

技术进步评价的 理论和方法

SJBPD

7
刘富华等 编译
湖北科学技术出版社

技术进步评价的理论和方法

刘富华 汤天顺 梁培朝 编注

■

湖北科学技术出版社出版 新华书店湖北发行所发行

黄冈世印刷厂印刷

187×1042毫米 16开本 14.875印张 270,000字

1986年3月第1版 1986年3月第1次印刷

印数: 1—7,720

统一书号: 4304·3 定价: 2.65元

序 言

《技术进步评价的理论和方法》译丛出版了，它将帮助人们了解国外评价技术进步研究的动态，借鉴外国经验，活跃学术思想，促进我国技术进步评价研究的工作。因此，出版这一译丛是有裨益的。

邓小平同志在阐述‘什么是有中国特色的社会主义’中指出：“马克思主义最注重发展生产力”；“社会主义阶段的最根本任务就是发展生产力”。马克思也论述过：“科学是一种在历史上起推动作用的革命力量”；“科学首先看成是历史的有力的杠杆，看成是最高意义上的革命力量”；“劳动生产力是随着科学和技术的不断进步而不断发展的”。因此，研究技术进步的评价方法，研究技术进步与发展生产力的定量关系，已为人们普遍关注的了。由国家经委科技局组织的天津、湖北、四川三省市的有关专家、科学工作者，正在开展结合实际的研究；而且我国有关领导部门也确定把技术进步指标列为国民经济计划的一个重要内容。这项研究工作的目的是确定适合我国国情的技术进步评价方法及计算模型，进而建立我国评价技术进步在国民经济增长中的作用的指标体系。

技术进步评价理论和方法的研究对象是宏观的动态经济体系。因此，本译丛将详细介绍美国 and 英国技术进步研究的动态，介绍美国制造业 1947~1980 年劳动生产力变化的原因；介绍南斯拉夫经济增长和技术进步、技术效率的变化；还将详细介绍各种生产函数及其实际应用；介绍生产力水平变化长斯趋势的研究成果，……等等。这些，都可供我国有关同志从事这方面研究工作或学习时参考。

目 录

应用经济学综述——技术进步

Charles Kennedy A. P. Thirlwall 1

资本——劳力替代和经济效率

K. J. Arrow, H. B. Chenery, B. S. Minhas and R. M. Solow 43

CES 类生产函数的开拓和检验

Phoebus J. Dhrymes 61

二级不变替代弹性的生产函数

K. Sato 73

广义生产函数

A. Zellner N. S. Revankar 88

技术进步和规模报酬

Fred M. Westfield 96

集总生产函数中劳动投入量的规定

M. S. Feldstein 106

技术投入与多因素生产率增长

Leo Sveikauskas 115

用对偶的观点看技术进步与资本

R. E. Hall 123

集总生产函数和技术进步类型——统计分析

Martin J. Beckmann and Ryuzo Sato 134

用 CES 模型分析具体化和非具体化的技术进步

Michael D. McCarthy 147

CES 生产函数的贝叶斯估计

U. K. Chetty, U. Sankar 152

CES 生产函数及经济增长预测

Richard R. Nelson 156

利用最高指数进行产出、投入和生产率的多边比较

Douglas W. Caves, Lauri s R. Christensen and W. Erwin Diewert 159

美国制造业 1947~1980 年劳动生产力变动的因素

B. S. Bernanke 169

电力工业技术进步的辩证

Alexander Bolinfañe 179

美国 1929~1958 年的具体技术进步和生产率

Michael D. Intriligator 200

南斯拉夫生产率变化的度量(1965~1978 年)——全要素生产率增长、技术进步和技术

效率的变化	
Mieko Nishimizu and John M Page, Jr.	207
经济增长和要素替换——南斯拉夫发生了新的奇迹吗？	
Andre Sapir	218

应用经济学综述——技术进步

Charles Kennedy A. P. Thirlwall

目 录

导言

第一部分 技术变化的效果

生产率指数

加总生产函数

技术进步的分类

替代弹性

规模报酬

投入的设定

资本的度量

体现型假设

劳力的度量

学习

教育

行业间迁移

不包含质量变化调整的技术进步

英国的研究

第二部分 技术变化

研究和发展

发明和专利

创新

规模、市场结构和技术改变

结论

文献目录

“由于便利与节省劳动的机器和工具的添加及改良，或由于更合理的劳动分工和分配的出现，任何一个国家的土地与劳动的年产价值的增加，只能靠增加生产劳动者的人数或提高已被雇用劳动者的生产力，而不能靠其它的方法。”

(A. Smith)

(这是社会科学研究会和皇家经济协会联合主办的第三本丛书。)

导 言

近年来，技术进步这个术语已被给予广泛的意义和解释。在此，我们将使用这术语的两种主要含义，它们将构成这本综述的两个主要部分的论题。首先，我们将使用这个术语来指

技术改变的效果,或者更明确是指技术进步在增长发展过程中的作用。其次,我们将用这个术语来指技术本身的改变,把技术定义为有关生产技术的有用知识。于此,我们将涉及研究、发明与发展的知识创造活动,同时还涉及把新知识吸收到生产体系的过程。技术进步这个术语的这两种解释大致符合经济文献中的“宏观”研究——企图从数量上把技术进步的速率表示为产量增长的一种决定因素——与“微观”研究——通常以厂商和工业的个体方式解释技术改变的过程——之间的划分。我们的综述可能与 Hahn 和 Matthews 的最近理论综述 [112] 有些重叠,竭力仿效它的详尽透彻和高度的说明(这可能本身就是一种技艺)。除此之外,我们的综述大体上是它的补充。我们本打算这个综述只围绕英国,但由于经济学家们所意识到的原因,它已经不可避免地终于以更大得多的步伐跨过大西洋到达北美洲。

在所提到的第一种意义方面,技术进步意指知识方面的进展,这些进展,通过每人实际收入的增加而在数量上增进人类福利,和通过扩大对商品的选择和延长暇日而在质量上增进人类福利。这样,技术进步可能采取几种不同的形式,包括新的生产程序,新商品和新的工业组织方法,尤其是在管理和销售方面。技术进步在它的所有方面都不可能精确地度量,但它的基本数量特性是迁移生产函数(包含所有已知的先前技术),使得以相同量的投入能得到较大的产出,或以较小的投入能得到相同的产出。在这个意义上,一种已知但尚未使用的技术的采用,严格地说,不是技术上的改变,也不是现有技术的更迭(除非它侥幸地迁移了生产函数)。同样地,不应把技术进步与现有的技术知识混为一谈,技术知识对改变生产的可能性不起任何作用。也不要与科学研究混为一谈。后者可能不产生新知识,也不一定总是技术改变的先决条件。然而,虽然这么说了,但在实践中不可能这样单纯行事;极端困难的是:区别由于向已知生产边界的运动而产生的效率方面的改进与由于知识方面的增进而产生的边界的扩大。

在新古典生产理论方面曾有过一种倾向,把技术进步看作来自天堂的吗哪(译注:基督教《圣经》中所说古以色列人经过旷野时获得的神赐食物;不期而获的东西),看作经济制度外生的东西。但是,现在这种观点广泛地被认为是错误的。总的说来,技术进步不是偶然发生的,而是通过深思熟虑地把资源转移为寻求名望和利益而产生进步。通常,为了它的具体化,还需要有所投入。因而对技术进步的发生来说,可能要区别三种主要类型的投入:第一,研究型投入;第二,知识散布的投入(即教育),第三,为改进工业方法所需的投入(正是这最后一种投入,即从一种状态转换为另一种的知识所付的代价,理论家们以之指责为新古典理论中的严重遗漏)。

如果技术改变发生了,且主要是内生的,我们就应该能分析它的决定因素和预测它的方向。以后,我们将看到技术进步这方面的大量以经验为根据的工作,事实上已经对准这一目标了。然而,不幸的是,技术改变的意义阻止对它的改变率的直接度量,而语言纯癖者的定义也必定大大落空。知识进步本身就使直接的有意义的定量落空。所能做到的最佳情况是用其效果度量技术改变,诸如它对国民收入增长的影响,或对其他投入所不能说明的要素生产率增长的影响,这样就把技术改变看成一种剩余。这是我们在开头时所区别的第一种对技术进步的解釋。当然,这种处理方法的明显缺点,是不能把技术改变区别于其他未指明的投入,并可能把知识进步与其他可能提高生产率的因素相混淆(但是,好象又别无他法)。我们必须根据所进行的研究对剩余给予一种切合实际的解释。我们下面将介绍一些使用上述方法的经验结果,但是首先必须一般地描述一下度量技术,

第一部分 技术变化的效果

生产率指数

最广泛使用的技术进步的指标是要素生产率的某种度量。以某种形式的投入指数去除产出指数而得到的算术指数，或从生产函数的乘法形式得到几何指数。曾一度流行用单一要素生产率——通常是劳动生产率来度量技术进步，但是作为技术进步的一种指标，这种“不完全的”方法现在已被废弃，因为它假定了一个单要素世界，而事实上至少有两个可度量的生产要素（如果没有更多的话）。这些研究是纯事实的，仅记录劳动生产率的动向，而没有解释因果。

现今常见的程序是用产出或单位劳动产出为应变量以估计“全”要素生产率的变动。用算术方法度量，把产出作为分子，以只有两个要素的设想为根据，全要素生产率由

$$P = \frac{Q}{\alpha L + \beta K} \quad (1)$$

给出，其中 Q 是产出指数； L 是劳动投入指数； K 是资本投入指数； α 是基本周期里劳动的产出份额， β 是在基本周期里资本的产出份额（ $\alpha + \beta = 1$ ）。可利用的资料连续地或不连续间隔地计算出全要素生产率的改变率。

用几何方法计算，再把产出作为应变量，全要素生产率在积性生产函数中由参数 P 给出：

$$Q = PL^\alpha K^\beta \quad (2)$$

它的改变率是取变量的对数和关于时间的微分而得出：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{\dot{Q}}{Q} - \alpha \frac{\dot{L}}{L} - \beta \frac{\dot{K}}{K} \quad (3)$$

其中 $\dot{}$ 表示关于时间的导数，

或对于离散增量：

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta Q}{Q} - \alpha \frac{\Delta L}{L} - \beta \frac{\Delta K}{K} \quad (4)$$

因而全要素生产率的改变率是产出改变率与要素（劳力和资本）投入改变率的一个加权和之间的差额。

如果以单位劳力产出作应变量，则技术进步被定义为，以产出中的资本份额为权的每单位劳力的资本改变量所不能说明的那部分单位劳力产出改变量（见后方程式(6)）。

每年的技术进步的指数能恒等式：

$$P(t+1) = P(t) \left[1 + \frac{\Delta P(t)}{P(t)} \right] \quad (5)$$

得出。

方程式(2)可根据经验估计，使用标准统计技术；或用要素份额法估计，假定 $\alpha + \beta = 1$ 。

当然，生产函数本身是一种微观经济概念。它是有关生产过程中资本与劳力之间技术可替代性的微观关系。是否价值形态的资本，劳力与产出之间有一种加总关系可以度量这些技术关系，这是我们以后还要讲到的且有争论的题目。首先存在着加总的问题。在度量总的技术进步率时，使用全生产率的概念产生明显的困难是由于投入和产出两者的极端非

均匀性。产出的问题较小,但是,在对资本作总的度量时,怎样把在不同时间,以不同成本,且以不同的生产率制造出来的资本商品等同起来?为了得到总的产出和每个因素总的投入,只能通过用某种赋值系数或价格加权每一个相异的量。把相异的各别生产函数合成一个加总函数,常用的权分布规则是基于完全竞争的假设:价格等于边际产品。以此设想为根据,投入和产出的增长率按照它们在总数中占的份额而被加权。结果得到的指数,常常被称为 Divisia 指数, Solow 和 Jorgenson 以及 Griliches 都推荐 Divisia 指数。然而,只要考虑离散的变量,就仍有使用基年权或当年权的熟知的指数问题。

但请注意,当生产函数(2)是乘积性时,产出和投入的加总却是加性的。如 Simkin 所指出的那样[263],如果加总被定义为算术总和,则我们不能正确地推导出乘积性的加总函数,因为对数加法意味着产出与投入的连乘。这种几何生产率指数的特征特别使 Domar 感到困惑。他的建议是取投入和产出的几何平均数,这些几何平均数一般将给出不同技术进步参数值,除非不同类型的投入有相同的边际产品或以相同的比率增长。

然而,Massell 曾为这种度量的不相容性作辩护[186]。他论证,有意义的是要知道全生产率的增长有多少是由工业部门间的转换造成的,因此就出现一种情况,作加性的加总能把这些转换的结果分离出来,而这是乘积性加总方法所办不到的。Massell 在别处[182]已经表明,美国制造业在 1946 年至 1957 年期间总的技术改变大体上超过个别部门的技术改变率的一个简单的加权平均值——部门间转换说明了差异的原因——Denison 也把欧洲的给人深刻印象的战后增长率归因于从农业向工业的资源转换[54], [55]。

Jorgenson 和 Griliches 对常常在全要素生产率变化的度量中所产生的许多误差来源给出一种总的看法——认为这些误差使估计量偏高。他们区别了四种主要的误差来源。第一,合并投资和消费品以及劳动与资本服务时的加总误差;第二,投资商品的价格度量误差,这些误差是由于使用了投资商品部门的投入价格,而不是产出价格;第三,假定劳动和资本服务的流量与劳动和资本的存量成正比而造成的误差;第四,一方面是对投资商品和资本服务加总,另一方面是对劳务加总所造成的误差。关于这些误差中的一些我们以后将进一步讨论,但 Griliches 和 Jorgenson 已经把这些误差从 1945 年至 1965 年美国私人国内经济的产出与投入数据中“除去”,他们发现全生产率的增长仅仅“解释”产出增长的 3.3%,而在数据校正前是 47.6%,技术进步的作用被大大地降低。

但是,我们是否应该承认这种隐含的主张,即应该根据投入对生产的贡献能力用不变的质量单位度量投入?这几乎相当于用产出去度量总投入。是否在计算全要素生产率之前,为质量方面的变动而调整投入必须取决于研究的目的。如果目的是仅仅度量生产要素的生产率在时间上的增长,则调整要素的质量变化就没有意义。同样地,如果兴趣在于知识进步,和质量变化取决于知识进步,则这些变化的效果需要以某种方法加以分离。另一方面,如果研究的目的是规定增长的条件,则找到了一种理由调整质变的投入序列以避免误解增长过程;特别要避免来自增长是“没有成本的”这个泛指的生产率术语模糊的观念。这是体现型技术进步模型的起点。Jorgenson 和 Griliches 的目的之一曾是消除实质上没有成本的增长的概念,其途径是试图表明“如果实际产品和实际要素投入被精确地说明,则被观察到的全要素生产率增长是微乎其微的。”另一方面,人们必须对走向另一极端的研究略备戒心。看来好象这种研究把所度量的增长的全部归因于要素投入的增加。Denison 在对 Jorgenson 和 Griliches 的工作的细致评价方面声称,事实上,他们对生产率增长的惊人的低估是几乎完全由于对资本利用序列的完全无根据的调整[56]。根据 Denison 的看法, Jorgenson 和

Griliches 的结果与传统的全要素生产率的增长的估计之间的差异并没有象 Jorgenson 和 Griliches 所声称的那样,通过对投入序列的误差消除,就会有所减少。

即使增长的许多来源取决于要素投入方面的增加,以及投入序列能相应地被调整,但了解它们相对的重要性仍然是有益的。由投资和劳力的数量的增加以及其他质的改善方面而引起产出方面的增加,从而得到增长。Denison 所一直坚持主张的程序企图突出知识进步对此增长所起的作用。

加总生产函数

度量技术进步的生产函数方法起始于 1928 年 Charles Cobb 和 Paul Douglas 的倡导工作,他们提出当时著名的公式 $Q = PL^{\alpha}K^{1-\alpha}$ (记号是我们的)。然而,早期对时间序列和截面数据的应用工作(其中大量由 Douglas 在[66]中所引证),倾向集中于检验边际生产率理论和恒定报酬的新古典假设。关于这一点,该函数的使用不是没有批评它的人的。例如,Phelps Brown[220]论证,当该函数被应用于截面数据时,发现恒定报酬是不奇怪的,因为如果在不同业,产出、劳力和资本有相同比例,则资本和劳力的指数和必须是 1。

Cobb-Douglas 函数被用于技术进步的度量是较新近的发展。Tinbergen 于 1942 年是第一个人利用指数时间趋势,明显地把技术进步的估计当作加总生产函数中的一个单独项。然而,Valavanis[281],却是第一个人在估计技术进步时实际使用生产率一词于 Cobb-Douglas 函数中,他给出 1869 年至 1948 年期间美国经济每年 0.75% 的累积增长率。

Walters[284]对用要素份额法从生产函数中估计技术改变一事,在 Cobb 和 Douglas 指出方向以后仍被长期忽视而表示惊奇。使用要素份额法的最早研究是 Schmookler 对 1869 年至 1928 年美国经济的研究[245],他获得每年 1.09% 的全生产率的增长率。这个估计显著接近 Tinbergen 使用一种指数时间趋势对 1870 年至 1914 年的美国经济每年 1.1% 的估计。接着是 Kendrick 对较晚的时期,1899 年至 1953 年,美国经济的研究[143],给出每年 1.7% 的全要素生产率的增长率。但是实际上使这个领域增光的却是 Fabricant[72],Abramovitz [2] 和 Solow [265] 的研究结果——即在以前几十年间美国经济方面人均产出增长的 80% 到 90% 不能用人均资本方面的增加来解释,因此必须是由于某种形式的技术进步。Abramovitz 评论说:

“从这种结果看来好象它给予生产率增长的重要倾向性是惊人的,并且它对研究经济增长的学生来说,应该具有一种严肃的而不是令人沮丧的意义。既然我们不知道生产率增加的原因是什么,生产率增长的重要性可以被认为是我们对于美国经济增长的原因无知的某种测度,和我们需要把我们的注意象中在什么地方上的某种指示。”

随后对挪威[16]、芬兰[209]和英国[228]的研究也差不多得到相似的结论。Gaathon 对 1950 年至 1959 年以色列的研究[94]是我们所知道的唯一的公开出版的研究——他使用传统的度量和估计技术发现人均资本增加具有显著重要性。

Solow 的研究是用人均产出作为应变数来估计技术变动率的最早试图中的最精致作品。正是他的模型为随后的调查研究者所依赖和发挥。Solow 使用加总生产函数,但直到作出某些实验之后,特别是在纯粹的 Cobb-Douglas 形式的用作了中性技术进步的假定之后,才详细说明加总生产函数的形式。为了检验中性,Solow 作了产出变化与资本/劳力比的百分比变化的相关计算。他没有找到相关关系,因而论断技术必定是中性的,于是生产函数可以写成乘积性形式: $Q = P(t)f(L^{\alpha}K^{1-\alpha})$ 。虽然这看上去猜疑是 Cobb-Douglas 式,但

Solow 声称他的实际估计方程式不是 Cobb—Douglas 式，因为他允许资本在产出中占的份额随时间而变化。然而，他后来在给 Hogan[128]的答复中承认，他应提醒读者，如果所观察到的份额是常数，则此方法将自动地产生一个完全的 Cobb—Douglas 拟合！通过对该函数的一些计算，Solow 的技术进步的测度是：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{\dot{q}}{q} - W_K \frac{\dot{k}}{k} \quad (6)$$

其中 q 是人均小时产出；

k 是人均小时资本；

W_K 是总收入中的资本份额

以及 $\cdot$ 表示关于时间的导数。

Solow 把他的函数应用于 1919 年至 1957 年期间美国经济的非农业私营部门，并通过 $p(1919) = 1$ 得到技术的一个指数。从方程 (5) 这个恒等式得到这个时期的整个 $P(t)$ 序列，它给出每年 1.5% 的全生产率的年增长率。结果是：人均小时实际产出增长的 90% (如 Hogan[128] 所更正) 可归因于技术进步。恰恰是同样的结果，由 Massell[181] 为美国 1919 年至 1955 年制造业部门获得。如 Levine 所指出[159]，在分离乘积性函数的增长来源的过程中，有一个小小的统计问题，该问题涉及不同项之间的交互作用，但是这并不严重地影响 Solow 的结果。问题是要看先度量哪个增长来源，因为在这里技术进步的贡献是资本/劳力比的函数，而资本深化的贡献又取决于技术进步这一项的数值。Solow 首先计算出资本深化的贡献，从而得出的技术进步是一种剩余。假如 Levine 首先估计技术进步的贡献，那么资本深化对增长的贡献就会从 10% 提高到 19%。Massell 已经表明[185] 这两个结果的分歧是所考虑的周期长度的一个增函数，并为了解决交互作用问题，他建议取技术进步对人均产出的增长的比率，并假定两者都是指数函数。因为这将是两个常数的比率，显然它与进行观察的区间长度无关。可用变量的对数线性变换进行指数趋势的估计，而用这种方法资本深化和技术变化的效应将是加性的。但是这些与 Solow 论文随后所引起的经济争论相比，是次要的统计学问题。

在 Solow 以前，如何解释拟合 Cobb—Douglas 函数的结果，特别引起争论，尤其是，拟合 Cobb—Douglas 函数是否对边际生产率理论提供一种适当的检验 [30]，[229]，[220]，更引起争论。自从 Solow 以来，加总生产函数的整个概念随着来自剑桥(英格兰)(例如，[232])的较早的攻击之后，又重新受到批判。尤其引起了这个问题——Cobb—Douglas 函数是否包含过多的设定误差以致难以保证它对估计技术进步率的用处。该函数肯定是有局限性的，但是对于我们目前的目的，这些局限性达到怎样的程度？无疑主要的忧虑是过多地重视技术进步在增长过程中的作用而降低了资本作用。过去十年间在有关生产函数的工作中，多是对这个结论提出疑问并置技术进步于观察之中。

Cobb—Douglas 函数的局限性是众所周知的中性技术进步；单位替代弹性和不变规模报酬，以及在 Solow 模型中的非体现型的技术进步假设，即不同年代的资本享有同等的进步。评论家们称辩，被称为技术进步者可能完全不是技术进步，更不用说知识进步，而是(a)资本代替劳力，(b)生产规模的节约，(c)从经验中学习，(d)增强教育，(e)资源转移和(f)组织改进，加上(或减去)变量度量中的任何误差等等之结果。此外，是否资本的作用由于非体现型的技术进步假设而被贬低，而其实最有意义的知识进步需要有体现型的资本？让我们考虑其中的一些问题，看看有何见证。

技术进步的分类

在理论文献中,最通常使用的技术进步的两种类别来自 Hicks [124] 和 Harrod [117]。Hicks 定义一种“中性”发明为对给定的要素以同样的比例提高资本的边际产品和劳力的边际产品。Harrod 定义技术进步为“中性”,如果它在恒定利率下使资本——产出比率不变。劳力节约和资本节约偏好的定义自然地从中性的定义产生。

结合宏观经济的“单一产品”模型考虑,仅在劳力与资本之间替代弹性等于 1 的特殊情况下,即如果生产函数是 Cobb-Douglas 型,这两个定义才是等价的。

这两个定义有着很不相同的目的。Harrod 关心的是要有一个中性定义最方便于发展平衡增长理论的。Hicks 主要关心的是要解释分配份额的广泛历史恒定性。他的论点是:有两种相互抵消的倾向。一方面,相对于劳力的资本累积有减少资本份额的趋势。另一方面,有关的劳动价格比资本价格相对上涨,引起有劳动——节约偏好的发明,因而减少劳动份额。顺便说一下,应注意虽然一些作家,如 Fellner [83],继续承认分配份额的广泛恒定性是一个需要解释的事实,但在本世纪期间,有越来越多的迹象表明,劳动份额有增加的倾向 [153], [78], 其部分原因可能是需求的转移:从制成商品到劳动密集的服务行业的转移。

从经验上看,如果不是从原理上看,基本的困难在于区分哪些是沿着给定的生产函数的变动和哪些是生产函数的迁移。如果技术进步被假定为中性和非体现的,则就不会有这样的困难,但是这些假定几乎不能在开始时就被证实。“体现”的问题将在下一节讲到,而本节则试图考虑检验技术进步的偏向性。不幸的是,在这样的试图中涉及认真的识别问题。和劳动相比,资本随时间而累积的倾向将伴随着和劳动价格相比的资本商品价格的相对下降,这无疑是在资本——财货部门的技术进步之结果。那么,在什么程度上,资本密集度的增加应被削减到由于相对价格的变化而出现的要素代换,和在什么程度上应被削减到技术变化的一种可能的劳动节约偏向?

Salter [240] 最充分地讨论了这些识别困难和导致最佳实践技术变化和劳动生产率的变化影响,他得出概括性的结论,即技术进步的中性是一种合理的假设。在讨论中性和偏向时,Salter 使用了与 Hicks 分类有关的,但非相同的分类。他不是对给定的要素比例看技术进步对相对边际产品的影响,而是对给定的相对边际产品看技术进步对要素比例的影响,两种分类都意味着相同的中性定义,但 Salter 给出为什么他自己的分类比较适合于他正在进行的工业这一级的分析的令人信服的理由。

Salter 用以支持他的主要结论的论据部分地是理论性的。他没有排除这种可能性,即节省某一个要素(相对于另一要素来说)的知识可能比较容易获得,他不接受 Hicks 提出的因比价变化而引起的发明中的偏向概念。这种概念的理由是:企业家的目的是使总成本缩小到最小。Salter 在这方面的论点受到 Kennedy [151] 的挑战,Piore [223] 的一种微观研究对 Salter 的观点给予一些支持。Piore,对十八个性质不同的制造厂进行研究,发现创新想法不是提高成本的劳动短缺的结果;发现劳动成本好象不影响设备的设计和结构,并发现选择生产技术的程序和不同类型劳动的相对短缺对不上号。同样,Enos [71] 在他对石油工业方面的发明和创新的研究中推测发明已经倾向于中性,虽然在发展和改进阶段好象有某种劳动——节约的偏向。

然而,无疑地,Salter 对这讨论更重要的贡献是他于工业一级的著作,其中他对二十八个英国的和二十三个美国的工业的价格、成本和产出作了一个分析。在更早一些时候所讨

论的识别问题阻止他对每个工业技术进步方面的偏向进行直接估计，他的方法是从若干个可能性中选择最令人满意的一般假设，以解释不同工业的不同情况。他的主要结论是不同工业之间劳动生产率增长率的差别最好由纯要素替代与不相等的中性技术进步率联合解释，而后者居于首要地位。

技术进步的更加复杂的分类最近由 Beckmann 和 Sato[22]作出了讨论。当某一经济变量对另一变量的关系在时间上保持不变时，就得到某种意义的中性技术进步，这样除传统分类外，还推导出若干种有趣的新“型”技术变化。例如，以六个变量为例，这样就产生十五种不同“类型”的技术进步（即每一对变量构成一种类型），然后再归类为四个类型：产品扩张；劳动扩张；资本扩张和投入减少。它使信仰 Cobb-Douglas 的人们得到某种安慰，不管怎样地规定技术变化，所估计的生产函数总归是接近 Cobb-Douglas 形式。

除了 Salter 的工业研究外，使用加总数据以及采取 Hicks 的分类法把中性技术变化和 non-中性技术变化区分开来，还有其他的尝试。

在对这些研究作提纲挈领之前，进行一次一般性评论可能是适宜的。虽然人们用了不少计量经济学技巧来区别技术进步中的偏向，但是基本的识别困难能否克服仍属可疑。即使有可能识别反映“偏向程度”和“替代弹性”的参数，但这些参数是否必定与人们从分析的观点希望得到的相一致，还是不清楚的。

Brown 和 Popkin [32] 进行了一次主要的研究。他们试图提供一种测度将产出的变化分解为中性与非中性技术变化以及生产规模报酬。该统计程序首先是把没有非中性技术变化的各个时期——所谓“技术时代”分离出来，然后用习常的方式测量每个时代的投入贡献，规模经济和中性技术变化，而最后，利用不同时代的参数估值的变化去测量可归因于非中性技术变化，即归因于要素边际产品比率变化的产品变化。通过容许限的方法从经验上区分技术时代；即选择一个基期；估计这个基期的参数；建立容许限，这样，如果在引入新观察值时预测的误差落在容限区间之外，则认为这些新的观察值和基期的观察值不一致。使用 Kendrick 的美国 1890 年至 1958 年非农业家庭经济资料，和使用 1890 年至 1905 年作为基期，便区别了三个时代：1890 年至 1918 年，1919 年至 1937 年，1938 年至 1958 年。非中性变化是通过 $\frac{\alpha}{\alpha+\beta}$ 比率的变化来测量的；其中 α 是劳动的产出弹性， β 是资本的产出弹性。三个时代的参数值，连同技术变化的方向给出如下。

	α	β	$\alpha + \beta$	$\frac{\alpha}{\alpha + \beta}$	
1890—1918	0.97	0.49	1.46	0.66	} 所节约的劳力
1919—1937	0.43	0.60	1.03	0.42	
1938—1958	0.51	0.53	1.04	0.49	} 所使用的劳力

虽有一些偏向的迹象，但在本世纪还没有达到重要的程度。请注意在战后时期的技术变化，相对于两次战争之间的一段时期来说，显然是属于劳力使用型的。关于这一点 Brown 和 de Cani 在别处[31]也作了报道。

Brown 与 de Cani 一起，也发展了一种模型能划分出技术进步对收入分配的影响。正是在这篇论文里独立地导出了由 Solow、Minhas、Arrow 以及 Chenery 首次公开发表的 C. E. S. (恒定替代弹性) 生产函数 (常被称为 S. M. A. C. 函数)。Brown 和 de Cani 对收入分配变化的传统新古典行列式补充了第三个命题，即替代弹性的增加减少了较稀少要素的

相对份额。然后，“较稀少的”要素指的是什么则完全不清楚，我们将不报道他们的结果，因为我们认为他们的方法和他们的第三个命题受到严重的异议^①。

替代弹性

如果资本和劳力以不同的速率增加的话，替代弹性 (σ) ≥ 1 将引起技术变化估计中的偏误。如果资本增长快于劳力，以及 $\sigma < 1$ (情况象是如此)，则这将导致过高估计资本对增长的作用和过低估计技术进步。这个命题我们将在以后(见方程式(14))正式证明，但简单的直观解释是替代弹性愈小，则愈难通过仅增加一种要素来增加产出，因为出现强烈的报酬递减。弹性愈高，这种情况就愈少；而如果资本与劳力两者都以相同的速率扩张，则增长显然不受替代弹性的影响。

C. E. S. 函数允许 σ 具有任何(恒常)值，Cobb-Douglas 函数是 C. E. S. 函数 $\sigma = 1$ 时的一种特殊情况。C. E. S. 生产函数可写为：

$$Q = P[\alpha L^{-p} + \beta K^{-p}]^{-\frac{V}{p}} \quad (7)$$

而其对数变换是：

$$\log Q = \log P - \frac{V}{p} \log[\alpha L^{-p} + \beta K^{-p}] \quad (8)$$

其中 P 是技术进步参数；

α 和 β 是分配参数；

V 是齐性程度^②；

而

$$p = -\left(1 - \frac{1}{\sigma}\right), \quad (9)$$

其中 σ 是替代弹性。

由于 p 是常数，所以 σ 也是常数。

可惜 σ 不能直接估计，因为 α , β 和 p 尚待估计，但可使用某种附加关系式。假定技术进步不随工资率系统地变化，一种可能性是使用近似式：

$$\log V = -\frac{1}{1+p} \log[P^p(\alpha)] + \frac{1}{1+p} \log W \quad (10)$$

它在统计上等价于：

$$\log V = a + b_1 \log W \quad (11)$$

其中 V 是每个工人的加值；

W 是工资；

$$b_1 = \frac{1}{1+p} = \sigma \quad (12)$$

而 a 是右手边(10)的第一项。

使用 Solow 的 1909 年至 1949 年美国的时间序列资料，S. M. A. C. 用这个方法估计替代弹性为 0.569。

另一种可能性是将资本/劳力比率的对数对劳力价格(相对于资本价格)的对数求回归，用回归系数作为 σ 的估计。根据这种方法，Kendrick 和 Sato [147] 取劳力与资本的实际价格增长率之差，并将公式应用 1919 年至 1960 年美国数据，给出了 $\sigma = 0.58$ ，很接近 S. M.

① 详见 C. Kennedy 和 A. P. Thirlwall, “技术变化和收入分配——一个过迟的评论”油印本。函索即寄。

② 恒定报酬时 $V=1$, 即 $\alpha + \beta = 1$ 。

A. C. 估计值。

上述两种研究都获得比使用 Cobb-Douglas 函数时更高的年生产率增长率。这更符合我们的目的,且和我们早先的预计相一致。S. M. A. C. 对 1909 年至 1949 年美国经济的估计值是每年增长 1.83%, 而 Kendrick 和 Sato 对 Hicks 的中性进步的估计值是每年增长 2.1%。Kendrick 和 Sato 建议,当资本和劳力以不同的速率增长时,允许资本和劳力份额变化,美国经济的生产函数将是:

$$Q = P_0 \cdot 0.021 t^{\frac{1}{\sigma}} \frac{KL}{(\alpha L^p + \beta K^p)^{1/\sigma}} \quad (13)$$

其中

$$P = \frac{2}{3} i \cdot e \cdot \sigma = \frac{1}{1+p} = 0.6$$

但是问题是: 如果使用较简单的 Cobb-Douglas 形式所产生的偏误,对较短的周期和合理的 σ 值来说是不大的话, 承担额外的麻烦用 C. E. S. 函数去估计技术进步的速率是否值得? 该函数也不是没有它自身的设定误差, 仍必须处理好技术进步的偏向问题。恒定弹性的假设本身也有缺点, 即人们可能把弹性的变化归因于技术变化, 而实际上是由于要素比例的变化而引起。只有具有可变替代弹性的函数才能够克服这种局限性。

Nelson 一直有力地论证, 为了解释在短期内的增长, Cobb-Douglas 和 C. E. S. 生产函数之间的差别是不重要的[202]。如果 Cobb-Douglas 函数被当作 C. E. S. 函数的第一阶近似值, 则第二阶近似值可以(以估计的形式)书写如下③:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \frac{\Delta P}{P} + \alpha \frac{\Delta L}{L} + (1-\alpha) \frac{\Delta K}{K} + \frac{1}{2} \alpha(1-\alpha) \frac{\sigma-1}{\sigma} \left[\frac{\Delta K}{K} - \frac{\Delta L}{L} \right]^2 \quad (14)$$

最后一项给出当 $\sigma \neq 1$ 时, Cobb-Douglas 和 C. E. S. 函数之间的差别。只有当 σ 显著地不为 1, 并且资本和劳力增长率的差别大到不现实的地步时, 技术进步率 ($\Delta P/P$) 才受到实质上的影响。这就是说, 不管 Brown 的观点(见于[35])如何, 如果替代弹性被误定, 那么一阶项, 即劳力和资本的产出弹性也必定如此。

尽管对 C. E. S. 函数的用处存在怀疑, 但自从 1961 年以来, 大量的时间序列和截面研究已经完成, 得到了广泛不同的结果。这些结果显得对函数的设定和所使用的数据都非常灵敏。首先, σ 的时间序列估计常产生比截面研究更低的估计值。一般所提供的解释是当截面研究所观察到的不同厂或工业之间的劳动生产率和资本密集度的差别是比较“长期”性的, 而在时间序列估计中存在着有待克服的周期变化的问题, 使得 σ 有向下的偏误。关于研究结果的一个有用的概述, 见[206]。在这里我们主要感兴趣的是这些研究对技术变化的速率和方向的启示。我们已经引用了两项研究, 它们给出美国经济的 Hicks 中性进步率多少高于大致相同期里 Cobb-Douglas 研究所给出的速率。Ferguson [87] 在一项较新近的研究中大体上证实了这些结果。他对美国 1929 年至 1963 年以及 1948 年至 1963 年制造部门的数据拟合了两个 C. E. S. 估计方程式(一个对于恒定报酬, 另一个不加约束), 并检验了 Hicks 和 Harrod 中性, 他在两种情况下都发现技术进步占每人产出增加的 90% 以上, 而替代弹性一般远低于 1。1948 年至 1963 年期间 Hicks 中性技术进步被估计为每年 1.9%。

在一篇后续论文中, Ferguson 使用 C. E. S. 函数检验 1949 年至 1961 年在一系列制造业中技术进步的偏向性。这能够通过抛开 P 是常数的假设而进行。他令 $P^* = 10^{\lambda t}$ 其中 λ 代表中性技术进步的不变速率。方程式(10)于是变成:

③ 以经常的报酬。

$$\log V = -\frac{1}{1+p} \log(\alpha) + \frac{p}{1+p} \lambda t + \frac{1}{1+p} \log W \quad (15)$$

它在统计上等价于：

$$\log V = a + b_1 t + b_2 \log W \quad (16)$$

其中 a 是(15)的右端的第一项

$$b_1 = \frac{P}{1+P} \lambda$$

和

$$b_2 = \frac{1}{1+P} = \sigma$$

假定恒定报酬，非中性技术变化将在 α 中显示出来，而 α 是能够每年被计算来测定偏向性的。Ferguson 在不同工业之间发现替代弹性有广泛的差异，并发现技术进步的偏向是劳力节约/资本使用型。另一方面，三种庞大的工业显示了资本节约的偏向，从而把加总的研究结果推向中性。使用一个 C. E. S. 函数在总量水平上对偏向进行的唯一主要研究项目是 David 和 de Klundert 的对 1899 年至 1960 年美国私人国内经济的研究。他们发现 Hicks 劳力节约偏向的某种迹象，但是他们对技术进步的速率的估计数是每年 1.85%，看来这又很接近使用 Cobb-Douglas 假设所获得的速率。

规模报酬

许多关于技术变化速率的生产函数研究，无论是 Cobb-Douglas 还是 C. E. S. 都把函数限制于恒定报酬。如果生产要素的指数和被约束为 1，则递增报酬的出现将反映在全生产率参数之中。这种偏向大小如何？第一个困难在于区分不同类型的生产规模经济。简单地用普通最小二乘法估计生产函数所获得的生产规模报酬的度量并不能区分由技术上决定的经济(指节约)与纯由实物投入增加而获得的经济(指节约)。由技术所决定的经济有多大，就应有多大的一部分观测到的经济归因于技术进步。Dhrymes 和 Kurz 有关蒸汽电气工业的工作是从经验上承认有这种区别的为数不多的研究项目之一。

在总量水平上 Walters 使用 Solow 的资料检验了 1909 年至 1949 年期间美国经济中的递增报酬。在使用不同的资本数据并拟合带有指数时间趋势的简单的 Cobb-Douglas 函数以进行种种检验时，他发现生产函数是 1.26~1.37 次齐次的。与 Solow 1957 年的结果比较，中性技术变化的效应从每年 1.5~1.8% 之间的年改进率减低到每年 1.0~1.25% 之间。看来 Walters 的结果向 Solow 较早的论点提出了挑战。Solow 的论点是：“因为劳力与资本在时间上相当稳定地增加，多重回归分析发现难于把产出的增加超比例地归因于规模的增加或归因于仅仅是时间的推移。回归好象有利于趋势项，这也许是它的较大光滑性带来的一种结果”[268]。Niitamo 对芬兰的研究[209]，和对美国个别的工业研究项目(例如，[105])也表明生产规模的经济的根据，但是如在 Walters 的研究项目中那样，在由于技术变化而引起的增加的收益与由于因素投入方面的增加而引起的增加的收益之间没有得出区别。

如 Solow 所提及的，除了递增报酬与时间的推移可能发生混淆，还有其他的原因为什么使得规模报酬的时间序列估计可能有向下的偏误。Griliches 已经从计量经济学方面表明[101]，如果生产函数中被排除的投入的变化比例小于被包含的投入，则规模报酬将被低估。他特别想到诸如企业和管理服务等半固定的生产要素。而且，变量在质的方面的变化(这些变化在比例上小于量的变化)如被忽略，也会产生对生产规模报酬的类似的低估。然而，一

般说来,没有理由假设这些偏误的来源很大,但是有多大程度的规模节约,技术进步率就在多大程度上被高估,如果我们把生产函数限制在一次齐次的情形。唯一的补偿是一些节约可能是技术性的^①。

投入的设定

到目前为止,所考虑的 Cobb-Douglas 函数的可能的错误设定并不足以推翻那些开创性研究所给出的结论,即增长的主要决定因素是技术进步的速度。现在还留下我们原先提出过的投入本身的设定问题;要素投入对技术进步的分析而言是否被适当地度量?有两个基本的问题。第一个问题是关于投入的度量技术。第二个问题是关于投入的质的变化。要素投入是不是有不变的质?技术进步是不是非体现型?通常测量资本和劳力时都假定是这样,因而增长实质上与要素投入的增加无关;或者问要素投入的增加是不是技术进步的必要先决条件?如果是后者,那么在度量要素投入以及要素投入和技术进步对增长的相对作用时就应该加以考虑?若认为质的变化取决于知识进步,则技术进步的重要性仍然没有被削弱,但是体现型假设,如果认为重要,则要对增长过程从根本上重新估价。我们将依次考虑资本和劳力的度量,接着考虑作为资源转移的结果而发生的质的变化现象。

资本的度量

对总量生产函数中的资本度量的议论,部分地是理论的,而部分地是实际的。理论上的考虑是:包含不同年代的品种繁多的资本度量有何意义?哪怕资本总量在生产函数中从它所代表的要素份额的正确情况看,表现良好。实际上的考虑是在增长过程中分派给资本的次要角色^②。

我们已经看到相同的同年代产品的资本加总而不采取加权系统的某种形式借以考虑在不同活动中资本有相异的生产率。那将是错误的。现在面对这样的事实:因为资本中有不同年代的产品,它们的生产率各异。这表明了进一步的度量问题。经济学家们对这个加总问题以不同的方式作出反应。除了放弃总量生产函数的整个概念外,有些人提出资本的一种度量标准,用其他要素如劳动时间[232]表达资本;另一些人,特别值得注意的是 Solow [270],他通过报酬率的概念提出一种对资本和生产理论的探讨方法,它避免度量资本并使新古典主义的可延展性假设和匀滑的可代替性变得无关痛痒。别开生面地, Samuelson [241] 试图解脱每一个人的忧虑。他说:有一种单纯的东西叫做“资本”,可以把它放到一种单纯的生产函数中并能与劳动一起生产产品。他提供代用品(“好象”)生产函数的新工具,和代用品资本,以表明有时能确切地预言某些不纯一的资本模型的行为,好象这些模型是来自一个单纯的生成生产函数。

然而,我们这里涉及的是在实践中的应用,而事实一直是资本的传统度量标准有着多种缺点,其中大多数缺点招致低估资本对增长的作用。因为物质资本的总额不能直接被度量,所以必须用价值来间接度量。于是发生这个问题:资本应该用它的成本来估价,还是用它对生产的贡献来估价?如果采取后一途径,则由于技术进展而导致的资本效率的增加将以

^① 应该指出,在排除的变量多于一个的情况下,规模报酬估计数方面的偏误是正是负还取决于超比例(和被包含的变量变化相比)变化的变量的系数的大小,与比例变化的变量的系数的大小。

^② 对这一点也许在 Fisher 向 Solow 汇报中所说的话有些真理:“假使 Paul Douglas 已经发现在美国的产出中劳力份额是百分之二十五和资本份额是百分之七十五,而不是正好相反,那么我们现在就不为这个问题操心!”[88]