

人力资本结构、适宜技术选择 与全要素生产率变动分解 ——基于区域异质性随机前沿生产函数的经验分析

张月玲, 叶阿忠, 陈泓

(福州大学 经济与管理学院, 福建 福州 350003)

摘要:文章基于我国要素禀赋非均衡分布的客观现实,从前沿技术结构与技术进步方向演进相融合的视角,采用1996—2011年我国29个省份的面板数据构建区域异质性随机前沿生产函数,用以分析人力资本结构与技术选择的动态适配性及其对区域TFP增长的影响。结果发现:(1)东部地区偏向资本密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平已经落后于经济发展水平,导致东部地区虽然选择了适宜的技术进步方向,但技术进步与人力资本结构的动态适配性却逐渐走低,从而TFP增长率提高缓慢;(2)中部地区偏向技能劳动密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平高于其经济发展水平,尽管中部地区选择了适宜的前沿技术,但较低的要素禀赋结构水平致使赶超型技术进步与人力资本结构的动态适配性下降,TFP增长率在波动中回落;(3)西部地区偏向劳动密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平低于其经济发展水平,虽然要素禀赋结构水平较高,但人力资本的两极分化结构与技术进步方向缺乏契合,因而TFP增长率在动荡中上升。

关键词:适宜技术选择;人力资本结构;随机前沿分析;TFP增长率分解

中图分类号:F061.5;F124.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2015)06-0004-15

一、引言

经济增长是资本、劳动、技术、体制等生产要素共振耦合的结果(唐建荣,2000),经济持续增长的动力来自于生产要素之间的互补效应(云鹤等,2004)。一方面,在经济发展的不同阶段,任何生产要素都有可能处于相对过度、短缺或适当状态,要素丰裕程度的不同导致要素之间具有不同的协同作用方式,致使不同的要素匹配组合具有不同的生产效率。另一方面,技术进步是与资本和劳动要素耦合发展而非对称性地影响资本和劳动生产率,要素质量演进差异引导企业调整要素密集度以更优的要素组合投入生产,不同要素之间质与量的动态适配性决定了要素组合效率。因此,任何单独的生产要素都不可能总是对经济增长产生单向的促进或抑制作用,而是各个增长要素“协同”地、“非线性”地作用于经济增长。

从要素耦合发展的视角来看,适宜技术理论关注前沿技术选择与要素禀赋匹配对经济效率的重要影响,强调经济体在既定时期的技术选择受到资源、资本和劳动的数量与质量的

收稿日期:2015-03-21

基金项目:国家自然科学基金项目(71171057);教育部人文社科基金项目(10YJA790227)

作者简介:张月玲(1969—),女,河北沧州人,福州大学经济与管理学院博士研究生;

叶阿忠(1963—),男,福建沙县人,福州大学经济与管理学院教授,博士生导师;

陈泓(1980—),女,福建霞浦人,福州大学经济与管理学院讲师,博士研究生。

约束,技术引进只有与本国经济环境有效融合才能发挥提高效率的作用。其中,以 Atkinson 和 Stiglitz(1969)、Basu 和 Weil(1998)等为代表的新古典经济学技术适宜观,强调资本与劳动构成比例对技术适宜性的影响,认为技术适宜性取决于人均资本量的提高;而以 Acemoglu 和 Zilibotti(2001)、林毅夫等(2010)为代表的基于要素禀赋结构的技术适宜观,则不仅关注要素禀赋匹配,更关注其质量及结构匹配对技术选择的作用。Grandville(2009)从资本与劳动之间的客观技术关系中首先认识到资本与劳动替代弹性对经济增长的重要性。Caselli 和 Coleman(2006)则发现劳动力之间并非能够完全替代。技术进步对技能劳动的需求与技术引进国家技能劳动的错配程度,是造成发展中国家与发达国家之间生产率差异巨大的主要原因(Acemoglu,2007)。简言之,适宜技术选择理论认为技术前沿低下导致了全要素生产率低下,而要素禀赋的低下才是技术前沿选择低下的真正原因(Jerzmanowski,2007)。

技术选择与要素禀赋结构之间缺乏动态匹配导致的技术无效率广泛存在,而人力资本作为经济增长的重要决定因素之一,成为“效率导向型”投资中不可忽视的因素。人力资本不仅决定着—国或地区的技术创新能力,还影响—国或地区的技术追赶和技术扩散速度(邹薇和代谦,2003)。而衡量人力资本对技术溢出吸收能力的门槛效应,能更直观地揭示出人力资本对技术选择适宜性水平的决定作用。技术选择与人力资本之间存在着动态适配关系(姜雨和沈志渔,2012),不同类型的人力资本对技术进步的影响存在差异。在实证方面,诸多文献(朱承亮等,2011;张玉鹏和张茜,2011;颜敏和王维国,2012)探讨了人力资本或人力资本结构与技术效率、TFP 增长率以及地区经济增长之间的关系,但都局限于将人力资本作为影响因素而并未从根源上解读人力资本影响经济增长的作用机制。李飞跃等(2012)将发达地区的实际技术选择作为中国的技术可能集,构建技术偏向指标以度量技术选择与人力资本构成间的匹配程度,发现技术技能结构与人力资本结构的互补性是经济增长的决定因素之一,但未区分地区前沿技术选择差异。张月玲和叶阿忠(2013)从要素替代弹性的视角揭示出我国技术进步与要素禀赋结构间的动态匹配存在区域性差异,但遗憾的是未考虑人力资本结构对前沿技术选择的影响。由此可知,目前仍少有实证研究分析人力资本结构与技术选择的动态适配性对区域全要素生产率增长的影响差异。

然而,基于技术非效率观点研究我国地区 TFP 增长差异的诸多文献,普遍假设中国所有区域具有相同的随机前沿生产函数(王志刚等,2006;傅晓霞和吴利学,2007;Fleisher,2010;魏下海和余玲铮,2011;Zhou 等,2011),而忽视了地区间要素禀赋结构的巨大差异对区域技术选择的影响。我国是发展中大国,要素禀赋非均衡分布、地区经济技术发展差异巨大是不争事实,与多样化的要素禀赋结构相匹配,不同区域的前沿技术选择也必然呈现出多元化和适应性。资源禀赋约束是影响技术选择的主要原因,对资本充裕的地区而言,资本节约型的前沿技术也许并非最优选择,而劳动节约型的前沿技术也未必适合廉价劳动力资源充裕的地区;更何况随着经济的飞速发展,我国劳动力异质性分化越来越明显,区域人力资本的非均衡分布非常突出,技术进步的技能偏向性也逐渐显现。因此,不同区域受制于自身要素禀赋条件,更适宜选择与其要素禀赋结构相匹配的技术即适宜技术以实现经济增长。正如熊彼特(1990)所言,“不同的生产方法只有通过组合方式才能加以区别”,而同质性前沿生产函数假设将各区域生产过程中的要素交互影响方式都进行了趋同化处理,这无异于消弭了区域之间的要素异质性、要素匹配差异性及技术选择适宜性,因此无法有效甄别前沿技术选择的区域性差异,也无从揭示区域经济非均衡增长的本质。

基于异质性随机前沿生产函数研究我国地区 TFP 增长率变化的文献,充分考虑了区域要素禀赋结构与技术选择间的互动影响,但目前这类实证研究依然非常少见。王志平(2010)采用 $C-D$ 生产函数随机前沿模型,对全国和三大区域分别建模探讨了区域生产效率的变化及其影响因素,但该文对资本和劳动要素的同质性假设使得三大区域的前沿技术结构并无实质差别。李胜文等(2013)在区域前沿生产函数同质和异质性假设下,对比分析三大区域 1985—2007 年的技术效率差异发现:在各省份具有相同技术前沿的情况下,东部地区的技术效率水平始终最高,而西部地区的技术效率水平始终最低;在三大区域具有异质性前沿生产函数情况下,东、中、西部的技术效率平均水平发生了大逆转,中部和西部地区的技术效率水平始终明显高于东部地区。但该文仅关注区域技术选择差异下生产效率的比较,并未对区域 TFP 增长差异进行全面解读。

本文主要特点在于:首先,在研究视角上,本文基于适宜性技术选择与区域要素禀赋结构适度匹配的视角,将适宜技术理论纳入随机前沿分析框架,分三大区域分别构建随机前沿生产函数,以廓清区域前沿技术结构差异。其次,在指标选择上,着眼于我国丰裕劳动力比较优势的动态变化,从多维度、多层次凸显要素的异质性。在前沿生产函数中将就业人员细分为技能劳动和非技能劳动投入;在生产无效率方程中,为避免将人力资本视为均一整体而忽视不同类型人力资本及其技术吸收能力的差异,将人力资本细分为初级、中级和高级三个层次,并以相应人力资本与贸易开放度、外资依存度的交叉项表示各级人力资本的技术吸收能力。第三,在计量方法上,联合应用 Battese 和 Coelli(1992、1996)两类随机前沿分析模型,对比人力资本结构与前沿技术选择之间的动态匹配对区域 TFP 增长率的影响差异。在生产函数选择上,超越对数生产函数作为一般生产函数的二阶近似,不仅更具有包容性,而且放松了技术中性和规模收益不变的假定,尤其体现了不同要素之间交互作用方式对产出的影响;在计量过程中,为了有效甄别区域要素交互影响差异,避免生产函数先验设定偏误,确保结果稳健性,本文利用面板数据下的似然比检验,对预先设定的多种函数逐一比对筛选,以确定出最适宜的生产函数形式。

二、模型设定与分析方法

(一)基于技术选择差异的地区前沿生产函数设定。将中国分为技术集不同的 R 个区域,每个区域有 N_j 个省份, R 个区域各有一个由其技术水平决定的前沿生产函数,表示为:

$$Y_{it(j)} = f(X_{it(j)}, t) e^{V_{it(j)} - U_{it(j)}} \quad (1)$$

其中: $i=1,2,\dots,N_j$; $t=1,2,\dots,T$; $j=1,2,\dots,R$; $Y_{it(j)}$ 表示第 j 区域第 i 个省在 t 期的产出, $X_{it(j)}$ 为第 j 区域第 i 个省在 t 期的投入, $V_{it(j)}$ 是随机误差, $U_{it(j)}$ 表示技术无效率。

首先,根据 Battese 和 Coelli(1992)的模型,假定技术效率改进只存在趋势变化而不考虑具体影响因素,设定为:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln K_{it} + \beta_2 \ln L_{it} + \beta_3 \ln S_{it} + \beta_4 t + \frac{1}{2} \beta_5 (\ln K_{it})^2 \\ & + \frac{1}{2} \beta_6 (\ln L_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_7 (\ln S_{it})^2 + \frac{1}{2} \beta_8 t^2 + \beta_9 \ln K_{it} \ln L_{it} \\ & + \beta_{10} \ln K_{it} \ln S_{it} + \beta_{11} \ln L_{it} \ln S_{it} + \beta_{12} t \ln K_{it} + \beta_{13} t \ln L_{it} \\ & + \beta_{14} t \ln S_{it} + v_{it} - U_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

$$U_{it} = \{U_i \exp[-\eta(t-T)]\} \sim iid N(\mu, \sigma_U^2), v_{it} \sim N(0, \sigma_v^2)$$

其中： Y 表示各省的 GDP ； K 、 L 和 S 分别为资本存量、非技能劳动投入数量和技能劳动投入数量；时间趋势 $t=1,2,\dots,T$ 表示技术进步； v_{it} 为随机误差项； $U_{it}>0$ ，表示技术非效率，衡量实际产出与技术前沿的差距； η 为待估参数；复合残差项方差 $\sigma^2=\sigma_U^2+\sigma_v^2$ ，其中 $\gamma=\frac{\sigma_U^2}{\sigma_U^2+\sigma_v^2}$ ($0\leq\gamma\leq 1$) 表示技术非效率方差在总误差项中所占比例，其值越接近于 1，说明在控制了投入要素以后，技术非效率引起的产出波动比例越大。

其次，将人力资本结构及技术溢出作为技术效率的影响因素嵌入生产无效率方程。外商直接投资和对外贸易是技术溢出的主要渠道，Hejazi 和 Safarian(1999)发现它们之间高度相关。因此，在考察国际贸易溢出效应时，如果不排除 FDI 的影响将导致贸易溢出效应的系统性高估；在研究 FDI 溢出效应时，也必须控制对外贸易溢出效应的影响。为此，在技术无效率影响因素方程 m_{it} 中，同时加入以 FDI 表示的外资依存度、以 TRD 表示的贸易开放度和以交互项表示的各级人力资本对 FDI 与 TRD 的吸收效应，也即：

$$\begin{aligned} U_{it} &\propto N(m_{it}, \sigma_U^2) \\ m_{it} &= \delta_0 + \delta_1 P_{it} + \delta_2 M_{it} + \delta_3 H_{it} + \delta_4 TRD_{it} + \delta_5 P_{it} \times TRD_{it} \\ &\quad + \delta_6 M_{it} \times TRD_{it} + \delta_7 H_{it} \times TRD_{it} + \delta_8 FDI_{it} + \delta_9 P_{it} \times FDI_{it} \\ &\quad + \delta_{10} M_{it} \times FDI_{it} + \delta_{11} H_{it} \times FDI_{it} + \delta_{12} t \end{aligned} \quad (3)$$

其中：人力资本分为接受过基础教育(P)、中等教育(M)和高等教育(H)； t 用以捕捉技术效率变化； δ_i 为待定参数，为负值表示技术效率改善，为正值则意味着抑制作用。

(二)基于区域前沿生产函数的 TFP 增长率分解。技术进步变化(TC)反映生产前沿向产出增加方向的移动。在得到随机前沿生产函数回归参数的基础上，可计算出前沿技术进步为：

$$TC_{it} = \frac{\partial \ln f(x_{it}, t)}{\partial t} = \beta_4 + \beta_8 t + \beta_{12} \ln K_{it} + \beta_{13} \ln L_{it} + \beta_{14} \ln S_{it} \quad (4)$$

技术效率变化(TEC)反映实际产出向生产前沿的追赶速度，可表示为：

$$TEC_{it} = (TE_{it} / TE_{it-1}) - 1 \quad (5)$$

由 *Fronter* 4.1 软件可以直接得到地区技术效率 TE ，再根据上式计算技术效率变化。

规模效应变化(SEC)反映规模报酬可变条件下行业规模经济导致的生产率改进，也即：

$$SEC_{it} = (RTS_{it} - 1) \sum_j \frac{\eta_{jit}}{RTS_{it}} \dot{X}_{jit} \quad (6)$$

其中： $\dot{X}_{jit}$ 表示各要素投入增长率； η_{jit} 为要素产出弹性；规模效应指数 $RTS_{it} = \eta_{Kit} + \eta_{Lit} + \eta_{Hit}$ ，该等式中各变量表述如下：

$$\eta_{Kit} = \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln K_{it}} = \beta_1 + \beta_5 \ln K_{it} + \beta_9 \ln L_{it} + \beta_{10} \ln S_{it} + \beta_{12} t \quad (7)$$

$$\eta_{Lit} = \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln L_{it}} = \beta_2 + \beta_6 \ln L_{it} + \beta_9 \ln K_{it} + \beta_{11} \ln S_{it} + \beta_{13} t \quad (8)$$

$$\eta_{Hit} = \frac{\partial \ln Y_{it}}{\partial \ln H_{it}} = \beta_3 + \beta_7 \ln S_{it} + \beta_{10} \ln K_{it} + \beta_{11} \ln L_{it} + \beta_{14} t \quad (9)$$

全要素生产率的增长率($\dot{TFP}$)表示为：

$$\dot{TFP}_{it} = TC_{it} + TEC_{it} + SEC_{it} \quad (10)$$

为进一步揭示生产过程中技术进步的要使用偏向，本文选择 Diamond(1965)和

Khanna(2001)的技术进步偏向指数 $Bias_{sm}$ 来表示多要素投入中由技术进步诱致的要素使用相对偏向性:

$$Bias_{sm} = \frac{\beta_{ts}}{\eta_s} - \frac{\beta_{tm}}{\eta_m} \quad (11)$$

其中: β_{ts} (或 β_{tm}) 表示投入要素 s (或 m) 和时间趋势变量 t 的交叉项系数, η_s (或 η_m) 是投入要素 s (或 m) 的产出弹性。 $Bias_{sm} > 0$ (或 < 0) 意味着技术进步引起的要素 s (或 m) 边际产出增长率大于要素 m (或 s) 的边际产出增长率, 称为技术进步偏向要素 s (或 m); $Bias_{sm} = 0$ 表示生产过程中的技术进步是希克斯中性的。

三、指标选择、数据处理与模型估计

(一) 指标选择与数据处理。本文以区域数据进行分析。由于数据缺失或不全而舍弃海南省, 并将重庆市归入四川省。由于《中国劳动统计年鉴》从 1996 年才开始统计“分地区全国就业人员受教育程度构成”, 因此样本区间选择为 1996—2011 年。最终形成由 29 个地区相关数据构成的面板数据集。

(1) 地区生产总值(Y)。为消除价格因素的影响, 各地区生产总值采用以 1952 年为基期的不变价格生产总值。利用《新中国 60 年统计资料汇编》中以 1952 年为基期的各省生产总值指数和 1952 年当年价生产总值得到各省不变价的生产总值。

(2) 资本存量(K)。各省资本存量测算采用永续盘存法。基本公式为: $K_{it} = (I_{it}/P_{it}) + (1 - \delta_{it})K_{i,t-1}$, 其中 K_{it} 为 i 省 t 年的资本存量, I_{it} 为固定资产投资, P_{it} 是固定资产投资价格指数, δ_{it} 为资本折旧率。 I_{it} 以各地区资本形成总额表示, 并利用固定资产投资价格指数换算为以 1952 年为基期的不变价格固定资产投资, 数据来自《中国统计年鉴》。各省资本折旧率统一取值为 10.96%, 这里沿用单豪杰(2008)的计算方法并将其结果扩展到 2011 年。

由于西藏没有相关的固定资产投资价格指数, 以靠近西藏且与西藏经济发展水平相似的新疆和青海的投资价格指数的算术平均值作为替代指标; 重庆并入四川计算, 其固定资产形成额直接相加, 指数则采用加权平均的方法获得。

(3) 异质性劳动投入(S 和 L)。由于本文更加关注经济生产过程中不同要素之间的协同匹配方式, 这里参照王永进和盛丹(2010)以及 Duffy 等(2004)的做法, 而且考虑到: 第一, 我国是发展中国家, 人力资本水平还远低于发达国家, 尤其是大专及以上学历的高级人力资本占比还很低, 相对于我国经济发展阶段, 以专科以上学历劳动者作为技能工人尚不合时宜; 第二, 我国制造业大国特征明显, 具有初、高中学历的技能操作工人应该与机器设备资本品更为互补; 第三, 为了与人力资本结构划分相对应, 避免将归并为中等教育等级的初中和高中学历拆分开。本文选择将初中、高中、专科及以上学历劳动者一起作为技能劳动(S), 非技能劳动(L)则以就业人员中的未上学和小学教育程度所占比例之和来表示。数据来自《中国劳动统计年鉴》中“各省全国就业人员受教育程度比例”和《中国统计年鉴》中的“按城乡分就业人员数(年底数)”。

(4) 技术溢出渠道(FDI 和 TRD)。技术溢出渠道主要选取地区外资依存度(FDI)和贸易开放度(TRD)。其中, 1996—2008 年的外商直接投资和国际贸易数据来自《新中国 60 年统计资料汇编》中的各省“实际利用外商直接投资”和“进出口总额”, 2009—2011 年“实际利用外商直接投资”数据根据各地区年度统计公报给出的环比增长率计算得到, “进出口总额”数据来自《中国统计年鉴》。将以上数据按照《中国统计年鉴》中的年平均汇率换算为人

民币,换算后的数据分别除以各地区 GDP 值就得到用 FDI 和 TRD 表示的外资依存度和贸易开放度。

(5)人力资本结构(P 、 M 与 H)。对于人力资本结构,按照基础教育(P)、中等教育(M)和高等教育(H)将从业人员分为三个层次,其中:基础教育包括未上过学和上过小学,中等教育包括初中和高中,高等教育指大专及以上学历。用《中国劳动统计年鉴》中的 1996—2011 年就业人员受教育程度构成比例数据乘以相应学历的平均受教育年限得到各地区的人力资本结构。未上过学、小学、初中、高中与大专及以上学历分别记为 0、6、9、12 与 16 年。样本期间内三大区域人力资本结构及其平均人力资本水平(PMH)见表 1。

表 1 1996—2011 年三大区域人力资本结构及人力资本水平

年份\区域	东部地区				中部地区				西部地区			
	P	M	H	PMH	P	M	H	PMH	P	M	H	PMH
1996	172.98	558.42	90.24	821.64	211.65	509.48	48.20	769.33	200.38	371.42	47.40	619.2
1997	166.56	570.06	107.36	843.98	204.75	523.76	61.80	790.31	219.02	366.50	49.67	635.19
1998	165.30	570.75	106.88	842.93	203.40	524.55	56.20	784.15	210.37	355.79	51.32	617.48
1999	156.18	584.52	125.60	866.3	193.05	537.19	61.80	792.04	207.19	390.15	58.23	655.57
2000	151.47	601.20	129.52	882.19	183.11	559.95	77.50	820.56	210.96	400.53	69.15	680.64
2001	146.70	617.94	133.60	898.24	173.10	582.83	93.20	849.13	214.63	411.12	80.07	705.82
2002	137.16	619.80	158.24	915.2	179.18	568.43	88.00	835.61	208.50	425.64	84.60	718.74
2003	125.52	628.05	183.68	937.25	160.58	600.60	103.00	864.18	201.96	424.53	101.03	727.52
2004	119.88	625.53	200.54	945.95	153.90	614.48	101.80	870.18	202.19	447.54	113.64	763.37
2005	131.64	610.59	186.48	928.71	169.35	569.96	103.58	842.89	205.65	409.25	108.99	723.89
2006	134.94	597.57	209.62	942.13	172.20	573.83	97.62	843.65	212.79	422.19	91.94	726.92
2007	128.46	612.30	205.76	946.52	158.63	598.24	103.14	860.01	213.76	437.39	94.92	746.07
2008	123.90	618.99	212.93	955.82	152.78	616.84	98.78	868.4	212.08	451.63	96.99	760.7
2009	116.64	622.86	234.50	974.00	142.50	631.69	106.74	880.93	207.12	458.88	101.05	767.05
2010	103.44	634.23	261.01	998.68	132.83	638.48	140.26	911.57	193.05	472.81	153.03	818.89
2011	84.80	636.79	328.89	1050.48	108.77	669.46	177.75	955.98	159.18	548.07	210.65	917.9
均值	135.35	606.85	179.68	921.88	168.74	582.49	94.96	846.19	204.93	424.59	94.54	724.06
全国占比%	5.43	24.35	7.21	36.99	6.77	23.37	3.81	33.95	8.22	17.04	3.79	29.05

总体来看,我国中低层次的人力资本较多,接受基础教育的初级人力资本占比为 20.42%,接受过初、高中教育的中级人力资本占比为 64.76%,而接受大专及以上学历教育的高级人力资本相对较少,占比仅为 14.81%。人力资本的区域分布并不平衡,东部地区人力资本平均水平(921.88)高于中部(846.19)和西部地区(724.06);初级人力资本占比由东向西依次递增,而中、高级人力资本则依次递减。因此,东部地区的中、高级人力资本丰裕;中部地区的中级人力资本占比为 23.37%,与东部(24.35%)接近;西部地区初级人力资本最丰富,高级人力资本占比为 3.82%,与中部地区(3.84%)相当,但中级人力资本与东、中部地区相差悬殊。

(二)模型检验及参数估计。为筛选出三大区域各自最适宜的前沿生产函数形式,利用分区域数据依次对模型(2)进行如下假设检验:

(1)随机前沿生产函数模型有效性检验。 $H_0: \gamma=0$,如果原假设成立,则 $\sigma_U^2=0$,模型中不存在 U_{it} ,表明生产点已经位于生产前沿曲线上,根本无需采用随机前沿分析;如果拒绝原假设,则意味着明显存在技术的无效率使用。(2)技术非效率特征信息检验。 $H_0: \mu=0$,当独立同分布均值 μ 为零时,即 U_{it} 服从半正态分布,否则 U_{it} 服从截断正态分布; $H_0: \eta=$

0,即技术无效率不具有时变性,否则技术无效率具有时变性; $H_0:\mu=\eta=0$,即均值 μ 服从半正态分布且技术无效率是非时变的。(3)随机前沿模型生产函数形式检验。 $H_0:\beta_5=\beta_6=\beta_7=\beta_8=\beta_9=\beta_{10}=\beta_{11}=\beta_{12}=\beta_{13}=\beta_{14}=0$,即生产前沿函数为C-D函数形式。(4)前沿生产函数中是否存在技术进步因素。 $H_0:\beta_4=\beta_8=\beta_{12}=\beta_{13}=\beta_{14}=0$,即前沿生产函数不存在技术进步;如果存在技术进步,再检验是否为中性技术进步,也即: $H_0:\beta_{12}=\beta_{13}=\beta_{14}=0$ 。(5)对初选前沿生产函数回归项的整理。 $H_0:\beta_i=0$,即初选模型中未通过统计检验的变量的系数为0。所有假设都使用广义似然率统计量 $LR=-2\ln[L(H_0)/L(H_1)]$ 检验,其中, $L(H_0)$ 和 $L(H_1)$ 分别是原假设 H_0 和备择假设 H_1 前沿模型的对数似然函数值。在原假设的“约束条件成立”的条件下, $LR\propto\chi^2(n)$,其中 n 表示约束条件个数。如果 $LR>\chi^2_\alpha(n)$,则拒绝原假设;否则,接受原假设。

据模型(2)的拟合结果显示,各区域前沿生产模型中 σ^2 和 γ 值均显著地不等于0,表明模型不仅存在技术无效率,而且技术无效率对产出有显著影响,因此选择随机前沿函数分析投入产出具有合理性。其他检验结果见表2。

表 2 三大区域生产前沿模型的检验结果

检验	东部地区($H_1=324.06$)	中部地区($H_1=286.52$)	西部地区($H_1=6.18$)	$\chi^2_{0.05}$
$\beta_5=\beta_6=\cdots=\beta_{14}=0$	276.64(拒绝)	243.39(拒绝)	-37.61(拒绝)	18.31
$\beta_4=\beta_8=\beta_{12}=\beta_{13}=\beta_{14}=0$	96.71(拒绝)	190.87(拒绝)	-22.81(拒绝)	11.07
$\mu=0$	354.19(接受)	286.37(接受)	5.50(接受)	3.84
$\eta=0$	322.11(接受)	286.39(接受)	2.13(拒绝)	3.84
$\mu=\eta=0$	354.18(接受)	286.24(接受)	2.09(拒绝)	5.99
结论	半正态非时变随机前沿模型	半正态非时变随机前沿模型	半正态时变随机前沿模型	

注:备择假设 H_1 是技术效率均值服从截断分布且具有时变性的随机前沿模型。

表2的检验结果显示,三大区域技术无效率均值 μ 都服从半正态分布,东部地区和中部的技术效率不具有时变性,而西部地区的技术效率具有时变性。再对初选模型中系数不显著项是否为零的假设进行检验,最终确定各区域前沿生产函数的具体形式。然后将技术效率影响因素方程嵌入相应的区域前沿生产函数中,删除统计上不显著的技术效率影响因素。对有些因素虽其本身统计上不显著,但若将其删除不仅会降低模型的整体解释力,而且可能导致其他因素的显著性明显下降,则就予以保留。回归结果见表3。

表 3 考虑和未考虑人力资本结构两种情况下的区域随机前沿生产函数

变量	东部地区前沿生产函数				中部地区前沿生产函数				西部地区前沿生产函数			
	模型 1($TE=0.515$)	模型 2($TE=0.874$)			模型 1($TE=0.779$)	模型 2($TE=0.862$)			模型 1($TE=0.746$)	模型 2($TE=0.307$)		
截距	14.030 *** (0.769)	22.622 *** (1.413)			12.102 *** (0.899)	4.262 *** (1.430)			-13.834 *** (2.412)	-18.708 *** (1.029)		
lnK	-1.127 *** (0.211)	-5.726 *** (0.295)										
lnL	0.256 *** (0.077)	1.894 *** (0.207)			-0.703 ** (0.270)	1.329 *** (0.423)			6.911 *** (0.804)	8.709 *** (0.357)		
lnS	-0.400 ** (0.176)	0.325 (0.478)							0.678 *** (0.208)	0.417 *** (0.120)		
t	0.308 *** (0.030)	0.898 *** (0.045)			0.088 *** (0.011)	0.169 *** (0.020)			0.070 * (0.048)	0.311 *** (0.048)		
0.5(lnK) ²	0.129 *** (0.015)	0.523 *** (0.021)							0.190 *** (0.040)	0.239 *** (0.029)		
0.5(lnL) ²	0.015 *** (0.005)	0.028 * (0.019)							-0.549 *** (0.061)	-0.717 *** (0.027)		
0.5(lnS) ²	0.037 *** (0.013)	-0.046 * (0.032)							0.118 *** (0.043)	0.229 *** (0.028)		
0.5t ²	0.002 *** (0.000)	0.009 *** (0.001)			0.001 *** (0.000)	0.002 *** (0.001)			0.004 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)		
lnK×lnL	-0.042 *** (0.007)	-0.227 *** (0.024)			0.071 *** (0.021)	0.001 (0.037)						
lnK×lnS					-0.032 * (0.020)	0.097 *** (0.033)			-0.346 *** (0.076)	-0.463 *** (0.051)		
lnL×lnS					0.039 ** (0.019)	-0.147 *** (0.031)						
t×lnK	-0.029 *** (0.004)	0.020 *** (0.005)			-0.001 (0.002)	-0.028 *** (0.006)			-0.038 *** (0.011)	-0.034 *** (0.010)		
t×lnL					-0.010 *** (0.003)	-0.010 (0.008)			-0.027 *** (0.009)	0.057 *** (0.010)		
t×lnS	-0.007 *** (0.002)	-0.136 *** (0.007)			0.006 * (0.004)	0.016 * (0.010)			0.056 *** (0.010)	-0.045 *** (0.010)		

续表3 考虑和未考虑人力资本结构两种情况下的区域随机前沿生产函数

变量	东部地区前沿生产函数				中部地区前沿生产函数				西部地区前沿生产函数			
	模型 1($TE=0.515$)		模型 2($TE=0.874$)		模型 1($TE=0.779$)		模型 2($TE=0.862$)		模型 1($TE=0.746$)		模型 2($TE=0.307$)	
	生产无效率方程				生产无效率方程				生产无效率方程			
$Z-t$									0.042 ***	(0.014)	0.146 ***	(0.013)
P			0.011 ***	(0.001)			0.011 ***	(0.001)			0.001 **	(0.001)
M			—0.005 ***	(0.001)			—0.007 ***	(0.001)				
H			0.004 ***	(0.001)			0.014 ***	(0.002)			0.001	(0.001)
$TRD \times P$											—0.014 **	(0.006)
$TRD \times H$			—0.001 **	(0.001)			—0.001 ***	(0.000)			0.007	(0.007)
$FDI \times H$			0.044 ***	(0.011)			0.017 **	(0.008)			—0.039 **	(0.018)
σ^2	0.567 **	(0.256)	0.054 ***	(0.013)	0.125 **	(0.066)	0.130 ***	(0.024)	0.123 **	(0.046)	0.070 ***	(0.008)
γ	0.999 ***	(0.000)	0.928 ***	(0.028)	0.996 ***	(0.002)	0.994 ***	(0.003)	0.624 ***	(0.146)	0.999 ***	(0.000)
Log	353.66		137.00		284.68		108.09		5.16		—8.67	
LR	568.20		135.31		468.16		115.04		50.24		22.52	

注：括号内为标准误差，*、**和***分别表示10%、5%和1%显著性水平。模型1依据 Battese 和 Coelli (1992)的做法，未考虑人力资本结构对技术效率的影响；模型2依据 Battese 和 Coelli(1995)的做法，考虑人力资本结构对技术效率的影响。

如表3中的模型(1)，当未考虑人力资本结构对前沿生产函数影响时，东、中、西部的技术效率年均值依次为0.515、0.779和0.746。这一测算结果与李胜文等(2013)在同样假设下得到三大区域平均技术效率(分别为0.550、0.725和0.765)非常接近；模型(2)将人力资本结构和技术溢出作为技术效率的影响因素嵌入了SFA分析框架，此时有以下几点重要变化：一是，区域技术效率排名发生了逆转，东、中、西部依次为0.874、0.862和0.307；二是，技术无效率对产出波动的解释能力分别由原来的99.9%、99.6%和62.4%变为92.8%、99.4%和99.9%，这说明中部各省人力资本分布相对均衡，因此技术无效对产出波动的影响几乎没有变化；东部各省人力资本不均衡分布较为明显，不考虑人力资本结构会低估东部的人力资本水平，高估技术无效对产出波动的影响；而西部各省人力资本不均衡分布更为明显，如果不考虑人力资本结构会严重高估西部的人力资本水平，大大降低技术无效对产出波动的解释能力；三是，各区域的生产函数参数度量值也发生了明显改变，这说明人力资本结构及其吸收能力对技术效率以及前沿技术选择存在显著影响。因此，不考虑人力资本结构的影响将对区域前沿技术选择产生误判，对全要素生产率的测算也将产生严重偏向。

四、回归结果分析及进一步讨论

(一)人力资本结构对前沿技术选择的静态影响。对比表3中三大区域前沿生产函数的模型2，我们发现引入人力资本结构及其吸收能力能够更好地揭示区域生产要素协同作用方式的差异及其发展的不均衡性。

首先，三大区域前沿生产函数存在显著差异，这主要体现在：第一，经济发展阶段不同。从前沿生产函数截距项可以看出，东部的经济增长水平高于中部，更远高于西部。第二，生产要素协同方式不同。区域前沿生产函数中要素的二次项显示，相比于中部地区，东、西部的生产要素更为丰裕，经济增长得益于增量要素的规模投入；中部的经济增长更多地得益于不同要素交互作用产生的增长效应。第三，技术水平及技术结构不同。东部地区的技术水平(0.898)及技术扩散速度(0.009)均高于西部，更高于中部，这显然关乎人力资本结构及区域前沿技术选择的差异。东部的技术进步与资本之间的互补效应以及技术进步与技能劳动之间的替代效应表明，东部地区的生产技术结构更偏向以资本替代技能劳动；与东部相反，中部的技术进步与技能劳动呈互补关系，而与资本之间是替代关系，因而中部的技术结构更

偏向以技能劳动替代资本;西部的技术进步与低技能劳动互补,与资本和技能劳动都是替代关系,这意味着西部更偏向以非技能劳动替代资本和技能劳动。可见,在前沿生产函数中引入人力资本结构的影响,区域经济发展的不均衡状况以及要素协同作用方式和生产技术结构差异都更加贴近三大区域经济增长的现实。

其次,人力资本结构及技术吸收能力对技术效率的影响存在区域差异这表现在:第一,不同层次人力资本对技术效率的影响不同。初级和高级人力资本对技术效率改善有抑制作用,而中级人力资本才是技术效率提升的主导因素,这一发现与郭玉清和杨栋(2007)以及张玉鹏和王茜(2011)的结论基本一致。正是东、中部地区中级人力资本占比相当,两区域技术效率水平也相近,而西部的中级人力资本占比与东、中部相差悬殊,技术利用水平(0.307)也仅为东、中部的 1/3。第二,人力资本的技术吸收能力存在区域差异。东部和中部的高级人力资本对国际贸易技术溢出的吸收有助于生产效率改进,这与东部对外开放较早因而得益于国际贸易诱发的“干中学”技术进步机制有关(刘霞辉等,2008);对外商直接投资技术吸收却存在逆向溢出,抑制技术效率改进,其可能原因在于:东、中部地区引资历史较早,政府在招商引资上追求引资数量而忽视引资质量,以致进入我国的 FDI 平均来说是“高端产业的低端环节”(邵敏和刘重力,2011),外资的进入通过偏向非技能劳动的技术外溢对我国技能劳动相对需求产生显著的负向作用。与东、中部技术吸收情况不同,西部地区的高级人力资本通过 FDI 渠道吸收技术外溢而改善生产效率,这应该是西部引资历史较晚的后发优势的体现,政府开始关注 FDI 引进质量并从 FDI 技术外溢中获益,而初级人力资本通过国际贸易“干中学”渠道提升技术效率,这与西部较低的经济发展阶段因而贸易结构较为低端及其偏向非技能劳动的前沿技术结构相关。

另外,还应注意的是:其一,区域经济增长中的资本累积效应差异。东部地区的增量资本投入对经济增长促进作用明显($(\ln K)^2 > 0$),但存量资本显著的负向累积效应($\ln K < 0$)表明,高涨的投资显然并未转化为有效的生产能力,却激励技术进步偏向资本并替代技能劳动,进而影响经济的长期增长;与东部地区截然不同,资本对中、西部经济增长的累积效应尚不明显,缺乏资本投入的潜在劳动力还未进入真正的劳动过程,增加中西部投资无疑可以在较大程度上促进经济快速增长。其二,东部和西部技术进步与技能劳动之间的替代效应凸显出技术结构与劳动技能结构之间的失衡,区域要素结构匹配存在欠适宜性。一方面,传统产业技术升级缓慢,而金融、高科技等现代产业不活跃使得对高素质人才需求不强;另一方面,20 世纪 90 年代以来,高等教育急剧扩张和职业教育发展滞后偏离了我国仍然是发展中国家的现实国情,造成“大学生就业难”与“高级技工荒”并存的格局。产业投资结构扭曲、技术与技能结构不匹配成为经济转型升级阶段人力资本与产业结构发展错位的最直接反映。

(二)人力资本结构对前沿技术选择的动态影响。人力资本与技术选择之间存在着动态适配关系,当二者匹配契合时,技术真正得到应用并最大程度地转换为现实生产力,人力资本也得到充分发挥而使得生产效率最高。将区域前沿生产函数模型(2)中的回归参数代入式(3)至式(11),计算得到各区域 TFP 增长率的分解项及技术进步诱致的要素使用偏向(见表 4、表 5 和表 6)。进一步可以通过 TFP 增长率分解项的变化趋势来考察人力资本结构与技术选择的动态适配性。

尽管三大区域前沿技术结构存在显著差异,但各自 TFP 增长率的分解项表明:技术进步是三大区域 TFP 增长的首要推动力;东、中部技术效率对 TFP 增长的贡献趋于下滑,西部生产效率的促进作用则逐渐增强;而规模效应下降已成为三大区域 TFP 增长的掣肘因

素。考虑到东部地区技术效率和规模效应变化以 2003 年为界进入负增长阶段,而且自 2003 年以来,伴随着产业结构升级的“投资潮涌”(林毅夫等,2007)以及城市化加速带来的资产重估及溢价加快了资本深化进程,诱导着企业趋向选择资本体现型技术进步而不是技术创新带来的广义技术进步,技术创新的抑制导致中国 *TFP* 增长率在低水平波动(中国经济增长与宏观稳定课题组,2010)。本文将样本期间划分为 1996—2003 年和 2004—2011 年两个阶段来讨论区域人力资本结构、技术选择与 *TFP* 增长率的动态匹配变化趋势。

首先,东部地区在 1996—2003 年的技术进步更偏向劳动,尤其是偏向技能劳动(见表 4);中、高级人力资本占比持续上扬,初级人力资本持续下降;技术进步率、技术效率变化和规模效应持续正增长,*TFP* 增长率年均 0.237。显然,在这一发展阶段,东部技术选择与人力资本结构存在动态适配性。2004—2011 年的技术进步依次偏向技能、资本和非技能劳动,技术进步的资本偏向性增强,传统产业部门的要素禀赋结构得到升级;然而,各级人力资本占比出现不稳定变化。相比于前一阶段,初级和中级人力资本占比分别平均下降 5.2%和 3.7%,高级人力资本占比则上升 8.9%。正是中级人力资本占比下降和高级人力资本占比提高导致技术效率增长比前一时期下降 2.1%,规模效率持续负增长,比前一阶段下降 8.6%,尽管技术进步率仍大幅提高 11%,*TFP* 增长率却仅提高 0.3%。显然,东部的技术选择与人力资本结构的动态适配性在下降。

既然技术选择与人力资本结构存在适配性,那么为何在 2004—2011 年出现技术效率和规模效应下降趋势呢?关键在于技术创新的短板效应,即就经济发展阶段而言,东部的技术进步水平落后于经济增长水平。东部前沿生产函数中技术进步与资本互补,与技能劳动替代的交互影响方式意味着:技术进步的资本偏向程度越深,对技能劳动的替代就越强,技术进步的资本偏向就越弱。正是东部地区过快的资本深化影响着技术进步的方向,尽管资本偏向性技术进步促进了区域经济量的增长,但同时技能偏向性技术进步的弱化却损害了区域经济质的提升。资本集聚过度、技能劳动闲置或低效配置引致要素组合匹配效率下降,表现为规模效应持续恶化的有量无质的增长。

表 4 1996—2011 年东部地区人力资本投入、技术选择偏向与 *TFP* 增长率分解

年 份	技术效率水平=0.874				人力资本结构			技术选择偏向		
	<i>TFP</i>	<i>TC</i>	<i>TEC</i>	<i>SEC</i>	<i>PP</i>	<i>PM</i>	<i>PH</i>	<i>BKL</i>	<i>BLS</i>	<i>BSK</i>
1996	—	—	—	—	0.211	0.680	0.110	0.003	−0.303	0.300
1997	0.238	0.123	0.045	0.070	0.197	0.675	0.127	−0.409	−0.230	0.640
1998	0.193	0.150	0.010	0.033	0.196	0.677	0.127	0.014	−0.188	0.174
1999	0.246	0.165	0.032	0.049	0.180	0.675	0.145	−0.006	−0.157	0.163
2000	0.245	0.181	0.023	0.041	0.172	0.681	0.147	0.054	−0.136	0.082
2001	0.240	0.195	0.011	0.034	0.163	0.688	0.149	0.006	−0.119	0.113
2002	0.231	0.208	0.009	0.014	0.150	0.677	0.173	0.224	−0.106	−0.118
2003	0.266	0.220	0.015	0.031	0.134	0.670	0.196	0.024	−0.095	0.071
1996—2003	0.237	0.177	0.021	0.039	0.175	0.678	0.147	$S>L>K$		
2004	0.235	0.234	0.003	−0.003	0.127	0.661	0.212	0.017	−0.087	0.070
2005	0.138	0.254	−0.017	−0.099	0.142	0.657	0.201	0.014	−0.080	0.066
2006	0.180	0.268	−0.008	−0.080	0.143	0.634	0.222	0.012	−0.074	0.062
2007	0.259	0.283	0.021	−0.045	0.136	0.647	0.217	0.010	−0.068	0.058
2008	0.232	0.296	0.008	−0.073	0.130	0.648	0.223	0.009	−0.064	0.055
2009	0.267	0.309	−0.005	−0.037	0.120	0.639	0.241	0.008	−0.060	0.052

续表 4 1996—2011 年东部地区人力资本投入、技术选择偏向与 TFP 增长率分解

年 份	技术效率水平=0.874				人力资本结构			技术选择偏向		
	TFP	TC	TEC	SEC	PP	PM	PH	BKL	BLS	BSK
2010	0.281	0.321	0.016	-0.057	0.104	0.635	0.261	0.008	-0.056	0.049
2011	0.324	0.327	-0.019	0.017	0.081	0.606	0.313	0.007	-0.053	0.046
2004—2011	0.240	0.287	0.000	-0.047	0.123	0.641	0.236	S>K>L		

其次,中部地区在 1996—2003 年技术进步依次偏向资本、非技能和技能劳动,显然偏离了劳动资源相对丰裕而资本投入匮乏的区域要素禀赋现实(见表 5)。尽管资本投入匮乏一直是中部地区经济增长的硬伤,技术进步更偏向资本使用的技术选择无疑越发凸显资本的短板效应,但前沿技术结构中资本与技能劳动互补的协同作用方式表明,高投资创造的大量就业机会使中部丰富的劳动力资源得以开发,适度的资本偏向的技术进步使得非技能劳动在“干中学”过程中得以积累技术和人力资本。中部地区技术效率水平为 0.862,与东部地区的 0.874 相差不多,但从劳动力内部结构看,仍偏向使用非技能劳动($BLS>0$)。赶超型经济的技术选择和较低的要素禀赋配置,尤其是资本投入的短板效应,导致要素组合匹配低效(规模效应为负)持续存在,技术效率增长缓慢。

在 2004—2011 年,中部地区的技术进步依次偏向技能劳动、资本和非技能劳动,尽管与东部有着相同的技术选择偏向,但中部的劳动力异质性分化远不如东部明显,各产业部门的要素使用偏向并不稳定,产业结构升级尚不明显。虽然中高级人力资本占比分别提高了 2.1%和 4.1%,技术选择与人力资本结构变化存在动态适配,但 TFP 增长率分解表明:技术进步小幅提高 0.6%,技术效率增长下降 0.5%,规模效应降低 1.1%,技术进步不足以抵消技术效率的损失,导致 TFP 增长率比前一阶段下降 1.0%。相比于前一发展阶段,中部地区技术选择的适宜性进一步下降。

就经济发展阶段而言,中部地区的赶超型技术选择不断偏离要素禀赋的比较优势,导致要素组合匹配低效长期存在。但技术进步与技能劳动互补,与资本替代的要素协同方式表明,中部地区经济质的提升优于量的增长。不同于东部的技术短板效应造成资本和技能劳动要素闲置或低效配置,中部的资本短板效应延迟了劳动力的释放,在劳动力异质性分化尚不明显的时候,持续赶超的技术选择使得中部难以形成规模经济与培植优势产业,也难以快速发展。

表 5 1996—2011 年中部地区人力资本结构、技术进步偏向与 TFP 增长率分解

年份	技术效率水平=0.862				人力资本结构			技术选择偏向		
	TFP	TC	TEC	SEC	PP	PM	PH	BKL	BLS	BSK
1996	—	—	—	—	0.275	0.662	0.063	-0.003	0.009	-0.006
1997	0.043	0.034	0.026	-0.017	0.259	0.663	0.078	-0.001	0.010	-0.009
1998	-0.022	0.034	-0.024	-0.033	0.259	0.669	0.072	-0.002	0.014	-0.012
1999	0.015	0.036	-0.002	-0.020	0.244	0.678	0.078	0.000	0.021	-0.020
2000	0.042	0.039	0.014	-0.012	0.223	0.682	0.094	0.004	0.028	-0.033
2001	0.045	0.042	0.014	-0.012	0.204	0.686	0.110	0.010	0.045	-0.055
2002	-0.018	0.042	-0.025	-0.035	0.214	0.680	0.105	0.015	0.067	-0.083
2003	0.061	0.045	0.029	-0.013	0.186	0.695	0.119	0.022	0.213	-0.235
1996—2003	0.024	0.039	0.005	-0.020	0.233	0.677	0.090	K>L>S		
2004	0.027	0.046	0.006	-0.025	0.177	0.706	0.117	0.049	-0.346	0.297
2005	-0.029	0.044	-0.028	-0.045	0.201	0.676	0.123	0.058	0.041	-0.099
2006	0.011	0.043	-0.002	-0.029	0.204	0.680	0.116	0.242	0.201	-0.443

续表5 1996—2011年中部地区人力资本结构、技术进步偏向与TFP增长率分解

年份	技术效率水平=0.862				人力资本结构			技术选择偏向		
	TFP	TC	TEC	SEC	PP	PM	PH	BKL	BLS	BSK
2007	0.037	0.044	0.021	−0.029	0.184	0.696	0.120	−0.144	0.171	−0.027
2008	0.016	0.044	0.002	−0.030	0.176	0.710	0.114	−0.045	−0.816	0.861
2009	0.007	0.044	−0.007	−0.030	0.162	0.717	0.121	−0.004	0.310	−0.306
2010	0.023	0.045	0.007	−0.029	0.146	0.700	0.154	0.121	−0.302	0.181
2011	0.014	0.048	−0.001	−0.033	0.114	0.700	0.186	0.325	−0.420	0.095
2004—2011	0.013	0.045	0.000	−0.031	0.170	0.698	0.131	$S>K>L$		

最后，相比于东部和中部地区，西部地区的人力资本平均水平最低而且结构上存在两极分化。初级人力资本在三大区域中占比最高，高级人力资本占比与中部接近（见表6）。不同于东、中部的中级人力资本显著促进技术效率提升，西部的中级人力资本对技术效率改善作用还不明显。从前沿生产函数中的技术结构看，技术进步与非技能劳动互补，与资本和技能劳动替代的协同作用方式意味着：西部处于主要依赖劳动密集型技术进步的经济增长阶段。因而，1996—2003年技术进步依次偏向技能、资本（实际上只有1996年偏向资本使用强度较大）和非技能劳动，这基本符合要素禀赋结构的比较优势。较低的前沿技术结构与偏向使用高质要素的技术选择使得西部技术进步率增长较快，但因非技能劳动比较优势未得到充分发挥以及中级人力资本占比较低，西部地区的要素组合匹配效率不高，尤其是持续的技术效率负增长成为制约这一时期TFP增长的重要因素。

在2004—2011年，西部地区的技术进步依次偏向技能、非技能和资本。相比于上一阶段，初级人力资本占比下降了5.2%，中级人力资本没有显著变化，高级人力资本上升了5.4%；技术效率增长在波动中大幅提升，规模效率改善明显，TFP增长率显著提高。但是西部的技术效率变化和规模效应起伏大，这不仅是因为西部选择了较低的前沿技术结构，还因为技术效率水平较低（0.307），存在着较大的提升空间；同时，两部高级人力资本占比增长较快，显然存在高质要素低效配置现象。

表6 1996—2011年西部地区人力资本结构、技术选择偏向与TFP增长率分解

年份	技术效率 0.307				人力资本结构			技术选择偏向		
	TFP	TC	TEC	SEC	PP	PM	PH	BKL	BLS	BSK
1996	—	—	—	—	0.324	0.600	0.077	0.770	−1.108	0.083
1997	0.134	0.234	−0.153	0.053	0.345	0.577	0.078	−0.069	−0.019	0.088
1998	0.106	0.236	−0.070	−0.060	0.341	0.576	0.083	−0.427	0.348	0.078
1999	0.189	0.239	−0.144	−0.031	0.316	0.595	0.089	−0.050	−0.024	0.073
2000	−0.001	0.240	−0.154	−0.087	0.310	0.588	0.102	−0.033	−0.034	0.067
2001	−0.004	0.241	−0.167	−0.079	0.304	0.582	0.113	−0.008	−0.051	0.059
2002	0.044	0.241	−0.128	−0.069	0.290	0.592	0.118	−0.023	0.033	−0.010
2003	0.214	0.245	−0.146	0.116	0.278	0.584	0.139	0.020	−0.066	0.046
1996—2003	0.097	0.239	−0.137	−0.022	0.313	0.587	0.100	$S>K>L$		
2004	−0.003	0.242	−0.191	−0.054	0.265	0.586	0.149	0.213	−0.241	0.028
2005	0.706	0.256	0.112	0.338	0.284	0.565	0.151	−0.111	0.077	0.034
2006	0.682	0.260	0.408	0.015	0.293	0.581	0.126	−0.030	0.012	0.018
2007	0.099	0.260	−0.147	−0.014	0.287	0.586	0.127	−0.027	−0.387	0.415
2008	0.774	0.261	0.522	−0.009	0.279	0.594	0.128	−0.016	−0.167	0.183
2009	0.778	0.263	0.472	0.043	0.270	0.598	0.132	0.003	−0.129	0.126

续表6 1996—2011年西部地区人力资本结构、技术选择偏向与TFP增长率分解

年份	技术效率 0.307				人力资本结构			技术选择偏向		
	TFP	TC	TEC	SEC	PP	PM	PH	BKL	BLS	BSK
2010	(5.074)	0.256	(4.871)	−0.053	0.236	0.577	0.187	−0.001	−0.086	0.087
2011	−0.121	0.234	−0.312	−0.043	0.173	0.597	0.229	−0.035	−0.038	0.073
2003—2011	0.416	0.254	0.123	0.039	0.261	0.586	0.154	S>L>K		

注：2010 年技术效率变化(4.871)作为奇异点处理，2003—2011 年和 1996—2011 年的均值都不包含 2010 年 TFP 及其分解项。

五、主要结论与启示

基于区域要素禀赋非均衡分布的现实，从适宜性技术选择的视角，本文利用 1996—2011 年中国 29 个省份的面板数据分别构建三大区域的随机前沿生产函数，将前沿技术结构演进的动态性与技术进步方向演进的动态性相结合，考察人力资本结构与技术选择的动态适配性及其对区域全要素生产率的影响。主要结论及启示有：

第一，三大区域的前沿生产函数存在显著差异。从经济发展阶段看，东部高于中部，更高于西部。从要素协同作用方式看，东部和西部的生产要素充裕，经济增长得益于要素的规模投入，但要素间的互补协同效应较差，尤其是东、西部的技术进步与技能劳动间的替代匹配不够，这意味着两个区域的技术进步落后于经济增长速度；与东、西部不同，中部的生产要素缺乏规模投入，经济增长得益于不同要素间的协同增长效应。从前沿技术结构特征看，东部偏向资本密集型技术，中部偏向技能劳动密集型技术，西部则偏向非技能劳动密集型技术。

第二，区域技术效率影响因素方程表明：首先，中级人力资本是技术效率改善的直接因素，而高级人力资本通过提高技术溢出吸收能力来促进区域前沿技术边界的外扩。具体而言，初级和高级人力资本对技术效率改善具有抑制作用，中级人力资本对技术效率的改善可能存在规模门槛。其次，不同类型人力资本对技术溢出的吸收能力存在区域差异。东、中部的高级人力资本和西部的初级人力资本是吸收国际贸易技术外溢的主力；而 FDI 对西部的高级人力资本存在较强的正向技术溢出，对东、中部的高级人力资本却是逆向技术溢出。

第三，在区域前沿技术结构差异下，三大区域的人力资本结构变化与技术进步方向演化的动态适配性同样存在明显差异，具体表现为：

首先，东部地区偏向资本密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平已经落后于经济发展水平，导致东部地区虽然选择了适宜的技术进步方向，但技术进步却与人力资本结构的动态适配性逐渐走低，致使 1996—2003 年和 2004—2011 年两阶段内的技术效率和规模效应平均增长率大幅下降。东部地区的人力资本水平较高，结构合理且供给充足，但前沿技术不仅低于适宜技术水平，无法充分发挥人力资本的作用以提高劳动生产率；而且偏向资本密集程度过快，资本深化过度只会造成社会资源浪费。这样不仅难以形成产业竞争优势，还会抑制人力资本投资行为，阻碍人力资本水平提升。因此，东部地区未来深化发展的契机在于进一步扩大人力资本在经济增长中的基础性驱动作用，依靠充裕的物质资本和较高的人力资本积极进行研发创新，避免技术引进依赖，实现技术赶超以提高生产技术的有效性，建立以高层次要素和自主研发创新驱动的经济增长模式。

其次，中部地区偏向技能密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平高于其经济发展水平，而持续赶超型经济的技术选择更凸显资金投入的短缺，无法满足技术设备快速更新和人力资本大量而持续投资的需求。尽管中部地区选择了适宜的前沿技术，但较低的要素禀

赋结构水平致使赶超型技术进步与人力资本结构的动态适配性下降,相比于1996—2003年,2004—2011年的技术效率增长显著下降,规模效应依然为负增长且趋向恶化。因此,中部尚需在实行赶超型经济战略的同时兼顾发展劳动密集型产业以最大限度地创造剩余,加速资本积累以不断提高要素禀赋结构水平,夯实产业结构优化升级的基础,并积极培植优势产业以加速比较优势向竞争优势的过渡;而不是过于超越经济发展阶段,在要素禀赋结构尚未达到充分匹配的条件下,试图以赶超型技术选择来推动经济快速发展。

最后,西部地区偏向劳动密集型的、由前沿技术结构决定的技术水平低于其经济发展水平,虽然要素禀赋结构水平较高,但初、高级人力资本的两极分化结构与技术进步方向缺乏契合,因而不同产业部门间的技术进步路径演化也存在两极分化倾向,传统产业部门更倾向劳动密集的技术进步,现代产业部门更倾向技能密集的技术进步,割裂了比较优势产业和竞争优势产业的互补融合发展,造成中级人力资本占比在1996—2003年和2004—2011年前后两个发展阶段没有显著变化,从而技术效率平均水平在三大区域中最低。尽管西部地区的TFP增长率实现了大幅度跨越,但技术效率和规模效应仍不稳定。因此,西部经济发展的着力点在于加快地区金融发展以提高投资效率,在充分发挥初级人力资本比较优势的同时,加快推动部分传统产业技术优化升级的速度,在“干中学”的技术溢出中大力培植中等人力资本,提高技术利用效率以促进比较优势产业与竞争优势产业的互补融合发展,在优化人力资本结构的基础上,加大人力资本投资力度,提升人力资本对地区经济发展的促进作用。

技术进步与人力资本结构之间的动态适配是区域经济持续增长的源泉。然而,由要素流动引致的区域要素禀赋非均衡分布对经济增长的积极影响已经逐渐成为TFP增长率提高的约束力量。东部地区的资本集聚过度诱导着技术进步的资本偏向性加快,技术进步方向偏离了要素禀赋优势进而导致技能劳动闲置或低效配置,东部经济发展显然已经由规模经济陷入规模不经济而亟需向协调经济演化;而中部地区技能劳动中的高级人力资本占比还比较低,尚不足以匹配其技能劳动偏向的前沿技术选择,尤其是物质资本投入匮乏,在缺乏资本积累的条件下还难以形成规模经济;西部地区虽然劳动力资源丰富,更需要资本投入的支撑以充分发展比较优势经济。因此,对区域经济发展而言,不仅需要考虑如何优化产业结构,更需要在宏观层面深入思考如何合理配置要素资源,打破地方保护主义,建立竞争性的要素市场,合理引导生产要素的区际流动,促进要素禀赋的空间优化配置,推动区域经济的统筹协调互补发展。

主要参考文献:

- [1]李飞跃,葛玉好,黄玖立.技术技能结构、人力资本构成与中国地区经济差距[J].中国人口科学,2012,(4): 35—46.
- [2]李胜文,李大胜,邱俊杰,等.中西部效率低于东部吗?——基于技术集差异和共同前沿生产函数的分析[J].经济学(季刊),2013,(3):777—798.
- [3]邵敏,刘重力.外资进入与技能溢价——兼论我国FDI技术外溢的偏向性[J].世界经济研究,2011,(1):67—74.
- [4]王志平.生产效率的区域特征与生产率增长的分解——基于主成分分析与随机前沿超越对数生产函数的方法[J].数量经济技术经济研究,2010,(1):33—43.
- [5]张月玲,叶阿忠.中国区域技术选择与要素结构匹配差异:1996—2010[J].财经研究,2013,(12):100—114.
- [6]张宇.空间经济视角下的外资依赖与中国经济增长[J].经济学(季刊),2010,(4):1211—1238.
- [7]中国经济增长与宏观稳定课题组.资本化扩张与赶超型经济的技术进步[J].经济研究,2010,(5):4—20.

- [8]Acemoglu D, Antras P, Helpman E. Contracts and technology adoption[J]. American Economic Review, 2007,97(3):916—943.
- [9]Battese G E, Coelli T J. A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production for panel data[J]. Empirical Economics, 1995, 20(2):325—332.
- [10]Fleisher B, Li H,Zhao M. Human capital, economic growth, and regional inequality in China[J].Journal of Development Economics, 2010, 92(2):215—231.
- [11]Jerzmanowski M. Total factor productivity differences: Appropriate technology vs. efficiency [J].European Economic Review, 2007,51(8):2080—2110
- [12]Khanna N.Analyzing the economic cost of the Kyoto protocol[J]. Ecological Economics , 2001,38(1):59—69

Human Capital Structure, Appropriate Technology Selection and Decomposition of Total Factor Productivity Growth: An Empirical Study Based on Regional Heterogeneous Stochastic Frontier Production Function

Zhang Yueling, Ye Azhong, Chen Hong

(School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350003, China)

Abstract: Based on the reality of unbalanced distribution of factor endowments in China, this paper makes an empirical study of dynamic matching between human capital structure & technology selection and its effect on regional TFP growth by constructing regional heterogeneous stochastic frontier production function based on the panel data of 29 provinces from 1996 to 2011, from a perspective of the evolution integration of frontier technology structure and technology progress direction. It comes to the results as follows: firstly, in East China technology level determined by capital-intensive-biased frontier technology structure has lagged behind the level of economic development, leading to the results that East China selects suitable technology progress direction, but the dynamic adaptation of its technology progress to human capital structure gradually declines and TFP growth slow down; secondly, in central China technology level determined by skilled-labor-intensive-biased frontier technology structure is higher than the level of economic development; although central China has chosen suitable frontier technology, lower-level factor endowments structure results in the decrease in the dynamic adaptation of catching-up technology progress to human capital structure and TFP growth falls back in fluctuations; thirdly, in West China technology level determined by labor-intensive-biased frontier technology structure is lower than the level of economic development; factor endowments structure level is higher, but the polarization structure of human capital does not match with the evolution of technology progress direction, leading to the increase in TFP growth in fluctuations.

Key words: appropriate technology selection; human capital structure; stochastic frontier analysis; decomposition of TFP growth (责任编辑 许 柏)