



拉拉厂铜矿勘探网密度合理性的探讨

成都地质学院 陈伯茂

勘探网密度的合理性是指满足矿床某储量级别精度要求(包括矿体边界、品位、厚度、体重等参数的精度)的最经济的勘探工程间距,也就是最佳勘探网密度。勘探工程间距过稀就不能探明矿床的地质情况,资料可靠性差,影响矿山的建设与生产,反之,勘探工程间距过密就会延长勘探工作时间,影响矿山建设速度,同时积压了国家建设资金。可见,矿床勘探工程间距合理与否,直接关系到矿床勘探工作的质量、精度、勘探周期的长短以及国家的合理投资等。因此,勘探网密度合理性始终是勘探理论与实践中的重要问题之一。人们曾提出许多确定勘探网密度的方法,如类比法,筛空法,加密法,数理统计法,剖面分析法,探采资料对比法,模拟法,勘探成本经济分析法,近年来又有地质统计法,数理分析法等,至今,确定最佳勘探网密度已发展成为专门的理论。尤其在我国向四个现代化进军的今天,探讨矿床勘探网密度的合理性是有现实意义的。

1978~1979年间,我们就四川拉拉铜矿床勘探网密度的合理性问题,进行了类比法、数理统计法、地质统计法、勘探资料与基建资料对比及数理分析法等方法的试验,

作了总结,提出一点看法,供当前勘探、设计及生产工作参考。

拉拉铜矿地质勘探简况

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50个矿体组成,其厚度大于三米者24个,其中除I~VI号矿体规模大,延伸长外,其余矿体延伸很少超过100米。矿体一般呈重叠—叠瓦状产出,形态多呈似层状、透镜状,膨胀、复合和分叉现象明显,其产状与围岩基本一致(见图1,表1)。倾角一般在20~25°,个别地段较陡。矿石类型主要有浸染状、条带状。主要金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿等,除主金属铜外还伴生有钼、钴、硫、铁等有益组分可供综合利用。为一大型的以铜为主的多金属矿床。

该矿床早在58年就着手初勘,在65~71年和75~76年又进行了补勘和详勘。从58年来一直在小规模露天开采。关于该矿床勘探类型,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

拉拉铜矿主要矿体特征表

表1

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	180	295	14.87	似层状	似层状透镜状	椭圆形	东—西 东—西 东—西 南—北 南—北 东—西	与围岩产状一致
II	2—8	720	400	80	216	9.72	透镜(似层)状	,			
III	8—9	720	440	240	331	24.80	透镜(似层)状	,			
IV	6—7	120	360	190	250	10.95	透镜(似层)状	透镜状			
V	6—9	360	770	100	414	14.31	似层状	似层状透镜状			
VI	13—9	540	410	130	210	17.71	透镜状	透镜状似层状			

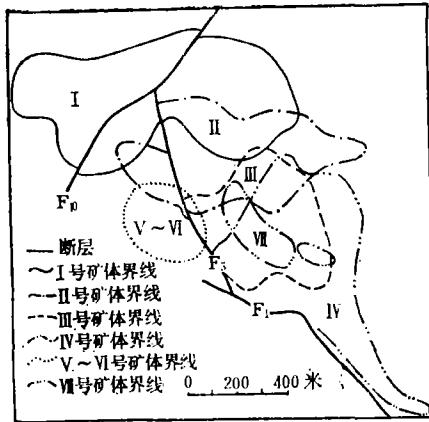


图1 四川拉拉铜矿主矿体水平投影图

类型。”69年403地质队在补勘报告中虽无专门论述，但基本上也是按第二勘探类型工作的。采用120×80~100米探求C₁级储量，60×40~50米探求B级储量。地质探勘钻孔219个，基建钻孔24个，绝大多数皆为直孔。

类比法

该方法是在总结以往探勘工作资料基础上，矿床划分探勘类型，然后确定勘探网密度。我们选择了该矿床I、III两个主矿体，它们占矿床总金属量的53.59%，因而基本上能控制本矿床的规模，具有一定的代表性。对这两个矿体1380个样进行矿体变化性质和变化程度等参数的统计（表2、3）。

I、III矿体变化性质指数统计表

表2

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	0.85	0.69	0.33	0.66
横向变化性质指数	0.67	0.63	0.86	0.57

I、III矿体各勘探阶段品位、厚度变化情况对照表

表3

矿体号	勘探阶段	品位变化				厚度变化			
		平均品位 x(%)	均方差σ _x	变化系数 V _x	允许误差	平均厚度 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%		14.67	11.93	81.32%	
	绝对差	+0.03	+0.03	+1.26%		-0.41	-0.46	-0.84%	
	相对差	3.7%	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%	

从上表可以看出：

1. I、III号矿体的品位和厚度的变化性质指数属于第三类，即有不明显方向性变化。

2. I、III号矿体的品位变化系数皆在40~100%范围内，而厚度变化系数也在30~80%之间，皆属不均匀变化，属第二勘探类型。

3. 通过两个勘探阶段不同密度所获得的品位、厚度变化系数比较接近，即品位、厚度变化并没有因工程密度增加而使指标值发生显著的波动。说明变化系数值是在一定范围内变化，也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. 有人提出利用厚度稳定指数 $M_p = \frac{\bar{M}}{M_{大}}$

来研究矿体厚度变化程度。式中 \bar{M} —矿体的平均厚度， $M_{大}$ —矿体中大于平均厚度的各个大厚度值的平均值。我们对I、III号矿体进行计算，I号矿体 M_p 为0.56，III号矿体 M_p 为0.6862。相当于稳定和不安定的范围。

5. 综上所述，几个主要矿体规模皆在120~1080米范围内，大多在500米以上、厚度在9.72~24.80米范围，矿体形态似层状、

透镜状,并且根据品位、厚度的变化指数、变化系数等特点,符合全国储委1959年颁布的铜矿床勘探类型规范(草案)所划分的第二勘探类型。原地质队所采用的网度 $120 \times 80 \sim 100$ 米还是有一定依据的。

稀空法

403地质队78年对矿床进行过钻孔加密和抽孔的试验,计算了面积重合率,形态歪曲率,品位、厚度和储量的验证对比(表4)。

从表4中可以看出采用“交叉抽孔放稀法”与详勘网度对比,矿体面积重合率平均为78.75%,接近达到B级储量的允许范围。形态歪曲率平均为45.6%,亦接近达到B级储量的允许范围。而矿石品位、厚度和储量相差很少,有增有减。可见,原矿体的连接基本上是正确的。矿石储量相差也符合规定的要求,所采用的勘探网度尚能正确地圈定和控制矿体。

地质统计法

地质统计学是数学地质中研究区域化变量空间相关的一个分支。它是以矿化空间结构(空间相关)为基础,以区域化变量为核心,以变异函数为基本工具的新理论和新方法。

我们认为,变异函数是从矿体的大量的相关样对中求得矿化的空间关系,这种关系就能用来控制取样的密度。因而我们选择了地质勘探、基建勘探代表性钻孔105个,原始铜品位样品数据2766个,经规格化处理求得钻孔垂直方向上的变异曲线(图2)。然后采取随机分层的办法,计算分层钻孔平均品位数据671个,计算垂直勘探线和平行勘探线方向的变异函数值,作了相应的变异曲线(图3、4)。

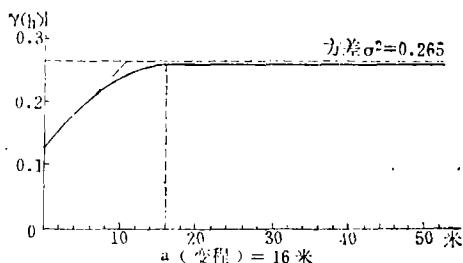


图2 钻孔垂直方向变异曲线 (铜品位%)

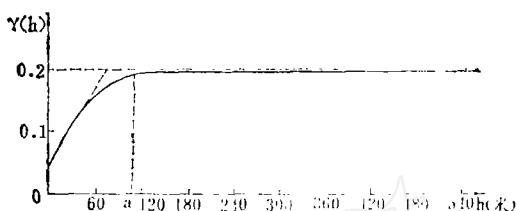


图3 平行勘探线方向(8°40′)变异曲线

样品方差 $\sigma^2 = 0.20$ 变程 $a = 100$ 米 块金 $C_0 = 0.035$

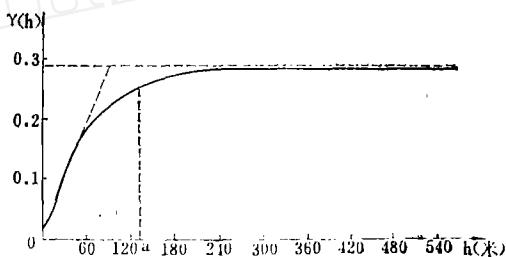


图4 垂直勘探线方向(98°40′)变异曲线

样品方差 $\sigma^2 = 0.29$ 变程 $a = 128$ 米 块金 $C_0 = 0.01$

对各实验变异曲线利用最小二乘法及比较误差的方法拟合,求得各参数值(表5)。

变程是反映区域化变量的变化程度的。变程值大则变化稳定,若变程值小则变化不稳定。从图表中可看出厚度方向变化最大,平行勘探线方向次之,而垂直勘探线方向上最稳定,这点与其块金值也相一致。并与通

对比结果表

表4

矿体号	剖面号	面积重合率%		矿体号	剖面号	形态歪曲率(%)		矿体号	名称	相对误差%	
		单抽	双抽			单抽	双抽			单抽	双抽
I	IV	87.7	97.9	II	IV	24.2	9.8	II	平均品位	+2.8	-2.8
	XII	82.0	60.0		XII	43.3	43.3		平均厚度	-11.6	10.4
	V	62.5	100		V	70.5	114.9		矿石储量	-3.9	-4.0
	XIII	65.2	84.3		XVI	31.1	27.7	I	平均品位	-11	+9
	VI	63.1	84.8						平均厚度	-4.9	4.4
							矿石储量		-9.6	-12.9	

各变异曲线参数值

表 5

变异曲线	基台(σ^2)	块金值 C_0	变程 a(米)	拱高 C
钻孔垂直方向	0.265	0.12	16	0.145
平行勘探线方向	0.20	0.035	100	0.165
垂直勘探线方向	0.29	0.01	128	0.28

常的矿体厚度方向变化最大，矿体走向小于倾向变化的地质现象是吻合的。在平面上也反映了矿床沿走向和倾向的品位变化速度并不相等，因此，可以用128×100米为边的长方形网格布置钻孔。这点与地质队求 C_1 级储量的网度也是接近的。

地质勘探和基建勘探资料的对比

拉拉铜矿基建勘探在 0 线与 I 线间施工钻孔 24 个，网度达到 25×25 米求小露天大部分 A 级储量。我们利用了小露天基建资料和 I 号矿体地质资料进行平面和剖面上面积误差、面积重合率、形态歪曲率等的对比(图 5、6、7，表 6、7)。

小露天地质勘探与基建勘探对比统计表

表 6

平台、剖面号	地质勘探 储量级别	面积对比			面积重合率%	形态歪曲率%
		基建勘探(米 ²)	地质勘探(米 ²)	相对误差%		
2040平台	C_1	7299.25	7678	-5.19	70.25	46.31
2050平台	C_1	8477.5	6697.75	20.99	76.2	36.1
0剖面	C_1	7149	7396	-3.45	97.21	3.44
纵向1号剖面	C_1	4460	2592	42.14	—	44.55
纵向2号剖面	C_1	6052	7060	-16.65	—	71.18

小露天地质勘探与基建勘探储量对比*

表 7

类别	地质勘探			基建勘探			相对误差%
	级别	矿石量(吨)	平均品位%	级别	矿石量(吨)	平均品位	
平衡表内	C_1	××××××	1.00	$B+C_1$	××××××	1.051	10.2%
平衡表外	C_1	××××××	0.34	C_1	××××××	0.377	-5.6%
氧化矿	C_1	×××××	0.648	B	××××××	0.648	90%
总储量	C_1	××××××			××××××		18.28%

* 据拉拉铜矿1974年计算资料

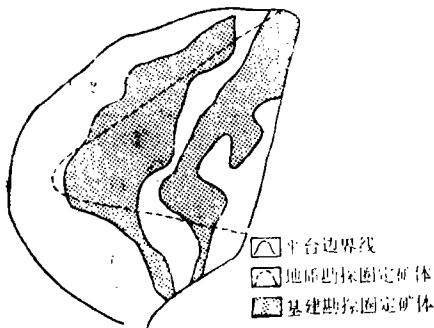


图 5 2040米平台地质勘探与基建勘探矿体对比图

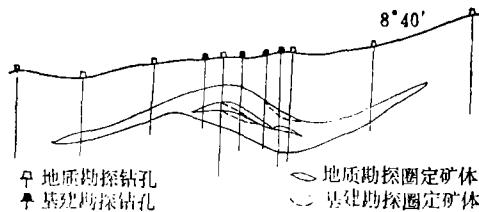


图 6 0号剖面地质勘探与基建勘探矿体对比图

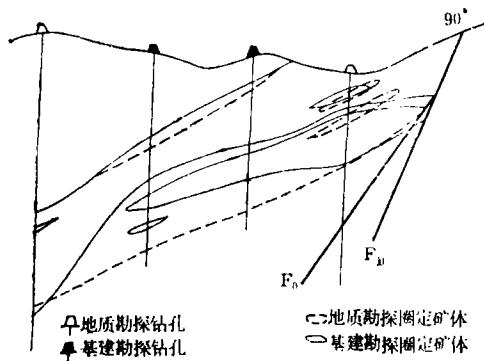


图7 纵向2号剖面地质勘探与基建勘探矿体对比图

冶金部有色冶金设计院在《铜矿床地质勘探程度经验总结》中提出了C₁级储量的精度要求(表8)。

C₁级储量精度要求 表8

项 目	C ₁ 级储量误差允许范围
矿石量误差率	40%
矿体面积重合率	>70%
矿体面积歪曲率	<100%
矿体面积相对误差	≤±40%(参考铁矿资料)
矿体底板位移	8~10米

通过上述C₁级储量面积相对误差、面积重合率、形态歪曲率以及矿石量的相对误差计算,基本上未超出该级储量的允许误差范围。因而,地质探勘的矿体连接基本上是正确的,所采用的勘探网度也基本能控制矿体的变化。

数值分析法

勘探工程的控制程度直接影响所圈定的矿体空间位置的变化。反之,矿体空间位置

的变化也能反映工程密度的合理性,即矿体空间位置如果误差大,说明原来勘探工程控制不够,如矿体空间位置误差小,说明原来勘探工程密度合理。我们利用埃尔米特插值公式计算试图了解矿体空间位置的误差以及检验勘探网密度的合理性(图8,表9)。连接矿体的界限与加密钻孔后的矿体界限(即矿体空间位置的误差)相差不大,顶底板平均误差5.5米,有的矿体顶板几乎吻合。

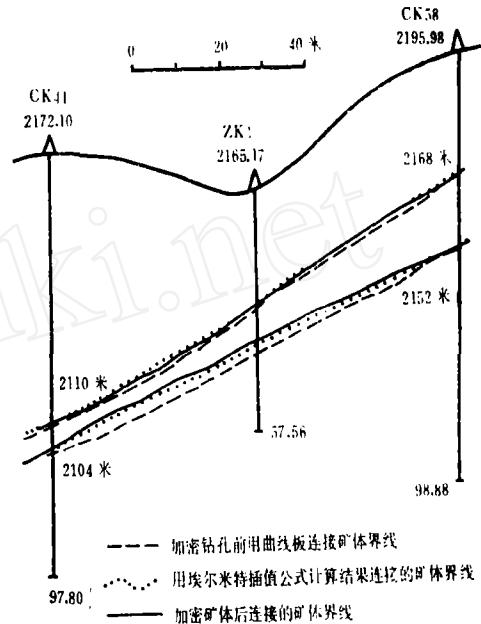


图8 Ⅲ线剖面上用不同的方法圈定的矿体

这个误差值甚至比表8中矿体底板位移的允许误差范围还要小。当然,能够用此种方法求得更多的剖面与钻孔的数值,取得更多的信息那就更好。无疑,这也是求得钻孔密度合理性的途径之一。

用不同方法圈定矿体误差对照表

表9

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	2K ₆	10	6.5	0	4
18	2K ₅	3.5	4	0	2
+3	2K ₁	2	3	1	0.5
+1	2K ₁	1	7	1.5	4
0	4cK ₃	4.5	6	1	10
0	2cK ₂	2.5	1.5	7	14
0	0cK ₃	30	11	27	8
平	均	7.7	5.7	6.5	5.5