

文章编号: 1001—1749(2004)03—0211—04

提高磁测日变改正精度的方法

李才明, 李 军, 余 舟, 景志民

(成都理工大学, 教育部地球探测与信息技术重点实验室, 成都 610059)

摘要: 在利用高精度磁测方法进行间接寻找砂金、岩金的研究中, 需探测10 nT左右的弱磁异常, 这对日变改正精度提出了更高要求。针对这一需要, 编制了软件, 适用于 IGS- 2MP- 4与 ENV IMAG 两种型号的质子磁力仪, 使其能同时投入工作做日变改正。采用一个完整的地磁平静日的日变观测数据, 用分时区加权平均来确定日变改正基值。对每天测定的日变曲线先进行圆滑, 降低仪器噪声对日变观测结果的影响后, 再对当天各测点上的磁测值进行日变改正。这样既提高了日变改正精度, 又实现了对两种型号磁力仪间观测数据的日变改正处理。

关键词: 高精度磁测; 日变; 日变改正; 基点

中图分类号: P631. 2⁺3 **文献标识码:** A

THE METHOD OF INCREASING PRECISION OF DIURNAL CORRECTION IN HIGH- PRECISION MAGNETIC SURVEY

LI Cairming, LI Jun, YU Zhou, JING Zhimin

(Ministry Key Lab of Earth Exploration and Information Techniques,
Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract High- precision magnetic survey for gold- mine demands for the higher precision of diurnal variation. To meet the needs of increasing diurnal variation precision, a new software is developed. By the determination of the base station value for the diurnal variation with weighted mean and the diurnal correction with the magnetic diurnal variation curve after smoothing out the noise of the magnetometer, the precision of the diurnal correction is increased and also the data processing between IGS- 2MP- 4 and ENV IMAG magnetometers is simplified.

Key words high- precision magnetic survey; diurnal variation; diurnal correction; base station

0 引言

在利用 IGS- 2MP- 4与 ENV IMAG 两种型号的质子磁力仪进行高精度磁测, 间接寻找砂金、岩金的研究中, 为提高日变改正精度以保证寻找弱磁异常目标的要求, 为方便实现这两种型号磁力仪之间观测数据的日变改正处理, 我们编制了一种新的日变改正软件。它可对每天从磁测基点(日变站)上测定的日变曲线进行最小二乘圆滑, 以降低仪器噪声对地磁日变测定精度的影响, 再对测区内各测点上的磁测值进行

基金项目: 国家“九五”科技攻关计划(96- 914- 03)

收稿日期: 2004- 04- 28



日变改正。而在确定磁测基点上的正常场值 T_0 时, 根据地磁日变在昼夜各时段变化特征明显不同的特点, 提出利用一个完整的地磁平静日日变观测数据, 并将其分成六个时区, 将每个时区日变观测结果进行加权平均, 以确定日变改正的基值。这对确定正常地磁场的场值 T_0 , 较准确地求出磁异常 ΔT 有较大的帮助。

1 日变改正基值的确定

高精度磁测日变改正是在磁测工作开始之前, 在选定的日变观测站上, 测得地磁场 $T_0(t)$ 随时间变化即日变曲线, 然后找出测区内各测点上磁场测定时刻所对应的日变影响值, 将其加以消除, 从而得到地下目标磁性体及地球本身的稳定磁场之和, 进而根据下式求出目标磁性体所产生的磁异常

$$\Delta T(x, y) = T(x, y) - T_0 \quad (1)$$

式中 $\Delta T(x, y)$ 为测点 (x, y) 处的地磁异常值; $T(x, y)$ 为在消除日变影响后测点 (x, y) 处的地磁场值; T_0 为在远离地下目标磁性体(磁异常体)的基点上消除日变影响后的正常地磁场值。

当用 IGS-2MP-4(或 ENVIMAG) 一种型号质子磁力仪进行磁测时, 一般是以日变观测站上起始测定时刻日变影响值为零, 将野外(测点测量)仪器与日变测定仪器对接后自动进行日变改正, 求得式(1)中各测点的 $T(x, y)$ 值。 T_0 则可根据长剖面或文献[4]所介绍的平均法、早晚基时刻等方法求得。

表1 基点日变观测数据 单位: nT

Tab 1 The measured diurnal data on the base station (nT)

场值	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50063	1.7	-2.6	1.4	1.0	-1.8	1.0	-1.2	0.8	0.1
50062.5	0.5	1.3	-0.9	0.1	-0.6	-0.4	0.4	-0.4	0.0
50063	1.4	-1.7	2.1	-2.6	1.2	-1.0	0.1	1.6	-1.3
50062.6	0.8	-0.5	-0.5	0.1	0.4	0.4	-0.1	1.5	-1.3
50062.3	0.9	-0.7	0.7	0.3	-0.3	0.3	-0.1	0.1	1.9
50063.6	-0.1	-0.3	-1.0	1.9	-1.7	0.1	1.9	-0.6	0.1
50063.2	1.0	-0.2	0.5	-0.1	-1.6	0.2	0.2	0.3	1.0
50063	0.3	1.1	-0.8	1.9	-1.0	-0.7	0.1	-0.4	1.5
50064.4	-0.7	0.9	1.1	-1.2	0.7	-1.2	-0.4	1.2	0.7
50065.2	0.0	-0.6	0.1	-1.5	1.1	0.0	1.4	-1.5	0.7
50065.6	0.9	-0.5	-1.0	1.9	-0.4	-1.7	1.7	-1.4	0.1
50065.7	-0.3	-0.8	1.1	-0.9	0.8	-0.6	0.6	-0.8	0.0
50064.7	0.4	0.3	-0.2	1.2	-1.1	-0.1	0.0	1.6	-0.8
50065.3	0.7	-0.6	1.0	1.1	-2.0	-0.7	0.8	1.0	-0.6
50065.7	0.2	0.2	-1.2	0.9	0.6	-0.1	0.2	-0.9	-0.6
50064.3	0.5	2.5	-0.6	-0.3	-1.1	-0.1	0.2	-0.6	1.8
50065.8	0.0	0.4	-0.9	1.6	-1.0	-0.2	0.6	0.0	-1.0
50065.2	-0.5	1.4	-0.6	-0.2	-0.8	0.7	0.2	0.1	-0.1
50064.7	1.2	-0.6	0.4	0.6	0.9	-1.2	0.3	0.2	0.3

在编制日变改正软件过程中, 为了提高精度及应用方便, 将日变站兼做基点, 尽可能准确地求出 T_0 , 并将其作为日变改正的基准值及磁异常的起算值。在做日变改正的同时做基点改正, 可很快求出各测点的磁异常值 ΔT 。因此, 根据正常地磁场每天变化约为 0.07 nT, 在十天内其总变化不会大于 1 nT 的特征^[3], 并在分析研究用平均法、早晚基时刻和早晚基时段法确定日变改正基值^[4]优缺点的基础上, 我们提出了加权平均法。

大量的日变观测结果表明, 地磁日变化在夜间比白天小, 而且每日的 0~2 h 和 22~24 h 时, 地磁日变相对稳定, 6~18 h 变化比较大。基于这一特点, 我们将一天 24 h 分成 6 个区, 每 4 h 一个区, 对每个时区选取一个权重, 选取原则是: 在日变变化大的时区, 取权系数小; 在日变变化小的时区, 取权系数大; 最后, 将

每个时区进行加权平均, 即可得到用一个地磁平静日的日变资料求日变改正基值 T_0 的加权平均法公式

$$T_0 = \sum_{j=1}^6 [L_j \sum_{i=1}^n T_i(t) / n] / 6 \tag{2}$$

式中 n 表示各时区基点观测数据个数, 各时区的 n 值不一定相同; j 表示权序号; L 表示权重。

取表1在日变站上实测的数据, 用不同时间区域的数据极差做权倒数, 分别求出在六个不同时区的极差 $\Delta_j (j= 1, 2, \dots, 6)$, 则第 j 个时区的权为

$$L_j = \left(\sum_{j=1}^6 \Delta_j \right) / \Delta_j \tag{3}$$

然后求出第 j 个时区的日变测量值的和 $A_j = \sum_{i=1}^n T_i(t)$, 即可得到加权值和 Q

$$Q = \sum_{j=1}^6 \left[A_j \left(\sum_{j=1}^6 \Delta_j \right) / \Delta_j \right] \tag{4}$$

所以, 利用加权平均公式

$$T_0 = \sum_{j=1}^6 \left[A_j \left(\sum_{j=1}^6 \Delta_j \right) / \Delta_j \right] / \left[6n \left(\sum_{j=1}^6 \Delta_j \right) / \Delta_j \right] \tag{5}$$

求出基值 T_0 , 结果参见表2。

表2 加权平均法实验数据计算结果

Tab 2 The calculated results from the data with weighted mean

Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	Δ_5	Δ_6	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	$\sum A_j l_j$	T_0
2.6	2.6	3.2	1.7	1.8	2.1	5.4	5.4	4.4	8.2	7.8	6.7	56809068.09	50064.43

按求出的 T_0 进行日变改正的结果请见表3。

表3 测点数据及改正值

用加权平均法求出的基值 T_0 精度比前述两种方法高, 其原因是: 平均法、早晚基时刻法和早晚基时段法^[4]是一种等权加权平均法。它将大量不同质数据做等质等权平均, 其精度自然要比加权平均法的精度高。

Tab 3 The measured and corrected data

对于多基点也可按上述思想, 根据有关参数, 选取不同的权系数做权重平差, 求得各点的基值精度无疑会比递时求差所求得的基值精度高。由于文章篇幅限制, 在此不再赘述。

时间(t/h)	原始值(nT)	改正值(nT)
18 29917	50064.1	50064.6
18 30139	50063.1	50064.4
18 30333	49999.7	49999.1
18 30556	50023.4	50022.8
18 30889	49980.6	49979.8
18 31056	50343.8	50343.6
18 31250	49899.2	49899.4
18 31389	50048.4	50048.2
18 31583	50068	50068.3
18 31757	50064.3	50063.4
18 31917	50059.8	50058.8
18 32083	50061.4	50060.1
18 32306	50078.4	50077.5
18 32444	50074.3	50073.7
18 32667	50079.1	50078.6
18 32833	50052.7	50051.8
18 33102	50046.5	50045.8
18 33194	50062.4	50061.6

2 日变曲线的分析与处理

事实上, 在日变站(基点)上测定的随时间变化的地磁场为

$$T(t) = T_0 + \Delta(t) \tag{6}$$

式中 T_0 为该点的正常地磁场值, 它不随时间 t 变化; $\Delta(t)$ 为该点的地球变化磁场, 是时间 t 的函数。 $\Delta(t)$ 可分解为:

$$\Delta(t) = L(t) + S(t) + D(t) \tag{7}$$

式中 $L(t)$ 为长期变化磁场; $S(t)$ 为地磁场的静日变化; $D(t)$ 为地磁场扰动变化, 即短周期变化。由于 $L(t)$ 的变化周期长, 每天的变化很小, 一般小于 0.09 nT。

由于短周期的地磁场扰动变化在 $D(t)$ 中的相当一部分(如地磁脉动 PC_1 、 PC_2 、 PC_3 等)影响可忽略^[1], 因此, 在日变站上测定的随时间变化场主要源于地磁场的静日变化。但由于地磁场短周期变化的振幅与质子

磁力仪噪声均方根值近于同一数量级,而噪声是随机的,所以地磁场变化是有规律的。为了降低仪器噪声对日变改正精度的影响,必须对每天在磁测基点(日变站)上测定的日变曲线进行最小二乘圆滑^[2],然后再利用圆滑后的日变资料对测区内各测点上的磁测值进行日变改正。圆滑前后的日变曲线效果对比请见图1。从图1可见,圆滑后曲线总体形态未变,对仪器噪声压制作用明显。

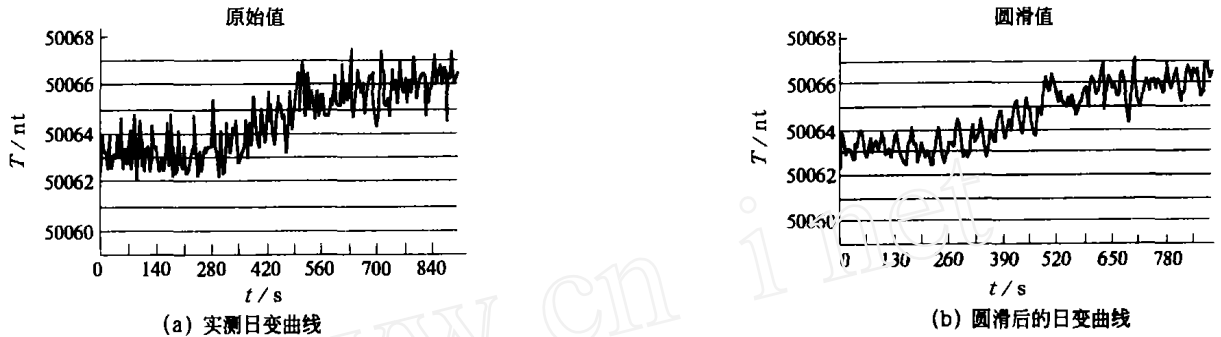


图1 圆滑前后的日变曲线效果对比图

Fig 1 The measured and smoothed diurnal curves

鉴于在高精度磁法测量中日变测量时间间隔很短,一般小于20 s,多为5 s或10 s的间隔,在做日变改正时,使用传统的插值方法即可得到较高精度。因为即使采用10 s间隔观测,其插值时间误差最大也只有5 s。若采用5 s间隔,则最大时间误差仅为2.5 s。在这样短的时间间隔内,地磁日变化很小。当然,如果测区范围很大,日变站与测区存在经度差,则有必要对日变数据进行地方时差归化,然后进行日变改正。

3 结束语

具有广泛用途的高精度磁测,其分辨率高,磁场观测精度高,这就要求提高其数据处理精度。而日变改正精度的高、低对其影响最大,为此,作者提出采用一个完整的地磁平静日的日变观测数据,分时区进行加权平均,以确定日变改正的基值。并对日变站上测定的日变曲线先进行圆滑,降低仪器噪声影响后再进行日变改正的方法。与平均法、早晚基时刻和早晚基时段法相比,此方法既提高了日变改正基值的精度,又比过去直接使用野外磁测仪器与日变测定仪器对接,自动进行日变改正的方法,提高了日变改正的精度。这对正确确定正常地磁场的场值 T_0 ,准确地求出磁异常 ΔT ,以及方便地实现两种型号磁力仪之间观测数据的日变改正都起了良好作用。在西藏自治区马扎拉金矿以南河段上寻找砂金的研究(在磁异常区53号点附近下挖0.8 m取样,获10余粒砂金)结果^[5]表明了本方法的显著效果。

参考文献:

- [1] 秦葆瑚,张昌达,朱文孝,等.高精度磁法勘探(第一版)[M].长沙:中南工业大学出版社,1988
- [2] 罗孝宽,郭绍雍.应用地球物理教程-重力磁法[M].北京:地质出版社,1991
- [3] 姚俊杰,孙毅,赵宏杰.地磁日变观测数据理论分析[J].海洋测绘,2002,22(6):11
- [4] 边刚,刘雁春.一种确定地磁日变改正基值的方法[J].海洋测绘,2003,23(5):9
- [5] 李才明,李军,余舟,等.几种不同类型金矿的高精度磁测异常特征[J].成都理工大学学报,2004,31(2):180

作者简介:李才明(1952-),男,硕士,副教授,应用地球物理专业,执教于成都理工大学信息工程学院,研究方向为位场信息处理及高精度磁测。