

应用双因素方差分析验证勘探效果

宋 玉 新

(青城子铅矿)

在有色金属矿山地质勘探中,为探清矿体的产状、形状和规模及正确地评价矿体,需要投入大量的探矿工程。某些矿区虽经详细勘探,但对一些构造体系复杂的地段(区),特别是经后期构造破坏及与含矿断裂有关的充填、交代层间羽毛状矿体,仍不能较真实地掌握矿体的走向、倾向和自然形态。在综合图件时,常发生对矿体形态的错连、层次串位等假象。当然,圈定矿体的主要依据是工程,但也要防止单纯依靠工程圈定矿体的倾向。因此,除研究地质规律外,更重要是采取适当的验证手段进行验证,使其正确地反映被勘探对象的真实性。

笔者借助双因素方差分析(下称双差分析)的原理,结合已知矿区矿床赋存条件及勘探中存在的实际问题,对已圈定矿体不切实际的某些失误现象进行验证。

双差分析的实质是应用数学上的某种运算,寻取适当的统计量,将误差以数量化的形式进行区分,从中确定引起误差的主次因素。如以样品化验资料为统计指标,把放到行里的样品,抽象为行作用;放到列里的样品,抽象为列作用;行与列间的样品,抽象为行、列间的配合作用。

为分离上述几种因素作用的大小(误差),引进双差分析过程中的误差统计量 S 和误差统计量的检验值 F 的概念。

1. 误差统计量 S :

(1) S_A ——随机误差(样品作为行里的作用),

$$S_A = b \sum_{i=1}^a (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = \frac{\sum_{i=1}^a (\sum_{j=1}^b x_{ij})^2}{b} - \frac{(\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ij})^2}{ab} \quad (1)$$

(2) S_B ——条件误差(样品作为列里的作用),

$$S_B = a \sum_{j=1}^b (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = \frac{\sum_{j=1}^b (\sum_{i=1}^a x_{ij})^2}{a} - \frac{(\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ij})^2}{ab} \quad (2)$$

(3) S_E ——剩余误差(样品作为行、列间的配合作用),

$$\begin{aligned} S_E &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2 \\ &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b x_{ij}^2 - \frac{\sum_{i=1}^a (\sum_{j=1}^b x_{ij})^2}{b} - \frac{\sum_{j=1}^b (\sum_{i=1}^a x_{ij})^2}{a} + \frac{(\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^a x_{ij})^2}{ab} \end{aligned} \quad (3)$$

(4) S ——统计中的总差,

$$S = S_A + S_B + S_E \quad (4)$$

(1)、(2)、(3)式中的 $a=4$ 表示行数; $b=3$ 表示列数。 $\bar{x}$ 表示全部样品的平均值; $\bar{x}_i$ 表示行间样品的平均值; $\bar{x}_j$ 表示列间样品的平均值; x_{ij} 表示样品在序列间的值。

2. 检验值 F :

$$1) F_a = \frac{S_A / f_1}{S_E / f_3} \quad (\text{行差比值}) \quad (5)$$

$$2) F_b = \frac{S_B / f_2}{S_E / f_3} \quad (\text{列差比值}) \quad (6)$$

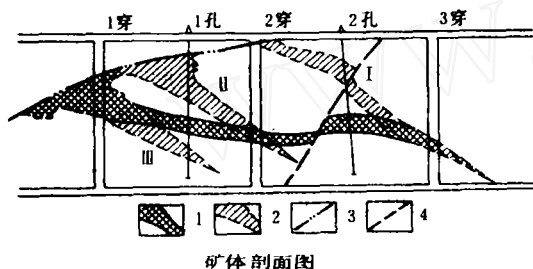
(5)、(6) 式中 $f_1 = a - 1$ (第一自由度); $f_2 = b - 1$ (第二自由度); $f_3 = (a - 1)(b - 1)$ 。

3. 显著性比较:

将 (1)、(2)、(3) 式中运算的结果代入 (5)、(6) 式中, 得到一个误差检验值 F 。再按给定的置信度 α 及其自由度, 查 F 分布表得出置信界 $F_\alpha(a - 1; b - 1)$, 分别于 F_a, F_b 进行比较。若 $F_a, F_b > F_\alpha$ 时, 认为不同的序列对测试结果影响显著, 误差很大。若 $F_a, F_b \leq F_\alpha$ 时, 说明测试结果误差不显著, 无差异。

勘探实例

为探清一含矿断裂下盘有利层位中赋存的未知矿体, 在水平坑道探矿的基础上, 向上施工 3 条探矿穿井。3 条穿井在不同的高度上, 分别控制了一条矿脉。在此工程控制的网度 (B 级), 根据该区断裂控矿的特点, 综合图件时, 将矿体连成近似平行的 3 条羽毛状矿脉。看来, 这种连法是符合该区断裂控矿规律的。但通过双差分析验证后, 发现 3 条矿脉显现的差异并不显著, 应属一条矿脉。



1 - 修改后矿体; 2 - 修改前矿体;
3 - 含矿断裂; 4 - 后期断层

为正确认识矿床赋存规律和探清矿体, 在原勘探的网度中, 又补加了 2 个钻孔进行验证, 结果证明连成 3 条羽毛状矿脉实属误连。后经开采最终验证, 确是一条较完整、连续的矿体 (见图)。

双差分析的步骤如下:

第一步: 列出原始数据表 (样品化验资料) 并进行初算 (表 1)。

原始数据及初算表					表 1		
		$b_{i \cdot}$			$\sum_{j=1}^3 x_{ij}$	$(\sum_{j=1}^3 x_{ij})^2$	$\sum_{j=1}^3 x_{ij}^2$
		I	II	III			
$a_{\cdot j}$	1	6.805	10.355	5.149	22.309	497.691	180.046
	2	5.234	5.359	6.850	17.443	304.258	103.036
	3	6.701	7.354	7.747	21.802	475.327	159.001
	4	5.431	5.355	6.817	17.603	309.866	104.643
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}$		24.171	28.423	26.563	$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^4 x_{ij} = 79.157$	$\sum_{i=1}^4 (\sum_{j=1}^3 x_{ij})^2 = 1587.142$	$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 x_{ij}^2 = 546.726$
$(\sum_{i=1}^4 x_{ij})^2$		584.237	807.867	705.593	$\sum_{j=1}^3 (\sum_{i=1}^4 x_{ij})^2 = 2097.697$		
$\sum_{i=1}^4 x_{ij}^2$		148.102	218.702	179.922			

注: $a = 4$; $b = 3$

第二步：列出双差分析公式表（表 2）并进行偏差及检验值的计算。

双因素方差分析公式简表				表 2
	差 方 和	自 由 度	差 方 比	F
行 差	$b \sum_{i=1}^a (\bar{x}_i - \bar{x})^2 = S_A$	$a - 1$	$S_A / (a - 1) = P_1$	P_1, P_3
列 差	$a \sum_{j=1}^b (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = S_B$	$b - 1$	$S_B / (b - 1) = P_2$	P_2, P_3
余 差	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2 = S_E$	$(a - 1)(b - 1)$	$S_E / ((a - 1)(b - 1)) = P_3$	
总 差	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b (x_{ij} - \bar{x})^2 = S$	$ab - 1$		

1. 将表 1 中的初算结果代入（1）、（2）、（3）式中：

$$S_A = \frac{1587.142}{3} - \frac{79.157^2}{12} = 6.895 \quad (\text{行差})$$

$$S_B = \frac{2097.697}{4} - \frac{79.157^2}{12} = 2.272 \quad (\text{列差})$$

$$S_E = 546.726 - \frac{1587.142}{3} - \frac{2097.697}{4} + \frac{79.157^2}{12} = 15.407 \quad (\text{余差})$$

$$S = 6.895 + 2.272 + 15.407 = 24.574 \quad (\text{总差})$$

2. 按（5）、（6）两式计算检验值 F：

$$Fa = \frac{6.894 / 3}{15.408 / 6} = 0.895 \quad (\text{行差比值})$$

$$Fb = \frac{2.271 / 2}{15.408 / 6} = 0.442 \quad (\text{列差比值})$$

第三步：将第二步运算的结果填入双差分析结果表（表 3）。

双因素方差分析结果表				表 3
	差方和	自 由 度	F	显著性
行差	6.895	4 - 1	0.895	无偏
列差	2.272	3 - 1	0.442	无偏
余差	15.407	(4 - 1)(3 - 1)		
总差	24.574	4 × 3 - 1		

第四步：查表检验，按 $F\alpha = 10\%$ 的置信界，查 $F_{3;10}^{0.10} = 3.29$ ； $F_{2;10}^{0.10} = 3.46$ 。将 $F_{3;10}^{0.10} = 3.29$ 与 $Fa = 0.895$ 进行比较，因 $3.29 > 0.895$ ，故 3 条矿脉所采集的样品含量无差异（行差）。又将 $F_{2;10}^{0.10} = 3.46$ 与 $Fb = 0.442$ 进行比较，因 $3.46 > 0.442$ ，故每 1 条矿脉所采集的样品含量无差异（列差）。

据上述，行、列作用显现均无差异，故 3 条探

矿穿井所控制的矿脉应属于 1 条矿体。

笔者用双差分析验证方法在不同的地段（区），验证过 5 例。其中发现了例矿体自然形态连法有失误，在修改图件时，都作不同程度的校正。