

Ch 8

技术进步

- 技术进步的种类

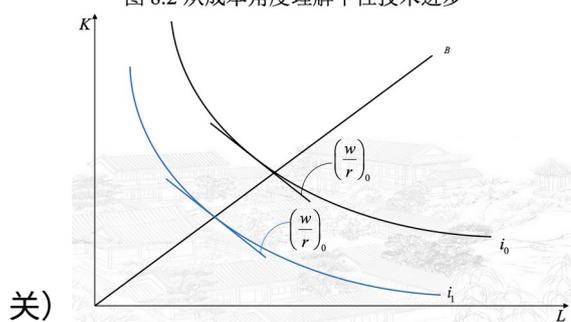
表现形式

- 使用相同的投入要素组合生产更多的产出，或者使用更少的投入要素组合实现相同的产出
- 现有产品质量的改进
- 生产出全新的产品

分类

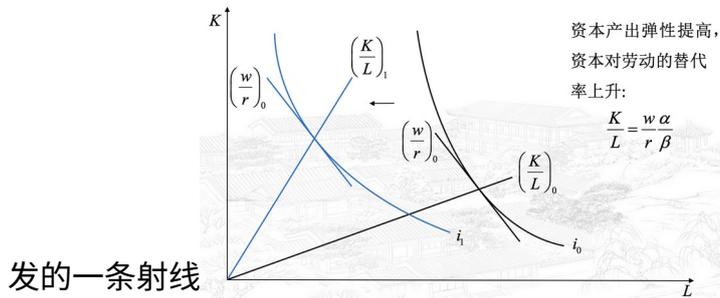
- 中性技术进步：在资本和劳动力的相对价格不变的情况下，不改变资本和劳动投入比例的技术进步（例如 $Y = AK^\alpha L^\beta$ 中提高 A 的值，这是希克斯中性的技术进步，详见高宏 & 动态优化，可以解得 $\frac{K}{L} = \frac{w\alpha}{r\beta}$ ，资本和劳动力之比与 A 无

图 8.2 从成本角度理解中性技术进步



在右图中，技术进步体现为蓝线在黑线内侧，表示对资本和劳动的节约；中性体现为最优的资本和劳动的比例是不变的，最优资本和劳动组合是从原点出

图 8.3 资本偏向的技术进步



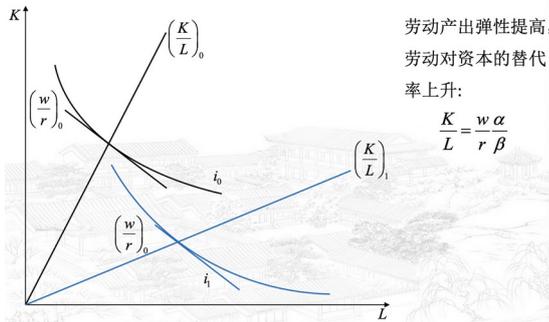
例子：管理经验的提高，制度的改进，新的工艺和新的产品等

- 非中性技术进步

资本偏向的技术进步

- 由于 $\frac{w}{r}$ 不变，资本-劳动比例增加的唯一途径是提升 $\frac{\alpha}{\beta}$ ，这意味着资本的产出效率相对于劳动提高，而效率的提高导致企业更加愿意使用资本

图 8.4 劳动偏向的技术进步



- 蓝线应当比黑线更平缓，即劳动对资本的技术替代率 $MRS_{LK} = \frac{\beta K}{\alpha L}$ 变小，资本-劳动比 $\frac{K}{L}$ 增加

劳动偏向的技术进步

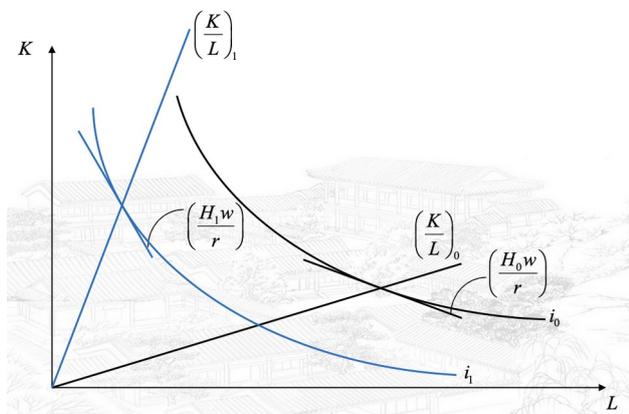
- 与资本偏向的技术进步相反，需要降低 $\frac{\alpha}{\beta}$ ，新的等产量线比原来的更陡峭

增强劳动力的技术进步

- 随着劳动力技能的提高，企业可以减少雇佣的劳动力个体数量
- 生产函数 $Y = AK^\alpha(HL)^\beta$ ，其中 L 可以看做按人头计算的劳动力数量，H 可以看做一个企业或一个国家所有个体平均的劳动效率，或称劳动力效率因

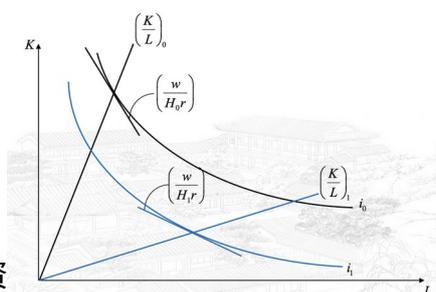
子，HL 可以理解为有效劳动力数量。在图 8.2 中将横轴替换为 HL，则可以看出增强劳动力的技术进步和中性技术进步是一样的

图 8.5 增强劳动力的技术进步



- 有效劳动的工资 $w = \beta AK^\alpha (HL)^{\beta-1}$ ，每个工人的工资 $w_L = AK^\alpha \beta (HL)^{\beta-1} H = Hw$ ，可知 H^* 有效劳动工资 w = 每个工人的工资 w_L ，在有效劳动工资不变的情况下，增强劳动力的技术进步使每个工人的工资

图 8.5a 增强资本的技术进步



提高，劳动与资本的相对工资也提高，工人变得更贵了，因此资本-劳动比例上升

增强资本的技术进步

- $Y = A(HT)^\alpha L^\beta$
- PS: 与增强劳动力的技术进步不同，这里增强资本的因素可以和资本分离，所以实际应用时经常将增强资本的投入作为一种单独的要素考察（例如化肥是增加土地产量的投入）

- 技术进步的度量

全要素生产率 TFP：索罗残差

- 生产函数为 $Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^\beta$ ，两侧取对数，得 $\ln Y_t = \ln A_t + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t$ ，再对时间 t 求全微分得 $\hat{Y}_t = \hat{A}_t + \alpha \hat{K}_t + \beta \hat{L}_t$

- 假设规模报酬不变， $\alpha + \beta = 1$ ，则利润为 0， $Y = wL + rK$ ，因此 α 和 β 分别代表国民收入中资本和劳动力报酬的分配比例，即 $\alpha = \frac{rK}{Y}$ ， $\beta = \frac{wL}{Y}$
- 技术进步率 $\hat{A}_t = \hat{Y}_t - (\alpha\hat{K}_t + \beta\hat{L}_t)$ ，是产出增长中剔除资本和劳动增长的贡献之后得到的残差
- $\alpha + \beta = 1$ 时，对 $\alpha = \frac{rK}{Y}$ ， $\beta = \frac{wL}{Y}$ 求导，得 $\hat{Y} = \hat{r} + \hat{K}$ ， $\hat{Y} = \hat{w} + \hat{L}$ ，合并两式，得 $\hat{Y}_t = \alpha\hat{K}_t + \beta\hat{L}_t + (\alpha\hat{r}_t + \beta\hat{w}_t)$ ，说明索罗残差也是资本回报和工资增长率的加权和

索罗残差的问题

- 包含大量统计误差，且并不是随机的（中国的索罗残差在大多数年份都是正的）
- 对于资本和劳动力的度量困难
 - 资本难以计算折旧（会计折旧好算但不好用，要用经济折旧，很难算）
 - 难以找到精确指标度量劳动力质量
- 无法考虑嵌入式技术（附着在劳动力和资本上的技术进步）
 - 例如引入一套设备，即是技术进步，也是资本积累
- 发展中国家技术进步的实现途径

对于后发国家来说，经济的赶超就是技术的赶超

发展中国家技术进步的贡献

- 影响发展中国家经济发展的主要是资本投入，技术进步在除了东亚地区外只起到微弱的作用
- 刘遵义的研究指出中国的技术进步贡献率是-1.4%，其他东亚国家也很低
 - 问题：忽略了附着于资本的技术进步，高估了资本的产出弹性，低估了技术进步的作用

技术进步的实现途径

- 技术创新

基本形式

- 引用新产品
- 采用新技术或新的生产方法
- 开辟新的市场
- 控制原材料的新供应来源
- 引入新的生产组织形式

基本类型

- 渐进性创新
- 根本性创新
- 技术系统的变革
- 技术-经济范式的变革

诱导因素

- 企业家的利润动机和企业家精神
- 生产要素的稀缺性（诱导性技术变迁理论）

生产要素的相对稀缺程度和相对价格变化情况决定着技术发明、创新的方向

- 技术推动与市场拉动

制度机制

- 竞争条件（自由市场，垄断在经济中不占据主导地位）
- 完善的市场机制和市场体系

国家创新机制（政府支持）

- 技术扩散与模仿：新技术的广泛应用和推广，包括对生产技术的简单获取和引进方对自身技术能力的构建

技术扩散具有溢出效应

- 技术领先企业的示范效应和技术落后企业的模仿效应
- 人力资本的流动导致技术溢出
- 联系效应：企业间不通过纯粹的市场交易而发生的技术扩散

技术模仿：逆向工程

- 技术转移与技术引进

发展中国家发展之初实现技术进步的主要途径

分类

- 物质转移（仅设备、工厂）
- 设计转移（包括图纸、软件等）
- 能力转移（使引进方可以拥有小规模改进的能力）

发展中国家不应简单的模仿、照搬发达国家的先进技术，而是要结合本国的具体国情对所引进技术有所选择

- 例如，劳动力充裕、资本匮乏的发展中国家应该优先选择和引进中间技术，即介于初级和高级之间的技术，适用于小型企业，是劳动密集型技术，但比原始的技术生产率高，比现代工业技术成本低

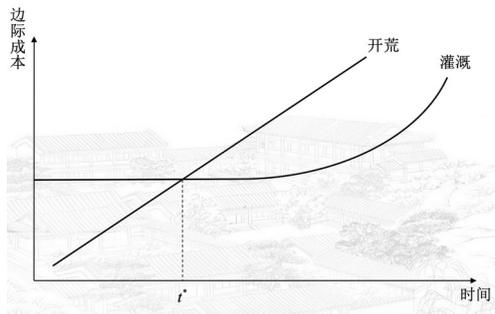
发展中国家的技术提升原则

- 坚持技术引进与技术创新、技术扩散结合
 - 注重自身技术能力的培育提高，技术转移以能力转移为根本目标
 - 在技术引进的同时重视国内的研究开发工作，并一次为 *核心构建本国的技术生产体系*
- 诱导性技术进步：技术的选择由要素的相对价格决定

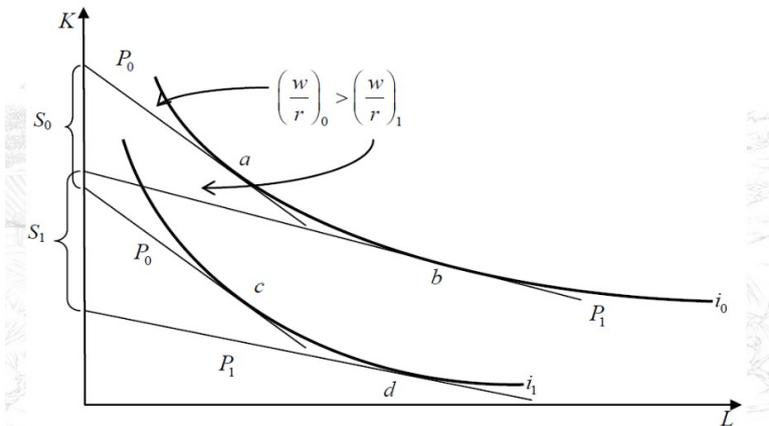
诺斯关于原始农业的例子

- 在农业生产初期，人们可以开垦离居住地较近的土地，开发土地的边际成本较低，

图 8.7 原始农业的拓展路径



随着时间的推移，人们必须开垦更远、地理条件更复杂的土地，边际成本上升；相比之下，灌溉具有一定的规模经济，一旦修好了水渠，灌溉的边际成本就会基本保持不变。因此，在交点 t^* 之前，人们选择开荒，在 t^* 之后，人们选择灌溉



但是技术变迁也有成本。在图中， i_0 和 i_1 代表两种技术， i_1 是劳动密集型的（因此更加陡峭，即劳动力对资本的替代率更大）。假设初始时刻的生产技术为 i_0 ，劳动和资本的相对价格

$P_0 = \left(\frac{w}{r}\right)_0$ ，此时，最优的资本和劳动力组合为 a 点。在相同价格下，使用 i_1 技术的最优资本和劳动力组合为 c 点。显然，使用 i_1 更节约成本，因此从 i_0 到 i_1 是一个技术进步。

下面将技术变迁的成本纳入考量，判断更先进的技术 i_1 是否值得使用。计算成本节约量的简单办法是把通过 a 和 c 的成本线延长至纵轴，两者在纵轴上截距的差 S_0 就是以资本价格度量的成本节约量。现在假设相对价格变为

$P_1 = \left(\frac{w}{r}\right)_1 < P_0 = \left(\frac{w}{r}\right)_0$ ，即劳动力相对于资本变得更便宜了。此时，使用 i_0 和 i_1 的最优要素组合分别是 b 和 d，两者的成本差变为 $S_1 > S_0$ ，即采用新技术可以节省更多成本，这时，采用新技术就变得有利可图

numerical 的例子见 slides ch8 page79

只要新技术的成本小于采用新技术可以多节约的成本，新技术就是有利可图的

美国的农业技术倾向于用机械替代劳动力，日本的农业技术倾向于用人力替代土地

- 比较优势和技术选择