

ICS 75.180.10

E 11

备案号: 33512—2011



中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5771—2011

代替 SY/T 5771—2004, SY/T 5801—1999, SY/T 6249—2005

地面磁法勘探技术规程

Technical specification for ground magnetic exploration

2011—07—28 发布

2011—11—01 实施

国家能源局 发布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 方法功能与应用条件 1

4 技术设计 1

5 仪器的维护与试验 3

6 资料采集 5

7 资料整理与检查验收 8

8 资料处理..... 10

9 资料解释..... 11

10 成果报告 12

11 资料提交 12

附录 A（资料性附录） 技术设计编写提纲 13

附录 B（规范性附录） 标本法磁参数测定 14

附录 C（资料性附录） 磁性参数的统计..... 17

附录 D（规范性附录） 正常磁场值的计算..... 19

附录 E（规范性附录） 野外采集检查验收内容 20

附录 F（资料性附录） 磁法勘探成果报告编写提纲..... 22

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则编写。

本标准代替 SY/T 5771—2004《地面磁法勘探技术规程》、SY/T 6249—2005《磁力仪使用与维护》和 SY/T 5801—1999《石油重磁力勘探野外资料检查验收规定》。本标准以 SY/T 5771—2004 为主，整合了 SY/T 6249—2005 和 SY/T 5801—1999 中的部分内容。与 SY/T 5771—2004 相比，主要技术变化如下：

- 增加了野外资料检查验收的内容（见附录 E）；
- 增加了磁力仪维护的内容（见 5.1）；
- 完善了仪器试验的技术要求和野外采集的技术要求及质量评价方法，统一了对精度的表述（见 5.2 和第 6 章）；
- 对 4.5 中的精度分配表做了调整；
- 将正常地磁场值的计算方法改变为采用 IGRF 模型直接计算测点位置的正常地磁场值的方法（见 7.3）；
- 充实了资料处理和资料解释的方法与技术（见第 8 章和第 9 章）；
- 充实了图件的内容（见第 10 章）。

本标准由石油物探专业标准化委员会提出并归口。

本标准起草单位：中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司综合物化探事业部。

本标准起草人：杨战军、王春玉、齐保智。

本标准代替了 SY/T 5771—2004，SY/T 5801—1999 和 SY/T 6249—2005。

SY/T 5771—2004 的历次版本发布情况为：

- SY/T 5771—1995。

SY/T 5801—1999 的历次版本发布情况为：

- SY/T 5801—1993。

SY/T 6249—2005 的历次版本发布情况为：

- SY/T 6249—1996。

地面磁法勘探技术规程

1 范围

本标准规定了地面磁法勘探的技术设计、仪器维护与试验、资料采集与验收、资料处理与解释以及报告编写的基本方法和技术要求。

本标准适用于油气地面磁法勘探全过程。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

SY/T 5171 陆上石油物探测量规范

SY/T 6055 石油重力、磁力、电法、地球化学勘探图件编制规范

3 方法功能与应用条件

3.1 方法功能

地面磁法在油气勘探中的方法功能如下：

- a) 圈定沉积盆地范围，研究盆地基底性质、埋深和起伏。
- b) 探测火成岩分布。
- c) 确定深大断裂。
- d) 直接探测油气藏。

3.2 应用条件

地面磁法在油气勘探中的应用条件如下：

- a) 探测对象与围岩有明显的磁性差异。
- b) 磁性干扰足够小，或磁性干扰有明显特征，可以被分辨或消除。

4 技术设计

4.1 技术设计准备

技术设计前应做如下准备工作：

- a) 收集工区及邻区地质、钻井、物化探、物性及测绘资料。
- b) 踏勘工区，了解地形、水系、气候、人文、交通等情况，调查磁干扰源类型及分布情况。
- c) 根据地质任务和工区地质情况建立模型进行正演分析，论证磁法勘探在工区可能取得的地质效果。

4.2 技术设计编写依据

以完成地质任务为目的，以技术规范为依据，结合工区实际情况进行编写。

4.3 技术设计内容

技术设计内容应包括如下内容：

- a) 工区范围、地质任务、勘探工作量、测线设计、地质及地球物理特征、勘探程度。
- b) 拟投入的仪器类型和数量，仪器性能试验、磁力采集、磁性参数测定、测地工作方法与技术。
- c) 异常总精度及各分项精度。
- d) 野外采集应提交的资料及检查验收要求。
- e) 资料处理、解释基本方法与拟提交成果。
- f) 队伍组织、施工计划与管理措施等。

技术设计编写提纲参见附录 A。

4.4 测线设计

测线设计应遵循如下原则：

- a) 测线方向宜垂直于探测目标或已知物化探异常走向。
- b) 测线距应不大于探测目标长度的 1/3，点距应不大于探测目标宽度的 1/3。
- c) 精测测线应垂直于异常走向，穿过异常中部，点距不大于探测目标宽度的 1/5，测线两端延至正常背景场区域；有条件时，应穿过钻井或与其他物探测线重合。
- d) 等线点距的测网，宜按正南北方向布设测线。
- e) 因条件所限，可布设不规则测网，但测点应达到同比例尺的物理点密度。
- f) 常用的勘探比例尺和线、点距见表 1。

表 1 常用勘探比例尺与线、点距对照表

比例尺	线距 m	点距 m
1 : 200 000	2 000~4 000	1 000~2 000
1 : 100 000	1 000~2 000	500~1 000
1 : 50 000	500~1 000	250~500
1 : 25 000	250~500	125~250
1 : 10 000	100~250	50~125

4.5 勘探精度要求

勘探精度要求如下：

- a) 异常总精度应能分辨最小探测目标。
- b) 各比例尺的异常总精度及分项精度按照表 2 设定。山区及表层存在大面积磁性不均匀体的地区精度可适当放宽。
- c) 在满足异常总精度的前提下，各分项精度可视仪器性能和野外工做方法等做适当调配。

表 2 异常总精度及分项精度分配表

比例尺	异常 总精度 nT	分项精度			
		检查观测 nT	日变站联测 nT	正常场平面改正 nT	高度改正 nT
1 : 200 000	7.0	6.0	2.5	1.0	1.0
1 : 100 000	5.0	4.0	1.8	1.0	1.0
1 : 50 000	3.0	2.5	1.0	0.7	0.7
1 : 25 000	2.0	1.5	0.5	0.4	0.4
1 : 10 000	1.0	0.9	0.3	0.2	0.2

4.6 技术设计图的编制

技术设计图的编制应符合 SY/T 6055 的规定。

4.7 技术设计审批

技术设计审批后方可实施；设计一经批准，施工中不得随意更改。因客观条件所限或地质任务所需而变更设计时，变更内容应报审，批准后再实施。

5 仪器的维护与试验

5.1 仪器维护

5.1.1 仪器的存放与保养

仪器的存放与保养应注意：

- a) 存放环境应干燥、通风、清洁。
- b) 存放期间，应每月给仪器通电不少于一次。
- c) 仪器应轻拿轻放，防雨防晒。
- d) 每日收工后应擦净仪器，保持仪器清洁。

5.1.2 仪器的运输

运输过程中应做到：

- a) 运输时，采取防护措施。
- b) 长距离运输时，关闭电源，仪器及附件装入仪器箱内。

5.1.3 仪器的出工前检查

每日出工前应检查仪器，保证：

- a) 仪器的附件（包括电池、探杆、探头等）齐全、完好。
- b) 电池电压正常。
- c) 可用内存容量充足。
- d) 时钟时间误差不大于 1s。

5.2 仪器试验

5.2.1 仪器精度要求

在开工前及仪器修理后应进行试验工作，仪器各项精度应满足表 3 要求。

表 3 仪器精度限差表

异常总精度 nT	仪器性能			
	噪声水平 nT	观测精度 nT	系统误差 ^a nT	一致性精度 nT
7.0	1.0	2.0	1.0	2.5
5.0	1.0	1.5	0.7	2.0
3.0	0.7	1.0	0.5	1.2
2.0	0.5	0.6	0.3	0.8
1.0	0.3	0.4	0.2	0.5

^a 系统误差是确定仪器是否需要系统进行系统误差校正的门限值，不是判断仪器合格的指标。

5.2.2 仪器噪声水平测定

5.2.2.1 选择磁场平缓且不受人文干扰的地方，各仪器间隔 20m 以上摆放，在日变平稳时段进行秒级同步循环观测，采样时间间隔取 10s，观测时间大于 20min。

5.2.2.2 取不少于 100 个时刻的观测数据，按公式 (1) 计算各台仪器的噪声水平：

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N'_t} (\Delta x_{i,j} - \overline{\Delta x_i})^2}{N'_t - 1}}$$

..... (1)

式中：
S_j——第 j 台仪器的噪声水平，单位为纳特 (nT)；
Δx_{i,j}——第 j 台仪器第 i 时刻 (i = 1, …, N'_t) 观测值 x_{i,j} 与起算时刻 (i = 0) 观测值 x_{0,j} 的差值，单位为纳特 (nT)；
Δx_i——所有仪器第 i 时刻与起算时刻观测差值 Δx_{i,j} 的平均值，单位为纳特 (nT)；
N'_t——时刻个数 (不含起算时刻)。

5.2.3 仪器观测精度测定

5.2.3.1 选择无人文干扰且磁场平缓 (10nT~20nT) 的地方，建立一条观测路线，设立观测点 50 个以上，点距不小于 20m，仪器在这些点上做往返观测。

5.2.3.2 按公式 (2) 计算仪器的观测精度：

$$\epsilon_G = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \delta_i^2}{2N}}$$

..... (2)

式中：

ϵ_G ——仪器观测精度，单位为纳特 (nT)；

δ_i ——第 i 点往、返观测值经日变改正后的差值 ($i = 1, 2, \dots, N$)，单位为纳特 (nT)；

N ——观测点数。

5.2.4 仪器系统误差测定

5.2.4.1 同一工区使用两台以上 (含两台) 仪器进行普通点采集时，应进行仪器系统误差测定。

5.2.4.2 观测点设立要求同 5.2.3.1，所有仪器在这些点上按相同的顺序进行单次观测。

5.2.4.3 按公式 (3) 计算各台仪器的系统误差：

$$\delta_x = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

δ_x ——某仪器系统误差，单位为纳特 (nT)；

V_i ——某仪器在第 i 点经日变改正后的磁力值与所有仪器在该点经日变改正后的磁力值的平均值之差，单位为纳特 (nT)。

5.2.4.4 系统误差超限的仪器应对磁力值做系统误差改正，即用仪器读数值减去系统误差值作为磁力观测值。下文中的磁力观测值均指经系统误差改正后的磁力值。

5.2.5 仪器一致性测定

5.2.5.1 同一工区使用两台以上 (含两台) 仪器进行普通点采集时，应进行仪器一致性测定。

5.2.5.2 观测点设立要求同 5.2.3.1，各台仪器在这些点上按相同的顺序做往返观测。

5.2.5.3 按公式 (4) 计算仪器一致性精度：

$$\epsilon_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{2N} \sum_{j=1}^M V_{i,j}^2}{2M \cdot N - N}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

ϵ_y ——仪器一致性精度，单位为纳特 (nT)；

$V_{i,j}$ ——第 j 台仪器在第 i 点往或返的经日变校正的观测值与所有仪器在该点的经日变校正后的观测值的平均值之差，单位为纳特 (nT)；

M ——仪器台数。

6 资料采集

6.1 日变站设立、联测和日变观测

6.1.1 日变站的设立

日变站应符合下列条件：

- 位于平稳磁场区内，附近无磁性干扰物，并远离建筑物和工业设施。
- 在半径 2m 及高差 0.6m 范围内磁场变化量不超过设计异常总精度的 1/2。
- 日变站的控制范围见表 4。超过规定时应设日变分站，并通过联测求取其基本场值。
- 磁力日变站应测定坐标和高程。

表 4 日变站控制范围

磁测总精度 nT	控制半径 km
5.0~7.0	50~70
2.0~5.0	40~50
< 2.0	< 40

6.1.2 日变站基本场值的观测与计算

- 6.1.2.1 观测采取循环观测方式，连续观测时间不少于 48h，读数时间间隔取 1min。
- 6.1.2.2 选取磁场平稳时段不少于 4h 的磁场值，按公式（5）计算日变站的基本磁场值：

$$T'_0 = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} T'_i \dots\dots\dots (5)$$

式中：

T'_0 ——日变站基本磁场值，单位为纳特（nT）；

N_t ——时刻个数；

T'_i ——第 i 时刻日变站的观测值，单位为纳特（nT）。

- 6.1.2.3 当相邻工区已求取日变站基本磁场值时，该区日变站基本场值宜从邻区日变站联测引入。

6.1.3 日变站的联测与计算

- 6.1.3.1 在当地时间 4 时~8 时或 17 时~21 时，在新建日变分站与已有日变站进行秒级同步循环观测，读数时间间隔取 10s。
- 6.1.3.2 选取日变平稳时段不少于 2h 的数据，按公式（6）计算新建日变分站的基本磁场值：

$$T'_{01} = \frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} \Delta T_i + T'_0 \dots\dots\dots (6)$$

式中：

T'_{01} ——新建日变分站基本磁场值，单位为纳特（nT）；

ΔT_i ——第 i 时刻新建日变分站与已有日变站之间的观测值之差，单位为纳特（nT）。

- 6.1.3.3 日变站联测精度按公式（7）和公式（8）计算：

$$\epsilon_{Lj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_t} (\Delta T_i - \Delta \bar{T})^2}{N_t - 1}} \dots\dots\dots (7)$$

$$\epsilon_L = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{N_0} \epsilon_{Lj}}{N_0}} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

ϵ_{Lj} ——第 j 段日变站联测精度，单位为纳特 (nT)；

$\Delta\bar{T}$ ——新建日变分站与已有日变站之间联测段差 $\Delta\bar{T}_i$ 的平均值，单位为纳特 (nT)；

ϵ_L ——日变站联测总精度，单位为纳特 (nT)；

N_0 ——日变站联测的段数。

6.1.4 日变观测

6.1.4.1 同一个日变站的观测应保持探头高度和轴向一致，高度不低于 1.5m。

6.1.4.2 日变循环观测时间间隔视异常总精度要求取 5s~30s。

6.1.4.3 日变观测时间应覆盖野外测量观测时间。

6.1.4.4 日变观测期间应避免对日变站的人文干扰。

6.2 测点观测

6.2.1 普通测点测量采用单次观测法。总场测量，采用单探头；梯度测量，采用双探头。

6.2.2 全区探头高度应保持一致，且不低于 1.5m。

6.2.3 观测时操作员应去除随身携带磁性物品。

6.2.4 遇到磁性干扰物时，应合理避开，无法避开时应做备注。

6.2.5 每次开机后，应对仪器进行预热，待仪器读数稳定后，方可开始观测。

6.2.6 磁暴期间，应停止采集工作；日变扰动梯度大于 2.0nT/min 时段的磁力普通点观测数据应作废。

6.3 磁性参数的测定

6.3.1 标本法测定

6.3.1.1 岩石磁性参数通过采集岩石标本，在测定场测定。岩石标本的采集要求如下：

- a) 标本应采自岩石露头、钻井岩心或矿场地层断面。同一岩性的标本，应采自不同露头或井段，标本采集点应分布均匀。
- b) 测定前应清除标本上的磁性污染物。
- c) 标本应修成立方体，体积 100cm³~500cm³ 为宜。
- d) 标本应及时准确登录，内容包括编号、岩石名称、地点、采集人、日期和地层时代等。
- e) 若需测定剩余磁化强度，应采集定向标本。

6.3.1.2 标本磁性参数的测定方法见附录 B。

6.3.2 露头法测定

岩石磁化率用磁化率仪在露头上直接测定。每个采集点上应重复测量 5 个以上数据，取其平均值作为岩石磁化率值。

6.3.3 磁性参数统计方法

磁性参数统计方法参见附录 C。

6.4 测地工作

测地工作技术要求应符合 SY/T 5171 的规定。

6.5 质量检查

6.5.1 磁测资料的检查与精度计算

6.5.1.1 检查观测应采用不同仪器或在不同日期通过重复观测法进行。

6.5.1.2 检查点应分布均匀。

6.5.1.3 磁测工作的检查率应不低于 5%，精测测线的检查率不低于 10%，检查点总数不少于 30 个。

6.5.1.4 检查观测的直接差应不大于设计检查观测精度的 2.5 倍。

6.5.1.5 检查观测精度按公式 (9) 计算：

$$\epsilon_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_p} d_i^2}{2N_p}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

ϵ_p ——检查观测精度，单位为纳特 (nT)；

d_i ——第 i 个点的检查观测值与初次观测值的差值，单位为纳特 (nT)；

N_p ——检查观测点总数。

6.5.2 磁性参数的检查与精度计算

6.5.2.1 磁性参数测定的检查率应不低于 5%。

6.5.2.2 磁性参数测定精度以平均相对误差衡量，按公式 (10) 计算，限差为 10%。

$$\bar{\eta} = \left(\frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} \frac{|t'_i - t_i|}{t'_i + t_i} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

$\bar{\eta}$ ——磁性参数测定精度；

t_i, t'_i ——第 i 块标本的原始观测值和检查观测值，单位为 SI (κ)；

N_s ——检查观测标本个 (点) 数。

7 资料整理与检查验收

7.1 资料整理的内容

资料整理的内容包括：

- a) 各项观测数据的检查。
- b) 仪器试验数据的计算。
- c) 绝对磁力值的计算。
- d) 磁力异常值的计算。
- e) 磁性参数测定结果的统计分析。
- f) 各种图表的编制。
- g) 有关资料的编录与存储。

7.2 资料整理的要求

资料的整理按如下要求进行：

- 计算程序及参数正确。
- 每日工作结束后，应及时进行数据的检查、计算、异常成图及质量监控。
- 计算数据、基础图表和图件应内容齐全、数据可靠、面貌清晰。
- 各项改正值及成果数据取至 0.01nT。

7.3 磁力异常值的计算

7.3.1 绝对磁力值的计算

绝对磁力值由磁力观测值经日变校正求得，按公式 (11) 计算：

$$T_{\text{abs}} = T_p - T'_i + T'_0 \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

T_{abs} ——测点的绝对磁力值，单位为纳特 (nT)；
 T_p ——测点的磁力观测值，单位为纳特 (nT)。

7.3.2 磁力异常值的计算

7.3.2.1 磁力 ΔT 异常值由绝对磁力值经正常磁场值改正（正常场平面改正和高度改正）求得，按公式 (12) 计算：

$$\Delta T = T_{\text{abs}} - T_0 \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中：

ΔT ——磁力 ΔT 异常值，单位为纳特 (nT)；
 T_0 ——测点处正常磁场值，单位为纳特 (nT)。
 测点处正常磁场值的计算见附录 D。

7.3.2.2 磁力异常总精度按以下方法计算：

a) 正常场平面改正精度按公式 (13) 进行计算：

$$\epsilon_s = \frac{0.015 \sin \phi \cdot \cos \phi}{(1 + 3 \sin^2 \phi)^{\frac{1}{2}}} m_s \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中：

ϵ_s ——正常场平面改正精度，单位为纳特 (nT)；
 ϕ ——测区平均纬度，单位为度 (°)；
 m_s ——测点点位中误差，单位为米 (m)。

b) 高度改正精度按公式 (14) 计算：

$$\epsilon_h = -\frac{3\bar{T}_0}{R} m_h \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

ϵ_h ——高度改正精度，单位为纳特 (nT)；
 $\bar{T}_0$ ——测区平均正常磁场值，单位为纳特 (nT)；

- R ——地球平均半径，取 6371200m；
 m_h ——测点高程中误差，单位为米（m）。
c) 磁力异常总精度按公式（15）计算：

$$\epsilon_{\Delta T} = \sqrt{\epsilon_p^2 + \epsilon_L^2 + \epsilon_s^2 + \epsilon_h^2} \dots\dots\dots (15)$$

7.4 绘制的图表

- 绘制的图表包括：
- a) 日变站照片及说明。
 - b) 检查观测统计表。
 - c) 实际材料图。
 - d) 磁力 ΔT 异常图。
 - e) 标本采集位置图。
 - f) 磁性参数统计表等。

7.5 资料的检查与验收

野外采集工作结束后，应根据技术设计和规程进行野外采集工作的检查验收。检查验收的内容见附录 E。

8 资料处理

8.1 准备工作

- 资料处理前应做以下准备工作：
- a) 奇异点分析与去除。
 - b) 数据网格化与去噪。
 - c) 处理方案制定。

8.2 处理项目及方法

8.2.1 磁力异常化极处理

- 磁力异常化极处理的要求如下：
- a) 化极处理的磁倾角与磁偏角参数可由地磁要素图读取，或用相应软件计算求得。
 - b) 当化极效果不理想时，可适当调整磁倾角与磁偏角，直至斜磁化影响基本消除。
 - c) 研究区跨越的范围较大时，宜采用变磁倾角化极。

8.2.2 区域场的求取

- 常用求取方法有：
- a) 滑动窗口平均法。
 - b) 波数域向上延拓法。
 - c) 趋势面法。
 - d) 波数域低通滤波法等。

8.2.3 剩余异常的求取

常用方法分如下两类：

- a) 去除区域场法。
- b) 直接求取法，例如圆周平均法、波数域带通滤波法等。

8.2.4 目标异常的提取

常用求取方法有：

- a) 圆周平均法。
- b) 波数域带通滤波法。
- c) 垂直一次导数等。

9 资料解释

9.1 准备工作

资料解释前应做如下准备工作：

- a) 收集、研究工区及邻区有关地质、物化探和钻井资料。
- b) 收集、整理岩石磁性资料，分析其特征。
- c) 根据地质任务和已有资料，确定解释方案。
- d) 完成基础图件和为解释服务的其他处理图件。

9.2 定性解释

9.2.1 根据磁力异常特征，确定主要磁性界面及局部磁性体的地质属性。

9.2.2 根据不同向上延拓高度的磁力异常，了解主要磁性界面的起伏特征，确定不同特征磁力异常的分区界线。

9.2.3 根据局部磁力异常，确定火成岩体及深大断裂的分布。

9.2.4 结合重力及其他物探资料，分析磁性体的岩性等。

9.3 定量解释

9.3.1 在定性解释的基础上，分析异常的剖面或平面特征，判断引起异常的地质体的几何形态及磁性特征，确定待求的参量。

9.3.2 选取反演剖面，剖面应穿过典型异常，垂直于磁力异常走向，并取至背景场。

9.3.3 针对异常特征和已知条件，选择、使用适合的反演方法。

9.3.4 对定量计算结果进行分析，指出其可靠程度。

9.4 地质解释

9.4.1 结合地质、井筒及其他物探资料确定基岩岩性和时代、深大断裂的展布及其地质意义。

9.4.2 根据定量解释结果并结合其他物探资料，编制磁性基底埋藏深度图，分析基底特征。

9.4.3 根据局部磁力异常特征确定盖层中火成岩分布特征、时代及岩性，编制火成岩分布（岩性预测）图。

9.4.4 结合井筒及石油地质等资料，预测含油气的火成岩体。

10 成果报告

10.1 报告的编写

报告文稿的编写提纲参见附录 F。

10.2 附图的编制

10.2.1 主要处理图件

主要处理图件有：

- a) 磁力 ΔT 异常图。
- b) 化极磁力异常图。
- c) 区域磁力异常图。
- d) 剩余磁力异常图。
- e) 局部磁力异常图等。

10.2.2 主要解释图件

主要解释图件有：

- a) 火成岩分布图。
- b) 磁性基底埋藏深度图。
- c) 深大断裂分布图。
- d) 综合解释剖面图等。

10.2.3 编图要求

附图编图应符合 SY/T 6055 的规定。

11 资料提交

11.1 采集资料

提交的采集资料见 E.5 和 E.6。

11.2 成果资料

包括第 10 章中的成果报告及附图。

附 录 A
(资料性附录)
技术设计编写提纲

A.1 项目来源与工作部署

项目来源、工区位置、地质任务、勘探比例尺和勘探工作量等。

A.2 工区概况

工区自然地理条件、人文环境、地质概况、地球物理特征及勘探简况等。

A.3 野外工作方法与技术要求

较详细地写明仪器测试方法及精度要求；日变站和日变分站设立方法和技术要求；测线的布设、观测方法、检查观测方法与要求；测地工作方法和技术要求；物性测定方法和技术要求；资料整理的方法、采用的公式与参数；资料验收、提交与归档要求等。

A.4 资料处理解释技术

资料处理解释的方法与技术，提交的基础图件和成果图件。

A.5 施工组织与管理措施

队伍组织、人员配备、主要仪器设备、施工管理措施和项目进度安排等。

A.6 设计图

勘探技术设计图，图件绘制应满足 SY/T 6055 的规定。

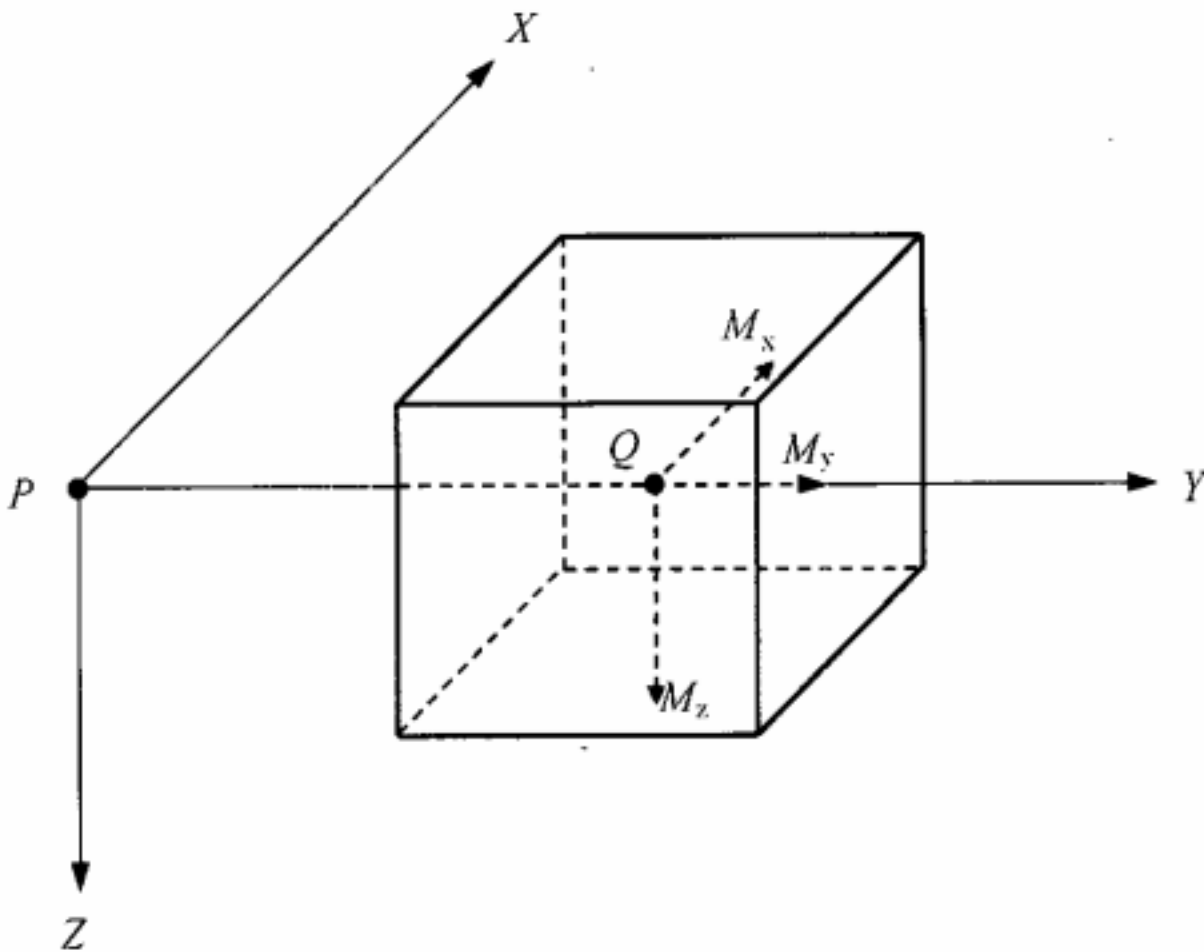
附录 B
(规范性附录)
标本法磁参数测定

B.1 准备工作

- B.1.1 本方法适用于绝对磁力仪。
- B.1.2 选择磁场平稳、附近无磁性干扰源的地方作为标本测定场地。
- B.1.3 将一大于 40cm×40cm 的无磁性平板架在标本测定场地上，铺平、固定，并在平板上沿磁东西和磁南北方向画一“+”交叉线。平板架设高度应不小于 1m。
- B.1.4 将加工好的立方体标本（或方形标本盒）标上 X，Y，Z 轴。
- B.1.5 选择两台噪声小的仪器分别用作标本磁异常测量和日变测量。
- B.1.6 日变站到标本测量位置的距离以 20m~50m 为宜，日变观测循环采样时间间隔以 5s 为宜，两台仪器应达到秒级同步。

B.2 标本总磁异常测量

- B.2.1 将探头置于平板“+”交叉点 P 上，使探头中心与交叉点在一条铅垂线上，记录无标本时的地磁场 T''_0 。
- B.2.2 在磁东西线上选择一个点 Q，将标本置于该点上方，使标本中心与该点在同一铅垂线上，且保持标本中心与探头中心在同一水平面内（见图 B.1）。



注：X 方向为磁北方向，Y 方向为磁东方向，P 点是仪器探头的中心位置，Q 点是标本的中心位置。 M_x ， M_y ， M_z 分别为剩余磁化强度在 X，Y，Z 方向的分量。

图 B.1 标本放置方向图

- B.2.3 按表 B.1 的规定，转动标本的轴向，每转动一次标本轴向，输入一个编号 ξ ($\xi=1, 2, \dots, 9$)，并记下磁力读数 T_ξ ，直至 $\xi=9$ 。至此，第一块标本测量完毕，取下。
- B.2.4 重复 B.2.1~B.2.3，直至测完所有标本。

表 B.1 标本测定时不同指向的规定

X 轴指向	Y 轴指向	Z 轴指向	磁场观测值 nT	日变观测值 nT	标本磁力异常 nT
无标本时			T''_0		—
水平指向磁北	水平指向磁东	垂直向下	T_1		ΔT_1
水平指向磁北	水平指向磁西	垂直向上	T_2		ΔT_2
水平指向磁南	水平指向磁东	垂直向上	T_3		ΔT_3
垂直向下	水平指向磁北	水平指向磁东	T_4		ΔT_4
垂直向上	水平指向磁北	水平指向磁西	T_5		ΔT_5
垂直向上	水平指向磁南	水平指向磁东	T_6		ΔT_6
水平指向磁东	垂直向下	水平指向磁北	T_7		ΔT_7
水平指向磁西	垂直向上	水平指向磁北	T_8		ΔT_8
水平指向磁东	垂直向上	水平指向磁南	T_9		ΔT_9

B.3 标本体积测量

标本体积测量采用天平法或量杯法。

B.4 磁性参数的计算

B.4.1 标本磁异常的计算

用公式 (B.1) 计算每块标本各个轴向的总磁异常：

$$\Delta T_{\xi} = T_{\xi} - \delta T'_i - T''_0 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：
 ΔT_{ξ} ——标本各轴向的磁力异常值，单位为纳特（nT）；
 T_{ξ} ——各轴向的标本观测磁场值，单位为纳特（nT）；
 $\delta T'_i$ ——各轴向的标本测量时日变观测值与无标本测量时的日变观测值的差值，单位为纳特（nT）；
 T''_0 ——无标本时测量的观测磁场值，单位为纳特（nT）。

B.4.2 磁性参数计算

磁性参数计算包括：

a) 剩余磁化强度按公式 (B.2) 计算：

$$M_r = \frac{2\pi r^3}{\mu_0 V} \left[(\Delta T_2 - \Delta T_1)^2 + (\Delta T_3 - \Delta T_2)^2 + (\Delta T_5 - \Delta T_4)^2 + (\Delta T_6 - \Delta T_5)^2 + (\Delta T_8 - \Delta T_7)^2 + (\Delta T_9 - \Delta T_8)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \times 10^{-9} \dots\dots (B.2)$$

式中：
 M_r ——剩余磁化强度，单位为安 [培] 每米（A/m）；

π ——3.1415926;

r ——探头中心到标本中心的距离,单位为厘米 (cm);

μ_0 ——真空磁导率,取 $4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$;

V ——标本体积,单位为立方厘米 (cm^3)。

b) 剩余磁化强度的偏角由公式 (B.3) 计算:

$$\phi_r = \begin{cases} \phi'_r & (\Delta T_3 - \Delta T_2 > 0, \Delta T_6 - \Delta T_5 > 0) \\ -\phi'_r & (\Delta T_3 - \Delta T_2 > 0, \Delta T_6 - \Delta T_5 < 0) \\ \pi + \phi'_r & (\Delta T_3 - \Delta T_2 < 0, \Delta T_6 - \Delta T_5 < 0) \\ \pi - \phi'_r & (\Delta T_3 - \Delta T_2 < 0, \Delta T_6 - \Delta T_5 > 0) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 3})$$

$$\phi'_r = \arctan \left[\frac{(\Delta T_6 - \Delta T_5)^2 + (\Delta T_8 - \Delta T_7)^2}{(\Delta T_3 - \Delta T_2)^2 + (\Delta T_5 - \Delta T_4)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 4})$$

式中:

ϕ_r ——磁化强度偏角,单位为弧度 (rad)。

c) 剩余磁化强度的倾角由公式 (B.5) 计算:

$$I_r = \text{sign}(\Delta T_9 - \Delta T_8) \arctan \left[\frac{(\Delta T_2 - \Delta T_1)^2 + (\Delta T_9 - \Delta T_8)^2}{(\Delta T_3 - \Delta T_2)^2 + (\Delta T_5 - \Delta T_4)^2 + (\Delta T_6 - \Delta T_5)^2 + (\Delta T_8 - \Delta T_7)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 5})$$

式中:

I_r ——磁化强度倾角,单位为弧度 (rad)。

d) 视磁化率由公式 (B.6) 计算:

$$\kappa' = \frac{-2\pi r^3 (\Delta T_1 + \Delta T_3 + \Delta T_4 + \Delta T_6 + \Delta T_7 + \Delta T_9)}{3VT'_0} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 6})$$

式中:

κ' ——视磁化率,单位为 SI (κ)。

e) 真磁化率由公式 (B.7) 计算:

$$\kappa = \frac{3\kappa'}{3 - \kappa'} \quad \dots\dots\dots (\text{B. 7})$$

式中:

κ ——真磁化率,单位为 SI (κ)。

附录 C
(资料性附录)
磁性参数的统计

- C.1 磁性参数的统计，应在岩石正确定名的基础上分类进行。
- C.2 当同类岩（矿）石的磁化率或剩余磁化强度服从正态分布规律时，按下述方法统计：
- a) 标本数目少于 30 块时，按公式 (C. 1) 计算磁性参数的平均值，用表格列出参数极大值、极小值。

$$\bar{x} = \frac{1}{N_b} \sum_{j=1}^{N_b} x_j \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中：

$\bar{x}$ ——岩石剩余磁化强度或磁化率的算术平均值，单位为安 [培] 每米 (A/m) 或 SI (κ)；

N_b ——同类岩石标本的总块数；

x_j ——第 j 块标本的剩余磁化强度或磁化率，单位为安 [培] 每米 (A/m) 或 SI (κ)。

b) 标本块数大于或等于 30 时，可将参数值按相等间隔分组统计。分组数与标本总数的关系在对数坐标系中呈线性变化。可参考表 C. 1 分组。

表 C.1 标本分组表

标本数 块	30~40	40~60	60~80	80~100	100~120	120~140	>140
分组数 组	4	5	6	7	8	9	10

分组数确定后，按 $\Delta x = (x_{\max} - x_{\min}) / C$ 算出磁参数间隔，统计每组的标本数，然后按公式 (C. 2)、公式 (C. 3) 计算磁参数平均值及其均方根误差：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{\zeta=1}^C \bar{x}_{\zeta} H_{\zeta}}{N_b} \dots\dots\dots (C. 2)$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum_{\zeta=1}^C (\bar{x}_{\zeta} - \bar{x})^2 H_{\zeta}}{N_b}} \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中：

$\bar{x}$ ——磁参数平均值，单位为安 [培] 每米 (A/m) 或 SI (κ)；

D ——磁参数均方根误差，单位为安 [培] 每米 (A/m) 或 SI (κ)；

$\bar{x}_{\zeta}$ ——第 ζ 组标本磁参数平均值，单位为安 [培] 每米 (A/m) 或 SI (κ)；

H_{ζ} ——第 ζ 组标本块数；

C ——标本分组数。

- C.3 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，按下述方法统计：
- a) 标本数不足 30 块时，按公式 (C. 4) 求其几何平均值：

$$\lg \bar{x} = \frac{1}{N_b} \sum_{j=1}^{N_b} \lg x_j \dots\dots\dots (C. 4)$$

- b) 标本数大于或等于 30 块时，也可用绘制频率分布曲线的方法，统计磁参数的平均值及均方根误差。具体做法参照有关数理统计方法。

附 录 D
(规范性附录)
正常磁场值的计算

D.1 地磁场的高斯球谐表达式

地磁场的高斯球谐表达式见公式 (D.1)。

$$\left. \begin{aligned} X_0 &= \sum_{n=1}^{\tau} \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} \left[g_n^m \cos(m\lambda) + h_n^m \sin(m\lambda) \right] \frac{d}{d\theta} P_n^m(\cos\theta) \\ Y_0 &= \sum_{n=1}^{\tau} \sum_{m=0}^n \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} \frac{m}{\sin\theta} \left[g_n^m \sin(m\lambda) - h_n^m \cos(m\lambda) \right] P_n^m(\cos\theta) \\ Z_0 &= - \sum_{n=1}^{\tau} \sum_{m=0}^n (n+1) \left(\frac{R}{r}\right)^{n+2} \left[g_n^m \cos(m\lambda) + h_n^m \sin(m\lambda) \right] P_n^m(\cos\theta) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

X_0, Y_0, Z_0 ——测点地磁场的北向分量、东向分量和垂直分量, 单位为纳特 (nT);

g_n^m, h_n^m —— n 阶 m 次高斯球谐系数, 采用相应年度的 IGRF 模型参数;

$P_n^m(\cos\theta)$ ——施密特准归一化的缔合勒让德函数;

r ——测点的地心距, 单位为米 (m);

λ ——测点的经度, 单位为度 ($^{\circ}$);

θ ——测点的余纬度 ($\theta = 90^{\circ} - \phi$, ϕ 为纬度, 北半球为正, 南半球为负), 单位为度 ($^{\circ}$);

τ ——一个充分大的正整数。

D.2 正常磁场值的计算

利用国际地磁参考场相应年度的模型提供的高斯系数以及测点的坐标, 根据公式 (D.1) 计算出各点的磁场三分量值, 由公式 (D.2) 计算正常磁场值:

$$T_0 = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2 + Z_0^2} \dots\dots\dots (D.2)$$

附 录 E
(规范性附录)
野外采集检查验收内容

E.1 任务完成情况

任务完成情况内容包括：

- a) 测区面积。
- b) 测线条数、测线长度、测点数。
- c) 加密线（点）、重复线（点）数及长度。
- d) 磁性参数测定的剖面数、总长度及标本块（点）数。
- e) 测区内留下的空白区位置、面积及点数等。

E.2 仪器试验方法技术与结果

仪器试验方法技术与结果内容包括：

- a) 噪声水平测定方法及结果。
- b) 观测精度测定方法及结果。
- c) 系统误差测定方法及结果。
- d) 一致性测定方法及结果。

E.3 野外采集工作方法与技术

野外采集工作方法与技术内容包括：

- a) 日变站建立和观测方法与技术。
- b) 测点观测方法与技术。
- c) 岩石磁性参数测定方法与技术。
- d) 测地工作方法与技术。

E.4 资料质量

资料质量内容包括：

- a) 磁力日变站联测精度及控制情况。
- b) 日变站观测时间覆盖测点观测时间情况。
- c) 测点的偏离程度及空点情况。
- d) 检查点的分布、检查率及精度。
- e) 磁力异常图中的可疑异常和奇异点数及落实情况。
- f) 磁力测点的各项精度。
- g) 岩石磁性参数测定精度等。

E.5 采集资料和图件

E.5.1 磁力记录、计算资料：

- a) 仪器试验计算簿。
- b) 磁力观测计算簿。
- c) 磁力异常计算簿。
- d) 磁力质量检查统计簿。
- e) 相应的电子记录及日变站观测电子记录。

E.5.2 岩石物性资料：

- a) 岩石磁性参数采集、测定记录簿。
- b) 岩石磁性参数统计分析图表。

E.5.3 图件：

- a) 磁力工作实际材料图。
- b) 带点位、点值的磁力 ΔT 异常图。
- c) 磁性参数采测点位分布图。

E.6 野外工作总结

内容包括上述的野外采集方法技术及指标、任务与质量完成情况、提交的资料及其他有关情况。

附 录 F
(资料性附录)
磁法勘探成果报告编写提纲

F.1 前言

任务来源、地质任务、获得的主要成果及重要认识等。

F.2 地质及地球物理概况

F.2.1 地理概况

研究区地理位置及自然地理和经济地理概况。

F.2.2 区域地质特征

研究区所处大地构造位置、区域地质特征及石油地质条件等。

F.2.3 地球物理特征

磁性参数资料统计分析及磁性界面和磁性体的理论异常特征分析。

F.2.4 勘探概况

研究区及邻区前人工作及取得的主要地质成果。

F.3 采集技术与资料质量

F.3.1 野外采集技术

野外采集的主要工作方法与技术及坐标、高程系统。

F.3.2 资料整理方法

资料整理所采用的公式和参数及精度评价方法。

F.3.3 完成的工作量及资料质量

完成的采集工作量、各项实测精度统计及资料完整性评价。

F.4 资料处理与解释

F.4.1 处理解释方案

资料处理流程和解释方案。

F.4.2 处理解释方法

采用的处理、解释方法和获得的图件。

F.5 综合地质解释

F.5.1 磁力异常特征及其地质含义

根据磁力异常的宏观特征，结合地质及其他资料，分析磁力异常所包含的地质含义。

F.5.2 磁性基底特征

根据磁性基底埋藏深度图，分析磁性基底特征。

F.5.3 局部磁性体特征

根据局部磁力异常特征确定盖层中火成岩分布特征、时代及岩性。

F.5.4 与油气有关的火成岩特征

结合井筒、石油地质等资料，预测与油气有关的火成岩体及其分布特征。

F.6 结论与建议

对取得的地质成果进行归纳和总结，对资料采集、处理、解释方法和取得的成果做出评价，对今后的勘探工作提出建议。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
地面磁法勘探技术规程
SY/T 5771—2011

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

880×1230 毫米 16 开本 1.75 印张 51 千字 印 1—1500
2011 年 11 月北京第 1 版 2011 年 11 月北京第 1 次印刷
书号: 155021·6689 定价: 24.00 元
版权专有 不得翻印