

# 基于 DEA 的西部省会城市水资源利用效率研究

董毅明, 廖虎昌

(昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 2010 年初的西南大旱凸显出西部地区水资源利用效率低下的现状。从分析西部 12 个省会城市入手, 采用地区生产总值、固定资产投资总额、用水总量、用水人口等作为投入产出指标, 首先运用数据包络分析法对西部 12 个省会城市 2008—2009 年的水资源利用效率进行分析和评价, 然后运用 Malmquist 指数方法对 2000—2009 年西部 11 个省会城市(拉萨市暂未列入)的序列数据进行了分析。研究结果表明: (1) 西部地区整体水资源利用效率低下且呈衰退之势, 2000—2009 年的 TFP 指数为 0.955。(2) 2008—2009 年, 重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 个城市达到了 DEA 有效, 其它城市应参考这 4 个城市进行调整。成都、昆明、西安、兰州、银川和南宁市的生产规模过大, 限制了水资源利用效率的提高。重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 个城市的生产规模应该保持稳定。贵阳和拉萨市应该加大生产规模。(3) 科技是制约西部地区水资源利用效率的主要因素。提高水资源利用效率首先应该加大科技投入, 优化产业结构; 同时西部地区还应该加大水资源合理利用的宣传力度。

**关键词:** 数据包络分析; Malmquist 指数; 省会城市; 水资源利用效率

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0134-06

中图分类号: TV213, F224, X82

## Utilization Efficiency of Water Resource in West Capital Cities Based on DEA

DONG Yi-ming, LIAO Hu-chang

(Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650093, China)

**Abstract:** Drought in the Southwest China in early 2010 highlights the situation of inefficient utilization of water resource in the western regions. This paper selects GDP, total investment in fixed assets, total water used, water-consumed population as input-output indicators, and takes data envelopment analysis method to evaluate the performance of water resource utilization in the 12 western capital cities in 2008 and 2009. Meanwhile, Malmquist TFP index method is used to analyze time series data from 2000 to 2009. The results are as follows: (1) The utilization of water resource in the western regions is inefficient and there is a declining trend. The total factor productivity (TFP) index of the utilization efficiency of water resource from 2000 to 2009 is 0.955. (2) During 2008 and 2009, Chongqing, Xining, Urumqi and Hohhot City are efficient based on DEA, and other cities should adjust according to the experience of the four cities above. The production scale in Chengdu, Kunming, Xi'an, Lanzhou, Yinchuan and Nanning City are too large, thus it limit the utilization efficiency of water resource. The production scale in Chongqing, Xining, Urumqi and Hohhot City should remain stable while Guiyang and Lhasa should increase the production scale. (3) Technology is the dominant factor in restricting water using efficiency. So, investment in science and technology should be enhanced. In addition, expanding the scale of production and optimizing the industrial structure are also the indispensable way for improving the utilization efficiency of water resource. Finally, the western regions should also increase the propaganda on the rational utilization of water resource.

**Keywords:** data envelopment analysis; Malmquist TFP index; capital cities in Western China; utilization efficiency of water resource

2010 年初的西南大旱使得全国受灾人数达到 6 130.6 万人, 饮水困难 2 425.0 万人, 饮水困难大牲畜 1 584.0 万头, 耕地受旱面积  $7.73 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 农作

物受旱面积  $6.05 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 绝收面积  $1.12 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 直接经济损失达 236.6 亿元<sup>[1]</sup>。这次旱灾波及西南 5 省市(云南、贵州、广西、四川和重庆市), 3 月

旱灾蔓延至广东和湖南省等地以及东南亚湄公河流域。这次大旱虽起因于自然因素,但透过这次旱灾使我们更加清晰地意识到该地区水生态系统脆弱,抗旱能力薄弱,水资源危机等问题已经凸显。

水资源危机主要表现在两个方面:一是水资源短缺;二是水环境恶化,污染日益严重<sup>[2]</sup>。提高水资源利用效率是解决水资源供需矛盾的关键,只有不断提高水资源效率才能从根本上解决水资源危机,实现经济社会的可持续发展。沈满洪等<sup>[2]</sup>把水资源的效率定义为水资源投入和带来的产出的比例,它是配置效率、技术效率、动态效率的统一,并总结了3种评价方法:指标体系评价法、数据包络分析法(DEA)、随机前沿分析法(SFA)。于法稳等<sup>[3]</sup>通过计算消耗系数评价了西部地区农业水、土等资源的利用效率。刘渝等<sup>[4]</sup>运用DEA方法对湖北省17个州市的农业水资源利用效率进行研究,并对各区域的效率水平进行了排序。刘晓平<sup>[5]</sup>利用DEA模型对2004年20个省级行政区的水资源承载力进行了研究。孙才志、闫冬<sup>[6]</sup>利用DEA模型对1996—2006年大连市水资源和社会经济复合系统的可持续发展状况进行了评价。Francisco等<sup>[7]</sup>用DEA方法对西班牙的农业效率进行了研究并提出了改进方法。

中国西部地区由西南5省市(四川、云南、贵州、西藏、重庆),西北5省市(陕西、甘肃、青海、新疆、宁夏)和内蒙古、广西省以及湖南省的湘西地区、湖北省的恩施市和土家族苗族自治州组成<sup>[8]</sup>。总土地面积 $5.38 \times 10^6 \text{ km}^2$ ,占全国国土面积的71.4%;目前人口约2.87亿,占全国人口总数的22.99%。西部地区的水能蕴藏总量占全国的82.5%,已开发水能资源占全国的77%,但开发利用尚不足1%。针对这种现状,集中研究西部12省及地区水资源的利用效率具有现实意义。

目前,利用DEA方法对西部12省区的水资源利用效率进行集中评价的研究还鲜见报道。本研究针对西部地区水资源利用效率普遍偏低的情况,从数据的可获得性和模型的精度以及区域代表性考虑,仅从分析西部12省会城市入手(湘西和恩施两个地区暂不考虑),采用地区生产总值(GDP)、固定资产投资总额、用水总量、用水人口等作为投入产出指标,首先运用DEA方法对西部12省会城市2008年和2009年的水资源利用效率进行分析和评价,然后运用Malmquist全要素生产力(TFP)指数对2000—2009年的时间序列数据进行分析,以期找出西部地区整体水资源利用效率偏低的原因及其对策。

## 1 研究方法

### 1.1 数据包络分析(DEA)

数据包络分析(DEA, data envelopment analysis)是运筹学、管理学与数理经济学交叉研究的一个领域,由美国运筹学家Charnes, Cooper和Rhodes于1978年提出<sup>[9]</sup>,该方法的原理主要是通过保持决策单元(DMU, decision making units)的输出或者输入不变,借助于数学规划和统计数据确定相对有效的生产前沿面,将各个决策单元投影到DEA的生产前沿面上,并通过比较决策单元偏离DEA前沿面的程度来评价它们的相对有效性。

1.1.1 DEA优缺点分析 DEA方法能充分考虑对于决策单元本身最优的投入产出方案,能够更理想地反映评价对象自身的信息和特点。DEA的显著特点是不需要考虑投入产出之间的函数关系,而且不需要预先估计参数,不需要做任何权重假设,避免了主观因素;直接通过产出与投入之间加权和之比,计算决策单元的投入产出效率<sup>[2]</sup>。此外,DEA方法并不直接对数据进行综合,因此决策单元的最优效率指标与投入指标值及产出指标值的量纲选取无关,应用DEA方法建立模型前无须对数据进行无量纲化处理。

但是,在应用DEA模型时也有一些值得注意的地方。通常认为参考集元素(即DMU)的个数不少于输入、输出指标总数的两倍为好。数据应保证严格非负。如果输入和输出变量之间存在较大的相关关系,DEA的区分能力将会变弱<sup>[10]</sup>。此外,如果将较多的DMU放在一起组成参考集时,“同类型”反映的不够充分,但若将它们按一定特性分成几个子集,则每个子集内的DMU能较好地体现出“同类型”,这样做往往能够得到一些有用的信息<sup>[11]</sup>。这也是本研究只讨论西部12省会城市用水效率的一个重要原因。

1.1.2 DEA模型选取 DEA最具代表性的模型有 $C^2R$ 、 $BC^2$ 、 $FG$ 、 $ST$ 等<sup>[12]</sup>。 $C^2R$ 模型假设规模报酬不变(constant return scale,简称CRS),利用线性规划方法求得效率前沿边界即数据包络面,进而计算每一决策单元(DMU)的相对效率。 $BC^2$ 模型假设规模报酬可变(variable return scale,简称VRS),在 $C^2R$ 模型的基础上增加了凸性假设 $\sum \lambda_k = 1$ ,从而将技术效率(也称综合效率)分解为纯技术效率和规模效率两部分<sup>[13]</sup>。 $C^2R$ 模型可以用来衡量整体效率,但无效率时,可能是技术因素造成的也可能是规模因素使然。本研究拟通过研究西部12省会城市水资源利用效率,探究该区水资源效率低下的原因,因此,详细地了解纯技术效率和规模效率以期从规模上和技术上进行改进

显的很有必要,因此采用 BC<sup>2</sup> 模型进行分析。

DEA 模型按计算方向分为投入主导型和产出主导型,两者经济学的本质相同,关注的侧重点不同。本研究旨在通过研究西部地区水资源的利用效率达到合理利用水资源的目的,即在保证产出不变的情况下,减少水资源和其它要素的投入。而且,把西部 12 省会城市当做决策单元时,对投入要素的控制要比产出要素的控制更加实际,因此,选择投入主导型 DEA 方法。

设有  $n$  个决策单元,每个决策单元有  $m$  项投入  $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}$  和  $s$  项产出  $y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj}$  (其中  $x_{ij}, y_{ij} > 0$ ),  $\lambda_j$  是各省投入和产出的权向量。对于投入主导型的 BC<sup>2</sup> 模型而言,每个决策单元 DMU<sub>*i*</sub> 都有相应的效率评价指数  $\theta$ , 满足:

$$\begin{cases} \min \theta \\ s. t. \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0 \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \leq y_0 \\ \sum \lambda = 1 \\ \lambda \geq 0, (j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (1)$$

公式 (1) 计算出的是各省水资源利用的纯技术效率值 (PTE), 去掉凸性假设求解得到的是各省水资源利用的技术效率值 (TE)。

### 1.2 Malmquist 生产力指数

BC<sup>2</sup> 模型只能在短期内对西部各省会城市水资源的利用效率进行研究。

Malmquist 生产力指数由 Malmquist 提出,他利用距离函数的比值来计算投入指数。Fare, Grosskopf, Lindgren 和 Ross 仿照 Fisher 理想指数的构造方法,构造了从  $t$  期到  $t+1$  的 Malmquist 生产率指数,用以客观衡量技术效率变动、技术变动和全要素变动之间的关系<sup>[14]</sup>。

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \times \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

式中:  $D^t(x^t, y^t), D^t(x^{t+1}, y^{t+1})$  ——指以  $t$  期的技术为参考(即以  $t$  期的数据为参考集)时,  $t$  期和  $t+1$  期的决策单元的距离函数;  $D^{t+1}(x^t, y^t)$  和  $D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$  含义类似。

Fare 在 VRS 的假设下,将 Malmquist 生产力指数分解为技术效率变化 (Effch) 和技术变化 (Techch) 两部分,其中技术效率变化又可进一步分解为纯技术效率变化 (Pech) 和规模效率 (Sech) 变化。因此,公式 (2) 可以分解为:

$$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)}{D^t(x^t, y^t | VRS)} \times \left[ \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | CRS)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)} \times \frac{D^t(x^t, y^t | VRS)}{D^t(x^t, y^t | CRS)} \right] \times \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} = Pech \times Sech \times Techch \quad (3)$$

$M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) > 1$  表示生产率水平提高,反之相反。Techch 表示从  $t$  期到  $t+1$  期的技术生产边界的推移程度,即技术变动指数,又称为“前沿面移动效应”,且  $Techch > 1$  表示技术进步,反之相反<sup>[15]</sup>。Effch 表示从  $t$  期到  $t+1$  期的相对技术效率的变化程度,即技术效率变动指数,又称作“追赶效应”,并且,  $Effch > 1$  表示 DMU 在  $t+1$  期与  $t+1$  前沿面的距离相对于  $t$  期与  $t$  期的前沿面的距离较近,相对效率提高,反之相反。Pech  $> 1$  意味着管理的改善使效率发生了改进;反之相反。Sech  $> 1$  表示 DMU 从长期来看向最优规模靠近;反之相反。

## 2 实例分析

### 2.1 指标选取和数据来源

鉴于 DEA 的优缺点,在选取投入产出指标时,尽量避免指标间的线性相关性,兼顾数据的可获得性,同时参考其它文献中关于水资源效率的评价指标<sup>[3,7]</sup>,选取地区生产总值 (10<sup>4</sup> 元) 为产出指标,以固定资产投资总额 (10<sup>4</sup> 元)、用水总量 (10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>) 和用水人口 (10<sup>4</sup> 人) 作为投入指标  $x_1, x_2$  和  $x_3$ 。特别需要说明的是,兼顾数据的可获得性,这里以用水人口作为劳动力投入指标来考虑,实际上用水人口并不等同于劳动力人口。

结合西部 12 个省会城市的相关数据进行分析,数据的时间序列为 10 a (2000—2009 年),数据主要从《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》及中国统计局和水利部门相关统计网站获得。

对 12 省会城市的统计数据,运用 DEAP 2.1 软件,以投入为导向,先以 2008 和 2009 年的截面数据为代表进行分析,然后用 2000—2009 年这 10 a 的序列数据进行 Malmquist 生产力指数分析。

### 2.2 2008 和 2009 年西部各省会城市水资源利用效率分析

首先对西部 12 省会城市水资源综合利用效率进行分析,通过计算,得到 2008 年和 2009 年的效率值 (表 1)。

(1) 从综合效率的角度看,整体而言,西部 12 省会城市的综合效率平均值由 0.846 下降为 0.836,整体水资源利用效率在下降。2008 年,重庆、西宁、乌

鲁木齐和呼和浩特这 4 市达到了 DEA 有效, 即投入产出都达到了最优状态, 技术和规模效率都有效, 其它 8 市均为非 DEA 有效, 其中贵阳市的水资源综合利用效率最低, 仅为 0.682; 2009 年仍然是重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 市为 DEA 有效, 其它省份仍然是非 DEA 有效, 贵阳市的水资源综合效率

依然最低为 0.696。综合效率为 DEA 有效的城市的水资源利用效率有明显高于其它非 DEA 有效的城市。与 2008 年相比, 2009 年成都、昆明和银川市的综合效率均有下降, 其中昆明市的下降幅度最大, 降幅为 11.89%; 与此同时, 只有兰州市的综合效率增幅比较明显; 其它城市的变化不大, 基本保持稳定。

表 1 12 省会城市水资源综合利用效率

序号	省市	2008 年				2009 年			
		综合效率	技术效率	规模效率	规模收益	综合效率	技术效率	规模效率	规模收益
1	重庆	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
2	成都	0.778	0.967	0.804	递减	0.744	0.859	0.866	递减
3	贵阳	0.682	0.688	0.990	递减	0.696	0.704	0.990	递增
4	昆明	0.841	0.861	0.977	递减	0.741	0.752	0.986	递减
5	拉萨	0.794	1.000	0.794	递增	0.785	1.000	0.785	递增
6	西安	0.745	0.768	0.970	递减	0.758	0.783	0.968	递减
7	兰州	0.795	0.815	0.975	递减	0.849	0.858	0.990	递减
8	西宁	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
9	银川	0.757	0.760	0.996	递减	0.706	0.707	0.999	递减
10	乌鲁木齐	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
11	呼和浩特	1.000	1.000	1.000	不变	1.000	1.000	1.000	不变
12	南宁	0.758	0.884	0.857	递减	0.753	0.791	0.952	递减
13	平均值	0.846	0.895	0.947		0.836	0.871	0.961	

(2) 从纯技术效率层面上看, 2008 年, 除重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 市达到技术有效外, 拉萨也达到了技术有效, 说明拉萨市的各资源之间组合达到了最优, 而其它 7 市则需要进一步完善要素的投入结构。2009 年的情况与 2008 年的大致相同, 这说明了西部地区 2009 年在水资源的技术革新和各资源的组合配置上采取的措施效果不明显, 西部 12 省会城市还需要进一步优化产业结构。其中, 在非技术有效的城市里面, 成都、昆明、银川和南宁市的技术效率反而有所下降, 这说明技术革新和资源优化的速度小于衰败的速度, 这应该引起相关部门的重视。而贵阳、西安和兰州市相比 2008 年有了一定提高, 这说明贵阳、西安和兰州市在 2009 年加大了生产要素之间的调整并且取得了一定的成效, 但是技术革新和要素搭配还需要进一步改进和优化。

(3) 从规模效率的层面上看, 2008 年成都、贵阳、昆明、西安、兰州、银川和南宁市的规模效率均为递减, 说明这些城市的生产规模过大, 盲目地企图通过高投入带来高产出是不合理的, 这些城市应该考虑由粗放型向集约型转变, 通过资金、劳动力、水资源等要素的合理利用和配置来提高资源的利用效率, 实现经济的持续增长和资源的可持续利用。而拉萨市为规模收益递增, 说明拉萨地区有必要扩大生产规模, 增加投入会拉动产出的增加, 投入的越多, 产出的也会

越多, 投入的规模越大, 使得资金、劳动力、水资源等要素得到合理的利用和配置。其它 4 个城市由于已经达到最优组合, 故只需保持不变即是最优配置。2009 年贵阳市的投入规模在原来的递减状态降低到递增状态, 说明投入的规模有所减少, 因此有必要加大投入; 其它城市与 2008 年相同, 重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特市已经达到规模最优, 只需在原有基础上保持不变, 而成都、昆明、西安、兰州、银川和南宁市均应在原来基础上控制投入的规模, 以免造成资源的不必要浪费, 从而导致整体效率下降; 拉萨市应该进一步扩大生产规模, 增加资源的投入。

根据上面水资源利用效率的 DEA 有效性分析, 通过计算, 可以得到非 DEA 有效的决策单元(DMU)的剩余变  $S^-$  的取值, 即达到同等产出的情形下, 投入要素的可减少量(表 2)。根据非零松弛变量理论, 输出的松弛变量必为零<sup>[11]</sup>。故  $\gamma$  的松弛变量取值未列出。

对表 2 中水资源利用效率非 DEA 有效的城市在有效平面上进行投影和调整, 可以达到 DEA 有效。投影后的目标值根据表 2 可以计算出来, 这里不再列出。

以昆明市作为代表进行深入分析。2008 年昆明市的综合效率、技术效率和规模效率均为非 DEA 有效, 即该年度云南省的投入产出均未达到了最优状态。到 2009 年, 综合效率由 0.841 下降到 0.741, 技

术效率由 0.861 下降到 0.752, 规模效率由 0.977 上升到 0.986, 规模收益仍然为递减, 说明昆明市的水资源利用效率在 2009 年相较 2008 年在继续恶化; 技术的投入对水资源利用效率的作用更加不明显; 虽然昆明市在 2009 年控制了生产规模, 但是仍然没有达

到资源的最优配置, 应该继续缩小规模, 发展集约型产业, 控制资源的过度消耗和浪费。这与昆明市 2009 年的实际状况是吻合的。通过表 2 的结果可知, 为了达到同样的 GDP 产值, 昆明市 2009 年可以减少用水总量  $39\,908\,410\text{ m}^3$ 。

表 2 非 DEA 有效城市投入指标的松弛变量

序号	城市	2008 年			2009 年		
		$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_1$	$S_2$	$S_3$
1	重庆	0	0	0	0	0	0
2	成都	0	82 724. 140	510. 389	0	72 721. 114	362. 484
3	贵阳	0	0	0	0	0	17. 320
4	昆明	0	0	0	0	3 990. 841	0
5	拉萨	0	0	0	0	0	0
6	西安	0	0	0	0	13 338. 826	0
7	兰州	0	3 317. 710	0	0	4 790. 714	0
8	西宁	0	0	0	0	0	0
9	银川	0	0	0	0	322. 465	0
10	乌鲁木齐	0	0	0	0	0	0
11	呼和浩特	0	0	0	0	0	0
12	南宁	0	52 975. 395	118. 841	0	61 629. 178	0
13	平均值	0	11 584. 770	52. 436	0	13 066. 095	31. 650

注:  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  分别表示在同样的产出条件下, 固定资产投资总额( $10^4$  元)、全年供水总量( $10^4\text{ m}^3$ )和用水人口( $10^4$  人)的可减少量。

### 2.3 基于 Malmquist 生产力指数的西部省会城市水资源利用效率分析

运用 DEAP 2.1 软件对 2000—2009 年西部省会城市的序列数据进行 Malmquist 生产力指数分析。由于历史原因, 拉萨市的统计数据在年鉴中收录不全, 因此这里暂不考虑。通过计算, 得到了 11 省会城市分年和分省的全要素生产力指数及其分解的计算结果(表 3—4)。

表 3 2000—2009 年 11 省会城市水资源分年 TFP 指数及分解

年份	技术效率变化	技术变化	纯技术效率变化	规模效率	全要素生产率
2001	1.013	1.016	1.032	0.982	1.030
2002	0.226	4.953	0.533	0.424	1.118
2003	4.506	0.161	1.890	2.384	0.727
2004	1.000	0.981	0.993	1.007	0.981
2005	0.976	1.024	1.002	0.974	0.999
2006	1.014	0.990	1.033	0.982	1.004
2007	1.000	1.049	1.046	0.956	1.049
2008	0.827	1.039	0.870	0.950	0.859
2009	0.896	0.990	0.988	0.907	0.887
平均值	0.969	0.985	0.995	0.974	0.955

从西部 11 城市水资源利用效率的总体平均水平来看, 1999—2008 年的 10 a 间, 水资源的利用效率是呈衰退趋势的, TFP 指数值仅为 0.955。在这 10 a 中, 2001, 2002, 2006 和 2007 年分别出现了 0.3%, 11.8%,

0.4% 和 4.9% 的增长, 增长幅度不大; 其它 6 a 均为衰退, 其中 2003 年衰退最明显, 衰退率达到了 27.3%。2008 和 2009 年衰退率分别为 14.1% 和 11.3%, 各级部门必须采取措施控制这一趋势的继续恶化。

从技术效率变化(Effch)的角度看, 只有 2001 和 2006 年都出现了缓慢增长, 增长率分别为 1.3% 和 1.4%; 2004 和 2007 年为稳定不变; 其它年份均为下降。这说明了技术效率的变化是全要素生产率(TFP)增加的主要原因, 技术进步是制约我国西部省会城市资源利用效率的主导因素。对技术效率的进一步分解表明, 纯技术效率(Pech)在 2004—2009 年这 6 a 基本保持稳定, 2005—2007 年缓慢上升, 说明西部 11 省会加大了对水资源的管理力度; 而 2008—2009 年在衰退中保持着增长, 衰退情况得到了一定的控制, 说明相关部门在 2009 年加大了资源的管理, 但是仍然还有提升的空间; 而规模效率(Sech)普遍偏低, 只有 2003 和 2004 年的值大于 1, 这说明控制生产规模是西部地区提高水资源利用效率的重中之重。

从技术变化(Techch)的角度看, 这 10 a 的均值达到了 0.985, 说明技术变化的快慢直接影响到 TFP 的增长快慢, 水资源利用效率的提高依靠技术的进步是行之有效的方法, 技术成为制约西部省会城市水资源效率的主导因素。

从按城市分的 TFP 指数看, 在这 10 a 间, 只有西安市出现了正的增长率, 增长率为 4.5%, 其它 10 城

市均为衰退趋势。其中全要素生产力的提升主要是技术变化的结果, 技术效率的变化在很大程度上制约了西部地区水资源利用效率的提高。

表4 2000—2009年11省会城市水资源分城市 TBP 指数及分解

城市	技术效率变化	技术变化	纯技术效率变化	规模效率	全要素生产率
重庆	1.000	0.904	1.000	1.000	0.904
成都	0.948	1.004	0.934	1.015	0.952
贵阳	0.997	0.996	1.018	0.980	0.993
昆明	0.978	0.990	0.987	0.991	0.968
西安	1.031	1.014	1.028	1.004	1.045
兰州	0.994	0.987	1.002	0.993	0.981
西宁	0.943	0.983	1.000	0.943	0.927
银川	0.973	0.998	1.039	0.937	0.972
乌鲁木齐	0.933	1.004	0.959	0.974	0.937
呼和浩特	0.905	0.999	0.972	0.931	0.905
南宁	0.966	0.958	1.017	0.950	0.926
平均值	0.969	0.985	0.995	0.974	0.955

### 3 结论

(1) 从整体来看, 不论是 DEA 模型还是 Malmquist 指数方法都说明西部省会城市水资源利用效率低下, 需要改进。其中, 2008 和 2009 年重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 市达到了 DEA 有效, 水资源利用效率要稍微高些, 其它城市应该参考这 4 个城市的经验进行调整。特别是贵阳市, 因为地处山区, 经济条件比较落后, 生产效率不高, 提高水资源的利用效率尤为重要。

(2) 从综合效率的分解情况来看, 根据纯技术效率的变化情况可以将 12 省会城市分为 3 类: 一类是稳定型城市, 包括重庆、西宁、乌鲁木齐、呼和浩特和拉萨市; 二类为衰退性城市, 包括成都、昆明、银川和南宁市; 三类为缓慢增长型, 包括贵州、西安和兰州市。国家和相关部门应该加大对衰退性城市的技术革新和资源组合优化配置的力度。

(3) 国家和相关部门应该控制成都、昆明、西安、兰州、银川和南宁市这 6 个城市的生产规模, 过大的规模已经造成了这些地区资源的浪费, 应该努力调整产业结构, 使经济的增长方式从粗放型向集约型转变; 对重庆、西宁、乌鲁木齐和呼和浩特这 4 市的生产规模应该保持稳定, 实现经济的平稳较快发展; 而对贵阳和拉萨市, 这 2 市本身就是我国经济最落后的城市, 应该加大生产规模, 发挥规模效应, 增加投入会拉动地区的经济增长, 可对水资源的利用效率的提高起到一定作用。

(4) 从 2000—2009 年西部整体水资源利用效率在下降。全要素生产力指数对技术变化的依赖很明显, 说明了西部地区的技术落后是水资源利用效率低下的主要制约因素, 西部地区应该加大科技投入, 科学用水, 科学生产, 用技术的进步来推动资源的可持续利用。可以发现, 技术效率变化并未出现正增长, 因此, 优化产业结构, 加强水资源的内部管理, 也是提高水资源利用效率的一条必由之路。

#### [参考文献]

- [1] 腾讯网. 西南五省市干旱[EB/OL]. (2010-01-06) [2010-3-24]. <http://news.qq.com/z/2010/drought/index.htm>.
- [2] 沈满洪, 陈庆能. 水资源经济学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [3] 于法稳, 李来胜. 西部地区农业资源利用的效率分析及政策建议[J]. 中国人口·资源与环境, 2005, 15(6): 35-39.
- [4] 刘渝, 杜江, 张俊彪. 湖北省农业水资源利用效率评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2007, 17(6): 60-65.
- [5] 刘晓平, 李磊. 基于 DEA 的水资源承载力的计算评价[J]. 科技与管理, 2008, 10(1): 13-15.
- [6] 孙才志, 闫冬. 基于 DEA 模型的大连市水资源—社会经济可持续发展评价[J]. 水利经济, 2008, 26(4): 1-4.
- [7] Francisco J A, Ines H, Laura R. A modified DEA model to estimate the importance of objectives with an application to agricultural economics[J]. Omega, 2010, 38: 371-382.
- [8] 西部. 百度百科[EB/OL]. (2009-05-05) [2010-5-23]. [http://baike.baidu.com/view/52443.htm?fr=ala0\\_1](http://baike.baidu.com/view/52443.htm?fr=ala0_1).
- [9] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1-25.
- [10] 柴士改. DEA 若干局限性问题及解决方法探讨[J]. 今日财富, 2009(3): 185.
- [11] 盛昭翰, 朱乔, 吴广谋. DEA 理论、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [12] 吴文斌, 刘燕妮, 胡峥. 基于 DEA 模型的省际水资源利用效益比较[J]. 中国新技术新产品, 2008(7): 190-191.
- [13] 张娇, 殷群. 我国企业孵化器运行效率差异研究: 基于 DEA 及聚类分析方法[J]. 科学学与科学技术管理, 2010(5): 171-177.
- [14] 刘秉镰, 林坦, 刘玉海. 规模和所有权视角下的中国钢铁企业动态效率研究: 基于 Malmquist 指数[J]. 中国软科学, 2010(1): 150-157.
- [15] Jamaluddin M Y, David H. The efficiency of the National Electricity Board in Malaysia: An intercountry comparison using DEA[J]. Energy Economics, 1997, 19: 255-269.
- [16] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [17] 国家统计局城市社会经济调查总队. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009.