

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

韩永辉 刘 洋

摘要:少子化与老龄化成为中国人口发展新特征,经济增长亟需探寻现代化新路径。本文基于内生经济增长理论,构建包含劳动力供给冲击、工业智能化、内生性技术创新的动态随机一般均衡模型,揭示工业智能化对少子老龄化负向影响的双重调节机制。研究发现:短期内,工业智能化可优化劳动力与资本要素配置,进而提升经济均衡总产出,有效缓解少子老龄化的不利冲击。然而这一调节效应呈现显著的时期异质性:长期内,工业智能化难以弥补研发型劳动力缺口,并可能引发过度替代、贫富分化和通货膨胀等问题,对经济长期可持续发展的支撑作用有限。研究结论表明:政府宜在合理布局工业智能化的同时,兼顾增进人力资本积累、提升自主创新质量,实现少子老龄化时代下的经济长期高质量发展。

关键词:少子老龄化 工业智能化 劳动力供给冲击 研发型劳动力 自主创新

DOI:10.19744/j.cnki.11-1235/f.2024.0012

一、引言

改革开放以来,中国依靠劳动力成本优势实现制造业崛起,创造了史无前例的发展奇迹(蔡昉,2022b)。然而,自2010年起,受人口出生率下降及年龄结构老化影响,中国劳动力供求格局逐步从供给过剩演变为结构性与总量性“双重供给不足”(李建伟,2020)。至2022年,中国经济活动人口规模仅为7.80亿人,较2015年的峰值8.01亿人下降约0.2亿人。国家卫生健康委明确指出“人口负增长”或成为百年大变局之下的新特征^①。早在20世纪30年代,凯恩斯(1937)和汉森(1939)研究表明,人口规模萎缩和年龄结构变动会引发经济体生产缩减及总需求下降。布兰查德和奎阿(1988)进一步指出,经济长期产出水平取决于技术冲击和劳动力供给的变动。当经济体出现少子老龄化特征时,劳动力供给规模的缩减将导致经济出现劳动力供给不足、养育与养老成本提升、整体消费乏力、财政负担加重等问题,拖累经济增长速度(阿克索伊等,2019;王金营、李庄园,2023)。在中国实现第二个百年奋斗目标进程中,前瞻性预判出生率下降与年龄结构老化可能带来的风险和挑战,探究中国如何应对劳动力供给冲击,兼具理论价值与现实意义。

与此同时,在全球信息技术革命的推动下,世界正掀起智能化升级浪潮,工业智能化成为各个国家实施“再工业化”和抢占科技发展制高点的重要途径。党的二十大报告强调要“促进数字经济和实体经济深度融合”“推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。2023年以来,中国陆续印发《“机器人+”应用行动实施方案》《制造业可靠性提升实施意见》等文件^②,全力推动智能化生产方式变革,从战略上指导经济智能化转型与高质量发展。

工业智能化能否有助于应对少子老龄化对宏观经济带来的不利冲击,成为近年来学术界争议之焦点。阿贝里安斯基等(2020)、阿西莫格鲁和雷斯特雷波(2022)认为工业智能化可有效解决劳动力供给不足问题,消除人口老龄化对经济增长的负面效应。陈彦斌等(2019)亦提出人工智能通过减少劳动力需求、提高资本回报率及全要素生产率3种途径,积极应对老龄化挑战,并且其效果明显优于延迟退休政策。然而,也有学者提出新的技术变化(机器人、人工智能或自动化)尽管提高了生产率,却也可能对就业、工资及居民福利等产生破坏

*本研究得到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(2022B1515020008)的资助。感谢深圳福田引导基金汪奕鹏博士的指导建议,感谢匿名评审专家的宝贵意见,当然文责自负。刘洋为本文通讯作者。

性影响,难以促使经济实现实质性的增长(吉梅诺,2019)。以上文献对本文研究具有启发意义,但仍存在进一步探索空间。首先,以往文献未明确探究中国劳动力供给规模变动的本质特征。老龄化通常可归因为两个因素:一是长寿化即预期寿命延长带来的老龄人口数量增加,二是少子化即生育率降低引致的老龄人口占比升高。然而,长寿化是国家医疗水平提高与社会进步的体现,只要充分发挥老龄人口的工作潜能,社会负担并不与寿命延长成正比(杜鹏,2022),生育率降低引发的老龄化才是削弱经济增长潜力的关键要素(蔡昉,2022a)。本文通过典型事实分析,探究中国劳动力供给规模变动的本质特征,为理论建模提供事实基础。其次,文献对工业智能化与劳动力替代关系的剖析略显不足,导致以往工业智能化对少子老龄化的调节作用的研究缺乏准确性。阿西莫格鲁和雷斯特雷波(2018)曾提及,人工智能是一种功能更强大、更显著的技术,未来可部分或全部替代人脑。工业智能化替代劳动力的属性已由体力劳动扩展至简单的脑力劳动,继而到分析、学习、推理等复杂的脑力劳动,而非简单地替代低技能、中技能与高技能劳动力(汪前元等,2022)。然而,创造力是人类能力最高级的体现,在既有技术条件下,工业智能化仍难以替代劳动力的研发及创造能力(刘洋等,2023)。以此为基础,本文认为工业智能化更多替代的是非研发型劳动力,目标是节约生产型劳动力,但暂难以弥补研发型劳动力的短缺。再次,以往模型研究忽略内生性技术创新对经济增长的重要作用。目前工业智能化相关研究主要以索洛模型、拉姆齐-卡斯-库普曼斯模型、戴蒙德模型等为基础,忽略了技术进步对经济增长的影响。根据内生经济增长理论,研发与创造是经济可持续发展的源泉。本文将内生性技术创新刻画于模型中,探索少子老龄化背景下经济可持续发展的根本动力。最后,现有研究大多从供给侧探析工业智能化对劳动力供给的调节作用,缺乏从需求侧分析工业智能化对投资及消费需求的影响。已有文献表明人工智能会引发就业极化及工资差距拉大等风险(阿西莫格鲁、雷斯特雷波,2019;王林辉等,2022),从而可能抑制经济总需求。“总需求—总供给”系统是宏观经济理论的核心骨架,劳动力既是供给侧的生产主体,又是需求侧的消费主体,更是内生经济增长理论中创新和技术进步的缔造者。工业智能化能否从根本上应对少子老龄化引致的经济增长困境,取决于工业智能化与劳动力供给之间的内在互动逻辑。

基于上述理论与实践研究之不足,本文基于内生经济增长理论构建动态随机一般均衡模型,重点刻画异质性劳动力、异质性资本、内生自主研发与转化等特征,从供给侧与需求侧双重视角识别工业智能化对劳动力供给的调节作用,从而为中国更好地应对少子老龄化提出针对性政策建议。本文边际贡献主要体现在4点:其一,从少子化和老龄化两个角度探究中国劳动力供给规模减少的原因,利用典型事实分析劳动力供给、工业智能化与经济波动间的动态关联;其二,充分识别工业智能化本质特征。模型中,工业智能化仅与非研发型劳动力形成替代关系,而难以替代研发型劳动力,拓展与优化少子老龄化、劳动力供给变动及工业智能化问题的研究方法;其三,基于“总供给—总需求”视角,探讨工业智能化在调节少子老龄化过程中可能产生的“创造性”与“破坏性”双重影响机制,为应对少子老龄化问题、制定工业智能化发展策略提供理论基础;其四,在厘清少子老龄化、工业智能化与宏观经济波动关系的基础上,进一步识别工业智能化布局合理性、提高自主创新质量及增进人力资本积累等因素对工业智能化调节作用的影响,使得研究真正服务于国家战略和社会发展需要。

本文后续内容安排如下:第二部分为典型事实,第三部分为理论模型构建,第四部分为参数校准与估计,第五部分为模拟结果与核心机制,第六部分为进一步讨论,第七部分为研究结论与政策建议。

二、典型事实

当前,中国劳动力市场正面临老龄化与少子化双重冲击。本部分重点捕捉中国劳动力供给、工业智能化与宏观经济波动关系间的典型性事实,为后文研究提供理论与现实基础。

(一)少子化、老龄化与劳动力供给

人口总规模与劳动年龄人口比重是影响劳动力供给的重要因素。一方面,中国总人口规模仍然巨大,但已开始呈现下跌趋势。出生率、死亡率和自然增长率是描述人口发展或人口转变特征的常见指标。根据诺特斯坦(1945)提出的“人口转变理论”,伴随社会经济的逐步现代化,儿童养育成本同步增加,人口出生率进入缓

经济学

慢下降区间;与此同时,医疗卫生状况持续改善,预期寿命显著延长,少子老龄化特征开始显现,人口自然增长率降至较低水平。如图1所示,2001~2010年期间,中国人口出生率基本稳定在12‰;2011~2015年期间,国家“二孩”政策正式实施,人口出生率小幅上涨;但自2016年起,中国人口出生率呈现快速下跌趋势。根据《中国统计年鉴2021》显示,2020年全国人口出生率仅为8.52‰,首次跌破10‰。而人口死亡率在2001~2020年间始终维持6‰~7‰。人口出生率与死亡率的变化导致人口自然增长率自2016年起大幅下滑。2022年,总人口规模为14.11亿人,相比于2021年减少85万人,一孩生育率仅为0.5(贺丹,2023)。未来中国人口负增长将呈现“持续时间长、发展速度快、缩减规模大、回弹难度大”的趋势(翟振武、金光照,2023)。

另一方面,中国劳动年龄人口占比降低,老龄人口占比显著提升。如图2所示,自2010年起,中国15~64岁总人口占比从74.53%下降至2022年的68.21%,而65岁以上人口在总人口中的比重达到14.86%,远高于联合国规定的中高度老龄化标准线10%。伴随生育率低迷及人均预期寿命的延长,预计未来中国劳动年龄人口占比将持续走低。

当0~14岁少儿比重低于20%、15~64岁劳动力比重超过60%、65岁及以上老人比重超过10%时,经济体可被称之为“少子—红利—老龄型社会”(丁金宏等,2023)。上述典型事实表明,中国目前已进入少子老龄化社会。如图3所示,中国劳动力总体供给规模从2013年的10.10亿人下跌至2021年的9.65亿人。劳动力供给规模下降引致人工成本上升,弱化中国长期依赖的劳动力比较优势,未来经济增长面临较大下行压力。

(二) 劳动力供给、工业智能化与宏观经济波动

人工智能技术赋能下,工业智能化可创造出“无限量人工劳动”(阿吉翁等,2019)。尤其在生产领域,大部分工作已能够被工业智能化替代(王永钦、董雯,2020)。如图3所示,2012~2021年,工业机器人新增安装量从22987台增长至268195台,库存总量从96924台增加至1357236台,年均增长率超过30%,工业机器人安装密度从2015年的49台每万人到2021年的322台每万人^③,中国成为世界上增长最快的工业机器人市场之一。自2013年起,

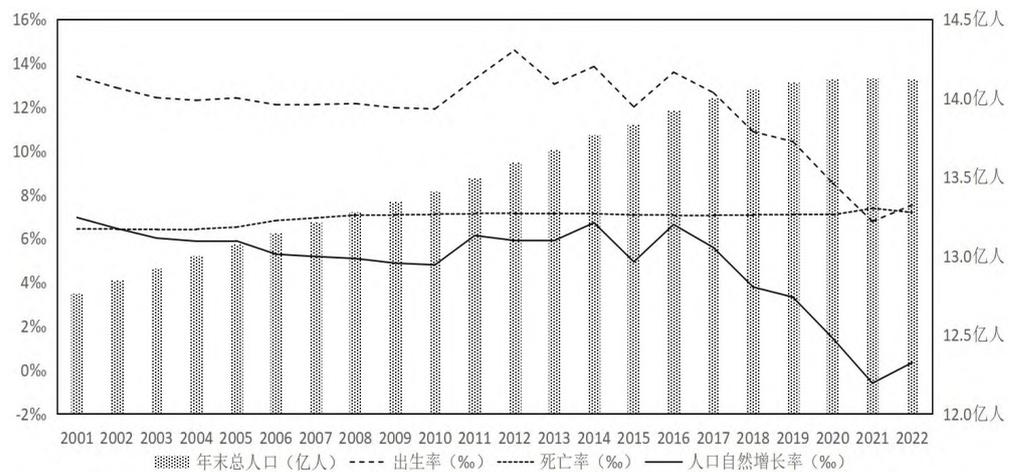


图1 2001~2022年中国人口出生率、死亡率、自然增长率及年末总人口示意图
数据来源:中华人民共和国国家统计局(2002~2023年)。

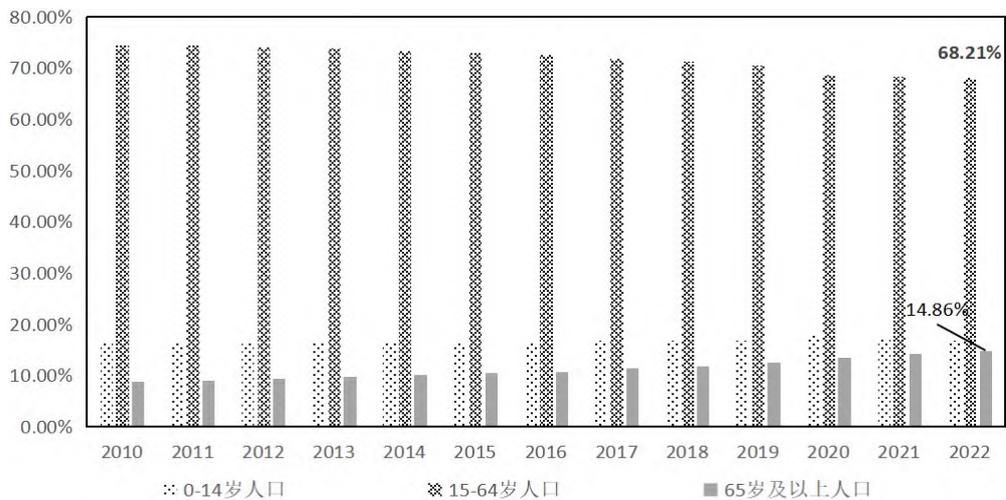


图2 2010~2022年中国按年龄分类人口结构示意图
数据来源:中华人民共和国国家统计局(2002~2023年)。

中国工业机器人总库存量和劳动力供给数量呈现反向变动关系。这表明少子老龄化背景下,中国工业机器人安装数量及库存总量呈上升态势,工业智能化加速推进。

进一步地,本文采用HP滤波法对劳动力供给总量、工业机器人数量与经济生产总值进行去趋势处理。由图4可知,2001~2013年间,劳动年龄人口与经济生产总值间波动一致性较强,呈现顺周期性;但2013年后,经济生产总值与工业机器人呈现较强的波动一致性,而与劳动力供给总量表现为逆周期性。由此表明,工业智能化对少子老龄化引致的宏观经济波动可能存在一定调节作用。

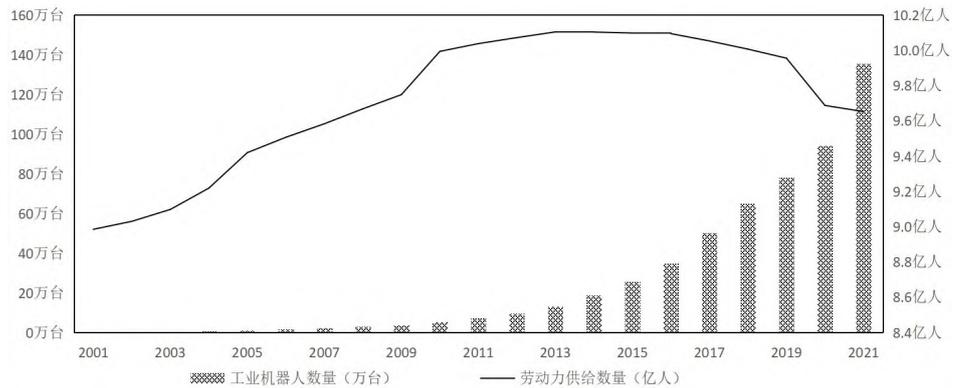


图3 2001~2021年中国劳动力供给数量及工业机器人总库存量关系示意图
数据来源:中华人民共和国国家统计局(2002~2023)及《世界机器人报告》(2002~2022)。

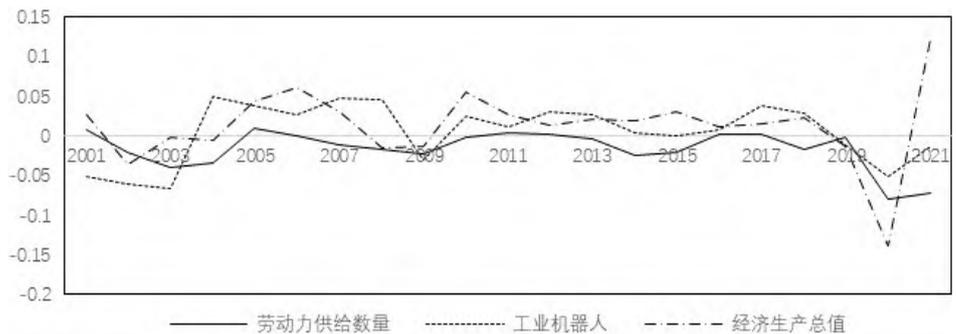


图4 2001~2021年中国劳动力供给数量、机器人与GDP变量波动图
数据来源:中华人民共和国国家统计局(2002~2023)及《世界机器人报告》(2002~2022)。

(三)少子老龄化引发劳动力供给冲击的界定及经济周期性质

生产率或生产要素的变化对总供给进而对宏观经济波动产生影响,统称为供给冲击(黄桂田、赵留彦,2010)。从产出角度出发,生产要素数量变动导致其相对成本发生改变,影响产品出清价格,因而供给冲击也被称为价格冲击。

劳动力供给冲击是指劳动力供给数量变化对宏观经济造成的影响。若劳动供给曲线向左移动,劳动力成本提升,则称之为劳动力逆向供给冲击(詹新宇、方福前,2014)。如图3所示,2013年起受少子老龄化影响,中国劳动力供给呈指数函数下降趋势。参考斯梅茨和伍特斯(2003),假定劳动力供给总量平均下降速度为 r_L ,满足以下运动规律为 $N_t=r_L e^{l_t}$,其中 l_t 表示少子老龄化引致的劳动力供给冲击, l_t 的逆向冲击意味着劳动力供给水平的下降,服从一阶自回归过程 $l_t=(1-\rho_l)\bar{l}+\rho_l l_{t-1}+\varepsilon_t^l$ 。为使变量在受到冲击之后回归到稳态,要求冲击过程是平稳的,即 $0<\rho_l<1$,外生冲击 ε_t^l 则服从均值为0、标准差为 σ_l 的正态分布^④。

三、理论模型构建

(一)代表性家庭

相较于一般性家庭部门,本文设定家庭提供两种类型的劳动力——非研发型劳动力 L_t 和研发型劳动力 L_{st} ,其中非研发型劳动力直接参与生产过程,而研发型劳动力 L_{st} 又分为 L_{srt} 和 L_{sat} ,分别参与产品的内生性自主研发与转化过程。假设家庭对安全资产具有偏好,引入流动性需求冲击 $\zeta_t \equiv \omega_t / u'(C_t)$,代表家庭对无风险债券偏好。 ζ_t 遵循外生冲击过程 $\zeta_t=(1-\rho_\zeta)\bar{\zeta}+\rho_\zeta \zeta_{t-1}+\sigma_\zeta \varepsilon_t^\zeta$ 。代表性家庭效用最大化函数为:

$$\max_{C_t, B_{t+1}, L_t, L_{st}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^\tau \left\{ \log(C_{t+\tau} - bC_{t+\tau-1}) + \omega_t B_{t+1} - l_t \left[\frac{(L_t)^{1+\varphi} + (L_{st})^{1+\varphi}}{(1+\varphi)} \right] \right\} \quad (1)$$

其中, C_t 为家庭总消费, B_t 为家庭无风险债券持有量。参数 b 为消费者跨期消费因子, $1/\varphi$ 为劳动力供给弹性系数。 l_t 代表少子老龄化引致的劳动力供给冲击, l_t 的逆向冲击意味着劳动力供给水平的下降。

家庭总收入来源于劳动力供给所得收入 (w_t 与 w_{st})、租赁工业智能化资本与传统资本的净收入和持有无风险债券的净收益。家庭总支出则包括当期消费、传统资本和工业智能化资本投资与购买下一期的政府无风险债券。令 R_t 为无风险债券实际收益率, 家庭预算约束可表示为:

$$C_t + B_{t+1} + I_t + IM_t = w_t L_t + w_{st} L_{st} + R_{kt} K_t + R_{mt} M_t + R_t B_t \quad (2)$$

令 $X_t = \{L_t, L_{st}\}$ 表示劳动力组合, 社会总体劳动力供给 X_t 是由每个家庭 h 的劳动力组合 X_t^h 进行 CES 汇总得到:

$$X_t = \left[\int_0^1 X_t^h \frac{1}{\mu_w} dh \right]^{\mu_w} \quad (3)$$

其中, μ_w 表示工资价格加成。令 W_{st} 为劳动力组合工资, 那么 W_{st}^h 为家庭 h 劳动力组合的名义工资水平。在利润最大化目标下, 每个家庭提供的劳动力组合为:

$$X_t^h = \left(\frac{W_{st}^h}{W_{st}} \right)^{\frac{-\mu_w}{\mu_w - 1}} X_t \quad (4)$$

在工资粘性条件下, 每期可重新最优化工资的家庭比例为 $1 - \xi_w$, 其余家庭调整规则为 $W_{st} = W_{st-1} \pi_{t-1}^{1-\xi_w}$ 。 W_t^* 为能够选择最优工资家庭重置的最优价格。家庭总效用最大化表示为:

$$E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \xi_w^\tau \left[u'(C_{t+\tau}) \frac{W_{st}^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{P_{t+\tau}} X_{t+\tau}^h - v_x \frac{(X_{t+\tau}^h)^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right] \quad (5)$$

相对应的非研发型劳动力最优实际工资 w_t^* 和研发型劳动力最优实际工资 w_{st}^* , 及工资价格指数分别为:

$$0 = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \xi_w^\tau \Lambda_{t,t+\tau} \left[\frac{w_t^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{\prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} - \mu_w v \left(\frac{w_t^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{w_{t+\tau} \prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} \right)^{\frac{-\varphi \mu_w}{\mu_w - 1}} \frac{L_{t+\tau}^\varphi}{u'(C_{t+\tau})} \left(\frac{w_t^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{w_{t+\tau} \prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} \right)^{\frac{-\mu_w}{\mu_w - 1}} L_{t+\tau} \right] \quad (6)$$

$$w_t = \left[(1 - \xi_w) (w_t^*)^{\frac{-1}{\mu_w - 1}} + \left(\pi_{t-1}^{\xi_w} \pi^{1-\xi_w} \left(\frac{w_{t-1}}{\pi_t} \right) \right)^{\frac{-1}{\mu_w - 1}} \right]^{-(\mu_w - 1)} \quad (7)$$

$$0 = E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \xi_w^\tau \Lambda_{t,t+\tau} \left[\frac{w_{st}^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{\prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} - \mu_w v_s \left(\frac{w_{st}^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{w_{st+\tau} \prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} \right)^{\frac{-\varphi \mu_w}{\mu_w - 1}} \frac{L_{st+\tau}^\varphi}{u'(C_{t+\tau})} \left(\frac{w_{st}^* \Gamma_{w,t,t+\tau}}{w_{st+\tau} \prod_{k=1}^{\tau} \pi_{t+k}} \right)^{\frac{-\mu_w}{\mu_w - 1}} L_{st+\tau} \right] \quad (8)$$

$$w_{st} = \left[(1 - \xi_w) (w_{st}^*)^{\frac{-1}{\mu_w - 1}} + \left(\pi_{t-1}^{\xi_w} \pi^{1-\xi_w} \left(\frac{w_{st-1}}{\pi_t} \right) \right)^{\frac{-1}{\mu_w - 1}} \right]^{-(\mu_w - 1)} \quad (9)$$

(二) 厂商部门

最终产品组合 Y_t 为 Y_t^i 的 CES 加总: $Y_t = \left[\int_0^1 (Y_t^i)^{\nu} di \right]^{\frac{1}{\nu}}$, μ 表示最终产品价格加成, 产品定价同样符合 Calvo 定价体系。为区分以工业智能化为代表的劳动力节约型技术创新与研发型技术创新, 模型设立由研发型劳动力推动的自主研发与转化部门, 只有研发并转化成功的产品才可进入生产环节。假设存在 $[0, A]$ 连续统的垄断竞争中间品厂商 j 生产差别化产出 Y_t^j , 内生前定变量 A_t 表示被成功创新的中间产品品类。合成的中间品为各差别化中间品 CES 加总, 参数 $\nu > 1$ 用于控制中间产品之间的不变替代弹性 $\nu/(\nu-1)$ 。

$$Y_t = \left(\int_0^A (Y_t^j)^{\nu} dj \right)^{\frac{1}{\nu}} \quad (10)$$

以往文献通常采用两种思路刻画工业智能化: 一类以阿西莫格鲁和雷斯特雷波 (2018)、阿吉翁等 (2019) 为代表, 采用被智能化任务占有所有生产任务的比重来反映工业智能化程度。如果生产任务可被智能化, 生产将由机器人、劳动力与实物资本共同完成; 若生产不能被智能化, 则生产仅由劳动力与实物资本完

成。另一类则起源于斯坦古姆(2011),将工业智能化以资本的形式与劳动力进行组合,形成新的复合劳动力,采用CES函数添加至新古典经济增长函数,如 $Y=AK^\alpha(\nu(M)^\mu+(1-\nu)L^\mu)^{(1-\alpha)/\mu}$ 所示。其中 M 为工业智能化资本, K 表示传统资本。林和韦斯(2019)、加斯泰格尔和普雷特纳(2022)等均采用这种思想进行拓展。本文借鉴第二种思路,假设生产过程包含工业智能化资本、传统资本和劳动力3种生产要素,三者间通过嵌套的CES生产函数概念化生产流程。通常,嵌套函数大多认为工业智能化资本与劳动力是替代关系,与传统资本则表现为互补关系。假定中间品厂商 j 使用工业智能化资本 M_i^j 、传统资本 K_i^j 与非研发型劳动力 L_i^j 生产中间产品,生产函数表示为:

$$Y_i^j = \vartheta_i \left[\eta X_i^{j\chi} + (1-\eta)K_i^{j\chi} \right]^{\frac{1}{\chi}} \quad (11)$$

其中, X_i 表示工业智能化资本与非研发型劳动力所复合而成的新型复合劳动力。 $\eta \in [0, 1]$ 表示最终生产CES技术中复合劳动力的分布参数, $1-\eta$ 可解释为传统资本要素份额。 χ 则衡量传统资本和复合劳动力间的替代程度,二者间的替代弹性定义为 $\sigma = 1/(1-\chi)$ 。 ϑ_i 表示外生技术进步冲击,其动态变化遵循平稳的AR(1)过程。

复合劳动力 X_i 则由另一个CES函数所表示,其中 $\alpha \in [0, 1]$ 代表工业智能化资本要素收入占总收入的份额,如果 $\alpha=1$,代表经济体摒弃劳动力生产要素,完全采用工业智能化资本进行生产;若 $\alpha=0$ 则意味着生产函数演变为传统的标准CES生产函数。 $\varepsilon = 1/(1-\theta)$ 代表工业智能化资本与非研发型劳动力的替代弹性。以往文献研究证据表明 σ 通常小于1^④,而 ε 则大于1(阿西莫格鲁、雷斯特雷波,2020)。

$$X_i^j = \left[\alpha M_i^{j\varepsilon} + (1-\alpha)L_i^{j\varepsilon} \right]^{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (12)$$

(三)产品自主创新部门

借鉴安索阿特吉等(2019)的思路,新产品 A_i 自主创新分为产品研发以及产品转化两种过程,分别交由研发部门和转化部门完成。 Z_t 表示当期研发品存量, A_t 表示当期被转化并采用的新产品存量,这两大部门所需的劳动力均为工业智能化无法代替的研发型劳动力。

1. 产品研发部门

假设研发部门 p 利用部分研发型劳动力进行新产品研发,令 φ_t 为 $t+1$ 时刻每单位研发型劳动力生产的新技术数量,表示为: $\varphi_t = \omega_t Z_t L_{st}^{\rho_z - 1}$,其中 L_{st} 是研发部门的研发型劳动力总和, Z_t 表示 t 时刻的技术总量, ω_t 为外生研发技术冲击。按照罗默(1990)的观点, φ_t 和 Z_t 反映了研发过程中的“干中学”。假设研发技术弹性 $\rho_z < 1$,表示总体上研发人员的增加会降低个体层面的研发效率。

令 J_t 为研发品价格, $A_{t,t+1}$ 表示代表性家庭的随机贴现因子。研发部门 p 最优化 L_{st} 的问题表达为: $\max_{L_{st}} E_t \{ A_{t,t+1} J_{t+1} \varphi_t L_{st} \} - w_{st} L_{st}$ 。任何技术均存在存活期限, $1-\phi$ 表示为给定技术的存活概率,研发新产品存量表示为:

$$Z_{t+1} = \varphi_t L_{st} + (1-\phi)Z_t \quad (13)$$

2. 产品转化部门

假设存在竞争性“转化者”,以价格 J_t 从研发者购买使用该新技术的权利,再通过雇佣研发型劳动力把新研发产品转化为可投入生产的产品。令 λ_t 为在给定时间内转化成功的概率,它由另一部分研发型劳动力 L_{sat} 和所需转化的研发品数量共同决定,即 $\lambda_t = (Z_t L_{sat})^{\rho_\lambda}$,其中 ρ_λ 表示转化技术弹性,为大于0、小于1的常数。

技术转化者将转化后的新产品或技术出售给具有竞争性的中间产品生产商 j 。令 π_{mt} 是中间品厂商利润,由垄断竞争性定价产生。所被转化成功的新产品或技术价格为 V_t ,由下式给出:

$$V_t = \pi_{mt} + (1-\phi)E_t \{ A_{t,t+1} V_{t+1} \} \quad (14)$$

进而,可通过选择 L_{sat} 使得新转化成功产品价值 J_t 最大化:

$$J_t = \max_{L_{sat}} E_t \{ -w_{st} L_{sat} + (1-\phi)A_{t,t+1} [\lambda_t V_{t+1} + (1-\lambda_t)J_{t+1}] \} \quad (15)$$

贝曼方程式中的第一项反映了产品转化过程中的总支出,而第二项是折现收益,包括已采用和未采用产

品或技术价值的概率加权总和。最后,汇总所有被采用新产品 A_{t+1} ,即:

$$A_{t+1} = \lambda_t(1 - \phi)(Z_t - A_t) + (1 - \phi)A_t \quad (16)$$

其中, $Z_t - A_t$ 表示 t 期尚未被中间品厂商采用的新产品或新技术存量。

(四)资本品部门

假设经济中存在完全竞争的资本品厂商,从企业家部门购买折旧后安装资本 $(1 - \delta_k)K_t$ 和 $(1 - \delta_m)M_t$,从生产者部门购买投资品 I_t 和 IM_t ,并将二者组合用于生产新的资本品 K_{t+1} 和 M_{t+1} 卖给家庭,家庭再把 K_{t+1} 和 M_{t+1} 租赁给厂商部门。假设投资调整成本函数为 $f(I_t/((1 + \gamma_y)I_{t-1}))$ 是递增并且是凹的,符合 $f(1) = f'(1) = 0$ 且 $f''(1) > 0$ 的性质。 γ_y 表示投资 I_t 在稳态时的增长率。资本品厂商生产动态方程如下:

$$K_{t+1} = (1 - \delta_k)K_t + \left[1 - f\left(\frac{I_t}{(1 + \gamma_y)I_{t-1}}\right)\right]I_t \quad (17)$$

$$M_{t+1} = (1 - \delta_m)M_t + \left[1 - f\left(\frac{IM_t}{(1 + \gamma_y)IM_{t-1}}\right)\right]IM_t \quad (18)$$

通过资本品部门新生产的传统资本与工业智能化资本同旧的资本价格相同,仍然为价格 Q_{kt} 和 Q_{mt} 。投资标准Tobin's Q等式如下:

$$1 = Q_{kt} \left[1 - f\left(\frac{I_t}{(1 + \gamma_y)I_{t-1}}\right) - \frac{I_t}{(1 + \gamma_y)I_{t-1}} f'\left(\frac{I_t}{(1 + \gamma_y)I_{t-1}}\right)\right] - \beta E_t \Lambda_{t,t+1} Q_{k,t+1} \left(\frac{I_{t+1}}{(1 + \gamma_y)I_t}\right)^2 f'\left(\frac{I_{t+1}}{(1 + \gamma_y)I_t}\right) \quad (19)$$

$$1 = Q_{mt} \left[1 - f\left(\frac{IM_t}{(1 + \gamma_y)IM_{t-1}}\right) - \frac{IM_t}{(1 + \gamma_y)IM_{t-1}} f'\left(\frac{IM_t}{(1 + \gamma_y)IM_{t-1}}\right)\right] - \beta E_t \Lambda_{t,t+1} Q_{m,t+1} \left(\frac{IM_{t+1}}{(1 + \gamma_y)IM_t}\right)^2 f'\left(\frac{IM_{t+1}}{(1 + \gamma_y)IM_t}\right) \quad (20)$$

(五)政府部门

政府部门作为经济系统中重要行为主体之一,通过财政政策与货币政策对经济进行宏观调控。借鉴吴化斌等(2011)的研究,政府支出服从外生随机过程:

$$G_t = (1 - \rho_g)G + \rho_g G_{t-1} + \sigma_g \varepsilon_t^g \quad (21)$$

其中, G 表示政府非生产性支出的稳态水平。

参照吴立元等(2023),从利率平滑、通胀目标差、就业目标差、通胀动态和就业动态5个维度全面地刻画中央银行货币政策函数。假设实际利率 R_t 与名义利率之间存在以下关系: $R_{nt} = R_t E_t \pi_{t+1}$ 。名义利率 R_{nt} 表示为:

$$R_{nt+1} = r_t^m \left(\left(\frac{\pi_t}{\pi_0} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{L_t}{L^s} \right)^{\phi_L} R_n \right)^{1 - \rho^R} (R_{nt})^{\rho^R} \quad (22)$$

其中,参数 ρ^R 为利率平滑系数,参数 ϕ_π 和 ϕ_L 分别为通货膨胀缺口与就业缺口的反馈系数。中央银行遵循名义利率规则调整政策工具,以期对通胀和就业与各自目标水平的偏差作出反应^⑤。 $\log(r_t^m)$ 用来表示货币政策冲击,遵循AR(1)过程。另外,本文对名义利率施加零利率下限约束: $R_{nt} \geq 1$,即名义利率下调不能低于1。

(六)出清条件

产品市场出清时,产出被全部用于消费、传统资本投资、工业智能化资本投资与政府支出,均衡时总产出等于总需求。产品市场出清的资源约束条件为:

$$Y_t = C_t + I_t + IM_t + G_t \quad (23)$$

研发型劳动力市场的出清条件为:

$$L_{st} = [Z_t - A_t]L_{sst} + L_{sst} \quad (24)$$

四、参数校准与估计

本节对模型中容易确定或可以进行政策模拟的参数进行直接校准,对模型中无法准确识别的参数进行贝叶斯估计。

(一)参数校准

1. 常规参数

家庭部门主要参数包括 $\{\beta, b, \varphi, \sigma_l\}$ 。 β 是模型中名义利率稳态值的倒数,为了与现实数据匹配,通常校准为0.99(张开、龚六堂,2018);消费者跨期消费因子 b 设定为0.7(汪勇等,2018); $1/\varphi$ 为劳动力供给弹性系数,设定为1(邓红亮、陈乐一,2019)。 σ_l 是劳动力供给冲击的重要参数,根据现实数据计算得出,本文设定为0.024。

生产部门主要参数包括 $\{\mu, \nu, \eta, \sigma, \delta_k\}$ 。参照许志伟和王文甫(2019),最终产品加成 μ 校准为1.18;参照王文甫等(2020),参数 ν 校准为1.35,以使得中间品之间的不变替代弹性为3.85;传统资本收入份额占总收入比重 η ,大多文献将其设定在0.33~0.55之间,本文校准为0.5(梁琪、郝毅,2019);参照伊甸和加格尔(2018),传统资本与复合劳动力间的替代弹性 σ 设定为0.6^⑥;传统资本季度折旧率 δ_k 较多文献校准为0.025,即传统资本使用年限为10年(仝冰,2017)。

产品研发与转化部门主要参数包括 $\{\phi, \rho_\lambda, \rho_z\}$,其中文献较少涉及研发与转化技术弹性,本文由贝叶斯估计来确定。技术衰减概率 ϕ 由2020年《世界知识产权指标报告》计算得出。根据报告显示,2019年中国国家知识产权局受理的专利申请量为140万件,排居世界首位。但所有有效专利的平均寿命在泰国是12.7年,韩国和中国最短,分别为8.4年和7.6年。这表明中国的科技创新能力还存在较大提升空间。本文以7.6年为基准,季度技术衰减概率设定为0.033。

2. 智能化参数

工业智能化生产任务份额 α 是生产函数的关键参数,林和韦斯(2019)将其校准为0.048,卡萨斯和托雷斯(2023)认为伴随工业智能化的普及,较为发达的国家 α 可达到0.225。吴立元(2023)参考伯格等(2018)设定参数为0.15。参考上述学者观点,本文认为参数取值范围为0.10~0.15,基准回归设定为0.12。工业智能化设定的第二个关键参数是工业智能化资本和非研发型劳动力的替代弹性 ε 。 ε 越大表示工业智能化资本对非研发型劳动力的替代能力越强。参考加斯泰格尔和普雷特纳(2022)的观点, ε 被设定为5。第三个智能化参数为工业智能化资本折旧率 δ_m 。通常,计算机、电信设备和软件等新技术设备的折旧率高于传统资本资产。阿贝里安斯基等(2020)设定工业机器人季度折旧率为0.05。本文采取此观点,校准季度智能化资本折旧率 δ_d 为0.05。

(二)参数估计

本文选取实际宏观观测变量时间段为2001年第1季度到2023年第1季度,原始数据来源于中经网统计数据库和中国经济数据库(CEIC)。本文模型的动态系统共包含6个外生冲击(外生技术冲击、流动性需求冲击、劳动力供给冲击、研发技术冲击、政府支出冲击和货币政策冲击),选取的贝叶斯观测变量包含实际总产出、消费总额(零售品消费总额)、固定资产投资额、通货膨胀(居民消费价格指数)与名义利率(七天同业拆借利率数据)。在应用变量估计模型参数之前,需要对变量进行价格平减、季节调整和对数线性化等预处理,并利用HP滤波方法剔除数据趋势^⑦。

参考彭俞超和方意(2016)与仝冰(2017)的处理,价格粘性参数、工资粘性参数、利率平滑系数、研发技术弹性、转化技术弹性以及各冲击的自回归系数等取值在0~1间的参数设定为贝塔分布;取值范围可能在零到正无穷之间的参数包括利率对通胀缺口的反应系数、利率对就业缺口的反应系数、工资价格加成系数设定为服从伽玛分布;各个冲击标准差,按照习惯设定为服从自由度为2的逆伽玛分布。各参数估计结果如表1所示。

五、模拟结果与核心机制

(一)模型适用性分析

本文将上述包含劳动力供给冲击与工业智能化的模型称为基准模型(记为M0),借鉴郭豫媚等(2016)比较模型与实际经济数据标准差的做法,检验模型解释中国实际经济周期的适用性。为与基准模型对比,研究对模型进行如下改动:第一,仅包含劳动力与传统资本、而不利用工业智能化资本进行生产的模型记为M1。第二,对工业智能化与非研发型劳动力和传统资本的替代关系进行拓展。卡萨斯和托雷斯(2023)提出当今人工智能技术进步的重要特征就是创造一种基于计算机和人工智能组合的新型资产,生产过程向仅采用智能化资本(人工智能与工业机器人的结合)转变。在新型生产技术下,传统资本和劳动力更多表现为互补关系,而两者都是工业智能化资本的替代品。基于卡萨斯和托雷斯(2023)观点,生产函数演变为 $Y_t^j = \vartheta_t [\eta M_t^{j\alpha} + (1-\eta)X_t^{j\beta}]^{1/\alpha}$, $X_t^j = [\alpha K_t^{j\beta} + (1-\alpha)L_t^{j\beta}]^{1/\beta}$,模型记为M2。第三,遵照王曦等(2016),研究从利率平滑、通胀目标差、产出目标差、通胀动态和产出动态刻画中央银行的货币政策函数,记为M3。

表2显示了基准模型、对照模型与实际经济变量的标准差与方差比率。由表可知,与M2、M3相比较,基准模型模拟的产出、投资和消费变量标准差与实际值更为接近,表明模型关于工业智能化资本与劳动力、传统资本的替代关系及盯住就业缺口的货币政策设定是较为准确的。与无智能化M1模拟相比较,尽管基准模型对产出的解释力度稍弱,但模型整体预测的平均方差比率值与1偏差较小。综合以上两方面,可知本文模型设定是合理的。

(二)少子老龄化的宏观经济效应

为探讨少子老龄化对宏观经济主要变量的冲击效应,本文首先采用反事实分析法,假设经济体未采用工业智能化,分析1单位标准差劳动力逆向供给冲击的经济影响,具体结果如图5所示。

第一,少子老龄化导致经济体劳动要素供给不足与劳动力成本上升。少子老龄化情形下,劳动力供给规模持续萎缩。当劳动力市场供不应求时,最为直接的后果就是劳动力价格水平的提高,即劳动者工资的持续上涨,影响企业正常生产经营。如图5(a)、图5(b)所示,在1单位标准差劳动力逆向供给冲击下,非研发型劳动力供给数量迅速下降,非研发型劳动力工资缓慢提升。改革开放以来,中国依靠低成本劳动力优势迅速嵌入全球价值链分工体系,劳动密集型制造业是就业主力军,而少子老龄化对中国制造业的低成本优势形成严峻冲击。

第二,少子老龄化削弱经济体创新活力。充足的劳动力供给既可以保证非研发型劳动力的数量,也能够满足从事创新工作的研发型人才需求。然而,少子化与老龄化增加了经济体中研发型劳动力的稀缺性,社会人力资本积累出现潜在下降趋势,影响经济体创新活跃度(沈可、李雅凝,2021);此外,人类身体机能、认知能力及学习能力等通常与年龄成

表1 参数的贝叶斯估计值

参数	参数说明	类型	均值	标准差	后验均值	90% 后验置信区间
ℓ_p	Calvo 指数化调整中滞后通胀的权重	贝塔	0.5	0.2	0.2054	[0.0925, 0.3096]
ξ_p	价格粘性参数	贝塔	0.5	0.2	0.9310	[0.9373, 0.9327]
ℓ_w	工资指数化调整中滞后通胀的权重	贝塔	0.5	0.2	0.3685	[0.1599, 0.6101]
ξ_w	工资粘性参数	贝塔	0.5	0.2	0.8810	[0.8273, 0.9442]
μ_w	工资价格加成指数	伽玛	1.5	0.5	1.0410	[1.0215, 1.0504]
ϕ_w	通胀缺口反馈系数	伽玛	1.5	0.5	2.1704	[1.9822, 2.5468]
ϕ_l	就业缺口反馈系数	伽玛	0.5	0.2	0.4849	[0.3986, 0.5768]
ρ^r	利率平滑系数	贝塔	0.5	0.2	0.8857	[0.8620, 0.9065]
ρ_z	研发技术弹性	贝塔	0.6	0.15	0.6898	[0.6335, 0.7282]
ρ_a	转化技术弹性	贝塔	0.6	0.15	0.5171	[0.4165, 0.5951]
ρ_l	劳动力供给冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.4757	[0.2044, 0.6827]
ρ_v	外生技术冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.9973	[0.9958, 0.9993]
σ_v	外生技术冲击标准差	逆伽玛	0.1	2	0.0831	[0.0773, 0.0942]
ρ_f	流动性需求冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.8986	[0.8686, 0.9217]
σ_f	流动性需求冲击标准差	逆伽玛	0.1	2	0.0295	[0.0238, 0.0350]
ρ_m	研发技术冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.6791	[0.5662, 0.7927]
σ_m	研发技术冲击标准差	逆伽玛	0.1	2	0.1275	[0.1154, 0.1396]
ρ_g	政府支出冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.9910	[0.9864, 0.9945]
σ_g	政府支出冲击标准差	逆伽玛	0.1	2	0.0282	[0.0263, 0.3005]
ρ_π	货币政策冲击自回归系数	贝塔	0.5	0.2	0.6060	[0.5525, 0.6807]
σ_π	货币政策冲击标准差	逆伽玛	0.1	2	0.1105	[0.1064, 0.1154]

表2 各模型主要变量的模拟结果

	现实	M0(基准)		M1(无智能化)		M2(智能化替代所有要素)		M3(产出缺口货币政策)	
	标准差	标准差	方差比率	标准差	方差比率	标准差	方差比率	标准差	方差比率
产出	0.5470	0.4354	0.7960	0.4561	0.8338	0.3185	0.5823	0.2572	0.4702
投资	1.0125	1.1112	1.0975	1.0491	1.0361	1.0576	1.0445	0.8970	0.8859
消费	0.4908	0.5241	1.0678	0.6922	1.4104	0.3910	0.7967	0.3042	0.6198

反比,老龄人口受自身知识结构、学习能力等限制,弱化经济体创新能力(都阳、封永刚,2021)。如图5(c)、图5(e)所示,在1单位标准差劳动力逆向供给冲击下,经济体中研发型劳动力数量呈下降趋势,可供生产的创新产品数量同步减少,直至第20期仍未回归稳态。

第三,少子老龄化引发资本积累及投资规模的萎缩。当劳动年龄人口占比较高、人口抚养比较低时,国家通常处于高储蓄、高投资状态,即享受着“人口红利”,经济发展速度往往较快。由于中国老龄人口存在收入偏低、低风险投资偏好

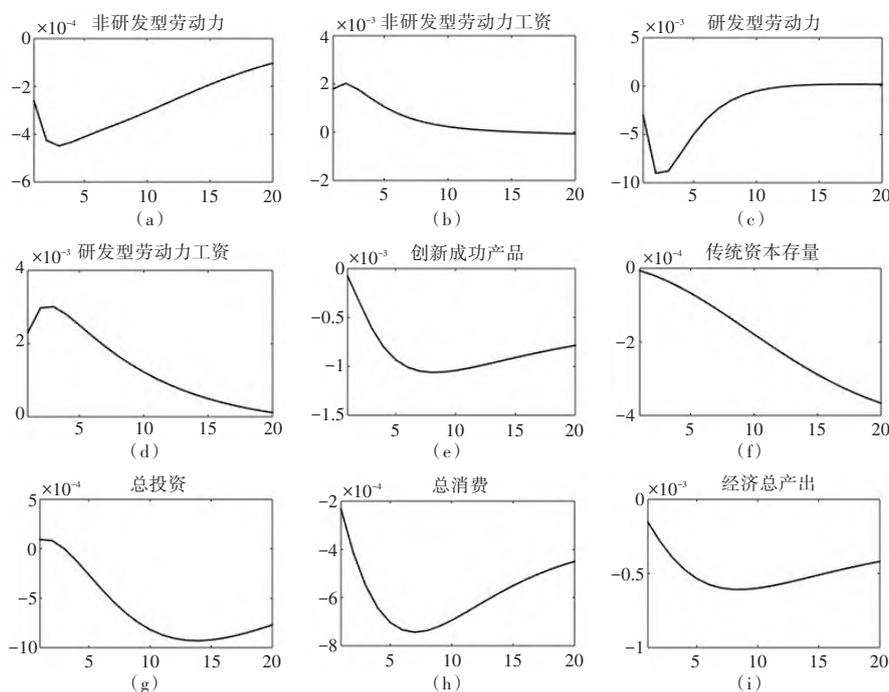


图5 各宏观主要变量对劳动力逆向供给冲击的脉冲响应图

等特点,人口数量的减少将引发社会整体储蓄的持续下降,资本投资及资本积累萎缩,人口红利逐步消失(刘厚莲、原新,2020)。图5(f)和图5(g)验证上述观点。

第四,少子老龄化使得消费人口及总体消费规模减少。在其他条件不变的假设下,长期性劳动力供给短缺必然导致消费人口及消费总金额不断减少。尽管有研究认为劳动力供给减少及劳动力成本上升能显著增加劳动者收入,促进居民消费(詹新宇、方福前,2014),本文称之为“收入—消费”效应。但在人口负增长时代,总消费规模受到人口规模及消费结构的综合影响。在人口总体规模持续萎缩的同时,少子化与老龄化也会使得劳动年龄人口的养育及养老负担加重,挤压居民基本消费需求,本文称之为“规模—消费”效应。此外,老龄人口劳动收入缓慢减少乃至消失,老年人消费力明显不及年轻一代。如图5(h)所示,在1单位标准差劳动力逆向供给冲击下,经济体总体消费规模缩小。结果表明,中国人口与消费间的“收入—消费”效应小于“规模—消费”效应,少子老龄化对消费需求造成持久性的破坏。

结合上述机制,在无工业智能化设定下,少子老龄化对经济总产出产生较为持久的抑制性。如图5(i)所示,经济均衡总产出在冲击发生后第1期出现0.02个百分点的下跌,随后下跌幅度扩展至0.06个百分点。第8期后,抑制性缓慢回升,但始终处于负向区间。由此,中国必须积极应对少子老龄化对经济可持续发展造成的威胁与挑战。

(三)工业智能化对少子老龄化的内在调节机制

当模型加入工业智能化生产方式后,少子老龄化引发的劳动力逆向供给冲击对宏观经济的影响发生显著变化。如图6(a)所示,1单位标准差劳动力逆向供给冲击促使经济均衡总产出第1期增加0.04个百分点,第5期时经济总产出已增加近0.08个百分点,然而在第17期,促进作用消失,至第20期时,劳动力逆向供给冲击使得经济均衡总产出反而下降0.02个百分点。这表明工业智能化能够在短期内调节少子老龄化对经济增长的不利影响,但长期内工业智能化仍难以支撑经济内生性动力的可持续增长。后续研究将从总供给—总需求视角探究产生这种现象的内在机理。

1.“非研发劳动力替代”效应

工业智能化生产方式下,少子老龄化促使经济体使用更多的工业智能化资本,弥补非研发型劳动力短缺,本文称之为“非研发劳动力替代”效应。人工智能时代,工业智能化对劳动力的替代程度比以往传统的机器设

备更强。相比于一般性劳动力,工业智能化可接管重复、危险、不健康的任务,改善工作质量、减少错误并提高产品的生产质量与速度,甚至能承担人类力所不及的工作(杨光、侯钰,2020),进而提升企业利润,促进单位劳动生产数量的提高。由于工业智能化资本的生产率高于普通劳动力,企业总体生产率随之提高,经济体生产能力及总供给水平同步增加。因此,相比于无智能化,工业智能化的“非研发劳动力替代”效应将缓解少子老龄化对经济的不利冲击,提升经济体总产出水平。

如图 6(b)、图 6(c)、图 6(d)所示,1 单位标准差劳动力逆向供给冲击使得工业智能化资本在第 1 期就上升 0.1 个百分点,增长趋势稳步提升,在第 14 期增加至 1.1 个百分点。劳动力生产率同样呈上升趋势。上述结果表明,少子老龄化引发的劳动力逆向供给冲击可刺激生产中工业智能化的使用,弥补非研发型劳动力即生产性劳动力的短缺。曹静和周

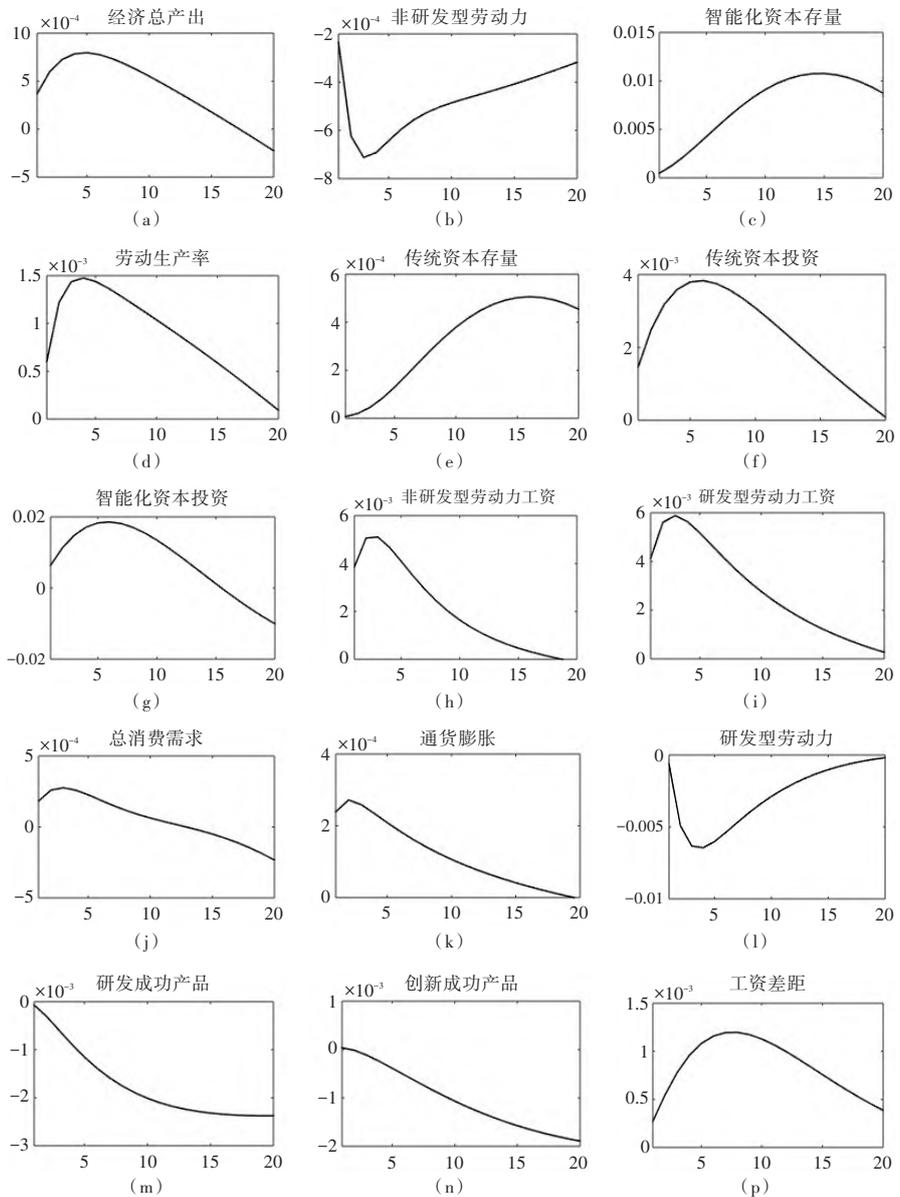


图 6 工业智能化对劳动力供给冲击内在调节机制的脉冲响应图

亚林(2018)曾提及,工业机器人的使用已对至少 1/3 以上的制造业企业产生影响,对企业生产效率和产品质量具有显著提升作用。根据 2023 年发布的《中国机器人产业发展指数研究报告》显示,中国已成为全球机器人最大的应用市场和创新发展最为活跃的国家,工业机器人消费量连续九年位居全球首位。在国家政策推动下,中国自主品牌工业机器人企业逐渐发展壮大,行业市场规模快速增长,未来能较好地解决非研发型劳动力短缺的问题。

2.“资本投入强化”效应

工业智能化生产方式下,少子老龄化刺激经济体积累更多的工业智能化和传统资本,缓解资本投资萎缩问题,本文称之为“资本投入强化”效应。智能化生产意味着更多生产任务可以利用资本代替劳动力来完成,工业智能化资本投资属于固定资产投资范畴,当企业大量使用工业智能化资本投入生产,资本要素重要性不断提高。目前,世界各地劳动力成本不断上涨,在成本最小化与利润最大化目标的驱使下,企业会投资更多工业智能化资本进行生产。

对于中国而言,工业智能化还可提高实体经济吸引力,促进房地产资金回流。以往由于房地产市场具有

更高的资本回报率,资本大量流入房地产行业,推高房价上涨。而在工业智能化提高实体经济生产率的情形下,资金便会从房地产行业流向实体经济,这不仅会降低房地产投资对居民消费的挤出影响,也能吸引资金投入实体经济,增强资本要素对经济增长的拉动效应(林晨等,2020)。

如图6(e)、图6(f)、图6(g)所示,在智能化生产方式下,1单位标准差劳动力逆向供给冲击促使传统资本存量及工业智能化资本存量持续增长,相对应的传统与工业智能化资本投资也得以增加。因而,当少子化及老龄化导致人口红利难以为继时,工业智能化可提高资本回报率,促进资本积累,有利于中国积极应对低储蓄率、低投资率等问题,达到刺激经济增长的目标。

3.“工资及需求刺激”效应

工业智能化有利于工资水平的进一步提升,刺激经济总需求,本文称之为“工资及需求刺激”效应。中国现阶段仍表现为“工资驱动型”的需求增长机制,如果工资水平过低或者增幅较慢,国内消费需求及总储蓄则会受到抑制。但工业智能化对劳动力工资及消费需求的影响则较为复杂。一方面,工业智能化可能引发失业及收入下降的问题。威达信(MMC)全球风险中心发布《老龄化与智能化的双重威胁》报告显示,大多数调研国家的劳动力面临着被工业机器人剥夺工作机会的风险。作为全球制造业中心的中国,适龄劳动力被先进技术所取代的风险性最高,其中60岁以上劳动力所从事的工种中有76%可以实现智能化。范长煜和邓韵雪(2022)基于2018年广东省制造业企业调查数据分析发现,近30%的工人承受技术性失业的风险。如果失业率过高,劳动力工资随之下跌;另一方面,工业智能化促使劳动力生产率提高,与之相挂钩的工资回报率也将进一步提升。

从图6(h)、图6(i)中可清晰地看到,在工业智能化生产方式下,1单位标准差劳动力逆向供给冲击对研发型及非研发型劳动力工资水平均起到较高的促进作用,并且促进幅度高于非智能化生产方式。在高水平工资影响下,劳动力逆向供给冲击的“收入—消费”效应开始大于“规模—消费”效应,居民消费水平得以提升。然而,如图6(k)所示,经济体也需时刻警惕“工资—物价”螺旋上升风险,防止恶性通货膨胀情况的发生。

4.“创新调节失灵”效应

尽管工业智能化可通过促进生产、刺激需求等方式,提升经济均衡总产出,但工业机器人暂时仍难以弥补少子老龄化引发的研发型劳动力短缺,本文称之为“创新调节失灵”效应。内在技术创新与新产品研发是经济可持续发展的根本动力,工业智能化在长期内仍难以扭转少子老龄化对经济增长的破坏性趋势。如图6(l)、图6(m)、图6(n)所示,1单位标准差劳动力逆向供给冲击对研发型劳动力的影响始终呈现负效应,研发与转化成功产品比例呈现指数型加速下降趋势,并未因工业智能化的应用而提高自主创新数量。在新产品及智能化产品品类越来越少的情形下,长期性经济增长必然受到较大冲击。可见,一旦经济体的研发型劳动力开始短缺,工业智能化无法对研发创新起到正向调节作用。由此推断,工业智能化难以弥补研发型劳动力缺口,最终无法通过技术创新提升经济全要素生产率,经济体长期可持续发展仍难以为继。

5.“收入差距扩大”效应

工业智能化生产方式下,劳动供给逆向冲击使得非研发型及研发型劳动力的收入差距持续增加,本文称之为“收入差距扩大”效应。工业智能化的广泛使用使得经济中收入不平等的现象愈加严峻。奥托尔(2015)指出尽管工业智能化尚未显著减少就业,但劳动力工资会出现“两极分化”,尤其是被迫从事低于其技能水平工作的劳动力,其工资增长将低于先前从事的中等技能工作。柏培文和张云(2021)也指出在人口红利下降背景下,数字经济发展更多地削弱了低技能劳动者权益。收入不平等对经济增长的影响体现在:第一,劳动者收入过低,不利于劳动生产率的提高,降低产出能力;第二,工资增长缓慢导致人力资本投资减少,学习能力受到损害;第三,边际消费倾向通常随着收入增加而降低,收入差距加剧时,高收入群体消费增加有限,而低收入群体消费显著下降,从而降低社会整体消费水平。如图6(p)显示,在1单位标准差劳动力逆向供给冲击作用下,非研发型与研发型劳动力的工资差距逐步由第1期的0.05个百分点上升至最高峰的0.12个百分点。随后工资差距逐步回落,但始终维持在正向区间。

为应对这种由于工业智能化导致的收入不平等现象,阿尔伯特和博根施奈德(2018)提出对机器人征税的思想,文章认为劳动力既然要征收个人所得税,那么对于生产相同价值产品的工业机器人也应收取一样金额的税收。格雷罗等(2022)、郭凯明等(2023)进一步指出对工业机器人征税可降低工业智能化的使用程度,也可将收取的机器人税补贴给失业群体,尽量减少由于工业智能化而带来的收入不平等效应。

结合以上机制及脉冲响应分析结果可得出三方面结论:第一,在未采取工业智能化生产方式的情况下,少子老龄化将减少劳动力要素供给、弱化经济体自主创新能力,引发投资及消费规模萎缩,经济增长出现长期且大幅度的下滑趋势。第二,若采取工业智能化生产方式,工业智能化将在企业生产中替代短缺的生产性劳动力,吸引更多生产性资金投入,并有利于提升劳动力工资水平及总体消费需求,对经济均衡总产出产生较强的提升作用。由此,工业智能化可作为短期内应对少子老龄化冲击的积极且有效措施。第三,从长期来看,尽管工业智能化使得经济实现劳动节约型经济增长,但仍难以替代研发型劳动力。一旦经济体缺乏技术创新的根本动力,智能化生产方式依然难以维系。此外,工业智能化可能会导致收入差距加大,对经济总需求产生不利的影响,由此应发挥税收及补贴等财政政策力量,对收入差距进行合理调节。

六、进一步讨论

由前文可知,工业智能化对少子老龄化同时存在“创造性”与“破坏性”双重调节机制。如何增强其正向调节作用并弱化其负向影响,本文从合理布局工业智能化、增强自主创新能力、增进人力资本积累的角度进一步探讨应对劳动力供给冲击的根本对策。

(一)合理布局工业智能化

中国处于工业大国向工业强国迈进的重要关口期,工业智能化是塑造制造业发展新动能、新优势的主攻方向。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比较优势选择主导产业和技术结构(林毅夫,2011)。若地区劳动力禀赋仍较为丰裕且资本及技术资源相对贫乏,该地区并不适合发展资本密集型或技术密集型产业。卡萨斯和托雷斯(2023)提出工业智能化对经济影响存在门槛效应:若工业智能化高于这个门槛,破坏性将高于创造性,即对经济体劳动力就业和居民福利造成严重损害;若工业智能化低于门槛,则对经济总产出促进作用不足,同样不利于经济均衡总产出的提升。刘洋等(2023)把这一门槛进一步解读为工业智能化与地区要素禀赋结构的匹配性:当在劳动要素短缺地区推广工业智能化,创造性会大于破坏性影响;若忽视工业智能化的内在逻辑及要求,尤其是在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时,盲目攀比推进工业智能化,则违背新结构经济学所提及的比较优势理论,容易造成经济失衡,制约经济高质量发展与民生福祉的提升。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(韩永辉等,2017)。

本文在此基础上,分别假设 $\alpha=0.11$ 、 $\alpha=0.13$,数值越大代表工业智能化采用率越高。图7阐释不同工业智能化采用率下,劳动力逆向供给冲击对宏观经济主要变量的脉冲响应图。

通过脉冲响应可以发现两方面结论:第一,工业智能化采用率越高,少子老龄化对劳动力供给的负向影响越大。如图

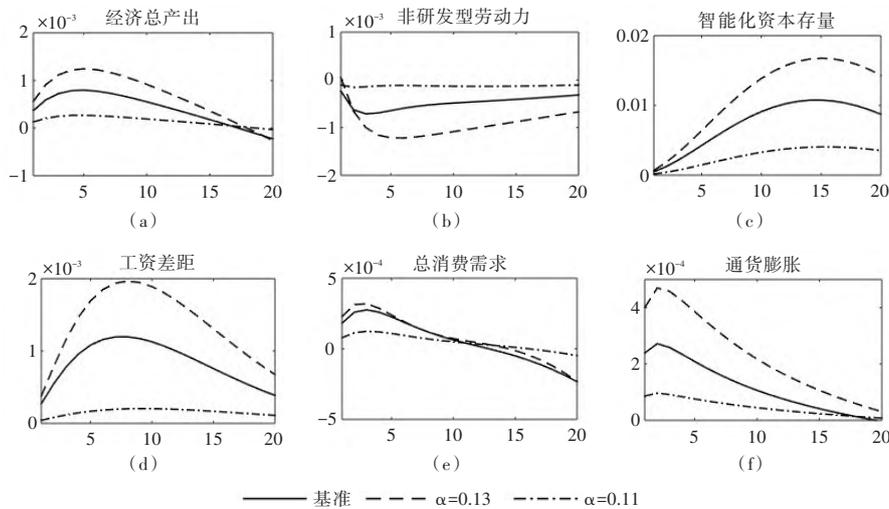


图7 进一步讨论:合理布局工业智能化

7(b)所示,相比基准情形,在工业智能化采用率为0.13时,1单位标准差劳动力逆向供给冲击对非研发型劳动力供给数量的负向影响更为严峻。劳动力供给数量降低的原因,一方面是由于少子化、老龄化带来的劳动力供给减少,另一方面则是因为工业智能化对非研发型劳动力的替代作用。由此表明,过度应用工业智能化可能引发人口负增长时代下的劳动力失业效应。第二,尽管工业智能化采用率越高,可大幅提升经济体资本积累与投资需求,但对消费需求影响不显著。如图7(c)所示,工业智能化应用程度越高,企业为获取更多的利润,必然加大传统资本与工业智能化资本投资。投资需求的快速增长,也将进一步推高物价水平,如图7(f)所示。与此同时,尽管根据前文分析,工业智能化有利于刺激经济体劳动力工资水平的提升,但工业智能化应用程度的提高也将导致部分非研发型劳动力失业。一旦非研发型劳动力被替代过多,非研发型劳动力整体工资收入将下跌,与研发型劳动力工资差距逐步拉大,如图7(d)所示。结合上述对劳动力工资水平的影响可知,工业智能化程度提升对经济体消费需求的拉动效应并不明显,见图7(e)。最终,如图7(a)所示,经济增长水平虽然有所提升,但均依靠投资需求拉动,而非消费需求,不利于中国“扩大内需”战略的实施。习近平总书记在中共中央政治局第二次集体学习时强调增强发展的安全性主动权,指出“要搞好统筹扩大内需和深化供给侧结构性改革,形成需求牵引供给、供给创造需求的更高水平动态平衡,实现国民经济良性循环”。其中,“着力扩大有收入支撑的消费需求”是一项重要内容^⑧。盲目大规模投入工业智能化资本,将过度替代地区低技能劳动力,导致劳动力失业及福利受损。

由以上理论和模型推导分析可知,依照地区劳动力、资本、技术等比较优势,合理采用工业智能化,才能更为高效地利用工业智能化扩大经济总产出,充分促进总体性投资需求与消费需求的提高。

(二)提高自主创新质量

近年来,虽然中国在创新资源、创新环境、专利申请等方面均呈现持续上升态势,但整体而言,创新质量和效率仍然偏低。《国家创新指数报告2020》显示,相比美国等创新强国而言,由于基础薄弱、创新资源积累不足,中国除创新资源和创新环境外的3个一级指标得分均低于60分,其中企业创新得分为57.0分,创新绩效得分为59.1分,知识创造得分仅为56.5分,未来国家整体创新能力和实力仍然存在巨大提升空间。

自主创新驱动发展战略的目标是实现有质量、有效率、可持续发展,而有质量的增长要求改变片面追求数量的增长模式,比如重视专利数量而轻视专利质量。伴随人工智能、物联网、区块链等技术的高速发展,在研发与创造环节,通过人工智能技术辅助,可以大幅提高研发效率,提升新技术的研发质量与自主创新能力,例如药品成分配比、半导体材料试验、电子方案设计等研发工作均已产生成功利用人工智能的案例,人和机器的共同演化时代已然来临。未来,若在研发与转化部分更多地加入人工智能的辅助,促使经济体实现生产环节与研发环节共同“智能化”,提升自主创新质量,能否缓解劳动力逆向供给冲击的经济抑制效应?本文假设自主创新部门的技术衰减概率由0.033降低为0.02,即假设专利由于质量提升,技术存活时间从7.6年提升至12.5年^⑨。

图8报告1单位标准差劳动力逆向供给冲击在工业智能化与自主创新质量提升双重设定下主要宏观经济变量的脉冲响应。由图可知,当自主创新质量提升时,即使劳动力供给冲击使得研发型劳动力依旧面临供给不足的问题,但由于技术衰减概

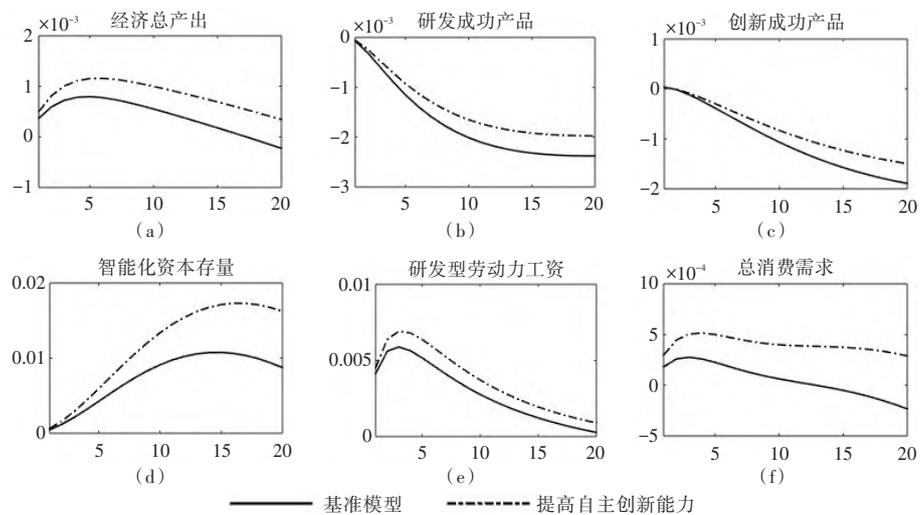


图8 进一步讨论:提高自主创新能力

率的提升,新研发及创新成功产品衰减速度有所减慢,经济体研发效率大幅提升,增强“非研发劳动力替代”及“资本投入强化”效应,促进总产出提升。同时,提高自主创新质量也有利于增加研发型劳动力劳动效率,增加研发型劳动力工资,强化“工资及需求刺激”效应。

(三)增进人力资本积累

提升人口质量与劳动力自主创新能力,是经济长期可持续、高质量增长的基本保证。由于技术进步存在边际收益递减效应,一种新技术、新机器会伴随应用的增多,收益日益减少,这就需要依靠经济体持续性的科技创新。而科技创新的基本要素是人力资源数量而非人口总量,加强教育投入是提升人力资本水平的重要方式,也是应对工业智能化负面影响的重要措施(普雷特纳、谢弗,2020)。

2021年,全国教育经费总投入为57873.67亿元,比2020年增长9.13%,占GDP比例达到4.22%,这是中国自2013年以来连续9年做到教育支出“不低于4%”^⑩。经济体教育支出持续增加,将允许更多劳动力转移到自主创新研发与转化部门。加强教育投入即假设研发型劳动力供给数量是充足的,是否有利于缓解少子老龄化背景下劳动力短缺的经济效应? 本文将代表性家庭效用最大化函数调整为:

$$\max_{c_t, B_{t+1}, l_t, L_{it}} E_t \sum_{\tau=0}^{\infty} \beta^{\tau} \left\{ \log(C_{t+\tau}) - bC_{t+\tau-1} + \omega_t B_{t+1} - l_t \left[(L_{it})^{1+\varphi} / (1+\varphi) \right] - \left[(L_{it})^{1+\varphi} / (1+\varphi) \right] \right\} \quad (25)$$

图9报告1单位标准差劳动力逆向供给冲击在工业智能化与增加人力资本积累双重设定下主要宏观经济变量的脉冲响应。结果表明,第一,少子老龄化发挥“非研发型劳动力替代效应”,促进智能化资本积累,企业利润增加,激发创新动力,如图9(a)所示。第二,自主创新过程中用于新产品研发及转化的人数增多,研发型劳动力与智能化资本呈现互补关系,使得经济体可用于生产的产品品类增加。由图9(b)、图9(c)可以看出,在研发型劳动力供给充足的前提下,1单位标准差劳动力逆向供给冲击反而刺激了经济体对研发型劳动力的需求,进而使得创新成功产品的种类得以持续提升,为经济体提供了可持续及高质量发展的根本动力。第三,工业智能化的广泛使用提高劳动力技能溢价,研发型劳动力将会有更大的市场需求并获得相对更高的工资水平,倒逼劳动年龄人口通过大学深造、再就业培训等方式提高技能水平、提高生产效率,形成良性循环,见9(e)。

总之,以增强教育投入促进经济体研发型劳动力供给的增加,不仅能够提升短期内的工业智能化对少子老龄化的正向调节效应,更可以弥补“创新调节失灵”效应。因此,由图9(d)、图9(f)可知,若更多的劳动力通过教育转化为研发型劳动力,整体工资水平同步提高,刺激经济消费需求,调节“收入差距扩大”效应,最终促使经济实现长期可持续性增长。但是教育的高成本(尤其是高等教育)对社会中部分群体构成一定经济障碍。作为一项政策矫正措施,政府对教育的投入显得极其重要。尤其是对经济条件较不富裕的家庭进行学费减免、为经济困难学生提供教育补助等措施,有利于使人才获得足够教育,减少经济效率损失,提升工业智能化对少子老龄化的正向调节能力。

七、研究结论与政策建议

本文以内生经济增长理论为基础,构建动态一般随机均衡模型,识别工业智能化对少子老龄化的“创造

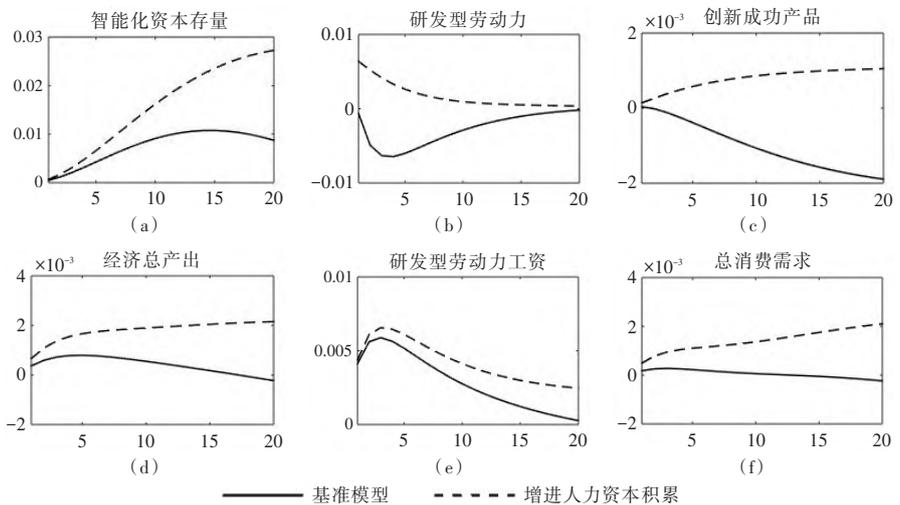


图9 进一步讨论:增进人力资本积累

性”“破坏性”双重调节作用。研究发现:第一,在非智能化的生产方式下,少子老龄化将导致经济体劳动要素供给减少、资本积累及投资规模萎缩、内生性创新活力减弱,进而对经济增长产生负向作用。第二,在智能化的生产方式下,工业智能化能够从供给侧迅速弥补非研发型劳动力缺口、强化智能与传统资本要素投入,从需求侧提升劳动力工资水平、刺激消费与投资需求,缓解少子老龄化对经济增长的不利冲击。第三,长期而言,工业智能化虽能通过节约生产型劳动力来稳定经济增长,但无法弥补因少子老龄化所导致的研发型劳动力短缺,并可能引发收入差距扩大和通货膨胀问题。第四,经济体应在地区要素禀赋结构的基础上,保持适度的工业智能化规模,预防在调节少子老龄化进程中出现“过度替代”及非研发型劳动力失业等问题。第五,持续提高自主创新质量、增进人力资本积累,可有效提升工业智能化对少子老龄化的创造性调节能力,从而促使中国实现经济高质量发展、科技不断进步、生活水平改善、人口素质提高和人的全面发展等多种政策目标的协调。基于上述研究结论,本文就如何更好地发挥工业智能化的创造性调节效应及控制破坏性调节效应提出以下政策启示。

一是因地制宜合理布局工业智能化,防范劳动力福利受损。工业智能化是中国制造业走向高端化的重要路径,也是应对少子老龄化的有效方式。但本文研究结果表明:大规模盲目推动工业智能化转型,将对地区生产型劳动力形成“过度替代”,导致劳动力失业及收入水平下降。2022年起中国人口整体呈现“人口负增长”特征,且各地区要素禀赋条件、劳动力市场就业结构存在较大差异。因此,推进工业智能化应从实际国情出发,密切关注其对劳动力就业及收入水平的冲击,在工业智能化与保持相对稳定就业间作出符合整体利益最大化的权衡。建议地方政府下一步应立足于劳动、资本、技术等比较优势,尤其在劳动力资源仍较为丰富的地区,充分发挥市场的作用,充分尊重企业的自主经营权,协助企业进行有效的转型升级,控制好工业智能化升级节奏。同时,引导企业在推进工业智能化改造升级时,制定好职工技能提升计划和岗位转移方案,避免个别企业大幅度裁员,确保经济社会平稳发展。

二是完善劳动力社会保障体系,积极应对智能化引发的收入差距问题。严重收入不平等会引发国内供需失衡,对宏观经济产生长期和持久的负向影响。本文研究表明:长期内,工业智能化在调节少子老龄化进程中,将导致非研发型及研发型劳动力的收入差距持续扩大。《可持续发展蓝皮书:中国可持续发展评价报告(2022)》提及:中国未来应高度重视智能经济可能对弱势群体、低技能劳动力带来的影响和压力,牢固树立党中央倡导的科技向善和就业优先的理念,坚持以劳动者为就业主体的增长模式。由此,建议政府在国务院办公厅2023年颁布的《关于优化调整稳就业政策措施全力促发展惠民生的通知》基础上,进一步完善分层、分类失业保险制度,对由工业智能化引致的结构性失业及收入较低者进行单独分类,提供特殊的生活保障费用。采取有针对性的就业帮扶和政策倾斜,提高劳动者尤其是就业弱势群体的职业技能,推动社会构建扩大内需的长效机制。

三是提高自主创新质量与效率,增强工业智能化的创新调节作用。现今,中国的整体创新能力和实力存在巨大提升空间。本文研究表明:提高自主创新质量,有利于提升经济体的研发效率和研发型劳动力的生产效率,强化工业智能化对少子老龄化的创造性调节作用。建议政府统筹规划、合理安排研发资金,提高对研发创新的支持力度。通过创新导向型减税政策、给予科研成果奖励等举措鼓励全社会研发创新。着力培养和引进创新型人才,打造一支具有较高素养的工业智能化应用型创新人才队伍,全力推动工业智能化生产方式变革,促进经济高质量发展。

四是增进人力资本积累,弥补研发型劳动力的短缺。推进建设教育强国,增强研发型劳动力数量,挖掘人口质量红利,是少子老龄化背景下人力资本提升的有效方式。本文研究表明:工业智能化难以弥补研发型劳动力的短缺,而研发型劳动力是经济长期可持续发展的根本性动力。以增强教育投入促进经济体研发型劳动力供给的增加,不仅能提升工业智能化的正向调节效应,还能提高劳动力整体工资水平,刺激经济总需求。建议政府充分考虑技术进步特别是智能经济发展趋势,逐步将偏重扩大就业总量规模转向就业总量扩张与结构优化同步。提高基础教育支出,促进教育改革,把教育的着力点真正放到提高人的基本技能、提

高人力资源质量和提高人力资本价值上。加强劳动力能力培养,做好学校人才培养和社会需求之间的协同。优化就业培训机制,提高劳动者的通用性与专用性技能,构建工业智能化与高质量人力资本相配合的产业生态系统^⑩。

(作者单位:韩永辉,广东外语外贸大学广东国际战略研究院、中国社会科学院世界经济与政治研究所;刘洋,广东外语外贸大学广东国际战略研究院)

注释

①资料来源:中共国家卫生健康委党组,谱写新时代人口工作新篇章, http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2022-08/01/c_1128878530.htm。

②2023年1月18日,工业和信息化部等十七部门联合印发《“机器人+”应用行动实施方案》,目标是培育机器人发展和应用生态、增强自主品牌机器人市场竞争力、推进中国机器人产业自立自强,为加快建设制造强国、数字中国,推进中国式现代化提供有力支撑。2023年6月2日,工业和信息化部、教育部、科技部、财政部、国家市场监督管理总局联合发布《制造业可靠性提升实施意见》,重点提升工业机器人用精密减速器及工业机器人等产品可靠性水平,提出要到2030年,使得中国工业机器人的10类关键核心产品可靠性水平达到国际先进水平,可靠性标准引领作用充分彰显,培育一批可靠性公共服务机构和可靠性专业人才等目标。

③万人表示每一万名制造业劳动力。

④本文采用HP滤波提取劳动力供给波动的标准差为2.4%。

⑤吴立元等(2023)研究发现,在经济系统中引入人工智能后,相对于盯住通货膨胀和产出缺口的泰勒规则,盯住通货膨胀和就业缺口的货币政策规则带来更小的福利损失。

⑥奇林科(2008)提出资本和劳动之间替代弹性合理取值通常在0.4~0.6区间。

⑦本文利用Eviews7.2使用Census X12方法进行季节调整。

⑧内容援引自:习近平主持中共中央政治局第二次集体学习并发表重要讲话, https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/01/content_5739555.htm。

⑨基准模型假定季度的技术衰减概率为0.033,年度的技术衰减概率表示为0.132,技术存活时间则由 $1/0.132 \approx 7.6$ 年计算得出,与我国目前的专利存活时间相符。假设由于质量提升,我国的专利存活时间为12.5年,那么年度的技术衰减概率则为 $1/12.5=0.08$,季度的技术衰减概率为0.02。

⑩数据来源:教育部、国家统计局、财政部2021年全国教育经费执行情况统计公告, http://www.moe.gov.cn/srcsite/A05/s3040/202212/t20221230_1037263.html?from=timeline&isappinstalled=0&wd=&eqid=ecedbac80004bb7a0000000464475b70。

⑪中外文人名(机构名)对照:凯恩斯(Keyness);汉森(Hansen);布兰查德(Blanchard);奎阿(Quah);阿克索伊(Aksoy);阿贝里安斯基(Abeliansky);阿西莫格鲁(Acemoglu);雷斯特雷波(Restrepo);吉梅诺(Jimeno);诺特斯坦(Notestein);阿吉翁(Aghion);斯梅茨(Smets);伍特斯(Wouters);斯坦古姆(Steigum);林(Lin);韦斯(Weise);加斯泰格尔(Gasteiger);普雷特纳(Prettner);安索阿特吉(Anzoategui);罗默(Romer);伊甸(Eden);加格尔(Gaggl);卡萨斯(Casas);托雷斯(Torres);伯格(Berg);奥托尔(Autor);阿尔伯特(Abbott);博根施奈德(Bogensneider);格雷罗(Guerreiro);谢弗(Schaefer);奇林科(Chirinko)。

参考文献

- (1)柏培文、张云:《数字经济、人口红利下降与中低技能劳动者权益》,《经济研究》,2021年第5期。
- (2)蔡昉:《打破“生育率悖论”》,《经济学动态》,2022年a第1期。
- (3)蔡昉:《人口红利:认识中国经济增长的有益框架》,《经济研究》,2022年b第10期。
- (4)曹静、周亚林:《人工智能对经济的影响研究进展》,《经济学动态》,2018年第1期。
- (5)陈彦斌、林晨、陈小亮:《人工智能、老龄化与经济增长》,《经济研究》,2019年第7期。
- (6)邓红亮、陈乐一:《劳动生产率冲击、工资粘性与中国实际经济周期》,《中国工业经济》,2019年第1期。
- (7)丁金宏、张伟佳、毛仁俊、田阳:《人口年龄结构演化轨迹与转变模式:国际比较与中国特色》,《人口研究》,2023年第1期。
- (8)杜鹏:《积极应对人口老龄化的中国道路》,《人口研究》,2022年第11期。
- (9)都阳、封永刚:《人口快速老龄化对经济增长的冲击》,《经济研究》,2021年第2期。
- (10)范长煜、邓韵雪:《“机器换人”背景下工人失业担忧研究——基于广东省制造业“企业-职工”匹配调查数据》,《社会学评论》,2022年第2期。
- (11)郭凯明、王钰冰、龚六堂:《劳动供给转变、有为政府作用与人工智能时代开启》,《管理世界》,2023年第6期。
- (12)郭豫媚、陈伟泽、陈彦斌:《中国货币政策有效性下降与预期管理研究》,《经济研究》,2016年第1期。
- (13)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。
- (14)贺丹:《建立生育支持政策体系,注重加强一孩生育支持》,《人口与健康》,2023年第4期。
- (15)黄桂田、赵留彦:《供给冲击、需求冲击与经济周期效应——基于中国数据的实证分析》,《金融研究》,2010年第6期。
- (16)李建伟:《我国劳动力供求格局、技术进步与经济潜在增长率》,《管理世界》,2020年第4期。
- (17)梁琪、郝毅:《地方政府债务置换与宏观经济风险缓释研究》,《经济研究》,2019年第4期。
- (18)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》,《中国工业经济》,2020年第2期。
- (19)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。
- (20)刘厚莲、原新:《人口负增长时代还能实现经济持续增长吗?》,《人口研究》,2020年第4期。
- (21)刘洋、韩永辉、王贤彬:《工业智能化能兼顾促增长和保民生吗?》,《数量经济技术经济研究》,2023年第6期。

- (22)彭俞超、方意:《结构性货币政策、产业结构升级与经济稳定》,《经济研究》,2016年第7期。
- (23)沈可、李雅凝:《中国的人口老龄化如何影响科技创新?——基于系统GMM方法与动态面板门槛模型的经验证据》,《人口研究》,2021年第4期。
- (24)全冰:《混频数据、投资冲击与中国宏观经济波动》,《经济研究》,2017年第6期。
- (25)汪前元、魏守道、金山、陈辉:《工业智能化的就业效应研究——基于劳动者技能和性别的空间计量分析》,《管理世界》,2022年第10期。
- (26)汪勇、马新彬、周俊仰:《货币政策与异质性企业杠杆率——基于纵向产业结构的视角》,《金融研究》,2018年第5期。
- (27)王金营、李庄园:《人口负增长下经济实现高质量发展的理论思考和政策支持探究》,《人口与社会》,2023年第2期。
- (28)王林辉、胡晟明、董直庆:《人工智能技术、任务属性与职业可替代风险:来自微观层面的经验证据》,《管理世界》,2022年第7期。
- (29)王文甫、王召卿、郭岭沂:《财政分权与经济结构失衡》,《经济研究》,2020年第5期。
- (30)王曦、王茜、陈中飞:《货币政策预期与通货膨胀管理基于消息冲击的DSGE分析》,《经济研究》,2016年第2期。
- (31)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》,《经济研究》,2020年第10期。
- (32)吴化斌、许志伟、胡永刚、鄢萍:《消息冲击下的财政政策及其宏观影响》,《管理世界》,2011年第9期。
- (33)吴立元、王忸、傅春杨、龚六堂:《人工智能、就业与货币政策目标》,《经济研究》,2023年第1期。
- (34)许志伟、王文甫:《经济政策不确定性对宏观经济的影响——基于实证与理论的动态分析》,《经济学(季刊)》,2019年第1期。
- (35)杨光、侯钰:《工业机器人的使用、技术升级与经济增长》,《中国工业经济》,2020年第1期。
- (36)翟振武、金光照:《中国人口负增长:特征、挑战与应对》,《人口研究》,2023年第2期。
- (37)詹新宇、方福前:《劳动力成本上升与中国宏观经济波动——基于动态新凯恩斯主义视角》,《金融研究》,2014年第4期。
- (38)张开、龚六堂:《开放经济下的财政支出乘数研究——基于包含投入产出结构DSGE模型的分析》,《管理世界》,2018年第6期。
- (39)Abeliansky, A., Algur, E., Bloom, D. and Prettnner, K., 2020, "The Future of Work: Meeting the Global Challenges of Demographic Change and Automation", *International Labour Review*, vol.159(3), pp.285-306.
- (40)Abbott, R. and Bogenschneider, B., 2018, "Should Robots Pay Taxes: Tax Policy in the Age of Automation", *Harvard Law & Policy Review*, vol.12, pp.145-175.
- (41)Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2018, "The Race Between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment", *American Economic Review*, vol.108(6), pp.1488-1542.
- (42)Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2019, "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor", *Journal of Economic Perspectives*, vol.33(2), pp.3-30.
- (43)Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2020, "Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets", *Journal of Political Economy*, vol.128(6), pp.2188-2244.
- (44)Acemoglu, D. and Restrepo, P., 2022, "Demographics and Automation", *The Review of Economic Studies*, vol.89(1), pp.1-44.
- (45)Aghion, P., Jones, B. F. and Jones, C. I., 2019, *Artificial Intelligence and Economic Growth*, Chicago: University of Chicago Press.
- (46)Aksoy, Y., Basso, H. S. and Smith, R. P., 2019, "Demographic Structure and Macroeconomic Trends", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol.11(1), pp.193-222.
- (47)Anzoategui, D., Comin, D. and Gertler, M., 2019, "Endogenous Technology Adoption and R&D as Sources of Business Cycle Persistence", *American Economic Journal: Macroeconomics*, vol.11(3), pp.67-110.
- (48)Autor, D. H., 2015, "Why are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation", *Journal of Economic Perspectives*, vol.29(3), pp.3-30.
- (49)Berg, A., Buffie and Zanna, L. F., 2018, "Should We Fear the Robot Revolution?", *Journal of Monetary Economics*, vol.97, pp.117-148.
- (50)Blanchard, O. J. and Quah, D., 1988, "The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances", NBER Working Paper, No.2737.
- (51)Casas, P. and Torres, J. L., 2023, "Automation, Automatic Capital Returns, and the Functional Income Distribution", *Economics of Innovation and New Technology*, vol.32(1), pp.113-135.
- (52)Chirinko, R. S., 2008, " σ : The Long and Short of It", *Journal of Macroeconomics*, vol.30(2), pp.671-686.
- (53)Eden, M. and Gaggli, P., 2018, "On the Welfare Implications of Automation", *Review of Economic Dynamics*, vol.29, pp.15-43.
- (54)Gasteiger, E. and Prettnner, K., 2022, "Automation, Stagnation, and the Implications of a Robot Tax", *Macroeconomic Dynamics*, vol.26(1), pp.218-249.
- (55)Guerreiro, J., Rebelo, S. and Teles, P., 2022, "Should Robots Be Taxed?", *The Review of Economic Studies*, vol.89(1), pp.279-311.
- (56)Hansen, A. H., 1939, "Economic Progress and Declining Population Growth", *The American Economic Review*, vol.29(1), pp.1-15.
- (57)Jimeno, J. F., 2019, "Fewer Babies and More Robots: Economic Growth in a New Era of Demographic and Technological Changes", *SERIEs*, vol.10(2), pp.93-114.
- (58)Keynes, J. M., 1937, "The General Theory of Employment", *The Quarterly Journal of Economics*, vol.51(2), pp.209-223.
- (59)Lin, T. and Weise, C. L., 2019, "A New Keynesian Model with Robots: Implications for Business Cycles and Monetary Policy", *Atlantic Economic Journal*, vol.47(1), pp.81-101.
- (60)Notestein, F. W., 1945, "Population-The Long View", in Schultz, T. W., eds: *Food for the World*, Chicago: Chicago University Press.
- (61)Prettnner, K. and Strulik, H., 2020, "Innovation, Automation, and Inequality: Policy Challenges in the Race Against the Machine", *Journal of Monetary Economics*, vol.116, pp.249-265.

Regional Science, 49(3), pp.411~437.

(60) Rosen, S., 1979, "Wage-Based Indexes of Urban Quality of Life", *Current Issues In Urban Economics*, Johns Hopkins University Press.

(61) Schultz, T. W., 1960, "Capital Formation by Education", *Journal of Political Economy*, 68(6), pp.571~583.

(62) Sveikauskas, L., 1975, "The Productivity of Cities", *The Quarterly Journal of Economics*, 89(3), pp.393~413.

(63) Tombe, T. and Zhu, X. D., 2019, "Trade, Migration, and Productivity: A Quantitative Analysis of China", *The American Economic Review*, 109(5), pp.1843~1872.

How Does Employment Policy Affect Income Distribution? Theoretical Analysis Based on Quantitative Spatial General Equilibrium Model

Zhou Huijun^a, Fu Chunyang^b and Gong Liutang^{c,d}

(a. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences; b. School of Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences; c. Guanghua School of Management, Peking University; d. School of Economics, Beijing Technology and Business University)

Abstract: The report of the 20th National Congress of the Communist Party of China pointed out that Chinese modernization is a modernization of common prosperity for all. Achieving substantial progress in common prosperity has also become an important strategic goal for the future economic and social development. By constructing a quantitative spatial general equilibrium model incorporating workers with varying educational levels, this paper examines the influence of two policies—increasing educational attainment and enhancing vocational skills—on income inequality. The results show that the impact of policies on income inequality could be divided into three channels: the proportion of workers with differing education levels, the skill premium between them, and the inter-regional allocation of the labor quantity and average income. Through these channels, enhancing the educational attainment of the low-educated group could continuously expand the middle-income group and ultimately achieve the improvement of income distribution. Strengthening vocational skills training of the low-educated group could increase the skill premium for the low-income group, and then narrow the wage gap between the two groups, thereby improving the status quo of income distribution. The conclusion remains unchanged in the robustness test involving the replacement of the educational grouping criteria, the change of efficiency spillover coefficient, and the introduction of variations in the substitutability of the two types of labor. This paper offers a more comprehensive perspective on the research in the field of income distribution and skill premium, and also provides theoretical reference for the evaluation of policy effectiveness and the in-depth implementation of the common prosperity strategy.

Keywords: education level; vocational skill; income distribution; common prosperity

=====

(上接第37页)

(62) Romor, P. M., 1990, "Endogenous Technological Change", *The Journal of Political Economy*, vol.98(5), pp.S71~S102.

(63) Smets, F. and Wouters, R., 2003, "An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area", *Journal of the European Economic Association*, vol.1(5), pp.1123~1175.

(64) Steigum, E., 2011, "Robotics and Growth", *Economic Growth and Development*, vol.11, pp.543~555.

Low Fertility and Aging, Industrial Intelligence and Macroeconomic Fluctuations: An Analysis of DSGE Model Based on Endogenous Economic Growth Theory

Han Yonghui^{a,b} and Liu Yang^a

(a. Guangdong Institute for International Strategies, Guangdong University of Foreign Studies;
b. Institute of World Economics and Politics, Chinese Academy of Social Sciences)

Abstract: The recent demographic shift in China, characterized by a low fertility and an aging population, presents critical challenges for economic growth, necessitating an urgent exploration of Chinese path to modernization. Based on the endogenous economic growth theory, this paper constructs a dynamic stochastic general equilibrium model that includes labor supply shocks, industrial intelligence, and endogenous technological innovation. Our findings are as follows: in the short term, industrial intelligence can raise the equilibrium output of the economy by optimising the allocation of labour and capital factors, which effectively mitigates negative impacts of low fertility and aging. However this moderating effect shows significant period heterogeneity. In the long term, industrial intelligence struggles to fill the gap of R&D-based labour. This also could lead to over-substitution, polarization of wealth and inflation. Thereby, industrial intelligence provides limited support for sustained economic growth. Taken together, the results demonstrate that the government may appropriately deploy industrial intelligence while concurrently focusing on enhancing human capital accumulation and improving the quality of independent innovation. This will lead to long-term, high-quality economic development in the time of low fertility and aging.

Keywords: low fertility and aging; industrial intelligence; labor supply shock; R&D labor force; independent innovation

Low Fertility and Aging, Industrial Intelligence and Macroeconomic Fluctuations: An Analysis of DSGE Model Based on Endogenous Economic Growth Theory

Han Yonghui^{ab} and Liu Yang^a

(a. Guangdong Institute for International Strategies, Guangdong University of Foreign Studies; b. Institute of World Economics and Politics, Chinese Academy of Social Sciences)

Summary: Since 2010, China has been facing the challenges of low fertility and aging, leading to a gradual shrinkage of the labor force supply. Consequently, there is an urgent need to explore new avenues for modernization and economic development to sustainable growth. Simultaneously, fueled by the global information technology revolution, industrial intelligence has emerged as a vital strategy for nations to achieve "re-industrialization" and secure a competitive edge in technological advancement. This paper explores whether the industrial intelligence can help mitigate low fertility and aging's adverse impacts.

Firstly, we identify empirical interconnections among the labor supply, industrial intelligence, and macroeconomic fluctuations in China, establishing the basis for our model. Secondly, we develop a dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) model grounded in endogenous growth theory that focuses on heterogeneous labor force, heterogeneous capital, endogenous autonomous technology and so on. Thirdly, we conduct parameter calibration using Bayesian estimation and analyze the applicability of the model. Finally, by integrating the simulation results of the model, we uncover the dual adjustment mechanism of industrial intelligence in mitigating the negative impacts of low fertility and aging from the perspectives of both the supply and demand sides, in order to provide targeted policy recommendations for China to better respond to low fertility and aging.

Our findings reveal that: (1) In the short term, industrial intelligence increases aggregate production on the supply side by substituting for non-R&D labor, raising labor productivity, and promoting capital accumulation. It also stimulates total economic demand from the demand side by increasing labor wage levels, thus helping to counteract the adverse effects of low fertility and aging. (2) In the long term, while industrial intelligence can stabilize economic growth by saving productive labor, it fails to compensate for declining R&D labor caused by low fertility and aging. This also may widen income disparities and inflation, challenging sustainable growth of the economy's endogenous momentum. (3) It suggests that appropriate industrial intelligence deployment while focusing on human capital accumulation and innovation quality may enable high-quality and long-term development.

This study contributes to the existing literature in four significant ways: Firstly, we explore the root causes of labor supply decline in China from the perspectives of low fertility and aging. Secondly, we explore the essential characteristics of industrial intelligence. In our model, industrial intelligence only forms a substitution relationship with non-R&D labor, but difficult to replace non-R&D labor. Thirdly, based on the perspective of "aggregate supply and aggregate demand", we study the dual mechanisms of "creativity" and "destructiveness" that industrial intelligence may generate in the process of regulating low fertility and aging. Finally, we further identify the influence of factors such as the rationality of the layout about industrial intelligence, the improvement of independent innovation quality and the enhancement of human capital accumulation on the regulation of industrial intelligence, so that the research can serve national strategy and social development.

Keywords: low fertility and aging; industrial intelligence; labor supply shock; R&D labor force; independent innovation

JEL Classification: F015, E12