

老龄少子化、工业机器人对经济增长的影响研究

刘娟^{1*}, 晏发发¹, 李晓华²

1. 广州理工学院 经济管理学院, 广东 广州 510540

2. 中国社科院中国式现代化研究院, 北京 100006

DOI:10.61369/ASDS.2025100016

摘要：文章探讨老龄少子化、工业机器人对经济增长的影响机制、影响程度，运用2011–2023年30个省份面板数据进行OLS模型实证分析、机制检验和调节效应分析。研究结果表明，老龄少子化将对经济增长产生负向影响，而工业机器人则会带来正向影响。具体而言，总抚养比每增加1%，将对经济增长造成1.189%的负面影响；而工业机器人的数量与应用每增加1%，则将促进经济增长0.027%。因此，从政策层面来看，“育儿补贴”政策、实施弹性延迟退休政策；加大对工业机器人研发与应用的支持，制造业数智化转型等措施，运用“技术红利”替代“人口红利”；引导经济转向制度与技术创新的高质量发展，提升经济增长。

关键词：老龄少子化；老年抚养比；少儿抚养比；工业机器人；经济增长

Research on the Impacting of Aging Population and Low Fertility and Industrial Robots on Economic Growth

Liu Juan^{1*}, Yan Fafa¹, Li Xiaohua²

1.School of Economics and Management,Guangzhou Institute of Science and Technology, Guangzhou, Guangdong 510540

2.Institute of Chinese Modernization on China Academy of Social Sciences, Beijing 100006

Abstract : This article examines the mechanisms and extent of the impacts of an aging population and low birth rates, as well as the role of industrial robots in economic growth. It employs empirical analysis through OLS models, mechanism tests, and moderation effect analyses utilizing panel data from 30 provinces spanning from 2011 to 2023. The findings indicate that both an aging population and low birth rates exert a negative influence on economic growth, whereas industrial robots contribute positively. Specifically, for every 1% increase in the total dependency ratio, economic growth is adversely affected by approximately 1.189%. Conversely, each 1% rise in the input and application of industrial robots correlates with a promotion of economic growth by about 0.027%. From a policy perspective, it is recommended to implement measures such as “childcare subsidies,” flexible retirement policies, enhanced support for research and application of industrial robots, and initiatives aimed at promoting digital transformation within manufacturing sectors. These strategies aim to harness “technological dividends” rather than relying solely on “demographic dividends.” Ultimately, guiding the economy towards high-quality development through institutional reforms and technological innovation will serve to bolster economic growth.

Keywords : low fertility and aging population; elderly dependency rate; child-age dependency rate; industrial robots; economic growth

引言

2024年7月21日《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》(以下简称《决定》)稳妥有序按自愿、弹性原则推进渐进式延迟法定退休年龄改革，使延迟退休政策再次成为人们关注的焦点，《决定》是中国应对人口结构老龄少子化的积极应对之策。2024年9月《国务院关于渐进式延迟法定退休年龄的办法》使延迟退休政策尘埃落定，该政策实施将有效减缓中国老龄化、少子

作者简介：

晏发发，广州理工学院讲师，研究方向：计量经济学；

李晓华，中国社会科学院中国式现代化研究院副院长，研究员，研究方向：新兴产业、未来产业。

通讯作者：刘娟，产业经济学在读学员，广州理工学院讲师，高级经济师，研究方向：产业经济学、金融学，邮箱:gzhrlj@gzist.edu.cn。

化的发展趋势所带来的劳动人口减少问题。老龄少子化包含二层涵义：一层是老龄化即退休人员（65岁以上人口）占总人口比重增加，导致劳动力供给减少；另一层是少子化即青少年（0—14岁）人口占总人口比重下降，与低出生率紧密相关。据中国统计局统计年鉴显示2023年中国老年人口占比上升到15.38%（65岁及以上人口占总人口比重）¹，预计到2035年将超过20%²。2020年后中国将逐步进入重度老龄化社会，中国人口老龄化未来的趋势是在相当长时期内保持高位而不下降。为应对中国从老龄化社会（老龄人口7%占比）过渡到超老龄社会（老龄人口20%占比）的发展趋势，工业机器人技术发展与应用成为积极应对人口老龄化提供的有效解决方案。

1956年美国成立第一家专注工业机器人生产的企业；20世纪70年代，大型工业开始关注机器人领域，人们开始将机器人投入工厂生产中^[1]。工业机器人的应用能否缓解中国老龄少子化造成的劳动力减少？工业机器人技术的应用将对中国经济增长产生怎样的影响？影响程度和影响机制怎样？正是本文研究的问题。

一、文献综述与研究假设

针对中国人口老龄少子化的现象，现有研究方法上多使用问卷调查法、普查法（2020年第七次全国人口普查）及计量统计方

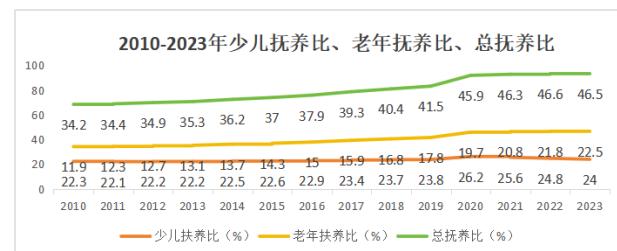
法验证其对宏观经济增长的影响。一方面从中国人口自然增长率数据来看，2016年1月1日中国全面放开二孩政策，2021年5月31日全面放开三孩政策，2010—2023年中国人口自然增长率如表1所示。

时间(年)	表1 2010—2023年中国人口自然增长率												单位：% ‰	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
人口自然增长率(‰)	4.79	6.13	7.43	5.9	6.71	4.93	6.53	5.58	3.78	3.32	1.45	0.34	-0.6	-1.48

资料来源：国家统计局官网，<https://data.stats.gov.cn/>。

从表1数据可以看到在二孩政策放开后2016年人口自然增长率达到6.53‰，随后人口自然增长率呈下降趋势，到2022年，人口自然增长率为-0.6‰负增长态势。翟振武（2023）^[2]认为长期的低生育率，是一种内生性人口负增长。同时认为三孩政策和生育支持政策并不能扭转人口负增长常态化这一事实，人口负增长已成为中国人口发展必然和基本的大趋势。

另一方面从少儿抚养比、老年抚养比与总抚养比数据来看。³



数据来源：国家统计局，见表2

图1 2010—2023年中国少儿抚养比、老年抚养比、总抚养比

表2 2010—2023年中国少儿抚养比、老年抚养比与总抚养比

单位：%

时间(年)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
少儿抚养比(%)	22.3	22.1	22.2	22.2	22.5	22.6	22.9	23.4	23.7	23.8	26.2	25.6	24.8	24
老年抚养比(%)	11.9	12.3	12.7	13.1	13.7	14.3	15.0	15.9	16.8	17.8	19.7	20.8	21.8	22.5
总抚养比(%)	34.2	34.4	34.9	35.3	36.2	37	37.9	39.3	40.4	41.5	45.9	46.3	46.6	46.5

资料来源：国家统计局官网，<https://data.stats.gov.cn/>

从表2和图中可以看出老年抚养比和总抚养比呈逐年上升趋势，少儿抚养比在2020年达到峰值26.2%后呈下降趋势。宋祺（2016）论证老年抚养比与经济增长呈倒U型关系，人口老龄化对经济增长存在先正后负的影响趋势，抚养负担减轻对经济增长贡献率达25.7%；少儿抚养比的作用弱于老年抚养比。

（一）老龄少子化文献综述

少子化⁴是指出生人数正在加速减少，持续的超低生育率、严

重的人口少子化和扩展的老年长寿化趋势，将使劳动力参与率减少。据中国社会科学院预测2020—2030年将年均减少790万人，2030—2050年将年均减少835万人，“人口红利”转向“人口负债”。

老龄少子化将使劳动力减少，从而对经济增长产生影响。一方面，人口老龄化将对储蓄、经济增长产生影响（刘永平，2007；李魁，2010；徐升艳，2011；陈彦斌，2014；宋祺，2016）^[5]，即人口总负担率增加，尤其是老年负担率超过子代扶养

¹ 联合国1956年发布《人口老龄化及其社会经济后果》中明确规定当一个国家65岁的人口占总人口的比例大于7%时，被认为人口老龄化阶段。

² 根据联合国的最新界定，当65岁及以上人口占比超过7%时称为“老龄化社会”（aging society），超过14%时称为老龄社会（aged society），超过20%时称为“超老龄社会”（super-aged society）。

³ 抚养比指总人口中非劳动年龄人口数与劳动年龄人口数之比。常用抚养比指标有老年抚养比、少儿抚养比和总抚养比。

老年抚养比是指65岁及以上老年人口数与15—64岁劳动年龄人口数之比；

即老年抚养比=65岁及以上人口数/15—64岁人口数*100%；

少儿抚养比=0—14岁人口数/15—64岁人口数*100%；

总抚养比=(0—14岁人口数+65岁及以上人口数)/(15—64岁人口数)*100%；

老年人口系数=65岁及以上人口数/总人口数*100%。

⁴ 人口出生率21%以上超多子化；19%-21%严重多子化，17%-19%多子化，15%-17%正常，13%-15%为少子化，11%-13%严重少子化。

率并迅速增加的情况下，原本能够用于生产的资源将用于老年的养老金、医疗金将削弱经济增长。（蔡昉，2004, 2006）推断老龄化程度的加深会降低储蓄资本的积累，从而不利于经济增长。另一方面，人口老龄化将对中国经济增速产生负面影响（黄祖辉，2014；王桂新，2017；陈杰，2020；田成诗，2020；宋佳莹，2022^[9]）。呼倩（2019）发现老龄化程度每提高1%，会导致劳动参与率下降1.2%。与此相反，刘洋（2020）认为人口老龄化会倒逼企业推动科技进步、提高生产率、增加研发投入，促进经济增长。

老龄少子化不但影响劳动参与率同时还会影响储蓄率。一方面，老龄化对居民储蓄率会产生影响(Hayashi, 1986; Loayza, 2000; Boersch, 2000; 贾非, 2018; 张鹏飞, 2019)，老龄化与储蓄率是负相关关系。而Loayza发现老龄化每增加1%，储蓄率就会减少0.57%，老龄化通过抑制储蓄率进而影响经济增长率。老龄化的影响后果体现在：一是适龄劳动力供给不足，社会保障支出增加；二是生产力下降，导致企业生产效率下降；三是社会保障压力加大，医疗保健、养老等社会保障支出随之增加，从而使政府在基础设施、教育、科技领域的资源不足；四是家庭财务状况，家庭养老压力增加，经济负担加大，家庭财务状况不稳定。另一方面，老龄化对政府储蓄率也会产生影响，使政府消费性支出与转让支出增加，(Furceri and Mourougane, 2010)发现老年抚养比每上升1%，会导致政府储蓄率下降，政府总支出占GDP比重上升0.1%–0.4%。

基于上述论证，已有研究发现老龄少子化通过影响劳动力供给、技术创新和储蓄率进而对经济增长产生影响。因此，得出假设 H1：

假设 H1：老龄少子化对经济增长将产生负向影响，主要是影响劳动力供给和储蓄率。

（二）工业机器人文献综述

为应对老龄少子化的发展趋势，机器人分为工业机器人、服务机器人、特种机器人正成为替代劳动力减少的解决方案。2023年《“机器人+”应用行动实施方案》出台，2024年7月发布《工业机器人行业规范条件（2024版）》，运用机器人解决人口老龄少子化给经济增长带来的不利影响。尤其当前正面临人口结构及产业升级的经济转型期。

1. 工业机器人对经济增长的影响路径

工业机器人对经济增长的影响主要包括劳动、资本积累和技术创新，而工业机器人技术的应用有利于推动全要素生产率水平提高，促进科技创新。工业机器人对劳动积极的影响表现在弥补劳动力不足，缓解工资上涨带来的成本提高；对资本积累的正向影响，体现在社会劳动生产率的提高促进技术进步，促进资本积累；工业机器人技术发展能有效缓解老龄化导致的低储蓄率、低投资率问题，提高资本回报率。工业机器人对技术创新与资本积累的影响主要体现在推动技术进步和优化资本配置。在技术创新方面，工业机器人的应用促进企业技术升级和创新活动，推动生产流程的智能化，减少对低技能劳动力的依赖，创造对技能劳动

力的新需求，从而激励企业投资于新技术管理和维护。工业机器人应用提高企业的专利申请数量，尤其是发明专利。在资本积累方面，工业机器人的推广加速资本的深化和技术升级，进一步引导资本向智能制造领域聚集，实现资源高效配置。因此，工业机器人技术对经济增长的影响为正向；而老龄化少子化对经济增长的影响为负向；到底孰轻孰重？王启超（2024）^[9]从机器人安装密度、机器人存量密度与机器人渗透度发现工业机器人渗透度每增加1%，制造业就业增加0.02%。随着工业机器人技术的发展与应用，工业机器人、服务机器人、特种机器人正应用于现代化生产线、服务场景与特定场合的应用场景。

2. 工业机器人对经济增长的研究

工业机器人对经济增长的影响，Hanson(2001)构建外生增长模型发现智能机器初期产生互补效应；随着技术发展和普及，替代效应逐渐占据主导地位；从而提高生产力与生产效率。Ball-estar(2020)发现由机器人操作高于由非机器人操作的销售额在中小型制造企业。工业机器人通过提高生产率、技术创新等方式增加产出水平，促进经济增长（蔡自兴，2016；章潇萌，2022；刘洋，2023；韩永辉，2023^[12-14]）。Seyed M. Hosseini and Guy Lichtinger (2025)^[18]发现工业机器人更倾向于替代初级岗位，传统初级岗位需求减少，对综合能力与创新能力的要求提高。余玲铮（2021）^[27]发现富士康“机器换人”企业雇佣劳动力下降了30%，常规型职业人数持续下降。Acemoglu 和 Restrepo (2018) 基于理论模型发现通过替代效应压缩劳动者工资，通过涟漪效应使其他不完全替代的劳动者工资也跟随下降，加剧工资不平等。程虹等（2018）^[11]利用CEES考察工业机器人对中国劳动力市场的整体替代效应为0.3%，而在2025年前后攀升至4.7%。而肖挺等（2025）^[26]发现工业机器人价格下降，显著促进就业增长，价格每降低1%，企业就业人数增加约0.008%，工业机器人价格下降减少了生产类岗位，但增加技术与销售类岗位。

基于上述论证，得出假设 H2：

假设 H2：工业机器人将对经济增长产生正向影响，主要影响技术创新、资本积累与劳动力。

二、理论基础

（一）经济增长理论

任保平（2014）^{标注5}在《经济增长理论史》将经济增长分为数量和质量增长。西方经济新增长理论中包括罗默模型知识驱动的内生增长；卢卡斯（Lucas,1988）《论经济发展的机制》提出以人力资本的外在效应为核心的增长模式，人力资本的外在效应即劳动力的平均人力资本水平具有递增收益作用，这种递增收益使人力资本成为“增长的发动机”（the Engines of Growth）。社会主义经济增长理论从马克思主义经济增长→卡莱斯基的经济增长→梅多斯的经济增长极限→米香的经济增长代价→巴罗的经济增长

⁵任保平等著，经济增长理论史 [M]，科学出版社，2014.6。

质量→苏联卡马耶夫的经济增长质量认为推动经济增长的因素分为直接因素和间接因素；直接因素是社会全体劳动者的劳动力、生产基金、生产工艺等，而生产基金、生产工艺等的完善取决于科学技术革命；而劳动力资源、普通教育和专业教育制度、人口增长过程、科学的研究等则是经济增长的间接因素。世界银行《增长的质量》(Thomas et al.,2001)认为评估增长质量的指标体系包括人类发展、收入增长和环境可持续性⁵。

经济增长与人口的研究最早可追溯到马尔萨斯1798年出版的《人口原理》中论述当人口增长不受限制时，人口以几何级数增加。1936年，凯恩斯在《就业、利息和货币通论》一书中认为失业的原因是有效需求不足，即投资依赖于人口增长率。因此，人口增长率下降会导致有效需求不足，产生失业；要摆脱萧条，实现充分就业，一定要有人口的增长。汉森 (A.H.Hansen) 提出人口增长的减退会导致外延扩张的减退，除非实现内含扩张（通过技术进步兴建新产业，从而促进资本的需求）。刘建华 (2020)^{标注6}则运用共协理论认为经济增长与科技进步、人力资本素质提高、劳动力增长、制度创新等因素有关⁶；认为经济增长在经济发展不同的阶段人口数量增长对经济增长的贡献率也不一样；并预测2020–2035年人力资本的贡献率为12%，劳动力增长对经济增长的贡献率为1%，科技进步的贡献率达到34%等。

从上述学者的研究可知经济增长离不开劳动力、资本、技术进步、制度、创新、全要素生产率等。蔡昉 (2021)^[3]认为中国老龄化将对社会总需求产生不利影响，特别是总量效应、结构效应和分配效应对消费需求的抑制。

(二) 技术革命与补偿理论

技术革命与补偿理论 (Technological Revolutions and Compensation Theory)

技术革命与补偿理论源于古典经济学，并由后来的经济学家 (Keynesian 和 Schumpeterian 学派) 不断发展，用于解释技术进步、就业和经济结构之间的关系。老龄少子化使机器人成为低端劳动力的替代者，机器人技术反作用于社会。该理论认为，技术进步在短期内会摧毁某些工作岗位（技术性失业），但长期会通过一系列“补偿机制”创造出新的工作岗位，从而抵消失业的影响。老龄少子化视为触发新一轮“技术补偿”的外部压力。补偿机制通过资本替代劳动 (Capital–Labor Substitution)，企业和政府有极强的动力投资能“替代人力”的技术，工业机器人成为劳动力短缺的解决方案，机器人承担重复性、体力性和危险性的工作，弥补劳动力数量的不足，通过技术创新来补偿劳动力短缺，提升经济产出水平，提高生产率。

基于技术革命与补偿理论，再根据柯布–道格拉斯生产函数，如下所示：

柯布–道格拉斯生产函数

$$Q=aK^bL^c \quad (1)$$

其中 Q 表示产量，K 表示资本投入，L 表示劳动投入，而 a、

b 和 c 是常数。资本和劳动力的指数 b 和 c 分别表示资本和劳动力对产量的弹性，即当资本或劳动力投入变化1% 时，产量变化的百分比。因此，产量 Q 与劳动力投入 L、资本投入 K 有着紧密的关系。

文章将劳动力定义：劳动力 L=L1少子化人口 (0–14岁人口)+L2老龄化人口 (65岁以上人口)+L3工作人口 (15–64岁)。产量即可通过技术进步或提高投入要素的产出效率实现，也可通过增加资本投入和劳动力 L3 实现。本文中的工业机器人的生产与使用增加工作人口 L3 的数量，即 L 增加导致产量 Q 增加，即带来经济增长。在人口老龄少子化与工业机器人技术迭代发展背景下，基于经济增长理论、技术革命与补偿理论及柯布道格拉斯生产函数方程。一方面，人口老龄少子化导致适龄劳动力数量 L3 下降、技术创新活力下降、储蓄率降低，影响经济增长；另一方面，工业机器人提高生产率、促进资本积累、促进技术创新和劳动力的补偿效应推动经济高质量发展。

三、研究设计

(一) 样本选取及数据来源

样本数据中工业机器人的度量方法用工业机器人各省产量度量，文章用中国30个省份（不包括西藏）2011–2023年的省级面板数据中工业机器人数量，建立工业机器人、老年抚养比、少儿抚养比、总抚养比对经济增长的影响回归模型，并按照工业机器人区域异质性分析，检验工业机器人对经济增长影响的作用机制。

(二) 研究变量选择与数据来源

省级面板数据有助于解决反向因果、内生性和自我选择偏差等问题，省级面板数据兼有时间序列与截面序列数据特征，为提高回归的准确性和推断的有效性，通过控制个体与时间固定效应。

数据来源

数据来源包括国家统计局的统计年鉴、各省的统计年鉴以及中经数据网等，个别缺失数据用插值法补齐。

变量选取

1. 被解释变量：经济增长 (LnGDP)，衡量方法分为两类：一类从经济增长数量维度，使用 GDP、GDP 增长率、人均 GDP 和劳动生产率衡量；另一类从经济增长质量维度，构建经济增长质量评估体系。本文使用 LnGDP 衡量各省经济增长；用各省人均 GDP(LnPGDP) 作为替换变量进行稳健性检验。

2. 核心解释变量：

(1) 工业机器人 (IR)，现有研究方法采用主成分分析法构建指标^[6]，或工业机器人数量、库存量、工业智能化资本、工业智能化程度^[14]。本文采用工业机器人数量做为解释变量。

(2) 少儿抚养比 (CDR)，抽样0–14岁人口 / 抽样总人口，即 L1。

⁶ 刘建华等著，经济增长的国际比较：共协理论方法（第二版）[M]，科学出版社，2020.6

(3) 老年扶养比 (EDR), 抽样65岁以上人口 / 抽样总人口, 即 L2。

(4) 总扶养比 (TDR), 少儿抚养比 + 老年抚养比, 即 L1+L2。

3. 控制变量: 文献梳理发现学界对影响经济增长因素包括技术、劳动力、资本和全要素生产率等。文章选取劳动力参与人数 (LnLab)、储蓄率 (PerSaving)、人力资本水平 (HC)、外商直接投资额 (LnFDI)、基础设施建设 (PerRoad) 等作为控制变量。

(1) 储蓄率水平 (PerSaving), 通常储蓄率高的地区可提供更多投资资金, 有助增加科技创新等投资项目, 储蓄率水平反映好, 吸引人才、劳动力就愈有优势, 用人均公路长度衡量。

(6) 区域异质性分析 Region, 分为东部1, 中部2, 西部3。

(7) 地区工业化水平 IndustryLevel, 地区工业增加值 / 地区生产总值。

(8) Open 开放水平, 区域经营单位所在地进出口总额 / 区域 GDP。

变量定义、名称及符号如下表所示。

表3 变量名称、符号及含义

变量名称	符号	定义与计算	预期符号
各省经济增长	LnGDP (Y)	各省 GDP 值取对数	正向
各省人均经济增长	LnPGDP (Y1)	各省 GDP 总值 / 各省常住人口取对数	正向
工业机器人	LnIR(X2)	工业机器人数量取对数	正向
工业机器人	LnLIR (X1)	使用人工智能企业的单位数 (个) 取对数	正向
少儿抚养比	LnCDR _{it} (X3)	抽样0-14岁人口 / 抽样总人口取对数, 即 L1	负向
老年抚养比	LnEDR _{it} (X4)	抽样65岁人口 / 抽样总人口取对数, 即 L2	负向
总扶养比	LnTDR _{it} (X5)	(少儿抚养比 + 老年抚养比) 取对数, 即 L1+L2	负向
储蓄率	PerSaving(X6)	人均存款 / 人均可支配收入	正向
劳动力参与数	LnLab(X7)	14-64岁劳动力人口取对数, 即 L3	正向
人力资本水平	HC(X8)	平均受教育年限 = $\frac{\text{文盲数} * 1 + \text{小学学历数} * 6 + \text{初中学历数} * 9 + \text{高中中专学历数} * 12 + \text{大专本科学历人数} * 16}{6\text{岁以上人口总数}}$	正向
外商直接投资	LnFDI(X9)	外商直接投资额取对数	正向
基础设施水平	PerRoad(X10)	人均公路长度	正向
老龄化率	LnAgeLV(X17)	抽样65岁以上人口 / 抽样常住人口取对数	负向
资本存量	LnCA(Y2)	本期资本存量 = 上期资本存量 * (1 - 10.96%) + 本期固定资产形成总额取对数, 10.96% 为折旧率	正向
区域异质性分析	Region (X11)	东部1、中部2、西部3	—
劳动生产率	LnLP (X12)	各省 GDP / 就业人员总数取对数	正向
工业化水平	LnIndus- tryLevel(X13)	地区工业增加值 / 地区生产总值取对数	正向
技术市场	LnTechnology(X14)	技术市场成交额取对数	正向
开放水平	Open(X15)	区域经营单位所在地进出口总额 / 区域 GDP	正向

资料来源: 作者整理

文章以中国30个省份 (西藏和港澳台除外) 2011-2023年13年省级面板数据为研究对象。对相关变量数值进行描述性统计, 如下表所示。

表4 变量描述性统计

变量名称 Variable	观测值 Obs	平均数 Mean	标准差 Std. Dev	最小值 Min	最大值 Max
y	390	9.899527	.9102604	7.222858	11.818
x2	390	.3687079	1.584822	0	11.248
x3	390	-1.87181	.2911523	-2.60369	-1.184171
x4	390	-1.508673	.290434	-2.312635	-1.010601
x5	390	-.9591424	.1998497	-1.645065	-.567396
x6	390	1.424151	1.209217	0	15.62267
x7	390	17.09186	.7256781	15.23344	18.33435
x8	390	9.421502	.8948988	7.679434	12.70088

x9	390	11.49376	1.461035	7.947679	14.82642
x10	390	1.408359	1.21379	.07	5.87
x11	390	1.9	.8317294	1	3
x12	390	4.320591	.4889549	2.27138	5.624065
x13	390	.3355618	.1563016	.1001437	3.001684
x14	390	14.30878	1.902577	8.642263	18.2625
x15	390	.3002142	.3243119	.0079136	2.306849

资料来源: stata 统计

(三) 研究模型

基准回归模型如下:

$$\text{LnGDP}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{IR}_{i,t} + \beta_2 \text{Xt}_{i,t} + \beta_3 \text{X}_{i,t} + \gamma_t + U_i + \varepsilon_{i,t} \quad (2)$$

$\text{LnGDP}_{i,t}$ 表示各省 GDP 水平, $\text{IR}_{i,t}$ 表示各省工业机器人, $\text{Xt}_{i,t}$ 表示各省老年抚养比、少儿抚养比和总抚养比, $\text{X}_{i,t}$ 表示各控制变量, i 为省份, t 为年份, $\beta_i=0 \sim 5$ 是参数。 γ_t 、 U_i 分别表示时间固定效应、个体固定效应, $\varepsilon_{i,t}$ 表示随机干扰项, 变量取对数以消除异方差现象。

豪斯曼检验结果显示 P 值小于 0.05, chi2 为 31.65 说明固定效应模型优于随机效应模型与混合模型。

多重共线性检验

首先检验多重共线性问题, 单个解释变量的方差膨胀因子 (VIF) 最大为 5.54, 模型整体的方差膨胀因子为 2.62, 均明显小于 10, 说明解释变量之间没有明显的多重共线性问题。

四、实证结果分析

(一) 变量之间的相关性分析

实证检验结果表明, 工业机器人有利于经济增长, 具有正向影响。总抚养比对经济增长有明显的负向影响, 控制变量中储蓄

率、劳动力参与人数、人力资本等都对经济增长有正向影响。

观察核心解释变量的显著性、符号, 对核心解释变量进行回归, 发现被解释变量经济增长与核心解释变量工业机器人是正相关关系, 从而验证文章基准回归结论的稳健性。

通过相关性分析发现相关系数均小于 0.8 表明变量之间不存在多重共线问题。为更大程度体现工业机器人与经济增长的关系, 对数据进一步进行精准处理, 用东、中、西部三个地区验证影响程度。

表5 工业机器人东、中、西部情况

Summary for variables: LnIR by categories of: x11				
x11	mean (均值)	sd 标准差	p50 中位数	N 样本数
1	2.742183	4.326458	0	156
2	1.371029	3.177658	0	117
3	.498671	1.866129	0	117
Total	1.657783	3.522553	0	390

资料来源: stata 整理

为掌握工业机器人在地区之间的差异性, 用东、中、西部三个地区进行统计, 从数值大小可以得出东部地区值高于中部, 中部高于西部地区。即工业机器人数量与应用东部最高、中部次之、西部较少。

表6 基准回归: 老龄少子化、工业机器人与经济增长

解释变量	模型 (1) OLS1	模型 (2) OLS	模型 (3) FE	模型 (4) RE	模型 (5) PCSE	模型 (6) GLS
LnIR(x2)		0.027*** (2.938)	-0.002 (-0.252)	0.005 (0.672)	0.027*** (3.739)	0.027** (2.976)
EDR(x3)	0.503*** (2.388)	0.783*** (3.413)	1.319*** (5.063)	1.153*** (5.002)	0.783*** (4.055)	0.783*** (3.458)
CDR(x4)	0.740*** (2.641)	1.160*** (3.718)	0.620* (1.820)	0.979*** (3.482)	1.160*** (4.622)	1.160*** (3.766)
TDR(X5)	-0.765 (-1.607)	-1.484*** (-2.794)	-1.189** (-2.049)	-1.448*** (-2.994)	-1.484*** (-3.337)	-1.484** (-2.830)
LnPerSaving(x6)	0.030*** (2.865)	0.033*** (3.175)	0.016* (1.844)	0.019** (2.149)	0.033*** (3.149)	0.033*** (3.217)
Lnlab(x7)	0.721*** (29.060)	0.718*** (29.227)	1.282*** (5.015)	0.773*** (14.800)	0.718*** (34.159)	0.718*** (29.609)
HC(x8)	0.179*** (8.044)	0.176*** (7.979)	0.202*** (4.495)	0.234*** (6.912)	0.176*** (8.094)	0.176*** (8.083)
InFDI(x9)	0.235*** (13.733)	0.224*** (12.840)	0.078*** (3.675)	0.106*** (5.303)	0.224*** (11.114)	0.224*** (13.008)
Per Road(x10)	0.049*** (3.088)	0.059*** (3.673)	0.077** (2.141)	0.100*** (3.739)	0.059*** (5.072)	0.059*** (3.721)
Constant	-5.600*** (-8.686)	-4.955*** (-7.338)	-12.691*** (-2.838)	-4.669*** (-4.136)	-4.955*** (-8.186)	-4.955*** (-7.434)
Observations	390.000	390.000	390.000	390.000	390.000	390.000
Number of provinces	30	30	30	30	30	30
Adjusted R-squared	0.941	0.942	0.779			
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是

注: ***、**、* 分别表示 1%、5% 和 10% 的显著水平, 括号内为 t 值, 以下同。

资料来源: stata 整理

基准回归表6中第1列表示不考虑工业机器人的回归结果, 第2列表示考虑工业机器人的回归结果, 第3列是固定效应, 第4

列是随机效应, 第5列、第6例分别是消除异方差、自相关、截面数据三大问题后的结果, 系数相同 t 值不同。从上表6中数据来看截距均为负值, 总抚养比 x5 系数一直为负, 表明老龄少子化总抚养比对经济增长带来负向影响, 验证前文的假说1。表6中第3列固定效应模型表明老年抚养比每增长 1%, 会给经济增长带

来 -1.189% 的负增长，工业机器人除固定效应模型外均给经济增长带来正向影响。劳动力 x7 每增长 1% 会带来经济增长 1.282% 的增长。

稳健性检验

用人工智能企业的单位数 LnLIR 替换工业机器人 (LnIR)，用经济增长的人均 GDP (LnPGDP) 替换 LnGDP 验证回归模型的稳健性，替换相关变量再进行基准回归。稳健性检验的回归结果如下表 7 所示，模型 (1) 基准回归。模型 (2) 替换变量为 LnLIR 的回归结果，模型 (3) 综合考虑，发现最终结果表明工业机器人促进中国的经济增长，证明该基准回归模型的稳健性。

表 7 稳健性检验

解释变量	模型 (1) LnGDP	模型 (2) LnPGDP	模型 (3) LnPGDP
LnLIR(x1)		0.0126 (1.29)	0.00277 (0.49)
LnIR(x2)	0.0267*** (2.94)		
CDR(x3)	0.783*** (3.41)	1.391*** (5.68)	1.260*** (5.65)
EDR(x4)	1.160*** (3.72)	1.639*** (4.92)	1.446*** (4.87)
TDR(x5)	-1.484*** (-2.79)	-2.618*** (-4.62)	-2.294*** (-4.54)
PerSaving(x6)	0.0328** (3.18)	-0.0114 (-1.03)	-0.0131 (-1.19)
LnLab(x7)	0.718*** (29.23)	-0.329*** (-12.55)	-0.327*** (-12.36)
HC(x8)	0.176*** (7.98)	0.167*** (7.07)	0.168*** (7.11)
LnFDI(x9)	0.224*** (12.84)	0.217*** (11.70)	0.222*** (12.25)
Per Road(x10)	0.0590*** (3.67)	0.0532** (3.11)	0.0480** (2.85)
_cons	-4.955*** (-7.34)	14.99*** (20.80)	14.66*** (21.43)
N	390	390	390

资料来源：stata 整理

内生性检验

可采用滞后一期的工业机器人指标 (L.LnIR) 为核心解释变量重新进行回归，解决互为因果的内生性问题，由于当期 GDP 水平对滞后一期工业机器人水平没有影响，如果滞后一期工业机器人指标 L.LnIR 仍对当期的经济增长有解释能力，说明滞后一期的核心解释变量可以代表原核心解释变量，内生性问题可能不存在。

检验结果如表 8 所示，模型 (1) 为基准回归模型，模型 (2) 为将核心解释变量滞后一期的回归模型。结果表明工业机器人的滞后期指标仍影响中国的经济增长，验证上述回归分析不存在内生性问题。

表 8 内生性检验

解释变量	模型 (1) LnGDP	模型 (2) LnPGDP
lnIR(x2)	0.0126(1.29)	
L.LnIR(L.x2)		0.0194(1.87)
CDR(x3)	1.391*** (5.68)	1.421*** (5.54)
EDR(x4)	1.639*** (4.92)	1.689*** (4.97)
TDR(X5)	-2.618***(-4.62)	-2.713***(-4.63)
PerSaving(x6)	-0.0114 (-1.03)	-0.0173 (-1.54)

InLab(x7)	-0.329*** (-12.55)	-0.317***(-11.65)
HC(x8)	0.167*** (7.07)	0.168*** (6.92)
LnFDI(x9)	0.217*** (11.70)	0.207*** (10.66)
PerRoad(x10)	0.0532** (3.11)	0.0571** (3.25)
Constant	14.99*** (20.80)	14.94*** (20.23)
Observations	390	360
Number of province	30	30
Adjusted R-squared	0.9432	0.7632
个体固定效应	是	是
年份固定效应	是	是

资料来源：stata 整理

(二) 机制检验

工业机器人通过影响劳动、资本和技术创新要素促进经济增长的机制分析。一方面，总抚养比 x5 即老龄少子化影响劳动、资本和技术创新导致经济增长负向影响。被解释变量劳动生产率 (LP)、资本存量 (CA)、技术创新 (Innov) 用各地区专利申请数量表示；工业机器人对劳动生产率、资本积累、技术创新的影响，工业机器人为核心解释变量。

除前文中提到的控制变量外，地区的开放水平 x15、技术市场活跃度 x14、工业化水平 x13 也会对工业机器人产生影响。

通过计量模型验证三条影响路径是否存在？影响机制分析如下：

$$\text{LnLP}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{IR}_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \gamma_t + U_i + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$\text{LnCA}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{IR}_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \gamma_t + U_i + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$\text{LnInnov}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{IR}_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \gamma_t + U_i + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

如表 9 所示机制检验回归模型估计结果，结果表明，工业机器人提高劳动生产率，促进当地的技术创新水平，验证二条机制分析，而资本存量由于工业机器人正处高投入研发期与成长期，因此对资本存量效应并不明显。

表 9 机制检验回归模型估计结果

解释变量	模型 (1) LnLP 劳动生产率 (x12)	模型 (2) LnCA 资本存量 (y2)	模型 (3) LnInnov 技术创 新(y3)
LnIR(x2)	0.0267* (2.94)	-0.00645 (-0.55)	0.0310 (1.51)
CDR (x3)	0.783*** (3.41)	0.612* (2.05)	3.337*** (6.45)
EDR(x4)	1.160*** (3.72)	0.382 (0.94)	3.965*** (5.64)
TDR(x5)	-1.484*** (-2.79)	-0.617 (-0.89)	-6.734*** (-5.62)
PerSav- ing(x6)	0.0328** (3.18)	0.0381** (2.84)	0.0472* (2.03)
LnLab(x7)	-0.282*** (-11.46)	0.498*** (15.58)	0.569*** (10.26)
HC(x8)	0.176*** (7.98)	0.0895** (3.12)	0.180*** (3.61)
LnFDI(x9)	0.224*** (12.84)	0.174*** (7.70)	0.502*** (12.78)
Per Road(x10)	0.0590*** (3.67)	0.0877*** (4.20)	0.0909* (2.51)
Constant	6.558*** (9.71)	0.240 (0.27)	-0.709 (-0.47)
Observations	390	390	390

Number of province	30	30	30
Adjusted R-squared	0.7793	0.8635	0.8761
个体固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是

资料来源： stata 整理

从数据数值来看总抚养比对技术创新的负向影响最大，总抚养比每增长1%，会给技术创新带来 -6.734% 的影响。总抚养比增长会给三者带来负向影响，从程度上来看技术创新 > 劳动生产率 > 资本存量。

(三) 人口规模异质性检验

老龄少子化、工业机器人对经济增长的影响实证分析

采用交乘项 (LnIR*Aging) 验证老龄少子化、工业机器人对经济增长带来的影响。检验工业机器人能否缓解老龄少子化对经济增长带来的影响，对模型进行稳健性检验和人口规模异质性分析。

模型构建指标选取与数据说明

引入老龄少子化，验证老龄少子化对经济增长带来的影响，交乘项工业机器人与老龄少子化纳入模型，进一步验证模型，得到调节效应回归模型公式。

表10 老龄少子化、工业机器人的调节效应回归模型估计结果

解释变量	模型 (1) LnGDP	模型 (2) LnGDP	模型 (3) LnGDP	模型 (4) LnGDP	模型 (5) LnPGDP	模型 (6) LnPGDP
LnIR*Aing(x16)		-0.0581 (-1.23)			-0.000853 (-0.14)	
LnAgelv(X17)			0.179** (3.17)	0.161** (2.81)		0.319*** (5.33)
LnIR(x2)		-0.0698 (-1.02)		0.0152 (1.78)		-0.00776 (-0.87)
Aging (EDRx3)	0.503* (2.39)	0.200*** (3.90)				
CDR(X4)	0.740** (2.64)					
TDR(X5)	-0.765 (-1.61)					
PerSaving(x6)	0.0297** (2.86)	0.0495*** (4.72)	0.0504*** (4.90)	0.0538*** (5.16)	0.0139 (1.26)	0.00376 (0.35)
Lnlab(x7)	0.721*** (29.06)	0.732*** (29.58)	0.726*** (29.19)	0.730*** (29.29)	-0.296*** (-10.96)	-0.299*** (-11.48)
HC (x8)	0.179*** (8.04)	0.108*** (5.43)	0.103*** (5.20)	0.0998*** (5.03)	0.121*** (5.65)	0.124*** (5.97)
LnFDI(x9)	0.235*** (13.73)	0.229*** (12.56)	0.243*** (13.55)	0.237*** (13.04)	0.269*** (14.57)	0.233*** (12.25)
PerRoad(x10)	0.0489*** (3.09)	0.0480** (2.92)	0.0416* (2.53)	0.0455** (2.74)	0.0247 (1.39)	0.0343* (1.98)
Constant	-5.600*** (-8.69)	-6.024*** (-13.02)	-6.004*** (-12.35)	-6.046*** (-12.46)	11.70*** (24.63)	12.85*** (25.34)
Observations	390	390	390	390	390	390
Number of province	30	30	30	30	30	30
Adjusted R-squared	0.9409	0.9362	0.9348	0.9351	0.7428	0.760
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是

资料来源： stata 整理

模型1是方程6的回归结果，模型2是方程7的回归结果，模型3和模型4是替换老龄化率 lnAgelv 方程6、7的回归结果；模型5和模型6是替换 LnGDP 为人均 GDP 后运行方程6、7的回归结果。从调节效应的结果来看 x16 交互项为负值，说明工业机器人与老龄化率为替代关系，表明随着老龄化率的增加会对工业机器人与经济增长产生影响，调节变量工业机器人技术会减弱这种负向影响。验证了前文假说 H1 和假说 H2。

$$\text{LnGDP}_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \text{Aging}_{i,t} + \beta_2 X_{i,t} + \gamma_t + U_i + \varepsilon_{i,t} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{LnGDP}_{i,t} = & \beta_0 + \beta_1 \text{Aging}_{i,t} + \beta_2 \text{IR}_{i,t} + \beta_3 \text{IR} * \text{Aging}_{i,t} + \beta_4 X_{i,t} + \gamma_t \\ & + U_i + \varepsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (7)$$

被解释变量是 $\text{LnGDP}_{i,t}$ ，表示 i 省 t 年 GDP 对数；老龄少子化衡量常见有两种，一种是利用老年人口抚养比衡量即 65 岁及以上人口数与 15–64 岁人口数的比值即 $L2/L3$ ；另一种是老龄化率，即 65 岁及以上人口数 / 总人口数量，即 $L2/(L1+L2+L3)$ 。使用各省老年抚养比 Aging(EDRx5) 衡量各省人口老龄化水平，用老龄化率 (Agelv) 作为替换变量检验稳健性。IR*Aging 表示工业机器人和老龄化的交互项， $X_{i,t}$ 是一系列控制变量， β_0 是常数项，其他符号字母同表3。

调节效应基准回归结果分析

表10模型 (1) 表明总抚养比每增长1%，对经济增长有 -0.765% 的影响。在模型 (2) 中，将人口老龄少子化与工业机器人同时加入模型，发现老龄少子化对经济有显著的负向影响。在模型 (3) 中引入老龄化率，模型 (4) 引入工业机器人与老龄化率，模型 (5) 引入老龄化率与工业机器人的交互项，且用人均 GDP 替换 GDP，模型 (6) 分析工业机器人、老龄少子化对人均经济增长的调节效应。

表10 老龄少子化、工业机器人的调节效应回归模型估计结果

解释变量	模型 (1) LnGDP	模型 (2) LnGDP	模型 (3) LnGDP	模型 (4) LnGDP	模型 (5) LnPGDP	模型 (6) LnPGDP
LnIR*Aing(x16)		-0.0581 (-1.23)			-0.000853 (-0.14)	
LnAgelv(X17)			0.179** (3.17)	0.161** (2.81)		0.319*** (5.33)
LnIR(x2)		-0.0698 (-1.02)		0.0152 (1.78)		-0.00776 (-0.87)
Aging (EDRx3)	0.503* (2.39)	0.200*** (3.90)				
CDR(X4)	0.740** (2.64)					
TDR(X5)	-0.765 (-1.61)					
PerSaving(x6)	0.0297** (2.86)	0.0495*** (4.72)	0.0504*** (4.90)	0.0538*** (5.16)	0.0139 (1.26)	0.00376 (0.35)
Lnlab(x7)	0.721*** (29.06)	0.732*** (29.58)	0.726*** (29.19)	0.730*** (29.29)	-0.296*** (-10.96)	-0.299*** (-11.48)
HC (x8)	0.179*** (8.04)	0.108*** (5.43)	0.103*** (5.20)	0.0998*** (5.03)	0.121*** (5.65)	0.124*** (5.97)
LnFDI(x9)	0.235*** (13.73)	0.229*** (12.56)	0.243*** (13.55)	0.237*** (13.04)	0.269*** (14.57)	0.233*** (12.25)
PerRoad(x10)	0.0489*** (3.09)	0.0480** (2.92)	0.0416* (2.53)	0.0455** (2.74)	0.0247 (1.39)	0.0343* (1.98)
Constant	-5.600*** (-8.69)	-6.024*** (-13.02)	-6.004*** (-12.35)	-6.046*** (-12.46)	11.70*** (24.63)	12.85*** (25.34)
Observations	390	390	390	390	390	390
Number of province	30	30	30	30	30	30
Adjusted R-squared	0.9409	0.9362	0.9348	0.9351	0.7428	0.760
个体固定效应	是	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是	是

稳健性检验

替换变量

表11模型 (1) 用人均 GDP(LnPGDP) 代替原被解释变量 GDP(LnGDP) 进行稳健性检验。模型 (2) 用人口老龄化率 (LnAgelv) 来替换原解释变量老年抚养比 (Aging,EDR) 进行稳健性检验。调节效应中，模型 (3) 用人均 GDP(LnPGDP) 代替原被解释变量 GDP(LnGDP) 进行稳健性检验。模型 (4) 用老年人口占比 Agelv 替换原来的解释变量。稳健性检验结果如下表所示。在

工业机器人的交互作用下，人口老龄化对经济增长的回归系数为0.392，在1%的水平下显著，同时交互项在1%的水平下显著为

负，通过检验，说明工业机器人可以有效减弱老龄少子化对于经济增长的负向影响。

表11 稳健性检验的回归估计结果

解释变量	模型(1) lnPGDP	模型(2) lnGDP	模型(3) lnPGDP	模型(4) lnGDP
LnAgeLv(x17)	0.191***(3.55)	0.308***(5.28)	0.257***(4.65)	0.392***(6.56)
IR*Aging(x16)			-0.164*** (-4.17)	-0.196***(-4.62)
LnIR(x2)			0.221***(4.26)	0.257***(4.59)
PerSaving(x6)	0.0210***(7.69)	0.00506(1.71)	0.0230***(8.41)	0.00787***(2.67)
LnLab(x7)	0.712***(29.95)	-0.298***(-11.60)	0.707***(29.64)	-0.313***(-12.16)
HC(x8)	0.114***(6.02)	0.124***(6.04)	0.113***(6.10)	0.124***(6.19)
LnFDI(x9)	0.238***(13.85)	0.230***(12.36)	0.234***(13.77)	0.229***(12.52)
Per Road(x10)	0.0307(1.93)	0.0311(1.82)	0.0130(0.81)	0.0161(0.92)
Constant	-5.857*** (-12.66)	12.82***(25.61)	-5.565***(-12.00)	13.26***(26.52)
Observations	390	390	390	390
Number of province	30	30	30	30
Adjusted R-squared	0.9399	0.7618	0.9425	0.7733
个体固定效应	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是

资料来源：stata 整理

内生性检验

互为因果会产生内生性问题，用滞后一期对核心解释变量进行回归。当期的 GDP 对滞后一期的老龄化率、总抚养比、工业机器人没有任何影响，因而运用老龄化率、总抚养比指标的一阶滞后期 (L.Aging) 以及工业机器人指标的一阶滞后项 (L.IR) 替代原变量再次回归。若滞后一期指标仍对当期经济增长水平有负向影响，则说明内生性问题不存在。该模型的内生性检验回归结果如表12所示，结果表明老龄化率的滞后期指标 (L.AgeLv) 以及交互项 (L.LnIR*Aging) 仍影响中国经济增长水平，验证在上述回归分析中不存在内生性问题。

表12 内生性检验回归结果

解释变量	模型(1) lnGDP	模型(2) lnGDP
L.LnIR(x2)		-0.0528 (-0.58)
L.LnIR*Aging(x16)		-0.0496 (-0.82)
L.AgeLv(x17)	0.151* (2.46)	0.138*(2.20)
PerSaving(x6)	0.0421*** (3.92)	0.0451***(4.16)
LnLab(x7)	0.729*** (27.69)	0.736*** (27.90)
HC(x8)	0.102*** (4.93)	0.0990*** (4.78)
LnFDI(x9)	0.242*** (12.79)	0.232*** (12.05)
Per Road(x10)	0.0428* (2.49)	0.0485** (2.81)
Constant	-6.081*** (-11.79)	-6.108*** (-11.88)
Observations	360	360
Number of province	30	30
Adjusted R-squared	0.9322	0.9329

资料来源：stata 整理

综上所述，根据经济增长理论与技术革命与补偿理论，30个省份2011年至2023年面板数据通过线性回归方程验证老龄少子化的加剧通过影响劳动力供给、技术创新、资本积累、劳动生产率

等机制给经济增长带来负向冲击。为应对此问题，随着工业机器人与服务机器人的研发与应用，通过工业机器人的调节效应减缓老龄少子化对劳动力人口和技术创新对经济增长所产生的影响。

五、研究结论

据麦肯锡预测，到2030年，全球约15% 劳动力（4亿人）可能面临岗位调整。中国经济在经历四十年的改革开放高速发展，资源与要素禀赋受到自然资源的限制，在人口老龄少子化背景下，挖掘国内现有劳动潜力，提升劳动技能和优化资源配置来应对结构性矛盾；积极发展“工业机器人”并从政策上鼓励育龄妇女结婚、生育有效缓解老龄少子化带来的问题，实现中国经济从数量增长转向质量与数量的双轮驱动发展提升。从人口规模向人口素质的提升；驱动中国制造业向数智化转型、高质量发展、集约发展。因此得出结论：

（1）中国工业机器人通过内生性问题、稳健性检验、机制分析与调节效应，即工业机器人应用通过线性回归模型验证有利于经济增长。

（2）工业机器人有效削弱老龄少子化对经济增长的负向影响。工业机器人通过提高劳动生产率，削弱老龄少子化导致的劳动生产率降低的影响；弥补老龄化导致储蓄率降低；因此，工业机器人的调节效应具有明显的区域异质性，东部地区强于中部，中部强于西部。

（3）国家针对老龄少子化推出一系列措施。首先，2025年7月28日，国家出台“育儿补贴”政策，每年可领取3600元补贴，直至年满3周岁。“育儿补贴”政策有利于构建生育友好型制度

环境。其次，“渐进式延迟法定退休年龄”政策是缓解中国劳动力数量下降趋势的有效手段。最后，工业机器人技术不断迭代升级，如人形机器人、协作机器人、具身智能体等，向制造业、服务业、特种行业等应用场景不断渗透。长期来看，建立生育警戒

线，防止资本与劳动力断崖式下降，推广工业机器人技术赋能制造业数智化转型升级，提升工作效率，成为驱动智能经济、数字经济成长的新引擎。

参考文献

- [1] 清华大学经济管理学院中国保险与风险管理研究中心等. 中国居民的退休准备状况—基于《2022中国居民退休准备指数调研报告》的发现 [J]. 保险理论与实践, 2023, (03):14-39.
- [2] 翟振武, 金光照. 中国人口负增长: 特征、挑战与应对 [J]. 《人口研究》2023, (02) : 11-20.
- [3] 董克用 王振振 张栋. 中国人口老龄化与养老体系建设 [J]. 体制改革, 2020, (05) : 78-88
- [4] 董克用 孙博 张栋. 中国养老金发展现状、挑战与趋势研判 [J]. 养老金融蓝皮书 :001-018
- [5] 穆光宗. 银发中国：从全面二孩到成功老龄化 [M]. 中国民主法制出版社, 2016:308-315,
- [6] 李彦浩. 老龄化背景下人工智能对经济增长的影响研究 [D]. 四川大学, 2023.
- [7] 李竞博, 姜全保. 人口规模、人口老龄化与经济增长 [J]. 人口学刊, 2023, (258) : 55-66
- [8] 蔡昉. 如何加强国内大循环的内生动力 [J]. 理论学刊, 2023, (02) : 5—12
- [9] 王启超 张雨欣. 机器人兴起对制造业就业的影响, 辽宁大学学报(哲学社会科学版), 2024,(9):66-79.
- [10] 程虹等. 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 (09) : 1-21.
- [11] 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, (07) : 47—63.
- [12] 刘洋, 韩永辉, 王贤彬. 工业智能化兼顾促进增长和保民生吗? [J]. 数量经济技术经济研究, 2023, (06) : 69—90.
- [13] 韩永辉, 刘洋, 王贤彬. 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 [J]. 学术研究, 2023, (02) : 97—104.
- [14] 韩永辉, 刘洋. 少子老龄化、工业智能化与宏观经济波动—基于内生经济增长理论的 DSGE 模型分析 [J]. 管理世界, 2024, (01) : 20—61.
- [15] Roberto Biloslavo etc., Artificial intelligence and strategic planning process within VUCA environments:a research agenda and guidelines[J]. Management Decision, 2024,(06):25-51.
- [16] Morteza Ghobakhloo etc., Generative artificial intelligence in manufacturing:opportunities for actualizing Industry 5.0 sustainability goals[J].Journal Manufacturing Technology Management, Vol.35 No.92024 :94-121.
- [17] Jinqi Ye etc., al Is the demographic dividend diminishing in China?Evidence from population aging and economic growth during 1990–2015[J]. Rev Dev Econ, 2021, (25):2255-2274.
- [18] Seyed M. Hosseini and Guy Lichtinger. Generative AI as Seniority-Biased Technological Change: Evidence from U.S. Résumé and Job Posting Data[J].SSRN, 2025,(10):1-26.
- [19] 周广肃, 李力行等. 智能化对中国劳动力市场的影响——基于就业广度和强度的分析 [J]. 金融研究, 2021, (06) :39-58.
- [20] 朱琪, 陈臻等. 老龄化背景下人工智能对人工成本的影响: 来自中国31个省份的证据 [J]. 华南师范大学学报, 2022, (02) :142-158.
- [21] 芦婷婷, 祝志勇. 人工智能、人口结构转型与劳动收入份额变化 [J]. 广东财经大学学报, 2022, (04):4-17
- [22] 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证据 [J]. 中国人口科学, 2018, NO.6, pp:30-42.
- [23] 林晨, 陈小亮, 陈伟泽, 陈彦斌. 人工智能、经济增长与居民消费改善: 资本结构优化的视角 [J]. 中国工业经济, 2020, (02) : 61—79.
- [24] 潘珊, 李剑培, 顾乃华. 人工智能、产业融合与产业结构转型升级 [J]. 中国工业经济, 2025, (02) : 23—41.
- [25] 梁泳梅 董敏杰, 中国人口变化趋势及经济潜在增长率——兼论延迟退休的影响 [J]. 北京联合大学学报 (人文社会科学版).2024, (11):1-15.
- [26] 肖挺, 陈周永, 何小钢.《工业机器人价格变化的就业效应——基于宏微观的经验证据》[J]., 《管理世界》, 2025, (11):28-42.
- [27] 余玲铮, 魏下海, 孙中伟等.《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》[J].《管理世界》, 2021, (01):47-59.