

模糊数学综合评价法在水质评价中的应用

于 玥

(辽宁省丹东水文局, 辽宁丹东 118000)

摘 要: 利用模糊数学综合评价法对铁甲水库断面进行综合评价, 可以避免因个别监测项目结果过高而导致整体水质级别偏高这种情况的发生。通过综合计算后结果表明, 利用模糊数学综合评价法进行水质评价, 所得的结果符合铁甲水库水质级别的实际情况。

关键词: 模糊数学综合评价法; 水质评价; 分析计算

1 引言

铁甲水库坐落在丹东汤池镇万宝村, 是一座拥有防洪蓄水、调节水流能力, 并能提供农业、工业及生活用水的大型水利枢纽工程。铁甲水库自建成以来, 充分利用其地理优势及自然资源, 经营起渔场、电场、农果场、旅游等多种项目。因此, 能够科学地、客观地对铁甲水库水质进行分析评价, 对我们的生活、生产活动具有重要意义。

目前水质评价方法有很多种, 如有机污染物综合指数法、模糊数学综合评价法、最差因子评价法等^[1]。在日常工作中, 我们最常选择的方法是最差因子评价法。最差因子评价是根据断面的监测结果, 选择评价结果最差的级别作整个断面的水质级别。而水体好坏的界限往往是模糊的, 最差因子评价法往往“一刀切”, 所以选择应用模糊数学理论的隶属度对水质进行综合分析评价, 则可以获得更贴近客观实际的评价结果^[2]。

2 模糊数学综合评价法模型

模糊数学综合评价法的基础理论是隶属度理论, 即用属于某种标准的程度大小去代替属于或不属于该种标准, 用隶属度对受多种条件限制的事物做出总的评价^[3]。模糊数学综合评价法首先要选择被评价事物的因素集和评价集, 通过对各因素隶属度的计算得到模糊矩阵, 再根据各影响因素所占权重分别计算出权重比, 得到权重向量, 最后将隶属度模糊矩阵与权重向量进行复合运算, 从而获得模糊综合评价结果^[4]。

2.1 建立综合评价因素集

因素集是由影响评价对象的因素所组成的集合, 通常用 U 表示, $U=(U_1, U_2, U_3, \dots, U_m)$, 其中 m 是评价因素的个数。本文选择 4 个评价因素, 即 $U=(U_1, U_2, U_3, U_4)$, 其中 U_1 表示生化需氧量, U_2 表示氨氮, U_3 表示总磷, U_4 表示总氮。

2.2 建立综合评价的评价集

评价集是由各评价对象可能获得的结果所组成的集合, 通常用 V 表示, $V=(V_1, V_2, V_3, \dots, V_n)$, 其中 n 表示评价集的个数。水质评价按功能高低共有 I ~ V 五类级别, 所以, 本文设定评价集为 $V=(V_1, V_2, V_3, V_4, V_5)$ 。

2.3 计算隶属度

将某种事物属于某种标准的程度称为隶属度。水体水质好坏的程度界定较为模糊, 可以用隶属函数来刻画模糊的水质等级边界。隶属度可以用隶属函数表示:

作者简介: 于玥, 女, 1986 年生, 工程师, 主要从事水质化验分析工作。

$$Y=\frac{X-X_0}{X_1-X_0} \text{ 或 } \frac{X_1-X}{X_1-X_0}, (X_0<X<X_1)$$

式中，Y为隶属度；X为实际监测值；X₀、X₁为相邻的两级水质标准所对应的数值。

2.4 确定各因子在综合评价中的权重

权重公式为 $W_i=\frac{C_i}{S_i}$

式中，W_i为评价参数权重；C_i为i项监测指标浓度的实测值；S_i为i项监测指标的标准浓度平均值。

2.5 模糊矩阵的复合运算

将权重行列式与隶属度矩阵进行综合运算，得到模糊综合评价向量，根据最大隶属原则可知，综合评价向量中的最大隶属度所对应的评价等级即为模糊评价的水质等级^[5]。

3 计算评价结果

本文所选因素集为生化需氧量、氨氮、总磷、总氮4个。评价级为5个，即Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ。评价等级标准含量及实际监测结果见表1。

表1 水质分级标准						mg/L
监测指标	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	实际监测值
生化需氧量≤	3	3	4	6	10	1.4
氨氮≤	0.15	0.5	1.0	1.5	2.0	0.077
总磷（湖、库以P计）	0.01	0.025	0.05	0.1	0.2	0.01
总氮（以N计）	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	0.733

3.1 计算隶属度确定水质分级界限

以总氮为例，监测结果为X=0.733，其相邻两级水质标准为X₀=0.5（Ⅱ类），X₁=1.0（Ⅲ类）。对Ⅱ类水隶属度：

$$Y_{Ⅱ}=\frac{0.733-0.5}{1.0-0.5}=0.466$$

对Ⅲ类水隶属度：

$$Y_{Ⅲ}=\frac{1.0-0.733}{1.0-0.5}=0.534$$

所以，根据计算结果，总氮项目有46.6%的可能划为Ⅱ类水，有53.4%的可能划为Ⅲ类水，Ⅰ类、Ⅳ类、Ⅴ类隶属度为零。同理分别计算出BOD₅、氨氮、总磷所对应的各级水的隶属度，组成4×5的模糊矩阵R。

$$R=\begin{bmatrix} 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.466 & 0.534 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3.2 计算权重

以总氮为例，计算各污染等级浓度的算术平均值：

$$S_{总氮}=\frac{0.2+0.5+1.0+1.5+2.0}{5}=1.04$$

各项污染物权重：

$$W_{\text{总氮}} = \frac{C_{\text{总氮}}}{S_{\text{总氮}}} = \frac{0.73}{1.04} = 0.7048$$

总氮的归一化权重：

$$V_{\text{总氮}} = \frac{W_{\text{总氮}}}{\sum W} = \frac{0.7048}{1.1786} = 0.598$$

经过计算，可得各级污染物的算术平均值 S 、各项污染物权重 W 及归一化权重 V ，详细的计算结果见表 2。

表 2 各污染物归一化权重

项目	S_i	W_i	V_i
生化需氧量	5.2	0.269	0.229
氨氮	1.03	0.0748	0.063
总磷（以 P 计）	0.077	0.130	0.110
总氮（以 N 计）	1.04	0.7048	0.598

根据各污染物的归一化权重，组成了 1×4 的一阶行列式，即：

$$A = (0.229, 0.063, 0.110, 0.598)$$

3.3 模糊矩阵复合运算及评价结果

将行列式 A 和矩阵 R 进行复合运算：

$$P = A \cdot R = (0.229, 0.063, 0.110, 0.598) \cdot \begin{Bmatrix} 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.466 & 0.534 & 0 & 0 \end{Bmatrix} = (0.292, 0.392, 0.319, 0, 0)$$

通过上述计算结果可以看出，行列式 P 中最大数值为 0.392，在评价集 V_2 所对应的位置，所以铁甲水库断面水质级别应该属于Ⅱ类水质。相同的监测数据如果采用最差因子评价法进行水质评价，那么根据总氮项目的监测结果， $0.5 \text{ mg/L} \leq 0.733 \text{ mg/L} \leq 1.0 \text{ mg/L}$ ，铁甲水库水质类别应为Ⅲ类水质；而利用模糊数学综合评价法，经过复合运算后，铁甲水库水质类达到Ⅱ类水质标准。

4 结语

利用模糊数学综合评价法可以更加科学、客观地评价出各个影响因素所占的权重比，充分考虑多种因素对水体的影响情况，避免了最差因子评价法中因为个别因子监测结果过高而导致整体水质评价级别过高的问题。因此，利用模糊数学综合评价法对铁甲水库水质级别进行评价，评价结果更符合其水资源开发利用的现状。

参考文献

[1] 毛兴华. 常用水质评价方法的选择 [J]. 水科学与工程技术, 2006 (1) : 21-23.
[2] 田景环, 邱林, 柴福鑫. 模糊识别在水质综合评价中的应用 [J]. 环境科学学报, 2005 (7) : 950-953.
[3] 苏志军. 模糊综合评价法在微课多维度评价中的应用 [J]. 发现, 2018 (1) : 120-121.
[4] 葛侠, 付保川. 模糊综合评价建模方法及其应用 [J]. 苏州科技学院学报, 2015 (2) : 19-23.
[5] 朱晶. 应用模糊数学法综合评价营口石门水库水质级别 [J]. 黑龙江环境通报, 2015 (1) : 88-90.