

人口老龄化、移民与经济增长

倪宣明¹, 贺英洁¹, 武康平², 彭方平³

(1. 北京大学 软件与微电子学院, 北京 100871; 2. 清华大学 经济管理学院, 北京 100084;
3. 中山大学 管理学院, 广州 510275)

摘要 人口老龄化带来的人口结构失衡阻碍了经济增长, 而移民一定程度上可以直接补充经济系统中的劳动力, 因此受到广泛关注. 为探讨移民对老龄经济系统的影响, 本文构建了基于移民的老龄经济模型. 该经济系统在一定条件下, 存在唯一鞍型稳定的平衡增长路径. 在此路径中, 移民的作用是“中性”的, 对经济系统仅存在水平效应而无增长效应. 即引入移民提高了均衡总资本和总产出水平, 并提高了社会福利, 但并不影响产出或资本增长率, 也并未缓解人口老龄化对经济增长的不利影响. 为使移民政策在老龄化背景下发挥积极作用, 本文进一步将技术进步率表示为移民的函数, 由此说明, 引入高人力资本的移民, 可以在一定程度上抵消人口老龄化的负面作用, 从而在长期促进经济增长.

关键词 老龄经济; 移民; 经济增长; 技术进步

Population aging, immigration and economic growth

NI Xuanming¹, HE Yingjie¹, WU Kangping², PENG Fangping³

(1. School of Software and Microelectronics, Peking University, Beijing 100871, China;
2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
3. School of Business, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract The continuous imbalance of population structure brought about by population aging hinders economic growth. Immigration, to some extent, can directly supplement the labor force in the economic system. In order to explore the impact of immigration on aging economy, this paper constructs an economic model of aging based on immigration. Under certain conditions, this economic system has a unique saddle stable equilibrium growth path. On the saddle path, the role of immigration is “neutral”, showing only a level effect rather than a rate effect on the economic system. Immigration improves the level of total capital, total output and social welfare on the equilibrium, but neither affects the growth rate of output or capital, nor alleviates the adverse impacts of population aging on economic growth. To make the immigration policy play a positive role in the background of aging, this paper further develops the rate of technological progress as a function of immigration, thus showing that introduction of immigrants with high human capital can offset the negative effects of population aging to a certain extent, so as to promote economic growth in the long run.

Keywords aging economy; immigration; economic growth; technological advance

收稿日期: 2021-05-17

作者简介: 倪宣明 (1984-), 男, 江苏兴化人, 博士, 研究方向: 金融科技, 数量经济; 贺英洁 (1999-), 女, 湖北荆门人, 硕士研究生, 研究方向: 金融科技; 武康平 (1960-), 男, 陕西眉县人, 博士, 博士生导师, 研究方向: 数量经济; 通信作者: 彭方平 (1977-), 男, 湖北咸宁人, 博士, 博士生导师, 研究方向: 货币金融与计量, E-mail: pengfp@mail.sysu.edu.cn.

基金项目: 国家自然科学基金 (71673312); 教育部人文社会科学规划基金项目 (21YJA790044)

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (71673312); Humanities and Social Sciences Foundation of the Ministry of Education of China (21YJA790044)

中文引用格式: 倪宣明, 贺英洁, 武康平, 等. 人口老龄化、移民与经济增长 [J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(1): 1–12.

英文引用格式: Ni X M, He Y J, Wu K P, et al. Population aging, immigration and economic growth[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2022, 42(1): 1–12.

1 引言

20 世纪“婴儿潮”和居民平均寿命的延长使得我国的人口老龄化呈现不断加深的态势^[1]。根据《第七次全国人口普查统计公报》，2020 年，我国 65 岁及以上老龄人口达到 1.9 亿人，占总人口比例 13.50%。我国即将进入深度老龄化社会。人口老龄化加剧导致的劳动力供给不足，劳动力成本上涨，以及人口结构失衡等问题将对经济的持续稳定发展产生深远影响^[2,3]。借鉴欧美国家应对人口老龄化采取的措施，各国政府一方面通过各种激励方式鼓励生育以提高出生人口，另一方面则通过技术移民直接对本国的劳动力进行补充^[4,5]。为促进人口长期均衡发展，2021 年 8 月 20 日，十三届全国人大常委会第三十次会议通过了关于修改人口与计划生育法的决定，“三孩政策”正式入法生效。而当前我国国际移民的占比仍处于较低水平，如世界银行数据所示，2015 年我国国际移民人数占总人口比重为 0.07%。本文仅从效率的角度，尝试回答引入移民能否缓解人口老龄化困境这一问题，在老龄化加剧的背景下厘清该问题具有重要的理论与现实意义。

已有研究开始关注劳动力迁移，人力资本提升等对人口老龄化问题的缓解作用。汪伟^[6]基于三代世代交叠模型发现生育决策无法根本扭转人口老龄化对经济增长的不利影响。陈沁和宋铮^[7]通过推算模拟发现城市化能够显著改善城镇的人口老龄化，胡鞍钢等^[2]考虑了老龄化下的经济增长问题，基于索罗增长理论并结合实证说明人口老龄化对经济增长的负面影响，证实了人力资本以及劳动参与率能够促进经济增长，但未就人力资本与人口老龄化之间的弥补关系进行深入分析。本文则在既有实证研究的基础上，从理论上讨论移民对老龄经济系统的影响。在对我国移民的讨论中，大多从国内人口流动的角度出发，对房价，公共服务以及户籍制度等问题进行研究^[8-12]，与本文对移民的定义不完全一致。国外对移民的理论研究中，Alho^[5]通过建立静态开放的人口模型，同时考虑移民和生育的作用，提出移民在一定条件下可以缓解一国的人口老龄化。此外，一系列研究对劳动力进行了异质性假设，将移民纳入动态一般均衡分析架，发现移民能够明显提高社会福利^[13-16]。

本文主要参考 Djajic^[17]对移民类型的定义，考虑外籍劳工 (guest workers) 类型的移民，即来自迁出国的移民在迁入国以客工的形式通过劳动赚取收入，且在未来将储蓄转移回迁出国，并将其纳入老龄经济系统。本文采用这种设定主要出于以下两方面考虑，其一，本文希望重点从经济效率的角度，研究移民能否有效应对人口老龄化所带来的发展问题，而非关注移民可能带来的伦理与社会问题，相比于其他移民形式，外籍劳工较好地符合这一特征。其二，从实际情况来看，尽管在部分发达国家移民占据较大比重，但我国的国际移民占比较低，而国际间的劳务派遣是相对更为普遍的迁移形式。

在对理论模型的选取上，考虑到我国当前的老龄化特征，并不存在完全适用的老龄经济模型。传统的新古典经济增长模型大多以代表性个体为核心，未涉及人口年龄结构或异质性消费者，因此不能较好地反映人口结构变动对经济的影响。从现代经济增长理论基准模型之一的 Ramsey-Cass-Koopmans (RCK) 模型看，Cass^[18]和 Koopmans^[19]在 Ramsey^[20]的基础上放宽了 Solow^[21]储蓄率不变的假设并对代表性消费者的效用展开分析，由于假设所有消费者同质和个体永续存在，RCK 模型不涉及年龄结构。目前主要有三类模型包含对人口特征的刻画。第一类是 Samuelson^[22]和 Diamond^[23]提出的代际交叠模型 (overlapping generation model, OLG 模型)，OLG 模型将永续存在的代表性消费者分为青年和老年两期，本质上不存在人口结构的变化，仍是代表性个体经济，且存在动态无效性和加总两大问题；第二类是由 Yaari^[24]和 Blanchard^[25]提出的引入了死亡率假设的 Blanchard-Yaari 模型，通过改变代表性消费者永续存在的假设，从死亡率的角度进行了探讨，由于不存在对老年人的定义，同样没有反映人口结构的变化。第三类是武康平 - 倪宣明模型^[26-29]，通过将经济系统总人口分为劳动人口和非劳动人口，加入人口结构的动态变化特征，构建了老龄经济模型，能够更贴切地刻画当前老龄化背景下的经济问题。因此，本文基于武康平 - 倪宣明模型进行分析。

本文以武康平 - 倪宣明模型为基准，将劳动人口占总人口比例的持续下降速度定义为老龄化率，在此基础上引入移民并构建老龄经济模型，通过动态一般均衡分析，探讨在人口老龄化不断加深的背景下，移民对老龄经济带来的冲击和影响大小。研究结果表明，在均衡路径下，移民对经济系统的作用是“中性”的，仅表现出水平效应而无增长效应。通过补充劳动力，引入移民提高了经济系统的总产出和总资本水平，也提高了社会福利水平，但未改变劳均产出水平。从经济增长上看，移民规模的扩大并未影响产出增长率，也无法缓解

人口老龄化对经济增长的不利影响. 而要从根本上促进经济增长, 只有通过引入高人力资本、提高技术进步率来实现.

本文的边际贡献在于: 第一, 在人口结构持续变动的老龄经济模型中, 引入移民进行分析, 指出该经济系统存在唯一鞍型稳定的平衡增长路径, 这也是本文在理论上的边际贡献; 第二, 将移民对经济系统的水平效应和增长效应分开讨论, 得出移民对老龄经济系统“中性”影响的结论; 第三, 提出移民若能够影响技术进步率, 将会有效缓解人口老龄化对经济系统的不利影响, 并促进经济增长. 因此, 高人力资本移民的引入对经济体的长期经济增长至关重要.

本文后续内容安排如下: 第二节为模型构建, 讨论同时引入移民和老龄化率的扩展 RCK 模型; 第三节为均衡状态下的进一步解释, 进行了比较静态分析, 并对模型进行了扩展; 第四节为数值模拟; 第五节为结论.

2 考虑移民与老龄化的 RCK 模型

本文将从拓展的老龄经济增长模型出发, 沿用武康平 - 倪宣明模型^[26], 通过引入老龄化率的概念, 构建含有劳动人口和非劳动人口的异质性 RCK 模型, 首先考虑由代表性家庭和厂商两部门构成的经济系统, 基本假设如下.

2.1 基本假设

假设经济系统中存在劳动人口和非劳动人口两类人口, 经济系统内部各参数表示为 Z_1 , 与武康平等^[26]、欧明青和倪宣明^[27]的假设一致, 令系统内部劳动人口 $L_1(t)$ 占总人口 $P(t)$ 的比例为 $\varphi(t)$, 即 $L_1(t) = \varphi(t)P(t)$. 在此基础上, 定义“老龄化率” θ 为总人口增长率与劳动人口增长率之差, \dot{X} 表示任意变量 X 对时间求导,

$$\theta = -\frac{\dot{\varphi}}{\varphi} = \frac{\dot{P}}{P} - \frac{\dot{L}_1}{L_1} > 0, \quad (1)$$

则有 $\frac{\dot{L}_1}{L_1} = n - \theta$, 定义劳动力初始水平为 $L_{1,0} = \varphi_0 P_0$. 老龄化率 θ 本质是对人口结构的刻画, 描述了劳动力与总人口之间的变动关系, 因此该定义不仅能够刻画经济系统的老龄化现象, 而且也用于刻画由于出生率降低导致的“少子化”现象. 特别地, 当出生率在某一水平保持稳定时, θ 上升能够反映经济系统的老龄化进程, 这种情况与目前全球普遍的老龄化现象较为吻合; 当老年人口占比保持稳定时, θ 下降则反映经济系统出生人口的降低. 在我国长期实施计划生育政策的背景下, 我国人口出生率多年维持在较稳定的状态, 与现实情形保持一致, 本文将以 θ 表示老龄人口的变化率. 此外, 当 $\theta = 0$ 时, 总人口增长率等于劳动人口增长率, 易发现, 传统新古典经济增长模型是老龄化率为 0 时的特殊情形. 相比于传统的新古典经济增长模型, 武康平 - 倪宣明提出的老龄经济模型描述了更一般、更广泛的情形.

假设代表性消费者的效用函数形式由相对风险规避系数不变的效用函数 (CRRA) 经仿射线性变换得到, 其形式如式 (2), 其中 σ 为相对风险规避系数, $\sigma \in (0, 1)$, 效用贴现因子为 $\rho > 0$, 代表性个体消费 \bar{C} .

$$U(\bar{C}) = \frac{\bar{C}^{1-\sigma}}{1-\sigma}. \quad (2)$$

假设家庭数量 J_1 保持不变, 人口在家庭内部增长, 考虑家庭资产变动主要受利息收入、劳动收入和消费支出三方面的影响, 则家庭资产积累方程为:

$$\frac{\dot{B}_1}{J_1} = \frac{rB_1}{J_1} + \frac{\omega AL_1}{J_1} - \frac{C_1}{J_1}, \quad (3)$$

B_1 为系统内总资产, C_1 为系统内总消费, 定义人均消费 $\bar{C} = \frac{C_1}{P}$, r 为资本收益率, ω 为有效工资率, 不考虑资本折旧, 初始财富水平为 $B_{1,0}$. 令 $z = \frac{Z}{AL_1}$ 表示经济系统原始代表性家庭中资本和消费对应的有效劳均形式, 则集约资本为 $b_1 = \frac{B_1}{AL_1}$, 集约消费为 $c_1 = \frac{C_1}{AL_1}$, 则家庭资产积累方程的集约形式为 $\dot{b}_1 = rb_1 + \omega - c_1 - (g + n - \theta)b_1$.

假设该经济系统存在人口迁移现象, 移民人口各变量表示为 Z_2 , 令移民净流入总人口 $L_2(t)$ 占经济系统内部劳动人口的比例为 η , 即 $L_2(t) = \eta\varphi(t)P(t)$, η 为常数 ($\dot{\eta} = 0$), 初始移民数量为 M_0 , 则移民增长率为 $n - \theta$ 保持不变. 本文对移民的设定出于以下两方面考虑: 一是将移民规模与劳动力总量联系起来, 有助于简化对模型的分析; 二是便于对经济系统的鞍型路径进行求解.

本文参考 Djajić^[17], 设定移民的类型为外籍劳工 (guest workers), 假定移民人口全部为劳动人口, 不包含非劳动人口, 移民与原经济系统联系紧密, 移民进入该系统工作时, 不完全在该系统进行消费 - 储蓄决策, 而是将资本积累转移回原经济系统. 则该经济系统中劳动力总量为:

$$L(t) = L_1(t) + L_2(t) = (1 + \eta)\varphi(t)P(t). \quad (4)$$

假设厂商的生产函数为 Cobb-Douglas 形式, 满足一次齐次性, 且边际产出递减. 生产函数 $Y = F(K, AL) = K^\alpha(AL)^{1-\alpha}$, 其中, A 为技术, K 表示生产所需资本, L 为所需劳动力, $0 < \alpha < 1$.

假设外生技术进步的变化率满足 $\frac{\dot{A}}{A} = g$, $g > 0$ 为技术进步率, g 为常数, 假设初始技术水平为 A_0 .

增加技术假设 $\beta = \rho - n - (g - \theta)(1 - \sigma) > 0$ 以保证积分的收敛.

2.2 代表性家庭部门决策

在本文假设下, 引入移民人口后, 劳动力由经济系统原始家庭和移民家庭两部分提供. 因此本文将划定两家庭部门, 即系统原始代表性家庭和代表性移民家庭, 下面从系统原始家庭出发, 对系统内部代表性家庭的最优决策进行分析. 根据基本假设, 代表性消费者的效用函数为 $\int_0^\infty \frac{P}{J_1} U(\bar{C}) e^{-\rho t} dt$. 其集约形式的效用最大化问题为:

$$\max_{\{c_1, b_1\}} D_{1,0} \int_0^\infty U(c_1) e^{-\beta t} dt, \quad (5)$$

$$\text{s.t.} \begin{cases} \dot{b}_1 = rb_1 + \omega - c_1 - (g + n - \theta)b_1, \\ b_{1,0}, \end{cases} \quad (6)$$

其中, $D_{1,0} = \frac{F_0(A_0\varphi_0)^{1-\sigma}}{J_1}$, β 为改进的效用贴现因子, $\beta = \rho - n - (g - \theta)(1 - \sigma)$, $c_1 = \frac{C_1}{AL_1} = \frac{PC_p}{AL_1}$, 原始家庭的初始资本水平 $b_{1,0}$ 已知.

定义哈密尔顿函数:

$$H = U(c_1)e^{-\beta t} + \lambda_1[rb_1 + \omega - c_1 - (g + n - \theta)b_1], \quad (7)$$

其中 λ_1 为哈密尔顿乘子, 表示状态变量的影子价格, 求解最优化问题 $\partial H / \partial c_1 = 0, \partial H / \partial b_1 + \dot{\lambda} = 0$ 得:

$$U'(c_1)e^{-\beta t} = \lambda_1, \quad (8)$$

$$\lambda_1[r - (g + n - \theta)] = -\dot{\lambda}_1. \quad (9)$$

联立 (8)、(9) 两式求解得:

$$\dot{c}_1 = -\frac{U'(c_1)}{U''(c_1)}[r - (g + n - \theta) - \beta]. \quad (10)$$

则代表性家庭的最优化问题等价如下, TVC 为横截性条件, 该条件的具体形式对本文求解无影响, 故此处略去, 得到经济系统原始代表性家庭的消费 - 资产动态方程为:

$$\begin{cases} \dot{c}_1 = \frac{c_1}{\sigma}[r - (g + n - \theta) - \beta], \\ \dot{b}_1 = rb_1 + \omega - c_1 - (g + n - \theta)b_1, \\ b_{1,0}, \text{TVC}. \end{cases} \quad (11)$$

对于移民家庭, 根据本文设定, 移民家庭进入该经济系统后, 在该系统提供劳动并获取收入, 将储蓄转移回各自的原始经济系统, 故此处本文不对移民家庭的决策进行讨论, 在对该老龄经济系统进行福利分析时, 不包含移民家庭的福利. 接下来, 本文将对厂商部门的生产决策进行分析.

2.3 代表性厂商决策

由于厂商的生产函数为 $Y = F(K, AL) = K^\alpha(AL)^{1-\alpha}$, L 为生产所需的劳动力数量, 令 $k = \frac{K}{AL_1}$ 为资本的集约形式, 产出的集约形式为:

$$y = f(k) = \frac{Y}{AL_1} = k^\alpha(1 + \eta)^{1-\alpha}. \quad (12)$$

令 ω 为有效工资率, 则厂商的利润最大化问题及其集约形式为:

$$\max_{\{K, L\}} F(K, AL) - rK - \omega AL. \quad (13)$$

由最大化问题的一阶条件, 且在厂商达到利润最大化时, 厂商的边际资本产出应等于利率, 边际有效劳动的产出等于工资率, 集约后得到如下等式:

$$r = f'(k) = \alpha \left(\frac{k}{1+\eta} \right)^{\alpha-1}, \quad w = (1-\alpha) \left(\frac{k}{1+\eta} \right)^{\alpha}. \quad (14)$$

2.4 市场出清

当家庭部门与厂商部门达到均衡时, 资本市场与劳动力市场出清, 即经济系统内部家庭的财富积累总量等于厂商生产投入的资本总额, 内部家庭的劳动人口与移民人口之和为厂商生产雇佣的劳动力总量. 由此可得:

$$\begin{cases} k = b_1, \\ L = L_1 + L_2 = (1+\eta)\varphi P. \end{cases} \quad (15)$$

总劳动人口的变化率为:

$$\frac{\dot{L}}{L} = \frac{(L_1 + L_2)}{L_1 + L_2} = n - \theta. \quad (16)$$

联立 (11), (14) 及 (15) 式, 经济系统代表性家庭的消费 - 资产动态方程如下:

$$\begin{cases} \dot{c}_1 = \frac{c_1}{\sigma} \left[\alpha \left(\frac{k}{1+\eta} \right)^{\alpha-1} - (g+n-\theta) - \beta \right], \\ \dot{k} = \alpha \left(\frac{k}{1+\eta} \right)^{\alpha-1} k + (1-\alpha) \left(\frac{k}{1+\eta} \right)^{\alpha} - c_1 - (g+n-\theta)k, \\ k_0, \text{TVC}. \end{cases} \quad (17)$$

由上式可知, 给定初始资本 k_0 和横截性条件时, 根据市场出清下的消费 - 资产动态方程组, 可以对系统的均衡状态进行讨论.

2.5 鞍型增长路径 (saddle path)

接下来, 本文将经济系统的均衡状态进行求解, 并对该均衡点的存在性, 唯一性和稳定性逐一讨论. 根据式 (17), 在 $\dot{c}_1 = \dot{k} = 0$ 时, 集约的消费和资本的变化率为 0, 各变量将保持不变, 令稳定状态为 (c_1^*, k^*) , 可得:

$$\begin{cases} \alpha \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha-1} - (g+n-\theta) - \beta = 0, \\ \beta k^* + (1-\alpha) \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha} - c_1^* = 0. \end{cases} \quad (18)$$

首先, 证明均衡点 (c_1^*, k^*) 的存在性和唯一性. 由 $\dot{c}_1 = \frac{c_1}{\sigma} [\alpha (\frac{k}{1+\eta})^{\alpha-1} - (g+n-\theta) - \beta]$, 可得 $\frac{\partial \dot{c}_1}{\partial k^*} < 0$, 即 c_1 随 $k (k > 0)$ 单调递减. 故 $\dot{c}_1 = 0$ 时, 有且仅有唯一 k^* , 由式 (18) 解得:

$$\begin{cases} k^* = (1+\eta) \left[\frac{\rho + \sigma(g-\theta)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}}, \\ c_1^* = (1-\alpha) \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha} + \beta k^*. \end{cases} \quad (19)$$

均衡点 (c_1^*, k^*) 的存在性和唯一性得证.

接下来, 证明均衡点 (c_1^*, k^*) 的稳定性. 对二维动态方程式 (17) 在均衡点附近进行泰勒展开, 可得近似线性微分方程组如下:

$$\begin{pmatrix} \dot{c}_1 \\ \dot{k} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{\alpha(\alpha-1)}{\sigma(1+\eta)} c_1^* \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha-2} \\ -1 & \frac{1+\alpha\eta}{1+\eta} \beta - \frac{(1-\alpha)\eta}{1+\eta} (g+n-\theta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_1 - c_1^* \\ k - k^* \end{pmatrix}. \quad (20)$$

令 λ 为微分方程组 (20) 系数矩阵的特征根, 则该二维系统的特征方程形式为:

$$\lambda^2 - \left[\frac{1+\alpha\eta}{1+\eta} \beta - \frac{(1-\alpha)\eta}{1+\eta} (g+n-\theta) \right] \lambda + \frac{\alpha(\alpha-1)}{\sigma(1+\eta)} c_1^* \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha-2} = 0. \quad (21)$$

根据 (21) 式, 有 $\Delta > 0, \lambda_1 \lambda_2 = -\frac{\alpha(1-\alpha)}{\sigma(1+\eta)} c_1^* \left(\frac{k^*}{1+\eta} \right)^{\alpha-2} < 0$, 故该一元二次方程存在两根, 记为 λ_1, λ_2 , 且 λ_1, λ_2 异号. 因此, 线性微分方程组 (20) 必存在一个负实部特征根和一个正实部特征根, 证明该经济系统是鞍型稳定的.

3 均衡状态下的进一步解释

3.1 比较静态分析

由于本文假定移民数量占经济系统内部劳动人口的比例为 η , 当 η 上升时, 表示移民数量将增加. 接下来本文将通过比较静态分析探讨移民规模 η 变动如何影响经济系统的均衡状态及增长水平.

首先, 定义三种产出增长率. 令 $\frac{\dot{Y}}{Y}$ 表示总产出的增长率, $\frac{(Y/P)}{Y/P}$ 为对经济系统内部总人口平均的人均产出增长率. 此外, 与传统新古典模型讨论的经济增长 (即人均增长率) 不同的是, 由于经济系统中存在非劳动人口, 本文引入产出增长的劳动人均形式 $\frac{(Y/L)}{Y/L}$, 以反映剔除人口因素的产出增长率. 通过求解并分析引入移民的系统在平衡路径下的经济增长水平, 得到以下定理和命题:

定理 1 根据基本假设, 在平衡增长路径上, 有:

1) 扩大移民规模对总产出增长率, 人均产出增长率和劳均产出增长率的影响均为“中性”:

$$\frac{\partial \frac{\dot{Y}}{Y}}{\partial \eta} = \frac{\partial \frac{(Y/P)}{Y/P}}{\partial \eta} = \frac{\partial \frac{(Y/L)}{Y/L}}{\partial \eta} = 0. \quad (22)$$

2) 人口老龄化加深对总产出增长率和人均产出增长率有抑制作用:

$$\frac{\partial \frac{\dot{Y}}{Y}}{\partial \theta} = \frac{\partial \frac{(Y/P)}{Y/P}}{\partial \theta} < 0. \quad (23)$$

证明 首先, 在均衡状态下, 由于 $\dot{k} = b_1 = 0$, 则总资本增长率为:

$$\frac{\dot{k}}{k} = 0, \quad \frac{\dot{K}}{K} = \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}_1}{L_1} + \frac{\dot{k}}{k} = g + n - \theta. \quad (24)$$

可得集约资本的增长率为 0, 同时, 总资本增长率为 $g + n - \theta$, 由技术进步和人口增长支撑, 人口老龄化增加了非劳动人口的比例, 需消耗部分资本用于维持非劳动人口的生存, 老龄化对资本增长率的抑制程度等于人口老龄化的增长率.

进一步可求得经济系统总产出增长率, 人均产出增长率和劳动人均产出增长率分别为:

$$\begin{cases} \frac{\dot{Y}}{Y} = (1 - \alpha) \left(\frac{\dot{A}}{A} + \frac{\dot{L}}{L} \right) + \alpha \frac{\dot{K}}{K} = g + n - \theta, \\ \frac{(Y/P)}{Y/P} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{P}}{P} = g - \theta, \\ \frac{(Y/L)}{Y/L} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = g. \end{cases} \quad (25)$$

根据式 (25), 总产出增长率与总资本增长率一致, 人均产出增长率与总产出增长率之间仅相差总人口增长率 n , 劳均产出增长率仅由技术进步决定. 易证 $\frac{\partial \frac{\dot{Y}}{Y}}{\partial \eta} = \frac{\partial \frac{(Y/P)}{Y/P}}{\partial \eta} = \frac{\partial \frac{(Y/L)}{Y/L}}{\partial \eta} = 0$, $\frac{\partial \frac{\dot{Y}}{Y}}{\partial \theta} = \frac{\partial \frac{(Y/P)}{Y/P}}{\partial \theta} = -1$. 人口老龄化中非劳动人口增长率的提高对总产出和人均产出增长率产生了负面影响. 而引入移民不影响各形式下的产出增长率, 即移民对产出增长没有增长效应, 其起到的作用是“中性”的.

定理 1 证毕.

命题 1 在均衡路径下, 移民规模增加对经济系统均衡变量的影响为:

1) 总资本和人均资本水平均随移民规模的扩大而增大, 劳均资本保持不变,

$$\frac{\partial K}{\partial \eta} > 0, \quad \frac{\partial k_P}{\partial \eta} > 0, \quad \frac{\partial k_L}{\partial \eta} = 0. \quad (26)$$

2) 总产出和人均产出水平随移民规模的扩大而增大, 劳均产出保持不变,

$$\frac{\partial Y}{\partial \eta} > 0, \quad \frac{\partial y_P}{\partial \eta} > 0, \quad \frac{\partial y_L}{\partial \eta} = 0. \quad (27)$$

3) 社会福利水平 $U^*(t)$ 随移民规模的扩大有所提高,

$$\frac{\partial U^*}{\partial \eta} > 0. \quad (28)$$

证明 为讨论移民规模 η 的变动对均衡路径下经济系统的总量, 人均和劳均形式下资本和产出, 以及效用的影响, 令变量 $k_P = AL_1 k^*/P = A\varphi k^*$, $y_P = AL_1 y^*/P = A\varphi k^{\alpha}(1 + \eta)^{1-\alpha}$ 分别表示经济系统人均资

本和人均产出. 由于系统中消费者存在异质性, 本文定义劳动人均产出和资本为 $y_L = \frac{AL}{L}k^{*\alpha}(1+\eta)^{1-\alpha} = \frac{A}{1+\eta}k^{*\alpha}(1+\eta)^{1-\alpha}$, $k_L = AL_1k^*/L = \frac{Ak^*}{1+\eta}$, 反映了厂商的实际生产效率和劳均资本量, 下面将逐一讨论移民规模 η 对相关变量的影响. 首先, 对于命题 1 中 (1), 鞍型路径上总资本, 人均资本和劳均资本随 η 的影响为:

$$\frac{\partial K}{\partial \eta} = A\varphi P \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}} > 0, \frac{\partial k_P}{\partial \eta} = A\varphi P \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}} > 0, \frac{\partial k_L}{\partial \eta} = \frac{\partial A \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}}}{\partial \eta} = 0. \quad (29)$$

类似地, 均衡路径上总产出, 人均产出和劳均产出随 η 的影响为:

$$\frac{\partial Y}{\partial \eta} = A\varphi P \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha-1}} > 0, \frac{\partial y_P}{\partial \eta} = A\varphi P \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha-1}} > 0, \frac{\partial y_L}{\partial \eta} = \frac{\partial A \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha-1}}}{\partial \eta} = 0. \quad (30)$$

由 (29), (30) 式可得, 对于均衡资本, 扩大移民规模将提高总资本和人均资本, 但不影响劳均资本; 对于均衡产出, 扩大移民规模将提高总产出水平和人均产出水平, 但不影响劳均产出水平. 在移民人口仅为该经济系统补充劳动力, 社会资本全部由经济系统内部家庭提供的理想状态下, 经济系统的产出和资本都因移民进入而达到更高的均衡水平, 但移民未对劳均资本和劳均产出水平产生影响.

接下来, 讨论移民规模 η 对系统内部代表性家庭均衡效用水平的冲击. 首先, 定义人均消费 $c_{1,P} = A\varphi c_1$, 由于在均衡路径上, 有 $\partial c_1^*/\partial \eta > 0$, 则对于均衡人均消费而言, 有 $\frac{\partial c_{1,P}^*}{\partial \eta} > 0$. 即引入移民提高了经济系统的均衡消费水平. 若达到均衡状态的最大效用记为 U^* , 令代表性家庭改进的效用形式为 $u^* = \frac{P_0(A_0\varphi_0)^{(1-\sigma)}}{J_1} U(c_1^*)$, 且 $P_0, A_0, \varphi_0, \sigma$ 外生给定, 则有:

$$U^*(t) = \int_0^\infty u^* e^{-\beta t} dt \propto \frac{u^*}{\beta}. \quad (31)$$

对 η 求导有:

$$\frac{\partial (u^*/\beta)}{\partial \eta} = \frac{P_0(A_0\varphi_0)^{(1-\sigma)}}{J_1\beta} c_1^{*\sigma} \frac{\partial c_1^*}{\partial \eta} = \frac{P_0(A_0\varphi_0)^{(1-\sigma)}}{J_1} c_1^{*\sigma} \left[\frac{\rho + \sigma(g - \theta)}{\alpha} \right]^{\frac{1}{\alpha-1}} > 0. \quad (32)$$

移民规模的扩大不仅提高了经济系统内部代表性家庭的均衡效用水平, 也提高了社会福利. 命题 1 证毕.

综上, 在人口老龄化背景下, 引入移民的作用几乎是“中性”的, 且移民对经济系统的影响仅存在水平效应 (level effect) 而没有增长效应 (rate effect). 所谓水平效应, 即扩大移民规模 η 提高了均衡状态下的人均资本、人均产出和人均消费, 同时对总产出、总资本和社会福利均有促进作用. 所谓“中性”, 即该影响源于对劳动力的补充, 并未改变劳均资本和劳均产出水平, 并且对增长率而言, 无论是总产出增长, 人均产出增长还是劳均产出增长, 移民规模的大小均未对其产生影响, 因此没有表现出增长效应.

3.2 对移民影响技术进步的拓展性分析

在考虑移民和老龄人口的经济模型基础上, 本文通过对均衡状态下相关变量及增长率的比较静态分析, 发现引入移民对经济系统的影响是“中性”的. 其“中性”作用表现在, 尽管扩大移民能够提高系统内部家庭的均衡消费水平和福利水平, 扩大经济系统总产出和总资本, 但没有改变劳均产出和劳均资本的均衡水平. 而从经济增长的角度看, 扩大移民规模也并未影响产出增长率. 根据以上研究结论, 本文发现仅依靠引入大量移民弥补人口老龄化对经济增长的负面影响, 并非长期有效的办法. 现有研究表明, 劳动力的跨区流动对产业结构调整和优化升级具有重要影响^[30]. 因此, 本文提出, 促进技术进步才是保持经济增长的根本手段, 若引入的移民能够促进系统的高端产业发展及技术水平的进步, 进而提高技术进步率, 才能对经济系统表现出增长效应, 从而促进长期经济增长. 下面, 本文将对此进行探讨.

首先, 将基本假设中关于技术进步的假设替换如下:

技术进步假设 设定技术进步率为移民规模 η 的函数, 即 $\frac{\dot{A}}{A} = g(\eta)$, 且令 $g(\eta)$ 具有一阶导数大于 0, 二阶导数小于 0 的性质, 即 $g'(\eta) > 0, g''(\eta) < 0$, 表示技术进步为移民规模的增函数, 该促进作用随 η 的增加而减弱.

不同于基本假设中技术进步率 $g > 0$ 外生给定的假设, 若随着移民进入规模的扩大, 外来人口能够以某种方式对当地技术水平发展起到促进作用, 例如鼓励技术移民, 吸引高层次人才进入等, 则移民规模的扩大可能促进系统的技术进步.

在以上假设下, 则定理 1 更新如下:

定理 1' 在基本假设与改进的技术进步假设下, 在平衡增长路径上,

1) 扩大移民规模能够通过促进技术进步, 提高经济增长速度:

$$\frac{\partial(\dot{Y})}{\partial\eta} = \frac{\partial(\dot{Y}/P)}{\partial\eta} = \frac{\partial(\dot{Y}/L)}{\partial\eta} = g'(\eta) > 0. \quad (33)$$

2) 引入移民对技术进步的促进将有助于缓解人口老龄化的不利影响, 当技术进步增速达到一定水平时, 人口老龄化的负面影响能够被完全抵消.

证明 当技术进步率为 $g(\eta)$ 时, 式 (25) 对应的总产出增长率, 人均产出增长率和劳均产出增长率为:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = g(\eta) + n - \theta, \quad \frac{(Y/P)}{Y/P} = g(\eta) - \theta, \quad \frac{(Y/L)}{Y/L} = g(\eta). \quad (34)$$

易得, 式 (34) 对移民规模 η 的偏导为:

$$\frac{\partial\dot{Y}}{\partial\eta} = \frac{\partial(\dot{Y}/P)}{\partial\eta} = \frac{\partial(\dot{Y}/L)}{\partial\eta} = g'(\eta) > 0. \quad (35)$$

由于 $g(\eta)$ 单调递增, 随着高人力资本对技术水平的促进作用, 人口老龄化的负面影响将被逐步弥补, 相比于经济系统原始的增长率水平, 当 $g(\eta) - g - \theta = 0$ 时, 人口老龄化的影响被完全抵消, 经济系统恢复至正常水平, 总产出增长率恢复至 $g + n$. 随着高人力资本的持续引入, 技术进步将继续提高, 从而进一步促进经济系统的经济增长. 定理 1' 证毕.

命题 1' 在均衡条件下, 移民规模 η 对社会福利 U^* 的影响取决于代表性家庭的总效用 u^* 对代表性消费者的消费弹性 $\varepsilon_{u^*c_1}$, 集约消费对移民规模的弹性 $\varepsilon_{c_1\eta}$, 以及改进的贴现因子对移民规模的弹性 $\varepsilon_{\beta\eta}$ 三者之间的大小关系:

1) 若 $\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta} > \varepsilon_{\beta\eta}$, $\frac{\partial U^*}{\partial\eta} > 0$; 2) 若 $\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta} < \varepsilon_{\beta\eta}$, $\frac{\partial U^*}{\partial\eta} < 0$.

证明 对社会福利而言, 此时移民增长率变动对社会福利的影响等价于讨论移民增长率对某一时刻最优效用 u^*/β 的影响,

$$\frac{\partial(u^*/\beta)}{\partial\eta} = \frac{u^*}{\beta\eta} \left(\frac{\eta}{u^*} \frac{\partial u^*}{\partial c_1^*} \frac{\partial c_1^*}{\partial\eta} - \frac{\eta}{\beta} \frac{\partial\beta}{\partial\eta} \right) = \frac{u^*}{\beta\eta} (\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta} - \varepsilon_{\beta\eta}), \quad (36)$$

其中, $\varepsilon_{u^*c_1}$ 表示均衡路径下某时刻代表性家庭效用 u^* 对消费 c_1 的弹性, $\varepsilon_{c_1\eta}$ 为消费对移民规模 η 的弹性, $\varepsilon_{\beta\eta}$ 为均衡时某时刻改进的效用贴现 β 对 η 的弹性. 由于 $\frac{u^*}{\beta\eta} > 0$, 故移民规模对社会福利的影响取决于弹性 $\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta}$ 与弹性 $\varepsilon_{\beta\eta}$ 二者之间的关系. 当 $\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta} > \varepsilon_{\beta\eta}$ 时, 有 $\frac{\partial(u^*/\beta)}{\partial\eta} > 0$, 即 $\frac{\partial U^*}{\partial\eta} > 0$, 移民规模的扩大有利于提高社会福利; 当 $\varepsilon_{u^*c_1}\varepsilon_{c_1\eta} < \varepsilon_{\beta\eta}$ 时, $\frac{\partial U^*}{\partial\eta} < 0$, 移民规模对社会福利影响为负.

命题 1' 证毕.

4 数值模拟

通过将移民数量和移民增长率纳入老龄经济模型, 本文从理论上分析了引入移民对老龄经济系统产生的影响, 并得出系列结论. 接下来, 本文将结合实际测算数据并通过数值模拟来验证相关结论. 依据现有文献对相关参数的取值和测算, 本文设定外生参数的数值如下: 首先, 对于人口相关模型, 通过对我国人口数据的测算, 总人口增长率取 $n = 0.005$, 劳动人口增长率取 $n - \theta = 0.002$, 则老龄化率取 $\theta = 0.003$. 对于系统内部的代表性家庭效用函数, 参考 Tristani^[31] 的设定, 效用函数的相对风险规避系数取 $\sigma = 0.5$, 参考欧明青和倪宣明^[27] 等^[32,33], 效用贴现因子取 $\rho = 0.05$. 由于本文假定生产函数形式为柯布 - 道格拉斯形式, 即 $F(K, AL) = K^\alpha(AL)^{1-\alpha}$, $\alpha \in (0, 1)$. 参考许伟和陈斌开^[34], 樊纲等^[35] 基于国内生产情况对资本产出弹性 α 的测算, 资本产出弹性基本在 0.4 至 0.6 之间, 故本文设定资本产出弹性 $\alpha = 0.5$, 劳动产出弹性 $1 - \alpha = 0.5$. 对于移民规模 η , 为分析不同移民规模对产出和福利的影响并考虑现实合理性, 本文设置 η 的取值范围为 $[0, 0.5]$. 对于技术进步率 g , 在不考虑移民进入影响经济系统的技术进步率时, 参考韦江等^[36] 和倪宣明等^[33,37], 取 $g = 0.05$. 若移民的增加能够促进高科技产业的发展, 进而提高技术进步率, 按照模型设定, 有 $g'(\eta) > 0$, $g''(\eta) < 0$, 此处不妨取生产函数的形式为 $g(\eta) = g + \pi\eta^\gamma = 0.05 + \pi\eta^\gamma$, 鉴于缺乏实际移

民对技术进步影响的数据支持, 本文拟对 π 和 γ 选取多组值进行数值模拟, 即 1) $\pi = 0, \gamma = 0$; 2) $\pi = 0.01, \gamma = 0.03$; 3) $\pi = 0.03, \gamma = 0.03$; 4) $\pi = 0.01, \gamma = 0.05$; 5) $\pi = 0.03, \gamma = 0.05$; 6) $\pi = 0.03, \gamma = 0.07$. 数值模拟如图 1 ~ 图 7 所示.

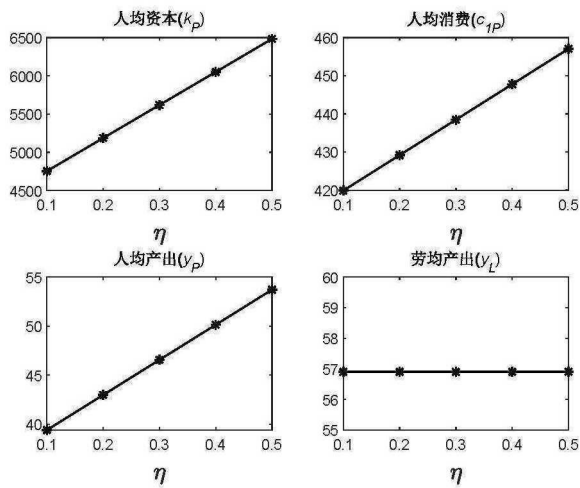


图 1 移民规模对均衡变量的影响 ($g = 0.05$)

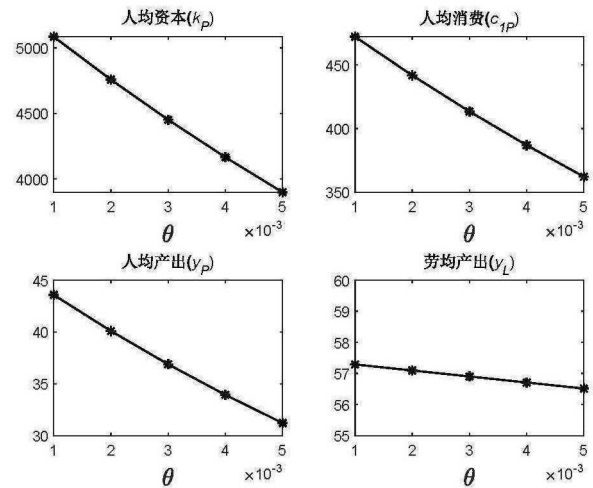


图 2 人口老龄化对均衡变量的影响 ($g = 0.05$)

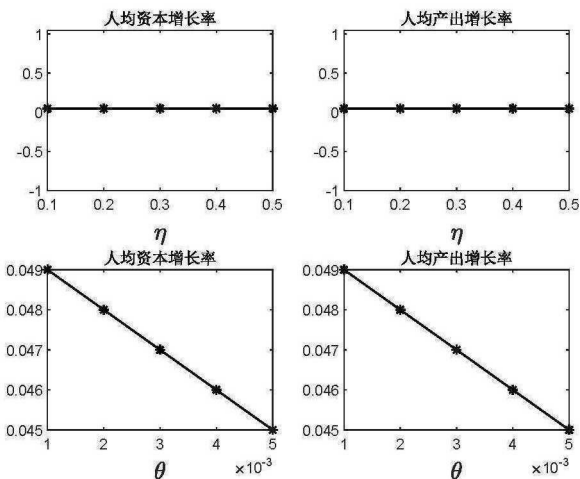


图 3 移民规模、老龄化对经济增长的影响 ($g = 0.05$)

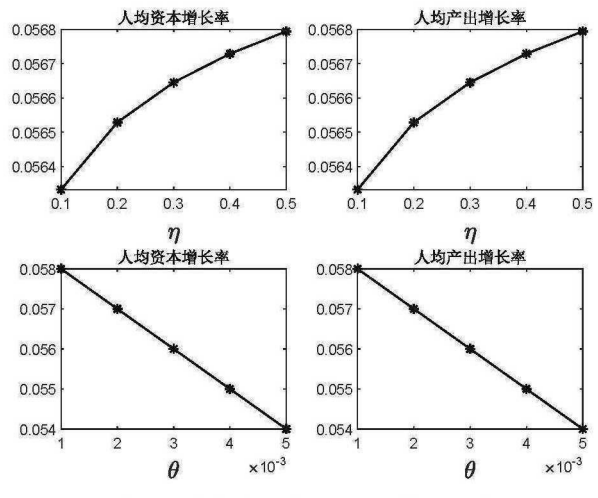


图 4 改进的技术进步函数下, η, θ 对经济增长的影响 ($g(\eta) = 0.05 + 0.01\eta^{0.03}$)

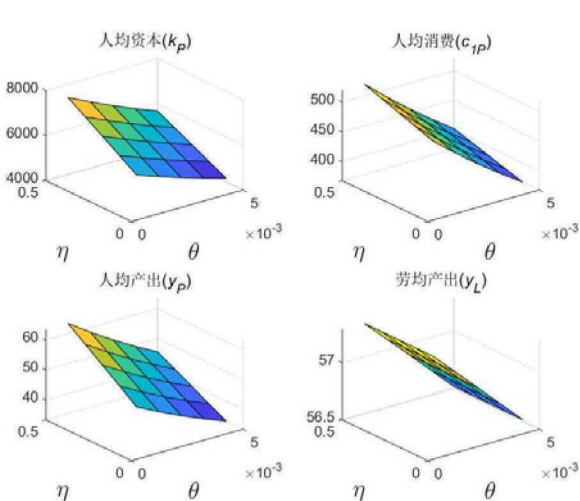


图 5 移民规模、老龄化对均衡变量的影响 ($g = 0.05$)

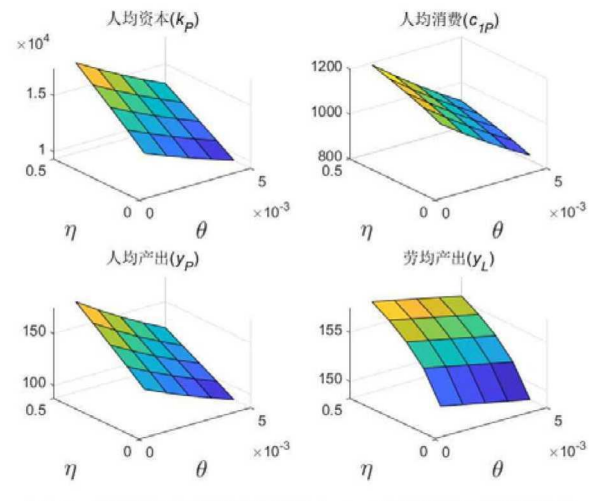


图 6 改进的技术进步函数下, η, θ 对均衡变量的影响 ($g(\eta) = 0.05 + 0.01\eta^{0.03}$)

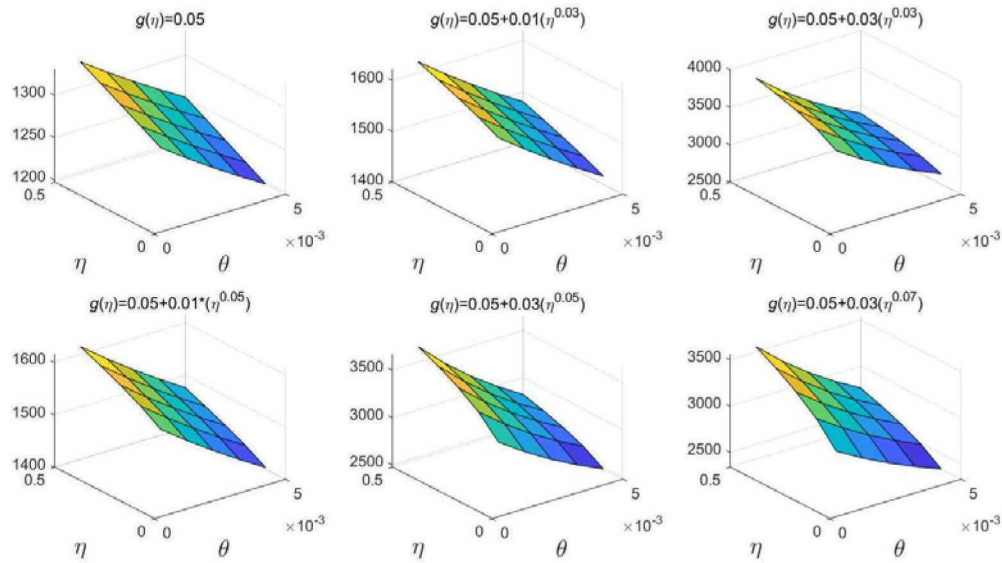


图 7 不同技术进步设定下, 移民规模及老龄化对老龄社会福利的影响

以上数值模拟的结果中, 图 1 和图 2 分别为移民规模和老龄化率变动对均衡状态下相关变量的影响. 与本文结论一致, 移民规模的扩大能提高人均资本, 产出和消费, 但并不影响劳均产出. 图 2 表示老龄化加剧对以上变量均产生负向影响. 对于平衡增长路径上的资本和产出增长速度, 通过图 3, 4 可以发现, 在 η 不进入技术进步 g 时, 移民规模提高并不影响人均资本和人均产出增长率, 当移民规模作用于技术进步时, 扩大移民规模将对人均产出和人均资本增长率均有促进作用, 同时, 老龄化率上升则对产出和资本增长率均为负向影响. 图 5 和图 6 分别为 η 在基本情况和加入技术进步函数时的三维图示, 此处将老龄化率和移民规模分别设置在 $[0, 0.005]$ 和 $[0, 0.5]$ 的取值范围, 发现老龄化率会降低人均资本, 人均产出和人均消费, 而移民增长率能对其起到促进作用. 但引入移民本身并不影响劳均产出, 只有将移民作用于技术进步函数, 即引入高人力资本时, 才能提高劳均产出水平. 图 7 为 π 和 γ 在以上六组取值下, 老龄化率和移民规模分别设置在 $[0, 0.005]$ 和 $[0, 0.5]$ 时, 引入不同规模的移民对经济系统社会福利的影响. 通过理论分析, 本文得出, 在 η 上升且满足一定的弹性条件时, 移民的进入能够提高经济系统代表性消费者的均衡效用水平. 在本节数值模拟中, 本文发现, 通过给定形式的 $g(\eta)$ 和初始参数, 在移民增长率提高时, 增加经济系统的社会福利是可能实现的.

5 结论

我国不断加深的人口老龄化已成为不可忽视的问题. 老龄人口占比逐年攀升, 劳动人口占比下降对经济的可持续发展和社会保障体系的稳定提出了挑战. 本文从人口结构失衡这一重要问题出发, 基于武康平 - 倪宣明构建的老龄经济增长模型, 初步探讨了在人口老龄化背景下, 移民对老龄经济系统产出和社会福利的影响, 以及移民政策能否有效减轻人口老龄化加剧对经济社会发展的不利影响. 通过构建考虑移民的老龄经济模型, 本文对这一问题进行了动态一般均衡分析, 并证明考虑移民和人口老龄化的异质性经济系统具备鞍型稳定的特征.

本文研究发现, 总体上, 引入外部移民对经济系统的影响是“中性”的, 仅表现出水平效应而没有增长效应. 引入移民能够提高均衡路径下的总资本和总产出水平, 并且提升社会福利, 但并未影响资本和产出增长率. 要使移民在人口老龄化的背景下发挥积极作用, 还需致力于引入高人力资本, 以促进技术进步, 进而促进经济增长. 随着人口老龄化成为社会的重要特征, 本文尝试对老龄化背景下对移民的作用效果进行理论分析, 为如何减轻老龄化对经济发展的负面影响, 及相关政策的制定提供了一定的理论参考. 需要说明的是, 本文关于移民的假设, 是基于刻画劳动力和经济系统鞍型解的考虑, 显然, 移民具有多元特征, 该简化假设无法完全考虑到移民对于经济系统的全面影响. 因此, 如何放宽移民假设, 使其更好表现出移民特征, 进而更加全面反映移民对经济系统的影响, 有待后续深入研究.

参考文献

- [1] 武康平, 倪宣明, 殷俊茹. 人口老龄化、经济增长与社会福利 —— 基于内生经济增长理论的分析 [J]. 经济学报, 2015, 2(1): 47-60.
Wu K P, Ni X M, Yin J R. Population aging, economic growth and social welfare — Analysis based on the endogenous economic growth theory[J]. China Journal of Economics, 2015, 2(1): 47-60.
- [2] 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, 36(3): 14-26.
Hu A G, Liu S L, Ma Z G. Population aging, population growth and economic growth — Evidence from China's provincial panel data[J]. Population Research, 2012, 36(3): 14-26.
- [3] Lindh T, Malmberg B. Age structure effects and growth in the OECD, 1950-1990[J]. Journal of Population Economics, 1999, 12(3): 431-449.
- [4] United Nations. Replacement migration: Is it a solution to declining and ageing populations?[M]. United Nations Publications, 2001.
- [5] Alho J M. Migration, fertility, and aging in stable populations[J]. Demography, 2008, 45(3): 641-650.
- [6] 汪伟. 人口老龄化、生育政策调整与中国经济增长 [J]. 经济学 (季刊), 2017, 16(1): 67-96.
Wang W. Population aging, family planning policy adjustment and China's economics growth[J]. China Economic Quarterly, 2017, 16(1): 67-96.
- [7] 陈沁, 宋铮. 城市化将如何应对老龄化? —— 从中国城乡人口流动到养老金平衡的视角 [J]. 金融研究, 2013(6): 1-15.
Chen Q, Song Z. How will urbanization respond to aging? — From the perspective of China's urban-rural population mobility to pension fund balance[J]. Journal of Financial Research, 2013(6): 1-15.
- [8] 高波, 陈健, 邹琳华. 区域房价差异、劳动力流动与产业升级 [J]. 经济研究, 2012, 47(1): 66-79.
Gao B, Chen J, Zou L H. Does cycles' volatility affect the trend of long run growth?[J]. Economic Research Journal, 2012, 47(1): 66-79.
- [9] 梁琦, 陈强远, 王如玉. 户籍改革、劳动力流动与城市层级体系优化 [J]. 中国社会科学, 2013(12): 36-59+205.
Liang Q, Chen Q Y, Wang R Y. Household registration reform, labor mobility and optimization of the urban hierarchy[J]. Social Sciences in China, 2013(12): 36-59+205.
- [10] Bosker M, Brakman S, Garretsen H, et al. Relaxing Hukou: Increased labor mobility and China's economic geography[J]. Journal of Urban Economics, 2012, 72(2-3): 252-266.
- [11] 张莉, 何晶, 马润泓. 房价如何影响劳动力流动?[J]. 经济研究, 2017, 52(8): 155-170.
Zhang L, He J, Ma R H. How housing price affects labor migration?[J]. Economic Research Journal, 2017, 52(8): 155-170.
- [12] Dahlberg M, Eklof M, Fredriksson P, et al. Estimating preferences for local public services using migration data[J]. Urban Studies, 2012, 49(2): 319-336.
- [13] Liu X. On the macroeconomic and welfare effects of illegal immigration[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34(12): 2547-2567.
- [14] Hazari B R, Sgro P M. The simple analytics of optimal growth with illegal migrants[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2003, 28(1): 141-151.
- [15] Moy H M, Yip C K. The simple analytics of optimal growth with illegal migrants: A clarification[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2006, 30(12): 2469-2475.
- [16] Palivos T. Welfare effects of illegal immigration[J]. Journal of Population Economics, 2009, 22(1): 131-144.
- [17] Djajić S. Migrants in a guest-worker system: A utility maximizing approach[J]. Journal of Development Economics, 1989, 31(2): 327-339.
- [18] Cass D. Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation[J]. The Review of Economic Studies, 1965, 32(3): 233-240.
- [19] Koopmans T C. On the concept of optimal growth[M]// Johansen J. The Econometric Approach to Development Planning. Amsterdam: North Holland, 1965: 225-287.
- [20] Ramsey F P. A mathematical theory of saving[J]. The Economic Journal, 1928, 38(152): 543-559.
- [21] Solow R M. A contribution to the theory of economic growth[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1956, 70(1): 65-94.
- [22] Samuelson P A. An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money[J]. Journal of Political Economy, 1958, 66(6): 467-482.
- [23] Diamond P. National debt in a neoclassical growth model[J]. American Economic Review, 1965, 55(5): 1126-1150.
- [24] Yaari M E. Uncertain lifetime, life insurance, and the theory of the consumer[J]. The Review of Economic Studies, 1965, 32(2): 137-150.
- [25] Blanchard O J. Debt, deficits, and finite horizons[J]. Journal of Political Economy, 1985, 93(2): 223-247.

- [26] 武康平, 倪宣明, 殷俊茹. 浅析人口老龄化对经济发展的影响 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(12): 103-108.
Wu K P, Ni X M, Yin J R. Influence of population aging on the economic development[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(12): 103-108.
- [27] 欧明青, 倪宣明. 浅析老龄经济中的税收政策 [J]. 数理统计与管理, 2017, 36(4): 740-751.
Ou M Q, Ni X M. Analysis of tax policy in aging economy[J]. Journal of Applied Statistics and Management, 2017, 36(4): 740-751.
- [28] 殷俊茹, 徐豪熠, 倪宣明. 人口老龄化对居民消费水平的影响研究 —— 基于最优增长模型的理论分析与实证检验 [J]. 系统工程理论与实践, 2016, 36(12): 3034-3045.
Yin J R, Xu H Y, Ni X M. Influence of population aging on residents' consumption in China — Theoretical analysis and empirical test based on optimal growth model[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2016, 36(12): 3034-3045.
- [29] 欧明青, 倪宣明, 韦江. 人口结构变动对时间偏好的影响分析 [J]. 中国管理科学, 2018, 26(3): 188-196.
Ou M Q, Ni X M, Wei J. The effect of population structure on time preference[J]. Chinese Journal of Management Science, 2018, 26(3): 188-196.
- [30] 赵楠. 劳动力流动与产业结构调整的空间效应研究 [J]. 统计研究, 2016, 33(2): 68-74.
Zhao N. Spatial effect analysis of labor mobility and industrial structure adjustment[J]. Statistical Research, 2016, 33(2): 68-74.
- [31] Tristani O. Model misspecification, the equilibrium natural interest rate, and the equity premium[J]. Journal of Money, Credit and Banking, 2009, 41(7): 1453-1479.
- [32] 倪宣明, 沈心如, 黄嵩, 等. 我国人口结构及老龄化收敛趋势研究 [J]. 数理统计与管理, 2020, 39(2): 191-205.
Ni X M, Shen X R, Huang S, et al. The convergence of trend of the age structure and the aging population in China[J]. Journal of Applied Statistics & Management, 2020, 39(2): 191-205.
- [33] 倪宣明, 韦江, 文伟. 人口政策对老龄化的影响预测 —— 基于出生侧和死亡侧模型分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(1): 69-78.
Ni X M, Wei J, Wen W. Prediction of the impact of population policies on aging problem — An analytical model based on birth and death side[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2020, 40(1): 69-78.
- [34] 许伟, 陈斌开. 银行信贷与中国经济波动: 1993-2005[J]. 经济学 (季刊), 2009, 8(3): 969-994.
Xu W, Chen B K. Bank lending and economic fluctuations in China: 1993-2005[J]. China Economic Quarterly, 2009, 8(3): 969-994.
- [35] 樊纲, 王小鲁, 马光荣. 中国市场化进程对经济增长的贡献 [J]. 经济研究, 2011, 46(9): 4-16.
Fan G, Wang X L, Ma G R. Contribution of marketization to China's economic growth[J]. Economic Research Journal, 2011, 46(9): 4-16.
- [36] 韦江, 倪宣明, 何艾琛. 老龄化下人口政策与经济增长关系研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(2): 337-350.
Wei J, Ni X M, He A C. Study on the relationship between population policy and economic growth in the context of aging[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2018, 38(2): 337-350.
- [37] 倪宣明, 沈心如, 彭方平, 等. 货币政策对老龄经济的影响机制研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2021, 41(9): 2169-2179.
Ni X M, Shen X R, Peng F P, et al. The influence mechanism of monetary policy on an aging economy[J]. Systems Engineering — Theory & Practice, 2021, 41(9): 2169-2179.