

【水资源】

青岛市水资源价值模糊综合评价

赵平萍^{1,2} 温小虎¹ 毕延凤^{1,2} 王 勇¹

(1. 中国科学院 烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要: 选取水质、人均水资源量、人均 GDP、人均替代水资源量 4 个评价指标, 建立了青岛市水资源价值模糊数学模型, 并设定青岛市未来 3 种发展模式, 计算了其资源水价。结果表明: 青岛市的资源水价为 6.031 元/m³; 未来 10 年在快速发展、零发展、可持续发展模式下的资源水价分别为 6.550、6.031、5.793 元/m³; 若仅追求经济增长, 青岛市资源水价将快速上涨, 水资源对社会经济发展的制约作用将加大。

关键词: 水资源; 模糊评价; 发展模式; 青岛市

中图分类号: TV213.4 文献标识码: A doi: 10.3969/j.issn.1000-1379.2010.07.030

水资源是人类生存和社会经济发展最重要的基本要素和战略资源。随着社会经济的快速发展与人口的急剧增长, 水资源短缺已成为经济发展和社会进步最主要的制约因素之一^[1-2]。青岛市位于山东半岛南端, 总面积为 10 654 km², 其中市区面积为 1 159 km²。多年平均降水量为 688.2 mm, 水资源总量为 22.1 亿 m³。2007 年全市总人口为 750 万, 人均水资源量为 313 m³, 远低于世界极度缺水标准 500 m³/人, 是全国缺水最严重的城市之一。在可利用水量有限的情况下, 如何维持水资源的可持续利用已成为青岛市可持续发展需要解决的重要战略问题^[3]。

调整水价对节水、提高水资源利用效率以及保护水资源有积极作用, 是解决水资源供需矛盾的重要方法。认识当前社会经济发展状况下的水资源价值对实现水资源可持续利用具有重要意义^[4]。水资源价值系统具有复杂性和模糊性, 笔者采用模糊数学模型^[5]对青岛市水资源价值进行综合评价, 核算了当前形势下水资源价值的折算价格(资源水价), 以期合理制定水价提供依据。

1 研究方法

1.1 水资源价值模糊综合评价

水资源价值受自然、社会和经济等因素影响, 分析这些因素就可以确定评价指标及其等级标准, 计算水资源价值评价的隶属度:

$$R_{ij} = f(X_1, X_2, \dots, X_m; Y_1, Y_2, \dots, Y_n) \quad (1)$$

式中: $X_1 \sim X_m$ 为 m 个评价指标; $Y_1 \sim Y_n$ 为 n 个等级标准; R_{ij} 为构成水资源价值评价隶属度矩阵 R 的元素, 可根据升(降)半梯形分布建立一元线性函数得到^[6]。

水资源价值评价还需要各评价指标对水资源价值的影响权重 A , 一般采用专家咨询与经验相结合的方法获取。由此可以计算综合价值为

$$V = AR \quad (2)$$

1.2 资源水价计算

将水资源价值的综合评价转换为价格:

$$W_{\text{水价}} = VS \quad (3)$$

式中: $W_{\text{水价}}$ 为资源水价; S 为水资源价格矩阵。

水资源价格的确定需要考虑居民对水费的承受能力、居民收入、居民用水量以及供水成本等因素。综合以上各因素, 可计算水资源价格的上限:

$$P = Z_{\max} \frac{E}{C} - D \quad (4)$$

式中: P 为资源水价上限; Z_{\max} 为水费最大承受指数; E 为人均年收入; C 为用水量; D 为单位供水成本及正常利润。用等差间隔的方法将资源水价区间 $[0, P]$ 划分为 5 等份, 即可得到水资源价格矩阵:

$$S = [P \quad 0.75P \quad 0.5P \quad 0.25P \quad 0]$$

1.3 评价指标选取与权重设置

评价指标的选取需要考虑其代表性、独立性和可操作性。根据青岛市实际及掌握的材料情况, 笔者选取水质(X_1)、人均水资源量(X_2)、人均 GDP(X_3) 和人均替代水资源量^[7](X_4) 为评价指标, 将各指标划分为高、较高、一般、较低、低 5 个级别(见表 1)。

水质评价标准参照 GB3838—2002 地面水环境质量标准; 人均水资源量评价标准是结合全国各省(区、市)水资源量的统计数据以及青岛市水资源量实际情况得到的; 人均 GDP 评价标准确定的主要依据为《中国统计年鉴》和各个省(区、市)的统计数据; 替代水资源量是指海水替代淡水资源的量, 根据青岛市的人均水资源量及水紧缺指标确定。

收稿日期: 2009-11-17

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-224-04)。

作者简介: 赵平萍(1984—), 女, 山东莱阳人, 硕士研究生, 研究方向为水资源与水环境。

E-mail: zhaopingping999@126.com

表1 水资源价值评价指标及其分级标准

评价等级	X_1	X_2/m^3	$X_3/元$	X_4/m^3
高	I	200	26 000	100
较高	II	900	22 000	200
一般	III	1 600	18 000	300
较低	IV	2 300	14 000	400
低	V	3 000	10 000	500

表2 各评价指标的隶属度

评价等级	X_1	X_2	X_3	X_4
高	0.023 3	0.838 6	1	1
较高	0.133 7	0.161 4	0	0
一般	0.247 2	0	0	0
较低	0.154 0	0	0	0
低	0.441 8	0	0	0

作为极度缺水的城市,人均水资源量评价指标是最重要的,赋予权重为0.40;目前海水利用产业规模小、技术水平和装备制造能力低,海水替代淡水量很低^[7],赋予权重为0.10;水质指标与人均GDP指标的权重值均取0.25。因此,权重 $A = [0.25 \ 0.40 \ 0.25 \ 0.10]$ 。

1.4 发展模式设置

在经济快速发展情况下,水资源短缺状况日益加剧,虽然社会节约用水、保护水资源的意识在增强,但是水质在短期内很难得到普遍改善。青岛市水资源开发利用程度较高,以地下水资源为例,全市每年地下水实际开采量为5.09亿 m^3 ,占可开采资源量的79.91%,高于山东省平均开采水平^[8]。而青岛市的总人口仍处于增长趋势,人均可利用水资源量在不断减少。青岛市人均GDP水平在全国范围内处于较高水平,10年后人均GDP标准值的隶属度不变,仍为(1 0 0 0)。预计到2015年青岛市的海水淡化能力为38万 m^3/d ,人均不足100 m^3 ,隶属度为(1 0 0 0)。4个评价指标的隶属度在未来10年不会发生大的变化。

在水资源价值综合评价中,重新设定各评价指标的权重。考虑到未来10年大力发展海水替代淡水资源是必然趋势,海水利用量必然大幅增长,海水利用对水资源价值的影响增大,人均替代水资源量指标赋权重为0.15。另外3个评价指标对水资源价值的影响有以下3种模式。

(1) 快速发展模式。忽视对水资源的保护及合理配置,认为只要交纳水费就可以无限量使用水资源,使得水资源短缺形势更为严峻。此时,人均水资源量指标对水资源价值的影响增加,赋权重为0.45,水质指标及人均GDP指标的权重值分别赋为0.15、0.25。

(2) 零发展模式。维持经济社会发展的现有格局及规模,仅以海水利用替代淡水资源维持经济社会发展对水资源的增长需求。此时,水质、人均水资源量指标的权重仍为0.25和0.40不变,人均GDP指标的权重变为0.20。

(3) 可持续发展模式。提高水资源利用效率、优化配置水资源,使得在现有水资源量一定的情况下水短缺危机得到缓解;重视生活质量,对水质的要求提高。此时,水质、人均水资源量、人均GDP指标权重分别为0.30、0.30、0.25。

2 结果与分析

根据《青岛市2007年水资源公报》、《青岛市“十一五”水资源综合利用发展建设规划》等公布的数据,得到各评价指标的隶属度,见表2。 X_2 、 X_3 、 X_4 对高等级隶属度均较高,推测青岛市水资源价值较高。

将以上得到的权重和模糊评价矩阵进行复合运算得到 $V = [0.691 \ 3 \ 0.098 \ 0 \ 0.061 \ 8 \ 0.038 \ 5 \ 0.110 \ 4]$ 。水费承受指数按0.03计,由式(3)、式(4)、式(5)可得到青岛市2007年合理的资源水价为6.031元/ m^3 。与国内同类城市相比^[9-10],青岛市资源水价要高出很多。考虑水质、水量及社会经济因素的综合影响,这个价格是合理的。

计算3种发展模式下的资源水价,在快速发展模式下,水资源价值增加很快,资源水价由6.031元/ m^3 增长为6.550元/ m^3 ,增长了8.61%,说明水资源短缺形势更为严峻。零发展模式下,资源水价不变。可持续发展模式下,依靠提高水资源利用效率、优化产业结构、合理配置水资源、鼓励节约用水等手段使得水资源短缺危机得到缓解,水资源对经济社会发展的制约减小。

各评价指标对资源水价的影响大小不同,其中人均GDP及人均替代水资源量对资源水价的影响较大,水质指标的影响最小,其影响能力取决于评价指标的隶属度。如人均GDP指标的高等级隶属度为1,其权重改变很小即可引起资源水价的较大变化。而水质指标高等级、较高等级的隶属度只有0.023 3和0.133 7,权重的改变对资源水价影响较小。个别指标对最后结果的影响太大,说明现有的模型是不完善的。解决办法有两个:一是选取更多的评价指标,构造更精细的模型;二是创新权重设置方法。

3 结 语

(1) 选取水质、人均水资源量、人均GDP、人均替代水资源量4个评价指标,建立了青岛市水资源价值模糊数学模型,计算出2007年青岛市的资源水价为6.031元/ m^3 。考虑到青岛市水质、水量、GDP、替代水源的实际情况,这个价格是合理的。

(2) 分析了4个评价指标未来10年的变化趋势,设定青岛市未来的3种发展模式为快速发展模式、零发展模式、可持续发展模式。计算出青岛市在3种发展模式下10年后的资源水价分别为6.550、6.031、5.793元/ m^3 。青岛市若加强水资源保护力度,提高水资源利用效率,则资源水价在未来相当长的时间内是稳定的。若一味地追求经济增长,资源水价将快速增长,水资源对社会经济发展的制约作用将越来越大。

参考文献:

[1] M F Franklin, H L Annette, A Ilan, et al. Liquid Assets: An Economic Approach for Water Management and Conflict Resolution in the Middle East and Beyond [M]. Washington: RFF Press, 2005.
 [2] 宋序彤. 可持续用水发展状况的国际比较 [J]. 中国给水排水, 2008(24): 5-8. (下转第70页)

求。西安市浐河田家湾水源地水质污染超过Ⅲ级标准,超标项目主要为石油类、总磷和总氮。水库型水源地总体水质较好,西安市黑河、石砭峪水源地个别时段水质中总氮、总磷超过Ⅲ级标准,黑河金盆水库存在公路交通运输事故污染影响等问题。地下水水源地水质基本达到《地下水质量标准》Ⅲ级标准要求,总体水质较好,西安市段村水源地水质污染超标,超标项目为总大肠菌群数。

3 河流湿地生态景观维护

3.1 基本思路

结合地质地貌特征和水资源现状,维护多样性的河流湿地生态景观,要在秦岭生态环境保护 and 关中经济区及渭河生态景观改善的时代条件和宏观背景下,坚持自然优先、因地制宜、协调共生的原则,以自然地理及社会经济发展形成的天然区域和水系流域为单元,将水系整治与生态景观维护结合起来,从流域整体上协调河流与周边生态系统、自然环境及社会经济发展的关系,加强秦岭生态功能区水源涵养、水土保持、生物多样性保护,适时实施河道基流生态调度;在峪口外至河口段,尊重自然河流生境,适时设立河流湿地景观生态功能区,开展峪口外沟道及防洪治理、河道生态林与河岸交通廊道等工程建设,实现秦岭北麓多样性河流湿地生态景观功能的持续稳定和发展。

3.2 主要措施

(1) 构建河道基流生态调度条件。结合社会经济发展需求,建设李家河水库和引汉(汉江)济渭(渭河)、引乾(乾佑河)济石(石砭峪水库)、引红(红岩河)济石(石头河)、引嘉(嘉陵江)济渭(渭河)等水源配置工程,以及库峪、高冠峪、太平峪、蓝桥河、万军回、冯家湾、清峪、梨园坪、曹庙等中小型水库及引嘉济清工程等,研究优化供水工程联合调度和联网方案,探讨洪水资源化潜力,在保障城镇和粮食安全用水的同时,逐步构建秦岭北麓重要河道基流生态调度设施和条件。

(2) 设立河流湿地景观生态功能区。根据社会经济发展需求,逐步将秦岭北麓重要河流峪口外至河口段划定为河流湿地

景观生态功能区,实施严格的涉河建设和污染管理,进行综合治理和建设。

(3) 编制水系综合整治与景观生态保护规划。在全面调查水边生境的基础上,通过水系综合整治与景观生态保护规划,引导和协调诸河相关开发治理活动,促进形成西部原生态、中部人工自然高度共生、东部河湖分明的区域河流湿地生态景观特色。

(4) 实施峪口外沟道及防洪治理工程,保障城乡安宁。随着生产发展和持续的耕地建设,许多沟道已被改造利用,洪水期行洪断面不足,沟道砌护及生产交通桥梁等配套差,威胁着附近村庄安全。需要在沟道现状调查评估的基础上,结合水系综合整治与景观生态保护规划,实施峪口外沟道及防洪治理工程。

(5) 建设河道生态林及河岸交通廊道工程。在峪口外河道水边生境调查的基础上,在重要河流峪口外至河口段,建设一定宽度兼具地方特色和美感的岸边生态林,实施河岸交通道路工程,并与沿岸村镇及农村路网相协调。

(6) 建设人文历史遗迹及水绿斑块工程。在对地方历史文化发掘整理的基础上,结合景观生态保护规划,适度布设一些具有地方特色的人文历史遗迹及水域、绿地景观点,提升河流生态廊道的精神层感受,健全相关亲水配套设施,为人水和谐共生创造基础条件。

参考文献:

- [1] 陕西省环境科学研究设计院. 陕西秦岭北麓生态环境保护规划 [R]. 西安: 陕西省环境科学研究设计院, 2006.
- [2] 陕西省地震局. 秦岭北缘活动断裂带 [M]. 北京: 地震出版社, 1996.
- [3] 陕西省宝鸡市水利水土保持局. 宝鸡市水文实用手册 [R]. 宝鸡: 陕西省宝鸡市水利水土保持局, 1988.
- [4] 陕西省水文水资源勘测局. 陕西省水资源及其开发利用调查评价 [R]. 西安: 陕西省水文水资源勘测局, 2004.

【责任编辑 刘祺】

(上接第67页)

- [3] 吴佩林, 王学真, 高峰. 山东半岛城市群水资源与水环境问题及对策 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2007(4): 614-617.
- [4] 王文珂. 当前水价改革中迫切需要注意的问题 [J]. 中国水利, 2001(7): 22-23.
- [5] 刘增进, 王松林, 潘乐. 模糊数学模型在水价计算中的应用 [J]. 人民黄河, 2008, 30(7): 45-47.
- [6] 谢季坚, 刘承平. 模糊数学方法及其应用 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2006.

- [7] 高忠文, 蔺智泉, 王铎. 等. 我国海水利用现状及其对环境的影响 [J]. 海洋环境科学, 2008, 27(6): 671-676.
- [8] 徐军祥, 康凤新. 山东省地下水资源可持续开发利用研究 [M]. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [9] R Zhao, S Chen. Fuzzy Pricing for Urban Water Resources: Model Construction and Application [J]. Journal of Environment Management, 2008(3): 458-466.
- [10] 王媛, 徐锁. 应用模糊数学的方法计算天津市的资源水价 [J]. 国土与自然资源研究, 2003(3): 63-64.

【责任编辑 刘祺】