

人口老龄化、技术创新与经济增长

——基于要素禀赋结构转变的视角

王笳旭 王淑娟

【摘要】利用中国1997-2014年的省际面板数据模型,对人口老龄化是否会通过要素禀赋结构转变对经济增长产生技术创新效应进行了实证检验。结果发现:老龄化对技术创新和经济增长具有显著的促进作用,老龄化提高了劳动生产率,促进了经济增长向劳动节约型技术进步转型;老龄化通过“资本—劳动”要素结构改善和人力资本要素质量提升两种途径推动了技术创新。但是老龄化对技术创新的影响具有显著的人力资本异质性,具有丰富工作经验和高等教育程度下的老龄化对创新和经济增长的作用显著为正,而仅具有初等教育和中等教育程度下的老龄化会显著地阻碍创新;技术创新对技能劳动力的内在筛选机制促进了人力资本向高级化发展,进而对技术创新产生了正向反馈机制。在老龄化日益加深的背景下,持续优化要素禀赋结构,加快高等教育和技术培训从而提高技术创新能力是促进经济增长的根本措施。

【关键词】人口老龄化;技术创新;要素禀赋结构;经济增长

【作者简介】王笳旭(1988-),男,中国农业大学国家农业农村发展研究院博士研究生(北京 100083),中国城市和小城镇改革发展中心(北京 100045);王淑娟,北京交通大学经济管理学院(北京 100044)。

【原文出处】《西安交通大学学报》:社会科学版,2017.6.27~38

一、问题提出

改革开放以来,中国经济增长高度依赖于有利的人口年龄结构。据估计,1978-1998年劳动年龄人口高速增长带来的人口红利对经济增长的贡献率为24%,远远超过了同时期全要素生产率对经济增长的贡献度^[1-3]。但是随着中国人口老龄化程度的加深,劳动年龄人口增速及规模相继下降导致了人口红利衰退。联合国人口发展报告预测到2050年中国65岁以上老年人口比重将达到30%,老年人口总量3.7亿,占世界老年人口总量的23.8%。人口老龄化将引起劳动力供给不足、储蓄率下降、养老保障和医疗卫生服务需求骤增等一系列经济社会问题,但是其中最令人担忧的是经济增长动力减弱,中国亟须在老龄化持续深化的背景下打造经济增长新引擎。当前学术界的共识是要不断提升中国的技术创新能

力,通过要素驱动向创新驱动的转变提高全要素生产率。中国政府也明确提出“科技创新是提高社会生产力和综合国力的战略支撑,必须摆在国家发展全局的核心位置”,实施创新驱动发展战略。

然而中国即使选择创新驱动发展战略也仍然面临着老龄化这样一个既定事实,那么老龄化对技术创新将产生何种影响?是否会通过制约技术创新而不利于经济增长?对此学术界存在两种截然相反的观点。一种观点基于个体的创新生命周期认为老龄化不利于技术创新。对个体年龄结构与创新产出之间关系的经验分析表明技术创新随年龄增长呈现倒“U”型的变化趋势,个体的创新产出峰值出现在30~50岁之间^[4-5],且随着劳动者进入老年阶段其创新能力逐步下降。老龄化会引起创新水平下降主要有两个机制:一是随着年龄增长,老年人口的身体机

能和认知能力会不同程度下降,而体力和脑力的下降直接影响创新产出;二是随着年龄增长,老年人口的主观创新动机减弱,甚至出于自身既得利益的考量会阻碍技术创新。另一种观点基于人力资本积累的视角认为老龄化会促进技术创新:一方面,老龄化是经济发展和人民生活水平提升的结果,表现为预期寿命延长,这就意味着老年人口的健康状况得到了显著的改善,从而能够从事更长时间的工作;另一方面,老龄化来源于人口增长率的下降,即少儿抚养比的降低有利于提升对后代人口的教育,随着年龄增长,人口的平均教育水平得到提高,同时由于老龄人口积累了大量的专用性工作经验,将有助于提升生产率^[4]。

上述研究主要基于微观层面分析了老龄化对创新的影响,但是由于微观研究主要针对具有创新产出行为的特定人群,其结论并不能完全适用于推断宏观层面老龄化对技术创新的影响。一方面,研发创新人员仅占了总人口中很小的比例,即使老龄化十分严重的日本从事研发创新的人口也仅占劳动年龄人口的0.88%,美国不到0.60%,中国只有0.37%。而老龄化是人口年龄结构的总体变化,这对技术创新人群有多大影响并不确定。另一方面,简单地对人口年龄结构与创新产出的经验描述并没有有效地揭示老龄化对技术创新的影响机制,老龄化通过怎样的途径和机制影响技术创新是一个还未被完全理解的实证问题^[6],仅从个体的认知能力和创新动机下降视角显然不能详尽解释老龄化对技术进步的影响,老年人口人力资本积累的异质性也可能造成老年人口本身创新能力的差异。此外,即便老年人口本身的技术创新能力下降,但是老龄化对其他人群乃至整个社会的创新和产出会带来何种影响,其影响机制是什么,以及如何克服老龄化的不利影响从而实现技术进步和经济增长等均欠缺相应的讨论。

当前,中国正处于经济增长动力机制转换的关键时期,应对人口老龄化必须未雨绸缪,及时、及早制定老龄化条件下的经济增长长期发展战略。因此,探讨中国人口老龄化日益加重是否会导致创新受挫从而不利于经济增长具有至关重要的意义。本

文在对以往相关文献分析的基础上提出人口老龄化影响技术创新的途径,并构建省际面板数据模型实证研究人口老龄化对中国技术创新和经济增长的影响。通过理论和实证分析,本文提出人口老龄化通过技术创新影响了经济增长,人口老龄化主要从要素结构引致型技术进步和要素质量驱动型技术进步两种途径影响了技术创新水平。进一步通过将人力资本区分为“干中学”获得的经验积累和接受正规教育获得的知识积累两种方式,检验工作经验积累和不同受教育水平下人口老龄化对技术创新的影响效应,为寻求化解老龄化危机之道提供政策启示。

二、文献回顾

技术创新对于经济增长的重要性毋庸置疑,姚树洁等^[7]通过分析美日和拉美国家的经验得出中国经济能否跨越“中等收入陷阱”的重要着力点在于技术创新。因此,促进经济长期稳定增长的关键是理解老龄化对技术创新的影响^[8]。目前国内外学者从创新能力和人力资本水平变化等方面分析人口老龄化对技术创新的影响,而针对社会人口老龄化如何改变人群创新行为尚未有充分讨论^[9-10],而且相关研究也没有细化老年人力资本的异质性,不能揭示出不同人力资本水平下的老龄化对创新和经济增长的影响是否存在差异。总体上,相关研究仍局限于老年人口本身所携带的创新能力和人力资本的变化,而未对人口老龄化可能带来的其他效应进行深入探讨。本文通过对以往相关文献的梳理,提出老龄化通过要素禀赋结构转变对经济增长产生技术创新效应,从而推动生产率提升和经济增长。

(一)人口老龄化、创新能力与技术创新

大量的证据表明当达到某一年龄阶段以后,人的创新能力会逐渐下降,因此有学者认为老龄化不利于技术创新和生产率提升。主要原因在于两个方面:一是体力和脑力的下降。随着年龄增长,人的身体机能会发生一系列变化,抵抗力下降、沾染疾病的风险上升,从而引起老年人口在体能和健康程度上都不如年轻人口。同时,认知能力等脑力活动也随着年龄增长而下降,特别是当工作需要更多地解决问题、学习能力及快速应对时,脑力和智力因素的下降会使得高龄员工的工作能力受到较大影响^[11]。沃

哈根(Verhaegen)等^[12]通过总结分析91份关于智力能力生命周期变化的相关文献研究,发现人的认知能力、思维、反应能力和情景记忆能力等在50岁左右都会显著地下降。二是主观动机和创新意愿的下降。费尔(Kanfer)^[13]构造了年龄结构的工作动机演变模型,发现年龄与工作动机存在“倒U”型关系,年龄老化会影响工作的主动性。职业生涯理论较好地解释了这一现象,年轻劳动力为了获得高工资和高职位,需要通过更积极地工作来得到上级的认可,从而为其整个职业生涯奠定基础。而老年劳动力则由于所剩的工作年限较短,往往缺乏足够的激励和动力^[14]。同时,创新动机和创新意愿的下降也与老年人口本身对新技术的适应能力和预期回报密切相关。随着年龄老化,人在获得新的知识、适应新的环境、采用新的技术等方面都会存在较大的障碍,新技术的推广也会对那些只熟悉旧技术的工人产生挤出效应,那么为了保障自身利益,同时考虑到自己未来通过新技术能够获利的时间,高龄员工可能会对新技术采取抵制姿态^[15]。

但是也有研究指出老龄化对创新能力的影响并不十分显著。例如,施瓦茨曼(Schwartzman)等^[16-17]发现语言能力和识数能力等晶态能力(crystallized intelligence)在步入老年时并没有减弱的迹象。吉本斯(Gibbons)^[18]则通过观察发现高龄员工比年轻员工有着更强的自发动机。也有学者指出教育培训等可以有效地缓解老年人口认知能力的下降,那些接受过良好教育的人口进入老年后仍然保持着较高的创新能力和创新意识,同时在接受新的思想和技术上也比教育水平低的人更为积极。

(二)人口老龄化、人力资本与技术创新

人力资本是指由投资形成的个体拥有的知识、技能和能力,通常人力资本增加来源于两个方面:一是通过正规教育获得基础知识,即通用型人力资本;二是通过“干中学”及职业培训等获得工作经验,即专用型人力资本。希尔贝克(Skribekk)^[11]认为认知能力的下降会引起创新及劳动生产率的降低,但长期的工作经验以及知识积累能够对此进行弥补。虽然个体能够通过增加人力资本来提高产出,但是老年人口并没有足够的动力去提升自身的人力资本,相

反,随着年龄结构老化,人力资本存量可能因为折旧而减少。一方面,由于技术进步是一个创造性毁灭的过程,技术创新的加快会导致老年人口拥有的长期工作经验和过时的知识由于旧技术的淘汰而不再发挥作用,这会加速老年人口人力资本折旧^[19-20];另一方面,随着年龄老化,学习新知识、新技术的能力逐渐下降,学习相同的知识和技术老年人口比年轻人口需要投入更多的精力和成本,而老年人口从中获益的时间却远远短于年轻人口,不论是从个人还是企业层面增加老年劳动力的培训投入都显得更不划算^[21]。

但是,据此就认为老龄化会导致整个社会人力资本存量下降也是值得怀疑的。老龄化可能并不会影响到整个社会的人力资本存量增长,因为经济发展水平和教育水平的提升才是人力资本提升的关键,而老年人口的认知能力取决于个体的人力资本水平^[10]。随着技术创新复杂程度日益提高和以往知识存量扩大,知识积累变得更重要。一方面,创新的平均年龄呈上升趋势,获得诺贝尔奖及重大技术创新的平均年龄比20世纪初增长了6岁左右^[9],这说明随着技术创新难度的增加,只有积累到一定程度的人力资本才能在以往的基础上实现创新,而这需要时间的投入。另一方面,技术创新的周期变得越来越短,而人要适应这种快节奏的时代变化就需要对自己和后代投入更多的资本用于接受现代化的教育和学习新的技术。随着人力资本存量的提升,老年人群的劳动参与率或劳动可能性也会得到改善,比如昂(Ang)等^[22]对经济合作与发展组织(OECD)经济体研究发现老龄化并没有导致创新产出降低,高教育水平的人口即使进入老年阶段,其对经济增长的贡献仍然超过年轻人。

(三)人口老龄化、要素禀赋结构转变与技术创新

关于老龄化与技术创新关系的研究目前仍集中于老年人口本身的创新能力范畴,但是应该注意到创新从来都是以年轻人口为主体的经济社会活动行为。约翰斯(Johns)^[5]对20世纪所有诺贝尔奖和重大技术发明的统计显示50岁以上的创新发明只有不到14%,而超过60岁的不足5%。这就意味着理解老龄化对技术创新和经济增长的影响不能只从老年人

口本身的创新能力出发,要避免将老龄化简单等同于老年人的片面观点,而应该更多地关注老龄化是否对整个社会的创新行为产生了影响。本文认为,老龄化从宏观角度最直接的影响是改变了生产要素禀赋结构,从而加速技术创新进程,推动了生产率提升和经济增长。这里要素禀赋结构转变包含两个层面的含义:一是要素之间的结构转变,表现为劳动力要素与资本要素相对规模的变化;二是要素内部的结构转变,表现为劳动力要素的人力资本水平变化。

首先,从要素之间的结构转变看,人口老龄化能够通过要素结构转变引致技术进步,从而推动技术创新和经济增长。阿西莫格鲁(Acemoglu)^[23]认为要素价格反映了要素的相对稀缺性,生产要素的相对价格变动会刺激技术创新,而且这种技术创新会偏向于节约那种相对价格更高的生产要素。当劳动力资源相对丰富而资本相对匮乏时,用劳动力替代资本更能节约生产成本;反之,用资本和技术替代劳动力则更为经济。中国改革开放以后的30多年都处于劳动力资源极度丰富的阶段,农民工工资水平在20世纪90年代一度停滞不前。因此,中国可以通过模仿和引进发达国家已经成熟的偏向劳动的技术来实现对丰富劳动力资源的充分利用,而不需要投入过多的资本用于研发创新,这符合经济发展“后发优势”的特点。但是随着老龄化的到来,中国的要素结构发生了显著的变化,“资本—劳动”比从1980年的3719上升到2014年的68824^①,已相当于日本20世纪80年代末和韩国20世纪90年代中期的水平,劳动力相对于资本变得稀缺、价格更加昂贵,据估计,中国制造业平均工资水平在近十年已经上涨超过1倍,这引致了技术进步偏向于节约劳动,当前在中国沿海发达省份上演的“机器换人”充分说明了这种趋势。浙江省通过“机器换人”,61.5%的企业减少一线员工超过10%,其中16.3%的企业减少30%以上一线员工,但生产率有增无减^[24]。

其次,从要素内部结构的转变看,人口老龄化能够通过要素质量提升驱动技术进步,从而推动技术创新和经济增长。第一,人口预期寿命的延长增加了教育投入的回报率,人们可以延迟进入劳动力市场的时间而接受更多的正规教育,也可以增加工作

技能的培训提升劳动生产率,从而增加在工作中的竞争能力^[25];第二,生育率的下降使得家庭规模变小,整个社会的少儿抚养负担下降,家庭和社会的教育资源能够集中到更少的孩子上,从而提升人口的平均受教育程度。斯特里克(Strulik)等^[26]通过历史和经验分析发现,人口增长与创新活动在前现代的人类社会存在显著的正向关系,而在20世纪以后这种关系就转变成了负向的。他通过贝克尔孩子数量—质量替代理论(Beckerian child quantity—quality trade-off)对此进行了解释,认为在人口年龄结构转变中孩子的数量—质量具有替代关系,因此,如果孩子的数量—质量替代关系足够强,以至于人力资本总量的提升能够弥补人口增长下降对创新活动的不利影响,那么经济仍然可以保持增长^[27]。同时,由于劳动力要素变得相对稀缺而推动了劳动节约偏向的技术创新,从而对具有一定经验和工作技能的劳动力的需求增加、工资上涨,并且会逐渐淘汰那些不能适应技术进步的低端劳动力人口。劳动者为了适应这种技术进步,就会不断加大对自身和后代的人力资本投资,从而对技术进步产生正向反馈效应。

由此,本文推断老龄化可能通过要素之间结构的改变倒逼了技术创新,而同时技术进步由于对劳动力质量禀赋(人力资本)具有内在筛选机制,从而促进了家庭和社会对人力资本的重视,通过教育和培训等手段提升了劳动力质量禀赋进而正向反馈于技术创新,最终推动了生产率提升和经济增长。但是由于人力资本积累的异质性,不同人力资本水平的人口在进入老年阶段以后对创新的影响也可能存在较大差异。

三、计量模型、指标与数据

(一) 计量模型构建

根据上述理论文献分析,本文在知识生产函数模型的基础上构建了包含人口老龄化因素的技术创新模型,如式(1)所示:

$$\ln A_{it} = \varphi + \delta \ln Old_{it} + \gamma_1 \ln(Old_{it} \times Human_{it}) + \gamma_2 \ln(Old_{it} \times Ratio_{it}) + \eta CV_{it} + \vartheta_t + \vartheta_i + \xi_{it} \quad (1)$$

其中, Old_{it} 为人口老龄化程度,衡量了人口年龄结构变化在创新能力和创新动机等方面对技术创新的直接影响^[4]; $Human_{it}$ 表示人力资本水平,老龄化与

人力资本的交叉项反映了人口老龄化通过要素质量变化对技术创新的影响途径;Ratio_{it}表示“资本—劳动”禀赋,老龄化与要素结构调整的交叉项反映了老龄化通过要素结构变化对技术创新的影响途径;CV_{it}为控制变量,根据相关研究,本文选择了R&D部门的研发技术人员(Rdpop_{it})、研发经费支出(Rdbz_{it})、金融发展程度(Findp_{it})、城镇化率(Urban_{it})等为控制变量解释技术创新。 ϑ_0 和 ϑ_1 分别表示个体固定效应和时间固定效应, ξ_{it} 为随机干扰项。

假定技术创新是最终产品生产的投入品,经济增长是通过对新技术的应用和资源更有效利用而实现的^[28]。但是吴延兵^[29]指出产出的增长并非完全得益于最新的技术创新,而是通过对前期技术创新存量和当前技术创新的持续推广和不断适应实现的,同时考虑到技术创新对经济增长的影响存在一个从创新研发到实际产出的时间过程,所以本文在经典C-D增长函数中加入了技术创新存量的滞后项,构建了人口老龄化对经济增长影响的基准计量模型:

$$\ln Y_{it} = \alpha + \theta \ln Old_{it} + \beta_1 \ln \dot{A}_{it-1} + \varphi Z_{it} + d_1 + d_2 + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中, \dot{A}_{it-1} 为滞后一期的技术创新存量, $\dot{A}_{it} = (1 - \lambda)\dot{A}_{it-1} + A_{it}$,即技术创新存量取决于前期折旧(折旧率为 λ)后的技术创新存量与当期新的技术创新的总和。Old_{it}为老龄化程度,这里衡量了老龄化对经济增长的直接影响。 Z_{it} 为影响经济增长的一组控制变量,根据以往经济增长理论的相关研究,本文选择劳动要素投入(Workpop_{it})、物质资本投入(Invest_{it})、城镇化率(Urban_{it})、产业结构水平(Struc_{it})、对外开放程度(Open_{it})和公共福利水平(Pub_{it})等指标作为控制变量。 d_1 和 d_2 分别代表个体固定效应和时间固定效应, ε_{it} 为随机干扰项。

本文没有直接将当期技术创新引入经济增长模型,不仅出于技术创新累积效应对经济增长影响的考虑,而且这种引入方式也能够避免直接引入当期技术创新导致的因模型设定而产生的内生性问题。由于在经济增长过程中,人口老龄化对经济增长的影响路径尚不明了,不仅可能通过技术创新一种途径影响经济增长,也可能通过其他路径对经济增长产生直接或间接影响。如果将当期技术进步直接引入经济增长模型可能造成老龄化与模型中其他解释

变量间存在序列相关,导致估计结果非有效,而通过技术创新存量的滞后变量能够有效解决这一问题。

(二)指标和数据说明

1. 被解释变量

如上所述,本文包含两个被解释变量:其一是技术创新产出;其二是经济增长。对于前者,本文采用地区专利申请数(Pat)来衡量;对于后者,采用两种衡量方式:一是地区人均国内生产总值(Pgdp),二是地区劳动生产率(Lpt)。劳动生产率能够在一定程度上反映技术进步的方向,如果随着老龄化增长,劳动生产率提高,那么技术进步可能是偏向劳动节约型的。

2. 核心解释变量

(1)人口老龄化(Old):用65岁以上人口占总人口比重表示。(2)人力资本水平(Human):分为受教育程度(Eduy)和工作经验(Exp)两部分,分别用不同受教育程度人口占6岁以上人口比重和获得职业技能鉴定证书的人数占劳动年龄人口比重衡量。由于地区数据缺少与年龄结构直接关联的人力资本水平变量,因此很难刻画老年人口所拥有的人力资本差异对于技术创新的影响。对此,本文将受教育程度区分为初等教育(Prim)、中等教育(Secd)和高等教育(Tert),并且通过引入老龄化与不同受教育程度和工作经验的交叉项来反映不同人力资本水平下人口老龄化对技术创新的差异性影响。(3)要素结构转变(Ratio):用全社会固定资产投资存量与从业人口数之比表示。(4)技术创新存量(\dot{A}):用专利申请存量(Cpat)表示,通过永续盘存法计算获得。基期的创新存量计算方法为 $\dot{A}_{i0} = A_{i0}/(\lambda + g)$, λ 表示折旧率, g 代表*i*地区专利申请量的年均增长率。参考吴延兵^[29]的研究设定折旧率 $\lambda = 15\%$,则可得到各地区的技术创新存量 \dot{A} 。

3. 控制变量

(1)研发人员投入(Rdpop):用研究与试验发展人员数占劳动年龄人口比重衡量,通常从事研发创新人口比重越高,一国或地区的技术创新能力越高。(2)研发经费(Rdbz):用R&D部门研究与试验发展经费内部投入占地区GDP比重衡量。(3)金融发展程度(Findp):用各地金融机构各项贷款余额与存款余额之和与GDP之比来衡量^[30],金融发展能够为技术创新提供信贷支撑,从而对技术创新具有促进作用。

(4)城镇化率(Urban):用城镇常住人口占总人口比重衡量,通常城镇化率高的地方具有较好的基础设施条件和科研条件,有助于吸引科技创新人才。(5)劳动要素投入(Workpop):用剔除研发创新人员后的从业人员占劳动年龄人口比重表示。(6)物质资本投入(Invest):用固定资本存量占GDP比重衡量,固定资本存量基于2000年不变价格通过永续盘存法计算获得。(7)对外开放程度(Open):用进出口总额占地区生产总值比重表示。(8)产业结构水平(Struc):用二、三产业产值占GDP比重表示。(9)公共福利水平(Pub):用公共福利支出占财政支出比重衡量,该指标控制了因老龄化深化对公共财政支出中非生产性投资对经济增长带来的压力^[31]。

本文采用1997-2014年中国30个省份(不含港澳台和西藏)的宏观面板数据。其中,R&D人员数和

R&D内部经费投入数据来自《中国科技统计年鉴》;人口相关数据来自于《中国人口和就业统计年鉴》和《中国劳动统计年鉴》;社会公共福利支出来自于《中国财政年鉴》;其他数据由历年各省份的统计年鉴中相应指标计算获得。各变量的统计性描述如表1所示。

四、实证结果分析

(一)人口老龄化、技术创新对经济增长的影响

同一个国家的各省份由于受到共同政策和制度环境等因素影响,在发展中可能会表现出较大的相似性,本文加入时间趋势项控制此类变量对回归结果稳健性的影响。同时利用Hausman检验,显著地拒绝随机效应模型,因此采用控制个体异质性的固定效应模型作为基准估计结果更有效。为了对比回归结果稳健性,本文同时汇报了随机效应和固定效

表1 各主要变量的统计性描述

变量	主要含义	平均值	标准差	最小值	最大值
Pat	ln(地区发明专利申请量)	8.8025	1.6247	4.8203	13.1313
Cpat	ln(地区发明专利申请存量)	10.0396	1.5579	6.0497	14.3575
Pgdp	ln(实际人均地区生产总值)	9.6667	0.8641	7.7030	11.5639
Lpt	ln(劳动年龄人口的平均产出)	0.7870	0.8151	-1.0788	2.5930
Old	ln(65岁以上人口/总人口×100%)	2.1109	0.2329	1.3987	2.7961
Exp	ln(技能鉴定人数/劳动年龄人口×100%)	-0.4819	0.8122	-3.9120	1.3376
Prim	ln(初等教育人口/6岁以上人口×100%)	3.4282	0.2952	2.2952	3.9497
Secd	ln(中等教育人口/6岁以上人口×100%)	3.9233	0.1828	3.2280	4.2020
Tert	ln(高等教育人口/6岁以上人口×100%)	1.8111	0.6538	-0.1508	3.7187
Ratio	ln(固定资本投资存量/从业人口数×100%)	1.6614	0.9138	-0.7765	3.5511
Rdpop	ln(R&D人员数/劳动年龄人口×100%)	2.4104	1.0120	-0.6164	4.5132
Rdbz	ln(R&D内部经费/地区GDP×100%)	-0.1386	0.7417	-2.5257	2.0643
Findp	ln(金融机构存贷款总额/GDP)	0.8519	0.2913	0.2311	1.8961
Invest	ln(固定资本投资存量)	9.1656	1.1503	5.5906	11.7257
Workpop	ln(非研发从业人员/劳动年龄人口×100%)	7.8265	0.8379	5.9684	9.1315
Urban	ln(城镇常住人口/总人口×100%)	3.7462	0.3455	2.8437	4.4955
Open	ln(进出口总额/GDP×100%)	2.8463	1.0204	1.1632	5.1484
Struc	ln(二、三产业产值/GDP×100%)	4.4509	0.0888	4.1518	4.5999
Pub	ln(社会福利支出/财政预算支出×100%)	2.8654	0.2427	1.9988	3.4252

应回归结果,根据式(2),人口老龄化、技术创新对经济增长的实证结果见表2。

在不考虑其他控制变量的情况下,老龄化和技术创新对经济增长具有显著的正向作用,且两者均通过了1%水平的统计性检验。加入其他控制变量后,老龄化对人均GDP的直接影响虽仍为正,但变得不再显著,这说明老龄化对经济增长的作用效果受其他宏观经济变量的影响较大。但是由于老龄化并没有对劳动生产率产生负向作用,而是起到了显著的正向促进作用(7.5%),因此我们推断随着老龄化程度的加深,经济增长具有自发的“技术—劳动”替代机制,从而在一定程度上抵消了老龄化对生产率提升和经济增长造成的不利影响。技术创新在考虑控制变量后仍然表现出高度的显著性,前期的专利申请存量对人均GDP和劳动生产率的影响分别为

5.1%和3.3%,且至少通过了5%的统计性检验,因此技术创新是推动经济增长的重要动力。

上述结果与当前社会上普遍认为的老龄化是导致劳动生产率下降、经济增速下滑的根本原因的结论不符,这可能是人口老龄化产生了一种“隐性”的经济增长效应,从而在一定程度上抵消了人口老龄化对经济增长产生的显而易见(如劳动力供给减少、养老负担加重等)的不利影响。根据前文分析,我们认为人口老龄化通过改变要素禀赋结构倒逼了经济增长动力机制转换,同时随着家庭和社会对人力资本重视程度的提升,进入老年阶段的人群对于新知识和新技术的接受和应用能力也会得到提升,从而对技术进步产生一个正向的反馈效应。因此接下来我们进一步探讨老龄化对技术创新的影响,从而验证本文的理论推断。

表2 人口老龄化、技术创新对经济增长影响的估计结果

变量	人均国内生产总值				劳动生产率	
	模型1 (FE)	模型2 (RE)	模型3 (FE)	模型4 (FE)	模型5 (RE)	模型6 (FE)
Old	1.003*** (11.48)	-0.029 (-0.73)	0.009 (0.23)	1.069*** (12.41)	0.031 (0.81)	0.075* (1.95)
L.Cpat	0.604*** (46.34)	0.091*** (7.04)	0.051*** (3.76)	0.579*** (45.00)	0.061*** (4.85)	0.033** (2.47)
Workpop		-0.382*** (-13.79)	-0.246*** (-4.38)		-0.350*** (-13.12)	-0.181*** (-3.29)
Invest		0.375*** (16.72)	0.354*** (14.38)		0.368*** (17.16)	0.368*** (15.20)
Urban		0.073** (2.22)	0.064** (2.09)		0.047 (1.50)	0.039 (1.30)
Struc		0.664*** (3.75)	0.359** (1.98)		0.783*** (4.61)	0.538*** (3.02)
Open		-0.016 (-1.12)	-0.068*** (-4.58)		-0.0023 (-0.17)	-0.044*** (-3.01)
PUB		-0.238*** (-7.41)	-0.194*** (-6.17)		-0.207*** (-6.71)	-0.158*** (-5.10)
常数项	1.570*** (10.42)	5.258*** (7.17)	6.013*** (6.52)	2.029*** (13.65)	5.018*** (7.13)	4.945*** (5.45)
时间趋势项	否	是	是	否	是	是
F值/Wald值	92.76	32390.38 ^a	53.92	88.02	33590.59 ^a	63.37
观察值	510	510	510	510	510	510
组内R ² 值	0.9041	0.9867	0.9880	0.9021	0.9868	0.9878

注:括号内为t值;***、**、*分别表示通过1%、5%和10%的假设检验;a表示Wald值。

(二)人口老龄化对技术创新的影响

根据式(1),人口老龄化对技术创新的固定效应回归结果如表3所示。模型的回归结果显示,在只考虑人口老龄化与人力资本因素时(模型7~模型8),人口老龄化对技术创新的直接作用效果在5%以内的统计性检验下显著为正;而在只考虑人口老龄化与要素结构变量时(模型9~模型10),人口老龄化对技术创新的直接影响在1%的统计性检验下显著为负;当同时加入老龄化、人力资本和要素结构变量时(模型11),老龄化对技术创新的直接效应在1%的水平上显著为正。这说明人口老龄化对技术创新具有显著的正向作用,且老龄化对技术创新的作用效果与人力资本水平高度相关,老年人口的认知能力会受到教育水平和工作经验的重要影响,这与昂(Ang)等^[22]的研究结论一致。

首先,从人口老龄化与要素质量的交叉项系数看,人口老龄化对技术创新的影响不仅取决于老年人口本身的认知能力和创新意识,而且取决于其进入老年阶段时的人力资本水平。人口老龄化与初等教育和中等教育程度的交叉项系数显著为负,而与高等教育程度和工作经验的交叉项系数显著为正。在其他条件不变的情况下,初等教育人口比重、中等教育人口比重分别提高1%会导致老龄化对技术创新的效应下降0.869%和1.519%,高等教育人口比重和工作经验分别提高1%会导致老龄化对技术创新的效应提高0.163%和0.123%。受过高等教育的人口进入老年阶段时,其学习能力比同等年龄只接受过初等或中等教育的人口高,容易接受新技术和新想法,从而有利于技术创新。但仅接受过初等教育和中等教育的老年人口对技术创新十分不利,而且

表3 人口老龄化对技术创新影响估计结果

变量	模型7 (FE)	模型8 (FE)	模型9 (FE)	模型10 (FE)	模型11 (FE)
Old	0.758** (2.04)	1.235*** (3.39)	-0.996*** (-5.55)	-0.906*** (-5.26)	1.169*** (3.33)
Old×Prim	-0.442** (-2.23)	-0.571*** (-2.95)			-0.869*** (-4.51)
Old×Secd	-1.370*** (-5.67)	-0.173*** (-5.92)			-1.519*** (-6.75)
Old×Tert	0.354*** (4.77)	0.220*** (2.95)			0.163** (2.26)
Old×Exp	0.147*** (4.07)	0.131*** (3.78)			0.123*** (3.69)
Old×Ratio			0.226*** (3.68)	0.306*** (4.88)	0.387*** (6.22)
Rdbz		0.027 (0.51)		0.022 (0.41)	-0.007 (-0.14)
Rdpop		0.048 (0.84)		0.170*** (2.73)	0.169*** (2.87)
Urban		0.384*** (3.77)		0.243** (2.29)	0.253** (2.51)
Findp		0.728*** (5.79)		0.883*** (7.12)	0.904*** (7.25)
常数项	14.76*** (12.37)	13.06*** (10.97)	8.449*** (30.52)	6.280*** (13.84)	15.01*** (12.62)
时间趋势项	是	是	是	是	是
F值	180.52	71.63	182.48	47.06	51.07
观察值	540	540	540	540	540
组内R ² 值	0.9108	0.9195	0.9030	0.9153	0.9253

注:括号内为t值;***、**、*分别表示通过1%、5%和10%的假设检验。

这部分人口也是社会中技能水平较低的人群,恰恰也是最容易被技术进步所替代的劳动人口。工作经验的积累能够显著地增强老年人口的技术创新能力,工作经验越丰富,受过培训越多的老年人口越能够促进技术创新,这与贝哈格尔(Behaghel)^[21]的研究结论是一致的。

其次,从人口老龄化与要素结构的交叉项系数看,人口老龄化对技术创新的影响效应依赖于要素结构的改善程度。人口老龄化与要素结构的交叉项系数在1%水平上显著为正,“资本—劳动”要素结构提高1%能够使老龄化对技术创新的效应提高0.387%。这表明,要素结构的改善能够推动技术创新,与本文的理论分析一致。而且联系老龄化对劳动生产率提升的正向作用,进一步验证了老龄化能够通过要素结构的改善促进技术创新向劳动节约型的技术进步转型发展。因此老龄化并不会制约中国从要素驱动向创新驱动转型发展,相反会起到促进作用。同时,这一作用机制也表明,如果在老龄化深化条件下,“资本—劳动”要素结构没有实现优化,或者资本存量在老龄化过程中的下降速度超

过劳动力供给下降速度的话,那么老龄化将不利于技术创新。

其他控制变量的回归结果与理论预期一致。这里尤其需要注意在人口老龄化趋势加重的背景下,劳动力资源在研发创新部门和其他经济部门的资源配置问题。研发创新人员占从业人口比重的提高有助于技术创新,从而推动经济增长。但是配置在其他经济部门的劳动力比重上升却对经济增长具有显著的负向作用(见表2),因此,如何在部门间进行资源的有效配置将是老龄化条件下需要考虑的另一个问题。

(三)进一步讨论

1. 技术创新对人力资本的反作用效果

前文中提到技术进步对劳动力质量禀赋具有内在的筛选机制,从而迫使家庭成员为了适应劳动节约型技术进步的偏向增加人力资本积累,进而对技术进步产生正向反馈作用。为了更清晰地体现技术进步对人力资本的反作用,本文进一步在控制相关变量的基础上利用上述计量方法分析技术进步对人力资本水平的影响,回归结果见表4。

表4 技术创新对人力资本影响的固定效应估计结果

变量	模型12	模型13	模型14	模型15
	初等教育	中等教育	高等教育	工作经验
Pat	-0.015 (-1.42)	-0.011 (-1.39)	0.147*** (5.24)	0.146** (2.47)
Old	0.117*** (3.66)	0.036 (1.46)	0.034 (0.39)	1.284*** (7.18)
Pgdp	0.047 (1.59)	-0.007 (-0.29)	-0.109 (-1.38)	0.393** (2.37)
Urban	-0.041 (-1.63)	0.011 (0.58)	-0.012 (-0.18)	0.023 (0.16)
Struc	0.287** (2.08)	1.035*** (9.82)	1.675*** (4.58)	1.342* (1.74)
Pub	-0.034 (-1.31)	0.036* (1.83)	0.168** (2.43)	0.108 (0.74)
常数项	2.128*** (3.75)	-0.828* (-1.91)	-6.931*** (-4.61)	-14.46*** (-4.57)
时间趋势项	是	是	是	是
F值	89.75	95.76	26.12	9.48
观察值	540	540	540	540
组内R ² 值	0.7910	0.7380	0.8560	0.6625

注:括号内为t值;***、**、*分别表示通过1%、5%和10%的假设检验。

上述结果显示,技术创新对初等教育程度和中等教育程度的人力资本水平影响不显著且符号为负,而对高等教育程度和工作经验的影响在5%的置信区间内显著为正。这说明技术创新能够显著地促进人力资本水平向高端化演进,由于技术创新对技能型人才和高知识人才需求增加,而对普通劳动力具有挤出效应,因此技术创新水平的提高将促进高端人力资本的积累,而这又会对技术进步起到更为积极的驱动作用,验证了本文的理论分析。

2. 稳健性检验

以上回归结果初步验证了本文的理论假设,即人口老龄化通过要素质量提高和要素结构改变两种途径对技术创新产生促进作用,从而对经济增长起到技术创新效应。但是在经济增长的基准估计中我们并没有考虑经济增长对人口老龄化和技术创新的反向影响,这可能导致模型因内生性而产生估计偏误。为了检验回归结果的稳健性,本文通过不同的检验方式对经济增长模型进行重新估计,结果见表5。

表5 人口老龄化、技术创新对经济增长影响(人均GDP)的稳健性检验结果

变量	模型16	模型17	模型18	模型19
	工具变量法 (FE)	工具变量法 (EC2SLS)	广义最小二乘法 (FGLS)	广义差分矩估计 (Diff-GMM)
L.Cpat	0.293*** (8.04)	0.342*** (10.68)	0.126*** (7.18)	0.018*** (3.28)
L1.Pgdp				1.248*** (58.55)
L2.Pgdp				-0.314*** (-11.5)
Old	0.146*** (2.74)	0.020 (0.35)	0.083*** (2.89)	0.087*** (7.60)
Workpop	0.039 (0.54)	-0.668*** (-19.65)	-0.620*** (-26.93)	0.065** (2.18)
Invest	0.487*** (11.96)	0.496*** (14.09)	0.653*** (28.54)	0.020 (1.39)
Urban	-0.037 (-0.81)	0.010 (0.19)	0.055** (2.55)	0.037* (1.81)
Struc	1.068*** (3.59)	0.839*** (3.33)	0.289* (1.68)	0.763*** (7.77)
Open	-0.066*** (-3.01)	-0.099*** (-4.57)	-0.008 (-0.63)	0.043*** (3.97)
Pub	-0.137*** (-2.73)	-0.103** (-2.29)	5.882*** (7.98)	0.045** (2.48)
常数项	-2.357** (-2.11)	3.714*** (3.75)	5.882*** (7.98)	-3.788*** (-8.56)
观察值	510	510	510	450
F值/Wald值	26.69	15602.71 ^a	7590.93 ^a	358618.24 ^a
R ² 值	0.9789	0.9708		
AR(1)/p值				-3.6443/0.003
AR(2)/p值				-1.6277/0.1036
Sargan ̳值				0.4480

注:括号内为z值;***、**、*分别表示通过1%、5%和10%的假设检验;a表示Wald值。模型19中因变量滞后期数的选择根据Arellano-Bond AR检验确定,为了尽可能消除变量间的序列相关性导致的估计结果有偏,本文选择对因变量做滞后两期处理。

一是采用工具变量法,用人力资本和“资本—劳动”要素结构的滞后一期变量作为技术创新存量滞后一期的工具变量,并分别采用固定效应工具变量法和 Baltagi EC 两阶段最小二乘随机效应工具变量法对式(1)进行估计,结果见模型 16、模型 17;二是采用广义最小二乘法,考虑到模型扰动项可能存在异方差和序列相关而导致估计结果非一致,因此用考虑异方差和一阶序列相关的 FGLS 法对面板数据模型进行再估计,结果见模型 18;三是采用广义差分矩估计,通过引入经济增长的滞后期变量,将模型扩展为动态面板数据模型对人口老龄化、技术创新的经济增长效应进行动态估计,结果见模型 19。

估计结果表明,在充分考虑模型可能存在的内生性问题的情况下,老龄化对经济增长仍产生了显著的正向作用,同时,技术创新存量对经济增长的作用也都在 1% 的水平上显著为正。这说明人口老龄化并不会阻碍经济增长,老龄化通过要素禀赋结构的转变促进了技术创新,从而对经济增长产生技术创新效应。由上述分析不难发现,实际上老龄化在一定程度上有助于中国经济增长动力机制的转换,从而实现创新驱动型的增长,稳健性检验结果进一步验证了上文分析的合理性。

五、结论与启示

本文在梳理人口老龄化对技术创新和经济增长影响机制的基础上,构建了人口老龄化对技术创新和经济增长影响的实证模型。通过利用中国 1997—2014 年省际面板数据进行实证分析,得到以下研究结论:(1)人口老龄化并不会导致社会整体创新水平的下降,老龄化通过劳动力质量提升和要素结构改变两种途径对技术创新产生了显著的促进作用;(2)不同人力资本水平下的老龄化对技术创新存在异质性,具有高等教育水平和丰富工作经验的老龄化对技术创新具有显著的促进作用,而初等教育和中等教育水平下的老龄化对技术创新具有显著的负向作用;(3)人口老龄化会引致劳动节约型的技术创新,从而提高劳动生产率,促进经济增长。但同时技术创新对技能劳动力的内在筛选机制也会促进人力资本水平提升,从而对技术创新产生正向反馈效应;(4)人口老龄化没有对经济增长产生显著的负向

作用,随着教育水平的提升,高素质的劳动力进入老龄化后可以通过提高技术创新和技术应用促进经济增长。

总体而言,老龄化并不会通过降低社会创新能力而导致经济增长下滑。但是由于在技术变革过程中,老年劳动力相对于年轻劳动力在接受培训上经常受到年龄歧视,获得培训的机会很少^[21],此时技术变革越快,低技能劳动力退出劳动力市场的速度就会越快,当这部分劳动力进入老龄化时可能并不利于创新发展^[22]。应该看到,中国当前人口受教育水平仍主要集中在初等教育和中等教育,受过高等教育的人口比重仍然较低,这对于中国进入老龄化以后提升技术创新是不利的。中国要实现向创新型国家的转型必须要提高国民的整体人力资本水平,特别要重视高等教育的发展。中国已经或即将进入老年阶段的人口的受教育水平大多较低,而且多数劳动力长期从事低技能的劳动工作,在经济快速转型时期被新技术替代的可能性高。因此为了促进新技术的推广应用、提高生产率和经济发展质量,也应该适当地增加具有劳动意愿的高龄劳动力和老年人口的技术培训,通过健康老龄化的普及提高老年人口对新技术和新知识的接受和应用能力。另外,要素结构的优化也是推动技术进步的重要机制,要防止老龄化导致的储蓄率下降和投资不足。推动中国经济增长持续发展,实现动力机制转型需要持续优化中国的要素禀赋结构,既要重视要素结构量的积累,又要重视要素禀赋质的提升。

注释:

①根据 PWT9.0 中各国资本存量和 WDI 各国劳动年龄人口数计算获得。

参考文献:

- [1]蔡昉.人口转变、人口红利与经济增长可持续性——兼论充分就业如何促进经济增长[J].人口研究,2004(2):2-9.
[2]王小鲁.中国经济增长的可持续性与制度变革[J].经济

研究, 2000(1): 3-15.

[3]郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算: 1979-2004[J]. 经济研究, 2005(5): 51-60.

[4]FROSCH K, TIVIG T. Age, human capital and the geography of innovation[J]. Labour Markets and Demographic Change, 2009, 6: 137-146.

[5]JONES B F. Age and great invention[J]. The Review of Economics and Statistics, 2010, 92(1): 1-14.

[6]NISHIMURA K G, MINETAKI K, SHIRAI M, et al. Effects of information technology and aging work force on labor demand and technological progress in Japanese industries: 1980-1998[M]. Paolo Onofri, The economics of an ageing population, USA, Edward Elgar Publishing, Inc. 2004: 75-156.

[7]姚树洁, 韩川. 从技术创新视角看中国如何跨越“中等收入陷阱”[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2015(5): 1-6.

[8]PRETTNER K. Population aging and endogenous economic growth[J]. Journal of Population Economics, 2013, 26(2): 811-834.

[9]汪伟, 姜振茂. 人口老龄化对技术进步的影响研究综述[J]. 中国人口科学, 2016(3): 14-125, 128.

[10]姚东旻, 宁静, 韦诗言. 老龄化如何影响科技创新[J]. 世界经济, 2017(4): 105-128.

[11]SKIRBEKK V. Age and individual productivity: A literature survey[C]. Vienna Yearbook of Population Research, 2004: 133-153.

[12]VERHAEGHEN P, SALTHOUSE T A. Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models[J]. Psychological Bulletin, 1997, 122(3): 231-249.

[13]KANFER R, ACKERMAN P. Individual differences in work motivation: Further explorations of a trait framework[J]. Applied Psychology, 2000, 49(3): 470-482.

[14]姚东旻, 李三希, 林思思. 老龄化会影响科技创新吗——基于年龄结构与创新能力的文献分析[J]. 管理评论, 2015(8): 56-67.

[15]田雪原. 人口老龄化与“中等收入陷阱”[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 93.

[16]SCHWARTZMAN A E, GOLD D, ANDRES D, et al. Stability of intelligence: A 40-year follow-up[J]. Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne de Psychologie, 1987, 41(2): 244-256.

[17]SALTHOUSE T. A theory of cognitive aging[M]. North Holland: Elsevier, 2000: 345-371.

[18]GIBBONS R, MURPHY K J. Optimal incentive contracts in the presence of career concerns: Theory and evidence[J]. Journal of Political Economy, 1992, 100(3): 468-505.

[19]AGHION P, HOWITT P. A model of growth through creative destruction[R]. National Bureau of Economic Research, 1990.

[20]BALTES P B, LINFENBERGER U. Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: A new window to the study of cognitive aging? [J]. Psychology and Aging, 1997, 12(1): 12.

[21]BEHAGHEL L, GREENAN N. Training and age-biased technical change[R]. Annals of Economics and Statistics/Annales d'Économie et de Statistique, 2010: 317-342.

[22]ANG J B, MADSEN J B. Imitation versus innovation in an aging society: International evidence since 1870[J]. Journal of Population Economics, 2015, 28(2): 299-327.

[23]ACEMOGLU D. Equilibrium bias of technology[J]. Econometrica, 2007, 75(5): 1371-1409.

[24]李铁, 徐勤贤. 城镇化视角下的人口发展[J]. 人口研究, 2017(1): 27-33.

[25]GRADSTEIN M, KAGANOVICH M. Aging population and education finance[J]. Journal of Public Economics, 2004, 88(12): 2469-2485.

[26]STRULIK H, PRETTNER K, PRSKAWETZ A. The past and future of knowledge-based growth[J]. Journal of Economic Growth, 2013, 18(4): 411-437.

[27]HASHIMOTO K, TABATA K. Demographic change, human capital accumulation and R&D-based growth[J]. Canadian Journal of Economics/Revue Canadienne d'Économie, 2016, 49(2): 707-737.

[28]苏志庆,陈银娥.知识贸易,技术进步与经济增长[J].经济研究,2014(8):133-145.

[29]吴延兵.自主研发、技术引进与生产率——基于中国地区工业的实证研究[J].经济研究,2008(8):51-64.

[30]李后建,张宗益.金融发展、知识产权保护与技术创新效率——金融市场化的作用[J].科研管理,2014(12):160-167.

[31]DORMONT B, GRIGNON M, HUBER H. Health expenditure growth: Reassessing the threat of ageing[J]. Health Economics, 2006, 15(9): 947-963.

[32]BARTEL A P, SICHERMAN N. Technological change and retirement decisions of older workers[J]. Journal of Labor Economics, 1993, 11(1): 162-183.

Aging, Technological Innovation and Economic Growth: Based on the Change of Factor Endowment Structure

Wang Jiayu Wang Shujuan

Abstract: This paper tests empirically whether aging can produce technological innovation effect on economic growth through structural changes of factor endowment by using the provincial panel data model of China from 1997 to 2014. The results show that population aging plays a significant role in terms of promoting technological innovation and economic growth. Aging increases labor productivity, and promotes the transformation of economic growth to labor saving technological progress; aging promotes technological innovation through the improvement of "capital-labor" factor structure and quality improvement of human capital factors. However, the impact of aging on technological innovation has significant heterogeneity of human capital, population aging with rich working experience and tertiary education has a positive effect on innovation and economic growth, but the aging which has only primary and secondary education will hamper innovation significantly; the internal screening mechanism of technological innovation to skilled labor force promotes the development of human capital to a higher level, and then the technology innovation has a positive feedback mechanism. Therefore, in the context of increasing aging, it is the fundamental measure to promote the economic growth by constantly optimizing the structure of factor endowments, speeding up tertiary education and technical training, thereby enhancing technological innovation capability.

Key words: population aging; technological innovation; factor endowment structure; economic growth