

人工智能对区域经济增长的异质性影响与机制识别

——基于中国“机器换人”的实证检验*

韩永辉 刘洋 王贤彬

[摘要] 基于创造性破坏理论框架, 本文主要探讨人工智能对我国区域经济增长的异质性影响效果及劳动力市场传导机制, 并结合2012—2019年国际机器人联盟的工业机器人数据进行实证分析。结果表明, 人工智能有效促进了我国东部、中部及东北地区的经济增长, 对西部地区影响不显著, 其中在劳动力稀缺且资本要素较充裕的东部地区, 人工智能对经济增长的提升作用更为凸显。机制检验分析发现, 在东部地区, 人工智能通过提升劳动力生产率、优化劳动力就业结构, 促使地区向“创新驱动、内需拉动”转型; 在中部地区, 人工智能促使劳动生产率提升及劳动力向生活性服务业转移, 但并未实现劳动力工资水平的同步提升; 在东北地区, 人工智能改善地区劳动生产率, 但就业产业结构效应不显著, 且劳动力外流等因素引发工资水平下降问题, 抑制了对经济增长的促进效果。由此, 各地区应立足自身比较优势, 在人工智能领域因地制宜、因地制宜施策, 实现不同地区劳动密集型、资本密集型与技术密集型产业的合理分工与深度协作, 共同打造国内大循环新发展格局。

[关键词] 人工智能 经济增长 区域异质性 创造性破坏

[中图分类号] F421; F062.4; D035 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-7326 (2023) 02-0097-08

一、引言

21世纪以来, 在信息技术革命的推动下, 世界掀起人工智能革命浪潮, 以“机器换人”为特征的人工智能应用成为各个国家实施“再工业化”、抢占未来经济和科技发展制高点的重要生产方式之一。^{①②} 尤其新冠疫情在全球蔓延以来, 经济生产和信息交换方式的数字化、网络化和云端化进一步为人工智能技术研发和应用提供了更为强大的动力和多元的应用场景。近年, 中国人口红利加速消失, 劳动力成本快速上升, 中国政府大力推动人工智能技术与实体经济深度融合, 陆续颁布《中国制造2025》《新一代

* 本文系国家社会科学基金重大项目(21&ZD074)、国家自然科学基金资助项目(71873041、72073037)、广东省自然科学基金项目(2021A1515011814、2022B1515020008)、广东外语外贸大学全球治理与人类命运共同体重点实验室和广东哲学社会科学创新工程2022年度特别委托项目(GD22TWCXGC12)的阶段性成果。

作者简介 韩永辉, 广东外语外贸大学广东国际战略研究院教授、博士生导师; 刘洋(通讯作者), 广东外语外贸大学广东国际战略研究院专职研究员(广东广州, 510420); 王贤彬, 暨南大学经济学院教授、博士生导师(广东广州, 510632)。

① 本文参考Brynjolfsson和McAfee(2014)与Prettner等(2016、2020), 将“机器换人”定义为在人工智能技术推动下, 利用工业机器人、自动化控制或流水线等设备取代劳动力的一种智能化生产方式。

② A. Abeliantsky, E. Algur, D. Bloom, K. Prettner, “The Future of Work: Meeting the Global Challenges of Demographic Change and Automation”, *International Labour Review*, vol.159, no.3, 2020, pp.285-306.

人工智能发展规划》等重要文件，培育壮大智能经济。在国家相关政策指引下，各地方政府密切跟进，实施“人工智能+”行动，力推智能化生产方式变革。

学界对人工智能的态度分为“乐观派”和“悲观派”两类。人工智能“乐观派”认为，随着以人工智能技术为主要代表的“机器换人”有效驱动社会生产力变革、提升经济运转效率，人类社会的生产力水平将大幅提高，原本无法得到充分利用的劳动潜力在人工智能的帮助下将充分释放，从供给侧增加经济总产出。^①孙早和侯玉琳（2021）利用2001—2018年省级面板数据验证了工业智能化有效推动先进装备制造业升级，人工智能成为支撑我国构筑现代产业体系的关键。^②但人工智能“悲观派”则更关注其给劳动者或人类本身带来的负面冲击，包括结构性失业、收入下降等福利受损问题。Acemoglu和Restrepo（2017）基于1990—2007年美国数据研究发现，工业机器人数量的增加导致美国就业人口比例下降0.2个百分点，减少约40万个工作岗位。^③进一步地，相较于抗冲击能力更强的发达国家，Schlogl和Sumner（2020）认为发展中国家以劳动密集型为主的工作性质决定其劳动力更容易被人工智能替代，这将在长期内造成严重失业及国家混乱，进而可能从需求侧抑制经济增长。^④王林辉等（2020）以“工业机器人进口+国内工业机器人产量-工业机器人出口”为人工智能的代理变量，分析发现人工智能诱致高、低技术部门劳动收入差距年均扩大0.75%。^⑤由此推断，人工智能对劳动力要素配置结构、要素收入分配具备“创造性”与“破坏性”双重影响，在不同地区、不同环境下，人工智能对经济增长的最终影响可能存在较大差异。

尽管目前文献已探讨人工智能的经济社会影响，但研究尚存在三点不足：第一，已有研究多从整体视角肯定人工智能与经济增长的正向关系，但中国地缘辽阔、区域资源禀赋差异较大，各地区是否均适宜大力推进人工智能应用仍值得进一步探讨；第二，较少文献同时关注人工智能的“创造性”与“破坏性”双重特征，尤其是基于劳动力市场从需求侧考察人工智能对经济增长的传导机制，难以客观、全面地反映人工智能与经济增长的影响关系及正向促进作用产生的前提条件；第三，以工业机器人作为人工智能的表征数据已得到学者一致认同，但国内现有人工智能实证研究指标选取尚未有严谨标准，研究易产生较大误差。本文基于“创造性破坏”理论，探讨人工智能对我国各地区劳动力市场的冲击及对经济增长的异质性影响效果。相比已有研究，本文边际贡献体现在三个方面：第一，着眼于我国各地区劳动力要素禀赋差异，探讨不同地区人工智能对经济增长的影响效果与传导机制的差异，阐释合理布局人工智能产业发展的重要性，更有利于中国因地制宜和因地施策，立足各地比较优势，畅通国内大循环；第二，以劳动力市场为切入口，关注人工智能技术应用和推广对劳动者在地区经济增长中所扮演的角色，构建和验证人工智能通过对劳动力市场的“创造性”与“破坏性”双重冲击进而影响地区经济增长的理论机制；第三，借鉴Acemoglu和Restrepo（2020）的地区工业机器人识别策略，^⑥构造包含260个中国地级市的面板数据，丰富中国人工智能相关研究的数据选择。

二、研究假说与理论机制

（一）基准假说：人工智能、地区异质性与经济增长

因地区自然条件、要素禀赋及倾斜政策等差异性，一个包含多个地区的经济体内部必然会出现经济

① P. Aghion, B. F. Jones, C. I. Jones, *Artificial Intelligence and Economic Growth*, University of Chicago Press, 2018.

② 孙早、侯玉琳：《工业智能化与产业梯度转移：对“雁阵理论”的再检验》，《世界经济》2021年第7期。

③ D. Acemoglu, P. Restrepo, “Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation”, *The American Economic Review*, vol.107, no.5, 2017, pp.174-179.

④ L. Schlogl, A. Sumner, *Disrupted Development and the Future of Inequality in the Age of Automation*, Springer Nature, 2020.

⑤ 王林辉、胡晟明、董直庆：《人工智能技术会诱致劳动收入不平等吗——模型推演与分类评估》，《中国工业经济》2020年第4期。

⑥ D. Acemoglu, P. Restrepo, “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets”, *The Journal of Political Economy*, vol.128, no.6, 2020, pp.2188-2244.

发展水平的差异。^①根据新结构经济学的比较优势理论,国家或地区应遵循要素禀赋结构决定的比较优势来选择主导产业和技术结构。^②如果地区要素禀赋结构表现为自然资源或劳动力禀赋较为丰裕、资本及技术资源相对贫乏,那么该类经济体较适合发展具有劳动密集或资源密集型类产业,反之则更适合发展资本密集型或技术密集型产业。各个国家或地区比较优势的有效发挥既需要依靠市场机制的决定性作用,也依赖于有为政府的调节作用。^③只有顺应市场趋势、符合地方发展特征的产业政策才更有利于推动产业结构调整升级及地区经济增长。^④

人工智能的技术本质是资本要素对劳动力的替代,其作用的发挥仍依赖于地区对资本要素的大量投入。^⑤根据 Notestein (1945)“人口转变理论”,工业化持续推进将导致经济体呈现低出生率、低死亡率和低自然增长率的人口再生产类型,^⑥经济发达地区会出现较为明显的劳动力短缺问题。同时,较发达经济体集聚更多的资本密集型和技术密集型企业,人力资本及科技创新能力优势明显,能够有效承接人工智能技术的开发、维护和工业应用等。由此,在资本及技术要素丰裕且劳动力短缺的地区大规模进行人工智能投资,能够较好地弥补劳动力缺口,符合地区比较优势特征。但在经济欠发达地区,发展人工智能产业可能在一定程度上弱化其经济促进效果,原因在于:第一,人工智能属于资本及技术密集型产业,技术研发及使用成本均较高,尤其工业机器人的相关零部件仍需从经济发达地区引进。若政府或企业盲目布局人工智能产业,其资本回报率可能低于发展符合地区比较优势的劳动密集型等产业,难以创造足够的生产经营利润;第二,物资资本的投入需要与地区人力资本水平相匹配,缺乏人力资本的提高与配合,人工智能应用无法发挥其最大的生产效率;第三,大规模推广人工智能替代地区低技能劳动力,可能导致劳动力失业、外流等现象的产生,劳动者福利受损,未能充分发挥人工智能技术进步的优势,从而不利于本地经济增长。同一种技术在不同地区的应用会因劳动、资本及技术等要素禀赋的不同进而引致差异性的区域经济增长效果,影响经济体内部的发展均衡。由此提出本文第1个研究假说,并以我国东、中、西及东北地区实证数据加以验证。

假说1:在劳动力稀缺且资本丰裕的地区发展人工智能有利于促进经济增长,反之影响效果则较弱或不显著。

(二) 机制假说:劳动生产率、就业结构和劳动收入

熊彼特在“创造性破坏”理论强调,技术进步实质上是一把“双刃剑”。在人工智能技术普遍使用的情况下,具备技术或资本优势的微观个体在社会的动态竞争替代过程中得到更高的收益,而另一部分个体可能处于被破坏状态。尤其对于劳动力市场,人工智能将在劳动力要素禀赋制约下通过生产效率、就业结构及收入分配等渠道影响经济增长。

1. 劳动生产率效应。人工智能通过提升经济体劳动生产率,进而影响经济增长水平,本文称之为劳动生产率效应(Labor Productivity Effect)。在劳动力短缺但资本要素相对丰裕的地区,人工智能技术的应用加速劳动力与资本的结合程度,促使企业采用更少的劳动力生产相同或者更多的产品。尤其在生产制造部门,人工智能可以接管重复、危险、不健康的任务,改善劳动力工作质量并提高产品的生产质量与速度,提升企业利润,以达到促进经济增长的效果。

2. 就业产业结构效应。人工智能通过促进制造业劳动力转向服务业就业,影响地区经济增长水平,

^① B. M. Fleisher, C. Jian, “The Coast-Noncoast Income Gap, Productivity, and Regional Economic Policy in China”, *Journal of Comparative Economics*, vol.25, no.2, 1997, pp.220-236.

^② 林毅夫:《新结构经济学——重构发展经济学的框架》,《经济学(季刊)》2011年第1期。

^③ 林毅夫:《中国经济学理论发展与创新的思考》,《经济研究》2017年第5期。

^④ 韩永辉、黄亮雄、王贤彬:《产业政策推动地方产业结构升级了吗?——基于发展型地方政府的理论解释与实证检验》,《经济研究》2017年第8期。

^⑤ 千春晖、姜宏:《资本偏向型技术进步新特征及其对劳动力市场的影响机制研究》,《财经研究》2022年第5期。

^⑥ F. W. Notestein, “International Population Readjustments”, *Proceedings of the Academy of Political Science*, vol.21, no.2, 1945, pp.94-102.

本文称之为就业产业结构效应 (Employment Industry Sstructure Effect)。^①一方面,地区将被人工智能替代的制造业劳动力“虹吸”至生产性服务业重新就业,促进地区产业结构向以第三产业主导的态势转型,带来经济增长水平的提升;^②另一方面,人工智能主导下的制造业转型升级将倒逼劳动者提升其劳动技能,从社会面上扩大人力资本投资,刺激知识和技术密集型的生产性服务业发展。然而,在生产资本及人力资本投入较少的地区,服务业发展水平滞后,吸纳劳动力能力有限,被替代的劳动力将难以较好地被吸收至生活或生产性服务业,这会抑制人工智能的经济促进作用。

3. 劳动收入分配效应。人工智能通过改变劳动者收入水平进而影响经济增长,本文称之为收入分配效应 (Labor Income Distribution Effect)。劳动者收入高低是影响经济总需求中的消费与投资水平的重要因素。人工智能技术可以创造出“无限量的人工劳动”,替代原有的制造业劳动力。^③根据刘易斯 (Lewis, 1954) 的“二元经济理论模型”,劳动者供给过剩将导致其实际收入水平过低,进而降低劳动生产率与人力资本投资,经济体产出能力下降;消费及储蓄行为也会受到抑制,制约经济总需求。但也有学者提出,人工智能可以弥补劳动力短缺,与剩余劳动力尤其是高技能劳动者形成互补效应,提升企业利润,通过“技能溢价”提高在岗劳动力的平均工资水平,^④促进经济总需求。因此,人工智能对劳动力收入水平的影响取决于地区的劳动力要素禀赋。若地区劳动力要素丰裕,一方面人工智能可能导致低端劳动力供给进一步增加,劳动力市场竞争加剧使得工资总体水平下降;另一方面,低端劳动者可能持续外流到其他地区,降低当地总劳动收入,从需求侧给经济增长带来一定负向作用。由此提出本文的第2个研究假说。

假说2:人工智能通过劳动生产率、就业产业结构及劳动收入分配影响经济增长,且传导机制因地区劳动要素禀赋不同呈现异质性。

三、数据、变量与模型

(一) 实证模型

为探讨各地区人工智能与经济增长的动态关系,本文将基准回归模型设定为:

$$gdp_{it} = \beta_0 + \beta_1 robot_{it} + \beta_2 X_{it} + I_i + T_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, i 和 t 表示地区和年份, gdp_{it} 表示经济增长水平,在引入工业机器人安装密度 $robot_{it}$ 的基础上,纳入包括人口密度、金融发展程度、政府干预、对外开放、信息技术等控制变量(X)。 I_i 、 T_t 、 β_0 、 ε_{it} 分别表示地级市固定效应、年份固定效应、常数项和随机扰动项。

(二) 研究数据

工业机器人安装密度 ($robot_{it}$)。参考 Acemoglu 和 Restrepo (2020) 将行业层面机器人分配到地区层面的做法,研究以 2012—2019 年中国工业分行业工业机器人数量作为基础,对我国各地区每万人安装工业机器人的数量即工业机器人安装密度进行测算,以表征人工智能在工业领域的应用程度。具体公式为: $ER_{ct} = \sum_{s \in S} l_{cs_0} \left((R_{st} - R_{st_0}) / L_{st_0} \right)$ 。^⑤相关数据来源于 IFR《世界机器人报告(2020)》《中国人口

① 本文将服务业分为生产性与生活性服务业两类,参照国家统计局发布的《生产性服务业分类(2015)》,生产性服务业包括:交通运输、仓储和邮政业,信息传输、计算机服务和软件业,金融业,租赁和商务服务业,科学、技术、服务和地质勘探业。

② A. Korinek, J. E. Stiglitz, “Artificial Intelligence, Worker-Replacing Technological Progress and Income Distribution”, *NBER Working Paper*, 2017, No.24174.

③ 杨飞、范从来:《产业智能化是否有利于中国益贫式发展?》,《经济研究》2020年第5期。

④ 余玲铮、魏下海、孙中伟、吴春秀:《工业机器人、工作任务与非常规能力溢价——来自制造业“企业—工人”匹配调查的证据》,《管理世界》2021年第1期。

⑤ ER_{ct} 表示第 t 年 c 地区每万人工业机器人使用量,即工业机器人安装密度。 S 表示制造业, s 代表制造业中某一具体行业。 l_{cs_0} 代表基础年份 t_0 年 c 地区 s 行业的就业人数占整个国家 s 行业就业人数比重,基础年份 t_0 选取机器人应用较少或未使用机器人的年份。 R_{st} 表示第 t 年 s 行业工业机器人使用量, R_{st_0} 表示 t_0 年工业机器人使用量, L_{st_0} 表示 t_0 年 s 行业总就业人数, $l_{cs_0} \left((R_{st} - R_{st_0}) / L_{st_0} \right)$ 表示 c 地区 t 年的 s 行业工业机器人使用密度。最后,将制造业所有行业汇总相加,得到第 t 年 c 地区总体工业机器人使用密度。

普查（2000）》及《中国统计年鉴》。

经济增长水平 (gdp_{it})。在 GDP 总量、^① 人均实际 GDP、^② 实际 GDP 增长率、^③ 等众多衡量经济增长的指标中，人均实际 GDP 考虑了地区人口数量的差异性，更加充分显示一个国家的居民平均收入以及生活水平，是发展经济学领域衡量经济增长的重要指标之一。本文主要核心解释变量每万人中使用的工业机器人数量，同样排除了人口数量的差异性。由此选取以 2000 年为基期的人均实际 GDP 作为本文的核心被解释变量，并在实际研究中采取对数化形式进行处理。相关数据来源于各年度《中国城市统计年鉴》。

控制变量：人口密度 (PD)，人口密度能够反映人口在一定地区的集聚情况，本文采用每平方公里的平均人口数目衡量；金融发展程度 (PS)，采用城乡居民储蓄年末余额表示；政府干预 (GI)，采用政府公共财政支出中扣除并不对经济增长产生直接影响的科研及教育支出后的数值进行衡量；对外开放 (GT)，由于地级市的进出口总额数据并未直接公开，本文利用中国海关数据库，按照经营单位所在地进行加总来获取所需数据；信息技术 (ID)，新一代信息技术已成为我国推动经济增长的重要抓手，参考张英浩等（2022）采用各城市互联网用户数来衡量信息技术的发达程度。^④ 基于各变量数据可获得性，本文选取 2012—2019 年东、中、西及东北部共 260 个城市数据作为研究样本。

四、实证分析

（一）基准回归

首先，考察东部地区人工智能对人均 GDP 的影响，从表 1 第 2 列结果得知，工业机器人安装密度每增加 1%，人均 GDP 将增长 0.223%，结果在 1% 的显著性水平上通过检验。这表明在本文的研究时间范围内，人工智能技术能够显著促进东部地区的经济增长。伴随人口红利逐步消失及劳动力成本不断上涨，东部地区呈现资本密集且劳动要素短缺的要素特征，率先开启了人工智能应用进程。

其次，中部地区解释变量 $robot_{it}$ 的系数同样显著，但影响效果稍弱于东部地区。近年，在“中部大开发”战略的支持下，中部地区逐步贯通基础设施大通道，吸引资金投入和承接产业转移能力不断加强。中部地区发展人工智能与智能制造产业略晚于东部，但凭借政府有效的产业政策及资金支持，已逐步建立起完善的人工智能产业链。当然，总体来看，中部地区的比较优势仍表现为劳动力成本优势，人工智能的促进效果弱于东部地区。

再次，西部地区核心解释变量 $robot_{it}$ 的系数虽然为正，但不显著，表明西部地区“机器换人”对经

表 1 人工智能对各地区经济增长的影响：基准回归

被解释变量	gdp_{it}			
	东部	中部	西部	东北
$robot_{it}$	0.223*** (0.013)	0.097*** (0.034)	0.003 (0.028)	0.041* (0.025)
PD	-1.799*** (0.288)	-0.302*** (0.086)	-0.703*** (0.153)	-1.043*** (0.157)
PS	0.175*** (0.041)	0.460*** (0.102)	0.560*** (0.090)	0.168** (0.073)
GI	-0.101*** (0.025)	-0.089 (0.067)	-0.046 (0.089)	-0.096*** (0.029)
GT	-0.057*** (0.012)	-0.117*** (0.027)	-0.034*** (0.012)	0.011 (0.008)
ID	-0.002 (0.003)	0.031*** (0.006)	0.045*** (0.005)	0.005 (0.005)
面板组数	86	79	61	34
观测值	688	632	488	272
Adj R ²	0.9679	0.9042	0.9038	0.9929

注：括号内表示聚类稳健标准误，*、** 和 *** 分别表示参数估计值在 10%、5%、1% 的显著性水平，常数项未报告。下同。

① 程名望、贾晓佳、仇焕广：《中国经济增长（1978—2015）：灵感还是汗水？》，《经济研究》2019 年第 7 期。

② 张颖熙、夏杰长：《健康预期寿命提高如何促进经济增长？——基于跨国宏观数据的实证研究》，《管理世界》2020 年第 10 期。

③ 李永友：《省以下多样化放权策略与经济增长》，《经济研究》2021 年第 2 期。

④ 张英浩、汪明峰、刘婷婷：《数字经济对中国经济高质量发展的空间效应与影响路径》，《地理研究》2022 年第 7 期。

经济增长并无显著影响。可能原因在于：第一，西部地区工业机器人安装密度较低，并未对工业生产的基础生产方式造成强烈冲击；第二，西部地区整体工业总产值占比相对较低，且“机器换人”应用较高的汽车行业、电子电气行业均占比较低，使得人工智能与其他产业的融合程度相对较低。

最后，东北地区回归系数为 0.041，回归结果通过 10% 的显著性水平检验，表明在东北地区人工智能对经济增长仍然表现为促进机制，但作用效果明显弱于东部、中部，仅分别为东部、中部地区的 18.3% 与 42.2%。东北地区曾经是中国重要的重工业生产基地之一，拥有良好的工业发展基础及工业产业集群，但改革开放以来却逐渐落后，发展人工智能产业并不具备资本要素的比较优势，这影响了人工智能对经济增长的作用效果。

总体来看，人工智能对东部、中部及东北地区的经济增长均呈现促进作用。根据比较优势理论，人工智能对东部地区的正向促进效果最强，其次是中部、东北地区，人工智能对西部地区的经济增长影响不显著，由此验证假说 1。以上结果共同表明人工智能对各地区经济增长存在影响效果的异质性。

(二) 稳健性检验

为确保实证结果的稳健性，本文进行四种稳健性检验。第一，考虑内生性问题，工业机器人安装密度属于测算性指标，潜在测量误差可能导致估计结果产生偏误。模型还可能存在联立性偏误问题，如经济增长越快的地区，工业机器人安装密度可能越高。本文将前沿工业机器人密度冲击 wr_{it} 作为工具变量，^① 使用两阶段最小二乘法 (2SLS) 对基准模型进行重新估计。第二，引入交通基础设施、人均固定资产存量等更多控制变量，排除其他因素对模型结果的干扰。第三，剔除样本中出现频次较少的较高工业机器人安装密度 (即工业机器人安装密度高于 97.5% 分位数)。第四，采用 Bootstrap 法，基于原始样本对其进行有放回抽样。以上结果均表明人工智能对各地区经济增长存在影响效果的异质性，再次验证假说 1。

(三) 传导机制分析

为探讨假说 2 中人工智能对经济增长的劳动力渠道机制的存在性与合理性，本文借鉴 Hayes (2009) 构建如下递归方程对人工智能经济增长影响的传导机制依次进行检验：^②

$$gdp_{it} = \beta_1 robot_{it} + \beta_2 X_{it} + I_i + T_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$M_{it} = \beta_3 robot_{it} + \beta_4 X_{it} + I_i + T_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$gdp_{it} = \beta_5 robot_{it} + \beta_6 M_{it} + \beta_7 X_{it} + I_i + T_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

其中 M_{it} 表示选取中介变量， X_{it} 表示控制变量，选取变量与式 (1) 相同。具体地，劳动生产率效应 (LP) 采用各城市年度的实际 GDP 与年末单位从业人员数的比值衡量；就业产业结构效应分别采用生活性服务业就业人数 (LS) 与生产性服务业就业人数 (PS) 进行衡量；收入分配效应选取在岗职工平均工资 (RW) 衡量。^③

1. 劳动生产率效应。表 2 第 3、4 列结果显示，东部地区人工智能对劳动生产率的回归系数为 0.104，并在 1% 的显著性水平下显著；人工智能通过劳动生产率效应对经济增长影响的回归系数为 0.168，低于基础回归系数 0.179，表明东部地区的“机器换人”通过提高劳动生产率促进经济增长这一传导机制是成立的。中部地区与东北地区的中介分析结果与东部地区类似，均验证了人工智能能够有效提升地区劳动生产率，促进地区经济增长。以人工智能为核心技术的工业机器人相比于一般性劳动力，具有工作剪时间长、安全性高、产品质量提升、监管方便等特点，尤其在劳动力密集、劳动剪强度高、环境特殊的

^① 本文参考 Giuntella and Wang (2019)，利用世界范围内代表机器人技术使用前沿的 9 个欧洲国家或地区工业机器人的平均行业分布水平构造前沿工业机器人密度冲击变量。

^② A. F. Hayes, “Beyond Baron and Kenny: Statistical Mediation Analysis in the New Millennium”, *Communication Monographs*, vol.76, no.4, 2009, pp.408-420.

^③ 西部地区基准回归不显著，因版面原因省略西部地区的传导机制检验分析。

表2 人工智能对各地区经济增长异质性影响的中介效应分析

因变量	基准	劳动生产率效应		就业产业结构效应				劳动收入分配效应	
	gdp_{it}	LP	gdp_{it}	LS	gdp_{it}	PS	gdp_{it}	RW	gdp_{it}
东部地区									
$robot_{it}$	0.179*** (0.018)	0.104*** (0.103)	0.168*** (0.019)	0.055*** (0.014)	0.162*** (0.017)	0.035** (0.015)	0.173*** (0.018)	0.086*** (0.020)	0.152*** (0.017)
LP			0.107* (0.067)						
LS					0.300*** (0.046)				
PS							0.143*** (0.043)		
RW									0.317*** (0.031)
中部地区									
$robot_{it}$	0.140*** (0.018)	0.164*** (0.012)	0.037** (0.019)	0.136*** (0.013)	0.082*** (0.018)	0.104*** (0.014)	0.134*** (0.019)	-0.212*** (0.019)	0.202*** (0.018)
LP			0.623*** (0.054)						
LS					0.425*** (0.052)				
PS							0.059 (0.053)		
RW									0.295*** (0.035)
东北地区									
$robot_{it}$	0.132*** (0.020)	0.093*** (0.021)	0.055*** (0.002)	-0.067*** (0.142)	0.135** (0.021)	-0.075*** (0.017)	0.159*** (0.020)	-0.097*** (0.027)	0.146*** (0.021)
LP			0.830*** (0.005)						
LS					0.045 (0.092)				
PS							0.315*** (0.074)		
RW									0.114** (0.048)

行业，人工智能的生产率提升作用更为显著。2019年新冠疫情暴发以来，资本逐利及避险的本能驱使企业家加快进行智能化改造升级，这不仅有效降低了人工成本，也降低了外界危机对企业的突发性冲击。尤其在劳动力短缺及资源有限的背景下，人工智能有利于推动产业向智能化、高端化转变，提升企业劳动生产率，这与我国实行供给侧改革核心目的相一致。

2. 就业产业结构效应。本文将就业产业结构效应分为工业机器人密度对生活性服务业和生产性服务业就业人数的影响。由表2第5、6列回归结果可知，东部及中部地区均支持人工智能通过提高生活性服务业就业人数促进经济增长的渠道机制。原因在于：第一，生活性服务业的就业要求并不像生产性服务业（如金融业）等需要较高的专业技能，可以较好吸收被人工智能所替代的剩余劳动力；第二，人工智能技术的引进促使企业扩大生产规模，可能会吸引更多制造业劳动力，并拉动批发零售、住宿餐饮等生活性服务业增长，创造新的就业，即人工智能对劳动力就业的“创造效应”。与东、中部不同的是，人工智能在东北地区对生活性服务业劳动力的回归系数为-0.067，并在1%的显著性水平下显著。但生活性服务业劳动力对经济增长的回归系数不显著，回归结果并不支持人工智能促进东北地区生活性劳动力就业人数增加，进而促进经济增长。可能原因在于东北地区近年劳动力大量流失，实施“机器换人”只弥补了短缺的劳动力，并未使得更多的劳动力转向服务业就业。从回归结果可知，东部地区人工智能

对生产性劳动力的回归系数在 5% 的水平上显著为正,且人工智能对经济增长的回归系数为 0.173,小于基准回归的 0.179。因此,人工智能通过促进生产性服务业劳动力就业人数增加来促进经济增长的传导机制在东部是成立的。对于中部地区,生产性劳动力对经济增长的回归系数并不显著。与东部、中部均不同的是,人工智能对东北地区生产性服务业的劳动力增长系数在 1% 的显著性水平下为 -0.075。由于人工智能的发展,东北地区生产性服务业劳动力人数反而减少,表明人工智能导致生产性劳动力外流而抑制经济增长。

3. 收入分配效应。从东部地区回归结果可知,工业机器人安装密度对实际平均工资的回归系数为 0.086,并在 1% 的水平显著;人均实际 GDP 回归的系数低于基础回归的 0.179,表明东部地区人工智能通过提升劳动力工资来促进经济增长这一机制是成立的。工资上涨可能存在两个原因:一是随着中西部地区的发展,区域和城乡差距缩小,农民工逐渐从跨省流动向本地就业转变,东部沿海地区频繁出现劳动力短缺现象。人工智能技术的应用在东部更多是对劳动力的补充而非替代,剩余制造业劳动力与生活性服务业劳动力的工资水平得以提升;二是人工智能引致生产性服务业对劳动力需求大幅度增加,进而使工资水平提升。工资收入是消费需求提升的重要来源,只有高工资才能引致高消费,促进内需增加。在中部地区,工业机器人安装密度对实际平均工资的回归系数为 -0.212,并在 1% 的水平显著;对人均实际 GDP 回归的系数为 0.202,高于基础回归的 0.104。结果表明,中部地区人工智能的应用引发劳动力平均工资下降,抑制地区经济增长。可能的原因在于中部地区人工智能导致本地劳动力被替代,造成劳动力供给过剩。虽然部分劳动力被吸引至生活性服务业就业,但被替代的中、低技能劳动力被迫从事低于其技能水平的工作,造成劳动能力与工资水平的不匹配。东北地区的回归结果表明收入分配效应同样表现为“破坏性机制”,人工智能对生产性服务业劳动力形成挤出效应,造成劳动力流失,拉低劳动力平均工资水平。在中国的收入分配结构中,居民的整体收入水平占比依旧偏低。提高居民收入水平是扩大内需的基本策略,政府应进一步完善要素市场化配置体系,使得工资收入与劳动生产率的提高相匹配,并加大二次分配对基本工资收入的调节作用,才能有效防范人工智能对劳动力收入及经济增长可能产生的负向效应。

综上分析表明:第一,在劳动力短缺且资本要素丰裕的东部地区,人工智能通过提升要素生产率、优化劳动力就业产业结构等方式,促使地区向“创新驱动、内需驱动”转型;第二,在劳动力要素较充足的中部地区,人工智能促使劳动生产率提升及劳动力向生活性服务业转移,在一定程度上促进经济增长,但并未实现工资水平的同步提升;第三,在劳动力及资本要素均较短缺的东北地区,人工智能目前仍处于“生产驱动”阶段,对就业产业结构的创造性效应不显著,对经济增长的破坏性作用机制更为明显,工资水平未得到有效提升,未来应注重技术创新与劳动力收入水平调节,尽可能降低人工智能的负向影响。以上结论验证假说 2。

五、启示与建议

结合上述研究发现,本文提出以下建议:第一,正确认知人工智能与区域发展不平衡的关系。人工智能是技术进步和社会发展的必然趋势,但各地区应立足自身比较优势,在人工智能领域因地制宜、因地施策,更好地利用人工智能促进我国各地区经济的均衡发展,实现不同地区劳动密集型、资本密集型与技术密集型产业的合理分工与深度协作,共同打造国内大循环体系。第二,完善劳动力保障机制,改革劳动力和人才社会性流动体制,提高劳动力就业质量。人工智能对劳动力就业存在不可逆转的替代性,由此带来的短期结构性失业、收入差距过大等问题需要政府做好相关社会保障服务。同时,实施更高层次的市场化体制机制建设,促进劳动力在地区间的合理流动。第三,提升教育与科研经费支出,加强劳动力的能力培养。提升社会教育支出,完善职业教育体系,健全就业培训机制,尤其是投资于难以被工业机器人替代的技能专业,促使人工智能与劳动力互补,共同促进我国各地区经济高质量与均衡发展。

责任编辑:张超