

工业机器人对中国区域经济的异质性影响研究

——基于新结构经济学的视角

韩民春, 乔 刚

(华中科技大学 经济学院, 武汉 430074)

摘要:本文利用中国省份面板数据,基于新结构经济学的视角,实证考察了工业机器人应用对地区经济增长影响的差异性和工业机器人影响经济增长的机制。研究发现:考察期内,工业机器人显著促进了中国经济增长,并且在东部、中部和东北地区有显著影响,在西部地区影响不显著;进一步考虑比较优势,发现高资本密集度有利于工业机器人发挥经济增长效应。从地区异质性角度看,东部地区遵循比较优势,机器人对经济增长的促进作用明显,但中部、西部以及东北地区都存在违背比较优势的情况,抑制了工业机器人的经济效应;最后,进行影响机制检验时,发现工业机器人主要通过资本回报率和全要素生产率促进经济增长,但人力资本中介效应尚未形成。

关键词:工业机器人;经济增长;比较优势;地区异质性;中介效应

中图分类号:F426 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)8—0085—10

习近平总书记在对2015世界机器人大会的贺信中指出:“中国将机器人和智能制造纳入了国家科技创新的优先重点领域”。同年国务院颁布了《中国制造2025》计划将高档数控机床和机器人列入重点发展的十大领域之中,要求到2025年制造业全员劳动生产率明显提高。其中一项战略重点是通过“智能化、机器人替代”等方式来促进产业升级,实现制造强国的战略目标。党的十九大报告提出:“加快建设制造强国,加快发展先进制造业,推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合,在中高端消费、创新引领、绿色低碳、共享经济、现代供应链、人力资本服务等领域培育新增长点、形成新动能”。21世纪以来,以计算机为核心的人工智能是世界的前沿科技,也是各国生产力发展和经济增长的新引擎^[1]。当前中国经济既要面对新旧动能转化、产业结构转型升级与重塑国际经济格局的机遇,也要面临传统要素红利衰退和经济结构失衡的挑战,传统粗放型经济增长模式难以维持高质量发展的要求,因此亟需发挥人工智能红利助推经济增长。而且在中国经济增长由高速变为中高速增长背景下,实现“两个一百年”奋斗目标和经济的高质量发展都需要保持经济平稳运行。因此,研究人工智能的经济增长效应具有重要的现实意义。

一、问题提出

人工智能的发展已经上升到国家战略层面,新一代人工智能具有特殊的带动作用,能够实现战略性推动产业结构升级的目标。工业机器人作为人工智能的代表性产业,发展更为迅猛。近年来国内外有大量文献讨论工业机器人带来的影响。主要包括工业机器人对生产率、就业总量和就业结构、收入分配等方面的影响^[2-8]。很少有文献讨论工业机器人对经济增长的影响。Acemoglu和Restrepo^[9]基于老龄化的视角,使用多国经验数据实证研究表明人口老龄化与经济增长之间并不存在负向关系,并且认为经历人口老龄化越快的国家使用机器人的数量就越多,但其并没有表明机器人的使用是消除老龄化对经济增长潜在负面影响的机制。陈彦斌等^[10]构建包括人工智能、老龄化与经济增长的动态随机一般均衡模型,研究人工智能是否能应对老龄化对经济增长的负面影响,数值模拟的结果显示人工智能可以较好应对老龄化带来的不利影响,并且分析了其影响机制。陈秋霖等^[11]研究表明人口老龄化导致劳动力短缺会促使一个国家或地区更多的应用智能化生产,老龄化促进了人工智能的发展;此外,人工智能对地区经济增长有促进作用,能够消除老龄化造成的经济增长放缓,人工智能作为应对老龄化的重要工具。以上文献均从老龄化的背景下分析了人工智能(工业机器人)与经济增长的关系,将工业机器人作为应对老龄化带来不利影响的工具,没有直接分析工业机

收稿日期:2019—12—15

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和再平衡问题研究”(17AJY007)

作者简介:韩民春(1968—),男,湖北武汉人,博士,华中科技大学经济学院教授,研究方向:世界经济;乔刚(1995—),男,安徽枞阳人,华中科技大学经济学院硕士研究生,研究方向:产业经济。

机器人应用的经济效应。

以工业机器人代表的人工智能的发展为我们研究经济增长效应提供了一个新的视角,而且工业机器人应用对于实现制造业高质量的发展具有重要意义。本文从区域差异性角度研究工业机器人对经济增长的影响,试图探寻在各地机器人产业发展不均衡的情况下,大规模应用工业机器人对地区经济的影响。可能贡献之处,首先,已有文献主要研究机器人与劳动生产率、就业以及收入分配之间的关系,还有以陈彦斌等^[10]为代表研究了老龄化、人工智能与经济增长间的关系。很少有文献聚焦于工业机器人对经济增长的直接影响,尤其是针对中国区域差异性的研究,考虑区域间的异质性更具有合理性,最后结合区域差异提出的对策建议也更具针对性。其次,本文从新结构经济学的角度分析工业机器人对区域经济异质性影响的原因,表明盲目推进机器人产业的发展并不一定带来预期的经济增长效应,同时也丰富了新结构经济学的内涵。最后,本文分析工业机器人影响经济增长的机制:第一,提高资本回报率,从而促进资本积累;第二,提高人力资本水平;第三,提高全要素生产率。

二、研究假说与影响机理

(一)研究假说

改革开放40年,中国经济取得了举世瞩目的成绩,创造了“中国奇迹”。张清正^[12]指出1978—2013年国内生产总值增长近20倍,平均每年以约10%的速度增长,但在经济发展的同时,各地区的经济差距也不断扩大。地区差距的出现导致各地区获取资源禀赋的能力存在差异,最终促使了工业机器人产业在区域层面发展存在较大差异。目前东部发达省份,以长三角、珠三角和京津地区为代表,机器人产业链发展较为完善,产业集群现象较为明显,其机器人产业的发展走在全国前列。而中西部地区机器人产业发展较为落后,机器人应用的软环境不够开放,尚未形成规模化的机器人产业集聚区,并且与工业机器人相关的配套产业链的发展也较为落后。林毅夫^[13]指出只有当一国的发展战略符合比较优势,即更多地使用本国相对充裕的生产要素,才能降低生产成本,维持经济的高速增长。林毅夫将比较优势理论不断深化,最终形成新结构经济学。根据新结构经济学的观点,一个地区的企业只有采取符合自身比较优势的技术或生产方式时,才能实现利润最大化的目标。申广军^[14]指出如果地区经济发展所采用的生产技术不具有比较优势,那么该地区的企业势必会因高成本、低利润甚至负利润而使得企业生产无效率,最终迫使企业退出市场,同时也损害了地区经济增长。比较优势理论一般用于跨国研究,因为生产要素难以进行跨国流动,才会发挥本国资源的比较优势。但是我国国土辽阔,地区之间差异大导致市场分割现象较为严重^[15],因此有研究将比较优势理论应用于我国内部不同地区之间的比较^[16]。当前各地政府都在大力推动工业机器人产业的发展,并给使用和研发机器人的企业提供补贴。而工业机器人属于高新技术产业,研发成本和使用成本均较高,同时工业机器人的核心零部件主要依赖进口,中小企业面临融资难和融资贵等问题,使得企业盈利艰难,对政府补贴的依赖较大。政府将资金大量投入工业机器人产业,盲目追求高新产业,将资源从高效率部门转移到低效率部门,对公共基础设施和教育等人力资本投资势必相应减少,从而不利于经济增长。因此,提出本文验证的假说。

假说:遵循比较优势,推动工业机器人产业发展将有利于经济增长;反之,违背比较优势则不利于经济增长。

(二)影响机理

工业机器人等人工智能设备之所以能引起广泛关注,不仅在于它能依托互联网、移动设备等新的信息环境进行“机器学习”,而且执行的工业任务比以往机器更广。工业机器人作为一种通用技术对经济增长的影响主要体现在3个方面:第一,“资本回报率效应”。工业机器人参与生产,使得生产过程的智能化和自动化水平提高,越来越多的生产任务可以用资本代替劳动完成,产业部门朝着资本密集型方向发展,从而使得生产过程中资本相对于劳动更加重要,资本的投资回报率将上升,提高了储蓄率 and 投资率,最终拉动了经济增长。第二,“人力资本效应”。目前研究工业机器人对就业影响的文献大多表明,机器人的使用改变现有的就业结构。人工智能是当代先进的科技,促进人工智能发展的主体是具有人工智能专业知识与技能以及相关工作经验的劳动者,包括科技工作人员和操作人员。具体表现:工业机器人替代了标准化和程序化的工作岗位,使得低技能劳动者重新接受培训,通过干中学获得相应岗位的技能要求;同时也增加了对研发设计、运营维护与管理等技能劳动者的需求,促使政府、企业和个人都加大对人力资本的投入。工业机器人应用可能降

低了相关产业的劳动力规模,但提升了整体的劳动者素质,最终高人力资本带来高产出,促进了经济增长。第三,“全要素生产率效应”。工业机器人代表一种新的生产力方式,它可以接收外界信息后进行自主决策和调整行为。无论是生产速度还是精确度,工业机器人都要远胜人类劳动力,而且可以节约大量的人力和物力投入,降低了成本,提高了全要素生产率,促进市场竞争,同时促使企业不断提高生产技术水平,优化资源在企业间的配置,提高了资源的利用效率,从而为经济增长提供新的路径。

三、模型、变量与数据说明

(一)计量模型的构建

为了考察工业机器人的应用对地区经济增长的影响,本文构建如下的计量模型:

$$\ln GDP_{it} = \alpha_0 + \beta \ln rb_{it} + \delta dummy_{it} + \sum \gamma_j x_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中: i 表示各个省份; t 表示年份; $\ln GDP_{it}$ 表示各地区国内生产总值,反映地区经济增长情况; $\ln rb_{it}$ 表示本文核心解释变量,工业机器人的应用量; $dummy_{it}$ 表示比较优势的虚拟变量; γ_j 表示控制变量的系数; x_{ijt} 表示一系列的控制变量,下文有详细介绍; μ_i 表示地区的个体效应; λ_t 表示时间效应; ε_{it} 表示随机扰动项。

本文进一步考虑了工业机器人对不同地区经济增长的影响是否存在差异性,从比较优势的视角分析,遵从比较优势和违背比较优势的地区大规模推广机器人能否带来预期的经济增长效应,从而得出当前适合规模推广机器人的地区与不适合机器人应用的地区。因此,在模型(1)的基础上,加入机器人与比较优势指标的交互项,考察机器人带来的区域经济的异质性影响。考虑到加入交互项可能造成多重共线性,影响模型的估计结果,因此对机器人指标进行去均值化处理再做交乘项,模型(2)如下:

$$\ln GDP_{it} = \alpha_0 + \beta \ln rb_{it} + \delta dummy_{it} + \theta (\ln rb_{it} \times dummy_{it}) + \sum \gamma_j x_{ijt} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

(二)指标描述与数据说明

1. 被解释变量

经济增长指标,本文用 GDP 表示各地区的经济增长水平,并用相应的 GDP 平减指数(上年=100)进行平减。

2. 核心解释变量

工业机器人应用量($\ln rb$),由于工业机器人数据稀缺性,而且根据《机器人产业白皮书(2016)》,我国机器人市场份额主要被“四大家族”(日本的发那科、瑞典的ABB、日本的安川电机以及德国的库卡)占据,占有率高达70%,故本文用工业机器人进口额表示应用量。此外,2012年之前,没有工业机器人省级层面的数据,本文参照李丫丫等^[6]的做法,假设各地区制造业工业机器人的应用率相同,然后以各省规模以上工业企业的份额为权重,将工业机器人的进口额分配给各省份,估计出各省份工业机器人的应用量。根据HS2007六位数编码体系中,工业机器人主要分为7大类:喷涂机器人(842489)、搬运机器人(842890)、多功能机器人和机器人末端装置(847950)、IC工厂专用自动搬运机器人(848640)、汽车生产线电阻机器人和其他电阻焊接机器人(851521)、电弧包括等离子弧焊接机器人(851531)、汽车生产线激光焊接机器人和其他焊接机器人(851580),本文使用的工业机器人进口额就是上述7类机器人进口额的加总,并按当年汇率将美元折算成人民币。

比较优势(k_l)指标,一般认为,劳动力丰富的不发达地区应该发展劳动密集型产业,而制造业发达地区应该发展资本密集型产业,从而有利于各地区发挥比较优势。本文以资本劳动比衡量地区的比较优势,并根据资本劳动比中位数为基准,将大于中位数的资本劳动比设置为1,反之为0,构建比较优势虚拟变量($dummy$)。资本存量 K 采用永续盘存法(PIM)测算,计算公式为 $K_{i,t} = (1 - \delta_{i,t}) K_{i,t-1} + I_{i,t}$,其中 $K_{i,t}$ 表示第 i 个省第 t 年的资本存量, $I_{i,t}$ 表示第 i 个省第 t 年的固定资本形成总额, $\delta_{i,t}$ 表示第 i 个省第 t 年资本折旧率,根据单豪杰^[17]的研究,本文将资本折旧率设定为10.96%,将2000年固定资产净值设为基期资本存量,并用固定资产投资价格指数(上年=100)进行平减,固定资本形成总额用投资价格指数(上年=100)做平减,最后算出各省份资本存量。劳动用各地区城镇单位就业人员数衡量。

3. 控制变量

由于消费、投资与净出口并称为拉动经济增长的“三驾马车”,三者是经济增长的有效驱动力。其中消费

水平(*lnc*)用社会消费品零售总额衡量,投资率(*inv*)用全社会固定资产投资与 GDP 的比值进行度量,以往文献用贸易开放度(*open*)作为净出口(表示经济开放度)的代理变量,用进出口总额与 GDP 的比值表示。技术创新能力(*tech*)用研发经费内部支出与 GDP 比值衡量,一般来说技术创新能力强的地区,经济发展速度和质量相对会较高;外商直接投资(*fdi*),按当年汇率将美元折算成人民币,并用居民消费价格指数(上年=100)平减,已有研究表明,*fdi*在经济增长过程中不可或缺,但其对经济增长的影响目前尚未得出统一的结论;政府支出(*gov*),用地方财政一般预算支出与 GDP 比值表示,通常而言,政府支出规模越大越有助于抑制经济波动,发挥“有形之手”的作用,弥补市场机制的缺陷与不足,但财政支出扩张带来的挤出效应可能引起资源的无效配置,阻碍经济增长。产业结构(*indus*),用各省份第二产业、第三产业增加值之和与 GDP 比值表示。

4. 数据说明

本研究选择的样本是 2002—2017 年中国 30 个省份的宏观面板数据(西藏和港澳台地区因数据缺失,暂不考虑)。按照传统区域划分方法,将全国划分为:东部、中部、西部和东北(东部:北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南;中部:山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南;西部:内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆;东北:辽宁、吉林、黑龙江)。此外,以 2002 年为研究起点,是因为工业机器人数据的可获得性。机器人的进口数据来源于《中国商品贸易数据库》,人民币兑换美元的历年汇率数据来源于国家统计局;研发经费内部支出来自历年《中国科技统计年鉴》,其他变量数据来源于《新中国 60 年统计资料汇编》、国家统计局和 2003—2018 年《中国统计年鉴》。为了缓解回归模型中存在的异方差问题,本文对相应变量做取对数处理。

本文所使用的主要变量及定义见表 1,变量相应的描述性统计见表 2。

表 1 主要变量定义

变量	符号	定义
经济增长	<i>lnGDP</i>	各省生产总值(GDP)
工业机器人	<i>lnrb</i>	各省工业机器人进口额
比较优势	<i>k_l</i>	各省资本劳动比
消费水平	<i>lnc</i>	各省社会消费品零售总额
投资率	<i>inv</i>	各省全社会固定资产投资与 GDP 的比值
贸易开放度	<i>open</i>	各省进出口总额与 GDP 的比值
技术创新能力	<i>tech</i>	各省研发经费内部支出与 GDP 比值
外商直接投资	<i>fdi</i>	各省外商直接投资额
政府支出	<i>gov</i>	各省地方财政一般预算支出与 GDP 比值
产业结构	<i>indus</i>	各省第二、三产业增加值与 GDP 比值

表 2 主要变量的描述性统计

变量	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
<i>lnGDP</i>	479	8.810	1.035	5.795	10.930
<i>lnrb</i>	479	19.357	1.586	13.155	22.982
<i>K_L</i>	479	15.661	7.461	0.617	38.672
<i>lnfdi</i>	479	3.876	1.700	0.324	7.235
<i>lnc</i>	479	8.070	1.171	4.615	10.551
<i>open</i>	479	0.322	0.397	0.032	1.784
<i>gov</i>	479	0.207	0.093	0.079	0.649
<i>inv</i>	479	0.641	0.243	0.237	1.371
<i>tech</i>	479	0.014	0.011	0.002	0.068
<i>indus</i>	479	0.881	0.072	0.608	1.100

四、实证结果分析

(一)描述性分析

描述性统计的结果表明工业机器人进口额取对数后的最小值与最大值之间有较大差距。从东部和其他地区均值来看,东部地区的机器人进口额最高为 20.367,中部和东北其次,西部地区最低为 18.267,可以看出各地区机器人应用存在较大差异;衡量比较优势的资本劳动比的最小值与最大值的差异更大,而东部省份的资本劳动比为 18.597,远高于其他地区,符合我国东部沿海地区资本和技术密集型产业高度集聚,内陆地区劳动密集型产业占主体地位的现实。而资本劳动比高于中位数的均值为 18.714,低于中位数的均值仅为 12.621,差异也较大。图 1 描绘了机器人与 GDP 的散点图,从散点图的分布来看,机器人与 GDP 之间具有显著的正向相关关系,说明机器人等人工智能技术是推动经济增长的重要因素。

(二)模型估计结果与分析

用 Hausman 检验对回归模型进行选择,结果显著拒绝了随机效应模型,说明机器人与经济增长之间存在个体异质性,因此,本文采用固定效应模型以控制地区差异带来的影响。同时考虑到各省份的经济增长受到共同的政策约束而导致变量具有相似的时间趋势,所以在回归方程中加入时间

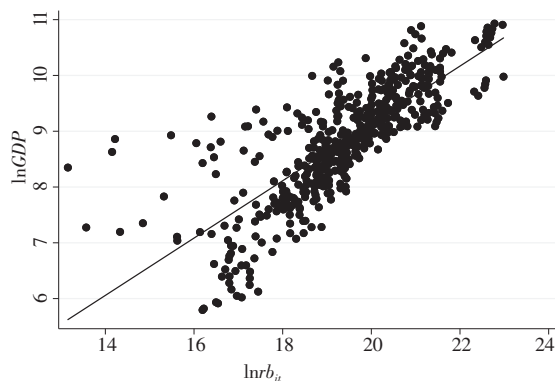


图 1 机器人与 GDP 的散点图

趋势项以控制随时间变化的不可观测因素对个体产生的影响,最终使用双向固定效应模型对方程(1)和方程(2)进行估计,基准回归结果见表3和表4。

表3中第(1)列结果表明在控制其他变量的条件下,工业机器人应用对我国经济增长有显著的促进作用。随着我国改革开放进程的深入,拉动经济增长的传统驱动要素难以为继,经济增长逐渐从要素驱动转向创新驱动,在此背景下,以工业机器人等人工智能技术发展迅速,对经济增长发挥重要的作用。从地区异质性角度来看,工业机器人对东部、中部以及东北地区经济增长有显著的促进效应,但这种促进作用在西部地区不显著。当前我国机器人产业主要群集在长三角、珠三角以及京津等东部地区,如北京中关村电子产业集聚区;机器人“四大家族”均已落户上海,打造浦东机器人产业基地;苏州拥有昆山高新区机器人产业园;广东省在数控设备、无人物流、自动化控制器、无人机领域具备一定的领先势,培育壮大了一批拥有自主知识产权的优秀本土机器人企业。此外广东省还拥有广东省智能机器人研究院,为机器人研发提供了理论支持。东部地区已经建立了功能完善、系统相对健全的机器人生态系统,并且与机器人相关的产业链较为完整,所以,机器人对东部地区的经济拉动作用较大。中部地区机器人产业发展虽然晚于东部,但其凭借政府有效的战略布局和政策的大力支持,并依托长江经济带的地理优势,积极推动机器人整机和关键零部件的研发,再加上部分地区制造业较为发达,已逐步在芜湖、洛阳、武汉、长沙等地形成产业集聚,建立起功能相对完善机器人产业链,逐渐发挥机器人产业发展的后发优势。东北地区作为我国老工业基地,具有良好的资源区位优势与制造业发展基础,拥有新松等机器人龙头企业。哈尔滨、沈阳等地积极推动以工业机器人为代表的智能制造的发展,并作为东北经济转型升级和高质量发展的动力。西部地区机器人产业总体规模较小,机器人应用的软环境不够开放,尚未形成规模化的机器人产业集聚区,并且与工业机器人相关的配套产业链的发展也较为落后,因而对经济增长的影响不显著。

控制变量的估计结果也提供了一些有利于解释经济增长的结论。首先,除了中部地区以外,消费水平(*Inc*)的系数均显著为正,说明消费对经济增长有明显的拉动作用,而且从系数的大小来看,消费的系数远大于机器人的估计系数,作为传统拉动经济增长的“三驾马车”之一,发挥的作用依然不可替代。赵昌文等^[18]认为消费对经济增长的贡献率在工业化中期(2000—2011年)会有所降低,但进入工业化后期(2012年以后),消费又会超越资本积累成为拉动经济增长的主要力量。刘长庚和张磊^[19]也表示国内需求是我国经济增长的重要贡献力量,发挥消费需求的拉动作用是增强我国经济增长动力的首要之举。当前我国投资和出口红利逐渐衰减,未来经济增长在很大程度上依靠国内需求,尤其是消费需求。其次,投资(*inv*)对经济增长也有正向的促进作用,而且投资对东部和东北地区经济增长的正向影响显著,但对中西部地区经济增长的影响不显著,这是因为在对中西部投资建设过程中存在大量重复建设,降低了投资的效率。第三,贸易开放度(*open*)对经济增

表3 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	全国	东部	中部	西部	东北
<i>lnrb</i>	0.011*** (0.003)	0.025*** (0.009)	0.051*** (0.008)	0.002 (0.004)	0.049** (0.018)
<i>dumy</i>	-0.013* (0.007)	0.037** (0.016)	0.020* (0.010)	-0.008 (0.011)	-0.011 (0.010)
<i>Inc</i>	0.420*** (0.043)	0.257*** (0.082)	0.041 (0.086)	0.658*** (0.059)	0.789*** (0.224)
<i>inv</i>	0.145*** (0.024)	0.417*** (0.056)	-0.011 (0.046)	-0.058 (0.037)	0.128*** (0.035)
<i>open</i>	-0.049** (0.023)	-0.191*** (0.034)	0.820*** (0.151)	-0.035 (0.083)	0.267 (0.163)
<i>tech</i>	0.000 (0.987)	2.483 (1.603)	7.568** (3.085)	5.699*** (2.052)	1.164 (3.717)
<i>lnfdi</i>	0.017 (0.188)	-1.542*** (0.471)	0.203 (0.431)	0.002 (0.247)	-1.680 (1.001)
<i>gov</i>	-0.352*** (0.117)	-0.203 (0.326)	-1.007** (0.411)	-0.168 (0.126)	-0.554* (0.294)
<i>indus</i>	0.108 (0.073)	-0.000 (0.131)	0.098 (0.153)	0.285** (0.133)	0.218** (0.100)
<i>_cons</i>	4.702*** (0.690)	14.266*** (2.473)	6.150*** (1.619)	2.933*** (0.640)	8.065* (4.070)
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	479	160	96	175	48
<i>R²</i>	0.992	0.992	0.997	0.996	0.999

注: *、**、***分别表示 10%、5% 和 1% 显著性水平上显著;括号内为估计系数的标准误。

表4 加入交互项的回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	全国	东部	中部	西部	东北
<i>lnrb</i>	0.007* (0.004)	0.012 (0.011)	0.051*** (0.009)	0.006 (0.004)	0.050** (0.019)
<i>dumy</i>	-0.176** (0.081)	-0.229 (0.142)	0.060 (0.287)	0.183 (0.112)	0.263 (0.435)
<i>lnrb*dumy</i>	0.008** (0.004)	0.013* (0.007)	-0.002 (0.015)	-0.010* (0.006)	-0.014 (0.022)
<i>Inc</i>	0.422*** (0.043)	0.274*** (0.082)	0.041 (0.086)	0.653*** (0.059)	0.753*** (0.234)
<i>inv</i>	0.151*** (0.024)	0.413*** (0.056)	-0.011 (0.046)	-0.061* (0.036)	0.135*** (0.037)
<i>open</i>	-0.054** (0.023)	-0.203*** (0.034)	0.819*** (0.153)	-0.044 (0.082)	0.231 (0.176)
<i>tech</i>	-0.172 (0.987)	2.040 (1.604)	7.496** (3.152)	5.842*** (2.040)	1.991 (3.993)
<i>lnfdi</i>	0.042 (0.188)	-1.470*** (0.468)	0.223 (0.456)	-0.107 (0.253)	-1.879* (1.063)
<i>gov</i>	-0.336*** (0.117)	-0.040 (0.334)	-1.002** (0.417)	-0.151 (0.126)	-0.716* (0.393)
<i>indus</i>	0.114 (0.073)	0.031 (0.130)	0.093 (0.158)	0.304** (0.132)	0.219** (0.101)
<i>_cons</i>	4.658*** (0.688)	13.969*** (2.453)	6.072*** (1.726)	3.100*** (0.643)	9.113* (4.452)
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	479	160	96	175	48
<i>R²</i>	0.992	0.992	0.997	0.996	0.999

注: *、**、***分别表示 10%、5% 和 1% 显著性水平上显著;括号内为估计系数的标准误。

长表现出负向的抑制作用,具体来看对东部地区抑制明显,而对中部地区有显著的促进作用,但对西部和东北地区影响不显著。已有研究表明我国贸易开放与经济增长之间可能是倒“U”型关系,当贸易开放度超越特定临界值后,随着贸易开放水平进一步提高反而抑制经济增长^[20]。第四,技术创新能力(*tech*)会促进经济增长,但只有在中部和西部地区作用显著,而东部和东北地区均不显著。本文用研发经费支出与 GDP 比重衡量技术创新能力,刘翔等^[21]认为我国研发强度低,而且与美国相比有较大差距,同时研发经费使用效率低,导致资源浪费严重。未来我国经济增长从要素驱动转向创新驱动,增加研发强度,提高研发经费的使用效率显得十分关键。第五,外商直接投资(*fdi*)对经济增长的影响不显著,以往研究对外商直接投资与经济增长之间的关系尚未达成一致意见。政府支出(*gov*)对经济增长有显著的抑制作用。政府支出扩张产生的挤出效应可能引起资源的无效配置,阻碍经济增长^[22]。此外,西部大开发、中部崛起和东北振兴等战略均通过行政力量将经济资源转移到中西部和东北地区,追求地区间平衡发展,但中西部和东北地区生产的低效率,势必会损害到中西部、东北和东部地区经济增长。产业结构(*indus*)只对西部和东北地区影响显著,其他地区均不显著。

表 4 是基于模型(2)的回归结果,在考虑比较优势和工业机器人交互项的情况下,从比较优势的视角分析,遵从比较优势和违背比较优势的地区大规模推广机器人能否带来预期的经济增长效应。表 4 的结果显示,从全国层面来看,资本劳动比越高,工业机器人促进经济增长效应越明显。这符合工业机器人行业作为高新技术产业的特点,而且需要雄厚的制造业基础作为支撑。从不同地区来看,东部地区机器人与比较优势的交互项显著为正,表明东部地区机器机器人的发展符合其资本与劳动之间的比较优势,遵循比较优势有利于东部地区发挥机器人的经济增长效应。我国东部省份制造业较为发达,对资本的吸纳能力都大于其他地区,因此资本在东部地区积累的速度也远超其他地区,这为东部地区的工业机器人产业发展奠定了坚实的基础,同时机器人产业的发展对资本的集聚能力进一步增强,形成了促进经济增长的良性循环。中部、西部以及东北地区机器人与比较优势的交互项均为负,并且这种负向影响在西部地区较为显著,中部和东北地区不显著。究其原因,中、西部属于劳动力充裕的欠发达地区,2017 年人口数占全国人口总数的比例为 53.66%,中、西部地区更多的是传统劳动密集产业,而机器人产业属于新兴的高技术产业,其大规模推广必然要求有相应的资本与之配套,这与中、西部地区丰富的劳动力资源相矛盾。此外,程虹等^[7]认为工业机器人应用会冲击我国劳动力市场,机器人会将劳动力“挤出”就业市场。而且陆铭在《大国大城》^[23]中指出我国中西部存在大量超标建设的新城和工业园区,由于地理位置受限导致了生产的低效率,缺乏比较优势的情况下盲目发展工业,不利于经济的可持续发展。根据表 3 可知,西部地区机器人的规模应用对经济增长的影响不显著,再加上工业机器人产业的发展存在违背比较优势的情况,进一步抑制了机器人使用对经济增长的促进作用。东北地区作为我国传统的老工业基地,但生产效率低下导致了东北地区近些年资本和人才流失均较为严重,东北地区试图通过大力发展机器人产业来带动经济转型,但其机器人产业发展违背了比较优势,因而削弱了工业机器人对其经济增长的促进作用。以上所述验证了本文的假说。

(三)稳健性检验

考虑到工业机器人对经济增长的影响有滞后效应,本文将核心解释变量滞后一期进行稳健性分析,同时可以减弱经济增长水平对当期机器人应用的影响,缓解模型可能存在的内生性问题,估计结果见表 5。

表 5 是将核心解释变量滞后一期的回归结果。从全国层

表 5 稳健性检验结果

变量	(1) 全国	(2) 东部	(3) 中部	(4) 西部	(5) 东北
<i>L.lnrb</i>	0.007* (0.004)	0.005 (0.011)	0.048*** (0.010)	0.004 (0.004)	0.038** (0.017)
<i>dumy</i>	-0.204** (0.082)	-0.349** (0.139)	-0.213 (0.311)	0.177 (0.115)	0.429 (0.313)
<i>L.lnrb×dumy</i>	0.010** (0.004)	0.019*** (0.007)	0.012 (0.016)	-0.010 (0.006)	-0.022 (0.016)
<i>ln</i>	0.464*** (0.050)	0.424*** (0.099)	-0.172 (0.119)	0.667*** (0.072)	1.122*** (0.318)
<i>inv</i>	0.139*** (0.025)	0.371*** (0.063)	-0.060 (0.051)	-0.081** (0.037)	0.089** (0.040)
<i>open</i>	-0.058** (0.024)	-0.227*** (0.036)	0.849*** (0.157)	-0.015 (0.079)	0.181 (0.157)
<i>tech</i>	-1.595 (1.150)	-0.262 (2.311)	15.921*** (3.712)	4.768** (2.335)	3.390 (3.560)
<i>lnfdi</i>	0.162 (0.206)	-0.958* (0.490)	0.601 (0.609)	-0.104 (0.264)	-1.868* (0.953)
<i>gov</i>	-0.412*** (0.120)	-0.217 (0.337)	-0.562 (0.465)	-0.152 (0.131)	-0.851** (0.296)
<i>indus</i>	0.092 (0.074)	0.140 (0.133)	0.444** (0.206)	0.234* (0.126)	0.179* (0.095)
<i>_cons</i>	4.068*** (0.768)	10.346*** (2.593)	5.961*** (2.149)	3.180*** (0.715)	6.718 (4.281)
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	449	150	90	164	45
<i>R²</i>	0.992	0.991	0.997	0.996	0.999

注:*, **, ***分别表示 10%、5% 和 1% 显著性水平上显著;括号内为估计系数的标准误。

面看,机器人与比较优势的交互项显著为正,说明高资本密集度有利于机器人发挥对经济增长的促进作用;从地区层面看,东部地区的交互项显著为正,中部、西部以及东北地区的交互项依旧不显著。参数估计结果与表4一致,说明模型估计结果稳健,内生性问题不严重。分地区的回归结果表明我国工业机器人应用过程中存在违背比较优势的情况,削弱了机器人带来的经济增长效应。

五、影响机制检验

根据本文第二部分的影响机理,工业机器人对经济增长的促进效应的影响机制可能存在“人力资本效应”“资本回报率效应”以及“全要素生产率效应”3种传导机制。“人力资本效应”可以体现为工业机器人作为高技术复杂度的产业,促使人们加大对人力资本投资,最终高人力资本拉动经济增长;“资本回报率效应”则可以体现为使用机器人应用会加速生产过程中资本的积累,使得资本相对劳动更昂贵,提高了资本回报率,促进经济增长;“全要素生产率效应”表明机器人代表先进生产力,大大提高生产效率,有利于资源的效率配置,从而带来的经济效应。因此,引入受教育水平、资本回报率和全要素生产率3个中介变量构建中介效应模型,以验证工业机器人应用对经济增长影响的传导机制。

参照Barro和Lee^[24]用劳动平均受教育年限法计算受教育水平,把小学、初中、高中和大专及以上学历的受教育年限设为6年、9年、12年和16年,然后将每个省不同受教育程度人数占6岁以上人口的比重乘以对应的平均累计受教育年限表示受教育水平,数据来源于《中国人口和就业统计年鉴》。资本回报率计算方式借鉴许捷和柏培文^[25]的做法,构建核算省际资本回报率的公式: $roc_{it} = \frac{R_{it}/P_{it}^Y}{K_{it}}$,其中: R_{it} 为各省份当年投资回报,用各省份营业盈余表示; P_{it}^Y 为产品价格指数,采用各省份GDP平减指数; K_{it} 为资本存量。上述计算过程中指标的数据来源于《新中国60年统计资料汇编》和国家统计局。全要素生产率采用“索洛余值法”计算,Solow^[26]把技术进步引入生产函数中,将经济增长的速度归为资本增长率、劳动增长率和技术进步率3个方面,全要素生产率即为总产出增长率扣除资本和劳动增长率,公式如下:

$$Y = AK^\alpha L^\beta \quad (3)$$

两边同时取对数:

$$\ln Y = \ln A + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad (4)$$

两边同时微分:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \alpha \frac{\Delta K}{K} + \beta \frac{\Delta L}{L} \quad (5)$$

方程(5)是增长的核算方程,将其移项可得:

$$TFP = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta K}{K} - \beta \frac{\Delta L}{L} \quad (6)$$

方程(6)即为全要素生产率(TFP)的计算公式,又称“索洛余项”。产出、劳动和资本相关数据来源前文已说明。

本文借鉴温忠麟等^[27]采用的中介变量检验方法,构建递归方程:

$$W_{it} = \alpha_0 + \lambda \ln r b_{it} + \sum \gamma_j x_{jit} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$\ln GDP_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln r b_{it} + \theta W_{it} + \sum \gamma_j x_{jit} + \alpha_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

方程(1)、方程(7)与方程(8)构成整个递归方程。检验过程分为4步:第一步,对方程(1)检验,如果系数 β 显著,则进行下一步检验, β 不显著说明不具备中介效应的条件,停止检验。第二步,对方程(7)和方程(8)进行检验,如果系数 λ 和 θ 显著,则可确定中介效应存在,可以进入第三步检验;反之,如果系数 λ 和 θ 有一个不显著,则直接进入第四步。第三步,确定中介效应存在,则可以计算中介效应的大小: $\lambda\theta/(\lambda\theta + \beta_1)$ 。第四步,将第二步中不显著的结果做Sobel检验,检验的统计量为 $Z = \lambda\theta/\sqrt{\lambda^2 s_\lambda^2 + \theta^2 s_\theta^2}$,其中 s_λ 和 s_θ 为 λ 和 θ 的标准差,如果 Z 统计量显著,说明中介效应存在,返回第三步计算其大小,反之则中介效应不存在。检验结果见表6。

表 6 工业机器人影响经济增长的中介效应

变量	人力资本中介效应		资本回报率中介效应		全要素生产率中介效应	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	<i>h_cap</i>	<i>lnGDP</i>	<i>roc</i>	<i>lnGDP</i>	<i>tfp</i>	<i>lnGDP</i>
<i>lnrb</i>	0.012 (0.018)	0.011*** (0.003)	0.015*** (0.005)	0.007** (0.003)	0.010* (0.006)	0.008*** (0.003)
<i>h_cap</i>		0.019** (0.009)				
<i>roc</i>				0.297*** (0.034)		
<i>tfp</i>						0.350*** (0.025)
<i>K_L</i>	-0.005 (0.006)	0.001 (0.001)	-0.003** (0.001)	0.002 (0.001)	0.011*** (0.002)	-0.003*** (0.001)
<i>lnc</i>	0.911*** (0.219)	0.443*** (0.042)	0.157*** (0.054)	0.414*** (0.038)	0.715*** (0.066)	0.210*** (0.039)
<i>inv</i>	-0.342*** (0.125)	0.145*** (0.024)	-0.046 (0.031)	0.152*** (0.022)	0.119*** (0.037)	0.097*** (0.020)
<i>open</i>	0.010 (0.127)	-0.057** (0.024)	-0.017 (0.031)	-0.052** (0.022)	-0.128*** (0.038)	-0.012 (0.020)
<i>tech</i>	11.312** (5.273)	-0.082 (0.992)	-2.538* (1.298)	0.883 (0.918)	-16.844*** (1.579)	6.021*** (0.927)
<i>lnfdi</i>	0.983 (0.982)	-0.139 (0.184)	0.122 (0.242)	-0.157 (0.170)	0.996*** (0.294)	-0.469*** (0.155)
<i>gov</i>	2.173*** (0.607)	-0.325*** (0.115)	0.172 (0.149)	-0.335*** (0.105)	-0.814*** (0.182)	0.000 (0.097)
<i>_cons</i>	-2.165 (3.645)	5.043*** (0.683)	-1.329 (0.897)	5.397*** (0.633)	-8.256*** (1.092)	7.891*** (0.606)
<i>Year</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>Province</i>	YES	YES	YES	YES	YES	YES
<i>N</i>	479	479	479	479	479	479
<i>R</i> ²	0.893	0.992	0.498	0.993	0.879	0.994
中介效应	不存在		存在		存在	
中介效应大小	不存在		0.389		0.304	

注：*、**、***分别表示 10%、5% 和 1% 显著性水平上显著；括号内为估计系数的标准误。

从表 6 的第(1)列可以看出,工业机器人的系数不显著,按照中介效应的检验步骤,进行 Sobel 检验,得到 *Z* 统计量对应的 *P* 值为 0.529,拒绝存在中介效应的原假设,说明人力资本不是工业机器人对经济增长影响的中介变量。究其原因,我国机器人产业起步较晚,机器人产业的发展滞后于美日韩等发达国家,国内市场份额的 70% 被机器人“四大家族”所占据,导致机器人很大程度上依赖进口,使得我国机器人产业链处于全球价值链低端。而且在关键专利技术方面存在壁垒,未能突破,从而国内机器人的核心零部件,如伺服电机和减速器仍主要依靠进口^[28]。上述原因造成了在工业机器人产业发展过程中对高技能劳动的需求有限,所以并未促进政府、企业以及个人对人力资本投资的增加,同时我国机器人产业处于发展的初期,全社会也尚未认识到加大对人力资本投资的重要性,因此人力资本未能成为机器人影响经济增长的中介机制。

再看对资本回报率中介效应的检验。根据第(3)列,工业机器人对资本回报率有显著的提升作用,第(4)列表明资本回报率对经济增长也有显著的促进效应,而机器人对经济增长的促进效应依然显著,说明工业机器人影响经济增长过程中的资本回报率中介效应是存在的,计算可得中介效应占总效应的比例为 38.9%。中介效应为正值,表明机器人本身可以带来经济增长效应,同时可以通过提高资本回报率,间接促进经济增长。工业机器人的规模应用加快资本积累的速度,促进了资本密集型产业部门的发展,使得资本相对其他生产要素来说变得更重要,提高了资本的相对较价格,从而促进了资本回报率的上升。

最后看全要素生产率中介效应的检验。第(5)列、第(6)列表明工业机器人对全要素生产率提高的促进作用较为显著,同时机器人和 *TFP* 对经济增长的拉动作用也很显著,由此可见,在机器人促进经济增长过程中,存在 *TFP* 中介效应。计算中介效应占总效应的比例为 30.4%,中介效应为正,表明机器人不仅可以通过本身带来经济增长效应,还可以通过提高 *TFP*,间接促进经济增长。以工业机器人为代表的新一轮技术变革,最为突出的是能带来生产率显著提升,并伴随着生产成本的降低,促进市场竞争,迫使企业不断提高生产技术水平,优化资源在企业间的配置,使得资源从低效率部门流向高效率部门,提高了资源的利用效率,从而促进了经济增长。

六、结论与对策建议

在我国经济换挡降速,经济发展进入新常态的背景下,如何促进经济增长方式由要素驱动转变为创新驱动显得尤为关键。与此同时,工业机器人引导的产业革命在全球范围展开。本文在理论上从新结构经济学视角分析工业机器人应用对区域经济的异质性影响的基础上,采用2002—2017年中国30个省份(不包括西藏和港澳台地区)的面板数据,实证检验了地区应用工业机器人是否违背比较优势影响工业机器人的经济效应,并且进行了机制检验。

本文的主要结论:第一,工业机器人对我国经济增长有显著的促进作用,这种促进作用在东部、中部和东北地区都能得到很好的体现,可以看出我国作为世界第一大机器人产销国,工业机器人的规模效应已经初显。但对西部地区的影响不显著,当前西部地区机器人产业总体规模较小,尚未形成集聚效应。第二,引入资本劳动比作为衡量比较优势的指标后,发现资本密集度越高,越有利于工业机器人发挥经济增长效应。从地区异质性看,东部地区遵循比较优势,有助于工业机器人促进经济增长;中部、西部和东北地区都存在不同程度上违背比较优势,削弱了工业机器人对经济增长的促进作用,并且西部地区违背比较优势的程度大于中部和东北地区。第三,进行机制检验时发现工业机器人主要通过“资本回报率效应”和“全要素生产率效应”促进经济增长。机器人的应用加速了资本的集聚,提高了资本相对其他生产要素的价格,从而提高了资本回报率;同时工业机器人作为新一轮技术变革的产物,提高了全要素生产率,进一步优化了资源的配置效率,最终拉动了经济增长;而机器人影响经济增长的人力资本的中介效应尚未形成。

这些结论的启示在于,当前我国经济正处于转型期,经济逐渐从粗放型增长模式过渡到高质量增长模式,亟需增长的新动力,工业机器人等人工智能产业的快速发展无疑承担了这一角色。第一,从本文的研究结论可知,工业机器人的规模应用可以显著拉动经济增长,从而充当经济增长的新动能。但值得指出的是现阶段我国工业机器人产业发展水平偏低,2017年我国工业机器人密度仅为97台/万人(每万人所拥有的机器人数量),远低于韩国、日本以及美国等发达国家。对我国来说推动工业机器人产业的发展是一个长期且艰巨的任务,政府必须尽快推出配套政策,总揽工业机器人产业政策全局,形成与增长目标相协调的战略发展体系,发挥产业联动的规模效应。第二,在大力推动机器人产业发展的过程,中西部地区切记盲目跟风发展工业机器人产业,西部地区工业基础设施较为落后且人口密集度较高,不具备规模推广工业机器人应用的条件;中部和东北地区应该发挥好机器人龙头企业的带动作用,将工业机器人产业的发展集中在区域性的大城市,有利于发挥机器人产业的集聚效应。而且并非所有地区都要发展工业和使用工业机器人。反其道行之,可能无法带来预期的经济增长效应,还会出现“机器换人”现象,造成大量失业。所以,应该根据地区的比较优势,发展优势产业,如旅游业、农业和自然资源产业等。第三,研究过程中发现人力资本的中介效应尚未发挥应有的作用,工业机器人属于高技术产业,其发展需要高技能人才相互匹配。政策方面应注重机器人产业人才培养和专业学科建设,提高整体的人力资本水平;个人方面也要重视新一轮技术变革,不断更新知识体系,提升自我的综合能力,成为复合型人才。综上所述才能充分发挥机器人的经济效应,成为推动我国经济增长不可或缺的动力。

参考文献

- [1] 何玉长,方坤.人工智能与实体经济融合的理论阐释[J].学术月刊,2018,50(5):56-67.
- [2] GRAETZ G, MICHAELS G. Robots at work[J]. Review of Economics and Statistics, 2018, 100(5): 753-768.
- [3] BERG A, BUFFIE E, ZANNA L F. Should we fear the robot revolution?(the correct answer is yes)[J]. Journal of Monetary Economics, 2018, 97(8): 117-148.
- [4] FREY C B, OSBORNE M A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2017, 114: 254-280.
- [5] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets[J/OL]. SSRN Electronic Journal, 2017, DOI: 10.2139/ssrn.2940245.
- [6] 李丫丫,潘安,彭永涛,等.工业机器人对省域制造业生产率的异质性影响[J].中国科技论坛,2018(6):121-126.
- [7] 程虹,陈文津,李唐.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[J].宏观质量研究,2018,6(3):1-21.
- [8] 孙早,侯玉琳.工业智能化如何重塑劳动力就业结构[J].中国工业经济,2019(5):61-79.
- [9] ACEMOGLU D, RESTREPO P. Secular stagnation? the effect of aging on economic growth in the age of automation[J]. American Economic Review, 2017, 107(5): 174-179.

- [10] 陈彦斌, 林晨, 陈小亮. 人工智能、老龄化与经济增长[J]. 经济研究, 2019, 54(7): 47-63.
- [11] 陈秋霖, 许多, 周羿. 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[J]. 中国人口科学, 2018(6): 30-42.
- [12] 张清正. 我国区域经济增长差异及影响因素分析[J]. 经济问题探索, 2014(12): 95-98.
- [13] 林毅夫. 新结构经济学——重构发展经济学的框架[J]. 经济学(季刊), 2010, 10(1): 1-32.
- [14] 申广军. 比较优势与僵尸企业: 基于新结构经济学视角的研究[J]. 管理世界, 2016(12): 13-24.
- [15] 陆铭, 陈钊. 分割市场的经济增长——为什么经济开放可能加剧地方保护?[J]. 经济研究, 2009, 44(3): 42-52.
- [16] 李力行, 申广军. 经济开发区、地区比较优势与产业结构调整[J]. 经济学(季刊), 2015, 14(3): 885-910.
- [17] 单豪杰. 中国资本存量K的再估算: 1952—2006年[J]. 数量经济技术经济研究, 2008, 25(10): 17-31.
- [18] 赵昌文, 许召元, 朱鸿鸣. 工业化后期的中国经济增长新动力[J]. 中国工业经济, 2015(6): 44-54.
- [19] 刘长庚, 张磊. 中国经济增长的动力: 研究新进展和转换路径[J]. 财经科学, 2017(1): 123-132.
- [20] 包群. 贸易开放与经济增长: 只是线性关系吗[J]. 世界经济, 2008(9): 3-18.
- [21] 刘翔, 刘嘉, 沈雅君. 中美两国研发经费支出的协整分析[J]. 中国管理科学, 2016, 24(S1): 158-163.
- [22] 潘敏, 袁歌骋. 金融去杠杆对经济增长和经济波动的影响[J]. 财贸经济, 2018, 39(6): 58-72.
- [23] 陆铭. 大国大城[M]. 上海: 上海人民出版社, 2016.
- [24] BARRO R, LEE J W. International comparison of educational attainment[J]. Journal of Monetary Economics, 1993(3): 363-394.
- [25] 许捷, 柏培文. 中国资本回报率嬗变之谜[J]. 中国工业经济, 2017(7): 43-61.
- [26] SOLOW R M. A contribution to the theory of economic growth[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1956, 70(1): 65-94.
- [27] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.
- [28] 罗连发, 储梦洁, 刘俊俊. 机器人的发展: 中国与国际的比较[J]. 宏观质量研究, 2019, 7(3): 38-50.

Research on the Heterogeneous Impact of Industrial Robots on China's Regional Economy: Based on the Perspective of New Structural Economics

Han Minchun, Qiao Gang

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

Abstract: Based on the new structural economics and the panel data of Chinese provinces, it is empirically investigated in this paper that the difference of industrial robot application on regional economic growth and the mechanism of industrial robot's influence on economic growth. The results show as follows. During the study period, industrial robots significantly promote China's economic growth, and the impact is significant in the eastern, central and northeastern regions, but not significant in the western regions. Further considering the comparative advantages, it is found that high capital intensity is conducive to the economic growth effect of industrial robots. From the perspective of regional heterogeneity, the eastern region follows the comparative advantage and robots play an obvious role in promoting economic growth. However, the central, western and northeastern regions all violate the comparative advantage and inhibit the economic effect of industrial robots. Finally, when examining the impact mechanism, it is found that industrial robots promote economic growth mainly through the rate of return on capital and total factor productivity, but the intermediary effect of human capital has not been formed.

Keywords: industrial robot; economic growth; comparative advantage; regional heterogeneity; the mediation effect