

收稿日期:2024-09-14

少子老龄化、科技创新与国家经济增长

丁佐琴¹, 孙雪梅²

(1. 无锡太湖学院 会计学院, 江苏 无锡 214064; 2. 东南大学 经管学院, 江苏 南京 211189)

摘要:少子老龄化是当前世界人口发展新特征, 如何实现国家经济可持续增长已成为全球瞩目的重要议题。基于波特假说和熊彼特科技创新理论, 依据1999—2022年G20经济体面板数据, 运用中介效应与调节效应模型, 构建少子老龄化与科技创新影响国家经济增长的分析框架, 研究发现: 少子老龄化对国家经济增长具有显著负效应; 通过“倒逼机制”可促进科技创新能力提高; 科技创新发挥部分中介正向效应, 缓解了少子老龄化抑制经济增长的程度。分组检验发现: 少子化影响国家经济增长为正U型结构; 老龄化对国家经济增长呈负向影响; 发展中经济体相较于发达经济体的科技创新促进国家经济增长回归系数更明显; 经济体可通过城镇化、私营部门、政府干预度和对外开放度等条件, 弱化少子老龄化对国家经济增长的负面影响。

关键词:少子老龄化; 科技创新; 国家经济增长; 波特假说; 熊彼特科技创新理论

中图分类号:C924.1, F113

文献标识码:A

文章编号:1003-6873(2025)02-0021-13

基金项目:国家哲学社会科学基金项目“金融周期对中国经济周期波动影响的动态影响机制研究”(19BJL020)。

作者简介:丁佐琴(1982—), 女, 江苏盐城人, 无锡太湖学院会计学院副教授, 韩国国立釜庆大学博士研究生, 主要从事技术经济、财务管理研究; 孙雪梅(1995—), 女, 江苏盐城人, 东南大学经管学院硕士研究生, 主要从事人工智能与大数据财务研究。

DOI:10.16401/j.cnki.ysxb.1003-6873.2025.02.015

一、引言

少子老龄化是当今许多国家面临的重要问题, 改革开放以来, 我国经济一直处于快速发展状态, 但人口老龄化和低生育率导致“人口红利”消退, 经济增长的可持续性面临挑战^[1]。2021年12月, 国务院发布的《“十四五”国家老龄事业发展和养老服务体系规划》明确指出, 需顺应人口老龄化趋势, 大力发展银发经济, 推动老龄事业与产业、基本公共服务与多样化服务协调发展。2022年7月, 国家卫生健康委、国家发展改革委等联合发布的《关于进一步完善和落实积极生育支持措施的指导意见》旨在深入实施一对夫妻可以生育三个子女政策及配套支持措施。由此可见, 我国已将解决少子老龄化问题摆在突出位置。国内外学者对人口下降问题展开了大量研究,

有关少儿人口或者老年人口对经济增长的单一影响研究较为丰富,但鲜见将少子老龄化、科技创新与国家经济增长三者结合的分析研究。

现有文献关于少子老龄化对经济增长影响,主要有负面关系、非线性关系和存在不确定性三种观点。负面影响的研究认为人口数量下降减少劳动力供应、资产积累和储蓄投资,少子老龄化对经济增长产生负面影响^[2];非线性关系的研究通过构建内生性增长模型,实证发现少儿抚养比与经济增长之间呈正U型关系、老年抚养比与经济增长之间呈倒U型的非线性关系^[3];不确定性的研究认为人口老龄化对经济增长影响较为复杂,既有正向的创新效应又有负向的劳动力效应,而总效应取决于二者比重的大小^[4]。关于少子老龄化对科技创新的影响,主要从创新效应和人力资本效应两方面展开:创新效应研究认为当城镇化率低于门槛值时,人口老龄化将抑制科技创新,而当城镇化率越过门槛值时,老龄化转而有利于科技创新^[5];人力资本效应研究认为人口老龄化通过影响人力资本促进科技创新,包括通过提高教育水平、人力资本存量等^[6]。科技创新对国家经济增长的影响主要为正向关系,表现为:通过互联网的发展提高工业绿色全要素生产率,促进产业结构升级^[7];数字普惠金融提升国家经济增长,完善新型数字基础设施建设、增强数字技术创新能力、健全数字经济的市场运行机制,促进出口贸易发展^[8];微观层面进一步证明创新对经济的增长具有正向作用,从商业模式创新、组织创新、人工智能等方面推动企业经营增长^[9];低碳技术的创新研究认为,低碳产业的科技创新可促进国家经济增长可持续性发展^[10]。

当前,中国已面临“少子老龄化”的严峻局面,推动科技创新是实现国家经济持续增长的重要途径,尽管现有研究从不同侧面揭示了少子老龄化、科技创新以及国家经济增长“两两之间”的关系^[11],但是,科技创新的概念、内涵与包含因素是什么,如何对其内在层次进行剖析,哪些方面体现了国家经济增长等,这些还没有统一定论^[12]。为了有效解决上述问题,本研究拟以少子老龄化为切入点,依据1999—2022年G20经济体面板数据,基于波特假说和熊彼特科技创新理论,以科技创新为中介路径,构建少子老龄化、科技创新影响国家经济增长的分析框架,实证检验少子老龄化、科技创新和国家经济增长三者关系。本研究的边际贡献可能在于:第一,立足于中国已进入少子老龄化的社会现实,系统分析少子老龄化对经济增长的影响机制,并借助中介效应模型检验少子老龄化作用于经济发展的中介效应,将G20分为发达经济体和其他经济体进行分组检验,将空间因素纳入计量模型;第二,本研究具有一定的政策价值,明确了政府在推动科技创新发展的过程中优先采取的途径,分析了G20经济体在少子老龄化、科技创新影响国家经济增长方面的异质性,提出中国经验可为同处于少子老龄化的其他经济体提供参考。

二、理论框架

基于科技创新理论,结合科技创新产业链主导的经济体模型和最优科技创新投入产出边界理论,推导出“少子老龄化”经济体的经济增长提升最优路径和投入产出边界。另外,还探讨了科技创新驱动格局下“少子老龄化”经济体中介科技创新,通过“贸易促进效应”和“技术溢出效应”对国家经济增长的作用。“贸易促进效应”是指通过简化海关程序、减少非关税壁垒,如增加市场准入机会、提高交易效率和降低贸易成本等手段,提高国家间贸易的便利性,促进进出口贸易的增长;“技术溢出效应”是指经济体在生产和经营活动中,通过市场竞争对手的模仿、员工流动和供应链传导作用,将其技术和知识进行传播,从而促进其他经济体的技术进步和生产效率提升。

将贸易与技术两者相结合,梳理出科技创新驱动格局下“少子老龄化”经济体与国家经济增长的作用机制,为经验研究提供理论基础。

(一) 科技创新驱动格局下“少子老龄化”经济体贸易促进效应

根据科技创新产业链主导经济体模型,假设科技创新从投入到产出包含 $N(1, 2, 3, \dots, N)$

个环节,经历 $J(1,2,3,\dots,J)$ 个经济体。在投入环节 ($N = 1$) 只包含当地要素,在随后的环节 ($N > 1$) 都包含当地要素和 ($N - 1$) 阶段产出的科技创新中间品,如科技人员劳务派遣、科技创新劳务外包或者科技创新中介服务等。科技创新产品投入价格 $p_j^F(l)$ 最小化,则“少子老龄化”经济体的最优科技创新产业链公式表示为:

$$l^j = \underset{l \in J^N}{\operatorname{argmin}} \times p_j^F(l) = \underset{l \in J^N}{\operatorname{argmin}} \left\{ \prod_{n=1}^N (a_{l(n)}^n \times C_{l(n)})^{a_n \beta_n} \times \prod_{n=1}^{N-1} \tau_{l(n)l(n+1)}^{\beta_n} \times \tau_{l(N)j} \right\} \quad (1)$$

“少子老龄化”经济体最优科技创新产出路径模型,若嵌入当地科技创新产业链集群,如新型研发机构、研发平台和产业技术联盟等,则投入最小化约束下最优路径 (l) 的贸易促进效应的概率分布表达式为:

$$\pi_{ij} = \frac{\prod_{n=1}^{N-1} (T_{l(n)})^{a_n} (C_{l(n)})^{a_n} \times T_{l(n)l(n+1)}^{\beta_n} \times (T_{l(N)})^{a_n} (C_{l(N)})^{a_n} \times \tau_{l(N)j}^{-\theta}}{\Theta_j} \quad (2)$$

(2) 式中包括科技创新产出效率 (τ_i) 和成本,科技创新产业链布局倾向于布局在高产出率 (T_i) 和低成本 ($C_i + \tau_i$) 的经济体。结论再次表明,“少子老龄化”经济体倾向于选择高水平科技创新对外开放格局,即“少子老龄化”与科技创新存在正相关关系。

本研究基于科技创新产业链产出最优边界拓展模型,即分析科技创新如何影响产业链的每个环节,从而提升整个产业链的竞争力和产出效率。分析“少子老龄化”经济体何时选择嵌入科技创新对外开放路径, θ 为科技创新产出效率的参数, $a_n \in (0, 1)$ 为科技创新产业链之间的替代性参数。设定科技创新中间品的边际产出为:

$$r(m) = A^{1-p} \theta^p \left\{ \int_0^m [\psi(i)x(i)]^a di \right\}^{\frac{1}{1-p}} \quad (3)$$

其中: $a > 0$, 为科技创新产品的异质性; $p \in (0, 1)$, 为科技创新产品的可替代性; $i \in [0, m]$, 为经济体在科技创新产业链上的现阶段占总体的比重。存在阈值 $m_c^* \in (0, 1]$ 和 $m_s^* \in (0, 1]$, 在 $p > a$ 的情况下,“少子老龄化”经济体将科技创新链环节 $m \in (0, m_c^*)$ 进行科技创新服务外包,即科技创新中间品价值链环节。

本研究进一步分析“少子老龄化”经济体嵌入科技创新国际循环后,科技创新投入的变化程度,假设将科技创新价值链中 m 阶段“少子老龄化”经济体的国家经济增长表示为 $\beta(m) \in \{\beta_v, \beta_s\}$, 则科技创新中间品供应商议价能力为:

$$x^*(m) = \frac{\operatorname{argmax}}{x(m)} \{ [1 - \beta(m)]^{\frac{1}{1-p}} (A^{1-p} \theta^p)^{\frac{1}{1-p}} r(m)^{\frac{1}{1-p}} \psi(m)^a x(m)^a - c(m)x(m) \} \quad (4)$$

其中,随着科技创新产业链中间环节 $x(m)$ 最优时,“少子老龄化”经济体在 m 阶段的国家经济增长可以表示为:

$$\beta^*(m) = (1 - a) \left\{ \frac{\int_0^m \psi(i)/c(i)^{\frac{1}{1-p}} di}{\int_0^1 \psi(i)/c(i)^{\frac{1}{1-p}} di} \right\}^{\frac{1}{1-p}} \quad (5)$$

接下来,将科技创新成本代入国家经济增长公式进一步探讨科技创新与国家经济增长两者的关系,求导公式如下所示:

$$E_v = \frac{\partial V_i}{\partial q_i} \frac{q_i}{V_i} = \frac{\int_{\varphi_i}^{\infty} \eta_i q_i (\tau_i + \eta_i q_i \varphi)^{-\sigma} \varphi^{\sigma-k-1} d\varphi}{\int_{\varphi_i}^{\infty} (\tau_i + \eta_i q_i \varphi)^{-\sigma} (\sigma \tau_i + \eta_i q_i \varphi) \varphi^{\sigma-k-2} d\varphi} + \frac{\sigma \tau_i \int_{\varphi_i}^{\infty} (\tau_i + \eta_i q_i \varphi)^{-\sigma-1} (\sigma \tau_i + \eta_i q_i \varphi) \varphi^{\sigma-k-2} d\varphi}{\int_{\varphi_i}^{\infty} (\tau_i + \eta_i q_i \varphi)^{-\sigma} (\sigma \tau_i + \eta_i q_i \varphi) \varphi^{\sigma-k-2} d\varphi} + \frac{(\tau_i + \eta_i q_i \varphi^*)^{-\sigma} (\tau_i + \eta_i q_i \varphi^*) \varphi_i^{*\sigma-k-1}}{\int_{\varphi_i}^{\infty} (\tau_i + \eta_i q_i \varphi)^{-\sigma} (\sigma \tau_i + \eta_i q_i \varphi) \varphi^{\sigma-k-2} d\varphi} \quad (6)$$

其中,假设经济体科技创新嵌入国际循环金额 $V_i = \int_{\varphi_i}^{\infty} p_i(\varphi) x_i(\varphi) dG(\varphi)$ 服从泊松分布, V_i 表示科技创新嵌入国际循环金额,下标 i 表示经济体; φ 表示经济体的科技创新产出效率,科技创新产业链替代性为 σ ,国家经济增长为 q^i ,冰山贸易成本为 τ ,科技创新产业链的投入系数为 η 。结果表明,科技创新嵌入国际循环成本 τ 越小,则国家经济增长提升效应越大。具体而言,少子老龄化经济体通过科技创新对国家经济增长具有“成本最优”的贸易促进效应。

(二) 科技创新驱动格局下科技创新产业链集群的技术溢出效应

对“少子老龄化”经济体科技创新产业链布局最优路径和投入产出边界模型的分析表明,少子老龄化经济体以提高教育水平、技术突破性研发和移民人才吸引等构建科技创新驱动格局,降低经济体科技创新成本,提高高科技产品定价能力等的科技产品话语权,促进国家经济增长。借鉴异质性禀赋匹配模型,进一步分析科技创新驱动格局下经济体科技创新产出率的变化:

$$Y(i) = \int_s^{\bar{i}} A(s, i) L(s, i) di \quad (7)$$

其中, $L(s, i) \geq 0$ 表示科技创新产品等级 i 所需的 s 科技创新资源。假设 $A(s, i)$ 具有对数超模特征,则 $i' > i, s' > s$,有如下不等式:

$$A(i', s') \cdot A(i, s) > A(i', s) \cdot A(i, s') \quad (8)$$

根据贸易促进效应,贸易成本的降低是“少子老龄化”带来的人口红利向人才红利的转变,是驱动劳动力密集型竞争优势向技术密集型转换的重要原因,因此,本研究认为“少子老龄化”导致国家间的技术差距及技能劳动力禀赋差异,从而产生科技创新投入不同,进一步产生产业链最优分工,则有 $i = M(s)$ 对应的边界条件公式为:

$$\underline{i} = M(\underline{s}), \bar{i} = M(\bar{s}) \quad (9)$$

本研究将经济体划分为“少子老龄化”经济体与“非少子老龄化”经济体两大类,其中“少子老龄化”经济体比“非少子老龄化”经济体拥有更高的科技创新生产率,即 $\bar{i}_1 > \bar{i}_2$ 。科技创新产品等级也存在差异,“少子老龄化”经济体和“非少子老龄化”经济体低等级的科技产品产出效率趋同,但“少子老龄化”经济体若要拥有更高产出效率和高技能的科技创新资源,则需进一步匹配更高等级的科技创新产品。假设科技创新产业链将其他科技产品的价值链环节转移到“非少子老龄化”经济体,促进“非少子老龄化”经济体科技创新产出效率的提升,则有如下等式:

$$B_1^s(i') B_1(i) \geq B_1^s(i) B_1(i'), \forall (i') \geq i \quad (10)$$

其中,满足条件 $\bar{i}_2^s > \bar{i}_2$,要求科技创新产业链“少子老龄化”经济体与“非少子老龄化”经济体具备一定的互补性,同时,科技创新产业链分工的效率由 $M_1^{-1}(\bar{i}_2^s) - \bar{s}_2$ 决定,因此,“少子老龄化”经济体与其他经济体科技创新资源差距不能太大,这样“少子老龄化”经济体与其他经济体的科技创新产出效应均得以提升。基于区域贸易理论,各经济体本身具有互补性,且科技创新资源差距相近的经济体作为科技创新价值链中间环节的合作者;当科技产品等级或者科技创新技术上升时,会寻求相应的科技创新资源与之匹配。

综上所述表明,“少子老龄化”经济体基于波特假说即适当的环境规制可以激发被规制企业或产业进行技术创新^[13],以及熊彼特创新理论即通过新产品、新方法、新市场、新供货来源和新组织促进创新的内生动力,有助于形成“贸易促进效应”和“技术溢出效应”。“贸易促进效应”包含三方面:第一,创新驱动是科技创新的源泉,具体通过构建开放、协同、高效的共性技术研发平台,强化制造业创新对贸易的支撑作用,推动互联网、物联网、大数据、人工智能、区块链与贸易的有机融合,加快培育新动能;第二,优化贸易结构,优化国际市场布局,深耕传统市场,拓展新兴市

场,提高自贸伙伴、新兴市场和发展中国家在我国对外贸易中的占比,简化海关程序和提高国家间贸易便利性等;第三,培育新业态,促进贸易新业态发展,如跨境电子商务等。“技术溢出效应”体现在三个维度:首先,促进竞争效应,跨国公司的进入可以增加市场竞争,从而促使本地企业提高效率以及通过市场竞争模仿、员工流动、供应链传导等方式促进技术溢出;其次,提高研发投入,通过产学研深度融合,构建多元化的研发投入体系,包括政府、企业、金融机构等多方参与等措施提高研发投入;最后,优化政策环境,政府可以通过提供研发补贴、税收优惠等措施,激励企业进行技术创新和吸收技术溢出,从而促进国家经济增长。

三、研究设计

基于如图 1 所示的理论框架,结合现有研究文献就少子老龄化与国家经济增长、少子老龄化与科技创新以及科技创新在少子老龄化影响国家经济增长过程中的传导作用展开研究。

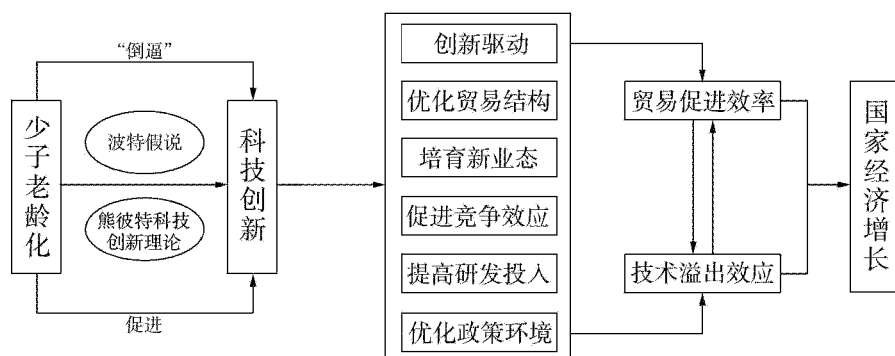


图 1 理论框架图

(一) 少子老龄化对国家经济增长的影响机制

人力资本理论的核心是提高人口质量。拥有高技能高知识水平的人力带来的创新产出明显高于技术程度低的人力,即高素质人才能够提高生产效率,推动技术进步,促进经济增长。随着人工智能、区块链和大数据等数字化技术创新赋能产业发展、企业经营和教育数字化转型^[14],工业智能化可替代部分低技能劳动,成为缓解人口结构变化的重要措施^[15]。少子老龄化对人力资本的影响主要在于教育投资,教育红利影响人口红利,人口受教育程度的持续提高是未来保持经济增长的有利因素^[16]。随着人口老龄化程度加剧,从个体方面看,老龄人口由于生理和心理原因,对受教育和技能培训的接受度较弱,从公共资源方面看,国家需将大量资金投入医疗养老等项目,从而减少了对公共教育的投资,因此,少子老龄化对国家经济增长以负面影响为主^[17]。部分研究者基于储蓄率研究认为,人口老龄化显著提高家庭储蓄率,少儿抚养比与国民储蓄率的关系呈现不对称的倒 U 型关系^[18],总抚养比对国民储蓄率表现出显著的负向关系,即储蓄率会随总抚养比升高而下降,资产积累减少,抑制了国家经济增长^[19]。据此,本研究提出以下假设:

H₁:少子老龄化对国家经济增长具有显著的负面影响。

(二) 少子老龄化对科技创新的影响机制

当前研究认为少子老龄化能够“倒逼”科技创新能力,从而减弱对经济增长的负向影响,具体从以下角度进行分析:首先,基于劳动力禀赋效应理论,学者认为,缓解少子老龄化问题可通过提升人力资本存量推动经济发展^[20];其次,基于劳动生产率效应理论,研究者指出,个体的认知

能力、记忆能力以及身体机能等虽然会随着年龄的增长出现显著衰退,但随着年龄增长,丰富的阅历和经验却为科技创新提供强有力的支撑,比如,日本通过充分利用老年人力资源、扩大老年人再就业机会、延迟退休,让老年人所具备的丰富的经验、技能和知识得以传承,避免了人才断层现象的发生,推进了科技创新,进而促进了劳动生产率的提高^[21];最后,基于消费需求效应理论,学者发现,不同年龄阶段人口的消费水平、偏好及结构都有所不同,老年人口的增加会引起最终消费市场的规模和结构发生有利的改变^[22];其他方面,有学者实证指出,居民消费率会因老年抚养比的上升而上升,证实老龄化水平增加正向促进居民消费结构升级,推动企业进行产品创新、技术创新、市场创新、资源配置创新和组织创新^[23]。据此,本研究提出以下假设:

H₂:少子老龄化对科技创新影响具有正向促进作用。

(三) 科技创新对国家经济增长的影响机制

科技创新是实现经济发展的重要动力,从重视老年人健康和提高科技发展水平及就业机会的角度出发,少子老龄化的发达国家通过完善医疗保障体系、增加就业机会,以及创新发展科技等手段弥补人口不足的部分缺陷,促进经济增长。基于中国区域创新生态系统共生性角度的研究发现,创新生态系统整体呈正U型发展特征,地区差异化较大,但总体上,在科技创新的调节作用下,可有效减弱少子老龄化对区域内经济增长的负向影响^[24]。社会层面上,劳动力的迁移流动本质是一种选择发展程度的差别转移,可以将技术和知识进行传播,产生“技术溢出效应”,发展程度较好的经济体有利于更好地应对少子老龄化问题,有利于消费结构升级^[25]。近年来,以数字服务贸易为代表的新业态迅速发展为全球经济带来新发展契机、注入创新活力,加上研发要素的跨境流动,充分体现“贸易促进效应”,促进国际创新活动的发展^[26]。再从城镇化的角度看,我国所面临的少子老龄化,在发达国家早已发生,主要发达国家的出生率很早就下降到更低水平之下,伴随着人寿命的不断延长,在上个世纪已经陆续进入少子老龄化国家的行列,当前,新型城市化的核心是人的城市化,通过吸引年轻的技术人才,达到延缓城市少子老龄化的目的^[27]。从私营部门的角度看,积极应对少子老龄化问题是政府资源配置的动因,经济体中私营部门的良好发展可以推动人力资本、银发经济发展,进而促进科技创新^[28]。最近有学者依据2019年省市面板数据,运用定性比较分析方法研究发现,私营经济发展程度高、发展好的地区走低碳路径,稳住经济增速、控制人口规模以及发展清洁能源工业产业等,可以实现科技创新的可持续性^[29]。从政府干预层面上,良好的制度型开放能显著促进新质生产力发展^[30],政府采取资金激励政策和监督管理措施,促使企业更加积极地参与到产业科技创新发展进程中^[31]。从对外开放度看,加强政策引导和管理,促进外资利用由量向质转变^[32],并且重点提升外循环的质量和水平,可加快形成新质生产力^[33]。据此,提出以下假设:

H₃:科技创新有助于推动国家经济增长。

H₄:城镇化水平高、私营部门占比高、政府干预力度强和对外开放度较高的经济体,科技创新促进国家经济增长的作用程度更大。

四、模型设定

(一) 模型设定

本研究借助中介效应模型^[34],通过选取科技创新作为中介变量分析少子老龄化对经济增长的影响,构建如下中介效应模型:

首先,基本模型如公式(11)所示,观察总效应系数 c 是否具有显著性:

$$GDP_{it} = \beta_0 + c \times DEPE_{it} + \epsilon_{it} \quad (11)$$

其中： i, t 分别表示国家和年份， GDP_{it} 为国家经济增长类别， β_0 为截距， c 为少子老龄化的总效应系数， $DEPE_{it}$ 为少子老龄化的类别， ϵ_{it} 为残差。

其次，为检验研究假设 H_2, H_3 ，考察直接效应系数 c' 以及间接系数 a, b 是否具有显著性，构建模型如公式(12)(13)所示：

$$PATE_{it} = \gamma_0 + a \times DEPE_{it} + \epsilon_{it} \quad (12)$$

$$GDP_{it} = \delta_0 + c' \times DEPE_{it} + b \times PATE_{it} + \epsilon_{it} \quad (13)$$

其中： $PATE_{it}$ 为科技创新的类别， γ_0 为截距， a 为少子老龄化的间接效应系数， c' 为少子老龄化的直接效应系数， b 为科技创新的间接效应系数， ϵ_{it} 为残差。

再次，根据中介效应模型公式，间接效应系数的乘积等于总效应系数减去直接效应系数，则有公式(14)所示：

$$c - c' = a \times b \quad (14)$$

最后，为检验研究假设 H_4 ，构建模型如公式(15)所示：

$$GDP_{it} = \varphi_0 + c' \times DEPE_{it} + b \times PATE_{it} + d \times CONT_{it} + \epsilon_{it} \quad (15)$$

其中： $CONT_{it}$ 为控制变量的类别， d 为回归系数。进一步，本研究通过逐步回归和绘制残差分布散点图的方法，发现残差分布并未呈现明显的趋势性，表明本研究的 OLS 回归模型并未被错误假定，可以进行回归分析。

(二) 变量选择

因变量方面，本研究选取了 GDP 增长率(年百分比)。GDP 增长率是体现一国宏观经济运行情况的重要指标，覆盖了国民经济各个行业，包括全社会经济活动的成果，并且遵循国际通用标准进行核算，可以在不同国家之间进行比较。

自变量方面，本研究选取了少儿抚养比作为少儿化指标($DEPR$)，少儿抚养比是指被抚养少儿人口(15 岁以下人口)与劳动年龄人口(15—64 岁人口)之比，选取了老年抚养比作为老龄化指标，老年抚养比是指被抚养老年人口(64 岁以上人口)与工作年龄人口(15—64 岁人口)之比。

中介变量方面，考虑到本研究主要探讨少子老龄化在科技创新($PATE$)的中介影响，更多的是体现了对科技创新产出的影响，故采用居民申请专利的数量来表示，专利申请是指在世界范围通过《专利合作条约》程序或向国家专利部门提交的专利申请，单位为万件。

控制变量方面，借鉴文献[35]选择城镇化($CITY$)和私营部门($PRIV$)，以及借鉴文献[36]选择政府干预度(GOV)和对外开放度($OPEN$)。城镇化水平越高，往往越有利于吸引科技创新人才，有利于提高人力资本水平，城镇人口是指居住在国家统计局定义的城市地区的人口，是城镇人口占总人口比例，单位为百分比，这些数据由联合国人口司收集和整理；私营部门是指金融公司向私营部门提供的财政资源，用私营部门的国内信贷占 GDP 的百分比表示，数据来源于国际货币基金组织；政府干预度(GOV)，采用政府支出占 GDP 比重衡量；对外开放度($OPEN$)，采用实际利用外资占 GDP 比重衡量，数据源于世界银行。

(三) 数据来源与描述统计

本研究数据源于世界银行数据库，鉴于数据的可得性和完整性，且考虑到 G20 经济体涵盖面广，代表性强，兼顾了发达国家和发展中国家以及不同地域利益平衡，因此，本研究数据样本包含了土耳其、澳大利亚、阿根廷和巴西等在内的 1999—2022 年经济体面板数据。描述性统计结果具体为：GDP 增长方面，最小值为 -10.89%，最大值为 14.23%；科技创新方面，G20 经济体专

利申请量均值为 4.52 万件,最大值为 6.76 万件,最小值为 2.24 万件。可见 G20 经济体的经济增长水平和科技创新水平差距较大。其他变量数值如表 1 所示。

表 1 变量描述性统计

变量名称	变量符号	样本量	最小值	最大值	均值	标准差
国内生产总值增长	<i>GDP</i>	456	-10.89	14.23	2.88	3.73
少子老龄化	<i>DEPR</i>	456	36.47	71.11	50.89	6.99
科技创新	<i>PATE</i>	456	2.24	6.76	4.52	1.11
私营部门	<i>PRIV</i>	456	13.68	117.76	88.90	15.11
城镇化	<i>CITY</i>	456	27.45	72.35	43.37	15.19
政府干预度	<i>GOV</i>	456	9.45	12.46	10.43	3.24
对外开放度	<i>OPEN</i>	456	15.20	47.01	36.20	4.32

五、实证结果分析

(一)平稳性检验分析

表 2 报告了单位根检验结果。单位根检验通常用于检验数据平稳性,时间序列数据需要进行平稳性检验。若对非平稳的时间序列数据直接进行分析,可能会导致伪回归问题。本研究为了避免伪回归,首先对变量进行了面板单位根检验,结果表明单位根检验系数具有平稳性, P 值在 0.01 范围内显著,因此,本研究的变量间不存在伪回归问题。

表 2 面板数据单位根检验

变量	单位根检验方法	统计量	P 值	观测值
<i>GDP</i>	ADF-FisherChi-square	232.41	0.00***	434
	PP-FisherChi-square	274.18	0.00***	437
<i>DEPR</i>	ADF-FisherChi-square	84.20	0.00***	379
	PP-FisherChi-square	90.20	0.00***	437
<i>PATE</i>	ADF-FisherChi-square	79.32	0.00***	429
	PP-FisherChi-square	72.37	0.00***	437
<i>PRIV</i>	ADF-FisherChi-square	164.32	0.00***	410
	PP-FisherChi-square	159.01	0.00***	418
<i>CITY</i>	ADF-FisherChi-square	468.86	0.00***	407
	PP-FisherChi-square	160.35	0.00***	418
<i>GOV</i>	ADF-FisherChi-square	156.55	0.00***	432
	PP-FisherChi-square	160.23	0.00***	432
<i>OPEN</i>	ADF-FisherChi-square	154.13	0.00***	430
	PP-FisherChi-square	156.20	0.00***	420

注: *、**、*** 分别代表在 10%、5% 和 1% 的水平上具有显著性,下同。

(二)基准回归分析

表 3 报告了少子老龄化对国家经济增长的回归结果。检验结果显示,少子老龄化显著抑制了国家经济增长,回归系数为 -0.12, t 值为 -4.88;截距为 8.94, t 值为 7.14,均具有显著性。表

明少子老龄化每变动 1 个单位,国家经济负向变动 0.12 个单位。综上,基准回归的研究结论支持本研究提出的假设 H_1 。

表 4 报告了少子老龄化与科技创新的回归结果。检验结果显示,少子老龄化对科技创新呈正向影响,回归系数为 0.02, t 值为 2.29;截距为 0.55, t 值为 14.39,均具有显著性。表明少子老龄化“倒逼”科技创新的影响机制存在,少子老龄化每变动 1 个单位,科技创新正向变动 0.02 个单位。综上,基准回归的研究结论支持本研究提出的假设 H_2 。

表 5 报告了科技创新与影响国家经济增长的回归结果。检验结果显示,科技创新与国家经济增长呈正相关,回归系数为 0.10, t 值为 3.45;截距为 7.76, t 值为 11.16,均具有显著性。表明科技创新影响国家经济增长的机制存在,科技创新每变动 1 个单位,国家经济增长正向变动 0.10 个单位。综上,基准回归的研究结论支持本研究提出的假设 H_3 。

表 3 少子老龄化与国家经济增长回归结果

变量名	GDP 公式(11)
DEPR	-0.12*** (-4.88)
截距	8.94*** (7.14)
F 值	23.88***
调整后 R^2	0.04
观测值	456

表 4 少子老龄化与科技创新的回归结果

变量名	PATE 公式(12)
DEPR	0.02** (2.29)
截距	0.55*** (14.39)
F 值	5.26*
调整后 R^2	0.009
观测值	456

表 5 科技创新与国家经济增长回归结果

变量	GDP
PATE	0.10*** (3.45)
截距	7.76*** (11.16)
F 值	52.28***
调整后 R^2	0.10
观测值	456

(三)中介效应和异质性分析

表 6 报告了科技创新的中介效应回归结果。根据公式(13)(14),研究结果显示,科技创新在少子老龄化影响国家经济增长过程中为部分中介效应,中介效应量占比为 11.76%,表明科技创新的中介效应机制存在,少子老龄化通过科技创新正向促进国家经济增长。综上,中介效应的研究结论进一步支持本研究提出的假设 H_3 。

表 6 科技创新中介效应回归结果

作用路径	检验结论	c 总效应	$a \times b$ 中介效应	c' 直接效应	效应占比 $ a \times b / c $
抚养比→科技创新→国内生产总值	部分中介效应	-0.119	-0.014	-0.105	11.76%

注:“-”为依据中介效应原理得出。

表 7 报告了据式(15)计算控制变量影响异质性的回归结果。城镇化与国家经济增长呈正相关,回归系数为 0.06, t 值为 5.07;私营部门对国家经济增长具有促进作用,回归系数 0.01, t 值为 2.68,均具有显著性。表明少子老龄化、科技创新影响国家经济增长的异质性存在,即城镇化率每变动 1 个单位,国家经济增长正向变动 0.06 个单位;私营部门每变动 1 个单位,国家经济增长正向变动 0.01 个单位。综上,异质性回归的研究结论支持本研究提出的假设 H_4 。

(四)稳健性检验分析

为验证上述实证结果的稳健性,将自变量少子老龄化(DEPR)分成少子化(CHIL)和老龄

化(OLD),将经济体分为发达经济体和发展中经济体,将因变量替换成全要素生产率(TFP)。借鉴贺晓宇和沈坤荣^[37]的计算方法,综合采用双向固定效应模型和Solow残差法进行计算。操作步骤为:在控制年份和省份固定效应的基础上,资本存量与从业人员分别取对数,然后将前者对后者展开回归分析,在获得后者的回归系数后,计算公式残差值,以残差值代表全要素生产率。

表8报告了不同发展程度经济体的少子老龄化、科技创新与国家经济增长的回归结果,具体为:发达经济体的老年抚养比抑制国家经济增长,回归系数为-0.09; t 值为-3.84;少子老龄化影响科技创新的回归系数为-2.02,曲率为0.05,呈现正U型结构,具有显著性;科技创新促进经济增长,回归系数为0.92,具有显著性;城镇化和私营部门水平显著促进国家经济增长。发展中经济体的少子老龄化对国家经济增长负向影响,回归系数为-0.31, t 值为-3.73;少儿抚养比呈现正U型结构,回归系数-0.45,曲率为0.01,均具有显著性;科技创新促进国家经济增长回归系数大于发达经济体,为1.15, t 值为4.11,具有显著性。稳健性检验的研究结论与前述研究的方向一致,支持本研究提出的假设,而且,稳健性检验模型的整体拟合优度 F 值具有显著性,表明上述实证结果是稳健的,本研究回归模型没有被错误假定。

表7 控制变量影响异质性的回归结果

变量名	GDP
	公式(15)
DEPR	-0.10*** (-4.61)
PATE	0.55*** (3.58)
CITY	0.06*** (5.07)
PRIV	0.01*** (2.68)
GOV	1.43*** (1.34)
OPEN	0.53*** (3.24)
截距	-0.08
F 值	27.9***
调整后 R^2	0.24
观测值	456

表8 稳健性检验结果

变量名	TFP	
	发达经济体	发展中经济体
OLD	-0.09*** (-3.84)	-0.31*** (-3.73)
CHIL	-2.02** (-3.08)	-0.45** (-2.28)
CHIL2	0.05** (3.33)	0.01* (1.64)
PATE	0.92*** (3.64)	1.15*** (4.11)
CITY	0.05** (1.43)	0.03* (1.90)
PRIV	0.01** (2.52)	0.002 (0.34)
GOV	0.02*** (2.34)	0.32** (3.24)
OPEN	0.23*** (3.22)	0.35** (4.54)
截距	27.40*** (3.16)	26.54*** (5.50)
F 值	11.23***	13.45***
调整后 R^2	0.22	0.23
观测值	216	240

六、研究结论

(一)研究结论

从少子老龄化对国家经济增长的内在影响机制入手,检验科技创新在少子老龄化与国家经

经济增长中的中介作用;将空间因素纳入计量模型,把G20分为发达经济体和发展中经济体,采取替代工具变量法进行稳健性检验。结果表明:少子老龄化对国家经济增长回归系数为-0.12,具有显著负向影响;少子老龄化通过“倒逼机制”促进科技创新能力提高,回归系数为0.02,具有显著性;科技创新发挥正向的部分中介效应,缓解了少子老龄化抑制经济增长的程度,中介效应量占比为11.76%,具有显著性。分组检验后发现:少子化影响国家经济增长为正U型结构,回归系数为-2.02和-0.45,曲率为0.05和0.01,具有显著性;老龄化对国家经济增长呈现负向直线性影响,回归系数为-0.09和-0.31,具有显著性;发展中经济体相比发达经济体的科技创新促进国家经济增长回归系数更明显,回归系数为1.15,具有显著性;经济体可以通过城镇化、私营部门、政府干预度和对外开放度等条件,弱化少子老龄化对国家经济增长的负面影响。

(二)政策建议

当前,我国处于少子老龄化程度快速加深与经济转型的关键时期,科技创新是推动经济发展的重要力量。如何协调少子老龄化、科技创新与国家经济增长三者间的影响关系,关乎积极应对老龄化与创新驱动发展的两大国家战略的推进,就此,本研究提出三方面的政策建议:

第一,完善延迟退休福利体系和生育支持政策体系,弥补劳动力数量不足。基于少子老龄化阻碍国家经济增长的结论,应高度重视政策的制定和落实。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确提出,按分类推进、逐步延迟法定退休年龄。习近平总书记在党的二十大报告中指出,要优化人口发展战略,建立生育支持政策体系,降低生育、养育、教育成本。这充分说明延迟退休年龄能在一定程度上弥补劳动力数量不足问题,积极推动并提供相应的保障福利措施,如加快健全居家社区机构相融合,协调配合逐步延迟退休政策落地。同时,拓展老年消费市场,扩大内需,推动银发经济发展,国家通过提供生育津贴、税收优惠、优化教育资源分配等方式鼓励生育,减轻养育负担,有助于提高人口整体素质。

第二,提高科技创新水平,抑制少子老龄化对国家经济增长的负影响。基于科技创新减弱少子老龄化抑制国家经济增长结论,一方面,要大力发展人工智能、数字化、自动化技术等劳动节约型创新技术,在当下有效劳动力缺乏情况下,可取代部分低技能型工作,能一定程度上弥补劳动力数量的缺口;另一方面,要重视教育,通过教育提高人的认识能力和劳动生产率。鼓励职业技能教育,以满足企业和组织不断增长的对技术应用型人才的需求;加强对退休人口的再教育,人力素质提高有助于提高科技创新水平进而促进经济增长。

第三,发展区域经济,采用多元化手段减缓少子老龄化的冲击。基于发展程度、城镇化和私营部门具有影响的异质性的结论,政府应当采用多元化手段,继续以发展区域经济为重点,促使先富带动后富的政策落地,逐渐缩小区域间经济差距;通过提高城镇人口占比,营造良好营商环境发展民营经济,提升民营企业的科技创新能力,支持民营企业参与建设国家或者省级研发创新平台,降低企业融资难度。

(三)研究不足与局限

本研究将经济学研究领域的“贸易促进效应”与“技术溢出效应”理论框架运用至经济体科技创新研究上,关注了少子老龄化与科技创新相互作用以影响国家经济增长的机制和路径,但可能忽视了其他相关的经济体内外部因素对国家经济增长的影响,有待进一步探索;基于对研究问题适配的考虑、统计理论抽样原则和数据可获取性的保证,研究结论能否适用于其他经济体有待进一步检验。未来研究可收集更多经济体的少子老龄化与科技创新方面的数据,对促进国家经济增长的组态作进一步分析,增强本研究结论的一般性;未来研究还可以关注和比较少子老龄化的

经济体在国家经济增长中的成功与失败案例,分析其如何通过人力资本提升和完善制度促进科技创新水平,例如采用案例研究方法,以经济体技术创新解决方案而非专利为切入点,深度剖析经济体技术创新平台的构建过程及其背后机制。

参考文献

- [1] 施锦芳. 人口少子老龄化与经济可持续发展: 日本经验及其对中国的启示[J]. 宏观经济研究, 2015(2): 119 - 126.
- [2] 陈燕儿, 周建芳, 赵锐. 科技创新视角下人口负增长对经济增长的影响研究: 基于 OECD 面板数据分析[J]. 人口与社会, 2024, 40(2): 25 - 39.
- [3] 贺俊, 胡玲玲, 唐述毅. 人口老龄化与少子化对经济增长的非线性影响研究[J]. 上海经济研究, 2021(11): 48 - 58.
- [4] 李翔, 邓峰. 科技创新、产业结构升级与经济增长[J]. 科研管理, 2019, 40(3): 84 - 93.
- [5] MICHAEL G, RAUCH F, REDDING S J. Urbanization and structural transformation[J]. Quarterly Journal of Economics, 2012, 127(2): 535 - 586.
- [6] BADEN-FULLER C, HAEFLIGER S. Business models and technological innovation[J]. Long Range Planning, 2013, 46(6): 419 - 426.
- [7] 贾洪文, 张伍涛, 盘业哲. 科技创新、产业结构升级与经济高质量发展[J]. 上海经济研究, 2021(5): 50 - 60.
- [8] 涂强楠, 何宜庆. 数字普惠金融、科技创新与制造业产业结构升级[J]. 统计与决策, 2021, 37(5): 95 - 99.
- [9] 刘志坚. 数字经济发展、科技创新与出口技术复杂度[J]. 统计与决策, 2021, 37(17): 29 - 34.
- [10] 杨校美. 人口老龄化会影响技术创新吗?: 来自 G20 的经验证据[J]. 华东经济管理, 2018, 32(6): 115 - 123.
- [11] 谢雪燕, 朱晓阳. 人口老龄化、技术创新与经济增长[J]. 中国软科学, 2020(6): 42 - 53.
- [12] 薛二勇. 协同创新与高校创新人才培养政策分析[J]. 中国高教研究, 2012(12): 26 - 31.
- [13] PORTER M E, LINDE Claas van der. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. Journal of economic perspectives, 1995, 9(4): 97 - 118.
- [14] 袁振国. 教育数字化转型: 转什么, 怎么转[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(3): 1 - 11.
- [15] 韩永辉, 刘洋. 少子老龄化、工业智能化与宏观经济波动: 基于内生经济增长理论的 DSGE 模型分析[J]. 管理世界, 2024, 40(1): 20 - 38.
- [16] 钟水映, 赵雨, 任静儒. “教育红利”对“人口红利”的替代作用研究[J]. 中国人口科学, 2016(2): 26 - 34.
- [17] 刘晓, 王海英. 技能型社会下职业教育公共服务的现实诉求、体系构建与实施路径[J]. 现代教育管理, 2022(6): 90 - 98.
- [18] 杨晓军, 冉旭兰. 中国老年人口比重对家庭储蓄率的影响: 兼论储蓄动机的调节效应[J]. 人口与经济, 2023(6): 87 - 104.
- [19] 丁佐琴, 汪小龙, 孙雪梅. 抚养比、教育程度与科技创新: 基于 G20 数据的实证分析[J]. 内蒙古财经大学学报, 2024, 22(1): 123 - 129.
- [20] 何冬梅, 刘鹏. 人口老龄化、制造业转型升级与经济高质量发展: 基于中介效应模型[J]. 经济与管理研究, 2020, 41(1): 3 - 20.
- [21] 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, 40(4): 105 - 128.
- [22] 赵歌. 人口年龄结构、性别比例对城镇居民消费率的影响: 基于省级面板数据的实证[J]. 商业经济研究, 2023(22): 65 - 71.
- [23] 侯向群. 人口年龄结构、城乡收入差距与消费升级[J]. 公关世界, 2024(2): 25 - 27.
- [24] 李晓娣, 张小燕. 区域创新生态系统共生对地区科技创新影响研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(5): 909 - 918.
- [25] 张帆, 刘嘉伟, 施震凯. 数字经济与出口贸易高质量发展: 基于二元边际的视角[J]. 统计与决策, 2024, 40(4): 114 - 118.
- [26] 任福耀, 孟珊珊, 冯阔. 全球数字服务贸易网络对国际创新活动的影响: 基于增加值贸易的视角[J]. 经济学家, 2023(11): 100 - 109.
- [27] 王利伟. 我国城乡结构变化趋势与战略对策[J]. 宏观经济管理, 2023(5): 32 - 38.
- [28] 张红利. 我国传统城镇化的反思和新型城镇化的内涵要求[J]. 生态经济, 2013(11): 83 - 86.
- [29] 黄秀莲. 基于组态视角探究中国低碳发展路径: 中国式降碳“三步走”策略[J]. 软科学, 2022, 36(7): 90 - 96.
- [30] 刘洪铎, 王梦飞, 徐雨欣, 等. 制度型开放、营商环境改善与新质生产力发展: 基于中国自由贸易试验区设立的准

- 自然实验[J]. 广东财经大学学报, 2024, 39(5): 4 - 22.
- [31] 李玉琼, 伍丽萍, 邹清明. “卡脖子”困境下我国芯片企业科技创新与政府干预演化博弈仿真分析[J]. 南华大学学报(社会科学版), 2024, 25(4): 59 - 66.
- [32] 殷兴山. 加强政策引导和管理促进外资利用由量向质转变[J]. 中国金融, 2007(1): 42.
- [33] 任保平, 迟璐婕. 以高质量外循环加快形成新质生产力[J]. 开放导报, 2024(5): 25 - 32.
- [34] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614 - 620.
- [35] 朱宝树. 城乡人口结构差别和城市化的差别效应[J]. 华东师范大学学报(哲学社会科学版), 2009, 41(4): 84 - 90.
- [36] 曾强, 李琼. 人口老龄化对经济高质量发展影响的空间效应: 基于省级面板数据[J]. 科技和产业, 2024, 24(13): 174 - 179.
- [37] 贺晓宇, 沈坤荣. 现代化经济体系、全要素生产率与高质量发展[J]. 上海经济研究, 2018(6): 25 - 34.

Sub-replacement Fertility, Aging Population, Technological Innovation and National Economic Growth

DING Zuoqin¹, SUN Xuemei²

(1. School of Accounting, Wuxi Taihu University, Wuxi, Jiangsu, 214064, China;

2. School of Economics and Management, Southeast University, Nanjing, Jiangsu, 211189, China)

Abstract: Sub-replacement fertility and aging population represent the new demographic trend worldwide. National economic growth has been an issue of global significance. Based on Porter's hypothesis and Schumpeter's technical innovation theory, this study constructs an analytical framework to examine the impact of sub-replacement fertility, aging population, and technological innovation on national economic growth. By analyzing the panel data of G20 economies (1999 - 2022) and employing the mediating and moderating effect models, the researchers find that: 1. sub-replacement fertility and aging population exert a significant negative effect on national economic growth; 2. reversed transmission of the pressure of demographic shifts can enhance technical innovation capabilities; 3. technical innovation serves as a mediator with partial positive effect, mitigating the suppression of economic growth caused by sub-replacement fertility and population aging. The result of subgroup analysis indicates that the impact of sub-replacement fertility on economic growth exhibits a positive U-shape, while aging population consistently exerts a negative influence; the regression coefficient of technical innovation in boosting economic growth in developing economies is more eye-catching as compared with that of developed economies; measures can be taken to attenuate the adverse effects of sub-replacement fertility and aging population on economic growth, such as urbanization, private sector development, government intervention, and openness to globalization.

Key words: sub-replacement fertility and aging population; technical innovation; national economic growth; Porter's hypothesis; Schumpeter's theory of technical innovation

〔责任编辑:陈济平〕