

**DZ**

# 中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T 0144—94

---

## 地面磁勘查技术规程

1995-01-27 发布

1995-12-01 实施

中华人民共和国地质矿产部 发布

# 目 次

1 主题内容与适用范围 .....	( 1 )
2 引用标准 .....	( 1 )
3 总则 .....	( 1 )
4 工作设计 .....	( 1 )
5 仪器设备 .....	( 6 )
6 野外工作 .....	( 7 )
7 资料整理和图件编制 .....	( 11 )
附录 A 水平磁测的若干方法技术(补充件) .....	( 15 )
附录 B 常用磁力仪主要性能及有关要求(参考件) .....	( 18 )
附录 C 岩(矿)石标本磁性参数的测定与统计(参考件) .....	( 20 )
附录 D 几种主要记录本的格式(参考件) .....	( 23 )

## 地面磁勘查技术规程

### 1 主题内容与适用范围

- 1.1 本标准规定了总观测精度低于 5nT 的地面磁勘查工作的基本要求和技術規則。
- 1.2 本标准适用于基础地质和能源、金属、非金属矿产地质勘查以及解决水文、工程、环境、灾害等有关地质问题的地面磁勘查工作。

### 2 引用标准

- GB/T 14499 地球物理勘查技术符号  
DZ/T 0069 地球物理勘查图图式、图例及用色标准  
DZ/T 0071 地面高精度磁测工作规程

### 3 总则

- 3.1 地面磁勘查是在地面观测地下介质磁性差异引起的磁场变化的一种地球物理勘查方法。含有磁性矿物的各种岩(矿)石和其他磁性物体,由于具有不同的剩余磁性和感应磁性,能形成相应的磁场异常,叠加在正常地磁场上。通过仪器测量,研究地面磁异常的特征,达到找矿和解决其他地质问题的目的。
- 3.2 应根据任务要求、探测对象的磁化特征和形状、产状,结合仪器设备能力,合理选择磁勘查测量(简称磁测)参量。磁测参量包括:垂直磁异常  $Z_a$ 、水平磁异常  $H_a$ 、标量磁总量异常  $\Delta T$  及总磁场垂向梯度异常  $T_h$  和水平梯度异常  $T_H$  或  $T_{Hx}$ 、 $T_{Hy}$ 。
- 3.3 根据任务要求,结合具体情况,根据当地的地质——地球物理特征,探测具备磁测前提的对象,选择合理的工作方法和技术。
- 3.4 地面磁勘查的应用范围
  - 3.4.1 配合基础地质调查,进行地质填图。
  - 3.4.2 根据矿石中有用矿物具有磁性或有磁性矿物与之共生的特点,进行直接找矿。根据矿床在成因或空间上与某些磁性地质体或构造有关的特点,进行间接找矿。
  - 3.4.3 配合矿区勘探,研究矿体的埋深、产状和连续性,研究矿体的形状、大小,估计矿床规模。
  - 3.4.4 配合油气矿藏普查、水文地质、工程地质、环境及灾害地质工作,解决有关地质问题。
  - 3.4.5 探查地下磁性埋设物,考古等方面的应用。

### 4 工作设计

- 4.1 根据任务书的要求编制设计书。设计书的编制要在全面收集和分析测区(必要时包括邻区)的地质、地球物理、地球化学、测绘等资料的基础上进行。其内容应包括:
  - a. 任务目的及要求;
  - b. 地质、地球物理特点;
  - c. 工作方法与技术;
  - d. 技术经济指标及生产管理;

e. 拟提交的成果资料;

f. 设计附图。

## 4.2 测区、测网和比例尺

4.2.1 测区范围应根据具体任务要求和工区的地质、矿产及以往物化探工作等情况合理确定。其基本要求是:

a. 用于区域性和大面积普查工作测区范围要考虑探测对象及围岩的规模,地质、地球物理特点以及所研究的深度,兼顾施工方便、资料完整、布点经济。

b. 根据已有地质成果或较小比例尺的物化探异常布置小面积普查、异常详查或配合矿区勘探,应使探测对象或原异常位于测区中央,并保证磁测结果轮廓完整,周围有一定面积的正常场背景。在需要进行数据处理时,测区应尽量规则。

c. 测区范围应尽可能包括邻近地质情况比较清楚或已作过较多工作的地段。与过去工作过的磁测工区相衔接时,必须有一定数量的重测测线。

### 4.2.2 工作比例尺和测网

4.2.2.1 基础地质调查的工作比例尺,应等于相应地质工作比例尺或较之大一级,其线距大体为该工作比例尺图上一厘米所代表的长度,点距可根据需要选定,一般为线距的  $1/10 \sim 1/2$ 。

4.2.2.2 普查性磁测工作的线距应不大于最小探测对象的长度,点距应保证至少有三个测点能反映有意义的最小异常。

4.2.2.3 详查性和配合矿区勘探的磁测工作,点线距应以普查性磁测资料或地质资料为依据,应至少有 5 条测线通过主要异常或所要研究的地质体。点距应满足反映主要异常特征的细节及解释推断的需要。

4.2.2.4 测线应尽可能垂直于探测对象或所研究异常的走向。当走向不很稳定或各探测对象的走向不同时,测线应垂直于总的走向或主要探测对象的走向,必要时可在同一测区内布置不同方向的测线。

4.2.2.5 常用比例尺的线、点距,可参照表 1 选择。表中线距允许变动范围为 20%。

4.2.2.6 当采用“非规则网”进行工作时,其测点密度(每平方公里的测点数)可参照表 1 中相应比例尺的“正方形测网”规定的密度,且测点分布要大致均匀。

表 1

工作比例尺	长方形测网		正方形测网
	线 距 m	点 距 m	线距、点距相同 m
1:50 000	500	50~200	500
1:25 000	250	25~100	250
1:10 000	100	10~40	100
1:5 000	50	5~20	50
1:2 000	20	4~10	20
1:1 000	10	2~5	10
1:500	5	1~2	5

## 4.3 磁测精度

4.3.1 磁测工作的精度,应根据任务要求、工区地质情况、由探测对象可能引起的磁异常强度及干扰磁场的水平等因素,合理确定。

4.3.1.1 基础地质调查和大面积普查的精度,要充分考虑既要满足完成既定的地质任务的需要,又要能满足综合利用磁测资料的需要,一般应选得较高。

4.3.1.2 一般普查性磁测工作精度,应根据由探测对象引起的可以从干扰背景中辨认的、有意义的最弱异常的  $1/5 \sim 1/3$  确定。

4.3.1.3 异常详查和配合勘探的磁测工作精度,应根据异常特征和所需反映异常细节确定,一般应使总均方误差值不大于等值线间隔的  $1/5 \sim 1/3$ ,并要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。

4.3.2 磁测工作的精度,一般应以均方误差为主要衡量标准。均方误差计算公式为:

当各点的观测次数都是两次时,

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

当各点的观测次数多于两次时,

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

式中:  $\delta_i$ ——第  $i$  点的原始观测值与检查观测值之差;

$V_i$ ——第  $i$  点上某次观测值与该点各次观测值的平均值之差;

$n$ ——参与误差计算的点数;

$m$ ——总观测次数,等于参与误差计算的各点上全部观测次数之和。

4.3.3 对于异常磁场,可用平均相对误差(此处采用“或是误差”的相对误差)来衡量,其计算公式为:

$$\eta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \eta_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

当观测次数为两次时

$$\eta_i = \frac{|a_1 - a_2|}{|a_1 + a_2|} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

当观测次数多于两次时

$$\eta_i = \frac{\sum_{j=1}^m V_j}{\sum_{j=1}^m a_j} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $\eta_i$ ——第  $i$  点的相对误差;

$n$ ——参与误差计算的点数;

$V_j$ ——被观测量的第  $j$  次观测值(包括参与计算平均值的所有数)与其各次观测的平均值之差的

绝对值；

$a_j$ ——被观测量的第  $j$  次观测值；

$m$ ——总观测次数。

#### 4.3.4 误差分配

磁测总误差是测点测量误差、基点相对总基点联测误差的总和。可参照表 2 进行误差分配,选择单项(温度、日变、零点)校正或混合校正。设计时,可根据实际条件,在保证总精度的前提下,提高某些项的误差和降低另一些项的误差。

表 2

总观测均 方误差 $\epsilon$	只设分基点网时		同时设主基点、分基点网时			平均相 对误差 (%)	校正方式
	分基点 nT	测 点 nT	主基点 nT	分基点 nT	测 点 nT		
$5 <  \epsilon  \leq 10$	2.9~5.8	4.1~8.2	2.5~5.0	2.5~5.0	3.5~7.1	5	单项校正
$10 <  \epsilon  \leq 20$	5.8~11.5	8.2~16.3	5.0~10.0	5.0~10.0	7.1~14.1	5	单项校正或混合校正
$ \epsilon  > 20$	11.5~	16.3~	10.0~	10.0~	14.1~	5	混合校正

#### 4.4 基点网

4.4.1 为减少各工区间磁场联系误差,提高磁测精度,应根据工作需要设计基点网。基点一般分总基点、主基点和分基点。

- 总基点——设于正常磁场上,作为整个工作地区磁场起算的基点。
- 主基点——设于平稳磁场上,联系于总基点,作为分区控制分基点磁场联系误差的基点。
- 分基点——设于较平稳磁场上,联系于总基点(不设主基点时)或主基点,供测点观测时利用的基点。

4.4.1.1 当工区范围较小,设少数基点即可满足需要时,可只设少数直接联系于总基点的分基点。

4.4.1.2 当工区范围较大,必须多次转移驻地,或为了在规定的闭合观测单元时间内能最方便到达基点,应设多个分基点,构成基点网。

4.4.1.3 当需分基点数量很多时,应设若干主基点分区控制分基点的磁场联系误差。

4.4.1.4 当纯粹为了便于检查仪器性能的变化情况,可增设校正基点。

4.4.2 使用质子(或光泵)磁力仪工作时,无需用基点网进行地磁场值传递。除总基点外,各日变站也担负着分基点的作用。

4.4.3 当基点等于或多于两个时,必须进行磁场联系,求得各基点间的磁场差值。基点网的磁场联系方式和是否平差,在设计书中应作出具体安排。

4.4.3.1 当基点数量较少,联系精度要求不高时,各分基点可直接联系于总基点,不作平差。

4.4.3.2 当分基点数量较多,联测精度要求较高时,应将分基点组成若干具有公共边的多边形闭合环,逐环联测,并进行平差。基点网的精度以其最弱点的误差 $\epsilon_r$ 衡量。

4.4.3.3 当设有主基点和分基点两级基点时,主基点网应单独联系和平差。分基点网的联测应按各主基点的控制范围分区进行,若联测精度要求较高,应按闭合环方式联测和平差,若联测精度要求不很高,可直接联系于主基点,不作平差。

#### 4.5 各项校正

4.5.1 与地磁场有关的各项校正,包括:基点磁场校正(简称基点校正)、地磁场正常梯度校正(简称梯度校正)、地磁场周日变化校正(简称日变校正)、混合校正。

- 基点校正:相对于总基点进行校正。

b. 梯度校正:当测区沿地磁场梯度方向的正常磁场变化值等于或大于设计的总均方误差值时,对全部测点均须进行校正,校正应相对于总基点进行。所用正常梯度的数值和方向,应取自最近年代的国际地磁参考场(IGRF)模型。

c. 日变校正:在工作地区设置日变站,按需要的精度确定采样间隔,实测出日变曲线进行单独校正。

d. 混合校正:当对日变校正精度的要求不很高,又是采用闭合时间较短的方式工作时,可与与仪器因素有关的某些校正混合进行(如用机械式磁力仪工作时,可与温度校正、零点校正混合进行)。

4.5.2 与仪器因素有关的各项校正,包括:辅磁或扭鼓校正、零点校正、温度校正。

a. 使用机械式磁力仪工作时,辅磁或扭鼓校正应单独进行。

b. 零点校正:应根据设计的磁测精度要求和野外工作条件、仪器性能条件确定野外观测的闭合时间。当要求校正精度较高时,闭合时间应短。

c. 温度校正:一般应单独进行,当对温度校正精度要求不高又采用闭合时间较短时,可与零点校正混合进行。

## 4.6 专门剖面

### 4.6.1 面积性工作应设计典型剖面。

典型剖面应布置在能概括反映区内不同地层、火成岩、构造和矿产的地方或有已知探测对象的地方。最好能与已有的地质剖面重合。剖面上应布置相应的地质和磁性参数工作。剖面长度应大于地质情况已知的地段的宽度。磁测精度应适当提高。

### 4.6.2 当需要对异常作定量解释推断时,应设计精测剖面。

精测剖面应布置在最能反映异常特征、最少干扰、最有利于进行定量计算的地方。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。剖面长度要使两端出现正常场。剖面点距和精度应根据定量计算的需要确定,一般应高于相应的面积性工作的精度。

4.6.3 典型剖面、精测剖面所选择的磁参量,除了采用与面积性工作相同的磁参量以外,还应根据仪器设备条件,选择那些对解释推断有独特作用的磁参量。

## 4.7 磁性参数工作

4.7.1 磁测工作一般应进行相应的磁性参数工作,需采集岩(矿)石标本,用仪器测定其磁化率和剩余磁化强度。

4.7.2 磁性参数标本采集应围绕异常解释推断的需要进行。对标本数量的最低要求:

a. 基础地质调查的磁测工作,主要类型岩(矿)石标本不少于 30 块。

b. 普查和详查性磁测工作,与异常有关的主要岩(矿)石标本每类不少于 30 块,其他岩石每类不少于 10 块。

c. 踏勘性磁测工作,主要类型岩(矿)石标本不少于 10 块。

4.7.3 当岩(矿)石的剩余磁化强度较大时,或有独立的负磁异常时,或要作定量计算时,应采集定向标本。

当覆土有磁性时,应采集覆土标本。

## 4.8 测地工作

测地的方法和技术要求应根据工作任务、工区地形和以往测地工作程度等具体条件确定。

### 4.8.1 定点方法

a. 当进行比例尺等于或小于 1:25 000 的工作时,宜利用较工作比例尺大一级的合格地形图定点,或采用航片定点等新技术。

b. 当进行比例尺等于或大于 1:10 000 的工作时,宜采用仪器敷设基线,并在此基础上逐点或隔点测定测点(全仪器法),或敷设控制点网(半仪器法)。亦可采用定点精度能得到保证的其他新方法。

### 4.8.2 定点精度

a. 当采用地形图(或航片)定时,所定点位相对于附近地物轮廓的最大平面点位误差,在按工作比例尺所作的图上须不大于 2.0 mm。

b. 当采用全仪器法和半仪器法定点时,相对于三角点的最大平面点位误差,在按工作比例尺所作的图上须不大于 2.5 mm(在通视条件极差的地区,在不影响完成任务的前提下,可适当放宽)。

相邻点距离的相对误差值不大于 25%,以下式计算:

$$\frac{|\text{相邻点间的检查距离} - \text{该相邻点间的测定距离}|}{\text{该相邻点间的测定距离}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

c. 专门剖面,沿剖面的最大平面点位误差和最大高程误差,在按工作比例尺所作的图上须不大于 2.0 mm(精测剖面为 1.2 mm)和 1.2 mm。

4.8.3 对测网基线的端点及转折点、磁测总基点及主基点、主要的磁异常及建议的异常查证工程位置,都应附近的三角点进行连测,求出坐标。在没有三角点可利用的情况下,须尽可能与附近的永久性独立建筑或其他地物标志连测,并标绘在地形图上。

上述各点应视实际条件埋设有利于长期保存的固定标志。

## 5 仪器设备

### 5.1 基本要求

5.1.1 应根据设计书规定的磁测参量、工作精度选择仪器。用于同一工区、同一性质工作的仪器,其精度和其他各项性能须满足设计书所规定的要求,仪器类型尽可能相同。

5.1.2 根据工作需要所配备的适用于生产观测、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,其零部件、附件须齐全完好,档案完整。生产用仪器应有一定的备用量。各类仪器的易损件应有一定量的备品。

5.1.3 对机械式磁力仪的具体的要求见附录 B。

5.1.4 对质子磁力仪(包括光泵磁力仪)的有关要求参见 DZ/T 0071。

### 5.2 标定与校验

5.2.1 正式生产前应对所有用于生产(包括备用)的仪器进行常数标定和性能校验。生产过程中或在用仪器经过调节、检修后,亦应进行相应的标定和校验。

5.2.2 机械式磁力仪各项常数的标定准确度和标定期限可按表 3 执行。

表 3

总观测均方误差( $\epsilon$ )		$5\text{nT} <  \epsilon  \leq 10\text{nT}$	$10\text{nT} <  \epsilon  \leq 20\text{nT}$	$ \epsilon  > 20\text{nT}$
格值	测定相对误差	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.0\%$
	测定期限	7 天	15 天	30 天
温度系数	测定相对误差	$< 30\%$	$< 30\%$	$< 30\%$
	测定期限	3 个月	6 个月	6 个月
辅磁常数	测定相对误差	$\leq 1.5\%$	$\leq 2.0\%$	$\leq 2.0\%$
	测定期限	7 天	15 天	30 天
扭数常数	测定相对误差	$\leq 1.5\%$	$\leq 2.0\%$	$\leq 2.0\%$
	测定期限	15 天	30 天	30 天

注:小格值机械式磁力仪(如 CSC-3 等)的常数测定相对误差可适当放宽。

5.2.2.1 生产期间,前后两次测定的常数变化相对其平均值不超过 1%时,可用原常数,超过时用新常



数。

5.2.2.2 生产期间,前后两次测定的常数变化相对其平均值超过 3% 时,两次测定期间观测的磁场值不应利用;超过 2% 时,查明原因后,可用两次测定值的平均值重新计算两次测定期间观测的磁场值。

5.2.3 仪器性能校验应在现场进行。校验观测点不少于 20 个,其中有些点要处于梯度较大的异常场上。校验观测结果应绘制成一致性对比曲线。

5.2.3.1 以每台仪器单次观测的均方误差  $\epsilon_j$  衡量自身的重现性;以多台仪器的观测总均方误差  $\epsilon_z$  衡量各台仪器之间的一致性;以  $\epsilon_j^p$  衡量第  $j$  台仪器相对各台仪器平均值的偏离程度,计算公式分别为:

$$\epsilon_j = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^p (V_{ijk} - \bar{V}_{ij})^2}{n(p-1)}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\epsilon_z = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p (V_{ijk} - \bar{V}_i)^2}{n(mp-1)}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\epsilon_j^p = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{V}_{ij} - \bar{V}_i)^2}{n}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:  $n$ ——校验观测点数,  $i=1, 2, 3, \dots, n$ ;

$m$ ——参加校验的仪器台数,  $j=1, 2, 3, \dots, m$ ;

$p$ ——单台仪器在校验点上的观测次数,  $p \geq 2, k=1, 2, 3, \dots, p$ ;

$V_{ijk}$ ——第  $i$  点上第  $j$  台仪器的第  $k$  次观测值;

$\bar{V}_{ij}$ ——第  $i$  点上第  $j$  台仪器的各次观测值的平均值,  $\bar{V}_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p V_{ijk}$ ;

$\bar{V}_i$ ——第  $i$  点上所有观测值的平均值,  $\bar{V}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \bar{V}_{ij} = \frac{1}{mp} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p V_{ijk}$ 。

5.2.3.2 校验总观测均方误差  $\epsilon_z$  不得大于设计书规定的测点均方误差;校验单台观测均方误差  $\epsilon_j$  大于设计书规定的测点均方误差的  $\frac{1}{2}$  和  $\epsilon_j^p$  大于设计书规定的测点均方误差的  $\frac{3}{4}$  的仪器不得投入使用。

5.2.4 质子(包括光泵)磁力仪的仪器噪声水平测量、探头一致性测量、主机一致性测量以及性能校验等,参照 DZ/T 0071-93《地面高精度磁测工作规程》的有关规定执行。

## 5.3 使用与维修

5.3.1 仪器和配套装备应建立使用簿,记录性能变化、调节检修、使用及交接等情况,作为档案随仪器保存。

5.3.2 保管、运送、使用仪器和配套装备时,要注意防尘、防震、防潮、防水、防曝晒。

5.3.3 仪器设备所属的零部件、配件、备件、附件和工具要随仪器装备一起妥善保管,不得随意弃置或作他用。

5.3.4 仪器操作要按说明书或操作规程要求执行。未经主管单位和操作者本人同意,他人不得随意动用。

5.3.5 仪器设备应定期保养、检查。发生故障时要及时检修,不得凑合使用。

5.3.6 仪器设备的调节检修须由熟悉仪器性能、调节检修方法和检修安全知识的人员进行。

## 6 野外工作

6.1 定点工作:分地形图定点、航空摄影象片定点(简称航片定点)、控制网定点和全仪器法定点等。野

外工作时,应根据设计书的有关规定和野外地形地物等具体情况进行工作,其原则是:既能满足有关的技术要求,又便于施工、提高工效。

6.1.1 用地形图定点时,应先将设计的测网绘在地形图上,并标明测线、测点号码。点、线距的变动范围不得超过设计距离的20%。测线在局部地段的方向变动不得超过 $20^\circ$ ,且不得与相邻测线相交。磁测时,按图上布设的测网在实地定点,并将实际点位标在地形图上。

6.1.2 用航片定点时,应先将设计的测网按有关的技术规程用专用仪器设备反转刺点到航片上,并标明测线、测点号码。磁测时,按航片上布设的测网在实地定点,在判读中要充分利用地貌形态变化、树木相关位置、岩石出露变化,特别要注意不同地貌色调的差别,线状地物形态变化。

6.1.3 控制网法定点时,磁测须在控制网闭合差满足要求后进行。相邻控制点间的测点位置,要用罗盘或仪器定出一段测线的方向后,用计步量距或测绳量距测定。发现下一个控制点后,仍须按原进行方向和量距办法定点,不得拐弯,不得凑点,最后求出所定测点与该控制点间的闭合差。要求方向闭合差不大于线距的 $\frac{1}{5}$ ,距离闭合差不大于点距的 $\frac{1}{2}$ 。

6.1.4 用全仪器法定点时,磁测需在测网数设质量符合要求后进行。磁测时为避开干扰不能在正点观测时,需将偏离方向和距离注明。

## 6.2 基点选择和联测

### 6.2.1 对各类基点的要求

6.2.1.1 总基点,其位置应实地选定,要求:

- 位于正常场内。
- 磁场水平梯度和垂直梯度较小,在半径2米及高差0.5米范围内,其磁场变化须不超过 $1\text{ nT/m}$ 。
- 附近没有磁性干扰物,远离建筑物和工业设施(铁路、厂房等)。
- 所在地点能长期不被占用,有利于标志的长期保存。

### 6.2.1.2 主基点

- 位于平稳场内。
- 靠近驻地,使用方便(当不供检查仪器使用时,不必满足此项要求)。
- 参照对总基点要求的b,c,d条执行。

### 6.2.1.3 分基点和临时基点(校正点)

- 位于磁场相对平稳处(不在异常上或磁场变化杂乱处)。
- 附近没有磁性干扰物。
- 必要时应设立标志,使每次对基点时的点位和高度尽可能一致。

### 6.2.2 基点磁场联测

为确保磁场联系的精度,基点磁场联测应按下列要求进行:

- 使用性能稳定、精度较高的仪器。对仪器作完善的调节和精确标定。
- 选择日变和温度变化较小的时间进行,缩短闭合时间,严格操作。
- 增加观测次数,一般使用多台仪器观测。
- 采用闭合观测方法,对观测结果进行平差,一般采用条件平差法。(可参考《区域重力调查规范》的附录H)

### 6.2.3 基点联测应符合下列要求:

- 两基点间经过各项改正后的单次磁场强度增量与平均磁场强度增量之差,不大于基点网设计的均方误差 $\epsilon_{\text{基}}$ 数值的两倍( $\leq 2\epsilon_{\text{基}}$ )。
- 当基点网闭合时,各环的闭合差 $\leq \epsilon_{\text{基}} \sqrt{n}$  ( $n$ 为该闭合环的边数)。
- 基点磁场联测按下式计算其均方误差 $\epsilon_{\text{基}}$ :

$$\epsilon_{\Sigma} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m V_i^2}{S}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:  $S$ ——闭合圈数;

$V_i$ ——各边上的改正值;

$m$ ——总边数。

d. 基点网的精度以其最弱点的误差  $\epsilon_r$  衡量:

$$\epsilon_r = \epsilon_{\Sigma} \cdot \sqrt{\frac{1}{P_r}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:  $P_r$  为最弱点平差值的权(通过条件平差法中平差值函数的权倒数计算求得)。

### 6.3 基、测点观测

6.3.1 每个闭合观测单元内的观测,必须始于基点(或校正点)终于基点(或校正点)。长剖面工作,如一天内不能结束工作并回到基点进行观测,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开始,并于剖面观测结束后回到基点(校正点)观测。

6.3.2 观测时,工作人员身上不允许携带铁质物品如手表、小刀、皮带扣、钥匙等。必须携带的磁性物体和其他有磁性设备应离开测点一定距离,这个距离可通过试验确定,以不影响观测结果为原则。

6.3.3 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,应即回到事故前测过的 3~5 个点(点位要准确)上作重复观测,必要时应回到基点(或校正点)上作重复观测,确认仪器性能正常后,方可继续观测。

6.3.4 测点观测时当出现如下变化时应采取的相应措施。

- 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. 当测区边缘发现可能有意义的异常,或当有值得注意的地质现象时,须追踪观测。
- c. 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(矿)石磁性或采集标本。
- d. 遇有磁性干扰物(如铁路、厂房、井场、矿石堆)时,须合理移点,避开干扰。

### 6.4 日变观测

6.4.1 日变站位置的要求按 6.2.1.2 条执行。

6.4.2 在每一个测区开工前,应作少量的昼夜连续观测,以了解仪器性能和短周期日变特征。

6.4.3 对日变观测仪器及观测方法的要求:

- a. 所用仪器灵敏度高、性能稳定。
- b. 读数间隔时间,根据设计的磁测精度确定。用机械式磁力仪时,读数间隔一般为 10 min 左右;用微机质子(或光泵)磁力仪时,读数间隔一般为 1 min 左右。
- c. 在一个工作日内,日变观测应始于生产用各仪器的早基点(或校正点)观测之前,终于晚基点(或校正点)观测之后。

### 6.5 磁性参数标本的采集和测定

6.5.1 标本应具有代表性,形状规则,体积适中。

6.5.2 标本应在现场编号,并记录采集地点(岩心标本记录钻孔号和采集深度),必要时可将采集点标在图上。

6.5.3 采集定向标本时,应先在标本上标出真北方向和水平位置,真北方向要标准到  $10^\circ \sim 15^\circ$ 。岩心标本应定出上、下方。

6.5.4 标本需正确定名和作必要的岩性描述,必要时需作岩矿鉴定。

6.5.5 标本磁性参数的测定,应根据标本磁性强弱,调节标本盒中心与磁系(探头)中心距离,既要能使由标本引起的读数变化显著大于读数误差,又要注意尽量减少磁系对标本不均匀磁化对测定结果的影响。当视磁化率大于 0.1SI 时,要作退磁改正。磁性参数测定方法参考附录 C。

## 6.6 原始记录

6.6.1 磁测工作的原始记录,是磁测工作的第一性资料,应严肃认真对待,确保质量。原始记录包括:

- a. 仪器调节、校验及标定记录。
- b. 基点选择、磁场联测记录。
- c. 生产性观测记录。
- d. 日变观测记录。
- e. 磁性参数标本采集和测定记录。
- f. 地形图(航片)定点记录及测地记录。
- g. 各种质量检查记录。

以上几项内容,如是自动记录,应包括转录的磁带。

6.6.2 对记录工作的基本要求是:

a. 记录本应按测区、工作比例尺和记录性质分类使用,不得混记。依照统一格式编成标准化文件。记录本格式可参照附录 D。

b. 记录要真实、准确。不得追记,不得以转抄结果代替原始记录。

c. 记录要完整,各栏目均应填写齐全。记录本不得插页和撕页,记录内容不得涂改和擦改(因记错而需修改时,要用横线把错误记录划去,在旁边记下正确数据)。

d. 记录要用中等硬度的黑铅笔书写,字迹清晰,字体工整,不得使用自造的怪字和别字作记录。记录所用各种符号和代号要统一、明了,避免混乱。

e. 点线号用分式表示——“分母”表示线号,“分子”表示点号。时间按二十四小时制记录,记准到分钟。

f. 同一页内大数(如测线的“线”号,时间的“时”数等)相同而且连续的各点,可只在首、末点记录大数。

## 6.7 质量检查与评价

6.7.1 野外观测的质量检查,应随工作进展有节奏、有重点地及时进行。检查工作要尽可能按“一同三不同”(同点位,不同日期,不同仪器,不同人)方式进行,以容易产生质量问题的薄弱环节和质量可疑地段为重点。检查点分布要大致均匀。

6.7.2 磁测的质量检查率(指检查工作量占原始工作量的百分比),面积性工作应达 3% 以上,绝对数不少于 30 个点。剖面性工作应不小于 10%。

6.7.2.1 当检查结果误差超过设计规定,或在某些地段存在明显的系统误差时,应适当增加检查量,以提高检查结果的可信度。

6.7.2.2 当检查量增加至 20% 时,观测质量仍不合要求,则相应受检范围内的工作量应予报废。

### 6.7.3 磁测的质量评价

6.7.3.1 要分测区、分比例尺、分工作性质(面积性工作,剖面性工作)评价,以均方误差为评价全区观测质量的主要标准,以平均相对误差为评价异常磁场观测质量标准。

6.7.3.2 计算均方误差前,要先作误差分布曲线,若存在明显系统误差,应查明原因并对误差显著部分进行改正,以经过改正的成果绘制成果图件和计算均方误差。

6.7.3.3 计算均方误差时,可将误差过大的个别点舍弃,但舍弃数不得超过相应检查点数的 1%。

6.7.4 磁性参数标本测定的质量检查率应达 10%。检查时,仪器安置、标本体积测定和装盒等,均应重新进行。磁化率和剩余磁化强度测定平均相对误差小于 20%;剩余磁化强度向量的方向测定算术平均

误差小于  $15^\circ$ 。

## 7 资料整理和图件编制

### 7.1 一般要求

#### 7.1.1 资料整理的内容,主要是:

- a. 检查验收原始记录。
- b. 计算仪器标定和性能校验结果。
- c. 计算基点网联测结果,确定各基点的磁场值。
- d. 计算测点的原始观测和检查观测结果,确定各测点的磁场值。
- e. 使用具有自动记录功能的仪器进行观测,对磁测资料要用微型计算机作预处理,其内容包括:对原始数据作初步整理,核对其有无错误,按批量信息文件规定要求,编录成便于在计算机上进行处理的格式;对原始数据进行各项改正。把经过预处理的磁测资料转存到磁带(盘)上并用打印机把数据列表打出。
- f. 计算标本磁性参数测定的原始观测和检查观测结果,统计各类岩(矿)石磁性参数。
- g. 对测点观测和磁性参数测定的质量检查结果进行统计计算,确定观测精度。
- h. 编制磁测工作的原始曲线图和成果图。
- i. 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。

#### 7.1.2 对资料整理工作的基本要求

- a. 正确无误。所有数据计算(统计)均须 100% 复算或对算,并认真校核和改正所发现的差错。基点磁场值、仪器标定结果等重要常数及磁异常数据计算无差错,一般数据计算的错误率不大于 1%。计算用工具、表格和新的计算方法应检查合格。
- b. 计算所取的有效数字和每一计算步骤的算准值,要与仪器性能指标及工作精度相适应。
- c. 资料整理要及时完成,以满足指导野外工作和开展综合研究的需要。

#### 7.1.3 原始记录的检查验收,要以设计书和本规程的有关规定为标准。检查验收时,下列各种原始数据应予作废:

- a. 用不符合设计书和本规程要求,显然不能保证既定观测精度要求的仪器所测得的数据。
- b. 经检查测地工作质量不符合要求的相应磁测数据。
- c. 仪器标定不合要求的相应磁测数据;工作中仪器设备性能变化超出允许范围时相应观测单元的磁测数据;工作中仪器设备发生偶然事故而又未及时查明其性能变化时相应观测单元的磁测数据。
- d. 日变资料作废的当天的相应磁测数据。
- e. 观测或记录不符合设计书或本规程要求以致于无法订正与补数的数据。
- f. 质量检查工作量增加至 20% 时仍不能达到设计要求的观测结果。
- g. 标本不合格,测定方法不正确或测定结果不符合要求的磁性参数资料。

#### 7.1.4 观测点的磁场计算

##### 7.1.4.1 $\Delta T$ 的计算公式

$$\Delta T = T_c - T_0 + \Delta T_k^T + \Delta T_f^T \quad \cdots \cdots (12)$$

式中  $T_c$  是观测点读数,  $T_0$  是基站磁场值;  $\Delta T_k^T$  为日变校正量;  $\Delta T_f^T$  是按国际地磁参考场(IGRF)最新模型计算出来的正常梯度校正量,当观测点在总基点以北时为负,观测点在总基点以南时为正。

##### 7.1.4.2 $Z_a$ 的计算公式

$$Z_a = \epsilon_z(n_c - n_0) + \Delta Z_N^Z + \Delta Z_E^Z + \Delta Z_W^Z + \Delta Z_I^Z + \Delta Z_f^Z + \Delta Z^Z \quad \cdots \cdots (13)$$

式中 $\in_z$ 是垂直磁力仪的格值; $n_c$ 和 $n_0$ 是观测点和起始基点的读数;其余为各项校正,其中:

a. 扭鼓(辅磁)校正  $\Delta_N^Z$

$$\Delta_N^Z = N_z(\Phi_c - \Phi_0) \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中 $N_z$ 为扭鼓(辅磁)系数; $\Phi_c$ 和 $\Phi_0$ 是观测点和起始基点的扭鼓读数(辅磁极性与距离的乘积)。

b. 日变校正  $\Delta_R^Z$

$$\Delta_R^Z = -(Z_c - Z_0) \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中 $Z_c$ 是相应观测点观测时间的日变站磁场值; $Z_0$ 为相应起始基点观测时间的日变站磁场值。

c. 温度校正  $\Delta_W^Z$

$$\Delta_W^Z = -W_z(W_c - W_0) \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中 $W_z$ 为垂直磁力仪的温度系数; $W_c$ 和 $W_0$ 为观测点和起始基点观测时的磁力仪温度。

d. 梯度校正  $\Delta_I^Z$

$$\Delta_I^Z = -(Z_c - Z_I) \quad \dots\dots\dots (17)$$

$Z_c$ 和 $Z_I$ 是观测点和基点上的正常垂直磁场值,可根据国际地磁参考场(IGRF)最新模型计算出测区内的正常垂直磁场,以梯度校正限差值的2倍为间隔绘出等值线,按观测点位置内插得到。

e. 基点磁场校正  $\Delta_I^Z$  相对总基点进行。

f. 零点校正  $\Delta_L^Z$

$$\Delta_L^Z = -\frac{\Delta Z}{t_m - t_0}(t_c - t_0) \quad \dots\dots\dots (18)$$

$\Delta Z$ 是经过a~e诸项校正后始末基点间垂直磁场差值的偏差; $t_0$ 、 $t_c$ 、 $t_m$ 分别是起始基点、观测点、末基点上的观测时间。

#### 7.1.4.3 基点联测时两基点间垂直磁场差 $\Delta Z_I$ 的计算公式

$$\Delta Z_I = \in_z(n_I - n_0) + \Delta_N^Z + \Delta_R^Z + \Delta_W^Z + \Delta_L^Z \quad \dots\dots\dots (19)$$

$n_I$ 和 $n_0$ 是被联测基点和起初基点的读数,其余各项校正同7.1.4.2条。

#### 7.1.5 磁测工作结束后,应提交下列图件:

##### 7.1.5.1 说明工作情况和成果的主要图件

- 交通位置图。
- 实际材料图。
- 磁场剖面平面图。
- 磁场等值线平面图。
- 磁场剖面图。

f. 推断成果图(推断平面图及推断剖面图)。

### 7.1.5.2 原始曲线图及其他辅助图件

- 日变曲线图及其他表示仪器性能的原始曲线图。
- 表示观测质量的图件:基点网平差图、质量检查对比曲线图及观测误差分布图。
- 岩(矿)石磁性参数统计图件。
- 若进行了磁场梯度观测,则要提交磁场梯度成果图。

## 7.2 主要图件的编绘要求

### 7.2.1 交通位置图

比例尺要选择适当,图内至少要有一个县级以上城镇及重要水系和交通线。画出测区位置。

### 7.2.2 实际材料图

要以本项目工作的实际材料为主要内容,包括:

a. 各种比例尺工作的测区范围及基线、控制线或测线、专门剖面线位置、部分点线号、闭合方向和闭合差;控制连测点及连测关系;各种固定标志埋设点,测网质量检查线段。

b. 磁测基点位置、编号、磁场联测关系和磁场值;磁测质量检查线段;磁性参数标本采集点位与编号。

c. 地质及其他物探、化探工作的点位。

### 7.2.3 磁场剖面平面图。面积性工作一般须编绘此图。具体要求为:

a. 磁场参数比例尺要根据磁测精度和异常强度等因素确定。每毫米代表的磁场值须不小于磁测的总均方误差值,并能满足反映有意义的弱异常和低缓异常。当个别测点的磁场值过大(穿过三条测线)时,可将曲线尖端截去,但须注明其磁场值。

b. 当图幅内局部地段的磁场曲线因参数比例尺较大而重叠过多,异常又有特殊意义时,允许局部缩小参数比例尺或另绘成角图,但其范围须加框注明。

c. 图中须绘的其他内容有:

测线及编号(适当标注),重要控制点、方位物、水系、交通线及居民点,各种固定标志埋设点及编号。

磁测基点位置与编号,磁测专门剖面位置与编号,主要磁性参数标本采集点位与编号。

建议的异常查证工程的位置。

### 7.2.4 磁场等值线平面图。面积性工作一般须绘制此图。具体要求为:

a. 要在仔细分析地质和磁场特征的基础上,恰当选择等值线数值和等值线间隔。各等值线之间一般采用等差、等比间隔,但其最小差值须大于或等于3倍总均方误差。在正、负磁场值之间必须勾绘出零等值线。在某些异常或异常某些部分,视需要可增绘辅助等值线,这种线可以不自行封闭,但线条符号要与常规等值线有区别。

b. 等值线位置,原则上应根据相邻测点的磁场值内插确定,并需考虑测点位置误差和磁测误差。在不超过磁测均方误差(在异常场上为平均相对误差与等值线数值的乘积)的条件下,等值线位置可适当移动,以使曲线圆滑。对于个别突变点,勾绘时可不考虑。

c. 用电子计算机绘制等值线图时,要注意消除突变点对等值线的歪曲并校正边界效应,同时结合地质、构造及矿产等情况,对等值线作必要的修匀。

d. 图内须绘的其他内容同7.2.3C,但测线只须绘出测点。

### 7.2.5 磁场剖面图。面积性磁测中的专门剖面工作以及沿独立剖面或路线进行的磁测工作,均须编绘此图。具体要求为:

a. 磁场参数比例尺要根据磁测精度和异常强度,并考虑到能满足反映有意义的弱异常和低缓异常,合理确定。每毫米代表的磁场值须不小于磁测的总均方误差。同一剖面上各种磁场参数的参数比例尺应相同。当同一剖面上不同性质的曲线数量较多时,应将曲线按其性质适当分组,分别绘在剖面上方不同纵向部位。

b. 要标明剖面编号、测点号(适当标注)及剖面方位。要把剖面的偏东(方位  $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$ , 不含  $180^{\circ}$ )一端绘在右侧。当剖面为折线或要把不相接的剖面绘为一条剖面时, 须在位置坐标轴上标出转折点或破折点, 并在地形剖面的相应位置上标明各段的剖面方向。

c. 要在磁测剖面的下方相应绘制地形地质剖面 and 剖面上的各种探矿工程、磁性干扰物及地形地物标志。若在该剖面上采集磁性参数标本, 则应注明采集点及磁性参数资料。

7.2.6 推断成果图。须在深入进行资料综合研究和推断解释的基础上编绘。推断解释的过程和有关数据须经校核, 确认无误。具体要求为:

a. 推断平面图上应有磁场等值线, 推断剖面图上应有磁场曲线, 但内容均可视需要和可能适当简化。

b. 要尽可能以图示表达解释推断结果。对推断的前提、方法、结果和可能的变化范围等, 要列表或在图角上扼要说明。

c. 推断剖面图上要绘出磁性参数资料, 对磁场曲线和各种数据处理、磁场转换、正演磁场曲线以及剩余异常曲线等内容, 亦应视需要在图上绘出。

d. 要有选择地绘出其他物探、化探方法的资料和推断成果。

e. 要表示出建议的地质和物探、化探工作范围和建议的异常查证工程。对于实测与推断的内容、已完成的与建议的工作范围或工程等, 应加以区分。

### 7.3 成果提交

7.3.1 磁测任务完成后, 应按规定的日期内向任务下达单位或任务委托方提交经过检查验收合格的原始资料和经过评审合格的成果报告(包括附图、附件)。

7.3.2 提交的原始资料, 其内容必须完整。由于各种磁记录不能长期保存, 对最终成图所用的重要数据, 必须绘制点位数据图。

7.3.3 提交的成果图件中, 除报告附图外, 还应包括各种底图。

7.3.4 提交的成果报告须按资料汇交要求或委托方的要求复制、归档。



# 附录 A

## 水平磁测的若干方法技术

### (补充件)

#### A1 水平磁测的参量

A1.1 水平磁测的参量是水平磁异常  $\vec{H}_a$ 、 $\vec{H}_s$  的模量  $H_a$ 、 $H_s$ 、方位角  $A_a$ 、 $A_s$ 。在既定剖面上的投影  $H_{ap}$ 。

A1.2 应先在  $45^\circ$  和  $315^\circ$  两方位上分别观测  $H_a^1$  和  $H_a^2$ ，然后计算出  $\vec{H}_a$  的模量和方位角：

$$H_a = \sqrt{(H_a^1)^2 + (H_a^2)^2} \quad \dots\dots\dots (A1)$$

$$A_a = A'_a - 45^\circ, (A'_a \geq 45^\circ) \quad \dots\dots\dots (A2)$$

$$A_a = A'_a + 315^\circ, (A'_a < 45^\circ) \quad \dots\dots\dots (A3)$$

$$A'_a = \text{tg}^{-1} \left( \frac{H_a^1}{H_a^2} \right), (H_a^1 > 0, H_a^2 > 0) \quad \dots\dots\dots (A4)$$

$$A'_a = \text{tg}^{-1} \left( \frac{H_a^1}{H_a^2} \right) + 180^\circ, (H_a^1 < 0) \quad \dots\dots\dots (A5)$$

$$A'_a = \text{tg}^{-1} \left( \frac{H_a^1}{H_a^2} \right) + 360^\circ, (H_a^1 < 0, H_a^2 > 0) \quad \dots\dots\dots (A6)$$

A1.3 使用定向式机械水平磁力仪观测  $H_{ap}$  时，若剖面方位在  $N45^\circ W$  与  $N45^\circ E$  之间，可直接观测  $H_{ap}$ ；若剖面方位在  $N45^\circ E$  与  $S45^\circ E$  之间，则应先测得  $\vec{H}_a$ ，然后算出  $\vec{H}_a$  在剖面上的投影：

$$H_{ap} = H_a \cdot \cos(A_p - A_a) \quad \dots\dots\dots (A7)$$

式中： $A_p$  为剖面方位角。

#### A2 水平磁测工作设计

A2.1 只进行剖面性观测时，可根据需要采用较高精度；当进行面积性观测时，宜采用较低精度。精度分配原则和磁场校正方式可参照表 A1。

表 A1

总观测 均方误差( $\epsilon$ ) nT	方位角 均方误差 ( $\pm^\circ$ )	模量均方误差		平均相 对误差 (%)	校正方式
		基 点 nT	测 点 nT		
$10 \leq  \epsilon  \leq 20$	2~4	5.8~11.5	8.2~16.3	7	应单项校正
$ \epsilon  > 20$	4~	11.5~	16.3~	7	可单项校正或混合校正

A2.2 水平磁测的精度一般应以  $H_a$  和  $A_a$  的均方误差衡量，在异常地段则用平均相对误差衡量。当直接用  $H_a^1$  和  $H_a^2$  的均方误差来衡量水平磁测精度时，其均方误差都不得大于设计均方误差的  $\frac{\sqrt{2}}{2}$  倍；直接观测  $H_{ap}$  时，用  $H_{ap}$  的均方误差和(或)平均相对误差衡量其观测精度。

A2.3 应根据需要设计水平磁测基点网。当同时进行垂直磁测时要使用同一基点网；当水平磁测的范围不大时，可选用垂直磁测基点网中的部分基点来进行水平磁场的传递。水平磁测的基点联测要观测  $H_x'$  和  $H_y'$  并分别进行校正与平差，最终求得各基点上的  $H_x$  和  $A_x$ 。

A2.4 水平磁测的校正包括基点校正、正常梯度校正、日变校正、温度校正和零点校正，当观测点上的垂直磁异常大于垂直场校正限定值的 100 倍时还要进行垂直场校正。

A2.5 水平磁测的测线及方向标的测量精度应达  $1'$ 。

### A3 对水平磁力仪的要求

A3.1 进行水平磁测时，应选用定向精度能达  $1'$  的水平磁力仪。

A3.1.1 对定向式机械水平磁力仪的磁力仪部分的要求见本标准中的 5 和附录 B。

A3.1.2 定向式机械水平磁力仪的定向装置（经纬仪部分）不得有带盘现象，锁制或松开时水平度盘不得有走动现象。望远镜的纵丝要垂直，照准轴与磁系摆动面要在同一平面上，照准轴与横轴、横轴与垂直轴要垂直。

A3.1.3 定向式机械水平磁力仪的脚架各夹固螺丝要完好，脚架头部无晃动现象，置放仪器后能牢固卡锁。

A3.1.4 电子水平磁力仪的置平、定向系统要完好。

A3.2 定向式机械水平磁力仪的格值和扭数常数的标定应在基点上进行；要分别标定  $45^\circ$  和  $315^\circ$  方位上的温度系数；还应测定零点读格  $S_0$  和物镜焦距  $2f$ 。标（测）定时限按《地面磁勘查技术规程》中的表 3 要求。

A3.3 水平磁力仪的一致性校验应在校验观测点上分别沿  $45^\circ$  和  $315^\circ$  方位进行观测。按本标准中的公式 (5.1) 及 (5.2) 计算  $H_x$  和  $A_x$  的总均方误差及单台均方误差。

### A4 野外工作

A4.1 进行水平磁测时，应采用全仪器法敷设测线和测点。测线方位的精度应达  $1'$ 。沿测线方向应设定向标，测点应以带有  $\oplus$  字标志的木桩做标记，用经纬仪严格对中。

A4.2 水平磁测的基点应以刻有  $\oplus$  字标志的木桩做标记，在通视条件好的方位上设置定向标。基点要与测量控制点进行连测，定向标的方位测定精度不得大于  $1'$ 。

A4.3 水平磁测的野外观测要始于基点、终于基点。观测时，应严格对中、整平仪器，置水平盘读数为定向标方位角值；照准定向标并固定下盘；转动仪器到规定的方位上按规定方式读数；读数完毕后再照准定向标，归零差不得超过限差。基、测点上的观测要求可参照表 A2。

表 A2

总观测均方误差 $\epsilon$	观测点	每方位 读数 次数	读数 精度 (格)	允许同 向差 (格)	温度 记准到 $^\circ\text{C}$	时间记 准到 min	允许零 点变化 nT	两次基点观 测间时限 h
$10\text{nT} <  \epsilon  \leq 20\text{nT}$	基	3	0.1	0.1	1	1	14	4
	测	2	0.1	0.2	1	1		
$20\text{nT} <  \epsilon $	基	3	0.1	0.1	1	1	30	2
	测	2	0.2	0.2	1	1		

A4.4 水平磁测的日变站宜设在基点附近无磁干扰的地方。应使用性能稳定的 1~2 台水平磁力仪进

行日变观测,观测时间的间隔宜在 5~10 min 之间选定。

A4.4.1 当对日变观测精度要求较高时,应采用两台水平磁力仪分别定向在 45°和 315°方位上独立地观测  $H_0^I$  和  $H_0^{II}$ ;若只用一台水平磁力仪进行日变观测,则要与测点观测同步进行同一个方位上的观测,再进行另一个方位上的观测。

A4.4.2 当对日变观测精度要求不高时,可用同一台水平磁力仪循环观测水平磁场在 45°和 315°方位上的日变量,观测时宜采用  $H_0^I - H_0^I - H_0^I - H_0^I$  方式。

A4.4.3 直接观测水平磁场在既定剖面上的投影  $H_{sp}$  时,可只观测既定剖面方位上的日变量。

A4.5 水平磁测的记录格式参见附录 D3。

## A5 资料整理与图件编制

### A5.1 观测点的磁场计算

A5.1.1  $H_z^I$  和  $H_z^{II}$  的计算公式是:

$$H_z^{I,II} = \epsilon_H (S_c^{I,II} - S_j^{I,II}) + \Delta_N^{I,II} + \Delta_R^{I,II} + \Delta_W^{I,II} + \Delta_z^{I,II} + \Delta_T^{I,II} + \Delta_j^{I,II} \quad \dots\dots\dots (A8)$$

式中角码 I, II 表示 45°和 315°两个水平方位; $\epsilon_H$  是水平磁力仪的格值常数; $S_c^{I,II}$  和  $S_j^{I,II}$  是观测点观测和起始基点观测的读数。其余为各项校正,其中:

a. 扭鼓校正  $\Delta_N^{I,II}$

$$\Delta_N^{I,II} = N_H (\Phi_c^{I,II} - \Phi_j^{I,II}) \quad \dots\dots\dots (A9)$$

式中  $N_H$  为扭鼓常数; $\Phi_c^{I,II}$  和  $\Phi_j^{I,II}$  是观测点观测和起始基点观测的扭鼓读数。

b. 日变校正  $\Delta_R^{I,II}$

$$\Delta_R^{I,II} = - (H_0^{I,II} - H_0^{I,II}) \quad \dots\dots\dots (A10)$$

式中  $H_0^{I,II}$  为相应起始基点观测时间的日变水平磁场值, $H_0^{I,II}$  是相应观测点观测时间的日变水平磁场值。 $H_0^{I,II}$  和  $H_0^{I,II}$  可根据观测日变的仪器性能和工作需要进行温度校正与水泡偏移校正。

c. 温度校正  $\Delta_W^{I,II}$

$$\Delta_W^{I,II} = - W_H^{I,II} (W_c^{I,II} - W_j^{I,II}) \quad \dots\dots\dots (A11)$$

式中  $W_H^{I,II}$  是水平磁力仪在 45°和 315°方位上的温度系数, $W_c^{I,II}$  和  $W_j^{I,II}$  是观测点观测和起始基点观测时 45°、315°两方位上水平磁力仪的温度。

d. 垂直磁场校正  $\Delta_z^{I,II}$

$$\Delta_z^{I,II} = \frac{\Delta Z}{2f} (S_c^{I,II} - S_0) \quad \dots\dots\dots (A12)$$

式中  $\Delta Z$  是观测点相对基点的垂直磁场增量,  $2f$  是水平磁力仪的物镜焦距,  $S_0$  是水平磁力仪的零点读格数,  $S_c^{I,II}$  为观测点观测读格数。

e. 梯度校正  $\Delta_T^{I,II}$

根据国际地磁参考场(IGRF)的最新模型算出工作区内正常水平磁场沿  $45^\circ$  和  $315^\circ$  方位上投影  $H^{1,1}$ , 以梯度校正限差值的 2 倍为间隔绘出等值线, 内插出观测点正常水平磁场  $H_c^{1,1}$  和基点正常水平磁场  $H_j^{1,1}$ , 按下式校正:

$$\Delta_j^{1,1} = -(H_c^{1,1} - H_j^{1,1}) \quad \dots\dots\dots (A13)$$

f. 基点磁场校正  $\Delta_j^{1,1}$  相对总基点进行。

g. 零点校正  $\Delta_L^{1,1}$

$$\Delta_L^{1,1} = -\frac{\Delta H^{1,1}}{t_m^{1,1} - t_0^{1,1}} \cdot (t_c^{1,1} - t_0^{1,1}) \quad \dots\dots\dots (A14)$$

式中  $\Delta H^{1,1}$  是经过 a~f 诸项校正之后, 始末基点间  $45^\circ$  和  $315^\circ$  方位上水平磁场差值的偏差;  $t_0^{1,1}$ 、 $t_c^{1,1}$ 、 $t_m^{1,1}$  分别为首基点、观测点、末基点上的观测时间。

A5.1.2  $H_{ap}$  的计算与 A9 中一个方位上的计算相同。

A5.1.3 基点联测时两基点间水平磁场差  $\Delta H_j$  的计算公式是:

$$\Delta H_j^{1,1} = \epsilon_H(\Delta S_j^{1,1} - \Delta S_0^{1,1}) + \Delta_N^{1,1} + \Delta_R^{1,1} + \Delta_W^{1,1} + \Delta_Z^{1,1} + \Delta_L^{1,1} \quad \dots (A15)$$

$S_j^{1,1}$  和  $S_0^{1,1}$  是被联测基点和起始基点的读数, 其余各项校正同 A5.1.1 内容。

A5.2 水平磁测的专门图件是矢量图。

A5.2.1 水平磁异常  $\vec{H}$  平面图。面积性工作的必附图件, 由矢符表示, 矢尾位于测点上, 矢首指向  $\vec{H}$  的方位  $A_a$ , 矢符的长短代表  $\vec{H}$  的模量  $H_a$ , 选用适当比例标出。

A5.2.2 剖面矢量图。沿剖面同时观测  $Z_a$  时应做图件, 矢尾位于剖面地形线上的测点位置上, 矢首指向  $T_a$  在剖面内投影方向, 矢符长短代表  $T_{ap}$ , 可选用适当比例标出。

$$T_{ap} = \sqrt{Z_a^2 + H_a^2} \quad \dots\dots\dots (A16)$$

## 附录 B

### 常用磁力仪主要性能及有关要求

(参考件)

B1 常用机械式磁力仪主要性能如表 B1

表 B1

仪器型号	测程范围, nT	可达精度, nT	格值范围, nT/格	稳定性(格)
CS <sub>2</sub> -61	±18 000~±33 000	±5.0	8~12	≤0.1
CR <sub>2</sub> -69	±3 000	±2.0	1.8~2.2	≤0.3
CSC-3		±2.5	0.99~1.01	≤0.5
CSS-1	±16 000~±32 000	±5.0	8~12	≤0.1

B2 对悬丝式磁力仪的要求

**B2.1** 悬丝完好无损,磁棒无锈斑,反光镜、灵敏度调节螺丝、纬度调节螺丝、温度调节螺丝及其他各种调节、夹固螺丝均完整坚固,能顺利夹固、松开和调节。

**B2.2** 悬丝两端的夹固装置完好,夹固牢靠,拉丝弹簧弹性正常。阻尼框位置正常。

**B2.3** 磁系开关转动灵活,弹簧弹性正常。磁系夹子夹固松紧适宜,开关时标线无明显位移。

**B2.4** 视场中标尺和标线清晰,在正常亮度下能看得清楚。目镜调节自如。

**B2.5** 扭鼓旋转杆与鼓轮间基本楔合,刻度盘与杆间无滑动现象。

**B2.6** 底盘转向装置完好,能顺利调节和夹固,转向精度能保证有关转向差的技术要求。水准器有足够的灵敏度,调节螺丝能顺利调节。

**B3** 对刃口式磁力仪的要求

**B3.1** 石英三棱柱的工作棱和刀座表面光滑,在 20 倍放大镜下看不出擦伤和损坏痕迹,或虽有伤痕但不在两者的接触部位。

**B3.2** 刀座夹固装置牢靠,调节螺丝可顺利调节和夹固、松开。

**B3.3** 磁钢片防锈镀层基本完好,磁系上各零件完好无损,各种调节螺丝和夹固螺丝均完整、坚固,能顺利调节、夹固和松开。

**B3.4** 磁系升降装置灵活且无松动,多次升降时工作棱与刀座的接触点位置不变。

**B3.5** 其他应满足 B2.4 和 B2.6 的要求。

**B4** 对其他部件、附件的要求

**B4.1** 对罗盘的要求

a. 停滞性和偏心差不大于  $0.5^\circ$ 。

b. 磁针上的玛瑙轴碗完好无损,顶针安装合适。磁针能在  $0\sim 360^\circ$  范围内灵活转动。

c. 罗盘底面与三脚架头部平台密合,底部小钉与平台上的小孔吻合密切,能保证对方位的准确性。

**B4.2** 对三脚架的要求

a. 当将磁力仪安放在脚架上时,磁力仪底盘各部份应和脚架平台的相应部位密合;脚架上固定磁力仪底盘的锁片能紧密锁住磁力仪底盘;夹固螺丝能将平台夹固牢靠。

b. 各水平调节螺丝的公母丝扣无松动滑丝现象,转动灵活;弹簧板的三个压紧螺丝应松紧适宜,压紧弹簧板后不能上下活动。

c. 脚架的木腿完好,其活动部份能伸缩自如,夹固螺丝能有效地夹固。

d. 刃口式磁力仪脚架上的辅磁套管刻度清晰,能夹固牢靠。

**B4.3** 对格值仪及其他辅助装备的要求

**B4.3.1** 对格值仪的要求

a. 电流表刻度值经过标定,并附有校正值表。

b. 电位器接触良好,均匀转动时电流表指针无跳动现象。

c. 赫氏线圈形状完好、结构牢固,有经过准确测定的线圈常数。

**B4.3.2** 辅磁:磁矩应长期稳定,丝扣能与辅磁套管上的丝扣密合。

**B4.3.3** 计时用的钟表在 24 h 内误差小于 5 min。

**B4.3.4** 仪器工作套轻便结实。

**B5** 机械式磁力仪性能的调节

生产用磁力仪的调节,需根据磁测精度要求确定,一般应达到表 B2 的要求。

表 B2

总观测 均方误差( $\epsilon$ ) nT	格值 nT/格	水泡调平 (格)	稳定度 (格)	温度系数 nT/°C		转向差(格)	
				刃口式	悬丝式	常差	变差
$5 <  \epsilon  \leq 10$	$\leq 10$	0.2	0.1	$\leq 0.5$	$\leq 1.0$	$\leq 0.5$	$\leq 0.2$
$10 <  \epsilon  \leq 20$	$\leq 15$	0.2	0.2	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$	$\leq 0.7$	$\leq 0.3$
$ \epsilon  > 20$	$\leq 20$	0.2	0.2	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$	$\leq 1.0$	$\leq 0.3$

B6 质子(包括光泵)磁力仪的仪器性能及调节的有关要求,参照 DZ/T 0071 及有关仪器的说明书。

## 附录 C

### 岩(矿)石标本磁性参数的测定与统计

(参考件)

#### C1 测定方法

##### C1.1 磁秤法测定

##### C1.1.1 仪器及辅助设备

- 仪器。采用性能较好的刃口式或悬丝式垂直磁力仪。
- 标本架。用磁力仪脚架改装或特制标本架作支撑,其上固定一块木板,要求能调节水平、升降和沿互相垂直的两个方向作水平移动。
- 标本盒。边长为 10 cm 或 8 cm 的正方形木盒(或有机玻璃盒),按左螺旋系统规定  $x$  轴向东、 $y$  轴向北、 $z$  轴向下。在三个轴的正向所指盒面上分别标以 2、4、6;在三个轴的负向盒面上分别标以 1、3、5。
- 最大量程为 500~1 000 mL 的玻璃量筒和直径 15~25 cm、高约 40 cm,且在距上端约 5 cm 处有下倾小漏水嘴的铁桶;或感量不低于 5 g、最大称量 2 kg 的体积秤。
- 钢卷尺、三角尺、铝盆、碎布。

##### C1.1.2 测定步骤

- 选择避风和无活动性磁干扰的地点架设磁力仪。当采用第一位置测定时,在仪器下方安置标本架,调整成为标本盒中心与仪器的磁系中心在同一铅垂线上,其间距离不小于 40 cm。当采用第二位置测定时,将标本架置于磁系转动轴(刃口或悬丝)的延长线方向,调整成为标本盒中心在磁系旋转轴的延长线上,盒中心至磁系中心的距离不小于 15 cm。
- 标本装盒——记录标本号;将标本放入盒内用碎布塞紧,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上标的  $x$ 、 $y$ 、 $z$  轴方向一致。
- 观测——放标本前读取初始  $n_0$ ;将标本盒放在标本架上,选择距离  $r$  使仪器读数变化范围较大,记录距离  $r$ ;按盒面上所标的号码依次读取  $n_1, n_2, \dots, n_6$ ,拿去标本盒,读取终了  $n_0$ 。

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两个数或四个数,取平均值。

- 测定标本体积——将标本放入盛满水的铁筒中,同时用空量筒收集被排出的水,读取量筒中的水量  $v$  即标本的体积。或用体积秤称取标本体积。

##### C1.1.3 测定要求

- 观测时读数准到 0.1 格;距离  $r$  量准到 0.2 cm;体积量准到 5 mL。

b. 观测过程中磁系不夹固,磁力仪附近的磁性干扰物不得移动;在同一块标本测定时间内,  $n_0$  变化不大于 0.1 格(格值为 5~10 nT/格时)或 0.3 格(格值为 2.5 nT/格左右时)。

c. 用第一位置测定时,各读数应满足:

$$\frac{n_1 + n_2}{2}, \frac{n_3 + n_4}{2}, \frac{n_5 + n_6}{2} \geq n_0 \quad \dots\dots\dots (C1)$$

用第二位置测定时,各读数应满足:

$$\frac{n_1 + n_2}{2}, \frac{n_3 + n_4}{2}, \frac{n_5 + n_6}{2} \leq n_0 \quad \dots\dots\dots (C2)$$

#### C1.1.4 磁性参数计算

a. 用第一位置测定时

$$\text{视磁化率 } \kappa = \frac{5\epsilon r^3}{3Z_0} \cdot \frac{1}{V} \cdot \left[ \left( \frac{n_1 + n_2}{2} - n_0 \right) + \left( \frac{n_3 + n_4}{2} - n_0 \right) + \left( \frac{n_5 + n_6}{2} - n_0 \right) \right] \times 10^{-6} \times 4\pi \text{SI} \quad \dots\dots\dots (C3)$$

$$\text{剩余磁化强度 } J_r = \frac{5\epsilon r^3}{2} \cdot \frac{1}{V} \cdot \sqrt{(n_1 - n_2)^2 + (n_3 - n_4)^2 + (n_5 - n_6)^2} \times 10^{-3} \text{A/m} \quad \dots\dots\dots (C4)$$

剩余磁化强度的方位角的计算应先按式  $\varphi' = \arctg \frac{n_1 - n_2}{n_3 - n_4}$  算出偏角  $\varphi'$  的绝对值,然后根据式中分子和分母的正负号,按表 C1 确定方位角  $\varphi$ 。

表 C1

分子符号	分母符号	方位角 $\varphi$
正	正	$= \varphi'$
正	负	$= 180^\circ -  \varphi' $
负	负	$= 180^\circ + \varphi'$
负	正	$= 360^\circ -  \varphi' $

剩余磁化强度的倾角

$$\theta = \arctg \frac{n_5 - n_6}{\sqrt{(n_1 - n_2)^2 + (n_3 - n_4)^2}} \quad \dots\dots\dots (C5)$$

b. 用第二位置测定时

$$\kappa = \frac{10\epsilon r^3}{3Z_0} \cdot \frac{1}{V} \cdot \left[ \left( n_0 - \frac{n_1 + n_2}{2} \right) + \left( n_0 - \frac{n_3 + n_4}{2} \right) + \left( n_0 - \frac{n_5 + n_6}{2} \right) \right] \times 10^{-6} \times 4\pi \text{SI} \quad \dots\dots\dots (C6)$$

$$J_r = 5\epsilon r^3 \cdot \frac{1}{V} \cdot \sqrt{(n_2 - n_1)^2 + (n_4 - n_3)^2 + (n_6 - n_5)^2} \times 10^{-3} \text{A/m} \quad \dots\dots\dots (C7)$$

方位角  $\varphi$  的计算,亦需先按式

$$\varphi = \arctg \frac{n_2 - n_1}{n_4 - n_3} \text{ 算出 } \varphi \text{ 的绝对值,然后按分子、分母的正负号,按上表确定 } \varphi.$$

剩余磁化强度倾角

$$\theta = \arctg \frac{n_6 - n_5}{\sqrt{(n_2 - n_1)^2 + (n_4 - n_3)^2}} \dots\dots\dots (C8)$$

以上各式中:

$Z_0$ ——测定地点的地磁场垂直分量;

$\epsilon$ ——磁力仪的格值;

$r$ ——标本盒中心至磁系中心的距离;

$V$ ——标本的体积。

### C1.2 无定向磁力仪测定法

弱磁性标本应尽可能用无定向磁力仪进行磁性参数测定。标本体积可以小于  $1 \text{ cm}^3$ ,最好打成等轴状,如边长为  $4 \text{ cm}$  的立方体。

标本至磁系下磁钢的最合适距离为  $7 \sim 8.5 \text{ cm}$ 。使用标本体积称量取体积。

C1.3 使用微机质子磁力仪测定磁性标本参数的方法参阅 DZ/T 0071-93《地面高精度磁测工作规程》。

### C2 磁性参数统计

C2.1 岩(矿)石磁性参数的统计,应在对岩(矿)石标本正确定名和分类的基础上进行。分类时应当综合考虑岩(矿)石的性质、分布的地段及其磁性特点,根据需要作合理归并或划分。

统计前,原则上应先对同类岩(矿)石的磁化率和剩余磁化强度的分布规律进行统计检验,并根据检验结果和参与统计的标本数量选择统计方法。

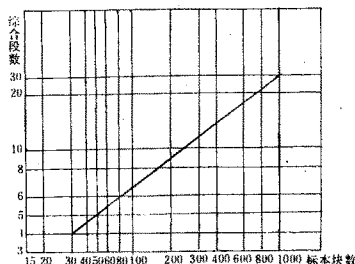
C2.2 当同类岩(矿)石的磁化率或剩余磁化强度服从对数正态分布规律时,可按下述方法统计。

C2.2.1 如标本数不足 30 块时,可按下式统计其几何平均值:

$$\log x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log x_i \dots\dots\dots (C9)$$

式中  $x_i$  为单个标本的磁化率或剩余磁化强度的测定值,  $n$  为参加统计的标本块数。

C2.2.2 标本数多于 30 块时,可按下列方法统计:



a. 可先参考左图确定分组统计的组数,将参数按等比间隔分组,统计出各组的标本数及此数在该



类岩(矿)石标本总数中所占的百分比  $f_i$  (称为组频率), 然后以此百分比为纵坐标(算术坐标), 以相应的组中值为横坐标(对数坐标), 定出点子。依次连接各点, 即得磁化率或剩余磁化强度的频率分布曲线。其极大值点对应的横坐标值, 即为磁化率或剩余磁化强度的平均值  $\bar{x}$ 。

b. 在统计出组频率  $f_i$  后, 也可以按下式求其累积到第  $j$  组(包括各组)的累积频率  $F_j(x)$ :

$$F_j(x) = \sum_{i=1}^j f_i \quad \dots\dots\dots (C10)$$

然后以  $F_j(x)$  为纵坐标(概率分划), 以相应的累积截止值为横坐标(对数分划), 定出点子。在参数服从对数正态分布规律的情况下, 这些点子大致分布在一条直线上。在直线上找出相应于纵坐标为 50% 的点, 其横坐标值即为所统计参数的平均值  $\bar{x}$ 。

C2.3 当同类岩(矿)石的磁化率或剩余磁化强度服从算术正态分布规律时, 可按下式计算其平均值  $\bar{x}$ :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \dots\dots\dots (C11)$$

也可按服从对数正态分布规律时的分组方法, 作出频率分布曲线或累积频率线(横坐标均按算术分划), 由图上确定其平均值  $\bar{x}$ 。

### 附 录 D

#### 几种主要记录本的格式

(参考件)

#### D1 磁参量 $\Delta T$ 测量记录本格式

测区 \_\_\_\_\_ 日期 \_\_\_\_\_ 测网 \_\_\_\_\_ 天气 \_\_\_\_\_

仪器型号及编号 \_\_\_\_\_ 基站磁场  $T_0$  \_\_\_\_\_

测 点	测 线	时 间		读 数 nT	各项校正值		各项校 正后值 nT	$\Delta T$ nT	附 记
		h	min		日变	正常 梯度			

操作者 \_\_\_\_\_ 计算者 \_\_\_\_\_ 检查者 \_\_\_\_\_

#### D2 磁参量 $Z_0$ 测量记录本格式

测区\_\_\_\_日期\_\_\_\_测网\_\_\_\_仪器型号及编号\_\_\_\_格值( $\epsilon$ )\_\_\_\_温度系数\_\_\_\_基点读数  $n_0$ \_\_\_\_总基点校正值\_\_\_\_

测点 测线	时 间	温 度	辅磁 (扭数)	读数 (格)	平均 读数 (格)	$n-n_0$	$\epsilon(n-n_0)$ nT	野外 附记	各项校正值 nT					各项校 正后值 nT	基点校 正后值 nT	总基点校 正后值 nT	附 记
									辅磁 (扭数)	日变	温度	零点	正常 梯度				
				东													
				西													
				东													
				西													
				东													
				西													

操作者\_\_\_\_记录者\_\_\_\_计算者\_\_\_\_检查者\_\_\_\_

D3 磁参量  $\vec{H}$  测量记录本格式测区\_\_\_\_日期\_\_\_\_测网\_\_\_\_仪器型号及编号\_\_\_\_格值( $\epsilon$ )\_\_\_\_温度系数\_\_\_\_  $S_0$ \_\_\_\_  $2f$ \_\_\_\_总基点校正值\_\_\_\_

测点 测线	方位	时间	扭数 (辅磁)	读数 (格)	平均 读数 (格)	$S-S_1$ (格)	$\epsilon \cdot$ ( $S-S_1$ ) nT	$Z_s$ nT	$S-S_0$ (格)	各项校正值 nT					各项 校正 后值 nT	基点 校正 后值 nT	总基点 校正 后值 nT	$H_a$ nT	$A_a$ (°)	附 记
										扭数 (辅磁)	日变	温度	梯度	垂直 场						
	45°																			
	315°																			
	45°																			
	315°																			
	45°																			
	315°																			

操作者\_\_\_\_记录者\_\_\_\_计算者\_\_\_\_检查者\_\_\_\_

## D4 磁参数测定记录本格式

日期\_\_\_\_\_测定地点\_\_\_\_\_  $Z_0 =$  \_\_\_\_\_仪器型号及编号\_\_\_\_\_格值\_\_\_\_\_

标本 编号	采集 地点	标本 名称	标本相 对磁系 位置	r	v	$n_0$	读 数			$\frac{n_i + n_{i+1}}{2}$	K	$\varphi$	$\theta$	附记
							轴向	$n_i$	$n_{i+1}$					
							x							
							y							
							z							

操作者\_\_\_\_\_记录者\_\_\_\_\_计算者\_\_\_\_\_检查者\_\_\_\_\_

## D5 格值测定记录本格式

日期\_\_\_\_\_地点\_\_\_\_\_天气\_\_\_\_\_温度\_\_\_\_\_

电流 (距离)	方 向	读数(格)			$\Delta Z$ nT	格值	附记
		东	西	平均			

测定者\_\_\_\_\_计算者\_\_\_\_\_检查者\_\_\_\_\_

## 附加说明:

本标准由全国地质矿产标准化技术委员会物化探分技术委员会提出。

本标准由冶金工业部地球物理勘查院负责起草,冶金工业部、中国核工业总公司、中国有色金属工业总公司、中国建筑材料工业地质勘查中心参加起草。

本标准起草人顾正乾、李永年、崔焕敏、张凤朝、王玉和。