

文章编号:1007-3701(2008)02-0067-05

高精度磁测( $\Delta T$ )计算公式的简化及应用

朱军洪,唐仕华,黄经明,覃永炎,周金华

(湖南省湘南地质勘察院,湖南 郴州 423000)

**摘要:**高精度磁测广泛应用于地质找矿、考古、环境工程等领域,随着磁测仪器的不断改正及计算技术的不断发展,磁测数据的计算方法也得到了一些改变。在实际工作中发现,在进行磁测梯度改正时采用坐标算法比采用图示图解法方便、快捷、准确。现用的磁异常值  $\Delta T$  的计算公式可以进一步简化,使其计算更加简单。

**关键词:**高精度磁测;公式简化;地球磁场梯度;改正计算。

**中图分类号:**P631.2

**文献标识码:**A

1  $\Delta T$  计算公式简化

地质调查标准汇编—地球物理勘查第二分册<sup>①</sup>刊载, $\Delta T$  的计算公式为:

$$\Delta T = T_C - T_0 + \Delta_R^T + \Delta_T^T \quad (1)$$

式中: $T_C$  是观测点读数; $T_0$  是总基点磁场值; $\Delta T_R$  是日变校正量; $\Delta T_T$  是按国家地磁参考场(IGRF)最新模型计算出来的正常梯度校正量(包括垂向梯度校正、高度改正),当观测点在总基点以北时为负,观测点在总点以南时为正。

$$\text{设测点观测值 } T_C = T_{0C} + \delta(t) \quad (2)$$

$$\text{分基点}^{[1]}(\text{日变站})\text{观测值 } T_R = T_{0R} + \delta(t) \quad (3)$$

$T_{0C}$  为磁测测点的  $T_0$  值、 $T_{0R}$  为日变站的  $T_0$  值,  $\delta(t)$  为日变变化值,当  $\delta(t)$  增大而使测点读数增大时,日变改正值为负;当  $\delta(t)$  减小而使测点读数减小时日变改正值应为正,故日变校正量为:

$$\Delta_R^T = -\delta(t) = T_{0R} - T_R \quad (4)$$

当日变观测点为总基点或使用日变观测点  $T_0$  值作日变改正计算时,则: $T_{0R} = T_0$ ,据(4)得:

$$\Delta_R^T = T_0 - T_R \quad (5)$$

将(5)代入(1)得:

$$\Delta T = T_C - T_R + \Delta_T^T \quad (6)$$

比较公式(6)与公式(1),当日变观测点为总基点时,公式(1)可以简化为公式(6)。即磁测测点上的异常值( $\Delta T$  值)等于测点读数减去相应时刻日变读数再加上正常梯度改正值。

地质调查标准汇编——地球物理勘查第二分册中指出:若总基点的  $T_0$  值为已知时,各分基点即可直接用总基点的  $T_0$  值进行日变改正,此时无须再作总基点改正,若总基点尚未确定,可先假定一个  $T_0$  值,各分基点统一使用此  $T_0$  值作日变改正,待选定了总基点并测出其  $T_0$  值之后,再按这两个  $T_0$  值之差作总基点改正。

假定  $T_0$  为零,以此作日变改正。设  $T_{0\text{设}} = 0$ , ( $\Delta_T^R = T_0 - T_R$ ) 则:

$$\Delta T_{\text{设}} = T_C - T_0 + \Delta_R^T + \Delta_T^T = T_C - T_{0\text{设}} + T_{0R} - T_R + \Delta_T^T$$

$$\Delta T_{\text{设}} = T_C + T_{0R} - T_R + \Delta_T^T \quad (7)$$

设总基点的  $T_0$  值为  $T_{0\text{总}}$ ,总基点改正值为  $T_{0\text{设}} - T_{0\text{总}}$  对(7)式基点改正:

收稿日期:2008-01-14

作者简介:朱军洪(1963—),男,工程师,长期从事物化探技术工作。

① 王雪,等.地质调查标准汇编《地球物理勘查第二分册》,中国地质调查局,2006.

$$\Delta T_{\text{设}} = T_C + T_{\text{OR}} - T_R + \Delta T_T + T_{0\text{设}} - T_{0\text{总}}$$

而  $T_{0\text{设}} = 0$ , 则:

$$\Delta T_{\text{设}} = T_C - T_R + \Delta T_T + T_{0\text{OR}} - T_{0\text{总}} \quad (8)$$

比较(8)式与公式(1), (8)式的前三项与公式(1)相同, 后二项是分基点(日变站)的  $T_0$  值与总基点的  $T_0$  值之差(基点校正值), 即(8)式与公式(1)只相差基点校正值。当分基点(日变站)即为总基点时, 即  $T_{0\text{OR}} = T_{0\text{总}}$  时,

$$\Delta T_{\text{设}} = T_C - T_R + \Delta T_T \quad (9)$$

(9)式与公式(6)完全相同, 从另一角度说明公式(1)可以简化为公式(6)。在磁测的异常值计算时可采用公式(6)进行计算。值得注意的是: 当总基点未确定或有变动(如另选总基点)时, 可使用各分基点的坐标及高程进行梯度和高度改正计算, 在进行总基点校正时, 应计算各分基点与总基点之间的梯度改正值和高度改正值, 把梯度改正值、高度改正值连同  $T_0$  值的差值一同作总基点校正。

## 2 高精度磁测正常梯度改正

随着磁测应用领域的扩展, 对磁测精度要求也越来越高, 当测区范围内或剖面长度范围内正常场变化超过表 1 正常梯度改正“误差限”时, 必须进行地磁场正常梯度改正。当测点与总基点的高差超过表 1 中所示的允许高程“误差限”时, 必须进行地磁场垂向梯度改正(高度改正)。

### 2.1 正常梯度改正

正梯度改正的常用方法有二种:

(1) 图示图解法: 用国际地磁参考场 IG-RF1990.0 模型提供的高斯系数, 用计算机计算出测区  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  节点及总基点的地磁场  $T_0$  值。用总基点的  $T_0$  值减去测区  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  各节点地磁场  $T_0$  值, 再以  $0.5 \text{ nT}$  为起始值, 以  $1 \text{ nT}$  的间距绘制改正值等线图(如图 1), 其中,  $M_1$  是磁测总基点,  $C_{10}$ 、 $C_{11}$ 、 $C_{12}$  为磁测测点; 经查阅最新的全国地磁图, 将各等值线的值减去总基点的  $T_0$  值, 并据此绘制如图 1 的改正值等值线图, 用此图作正常梯度改正。其作法是将改正值等值线图与磁测点位图

套合, 在  $-0.5 \sim -1.5$  等值线范围内的测点改正值为  $-1$  (改正精度为  $0.5 \text{ nT}$ ); 在  $-1.5 \sim -2.5$  等值线范围内的测点改正值为  $-2$ ……以此类推。

(2) 坐标计算法: 根据测区  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  节点地磁场  $T_0$  值计算出测区地磁场  $T_0$  值沿 SN 方向的平均磁场梯度值  $K_x$  和沿 EW 方向的平均磁场梯度值和  $K_y$ , 再根据公式(1)计算出测区  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$  各节点, 然后根据测点坐标和基点坐标计算正常梯度改正值  $\Delta_{\text{梯}}$ , 其公式为:

$$\Delta_{\text{梯}} = (X_{\text{测}} - X_{\text{基}}) \times K_x + (Y_{\text{测}} - Y_{\text{基}}) \times K_y \quad (10)$$

式中:  $X_{\text{测}}$  - 测点 X 坐标;  $X_{\text{基}}$  - 基点 X 坐标;  $Y_{\text{测}}$  - 测点 Y 坐标;  $Y_{\text{基}}$  - 基点 Y 坐标。坐标值单位: m;  $K_x$ 、 $K_y$  单位:  $\text{nT/m}$ 。

当用图示图解法进行正常梯度改正时, 改正值误差一般只能达到  $0.5 \text{ nT}$ , 若须提高精度, 必须进行改正值内插, 或加密改正值等值线图的等值线, 增加工作量, 会降低工作效率。用坐标计算法进行改正计算时改正值精度取决于坐标值的精度。当磁测测网是规则网或剖面时, 可图切或实测测网角点、剖面端点、转折点的坐标, 通过计算方法获取其他测点的坐标。当是路线测量时, 可用手持式 GPS 测定各测点的坐标。第二种方法具有方便、快速、准确的特点, 当数据量大时更能体现其优点。

### 2.2 垂向梯度改正(高度改正)

$$\text{地磁场垂向梯度: } \frac{\partial T_0}{\partial R} = -\frac{3T_0}{R}$$

式中:  $T_0$  - 地磁场  $T_0$  值;  $R$  - 地球平均半径  $R = 6371 \ 000 \text{ m}$ 。

以  $T_0 = 50 \ 000 \text{ nT}$  为例,  $\frac{\partial T_0}{\partial R} = -\frac{3T_0}{R} = 0.023544 \text{ nT/m}$ , 约每  $42 \text{ m}$  高差改正  $1 \text{ nT}$ , 高度改正从总基点高程起算, 比总基点高  $42 \text{ m}$  时加  $1 \text{ nT}$ , 比总基点低  $42 \text{ m}$  减  $1 \text{ nT}$ 。在实际计算时, 可用下式计算其高度改正值(高程单位: m,  $\Delta_{\text{高}}$  单位:  $\text{nT}$ ):

$$\Delta_{\text{高}} = -\frac{3T_0}{R} \times (H_{\text{基}} - H_{\text{测}}) \quad (11)$$

式中:  $H_{\text{基}}$  - 基点高程;  $H_{\text{测}}$  - 测点高程。

测点高程从相应工作比例尺地形图上图切获得。

### 2.3 误差分析

从公(10)中可以看出, 梯度改正值的误差不仅与测点点位误差相关而且与  $T_0$  的梯度有关, 也就

是说,在改正精度一定的情况下,在不同的测区(地磁正常场梯度不同)对测点点位误差要求是不一样的。如图 1 是湘南华县岩口铺地区地磁场沿 SN 方向正常梯度为  $-0.0055\text{ nT/m}$ ;沿东西方向的正常梯度值为  $0.0011\text{ nT/m}$ ,最大合成梯度为  $0.0056\text{ nT/m}$ 。欲使改正值的误差小于或等于  $0.5\text{ nT}$ ,则要求测点的点位误差小于或等于  $89\text{ m}$ 。从公式(11)可以看出,高度改正误差与测点高程有关,与

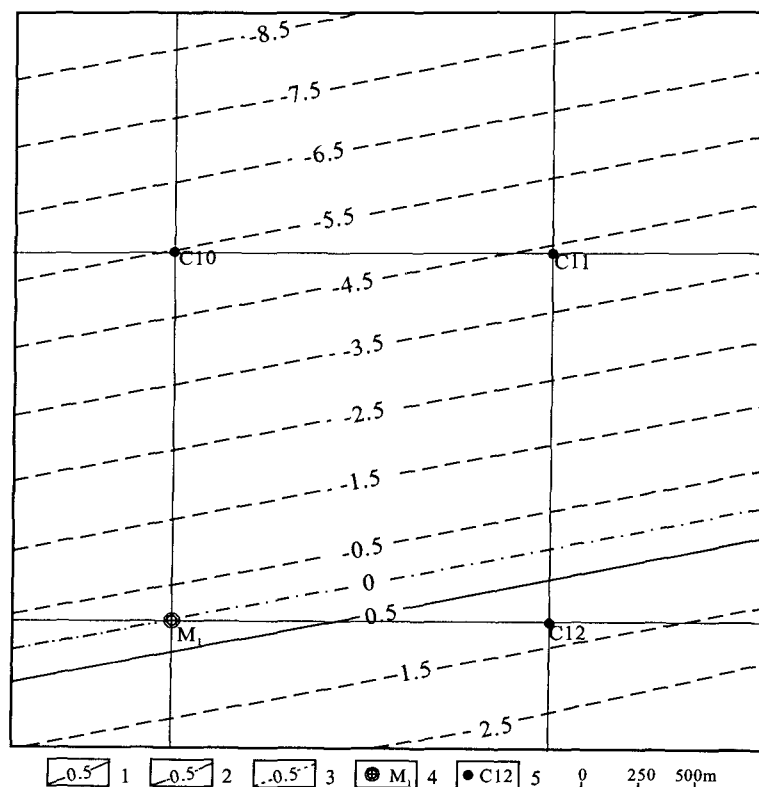


图 1 湖南江华县岩口铺地区地磁场正常梯度改正值等值线图

Fig. 1 Contours map showing the normal grads correction value of the magnetic field in Yankoupu of Jianghua County, Hunan Province

1. 正等值线;2. 零等值线;3. 负等值线;4. 磁测总基点;5. 磁测点及编号

表 1 正常梯度改正、高度改正误差分配表

Table 1 Normal grads correction and height correction differences distribution in high – precision magnetic survey

磁测总误差	正常梯度改正误差	高度改正误差	允许高程误差
nT			
5	1.0	1.0	41.6
2	0.7	0.7	29.2
1	0.28	0.28	11.6

$T_0$  值的大小也有关,即在同精度要求、不同  $T_0$  值的情况下,允许高程误差是不相同的。表 1 列出了  $T_0 \approx 51\ 000\text{ nT}$  时,各种精度磁测允高程误差值。

### 3 计算实例

在湖南江华县岩口铺地区高精度磁测工作中,

对所磁测数据(3000 多个数据)均采用公式(1)和公式(6)分别计算异常值  $\Delta T$ , 两种方法计算出的  $\Delta T$  值是完全相同的(数据量大,不能在文中一一列出)。岩口铺地区 82 线 95 号点~100 号点的磁场观测数据和相应时刻的日变观测数据,其计算结果分别见表 2、表 3。

表 2 湖南江华县岩口铺矿区高精度磁测  $\Delta T$  数据计算表Table 2 High-precision magnetic survey  $\Delta T$  datasheet in Yankoupu mining area of Jianghua County, Hunan Province

线号	点号	测点读数	$\Delta T_1$	梯度改正值	高度改正值	$\Delta T_2$	$\Delta T$
82	95	46922.36	46919.95	12.72	3.35	46936.02	-4
82	96	46978.84	46976.07	12.75	2.98	46991.80	52
82	97	47211.56	47208.33	12.82	2.35	47223.50	284
82	98	47217.29	47214.36	12.89	2.38	47229.63	290
82	99	47165.65	47162.56	12.92	2.52	47178.00	238
82	100	47050.01	47046.83	12.96	2.52	47062.31	122

表 3 湖南江华县岩口铺地区高精度磁测  $\Delta T$  数据计算表Table 3 High-precision magnetic survey  $\Delta T$  data in Yankoupu of Jianghua County, Hunan Province

线号	点号	测点读数	日变读数	$\Delta T_1$	梯度改正值	高度改正值	$\Delta T$
82	95	46922.36	46942.41	-20.05	12.72	3.35	-4
82	96	46978.84	46942.77	36.07	12.75	2.98	52
82	97	47211.56	46943.23	268.33	12.82	2.35	284
82	98	47217.29	46942.93	274.36	12.89	2.38	290
82	99	47165.65	46943.09	222.56	12.92	2.52	238
82	100	47050.01	46943.18	106.83	12.96	2.52	122

表 2 是根据公式(1)进行计算的,日变站  $T_0$  后的异常值。比较表 2 和表 3,各测点的  $\Delta T$  值都一样,这说明根据公式(6)计算是正确的。

$\Delta T_2$  为进行了日变改正、梯度改正和高度改正后(未进行  $T_0$  改正)的测点读数,  $\Delta T$  为进行各项改正后的异常值。

表 3 是根据公式(6)进行计算的,  $\Delta T_1$  为测点读数减去相应时刻日变读数的差值(可设  $T_0 = 0$ ,用软件经日变改正直接得出),即未经梯度改正和高度改正的测点异常值,  $\Delta T$  为进行各项改正

#### 4 结论

通过公式推导及计算实例表明:高精度磁测异常值  $\Delta T$  可采用公式(6)  $\Delta T = T_C - T_R + \Delta T_1^T$  进行计算,即磁测测点上的异常值( $\Delta T$  值)等于测点读数

值减去相应时刻日变读数值再加上正常梯度改正值(包括垂向梯度改正值)。在实际工作中,磁测测点  $\Delta T$  值减去相应时刻日变  $\Delta T$  值的计算,假定  $T_0 = 0$ ,在日变改正软件中进行日变改正即可(不同的日变改正软件计算方法会有所不同),正常梯度改正 Excel 表格中进行。该方法是正确可行的,可应用于实际生产工作中,有一定的推广价值

#### 参考文献:

- [1] 秦葆瑚. 高精度磁测方法指南[J]. 湖南地质, 1991, 增刊第5号.

## Simplify and Application of High – Precision Magnetic Survey $\Delta T$ Computing Formula

ZHU Jun – hong, TANG Shi – hua, HUANG Jing – ming, QIN Yong – yan, ZHOU Jin – hua  
(Southern Hunan Institute of Geological Survey, chenzhou423000, Hunan, China)

**Abstract:** High – precision magnetic survey is widely applied in domains of geological exploration, archeology, environmental engineering and so on. Along with the continuous improving of magnetic survey apparatus and quickly development of computing technique, there are also some changes occurred with computing methods. In practical work we have found, that it is more convenient, faster and more precise to use the coordinate computing method than to use the graphical method in the gradient correction of magnetic survey. The computing formula of magnetic abnormal value currently in use can be simplified, that will make the computing much easier.

**Key words:** high – precision magnetic survey; formula simplify, grads of earth magnetic field; correction computing

(上接第66页)

## High – Density Resistivity Tomography to Vertical Target Comparison of Exploration Effect

WANG Huai – kung, LUO You – chun, ZHOU Wen – feng, ZOU Jun  
(College of information engineering of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**Abstract:** Through shallow layer exploration of topographic sections to southern of Inkstone lake in Chengdu university of technology, sections assembly of exploration data in which three high density resistivity method apparatus lies in the same counting line, and comparison the result, test the effect of vertical target in which high – density resistivity tomography. The result expresses: dipole – set fits in geological situation which vertical electrical property big change, and the effect of Wenner – set is not well, and differential – set effect is badly compare to others.

**Key words:** high – density resistivity tomography; settings; vertical target; effect