

# 基于 Malmquist 指数的水利投资效率分析

王 闪,袁汝华

(河海大学商学院,江苏 南京 211100)

**摘要:**运用基于 DEA 的 Malmquist 指数方法对我国 31 个地区“十一五”时期水利投资效率的变化趋势进行分析。研究表明:2006—2010 年我国水利投资全要素生产率的平均值为 1.152,从整体上看呈现逐年递增的趋势。对全要素生产率进行了分解,发现技术效率偏低为 0.844,技术进步表现良好为 1.568,纯技术效率变化不大,规模效率偏低为 0.846。说明全要素生产率的增长主要来自技术水平的提高,水利投资技术效率偏低主要是由于较低的规模效率造成,应适当扩大水利工程建设规模。从区域的角度来看,西部地区的水利投资效率优于东部和中部地区。

**关键词:**Malmquist 指数;水利投资;全要素生产率;技术效率;技术进步

**中图分类号:**F283

**文献标识码:**A

**文章编号:**1003-9511(2014)03-0009-04

近年来,中央水利建设投资规模大幅增长,水利建设全面开展,加快解决涉及民生的水利问题。据水利部数据显示,2010 年我国完成水利投资 2707.6 亿元,2011 年全国水利投资达到 3452 亿元,“十二五”期间,我国水利规划投资将达 1.8 万亿元,但是由于资金配置不够均衡、年度波动较大,管理水平不高、发展规模受限、审查监督力度不够等一些因素的影响,弱化了水利投资的效益,使得经济、社会和环境效益不明显。“十一五”期间,我国水利项目点多面广、时间紧、任务重,有必要对此期间的水利投资效率进行深入的研究,分析其投资效率变化情况和影响因素,并进一步寻求提高水利投资效率的方法和途径。采用 Malmquist 指数对“十一五”时期的水利投资效率进行动态的分析,不仅可以总结“十一五”时期水利投资效率的变化情况及影响因素,还有助于促进和完善“十二五”时期的水利建设和发展,提高“十二五”时期的水利投资效率。

## 1 Malmquist 效率指数

Malmquist 指数最初由 Malmquist 于 1953 年提出,Caves 等于 1982 年开始将这一指数应用于生产效率变化的测算,1994 年 Fare 等将这一理论的一种非参数线性规划法与数据包络分析法( DEA )相结合,才使得 Malmquist 指数被广泛应用<sup>[1]</sup>。

### 1.1 距离函数

Malmquist 指数是通过距离函数定义的,距离函数可以从投入和产出两个不同的角度给出:投入距离函数是在给定的产出条件下,衡量投入向量能够向内缩减的程度;产出距离函数是在给定的投入条件下,衡量产出向量的最大扩张幅度<sup>[2]</sup>。

### 1.2 Malmquist 效率指数

用  $(X_{t-1}, Y_{t-1})$  和  $(X_t, Y_t)$  分别表  $t-1$  和  $t$  时期的投入产出向量,用  $D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})$  表示以  $t-1$  时期技术作参照的  $t-1$  时期投入产出向量的产出距离函数,用  $D_0^t(X_t, Y_t)$  表示以  $t-1$  时期技术作参照的  $t$  时期投入产出向量的产出距离函数。则以  $t-1$  时期技术作参照,基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为

$$M_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1}, X_t, Y_t) = \frac{D_0^{t-1}(X_t, Y_t)}{D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})} \quad (1)$$

类似地用  $t$  时期技术作参照,基于产出角度的 Malmquist 指数可以表示为:

$$M_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1}, X_t, Y_t) = \frac{D_0^t(X_t, Y_t)}{D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})} \quad (2)$$

由于  $t-1$  和  $t$  时期的生产技术的差异会导致测算结果的不同,为了避免对时期选择的任意性所带来的差异, Fare 等人以两个时期技术 Malmquist 指

基金项目:水利部公益性行业专项(201301055-2)

作者简介:王闪(1989-),女,河南南阳人,硕士研究生,主要从事水利经济和建设项目评价研究。E-mail:472210459@qq.com

数的几何平均值作为  $M_0(X_{t-1}, Y_{t-1}, X_t, Y_t)$ :

$$M_0(X_{t-1}, Y_{t-1}, X_t, Y_t) = \left\{ \frac{D_0^{t-1}(X_t, Y_t)}{D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})} \times \frac{D_0^t(X_t, Y_t)}{D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

### 1.3 Malmquist 效率指数的分解

1994 年 Fare 等人证明, Malmquist 指数可分解为技术效率和技术进步两部分, 并将技术效率进一步分解为纯技术效率和规模效率<sup>[1]</sup>。其分解过程如下:

$$M_0(X_{t-1}, Y_{t-1}, X_t, Y_t) = \frac{D_0^t(X_t, Y_t)}{D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})} \times \left\{ \frac{D_0^{t-1}(X_t, Y_t)}{D_0^t(X_t, Y_t)} \times \frac{D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})}{D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})} \right\}^{\frac{1}{2}} = E_{ch} T_{ch} \quad (4)$$

技术效率变化指数 ( $E_{ch}$ ) 表示从  $t-1$  到  $t$  时期内组织管理水平的变化, 用它来衡量决策单元是否更靠近当期的生产前沿面进行生产; 技术进步变化指数 ( $T_{ch}$ ) 表示从  $t-1$  到  $t$  时期内生产前沿面的移动<sup>[3]</sup>。

### 1.4 Malmquist 效率指数的计算

笔者选用将数据包络分析和线性规划结合运用的非参数法计算 Malmquist 效率指数。要分别计算出 4 个距离函数  $D_0^{t-1}(X_{t-1}, Y_{t-1})$ ,  $D_0^{t-1}(X_t, Y_t)$ ,  $D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})$  和  $D_0^t(X_t, Y_t)$ 。以计算  $D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})$  为例, 其他 3 个距离函数的计算模型可依此类推得出, 距离函数  $D_0^t(X_{t-1}, Y_{t-1})$  的计算可用下列模型确定:

$$[D_0^t(x_{i,t-1}, y_{i,t-1})]^{-1} = \max_{\theta, \lambda} \theta \quad (5)$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} -\theta y_{i,t-1} + Y_t \lambda \geq 0 \\ x_{i,t-1} - X_t \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{cases}$$

模型中  $(X_{i,t}, Y_{i,t})$  表示第  $i$  个决策单元在第  $t$  年的投入产出向量。

## 2 指标选取及数据来源

科学地选择投入产出指标对于准确客观地分析水利投资效率是至关重要的, 要从实际角度出发选择必要性高的指标<sup>[4]</sup>。笔者选取年度各地区水利工程建设投资完成额作为投入指标, 主要从水利工程项目产生的社会、经济和环境效益来选取产出指标 (表 1)。

供水和发电主要是以经济效益为主; 防洪除涝、农村饮水安全和灌溉以社会效益为主, 其公益性较强; 水土流失治理和森林覆盖率主要体现了环境效益。各产出指标的具体含义如下: ①供水量是指各种水源为用水户提供的包括输水损失在内的毛水量; ②水电站发电量是指水电站在报告期内生产的

表 1 投入产出指标体系

	产出指标	投入指标
经济效益	供水量 水电站发电量	投资完成额
社会效益	防洪除涝面积 农村饮水安全总人数 灌溉面积	
环境效益	水土流失治理面积 森林覆盖率	

电的总量; ③防洪除涝面积是指通过水利工程如围埝、抽水等对易涝面积进行治理, 使易涝耕地免除淹涝的面积; ④农村饮水安全总人口是指农村地区年末满足饮水基本安全标准的常住人口; ⑤灌溉面积指的是一个地区当年农、林、牧等灌溉面积的总和; ⑥水土流失治理面积指采取各种措施治理山丘地区水土流失面积的总和; ⑦森林覆盖率指一个国家或地区森林面积占土地面积的百分比。

基于数据的可得性和研究需要, 本文使用 2006—2010 年我国 31 个省市自治区 (不含港澳台) 水利工程的投入和产出数据。数据来源于中国水利统计年鉴 (2007—2011) 和中国统计年鉴 (2007—2011), 个别指标数据缺失, 通过线性内插值法推导得出。

## 3 实证分析

### 3.1 水利投资 Malmquist 指数分析

为了解我国“十一五”期间水利投资效率的动态变化情况, 笔者基于产出导向的 VRS 模型的 DEA-Malmquist 指数方法, 并结合 2006—2010 年各个地区投入产出指标的数据, 使用 Deap2.1 计量软件, 得到我国水利投资 2006—2010 年期间各个地区 Malmquist 指数变化情况 (表 2)。

由表 2 可知, 我国 2006—2010 年水利投资生产率平均变化指数为 1.152 > 1, 表明从整体上来看, 我国水利投资效率呈现逐年递增的趋势。从各年来看, 只有 2007—2008 年各地区生产率变化指数为 0.998 < 1, 说明水利投资效率呈现衰退的趋势, 这与 2008 年的金融危机有一定程度的关系, 说明经济大环境对水利行业产生了一定影响。2008 年全国水利建设完成投资额显著下降, 波动较大。2009 年全国水利建设完成投资额达 18 940 320 万元, 各地区重新恢复并加大了对水利建设的投资力度, 快速恢复了行业整体活力, 各地区都表现出了良好的发展势头, 技术水平也在不断提高。2008—2009 年的水利投资生产率变化指数达到了 1.429, 2009—2010 年水利投资生产率变化指数又有所下降。“十一五”时期的这五年我国水利投入持续快速增加, 水利投资效率虽然有所起伏, 但总体水平比较乐观, 呈

现逐年递增的趋势。

表2 2006—2010年我国水利投资 Malmquist 指数

地区	2006—2007	2007—2008	2008—2009	2009—2010	平均值
北京	1.859	0.432	0.680	0.948	0.848
天津	1.051	1.161	1.887	1.134	1.271
河北	1.025	1.212	1.849	1.432	1.347
山西	0.269	1.680	1.508	0.763	0.849
内蒙古	1.049	1.182	1.890	1.259	1.311
辽宁	0.976	0.825	1.919	0.676	1.011
吉林	1.222	0.588	1.658	0.774	0.980
黑龙江	1.816	0.716	1.712	1.241	1.289
上海	0.797	1.201	0.999	0.924	0.970
江苏	1.128	0.838	1.537	1.123	1.130
浙江	0.271	1.882	1.178	1.234	0.928
安徽	1.623	1.127	1.389	0.794	1.192
福建	0.896	1.425	1.769	1.509	1.359
江西	1.954	0.715	1.577	1.128	1.256
山东	0.618	1.283	1.055	1.031	0.964
河南	1.024	0.574	1.838	0.964	1.010
湖北	1.726	0.914	1.590	1.149	1.303
湖南	1.403	0.859	1.088	0.697	0.978
广东	0.795	0.661	1.487	1.224	0.989
广西	1.032	1.411	1.222	1.339	1.242
海南	1.978	0.607	1.497	0.619	1.027
重庆	0.454	1.873	1.279	0.865	0.985
四川	1.493	0.757	1.924	1.498	1.343
贵州	1.277	0.991	1.711	1.477	1.337
云南	0.923	1.244	1.663	1.558	1.313
西藏	1.692	0.576	1.298	1.492	1.172
陕西	1.550	1.188	1.684	1.212	1.392
甘肃	1.217	1.067	1.239	1.433	1.232
青海	1.854	1.384	0.974	1.427	1.374
宁夏	1.671	1.455	1.190	1.674	1.483
新疆	1.857	1.211	1.224	0.938	1.268
平均值	1.117	0.998	1.429	1.107	1.152

注:所有平均值均为几何平均值。

### 3.2 水利投资 Malmquist 指数分解分析

为了进一步说明我国水利投资生产率的变化情况,详细分析技术效率、技术进步、纯技术效率、规模效率和全要素生产率这五项效率指标的变化趋势,结果见表3。

全要素生产率是衡量水利工程项目单位总投入所产生的总产量的生产率指标,可分解为技术效率和技术进步两部分,全要素生产率变化的来源包括组织管理水平变动、技术进步、组织创新和生产创新等。全要素生产率的平均值为1.301,说明我国水利投资的效率整体状况较好,最小的全要素生产率为上海的0.969,其他30个地区的全要素生产率都大于1。

技术效率和技术进步是影响全要素生产率的两个重要因素,其乘积即为全要素效率值,生产效率的提高和突破,不仅要有高的技术效率,技术的进步也是不可或缺的<sup>[5]</sup>。技术效率是指在理想状态下水

表3 2006—2010年我国水利投资 Malmquist 指数分解

地区	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产率
北京	0.809	1.616	1.011	0.800	1.307
天津	0.918	1.385	0.967	0.950	1.271
河北	1.032	1.490	1.000	1.032	1.537
山西	0.631	1.664	1.020	0.618	1.049
内蒙古	0.858	1.527	1.000	0.858	1.310
辽宁	0.658	1.535	0.984	0.669	1.011
吉林	0.743	1.483	0.951	0.782	1.102
黑龙江	1.000	1.289	1.000	1.000	1.289
上海	0.487	1.991	0.900	0.541	0.969
江苏	0.742	1.523	1.000	0.742	1.130
浙江	0.740	1.591	1.000	0.740	1.178
安徽	0.822	1.449	1.000	0.822	1.192
福建	1.000	1.359	1.000	1.000	1.359
江西	0.879	1.616	1.000	0.879	1.420
山东	0.773	1.473	1.000	0.773	1.139
河南	1.132	1.511	1.001	1.130	1.710
湖北	1.173	1.456	0.999	1.174	1.708
湖南	0.739	1.558	1.000	0.739	1.151
广东	0.705	1.594	1.000	0.705	1.124
广西	0.905	1.626	1.004	0.902	1.472
海南	0.704	1.659	1.000	0.704	1.167
重庆	0.684	1.603	0.923	0.741	1.096
四川	1.000	1.527	1.000	1.000	1.527
贵州	0.835	1.602	0.939	0.889	1.337
云南	0.874	1.503	0.991	0.882	1.314
西藏	1.371	1.820	1.347	1.018	2.495
陕西	0.834	1.670	1.000	0.834	1.392
甘肃	1.028	1.725	1.026	1.002	1.773
青海	0.907	1.515	0.817	1.111	1.374
宁夏	0.979	1.703	1.113	0.879	1.668
新疆	0.739	1.716	1.000	0.739	1.268
平均值	0.844	1.568	0.997	0.846	1.301

利工程项目产出相同单位产品时投入的目标值与实际值之比;技术进步是指施工企业在施工工艺和生产过程等方面的优化改造以及生产要素和原材料质量等的提高。技术效率变化的平均值为0.844,远小于技术进步变化的平均值1.568,由此可见全要素生产率的提高主要由于“十一五”期间技术的进步。我国31个地区的技术进步指数均大于1,这与我国科技的进步和技术的革新密切相关,“十一五”期间,国家在水利科技和技术革新上投入了大量的人力和财力,取得了显著的成效。河北、黑龙江、福建、河南、湖北、四川、西藏和甘肃这8个地区的技术效率大于1,其他23个地区的技术效率均小于1,技术效率指数偏低,表现不尽如人意。

可将技术效率分解为纯技术效率和规模效率,进一步分析技术效率偏低的原因。纯技术效率是指由于水利工程建设管理方面的因素而对生产效率产生的影响。表3中纯技术效率变化指数的平均值为0.997,天津、辽宁、吉林、上海、湖北、重庆、贵州、云南和青海这个几个地区的纯技术效率值虽小于1但

也都接近1,说明纯技术效率变化虽有所起伏,但变化不大,整体形势良好。规模效率是指由于水利建设的规模发展而对水利投资的生产效率产生的影响。大多数地区的规模效率变化值都没有达到1,平均值仅为0.846。由此可知,技术效率偏低主要原因是由于规模效率偏低。各地区应当对水利发展的规模予以重视,在适当扩大水利工程建设发展规模的同时,也要不断改进管理水平。

### 3.3 区域水利投资效率分析

在“十一五”期间我国不同地域水利投资效率可能存在差异,笔者将对水利投资效率进行区域比较分析。按照传统区域分类法,将我国31个省市划分为东部、中部、西部三大区域,我国“十一五”时期区域水利投资效率比较情况见表4。

表4 “十一五”期间我国区域水利投资效率

区域	技术效率	技术进步	纯技术效率	规模效率	全要素生产效率
东部	0.764	1.557	0.987	0.774	1.190
中部	0.870	1.502	0.997	0.873	1.307
西部	0.909	1.635	1.007	0.902	1.417
全国	0.844	1.568	0.997	0.846	1.323

注: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、海南11个省市;中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖南、湖北9个省市区;西部地区包括广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆11个省市区。

从表4中我们可以看出,西部地区在“十一五”期间的技术效率、技术进步、纯技术效率、规模效率和全要素生产效率均大于东部和中部地区,也高于全国的平均值。这说明随着《西部大开发“十一五”规划》的实施,国家越来越重视西部地区的发展,中央对西部地区水利建设投入力度不断加大,水利基础设施条件明显改善,一大批水利枢纽工程相继建成并开始发挥效益,取得了明显的生态效益、社会效益和一定的经济效益,不断地实现了《规划》中所提出的各项目标。

东部地区全要素生产率偏低,主要是由于较低的规模效率导致,因此国家应该适当扩大东部地区水利建设的发展规模。从总体上看东部、中部和西部地区的水利投资效率相差并不是很大,这也说明了我国在水利建设等基础设施投资上既重视经济发达地区的发展,同时也十分重视西部经济欠发达地区的发展,协调好各地区之间的关系,这符合科学发展、协调发展的策略<sup>[6]</sup>。

## 4 结论

笔者尝试运用基于DEA的Malmquist指数方法分析了“十一五”时期我国31个地区水利投资全要

素生产率的变动情况,并将其进一步的分解为技术效率和技术进步。研究结论如下:①“十一五”时期我国水利投资效率虽然有所起伏,但总体水平比较乐观,全要素生产率从整体上看呈现逐年递增的趋势,这种增长主要来自技术水平的提高;②水利投资技术效率偏低主要是由于规模效率偏低,纯技术效率变化不大,各地区应当重视并适当扩大水利建设的发展规模;③从区域的角度来看,西部地区的水利投资效率优于东部和中部地区,说明国家随着《西部大开发“十一五”规划》的实施,加大了对西部地区水利建设的财政及技术支持力度,取得了显著成果。

### 参考文献:

- [1] 王媛. 基于Malmquist-DEA指数的城市基础设施投资效率评价:以河北省城市为例[D]. 天津:天津大学,2005.
- [2] 孙慧,王媛. 基于DEA的Malmquist指数在城市基础设施投资效率评价中的应用[J]. 科技进步与对策,2008,25(10):97-99.
- [3] 于剑. 基于Malmquist指数的我国航空公司业全要素生产率分析[J]. 北京理工大学学报:社会科学版,2007,9(6):43-46.
- [4] 张新玉. 水利投资效益评价理论、方法与应用[D]. 南京:河海大学,2002.
- [5] 李梦宜. 基于DEA和Malmquist的国内建筑上市企业生产效率研究[D]. 沈阳:沈阳航空航天大学,2012.
- [6] 李玉龙,李忠富. 基于非参数Malmquist指数方法的我国基础设施投资生产率研究[J]. 土木工程学报,2011,44(3):128-135.

(收稿日期:2013-10-08 编辑:陈玉国)

