

## 二度磁异常解释的复合函数法

左海燕 李保国

(地质矿产部计算中心)

所谓复合函数法是指利用由磁异常的水平垂直分量构成的复合磁异常, 或由其相应的梯度构成的复合磁梯度异常的振幅与相位函数, 对磁异常进行解释的方法。Rao D, Atchuta [1] 曾提出过利用复合梯度解释磁异常的方法, 不过仅限于解释厚板的磁异常。作者试将其推广和扩充, 将复合梯度与复合异常归并成统一形式, 并命名为复合函数法。整理成更为简洁的形式, 便于用计算器计算, 使之普遍地适用于二度体的异常解释。

### 方法原理

方法原理很简单, 即同时利用磁异常的水平垂直分量(或其水平及垂直梯度)的振幅和相位构成一组新的函数, 再利用此新函数的某些特征点(原点、极值点等)来进行推断解释。

设二度体磁异常的垂直和水平分量分别为  $\Delta Z$  和  $\Delta H$ , 其合成复量(复合异常)可写成下式:

$$\Delta Z_c = \Delta Z + i\Delta H \quad (1)$$

$\Delta Z$  的水平垂直梯度设为  $\Delta Z'_x$  和  $\Delta Z'_z$  ( $\Delta H$  的相应梯度  $\Delta H'_x$ ,  $\Delta H'_z$ , 因而有  $\Delta Z'_z = -\Delta H'_x$ ,  $\Delta H'_z = \Delta Z'_x$ )。于是合成的复合梯度可写成:

$$\begin{aligned} \Delta Z'_c &= \Delta Z'_z + i\Delta Z'_x \\ \Delta Z'_c &= \Delta Z'_z + i\Delta H'_z \end{aligned} \quad (2)$$

式中  $i = \sqrt{-1}$ 。复合异常  $\Delta Z_c$  与复合梯度  $\Delta Z'_c$  的振幅与相位函数的一般表达式分别为:

$$\begin{aligned} A_1(x) &= (\Delta Z^2 + \Delta H^2)^{1/2} \\ &= 2mR_1(x) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \Phi_1(x) &= \text{tg}^{-1}(\Delta H/\Delta Z) \\ &= \beta_1(x) - Q \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} A_2(x) &= (\Delta Z_x'^2 + \Delta Z_z'^2)^{1/2} = \\ &= 2mR_2(x) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Phi_2(x) &= \text{tg}^{-1}(\Delta Z'_x/\Delta Z'_z) \\ &= \beta_a(x) - Q \end{aligned} \quad (6)$$

上式中  $Q$  为二度体的倾角与磁化倾角的差,  $m$  为磁矩。从以上公式可看出, 二者的振幅均为偶函数, 曲线将以原点为对称, 而与  $Q$  角无关。利用这一对称性能方便地确定异常体上顶的中心位置。还可以看出相位函数均为反对称函数, 而与  $m$  无关, 但有一与  $Q$  有关的位移。因此, 利用  $A(x)$  和  $\Phi(x)$  可使原来复杂的异常函数大为简化, 方便了推断解释。

对常见的几种二度体模型 [1], 将其复合异常与复合梯度的振幅与相位的表达式列入表 1, 以供参考。由表 1 中的公式可以很容易地导出复合异常曲线或复合梯度曲线上的特征点与异常体参数的关系。例如, 分析无限延深斜磁化薄板的公式, 可知  $A_1(x)$  和  $A_2(x)$  均为一对称钟形曲线, 其极大值位于原点, 而且:

$$A_1(0) = 2m \cdot h \quad (7)$$

$$A_2(0) = 2m/h^2 \quad (8)$$

解之得:  $h = A_1(0)/A_2(0)$  (9)

因  $A_1(x)$  和  $A_2(x)$  的半极大值点距原点的距离分别为  $\pm\sqrt{3}h$  和  $\pm h$ , 即

$$A_1(\pm\sqrt{3}h) = A_1(0)/2 \quad (10)$$

$$A_2(\pm h) = A_2(0)/2 \quad (11)$$

由上面五式可求得薄板上顶埋深  $h$  和磁距  $m$ 。

其次, 用原点的  $\Phi(x)$  值可求  $Q$  角

$$\Phi_1(0) = -Q \quad (12)$$

$$\Phi_2(0) = -Q \quad (13)$$

$$\Phi_1(\pm h) = \mp(\pi/4) - Q \quad (14)$$

$$\Phi_2(\pm h) = \pm(\pi/2) - Q \quad (15)$$

利用  $\Phi(x)$  也可以求  $h$ , 对其他模型均可用同样的方法取得有关的参数。这里就不一一推导了 [2]。

模型	$A_1(x)$	$\phi_1(x)$	$A_2(x)$	$\phi_2(x)$
无限延深斜磁化薄板	$\frac{2m}{(x^2+h^2)^{1/2}}$	$\text{tg}^{-1}\left(-\frac{x}{h}\right) - Q$	$\frac{2m}{x^2+h^2}$	$\text{tg}^{-1}\left(\frac{2xh}{x^2-h^2}\right) - Q$
有限延深斜磁化垂直板	$\frac{2m(h_2-h_1)}{[(x^2+h_1^2)(x^2+h_2^2)]^{1/2}}$	$\text{tg}^{-1}\left[\frac{x(h_1+h_2)}{x^2-h_1h_2}\right] - Q$	$\frac{2m(h_2^2-h_1^2)(4x^2+1)^{1/2}}{(x^2+h_1^2)(x^2+h_2^2)}$	$\text{tg}^{-1}\left[\frac{2x[h_1(x^2+h_2^2)^2-h_2(x^2+h_1^2)^2]}{(x^2-h_1^2)(x^2+h_1^2)-(x^2-h_2^2)(x^2+h_2^2)}\right] - Q$
无限延深斜磁化厚板	$2m\left[\left(\frac{1}{2}\ln\frac{(x-b)^2+h^2}{(x+b)^2+h^2}\right)^2 + \left(\text{tg}^{-1}\frac{2bh}{x^2-b^2+h^2}\right)^2\right]^{1/2}$	$\text{tg}^{-1}\left[\frac{1}{2}\ln\frac{(x-b)^2+h^2}{(x+b)^2+h^2} + \frac{2bh}{x^2-b^2+h^2}\right] - Q$	$\frac{4mb[4x^2h^2+(b^2+h^2-x^2)^2]^{1/2}}{[(x-b)^2+h^2][(x+b)^2+h^2]}$	$\text{tg}^{-1}\frac{2xh}{x^2-b^2-h^2} - Q$
无限延深斜磁化水平圆柱体	$\frac{2m}{x^2+h^2}$	$Q - \text{tg}^{-1}\left(\frac{x^2-h^2}{2xh}\right)$	$\frac{4m}{(x^2+h^2)^{3/2}}$	$\text{tg}^{-1}\frac{h(3x^2-h^2)}{x(x^2-3h^2)} + Q$

### 模型实验结果

左表中几种模型用参考文献[1]中的理论参数进行了模型实验, 所得曲线用所介绍的复合函数法推断解释, 推断结果与理论值极为接近。除有限延深垂直薄板的下端埋深的误差达到7%以外, 其他模型的各个参数的误差均为1~2%,

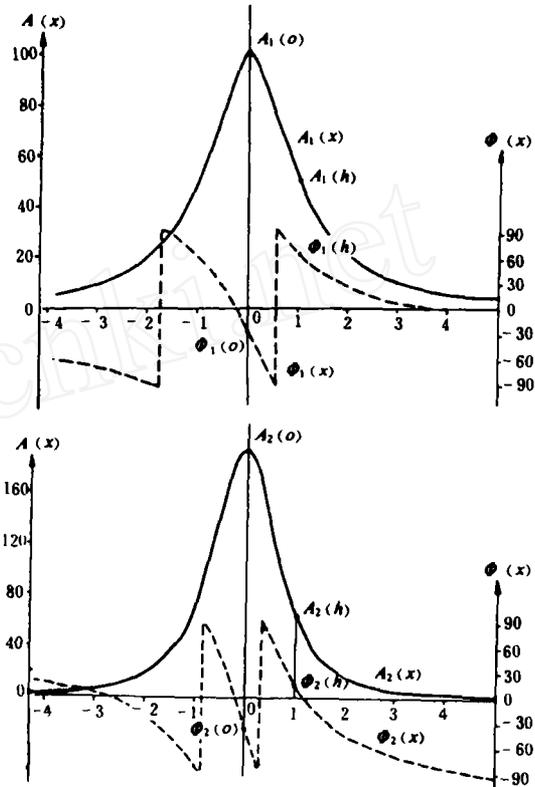


图1 模型4复合异常(上图)与复合梯度的振幅和相位曲线

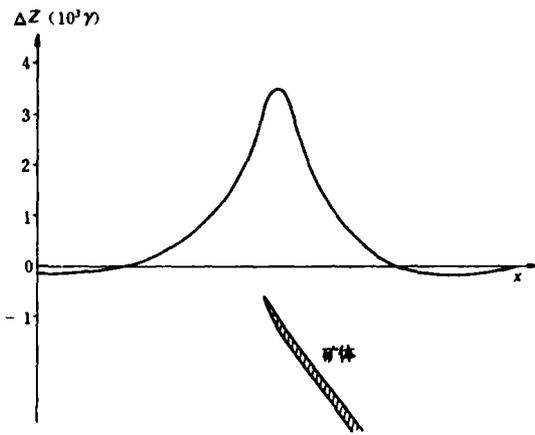


图2 天湖地区4号剖面的磁异常图

## 实例

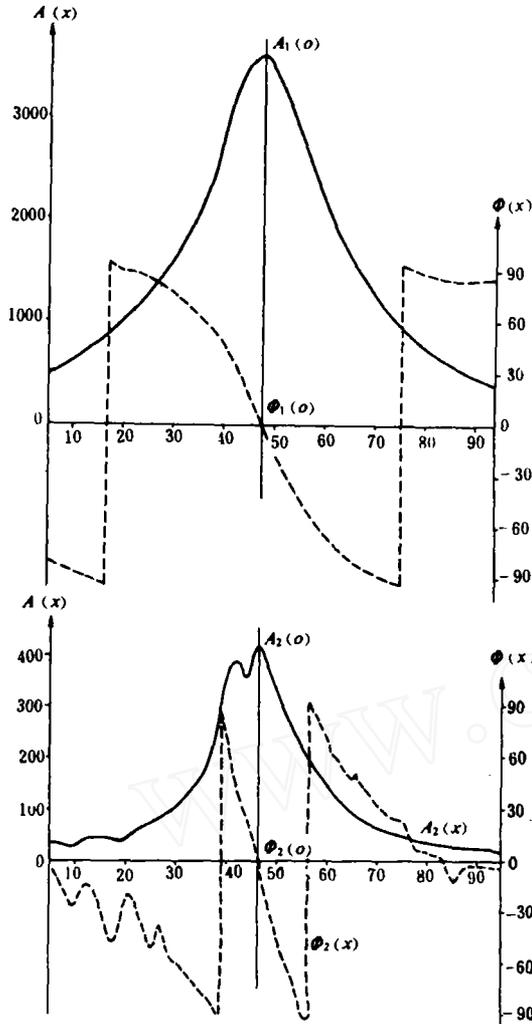


图3 天湖磁异常的复合异常(上图)与复合梯度

(下图)的振幅和相位曲线

最大不超过4%。

限于篇幅,只绘出了第4种模型的振幅和相位曲线(见图1)。

由于作者手头缺少野外实测曲线。现取天湖铁矿的一个磁异常剖面进行了解释。该剖面位于呈长轴状的磁性体上,与磁异常体走向垂直,是通过异常中心的一条剖面。异常曲线(图2)规则,近于对称,可看成是顺层磁化矿体的异常。前人曾用半极值点等一般方法,求得顶板埋深约283米,  $2m > 0.02\text{CGSM}$ ,经验证,计算结果与实际情况极为近似。我们将实测异常转换为复合异常与复合梯度异常的振幅和相位曲线后,进行了再解释。绘得的图见图3。虽实测曲线不够光滑,但我们反演解释结果还是令人满意的,其结果是  $h = 274$ 米,  $2m$ 为 $0.1\text{CGSM}$ ,  $Q$ 角 $= 3^\circ$ (可认为是顺层磁化)与前人的结果基本一致。说明所介绍的方法是可以用的。

应该指出,本文所介绍的方法,有计算简便的优点,计算精度也是令人满意的。可以推广用于多种二维模型异常的反演解释。

复合异常与复合梯度两种计算同时使用,可对结果相互补充检验。也可以对异常曲线经过上延或滤波后,再使用所介绍的方法进行推断解释,以提高解释的可靠性。

### 参考文献

- [1] Mohan, N. L. et al.: Geophysics, 1982, Vol. 47, No. 3
- [2] Rao, D. A. et al.: Geophysics, Vol. 46, No. 11
- [3] 熊光楚: 金属矿床磁异常解释推断, 北京, 地质出版社, 1981

## 异常评价的 Fuzzy 数学方法

张守良 孙景春

(华北有色地质勘探公司519队)

### 问题的提出

物化探异常及其推断解释往往带有模糊性,将 Fuzzy 数学方法应用于物化探异常评价是有意义的。对于不同的研究目标或不同精度的测量指标,数学模

型可细致可粗糙。细致些可用于深入研究异常的性质及其与地质体的关系;粗糙些可用于异常的快速评价。本文侧重阐述化探异常快速评价的 Fuzzy 数学方法。