孟玉明

技术经济分析实务

jishu jingji fenxi shiwu

天津大学出版社

技术经济分析实务

孟玉明

天津大学出版社

内容提要

本书是为满足技术经济专业本科高年级学生和MBA研究生课堂案例教学的需要编写的，目的是为了使学生加深对技术经济分析理论的理解，增强动手操作能力，更加适应社会的需要。

本书的内容包括：技术进步测度、技术选择评价、企业经济规模测度、企业厂址选择、企业资产评估、设备更新决策、设备租赁决策、价值工程等8个方面的专题，每个专题都是独立的单元，按原理一方法一案例的顺序展开论述，从原理引申方法，依方法操演实例。与现行的技术经济学教材相比，本书的最大特色是理论联系实际，注重实用性和可操作性。书中引用了大量实际案例，并尽量保持原有特色，以便达到案例教学的真实效果。

本书集理论、方法、实例于一体，可作为高等学校工业管理工程专业、技术经济专业的教材或教学参考书，也是经济管理人员、工程技术人员理想的工具书。

(津)新登字012号

技术经济分析实务

孟玉明

*

天津大学出版社出版

（天津大学内）

天津市宝坻县第四印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

*

开本：850×1168毫米 1/32　印张：11.875　字数：309千字

1994年4月第一版　　1994年4月第一次印刷

印数：1—3100

ISBN 7-5618-0614-0

F·59　定价：11.50元

目　　录

第一章　技术进步测度方法与案例

第一节　技术进步促进经济增长的基本原理

测度技术进步在国家、地区、行业、企业的经济增长中所占份额，对于评价经济发展水平、比较经济实力、预测经济增长势头、制定经济技术发展战略具有重要意义。

测度技术进步的前提是技术进步与经济发展具有一致相关性。这一前提是由康德拉季耶夫、熊彼特、门施和萨哈尔等学者确认的。他们在对经济技术历史发展的研究中发现：经济与技术的发展与自然现象一样，其发展过程都具有一定的波动性和周期性，呈现出一定的波动规律，而且经济与技术发展的周期是一致的，两者共同涨落、共同循环、共同延展。

1922年前苏联经济学家康德拉季耶夫发现：西方工业国家自1790年以来出现了约50年为一周期的经济长波现象，经济发展过程由一系列的上升阶段和下降阶段所组成的周期排列而成。康氏认为，自18世纪后期以来，西方资本主义经济已经经历了三次长波：第一次长波为1790年至1842年，波峰在1810年至1817年；第二次长波在1842年至1897年，波峰在1870年至1875年；第三次长波为1897年至1942年，波峰在1920年前后；第四次长波从1942年开始将延续到本世纪末，其波峰在1970年前后，目前正处于衰退时期（见图1—1）。这就是所谓的“经济长波理论”，这种

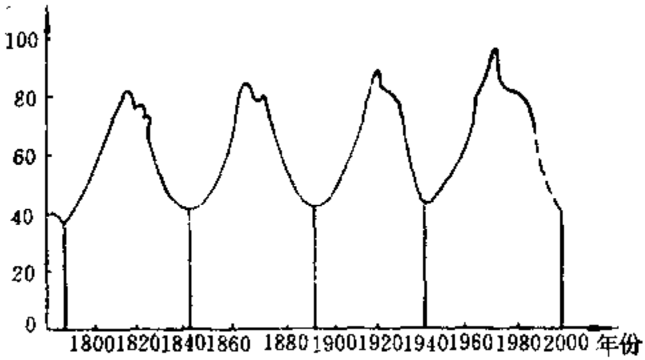

图1—1　康德拉季耶夫经济长波周期

长波称为"康德拉季耶夫周期"。

美籍奥地利经济学家熊彼特更深入细致地研究了科学技术对经济发展的促进作用,发展了康德季拉耶夫的经济长波理论。他认为科学技术形成的创新活动是打破经济均衡、推动社会经济发展的主要动力，其作用机制是技术创新波动→投资波动→经济增长周期波动。由于技术发展本身的不平衡性,使得创新不是连续平稳的，而是波动的；又由于各种技术创新活动的波动性使其进入经济活动的时间不同,所起的作用也不相同,各种创新活动的相互作用使得经济发展出现长短不同的波动。熊彼特的研究充分肯定了经济长波的存在。他认为每个长波为50—60年，每个长波包含6个10年左右的中波和18个3—4年的短波。

美国经济学家曼斯菲尔德在熊彼特研究的基础上进一步指出，由于单项技术和整个技术体系均服从S曲线，各种技术发明不仅在空间上成群出现，而且在时间上成群聚集，因而在宏观上必然表现为周期性波动。美籍德国学者门施70年代对112种技术从发明到革新应用的时间做了大量统计分析，得出技术革新发生频率随时间呈现出波形的长期波动趋势。这项研究（见图1—2）表明，在1760年、1825年、1885年和1935年技术革新数量会聚而

出现四个峰值，大大超过平均值，表现为四个长波。四个长波波峰间隔分别为65年、60年和50年，平均间隔约58年。

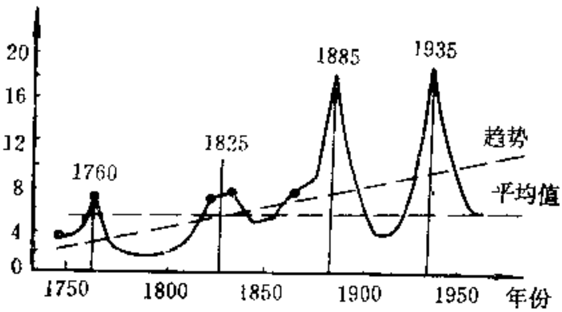

图1—2　门施技术长波周期

美国学者萨哈尔运用频谱分析的数学处理方法，对1837年至1973年建筑工业、农用工业、和铁路工业的发明及拖拉机、机车、油船和发电机的技术革新，进行统计分析的结果，发现频谱形态存在惊人的相似，均呈S形曲线。他进一步发现，技术发明存在三种波动周期：长波为40～48年，中长波为20～24年，中波为13～16年。技术革新存在另外三种波动周期：中长波为20～30年，中波为10～15年，短波为6～8年。技术发展的波动周期与经济发展的波动周期有着惊人的相似。

对比技术发展与经济发展的统计曲线(图1—1与图1—2)，不难看出技术革新的四个长波峰值的时间正好位于康德拉季耶夫经济长波的四个波谷中。技术长波的峰值期超前于经济长波的峰值期，四个超前期分别为50年、40年、32年和28年，呈递减趋势。这可以合理地认为，技术的革新应用创造了新的生产力因素，为经济高潮到来准备了条件。进一步还可以作出这样的解释，即技术对经济作用越来越强，技术向生产转化越来越快。

由萨哈尔对技术发展所做的频谱分析，还可以得出如下结论：

技术周期与经济周期相当一致，经济周期的起点恰好处于技术活动高潮范围内；经济增长的高潮是由大量革新引起的，而不是由个别技术突破造成的；技术长波是主要技术革新聚集的结果，它对应于经济长波，而技术短波是次要技术革新聚集的结果，它对应于经济短波。

以上几位学者从经济与技术发展的历史研究中肯定了技术进步与经济发展具有很高的相关性，并且从技术长波与经济长波的时间差异上得出结论，经济发展状况主要是技术进步的结果，技术对经济的作用越来越强，技术对经济作用强度大小是衡量经济发展水平的重要标志。研究经济发展必然涉及技术进步的测度问题。因此研究测度技术变化对经济增长的影响方法在西方技术经济学界兴极一时，成为西方增长经济学的重要内容。

目前已开发出的测度技术进步的方法有很多，但精确的定量测算方法还有待研究。本章主要介绍比较常用的生产函数测度法、增长因素分析法和指标体系评价法。这三类方法都是将技术放在经济发展的大背景之中，通过确定技术进步占经济增长的份额来测度技术进步的。

第二节　生产函数测度法与案例

生产函数是物质资料生产过程中实际产出量与生产要素投入量之间的函数关系。借助于生产函数来测定技术进步在经济增长中的作用，是定量测度技术进步的基本思路。

设某个经济系统有X_1、X_2、…、X_n共n个生产要素，并用Y代表该系统的最大产出，则该系统的生产函数一般形式为：

$$Y = F\ (X_1,\ X_2,\ \cdots,\ X_n) \qquad (1\text{—}2\text{—}1)$$

实际情况表明：资金和劳动是经济系统最主要的投入要素。

如果用K表示资金，L表示劳动力，那么生产函数一般形式可简化为：

$$Y=F\ (K、L) \qquad (1-2-2)$$

上式仅考虑了生产要素资金、劳动力投入对经济增长的作用。实际上，经济增长是依靠增加生产要素投入和促进技术进步这两个途径实现的。在生产过程中，技术进步对产出的影响很广泛，一部分是直接体现在投入的生产要素上，如机器设备的更新换代，采用新技术、新材料、改进生产工艺、引进先进生产线等使产品质量和生产效率得到了提高，如通过专业化培训、职工轮训等提高或改善了劳动者的素质；一部分并未直接体现在投入的生产要素上，如生产要素组合比例的变化管，理决策水平的提高等。

要使(1—2—2)式能反映技术进步对经济增长的作用，故需在生产函数表达式中引入一个随时间变化的乘数因子A_t，A_t代表某一时期的技术水平。A_t的大小取决于当时的技术状况并随技术进步而提高。在某个经济系统的生产函数中，引入技术水平乘数因子A_t的具体形式要根据该经济系统技术进步的类型来定。

由于物质资料生产过程的复杂性，决定了技术进步类型的多样性。若生产投入要素价格不变，按经济学家海莱纳的分类，技术进步大体上有三种类型：

(1) 劳动节约型技术进步：技术进步导致K/L比例提高，说明技术进步导致劳动力投入量减少幅度大于资金投入量的减少幅度。这相当于原来劳动投入量由于技术进步作用而被放大了。其相应的生产函数形式为：

$$Y=(K,\ A_tL) \qquad (1-2-3)$$

(2) 资金节约型技术进步：技术进步导至K/L比例降低，说明技术进步导致资金投入量减少幅度大于劳动力投入量的减少幅度。这相当于原来资金投入量由于技术进步作用被放大了。其相应的生产函数形式为

$$Y = F(A_t K, L) \tag{1—2—4}$$

(3) 中性技术进步：技术进步前后K/L比例保持不变，边际替代率$\frac{\partial Y}{\partial L} \Big/ \frac{\partial Y}{\partial K}$也保持不变，而只是投入产出的关系有所改变。这是经济学家希克斯提出来的，故称之为"希克斯中性"。相应的生产函数形式为

$$Y = A_t F\ (K,\ L) \tag{1—2—5}$$

测度技术进步通常采用的是反映中性技术进步的生产函数，即(1—2—5)式。这种生产函数不单独考虑技术进步前后所投入的生产资料和劳动力质量的变化，而把这些变化统统归入技术进步的范围内。这不仅与广义技术进步的概念相符，也相对更符合客观实际，这使生产函数在推导和测算技术进步作用的过程中简易可行。

一、C—D生产函数法

对中性技术进步生产函数(1—2—5)式进行微分、积分变换，可得到幂函数形式的生产函数

$$Y = A_t K^{\alpha} L^{\beta} \tag{1—2—6}$$

这就是著名的C—D生产函数，因美国经济学家柯布和道格拉斯最早提出而得名。

式中：$\alpha = \frac{K}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial K}$ 表示资金的产出弹性，即资金投入变化百分之一引起产出变化的百分比；

$\beta = \frac{L}{Y} \cdot \frac{\partial Y}{\partial L}$ 表示劳动的产出弹性，即劳动投入变化百分之一引起产出变化的百分比。

需要说明投入产出弹性$\alpha + \beta$具有特殊意义：

(1) 当$\alpha + \beta > 1$，投入增加1%，产出增加大于1%，称为

规模收益递增；

(2) 当$\alpha+\beta<1$，投入增加1%，产出增加小于1%，称为规模收益递减；

(3) 当$\alpha+\beta=1$，投入增加1%，产出也增加1%，表明生产系统已达到最优规模，称为规模收益不变。应用C—D生产函数测算技术进步一般都假定经济系统规模收益不变。即$\alpha+\beta=1$。

$A_t=A_0e^{rt}$，其中A_t表示生产系统在时刻t的技术水平，A_0表示基年的技术水平，r表示技术进步系数，反映该生产系统技技术进步快慢程度。可以证明$\gamma=\frac{1}{Y}\cdot\frac{\partial Y}{\partial t}$，其含义为技术进步带给产出$Y$的增量。在离散的情况下，$\gamma$与年技术进步速度$a$的关系为

$$a=\sqrt[t]{\frac{A_t}{A_0}}-1=e^{r}-1$$

$$\gamma=\ln(1+a)$$

在(1—2—6)式中，A_t、K、L和Y都是关于时间t的函数。因此，只要用某种方法确定了生产资金和劳动力的产出弹性α和β，某一时间t的技术水平便可很容易地求出。

因(1—2—6)式为非线性，在作分析时，要取对数变换成线性方程

$$\ln Y=\ln A_t+\alpha\ln K+\beta\ln L \qquad (1—2—7)$$

实践表明，上式保证不了$\alpha+\beta=1$，同时也不可能保证线性，所以要把(1—2—6)式变换如下

$$\left(\frac{Y}{L}\right)=A_t\left(\frac{K}{L}\right)^{\alpha} \qquad (1—2—8)$$

其线性方程为

$$\ln\left(\frac{Y}{L}\right)=\ln A_t+\alpha\ln\left(\frac{K}{L}\right) \qquad (1-2-9)$$

式中Y/L表示劳动生产率，K/L表示资金占有率。这样(1—2—8)式具有明显的经济意义：说明在一个经济系统中，如果资金占有率保持不变，则劳动生产率随技术进步而提高；又如果技术水平不变，则劳动生产率随劳动力的资金占有率的增加而提高。因此，(1—2—8)式可作为测定技术进步作用的经济计量模型。

二、索洛余值法

由于C—D生产函数受自身形式和前提假设条件的限制，给它的实际使用带来了困难。后经首届诺贝尔经济学奖金获得者丁伯根的改进，美国经济学家索洛提出增长速度方程，用余值法测算技术进步，大大改善了生产函数的适用性。索洛在中性技术进步生产函数(1—2—5)的基础上推导出增长速度方程，由增长速度方程计算技术进步速度，然后计算技术水平。其基本原理是：首先测算出某一时期资金、劳动力投入量增加各自对产值增长所做的贡献，然后从产值增长量中减去二者作出的贡献，剩下来的余值便是技术进步对产值增长所做出的贡献。

索洛的推导过程如下：

首先对中性技术进步生产函数(1—2—5)式求全导

$$\frac{dY}{dt}=\frac{dA}{dt}F\ (K,L)+\frac{\partial Y}{\partial K}\cdot\frac{dK}{dt}+\frac{\partial Y}{\partial L}\cdot\frac{dL}{dt} \qquad (1-2-10)$$

两边同时除以Y，得

$$\frac{1}{Y}\cdot\frac{dY}{dt}=\frac{1}{A}\cdot\frac{dA}{dt}+\frac{\partial Y}{\partial K}\cdot\frac{K}{Y}\cdot\frac{1}{K}\cdot\frac{dK}{dt}$$

$$+\frac{\partial Y}{\partial L}\cdot\frac{L}{Y}\cdot\frac{1}{L}\cdot\frac{dL}{dt} \qquad (1-2-11)$$

式中，如前所述$\frac{\partial Y}{\partial K}\cdot\frac{K}{Y}$和$\frac{\partial Y}{\partial L}\cdot\frac{L}{Y}$分别为资金的产出弹性$\alpha$和和劳动的产出弹性$\beta$，将$\alpha$、$\beta$代入（1—2—11）式得

$$\frac{1}{Y}\cdot\frac{\mathrm{d}Y}{\mathrm{d}t}=\frac{1}{A}\cdot\frac{\mathrm{d}A}{\mathrm{d}t}+\alpha\cdot\frac{1}{K}\cdot\frac{\mathrm{d}K}{\mathrm{d}t}+\beta\cdot\frac{1}{L}\cdot\frac{\mathrm{d}L}{\mathrm{d}t} \quad (1—2—12)$$

因为分析是分时段进行的，所以可采用差分形式，则有

$$\frac{1}{Y}\cdot\frac{\Delta Y}{\Delta t}=\frac{1}{A}\cdot\frac{\Delta A}{\Delta t}+\alpha\cdot\frac{1}{K}\cdot\frac{\Delta K}{\Delta t}+\beta\cdot\frac{1}{L}\cdot\frac{\Delta L}{\Delta t} \quad (1—2—13)$$

取$\Delta t=1$（年），则又得

$$\frac{\Delta Y}{Y}=\frac{\Delta A}{A}+\alpha\cdot\frac{\Delta K}{K}+\beta\cdot\frac{\Delta L}{L} \quad (1—2—14)$$

设：$y=\frac{\Delta Y}{Y}$，表示年产值增长速度；

$k=\frac{\Delta K}{K}$，表示年资金增长速度；

$l=\frac{\Delta L}{L}$，表示年劳动力增长速度；

$a=\frac{\Delta A}{A}$，表示年技术进步速度。

由此（1—2—14）式可写成

$$y=a+\alpha k+\beta l \quad (1—2—15)$$

这就是著名的索洛增长速度方程，其经济意义是：产出增长是由技术进步与资金、劳动投入带来的。

由于y、k、l可根据统计数据按水平法计算求得，公式如下

$$y=\left(\sqrt[t]{Y_t/Y_0}-1\right)\times 100\% \quad (1—2—16)$$

$$k=\left(\sqrt[t]{K_t/K_0}-1\right)\times100\% \qquad (1—2—17)$$

$$l=\left(\sqrt[t]{L_t/L_0}-1\right)\times100\% \qquad (1—2—18)$$

因此，在运用适当的方法估计出 α、β参数后，就可把技术进步速度作为余值计算出来，公式如下：

$$a=y-\alpha k-\beta l \qquad (1—2—19)$$

用上式求出技术进步速度后，可进一步计算各个时期的技术水平

$$\begin{cases} A_0=1 \\ A_{t+1}=A_t\ (1+a) \qquad (t=0、1、2、\cdots) \end{cases} \qquad (1—2—20)$$

若要计算技术进步和资金、劳动投入对经济增长的贡献，需将（1—2—15）式两端除以y，则有

$$\frac{a}{y}+\alpha\frac{k}{y}+\beta\frac{l}{y}=1 \qquad (1—2—21)$$

式中 $\frac{a}{y}$——技术进步对产出增长的贡献，用P_A表示；

$\alpha\frac{k}{y}$——资金投入增长对产出增长的贡献，用P_K表示；

$\beta\frac{L}{y}$——劳动投入增长对产出增长的贡献，用P_L表示。

即

$$P_A+P_K+P_L=1 \qquad (1—2—22)$$

应用索洛增长速度方程还可计算技术进步对劳动生产率提高所做的贡献。推导过程如下：

假设规模收益不变，即$\alpha+\beta=1$。由（1—2—14）式得

$$\frac{\Delta Y}{Y}=\frac{\Delta A}{A}+\alpha\frac{\Delta K}{K}+(1-\alpha)\frac{\Delta L}{L} \qquad (1—2—23)$$

移项

$$\left(\frac{\Delta Y}{Y}-\frac{\Delta L}{L}\right)=\frac{\Delta A}{A}+\alpha\left(\frac{\Delta K}{K}-\frac{\Delta L}{L}\right) \qquad (1—2—24)$$

设：$g=Y/L$，劳动生产率

$h=K/L$，资金占有率

通过数学推导，可得到

$$\frac{\Delta g}{g}=\frac{\Delta Y}{Y}-\frac{\Delta L}{L}，劳动生产率增长速度$$

$$\frac{\Delta h}{h}=\frac{\Delta K}{K}-\frac{\Delta L}{L}，资金占有率增长速度$$

将上两式代入（1—2—24）式得

$$\frac{\Delta g}{g}=a+\alpha\frac{\Delta h}{h} \qquad (1—2—25)$$

上式表明：劳动生产率的提高是由资金占有率午增长速度提高和技术进步的结果。于是技术进步和资金占有率增长速度对劳动生产率增长速度的贡献分别为

$$g_A=\left(a\bigg/\frac{\Delta g}{g}\right)\times 100\% \qquad (1—2—26)$$

$$g_h=\left(\alpha\frac{\Delta h}{h}\bigg/\frac{\Delta g}{g}\right)\times 100\% \qquad (1—2—27)$$

应用索洛增长速度方程的最大优点是在生产函数具体结构不明确情况下，仍能进行计算，且所需数据不多，而且分析范围也宽。

三、CES生产函数法

CES生产函数是由美国经济学家阿罗提出的，它是分析技术进步作用更具一般性的数学模型。CES生产函数是恒定替代弹性（Constant elasticity of substitution）生产函数的简称，

当规模收益不变时，通常给出如下形式

$$Y^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}=\widetilde{\alpha} K^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}+\widetilde{\beta} L^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \qquad (1—2—28)$$

其中，Y、K、L仍然表示产出、资金和劳动。$\widetilde{\alpha}=\frac{\partial Y}{\partial K}\left(\frac{K}{Y}\right)^{\frac{1}{\sigma}}$为资金分配率，表示资金集约程度，相当于C—D生产函数中的α。$\widetilde{\beta}=\frac{\partial Y}{\partial L}\left(\frac{L}{Y}\right)^{\frac{1}{\sigma}}$为劳动分配率，表示劳动集约程度，相当于C—D生产函数中的β，并且$\widetilde{\alpha}+\widetilde{\beta}=1$，$\sigma$为替代弹性，就是生产要素比率$K/L$的变化速度与边际替代率的变化速度之比，即

$$\sigma=\frac{\mathrm{d}\left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}}\Bigg/\frac{\mathrm{d}\left(\frac{\partial K}{\partial L}\Big/\frac{\partial Y}{\partial K}\right)}{\frac{\partial Y}{\partial L}\Big/\frac{\partial Y}{\partial K}}$$

替代弹性σ表示生产要素间相互替代的难易程度，在一般情况下，它是非负的。当σ取值不同时，CES生产函数会表现以下的特性：

（1）当取$\sigma=1$时，要素分配率$\widetilde{\alpha}$、$\widetilde{\beta}$就是资金和劳动产出弹性α和β，则CES生产函数就化为C—D生产函数

$$Y=K^{\alpha}L^{\beta}$$

（2）当$\sigma\to 0$时，CES生产函数变成为

$$Y=\min(K、L)$$

上式被称为Leontief生产函数，代表了生产要素完全不能相互替代的极端情况。

（3）当$\sigma\to+\infty$时，CES生产函数变为线性生产函数