分性别看,女性的回归系数在 1%水平上显著为负,说明女性比男性的工作质量差。随着年龄的增长劳动者工作质量先增长,后下降,呈倒 U 形趋势。拥有大专及以上学历的劳动者的工作质量优于非大学生。户籍对劳动者就业质量影响不显著,说明调研企业(均为制

^① 因篇幅限制,岗位异质性处理过程省略。

表4 “机器人”对劳动者工作质量的影响

变 量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
“机器人”(无)				
少量使用	0.178*** (0.052)	0.184*** (0.051)	0.165*** (0.052)	0.144*** (0.049)
广泛使用	0.317*** (0.086)	0.313*** (0.087)	0.241*** (0.091)	0.181** (0.082)
女性(男性)		-0.193*** (0.032)	-0.198*** (0.033)	-0.186*** (0.032)
年龄		0.044** (0.018)	0.050*** (0.019)	0.048** (0.019)
年龄平方		-0.001** (0.000)	-0.001** (0.000)	-0.001** (0.000)
学历(初中及以下)				
高中、中专等		0.039 (0.042)	0.036 (0.045)	0.077* (0.041)
大专及以上		0.303*** (0.057)	0.299*** (0.058)	0.333*** (0.052)
非农户籍(农业)		0.031 (0.049)	0.026 (0.051)	0.067 (0.047)
工龄(年限)		0.010** (0.005)	0.010** (0.005)	0.012*** (0.004)
企业规模(小型)				
中型			-0.036 (0.062)	0.013 (0.052)
大型			0.124* (0.073)	0.152** (0.067)
所有制(民营)				
国有			0.030 (0.115)	0.012 (0.104)
港资			0.048 (0.071)	-0.072 (0.063)
台资			0.008 (0.090)	-0.091 (0.077)
日资			0.053 (0.128)	-0.084 (0.141)
欧美			-0.094 (0.099)	-0.157* (0.091)
其他			0.053 (0.098)	-0.079 (0.094)
高新技术企业(否)			0.071 (0.052)	0.048 (0.048)
人工成本占比			-0.004 (0.018)	-0.005 (0.015)
常数项	-0.113*** (0.031)	-1.029*** (0.310)	-1.187*** (0.320)	-0.972*** (0.326)
样本量	1505	1443	1378	1378
R ²	0.029	0.107	0.121	0.230

注:括号内数据为稳健性标准误;模型4控制了所属行业与所在城市。*、**、*** 分别表示在10%、5%、1%的水平上显著。

造业企业)的在岗职工中几乎不存在户籍歧视。企业方面,只有企业规模的回归系数显著,企业所有制、企业类型等均不显著。

本文采用已实施“机器人”的样本分析实施时间对提高劳动者工作质量的影响,回归结果如表5所示。随着控制变量的逐步加入,“机器人”的实施时间对劳动者工作质量的影响逐渐增大,回归系数始终为负。由此可知,“机器人”对劳动者工作质量的提高存在时间衰减效应,即在企业实施“机器人”的早期阶段对在岗职工工作质量改善最明显,随着时间延长,对工作质量改善的力度会下降。这一发现意味着,“机器人”给劳动者带来的“技术红利”并不是一成不变,而是随着机器设备应用的时间延长而减弱。因此,在关注“机器人”作用的同时需要思考如何延缓“技术红利”的衰减速度。

遗漏变量和个体的自选择行为都可能产生内生性问题,为了解决潜在的内生性问题,本文运用两阶段最小二乘法(2SLS)的实证模型进行分析。余玲铮

等(2019)采用企业当前面临的主要困难和销售情况作为工具变量,且发现内生性问题影响不大。本文选择企业是否缺一线工人、上年企业的净利润和企业研发能力3个指标作为工具变量,这是由于企业是否缺一线工人是企业是否进行“机器换人”的重要原因之一;企业的盈利能力代表企业的经营状况,一方面反映了企业是否能够支撑工业机器人投入的财务压力,另一方面良好的盈利代表市场前景,是企业进行工业机器人投入扩大产能的重要动因;企业的研发能力是企业进行“机器换人”的内生动力之一。表6显示,引入工具变量运用2SLS进行估计的结果仍然稳健,“机器换人”的显著性和影响方向保持不变,说明计量结果可靠。

2. “机器换人”的人口异质性影响

前面的分析提到,女性比男性的工作质量低,劳动者工作质量存在性别差异。事实上,每个劳动者在“机器换人”的获益中也不相同。本文从劳动者性别、年龄、劳动技能分析“机器换人”对异质性劳动者工作质量的影响。其中,劳动者技能参照Bacolod等(2009)的做法,将教育水平作为劳动者技能的代理变量,初中以下学历为低技能劳动者、初中和高中学历为中技能劳动者、大专及以上学历为高技能劳动者。

控制劳动者特征、企业特征、所属行业和所在城市的回归结果如表7所示。模型13和模型14分性别讨论“机器换人”对劳动者工作质量的影响。随着“机器换人”程度的深

表5 “机器换人”对劳动者工作质量提高的时间效应

变 量	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
实施时间	-0.008(0.009)	-0.008(0.009)	-0.011(0.010)	-0.022 ^{***} (0.008)
常数项	0.028(0.131)	-0.141(0.203)	-0.233(0.230)	-0.103(0.243)
样本量	626	603	579	579
R ²	0.018	0.079	0.105	0.257

注:括号内数据为稳健性标准误;模型5未控制,模型6控制了个体变量,模型7控制了个体变量和企业变量,模型8控制了个体变量、企业变量、所属行业和所在城市。*、**、***分别表示10%、5%、1%的水平上显著。

表6 基于2SLS的内生性检验

变 量	模型 9	模型 10	模型 11	模型 12
“机器换人”(无)				
少量使用	0.521 ^{***} (0.127)	0.540 ^{***} (0.129)	0.616 ^{***} (0.186)	0.548 ^{***} (0.204)
广泛使用	0.673 ^{***} (0.236)	0.577 ^{**} (0.237)	0.580 ^{**} (0.289)	0.550 [*] (0.324)
常数项	-0.311 ^{***} (0.068)	-0.603 ^{***} (0.120)	-0.606 ^{***} (0.114)	-0.396 ^{***} (0.134)
样本量	1350	1323	1323	1323
R ²	-0.048	0.034	0.017	0.152

注:括号内数据为稳健性标准误;模型9未控制,模型10控制了个体变量,模型11控制了个体变量和企业变量,模型12控制了个体变量、企业变量、所属行业和所在城市。*、**、***分别表示10%、5%、1%的水平上显著。

表7 “机器换人”对劳动者工作质量影响的人口异质性

变 量	性别		年龄		学历		
	男性 (模型 13)	女性 (模型 14)	40 岁及以下 (模型 15)	40 岁以上 (模型 16)	低技能 (模型 17)	中技能 (模型 18)	高技能 (模型 19)
“机器换人”(无)							
少量使用	0.176*** (0.067)	0.106** (0.053)	0.146*** (0.054)	0.101 (0.126)	0.155** (0.071)	0.135** (0.057)	0.096 (0.111)
广泛使用	0.204 (0.129)	0.160** (0.080)	0.198** (0.084)	-0.026 (0.186)	0.127 (0.130)	0.264*** (0.100)	0.034 (0.161)
常数项	-1.189** (0.497)	-1.198*** (0.379)	0.005 (0.140)	-0.373 (0.392)	-0.659 (0.491)	-0.143 (0.497)	-1.547** (0.781)
样本量	701	677	1145	233	414	561	403
R ²	0.232	0.256	0.233	0.350	0.233	0.252	0.329

注：括号内数值稳健性标准误；模型 13 至模型 19 均控制了个体变量、企业变量、所属行业与所在城市。*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的水平上显著。

入,女性劳动者的工作质量效应逐渐提升(系数从 0.106 升至 0.160),对男性的影响从显著变为不显著。这是由于偏体力的工作主要由男性完成。但随着资本的投入和科技的进步,劳动者的体力需求会减少。因此,与男性相比,女性从大量实施“机器换人”的过程中获得更多的好处(Galor 等,1996; Welch,2000)。

模型 15 和模型 16 讨论“机器换人”的劳动者工作质量效应在年龄上的差异。40 岁及以下的劳动者在少量使用和广泛实施“机器换人”的回归系数为 0.146 和 0.198,分别在 1%和 5%的水平上显著,40 岁以上的劳动者的回归系数不显著,这说明“机器换人”对 40 岁及以下的劳动者的工作质量提升效果更大。模型 17、模型 18 和模型 19 是不同技能劳动者的回归结果,虽然分 3 组之后,样本量进一步减少,使显著性水平整体下降,但从结果中可以推断出“机器换人”能够提升中低技能劳动者的工作质量。

回归结果与本文假设 3 的“‘机器换人’对年龄大的劳动者工作质量提升更为显著”不一致,与“‘机器换人’对低技能的劳动者工作质量改善更为明显”一致。一个可能的解释是,从长期看,自动化智能化的确是延长劳动力年龄的重要手段,但这一轮的“机器换人”主要是针对劳动者的劳动环境和劳动强度进行置换,而环境差、强度高、技术含量低的岗位主要是由壮年劳动力来完成,因此“机器换人”对 40 岁及以下、中低技能劳动者的工作质量提升更为显著。

3. “机器换人”的岗位异质性影响

为了弥补劳动者岗位错位问题,本文从岗位特征差异分析“机器换人”的岗位异质性影响。参考 Frey 等(2017)的方法根据各岗位被替代的难易程度,分为极易被替代、易被替代、不易被替代和极难被替代 4 个档次。表 8 中模型 20 至模型 23 列出了从易到难

被替代工作岗位在“机器换人”时劳动者工作质量受到的影响,虽然分组样本的显著性水平有所减弱,但可以发现极易被替代的岗位回归系数至少在

表 8 “机器换人”对劳动者工作质量影响的岗位异质性

变 量	极易被替代 (模型 20)	易被替代 (模型 21)	不易被替代 (模型 22)	极难被替代 (模型 23)
机器换人(无)				
少量使用	0.250**(0.110)	0.181**(0.083)	0.232*** (0.087)	0.042(0.086)
广泛使用	0.541*** (0.204)	-0.135(0.127)	0.204(0.133)	0.096(0.125)
常数项	-1.373*(0.767)	-1.484** (0.613)	-0.255(0.682)	-0.569(0.663)
样本量	310	326	304	335
R ²	0.327	0.327	0.301	0.345

注:括号内数据为稳健性标准误;模型 20 至模型 23 均控制了个体变量、企业变量、所属行业与所在城市。*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的水平上显著。

5%的水平上显著,而极难被替代的岗位的回归系数则不显著,进而验证了假说 4。这说明,就业岗位被替代性越强则表明该岗位机器能够帮助人的程度越高,因此,对这些岗位来说机器人的投入可以代替其完成更大量工作,能够显著提高从事这种岗位劳动者的工作质量。

(三) 稳健性检验

本文利用企业组织和个人参加的机械自动化培训两个指标作为“机器换人”的代理变量,分析“机器换人”对劳动者就业质量的影响,结果如表 9 所示。在控制其他变量的前提下,随着机械自动化培训的深入,劳动者工作质量不断提升,而且体系化的脱岗培训能够通过提升劳动者工作能力等途径明显提高劳动者的工作质量。模型 24 是企业组织的培训指标回归结果,可以看出,脱岗培训能够显著增加工人的工作质量,模型 25 结果表明解释变量对参加培训次数较多的劳动者工作质量提升更为明显。

表 10 验证了岗位异质性模型的稳健性。就业岗位的异质性利用问卷中劳动者从事的岗位对照 Frey 等(2017)进行的职业计算结果,得出两类就业岗位:容易被替代岗位(偏体力)和较难被替代岗位(偏脑力)。从表 10 可以发现,易被替代岗位的回归系数和显著性水平都远高于难被替代岗位,这说明易被替代岗位劳动者在“机器换人”时劳动质量提升作用更为明显,而且随着“机器换人”过程的推进,其回归系数明显变大。

表 9 培训对工作质量的影响

变 量	企业组织的培训 (模型 24)	个人参加的培训 (模型 25)
培训类型(简单培训)		
在岗培训	0.002(0.050)	
脱产培训	0.207*** (0.077)	
培训次数(无)		
1~3 次		0.043(0.047)
4 次及以上		0.197*** (0.053)
常数项	-0.185(0.153)	-0.272*(0.156)
样本量	1373	1386
R ²	0.228	0.234

注:括号内数据为稳健性标准误;模型 24 和模型 25 均控制了个体变量、企业变量、所属行业与所在城市。*、**、*** 分别表示 10%、5%和 1%的水平上显著。

表 10 不同岗位异质性的回归结果

变 量	易被替代岗位 (模型 26)	难被替代岗位 (模型 27)
“机器换人”(无)		
少量使用	0.181*** (0.054)	0.135* (0.071)
广泛使用	0.255*** (0.088)	0.154 (0.125)
常数项	-0.921** (0.372)	-0.663 (0.528)
样本量	712	657
R ²	0.245	0.271

注：括号内数据为稳健性标准误；模型 26 和模型 27 均控制了个体变量、企业变量、所属行业与所在城市。*、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著。

五、结论与启示

“机器换人”对劳动者的工作质量的促进作用会随着实施时间推移而减弱。(2)虽然不同类型的劳动者几乎均享受了“机器换人”带来的工作质量提升,但“机器换人”的工作质量效应仍然存在一定的差异,40 岁及以下比 40 岁以上、低技能比中、高技能的受益程度更高;女性劳动者工作质量在大规模的“机器换人”提升效果更明显。(3)“机器换人”对极易被替代的工作岗位的劳动者工作质量提升最明显,随着岗位替代难度的增加,提升作用逐渐变弱。总的来看,企业实施“机器换人”明显改善了在岗员工的工作质量,有助于促进制造企业尽快实现体面劳动;同时,“机器换人”通过降低劳动强度和减少工作危险性等提升高龄员工、低技能者、女性劳动力的岗位适应性,相当于间接增加劳动力供给。尽管大规模“机器换人”可能会导致技术性失业风险增加,但中国目前总体上处于劳动力短缺状态,而且新技术应用也在不断创造新的岗位需求,因此,不必过分担忧“机器换人”的社会风险。实施“机器换人”不仅是企业实现转型升级的必然选择,也是改善劳动者工作环境,提升工作质量,实现体面劳动的有效途径。

本文利用 2018 年广东省制造企业与员工的匹配调查数据,构建劳动力工作质量指标,综合考察“机器换人”对在岗职工工作质量的影响。本文的主要结论是:(1)企业实施“机器换人”通过提高劳动者收入和改善工作环境两条路径提升劳动者的工作质量,且这种正向影响在广泛实施“机器换人”的企业更为明显,但

基于上述研究结论,本文提出以下政策建议:(1)继续扩大“机器换人”的广度和深度,让更多劳动者享受到“机器换人”带来的“技术红利”。机器的投入使用能和人形成很好的互补,机器能够提高生产效率和降低工作强度,特别是一些环境差、危险性高的工作机器比人的优势更加突出,因此应该进一步扩大“机器换人”的实施范围。随着人工智能的发展,加强工业机器人在高技能岗位的投入,让高技能劳动者也能享受“机器换人”带来的好处。有关部门要加强政策引领和扶持力度,根据不同地区的发展情况因地制宜地开展“机器换人”,对进行“机器换人”的企业给予一定的财税支持。(2)强化人与机器的互补效应,延缓“机器换人”红利的衰减速度。开展更多有针对性的操作培训,让劳动者技能与自动化设备的性能同步提升,使劳动者持续地从“机器换人”中获益。(3)不断提升劳动者技能,降低“机器换人”的替代效应。“机器换人”对低技能劳动者和易替代岗位的劳动者工作质量提升更明显,但这些劳动者容易被机器彻底替代而导致大规模

的失业,因此,亟须政府企业联合起来,通过岗位优化或技能培训,降低劳动力结构性失业风险,使企业在大规模实施“机器换人”之后既能有充足的熟练技术人才保障,同时避免大量低端劳动者失业。

参考文献:

1. 蔡跃洲、陈楠(2019):《新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业》,《数量经济技术经济研究》,第5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. 麦肯锡全球研究院(2017):《人机共存的新纪元:自动化、就业和生产力》。
4. 余玲铮等(2019):《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》,《中国人口科学》,第4期。
5. 许怡、叶欣(2020):《技术升级劳动降级?——基于三家“机器换人”工厂的社会学考察》,《社会学研究》,第3期。
6. Acemoglu D., Restrepo P.(2017), Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets. Nber Working Paper, No. 23285.
7. Arntz, M., Gregory, T. and Zierahn, U.(2016), The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No.189.
8. Autor D.H, Dorn D.(2013), The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*. 103(5):1553-1597.
9. Autor D.H.(2015), Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*. 29(3):3-30.
10. Bacolod M., Blum B.S. and Strange W.C.(2009), Skills in the City. *Journal of Urban Economics*. 65(2):136-153.
11. Borland J., Coelli M.(2017), Are Robots Taking our Jobs?. *The Australian Economic Review*. 50(4):377-397.
12. Cho J., Kim J.(2018), Identifying Factors Reinforcing Robotization: Interactive Forces of Employment, Working Hour and Wage. *Sustainability*. 10:1-21.
13. Cortes G.M., Jaimovich N. and Siu H.E.(2017), Disappearing Routine Jobs: Who, How, and Why?. *Journal of Monetary Economics*. 91:69-87.
14. Ernst D.(2016), Advanced Manufacturing and China's Future for Jobs. East-West Center Working Papers: Innovation and Economic Growth Series, No.8.
15. Frey C.B., Osborne M.A.(2017), The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*. 114:254-280.
16. Galor O., Weil D.N.(1996), The Gender Gap, Fertility, and Growth. *The American Economic Review*. 86(3):374-387.
17. Goos M., Manning A. and Salomons A.(2014), Explaining Job Polarization: Routine-biased Technological Change and Offshoring. *The American Economic Review*. 104(8):2509-2526.
18. Welch F.(2000), Growth in Women's Relative Wages and in Inequality Among Men: One Phenomenon or Two?. *American Economic Review*. 90(2):444-449.

(责任编辑:李玉柱)