

# 多目标多层次的水资源产权价值量化研究

陆菊春<sup>1</sup>, 盛代林<sup>2,3</sup>

(1.武汉大学 经济与管理学院, 湖北 武汉 430072; 2.深圳市水务局, 广东 深圳 518036;  
3.重庆大学 管理学院, 重庆 400030)

摘 要: 在分析现有水资源产权价值量化模型不足的基础上, 从自然因素、经济因素、社会因素3方面着手, 提出了基于模糊数学的多目标多层次的水资源产权价值量化模型, 并以深圳市为例进行了实证研究, 模型方法具有可操作性。

关键词: 水资源; 产权; 产权价值

中图分类号: F062.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7348(2007)01-0044-03

水资源产权, 简称为水权, 是水资源所有权、水资源使用权、水产品与服务经营权等与水资源有关的一组权利的总称, 是调节个人、地区与部门之间水资源开发利用活动的一套规范。水资源作为一种资源性资产, 它有着资源性资产的共性, 但又有其特殊性。如何对水资源产权进行价值量化, 是水资源产权管理的重要内容<sup>[1]</sup>。

## 1 现有水资源产权价值量化模型及存在的问题

随着水资源价值理论研究的不断发展, 水资源产权价值量化模型也得到了极大发展, 出现了多种量化模型。

(1) 影子价格模型。该模型从资源的有限性出发, 以资源充分合理分配并有效利用为核心, 以最大经济效益为目标进行资源价格的测算, 是对资源使用价值的定量分析。该模型在使用中存在以下问题: 影子价格与生产价格、市场价格差别很大, 它只反映某种水资源的稀缺程度和水资源与总体经济效益之间的关系, 因此, 它不能代替水资源本身的价值。由于水资源长途运输的不经济性, 目前尚无国际竞争价格, 在国内, 只有近几年才赋予了自然资源象征性价格(即水法中所称水资源费), 因此, 通过国际国内水资源市场价格调整来获得水资源影子价格是困难的。理论上可以通过求解线性规划来获得水资源影子价格, 但是实践上存在很大困难, 世界上还没有完全由理论计算得出的影子价格<sup>[2]</sup>。

(2) 边际机会成本模型。边际机会成本模型(Marginal Opportunity Cost, 简称 MOC)是指从经济角度对资源利用的客观影响进行抽象和度量的一个有用的工具。MOC将资源与环境结合起来, 从经济学的角度来度量使用资源所付出的代价, 弥补了传统的资源经济学中忽视资源使用所

付出的环境代价以及后代人或者受害者的利益缺陷。但该模型在使用中也表现出一些缺陷: 由于水资源来源——降水的不确定性、水资源用途的多样性、水资源的不可替代性、水资源供求的区域性及水资源利用对自然环境的影响目前尚难全面把握, 计算较为困难。缺乏可比性, 难以进行时空分析和从宏观上把握水资源价格变化。忽略了水质, MOC没有考虑水资源的质, 这是它最大的缺陷<sup>[3]</sup>。

(3) 供求定价模型。美国 L.Daughlas. James 和 Robert.R. Lee 提出了供水定价模型, 他们认为供水是商品, 符合下列公式:

$$Q_2 = Q_1 \times \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^E$$

式中,  $Q_2$  为调整水价后的用量;  $Q_1$  为调整价格前的用量;  $P_1$  和  $P_2$  分别为原水价和调整后水价;  $E$  为水资源价格弹性系数。

供求价格模型有其优点, 首先是公式简单, 数据容易获得; 其次, 它适应市场经济的大环境, 人们也容易接受。但供求价格模型也存在以下问题: 仅通过水资源量来决定水资源产权价值, 这是不完善的。水资源的价格与用水功能有着密切的关系, 该公式中没有考虑用水功能。水资源价格没有考虑污水排放, 忽略了生态影响。

基于以上分析可知, 到目前为止, 如何量化水资源产权价值一直是人们研究的热点。

## 2 多目标多层次的水资源产权价值量化模型

### 2.1 水资源产权价值量化的影响因素

影响水资源产权价值的因素是多方面的, 涉及到众多领域, 而且各因素之间相互影响、相互作用, 因此研究水资

收稿日期: 2006-04-05

作者简介: 陆菊春(1970-), 女, 副教授、博士, 研究方向为投融资; 盛代林(1956-), 男, 深圳市水务局副局长, 博士研究生, 研究方向为水资源管理。

源产权价值必须将水资源放在多维空间中进行研究。纵观构成水资源产权价值的多方面因素, 可以将其归为 3 类: 自然因素、经济因素、社会因素<sup>[4]</sup>。

(1) 自然因素。自然因素是决定水资源产权价值的重要因素, 如水资源所处的地理位置, 当地的降水程度、蒸发量, 水资源的丰度和品质, 水资源的开发条件及时空分布等, 这些自然因素决定了水资源态势, 它从整体上决定了水资源供求数量和质量, 对水价有着极其重要的影响。因此自然因素主要考虑水量、水质及水资源的开发程度 3 方面。

(2) 经济因素。经济因素在水资源价值形成过程中具有不可或缺的地位, 无论水资源态势怎么强, 如果不去开发利用, 不与经济因素结合起来, 水资源的经济价值就无法体现, 充其量表现为生态价值。水资源与社会经济的有效结合, 是水资源价值产生的源泉。经济的发展在一定程度上造成了水资源的危机, 影响着水资源的价值。因为一方面经济发展离不开水资源, 需要消耗大量的水资源。另一方面, 经济活动产生了大量废水污染了水资源, 导致水资源功能下降, 使有限的水资源更加短缺, 不仅影响经济的发展, 而且改变水资源的价值。经济因素可从社会经济发展水平和产业结构两方面具体地表示, 社会经济发展水平用人均 GDP 衡量; 产业结构用工业万元产值耗水、农业主要作物水分生产率表示。

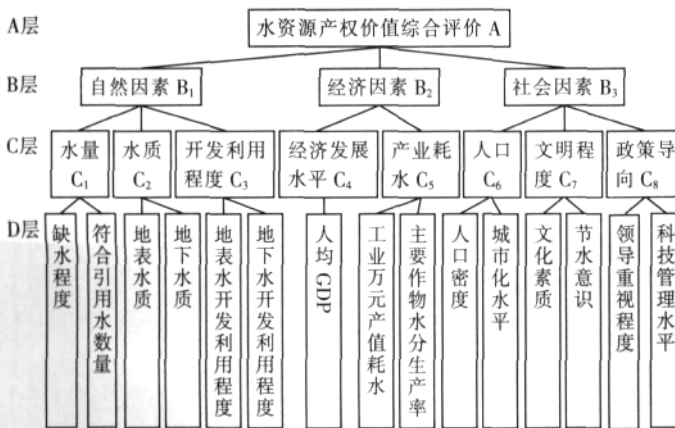
(3) 社会因素。社会因素在水资源价值形成过程中同样占有重要地位, 水利工程的兴建、水资源勘测、水资源管理等, 都要投入一定的人力和物力, 使水资源凝聚了人类的劳动, 因而具有劳动价值。同时水资源价值的形成受到政策的影响, 在某些领域水资源属于公共产品, 如城市供水, 它具有社会属性, 在这些领域, 水资源表现的价值并不能完全反映本身的价值, 政策性倾斜导致水资源价值偏低。因此社会因素主要体现在人口、社会文明程度和政策导向等方面。

2.2 水资源产权价值量化的指标体系

根据水资源产权价值的影响因素分析, 可得到水资源产权价值量化的综合评价指标体系见附图。

2.3 多目标多层次的水资源产权价值量化模型

水资源产权价值系统是一个复杂且模糊的系统。它是



附图 水资源产权价值量化的综合评价指标体系

自然资源、社会系统、经济系统相互影响、相互作用、相互耦合的系统。水资源产权价值系统是模糊系统, 因为描述水资源产权价值所需要的参数具有模糊性, 如“水污染严重”、“水资源丰富”等都是不确切的概念。处理这样的复杂系统, 运用常规的数学模型是难以如意的, 它适宜于用多目标多层次的模糊评价方法进行处理<sup>[9]</sup>。

多目标多层次的水资源产权价值量化模型构成如下:

(1) 因素分类。根据水资源价值的影响因素, 将因素分为 m 类:  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 。设每个因素子集  $u_i$  有 n 个因素, 即:  $u_{ij} = (u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{in})$ ,  $u_{ij}$  ( $i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$ ) 为第 i 类因素的第 j 类因素, 各类因素的数目可以不同。

(2) 确定指标权重集。根据各类因素的重要程度, 采用层次分析法确定指标权重。设第 i 类因素  $u_i$  的指标权重为  $w_i$ , 则因素类指标权重集为:  $w = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 。第 i 类因素的第 j 类因素的权重为  $w_{ij}$ , 则因素权重集为  $w_i = \{w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}\}$ 。

(3) 建立评价集。设评价集为  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_p\}$ ,  $V_k$  表示第 k 个评价标准 ( $k=1, 2, \dots, p$ ), 根据水资源价值评价的实际, 设  $V = \{\text{高、较高、中等、较低、低}\}$ , 分为 5 个评价等级。

(4) 确定各指标的隶属度。隶属度的确定是多级模糊综合评价的关键问题之一, 由于指标有定量和定性之分, 因而隶属度的确定方法也不相同。

第一, 定量指标隶属度的确定。水资源资产产权价值评价指标体系中, 属于定量指标的有缺水程度、饮用水数量、地表水质、地下水水质、人均 GDP、工业万元产值耗水、主要作物水分生产率、人口密度等, 通过调查收集有关资料, 采用升、降半梯形函数的方法, 确定各指标的隶属度。

第二, 定性指标隶属度的确定。在水资源资产产权价值量化分析中, 水资源开发程度、文化素质、节水意识、领导重视程度、科技管理水平等属于定性指标, 对定性指标隶属度的确定, 采用专家打分的方法确定。通过划分等级,  $V = \{\text{高、较高、一般、较低、低}\}$ , 对应分值分别为  $R = \{1.0, 0.8, 0.5, 0.2, 0\}$ , 邀请水利系统及环境、经济方面的专家对上述指标打分, 打分时只要求在 5 个评语级别上认为最合适的地方打钩, 然后将各位专家的打分表进行汇总, 取平均值作为所求的隶属度。

(5) 多层次的模糊综合评价。设第 i 类因素的第 j 个因素隶属于第  $V_k$  评价集的隶属度为  $r_{ijk}$ , 第 i 类因素的综合评价结果为:

$$B_i = W_i \cdot R_i = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{in}) \cdot \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \dots & r_{i1p} \\ r_{i21} & r_{i22} & \dots & r_{i2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{in1} & r_{in2} & \dots & r_{inp} \end{bmatrix} = (b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{ip})$$

为了考虑各类因素的综合影响, 还必须在各类因素之间进行综合评价, 二级模糊综合评价为:

$$B = W \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \dots \\ B_m \end{bmatrix} = W \cdot \begin{bmatrix} w_1 \cdot R_1 \\ w_2 \cdot R_2 \\ \dots \\ w_m \cdot R_m \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_p)$$

$b_k$  即为二级模糊综合评价, 它表示评价对象按所有各类因素评价时, 对评价集中第  $k$  个元素的隶属度。

(6) 确定水资源资产产权的价格。运用上述多级评价模型所得到的水资源产权综合价值评价, 是一个无量纲的向量, 必须通过如下公式转换为水资源资产的价格:

$$Y=B \times S$$

式中:  $Y$  为水资源资产的价格;  $B$  为水资源价值模糊综合评价结果;  $S$  为水资源资产价格向量。

水资源资产价格向量采用社会承受能力的方法加以确定。水资源资产价格的上限就是最大水费承受指数时水资源资产的价格, 可表示为:

$$\text{水资源资产价格上限 } S = \frac{\text{最大水费承受指数} \times \text{实际收入}}{\text{用水量}}$$

供水成本及利润

按照不同地区的经济发展水平, 最高的社会承受能力作为价格向量的上限  $S$  按照等差间隔将其划分为价格向量,  $S=[S, S_1, S_2, S_3, 0]^T$ , 由此可得到水资源资产产权的价格。

### 3 实例分析——深圳市水资源产权价值量化

#### 3.1 指标的相关数据及处理

根据水资源产权价值量化模型的指标体系, 结合深圳市水资源的实际情况, 以 2004 年的统计数据为基础, 得到有关数据: 总供水量为 148 984 万  $m^3$ , 人均 GDP 为 50 045 元 (只包括常住人口), 工业万元产值耗水 8.3 $m^3$ /万元, 主要作物水分生产率为 0.87 $kg/m^3$ , 人口密度 3 596 人/ $km^2$ , 现在深圳市属于严重缺水城市, 水质良好, 水资源开发程度较高, 人们的文化素质和节水意识较强, 科技管理水平较高。

根据水资源产权价值量化的指标体系, 运用层次分析法确定各指标的权重, 见附表。

附表 评价指标的权重

指标	分指标	分指标	D 层对总目标的权重	
水资源 产权价值 综合评价 A	$B_1$ (0.5389)	$C_1$ (0.5)	$D_1$ (0.5) 0.1347	
			$D_2$ (0.5) 0.1346	
	$B_2$ (0.2972)	$C_2$ (0.25)	$D_3$ (0.5)	0.0674
			$D_4$ (0.5)	0.0674
		$C_3$ (0.25)	$D_5$ (0.5)	0.0674
			$D_6$ (0.5)	0.0674
	$B_3$ (0.1639)	$C_4$ (0.4)	$D_7$ (1.0)	0.1188
			$D_8$ (0.5)	0.0892
$C_5$ (0.6)		$D_9$ (0.5)	0.0892	
		$D_{10}$ (0.6)	0.0491	
$C_6$ (0.5)		$D_{11}$ (0.4)	0.0328	
		$D_{12}$ (0.5)	0.0205	
$C_7$ (0.25)	$D_{13}$ (0.5)	0.0205		
	$C_8$ (0.25)	$D_{14}$ (0.5)	0.0205	
		$D_{15}$ (0.5)	0.0205	

#### 3.2 多目标多层次量化计算结果

根据多层次量化公式, 计算如下:

$$B=W \cdot \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = W \cdot \begin{bmatrix} w_1 \cdot R_1 \\ w_2 \cdot R_2 \\ w_3 \cdot R_3 \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_5)$$

$$=(0.4100, 0.3512, 0.2192, 0.0196, 0)$$

$b_k$  即为二级模糊综合评价, 它表示评价对象按所有各类因素评价时, 对评价集中第  $k$  个元素的隶属度。水资源资产价值属于高的隶属度为 0.41, 属于较高的隶属度为 0.35, 说明深圳市水资源价值属于较高以上等级。

#### 3.3 水资源资产的价格

确定水资源资产价格向量的关键是制定水资源资产价格的上限, 根据对 2003 年深圳市人均收入的调查, 包括外来务工人员在内, 人均月收入为 3 500 元。家庭用水平均为 3.5 $m^3$ /人·月, 水费承受指数为 0.03, 供水成本及利润为 0.4 元/ $m^3$ , 则水资源资产价格上限为:

$$S=0.03 \times \frac{3\,500}{3.5 \times 12} - 0.4=2.10$$

将  $S$  进行等差间隔, 得到水资源资产价格向量为:

$$S=(2.100, 1.575, 1.05, 0.525, 0)$$

则水资源资产价格为:

$$Y=B \cdot S=(0.4100, 0.3512, 0.2192, 0.0196, 0) \cdot (2.100, 1.575, 1.05, 0.525, 0)^T=1.6546$$

目前深圳市水价为 2.337 元/ $m^3$ , 包含资源水价、工程水价和环境水价。从计算结果可知, 水资源资产价格是可行的, 是水价的重要组成部分。

### 4 结 语

水资源资产价值的量化是水资源研究的难点, 本文通过对水资源资产价值的影响因素分析, 建立了多目标多层次的水资源资产价值量化模型, 为水资源资产价值的量化提供理论基础。并以深圳市水资源资产价值量化为例进行了实证研究, 表明模型方法是可行的。

参考文献:

[1] 姜文来. 水资源价值论[M]. 北京: 科学出版社, 1998.45-50.

[2] Collins D. Water Reforms and Farm Incomes in the Southern Murray-Darling Basin. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics. Canberra, 1996, 78-82.

[3] Hansen, W.J., National Economic Development Procedures Manual Recreation Volume 4 Evaluating Changes in the Quality of Recreation 31 Jul.1998, 56-60.

[4] 王坚. 水资源的价值及其影响因素分析[J]. 山西水利科技, 2003, (8): 87-89.

[5] 冯文娟, 李见. 抚州市城区水资源价值模糊综合评价[J]. 江西水利科技, 2002, (3): 24-26.

(责任编辑: 赵贤瑶)