

人口稀释效应对经济增长异质性的影响

——基于人力资本积累、R&D 传导的机理分析

卓玛草

(西北师范大学 经济学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 将人口增长“稀释效应”嵌入一个四部门水平创新框架, 提出一个同时内生个体经济行为、R&D 技术进步与人力资本积累的内生增长模型, 推导并刻画了经济收敛于 BGP 均衡及影响经济增长率的因素, 为解释人口增长对经济增长产生不确定影响的“正负符号之争”提供了微观基础分析。边际贡献在于: 修正设定知识积累存在非规模效应且人力资本积累存在“稀释效应”, 放宽对参数的上限或正负进行先验设定。得出结论: 人口增长产生负向“稀释效应”与正向“思想效应”是影响经济增长的微观传导路径, 正负效应共同作用门槛值大小的不同决定人口增长与经济增长呈非单调异质性不确定影响, 进一步分析了稀释效应与门槛值之间的内在关联, 数值模拟量化了参数效应。

关键词: 稀释效应; 人力资本积累; 水平创新; 增长

中图分类号: C92-05; F061.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4149
(2021) 01-0099-17 DOI: 10.3969/j.issn.1000-4149.2021.00.005

Heterogeneity of Economic Growth Influenced by Population Dilution Effect: Based on the Mechanism of Human Capital Accumulation and R&D Transmission

ZHUO Macao

(School of Economics, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The “dilution effect” of population growth is embedded into a four-sector level, building a growth model with endogenous microeconomic behavior, R&D innovation and human capital accumulation, derived the BGP equilibrium and the factor

收稿日期: 2020-06-30; 修订日期: 2020-10-29

基金项目: 国家社会科学基金西部项目“户籍制度、城市规模体系与城市化健康发展的关联性研究”(2018XSH004)。

作者简介: 卓玛草, 经济学博士, 西北师范大学经济学院副教授。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

influencing economic growth , in which a micro-foundation is analyzed to explain “The Battle of Signs”. The marginal contribution: there is a non-scale effect in the knowledge accumulation and “dilution effect” in the human capital accumulation , relaxed the prior setting about the upper limit or positive and negative with parameters. It suggest that the negative “dilution effect” and positive “thought effect” are microscopic transmission paths , the combined effect and different threshold value determines heterogeneity of economic growth influenced by population growth. Furthermore , the correlation between dilution effect and threshold value is analyzed , and the parametric effect is quantified by numerical simulation.

Keywords: dilution effect; accumulation of human capital; horizontal innovation; growth

一、引言及问题的提出

中国人口规模发展到 2029 年左右将达到峰值并将持续维持负增长，人口缩减与人口老龄化叠加使中国人口规模、结构变化呈现人口新常态^[1]。正是面临人口结构转型、逆全球化贸易格局变化与资源环境刚性约束，中国进入以“质量换速度”为核心特征的结构性改革、新旧动能转换、创新驱动高质量发展模式转变的关键时期，以“新发展格局”强化内需驱动型、主导型发展模式转变的特定阶段。在中国经济新常态与人口新常态的二次转型时期，中国人口负增长背景下中国经济可持续发展的动力源泉是什么？以“新发展格局”强化内需驱动发展模式的核心支撑是什么？袁富华等提出中国长期人口增长趋势在后工业化时期必然向低度均衡模式收敛，表现为人口规模从数量扩张向质量提升转变，增长速度从工业化加速向结构服务化补偿性增长转变，增长结构从粗放型劳动力再生产向知识技术再生产转变^[2]。“新发展格局”扩大内需政策演进的内核逻辑在于消费模式升级、新效率源泉培育、效率模式重塑与消费能力提高，关键在于围绕人口质量提升再造经济社会体系，积累和培育广义人力资本实现社会对人口潜力进行重新评估的再平衡，探寻人口负增长下实现经济可持续高质量发展的新动力。由此引发以下一系列问题的思考：人口增长是不是经济增长的必要条件？人口增长对经济增长的影响究竟是正向的还是负向的？是单调的线性相关关系还是非线性关系？如果在长期内人口增长与经济增长具有异质性相关关系，其内在的作用机制是什么？能否将异质的、多阶段的不同情况纳入一个一致的、系统的一般性理论分析框架之中？

基于上述问题，本文在一个包含四个部门的水平创新内生增长框架下，重点围绕人口“稀释效应”对经济增长的异质性影响，从理论方面探讨人口增长与经济增长的相关关系、内在作用机制以及为正负影响“符号之争”提供了一个新的、可选的解释。采用当前模型与假设的特殊之处与边际贡献在于：第一，将外生“稀释效应”嵌入内生增长模型之中。索洛（Solow）在物质资本积累方程中的资本广化实质表现为一种外生“稀释效应”^[3]。本文特殊之处在于引入人力资本作为三个部门（除家户）的要素投入，进而将个体经济行为、人力资本积累与技术进步同时内生。第二，内生增长状态依赖于人口增长的传导机制构

建。本文假设技术创新在依赖于 R&D 研发人力资本投入基础上再加入总量人力资本，将人力资本积累、技术进步与人口增长相结合纳入统一的内生增长框架下搭建内在“传导机制”。第三，人力资本积累形式与“稀释效应”参数条件的门槛设定。不同于卢卡斯 (Lucas) 人力资本积累方程缺失 $\dot{h} = h\delta (1 - \mu(t))$ 的“稀释效应”，也不同于洛佩斯 (Sequeira) 等、布奇 (Bucci) 假设 R&D 技术进步对人力资本积累产生负向“侵蚀效应”^[4-6]，本文聚焦于分析人口增长对人力资本积累具有“部分稀释效应”，放宽对参数的上限或正负进行先验设定，分析人口增长对经济增长异质性影响作用机制正是“稀释效应”的大小不同以及是否与是否跨越门槛临界值有关。

二、相关文献回顾

首先，熊彼特内生增长下人口增长与经济增长关系具有不同解释。根据琼斯 (Jones) 的研究，熊彼特内生增长模型分为三类^[7]：一是经济增长与人口规模呈正相关。以罗默 (Romer)、格罗斯曼 (Grossman) 和阿吉翁 (Aghion) 等为代表的早期熊彼特内生增长模型，其核心特征是经济增长与总量劳动力成正相关关系，存在规模效应^[8-10]。二是经济增长与人口增长率呈正相关，但与政府政策无关。以琼斯、科图姆 (Kortum) 和西格斯托姆 (Segerstrom) 为代表的半内生熊彼特增长模型持如此观点。琼斯最先质疑早期内生增长知识积累方程中存在的“规模效应”是反事实的，认为修正模型的知识存量指数应小于 1 而非等于 1，其核心特征是经济增长与人口增长正相关且取决于刻画知识生产率的外生参数，经济增长“外生”决定的缺陷与经济现实不相符^[11-13]。正如布奇 (Bucci) 指出的那样，根据联合国对较发达、欠发达和最不发达国家重新划分，在 1950—2050 年世界人口居住在发达地区的人口比例将从 32% 下降到 13%，欠发达地区比例从 60% 增加到 67%，最不发达地区从 8% 增加到 20%，表明较发达地区虽然没有人口增长或人口增长为负但仍有经济增长^[6]。三是经济增长与人口增长率呈正相关，且与政府政策有关。以杨格 (Young)、豪伊特 (Howitt) 为代表构建的完全内生熊彼特增长模型，通过引入水平创新和垂直创新两个研发部门来修正“规模效应”，其核心特征是即使没有人口增长也可以实现持续增长，知识积累、人力资本水平和技术创新进步是经济增长的决定性因素，包括研发补贴、教育支持、保护知识产权等政府政策内生影响经济增长^[14-15]。缺陷在于模型认为经济增长与人口增长 (只要存在 $g_L > 0$ 的情况下) 仍呈正相关，这与现实经济不相符。

其次，从修正人力资本积累方程影响经济增长传导机制的模型拓展来看，熊彼特内生增长理论在人口增长背景下解释人口增长与经济增长的收敛性问题，无法回应人口负增长情形下经济保持长期持续增长的国际事实 and 经济发展规律。对于完全内生熊彼特增长模型得出经济增长与人口增长正相关与现实经济不相符的缺陷，斯图里克 (Strulik) 引入垂直创新与水平创新两类研发部门，假定人力资本积累具有侵蚀效应和类似于物质资本的人口增长稀释效应，积累方程设定 $\dot{h} = \sigma(1 - \zeta)h - (\delta + g_L)h$ ，研究发现人口增长对经济增长影响取决于生产技术、溢出效应参数及利他主义偏好参数取值 ($m \in (0, 1)$) 而具有不确定性，只有在纯利己主义 ($m = 0$) 中“稀释效应”主导作用下人口增长与经济增长负相关；在纯利他主义 ($m =$

1) 中“时间偏好效应”主导作用下人口增长与经济增长正相关^[16]。如布奇引入洛佩斯形式 $\dot{h} = \sigma(1 - \zeta)h - (\delta g_n + g_L)h$ 的人力资本积累函数, 研究发现人口增长对经济增长影响存在不确定性, 最终影响结果取决于人力资本积累方程参数取值及利他主义程度的大小^[5-6]。李尚鹭等在 R&D 部门与干中学模式相结合内生技术进步的研究中, 认为分散经济中由于垄断加价和“侵蚀效应”的影响会产生资源配置扭曲, 引致 R&D 部门物质资本、人力资本“双重”过度投入而阻碍技术进步和经济长期稳定增长^[17]。

最后, 中国国情下人口增长、技术创新与经济增长的内在关联性研究。刘伟和范欣出现代经济中世界人口增长的倒“U”型特征与经济增长并存, 陈昆亭和周炎提出人类进入 20 世纪以后, 长期以来人口增长与经济增长正向关系的“逆转”成为传统内生增长理论难以逾越的难题, 人口变化、技术进步与经济发展的相互作用催生了内生人口变化的内生增长理论^[18-19]。邹薇和代谦在标准的内生增长模型中分析技术模仿与经济赶超的内在关联, 认为人力资本积累取决于人力资本投资和中间产品技术创新深度^[20]。陈昆亭和周炎构建模型演化出从马尔萨斯经济到现代化增长历史进程, 研究发现农业劳动生产率提高与企业家精神是传统经济向现代经济增长转化的必要条件, 二者的结合是充分条件, 技术进步持续提高是发展中国家走向富国之路的原动力^[21]。杨高举和黄先海提出中国国际分工地位提升, 关键在于依靠国内物质资本和人力资本协同性积累、增强技术研发和创新等“内部力量”的作用^[22]。李静和刘霞辉提出以国家创新驱动战略为抓手的制度性政策安排是推动人力资本有效供给、优化配置和激发创新而重塑经济增长新动力的最优增长路径^[23]。刘厚莲和原新观察 13 个负人口增长经济体经济增长的国际事实, 提出中国在人口负增长时代仍可实现可持续经济增长, 关键在于发挥人口规模优势, 依靠人力资本积累、技术创新与效率提升的经济增长新动力^[24]。

本文模型并非从单一扭曲效应视角先验设定技术进步对人力资本具有负向“侵蚀效应”, 立足于分析人口增长对人力资本积累所形成的“稀释效应”大小及影响因素, 决定二者正负关系符号的关键因素是人口增长产生“思想效应”与“稀释效应”正负效应相互抵消的作用结果, 进而对经济增长状态依赖于人口增长存在的异质性关系提供一种合理解释。

三、基本模型框架

我们考虑一个基于连续时间的产品种类扩张、内生人力资本积累和技术进步的多部门增长模型, 经济体系的运行机制如下: 在一个封闭经济中存在四个部门, 即最终产品生产部门、中间产品生产部门、研发部门和农户。

1. 最终产品生产部门

最终产品生产部门处于完全竞争市场结构, 使用人力资本、中间产品作为要素投入进行同质产品生产, 代表性企业生产函数为:

$$Y_t = n_t^\alpha H_{Yt}^{1-Z} \int_0^{n_t} (x_{it})^Z di, \quad \alpha \geq 0, 0 < Z < 1 \quad (1)$$

其中, Y_t 为最终产出, H_{Yt} 和 x_{it} 分别表示人力资本投入和第 i 种中间产品投入数量, $1-Z$

和 Z 分别为人力资本和中间产品产出弹性。 n_t 表示中间产品种类数, $\alpha \geq 0$ 表示产品种类扩张使总产量生产函数具有规模报酬不变或递增性质。最终产品部门在人力资本与中间产品约束下最大化自身利润, 可得第 i 个中间产品的反需求函数为:

$$p_{it} = Z n_t^\alpha H_{Yt}^{1-Z} (x_{it})^{Z-1}, \quad \forall i \in [0; n_t], \quad n_t \in [0; \infty) \quad (2)$$

2. 中间产品生产部门

中间产品部门处于垄断竞争市场结构, 技术进步的表现可获得专业化中间品种类数量 n 的增加, 参照格罗斯曼等的研究, 中间产品生产需要一对一人力资本投入 $x_{it} = h_{it}$ [9]。 n 种中间产品使用的人力资本总额为 $\int_0^{n_t} (x_{it}) di = \int_0^{n_t} (h_{it}) di \equiv H_{it}$, 雇佣人力资本的报酬为 w_{it} , 中间厂商通过选择中间产品数量(或人力资本数量)最大化垄断利润流 $\max\{\pi_{it} = p_{it}x_{it} - w_{it}h_{it}\}$, 求解最优化问题可得:

$$p_{it} = \frac{1}{Z} w_{it} = \frac{1}{Z} w_t = p_t \quad (3)$$

其中, 由于加成率 $1/Z > 1$ 表示垄断价格高于边际成本价格 w_{it} , 正是这种垄断权(专利保护)租金流成为创新激励的诱因。由对称性可知均衡时中间产品部门生产相同的产量且可获得垄断利润为:

$$x_{it} = H_{it}/n_t = x_t \quad (4)$$

$$\pi_{it} = [Z(1-Z) H_{Yt}^{1-Z} H_{it}^Z] n_t^{\alpha-Z} = \pi_t, \quad \forall i \in [0; n_t], \quad Z \in (0; 1) \quad (5)$$

在对称均衡下式(1)进一步可改写为:

$$Y_t = (H_{Yt}^{1-Z} H_{it}^Z) n_t^R, \quad R = \alpha + 1 - Z > 0 \quad (6)$$

其中, 给定 $H_t > 0$ 和 $H_Y > 0$, 生产函数关于人力资本 H_t 和 H_Y 一起具有常规规模报酬, R 衡量了中间产品种类增加所产生的专业化“规模效应”, 排除 $R < 0$ 假设中间产品对 GDP 总产出的影响是正的, 在此考虑 $R > 1$, $R = 1$, $R < 1$ 三种不同情况分别呈规模报酬收益递增、不变或递减的特征, 为异质性内生增长提供了基础。

3. R&D 研发部门

假定 R&D 部门是竞争性的且可自由进入, 将人力资本和知识资本作为共同投入从事创新活动, 知识生产技术进步的动态变化率如下:

$$\dot{n}_t = \Psi_t H_{nt}, \quad n(0) > 0; \quad \Psi_t = \frac{1}{\chi} \frac{H_{nt}^{\mu-1}}{H_t^\Phi} n_t^\eta, \quad \chi > 0, \mu > 0, \Phi \leq 0, \eta < 1 \quad (7)$$

结合(7)式, R&D 部门水平创新新产品(新思想)生产函数及增长率为:

$$\dot{n}_t = \frac{1}{\chi} \frac{H_{nt}^\mu}{H_t^\Phi} n_t^\eta, \quad n(0) > 0, \chi > 0, \mu > 0, \Phi \leq 0, \mu \neq \Phi, \eta < 1 \quad (8)$$

$$\dot{n}_t/n_t = \frac{1}{\chi} \frac{H_{nt}^\mu}{H_t^\Phi} n_t^{\eta-1}, \quad n(0) > 0, \chi > 0, \mu > 0, \Phi \leq 0, \mu \neq \Phi, \eta < 1 \quad (9)$$

其中, 中间品数量 n 的扩张取决于新产品研发生产率参数 Ψ_t 与研发人力资本投入 H_{nt} ,

根据琼斯的知识积累方程参数设定假设, 如果 $\eta < 0$ 表示拖出效应 (fishing-out effect), 新产品创新机会随中间产品数量增加而递减; $0 < \eta < 1$ 表示巨人肩膀效应 (standing-on-shoulders effect), 现有的中间品有利于提升新产品的研发效率; $\eta = 0$ 表示技术创新与现有的中间产品无关; 消除因 $\eta = 1$ 而存在的技术创新规模效应 (scale effect)^[11]。参数 μ 表示 R&D 部门研发人力资本投入生产率效应, 排除 $\mu < 0$ 假设研发部门投入专业化人力资本是水平创新的必要条件, $0 < \mu < 1$ 表示重复效应 (duplication effect), 研发人员累积投入却使创新效率或生产率降低; $\mu \geq 1$ 表示规模效应或递增溢出效应 (spillover effect)。在此考虑 $\mu > 0$ 的情况, 且未对参数值上限进行设定, 这是不同于同类文献的特殊之处。根据 (8) 式 $H_{nt} = (\chi H_t^\phi / n_t^\eta)^{\frac{1}{\mu}}$ ^①, 表示研发人力资本投入随中间产品数量 n_t 或总量人力资本 H_t 的变化而变化, 核心参数 $\phi > 0$ 表示拥挤效应 (congestion effect), 刻画了人口增长对总量人力资本生产率产生负面影响, 归因于竞争性增加了创造新思想的难度; $\phi = 0$ 表示人口增长与总量人力资本生产率变化无关; $\phi < 0$ 表示技术偏向效应, 刻画了人口增长因非竞争性、共享性有利于研发人力资本生产率提升而降低投入数量。

4. 家户

封闭经济由结构同质的家户组成, 代表性家户生存在无限时域上具有不变跨期替代弹性的消费偏好, 总体效用目标函数为 $\max \left\{ U = \int_0^\infty \left(\frac{c_t^{1-\theta}}{1-\theta} \right) e^{-(\rho-g_L)t} \cdot dt \right\}$ ^②。假设人口与劳动同比例增长且以外生人口增长率 g_L 增加, 家户中每个成员有意识投资人力资本, 假定 1 单位时间禀赋中个体选择配置 μ 比例从事生产工作, 满足 $H_E = \mu H = H_Y + H_L + H_n$, 意味着人力资本存量 (H_E) 被分散在最终产品 (H_Y)、中间产品 (H_L) 和创新 (H_n) 生产中, 生产要素自由流动条件下人力资本在不同部门获得相同的报酬, 得到人均资产变动函数 (或预算约束) 如下:

$$w_{Yt} = w_{Lt} = w_{nt} = w_t \quad (10)$$

$$\dot{a}_t = (r_t - g_L) a_t + (\mu_t h_t) w_t - c_t, \quad a(0) > 0 \quad (11)$$

其中, c_t 、 h_t 和 a_t 分别表示人均消费、人均人力资本和人均资产, $-g_L a_t$ 表示由于新生人口增长引致的对现有人均资产的“稀释效应”。时刻 t 家户配置剩余 $(1-\mu) H_t$ 人力资本接受技能教育, 人均人力资本积累函数如下:

$$\dot{h}_t = [\sigma(1-\mu_t) - \xi g_L] h_t, \quad \sigma > 0, \xi \geq 0, h(0) > 0 \quad (12)$$

其中, σ 表示新人力资本的生产率参数, 参数 ξ 刻画了外生人口增长对人力资本积累的“稀释效应”。 $\xi = 1$ 表示完全稀释效应, 意味着人口增长对人力资本“稀释效应”大小等价于对人均资产的效应; $\xi = 0$ 表示不存在稀释效应, $\dot{h}_t = [\sigma(1-\mu_t)] h_t$ 表明人力资本积累速率与人力资本存量呈正相关, 正如卢卡斯认为人力资本因其社会属性 (如人力资本代际传递) 使人口增长作用于人力资本的方式有别于物质资本或其他资产, 不存在稀释效应^[4]。参数 ξ

① 易得 $\frac{\partial H_n}{\partial L} = \frac{\phi}{\mu} \cdot \frac{H_n}{L}$, 当 $\phi > 0$, 则 $\frac{\partial H_n}{\partial L} > 0$, 表示拥挤效应; 当 $\phi < 0$, 则 $\frac{\partial H_n}{\partial L} < 0$, 表示技术偏向效应。

② C 表示家庭人均消费, $\rho > 0$ 表示主观贴现率, $\sigma > 0$ 反映个体风险规避系数 (跨期替代弹性的倒数)。

介于 $(0, 1)$ 之间表示不同于两种极端取值下的一般情形，但本文并未对 ξ 取值上限进行限定（即 ξ 有可能大于 1），这也是本文不同于同类文献的特殊之处。

四、竞争性均衡求解与平衡增长路径（BGP）影响因素分析

1. 最优化问题及竞争性均衡求解

首先，最大化家户效用目标函数，在资本积累预算约束和人力资本积累动态约束条件下，构造现值汉密尔顿（Hamiltonian）函数求解最优化问题：

$$H(c_t, \mu_t, a_t, h_t) = \frac{c_t^{1-\theta}}{1-\theta} e^{-(\rho-g_L)t} + \lambda_{at} [(r_t - g_L) a_t + (\mu_t h_t) w_t - c_t] + \lambda_{ht} [\sigma(1 - \mu_t) - \xi g_L] h_t \quad (13)$$

其中， a_t 和 h_t 是状态变量， c_t 是控制变量， λ_{at} 和 λ_{ht} 为各自的共态变量或动态拉格朗日乘子，可以得到如下—阶最优性条件：

$$\partial H_t / \partial c_t = 0 \Leftrightarrow e^{-(\rho-g_L)t} c_t^{-\theta} = \lambda_{at} \quad (14)$$

$$\partial H_t / \partial \mu_t = 0 \Leftrightarrow \lambda_{at} = (\sigma / w_t) \lambda_{ht} \quad (15)$$

$$\partial H_t / \partial a_t = -\dot{\lambda}_{at} \Leftrightarrow \lambda_{at} (r_t - g_L) = -\dot{\lambda}_{at} \quad (16)$$

$$\partial H_t / \partial h_t = -\dot{\lambda}_{ht} \Leftrightarrow \lambda_{at} \mu_t w_t + \lambda_{ht} [\sigma(1 - r_t) - \xi g_L] = -\dot{\lambda}_{ht} \quad (17)$$

横截条件： $\lim \lambda_{at} a_t = 0$ ， $\lim \lambda_{ht} h_t = 0$ ；初始条件： $a(0) > 0$ ， $h(0) > 0$

根据方程（15）式和（17）式合并，转化（15）式和（17）式表达形式可得：

$$\dot{\lambda}_{ht} / \lambda_{ht} = -(\sigma - \xi g_L)；\dot{\lambda}_{at} / \lambda_{at} = -(r_t - g_L)；\dot{\lambda}_{at} / \lambda_{at} = \dot{\lambda}_{ht} / \lambda_{ht} - \dot{w}_t / w_t \quad (18)$$

整理方程（18）式可知：

$$r_t = (1 - \xi g_L) + \sigma + \dot{w}_t / w_t \quad (19)$$

其中，在平衡增长路径上工资以常数速率 γ_w 增长，资本收益率 r 为常数。

其次，研发部门创新可能性边界，当期和跨期两步决策比较创新收益现值与研发投入成本，创新决策每一期的研发投入数量。研发部门具有竞争性且自由进入，代表性企业获得的瞬时利润和创新收益现值分别为：

$$\pi_{R\&D} = \underbrace{\left(\frac{1}{\chi} \frac{H_{nt}^\mu}{H_t^\phi} n_t^\eta \right)}_n V_{nt} - w_{nt} H_{nt}；\quad V_{nt} = \int_t^\infty \pi_{it} e^{-\int_t^\tau r(s) ds} d\tau, \tau > t \quad (20)$$

其中， $e^{-\int_t^\tau r(s) ds}$ 是现值因子， w_{nt} 为 R&D 部门雇佣人力资本的报酬， $r(s)$ 是 s 时刻的瞬时利率，（20）式满足无套利条件下，均衡时推得研发部门创新收益与增加值之和等于利率：

$$r(t) = \pi(t) / V(t) + \dot{V}(t) / V(t) \text{ 或 } \dot{V}(t) = r(t) V(t) - \pi(t) \quad (21)$$

当 $\dot{V}(t) = 0$ 时，解得 R&D 部门研发投入数量的稳态均衡值，意味着研发收益等于研发成本。此外，在均衡状态下研发部门投入 H_{nt} 单位人力资本创造的 R&D 市场价值增加值总收益等于人力资本报酬支付总成本，最终家户总资产等于企业创新收益价值之和：

$$A_t = n_t V_{nt} \quad (22)$$

2. BGP 稳态及其性质

根据上述分析框架, 考虑经济在长期平衡增长路径上具有的收敛特征及性质。

命题 1: 在 BGP 路径上利率 r 、人力资本存量配置于生产的占比 μ 以及在各部门分配的人力资本比例 S_Y 、 S_I 和 S_n 均为固定不变的常数。

可以证明在均衡状态下资本收益率 r 为常数, 结合 (5) 式和 (20) 式进一步变形为:

$$V_{nt} = Z(1-Z) \left(\frac{H_{Yt}}{n_t} \right)^{1-Z} \left(\frac{H_{It}}{n_t} \right)^Z \frac{n_t^R}{[r + (1-R)g_n - g_h]}, \quad \tau > t \quad (23)$$

其中, $R = \alpha + 1 - z$, $\dot{n}_t/n_t = g_n$, $\dot{h}_t/h_t = g_h$ 。对于任何的 $0 < Z < 1$, $H_Y > 0$, $H_I > 0$, $R > 0$, 只要满足条件 $r > g_h - (1-R)g_n$, 则 V_{nt} 恒为正。假设在 V_{nt} 给定条件下, 研发部门在竞争性均衡条件下 $\pi_{R\&D}$ 等于零, 可推得:

$$w_{nt} = \frac{1}{\chi} \frac{H_{nt}^{\mu-1}}{H_t^\phi} n_t^\eta V_{nt} = \frac{Z}{\chi} (1-Z) S_n^{\mu-1} H_t^{\mu-1-\phi} n_t^\eta \left(\frac{H_{Yt}}{n_t} \right)^{1-Z} \left(\frac{H_{It}}{n_t} \right)^Z \frac{n_t^R}{[r + (1-R)g_n - g_h]} \quad (24)$$

将分配在最终产品、中间产品和 R&D 部门的人力资本占比分别定义为 $S_Y \equiv H_{Yt}/H_t$, $s_t \equiv H_{It}/H_t$ 和 $s_n \equiv H_{nt}/H_t$, 可以证明在均衡状态下为固定不变的常数。首先, 结合 (3) 式、(2) 式和 (4) 式可得:

$$w_{It} = Zp_{it} = Z^2 n_t^\alpha H_{Yt}^{1-Z} (x_{it})^{Z-1} = Z^2 \left(\frac{H_{Yt}}{n_t} \right)^{1-Z} \left(\frac{H_{It}}{n_t} \right)^{Z-1} n_t^R \quad (25)$$

最终产品部门结合 (6) 式, 根据人力资本边际产出等于要素价格, 可推得:

$$w_{Yt} = \frac{\partial Y_t}{\partial H_{Yt}} = (1-Z) \left(\frac{H_{Yt}}{n_t} \right)^{1-Z} \left(\frac{H_{It}}{n_t} \right)^Z n_t^R \quad (26)$$

对于任一 (24) 式、(25) 式和 (26) 式两边取对数关于时间求导数可得:

$$\dot{w}_{nt}/w_{nt} = \dot{w}_{It}/w_{It} = \dot{w}_{Yt}/w_{Yt} = \dot{w}_t/w_t = Rg_n \quad (27)$$

结合 (10) 式、(22) 式、(23) 式和 (24) 式, 推导 S_I 和 S_Y 比值可得:

$$S_I = \frac{W_{It}}{W_{nt}} = \frac{H_{It}}{H_t} = \frac{Z\chi}{(1-Z)} \frac{[r + (1-R)g_n - g_h]}{s_n^{\mu-1}} \frac{n_t^{1-\eta}}{H_t^{\mu-\phi}},$$

$$S_Y = \frac{W_{Yt}}{W_{It}} = \frac{H_{Yt}}{H_t} = \left(\frac{1-Z}{Z^2} \right) S_I = \frac{\chi}{Z} \frac{[r + (1-R)g_n - g_h]}{s_n^{\mu-1}} \frac{n_t^{1-\eta}}{H_t^{\mu-\phi}} \quad (28)$$

利用 $\mu = S_Y + S_I + S_n$ 关系式, (28) 式变形转换为:

$$S_I = \left(\frac{Z^2}{1-Z+Z^2} \right) (\mu - S_n); \quad S_Y = \left(\frac{1-Z}{1-Z+Z^2} \right) (\mu - S_n) \quad (29)$$

进一步利用 (28) 式和 (29) 式关于 S_Y 的等价关系, 再将 (9) 式变形, 分别可得:

$$\begin{cases} \frac{H_t^{\mu-\phi}}{n_t^{1-\eta}} = \frac{\chi [1-Z+Z^2]}{Z(1-Z)} \frac{[r + (1-R)g_n - g_h]}{s_n^{\mu-1}(\mu - S_n)} \\ \frac{H_t^{\mu-\phi}}{n_t^{1-\eta}} = \frac{\chi}{s_n^\mu} g_n \end{cases} \quad (30)$$

$$S_n = \frac{Z(1-Z)g_n}{[1-Z+Z^2][r+(1-R)g_n-g_h]+Z(1-Z)g_n}\mu \quad (31)$$

结合上述条件的简要证明可知，总量人力资本分别投入到最终产品部门、中间产品部门和 R&D 部门的人力资本配置结构在稳态中是固定不变的比例（即为常数）。

命题 2：在人口增长对人力资本积累的稀释效应模型中，在 BGP 路径上人均产出、人均资产和人均消费在稳态中均以相等的固定速率增长，即 $g_y = g_c = g_a = g^*$ 。

首先，将（4）式代入（1）式变形，可得 $Y = n_t^{\alpha+1-Z}(H_{Yt})^{1-Z}(H_{It})^Z$ ，方程两边取对数再关于时间求导数可推得经济增长率为：

$$\dot{Y}_t/Y_t = g_Y = g_H + Rg_n \text{ 或 } \dot{y}_t/y_t = g_y = g_h + Rg_n, y_t \equiv \frac{Y_t}{L_t}, h_t \equiv \frac{H_t}{L_t} \quad (32)$$

整理（22）式和（23）式可得 $g_a = g_n + g_Y - g_H$ ； $g_V = g_H + (R-1)g_n$ ，由此易知：

$$\dot{a}_t/a_t = g_H + Rg_n - g_L = g_h + Rg_n, a_t \equiv \frac{A_t}{L_t} \quad (33)$$

对比（32）式和（33）式发现 $g_y = g_a$ 。结合（14）式和（16）式得到家庭最优化消费增长率欧拉方程：

$$\dot{c}_t/c_t = \frac{1}{\theta}(r - \rho), c_t \equiv \frac{C_t}{L_t} \quad (34)$$

分别将（12）式、（11）式与（18）式联合整理可得：

$$\dot{\lambda}_{ht}/\lambda_{ht} = -g_h - \sigma\mu; \dot{\lambda}_{at}/\lambda_{at} = -g_a + \mu_t \frac{h_t w_t}{a_t} - c_t/a_t \quad (35)$$

进一步，将（18）式、（33）式和（35）式结合整理可得^①：

$$c_t/a_t = \mu \left[\frac{h_t w_t}{a_t} + \sigma \right]; c_t/a_t = \mu \left[\frac{h(0)w(0)}{a(0)} + \sigma \right] \quad (36)$$

其中， $h(0)$ ， $w(0)$ 和 $a(0)$ 均为初始值，可以证明 μ 在 BGP 路径上为常数，因此，当 $\sigma > 0$ 时平衡增长路径上 c_t 和 a_t 具有相等的增长率，即为：

$$g^* = g_y = g_c = g_a \equiv g_h + Rg_n \quad (37)$$

结合上述条件的简要证明可知，核心特征是强调内生研发创新和人力资本积累推动的技术进步是经济增长的源泉，这与熊彼特增长理论的经济增长决定性因素特征事实相一致。

命题 3：在人口增长对人力资本积累的“稀释效应”模型中，在 BGP 路径上中间产品种类扩张增长率和人力资本增长率在稳态中分别以固定速率 g_n 和 g_H 增长，二者之间存在的内在关系 $g_n = \gamma g_H = \gamma(g_h + g_L)$ 。

又因为在 BGP 均衡路径上各部门人力资本配置结构比例为常数，因此 H_{Yt} 、 H_{It} 和 H_{nt} 与总量人力资本 H_t 均以相等固定速率增长。关于（9）式两边取对数关于时间求导数，可

①（36）式推导过程中：一是利用工资增长率在稳态中以不变速度 g_w 增长，且 $g_w = Rg_n$ ；二是利用 $g_h = g_H - g_L$ ，依据 $h = \frac{H}{L}$ ；三是利用了 μ_t 在稳态中是常数 μ 。

推得:

$$\dot{n}_t/n_t = g_n = [(\mu - \Phi)/(1 - \eta)]g_H, \quad g_H = \dot{H}_t/H_t \quad (38)$$

定义 $\gamma = \frac{\mu - \Phi}{1 - \eta}$, 故 $g_n = \gamma g_H$ 。如果 $\mu - \Phi = 1 - \eta$ 意味着研发创新与人力资本积累保持相同的稳态增长率, 本文设 $\mu \neq \Phi \neq \Phi + 1 - \eta$ 排除所有时间变量均收敛于相同增长速度的特例。

利用 (33) 和 (34) 式等价关系, 易知 $r = \rho + \theta(g_H + Rg_n - g_L)$, 将其代入 (19) 式可得:

$$\dot{n}_t/n_t = g_n = \frac{[(\sigma - \rho) - (\xi - 1 - \theta)g_L - \theta g_H]}{R(\theta - 1)}; \quad \dot{H}_t/H_t = g_H = \frac{[(\sigma - \rho) - (\xi - 1 - \theta)g_L]}{\gamma R(\theta - 1) + \theta} \quad (39)$$

给定 g_H , 反解 g_n 得表达式为:

$$\dot{n}_t/n_t = g_n = \frac{\gamma [(\sigma - \rho) - (\xi - 1 - \theta)g_L]}{\gamma R(\theta - 1) + \theta} = \gamma g_H \quad (40)$$

进一步, 将研发创新与人力资本积累增长率代入利率表达式中, 可得:

$$r = \frac{\sigma\theta + \gamma R(6\theta - \rho) - \{\theta[\xi(1 + \gamma R) - (1 + 2\gamma R)]g_L\}}{\gamma R(\theta - 1) + \theta} \quad (41)$$

结合 (12) 式, 可得 $\dot{H}_t/H_t = g_H = \sigma(1 - \mu) + (1 - \xi)g_L$, 进一步利用其与 (38) 式的等价关系, 可解得均衡路径上总量人力资本配置于工作的常数比例 μ 值:

$$\mu = 1 - \frac{(\sigma - \rho) - [\gamma R(1 - \xi)(\theta - 1) + \xi(\theta - 1) - 1]g_L}{\sigma[\gamma R(\theta - 1) + \theta]} \quad (42)$$

最后, 解得 g_n 和 g_h , 由于均衡路径上经济增长率为 $g^* \equiv g_h + Rg_n$, 将 (38) 式代入可得:

$$\begin{cases} g_y = g_a = g_c = g^* \equiv \frac{(1 + \gamma R)(\sigma - \rho) - [\gamma R(\xi - 2) + (\xi - 1)g_L]}{\gamma R(\theta - 1) + \theta} \\ g_H = g_h + g_L = \sigma(1 - \mu) + (1 - \xi)g_L \end{cases} \quad (43)$$

此时, 已得到模型稳态下的最终均衡解, 为了保证内生增长存在以及长期增长的收敛性特征, 模型参数必须满足以下假设条件: ① $\gamma > 0$; ② $\theta > \max\left\{\frac{\gamma R}{1 + \gamma R}; \frac{\gamma R}{\sigma(1 + \gamma R) - [\xi(1 + \gamma R) - (1 + 2\gamma R)]g_L}\right\}$; ③ $(\sigma - \rho) > \max\left\{(\xi - 1 - \theta)g_L; \frac{[\gamma R(\xi - 2) - (\xi - 1)g_L]}{1 + \gamma R}\right\}$, 意味着在 BGP 均衡增长

长路径上经济增长率、研发技术创新率、人力资本增长率和工资增长率均为正的常数, 利率 $y > g_H - (1 - R)g_n > 0$, $0 < \mu < 1$ 且 $0 < S_k(k = Y, I, n) < 1$, 确定其取值范围为常数。

五、人力资本积累、内生技术变化与经济增长内在关联性分析

1. 稳态增长率的参数影响分析

上述 (43) 式可知稳态经济增长率由偏好参数 (θ, ρ) 、生产要素分配参数 $(a, Z,$

R)、技术参数 (σ, γ) 以及人口增长对人力资本的稀释效应 (ξ) 共同决定。其中,参数 γ 取决于中间产品种类扩张研发生产率 $(\Psi(\mu, \Phi, \eta))$ 。

首先,通过对(43)式求偏导数最明显可得 $\frac{\partial g_y}{\partial \theta} < 0, \frac{\partial g_y}{\partial \rho} < 0$,意味着经济中家庭代表性个体的时间偏好率 ρ 和风险规避系数 σ (跨期替代弹性的倒数)越大,稳态经济增长率越小;新人力资本积累的生产率 θ 越大,稳态经济增长率越小。其次,通过对(43)式关于 R 求偏导数可得 $\frac{\partial g_y}{\partial R} = \frac{R[(\sigma - \rho) + (1 + \theta + \xi)g_L]}{[\gamma R(\theta - 1) + \theta]^2} > 0$,意味着 R 越大则稳态增长率越高。一方面,由于 $g_n = Rg_H$,人力资本积累增长率推动研发部门创新产品种类扩张的技术变革,直接提高稳态增长率;另一方面,由于 $R = \alpha + 1 - Z$, α 越高则中间产品溢出效应越大, $1 - Z$ 越高意味着产出分配中偏向于人力资本要素收入份额,从而间接提高稳态增长率。最后,通过对(43)式关于 γ 求偏导数 $\frac{\partial g_y}{\partial \gamma} = \frac{\gamma[(\sigma - \rho) + (1 + \theta + \xi)g_L]}{[\gamma R(\theta - 1) + \theta]^2} > 0$,意味着 $\frac{\partial g_y}{\partial \left(\frac{\mu - \Phi}{1 - \eta}\right)} > 0$,可知 $\frac{\partial g_y}{\partial \eta} > 0, \frac{\partial g_y}{\partial \mu} > 0, \frac{\partial g_y}{\partial \Phi} > 0$ 。其中 $\frac{\partial g_r}{\partial \eta} > 0$ 且 $0 < \eta < 1$ 表示“巨人肩膀上的效应”。先验设定 $\mu > 0$,分析了 $\frac{\partial g_r}{\partial \mu} > 0$ 情形, $0 < \mu < 1, \mu = 1$ 存在“拥挤效应(规模递减)”或“规模效应(中性不变)”,当 $\mu > 1$ 时,研发人力资本溢出效应越大。 $\frac{\partial g_y}{\partial \Phi} \leq 0$ 因 $\Phi > 0, \Phi = 0, \Phi < 0$ 产生不同的效应,当 $\Phi > 0$ 时,存在 $\frac{\partial g_y}{\partial \Phi} < 0$,总量人力资本对研发创新的“侵蚀效应”增加了研发难度,与技术进步率负相关;当 $\Phi < 0$,存在 $\frac{\partial g_y}{\partial \Phi} > 0$,总量人力资本对研发创新产生正向“技术偏向性”影响,与技术进步率正相关;当 $\Phi = 0$,存在 $\frac{\partial g_y}{\partial \Phi} = 0$,总量人力资本与新技术进步率之间独立不相关。

2. 人口增长对稳态增长率的影响分析

首先,对(37)式稳态经济增长率简单变形,关于人口增长率求偏导可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial g_y}{\partial g_L} &= \left(\frac{\partial g_H}{\partial g_L} + R \frac{\partial g_n}{\partial g_L} \right) - 1 = \left(\frac{1}{\gamma} \frac{\partial g_n}{\partial g_L} + R \frac{\partial g_n}{\partial g_L} \right) - 1 \\ \frac{\partial g_y}{\partial g_L} &= \underbrace{\left(\frac{1 + \gamma R}{\gamma} \right)}_{\text{恒} > 0} \cdot \underbrace{\frac{\partial g_n}{\partial g_L}}_{\text{思想效应}} - \underbrace{1}_{\text{稀释效应}} \end{aligned} \quad (44)$$

式(44)表明,人口增长对经济增长的影响可分解为直接影响和间接影响两项,第二项是直接影响,表现为恒为负的“稀释效应”,由于新生人口会减少任何可再生因素投入的人均存量,人口增长导致人均人力资本贬值,抑制生产率增长。第一项是间接影响,描述了

人口增长与经济增长率正相关，其中， $\frac{1+\gamma R}{\gamma}$ 在满足假设的条件下恒为正， $\frac{\partial g_n}{\partial g_L}$ 表现为“思想效应”^①。琼斯和罗默在以研发为基础的增长理论中提出“思想”不同于私人物品的拥挤性和侵蚀性而具有非竞争性和正向溢出外部性，人口增长为知识创新、知识扩散和知识积累提供了强有力的规模优势，“思想效应”来自于较高的人口增长率促进人力资本形成，研发创新创造更多的新思想的传播，从而对经济增长产生的积极影响^[25]。知识积累具有可共享性、相互促进性和部分排他性，成为经济增长的源动力，因此，人口增长“思想效应”的内在机制通过“思想蓄水池效应”、站在巨人肩膀的知识积累扩散效应以及知识溢出的动态外部性（总量人力资本积累由于外部性不受递减规律约束）正向作用于经济增长，成为经济增长引擎而具有突出作用^[26]。

其次， g_y 关于 g_L 求偏导可得 $\frac{\partial g_y}{\partial g_L} = -\frac{\gamma R(\xi-2) + (\xi-1)}{\gamma R(\theta-1) + \theta}$ ，在满足假设条件下 $\gamma R(\theta-1) + \theta > 0$ ，结合负向“稀释效应”和正向的“思想效应”，可知 $\xi = \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$ 是人口增长作用于人力资本积累产生稀释效应的阈值。当 $\xi < \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$ 时，人口持续增长会促进经济增长，两者之间呈正相关；当 $\xi > \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$ 时，人口持续增长阻碍经济增长，两者之间呈负相关；当 $\xi = \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$ 时，人口增长与经济增长之间不存在相关性，两者之间呈中性。又因为 $\xi = \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1} > 1$ ，因此，当 $\xi < 1$ 、 $\xi = 1$ 直至 $1 < \xi < 1 + \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$ 时 $\frac{\partial g_y}{\partial g_L} > 0$ 均成立，充分说明人口增长对经济增长的正向促进作用随着“稀释效应”的增加而逐渐趋弱，只要“稀释效应”低于阈值则人口增长对经济增长影响为正，并且阈值恒大于 1。其启示意义在于：“稀释效应”越小，人口增长越有利于人力资本积累，知识积累与人力资本积累相互促进、协同叠加、循环推动，越有利于提高劳动生产率，成为经济增长的内生推动力，人口增长稀释效应阈值大小与经济增长相关关系，如表 1 所示。

表 1 人口增长“稀释效应”阈值大小与经济增长相关关系的符号

稀释效应	$\xi < 1$	$\xi > 1$	$\xi > 1$		
			$1 < \xi < \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$	$\xi = \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$	$\xi > \frac{2\gamma R+1}{\gamma R+1}$
$\frac{\partial g_y}{\partial g_L}$	> 0 ，正相关	> 0 ，正相关	> 0 ，正相关	$= 0$ ，不相关	< 0 ，负相关

最后，进一步分析决定“稀释效应”阈值大小的影响因素。“稀释效应”(ξ)表达式关

① 依据(40)式可得 $\frac{\partial g_n}{\partial g_L} = \frac{\gamma(1+\theta-\xi)}{\gamma R(\theta-1) + \theta}$ ，在满足假设条件下 $\gamma R(\theta-1) + \theta > 0$ ， $\frac{\partial g_n}{\partial g_L} > 0$ 只要 $1+\theta-\xi > 0$ ，即“思想效应”恒为正，只要 θ 足够大或者 ξ 足够小，意味着随人口增长无限时域总家庭规划跨期替代弹性倒数越小，驱动家庭将当前消费跨代转移倾向于增加人力资本投资(更有耐心和利他)，有助于人力资本积累增长率上升。

于 Φ 求偏导, 可得 $\frac{\partial \xi}{\partial \Phi} = -\frac{2R}{(1-\eta)(1+\gamma R)^2} < 0$, Φ 越大则 ξ 越小; 当 $\Phi > 0$, 人口增长对技术进步具有“侵蚀效应”, 会降低人口增长“稀释效应”的门槛值; 当 $\Phi < 0$, 人口增长对技术进步具有技术偏向效应, 会提高人口增长“稀释效应”的门槛值。类似地, $\frac{\partial \xi}{\partial \mu} = \frac{2R}{(1-\eta)(1+\gamma R)^2} > 0$, μ 越大则 ξ 越大, 取值为正的研发人力资本投入生产率效应从重复效应、规模效应到正向溢出效应, μ 越大则人口增长“稀释效应”的门槛值越高; $\frac{\partial \xi}{\partial \eta} = \frac{2R(\mu - \Phi)}{(1-\eta)^2(1+\gamma R)^2} > 0$, η 越大则 ξ 越大, 取值为正的水平创新的溢出效应越大, 人口增长“稀释效应”的门槛值越高。综合上述扩展分析表明, 人口增长“稀释效应”门槛值的高低具有差异性, 决定了人口增长对经济增长从正面影响转向负面影响的拐点存在差异性, 最终可能观察到人口增长与经济增长率之间的不同相关性。

3. 数值模拟与参数效应

立足中国经济现实情况和事实特征, 采用模型参数合理赋值进行数值模拟估算, 通过相应的参数变化比较静态分析在人口增长的外生条件下水平 R&D 创新、人力资本积累与经济增长之间的内在关联。

参数的确定如下: ① 效用偏好参数(ρ, θ) 的选取。刘凤良和吕志华参考美国居民参数 $\rho = 0.03$, $\theta = 1.49$ 取值特征, 考虑中国居民“重储蓄”传统存在预防性储蓄行为偏好, 认为较高的风险规避与较低跨期替代弹性, 即 $\rho = 0.02$, $\theta = 1.25$ 更符合中国的实际^[27]; 傅晓霞和吴利学依据发达国家 $\rho \in [0.02, 0.04]$, $\theta \approx 2$ 取值特征, 因中国发展处于经济赶超阶段而具有风险偏好设定 $\rho = 0.04$, $\theta = 3$ ^[28]。鉴于中国经济兼具上述两种事实特征, 取折中值 $\rho = 0.0262$, $\theta = 2.1667$, 与陈昆亭和周炎参数赋值取 $\rho = 0.02$ 基本一致^[19, 28]。② 技术参数

的选取。在技术参数中(η, μ, Φ) 取值只要满足 $\eta < 1$, $\Phi \leq 0$, $\mu \neq \Phi$ 条件即可, 在此仅需对人力资本积累生产率参数 σ 赋值。张建华和程文基于服务业结构升级视角构建中国跨越中等收入陷阱的数理模型分析中, 其中人力资本提升积累函数模型 $H_{t+1} = (1 + \gamma v^\theta) H_t$ 与本文 $\dot{H}_t = [\sigma(1 - \mu_t) - \xi g_L] H_t$ 具有内在一致性, 将匹配模型中的人力积累函数变形可得 $\dot{H}_t = \gamma v^\theta H_t$, γ 代表教育行业人力资本资本生产率参数(相当于本文的 σ), v 表示总工作时间中用于接受教育配置比例(相当于本文的 $1 - \mu$), θ 表示人力资本相对于接受教育时间的弹性。张建华和程文运用中国 2005—2016 年 31 个省市面板数据对数值模型中的参数进行估算, 参照估计结果设定 $\sigma = 0.9169$ ^[29](其中, $\theta = 0.8963$ 在本文中视为设定 $\theta = 1$ 的特设情况)。③ 生产要素分配参数(Z, α) 的选取。傅晓霞和吴利学提出最终产品生产函数中引入中间投入, 但中间投入本质上是研发人力资本等技术载体而并非现实中原材料、能源等物质资本实际中间投入^[28], 依据研发投入在总产出中的均衡比重确定中间投入产出弹性设定 $Z =$

0.1292，考虑到文献取值年份为 2013 年，龚刚提出“党的十八大提出中国实施创新驱动战略，中国是世界上研发支出增长最快国家”这一特征事实^[30]，参考张建华和程文估算生产函数要素份额结果^[29]设定 $Z = 0.1492$ 。④ 参数 α 反映中间产品种类数量对最终产品生产的外部性程度， α 越大则中间产品种类多样性对最终产量的影响越大，模型中参数 α 的取值设为 0.1。模型中基准参数的选取与描述如表 2 所示。

表 2 模型基准参数的选取与描述

参数	含义	取值范围	特征及取值
效用偏好参数			
ρ	时间偏好率（主观贴现率）	0.0262	重储蓄风险规避与赶超阶段风险偏好折中
θ	风险偏好参数	2.1667	同上
技术术参数			
η	水平创新的溢出效应	$0 < \eta < 1$	$\eta < 0$ ，拖出效应； $\eta > 0$ ，巨人肩膀效应
μ	研发人力资本投入生产率效应	$\mu > 0$	$0 < \mu < 1$ 重复效应； $\mu = 1$ ，规模效应； $\mu > 1$ ，正向溢出效应
Φ	总人力资本投入外部性效应	$\Phi \leq 0$	$\Phi < 0$ ，技术偏向效应； $\Phi > 0$ ，拥挤效应
σ	新人力资本生产率参数	0.9169	参考文献 [29]
生产要素分配参数			
Z	中间产品要素投入的产出弹性	0.1492	参考文献 [29]
α	水平创新中间产品种类溢出效应	0.1000	参考文献 [27]

依据 $0 < \eta < 1$ 、 $\mu > 0$ 和 $\Phi \leq 0$ 取值范围，分别选择 $\eta = 0.2$ 、 $\eta = 0.5$ 与 $\eta = 0.7$ 刻画产品创新技术进步逐渐由拖出效应向规模效应转变；选择 $\mu = 0.7$ 、 $\mu = 1$ 和 $\mu = 1.3$ 刻画研发人力资本投入重复效应、规模效应和正向外部溢出效应；选择 $\Phi = 0.2$ 、 $\Phi = 0$ 和 $\Phi = -0.2$ 刻画人口增长对人力资本生产率产生拥挤效应、技术无偏和技术偏向效应。基于设定基准参数值分别进行组合推导出异质性的门槛值，研究发现：当 η 越大、 μ 越大而 Φ 越小，稀释效应门槛值越高，详见表 3。

基于基准参数值与临界于门槛值之上，对稳态均衡增长率比较静态对比分析，数值模拟结果与理论参数效应变化分析一致，其总体规律是：当 η 越大、 μ 越大而 Φ 越小时，经济稳态增长率越高，同时，技术进步增长率显著高于人力资本增长率；相反， η 越小， μ 越小而 Φ 越大时，人力资本积累率会显著高于技术进步增长率（见表 4）。因此，人口增长影响经济增长的传递路径是基于“人口增长—稀释效应—人力资本积累—水平创新与技术进步—经济增长”而发展的路径，人口增长基于稀释效应作用于人力资本积累增长率速度不同进而会促进或阻碍经济的增长，这正是

表 3 人口增长的“稀释效应”门槛值高低数值模拟

变量		$\Phi = 0.2$	$\Phi = 0$	$\Phi = -0.2$
$\eta = 0.2$	$\mu = 0.7$	1.3727	1.1454	1.5168
	$\mu = 1$	1.4574	1.5431	1.5878
	$\mu = 1.3$	1.5666	1.6071	1.6406
$\eta = 0.5$	$\mu = 0.7$	1.4874	1.5710	1.6312
	$\mu = 1$	1.6034	1.6554	1.6953
	$\mu = 1.3$	1.6766	1.7120	1.7404
$\eta = 0.7$	$\mu = 0.7$	1.6131	1.6893	1.7404
	$\mu = 1$	1.7172	1.7602	1.7918
	$\mu = 1.3$	1.7771	1.8407	1.8262

注： $\theta = 2.1667$ ； $\rho = 0.0262$ ； $Z = 0.1492$ ； $\alpha = 0.1000$ ； $\sigma = 0.9169$ 。

于技术进步增长率（见表 4）。因此，人口增长影响经济增长的传递路径是基于“人口增长—稀释效应—人力资本积累—水平创新与技术进步—经济增长”而发展的路径，人口增长基于稀释效应作用于人力资本积累增长率速度不同进而会促进或阻碍经济的增长，这正是

本文最深刻的内在含义，通过以上分析，我们可以发现，经济增长率是人力资本积累驱动技术进步共同作用的结果。

表 4 基于中国情况的数值模拟与稳态增长率

变量		$\Phi = 0.2$			$\Phi = 0$			$\Phi = -0.2$		
		g_y	g_n	g_H	g_y	g_n	g_H	g_y	g_n	g_H
$\eta = 0.2$	$\mu = 0.7$	0.4965	0.2443	0.3908	0.5201	0.3089	0.3503	0.5339	0.3623	0.3220
	$\mu = 1$	0.5304	0.3368	0.3368	0.5468	0.3856	0.3085	0.5641	0.4207	0.2847
	$\mu = 1.3$	0.5567	0.4072	0.2961	0.5707	0.4452	0.2740	0.5837	0.4786	0.2544
$\eta = 0.5$	$\mu = 0.7$	0.5304	0.3368	0.3368	0.5582	0.4113	0.2938	0.5801	0.4691	0.2606
	$\mu = 1$	0.5697	0.4419	0.2762	0.5893	0.4935	0.2467	0.6053	0.5353	0.2230
	$\mu = 1.3$	0.5977	0.5154	0.2343	0.6119	0.5533	0.2128	0.6245	0.5849	0.1950
$\eta = 0.7$	$\mu = 0.7$	0.5733	0.4513	0.2708	0.6029	0.5289	0.2267	0.6245	0.5849	0.1950
	$\mu = 1$	0.6145	0.5590	0.2096	0.6333	0.6075	0.1822	0.6478	0.6449	0.1612
	$\mu = 1.3$	0.6405	0.6270	0.1710	0.6535	0.6602	0.1524	0.6640	0.6870	0.1375

注： $\theta=2.1667$ ； $\rho=0.0262$ ； $Z=0.1492$ ； $\alpha=0.1000$ ； $\sigma=0.9169$ 。

六、结论与政策启示

2010 年以来我国劳动力供求格局从总量平衡逐步向供给不足发生转折变化，劳动力供给规模减小和全要素生产率提升幅度不断下降，决定中国经济增长潜在率呈“结构性减速”是必然趋势。本文理论模型的核心结论在于：人口增长与经济增长异质性相关关系取决于“思想效应”（正）和“稀释效应”（负）正负效应相互抵消的作用结果，当“思想效应”占主导作用时人口增长与经济增长呈正相关，当“稀释效应”占主导作用时人口增长与经济增长呈负相关。从模型中得到的现实启示是：中国人口负增长使“稀释效应”由负转正，但人口规模持续下降反向弱化知识积累和人力资本形成依赖的人口规模，对技术进步和“新思想”构成的“思想效应”产生直接的负面影响，成为制约经济增长的因素。进一步从模型中挖掘得到未来中国发展路径的潜在动力：依靠自主创新推动技术进步，注重人力资本积累不断提升“思想效应”正向作用，关键取决于创新驱动、技术进步和劳动力资源优化配置等新动力来源。

以高质量人力资本禀赋培育、积累和升级推动“人口数量红利”向“人口质量红利”转变，是未来中国应对劳动力供给不足的根本途径。为此，提出如下建议：①重视知识过程建设的投入，避免陷入“中等教育陷阱”。提高积累人力资本转换效率，注重物质资本和人力资本协调互补性作用，提炼加速人力资本积累的有效方式，提高教育真实回报率及预期回报率，降低家庭主观贴现率（更有耐心）促进家庭重视教育投资来提高教育储蓄率。②实现人力资本适宜匹配，避免陷入“政府陷阱”问题。深入推进要素资源配置市场化改革，真正做到“政府主导、市场决定”，矫正政府“过大”干预形成的体制性、结构性和政策性扭曲。重视人力资本结构调整，以调整发展战略布局、优化产业技术选择、强化地区比较优势和市场有效性，促进人力资本区域间分布合理化、人力资本各构成部分协调化及人力资本均等化水平。通过制度调整和制度创新，实现人力资本与行业要素密集度、行业技术水平的技能耦合协调匹配，实现人力资本在部门间的适宜匹配。③充分发挥人力资本技能偏向溢出

性,避免研发人员投入“索洛悖论”问题。重视人力资本投入与创新互补性作用,重视数据、信息、知识、思想和创意等新增要素对增长和创新的影响,提高人力资本生产效率和创新回报率,最大限度地发挥人力资本“要素集聚和技术载体”功能及外溢性,提高人力资本积累效率和生产率而有效规避侵蚀效应负面影响,实现效率改进和人的发展的良性循环。

参考文献:

- [1] 王金营,刘艳华.经济发展中的人口回旋空间:存在性和理论架构——基于人口负增长背景下对经济增长理论的反思和借鉴[J].人口研究,2020(1):3-18.
- [2] 袁富华,张平,楠玉.城市化中人口质量提升与数量增长的再平衡——补偿性增长假说[J].经济学家,2020(2):117-128.
- [3] SOLOW R M. A contribution to the theory of economic growth [J]. Quarterly Journal of Economics, 1956, 70 (1): 65-94.
- [4] LUCAS R E. On the mechanics of economic development [J]. Journal of Monetary Economics, 1988, 22 (1): 3-42.
- [5] SEQUEIRA N, REIS B. Human capital composition, R&D and the increasing role of services [J]. The B. E. Journal of Macroeconomics, 2006, 6 (1): 1-25.
- [6] BUCCI A. Population growth in a model of economic growth with human capital accumulation and horizontal R&D [J]. Journal of Macroeconomics, 2008, 30 (3): 1124-1147.
- [7] JONES C I, WILLIAMS J. Too much of a good thing? the economics of investment in R&D [J]. Journal of Economic Growth, 2000, 5 (1): 65-85.
- [8] ROMER P M. Endogenous technological change [J]. Journal of Political Economy, 1990, 98 (5): 71-102.
- [9] GROSSMAN G M, HELPMAN E. Innovation and growth in the global economy [M]. Cambridge MA: MIT Press, 1991: 111-129.
- [10] AGHION P, HOWITT P. A model of growth through creative destruction [J]. Econometrica, 1992, 60 (2): 323-351.
- [11] JONES C I. R&D-based models of economic growth [J]. Journal of Political Economy, 1995, 103 (4): 759-784.
- [12] KORTUM S. Research, patenting and technological change [J]. Econometrica, 1997, 65 (6): 1389-1420.
- [13] SEGERSTROM P. Endogenous growth without scale effects [J]. American Economic Review, 1998, 88 (5): 1290-1310.
- [14] YOUNG A. Growth without scale effects [J]. Journal of Political Economy, 1998, 106 (5): 41-63.
- [15] HOWITT P. Steady endogenous growth with population and R&D inputs growing [J]. Journal of Political Economy, 1999, 107 (5): 715-730.
- [16] STRULIK H. The role of human capital and population growth in R&D-based models of economic growth [J]. Review of International Economics, 2005, 13 (1): 129-145.
- [17] 李尚鹭,陈继勇,李卓.干中学、过度投资和 R&D 对人力资本积累的“侵蚀效应”[J].经济研究,2011(6):57-67.
- [18] 刘伟,范欣.现代经济增长理论的内在逻辑与实践路径[J].北京大学学报(哲学社会科学版),2019(3):35-53.
- [19] 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.
- [20] 邹薇,代谦.技术模仿、人力资本积累与经济赶超[J].中国社会科学,2003(5):26-38.
- [21] 陈昆亭,周炎.富国之路:长期经济增长的一致理论[J].经济研究,2008(2):19-32.
- [22] 杨高举,黄先海.内部动力与后发国分工地位升级——来自中国高技术产业的证据[J].中国社会科学,2013(2):25-45.
- [23] 李静,刘霞辉,楠玉.提高企业技术应用效率 加强人力资本建设[J].中国社会科学,2019(6):63-84.

- [24] 刘厚莲, 原新. 人口负增长时代还能实现经济持续增长吗? [J]. 人口研究, 2020 (4): 62-73.
- [25] JONES C I, Romer P M. The new Kaldor facts: ideas, institutions, population and human capital [J]. American Economic Journal Macroeconomics, 2010, 2 (1): 224-245.
- [26] 沈沁, 谢丹阳. 全球经济增长的可持续性: 不容置疑 [J]. 金融研究, 2016 (2): 86-95.
- [27] 刘凤良, 吕志华. 经济增长框架下的最优环境税及其配套政策研究——基于中国数据的模拟运算 [J]. 管理世界, 2009 (6): 40-51.
- [28] 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.
- [29] 张建华, 程文. 服务业供给侧结构性改革与跨越中等收入陷阱 [J]. 中国社会科学, 2019 (3): 39-61.
- [30] 龚刚, 魏熙晔, 杨先明, 等. 建设中国特色国家创新体系 跨越中等收入陷阱 [J]. 中国社会科学, 2017 (8): 61-86.

[责任编辑 方 志]