

低磁纬度地区 ΔT 异常解释的途径与方法

方迎尧, 张培琴, 刘浩军

(中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要:我国海南省诸岛礁及广阔的南海海域,位于磁赤道带两侧的低磁纬度区内,在以水平磁化为主的环境中,磁性物体所产生的 ΔT 异常特征与处于中纬度地区的大陆广大地区的 ΔT 异常特征差别较大,长期以来,对其认识与解释都感到困惑。通过对实测资料的应用与研究,分析了不同磁化条件下, ΔT 、 Z_a 、 H_a 异常的关系,提出了低磁纬度地区 ΔT 异常的解释思路、“倒相 180°解释方法”,改进了低磁纬度地区化赤、化极等磁化方向转换的稳定性和变倾角转换问题,论述了 ΔT 总导数模量定性定量解释方法等。认为不仅可解决低磁纬度地区的磁异常解释问题,而且在对全球磁异常的认识与解释时也有重要作用。

关键词:低磁纬度区; ΔT 磁异常特征; 磁化方向转换; 异常解释方法

中图分类号: P631.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2006)01-0048-07

我国海南省诸岛礁及广阔的南部海域处于磁赤道两侧 $\pm 30^\circ$ 以内的低磁纬度区。区内所有物体都处于地球磁场的水平磁化或以水平磁化为主的斜磁化条件下,磁性体所产生的 ΔT 异常以负异常为主体,多数伴生 2 个较弱的正异常;当磁性体剩磁较大,且磁化方向明显与正常磁化方向不一致,或磁性体形态特殊时,还会伴生多个负异常峰及正异常峰^[1-2]。长期以来,对于低磁纬度区的磁异常解释感到困惑,这是由于中国大陆处于中纬度地区,对垂直磁化和中高纬度的倾斜磁化异常特征较熟悉,解释方法也研究得较深入。对于低纬度地区以水平磁化为主的 ΔT 异常图的解释存在以下主要问题:

(1)低纬度地区的 ΔT 异常特征以负异常为主,负异常峰值大于正异常,正异常成为伴生异常,这是由于以水平磁化为主的环境下,磁性体产生的 ΔT 异常主要由水平分量 H_a 构成的。对于低纬度区 ΔT 异常若仍直接使用中纬度地区斜磁化下的解释方法进行解释,无疑会产生较大误差,甚至会得出错误结论。曾在板状磁性体理论模型($I_0 = 5^\circ$)上做过试验,用中纬度斜磁化方法,计算相当于纬度 15°N 地区的 ΔT 异常的磁源深度,其误差多数在 30% ~ 50% 之间,大大超过了允许误差范围。其原因是适于中高纬度地区的磁源深度反演方法,主要以研究正异常特征为主而推导出来的,不适合低纬度地区解释 ΔT 异常使用。

(2)对于主要由水平分量 H_a 构成的低纬度地

区的 ΔT 异常,应该采用 H_a 异常的解释方法进行解释,但以往对 H_a 异常的解释方法研究得少,特别是对斜磁化下 H_a 异常解释的有效方法更缺乏,短期内难以形成系统有效的 H_a 异常反演计算方法,目前尚缺乏直接对以 H_a 成分为主的 ΔT 异常进行反演的方法。

(3) ΔT 异常形态受地磁场矢量和总磁化方向的影响,在倾斜磁化下,大多数异常中心都偏离磁性体,只有磁倾角为 90° 或 0° 时, ΔT 异常中心才位于磁性体正上方。因此,在低纬度地区准确地确定引起 ΔT 异常的磁源体中心位置和边界范围,也是需要解决的问题。

(4)低纬度地区 ΔT 异常转换中,在化极图内,一是存在条带干扰现象,二是异常有拉长的畸变发生。化赤转换效果及化赤图的使用与解释方法还需要认真研究。

(5)对于大面积磁测,磁化方向转换时仍使用同一个磁倾角,必然会使转换后大部分地区产生不可忽视的甚至较大的误差,达不到化极或化赤的要求,因此必须研究有效的变倾角转换磁化方向的运算方法。

在实践中,我们对上述问题进行了研究,提出以下解决途径与方法,并在应用中取得了较好的效果。

1 水平磁化与垂直磁化 ΔT 、 Z_a 、 H_a 异常的关系和低纬度 ΔT 异常的解释思路

已知磁性体产生的总异常 ΔT 与其水平分量 H_a

(或 H_{ax} 、 H_{ay})、垂直分量 Z_a 的关系式^[3-4]为

$$\Delta T = Z_a \sin I_0 + H_{ax} \cos I_0 \sin A + H_{ay} \cos I_0 \cos A. \quad (1)$$

对于二度磁性体,当剖面方向与 Ox 轴重合,磁性体走向与 Oy 轴重合时

$$\Delta T = Z_a \sin I_0 + H_{ax} \cos I_0 \sin A.$$

式(1)中, I_0 为地磁场矢量的倾角; A 为 Oy 轴的磁方位角。当 $I_0 = 0^\circ$, $A = 90^\circ$ 时,代入式(1)得

$$\Delta T_{(0^\circ)} = H_{a(0^\circ)}; \quad (2)$$

当 $I_0 = 90^\circ$, $A = 90^\circ$, 代入(1)式得

$$\Delta T_{(90^\circ)} = Z_{a(90^\circ)}. \quad (3)$$

式(2)中, $\Delta T_{(0^\circ)}$ 与 $H_{a(0^\circ)}$ 分别表示在水平磁化条件下的总异常 ΔT 、水平分量 H_a , 此时 $\Delta T_{(0^\circ)}$ 等同于 $H_{a(0^\circ)}$ 的强度值。式(3)中, $\Delta T_{(90^\circ)}$ 与 $Z_{a(90^\circ)}$ 分别表示在垂直磁化条件下的总异常 ΔT 、垂直分量 Z_a , 此时 $\Delta T_{(90^\circ)}$ 等同于 $Z_{a(90^\circ)}$ 的强度值。

在磁极与磁赤道带之间的地区,即倾斜磁化环境中, ΔT 异常由 Z_a 分量与 H_a 分量共同构成。靠近磁极的高磁纬度地区,以 Z_a 分量为主, ΔT 表现以正异常为主的特征;在靠近磁赤道带的低磁纬度地区,以 H_a 分量为主, ΔT 表现以负异常为主的特征。

对于二度磁性体,如厚板状体、薄板状体、水平圆柱体、极线体等及三度体的球体等,由磁位 U 可以推导出任意磁化方向 Z_a 、 H_a 的关系式^[4]

$$\left. \begin{aligned} Z_a &= 2J \sin \beta \left[\frac{1}{2} \sin(\beta - i) \ln \frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2} + \cos(\beta + i) \arctan \frac{2bh}{x^2 - b^2 + h^2} \right] \\ H_a &= 2J \sin \beta \left[\frac{1}{2} \cos(\beta - i) \ln \frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2} - \sin(\beta - i) \arctan \frac{2bh}{x^2 - b^2 + h^2} \right] \\ \Delta T &= 2J \frac{\sin I_0}{\sin i} \sin \beta \left[\frac{1}{2} \sin(\beta + 90^\circ - 2i) \ln \frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2} + \cos(\beta + 90^\circ - 2i) \arctan \frac{2bh}{x^2 - b^2 + h^2} \right] \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

式中, J 为磁化强度; i 为有效磁倾角; b 为板状体宽度; h 为板状体上表面深度; β 为板状体倾角。当 $I_0 = i = 90^\circ$, $\beta = 90^\circ$ 时,式(8)简化为

$$\left. \begin{aligned} Z_{a(90^\circ)} &= 2J \left(\arctan \frac{x+b}{h} - \arctan \frac{x-b}{h} \right), \\ H_{a(90^\circ)} &= J \ln \frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2}, \\ \Delta T_{a(90^\circ)} &= 2J \left(\operatorname{ctan} \frac{x+b}{h} - \operatorname{ctan} \frac{x-b}{h} \right); \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

当 $I_0 = i = 0^\circ$, $\beta = 90^\circ$ 时,式(8)简化为

$$\left. \begin{aligned} Z_{a(0^\circ)} &= J \ln \frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2}, \\ H_{a(0^\circ)} &= -2J \left(\arctan \frac{x+b}{h} - \arctan \frac{x-b}{h} \right), \\ \Delta T_{a(0^\circ)} &= -2J \left(\arctan \frac{x+b}{h} - \arctan \frac{x-b}{h} \right). \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

$$\left. \begin{aligned} Z_a &= H_{a(90^\circ)} \cos I_0 \sin A' + Z_{a(90^\circ)} \sin I_0, \\ H_a &= H_{a(90^\circ)} \sin I_0 - Z_{a(90^\circ)} \cos I_0 \cos A', \\ \Delta T &= H_{a(90^\circ)} 2 \cos I_0 \sin I_0 \cos A' + \\ &\quad Z_{a(90^\circ)} (\sin^2 I_0 - \cos^2 I_0 \cos^2 A'). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中, $H_{a(90^\circ)}$ 、 $Z_{a(90^\circ)}$ 分别为垂直磁化时,磁场强度的水平分量和垂直分量; A' 为剖面方向与磁北的夹角。

若 $I_0 = 90^\circ$, $A' = 90^\circ$, 即在垂直磁化环境,剖面为南北方向时,式(4)变为

$$\left. \begin{aligned} Z_{a(90^\circ)} &= Z_{a(90^\circ)} \\ H_{a(90^\circ)} &= H_{a(90^\circ)} \\ \Delta T_{a(90^\circ)} &= Z_{a(90^\circ)} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

若 $I_0 = 0^\circ$, $A' = 0^\circ$, 即在水平磁化环境,剖面为南北方向时,式(4)则变为

$$\left. \begin{aligned} Z_{a(0^\circ)} &= H_{a(90^\circ)}, \\ H_{a(0^\circ)} &= -Z_{a(90^\circ)}, \\ \Delta T_{a(0^\circ)} &= -Z_{a(90^\circ)}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

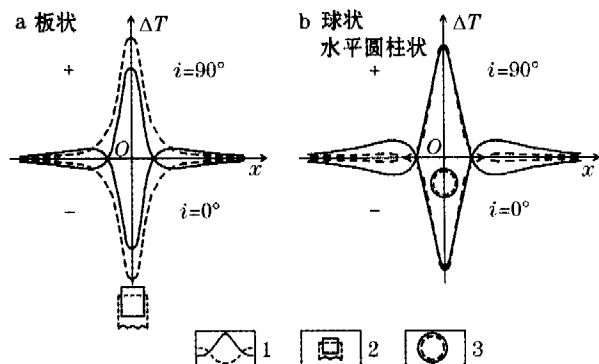
因而由式(5)和式(6)得出

$$\Delta T_{a(0^\circ)} = -\Delta T_{a(90^\circ)}. \quad (7)$$

由式(5)~(7)可看出,水平磁化时 $\Delta T_{a(0^\circ)}$ 与垂直磁化时 $\Delta T_{a(90^\circ)}$ 幅值相等,而符号也相反。

例如,无限延深、无限延长板状磁性体,由磁位导出的数学表达式^[3]为

从式(9)和式(10)可以看出,完全符合式(5)~(7)的结果。经对各种形体异常表达式的推导,证明二



1—实曲线分别为有限延深板状体和水平圆柱体模型的 ΔT 异常曲线,虚线分别表示无限延深板状体和球体的 ΔT 异常曲线;2—实线表示有限延深板状体模型位置,虚线表示无限延深板状体模型位置;3—实线表示水平圆柱体位置,虚线表示球体模型位置

图1 板状和球状、水平圆柱状磁性体 ΔT 异常特征

度磁异常都可导出式(5)~(7)和结论(图1),而非二度体异常表达式,除球体外,多数形体异常只导出近似于式(5)~(7)的结果。由于实际观测时,大多数情况下是远离磁性体进行的,特别是航空磁测,非二度的磁性体,如椭球体,有限延深的各种柱体等所产生的磁异常,宏观上均可视为球形磁性体异常。

由此可得出结论:若将低纬度地区的 ΔT 异常进行化极转换,或进行化赤转换后,再倒相 180° ,使其变成垂直磁化异常形态,可以采用以往比较熟悉的垂直磁化 ΔT 异常解释方法进行解释。

2 ΔT 异常的磁化方向转换及其异常解释

2.1 变倾角磁化方向转换

我国低纬度区南海地域广阔,南北跨度大,地磁倾角从 -7° 变到 $+28^\circ$,在编制大范围磁异常磁化方向转换图时,若仍采用固定某一磁倾角进行运算,可能使转换结果产生严重的畸变,影响解释效果,应采用变倾角磁化方向转换计算方法,国内外都做过一些探索研究,ArRaani-Hamed 提出区域差值化极方法,管志宁、阳明、刘建军等研究了类频率域偶层位变倾角磁化方向转换方法,但这些方法对于低纬度地区

转换效果较差;候重初提出分带(块)变倾角,张培琴、赵群友结合南海地区实测 ΔT 数据,提出并试验了滑动窗口分带(块)变倾角磁化方向转换方法^[5]。

滑动窗口分带(或分块)变倾角磁化方向转换方法与分带(块)变倾角化极方法的基本思路是相同的。滑动窗口分带(或分块)变倾角磁化方向转换方法计算步骤为:①用滑动窗口方式将测区分为若干相邻并有部分重叠带,以每个带(或块)作为一个窗口,对每个窗口确定磁倾角的最大值和最小值;②将各窗口区域又划分为小区,对每个小区确定一个合适的磁倾角,并对各小区进行磁化方向转换处理,然后将各小区处理结果拼接起来,作为该窗口的处理结果;③最后将各窗口区域的处理结果拼接起来,作为全区的磁化方向转换最终结果。

根据全球地磁场倾角等值线图分析,在磁纬度 60°S — 80°N 的广大范围内,磁倾角等值线走向基本上是平行纬度线的,在两极地区才出现了等倾角线异常圈闭。因此认为平行纬度的分带变倾角磁化方向转换适合于中低磁纬度地区,而分块变倾角磁化方向转换则适合于两极地区。图2为纬度 10° 地区FD海山异常变磁倾角转换的化赤、化极示意图。

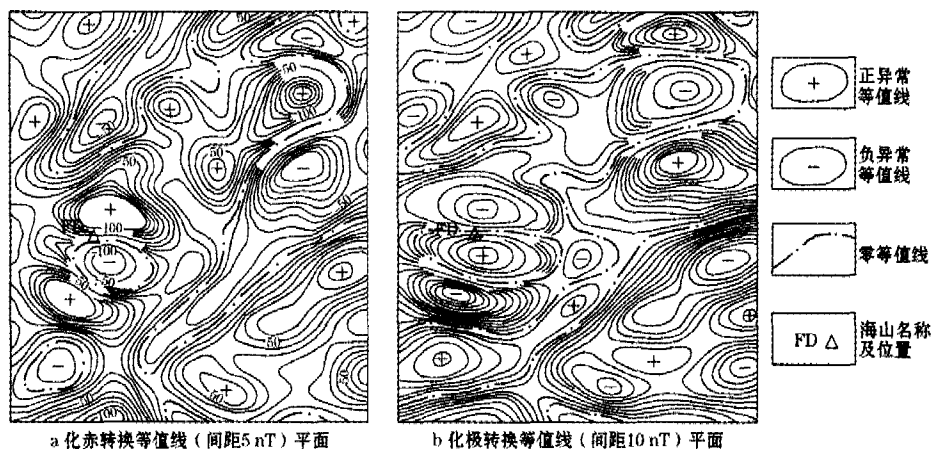


图2 FD海山 ΔT 异常变倾角磁化方向转换结果示意

2.2 化赤运算比化极运算优越

在倾斜磁化下, ΔT 异常的极值均有偏离现象,难于准确地确定中心位置,需要对 ΔT 异常进行化极或化赤运算,使其极值位于磁性体中心的正上方。化极、化赤运算是将磁性体所在地区磁化方向引起的异常转换成磁极地区或磁赤道地区的磁化方向异常,均属于磁化方向转换类的运算,但这类运算是不稳定的,使运算结果产生畸变。我们对低磁纬度区磁方向转换算子的不稳定性进行过研究,并提出了改善方法。

设频率域磁化方向转换的算子为

$$H_0(u, v) = g_2 g_3 / g_0 g_1, \quad (11)$$

式中, u, v 分别为二维频率域的波数变量; $g_k = iul_k + ivm_k + n_k \sqrt{u^2 + v^2}$, $l_k = \cos I_k \cos D_k$, $m_k = \cos I_k \sin D_k$, $n_k = \sin I_k$, $k = 0, 1, 2, 3$; I_0 为所在地磁场方向的倾角; D_0 为所在地磁场方向的偏角; I_1 为转换前磁化方向倾角; D_1 为转换前磁化方向偏角; I_2 为转换后的磁场分量方向倾角; D_2 为转换后的磁场分量方向偏角; I_3 为转换后的磁化方向倾角; D_3 为转换后的磁化方向偏角。

为了便于分析,令 $u = r \cos \theta$, $v = r \sin \theta$,将式(11)的直角坐标化为极坐标。假设剩余磁性可以忽略,

即转换前的磁场方向与磁化方向一致,转换后的磁场分量方向也与磁化方向一致,则有

$$H_0(\gamma, \theta) = \frac{[\cos I_2 \cos(\theta - D_2) + \sin I_2]^2}{[\cos I_0 \cos(\theta - D_0) + \sin I_0]^2} \quad (12)$$

分析式(11)、式(12)可知:

(1)由于该算子中含有虚部,表明它是个不平衡算子,在化极、化赤运算时,将使原来的异常形态和位置发生较大的改变。

(2)在低纬度地区,当 I_0 很小时,式(12)中的 $\sin I_0$ 接近零,若 $\theta - D_0$ 接近 $\pm 90^\circ$ 时,即成为不稳定算子,在磁化方向转换中,会出现 $D_0 \pm 90^\circ$ 方向的噪声放大,在离散富氏变换中假频成分也会被放大。因为在低纬度区, $I_0 = I_2$, D_0 也接近 D_2 ,当取 $D_0 = D_2$ 时,式(12)是稳定的,做化赤运算时,可得到控制并获取较好的效果。但化极运算时,因转换后极地的磁场分量方向的偏角变化较大, $D_0 \neq D_2$,式(12)不稳定,会出现严重的噪声和假频带来的干扰,产生较大误差。

(3)在高纬度区,因 I_0 接近 90° ,化极运算时 $I_2 = 90^\circ$,式(12)是稳定的。化赤运算时 $I_2 = 0^\circ$,只有 $(\theta - D_2)$ 等于或接近 90° 时,式(12)的分子出现零的情况才不稳定。

从上述分析可知,如果不采取改善措施,在低纬度地区不宜进行化极运算,而化赤运算则大多数情况下都是可靠的。根据(7)、(8)式结论,低纬度区 ΔT 异常可以在化赤运算基础上将数据乘个负号,即 ΔT 的负异常变为正异常、正异常变为负异常来代替化极运算。

2.3 用方向滤波和双曲线函数滤波改善磁方向转换的稳定性

为了解决低磁纬度区磁方向转换中的不稳定问题,提出2类改善方法:方向滤波法和双曲函数法。

2.3.1 方向滤波方法

从式(12)分析中可知,该算子产生不稳定的是 $\theta = D_0 + 90^\circ$,在空间域表现为化极结果中沿 D_0 方向出现很强的条带状干扰,所以用方向滤波方法来改善该算子的不稳定性,方向滤波器的零频率对准 $\theta = D_0 + 90^\circ$ 位置,就压制了干扰成分的放大,又能减少有用信号的损失。因此设计了2个方向滤波器:

(1)补偿式余弦削顶方向滤波器 f 为滤波方向的频率, $H(f)$ 为该滤波器的频率响应函数,则

$$H(f) = \min[1, A(1 - \cos 2f)], \quad (13)$$

式中,系数 A 取值在 $10 \sim 40$ 之间, A 值越小,滤波作用越强。

该滤波器在压制干扰的同时,还会滤掉一些有用信息,为提取或保留有用成分,对滤波后的剩余可连续进行余弦滤波,直到得到满意结果。该滤波器的频率响应函数为

$$H(f) = 1 - [1 - H(f)]^{K+1}, \quad (14)$$

式中 K 为补偿次数。

(2)补偿式高斯带通方向滤波器 该滤波器频率响应函数为

$$S(f) = C \{ \exp[-(\frac{36f}{m_1})^2] - \exp[-(\frac{36f}{m_2})^2] \}, \quad (15)$$

式中, $C = \{ \exp[-(\frac{36f_{\max}}{m_1})^2] - \exp[-(\frac{36f}{m_2})^2] \}^{-1}$,

$$f_{\max} = \frac{m_1 - m_2}{36} (\frac{2}{m_1^2 - m_2^2} \lg \frac{m_1}{m_2})^{1/2}, m_1 > m_2, \text{ 控制着}$$

该滤波器的通过频带,选取 m_1 及 m_2 可使磁化方向转换算子稳定,但也使有用成分有一定损失,因此也采取补偿的思路,构成补偿式高斯带通方向滤波器,其频率响应函数为

$$S_0(f) = 1 - [1 - S(f)]^{K+1}, \quad (16)$$

2.3.2 校正式双曲线函数法

将式(11)的分母、分子同乘分母的共轭

$$H_0(u, v) = \frac{\bar{g}_0 g_1 \cdot g_2 g_3}{|g_0 g_1|^2}, \quad (17)$$

式(17)的分母为一实函数。为限制该式的不稳定性,给分母加上一个校正函数,使其沿径向有增强作用,压制高频干扰又可改善分母接近零时的不稳定性。因此采用双曲线函数作为校正函数:

(1)双曲正弦函数

$$H_1(u, v) = [Sh(f/A) + B] |g_2 g_3|^2; \quad (18)$$

(2)双曲余弦函数

$$H_2(u, v) = [Ch(\frac{f}{A}) - 1 + B] |g_2 g_3|^2. \quad (19)$$

式中, $f = \sqrt{u^2 + v^2}$, 常数 B 在 $0.0001 \sim 0.1$ 范围内取值, A 取值范围为 $2 \sim 12$ 。当 B 固定时, A 越小,双曲函数的滤波能力越强;当 A 固定时, B 越大滤波越强。应用中要经试验选好 A 、 B 参数。

将式(18)与式(17)相加,就构成双曲正弦函数磁化方向转换稳定算子;若式(19)加到(17)上,就构成双曲余弦函数磁方向转换稳定算子,即

$$H(u, v) = \frac{\bar{g}_0 g_1 \cdot g_2 g_3 - H_i(u, v) \cdot A}{|g_0 g_1|^2 + H_i(u, v)} \quad (20)$$

式中, $i = 1, 2$; 分子上减去 $H_i(u, v) \cdot A$ 则对该函数起补偿作用,改善其过分压制干扰的作用。

2.4 “倒相” 180° 处理运算及其解释

根据中高纬度地区的 ΔT 异常特征和解释方

法,可以对低纬度区的 ΔT 异常直接做“倒相” 180° 的处理,也就是在测得的 ΔT 异常值前加负号即可。这样就把低纬度区的 ΔT 异常形态,变成相当于中高纬度区的 ΔT 异常形态,然后直接采用中高纬度 ΔT 异常的解释方法进行解释。

为了分析问题方便,将 ΔT 异常表达式改写为

$$\Delta T = K(Z_a \cos \varepsilon + H_a \sin \varepsilon), \quad (21)$$

式中, ε 为特征角,是决定 ΔT 异常特征形态的参数;系数 K 只影响 ΔT 异常的强度,与异常曲线的特征无关。对于倾斜板状体的 ΔT 异常, $\varepsilon = 90^\circ - (2i - \beta)$, $K = \sin \beta (\sin^2 I + \cos^2 I \cos^2 A)$ 。对其他形体的 ΔT 异常, $\varepsilon = 180^\circ - 2i$, $K = \sin^2 I + \cos^2 I \cos^2 A$,其他符号同前面一样。当不考虑剩磁影响时, $I = i$,并且剖面为南北向时, $K = 1$,式(21)简化为

$$\Delta T = Z_a \cos \varepsilon + H_a \sin \varepsilon. \quad (22)$$

对于直立板状体, $\beta = 90^\circ$, $\varepsilon = 180^\circ - 2i$ 。当 $\varepsilon = 0^\circ$,即 $i = 90^\circ$ 时,式(22)化简为 $\Delta T = Z_{a(90^\circ)}$, ΔT 为两翼对称的正异常;当 $\varepsilon = 90^\circ$,即 $i = 45^\circ$ 时, ΔT 为正负伴生、振幅相等的异常;当 $\varepsilon = 180^\circ$ (异常体位于磁赤道带),即 $i = 0^\circ$ 时,式(22)化简为 $\Delta T = H_{a(0^\circ)}$, ΔT 为两翼对称的负异常。当 ε 为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 时, ΔT 曲线为以正峰为主的正负伴生异常;当 ε 为 $90^\circ \sim 180^\circ$ 时, ΔT 曲线为以负峰常为主的正负伴生异常。

经上述分析,若忽略剩磁影响,低纬度地区 ΔT 异常,经“倒相” 180° ,就可以直接使用中高纬度地区 ΔT 异常的解释方法进行解释了。

3 ΔT 异常总导数模量解释方法

3.1 总导数模量确定磁性体的边界

在倾斜磁化地区磁性体产生的 ΔT 异常,因受磁倾角、磁偏角和地磁场矢量的影响,异常中心经常偏离磁性体,只有磁化倾角为 90° 或 0° 时, ΔT 异常才在磁性体正上方,因此,在斜磁化条件下,引起 ΔT 异常的磁性体边界的准确投影较难圈定。以往常采用化赤或化极后 ΔT 异常的垂向一次导数 ($\partial \Delta T / \partial z$) 的最大值确定之,但垂向一次导数在突出近地表小规模磁性体产生的高频异常的同时,又压制了低频成分,对较弱的局部异常反映不够灵敏。对此采用 ΔT 异常总导数模量

$$\Delta T_{G1} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial z}\right)^2} \quad (23)$$

来检出磁性体的边界位置,效果比较理想。

根据式(23)按测线或剖面逐一计算 ΔT_{G1} ,并检出 ΔT 异常的垂向梯度最大值的水平投影,然后用一种符号标注,并连线圈绘出来。该方法对分离垂

直叠加异常和水平叠加异常都有较好作用。这种通过数字方法提取 ΔT 总导数变化的最大值来确定磁性体边界范围,准确度较高。图3为由FD海山 ΔT 异常计算的总导数模量图。

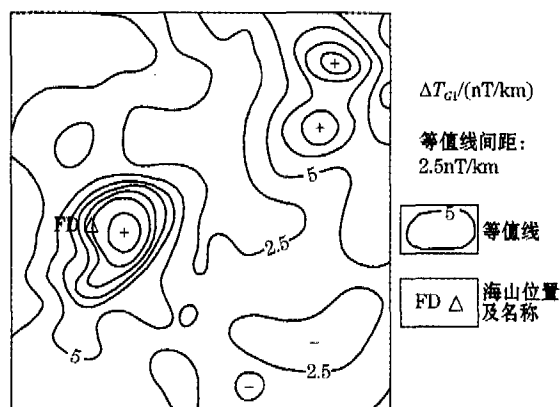


图3 FD海山 ΔT 异常总导数模量等值线

3.2 用总导数模量计算磁性体埋藏深度

为了解决倾斜磁化 ΔT 异常定量解释时不受磁化方向的影响,研究了 ΔT 总导数 ΔT_{G2} 计算机自动计算磁性体深度的方法^①。

设不同形状磁性体产生的 ΔT 异常总梯度模量为

$$\Delta T_{G2} = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T}{\partial z}\right)^2}, \quad (24)$$

求 x 对 ΔT_{G2} 的微商,解得 $\frac{\partial \Delta T_{G2}}{\partial x}$ 的极值点坐标 x_m 和 2 个拐点坐标 x_1, x_2 ,并计算出磁性体的埋藏深度。

以二度水平圆柱磁性体为例:其总导数模量的表达式为

$$\Delta T_{G2} = (\Delta T_x'^2 + \Delta T_z'^2)^{1/2} = 4M/(x^2 + R^2)^{1/2}. \quad (25)$$

求得 ΔT_{G2} 的水平一次导数和水平二次导数后,令

$$\Delta T_{G2}' = \frac{\partial \Delta T_{G2}}{\partial x} = 4M \frac{-3x}{(x^2 + R^2)^{5/2}} = 0,$$

得到 ΔT_{G2} 的极大值坐标 $x_{\max} = 0$;令

$$\Delta T_{G2}'' = \frac{\partial^2 \Delta T_{G2}}{\partial x^2} = 4M \frac{-3(R - 4x^2)}{(x^2 + R^2)^{7/2}} = 0,$$

得到 ΔT_{G2} 的 2 个拐点坐标 $x_1 = -R/2, x_2 = R/2$ (图4),于是求得:①水平圆柱体的中心埋深

$$R = x_2 - x_1; \quad (26)$$

②薄板状体的上界面埋深

$$h = 0.866(x_2 - x_1); \quad (27)$$

③厚板状体的上界面埋深

① 于长春,张培琴,刘浩军,等.南海低磁纬度区航磁异常定性与定量解释方法研究.中国国土资源航空物探遥感中心,1995.

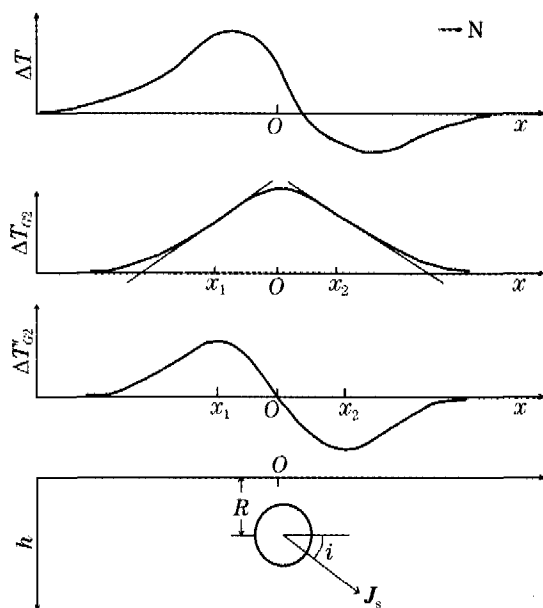


图4 计算水平圆柱状磁性体中心深度示意

$$h = 0.357(x_1 - x_2) \quad (28)$$

这3种形体基本上概括了二度磁性体的宏观形状,可根据式(26)~(28)计算磁性体埋深。

ΔT 异常总导数模量 ΔT_{σ} 计算磁性体埋藏深度方法具有横向分辨率高、不受磁化方向影响、受磁性体产状影响相对较小,异常形状简单等优点,适于任何地区使用。

4 结束语

在这里所讨论的低磁纬度地区 ΔT 磁异常图的解释方法,是基于地磁场磁化理论,主要采用磁化方向转换方法,将低磁纬度区的 ΔT 异常形态转换成中高磁纬度地区的 ΔT 异常,然后使用垂直磁化及中高纬度区的斜磁化 ΔT 异常解释方法进行解释,

是一条简捷的途径。其中计算磁源深度的误差可保持在20%以内。同时对磁化方向转换运算中产生的干扰与畸变,采取的改善措施是有效的。总的来看,低纬度区 ΔT 异常场的磁化方向转换,化赤比化极误差要小;采取在化赤运算基础上,再“倒相180°”,转换成垂直磁化 ΔT 异常效果比化极好;对大区域磁异常场的磁化方向转换,必须使用变倾角的磁化方向转换方法,其中分带变倾角转换方案符合中低纬度地区地磁倾角的变化规律。将低磁纬度区的实测 ΔT 异常图直接“倒相180°”,将其变为中高纬度地区的 ΔT 异常形态,其转换误差更小。关于 ΔT 异常总导数模量图定性和定量解释方法的优点较多,问题是必须先进行沿3个坐标方向的导数计算及总导数模量的绘图,不过对于计算机和计算技术普及的今天,这种数据处理是容易进行的。上述这些方法,不但适用于其他类似的低纬度地区 ΔT 异常的解释,而且对认识和研究全球磁异常图也是十分有效的。

参考文献:

- [1] Gordon E A, Isidore Zietz. Magnetic fields for a 4×6 prismatic model[R]. U S :Government printing office,1969.
- [2] 方迎尧. 磁赤道地区 ΔT 异常特征与解释的若干问题[A]. 方迎尧,王懋基. 航空物探论文集[C]. 北京:地质出版社,1996.
- [3] 黄树棠,顾学新. 斜磁化条件下磁测资料的推断解释[A]. 地球物理与地球化学探矿研究报告文集,第2集[C]. 北京:中国工业出版社,1964.
- [4] 谭承泽,郭绍雍. 磁法勘探教程[M]. 北京:地质出版社,1984.
- [5] 张培琴,赵群友. 低磁纬度区航磁异常变倾角磁化方向转换方法[J]. 物探化探计算技术,1996,18(3): 206.
- [6] 蔡宗熹. 曲面上的位场理论及其在地球物理中的应用[M]. 郑州:河南科学技术出版社,2002.

APPROACHES TO THE INTERPRETATION OF MAGNETIC ΔT ANOMALIES IN THE LOW MAGNETIC LATITUDE AREA

FANG Ying-yao, ZHANG Pei-qin, LIU Hao-jun

(China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: Situated in a low magnetic latitude area around the magnetic equator, the island of Hainan Province and the extensive South China Sea are in a horizontally magnetized environment. The characteristics of ΔT anomalies caused by magnetic bodies in the area differ greatly from those in the middle magnetic latitude area of mainland China, which has long baffled the understanding and interpretation of the anomalies. Through the application and study of the measured data, the authors analyzed in this paper the relations between Z_a , H_a and ΔT anomalies in different magnetized conditions, put forward interpretation train of thought and a "phase reversal 180°" interpretation method for ΔT anomalies in the low magnetic latitude area, improved the stability of magnetization direction transformation

(reduction to the equator or the pole, etc.) and the inclination-variant transformation method, and also discussed the qualitative and quantitative interpretation of the total derivative norm of ΔT anomalies. It is considered that these approaches can solve the interpretation problem of the magnetic anomalies in a low magnetic area, and also help to understand and interpret the global magnetic anomalies.

Key words: low magnetic latitude area; characteristics of magnetic ΔT anomalies; magnetization direction transformation; anomaly interpretation method

作者简介:方迎尧(1934-),男,教授级高工。1955年毕业于北京地质学院地球物理勘探专业,长期从事航空物探科研、生产及技术管理工作。

上接 47 页

Abstract: Based on study on the characterization of three dimension and constant-wavelength synchronous fluorescence spectra, the similarity and characteristic peaks of various crude oils and natural gases have been proposed. The types of crude oils and natural gases can be identified by three-dimensional contour spectra. Three-dimensional contour spectra and constant-wavelength synchronous fluorescence spectra can be used in judging polluted samples of synthesizing well log by the wavelength and intensity of the emission peaks. The constant energy synchronous fluorescence spectroscopy offers the advantages of greater sensitivity and selectivity for marine sediments, which contain ample aromatic hydrocarbon molecules, than the constant wavelength synchronous fluorescence spectroscopy. In addition, the geological information must be considered when the analytical date is applied.

Key words: aromatic hydrocarbon; oil and gas geochemical exploration; three-dimension fluorescence; synchronous fluorescence; interfere factor

作者简介:宋继梅(1963-),女,安徽合肥人,教授。1990年毕业于安徽大学,获理学硕士,现为安徽大学在读博士。从事油气化探方法技术及应用研究 10 年,现在研究方向为无机材料化学。发表论文 25 篇。

2005 年区域地球化学调查样品分析质量排序通报

根据中国地质调查局基础部要求,区域地球化学调查样品分析质量检查组对 2005 年承担多目标区域地球化学调查和区域化探样品分析的实验室进行了测试质量检查和验收。其中,进行测试质量检查的有吉林、辽宁、山西、河南、河北、湖北、湖南、江西、安徽、江苏、四川、物探所实验室;进行多目标区域地球化学调查样品测试质量验收的有湖南、安徽、江苏、四川、物探所实验室;进行区域化探样品测试质量验收的有物探所、内蒙、河北、四川、湖北、黑龙江实验室。

2005 年检查验收的区域性地球化学调查样品分析质量总体上是好的,均达到优秀级质量标准。特别是多目标区域地球化学调查样品分析质量,不仅各省区实验室分析质量精度高,成图效果好,而且基本上消除了各省区实验室之间、年度之间分析的系统偏倚,长江三角洲、东北平原等一些地区成功地实现了省际间区域地球化学图的无系统误差拼接,为经济社会发展提供了大量真实可

靠的基础数据信息,使生态地球化学评价能够建立在精确测量的基础上。可以说,这是我国测试技术方法上的重大突破,是国内自开展区域地球化学分析以来质量精度方面取得的巨大成功。

一些实验室尚存在未按规定要求分析监控样的现象,应予以注意。根据各实验室完成样品分析质量情况,经检查组讨论,现将 2005 年质量排序名次公布如下:

多目标区域地球化学调查样品分析工作项目:

安徽实验室、江苏实验室、四川实验室、湖南实验室。

区域化探样品分析工作项目:

湖北实验室、物探所实验室、河北实验室、四川实验室、黑龙江实验室。

中国地质调查局

区域地球化学调查样品分析质量检查组

2006 年 1 月 10 日