

# 基于价值—价格模糊模型的东雷二期 抽黄水资源定价研究

边豪,朱满林

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048)

**摘要:** 水资源作为维持人类生存和发展的重要资源,其定价保证了人们合理高效利用水资源。本文针对水资源定价问题展开研究,以东雷二期抽黄为例,采用模糊数学的方法,全面考虑水价制定过程中的影响因素,建立水价模糊综合评价模型,研究水资源价值评价和水价计算。科学制定东雷二期抽黄水资源水价,实现区域水资源高效利用和经济社会全面发展。

**关键词:** 水资源;价值;价格;模糊模型

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2013)01-0164-04

## Study on water resources pricing of the second phase II Donglei of Pumping from the Yellow River based on value-price fuzzy model

BIAN Hao, ZHU Manlin

(Northwest Key Laboratory of Water Resources and Environment Ecology Ministry Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Water resources is an important resource to sustain human survival and development and its pricing ensures the rational and efficient use. This paper researched water pricing problem, took the Yellow River Water of phase II Donglei as an example, applied the fuzzy mathematics method, completely considered influence factors in the process of water price formulation, set up fuzzy comprehensive evaluation model and studied the value evaluation of water resources and water price calculation. Finally, the paper scientifically made a price for water of the second phase Donglei pumping project from the Yellow River and realized high efficient utilization of regional water resources, and economic and social development.

**Key words:** water resources; value; price; fuzzy model

## 0 前言

随着经济社会的持续快速发展,水资源短缺问题已成为我国经济社会发展的重要制约因素,但在水资源短缺的同时,存在着严重的水资源浪费问题,进一步加剧了水资源的供需矛盾<sup>[1]</sup>。这个现象表明,水资源优化配置不仅要采取宏观调控手段,还要通过水价制度这一经济手段<sup>[2]</sup>,按照市场规律引导人们合理高效用水。

目前比较常用的水资源水价计算模型主要有平均成本定价模型、承载力水价模型、影子价格模型及供求定价模型4种水价定价模型。随着水资源问题的复杂性增强,以上模型在实际应用中存在不足之

处<sup>[3-5]</sup>:影子价格与生产价格、市场价格差别很大,它只反映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。直接法在理论上可行,在实际工作中由于涉及面广、工作量大、数据量要求大,模型参数选定较困难,通过数学规划来求出影子价格的可行性小。由于水资源长途运输性和国内市场的垄断性,也很难通过市场水资源价格调整来获得源影子价格。尽管影子价格有关理论为解决水资源价值开拓了新思路,并在实践中有证,但由于有难以克服的困难,使得其应用受到了限制。

水资源价格不仅与量有关,更重要的是与水质有关<sup>[6]</sup>,只从量的方面考察水资源价格是片面的,

收稿日期:2012-09-14; 修回日期:2012-11-08

作者简介:边豪(1986-),男,陕西安康人,硕士研究生,主要研究方向为工程项目管理与系统工程应用。

通讯作者:朱满林(1960-),男,陕西西安人,教授,硕士生导师,主要从事供水工程理论与技术研究。

边际机会成本模型(MOC)没有考虑资源的质是它最大的缺陷之一<sup>[7]</sup>。承载力水价和供求价格模型,结构单一,前者只考虑了用户承受能力对水价的影响,而后者只考虑了水量对水价的影响,水影响因素考虑不全面。水资源利用中过度地取用天然水资源和废水的排放都会对水的生态环境造成影响,为了水资源的可持续利用,在水价中应体现水资源利用中对水生态环境影响的补偿。在基本水价模型中,没有考虑资源利用的外部成本。实际应用的过程中,由于水价模型本身局限性,使得在解决问题中受到很大的限制。基于以上水价模型,进行实地调查和专家经验相结合,本文采用模糊数学的方法进行水价计算,全面考虑水价制定过程中的影响因素,建立水价模糊综合评价矩阵,实现水资源价值评价和水价计算。

## 1 水价计算模糊数学模型

水价计算模糊数学模型由水资源价值评价模型和水资源价格计算模型两部分组成<sup>[8]</sup>。

### 1.1 水资源价值评价模型

水资源具有自然属性、社会属性和经济属性,因此构成水资源价值的因素也必然包括自然因素、社会因素和经济因素 3 个方面<sup>[9]</sup>。自然因素是决定水资源价值的重要因素之一,它决定了水资源态势,即水资源的丰度和品质,水资源的开发条件和特性;经济因素对水资源价值具有重要影响,主要包括产业结构、规模、用水效率、国民生产总值等;社会因素主要包括技术、人口、政策、文化历史背景等。水资源价值模型为<sup>[10]</sup>:

$$V = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (1)$$

式中:  $V$  为水资源价值;  $x_1 \sim x_n$  分别为影响水资源价值的各因素。

将构成水资源价值的各因素设为论域  $U$ ,  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。设  $W$  为评价向量,  $W = \{\text{高, 偏高, 一般, 偏低, 低}\}$ 。根据模糊数学原理,确定水资源价值评价模型为:

$$V = A \circ R \quad (2)$$

式中:  $A$  为  $x_1 \sim x_n$  的权重值;  $R$  为由单因素评判矩阵所组成的综合评价矩阵,在计算过程中,模糊算子一般取“ $\wedge$ ”或“ $\vee$ ”进行计算。

在水资源价值评价过程中,需要确定指标权重向量,本文采用的是专家咨询打分的 AHP 方法进行,同时,根据模糊数学的方法,确定升(降)半体梯形隶属度函数。

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & R_{14} & R_{15} \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & R_{24} & R_{25} \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & R_{34} & R_{35} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n1} & R_{n2} & R_{n3} & R_{n4} & R_{n5} \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 1.2 水价计算模型

运用式(2)算出的结果  $V$  是水资源价值的综合评价,它是一个无量纲向量,因此必须将其转换为价格,转化模型为:

$$W_{\text{水价}} = V \times S \quad (4)$$

式中:  $W_{\text{水价}}$  为水资源价值的折算价格;  $V$  为水资源价值的综合评价结果;  $S$  为水资源价格向量,水资源价格向量的确定采用社会承受能力法,承受能力包括物质与心理两个方面,物质承受能力在分析社会综合承受能力中占有重要地位,因此,其可以用水费承受指数代替,其计算公式为:

$$A = E_w / I_s \quad (5)$$

式中:  $A$  为水费承受指数;  $E_w$  为水费支出;  $I_s$  为实际收入。在此可以认为,水资源价格应该与水费承受指数相对应,水资源价格的上限,就是当水费承受指数达到最大值时的水资源价格。它可以用下式来表示:

$$P = A_{\max} \times \frac{E}{C} - D \quad (6)$$

式中:  $P$  为水资源价格上限;  $A_{\max}$  为最大水费承受指数;  $E$  为平均收入;  $C$  为用水量;  $D$  为供水成本。由此可知,水资源价格应该在  $[P, 0]$  之间。根据实际情况,将其进行等差间隔,可得到水资源价格向量:

$$S = (P_1, P_2, P_3, P_4, 0)$$

## 2 东雷二期抽黄水价计算

### 2.1 相关因素综合评价

(1) 参数选择。东雷二期抽黄灌区节余水量和交口抽渭水权置换水量有效配置过程中,受到多种因素的影响,因此,在水价确定过程中影响因素是多方面的,但在模糊数学模型参数的选择中不可能将全部因素纳入,那样会降低模型的可操作性。因此,按照有代表性、可定量性、独立性、简易性各原则。本文选择东雷二期抽黄区域的水质、水资源量、国内生产总值四项指标,在水资源价格计算模型中,选择了用水功能(水费指数)、供水成本等参数。

(2) 水质模糊综合评价。通过对东雷二期抽黄区域的水质检测,主要污染物和含量详见表 1。

根据模糊综合评价隶属度函数,确定各水质指标隶属评价等级隶属度,详见表 2。

表1 主要污染物及含量 mg/L

季节	石油类	生化需氧量	高锰酸钾指数	挥发酚	氨氮
春季	0.035	2.040	3.410	0.001	0.285
夏季	0.047	0.161	4.186	0.001	0.117
秋季	0.030	1.740	3.562	0.001	0.134
冬季	0.048	1.460	4.842	0.001	0.413
平均	0.039	1.850	4.000	0.001	0.237

表2 水质指标隶属评价等级隶属度表

级别	I	II	III	IV	V
石油类	0.001	0.009	0.000	0.000	0.000
生化需氧量	0.000	0.008	0.002	0.000	0.000
高锰酸钾指数	0.000	0.006	0.004	0.000	0.000
挥发酚	0.000	0.088	0.012	0.000	0.000
氨氮	0.000	0.075	0.025	0.000	0.000

采用专家打分方法确定各因子的权重,水质因子权重计算结果见表3。

表3 水质因子权重计算结果

因子	石油类	生化需氧量	高锰酸钾指数	挥发酚	氨氮
权重	0.209	0.177	0.200	0.205	0.209

对隶属度矩阵与水质各因子权重进行复合运算,并归一化,可得水质的单因素模糊评价:

$$R = (0 \quad 0.085 \quad 0.015 \quad 0.000 \quad 0.000)$$

(3) 水资源量模糊综合评价。根据“国际人口行动”提出的《可持续水-人口和可更新水的供给前景》报告中采用的人均水资源评价标准:人均水资源量少于1 700 m<sup>3</sup>的国家为用水紧张国家;人均水资源量少于500 m<sup>3</sup>的国家为严重缺水国家。东雷二期灌溉供水工程设计年引水量4.92亿 m<sup>3</sup>/a,自1997年开灌以来,累计引水量6亿 m<sup>3</sup>。据统计2006年总供水量1.81亿 m<sup>3</sup>。年最大供水量2.01亿 m<sup>3</sup>,开灌初期灌区用水量较小,2000年供水量仅1461万 m<sup>3</sup>,确定水资源量评价标准的最大值为5.0亿 m<sup>3</sup>。以1亿 m<sup>3</sup>为基准,最大值进行等差间隔,得到最小值后,确定出评价标准的最小值,然后在最大值和最小值之间再次进行等差间隔,确定出其余几个评价标准。水资源量评价标准见表4。

表4 水资源量评价标准表

级别	高	较高	中等	较低	低
水量级别	小	较小	中等	较大	大
标准值	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000

根据以上计算方法计算得到模糊综合评价结

果:

$$R_{\text{水资源量}} = (0.000 \quad 0.177 \quad 0.823 \quad 0.000 \quad 0.000)$$

(4) 国内生产总值评价。东雷二期抽黄灌溉实现灌区粮食单产由灌溉前的不足200 kg增加到目前的750kg左右,增产粮食5.4亿 kg;农民种植经济作物的积极性明显提高,粮食作物与经济作物的种植比例调整到75:25,复种指数由110%提高到168%。2001年至2010年,灌溉受益区农业总产值累计13.29亿元,比灌溉前增加8.3亿元。

参照上述计算方法可得灌区国内生产总值模糊评价结果为:

$$R_{\text{国内生产总值}} = (0.106 \quad 0.894 \quad 0.000 \quad 0.000 \quad 0.000)$$

(5) 水资源价值模糊综合评价。将以上4个因素的模糊评价结果综合起来,可以得到水资源模糊综合评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.085 & 0.015 & 0 & 0 \\ 0 & 0.177 & 0.823 & 0 & 0 \\ 0 & 0.102 & 0.898 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

在水资源价值模糊综合评价中,权重的确定采用专家咨询法与经验相结合的办法,水质和水资源量为水资源自然因素,在水资源供需矛盾尖锐的前提下,按照相对重要程度,进行打分,确定权重,各项指标权重计算结果见表5。

表5 各项指标权重计算结果

项目	水质	水量	满意程度	生产总值
权重	0.286	0.164	0.198	0.352

由此可得到水资源价值模糊综合评价结果:

$$V = A \circ R$$

$$= (0.286 \quad 0.164 \quad 0.198 \quad 0.352) \begin{bmatrix} 0 & 0.085 & 0.015 & 0 & 0 \\ 0 & 0.177 & 0.823 & 0 & 0 \\ 0 & 0.102 & 0.898 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$= (0 \quad 0.251 \quad 0.534 \quad 0 \quad 0)$$

将结果归一化可得:

$$V = (0 \quad 0.320 \quad 0.680 \quad 0 \quad 0)$$

## 2.2 水资源价格向量的确定

确定水资源价格向量的关键是确定水资源价格的上限。据2010年资料统计,东雷抽黄灌区总人口为67.5万人,人均收入3 350元。灌区平均每人每日生活用水量为125 L/d,年人均生活用水量为45.7 m<sup>3</sup>/a。水费承受指数以0.03计<sup>[11]</sup>,结合抽黄灌区供水财务成

本0.915元/m<sup>3</sup><sup>[12]</sup>,则水资源价格上限为:

$$P = A \times \frac{E}{C} - D = 0.33 \times \frac{3350}{45.7} - 0.915 = 1.28$$

根据价格划分模型,将1.28进行等差间隔,间差为0.32,得到水资源价格上限的价格向量为:

$$S = (1.28 \quad 0.96 \quad 0.64 \quad 0.32 \quad 0)$$

根据以上结果,结合水资源价格计算公式,得到结果如下:

$$W_{\text{水价}} = V \times S$$

$$= (0 \quad 0.32 \quad 0.68 \quad 0 \quad 0) \begin{bmatrix} 1.28 \\ 0.96 \\ 0.64 \\ 0.32 \\ 0 \end{bmatrix} = 0.74$$

通过计算,在考虑水质、水量、社会因素及经济因素的综合影响基础上,东雷二期抽黄灌区节余水量和交口抽渭缓建置换水资源价格为0.74元/m<sup>3</sup>;再加入对供水单位的单位供水成本及利润0.915元/m<sup>3</sup>的考虑,理论水资源价格为1.655元/m<sup>3</sup>。

### 3 结 语

本文建立了水资源水价模糊综合计算模型,以东雷二期抽黄为例,研究了水资源定价问题,对水资源价值进行了评价和价格计算,计算的水量价格为1.655元/m<sup>3</sup>,而现行水价0.752元/m<sup>3</sup>,计算结果与实际情况有一定差距,其原因在于将水利事业办成了公益事业,无偿或低价供水而使得工程投资长期得不到偿还,因此,许多工程长期带病运行,供水能力下降,渠系水利用系数减小,以致灌溉效益低,灌

区面积逐渐萎缩,因此,在充分考虑农民承受能力的基础上,建立科学合理的农业水价形成机制,可提高农民的节水意识,促进农业灌溉方式的转变,实现水资源高效利用。

### 参考文献:

- [1] 王高旭,陈敏建.我国水资源配置研究的发展与展望[J].水资源与水工程学报,2009,20(5):1-4.
- [2] 水价制度与我国的水资源定价[J].内蒙古农业大学学报(社会科学版),2007,9(1):101-103.
- [3] 姜文来,武霞,林桐枫.水资源价值模型评价研究[J].地球科学进展,1998,13(2):178-183.
- [4] 蒋剑勇.水资源价值模型综述[J].水利水电科技进展,2005,25(1):61-63.
- [5] 辛长爽,金锐.水资源价值及其确定方法研究[J].西北水资源与水工程,2002,13(4):15-17.
- [6] 沈大军.水价理论与实践[M].北京:科学出版社,1999.
- [7] 陈祖海.基于边际机会成本理论的水资源定价实证分析[J].中南民族大学学报(自然科学版),2003,22(4):75-77.
- [8] 董胜男,孙秀玲,徐晓儒.模糊可变评价模型在水资源价值评价中的应用[J].人民黄河,2009,31(11):54-55.
- [9] 傅春,胡振鹏.水资源价值及其定量分析[J].资源科学,1998,20(6):1-7.
- [10] 胡岩,曹升乐,赵然杭,等.水资源价值模糊评判模型[J].山东大学学报(工学版),2003,33(3):341-345.
- [11] 王浩,阮本清,沈大军.面向可持续发展的水价理论与实践[M].北京:科学出版社,2003.
- [12] 梅宁,安栋.东雷抽黄灌区水价改革探讨[J].现代农业科技,2010(5):269-270.