

水平圆柱体磁异常定量解释的简易方法

桂林冶金地质学院 梁锦文

均匀磁化水平圆柱体产生的磁异常有很多特点,利用这些特点,可导出各种确定圆柱体中心位置、埋藏深度和磁化方向等要素的定量解释方法。实际工作中经常遇到一些二度体,可近似地看作水平圆柱体。这里所介绍的三种简易定量解释方法,与现有的方法相比,有其独特的优点。简易切线法不依赖于半极值点或拐点的选择;积分—平均值法利用了正异常面积的特点,可以确定原点和正常场;特征点图解法,虽然两零值点位置受正常场的影响较大,但方法非常简单,便于应用。在一定的条件下三种方法都有可能取得较好的效果。下面分别讨论这几种方法。

特征点图解法

走向无限、均匀磁化的水平圆柱体在地面上产生的垂直磁异常公式为

$$Z_a = 2M \frac{(h^2 - x^2) \sin i - 2hx \cos i}{(x^2 + h^2)^2} \quad (1)$$

式中, M —水平圆柱体的截面磁矩;
 h —水平圆柱体的中心埋深;
 i —磁化强度矢量的倾角。

令 $Z_a = 0$ 和 $\frac{\partial Z_a}{\partial x} = 0$, 取极坐标形式, 可

求得异常曲线的零值点和极值点, 其坐标分别为

同矿物的解离品位变化幅度是明显的。如图中的乙矿区钨钼铁矿、细晶石磨至 -0.074 毫米时, 仍可回收 10% 以上, 因而最好通过实测取得解离品位的增长率。

基础程序的分选效果

表 2 是根据本基础程序对一些矿石进行重砂分析后所获得的主要技术指标。

选别指标表明, 粗选的富集区大, 回收

$$\theta_{01} = (i/2) - 90^\circ, \quad (2)$$

$$\theta_{02} = i/2, \quad (3)$$

$$\theta_{m1} = (i/3) - 90^\circ, \quad (4)$$

$$\theta_m = (i/3) - 30^\circ, \quad (5)$$

$$\theta_{m2} = (i/3) + 30^\circ, \quad (6)$$

$$\theta'_0 = 90^\circ - i \quad (7)$$

式中, θ_{01} 、 θ_{02} 分别为柱体中心和左、右侧零值点连线与垂轴的夹角;

θ_{m1} 、 θ_m 、 θ_{m2} 分别为柱体中心和左边(强度较小的)极小值、极大值、右边极小值点连线与垂轴的夹角;

θ'_0 为柱体中心与两零值点之中点连线与垂轴的夹角。

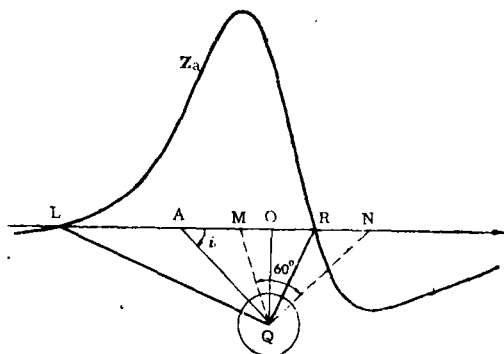


图 1

由此可见, 水平圆柱体中心 Q 与零值点 L 、 R 的连线的夹角恒为直角, 这是其特点

率高, 粗精矿的重量百分比仅占原矿的 0.3% 左右, 而矿物回收率(工业矿物或伴生矿物)99% 以上可选粒度下限为 0.018 毫米, 精选后单矿物纯度达 87~96%。定量结果经 800 个样品内外验证, 内验平均合格率 93%, 绝对误差 ± 5 克/吨, 相对误差 7%; 外验合格率 93%, 绝对误差 ± 6 克/吨, 相对误差 7%, 符合质量要求。

之一,如图1所示。此特点说明,两零值点和中心三点共圆,圆心就位于两零值点连线的中点,半径为零值点之间的距离的一半,圆柱体中心Q与极大值点M和强度较大的极小值点N的连线的夹角总是 60° ,这是第二个特点。这个特点说明,由M、N、Q组成的三角形的外接圆的圆心,在M、N连线的中垂线上,根据外接圆定理,其半径为

$$a = D_m / \sqrt{3} \quad (8)$$

D_m 为极值点M、N之间的距离。第三个特点是柱体中心Q与两零值点之中点A的连线与X轴的夹角等于磁化倾角*i*。

由上述三个特点,可得到利用零值点和极值点作定量解释的图解法如下(图2):

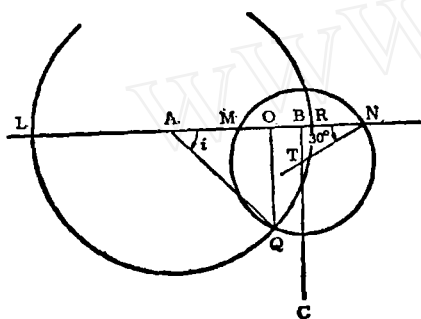


图2

第一步,以两零值点L、R的中点A为圆心,以 $\overline{LR}$ 之半为半径画圆弧,则圆柱体中心必在此圆弧上。

第二步,由N作一与NM交角为 30° 的直线,交NM之中垂线BC于T,以T为圆心、TN为半径画圆弧交第一个圆弧于Q,则Q为圆柱体的中心位置。

第三步,过Q作垂线交X轴于O,则O为原点, $OQ = h$ 。连结AQ, $\angle OAQ = i$ 。

积分一平均值法

设Q为 Z_a 曲线的正异常与X轴围成的面积, Q_1 为原点左边正异常的面积, Q_2 为原点右边正异常的面积, S_1 为左边负异常与X轴围成的面积, S_2 为右边负异常的面积(见图3)。通过积分计算,可得到水平圆柱体异常的另外三个特点:

第一, Z_a 曲线与X轴围成的面积的代数和为0,即 $Q_1 + Q_2 + S_1 + S_2 = 0$,并且原点左侧正异常与右边负异常的面积的绝对值

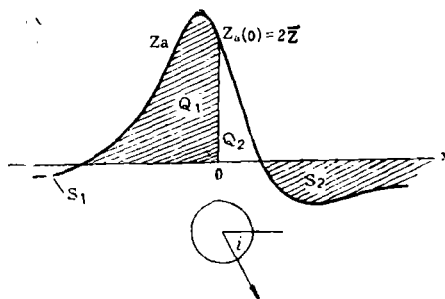


图3

相等,而右侧正异常与左边负异常的面积的绝对值相等,即

$$Q_1 = |S_2|, Q_2 = |S_1| \quad (9)$$

第二,原点右侧与左侧正异常的面积之比为仅与磁化倾角*i*有关的常数,即

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{1 - \cos i}{1 + \cos i} = \tan^2 \frac{i}{2} \quad (10)$$

第三, Z_a 曲线正异常积分一平均值等于原点 Z_a 值之半,且与原点两侧的正异常积分一平均值相等,即

$$\bar{Z} = \frac{1}{2} Z_a(0) \quad (11)$$

$$\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2 = \bar{Z} \quad (12)$$

式中, $\bar{Z} = (Q_1 + Q_2) / D_0$,

$$\bar{Z}_1 = Q_1 / D_{01}, \bar{Z}_2 = Q_2 / D_{02},$$

$$D_0 = D_{01} + D_{02}$$

D_{01} 、 D_{02} 分别为左边零值点和右边零值点到原点的水平距离。

由这些特点,可以得出新的解释方法,步骤如下:

第一步,确定原点和正常场。

计算 Z_a 曲线正值部分的面积Q,除以两零值点间的距离 D_0 ,即为积分一平均值 $\bar{Z}$ 。在极大值到较强极小值间的一段曲线上,取 Z_a 值等于2倍 $\bar{Z}$ 值的点,其所对应的坐标即为原点O。这时, $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2$ 。如果 $\bar{Z}_1 \neq \bar{Z}_2$,则说明正常场选择不当,于是修改正常场,直至 $\bar{Z}_1 = \bar{Z}_2$ 时为止,则可确定出正确的原点和正常场。

第二步,求磁化方向、中心埋深和磁矩。

由(10)式可得

$$\cos i = 2 \frac{Q_1 - Q_2}{Q} \quad (13)$$

即利用原点左侧与右侧的面积便可计算出磁化倾角 i 。求得 i 角后, 由 (14) 式可计算出中心埋深

$$h = Q \cdot \sin i / 2Z \quad (14)$$

将 h 代入下式, 即可求得磁矩。

$$M = Qh / 2 \quad (15)$$

简易切线法

水平圆柱体的切线法已有多种, 有经验切线法, 也有由理论公式导出的切线法。前者取经验的平均效果, 而后者多用半极值点或拐点坐标。取半极值点受正常场选择的影响较大。这里提出的是一种不依赖于正常场选择的简易切线法。和常用切线法一样, 仅用五条切线的四个交点的位置, 来确定原点、正常场、埋深和磁化方向等。

由 (1) 式可导出极大值两侧曲线最大斜率为:

$$\left(\frac{\delta Z_a}{\delta x} \right)_{\max 1} = \frac{4M}{h^3} \cos^4 \left(\frac{i}{4} - 45^\circ \right) \quad (16)$$

$$\left(\frac{\delta Z_a}{\delta x} \right)_{\max 2} = -\frac{4M}{h^3} \cos^4 \frac{i}{4} \quad (17)$$

其三个极值分别是:

$$Z_{m1} = \frac{2M}{h^2} \sin^3 \left(\frac{i}{3} \right) \quad (18)$$

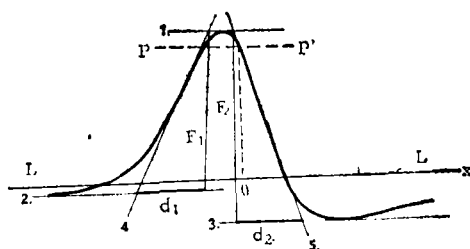


图 4

$$Z_m = \frac{2M}{h^2} \sin^3 \left(60^\circ + \frac{i}{3} \right) \quad (19)$$

$$Z_{m2} = -\frac{2M}{h^2} \sin^3 \left(60^\circ - \frac{i}{3} \right) \quad (20)$$

$$\text{设曲线左边幅值为 } F_1 = Z_m - Z_{m1} \quad (21)$$

$$\text{右边幅值为 } F_2 = Z - Z_{m2} \quad (22)$$

五条切线如图 4 所示。由图中左、右两个直角三角形可求得 d_1 、 d_2 为:

$$d_1 = \frac{F_1}{\left| \left(\frac{\delta Z_a}{\delta x} \right)_{\max 1} \right|} \quad (23)$$

$$d_2 = \frac{F_2}{\left| \left(\frac{\delta Z_a}{\delta x} \right)_{\max 2} \right|} \quad (24)$$

$$\text{令 } K_0 = \frac{Z_m - Z_a(0)}{F_2} \quad (25)$$

$$K_h = \frac{2h}{d_1 + d_2} \quad (26)$$

$$K_1 = \frac{Z_m}{F_2} \quad (27)$$

$$K_m = \frac{1}{2 \cdot \sin^3 \left(60^\circ + \frac{i}{3} \right)} \quad (28)$$

当取不同的 i 角代入 (16)~(28) 式, 便可计算出不同 i 角对应的 d_2/d_1 , K_0 , K_h , K_1 和 K_m 值。 K_0 、 K_h 、 K_1 和 K_m 叫作校正系数, 如表所列, 也可以作成列线图 (图 5), 使用起来更为方便。

使用时, 过实测曲线三个极值点分别作平行于 X 轴的切线, 过极大值点两侧最陡处各作切线, 五条切线相交于四点 (图 4), 量得线段 d_2 和 d_1 之长度, 计算比值 d_2/d_1 ,

水平圆柱体切线法校正系数表

d_2/d_1	0.5	0.5597	0.6282	0.7056	0.7927	0.8904	1.0
K_0	0.5	0.3753	0.2578	0.1547	0.0730	0.0193	0.0
K_h	1.0264	1.0998	1.1656	1.2203	1.2613	1.2866	1.2952
K_1	0.5	0.5753	0.6486	0.7182	0.7824	0.8397	0.8889
K_m	0.7698	0.6727	0.6026	0.5548	0.5235	0.5058	0.5
i	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°

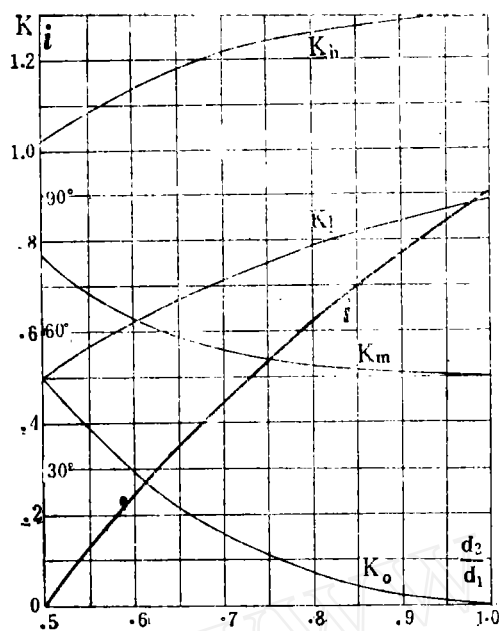


图 5

由列线图可直接查出对应的磁化倾角 i 。查出相应的校正系数后,可用下述方法计算原点、正常场和埋深等。

$$\text{计算 } U_0 = K_0 F_2 \quad (29)$$

$$U_m = K_0 F_2 \quad (30)$$

作平行于 x 轴的直线 LL' , 使其与极大值之差为 U_m 。这条直线即为正常场零线, 如果 LL' 与实测零线重合, 则正常场选择合适。然后, 再作平行于 X 轴的另一条直线 PP' , 使其与极大值之差为 U_0 。该直线交 Z_a 曲线于两点, 其中在较强极小值一侧的交点即为原点上的 Z_a 值, 所对应的坐标就

是原点 O 。

利用下式则可求得埋深和磁矩:

$$h = K_h \cdot \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (31)$$

$$M = K_m \cdot Z_m \cdot h^2 \quad (32)$$

图 6 为山东某地的一磁测剖面。用简易切线法求得 $d_2 = 282$ 米, $d_1 = 380$ 米, $d_2/d_1 = 0.72$, 查列线图得相应的值: $i = 48^\circ$, $K_0 = 0.13$, $K_1 = 0.73$, $K_m = 0.55$, $K_h = 1.23$ 。曲线最大幅值 $F_2 = 477 \gamma$ 。计算结果, $U_0 = 63 \gamma$, $U_m = 349 \gamma$, $h = 413$ 米。矿体实际上为向北倾斜的透镜体, 下延长度小于中心埋深, 可近似看作水平圆柱体。在极大值处打钻未见矿, 2 号孔在 336 米见矿, 矿厚

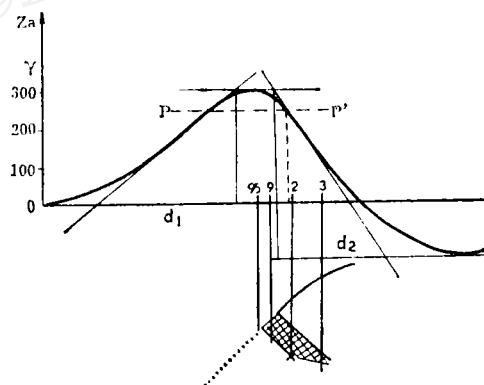


图 6

57.69 米。所求中心埋深偏大, 实际正常场偏高, 可能为矿体下部火成岩磁性干扰所致。用本方法确定的原点位置较好地反映出矿体中心在地面的投影。

激发极化法在望宝山的找矿效果

辽宁省冶金地质 102 队 翟贺祥 颜庆澄 崔成盛

在辽宁省复县望宝山山区用激发极化法找矿, 获得了较好的地质效果, 所发现的三个激电异常通过钻探验证均打到了以锌、铅为主的多金属矿体。效果好的原因, 主要是具备了适合该方法的地质条件和物性前提。锌、铅矿体及矿化基本上被限定在岩筒内, 围岩同含矿化、矿体的角砾岩筒的电性差异明显, 因而异常明显, 地质效果突出。

矿区地质概况及物性

矿区位于辽东半岛西南部复州古凹陷次一级东西向基底隆起部位。矿床类型属于与斑岩有关的隐蔽爆发角砾岩筒型。矿体除个别与夕卡岩有关、赋存于接触带外, 其它均赋存于爆发角砾岩筒内。矿床以锌、铅为主并含铜、钼, 为一多金属矿床。

在区域上岩筒成群出现, 大小不一, 受断裂构造控制, 排列有一定规律。矿区已发现的岩筒有五个。其中 I (对应 1 号激电异常), II (对应 3 号激电异常), XVII (对