清華大學

中 國 經 濟 研 究 中 心

學 術 論 文

生产率变化的解释

李小宁　北京航空航天大学人文学院经济系
任若恩　北京航空航天大学经济管理学院

No. 200018　　2000 年 9 月

Working Paper

National Center for Economic Research

At

Tsinghua University, Beijing

生产率变化的解释[1]

The explanation of productivity change

李小宁　　任若恩[2]

〖摘要〗索洛的新古典增长模型将经济增长率的一个显著部分归结为一个未加解释的 ***TFP***（全要素生产率）增长率。多年来许多经济学家致力于寻找 ***TFP*** 变化的解释性变量，尽管取得了许多的成果，但始终未能形成一个一致的解释性框架。在本文中作者建立了一个基于观测定义的、一般性的生产率解释框架，并利用这一框架讨论了新古典增长理论下的 ***TFP*** 增长率解释和内生增长理论下的 ***TFP*** 增长率解释，且在此基础上阐明了 ***TFP*** 增长率观测定义的经济学含义。

关键字：经济增长　全要素生产率　新古典增长理论　内生增长理论

至今仍在增长经济学中占据着主导地位的新古典增长理论有着一个严重的缺憾，这就是对模型中总投入生产率的变化没有做出解释，而是将其表达为一个余值，这实际上意味着一部分经济增长没有相应的解释变量与之对应。多年来经济学家们为此做了大量的工件，特别是进入 80 年代中后期以来，以内生增长机制为特征的新经济增长理论似乎在形式上对生产率的变化做出解释，消除了余值。本文在第一节中通过新古典框架的提出阐明余值问题经济学含义；第二节通过“投入”、“***TFP***（全要素生产率）”等概念的进一步澄清建立起一个 ***TFP*** 增长率的解释性框架；第三节在新框架下讨论新古典框架下解释 ***TFP*** 增长率的各种努力；第四节在新框架下讨论 ***TFP*** 增长率的内生解释；最后部分是结论。

一、新古典框架

1957 索洛（Solow,R)在“技术变化和总量生产函数”一文中，建立了一个计量技术进步的新古典框架。所谓新古典框架是指:

1.包含外生技术变化的规模收益不变的生产函数 $Y=f(K,L,t)$，即 $f(\lambda K,\lambda L,t)=\lambda f(K,L,t)$，其中 Y 为产出，K 为资本，代表资本产生的服务流；L 为劳动，代表劳动产生的服务流；t 代表技术水平，通常用时间变量表示。

2.完全竞争的产品市场和要素市场，后者产生了满足边际生产力分配理论的生产者均

[1] 国家自然科学基金、国家软科学基金、国家教委博士点基金资助。

[2] 作者：李小宁 北京航空航天大学人文学院经济系（100083）　电话：82316772（O），62588263（H）

作者：任若恩 北京航空航天大学经济管理学院

衡条件，即 $\dfrac{\partial Y}{\partial K}=R$， $\dfrac{\partial Y}{\partial L}=W$，其中 R 为资本服务流的租金率，W 为劳动服务流的工资率。

索洛在上述基础上得到增长率关系：

$$\frac{\dot{Y}}{Y}=\alpha\frac{\dot{K}}{K}+(1-\alpha)\frac{\dot{L}}{L}+\frac{\partial Y}{\partial t}\frac{1}{Y} \qquad (1)$$

式中 $\alpha=\dfrac{\partial Y}{\partial K}\dfrac{K}{Y}=\dfrac{RK}{Y}$，$1-\alpha=\dfrac{\partial Y}{\partial L}\dfrac{L}{Y}=\dfrac{WL}{Y}$，分别为资本产出弹性和劳动产出弹性，也等于资本收入比重和劳动收入比重；$\dfrac{\partial Y}{\partial t}\dfrac{1}{Y}$ 被索洛称为**技术进步**。

索洛利用这一框架对美国 1909 至 1949 年的技术进步进行了估算，他的结果是美国在 1909 年到 1949 的经济增长中，有 7/8 应归功于技术进步的贡献。

新古典框架的最大的问题就是没有对技术进步做出解释，在新古典理论中技术被表达为不能独立测量的外生变量，因此实际上它不能为经济增长提供解释。关于这一点可以与劳动相比较，劳动投入也是外生变量，但它是可以独立测量的，所以是经济增长的解释变量。由此看来，利用新古典框架解释经济增长实际上是一个极大的误会，恰恰相反，新古典框架实际上提供的不是产出的解释，而是利用产出测量技术进步的测量框架。

（1）式中 $\alpha\dfrac{\dot{K}}{K}+(1-\alpha)\dfrac{\dot{L}}{L}$ 是不同投入增长率的加权平均值，权数和归一。如果定义它为总投入增长率，则技术进步是产出增长率与总投入增长率之差，而这正好是**全要素生产率**（***TFP***) 的增长率。又由于技术进步可以视为经济增长率中扣除总投入贡献后的剩余，所以它又被称作**余值**。***TFP*** 增长率概念表明了所谓技术进步是一个极其广泛的概念，其中包含了除资本投入与劳动投入以外的全部经济增长要素，因此把索洛的“技术进步”称作“***TFP*** 增长率”更为恰当，而技术进步就其通常的含义而言只是这种 ***TFP*** 增长率的一部分。所以以下我们将主要使用 ***TFP*** 增长率这个概念，而把“技术进步”这个称谓用于更为确定的含义。

只要有 ***TFP*** 的变化没有得到解释，就意味着经济增长没有得到完全的解释，特别是索洛测算的 ***TFP*** 增长率占据了经济增长的 7/8，这就是说有 7/8 的经济增长没有得到解释。因此解释生产率变化的原因就成为解释经济增长的关键。

把经济增长表达为一个与投入无关的生产率变化显然是不能令人满意的，至少从微观上看生产率增长中的技术进步显然是由投入产生的。 特别的，如果我们相信任何经济增长一定来自于某种投入的增长，那么在宏观上一个完备的经济增长理论应当能够把经济增长完全解释为一组经济投入变量的函数。

二、TFP 增长率解释性框架

为了进一步分析经济学家们解释 ***TFP*** 增长率的种种努力，有必要对一些基本的概念做出澄清，在此基础上做出一个较新古典模型更为一般的增长率解释性框架。

- **定义实际生产函数如下：**

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

其中 Y 为产出数量，即以不变价格计算的产出值，X_i 为第 i 种生产要素在生产中提供的服务数量。需要说明的是：

1) **实际**生产函数描述的是**实际发生**的产出与生产要素之间的关系。

2) 这里的生产要素概念是广义的，假设它包括了**所有**对产出有贡献的要素，而不仅仅专指通过市场交易的、反映为成本的投入。显然在假设 **1**）下，索洛模型中的技术水平变量已经包括在 X_i 中。

3) 至今我们并无关于实际生产函数的全部知识，只能根据经验假设进行理论模型构造，并通过可观测的变量数据进行模型检验作参数估计。实际上对 ***TFP*** 增长率的解释也包含着对生产函数的构造和检验问题。

4) 这里暂时没有对生产函数做齐次性假设，为了分析方便只假设生产函数有连续的二阶导数。

- **定义核算衡等式如下：**

$$Y = \sum_{i=1}^{n} p_i X_i \qquad (3)$$

式中 p_i 为以产出计的第 i 种生产要素服务的价格。

- **定义可观测变量和不可观测变量如下：**

定义价格不为 0 的产出与生产要素为可观测变量，价格为 0 的产出与生产要素为不可观测变量。[3]定义**产出** Y 为可观测的产出；定义可观测生产要素为**投入**（生产）要素，而投入则为投入要素产生的服务流，又设生产函数和核算恒等式表达的产出是同一可观测的产出值，而 X_i 中则包含可观测要素的服务流和不可观测要素的服务流。根据定义产出核算恒等式（3）实际上表达的是投入价值与产出价值相等。即：

[3] 因此可观测性是由是否发生过**市场交易定义**的，通过市场交易发生的变量就是可观测的，反之则是不可观测的。

$$Y=\sum_{i=1}^{n}p_iX_i{}_i=\sum_{i=1}^{m}p_iX_i{}_i \qquad m\le n \tag{3a}$$

其中 m 代表了可观测要素或曰投入要素的种类数量。

要注意的是这里并未假设投入要素服务价格等于投入要素的边际生产力，即不假设生产者均衡。

对（2）和（3a）式求增长率得：

$$\frac{\dot{Y}}{Y}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i} \tag{4}$$

$$\frac{\dot{Y}}{Y}=\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i}+\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{p}_i}{p_i} \tag{5}$$

其中 $\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}=1$（归一性），$\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}$ 为 X_i 的产出弹性，但 $\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}$ 并不一定是归一的，只有生产函数规模收益不变时弹性和才归一。

- **定义总投入增长率为[4]：**

$$\frac{\dot{X}}{X}=\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i} \qquad m\le n \tag{6}$$

在这里总投入是由可实际观测的经济核算值定义的，而不是由实际生产函数定义的。它保持了新古典框架中投入增长率权数和的归一性，但是放弃了生产者均衡条件。

- **定义 *TFP* 为总产出与总投入之比[5]：**

$$P=\frac{Y}{X}$$

则 *TFP* 增长率为总产出增长率与总投入增长率之差：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\frac{\dot{Y}}{Y}-\frac{\dot{X}}{X}=\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{p}_i}{p_i}=\frac{\dot{Y}}{Y}-\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i} \tag{7}$$

---

[4] （6）式定义总投入增长率为各个投入增长率的算术加权平均，从理论上讲，权数可以任意选取，不同的权数选取方式得到的 *TFP* 增长率将不同。但是显然以收入比重作为权数更方便计量，而且当满足新古典框架假设条件时，在经济上是合理的。

[5] 根据这里的定义全要素生产率实际上是全部可观测生产要素生产率。

需要说明的是，（7）式表达的是 ***TFP*** 增长率的测量值，因此 ***TFP*** 增长率在这里是以**测量值**定义的。***TFP*** 增长率观测定义的经济解释可以从新古典框架得到，当经济满足新古典框架条件时，***TFP*** 增长率的观测定义等于新古典框架下的定义（J0rgenson and Grilliches，1967）。[6]

将（4）式代入（7）式得：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\sum_{i=1}^{n}\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i}-\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i}$$

注意到定义 $p_i=0,(i>m)$，则可取关于和号的一致形式：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\sum_{i=1}^{n}(\frac{\partial F}{\partial X_i}-p_i)\frac{X_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i} \qquad (8)$$

由（8）式立刻可以得出的一个结论是，如果所有投入要素的边际生产力与服务价格相等，则 ***TFP*** 增长率必为 0，因此 ***TFP* 增长率不为 0 的必要条件是生产者非均衡**。特别当存在不可观测要素时，由其定义可知这一条件自动满足。

特别要指出的是投入增长率总权数的归一性，隐含着将规模收益划归为生产率变化。事实上，设所有生产要素是可观测的，且有同一的增长率 $\frac{\dot{X}}{X}$，于是（8）式变为：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\frac{\dot{X}}{X}(\sum_{i=1}^{m}\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}-\sum_{i=1}^{m}\frac{p_iX_i}{Y})$$

当实际生产函数是规模收益不变时，实际上生产函数各投入的产出弹性和是归一的，于是由（8a)式 ***TFP*** 增长率为 0；若实际生产函数规模收益递增，则各投入的产出弹性和大于 1，于是 ***TFP*** 增长率大于 0，表达的是规模收益。

（8）式是关于生产率变化的解释性框架。其中的投入、产出和价格都是可观测变量，而生产要素的边际生产力是不可观测的，因此必须对**生产函数**和**分配关系**做出假设才能对生产率变化做出解释。

三、新古典框架下的 *TFP* 增长率解释

以下利用（8）式，研究新古典框架下对 ***TFP*** 增长率的解释。

---

[6] 用生产函数定义 *TFP* 增长率是没有意义的，因为只有在新古典框架下这一定义才是唯的。如果不满足新古典框架，如后面将要讨论的生产率内生的、收益递增生产函数条件下：$\frac{\dot{Y}}{Y}=\sum_{i=1}^{m}\frac{\partial F}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i}$，***TFP*** 增长率将不唯一。

1. 严格满足新古典条件下的 *TFP* 增长率解释

当严格满足新古典假设条件时（投入要素规模收益，生产者均衡），由上述 ***TFP*** 增长率不为 0 的必要条件可知只有当存在不可观测生产要素的变化时才会出现 ***TFP*** 增长率。

首先假设所有生产要素都是可观测的（即全部为投入要素），且实际生产函数 F 关于所有投入要素为一次齐次（规模收益不变）。其次假设分配满足生产者均衡 $\frac{\partial F}{\partial X_i} = p_i$ 条件。这时 ***TFP*** 增长率为 0，等价于无技术进步的新古典增长模型。下面考虑有技术进步的新古典框架。假设：

1) 设部分生产要素为可观测的，不失一般性，设 $X_1; X_2 \cdots X_m$ 为投入，X_{m+1} 为不可观测要素。

2) 生产函数对投入为一次齐次的（投入规模收益不变，但边际生产力递减）。

3) 不可观测投入变化为外生的，且为时间的函数 $X_{m+1}(t)$。

4) 分配方面，投入要素报酬满足生产者均衡条件 $\frac{\partial F}{\partial X_i} = p_i$。

当上述条件满足后由（8）可得：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \frac{\partial F}{\partial X_{m+1}} \frac{X_{m+1}}{Y} \frac{\dot{X}_{m+1}}{X_{m+1}} = \frac{\partial F}{\partial t} \frac{1}{Y}$$

不难看出，由此得到的 ***TFP*** 增长率与前面索洛建立的新古典框架中的 ***TFP*** 增长率（余值、技术进步）是一致的。这说明在严格的新古典框架下，生产率的变化是用不可观测生产要素解释，从而不被认为是真正的解释。

2. 全部生产要素可观测、规模收益不变、生产者非均衡条件下的 *TFP* 增长率

设 $m = n$，并保持生产函数规模收益不变（从而边际生产力递减），但放松新古典框架中的生产者均衡条件，则（8）式变为：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{\partial F}{\partial X_i} - p_i \right) \frac{X}{Y} \frac{\dot{X}}{X}$$

1) 由此可知：当所有投入都以同样的增长率增长时，由于收入比重和弹性的归一性，***TFP*** 增长率为 0。

2) 当生产要素的边际生产力等于生产要素的服务价格时 ***TFP*** 增长率恒为 0。

于是只有各投入增长率不同，且不满足生产者均衡时才会存在生产率变化。这时可将投入分为两个部分：一是边际生产力大于要素服务价格，另一是边际生产力小于要素服务价格。当对应于前者的要素投入增长率足够大于对应于后者的投入增长率时，***TFP*** 增长率大于 0，反之则小于 0。投入要素的不同增长率代表了要素结构变化，由于此可知即便是规模收益不变的生产函数条件下，也可以由于结构的调整产生正的 ***TFP*** 增长率。

总结 1 和 2 不难得出结论，***TFP*** 增长率由不可观测生产要素增长和生产者非均衡要素的结构调整产生。但是有理由相信，当生产函数规模收益不变时生产要素结构的调整使得生产者非均衡难以长期保持（由于边际生产力递减），或者更为准确的说经济不可能长期显著偏离生产者均衡，因此 ***TFP*** 增长率趋于不可观测生产要素增长率。

投入要素同质性假设与 *TFP* 增长率以乔根森(Jorgenson)和丹尼森（Denison)为代表的一些经济学家认为索洛对技术进步计量时之所以存在一个较大的 ***TFP*** 增长率，是由于对投入增长率的低估造成的，而这种低估则又主要是由于对资本要素和劳动要素的同质性假设造成的。他们认为通过对投入要素的更为细致的划分，将可以消弱这一误差，使索洛 ***TFP*** 增长率中的一部分转化投入。下面从广义投入框架来说明“要素同质性假设”产生的计量误差。为了简单且不失一般性，这里仅从全部投入要素中选择两个要素 X_1, X_2。假设这两种不同质投入被当作同质的，从而具有可加性：$Z = X_1 + X_2$，于是有：

$$\frac{\dot{Z}}{Z} = \frac{X_1}{Z}\frac{\dot{X}_1}{X_1} + \frac{X_2}{Z}\frac{\dot{X}_2}{X_2} \tag{9}$$

于是在总投入增长率（6）式中对应 X_1, X_2 的项变为：

$$\frac{p_1X_1 + p_2X_2}{Y}\frac{\dot{Z}}{Z} = \frac{p_1X_1 + p_2X_2}{Y}\frac{X_1}{Z}\frac{\dot{X}_1}{X_1} + \frac{p_1X_1 + p_2X_2}{Y}\frac{X_2}{Z}\frac{\dot{X}_2}{X_2}$$

在 ***TFP*** 增长率公式（8）中的对应 X_1, X_2 的项变为：

$$\left(\frac{\partial F}{\partial X_1} - \frac{p_1X_1 + p_2X_2}{Z}\right)\frac{X_1}{Y}\frac{\dot{X}_1}{X_1} + \left(\frac{\partial F}{\partial X_2} - \frac{p_1X_1 + p_2X_2}{Z}\right)\frac{X_2}{Y}\frac{\dot{X}_2}{X_2}$$

它表示了要素同质假设条件下计算的生产率。用此式减去（8）中的对应项就得到同质要素假设产生的生产率计算误差：

$$(p_1-\frac{p_1X_1+p_2X_2}{Z})\frac{X_1}{Y}\frac{\dot{X}_1}{X_1}+(p_2-\frac{p_1X_1+p_2X_2}{Z})\frac{X_2}{Y}\frac{\dot{X}_2}{X_2} \qquad (10)$$

从（10）式中可以看出，如果投入价格相等，则没有误差产生，但这种情况很偶然。另一种可能是两种投入的增长率相等，将不会产生误差。实际上增长率相等意味着要素间数量保持固定的比例，这时当然可以视为同质要素。

（10）式中 $\frac{p_1X_1+p_2X_2}{Z}$ 是加权平均价格，它界于两个价格之间。不失一般性假设：$p_1<p<p_2$，若 $\frac{\dot{X}_2}{X_2}$ 足够大于 $\frac{\dot{X}_1}{X_1}$ 就会出现正的误差，即投入要素同质性假设高估了生产率，采用更为细致的投入要素划分，将会增加投入的增长率，减少生产率的增长率；反之亦然。

4. 新古典框架下的生产率变化解释

在新古典框架下，***TFP*** 增长率由三个部分组成：不可观测要素变化、生产者非均衡下的结构变化和投入要素同质性假设误差。即：在严格的新古典框架下，生产率变化只能由不可观测生产要素服务流的变化产生；如果放松生产者均衡假设，生产率变化中就会包含有结构变化的因素；最后由于对投入要素的细分程度有限，所有生产率变化中总是存在计量误差的。

5. 丹尼森与乔根森对 *TFP* 增长率的估计

以丹尼森和乔根森为代表的经济学家对投入要素做了更为细致的划分，从计量方面对索洛的结果进行了重要修正，从而使一部分索洛模型中的 ***TFP*** 增长率得到解释。

丹尼森估算出美国 1929-1948 年单位投入的产出（output of per unit input）[7]的增长（等价于 ***TFP*** 增长率）对国民收入增长的贡献为 54.9%，显著低于索洛的估算。乔根森采用比丹尼森更为精确的方法对 1948 年-1979 年美国经济增长进行了估算，将 ***TFP*** 增长率对美国经济增长的贡献缩减到了 23.6%,位居资本与劳动之后，资本与劳动的贡献分别为 45.7%和 30.7%；如果按照同质生产要素计量则 ***TFP*** 增长率的贡献将上升为 46.3%,而资本与劳动的贡献将分别降至 33.7%和 20%。这就是说，对经济增长更为精确的核算表明，归于索洛余值贡献的部分在逐步缩小，投入的贡献在扩大，且仍是最重要的因素。

丹尼森和乔根森都通过对投入要素的细分使索洛 ***TFP*** 增长率中的一部分转化为可观测的投入要素的贡献。但是他们都没有能够完全解释 ***TFP*** 增长率。如果我们排除可以完全用生产者非均衡和投入要素同质性假设产生的计量误差解释这一显著的 ***TFP*** 增长率，则对此只可能来自另外两个方面的解释：

1) 的确存在着不可观测生产要素的变化，于是必然会存在 ***TFP*** 增长率，这时仅对可观测要素进行细分并不能解释 ***TFP*** 增长率。

[7] 丹尼森假设，总产出超出总投入增长率的部分为“单位投入的产出”的增长率。

2) 另一个原因更为重要，如果技术的进步表现为新质量的投入要素不断产生，生产过程不断迂回，分工不断细划，则一个对可观测要素的**固定**划分不论多么细致，实质上都等价于投入要素的同质性假设，从而不可避免的出现上述投入要素同质性假设带来的误差。这就是说技术的变化要求投入要素的划分是动态的和不断细化的，即（2）式和（3a）式中的 m 和 n 是变量。[8]后面我们将看到，如果 m 和 n 的变化由投入决定，生产率的变化将是内生的。

四、*TFP* 增长率的内生解释

只要经济增长中的 ***TFP*** 增长率得不到解释，就不能说经济增长得到完全的解释。而所谓对经济增长的完全解释就是用可观测生产要素（或曰用投入）变化解释 ***TFP*** 增长率。由于可观测生产要素的配置和积累是由经济系统的内部机制决定的，因此用可观测生产要素解释生产率变化和经济增长就是将对生产率和经济增长的解释**内生化**。实际上这一思想在丹尼森的测算模型已有表达。丹尼森将 ***TFP*** 增长率分解为 3 个部分：（1）资源配置的改善；（2）规模收益；（3）知识进步。其中前两个部分都是由投入产生的：资源配置的改善实际上是前面讨论的投入同质性假设产生的误差，而规模收益则是我们前面对投入定义的结果。[9]只有第三个部分丹尼森认为无法测量，将其表示为余值。这部分代表知识进步的余值在美国 1929 到 1948 年的经济增长中占据了 27.2%的比重，也就是说在上述丹尼森测算的占经济增长 54.9%的 ***TFP*** 增长率中，有大约一半(27.7/54.9）得到解释。而我们下面将要讨论的内生经济增长机制则集中于用投入解释知识进步的产生。

1. 生产率的内生化和不可观测生产要素的内生化

当假设经济增长率完全由可观测生产要素解释时,实际生产函数应写为可观测生产要素的函数：

$$Y = f(X_1, X_2, \cdots X_m) \qquad (11)$$

由（8）式 ***TFP*** 增长率的解释性框架仍表达为：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \sum_{i=1}^{m}\left(\frac{\partial f}{\partial X_i} - p_i\right)\frac{X_i}{Y}\frac{\dot{X}_i}{X_i} \qquad (12)$$

TFP 增长率的内生化带来以下两个区别于新古典框架的一个重要性质：

1)当 ***TFP*** 增长率大于 0 时，生产函数对所有投入是收益递增的。由于对于任意正的投

[8] 在有新要素加入的条件下，即便是做出细致的投入要素划分，也不能消除余值。为了方便，设核算关系式（3a）中 i 是连续的，则（3a）变为 $Y = \int_0^m p(i)x(i)di$，则增长率可以写为：

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{1}{Y}\int_0^m (px)\frac{\dot{x}}{x}di + \frac{1}{Y}\int_0^m (px)\frac{\dot{p}}{p}di + \frac{1}{Y}(pxm)\frac{\dot{m}}{m}$$

，式中右边第二项代表不可观测要素变化引起的生产率，第三项则代表由于增长新的可观测投入要素产生的生产率。

[9] 实际上丹尼森的测量框架中对总投入增长率的定义与我们的定义相同，这一定义并不要求满足生产者均衡条件，而只要求对增长率加总时权数归一，因此也不必假设生产函数是规模收益不变的，而投入增长率权数归一则使得规模收益反映在 ***TFP*** 增长率中。

入增长率都有大于 0 的 ***TFP*** 增长率，因此不妨设均衡增长条件（各投入增长率一致），于是得到：

$$\sum_{i=1}^{m}\frac{\partial f}{\partial X_i}\frac{X_i}{Y}>1 \qquad (13)$$

根据欧拉定理，这表明生产函数是收益递增的。[10]

2)生产者均衡条件不再满足。尽管这一点在讨论新古典框架时已经得到，但是由于全部要素是可观测的，当 TFP 增长率持久存在时，生产者非均衡也将是持久的，不存在趋向于生产者均衡的运动。这意味着一些投入要素的报酬率将持久的不等于其边际生产力。特别当 ***TFP*** 增长率大于 0 时，如果投入要素有正的增长率则必然有一些投入要素的边际生产力大于其服务价格。即：

$$\frac{\partial f}{\partial X_i}>p_i$$

正是这些要素的增长对 ***TFP*** 增长率做出正面的贡献。

新古典框架排除了投入与生产率变化的关系，而内生增长框架则要建立这种关系，确定是由哪些投入对生产率的变化做出了贡献，即哪些要素是收益递增要素。这一点对于生产率变化乃至经济增长的解释都是最为重要的。但是这不可避免的要引入新的假设来进一步的确定生产函数和分配关系。

2.　基于投入要素溢出效应的 *TFP* 增长率解释

一个最为简化的溢出型收益递增模型是罗默在 1986 提出的，它的方便之处在于可以保留生产者均衡性质，使得分析变得简化。

设生产函数满足如下性质：

$$F(\psi x,\psi k,\psi K)>F(\psi x,\psi k,K)=\psi F(x,k,K) \qquad (14)$$

其中 x 为与不可观测生产要素无关可观测生产要素（投入要素），k 为对不可观测要素提供解释的可观测生产要素（投入要素），K 为不可观测生产要素，是可观测生产要素 k 的函数。***TFP*** 增长率为：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\left(\frac{\partial F}{\partial x}-p_x\right)\frac{x}{Y}\frac{\dot{x}}{x}+\left(\frac{\partial F}{\partial k}+\frac{\partial F}{\partial K}\frac{dK}{dk}-p_k\right)\frac{k}{Y}\frac{\dot{k}}{k} \qquad (15)$$

由于生产函数对 x 和 k 是一次齐次的，从而可以进一步假设对 x 和 k 满足生产者均

[10] 新古典框架中投入只能在生产者非均衡条件下内生出 ***TFP*** 增长率，当达到均衡增长时，***TFP*** 增长率只能外生的产生。而在均衡增长条件下也能产生 ***TFP*** 增长率，则必然要求生产函数是收益递增的。

衡，于是 $\boldsymbol{K}$ 的服务价格是 0，或者说由于对 $\boldsymbol{K}$ 的贡献是免费的，所以 $\boldsymbol{k}$ 的服务价格低于边际生产力，即 $\boldsymbol{k}$ 是收益递增投入要素。因此正如罗默所说（Romer,1986）， $\boldsymbol{K}$ 是 $\boldsymbol{k}$ 产生的溢出效应。

将生产者均衡引入（15）式得：

$$\frac{\dot{P}}{P} = \left(\frac{\partial F}{\partial K}\frac{dK}{dk}\frac{k}{Y}\right)\frac{\dot{k}}{k} = \beta\frac{\dot{k}}{k} \tag{16}$$

β 称为溢出弹性。

（16）式提供了一种 ***TFP*** 增长率的解释： $\boldsymbol{k}$ 在这里实际上是能生产溢出效应的要素，因此要解释生产率的变化就必须确定三个问题： $\boldsymbol{k}$ 包括哪些要素， $\boldsymbol{k}$ 的增长性质以及溢出弹性 β 的性质。这三问题的解决又必须满足 ***TFP*** 增长率实证性质的约束，其中最显然的是 ***TFP*** 增长率是有界的。到目前为止，用溢出效应对 ***TFP*** 增长进行解释的模型有以下几个：

1) 基于规模经济的解释。这时技术不变，仅仅是由于投入的数量增加产生溢出效应。这种情况下 $\boldsymbol{k}$ 包含的要素范围很广泛，甚至可以是全部投入要素。但是很难设想技术不变时的规模收益递增能够持续，因此合理的假设是溢出弹性将趋势于 0，生产函数趋于收益不变。

2) 阿罗基于投资积累的解释（Arrow,1962），即著名的“干中学”模型。在阿罗的模型中，投资品在生产出产品的同时，还生产出经验和知识，过去的投资在物理上可能已经报废，可是过去投资带来的经验和知识今天还在发挥作用，且市场并不为此付费。知识积累的作用是使单位产品中的劳动力成本按一定速率下降。

3) 罗默的基于知识要素的解释（Romer,1986）。罗默把 $\boldsymbol{k}$ 定义为知识水平，其增长率是有界的，并且溢出弹性大于 0 且有界。在这一定义下，生产率来自于知识进步的溢出效应。但罗默自己后来也认为这一定义不恰当。[11]

4) 卢卡斯基于人力资本的解释（Lucas,1988）。卢卡斯将 $\boldsymbol{k}$ 定义为人力资本，它有一有界的正的增长率和固定的正的溢出弹性。因此 ***TFP*** 增长率来自于人力资本的溢出效应。

---

[11] 因为知识是非竞争性要素，即定的知识可以与任意数量的竞争性生产要素结合，所以生产函数对 $\boldsymbol{x}$ 应为一次齐次，而对 $\boldsymbol{x}$ 和 $\boldsymbol{k}$ 应高于一次齐次（Romer,1990）。

3. 基于资本种类累进的 *TFP* 增长率解释

溢出效应的微观基础是某种投入在生产某种产品的同时带来的一种具有公共物品性质的“付产品”。但这是一种过度的简化，这种简化虽然使得新古典框架的生产者均衡性质得以保留，从而大大简化了对生产率变化的解释，但是与现实的距离却在拉大。实际上并非生产函数都能化作（14）式的形式。因此必须对生产函数做出另外的假设。

1990 年罗默（Romer,1990)做出一个基于资本种类累进的内生技术进步的增长模型。其中的生产函数如下：

$$Y(H_Y, L, x, A) = H_Y{}^{\alpha} L^{\beta} \int_0^A x(i)^{1-\alpha-\beta} di \qquad (18)$$

其中Y为产出，H_Y代表人力资本，L代表劳动力数量，$x(i)$代表第i种资本投入，

设资本投入的**种类数量**为A，[12]当$i > A$时，x_i=0。对于即定的A生产函数规模收益不变。

为简单取所有种类资本投入数量一致，即$x(i) = \bar{x}$，[13]于是（18）式有：

$$Y(H_Y, L, x, A) = H_Y{}^{\alpha} L^{\beta} \bar{x}^{1-\alpha-\beta} A \qquad (18a)$$

资本投入种类A的增加代表了技术的进步，也就是说技术的进步表现为新的性质的资本投入品的出现。对A的生产规律罗默假设有：

$$\dot{A} = \delta H_A A \qquad (19)$$

其中H_A是用于 ***R&D*** 的那部分人力资本，δ则是大于 0 的常数。

对（19）式可知A是H_A的函数，于是（18）式可写为：

$$Y(H_Y, L, x, A(H_A)) = H_Y{}^{\alpha} L^{\beta} \int_0^{A(H_A)} x(i)^{1-\alpha-\beta} di$$

与（14）式相比较可知这时不可观测要素不是由溢出效应产生的，而是由投入要素**生产**出来的。

对（18a）式求增长率，并将（19）式代入得：

---

12 A相当于式（3a）中的m。

13 实际上罗默(Romer,1990)根据非完全竞争均衡条件和所有种类资本单位生产成本一样，求得 $x(i) = \bar{x}$。

$$\frac{\dot{Y}}{Y}=\alpha\frac{\dot{H}_Y}{H_Y}+\beta\frac{\dot{L}}{L}+(1-\alpha-\beta)\frac{\dot{\bar{x}}}{\bar{x}}+\delta H_A \qquad (20)$$

用（20）式减去总投入增长率得到 *TFP* 增长率：

$$\frac{\dot{P}}{P}=(\alpha-\frac{p_{H_Y}H_Y}{Y})\frac{\dot{H}_Y}{H_Y}+(\beta-\frac{p_L L}{Y})\frac{\dot{L}}{L}$$
$$+(1-\alpha-\beta-\frac{p_{\bar{x}}\bar{x}}{Y})\frac{\dot{\bar{x}}}{\bar{x}} \qquad (20a)$$
$$+[\delta H_A-(\frac{p_{H_A}H_A}{Y}\frac{\dot{H}_A}{H_A})]$$

罗默假设：

1) 用于产品生产和用于知识生产的人力资本是同质的和可以自由流动的，因此它们的服务价格是一致的，即：$p_{H_Y}=p_{H_A}=p_H$。

2) H_Y 和 L 满足生产者均衡，其服务价格等于边际生产力。

根据这两个假设有：

$$\frac{p_{\bar{x}}\bar{x}}{Y}=1-\alpha-\beta-\frac{p_H H_A}{Y}$$

因此（20a）变为：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\frac{p_H H_A}{Y}(\frac{\dot{\bar{x}}}{\bar{x}}-\frac{\dot{H}_A}{H_A})+\delta H_A \qquad (20b)$$

设 $H_A=\mu H_Y$，则（20b）变为（20c）：

$$\frac{\dot{P}}{P}=\alpha\mu(\frac{\dot{\bar{x}}}{\bar{x}}-\frac{\dot{H}_A}{H_A})+\delta H_A \qquad (20c)$$

又设资本总量为 K， $K=\int_0^A x(i)di=A\bar{x}$,求增长率代入上式得:

$$\frac{\dot{P}}{P}=\alpha\mu(\frac{\dot{K}}{K}-\frac{\dot{H}_A}{H_A})+(1-\alpha\mu)\delta H_A \qquad (20d)$$

（20d）说明在罗默的模型对生产率变化的解释：

1) ***TFP*** 增长率与资本的增长率有关，较高的资本增长率产生较高的 ***TFP*** 增长率。这一点突破了新古典框架理的结论，技术进步并不是独立于资本积累的，而是**依赖**于资本的积累的。

2) ***TFP*** 增长率与 ***R&D*** 领域的人力资本投入有关。但是当 $\mu<1$ 时（一般如此），人力资本水平与人力资本增长率对 ***TFP*** 增长率产生的影响是不同的。罗默在模型中假设总人力资本是常数，这时 $\frac{\dot{H}_A}{H_A}=0$，于是 ***TFP*** 增长率只取决于资本增长率和 ***R&D*** 领域人力资本投入水平。特别当 $H_A=0$ 时，注意到此时 $\mu=0$，***TFP*** 增长长率也为 0。

3) 从式（20a)可以看出，资本与 R&D 人力资本之所以对 TFP 增长率产生贡献，在于其服务报酬与其对产出的贡献不等。所以资本与 R&D 人力资本是收益递增投入要素，这与 TFP 增长率不为 0 的必要条件是一致的。

五、结论

TFP 增长率是用可观测的产出增长率和总投入增长率定义的，因此 ***TFP*** 增长率是一个观测值。不过这一观测定义并不能提供对 ***TFP*** 增长率的解释，而如果不能解释 ***TFP*** 的变化也就意味着不能完全解释经济增长。要解释 ***TFP*** 增长率就必须有关于生产函数和生产者均衡的信息，然而由于生产函数和均衡状态是不能直接观测到的，所以我们只能通过对生产函数和均衡状态做出假设来提出关于生产率变化的解释。

索洛建立的新古典框架对假设了规模收益不变的生产函数和生产者均衡条件，但是这一假设等价于测量框架，不能够对生产率率变化提供解释。

所谓对 ***TFP*** 增长率的解释即是将生产率的变化解释为投入的变化。在新古典框架下，投入对 ***TFP*** 增长率的解释有两个方面，一是对生产者均衡的偏离；另一是投入要素细分局限上产生的计量误差。在内生经济增长框架下，对 ***TFP*** 增长率的解释来自于投入要素的溢出效应和 ***R&D*** 投入带来的资本种类增长。

归纳起来 ***TFP*** 增长率来自于以下解释性因素：

1) 非收益递增投入要素的生产者非均衡；

2) 投入要素同质性假设产生的误差；

3) **收益递增**的贡献，这种贡献又可分为两个方面：

• 投入要素（特别是人力资本和 ***R&D*** 投入）的溢出效应；

• ***R&D*** 投入带来的生产要素种类累进；

4) 不可观测要素（即非投入要素）的影响。

其中第 4 条是假设 ***TFP*** 增长率不一定能够完全用投入变量加以解释，仍有不可观测变量在起作用。

对于非收益递增投入要素的生产者非均衡对 ***TFP*** 增长率的影响，在市场经济条件下，可以通过进行较长时期的经济增长序列测算加以消除，因为时间足够长时，非收益递增投入要素总是趋向于生产者均衡的。

对于投入要素同质性假设产生的误差，理论上讲只能通过更为细致的生产要素划分解决，但是这将面临数据搜集和处理上的困难，因此只能进行有限的细分。一般讲只要划分后组成每一投入类别的各个投入要素的增长率差距不大，就不会产生显著的误差。

真正产生持续的 ***TFP*** 增长率的因素是收益递增要素。这些投入要素的存在使得生产函数由规模收益不变变为收益递增，而收益递增必然伴随着生产者非均衡。但是建立 ***TFP*** 增长率和收益递增投入要素之间的精确关系是困难的，内生增长理论只是提供了一个理论假说，特别是关于溢出效应机制和 ***R&D*** 机制的描述过于简单，还未形成一个可以可靠地通过计量经济学检验的模型框架。实际上 ***R&D*** 过程要比生产过程复杂得多，其中存在着许多不确定性因素，无论在理论描述上还是在计量上都有很多困难需要解决；溢出效应则与制度安排紧密相关，但是建立和计量包含制度变量的经济增长模型将更加困难。因此解决包含制度因素在内的收益递增要素自身的生产机制、收益递增要素在生产中的作用机制将是 ***TFP*** 增长率解释，进而是经济增长的解释的关键。

主要参考文献

Arrow,Kenneth J. 1962. *The economic implications of learning by doing.* Review of Economic Studies, vol.29,pp.323-351.

Burmester, E. and Dobell, A.R.1970. *Mathematical theories of economic growth.* New York: Collier-Macmillan.

Denison,Edward. F .1974. *Accounting for United States econonic growth, 1929 to 1969.* Washington: Brookings Institution.

Jones, Hywel G. 1976. *An introduction to modern theories of economic growth.* New York: Macmillan.

Jorgenson,Dale W.and Zvi Grillches,1967.*The explanation of productivity change.*Review of Economic Studies 34:249-283.

Jorgenson,Dale W. 1987. *Productivity and U.S. economic growth.* Amsterdam: North-Holland.

Lucas,Robert E.1988. *On the mechnics of economic development.* Journal of Monetary, vol.22, pp.3-42.

Romer,Paul. 1986.*Increasing returns and long-run growth.* Jurnal of Political Economy,vol.94, pp.1002-10037.

Romer,Paul. 1990. *Endogenous technological change.* Jurnal of Political Economy,vol.98(supplement), pp.71-102.

Solow, Robert.M. 1957.*Technical change and the Aggregate production function.* Review of Economics and Statistics ,August 1957, vol.39,pp.312-320.

通信地址：
北京　清华大学
中国经济研究中心
电话：**86-10-62789695**　　传真：**86-10-62789697**
邮编：**100084**
网址：**http://www.ncer.tsinghua.edu.cn**
E-mail: ncer@em.tsinghua.edu.cn

Adress:
National Center for Economic Research
Tsinghua University
Beijing 100084
China
Tel: 86-10-62789695　　Fax: 86-10-62789697
Web site: http://www.ncer.tsinghua.edu.cn
E-mail: ncer@em.tsinghua.edu.cn