

人口结构变化、自动化技术应用及对劳动力市场的影响^{*}

马 超 刘相波 赵 忠

[提 要] 本文在技术进步背景下从就业、技能溢价和养老三个维度研究人口结构变化的劳动力市场效应。通过构建包含劳动力市场摩擦的异质性个体世代交叠模型，本文发现人口结构变化促进了自动化技术的应用，并对劳动力产生差异化影响。低技能劳动力失业率上升，高技能劳动力就业却因此受益，技能工资差距拉大，养老金收入下降。基于以上结论，本文考察了岗位补贴和收入补贴政策对劳动力市场效应，结果显示岗位补贴政策对低技能劳动力就业的促进作用更强。本文进一步讨论了“未富先老”和“快速老龄化”对中国劳动力市场的影响。本文从理论层面构建了反映人口结构变化、自动化技术和劳动力市场三者之间关系的理论模型，为探索共同富裕的实现路径提供理论依据。

[关键词] 人口结构变化；自动化技术；就业；技能工资溢价；养老金收入

一、引言

新发展阶段背景下，中国经济社会发展正在面临一些新变化、新趋势。第一，新时代中国人口发展面临着深刻而复杂的形势变化，人均预期寿命不断提高但人口出生率却呈现持续下降趋势。第二，中国科技创新发展也正处于关键的转型阶段，自动化技术不断发展。作为一种新的生产要素，自动化技术与传统资本和劳动都有显著差异。一方面，自动化技术与劳动有显著的替代关系；另一方面，自动化技术的生产和消耗过程更像资本。因此，以自动化技术发展引领的新一轮技术进步将对经济社会发展产生深远影响。近年来，人口红利衰减以及人工成本快速上涨使得自动化技术在中国制造业的应用范围和功能不断扩展和提升。根据国际机器人联盟（International Federation of Robotics, IFR）数据，中国工业机器人保有量从2006年的1.7万台迅速攀升至2023年的177.6万台，说明自动化技术在中国制造业的应用呈现加速态势，制造业要素分配格局和劳动力市场技能需求结构正在发生深刻变化。

面对经济发展的新趋势、新变化，厘清人口结构变化和技术进步对劳动力市场的影响，不仅事关高质量发展阶段的民生福祉，更关乎“十四五”时期民生保障建设和全体人民的共同富裕。

^{*} 马超，中国社会科学院人口与劳动经济研究所；刘相波（通讯作者）、赵忠，中国人民大学劳动人事学院，邮政编码：100872，电子信箱：xiangbo.liu@ruc.edu.cn。本文得到国家社会科学基金一般项目（23BJL038）、中国社会科学院“青启计划”（2024QQJH132）的资助。感谢匿名审稿人提出的修改建议，笔者已做了相应修改，本文文责自负。

本文从劳动力市场视角出发,重点探讨如何缓解劳动群体收入不平等问题。具体来看,首先从初次分配的视角,实现更加充分更高质量就业是扎实推进共同富裕的重要基础。劳动者获得报酬的前提是拥有稳定的工作,劳动力市场运行状况直接关系到劳动收入,进而影响国民收入的初次分配格局。因此,实现更加充分更高质量就业,特别是受技术进步冲击群体的高质量就业,对提高劳动报酬占国民收入比重、推动全体人民共同富裕具有突出的现实意义。其次,缩小劳动群体内部收入差距也是实现共同富裕的重要内容。推进共同富裕,除了优化初次收入分配结构,还需要缩小群体内部的收入差距,实现均衡发展。技能偏向型技术进步不仅对低技能群体就业产生负向冲击(广延边际),也降低了低技能劳动力工资率(集约边际)、提高了技能溢价。以转移支付等手段对初次分配的收入进行调整,加大对低收入群体补贴力度,促进收入公平分配,是再分配机制的主要内容。以机器人税为税收来源,本文探讨的岗位补贴和收入补贴两项转移支付政策在提高低收入群体收入、缩小收入差距方面具有一定的积极作用,政策评估结果可以为建立更加完善的“提低”制度和机制提供理论支撑。

在“稳就业、保民生”的目标下,人口结构变化与自动化技术交织在一起,对推进共同富裕的影响是什么?针对人口结构变化和自动化技术对就业、技能溢价以及养老金支付水平潜在的消极影响,如何运用有效政策工具积极应对?回答好以上问题具有突出的现实意义。

与本文研究主题相关的文献共有两支:一支是人口结构变化对自动化技术应用影响的文献。Acemoglu & Restrepo (2017)在回答“为什么人口老龄化程度与经济增长并无显著负向关系”时发现,为弥补中青年劳动力供给的不足,人口老龄化程度严重的国家往往更为广泛地使用自动化技术,从而有效抵消劳动力短缺对经济增长的负向影响。该研究提出,自动化技术发展是人口结构变化影响经济增长的重要作用机制,开启了后续一系列理论和实证研究。人口老龄化的直接表现是中年劳动力占比下降,由于中年劳动力与自动化技术替代性较高,基于不同地区和行业数据,Acemoglu & Restrepo (2022)证实人口老龄化显著促进了工业机器人及其他自动化技术的应用。Abeliansky & Prettnner (2023)的研究表明,人口增长率下降会通过降低物质资本回报率、提高工资率促进自动化资本积累,人口自然增长率增加1%会使机器人密度增长率下降2%。

另一支文献重点探讨人工智能或自动化技术对劳动力市场就业和收入差距的影响。Hémous & Olsen (2022)指出,自动化程度提高会增加机器对低技能劳动力的替代,降低低技能劳动力工资、增加技能溢价。Acemoglu & Restrepo (2020)的实证分析发现,1990—2007年美国工业机器人保有量的增加对地区劳动力市场就业和工资水平有显著的负向影响。近年来,随着人工智能和自动化技术的发展,国内学者更加关注其对就业以及收入分配的影响。在就业方面,王永钦和董雯(2020)利用行业机器人数据和制造业上市公司微观数据发现,工业机器人对企业劳动需求产生了一定替代效应,工业机器人渗透每增加1%会使企业劳动力需求下降0.18%,且表现出显著技能需求差异性。周广肃等(2021)利用人口普查数据和家庭调查微观数据,从城市和个人两个层面估计了智能化对中国劳动力市场的影响,研究发现智能化通过减少就业人数、增加在职员工工作时长对中国劳动力市场就业产生了显著的替代作用。在收入分配方面,余玲铮等(2021)基于“企业—工人”匹配数据证实,机器人的引入会导致非常规任务相对工资的上升和任务间工资差距的扩大。王林辉等(2020)结合省级层面数据发现,人工智能技术导致了高、低技术部门收入差距的扩大。刘凤良等(2022)研究发现,短期内人工智能技术的应用会扩大财富分配不平等程度;但长期来看,人工智能技术的财富分配效应取决于其对不同技术进步促进的相对程度。

通过以上综述不难发现,既往研究只关注人口结构变化、自动化技术与劳动力市场之间的两两关系,忽视了三者之间的内在联系,进而无法完整刻画人口结构变化如何通过自动化技术对劳动力市场产生影响。本文将人口结构变化、自动化技术和劳动力市场置于统一的动态宏观模型

中,以深入探究三者间的作用关系。与本文研究主题最为相关的 Stähler (2021) 发现,人口老龄化促进了自动化技术的应用。虽然,自动化技术进步可以抵消老龄化对总产出的负面作用、提高全人群消费水平,但却以加剧收入不平等为代价。由于其模型没有对劳动力市场摩擦和劳动力技能差异进行具体刻画,因此无法对不同技能劳动力市场就业状况以及技能工资溢价进行研究。现有文献已经指出,自动化技术的发展会对不同技能劳动力的就业和工资产生差异化影响,因此这一重要渠道不应忽视。

面对我国人口老龄化程度不断加深的事实,抓住人口红利尚未消失、经济仍保持较高增速的窗口期,利用政策工具主动应对人口结构变化和技术进步对劳动力市场和社保体系的冲击,推动实现高质量充分就业,保证社保体系平稳运行,是本文重点探讨的内容。Zhang *et al.* (2022) 在与本文类似的理论框架下探讨了预期寿命延长、自动化技术与劳动力市场就业和收入分配,但他们的研究忽略了养老金待遇水平这一重要维度。人口结构变化度量上也忽视了生育率下降的典型特征,因而无法度量预期寿命延长与生育率下降的叠加效应,也无法刻画快速老龄化等中国老龄化特征。基于中国现实情况,本文提出了以机器人税为基础的岗位补贴和收入补贴政策,以探讨公共政策是否有效提高受技术进步冲击群体的就业、改善收入分配格局。

为弥补已有文献的不足,本文通过构建包含劳动力市场摩擦的异质性个体世代交叠模型,探讨人口结构变化对自动化技术发展的影响,以及工业机器人所体现的自动化技术对劳动力市场的影响。在本文的框架下,预期寿命延长通过增加居民青年期储蓄促进自动化资本的积累;而生育率下降提高了劳动力工资率,增加了企业用工成本,从而激励企业使用自动化资本替代人工。由于自动化资本与低技能劳动力的替代性较强,自动化资本的增加降低了低技能劳动力边际产出,对其工资水平和就业产生了不利影响。高技能劳动力受益于物质资本和自动化资本投入的增加,工资收入稳步上涨,就业形势向好。本文进一步探讨了两种缓解自动化技术对劳动力市场冲击的公共政策:岗位补贴和收入补贴政策。通过对自动化资本征税(机器人税),前者以政府补贴新增工作岗位的形式降低企业招聘成本,提高企业对低技能劳动力需求,从劳动力市场技能需求结构入手改善低技能劳动力就业状况;后者以转移支付方式增加低技能家庭可支配收入,提高消费和效用水平。相较而言,岗位补贴政策对低技能劳动力就业的促进作用更强,双重差分结果显示,岗位补贴政策降低了低技能劳动力失业率 0.3 个百分点。

本文的边际贡献主要体现在以下三个方面:第一,本文从理论层面构建了反映人口结构变化、自动化技术和劳动力市场三者之间关系的理论模型,并从定量角度测算了人口结构变化通过自动化技术发展对劳动力市场就业、工资收入差距和养老金收入的影响,重点突出了预期寿命延长和生育率下降的叠加效应;第二,本文基于机器人税提出了两种公共政策,即岗位补贴政策和收入补贴政策,并定量分析了两种政策对改善就业形势和缩小工资收入差距的作用,丰富了该领域公共政策研究成果;第三,本文构建的理论模型进一步刻画了“未富先老”以及“快速老龄化”两个中国老龄化特征,使定量分析结论更具现实指导意义。

二、中国特征事实

中国人口结构变化体现了两个基本特征:一是预期寿命稳步增长,二是生育率迅速下降。根据联合国《2024 年世界人口展望》(World Population Prospects 2024) 数据(见图 1),中国人口出生预期寿命从 1990 年的 68.2 岁增加至 2023 年的 78.0 岁,总和生育率从 1990 年的 2.5 迅速下降至 2023 年的 1.0。2022 年,中国人口自然增长率为 -0.60% ,是 60 年来首次出现负增长。2023 年又进一步下降至 -1.48% ,人口负增长下“少子老龄化”将成为常态。

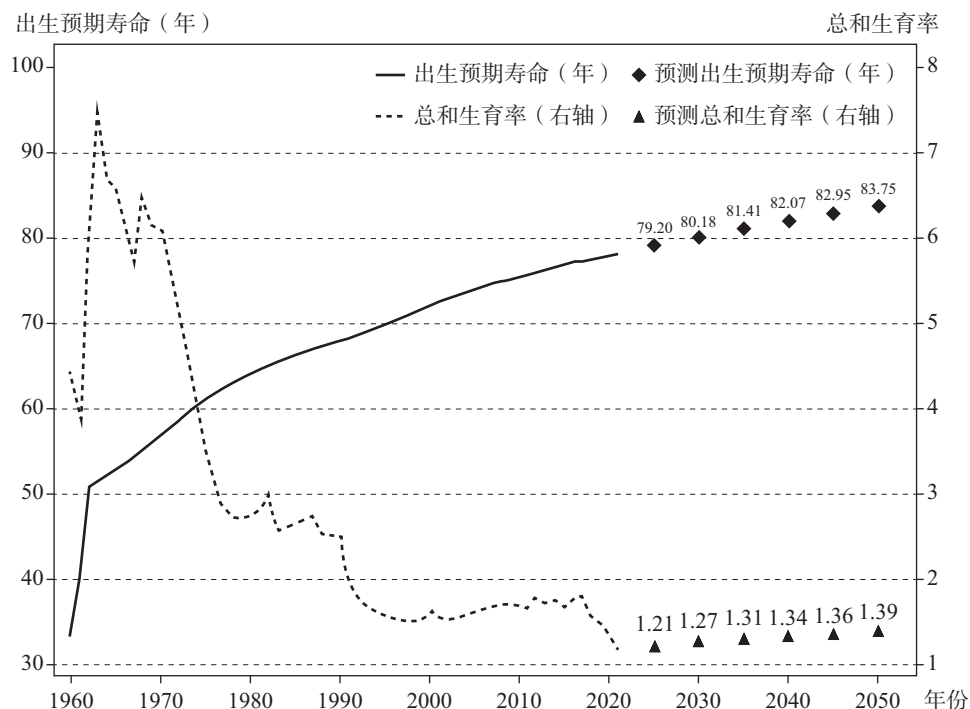


图 1 1960—2050 年中国出生预期寿命和总和生育率及预期

资料来源：World Population Prospects 2024，United Nations Population Division。

随着中国人口结构出现趋势性转折，劳动力市场也经历了显著变化。利用中国家庭追踪调查（CFPS）2012—2018 年微观数据，图 2 展示了 20 岁~59 岁劳动力失业率与技能溢价的变动趋势。如图 2 所示，大专及以上学历劳动者失业率在 2014 年后经历了较大幅度的下降，但高中及以下学历劳动者失业率下降趋势较为平稳。与此同时，技能溢价经历了小幅波动上涨。

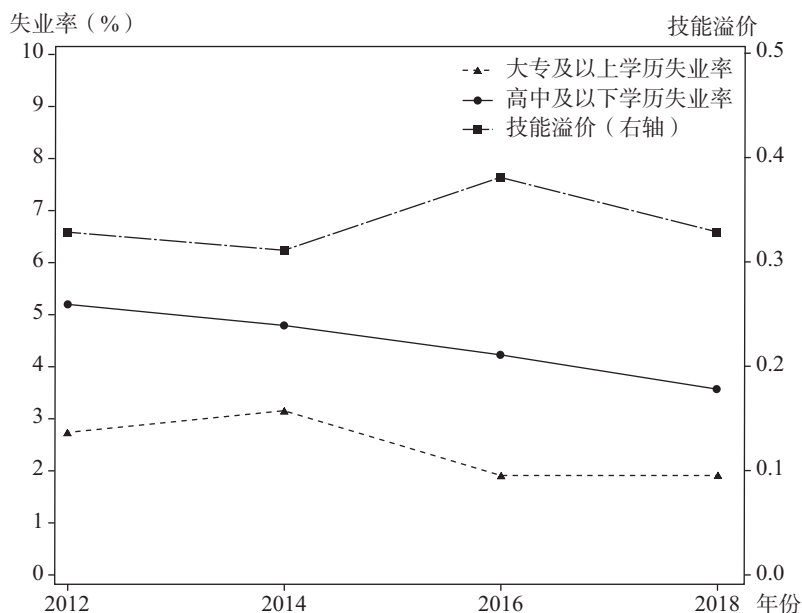


图 2 CFPS 2012—2018 年受教育程度失业率及技能溢价

人口结构和劳动力市场的特征事实与自动化技术在制造业迅速发展的内在联系是什么? 本文余下部分将通过构建理论模型, 厘清人口结构变化、自动化技术应用与劳动力市场三者间的关系, 以期从人口结构变化和技术进步视角预测中国劳动力市场的变化趋势。

三、理论模型

(一) 模型设定

本文在 Gasteiger & Prettnner (2020) 模型基础上, 构建一个包含劳动力市场摩擦和技能异质性的两期世代交叠模型。经济体中的消费主体由两类家庭组成: 高技能家庭 (h) 和低技能家庭 (l)。参考 Cipriani (2016) 的设定, 本文假设所有家庭成员可以从出生顺利存活至青年期末, 但仅以一定概率从青年期存活至老年期。由于劳动力市场摩擦的存在, 在青年期期初个体寻找工作机会, 如果与企业匹配成功则将剩余时间用于劳动, 获得的劳动收入用于青年期消费和储蓄; 如果未找到工作则维持失业状态至青年期末。在老年期个体不工作, 将青年期储蓄收入和养老金收入用于老年期消费。在生产部门方面, 代表性企业在完全竞争市场中雇佣高、低技能劳动力, 并租用传统物质资本和自动化资本进行最终产品生产。对于自动化技术的刻画, 本文遵循 Gasteiger & Prettnner (2020) 的设定。首先, 自动化资本存量的变化反映了自动化技术的应用和发展程度。其次, 不同于物质资本, 自动化资本可以替代低技能劳动力。在劳动力市场方面, 求职者和企业先通过搜寻—匹配过程进行两两匹配。匹配完成后, 双方通过谈判确定劳动力工资水平。

1. 人口动态。假设时间是离散的。 t 期经济体中同时存在青年人和老年人, 个体在青年期结束后以 π 的概率存活到老年期。^① 进一步假设, t 期生育率 n 外生给定, t 期青年人口总量为 N_t 。因此, 经济体中青年人口总量增长遵循:

$$\frac{N_{t+1}}{N_t} = n \quad (1)$$

t 期经济体中人口总量为青年人口总量 N_t 与老年人口总量 πN_{t-1} 之和。假设劳动人口由高、低技能劳动者组成。 t 期青年人口总量中高、低技能劳动人口数量分别为 N_t^h 和 N_t^l , $N_t^h + N_t^l = N_t$ 。其占 t 期青年人口总量比例外生给定:

$$\frac{N_t^h}{N_t} = n_h, \frac{N_t^l}{N_t} = n_l, n_h + n_l = 1 \quad (2)$$

根据以上设定, 经济体中人口结构变化表现为生育率 n 和老年期存活概率 π 的变动。具体到本文的研究背景, 老龄化社会人口结构特征包括生育率 n 长期保持低位并逐步下降; 老年人口预期寿命 π 稳步增长; 同一时期老年人口总量的增长和青年人口总量的减少导致该时期经济体中老年人口抚养比 π/n 逐步上升。

2. 家庭。家庭的效用来自青年期和老年期消费。因此家庭最大化效用为:

$$U_t^i = \log c_{y,t}^i + \beta \pi \log c_{o,t+1}^i \quad (3)$$

式中, $c_{y,t}^i$ 和 $c_{o,t+1}^i$ 分别代表青年期和老年期消费, $\beta > 0$ 为折现因子, π 为老年期存活概率。青

^① 考虑到高、低技能劳动力在预期寿命上存在差异, 本文分别变动不同技能劳动力老年期存活概率以检验结果的稳健性, 所得结论与基准模型一致。限于篇幅, 预期寿命技能异质性结果未在正文呈现, 留存备案。

年期和老年期预算约束条件分别为：

$$c_{y,t}^i + s_t^i = (1 - \tau)w_t^i e_t^i \quad (4)$$

$$c_{o,t+1}^i = \frac{(1 + r_{t+1})}{\pi} s_t^i + pen_{t+1}^i \quad (5)$$

式中， τ 为养老保险缴费率， w_t^i 是技能水平为 i 的劳动者的工资率， e_t^i 为家庭成员就业概率， $(1 - \tau) w_t^i e_t^i$ 为税后工资收入， r_{t+1} 为利率水平。因此，青年期家庭可支配收入为 $(1 - \tau) w_t^i e_t^i$ 。 pen_{t+1}^i 是技能水平为 i 的劳动者退休后享有的养老金收入，其具体表达式为：

$$pen_t^i = \begin{cases} pen_t, i = h \\ \delta pen_t, i = l \end{cases}$$

式中， pen_t 为单位时间内养老金收入。本文假设，高技能劳动者退休后获得的养老金收入为 pen_t ，而低技能劳动者的养老金收入为高技能劳动者养老金收入的一定比例，该比例为 $0 < \delta < 1$ 。通过求解效用最大化问题，可得一阶条件为：

$$\frac{c_{o,t+1}^i}{c_{y,t}^i} = \beta(1 + r_{t+1}) \quad (6)$$

将式 (6) 分别代入式 (4)、式 (5) 可得青年期消费和储蓄的表达式为：

$$c_{y,t}^i = \frac{1}{1 + \beta\pi} \left[(1 - \tau)w_t^i e_t^i + \frac{\pi pen_{t+1}^i}{(1 + r_{t+1})} \right] \quad (7)$$

$$s_t^i = \frac{\beta\pi}{1 + \beta\pi} (1 - \tau)w_t^i e_t^i - \frac{1}{1 + \beta\pi} \frac{\pi pen_{t+1}^i}{(1 + r_{t+1})} \quad (8)$$

3. 企业。经济体中存在大量同质性企业。参考 Lankisch *et al.* (2019) 的设定，代表性企业通过雇佣高、低技能劳动力 H_t 和 L_t ，并租用传统物质资本 K_t 和自动化资本 P_t （如工业机器人、3D 打印机、控制系统等）以生产最终产品 Y_t 。本文假设，自动化资本 P_t 与低技能劳动力 L_t 为完全替代关系，而与高技能劳动力 H_t 为互补关系。生产函数表达式为：

$$Y_t = AK_t^\psi [\lambda(L_t + \phi P_t)^\sigma + (1 - \lambda)H_t^\sigma]^{\frac{1-\psi}{\sigma}}$$

式中， $A > 0$ 为生产技术参数， $\lambda \in (0, 1)$ 是要素分配参数， ϕ 衡量了自动化资本 P_t 与低技能劳动力 L_t 之间的相对生产效率， $\sigma < 1$ 决定了高、低技能劳动力的替代弹性， $\psi \in (0, 1)$ 表示资本产出弹性系数，且满足 $1 - \psi - \sigma > 0$ ^①。由此生产函数可得，不同技能劳动力的边际产出分别为：

$$y_{l,t} = Ak_t^\psi [\lambda(l_t + \phi p_t)^\sigma + (1 - \lambda)h_t^\sigma]^{\frac{1-\psi}{\sigma}-1} (1 - \phi)\lambda(l_t + \phi p_t)^{\sigma-1} \quad (9)$$

$$y_{h,t} = Ak_t^\psi [\lambda(l_t + \phi p_t)^\sigma + (1 - \lambda)h_t^\sigma]^{\frac{1-\psi}{\sigma}-1} (1 - \phi)(1 - \lambda)h_t^{\sigma-1} \quad (10)$$

式中， $k_t = \frac{K_t}{N_t}$ ， $p_t = \frac{P_t}{N_t}$ ， $l_t = \frac{L_t}{N_t}$ ， $h_t = \frac{H_t}{N_t}$ 。

企业创造新工作岗位并在相应劳动力市场招聘劳动者，每个新工作岗位需要支付的成本为 $d_i > 0$ ，因此代表性企业利润 Π_t 等于最终产出减去雇佣高、低技能劳动力并租用物质资本和自动化资本的成本以及创造新岗位成本，即：

① 本文假设自动化资本的会增加会提升高技能劳动力边际产出 ($\partial y_{h,t} / \partial p_t > 0$)，由此可得 $1 - \psi - \sigma > 0$ 。

$$\Pi_t = Y_t - w_t^l L_t - w_t^h H_t - R_t^K K_t - R_t^P P_t - d_l V_t^l - d_h V_t^h$$

式中, w_t^h 和 w_t^l 分别是高、低技能劳动力的工资率, R_t^K 和 R_t^P 分别表示物质资本和自动化资本回报, V_t^i 表示技能类型为 i 的空缺工作岗位数量。高、低技能劳动力需求量分别为 $H_t = q_t^h V_t^h$ 和 $L_t = q_t^l V_t^l$, q_t^i 为类型 i 的劳动力市场新岗位与求职者成功匹配概率。企业通过选择资本组合 $\{K_t, P_t\}$, 以及创造新工作岗位数量 $\{V_t^l, V_t^h\}$ 以最大化其利润。利润最大化一阶条件给出:

$$R_t^K = \phi A K_t^{\psi-1} [\lambda (L_t + \phi P_t)^\sigma + (1-\lambda) H_t^\sigma]^{\frac{1-\psi}{\sigma}} \quad (11)$$

$$R_t^P = \phi A K_t^\psi [\lambda (L_t + \phi P_t)^\sigma + (1-\lambda) H_t^\sigma]^{\frac{1-\psi}{\sigma}-1} (1-\psi) \lambda (L_t + \phi P_t)^{\sigma-1} \quad (12)$$

$$y_{l,t} q_t^l = d_l + w_t^l q_t^l \quad (13)$$

$$y_{h,t} q_t^h = d_h + w_t^h q_t^h \quad (14)$$

式 (13) 和式 (14) 左边是新增一名劳动力的边际产出, 右边第一项为每招聘一名劳动力设立工作岗位的成本, 第二项为新增一名劳动力的工资成本。假设物质资本在一期内完全折旧, 结合无套利条件可得:

$$R_t^K = R_t^P = 1 + r_t$$

4. 政府。本文假设, 政府实行现收现付的养老保险制度, 参加工作的青年人缴纳的养老保险费用于支付当期退休一代人的养老金。假设养老保险基金收支是预算平衡的, 则:

$$\tau N_t^h w_t^h e_t^h + \tau N_t^l w_t^l e_t^l = \pi N_{t-1}^h pen_t^h + \pi N_{t-1}^l pen_t^l \quad (15)$$

由此可得, 养老金表达式为:

$$pen_t = \frac{\tau n [n_h w_t^h e_t^h + n_l w_t^l e_t^l]}{\pi (n_h + n_l \delta)} \quad (16)$$

5. 搜寻匹配。本文采用搜寻-匹配机制刻画经济体中存在摩擦性失业的劳动力市场。所有新生个体都处于失业状态, 因此 t 期技能类型为 i 的求职者数量为 N_t^i , 代表性企业创造的新工作岗位数量为 V_t^i 。当求职者与工作岗位随机匹配成功后, 求职者成为受雇佣劳动者。劳动力市场工作岗位-求职者成功匹配数量由匹配方程决定:

$$l_t = M(v_t^l, n_t) = \mu_l (v_t^l)^\alpha (n_t)^{1-\alpha} \quad (17)$$

$$h_t = M(v_t^h, n_t) = \mu_h (v_t^h)^\alpha (n_t)^{1-\alpha} \quad (18)$$

式中, $\mu_i > 0$ 为匹配效率参数, $\alpha \in (0, 1)$ 表示新职位的弹性系数。 $v_t^l = \frac{V_t^l}{N_t}$ 和 $v_t^h = \frac{V_t^h}{N_t}$ 表示劳均新工作岗位数量。

定义技能类型为 i 的劳动力市场紧度为 $\theta_t^i = v_t^i / n_t$ 。根据以上定义, 技能类型 i 劳动力找到工作的概率与岗位匹配概率可进一步表示为劳动力市场紧度的函数:

$$m(\theta_t^i) = \frac{M(v_t^i, n_t)}{n_t} = \mu_i \left(\frac{v_t^i}{n_t} \right)^\alpha = \mu_i (\theta_t^i)^\alpha = e_t^i \quad (19)$$

$$q_t^i = \frac{M(v_t^i, n_t)}{v_t^i} = \mu_i \left(\frac{v_t^i}{n_t} \right)^{\alpha-1} = \mu_i (\theta_t^i)^{\alpha-1} \quad (20)$$

6. 工资决定。劳动者工资水平由企业和劳动者通过纳什谈判决定。企业和劳动者的谈判能

力分别为 $1-\gamma$ 和 γ , $\gamma \in (0, 1)$ 。^① 对企业来说, 与劳动者达成工作协议的回报为 $y_{i,t} - w_t^i$; 对家庭而言, 接受工作协议的回报为 $\partial U_t^i / \partial e_t^i$ 。劳动者与企业选择工资率以最大化净回报:

$$\max_{w_t^i} \left\{ (1-\gamma) \log(y_{i,t} - w_t^i) + \gamma \log\left(\frac{\partial U_t^i}{\partial e_t^i}\right) \right\}$$

求解可得, 劳动者工资为:

$$w_t^i = \gamma y_{i,t} \quad (21)$$

由式 (21) 可知, 劳动者工资是其边际产出的一定比例, 该比例为其议价能力 γ 。当劳动者议价能力越强时, 谈判得到的工资越高。

(二) 均衡分析

定义: 给定经济体中初始物质资本 K_0 和自动化资本 P_0 , 均衡要求存在家庭决策 $\{c_{y,t}^i, c_{o,t+1}^i, s_t^i\}$, 企业决策 $\{v_t^i, p_t, k_t\}$, 生产要素价格 $\{w_t^i, R_t^K, R_t^P\}$, 受雇佣劳动力数量 $\{l_t, h_t\}$ 以及社会保障政策 $\{\tau, pen_{t+1}^i\}$, $i \in \{h, l\}$, 满足:

1. 给定要素价格 $\{w_t^i, r_t\}$, 家庭作出消费和储蓄决策 $\{c_{y,t}^i, c_{o,t+1}^i, s_t^i\}$ 以最大化家庭效用;
2. 给定要素价格 $\{w_t^i, R_t^K, R_t^P\}$, 企业选择创造岗位数量以及租用物质和自动化资本 $\{v_t^i, k_t, p_t\}$ 以最大化企业利润;
3. 劳动者工资水平 w_t^i 由式 (21) 给出;
4. 利率由式 (11) 和式 (12) 给出, 且满足无套利条件 $R_t^K = R_t^P$ 。由此可得劳均物质资本表达式为:

$$k_t = \frac{\psi}{1-\psi} \frac{\lambda [\mu_l (\theta_l^l)^a n_l + \phi p_t]^\sigma + (1-\lambda) [\mu_h (\theta_h^h)^a n_h]^\sigma}{\lambda \phi [\mu_l (\theta_l^l)^a n_l + \phi p_t]^{\sigma-1}} \quad (22)$$

5. 劳动力市场受雇佣劳动力数量 $\{l_t, h_t\}$ 由式 (17) 和式 (18) 给出;
6. 政府养老保险基金收入和支出平衡, 式 (15) 成立;
7. 资本市场出清条件要求当期家庭储蓄转化为下一期物质资本和自动化资本, 由此可得, 劳均资本动态积累方程式为:

$$k_{t+1} + p_{t+1} = \frac{s_t^l N_t^l + s_t^h N_t^h}{N_{t+1}} = \frac{1}{n} (s_t^l n_l + s_t^h n_h) \quad (23)$$

将工资表达式 (21) 和岗位一求职者匹配概率表达式 (20) 分别代入企业利润最大化条件式 (13) 和式 (14), 可得:

$$(1-\gamma) y_l^* = \frac{d_l}{\mu_l} (\theta_l^*)^{1-\alpha} \quad (24)$$

$$(1-\gamma) y_h^* = \frac{d_h}{\mu_h} (\theta_h^*)^{1-\alpha} \quad (25)$$

其中, 稳态下高、低技能劳动力边际产出 y_l^* 和 y_h^* 分别由式 (9) 和式 (10) 给出。此时, 由式 (22) ~ 式 (25) 以及稳态条件可得关于 p^* 、 k^* 、 θ_h^* 和 θ_l^* 的 4×4 方程组。

^① 考虑到高、低技能劳动力在议价能力上存在差异, 本文假设高技能劳动力议价能力大于低技能劳动力, 所得结论与基准模型一致。限于篇幅, 议价能力技能异质性结果留存备案。

四、数值模拟

本部分根据中国宏观经济运行情况对模型参数予以赋值,从定量角度探究经济体中人口结构变化对不同类型劳动力市场产生的影响。

(一) 参数取值

模型中共有 17 个参数需要赋值。在人口结构变量方面,本文假设个体从 30 岁进入青年期开始工作,由于每一期时间跨度为 30 年,个体在 60 岁时进入老年期并退出劳动力市场(郭凯明和颜色, 2016)。根据联合国《2024 年世界人口展望》数据,2022 年中国出生预期寿命为 78.202 岁,因此个体从青年期到老年期的存活概率 π 约为 0.607^①;2020—2022 年中国育龄妇女总和生育率均值为 1.129,不考虑性别因素生育率 n 基准值因此设为 0.565。参考陈勇和柏喆(2018)的研究,本文根据劳动人口受教育程度将具有大学专科及以上学历的劳动力定义为高技能劳动力。根据 2011—2020 年《中国劳动统计年鉴》就业人员受教育程度构成数据,大学专科、大学本科及研究生学历劳动者占比平均为 17.5%,以此设定青年人口中高技能劳动力占比 $n_h = 0.175$ 。参考耿志祥和孙祁祥(2020)的研究,本文将个体每年的折现因子设定为 0.98,则一期的折现因子 $\beta = 0.98^{30} \approx 0.55$ 。根据 CFPS 2012—2020 年微观数据计算得到,低技能劳动力养老金收入占高技能劳动力养老金收入比例 δ 为 0.546。^② 在生产函数参数方面,长期来看,随着资本存量的增加物质资本产出弹性 ϕ 呈现下降趋势。参考白重恩和钱震杰(2009)、汪伟(2012)的设定,本文将物质资本产出弹性 ϕ 的基准值设为 0.4。基于 Ottaviano & Peri (2012) 的估计,本文将参数 σ 设定为 0.5,由此可得生产过程中高、低技能劳动力的替代弹性为 2。参考 Acemoglu & Restrepo (2020) 的研究,本文将自动化资本的相对生产效率 ϕ 基准值设为 3。在劳动力市场参数方面,遵循一般设定,本文将工资决定方程中劳动者议价能力参数 γ 以及匹配方程中新创造岗位产出弹性 α 都设为 0.5。在政策参数方面,现行城镇职工基本养老保险单位缴费比例为 16%,故将 τ 取值为 0.16。

匹配效率参数 μ_i 、岗位成本参数 d_i 、生产要素分配参数 λ 和生产技术参数 A 的取值无法借鉴既往研究设定,因此本文通过校准以上参数取值使其符合中国经济宏观运行情况:

1. 2011 年第一季度至 2020 年第四季度人力资源和社会保障部《百城市公共就业服务机构市场供求状况分析》中求人倍率(岗位空缺与求职人数的比率)均值为 1.162,以此值近似等于低技能劳动力市场紧度。2011 年第一季度至 2020 年第四季度中国就业市场景气指数(招聘需求人数与求职申请人数的比率)均值为 1.793,以此值近似等于高技能劳动力市场紧度。

2. 基于 CFPS 2010—2020 年微观数据可得第二产业劳动者技能工资溢价均值为 1.266。

3. 基于 CFPS 2010—2020 年微观数据可得城市劳动力市场 16~59 岁高、低技能劳动力失业率均值分别为 3.026% 和 5.037%。

4. 根据 IFR 数据,2020 年中国制造业每万名员工拥有机器人数为 246 台。《中国人口和就业统计年鉴》数据显示,2020 年制造业低技能劳动力(大学专科以下学历)占比为 82.9%。由此可得 2020 年中国工业机器人数量占制造业低技能从业人口总数的 2.967%。

校准参数基准取值总结在表 1。^③

① $\pi = (78.202 - 60) / 30 \approx 0.607$ 。

② 由于 CFPS 2010 年数据退休与养老模块与其他期调查数据设计不一致,故仅使用 2012—2020 年数据。

③ 本文分别变动 σ 和 ϕ 以检验结果的稳健性,所得结论与基准模型一致。限于篇幅,稳健性检验结果留存备案。

(二) 数值模拟

表 2 给出了生育率维持基准取值时预期寿命从基准值 78.20 岁 ($\pi=0.607$) 增加至 80.79 岁 ($\pi=0.693$) (根据联合国《2024 年世界人口展望》数据估算 2035 年中国出生预期寿命值) 后经济体各内生变量新稳态值与初始稳态值变动的百分比。预计至 2035 年出生预期寿命增加 14.22%，家庭选择增加储蓄以平滑青年期和老年期消费，进而提高了物质资本和自动化资本存量，物质资本和自动化资本分别增长 5.54% 和 75.71%，利率水平下降 0.24%。在劳动力市场方面，物质资本投入的增加同时提升了高、低技能劳动力边际产出，对工资率 and 市场紧度产生正向影响。由于自动化资本与低技能劳动力是完全替代关系，自动化资本投入的增加减少了低技能劳动力边际产出，降低了企业创造低技能岗位的边际收益，企业因此选择削减低技能岗位数量，导致低技能劳动力市场紧度和工资率分别下降 0.48% 和 0.24%，失业率上升 4.54%。在高技能劳动力市场方面，由于自动化资本与高技能劳动力的互补性较强，自动化资本水平的提升提高了高技能劳动力边际产出，高技能劳动力市场紧度和工资率分别提升 3.61% 和 1.79%，失业率下降 57.28%。预期寿命延长对技能异质性劳动力市场的差异化影响加剧了高、低技能劳动力收入不平等，技能工资溢价上升 2.03%。得益于较高水平物质资本、自动化资本以及高技能劳动力投入，劳均总产出增加了 5.29%。在养老金收入方面，预期寿命延长增加了领取养老金人数，因此对养老金收入产生直接的负向影响。同时由于老龄化降低了低技能劳动力的工资率和就业率，在给定养老保险缴费率的情况下减少了养老保险财政收入，也间接降低了养老金收入水平，新稳态下养老金收入相比初始稳态值下降了 12.10%。数值模拟结果显示，预期寿命延长对高技能劳动力失业率和自动化资本投入影响显著，对劳动力市场紧度和工资率影响相对较弱。

表 1 校准参数基准取值

参数名称	参数含义	数值
λ	生产要素分配	0.639
A	生产技术	6.911
d_i	创造新岗位成本	$d_h=0.520, d_l=0.621$
μ_i	匹配效率	$\mu_h=0.724, \mu_l=0.881$

表 2 预期寿命延长对经济体的影响 ($\Delta\%$)

低技能劳动力市场		高技能劳动力市场	
θ_l	-0.48	θ_h	3.61
u_l	4.54	u_h	-57.28
w_l	-0.24	w_h	1.79
劳动力市场整体			
θ	0.53	w_h/w_l	2.03
u	-2.45	pen	-12.10
宏观经济指标			
y	5.29	k	5.54
p	75.71	R	-0.24

表 3 展示了预期寿命保持在基准值时生育率 ($2n$) 从基准值 1.13 下降至 1.10 (根据联合国《2024 年世界人口展望》数据估算 2035 年中国总和生育率) 后经济体各内生变量新稳态值与初始稳态值变动的百分比。数值模拟结果显示, 与预期寿命延长情形类似, 生育率下降提高了劳均物质资本和自动化资本存量, 加剧了经济体收入不平等、提高了技能工资溢价。由于生育率下降减少了养老保险缴费基数, 再叠加负向养老保险财政收入效应, 养老金收入水平随生育率的下降而降低。总体来看, 与预期寿命延长结论一致, 得益于高技能劳动力市场的良好运行态势, 经济体总失业率稳步下降, 劳均产出小幅增加。

表 3 生育率下降对经济体的影响 ($\Delta\%$)

低技能劳动力市场		高技能劳动力市场	
θ_l	-0.14	θ_h	1.00
u_l	1.28	u_h	-15.97
w_l	-0.07	w_h	0.50
劳动力市场整体			
θ	0.14	w_h/w_l	0.57
u	-0.67	pen	-2.73
宏观经济指标			
y	1.46	k	1.53
p	20.83	R	-0.07

以上结果表明, 预期寿命延长和生育率下降都对高、低技能劳动力市场产生差异化影响, 且影响的方向一致。那么, 预期寿命延长和生育率下降相叠加是否会对劳动力市场和宏观经济产生额外的影响? 表 4 展示了当预期寿命和生育率同时从基准值变为 2035 年估算值后, 劳动力市场和宏观经济指标变动的百分比。通过对比表 2、表 3 和表 4 不难发现, 预期寿命和生育率同时变动对经济体的影响大于二者单独变动影响的简单加总。叠加效应进一步扩大了人口结构变化对低技能劳动力市场和收入分配的负向影响、增强了对高技能劳动力市场的正向作用, 更扩大了群体内部不平等。该结论突出了分析人口结构变化对劳动力市场影响时兼顾预期寿命和生育率两个维度的重要性。

表 4 人口结构变化 (预期寿命延长和生育率下降) 对经济体的影响 ($\Delta\%$)

低技能劳动力市场		高技能劳动力市场	
θ_l	-0.62	θ_h	4.70
u_l	5.86	u_h	-74.43
w_l	-0.31	w_h	2.32
劳动力市场整体			
θ	0.69	w_h/w_l	2.64
u	-3.21	pen	-14.49
宏观经济指标			
y	6.91	k	7.24
p	98.92	R	-0.31

五、岗位补贴政策和收入补贴政策

近年来,自动化资本成本的持续下降加速了生产中自动化技术对劳动力的替代,增加了技能工资溢价,从而加剧收入不平等(Guerreiro *et al.*, 2022)。以提高自动化资本使用成本、调节收入分配为主要目标的机器人税(Robot tax)政策,逐渐成为近年来研究热点(Gasteiger & Prettner, 2020; Guerreiro *et al.*, 2022; Prettner & Strulik, 2020)。本部分以机器人税为基本税收政策和公共政策资金来源,重点讨论岗位补贴和收入补贴的政策效应。前者侧重于从扩大企业技能劳动需求角度影响劳动力市场紧度,进而改善特定技能劳动群体就业状况;后者作为转移支付的一种方式旨在保障低收入群体维持一定的消费和效用水平。

(一) 岗位补贴政策

人口结构变化增加了自动化资本的投入,从而降低了低技能劳动力边际产出,减少了企业创造低技能岗位的边际收益,因此企业选择减少低技能岗位数量。如果政府给予企业岗位补贴降低其创造低技能岗位的边际成本,企业将在最优决策下维持一定低技能岗位数量,进而改善低技能劳动力市场就业状况。具体而言,在岗位补贴政策下企业的利润表达式为:

$$\Pi_t = Y_t - \omega_t^l L_t - \omega_t^h H_t - R_t^K K_t - (1 + \omega) R_t^P P_t - (1 - \epsilon_t) d_l V_t^l - d_h V_t^h$$

式中, $\omega \geq 0$ 为机器人税率, $\epsilon_t \geq 0$ 为补贴力度。补贴后创造低技能岗位的成本为 $(1 - \epsilon_t) d_l$ 。政府通过征收机器人税用于支付企业低技能岗位补贴。假设收支是预算平衡的,此时政府预算约束表达式为:

$$\begin{aligned} \omega R_t^P P_t &= \epsilon_t d_l V_t^l \\ \epsilon_t &= \frac{\omega R_t^P p_t}{d_l \theta_t^l n_l} \end{aligned} \quad (26)$$

基于参数基准取值并参考 Guerreiro *et al.* (2022) 的最优机器人税率,表5对比了征收机器人税($\omega = 2\%$)与基准模型($\omega = 0$)下老年期生存概率 π 从基准值0.607增加至0.693(增幅14.22%)、生育率 $2n$ 从基准值1.13下降至1.10(降幅2.83%)后经济体内生变量稳态值的变化。通过比较不同政策环境下内生变量初始稳态值、最终稳态值和稳态值变动,可以得到岗位补贴政策效应的双重差分(Difference in Difference)估计值。数值模拟结果显示,对机器人征税提高了企业使用自动化资本的成本,改变了物质资本和自动化资本投入的分配比例,使得更多家庭储蓄转化为物质资本。低技能岗位补贴降低了企业创造新岗位成本,企业选择扩大低技能劳动力招聘和雇佣规模,因此提升了低技能劳动力市场紧度、改善了低技能劳动者就业状况。值得注意的是,在岗位补贴政策下低技能劳动力市场紧度随预期寿命延长发生了趋势上的改变,即低技能劳动力失业率的变动方向发生了改变:岗位补贴政策的实施降低了低技能劳动力失业率0.024个百分点,而在基准模型设定下低技能劳动力失业率上升了0.295个百分点,因此岗位补贴政策降低了低技能劳动力失业率0.320个百分点。究其原因,人口结构变化提高了自动化资本存量以及对自动化资本征税的收入。在政府预算收支平衡的约束下,低技能岗位补贴水平随机器人税收收入的增加而提高,激励企业创造更多岗位,低技能劳动力市场就业形势得以持续向好。

(二) 收入补贴政策

向受冲击低技能劳动力群体进行转移支付,是缓解由于人口结构变化引致的自动化技术变革对劳动力市场冲击的另一个潜在途径。具体到模型设定上,收入补贴政策下青年期预算约束条件变为:

表 5 岗位补贴：人口结构变化对经济体的影响

	技能工资溢价 (w_h/w_l)			劳均总产出 (y)			养老金 (pen)		
	基准模型	岗位补贴	差值	基准模型	收入补贴	差值	基准模型	岗位补贴	差值
	$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$	
初始稳态	1.266	1.265	0.001	2.704	2.743	-0.039	0.180	0.184	-0.003
最终稳态	1.300	1.300	-0.001	2.891	2.941	-0.050	0.154	0.158	-0.003
变动×100	3.345	3.500	-0.156	18.681	19.861	-1.179	-2.615	-2.617	0.002

	高技能失业率 (u_h)			低技能失业率 (u_l)			总失业率 (u)		
	基准模型	岗位补贴	差值	基准模型	岗位补贴	差值	基准模型	岗位补贴	差值
	$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$	
初始稳态	0.030	0.023	0.007	0.050	0.040	0.011	0.047	0.037	0.010
最终稳态	0.008	-0.001	0.008	0.053	0.039	0.014	0.045	0.032	0.013
变动×100	-2.252	-2.376	0.123	0.295	-0.024	0.320	-0.150	-0.436	0.285

说明：表中给出老年期生存概率 π 从基准值 0.607 增加至 0.693、生育率 $2n$ 从基准值 1.13 下降至 1.10 后，各内生变量在基准模型 ($\omega=0$) 和实施岗位补贴政策 ($\omega=2\%$) 时的稳态值。

$$c_{y,t}^i + s_t^i = (1 - \tau)w_t^i e_t^i + T_t^i$$

(27)

式中， T_t^i 为政府的转移支付，当 $i=l$ 时 $T_t^i = T_t$ ；当 $i=h$ 时 $T_t^i = 0$ 。收入补贴政策的资金来源为机器人税税收收入。政府通过征收机器人税用于支付给予低技能劳动者的收入补贴。假设预算收支平衡，此时政府预算约束表达式为：

$$\omega R_t^P P_t = T_t N_t n_l$$
$$T_t = \frac{\omega R_t^P p_t}{n_l}$$

(28)

表 6 显示，收入补贴政策增加了低技能家庭可支配收入，收入效应使得家庭同时增加青年期消费和储蓄，也提高了物质资本和自动化资本存量。有别于岗位补贴政策，收入补贴政策并未改变低技能劳动力市场紧度随人口结构变化下降的趋势。由式 (28) 可知，虽然政府转移支付力度随自动化资本投入的增加而加大，但其作用渠道是通过物质资本投入间接影响边际产出和创造新岗位的边际收益，从而影响企业招聘决策。因此有别于直接鼓励企业扩大招聘规模的岗位补贴政策，双重差分估计值显示收入补贴政策对各内生变量，特别是就业相关变量的政策效应都相对较弱。

六、进一步讨论

本部分从中国人口老龄化特征角度进一步拓展基准模型。中国人口老龄化的特征包括“未富先老”和“快速老龄化”两个维度。本文旨在通过以上拓展使理论模型刻画更符合中国经济基本特征，使本文结论更具现实指导意义。

(一) 未富先老

中国人口老龄化的特征之一是未富先老，即经济发展速度落后于老龄化进程。具体表现之一就是社会养老体制不健全，养老保障水平无法满足老年生活需要。作为对中国现行社会养老制度

的重要补充，以家庭内部收入代际转移为特征的家庭养老仍然是较为普遍的养老模式。成年子女向上的收入代际转移可以增加父母的老年期收入，有效弥补公共养老金不足，提高老年父母的消费和效用水平。遵循已有文献设定（郭凯明和颜色，2016；王丽莉和乔雪，2018），本部分在基准模型中引入“养儿防老”这一收入代际转移方式，讨论在社会养老与家庭养老并存时人口结构变化对劳动力市场的影响。由于收入代际转移渠道的存在，青年期和老年期预算约束变为：

表 6 收入补贴：人口结构变化对经济体的影响

	技能工资溢价 (w_h/w_l)			劳均总产出 (y)			养老金 (pen)		
	基准模型	收入补贴	差值	基准模型	收入补贴	差值	基准模型	收入补贴	差值
	$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$	
初始稳态	1.266	1.265	0.001	2.704	2.740	-0.035	0.180	0.183	-0.003
最终稳态	1.300	1.299	0.000	2.891	2.935	-0.044	0.154	0.157	-0.002
变动 $\times 100$	3.345	3.449	-0.104	18.681	19.547	-0.866	-2.615	-2.654	0.039
	高技能失业率 (u_h)			低技能失业率 (u_l)			总失业率 (u)		
	基准模型	收入补贴	差值	基准模型	收入补贴	差值	基准模型	收入补贴	差值
	$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$		$\omega=0$	$\omega=2\%$	
初始稳态	0.030	0.024	0.007	0.050	0.043	0.008	0.047	0.039	0.008
最终稳态	0.008	0.000	0.008	0.053	0.046	0.008	0.045	0.038	0.008
变动 $\times 100$	-2.252	-2.341	0.089	0.295	0.307	-0.012	-0.150	-0.156	0.006

说明：表中给出老年期生存概率 π 从基准值 0.607 增加至 0.693、生育率 $2n$ 从基准值 1.13 下降至 1.10 后，各内生变量在无政策 ($\omega=0$) 和实施收入补贴政策 ($\omega=2\%$) 时的稳态值。

$$c_{y,t}^i + s_t^i + \varphi w_t^i e_t^i = (1 - \tau) w_t^i e_t^i \tag{29}$$

$$c_{o,t+1}^i = \frac{(1 + r_{t+1})}{\pi} s_t^i + pen_{t+1}^i + \varphi n w_{t+1}^i e_{t+1}^i \tag{30}$$

本文参考王丽莉和乔雪（2018）的设定，子女对父母收入代际转移系数 φ 基准值设定为 0.1。表 7 展示了考虑“养儿防老”模式后人口结构变化对经济体的影响，其中 $\varphi=0$ 且 $\tau=0.16$ 的情形对应了基准模型设定。可以发现，随着收入代际转移力度的加大，人口结构变化对劳动力市场的负向影响逐步弱化。这是由于“养儿防老”模式作为青年期储蓄的有效替代，可以显著降低家庭储蓄意愿，从而通过降低自动化资本存量的渠道弱化了技术进步对低技能劳动力就业和劳动力市场收入分配格局的负向影响。

（二）快速老龄化

中国人口结构变化的另一个特征是快速老龄化。与渐进的老龄化过程相比，快速老龄化使有效劳动供给迅速减少，骤然增加社会抚养负担（都阳和封永刚，2021）。中国老龄化进程体现为预期寿命的稳步提高以及生育率的迅速下降（如图 1 中总和生育率在 2017 年后的下降趋势），而生育率迅速下降是快速老龄化的主要驱动力。有鉴于此，本文根据联合国《2024 年世界人口展望》对中国生育率高、中、低方案的预测数据，模拟了至 2035 年人口结构变化对劳动力市场影响^①。如表 8 所示，生育率中方案即对应基准模型结果。相比中方案，当生育率下降至低方案预

^① 联合国《2024 年世界人口展望》生育率高、中、低方案预测中国 2035 年总和生育率分别为 1.597、1.097 和 0.597。

测值时，人口结构变化对低技能劳动力的就业、劳动力市场收入分配和养老金水平的负向效应进一步扩大。因此，相比发达国家较为渐进的老龄化过程，中国人口结构变化所体现的快速老龄化特征将进一步扩大技术进步对劳动力市场的冲击，恶化受冲击劳动群体就业状况、收入分配格局，加剧养老金收支平衡压力。

表 7 家庭养老：人口结构变化对经济体的影响 ($\Delta\%$)

	$\varphi=0, \tau=0.16$	$\varphi=0, \tau=0$	$\varphi=0.1, \tau=0.16$	$\varphi=0.2, \tau=0.16$
低技能劳动力市场				
θ_l	-0.65	-0.63	-0.62	-0.59
w_l	-0.33	-0.32	-0.31	-0.29
高技能劳动力市场				
θ_h	5.10	5.05	4.73	4.30
w_h	2.52	2.49	2.34	2.13
劳动力市场及整体经济指标				
θ	0.83	0.88	0.69	0.56
w_h/w_l	2.86	2.82	2.66	2.43
pen	-14.38	—	-14.49	-14.59
y	7.52	7.44	6.95	6.30

说明：表中给出老年期生存概率 π 从基准值 0.607 增加至 0.693（增幅 14.22%）、生育率 $2n$ 从基准值 1.13 下降至 1.10（降幅 2.83%）后，各内生变量稳态值（与初始稳态值相比）变动的百分比。

表 8 快速老龄化：人口结构变化对经济体的影响 ($\Delta\%$)

	高方案 (High variant)	中方案 (Medium variant, 基准模型)	低方案 (Low variant)
θ_l	1.10	-0.62	-3.83
w_l	0.55	-0.31	-1.94
θ_h	-7.54	4.70	36.08
w_h	-3.84	2.32	16.65
θ	-1.03	0.69	6.01
w_h/w_l	-4.37	2.64	18.96
pen	22.90	-14.49	-51.50
y	-10.77	6.91	56.69

说明：表中给出老年期生存概率 π 从基准值 0.607 增加至 0.693（增幅 14.22%）、生育率 $2n$ 从基准值 1.13 分别变为 1.60（高方案）、1.10（中方案）和 0.60（低方案）后，各内生变量稳态值（与初始稳态值相比）变动的百分比。

七、结论与拓展

积极应对人口结构变化、促进人口长期均衡发展已成为国家发展战略重要组成部分。以创新

驱动发展是应对人口结构变化和劳动人口技能结构不合理的重要举措。与此同时,以工业机器人为代表的自动化技术在促进经济增长、提升生产率的同时,也给就业结构、技能溢价和养老金等方面带来了潜在消极影响。如何通过政策工具在收获技术进步红利的同时扎实推动共同富裕,成为中国经济高质量发展阶段的一个重要课题。

本文通过构建包含劳动力市场摩擦的异质性个体世代交叠模型,探讨预期寿命延长和生育率下降如何影响自动化资本投资,从而影响劳动力市场高、低技能劳动力的就业、技能工资差距以及养老金收入水平。结果表明,人口结构变化带来的自动化资本存量增加显著提高了低技能劳动力失业率,降低了低技能劳动力工资水平,但高技能劳动力就业率和工资水平却因此提高,技能工资差距随之拉大,养老金收入水平下降。本文在基准模型框架下进一步探讨了岗位补贴和收入补贴政策的劳动力市场效应,定量分析证实它们在应对人口结构变化和技术进步冲击方面的积极作用。在拓展模型中,本文进一步引入“未富先老”以及“快速老龄化”两个中国老龄化特征。作为对现行社会养老制度的重要补充,家庭养老模式可以显著弱化人口结构变化对劳动力市场的负向影响。而以生育率迅速下降为主要驱动力的快速老龄化将强化这一负向影响。

本文从以下四个视角有助于政府评估人口结构变化和技术进步对推动共同富裕的影响:第一,针对以工业机器人为载体的自动化技术对劳动力市场就业和收入分配的差异化影响,通过实施职业技能提升行动,使面临自动化技术替代风险的工人获得新知识和新技能,促进供需匹配,是应对“机器换人”浪潮下岗位流失而失业的重要策略。第二,企业的用工需求主要由劳动力的边际产出与用工成本两个因素共同决定。岗位补贴政策通过降低企业对特定岗位的招聘成本,特别是那些受到技术进步冲击较大的岗位,缓解了企业在劳动力需求方面的压力。通过在技能需求侧提供政策支持,岗位补贴政策能够有效促进劳动力市场的供需平衡,降低结构性失业的风险。第三,完善社会保障制度可以有效对冲以预期寿命延长为特征的人口老龄化的负向影响。养老的本质是保障老年期的收入可以满足老年期消费需求并维持一定的效用水平。虽然“养儿防老”的观念正逐步弱化,但分析结果显示,作为社会养老的有效补充,家庭养老在多元化老年期收入的同时可以有效降低青年期储蓄意愿。从长期来看,需要以制度安排替代家庭养老模式。具体而言,推进多层次的社会保障体系建设,鼓励个人、企业和政府共同参与养老保障,逐步建立起包括基本养老、商业保险和长期护理等在内的多元化保障模式,是积极应对人口老龄化和“未富先老”的根本策略。第四,生育率的迅速下降是推动快速老龄化的主要因素,而这一趋势将加剧人口结构变化对劳动力市场的负面冲击。因此,建立覆盖全生命周期的政策支持体系,是人口高质量发展阶段必须重点考虑的问题。随着人口老龄化问题的不断加剧,单一政策已难以有效应对这一复杂挑战,急需综合考虑劳动力市场政策与生育支持政策的协同效应,构建一个系统且可持续的政策框架。将这两类政策有机结合,不仅有助于在短期内缓解劳动力市场的紧张局面,还能够在长期内优化人口结构,推动经济可持续发展。

本文仍有待进一步拓展:“机器换人”浪潮对劳动力市场的冲击和挑战主要体现在制造业劳动力市场,但从全局角度探究人口结构变化引致的技术进步对不同行业劳动力市场就业、技能溢价和养老金收入的影响离不开基于微观数据的实证分析。结合微观劳动力市场调查数据和地区宏观数据、借助数理模型和计量工具准确刻画人口结构变化、自动化技术和劳动力市场之间的因果关系是未来研究的一个重要方向。此外,本文构建的理论模型可以从企业和政府两个角度进一步突出中国经济特征,使结论更具现实指导意义。

参考文献

白重恩、钱震杰,2009:《国民收入的要素分配:统计数据背后的故事》,《经济研究》第3期。

- 陈勇、柏喆, 2018:《技能偏向型技术进步、劳动者集聚效应与地区工资差距扩大》,《中国工业经济》第9期。
- 都阳、封永刚, 2021:《人口快速老龄化对经济增长的冲击》,《经济研究》第2期。
- 耿志祥、孙祁祥, 2020:《延迟退休年龄、内生生育率与养老金》,《金融研究》第5期。
- 郭凯明、颜色, 2016:《延迟退休年龄、代际收入转移与劳动力供给增长》,《经济研究》第6期。
- 刘凤良、吴孟非、徐少锋, 2022:《人工智能的财富分配效应研究》,《经济理论与经济管理》第6期。
- 汪伟, 2012:《人口老龄化、养老保险制度变革与中国经济增长——理论分析与数值模拟》,《金融研究》第10期。
- 王丽莉、乔雪, 2018:《放松计划生育、延迟退休与中国劳动力供给》,《世界经济》第10期。
- 王林辉、胡晟明、董直庆, 2020:《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》第4期。
- 王永钦、董雯, 2020:《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》,《经济研究》第10期。
- 余玲铮、魏下海、孙中伟、吴春秀, 2021:《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》第1期。
- 周广肃、李力行、孟岭生, 2021:《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》,《金融研究》第6期。
- Abeliansky, A. L., and K. Prettnner, 2023, “Automation and Population Growth: Theory and Cross-country Evidence”, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 208: 345–358.
- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2017, “Secular Stagnation? The Effect of Aging on Economic Growth in the Age of Automation”, *American Economic Review*, 107 (5): 174–179.
- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2022, “Demographics and Automation”, *The Review of Economic Studies*, 89 (1): 1–44.
- Acemoglu, D., and P. Restrepo, 2020, “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets”, *Journal of Political Economy*, 128 (6): 2188–2244.
- Cipriani, G. P., 2016, “Aging, Retirement, and Pay-as-you-go Pensions”, *Macroeconomic Dynamics*, 22 (5): 1173–1183.
- Gasteiger, E., and K. Prettnner, 2020, “Automation, Stagnation, and the Implications of a Robot Tax”, *Macroeconomic Dynamics*, 26 (1): 218–249.
- Guerreiro, J., S. Rebelo, and P. Teles, 2022, “Should Robots be Taxed?”, *The Review of Economic Studies*, 89 (1): 279–311.
- Hémous, D., and M. Olsen, 2022, “The Rise of the Machines: Automation, Horizontal Innovation, and Income Inequality”, *American Economic Journal: Macroeconomics*, 14 (1): 179–223.
- Lankisch, C., K. Prettnner, and A. Prskawetz, 2019, “How can Robots Affect Wage Inequality?”, *Economic Modelling*, 81: 161–169.
- Ottaviano, G. I. P., and G. Peri, 2012, “Rethinking the Effect of Immigration on Wages”, *Journal of the European Economic Association*, 10 (1): 152–197.
- Prettnner, K., and H. Strulik, 2020, “Innovation, Automation, and Inequality: Policy Challenges in the Race against the Machine”, *Journal of Monetary Economics*, 116: 249–265.
- Stähler, N., 2021, “The Impact of Aging and Automation on the Macroeconomy and Inequality”, *Journal of Macroeconomics*, 67: 103278.
- Zhang, X., T. Palivos, and X. Liu, 2022, “Aging and Automation in Economies with Search Frictions”, *Journal of Population Economics*, 35 (2): 621–642.

Demographic Change, Automation and Consequences on Labor Market

MA Chao¹ LIU Xiangbo² ZHAO Zhong²

(1. Institute of Population and Labor Economics, Chinese Academy of Social Sciences;

2. School of Labor and Human Resources, Renmin University of China)

Summary: In the context of technological progress, we investigate the labor market consequences of demographic change from three essential dimensions: employment, skill premium and old-age support. Based on a heterogeneous agent OLG model incorporated with labor market friction, we extend the production function to incorporated with automation capital which is complementary with high-skilled workers while being substitutes to low-skilled workers. Consequently, a rise in automation capital increases the marginal output of high-skilled workers while decreases that of the low-skilled. Demographic change induces automation and exerts heterogeneous effects on working populations: employment status of low-skilled workers deteriorates while that of high-skilled workers improves, skill premium goes up, and pension benefit decreases. Two dimensions of demographic change impact the labor market through different mechanism: rising longevity induces automation through life-cycling savings while decreasing fertility encourages automation through increasing labor costs.

Our results show that when life expectancy increases by 14.2% and fertility decreases by 2.8% (according to percentage change of China's life expectancy at birth and total fertility till 2035 estimated by World Population Prospects 2024), automation capital increases by 98.9% which induces a rise of skill premium by 2.6%, a reduction in unemployment rate of high-skilled workers by 74.4% while an increase in unemployment rate of low-skilled workers by 5.9%, and a drop of total unemployment rate by 3.2%. Due to the direct and indirect effects of demographic change, pension benefits decrease by 14.5%. Per-worker output increases by 6.9% due to increased automation and labor inputs. Based on the above findings we further explore the labor market consequences of two public policies: recruitment subsidy and income transfer. Simulation results show that recruitment subsidy and income transfer policy significantly lower total unemployment rate and improve pension benefit. Compared with income transfer policy, recruitment subsidy policy significantly promotes employment of low-skilled workers. The DID estimate of employment effects of recruitment subsidy policy shows a reduction of 0.3 percentage points in unemployment rate of low-skilled workers. We further explores the effects of population aging in China characterized by two dimensions: getting old before getting rich and accelerated aging. Our model connects demographic change and automation with labor market, which provides an ideal theoretical framework to evaluate public policies aiming at promoting and achieving common prosperity.

Key words: demographic change; automation; employment; skill premium; pension benefit