

周思远,段颖,尤伟,等. 地磁三分量测量中磁偏角仪器差的改正问题[J]. 华南地震, 2023, 43(2): 97–103. [ZHOU Siyuan, DUAN Ying, YOU Wei, et al. Correction Calculation on Instrument Difference of Magnetic Declination in Geomagnetic Three-component Measurement [J]. South China journal of seismology, 2023, 43(2): 97–103]

地磁三分量测量中磁偏角仪器差的改正问题

周思远¹, 段 颖², 尤 伟¹, 赵育飞¹, 张 勇¹

(1. 云南省地震局, 昆明 650201; 2. 黄冈中学昆明分校, 昆明 650201)

摘要: 在长期的地磁三分量数据处理中忽视了每台地磁仪器本身存在的差异, 并没有进行仪器差异的改正归算。为了消除不同仪器测量结果的差异, 首先介绍了地磁三分量测量中总强度(F)、磁偏角(D)、磁倾角(I)的比测过程, 然后根据仪器差的定义和计算过程, 发现地磁场测量磁偏角仪器差的改正计算与总强度和磁倾角仪器差的改正计算不同, 比测过程中计算的是磁方位角, 并不是磁偏角, 磁偏角测量数据需要减去仪器差, 才相当于标准仪器的测量值。这一结论对于未来大量的地磁监测数据进行更精细的数据处理, 具有一定的指导意义。

关键词: 地磁场; 磁方位角; 磁偏角; 比测; 仪器差改正

中图分类号: P318.21

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2023)02-0097-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2023.02.11

Correction Calculation on Instrument Difference of Magnetic Declination in Geomagnetic Three-component Measurement

ZHOU Siyuan¹, DUAN Ying², YOU Wei¹, ZHAO Yufei¹, ZHANG Yong¹

(1. Yunnan Earthquake Agency, Kunming 650201, China; 2. Huanggang Middle School Kunming Branch, Kunming 650201, China)

Abstract: In the long term geomagnetic three-component data processing, the differences of each geomagnetic instrument are ignored, and the correction of instrument differences are not carried out. In order to eliminate the differences between the measurements of different instruments, the comparison measurement process of total intensity (F), magnetic declination (D) and magnetic inclination (I) in geomagnetic three-component measurement is introduced firstly. Then, according to the definition of instrument difference and the calculation process, it is found that the correction calculation of instrument difference of magnetic declination in geomagnetic field measurement is different from that of instrument difference of total intensity and magnetic inclination. The magnetic azimuth angle is calculated in the comparison process, not the magnetic declination. The magnetic declination measurement data need to be subtracted from the instrument difference to be equivalent to the measurement value of

收稿日期: 2022-08-12

基金项目: 2021年中国地震局地震监测运维项目——流动地球物理场观测(2240504)

作者简介: 周思远(1993-), 男, 工程师, 地震地磁观测及数据处理。

E-mail: 826870075@qq.com

通信作者: 段颖(1973-), 女, 讲师, 长期从事中学地理的教学工作。

E-mail: 499644734@qq.com

the standard instrument. This conclusion has certain guiding significance for more detailed data processing of a large number of geomagnetic monitoring data in the future.

Keywords: Geomagnetic field; Magnetic azimuth; Magnetic declination; Comparing measurement; Instrument difference correction

0 引言

在我国,地震地磁测量自上世纪60年代以来,已有约60年时间,主要进行地磁场总强度测量,少数测点开展了地磁分量测量^[1-2]。地磁三分量用于地震地磁监测是从2005年11月26日九江—瑞昌 $M_s5.7$ 地震以来,才规模化开展的^[3]。在南北地震带,大华北,青藏高原地区,新疆地区,华南地区等布设有1300多个流动地震地磁监测点,进行每年一至二期的地震地磁三分量监测。这些监测点的选建和测量,均由经过专门培训,熟练掌握各个测量步骤,能熟练应用相关测量仪器的专业人员完成^[4-6],到目前地磁总强度、磁偏角、磁倾角的各年通化值累计分别约有25 000个数据。然而,在这些计算结果中,由于数据处理中忽视了每台地磁仪器本身存在差异,并没有进行仪器差异的改正归算。作者认为,补充完善仪器差改正这项工作是非常有必要的,若忽视仪器差改正,会对将来持续产出更多的地磁数据以及进行精细化数据处理不断累积测量误差,造成数据结果的失真。为了消除不同仪器测量结果的差异,并使观测数据具有可比性,有必要将所采集的观测数据归算到同一台标准仪器。本文专门对仪器差改正问题作详细论述,根据仪器差的定义和比测过程,在 D 、 I 、 F 的仪器差改正中, I 和 F 的测值要加上仪器差,而 D 的测值要减去仪器差,才相当于标准仪器的测值。这对于将来大量的数据改正归算,避免错误,将起到重要的指导作用。

1 地磁测量仪器差概述

1.1 仪器误差的一般意义

测量的目的是为了获得一定时空下某一物理量的值。为此,人们发明了各种各样的仪器,用以测量特定时空或特定坐标系下的各种物理量值。仪器的制造和安装不论如何严格要求,也不可能百分之百地达到仪器各部件的绝对准确及其相互几何关系的要求,伴随使用中的磨损、变形及外

界因素的影响,测定结果不可避免地存在误差,这就是所谓的仪器误差^[7]。地磁测量仪器就是人们发明的用于测量地磁场各要素的仪器。然而,即使是同一厂家生产的、同一型号的、同一批次的仪器,它们对同一地磁要素的观测结果,都是存在差异的。

1.2 地磁测量仪器差的定义

假若有两台地磁测量仪,规定一台为标准仪器,另一台为工作仪器,用标准仪器测得的某一地磁要素与用工作仪器测得的同一地磁要素的差值,就叫做这台工作仪器的仪器差。现在地震地磁三分量监测,一般分为地磁场总强度(F)、磁偏角(D)、磁倾角(I)测量。地磁场总强度采用质子旋进磁力仪进行数据采集,质子旋进磁力仪的仪器差决定于传感器探头及其他磁性材料、晶振频率的准确性和稳定程度^[8];磁偏角和磁倾角是用DI仪观测,DI仪是在经纬仪基础上所生产的磁测仪器,它的仪器差包括三轴误差(视准轴误差、水平轴倾斜误差、垂直轴倾斜误差)、照准部旋转误差以及分划误差(水平度盘分划误差、垂直度盘分划误差、测微盘分划误差)、光学测微器行差等。

1.3 地磁测量数据的归算

对于地磁测量,每台测量仪器对某一地磁要素的测量值,都要归算到同一台标准仪器上,相当于这一地磁要素所有的数据都是这台标准仪器测得的,这样才能保证数据一致性。规定一台仪器为标准仪器,其他仪器为工作仪器,将工作仪器测得的数值经过仪器差改正,归算到标准仪器上。如果测量同一地磁要素的仪器很多,可以进行逐级仪器比测,测量结果也相应进行逐级仪器差改正^[9]。

2 地磁测量仪器的比测过程

地磁场具有各种周期变化,而又以一日为周期的变化特征最为明显^[10-13],标准仪器和工作仪器需同时测量地磁要素,才有可比性,才能计算仪

器差。然而,地磁场又具有空间差异性,不同空间位置的地磁场是不一样的^[14-15],同一个位置不能同时架设两台仪器。所以,地磁测量仪器的比测都采用同步交换法:在比测场地选定A、B两个位置,首先标准仪器在A位置,工作仪器在B位置,同时测量某一地磁要素,然后交换仪器,标准仪器在B位置,工作仪器在A位置,再同时测量该地磁要素,通过相应计算得到这两台仪器对这一地磁要素测量的仪器差。

2.1 地磁场总强度测量仪的比测过程

地磁场总强度(F)测量仪器的种类和型号很多,如G-856AX质子旋进磁力仪,G-19T磁力仪,EREV-C质子磁力仪等,比测方法都是一样的。

在比测场地上,有相距约30 m的两个测桩A、B,在A、B两个测桩处分别架设一个无磁三角架,调节高度适中,并使三角架基座中心正对着测桩中心。总强度测量的标准仪器在A桩,总强度测量的工作仪器在B桩。将总强度测量仪器探头通过探头连接器固定在三脚架的基座上,调节三脚架高度,使探头中心距桩面为1.5 m高度,进行同步观测。同时读取30个数据并分别取平均数。然后交换仪器,标准仪器在B桩,工作仪器在A桩,仪器探头也交换并固定在脚架上,再同时读取30个数据并分别取平均数。

标准仪器在A桩的读数平均值为 $F_{\text{标A}}$,工作仪器在B桩的读数平均值为 $F_{\text{工B}}$,标准仪器在B桩的读数平均值为 $F_{\text{标B}}$,工作仪器在A桩的读数平均值为 $F_{\text{工A}}$,仪器差 δ_F 定义为^[16]:

$$\delta_F = (F_{\text{标A}} - F_{\text{工B}} + F_{\text{标B}} - F_{\text{工A}}) / 2 \quad (1)$$

由以上对仪器差的定义可知,对于总强度 F 测量,工作仪器的测量值要归算到标准仪器,需要加上仪器差。

2.2 DI仪磁倾角(I)的比测过程

DI仪也叫做磁通门磁力仪,是用来测量磁偏角(D)和磁倾角(I)的仪器。其基本原理是:在无磁经纬仪上安上探头,通过磁力线切割原理,采用指示器归零的方法来进行磁偏角、磁倾角测量。

DI仪器的比测有近零法和指零法。顾左文等用大量实例对近零法做了详细介绍^[17],辛长江等对指零法和近零法观测基线值作了详细的对比分析^[18]。但均未对测量值归算到标准仪器时,仪器

差改正的符号问题作明确说明。

在比测场地上,有相距约200~250 m的两个测桩A、B,在A、B两个测桩处分别架设一个无磁三角架,调节高度适中。DI标准仪器在A桩,DI工作仪器在B桩,使仪器对中,调平。并使望远镜旋转面在子午面上,锁住水平固定螺旋。分别在垂直盘东,探头向上;垂直盘东,探头向下;垂直盘西,探头向下;垂直盘西,探头向上四个探头位置,在子午面内旋转望远镜并进行微调,使仪器监视器(配套的磁通门)在零位置,两台仪器同时读数,读取以上四个探头位置的 I 值,并分别计算两台仪器在四个探头位置的读数平均值。然后交换仪器,标准仪器在B桩,工作仪器在A桩,使仪器对中,调平。并使望远镜旋转面在子午面上,锁住水平固定螺旋。重复以上四个探头位置,在子午面内旋转望远镜并进行微调,使仪器监视器(配套的磁通门)在零位置,两台仪器同时读数,再次读取以上四个探头位置的 I 值,并分别计算两台仪器在四个位置的读数平均值。

设标准仪器在A桩的读数平均值为 $I_{\text{标A}}$,工作仪器在B桩的读数平均值为 $I_{\text{工B}}$,标准仪器在B桩的读数平均值为 $I_{\text{标B}}$,工作仪器在A桩的读数平均值为 $I_{\text{工A}}$,仪器差 δ_I 定义为:

$$\delta_I = (I_{\text{标A}} - I_{\text{工B}} + I_{\text{标B}} - I_{\text{工A}}) / 2 \quad (2)$$

由以上对仪器差的定义可知,对于磁倾角 I 测量,工作仪器的测量值要归算到标准仪器,需要加上仪器差。

2.3 DI仪磁偏角(D)的比测过程

2.3.1 概念的明确

某一地理位置的磁偏角是该位置处磁北方向和真北方向(地理北方向)的夹角。如果磁北方向在真北方向以东,磁偏角为正,如果磁北方向在真北方向以西,磁偏角为负(图1), A 为P点到Q点的大地方位角(或叫真北方位角), γ 为P点到Q点的磁方位角,P点的磁偏角 D 为:

$$D = A - \gamma \quad (3)$$

即某一个地理位置处的磁偏角等于这个位置到别一个位置的大地方位角和磁方位角之差。

而磁方位角则是指磁北方向到标志方向的顺时针夹角,必须有另一个确定的点作为标志点。在图1中,P到Q的磁方位角,是指以P为原点,从P点的磁北方向起算,顺时针旋转到P和Q的连线,所经过的角度。所以,磁偏角是指某一个点

的磁偏角,而磁方位角则指一个点到另一个点的磁方位角。磁偏角有正值,也有负值,而磁方位角在 $0 \sim 360^\circ$ 之间。由于磁北方向是随时在变化的,磁偏角和磁方位角也是随时在变化的。

2.3.2 磁方位角测量

磁北方向到标志方向的顺时针夹角叫磁方位角,本文用 γ 表示。

如图2, A为测点, B为标志点, α 为DI仪水平度盘零方向到标志方向的夹角(标志读数), β 为DI仪水平度盘零方向到磁北方向的夹角(磁北方向读数), 这时 $\alpha > \beta$ 。 $\alpha - \beta$ 为磁北方向到标志方向的夹角(A到B的磁方位角), 记为 γ :

$$\gamma = \alpha - \beta \quad (4)$$

显然, γ 值不随DI仪水平度盘零位置而改变。

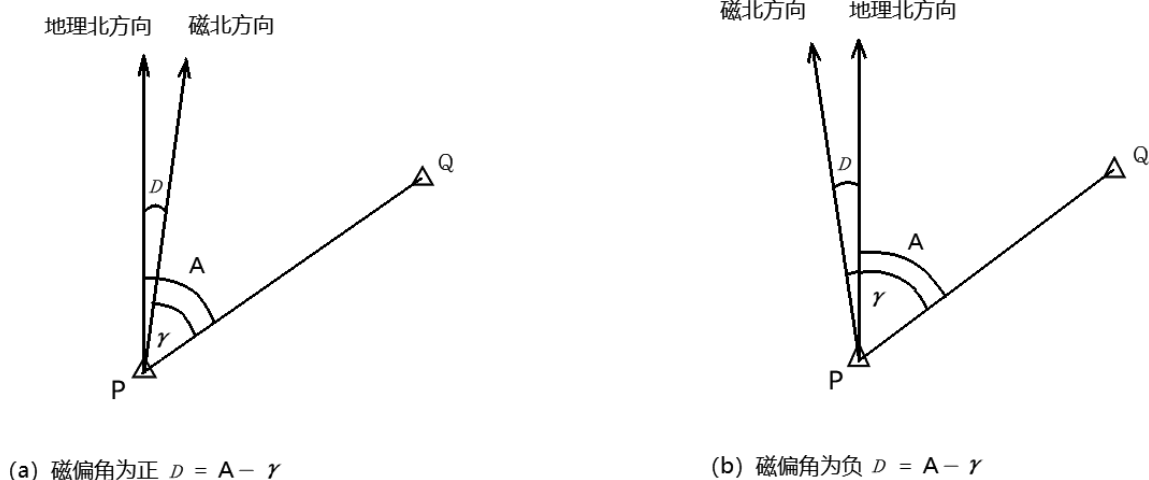


图1 磁偏角(D)和磁方位角(γ)示意图

Fig.1 Schematic diagram of magnetic declination(D) and magnetic azimuth(γ)

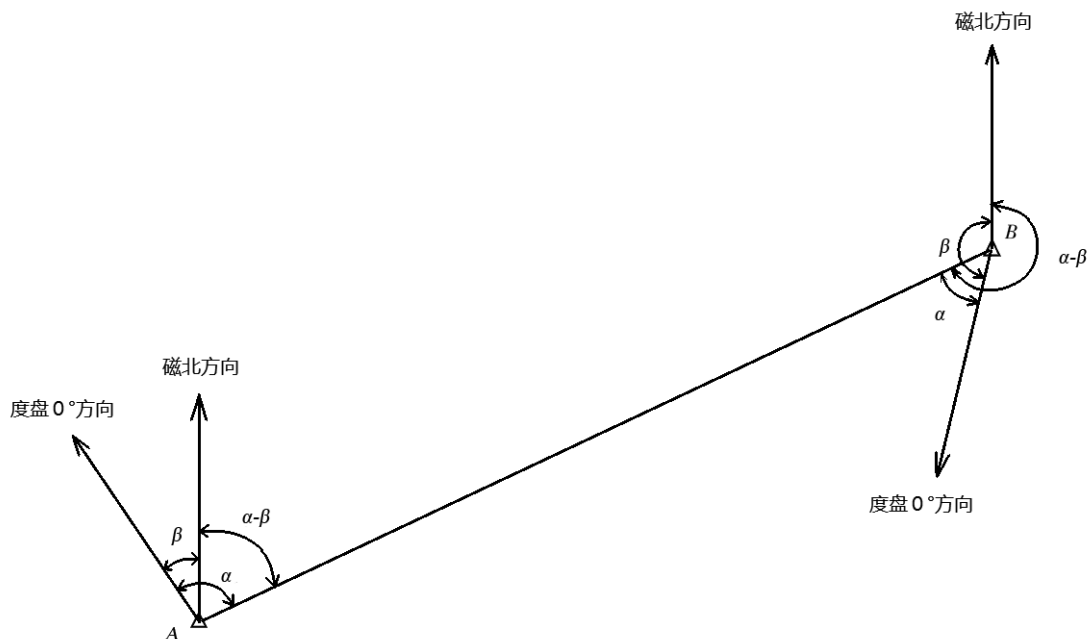


图2 磁方位角测量和磁偏角(D)比测示意图

Fig.2 Schematic diagram of magnetic azimuth measurement and magnetic declination(D) comparison measurement

如果B为测点, A为标志点, α 为DI仪水平度盘零方向到标志方向的夹角(标志读数), β 为DI仪水平度盘零方向到磁北方向的夹角(磁北方向读

数), 这时 $\alpha < \beta$ 。 $\alpha - \beta$ 为磁北方向到标志方向的夹角(B到A的磁方位角), 记为 γ :

$$\gamma = \alpha - \beta = (\alpha + 360^\circ) - \beta = (360^\circ - \beta) + \alpha \quad (5)$$

显然, γ 值也不随经纬仪度盘零位置而改变。磁方位角 γ 表示为:

$$\begin{cases} \gamma = \alpha - \beta & (\alpha \geq \beta) \\ \gamma = \alpha - \beta = (\alpha + 360) - \beta & (\alpha < \beta) \end{cases} \quad (6)$$

磁方位角是随着时间变化而变化的。

2.3.3 比测标志说明

磁方位角的测量需要在测桩外约 200~250 m 左右的地方设置一个标志点^[19-20]。然而同一个位置, 不可能同时架设两台仪器, 进行标志观测。解决这个问题, 是采用同步交换法进行的: 在比测场地上, 有相距约 200~250 m 的两个测桩 A、B, 标准仪器在 A 测桩, 工作仪器在 B 测桩。仪器均需对中, 调平, 固定。标志即为对方仪器的目镜, 即测 A 到 B 的磁方位角时, 标志为 B 桩仪器的目镜, 测 B 到 A 的磁方位角时, 标志为 A 桩仪器的目镜。将望远镜旋转垂直于地面, 使目镜朝上, 最好垂直盘面向对方仪器, 并锁住旋转螺旋, 目镜即为对方仪器的观测标志。目镜的直径有 2.1 厘米, 仪器瞄准目镜时, 用竖丝的单丝相切于目镜左边缘, 读得一个水平度盘读数, 再用竖丝的单丝相切于目镜右边缘, 再读得一个水平度盘读数, 这两个数的平均值就是标志读数。交换仪器后, 标准仪器在 B 测桩, 工作仪器在 A 测桩, 标志也为对方仪器的目镜。

2.3.4 DI 仪磁偏角的比测过程

(1) 在没有电磁干扰、平整、相互通视、方便架设仪器和观测、相距约 200~250 m 的测桩 A 和测桩 B 处, 一组人员在 A 测桩处架设好脚架, 并对中、调平、固定好标准仪器, 同时另一组人员在 B 测桩处架设好脚架, 并对中、调平、固定好工作仪器。

(2) 将在 B 测桩的工作仪器望远镜旋转在垂直位置, 并使目镜朝上, 最好垂直盘对着 A 测桩方向, 将水平旋扭和垂直旋扭拧紧。这个过程叫做为 A 点竖标志。

(3) 磁北方向测量前的标志观测。标志的观测, 在测磁北方向前后各观测一次, 每次读 4 个数。在 A 测桩用标准仪器瞄准 B 测桩工作仪器的目镜, 读取水平盘读数, 共读 4 个数: 垂直盘在左位置, 使望远镜竖丝的单丝切到目镜左边缘, 读得水平盘读数 A_1 , 再切到目镜右边缘, 读得水平盘读数 A_2 , 垂直盘在右位置, 使望远镜竖丝的单丝切到目镜左边缘, 读得水平盘读数 A_3 , 再切

到目镜右边缘, 读得水平盘读数 A_4 。这样, 测磁北方向前, 标准仪器在 A 测桩, 度盘 0 位置到 B 测桩的方向 $\alpha_{\text{标A前}}$ 为:

$$\alpha_{\text{标A前}} = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4) / 4 \quad (7)$$

同样地, 工作仪器在 B 测桩, 磁北方向测量前的标志观测, 使 A 测桩作为标志点, 在 B 测桩用工作仪器瞄准 A 测桩标准仪器的目镜, 垂直盘在左位置, 用望远镜竖丝的单丝切到目镜左边缘和右边缘, 分别读得水平盘读数 B_1 和 B_2 , 垂直盘在右位置, 用望远镜竖丝的单丝切到目镜左边缘和右边缘, 分别读得水平盘读数 B_3 和 B_4 。测磁北方向前, 工作仪器在 B 测桩, 度盘 0 位置到 A 测桩的方向 $\alpha_{\text{工B前}}$ 为:

$$\alpha_{\text{工B前}} = (B_1 + B_2 + B_3 + B_4) / 4 \quad (8)$$

(4) 磁北方向观测。把 A 测桩上的标准仪器, B 测桩上的工作仪器的望远镜都精确地调在水平位置并锁住。标准是: 水平旋转经纬仪到任意方向, 垂直盘的读数都是 $90^\circ 00.0'$ 。然后两台仪器都分别在垂直盘北探头向上、垂直盘南探头向上、垂直盘南探头向下、垂直盘北探头向下四个位置, 旋转经纬仪并调节水平螺旋, 使磁通门显示器为零, 同时读取标准仪器在 A 桩、工作仪器在 B 桩的水平度盘读数 $\beta_{\text{标A1}}$ 、 $\beta_{\text{标A2}}$ 、 $\beta_{\text{标A3}}$ 、 $\beta_{\text{标A4}}$ 、 $\beta_{\text{工B1}}$ 、 $\beta_{\text{工B2}}$ 、 $\beta_{\text{工B3}}$ 、 $\beta_{\text{工B4}}$, 标准仪器在 A 桩测得的磁北方向 $\beta_{\text{标A}}$, 工作仪器在 B 桩测得的磁北方向 $\beta_{\text{工B}}$ 分别按下式计算:

$$\beta_{\text{标A}} = (\beta_{\text{标A1}} + \beta_{\text{标A2}} + \beta_{\text{标A3}} + \beta_{\text{标A4}}) / 4 - 90^\circ \quad (9)$$

$$\beta_{\text{工B}} = (\beta_{\text{工B1}} + \beta_{\text{工B2}} + \beta_{\text{工B3}} + \beta_{\text{工B4}}) / 4 - 90^\circ \quad (10)$$

(5) 磁北方向测量后的标志观测。重复过程②, ③, 并分别算得测磁北方向后, 标准仪器在 A 桩, 度盘 0 位置到 B 点的方向 $\alpha_{\text{标A后}}$, 以及测磁北方向后, 工作仪器在 B 桩, 度盘 0 位置到 A 点的方向 $\alpha_{\text{工B后}}$ 。最后再算得标准仪器在 A 桩的标志读数 $\alpha_{\text{标A}}$ 以及工作仪器在 B 桩的标志读数 $\alpha_{\text{工B}}$

$$\alpha_{\text{标A}} = (\alpha_{\text{标A前}} + \alpha_{\text{标A后}}) / 2 \quad (11)$$

$$\alpha_{\text{工B}} = (\alpha_{\text{工B前}} + \alpha_{\text{工B后}}) / 2 \quad (12)$$

(6) 分别计算标准仪器在 A 桩的磁方位角 $\gamma_{\text{标A}}$, 工作仪器在 B 桩的磁方位角 $\gamma_{\text{工B}}$:

$$\gamma_{\text{标A}} = \alpha_{\text{标A}} - \beta_{\text{标A}} \quad (13)$$

$$\gamma_{\text{工B}} = \alpha_{\text{工B}} - \beta_{\text{工B}} \quad (14)$$

(7) 将 A 测桩的标准仪器和 B 测桩的工作仪器调换到对方脚架上 (特别注意: 两个脚架是不能动的) 并对中、调平、固定好仪器。重复以上②-⑥步骤, 得到标准仪器在 B 测桩的磁方位角 $\gamma_{\text{标B}}$,

工作仪器在 A 测桩的磁方位角 $\gamma_{\text{工A}}$:

$$\gamma_{\text{标B}} = \alpha_{\text{标B}} - \beta_{\text{标B}} \quad (15)$$

$$\gamma_{\text{工A}} = \alpha_{\text{工A}} - \beta_{\text{工A}} \quad (16)$$

其中, $\alpha_{\text{标B}}$ 表示标准仪器在 B 桩的标志读数, $\alpha_{\text{工A}}$ 表示工作仪器在 A 桩的标志读数。 $\beta_{\text{标B}}$ 表示标准仪器在 B 桩的磁北方向值, $\beta_{\text{工A}}$ 表示工作仪器在 A 桩的磁北方向值。

(8) 计算仪器差, 工作仪器相对于标准仪器的仪器差定义为:

$$\delta_D = (\gamma_{\text{标A}} - \gamma_{\text{工B}} + \gamma_{\text{标B}} - \gamma_{\text{工A}}) / 2 \quad (17)$$

也即:

$$\delta_D = [(\gamma_{\text{标A}} - \gamma_{\text{工A}}) + (\gamma_{\text{标B}} - \gamma_{\text{工B}})] / 2 \quad (18)$$

2.3.5 比测结果的分析和运用

根据公式(18), 磁偏角的仪器差是两台仪器在同一个位置, 测量同一个标志的磁方位角之差, 而不是磁偏角之差。两台仪器互换交换, 是为了消除地磁场日变化的影响, 并且两台仪器在 A 测桩和在 B 测桩的仪器差取平均, 这样结果更准确一些。

如 2.3.1 所述, 磁偏角是磁北方向和真北方向的夹角, 磁北方向在真北方向以东, 磁偏角为正, 磁北方向在真北方向以西, 磁偏角为负。所以, 当 δ_D 为正, 即 $\delta_D > 0$, 说明标准仪器测得的磁方位角大于工作仪器测得的磁方位角, 根据公式(3), $D = A - \gamma$, (A 是测点到标志的大地方位角, 一旦标志点确定, A 就是一个常数。)标准仪器测得的磁偏角小于工作仪器测得的磁偏角, 或者说工作仪器测得的磁偏角大于标准仪器测得的磁偏角, 要归算到标准仪器的测值, 需要减去 δ_D ; 当 δ_D 为负, 即 $\delta_D < 0$, 说明标准仪器测得的磁方位角小于工作仪器测得的磁方位角, 也即标准仪器测得的磁偏角大于工作仪器测得的磁偏角, 或者说工作仪器测得的磁偏角小于标准仪器测得的磁偏角, 要归算到标准仪器的测值, 需要加上一个正数, 即减去 δ_D 。

结论, 无论仪器差 δ_D 是正还是负, 测量磁偏角(D)时, 工作仪器测值都要减去仪器差 δ_D , 才相当于标准仪器的测值。

以上对总强度仪器差 δ_F 、磁倾角仪器差 δ_I 、磁偏角仪器差 δ_D 的论述, 可以丰富流动地磁测量规范, 使流动地磁三分量测量更加科学和完善。

3 讨论

3.1 比测标石的埋设

对于选定的 A、B 两个位置, 应当埋设无磁或弱磁标桩, 标桩尺寸为 $15 \times 15 \text{ cm}$, 高为 25 cm , 标桩正中刻有“十”字并有指北箭头, “十”字中心为 DI 仪器对点或为总强度(F)测量仪探头对点。埋设时桩面与地面齐平, 并用罗盘校对使指北箭头指向北方, 埋设好的标桩即为测桩。要测量测桩周围的地磁场水平梯度和垂直梯度^[21]。要求 A、B 两个测桩位置周围水平梯度和垂直梯度都应小于 5 nT/m , 两个位置大致在同一高度, 并且比较平整, 利于观测。

埋设标桩的目的, 一是为了交换仪器时, 仪器能够对中、调平在同一空间位置, 二是可以通过 A、B 两个位置的点位差变化, 来考察比测场地的磁场环境变化。

3.2 对磁倾角(I)的比测说明

如果单从磁倾角(I)的比测来看, 主桩和副桩并没有必要相距 $200 \sim 250 \text{ m}$, 只需像比测总强度(F)一样, 相距约 30 m , 两组测量人员不相互干扰就可以了。只不过习惯上, 磁倾角(I)和磁偏角(D)是同时比测, 而比测磁偏角(D)需要在 $200 \sim 250 \text{ m}$ 处竖立标志。

3.3 对几个比测实例的讨论

根据多年的观测实践, δ_D 的绝对值在 $0.0' \sim 0.7'$ 之间, δ_I 的绝对值在 $0.0' \sim 0.3'$ 之间, δ_F 的绝对值在 $0.0 \sim 0.8 \text{ nT}$ 之间, 见表 1。

DI 仪以 005 为例, 两天比测的平均值 $\delta_D = -0.65'$, $\delta_I = 0.11'$, 19T 磁力仪以 120 为例, $\delta_F = 0.6 \text{ nT}$ 。现有一个地磁测点, 测值为: $D = 2^\circ 16.33'$, $I = 38^\circ 54.49'$, $F = 48\ 761.0 \text{ nT}$, 把这个测点的测值归算到标准仪器的测值, 结果为: $D = 2^\circ 16.98'$, $I = 38^\circ 55.00'$, $F = 48\ 761.6 \text{ nT}$ 。

4 小结和应用

本文从比测、计算过程, 仔细分析了地磁测

量中磁偏角(D)仪器差 δ_D 的改正问题。对于总强度仪器差 δ_F , 磁倾角仪器差 δ_I , 比测时是直接测量总强度和磁倾角, 因而工作仪器测得的数值, 加上仪器差, 就相当于标准仪器测量的数值。但对于磁偏角仪器差 δ_D 的改正, 比测时计算的是磁方位角, 并不直接是磁偏角, 因而工作仪器测得的磁偏角(D), 就要减去仪器差, 才相当于标准仪

器的测量值。这一结论对于将来大量的野外数据归算, 统一到标准仪器的测量值, 将起到重要的指导作用。

地磁测量工作不断精细化, 本文将仪器差的改正问题这项研究工作做在前面, 为将来更精细, 要求更高的地磁测量工作做好准备。

表1 几台工作仪器和标准仪器的仪器差

Table 1 The instrument differences between several working instruments and standard instruments

比测时间	仪器类别	比测场地	标准仪器	工作仪器	仪器差
2019-06-25	DI 仪	安丰营	313	005	$\delta_D = -0.54', \delta_I = 0.16'$
2019-06-26		安丰营	313	005	$\delta_D = -0.76', \delta_I = 0.06'$
2019-06-26		安丰营	313	329	$\delta_D = -0.20', \delta_I = 0.10'$
2019-06-27		安丰营	313	329	$\delta_D = 0.08', \delta_I = -0.20'$
2019-06-26	19T 磁力仪	安丰营	115	122	$\delta_F = -0.2 \text{ nT}$
2019-06-26		安丰营	115	117	$\delta_F = 0.0 \text{ nT}$
2019-06-26		安丰营	115	120	$\delta_F = 0.6 \text{ nT}$

参考文献

[1] 詹志佳, 赵从利, 张洪利, 等. 全国地磁测量与地震预测研究[J]. 地震地磁观测与研究, 1999, 20(6): 22-28.

[2] 赵从利, 詹志佳, 高金田, 等. 北京地磁测网调整与地震预测研究[J]. 西北地震学报, 2003, 25(3): 275-280

[3] 顾左文, 张毅, 姚同起, 等. 九江—瑞昌 $M_s 5.7$ 地震地磁异常的观测与分析[J]. 地震学报, 2006, 28(6): 611-621.

[4] 詹志佳, 周勋, 赵从利, 等. 第一期全国磁测技术培训班在京举办[J]. 国际地震动态, 2002(9): 16-20.

[5] 詹志佳, 顾左文, 赵从利, 等. 第二期全国磁测技术培训班概况[J]. 国际地震动态, 2003(6): 22-24

[6] 顾左文, 詹志佳, 高金田, 等. 第三期全国磁测技术培训班简况[J]. 国际地震动态, 2004(6): 32-36

[7] 姚坡元. 仪器误差对经纬仪水平角测量精度的影响[J], 中国高新技术企业, 2015(14): 81-82

[8] 王超. 质子磁力仪的标定研究[D]. 长春: 吉林大学, 2016.

[9] 畅国平, 王秀敏, 袁浩浩. GSM-19T 质子旋进磁力仪比测实验分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2020, 41(4): 105-110.

[10] 徐文耀, Henri-Claud Nataf, 魏自刚, 等. 地磁场长期变化速率的 30 年周期[J]. 地球物理学报, 2006, 49(5): 1229-1338.

[11] 康国发, 白春华, 高国明. 地磁场长期变化和日长十年尺度变化的周期特征[J]. 地球物理学报, 3008, 51(2): 369-375.

[12] 徐文耀, 魏自刚, 夏国辉. 2000 年中国地区地磁场长期变化的区域特征[J]. 地球物理学报, 2005, 48(3): 551-560

[13] 冯彦, 孙涵, 蒋勇, 等. 中国境内各阶非偶极子磁场的时空变化[J]. 地震学报, 2014, 36(4): 662-677

[14] 徐文耀. 地球电磁现象物理学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2009.

[15] Newitt L R, Barton C E, Bitterly J, et al. 地磁复测点测量指南[M]. 北京: 地震出版社, 2002, .

[16] 顾左文, 周勋, 高金田, 等. 用近零同步观测法进行 DI 磁力仪的比测[J]. 地震地磁观测与研究, 2004, 25 (5): 11-17.

[17] 辛长江, 沈文荣, 李秋红, 等. 指零法和近零法观测基线值对比分析[J]. 地震地磁观测与研究, 2003, 24(1): 77-80.

[18] 尤伟, 施发奇, 张勇, 等. 地磁观测中的磁偏角测量误差分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2012, 34(S2): 57-61.

[19] 徐玉键. 流动地磁矢量测量中的地理方位角观测误差统计分析[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2021, 43(1): 101-107

[20] 郑在壮, 叶向顶, 陈维超. GPS 测量方位角方法在琼中地磁台建设中的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2008, 29 (4): 57-61.

[21] 中国地震局. 地震及前兆数字观测技术规范[M]. 北京: 地震出版社, 2001.