

DZ

中华人民共和国专业标准

DZ 56—87

地面高精度磁测技术规定

1987-12-07发布

1988-06-01实施

中华人民共和国地质矿产部 发布

目 录

1 工作任务	(1)
2 技术设计	(2)
3 仪器设备	(5)
4 野外工作	(7)
5 资料整理	(10)
附录A 磁力仪性能的校验(补充件)	(12)
附录B 高精度磁测的各项改正与基, 站联测工作(补充件)	(15)
附录C 用质子磁力仪或梯度仪测定岩(矿)石标本的方法(补充件)	(22)
附录D 用于高精度磁测的各类磁力仪的主要性能参考表(参考件)	(24)
附录E CSC-3型悬丝式垂直磁力仪的主要性能及有关要求(参考件)	(25)

地面高精度磁测技术规定

本标准规定了高精度磁测技术设计方法原则、高精度磁力仪的性能校验、野外实测与资料处理等要求。

本标准适用于弱磁性目标物的勘查，即：弱磁性矿产资源、弱磁性地质体（圈定小构造和地质填图等）、地下管道或金属物体、地下工程和古文物考查探测等工作。

1 工作任务

1.1 正确合理地确定地质任务是保证高精度磁测取得良好地质效果的重要环节。在确定任务时，应结合具体情况，根据当地地质——地球物理模型，以寻找具备磁测前提的矿床、地层、控矿构造、有关蚀变岩石等作为磁测目标物，尽量发挥高精度磁测在构造研究、地质填图、直接和间接普查找矿、矿区勘探等多方面的作用。根据国内外的实践经验，在磁测精度提高到 $1 \sim 5 \text{ nT}$ 之后，磁法勘探解决下列地质问题的能力比以往会有明显提高。

1.1.1 配合大、中、小比例尺区域地质调查，提供研究基础地质的资料；在航空磁测基础上，结合地质、遥感及地球化学资料，进行地质填图，查明断层，断裂带及基底构造等。

1.1.2 成矿远景区的高精度磁法普查寻找弱磁性矿产或进行间接找矿，以圈出找矿靶区，其中有：

1.1.2.1 配合综合方法进行金、银等贵金属矿产普查评价工作。

1.1.2.2 配合综合方法进行有色、多金属矿产的普查工作。

1.1.2.3 配合综合方法进行弱磁性铁矿、锰矿、铬矿，以及深埋的强磁性铁矿的普查工作。

1.1.2.4 当具有磁法找矿前提时，可在层控型锰、铅、锌等贫矿中快速普查，圈出富矿地段。

1.1.2.5 查明煤田断裂及基底起伏构造或圈定煤层自燃（烧顶）范围等工作。

1.1.2.6 配合综合方法普查金伯利岩、煌斑岩。

1.1.2.7 可直接或间接普查硼、磷、萤石等非金属矿产。

1.1.3 配合矿区及外围普查勘探，对磁异常进行详细研究，为寻找深部矿、隐伏矿提供线索。

1.1.4 普查油气矿床。

1.1.5 水文地质及工程地质（包括寻找爆炸物、地下管道等）方面的应用。

1.1.6 其它：在环境地质、考古等方面的应用。

1.2 在找矿任务越来越复杂的情况下，仅仅依据一般的地质准则和标志确定磁法找矿的具体任务是不够的，需要在详细研究若干典型矿床的基础上，提出特定地区，特定地质环境和特定矿床类型的可能成矿模式，（主要是各种控矿因素）进而建立地质——地球物理模型，才能更有依据地确定磁法工作任务，取得较好的找矿效果。建立地质——地球物理模型的工作应遵循由已知到未知，由简单到复杂，由浅入深的原则，当在某个地区实际资料较少时，只能先建立一个较简单、粗略或方法单一的模型，当资料逐渐增多时才可能建成更为概括，综合的模型。

建立起目标物的综合模型之后，就可用它来指导找矿，特别是找深部矿，难识别矿，非金属等间接找矿时，模型的作用更显得重要。

1.3 凡属下列情况之一者，只应列为试验研究项目。

1.3.1 新参量、新磁测技术的探索与使用。

1.3.2 拟探测的对象（矿种、矿床类型、间接找矿目标物等）尚未进行过高精度磁测工作或为普查新区，高精度磁测的方法有效性尚不明确。

1.3.3 地球物理条件复杂,或存在较严重的干扰因素,使用常规方法技术的效果受到影响的地区。

1.3.4 探测目标与围岩之间的物性差异不够显著,或虽有显著差异,但由于探测目标物的规模不大或埋藏较深,不能肯定高精度磁测是否能测出目标物异常的地区。

1.3.5 已知目标物的地质——地球物理模型和目标物认识准则尚不能确定。

1.4 在新一轮地质普查工作中,必须按区划、区调、物探化探、地质普查勘探与科研等“五统一”部署工作,进行综合找矿,综合评价和减少物探异常解释的多解性,提高地质找矿效果。为此,应采用合理的找矿方法(其中包括综合物化探方法),并根据测区的地质、地球物理、地球化学条件和物化探方法的各自特点,(使用前提、作用、效率、成本等)合理地确定高精度磁测的具体任务,及其在综合方法中的作用。当工作地区存在着多种可被高精度磁测解决的问题时,应当考虑同时解决多种问题的必要和可行性。

2 技术设计

2.1 测区、测网和比例尺的确定

2.1.1 在地质普查勘探工作的所有阶段,从区域地质调查直到开发勘探的各个阶段都可使用高精度磁测。

2.1.1.1 在区域地质调查阶段,高精度磁测作为综合物探方法之一,用于中、小比例尺(1:20万到1:10万)及大比例尺(1:5万到1:2.5万)地质填图,此时高精度航空磁测是主要的工作方式,测区范围一般依照正规的国际分幅地形图划定。

2.1.1.2 在普查阶段,地面高精度磁测是主要的工作方式。比例尺应和地质普查比例尺相当或者再大一倍,主要使用的比例尺由1:2.5万到1:5千。

2.1.1.3 在矿床详查阶段,磁测任务主要是详细了解磁异常细节,定量或半定量研究磁性体,因此比例尺要足够大,才能满足任务要求。

2.1.1.4 普查工作测区范围的选择要考虑探测目标物及围岩的规模,地质、地球物理特点以及所研究的深度。测区范围必需是所研究矿床规模的2~3倍,以保证探测结果轮廓完整,周围有一定面积的正常场背景。在勘探矿区的磁测工作不仅要研究矿床本身,还要研究废石堆、尾矿场。

2.1.1.5 测区范围应尽可能地包括已知区,即地质情况清楚,过去已作过磁测工作并经验证的地段。与过去工作过的磁测工区相衔接时,必需有一定数量的重选测线,并尽量包括过去工作过的基点或基线点。

2.1.2 高精度磁测普查测网的选择,以能发现有意义的微小异常为原则,要考虑磁异常的强度和规模特别是与局部地质构造有关的范围不大的微弱异常,预期异常与干扰的相对关系,以及数据处理对测网的要求。当异常有明显走向时,各种比例尺的点线距如下表:

比 例 尺	线距, m	点距, m	点线距之比 a/1
1:5 万	500	50~100	(1/10) — (1/5)
1:2.5 万	250	25~50	(1/10) — (1/5)
1:1 万	100	10~20	(1/10) — (1/5)
1:5 千	50	5~20	(1/10) — (1/2.5)
1:2 千	20	5~10	(1/4) — (1/2)
1:1 千	10	2~5	(1/5) — (1/2)

为了直接发现异常，线距应不大于最小目标物的长度，其测点距应保证测线上至少有三个连续测点能在既定的工作精度上反映异常。有时限于工区条件和为了工作方便，也可按不规则测网进行观测。

在详查工作中，点线距必需保证观测结果能清晰地反映异常细节，以满足数据处理和推断解释的需要。在干扰严重地区，为了识辨干扰，应采用点距只有数十厘米的“高密度”测量。

2.2 观测参量的选择和确定磁测精度

2.2.1 应根据任务要求，探测目标物的磁化特征和形状，结合设备能力，合理地选择观测参量。磁测参量包括：磁场垂直分量 Za ，磁场总量 ΔT 及总磁场垂向梯度 Th 或水平梯度 Tx 。设计磁测工作时应尽可能选择那些对发现磁异常，解释推断有独特作用的磁参量，而且在设备条件许可与经济合理的情况下要进行多参量测量，以查明场源的更多特征。

2.2.2 磁测工作的精度，应根据任务要求，工区地质情况。由目标物引起的磁异常的可能强度和其特征，以及干扰磁场的水平和特征等因素合理确定。用磁场观测精度的均方误差为衡量磁测精度的标准。对于异常磁场应用平均相对误差来衡量。高精度磁测的总精度分为二级。

高精度：磁场均方误差：2—5 nT

梯度均方误差：2—5 nT/m

特高精度：磁场均方误差： < 2 nT

梯度均方误差： < 2 nT/m

在设计高精度地面磁测时，除特殊需要外，均应按照此标准确定总精度。使用读数分辨率为 1 nT 的 CSC-3 型悬丝式磁秤工作时，仍按“地面磁测工作规范”执行。

2.2.3 区域地质调查的磁测和大面积普查性磁测工作的精度，应根据干扰水平和设备条件确定，以满足综合找矿，综合研究需要为原则。

一般普查性磁测工作的精度，应根据由目标物引起的可以从干扰背景中辨认的，有意义的最弱异常极大值的五分之一到六分之一来确定。

异常详查和配合矿区详查评价的高精度磁测工作，其精度应根据异常特征和所需等值线间隔确定，一般应使均方误差的数值不大于等值线间隔的二点五分之一至三分之一，并满足解释推断时可能用到的某些数据处理技术对磁测精度的特殊要求。

2.2.4 为使磁测工作达到高精度，应选择探头的最佳观测高度。在开工前要在测区内几个不同的典型地段，作 3~4 个高度（如 0.5、1、2、4 m）的磁测试验，仔细研究表层建造磁性不均匀的影响，以此作为选择最佳探头高度的依据。当表层有弱磁性不均匀时，探头高度不应小于 2~3 m，探头最佳观测高度一经选定，必需在全测区保持不变，其误差不应超过探头高度的十分之一。

为查明目标物磁场的更多特征和区分于干扰异常。需要在异常区和精测剖面上进行同点位的不同高度观测，此时的磁测精度按最低高度上的观测精度来衡量。如有特殊情况，应在设计书中另行规定。

2.2.5 总精度的确定及误差分配

磁测总误差是测点观测误差、基点联测误差、仪器噪声均方误差、仪器一致性误差，以及日变、正常场与高度等各项改正误差的总和。在设计时可根据实际技术条件，在保证总精度的前提下，提高某项精度和降低另一项精度，可参考下表进行误差分配。

磁测总 误差 nT	仪器噪声 均方误差 nT	仪器一致 性误差 nT	测点观测 均方误差 nT	基点联测 均方误差 nT	各项改正误差, nT			
					总计	日变改正	正常 场改正	高度改正
± 5	± 1.2	± 1.5	± 3.8	± 1.5	± 2.1	± 1.5	± 1.0	± 1.0
± 2	± 0.5	± 0.7	± 1.1	± 0.7	± 1.21	± 0.7	± 0.7	± 0.7
± 1	± 0.3	± 0.3	± 0.7	± 0.3	± 0.52	± 0.3	± 0.3	± 0.3

2.3 总基点与各种改正方法

2.3.1 总基点为全测区的零点,即异常起算点。分基点是各分区异常的起算点。总基点与分基点组成基点网。基点网必须联测。

使用质子磁力仪测定地磁场强度,无需用基点网进行地磁场值传递,但需消除日变影响,求出各基、站之间地磁场的真正差值。因此,除总基点外,各日变站也担负着分区分基点的作用,作为分区异常的起算点。并通过对分区测网观测的日变改正,把分区的观测值归一化到同一时间。

总基点与各日变站之间采用同步进行日变观测的方法进行联测,选择地球扰动场振幅最小的时间段,统计得出两处地磁场差值,达到使地磁场归一化的目的。可参照附录B执行。

2.3.2 在日变改正中,要提高对地磁场短周期变化的改正精度。因此,应按地电结构的差异分区设日变观测站,按需要的精度和采样间隔,观测日变曲线,进行日变改正。可参照附录B执行。

2.3.3 当测区范围较大或剖面较长时,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30m时,必须进行地磁场垂向梯度改正。按附录B给出的公式和改正方法执行。

2.4 专门剖面与专项工作的设计

2.4.1 在所有正式面积性工作中,必须测制典型剖面。

典型剖面应布置在能概括反映区内不同地层、火成岩、构造和矿产的地方,并最好能与已有地质剖面重合。剖面的数量由地质情况的复杂程度和磁场变化情况以及工作任务确定,长度应大于地质情况已知地段的宽度,磁测点距可根据需要而定,以能取得不同地质体上的详细对比资料为原则。观测参量要齐全,磁测精度应适当提高。

2.4.2 当需要对异常作定量推断时,必须设计精测剖面。

精测剖面应布置在最能反映异常特征,最少干扰,最利于进行定量计算的地方,并尽可能与已有勘探线重合或通过已有探矿工程。剖面应是直线,其方向应垂直于异常走向或通过异常的正负极值点。剖面数量视异常情况而定,剖面长度要使两端出现正常场或延伸到另一异常边缘。剖面点距和精度要求据定量推断的需要确定。观测磁参量的种类要齐全,并要用两种不同高度进行测量。

在精测剖面上一般应布置其它物化探工作及地质和磁性参数的研究工作。

2.4.3 应根据工作需要设计“微磁测量”,配合地质填图,研究构造,确定岩石的流纹构造或节理方向研究接触带热作用过程以及浮土的磁不均匀性等。微磁测量工作应在全区合理布置,既要布置在已知情况较多的典型地段,也应包括需要研究解决地质问题的地段,其数量视需要而定。微磁测区取正方形,有两个边平行南北方向,在研究有明显走向的杂岩时也可使用垂直于走向的矩形面积。微磁测区必须使用较密的测网,才能使观测结果反映出表征研究对象的磁场精细结构及其典型统计特征量。一个微磁测区一般要有100个测点。应根据所提出的任务、研究对象规模及埋深,由试验选定测区大小及测网密度。例如当覆盖较薄时测区范围为10m×10m,观测网1m×1m;当盖层厚15m以上时,测区大小可为20m×20m或30m×30m,测网用2m×2m或3m×3m。

微磁测量的精度,合理的探头高度和观测参量,必须根据试验结果确定。

2.5 测地工作

定点方法与定点精度要求,基本上按原有“地面磁测工作规范”执行,并应确定每个测点的高程,一般高程误差不大于30m,特高精度磁测工作时,高程误差由高度改正允许误差决定。对中比例尺磁测工作应尽可能采用航片定点等新技术以提高效率,降低成本。

2.6 磁参数测定工作

2.6.1 岩(矿)石磁性,是正确设计磁测工作及对磁异常进行地质解释及定量解释的重要依据,因此磁测工作一般均需进行磁性参数调查。尤其根据地质——地球物理模型进行间接找矿时,对磁参数的调查了解必须更为广泛和深入地进行。

2.6.2 测制一系列典型的地质体磁异常与物性参数综合剖面是磁参数调查的基础工作,因此岩石物性工作,应主要集中在典型剖面上进行。典型剖面一般应符合三个条件:

2.6.2.1 要选在典型磁异常范围内,对这些异常已作初步分析研究,并向正常场有延伸。

2.6.2.2 具有地质上的典型性,能反映出成矿全过程的矿化蚀变岩石的完整剖面,并有质研究的初步结论。

2.6.2.3 剖面上的地质情况已有工程控制。要求能采集到新鲜的岩矿石标本。

2.6.3 应根据磁参数的研究任务,结合工作地区的地质条件及岩(矿)石磁性强弱选择合适的磁参数测定方法,并按每个异常都应解释和交待的原则确定标本采集点的分布、标本数量、规格以及进行岩矿鉴定、化学分析等补充研究的方案,当具有已知地质断面和相应的磁异常曲线,该曲线又能用以计算磁性地质体的总有效磁化强度时,要尽可能通过反演计算求出磁性地质体的总有效磁化强度。

2.6.4 采集磁性标本的质量和数量要求,可参照“地面磁测工作规范”执行。

2.7 生产试验设计前的踏勘工作

2.7.1 要认真作好生产试验工作。在新区开工生产前的技术试验内容一般有:

2.7.1.1 查明有代表性的磁场特征,包括强度、范围、梯度变化等等,以检验工作精度、磁参量及测网密度的选择是否合理。

2.7.1.2 查明某些重要干扰因素的大小和特征,了解消除或分辨干扰的可能性。

2.7.1.3 检验仪器设备的工作性能

2.7.1.4 检验其它野外工作的方法技术是否恰当,如探头高度等。

当生产过程中出现设计未曾料到的地质情况,必须修改设计规定的方法技术方案时,或是为了选择解释推断方法或摸索成果解释的经验,应分别进行技术试验或专题试验,以便确定新的方法技术方案和搞清某些异常特征和规律。

2.7.2 试验工作的各项质量要求,一般应根据需要采用较高的观测精度测,较多的磁参量,较密的观测点距并在不同观测高度上进行,只有取得内容丰富,高质量的试验结果,才能使进一步工作在可靠的基础上进行。试验工作应有专门设计书,在设计书中规定试验任务、方法及技术要求。

3 仪器设备

3.1 对仪器设备的基本要求

3.1.1 领取仪器与装备时,领用单位应派熟悉仪器装备性能的人员,根据工作精度要求选择仪器的类型并对所领仪器装备逐台进行检查,填写仪器使用登记本。对仪器设备的基本要求是:

3.1.1.1 用于同一工区,同一性质工作的仪器,而且是测量同一参量的,类型要尽可能相同。对于生产观测、精测剖面上某些专门参量的观测,日变观测及磁性参数测定等各类仪器应配套。

3.1.1.2 生产用仪器设备应有一定的备用量。

3.1.1.3 各类仪器的零、部件要齐全完好;易损零部件有一定量的备品。工具齐全,配套情况良好。仪器的档案要完整。

3.1.1.4 仪器的精度必须满足设计书要求,其它各项性能满足设计书、仪器说明书及铭牌规定。

如上述要求不能满足，则待检修达到要求或配套齐全后再行领取。

3.1.2 对高精度级磁测，可以使用读数分辨率为1 nT的CZM-2型普通质子磁力仪，对特高精度级磁测，应使用读数分辨率小于或等于0.1 nT的微机质子磁力仪或地面光泵磁力仪。

3.2 仪器设备的性能校验

3.2.1 正式生产前，应对所有用于生产的（包括备用的）仪器的性能，可达到的观测精度和各仪器间的一致性，进行现场校验，以保证其能满足设计书和规范的要求，具体要求是：

3.2.1.1 校验应在工作现场进行。

3.2.1.2 观测点数不少于50个，其中少数点要处于较强的异常场上（约为均方误差的5~10倍）。

3.2.1.3 各仪器的观测结果无明显系统误差，全部仪器的总观测均方误差值不大于设计均方误差值的1/2。仪器的稳定性应符合设计书要求。

对于仪器噪声不符合设计书要求的仪器，有明显系统误差的仪器以及观测均方误差达不到要求的仪器，应查明原因，必须重新进行调节和校验，如仍达不到要求，则应停止使用。

野外工作中如仪器经过调节和检修，则该仪器在投入工作前应重新进行性能校验。

3.2.2 在每一测区正式开工前与工作结束后，均应对使用的仪器的噪声均方根值，观测精度与一致性等进行测定，检查其变化情况，检查方法按仪器说明书及附录A中的有关要求执行。

3.3 对仪器设备的保安和维护

3.3.1 对于仪器设备的使用和保管应遵守以下规定：

3.3.1.1 建立严格的责任制，仪器的发放单位和使用人，应对仪器的安全负全面的责任，未经主管单位和操作者本人同意，他人不得随意动用，交接仪器时交换双方进行检验并办理交接手续。

3.3.1.2 仪器和配套设备应建立使用簿，记录其性能变化，调节检修，使用及交接情况，作为档案随仪器保存。

3.3.1.3 使用、保管、运送仪器设备时必须防水、防潮、防暴晒、防震、防尘。严禁将仪器放置在潮湿、不清洁和不安全的地方。

仪器箱内应经常备有有效的干燥剂。雨季野外工作时，要随身携带防水塑料套，在低温条件下工作时，可将仪器提前1~2 h放在室外，以消除室内与野外温差过大对读数的影响，在多风沙地区工作时，收工后应将仪器设备用布包严。

3.3.1.4 运高精度磁力仪时必须由工作人员随身携带，妥善维护，严禁托运，如因特殊情况必需托运时，应经领导批准，然后妥善包装，装入结实的木箱，仪器与各零部件之间应有足够厚的“缓冲”材料，并保价托运。

3.3.1.5 仪器设备所属的零配件、备件和工具要随仪器设备妥善保管，不得随意弃置或作他用。

3.3.1.6 仪器设备发生故障时必须及时检修，禁止凑合使用。

3.3.1.7 操作仪器应按说明书或操作规程执行。

3.3.2 仪器设备的保养与维修要点

3.3.2.1 严禁随意拆卸仪器，而且应防震、防摔、防碰等。

3.3.2.2 遇仪器不正常时，必须首先排除外部原因，如电池、电缆、接插头的接触不良及短路等。在断定上述原因排除后，才能将仪器送回厂家或检修单位修理，不得动仪器内部线路板。

3.3.2.3 严禁将仪器的讯号输出专用插口与其它设备连接，而只能与专用外接设备（打印机、磁带记录机等）连接。

3.3.2.4 日常保养包括每日用毕后擦净尘土、汗迹，特别是各插口（坐）要保持清洁。

3.3.2.5 每月要对仪器设备全面保养、检查一次，每年应全面检查、修理一次，并将检查和修理结果，记入仪器使用簿。

3.3.2.6 对仪器设备的调节与检修应由受过训练的专业人员，按照说明书和有关规定的要求执行。

4 野外工作

4.1 定点工作

精测剖面及比例尺大于 1:1 万的面状性工作, 要用经纬仪敷设测网, 而且要确定每测点的高程, 各项要求按物探测地规范执行。

4.2 基点的选择和基点联测

4.2.1 对各类基点的要求

4.2.1.1 总基点: 其位置必须实地确定, 要求是:

- a. 位于正常磁场内。
- b. 磁场的水平梯度和垂直梯度变化较小, 在半径 2 m 及高差 0.5 m 范围内磁场变化不超过设计总均方误差值的 1/3。
- c. 附近没有磁性干扰物 (特别是可移动磁性干扰物), 并远离建筑物和工业设施 (如铁路、厂房、高压线等)。
- d. 所在地点能长期不被占用, 有利于标志的长期保存。

4.2.1.2 分基点: 亦即分区日变站, 要求是:

- a. 位于平稳磁场内。
- b. 靠近驻地, 使用方便。
- c. 参照对总基点要求的第 2、3、4 款执行。

4.2.1.3 仪器校正点: 用于了解一天或一段工作时间内仪器性能有无不正常。

- a. 位于磁场梯度较小处, 即避免在异常上或磁场变化杂乱处, 并应设立标志, 使每次对基点时的点位和高度尽可能一致。
- b. 附近没有可移动磁性干扰物。
- c. 在观测路线上或其它便于使用的地方。

4.2.2 基点选择方法:

4.2.2.1 总基点: 可在航磁图或实测长剖面上选择正常磁场区, 配合区域地质调查或大面积普查性磁测时, 也可在工作进展到一定程度后, 根据磁测成果选择正常磁场, 大致选择总基点位置。而后到实地选择并用仪器测试, 按 4.2.1.1 条要求的各款选定。

异常详查和配合矿区勘探的磁测工作的总基点。一般应使用普查性磁测时的总基点。

4.2.2.2 分基点: 亦是测区日变站, 一般宜选在非磁性的沉积岩地区, 选择方法按对日变站的要求进行。

4.2.2.3 仪器校正点: 可根据地质情况和工作经验, 选择在磁场梯度较小的地方, 一般不用仪器作专门的观测。要保证在出工和收工时, 能最方便地遇到校正点。

对于各种磁场梯度测量工作, 不需要用基点进行场值的传递, 尤其不需要总基点, 只用校正点检查仪器性能, 所以对选择校正点要求不象磁场测量那样严格, 一般情况下, 用作总磁场测量的校正点, 都可用作磁场梯度测量的校正点。

4.2.3 使用测绝对磁场的仪器仍需进行基点联测, 以便消除地球变化磁场的影响, 求出基点间地球基本磁场的差值, 为确保所求差值的精度, 基点磁场联测应采用总基点之间作同步日变观测的方法进行, 要求如下:

4.2.3.1 进行联测的磁力仪, 要事先作严格地一致性校验, 当仪器的系统误差超过 1 nT 时, 即需作系统差改正。

4.2.3.2 日变观测的同时性, 以电台报时信号为准 (有记录可查) 要求达到秒一级同步。

4.2.3.3 无论两处地电结构是否相同, 都要求在地球扰动磁场振幅最小时间段 (即 $\Delta D(t) < \text{噪声均方根值}$) 取值, 取值总数 n 要大于 100。

4.2.3.4 总基点与各分基点 (日变站) 之间, 应直接联测。

进行各种磁场梯度测量,及微磁测量各测区的基点之间,无需进行联测。

4.3 基测点观测

4.3.1 每个闭合观测单元内的观测,必须始于校正点,终于校正点。长剖面工作,如一天内不能结束工作并回到校正点进行观测,须在当日观测的剖面末端设2~3个连接点,次日观测从重复各连接点的观测开始,并于剖面观测结束后回到校正点观测。当在校正点上的前后两次读数经日变改正后的差值超过误差限(高精度级为5 nT,特高精度级为2 nT)则全天工作量应报废,并查明仪器不正常的原因。

4.3.2 观测时严格遵守下列要求,并随时注意观测结果的变化,及时采取妥善的处理措施。

4.3.2.1 观测时,观测人员必须“去磁”即不能带小刀、发卡、皮带扣、鞋扣等磁性物品,必须携带的磁性物件和其它有磁性的设备应离开测点一定距离,这个距离可以通过试验确定,以不影响观测结果为原则。

4.3.2.2 观测时应保证点位正确,同时每次观测时探头的高度均应保持一致,这对磁场梯度测量尤为重要。

4.3.2.3 观测时如遇有事故,(如仪器受震),仪器性能可能发生突然变化时,应即回到震前测过的几个测点(点位要准确)上作重复观测,必要时应回到校正点上作重复观测,以检查仪器性能,当确认仪器性能正常后,方可继续观测。

4.3.2.4 当观测结果出现如下变化时必须采取的相应措施。

- a. 当相邻两测点间读数相差较大时,或当有值得注意的地质现象时,须加测。
- b. 当相邻测线的异常特征明显不一致时,须加线。
- c. 当测区边缘发现可能有意义的异常或值得注意的地质现象时,须追踪观测。
- d. 随时注意异常与周围地质现象之间的关系,记于备注栏内,必要时需试测岩石磁性或采集标本。
- e. 遇有磁性干扰物(如铁路、厂房、井场、高压线、有磁性的岩坎或矿石堆等)时,须合理移动点位,避开干扰。

4.4 总磁场梯度观测:用质子磁力仪进行总磁场垂向或水平梯度观测时应按设计书及以下要求执行。

4.4.1 尽量缩短两次磁场测定时间,同一对数据要求2s内完成。

4.4.2 进行垂向或水平梯度测量时,两探头的位置不能偏离沿垂线或水平线 10° 。

4.4.3 在弱缓异常上,要选择合适的 Δh 或 ΔX ,使磁异常峰值处以两探头所测磁场值之差为设计允许误差的十倍。

4.4.4 在浅层有磁性干扰物时,应尽量提高探头高度,并用两种不同高度的观测来检验测量结果受干扰的程度。

4.5 日变观测

4.5.1 对日变观测仪器及观测方法的要求

4.5.1.1 对于特高精度级磁测工作,要用灵敏度高,性能稳定并能自动采样的微机质子磁力仪,采样间隔3~10s。

4.5.1.2 对于高精度级磁测工作,也要选用噪声均方根值小的普通质子磁力仪,每0.5min到1min观测一次。

4.5.1.3 应在投产的同类型仪器中挑选性能最好的磁力仪进行日变观测。

4.5.1.4 每个日变站可先假定一个 T_0 值对观测点进行日变改正,但此 T_0 值一经选定不应变动直到与总基点联测确定 T_0 的绝对值后,再对各测点进行基点改正。

4.5.2 日变站要尽量靠近测区,并设在与测区地电结构相同的地方,所在环境有利于提高观测精度,无磁性干扰。每个日变站可控制的磁测范围,需经试验确定见附录B,当测区地电结构有较大差异时,应按地电结构的不同,分区设立日变站,或在开工前,于地电结构不同的各个地区同时进行精密日变观测,若证实各站间的差异不大时,才可扩大日变站的控制范围。日变站的选择还要符合4.2.1.2

各条要求。

4.5.3 在一个工作日内,日变观测应始于生产用各仪器的早基点观测之前,终于晚基点观测之后。

4.5.4 应作少量的昼夜连续观测,以了解仪器性能和日变特征。

4.6 磁性参数的测定和磁性标本的采集

4.6.1 典型剖面上的标本采集与物性参数测定工作,应作到以下几点:

4.6.1.1 为了用磁异常反演求出磁异常,在典型剖面上应采用加密磁场或梯度测点的方法,研究异常精细结构与地质因素的对应关系。在重要地段,点距可加密到0.5 m,测定磁场的误差一般不超过 $\pm 1 \sim \pm 1.5 \text{ nT}$ 并可进行不同高度的微磁测量。

4.6.1.2 在磁异常和矿化蚀变地段,必须采集新鲜的定向标本,进行各种磁参数的测定工作,每个测点不应少于5块标本,以提高代表性。

4.6.1.3 对典型剖面上的全部钻孔及其它有关联的纵横勘探线上的钻孔岩心,要进行磁性测定工作,岩心取样密度依岩性及矿体特点而定,在每点上取两块标本。

4.6.1.4 选择一些典型标本作岩矿鉴定、光谱或其它分析,对磁性较强的标本,还要用磁分选的方法得到单矿物进行专门的物理化学研究,以了解磁性矿物的化学成分和结晶构造等特点。

4.6.2 在所有异常地段:凡能采到新鲜标本的地方都应作磁性测定,要求测出标本磁性参数的灵敏度能达到 10^{-5} S I 的数量级,一般可使用微机质子磁力仪的梯度探头测标本磁性,实际工作应按附录C要求严格执行。当视磁化率大于0.01 S I时,要作退磁改正。

4.7 原始记录

4.7.1 磁测工作的原始记录,对使用质子磁力仪或地面光泵磁力仪的高精度级磁测工作,应包括:

4.7.1.1 仪器调节,校验及标定的观测记录(含转录磁带)。

4.7.1.2 基点选择,磁场联测的观测记录(含转录磁带)。

4.7.1.3 生产性观测的观测记录(含转录磁带)。

4.7.1.4 日变观测的观测记录(含转录磁带)。

4.7.1.5 地形图定点记录。

4.7.1.6 各种质量检查的观测记录(含转录磁带)。

4.7.1.7 说明上述各种观测记录工作情况的野外实时记录本。

4.7.2 对记录工作的基本要求是:

4.7.2.1 对各种原始记录,应按测区、工作比例尺和记录性质分类,依照统一的格式,编成标准化的文件,以便于编制进一步数据处理的计算机输入程序。

4.7.2.2 各种记录要及时汇编成册并编号,不得随便插页和撕页,记录内容不得涂改和擦改,(因记错需修改时,要用横线把错误记录划去,在旁记下正确数据并签名以示负责)。

4.7.2.3 记录所用各种符号和代号要统一、明了、避免混乱、记录的有效数字要和精度要求相适应。

4.7.2.4 记录要完整,对记录本和打印记录的页首,页末及各栏要按设计书规定填写齐全。

4.7.2.5 记录要用中等硬的黑铅笔书写,字体工整,不得使用自造的别字作记录。

4.7.3 对磁测资料要在野外用微型计算机作预处理,第一是对原始数据作初步整理,核对其有无错误,去掉那些质量不合要求的数据;按批量信息文件规定的要求,编录成便于在大型计算机上进行处理的格式。这项工作应在本节上述要求中基本完成。第二是对原始观测值进行各项改正,主要内容是:

4.7.3.1 基点改正与正常场改正。最小改正值为 0.1 nT 。

4.7.3.2 对普通测网观测值作日变改正。最小改正值为 0.1 nT 。

4.7.3.3 计算垂向梯度观测值,计算到 0.1 nT/m 。

4.7.3.4 计算观测均方误差,对磁测质量作出评价。

4.7.3.5 把经过预处理的磁测资料转存到可在大型机上通用的磁带上并用打印机把数据列表打出

以及绘制等值线图、剖面平面图等。

4.8 质量检查与评价

4.8.1 高精度磁测工作的质量检查工作应较一般磁测工作有更高的要求,如检查观测的点位与探头高度要与原始观测严格保持一致,而且由于高精度磁测受环境因素的影响较大,为了对磁测成果的可靠性作出较客观的评价,其质量检查率不应低于测工作的要求即检查率为3%~5%,特别对于精测剖面的质量检查率应达到百分之三十绝对点数不少于30点,其它要求参照《地面磁测规范》执行,关于微磁测量工作的野外观测质量检查与评价,按专项设计的要求执行。

5 资料整理

5.1 一般要求

5.1.1 对于高精度磁测工作资料整理的内容与基本要求,仍按《地面磁测工作规范》执行,而使用微机质子磁力仪时,应补充如下条款:

5.1.1.1 资料整理内容

- 检查验收本《技术规定》4.7.1条包括的全部原始记录。
- 按规范和设计要求,凡微处理机不能自动改正和计算的内容,如岩(矿)石磁性参数,观测精度等,都要专门进行计算。
- 按附录的统一要求,对按4.7.2.2条编录的磁带记录加上标记,为计算机准备好批量原始信息。
- 对各种原始记录,表册进行整理,编目和编号,编制原始资料索引。

5.1.2 对资料整理工作的基本要求

仍按《地面磁测工作规范》§55执行。但对于由微处理机自动改正和计算的结果,要检查计算程序和使用的常数是否正确。发现错误立即改正。

5.1.3 原始记录的检查验收,要以设计书和规范以及本《技术规定》的有关规定为准。在检查验收时对《地面磁测工作规范》中§56所列6种原始数据应予作废。

5.1.4 在资料整理阶段,当发现野外观测阶段的工作不够完善,或因其资料整理和异常研究需要时,要及时地补做一定的野外工作。

5.1.5 磁测工作结束后,应提交的图件,除《地面磁测工作规范》§57所规定的主要图件外,若高精度磁测工作还进行了磁场梯度测量和微磁测量等工作,则还应按设计要求,提交磁场梯度和微磁测量的成果图件,以及各种电算处理图件。

5.2 主要图件的编绘要求

5.2.1 对各种主要图件的编绘要求,仍按原“地面磁测工作规范”的有关规定执行。在应用电子计算机进行了多种电算处理时,要求:

5.2.1.1 用电子计算机绘制的各种等值线底图,要经过如下检查修正之后,才能用来编绘成果图:

- 要消除突变点对等值线的歪曲并校正边界效应。
- 要结合地质、构造及矿产等情况,对等值线作必要的修匀。

5.2.1.2 用电子计算机计算并绘制 ΔT 化极异常图时要注意两点:

- 对磁化方向与总磁化强度 J 的取值要适合当地情况和主要地质体的磁化方向,否则将产生较大误差。
- 对原始数据作必要的滤波处理,以消除高频干扰与个别突变点的影响。

5.2.1.3 编绘各种滤波图件时,要慎重对待滤波因子的选择问题,只有经过仔细对比分析之后,才能把滤波处理的图件作为主要成果图件。

5.2.1.4 各种向上延拓的计算,与滤波处理的作用基本上是等效的,应根据异常研究的需要进行编制。

5.2.1.5 磁场梯度的剖面平面图与等值线平面图,微磁测量的成果图按设计书的要求进行编制。

5.2.1.6 只有在肯定重、磁异常同源时才能把磁源重力异常作为主要成果图件，但可用这种图表明重、磁异常是否同源一种旁证。

5.2.1.7 各种正反演推断图件与综合信息成矿预测图件的计算与编制，种类繁多，根据需要可以选用。

附录 A 磁力仪性能的校验 (补充件)

A1 磁力仪噪声水平的测定

质子磁力仪与光泵磁力仪, 本身具有一定噪声, 所以这些磁力仪的读数分辨率尽管等于或优于 0.1 nT, 但接上电缆和探头后仪器的噪声水平却往往达到 0.2~0.3 nT, 因此在使用这种仪器进行高精度磁测时, 必需仔细测定实际工作时仪器的噪声水平, 测定方法如下:

A1.1 当有三台以上的磁力仪同时工作时, 可选择一处磁场平稳而又不受人文干扰场影响的地区, 将这些仪器的探头置于该区, 并使探头间距离保持在 20 m 以上, 以免探头磁化时互相影响。而后使这些仪器同时作日变测量, 观测时要达到秒一级同步。此时地磁场变化对这些仪器观测值的影响是同向的。而这些仪器各自的噪声对观测值的影响则是无定向的, 而且仪器数量愈多, 噪声对这些仪器观测值的平均值的影响将趋于零, 就可把此平均值视作地磁场的“真值”。因此可取 100 个左右的观测值按下式计算每台仪器的噪声均方根值 S 。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (\Delta X_i - \Delta \bar{X}_i)^2}{n-1}} \quad \text{..... (A1)}$$

式中: ΔX_i 为第 i 时的观测值 X_i 与起始观测值 X_0 的差值;

$\Delta X_i = X_i - X_0$ (所有仪器的起始时间应相同);

$\Delta \bar{X}_i$ 为这些仪器同一时间观测差值 ΔX_i 的平均值。

n 为总观测数, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

A1.2 当仪器不足三台时, 可用单台仪器在上述磁场平稳地区作日变连续观测百余次。若读数间隔为 5"~10" 时, 则按 7 点滑动取平均值 \tilde{X}_i 。

$$\tilde{X}_i = \frac{1}{7} (X_{i-3} + X_{i-2} + X_{i-1} + X_i + X_{i+1} + X_{i+2} + X_{i+3})$$

若读数间隔为 0.5~1 min 时, 则按 5 点滑动取平均值。

$\tilde{X}_i = \frac{1}{5} (X_{i-2} + X_{i-1} + X_i + X_{i+1} + X_{i+2})$ 。而后按下式计算仪器的噪声均方根值 S 。

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (X_i - \tilde{X}_i)^2}{n-1}} \quad \text{..... (A2)}$$

式中: X_i 为第 i 时的观测值, $i = 1, 2, \dots, n$;

\tilde{X}_i 为第 i 时滑动平均值;

n 为总观测数, $n > 100$ 。

A1.3 用四阶差分包络值的八分之一来表示仪器的噪声水平。

当磁力仪的读数间隔远小于外场变化周期时, 观测结果中随时间变化的磁场, 相对于噪声来说是一种低频成分, 而对数据作四阶差分处理, 相当于一个高通滤波器。因此在四阶差分中低频成分被滤掉了, 而主要保留了噪声并得到了放大。由此可见用四阶差分能较真实地反映出仪器的噪声水平。所以近年来国外多用四阶差分包络值的十六分之一来表示仪器的噪声水平。它是假定噪声为幅值相等

且正负相间的特殊模式下提出的。然而噪声并不遵循任何一种特定模式分布而是随机的。为此根据噪声的随机性,可在计算机上产生一大批随机数来模拟噪声,这时对该噪声不论采用何种方法进行统计,其结果都应该相同。经过多次试验表明,用四阶差分包络值的八分之一来表示噪声水平,比用四阶差分包络值的十六分之一来表示噪声水平更能真实地反映仪器性能而不受人为习惯的影响。

由于数据是等间隔的,对于第*i*个数据值 X_i 的四阶差分 B_i 由下式给出:

$$B_i = X_{i-2} - 4X_{i-1} + 6X_i - 4X_{i+1} + X_{i+2} \dots\dots\dots (A3)$$

则仪器的噪声水平为:

$$S = \frac{1}{8} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} (B_i - \bar{B})^2} \dots\dots\dots (A4)$$

式中: $\bar{B} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} B_i$, n 为参加统计的观测值数。

A1.4 三种测定噪声方法的比较

为了进行比较,将三台微机质子磁力仪按上述要求在同一地点同时测定仪器的噪声水平,(达到秒一级同步观测)而后用三种方法计算各台仪器的噪声水平如下表:

磁力仪类型及号码	三台仪器同时测定法		七点滑动平均法		四阶差分包络值的1/8法	
	S 值 nT	与平均值的 百分误差, %	S 值 nT	与平均值的 百分误差, %	S 值 nT	与平均值的 百分误差, %
OMNI-4	0.16	14	0.13	7	0.12	14
336* MP-4	0.17	11	0.18	5	0.21	11
316* MP-4	0.24	11	0.30	11	0.27	0

由表可见三种方法算出的噪声水平是很接近的,其差异在统计涨落范围之内,而且三种方法表示仪器噪声水平的次序不变。

A2 磁力仪观测均方误差与一致性测定

观测均方误差是操作质量,点位误差,探头高度误差,日变改正误差等各种误差的综合反映,它是评价高精度磁法工作质量的主要指标。当对仪器观测误差与一致性进行测定时,要选择浅层干扰较少且无人文干扰场影响地区,并要求测线穿过十余纳特弱磁异常变化地区。在测线上布置50~100个测点,作好标记,使参与生产的各台磁力仪(含备用磁力仪)都在这些测点上作往返观测,将观测值进行日变改正后按下式计算每台仪器的观测均方误差。

A2.1 观测均方误差公式:

$$e = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} \delta_i^2}{2n}} \dots\dots\dots (A5)$$

式中: δ_i = 第*i*点的原始观测与检查观测之差,

n = 检查点数; $i = 1, 2, \dots\dots n$ 。

A2.2 各仪器的一致性用总观测误差衡量,如下式:

$$e = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} V_i^2}{m-n}} \dots\dots\dots (A6)$$

式中: V_i 为某次观测值 (包括参与计算平均值的所有数值) 与该点各次观测值平均数之差,

n = 检查点数, $i = 1, 2, \dots, n$;

m = 总观测次数, 等于各检查点上全部观测次数之和。

总观测误差不超过设计总误差的二分之一时, 表明仪器的一致性校验合格。

A2.3 仪器的系统误差为每台仪器的 V_i 的总平均值, 如下式:

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} V_i \dots\dots\dots (A7)$$

n 为参与统计的观测值总数。

显然, 当 V_i 纯为偶然误差数, $\bar{V} = 0$ 。据试验 \bar{V} 一般都小于磁力仪噪声均方根值的 2 倍, $\bar{V} < 2S$ 。由此看来, 仪器说明书规定微机质子磁力仪测定地球绝对磁场的误差不超过 $\pm 1 \text{ nT}$, 普通质子磁力仪测定地球绝对磁场的误差不超过 $\pm 2.5 \text{ nT}$, 还是可以达到的。

A3 磁力仪的“零飘”与受温度影响情况的校验

将磁力仪置于室外空气流通的环境 (但防止阳光直接曝晒) 作昼夜 24 h 日变观测, 并于零 h, 6 h, 12 h, 18 h, 24 h 等 5 个时间段各进行一次噪声均方根值测定。测定时记下当时的温度, 而后按 A1 式计算噪声均方根值并按下式计算平均“飘移”值 \bar{V} 。

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (\Delta X_i - \Delta \bar{X}_i) \dots\dots\dots (A8)$$

式中: ΔX_i 与 $\Delta \bar{X}_i$ 的含义同 (A1) 式。(注: 此时 X_0 为零时观测值, 以后各次测定时 X_0 值不变)。

得出 S 及 \bar{V} 之后, 即可以时间为横坐标, 以 S 及 \bar{V} 为纵坐标作图, 能反映出仪器零点飘移及不同温度时仪器性能的变化情况。

实践经验表明: 在允许的温度与湿度范围内使用质子磁力仪或光泵磁力仪工作时, 一般无明显的零点“飘移”或读数突变现象。所以无须进行温度改正或按时间配赋的“零飘”改正等与仪器因素有关的各项改正。

附录 B
高精度磁测的各项改正与基、站联测工作
(补充件)

B1 正常梯度改正与高度改正

当进行大面积高精度磁测工作时,需要进行正常梯度改正。此时若仍沿用查全国地磁图的办法作正常场梯度改正,就不能满足精度要求了。此时要用国际地磁参考场 IGRF 1980、0 模型提供的高斯系数,用电子计算机算出测区内 $1 \times 1 \text{ km}$ 节点地磁场 T_0 值。而后以 1 nT 的间距绘制 T_0 等值线图。用此图作正常场梯度改正,其作法是以通过总基点的等值线为零线,向北每过一条等值线减少 1 nT ,向南过一条等值线增加 1 nT ,以此类推。

B1.1 地磁场各分量的球谐表达式:

$$\left. \begin{aligned} X &= - \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^n (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \frac{d}{d\theta} P_n^m(\cos\theta) \\ Y &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \frac{m}{\sin\theta} (g_n^m \sin m\lambda - h_n^m \cos m\lambda) \cdot P_n^m(\cos\theta) \\ Z &= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n (n+1) (g_n^m \cos m\lambda + h_n^m \sin m\lambda) \cdot P_n^m(\cos\theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (\text{B1})$$

式中: g_n^m, h_n^m ——高斯系数,可查表求得;
 $P_n^m(\cos\theta)$ —— n 次 m 阶缔合勒让德多项式;
 λ ——各节点的纬度值。

可见将高斯系数与各节点的坐标值代入 (B1) 式,即可求出各节点的正常磁场值。

B1.2 国际地磁参考场 (IGRF) 1980、0 模型

1968年10月在华盛顿召开的“地球基本磁场的描述”会议上,通过了1965、0年代国际地磁参考场 (IGRF)。后经国际地磁学和高空物理学学会执行委员会及世界地磁测量部的同意,做为世界通用的主要磁场标准,其后对国际地磁参考场又作了三次修改补充。DGRF 表示确定的地磁参考场,其高斯系数今后不再修改,而每五年改变一次模型,则通过年变率的调整取得。如IGRF 1985、0包括1985年代的地磁场模型及一个预测的长期变化模型,即主要磁场模型前80个高斯系数的年变率,用来调整1985、0~1990、0年期间的地磁场模型。

下表列出了DGRF 1980、0的高斯系数

n	基 本 场, nT				
	m	g	$g \left(\frac{\text{nT}}{a} \right)$	h	$h \left(\frac{\text{nT}}{a} \right)$
1	0	-29 992	25.6	0	—
1	1	-1956	10.0	5604	-10.2
2	0	-1997	-24.9	0	—

续表

n	基 本 场, nT				
	m	g	$g \left(\frac{nT}{a} \right)$	h	$h \left(\frac{nT}{a} \right)$
2	1	3027	0.7	-2129	-3.0
2	2	1663	4.3	-200	-18.9
3	0	1281	-3.8	0	—
3	1	-2180	-10.4	-336	6.9
3	2	1251	-4.1	271	2.5
3	3	833	-4.2	-252	-5.0
4	0	938	-0.2	0	—
4	1	782	-2.0	212	5.0
4	2	398	-3.9	-257	0.8
4	3	-419	-2.1	53	1.7
4	4	199	-3.1	-297	-1.0
5	0	-218	0.3	0	—
5	1	357	-0.7	46	1.2
5	2	261	1.1	150	2.3
5	3	-74	-1.6	-151	-2.0
5	4	-162	-0.5	-78	1.3
5	5	-48	1.0	92	1.1
6	0	48	0.2	0	—

续表

n	基 本 场, nT				
	m	g	$g \left(\frac{nT}{a} \right)$	h	$h \left(\frac{nT}{a} \right)$
6	1	66	0.5	-15	-0.5
6	2	42	2.0	93	-0.1
6	3	-192	2.8	71	-0.2
6	4	4	0.0	-43	-1.3
6	5	14	0.9	-2	0.7
6	6	-108	-0.1	17	1.7
7	0	72	0.0	0	—
7	1	-59	0.0	-82	-1.4
7	2	2	0.0	-27	-0.1
7	3	21	0.6	-5	0.3
7	4	-12	0.9	16	0.3
7	5	1	0.3	18	-0.7
7	6	11	0.3	-23	0.1
7	7	-2	-0.5	-10	0.8
8	0	18	0.2	0	—
8	1	6	0.3	7	-0.2
8	2	0	0.0	-18	-0.4
8	3	-11	0.2	4	-0.2

续表

n	基 本 场, nT				
	m	g	$g \left(\frac{nT}{a} \right)$	h	$h \left(\frac{nT}{a} \right)$
8	4	- 7	- 0.4	- 22	- 0.3
8	5	4	- 0.3	9	0.4
8	6	3	0.6	16	- 0.3
8	7	6	- 0.3	- 13	- 0.6
8	8	- 1	- 0.1	- 15	0.3
9	0	5		0	
9	1	10		21	
9	2	1		16	
9	3	- 12		9	
9	4	9		- 5	
9	5	- 3		- 6	
9	6	- 1		9	
9	7	7		10	
9	8	2		- 6	
9	9	- 5		2	
10	0	- 4	0		
10	1	- 4	1		
10	2	2	0		

续表

n	基 本 场, nT				
	m	g	$g \left(\frac{nT}{a} \right)$	h	$h \left(\frac{nT}{a} \right)$
10	3	- 5	3		
10	4	- 2	6		
10	5	5	- 4		
10	6	3	0		
10	7	1	- 1		
10	8	2	4		
10	9	3	0		
10	10	0	6		

B1.3 计算磁场总强度 T_0 及梯度值:

$$T_0 = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \sqrt{H^2 + Z^2} \dots \dots \dots (B2)$$

在一级近似的情况下, 沿南北向的磁场梯度 $\frac{\partial T_0}{\partial X} = \frac{3ZH}{2RT_0}$, (B2) 式中 R 为地球平均半径。

$R = 6371\,000\text{m}$ 。

沿垂向的磁场梯度:

$$\frac{\partial T_0}{\partial R} = - \frac{3T_0}{R} \dots \dots \dots (B3)$$

B1.4 高度改正

由(B3)式可知, 当 $T_0 = 50\,000\text{nT}$ 时, 地磁场垂向梯度为 -0.024nT/m 。高差30m时, 地磁场垂向变化可达 -0.72nT 。因此“地面高精度磁测技术规定(试行)”要求测点都要测出或从地形图上读出高程, 对中比例尺磁测工作, 误差不大于30m, 对大比例尺磁法普查工作按物探测量规范执行。高度改正从总基点高程起算, 以 $T_0 = 50\,000\text{nT}$ 为例, 约每42m高差改正1nT, 比总基点高42m时加1nT, 比总基点低42m时减1nT。

B2 日变改正

在地球的变化磁场中, 除大家熟悉的长期变化和静日变化 S_q 外, 还有源于空间磁场的扰动变化, 包括周期从0.2~1000s的快速振动, 其振幅一般为0.01~5nT(有时可达10~20nT)。高精度磁测必需对地磁场的这种短周期变化进行改正, 因此对日变观测有较高的要求。再者, 目前使用的质子磁

力仪可测定绝对地磁场强度, 无需使用基点网进行地磁场值的传递, 但需消除地磁日变的影响, 求出各测站之间地磁场的真正差值。由此可见, 高精度磁测的日变观测有两个作用: 其一是对测网观测值进行日变改正。其二是在各站之间进行同步日变观测, 以选择地球扰动磁场振幅最小的时间来确定测站之间地球基本磁场的差值。所以在高精度磁测工作中, 主基点的作用被日变站取代了, 基点联测也改成总基点与日变站之间的同步日变观测。

B2.1 日变站址的选择:

由于高精度磁测的日变站兼有基点的作用, 需要参照对主基点的要求来选择日变站地址:

B2.1.1 位于平稳磁场内

B2.1.2 磁场的水平梯度和垂直梯度变化较小, 在半径 2 m 及高差 1 m 范围内磁场变化须不超过设计总均方误差的三分之一。

B2.1.3 附近没有磁性干扰物并远离建筑物和工业设施 (如铁路、厂房、高压线等), 特别要避开不固定的人文场干扰 (如汽车、拖拉机等)。

B2.1.4 所在地点能长期不被占用, 有利于标志的长期保存。

B2.1.5 靠近驻地, 使用方便。

B2.2 日变站所用磁力仪的精度应与测网观测磁力仪的精度相同或更高。对微机质子磁力仪的读数准确性要达到秒级, 读数间隔 3 ~ 10 s, 日变站与测网观测的同时性亦是秒级, 对普通质子磁力仪应准确到 0.5 min, 读数间隔 0.5 ~ 1 min。

B2.3 由于地磁场短周期变化的振幅与微机质子磁力仪噪声均方根值是近于同一数量级的, 而噪声是随机的, 地磁场脉动变化是有规律的。因此可对日变观测先作 5 点或 7 点滑动平均, 压低噪声水平之后, 再对测网观测进行日变改正, 即可提高日变改正精度。尤其当要求日变改正精度优于 0.5 nT 时, 必须这样作。

B2.4 地磁场短周期变化受地磁感应场的影响特别明显 (各种电流系统形成的地球空间磁场中, 约包含百分之三十的感应场)。而且周期愈短, 所受影响愈大。因此必须充分重视地电结构不同对地磁短周期变化的巨大影响。这关系到日变站的控制范围。根据对地电结构相同与不同地区所作一系列日变对比试验结果可知, 当磁测均方误差为 2 ~ 5 nT 时, 日变站的控制范围不应超过 50 km, 当要求磁测精度优于 2 nT 时, 在地电结构基本相同的情况下, 日变站的控制范围不应超过 30 km。当地电结构显著不同时, 要增设日变站, 其控制范围要经试验确定。

B3 基、站联测工作

用质子磁力仪在总基点与日变站测出的地磁场绝对值 T 是时间的函数, 如下式:

$$T = T_0 + \epsilon(t) \quad (\text{B4})$$

式中: T_0 为该处地球基本磁场值, 不随时间变化。

$\delta(t)$ 为该处地球变化磁场, 是时间的函数。

$$\delta(t) = L(t) + S(t) + D(t) \quad (\text{B5})$$

式中: $L(t)$ —— 长期变化磁场;

$S(t)$ —— 地磁场的静日变化;

$D(t)$ —— 地磁场的扰动变化。

分别在总基点与分基点 (日变站) 设观测站进行同步日变观测, 并将两处相同时间的磁场观测值相减得出其差值如下式:

$$\Delta T = \Delta T_0 + \Delta L(t) + \Delta S(t) + \Delta D(t) \quad (\text{B6})$$

因基、站相距不超过 50 公里, 而且是同步观测。所以 $\Delta L(t) = 0$, $\Delta S(t) = 0$, 则 (B6)

式化为:

$$\Delta T = \Delta T_0 + \Delta D(t) \quad (\text{B } 7)$$

此时 $\Delta D(t)$ 与两处电结构有关, 若两处地电结构相同, 则 $\Delta D(t)$ 也等于零, 即不受扰动场影响。此时 (B 7) 式即简化成 $\Delta T = \Delta T_0$ 即可在方便时刻, 在两处进行半小时左右的同步日变观测, 而后算出两处地磁场差值的统计平均值:

$$\overline{\Delta T} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} \Delta T_i \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (\text{B } 8)$$

式中: n 为参与统计的地磁场差值总数, $n > 100$ 。

若两处地电结构不同, 则 $\Delta D(t) \neq 0$, 但是 $\Delta D(t)$ 显然与扰动场振幅强弱密切相关, 当扰动场振幅为零时, $\Delta D(t) = 0$, 此时 $\Delta T = \Delta T_0$ 仍成立。因此, 若在地电结构不同的两处设站, 作较长时间的日变同步观测, 可选择扰动场振幅很小的时间段的地磁场差值, (即 $\Delta D(t)$ 小于仪器噪声均方根值), 即可按 (B 8) 式求出地磁磁场差值的统计平均值。由于地磁场扰动变化是间歇性的, 进行较长时间的同步日变观测后, 选择 $\Delta D(t)$ 振幅很小的时间段统计计算地磁场差值总是可能的。当然, 若我们能在日变站连续几天作昼夜日变观测。事先了解地磁扰动场变化规律, 而后选择变化振幅最小的时间段进行基点联测工作, 则可收事半功倍之效。此时, 在总基点上选择不少于 5 处地磁场变化平稳区段取平均值, 即可作为总基点的绝对磁场值。

此外, 为了提高联测精度, 还要注意三点:

B3.1 进行联测的磁力仪要事先作严格地一致性校验, 当仪器的系统误差超过 1 nT 时, 即需进行系统差改正。

B3.2 参与统计的地磁场差值总数 n 要大于 100, 以提高统计值的可靠性。

B3.3 鉴于基、站联测的这种特点, 为避免误差积累, 总基点与各日变站之间以直接联测为宜。

附录 C

用质子磁力仪或梯度仪测定岩(矿)石标本的方法
(补充件)

用 IGS-2/MP-4 型微机质子磁力仪梯度测量装置测定法。

C1 仪器及辅助设备

仪器——采用 IGS-2/MP-4 或 OMNI-IV 型微机质子磁力仪, 传感器采用双探头的梯度测量, 这样靠近标本的探头负责测量标本的磁场, 而远离标本的探头在测量当时正常场的日变值。Th 梯度读数相当于标本所产生的磁场的纯变化量。

标本架——用 CS 2~61 磁秤脚架作支撑, 其上置两块活动的(带无磁合页)平板, 一块水平放置并固定在架上, 另一块倾斜可调, 使交角与当地磁倾角相等, 并使倾向朝北, 置于下探头附近。倾斜板上装有角铝, 以防标本盒下滑。

标本盒——一边长为 10 cm 的正方形木盒, 按左螺旋系统规定 X 轴向东, Y 轴向北, Z 轴向下, 在三个轴的正向盒面上分别标以 2、4、6; 在三个轴的负向盒面上分别标以 1、3、5, 当将这标本盒置于上述标本架倾斜面上, Z 轴与地磁场 T 的方向一致。量杯——大量程为 500~1000 cm³ 的玻璃量筒和直径 15~20 cm、高约 40 cm, 且在距上端约 5 cm 处有一倾小漏水嘴的铁桶; 或感量不低于 5 g, 最大称量 2 kg 的体积秤。

钢卷尺、三角尺、面盆及碎布等。

C2 测定步骤

C2.1 架设好仪器及探头: 选择一处磁场较平稳且无人文干扰磁场的地点。最好是正常场区, 此时梯度 T_n 读数应在 0 左右(或有很小的底数); IGS-2/MP-4 探头筒的轴向指向南—北; 另外探头筒的一端标有表示线圈方向的标记, 即线圈的轴向方向与“赤道地区向上”(UP Equatorial Regions)箭头指向一致, 为了获得最佳“讯噪比”, 也即使旋进讯号幅度最大, 需要根据当地磁倾角来确定线圈轴向的转角, 原则是使线圈轴向与地磁场 T 方向垂直。梯度方式时, 下探头应取同一方向。

用仪器的线号键(Line)置入标本编号。用仪器的点号键(Station)按向上盒面的号码(如 16)和绕 Z 轴(即 T 方向)每旋转 90° 读取一个数编入 601、602、603、604……其余各方面向上时一样, 百位上的数字代表轴向(正或负), 个位上的数字代表同一轴向的读数次序数。

C2.2 安置标本架——由于 MP-4 探头下方是支撑杆, 不宜使用高斯第一位置测定, 往往我们采用第二位置测定, 使标本架上倾斜板面垂直于地磁场 T_0 的磁力线, 并使标本盒位于探头筒的正东(西)面, 盒中心与探头中心等高。根据标本磁性强弱, 调节标本盒中心与探头中心的距离(不小于 15 cm), 为保证数据的可靠性, 希望标本产生的磁场能引起 > 1 nT 的变化。

C2.3 标本装盒——将待测标本放进标本盒内, 用碎布塞紧, 并注意使标本中心与盒中心一致。对于定向标本, 应使其东、北、下方向分别与标本盒 X、Y、Z 轴正方向一致。

C2.4 观测——放标本前检查读数 n_0 (仪器置点号为 X_{00} 其中百位上 X 表向上盒面号码), 将标本盒放在标本架上, 选择距离 r 使仪器读数变化较大 (> 1 nT/m), 记录距离 r ; 按向上盒面的号码依次读数 n_1 、 n_2 、…… n_6 ; 拿去标本后再次检查底数 n_0 。

为减少标本形状不规则, 磁性不均匀和标本位置误差的影响, 可在每个轴的正、负方向都分别读取四个数(标本盒沿 \vec{T} 方向每旋转 90° 读一个数), 取平均值进行计算。

$$\text{Th } 601 + \text{Th } 602 + \text{Th } 603 + \text{Th } 604$$

如 $n_6 =$

4

C2.5 测定标本体积——取出标本，用细绳将标本捆好放在水中浸湿，然后轻缓放入装满水的铁筒中，同时用量筒收集被排出的水，待铁筒中水面平静后，放正量筒并读取量筒中的水量 V ，此数即为标本体积（ cm^3 ），也可用体积秤称取标本体积。

C3 测定要求

距离 r 量准到0.2 cm，体积 V 量准到5 cm^3 。

仪器探头附近的磁性干扰物如强磁性标本，铁筒等不得移动；测定过程中，标本架、探头支撑杆不得移动。

用第二位置测定时，各读数应满足：

$$\frac{n_1 + n_2}{2}, \quad \frac{n_3 + n_4}{2}, \quad \frac{n_5 + n_6}{2} \geq n_0$$

C4 计算磁性参数（含公式推导）

$$\text{因为 } \left| \frac{n_5 + n_6}{2} \right| = T_{iz} = \frac{M_{iz}}{R^3} = \frac{J_{iz} \cdot V}{R^3}$$

$$\text{而 } J_i = K' z \cdot T_0$$

$$\text{则 } K' z = \frac{5 (n_5 + n_6) \cdot R^3}{T_0 \cdot V} \times 10^{-6} \times 4 \pi \cdot S I$$

$$\text{又因为 } \left| \frac{n_5 - n_6}{2} \right| = T_{rz} = \frac{M_{rz}}{R^3} = \frac{J_{rz} \cdot V}{R^3}$$

$$\text{则: } J_{rz} = \frac{5 (n_5 - n_6) \cdot R_3}{V} \times 10^{-6} A/M$$

同理可求 $K' x$ ， $K' y$ 和 J_{rx} ， J_{ry}

$$\text{由 } K' = \frac{K' x + K' y + K' z}{3}$$

$$J_r = \sqrt{J_{rx}^2 + J_{ry}^2 + J_{rz}^2}$$

即可分别求得标本的视磁化率及剩余磁化强度的大小。

上述公式中取绝对值的意思是： $\left| \frac{n_5 + n_6}{2} \right|$ 为标本“感磁”所引起的纯变化量， $\left| \frac{n_5 - n_6}{2} \right|$ 则是标本“剩磁”所引起的纯变化量。

另外对于定向标本的测定及计算剩余磁化强度方位角 ϕ 及倾角 θ 请参考《地面磁测工作规范》。

附录 D
用于高精度磁测的各类磁力仪的主要性能参考表
(参考件)

仪 器 类 型	测量参数	测程, nT	显示器分辨率, nT	调 谐
CZM-2	T	32 000~70 000	1	手动24档
IGS-2/MP-4	$T \cdot TH$	20 000~10 000	0.1	自动256档
HC-87	T	30 000~70 000	0.02	

仪 器 类 型	绝对精度	可达精度	记 录	梯度容忍度
CZM-2	$\pm 2.5 \text{ nT}$	$\pm 5 \text{ nT}$	手抄	$< 200 \text{ nT/m}$
IGS-2/MP-4	$1 \sim 2 \text{ nT}$	$\pm 2 \text{ nT}$	自动	5000 nT/m
HC-87	$> 2 \text{ nT}$		自动	

附录 E

CSC-3型悬丝式垂直磁力仪的主要性能及有关要求
(参考件)

E1 仪器的主要技术性能

E1.1 测程： $\pm 20\,000\text{ nT}$ 。

E1.2 稳定性： < 1 条线宽（在N南方位重复开关10次）。

格值 $0.99\sim 1.01\text{ nT/格}$ 以内。本仪器的格值为“悬丝的扭转常数/磁棒的磁矩”则比较固定和稳定，由于格值近于1，则可直读nT值，取消了室内格值的运算。

E1.3 最大方位误差： $< 5\text{ nT}$ 。

E1.4 温度系数： $< \pm 0.5\text{ nT/}^\circ\text{C}$ 。

E1.5 最小读数： $< 0.5\text{ nT}$ 。

E1.6 读数器最大机械误差： $< 2\text{ nT}$ 。

E1.7 仪器重复测量精度： $< \pm 2.5\text{ nT}$ （平缓磁场区25~30个点重复观测所得均方差）；测区工作精度： $< \pm 5\text{ nT}$ 。

仪器精度较高，且测程大，可作高、中、低各种精度的磁测工作。

E1.8 脚架为两个螺丝调水平的全金属（铝材）脚架。式样美观、轻便、耐用。

E1.9 重量： 1.65 kg 。

E2 操作步骤

CSC-3型悬丝式垂直磁力仪是零点读数式磁力仪，在使用过程中要作到“三平”、“一重合”，即磁棒水平（在零点上）、悬丝水平、仪器水平（两水泡居中）和光系中活动线与固定线（零点位置）重合才能工作。为此，操作步骤如下：

E2.1 摆好三脚架，调平园水泡；

E2.2 放入仪器，转到预选方位（最好在N南 $\pm 15^\circ$ 内），调平仪器水泡；

E2.3 打开仪器开关，用粗、细调旋钮把光系中的活动标线从左向右对到固定线上即零点上；

E2.4 关上开关，取下仪器，记下读数器的读数移至下点工作（读数器的第一数轮刻有100格，每格表示 1 nT ；第二数轮每字表示 100 nT ；第三数轮每字表示 1000 nT ；第四数轮每字表示 $10\,000\text{ nT}$ ）。

E2.5 注意：为了防止读数器的机械误差，转动粗、细旋钮对零点时要始终使光系中活动标线从左向右对零点，否则将有空程产生误差。

E3 注意事项

E3.1 注意防震、防潮；

E3.2 使用时水泡不要暴晒，以免水泡偏差；

E3.3 磁系悬丝的接触部位要防止油污，以免影响稳定性；

E3.4 蜗杆、蜗轮、齿轮等活动部位注意防尘；

E3.5 粗、细调旋钮要严防碰撞和搬运，使用时注意不要上下前后搬动，否则影响读数器精度；

E3.6 严防提、拉、搬镜筒，以免松动；

E3.7 非检修人员不得随意打开仪器；

E3.8 仪器不工作时注意关好开关；

E3.9 脚架两个水平螺丝严防磕碰，脚架腿也要注意保养，以免螺纹损坏或腿杆抽不出来。

附加说明:

本标准由地质矿产部物化探局提出并组织编写。

本标准由湖南省地矿局负责起草,主要起草人秦葆瑚、龙昭陵。

本标准由地质矿产部物化探局负责解释。