

# 金属矿地球物理勘探新趋向

## 一、物探人员的职责

在整个地质勘探程序中,从普查、详查直到勘探都用到物探。每一阶段都有几种物探方法可供选择。物探人员的职责首先是分析所要解决的地质任务,并将地质情况转换成物性的分布,选用对某种或某几种物性可以获得最良好反应的方法来进行工作。

第二个职责是选择最佳的测网。为了发现异常至少要有有一条测线通过异常。萨芬斯基给出了用矩形测网和平行线方格网圈定椭圆状异常的或然率。假设读数是沿着间距为 $d$ 的测线上连续取得的,另外假定勘探对象呈椭圆状(长轴为 $a$ ,短轴为 $b$ )。图1绘出至少有一条测线穿过方向任意的、短长轴比( $\frac{b}{a}$ )为0.2的椭圆状异常的或然率( $P$ )。

可以看出,线距( $d/a$ )增大,或然率( $P$ )将减小。找矿效率可以用费用指标来表征,假设每平方公里的成本与每平方公里内测线的公里数 $N$ 成比例,则费用指标 $C$ 是:

$$C = N/P \quad (1)$$

但 $N$ 与测线距 $d/a$ 成反比,即

$$N = 1/(d/a) \quad (2)$$

所以费用指标就可以用成本因数 $K$ 来表示:

$$K = a/Pd \quad (3)$$

对于任意方向的、短长轴比( $b/a$ )等于0.2的椭圆状地质体,成本因数 $K$ 与或然率 $P$ 的关系如图2所示。图中曲线表明小于0.65的或然率与费用无关;超过0.65的或然率只能

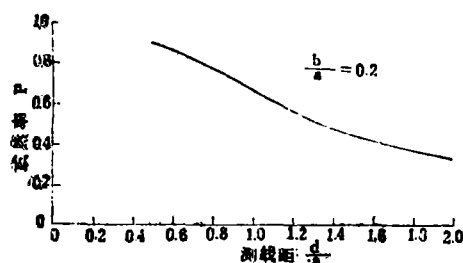


图1

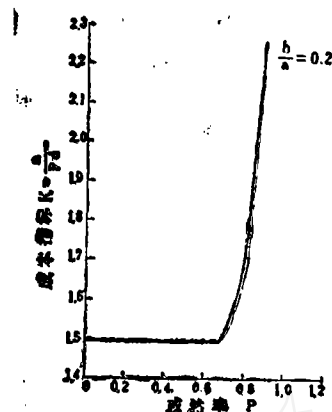


图2

在费用增大很多的情况下才可以达到。效率指标 $E$ 还可以定义为:

$$E = \frac{P}{K} = \frac{P^2 d}{a} \quad (4)$$

效率指标 $E$ 与测线距( $d/a$ )的关系见图3。在所讨论的情况下最合适的测线距应等于0.8。

与此线距对应的或然率 $P$ 为0.77,成本因数 $K$ 为1.625。但线距 $d/a$ 可以向小的方向改变到0.55,向大改变到1.05,而效率 $E$ 只减小10%。所以线距由理想的值改变30%,找异常效率的改变不是太大的。图3还给出了其它椭圆体的类似曲线。当椭圆变成圆时,找异常的最大效率出现在线距 $d/a$ 为1.00的位置。图4说明如果事先知道了走向在 $\pm 30^\circ$ 范围内,找异常的效率将提高很多,其峰值出现在线距 $d/a$ 为1.0处,而且与异常的形状无关。

第三个职责是指导所属人员进行观测,获取数据并处理数据。综合几种物探方法(每一方法要确定一种不同的物性)测得的结果,作出单一的解釋,再与地质、化探资料利用统计相关方法进行对比,克服主观性。目前金属矿物探的数据处理方法,还有待进一步提高。

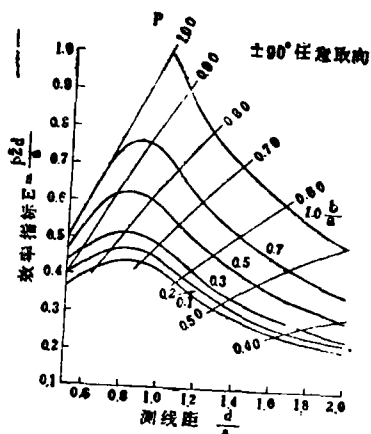


图3

## 二、今后十年可能用得到的新技术。

推想可能有下面几种：

1. 航空和地面用的电子导航系统。
2. 电子计算机对航磁资料进行能谱分析，推断解释的自动化。
3. 宽频带多发射装置的航空和地面电磁感应法系统。
4. 多探头的航空探测系统，包括电子导航、新的电磁法、伽马能谱、高灵敏的磁法以及数字获得系统。
5. 多探头的连续测井系统，包括中子活化法、激发极化法、电磁法和磁法（配备有数字数据获得系统）。
6. 配备有数字数据获得系统的宽频激发极化法系统。

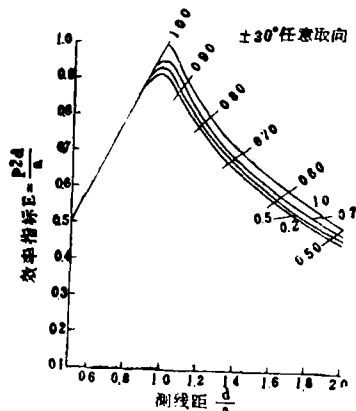


图4

现在不准备全面地描述上面所有这六种新技术，只集中讨论宽频的地面电磁法和宽频的激发极化法系统。

## 三、两种物探方法

电磁感应法和激发极化法是两种通用的物探方法，可以在频率域，也可以在时间域进行测量。本文是根据频率域的观点来进行讨论。这两种方法在工作中受到以下几种干扰：1. 天然电磁场和工业电源的干扰（前者可用足够大的场源来克服，但设备笨重）。天然电磁场的干扰电平随频率降低而增大，所以大多数野外用的激发极化法仪器，其截止频率用 $10^{-1}$ 赫是合适的。2. 仪器的噪声（由于仪器制造技术的进步，一般都不大，可忽略）。3. 金属建筑物、地下管道、电话线、电力线、分布在地下的接地线……可以引起干扰，但这种干扰还无法克服。4. 地质干扰，即没有经济价值的地质体的背景异常，例如，少量的磁铁矿、黄铁矿或粘土的分布，往往形成较大的地质干扰而引起频率百分效应（P.F.E.）异常。这种干扰可以分布在一块较大的面积内，也可能分布在比有经济意义的铜矿或钼矿所分布范围还要小的面积内，前者使用“空间波长较长”，后者使用“空间波长较短”这类术语，于是引用了异常（或干扰）的空间波长连续谱的概念。

在有地质干扰的情况下，如果满足了下列条件的一条或几条，即可测得电磁法异常：1. 异常和地质干扰的空间能谱不同；2. 异常和干扰随频率的变化不同；3. 改变收发线框间的距离，异常和干扰发生的改变不同；4. 改变发射—接收装置排列，异常和干扰所发生的变化不同。

对于激发极化法而言，获得异常同样要满足上述的条件。

所谓异常通常是指高于干扰而可以分辨的那部份，对给定的任务，选用某一方法，估计预期的地质干扰和异常的大小是必要的。增大二者的比值，在许多情况下可用数据处理的方法来完成（航磁的能谱分析是

增大勘探深度、将异常从地质干扰中分离出来的例子)。

#### 四、两个不同地区所遇到的困难和克服困难的某些想法

1. 澳大利亚的大部份地区均为厚度不等的土壤所覆盖,无法用地质填图的方法来探寻金属矿。同时因气候干燥,在干旱季节由于蒸发水份通过土壤上移,在土壤中留下过量的盐份,除土壤顶部的一层外都潮湿,深部土壤导电性很好,而顶部土壤由于水份缺乏,导电性很差。对电阻法和激发极化法的工作不利,不仅接地供电困难,而且大部份电流不能进入基岩。电磁感应虽不受接地的影响,但由于潮湿土壤的屏障作用以及横向导电率的变化,不能获得良好的效果。由于基岩密度的横向变化和基岩起伏不平,应用重力法也不合适,而且它也不宜用于普查。在这里也很少用磁法直接找金属矿。伽马射线易为土壤吸收,放射性法很少用。

另外在澳大利亚,基岩广泛受到淋滤风化作用,基岩风化的深度达150米,其特点是:1.密度偏小,而且很不规则;2.渗透性大;3.由于孔隙率大和蒸发作用,所以盐份的浓度大,导电性好;4.硫化矿物几乎全都氧化,极化率低(注意:在风化带中的石墨或碳质页岩的极化率并不比未风化地带中的石墨或碳质页岩的极化率小);5.自然电流较大;6.含磁铁矿少,磁性弱。所以采用现有的物探方法都受到限制。

在澳大利亚的西部,镍矿产在蛇纹岩或滑石碳酸岩中。矿石呈浸染状,下面通常有块状富矿,含Ni 3%。富矿往往赋存在与玄武岩、部份变质的沉积岩或与铁矿接触的超基性岩的弯曲和错断部位。不含矿的磁黄铁矿有时渗透在整个基性岩里面。

验证了几百个激发极化异常,只见到碳化、石墨化和黄铁矿化,没有打到有经济意的矿体。激发极化法在这里技术上是成功的,经济上是失败的。

为此要求改进现有频率域的激发极化

法。要求能供给地下大于10安电流的发射装置。测量仪器应具有相关检波系统,采用波形迭加作数据处理,为达到迭加还应有波形储存装置,采用多道输入和同时可作几道记录的装置。采用多种频率工作,其频率范围应向低扩展,最合适的几种频率是:0.003、0.01、0.03、0.1和0.3赫。

在该区用电磁法找镍矿,所取得的经验不多。看来还是要用多频的电磁法。直立的回线法(测倾角)可以消除覆盖层和围岩的干扰,以用30、100、300、1000和3000赫这五种频率较合适。满足所提出要求的仪器还没有成品出售,两种仪器都得自行设计试制。

2. 美国西南部有被深达几千呎厚冲积物充填的河谷。气候干燥使地下水和地面含盐份较多,以致地表电阻率很低。冲积层中通常含有丰富的粘土矿和磁铁矿,对上述两种方法都有不同程度的影响。如果所寻找的是斑岩铜矿,激发极化法将是唯一可用的方法,如果伴生有块状硫化矿,则有时还可用到电磁感应法。

在顶板被剥蚀的斑岩铜矿上,采用300呎极距的频率域的激发极化时,圈定的P.F.E.异常等值线图其外圈的异常值大,内圈所表示的矿体的异常值低。如将矿体当作勘探对象,为圈定矿体测线密度不应大于300呎。如果以晕作勘探对象,则测线距可加大到2000呎,测点距也可相应地加大,工作效率可以得到提高。

假定电阻率低到10欧姆来,电极距取200呎,为消除电磁耦合的影响,要求使用不高于 $10^{-3}$ 赫的频率。利用这样低的频率,观测一次所需要的时间将近一个小时。对激发极化法仪器的要求与上面讲的相同,但频率还要低三倍。

如果斑岩侵入岩顶部没有剥蚀掉,黄铁矿的晕可能把矿体裹住,异常等值线的里圈的值大,外圈的值小。如果在黄铁矿晕里面有矿,只能用钻探来找。

如果有块状硫化矿,可用电磁法直接

## 电子计算机在储量计算中的应用

在电子计算机上按常规的方法计算储量,比手工操作的效率要高得多。除此以外,由于采用了电子计算机,还形成了一种新的“矿量动态平衡法(mineralization inventory)”,这是手工操作所难于做到的。如果使用得当,“矿量动态平衡法”不但能准确地完成常规方法的全部工作,而且还可以同时算出矿山生产成本和作出全面的资源评价。我们知道,适当的矿石工业品位指标只有在估算了生产成本之后才能选定,但生产成本又取决于超过边界品位的矿块的位置、矿石平均品位和储量。手工方法只能按既定的品位指标来计算储量,而不可能同

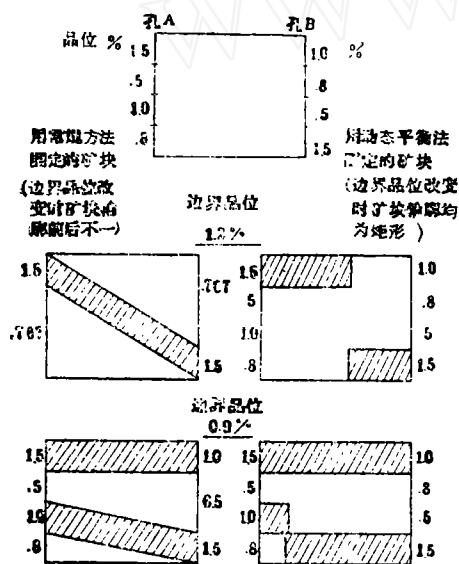
时求解这些变数。“矿量动态平衡法”则允许把品位指标的选定推迟到最恰当的时机。

新方法与常规的方法不同。用新方法圈出的矿块是一些规则的矩形,它们与开采块段的轮廓是一致的(见插图)。在计算过程中,每一个矿块都须分别标明空间位置、岩石性质、回收系数、出矿能力和各种矿化特征。只要一确定品位指标,即可圈定矿体。

当这些工作完成以后,选定工业品位指标就是决定性的一环了。为此,要先求出与几个品位指标方案相对应的储量数字。如需露天开采,就要用模拟的方法来算出台阶高度与矿量的关系。如需坑下开采,就要研究中段高度对回采率和贫化率的影响。各个可行的开采方案有不同的费用和不同的生产率。根据一个企业的需要,即可从中选定方案。在一般情况下,矿石工业品位指标是随着每一个矿块的位置和对矿块价值有影响的其它因素而变动的。

做一次“矿量动态平衡”工作所需要的时间,取决于除品位指标外的其他各项资料的准备程度,通常要几天至几个月。当这些资料比较完整时,矿区的开发方案能做得比其他方法更为可靠。

喻铁阶摘译自《Ore reserve estimation and grade control》, Special Vol.9, Quebec, Canada, 1968, p.109—113.作者: D.T.O'brian, A.Weiss.



圈定矿块的两方法

找,这样也可能间接找到浸染矿。还是用多频测倾角的直立回线法为宜,频率要求比上面讲的低三倍,要求发射和接收线框之间的距离能达到1公里。

根据上面对两个不同地区的物探工作的分析,无论是用激发极化法还是用电磁法,都应当采用多种工作频率来工作,而且频率范围要向更低的频率移。要求采用相关探测

系统,对观测结果要进行数据处理。改进推断解释方法已刻不容缓,对改进仪器的要求也是迫切的。这就是当前金属矿电法勘探的新趋向。

吴奇石摘译自《Mining Congress Journal》 1972, Vol.58, No.1 p.58-68.

作者: S.N.瓦尔德