

doi: 10.11720/wtyht.2023.1358

耿涛. 地面高精度磁测野外工作中仪器校正点使用的常见问题及应对方法[J]. 物探与化探, 2023, 47(4): 1078–1082. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2023.1358>

Geng T. Common problems and solutions in the use of instrument calibration points in high-precision ground magnetic surveys in the field[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2023, 47(4): 1078–1082. <http://doi.org/10.11720/wtyht.2023.1358>

地面高精度磁测野外工作中仪器校正点使用的常见问题及应对方法

耿 涛^{1,2}

(1. 中国地质调查局 西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 西北地质科技创新中心, 陕西 西安 710054)

摘 要: 地面高精度磁测野外工作中, 利用仪器校正点了解一个闭合观测单元内仪器性能是否正常, 是保证数据采集质量的重要环节。但由于有些工作者未能了解仪器校正点的正确使用方法, 造成仪器的早、晚校正测量工作没有起到对当天仪器工作状态的监控作用, 影响了高精度磁测数据采集的质量。本文通过具体实例分析, 提出在检查仪器的早、晚校正测量结果时, 不但应关注早、晚校正测量结果之间的差值, 还应检查早、晚校正测量结果与仪器校正点实际磁场值之间的差值, 以保证野外高精度磁测数据采集的质量。

关键词: 高精度磁测; 野外工作; 仪器校正点; 使用问题; 应对方法; 数据质量

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2023)04-1078-05

0 引言

为了保证数据采集的质量, 高精度磁测野外工作过程中有一套严格的质量管理办法。投入野外施工的磁力仪的性能及状态是影响高精度磁测数据采集质量的首要因素。为了保证投入野外施工的磁力仪工作状态正常, 以及了解整个施工过程中磁力仪的工作状态是否发生改变, 在野外工作开始前和野外工作结束后, 都须对仪器的性能进行校验。在整个野外施工过程中, 每个工作日也都需对投入使用的仪器的性能状态进行监控。利用仪器校正点检查磁力仪在一个闭合观测单元的工作状态是否正常是其中的主要内容。

关于仪器校正点的设立和使用, 地矿行业现行的《地面高精度磁测技术规程》(DZ/T 0071-93)^[1] (以下简称《规程》) 有明确的规定: 仪器校正点应位

于磁场梯度变化较小处, 即避免在异常上或磁场变化杂乱处, 附近没有可移动磁性干扰物, 并应设立标志。每个闭合观测单元的观测必须始于校正点, 终于校正点。当在校正点上前后两次读数, 经日变改正后的差值超过两倍观测均方误差时, 则全闭合观测单元工作量报废, 并查明仪器不正常的原因。

由《规程》的要求可见, 每个工作日投入使用的仪器在开始工作前和结束工作后, 要分别在仪器校正点进行校正测量(简称“早校”“晚校”), 以检查仪器当天的工作状态是否正常, 这是野外工作质量监控的一个重要组成部分。目前, 地勘单位在开展地面高精度磁测项目的野外工作过程中, 一般都能按《规程》的要求, 对投入使用的仪器进行早、晚校正测量。

但是, 笔者在野外工作质量检查、验收的过程中多次发现, 由于工作者对规范的理解不到位, 未能了解仪器校正点的正确使用方法, 一味机械地执行

收稿日期: 2022-07-22; 修回日期: 2022-11-08

基金项目: 国家重点研发计划项目“典型覆盖区航空地球物理技术示范与处理解释软件平台开发”(2017YFC0602200)第五课题“北秦岭华阳川地区隐伏铀矿空-地-井协同勘查技术示范研究”(2017YFC0602205)

作者简介: 耿涛(1969-), 男, 1992年毕业于成都地质学院应用地球物理系, 教授级高级工程师, 主要从事区域地球物理调查和矿产地球物理勘查以及地球物理应用技术研究方面的工作。Email: gengtao926@163.com

《规程》,造成仪器的早、晚校正测量工作没有起到对当天仪器工作状态的监控作用,影响了高精度磁测数据采集的质量。

本文就对这一较为普遍的问题进行一些讨论。

1 常见的问题

以下用对某地勘单位矿产地质调查项目地面高精度磁测工作野外检查时发现问题的实例来说明。

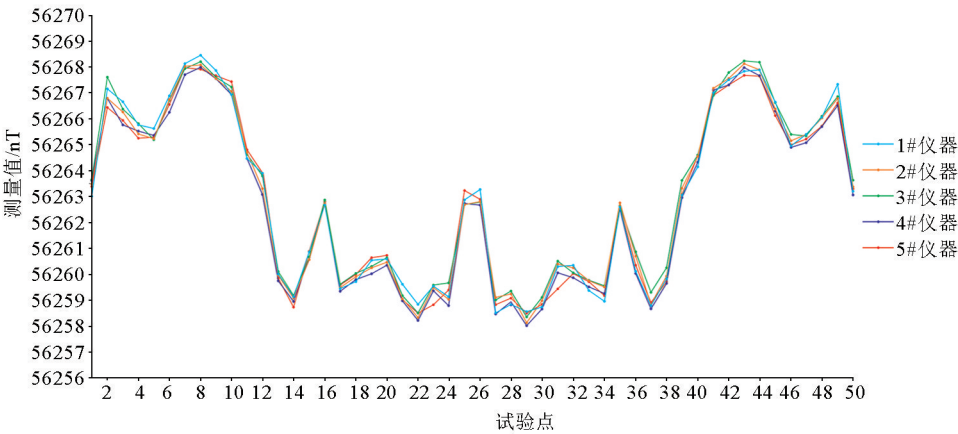


图 1 开始工作前的仪器一致性试验曲线

Fig. 1 Instrument consistency test curve before starting work

该项目组野外驻地为一排军用帐篷,在距帐篷约 60~70 m 处架设日变站,日变站选址符合《规程》要求。在日变站旁约 20 m 处设立了一个仪器校正点,使用一根涂红油漆的木桩作为标志,每台仪器的早、晚校正测量均在此校正点进行。项目组的整个施工管理还是比较规范的。

但在随后的原始资料检查中,发现项目组一个工作日的日验收记录如图 2 所示。从图 2 中可见,项目组的内业质量管理人员对当日投入工作的 5 台仪器的工作状态评定均为“正常”。项目组内业质量管理人员的评定符合《规程》要求的每个闭合观测单元的观测必须始于校正点,终于校正点,在校正点上前两次读数,经日变改正后的差值不超过两倍观测均方误差的要求,因此,其评定结论好象没有什么问题。

然而,图 2 中的统计表所反映的信息在笔者看来至少反映出两个问题。在讨论问题之前,首先了解一下现在的高精度磁测一般采用的仪器及其所测量的参数。

现在国内进行高精度磁测工作时,各种型号的质子磁力仪是主力的仪器。有个别大比例尺的高精度磁测工作可能会使用到光泵磁力仪或磁通门磁力仪,但这只是很少的一部分,而进行相对测量的磁秤

该单位在该项目高精度磁测工作中共投入 6 台质子磁力仪。在野外工作开始前,对仪器的噪声、主机一致性、探头一致性等均做了试验,结果符合规范要求。除 1 台仪器用作日变观测外,其余 5 台拟投入面积性测量工作的仪器在 25 个试验点上做往返测量进行一致性试验,试验结果见图 1。经统计,仪器一致性总均方误差为 ± 0.291 nT,单台仪器一致性误差最差为 ± 0.355 nT,各台仪器一致性误差均满足优于 ± 2.0 nT 的规范要求。

均已被淘汰。

在矿产地质调查项目中,一般均采用质子磁力仪进行地磁总场测量,是对测点上的地磁场进行绝对测量^[1-3]而非相对测量。因此在一个固定的点上,各台磁力仪所测定的结果经日变改正后,在误差允许的范围内测量值应是相同的。

仪器校正点作为一个固定的点,那么,每台仪器在其上所测定的值经日变改正后结果应该是一致的。但从上表中可见,4#仪器虽然早、晚校正测量的校差满足要求,但其所测定的结果明显小于其他仪器测定的结果,这说明 4#仪器在当天工作中的状态其实是不正常的。

4#仪器早、晚校正测量差较小,说明该仪器当日工作时状态是“相对稳定”的,即该仪器当日所测得的所有数据都与实际值存在了一个大于 10 nT 的差值。

从当日统计表可知,4#仪器当天共完成了一条半侧线的工作,并完成了几个质量检查点。这台仪器当天的工作成果如果被评定为“合格”,数据进入成果表,那么,最终的磁异常等值线图上就会出现一个沿测线方向的条带状低磁异常,这种现象如果出现在磁异常较弱的地区,会表现的非常明显。4#仪器当天的工作范围是相对规则的,那么其存在的问题其后在异常等值线图上有可能被发现。毕竟这是

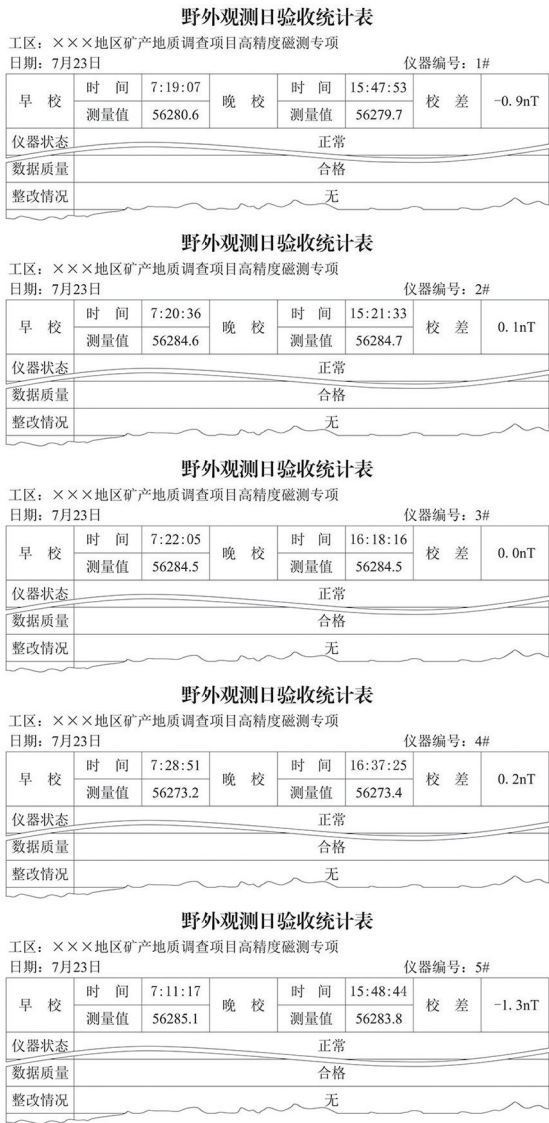


图 2 某高精度磁测项目某一天的日验收记录(摘录)

Fig.2 Daily check and accept record of a high-precision magnetic survey project on a certain day (excerpt)

一个规则的低异常带(能否发现与网格化方法、异常图的等线间距等有关)。但如果当日其工作范围不是规律的,而是分布较为零散,后期就不太容易发现了。

当然质量检查也有可能发现,但是质量检查点一般只有总测点数 3%,且是随机抽取的,不可能对当天的工作全部检查。而且质量检查最终统计的是均方误差,并不要求每个检查点都满足要求。因此在后续的质量检查工作中,对 4#仪器当天的工作点抽取质量检查点不会很多(甚至可能没有),而且即便是抽到的测点,质量检查误差大一些也未必引起内业质量管理人员的注意,尤其是在未认识到该仪器工作状态可能存在问题的时候。最能说明这个问题的就是该仪器当天对其他仪器前期的工作进行的

质量检查结果差值都是偏大的,但并未引起内业质量管理人员的注意。

图 2 中的统计表反映的第 2 个问题,就是各台仪器当日的一致性不太好。

为了便于理解这个问题,可将每个工作日参与工作的仪器在仪器校正点上的测量视为一次简单的仪器一致性检查。利用早、晚两次测量值,可以简单的绘制一个当日仪器一致性曲线(图 3)。则可以直观看出,2#、3#、5#仪器的一致性相对较好,而 1#和 4#仪器与其他 3 台仪器的一致性较差。

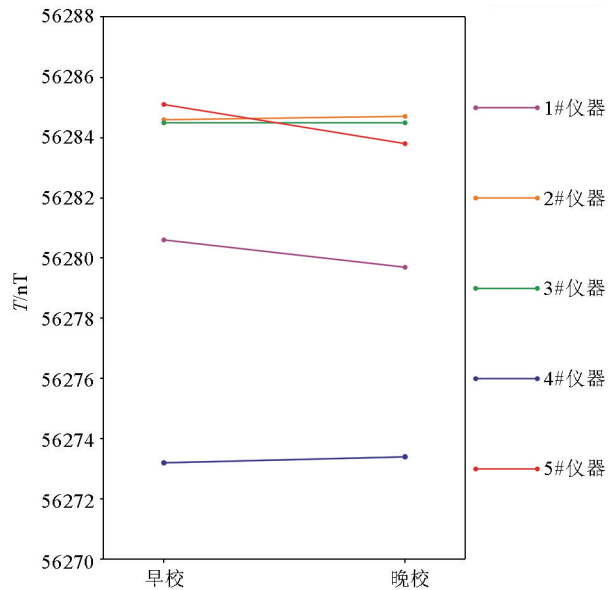


图 3 5 台质子磁力仪当天的一致性曲线

Fig.3 Consistency curve of five proton magnetometers on that day

如果将图 2 中的问题进一步延伸,可能还存在 1#仪器当天工作质量是否合格的问题。

由于《规程》没有要求,且大多野外仪器操作人员认为仪器校正点纯粹就是一个用来了解一个闭合观测单元内仪器性能是否正常的点,不需要知道其具体磁场值,因此项目组也并未对仪器校正点的实际磁场值进行精确测定。但笔者通过查看整个野外记录,发现各台仪器早、晚校正测量的测量值基本分布在 56 285 nT 左右。用几天的各仪器早、晚校正测量结果经简单的算术平均值计算,得出仪器校正点的实际磁场值≈56 284.6 nT。那么,1#仪器当日早、晚校正测量值的平均值和仪器校正点的值相差了-4.45 nT。

一般地质调查项目中的高精度磁测工作均采用 5 nT 的总精度进行工作。《规程》中针对 5 nT 的总精度进行误差分配时,分配的观测均方误差为 4.36 nT。假如 56 284.6 nT 是经过精确测定的仪器校正

点的磁场值,那么 1#仪器当日早、晚校正测量的平均值与仪器校正点的实际值之差超过了观测均方误差。那么 1#仪器当日的数据采集质量是否能评定为合格?笔者倾向于认为不合格。这里需要说明的是,如果仪器校正点的实际值是经过精确测定的,那么其测定方式应与日变站的测定方式一样,是经过一个时间段内的连续观测后计算得到的^[1],其测量精度应高于早、晚校正测量时一次性的测量结果。因此,在这里不能采用二倍的观测均方误差来评价误差,而应采用一倍的观测均方误差来评价。

但仅凭早、晚校正测量的平均值与仪器校正点的实际值之差超过了一倍的观测均方误差就判定当天的工作全部不合格也并不严谨。关于这个问题,笔者认为有进一步讨论的空间。合理的解决办法,应该是加大对该台仪器当天工作量的质量检查,根据检查结果再作出是否合格的结论。

导致可能出现上述两个问题的原因有多种,例如仪器本身出现故障、探头遭遇磕碰或漏液、探头与主机连接线有问题或接触不好、操作员野外工作时去磁不彻底等都有可能造成上述现象。一般来说,如果是因为操作人员不小心随身携带了磁性物体(常见的如随身携带了手机或衣服上有铁质拉链、扣子等),一般会造成测量结果偏大几到十几个纳特,所带磁性物质越靠近探头影响越大;而如果是探头上部沾染了磁性物质或探头漏液、探头与主机连接线有问题或接触不好,则往往造成测量结果偏小,严重时可能会小很多^[4-6]。具体原因在此不做过多讨论。

上述问题如果在野外工作中未能及时发现并处理,有时会造成较为严重的后果。例如,某单位在青海玉树地区承担的一个 1:5 万高精度磁测项目,由于地形条件复杂,但工作时间短,任务又比较重,加之项目野外负责人年轻经验不足,工作中只顾着完成工作量,室内资料整理不是很及时。而且,项目组使用了多个仪器校正点,这造成工作开展时间不长就有一台仪器出现测量结果明显低于其他仪器的情况未被发现。结果在工作结束提请野外验收时才发现,整个地磁 ΔT 异常图上出现了许多沿测线的条带状异常。此时自己整改已经来不及了,试图蒙混过关显然是不可能的,验收组对原始资料检查后直接拒绝通过验收,并要求项目组对超过总面积三分之一的数百平方千米范围进行返工。由于当时工作区已经普降大雪,天气寒冷,已不具备工作条件,无奈项目承担单位只能在第二年重新组织队伍进行返工,不但工作未能按时完成,还造成了很大

的经济损失,可谓教训惨痛。被要求局部返工的项目就更多了,在此不一一列举了。

2 仪器校正点使用问题的应对方法

注意到上述问题,那么解决的办法其实比较简单,就是要重视仪器校正点的功能,正确的使用仪器校正点。具体来说应注意以下几方面:

首先,每天投入使用的各台仪器必须在同一个有固定标志的仪器校正点上进行早、晚校正测量。有些单位野外工作时没有设立固定的仪器校正点,各个台班自己随便找个点进行早、晚校正测量(这是受“仪器校正点纯粹就是一个用来检查仪器早、晚校正是否合格的点”的思想影响),这样是不行的,无法通过相互对比发现问题。

其次,每天投入使用的各台仪器在进行早校正测量时,内业质量管理人员应在场查看测量结果,如果发现某台仪器与其他仪器的测量结果相差过大,则应引起警惕,并对该台仪器进行相应的检查、处置(此时尚无法进行日变改正,但在间隔不长的时间段内,日变影响应该不是很大,因此各台仪器的校正测量结果不应相差很大),否则辛苦一天完成的工作有可能报废,造成不必要的损失。

当日的工作结束后,内业质量管理人员应将当天投入使用的所有仪器的早、晚校正测量结果放在一起进行比对。现在的高精度磁测野外工作当中,为了方便工作量统计,大部分单位都采用一台仪器一表制的野外观测日验收统计表,这不利于发现各台仪器早、晚校正测量互差较大的问题。

最好的解决办法,应该是精确测定仪器校正点的磁场值。具体做法应和测定日变站的精确磁场值的做法一样。这个工作可以在野外工作开始前和日变站的磁场值同步测定。

内业质量管理人员在检查当日工作质量是否合格时,不但应检查早、晚校正测量的差值,还应检查该仪器早、晚校正测量的结果与仪器校正点的实际磁场值之间的差值。当某台仪器的早、晚校正测量的差值的绝对值大于二倍的观测均方误差时,按《规程》的要求,当日的工作量应报废。当某台仪器的早、晚校正测量的差值满足《规程》的要求,但其早、晚校正测量值的平均值与仪器校正点的实际值之差的绝对值大于一倍的观测均方误差时,则应安排对这台仪器当日的工作进行专项检查,视检查结果判断这台仪器当天的工作是否合格;如果差值的绝对值大于二倍的观测均方误差时,当天的工作量

应直接报废。

如果某台仪器连续出现上述问题,则该台仪器不应继续投入后续工作。

3 结语

现在的质子磁力仪在出厂时都是经过精确标定的。在野外工作开始前,也需要按《规程》要求,对仪器进行噪声水平、一致性等性能试验,合格后才能投入使用。但在野外实际工作过程中,仪器也可能会因各种原因出现问题。野外的质量监控体系本身就是从各个环节、各个方面杜绝异常情况的出现。每个工作日仪器的早、晚校正测量就是野外质量监控体系的重要组成部分。在野外工作过程中正确的判断仪器早、晚校正测量结果,不但要检查仪器早、晚校正测量的差值,同时还要检查仪器早、晚校正测量值与仪器校正点实际磁场值的差值,发现问题及时处理,这样就可以将野外工作中大部分的质量问题直接消灭在工作过程中,避免在工作结束时才发现问题,或者是将不合格的数据当作合格数据带入到最终成果中,造成后续工作被动。

参考文献 (References):

[1] DZ/T 0071-93 地面高精度磁测技术规程[S]. 中华人民共和国地质矿产部,1993.

DZ/T 0071-93 Technical specification for ground high precision magnetic survey[S]. Ministry of Geology and Mineral Resources of People's Republic of China,1993.

[2] 陆克. MP-4 型质子磁力仪已小批量生产[J]. 物探与化探, 1987,11(4):256.

Lu K. MP-4 proton precession magnetometer has been produced in small batches. [J] Geophysical and Geochemical Exploration, 1987,11(4):256.

[3] 秦葆瑚. 谈谈高精度磁测[J]. 物探与化探,1989,13(3):229-230.

Qin B H. About the application of high-precision magnetic survey [J]. Geophysical and Geochemical Exploration,1989,13(3):229-230.

[4] 秦葆瑚. 高精度磁测方法指南[J]. 湖南地质,1991(A5):1-100.

Qin B H. Guide to high-precision magnetic survey methods[J]. Hunan geology,1991(A5):1-100.

[5] 韩建平. 关于高精度磁测日变改正中的基值(T_0)确定问题[J]. 物探与化探,1994,18(6):476-477,472.

Han J P. The determinaton of the basic value(T_0) in the diurnal correction of high-precision magnetic survey[J]. Geophysical and Geochemical Exploration,1994,18(6):476-477,472.

[6] 管志宁. 我国磁法勘探的研究与进展[J]. 地球物理学报, 1997,40(S):299-307.

Guan Z N. Researches and progresses of magnetic prospecting in China[J]. Chinese Journal of Geophysics, 1997, 40(S):299-307.

Common problems and solutions in the use of instrument calibration points in high-precision ground magnetic surveys in the field

GENG Tao^{1,2}

(1. Xi'an Center, China Geological Survey, Xi'an 710054, China;2. Northwest Geological Science and Technology Innovation Center, Xi'an 710054, China)

Abstract: To ensure the high quality of data acquisition in high-precision ground magnetic surveys in the field, it is an important link to ascertain the instrument performance in a period using instrument calibration points. However, some workers fail to properly use instrument calibration points and thus fail to monitor the operation state of instruments on a day through the early and late calibration measurement of the instruments, affecting the acquisition of high-precision magnetic survey data. Based on the analysis of specific examples, this study proposed that the checking of early and late calibration measurement results of instruments should consider both the differences between these results, as well as the differences between these results and the actual magnetic field values of instrument correction points. The purpose is to ensure the high-quality field acquisition of high-precision magnetic survey data.

Key words: high-precision magnetic survey; field work; instrument calibration point;usage; solution; data quality

(本文编辑:王萌)