

基于 DEA 模型的中国区域技术效率测度

贵斌威¹, 陈宇峰²

(1. 中国政法大学 法和经济研究中心, 北京 100088; 2. 浙江工商大学 经济学院, 浙江 杭州 310018)

摘要: 文章运用 DEA 模型对 1978-2005 年中国 30 个省、市的技术效率进行了全面的测度, 并分析了各个时期内东部、中部、西部地区之间的技术赶超效应。文章创新性地引入异质生产可能集概念, 将技术效率分解为资源利用效率和技术水平效率; 同时也构造一个效率差异指数, 对地区之间的追赶效应进行深入评价。总体而言, 在过去的二十年间, 我国的技术效率进步非常快, 而且地区间的追赶效应也比较明显; 但 2001 年后, 我国的技术效率进步出现下降的趋势, 地区间的追赶效应也出现了不利的波动。

关键词: DEA; 技术效率; 资源利用效率; 技术水平效率; 追赶效应

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-2154(2008)11-0045-06

一、引言

中国的改革开放在 30 年间取得了举世瞩目的经济增长奇迹, 但经济增长背后的效率问题一直是学术界的争议焦点, 也越来越引起了转型经济学家的关注^[1-3]。判断一个国家、地区的经济增长质量, 不仅要看宏观上的真实人均收入指标, 同时更要关注微观上的效率指标^[4]。从经济效率的微观角度来看, 可分解成两部分: 国家的前沿技术水平; 以及对这些前沿技术的掌握程度, 即技术效率水平^[5]。就目前而言, 高效的管理制度和先进的生产技术已经在中国的一些发达省区开始逐渐建立起来, 但这些先进的管理和技术并没有得到很好的推广和普及。而在更广大的区域内, 管理和技术水平仍是相当落后的。因此, 虽然中国国内的前沿技术面比较先进, 但由于技术效率水平普遍不高, 所以中国的总体经济效率还处于比较低的水平上^[6]。很显然, 为了推动中国经济可持续的稳定发展, 必须在加速推进前沿技术面的同时, 全面、有效提升这些前沿技术的技术效率。另一方面, 技术效率表示非前沿地区相对前沿地区的技术差距, 从而技术效率改进也体现了地区间的追赶效应^[7]。因此, 提升技术效率水平, 不仅是经济可持续发展的必然要求, 也是区域经济协调发展的现实需要。这在目前中国地区收入差距不断拉大的改革背景下具有重要的现实意义。

本文提出 DEA 模型下的技术效率测度方法, 并据此对中国 30 个省市地区的面板数据进行测度和分解。我们的实证研究结果表明, 20 世纪 90 年代是个分水岭。在过去的 80 年代基本上完成技术效率的全部进步效应, 而且东部、中部与西部之间也存在着明显的追赶效应。而 90 年代以来, 随着改革的不断深入, 整个国家的经济制度环境不断复杂化、多元化, 使得全国以及各地区的技术效率与效率差异指数处于不利的下降与波动局面。最后, 根据以上分析得到本文的主要结论。

收稿日期: 2008-06-27

基金项目: 浙江省哲学社会科学基金项目资助(06CGYJ23YBQ)

作者简介: 贵斌威(1979-), 男, 浙江衢州人, 中国政法大学法和经济研究中心讲师, 数量经济学博士, 主要从事最优化理论与方法、经济增长理论等研究; 陈宇峰(1978-), 男, 浙江金华人, 浙江工商大学经济学院副教授, 经济学博士, 主要从事制度与新政治经济学、经济增长理论等研究。

二、基于 DEA 模型的技术效率测度

“技术效率”这一概念最先起源于 M. Farrell 在 1957 年发表的《生产效率的测度》(The Measurement of Production Efficiency) 一文中^[8]。他认为,按照固定项的不同,生产效率可分解为投入技术效率和产出技术效率。产出技术效率指在固定投入的情况下,实际产出相对于最优产出的比例;比例越大也就表示生产越有效率^①。不过,遗憾的是, Farrell 并没有进一步提出技术效率测度的具体方法。所以,在相当长一段时间内,“技术效率”这一概念并没有真正引起学术界的关注。直到 1978 年, Charnes, Cooper 和 Rhodes 在《欧洲运筹学杂志》(European Journal of Operational Research) 上发表了《测度决策制定单元的效率》(Measuring the Efficiency of Decision Making Units) 一文,在该文中提出了数据包络分析方法(Data Envelopment Analysis, 简称 DEA),这才解决了长期以来技术效率测度的技术难点^[9]。他们通过非参数线性规划方法测度技术效率之后,“技术效率”这一概念才得到迅速发展和广泛应用,成为生产效率分析中的一种重要研究方法。

技术效率是建立在最优产出这一基础概念之上。最优产出是通过生产可能集来刻画的。对于投入 $x \in R_+^N$, 产出 $y \in R_+^M$, 生产可能集 S 定义为:

$$S = \{(x, y) \mid x \text{ 可以生产 } y\} \quad (1)$$

因此,在产出一维的情况下,对于投入 x , 最优产出 y^* 就是 $\sup\{y \mid (x, y) \in S\}$ 。由此,我们可以定义技术效率为:

$$TE(x, y) = (\sup\{z \mid (x, zy) \in S\})^{-1} = 1/\bar{z} \quad (2)$$

由(2)式,可得

$$y^* = \bar{z}y$$

则

$$TE(x, y) = y/y^* = 1/\bar{z}$$

若 $TE(x, y) = 1$, 表示 $y = y^*$, 即 (x, y) 位于生产可能集 S 的前沿上;按照 Farrell 的术语,投入产出集 (x, y) 是技术有效的生产集合。

在经验研究中,我们也将遵循一些公理性要求(比如凸性,无效性等),根据观察到的决策单元来生成生产可能集 $S^{[10]}$ 。假设存在 $k = 1, \dots, K$ 个决策单元(DMU),每个决策单元使用 $n = 1, \dots, N$ 种投入要素 x_n^k , 并得到 $m = 1, \dots, M$ 种产出 y_m^k 。由观察到的决策单元所构造的可变规模报酬(VRS)生产可能集为:

$$S(V) = \{(x, y) \mid x \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x^k; y \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y^k; \lambda^k \geq 0; \sum_{k=1}^K \lambda^k = 1, k = 1, \dots, K\} \quad (3)$$

在 DEA 理论中,对应于可变规模报酬生产可能集 $S(V)$ 的模型称为 BC^2 模型^[11]。 BC^2 模型定义如下,由(2)式和(3)式可知, BC^2 模型和技术效率的含义是一致的:

$$(BC^2) \begin{cases} \max z = 1/TE_0(x^k, y^k) \\ x_n^k \geq \sum_{k=1}^K \lambda^k x_n^k, n = 1, \dots, N; \\ zy_m^k \leq \sum_{k=1}^K \lambda^k y_m^k, m = 1, \dots, M; \\ \sum_{k=1}^K \lambda^k = 1; \lambda^k \geq 0, k = 1, \dots, K \end{cases} \quad (4)$$

我们一般假定 DEA 模型中的生产可能集是同质的,即前沿技术对于每个决策单元都是可行的。这时,技术效率反映了决策单元的管理效率。但是,在现实生活中,生产可能集可能不是同质的,即前沿技术对于

① 在本文中,我们则使用“产出技术效率”这一概念,简称“技术效率”。

某些省份而言是不可行的。这时, 决策单元的技术效率就不仅反映了它的管理效率, 还反映了它的可行技术水平。在这种情况下, 我们需要将总生产可能集分解为不同的同质生产可能子集; 在每个生产可能子集中, 前沿技术对于集合内的每个决策单元是可行的。这时, 决策单元对应于生产可能子集的技术效率反映了决策单元的管理效率, 我们定义为资源利用效率。而生产可能子集和总生产可能集之间前沿技术的差异, 我们定义为技术水平效率。对应于(2)式, 资源利用效率可以表示为:

$$RUE(x, y) = (\sup\{z | (x, zy) \in S_l\})^{-1} = 1/\bar{z} \quad (5)$$

相应地, 技术水平效率为:

$$TLE(x, y) = y_l^* / y^* = TE(x, y) / RUE(x, y) \quad (6)$$

其中, S_l 表示决策单元所在的第 l 个生产可能子集, y_l^* 表示对应于投入 x , 生产可能子集 l 的最优产出。假设将总生产可能集划分为 L 个生产可能子集, 那么我们将决策单元按标号进行重新分类, 并标记为 $k^l = 1^l, \dots, K^l; l = 1, \dots, L$ 。如此一来, 我们就可以在计算中使用 DEA 方法分别计算资源利用效率和技术效率。对应于(4)式, 只需要将其中的 K 改为 $K^l, k = 1, \dots, K$ 改为 $k^l = 1^l, \dots, K^l$, 即可得到测度资源利用效率的 BC^2 模型。

三、实证分析和结果

(一) 数据处理

接下来, 我们运用以上的 DEA 模型对我国 30 个省(包括自治区、直辖市, 一律简称为省) 1978–2005 年的面板数据进行具体的经验实证分析^①。基础数据来源于《新中国五十年统计资料汇编》以及中经网的地区数据^②。为了保持口径的一致, 将重庆市包括在四川省中。本文采用以 1978 年不变价格表示的各省国内生产总值作为产出指标, 以各省从业人员作为劳动投入指标, 固定资本存量作为资本投入指标。固定资本存量的计算采用“永续盘存法”, 使用永续盘存法涉及基期资本存量的计算、折旧率的选择还有投资平减三个问题。在本文中, 我们采用张军等作者(2004)测算的 1978 年各省资本存量作为基期资本存量^③, 折旧率也按照张军等(2004)采用 9.6% 来计算^④; 由于统计资料中只有 1992 年以后的固定资产投资价格指数, 我们采用此前各年的 GDP 平减指数作为固定资产投资价格指数的近似替代。

按照研究惯例, 我们将全国 30 个省划分为东部、中部、西部三个地区^⑤。假设地区内部的技术是同质的, 即异质的全国生产可能集由三个同质的地区生产可能集组成。

(二) 整体技术效率的时间序列分析

由表 1(见下页)可知, 过去 20 多年里, 我国的平均技术效率为 80.65%, 其中资源利用效率为 92.69%, 技术水平效率为 86.79%。总体而言, 我国的技术效率并不高。

由图 1 可看出, 我国技术效率的变动大体上经历了两个时期: 1978–1990 年; 1991–2005 年。在前一个时期, 技术效率维持上升趋势, 从最初的 53.87% 上升到 1990 年 90.01%; 而在后一个时期, 技术效率基本上在 85% 附近波动, 并在 2001 年以后出现下降趋势。另一方面, 从技术效率的组成部分来看, 技术水平效率改

① 计算使用 Matlab 软件, 如需各省及全国每一年的计算结果者, 可以与作者联系索要。

② 1986–2005 年 GDP 和固定资产投资数据, 1990–2005 年从业人员数据均采用中经网的地区数据。其余数据采用《新中国五十年统计资料汇编》中的相关数据。

③ 与张军等作者(2004)略有不同, 由于按全国口径计的资本存量高于各省统计之和, 我们将多出的资本存量按比例分配给各省。

④ 东部包括北京、上海、天津、广东、福建、江苏、海南、辽宁、浙江、山东、河北 11 个省; 中部包括吉林、湖北、黑龙江、湖南、山西、河南、江西、安徽 8 个省; 西部包括内蒙古、广西、陕西、新疆、甘肃、宁夏、青海、四川、云南、贵州、西藏 11 个省。

表1 不同时期和地区技术效率及其分解(单位%)

| | 地区 | 技术效率 | 资源利用效率 | 技术水平效率 |
|-----------|----|-------|--------|--------|
| 1978-2005 | 全国 | 80.65 | 92.69 | 86.79 |
| | 东部 | 89.94 | 92.72 | 96.95 |
| | 中部 | 83.27 | 94.48 | 87.78 |
| | 西部 | 70.98 | 91.48 | 77.75 |
| 1978-1990 | 全国 | 73.96 | 91.45 | 80.54 |
| | 东部 | 87.08 | 90.20 | 96.45 |
| | 中部 | 76.01 | 91.55 | 82.57 |
| | 西部 | 61.90 | 92.76 | 66.74 |
| 1991-2005 | 全国 | 86.44 | 93.76 | 92.20 |
| | 东部 | 92.41 | 94.90 | 97.38 |
| | 中部 | 89.56 | 97.01 | 92.30 |
| | 西部 | 78.85 | 90.38 | 87.28 |

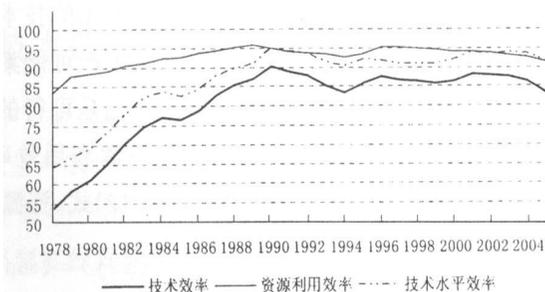


图1 中国的总体技术效率及其分解效应

进在技术效率进步的过程中占主导地位。1978年,全国平均技术水平效率仅为64.41%,说明地区前沿技术和全国前沿技术之间存在着巨大差距。而到了1990年,技术水平效率上升到94.90%,说明技术扩散作用明显,地区前沿技术和全国前沿技术已经比较接近。同时,改革开放以来,资源利用效率

也有了很大的提高,从1978年的83.64%,上升到1990年的94.89%。所有这些都表明,市场经济体制改革的推进确实有力地提升了资源配置的效率。

进入20世纪90年代以后,我国的技术效率出现了一些不利的波动;与80年代的进步形势相比,情况有了很大改变。技术效率的这种不利波动与改革进入的瓶颈期有很大的相关性。很显然,上个世纪80年代中国改革初期面对的主要还是原有计划经济的低效率体制(技术效率仅为64.41%)。因此,通过更为灵活的产权改革和市场经济,经济主体的生产积极性得到了很大的释放。但是,到90年代之后,原有的经济潜力已基本被释放(技术效率达到90.01%)。而进一步的市场经济体制和现代企业制度改革开始遭遇到重重的压力和意想不到的困难。因此,接下去的技术效率没有能够像80年代那样得到持续的进步,而是出现了较大的波动,并在2001年之后出现了不同程度的下降趋势。当然,2001年之后的技术效率下降,也与1997年的东南亚金融危机有关。在金融危机的国际经营环境恶化前提下,中央政府为了保证经济增长速度,不得不加大了投资力度。而地方政府也在GDP增长率的利益驱动下,继续加大原已在较高水平上的投资,而且由于实行地方保护政策,使得各个地方政府完全不考虑整体的项目效率,进行盲目性的重复建设。由此,导致中国的资源利用效率逐步下降。2001年,当技术扩散进程减缓之后,技术效率就开始呈现了下滑的趋势。因此,为了有效提升我国技术效率水平,促进经济的持续快速发展,必须坚定改革方向,稳步推进市场经济和现代企业制度改革,转变政府职能,提高政府管理水平。

(三) 技术效率的地区分解与效率差异指数

由表1可知,东部地区的平均技术效率为96.95%,这意味着东部地区省份几乎都位于生产前沿上,是我国的效率前沿地区。我们定义东部地区技术效率与中西部地区技术效率之差为效率差异指数。因此,效率差异指数变小,意味着中西部地区和前沿地区距离拉近,即出现了明显的追赶效应。

由图2也可看出,在整个经济增长过程中,确实出现了追赶效应,效率差异指数从1978年的26.95%减小到2005年的7.51%,地区间效率水平逐渐拉近。由表1不难看出,追赶效应

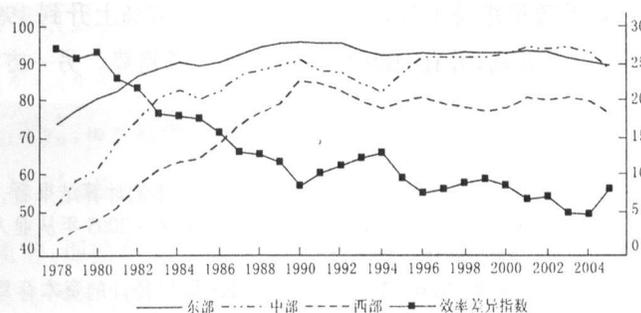


图2 东部、中部与西部各地区技术效率与效率差异指数

主要是由于技术扩散造成的。三个地区的资源利用效率相差不大,都维持在 90% 以上。就地区的前沿技术而言,东部地区的技术效率一直在 96% 以上,说明东部地区的前沿技术基本上体现了我国的技术水平,技术无效率主要是由于资源利用无效率造成的(92.72%)。但是,中西部的的前沿技术和东部地区相比存在着很大的距离,西部地区 1978-1990 年的平均技术水平效率仅为 66.74%,说明前沿技术只达到东部地区的 $\frac{2}{3}$ 。由于技术扩散,中西部的的前沿技术得到了很大的提升,西部地区的技术水平效率从 66.74% 上升到 87.28%,中部地区的技术水平效率也从 82.57% 上升到 92.30%。从而有效提升了中西部地区的技术效率水平。

但是,追赶效应在 1990 年之后也出现了波动。主要原因是西部地区的技术效率在 1990 年之后未能继续进步,而是在 80% 附近波动。20 世纪 90 年代之后,随着对外开放力度的不断加大,积聚效应则进一步加强,西部由于地域原因,在国际贸易和吸引外国直接投资方面远远落后于东部以及中部地区,这才导致资源利用效率下滑,前沿技术进步减缓,技术效率未能得到有效提升。追赶效应的减弱,导致区域经济差距逐渐拉大,严重影响了我 国国民经济的健康稳定发展。就此而言,国家西部大开发战略的提出,具有重大的现实意义。西部地区如何在全球经济一体化的浪潮中有效提升技术效率,不仅关系到我国总体技术效率的进步,同时也关系到整个国民经济的健康协调发展。

四、结论

本文利用 1978-2005 年以来中国各省份经济发展的面板数据,并使用 DEA 方法对我国 30 个省的技术效率进行了全面的测度分析,同时也将其分解为两个主要部分:资源利用效率和技术水平效率。总体而言,我国的技术效率水平不是很高,平均为 80.65%。但是,在改革开放的 30 年间,我国技术效率仍然取得了比较大的进步,对转型改革进程中的高经济增长做出了很大的贡献。

很显然,我国的技术效率进步基本上是在 20 世纪 80 年代取得的,我国的技术效率从 1978 年的 53.87% 增加到 1990 年的 90.01%,主要原因就在于技术的扩散效应作用。此后,由于中国的转型进入“深水区”,改革难度的不断增大,我国的技术效率一直徘徊在 85% 左右。由于资源利用效率的降低,我国在 2001 年之后出现了技术效率下降的趋势。因此,坚定改革方向,稳步推进市场经济和现代企业制度改革,转换政府职能,对于提升我国的技术效率水平,促进经济的持续快速发展具有重要的战略意义。

另一方面,效率差异指数的实证结果也显示出,我国在改革过程中出现了比较显著的追赶效应。东部和中西部之间的技术效率差距从 1978 年的 26.95% 减小到 2005 年的 7.51%。但是,随着 20 世纪 90 年代对外开放力度的增大,空间地理优势和积聚效应逐渐加强,西部地区由于地域原因,在国际贸易和吸引外国直接投资方面远远落后于东部以及中部地区。同时这也导致追赶效应出现不利的波动,地区经济失衡进一步加重。因此,贯彻国家西部大开发战略,在全球经济一体化的浪潮中有效提升西部地区的 技术效率,对于提升我国经济的总体技术效率,推动整个国民经济的健康协调发展具有重要意义。

参考文献:

- [1] Krugman P. The Myth of Asia's Miracle[J]. Foreign Affairs, 1994(73): 62-78.
- [2] Young Alwyn. Gold into Base Metals: Productivity Growth in the People's Republic of China during the Reform Period[J]. Journal of Political Economy, 2003(111): 1220-1242.
- [3] 陈宇峰. 基于模糊决策的转型国家经济绩效评价[D]. 杭州: 浙江工商大学经济学院工作论文, 2008.
- [4] Helpman E. The Mystery of Economic Growth [M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2004: 3-6, 33.
- [5] Nishimizu M, Page J M. Total Factor Productivity Growth, Technical Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-1978[J]. Economic Journal, 1982(92): 920-936.
- [6] Zheng Jinghai, Hu Angang. An Empirical Analysis of Provincial Productivity in China (1979-2001)[D]. Working Paper, Department of Economics, Goteborg University, 2004.
- [7] Fare R, Grosskopf S, Norris M, Zhang Z. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries[J]. American Economic Review, 1994(84): 66-83.

- [8] Farrell M J. The Measurement of Production Efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957(120): 253– 281.
- [9] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. European Journal of Operational Research, 1978(2): 429– 444.
- [10] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 71– 73.
- [11] Banker R D, Charnes A, Cooper W W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis [J]. Management Science, 1984(30): 1078– 1092.
- [12] 张军, 吴桂荣, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952– 2000[J]. 经济研究, 2004(10): 35– 44.

Analysis of Technical Efficiency in China Based on the DEA Model

GUI Bin-wei¹, CHEN Yu-feng²

(1. Center for Law and Economics, China University of Political Science and Law, Beijing 100088, China;

2. School of Economics, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: This paper measures the technical efficiency in 30 provinces in China from 1978 to 2005 with DEA method. There are two aspects of innovation in this paper. Firstly, it introduces the heterogeneous production possibility set and decomposes the technical efficiency into the resource utilized efficiency and the technical level efficiency. Secondly, it constructs the efficiency difference index number to analyze the catching up effect between areas. As a whole, the technical efficiency has increased rapidly, and the catching up effect was distinct. The declining tendency of technical efficiency and negative fluctuation of catching up effect have appeared since 2001.

Key words: DEA; technical efficiency; resource utilized efficiency; technical level efficiency; catching up effect

(责任编辑 毕开凤)

(上接第44页)

- [6] 殷小梅. 中国大陆台商投资环境比较分析[J]. 世界经济研究, 2006(2): 71– 81.
- [7] 邓宏兵, 李俊杰, 查晶晶, 等. 中国外商投资环境竞争力研究[J]. 国际贸易问题, 2007(7): 55– 60.
- [8] 邓宏兵, 李俊杰, 李家成. 中国省域投资环境竞争力动态分析与评估[J]. 生产力研究, 2007(16): 77– 80.
- [9] 魏后凯. 现代区域经济学[M]. 北京: 经济管理出版社, 2006: 425– 427.
- [10] 冯星光, 张晓静. 基于广义熵指数的地区差距测度与分解: 1978– 2003[J]. 统计与信息论坛, 2005, 20(4): 24– 29.

Empirical Research on the Spatio- Temporal Evolution of the Regional Investment Environment Disparity in China

WEN Yu-yuan^{1,2}

(1. Institute of Regional and Urban Economics, Renmin University of China, Beijing 100872, China;

2. Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois, Urbana 61801, Illinois USA)

Abstract: Based on the comprehensive evaluation of the provincial investment environment for the period 1992– 2006 in China, the spatial disparity of the investment environment is measured and decomposed by employing a generalized entropy index, MLD. The result shows, the regional disparity or inequality of the investment environment in China is very obvious, whose main source is from the intra-regions. However, temporally, either the interregional or the intraregional disparity decreases gradually as a whole. The dynamic decomposition of MLD index shows that the change of the intraregional disparity is the dominant factor to cut down the whole regional disparity, but the interregional disparity also is an important force to lessen the whole regional disparity and has a trend to increase. The economic growth is a factor to increase the whole regional disparity but its effect is very limited. The findings above have important policy implications to perfect the regional investment environment in China.

Key words: investment environment; spatio- temporal disparity; MLD index; change trend

(责任编辑 毕开凤)