

矿体的 MC 参数特征及其在矿床勘探中的应用

李龙虎

(吉林省第六地质调查所, 延吉 133001)

[摘要] 厚度和品位是矿体的主要参数, 两者既有区别又有联系。在解决某些地质问题时, 把两者统一起来进行研究, 能使问题更合理、有效地得到解决。通过提出 MC 参数概念, 分析 MC 参数的特征, 讨论了该参数在矿体矿化富集规律的研究、矿体资源/储量估算或资源/储量检验、估计资源/储量误差及确定合理勘探网度等方面的应用, 说明了 MC 参数对矿床勘探应用的意义, 并指出该参数的应用条件。

[关键词] 矿体 MC 参数 矿床勘探

[中图分类号] P628 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)02-0079-04

0 前言

矿体的厚度(M)和品位(C)是反映矿体特征的两项主要指标。厚度反映矿体大小, 品位则反映矿体质量, 但两者具有密切关系和共性。MC 参数反映两者的这种关系和共性。

MC 参数为矿体厚度和品位的综合性指标, 数值上等于两者的乘积。所谓米百分比、米克吨值等均属于 MC 参数。这些参数虽然出台较早, 但其应用却很有限。实际上 MC 参数不仅能解决矿床勘探中的很多实际问题而且比利用厚度、品位单个参数效果好。例如研究有用组分的富集规律用 MC 参数能够更全面客观地反映矿化规律; 资源/储量估算或验算利用 MC 参数使计算更简便有效; MC 参数还能可靠地估计资源/储量误差, 便于确定合理的勘探网度等等。

下面将结合实例分析讨论 MC 参数特征及其在矿床勘探中的应用问题。

1 研究有用组分的富集规律

在垂直矿体厚度的平面上制作品位等值线图是研究有用组分富集规律的常用方法。这种图一般用采样点(工程点)的平均品位作为参数。当矿体厚度均匀时该参数反映的矿化规律与实际相差不大, 但由于矿体厚度通常变化较大, 这种图反映的富集规律往往会产生较大的失真。这是由于采样点的平均品位不仅与该点样品品位有关, 还和矿体厚度有

关。矿体厚度小, 可导致平均品位增大; 相反矿体厚度大, 可导致平均品位减小。

表1列举了某金矿体两个采样点的品位特征。表中看到, 第一个采样点的平均品位比第二个低, 但是比较两个采样点组成的样品品位可知, 前者的矿化强度应该比后者大得多。

表1 不同采样点矿体品位特征对照表

采样点号	样品号	样品长度 /m	品位 /10 ⁻⁶	水平厚度 /m	平均品位 /10 ⁻⁶
7CD47	H2	1.00	8.32		
	3	1.00	11.55		
	4	1.00	3.13		
	5	1.00	3.18		
	6	1.00	5.19	5.00	5.55
7CD49	H2	1.00	8.75	1.00	8.75

如果利用 MC 参数能有效地克服这种缺陷, 较为客观地反映矿化富集规律。

由于单项工程中矿体厚度等于穿过矿体的所有样品长度之和, 即

$$M = \sum_{i=1}^n li;$$

平均品位等于各样品品位对样长的加权平均值, 即

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n liCi}{\sum_{i=1}^n li}$$

(式中 M、C 分别等于采样点矿体厚度、平均品位; li、Ci 分别等于第 i 个样品样长、品位; n 为样品数)。

[收稿日期] 2005-01-21; **[修订日期]** 2005-04-18; **[责任编辑]** 曲丽莉。

[第一作者简介] 李龙虎(1954年-), 男, 1982年毕业于长春地质学院, 获学士学位, 高级工程师, 现主要从事矿产地质勘查工作。

所以该点 MC 值等于

$$M \times C = \sum_{i=1}^n liCi$$

由此可见,矿体某一采样点的 MC 值等于该点的所有样品品位的线性组合。由于样长通常比较稳定,MC 值主要与样品品位有关,特别是当样长都等于 1 时

$$MC = \sum_{i=1}^n Ci。$$

由以上分析可知,MC 参数包含该点全部矿化

信息。这就是该参数能够比较完整地反映矿体矿化特征的原因。

图 1、图 2 分别是海某金矿 28 号矿体平均品位和 MC 等值线图。平均品位等值线图不仅矿化富集规律不强而且不太符合实际情况。而 MC 等值线图富集规律较明显,也符合客观实际。根据 MC 等值线图每 150 ~ 250mm 左右出现一个富集区,富集中心 MC 值超过 50 (很多超 100)。该富集规律的发现对预测和发现 63 线的富集区起了重要作用。

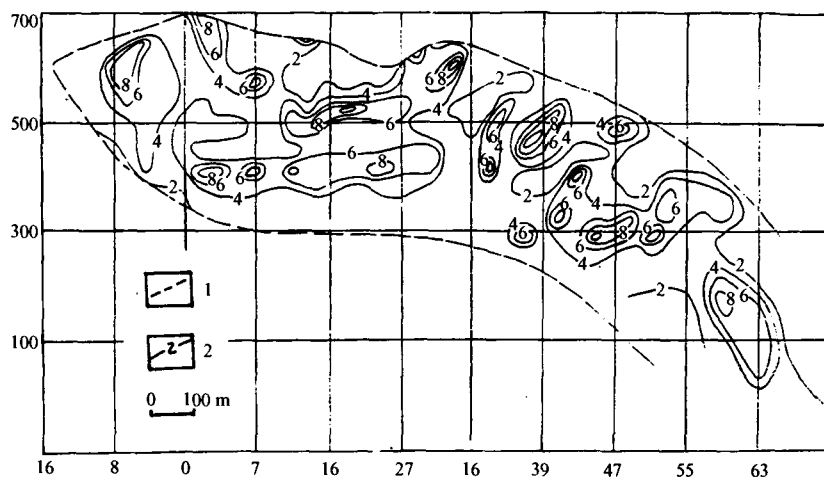


图 1 海某金矿 28 号矿体平均品位等值线图

1—矿边界线;2—品位等值线及品位值($\times 10^{-6}$)

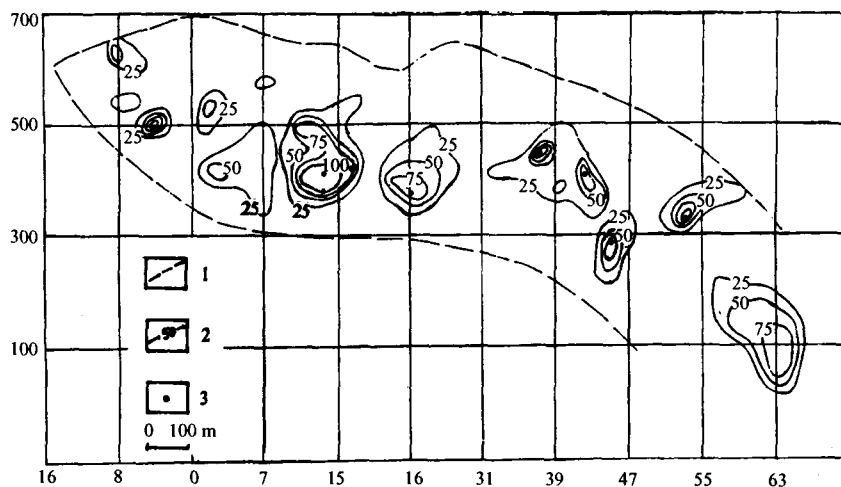


图 2 海某金矿 28 号矿体 MC 等值线图

1—矿体边界线;2—MC 等值线及 MC 值($m \cdot g \cdot t$);3—MC 值大于 100 的点

2 资源/储量估算或检验

计算层状、脉状等二向延长矿体的资源/储量经常使用投影法。该投影平面上任意点的矿体厚度、品位、体重分别为 M_i 、 C_i 、 D_i ,则该点有用组分线储

量 $P_i = M_i \times C_i \times D_i \times \Delta S$, ΔS 为该点的点面积。如计算范围面积为 S ,则该面积内有用组分资源/储量 $P = \iint_S M_i C_i D_i ds$ 。体重的变化量一般不大,可利用矿体或矿块的平均体重来代替 D_i ,故可认为是个常

数。 M_i 和 C_i 的乘积相当于该点的 MC 值 $MC(i)$, 是个变量。所以 P 相当于 MC 的函数。即

$$P = \bar{D} \iint_s MC(i) ds \quad (1).$$

通常 MC 为随机变量,与资源/储量不存在函数关系,所以不能用(1)式求资源/储量,但可以利用其近似式求资源/储量的近似值。即

$$P \approx \bar{D} \sum_{i=1}^n MC(i) \Delta Si \quad (2),$$

ΔSi 为 $MC(i)$ 所在工程所控制的面积, n 为计算范围内的工程数量。显然 ΔSi 越小, n 越大, 算出的资源/储量与实际的误差越小, 反之越大。如果勘探工程分布是均匀的, 可以认为每个工程控制面积相等,

且 $\Delta S = \frac{s}{n}$ 。因此(2)式可变为

$$P = \bar{D} \cdot S \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MC(i) \quad (3)$$

这说明一定面积的有用组分资源/储量与该范围内的 MC 平均值有关。

可以证明(3)式与块段法资源/储量估算结果是一样的。设有一个块段内包含 n 个工程, 各工程的厚度、品位分别为 M_i 、 C_i , 块段面积为 S , 平均体重为 $\bar{D}$, 则块段的平均厚度

$$\bar{M} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i$$

平均品位

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i C_i}{\sum_{i=1}^n M_i},$$

块段的有用组分资源/储量等于

$$\begin{aligned} S \times \bar{M} \times \bar{D} \times \bar{C} &= S \times \bar{D} \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_i C_i \\ &= \bar{D} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MC(i), \end{aligned}$$

该式与(3)式是等同的。同样地可以证明, 工程控制面积相同时估算范围内所有块段储量之和与(3)式一致(证略)。因此利用(3)式可以检验块段法估算的资源/储量的正确性。

由于应用(3)式估算资源/储量比块段法简单, 可以节省时间提高效率。尤其是估算范围内包含的工程数和划分的块段数越多, 该估算方法的优点越明显。本资源/储量估算方法与算术平均法有些相似, 但精度较后者高。当矿体厚度、品位变化较大时算术平均法估算的资源/储量精度满足不了要求, 但

MC 平均值法可以保证一定的精度。

例如上例中的 28 号矿体以往储量是分期分段提交的, 由于勘探网度不一致、工程分布不均等原因, 提交的总储量与实际有较大的误差。在现有的探采资料基础上, 根据 40m 间距控制的 240 个工程点重新估算了储量, 假如用块段法估算需划分 200 多个块段。需要估算每个块段的金储量再加以合计, 计算工作量庞大, 费时费力。用 MC 参数计算只需计算所有工程的 MC 平均值就基本上完成了, 不仅节省大量时间, 还取得了满意的效果。

3 估计资源/储量误差, 确定合理勘探网度

资源/储量估算是用有限的取样点的参数值对一定范围内的矿体资源/储量进行估计的, 所以与实际总存在误差。这种误差随着取样点的增加(即勘探网度的变小)而变小。由 $P = \bar{D} \cdot S \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n MC(i)$ 可知, 由于 $\bar{D}$ 和 S 相对稳定, 有用组分资源/储量误差主要与 MC 平均值误差有关, 而 MC 平均值误差与工程数 n 有关。当 n 无限增大时, MC 平均值无限接近其数学期望, 资源/储量误差无限接近于零。

各工程的 MC 值可看做是对矿体的一次抽样观测, 不论其分布形式如何, 当 n 较大时(大于 30)由中心极限定理可知, MC 平均值服从正态分布, 并具有有限的数学期望和方差。根据数理统计原理, MC 平均值相对于数学期望的误差可用 $P = \pm t \frac{V}{\sqrt{n}}$ 表示。

式中 P 为平均值的相对误差; V 是变化系数, 可用样本的均方差除以样本平均值得到; n 为工程数量。 t 是表示可靠程度的概率系数, t 越大可靠程度越高。如 $t = 1.65$ 时相对误差估计的可靠程度为 90%。

为了了解 28 号矿体在不同网度下的储量误差, 确定合理勘探网度, 在现有工程控制基础上进行了稀空实验。以 40m × 40m 网度为基准, 分别计算 80m × 80m、120m × 120m、160m × 160m、200m × 200m 网度的 MC 平均值与基准值的相对误差。实验表明, 随着网度的变大稀空方案增多, 各方案包含的工程数减

表 2 不同网度对基准网度的 MC 平均值相对误差表

勘探网度 /m	方案数量 /个	工程数量 /个	MC 平均值		相对误差绝对值/%	
			最小	最大	最大	平均值
80 × 80	4	60	20.30	24.14	10.30	6.18
120 × 120	9	27	17.96	28.35	29.60	12.89
160 × 160	16	15	13.80	33.50	53.10	17.76
200 × 200	25	10	9.09	40.91	87.00	33.72

少,MC 平均值相对基准的误差变大(表 2)。

图 3 反映了各稀空方案的 MC 平均值相对于基准的平均误差曲线与 $P = t \frac{V}{\sqrt{n}}$ 公式计算的理论误差曲线关系($t=1.65$)。随着网度增加,两个误差曲线同时上升,而且理论误差总比实验误差大。这是由于基准网度本身的 MC 平均值与 MC 的数学期望存在一定的误差造成的。

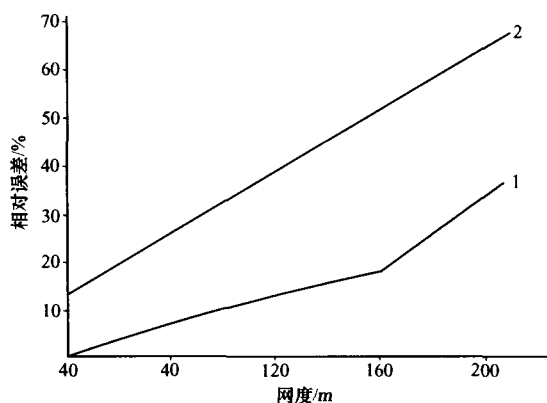


图 3 稀空实验误差曲线与理论误差曲线关系图

1—各方案相对 40m 网度的平均误差曲线;

2—按 $P = t \frac{V}{\sqrt{n}}$ 计算的理论曲线($t=1.65$)

由理论误差公式计算出,在可信度为 90% 情况下,由 40m 网度到 200m 网度的 MC 平均值误差(也即储量误差)分别为 13%、26%、39%、53%、64%。而所需的工程数量分别为 240、60、27、15、10 个。40m 网度的储量误差最小,但所需的工程数偏多。该网度比 80m 网度相比,误差减少了一倍,但工程数增加了 3 倍。而 80m 网度与 120m 网度相比,误差同样减少 13%,工程数只增加 1 倍多。120m 网度由于工程控制太少误差偏大,不利于控制矿体。因此认为 80m 网度控制矿体是比较合理的。本矿

勘探经验已证实了该结论的正确性。

4 结 语

通过以上讨论可见,MC 参数对矿床勘探某些方面的应用具一定的理论和现实意义。以往研究矿体有用组分的分布规律或估计资源/储量误差时往往只考虑矿体品位特征,而忽略矿体厚度的变化,结果与实际产生较大的偏差。由于 MC 参数包含了两个参数的变化特征,能够较好地解决以上问题,避免了片面性。研究矿体厚度和品位变化均较大的矿体时利用 MC 参数无疑是个好方法。

同时,MC 参数的应用具一定的适用条件。该参数适于研究二向延长的矿体,不适合研究一向延长、三向延长或形态很不规则的矿体。矿体厚度、品位两参数中如果任一参数变化不大时只需考虑变化大的参数就可以,不需要求出 MC 参数,但这种情况一般较少。MC 参数用于资源/储量估算或估计误差时要求工程分布均匀,工程数量要足够多。否则资源/储量误差偏大,估计误差可靠性小。所以比较适合于矿床勘探阶段或矿山生产勘探工作。普查阶段由于工程数较少,工程分布不均不宜应用。

[参考文献]

- [1] 吉林省地质局延边地区综合地质大队. 吉林省安图县海沟金矿区储量报告[R]. 长春:吉林省地勘局,1971.
- [2] 裴春雷,李将德,许金水,等. 吉林省安图县海沟金矿区 28 号脉(11-14 勘探线)补充勘探报告[R]. 长春:吉林省地勘局,1993.
- [3] 裴春雷,李将德,许金水,等. 吉林省安图县海沟金矿区东方红矿段 37 号脉(27-39 勘探线)勘探报告[R]. 长春:吉林省地勘局,1994.
- [4] 许金水,李龙虎,张稀友,等. 吉林省安图县海沟金矿区及其外围地质勘查报告[R]. 延吉:吉林省第六地质调查所,2001.
- [5] 长春地质学院矿床勘探教研室. 矿床勘探[M]. 北京:地质出版社,1979.

CHARACTERISTIC OF PARAMETER MC OF ORE BODY AND ITS APPLICATION IN MINERAL EXPLORATION

LI Long-hu

(No. 6 Geological Institute, Jilin Geological Survey, Yanji 133001)

Abstract: Thickness and grade are main parameters of orebody. Two parameters are both different and connection. In solving certain geological problems, it is more reasonable and efficient to consider two parameters. After introducing MC parameter, analyzing characteristics of MC, discussing its applications in enrichment regular of orebody, calculating and testing reserves of orebody, estimating error of reserves, and determining reasonable exploratory grid, this paper implies significance in mineral exploration and points out application conditions of MC parameter.

Key words: ore body, MC parameter, mineral exploration