

试论矿床勘探类型的划分

成都地质学院 陈伯茂

一 勘探类型概念的由来

矿床勘探类型的概念和划分最早始于苏联。十月革命后的列宁、斯大林时代,苏联的地质勘探事业有了迅速的发展,找到和证明了许多矿床。在此基础上,1937年B.M.克列特尔考虑到每类矿床的特点、勘探方法、勘探手段的共同性及储量分级的要求,将它们分为五类(见表1)。

1941年拉弗林(Лавлин)从矿床勘探的容易程度(或困难程度)出发,按它们的天然多样性把各种矿床划为三类:

(1)完全可以被测量的(Plenemeasurable),指易被勘探的矿层,风化壳局部地段;

(2)局部可以被测量的(Partmeasurable),指下部延伸目前无法勘探的巨深矿床;

(3)特殊情况下可以被测量的(extrameasurable),指小型矿床,勘探费用大,不容易勘探。

1947~1953年,根据影响勘探工作方法的自然因素,将原生矿床统一分为五大类,

砂矿床分为三类,而每一类型都提出了一定的勘探方法、勘探间距及所要求的主要储量级别。

鉴于上述分类尚嫌笼统,1953年又由全苏储委根据各种矿床的特点,对矿床的勘探类型作了较为详细的划分,把有色金属、稀有金属分为四类,铝土矿分为三类,铁矿床分为三类,锰矿床分为二类,铬矿床分为一类,非金属矿床分为六类。各类矿床并附有设计和建议采矿企业投资所需表内A₂、B和C₁级储量比例,一直沿用至今。

二 我国矿床勘探类型划分的概况

解放前,我国地质工作处于落后、盲目状态,没有系统的勘探方法,更谈不上勘探类型的划分。解放后,引进了苏联的勘探方法。58年前基本上是沿用苏联的,但在此期间也有不少同志对勘探类型的划分及工程网度问题提出过许多意见。1959年4月,全国储委根据我国勘探工作的成果和经验,制定并通过了适合于我国特点的矿床勘探类型。其中有色金属矿床分为四类,计:铝土矿四

表1

勘探类型	矿床特点	实例	勘探手段	勘探程度
I	形状简单、规模大、组分均匀	沉积矿产,某些风化壳矿床、巨大内生矿床	钻探勘探(坑探验证)	大间距工程可求A级
II	形状多样、规模大、组分均匀	网脉状黑色金属,比较均匀的稀有金属矿床,砂矿	钻探、坑探勘探	
III	形状多样、规模中等、组分均匀	有色金属矿床	同上	
IV	形状多样、规模小、组分极不均匀	伟晶岩矿床,稀有金属矿床不规则矿体	同上	
V	形状复杂、规模很小、组分极不均匀	矿巢、筒状矿体	坑探	只能求C ₁ 、C ₂ 级

类；磷矿床五类；铁矿床五类。

此外其它矿床也划分为若干勘探类型。

上述勘探类型的划分对我国地质勘探事业的发展显然是起着积极作用的，但是在具体矿区确定类型、网度的过程中也出现过一些问题，诸如类型划分不够恰当，使用中硬套类型和网度，机械布置工程，造成不是工程过密浪费国家资金，就是因工程控制不够而需要“补课”和延长地质勘探周期。1964，我国提出技术革命、设计革命化后，有不少同志对勘探类型、网度及储量比例提出了异议，认为是“形而上学的”，“外国搬来不符合国情”，使用中又有教条主义，曾提出了打破“类型、网度、ABC”的意见。文化大革命中，由于林彪、“四人帮”的干扰，地质勘探工作曾一度无章可循，严重影响了地质勘探事业的发展。现在，以华主席为首的党中央一举粉碎了“四人帮”，提出了新时期的总任务，我们就应当从正反两方面来总结我国地质勘探工作的经验。

三 矿床勘探类型的划分及其标准

恩格斯在《自然辩证法》中精辟地说过：“每一门科学都是分析某一个别的运动形式或一系列相互联系和互相转化的运动形式的，因此，科学分类就是这些运动形式本身依据其内部所固有的次序的分类和排列，而它的重要性也正是在这里。”他在这里谈到了两个问题，即分类的本质和依据。显然随着生产事业的发展，对事物的科学分类就愈细。我们所勘探的矿种、矿床有千百种，但根据它们对勘探工作影响最大的因素（即“其内部所固有的次序”）来一个归纳、总结和分类是必要和可能的，这也是地质科学和地质勘探事业所必需的。

勘探类型的划分对勘探手段的选择，与工程布置形式、工程密度、勘探程度的确定以及储量级别的要求都有关。因此，应该根据矿床地质特点勘探的难易程度（即从勘探角度）对矿床进行分类。

那么，影响矿床勘探工作的基本因素到底有哪些呢？

勘探的对象是矿体，所以矿体的规模、

形态及其空间分布和矿石质量及其变化等特征应当是影响勘探工作的基本因素。事实上，在某些存在着问题的矿山，如将勘探资料与开采资料进行分析对比，往往在矿体规模、形态、空间位置和矿石质量特征等方面有较大的误差，它将反映在储量误差和空间位置变化上。因此，只要我们从上述几方面进行认真、深入的研究总结，是可以探讨出一个较为合理的勘探类型划分方案的。我国有些同志在这方面已做了不少工作，也说明这是有条件办到的。有的同志还提到将诸如开采方式、储量工业用途及综合手段应用可能性等因素作为划分勘探类型的非基本标准。我觉得这些因素非矿床本身所固有，所以无须作为划分勘探类型的标准，否则，会使问题不必要地复杂化。这犹如苹果分为“国光”、“红玉”、“香蕉”等品种，与苹果是手摘或是机器摘无关。当然，如果这些因素对选择勘探工程网度有影响，也可以作为选择网度时的参考。

四 某铜矿床勘探类型和网度的探讨

四川某铜矿床早在58年就着手初勘，在65~71和75~76年又进行了补勘和详勘。该矿床产于前震旦纪会理群的一套酸性浅成—超浅成变质岩（黑云片岩、二云片岩及钠长岩）中。矿床由六十余个矿体组成，厚度大于三米的矿体四十六个，其中以I至VI六个矿体规模最大，占全区总金属量的85%（图1）。矿体一般呈重迭-迭瓦状产出，形态多呈似层状、透镜状，膨缩、复合和分叉现象明显，其产状与围岩基本一致（表2）。

矿石类型主要有浸染状、块状、条带状。主要金属硫化物有黄铜矿、黄铁矿（部分为含钴黄铁矿），其次为辉钴矿、辉铜矿、斑铜矿、辉钼矿。金属氧化物为磁铁矿、赤铁矿、镜铁矿、钛铁矿。非金属矿物有黑云母、钠长石、石英、白云母、碳酸盐、磷灰石、萤石、符山石、电气石等。

矿体埋深除南部较大外，一般在20~100米，部分因构造变动已出露地表，目前正露

四川某铜矿主要矿体特征表

表 2

矿体号	控制矿体的剖面编号	矿体控制长度（米）				矿体平均厚度（米）	矿体形状			矿体长轴方向	矿体产状
		沿走向（米）	沿倾斜（米）				空间上	纵剖面	水平投影		
			最大	最小	平均						
I	15—7	1080	580	160	295	14.67*	似层状	似层状透镜状	椭圆形	东—西	与围岩产状一致
II	2—8	720	400	60	216	9.72	透镜(似层)状	“		东—西	
III	8—9	720	440	240	331	24.80**	透镜(似层)状	“		东—西	
IV	6—7	120	360	190	250	10.95	透镜(似层)状	透镜状		南—北	
V	6—9	360	770	100	414	14.31	似层状	似层状透镜状		南—北	
VI	13—9	540	410	130	210	17.71	透镜状	透镜状似层状		东—西	

* 根据四川省地质局403队69年补勘报告。

**根据四川省地质局403队76年补勘资料重新统计。

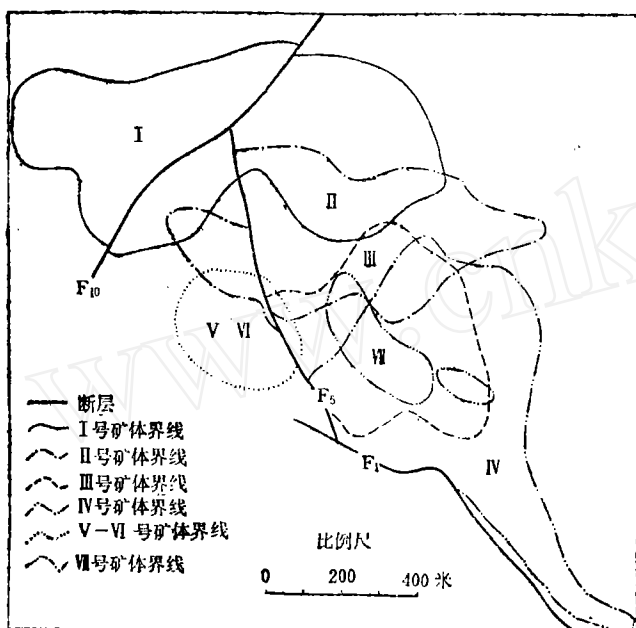


图 1 四川某铜矿主矿体水平投影图

和矿体空间位置准确控制,而储量又与矿体的规模、厚度、品位密切相关。因此我们从这几方面着手研究矿体的变化。矿体的品位表示了成矿作用的强度;矿体的厚度、规模表示了成矿作用的广度;矿体的产状、形态则由控制矿体变化的地质因素所制约。

我们选择了该矿床两个面积不同的主要矿体。I号矿体平均面积458,125米²,金属储量占总金属储量的25.36%;III号矿体平均面积215,750米²,金属储量占总金属储量的28.23%。两个矿体金属储量共占总金属量的53.59%,因而基本上能控制本矿床的规模,具有代表性。

对I号矿体787个样,III号矿体593个样,分别进行了品位频率统计(图2)。

I号矿体品位频率分布曲线呈正向倾斜。若取对数值则呈对数正态分布,经检验也属对数正态分布。

给定显著性水平 $\alpha = 0.01$,查表知置信限值为 $F(U) = 1 - \frac{\alpha}{2} = 0.995$, $U = 2.58$, 样数 $N = 787$ 。

偏度 γ_1 置信上下限为 $\pm 2.58 \sqrt{\frac{6}{787}}$
 $= \pm 0.2252$ 。

天开采。

本矿床除主金属铜以外,尚伴生有钼、钴、硫、铁等有益组分可供综合利用。

关于该矿床的勘探类型,60年原103地质队在初勘报告中曾认为:“矿体规模大,矿体呈似层状和透镜状,沿倾斜变化较大,且尖灭迅速,沿走向则相对稳定,品位分布均匀,故确定为第二类型。”69年403队在补勘报告中虽无专门论述,但基本上也是按第二类型工作的。

对一个矿床来说,关键在于储量可靠性

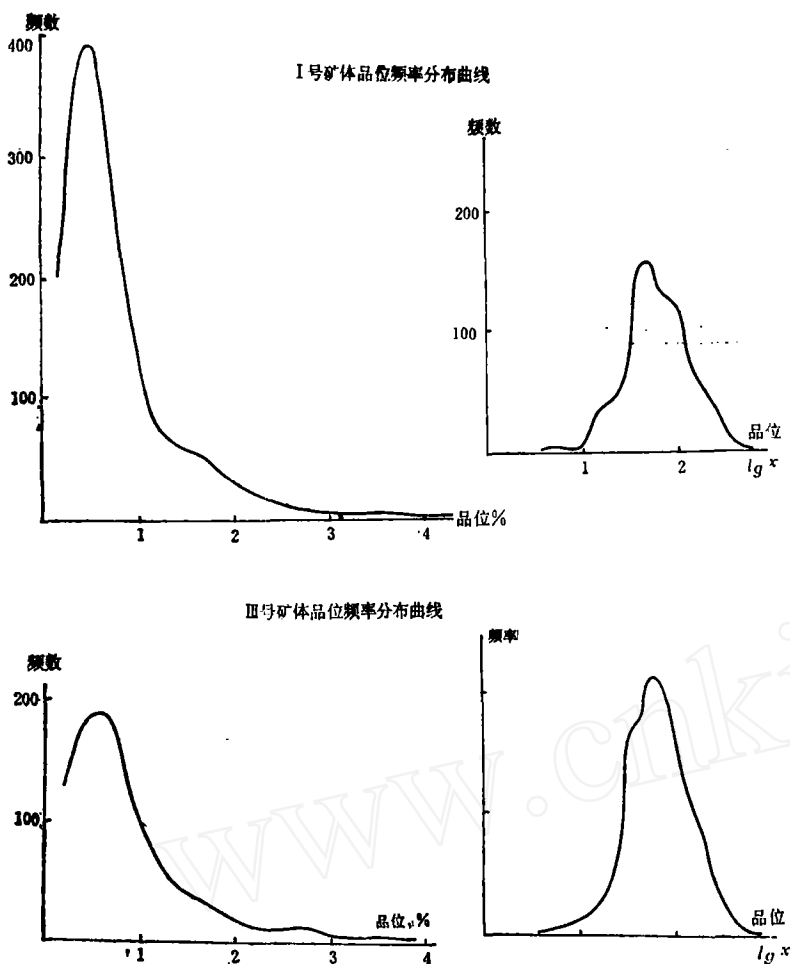


图 2

峰度 γ_2 置信上下限为 $\pm 2.58 \sqrt{\frac{24}{787}}$

$= \pm 0.4505$ 。

而根据实际数据计算 $\gamma_1 = 0.144$ 和 $\gamma_2 = 0.37$ ，均小于理论值，故皆在各自的肯定域内。因此，I号矿体的品位服从对数正态分布。

III号矿体品位频率分布曲线也呈正向倾斜，若取对数值，也呈对数正态分布。

给定显著性水平 $\alpha = 0.01$ ， γ_1 置信上下限为 $\pm 2.58 \sqrt{\frac{6}{593}} = \pm 0.2593$ 。 γ_2 置信上下

限为 ± 0.4489 ，而实际计算为 $\gamma_1 = 0.2512$ ， $\gamma_2 = 0.3644$ ，亦皆在各自的肯定域内，故III号矿体也呈对数正态分布。

对I号矿体79个厚度数值和III号矿体35个厚度数值分别进行厚度对数频率统计，其分布型式见图3，亦呈对数正态分布。经用柯尔莫洛夫检验，最大累积频率绝对值 $D_N = 0.0487$ ，给定显著性水平 $\alpha = 0.05$ ， $N = 79$ ， D_N 临界值 $D_{79,0.05} = 0.1496$ ，由于 $D_N < D_{79,0.05}$ 故I号矿体厚度数值服从对数正态分布。

III号矿体厚度值也服从对数正态分布，经柯氏检验 $D_N = 0.0519$ ，给定显著性水平 $\alpha = 0.05$ ， D_N 的临界值 $D_{35,0.05} = 0.2243$ 。由于 $0.0519 < 0.2243$ ，因而III号矿体厚度值也服从对数正态分布。

此外，用正态概率纸检验，也基本上呈一直线，显示对数正态分布特点（图4）。

从频率曲线特征来看，两个矿体品位厚度的分布皆具有一定的稳定性，属于对数偶然随机变量。同时也证明，用数理统计的方法来研究矿体特征是可行的。

为什么I、III矿体的品位、厚度分布都服从对数正态分布呢？这可能与品位、厚度的低值样特多而高值样特少（可以说本矿体是品位偏低、厚度偏薄的铜矿体）有关。

此外，矿体变异性可用变化性质指数（ t ）来表示，它可根据自然分布曲线来判断。

$$t = \frac{M}{n-2}$$

M —矿石品位、厚度在自然曲线上其数值上升、下降的符号变化次数， n —样品数。

显然， t 值愈小，变化也就愈小；反之，

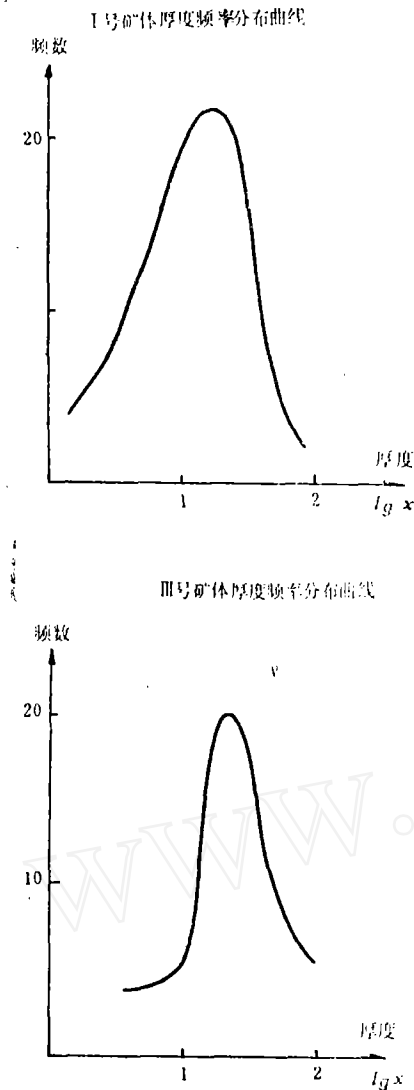


图3

则变化愈大，且呈不规则变化。可以根据 t 值大小对矿体进行分类（表3）。

矿体变化性质分类 表3

类别	变化性质	t 值
1	规则变化	0.0~0.2
2	明显方向性变化	0.3~0.5
3	不明显方向性变化	0.5~0.7
4	不规则变化	0.8~1.0

我们根据钻孔的资料对 I、III 号矿体进行了计算后得表 4。

可见，I、III 矿体的品位和厚度的变化

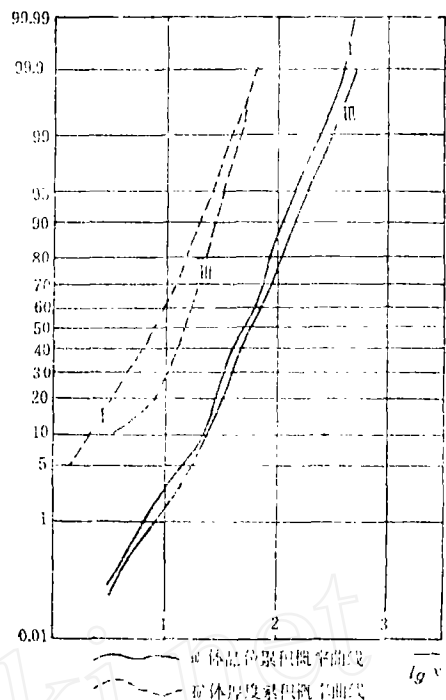


图4 I、III 矿体品位、厚度累积频率曲线

表4

剖面方向	I 号矿体		III 号矿体	
	品位	厚度	品位	厚度
纵向变化性质指数 t	0.85	0.69	0.33	0.66
横向变化性质指数 t	0.67	0.63	0.86	0.57

性质指数都属于第三类，即有不明显方向性变化。

就矿体的变化性质而言，I、III 矿体属于具有一定稳定性的（符合对数正态分布）不明显方向性变化。

矿体变化程度指矿体品位、厚度等变量变化幅度、梯度和连续性等特征。它们与矿床勘探有着很大的关系，即关系到工程间距、工程数目及勘探类型的划分。以往对变化程度研究得较多，尤其是变化系数也较为成熟，有一个划分类型的定量标准可作参考（表5）。

我们对 I 号矿体（包括 2050 坑道样在内）共 1003 个样，III 号矿体 560 个样品的品位数值按初勘、详勘（包括初勘与补勘）分别进

行了统计。对厚度数值也同样进行了统计，其结果见表6。

品位、厚度误差计算公式为

$$m = t \sqrt{\frac{\sigma^2}{n}}$$

式中 σ —品位和厚度的均方差； n —样品数目； t —或然率系数，根据所要求的储量可靠程度查概率积分表而得。

从表6可以得出如下结论：

(1) I号矿体和Ⅲ号矿体的品位变化系数皆在40~100%范围之内，而厚度变化系数也在30~80%之间，均属不均匀变化，都为第二类型。

(2)在品位和厚度变化程度上，Ⅲ号矿体比I号矿体要小些，更趋于均匀。

(3)通过两种勘探阶段不同工程密度所获得的品位、厚度变化系数比较接近，即品位变化在网度加密前后，I号矿体平均品位仅相差3.7%，Ⅲ号矿体还要少，仅2.3%。而厚度相差I号矿体为2.71%，Ⅲ号矿体仅0.6%。并没有因为工程密度增加使指标值发生显著的波动。尤其是Ⅲ号矿体，由于勘探程度高，变化系数值反而减少，说明变化系数值是在一定范围内变化。这完全符合大数定律，即观测次数越多，观测值的平均数对其分布中心的离散程度越小。也就是说，使用的探矿工程达到一定个数后，所求得的变化系数可趋于定数。这点可说明，按原勘探类型所选择的网度是能够控制品位、厚度变化程度的。

(4)详细勘探阶段所获得的品位、厚度

我国矿床勘探类型变化系数范围表 表5

类 型	变 化 程 度	品位变化系数	厚度变化系数
1	均 匀 变 化	<20~40%	5~50%
2	不 均 匀 变 化	40~100%	30~80%
3	很 不 均 匀 变 化	100~150%	50~100%
4	极 不 均 匀 变 化	>150%	80~150%

平均值皆在初期勘探阶段时实际平均品位、平均厚度的误差允许范围之内，也同样说明了上述一点。

矿体空间位置的误差是目前地质勘探工作中普遍存在的问题。即使储量误差在允许范围内，但矿体空间位置的变化却很大，就会直接影响着矿床的开采。如果空间位置误差大，说明原来工程密度控制不够，原来所划分的勘探类型偏高。当然，矿体空间位置的误差与钻探质量、投影作图、取样方法有关，但与矿体的圈定和连接关系更密切。以往圈定矿体时对应见矿点多用直线连接，或用曲线板连接，误差较大。成都地质学院文朴同志曾提出用埃尔米特插值公式来圈定矿体和确定探矿工程间距。就是说，对任意相邻两点测定了函数值及其导数值便可求得该两点间任何位置 X 的函数值及其导数值，这两点间的函数变化关系是 X 的三次多项式。计算中考虑了相邻两点的标高和产状，连接矿体比用以往的方法准确。我们选择了几个剖面及B级、C级储量块段的相邻钻孔资料，用埃尔米特插值公式进行计算（表7，图5），连接的矿体界限与加密钻孔后的矿体

I、Ⅲ矿体各勘探阶段品位、厚度变化情况对照表

表6

矿体号	勘探阶段	品 位 变 化				厚 度 变 化			
		平均品位 $\bar{x}\%$	均方差 σ_x	变化系数 V_x	允许误差	平均厚度 $\bar{m}$ (米)	均方差 σ_m	变化系数 V_m	允许误差
I	初 勘	0.78	0.64	82.05%	± 0.16	15.08	12.39	82.16%	± 1.112
	详 勘	0.81	0.67	83.31%		14.87	11.93	81.32%	
	绝对差	+0.03	+0.03	+1.26%		-0.41	-0.46	-0.84%	
	相对差	3.70%	4.48%	1.51%		2.71%	4.04%	1.03%	
Ⅲ	初 勘	0.89	0.70	78.65%	± 0.24	24.95	16.33	61.44%	± 2.04
	详 勘	0.87	0.69	79.31%		24.80	14.83	59.80%	
	绝对差	-0.02	-0.01	+0.66		-0.15	-0.50	-1.64%	
	相对差	2.3%	1.45%	0.83%		0.60%	3.37%	2.74%	

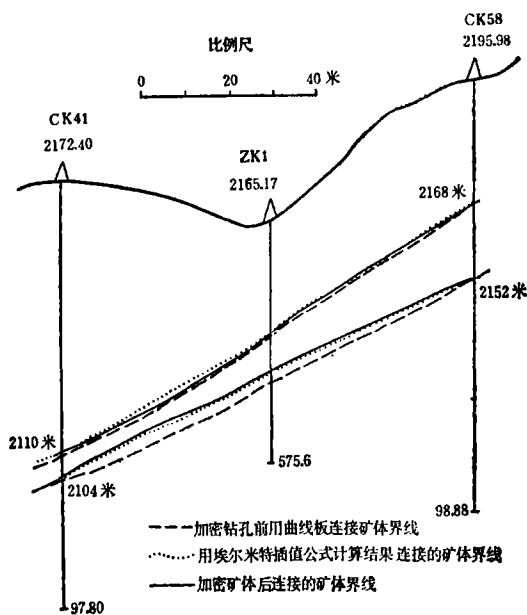


图5 Ⅲ线剖面上用不同的方法圈定的矿体

用不同方法圈定矿体误差对照表 表7

剖面号	钻孔号	用曲线板连接		用埃尔米特插值法	
		顶板(米)	底板(米)	顶板(米)	底板(米)
18	2K6	10	6.5	0	4
18	2K5	3.5	4	0	2
+8	2K1	2	3	1	0.5
+1	2K1	1	7	1.5	4
0	4-CK3	4.5	6	1	10
0	2-CK2	2.5	1.5	7	14
0	0-CK3	30	11	27	3
平均		7.7	5.7	5.5	5.5

界限(即矿体空间位置的误差)相差不多,顶底板平均误差5.5米,有的矿体顶板几乎吻

合,比以往圈定矿体界限的误差(顶板平均7.7米,底板平均5.7米)要小。矿体空间位置误差的允许范围目前还没有一个具体规定,这种误差应该根据矿床勘探类型、储量级别、开采方式(坑采或露采)来确定。根据矿山生产的经验,一般以5米为宜。这也相当于表6中Ⅲ号矿体厚度平均值允许误差的二倍。这是在高级储量地段。如果在低级储量地段,误差范围可略大。这样看来,原用曲线板连接的矿体界限的误差也是允许的,也就是说原来所划勘探类型是正确的,所采用的网度也是合理的。

总之,根据该矿床的地质特征、矿体规模、形态、产状特点以及从矿体变化性质、变化程度,及初勘、详勘不同阶段进行对比,并考虑平均值、矿体空间位置的允许误差,都可说明,将该矿床划分为铜矿第二勘探类型是恰当的,原来所采用的工程网度也是合理的。矿山小规模生产也已证明,储量误差较小,一般在20%以下。

在本文中利用了四川地质局原一〇三队、四〇三队和所探铜矿资料,薛天星、沈光福和陈亚丽同志参加了计算,在此一并表示感谢。

主要参考文献

- (1) 黎彤:关于用量的概念来理解金属矿床勘探类型的问题,《地质与勘探》1957年第五期。
- (2) 赵鹏大:矿床勘探中矿体地质研究的若干基本问题,《中国地质》,1964年第二期。
- (3) B.M.克列特列:《矿床的普查与勘探》下册,1963年。
- (4) 文朴:试论埃尔米特插值公式在确定探矿工程间距等方面的应用,1977年4月,未刊稿。

《钻机液压系统的分析与改进》一文的两处更正

载本刊1979年第1期第91页的公式, $F = \frac{\pi}{4} (D-d)^2$ 应改为 $F = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$, 其运算所得数值,也应相应地改为 $F = 37.7$ 厘米², $Q = 7.54$ 升/分。第2期第84页左栏附表中“最大推力”及右栏附表中“夹紧力”的计算单位,均应由公斤改为吨。