

本刊特稿

老年人口快速增长期中国的经济 增长预期及其实现路径

穆怀忠¹, 韩之彬²

(1. 辽宁大学 公共管理学院/人口研究所, 辽宁 沈阳 110036;

2. 内蒙古民族大学 管理学院, 内蒙古 通辽 028043)

摘要: 2021年至2035年间,我国处于老年人口快速增长期,养老资金需求增长加快,在保证老年人口和劳动年龄人口收入水平不降低的条件下,经济增长的最低水平预期是“十四五”规划和2035年远景目标中应该思考的问题。在此背景之下,基于拓展的内生经济增长模型,运用数值模拟的方法,研究确定了在未来老年人口快速增长期,能够保证老年人口和劳动年龄人口收入水平不降低的经济增长最低水平预期,提出并检验了知识生产效率提升所引发的科技进步在其中的优化作用。研究发现:在老年人口快速增长期,为保证老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平不降低,经济增长率的下限水平在4.4%左右。2021年至2035年间,老年人口增长联动养老支出水平上升,其中养老支出水平每增长1%,将联动影响经济增长率约-1.3个百分点。为实现经济的可持续增长以及老年人口和劳动年龄人口收入水平不降低的目标,最优路径之一是提升知识生产效率,促进科学技术进步,初步测算知识生产效率增长率每增加1个百分点,知识存量增长率与资本增长率均会提升约4.0个百分点,这不仅完全弥补了人口老龄化对经济增长的负向影响,同时会使人均养老收入与人均劳动收入相对提升约40个百分点。

关键词: 人口老龄化; 老年人口快速增长期; 养老需求; 知识生产效率; 科技进步; 经济增长预期

中图分类号: C92-05;F123.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4149 (2021) 06-0001-21 **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-4149.2021.00.045

收稿日期: 2021-03-22; 修订日期: 2021-09-06

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(71731007); 国家自然科学基金一般项目(71573112, 71373110); 国家自然科学基金重大项目(20&ZD077)。

作者简介: 穆怀忠, 经济学博士, 辽宁大学公共管理学院、辽宁大学人口研究所教授、博士生导师; 韩之彬(通讯作者), 经济学博士, 内蒙古民族大学管理学院讲师。

China's Economic Growth Expectation and Its Realization Path in the Rapid Growth Period of the Elderly Population

MU Huaizhong¹, HAN Zhibin²

(1. School of Public Management/Institute of Population Research, Liaoning University, Shenyang 110036, China; 2. Management School, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao 028043, China)

Abstract: From 2021 to 2035, China will be in a rapid growth period of the elderly population, and the growth of the demand for pension funds will accelerate. Under the condition of ensuring that the income level of the elderly population and working age population does not decrease, the minimum expected level of economic growth should be considered in the “14th Five-Year Plan” and the long term goal of 2035. In this context, using the method of numerical simulation, based on the extended endogenous economic growth model, this paper studies and identifies the minimum level of economic growth expectation that can ensure that the income level of the elderly and working age population does not decrease in the future rapid growth period of the elderly population, and puts forward and tests the optimization effect of scientific and technological progress caused by the improvement of knowledge production efficiency. The results show that: 1) During the period of rapid growth of the elderly population, the lower limit of economic growth rate is around 4.4% in order to ensure that the income level of the elderly and the working age population does not decrease. 2) From 2021 to 2035, the growth of the elderly population will increase in association with the level of pension spending, and every 1% increase in the level of pension expenditure will affect the economic growth rate by about -1.3 percentage points. 3) In order to achieve sustainable economic growth and the goal of not reducing the income level of the elderly and working age population, one of the best paths is to improve the efficiency of knowledge production and promote the progress of science and technology. It is preliminarily estimated that for every 1% increase in the growth rate of knowledge production efficiency, the growth rate of knowledge storage and capital will increase by about 4.0%. This not only makes up for the negative impact of population aging on economic growth, but also raise the per capita pension income and per capita labor income by about 40 percentage points.

Keywords: ageing of population; rapid growth period of the elderly population; demand for the aged; knowledge production efficiency; scientific and technological progress; economic growth expectation

一、引言与文献回顾

2019年, 我国的老年人口增长率达到了6%, 相比于2000年初入老龄化社会时的2%, 增长了近4个百分点, 这标志着我国当前正处于老年人口增长的“快速发展”期, 受其影响, 我国的老年人口数量已经由2000年的约9000万人快速增长到了2019年的约2亿人, 因此, 这一老年人口数量快速增长的时期, 也可以称为“老年人口快速增长期”^①。

根据联合国《世界人口展望2019》对我国未来人口年龄结构的预测, 我国老年人口快速增长的状态还将继续存在并持续加深, 在2021年到2035年间, 我国的老年人口增长率将维持在4%—5%间。伴随着老年人口的快速增长, 老年人口的养老金需求也在持续加速提升, 如果保证老年人口养老水平和劳动年龄人口^②收入水平不降低, 那么经济增长的最低水平预期是多少? 随着老年人口增长, 养老支出水平相应上升, 相对于经济增长率的最低水平预期, 经济增长率有何变化? 应该采用何种优化路径来实现经济、老年人口养老收入和劳动年龄人口收入协同增长的目标? 以上问题是我国实施积极应对人口老龄化国家战略过程中应该思考的科学问题, 也是本文要着重探讨的问题。

国内外学者针对于老龄化与经济增长之间关系的问题, 进行了诸多有益的探索, 这些研究可以分为以下三个方面。

第一个方面是关于人口老龄化与经济增长之间基本关系的判定。如李军、方显仓等以及刘国斌和杜云昊在新古典经济增长模型的基础上, 引入老龄化因素, 从理论上推导得出了老龄化会对经济增长起负向作用的结论^[1-3]。在此基础上, 姚万军等、郑伟等、黄祖辉等、王悦、田成诗和马嘉彧基于中国的经验数据, 洪德罗伊安尼斯 (Hondroyiannis) 和帕帕特洛 (Papapetrou) 基于希腊的经验数据, 武藤一郎 (Ichiro Muto) 等基于日本的经验数据均证实了老龄化的加深会减缓经济增长的结论^[4-10]。然而, 部分学者认为, 老龄化与经济增长之间并非是单向的线性关系, 如安忠本 (Chong-Bum An)、全胜勋 (Seung-Hoon Jeon) 与王涵语等研究发现, 人口老龄化对经济增长的影响方向为先正向影响, 后负向影响, 因此二者的关系是“非线性”的^[11-12], 阿佐马胡 (Azomahou)、徐达、刘小勇、赵尚梅、齐红倩, 以及李贤勋 (Hyun-Hoon Lee) 和申光浩 (Kwanho Shin) 分别基于中国以及跨国经验数据实证检验了这一结论^[14-19], 其中王涵语等与徐达发现, 老龄化对经济增长由正转负的拐点在2030年左右^[12, 15], 而刘小勇则认为这个拐点出现在老龄化率达到10.42%时^[16]。

第二个方面是关于人口老龄化影响经济增长的途径的研究。如安忠本和全胜勋研究提出, 人口老龄化主要是通过降低储蓄率的方式, 负向影响经济增长^[11]。彭秀建、齐传钧、包玉香和王向阳、郑君君等以及贝托利 (Vettori) 研究发现, 老龄化主要是通过影响劳动力供给以及劳动参与率来影响经济增长的^[20-24]。张桂莲和王永莲则认为人口老龄化会降低人口的质量, 从而严重影响经济的可持续增长^[25]。包玉香和王向阳、陈宇学以及魏涛远等经研究发现, 老龄化会造成消费不足的问题, 从而影响经济的发展^[22, 26-27]。

第三个方面是关于缓解人口老龄化对经济冲击的优化路径的研究。如武藤一郎、托森

① 老年人口指人口中65周岁及以上的人口, 文中老年人口数量与老年人口增长率数据为笔者根据国家统计局公布的历年人口年龄结构数据计算所得。

② 劳动年龄人口指人口中15—64周岁的人口。

(Tosun)认为国际资本的流动会缓解老龄化对经济增长的负向影响^[10,28]。蔡昉提出,减轻中国老龄化对经济的负面影响,必须要将经济增长转变为消费驱动型^[29]。埃尔金(Elgin)和图门(Tumen)基于数值模拟和经验数据的实证检验发现,经济体从不断创造年轻劳动力的劳动导向型技术转向支持老龄化人口结构的技术,可以实现老龄化与经济的协同增长^[30]。与埃尔金和图门的研究结论类似,张海峰等、王筋旭和王淑娟以及陈彦斌等均认为技术的进步与全要素生产率的提升可以大幅度缓解老龄化对经济增长的负面影响,实现经济的可持续发展^[31-33]。刘勇则提出,在中国,将单独二孩政策与促进人力资本增长的政策相结合将会减轻老龄化对经济的冲击^[34]。

通过对以上研究成果的梳理可以发现,国内外学者对人口老龄化与经济增长之间基本关系的判定、人口老龄化影响经济增长的路径以及缓解人口老龄化对经济冲击的优化路径等方面进行了深入的研究,提出了很多可行的政策建议,为积极应对人口老龄化相关政策的制定提供了参考。但对于国内的研究而言,在实施积极应对人口老龄化的国家战略的过程中,立足于未来老龄化发展趋势,以保证养老财富积累稳步提升为目标,并保证老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平不降低,经济增长速度的合理区间是多少,该通过何种路径实现这一增长速度等问题还需要继续深入研究和探讨。

二、老年人口快速增长期、经济增长下行压力与科学技术进步

1. 老年人口快速增长期与养老需求水平的加速增长

我国正处于“老年人口快速增长期”,表1列示了我国自进入老龄化社会以来至2035年间的老年人口增长率、劳动年龄人口增长率以及老年人口抚养比^①数据。

表1 劳动年龄人口增长率、老年人口增长率与老年人口抚养比

年份	劳动年龄人口增长率(%)	老年人口增长率(%)	老年人口抚养比(劳动年龄人口=100)
2000	4.41	1.64	9.92
2005	2.18	2.01	10.67
2010	2.52	5.19	11.90
2015	-0.11	4.59	14.33
2020	-0.19	4.73	17.02
2025	-0.18	3.52	20.32
2030	-0.61	4.22	25.04
2035	-1.00	3.74	32.02

数据来源:笔者依据《中国统计年鉴》(历年)与联合国《世界人口展望2019》数据计算所得。

如表1与图1所示,在老年人口快速增长期,我国老年人口增长率呈现了“高一低—高”的波动式增长趋势,老年人口的增长速度由2000年的1.64%增长到了2019年的5.67%,年平均增长率约为4%,而劳动年龄人口增长率则呈现了“低—高—低”的波动式增长趋势,年均增长速度始终维持在2%左右,并在2014年后长期处于负增长状态。其中劳动年龄人口的增长整体较为平稳,与之对应的老年人口的增长则波动较大,同时与劳动年龄人口的增长呈现明显的反向变化规律,且其增长的速度远远大于劳动年龄人口的增长速度。

① 老年人口抚养比是指老年人口数量与劳动年龄人口数量之间的比值。

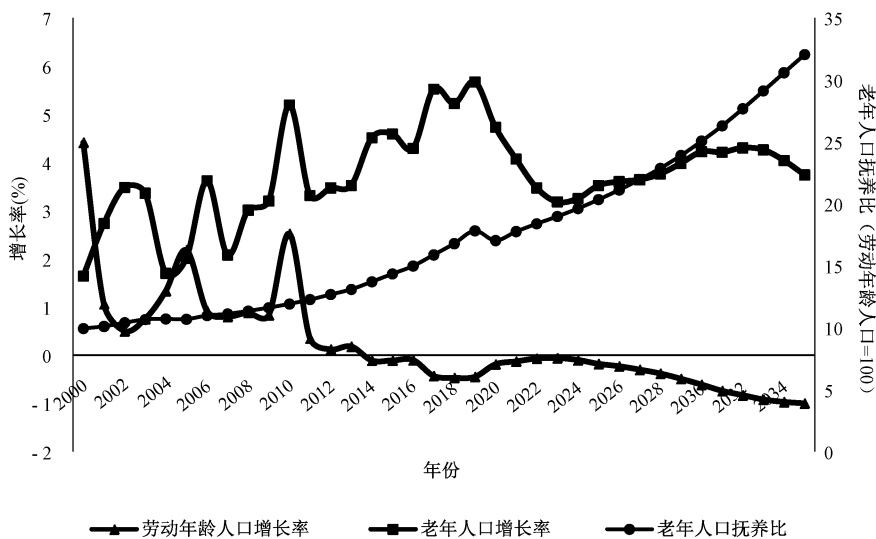


图1 劳动年龄人口与老年人口的增长趋势

数据来源：笔者依据《中国统计年鉴》(历年)与联合国《世界人口展望2019》数据计算所得。

此外，由于上述老年人口与劳动年龄人口“反向增长”现象的出现，加之近年来人口预期寿命的延长与生育率水平的降低，我国的老年人口抚养比呈现了“膨胀式”增长的趋势，由2000年的9.92快速增长到了2019年的17.80，而在未来15年内，老年人口抚养比的这一“大球型”膨胀增长趋势还将持续存在，伴随着老年人口的持续快速增长与劳动年龄人口的持续负增长，截止到2035年，我国老年人口抚养比将高达32.02。

伴随着老年人口的快速增长，老年人口的养老需求水平也随之加速增长，根据居民消费支出相关数据，2013—2018年间，我国老年人口消费支出水平的年均增长率约为4.56%，与我国当前的老年人口增长率基本持平，可见，伴随着老年人口群体的日益庞大，其养老需求水平也在加速增长，而如何满足快速增长的养老需求，实现养老需求的可持续增长，是在老年人口快速增长期更好地实施积极应对人口老龄化国家战略过程中亟须解决的问题^①。

2. 经济增长下行压力的加大与养老供给的缓慢增长

在老年人口快速增长期，由于劳动年龄人口的负增长，出现了劳动力供给短缺的问题，从而影响到经济的可持续增长。根据经济合作与发展组织(OECD)对中国经济的预测，我国GDP增长率将会由当前的7%左右逐渐降低至2050年的4%左右，这期间的GDP年平均增长率约为4.26%^②。可见，在老龄化背景之下，我国经济增长的下行压力巨大。

养老供给增加是实现养老需求可持续增长的重要保障，然而，伴随着经济增长下行压力的逐渐加大，经济总量的增长也将逐渐放缓，此背景下，即使养老供给水平有所提升，养老

① 由于大部分老年人口只消费不储蓄^[35]，因此，本文认为，老年人口的养老需求水平可以近似地运用老年人口的消费支出水平来表示，即老年人口消费支出总额占国内生产总值(GDP)的比重。其中，老年人口的消费支出水平数据为笔者基于居民人均消费支出额、老年人口数量以及GDP等数据，借鉴李建民运用的“标准消费人”方法^[36]计算所得。

② 笔者依据OECD Statistics数据库相关数据计算所得。

供给总规模却会因此进入缓慢增长的状态，而在老年人口数量快速增长的背景下，这可能会造成人均养老收入水平与人均劳动收入水平的快速降低^①，长此以往，就会出现养老供给量缓慢增长与养老需求量快速增长之间的“悖反”现象，即养老供给水平将逐渐无法满足养老需求的快速增长。积极应对这种人口老龄化带来的“悖反”现象，这就需要我们思考：在未来养老需求随着老年人口的快速增长加速提升，养老供给随着劳动年龄人口负增长与经济增长速度放缓而提升缓慢的背景之下，为了更好地实施积极应对人口老龄化的国家战略，能够保证老年人口养老水平与劳动年龄人口收入水平不降低的经济增长下限水平是多少？实现经济可持续发展的优化路径又是什么？这正是本文所要研究的主要问题。

3. 科学技术进步对经济增长的促进作用

近年来，我国科学技术进步的经济增长贡献已经达到了50%以上^[37]，在此背景之下，因科学技术进步而增加的产出相当于在无科学技术进步时增加劳动生产要素投入数量而增加的产出，即科学技术水平的提升，相当于替代性地增加了劳动生产要素的投入数量，产出因此增加，从而有效弥补了人口老龄化背景之下，劳动年龄人口负增长所引发的劳动力短缺而造成的劳动生产率下降问题，最终缓解了人口老龄化对经济增长所造成的负向冲击。与此同时，在推动科学技术进步的过程中，研发活动所推动的知识产出与知识积累增长不仅是科学技术进步的表现之一，同时也是科学技术进步的重要源泉^[38-39]，特别是在我国当前数字经济快速发展的现实背景下，研发活动中数字化的知识生产要素投入更是大幅度地提升了知识生产的效率，从而推动了科学技术的进步。

因此，在老年人口快速增长以及经济增长下行压力不断增加的背景之下，由知识生产效率提升所引发的知识积累与科学技术进步，是保证经济与养老供给水平协同发展、养老需求可持续发展的一个重要优化路径，同时也为推动实现“十四五”规划与2035年远景目标提供了重要的驱动力量。

三、理论模型推导

在我国当前老年人口快速增长以及经济增长下行压力逐渐加大的背景下，为了研究并确定能够保证老年人口养老水平与劳动年龄人口收入水平不降低的经济增长水平，并检验由知识生产效率提升所引发的科学技术进步在其中的优化作用，本文以内生经济增长理论为理论基础，通过引入老年人口比重等老龄化因素、养老支出水平等老年人口养老水平因素以及知识生产效率等科技进步因素对内生经济增长模型进行拓展，从理论上分析当经济均衡发展时，老年人口养老水平、经济增长与科技进步之间的关系。

1. 模型假设

(1) 两部门生产与资源配置。研究借鉴罗默 (Romer)、格罗斯曼和赫尔普曼 (Grossman & Helpman) 以及阿吉翁和豪伊特 (Aghion & Howitt) 提出并发展的内生经济增长模型^[39-41]，假设在一个封闭经济体中，存在着两个生产部门，分别为通过生产得到

^① 此处人均养老收入水平与人均劳动收入水平分别指按老年人口平均的老年人口养老收入水平以及按劳动年龄人口平均的劳动年龄人口收入水平。

产出的产品生产部门与使知识存量增加的知识生产部门, 劳动生产要素与资本生产要素在两个生产部门之间自由分配, 且其分配比例为外生给定的常数, 设定 a_L 和 a_K 分别为劳动生产要素与资本生产要素用于知识生产部门的比重, 因而 $1-a_K$ 和 $1-a_L$ 分别为用于产品生产部门的部分。

(2) 拓展的两部门生产函数。假设产品生产部门与知识生产部门的生产函数均为柯布-道格拉斯总量生产函数形式, 且规模报酬不变, 技术进步为哈罗德中性。因此, 两部门生产函数的基本形式分别为:

$$Y(t) = [(1 - a_K)K(t)]^\alpha [A(t)(1 - a_L)L(t)]^{1-\alpha} \quad (1)$$

$$\dot{A}(t) = B[a_K K(t)]^\beta [a_L L(t)]^\gamma [A(t)]^\theta \quad (2)$$

其中, t 表示时间; $K(t)$ 和 $L(t)$ 分别表示资本生产要素与劳动生产要素的投入量, 即为资本的投入量和劳动力的投入量。

式 (1) 中的 $Y(t)$ 表示总产出; $A(t)$ 为知识存量, 代表着知识积累水平, 因此也代表着科学技术进步的水平; α 为资本投入的产出弹性系数, 即为资本投入对产出的贡献系数, 且 $0 < \alpha < 1$ 。

式 (2) 中, $\dot{A}(t)$ 表示知识产出或新产生的知识, 即知识存量增加的程度, 其中变量上的一点表示对时间 t 的导数; B 表示知识生产部门生产效率的参数, 即知识生产效率, 在基准模型中, 其为外生常数, 且 $B > 0$; β 、 γ 及 θ 分别表示知识研发资本的投入、知识研发人员的投入以及知识存量对知识产出的贡献系数, 基于前面知识生产函数规模报酬不变的假设, 可知 $\beta + \gamma + \theta = 1$, 其中, $0 < \beta, \gamma, \theta < 1$ 。

先来看产品生产函数的拓展。为简化分析, 在产品生产的过程中, 本文假设劳动参与率为 100%, 因此, 经济中可投入的劳动力总量即为劳动年龄人口总量, 因而式 (1) 与式 (2) 中的劳动力投入量 $L(t)$ 可以转化为如下形式:

$$L(t) = [1 - h(t) - m(t)]N(t) \quad (3)$$

其中, $h(t)$ 与 $m(t)$ 分别表示老年人口比重与少儿人口比重, 因此, $1 - h(t) - m(t)$ 即为劳动年龄人口比重; $N(t)$ 表示人口总量。

将式 (3) 代入式 (1), 可得拓展后的产品部门生产函数:

$$Y(t) = [(1 - a_K)K(t)]^\alpha \{A(t)(1 - a_L)[1 - h(t) - m(t)]N(t)\}^{1-\alpha} \quad (4)$$

再来看知识生产函数的拓展。基于式 (2), 假设在知识生产的过程中, 知识生产函数中的知识生产效率 B 是随着时间的推移而动态变化的, 并非是一个外生常数, 因此可得拓展后的知识生产部门生产函数如下所示:

$$\dot{A}(t) = B(t)[a_K K(t)]^\beta [a_L [1 - h(t) - m(t)]N(t)]^\gamma [A(t)]^\theta \quad (5)$$

其中, $B(t)$ 表示动态化之后的知识生产效率。

(3) 其他假设。假设折旧率为 0, 储蓄率 s 是一个外生常数, 且 $0 < s < 1$, 同时设定 $\dot{K}(t)$ 表示资本投入量的变动, 由此可得:

$$\dot{K}(t) = sY(t) \quad (6)$$

首先,借鉴李军、包玉香与胡鞍钢等的研究^[1,22,43],定义 $f(t)$ 为总产出中用于老年人口养老的部分所占的比重,即养老支出水平,此指标体现着老年人口养老收入水平的变化^①;其次,基于前面分析,可得 $1-f(t)$ 为产出中用于支付劳动年龄人口收入的部分占总产出的比重,本文定义其为劳动年龄人口收入水平^②;最后,借鉴包玉香的研究,假设老年人口只消费不储蓄^[22]。综上,式(6)等式右侧可转化为如下形式:

$$sY(t) = s_L [1 - f(t)] Y(t) \quad (7)$$

其中, s_L 表示劳动年龄人口的储蓄率,同样是外生的常数,且 $0 < s_L < 1$ 。因此,结合式(7),式(6)可以转化为如下形式:

$$\dot{K}(t) = s_L [1 - f(t)] Y(t) \quad (8)$$

除储蓄率外,本文同时假设老年人口比重增长率 g_h 、少儿人口比重增长率 g_m 、人口增长率 g_N 、知识生产效率增长率 g_B 以及养老支出水平增长率 g_f 是外生常数,即:

$$\dot{h}(t)/h(t) = g_h \quad (9)$$

$$\dot{m}(t)/m(t) = g_m \quad (10)$$

$$\dot{N}(t)/N(t) = g_N \quad (11)$$

$$\dot{B}(t)/B(t) = g_B \quad (12)$$

$$\dot{f}(t)/f(t) = g_f \quad (13)$$

首先,结合前面的分析,未来15年内,我国老年人口的增长将会始终处于一个加速增长的状态,而少儿人口与劳动年龄人口则会出现减速增长,甚至是负增长的状态,人口总数量将会因此接近零增长,因此,本文假设: $0 < g_h < 1$, $g_m < 0$, $g_N \geq 0$;其次,由于老年人口的加速增长,假设养老支出水平增长率 $g_f \geq 0$;最后,在科学技术不断进步的现实背景下,假设知识生产效率增长率 $g_B > 0$ 。

2. 平衡增长路径的求解

(1) 资本增长率与知识存量增长率的平衡增长路径。结合前面的模型假设,首先将式(4)代入式(8),可得:

$$\dot{K}(t) = s_L [1 - f(t)] [(1 - a_K)K(t)]^\alpha \{A(t)(1 - a_L)[1 - h(t) - m(t)]N(t)\}^{1-\alpha} \quad (14)$$

将式(14)左右两侧分别除以资本投入量 $K(t)$,经整理可得资本增长率如下所示:

$$g_K(t) = c_K [1 - f(t)] \left\{ \frac{A(t)[1 - h(t) - m(t)]N(t)}{K(t)} \right\}^{1-\alpha} \quad (15)$$

① 本文所述养老支出水平、养老收入水平以及后面所述劳动年龄人口收入水平,均为经济产出意义上的收入概念,而非货币收入概念。

② 李政和周希慎结合劳动价值理论研究提出,劳动者与资本、技术、管理、数据等其他生产要素共同参与了新价值的分配,即劳动者以及资本等生产要素的持有者在收入分配的过程中,分别根据其贡献程度在产出中获得了相应水平的收入^[13],可见,在收入分配的过程中,劳动力、资本等生产要素的贡献,最终均转化为了人的收入。因此,结合前面的模型假设,在产出中去除老年人口养老收入的部分,即为劳动年龄人口收入的部分。此外,根据包玉香以及胡鞍钢等的研究,产出中,还应该有一部分用于抚养少儿人口^[22,43],但是本文考虑到少儿人口是由成年人口抚养,且绝大部分是由成年人口中的劳动年龄人口抚养,因此,本文假设,应该分配给少儿人口的产出部分已经包含在了劳动年龄人口的收入中,故不再单独讨论。

其中, $g_k(t)$ 表示资本增长率, 即 $\dot{K}(t)/K(t)$; $c_k = s_L(1-a_k)^\alpha(1-a_L)^{1-\alpha}$ 为常数项。对式 (15) 取对数运算, 并关于时间 t 求导数, 可得资本增长率的变化率如下:

$$\frac{\dot{g}_k(t)}{g_k(t)} = -\frac{\dot{f}(t)}{1-f(t)} + (1-\alpha)\left[\frac{-\dot{h}(t)}{1-h(t)-m(t)}\right] + (1-\alpha)\left[\frac{-\dot{m}(t)}{1-h(t)-m(t)}\right] + (1-\alpha)\left[\frac{\dot{A}(t)}{A(t)} + \frac{\dot{N}(t)}{N(t)} - \frac{\dot{K}(t)}{K(t)}\right] \quad (16)$$

式 (16) 右侧的第一项中, 对其分子与分母同时进行除以养老支出水平 $f(t)$ 的运算, 经整理后可得:

$$-\frac{\dot{f}(t)}{1-f(t)} = -\frac{\dot{f}(t)/f(t)}{[1-f(t)]/f(t)} = -\frac{f(t)}{1-f(t)} \times \frac{\dot{f}(t)}{f(t)} = -v_1 g_f \quad (17)$$

其中, 式 (17) 中的 $v_1 = f(t)/[1-f(t)]$ 反映着老年人口与劳动年龄人口间的代际收入分配结构, 因此, 本文定义 v_1 为代际收入分配系数, 并假设其为一个外生常数。

式 (16) 右侧的第二项中, 假设劳动年龄人口比重为 $p(t)$, 即 $p(t) = 1 - h(t) - m(t)$, 将其代入第二项的分式中, 同时对此分式的分子分母进行除以老年人口比重 $h(t)$ 的运算, 经整理可得:

$$-\frac{\dot{h}(t)}{p(t)} = -\frac{\dot{h}(t)/h(t)}{p(t)/h(t)} = -\frac{h(t)}{p(t)} g_h \quad (18)$$

由于老年人口比重为老年人口数与总人口数之间的比值, 劳动年龄人口比重为劳动年龄人口数与总人口数之间的比值, 为进一步地分析, 设定老年人口数量为 $N_h(t)$, 劳动年龄人口数量为 $N_p(t)$, 因此可得:

$$\frac{h(t)}{p(t)} = \frac{N_h(t)/N(t)}{N_p(t)/N(t)} = \frac{N_h(t)}{N_p(t)} \quad (19)$$

显然, 式 (19) 中的 $N_h(t)/N_p(t)$ 为老年人口抚养比, 在本文中用 d_h 表示, 并假设 d_h 是一个外生常数, 且 $0 < d_h < 1$ 。

将式 (18) 与式 (19) 代入式 (16) 等式右侧的第二项, 可得:

$$(1-\alpha)\left[\frac{-\dot{h}(t)}{1-h(t)-m(t)}\right] = -(1-\alpha)d_h g_h \quad (20)$$

同理, 式 (16) 右侧第三项可转化为如下所示的形式:

$$(1-\alpha)\left[\frac{-\dot{m}(t)}{1-h(t)-m(t)}\right] = -(1-\alpha)d_m g_m \quad (21)$$

其中, d_m 表示少儿人口抚养比, 与 d_h 相同, 也是一个外生常数, 且 $0 < d_m < 1$ 。

综合式 (17) 至 (21) 的分析与前面的模型假设, 式 (16) 可以转化为:

$$\frac{\dot{g}_k(t)}{g_k(t)} = -v_1 g_f + (1-\alpha)[-d_h g_h - d_m g_m + g_N - g_k(t) + g_A(t)] \quad (22)$$

其中, $g_A(t) = \dot{A}(t)/A(t)$, 表示知识存量的增长率, 同时也代表着科学技术进步的程度。

与此同时, 在平衡增长路径上, 必有 $\dot{g}_K(t) = 0$, 此时的资本 $K(t)$ 呈现稳态变化, 将其代入式 (22), 经计算整理后可求得如下形式:

$$g_K(t) = g_A(t) - v g_f - u \tag{23}$$

式 (23) 中, v 与 u 的具体表达形式如下所示:

$$v = \frac{v_1}{1 - \alpha} \tag{24}$$

$$u = d_h g_h + d_m g_m - g_N \tag{25}$$

基于前面的分析与模型假设, 易得 v 和 u 是外生常数, 且 $0 < v, u < 1$, 而其中的 u 综合反映着老龄化水平的高低, 因此, 本文定义参数 u 为老龄化水平。

式 (5) 中, 将等式两侧同时进行除以知识存量 $A(t)$ 的运算, 可得知识存量的增长率如下所示:

$$g_A(t) = c_A B(t) [K(t)]^\beta [1 - h(t) - m(t)]^\gamma [N(t)]^\gamma [A(t)]^{\theta-1} \tag{26}$$

式 (26) 中, $c_A = a_K^\beta a_L^\gamma$ 为常数项。

对式 (26) 进行取对数的运算, 并关于时间 t 求导数, 可得知识存量增长率的变化率, 如下所示:

$$\frac{\dot{g}_A(t)}{g_A(t)} = \beta g_K + g_B - \gamma u + (\theta - 1) g_A(t) \tag{27}$$

如前所述, 在平衡增长路径上, 必有 $\dot{g}_A(t) = 0$, 此时知识存量 $A(t)$ 呈现稳态变化, 将其代入式 (27), 将整理计算后可得:

$$g_K(t) = \frac{1 - \theta}{\beta} g_A(t) + \frac{\gamma}{\beta} u - \frac{1}{\beta} g_B \tag{28}$$

联立式 (23) 与式 (28), 可得知识存量增长率的平衡增长路径 g_A^* 与资本增长率的平衡增长路径 g_K^* , 如下所示:

$$g_A^* = \frac{1}{\gamma} g_B - \frac{\beta + \gamma}{\gamma} u - \frac{\beta v}{\gamma} g_f \tag{29}$$

$$g_K^* = \frac{1}{\gamma} g_B - \frac{2\gamma + \beta}{\gamma} u - \frac{(\beta + \gamma)v}{\gamma} g_f \tag{30}$$

(2) 经济增长率的平衡增长路径。下面将对经济增长率的平衡增长路径进行求解。如式 (4) 所示的总产出函数, 将其等式左右两侧同时进行除以总人口数量 $N(t)$ 的运算, 则可得人均产出 $y(t)$ 如下所示:

$$y(t) = \frac{Y(t)}{N(t)} = c_y [K(t)]^\alpha [A(t)]^{1-\alpha} [1 - h(t) - m(t)]^{1-\alpha} [N(t)]^{-\alpha} \tag{31}$$

其中, $c_y = (1 - a_K)^\alpha (1 - a_L)^{1-\alpha}$ 为常数项。

对式 (31) 取对数, 并关于时间 t 求导数, 可求得人均产出增长率, 即经济增长率:

$$g_y(t) = \alpha g_K(t) + (1 - \alpha)g_A(t) - (1 - \alpha)u - g_N \quad (32)$$

其中, $g_y(t)$ 表示经济增长率。

基于式 (32), 结合资本增长率与知识存量增长率的平衡增长路径, 可得经济增长率的平衡增长路径如下所示:

$$g_y^* = \alpha g_K^* + (1 - \alpha)g_A^* - (1 - \alpha)u - g_N \quad (33)$$

基于上述分析, 首先, 对经济增长率的平衡增长路径 g_y^* 关于养老支出水平增长率 g_f 求偏导数, 可得:

$$\frac{\partial g_y^*}{\partial g_f} = \frac{\partial g_y^*}{\partial g_K^*} \times \frac{\partial g_K^*}{\partial g_f} + \frac{\partial g_y^*}{\partial g_A^*} \times \frac{\partial g_A^*}{\partial g_f} = -\frac{(\alpha\gamma + \beta)v}{\gamma} < 0 \quad (34)$$

其次, 分别对知识存量增长率、资本增长率与经济增长率的平衡增长路径关于知识生产效率增长率求偏导, 可得:

$$\frac{\partial g_A^*}{\partial g_B} = \frac{\partial g_K^*}{\partial g_B} = \frac{1}{\gamma} > 0 \quad (35)$$

$$\frac{\partial g_y^*}{\partial g_B} = \frac{\partial g_y^*}{\partial g_K^*} \times \frac{\partial g_K^*}{\partial g_B} + \frac{\partial g_y^*}{\partial g_A^*} \times \frac{\partial g_A^*}{\partial g_B} = \frac{1}{\gamma} > 0 \quad (36)$$

由式 (34) 可知, 养老支出水平的持续加速增长, 将通过影响资本与知识存量的增长速度, 最终负向影响经济增长率的变动, 因此, 在老年人口快速增长期, 随着老年人口增长联动老年人口养老水平提升, 经济增长速度将会逐渐放缓。

与此同时, 如式 (35) 所示, 随着知识生产效率的加速增长, 知识存量与资本的增长速度也随之增长, 这意味着知识的加速积累与科学技术的进步受此影响, 如式 (36) 所示, 经济增长也呈现了加速增长的趋势。

综上所述, 在经济增长速度因老年人口加速增长联动老年人口养老水平持续提升而逐渐放缓的背景之下, 提升知识生产效率, 促进科学技术进步, 可以在一定程度上减缓这一负面影响, 从而进一步实现经济、老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平的协同可持续发展的目标。

3. 科技进步实现经济、老年人口养老收入与劳动年龄人口收入协同增长的逻辑关系

如前所述, 在未来的老年人口快速增长期, 老年人口增长将联动老年人口养老水平的提升, 负向影响经济增长, 而通过提升知识生产效率, 促进科技进步可以相应缓解这一负向冲击, 而经济的持续加速增长, 为养老供给量的提升与养老财富的积累提供了坚实的物质基础, 同时也为劳动年龄人口收入水平的稳步提升提供了保证, 从而实现了经济、老年人口养老收入与劳动年龄人口收入的协同增长。上述关系可以用如图 2 所示的逻辑关系图来表达。

基于式 (23) 与式 (28), 本文构建了一个如图 2 所示的横轴为 g_A 与纵轴为 g_K 的直角坐标系, 运用此直角坐标系, 可以清晰表达老年人口养老水平、知识存量增长率与资本增长率之间的关系以及由知识生产效率提升所引发的科技进步在其中的优化作用。

如图 2 所示, K 线为式 (23) 所示的直线, 此时 $\dot{g}_K(t) = 0$, 资本 $K(t)$ 呈现稳态变化,

因此，本文称其为资本增长稳态线，其斜率为1，且在 g_K 轴的截距为 $x_k = -vg_f - u$ ，基于前面的假设，可以发现 $x_k < 0$ ；A线为式(28)所示的直线，此时 $g_A(t) = 0$ ，知识存量 $A(t)$ 呈现稳态变化，因而，本文称其为知识存量增长稳态线，其斜率为 $(1 - \theta)/\beta$ ，且在 g_K 轴的截距为 $x_A = (-b/\beta) + (\gamma u/\beta)$ ，为简化分析，本文假设 $x_A < 0$ 且 $x_A < x_k$ 。

基于前面知识生产函数是规模报酬不变的假设，易得 $(1 - \theta)/\beta > 1$ ，因此，如图2所示，相比K线，A线更为陡峭，这使得K线与A线相交，并得到了唯一的知识存量增长率与资本增长率的平衡增长路径，即经济达到均衡增长时，稳态的知识存量增长率 g_K^* 与稳态的资本增长率 g_A^* ，二者同时决定了平衡增长路径上的经济增长率 g_y^* 。

由前面的分析与假设可知，养老支出水平增长率 $g_f \geq 0$ ，在其他参数不变的条件下，对应每一个参数 g_f ，会形成一条相对应的资本增长稳态线，在图2中表示，即为多条相互平行的直线，而由于参数 g_f 仅决定表示资本增长稳态线的式(23)，因此，知识存量增长稳态线并不受参数 g_f 的影响。

在除 g_f 以外的其他参数不变的前提下，假设图2中的A线与K线是当参数 $g_f = 0$ 时，即当老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平与当前保持一致时的知识存量增长稳态线与资本增长稳态线，此时，K线与A线相交，形成了知识存量增长率与资本增长率的平衡增长路径 g_A^* 和 g_K^* ；同样，假设当参数 g_f 取某一个大于0的值时，即当老年人口养老收入水平加速增长时，对应的资本增长稳态线为 K_1 ，在 g_k 轴的截距为 x_{K1} ，此时的 K_1 线与A线相交，形成了新的知识存量增长率与资本增长率的平衡增长路径 g_{A1}^* 和 g_{K1}^* 。以动态的角度来看，以上变化，相当于随着 g_f 的增加，K线沿着 g_K 轴逐渐向下平移至 K_1 线的位置，同时假设 g_{A1}^* 和 g_{K1}^* 所对应的经济增长率平衡增长路径为 g_{y1}^* ，显然， $g_A^* > g_{A1}^*$ ， $g_K^* > g_{K1}^*$ 且 $g_y^* > g_{y1}^*$ 。

可见，在平衡增长路径上，随着养老支出水平的提升、老年人口养老收入水平增长速度的不断加快，经济增长速度将会不断降低，经济总量的增速也会因此放缓。在经济总量增速放缓的背景下，养老支出水平，即老年人口养老收入水平虽会随着老年人口的快速增长而有所提升，但老年人口的人均养老收入水平却会因经济增长速度的放缓呈现不断下降的趋势；与此同时，劳动年龄人口收入水平会在老年人口养老收入水平增长的同时有所下降，但这与未来劳动年龄人口的增长趋势基本相同，同时也符合国民财富人

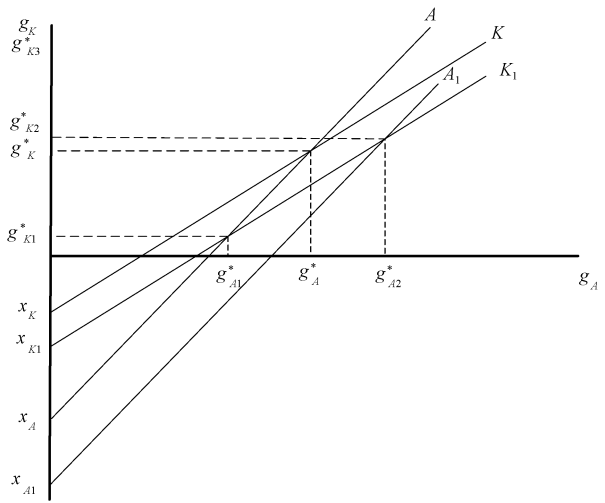


图2 科技进步实现经济、老年人口收入与劳动年龄人口收入协同增长的逻辑关系

数据来源：作者自绘。

口结构均衡分配的原则^[44]，但是，在经济总量增速放缓的背景下，劳动年龄人口的人均收入水平却会因此大幅下降。

当出现上述情况时，为了保证经济可持续增长以及老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平不降低，为养老需求的可持续增长提供物质保障，稳步提升老年人口的养老供给总量与财富储备量，可以通过提升知识生产效率、促进科学技术进步的方式，推动经济长期可持续增长。

图2中，假设A线所对应的知识生产效率增长率为 g_{B0} ，而随着时间的推移，知识生产效率增长率因此提升到了 g_{B1} ，其所对应的知识存量增长稳态线为图2中的 A_1 线，在 g_K 轴的截距为 x_{A1} 。从动态的角度看，这相当于随着参数 g_B 增加，知识存量增长稳态线沿着 g_K 轴逐渐向下平移至 A_1 线的位置， A_1 线因此与 K_1 线相交，形成了新的知识存量增长率与资本增长率的平衡增长路径 g_{A2}^* 和 g_{K2}^* ，同时假设 g_{A2}^* 和 g_{K2}^* 所对应的经济增长率平衡增长路径为 g_{y2}^* ，显然， $g_{A2}^* > g_{A1}^*$ ， $g_{K2}^* > g_{K1}^*$ 且 $g_{y2}^* > g_{y1}^*$ 。

综上所述，在经济增长速度因老年人口快速增长联动养老支出水平，即老年人口养老水平快速提升而逐渐放缓时，提升知识生产效率，不仅提升了知识积累水平，促进了科学技术进步，还增加了资本的增长速度，促进全部生产要素的增长，最终促进经济的快速增长与经济总量的快速增加，保证了老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平的不降低，提升了养老供给总量和养老财富积累，为养老需求的可持续增长提供重要的物质保障。

四、数值模拟与分析

基于理论模型推导，本部分试图解决以下两大问题：第一，在未来老年人口快速增长期，为维持老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平不降低，经济增长率的下限水平是多少？第二，在经济增长速度因老年人口快速增长联动老年人口养老收入水平的提升而逐渐放缓的背景之下，知识生产效率提升所引发的科学技术进步作为关键优化路径，可减轻多少负面冲击？本部分将运用数值模拟的方法，解决以上两大问题，其中的数值模拟时间范围本文选择2021—2035年间，因为此时间段是为实现“十四五”规划与2035年远景目标而实施积极应对人口老龄化国家战略所对应的时间段。

1. 模拟情景设定

为解决前面所述两大问题，本文共设计了三大情景用于数值模拟，详细的模拟情景设定与说明，详见表2。

表2 模拟情景设定与说明

编号	具体情景设定
模拟情景1	老龄化水平与知识生产效率增长率均为2021—2035年间的预测水平，同时假设养老支出水平增长率为0
模拟情景2	老龄化水平与知识生产效率增长率均为2021—2035年间的预测水平，假设随着老年人口的快速增长，养老支出水平增长率增加了1个百分点，即养老支出水平增长率为0.01
模拟情景3	老龄化水平为2021—2035年间的预测水平，养老支出水平增长率为0.01，假设知识生产效率增长率增加了1个百分点

如表2所示,“模拟情景1”中,假设养老支出水平增长率 $g_f=0$,这意味着老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平与当前完全一致,不会随着老年人口的快速增长而增加,因此,这是老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平的最低标准,而与之相对应的稳态经济增长率即为经济增长率的下限水平,亦为模拟时间段内经济增长的最低水平预期,即只有当经济增长率达到这一水平及以上时,才可以保证老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平不降低。

“模拟情景2”中,假设老年人口养老收入水平随着老年人口的快速增长而增长了1%,运用此情景进行数值模拟,并将模拟结果与“模拟情景1”的数值模拟结果对比,可以相应考察并确定老年人口增长联动养老支出水平的提升对经济增长的影响方向与影响程度。

“模拟情景3”中,基于“模拟情景2”,假设知识生产效率增长率提升了1个百分点,运用此情景进行数值模拟,并将模拟结果与“模拟情景2”的数值模拟结果对比,可以相应考察并确定由知识生产效率提升引发的科学技术进步对于老年人口增长联动养老支出水平的提升负向影响经济增长的缓解程度与优化作用。

2. 参数值选择

基于前面模拟情景的设定,本文对数值模拟中相关参数的取值进行选择。

(1) 资本投入产出弹性系数。在确定资本投入产出弹性系数之前,需要首先确定资本投入量,而资本投入量的衡量指标,本文选择了历年资本存量,其计算方法借鉴了范祚军等的研究,选用了永续盘存法^[45],由于前面假设折旧率为0,因此基期的资本存量计算公式如下所示:

$$K_0 = I_0 / AGDP \quad (37)$$

其中, I_0 为基期的投资量,本文选取1999年的固定资本形成额作为衡量基期投资量的指标,数据来源为《中国统计年鉴》; $AGDP$ 表示基期到 t 期的平均实际GDP增长率,本文中为1999—2017年的平均实际GDP增长率,其中的历年实际GDP数据为本文依据《中国统计年鉴》公布的以1978年为基期的实际国内生产总值数据换算为以1999年为基期的实际国内生产总值数据所得。

基于式(37),可以得到 t 期的资本存量计算公式如下所示:

$$K_t = I_t + K_{t-1} \quad (38)$$

其中, K_t 与 K_{t-1} 分别表示 t 期和 $t-1$ 期的资本存量; I_t 为 t 期的投资量,本文中为 t 期的实际固定资本形成额。其中的实际固定资本形成额数据为本文利用历年《中国统计年鉴》公布的按支出法核算的GDP中的固定资本形成额数据与GDP平减指数计算所得。

在计算得到资本存量后,借鉴徐淑丹的方法^[46],本文利用2000—2017年我国除西藏自治区以外的30个省级行政区的省级面板数据^①,通过构建如下的计量模型,测算资本投入产出弹性系数,即:

$$\ln y_{it} = c + \alpha \ln k_{it} + \varepsilon \quad (39)$$

① 由于西藏自治区的数据缺项过多且现有数据质量较差,因此并未纳入研究范围。

其中, y_{it} 为 i 省 t 年的人均产出量, k_{it} 为 i 省 t 年的人均资本存量。本文中, 选用人均实际 GDP 数据表征人均产出量, 人均实际资本存量数据表征人均资本存量。结合以上数据, 分别运用固定效应模型与随机效应模型对上述计量模型进行估计, 结果显示, 资本投入产出弹性系数约为 0.78, 因此, 资本投入产出弹性系数 α 的取值为 0.78。

(2) 知识研发资本、知识研发人员、知识存量对知识产出的贡献系数。在现有的关于知识生产函数的研究中, 基本上没有较好的参数估计值, 在这其中, 陈昆亭和周炎将知识研发资本对知识产出的贡献系数设定为了 0.2^[47]; 张安明等在研究我国企业知识生产效率的过程中发现, 知识研发资本与知识研发人员对知识产出的贡献程度均在 0.3 左右^[48]; 傅晓霞和吴利学认为, 知识研发总投入与知识存量对知识产出的贡献程度大体相当^[49]。综合以上研究, 借鉴傅晓霞和吴利学的研究^[49], 本文假设知识存量与知识研发总投入对知识产出的贡献系数相同, 即知识存量对知识产出的贡献系数 θ 取值为 0.5; 与此同时, 借鉴张安明等的研究^[48], 假设知识研发资本与知识研发人员对知识产出的贡献大体相同, 因此, 知识研发资本与知识研发人员对知识产出的贡献系数 β 与 γ 取值均为 0.25。

(3) 知识生产效率增长率。为确定知识生产效率的增长率, 借鉴吕艳等的研究^[50], 本文采用 Malmquist 生产率变化指数来确定知识生产效率的增长率, 其中, Malmquist 生产率变化指数是一种基于多投入与多产出来计算效率提升的经典方法, 其具体计算公式如下:

$$M(e^{t+1}, q^{t+1}, e^t, q^t) = \left[\frac{D^t(e^{t+1}, q^{t+1})}{D^t(e^t, q^t)} \times \frac{D^{t+1}(e^{t+1}, q^{t+1})}{D^{t+1}(e^t, q^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (40)$$

其中, M 表示 Malmquist 生产率变化指数, e^t 与 q^t 分别表示 t 期的投入指标值与产出指标值, $D^t(e^t, q^t)$ 表示 (e^t, q^t) 在 t 期的距离函数。基于对 Malmquist 生产率变化指数的计算, 可以进一步将其分解为技术效率变化指数与技术进步指数, 结合本文的研究目的, 本文运用经分解后的技术效率变化指数计算技术效率增长率来表征知识生产效率增长率。

基于以上分析, 本文分别选择 2004—2018 年间的我国 31 个省级行政区国内专利申请授权量、研究与试验发展 (R&D) 人员全时当量与研究与试验发展 (R&D) 经费内部支出额分别用以表征知识产出、知识研发人员投入量与知识研发资本投入量, 以上数据均来源于历年《中国科技统计年鉴》与《中国统计年鉴》。此外, 本文借鉴严成樑以及张静和王宏伟的研究^[51-52], 选择 2004—2018 年间的专利存量作为衡量知识存量的指标, 专利存量的计算方法则借鉴了张静和王宏伟所用的永续盘存法^[52]。基于永续盘存法, 基期的专利存量计算公式如下所示:

$$PS_0 = P_0 / (\vartheta + AP) \quad (41)$$

其中, PS_0 表示基期的专利存量; P_0 表示基期的专利量, 本文选取《中国统计年鉴》公布的 2003 年国内专利申请授权量数据; ϑ 表示专利存量的折旧率, 借鉴张静和王宏伟的研究, 本文选取 10%^[52]; AP 表示 2003—2018 年间专利量的平均增长率, 本文选取《中国统计年鉴》中公布的历年国内专利申请授权量数据, 并计算其平均增长率。

基于基期的专利存量计算, t 期的专利存量计算公式如下:

$$PS_t = (1 - \vartheta)PS_{t-1} + P_t \quad (42)$$

其中, PS_t 表示 t 期的专利存量; P_t 表示 t 期的专利量。

基于以上分析, 将 R&D 人员全时当量、R&D 经费内部支出额与专利存量作为知识生产的投入指标, 将国内专利申请授权量作为知识生产的产出指标, 并将以上指标代入式 (40) 计算 Malmquist 生产率变化指数, 并对其进行分解, 可知 2004—2018 年间我国知识生产的技术效率变化指数约为 1.015, 由此可得知识生产的技术效率增长率约为 1.5%, 因此, 本文中, 知识生产效率增长率 g_B 取值为 0.015。

(4) 老龄化水平。基于联合国《世界人口展望 2019》对我国人口年龄结构数据的预测, 本文选择 2021—2035 年间的老年人口比重、少儿人口比重、劳动年龄人口比重以及人口总数等数据, 并对数值模拟时间段内的相关数据进行取均值运算, 来确定老龄化水平 u 。其中, 人口增长率 g_N 为 0.0008, 老年人口比重增长率 g_h 为 0.0371, 少儿人口比重增长率 g_m 为 -0.0125, 老年人口抚养比 d_h 为 0.2369, 少儿人口抚养比 d_m 为 0.2391, 因此可得此期间的老龄化水平 u 为 0.0500。

(5) 养老支出水平及其增长率。为了更加全面且准确地衡量养老支出水平, 借鉴穆怀中的研究^[53], 本文选择老年社会保障负担系数, 即老年人口比重作为衡量养老支出水平的指标。基于相关人口数据, 2021—2035 年间, 我国老年人口比重约为 16%, 因此本文设定初始养老支出水平 $f(0)$ 取值为 0.16。与此同时, 养老支出水平增长率 g_f 分别取值为 0 与 0.01, 而与 g_f 取值为 0.01 相对应的养老支出水平 $f(1)$ 为 0.1616。基于以上取值, 当 g_f 取值为 0 时, 可得代际收入分配系数 $v_1=0.1905$, 同时结合资本投入产出弹性系数, 可得参数 $v=0.8658$; 当 g_f 取值为 0.01 时, 可得代际收入分配系数 $v_1=0.1927$, 同时结合资本投入产出弹性系数, 可得参数 $v=0.8761$ 。

综合以上分析, 各主要参数取值情况详见表 3。

表 3 主要参数取值

参数	表示	参数取值	参数取值适用的模拟情景
资本投入产出弹性系数	α	0.78	全部模拟情景
知识研发资本投入对知识产出的贡献系数	β	0.25	全部模拟情景
知识研发人员投入对知识产出的贡献系数	γ	0.25	全部模拟情景
知识生产效率增长率	g_B	0.015	模拟情景 1 与 2
人口增长率	g_N	0.0008	全部模拟情景
老年人口比重增长率	g_h	0.0371	全部模拟情景
少儿人口比重增长率	g_m	-0.0125	全部模拟情景
老年人口抚养比	d_h	0.2369	全部模拟情景
少儿人口抚养比	d_m	0.2391	全部模拟情景
老龄化水平	u	0.0500	全部模拟情景
代际收入分配系数	v_1	0.1905	模拟情景 1
		0.1927	模拟情景 2 与 3
代际收入分配系数与劳动力投入产出弹性系数的比值	v	0.8658	模拟情景 1
		0.8761	模拟情景 2 与 3
养老支出水平	$f(0)$	0.16	模拟情景 1
	$f(1)$	0.1616	模拟情景 2 与 3
养老支出水平增长率	g_f	0	模拟情景 1
		0.01	模拟情景 2 与 3

3. 模拟结果与分析

将相关参数值代入式 (29) 与式 (30), 可得平衡路径上的资本增长率与知识存量增长率, 同时将其代入式 (33), 可得平衡增长路径上的经济增长率, 数值模拟结果详见表 4。

表 4 知识存量增长率、资本增长率与经济增长率的数值模拟结果

%

模拟变量	不同模拟情景下的模拟结果		
	模拟情景 1	模拟情景 2	模拟情景 3
知识存量增长率	5.0	4.1	8.1
资本增长率	4.5	2.8	6.8
经济增长率	4.4	3.1	7.1

此外, 为了更加深入地分析老年人口增长联动老年人口养老收入水平提升对经济增长的影响程度以及由知识生产效率引发的科技进步在其中的优化作用程度, 本文还对经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额进行了数值模拟, 具体结果详见表 5。

表 5 经济总量与人均收入额的数值模拟结果

亿元, 元

模拟时间范围	模拟变量	不同模拟情景下的模拟结果		
		模拟情景 1	模拟情景 2	模拟情景 3
2021—2035 年	GDP	1512153	1355574	1904305
	人均养老收入额	103223	94283	128996
	人均劳动收入额	129008	115294	162542
“十四五” 规划期间 (2021—2025 年)	GDP	1192505	1147259	1291113
	人均养老收入额	99461	96723	108581
	人均劳动收入额	99275	95324	107285

注: 1. 对于 GDP 的预测, 笔者选择 2020 年的人均 GDP 数据, 结合前面所得经济增长率以及《世界人口展望 2019》中的人口数量预测数据, 计算了 2021—2035 年间的 GDP 数据, 表中的两个时间段的 GDP 数据为历年 GDP 数据求取平均值所得。其中 2020 年的人均 GDP 数据来源为国家统计局的国家数据库。2. 表中人均养老收入与人均劳动收入分别为按老年人口平均的养老收入额以及按劳动年龄人口平均的劳动年龄人口收入额。其中, 养老收入总额与劳动年龄人口收入总额数据为根据前面所述养老支出水平与劳动年龄人口收入水平结合 GDP 数据计算所得, 而老年人口数量与劳动年龄人口数量数据来源为联合国《世界人口展望 2019》。3. 表中人均养老收入与人均劳动收入均为产出意义上的收入概念, 并非货币意义上的收入概念。

基于表 4 与表 5 的模拟结果, 有如下发现。

(1) 未来老年人口快速增长期, 能够保证老年人口与劳动年龄人口收入水平不降低的经济增长下限水平约为 4.4%。如表 4 所示, 基于“模拟情景 1”的设定, 当养老支出水平增长率 g_f 取值为 0 时, 经济增长率约为 4.4%, 这意味着, 在未来老年人口快速增长期, 只有当经济增长率达到 4.4% 以上时, 才能保证老年人口与劳动年龄人口收入水平与当前保持一致, 才能保证老年人口的养老需求与劳动年龄人口的基本收入水平不降低。此外, 知识存量增长率与资本增长率的下限水平分别为 5.0% 与 4.5%。

(2) 未来老年人口快速增长期, 当老年人口增长联动养老支出水平每增长 1% 时, 经济增长率将变动约 -1.3 个百分点。如表 4 所示, 对比“模拟情景 1”与“模拟情景 2”, 当养老支出水平随着老年人口的增长而增长 1% 时, 相比于各变量的下限水平, 知识存量增长率、资本增长率与经济增长率分别变动了 -0.9、-1.8 与 -1.3 个百分点, 分别下降至 4.1%、2.8% 与 3.1%。可见, 老年人口增长联动养老支出水平的提升, 显著负向影响着经济增长水平的变动。

(3) 未来老年人口快速增长期,当老年人口增长联动养老支出水平增长1%时,知识生产效率增长率每增加1个百分点,可使经济增长率提升约4.0个百分点。如表4所示,对比“模拟情景2”与“模拟情景3”,在老年人口增长联动养老支出水平提升,使经济增长率下降1.3个百分点的背景下,知识生产效率增长率每增加1个百分点,即随着知识生产效率的加速提升,知识存量增长率与资本增长率均增加了4.0个百分点,这预示着科技进步水平有了较大幅度的提升,受此影响,经济增长率增长了4.0个百分点。可见,知识生产效率的提升,科学技术的进步不仅减缓了老年人口增长联动养老支出水平提升对经济增长的负面冲击,还实现了高于经济增长下限水平约2.7个百分点的高增长水平。

(4) 如表5所示,基于“模拟情景1”,2021—2035年间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额的下限水平约为1512153亿元、103223元与129008元;与此同时,“十四五”规划期间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额的下限水平约为1192505亿元、99461元与99275元。

(5) 在老年人口增长联动养老支出水平增长1%的背景下,如表5所示,对比“模拟情景1”与“模拟情景2”,相比于经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额的下限水平,2021—2035年间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额分别降低10%、9%与11%,降低到1355574亿元、94283元与115294元;而在“十四五”规划期间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额相比于其下限水平分别降低4%、3%与4%,降低到1147259亿元、96723元与95324元。可见,在未来老年人口快速增长期,即使老年人口的养老水平有所提升,但因为经济增长速度的放缓,人均养老收入额与人均劳动收入额均会因此下降,而人均劳动收入额下降幅度更大。

(6) 在老年人口增长联动养老支出水平增长1%的背景下,随着知识生产效率增长率每增加1个百分点,对比“模拟情景2”与“模拟情景3”,2021—2035年间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额分别增长40%、37%与41%,增长到1904305亿元、128996元与162542元;而在“十四五”规划期间,经济总量、人均养老收入额与人均劳动收入额分别增长13%、12%与13%,增长到1291113亿元、108581元与107285元。可见,知识生产效率的提升、科学技术的进步,实现了经济、老年人口养老收入水平与劳动年龄人口收入水平的协同增长,且科技进步更多地提升了劳动年龄人口的收入水平,实现了代际间的收入分配公平。

综上所述,知识生产效率的提升、科学技术的进步,大幅度地促进了经济的增长,成为在未来老年人口快速增长期,经济下行压力逐渐加大的背景下,实现老年人口养老收入水平以及劳动年龄人口收入水平不降低且有所增长目标的重要优化路径,同时为适应经济发展新形势,优化产业结构,实现“十四五”规划与2035年远景目标提供了重要的优化手段。

五、结论与政策建议

基于前述研究,本文得出如下结论:①在老年人口快速增长期,为保证老年人口养老收入水平和劳动年龄人口收入水平不降低,经济增长率的下限水平在4.4%左右。②2021—

2035 年间, 老年人口增长联动养老支出水平上升, 其中养老支出水平每增长 1%, 将联动影响经济增长率约-1.3 个百分点。^③为实现经济的可持续增长以及老年人口和劳动年龄人口收入水平不降低的目标, 最优路径之一是提升知识生产效率, 促进科学技术进步, 初步测算知识生产效率增长率每增加 1 个百分点, 知识存量增长率与资本增长率均会提升约 4.0 个百分点, 这不仅完全弥补了人口老龄化对经济增长的负向影响, 同时会使人均养老收入水平与人均劳动收入水平相对提升约 40 个百分点。

基于以上结论, 本文提出以下政策建议。

第一, 加大研发投入力度, 提升知识生产效率, 推动知识产出的增长。科学技术的进步是实现经济长期可持续增长的重要优化途径之一, 因此, 政府不仅需要加大对研发活动的支持力度, 增加研发投入, 还需要通过推动数字产业化与产业数字化, 推进知识生产投入要素的数字化进程以提升知识生产效率, 提升知识产出。伴随着知识生产效率的提升, 科学技术水平也将持续提升, 最终促进经济发展, 增加劳动年龄人口的收入与养老财富储备。

第二, 推进提高劳动力技术替代水平, 加大公共教育与职业技能教育支出。通过提高劳动力技术替代水平, 加快技术应用于生产的速度, 并扩大公共教育支出规模, 提升全民人力资本水平, 可以大幅提升有效劳动力的数量, 缓解因劳动年龄人口负增长而造成的劳动力短缺对经济增长的负面影响, 实现经济的可持续增长, 为满足养老需求提供坚实物质基础。

第三, 鼓励生育, 提升总和生育率水平。当前三孩政策的实施, 有利于总和生育率的提升, 而未来的劳动年龄人口数量也会随之增加, 进而优化人口年龄结构, 减轻因老年人口快速增长造成的劳动年龄人口养老负担的增加。与此同时, 在三孩政策的基础上, 还可以针对生育二孩和三孩的家庭提供税收优惠政策与子女教育补贴, 这样不仅可以缓解家庭的“育儿负担”, 还能够提升居民的人力资本水平, 进而提升未来有效劳动力数量, 促进经济的长期可持续增长, 实现养老财富的稳步提升。

第四, 完善养老保险制度, 构建多层次的养老保险制度体系。未来 15 年内, 我国的老龄化程度还将持续深化, 因此, 需要构建并完善多层次的养老保险制度体系, 分散养老风险, 积累养老财富, 保证老年人的基本生活, 实现社会和谐发展, 具体措施可以包括弹性延迟退休年龄、完善养老保险缴费制度、推进建设企业年金制度以及实施个人税收递延型商业养老保险制度等。

第五, 完善以税收、社会保障与转移支付等为主要手段的再分配制度, 实现老年人口与劳动年龄人口之间的代际间收入分配公平。在稳步提升养老财富储备的同时, 需要注意代际间的收入分配公平问题, 例如养老支出水平不宜过高, 否则将会挤占产出中本应该分配给劳动年龄人口的部分, 降低劳动年龄人口的劳动积极性, 这将不利于经济的可持续增长。因此, 可以选择将老年人口比重作为老年人口获得养老收入水平的上限标准, 实现代际间的收入分配公平^[44]。

参考文献:

[1] 李军. 人口老龄化条件下的经济平衡增长路径 [J]. 数量经济技术经济研究, 2006 (8): 11-21.

- [2] 方显仓, 谢欣, 黄泽民. 人口老龄化与中国经济增长——基于 CES 生产函数的分析 [J]. 上海经济研究, 2014 (12): 90-96.
- [3] 刘国斌, 杜云昊. 人口老龄化对县域经济的影响研究 [J]. 人口学刊, 2015 (2): 77-86.
- [4] YAO W, KINUGASA T, HAMORI S. An empirical analysis of the relationship between economic development and population growth in China [J]. Applied Economics, 2013, 45 (33): 4651-4661.
- [5] 郑伟, 林山君, 陈凯. 中国人口老龄化的特征趋势及对经济增长的潜在影响 [J]. 数量经济技术经济研究, 2014 (8): 3-20.
- [6] 黄祖辉, 王鑫鑫, 陈志钢, 陈佳骊. 人口结构变迁背景下的中国经济增长——基于动态可计算一般均衡模型的模拟 [J]. 浙江大学学报 (人文社会科学版), 2014 (1): 168-183.
- [7] 王悦. 中国人口老龄化对经济增长影响的空间计量分析 [J]. 社会科学研究, 2015 (5): 73-78.
- [8] 田成诗, 马嘉彧. 人口老龄化对中国宏观经济的影响——基于消费可能性边界的研究 [J]. 人口与经济, 2020 (1): 63-74.
- [9] HONDROYIANNIS G, PAPAPETROU E. Demographic changes, labor effort and economic growth: empirical evidence from Greece [J]. Journal of Policy Modeling, 2001, 23 (2): 169-188.
- [10] MUTO I, ODA T, SUDO N. Macroeconomic impact of population aging in Japan: a perspective from an overlapping generations model [J]. IMF Economic Review, 2016, 64 (3): 408-442.
- [11] AN C, JEON S. Demographic change and economic growth: an inverted-U shape relationship [J]. Economics Letters, 2006, 92 (3): 447-454.
- [12] 王涵语, 马磊, 夏中泽. 老龄化下人均经济增长率变动的实证分析 [J]. 华东经济管理, 2008 (1): 44-49.
- [13] 李政, 周希祺. 数据作为生产要素参与分配的政治经济学分析 [J]. 学习与探索, 2020 (1): 109-115.
- [14] AZOMAHOU T, MISHRA T. Age dynamics and economic growth: revisiting the nexus in a nonparametric setting [J]. Economics Letters, 2008, 99 (1): 67-71.
- [15] 徐达. 人口老龄化对经济影响的模型与实证 [J]. 财经科学, 2012 (4): 100-107.
- [16] 刘小勇. 老龄化与省际经济增长倒 U 型关系检验 [J]. 中国人口·资源与环境, 2013 (5): 98-105.
- [17] ZHAO S, HE J, YANG H. Population ageing, financial deepening and economic growth: evidence from China [J]. Sustainability, 2018, 10 (12): 1-15.
- [18] 齐红倩, 闫海春. 人口老龄化抑制中国经济增长了吗? [J]. 经济评论, 2018 (6): 28-40.
- [19] LEE H H, SHIN K. Nonlinear effects of population aging on economic growth [J]. Japan and The World Economy, 2019, 51 (5): 100963.
- [20] PENG X. Demographic shift, population ageing and economic growth in China: a computable general equilibrium analysis [J]. Pacific Economic Review, 2008, 13 (5): 680-697.
- [21] 齐传钧. 人口老龄化对经济增长的影响分析 [J]. 中国人口科学, 2010 (s1): 54-65.
- [22] 包玉香, 王向阳. 人口老龄化影响区域经济发展的作用机理与路径研究 [J]. 西北人口, 2012 (2): 108-113.
- [23] 郑君君, 朱德胜, 关之焯. 劳动人口、老龄化对经济增长的影响——基于中国 9 个省市的实证研究 [J]. 中国软科学, 2014 (4): 149-159.
- [24] VETTORI S. Ageing populations and changing labour markets: social and economic impacts of the demographic time bomb [M]. London: Routledge, 2016: 1-15.
- [25] 张桂莲, 王永莲. 中国人口老龄化对经济发展的影响分析 [J]. 人口学刊, 2010 (5): 48-53.
- [26] 陈宇学. 人口老龄化、劳动力供给与中国经济发展 [J]. 云南财经大学学报, 2015 (4): 30-38.
- [27] WEI T, ZHU Q, GLOMSROD S. Ageing impact on the economy and emissions in China: a global computable general equilibrium analysis [J]. Energies, 2018, 11 (4): 1-13.
- [28] TOSUN M S. Population aging and economic growth: political economy and open economy effects [J]. Economics Letters, 2019, 187: 104677.

2003, 81 (3): 291-296.

- [29] CAI F. The coming demographic impact on China's growth: the age factor in the middle-income trap [J]. *Asian Economic Papers*, 2012, 11 (1): 95-111.
- [30] ELGIN C, TUMEN S. Can sustained economic growth and declining population coexist? [J]. *Economic Modelling*, 2012, 29 (5): 1899-1908.
- [31] ZHANG H, ZHANG H, ZHANG J. Demographic age structure and economic development: evidence from Chinese provinces [J]. *Journal of Comparative Economics*, 2015, 43 (1): 170-185.
- [32] 王笏旭, 王淑娟. 人口老龄化、技术创新与经济增长——基于要素禀赋结构转变的视角 [J]. *西安交通大学学报 (社会科学版)*, 2017 (6): 27-38.
- [33] 陈彦斌, 林晨, 陈小亮. 人工智能、老龄化与经济增长 [J]. *经济研究*, 2019 (7): 47-63.
- [34] LIU Y. Aging and economic growth: is there a role for a two-child policy in China? [J]. *Economic Research*, 2020, 33 (1): 438-455.
- [35] 包玉香. 人口老龄化的区域经济效应分析——基于新古典经济增长模型 [J]. *人口与经济*, 2012 (1): 1-7.
- [36] 李建民. 老年人消费需求影响因素分析及我国老年人消费需求增长预测 [J]. *人口与经济*, 2001 (5): 10-16.
- [37] 严成樑, 沈超. 知识生产对我国经济增长的影响——基于包含知识存量框架的分析 [J]. *经济科学*, 2011 (3): 46-56.
- [38] 周密. 研发存量、研发经费来源与知识生产效率 [J]. *经济评论*, 2012 (5): 61-68.
- [39] 穆怀中, 韩之彬, 杜芳雨. 养老保险“产出”缴费、纳收流动人口就业与推进城市化 [J]. *城市发展研究*, 2020 (6): 113-123.
- [40] ROMER P M. Endogenous technological change [J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98 (5): 71-102.
- [41] GROSSMAN G M, HELPMAN E. *Innovation and growth in the global economy* [M]. Cambridge: MIT Press, 1991: 1-176.
- [42] AGHION P, HOWITT P. A model of growth through creative destruction [J]. *Econometrica*, 1992, 60 (2): 323-351.
- [43] 胡鞍钢, 刘生龙, 马振国. 人口老龄化、人口增长与经济增长——来自中国省际面板数据的实证证据 [J]. *人口研究*, 2012 (3): 14-26.
- [44] 穆怀中, 陈曦. 基础养老保险缴费率新模型及实证检验 [J]. *中国人口科学*, 2019 (4): 17-29.
- [45] 范祚军, 常雅丽, 黄立群. 国际视野下最优储蓄率及其影响因素测度——基于索洛经济增长模型的研究 [J]. *经济研究*, 2014 (9): 20-33.
- [46] 徐淑丹. 中国城市的资本存量估算和技术进步率: 1992—2014年 [J]. *管理世界*, 2017 (1): 17-29.
- [47] 陈昆亭, 周炎. 创新补偿性与内生增长可持续性理论研究 [J]. *经济研究*, 2017 (7): 34-48.
- [48] ZHANG A M, ZHANG Y M, ZHAO R. A study of the R&D efficiency and productivity of Chinese firms [J]. *Journal of Comparative Economics*, 2003, 31 (3): 444-464.
- [49] 傅晓霞, 吴利学. 技术差距、创新路径与经济赶超——基于后发国家的内生技术进步模型 [J]. *经济研究*, 2013 (6): 19-32.
- [50] 吕艳, 赵彦云, 曾孟夏. 中国高校知识生产全要素生产率增长及其影响因素: 2001年—2011年 [J]. *现代管理科学*, 2015 (9): 3-5.
- [51] 严成樑. 我国知识生产投入产出关系的动态分析 [J]. *经济理论与经济管理*, 2011 (11): 30-38.
- [52] 张静, 王宏伟. 我国知识资本生产特征及其对经济增长的影响 [J]. *科学学研究*, 2017, 35 (8): 1156-1166.
- [53] 穆怀中. 老年社会保障负担系数研究 [J]. *人口研究*, 2001 (4): 19-23.