

低磁纬度区 ΔT 剖面磁异常场源深度计算的切线法郭志宏^{1,2}, 于长春^{1,2}, 周坚鑫^{1,2}

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国国土资源航空物探遥感中心, 北京 100083)

摘要: 航磁 ΔT 剖面异常场源深度计算的切线法是基于中高磁纬度区建立起来的计算剖面磁异常场源深度行之有效的传统方法, 以此方法为基础, 明确地提出计算低磁纬度区 ΔT 剖面负磁异常场源深度的异常“反切”概念和做法, 并从理论上证明了其正确性。通过 ΔT 剖面负磁异常的“反切”做法, 使得传统的计算中高磁纬度区 ΔT 剖面磁异常场源深度的切线法及系数表可直接用于低磁纬度区, 从而圆满地解决了低磁纬度区利用切线法计算 ΔT 剖面负磁异常场源深度的问题。

关键词: 低磁纬度区; 航磁; ΔT 剖面负磁异常; 场源深度; 切线法; “反切”

中图分类号: P631.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2003)05-0391-04

传统的航磁 ΔT 剖面异常场源深度计算的切线法主要是针对中高磁纬度区的磁异常建立起来的, 几十年来, 该方法一直在使用并获得比较好的应用效果^[1]。但对于南海等低磁纬度地区, 由于接近水平的地磁场方向, 使得这些地区的 ΔT 磁异常特征发生很大变化, 出现了大量的以负磁异常为主体的异常^[2], 如果在这种情况下仍然不做任何变化地套用中高磁纬度区以 ΔT 剖面正磁异常为主体的常规切线法, 由于“所认定的正磁异常”通常不是低磁纬度区实际场源引起的异常主体部分, 因而由此计算出的场源深度结果及标定的场源体地面投影位置将是错误的。为此, 笔者明确提出计算低磁纬度区 ΔT 剖面负磁异常场源深度的磁异常“反切”概念和做法。所谓“反切”磁异常, 就是沿剖面寻找负磁异常为主体的异常极值、拐点等特征点, 然后将异常剖面上下“颠倒”过来使用常规切线法计算该负值主体异常的场源深度。下面笔者将通过 ΔT 剖面磁异常场源深度计算的切线法原理及公式从理论上证明低磁纬度区 ΔT 剖面负磁异常场源深度计算的“反切”法的正确性。

1 ΔT 剖面磁异常切线法计算模型

ΔT 剖面磁异常切线法计算通常采用比较有代表性的板状体模型, 走向无限、延深无限的倾斜厚板状体 ΔT 剖面磁异常的解析表达式如下^[2,3]:

$$\Delta T = \sin \alpha \cdot \frac{\sin I_0}{\sin i_0} \cdot [Z \cos \varepsilon + H \sin \varepsilon] \quad (1)$$

式中, α 为板状体倾角; I_0 为地磁倾角; i_0 为沿剖面方向的有效地磁倾角; $\varepsilon = 90^\circ + \alpha - i - i_0$ 为异常特征角; i 为沿剖面方向的总有效磁化倾角; Z 、 H 分别为垂直板状体垂直磁化情况下的磁场垂直、水平分量:

$$Z = 2M_s \cdot \left[\arctan \frac{x+b}{h} - \arctan \frac{x-b}{h} \right], \quad (2)$$

$$H = 2M_s \cdot \ln \left[\frac{(x-b)^2 + h^2}{(x+b)^2 + h^2} \right]。 \quad (3)$$

式中: M_s 为沿剖面方向的有效磁化强度; b 为板状体水平半宽度; h 为板状体顶面深度。

由(1)式可以看出 ΔT 剖面磁异常的曲线形态完全由异常特征角 ε 决定, 而系数 $\sin \alpha \cdot \sin I_0 / \sin i_0$

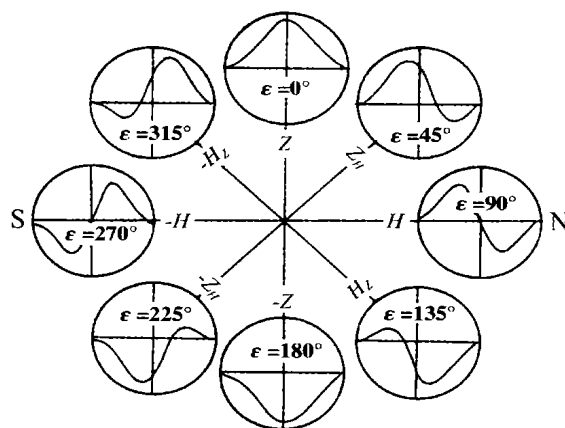


图 1 各种异常特征角的板状体 ΔT 异常形态示意

只影响异常幅度。随着 ε 角度变化, ΔT 异常曲线有不同的特征, 归纳为 8 种类型 (图 1): Z 型、 $-Z$ 型、 H 型、 $-H$ 型、 Z_H 型、 $-Z_H$ 型、 $-H_Z$ 型、 H_Z 型。

2 中高磁纬度区 ΔT 剖面磁异常切线法

2.1 ΔT 剖面磁异常切线法正演计算

在不考虑剩磁影响的情况下, 中高磁纬度区板状体的 ΔT 剖面磁异常形态主要对应于图 1 中的垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) Z 型和倾斜磁化 Z_H 型、 $-H_Z$ 型等以正磁异常为主体的异常形态, 而 H 型、 $-H$ 型为 2 种向低磁纬度区过渡的正负等量伴生的 ΔT 剖面磁异常形态。由前面 (1) ~ (3) 式可正演计算得到板状体 ΔT 剖面磁异常切线法的系数表^{[2] ①}。

2.1.1 垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法系数表

如图 2 所示, ΔT_{\max} 、 ΔT_{π} 为异常曲线极大值和拐点处的异常值, y_{π} 、 y_m 、 y_0 为异常曲线拐点坐标、拐点处切线与极大值点处切线及零值线交点坐标。令 $\varepsilon = 0^\circ$, 通过 $\beta = b/h$ 的渐变, 由 (1) ~ (3) 式可计算得到异常形态参数 $(y_0 - y_m)/y_m$, 深度系数 $K_1 = (y_0 - y_m)/h$ 、 $K_2 = y_0/h$, 宽度系数 $K_3 = (y_0 - y_m)/b$ 、 $K_4 = y_0/b$, 磁化强度系数 $K_5 = \Delta T_{\max}/M_s$ 、 $K_6 = \Delta T_{\pi}/M_s$, 从而获得垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) 板状体 ΔT 剖面磁异常切线法系数表 (略)。

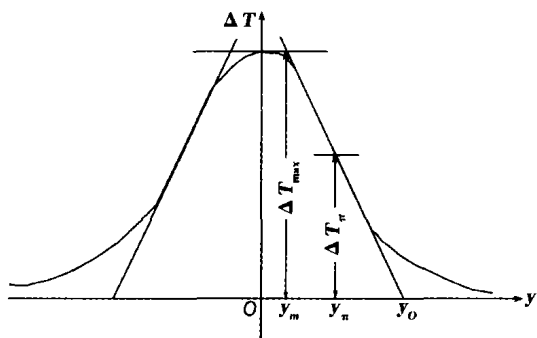


图 2 垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) ΔT 异常曲线切线法示意

2.1.2 倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法系数表

如图 3 所示, ΔT_{\max} 、 ΔT_{\min} 、 $\Delta T_{\pi 4}$ 为异常曲线极大值、极小值和极值点间的拐点处的异常值, $y_{\pi 4}$ 、 y_{04} 、 y_{m1} 为极值点间的拐点坐标及该拐点处切线与极小值点处切线交点坐标、异常曲线的另一拐点处切线与极大值点处切线交点坐标。令 $\varepsilon = (45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ)$, 通过 $\beta = b/h$ 的渐变, 由 (1) ~ (3) 式可计算得到异常形态参数 $(y_{04} - y_{m1})/(y_{04} - y_{\pi 4})$, 深度系数 $K_1 = (y_{04} - y_{m1})/h$, 宽度系数 $K_2 = (y_{04} - y_{m1})/b$, 磁化强度系数 $K_3 = (\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min})/M_s$, 从而获得倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) 板状体 ΔT 剖面磁异常切线法系数表 (略)。

b , 磁化强度系数 $K_3 = (\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min})/M_s$, 从而获得倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) 板状体 ΔT 剖面磁异常切线法系数表 (略)。

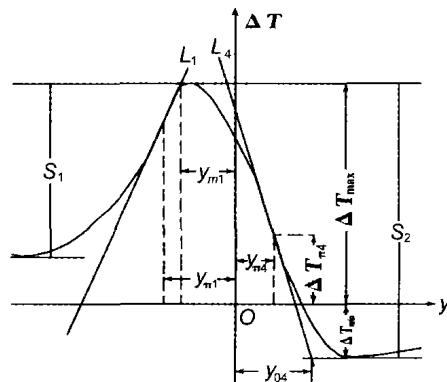


图 3 倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) ΔT 异常曲线切线法示意

2.2 ΔT 剖面磁异常切线法反演计算

ΔT 剖面磁异常切线法反演计算是根据前面正演计算获得的切线法系数表来进行的。首先通过 ΔT 磁异常极大值处切线分别到两翼极小值处切线之间垂向距离 S_1 、 S_2 (见图 3) 的比值来判断异常曲线形态, 然后根据不同的异常曲线形态选择不同的切线法系数表来进行异常场源顶面深度、宽度和磁化强度的反演计算^{②③}。

2.2.1 垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法反演计算

当 $0.8 \leq S_1/S_2 \leq 1.2$ 时, 磁异常两翼基本对称, 形态接近 Z 型, 此时异常零值线选取原则是取两翼极小值之间的垂向距离之半的水平线。反演计算时应用垂直磁化 ($\varepsilon = 0^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法系数表, 根据计算出的异常形态参数值 $(y_0 - y_m)/y_m$, 找到相应的深度系数 K_1 、 K_2 , 宽度系数 K_3 、 K_4 , 磁化强度系数 K_5 、 K_6 , 然后反算出异常场源的顶面深度 h 、宽度 b 及磁化强度值 M_s 。

2.2.2 倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法反演计算

当 $0.3 \leq S_1/S_2 < 0.8$ 或 $1.2 < S_1/S_2 \leq 3.0$ 时, 磁异常两翼明显不对称或正负异常等量伴生, 形态接近 Z_H 型、 $-H_Z$ 型或 H 型、 $-H$ 型, 此时异常零值线选取原则是取两翼极小值之间垂向距离向下 $1/3$ 处的水平线。反演计算时应用倾斜磁化 ($\varepsilon = 45^\circ \sim 90^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法系数表, 根据计算出的

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

② 韩守华, 赵晋芳, 蔡振京, 等. ΔT 切线法自动计算深度及应用研究. 中国国土资源航空物探遥感中心, 1990.

异常形态参数 $(y_{04} - y_{m1}) / (y_{04} - y_{m4})$ 值,找到相应的深度系数 K_1 、宽度系数 K_2 、磁化强度系数 K_3 ,然后反算出异常场源的顶面深度 h 、宽度 b 及磁化强度值 M_s 。

2.2.3 单翼 ΔT 剖面磁异常经验(或 1/2)切线法反演计算

当 $S_1/S_2 < 0.3$ 或 $S_1/S_2 > 0.3$ 时,磁异常某一翼可能受到严重干扰,此时反演计算可分翼或只针对单翼进行,其场源的顶面深度近似为异常曲线拐点处切线与极大值点和极小值点处切线交点间水平距离之半,其它参数的反演计算可借助垂直磁化($\varepsilon = 0^\circ$) ΔT 剖面磁异常切线法系数表进行。

3 低磁纬度区 ΔT 剖面磁异常“反切”法

在不考虑剩磁影响的情况下,由于接近水平的小倾角地磁场的磁化作用,低磁纬度区板状体的 ΔT 剖面磁异常形态则主要对应于图 1 中水平磁化($\varepsilon = 180^\circ$) - Z 型和小倾角磁化 - Z_H 型、 H_Z 型等以负磁异常为主体的异常形态。针对低磁纬度区磁异常的这种主要特征,笔者提出计算低磁纬度区 ΔT 剖面负磁异常场源深度的磁异常“反切”法。“反切”磁异常就是沿剖面寻找负磁异常为主体的 ΔT 异常极小值、两侧极大值和拐点等特征点,然后将 ΔT 异常剖面上下(即正负)“颠倒”过来后使用与中高磁纬度区 ΔT 异常形态类型对应相同的常规切线法及系数表反演计算该 ΔT 负值主体异常的场源深度,因为低磁纬度区水平磁化($\varepsilon = 180^\circ$) - Z 型和小倾角磁化 - Z_H 型、 H_Z 型 ΔT 异常分别对应中高磁纬度区垂直磁化($\varepsilon = 0^\circ$) Z 型和倾斜磁化 Z_H 型、 $-H_Z$ 型 ΔT 异常。下面笔者将从理论公式上推导证明低磁纬度区 ΔT 负磁异常“反切”法的正确性^①。

假设 ΔT 异常剖面的磁方位角为 A ,则可推导出地磁倾角 I_0 与沿剖面方向的有效地磁倾角 i_0 之间有以下关系式: $\sin i_0 = \sin I_0 / \sqrt{\sin^2 I_0 + \cos^2 I_0 \cos^2 A}$, 而(1)式等式右边前面的系数 $\sin \alpha \cdot \sin I_0 / \sin i_0 = \sin \alpha \cdot \sqrt{\sin^2 I_0 + \cos^2 I_0 \cos^2 A}$ 。由此可知,该系数的正负只与 $\sin \alpha$ 有关。当板状体倾角 α 一定时, i_0 、 I_0 角的变化并不影响该系数的正负,只影响其数值大小,为简化起见,下面的公式推导将忽略该系数。在不考虑剩磁影响的情况下,假设某低磁纬度区接近水平的有效地磁倾角为 i_{01} ,则板状体异常特征角为 $\varepsilon_1 = 90^\circ + \alpha - 2i_{01}$,代入(1)式可简化得低磁纬度区板状体异常 $\Delta T_1 = Z \cos \varepsilon_1 + H \sin \varepsilon_1$ 。

很明显 $i_{01} \pm 90^\circ$ 将落在中高磁纬度区的有效地磁倾角范围中,则板状体异常特征角相应地变为 $\varepsilon_2 = 90^\circ + \alpha - 2(i_{01} \pm 90^\circ) = \varepsilon_1 \mp 180^\circ$,代入(1)式可简化得中高磁纬度区同一板状体的异常:

$$\begin{aligned} \Delta T_2 &= Z \cos \varepsilon_2 + H \sin \varepsilon_2 \\ &= Z \cos(\varepsilon_1 \mp 180^\circ) + H \sin(\varepsilon_1 \mp 180^\circ) \\ &= -Z \cos \varepsilon_1 - H \sin \varepsilon_1 = -\Delta T_1。 \end{aligned}$$

上面推导出的关系式说明同一板状磁性体在有效地磁倾角为 i_{01} 的低磁纬度区磁化产生的以负磁异常为主体的 ΔT 异常与其在有效地磁倾角为 $i_{01} \pm 90^\circ$ 的中高磁纬度区磁化产生的以正磁异常为主体的 ΔT 异常两者仅差一负号,如果将低磁纬度区的 ΔT 负磁异常剖面上下(既正负)“颠倒”过来,则与中高磁纬度区的 ΔT 正磁异常的形态特征完全一致,而相应的异常特征角则相差 180° ,与图 1 中的异常形态对应关系相吻合。由于有这种对应关系,因此完全可借助传统中高磁纬度区的板状体 ΔT 剖面磁异常切线法及系数表,“反切”计算低磁纬度区以负磁异常为主体的 ΔT 异常场源深度,并且其计算精度与“正切”中高磁纬度区以正磁异常为主体的 ΔT 异常切线法精度完全一致。

4 结论

通过前面的论述,可以总结出以下几点结论。

(1) 低磁纬度区 ΔT 剖面磁异常,由于接近水平的小倾角地磁场的磁化作用,使得其异常形态主要表现为以负磁异常为主体的异常特征。

(2) 由于明显的负磁异常特征,在低磁纬度区应该寻找以 ΔT 剖面负磁异常为主体的异常进行“反切”计算获得其场源深度。

(3) 通过 ΔT 剖面负磁异常的“反切”方式,使得传统中高磁纬度区 ΔT 剖面磁异常切线法及系数表可直接用于低磁纬度区 ΔT 剖面负磁异常场源深度的反演计算,并且计算精度保持不变。

参考文献:

- [1] 朱英. 斜磁化切线法和特征点图解法[M]. 北京:地质出版社, 1995.
- [2] 方迎亮,周伏洪. 南海中央海盆条带状磁异常特征与海底扩张[J]. 物探与化探, 1998, 22(4): 272 - 278.
- [3] 谭承泽. 磁法勘探教程[M]. 北京:地质出版社, 1984.

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

THE TANGENT TECHNIQUE OF ΔT PROFILE MAGNETIC ANOMALY IN THE LOW MAGNETIC LATITUDE AREA

GUO Zhi-hong^{1,2}, YU Chang-chun^{1,2}, ZHOU Jian-xin^{1,2}

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center, Beijing 100083, China)

Abstract: The tangent technique of ΔT profile magnetic anomaly is a kind of traditional effective method for calculating buried depths of magnetic plates in intermediate-high magnetic latitude areas. Based on this method, the authors put forward the "reverse tangent" technique of ΔT profile negative magnetic anomaly for calculating buried depths of magnetic plates in low magnetic latitude areas, and demonstrate its theoretic correctness. By means of such a "reverse tangent" technique, the traditional tangent technique of ΔT profile magnetic anomaly and its coefficient tables in the intermediate-high magnetic latitude area can be directly used to calculate the buried depth of the magnetic plate which usually produces ΔT profile negative magnetic anomaly in the low magnetic latitude area.

Key words: low magnetic latitude area; aeromagnetic survey; ΔT profile negative magnetic anomaly; buried depth of magnetic plate; tangent technique; "reverse tangent"

作者简介: 郭志宏(1965 -),男,1988 年研究生毕业于长春地质学院应用地球物理系,获硕士学位,现为中国国土资源航空物探遥感中心物探高级工程师,中国地质大学(北京)2001 级博士研究生。

B&A

SRS24 工程勘察检测仪研制成功

由北京北方波华技术开发有限责任公司和北京艾达天地岩土技术有限公司共同研制的 **SRS24 工程勘察检测仪**,具有多道瞬态面波、浅层工程地震、地震映像、地脉动、桩基质检等多种勘探与检测功能。可在地矿、石油、化工、水电、交通、铁道、建筑、地震、煤田、冶金、核工业等领域的工程勘察与工程检测工作中发挥作用,包括地质构造及矿产资源调查、工程场地基础勘察、灾害地质体及地下埋设物调查、地基动力特性检测与评价、基础处理(基桩、复合地基、强夯、碾压、混凝土等)质检等。

公司是以岩土技术开发与应用为主的股份制企业,其主要技术人员在二十余年来从事工程勘察与检测方法研究、数据采集与处理开发,并在数十项大中型工程应用实践中积累了丰富的经验,成果曾获部、市、国家级多个奖项。“**开拓进取 共同发展**”是企业追求的宗旨。在我国现代化建设的今天,我们将与同仁齐心协力,以解决更多的岩土工程问题。

公司以专家学者理论研究为基础,关注产业界高新技术发展动向,结合工程实际,不断研究新方法、开发新产品,服务于工程建设。公司以精湛的技艺,为您提供优质的产品;以满腔的热情,为您做好技术服务;以宽敞的胸怀,与各界广泛交流合作,促进工程勘察检测技术的发展。

热情欢迎新老朋友垂询、惠临!



北京北方波华技术开发有限责任公司

地址:北京市西城区德外大街2号310室

电话:010-62355487 邮编:100011

联系人:孟群(13801373062)

E-mail: meng3062@sohu.com

北京艾达天地岩土技术有限公司

地址:北京市西城区德外大街2号406室

电话:010-62064089 传真:62064079

地址:北京市西城区月坛南街26号1号楼2003室

电话:010-68596208 传真:68596207

联系人:高霞(13801373057)

E-mail: gaoxia@263.net