

工业机器人对中国制造业的就业效应

韩民春 赵一帆

(华中科技大学经济学院, 武汉 430074)

〔摘要〕 从2013年起,我国已经连续5年成为全球最大的工业机器人市场,在促进我国制造业产业转型升级的同时,“机器换人”引发的制造业劳动力失业问题也引起广泛的争论。本文运用我国2012~2017年工业机器人进出口数据,依据技术进步的就业效应等理论分析了工业机器人对中国制造业就业的影响。研究发现,在我国各省份地区,工业机器人对整体制造业就业有显著的破坏效应,在沿海省份地区工业机器人对制造业非技术劳动就业的破坏效应尤为突出。并且,在我国要素扭曲度较高的省份地区,工业机器人对制造业就业的破坏效应相对更大。因此,为了缓解这种破坏效应,本文认为我国应该加快制造业劳动力结构转型升级,提升制造业非技能劳动力技能水平,提高要素市场化发展水平。

〔关键词〕 工业机器人 制造业就业 区域差异 要素市场扭曲度 劳动力结构 技术进步理论

DOI: 10.3969/j.issn.1004-910X.2019.11.001

〔中图分类号〕 F249.2; F424 **〔文献标识码〕** A

引言

2015年我国颁布了《中国制造2025》计划,这是我国政府实施制造强国战略第1个十年的行动纲领,表明制造业转型升级对我国实现经济高质量发展十分重要。但是,作为吸收劳动力最多的行业,制造业就业人数在近几年有下降的趋势。近年来,我国工业机器人数量迅速增长,在推动制造业升级的同时也带来了替代劳动力的困扰。根据国际机器人联合会(IFR)统计,2017年全球工业机器人销量为38万台,其中中国工业机器人销量为13.8万台,销量连续5年居于首位。但中国全球工业机器人密度仅排名全球第23,增长空间还十分广阔。此背景下,工业机器人将如何影响中国制造业就业的问题亟待解答。

现有文献很少将工业机器人作为技术进步的对象进行经济学研究。相对其他类型技术进步,工业机器人在某种程度上是以替代人为目的,通过智能控制执行不同的柔性任务,成为生产线上的工人。此外,改革开放以来我国长期存在要素

市场中资本和劳动力价格扭曲,盛仕斌^[1]认为这对就业产生了负面影响。工业机器人作为一种特殊的资本要素投入,会对制造业资本和劳动的生产要素结构和生产要素价格产生一定影响。本文基于技术进步理论,选取我国2012~2017年工业机器人进出口数据,将工业机器人作为研究对象分析其对制造业劳动力就业的效应,不仅区分了技能、非技能劳动力,还区分了内陆、沿海以及要素市场扭曲程度不同的省份和地区,工业机器人的制造业就业效应差异。

1 理论文献及假设提出

1.1 技术进步的就业效应

学术界对技术进步的就业效应研究由来已久。一些学者认为技术进步具有就业破坏效应,带来技术性失业或结构性失业。卡尔·马克思^[2]揭示了资本家必然采用新机器和技术提高劳动效率来追求超额剩余价值,这样一定会产生技术挤占劳动力的现象。Aghion和Howitt^[3]、Antonelli和Quattraro^[4],以及肖六亿^[5]、王光栋^[6]通过研究表明

收稿日期: 2019-04-19

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“工业机器人替代与我国就业市场的失衡与再平衡问题研究”(项目编号: 17AJY007)。

作者简介: 韩民春,华中科技大学经济学院教授,博士生导师。研究方向: 国际贸易。赵一帆,华中科技大学经济学院硕士研究生。研究方向: 国际贸易。

资本偏向型技术进步在短期不利于低技能劳动就业。另一些国内外学者 Pissarides^[7]; Ebersberger Bernd 和 Andreess Pyka^[8]认为技术进步具有就业补偿效应, 不仅可以通过改进要素生产率创造更多的工作岗位, 还可以改善生产环境。大卫·李嘉图^[9]指出技术进步既有创造效应又有破坏效应。技术进步对就业创造大于破坏, 但是补偿效应不会自动和立即实现(李正友)^[10]。人类历史上每次技术革命都曾引起“机器替代人”的争论, 但最终未出现大规模失业, 因此 Krusell^[11]和 Autor 等^[12]认为长期看来技术进步的就业补偿效应大于破坏效应, 而且技术创新初期对技能劳动力的需求更大。目前研究普遍认为技能劳动能够更好地适应新技术, 在技术进步过程中, 相比于非技能劳动而言, 技能劳动的就业将上升。(Katz 和 Murphy; Krueger)^[13,14]。

1.2 机器人的劳动力替代效应和补偿效应

美国、德国等发达国家关于机器人替代劳动力的研究相对更多, 观点也有较大分歧。有学者认为机器人对就业的替代效应显著。David^[15]认为, 机器人的总劳动替代效应使得对劳动的需求减少。Mohammed 等^[16]认为机器人替代人是不可避免的趋势。Dietmar 等^[17]发现机器人的使用只在最开始的阶段小幅增加就业, 而总体上会减少就业。Collard-wexler 等^[18]认为, 美国钢铁行业的失业主要是由于工业机器人自动化的引入。在分析机器人对不同类型劳动力的影响时, Sachs 等^[19]认为智能机器人将技能劳动力和非技能劳动力的经济状况都变差。Martin Ford^[20]和贾根良^[21]发现基于信息技术、大数据的机器人不仅替代低技能工人的工作, 而且开始替代受过良好教育的知识型、高技能白领。

还有一些学者对机器人的就业替代效应持乐观或中立态度。Martech 等^[22]研究发现, 2000~2008 年间美国制造业细分行业虽然运用较多工业机器人, 但是就业人数反而增加, 其原因: (1) 在如服装等某些制造业领域工业机器人还无法替代工人; (2) 工业机器人仅被应用在较为危险或极端

工作环境下; (3) 机器人的运用带来了新的岗位。Andrew Berg 等^[23]认为, 机器人对人工的替代不同于传统资本, 替代过程中只有资本家和技能劳动力是安全的。机器人的自动化有利于经济增长, 但不利于平衡发展, 真实工资在短期内会下降而在长期会上升, 但是可能需要几代人的时间。Autor^[24]从历史的角度认为, 过去数个世纪技术进步从未消除大部分工作, 自动化确实取代了劳动力, 但是在提高生产率的同时也增加了劳动需求。

国内方面关于工业机器人的研究较少, 董桂才^[25]主要研究了中国工业机器人出口产品在全球价值链中的地位。李丫丫和潘安^[26]认为工业机器人进口将通过技术基础效应促进中国制造业生产率。马岚^[27]通过研究日本、韩国工业机器人的应用和发展, 认为中国极有可能出现机器人对人工的规模替代。吕洁等^[28]认为工业机器人的技术进步会加大工业机器人对低技能劳动力的替代, 但同时会提升对中、高技能劳动力的互补性需求, 进而能够促进一国的劳动力结构转型。

技术进步和机器人对不同地区就业的影响也具有差异性。胡雪萍^[29]研究发现在我国中部和西部地区, 技术进步就业创造效应大于就业破坏效应, 在东部地区则相反。王光栋^[6]认为发达地区比不发达地区更容易产生“机器代替人”的现象, 发达地区的创造补偿效应强于破坏效应, 而不发达地区破坏效应强于补偿效应。联合国贸发会(UNCAD)指出, 发展中国家2/3的劳动力就业将受到机器人的威胁。然而, Metra^[22]统计了2000~2013年中国、日本、巴西、德国、韩国和美国6个国家的机器人使用和失业率的关系, 发现机器人使用数量增加对不同发展程度地区的失业率影响并没有一致性的规律。

1.3 要素市场扭曲降低就业

我国劳动力成本不断上升, 而工业机器人作为资本要素, 其要素相对价格的降低促使制造业增加对资本要素的投入, 减少劳动力要素投入, 从而影响制造业就业。而且, 为了减少使用高成本要素, 要素价格变化将推进特定种类的技术创

新(Hicks)^[30],这又将反向推动我国工业机器人的发展。此外,自1978年我国实施经济体制改革以来,长期存在市场扭曲的特征,我国产品市场发展迅速,要素市场却严重滞后,要素价格扭曲普遍存在。盛仕斌和徐海^[1]发现非国有经济面对较高的资本价格和较低的劳动力价格,产生生产成本上升、利润空间缩小的局面,吸纳劳动力能力大不如前。康志勇^[31]发现地方政府赶超行为和要素市场扭曲最终造成经济快速增长而就业吸纳能力下降。因此,要素市场扭曲度也是影响制造业就业的关键因素。

1.4 研究假设

工业机器人的大量使用与制造业企业行为密切相关。工业机器人的应用深刻地影响了制造业生产成本、产品质量和生产率:(1)随着工业机器人的引进、研发成本逐渐降低和劳动力成本上升,使得工业机器人相对劳动力要素价格下降,降低生产成本的驱动力驱使制造业增加工业机器人的投入并减少使用劳动力;(2)工业机器人相对于劳动力,具有标准化和精确度高的独特优势,而且工业机器人工作时间更长,对工作环境要求更低。制造业企业可以通过应用工业机器人提升市场竞争力。因此在制造业转型升级背景下,制造业将增加工业机器人的应用从而降低对劳动力的需求;(3)工业机器人目前主要应用于焊接、喷涂、组装、采集和放置(包装和码垛等)、产品检测和测试等简单工作,大部分需要处理各种个性化需求时的灵活操作由技术熟练、富有创造性的劳动力完成(James Bessen)^[32];(4)制造业企业引入工业机器人需要配套相关维修、研发人员。因此,工业机器人主要替代低技能劳动力,相关中、高技能劳动力的需求可能会增加(吕洁等)^[28]。

另外,相对内陆省份地区,我国珠三角、长三角和环渤海地区(李廉水等)^[33]制造业发展水平更高、制造业劳动力更多、工业机器人应用更加广泛,因此更容易受到工业机器人的影响。我国一直存在要素市场扭曲,并且存在地区差异。

基于要素市场扭曲对就业的负面影响,制造业企业就业将受到机器人与劳动力相对要素价格变动的冲击。在此情况下,对于市场扭曲度高的地区更有可能产生“机器换人”的情况。

综上所述,本文提出以下基本假设:

假设1:工业机器人对制造业整体劳动力和非技能劳动力有负面影响。

假设2:工业机器人对沿海省份地区的制造业就业有显著的负面影响。

假设3:要素市场扭曲程度越高的地区,工业机器人对制造业就业的负面影响越大。

2 分析框架与实证研究设计

本文将根据工业机器人进出口额选取主要研究省份地区,分别研究这些省份地区工业机器人对我国制造业总体就业、制造业技能劳动和制造业非技能劳动就业的影响;将这些主要的省份地区分为沿海和内陆两个组别,分别研究工业机器人的制造业就业效应的区域性差异。在最后的扩展性分析中,我们根据全国所有省份地区的要素市场扭曲度指标,研究在要素市场扭曲度较高的省份地区和要素市场扭曲度较低的省份地区,工业机器人的制造业就业效应差异。

2.1 样本选择与分析框架

本文选取2012~2017年我国工业机器人进出口贸易额作为主要研究对象。

本文研究时间跨度为2012~2017年。原因是在2012年以后我国工业机器人发展迅速,自2013年起,中国已连续5年成为全球最大的工业机器人销售市场且销售量增长迅速。国际机器人联合会(IFR)发布的《2018年世界机器人报告》数据显示,2017年世界工业机器人销量为38.06万台,较2016年的29.43万台增长29%,其中中国工业机器人销量为13.79万台,超过全球总销量的1/3,同比增长约59%(图1)。除了销售量之外,工业机器人密度也是一项重要衡量指标,它指的是每万人拥有的工业机器人数量。根据国际机器人联合会(IFR)统计,我国工业机器人密度在2009年为11,2017年时该数值增长至97。

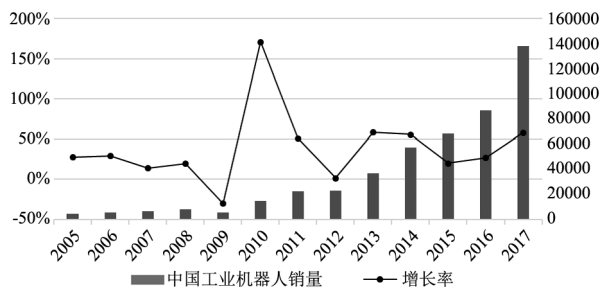


图 1 2005~2017 年中国工业机器人销量及其增长率

数据来源: 根据国际机器人联合会数据整理绘制。

本文研究对象为中国工业机器人的进出口数据。我国大多数工业机器人依靠进口。在国际工业机器人市场中, 约 70% 的市场由瑞士的 ABB、德国的库卡、日本的发那科和安川电机组成的“工业机器人四大家族”所占据。根据国际机器人联合会(IFR)于 2018 年 2 月在法兰克福发布的报告显示, 2017 年我国工业机器人销量 8.7 万台, 其中中国国产机器人销量为 2.7 万台, 外资品牌机器人销量为 6 万台, 约占我国工业机器人销量的 70%; 我国工业机器人出口额不断增长, 同时工业机器人的发展本身也会创造就业岗位, 因此工业机器人出口额也不容忽视。董桂才(2016)^[25]的研究显示, 虽然我国工业机器人一直存在较大的贸易逆差, 但是我国工业机器人出口贸易额正在逐年增加, 工业机器人国际市场占有率逐年上升。到 2013 年, 中国工业机器人出口额为 6.03 亿美元, 成为世界第四大工业机器人出口国。邓洲(2016)^[34]提到全球机器人产业就业人数的年增长

率超过 10%, 是金融危机以来就业岗位增长速度最快的高新技术产业之一, 不仅其上游零部件生产和下游销售业创造了大量就业, 还增加了对工业机器人进行调试、维护、保养和升级的人员需求。

本文选取工业机器人的进出口额作为我国工业机器人的测度标准, 也就是本文分析的核心变量, 包括进出口金额与进出口数量。本文借鉴李丫丫^[26]和董桂才^[25]关于工业机器人的定义, HS2012 6 位数编码体系中主要包括 847950 (未列名工业机器人)、851521 (全自动或半自动电阻焊接机器及装置)、851531 (全自动或半自动电弧焊接机器及装置)、851580 (其他焊机; 热喷金属或硬质合金的电气机器), 在 6 位编码分类中还涵盖了更详细的分类标准。

在分析我国工业机器人进出口规模中, 我们发现我国不同省份地区工业机器人进出口规模呈现出较大差异。根据中国海关数据分析(图 2), 我们可以看到 2012~2017 年各个省份地区工业机器人进出口金额差异明显。北京、天津、河北、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、山东、河南、湖南、湖北、广东、广西、重庆、四川、陕西 18 个省份地区的 2012~2017 年工业机器人进出口金额总和占到全国所有省份地区的 94.78%。因此为了保证分析的有效性, 本文将主要分析范围确定为以上 18 个省份地区。

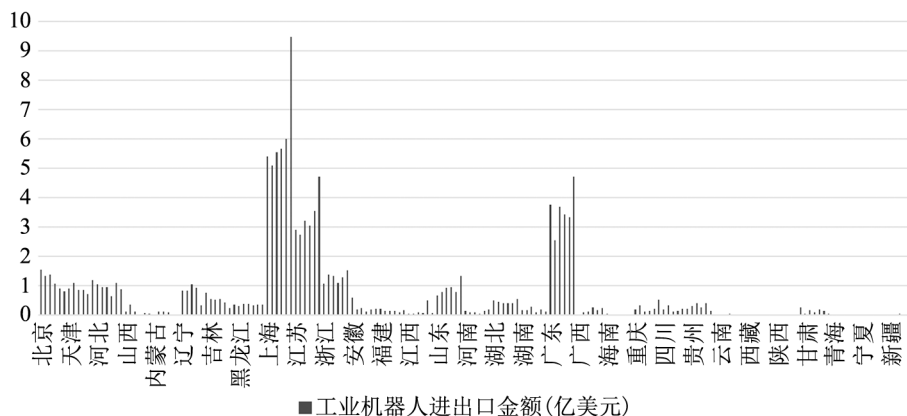


图 2 2012~2017 年各省份地区工业机器人进出口金额

数据来源: 根据中国海关数据整理绘制。

2.2 变量定义与数据描述

为研究工业机器人的就业效应, 被解释变量为制造业就业。其中, 制造业整体就业人数借鉴

屈小博等^[35]的研究; 制造业技能劳动人数和制造业非技能劳动人数借鉴冯钟^[36]的研究。解释变量 Sum 为 HS2012 编码中 4 类工业机器人进出口金

额, 本文使用进口金额代表我国引入的工业机器人数量, 使用工业机器人出口金额代表我国工业机器人产量; 由于工业机器人单价差异巨大, 且一般来说价格较高的工业机器人所带来生产效率更大, 因此使用工业机器人进出口金额比进出口数量更加适合作为最终衡量标准。此外, 影响制造业就业的因素很多, 为了控制其他影响因素, 我们借鉴杨浩昌等^[37]的研究引入了制造业企业职工

年平均工资 (*Wage*)、制造业固定资产投资 (*K*)、城镇化水平 (*Urban*)、出口依存度 (*Export*)、进口依存度 (*Import*) 和技术创新能力 (*I*) 作为制造业就业控制变量, 变量的具体定义详见表 1。描述性统计显示制造业整体就业最小值是 45.67, 最大值是 1020.25, 浮动区间较大。同样, 制造业技能劳动和非技能劳动力最大值和最小值差异也较为明显, 这为我们的分析提供了很好的素材。

表 1 变量定义

变量类型	名称	符号	单位	数据来源
被解释变量	制造业就业人数	<i>L1</i>	万人	中国统计年鉴
	制造业技能劳动人数	<i>L2</i>	万人	中国科技统计年鉴
	制造业非技能劳动人数	<i>L3</i>	万人	
解释变量	工业机器人进出口金额	<i>Sum</i>	亿美元	中国海关
	制造业企业职工年平均工资	<i>Wage</i>	万元	中国劳动统计年鉴
	制造业固定资产投资	<i>K</i>	亿元	中国固定资产投资统计年鉴
	城镇化水平	<i>Urban</i>	%	中国统计年鉴
	出口依存度	<i>Export</i>	%	中国区域经济统计年鉴
	进口依存度	<i>Import</i>	%	中国区域经济统计年鉴
	技术创新能力	<i>I</i>	万个	中国科技统计年鉴

2.3 模型设定

工业机器人作为一种技术进步, 将对制造业就业产生直接的影响。因此我们借鉴杨浩昌等^[37]的研究, 将模型设定如下所示。

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 Sum_{it} + \beta_2 X_{it} + I_i + T_t + \varepsilon_{it}$$

在模型中, *i* 表示省份地区, *t* 表示时间, 被解释变量 Y_{it} 包括制造业整体就业人数、制造业技能劳动人数、制造业非技能劳动人数; *Sum* 为工业机器人进出口金额; X_{it} 为省级层面的控制变量, 包括制造业企业职工年平均工资、制造业固定资产投资、城镇化水平、出口依存度、进口依存度和技术创新能力; I_i 和 T_t 分别代表省份地区和年份的虚拟变量; ε_{it} 为误差项。通过对主要省份地区采用 Hausman 检验结果显示选择固定效应模型更适合, 而且模型整体检验也比较显著。因此对回归结果的分析也是以固定效应模型为准。

表 2 18 个主要省份地区回归结果

变量	(1) <i>L1</i>	(2) <i>L2</i>	(3) <i>L3</i>
<i>Sum</i>	-36.096 ** (0.024)	-0.055 (0.926)	-36.041 ** (0.024)
<i>Wage</i>	3.972 (0.898)	0.455 (0.696)	3.517 (0.910)
<i>K</i>	0.014 *** (0.006)	0.001 *** (0.001)	0.013 *** (0.008)
<i>Urban</i>	-1100 (0.196)	36.731 (0.257)	-1200 (0.182)
<i>Export</i>	-336.199 (0.240)	-26.558 ** (0.014)	-309.64 (0.279)
<i>Import</i>	148.616 (0.250)	5.52 (0.252)	143.095 (0.267)
<i>I</i>	1.924 (0.572)	0.383 *** (0.003)	1.541 (0.651)
<i>C</i>	825.956 (0.105)	-10.308 (0.586)	836.264 (0.101)

续 表

变量	(1) <i>L1</i>	(2) <i>L2</i>	(3) <i>L3</i>
N	108	108	108
R ²	0.034	0.53	0.013

注：括号内为 P 值，*、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著。

3 工业机器人的制造业就业效应实证分析

首先，本文分析我国 18 个主要省份地区中工业机器人分别对制造业整体就业、技能劳动和非技能劳动的影响。表 2 中 (1)、(2)、(3) 列分别展示了我国 18 个主要省份地区中工业机器人进出口金额对制造业整体就业人数、制造业技能劳动和制造业非技能劳动的影响。第 (1) 列工业机器人进出口金额的系数 (*Sum*) 显著为负，这意味着在我国主要省份地区，工业机器人的使用对制造业整体就业有显著的负面影响。具体而言，在第 (3) 列中 *Sum* 的系数同样显著为负，这意味

着工业机器人的使用对制造业非技能劳动有显著的负面影响，而第 (2) 列结果显示工业机器人的使用对制造业技能劳动没有显著影响，这些结果验证了本文的假设 1。然后，本文将 18 个主要省份地区依据是否沿海，划分为 9 个内陆省份地区和 9 个沿海省份地区两个组别，分别进行实证分析。其中，内陆省份地区包括北京、吉林、黑龙江、河南、湖北、湖南、重庆、四川和陕西；沿海省份地区包括天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、山东、广东和广西。其中，9 个沿海省份地区工业机器人进出口金额占比为 84.97%，9 个内陆省份地区工业机器人进出口金额占比为 15.03%，这说明沿海省份地区工业机器人应用更加广泛。表 3 分别展示了在我国主要内陆及沿海省份地区工业机器人对制造业整体就业人数、制造业技能劳动、制造业非技能劳动的影响。

表 3 主要内陆及沿海省份地区回归结果

变量	制造业整体就业		制造业技能劳动力就业		制造业非技能劳动力就业	
	内陆	沿海	内陆	沿海	内陆	沿海
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Sum</i>	34.843 -0.302	-49.875* (0.091)	-1.680* -0.06	-0.021 (0.984)	36.523 -0.28	-49.855* (0.091)
<i>Wage</i>	-19.943 -0.229	57.616 (0.490)	0.507 -0.239	0.696 (0.819)	-20.45 -0.219	56.921 (0.495)
<i>K</i>	0.016*** 0	0.016 (0.186)	0.001*** 0	0 (0.777)	0.015*** 0	0.016 (0.189)
<i>Urban</i>	-1100** -0.044	-1800 (0.441)	70.122*** 0	131.953 (0.126)	-1200** -0.033	-1900 (0.408)
<i>Export</i>	67.243 -0.658	15.869 (0.986)	-7.299* -0.071	-34.174 (0.309)	74.542 -0.625	50.044 (0.956)
<i>Import</i>	10.525 -0.876	55.01 (0.938)	-0.297 -0.865	-16.849 (0.514)	10.821 -0.873	71.859 (0.919)
<i>I</i>	8.663 -0.174	3.037 (0.621)	-0.175 -0.288	0.299 (0.187)	8.838 -0.166	2.737 (0.655)
<i>C</i>	678.349** -0.016	1096.637 (0.423)	-33.096*** 0	-53.914 (0.283)	711.445** -0.012	1150.551 (0.400)
N	54	54	54	54	54	54
R ²	0.395	-0.069	0.885	0.491	0.366	-0.088

注：括号内为 P 值，*、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著。

结果显示,通过比较表 3 的 (1)、(2) 两列,我们发现工业机器人对我国沿海地区制造业整体就业有显著的负面影响,而对内陆地区制造业整体就业的影响不显著。具体到制造业技能劳动而言,通过比较表 3 的 (3)、(4) 两列,我们发现工业机器人对内陆地区制造业技能劳动力就业有显著的负面影响,而对沿海地区制造业技能劳动力就业没有产生显著影响。制造业非技能劳动力就业方面,通过分析表 3 的 (5)、(6) 两列,我们可以发现工业机器人对沿海地区制造业非技能劳动力就业有显著的负面影响,而对内陆地区制造业非技能劳动力就业没有显著影响。这说明在制造业发展水平较高的沿海省份地区,由于更广泛地使用工业机器人,制造业整体就业将受到工业机器人的负面影响,尤其是制造业非技能劳动力就业。而制造业发展水平相对落后的内陆省份地区,对于工业机器人的使用还十分有限,制造业整体就业没有受到工业机器人的显著影响,只有技能劳动力就业受到了一定的负面冲击。这些结果验证了本文的假设 2。

4 工业机器人的制造业就业效应扩展性分析

前文实证研究表明,工业机器人对我国制造业就业有显著的影响。本章根据要素市场扭曲的高低,将我国 30 个(西藏自治区除外)省份地区区分为要素市场扭曲度较高的省份地区和要素市场扭曲度低的省份地区,研究工业机器人在不同要素市场扭曲的情况下对我国制造业就业的影响。与前文不同的是,本章节将研究省份地区的数量从 18 个扩大至 30 个,原因是:(1)我国各省份地区均存在要素市场扭曲的情况,扩大研究范围可以增加研究结果的适用性;(2)增加研究对象的数量便于进行分组对照。

4.1 要素市场扭曲度的测量

要素市场扭曲度的测算借鉴张杰等^[38]研究,根据樊纲等《中国市场化指数报告》(2016)^[39]中关于我国产品市场发育程度评分、要素市场发育度评分和市场化总指数评分 3 项数据,我们设计了测度各地区要素市场扭曲度的指标 $Factor_{it}$,

其中 i 为省份, t 为年份。具体测度方法为:

$Factor1_{it} = (\text{各省份地区产品市场发育程度评分} - \text{要素市场发育程度评分}) / \text{产品市场发育程度评分}$

$Factor2_{it} = (\text{各省份地区市场化总指数评分} - \text{要素市场发育程度评分}) / \text{市场化总指数评分}$

需要说明的是,由于樊纲等《中国市场化指数报告》(2016)中的数据统计时间跨度为 2008~2014 年,与我们主要变量 2012~2017 年的时间跨度不完全重合,无法将其作为变量进行实证分析。因此,考虑到数据的可获得性,我们将除西藏自治区和港、澳、台地区外的所有省份地区分为要素市场扭曲度较高和要素市场扭曲度较低的两个组别,进行分组研究。在分组过程中,我们计算了每个省份地区 2008~2014 年要素市场扭曲度的指标 $Factor1_{it}$ 和 $Factor2_{it}$ 的值(如图 3)。从图 3 中可以看出,我国各个省份地区两个要素市场扭曲度指标变化趋势基本一致。然后,计算图 3 中 30 个省份 $Factor1$ 和 $Factor2$ 两个指标的平均值, $Factor1$ 的平均值为 0.3925, $Factor2$ 的平均值为 0.2158。当某个省份地区 $Factor1$ 值大于 0.3925 且 $Factor2$ 值也大于 0.2158 时,我们认为该省份地区要素扭曲度较高,否则我们认为该省份地区要素扭曲度较低。基于此标准,我们将全国 30 个省份地区分为两组进行分析。其中要素扭曲度较高的省份地区有 16 个,包括:内蒙古、吉林、浙江、安徽、福建、江西、山东、湖南、广东、广西、海南、四川、甘肃、青海、宁夏、新疆;要素扭曲度较低的省份地区有 14 个,包括:北京、天津、河北、山西、辽宁、黑龙江、上海、江苏、河南、湖北、重庆、贵州、云南、陕西。

4.2 基于要素市场扭曲度的扩展性检验

基于要素扭曲度视角分析工业机器人对我国制造业就业的分析结果如表 4 所示。表 4 中,第 (1) 列为我国 30 个省份地区的回归结果, Sum 的系数值在 5% 的水平上显著为负,表示在全国范围内工业机器人对制造业就业产生显著的负面影响。第 (2) 列是 16 个要素市场扭曲度较高的省

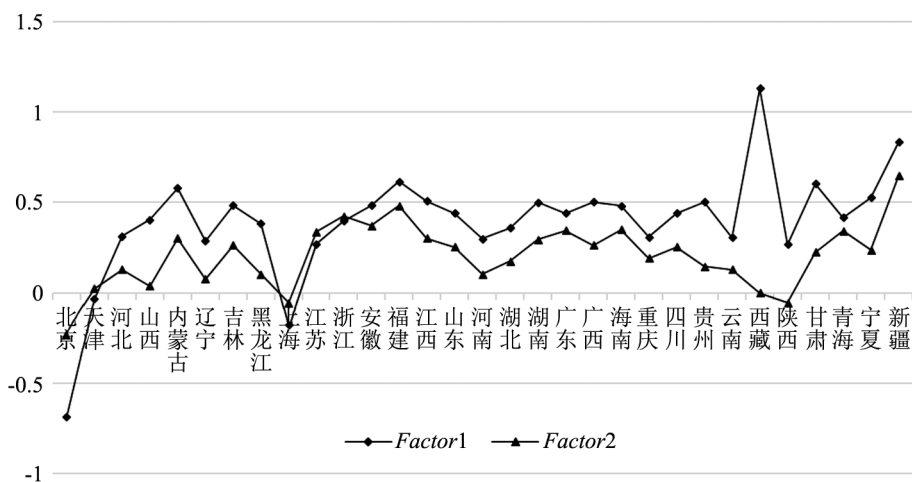


图 3 2008~2014 年中国各省份地区要素扭曲度平均值

数据来源:根据樊纲等《中国市场化指数报告》(2016)整理绘制。

份地区回归结果, Sum 的系数在 1% 的水平上显著为负, 并且系数绝对值大于第 (1) 列中全国水平 Sum 系数绝对值, 这表明在要素市场扭曲度较高的省份地区, 工业机器人对制造业就业的负面影响更大。第 (3) 列是 14 个要素市场扭曲度较低的省份地区的回归结果为不显著, 这表明在要素市场扭曲度较低的省份地区, 工业机器人对制造业就业没有显著影响。因此, 我们可以得出结论: 在要素扭曲度较高的省份地区, 工业机器人对制造业就业的负面影响更大, 而在要素扭曲度较低的地区, 工业机器人对制造业就业没有显著影响。这说明了由于工业机器人相对劳动力要素价格降低, 制造业企业更广泛地应用工业机器人替代劳动力, 对要素市场扭曲度较高的地区这一破坏效应非常明显。

5 结论与政策建议

综上所述, 我国工业机器人对制造业整体就业有显著的负面影响。具体而言: (1) 工业机器人主要对制造业非技能劳动有显著的负面影响, 而对制造业技能劳动没有显著影响, 即我国工业机器人对制造业整体就业和制造业非技能劳动存在替代效应; (2) 工业机器人对沿海省份地区制造业就业总量和非技能劳动力就业存在显著的负面影响, 而对内陆省份地区制造业技能劳动就业有一定的负面影响。这说明, 在我国工业机器人作为技术偏向型技术进步, 总体偏向于制造业技能劳

表 4 基于要素扭曲度视角的回归结果

变量	(1) $L1$	(2) $L1$	(3) $L1$
Sum	-25.721** (0.020)	-106.981*** (0.000)	-8.429 (0.289)
$Wage$	-2.859 (0.875)	-36.219 (0.339)	14.832 (0.278)
K	0.009*** (0.002)	0.002 (0.653)	0.010*** (0.000)
$Urban$	-439.196 (0.359)	-1200 (0.200)	-151.544 (0.679)
$Export$	-303.819 (0.106)	-68.965 (0.864)	150.211 (0.337)
$Import$	71.819 (0.417)	-212.292 (0.480)	-19.734 (0.751)
I	0.336 (0.898)	10.476* (0.059)	-15.545*** (0.000)
C	408.594 (0.134)	957.392* (0.082)	166.476 (0.429)
N	180	96	84
R^2	-0.027	0.084	0.383

注: 括号内为 P 值, *, **, *** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著。

动, 对非技能劳动力有替代效应, 这种替代效应在沿海省份地区更加明显; (3) 在要素扭曲度较高的省份地区, 工业机器人对制造业就业的负面影响更大, 这说明要素扭曲度加剧了我国工业机器人的制造业就业替代效应。

制造业智能化的转型升级是不可逆转的趋势,

因此各地在大力推动以工业机器人为代表的制造业升级过程中还应重点关注以下方面的问题。

(1) 加快我国制造业劳动力结构转型升级。从2013年起,全国各地许多省份地方政府出台了关于推进机器人产业发展的相关扶持政策,其中的保证措施大多聚焦在财政政策扶持、技术研发和高端人才方面,而缺少对技术工人培养的关注。结合本文结论,在“机器换人”过程中可以通过院校合作、技能认证等途径加大对技术工人的培养力度,将非技能劳动转化成技能劳动,加快制造业劳动力结构转型升级。

(2) 提高我国要素市场化发展水平,使我国要素市场和产品市场及总体市场化发育程度保持一致。本文研究显示我国长期且广泛存在的要素市场扭曲,将加剧我国工业机器人的制造业就业破坏效应。因此,为了缓解这种破坏效应,各省份地区应该根据实际情况推进要素市场改革,持续健全要素市场制度规范,尤其是在要素市场扭曲度较高的省份地区,要大力发展和完善工业机器人产业发展和高技术人才流动体系。

(3) 不同地区制定差异化工业机器人发展策略。对于制造业发展水平高、工业机器人应用规模广的沿海省份地区,在推进工业机器人应用时应着重解决非技术劳动就业问题;对于制造业发展水平相对落后、工业机器人处于起步阶段的省份地区,在不断扩大工业机器人应用的同时,要加强对专业人员和高层次技能人才的培养。

参 考 文 献

[1] 盛仕斌,徐海.要素价格扭曲的就业效应研究[J].经济研究,1999,(5):66~72.
[2] 卡尔·马克思.资本论(中文版第1卷)[M].北京:人民出版社,1963:394.
[3] Philippe Aghion, Peter Howitt. Growth and Unemployment [J]. Review of Economic Studies, 1994, 61 (3): 447~494.
[4] Cristiano Antonelli, Francesco Quatraro. The Effects of Biased Technological Change on Total Factor Productivity: Empirical Evidence from a Sample of OCED Countries [J]. The Journal of Technology Transfer, 2010, 35 (4): 361~383.
[5] 肖六亿.技术进步的就业效应:基于宏观视角分析[M].北京:人民出版社,2009:25~37.

[6] 王光栋.技术进步与地区就业增长[M].南昌:江西人民出版社,2015:38~57.
[7] Mortensen Pissarides. Unemployment Responses to ‘Skilled-Biases’ Technology Shocks: The Role of Labour Market Policy [J]. Economic Journal, 1999, 109 (455): 242~265.
[8] Ebersberger Bernd, Andreess Pyka. Innovation and Sectoral Employment: A Trade-off Between Compensation Mechanisms [J]. Review of Labour Economics & Industrial Relations, 2002, 16 (4): 635~665.
[9] 李嘉图.政治经济学与赋税原理[M].北京:商务印书馆,1987:387~392.
[10] 李正友,毕先萍.技术进步的就业效应:一个理论分析框架[J].经济评论,2004,(2):21~24.
[11] Per Krusell. Investment-Specific R&D and the Decline in the Relative Price of Capital [J]. Journal of Economic Growth, 1999, (3): 131~141.
[12] David H Autor, Lawrence F Katz, Alan B Krueger. Computing Inequality: Have Computers Changed the Labor Market? [J]. Quarterly Journal of Economics, 1998, 113 (4): 1169~1213.
[13] Lawrence F Katz, Kevin M Murphy. Changes in Relative Wages: Supply and Demand Factors [J]. Quarterly Journal of Economics, 1992, 107 (1): 35~78.
[14] Alan B Krueger. How Computers Have Change the Wage Structure: Evidence from Microdata, 1984~1989 [J]. Quarterly Journal of Economics, 1993, 108 (1): 33~60.
[15] David R Howell. The Future Employment Impacts of Industrial Robots: An Input-Output Approach [J]. Technological Forecasting and Social Change, 1985, 28 (4): 297~310.
[16] Mohammed Owais Qureshi, Rumaiya Sajjad Syed. The Impact of Robotics on Employment and Motivation of Employees in the Service Sector with Special Reference to Health Care [J]. Safety and Health at Work, 2014, (5): 198~202.
[17] Dietmar Edler, Tatjana Ribakova. The Impact of Industrial Robots on the Level and Structure of Employment in Germany—A Simulation Study for the Period 1980~2000 [J]. Elsevier Science Inc, 1994. 3, 45 (3): 255~274.
[18] Allan Collard-wexler, Jan De Loecker. Reallocation and Technology: Evidence from the US Steel Industry [J]. American Economic Review, 2015, 105 (1): 131~137.
[19] Jeffrey D Sachs, Laurence J Kotlikoff. Smart Machines and Long-term Misery [R]. Cambridge: The National Bureau of Economic Research, 2012, No.18629.
[20] Martin Ford. 机器人时代:技术、工作与经济的未来[M].北京:中信出版集团,2015:66~83.
[21] 贾根良.第三次工业革命与工业智能化[M].北京:中国

- 社会科学, 2016; 87~106.
- [22] Metra Martech, et al. Positive Impact of Industrial Robots on Employment [R]. Frankfurt: Bank for International Settlements, 2013. 1.
- [23] Andrew Berg, Edward F Buffie, Luis-Felipe Zanna. Should We Fear the Robot Revolution? (The Correct Answer is Yes) [R]. IMF Working Paper, 2018.
- [24] David H Autor. Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation [J]. Journal of Economic Perspectives, 2015, 29 (3): 3~30.
- [25] 董桂才. 中国工业机器人出口贸易及其影响因素研究 [J]. 国际经贸探索, 2015, 31 (11): 30~40.
- [26] 李丫丫, 潘安. 工业机器人进口对中国制造业生产率提升的机理及实证研究 [J]. 世界经济研究, 2017, (3): 87~96.
- [27] 马岚. 中国会出现机器人对人工的规模替代吗? [J]. 世界经济研究, 2015, (10): 71~79.
- [28] 吕洁, 任传文, 李元旭. 工业机器人应用会倒逼一国制造业劳动力结构转型吗? [J]. 科技管理研究, 2017, (22): 32~41.
- [29] 胡雪萍, 李丹青. 技术进步就业效应的区域差异研究——基于中国东中西部地区的比较分析 [J]. 上海经济研究, 2015, (8): 3~10.
- [30] J R Hicks. The Theory of Wages [M]. Macmilian Co. London 2nd ed, 1932; 89~111.
- [31] 康志勇. 赶超行为、要素市场扭曲对中国就业的影响——来自微观企业的数据分析 [J]. 中国人口科学, 2012, (1): 60~69.
- [32] James Bessen. Learning By Doing: The Real Connection Between Innovation, Wages, and Wealth [M]. Yale University Press, 2015; 22~47.
- [33] 李廉水, 等. 我国区域制造业综合发展能力评价研究——基于东、中、西部制造业的实证分析 [J]. 中国软科学, 2014, (2): 121~129.
- [34] 邓洲. 工业机器人发展及其对就业影响 [J]. 地方财政研究, 2016, (6): 25~31.
- [35] 屈小博, 高凌云, 贾明. 中国制造业就业动态研究 [J]. 中国工业经济, 2016, (2): 83~97.
- [36] 冯钟. 技术进步偏向对中国制造业就业的影响研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2018.
- [37] 杨浩昌, 等. 中国制造业就业的影响因素研究——基于省级面板数据的实证分析 [J]. 经济问题探索, 2014, (12): 55~61.
- [38] 张杰, 周晓艳, 李勇. 要素市场扭曲抑制了中国企业 R&D? [J]. 经济研究, 2011, (8): 78~91.
- [39] 樊纲, 王小鲁, 余静文. 中国分省份市场化指数报告 (2016) [M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2017: 19~117.

The Employment Effect of Industrial Robots in Chinese Manufacturing

Han Minchun Zhao Yifan

(School of Economics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

[Abstract] Since 2013, China has become the world's largest industrial robot market. In the process of promoting the transformation and upgrading of China's manufacturing industry, the unemployment problem of manufacturing employment caused by "machine substitution" has attracted broad attention. Based on the import and export data of China's industrial robot of 2012~2017, the empirical analysis shows that industrial robots has a significant destructive effect on the overall manufacturing employment. And the destructive effect on non-technical labor in manufacturing is prominent, especially in the coastal provinces of China. Moreover, in the provinces with high factor market distortion, this devastating effect is relatively greater. Therefore, we give some policy suggestion to promote the transformation of China's labor force structure and improve the development level of factor market.

[Key words] industrial robots; manufacturing employment; regional difference; factor market distortion; labor sturcture; theory of technological progress

(责任编辑: 史琳)