

基于集对分析的地下水水质评价

俞俊英 龚士良

(上海市城市地质研究院·上海·200072)

【摘 要】本文利用集对分析理论,提出了地下水水质评价新方法。

【关键词】集对分析 地下水 水质评价

集对分析是我国学者赵克勤先生创立的一门新的不确定性理论^[1],笔者在本刊 1998 年第 1 期上已对其作了初步介绍^[2],本文进一步阐述其在地下水水质评价中的应用。

1 水质评价的集对分析原理

所谓集对,是指具有一定联系的两个集合组成的对子。集对分析的基本思想,是在一定的问题背景下,建立这两个集合的同一、差异、对立的联系度表达式,并据此展开分析。

地下水水质评价实质上是一个具有确定性的评价指标和评价标准与具不确定性的评价因子及其含量变化相结合的分析过程。实际的地下水水质状况与既定的水质评价标准同样构成了一个集对,通过两者间的比照分析,可获得水质评定的量化指标。

根据集对分析联系度表达式中的同一度、差异不确定度、对立度数值及其相互间的联系、制约、转化关系,不但能进行地下水水质评价,并可进而对水质监测与改良提供决策帮助。

2 水质评价的集对分析方法

基于集对分析的地下水水质评价,首先将评价水体的指标含量与评价标准构筑一个集对。对于一个试样来说,设有 N 个评价指标,若其中有 S 个含量优于标准,有 P 个较标准为差,有 F 个未测或缺乏比较,则该试样的联系度表达式为

$$\mu = \frac{S}{N} + \frac{F}{N}i + \frac{P}{N}j \quad (1)$$

式中的 i 、 j 分别为差异不确定度和对立度

标记。

设 $a=S/N$ 、 $b=F/N$ 、 $c=P/N$, 则 a 、 b 、 c 依次称为同一度、差异不确定度、对立度,由此 (1) 式简写为

$$\mu = a + bi + cj \quad (2)$$

(1)、(2) 式中的 μ 即为联系度,通常情况下其是一个表达式,而非一个具体数值。

根据集对分析理论,(2) 式中的同一度、对立度是相对确定的,而差异度则相对不确定;同时由于 a 、 b 、 c 三者是对同一问题不同侧面的全面刻画,因而三者彼此间存在相互联系、制约、转化关系。依据 a 、 b 、 c 三者大小关系及定量分析,可判断实际试样的水质状况。显然, a 值越大, c 值越小,水质越好。另外,依据 a 、 b 、 c 的具体数值,可进行水质状况评价分级,即以评价因子的含量指标相对于水质评价标准的达标、超标数及其所占比例,确定地下水质量等级。

由于地下水容易遭受污染,通过定期的水质检测,及与天然本底值的比照,可以掌握地下水是否污染及其污染程度。利用集对分析方法进行地下水污染程度的评价,以天然本底值、评价标准及检测分析的最低检出线为依据,将监测点各指标的含量划分为未检出(低于最低检出线)、检出(高于最低检出线)、超标(高于评价标准),则检出的监测点数量占监测点总数的百分比即为检出率,超标的监测点数量占监测点总数的百分比为超标率。由此,以集对分析联系度表达式表述即为: a 相当于未检出

率, b 相当于检出率, c 相当于超标率。a 值越大越接近于 1, 说明地下水越接近于天然状态; b 值越大, 说明已有不良组分或不同于天然水质的组分介入, 提示有污染迹象; 而 c 值越大, 则污染程度越高。

超标组分依据评价标准尚有轻度污染、中等污染、严重污染等不同等级, 因而 c 值还可据实际情况再作进一步分析, 即集对分析具有层次性, 联系度可进行矩阵运算。

由于实际水体含有各种不同组分, 各自的含量可能隶属不同的水质级别标准, 利用 a、b、c 三者关系及其相对于水质分级界限的比例权重, 可综合判定水体的实际水质等级。

根据上述方法, 对于批量试样或具动态变化的水质评价, 同样可进行定量分析。

3 应用举例

某地区在作地下水水质分析评价时, 根据具体实际, 选择了对水质影响有重要作用的若干组分作为评价因子, 部分试样的检测结果及该地区对地下水质量的分级标准如下表^[3]:

试样	1	2	3	4
总矿化度	502	800	782	1390
总硬度	25.30	23.34	35.44	73.92
亚硝酸氮	0	0	0.140	0
硝酸氮	3.15	2.30	9.30	3.05
酚	0	0.002	0.002	0
铬 ⁽⁶⁺⁾	0.005	0.003	0.010	0.032

(单位: mg/l)

水质 分级	总矿 化度	总硬度	亚硝酸 氮	硝酸 氮	酚	铬 ⁽⁶⁺⁾
I	400	10	0.035	2.5	0.001	0.002
II	1000	25	0.1	10	0.002	0.05
III	3000	100	0.4	50	0.01	0.20

根据前述方法, 若以水质分级 I、II、III 的三个界限依次作为集对分析联系度表达式中

的同一度、差异度、对立度的取值依据, 则 4 个试样水质评价的集对分析联系度分别为:

$$\mu_1 = \frac{2}{6} + \frac{3}{6}i + \frac{1}{6}j = 0.333 + 0.500i + 0.167j \quad (3)$$

$$\mu_2 = \frac{1}{6} + \frac{5}{6}i + \frac{0}{6}j = 0.167 + 0.833i + 0j \quad (4)$$

$$\mu_3 = \frac{0}{6} + \frac{4}{6}i + \frac{2}{6}j = 0 + 0.667i + 0.333j \quad (5)$$

$$\mu_4 = \frac{2}{6} + \frac{2}{6}i + \frac{2}{6}j = 0.333 + 0.333i + 0.333j \quad (6)$$

比较上述 4 式中同一度、差异度、对立度大小, 可直观看出, 试样水质由优至劣依次为 1、4、2、3。

进一步分析评价因子的具体含量与水质分级标准间的数量关系, 可以看出, 即使同一级别的水, 也会因指标的含差异, 而使水的质量有所不同。由此, 相对于分级标准可继续作同一、差异、对立的集对分析。

以 1 号试样为例, 六个评价因子的组分含量相对于水质分级标准的联系度表达式为:

$$\mu_{1, \text{总矿化度}} = \frac{1000-502}{1000-400} + \left(\frac{502-400}{1000-400} \right) i + 0j = 0.83 + 0.17j + 0j \quad (7)$$

$$\mu_{1, \text{总硬度}} = 0 + \frac{100-25.3}{100-25} i + \frac{25.3-25}{100-25} j = 0 + 0.996i + 0.004j \quad (8)$$

$$\mu_{1, \text{亚硝酸氮}} = 1 + 0i + 0j \quad (9)$$

$$\mu_{1, \text{硝酸氮}} = \frac{10-3.15}{10-2.5} + \frac{3.15-2.5}{10-2.5} i + 0j = 0.913 + 0.087i + 0j \quad (10)$$

$$\mu_{1, \text{酚}} = 0 + 0i + 0j \quad (11)$$

$$\mu_{1, \text{铬}^{(6+)}} = \frac{0.05-0.005}{0.05-0.002} + \frac{0.005-0.002}{0.05-0.002} i + 0j = 0.938 + 0.062i + 0j \quad (12)$$

六项指标平均后得:

$$\bar{\mu}_1 = 0.780 + 0.219i + 0.001j \quad (13)$$

将 (13) 式所得权重系数处理 (3) 式, 并经归一化后得:

$$\mu'_1 = 0.703 + 0.297i + 0j \quad (\text{下转第 87 页})$$

过程是一个综合过程,各个模型之间相互联系又相互制约。为了方便决策者在复杂情况下准确迅速作出决策,应用软件还应该有友好的界面。优化调度还需要配备先进的通讯设备,迅速准确地收集、存贮、传送、处理水文和其它有关信息,将对决策有益。

对多年调节、综合利用水库,可提出以下综合管理方案:

(1)在防洪排沙方面,采用洪水预报模型,开发洪水预报软件。模型必须是根据水库的具体情况建立的,具有一定的特殊性。建模时,要有决策者参与,结合决策者多年来的实际经验。

(2)兴利方面,根据来流过程和用水过程,建立实时水库调度模型,开发功能强、界面友善的实时调度软件。

防洪排沙与兴利是同一个问题的两个方面,不是孤立存在的,两个模型之间必然有着内在联系。优化调度模型指导水库运行一段时间后,根据最新输入信息,考虑人类活动影响以及水库调度的新要求,重新建立或率定模型,使模型始终与实际情况相一致。

(3)配置先进的通讯设施,自动化设备、仪器。

(4)培训决策调度人员,提高其理论水平。

(上接第55页)

$$\text{同理 } \mu'_2 = 0.501 + 0.499j + 0j$$

$$\mu'_3 = 0.138 + 0.811i + 0.051j$$

$$\mu'_4 = 0.516 + 0.346i + 0.138j$$

上述四式中的系数即为水质隶属于不同级别标准的同一程度。如1号试样相对于Ⅰ级水有70.3%的同一程度,有29.7%同一于Ⅱ级水,试样偏向于Ⅰ级水。

4 结语

本文借助于集对分析理论,提出了建立在该理论基础之上的地下水水质评价新方法。特别须指出的是,由于地下水质量状况实际上具

(5)制定水库调度管理规程,并严格执行。

(6)建立水库信息系统,并使其先进、易于更新信息。

(7)应用系统软件努力直观、可视、完善。

(8)从经验及其他知识丰富决策管理系统。

(9)把信息、方案、决策进行模拟仿真。

(10)建立评价指标体系,进行综合效益风险分析。

5 结论

水资源紧缺已是我们面临的重大问题之一,提高水资源的利用程度是解决该问题的主要出路。本文结合综合利用水库进行了硬、软措施的探讨,从现状条件出发,重点论述了优化调度和管理决策的作用。在改变传统的一些偏见后,积极开展调度管理软件工作,逐步改善管理环境和调度习惯,为可持续利用水资源打好基础,同时也可尽快用于水库调度管理,提高综合用水程度,获取更大用水效益。

参考文献

- [1] 颜竹丘,水能利用,水利电力出版社,1986
- [2] 田峰巍、解建仓等,梯级水电站群的规划与调度,科学技术文献出版社,1992
- [3] 解建仓、田峰巍等,水资源调度管理决策支持系统的理论与实践,陕西科学技术出版社,1997

有动态特征,集对分析理论同时提供了对联系数表达式中*i*、*j*进行不同赋值的各种方法,从而使研究问题更趋深化。该理论不仅是一种技术手段,更是一种辩证思维的决策系统。因此,其不仅对地下水质量评价有借鉴作用,同时对地下水环境的保护决策更具有指导意义。

参考文献

- [1] 赵克勤,集对论,系统工程,1996(1)
- [2] 龚士良,上海地下水资源管理集对分析,地下水,1998(1)
- [3] 郑成德,水环境质量评价的灰色聚类法,水文,1998(4)