

水资源配置的和谐性分析

王济干¹ 张 婕¹ 董增川²

(1.河海大学国际工商学院 ,江苏 南京 210098 ;2.河海大学水资源环境学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 根据水资源配置的目标和原则 ,提出水资源系统和谐配置的概念 ,给出了水资源和谐度的计算方法 ,运用层次评判、综合分析等方法建立水资源和谐的评判矩阵 ,定量分析水资源配置的和谐性 ,并以实例说明 ,可通过对水资源配置和谐性的分析 ,达到对水资源配置实施控制的目的。

关键词 水资源配置 和谐性 和谐度

中图分类号 :TV212 文献标识码 :A 文章编号 :1000-198X(2003)06-0702-04

1 水资源配置的目标和原则

1.1 水资源配置的目标

水资源配置是指在一个特定的区域内 ,以可持续发展为总原则 ,对有限的、不同形式的水资源 ,通过工程与非工程措施在各用水户之间进行的科学分配^[1]。水资源配置的目标是 :通过工程及管理措施 ,对水资源在时间、空间、数量、质量以及用途上进行合理的分配 ,做到水资源的供给与社会、经济、生态对水资源的需求基本平和 ,使有限的水资源获得较好的综合效益 ,实现水资源的和谐配置 ,达到可持续发展的目标。水资源配置和谐性分析的主要内容和目标见图 1。

1.2 水资源配置的原则

- a. 有效性原则。基于水资源作为社会经济行为中的商品属性 ,不仅追求经济意义上的有效性 ,而且追求对环境的负面影响小、能够保证经济、环境和社会协调发展的综合利用效率。
- b. 公平性原则。以满足不同区域间和社会各阶层间的各方利益进行资源的合理分配为目标 ,求得不同区域之间协调发展 ,以及发展效益或资源利用效益在同一区域内社会各阶层中的公平分配。
- c. 和谐性原则。根据水资源配置的柔性特点 ,在水资源系统中 ,分析和权衡要素与要素、要素与环境的相互关系后 ,通过定量和定性的方法 ,谋求水资源的供需之间、社会经济与生态效益之间的相对平衡 ,追求综合效益和长远效益最佳。
- d. 可持续原则。在特定的时间和区域内 ,依据和谐性原则 ,实现水资源的和谐配置。由于和谐配置既顾及一时的客观条件 ,又充分反映了供需平衡、效益均衡、人与自然的协调、各物种间对等 ,从而基于和谐配置之上的水资源利用 ,必是可持续的。

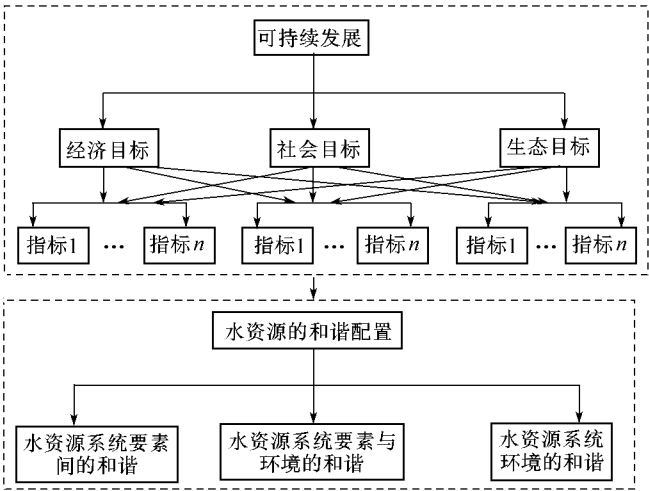


图 1 水资源配置目标层次

Fig.1 Objective hierarchy of water resources allocation

2 水资源系统和谐性分析

2.1 水资源系统

水资源系统是与生态环境、社会经济相耦合的水资源生态经济复合系统,是自然资源与人工系统相结合的复合系统^[2]。狭义的水资源系统由其内部的组成要素、外部的环境以及协调要素和环境的组织方式所组成。其内部的组成要素具体为不同时间、空间、数量、质量、用途的水;外部的环境包括与水资源系统互相影响的经济、社会以及生态系统,协调要素和环境的组织包括相应的技术、相关的政策、管理和工程措施等。

2.2 水资源系统和谐

系统和谐性是描述系统是否形成了充分发挥系统成员和子系统能动性、创造性的条件及环境,以及系统成员和子系统活动的总体协调性^[3]。水资源系统的和谐性就是要求在进行水资源配置的时候,考虑到系统内要素与要素之间、要素与环境之间、环境与环境之间的关系,合理配置水资源,使水资源系统的整体功能达到最大。水资源系统和谐性可表示为

$$H = h(h_1(c), h_2(u), h_3(o)) \tag{1}$$

式中: $h_1(c)$ ——构成和谐性; $h_2(u)$ ——环境和谐性; $h_3(o)$ ——组织和谐性。

a. 构成和谐性是指系统要素及其构成的和谐性。对于水资源系统来讲,构成和谐性主要体现在:不同时间、空间、数量、质量、用途的水的配置关系。水资源配置的时间性,即水资源在不同时间所具有的价值和开发利用的技术水平。随着水资源开发利用技术的提高,水资源的利用效率和使用价值必然提高;水资源配置的空间性,指水资源在不同区域开发利用的成本各不相同;水资源的数量差异是配置中的显性矛盾,既要研究供水的产出效益,也要研究缺水可能带来的损失;不同质量的水对水资源配置的影响也不同,质量好的水可以获得较高的利用价值,而质量差的水不仅其利用价值低,而且需要花代价对其进行处理;水资源配置的用途(功能)性,指水资源在被国民经济各部门利用中有许多功能,其中,有的可以被替代,而有的不可以被替代,在水资源配置中,应考虑用途的优化。

b. 环境和谐性是就系统与外部环境关系而言的,强调水资源的配置必须满足外部的社会、经济、生态环境的需要,实现综合效益最优。具体有两层含义:(a)外部环境的和谐性,即生态环境、社会、经济系统本身是否稳定、和谐,这对水资源配置系统来说,是不可改变的客观条件。(b)系统与外部环境的和谐性,强调系统必须有较强的自适应机制,其运行模式和发展方向与外部环境相适应。水资源系统与人类社会、经济、生态系统具有如图 2 所示的密切关系,其中一个系统的变化,将会同时影响其他系统的变化。



图 2 系统关系

Fig.2 Relationship between systems

c. 组织和谐性是指水资源系统要素与环境的和谐,即指协调要素和环境的组织方式、相应的技术、相关的政策、先进的管理和工程措施是否得当,能否发挥作用等。组织和谐性强调如何通过组织手段,来合理发挥系统功能,使整个系统达到和谐的状态。在水资源优化配置的方法中,各方法对系统和谐性的贡献有多大以及各方法之间的协调性和管理的效率均通过组织和谐性体现出来。

3 水资源系统和谐性的度量

3.1 水资源和谐度

水资源和谐度,是在一定状态下,反映水资源系统的要素构成、运行状况以及系统与外部环境是否协调、和谐的数量指标。具体刻画水资源系统的和谐性,其基本内涵有:(a)系统地评价水资源系统的内部功能,反映系统中各要素的组成和相互间匹配关系;(b)综合地反映水资源的供给与社会经济发展,生态环境对水资源的需求之间的平衡关系;(c)总体的反映在一定的技术条件下,一定的时期、一定的区域内水资源系统与外部环境的基本关系;(d)具体反映水资源配置的合理程度。

3.2 和谐度的确定

和谐度的计算,分定量计算和定性评判两部分。定义“和谐度”在 0~1 之间,最大的和谐度是 1,和谐度越大,表示越和谐^[4]。

3.2.1 和谐度指标体系的拟定与指标的量化

评价水资源和谐度首先要建立一个评判指标体系.指标体系的设立要考虑到评价指标的科学性、目标性以及简明性.因此在确立指标体系时,根据上述水资源系统的定义,水资源和谐度的评价指标由目标层、准则层和指标层构成.

目标层,即是“水资源和谐配置”的和谐度,同时反映了水资源配置的和谐状况;准则层由“水资源系统要素间的和谐”、“水资源系统要素与环境和谐”和“水资源系统环境和谐”组成,从水资源系统的角度来评估水资源配置的制约因素.其中目标层由准则层来反映,准则层由具体的指标层加以反映.在此基础上,考虑具体某区域的自然环境特点和社会经济发展水平,特别是指标数据的可得性,最后构成评价指标体系.指标是反映水资源和谐度的参数,但原始指标有可能存在着量纲不同和原始数据大小相差悬殊等问题.因此,在评价前,必须对指标进行处理使其具有无量纲性和可比性,并且能体现其本身对水资源系统和谐的影响力.有些指标呈正相关的关系,成为正向型指标,而有些指标呈负相关的关系,成为负向型指标.量化方法如下:

正向型指标 $R = (R_1 - R_2) / R_2$

负向型指标 $R = (R_2 - R_1) / R_1$

式中: R ——量化后的评价指标值; R_1 ——实际评价值; R_2 ——评价基准值.

3.2.2 和谐度指标的评判矩阵

由于评判对象的指标有许多个,需要采取多层次评判,本文采取二级评判.

一级评判:将和谐度评价指标体系按已分的三类,分别进行一级评判,并将其结果作为二级评判时的一个单因素.

$$C_i = W_i \times B_i \quad (i = 1, 2, 3) \tag{2}$$

式中: C_i ——第*i*类的一级评判结果; W_i ——第*i*类中的各因素的权数分配向量; B_i ——第*i*类中的各因素的“和谐隶属度”向量.权数分配向量 $W_i = (w_1, w_2, \dots, w_n)$,应满足归一化条件,即

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

采用层次分析法确定各指标权重是首先建立层次模型,其次构造各层次的判别矩阵.具体为:在同一层次的各因素,按其优良程度或重要程度可以划分为若干等级,赋予定量值,一般采用五级定量法,即相等、弱、强、很强、极强.相应的赋值可以是 1, 3, 5, 7, 9.至于一个因素比另一个因素为次要,则其定量赋值可取为上述的 1, 3, 5, 7, 9 的倒数.

二级评判 $H = P \times C \tag{3}$

式中: H ——某一评价区的“和谐度”评价结果; P ——三类指标的权数分配向量; C ——三类指标的一级评判结果向量.

3.2.3 各评价指标“和谐隶属度”的确定

评价指标的“和谐隶属度”,是指各评价指标隶属于“和谐”的程度,取值在 0~1 之间.将和谐隶属度划分为 5 个等级,如表 1 所示.

表 1 和谐隶属度等级

Table 1 Level of harmonious subjection degree					
等级	0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
和谐状况	和谐	较和谐	一般	不和谐	极不和谐

对指标进行量化处理.对于无法量化处理的指标,可以通过专家评判的德尔菲方法进行评判.通过模糊评判的方法,给出各个指标的评判范围:

$$R_{ij} = [\underline{r_{ij}} \quad \overline{r_{ij}}] \quad (i = 1, 2, 3 \quad j = 1, 2, \dots, n) \tag{4}$$

式中: $\underline{r_{ij}}$ ——指标范围的下界; $\overline{r_{ij}}$ ——指标范围的上界; i ——指标的类别; j ——选定的指标个数.

将量化后的指标,按照评判范围矩阵进行判断,找出属于该地区水资源和谐隶属度所对应的等级.如果指标不在所给出的范围内,则采用插值的方法进行判断.

4 应用实例

根据山西省水资源公报(1991~2000 年)提供的数据,运用上述方法对山西省某供水区的水资源配置进行和谐性分析.该供水区属温带半干旱大陆性季风型气候,由于地势较高,三面环山,昼夜温差较大,蒸发量大,降水量偏少且集中.多年平均(1956~1999 年)降水量为 421.4 mm.在 2000 年人均水资源占有量仅为 171.93 m³,约为全国平均水平的 1/12,属于极度缺水地区.地下水超采现象严重,导致地下水环境恶化、地面

沉降等一系列环境地质问题. 根据层次分析法确定各个评价指标的权重：

$$W_1 =(0.462 \quad 0.195 \quad 0.195 \quad 0.074 \quad 0.074)$$
$$W_2 =(0.245 \quad 0.245 \quad 0.072 \quad 0.081 \quad 0.197 \quad 0.160)$$
$$W_3 =(0.356 \quad 0.228 \quad 0.228 \quad 0.094 \quad 0.094)$$
$$P =(0.714 \quad 0.143 \quad 0.143)$$

运用上述的指标量化方法处理各个指标. 各指标的基准值采用的是各指标 1991~2000 年 平均值. 对照指标“和谐隶属度”评判表判断隶属度, 评判结果见表 2.

根据二级评判法进行计算：

$$C_i = W_i \times B_i =$$
$$(0.4614 \quad 0.3752 \quad 0.3306)$$
$$H = P_j \times C_j = 0.4304$$

通过计算得出该地区水资源系统的要素之间的和谐度为 0.461 4 ,说明水资源的供需状况有待改进 ,水资源总量和谐隶属度在 0.5 以下 ,形势较为严峻 ,虽然地表水资源量和谐隶属度为 0.7 ,但是落实到人均则有所下降 ;水资源环境的和谐隶属度为 0.330 6 ,说明水资源配置效益在社会、经济以及生态三个方面均较差 ,尤其在经济与生态效益方面 ,各项指标的和谐隶属度均在 0.3 ,水资源组织和谐度为 0.375 2 ,说明在工程管理方面 ,做得不够好 ,尤其地下水量指标的和谐隶属度为 0.1 ,说明地下水的利用开采处于很不和谐的状态 ,需要进一步的提高. 总体来说 ,该供水区的水资源配置的和谐度为 0.4304 ,水资源配置的和谐状态不佳 ,需要在环境子系统和组织管理子系统方面加大配置的力度.

参考文献：

[1] 甘泓 李令跃. 水资源合理配置浅析[J]. 中国水利 2000 (4) 20—23.

[2] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京 科学出版社 2000.47—49.

[3] 席酉民. 和谐理论与战略[M]. 贵州 贵州人民出版社 ,1989.55—170.

[4] 黄永基. 西北地区水资源与生态环境评价[M]. 南京 河海大学出版社 2002.254—257.

Harmoniousness analysis of water resources allocation

WANG Ji-gan¹ , ZHANG Jie¹ , DONG Zeng-chuan²

(1. International Business School , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China ;

2. College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract :The concept of harmonious allocation of water resources is presented based on the objectives and principles of water resources allocation , and a method is proposed for calculating the harmoniousness degree of water resources. By use of the analytical hierarchy process (AHP) and comprehensive analysis method , a judgement matrix is established for quantitative analysis of the harmoniousness of water resources allocation. Finally , an example is given to show that the harmoniousness analysis may help realize the effective control of water resources allocation.

Key words :water resources allocation ; harmoniousness ; harmoniousness degree

表 2 某地区和谐隶属度评判

Table 2 Judgement of harmonious subjection degree for a region

评价指标	量化后的 指标值	和谐隶属度				
		0.90	0.70	0.50	0.30	0.10
年降水量	0.0294				★	
水资源量	0.0346			★		
地表水资源量	0.6850		★			
人均地表水资源量	0.4780			★		
地均地表水资源量	0.6790		★			
人口密度	0.0027				★	
国民经济总产值	0.2590				★	
工业用水	0.0640			★		
农业用水	0.0640			★		
生活用水	0.1050				★	
生态用水	0.1510				★	
供水量	0.0950				★	
地下水量	0.0426					★
蓄水量	0.0488			★		
引水量	0.0789			★		
提水量	0.0910		★			