

中国全要素生产率的再测算与分解研究

——基于多要素技术进步偏向的视角

钟世川 毛艳华*

摘要: 本文基于多要素的 CES 生产函数,构建了中性技术进步、偏向型技术进步对全要素生产率增长的影响框架,将全要素生产率增长率分解为中性技术进步效率变化效应、非公共资本增强型技术进步效率变化效应、劳动-非公共资本之间的偏向型技术进步效应、公共资本-非公共资本之间的偏向型技术进步效应。在此基础上,利用 1990-2014 年数据进行实证研究发现,中国要素替代弹性显著大于 0 且小于 1;劳动的生产效率是提高了,而公共资本与非公共资本的生产效率是下降的;技术进步偏向资本,并且偏向非公共资本的程度大于公共资本,这是导致中国全要素生产率增长减缓的主要原因。进一步实证分析表明,2008 年金融危机后,政府加速公共资本的投放导致技术进步越渐朝向公共资本方向发展,进一步抑制了全要素生产率增长。因此,为实现生产率提升和经济增长方式转变,应充分发挥自身劳动力的比较优势,适度减少公共资本,尽快转向依赖技术进步、技术效率变化和非公共资本的轨道上来。

关键词: 中性技术进步;偏向型技术进步;全要素生产率增长;公共资本

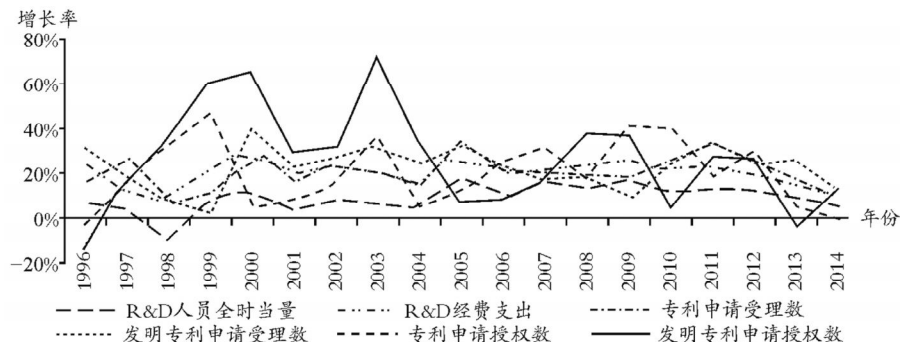
一、问题提出

改革开放后,中国经历了三十多年年均近 10% 的高速增长,从相对落后的发展中国家一跃成为全球第二大经济体,缔造了全球经济增长史上的一个奇迹。由于受到日益错综复杂的国际环境和国内经济深层次的矛盾凸显的双重影响,中国经济已进入新常态时期,即增速换挡期与结构调整期,意味着亟需增强经济增长的平稳性、协调性以及可持续性。这迫切需

* 钟世川,中山大学粤港澳发展研究院、自贸区综合研究院,邮政编码:510275,电子信箱:zhongshichuan@126.com;毛艳华,中山大学粤港澳发展研究院、自贸区综合研究院、港澳与内地合作发展协同创新中心,邮政编码:510275,电子信箱:mmsmyh@mail.sysu.edu.cn。

本文获得博士后基金项目“新常态下中国技术进步适宜性与生产率提升研究”(项目号:2016M602560)、国家社科基金重点项目“技术进步偏向及其效应的统计测算与计量经济分析”(项目号:13ATJ001)、国家高端智库中山大学粤港澳发展研究院项目“粤港澳离岸贸易合作助推广东自贸区建设”(项目号:99132-18823327)、教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(项目号:11JJD810010)、打造“理论粤军”重大现实问题招标课题(项目号:LLYJ1306)、国家社会科学基金项目(项目号:10BJL053)的资助。作者感谢匿名审稿人提出的富有建设性的修改意见!当然文责自负。

社会科技研发投入,中国科技水平和创新能力有明显提高(如图1所示)。



资料来源:2015年《中国统计年鉴》。

图1 中国技术创新情况

图1和相应统计数据显示,以R&D人员投入和R&D经费为代表的中国技术创新投入情况。在1996-2014年间R&D人员投入和R&D经费的年均增长率分别为8.94%和21.13%,其中,R&D经费投入占GDP的比重已经由1995年的0.57%上升到2014年的2.05%^①。此外,中国专利数也在快速增长:在1996-2014年期间,发明专利授权量和受理量年均增长率分别达到了26.83%和22.28%,专利授权量和申请量年均增长率分别达到了20.29%和19.58%。值得注意的是中国目前发明专利授权量排世界第三。这意味着科技活动推动创新产出,创新产出则带动经济发展。本质上说,创新是“对生产要素的重新组合”,是“创造性破坏”。目前,中国创新强度不断地提升、创新产出也快速增长,但是以全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)为代表的技术进步水平近些年不仅没有明显提升(郭庆旺、贾俊雪,2005;李宾、曾志雄,2009;徐瑛等,2006),反而明显减缓(雷钦礼,2013;钟世川,2014)。因此,如何对TFP增长进行再测算及分解,进而寻找TFP增长减缓背后的原因,无疑对于提升TFP增长和转变经济增长方式具有重要意义。

对TFP的测算和评价一直以来都是经济增长理论的研究热点,不仅应着力于总体层面的变动率估算,而且更迫切地需要向细密层面深化。而传统的TFP是基于Hicks中性技术进步的假设下进行核算的,但现实经济发展过程中的技术进步是有偏的,并且技术进步方向与要素替代弹性和要素投入密切相关(Acemoglu, 2002, 2007; 陈欢、王燕, 2015)。由此,本文拟将从技术进步偏向出发,引出TFP增长分解的讨论,认为一个国家只有选择与要素投入相匹配的技术进步才是适宜技术进步,才能够促进TFP增长,进而实现经济增长方式的转变。

二、文献评述

关于TFP增长的测算和分解,目前主要基于两种方法展开研究:

第一,索罗余值法,它建立在新古典经济增长理论基础之上,是最早研究TFP增长的方法。该方法的前提假设是规模报酬不变和技术进步为Hicks中性,将产出增长减去要素投入增长便得到TFP增长。目前大量研究利用该方法测算中国TFP所得到的结论是,改革开放以

^①目前,我国R&D经费投入占GDP的比重已经超过了英国接近法国的水平,与美国、日本等发达国家的差距越来越小。

来,中国 TFP 增长主要呈上升趋势(郭庆旺、贾俊雪,2005;涂正革、肖耿,2006)。然而,由于索罗余值法中的假设条件过于苛刻,不能真实地反映实际产出和经济运行情况,因而受到了一些学者们的质疑(Felipe,1997;郑玉歆,2007)。Jorgenson 和 Grilliches(1967)提出了扩展索罗余值法,分析了研发和时间趋势项、人力资本等因素对 TFP 的影响。陈利华和杨宏进(2005)认为技术进步、制度改革和资源配置等因素对 TFP 增长具有促进作用。钟世川(2014)、章上峰和许冰(2009)利用时变参数的 TFP 估计模型,分析了资本-劳动的产出弹性的动态变化,并在此基础上测算了 TFP 的变化。因此,不管是传统的索罗余值法,还是扩展的索罗余值法,均认为技术是有效的,但是实际生产过程中可能存在技术无效率。

第二,随机前沿分析方法(SFA)和非参数方法(DEA)。该方法通过估计前沿生产函数,然后根据投入、产出变动和前沿函数变动来计算生产率变化。在 20 世纪 70 年代,Aigner 等(1977)提出了 SFA 方法,该方法与索罗余值法不同,因为索罗余值法认为技术进步是唯一决定 TFP 增长的因素,并在 Cobb-Douglas 生产函数下确定生产前沿面(满足最优化生产条件下的最大产出),即索罗余值法中的实际产值是在要素投入和技术进步下通过一定的生产技术所获得的最大产出。而随机前沿生产函数法允许技术无效率的存在,即随机前沿生产函数法中的实际产值并不一定是最优产量。近些年,采用 SFA 方法研究 TFP 的文献也颇多,如王争等(2006)、魏下海和余玲铮(2011)等。值得注意的是,索罗余值法和 SFA 方法在研究 TFP 增长的分析中需要设定生产函数的具体形式,而 DEA 方法却没有生产函数具体形式设定上的限制。DEA 方法最初由 Caves 等(1982)提出,在经历了 CCR 模型、BCC 模型之后,现在普遍采用的是 Fare 等(1994)的分析方法,该方法将 TFP 增长分解为技术进步和技术效率两个部分,又将技术效率具体划分为规模效率变化和纯效率变化。鉴于 DEA 方法假设条件较少且对 TFP 增长分析较全面,现已成为中国学者研究 TFP 增长的主要工具。

通过多种 TFP 增长的测算方法显示,中国技术进步对 TFP 增长有着显著的促进作用。但是,传统的 TFP 分析均是在 Hicks 中性技术进步的假定下,而现实中的技术进步是有偏向的,这意味技术进步分为中性技术进步和偏向型技术进步。目前也有相关文献研究偏向型技术进步与 TFP 增长之间的关系,宋冬林和王林辉等(2010)认为技术进步呈现技能偏向性特征,并且该特征存在于资本体现式、中性和非中性等不同类型的技术进步中。王林辉和董直庆(2012)利用 DEA 方法考察了分工业行业的 TFP,结论表明中国制造业中的资本体现式技术进步对生产率增长具有重要的影响。钟世川(2014)将 TFP 增长分解为偏向型技术进步和要素增长效率,结论表明资本生产效率下降的速度大于技术进步偏向资本的速度、劳动生产效率的上升速度小于技术进步偏向资本的速度,这是导致 TFP 增长减缓的主要原因。值得注意的是,这些研究要么忽略了偏向型技术进步对 TFP 增长的影响,要么忽略了中性技术进步、偏向型技术进步同时对 TFP 的影响;同时,现有研究大多仅仅只包含两类要素投入(资本和劳动),尚未将资本划分为公共资本和非公共资本,深入剖析公共资本对 TFP 的作用。公共资本是政府干预经济,是国家进行宏观调控的重要手段,并且中国作为发展中国家,公共资本可以有效地促进基础设施完善和经济平稳发展。

综上所述,本文将资本划分为公共资本和非公共资本,并将其同劳动一起纳入 CES 生产函数下,基于技术进步偏向的视角构建中性技术进步和偏向型技术进步对 TFP 增长影响的理论框架。在此基础上,利用中国 1990-2014 年的数据进行测算分析。本研究的创新意义在于基于技术进步偏向视角,在要素禀赋的约束下指导中国选择适宜的技术,借此提出中国

适宜技术进步选择的思路与 TFP 提升的政策启示。

三、理论分析

(一) 多要素技术进步偏向的度量

Hicks(1963)在《工资理论》一文中将技术进步偏向定义为:若技术进步使资本-劳动的边际产出之比不变,则为中性技术进步;若技术进步使资本-劳动的边际产出之比增大,则为资本偏向型技术进步;若技术进步使资本与劳动的边际产出之比减小,则为劳动偏向型技术进步。这仅限于资本与劳动两种要素投入的技术进步偏向的定义。随后 Binswanger(1974)、Yuhn(1991)和 Acemoglu(2002,2007)将技术进步的类型扩展到任意要素之间,即:若技术进步的选择更有利于某种要素边际产出的提高,我们称偏向该要素的技术进步,或是技术进步偏向于该要素。基于此,本文拟将从多要素技术进步偏向定义出发进行 TFP 增长的测算及其分解研究。

本文将生产函数设定为 CES 生产函数,包含的要素投入有公共资本 E_t 、劳动 L_t 和非公共资本 K_t ,所对应的技术进步有公共资本增强型技术进步 D_t 、劳动增强型技术进步 B_t 和非公共资本增强型技术进步 A_t ,生产函数的具体形式如下:

$$Y_t = C_t [\theta^K (A_t K_t)^{-\rho} + \theta^L (B_t L_t)^{-\rho} + \theta^E (D_t E_t)^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (1)$$

(1)式中: C_t 为中性技术进步; Y_t 为总产出; $\theta^i \in (0,1)$ 是反映生产过程中要素重要性的分配参数且 $\sum_i \theta^i = 1 (i=K,L,E)$; ρ 为要素替代参数,且 $\rho = (1-\sigma)/\sigma$, $\sigma \in (0,\infty)$ 为要素替代弹性。若要素替代弹性 $\sigma=1$, (1) 式为 Cobb-Douglas 生产函数;若要素替代弹性 $\sigma=\infty$, (1) 式为线性生产函数;若要素替代弹性 $\sigma=0$, (1) 式为 Leontieff 生产函数。由此可以看出,本文中的生产函数囊括了一般生产函数的性质,在理论分析中具有普遍适用性。

由(1)式可以导出非公共资本的边际产出、劳动的边际产出以及公共资本的边际产出:

$$F_K = \frac{\partial Y}{\partial K} = C_t \theta^K A_t^{-\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{K_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (2)$$

$$F_L = \frac{\partial Y}{\partial L} = C_t \theta^L B_t^{-\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{L_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (3)$$

$$F_E = \frac{\partial Y}{\partial E} = C_t \theta^E D_t^{-\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{D_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (4)$$

根据(2)式、(3)式和(4)式,可得任意两要素的边际产出比,那么技术进步的类型扩展到任意要素之间的表达式为:

$$\Omega_{KL} = \frac{\sigma-1}{\sigma} (\hat{A}_t - \hat{B}_t) \quad (5)$$

$$\Omega_{KE} = \frac{\sigma-1}{\sigma} (\hat{A}_t - \hat{D}_t) \quad (6)$$

$$\Omega_{LE} = \frac{\sigma-1}{\sigma} (\hat{B}_t - \hat{D}_t) \quad (7)$$

(5)-(7)式中:任意变量 x 的变化率为 $\hat{x} = \dot{x}/x$ 。上述三式隐含的经济含义是:技术进步的选择

择直接影响任意两要素的边际产出之比的变化率。技术进步偏向某一要素与要素替代弹性的取值密切相关:

根据(5)式,当 $\sigma > 1$ 时,如果 $\hat{A}_t > \hat{B}_t (\hat{A}_t < \hat{B}_t)$,则为非公共资本(劳动)偏向型技术进步;当 $\sigma < 1$ 时,如果 $\hat{A}_t > \hat{B}_t (\hat{A}_t < \hat{B}_t)$,则为劳动(非公共资本)偏向型技术进步;若 $\sigma = 1$ 或 $\hat{A}_t = \hat{B}_t$,则为中性技术进步。

同理,根据(6)式,当 $\sigma > 1$ 时,如果 $\hat{A}_t > \hat{D}_t (\hat{A}_t < \hat{D}_t)$,则为非公共资本(公共资本)偏向型技术进步;当 $\sigma < 1$ 时,如果 $\hat{A}_t > \hat{D}_t (\hat{A}_t < \hat{D}_t)$,则为公共资本(非公共资本)偏向型技术进步;若 $\sigma = 1$ 或 $\hat{A}_t = \hat{D}_t$,则为中性技术进步。

根据(7)式,当 $\sigma > 1$ 时,如果 $\hat{B}_t > \hat{D}_t (\hat{B}_t < \hat{D}_t)$,则为劳动(公共资本)偏向型技术进步;当 $\sigma < 1$ 时,如果 $\hat{B}_t > \hat{D}_t (\hat{B}_t < \hat{D}_t)$,则为公共资本(劳动)偏向型技术进步;若 $\sigma = 1$ 或 $\hat{B}_t = \hat{D}_t$,则为中性技术进步。

(二) TFP 的核算及分解

将(1)式两边分别取对数,经整理,有:

$$\ln Y_t = \ln C_t - \frac{1}{\rho} \ln \theta^K + \ln A_t + \ln K_t - \frac{1}{\rho} \ln \left[1 + \frac{\theta^L (B_t L_t)^{-\rho}}{\theta^K (A_t K_t)^{-\rho}} + \frac{\theta^E (D_t E_t)^{-\rho}}{\theta^K (A_t K_t)^{-\rho}} \right] \quad (8)$$

根据(8)式,令 $f(\rho) = \ln \left[1 + \frac{\theta^L (B_t L_t)^{-\rho}}{\theta^K (A_t K_t)^{-\rho}} + \frac{\theta^E (D_t E_t)^{-\rho}}{\theta^K (A_t K_t)^{-\rho}} \right]$,利用泰勒级数一阶近似展示,将 $f(\rho)$ 在 $\rho = 0$ 处线性展开,有:

$$f(\rho) = \ln \left(\frac{1}{\theta^K} \right) - \rho \left(\theta^L \ln \frac{B_t L_t}{A_t K_t} + \theta^E \ln \frac{D_t E_t}{A_t K_t} \right) + o(\rho) \quad (9)$$

将(9)式代入(8)式,并对两边求关于 t 的导数,经整理,有:

$$\hat{Y}_t = \hat{C}_t + \hat{A}_t + \hat{K}_t + \theta^L (\hat{B}_t + \hat{L}_t - \hat{A}_t - \hat{K}_t) + \theta^E (\hat{D}_t + \hat{E}_t - \hat{A}_t - \hat{K}_t) \quad (10)$$

由(10)式可知,在规模报酬不变时,TFP 增长率等于经济增长率减去生产要素的经济增长贡献率,即:

$$\widehat{TFP}_t = \hat{Y}_t - \hat{K}_t - \theta^L (\hat{L}_t - \hat{K}_t) - \theta^E (\hat{E}_t - \hat{K}_t) = \hat{C}_t + \hat{A}_t + \theta^L (\hat{B}_t - \hat{A}_t) + \theta^E (\hat{D}_t - \hat{A}_t) = \hat{C}_t + \hat{A}_t - \frac{\theta^L}{\rho} \Omega_{KL} - \frac{\theta^E}{\rho} \Omega_{KE} \quad (11)$$

由(11)式可知,TFP 增长率由四部分构成:中性技术进步效率变化效应、非公共资本增强型技术进步效率变化效应、劳动-非公共资本之间的偏向型技术进步效应、公共资本-非公共资本之间的偏向型技术进步效应:

(1) 中性技术进步效率变化效应($\hat{C}_t$):当 $\hat{C}_t$ 提升时, $\widehat{TFP}_t$ 上升,即它对 TFP 水平具有促进作用;

(2) 非公共资本增强型技术进步效率变化效应($\hat{A}_t$):与中性技术进步效率变化效应相同,非公共资本增强型技术进步效率的提升对 TFP 水平具有正向效应;

(3) 劳动-非公共资本之间的偏向型技术进步效应($G = -\Omega_{KL} \cdot \theta^L / \rho$):它由技术进步的方向与劳动-非公共资本分配参数的相对效率决定,当 $\sigma > 1$,若 $\hat{A}_t > \hat{B}_t (\hat{A}_t < \hat{B}_t)$,即技术进步偏向非公共资本(劳动),则它对 TFP 具有抑制(促进)作用;当 $\sigma < 1$,若 $\hat{A}_t > \hat{B}_t (\hat{A}_t < \hat{B}_t)$,即技术

进步偏向劳动(非公共资本),则它对 TFP 具有促进(抑制)作用;

(4)非公共资本-公共资本之间的偏向型技术进步效应($M = -\Omega_{KE} \cdot \theta^E / \rho$),与非公共资本-劳动之间的偏向型技术进步效应类似,当 $\sigma > 1$,若 $\hat{A}_t > \hat{D}_t (\hat{A}_t < \hat{D}_t)$,即技术进步偏向非公共资本(公共资本),则它对 TFP 具有抑制(促进)作用;当 $\sigma < 1$,若 $\hat{A}_t > \hat{D}_t (\hat{A}_t < \hat{D}_t)$,即技术进步偏向公共资本(非公共资本),则它对 TFP 具有促进(抑制)作用。

(三)要素替代弹性的估计

关于技术进步偏向与 TFP 增长之间关系的研究,首先需要测算要素替代弹性,本文利用标准化系统方法对要素替代弹性进行估算,具体处理方法如下:

在规模报酬不变时,要素边际产出等于要素报酬率。假设非公共资本报酬率为 r_t 、劳动报酬率为 w_t 、公共资本报酬率为 η_t ,根据(2)式、(3)式和(4)式,有:

$$r_t = C_t \theta^K A_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{K_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (12)$$

$$w_t = C_t \theta^L B_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{L_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (13)$$

$$\eta_t = C_t \theta^E D_t^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{Y_t}{D_t} \right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad (14)$$

将(1)式和要素边际产出等于要素所构成的系统进行标准化处理。假设基准值^①设定为: $\frac{\theta^L}{\theta^K} = \frac{w_0 L_0}{r_0 K_0}$ 。易证 $A_0 = Y_0 / K_0$, $B_0 = Y_0 / L_0$, $D_0 = Y_0 / E_0$ 。令 $A_t = A_0 \exp(g_K(t, t_0))$, $B_t = B_0 \exp(g_L(t, t_0))$, $D_t = D_0 \exp(g_E(t, t_0))$, 而 $g_i(t, t_0)$ 为要素效率的增长率, $i = K, L, E$ 。为进行标准化,引入规模因子 ξ , 使 $Y_0 = \xi \bar{Y}$, $K_0 = \bar{K}$, $L_0 = \bar{L}$, $E_0 = \bar{E}$, $t_0 = \bar{t}$ 。假设 $g_i(t, \bar{t}) = \bar{t} \frac{r_i}{\lambda_i} \left[\left(\frac{t}{\bar{t}} \right)^{\lambda_i} - 1 \right]$, 其中, λ_i 为技术曲率, r_i 为技术增长参数。注意, 当 $\lambda_i = 1$ 时, $g_i(t, \bar{t}) = r_i(t - \bar{t})$, 即 $g_i(t, \bar{t})$ 为常数。因此, 便可得标准化供给面方程组:

$$\begin{cases} \log(Y_t / \bar{Y}) = \log(\xi) - \frac{1}{\rho} \log \left[\sum_i \theta^i \frac{i}{\bar{t}} \exp(g_i(t, \bar{t}))^{-\rho} \right] \\ \log(r_t K_t / Y_t) = \log \theta^K - \rho \log(\xi) + \rho \log \left(\frac{Y_t / \bar{Y}}{K_t / \bar{K}} \right) - \rho g_K(t, \bar{t}) \\ \log(w_t L_t / Y_t) = \log \theta^L - \rho \log(\xi) + \rho \log \left(\frac{Y_t / \bar{Y}}{L_t / \bar{L}} \right) - \rho g_L(t, \bar{t}) \\ \log(\eta_t E_t / Y_t) = \log(1 - \theta^K - \theta^L) - \rho \log(\xi) + \rho \log \left(\frac{Y_t / \bar{Y}}{E_t / \bar{E}} \right) - \rho g_E(t, \bar{t}) \end{cases} \quad (15)$$

由(15)式可以估计要素替代参数 ρ , 进而可计算要素替代弹性 σ , 同时, 还可估算要素分配参数 θ^i 以及技术曲率 λ_i 和技术增长参数 r_i 。

^①带 0 下标的变量为基准值。

四、数据说明

本文采用1990–2014年的数据测算中国全要素生产率及其分解情况,其中涉及的数据有:总产出(Y_t)、非公共资本(K_t)、劳动投入(L_t)、公共资本(E_t),非公共资本报酬率 r_t 、劳动报酬率 w_t 和公共资本报酬率 η_t 。

总产出数据:在1990–2014年期间,《中国统计年鉴》公布了现价GDP和实际GDP,由此构建GDP缩减指数。然后,将其对现价GDP进行缩减便得实际GDP,即为各年的总产出数据。最后,以2000年的GDP价格指数为基期计算GDP数据。

非公共投资和公共投资数据:由各年《中国统计年鉴》可知,公共投资考察全社会的公共投资规模,包括8个行业^①的投资。基于1953–1978年的固定资本形成的年均增长率和固定资产的年均折旧率,可以计算1978年年末固定资本存量和公共资本,相应公式为: $K_0 = I_0(1+g)/(\delta+g)$ 。^②然后,选取2000年固定资本投资为基期计算实际固定资本和实际公共投资。基于2004年和2008年经济普查公布的折旧率,计算资本存量^③: $K_t = I_t + (1-\delta)K_{t-1}$ 。最后,将每年的固定资产存量(公共投资)的年初值与年末值进行相加简单平均,得到每年资本投入总量(公共投资)。将资本投入总量减去公共资本数据便得到非公共资本数据。

劳动力投入数据:1990–2014年年末从业人数来自《中国统计年鉴》。由于全国人口普查数据和国家统计局将人口抽样调查针对1990年以后的数据进行过两次调整,基于此,本文将调整后的相邻两年年末的就业人员数平均便得1990–2014年的平均就业人数,即为劳动力投入数据。

各要素报酬率数据:根据收入法省级GDP的核算数据,将1990–2014年的每个项目的省级数据分别相加,便得到对应年份中四项数据:固定资产折旧、劳动者报酬、营业盈余和生产税净额,并将GDP价格缩减指数对每项数值进行缩减得各项的实际值。用实际固定资产折旧、实际营业盈余、生产税净额之和除以实际固定资本投入量得资本报酬率 τ_t ,用实际劳动者报酬总额除以年平均从业人数得劳动报酬率 w_t 。^④在规模报酬不变时, $w_t + \tau_t = 1$;而公共资本报酬率 η_t 与非公共资本的报酬率 r_t 按照公共资本投入量与非公共资本投入量的比例进行折算。

五、典型事实分析与实证检验

利用上述数据首先测算要素替代弹性 σ 。根据方程组(15)式,本文采用广义非线性最小二乘法进行估计。由于该方法的估计结果可能对初始值较为敏感,本文尝试在 $(0, \infty)$ 寻找 σ 的各种取值,得到对数似然值最大的估计结果(全局最优),见表1。

①这8个行业为:①电力、煤气及水的生产及供应业;②地质勘查业、水利管理业;③交通运输仓储和邮电通信业;④社会服务业;⑤卫生体育和社会福利业;⑥教育文化艺术和广播电影电视业;⑦科学研究和综合技术服务业;⑧国家机关、党政机关和社会团体。

②其中, δ 为平均折旧率, g 为初始年以前实际固定资本形成的平均增长率, K_0 为初始年资本存量, I_0 为初始年实际固定资本形成额。

③这里采用永续盘存法公式,并选取1978年为初始年。

④资本报酬率 τ_t 和劳动报酬率 w_t 参考雷钦礼(2013)的处理方法。参见雷钦礼,2013:《偏向性技术进步的测算与分析》,《统计研究》第4期。

中国要素替代弹性在1%水平上正显著,且相应的估计值为0.485,显著大于0且小于1,即要素之间呈互补关系,这否定了目前大多数研究中的要素替代弹性为1的假设,并且说明中国总体经济发展不宜采用Cobb-Douglas生产函数。在1990-2014年期间,劳动增强型技术进步的平均速率为正,而公共资本增强型技术进步和非公共资本增强型技术进步的平均速率为负,由此说明劳动生产效率是提高了,公共资本生产效率和非公共资本生产效率是下降的。

表1 CES生产函数标准化参数估计值

参数	估计值	参数	估计值
ξ	0.726 ^{***} (0.016)	λ_K	0.093 ^{**} (0.003)
σ	0.485 ^{***} (0.023)	r_L	0.411 [*] (0.024)
θ^K	0.402 ^{**} (0.003)	λ_L	1.416 ^{**} (0.050)
θ^L	0.387 ^{**} (0.003)	r_E	-0.039 [*] (-0.027)
r_K	-0.048 ^{**} (-0.004)	λ_E	0.108 ^{**} (0.009)
观测值	25		
对数似然值	270.67		

注:括号为标准误;*、**和***分别表示在10%、5%和1%的置信水平下显著。

将上述的要素替代弹性值 $\sigma = 0.485$ 和三要素分配参数值 $\theta^K = 0.402$, $\theta^L = 0.387$, $\theta^E = 0.211$ 代入偏向型技术进步测算公式(5)-(7)^①,便可测算技术进步偏向情况,其测算结果如表2所示:整体上看,在1991-2014年技术进步偏向资本,并且技术偏向非公共资本的程度大于公共资本, Ω_{KL} 、 Ω_{KE} 和 Ω_{LE} 的偏向均值分别为0.0950、0.0063和-0.0887,即技术导致劳动与非公共资本的边际产出之比平均每年上升9.50%,技术导致公共资本与非公共资本的边际产出比平均每年上升0.63%,而技术导致劳动与公共资本的边际产出比平均每年下降8.87%。这深刻揭示了中国技术进步的方向与要素投入结构密切相关。

表2 1991-2014年偏向指数的增长率、技术进步的方向和TFP增长

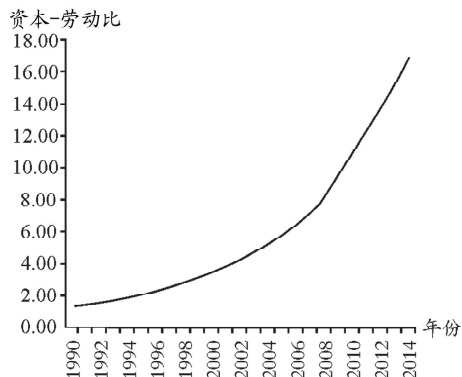
年份	$\hat{C}_t$	$\hat{A}_t$	$\hat{B}_t$	$\hat{D}_t$	Ω_{KL}	Ω_{KE}	Ω_{LE}	$\widehat{TFP}_t$
1991	0.4593	0.0029	-0.8392	-0.4698	-0.8942	-0.5020	0.3922	0.0366
1992	-0.1448	-0.0864	0.2934	0.7015	0.4033	0.8366	0.4333	0.0820
1993	-0.0115	-0.0036	0.1699	-0.0456	0.1842	-0.0446	-0.2289	0.0432
1994	0.0386	0.0685	0.0639	-0.2927	-0.0049	-0.3835	-0.3786	0.0291
1995	0.0309	0.0611	0.0306	-0.2203	-0.0323	-0.2988	-0.2665	0.0209
1996	-0.0248	-0.0279	0.1027	0.0523	0.1387	0.0852	-0.0535	0.0148
1997	0.0109	-0.0247	0.0907	-0.1236	0.1225	-0.1050	-0.2275	0.0100
1998	0.0140	-0.0380	0.0781	-0.1621	0.1233	-0.1318	-0.2550	-0.0052
1999	-0.0571	-0.0724	0.1196	0.1141	0.2039	0.1981	-0.0059	-0.0158
2000	-0.0783	-0.0864	0.1586	0.2274	0.2601	0.3332	0.0731	-0.0037
2001	0.0005	-0.0448	0.1045	-0.1188	0.1585	-0.0786	-0.2371	-0.0022
2002	-0.0520	-0.0435	0.1145	0.1589	0.1678	0.2149	0.0472	0.0084
2003	-0.0767	-0.1040	0.2101	0.2881	0.3335	0.4163	0.0828	0.0235

①要素增强型技术进步指数的表达式: $i = \left(\frac{1}{\theta} \cdot \frac{i \cdot \phi_i}{w_i L_t + r_i K_t + \eta_i E_t} \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \cdot \frac{Y_t}{i}$ 。

续表 2 1991-2014 年偏向指数的增长率、技术进步的方向和 TFP 增长

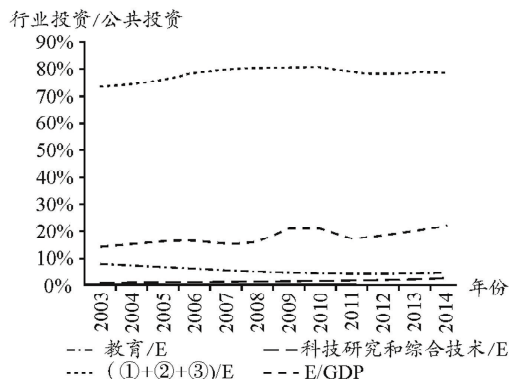
年份	$\hat{C}_i$	$\hat{A}_i$	$\hat{B}_i$	$\hat{D}_i$	Ω_{KL}	Ω_{KE}	Ω_{LE}	$\widehat{TFP}_i$
2004	-0.1918	-0.2355	0.4959	0.5151	0.7767	0.7970	0.0203	0.0142
2005	0.0606	-0.0197	0.1185	-0.3747	0.1468	-0.3770	-0.5238	0.0195
2006	-0.0741	-0.0447	0.1882	0.2384	0.2472	0.3005	0.0533	0.0311
2007	-0.0503	-0.0351	0.2120	0.0935	0.2624	0.1365	-0.1258	0.0374
2008	0.0403	0.2698	-0.0740	-0.6312	-0.3651	-0.9567	-0.5916	-0.0131
2009	-0.1728	0.0350	-0.2035	0.0409	-0.2532	0.0681	0.3214	-0.0178
2010	-0.0578	-0.1205	0.2213	0.1225	0.3629	0.2580	-0.1049	0.0053
2011	0.0232	-0.0964	0.1781	-0.2917	0.2915	-0.2073	-0.4988	-0.0081
2012	0.1057	0.0727	-0.0513	-0.5574	-0.1317	-0.6691	-0.5374	-0.0025
2013	-0.4495	-0.2055	-0.1300	0.7278	0.0801	0.1148	0.0346	-0.0068
2014	-0.4774	0.3548	0.0708	0.4346	-0.3015	0.1466	0.4482	-0.0046
均值	-0.0473	-0.0177	0.1114	0.0178	0.0950	0.0063	-0.0887	0.0123

鉴于中国本身是一个劳动力资源相对丰裕的国家,而近些年中国技术进步方向朝向资本方向发展,因此,有必要深入分析中国技术进步方向与要素投入结构之间的关系。图 2 显示,在 1990-2014 年间,资本-劳动比呈逐渐上升的趋势,该比均值为 5.97,年均增长率达 10.81%。这印证了 Acemoglu(2002)一文的结论,技术进步偏向的一个主要原因在于资本-劳动的投入结构,倘若资本深化加速,那么生产商更愿意选择研发偏向资本的技术。图 3 显示,在 1990-2014 年间,公共资本与 GDP 之比也大致呈上升的趋势,该比均值为 0.21,年均增长率达 4.61%。说明随着政府对社会投放更多的公共资本,并没有大大地改变投资促进经济增长的局面,即以我国技术创新驱动经济增长的鼎盛时期尚未到来,反而却导致技术进步越渐转向公共资本的方向发展。同时,从图 3 中还可以看出,在 2003-2014 年间,教育与公共投资之比呈下降趋势,该比均值仅为 0.06,科技研究和综合技术服务业与公共投资之比均值也仅为 0.02,而电力、煤气及水的生产及供应业,地质勘查业、水利管理业,交通运输仓储和邮电通信业这三个行业与公共投资的占比达到了 0.78。有关研究认为,政府对教育、通讯和环保的公共投资能促进中国 TFP 水平的提高(谢里等,2011),根据图 3,教育、科技研究和综合技术服务业占公共投资比例较小,本文拟将忽略其对 TFP 的影响,仅从整体上分析公共投资与 TFP 之间的关系。



资料来源:2015 年《中国统计年鉴》。

图 2 资本-劳动比走势



资料来源:2015 年《中国统计年鉴》。

图 3 各行业投资与公共投资占比走势

根据式(11),表2和图4给出了1991-2014年的TFP增长率。在1991-2007年间,除1998年、1999年、2000年和2001年外,其余年份的TFP增长率均为正;在2008-2014年间,TFP增长率几乎为负,主要原因在于2008年爆发的金融危机。说明在经济快速发展过程中,技术进步的偏向性不适应要素市场的需求,减缓了TFP增长。同时,在1991-2014年间,TFP增长的年均增幅为1.23%,这与余泳泽(2015)的TFP增长的年均增幅结果接近(1.68%)。而中性技术进步的年均增幅为-4.73%,非公共资本增强型技术进步的年均增幅为-1.77%,劳动-非公共资本之间的偏向型技术进步效应均值 $\bar{G}=-0.0346$ ^①,公共资本-非公共资本之间的偏向型技术进步效应均值 $\bar{M}=-0.0427$ ^②。由此可以看出,近些年TFP增长率减缓的主要原因在于技术进步偏向公共资本和非公共资本,这与前文理论分析一致。由图4还可知, M 的曲线波动幅度大于TFP增长率的波动幅度,也就是说,公共资本-非公共资本之间的偏向型技术进步效应波动决定了TFP增长率的波动。

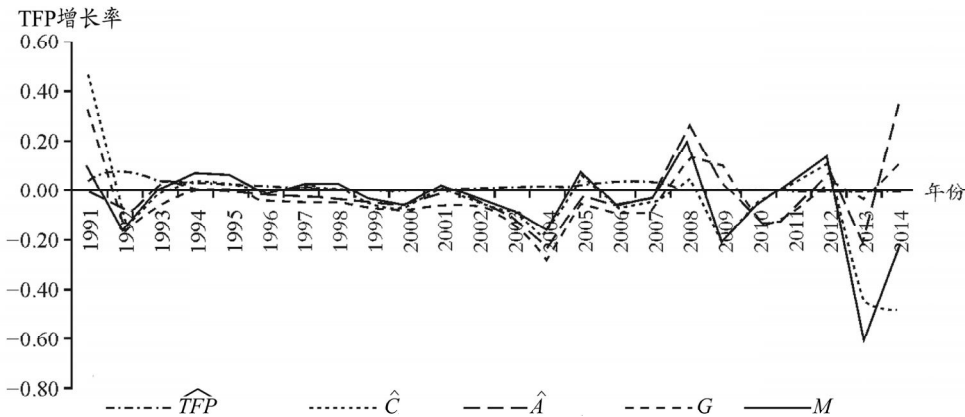


图4 1991-2014年TFP增长率及其分解

为进一步分析TFP增长与技术进步偏向之间的关系,根据表2的测算结果和图4的走势,本文将TFP增长分为三个阶段,如表3所示:第一阶段是1991-1999年,该阶段TFP增长主要呈下降态势,其年均增幅为0.0212,技术进步偏向非公共资本和公共资本,其偏向均值分别为-0.0013、0.0505,而 $\bar{G}=-0.0184$, $\bar{M}=-0.0013$,中性技术进步的年均增幅为0.0237,非公共资本增强型技术进步的年均增幅为-0.0207。第二阶段是2000-2007年,该阶段TFP增长主要呈上升态势,其年均增幅为0.0160,技术进步均偏向非公共资本,其偏向均值分别为0.2179、0.2941,而 $\bar{G}=-0.1072$, $\bar{M}=0.2179$,中性技术进步的年均增幅为-0.0578,非公共资本增强型技术进步的年均增幅为-0.0767。第三阶段是2008-2014年,该阶段TFP增长大致呈下降趋势,年均增幅为-0.0068,技术进步偏向劳动和公共资本,其偏向均值分别为-0.0453、-0.1779,而 $\bar{G}=0.0165$, $\bar{M}=-0.1779$,中性技术进步的年均增幅为-0.1412,非公共资本增强型技术进步的年均增幅为0.0443。由此可以看出,自2008年金融危机后,为促进经济平稳增长,政府加速公共资本的投放,导致技术进步越渐朝向公共资本方向发展,进一步抑制了TFP增长。

①其中, $G=-\Omega_{KL} \cdot \theta^L / \rho$ 。

②其中, $M=-\Omega_{KE} \cdot \theta^E / \rho$ 。

表3 不同阶段的 TFP 增长的分解

均值	$\bar{\hat{C}}_t$	$\bar{\hat{A}}_t$	$\bar{\Omega}_{KL}$	$\bar{G}$	$\bar{\Omega}_{KE}$	$\bar{M}$	$\widehat{TFP}_t$
1991-1999 年	0.0237	-0.0207	0.0505	-0.0184	-0.0013	-0.0013	0.0212
2000-2007 年	-0.0578	-0.0767	0.2941	-0.1072	0.2179	0.2179	0.0160
2008-2014 年	-0.1412	0.0443	-0.0453	0.0165	-0.1779	-0.1779	-0.0068

六、基本结论与政策启示

本文基于多要素的 CES 生产函数,构建了测算 TFP 增长的理论模型,并将 TFP 增长率分解为中性技术进步效率变化效应、非公共资本增强型技术进步效率变化效应、劳动-非公共资本之间的偏向型技术进步效应、公共资本-非公共资本之间的偏向型技术进步效应。利用 1990-2014 年数据进行实证发现,中国要素替代弹性显著大于 0 且小于 1。在 1990-2014 年期间,劳动增强型技术进步的平均速率为正,而公共资本增强型技术进步和非公共资本增强型技术进步的平均速率为负,由此说明劳动生产效率是提高了,公共资本生产效率和非公共资本生产效率是下降的。近些年,中国 TFP 增长减缓的主要原因在于技术进步偏向资本,并且技术进步偏向非公共资本的程度大于公共资本,这与理论分析一致。

本文从实证结果出发,认为中国的比较优势在于劳动力资源,但却优先发展资本密集型技术进步,不符合中国经济的持续发展,导致中国技术选择与要素资源结构不相匹配。从可持续经济发展上看,中国技术选择不是一种一次性行为,而是一种不断滚动的战略性行为。由此可知,中国技术选择不是适宜性技术,这样就对我们研究技术创新驱动经济增长提供了现实依据。同时,与发达国家相比,中国 TFP 对经济增长的贡献度较小,但是无论是非公共资本投入还是公共资本,这里面都蕴含了大量的“嵌入式技术进步”,意味中国经济增长存在着坚实的技术进步基础。因此,中国应充分发挥自身的劳动力比较优势来促进生产率提升和经济增长方式转变。在当前剩余劳动力日益衰竭和人口红利即将丧失情况下,中国应该通过技术进步、技术效率变化和非公共资本来实现经济的持续增长。同时,考虑到公共资本的负面效应,公共资本总体上应该减少,但公共资本减少过多会造成经济波动。就自身国情以及经济转型的特点,中国未来经济增长的源泉不仅需要继续挖掘传统的 TFP,而且也需要开发新的 TFP。

参考文献:

- 1.陈欢,王燕,2015:《国际贸易与中国技术进步方向——基于制造业行业的经验研究》,《经济评论》第3期。
- 2.陈利华、杨宏进,2005:《中国科技投入的技术进步效应——基于30个省市跨省数据的实证分析》,《科学与科学技术管理》第7期。
- 3.郭庆旺、贾俊雪,2005:《中国全要素生产率的估算:1979-2004》,《经济研究》第5期。
- 4.雷钦礼,2013:《偏向性技术进步的测算与分析》,《统计研究》第4期。
- 5.李宾、曾志雄,2009:《中国全要素生产率变动的再测算:1978-2007》,《数量经济技术经济研究》第3期。
- 6.宋冬林、王林辉、董直庆,2010:《技能偏向型技术进步存在吗?——来自中国的经验证据》,《经济研究》第5期。
- 7.涂正革、肖耿,2006:《中国经济的高增长能否持续:基于企业生产率动态变化的分析》,《世界经济》第2期。
- 8.王林辉、董直庆,2012:《资本体现式技术进步、技术合意结构和中国生产率增长来源》,《数量经济技术经济研究》第5期。
- 9.王争、郑京海、史晋川,2006:《中国地区工业生产绩效:结构差异、制度冲击及动态表现》,《经济研究》第11期。
- 10.魏下海、余玲铮,2011:《中国全要素生产率变动的再测算与适用性研究——基于数据包络分析与随机前沿分析方法的比较》,《华中农业大学学报(社会科学版)》第3期。
- 11.谢里、曹清峰、隋杨,2011:《公共投资与全要素生产率:基于中国省际数据的经验研究》,《财经理论与实践》第4期。

- 12.徐琰、陈秀山、刘凤良,2006:《中国技术进步贡献率的度量与分解》,《经济研究》第8期。
- 13.余泳泽,2015:《中国省际全要素生产率动态空间收敛性研究》,《世界经济》第10期。
- 14.章上峰、许冰,2009:《时变弹性生产函数与全要素生产率》,《经济学(季刊)》第2期。
- 15.郑玉歆,2007:《全要素生产率的再认识——用 TFP 分析经济增长质量存在的若干局限》,《数量经济技术经济研究》第9期。
- 16.钟世川,2014:《技术进步偏向与中国工业行业全要素生产率增长》,《经济学家》第7期。
- 17.钟世川,2015:《中国全要素生产率增长的地区差异及阶段划分——基于偏向型技术进步对 1978–2013 年的测算和分解》,《西部论坛》第2期。
- 18.Acemoglu, D. 2002. “Directed Technical Change.” *The Review of Economic Studies* 69(4): 781–809.
- 19.Acemoglu, D. 2007. “Equilibrium Bias of Technology.” *Econometrica* 75(5): 1371–1409.
- 20.Aigner, D., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt. 1977. “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models.” *Journal of Econometrics* 6(1): 21–37.
- 21.Binswanger, H. P. 1974. “The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production.” *The American Economic Review* 64(6): 964–976.
- 22.Caves, D. W., L. R. Christensen, and W. E. Diewert. 1982. “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity.” *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 50(6): 1393–1414.
- 23.Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Zhongyang Zhang. 1994. “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries.” *The American Economic Review* 84(1): 66–83.
- 24.Felipe, J. 1997. “Thermodynamic Behaviour of Homonuclear and Heteronuclear Lennard–Jones Chains with Association Sites from Simulation and Theory.” *Molecular Physics* 92(1): 135–150.
- 25.Hicks, J. R. 1963. *The Theory of Wages*. London: Macmillan.
- 26.Jorgenson, D. W., and Z. Griliches. 1967. “The Explanation of Productivity Change.” *The Review of Economic Studies* 34(3): 249–283.
- 27.Yuhn, K. 1991. “Economic Growth, Technical Change Biases, and the Elasticity of Substitution: A Test of the de La Grandville Hypothesis.” *The Review of Economics and Statistics* 73(2): 340–346.

Recalculating and Decomposing of the Total Factor Productivity of China: The Perspective of Multi-factor Technology Progress

Zhong Shichuan^{1,2} and Mao Yanhua^{1,2,3}

(1: Institute of Guangdong, Hong Kong and Macao Development Studies, Sun Yat-sen University;

2: Institute of Free Trade Area Comprehensive Research, Sun Yat-sen University;

3: Hong Kong, Macao and the Mainland Cooperative Innovation Center, Sun Yat-sen University)

Abstract: Based on the multi-factor CES production function, this paper constructs the framework in which neutral and biased technical progress affect TFP growth. We decompose TFP growth into the effect of the change in the efficiency of neutral technical progress, the effect of the change in the efficiency of non-public capital enhanced technical progress, the effect of biased technical progress between labor and non-public capital, the effect of biased technical progress between public capital and non-public capital. By using the data from 1990 to 2014, we find that China's elasticity of substitution of factor was significantly between 0 and 1. The labor productivity improved, while the productivity of public and non-public capital decreased. We also find that technical progress was capital (especially non-public capital) biased, which was the main cause of the slowdown of China's TFP growth. Further empirical analysis reveals that China's TFP growth was repressed since technical progress became more public capital biased with the large public capital investment by the government after the 2008 financial crisis. Our finding suggests that, in order to improve productivity and transform economic growth pattern, China should make full use of its comparative advantage of labor, modestly reduce public capital investment, quickly shifted to the path of relying on technical progress, technical efficiency improvement and non-public capital.

Keywords: Neutral Technical Progress, Biased Technical Progress, TFP Growth, Public Capital
JEL Classification: O31, O47

(责任编辑:陈永清)