

焦作矿区突水水源判别模型

陈朝阳 王经明 董书宁

(煤炭科学研究院西安分院 710054)

姜 峰 王清龙 高建中 (焦作矿务局 454159)

摘要 根据各含水层典型水样的化学资料,用判别分析方法建立底板突水和顶板突水的水源判别模型,以指示测试突水点水样来自哪个含水层和给出归属该含水层的概率。

关键词 突水 水源 判别分析

中国图书资料分类法分类号 P641.46

作者简介 陈朝阳 男 56岁 高级工程师 水文地质 数学地质

1 引言

焦作矿区主要含水层有第三、第四系砂岩孔隙含水层、二叠系砂岩裂隙含水层、石炭系薄层灰岩岩溶裂隙含水层(主要有八灰、二灰含水层)和奥陶系灰岩岩溶裂隙含水层。

主采煤层是山西组下部的大煤(二₁煤),厚约6 m,下距八灰约20 m,距二灰约70 m。

焦作矿区矿井突水频繁,据不完全统计,累计发

生突水929次,以石炭系薄层灰岩岩溶裂隙水为主,占突水次数的63.4%。为治理突水,首先应判断水来自哪个含水层。由于水源不同,其防治措施和应急对策也不同。为此,我们建立了焦作矿区底板突水和顶板突水水源判别模型。它可计算出未知水源的水样来自哪一个含水层及归属该含水层的概率。

2 多组逐步分析简介

对突水类型判别可采用判别分析方法。判别分

水力联系较好。167号孔仅观测红层顶部21 m段,而四采区采动裂隙又仅波及红层下部,但167号孔水位对涌水量的反应敏感,这说明红层内部垂向上水力联系也较好。

从表3可看出,最大突水量稳定期越来越短,衰减速度加快,这表明红层地下水补给不足。Q_下组的补给量远小于采区的涌水量,导致近几年红层水位

下降速率不断增大。

3.5 今后二分层开采时突水量可能减小。根据前面的涌水规律分析,可以推断,今后4303-2,4302-2,4301-2等工作面回采时,在东段虽有突水的可能性,但由于前期的疏干作用,其突水量将可能减小,不会再发生大于285.4 m³/h的突水事故。

(收稿日期 1995-08-08)

ANALYSIS OF WATER INRUSH PROPERTIES OF WORKING

NO. 4 IN BAODIAN COAL MINE

Han Baoping Feng Qiyian

(Institute of Resource and Environment Sciences, China University of Mining & Technology)

Liu Ruixin (Baodian Coal Mine, Yanzhou Mining Bureau)

Abstract Five water outbursts have occurred in working no. 4 of Baodian Coal Mine and the most water yield was up to 285.4 m³/h. According to plentiful monitoring data of the quantity, quality and level of water, the authors reach a conclusion that ground-water in red beds of Upper Jurassic System is source of water inrush, fissures induced by mining is passageway of water inrush, and patterns are roof leakage and water outburst after mining. Groundwater in red beds exists a relative good hydraulic connection and drawdown ratio of piezometric level increases with extending of extent of fissures induced by mining, this shows that water inrush of working no. 4 withdraws the static reserve of groundwater in red beds.

Keywords workings; water inrush; ground water recharge; red beds.

析的主要任务就是寻求判别函数 $y_g(x)$, 而判别函数总是在某一“准则”下, 根据观测数据构造出来的。本文采用的是贝叶斯准则下的多类线性判别函数:

$$y_g(x) = C_{0g} + C_{1g}x_1 + C_{2g}x_2 + \dots + C_{Pg}x_P. \quad (1)$$

设由 P 个变量 x_1, x_2, \dots, x_P 组成的每一个体是来自 G 个母体 A_1, A_2, \dots, A_G 中的一个。为了方便, 个体用向量符号表示:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_P)$$

在 G 个判别函数 $y_g(x)$ ($g=1, 2, \dots, G$) 算出之后, 后验概率可用下式计算:

$$P(h|x) = e^{y_h(x)} / \sum_{g=1}^G e^{y_g(x)} \quad (2)$$

若逐步挑选 L 个变量, (1)式中的 P 就等于 L , 第 j 个样品的第 g 类判别计量成为:

$$y_{jg}(x) = C_{0g} + \sum_{i=1}^L C_{ig}x_{ij}, \quad (g=1, 2, \dots, G) \quad (3)$$

(2)式的右端分母独立于 h , 我们关心的是使 $P(h|x)$ 最大, 能使 $y_h(x) = \max_{1 \leq g \leq G} \{y_g(x)\}$ 成立的 h , 也能使

$P(h|x) = \max_{1 \leq g \leq G} \{P(g|x)\}$ 成立。所以, 假设第 j 号样品的判别计量使下式

$$y_{jh}(x) = \max_{1 \leq g \leq G} \{y_{jg}(x)\} \quad (4)$$

成立, 则把第 j 号样品归为第 h 类, 也就是说把样品归为使其判别计量最大的那一类。

本文使用的程序是在贝叶斯准则下建立的多组逐步判别程序。根据样品的多个指标, 如本文的顶板突水模型从 6 个变量 ($\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$) 中选取 ($\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{SO}_4^{2-}$) 4 个变量, 在贝叶斯准则下用数学方法组合成一个综合指标, 再利用这个综合指标对样品进行分类, 这个综合指标即判别函数。有了判别函数, 就可以对未知样品进行归类。

为了对贝叶斯准则下用多类逐步判别程序所建立的判别函数的代表性和判别效果进行检验, 可采用两个方法:

2.1 马氏广义距离的 F 检验

若检验 1, 2 两类的判别结果, 可采用 F 检验值

$$F_{1,2} = \frac{(N-G-P+1)n_1n_2}{P(N-G)(n_1+n_2)} D_{1,2}^2 \quad (5)$$

式中 $D_{1,2}^2 = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) S^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$ 称为广义马氏距离;

$S = (S_{ij})_{P \times P}$ 是变量间的协方差矩阵;

n_1 ——第 1 类样品个数;

n_2 ——第 2 类样品个数;

N ——样品总数, $N = n_1 + n_2$;

\bar{x}_1 ——第 1 类的子样均值向量;

\bar{x}_2 ——第 2 类的子样均值向量。

若 $F_{1,2} > F_\alpha$, 则该两类判别效果显著, 其中 F_α 是在显著性水平为 α 的 F 临界值。

对于多类判别的情况, 可把各个类别(母体)两两配对, 逐对计算 F_{ef} ($e=1, 2, \dots, G-1; f=e+1, \dots, G$) 用以辨明各对的判别效果。

2.2 正确的是归类概率

判别函数建立以后, 用已知水源的典型水样来检查判别函数的代表性。即把这些已知水源的样品当成未知水源, 将其有关化验指标代入判别函数, 看其归类是否正确及归类正确率多大。若归类正确率较高(85%以上), 则说明该判别函数较好, 有代表性, 可用于对未知水样的判别归类。

3 突水水源判别模型

3.1 底板突水水源判别模型

在焦作矿区煤层底板突水水源主要有八灰 (L_8)、二灰 (L_2) 和奥灰 (O_2)。

为建立判别函数, 选 6 个典型奥灰水样和 2 个二灰水样, 由于此二含水层有密切水力联系, 将它们合并为一类; 另选 14 个八灰水样定为第 2 类。输入的变量有 ($\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-$)。逐步挑选出对判别此二类最有效的 3 号和 5 号 (Na^+, Cl^-) 变量, 判别归类结果表明(表 1), 8 个 1 类样 ($O_2 + L_2$) 仍归 1 类, 14 个 L_8 水样都正确地判归第 2 类, 正确归属率达 100%。马氏广义距离 $F_{0.01}$ 检验值是 24.689 2, 大于临界值 ($F_{0.01} = 5.93$) 很多, 有 99% 的把握说判别效果显著。从正确归属率及 F 检验两方面看, 该判别函数判别效果好, 有代表性, 可以用于对未知样的判别。两类的判别函数分别为:

$$y_1(x) = -10.214 0 - 0.358 9 \text{Na}^+ + 1.136 7 \text{Cl}^-$$

$$y_2(x) = -4.519 1 + 0.546 5 \text{Na}^+ + 0.358 1 \text{Cl}^-$$

这些判别函数都存在待判程序中。

从表 1 可以看出, 第 1 类的 Na^+ 含量低, 而 Cl^- 含量相对于 L_8 的水样高。第 1 类的第 1 号样(九里山西工人村的奥灰水样)的归属概率为 65.5%, 较

表 1 类均值表

水源	Na ⁺ /mg·L ⁻¹	Cl ⁻ /mg·L ⁻¹
O ₁ +L ₂	4.82	19.50
L ₈	9.10	11.34

低,查其原因是在选中的两个变量 Na⁺、Cl⁻ 中,其 Na⁺ 含量为 9.2 mg/L,接近于八灰的 Na⁺ 含量平均值,估计是该水样有少量八灰水流入造成的。

3.2 顶板突水水源判别模型

焦作矿务局顶板淋水现象较多,水量不大。它们的水源多为大煤顶板砂岩含水层。在浅部开采时,顶板出水有时来自第四系含水层,此时更应引起重视。为此建立顶板突水水源判别模型。

采用 8 个顶板砂岩水样,14 个第四系含水层水样建立判别函数,其判别效果极好,100% 正确归类,且归属概率极高,22 个样中有 18 个归属概率在 99.5% 以上,其余 4 个也在 93% 以上。

判别函数中选中的变量有 1 号、2 号、3 号、4 号 (Ca²⁺、Mg²⁺、Na⁺、SO₄²⁻) 变量。验证结果说明判别函数很有代表性,而且这两个含水层的水质差别较大。第四系水较之顶板砂岩水 (Ca²⁺、Mg²⁺、SO₄²⁻) 含量高,而 Na⁺ 含量低(表 2),两类间相差 2 倍以上。相比之下,第四系水与奥灰水水质相近,这是由于第四系水通过露头补给奥灰水之故。没选中的变量则相差不大,可见逐步挑选变量的方法是正确的。判别函数分别是:

$$y_1(x) = -9.8114 + 0.0453\text{Ca}^{2+} + 0.2856\text{Mg}^{2+} + 0.2751\text{Na}^+ - 0.0474\text{SO}_4^{2-}$$

$$y_2(x) = -11.3356 + 0.2428\text{Ca}^{2+} - 0.1556\text{Mg}^{2+} + 0.0572\text{Na}^+ + 0.0983\text{SO}_4^{2-} \quad (7)$$

表 2 顶板砂岩水与第四系水各变量均值对比表

类别	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻
顶板水	34.35	9.92	58.65	20.17	25.88	421.63
第四系水	83.21	27.68	11.74	62.16	27.62	311.16

4 待判样品的判别归类

4.1 判别归类

为便于应用,我们编制了对未知水源水样进行判别的程序。将各判别函数选中的变量个数、序号及各类判别系数写到程序中,就可由计算机自动计算判别归类号及归属概率。

遇到某未知水源的突水点,首先应采取水样,然后送验,将其阴、阳离子含量送入计算机。根据底板突水或顶板突水具体情况选择相应模型进行判别分析,看其来自哪个含水层。明确突水水源之后,在防治方面就可减少盲目性。

4.2 归属概率的应用

建立判别函数时,为使其有代表性,选取的水样都是各类中的典型样品,但是在实际应用中,突水点的水不一定都是来自一个含水层,可能是二个或多个含水层的混合水。此时的判别归属概率就不会高(小于 80%)。一般说来,以一个水源为主,混入少量其它水源的水,则归属概率应在 60%~80% 之间;若归属概率在 50%~60% 之间,一般是两个含水层的水以近似相等的量混合,也不排除第 3 个水源以少量水混入的可能;归属概率小于 50%,一般是三个或三个以上水源水的混合。

5 结论

本文所建立的底板与顶板突水水源判别模型经马氏广义距离的 F 检验证明模型有效,用已知样品验证,正确判归率很高(100%),说明模型符合实际,可以用于突水水源判别。

以上二模型的好坏,除方法正确外,数据资料的质量及多少也十分重要。以后随着资料的增多,应每隔 2~3 年修改现有模型一次,以提高预报精度。

参考文献

- 1 煤炭科学研究院地质勘探分院等. 数学地质基础与方法. 北京:煤炭工业出版社,1982

(收稿日期 1995—09—20)