

# 技术效率、资本深化与地区差异<sup>\*</sup>

## ——基于随机前沿模型的中国地区收敛分析

傅晓霞 吴利学

**内容提要：**本文提出了基于随机前沿生产函数的地区增长差异分析框架，将各地区劳均产出差距分解为劳均资本差异、经济规模差异和全要素生产率差异三个部分。利用改革时期的省级数据，本文发现尽管要素投入仍然是中国经济增长的主要源泉，但全要素生产率是造成地区差异的重要原因，在地区劳均产出差异中的贡献份额不断提高，将成为今后中国地区增长差异的主要决定力量。而且，1990年以来中国地区全要素生产率呈现出绝对发散趋势，严重的技术扩散壁垒加剧了体制转轨过程中的“马太效应”，短期内地区差距不会随经济发展而缩小，政府需要通过适当的政策对地区发展进行调节，尤其要促进地区间技术扩散，使各地区更好地分享技术创新和体制创新的成果。

**关键词：**随机前沿生产函数 技术效率 地区差距 增长收敛

### 一、引言

近年来，地区增长差异和收敛问题受到广泛关注，众多学者对中国地区差距进行了细致的描述，并且尝试用固定资产投资、外商投资、人力资本等解释其形成原因及变化趋势，不过大部分已有的研究集中于对地区产出和要素差异的分析，没有将全要素生产率(total factor productivity, TFP)作为地区增长收敛的研究对象(刘夏明等，2004)。为弥补这一不足，最近有学者尝试将TFP引入中国地区差异分析和增长收敛研究，代表性的如：颜鹏飞、王兵(2004)和彭国华(2005)分别采用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)和索洛余值法(Solow residual accounting, SRA)测算了中国各地区全要素生产率，并以制度和教育水平等因素为控制变量探讨其条件收敛性；Wu(2003)和赵伟、马瑞永(2005)利用随机前沿分析(stochastic frontier analysis, SFA)估计并分解了中国各地区全要素生产率，考察了技术进步和效率改善对地区差异的影响及其变化趋势。

不过，以上成果的研究方法仍存在缺陷。首先，考虑到中国经济增长中的不确定性、要素价格数据的缺乏和统计中的观测误差，彭国华和颜鹏飞等基于SRA和DEA等非参数方法的全要素生产率测算可能是有偏差的。其次，虽然SFA法可以考虑随机因素对生产函数和技术效率的影响，但是Wu和赵伟等采用的Battese and Coelli(1992)模型假定技术效率改进只是一种趋势变化，不能体现禀赋和体制因素的作用，这与发达国家的稳定增长比较相符，而不适合于受体制影响巨大的中国经济增长。最后，以上的生产率收敛分析中存在内在的“两阶段”假设冲突(Coelli et al, 1998)：测算全要素生产率过程不考虑地区禀赋特征(producer-specific variables)和体制环境(background variables)

<sup>\*</sup> 傅晓霞，中央财经大学商学院、中国社会科学院工业经济研究所，邮政编码：100081，电子信箱：fuxiaoxia77@163.com；吴利学，北京市经济与社会发展研究所、中国社会科学院工业经济研究所，邮政编码：100011，电子信箱：wulixue@sina.com。作者感谢中国社会科学院工业经济研究所魏后凯研究员、李靖博士和北京大学环境学院贺灿飞副教授的指导和帮助，感谢匿名审稿人的宝贵建议，当然文责自负。

的影响,但在随后的收敛分析中又将这些因素作为生产率变化的解释变量或控制变量,这是已有的生产率收敛研究的主要不足。

要解决以上问题,必须在全要素生产率测算过程就引入生产者特征变量和环境变量。为此,本文采用 Battese 和 Coelli (1995)、Kumbhakar (2000) 和 Stevens (2004) 等发展的最新随机前沿生产函数模型来分析中国改革以来的地区差异及其变化趋势。此方法的突出优点是能够在测算全要素生产率的过程中,考察人力资本和制度变迁等关键性因素对地区技术效率的影响,从而消除了以往生产率收敛研究的“两阶段”假设矛盾,为探讨全要素生产率在地区增长收敛中的作用提供了有效的分析框架。

基于改革时期的省级 (province-level) 地区数据,我们发现尽管资本投入仍然是中国经济增长的主要源泉,但全要素生产率是造成地区差异的重要原因,对地区劳均产出差异的平均贡献份额超过 35%,并且大约每年提高 0.6 个百分点,将成为今后中国地区增长收敛(发散)的主要决定力量。进一步的分析表明,1990 年以来中国地区劳均产出和全要素生产率总体上不存在收敛迹象,而且后者呈现出更强的绝对发散趋势,是导致地区差距持续扩大的关键原因。这意味着中国各地区之间存在较强的技术壁垒,加剧了体制转轨过程中的“马太效应”,因而只有通过适当的政策调节,特别是促进地区间技术扩散,才能有效缩小地区差距。

本文结构如下:第二部分提出基于随机前沿生产函数的全要素生产率测算和地区差异分解模型;第三部分讨论生产函数估计所涉及的指标选择、数据来源问题并报告估计结果;第四部分计算中国地区差距中各因素的贡献份额,并探讨全要素生产率在地区增长收敛中的作用;最后,第五部分总结全文。

## 二、基于随机前沿生产函数模型的产出分解

### 1. 基本模型

测算全要素生产率的传统方法是索洛余值法(SRA),其关键是假定所有生产者都能实现最优的生产效率,从而将产出增长中要素投入贡献以外的部分全部归结为技术进步 (technological progress) 的结果,这部分索洛剩余后来被称为全要素生产率(李京文等,1998)。然而,SRA 法的理论假设不完全符合现实,因为现实经济中大部分生产者不能达到投入—产出关系的技术边界(Farell, 1957)。基于这一思想,Aigner 和 Chu (1968) 提出了前沿生产函数模型,将生产者效率分解为技术前沿(technological frontier)和技术效率(technical efficiency)两个部分,前者刻画所有生产者投入—产出函数的边界 (frontier of the production function); 后者描述个别生产者实际技术与技术前沿的差距。不过,由于实际得到的投入—产出观测不可避免地包含随机误差,而且生产者技术效率也总会受到各种环境因素的影响,所以包含随机扰动的前沿模型才能更为准确地描述生产者行为(Aigner et al, 1977; Meeusen and Broeck, 1977),这就是随机前沿生产函数(stochastic frontier production function)分析方法。根据 Kumbhakar and Lovell (2000) 的总结,随机前沿生产函数模型的一般形式可以表示如下:

$$Y_{it} = F(X_{it}, t) \exp(v_{it} - u_{it}) \quad (1)$$

其中  $Y_{it}$  表示生产者  $t$  时期的产出;  $X_{it}$  为投入向量,表示各种生产要素;  $t$  表示前沿技术进步趋势;  $F(\cdot)$  是前沿生产函数,表示经济中最优生产技术;  $\exp(-u_{it})$  ( $u_{it} \geq 0$ ) 表示技术效率;  $v_{it}$  为观测误差和其他随机因素,通常假定它独立于投入和技术水平,服从零均值、不变方差的正态分布。如前所述,此模型更为接近现实中的生产行为:生产者由于受随机扰动和技术效率两方面影响而偏离投入—产出关系的技术边界。尽管随机因素和技术效率都是不可观测的,但前者仅仅是一个白噪声(white noise),因而通过多次观测,生产者的技术效率可以用产出期望与随机前沿期望的比值来确定,即:

$$TE = \frac{E[f(x)\exp(v-u)]}{E[f(x)\exp(v-u) \mid u=0]} = \exp(-u_{it}) \tag{2}$$

我们用图 1 说明随机前沿生产函数的基本原理以及产出差距分解。其中横轴表示投入(如单位劳动力资本), 纵轴表示产出(如单位劳动力产出), 生产者 1 和生产者 2 的投入分别为  $A_1$  和  $A_2$ , 产出的观测值为  $P_1$  和  $P_2$ 。如果能实现最优技术, 生产者 1 和 2 的产出分别能达到  $B_1$  和  $B_2$ , 但其中包含了生产者不可控因素的影响和观测误差, 若剔除这些随机因素, 生产者 1 和 2 的最优产出分别为  $C_1$ (由于  $v_1 > 0$ ) 和  $C_2$ (由于  $v_2 < 0$ )。也就是说,  $f(x)$  代表所有生产者的最优技术, 即生产函数的前沿。利用生产者行为的多个样本数据, 我们可以估计前沿生产函数  $f(x)$  并确定每一个生产者的技术效率。由此可知, 投入要素密集程度、规模经济和生产者实际效率与技术前沿距离的差异共同决定了不同生产者的产出差异。

例如, 在图 1 的二维投入—产出关系中, 由劳均资本差异、生产者的规模差异和技术效率差异造成的劳动生产率差距导致生产者 1 和生产者 2 之间产出的不同。特别是, 由于技术效率都是相对于最优生产效率而言的, 因而各生产者间技术效率差异实际上反映了全要素生产率的差距。显然, 如果以地区为生产单元, 那么同样可以将各地区经济差距分解为要素投入差异、地区规模差异和技术效率差异三个部分。而且更为方便的是, 根据前沿生产函数模型, 只要测算各地区的技术效率就可以分析全要素生产率差异在地区增长收敛(或发散)过程中的作用和对地区差异的影响。

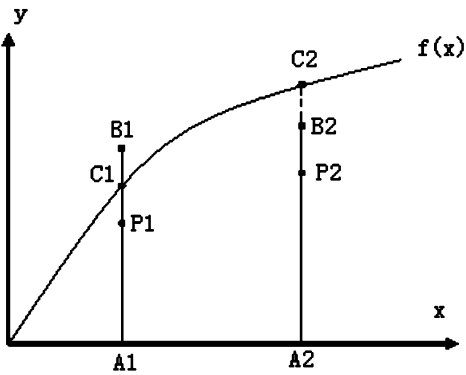


图 1 随机前沿生产函数

2. 生产函数的设定

目前较为常用的生产函数主要有科布—道格拉斯和超越对数形式两种, 后者的优点是放宽了技术中性和产出弹性固定的假设, 但缺点是不方便进行产出分解, 且估计中容易产生多重共线性问题; 同时根据 Wu (2003) 和 Chow 和 Lin (2002) 等的研究结果, 科布—道格拉斯生产函数能够较好地描述中国经济增长, 因而本文也采用这一形式, 方程为:

$$Y_{it} = A(t)K_{it}^{\alpha}L_{it}^{\beta}\exp(v_{it} - u_{it}) \tag{3}$$

其中  $K_{it}$  表示地区(物质)资本,  $L_{it}$  表示地区劳动投入,  $\alpha$  和  $\beta$  分别为资本和劳动的产出弹性;  $A(t) = \exp(A_0 + \tau t)$ , 表示  $t$  时期全国的前沿技术水平,  $\tau$  表示前沿技术进步的速度; 假定  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v)$ 。值得指出的是, 我们根据 Miller 和 Upadhyay (2002) 的建议放弃规模弹性为 1 的假定, 当规模弹性 ( $\alpha + \beta$ ) 大于、等于或小于 1 时, 经济增长表现出规模报酬递增、不变或递减。

地区技术效率最重要的影响因素是人力资本(Locus, 1988 等)和制度(诺斯, 1994 等), 这些因素决定地区吸收先进技术、改善资源配置和提高劳动效率的能力。因而本文选择二者作为地区技术效率的解释变量,<sup>①</sup> 以反映各地区禀赋和体制环境差异对全要素生产率的影响。具体而言, 我们假定技术效率服从均值为  $m_{it}$ 、方差为  $\sigma_{it}^2$  和零处截尾(truncations at zero)的正态分布, 即  $u_{it} \sim N^+(m_{it}, \sigma_u)$ , 其中  $m_{it} = \delta_0 + \delta_1 H_{it} + \delta_2 I_{it}$ ,  $H_{it}$  表示地区人力资本水平,  $I_{it}$  表示地区制度因素,  $\delta_1$  和  $\delta_2$  为参数, 表示二者对技术效率的影响程度。

3. 地区差异的分解

① 由于技术和数据的限制, 没有引入地理条件、自然资源等其他因素, 这将是本文的扩展方向之一。  
54  
©1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(3)式两边同除  $L_{it}$ , 可以得到生产函数的集约形式:

$$y_{it} = k_{it}^{\alpha} L_{it}^{\alpha+\beta-1} \exp(A_0 + \varpi - u_{it} + v_{it}) \quad (4)$$

其中  $y_{it} = \frac{Y_{it}}{L_{it}}$  表示地区  $i$  时期  $t$  的劳均产出,  $k_{it} = \frac{K_{it}}{L_{it}}$  表示劳均资本投入。定义  $TFP_{it} = \exp(A_0 + \varpi - u_{it})$ ,  $x_{it} = k_{it}^{\alpha}$  和  $S_{it} = L_{it}^{\alpha+\beta-1}$ , 分别表示全要素生产率, 要素投入和地区规模, 代入(4)式并对数线性化可以得到:

$$\ln y_{it} = \ln x_{it} + \ln S_{it} + \ln TFP_{it} + v_{it} \quad (5)$$

如果地区差异以对数差表示, 那么  $t$  时期地区  $i$  与地区  $j$  间的经济差异可以表示为要素投入差异、地区经济规模差异和全要素生产率差异三个部分:<sup>①</sup>

$$\Delta \ln y_{it} = \Delta \ln x_{it} + \Delta \ln S_{it} + \Delta \ln TFP_{it} \quad (6)$$

特别地, 由于地区的全要素生产率由全国的技术前沿和该地区相对技术效率决定, 地区间全要素生产率的差异完全由地区间技术效率的差异决定, 即  $\Delta \ln TFP_{it} = -\Delta u_{it}$ , 因而(6)式也可以写成:

$$\Delta \ln y_{it} = \Delta \ln x_{it} + \Delta \ln S_{it} + (-\Delta u_{it}) \quad (7)$$

两边除以  $\Delta \ln y_{it}$  可以得到:

$$1 = \frac{\Delta \ln x_{it}}{\Delta \ln y_{it}} + \frac{\Delta \ln S_{it}}{\Delta \ln y_{it}} + \frac{(-\Delta u_{it})}{\Delta \ln y_{it}} \quad (8)$$

同理, 根据(5)式计算  $t$  时期各地区的劳均产出对数的方差, 可以得到:

$$\text{Var}(\ln y_{it}) = \text{Var}(\ln x_{it}) + \text{Var}(\ln S_{it}) + \text{Var}(u_{it}) + 2 \text{Cov}(\ln x_{it}, \ln S_{it}, -u_{it}) \quad (9)$$

$$1 = \frac{\text{Var}(\ln x_{it})}{\text{Var}(\ln y_{it})} + \frac{\text{Var}(\ln S_{it})}{\text{Var}(\ln y_{it})} + \frac{\text{Var}(u_{it})}{\text{Var}(\ln y_{it})} + \frac{2 \text{Cov}(\ln x_{it}, \ln S_{it}, -u_{it})}{\text{Var}(\ln y_{it})} \quad (10)$$

类似(7)式, (9)式表明时期各地区劳均产出的总差异可以分解为要素投入差异、地区经济规模差异和全要素生产率差异以及三者的协方差。

至此, 我们可以依据随机前沿生产函数对地区产出差距进行分解: 不同地区间的产出差距主要是由劳均资本、劳动力规模和技术效率三方面差异造成的, 根据(8)式和(10)式可以度量每一部分对地区差异的贡献份额。我们将这三部分对地区增长差异的影响分别称为资本深化效应(capital deepening effect, CDE)、地区规模效应(regional scale effect, RSE)和技术效率效应(technical efficiency effect, TEE)。由于地区技术效率差异实际上反映了地区间全要素生产率的差距, 因而技术效率效应也就是全要素生产率对地区差异的影响。

### 三、生产函数的估计与结果

#### 1. 指标和数据说明

利用随机前沿模型测算全要素生产率并进行地区收敛分析, 关键要估计生产函数。本文的基本方程如下:

$$\ln y_{it} = A_0 + \varpi + \alpha \ln k_{it} + (\alpha + \beta - 1) \ln L_{it} - u_{it} + v_{it} \quad (11)$$

其中  $v_{it} \sim N(0, \sigma_v)$ ,  $u_{it} \sim N^+(m_{it}, \sigma_u)$ ,  $m_{it} = \hat{\phi}_0 + \hat{\phi}_1 H_{it} + \hat{\phi}_2 I_{it}$ 。估计这一生产函数涉及到各地区产出、劳动力和资本投入、时间趋势、人力资本和制度水平等变量, 说明如下:

我们的样本为 1978—2004 年 28 个省级数据, 共 756 个观测结果。由于数据原因未包括海南和

① 根据本文的假设,  $v_{it}$  为独立同分布随机扰动,  $\Delta v_{it}$  可以忽略不计。

西藏、重庆被合并在四川内。<sup>①</sup> 产出采用地区生产总值(GDP)指标, 数据来自《中国统计年鉴》历年各卷, 1990 年以前数据参考了《新中国五十年统计资料汇编》。资本投入采用地区资本存量指标, 根据永续盘存法计算。初始资本存量、2000 年以前的价格指数和资本形成指数来自张军、吴桂英和张吉鹏(2004)的结果, 但对部分地区数据进行了调整, 2001 年以后的固定资本形成总额和价格指数来自《中国统计年鉴》。劳动力投入采用全社会从业人员指标, 1990 年以前数据来自《新中国五十年统计资料汇编》, 1991—2004 年数据来自《中国统计年鉴》根据人口变动情况抽样调查调整后的从业人员总计数。劳均产出和劳均资本分别为地区 GDP 和资本存量与从业人员之比, 数据均采用 1990 年价格。时间趋势采用年度自然序列, 以初始年份为 1。

类似 Wang 和 Yao(2003) 等的方法, 本文以居民平均受教育程度衡量地区人力资本水平。指标采用 6 岁及以上人口平均受教育年数, 假定文盲半文盲、小学、初中、高中、大专以上教育程度的居民平均教育年数分别为 0、6、9、12 和 16 年。<sup>②</sup> 《中国统计年鉴》和《中国人口统计年鉴》提供了 1996—1999 年和 2002—2004 年的抽样数据; 第四、五次人口普查提供了 1990 年和 2000 年数据。第三次人口普查提供了 1982 年 12 岁及以上人口的教育程度数据, 我们用该年学校在校人数除以学龄儿童入学率来近似得到 6—12 岁人口数, 并以此估算 1982 年 6 岁及以上人口平均受教育年数。2001 年数据通过 1998—2004 年算术平均得到。1983—1989 年和 1991—1995 年采用趋势插值法, 根据起始年份间的变差, 用在校人数的平均教育年数变化程度为权重进行调整。由于找不到恰当的初始年份, 1978—1981 年的变化幅度我们根据 1983—1989 年的相关比例推算。

制度的测度较为困难, 目前研究主要集中于对全国市场化进程的描述(傅晓霞等 2002), 樊纲等(2001)以大量调查数据为基础提供了 1997 年以来各地区市场化测度结果, 但该方法显然难以对 1978 年以来的改革进行全面描述。考虑到指标的有效性和数据的可获得性, 我们采用各地区工业总产值中非国有企业的比重、全社会固定资产投资中非国有经济的份额、外贸依存度和实际利用外资占 GDP 的比重四个指标衡量地区制度变迁。为避免多重共线性问题, 我们采用主成分分析法将以上四个分项指标合成为一个综合指标, 作为测度各地区制度水平及其变迁的代理变量。数据分别来自《中国统计年鉴》、《中国固定资产投资统计数典》和《新中国五十年统计资料汇编》, 用插值法和趋势外推法估算了个别缺失数据。

## 2. 估计和结果

本文的估计方法为三阶段最大似然估计(3 step maximum likelihood estimation), 运算使用 FRONTIER V4.1 软件(参见 Coelli, 1996)。首先, 我们根据 1978—2004 年数据对方程(11)进行估计, 结果为表 1 中的估计 1, 其中参数估计值的统计性能都比较好。不过, 对 1978 年以来中国经济的深入研究(如吴敬琏, 2003 等)发现, 在 1990 年前后中国经济运行机制发生了较大变化, 因而地区增长分析也应当分为两个阶段。据此, 我们分别估计 1978—1989 年和 1990—2004 年两个观测区间的生产函数方程, 结果发现两个区间的系数估计值差异在统计上十分显著(见表 1 中的估计 2 和估计 3): 在估计 2 中, 技术进步系数不显著, 资本的产出弹性很低, 地区规模经济指数显著为负, 人力资本系数相对较大而制度水平系数较小; 在估计 3 中, 技术进步系数高达 0.009 且显著性很高, 资本的产出弹性大幅提高, 地区规模经济指数尽管显著性略低但对增长的影响变为正向, 人力资本系数变小而制度水平的系数增大。以上三个回归方程的似然比检验(参见 Kodde and Palm, 1986)均拒绝

① 其中北京、天津、上海、河北、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东 10 个省、市、区为东部, 山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南 8 个省区为中部, 广西、内蒙古、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 10 个省区为西部。

② 计算公式为  $H = \text{prim} * 6 + \text{midd} * 9 + \text{high} * 12 + \text{univ} * 16$ , 其中  $H$  表示地区人力资本,  $\text{prim}$ ,  $\text{midd}$ ,  $\text{high}$  和  $\text{univ}$  分别为小学、初中、高中和大专以上教育程度居民占地区 6 岁及以上人口的比重。

不存在技术效率的零假设 ( $u_{it}=0$ ), 表明技术效率对地区增长影响十分显著; 同时参数检验也拒绝了不存在随机扰动的零假设 ( $\gamma=1$ ), 表明随机因素不能忽略, 因而随机前沿生产函数模型的假设是合理的。

总体而言, 我们的结果与李京文等(1998)、Chow 和 Lin(2002)等的估计基本一致, 比较符合中国经济增长的现实。估计 1 表明, 1978—2004 年间前沿技术进步和各地区技术效率的改进都对中国经济增长有较大贡献, 全要素生产率在经济增长中的贡献份额超过 30%; 但资本等要素投入仍然是经济增长的主要源泉, 贡献份额大约为 60%; 地区规模经济对经济增长影响很小, 表明中国省级区域的集聚经济不显著。<sup>①</sup> 估计 2 和 3 表明 1990 年前后中国经济增长发生了巨大变化, 此前前沿技术进步不大, 全要素生产率提高主要来自于技术效率的改善, 特别是人力资本水平提高对效率改善作用很大; 此后前沿技术进步十分显著, 同时资本产出弹性较高, 制度水平对技术效率的影响进一步增大。<sup>②</sup> 我们认为这主要是由于中国经济体制变化造成的: 改革初期, 中国经济运行中计划机制仍占主导地位作用, 市场机制仅起辅助作用, 改革的重点在于农业生产组织方式和工业企业经营方式的变化, 因而效率改进是经济增长的重要源泉; 1990 年以后, 市场机制在资源配置中逐步起到基础性作用, 生产要素的流动性和回报率都得到改善, 尤其使得物质资本对经济增长的贡献显著提高, 同时所有制改革和对外开放也促进了体制创新和技术创新, 带来显著的生产率提高。

表 1 随机前沿生产函数的估计结果

估计结果		估计 1: 1978—2004 年		估计 2: 1978—1990 年		估计 3: 1990—2004 年	
变量	参数	系数	<i>t</i> 统计量	系数	<i>t</i> 统计量	系数	<i>t</i> 统计量
初始技术	$A_0$	4. 983 ***	16. 8	7. 226 ***	18. 1	2. 528 ***	12. 2
技术进步	$\tau$	0. 006 **	3. 62	0. 003	0. 864	0. 009 **	4. 06
劳均资本	$\alpha$	0. 484 ***	20. 5	0. 269 ***	8. 82	0. 688 ***	46. 2
地区规模	$(\alpha+\beta-1)$	- 0. 034 **	- 2. 81	- 0. 114 ***	- 6. 67	0. 013	1. 06
效率截距	$\hat{\delta}_0$	2. 122 ***	20. 0	2. 527 ***	15. 1	0. 919 ***	11. 4
人力资本	$\hat{\delta}_1$	- 0. 172 ***	- 17. 7	- 0. 259 ***	- 23. 3	- 0. 037 **	- 3. 29
制度水平	$\hat{\delta}_2$	- 1. 216 ***	- 13. 2	- 1. 187 **	- 7. 01	- 1. 410 ***	- 8. 54
总体方差	$\sigma^2$	0. 029 ***	18. 4	0. 025 ***	12. 7	0. 0329 ***	10. 2
方差比	$\gamma$	0. 544 **	3. 20	0. 486 ***	10. 7	0. 971 ***	50. 6
似然函数对数		280. 67		141. 21		234. 65	
单侧似然比检验		423. 04		356. 96		149. 43	

注: \*, \*\*, \*\*\* 分别表示在 10%、5%、1% 水平上显著。

四、地区差距分解和增长收敛分析

伴随着经济增长, 中国经济的空间格局发生了巨大改变。众多研究发现, 1978 年以来中国地区差距似乎形成一个先小幅下降而后持续上升的“J 曲线”, 地区增长在改革初期具有明显的收敛性但随后又呈现显著的发散趋势; 特别是 1990 年以后, 东南沿海地区经济发展水平与中西部地区

① 地区劳动力总数不能准确度量地区经济规模也可能是导致这一结果的原因之一。  
② 人力资本对技术效率和经济增长影响的下降, 可能是由于不同受教育程度人口具有不同的流动性造成的, 而目前以户籍人口为基础的统计方法不能反映这种流动。

的差距不断拉大,沿海—内地差距已经成为中国地区差距的最主要原因(林毅夫等,1998)。作为体制改革的代价,迅速扩大的地区差距可能对中国经济社会的健康发展产生一定负面影响(孟昕,2004)。因此,相对于改革初期的收敛趋势,20世纪90年代以来地区差异的扩大更为人们所关注,本文也着重分析1990年以后的地区差距和收敛态势。

根据第二部分的分析,地区间的产出差异可以分解为资本深化效应、地区规模效应和技术效率效应三个部分。一般而言,较高的劳均资本存量是地区经济发展过程中不断积累的结果,反映了更深的资本化(capitalization)程度,因此资本深化效应度量了地区劳均资本差异对地区劳均产出差异的贡献。地区规模效应度量了地区经济规模对增长的影响,它取决于地区集聚经济状况,主要由地区需求市场、区内基础设施、技术等分享程度和经济主体之间互动关系决定。而技术效率效应则主要由人力资本、市场化程度等因素决定,反映了地区生产率与其他地区的差距。

首先,我们根据公式(10)计算了1990—2004年中国地区总差异(各地区劳均产出方差)中资本深化效应、地区规模效应和技术效率效应的贡献。由于要素积累和全要素生产率交互影响对经济增长的贡献主要是由技术进步和效率改进引致的(Easterly and Levine, 2001),技术效率与劳均资本的协方差部分也可以归结为生产率贡献。结果表明劳均资本差异在各地区劳均产出的总方差中的平均贡献为64.34%,技术效率效应及其与劳均资本的协方差的贡献分别平均为15.17%和20.32%,总和超过三分之一(见表2)。更为重要的是,从动态来看资本深化效应在地区差异中的作用在不断减弱,贡献份额从1990年的69.21%下降到2004年的54.87%,平均每年下降约1个百分点;而技术效率效应及其与劳均资本的协方差效应的作用则持续增强,贡献份额从1990年的31.5%上升到2004年40.97%,平均每年上升约0.6个百分点。这表明,随着资本深化程度的提高,全要素生产率在中国经济增长中的作用越来越大,能否较好实现效率改进将成为今后各地区增长差异的主要决定力量。

表 2 各地区劳均产出总差异的分解

年份	地区 差异 $\Delta \ln y$	各项指标贡献份额%						
		资本深 化效应 CDE	地区规 模效应 RSE	技术效 率效应 TEE	协方 差	其中		
						劳均资本— 技术效率	劳均资本— 地区规模	地区规模— 技术效率
1990	0.1818	69.21	0.06	15.75	13.97	15.75	—2.29	0.50
1995	0.2441	68.01	0.05	14.59	16.67	17.71	—1.68	0.64
2000	0.3279	61.70	0.04	13.94	23.15	24.16	—1.28	0.27
2004	0.3275	54.87	0.04	16.77	23.42	24.20	—1.13	0.35
平均	0.2676	64.34	0.05	15.17	19.18	20.32	—1.61	0.46

注: 本表根据表1中估计3结果计算,平均值为各年数值算术平均。

其次,以东部和西部为例,我们根据公式(7)和(8)计算了资本深化效应、地区规模效应和技术效率效应和两者在两地区间劳均产出差距的贡献份额(结果见表3)。与全国总差异情况类似,尽管资本深化效应仍然是造成1990—2004年东西部地区差距的主要原因(平均贡献为58.4%),但是经过“九五”期间东部资本的快速集聚后,其贡献份额开始呈现下降趋势,而技术效率效应的贡献份额则持续上升。此外,我们还发现制度变迁对技术效率有很大影响,解释了技术效率指数均值变化的90%左右,这表明制度因素是决定东西部间地区差距的重要因素。当然,1990—2004年间西部地区劳均资本和技术效率都低于东部地区,表明经济发展水平全面落后于东部地区,只有通过不断

提高增长质量的长期努力，才能缩小与东部地区的差距。

表 3 东、西部地区劳均产出差距的分解

年份	东西部地区间差异(对数差)				贡献份额(%)					
	地区差异	资本深化效应	地区规模效应	技术效率效应	地区差异	资本深化效应	地区规模效应	技术效率效应	效率差异中	
	$\Delta \ln y$	CDE	RSE	TEE	$\Delta \ln y$	CDE	RSE	TEE	人力资本	制度水平
1990	0.620	0.337	0.007	0.277	100	54.4	1.1	44.6	7.5	37.1
1995	0.881	0.528	0.006	0.344	100	60.0	0.7	39.0	4.2	34.8
2000	1.053	0.672	0.005	0.374	100	63.8	0.5	35.5	4.1	31.5
2004	1.062	0.625	0.005	0.411	100	58.8	0.5	38.7	3.2	35.5
平均	0.910	0.551	0.006	0.351	100	60.0	0.7	39.0	4.6	34.4

注：1. 本表根据表 1 中估计 3 结果计算，平均值为各年数值算术平均。  
2. 其中人力资本和制度水平在技术效率效应中的贡献系根据对技术效率指数均值的影响估算。

表 4 各地区和三大地带绝对收敛判断

回归方程	统计指标	全国	东部	中部	西部
		(28)	(10)	(8)	(10)
1. 劳均产出： $g_y = c + \beta \ln y_{90}$	$\beta$	0.016 <sup>*</sup>	-0.012	-0.009	0.003
	t 统计量	2.18	-1.02	-0.632	0.238
	结论	发散	不显著	不显著	不显著
2. 劳均资本： $g_k = c + \beta \ln k_{90}$	$\beta$	0.002	-0.016 <sup>*</sup>	-0.011	-0.008
	t 统计量	0.269	-2.04	-0.539	-0.475
	结论	不显著	收敛	不显著	不显著
3. 技术效率： $g_{TE} = c + \beta \ln TE_{90}$	$\beta$	0.014	-0.032	0.066 <sup>**</sup>	-0.020
	t 统计量	1.37	-1.00	2.51	-1.74
	结论	不显著	不显著	发散	不显著
4. 劳均产出-技术效率： $g_y = c + \beta \ln TE_{90}$	$\beta$	0.071 <sup>***</sup>	-0.015	0.057	0.036 <sup>*</sup>
	t 统计量	4.72	-0.27	1.43	1.89
	结论	发散	不显著	不显著	发散

注：1. 本表根据表 1 中估计 3 结果计算。  
2. \*、\*\*、\*\*\*分别表示在 10%、5%、1%水平上显著。

进一步地，我们还考察了各因素对中国地区增长收敛的影响，表 4 报告了劳均产出、劳均资本、技术效率 1990—2004 年平均增长率对初始水平的回归结果(回归 1、2、3)，以及劳均产出增长率对技术效率初始水平的回归结果(回归 4)。从全国来看，劳均产出增长显著发散。究其原因，我们发现劳均资本虽呈发散趋势，但很不显著；而技术效率的发散趋势则明显得多，表明技术效率效应是造成地区增长发散的关键性因素。此外，劳均产出增长率对技术效率初始水平的回归提供了更为严峻的结果，二者显著的正相关关系意味着中国体制转轨过程中存在很强的“马太效应”，即初始效率较高的地区获得了更多的改革收益。在三大地带内部，劳均产出在东部和中部地区呈收敛趋势，



在西部地区呈发散趋势, 但均不显著; 劳均资本在东部地区呈明显收敛态势, 中西部地区收敛趋势不明; 劳均产出增长率与初始技术效率水平在西部地区显著正相关, 中部地区的显著水平也接近 10%, 只有在东部地区表现为微弱的负相关。这表明, 虽然物质资本仍然是地区产出差异的重要原因, 但是技术效率在地区增长收敛中的作用在不断增大; 全要素生产率的强发散性意味着技术效率改善仅限于少数最为发达的地区, 技术扩散的渠道即使在资本流动性较强的东部地区也不畅通。

## 五、结 论

本文提出了一个基于随机前沿生产函数的地区增长差异分析框架, 测算了各因素在中国地区劳均产出差距中的贡献, 并探讨全要素生产率对地区经济增长收敛的影响。该方法对技术效率的估计中考虑了地区禀赋和制度因素的影响, 避免了以往全要素生产率收敛两阶段分析的理论缺陷。利用 1978—2004 年 28 个地区的样本数据, 我们得到以下主要结论: (1) 总体而言, 资本等要素投入仍然是中国经济增长的主要源泉, 不过全要素生产率对经济增长贡献在不断增强, 特别是 1990 年以后制度的影响不断增大, 成为造成地区差距的重要原因; (2) 尽管资本深化效应仍然对地区差异有较大影响, 但技术效率效应在 1990—2004 年地区差异中的贡献超过 35%, 并以大约每年 0.6 个百分点的速度提高, 全要素生产率将成为今后地区增长收敛的主要影响因素; (3) 持续扩大的技术效率差异表明中国地区间存在较强的技术壁垒, 只有少数最为发达的地区从技术进步和效率改善中受益较大; (4) 由于存在改善技术效率的障碍, 转轨过程中全要素生产率比劳均产出具有更强的发散趋势, 短期内经济发展并不必然带来地区增长收敛, 如果落后地区不能突破体制等发展障碍, 地区差距将会进一步扩大。

我们的结论有很强的政策含义: 首先, 全要素生产率在经济增长中作用的持续提高意味着应当更加鼓励体制创新和技术创新, 从而加快前沿技术进步、改善经济增长质量; 其次, 较为严重的技术扩散壁垒表明, 必须在鼓励创新的同时促进地区间的学习、模仿和技术流动, 这既可以提高落后地区的生产率水平, 又可以增加创新成果的回报, 从而产生更强的创新激励; 再次, 体制转轨过程中的“马太效应”要求政府适度调节地区差距, 特别是要减少落后地区体制障碍和技术壁垒, 提高其发展能力; 最后, 由于中西部地区在经济发展的多个方面落后于东部地区, 需要全面改善经济增长质量才能缩小与发达地区的差距, 这一过程可能是长期的, 社会各界都应当给予大力支持。

当然, 本文在数据和指标选择等方面还需要进一步完善, 不同生产函数形式的选择以及与其他生产率分析方法的比较也是今后重要的拓展方向。

## 参考文献

- 樊纲等, 2001:《中国市场化指数——中国各地区市场化相对进程报告》, 经济科学出版社。
- 傅晓霞、吴利学, 2002:《制度变迁在中国经济增长中贡献的实证分析》,《南开经济研究》第 4 期。
- 李京文、钟学义, 1998:《中国生产率分析前沿》, 中国社会科学文献出版社。
- 林毅夫、蔡昉、李周, 1998:《中国经济转型时期的地区差距分析》,《经济研究》第 3 期。
- 刘夏明、魏英琪、李国平, 2004:《收敛还是发散? ——中国区域经济发展争论的文献综述》,《经济研究》第 7 期。
- 孟昕, 2004:《中国经济改革和城镇收入差距》, 载李实、佐藤宏主编《经济转型的代价》, 中国财政经济出版社。
- 诺斯, 1994:《制度、制度变迁与经济成就》, (台湾) 时报文化出版企业有限公司。
- 彭国华, 2005:《中国地区收入差距、全要素生产率及其收敛分析》,《经济研究》第 9 期。
- 吴敬琏, 2003:《当代中国经济改革》, 上海远东出版社。
- 颜鹏飞、王兵, 2004:《技术效率、技术进步与生产率增长: 基于 DEA 的实证分析》,《经济研究》第 12 期。
- 张军、吴桂英、张吉鹏, 2004:《中国省级物质资本存量估算: 1952—2000》,《经济研究》第 10 期。
- 赵伟、马瑞永, 2005:《中国经济增长收敛性的再认识》,《管理世界》第 11 期。
- Aigner, J. and Chu, S. F., 1968, “On Estimating the Industry Production Function”, *American Economic Review*, Vol. 13, pp. 568—

598.

- Aigner, J., Lovell, K. and Schmidt, P., 1977, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, Vol. 6 pp. 21—37.
- Battese, E. and Coelli, T., 1992, "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India," *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3, pp. 153—169.
- Battese, E. and Coelli, T., 1995 "A Model of Technical Inefficiency Effects in Stochastic Frontier Production for Panel Data", *Empirical Economics*, Vol. 20, pp. 325—332.
- Chow G. C. and Lin A., 2002, "Accounting for Economic Growth in Taiwan and Mainland China: A Comparative Analysis", *Journal of Comparative Economics*, Vol. 30, pp. 507—530.
- Coelli, T., 1996 "A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation", *CEPA Working Paper 96/07*, Armidale, Australia.
- Coelli, T., Rao, P. and Battese, E., 1998, *An Introduction To Efficiency and Productivity Analysis*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Easterly, W., and R. Levine, 2001, "It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models", *World Bank Economic Review*, Vol. 15, pp. 177—219.
- Farell, J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, General 120, pp. 253—282.
- Kodde, David A., and Palm, Franz C., 1986, "Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions", *Econometrica* Vol. 54, pp. 1243—1248.
- Kumbhakar, S., 2000 "Estimation and Decomposition of Productivity Change When Production Is Not Efficient: A Panel Data Approach", *Econometric Reviews*, Vol. 19(4), pp. 425—460.
- Kumbhakar, S. and Lovell, C., 2000 *Stochastic Frontier Analysis*, New York: Cambridge University Press.
- Lucas R. E., 1988, "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3—42.
- Meeusen, W. and Broeck, J., van Den 1977, "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review*, Vol. 18, pp. 435—444.
- Miller, Stephen M., and Upadhyay P. Mukti, 2002, "Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis", *Journal of Macroeconomics*, Vol. 24, pp. 267—286.
- Stevens, P. A., 2004, "Accounting for Background Variables in Stochastic Frontier Analysis", *NIESR Discussion Paper*, No. 239.
- Wang, Yan and Yao, Yudong, 2003, "Sources of China's Economic Growth, 1952—99: Incorporating Human Capital Accumulation", *China Economic Review*, vol. 14(1), pp. 32—52.
- Wu, Yanni, 2003, "Has Productivity Contributed to China's Growth?" *Pacific Economic Review*, Vol. 8 (1), pp. 15—30.

## Technical Efficiency, Capital Deepening and Regional Disparity

Fu Xiaoxia<sup>1,2</sup> and Wu Lixue<sup>2,3</sup>

(1: Business School, Central University of Finance and Economics; 2: Institute of Industrial Economics, CASS;

3: Beijing Municipal Institute for Economic and Social Development)

**Abstract:** Based on the stochastic frontier production function model, this paper develops a methodology to measure the gap of total factor productivity between regions by parametrical estimation and decompose the regional disparity to capital deepening effect, regional scale effect and technical efficiency effect. The application on China province-level data from 1978 to 2004 indicates TFP and capital can explain most part of the regional income disparities and the contribution of the latter after 1990 grows up quickly as that of the fore goes down. The convergence tests also show that TFP is diverging much larger than capital per labor and has became the main reason for the regional disparity of China.

**Key Words:** Stochastic Frontier Production Function; Technical Efficiency; Regional Disparity; Convergence of Growth

**JEL Classification:** O180 O470 D240

(责任编辑:詹小洪)(校对:晓 鸥)