

# 用灰色关联度分析法判别矿井突水水源

梁俊勋

(广西南宁市勘测院 530012)

**摘要** 某湖下开采的煤矿发生突水,应用灰色关联度分析法,把突水时矿坑水的水质资料作参考序列,把湖水和煤层上覆砂岩含水层的水质资料作比较序列,对各序列作标准化处理,计算出关联系数,进而求出关联度,比较影响因素(湖水和砂岩水)对研究对象(矿坑水)的贴近程度,得出结论:矿井突水水源为砂岩水,与湖水无关。

**关键词** 灰色关联度分析法;矿井水;水源;判别

**中国图书资料分类法分类号** O212.1;P641.4

在生产实践中,常会遇到一个矿井可能有若干个充水水源。当发生突水时,需要正确判断突水水源,即要判断此时的矿坑水与哪些充水水源发生了联系,是以哪一个充水水源为主,以便及时制订相应的排水措施,保证矿井的安全生产。以往常用水质类型对比法来判断突水水源,但在水质类型相近,差异不大时,用该方法就很困难,而灰色关联度分析法可以解决这类问题。

## 1 灰色关联度分析法的原理及过程

灰色关联度分析法的原理是将研究对象及其影响因素的因子值分别视为一组曲线上的点,然后按几何处理的思想,比较各影响因素的因子曲线与研究对象的因子曲线之间的贴近程度,根据贴近程度的优劣,找出各影响因素与研究对象的相关程度。该方法的分析过程是,把研究对象的因子序列与各影响因

素的因子序列在同一时序的差值作为基本依据,分别计算出能量化研究对象与其各影响因素之间贴近程度的关联度。通过比较各关联度的大小,来判断各影响因素对研究对象的影响程度。

## 2 实例及分析步骤

某煤矿在湖下开采山西组七煤层。煤层上覆砂岩含水层水量较小,是矿井直接充水水源。而湖底有 2 m 厚淤泥,湖积层 0~19 m,主要由砂质土组成。1985 年 12 月湖下试采区 101 工作面冒落带发生突水,水量达 48 m<sup>3</sup>/h。经对突水点的矿坑水、湖水及砂岩水分别取多组水样分析,其化学成分的平均值见表 1。现用灰色关联度分析法判别湖水是否通过构造带、原生裂隙带和采后裂隙带导入井下。其分析步骤如下:

a. 构造参考序列和比较序列。把冒落带突水点的矿坑水作为研究对象,并以表 1 的因子数据按顺序构成参考序列  $x_0$ ,而把湖水、砂岩水作为影响突水的因素,并仿矿坑水,分别构成比较序列  $x_1, x_2$ 。

$$x_0 = \{x_0(k)\}$$

表 1 水质化学成分表 mg/L

化学成分 (因子)	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup> +Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	pH
矿坑水	0.95	6.23	2.79	1.35	1.74	7.06	8.86
湖水	1.41	2.85	1.66	1.58	1.46	2.86	8.10
砂岩水	0.95	7.52	1.37	1.40	1.88	6.84	8.22

$$\begin{aligned}
 &= \{x_0(1), x_0(2), x_0(3), x_0(4), \\
 &\quad x_0(5), x_0(6), x_0(7)\} \\
 &= \{0.95, 6.23, 2.79, 1.35, 1.74, \\
 &\quad 7.06, 8.86\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \{x_1(k)\} \\
 &= \{1.41, 2.85, 1.66, 1.58, 1.46, \\
 &\quad 2.86, 8.10\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x_2 &= \{x_2(k)\} \\
 &= \{0.95, 7.52, 1.37, 1.40, 1.88, \\
 &\quad 6.84, 8.22\}
 \end{aligned}$$

b. 对参考序列和比较序列作标准化处理,即作无量纲化及初值化处理,以使各序列达到无量纲且具有公共参考点,这样各序列才有可比性和等效性。在以上3个序列中,不难看出,对同一序列不同序的因子,其代表的物理意义不同,且量纲亦不尽相同。但对不同序列同序的因子,其物理意义和量纲则相同。故采用列向均值化处理,使各序列无量纲化。即用3个序列同序因子的平均值分别除各序列同序的因子值,其数学表示式为:

$$\begin{aligned}
 x'_i(k) &= 3\{x_i(k)\} / \left\{ \sum_{i=0}^2 x_i(k) \right\} \\
 i &\in \{0, 2\} \quad k \in \{1, 7\}
 \end{aligned}$$

作均值化处理后原参考序列及比较序列分别变为  $x'_0$  和  $x'_1, x'_2$ 。

$$\begin{aligned}
 x'_0 &= \{x'_0(k)\} \\
 &= \{0.86, 1.13, 1.44, 0.94, 1.03, \\
 &\quad 1.26, 1.06\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x'_1 &= \{x'_1(k)\} \\
 &= \{1.28, 0.52, 0.86, 1.09, 0.86, \\
 &\quad 0.51, 0.97\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x'_2 &= \{x'_2(k)\} \\
 &= \{0.86, 1.36, 0.71, 0.97, 1.11, \\
 &\quad 1.22, 0.98\}
 \end{aligned}$$

在此基础上再作初值化处理,亦即用每一序列的初值(第一个因子值),分别除该序列的各个因子值,即

$$x''_i(k) = \{x'_i(k)\} / \{x'_i(1)\}$$

$$i \in \{0, 2\} \quad k \in \{1, 7\}$$

经处理后各序列都具有公共参考点,这时得到新的参考序列  $x''_0$  及比较序列  $x''_1, x''_2$  分别为:

$$\begin{aligned}
 x''_0 &= \{x''_0(k)\} \\
 &= \{1, 1.31, 1.67, 1.09, 1.20, 1.47, \\
 &\quad 1.23\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x''_1 &= \{x''_1(k)\} \\
 &= \{1, 0.41, 0.67, 0.85, 0.67, 0.40, \\
 &\quad 0.76\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x''_2 &= \{x''_2(k)\} \\
 &= \{1, 1.58, 0.83, 1.13, 1.29, 1.42, \\
 &\quad 1.14\}
 \end{aligned}$$

将这3序列绘成态势曲线如图1。

c. 分别计算参考序列  $x''_0$  对比较序列  $x''_i$  在各时序  $k$  的绝对差  $\Delta_{0i}(k)$ , 即

$$\begin{aligned}
 \Delta_{0i}(k) &= |x''_0(k) - x''_i(k)| \\
 i &\in \{1, 2\} \quad k \in \{1, 7\}
 \end{aligned}$$

并作集合  $\Delta_{0i} = \{\Delta_{0i}(k)\}$ ,

$$\begin{aligned}
 \Delta_{01} &= \{\Delta_{01}(k)\} \\
 &= \{0, 0.90, 1.00, 0.24, 0.53, \\
 &\quad 1.07, 0.47\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta_{02} &= \{\Delta_{02}(k)\} \\
 &= \{0, 0.27, 0.84, 0.04, 0.09, \\
 &\quad 0.05, 0.09\}
 \end{aligned}$$

d. 从全部的绝对差值  $\Delta_{0i}(k)$  中, 分别找出最大值  $\Delta_{\max}$  及最小值  $\Delta_{\min}$ , 不难看出:

$$\Delta_{\max} = 1.07 \quad \Delta_{\min} = 0$$

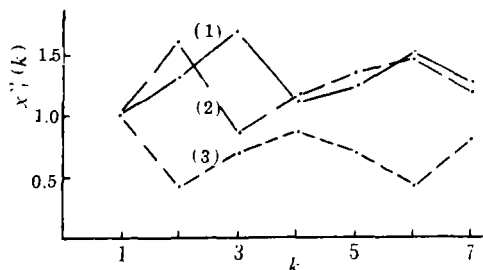


图1 系列态势曲线图

(1)— $x''_0$ ; (2)— $x''_2$ ; (3)— $x''_1$

e. 分别计算参考序列  $x''_0$  对比较序列  $x''_i$  的关联系数  $\xi_{0i}(k)$ , 并作关联系数集合  $\xi_{0i} = \{\xi_{0i}(k)\}$ , 其中

$$\xi_{0i}(k) = \frac{\Delta_{\min} + \rho \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \rho \Delta_{\max}} \\ i \in \{1, 2\} \quad k \in \{1, 7\}$$

式中:  $\rho$  为分辨系数, 其值在 0 与 1 之间, 据经验取  $\rho = 0.5$ , 故有

$$\xi_{0i}(k) = \frac{0.535}{\Delta_{0i}(k) + 0.535}$$

该值的大小表征了参考序列与比较序列, 在第  $k$  个因子间的贴近程度。其值越大, 则越贴近, 反之亦然。按上式计算并作集合得:

$$\xi_{01} = \{\xi_{01}(k)\} \\ = \{1.0, 0.373, 0.349, 0.690, 0.502, \\ 0.333, 0.532\}$$

$$\xi_{02} = \{\xi_{02}(k)\} \\ = \{1.0, 0.665, 0.389, 0.930, 0.856, \\ 0.915, 0.856\}$$

f. 求关联度  $r_{0i}$ 。由于关联系数序列  $\xi_{0i}$  的数据较多, 信息过于分散, 不便进行总体贴近程度比较(特别是在比较序列间的因子曲线相差不大时)。为此有必要分别将各关联系数序列  $\xi_{0i}$  集中为一个值, 求平均值便是这种信息集中处理的一种方法, 而这个平均值即定义为关联度。

$$r_{0i} = \frac{1}{7} \sum_{k=1}^7 \xi_{0i}(k) \quad i \in \{1, 2\}$$

从上式可看出: 关联度越大, 则参考序列与比较序列的贴近程度越大, 亦即两者的关系越密切。按上式算得:

$$r_{01} = \frac{1}{7} (1 + 0.373 + 0.349 + 0.690 \\ + 0.502 + 0.333 + 0.532) \\ = 0.540$$

$$r_{02} = \frac{1}{7} (1 + 0.665 + 0.389 + 0.930 \\ + 0.856 + 0.915 + 0.856) \\ = 0.802$$

g. 判别突水水源。据一般经验, 当  $\rho = 0.5$  时, 关联度  $r_{0i} > 0.6$ , 即认为该比较序列  $x''_i$  对参考序列  $x''_0$  有影响。从上面的计算结果可知,  $r_{01} = 0.540 < 0.6$ , 表明湖水对矿井突水无影响, 亦即湖水并未导入矿井, 不是矿井的突水水源。而  $r_{02} = 0.802 > 0.6$ , 表明砂岩水与矿坑水有密切联系, 是矿井的突水水源。实际结果是矿井突水的流量逐渐变小, 4 天后突水完全停止, 证实了矿井突水水源为砂岩水, 而与湖水无关。

### 3 结语

a. 用灰色关联度分析法判别矿井突水水源, 理论基础可靠, 方法简单易行, 所用的水质资料较易获得, 不失为一种较好的方法。

b. 灰色关联度分析实质上是几种曲线间几何形状的相似分析, 即几何形状越接近, 关联程度越大。因此用该方法作多因素相关分析, 不会出现异常, 将正相关当作负相关, 且对数据量没有太高的要求, 可多可少。而传统的多因素相关分析, 是以数理统计为基础, 但数理统计要求样本量大, 且数据又要求有特殊分布, 否则易出现与理论定性分析相矛盾的结果。数理统计的另一个弱点还在于作多因素相关分析时, 计算量太大, 不便手算, 必须求助于计算机。

c. 与其它方法一样, 灰色关联度分析法亦有其局限性。它只适用于作多因素的正相关分析, 这是由关联度分析的理论基础所决定的。

### 参考文献

- 1 邓聚龙, 灰色系统基本方法, 武汉: 华中工学院出版社, 1987
- 2 邓聚龙, 灰色系统(社会·经济), 北京: 国防工业出版社, 1985
- 3 季叔康等, 用判别分析法区分矿井涌水水源, 水文地质工程地质, 1988(1)。

(收稿日期 1993—02—01)