Klaus 2013

Klaus 2013

klaus Prettner 在人口相关的主题方面有诸多研究

Abstract

我们**从长期经济增长的角度研究了人口老龄化的后果**。我们的**框架使用了内生增长模型和半内生增长模型**作为特例。我们**发现**：(1) 寿命的增加对人均产出增长有积极影响，(2) 生育率的下降对人均产出增长有消极影响，(3) 在内生增长框架下，积极的寿命效应主导着消极的生育效应，(4)人口老龄化在内生增长框架中促进长期增长，而在半内生增长框架中，其影响取决于生育率和死亡率之间的相对变化。

Keywords：人口变化(Demographic change)、技术进步(Technological progress)、长期经济增长(Long-run economic growth)

---

1. Introduction

(人口规模、人口增长、劳动力供给、劳动生产力)

(生育率、死亡率)

Romer(1990)模型中，人口老龄化对长期经济增长有着积极的影响

工业化国家的人口老龄化已被确定为未来经济发展的中心议题。它在学术研究和公共辩论中都得到了关注(例如，参见 Bloom 等人, 2008、2010a、2011; 经济学人, 2009、2011，以获取概述)。尽管生育率下降——甚至低于更替水平——会导致某一人口的平均年龄增加并减缓人口增长，但老年死亡率下降使个人能够享受更长时间的退休福利。为了了解**人口变化的严重性**，我们**面临以下问题**：在全球范围内，总生育率从 1950 年的每名妇女 5 个孩子下 降到今天的每名妇女 2.5 个孩子，而预期寿命从 1950 年的 48 岁增加到今天的 68 岁(联合国, 2011; Bloom 等人, 2011)。这些发展的经济后果预计将是巨大的。仅举最广为人知的例子，**抚养比率(support ratios)将下降**，越来越少的工人将不得不承担越来越多的退休人员的**融资负担(burden of financing)**(例如: Gertler, 1999; Gruescu, 2007)；**总体生产力水平将发生变化**，因为工人具有特定年龄的生产力特征，社会的年龄分解(age decompositions of societies)将发生变化(有关概述, 参见 Skirbekk, 2008)；**个人的储蓄行为也会改变**，因为他们希望活得更久(例如：Heijdra & Ligthart, 2006; Heijdra & Romp, 2008)。

然而，**在资本边际产出递减的背景下，人口老龄化对人均产出增长的影响， 只体现在人口老龄化带来的抚养比、家庭储蓄行为和总生产力状况的改变对人均产出增长的暂时影响**。原因是，从高生育率到低生育率的转变不会导致特定人口的年龄分解发生永久性变化(permanently changing age decomposition of a certain population)(参见 Preston 等人, 2001)，而**家庭储蓄行为的诱导变化对人均产出只有水平影响(Solow, 1956; Cass, 1965; Koopmans, 1965; Diamond, 1965)**。相比之下，我们**感兴趣的是人口老龄化对长期人均产出增长的影响**。由于**技术进步已被确定为长期经济繁荣的主要决定因素(例如: Romer 1990; Aghion and Howitt 1992; Jones 1995a; Segerström 1998)**，我们特别关注**年龄分解变化对研发(R&D)强度的影响**。**研究这些影响的自然模型类别是内生和半内生增长框架，其中社会的研发努力由效用最大化家庭和利润最大化企业之间的相互作用产生的一般均衡力量决定**。

有目的的研发投资的内生增长模型(例如: Romer 1990; Grossman and Helpman 1991; Aghion and Howitt 1992)指出，除了其它影响外，某个国家的人口规模对其长期经济发展至关重要(规模效应，如何剔除规模效应参考巴罗教材和李中华教材与其 handouts)。这种观点认为，大国之所以能够更快地增长，是因为它们有更多的科学家可供雇用，并拥有为创新企业提供更多利润机会的更大的市场。这被称为规模效应(scale effect)，然而，琼斯(1995b)对此提出了质疑，因为它没有得到经验证据的支持。在另一篇文章中，Jones(1995a)为半内生增长模型铺平了道路(另见: Kortum 1997; Segerström 1998)，其中长期经济表现受人口增长而非人口规模的影响。半内生增长模型的基本思想是，随着技术前沿的不断扩大，发展固定份额的新技术变得越来越困难。因此，越来越多的科学家必须致力于研发活动，以维持一定的技术进步速度。从长远来看，这只能通过人口的正增长来实现。

尽管所描述的模型考察了以人口规模(population size)和人口增长(population growth)为代表的人口模式变化(changes in demographic patterns)对经济增长的影响，但对于人口老龄化的后果(人口老龄化的后果，如，劳动力供给和劳动生产率的不变化，它们是人口老龄化作用于经济增长的众多机制中的核心机制)，这些模型仍然保持沉默。原因是它们共同的基本假设，即经济体由永久存活的具有代表性的相同个体组成。我们根据 Blanchard(1985)关于内生增长范式的精神和 Buiter (1988)关于半内生增长范式的精神，通过概括这些框架来说明有限的个体规划视野和世代重叠，从而引入个体特定年龄的异质性(introduce age-specific heterogeneity of individuals by generalizing these frameworks to account for finite individual planning horizons and overlapping generations)。在这样做的时候， 我们假设个体不会永远活着，但他们必须在每一瞬间面对一定的死亡率。 此外，我们考虑了 Barro 和 Becker(1989)、Sato 和 Yamamoto(2005) 以及 Miyazawa(2006)提出的内生性生育选择(endogenous fertility choices)，在这些选择中，父母想要孩子， 同时他们也面临着放弃消费的相关成本(associated costs in terms of foregone consumption)。标准的内生和半内生增长模型是我们框架的特例，其中死亡率等于零，生育率是外生给定的。

为了便于分析(for analytical tractability)，在我们的模型中，死亡率必须与年龄无关。因此，儿童死亡率和生育决定之间的相互作用在其领域内无法令人满意地研究。然而，我 们承认这是一个非常重要的主题：Doepke(2005)分析了儿童死亡率下降对 Barro 和 Becker(1989)模型预测的影响，并得出结论，儿童死亡率下降本身不能解释这一框架内人口增长放缓的原因。相比之下，Kalemli-Ozcan(2002、2003)假设父母是风险规避者，并使用该框架研究儿童死亡率和人力资本投资之间的相互作用。研究发现，外生性儿童死亡率的下降降低了对儿童的预防性需求，这有可能降低人口增长。人口增长的放缓反过来让父母能够提高对儿童人力资本的投资，从而使处于前工业化发展阶段的国家摆脱马尔萨斯 陷阱。此外，Cigno(1998)着重于内生性儿童死亡率对父母生育决定的影响，并发现，如果父母意识到他们可以通过增加儿童营养和健康支出来提高其儿童的生存概率，那么死亡率和生育率是正相关的。如果儿童死亡率很高 (不发达国家)，旨在降低儿童死亡率的政府投资会增加父母对儿童数量 以及这些儿童的营养和健康的投资，从而促进人口增长。相反，如果儿童死亡率较低(发达国家)，政府在降低儿童死亡率方面的进一步投资主要导致父母在子女数量以及营养和健康方面的投资减少。因此，在这一发展阶段， 降低儿童死亡率的政府政策主要代表了对父母消费的补贴。我们的结论是，一旦考虑到(内生性)儿童死亡率，就会发生非常有趣和相关的相互作用。因此， 应在后续模拟研究中考虑这一点，其中分析的可处理性(analytical tractability 不太重要(不考虑分析的便利性)，因此死亡率可以随年龄变化。

总之，我们的研究结果表明，在传统的内生和半内生增长模型中，更现实的人口结构是可取的，因为它可以将人口规模变化的增长效应与人口年龄结构变化的增长效应分开。我们还可以证明，人口老龄化的增长效应在内生增长范式和半内生增长范式之间是不同的。特别是，我们发现死亡率降低对长期增长有积极影响，而生育率降低则相反。在 Romer(1990)模型中，死亡率下降的积极影响大于生育率下降的消极影响，而在 Jones(1995a)框架中，积极和消极影响正好相互抵消。此外，在 Romer(1990)模型中，人口老龄化对长期经济增长产生了积极影响，而在 Jones(1995a)案例中，其特殊影响取决于生育率和死亡率之间的相对变化。

文献的另外两个分支与我们的努力密切相关。第一个(Reinhart 1999; Futagami and Nakajima 2001; Petrucci 2002)基本上遵循 Romer(1986)的假设，即生产过程中存在知识溢出，因此，总生产函数中没有资本收益递减。 这一假设使他们能够得出人口(统计学)导致的个人储蓄行为变化的影响，甚至得出长期经济增长表现的结论。最近一项非常有趣的贡献(Schneider 和 Winkler, 2010)使用该框架将死亡率内生化，并分析个人健康投资的福利影响。然而，Romer(1986)的知识溢出模型受到了批评，因为经验证据更倾向于资本边际产出递减(Mankiw et al.1992)。此外，我们无法在这样的 框架内分析老龄化对有目的的研发投资(purposeful R&D)的影响，正如我们稍后将看到的，这些模型中老龄化对经济增长影响的传导机制(transmission mechanism)与我们的方法不同，因为我们还考虑了内生利率。

我们工作的第二个相关分支(Kalemli Ozcan 等人, 2000; Cervellati & Sunde, 2005; Hazan & Zoabi, 2006)侧重于人口老龄化对人力资本积累的影响，基本上说，个人预期寿命的增加使人力资本投资更有利可图。因此，人力资本积累增加，通过这些模型在人力资本积累和经济发展之间建立的特殊联系促进经济增长(人力资本积累可以通过各种渠道促进经济增长(Lucas 1988；Galor & Weil 2000))。然而，此外，这些模型没有考虑老龄化对有目的的 R&D 投资的影响，因此老龄化对经济增长的传到机制就其本质而言与我们不同。

论文如下(The paper proceeds as follows)：第 2 节描述了一个模型，该模型将 Romer(1990)和 Jones (1995a)框架视为特例，并具有更丰富的人口结构。第 3 节考察了特例(nested, 嵌套)规范中人口变化对长期经济增长前景的影响。第 4 节得出结论并强调了进一步研究的范围(scope for further research)。

2. The Model

2.1 Basic assumptions and their implications

(模型框架类似于 Romer 内生增长模型)
我们的模式经济的基本结构有三个部门：最终产品生产、中间产品生产和研发。经济有两个可供支配的生产要素：资本和劳动力。劳动力和机器用于为完全竞争的市场生产最终产品，资本和蓝图(blueprint, 即研发成果)用于在 Dixit 和 Stiglitz(1977)垄断竞争的中间产品部门生产机器，劳动力用于在研发部门生产特定机器的蓝图。请注意，在完全竞争的劳动力市场上，研发部门与最终产品部门争夺劳动力(两个生产要素在三个部门之间的分配)。

技术进步被认为是横向的(horizontal)，也就是说，它表现为在中间产品部门引进新的产品品种。假设技术进步以现有产品种类的质量改进为形式，使用具有垂直创新的模型不会改变我们关于长期增长率的定性结果。原因在于，相应的内生增长文献(Grossman & Helpman 1991; Aghion & Howitt 1992)和半内生增长文献(Segerström 1998)中的长期增长驱动力在质量上与横向创新的一般模型非常相似。然而，尽管从社会角度来看，横向创新模式的长期增长率总是太低，但纵向创新模式却并非如此。在这些框架中，竞争公司对现有产品的质量改进会迫使现有公司倒闭。这种所谓的“商业盗窃效应”降低了老牌企业的利润，因此对整体福利产生了负面影响。因此，从社会角度来看，创新可能过快，长期经济增长可能过高。这意味着，如果我们的研究将垂直创新模型作为基线框架，人口变化的福利效应可能会有所不同。

与 Romer(1990)和 Jones(1995a)框架所依赖的代表性代理人假设相反，我们根据 Blanchard(1985)的精神(spirit)将世代交叠引 Romer(1990)案例，并根据 Buiter(1988)的精神将世代交叠引入 Jones(1995a)案例。我们假设一个经济体的人口由不同的群体组成，这些群体的区别在于其出生日期(用 t_0 表示)。每个群体都由在特定时刻 t($t>t_0$)对个体的度量 N(t_0, t)组成。此外，个体必须面对与年龄无关的恒定瞬时死亡风险，我们用 μ 表示。由大数定律知，这个表达式也指在每一瞬间死亡的个体的比例。此外，我们将个人的生育决定内生 化，因为他们的效用随子女数量的增加而增加，而养育子女需要父母放弃消费(参见 Barro & Becker 1989; Sato & Yamamoto 2005; Miyazawa 2006)。

个人的生育决定允许人口增长、人口停滞和人口下降，这取决于死亡率水平。我们将针对基于研发的经济增长模型的两个规范，研究所有这些可能结果的增长效应。由于工业化国家的长期增长率在过去几十年中趋于稳定(Kaldor 1957; Jones 1995a; Acemoglu 2009)，我们将在下一步集中关注平衡增长路径(BGPs)。根据其定义，BGP 意味着持续的长期增长，这要求人口在 Romer(1990)的框架中保持不变，在 Jones(1995a)的框架内增长。在我们的框架中，这两种情况都是关于个体生育决定的不同参数的可能结果。 在 Romer(1990)模型的世代交叠版本的 BGP 中，参数必须使得出生率等于 μ，而在 Jones(1995a)模型的世代交叠版本中，参数必须使得人口以 $n=\beta-\mu$ 的速度增长、 其中 β 表示出生率(birth rate)， $\beta>\mu$ 。

在这种程式化的规范(Jones 版本)中，生育率的降低导致人口增长放缓和人口老龄化，而死亡率的降低只会增加人口增长率，对总年龄分解没有影响(通过下面方程 1 可知，方程只是 β 的系数，而不是 μ 的系数)。为了了解这一点(to see this)，考虑在时间 t_0 出生的特定群体的大小： $N\left(t_0, t\right)=\beta N\left(t_0\right) e^{-\mu\left(t-t_0\right)}=\beta N(0) e^{\beta t_0} e^{-\mu t}$ ，其中 $N(0)$ 是初始人口规模(size)(t_o 时刻的人口基数)。人口的比例年龄结构，即特定群体相对于整个人口的规模(Preston et al.2001, 第 144–147 页)，由下式给出:

$$\frac{N\left(t_0, t\right)}{N(t)}=\frac{\beta N(0) e^{\beta t_0} e^{-\mu t}}{N(0) e^{(\beta-\mu) t}} \quad=\beta e^{-\beta\left(t-t_0\right)} \tag{1}$$

取出生率的导数有：

$$\frac{\partial\left[N\left(t_0, t\right) / N(t)\right]}{\partial \beta}=e^{-\beta\left(t-t_0\right)}-\beta e^{-\beta\left(t-t_0\right)}\left(t-t_0\right) \tag{2}$$

其中，我们发现出生率的下降降低了年轻人群的比例年龄结构(其年龄 $t-t_0$ 较低)，而反之则适用于年龄较大的人群(出生率的下降增加了老年人群的比例年龄结构)。因此，出生率的降低提高了人口的平均年龄。 由于 μ 未出现在方程 1 中，死亡率的变化不会影响比例年龄结构，因此死亡率的降低不会影响人口的平均年龄。这取决于(hinge on)死亡率与年龄无关的假设，这是模型的解析可解性所必需的。相反，如果老年死亡率可以降低，而其余人口的死亡率保持不变，这将增加人口的平均年龄。

在 Romer(1990)的框架中，人口变化可以通过生育率和死亡率的同期比例变化来分析。在这种情况下，比例意味着“在相同的数量级上(in the same order of magnitude,)”，从而保持恒定的人口水平。因此，生育率和死亡率的降低导致人口老龄化，使人口规模保持不变。在 Jones(1995a)的框架中，人口变化可以通过相互独立地改变出生率和死亡率来分析。同等条件下出生率的降低导致人口老龄化和人口增长率的放缓，而同等条件下死亡率的降低增加了人口增长率，但对年龄结构 没有影响。

最后，我们希望明确一些假设，这些假设是我们分析所依据的世代交叠和基于研发的增长文献所隐含的。其中包括不同个体的劳动力供给，无论其年龄大小，都是完美的替代品，个体具有完美的远见，并且他们将其他代理人的行为视为既定行为，也就是说，他们不参与战略互动。此外，我们从一般会削弱代际更替影响的遗赠中提取。然而，除非假设全部遗产(因此，代表性代理人假设将通过后门重新引入)，否则我们的结果不会发生质的变化。

2.2 Consumption side

废除时间下标，考虑某个个体最大化其终生效用的贴现流：

$$u=\int_{t_0}^{\infty} e^{-(\rho+\mu)(\tau-t_0)}[\log(c)+\gamma\log(\beta)]d\tau \qquad (3)$$

其中，c 指工人对最终商品的消费， $\gamma\in(0,1)$ 是儿童的权重。主观时间贴现率 $\rho>0$ 随死亡率 $\mu>0$ 的增加而增加(The subjective time discount rate ρ > 0 is augmented by the mortality rate μ > 0)，因为与没有终生不确定性的情况相比，面临死亡风险的个体不太可能将消费和生育推迟到未来。注意，关于 γ 的参数限制确保了严格为正但有限的出生率，而对数效用的假设对于分析的易处理性是必需的。

我们实施了 Yaari(1965)的假设，即个人通过使用他们的储蓄购买一家公平人寿保险公司的精算票据，以确保拥有资产的自己免受死亡风险的影响。这样一家公平的人寿保险公司基本上将死亡个人的财富重新分配给幸存的人，因此实际资本回报率因死亡率而增加。此外，我们假设儿童的成本由放弃的消费表示，即父母为其子女提供其自身消费的某一部分 $\psi>0$ 。因此，我们遵循 Barro 和 Becker(1989) 的一个特例，其中儿童的成本仅用消费品来衡量(Becker 2015 是否也是这样处理，具体忘记了)。这一假设使我们能够推导 出一个恒定的正出生率，也就是说，该模型既不具有零生育率的反事实情况也不具有超指数人口增长的反事实情况。

因此，个人的财富约束为：

$$\dot{k}=(r+\mu-\delta)k+\hat{w}-(1+\psi\beta)c \qquad (4)$$

其中，其中 k 表示个人资本存量， r 表示资本租金率， δ 表示机器折旧率， $\hat{w}$ 表示非利息收入，包括工资支付和可能的一次性再分配。此外，我们将最终货物称为 numéraire。请注意，我们假设非弹性劳动力供给，即每个人提供其所有可用劳动力，而不考虑工资率。约束的左侧表示个人资本存量的变化，而右侧包括个人储蓄总额，即资本收入和非利息收入超过消费支出。这些消费支出包括父母的消费和给予子女的消费，后者代表每个子女家庭总消费的恒定部分 ψ 。在财富约束下实现效用最大化产生恒定的出生率：

$$\beta=\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi} \qquad (5)$$

这增加了个人想要孩子的欲望，并降低了每个孩子的成本。这可以通过取方程 5 关于两个参数 γ 和 ψ 的导数很容易看出。如果与每个孩子的成本相比较 生育意愿足够强烈，以至于生育率超过死亡率，则人口增长率 $n=\gamma/((1-\gamma)\psi-\mu$ 是正的；如果反之，则人口增长率是负的；如果 $\mu=\gamma/((1-\gamma)\psi$ ， 则人口增长率为 0。 由于出生率随时间变化是恒定的，我们可以推导出个人的(individual, 单个的)欧拉方程：

$$\frac{\dot{c}}{c}=r-\delta-\rho \qquad (6)$$

方程 6 表明当且仅当利率 $r-\delta$ 超过贴现率 ρ 消费支出增长为正。然而，我们的**经济并非只有一个具有代表性的个体**，我们必须**使用某些总规则来提出总消费支出增长的表达式以及总资本的运动规律**。这在第 2.2.1 节中针对**罗默(1990)**模型的 BGP 进行了说明，该模型需要恒定的人口，在第 2.2.2 节中针对**琼斯(1995a)**模型的 BGP 进行了说明，该模型需要不断增长的人口。在第 3.3 节中，我们比较了人口结果和两个基本增长框架的所有可能组合中人口变化的影响。

2.2.1 Aggregation in case of a constant population

(异质性代理人：年龄、财富)
在我们的框架中，代理人在年龄方面是异质的，因此在积累的财富方面也是异质的，因为年龄较大的代理人在过去有更多的时间积累正资产。为了获得总资本的运动规律和整个经济体(“总”)的欧拉方程，我们必须应用以下规则对 t 时刻所有活着的群体进行积分(整合, integrate)(Heijdra & van der Ploeg 2002)：

$$K(t) \equiv \int_{-\infty}^{t} k\left(t_0, t\right) N\left(t_0, t\right) d t_0 \qquad (7)$$

$$C(t) \equiv \int_{-\infty}^{t} c\left(t_0, t\right) N\left(t_0, t\right) d t_0 \qquad (8)$$

其中，我们用大写字母表示总变量。在对罗默(1990)事例(模型)的 BGP 应用我们的人口(统计)假设后，我们可以将这些规则改写如下(we can rewrite these rules as follows):

$$C(t) \equiv \mu N \int_{-\infty}^{t} c\left(t_0, t\right) e^{\mu\left(t_0-t\right)} d t_0 \qquad (9)$$

$$K(t) \equiv \mu N \int_{-\infty}^{t} k\left(t_0, t\right) e^{\mu\left(t_0-t\right)} d t_0 \qquad (10)$$

因为在人口规模 N 不变的情况 下有 $\psi=\gamma /((1-\gamma) \mu) \Rightarrow \beta=\mu$，在 $t>t_0$ 的某个时间点的每个群体的规模为 $\mu N e^{\mu\left(t_0-t\right)}$ 。因此，对于时间 t 的总人口规模，我们有 $\int_{-\infty}^{t} \mu N e^{\mu\left(t_0-t\right)} d t_0=N$ 成立，并且由于我们假设劳动供给缺乏弹性，劳动力 $L \equiv N$ 的规模也成立。在进行了在线附录中所描述的计算后，我们得出了**总资本运动规律和总 Euler 方程的下列表达式**：

$$\dot{K}=(r-\delta) K(t)-\left(1+\frac{\gamma}{1-\gamma}\right) C(t)+\hat{W}(t) \qquad (11)$$

$$\frac{\dot{C}(t)}{C(t)}=r-\rho-\delta-\frac{\gamma}{(1-\gamma) \psi} \frac{\rho+\gamma /((1-\gamma) \psi)}{1+\gamma /(1-\gamma)} \frac{K(t)}{C(t)} \qquad (12)$$

其中， $[(\rho+\gamma /((1-\gamma) \psi)) K(t)) /((1+\gamma /(1-\gamma)) C(t)]=[C(t)-c(t, t) N] / C(t)$ ，我们用 Ω 表示。注意，一个经济体的平均消费总是高于新生儿的消费，因为新生儿还没有任何积累的资本。因此，**可以写成平均消费量和人口规模乘积的总消费 $C(t)$ ，总是高于新生儿消费量乘以人口规模 $c(t, t) N$ ，因此 $\Omega \in(0,1)$** 。因此，总消费支出的增长总是低于个人消费支出的 增长。直观的解释是，在每一瞬间，都有 μ 比例部分的老年人即较富裕的人死亡， 取而代之的是较贫穷的新生儿。

由于后者的消费能力低于前者，因此与个人 消费支出增长相比，世代更替(turnover of generations)减缓了总消费支出增长(Heijdra & van der Ploeg 2002)。至于总资本的运动规律，我们看到死亡率并没有出现。原因是人寿保险公司只是在不同阶层之间重新分配资本，而本身并没有从整体经济中创造或减少资本。

2.2.2 Aggregation in case of a growing population

在 Jones(1995a)模型的 BGP 情况下，人口增长为正。这种情况下的总规则与第 2.2.1 节中的规则相同，但人口假设发生变化，因为生育率超过死亡率 μ 。因此，人口增长率为 $n=\gamma /((1-\gamma) \psi)-\mu$ 、 我们将初始人口规模标准化为 $N(0)$ ，等价于初始劳动力 $L(0)$ 。然后，我们可以将某个时间点在 $t_0<t$ 出生的群体的大小写成：

$$N(t_0,t)=\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}L(0)e^{\frac{\gamma}{(1-\gamma)\phi}t_0}e^{-\mu t} \qquad (13)$$

对所有活着的群体进行积分，得出人口规模，即 t 时刻的可用的劳动力数量：

$$L(t)=L(0)e^{\left[\frac{-\gamma}{(1-\gamma)\psi}-\mu\right]t} \qquad (14)$$

因此，我们可以根据下式 定义总资本存量和总消费：

$$C(t)\equiv\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}L(0)e^{-\mu t}\int_{-\infty}^{t}c(t_0,t)\,e^{\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}t_0}dt_0 \qquad (15)$$

$$K(t)\equiv\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}L(0)e^{-\mu t}\int_{-\infty}^{t}k(t_0,t)\,e^{\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}t_0}dt_0 \qquad (16)$$

经过在线附录中所描述的计算后，我们得出了总资本的运动规律和总 Euler 方程:

$$\dot{K}=(r-\delta)K(t)-\left[1+\frac{\gamma}{1-\gamma}\right]C(t)+\hat{W}(t) \qquad (17)$$

$$\frac{\dot{C}}{C}=r-\rho-\delta+\frac{\gamma}{(1-\gamma)\psi}\left[\frac{H(t)}{K(t)+H(t)}\right]-\mu \qquad (18)$$

其中 $H(t)$ 是指人类财富的总和。如果我们用 Ω' 表示 $H(t)/(K(t)+H(t))$，我们可以立即得出 $\Omega'\in(0,1)$ 成立的结论，且整个经济体的消费支出增长不同于个人消费支出增长。现在，这一观点仍然认为，死亡率的增加意味着老年人和富人死亡的频率更高，且他们被没有资本的新生儿取代导致总消费支出增长比个人消费支出增长放缓。然而，现在**生育率的变化产生了另一个影响**：**较高的生育率 $\gamma/((1-\gamma)\psi)$ 导致更快的人口增长，进而刺激总消费支出增长**。请注意，总资本的运动规律与恒定人口规模的情况下相同(Buiter 1988)。

2.3 Production side

现在我们转向**模型经济体的生产方面**，它紧随 Romer (1990)和 Jones (1995a)。**最终产品部门生产以劳动力和中间产品为投入的消费总量**。为了做出合理的经济解释，我们**将中间品种类称为差异化机器**。最终产品部门的生产函数可以写成

$$Y=L_Y^{1-\alpha}\int_0^A x_i^{\alpha}di \qquad (19)$$

其中 Y 代表消费总量的产出，即一国的国内生产总值(GDP)， L_Y 指的是在最终产品生产中使用的劳动，A 是技术前沿(松散地说，是有差别的机器的'数量')， x_i 是我在最终产品生产中使用的特定机器的数量， $\alpha\in(0,1)$ 是中间投入份额。**利润最大化和最终产品部门完全竞争的假设意味着要素的报酬是其边际产品**

$$w_Y=(1-\alpha)\frac{Y}{L_Y} \qquad (20)$$

$$p_i=\alpha L_Y^{1-\alpha}x_i^{\alpha-1} \qquad (21)$$

其中 w_Y 指最终产品部门支付的工资率， p_i 指中间投入物的价格。

按照 Dixit 和 Stiglitz(1977)的观点(in the vein of Dixit and Stiglitz)，中间产品部门具有垄断竞争性，因此每个企业生产一台差异化机器。在这样做的过程中，它必须从研发部门购买 一个特定机器的蓝图，然后在生产中使用**资本作为可变投入**。**蓝图的成本代表每个公司的固定成本**。**自由进入确保营业利润(operating profits)等于固定成本，从而使总利润为零**。在**中间产品生产商购买了蓝图后，它可以将一个单位的资本转**
化为一个单位的中间产品，即 $k_i=x_i$ 。因此，营业利润可以写为：

$$\pi_i = p_i k_i - r k_i = \alpha L_Y^{1-\alpha} k_i^{\alpha} - r k_i \qquad (22)$$

之后，利润最大化的企业给出机器价格：

$$p_i = \frac{r}{\alpha} \qquad (23)$$

其中 $1/\alpha$ **是边际成本的加成**(Dixit & Stiglitz 1977)。请注意，**这适用于所有公司**，因此我们可以从现在开始去掉指数(下标)i。总资本等于生产的所有中间产品的数量，即 $K = Ax$，因此方程 19 变为:

$$Y = (AL_Y)^{1-\alpha} K^{\alpha} \qquad (24)$$

技术进步表现为劳动增广型(technological progress appears as labor augmenting，劳动力增加)。

研发部门雇用科学家来发现新的蓝图。根据**科学家的生产力** λ **和技术溢出的大小** ϕ，蓝图的数量根据下面的式子变化：

$$\dot{A} = \lambda A^{\phi} L_A \qquad (25)$$

其中 L_A 表示雇佣的科学家数量。我们发现，如果科学家的生产力更高，或技术溢出更高，那么技术前沿扩张得更快。如果 **ϕ=1**，溢出效应足够强大， 以至于随着技术前沿的扩张，开发固定比例的新蓝图不会变得更加困难。相反，如果 **ϕ<1**，溢出效应不够低，并且随着 A 的增加，开发固定比例的新图变得越来越困难。在前一种情况下，我们的经济遵循 Romer(1990)的情景；在后一种情况下，它遵循琼斯(1995a)的情景。此外，研发部门存在完全竞争，研发企业将最大化它们的利润 π_A：

$$\max_{L_A} \pi_A = p_A \lambda A^{\phi} L_A - w_A L_A \qquad (26)$$

pA 代表蓝图的价格。一阶条件将研究部门的工资固定在

$$w_A = p_A \lambda A^{\phi} \qquad (27)$$

对这一等式的解释很简单：科学家的工资随着他们生产效率的提高而增加，随着研发公司对蓝图索要的价格的提高而提高。**如果 ϕ=1，不断扩大的技术前沿逐渐增加科学家的工资， 而 ϕ<1 意味着技术进步导致的科学家工资增长越来越小(一阶和二阶导)。**由于**最终产品部门工人的工资呈线性增长，后者意味着成为一名科学家将变得越来越没有吸引力**。

2.4 Market clearing

各部门之间存在完美的劳动力流动性，因此最终产品生产者的工资和科学家的工资相等。原因是，最终产品部门的工人和科学家在教育和生产率方面没有什么不同。因此，如果这两个部门中的一个部门的工资较高，就会吸引另一个部门的工人，直到工资再次相等为止。因此，我们可以将式 20 插入式 27 中，得到以下平衡条件

$$p_A \lambda A^{\phi} = (1-\alpha)\frac{Y}{L_Y} \qquad (28)$$

研发部门的企业可以收取与中间产品部门营业利润现值相等的蓝图价格，因为总有一个潜在的进入者由于自由进入而愿意支付该价格。因此，我们有

$$p_A = \int_t^{\infty} e^{-R(\tau)} \pi d\tau \qquad (29)$$

其中， $R(\tau) = \int_t^{\tau} (r(s) - \delta) ds$ **使得贴现率(discount rate)为市场利率。通过莱布尼兹规则和蓝图价格以及利率不随(along)BGP 变化的事实，我们可以获得**

$$p_A = \frac{\pi}{r-\delta} \qquad (30)$$

这意味着蓝图的价格等于中间产品生产商的营业利润除以市场利率。注意， 该表达式只能在固定利率和固定蓝图价格(即其不随 BGP 变化)下解析得出。转移动态在这样的框架下无法纪进行解析性分析(Acemoglu 2009，p.439–440 对此有证明; Schmidt 2003 使用了数值方法)。因此，比较统计分析应视为不同 BGP 之间的比较。下一步，我们使用方程 22 获得营业利润

$$\pi = (1-\alpha)\alpha\frac{Y}{A} \qquad (31)$$

因此，方程 30 变为：

$$p_A = \frac{(1-\alpha)\alpha Y}{(r-\delta)A} \qquad (32)$$

假设劳动市场出清，即，我们可以使用方程 28 确定最终产品部门和研发部门的劳动力数量

$$\begin{aligned} L_Y &= \frac{(r-\delta)A^{1-\phi}}{\alpha\lambda} \\ L_A &= L - \frac{(r-\delta)A^{1-\phi}}{\alpha\lambda} \end{aligned} \qquad (33)$$

这两个方程的解释很简单：资本市场利率 $r-\delta$ 越高，研发投资的机会成本就越大，因此研发部门的科学家数量越少，最终产品部门的工人数量越多；研究人员的生产率 λ 越高，研发部门的科学家就越多，最终产品部门的工人就越少；如果知识溢出 ϕ 不足以阻止蓝图的指数增长变得越来越难以实现，那么不断扩大的技术前沿将减少研发部门科学家的就业，并增加最终产品部门工人的就业；最后，最终产出的中间品(intermediate)份额 α 的提高增加了研发部门的科学家数量，并减少了最终产品部门的工人数量，因为最终产出的生产 劳动密集度降低(production of final output becomes less labor intensive)。将方程 33 插入方程 25，并考虑到蓝图一旦开发不会磨损，将导致技术的演变以下列形式：

$$\dot{A} = \max\left\{\lambda A^{\phi}L - \frac{(r-\delta)A}{\alpha}, 0\right\} \qquad (34)$$

我们看到，技术前沿的扩张速度越快，人口规模就越大。上述所有减少研发部门科学家数量的因素也会降低技术进步的速度(reduce the pace of technological progress)。

---

3. Effects of demographic change on economic growth

从现在起，我们必须区分 Romer(1990)案例和 Jones(1995a)案例，前者技术溢出较强且人口规模不变，后者技术溢出较弱且人口以 n 的速度增长。我们推导了这些情况下沿着 BGPs 的人均增长率，并分析了其对人口变化的依赖性。 在接下来的两小节中，我们将重点讨论增长率为正的内部解(interior solutions)。当我们在第 3.3 节中总结我们的结果时，我们也会考虑边界解(boundary solutions)。

3.1 The BGP growth rate in the Romer (1990) case

在实施 Romer(1990)模型的中心假设 $\phi=1$ 后，经济增长率可以写成：

$$g = \lambda L - \frac{r-\delta}{\alpha} \qquad (35)$$

因为我们知道，沿着 BGP，我们有一个 $\dot{A}/A=\dot{C}/C=\dot{K}/K=g$ 为了消除内生市场资本回报率，我们使用恒定人口规模的总 Euler 方程，得到以下表达式：

$$r=g+\rho+\delta+\mu(\rho+\mu)\frac{K}{C} \qquad (36)$$

与具有代表性的无限期存活代理人(representative infinitely lived agent)的设置不同，还有一个未知表达式需要解释，即 K/C 。因此，我们将封闭经济中总资本的运动规律改写为 $\dot{K}=Y-C-\delta K$ ，这样我们就得到了附加方程

$$g=\frac{r}{\alpha^2}-\frac{C}{K}-\delta \qquad (37)$$

其中，我们使用 $Y/K=r/\alpha^2$ 。因此，我们总共有三个方程 35、36 和 37 来解决三个未知量 g、r 和 $\xi=C/K$ 。经济相关的 BGP 增长率归结为(boils down to, 概括为)：

$$\begin{aligned} g_R^{BGP}=&\frac{\alpha(L(1+\alpha)\lambda-\rho)-\left(\alpha^2-1\right)\delta}{2\alpha(1+\alpha)}\\ &+\frac{\sqrt{(\gamma-1)^2((\alpha-1)(\alpha\delta+\delta+L\alpha\lambda)-\alpha\rho)^2\psi^4+4\alpha^3\gamma(\gamma+\rho\psi-\rho\psi\gamma)\psi^2}}{2\alpha(1+\alpha)(\gamma-1)\psi^2} \qquad (38)\end{aligned}$$

其中，下标表示 Romer(1990)情况，同时我们使用 $\mu=\beta=\gamma/((1-\gamma)\psi)$ 。回想一下，对参数变化评估的恰当解释是两个不同的 BGP 相互比较。现在，我们可以陈述第一个中心结果。

命题 1： 在 Romer(1990)精神的内生增长的事例中，延长寿命对经济体的 BGP 增长率有积极影响。

证明：对方程 38 求关于 γ和ψ 的导数有

$$\frac{\partial g_R^{BGP}}{\partial\gamma}=\frac{\alpha^2((\gamma-1)\rho\psi-2\gamma)}{(1+\alpha)(\gamma-1)^2\chi}$$

$$\frac{\partial g_R^{BGP}}{\partial\psi}=\frac{\alpha^2\gamma((\gamma-1)\rho\psi-2\gamma)}{(1+\alpha)(\gamma-1)\psi\chi}$$

$$where \quad \chi=\sqrt{(\gamma-1)^2((\alpha-1)(\alpha\delta+\delta+L\alpha\lambda)-\alpha\rho)^2\psi^4+4\alpha^3\gamma(\gamma+\rho\psi-\rho\psi\gamma)\psi^2}$$

因为我们知道 δ、ρ、λ 是正的， α、$\gamma\in(0,1)$ ，我们立即看到 χ 为正。此外， $\partial g_R^{BGP}/\partial\gamma$ 和 $\partial g_R^{BGP}/\partial\psi$ 中的分子(nominator)都是负的，而分母都是正的。因此，BGP 的增长率随 γ 降低，而随 ψ 增加。由于寿命在随 γ 减少，在随 ψ 增加，因此这个命题成立。

这一发现的直觉是，死亡率的降低减缓了世代更替，因此需要较低的市场利率来维持给定的总消费支出增长率。由于研发投资的未来利润按该市场利率贴现，因此研发投资的盈利能力提高。因此，研发努力的增加促进了长期增长，因为罗默(1990)案例中的跨期知识溢出足够大，其影响是可持续的。

3.2 The BGP growth rate in the Jones (1995a) case

为了获得 Jones(1995a)案例中用 g_J^{BGP} 表示的 BGP 增长率，我们搜索技术增长率恒定的表达式，并在在线附录中进行相关计算。这让我们得到

$$g_J^{BGP}=\frac{\gamma/((1-\gamma)\psi)-\mu}{1-\phi} \qquad (39)$$

因此我们可以陈述第二个主要结果。

命题 2：在琼斯精神的半内生增长的案例中(1995a)，降低死亡率会提高一个经济体的 BGP 增长率，而降低生育率会降低 BGP 增长率。

证明：取方程 39 关于死亡率和决定生育率的参数的导数有：

$$\frac{\partial g_J^{BGP}}{\partial \mu} = -\frac{1}{1-\phi}, \quad \frac{\partial g_J^{BGP}}{\partial \gamma} = \frac{\psi}{[(1-\gamma)\psi]^2(1-\phi)},$$

$$\frac{\partial g_J^{BGP}}{\partial \psi} = -\frac{\gamma(1-\gamma)}{[(1-\gamma)\psi]^2(1-\phi)}$$

回顾参数限制 $\phi < 1, \gamma \in (0,1), \psi > 0$，我们看到第一个和第三个方程总是负的，而第二个方程总是正的。由于育性随 ψ 降低，随 γ 增加，这个命题成立。

对这一发现的解释是，保持生育率不变的死亡率下降和保持死亡率不变的生育率上升都会增加人口增长率。这导致进入研发部门的科学家数量永久性增加。因此，专利数量的更快增长率可以持续。

3.3 Comparison between the different frameworks

在本小节开始时，我们简要总结了两个不同的基于研发的增长框架内不同人口情景对长期经济繁荣的可能影响。

评论 1(Remark 1)：根据人口增长率和跨期知识溢出的程度，可能出现以下情况:

1. 如果 $\gamma/((1-\gamma)\psi) < \mu$，人口增长是负的，在 Romer(1990)和 Jones(1995a)框架中都不存在长期 BGP，即 对于 ϕ 的所有可能值。 然而，尽管人口不断减少，方程 34 将防止人均 GDP 增长变为负值。
2. 如果 $\gamma/((1-\gamma)\psi) = \mu$，人口停滞，且
   (a). 在 Romer(1990)的框架内，人均 GDP 沿 BGP 呈指数增长，即 $\phi = 1$。
   (b). 从琼斯(1995a)框架的长期来看，经济停滞，即 $\phi < 1$。
3. 如果 $\gamma/((1-\gamma)\psi) > \mu$，人口增长为正，且
   (a). 在 Romer(1990)的框架中，人均 GDP 增长是超指数的，即 $\phi = 1$。
   (b). 在 Jones(1995a)框架下，人均 GDP 沿 BGP 呈指数增长，即 $\phi < 1$。

由于现代知识型经济的实证相关案例是那些具有正的非加速经济增长特征的案例(Kaldor 1957; Jones 1995a; Acemoglu 2009)，因此在比较人口老龄化对经济繁荣(prosperity)的影响时，我们关注两个相关场景(2a, 3b)。

考虑情景 2a，即**在具有人口(统计学)的罗默(1990)模型**(Romer model with demography)，死亡率下降伴随着生育率成比例的下降。这两种效应在人口增长方面相互抵消，从而使人口规模保持不变。**命题 1 允许我们得出结论，降低死亡率对经济增长的好处超过了降低生育率的缺点**。直观的解释是，死亡率的降低也会降低市场利率，通过市场利率，研发投资的未来利润会被贴现。这导致资源转向研发，从而促进人均产出增长。增长效应之所以持久，是因为跨期知识溢出效应很强。相比之下(By contrast)，生育率和死亡率的同期比例下降不会改变情景 3b 中沿 BGP 的增长率，也就是说，在具有人口(统计学)的 Jones(1995a)模型中，如等式 39 所示。原因是跨期知识溢出太弱，一次性资源转移无法产生长期影响。我们在下列评论中总结如下:

评论 2：**在具有 Romer(1990)精神的内生增长的案例中，从长期经济增长 的角度来看，降低死亡率的好处超过了生育率按比例下降的缺点，而在具有 Jones 精神(1995a)的半内生增长的案例中，这些优点和缺点正好相互抵消。**

最后，我们知道，在情景 2a 中(具有人口统计学的 Romer 1990 模型)，人口老龄化是由生育率和死亡率的同期比例下降来描述的，而在情景 3b 中(**具有人口统计学的 Jones1995a 模型)，它只能由生育率下降触发**。**因此，如果内生增长模型能够准确描述基本增长过程，那么人口老龄化将对长期经济增长产生积极影响，而在半内生增长模型中，只要出生率下降没有被(超过)成比例的外生死亡率下降(过度)补偿(the fall in birth rates is not (over)-compensated by (more than) proportional exogenous decreases in mortality)，人口老龄化将产生消极影响**。我们将这一发现总结在下面的命题中:

命题 3：在具有 Romer(1990)精神的内生增长的案例中，(Romer 模型中)人口老龄化对长期经济增长率有积极影响。

在具有 Jones(1995a)精神的半内生增长案例中，以下成立(the following holds):

- 如果死亡率保持不变或下降幅度小于与生育率的比例(decreases less than proportional to fertility)，人口老龄化将对长期经济增长产生负面影响。
- 如果死亡率与生育率成比例下降(mortality declines proportional to fertility)，人口老龄化对长期经济增长没有影响。
- 如果死亡率下降超过与生育率的比例(decreases more than proportional to fertility)，人口老龄化将对长期经济增长产生积极影响。

证明：这源于命题 1 和命题 2 以及这样一个事实：**即罗 Romer(1990)模型中的 μ 下降和琼 Jones(1995a)模型中的 β 下降代表了人口老龄化(人口结构的变化要么由 γ 的变化触发，要么由 ψ 的变化触发)，生育率下降对人口增长率的影响被死亡率的成比例下降完全补偿，在琼斯（1995a）案例中没有增长效应，这一点在方程 39 中很明显。如果生育率下降与死亡率下降超过相关比例(the fertility decline is associated with a more than proportional decline in mortality)，人口增长和长期经济增长甚至会加速。**

(本研究中非常总要的结论)

总之，**我们能够在基于 R&D 的经济增长模型领域内描述人口变化对经济发展的一些重要影响**。一般来说，**生育率的下降会对长期增长产生负面影响， 而死亡率的下降会促进长期增长**。在 Romer(1990)框架中，死亡率下降的积极影响过度补偿了生育率下降的消极影响，而在 Jones(1995a)框架中，生 育率和死亡率同时成比例下降的积极和消极影响相互抵消。此外，我们**已经能够证明人口老龄化的影响在很大程度上取决于用于描述增长过程的基本模型**。虽然**人口老龄化在 Romer(1990)环境中总体上是有益的，但在 Jones (1995a)环境中的影响也取决于生育率和死亡率之间的相对变化。如果死亡率的下降不能完全弥补生育率的下降，那么人口老龄化会对经济增长产生负面影响，而如果死亡率的下降幅度甚至超过生育率，则相反(即，对老龄化对经济增长产生积极的影响)。如果死亡率和生育率都成比例下降，那么长期经济增长率根本不会受到影响**。

---

4. Conclusions

我们建立了一个**内生技术变革模型**，该模型**融合了 Romer(1990)和 Jones(1995a)的框架**。我们通过引入有限的个体规划视野(finite individual planning horizons)来一般化该模型，从而允许**世代交叠和个体的特定年龄异质性**(age-specific heterogeneity of individuals)。此外，我们引入了**个体的内生性生育决定**， 以便他们关心他们拥有的孩子数量，同时考虑到相关成本。总之，**我们表明，基本的人口过程在描述工业化国家的研发强度和长期经济增长前景方面起着至关重要的作用**。

关于人口变化对长期经济增长前景的影响，我们的结果如下：(a) 死亡率 下降积极影响长期增长，(b) 生育率下降消极影响长期增长，(c) 在 Romer(1990)模型中，生育率下降的负面影响被死亡率下降的积极影响所过度补偿，而在 Jones(1995a)框架中，两者正好相互抵消，(d)在 Romer(1990) 案例中，人口老龄化有利于长期经济增长，然而，在 Jones(1995a)的案例中，它是否增加或降低长期经济增长，取决于生育率和死亡率之间的相对变化。

我们的**主要结论**是，目前正在进行的**人口变化不一定会阻碍技术进步，从而阻碍经济繁荣**。**同时降低出生率和死亡率甚至可以导致经济增长率的提高**。 这些结果虽然在一个程式化的理论建模框架内成立，但也与声称人口老龄化对经济繁荣的负面影响可能不像人们常说的那样严重的实证研究一致(Bloom 等人, 2008、2010a、b)。

在我们的框架中，我们**依赖于横向创新的概念**。然而，结果将延续到具有垂直创新的内生和半内生增长模型(Grossman & Helpman 1991; Aghion & Howitt 1992; Segerström 1998)，因为这些模型中导致经济增长的机制与我们使用的基础模型非常相似。然而，重要的是要记住(keep in mind)，具有水平创新的模型和具有垂直创新的模型的福利性质有很大不同。尽管在具有横向创新的模型中，更快的经济增长总是有益的，但在纵向创新的模型中却并非如此。原因是，在后一种模型中，引入新产品会导致技术劣势企业倒闭。相关的负面福利效应可能强到足以通过经济发展过度补偿技术进步的正面福利效应。**整合横向和纵向创新的框架**(Young 1998; Peretto 1998; Dinopoulos & Thompson 1998)**具有平衡的经济增长率，该增长率积极依赖于人口增长和用于研发的劳动比例**。因此，在将人口统计学引入这样一个框架时，我们所考虑的两种情况的要素都会出现。然而，Jones(1999)表明，这些模型需要非常强 的参数限制才能存在平衡增长路径，这限制了它们的通用性。

当然，我们承认，我们的建模方法只是更透彻地理解**人口变化对有目的的研发投资所导致的长期经济发展的影响**的第一步。为了保证分析解决方案并关注**人口变化影响长期经济增长的主要渠道**，我们从不完善的年金市场、年龄相关的死亡率、教育决策(以及人力资本投资)、以及工人的特定年龄和特定职业的异质性中抽象出来(对其进行了抽象概括)。我们认为，这些假设代表了一个明智的选择， 一方面是分析的可处理性和简明的阐述之间的权衡(trade off)，另一方面是对现实的详细描述。然而，它清楚地表明还有进一步研究的余地(it makes clear that there is scope for further research)。