

# 第九章·经济增长II：技术、 经验和政策

## Economic Growth II : Technology, Empirics, and Policy

康明石<sup>1</sup>

### 9.1 索洛模型中技术的进步

#### 劳动效率

为了纳入技术进步，我们必须回到把总资本  $K$  和总劳动  $L$  与总产出  $Y$  联系起来的生产函数。到现在为止，生产函数一直是：

$$Y = F(K, L)$$

现在我们把生产函数写为：

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

式中， $E$  为一个新的变量，称为**劳动效率**（efficiency of labor）。劳动效率被认为反映了社会拥有的关于生产方法的知识：随着可获得的技术不断改善，劳动效率提高了，每小时工作生产了更多的产品和服务。

$L \times E$  这一项可以被解释为衡量**工人的有效数量**（effective number of workers）。它考虑了实际工人数量  $L$  和每个工人的效率  $E$ 。换句话说， $L$  衡量了劳动力中工人的数量，而  $L \times E$  衡量了工人和典型工人可用的技术。这个新生产函数是说，总产出  $Y$  取决于资本投入  $K$  和有效工人  $L \times E$ 。

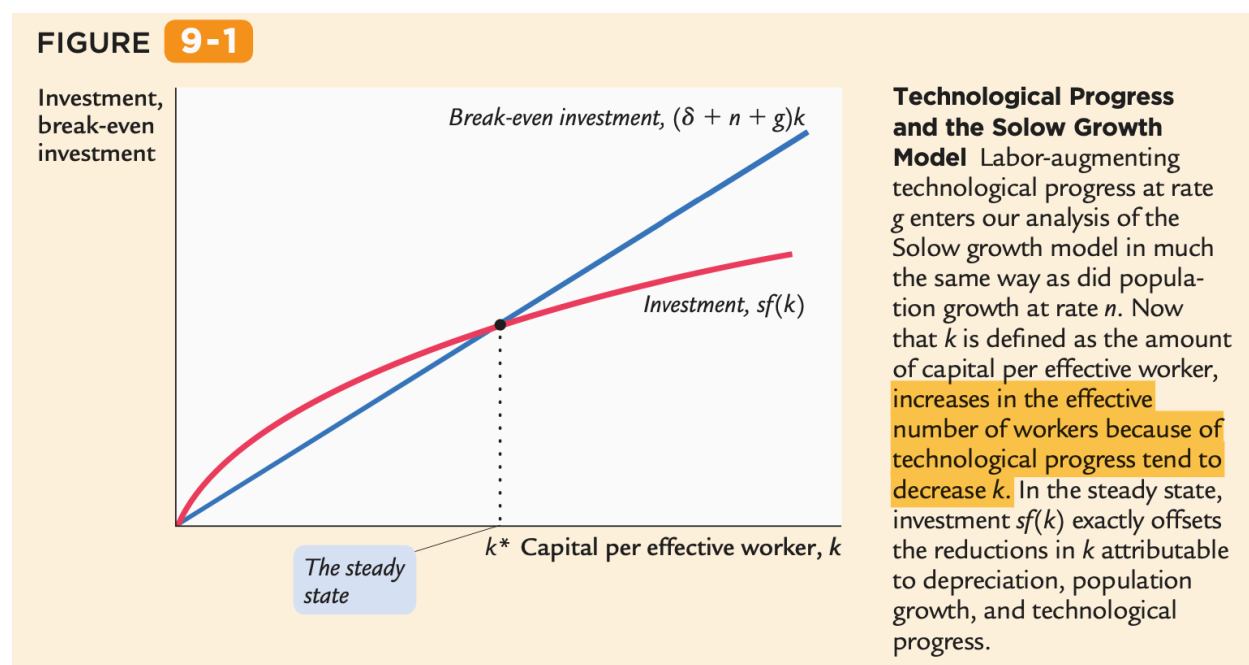
---

<sup>1</sup> 暨南大学经济系，邮箱：[mingshikang@jnu.edu.cn](mailto:mingshikang@jnu.edu.cn)。本讲义基于N. 格里高利·曼昆的《宏观经济学》（第九版）。仅用于教学。

关于技术进步最简单的假设是，它引起劳动效率  $E$  以某种不变的速率  $g$  增长。例如，如果  $g = 0.02$ ，那么每单位劳动每年的效率提高 2%：产出增加了，就像劳动力的增加比其实际增加值还多 2% 一样。这种形式的技术进步被称为劳动改善型（labor augmenting）， $g$  被称为劳动改善型技术进步率（labor-augmenting technological progress rate）。由于劳动力  $L$  是按  $n$  的速率增长，每单位劳动的效率  $E$  是按  $g$  的速率增长，所以，有效工人的数量按  $n + g$  的速率增长。<sup>2</sup>

## 有技术进步的稳态

由于技术进步在这里被模型化为劳动改善，所以它适合于本模型的方式和人口增长一样。虽然技术进步没有使工人的实际数量增加，但是，由于随着时间的推移，每个工人实际上有了更多单位的劳动，因此，技术进步导致工人的有效数量增加。



<sup>2</sup> 这背后的数学逻辑和我们在学习数量方程时一样：一个变量  $y$  随着  $x$  的百分比变量为  $\frac{d}{dx} \ln(y)$ ，所以  $L \times E$  随着时间的百分比变化为  $\frac{d}{dt} \ln(L \times E) = \frac{d}{dt} \ln(L) + \frac{d}{dt} \ln(E) = n + g$ 。

现在我们推广该方法，用有效工人的人均数量来分析经济。我们现在用  $k = K/(L \times E)$  代表有效工人的人均资本，用  $y = Y/(L \times E)$  代表有效工人的人均产出。有了这些定义，我们可以再次写出  $y = f(k)$ 。

对经济的分析步骤与我们考察人口增长时一样。表示  $k$  随时间变动的方程现在变为：

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

正如图 9 - 1 所示，纳入技术进步并没有在实质上改变我们对稳态的分析。仍然有一个用  $k^*$  表示的  $k$  的水平，在这一水平，有效工人的人均资本和有效工人的人均产出保持不变。与以前一样，这一稳态代表经济的长期均衡。

## 技术进步的影响

表 9 - 1 显示了在有技术进步的稳态下四个关键变量的行为是什么样的。正如我们刚刚看到的，在稳态，有效工人的人均资本  $k$  是不变的。由于  $y = f(k)$ ，有效工人的人均产出也是不变的。在稳态下保持稳定的正是这些有效工人的人均数量。

**TABLE 9-1**

**Steady-State Growth Rates in the Solow Model With Technological Progress**

Variable	Symbol	Steady-State Growth Rate
Capital per effective worker	$k = K/(E \times L)$	0
Output per effective worker	$y = Y/(E \times L) = f(k)$	0
Output per worker	$Y/L = y \times E$	$g$
Total output	$Y = y \times (E \times L)$	$n + g$

我们还可以推断出不是用有效工人的人均单位表示的变量会发生什么变动。例如，考虑每个实际工人的产出  $Y/L = y \times E$ 。由于  $y$  在稳态下是不变的， $E$  以速率  $g$  增长，因此，工人

的人均产出在稳态下必定也以速率  $g$  增长。类似地，经济的总产出为  $Y = y \times (E \times L)$ 。由于  $y$  在稳态下不变， $E$  以速率  $g$  增长， $L$  以速率  $n$  增长，所以，总产出在稳态下以速率  $(n + g)$  增长。

技术进步的引入也修改了黄金律的标准。资本的黄金律水平现在被定义为使有效工人人均消费最大化的稳态。沿用我们前面所用的推理，我们可以证明，有效工人的人均稳态消费是：

$$c^* = f(k^*) - (\delta + n + g)k^*$$

如果

$$MPK = \delta + n + g \quad \text{或写为} \quad MPK - \delta = n + g$$

稳态的消费就最大化了。也就是说，在黄金律资本水平，资本的净边际产量  $(MPK - \delta)$  等于总产出增长率  $(n + g)$ 。由于现实经济既有人口增长，又有技术进步，所以，我们必须用这个标准来评价经济的资本大于还是小于黄金律稳态水平。

## 9.2 从增长理论到增长经验研究

本章到现在为止，我们已经把外生的技术进步引进索洛模型来解释生活水平的持续增长。现在让我们讨论当理论面对现实时会发生什么。

### 平衡的增长

根据索洛模型，在稳态，技术进步引起许多变量在稳态的数值一起上升。这一性质被称为平衡的增长（balanced growth），它很好地描述了许多经济的长期数据。

平衡的增长在索洛模型中主要反映在两方面：

1. 人均产出  $Y/L$  与 人均资本存量  $K/L$  都以技术进步的速率  $g$  增长。
2. 技术进步的增长速度和实际工资的增长速度相同；而资本的实际租赁价格不变。

上面两点与美国1960年代至今的数据是吻合的。

## 趋同

关于经济体是否随着时间的推移相互趋同的问题的研究已经有许多了。特别地，开始时贫穷的经济体是否比开始时富裕的经济体增长得更快？如果是这样，那么世界上贫穷的经济体将趋向于赶上世界上富裕的经济体。这种“赶上”的性质被称为趋同（convergence）。如果没有趋同，那么开始时落后的国家可能会保持贫穷。索洛模型对趋同应该在何时发生作出了清楚的预测。根据该模型，两个经济体是再趋同取决于它们最初为什么是不同的。一方面，假定两个经济体由于历史偶然性开始时有着不同的资本存量，但是它们有着由它们的储蓄率、人口增长率和劳动效率所决定的相同的稳态。在这种情况下，我们应该预期两个经济体将趋同；在到达稳态的过程中，有着更少的资本存量的更穷经济体自然将增长得更快。另一方面，如果两个经济体有着不同的稳态（也许是由于这些经济体有着不同的储蓄率），那么我们就应当预期它们会趋同。相反，每个经济体将达到各自的稳态。

## 要素积累 vs. 生产效率

作为一个核算问题，人均收入的国际差别可以被归因于生产要素的差别，例如实物和人力资本数量的差别，或者各经济体使用其生产要素的效率的差别。也就是说，一个穷国的工人之所以贫穷，可能是由于缺乏工具和技能，或者是由于拥有的工具和技能没有得到最好的使用。在索洛模型下，这个问题是：富国与穷国之间的巨大差距，究竟是由于

1. 资本积累（包括人力资本）的差别，还是
2. 生产函数的差别？

大部分研究得到的答案是这样的：

1. 要素积累和生产效率都是重要的；
2. 要素积累和生产要素是正相关的：有着高的实物和人力资本水平的国家也倾向于有效率地使用这些要素。<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Robert E. Hall and Charles I. Jones, “Why Do Some Countries Produce So Much More Output per Worker Than Others?” *Quarterly Journal of Economics* 114 (February 1999): 83 — 116;

Peter J. Klenow and Andres Rodriguez-Clare, “The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has It Gone Too Far?” *NBER Macroeconomics Annual* (1997) 73 — 103.

有几种方式解释这种正相关关系：

1. 一种假说是，一个有效率的经济可能鼓励资本积累。例如，在运行良好的经济中的人可能有更多的资源，进而激励学习并积累人力资本。
2. 另一种假说是，资本积累可能引致更高的效率。如果存在对实物和人力资本的正的外部性，那么储蓄和投资更多的国家看来会有更好的生产函数。因此，更高的生产效率可能引起更高的要素积累，或者更高的要素积可能引起了更高的生产效率。
3. 要素积累与生产效率都受共同的第三个变量共同驱动。也许共同的第三个变量是一国制度的质量，包括政府的政策制定，或者说是自然环境，地理位置等等。

## 9.3 促进增长的政策

到现在为止我们已经使用了索洛模型来揭示经济增长的不同源泉之间的理论关系，我们已经讨论了实际增长的一些经验研究。现在我们可以用这些理论来指导我们思考经济政策。

### 对储蓄率的评价

根据索洛增长模型，一国储蓄和投资多少是该国公民生活水平的一个关键决定因素。正如我们已经看到的，储蓄率决定了稳态的资本和产出水平。一个特定的储蓄率产生了黄金律稳态，该稳、态使人均消费最大化，从而使经济福利最大化。

为了确定一个国家处于处于、高于还是低于黄金律稳态，我们需要比较减去折旧后的资本的边际产量  $MPK - \delta$  与总产出增长率  $n + g$ 。正如我们在 9.1 节所证明的，

1. 在黄金律稳态， $MPK - \delta = n + g$ ；
2. 如果经济运行所使用的资本小于黄金稳态的资本量，那么， $MPK - \delta > n + g$ ；
3. 如果经济运行所使用的资本大于黄金稳态的资本量，那么， $MPK - \delta < n + g$ 。

观察中国的数据，我们可以依据以下三个事实来估算资本的边际产量：

1. 按现价计算的总资本存量（2016年）：254.7万亿元，名义GDP（2016年）：74.3万亿元。因此资本存量为一年GDP 的 3.43倍。



2. 资本折旧率约为 5.77%（2004年）。
3. 资本收入约为GDP的 40%（2011年）。<sup>4</sup>

运用我们的模型中用到的符号（以及第 3 章得出的资本所有者每单位资本赚取的收入为  $MPK$ ），我们可以把这些事实表示为：

$$k/y = 3.43$$

$$MPK \times k = 0.4y$$

上面两个式子告诉我们  $MPK = 0.4/3.43 \approx 11.66\%$ 。资本的净边际产量，即  $MPK - \delta$ ，为每年 5.89% 左右。我们可以看到资本的回报 5.89% 是略低于 2016年中国的GDP增长率（6.8%）的。这个事实与我们以前的分析相结合就表明中国经济的资本存量略高于黄金律水平。换言之，如果中国把其收入的更少比例用于储蓄和投资，它虽然会增长的慢一些，但最终达会达到有着更高消费的稳态。

## 改变储蓄率

政府影响国民储蓄最直接的方式是通过公共储蓄——政府所得到的税收收入和它的支出之间的差额。当政府支出大于其收入时，政府有预算赤字（budget deficit），这代表负的公共储蓄。正如我们在第 3 章中看到的，预算赤字提高了利率，并挤出了投资；所引起的资本存量的减少是加在子孙后代身上的同债负担的一部分。

反过来，如果政府支出小于其收入，政府有预算盈余（budget surplus），可以用于偿还部分国债和刺激投资。政府还可以通过影响私人储蓄——家庭和企业所进行的储蓄——来影响国民储蓄。特别地，人们决定储蓄多少取决于他们所面临的激励，而这些激励可以被多种公共政策改变。许多经济学家认为，对资本的高税率——包括公司所得税、联邦所得税、房地产税以及许多州的所得税和房地产税——通过降低储蓄者所赚取的回报率抑制了私人储蓄。另一方面，像 IRA (individual retirement account) 这样的免税退休金账户，其

---

<sup>4</sup> 总资本存量折旧率取自，曾五一，赵昱焜《关于中国总固定资本存量数据的重新估算》，厦门大学学报 2019年第2期。名义GDP和资本收入取自国家统计局官网。需要注意的是，这里分析使用的数据取自不同（但近似的）年份，所以存在误差。

设计的目的就是为了通过给予储蓄在这些账户中的收入以优惠待遇来鼓励私人储蓄。一些经济学家提出通过消费税系统代替目前的所得税系统来提高储蓄的激励。

## 9.4 超越索洛模型：内生增长理论

一个化学家、一个物理学家和一个经济学家同时被困在一个荒岛上，他们试图找出打开一个食品罐头的方法。

“让我们把罐头放在火上烤等它爆裂。”化学家说。

“不，不”，物理学家说，“让我们从一棵高树顶上把罐头扔到岩石上。”

“我有一个主意。”经济学家说，“首先，我们假设有一个开罐器……”

这个古老笑话的目的是说明经济学家如何用假设来简化他们面临的问题有时是过分简化了。在评价经济增长理论时，这个笑话特别合适。增长理论的一个目的是解释我们所观察到的世界上大多数地方生活水平的持续提高。索洛增长模型表明这种持续增长必定来自技术进步。但技术进步来自哪里呢？在索洛模型中，只是假设存在技术进步！

为了充分理解经济增长的过程，我们需要超越索洛模型并建立解释技术进步的模型。解释技术进步的模型常常被贴上**内生增长理论**（endogenous growth theory）的标签，因为这些模型抛弃了索洛模型的外生技术变革的假设。尽管内生增长理论的领域广阔而且有时还很复杂，下面我们还是快速地简单介绍一下这一现代研究。<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> 本节对有关内生增长理论的大量的和吸引人的文献作了简单的介绍。早期对这类文献的重要贡献包括 Paul M. Romer, “Increasing Returns and Long-Run Growth,” *Journal of Political Economy* 94 (October 1986): 1002 - 1037; 以及 Robert E. Lucas, Jr., “On the Mechanics of Economic Development,” *Journal of Monetary Economics* 22 (1988): 3- 42.

在 David N. Weil 所著的本科生教材 *Economic Growth*, 3rd ed (Pearson, 2013) 中学习更多关于这个主题的内容。



## 基本模型

为了说明内生增长理论的内在思想，让我们从一个特别简单的生产函数开始：

$$Y = AK$$

式中， $Y$ 为产出； $K$ 为资本存量； $A$ 为衡量每一单位资本所生产的产出数量的常数。注意，**这个生产函数并没有表现出资本收益递减的性质**。无论资本量有多少，额外的一单位资本生产  $A$  单位额外的产出。不存在资本收益递减是这个内生增长模型和索洛模型之间的关键差别。

现在我们来看看这个生产函数就经济增长说了些什么。与以前一样，我们假设比例为  $s$  的收入用于储蓄和投资。因此，我们用来描述资本积累的方程与以前所用的方程相似：

$$\Delta K = sY - \delta K$$

这个方程是说，资本存量的变动  $\Delta K$  等于投资  $sY$  减折旧  $\delta K$ 。把这个方程与生产函数  $Y = AK$  结合在一起，我们得到

$$\Delta Y/Y = \Delta K/K = sA - \delta$$

这个方程表明是什么决定了产出增长率  $\Delta Y/Y$ 。注意，只要  $sA > \delta$ ，即使没有外生技术进步的假设，经济的收入也会永远增长下去。

因此，生产函数的一个简单变化就可以显著地改变对经济增长的预测：在索洛模型中，储蓄暂时性地导致增长，但资本收益递减最终迫使经济达到稳态，而稳态增长只取决于外生技术进步。相反，在这个内生增长模型中，储蓄和投资可以导致持续增长。

但放弃资本收益递减的假设是合理的吗？答案取决于我们如何解释生产函数  $Y = AK$  中的变量  $K$ 。如果我们接受  $K$  只包括经济中的工厂与设备存量的传统观点，那么假设收益递减就是自然而然的。给一个工人配 10 台电脑并不会使该工人的生产率达到只有 1 台电脑的 10 倍。

然而，内生增长理论的支持者认为，如果对  $K$  作出更广义的解释，那么，资本收益不变（而不是收益递减）的假设就更合理。也许把知识看做一种资本是支持这个内生增长模

型的最佳理由。显然，知识是经济中生产——无论是产品与服务的生产还是新知识的生产——的一种重要投入。然而，与其他形式的资本相比，假设知识表现出收益递减的性质就不那么自然了。（确实，过去几百年来科学与技术创新的不断加速使一些经济学家认为存在知识的收益递增。）如果我们接受知识是一种类型的资本这一观点，那么，这个假设资本收益不变的内生增长模型就更合理地描述了长期经济增长。

## 两部门模型

虽然  $Y = AK$  模型是内生增长最简单的例子，但内生增长理论已经远远超越了这个模型。一种研究方法是力图建立一个以上生产部门的模型，以便对支配技术进步的力量提供更好的描述。

经济有两个部门，我们可以把它们称为制造业企业和研究型大学。企业生产产品与服务，这些产品与服务用于消费和实物资本投资。大学生产一种被称为“知识”的生产要素，随后这种生产要素在两个部门免费使用。这个经济由企业的生产函数、大学的生产函数以及资本积累方程来描述：

$$Y = F[K, (1 - u)LE] \quad (\text{制造企业的生产函数})$$

$$\Delta E = g(u)E \quad (\text{研究型大学的生产函数})$$

$$\Delta K = sY - \delta K \quad (\text{资本的积累})$$

式中：

- $u$  为大学的劳动力比例（ $(1 - u)$ 为制造业的劳动力比例）
- $E$  为知识存量（它又决定了劳动效率）
- $g$  为表明知识增长如何取决于大学的劳动力比例的函数

其他符号都是标准符号。和往常一样，制造业企业的生产函数被假设为规模报酬不变：如果我们使制造业的实物资本量（ $K$ ）和工人的有效数量  $[(1 - u)LE]$  翻倍，那么，产品与服务的产出（ $Y$ ）也翻倍。

这个模型与  $Y = AK$  模型类似。最重要的是，只要把资本广义地定义为包括知识在内，这个经济就表现出资本收益不变（而不是递减）的性质。特别地，如果我们把实物资本  $K$  和知识  $E$  都翻倍，那么，这个经济中两个部门的产出就都翻倍。因此，与  $Y = AK$  模型一样，这个模型也可以在没有生产函数的外生移动的假设下产生持续增长。在这里，持续增长是内生产生的，因为大学里的知识创造永远不会放慢。

然而，这个模型同时也与索洛增长模型类似。如果大学的劳动力比例  $u$  保持不变，那么，劳动效率  $E$  就按不变的比率  $g(u)$  增长。这个劳动效率以不变的速率  $g$  增长的结果正是有技术进步的索洛模型所作的假设。而且，这个模型的其余部分——制造业生产函数和资本积累方程——也与索洛模型的其余部分类似。结果，对任何一个给定的  $u$  值，这个内生增长模型的运行都跟索洛模型一样。

在这个模型中有两个关键的决策变量。正如在索洛模型中一样，用于储蓄和投资的产出比例  $s$  决定了稳态的实物资本存量。此外，大学中劳动力的比例  $u$  决定了知识存量的增长。尽管只有  $u$  影响稳态的收入增长率，但  $s$  和  $u$  都影响收入水平。因此，这个内生增长模型在说明哪些社会决策决定技术变化的速率这个方向做出了些许进步。

## 研究与开发的微观经济学

当我们考虑研究开发的过程，我们会发现这三点事实：

1. 尽管知识基本是一种公共产品（即每个人都可以免费得到的产品），但有许多研究是在利润动机驱动的企业中进行的。
2. 研究之所以有利可图，是因为创新能给予企业暂时的垄断地位，这或是由于专利制度，或是由于用一种新产品进入市场的第一家企业具有优势。
3. 当一家企业进行创新时，其他企业以这种创新为基础去进行下一代创新。

一些内生增长模型试图把这些有关研究与开发的事实纳入进来。这样做要求模型化企业在从事研究时所面临的决策和对本企业的创新有某种垄断力量的企业之间的相互作用。对这些模型更加详细的探讨超出了本课的范围，但是，有一点应该是显而易见的：这些内生增长模型的一个优点是，它们对技术创新过程提供了更为全面的阐述。

这些模型希望讨论的一个问题是，从整个社会的角度看，追求利润最大化的私人企业所进行的研究是太少还是太多了？换言之，研究的社会收益（这是社会所关心的）是大于还是小于私人收益（这是个体企业所关心的）？结果，作为一个理论问题，存在两个方向的效应。

一方面，当一家企业创造了一种新技术时，它通过给其他企业的未来研究提供一个可以依靠的知识基础而使这些企业的境况变好。正如艾萨克·牛顿（Isaac Newton）的名言所说：“如果说我比其他人看得更远，那是因为我站在了巨人的肩膀上。”

另一方面，当一家企业投资于研究时，如果它除了首先发现了另一家企业本来在适当的时候也会发明的技术之外没有作出更多的贡献，那么，它也能使其他企业的境况变坏。这种研究努力的重复被称为“踩踏”效应。企业自行决定从事的研究是太少还是太多，取决于正的“站在肩膀上”的外部性还是负的“踩踏”的外部性更为普遍。

## 创造性毁灭的过程

经济学家约瑟夫·熊彼特（Joseph Schumpeter）在他 1942 年的著作《资本主义、社会主义与民主》（Capitalism, Socialism, and Democracy）中提出，经济进步是通过一个创造性毁灭（creative destruction）过程来实现的。熊彼特认为，进步背后的驱动力是那些拥有新产品、生产旧产品的新方法或某种其他创新等创意的企业家。当企业家的企业进入市场时，它对其创新拥有某种程度的垄断力量；确实，正是垄断利润的前景推动企业家进行创新。

## 9.5 结论

长期经济增长是一国公民经济福利的唯一最重要的决定因素。宏观经济学家研究的其他任何主题——失业、通货膨胀、贸易赤字等等——与之相比都黯然失色。

索洛增长模型和更新的内生增长模型说明了储蓄、人口增长和技术进步在决定一同生活水平及其增长中是如何相互作用的。尽管这些理论不能保证一个经济实现高速增长，但是，它们提供了很多观点，并且为许多旨在促进长期经济增长的公共政策辩论提供了基础框架。

### 内容摘要:

1. 在索洛增长模型的稳态，人均收入增长仅仅向外生的技术进步率决定。
2. 许多经验研究考察了索洛模型在何种程度上可以帮助解释长期经济增长。该模型可以解释我们从数据上看到的很多东西，例如平衡的增长和有条件的趋同。近来的研究还发现生活水平的国际差异可以归因于资本积累和资本使用效率两者的结合。
3. 在有入口增长相技术进步索洛模型中，黄金律（消费最大化）稳态由资本的净边际产量  $MPK - \delta$  与稳态的总收入增长率  $n + g$  相等来刻画。在中国经济中，资本的净边际产量略微超过了增长率，这表明中国经济的储蓄率和资本都高于黄金律稳态。
4. 许多国家的政策制定者常常声称，它们的国家应该把更大比例的产出用于储蓄和投资。增加公共储蓄和给私人储蓄以税收激励是鼓励资本积累的两种方法。政策制定者还可以通过建立适当的法律和金融制度使资源得到有效配置及通过保证适当的激励以鼓励研究和技术进步来促进经济增长。
5. 现代内生增长理论试图解释在索洛模型作为外生变量的技术进步率。这些模型力图解释那些决定通过研究与开发进行知识创造的决策。

参考材料：《宏观经济学（第九版）》，N. 格里高利·曼昆，人民出版社