

人口老龄化、机器人应用与企业价值链升级

连慧君¹ 傅圣杰²

(1.首都经济贸易大学经济学院,北京 100070;2.北京大学现代农学院,北京 100871)

摘 要:在全球人口结构深刻变迁和智能制造加速发展的背景下,机器人应用能否有效应对人口老龄化对企业价值链升级的挑战,是一个亟待探讨的重要议题。基于中国微观企业数据和 IFR 工业机器人数据,实证探究了人口老龄化、机器人应用与企业价值链升级间的关系。研究发现:人口老龄化会抑制企业价值链升级。其中,企业的研发创新效应和进口中间投入效应是主要作用机制;机器人应用未能有效缓解人口老龄化对企业价值链升级的负面影响,反而强化了这种负面冲击;异质性分析显示,机器人应用在劳动密集型企业 and 低老龄化地区加剧了人口老龄化对企业价值链升级的负面影响,但在高老龄化地区则有缓解作用;拓展性研究发现,机器人应用能够提升企业出口产品质量,缓解人口老龄化对企业出口规模及出口扩展边际的负面影响。

关键词:人口老龄化;工业机器人;企业价值链升级;研发创新;进口中间投入

基金项目:北京市教育委员会科研计划项目“人口老龄化对北京就业结构的影响及优化路径研究”(SM202310038006)。

[中图分类号] F752

[文章编号] 1673-0186(2025)002-0036-018

[文献标识码] A

[DOI 编码] 10.19631/j.cnki.css.2025.002.003

人口老龄化是社会发展的必然趋势,也是中国迈向高质量发展阶段的基本国情。据国家统计局数据显示,在 2000—2023 年期间,中国 65 岁及以上老年人口占比已从 7.0% 骤升至 15.40%^[1]。按照国际通行标准,中国已正式步入深度老龄化社会。人口老龄化对经济社会发展会产生较大压力和严峻挑战。近年来,为了应对人口老龄化引致的各类问题,政府出台了一系列政策和指导意见。2020 年,党的十九届五中全会首次将积极应对人口老龄化上升为国家战略^[2]。2021 年,国务院印发《关于加强新时代老龄工作的意见》指出,有效应对我国人口老龄化,事关国家发展全局、百姓福祉、社会和谐稳定^[3]。2022 年,党的二十大报告提出要实施积极应对人口老龄化国家战略^[4]。2024 年,《国务院关于渐进式延迟法定退休年龄的办法》决定自 2025 年 1 月 1 日起,开始实施渐进式延迟法定退休年龄^[5]。

人口老龄化引致的各类经济效应早已成为学界广泛关注的焦点。已有研究主要考察了人

作者简介:连慧君,首都经济贸易大学经济学院讲师,经济学博士,硕士生导师,研究方向:国际贸易;傅圣杰,北京大学现代农学院博士研究生,研究方向:国际贸易。

口老龄化对经济增长、储蓄率、产业结构、技术创新与出口增长^[6-13]等的影响,其中,不少研究发现人口老龄化对经济社会发展会产生负面效应。然而,关于人口老龄化对企业价值链升级影响的研究仍较为缺乏。随着全球价值链分工体系的形成,一国产品的生产早已不再局限于由本国独立完成,而是通过国际分工依据各国比较优势进行生产和组装,因而企业价值链升级反映了企业在全价值链分工体系中的获利能力。若企业获利能力下降则不利于企业价值链升级;反之则说明企业在价值链分工中地位升级。基于此,引申出本文主要关注的问题:人口老龄化是否对企业价值链升级产生负面影响?如果是这样,企业应采用何种策略来应对?

近年来,随着人工智能以及智能制造的飞速发展,工业机器人已深度融入世界各国的生产经营过程中,极大地提高了各国的生产能力和国际竞争力。尤其是对于中国而言,在人工智能和机器人应用方面已较为普及,据国际机器人联合会(IFR)发布《2022 世界机器人报告》显示,中国已是全球工业机器人应用的第一大市场。但与此同时,机器人应用也受到很多争议:一方面,机器人应用会产生就业替代效应,减少就业岗位^[14];另一方面,机器人应用有利于解决人口老龄化引致的有效劳动力供给不足问题。此外,有研究表明,人口老龄化是企业采用更多机器人和自动化技术的重要原因,人工智能会通过替代劳动力、提高资本回报率和全要素生产率缓解老龄化对经济增长的负面冲击^[15-16]。基于此,本文进一步探讨的问题是:机器人应用是否能够缓解人口老龄化引致的负面影响,进而促进企业价值链升级?

不同于已有研究,本文的边际贡献是:首先,本文系统探讨人口老龄化、机器人应用与企业价值链升级间的关系,为机器人技术在应对人口老龄化挑战中的作用提供新的实证证据,进一步丰富了相关文献。相较于已有研究侧重宏观层面的影响,本研究基于企业层面展开分析,更具微观洞察力。其次,本文从企业研发创新和中间品进口投入的双重视角,深入剖析人口老龄化对企业价值链升级的影响机制,并进一步揭示机器人应用在这一过程中所发挥的调节作用,不仅深化了对机器人应用如何调节人口老龄化负面效应的理解,而且拓展了现有理论框架。最后,本文不仅关注人口老龄化与机器人应用对企业价值链升级的影响,而且考察其对企业出口产品质量、出口规模及出口二元边际的影响,有助于更全面地揭示机器人应用在应对人口老龄化问题中发挥的作用,为政府制定积极应对人口老龄化战略、推动工业机器人产业高质量发展、促进企业价值链升级等政策提供有益的启示。

一、相关文献综述

与本研究密切相关的文献主要有三类。第一类是关于人口老龄化对特定经济因素影响的相关研究。该类文献已相对丰富,其主要研究视角可归纳为:一是人口老龄化与经济增长。多数研究表明,人口老龄化对经济增长具有负面影响,其中,抑制劳动力市场规模扩张和减缓全要素生产率增长是人口老龄化抑制经济增长的重要原因^[6];但是也有研究认为,人口老龄化会通

过激励人力资本投资、延长预期寿命和倒逼企业技术创新促进经济增长^[17-18]。二是人口老龄化与储蓄率。部分研究发现老年人口占比上升会降低储蓄率和投资率^[19]；但也有研究发现，预期寿命延长会导致年轻人出于养老预防心理增加当期储蓄^[8]，同时老年人会出于赠予子女财产的打算而节约支出，增加储蓄^[20]。三是人口老龄化与产业升级。部分研究发现人口老龄化引致劳动力供给减少、劳动生产率降低和政府财政压力增加对产业结构升级会产生不利影响^[9-10]；但也有研究认为，人口老龄化会通过促进企业人力资本积累、倒逼企业研发创新、促进老龄消费产业发展推动产业结构升级^[21]。四是人口老龄化与技术创新。部分研究发现人口老龄化会通过削弱人力资本存量而显著抑制技术创新，同时人口老龄化会通过劳动力成本上升挤压创新资金、削弱老龄员工主观创新活力等渠道抑制技术创新^[11-12]；但也有研究认为，人口老龄化也能够倒逼劳动力质量提升、要素结构优化、自动化技术应用从而促进技术创新^[12]。

第二类是关于机器人应用对特定经济因素影响的相关研究。这类研究主要聚焦于人工智能或机器人应用对劳动力市场的影响，其影响主要包含三种效应，即替代效应、生产率效应和岗位创造效应。其中，替代效应是指当机器人要素价格低于劳动力要素价格时，企业将采用机器人替代部分可自动化岗位的劳动力^[22]；生产率效应是指机器人应用可以提高生产效率和扩大企业生产规模，企业生产规模扩大有利于带动更多劳动力需求^[23-24]；岗位创造效应是指机器人应用能够创造技术人才的就业岗位以及劳动力具有比较优势的新岗位^[22]。此外，还有部分研究聚焦于人工智能或机器人对企业绩效的影响。克罗曼(Kromann)等的研究发现，自动化程度提高有利于促进国家生产率提升8%~22%^[25]。格雷茨和迈克尔斯(Graetz & Michaels)的研究发现，机器人应用有利于促进劳动生产率和全要素生产率提升^[23]。刘斌和潘彤的研究发现，人工智能有利于促进企业或国家全球价值链嵌入^[26]。

第三类是关于影响企业价值链升级的相关研究。现有研究主要采用企业出口国内附加值率作为衡量价值链升级的核心指标，并围绕多种经济因素对其影响展开探讨。相关研究主要从外商直接投资、人民币汇率贬值、市场分割、要素市场扭曲、贸易自由化、税收激励、国内大市场与人工智能^[27-33]等视角考察对企业价值链升级的影响，但是从人口老龄化和机器人应用视角考察的文献还相对较少。

综上所述，现有文献针对人口老龄化或机器人应用对特定经济因素的影响已经展开了较为丰富的研究，为本文提供了重要参考。但是，鲜有研究将人口老龄化与机器人应用纳入同一分析框架进行分析，尤其是考察人口老龄化与机器人应用对企业价值链升级影响的文献更是少之又少。已有研究更加侧重于考察机器人应用对就业的影响，而较少关注机器人在应对人口老龄化方面的作用。基于此，本文重点探讨了人口老龄化、机器人应用与企业价值链升级三者间的关系，并分析了其中潜在的作用机制。

二、理论分析与研究假说

本部分重点从企业研发创新效应和进口中间投入效应两个视角梳理人口老龄化与机器人

应用对企业价值链升级影响的作用机制。

(一) 研发创新效应

理论上,人口老龄化可能通过企业研发创新效应进而影响企业价值链升级。一方面,人口老龄化会导致劳动力供给减少、劳动力成本增加,进而倒逼企业为节约劳动力成本而更积极地加大研发投入,通过创新提升生产效率,降低生产成本。此外,预期寿命延长是人口老龄化的成因之一,预期寿命延长会激励人们加大教育投资,提高企业中年轻员工的受教育年限,增强企业人力资本水平,进而有利于促进企业研发创新^[34]。另一方面,人口老龄化也可能会抑制企业的研发创新。由于人口老龄化会提高企业的劳动力成本和养老成本,因而会挤占部分研发资金。并且老龄劳动力可能由于认知能力和体能下降而导致难以接受或者不愿接受新知识和新技能,加之老龄劳动力的剩余工作时间较短,企业往往不会重视老龄劳动力的技能培训,这会抑制老龄劳动力的人力资本积累,不利于企业研发创新^[11-12]。

企业的研发创新能力可能会进一步影响企业价值链升级。一方面,企业整体创新能力提升可能有助于国内中间品生产商提升工业中间投入品的产品质量,生产出相比于国外质量更好、性价比更高的中间投入品,吸引国内企业增加国内自主研发设计的中间投入品使用量,从而促进企业价值链升级。另一方面,企业创新能力提升也可能不利于企业价值链升级。其原因是:第一,尽管中国的创新水平总体提升了,但企业的创新质量并未得到大幅度提升,大量企业为获得政府的创新补贴而进行低质量、重复的创新^[35],这可能导致企业创新并不会对企业价值链升级产生有利影响。第二,当企业创新能力提高时,其生产率也会相应得到提升,这将有利于企业扩大生产规模和降低边际生产成本。由于高生产率企业有利于克服企业在外贸交易中搜集信息与建立联系的沉没成本,因而高生产率企业更容易从国际市场进口更多高质量中间投入品^[29],从而有利于提升其产品竞争力,扩大出口。也就是说,企业由创新引致生产率提高,会促使企业进口更多高质量中间投入品从而不利于企业价值链升级。

机器人应用在一定程度上能够替代劳动力^[22],其自动化技术的应用有助于帮助企业维持生产效率,缓解人口老龄化引发的有效劳动力供给不足问题,使企业能够在劳动力供给受限的情况下保持生产的稳定性。因此,机器人应用可能有助于平抑人口老龄化对企业价值链升级的影响。然而,机器人应用还能够提升企业的生产效率,降低生产成本,并优化生产流程。这种成本节约效应将增强企业的盈利能力,使其具备更强的资源配置能力,从而能够增加研发投入,推动新技术和新产品的开发。因此,人口老龄化引发的机器人应用增长可能会进一步强化企业的研发创新效应,不仅能够促进技术升级和产品迭代,而且通过加速智能制造的发展,进而推动企业在全球价值链中的分工地位提升。基于上述分析,本文提出:

假说 1:人口老龄化会通过影响企业研发创新进而影响企业价值链升级,且机器人应用在其中能够发挥重要的调节效应。

(二) 进口中间投入效应

人口老龄化也可能促使企业使用更多进口中间投入从而抑制企业价值链升级。一方面,人

口老龄化会使得国内劳动力有效供给减少和劳动参与率降低^[36],增加企业的劳动力成本,进而可能抬高国内中间品生产商的产品价格,导致下游企业更多选择进口中间投入。另一方面,人口老龄化会通过减少经常账户余额、增加老龄消费需求、引致国际资本流入等渠道促进人民币升值^[37],人民币升值有利于促进企业购买更多进口中间投入。此外,劳动力的稀缺会使劳动力成本上升,使得劳动要素的边际收益下降,从而会激励企业使用资本等其他要素替代劳动要素^[38],由于进口资本品和中间品一般技术含量更高,会大幅度提高企业的生产效率,因而当劳动要素相对价格上升时,企业可能偏向于扩大进口中间投入从而替代劳动力。企业使用的进口中间投入增加会不利于企业价值链升级。

机器人应用对企业进口中间投入也具有重要的调节作用。一方面,机器人应用能够缓解人口老龄化引致的劳动力成本上升压力,并且能够促使企业生产效率提高^[25],企业生产效率提升有助于企业突破进口固定成本,增加进口中间投入使用量,从而强化人口老龄化的进口中间投入效应。另一方面,由于中国企业使用的机器人绝大部分来自进口^[24],属于进口资本品,因此,人口老龄化程度加深,会倒逼企业更积极应用机器人,进一步强化人口老龄化的进口中间投入效应。基于上述分析,本文提出:

假说 2: 人口老龄化会促使企业增加进口中间投入使用进而抑制企业价值链升级,且机器人应用在其中能够发挥重要的调节效应。

三、实证研究设计

实证研究设计包括计量模型设定、变量设定和数据说明三个部分。

(一) 计量模型设定

1. 基准回归模型

为了研究人口老龄化与机器人应用对企业价值链升级的影响,本文构建如下计量模型:

$$DVAR_{it} = \beta_0 + \beta_1 old_{pt} + \sum \gamma control_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$$DVAR_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 old_{pt} + \alpha_2 lnrob_{jt} + \alpha_3 old_{pt} \times lnrob_{jt} + \sum \gamma control_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中,公式(1)用于研究人口老龄化对企业价值链升级的影响,公式(2)用于研究机器人应用的调节效应。下标 i 、 j 、 p 、 t 分别表示企业、行业、省份、年份。 $DVAR_{it}$ 表示第 t 年企业 i 的出口国内附加值率,用于表征企业价值链升级, old_{pt} 表示第 t 年省份 p 的人口老龄化程度, $lnrob_{jt}$ 表示第 t 年 j 行业工业机器人应用水平, $old_{pt} \times lnrob_{jt}$ 表示人口老龄化与机器人应用的交互项, $\sum control_{it}$ 表示其他控制变量的集合。 δ_i 表示企业固定效应, δ_t 表示年份固定效应, ε_{it} 表示误差项。

2. 中介效应模型

为了检验人口老龄化与机器人应用对企业价值链升级影响的作用机制,本文构建如下中介效应检验模型:

$$M_{it}=b_0+b_1old_{pt}+\sum \gamma control_{it}+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

$$DVAR_{it}=c_0+c_1old_{pt}+c_2M_{it}+\sum \gamma control_{it}+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$DVAR_{it}=d_0+d_1old_{pt}+d_2M_{it}+d_3lnrob_{jt}+d_4lnrob_{jt}\times M_{it}+\sum \gamma control_{it}+\delta_i+\delta_t+\varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中,公式(3)用于检验人口老龄化对机制变量的影响,公式(4)用于检验人口老龄化是否通过机制变量影响了企业价值链升级,公式(5)用于检验机器人应用如何调节人口老龄化对企业价值链升级影响的作用机制。 M_{it} 表示第 t 年企业 i 的中介变量,其他指标与公式(1)和公式(2)相同。

(二)变量设定

上述模型中涉及的各项变量的具体说明如下:

1.因变量

本文的因变量是企业价值链升级,采用企业出口国内附加值率($DVAR_{it}$)衡量。若 $DVAR$ 增加,意味着企业价值链升级;若 $DVAR$ 下降,则不利于企业价值链升级。借鉴张杰等的做法^[39],本文采用公式(6)进行测算:

$$DVAR_{it}=\begin{cases} 1-\frac{im_{it}^{adj-o}|bec+im_{it}^f+im_{it}^k}{y_{it}} & s=o \\ 1-\frac{im_{it}^{adj-p}|bec+im_{it}^f+im_{it}^k}{y_{it}} & s=p \\ \omega_o(1-\frac{im_{it}^{adj-o}|bec+im_{it}^f+im_{it}^k}{y_{it}})+\omega_p(1-\frac{im_{it}^{adj-p}|bec+im_{it}^f+im_{it}^k}{y_{it}}) & s=m \end{cases} \quad (6)$$

其中, s 为企业类型变量,其取值可以表示为: $s \in \{o, p, m\}$, $s=o$ 代表一般贸易企业, $s=p$ 代表加工贸易企业, $s=m$ 代表混合贸易企业。 im_{it}^{adj-s} 为对进口中间品进行调整后的实际中间品进口额,即排除了贸易中间商的影响。 im_{it}^f 为国内中间投入中含有的进口元素,按如下公式计算: $im_{it}^f=\rho(intermediate_{it}-im_{it}^{adj-s})$, $intermediate$ 为中间投入总额, ρ 取值为5%,为国内中间投入中含有的进口元素份额。 im_{it}^k 表示进口资本品折旧,按如下公式计算: $im_{it}^k=\varphi im_{it}^{capital}|_{bec}$, φ 取值为10.95%,为资本折旧率, $im_{it}^{capital}$ 为进口资本品额。此外,本文还剔除了过度进口与过度出口的样本。企业价值链升级指标的原始值介于0~1之间,为了避免估计系数太小,本文对该指标乘以100,即实际指标区间介于0~100之间。

2.核心自变量

一是人口老龄化(old_{pt})。采用老年人口抚养比衡量,即65岁及以上人口占15~64岁劳动人口的比重。二是工业机器人($lnrob_{jt}$)。采用行业层面的工业机器人安装量作为机器人应用的代理变量,在回归模型中进行加1取对数处理。三是人口老龄化与工业机器人的交互项($old_{pt}\times lnrob_{jt}$)。

3.机制变量

一是企业创新能力($lninnova_{it}$)。采用企业发明专利申请量衡量,并进行加1取对数处理。二

是企业进口中间品投入 ($\ln med_strc_{it}$)。采用企业进口中间投入品金额与国内中间投入品金额的比值衡量,并进行加 1 取对数处理。

4. 其他控制变量

本文选取的控制变量如下:一是企业年龄 ($\ln age_{it}$),采用当年年份和企业成立年份的差值衡量,并对其加 1 取对数;二是企业规模 ($\ln scale_{it}$),采用企业固定资产的对数值衡量;三是资本密集度 ($\ln k_{it}$),采用企业固定资产总值与员工人数比值的对数衡量;四是行业集聚化水平 ($\ln hhi_{jt}$),采用赫芬达尔指数衡量;五是企业进口贸易额 ($\ln import_{it}$),采用企业进口额的对数衡量;六是所有制虚拟变量,包括国有企业 ($state_{it}$)、民营企业 ($private_{it}$)、港澳台企业 (HMT_{it}) 和外资企业 ($foreign_{it}$)。

(三) 数据说明

本文的数据主要来自中国工业企业数据库、中国海关数据库、国际机器人联合会、《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》,样本研究期限为 2000—2013 年^①。其中,人口老龄化数据来自历年《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》,为省级层面数据。工业机器人数据来自国际机器人联合会 (IFR),为行业层面数据。企业层面的数据来自工业企业数据库和海关数据库。另外需要说明的是,本文将 IFR 中的行业与 2002 年版 2 位码国民经济行业进行了对应,最终选取了 14 个 IFR 行业^②与 30 个制造业细分行业进行对应。考虑到 2009—2010 年的工业企业数据质量较差,因此剔除了这两年的样本观察值。

四、实证结果及分析

实证结果及分析包括基准估计、内生性处理、稳健性检验和影响机制检验等内容。

(一) 基准估计

表 1 是基准估计结果。其中,列 (1) 的估计结果显示,人口老龄化系数显著为负,说明人口老龄化显著抑制了企业价值链升级。其原因可能是,一方面,人口老龄化会倒逼企业进行研发创新,提高了企业的生产技术和生产率,引致企业更有能力进口更多高质量国外中间投入。尽管中国的创新水平总体提升了,但企业的创新质量并未得到大幅度提升,大量企业为获得政府的创新补贴而进行低质量、重复的创新,从而不利于企业价值链升级。另一方面,人口老龄化会

^①需要说明的是,目前能够获取最新年份的中国工业企业数据为 2015 年,但是由于 2014 年、2015 年中国工业企业数据库中未提供工业中间投入额指标,致使无法计算相应年份的企业价值链升级指标。因此,受数据不可得的客观事实影响,本文未能使用最新年份的样本进行研究,这使得本文的研究结论存在一定局限性。但是,在中国人口老龄化日益严峻、工业机器人应用加速发展的背景下,作为经验研究,本文的研究对当前政府制定应对人口老龄化、推动工业机器人产业高质量发展、促进企业价值链升级等政策仍然具有重要参考价值。

^②IFR 行业分别是食品和饮料业 (10~12)、纺织业 (13~15)、木材和家具业 (16)、造纸及印刷制品业 (17~18)、化学制品业 (19~21)、橡胶和塑料业 (22)、玻璃、陶瓷、石材、矿产品业 (23)、基本金属业 (24)、金属制品业 (25)、汽车业 (29)、其他交通业 (30)、其他制造业 (91)、电子和电气设备制造业 (26~27)、通用及专用设备制造业 (28)。

致使企业劳动力成本增加,提高国内中间品生产商的成本,此时,国外进口中间投入品的性价比会提高,因此下游企业会更偏向于扩大进口中间投入,从而会抑制企业价值链升级。

表 1 基准回归结果

	(1)	(2)	(3)
<i>old</i>	-0.120 2*** (-7.83)	-0.121 1*** (-7.85)	-0.035 9* (-1.69)
<i>lnrob</i>		-0.043 3** (-2.56)	0.319 9*** (5.41)
<i>old×lnrob</i>			-0.028 0*** (-7.43)
<i>lnage</i>	0.612 0*** (8.50)	0.605 6*** (8.30)	0.607 8*** (8.33)
<i>lnscale</i>	-0.433 5*** (-6.90)	-0.427 5*** (-6.68)	-0.417 7*** (-6.59)
<i>lnkl</i>	-0.044 7 (-1.01)	-0.048 9 (-1.10)	-0.052 7 (-1.19)
<i>lnhhi</i>	-1.104 1 (-0.38)	-2.121 8 (-0.71)	-1.559 8 (-0.52)
<i>lnimport</i>	-0.350 0*** (-60.19)	-0.349 9*** (-60.40)	-0.350 1*** (-60.54)
<i>state</i>	1.832 1*** (7.34)	1.826 7*** (7.33)	1.840 3*** (7.38)
<i>private</i>	-0.667 7*** (-11.15)	-0.668 9*** (-11.17)	-0.650 7*** (-10.85)
<i>HMT</i>	-0.377 4** (-2.55)	-0.378 9** (-2.56)	-0.375 3** (-2.54)
<i>foreign</i>	0.035 0 (0.24)	0.036 5 (0.25)	0.040 4 (0.28)
企业效应	是	是	是
年份效应	是	是	是
<i>cons</i>	95.415 0*** (230.28)	95.546 1*** (236.04)	94.318 6*** (228.58)
观测值	397 821	397 821	397 821
<i>R</i> ²	0.777 3	0.777 3	0.777 3

注:括号内数值为系数的t统计量;*、**、***分别表示在10%、5%、1%统计水平上显著;回归结果均使用了聚类稳健标准误。下表同

为了进一步考察机器人应用能否缓解人口老龄化对企业价值链升级的负面影响,本文在列(2)中引入工业机器人变量。结果显示,人口老龄化变量依然显著为负,且机器人应用也同样会抑制企业价值链升级。其原因可能是,一方面国内大多数企业应用的工业机器人均为进口机器人,因而应用进口工业机器人进行生产活动会抑制企业价值链升级。另一方面工业机器人应用有助于提高企业生产效率、扩大企业生产规模,这可能会激励企业引进更多高质量的进口投

入品,从而不利于企业价值链升级。在列(3)中,本文进一步引入人口老龄化与工业机器人的交互项。结果显示,人口老龄化指标依然显著为负,且交互项的系数同样显著为负,说明随着机器人应用的水平提升,人口老龄化对企业价值链升级的负面影响会进一步加强。其原因可能是,人口老龄化会增加企业的劳动力成本,企业为了节约成本,会加大机器人应用。一方面,机器人应用有利于促进企业创新,这会强化人口老龄化通过研发创新对企业价值链升级的负面影响。另一方面,由于中国企业所使用的机器人很大比例来自进口,机器人应用水平提高本身具有扩大进口的性质,并且机器人应用能够提高企业生产效率,促使企业更容易突破进口固定成本,进而扩大进口中间投入使用,因此由人口老龄化引致机器人应用增加会导致进口中间投入增加,强化进口中间投入效应,从而不利于企业价值链升级。

(二)内生性处理

考虑到本文的核心因变量人口老龄化与工业机器人分别是地区和行业层面的变量,而企业价值链升级指标为企业层面的变量,因而不太可能存在因反向因果关系而导致的内生性问题。但是,由于可能存在遗漏变量或测量误差等问题,因此模型设定仍可能具有内生性问题。为了解决潜在的内生性问题,本文借鉴已有文献做法,构建工具变量,并采用2SLS方法重新对计量模型进行了估计。具体做法是:第一,本文采用早期人口出生率(1969—1982年)作为人口老龄化(2000—2013年)的工具变量。该工具变量的合理性在于,1982年之前,受“养儿防老”等思潮影响,彼时的人口出生率较高,这使得人口老龄化进程延长,满足了相关性要求;另外,早期人口出生率并不会直接影响30多年后的企业价值链升级,因而满足外生性要求。第二,本文采用美国同行业工业机器人安装量作为中国工业机器人应用的工具变量。该工具变量的合理性在于,美国的工业机器人应用和中国发展趋势类似,且美国工业机器人应用并不会对中国企业价值链升级产生直接影响,因而满足工具变量相关性和外生性要求。表2列(1)是内生性处理的估计结果。估计结果显示,第一阶段估计得到的F统计量大于经验值10,且Kleibergen-Paap rk LM统计量和Kleibergen-Paap rk Wald F统计量的结果显示,本文选取的工具变量是有效的。由此表明,在进行内生性处理后,本文的结论依然成立。

(三)稳健性检验

1.改变样本研究期限

受数据限制,本文在测算2008年及之后的企业价值链升值指标时,采用了估算的工业中间投入进行计算,可能会产生测量误差。为确保估计结果的稳健性,本文将样本研究期限变更为2000—2007年重新进行回归。表2列(2)的估计结果显示,在更换样本研究期限后,本文在基准估计中得到的结论依然成立。

2.更换因变量

在前文中,本文计算企业价值链升级指标时,将国内中间投入包含的进口元素比例设定为5%,为了确保估计结果的稳健性,本文再次将该比例设定为10%,重新计算企业价值链升级指

标并进行稳健性检验。表 2 列(3)的估计结果显示,采用新测算的因变量后,本文在基准估计中得到的结果依然成立。

表 2 内生性处理与稳健性检验估计结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
<i>old</i>	-0.314 0*** (-6.36)	-0.303 4*** (-12.19)	-0.039 6** (-2.37)	-0.073 9*** (-4.43)
<i>lnrob</i>	0.659 0*** (2.70)	0.246 8*** (3.44)	0.338 4*** (8.52)	
<i>old×lnrob</i>	-0.061 7*** (-3.70)	-0.016 9*** (-3.29)	-0.026 7*** (-9.45)	
<i>lnrob_cor2</i>				1.955 4*** (9.72)
<i>old×lnrob_cor2</i>				-0.133 4*** (-9.27)
控制变量	是	是	是	是
企业效应	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是
<i>cons</i>		95.533 8*** (139.81)	89.513 6*** (230.29)	94.784 5*** (228.19)
<i>Kleibergen-Paap rk LM</i>	4 076.487 [0.000 0]			
<i>Kleibergen-Paap rk Wald F</i>	1 193.376			
观测值	347 001	198 024	358 965	397 821
<i>R</i> ²	0.008 4	0.855 3	0.805 0	0.777 4

注:[]内的数值为相应统计量的 p 值

3. 更换核心自变量

由于 IFR 提供的工业机器人数据为行业层面的数据,因而在基准估计中,本文的工业机器人应用变量采用的是行业层面的工业机器人安装量作为代理变量的,但是考虑到行业内部不同企业的工业机器人使用量可能存在较大差异,因而在稳健性检验部分本文按如下方法构造企业层面的机器人渗透率指标(*rob_cor2*),公式为:

$$rob_cor2_{it} = \frac{L_{it}}{L_{jt}} - rob_{jt} \quad (7)$$

其中, L_{it} 表示企业*i*在*t*年的员工人数, L_{jt} 表示行业*j*在*t*年的员工人数。在实际回归时,本文对该指标进行了加 1 取对数处理。表 2 列(4)的结果显示,更换核心自变量后,回归系数方向和显著性与基准估计中的一致,说明基准估计结果具有较强的稳健性。

(四) 影响机制检验

前文的研究发现,人口老龄化会抑制企业价值链升级,且机器人应用会进一步强化这一负向影响,由此本文想要进一步探讨的问题是其中的机制。根据理论分析可知,研发创新效应和进口中间投入效应可能是人口老龄化影响企业价值链升级的主要机制,且机器人应用在其中发挥

了重要的调节效应。为了检验影响机制是否成立,本文借鉴中介效应模型的思路对此进行检验。

1. 研发创新效应的机制检验

表3为研发创新效应机制检验的估计结果。其中,列(1)和列(2)的估计结果显示,人口老龄化促进了企业创新,且企业创新会显著抑制企业价值链升级,这表明企业研发创新效应成立。需要进一步解释的是,为什么人口老龄化促进了企业创新但未能促使企业价值链升级,反而抑制了企业价值链升级?这一结论看似不符合经济学常识,但并非解释不通。由前文的理论分析可知,一方面,中国企业自主研发创新能力整体偏弱,企业的创新质量相对较低,大量企业为获得政府的创新补贴而进行低质量、重复的创新,从而不利于企业价值链升级。另一方面,企业创新能力提升有助于企业提高生产效率,突破进口固定成本,从而更容易获得国外高质量的进口中间投入,这有助于企业国际市场上提升竞争力扩大出口,但是不利于企业价值链升级。表3列(3)的估计结果显示,机器人应用强化了人口老龄化通过创新对企业价值链升级的负面影响。其原因可能是,人口老龄化会倒逼企业增加机器人应用,机器人应用会相对节约劳动力成本,有利于企业增加研发投入,促进创新,因而机器人应用会进一步强化企业的研发创新效应,抑制企业价值链升级。

表3 研发创新效应机制检验的估计结果

	<i>lnnova</i>	<i>DVAR</i>	<i>DVAR</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>old</i>	0.001 8*** (3.96)	-0.119 6*** (-7.79)	-0.120 7*** (-7.82)
<i>lnnova</i>		-0.341 1*** (-5.81)	-0.048 0 (-0.42)
<i>lnrob</i>			-0.038 3** (-2.26)
<i>lnnova</i> × <i>lnrob</i>			-0.048 6*** (-2.81)
控制变量	是	是	是
企业效应	是	是	是
年份效应	是	是	是
<i>cons</i>	-0.110 8*** (-10.27)	95.377 2*** (229.84)	95.499 7*** (235.64)
观测值	397 821	397 821	397 821
<i>R</i> ²	0.541 3	0.777 3	0.777 3

2. 进口中间投入效应的机制检验

表4为进口中间投入效应机制检验的估计结果。其中,列(1)和列(2)的结果显示,人口老龄化会增加企业使用进口中间投入的相对占比,且企业进口中间投入占比增加会抑制企业价值链升级,这表明进口中间投入效应成立。其原因可能是,一方面,国内生产中间品的企业迫于人口老龄化导致的较高雇佣成本不得不抬高商品价格,使得出口企业转而购买更多相对价格降低的进口中间投入。另一方面,人口老龄化会通过减少经常账户余额、增加老龄消费需求、引致国际资本流入等渠道促使人民币升值,人民币升值会降低进口成本,从而有利于企业扩大进口中间

投入,进而抑制企业价值链升级。列(4)的估计结果显示,机器人应用强化了人口老龄化通过扩大进口中间投入对企业价值链升级的负面影响。其原因可能是,人口老龄化会促使企业增加机器人应用,而国内企业应用的机器人多为进口产品,因而机器人应用会强化进口中间投入效应。此外,机器人应用能够提高企业生产效率和扩大企业生产规模,进而有利于企业突破进口固定成本而扩大进口中间投入,因而有利于强化进口中间投入效应,抑制企业价值链升级。

表 4 进口中间投入效应机制检验的估计结果

	<i>lnmed_strc</i>	<i>DVAR</i>	<i>DVAR</i>
	(1)	(2)	(3)
<i>old</i>	0.003 2*** (7.19)	-0.058 3*** (-5.54)	-0.069 0*** (-6.43)
<i>lnmed_strc</i>		-19.372 5*** (-81.15)	-18.963 4*** (-78.37)
<i>lnrob</i>			0.0261 (1.62)
<i>lnmed_strc</i> × <i>lnrob</i>			-0.294 5*** (-5.39)
控制变量	是	是	是
企业效应	是	是	是
年份效应	是	是	是
<i>cons</i>	-0.108 7*** (-9.49)	93.863 8*** (315.93)	94.088 3*** (334.68)
观测值	391 002	391 002	391 002
<i>R</i> ²	0.677 4	0.846 6	0.846 9

五、进一步拓展性分析

进一步拓展性分析包括异质性分析以及人口老龄化与机器人应用对企业其他出口绩效的影响两部分内容。

(一) 异质性分析

1. 企业要素密集度视角

考虑到人口老龄化和机器人应用对不同要素密集度企业价值链升级的影响可能存在差异,因此,本文将企业划分为劳动密集型、资本密集型和技术密集型企业^①,表5列(1)~列(3)是基于企业要素密集度视角的异质性估计结果。结果显示,分组估计结果的交互项系数都显著为

①劳动密集型企业为食品加工业、食品制造业、饮料制造业、烟草加工业、纺织业、造纸及纸制品业等所属行业中的企业;资本密集型企业为石油加工炼焦及核燃料加工业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、仪器仪表及文化办公用机械制造业等所属行业中的企业;技术密集型企业为化学原料及化学制品制造业、医药制造业、化学纤维制造业、交通运输设备制造业、电气机械及器材制造业、通信设备计算机等所属行业中的企业。

负,其中,资本密集型企业组和技术密集型企业组的人口老龄化指标估计系数方向为正,但未通过显著性检验,劳动密集型企业组的人口老龄化指标显著为负。这说明机器人应用更偏向于强化人口老龄化对劳动密集型企业价值链升级的负面影响。其原因可能是,劳动密集型企业受人口老龄化影响更大,当人口老龄化程度提高时,劳动密集型企业更有动力积极应用工业机器人代替劳动力以节约生产成本,因而机器人应用更偏向于强化人口老龄化对劳动密集型企业的研发创新效应和进口中间投入效应。而对于资本密集型企业和技术密集型企业而言,其劳动力成本占比相对较低,在初期,人口老龄化并不会倒逼企业加大机器人应用水平,从而对企业价值链升级的影响较小。但随着人口老龄化程度不断提高,这部分企业会增强机器人应用水平,进而机器人应用会进一步强化人口老龄化对资本、技术密集型企业的研发创新效应和进口中间投入效应,最终会对其价值链升级产生负面影响。

表 5 异质性分析的估计结果

	劳动密集型企业	资本密集型企业	技术密集型企业	低老龄化程度	高老龄化程度
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>old</i>	-0.126 5*** (-3.61)	0.043 1 (1.38)	0.045 2 (1.09)	-0.927 9*** (-16.07)	-0.227 5*** (-7.94)
<i>lnrob</i>	0.172 3 (1.40)	0.754 3*** (9.32)	0.651 5*** (7.28)	0.051 8 (0.42)	-0.400 4*** (-4.74)
<i>old×lnrob</i>	-0.026 2*** (-3.38)	-0.035 7*** (-6.32)	-0.031 5*** (-5.67)	-0.024 6** (-2.23)	0.029 3*** (5.18)
控制变量	是	是	是	是	是
企业效应	是	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是	是
<i>cons</i>	97.190 6*** (151.70)	90.989 3*** (117.81)	88.353 9*** (92.87)	103.405 3*** (116.34)	96.367 6*** (159.52)
观测值	171 081	129 977	77 367	187 752	195 051
<i>R</i> ²	0.737 0	0.832 6	0.822 2	0.797 3	0.815 1

2.人口老龄化程度视角

考虑到不同人口老龄化程度对企业价值链升级的影响可能存在差异,因此本文依据人口老龄化程度的中位数将样本划分为两组,分别为高人口老龄化组 and 低人口老龄化组,并分别进行估计。表 5 列(4)~列(5)是基于人口老龄化程度视角的估计结果。其中,列(4)的估计结果显示,当人口老龄化程度总体偏低时,机器人应用会强化人口老龄化对企业价值链升级的负面影响,与基准估计结果一致。列(5)的估计结果显示,当人口老龄化程度总体偏高时,机器人应用能够缓解人口老龄化对企业价值链升级的负面影响。其原因可能是,当人口老龄化程度较高时,企业可能会更积极地应用机器人替代劳动力,从而节约劳动力成本,进而促进企业创新。此时,企业进行自主创新的意愿更为强烈,当国内企业整体自主创新能力提高到一定水平时,国内中间投入品的质量和技术含量也可能会得到大幅度改善,性价比会超过国外进口中间投入,因此企业可能更偏向于增加使用国内中间投入,而不再过度依赖于进口中间投入,进而促进企业价值链升级。

(二)人口老龄化与机器人应用对企业其他出口绩效的影响

前文较为系统地考察了人口老龄化与机器人应用对企业价值链升级的影响。进一步地,本文想要考察人口老龄化与机器人应用是否对企业的其他出口绩效也会产生负面影响。基于此,本文借鉴施炳展和邵文波的方法测算企业出口产品质量($quality_{it}$)^[40];借鉴张杰和郑文平的做法,将企业出口规模($lnexport_c_{it}$)进行二元边际分解,其中,企业出口扩展边际($lnexport_n_{it}$)为企业出口关系中的“产品—目的地”数量,出口集约边际($lnexport_v_{it}$)则为企业出口的单位“产品—目的地”的平均出口额^[41],进而考察人口老龄化与机器人应用对企业出口产品质量、出口规模及出口二元边际的影响。

表6列(1)的估计结果显示,人口老龄化显著促进了企业出口产品质量提升,但该效应不受机器人应用的影响。其原因可能是,一方面,人口老龄化会倒逼企业进行研发创新,从而有利于企业提升出口产品质量。另一方面,人口老龄化会导致企业扩大使用进口的高质量、高技术含量的中间投入,从而有利于提升企业出口产品质量。此外,机器人应用水平提高能显著促进企业出口产品质量增加。其原因可能是机器人应用促进了企业的研发创新、增强了企业的生产效率,从而有利于企业提升出口产品质量。

表6 人口老龄化、机器人应用与企业其他出口绩效

	$quality$	$lnexport_c$	$lnexport_n$	$lnexport_v$
	(1)	(2)	(3)	(4)
old	0.084 7*	-0.008 4***	-0.013 5***	0.005 1***
	(1.94)	(-4.09)	(-11.22)	(3.00)
$lnrob$	0.252 8***	0.015 8***	-0.004 3	0.020 1***
	(2.66)	(3.44)	(-1.60)	(5.20)
$old \times lnrob$	-0.004 3	0.000 8**	0.001 2***	-0.000 5
	(-0.60)	(2.27)	(6.34)	(-1.64)
固定效应	是	是	是	是
企业效应	是	是	是	是
年份效应	是	是	是	是
$cons$	46.906 4***	10.174 2***	0.394 3***	9.779 9***
	(47.65)	(200.22)	(13.03)	(244.67)
观测值	153 439	394 460	394 460	394 460
R^2	0.842 1	0.816 6	0.833 8	0.794 8

列(2)的估计结果显示,人口老龄化会显著降低企业出口规模,但机器人应用能够缓解人口老龄化对企业出口规模的负面影响。其原因可能是,人口老龄化会导致企业的劳动力成本和总生产成本上升,不利于企业出口增长,但是随着机器人应用水平提高,可以有效减少企业对劳动力的需求并提高企业生产效率,从而可以使企业维持或者降低边际生产成本,进而缓解了人口老龄化对企业出口规模的负面影响。进一步从二元边际视角来看,列(3)的结果表明,人口老龄化显著抑制了企业出口扩展边际增长,即人口老龄化会导致企业缩减出口关系中的“产品—目的地”数量,但是机器人应用能够减缓甚至扭转这种负向影响的趋势。其原因可能是,

人口老龄化会导致企业的生产成本增加,企业为了生存可能会调整出口关系范围,保留最具竞争力的出口关系,随着机器人的应用,人口老龄化对企业出口的负面影响也会逐渐减小。列(4)的估计结果显示,人口老龄化会显著促进企业的出口集约边际增长,进一步说明人口老龄化会使得企业调整发展路线,削减出口关系中的“产品—目的地”数量,在较成熟的市场上通过扩大出口维持企业生存,值得注意的是,工业机器人应用在其中并没有发挥显著的调节效应。

总的来看,机器人应用能够缓解人口老龄化对企业出口规模的负面影响,但会加剧人口老龄化引致企业价值链低端锁定风险。其原因可能是,企业为应对人口老龄化问题,会积极增加机器人应用,机器人应用有利于企业进行研发创新、增加进口中间投入使用量,这有利于企业提升出口产品质量,增强出口产品竞争力,进而固定出口市场份额,实现稳出口、促出口的目的,但是这也使得企业增加了陷入价值链低端锁定的风险,降低企业在全球价值链分工体系中实际获利能力,不利于企业价值链升级。

六、研究结论与政策建议

本文基于中国微观企业数据与 IFR 的工业机器人数据,实证分析了人口老龄化、机器人应用对企业价值链升级的影响及作用机制,得到以下主要结论:第一,人口老龄化显著抑制了企业价值链升级。同时,机器人应用未能有效缓解这一负面效应,反而在整体上强化了其作用。第二,人口老龄化通过倒逼企业研发创新、增加进口中间投入品的相对使用量,显著抑制了企业价值链升级。而机器人应用进一步强化了这一过程中的企业研发创新效应和进口中间投入效应,使得机器人应用未能减缓老龄化对企业价值链升级的负面影响。此外,尽管人口老龄化倒逼了企业创新能力提升,但并未实质性促进企业价值链升级。第三,机器人应用对不同类型企业和地区的影响存在显著异质性。具体而言,机器人应用更偏向于强化人口老龄化对劳动密集型企业 and 低老龄化地区企业价值链升级的负面影响;然而,在高老龄化地区,机器人应用能够缓解人口老龄化对企业价值链升级的负面影响。第四,机器人应用能够促进企业提升出口产品质量,缓解人口老龄化对企业出口规模及企业出口扩展边际的负面影响。

基于上述结论,提出如下政策建议:

第一,以老龄化为契机,深化企业创新能力与附加值提升的联动机制。引导企业加快核心技术攻关,提升自主研发能力,减少企业对进口中间品的依赖,推动企业创新成果转换为高附加值产品,从而实现创新驱动与价值链升级的有机结合。完善政策支持体系,通过税收激励政策、研发补贴、出口退税、融资支持等措施,激励企业专注于技术密集型和高附加值产品的研发、生产与出口。同时,建立对进口中间品的筛选和优化机制,引导企业实现进口中间品的高效利用,确保进口中间品在提升企业出口产品技术含量的同时,通过品牌建设和质量提升,推动高技术产品出口价格合理增长,提高产品定价权,避免低价竞争抑制企业价值链升级。

第二,强化本土中间品竞争力,激发企业价值链升级潜力。针对人口老龄化导致国内中间品价格上涨的问题,应加强对本土中间品生产企业的支持,完善税收减免、用工补贴等政策,降低企业生产成本,提升本土中间品的性价比和市场竞争力。同时,推动上下游企业协同发展,构建更加紧密的国内供应链体系,提升中间品的质量与供给能力,使其更好地满足出口企业需求。通过产业政策引导企业优先采购高质量国产中间品,减少对低附加值进口中间品的依赖,并通过技术创新和效率提升,增强国产中间品在技术密集型领域的竞争力,并努力提高企业对国产中间品的认可度与使用率,实现老龄化背景下的产业结构优化与价值链升级。

第三,辩证推进机器人应用,促进其在缓解人口老龄化压力和推动价值链优化中的协同效应。一方面,充分发挥机器人应用在弥补劳动力短缺、稳出口、促出口中的积极作用,支持企业通过机器人技术提升生产效率和国际竞争力。通过税收优惠、专项补贴和产业引导基金,加大对机器人技术研发和应用的支持,推动机器人产业向高端化、智能化、本土化方向发展。另一方面,针对机器人应用可能加剧进口中间投入依赖、抑制企业价值链升级,需强化本土机器人及核心零部件的自主研发能力,推动上下游产业链协同创新,逐步减少对进口中间投入的依赖。同时,优化企业生产组织和出口产品结构,防范因技术升级引发的价值链低端锁定风险。通过品牌建设和技术创新,提升企业出口产品国内附加值和国际市场影响力,推动机器人应用与企业价值链升级实现良性互动,助力经济高质量发展。

参考文献

- [1] 国家统计局.中国统计年鉴 2024[M].北京:中国统计出版社,2024:29.
- [2] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议[N].人民日报,2020-11-04(1).
- [3] 中共中央国务院关于加强新时代老龄工作的意见[N].人民日报,2021-11-25(1).
- [4] 习近平.高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[N].人民日报,2022-10-26(1).
- [5] 全国人民代表大会常务委员会关于实施渐进式延迟法定退休年龄的决定[N].人民日报,2024-09-14(5).
- [6] 都阳,封永刚.人口快速老龄化对经济增长的冲击[J].经济研究,2021(2):71-88.
- [7] BOSWORTH B., CHODOROW-REICH G. Saving and Demographic Change: The Global Dimension [C]. Center for Retirement Research at Boston College, Working Paper, 2007.
- [8] 汪伟,艾春荣.人口老龄化与中国储蓄率的动态演化[J].管理世界,2015(6):47-62.
- [9] ROGER, M., WASMER, M. Heterogeneity Matters: Labor Productivity Differentiated by Age and Skills [Z]. Institut National de la Statistique et des Études Économiques Working Paper, 2011.
- [10] 逯进,刘璐,郭志仪.中国人口老龄化对产业结构的影响机制——基于协同效应和中介效应的实证分析[J].中国人口科学,2018(3):15-25,126.
- [11] 姚东旻,宁静,韦诗言.老龄化如何影响科技创新[J].世界经济,2017(4):105-128.
- [12] 汪伟,姜振茂.人口老龄化对技术创新的影响机制分析——基于 DFA 方法的创新评价和动态面板模型[J].

- 上海财经大学学报, 2017(6): 4-17.
- [13] 铁瑛, 张明志, 陈榕景. 人口结构转型、人口红利演进与出口增长——来自中国城市层面的经验证据[J]. 经济研究, 2019(5): 164-180.
- [14] ACEMOGLU, D., RESTREPO, P. Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets[J]. Journal of Political Economy, 2020(6): 2188-2244.
- [15] ACEMOGLU, D., RESTREPO, P. Demographics and Automation[J]. The Review of Economic Studies, 2022(1): 1-44.
- [16] 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(7): 47-63.
- [17] PRETTNER, K. Population Aging and Endogenous Economic Growth[J]. Journal of Population Economics, 2013(2): 811-834.
- [18] 王笏旭, 王淑娟. 人口老龄化、技术创新与经济增长——基于要素禀赋结构转变的视角[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2017(6): 27-38.
- [19] 杨继军, 张二震. 人口年龄结构、养老保险制度转轨对居民储蓄率的影响[J]. 中国社会科学, 2013(8): 47-66, 205.
- [20] MIYAZAWA, K. Does Population Aging Promote Economic Growth? [C]. Doshisha University Working Paper, 2009.
- [21] NUGENT, J. B. The Effect of Population Aging on Economic Structure[C]. draft, available at: http://www.fasid.or.jp/kaisai/070802/material_2.pdf (accessed 15 January 2010), 2007.
- [22] 王永钦, 董雯. 机器人的兴起如何影响中国劳动力市场?——来自制造业上市公司的证据[J]. 经济研究, 2020(10): 159-175.
- [23] GRAETZ, G., MICHAELS, G. Robots at Work[J]. Review of Economics and Statistics, 2018(5): 753-768.
- [24] 李磊, 王小霞, 包群. 机器人的就业效应: 机制与中国经验[J]. 管理世界, 2021(9): 104-119.
- [25] KROMANN, L., SKAKSEN, J. R., SØRENSEN, A. Automation, Labor Productivity and Employment: A cross-country comparison[C]. CEBR, Copenhagen Business School Working Paper, 2011.
- [26] 刘斌, 潘彤. 人工智能对制造业价值链分工的影响效应研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2020(10): 24-44.
- [27] KEE, H. L., TANG, H. Domestic Value Added in Exports: Theory and Firm Evidence from China[J]. The American Economic Review, 2016(6): 1402-1436.
- [28] 余淼杰, 崔晓敏. 人民币汇率和加工出口的国内附加值: 理论及实证研究[J]. 经济学(季刊), 2018(3): 1207-1234.
- [29] 吕越, 盛斌, 吕云龙. 中国的市场分割会导致企业出口国内附加值率下降吗[J]. 中国工业经济, 2018(5): 5-23.
- [30] 高翔, 刘啟仁, 黄建忠. 要素市场扭曲与中国企业出口国内附加值率: 事实与机制[J]. 世界经济, 2018(10): 26-50.
- [31] 毛其淋, 许家云. 贸易自由化与中国企业出口的国内附加值[J]. 世界经济, 2019(1): 3-25.
- [32] 刘玉海, 廖赛男, 张丽. 税收激励与企业出口国内附加值率[J]. 中国工业经济, 2020(9): 99-117.
- [33] 韩峰, 庄宗武. 国内大市场、人工智能应用与制造业出口国内附加值[J]. 世界经济研究, 2022(5): 33-47, 135.
- [34] 汪伟, 刘玉飞, 彭冬冬. 人口老龄化的产业结构升级效应研究[J]. 中国工业经济, 2015(11): 47-61.
- [35] 何欢浪, 蔡琦晟, 章韬. 进口贸易自由化与中国企业创新——基于企业专利数量和质量的证据[J]. 经济学

- (季刊), 2021(2): 597-616.
- [36] 王立军, 马文秀. 人口老龄化与中国劳动力供给变迁[J]. 中国人口科学, 2012(6): 23-33, 111.
- [37] 池光胜. 人口老龄化与实际有效汇率的实证研究——基于全球 187 个国家 30 年数据的面板分析[J]. 金融研究, 2013(2): 129-141.
- [38] ANTONELLI, C., QUATRARO, F. The Effects of Biased Technological Changes on Total Factor Productivity: a Rejoinder and New Empirical Evidence[J]. The Journal of Technology Transfer, 2014(2): 281-299.
- [39] 张杰, 陈志远, 刘元春. 中国出口国内附加值的测算与变化机制[J]. 经济研究, 2013(10): 124-137.
- [40] 施炳展, 邵文波. 中国企业出口产品质量测算及其决定因素——培育出口竞争新优势的微观视角[J]. 管理世界, 2014(9): 90-106.
- [41] 张杰, 郑文平. 政府补贴如何影响中国企业出口的二元边际[J]. 世界经济, 2015(6): 22-48.

Population Aging, Robot Applications, and the Upgrading of Company Value Chains

Lian Huijun¹ Fu Shengjie²

(1.School of Economics, Capital University of Economics and Business, Beijing 100070;

2.School of Advanced Agricultural Sciences, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: Against the backdrop of profound global demographic shifts and the accelerated development of intelligent manufacturing, whether the application of robots can effectively address the challenges posed by population aging to company value chain upgrading remains an urgent issue for investigation. Using micro-level company data from China and IFR industrial robot data, this study empirically examines the relationship between population aging, robot adoption, and company value chain upgrading. The findings reveal that population aging hinders company value chain upgrading, with R&D innovation effects and imported intermediate input effects serving as the primary mechanisms. Moreover, robot adoption fails to mitigate the negative impact of population aging on company value chain upgrading; instead, it reinforces this adverse effect. Heterogeneity analysis indicates that robot adoption exacerbates the negative impact of population aging on value chain upgrading in labor-intensive companies and regions with low aging levels, whereas it alleviates this impact in regions with high aging levels. Furthermore, the extended analysis suggests that robot adoption enhances company export product quality and mitigates the negative effects of population aging on company export scale and extensive export margins.

Key Words: Population Aging; Industrial Robots; Upgrading of Company Value Chains; R&D Innovation; Import of Intermediate Inputs.

(责任编辑: 杨果)