

# 建筑业全要素生产率的增长特征及其影响因素

谭 丹<sup>1</sup>, 王广斌<sup>1</sup>, 曹冬平<sup>1, 2</sup>

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 香港理工大学 建筑及房地产学系, 香港)

**摘要:** 综合采用基于数据包络分析(DEA)的 Malmquist 生产率指数分析、 $\beta$ 收敛回归检验、灰色关联度分析等方法构建了对建筑业全要素生产率(TFP)增长指数进行综合测算并分析其收敛性及影响因素的框架,对 1993—2012 年中国建筑业全要素生产率的增长特征及其影响因素进行了分析. 研究发现该时期建筑业 TFP 的年均增长率为 4.6%,技术进步是 TFP 增长的主要源泉,技术效率则未有明显提升;TFP 的变动具有明显的阶段性特征,其增长速度在 2004—2007 年处于最高水平,随后呈下降趋势;全国及东部、中部地区各省份之间 TFP 增长具有绝对  $\beta$ 收敛,西部地区各省份之间的收敛性则不显著;经济环境、行业科技能力、行业市场结构等 3 类因素的变动与 TFP 增长存在关联,其中,外资建筑企业比例指数与 TFP 增长指数具有最高的灰色关联度.

**关键词:** 中国建筑业; 全要素生产率; Malmquist 指数; 收敛性; 影响因素

**中图分类号:** F407.9

**文献标志码:** A

## Growth Characteristics and Impacting Factors of the Total Factor Productivity in the Construction Industry

TAN Dan<sup>1</sup>, WANG Guangbin<sup>1</sup>, CAO Dongping<sup>1, 2</sup>

(1. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. Department of Building and Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China)

**Abstract:** Comprehensively using the Data Envelopment Analysis (DEA)-based Malmquist index method, the  $\beta$ -convergence testing model and the grey relational analysis process, this paper establishes a framework for measuring the total factor productivity (TFP) growth index as well as analyzing the growth convergence and related impacting factors, and uses the framework to empirically investigate the growth characteristics and impacting factors of TFP growth in the Chinese construction industry during the period 1993—2012. The findings show that the average annual TFP growth

rate during this period is 4.6%, which is principally driven by the technological change, and that the technological efficiency does not increase substantially. It is also shown that there are significant differences among the changes of TFP during different sub-periods. The growth rate reaches its highest level during the period 2004—2007, and then gradually decreases.  $\beta$ -convergence tests indicate that there are significant convergences among the TFP growths in the national wide and eastern and central parts of China. The convergence of TFP growth in Western China, however, is not found to be significant. Factors in the areas of economic environment, industry research and technology capability, and industry structure could influence the growth of TFP, and the output percentage index of foreign funded construction enterprises is found to possess the highest grey relational grade with the TFP growth index.

**Key words:** Chinese construction industry; total factor productivity; Malmquist index; convergence; impacting factors

作为我国国民经济的支柱产业,建筑业自改革开放以来得到了快速发展,其增加值占国内生产总值的比例从 1978 年的 3.78% 增加到了 2012 年的 6.87%,在服务我国城镇化进程、拉动其他产业发展方面发挥了持续性的重要作用. 然而,无论从国内还是全球范围看,建筑业在技术创新速度缓慢、生产率低等方面历来饱受指责<sup>[1-2]</sup>,已被广泛视为高消耗及粗放型发展的典型行业. 探讨建筑业生产率的增长特征及其影响因素,以提高建设生产活动的投入产出效率,推动建筑行业在促进经济集约式发展、建设环境友好型社会等方面发挥更为有效的角色具有重要的现实意义.

现有关于建筑业生产效率的研究多从劳动生产率视角展开. 相关研究或从项目层面对微观建设生

收稿日期: 2015-03-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(71272046); 国家国际科技合作计划(2011DFG73520)

第一作者: 谭 丹(1979—),女,博士生,主要研究方向为建设工程管理信息化. E-mail: 0810040041@tongji.edu.cn

通讯作者: 王广斌(1967—),男,教授,博士生导师,主要研究方向为建设工程管理信息化. E-mail: gb\_wang@tongji.edu.cn

产活动的劳动生产率进行测算,并进一步分析学习效应<sup>[3]</sup>、生产作业方式<sup>[4]</sup>、项目管理模式<sup>[5]</sup>等因素的相关影响;或基于统计资料及问卷调查数据从行业层面分析劳动生产率的整体变化<sup>[6]</sup>,并进行跨行业<sup>[7]</sup>及跨国<sup>[8]</sup>的比较。然而,当前关于建筑业生产率的有效测度方式仍存在一定争论,导致学术界在探讨同一时期内行业生产效率的变化情况时往往出现分歧<sup>[6]</sup>。作为衡量投入要素综合生产力水平的指标,全要素生产率(total factor productivity, TFP)已引起国内外学者的广泛关注,并被越来越多应用于测度其他行业<sup>[9-10]</sup>及建筑业<sup>[11-12]</sup>的生产效率。在国内,李伟等<sup>[13]</sup>运用基于数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型的评价方法对 2007 年我国 31 个省区建筑业的生产效率进行评价;李忠富等<sup>[14]</sup>、Xue 等<sup>[15]</sup>则利用非参数化的 Malmquist 指数方法分别对我国 1996—2005 年、1997—2003 年的建筑业全要素生产率进行了分析,发现在不同时期我国建筑业的整体生产效率得到了不同程度的提升。上述研究有助于更深入认识建筑业生产效率的测算方法以及进一步把握相应研究时期内我国建筑业生产力发展的总体状况;但限于研究的时效性及收敛性,相关研究多关注于对特定时期内建筑业生产效率变化的阶段性测度,未能系统分析行业生产效率变化的时期差异性、区域差异性,并进一步分析影响上述变化的相关因素。随着社会经济环境的不断变化以及建筑业生产力水平的持续变迁,有必要结合我国建筑业生产效率变动的最新趋势,进一步分析建筑业生产效率变动的时期差异性、区域差异性,以更全面、深入刻画我国建筑业生产效率增长轨迹的相关特征,并探讨影响生产效率轨迹调整的相关因素。

基于现有相关研究,本文综合采用基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数分析、绝对  $\beta$  收敛回归检验、灰色关联度分析等方法构建了对建筑业全要素生产率增长特征及其影响因素进行分析的“指数测算-收敛性检验-影响因素识别(MCI)”框架,以 1993—2012 年全国 30 个省级单位(下文简称“省份”,不包含港、澳、台地区,并将重庆市与四川省并作同一分析单位)建筑业面板数据为分析对象,对我国及各地区建筑业全要素生产率 TFP 的增长特征进行刻画,对各省份之间 TFP 增长的收敛性进行检验,并进一步对经济环境、行业科技能力、行业市场结构等 3 个方面影响 TFP 增长的主要因素进行识别。

## 1 研究方法

对我国建筑业 TFP 增长特征及其影响因素进

行分析的 MCI 框架主要包括三部分内容:对 TFP 增长指数的测算(M - index measurement)、对 TFP 增长收敛性的检验(C - convergence test)、对 TFP 增长影响因素的识别(I - impacting factor identification)。其中,TFP 增长指数的测算可系统反映 TFP 在各时期的整体变动情况,刻画生产效率变动情况的时期差异性;TFP 增长收敛性的检验可进一步反映不同省份 TFP 增长水平的趋同特征,刻画生产效率变动情况的空间差异性;TFP 增长影响因素的识别则有助于揭示 TFP 的增长特征的形成原因,从而对生产效率的整体变动趋势进行解释。整体而言,三部分内容逐步递进,其所采用的分析方法分别为:基于 DEA 的 Malmquist 指数分析、绝对  $\beta$  收敛回归分析、灰色关联度分析。

### 1.1 TFP 增长指数的测算

目前,全要素生产率的测度方法主要包括索洛余值法、随机前沿生产函数法及 DEA 方法。其中,DEA 方法是一种典型的非参数前沿效率分析方法<sup>[16]</sup>,与索洛余值法及随机前沿生产函数法等参数化方法相比,其不需要设定具体的生产函数,模型中投入产出变量的权重由数学规划模型产生,可避免函数形式设定不当而导致分析结果出现偏差的问题,并可处理多投入及多产出模型。DEA 方法的基本原理是利用投入产出观测数据构造出最佳生产前沿面,并依据决策单元实际生产点与最佳生产前沿面的距离测度该单元的无效率程度。为避免最佳生产前沿面参照体系选择的随意性,Färe 等<sup>[17]</sup>将 DEA 方法与 Caves 等<sup>[18]</sup>构造的 Malmquist 生产率指数相结合,使用以产出距离函数构造的 2 个 Malmquist 指数的几何平均来刻画 2 个不同时刻的 TFP 变化。基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数不仅可以测度生产率的逐期变化情况,还可以进一步将 TFP 变化分解为技术进步及技术效率的变动,使得分析结果具有较强的政策指导含义,因而在生产率测定方面得到了越来越广泛的实证应用。本文对建筑业全要素生产率增长指数的测算主要采用 Färe 等构建的以产出为导向的 Malmquist 生产率指数,其计算公式为<sup>[17]</sup>

$$M_{t,t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \left[ \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式中: $x_t$  及  $y_t$  分别表示  $t$  期的投入及产出向量; $D_t(x_t, y_t)$  及  $D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})$  分别表示以  $t$  期前沿生产技术为参照  $t$  期及  $t+1$  期的产出距离函数;

$D_{t+1}(x_t, y_t)$  及  $D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})$  分别表示以  $t+1$  期前沿生产技术为参照  $t$  期及  $t+1$  期的产出距离函数. 式(1)刻画了从  $t$  期到  $t+1$  期生产率的变化, Malmquist 指数大于 1 表征 TFP 的增长, 小于 1 则表征 TFP 的下降. 各期产出距离函数表征的是在给定要素投入向量  $x_t$  的情况下决策单元能够获得的可使产出最大的扩展比例, 可具体解析为

$$D_t(x_t, y_t) = \inf\{\theta: (x_t, y_t/\theta) \in S_t\} = (\sup\{\theta: (x_t, \theta y_t) \in S_t\})^{-1} \quad (2)$$

式中:  $\theta$  为标量;  $S_t$  为  $t$  期所有可行的生产可能集;  $D_t(x_t, y_t) \leq 1$  等价于  $(x_t, y_t) \in S_t$ ,  $D_t(x_t, y_t) = 1$  等价于  $(x_t, y_t)$  位于生产可能集  $S_t$  的技术前沿边界, 此时, 生产最为有效. 各距离函数的求解可借助非参数规划的 DEA 技术完成. 对于最终解得的 Malmquist 生产率指数可通过对式(1)进行变换而对其进行进一步分解.

$$M_{t,t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t(x_t, y_t)} \times \left[ \frac{D_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_t(x_t, y_t)}{D_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

根据式(3), Malmquist 生产率指数可被进一步分解为两部分<sup>[17]</sup>: 技术效率指数 (TEI) 及技术进步指数 (TCI). 技术效率指数测度特定技术和要素投入规模下实际产出与最大产出距离的变化, 可反映不同时期内决策单元向生产前沿面的追赶效应, TEI 大于 1 表征技术效率的提升, TEI 小于 1 则表征效率的下降; 当对应规模报酬可变的的生产前沿时, 技术效率的变化还可进一步分解为纯技术效率变化及规模效率变化. 技术进步指数测度技术边界的移动, TCI 大于 1 表征技术进步, TCI 小于 1 则表征技术衰退. 本文对上述参数的计算均借助 Deap 2.1 软件完成.

## 1.2 TFP 增长的收敛性检验

收敛理论主要考察不同经济体之间经济差距的动态变化趋势, 而其中的绝对  $\beta$  收敛主要考察落后经济体对发达经济体的追赶趋势, 在相关实证分析中应用得较为普遍. 依据 Barro 等<sup>[19]</sup> 构建的用于检验绝对  $\beta$  收敛的经典回归方程, 本文定义我国建筑业 TFP 增长速度收敛性的检验模型如下:

$$[\ln(M_{i,T}) - \ln(M_{i,0})]/T = \alpha + \beta \ln(M_{i,0}) + \varepsilon \quad (4)$$

式中:  $M_{i,0}$  及  $M_{i,T}$  分别表示第  $i$  个省份单元在基期及末期  $T$  的建筑业 Malmquist 生产率指数;  $\alpha$  为常数项;  $\beta$  为回归系数;  $\varepsilon$  为误差项. 若  $\beta < 0$  且统计显著, 即 Malmquist 指数的增长与其初始值成反比, 表明

存在绝对  $\beta$  收敛.

## 1.3 TFP 增长的影响因素识别

建筑业 TFP 增长的潜在影响因素较多, TFP 及各类因素的变动具有较大的波动性, 往往不存在典型的分布规律, 且各变量的变动联系多呈现非线性特征, 采用传统的数理统计方法往往难以系统分析各因素对 TFP 增长的具体影响. 灰色系统理论提出了对各子系统发展变化态势进行灰色关联分析的思路, 能够较好弥补传统统计方法进行相关分析时的不足<sup>[20]</sup>. 灰色关联分析的原理为通过对各子系统数据序列几何形状的相似和相异程度来分析各子系统之间的关联程度, 各序列的几何形状越接近, 其关联度就越大, 反之就越小. 各序列之间的关联程度主要通过灰色关联系数及灰色关联度等指标来测度, 其计算公式分别为<sup>[20]</sup>

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = [\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|] / [ |x_0(k) - x_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)| ] \quad (5)$$

$$\gamma(X_0, X_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (6)$$

式中:  $X_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$  称为参考序列, 本文取为 Malmquist 指数变量,  $n$  为序列的时期数;  $X_i = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\}$  称为比较序列, 本文指影响我国建筑业 TFP 增长各类影响因素;  $\zeta \in (0, 1)$  为分辨系数, 本文按最少信息量原理取为 0.5.

## 2 指标选取及数据处理

基于上述 MCI 框架, 本文实证分析过程中所涉及的指标主要包括进行 TFP 增长指数 (Malmquist 生产率指数) 计算所需的建筑业投入及产出变量以及进行指数变动原因分析所需的外生影响因素. 具体指标的选取主要遵循分析价值取向原则, 并考虑数据的可得性及可靠性. 相关指标的计算均基于各省份的建筑业面板数据, 相关数据均来自于《中国统计年鉴 (1994—2013 年)》及《中国科技统计年鉴 (1994—2013 年)》.

(1) 建筑业投入. 建筑业投入主要包括劳动投入及资本投入<sup>[14]</sup>. 考虑到数据的连贯性及可靠性, 劳动投入变量以各省份各年建筑业从业人员数指标衡量. 资本投入变量以建筑业各年资产总额 (固定资产及流动资产合计) 指标进行测度, 由于 2004 年固定

资产及流动资产数据的缺失,相关数据以 2003 年及 2005 年数据的均值进行代替.为保证时序数据的可比性,各年固定资产及流动资产数据分别按固定资产投资价格指数及工业生产者购进价格指数换算为 1993 年的不变价格.

(2)建筑业产出.由于建筑业生产过程涉及的关联行业较多、中间投入较大,之前关于我国建筑业全要素生产率的研究多选取建筑业总产值指标测度建筑业产出<sup>[13-14]</sup>.为保证研究结果的可比较性,并考虑到我国建筑业各年建筑业增加值数据的统计口径差异,本文亦选取建筑业增加值作为行业产出测度指标.各年建筑业增加值数据均按消费价格指数换算为 1993 年的不变价格.

(3)建筑业 TFP 增长的影响因素.建筑业 TFP 增长的潜在影响因素较多,综合考虑各类因素与 TFP 的可能关系以及相关数据的可得性,本文主要分析经济环境、建筑业科技能力、建筑业市场结构等三类影响因素,分别考察国家宏观经济环境、行业技术环境、行业非技术性环境与建筑业 TFP 之间的关系.其中,经济环境类变量主要包括国内生产总值(GDP)指数(取自 2013 年《中国统计年鉴》)及固定资产投资额(以按固定资产投资价格指数换算后的不变价格计算).建筑业科技能力变量主要包括建筑业 R&D(research and development)支出比例(建筑业研发机构 R&D 支出占有所有行业研发机构 R&D 支出的比例)、建筑业 R&D 人员比例(建筑业研发机构科技活动人员占有所有行业研发机构科技活动人员的比例)、建筑业技术装备率(以按工业生产者购进价格指数换算后的不变价格计算)、建筑业动力装备率.建筑业市场结构情况主要通过国有建筑企业比例(国有建筑企业总产值占有所有建筑企业总产值的比例)及外资建筑企业比例(外资建筑企业总产值占有所有建筑企业总产值的比例)进行表征.考虑到 Malmquist 生产率指数为反映 TFP 变动情况的指标,除 GDP 指数外,上述其余影响因素的相应指标均以当年数据对上年数据的相对值按指数形式进行灰关联度分析.

### 3 实证分析

#### 3.1 建筑业 TFP 增长的整体趋势及阶段性分析

基于式(1)至(3)所述的 Malmquist 指数测算方法,1993—2012 年期间我国各省份建筑业 TFP 的平均变化情况如图 1 所示.从整体上看,该时期我国建

筑业的总体生产效率维持了一定程度的增长,TFP 的年均增长率为 4.6%(各年 Malmquist 指数的几何平均值为 1.046),技术进步指数的变动曲线与 TFP 变动指数(Malmquist 指数)的变动曲线拟合程度较高,技术进步是 TFP 增长的主要源泉,而该时期技术效率的整体提升并不明显.从各年份的具体变化情况看,2004 年以前 TFP 的增长速度呈明显提升趋势,但 2004 年以后增长速度整体呈下降趋势(见图 1 中的 Malmquist 指数的二次多项式趋势线),此外,在不同时期技术进步及技术效率对 TFP 增长的贡献率具有较明显的差异性.

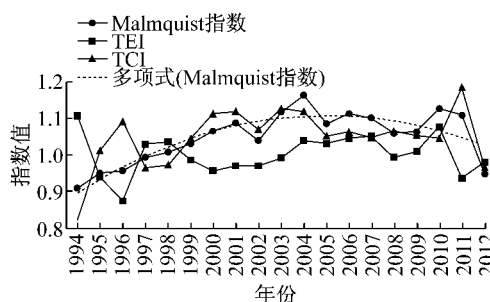


图 1 1993—2012 年全国建筑业平均 TFP 增长指数及其分解

Fig. 1 The national construction industry average TFP growth index and its decomposition (1993—2012)

为进一步分析各时期建筑业 TFP 的增长特征,本文将 1993—2012 年划分为 4 个时期段:1993—1997 年、1998—2003 年、2004—2007 年、2008—2012 年,并具体计算了不同时期的 TFP 增长指数(见表 1).在第 1 阶段(1993—1997 年),TFP 逐年下降,年均技术效率指数和技术进步指数均小于 1,该时期的建筑业发展具有明显的粗放型特征.在第 2 阶段(1998—2003 年),随着技术进步速度的明显提高(年均技术进步指数为 1.073),TFP 亦呈整体增长趋势,年均增长率为 5.7%,但该时期技术效率的下降在一定程度上降低了技术进步的效果,拖累了 TFP 的进一步提高.在第 3 阶段(2004—2007 年),年均技术效率指数为 1.042,年均技术进步指数为 1.070,源于技术效率提升及技术进步的双重推动,TFP 的年均增长率达到 11.5%,为 4 个阶段的最高水平.在第 4 阶段(2008—2012 年),技术进步趋势仍较为明显,年均技术进步指数维持在 1.061 的较高水平,但技术效率未有提升且出现了一定程度的下滑,导致该时期的 TFP 整体增长速度较第 3 阶段出现了明显的下降,年均增长率为 5.9%.

为考察不同时期 TFP 增长的区域性差异,本文

按传统的经济区域划分标准将 30 个省级单位划分为三大地区进行相关比较:东部地区(包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南)、中部地区(包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南)及西部地区(包括内蒙古、广西、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆)。由表 1 可知,虽然在 1993—2012 年整体考察期内 3 个地区的年均 TFP 增长差异并不明显,但其在不同时期段的增长则呈现了一定的差别。在第 1 及第 2 阶段(尤其是在 1998—2003 年期间),东部地区的 TFP 整体增长速度高于西部及中部地区;但从第 3 阶段开始,中部地区的 TFP 增长速度明显加快,并超过了东部地区的 TFP 增长速度;而从第 4 阶段开始,西部地区的年均 TFP 增长速度亦高于东部地区的 TFP 增长速度。上述区域增长差异表明前期 TFP 增长速度较低的地区在后期可能存在一定的追赶趋势,为进一步定量分析这种趋势,本文在下节进行各省份 TFP 增长趋势的收敛性检验。

表 1 全国及各地区建筑业在不同时期的 TFP 增长指数  
Tab.1 TFP growth index of the national and regional construction industry in different period

年份	指数	东部	中部	西部	全国
1993—1997	TEI	0.975	0.992	0.987	0.984
	TCI	0.977	0.961	0.962	0.967
	Malmquist 指数	0.953	0.953	0.949	0.952
1998—2003	TEI	0.995	0.982	0.978	0.985
	TCI	1.073	1.070	1.075	1.073
	Malmquist 指数	1.068	1.051	1.051	1.057
2004—2007	TEI	1.041	1.051	1.036	1.042
	TCI	1.074	1.069	1.067	1.070
	Malmquist 指数	1.119	1.124	1.105	1.115
2008—2012	TEI	0.992	1.009	0.998	0.999
	TCI	1.061	1.056	1.064	1.061
	Malmquist 指数	1.052	1.066	1.061	1.059
1993—2012	TEI	0.999	1.005	0.997	1.000
	TCI	1.049	1.043	1.046	1.046
	Malmquist 指数	1.049	1.048	1.042	1.046

### 3.2 建筑业 TFP 增长的收敛性检验

根据式(4)所示的绝对  $\beta$  收敛回归模型,分别对全国、东部、中部、西部等 4 个区域的 TFP 增长速度的收敛性进行了检验。为消除建筑业发展波动随机因素对收敛性检验的影响,本文取 1994—1997 年 Malmquist 指数的几何平均值而非 1994 年的单期 Malmquist 指数为基期值,并取 2008—2012 年 Malmquist 指数的几何平均值为末期值( $T$  为 13.5)。式(4)利用普通最小二乘法(ordinary least square, OLS)的估计结果如表 2 所示。

由表 2 可知,全国及东部、中部地区各省份建筑业 TFP 增长速度的  $\beta$  值均在 1% 的水平上显著为负,表明在上述分析区域内落后省份的 TFP 增长存在明显的追赶特征,各省份之间的 TFP 整体增长速度将逐步趋同;西部地区 11 个省份之间的  $\beta$  值为负但在 5% 的水平上统计不显著,表明各省份之间 TFP 增长存在收敛,但收敛趋势并不明显。为实现各地区建筑业的均衡发展,国家在行业技术投入及市场结构调整方面需要注重西部地区落后省份生产效率的提升。同时,东部及中部发达省份应进一步拓展建筑业效率提升的外在及内在动力,以维持自身的区域竞争优势,并更好地发挥在建筑业整体发展过程中的示范及技术溢出效应,引导新一轮的建筑业 TFP 快速增长。

### 3.3 建筑业 TFP 增长的影响因素识别

根据式(5)及式(6)所示的灰色关联度测算方法, GDP 指数、固定资产投资额、建筑业 R&D 支出比例、建筑业 R&D 人员比例、建筑业技术装备率、建筑业动力装备率、国有建筑企业比例、外资建筑企业比例等因素与建筑业 TFP 增长指数的灰关联度如表 3 所示。

在所选取的 8 个影响因素中,建筑业市场结构类因素中的外资建筑企业比例指数与参考序列 Malmquist 指数具有最高的灰色关联度,与之相比,

表 2 TFP 增长的  $\beta$  收敛检验结果

Tab.2 The  $\beta$  convergence test results of the TFP growth

收敛参数	东部	中部	西部	全国
$\alpha$	0.004** (0.001)	0.004* (0.001)	0.005* (0.002)	0.004*** (0.001)
$\beta$	-0.078*** (0.012)	-0.079** (0.021)	-0.064(0.030)	-0.076*** (0.010)
$R^2$	0.830	0.703	0.341	0.681
$F$	44.023	14.208	4.647	59.867

注:括号内数值为标准误差,\*\*\*, \*\*, \* 分别表示在 0.1%, 1%, 5% 水平下显著。

国有建筑企业比例指数与 TFP 增长的关联明显更为微弱。在经济环境类影响因素中,相比 GDP 指数,与建筑业发展联系更为紧密的固定资产投资

指数的相关影响更为明显。而反映建筑业科技能力的 4 项因素与 Malmquist 指数的灰色关联度均大于 0.6,在 8 项选取的因素中总体处于中等水平。

表 3 TFP 增长影响因素的灰色关联度及其排序  
Tab.3 Grey correlation degree and ranking of the factors impacting TFP growth

因素类别	影响因素	灰色关联度	排序
经济环境	GDP 指数 $X_1$	0.526	8
	固定资产投资指数 $X_2$	0.651	3
建筑业科技能力	建筑业 R&D 支出比例指数 $X_3$	0.635	4
	建筑业 R&D 人员比例指数 $X_4$	0.617	6
	技术装备率指数 $X_5$	0.619	5
	动力装配率指数 $X_6$	0.655	2
建筑业市场结构	国有建筑企业比例指数 $X_7$	0.547	7
	外资建筑企业比例指数 $X_8$	0.768	1

上述灰色关联度分析可较好地解释 1993—2012 年期间我国建筑业 TFP 整体变动的阶段性特征。从 1998 年开始,我国开始实施扩张性的宏观经济政策,固定资产投资增长开始加速,受基础设施投资建设规模迅速增加的影响,1998—2003 年期间我国建筑企业的技术装备率及动力装备率亦开始得到明显改善(其中按不变价格计算技术装备率的年均增长率达到 16.2%),技术进步对建筑业 TFP 的推动作用开始显现,但当时建筑业内部过度竞争、进入及退出壁垒不对称等问题仍非常明显,导致行业技术效率出现了下滑<sup>[14]</sup>。随着我国加入世界贸易组织(WTO),2003 年后建筑业外资建筑企业的产值比例开始快速增加(2003—2007 年的年均增长率为 9.5%)。由于外资建筑企业多承接大型复杂的工业及能源项目的工程建设,建设过程往往不仅涉及各类新兴施工技术的应用,也涉及到设计采购施工一体化(engineering, procurement and construction, EPC)等先进项目管理方式的实施,相应技术进步及效率提升对其他建筑企业的示范及溢出效应较为明显,加之新的建筑业企业资质管理规定的实施,行业竞争结构及行为得到了一定程度的改善,使得 2004—2007 年期间的建筑业的技术进步及技术效率提升均非常明显,并成为 1993—2012 年期间 TFP 增长最好最快的一段时期。2008 年后,建筑业研发机构 R&D 支出及 R&D 人员占有所有行业研发机构对应数值的比例开始明显下降,2008—2012 年期间 2 个比例的年均下降速度分别高达 29.9%及 18.2%。同时,可能由于《外商投资建筑业企业管理规定》等对外资建筑企业从业活动的限制以及对中国建筑业招投标过程中围标、垫资等“潜规则”竞争文化的不适应,外资建筑企业的市场份额在维持 2003—2007 年期间的持续增长之后,从 2008 年开始下降,2008—2012 年期间其产值比例的年均下降速度达 14.8%,2012 年单年的下降比例甚至高达 38.9%。这些因素共同使得 2008—2012 年期间技术进步及

技术效率指数呈现较大的波动性,并导致 TFP 的整体增长速度较 2004—2007 年出现明显下滑。

## 4 结论

综合采用基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数分析、绝对  $\beta$  收敛回归检验、灰色关联度分析等方法,本文构建了对建筑业全要素生产率增长指数进行综合测算并分析其收敛性及影响因素的 MCI 框架,对 1993—2012 年期间我国建筑业 TFP 的增长趋势及其阶段性特征进行了分析,对各省份之间 TFP 增长的收敛性进行了检验,并对影响 TFP 增长的相关因素进行了识别,解析了 TFP 演变的相关原因。主要研究结论如下:① 1993—2012 年建筑业 TFP 的年均增长率为 4.6%,技术进步是 TFP 增长的主要源泉,技术效率则未有明显提升。② 建筑业 TFP 的变动具有明显的阶段性特征。在 1993—1997 年,TFP 逐年下降,建筑业发展呈明显的粗放型特征;在 1998—2003 年,技术进步速度明显提高,TFP 开始增长;在 2004—2007 年,源于技术效率提升及技术进步的双重推动,TFP 的年均增长率达到 11.5%,为 4 个阶段的最高水平;在 2008—2012 年,技术效率开始下滑,导致 TFP 整体增长速度开始明显下降。③ 全国及东部、中部地区各省份建筑业的 TFP 增长具有显著的  $\beta$  收敛,西部地区 11 个省份之间的 TFP 增长存在收敛特性,但收敛趋势并不明显。④ 经济环境、行业科技能力、行业市场结构等 3 类因素与建筑业 TFP 的增长存在关联,其中,外资建筑企业比例指数与 TFP 增长指数具有最高的灰色关联度。

为推动我国建筑业全要素生产率的快速提升,政府管理部门需要进一步调整行业市场结构,优化市场竞争机制,并进一步破除对外资建筑企业的准入障碍,更好地发挥外资企业在建筑业技术进步及技术效率提升过程中的示范及溢出效应。考虑到近年来建筑业 R&D 支出及 R&D 人员数量在所有行业中所占比例的明显下降(2008—2012 年期间上述比例的年均下降速度分别高达 29.9%及 18.2%)以及上述指标与 TFP 增长指数之间的相关性,政府部门及行业、企业亦需要加大对技术研究开发的支持力度,促进各类新兴施工技术及信息技术的推广及应用。同时,考虑到西部地区各省份 TFP 增长收敛性的不显著,国家在行业技术投入及市场结构调整方面尤其需要注重对西部落后省份生产效率的提

升,实现各地区建筑业的均衡发展。

### 参考文献:

- [1] Xu T, Tiong R L, Chew D A, *et al.* Development model for competitive construction industry in the People's Republic of China [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2005, 131(7): 844.
- [2] Smyth H. Construction industry performance improvement programmes: The UK case of demonstration projects in the continuous improvement programme [J]. *Construction Management and Economics*, 2010, 28(3): 255.
- [3] Pellegrino R, Costantino N, Pietroforte R, *et al.* Construction of multi-storey concrete structures in Italy: Patterns of productivity and learning curves [J]. *Construction Management and Economics*, 2009, 30(2): 103.
- [4] Eastman C M, Sacks R. Relative productivity in the AEC industries in the United States for on-site and offsite activities [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, 134(7): 517.
- [5] Jarkas A, Bitar C. Factors affecting construction labor productivity in Kuwait [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2012, 138(7): 811.
- [6] Rojas E M, Aramvareekul P. Is construction labor productivity really declining? [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129(1): 41.
- [7] Ruddock L, Ruddock S. Evaluation of trends in the UK construction industry using growth and productivity accounts [J]. *Construction Management and Economics*, 2011, 29(12): 1229.
- [8] Abdel-Wahab M, Vogl B. Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan [J]. *Construction Management and Economics*, 2011, 29(6): 635.
- [9] Lam P L, Lam T. Total factor productivity measures for Hong Kong telephone [J]. *Telecommunications Policy*, 2005, 29(1): 53.
- [10] Kerstens K, Managi S. Total factor productivity growth and convergence in the petroleum industry: Empirical analysis testing for convexity [J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, 139(1): 196.
- [11] Li Y, Liu C. Malmquist indices of total factor productivity changes in the Australian construction industry [J]. *Construction management and economics*, 2010, 28(9): 933.
- [12] Crawford P, Vogl B. Measuring productivity in the construction industry [J]. *Building Research & Information*, 2006, 34(3): 208.
- [13] 李伟,李光辉,李月娟,等. 基于 DEA 模型的我国各省区建筑业生产效率评价实证研究[J]. *科技进步与对策*, 2009, 26(21): 153.
- LI Wei, LI Guanghui, LI Yuejuan, *et al.* Empirical research on the eddiciency eavaluation of AEC industry in China by the DEA model[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2009, 26(21): 153.
- [14] 李忠富,邹心勇,李国良. 中国建筑业全要素生产率的变迁: 1996—2005 年实证分析[J]. *土木工程学报*, 2008, 41(11): 106.
- LI Zhongfu, ZOU Xinyong, LI Guoliang. An empirical study on the migration of total factor productivity of the Chinese construction industry in 1996—2005 [J]. *China Civil Engineering Journal*, 2008, 41(11): 106.
- [15] Xue X, Shen Q, Wang Y, *et al.* Measuring the productivity of the construction industry in China by using DEA-based malmquist productivity indices [J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2008, 134(1): 64.
- [16] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2(6): 429.
- [17] Färe R, Grosskopf S, Norris M, *et al.* Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries [J]. *The American Economic Review*, 1994, 84(1): 66.
- [18] Caves D W, Christensen L R, Diewert W E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity [J]. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1982, 50(6): 1393.
- [19] Barro R, Sala-i-Martin X. Convergence [J]. *The Journal of Political Economy*, 1992, 100(2): 223.
- [20] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用[M]. 第5版.北京:科学出版社,2010.
- LIU Sifeng, DANG Yaoguo, FANG Zhigeng, *et al.* The grey system theory and its application [M]. 5th ed. Beijing: Science Press, 2010.