

磁异常切线法综述

潘玉 李焱 长安大学地质工程与测绘工程学院 710054

摘要: 切线法是一种快速方便的反演方法。本文对切线法原理、类型及方法选择组合进行介绍和总结。共收集十七种方法。方法选择组合中给出各种地质情况下选择相应切线法的方法。

关键词: 切线法

1. 引言

磁法勘探时一般要简便快速地计算出地质体某些参数,如磁性体顶界埋深、磁异常切线法是一种实用快速反演方法。本文主要对近几十年切线法在发展中形成的适合各种地质情况的类型进行归纳总结,为以后此方面进行一系列软件开发工作打下理论基础。切线法可不考虑正常场选择,因此在磁测中得到广泛应用。切线法可求出磁性体顶部埋深或中心深度、宽度以及磁化强度等形状参数。

2. 基本原理

切线法是利用过异常曲线上一些特征点(如极大值点,极小值点,拐点,半拐点等)的切线之间交点的坐标关系来计算磁性体产状要素的方法。

计算磁性体埋深时先对 Z_a 或 ΔB 等曲线作五条切线。其中三条水平切线分别过极大值点和极小值点(无极大值点时就是横坐标轴),另外两条切线过曲线的两个拐点(见图1)。五条曲线交于四点,它们的横坐标分别为 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 ,于是可按下式计算磁性体埋深(K为校正系数)

$$h = K(x_1 - x_2 + x_3 - x_4) / 2 = K(b_1 + b_2) / 2 \quad (1)$$

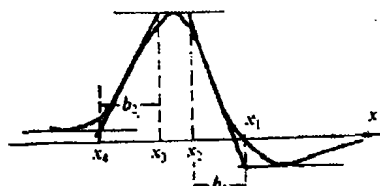


图1 磁异常切线示意图

2.1. 特点

切线法在运用时简便且速度快。工作中该法有不考虑正常场选择、磁性体形状、磁化强度等优点。虽磁异常切线法是从经验获得,但确实能解决实际问题。

2.2. 使用范围

切线法对任意 ΔT (总磁场异常,即地磁场总矢量与正常地磁场总矢量的模差)及 Z_a (垂直磁异常) 曲线都适用,还适用于 H_a (水平磁异常)、 TT (磁场总梯度异常)、 ΔB (磁感应强度异常) 等曲线。在航磁 ΔT 异常的定量解释中曾得到广泛应用。

2.3. 作用

主要求地质体最小埋深(顶层埋深)或中心埋深、宽度和磁化强度等基本参数,从而确定磁性地质体产状。

2.4. 例子

列举斜磁化二度无限延深板状体 ΔT 异常切线法来说明。

由二度板状体规格化公式知道,

$$\Delta T = (Z_a \cos \theta + H_a \sin \theta) \sin I / \sin i_s \quad (2)$$

为讨论方便,不考虑系数 $\sin I / \sin i_s$, 因它不改变异常曲线的形态特征,仅影响其强度,

故在计算磁化强度时才加以考虑,则上式可简写为,

$$\Delta T = Z_a \cos \theta + H_a \sin \theta \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta T_x &= f_x \cos \theta + \phi_x \sin \theta \\ \text{则 } \Delta T_{xx} &= f_{xx} \cos \theta + \phi_{xx} \sin \theta \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

式中 f_x 、 f_{xx} 、 ϕ_x 、 ϕ_{xx} 分别为 Z_a 和 H_a 的一阶、二阶水平偏导数,若令 $\Delta T_x = 0$, 则 ΔT 曲线的极值点横坐标为 x_{max} 、 x_{min} ; 若令 $\Delta T_{xx} = 0$, 其拐点的横坐标为 x_{G4} 、 x_{G1} 。还可得出极值 ΔT_{max} 、 ΔT_{min} 及拐点处的场值 ΔT_{G4} 、 ΔT_{G1} , 过拐点处切线 L_1 、 L_2 的斜率 $(\Delta T_x)_{G4}$ 、 $(\Delta T_x)_{G1}$, 以及特征线段 x_0 、 x_{04} 、 x_{m1} 、 x_{m4} 等14个基本参数,见图2。

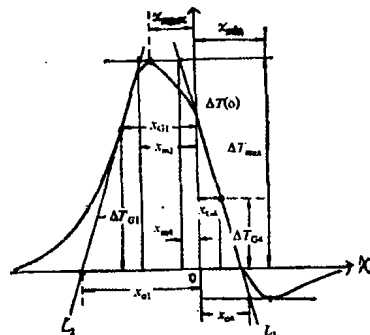


图2 ΔT 切线法特征线段

为求地质体埋深、宽度和磁化强度,对这14个参数可有多种组合。合理选择两类组合,一类是以角参量 θ 为主的组合;另一类是以拐点为主的组合。这些组合均有严格的数学关系式。经计算,编出求磁性体埋深、宽度及磁化强度系数列线图(或系数表)以便进行切线法反演计算。

ΔT 异常切线法解反演问题可分为两种方法: θ 角法和拐点法。现介绍拐点法计算步骤:

1、由实测 ΔT 曲线上取 $(x_{G4} - x_{max}) / (x_{G1} - x_{max})$ 的比值;

2、根据此比值查相关表或列线图来确定系数 K_h 、 K_b 、 K_M 的值;

3、按下式求得 h 、 b 、 M ,

$$h = (x_{G4} - x_{G1}) / K_h, \quad b = (x_{G4} - x_{G1}) / K_b, \quad M = (\Delta T_{max} - \Delta T_{G4}) / K_M \quad (5)$$

由图2和公式(5)可见,本方法与正常场选择无关,不需确定原点,只要两拐点附近曲线未受干扰即可。角参量 $\theta \geq 60^\circ$ 时,均能获得较好的解释效果,对 Z_a 异常求解 h 、 b 也适用。

3. 方法描述

因切线法方法较多,这里仅对经验切线法、 T 垂直磁化切线法和 T 斜磁化切线法作简单描述。

3.1. 经验切线法^[3]

如图1所示,埋深 h 的经验公式为,

$$h = (x_1 - x_2 + x_3 - x_4) / 4 = (d_1 + d_2) / 4 \quad (6)$$

当 Z_a 曲线两翼对称时,有 $d_1 = d_2$, 经验公式

为

$$h = (x_1 - x_2) / 2 \quad (7)$$

3.2. ΔT 垂直磁化 ($\epsilon = 0^\circ$) 切线法^[11]

见图3,在 ΔT 垂直磁化 ($\epsilon = 0^\circ$) 切线法各参量校正系数表(此表请参考文献^[11])中查系数 $(y_0 - y_m) / y_m$, 获得系数后与要求实际参数之比就是要求值。

如比值 $(y_0 - y_m) / y_m = 2.8$, 由表可知,深度系数为 2.24 或者用系数 3.03, 则 $h_1 = (y_0 - y_m) / 2.24$ ($y_0 - y_m$ 是实测曲线量得), $h_2 = y_0 / 3.03$

宽度系数为 1.36 或 1.85, 则 $b_1 = (y_0 - y_m) / 2.24$ 或 $b_2 = y_0 / 1.85$, 强度系数为 4.10 或 1.832, 则粗略磁化强度 $J' = (T_{max} / 4.10) \times 10^{-5} \text{CGSM}$ 。

3.3. ΔT 斜磁化 ($\epsilon = 0^\circ \sim 60^\circ$) 切线法^[11]

各参数几何意义见图4。用法与 3.2 中相似。先求出形状参数 $(y_{04} - y_{01}) / (y_{01} - y_{m1})$ 比值; 据该比值在 ΔT 斜磁化 ($\epsilon = 0^\circ \sim 60^\circ$) 切线法各参量校正系数表(此表请参考文献^[11])中查对应 K_1 、 K_2 、 K_3 , 则

$$h = (y_{04} - y_{m1}) / K_1, \quad b = (y_{04} - y_{m1}) / K_2, \quad J' = (T_{max} / K_3) \times 10^{-5} \text{CGSM}.$$

3.4. 其它切线法

ΔT 斜磁化 ($\epsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) 切线法^[11]、 ΔT 斜磁化拐点法^[11]、多切线法^[11]、四点法^[11]、外奎尔法^[11]、三度体经验公式^[11]、磁场总梯度 TT 切线法(截距 $\Delta_{1/2}$)^[12]、 $Z_a = f(x)$ 法和曲线切线法^[4]、 $Z_a = \phi(x)$ 半差曲线切线法^[4]、 $1/2$ 切线法^[6]、复杂情况下的切线法^[13]、复杂情况下的切线法二^[13]和任意点切线法^[13]请参阅相应的参考文献。

4. 方法选择组合

自然界中磁性体形状千变万化,磁异常也就形态多变。因此不同形态用相应方法是提高深度值精度的有效步骤。

4.1. 磁异常极大值、极小值明显,没有干扰,且基本对称 ($\epsilon = 0^\circ$) 时,用 ΔT 垂直磁化切线法。两翼不对称,极值明显的异常,大致估算出 ϵ 角,采用相应的 T 斜磁化切线法。如果 ϵ 角小于 45° 时,就选用 $\epsilon = 0^\circ \sim 60^\circ$ 的计算表。若 ϵ 大于 45° 时,就选用 $\epsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$ 的计算表。

4.2. 对可能是两个磁性体的异常,如果以一个异常来计算,取其平均值,就会带来较大误差。要分支计算深度,不要平均。这类异常特点是,极大值较宽,两翼极不对称,在极大值附近异常有微弱变化的。两个磁异常干扰很大,几乎快要变成一个异常时,只有外奎尔法和四点法精度高。在异常一翼迭加一个次级小异常,总观异常全貌,斜磁化影响不明显的,只有采用垂直磁化切线法计算使两种方法处理切线。次级小异常用四点法计算。

4.3. 等轴异常尽量用三度体 ΔT 经验公式计算。磁异常上半部未受干扰而下半部受干扰

(下转第 103 页)