

---

# 环境约束下的用水绩效及收敛性分析

## —以浙江省 11 市为例

朱明 黄海蓉 徐晶晶

浙江理工大学 经济管理学院

**摘要：**将废水排放量作为非期望产出纳入 DEA 评价模型，分析了浙江省 2002—2010 年 11 个城市用水静态与动态绩效，进而探讨了浙江省用水绩效增长差距及其时间演变趋势。研究表明：浙江省用水绩效整体上呈递增趋势并在地域分布上发生显著变化；浙江省用水绩效提高主要受技术效率指数影响；从收敛性来看，发达城市、中等发达城市及浙江省整体表现为俱乐部收敛特征，经济规模、生活和生产用水管制力度、人口密度与实际利用外资等是影响条件收敛的主要原因。

**关键词：**环境约束，用水绩效，收敛性，浙江省

### 一、问题的提出

历史上，水资源一直被视为“免费日用品”，通常有近 50%的水被浪费掉，水资源利用效率较低。浙江省水资源在时间、空间分布上极不均衡，水资源紧缺已成为经济发展的制约因素之一，随着水资源需求日益扩大、水环境问题的日益突出，在水资源有限的前提下，提高水资源利用效率是解决水资源供需矛盾的关键，消除水资源危机的根本途径，最终实现社会的可持续发展。

国外的相关研究主要侧重于价格机制对于提高用水效率的作用，他们主要认为通过调价能够调节水资源配置与供需平衡（Stanley, 1982<sup>[1]</sup>；Narayanan, 1987<sup>[2]</sup>），而国内研究主要偏向水资源可持续利用<sup>[3]</sup>与区域配置<sup>[4]</sup>。对于定量研究用水绩效文章相对较少，水资源利用效率最初运用部门的水资源消耗同所产生的 GDP 比率衡量<sup>[5]</sup>。近年来运用 DEA 从全要素角度量化的应用日趋广泛，孙才志等（2008）选取生产生活用水、从业人员和固定资产投资作为输入指标，选取 GDP 作为输出指标分析大连市水资源使用效率，并从有效性角度分析大连市水资源—社会可持续发展存在的问题<sup>[6]</sup>。廖虎昌等（2011）从分析西部 12 省入手，运用 Malmquist 指数方法将水资源利用效率推向动态分析，并认为扩大生产规模优化产业结构是提高水资源效率的必经之路<sup>[7]</sup>。王学渊等（2008）采用随机前沿生产函数（SFA）方法测算了中国农业生产的灌溉用水效率，并利用 Tobit 模型对灌溉用水效率的影响因素进行了分析<sup>[8]</sup>。

上述研究存在两点不足：第一，均忽视用水带来的水环境污染问题（非期望产出）对于用水绩效的影响；第二，主要侧重于对于目前现状的测度和衡量，缺乏对于增长差异的变化态势分析。基于上述考虑，本文以浙江省 11 市<sup>①</sup>作为研究对象拟从以下作出拓展和完善：首先，将非期望产出作为投入指标纳入用水绩效测度框架；其次，通过 Malmquist 指数分析动态用水绩效；最后，研究浙江省用水绩效的收敛性，并进一步分析出其条件收敛性特征产生原因。

### 二、研究方法

#### （一）数据包络分析

数据包络法是利用数学规划技术，根据观察到的样本数据，建立分段线性最佳前沿面，并通过计算决策单元相对于前沿面最佳投入—产出的相对距离来确定其效率水平。DEA 相较其他方法的优势主要在于：首先，无需考虑投入产出之间的函数关系；其次，不需要预先设定估计参数和权重假设；最后，建立模型无需如 matlab 等要对数据进行无量纲化处理。DEA 最具代表性模型主要为 CCR 与 BCC，BCC 模型主要基于规模报酬可变的假设，CCR 在模型的基础上增加了凸性假设  $\sum \lambda_j=1$ 。设有  $n$  个决策单元  $DMU_j$ ，每个决策单元在某项经济活动中输入变量为  $x=(x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ ，输出变量为  $y=(y_1, y_2, \dots, y_m)^T$ ， $\lambda_i$  表示第  $i$  种类型输入的一种度量（或称之为权）。本文采用 BCC 模型分析，见式（1）：

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & s.t. \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j \leq \theta x_0 \dots (1) \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j \geq y_0 \\ & \sum \lambda_j = 1 \end{aligned}$$

其中， $\theta$  表示每个决策单元对应的效率评价指数， $\theta=1$  表示 DEA 有效，反之则无效。

## （二）Malmquist 指数动态分析

Malmquist 生产指数测度了  $t$  时期技术条件下，从时期  $t$  到  $t+1$  期的全要素生产率的变动情况，Malmquist 生产指数可以表示为式（2）：

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

Fare (1994) 在 VRS 的假设基础上又将 Malmquist 生产率指数分解为技术进步指数 (TECH) 和技术效率变化指数 (EFF)，其中技术效率变化指数也可进一步细分为纯技术效率变化 (PTEC) 和规模效率变化 (SEC)，具体分解见式（3）：

$$\begin{aligned} M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) &= \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)}{D^t(x^t, y^t | VRS)} \times \left[ \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | CRS)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)} \right. \\ &\times \left. \frac{D^t(x^t, y^t | VRS)}{D^t(x^t, y^t | CRS)} \right] \times \left[ \frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D^t(x^t, y^t)}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} = EFF \\ &\times TECH = PTEC \times SEC \times TECH \dots (3) \end{aligned}$$

EFF 表示技术变动，反映两个时期生产前沿面的移动，被称为“前沿面移动效应”或者“增长效应”，TECH 表示技术效率变动。PTEC 表示纯技术变动指数，表示在技术和规模不变的情况下，两个时期相对效率变化，以衡量决策单元生产活动是否更接近当期生产前沿面，这被称为“追赶效应”或者“水平效应”， $PTEC > 1$  表示在没有技术创新和规模变动的情况下，决策单元后一期的生产更接近于生产前沿面，相对效率有所提高，反之则没有提高。SEC 表示规模效率变动指数，这反映了决策单元两个时期规模收益状态的变化情况，这被称为“规模效应”，如果  $SEC > 1$  表示决策单元趋向长期的最佳规模水平， $SEC < 1$  表示决策单元偏离长期最佳规模。

### 三、浙江省用水绩效测度研究

#### (一) 指标体系及数据来源说明

本文基于有污染约束评价对 2002—2010 年浙江省 11 个地级市用水绩效及动态变化情况。本文选取评价参数指标包括投入指标全社会从业人员数（单位万人）、固定资产净值年平均余额（单位亿元）、生活用水量（单位万吨）、生产用水量（单位万吨）、工业废水排放量（单位万吨），而产出指标为各市生产总值（单位亿元）。所需数据均来自《浙江省统计年鉴》和《中国城市统计年鉴》。其中固定资产净值年平均余额和各市生产总值分别按照固定资产投资指数和 CPI，并以 2002 年为基期进行平减。

#### (二) 浙江省用水静态绩效

为比较 11 个市的用水绩效情况，根据公式计算出相应的用水绩效如表 1。

表 1 浙江省 11 市 2002—2010 年用水绩效

城市	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	平均
杭州市	0.578	0.616	0.682	0.738	0.86	0.938	1	0.962	1	0.819
宁波市	0.528	0.567	0.625	0.685	0.69	0.806	0.921	0.997	1	0.758
温州市	0.198	0.431	0.536	0.67	0.753	0.858	1	1	1	0.716
嘉兴市	0.598	0.812	0.785	0.728	0.828	0.858	1	1	1	0.845
湖州市	0.391	0.428	0.639	0.547	0.623	0.635	0.672	0.606	0.681	0.580
绍兴市	0.722	0.908	0.951	0.953	0.879	0.956	0.989	0.958	1	0.924
金华市	0.556	0.735	0.783	0.788	1	1	0.995	1	1	0.873
衢州市	0.745	0.789	0.653	0.98	0.927	0.888	0.882	1	0.87	0.859
舟山市	1	1	1	0.996	1	0.987	1	1	1	0.998
台州市	0.553	0.59	0.569	0.554	0.774	0.808	0.924	0.929	1	0.745
丽水市	1	1	0.992	0.977	1	1	0.97	0.933	0.966	0.982
发达市	0.435	0.538	0.614	0.698	0.768	0.867	0.974	0.986	1	0.764
中发达市	0.607	0.761	0.772	0.756	0.870	0.906	0.977	0.972	1	0.847
欠发达市	0.784	0.804	0.821	0.875	0.888	0.878	0.881	0.885	0.879	0.855

(1) 浙江省用水绩效水平得到显著提高。2002 年浙江省用水绩效只有舟山市和丽水市达到 DEA 最优，而到 2010 年全省除衢州市和丽水市外均为 DEA 有效；从用水绩效值来看，2010 年浙江省绝大多数市在研究期间用水绩效呈上升趋势，总体用水绩效比 2002 年改善了 53.11%，其中温州市用水绩效改善程度最高达到 405%，而丽水市和衢州市最近几年的用水绩效呈下降趋势，这大概是因为这两市经济增长属于粗放型，主要是依靠对资源的消耗带动经济发展的缘故所致；分经济发展水平比较，发达市、中发达市和欠发达市的改善程度依次递减，分别为 130.1%、64.7%和 12.1%。

(2) 浙江省用水绩效的地区分布格局产生显著变化。从 2002—2010 年总体平均值来看，用水绩效分别依发达市、中发达市和欠发达市递增。但是分时间年限阶段分析，2002—2006 年用水绩效欠发达市最高，中发达市次之，欠发达市再次之；而 2007—2008 年用水绩效水平由高到低变为中发达市、欠发达市和发达市；2009—2010 年，用水绩效格局最终转为发达市、中发达市

和欠发达市。这说明浙江省“811”环境污染整治行动（2004—2007年）和新三年行动（2008—2010年）关于污染减排及城乡污水等方面成绩斐然，从另一侧面也可看出，欠发达市在这两个阶段在经济发展的同时并没有保持水环境保护与经济发展的高度协调。

### （三）浙江省用水动态绩效及其构成

运用 EMS1.30 软件对浙江省 11 市 2002—2010 年进行 Malmquist 生产率指数分析并进行分解，通过结果可以反映资源在经济活动中利用效率动态变化大小和趋势。

表 2 2002—2010 年浙江省各市动态用水绩效均值

城市	技术效率	技术变化	纯技术效率	规模效率	水绩效指数
杭州市	1.183	0.911	1	1.183	1.077
宁波市	1.159	0.949	1	1.159	1.1
温州市	1.238	0.913	1.224	1.011	1.13
嘉兴市	1.03	1.024	1	1.03	1.055
湖州市	1.131	0.896	1.103	1.026	1.013
绍兴市	1.019	1.142	1	1.019	1.164
金华市	1.262	1.016	1.065	1.185	1.282
衢州市	1.179	0.964	1.03	1.145	1.136
舟山市	1	0.902	1	1	0.902
台州市	1.05	1.008	1.048	1.001	1.058
丽水市	1.048	1.042	1	1.048	1.092
发达市	1.193	0.924	1.075	1.118	1.102
中发达市	1.090	1.048	1.028	1.059	1.140
欠发达市	1.090	0.951	1.033	1.055	1.036
平均	1.115	0.976	1.041	1.071	1.088

由表 2 结果可知，2002—2010 年浙江省 11 市 Malmquist 指数均值为 1.088，略大于 1，用水绩效仍存在一定提高和改善的潜力。进一步从 Malmquist 指数分解来看，全省、发达市、中发达市和欠发达市的技术效率指数均值都大于技术变化指数均值，这说明浙江省用水绩效的提高主要是由技术效率提高影响。此外，通过用水绩效的技术效率分解分析，也可发现全省及不同发展水平市的规模效率指数均值均大于纯技术效率指数，且都大于 1，表示用水绩效的提高是由纯技术效率指数（PTEC）和规模效率指数（SEC）的改善综合影响所带动，浙江省各城市在用水方面形成“规模效应”且为用水绩效提高的主导因素。细分城市来说，杭州市、宁波市、金华市和衢州市的值相对较大，而其他值也均大于或等于 1，这说明浙江省 11 市用水规模扩大所带来的规模效益存在但并不显著；杭州市、宁波市、嘉兴市、绍兴市、舟山市和丽水市的 PTEC 均值为 1，这表示这六个城市纯技术效率不变，其他城市的 PTEC 均值大于 1，即存在“追赶效应”，此外也不难发现，各城市间的 PTEC 值不高并且差别不大，这可能是由于现有城市用水管理模式客观上不适应城市用水绩效的提高从而导致“追赶效应”不明显。

## 四、浙江省用水绩效收敛性分析

随着经济社会的日趋发展，浙江省各市会日益重视水资源利用效率的提高，而知识普及、技术效应、产业结构调整及后发优势的存在可能会使各市间的用水绩效差距缩小。为进一步考察浙江省 11 市用水绩效的差距是否会随着时间推移而出现收敛趋势，本文将在这部分研究用水绩效的收敛性（ $\sigma$  收敛、绝对  $\beta$  收敛和条件  $\beta$  收敛）。

(一)  $\sigma$  收敛

$\sigma$  收敛方法通过分析区域间某一变量标准差的分布情况，从而进行用水绩效的静态差距的收敛性判断。标准差随时间而减小，意味着区域间该变量的差异越来越小，区域间存在  $\sigma$  收敛。浙江省用水绩效标准差值越大表示各市之间工业用水绩效差距越大。在考察的 9 年中，浙江省的变异系数保持缩小的趋势，这说明浙江省内各市的用水绩效差距在缩小。但就不同发展水平的各市而言，欠发达市的变异系数始终最大，这说明欠发达市内部的用水绩效差距一直较大，但仍就显示出差距缩小的趋势。中发达市变异系数在 2005 年前大体保持上升趋势，在 2005 年之后开始下降，而发达市在 2005 年前与中发达市呈相反趋势，在 2005 年后内部变异系数下降，差异也逐渐缩小。

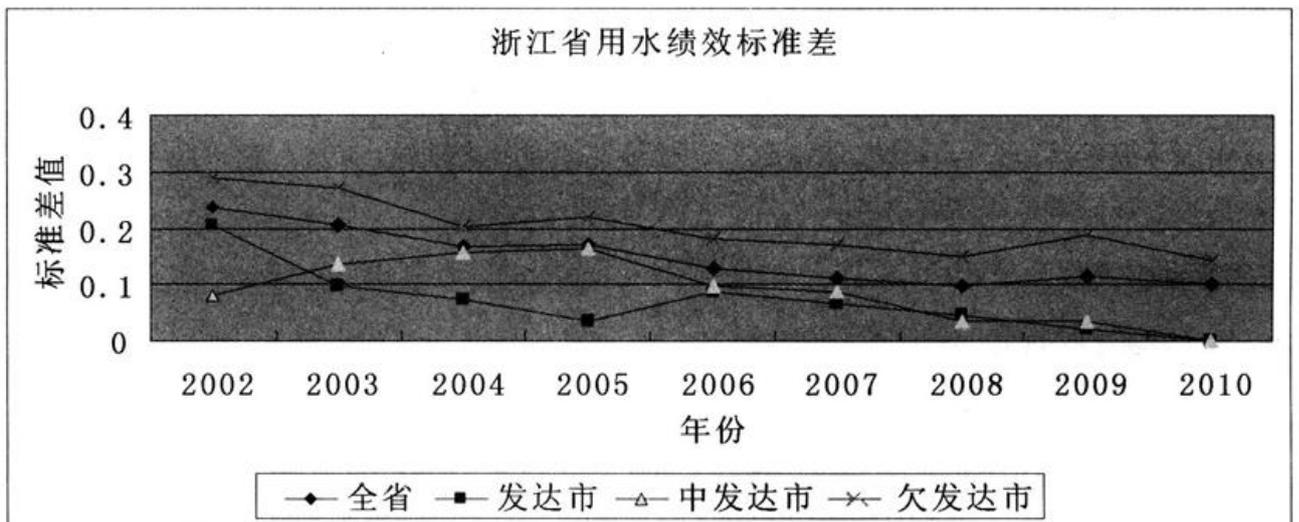


图 1 浙江省用水绩效标准差的演化趋势

(二) 绝对  $\beta$  收敛

本文借用 Martin (1996) 关于  $\beta$  收敛的含义来介绍收敛的横截面分析的方法。其模型是：

$$\Delta M_{i,t} = \frac{\ln(y_{i,t+T}/y_{i,t})}{T} = a + \beta \ln(y_{i,t}) + \zeta_{i,t} \dots (4)$$

$\Delta M_{i,t}$  是指从  $t$  到  $t+T$  时期地区  $i$  的用水绩效指数年均增长率， $\ln(y_{i,t})$  是地区  $i$  在时间  $t$  的用水绩效的对数值， $\zeta_{i,t}$  为误差项。如果  $\beta < 0$  则表示存在绝对的  $\beta$  收敛，即用水绩效水平较低地区增长速度快于用水绩效较高地区。

俱乐部收敛：如果说  $\sigma$  收敛和绝对  $\beta$  收敛检验均是收敛的，则认为该地区呈现“俱乐部收敛”，也就是说该地区用水绩效指数的增长差距正在逐步缩小。

表 3 用水绩效绝对  $\beta$  收敛检验

	全省	发达市	中发达市	欠发达市
系数	-0.353 2***	-1.451 3***	-0.414 5*	-0.388 3
T 统计量	-5.34	-3.59	-2.56	-1.69
R2	0.402 9	0.531 0	0.290 2	0.177 6
是否收敛	收敛	收敛	收敛	不显著

注:\*\*\*、\*\* 和 \* 分别表示 10%、5%和 1%的显著性水平。

由表 3 可见,以全省进行收敛检验,  $\Delta M_{i,t}$  的回归系数  $\beta$  为负数,且在统计上显著,这表明全省范围内用水绩效显著收敛,浙江省总体存在绝对收敛趋势,用水绩效的增长差距逐渐减小。分经济水平看,发达市和中发达市  $\beta$  值均显著为负,这表明发达市和中发达市的内部差距有缩小的趋势,而欠发达市未通过显著性检验。绝对  $\beta$  收敛检验的结论和  $\beta$  收敛检验的结论相互验证,本文可以判断出浙江省、发达市与中发达市呈现“俱乐部收敛”特征,内部用水绩效增长差距长期内是否会完全消失。

(三) 条件  $\beta$  收敛

进行相对  $\beta$  (也称条件  $\beta$ ) 收敛检验的一个简洁方法是运用 Panel Data 固定效应方法,它能够设定截面和时间固定效应,因此考虑了不同个体有不同稳态值,也考虑了个体自身稳态值能随时间的变化而变化。

$$\ln(y_{i,t+1}/y_{i,t}) = \alpha + \beta \ln(y_{i,t}) + \gamma IS_{i,t} + \lambda ES_{i,t} + \theta E^2_{i,t} + \delta SH_{i,t} + \phi SL_{i,t} + \phi RKMD_{i,t} + \omega FDI_{i,t} + \mu_{i,t} \dots (5)$$

$\ln(y_{i,t+1}/y_{i,t})$  表示  $i$  地区用水绩效增长率的平均值,  $\ln(y_{i,t})$  为各地区用水绩效初始水平值,  $IS_{i,t}$  为地区工业产值占地区 GDP 比重,这可反映产业结构调整对用水绩效收敛的影响;  $ES_{i,t}$  表示地区经济规模,这用人均 GDP 的对数值表征;  $SH_{i,t}$  和  $SC_{i,t}$  表示地区对生活和生产用水的管制程度,变量选取生活和生产用水的排放达标率加以替代说明;  $RKMD_{i,t}$  表示地区人口密度;  $FDI_{i,t}$  表示地区利用外资对于用水绩效收敛性的作用,用地区实际利用外资占地区 GDP 的比重表示,  $\alpha$  为常数项,  $\mu_{i,t}$  为误差项。

该模型表示,如果系数  $\beta$  为负数,则表示存在条件  $\beta$  收敛  $\gamma$ 、 $\lambda$ 、 $\theta$ 、 $\delta$ 、 $\phi$ 、 $\omega$  而分别表示个控制变量的回归系数。对于用水绩效的条件收敛模型的固定效应回归结果如表 4:

表 4 用水绩效条件  $\beta$  收敛检验

变量	全省	发达市	中发达市	欠发达市
绩效初始水平(M0)	-0.308 7*** (-5.97)	-0.320 5*** (-7.48)	-0.110 3* (-1.64)	-0.276** (-2.12)
经济结构(IS)	0.167 5 (0.69)	-0.155 (-0.97)	-0.167 (-1.20)	-0.087 (-1.10)
经济规模(ES)	-1.60** (-1.93)	-0.555* (-1.52)	-0.743** (-2.09)	-1.708* (-1.61)
经济规模平方项 (ES2)	0.079* (1.91)	0.182* (1.50)	0.024** (2.36)	0.064** (2.61)
生活水管制(SHWS)	0.015* (1.17)	0.036* (1.29)	0.002* (1.10)	0.009* (1.12)

续表 4

变量	全省	发达市	中发达市	欠发达市
生产用水管制(SCWS)	0.046 (1.24)	0.022* (1.59)	0.053 (1.45)	0.032 (1.27)
人口密度(RKMD)	-0.053* (1.63)	-0.039* (1.39)	-0.014* (1.35)	0.041* (1.43)
实际利用外资(FDI)	-1.01* (-1.51)	-1.09* (-1.62)	0.611 (1.47)	-0.897 (-2.08)
常数项(CONS)	0.87** (2.07)	-0.187 (0.274)	0.588* (2.13)	0.891 (0.63)
R2	0.442	0.552	0.346	0.478
F 值	7.535**	10.403**	4.29*	8.09*

注:数据结果由 stata11.0 计算而得。

浙江省用水绩效包括发达市、中发达市和欠发达市的用水绩效变量的系数  $\beta$  均为负并且通过了 5% 和 1% 的显著性检验,也就是说不管是整体还是局部均呈现条件  $\beta$  收敛。各地区在经济规模、生活生产用水管制力度、人口密度和外商直接投资等方面的差异是影响浙江省用水绩效增长差距的重要原因,具体来说,通过结果可以看出 ES 系数为负、 $ES^2$  系数为正,这说明经济规模与用水绩效条件收敛呈正“U”型关系;加大生活用水排污管制力度有助于浙江省用水绩效增长的收敛,发达市由于经济发展需求,工业废水排放量较大,因而有必要加大对生产用水的管理强度;人口密度对于全省、发达市和中发达市缩小用水绩效差距均产生抑制作用,而对于欠发达市却产生了正面作用,这说明人口密度对欠发达市能够在一定程度上推动用水绩效增长差距收敛,但是当经济发展水平提高后反而会抑制内部用水绩效收敛性;外商直接投资对用水绩效的收敛性产生负面影响,而中发达市和欠发达市由于外商直接投资程度不高,从而影响并不显著;经济结构在全省和不同发展水平市均为通过显著性检验,这说明产业结构调整对于缩小用水绩效差距作用不显著,这可能是由于本文将工业产值占 GDP 的比值作为经济结构的替代变量,而在现实生活中居民生活用水、服务业以及农业灌溉等水浪费和水污染现象较为严重。

## 五、结论

文将废水排放量作为投入纳入全要素生产率评价模型,以浙江省 2002—2010 年 11 市为样本,分析用水静态与动态绩效,并在此基础上探讨了长期收敛趋势。本文主要结论有:(1)浙江省用水绩效水平在样本期内得到显著提高,并在分布格局上发生了显著变化。(2)从动态水绩效 Malmquist 指数及其分解可知,浙江省用水绩效的提高主要是由技术效率提高影响,技术进步指数对用水绩效作用并不明显,是制约用水绩效提高的主要因素。(3)通过技术效率指数进一步分解来看,浙江省各市正向规模最优化方向发展,但是“追赶效应”不显著。(4)浙江省全省范围、发达市与中发达市表现为俱乐部收敛特征,欠发达市不存在绝对收敛从而会呈发散趋势,经济规模、生活和生产用水管制力度、人口密度和实际利用外资等各控制变量的综合作用使浙江省及不同发展水平区域存在较为明显的条件收敛趋势。

本文的政策意义主要在于:第一、要提高用水绩效,在着力于降低水耗强度的同时也应加大对于生活污水排放和减排的管理;第二、要加强对节水和用水技术的投资力度,由于技术进步对于提高用水绩效作用还不显著,再依据“十二五”规划的发展目标,浙江省应开发利用高效适用的工艺和技术提高工业企业用水水平,为经济保持稳定持续发展提供重要支撑;第三、必须重视经济发展与用水绩效的协调性,“高增长、高污染”的赶超型经济增长必然会诱致巨大的水污染和浪费行为,此外,浙江省及各级政府还需进一步甄别、引导并优化外商直接投资,提高外资企业用水绩效,最终实现环境友好的区域经济平衡发展目标。

---

[基金项目]浙江省新苗人才计划项目“浙江省纺织企业环境绩效评估研究”(14530031661266),浙江省科技计划创新团队建设及人才培养项目(2011 F20029)。

①注:为研究浙江省各城市用水量绩效与经济的关系,采用有序样本最优分割法,根据11个城市的GDP将其分为三类:发达市,包括杭州市、宁波市与温州市;中发达市,包括绍兴市、嘉兴市、台州市与金华市;欠发达市,包括舟山市、湖州市、丽水市与衢州市。

#### [参考文献]

- [1]Stanleyrh, Luikenrl.Water Rate Studies and Making Phi—losophy[J].Public Works, 1982 (5) : 70—73.
- [2]Naraynanr, Beladi H. Feasiblity of Seasonal Water Pricing/Considering Metering Costs[J]. Water Resources Re—search.1987, 23 (6) : 1091—1099.
- [3]冯宝平,张展羽,贾仁辅.区域水资源可持续利用机理分析[J].水利学报,2006,(1):16—20.
- [4]韩宇平,阮本清,解建仓.多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J].资源科学,2003,(4):37—42.
- [5]Turton.Water Scarcity and Social Adaptive Capacity: To—wards an Understanding of the Social Dynamics of Water Demand Management in Developing Countries”, MEWREW Occasional N09.Water Issues Study Group. School of oriental and African studies (SOAS) .
- [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,(4):1—4.
- [7]廖虎昌,董毅明.基于DEA和Malmquist指数的西部12省水资源利用效率研究[J].资源科学,2011,(2):273—279.
- [8]王学渊,赵连阁.中国农业用水效率及影响因素——基于1997—2006年省区面板数据的SFA分析[J].农业经济问题,2008,(3):10—18.
- [作者简介]朱明(1988—),男,江苏淮安人,硕士研究生,主要研究方向为环境绩效与区域经济发展;黄海蓉(1978—),女,江西吉安人,副教授,主要研究方向为国际贸易与产业组织理论;徐晶晶(1990—),女,浙江永康人,硕士研究生,主要研究方为全要素生产率与产业发展。