

增长理论 II

陈 军

Jun.Chen@whu.edu.cn

武汉大学经济与管理学院

2019 年 4 月 8 日



主要内容

- 如何将技术进步融入到索洛模型中
- 索洛模型的政策启示
- 索洛模型的结论与实证分析
- 两个内生增长模型

Introduction

- 在我们前面探讨的索洛模型中，
 - 生产技术是恒定的
 - 稳定状态下的人均收入 (income per capita) 是不变的
- 现实生活中，上述两点都不成立：
 - 在 1900 至 2013 年间，美国人均实际 GDP 年均增长 1.9%
 - 现实生活中也有很多的技术进步
 - 美国农业部门的生产率在 1950 年至 2012 年增加了两倍
 - 在 2000 年，全世界有 3.61 亿的互联网使用者，7.4 亿的手机使用者；而在 2015 年，全世界的互联网使用者增长到了 31 亿，手机使用者增长到了 49 亿
 - 电子产品的技术更新越来越频繁，内存逐渐增大，运行速度也更快，5G 概念的提出以及相关标准的逐渐确定
 -

索洛模型中的技术进步

- 考察的是劳动扩张型技术进步 (labor-augmenting technological progress): 技术进步能够增加劳动效率
- 一个新的变量: E = 劳动效率
- $g = \frac{\Delta E}{E}$
- 生产函数为:

$$Y = F(K, L \times E)$$

其中 $L \times E$ 为效率工人 (effective workers) 的人数

- E 的增加对生产的影响和劳动力的增加对生产的影响是一样的

索洛模型中的技术进步

- $y = Y/(L \times E)$ 表示每个效率工人的产出, $k = K/(L \times E)$ 表示每个效率工人的资本
- 每个效率工人的产出函数:

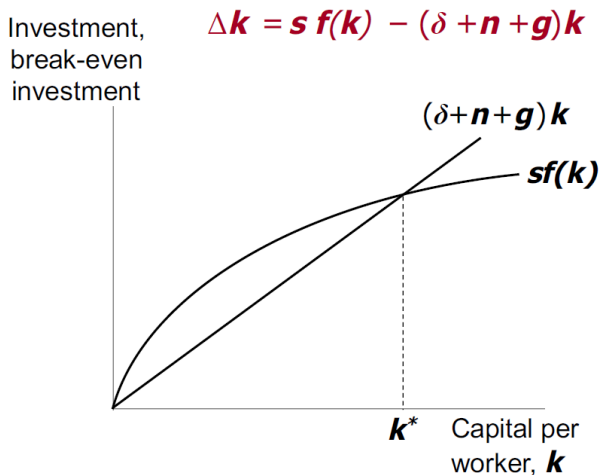
$$y = f(k)$$

- 每个效率工人的储蓄和投资为: $sy = sf(k)$
- 资本存量的变动为:

$$\Delta k = sf(k) - (\delta + n + g)k$$

- $(\delta + n + g)k$ 为收支相抵的投资

技术进步和索洛模型



在有技术进步的索洛模型中稳定状态的增长率

变量	符号	稳定状态的增长率
效率工人的人均资本	$k = K/(L \times E)$	0
效率工人的人均产出	$y = Y/(L \times E)$	0
人均产出	$(Y/L) = y \times E$	g
总产出	$Y = y \times L \times E$	$n + g$

技术进步和黄金律水平

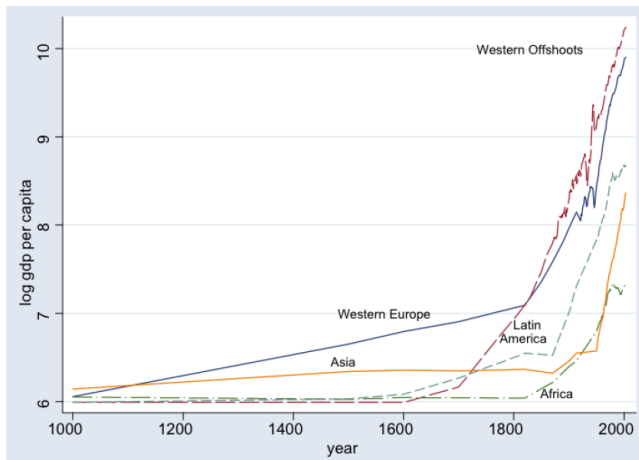
- 黄金律的资本存量:

$$\begin{aligned}c^* &= y^* - i^* \\ &= f(k^*) - (\delta + n + g)k^*\end{aligned}$$

- 一阶条件: $MPK = \delta + n + g$
- 或者表达为: $MPK - \delta = n + g$

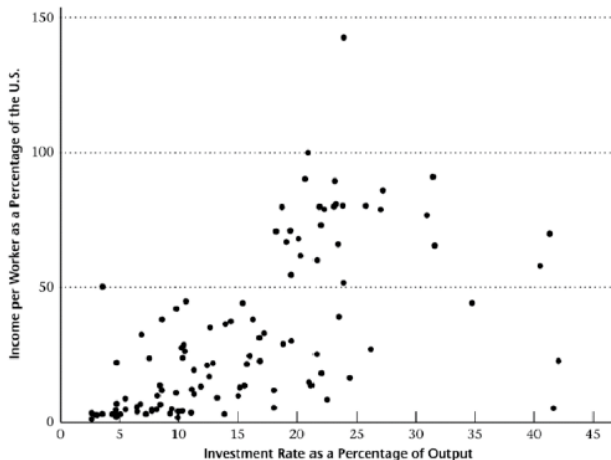
增长的经验研究：技术进步

- Solow 模型预测，技术进步才能促使人均收入持续增长。



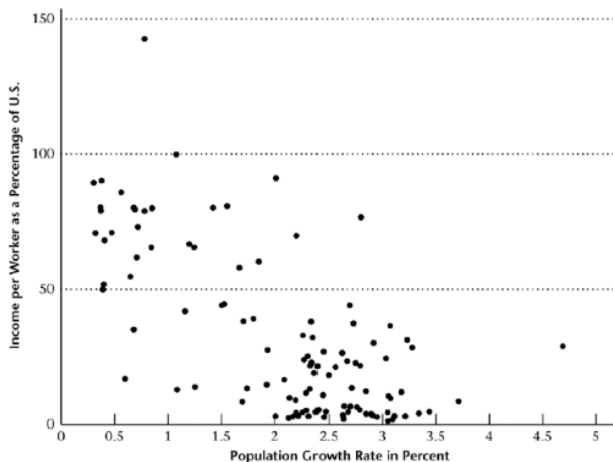
增长的经验研究：储蓄率

- Solow 模型预测，投资率（即储蓄率）越高的地区，人均收入也越高



增长的经验研究：人口增长率

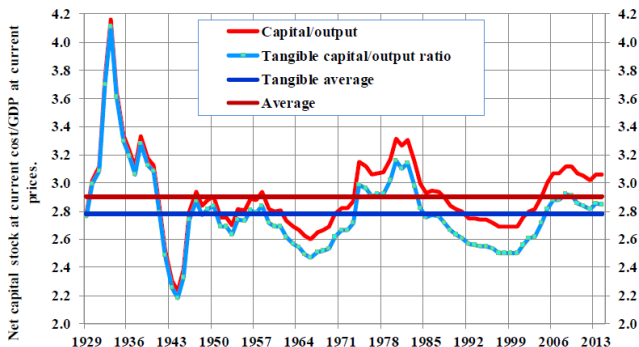
- Solow 模型预测，人口增长越快的地区，人均收入越低



增长的经验研究：均衡增长

- Solow 模型的稳定状态均有均衡增长的特性—许多变量以共同的比率增长
 - 在含有技术进步的 Solow 模型中， Y/L 和 K/L 的增长比率均为 g ，因此 K/Y 应当是稳定的，这和现实世界的观测是一致的

$$sy = (\delta + n + g)k \implies \frac{K}{Y} = \frac{k \times E}{y \times E} = \frac{k}{y} = \frac{s}{\delta + n + g}$$

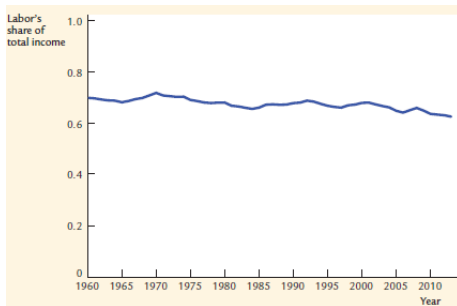


增长的经验研究：均衡增长

- Solow 模型的稳定状态均有均衡增长的特性—许多变量以共同的比率增长
 - 资本收入和劳动力收入占总收入的固定比例

$$\text{资本收入占比} = \frac{MPK \times K}{Y} = MPK \times \frac{k}{y} = f'(k) \times \frac{k}{y}$$

$$\text{劳动收入占比} = 1 - \text{资本收入占比}$$



增长的经验研究：均衡增长

- Solow 模型的稳定状态均有均衡增长的特性—许多变量以共同的比率增长
 - Solow 模型预测实际工资和 Y/L 的增长率是一致的，而实际租赁价格则是稳定的。这与现实世界的观测是一致的。
 - 总资本收入和总劳动力收入以固定比率 $n + g$ 的速度增长：总资本收入和总劳动力收入是总收入的一个固定比例，而总收入的增长速度为 $n + g$
 - 实际工资增长速度为 g ，而实际租赁价格保持不变：实际租赁价格为 $MPK \times K/K = MPK$ ，实际工资收入为 $w = \text{劳动力收入}/L$ ，其中劳动力收入增长速度为 $n + g$ ，而劳动力增长速度为 n

增长的经验研究：趋同 (convergence)

- Solow 模型表明，其他条件相同的时候，穷国 (更低的 Y/L 和 K/L) 应当比富国增长更快
- 如果上述表述正确的话，穷国和富国之间的收入差距应当会逐渐缩小，从而使得两类国家的生活水平逐渐趋同

增长的经验研究：趋同 (convergence)

- Solow 模型表明，其他条件相同的时候，穷国 (更低的 Y/L 和 K/L) 应当比富国增长更快
- 如果上述表述正确的话，穷国和富国之间的收入差距应当会逐渐缩小，从而使得两类国家的生活水平逐渐趋同
- 现实世界中，往往许多穷国的增长速度较之富国的增长速度更慢
- 原因：现实世界的国家往往其他条件不同
 - 在有相似储蓄率和人口增长率的样本国家中，我们发现收入差距平均每年缩小 2%
 - 在更大样本的国家中，如果控制了储蓄率、人口增长率和人力资本的差异之后，我们发现收入差距平均每年缩小 2%
- Solow 模型真正结论是条件趋同，即各个国家向其自己的稳定状态趋同，而稳定状态则由储蓄、人口增长和教育等决定

经验研究：趋同

Figure 1

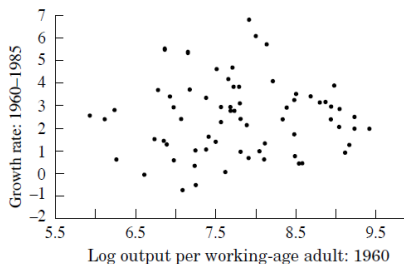


Figure 2



经验研究：趋同



经验研究：要素积累 vs 生产效率

- 不同国家人均收入的差别可能是由于：
 - 人均资本的不同，包括物质资本和人力资本
 - 生产效率的差异（在 Solow 模型中，生产函数高度的差异）
- 研究表明：
 - 两个因素都很重要
 - 上述两个因素可能是相关的：人均资本更高的国家往往生产效率也更高
 - 更高的生产效率会鼓励更多的资本积累
 - 更多的资本具有提升效率的外部性
 - 第三个可能的原因是，有一些未知的变量可能会使得一些国家的生产效率和资本积累较之其他国家更高

- 一个经济体的储蓄是过多还是过少？
- 什么样的政策能够改变一个国家的储蓄率？
- 一个国家如何配置私人投资、公共基础设施和人力资本投资？
- 一个国家的制度如何影响一个国家的生产效率和资本积累？
- 什么样的政策能够推动一国更快的技术进步？

对储蓄率的评价

- 使用黄金律水平的决定公式我们能确定一国的储蓄率和资本是过高还是过低：
 - 如果 $MPK - \delta > n + g$: 该国的储蓄率低于黄金律水平
 - 如果 $MPK - \delta < n + g$: 该国的储蓄率高于黄金律水平

对储蓄率的评价

- 使用黄金律水平的决定公式我们能确定一国的储蓄率和资本是过高还是过低：
 - 如果 $MPK - \delta > n + g$: 该国的储蓄率低于黄金律水平
 - 如果 $MPK - \delta < n + g$: 该国的储蓄率高于黄金律水平
- 我们可以利用上述结论讨论美国的经济，美国经济的一些统计事实：
 - $k = 2.5y$
 - $\delta k = 0.1y$
 - $MPK \times k = 0.3y$
 - 美国实际 GDP 增速约为 3%，因此， $n + g = 0.03$

对储蓄率的评价

- 使用黄金律水平的决定公式我们能确定一国的储蓄率和资本是过高还是过低：
 - 如果 $MPK - \delta > n + g$: 该国的储蓄率低于黄金律水平
 - 如果 $MPK - \delta < n + g$: 该国的储蓄率高于黄金律水平
- 我们可以利用上述结论讨论美国的经济，美国经济的一些统计事实：
 - $k = 2.5y$
 - $\delta k = 0.1y$
 - $MPK \times k = 0.3y$
 - 美国实际 GDP 增速约为 3%，因此， $n + g = 0.03$
- 可以计算 MPK 和 δ :
 - $\frac{MPK \times k}{k} = \frac{0.3y}{2.5y} \Rightarrow MPK = 0.12$
 - $\frac{\delta k}{k} = \frac{0.1y}{2.5y} \Rightarrow \delta = 0.04$

对储蓄率的评价

- 使用黄金律水平的决定公式我们能确定一国的储蓄率和资本是过高还是过低：
 - 如果 $MPK - \delta > n + g$: 该国的储蓄率低于黄金律水平
 - 如果 $MPK - \delta < n + g$: 该国的储蓄率高于黄金律水平
- 我们可以利用上述结论讨论美国的经济，美国经济的一些统计事实：
 - $k = 2.5y$
 - $\delta k = 0.1y$
 - $MPK \times k = 0.3y$
 - 美国实际 GDP 增速约为 3%，因此， $n + g = 0.03$
- 可以计算 MPK 和 δ :
 - $\frac{MPK \times k}{k} = \frac{0.3y}{2.5y} \Rightarrow MPK = 0.12$
 - $\frac{\delta k}{k} = \frac{0.1y}{2.5y} \Rightarrow \delta = 0.04$
- $MPK - \delta = 0.08 > n + g$: 美国的储蓄率过低

如何增长储蓄率？

- 降低财政赤字或者增加政府盈余
- 鼓励更多的私人储蓄
 - 降低公司所得税和房地产税等，这些可以增加储蓄所赚取的收益率，因而能够增加储蓄
 - 扩大人们能够存入免税的退休金账户的金额

配置经济的投资

- Solow 模型中只有一种资本，但是现实生活中存在各种各样的资本；大体上来说，我们可以将其划分为三类：
 - 私人资本，例如钢铁厂、电脑和机器人等
 - 公共资本，例如基础设施
 - 人力资本：工人通过教育获取的知识和技能等
- 对于资本如何在这种形式之间如何配置，一般有两种观点：
 - 对所有行业中各种资本类型征收一样的税，从而让市场将投资配置到边际生产率最高的资本类型
 - 政府应当积极鼓励投资进入某些资本形式或者某些行业，因为可能这些投资具有正的外部性，私人投资者在做出决策的时候是不会考虑到这些外部性的。许多经济学家对于政府通过产业政策积极介入到投资是持怀疑态度的，主要基于一下理由
 - 不同部门的外部性是很难衡量的，这使得政府的政策很难选取到合适的资本形式
 - 一些行业和资本的选取可能是基于政治的考量，而不是经济的考量

构建正确的制度

- 正确的制度能够保证资源的有效率配置
 - 司法制度：保护产权等
 - 资本市场的相关制度：能够使金融资本流向最好的投资项目
 - 没有腐败的政府：能够公平的促进竞争、保证合约的执行等

构建正确的制度

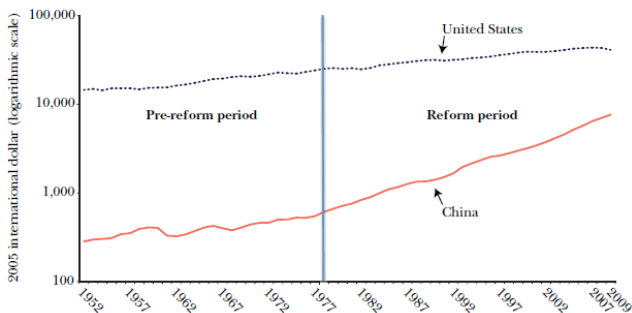


North and South Korea from space.

- 二战之后：南北韩分治
- 现在，南韩人均 GDP 比北韩高 10 多倍

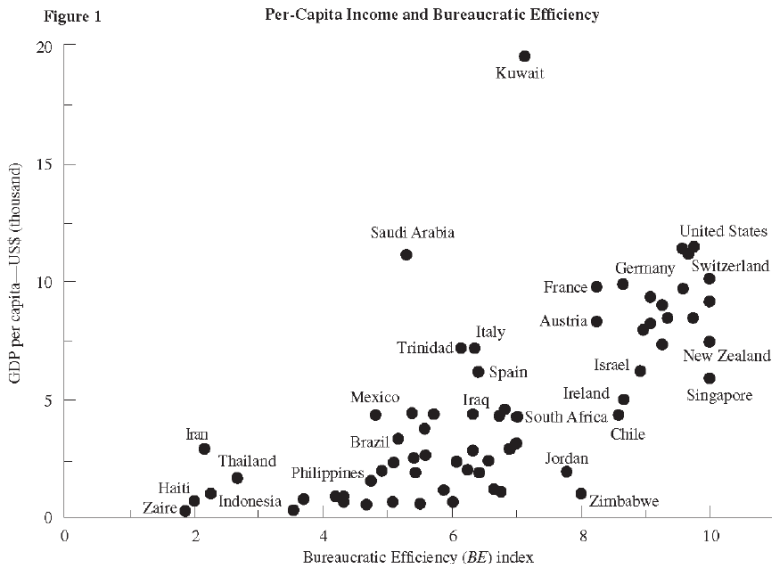
构建正确的制度：中国的改革开放

GDP per capita of China and US: 1952–2009



Source: Zhu, X. Understanding China's Growth: Past, Present, and Future. *Journal of Economic Perspective*, 26(4): 103-124.

构建正确的制度：腐败和增长



鼓励技术进步

- 专利保护制度：能够让新产品和技术的发明者享受到短期的垄断利益
- 对 R&D 的税收激励政策
- 对大学中的基础研究提供资金支持
- 通过产业政策鼓励对技术进步起关键作用的行业的发展

- 索洛模型
 - 生活水平的持续增长是由于技术进步造成的
 - 索洛模型同时假设技术进步是外生给定的
- 内生增长理论
 - 经济能够不依赖外力推动来实现增长

AK 模型

- 生产函数： $Y = AK$ ，其中 A 表示每单位资本的产出
- 该模型和索洛模型的主要区别：该模型中， MPK 是恒定的，在索洛模型中， MPK 是递减的。
- 投资： sY
- 折旧： δK

AK 模型

- 生产函数： $Y = AK$ ，其中 A 表示每单位资本的产出
- 该模型和索洛模型的主要区别：该模型中， MPK 是恒定的，在索洛模型中， MPK 是递减的。
- 投资： sY
- 折旧： δK
- 资本存量运行等式为： $\Delta K = sY - \delta K$
- 因此，

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta K}{K} = sA - \delta$$

- 当 $sA > \delta$ 的时候，经济增长会永远持续下去

AK 模型

- 假设在上述 AK 模型中存在人口增长
- 人均资本存量的运行等式为：

$$\Delta k = sAk - (\delta + n)k \implies \frac{\Delta k}{k} = sA - (\delta + n)$$

- 当 $sA > \delta + n$ 的时候，人均资本会以固定比率 $sA - (\delta + n)$ 持续上升。给定生产函数，人均收入会以固定比率 $sA - (\delta + n)$ 持续上升
- AK 模型没有稳定状态
- 在该模型中，投资和储蓄能够促进经济的增长，而在索洛模型中，投资和储蓄不能促进经济增长，经济增长只能依靠外来的技术进步。

一个基本模型

- 索洛模型中的 MPK 递减能够使得经济有一个稳定状态，该模型中的 MPK 是恒定的能够使得储蓄能够促进经济增长
- 这个基本模型中的恒定的 MPK 的假设是否合理取决于资本的定义
- 如果资本仅仅定义为包括厂房、机器等物质资本，那么 MPK 递减是一个更加合理的假设
- 内生增长理论的支持者认为知识也是一种资本
- 如果知识是一种资本的话，那么 MPK 恒定的假设也许更加具有说服力，这个基本模型也许会是对经济增长进行更好的描述和解释。

一个两部门模型

- 经济体拥有两个部门
 - 制造业企业：能够生产产品
 - 研究型大学：能够生产提高制造业企业劳动力效率的知识，并且生产出来的知识能够免费使用
- u = 研究性大学的劳动力比例
- 制造业企业的生产函数： $Y = F[K, (1 - u)LE]$
- 研究型大学的生产函数： $\Delta E = g(u)E$
- 资本积累： $\Delta K = sY - \delta K$
- 假设制造业企业的生产函数是规模收益不变（CRS）的

一个两部门模型

- 假设 u 是给定的，那么劳动力的生产效率的增长率就会是 $g(u)$ 。如果 E 不列入资本的核算中，那么这个模型和 Solow 模型结构一样。因此，Solow 模型中的结论在这个模型中也适用：人均产出和收入会以 $g(u)$ 的速度增长

一个两部门模型

- 假设 u 是给定的，那么劳动力的生产效率的增长率就会是 $g(u)$ 。如果 E 不列入资本的核算中，那么这个模型和 Solow 模型结构一样。因此，Solow 模型中的结论在这个模型中也适用：人均产出和收入会以 $g(u)$ 的速度增长
- 如果 K 和 E 都作为资本，那么 K 和 E 的同时增长能够使产出增长，因而和 AK 模型中的资本的 MPK 保持不变的假设是一致的，因而这个模型也能够在不假设生产函数有外生移动的情况下产生持续增长

一个两部门模型

- 假设 u 是给定的，那么劳动力的生产效率的增长率就会是 $g(u)$ 。如果 E 不列入资本的核算中，那么这个模型和 Solow 模型结构一样。因此，Solow 模型中的结论在这个模型中也适用：人均产出和收入会以 $g(u)$ 的速度增长
- 如果 K 和 E 都作为资本，那么 K 和 E 的同时增长能够使产出增长，因而和 AK 模型中的资本的 MPK 保持不变的假设是一致的，因而这个模型也能够在不假设生产函数有外生移动的情况下产生持续增长
 - 假设 $LE = eK$ ，即知识是资本 K 的一个固定比例；那么，如果生产函数为 *Cobb - Douglas* 形式 $Y = zK^\alpha ((1 - u)LE)^{1-\alpha}$ ，生产函数可以转变为：

$$Y = z[(1 - u)e]^{1-\alpha} K \equiv AK$$

一个两部门模型

- 假设 u 是给定的，那么劳动力的生产效率的增长率就会是 $g(u)$ 。如果 E 不列入资本的核算中，那么这个模型和 Solow 模型结构一样。因此，Solow 模型中的结论在这个模型中也适用：人均产出和收入会以 $g(u)$ 的速度增长
- 如果 K 和 E 都作为资本，那么 K 和 E 的同时增长能够使产出增长，因而和 AK 模型中的资本的 MPK 保持不变的假设是一致的，因而这个模型也能够在不假设生产函数有外生移动的情况下产生持续增长
 - 假设 $LE = eK$ ，即知识是资本 K 的一个固定比例；那么，如果生产函数为 *Cobb - Douglas* 形式 $Y = zK^\alpha ((1 - u)LE)^{1-\alpha}$ ，生产函数可以转变为：

$$Y = z[(1 - u)e]^{1-\alpha} K \equiv AK$$

- 这个模型展示了社会的决策决定了技术进步以及人均收入的增长
 - 如果 E 不列入资本核算，则人均收入增长速度为 $g(u)$
 - 如果 E 也是一种资本，则 u 会影响 A 和 K

R&D

- 尽管知识是一种公共产品，但是有许多研究是由利润动机驱动而由企业进行生产的
- 企业能够从研究中获益
 - 专利制度的存在，可以使企业获得暂时的垄断地位
 - 最早进入新产品市场从而获得额外的利润
- 创新往往具有外部性，因为它能降低下一代创新的成本

许多新的内生增长模型会努力将上述事实纳入到模型中，以便更好理解技术进步。这样做的话，就需要把企业在从事研究时所面临的决策模型化，并把对自己的创新具有某种垄断力量的企业之间的相互作用模型化

R&D：私人企业创新投入过多还是过少？

- 创新具有正的外部性表明私人部门也许对创新的投入会有所不足
- 创新也会具有负的外部性：当一个企业投资于研究时，它会通过仅仅是首先发明了另一个企业本来也会发明的技术，而使其他企业的状况变坏
- 估计：R&D 的社会收益 $\geq 40\%$
- 政府应当补贴 $R\&D$

创造性破坏理论 (Creative Destruction)

- 熊彼特 (Schumpeter) 提出
- 用来描述的是技术进步带来的置换过程：一种新的技术带来的新的产品的引用或者新的经营模式的产生一般是有利于消费者的，但是对现任的生产者 (incumbent producers) 是不利的，有可能会使其不得不退出市场
- 例子：
 - 勒德分子 (Luddite) (1811-1812) 破坏机器，因为机器的采用使得有技术的纺织工人失业了
 - 沃尔玛新的管理方式和技术的采用降低了价格，有利于消费者，但是许多小型的商店就会倒闭
- Aghion and Howitt(1992) 将熊彼特的创造性破坏理论结合到了内生增长模型中，将技术进步模型为一个企业创新和创造性破坏的过程。
 - 企业当前对技术的投资会破坏当前采用老技术进行生产的企业
 - 未来对技术的投资有可能会破坏当前投资的技术，因而会损害当前企业进行技术投资的动力

总结

- 将技术纳入索洛模型中
- 提高储蓄率的政策
- 索洛模型与经验研究：条件趋同
- 内生增长模型