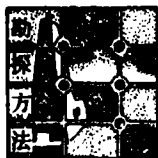


试论矿床采样规格和数量的选择

湖南冶金地质214队 陈昭明



采样是评价矿床的重要手段,它几乎贯穿于地质工作的各个阶段,消耗着大量的资金和人力。因此,在尽可能保证正确评价矿床的前提下,选择经济的,即较小的采样规格和较少的采样数量,是一个值得研究的问题。

确定矿床的采样规格和数量,以往多用类比法,也有的通过采样试验来选择,但多停留在定性的水准上,因此进行定量研究是必要的。

采样规格问题的研究可归纳为:当采样个数一定时,保证在样品平均值不超过最大允许误差的前提下,选择经济的、即尽可能小的采样规格。

采样数量问题的研究可归纳为:当采样规格一定时,在保证样品平均值不超过最大允许误差的前提下,选择经济的、即尽可能少的采样数量。

由于样品平均值 $\bar{x}$ (或抽样绝对误差 Δ 、相对误差 P) 既是采样数量 n 的函数,也常是采样规格 F 的函数,即 $\bar{x} = f(n, F)$ 或 $\Delta = f(n, F)$ 和 $P = f(n, F)$,故二者不能孤立地去研究,它们之间应有个最佳的配合数。经验告诉我们,规格越大或样数越多, $\bar{x}$ 的代表性就越好。极言之,若把一个矿体作为一个大规格样采完,或作为无数个小样全部采完,在不存在人为误差的情况下,其品位均值应与矿体期望值一致。反之,规格越小或样数越少, $\bar{x}$ 的代表性一般越差。所以,当规格大时,可以少采些样就具有足够的代表性;而当规格小时,必须多采些样才能保证样品平均值误差不超过最大允许误差范围。于是我们所研究的问题可归纳为:在保证不超过最大允许误差范围的条件下,怎样求得采样规格与采样数量的最佳配合数。因为这个问题的实质是抽样误差问题,所以可借助于抽样

误差公式 $\Delta = t_{\alpha} \cdot S \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}$ 或 $P = t_{\alpha} \cdot V \cdot \frac{1}{\sqrt{n}}$ (V 是变异系数, t_{α} 为给定信度 α 时某自由度下的临界值) 来解决。不难理解,当 S (或 V) 与 F 存在函数关系时,即 S (或 V) $= f(F)$, 只要求出它们的关系式就可以根据抽样误差公式,将 Δ 或 P 同时

与 n 及 F 联系在一起,从而求出 n 与 F 的最佳配合数。为说明此方法,笔者对羊琳钨矿采样试验的结果进行了研究,现归纳于后。

采样试验规格及加工情况

羊琳钨矿系产于泥盆系砂砾岩与板溪群轻变质岩不整合面上、下的规模巨大的细脉组合型钨矿。矿化连续性好,矿体厚度大,与围岩无明显分界线,须靠采样化验来圈定。

采样试验共选50个点,分布在两个中段的13个穿脉和沿脉坑道中。在每个采样点上,从小到大用6种规格套槽取样。先加工规格小的样品,取出作化验的部分后,其余合并到较大规格的样中继续加工。

采样规格试验品位均方差、平均值与规格的关系

品位均方差与平均值计算结果 表1

统计量	断面 (cm ²)					
	20×5	10×5	10×3	7×3	5×3	3×2
$\bar{x} (\%)$	0.334	0.339	0.354	0.364	0.355	0.364
$S (\%)$	0.230	0.256	0.283	0.307	0.311	0.317
F	1	0.5	0.3	0.21	0.15	0.06
n	50	50	50	50	50	50

注: 采样规格 F 以 100 cm² 为计量单位

图1是根据表1的数值所作的实验曲线。

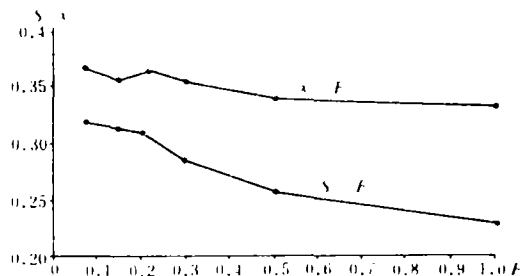


图1 均方差、平均品位与规格实验曲线

根据曲线形状直观判断,可用公式 $S = a_1(b + \lg F)$ 及 $\bar{x} = a_2(b - \lg F) + c$ 改直(图2),再用最小二乘法求出公式中之系数与常数,从而建立规格试验样值的经验公式:

$$S = 0.0874(2.66 - \lg F) \quad (F \leq 457) \quad (1)$$

$$\bar{x} = 0.0295(2.66 - \lg F) + 0.256 \quad (F \leq 457) \quad (2)$$

(注: 为便于计算,将品位乘100,下同。)

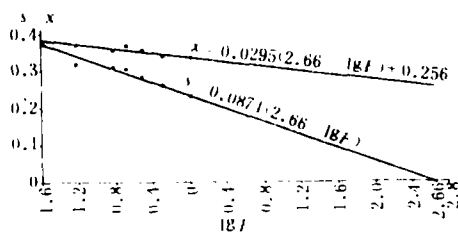


图2 均方差、平均品位与规格对数拟合直线

因为在矿体范围内的采样 $S > 0$ ，规格最大也只能达到与矿体一致，即整个矿体作一个样采出

时， $S = 0$ ，此时品位就是矿体的平均品位。因此（1）及（2）式只适用于规格不超过矿体大小的采样。从公式看出，当规格增大到457， $\lg F = 2.66$ 时，均方差 $S = 0$ ，则平均品位 $\bar{x} = 0.256$ ，这就是根据上述公式预测得到的矿体平均品位。但实际上 $F = 457$ ，并未达到矿体断面的大小，这是因为受到了试验样本容量和类比精度的限制，但它对于我们研究的问题来说已足具代表性了（ $F = 457$ 可能反映了矿化的周期性变化）。根据式（1）和式（2）计算的部分数据列于表2。

统计值表										表2	
F	0.01	0.02	0.05	0.06	0.1	0.2	0.5	1	10	100	457
$\lg F$	-2	-1.699	-1.301	-1.222	-1.0	-0.699	-0.301	0	1	2	2.66
S	0.407	0.381	0.346	0.339	0.320	0.294	0.259	0.232	0.145	0.058	0
$\bar{x}$	0.394	0.385	0.373	0.370	0.364	0.355	0.343	0.334	0.305	0.276	0.256
V	1.035	0.991	0.929	0.916	0.879	0.827	0.754	0.685	0.476	0.209	0

对图2中的直线拟合时， S 与 $\lg F$ 及 $\bar{x}$ 与 $\lg F$ 的关系进行相关显著性检验，在信度5%下计算的相关系数分别为-0.945与-0.888，其绝对值均大于表列值0.811，说明它们是显著线性相关的。所以，前述经验公式可以用来定量地表达该矿不同规格采样的均方差 S 和平均品位 $\bar{x}$ 。

采样规格、数量与采样误差的关系

如前述，这个关系可以借助于抽样误差公式

$$\Delta = t_a \cdot S \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$P = t_a \cdot V \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

表示。对羊琳钨矿来说，上二式的 S 用 F 表示则可写为：

$$\Delta = t_a \cdot 0.0874(2.66 - \lg F) \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

$$P = t_a \cdot \frac{0.0874(2.66 - \lg F)}{0.0295(2.66 - \lg F) + 0.256} \cdot \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

同时可以得到以下二式：

$$F = 10^{\frac{0.2325 - 0.3345 \times \frac{P}{t_a} \cdot \sqrt{n}}{0.0874 - 0.0295 \times \frac{P}{t_a} \cdot \sqrt{n}}} \quad (7)$$

$$n = \left[\frac{0.2325 - 0.0874 \lg F}{\frac{P}{t_a} (0.3345 - 0.0295 \lg F)} \right]^2 \quad (8)$$

这样，就建立了该矿采样误差与采样规格和数量的函数关系。为便于选择采样规格和采样数量的

最佳配合数，笔者根据（6）、（7）、（8）式计算（ $\alpha = 5\%$ ）结果作出了图3。

采样误差计算结果

表 3

P (%) F	n	3	5	10	50	100	500	1000	10000
0.01		117.1	90.7	64.2	37.0	32.1	9.1	6.4	2.0
0.02		112.1	86.8	61.4	27.5	19.4	8.7	6.1	1.9
0.05		105.1	81.4	57.4	25.7	18.2	8.1	5.8	1.8
0.06		103.6	80.3	56.8	25.4	18.0	8.0	5.7	1.8
0.1		97.0	75.1	53.1	23.8	16.8	7.5	5.3	1.7
0.2		93.6	72.5	51.2	22.9	16.2	7.2	5.1	1.6
0.5		85.2	66.1	46.7	20.9	14.8	6.6	4.7	1.5
1		78.6	60.9	43.1	19.3	13.6	6.1	4.3	1.4
10		53.8	41.7	29.5	13.2	9.3	4.2	3.0	0.9
457		0	0	0	0	0	0	0	0

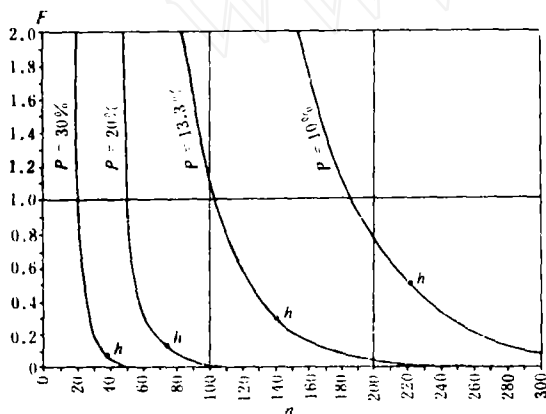


图 3 不同抽样误差所需样数与规格曲线

从图 3、表 3 可以明显地看出以下规律:

1. 误差随采样规格的增大和采样数量的增加而变小, 当规格和样数增到一定程度后, 误差就由迅速地变小转为缓慢地变小, 这个转折处就是我们应该选择的规格和样数。但因误差同时是规格和样数的函数, 故它们应有一个最佳的配合数。从图 3 看出, 每一误差曲线有一转折点 h (弧半径最小处, 可用目估得到近似点位, 不必用烦琐的计算去求), 当沿曲线自 h 点向上时, 规格迅速增大, 而样数减少较慢; 反之, 自 h 点向下时, 所需样数迅速增加, 但规格减小较少。所以, 点 h 处的规格和样数就是规格和样数的最佳配合数。

2. 从图 3 各误差曲线上 h 点的分布趋势可以看出, 要使误差减小, 主要靠增加采样数量, 其次才

是靠增大采样规格。例如, 规格从 0.1 单位扩大 10 倍到 1 单位, 误差一般只减小百分之几, 而样数从 10 个增为 10 倍到 100 个, 误差可减小 30%。这就可以解释羊琳歪钨矿采样试验结果中, 为什么断面仅 1 cm^2 的刻线样比断面为 $10 \times 5 \text{ cm}^2$ 的刻槽样误差还要小。前者平行刻十条线组合为一个样, 样数相当于后者的 10 倍。显然这种方法是比较理想的采样方法之一。

采样规格和数量的选择

对于采样规格试验结果的误差衡量标准, 目前尚无正式规范可查, 以致众说纷云。笔者认为, 不能用化验分析允许误差规定的标准来衡量。因为采样误差既包括化验分析误差, 又包括其他一些误差, 如品位随空间地质条件不同而产生的变化, 以致用不同的密度 (个数) 和规格采样所得品位不同, 以及采样技术条件造成的误差, 等等。所以, 采样品位误差肯定比化验分析误差大。如羊琳歪钨矿不同采样规格之间误差的均方差为 0.08~0.17%, 而同一试验样品双份化验结果之间的均方差仅 0.02%, 前者是后者的 4~9 倍。这说明用化验分析允许误差来衡量采样误差是不合理的。那么用什么标准来衡量采样误差呢? 我们知道, 采样 (品位) 误差一般在储量误差组成中占有较大的比例, 故将最大允许储量误差的一定比例来作为采样误差的衡量标准就是理所当然的了。

初步分析羊琳歪钨矿采样 (品位) 误差可能占

储量误差的2/3。这样,可以根据前面计算结果,利用图3来选择采样数量和规格。如B级储量最大允许误差是 $\pm 30\%$,我们可从 $P = \pm 30\% \times 2/3 = \pm 20\%$ 的曲线上读出一系列的样数和相应的规格。同样,对于C, A级储量可以分别从 $P = \pm 45\% \times 2/3 = \pm 30\%$ 和 $P = \pm 20\% \times 2/3 = \pm 13.3\%$

曲线上读出一系列的规格和相应样数,它们就是使得采样结果的误差有95%的可靠性,不超过最大允许储量误差(品位)所需的采样规格和相应的采样个数(若要准确数据可用公式计算)。现列举一部分数据于表4:

从图3读出的数据

表4

储量级别	A					B					C					
规格(F)	1	0.5	0.3	0.21	0.1	0.5	0.3	0.21	0.1	0.06	0.5	0.3	0.21	0.1	0.06	0.01
样数(n)	103	123	137	147	166	54	61	65	74	79	24	27	29	33	36	46

这是一系列可供选择的采样个数和规格的配合数。至于最佳配合数,就是图3中h点处的数据,即C级为 $0.06F$ ($3 \times 2 \text{ cm}^2$)和36个样; B级为 $0.1F$ ($5 \times 2 \text{ cm}^2$)和74个样。从这些数据来看,如果羊琳歪钨矿坑道采样规格都按B级要求的最佳配合规格 $5 \times 2 \text{ cm}^2$,在每个矿块内采1m长的样74个就可计算B级储量;若采33个样就可计算C级储量。该矿穿脉坑道网度 $100 \times 40 \text{ m}^2$,采样个数之多完全可以满足并超过这个要求。用 $0.5F$ ($10 \times 5 \text{ cm}^2$)垂直刻槽,规格已属偏大了。若用刻线($0.01F$),每线长1m,则B级需103个等等。钻探用55毫米金刚石钻头钻进,岩芯连续取样,1m一个,劈半规格约等于 $0.13F$ 。用此规格取样, B级储量需69个, C级储量需34个,钻探网度为 $100 \times 50 \sim 100 \text{ m}$,采样个数亦可满足或超过要求。但对于一些较小的矿体(或矿块)采样数量较少,只宜探获较低级储量。

结 束 语

1.本文所述的方法具有普遍意义,因为许多矿区采样品位的均方差与采样规格都存在某种函数关系,例如,平果矿区和大厂矿区,笔者根据尹全七发表的数据*作了类似的研究,也证明存在这种函数关系。所以,许多矿区都可利用抽样误差公式来

选择采样规格和样数的最佳配合数。

2.在每种误差条件下,规格与样数均可以选择一系列的配合数,当探矿工程限定以某种规格采样时,可按该规格选取相应的采样数量。

3.当一个矿区求得了采样规格和样数的最佳配合数时,亦可据以求得在一定范围内用某种工程探获某级储量的一个矿块(或一个矿段、一个采区)的取样密度。

4.该矿区和已知一些其他矿区的采样试验结果表明:品位变化较大的矿床采样,当一个独立样的规格比一个由小样合并成的组合样规格大得较多时,独立样的采样误差还要大于组合样的采样误差。所以,小样多、规格小的组合采样,是质量高、工作量小的理想采样方法,应尽量选用(如组合刻线法、组合方格打块法等)。但若采样前必须削平,则工作量较大,宜酌情选用。

5.关于采样方法问题,笔者认为其实质就是用不同的规格和样数(1个或多个),以一定的几何构形合为一个样进行采样的问题,所以采样方法问题的研究一定程度上可以化为采样规格和个数问题进行研究。根据这种认识,笔者对羊琳歪钨矿的采样方法试验成果进行了规格换算,作了如同前面一样的研究,所得结果也证明了这种方法选择采样规格和个数的合理性。

* 见《桂林冶金地质学院学报》,1981, No 3。