

应用研究·A-3

AI将怎样影响就业市场和人口结构？

——资本—劳动替代弹性的宏观经济分析

导言：一个不容易归到同一个故事里的组合

2026 年 8 月，斯坦福数字经济实验室更新了一份题为《煤矿里的金丝雀？》的工作论文。它用的不是问卷，也不是招聘网站的挂牌数，而是 ADP 的高频薪资册行政数据，覆盖数百万美国雇员，样本延伸到 2026 年 6 月。论文报告的第一项事实是：没有观察到全经济范围的岗位替代。总量层面看不出什么。

看得出来的是结构。在人工智能暴露度高的职业里，22 至 25 岁雇员的就业人数，比"如果它与暴露度低的同龄人保持同步本应达到的水平"低了约 19%；同样这些职业里的资深雇员，没有出现可比的缺口。作者进一步指出，这个调整主要表现为招聘减少而非解雇增加。[1]

作者自己的定性很克制。他们把这些称为"早期的、描述性的指标——煤矿里的金丝雀——而不是因果估计"，并写道"我们不认为人工智能在任何时候、任何地方都是就业的唯一决定因素"。他们检查过利率这条竞争解释，也承认"即便就业结果的分化确实只在 ChatGPT 发布之后才显著，这也可能由同时发生的其他变化驱动"。[2]

同一段时间，另一组数字在另一个方向上走到了极处。中国国家统计局《2025 年国民经济和社会发展统计公报》：全年出生人口 792 万人，出生率 5.63‰；死亡人口 1131 万人；人口自然增长率 -2.41‰；年末全国人口 140489 万人，比上年末减少 339 万人。[3] 作为尺度参照，同一机构公布的 2016 年出生人口是 1786 万人，出生率 12.95‰，自然增长率 5.86‰。[4] 而在劳动力供给的另一端，教育部预计 2026 届全国普通高校毕业生规模 1270 万人，比上一届增加 48 万人。[5]

把它们放在一起，是一个不太容易归到同一个故事里的组合：受过高等教育的新增劳动力在增加，入门端的需求在收缩，而人口存量已经在减少。

这是本文的问题入口，不是本文的证据。这一点需要在开头就说死，因为它决定了后文所有主张的性质：

- 上述三组事实各自都有独立于本文机制的解释——教育供给的滞后扩张、行业雇佣周期、疫情后招聘的均值回归、住房与育儿成本、婚育年龄推迟。本文的框架内没有任何东西能在这些解释之间做出区分。
- 更重要的是，本文的模型根本说不了"调整以什么形式发生"。后文的模型里只有同质的劳动总量和一个利用率，没有招聘流量、没有离职与裁员流量、没有空缺岗位、没有匹配过程、没有年龄与资历、没有入门级岗位。它至多能推出"实现的就业低于充分就业"，推不出这份不足是经由少招还是经由多裁实现的。斯坦福那份论文观察到的"调整发生在雇佣端"是一项数据事实，不是本文模型的推论，本文也不把它当作推论使用。

那么本文要问什么？

标准的人口经济学有一套成熟的读法：生育率下降 → 劳动力增长放缓 → 劳动相对稀缺 → 人均资本上升 → 资本报酬递减压低自然利率、抬高工资。老龄化在这个读法里是一场劳动稀缺冲击。^[6]

本文只问一个问题：

当积累起来的资本越来越多地是替代劳动、而不是配合劳动的那一类时，"人口减少使劳动更稀缺"这个结论是否可能不再成立？

围绕这一个问题，本文依次交代四件事：机制（第二节）、条件（第三节）、反机制（第四节）、待测量的变量（第七节）。第五节交代模型自身的边界，第六节说明本文能为已发布的 A-5 提供什么、不能提供什么。

一、标准读法，和它省略的一步

1.1 教科书链条

考虑一个最简单的世代交叠经济。人口按每代增长率 n 演进，资本按储蓄率积累。生育率下降表现为 n 下降。在规模报酬不变、要素边际产品递减的前提下：

- 劳动力增长放缓，稳态人均资本 k^* 上升；
- 资本边际产品下降，自然利率随之下降；
- 劳动边际产品上升，实际工资率随之上升。

这条链条是干净的，也是稳健的：它只用到规模报酬不变与边际产品递减，不依赖具体的函数形式。本文不否认它的任何一步——后文的模型里，这三条同样成立。

1.2 被省略的那一步

问题出在从"工资率上升"到"劳动收入份额上升"的那一步。这一步常常被默认，其实并不成立。

劳动收入份额是

$$s_L = \frac{wL}{Y} = \frac{w(k)}{y(k)}.$$

资本深化同时抬高分子（工资率）和分母（人均产出）。哪一个抬得更快，取决于两种要素之间能不能互相替代，以及替代得有多容易。

这就是资本—劳动替代弹性 σ 的含义：当资本相对于劳动的价格下降 1%，企业会把资本—劳动投入比提高百分之几。

- $\sigma < 1$ （总体互补）：资本变多时，劳动因为"配不上那么多资本"而变得相对更关键，劳动份额上升；
- $\sigma > 1$ （总体替代）：资本变多时，企业更容易用资本顶替劳动，劳动份额下降；
- $\sigma = 1$ （柯布—道格拉斯刀刃情形）：份额与 k 无关，恒为常数。

用一个很粗的例子把直觉摆出来。设想一家企业的客服环节。互补的情形：企业买进一套工单系统，它让每个坐席的处理量翻倍，但工单最终仍需要人来判断和回复；机器越多，能干活的人越值钱，因为机器的产出被"有多少人能用它"卡住。替代的情形：企业买进一套能独

立完成大部分会话的系统，人只在系统失败时接手；机器越多，需要接手的人越少，系统价格每下降一截，被替换掉的岗位就多一批。

需要提醒的是：这个区分是关于同一条技术边际的，不是关于"AI 有用还是没用"。一套极其有用的工具完全可以互补的，一套能力平平的系统也完全可以替代的。决定符号的不是能力的高低，而是它顶替的是人的哪一部分。

$\sigma = 1$ 恰好是两种效应互相抵消的那个刀刃：机器让每个人的产出上升的比例，恰好等于机器顶替掉的人的比例。它也恰好是几乎所有教科书默认使用的柯布—道格拉斯生产函数。在那个设定里，劳动份额是常数，讨论它随资本深化如何变化没有意义——这是标准框架看不见本文这个问题的一部分原因。（这只是说明它为什么不出现在基准里，不构成任何反对 $\sigma = 1$ 的经验论证。）

这一步在文献中并不新鲜。Karabarbounis 与 Neiman 记录了 1975 年以来全球劳动份额的广泛下降，并论证投资品相对价格下降在资本与劳动足够可替代时会把收入从劳动转向资本；Acemoglu 与 Restrepo 给出了同一置换机制的任务型版本，把"自动化置换劳动"与"新任务复归劳动"作为两股相反的力量。^[7] 另有一支相关但方向不同的文献，问的是老龄化是否反过来诱致自动化、以及自动化能否抵消劳动力萎缩的产出后果。^[8] 本文不重新论证这些，而是把份额响应当作给定的技术机制，问它与"消费需求要靠劳动收入实现"这个约束放在一起会得到什么。

1.3 本文对照的是哪一个基准

需要把批评对象限定清楚，否则会显得比实际主张的多。

本文对照的，是代表性劳动、充分就业、市场完全出清的极简基准——教科书里的 Ramsey 模型与其世代交叠版本，其中价格、利率与财政调整最终会出清商品市场，因而总量层面不存在持久的需求不足。

本文不是在批评"标准人口经济学"，也不主张标准框架无法容纳导言里那组事实。恰恰相反：一个包含人口队列滞后、技能错配、工资刚性、行业需求冲击、搜寻匹配摩擦或教育扩张的标准模型，都可能同时容纳"新增劳动力供给在增加"与"入门端需求在收缩"。异质性家庭模型、不完全市场模型、金融摩擦模型、协调失败与多重均衡模型，以及新凯恩斯框架下的需求不足分析，也都在不同程度上处理过本文关心的问题，其中若干支线的结论与本文相容。

本文提出的，只是另一条渠道：要素分配本身可能随资本深化而移动，从而改变老龄化的宏观含义。它与上述各条渠道并不互斥。

1.4 两条声明

第一，本文是正向分析，不为任何规范命题提供支持。

本站的核心命题"生命力高于生产力"是一条规范主张，它在基础理论篇中论证，不由本文的任何结论支持，本文也不试图支持它。一个正向模型能告诉你在给定条件下会发生什么，不能告诉你什么更值得要；本文不做这一步，也不采用"某某选择是必须的"这类措辞。第六节讨论转移支付时同样只报告模型机制，不作任何推荐。

第二， $\sigma > 1$ 是假设，不是发现。

本文的核心结构假设是 $\sigma > 1$ 。它不是本文推出来的，本文也不估计它——第三节 3.5 会说明为什么它在本文的框架里根本不可识别。现有关于总量资本—劳动替代弹性的经验估计多数落在 1 以下。 $\sigma < 1$ 时，本文的机制整体反向运行：老龄化会缩小而不是扩大需求缺口。这一点在正文中会反复出现，因为它是本文最容易被误读的地方。

二、机制：一个最小模型

2.1 两部门循环流

在写下方程之前，先把经济的组织结构摆清楚（图 A-3-1）。

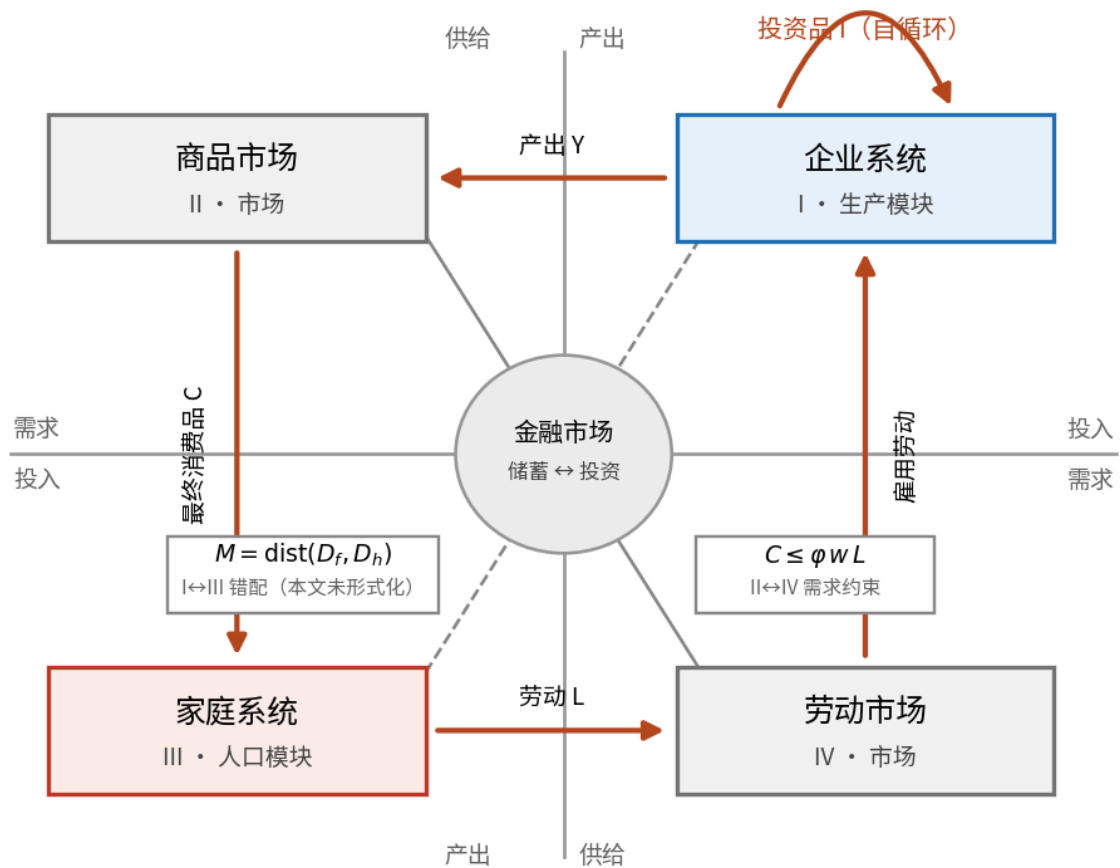


图 A-3-1 两部门循环流：投资品自循环，消费品必须落到家庭

经济是一个围绕金融市场的循环流，分为四个象限：企业系统（象限 I，生产模块）、家庭系统（象限 III，人口模块），以及连接两者的商品市场（象限 II）与劳动市场（象限 IV）。实物流（产出 Y 、最终消费品 C 、劳动 L ）与对应的货币流沿回路反向运行。

这张图承载一条注解，它是本文全部内容的来源：投资品在企业部门内部循环，消费品必须落到家庭手上。

机器卖给企业，数据中心卖给企业，算力卖给企业——这条回路不需要家庭做买家。而消费品要靠家庭的购买力买走，那份购买力首先经由工资流出。因此消费品市场受这笔收入的约束：

$$C \leq \varphi w L.$$

这个区分容易被误读成“投资不是真正的需求”。不是这个意思。投资在会计上当然是需求，短期内甚至是最有力的那一种。真正的区别在于验证方式：一台机器卖给一家企业，交易在当期完成，但这台机器是为了将来生产更多消费品而买的——它把自己的合理性押在未来某

个时点上会有人买得起那些产品；而一件消费品卖给一个家庭，交易本身就是终点。自循环推迟了结算，没有取消结算。

（图 A-3-1 中还画了一条 I-III 之间的"错配"对角线，指企业需要的劳动结构与家庭能供给的结构之间的距离。本文没有把它形式化：本文的劳动是同质的，没有年龄与技能维度，因而这个距离在模型里无从定义。导言中"年轻—资深"的那道分界正落在这条未被形式化的对角线上，这是本文与那组事实之间最明显的一道距离。）

2.2 需求约束闭合是一个建模选择

这一点放在前面说，否则整篇文章的性质会被误解。

在更完整的模型中，价格、利率以及可能的财政政策会改变消费与投资需求。本文有意压制这些调整，目的是单独考察"需求构成"渠道。这是一个建模选择，不是对现实中市场失灵的断言。

代价是明确的：本文得到的缺口，是以这个闭合与 **CES** 设定为条件的。换一个闭合，阈值的位置会移动——第四节列出了几条具体的移动方向。本文不主张"市场无法出清"；本文主张的是更弱、也更可检验的一件事：在价格与财政调整被压制的极限情形下，替代弹性的位置决定了缺口对老龄化的反应符号。

2.3 引擎：一个符号

时间按代离散。单一最终品由资本 K （其中包含自动化资本）与劳动 L 通过常替代弹性技术生产。记人均资本 $k = K/L$,

$$y(k) = [\alpha k^\rho + (1 - \alpha)]^{1/\rho}, \quad \rho = \frac{\sigma - 1}{\sigma}, \quad (1)$$

其中 $\sigma > 0$, $\alpha \in (0, 1)$, $\sigma = 1$ 对应柯布—道格拉斯极限 $y = k^\alpha$ 。要素价格等于边际产品，劳动收入份额为

$$s_L(k) = \frac{w(k)}{y(k)} = \frac{1 - \alpha}{\alpha k^\rho + (1 - \alpha)}, \quad s_K(k) = 1 - s_L(k). \quad (2)$$

引理 1（劳动份额响应）。对 (1) 式的 CES 技术，

$$\frac{ds_L}{dk} = -\frac{(1-\alpha)\alpha\rho k^{\rho-1}}{[\alpha k^\rho + 1 - \alpha]^2}, \quad \text{因而} \quad \text{sign}\left(\frac{ds_L}{dk}\right) = -\text{sign}(\sigma - 1). \quad (3)$$

证明见附录 A.1。这是第二节唯一的引擎。后文每一条结论都要用到这个符号，但没有一条只由它决定——5.3 的动态结论还另外取决于一个括号条件，见 5.3 的限定 1。

术语边界（与姊妹篇 A-4 的接口）。本文的对象是劳动收入份额 s_L 。A-4《人形机器人，走进千家万户的路有多远？》的对象是家庭收入份额 λ ，后者包含转移支付。两者不是同一个量：劳动份额只是家庭收入份额的一个分量。本文的 σ 是技术弹性，A-4 所用的家庭消费吸收弹性是政策响应弹性，两者也不同类。两篇文章各自独立成立，本文不以 A-4 的任何结论为前提。

2.4 消费—需求缺口与反转阈值

消费需求由劳动收入约束：

$$C^d = \varphi w L, \quad \varphi \in (0, 1], \quad (4)$$

其中 φ 是劳动收入向消费需求的传递率，它折叠了受抚养人口与退休人口由劳动收入所资助的那部分消费。（公共转移支付不含在 φ 之内，它在第六节作为独立项处理。基准设定中资本收入被再投资而非消费；2.5 放松这一条。）

假设 1（基准闭合）。 储蓄行为固定：产出的常数份额 $s \in (0, 1)$ 用于资本形成，因而在稳定人口状态下资本产出比满足 $k/y(k) = s/(n + \delta)$ ，其中 δ 为折旧率。

在充分就业下，人均投资需求为 $(n + \delta)k = sy$ ，余下的是消费品供给。消费—需求缺口因而是

$$\frac{g}{Y} = \frac{y - \varphi w - (n + \delta)k}{y} = (1 - s) - \varphi s_L(k). \quad (5)$$

缺口为正意味着：在充分就业产量下，消费品供给超过由劳动收入所能实现的需求，消费品部门于是受需求约束。（ g 与 Y 都指总量；分子分母同除以劳动力，(5) 式用人均量写出与用总量写出是同一个数。）

需要区分两个口径：(5) 式定义的是充分就业口径的形式缺口，它处处光滑；经济上有意义的需求不足是 $\max\{0, g/Y\}$ 。当 $g/Y \leq 0$ 时，不存在消费需求不足，产出由充分就业上限约束。下面命题 1 的前件 (iii) 正是为需求不足区域设的。

老龄化建模为 n 的下降；在假设 1 下它抬高稳态资本—劳动比。把这一点与 (5)、引理 1 合起来：

命题 1（反转阈值）。 前件：(i) 基准两部门 CES 经济满足假设 1 与劳动收入约束的消费需求 (4)；(ii) 所考察的人口增长率区间 $\mathcal{N} \subset (-\delta, \infty)$ 整段落在稳态存在的范围内（见 5.2），从而 $k^*(n)$ 在 $\mathcal{N}$ 上处处存在、唯一且可微；(iii) $k^*(n)$ 在 $\mathcal{N}$ 上处处使缺口严格为正，即需求约束处处绑定（见 5.1）。结论：在 $\mathcal{N}$ 上，老龄化—— n 的下降——扩大消费—需求缺口，当且仅当 $\sigma > 1$ 。缺口在 $\sigma = 1$ 处恰好不受老龄化影响，在 $\sigma < 1$ 时缩小。基准模型中的反转阈值因而恰为 $\sigma^* = 1$ 。

证明见附录 A.2。

前件中的三条缺一不可，理由不同：(i) 是结构假设；(ii) 是存在性条件，没有它比较静态的对象 $k^*(n)$ 不存在；(iii) 是可达性条件，没有它需求约束不绑定，缺口的符号不再传导到实现的产出上。(ii) 与 (iii) 写成“整段区间”而非“某一点”，是因为老龄化在这里是一次离散的人口变化：把一个不可行的端点与一个可行的端点相减，得到的差不受命题许可。只写 $\sigma > 1$ 而不写 (ii)、(iii)，命题就不成立。

一个必须同时说清楚的对照。充分就业下的边际产品工资 $w(k)$ 对所有 σ 都随 k 上升——1.1 的教科书链条在本文模型里同样成立。而且在本文的示例参数下，实现的人均劳动收入 uw 也是上升的。那么被压缩的究竟是什么？

被压缩的是比重，不是水平。记 $u \leq 1$ 为受需求约束的利用率（定义见 5.3 的 (6) 式），实现的劳动收入占充分就业产出的比重是 us_L 。 $\sigma > 1$ 时老龄化压缩 s_L 、扩大缺口、压低 u ，因而这个比重下降：示例参数下 $\sigma = 1.8$ 时由 0.729 降至 0.612。工资率上升、人均劳动收入上升，而劳动收入在产出中的比重下降——这三件事在同一组参数下同时成立。

这正是 1.2 那一步的要害：“工资涨了”和“劳动分到的份额变大了”不是一回事。本文关心的是后者，因为在既定闭合下，消费需求相对于产出的规模取决于劳动份额。

再说一次： u 只是"实现的就业相对于充分就业的比率"这一个总量。它不区分这份不足由谁承担，也不说明它经由什么渠道形成。

2.5 阈值稳不稳？资本收入被消费的情形

$\sigma^* = 1$ 这个确切位置，看上去可能是"资本收入全部再投资"这条基准假设的产物。答案是：最直接的放松不移动它。

设资本收入中有常数比例 $\chi \in [0, 1)$ 被消费。这里需要写明一条闭合约定：本文的投资需求是自主的，固定为 sy ，不随 χ 变动； χ 只进入消费需求一侧。（若改为让投资相应减少 $\chi s_K y$ ，两项恰好抵消， χ 对缺口没有任何影响——本小节的全部内容都依赖于前一种约定。）在这条约定下，缺口 (5) 推广为 $(1 - s - \chi) - (\varphi - \chi) s_L(k)$ 。这仍是劳动份额的仿射函数：截距移动，斜率缩放，而唯一的 k 依赖仍然只经由 $s_L(k)$ 。因此当 $\chi < \varphi$ 时，反转阈值不变， $\sigma^* = 1$ ，消费资本收入只把老龄化效应的幅度按 $(\varphi - \chi)/\varphi$ 缩放； $\chi = \varphi$ 时缺口与 k 无关，要素分配完全不影响缺口，本文的机制归零； $\chi > \varphi$ 时符号整体翻转。证明见附录 A.3。

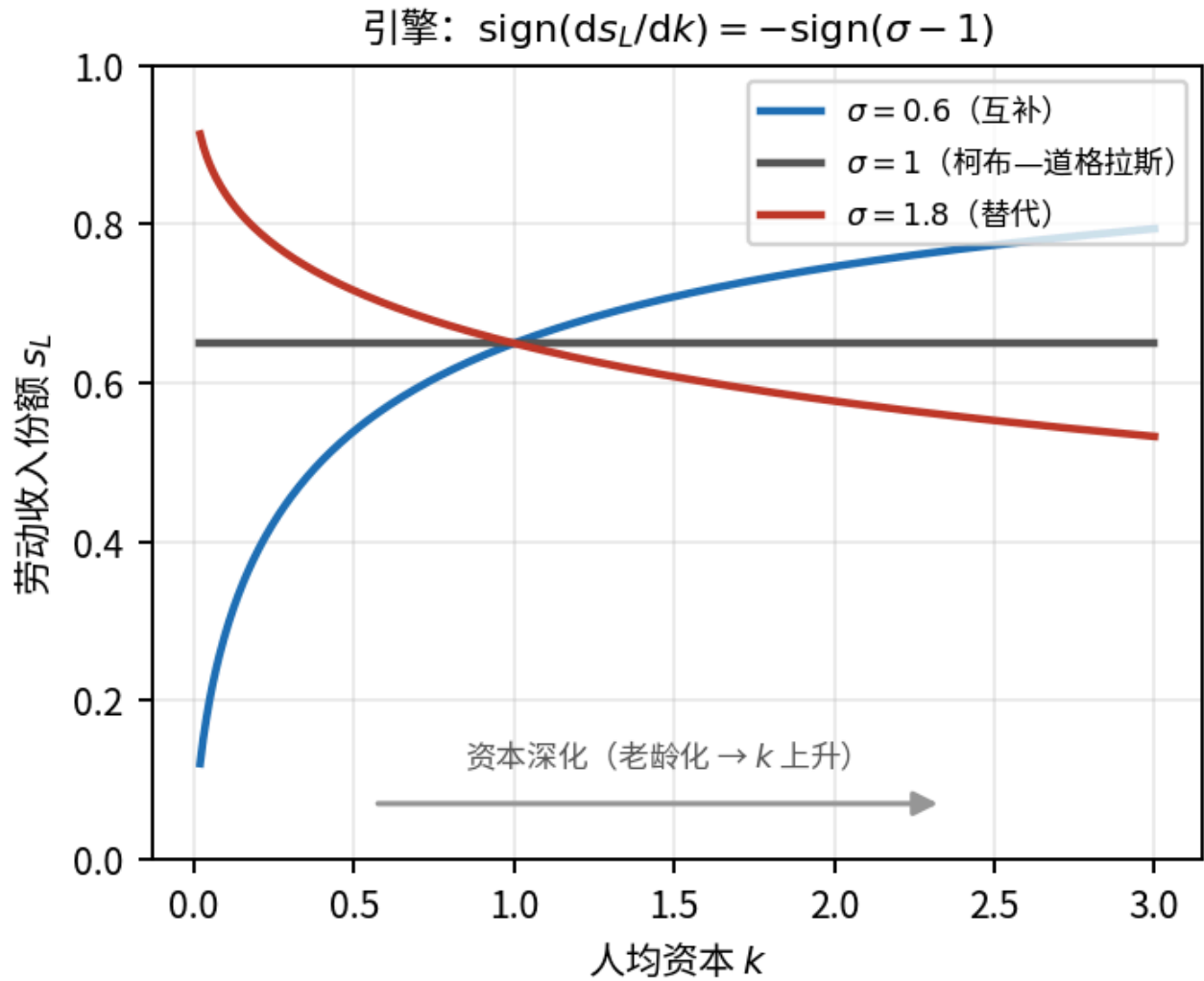
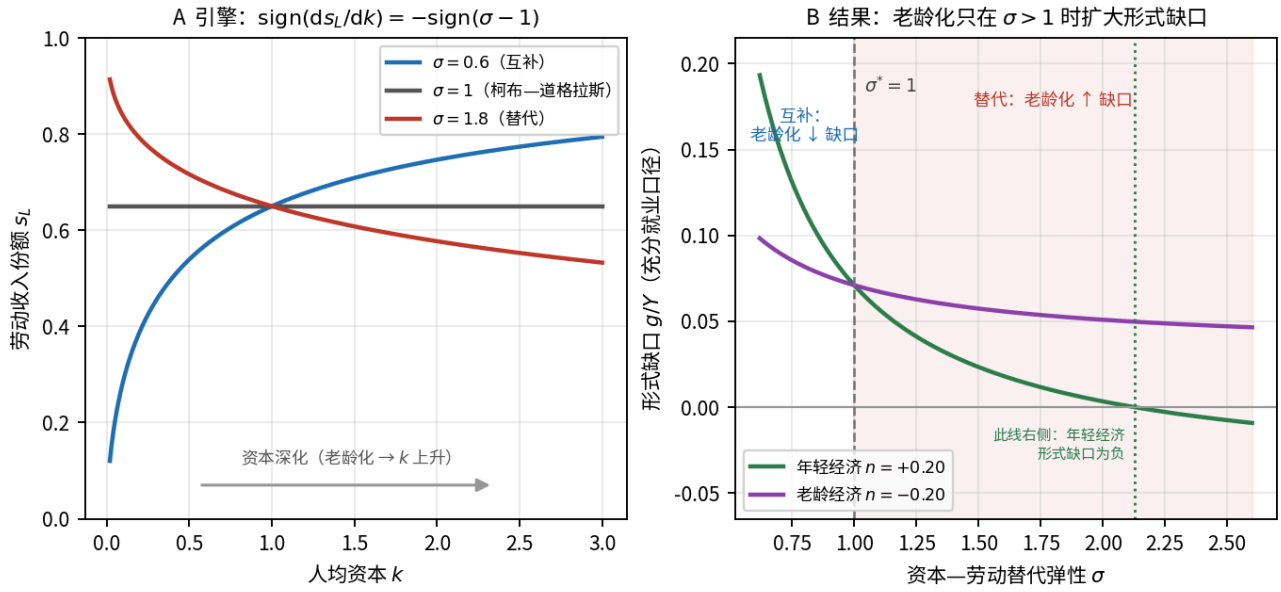
移动阈值的是什么？不是"消费资本收入"本身，而是以一种让缺口越过仿射渠道依赖资本存量的方式去消费它。第四节列出的几条反机制都属于这一类。

2.6 图示与示例数字

图 A-3-2 左图画出不同 σ 下劳动份额随人均资本的变化（引理 1）；右图画出形式缺口（2.4 的充分就业口径）随 σ 的变化，分别对应一个年轻经济与一个老龄经济，两条曲线恰在 $\sigma = 1$ 处相交。

右图中另标出一条竖线（ $\sigma \approx 2.13$ ）：在它右侧，年轻经济的形式缺口转为负值，即该处不存在消费需求不足。曲线仍画出以显示趋势，但那段落在命题 1 的前件 (iii) 之外——这是 5.1 所说制度切换在图上的位置。

图 A-7-2 反转阈值（示例参数，非估计）



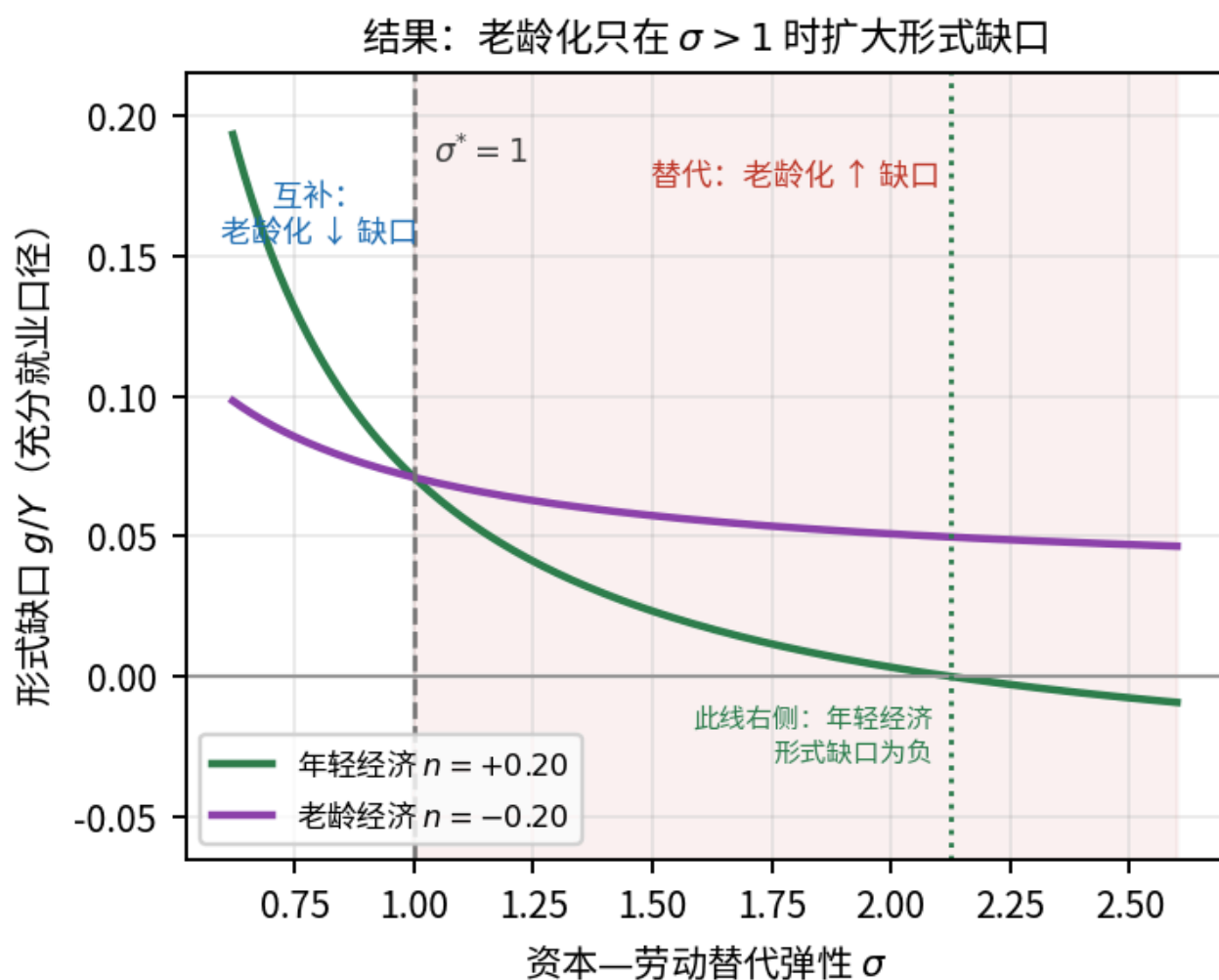


图 A-3-2 反转阈值（示例参数，非估计）

示例参数为 $\alpha = 0.35$ 、 $s = 0.50$ 、 $\delta = 0.80$ （按一代人计）、 $\varphi = 0.66$ ，年轻经济 $n = +0.20$ 、老龄经济 $n = -0.20$ 。这组参数是按命题 1 的前件挑的：在整段 $n \in [-0.20, 0.20]$ 上，三个 σ 的劳动份额都严格低于 (5) 式给出的界 $(1 - s)/\varphi = 0.758$ ，因而需求约束处处绑定。

σ	年轻经济 s_L / 缺口 / u	老龄经济 s_L / 缺口 / u	老龄化对缺口的效应
0.6	0.444 / +0.207 / 0.708	0.605 / +0.101 / 0.832	-0.106 (缩小)
1.0	0.650 / +0.071 / 0.876	0.650 / +0.071 / 0.876	0 (不变)
1.8	0.743 / +0.010 / 0.981	0.677 / +0.053 / 0.904	+0.043 (扩大)

表 A-3-1：假定参数下的示例，不是估计。表中 u 由 5.3 的 (6) 式给出，它与 (5) 式恒等 ($u = s/(s + g/Y)$)，因而与本节的口径相容。这些数字的作用只是把符号结论画出来，它们不来自任何估计程序，也不应被当作对任何经济体的刻画。注意 $\sigma = 1.8$ 的年轻经济距边界只有约两个百分点 ($u = 0.981$)——示例参数的余地并不宽裕，这本身是 5.1 所说“制度切换”的一个侧面。

三、条件： $\sigma > 1$ 还不够

命题 1 的形式内容是干净的。但它要落到"AI 革命会压低劳动收入份额、从而制造有效需求不足"这句现实判断上，中间还隔着一串条件。这一节把它们逐条列出来，并说明本文对每一条的处置。

这一节的作用是设界。列完之后，本文能主张的东西会比列之前更少。

3.1 技术形式

引理 1 的符号结论成立于一个特定设定：要素增强系数不变的 **CES**。一旦技术进步本身有方向，情况就变了。若技术进步是劳动增强型（哈罗德中性），则沿着平衡增长路径要素份额恒定——无论 σ 取什么值；只有资本增强型的技术进步才会在 $\sigma > 1$ 时持续压低劳动份额。而 Uzawa 的稳态增长定理说明：若要存在一条资本产出比恒定、技术进步率为正的平衡增长路径，技术进步必须是劳动增强型的。^[9]

本文的处置：本文设定中没有外生技术进步——变化来自人口与资本积累本身。这既是本文能让 s_L 随 k 变动的原因，也是 5.2 中那条存在性边界的来源。把外生技术进步加回来， $\sigma > 1$ 与"劳动份额下降"之间的联系需要重新论证。

3.2 要素市场结构

(2) 式的 s_L 用到了要素价格等于边际产品，即完全竞争。现实中劳动收入份额还受两类偏离影响：

- 产品市场加成。若企业以加成 $\mu_p > 1$ 对边际成本定价，观测到的劳动份额是技术份额除以 μ_p ；加成率上升会压低它，与 σ 无关。^[10]
- 劳动市场议价与买方势力。若工资低于边际产品，劳动份额同样下降，也与 σ 无关。

本文的处置：这两条渠道被假设排除。代价是：本文不能、也不试图从观测到的劳动份额下降反推 $\sigma > 1$ 。劳动份额下降与 $\sigma > 1$ 相容，但相容不是识别。

还有一处术语必须先纠正，因为第五节要用到它。 $s_K = 1 - s_L$ 是资本收入份额，不是利润份额。在完全竞争、规模报酬不变下，资本要素收入包含正常资本报酬与折旧补偿，并

不等于经济利润或超额利润。若要把它解释为投资的动力，严格说需要区分资本收入、折旧、租金、加成利润与企业内部资金——本文没有做这个区分。因此 5.3 中"资本份额上升拉动自动化投资"这条设定，是一条行为假设，不是从利润率推出的结论。

3.3 部门构成

(1) 式是单一最终品的生产函数。总量劳动份额除了受技术替代影响，还受产出构成影响：若劳动密集、生产率增长慢的部门（照护、教育、部分服务）其产出份额随收入上升而上升——这是鲍莫尔成本病的标准结论——则这条渠道抬高总量劳动份额，与替代效应方向相反。

本文的处置：本文的"两部门"划分是用途上的（投资品与消费品），不是技术上的；生产侧是单一部门。这条渠道被假设排除，它的净方向不明。

3.4 资本所有权与资本收入的消费倾向

即使劳动份额确实下降，"有效需求不足"这一步还需要另一个条件：资本收入不（或较少）转化为消费需求。这一条在 2.5 里已经形式化，就是 χ 相对于 φ 的位置： $\chi < \varphi$ 时机制照常， $\chi = \varphi$ 时机制归零， $\chi > \varphi$ 时符号翻转。

而 χ 的大小与资本所有权的分布直接相关：若资本收益广泛分散到普通家庭（通过养老金、广泛持股等）， χ 趋近 φ ；若高度集中， χ 远低于 φ 。

本文的处置：这是五条中唯一被显式放松并作敏感性分析的一条； χ 仍是外生参数。本文不建模所有权分布本身，也不解释 χ 从何而来。

3.5 σ 的口径

最后一条是关于 σ 本身的定义。

现有对总量资本—劳动替代弹性的估计多数落在 1 以下。有两点需要说明，但它们是论证，不是证据：第一，本文关心的不是总量弹性，而是自动化资本替代劳动所执行的任务的那条特定边际上的弹性，任务型分析表明它可以显著高于总量值；第二，总量弹性本身是一个复合量，当资本存量的构成向自动化倾斜时它可以漂移。^[7]

本文的处置：只限定口径，不做估计。而且必须说清楚， σ 在本文的框架里是不可识别的，原因是结构性的而非数据不足：本文没有任务型微观基础，无法把 σ 与可观测的自动化

边际对应起来；本文假设完全竞争，观测到的份额变动同时被 σ 与加成率解释（3.2）；本文没有部门结构，构成成分无法剥离（3.3）；而 φ 、 χ 、 s 都是外生常数，本文没有区分它们的矩条件。结构参数不可识别就是不可识别，本文不用相关系数去冒充它。

3.6 清单

条件	内容	本文处置
C1 技术形式	要素增强系数不变；若技术是劳动增强型，份额沿平衡路径恒定	假设无外生技术进步；其后果是 5.2 的存在性边界
C2 要素市场结构	完全竞争；加成或议价变化会独立压低劳动份额	假设排除
C3 部门构成	单一生产部门；鲍莫尔构成效应方向相反	假设排除
C4 资本所有权与 χ	资本收入的消费倾向须低于劳动收入	外生参数的敏感性分析（2.5）
C5 σ 的口径	相关的是自动化边际上的弹性，不是总量弹性	限定口径；不可识别

表 A-3-2: $\sigma > 1$ 之外的五条条件。

读完这张表，命题 1 的正确读法是：

在需求约束闭合、完全竞争、单一生产部门、无外生技术进步、资本收入消费倾向低于劳动收入、且稳态存在并使需求约束绑定的条件下，老龄化扩大消费—需求缺口，当且仅当自动化资本与劳动之间的替代弹性大于 1。

这比" $\sigma > 1$ 则劳动份额下降、需求不足"要弱得多，也长得多。但它是本文实际证明了的那一句。

四、反机制：把阈值往回推的力量

第三节列的是"要让机制成立还需要什么"。这一节列的是相反的东西：基准闭合压制掉的、方向与本文机制相反的力量。它们中的每一条都会把反转阈值推离 1，或者直接削弱缺口。

1. 消费传递率随抚养比上升。现实中抚养比上升会推高 φ ——更大比例的收入被用于当期消费而非储蓄。设 $\varphi = \varphi(n)$ ，则缺口对老龄化的反应由两项之和决定（两项符号相反，因而相互抵消）： $d \log s_L / dn$ （ $\sigma > 1$ 时为正，这就是命题 1 的机制）与 $d \log \varphi / dn$ （"老龄化推高 φ " 意味着为负）。在 $\sigma = 1$ 处第一项为零，于是老龄化缩小缺口；因此若反转阈值仍然存在，它必定落在 $\sigma^* > 1$ 。若 φ 的反应足够强，阈值可能根本不存在——老龄化在整个 σ 范围上都缩小缺口。本文不建模 $\varphi(n)$ ，因而不报告幅度。

2. 投资率对资本份额的反应。假设 1 把 s 当作常数。若允许 s 随资本份额上升——这在企业投资行为上是自然的——则 $\sigma > 1$ 时老龄化压低 s_L 、抬高 s_K 、抬高 s ，缺口 $(1 - s) - \varphi s_L$ 的第一项因而下降。这条渠道同样缩小缺口。需要指出，第五节的动态设定恰恰依赖这条反应（那里的 $\gamma_1 s_K$ 项），而第二节把它假设掉了——两节在同一件事上取了相反的设置，见 5.3。

3. 低替代性部门的构成效应。老龄化本身抬高照护服务的需求份额，而照护恰是可替代性最低的一类劳动。因此存在一个自动稳定器：老龄化在压低总量劳动份额的同时，也在把产出构成推向劳动密集的一侧（3.3）。但这条抵消渠道自身也有限制——照护需求的支付能力主要来自劳动收入与公共转移，也就是被压缩的那一端；一个部门可以在技术上抵抗自动化，同时在财务上被有效需求不足拖住。哪一边更强，本文的单部门框架回答不了。

4. 迁移。迁移调整劳动力时不受生育所受的一代人滞后约束。它可以直接放松"资本快调整、人口慢调整"的时间结构，从而削弱第五节的动态机制。本文没有建模迁移。

5. 需求疲弱本身对自动化投资的抑制。缺口扩大意味着产能利用率下降，而利用率下降本身就是不再扩产的理由。这条负反馈在第五节被写进了积累规则（那里的 $-\gamma_2(1 - u)$ 项），并且 5.3 会说明：当它足够强时，第五节的结论整体反转。在第二节的静态设定里，它完全不存在。

这五条的净方向不由任何先验论证给出。在基准模型内部，命题 1 的前件成立就足以推出其结论；但它不能据此推出真实经济已经发生反转，因为上述渠道被基准闭合压制或省略。要形成现实判断，需要第七节列出的测量。

五、模型自身的边界

5.1 需求约束何时绑定：制度切换

命题 1 的前件 (iii) 要求缺口在整段 n 区间上严格为正。这条要求不是形式主义：它排除掉的那个情形本身值得单独看。

缺口为正当且仅当 $s_L(k) < (1-s)/\varphi$ 。 $\sigma > 1$ 时 s_L 随 k 递减、 k^* 随 n 递减，因而 $s_L(k^*(n))$ 随 n 递增：人口增长越快，劳动份额越高，需求约束越松。于是存在一个制度切换点 $n_{sw}(\sigma)$ ： $n > n_{sw}$ 时需求约束不绑定， $n < n_{sw}$ 时绑定。

在 2.6 的示例参数下：

σ	1.2	1.5	1.8	2.5
n_{sw}	+3.73	+0.70	+0.34	+0.12

表 A-3-3：制度切换点，按一代人计。示例，非估计。 σ 较小时切换点高到没有人口学含义（ $\sigma = 1.2$ 对应每代劳动力增长 373%），意思是在任何现实的人口增长率下需求约束都已绑定。

n_{sw} 关于 σ 递减：替代性越强，越低的人口增长率就足以把经济推入需求约束状态。

两点必须说清楚。第一，形式缺口 g/Y 仍然光滑；不可微的是实现的需求不足 $\max\{0, g/Y\}$ 。若所考察的 n 区间跨过 n_{sw} ，命题 1 关于约束区内部的导数解释不能覆盖整个区间。第二，现实中更值得研究的可能是经济如何跨过这条边界；本文没有刻画切换的动态，也没有讨论它是否可逆。

5.2 基准储蓄规则的失效

$\sigma > 1$ 时 CES 的资本产出比 $k/y(k)$ 有一个有限上界 $\bar{\kappa} = \alpha^{\sigma/(1-\sigma)}$ （示例参数下 $\sigma = 1.8$ 时约为 10.6， $\sigma \rightarrow \infty$ 时趋于 $1/\alpha$ ）。而假设 1 要求 $k/y = s/(n + \delta)$ ，老龄化使右端上升。因此当 n 低于某个临界值时，这个方程无解：基准储蓄规则下不存在内点稳态。

这条边界必须按它的本来面目来读。

它是一个模型的存在性边界，不是关于现实老龄化的发现。它高度依赖于本文的一整套简化：固定储蓄率、非劳动增强型 CES、固定折旧率、单一资本品、封闭经济、没有价格与

投资调整。放松其中任何一条，这条边界都会移动甚至消失。把"该积累方程在这组参数下没有固定点"读成"现实经济会失去稳态"是错的，本文也不作这样的推断，更不与任何国家的人口数据作数量对照——总和生育率与模型中的劳动力增长率 n 之间隔着女婴比例、存活率、生育年龄结构、迁移、劳动参与率和入职时间分布，本文没有做这些换算，也不认为它们可以被简单跳过。

它在本文中的作用只有一个：提醒读者命题 1 的前件 (ii) 不是客套话。老龄化推得足够深，需要重新交代的不是缺口的方向，而是这个模型还成不成立。

5.3 如果生育对就业作出反应

到这里为止，人口增长率 n 是外生的。如果它反过来对就业作出反应呢？

必须先说清楚这一节的地位。

- 它使用的是另一套积累规则：第二节用假设 1 的储蓄规则决定稳态资本产出比，本节改用一条简约的增长规则决定资本的演进。两者没有被统一。因此本节的结论与第二节的结论不是同一个模型的两个部分；它们是同一条份额导数的符号分别出现在两套设定里，是代数机制的重复，不是统一模型中的双重定理。
- 它的行为方程是简约的、方向性的，不从最优化推出，因而其系数没有微观基础、不能被结构性估计。
- 它的结论是局部的，并且在一个明示的条件失效时整体反转。

在这三条限定下，它值得写出来，因为它把生育反馈接进了同一条份额导数。

设定。记 a 为人均自动化资本（本节把资本存量整体等同于自动化资本）。缺口为正时消费品部门由需求配给，把投资视为自主的、消费视为按边际倾向 φs_L 从实现产出中引致的，凯恩斯不动点给出利用率

$$u(a) = \min \left\{ 1, \frac{s}{1 - \varphi s_L(a)} \right\}. \quad (6)$$

（这里隐含两条约定。其一：需求约束下资本与劳动按同一比例闲置，因而有效资本—劳动比不变、要素份额仍为 $s_L(a)$ ；若只有劳动闲置，本文的机制会被放大而不是削弱。其二，也是更需要交代的一条：(6) 式里的自主投资率 s 是从假设 1 借来的，只用作需求侧的闭合，本节并不要求它与由 $\gamma(a)$ 决定的实际资本积累相容——事实上在本节报告的稳态处二

者并不相等，折旧率 δ 也不再出现。这不是“第二节与本节未统一”的另一种说法，而是本节自身的需求侧与供给侧用了两个互不相容的投资量。它同样记在 5.4 的清单里。）

生育响应： n 是 u 的递增函数，取逻辑斯蒂形式，参数外生。它只编码一个方向——就业机会差的时候，生育被推迟或放弃——不区分推迟与放弃，不含住房与育儿成本，不含性别角色。这类“低生育陷阱”式反馈在人口学文献中有独立的论证传统。^[11]

自动化积累： $\gamma(a) = \gamma_0 + \gamma_1 s_K(a) - \gamma_2(1 - u(a))$ ，三项分别是自主推动、资本份额拉动与需求刹车。如 3.2 末所说，第二项是行为假设，不是从利润率推出的结论。

劳动力按 $L_{t+1} = (1 + n_t)L_t$ 演进，因此这一代选择的生育率要到下一代才影响劳动供给，而资本在一代之内就调整完毕。这条时间不对称是被假设进去的，不是模型推出来的。一代人的映射因而是

$$a_{t+1} = \frac{1 + \gamma(a_t)}{1 + n(a_t)} a_t, \quad (7)$$

平衡增长稳态 a^* 满足 $\gamma(a^*) = n(a^*)$ 。

结论。在稳态处线性化并记 F 为 (7) 式右端，可以证明（附录 A.4）

$$\text{sign}(F'(a^*) - 1) = \text{sign}\left\{[-\gamma_1 + (\gamma_2 - \eta)B] \cdot s'_L(a^*)\right\},$$

其中 $B > 0$ 是利用率对份额的敏感度、 $\eta > 0$ 是生育率对利用率的敏感度。于是：

- 当 $\gamma_1 > B(\gamma_2 - \eta)$ 时（方括号为负）， $\sigma > 1$ 给出 $F'(a^*) > 1$ ：稳态是一个排斥阈值。
- 当刹车足够强、使 $\gamma_2 > \eta + \gamma_1/B$ 时（方括号为正），结论整体反转： $\sigma > 1$ 给出 $F'(a^*) < 1$ ，而 $\sigma < 1$ 给出 $F'(a^*) > 1$ 。

在示例参数下两种情形都能出现：基准格（ $\gamma_1 = \gamma_2 = 0.3$ ，生育响应较陡）落在第一种， $F'(a^*) = 1.34$ （ $\sigma = 1.8$ ）与 0.48 （ $\sigma = 0.6$ ）；把刹车提到 $\gamma_2 = 1.5$ 并放平生育响应，则落在第二种， $F'(a^*) = 0.98$ （ $\sigma = 1.8$ ）与 1.04 （ $\sigma = 0.6$ ）。（示例，非估计。）

两点补充。第一，反转那一组的两个值离 1 只有约 2% 到 3.5%，不宜作强解读——它说明的是“符号可以翻过来”，不是“翻过来之后离得很远”。第二，两种情形的差别完全由 $s'_L(a^*)$ 的符号承担：在本节的设定里， u 、 n 、 γ 都只经由 s_L 依赖于 a ，因而稳态方程 $\gamma = n$ 只含 s_L

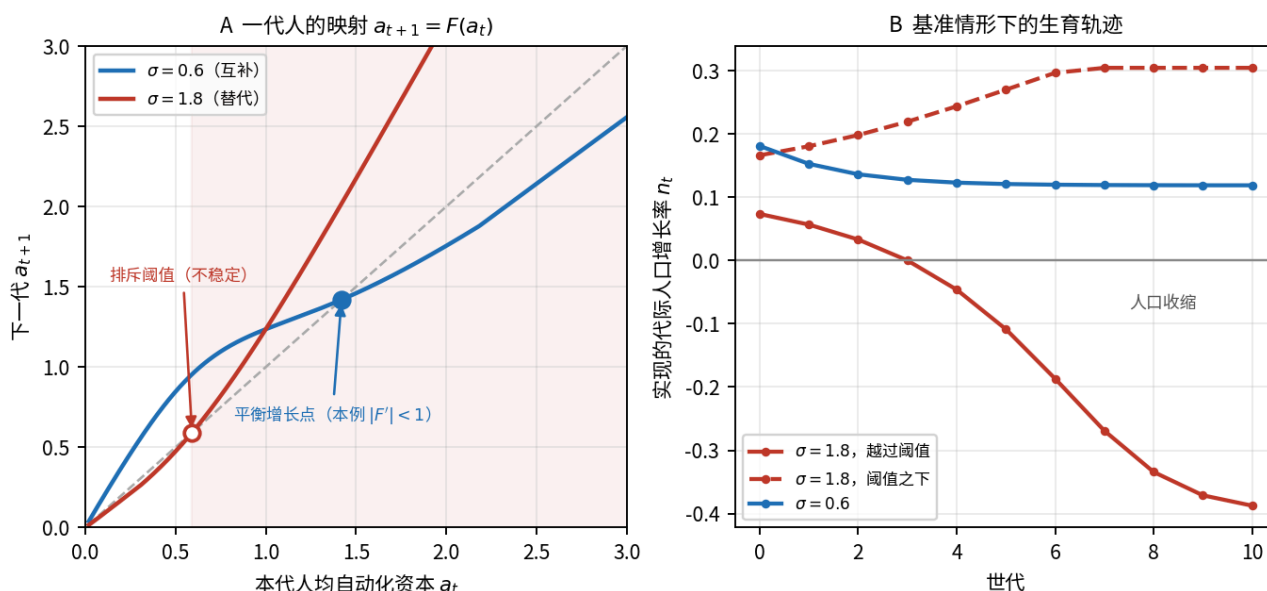
，稳态处的 u^* 、 s_L^* 、 n^* 与 σ 、 α 无关， σ 只决定 a^* 落在哪里（示例中基准格两个 σ 的 $u^* = 0.931$ 、 $s_L^* = 0.701$ 、 $n^* = +0.119$ 完全相同，只有 a^* 不同）。

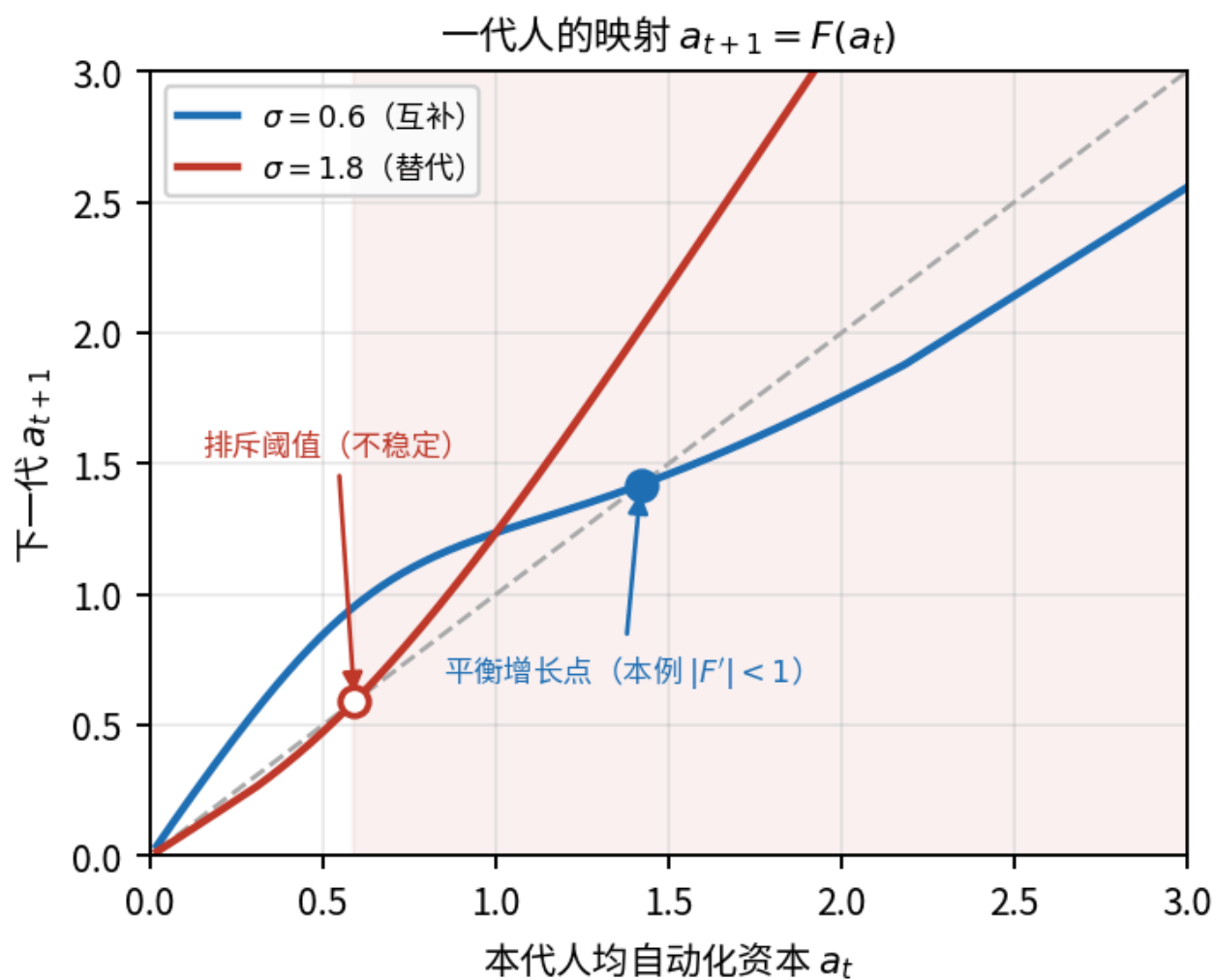
三条限定，缺一不可：

1. " $\sigma > 1$ 导致不稳定"若不带上上述括号条件，就是错的。需求刹车足够强时结论反转，而且反转后的那一半——互补经济反而失稳——同样反直觉。
2. $F'(a^*) < 1$ 不等于"稳定"。局部稳定要求 $|F'| < 1$ ，而上面的论证只给出上界，不保证下界 $F' > -1$ 。因此在刹车足够强的情形里，严格说只能讲"稳态不再是向上排斥的"，要断言局部稳定还需逐例验证下界。
3. 局部不稳定不是全局崩溃。 $F'(a^*) > 1$ 只说轨迹会离开稳态，不说它会跑到无穷远；持续的无界增长是一个全局性质，需要额外条件，不由局部结果蕴含。而且模型自身给出一个下界：由 (6)， $s_L \rightarrow 0$ 时 $u \rightarrow s$ （示例参数下为 0.50）——利用率并不趋于零。"崩溃"在这个模型里没有形式对应物。

图 A-3-3 画出基准情形下的映射与生育轨迹。图中越过阈值之后的那一段属于上述第 3 条所说的范围：它显示的是数值模拟的行为，不是被证明的性质。

图 A-7-3 基准情形下的一代人映射与生育轨迹（示例，非估计；仅在 $\gamma_1 > B(\gamma_2 - \eta)$ 成立时如此，刹车足够强时结论反转）





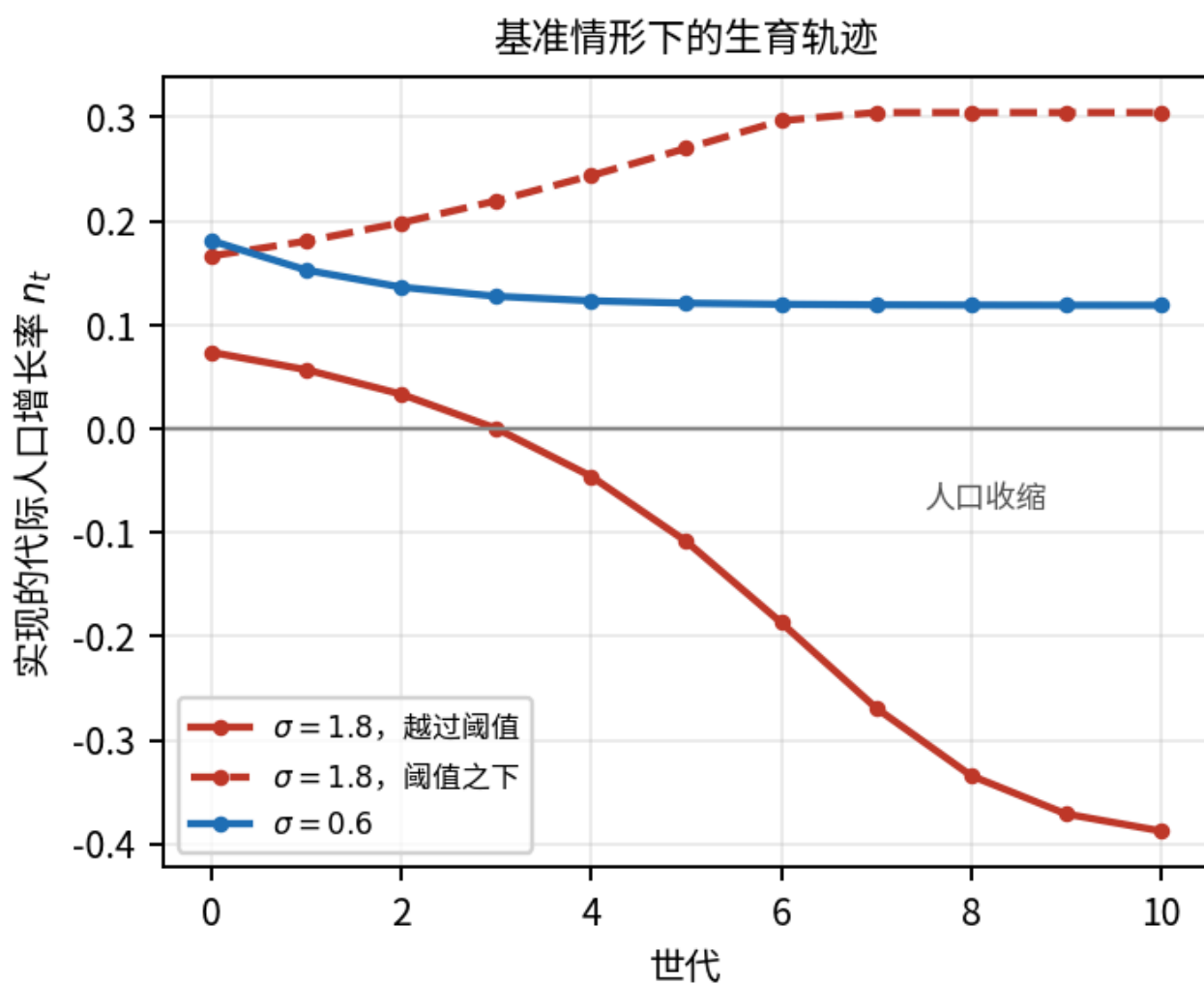


图 A-3-3 基准情形下的一代人映射与生育轨迹 (示例, 非估计; 仅在 $\gamma_1 > B(\gamma_2 - \eta)$ 成立时如此, 刹车足够强时结论反转)

5.4 未建模的部分

缺席的部分	后果
招聘与离职流量、空缺、匹配过程、年龄与资历	只能说"实现就业低于充分就业", 说不了调整以何种形式发生
任务型微观基础	σ 是简约参数, 与"哪些任务被自动化"之间没有映射
部门异质性	照护等低替代性部门不存在; 构成效应缺席 (3.3)
不完全竞争	加成与议价渠道被排除; 不能从份额下降反推 $\sigma > 1$ (3.2)
两类资本的区分	5.3 把资本存量整体等同于自动化资本

缺席的部分	后果
统一的积累方程	第二节的储蓄规则与 5.3 的增长规则未被统一
5.3 内部的投资量	(6) 式的需求侧用自主投资率 s ，供给侧用 $\gamma(a)$ ，二者未被强制相容， δ 在该节消失
政府预算约束	第六节只能做局部比较
金融摩擦、货币与利率	需求约束是直接施加的，不经由利率或信贷渠道
迁移、开放经济、技能异质性	见第四节第 4 条
企业侧最优化	(7) 式前的积累规则是简约的，不是从利润最大化推出的决策

表 A-3-4：模型未纳入的机制及其后果。

六、与已发布 A-5 的接口：转移支付的税基

模型隔离出一个在替代情形下会加剧的筹资问题。用国民转移账户的语言说，受抚养人口与退休人口的消费构成生命周期赤字，而资助它的是劳动年龄人口的劳动收入盈余。^[12] $\sigma > 1$ 时，老龄化压缩劳动收入在产出中的比重，于是这笔盈余相对于产出而言，恰好在抚养负担上升的同时变薄。

考虑两种程式化的安排：**(A)** 以劳动收入为税基；**(B)** 以资本 / 自动化收入为税基。按固定税率征收，两者占产出的比重分别是 $T_A/Y = \tau_A s_L(k)$ 与 $T_B/Y = \tau_B s_K(k)$ 。

这里必须先把口径钉死，否则结论会说反。老龄化抬高 k ，两个税基的水平其实都在上升——示例参数下（ $\sigma = 1.8$ ， n 由 +0.20 降到 -0.20），人均工资由 0.550 升到 0.617，人均资本收入由 0.190 升到 0.294。移动方向相反的是它们占产出的比重，不是它们的水平。

在这个口径下，本节唯一能稳当报告的结论是：由引理 1， $\sigma > 1$ 时 s_L 下降、 s_K 上升，因而在税率固定时，安排 **(A)** 的税基占产出的比重在缺口扩大的那个区域里收缩，而安排 **(B)** 的比重扩张； $\sigma < 1$ 时比较反转。两种安排因而不能独立于 σ 排序。

以下几件事本文没有做，因而不能主张：

1. 没有净需求效应的比较。安排 (A) 征走的劳动收入本来会按倾向 φ 引致消费，净增量至多是 $(1 - \varphi)\tau_A sL$ ；安排 (B) 征走的资本收入在基准设定中本来全额再投资，征收会同时压低投资吸收。要正确处理这两条，必须让 s 内生于税率，那需要一个本文没有的政府预算约束。本文因而不写"哪一种更能填补缺口"的公式。
2. 没有稳定化结论。转移支付若要进入 5.3 的动态，必须同时改写利用率方程、稳态条件、以及 B 、 η 、 α^* 的取值。仅凭生育响应曲线斜率的移动来判断稳定方向是不充分的。"转移支付有稳定化倾向"在本文中是一个待研究的问题，不是一个结论。
3. 模型里没有"非工作人口"这个对象。本文的人口只有 L ；受抚养与退休人口的消费是折叠进 φ 的。本节是在一个不含该划分的模型上做的局部实验。
4. 没有可征性分析。资本收入的跨境流动性与计税基础的可操纵性，是税基 (B) 在现实中的核心难题，本文的封闭经济设定里没有它。

因此本文为 **A-5** 《按需分配：AI时代的财富分配机制重构》提供的，只是一条很窄的条件性结果：在 $\sigma > 1$ 且本文所列条件成立时，以劳动收入为税基的安排，其税基占产出的比重会随劳动份额下降。它不说明哪一种安排更有效，更不说明应当采取何种分配机制。

七、待测量的变量

本文的产出不是一个结论，而是一份清单：如果"AI 革命将怎样影响就业市场和人口结构"这个问题重要，它的答案取决于下面这些现在还没有被测准的量。

1. 自动化边际上的替代弹性。相关的对象不是总量资本—劳动弹性，而是自动化资本替代劳动所执行的任务的那条边际上的弹性（3.5）。它是多少？如何识别？它是否正在随可自动化任务集合的扩张而穿过 1？
2. 份额下降的三个来源如何分离。观测到的劳动份额下降同时可由技术替代、加成率上升与部门构成解释（3.2、3.3）。在什么样的模型结构与数据下，这三者原则上可分？三者对未来的含义并不相同：技术替代随资本积累自我推进，加成率上升未必持续。
3. 消费—需求缺口本身。缺口对应国民转移账户中劳动收入盈余的侵蚀。能否用 **NTA** 式的年龄剖面直接测量缺口及其对自动化强度的反应？这条路径的优点是它绕开 σ 的识

别问题。

4. 消费传递率对年龄结构的反应。第四节第 1 条指出 $\varphi(n)$ 的方向与本文机制相反。它的幅度是多少？这直接决定阈值被推离 1 多远。
5. 投资率对资本份额的反应。同上（第四节第 2 条），且它还是第二节与 5.3 设定不一致的根源。
6. 需求刹车的强度。5.3 给出了使结论反转的闭式条件。这个强度在经验上可信吗？特别是，一条依赖于预期需求（而非当期实现需求）的投资规则，是否天然带来更强的刹车？
7. 低替代性部门的规模与筹资能力。照护部门能否真正起到第四节第 3 条所说的抵消作用，取决于它的产出份额有多大、以及它的需求由谁支付。
8. 年龄与技能维度上的错配。本文没有形式化 2.1 中那条错配对角线。给劳动引入年龄与资历，把“利用率不足”分解为“哪些人进不去”，是把本文的结论与导言中那类分年龄数据对接起来的必要一步——在此之前，两者之间的联系只能是猜测。

结语

标准的读法说：人少了，劳动就稀缺，工资就上涨。这个读法在它自己的前提下是对的，前提也不苛刻。

本文说的是：这个读法漏掉了一步。资本深化抬高工资率，同时可能压低劳动收入在产出中的份额；在本文的需求闭合下，这会削弱消费需求相对于产出的规模。若替代弹性低于 1，老龄化缩小需求缺口；若高于 1，老龄化扩大需求缺口。劳动仍可能稀缺、工资率仍可能上升，但宏观问题的重心可能转向劳动份额与需求约束。

这个结论有多硬？三句话可以概括：

第一，它是一个条件命题，而条件本身没有被本文证实。 $\sigma > 1$ 是假设，本文不估计它，在本文的框架里它也不可识别。即便它成立，劳动份额要真的下降，还需要第三节那五条的配合，其中两条被本文直接假设排除。

第二，与它反向的力量至少有五条（第四节），它们全部被基准闭合压制掉了。净方向是一个经验问题，本文不给答案。

第三，模型自身有明确的失效边界（第五节）：命题 1 只在需求约束绑定时成立；老龄化推得足够深，基准储蓄规则本身就不成立了；而讨论生育反馈的那一节，用的是另一套没有与前文统一的积累规则，其结论在需求刹车足够强时整体反转。

因此，本文不主张"AI 使老龄化的宏观含义已经反转"。本文主张的是更弱、也更可检验的一件事：存在一条被标准读法省略的渠道，它的方向由一个参数决定；这个参数现在没有被测准，而它值得被测准。第七节列出了要测什么。

一篇理论文章在这个阶段能做的，大概就是把岔路口的位置标出来，并说清楚要走哪条路必须先知道什么。

附录：证明

记 $\rho = (\sigma - 1)/\sigma$ ， $D(k) = \alpha k^\rho + (1 - \alpha) > 0$ ， $y = D^{1/\rho}$ ， $s_L = (1 - \alpha)D^{-1}$ 。

A.1 引理 1

$s'_L = -(1 - \alpha)D^{-2}D'$ ，其中 $D' = \alpha\rho k^{\rho-1}$ ，即得 (3) 式。由于 $(1 - \alpha)$ 、 α 、 $k^{\rho-1}$ 、 D^2 均为正，符号为 $-\text{sign}(\rho) = -\text{sign}(\sigma - 1)$ （因 $\sigma > 0$ ）。□

A.2 命题 1

由 (5)， $g/Y = (1 - s) - \varphi s_L(k)$ ，在假设 1 下 $(1 - s)$ 为常数，故

$$\frac{d(g/Y)}{dn} = -\varphi \frac{ds_L}{dk} \cdot \frac{dk^*}{dn},$$

老龄化为 $dn < 0$ ，故缺口变化的符号为 $\text{sign}(s'_L \cdot dk^*/dn)$ 。

记 $\kappa(k) = k/y(k)$ 。由 $d \log y / d \log k = s_K$ 得 $d \log \kappa / d \log k = 1 - s_K = s_L > 0$ ，故 κ 严格递增；而假设 1 的右端 $s/(n + \delta)$ 在 $n + \delta > 0$ 时关于 n 严格递减，故 $dk^*/dn < 0$ 。这里用到前件 (ii)：只有当稳态存在时 $k^*(n)$ 才可微。

代入引理 1 的 $\text{sign}(s'_L) = -\text{sign}(\sigma - 1)$ ，上式符号等于 $\text{sign}(\sigma - 1)$ 。前件 (iii) 的作用是保证缺口的符号变化传导到实现产出上：缺口非正时 $u = 1$ ，比较静态不适用。□

(符号比较在此对固定的常数 0 作出；弹性形式在正文中用作解释工具，不承担证明。)

A.3 资本收入被消费的情形 (2.5)

设常数比例 $\chi \in [0, 1)$ 的资本收入被消费，则 $C^d/y = \varphi s_L + \chi s_K$ ，缺口为 $(1 - s - \chi) - (\varphi - \chi)s_L(k)$ ，故

$$\frac{d(g/Y)}{dn} = -(\varphi - \chi) s'_L(k) \frac{dk^*}{dn}.$$

$\chi < \varphi$ 时因子 $(\varphi - \chi) > 0$ ，符号与 $\chi = 0$ 相同，且仅在 $s'_L = 0$ (即 $\sigma = 1$) 处反转，幅度按 $(\varphi - \chi)/\varphi$ 缩放； $\chi = \varphi$ 时缺口为常数 $1 - s - \varphi$ ，与 k 无关； $\chi > \varphi$ 时每个符号反转。□

A.4 5.3 中的符号式

在需求约束区域内，由 (6) 得 $u'(a) = B(a) s'_L(a)$ ，其中 $B = s\varphi/[1 - \varphi s_L]^2 > 0$ ；由生育响应得 $n'(a) = \eta(a) u'(a)$ ，其中 $\eta > 0$ 是逻辑斯蒂函数的斜率。由 $s_K = 1 - s_L$ ，积累规则给出 $\gamma'(a) = [-\gamma_1 + \gamma_2 B] s'_L(a)$ 。因此

$$\gamma'(a) - n'(a) = [-\gamma_1 + (\gamma_2 - \eta)B] s'_L(a).$$

在稳态处线性化 (7) 并用 $\gamma(a^*) = n(a^*)$ 得 $F'(a^*) = 1 + a^*[\gamma' - n']/(1 + n(a^*))$ 。设 $n(a^*) > -1$ (分母为正)，即得正文中的符号式。

两点如正文所述：结论以稳态存在、内点、可微且 $u(a^*) < 1$ 为前提；且它只给出 F' 与 1 的关系，不给出下界 $F' > -1$ ，因而 $F' < 1$ 只意味着"不再向上排斥"，不等于局部稳定。□

脚注

[1] Erik Brynjolfsson, Bharat Chandar, Ruyu Chen, *Canaries in the Coal Mine? Six Facts about the Recent Employment Effects of Artificial Intelligence*, Stanford Digital Economy Lab, 工作论文, 2025 年首发, 2026 年 8 月修订版；数据来源为 ADP 高频薪资册行政数据，样本延伸至 2026 年 6 月。2026 年 8 月更新说明见 <https://digitaleconomy.stanford.edu/news/canariesaug26/> (该更新把"没有

观察到全经济范围的岗位替代"列为六项事实中的第一项，22–25 岁高暴露职业的相对就业缺口为约 19%)；论文页面见 <https://digitaleconomy.stanford.edu/publication/canaries-in-the-coal-mine-six-facts-about-the-recent-employment-effects-of-artificial-intelligence/> ↵

[2] 同上，作者关于因果识别的限定；另见 Stanford Digital Economy Lab, "Canaries, Interest Rates, and Timing: More on Recent Drivers of Employment Changes for Young Workers", 2026 年 2 月 9 日。 <https://digitaleconomy.stanford.edu/news/canaries-interest-rates-and-timing-a-more-on-recent-drivers-of-employment-changes-for-young-workers> ↵

[3] 中国国家统计局，《中华人民共和国 2025 年国民经济和社会发展统计公报》，2026 年 2 月 28 日。 https://www.stats.gov.cn/sj/zxfbhjd/202602/t20260228_1962662.html ↵

[4] 中国国家统计局，《中华人民共和国 2016 年国民经济和社会发展统计公报》。 https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202302/t20230203_1899428.html ↵

[5] 教育部关于 2026 届全国普通高校毕业生规模的预计（1270 万人，比上届增加 48 万人），2025 年 11 月 20 日发布。新华社报道见 <https://www.news.cn/20251120/ead0f25dff2948dfa7f01fa78f207882/c.html> ↵

[6] Adrien Auclert, Hannes Malmberg, Frédéric Martenet, Matthew Rognlie, "Demographics, Wealth, and Global Imbalances in the Twenty-First Century", NBER Working Paper No. 29161, 2021; Yunus Aksoy, Henrique S. Basso, Ron P. Smith, Tobias Grasl, "Demographic Structure and Macroeconomic Trends", *American Economic Journal: Macroeconomics* 11 (1), 2019, 193–222; Lawrence H. Summers, "U.S. Economic Prospects: Secular Stagnation, Hysteresis, and the Zero Lower Bound", *Business Economics* 49 (2), 2014, 65–73。 ↵

[7] Loukas Karabarbounis, Brent Neiman, "The Global Decline of the Labor Share", *Quarterly Journal of Economics* 129 (1), 2014, 61–103; Daron Acemoglu, Pascual Restrepo, "The Race between Man and Machine", *American Economic Review* 108 (6), 2018, 1488–1542; 同作者, "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor", *Journal of Economic Perspectives* 33 (2), 2019, 3–30。 ↵1 ↵2

[8] Daron Acemoglu, Pascual Restrepo, "Demographics and Automation", *Review of Economic Studies* 89 (1), 2022, 1–44; Ana Lucia Abelianky, Klaus Prettnner, "Automation and Population Growth: Theory and Cross-Country Evidence", *Journal of Economic Behavior & Organization* 208, 2023, 345–358; Nikolai Stähler, "The Impact of Aging and Automation on the Macroeconomy and Inequality", *Journal of Macroeconomics* 67, 2021, 103278; Catarina Peralta, Pedro Mazedo Gil, "Automation, Education, and Population", *Journal of Economic Behavior & Organization* 234, 2025, 107002。 ↵

[9] Hirofumi Uzawa, "Neutral Inventions and the Stability of Growth Equilibrium", *Review of Economic Studies* 28 (2), 1961, 117–124; 现代表述见 Charles I. Jones, Dean Scrimgeour, "A New Proof of Uzawa's Steady-State Growth Theorem", *Review of Economics and Statistics* 90 (1), 2008, 180–182。 ↵

- [10] Jan De Loecker, Jan Eeckhout, Gabriel Unger, "The Rise of Market Power and the Macroeconomic Implications", *Quarterly Journal of Economics* 135 (2), 2020, 561–644; David Autor, David Dorn, Lawrence F. Katz, Christina Patterson, John Van Reenen, "The Fall of the Labor Share and the Rise of Superstar Firms", *Quarterly Journal of Economics* 135 (2), 2020, 645–709。↩
- [11] Wolfgang Lutz, Vegard Skirbekk, Maria Rita Testa, "The Low-Fertility-Trap Hypothesis", *Vienna Yearbook of Population Research* 2006, 167–192; Mikko Myrskylä, Hans-Peter Kohler, Francesco C. Billari, "Advances in Development Reverse Fertility Declines", *Nature* 460, 2009, 741–743。↩
- [12] Ronald Lee, Andrew Mason (eds.), *Population Aging and the Generational Economy: A Global Perspective*, Cheltenham: Edward Elgar; Ottawa: IDRC, 2011。↩
-

相关阅读

- 基础理论 T 系列：大三权分立与非对称均衡；生命力与生产力的关系
- 应用研究 A-5：《按需分配：AI时代的财富分配机制重构》
- 应用研究 A-4：《人形机器人，走进千家万户的路有多远？——投资扩张对家庭消费吸收的弹性与阈值约束》（姊妹篇，视角不同，两篇各自独立成立）

Synthesis Political Economy · synthesispe.com · © 2026 Guangzhu Zhang

许可：除另有标注外，作者自有文字与原创图稿采用 CC BY 4.0；第三方材料不在此许可范围内。详情。