

345873

地面磁测资料解释 推断手册

地质出版社

地面磁测资料解释 推断手册

《地面磁测资料解释推断手册》编写组 编著

地质出版社

地面磁测资料解释推断手册

《地面磁测资料解释推断手册》编写组 编著

*

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1979年2月北京第一版·1979年2月北京第一次印刷

印数：1—7,320册·定价5.40元

统一书号：15038·新237

前 言

磁法勘探是一种行之有效的地质找矿勘探方法。磁法勘探的大量应用和发展，迫切需要一种为野外解释推断服务、内容较为全面较为实用的备查性的工具书。为此，我们在各有关单位党组织的领导和支持下，编写了这本手册。

在编写过程中，我们坚持密切结合野外生产的实际，认真总结我国磁法解释推断的经验，适当引进国外的方法技术，力求使本书能适应当前国内外磁测资料解释推断的实际情况，更好地为广大磁法勘探人员服务。

本书列出了生产实际中经常遇到的简单、孤立磁性体异常的正、反演公式和方法，并较系统地介绍了处理各种复杂问题的磁测资料预分析、预处理、异常变换、定性定量解释等方法 and 常见地质问题、磁测资料解释推断的实例。

本书主要阅读对象是野外从事磁测资料解释推断的人员。因而在计算方法的选材上，以目前野外常用的各种手算、量板计算、模拟计算方法为主，简要地介绍了电算技术方法及计算公式；在方法技术的叙述上，力求简明扼要，通俗易懂，尽量突出具体的解释推断方法步骤，避免繁琐的纯数学推导；在内容的安排上，首先在绪论和第一章中对磁测资料的解释推断方法和原则，以及有关的基础知识作了比较扼要的介绍，然后按解释推断的步骤，分章节对目前采用的各种解释推断方法作了较为全面系统的论述。本书在编写、讨论和审订的过程中，对大量资料进行了归纳和整理，对大量公式进行了推导和审验，纠正了其中的错误。

本书从1974年提纲的拟订，到1975年初稿的讨论，到1976年内容和公式的推导和审订，都坚持了“从群众中来，到群众中

去”的原则，较广泛地征求了从事磁测工作的野外队、大专院校及科研单位的意见，得到了许多兄弟单位的大力支持和帮助，在此一并致以深切的感谢。

本书由国家地质总局第二综合物探队主编，四川省地质局物探队、长春地质学院、成都地质学院、青海省地质局物探队协编，西北大学数学系参加了本书的部分公式审查工作。

在本书的编写过程中，我们虽然作了一定的努力，但由于水平和时间有限，必定还存在许多错误和缺点，恳切地希望读者批评指正。

参 数 符 号 说 明

- U ——磁位
 V ——重力位
 δ ——密度或磁测剖面 (x 轴) 的磁方位角
 $\Delta\delta$ ——剩余密度
 f ——引力常数
 F ——作用力
 $\vec{T}_0$ ——正常地磁场的总矢量
 Z_0 ——正常地磁场的垂直分量
 H_0 ——正常地磁场的水平分量
 I_0 ——正常地磁倾角
 D_0 ——正常地磁偏角
 $\vec{T}$ ——地磁场总矢量, $\vec{T} = \vec{T}_0 + \vec{T}_a$
 I ——地磁倾角
 D ——地磁偏角
 Z —— $\vec{T}$ 的垂直分量
 H —— $\vec{T}$ 的水平分量
 $\vec{T}_a$ ——磁异常总矢量
 ΔT ——地磁场总矢量 $\vec{T}$ 与正常地磁场总矢量的模差, 即

$$\Delta T = |\vec{T}| - |\vec{T}_0|$$
 Z_a —— $\vec{T}_a$ 的垂直分量, 即垂直磁异常
 H_a —— $\vec{T}_a$ 的水平分量, 即水平磁异常
 H_{ax} —— $\vec{H}_a$ 在 x 轴上的投影
 H_{ay} —— $\vec{H}_a$ 在 y 轴上的投影
 $Z_{a\perp}$ ——垂直磁化时的垂直磁异常
 $H_{a\perp}$ ——垂直磁化时的水平磁异常

Z_a ——水平磁化时的垂直磁异常

H_a ——水平磁化时的水平磁异常

半和曲线 $f(x)$, $f'(x)$ —

$$f(x) = \frac{1}{2} [Z_a(x) + Z_a(-x)]$$

$$f'(x) = \frac{1}{2} [H_a(x) + H_a(-x)]$$

半差曲线 $\phi(x)$, $\phi'(x)$ —

$$\phi(x) = \frac{1}{2} [Z_a(x) - Z_a(-x)]$$

$$\phi'(x) = \frac{1}{2} [H_a(x) - H_a(-x)]$$

$Z_a(0)$ ——座标原点上的垂直磁异常

$H_a(0)$ ——座标原点上的水平磁异常

$\vec{J}$ ——总磁化强度

$\vec{J}_H$ ——总磁化强度的水平分量

i ——总磁化强度倾角

J_i ——感应磁化强度

J_r ——剩余磁化强度

J_s ——剖面内的有效磁化强度

i_s ——剖面内的有效磁倾角

J'_s ——经退磁校正的剖面内的有效磁化强度

i'_s ——经退磁校正的剖面内的有效磁倾角

κ ——磁化率

κ' ——视磁化率

N ——退磁系数

σ ——面磁荷密度 $J_n = \sigma$, 电导率

λ ——线磁荷密度

ρ ——体磁荷密度, 电阻率, 极半径

μ ——磁导率

- Q ——剩余磁化强度与感应磁化强度之比
 m ——点磁荷量
 $\vec{M}$ ——磁矩
 M_r —— $\vec{M}$ 在剖面上的投影
 A ——磁性体走向的磁方位角（由磁北起算，用于 ΔT 异常的计算）
 B —— x 轴与 $\vec{J}_H$ 的夹角
 h ——磁性体顶面埋深
 $h_c(H)$ ——磁性体下界面埋深
 $z_c(h_c)$ ——磁性体中心埋深
 (x_c, y_c) ——磁性体中心在地面投影点的座标
 R ——球体或水平圆柱体的半径
 S ——磁性体的截面面积
 v ——磁性体体积
 $2b$ ——磁性体顶面的水平宽度
 $2L$ ——磁性体沿走向方向的长度
 $2l$ ——磁性体沿倾向方向的长度
 β ——磁性体的倾角
 γ —— $\gamma = \beta - i_r$
 d ——距离
 q ——椭球体、椭圆柱体的焦距
 a, b, c ——椭球体三个半轴的长度
 (x, y, z) —— z 轴向下， x 轴向右的直角坐标系中，异常观测点的座标
 (ξ, η, ζ) —— z 轴向下， x 轴向右的直角坐标系中，磁性体内某点的座标
 $x_{\max}, x_{\min}, x_G, x_{1/2}, x_{1/4}, x_{Z_a=H_a}$ ——分别为异常极大值点、极小值点、拐点、1/2极大值点、1/4极大值点、 $Z_a=H_a$ 点的座标。

* 常用公式标记

绪 论

一、磁测资料的解释推断是磁法野外工作的继续，是运用磁测资料解决各种地质问题的必要步骤和关键环节。解释推断的基本任务，是根据磁异常和岩矿石的磁性资料以及地质和其他物化探资料，正确地判断引起磁异常的地质体的性质，并确定它们的空间位置和几何参数，同时结合地质规律，对地质构造和矿产分布做出相应的结论。

磁测资料解释推断的具体任务，依磁测任务的不同和勘探阶段的不同而有不同的侧重点。一般在磁法普、详查阶段，解释推断的首要问题是判断引起磁异常的地质体的性质，其次是概略地判断磁性体的空间位置和几何参数^①。在勘探阶段，解释推断的任务往往侧重于确定磁性体的空间位置和几何参数；判断引起磁异常地质体的性质，有时也占重要地位。

由于探测对象的复杂性，加上解释推断所必需的各种资料往往不是一下子能够齐备的，所以解释推断作为认识异常的过程来说，是逐步完善的，需要通过解释—验证—再解释—再验证多次地反复才能够完成，企图一次完成的想法是不符合实际的。

在解释推断中，无论是对于全过程或者是对于某个具体的解释环节，都要“坚持唯物辩证法，反对形而上学和烦琐哲学”，要进行“去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里”的思索，以便达到正确认识客观磁性体的目的。

二、磁测资料解释推断中经常使用以下的基本方法：

1. 地质、物探资料对比方法：将各种地质和物探资料综合

① 空间位置指磁性体的平面位置、埋藏深度和产状等；几何参数指磁性体的 $2L$ 、 $2b$ 、 $2l$ 、 h_c 、 R 等。

起来,进行详细的对比和研究,总结已知地质条件下的物探异常特征和规律,然后利用这些特征和规律,结合解释地区的具体情况,对磁异常进行解释和推断。

对比方法是区域调查和普、详查找矿工作中解释磁测资料的基本方法。

2. 数学物理分析方法:建立各种规则磁性体的模型,用数学物理方法求出模型周围空间磁场各参量的数学表达式和空间图形,求出图形各特征点和特征值与模型各参量的关系。根据这种图形和关系去分析待解释的异常,对引起异常的地质体的赋存状态和磁化状态作出推断。

数学物理方法一般又分为正演方法和反演方法两种。

正演方法就是已知磁性体的几何参数、磁性参数^①和空间位置求解磁性体磁场的方法。实际工作中常根据对磁性体赋存状态和磁化状态的初步判断,求出磁性体的磁场值,然后将它与实测磁异常进行对比,对磁性体的各个方面作出推断。正演方法常用于检验反演方法解释的正确性,也常直接用于复杂异常的解释推断中。

反演方法就是已知磁异常求解磁性体的磁性参数、几何参数和空间位置的方法。大部分反演方法都是根据孤立、规则磁性体的磁异常解析式导出的。方法的种类繁多,解释中应用较普遍。当异常简单时,常可直接利用实测资料求出磁性体的各个参量;当异常复杂时,往往需要将复杂异常分解、转换为简单异常后,才能用它来进行解释推断。

三、完整的解释推断过程一般包括以下基本步骤:

1. 资料的预分析和预处理

预分析是对解释推断中所用资料的质量和完整性,资料反映磁场细节的能力和各種干扰对异常的影响程度进行必要的分析。预处理是根据解释推断的需要,对异常作必要的分解、延拓和变

① 磁性参数指磁性体的磁化强度的数值和方向等。

换^①，以便突出有用异常，取得有利的解释条件和磁异常分量。

通过对资料的预分析，应当对资料的质量、完整性和详细程度作出适当的判断。如果资料情况不能满足解释推断需要，就应采取措施，使之完善和提高。如果干扰和邻近异常的叠加严重，就应根据需要对异常进行加工和处理，使之满足解释推断的需要。

资料的预分析和预处理关系到解释推断的基础，做好这一工作有着重要意义。

2. 磁性体磁化特征的统计整理和分析

同一磁性体的磁化特征不同，其磁异常特征也不同，磁性体的磁化特征往往是影响其磁异常特征的决定性因素。在异常解释的各个步骤，都需要根据磁参数资料或采用其他方法，正确确定磁性体的总磁化强度或有效磁化强度的数值和方向，以便用来区分矿异常和非矿异常，确定磁性体的几何参数和空间位置。在勘探阶段对磁异常进行详细研究时，或者在求取剩余异常时，准确地确定磁性体的磁参数尤其重要。

在统计整理磁性体的磁参数时，如果参数资料和工程资料较多，就应统计和分析磁参数的均匀性，以及磁参数在磁性体不同区段内的变化情况；同时，应对磁参数的可靠性进行评价。有时由于条件的限制，不能获得确定的磁参数值，则可根据具体情况估计几种磁参数值，以便在进一步的解释中使用。

在解释推断中最终应当根据实际条件和解释的需要，尽可能准确地确定或估计出磁性体的总磁化强度或有效磁化强度。

3. 初步地质解释

初步地质解释中的主要问题是初步判断引起异常的地质体的性质，同时也要注意直接利用磁测资料解决地质构造和地质填图等问题。

判断引起异常的地质体的性质，是解释推断的根本问题之一。一般的定性、定量解释都应在初步地质解释的基础上，在确

^① 变换：指磁异常各分量间的互算，如由 Z_0 计算 H_0 ，等等。

定了异常属于有意义异常之后进行；而定性、定量解释又反过来，常为磁异常的地质解释提供一些新的资料。

在初步地质解释中，主要使用磁测资料和地质资料，以及磁测资料和其他物化探资料对比的方法。必要时（如对于掩盖区的磁异常），也作一些定量计算，为初步地质解释提供资料。

当资料欠充分时，经常不能对引起异常的地质体的性质作出可靠的判断。此时应根据实际资料进行客观的分析，提出几种可能的解释意见，并分析各种解释意见的可能性。

4. 定性解释

磁异常的定性解释，就是根据磁测资料和其他地质、物探资料，广泛地运用正演概念，同时辅以简单的计算，对磁性体的基本赋存状态和基本磁化状态进行总体的、概略的判断。在异常较简单的情况下，定性解释结果可以为正确选择定量计算方法创造条件；在异常较复杂时，有时不具备作定量计算的条件，定性解释结果也可为综合解释提供重要资料。因此，定性解释在解释推断中是一个基本的、重要的环节。

在进行定性解释时，经常需要紧密地结合地质资料，全面地对比和分析已有的各种面积、剖面 and 磁参数资料，对磁性体的埋藏深度、基本形态、产状及其可能的变化情况、磁性体的叠加情况以及它们的磁性变化情况，作出基本的判断。由于定性解释所用资料的广泛性和综合性，其结果就更具一般性和基础性，因此经常使用定性解释结果来检验定量计算结果的合理性。

5. 定量解释

定量解释应在定性解释的基础上进行，它是定性解释的继续和深入，也能为定性解释提供新的资料。在定量解释中通常是根根据磁测资料，使用数学物理方法，对磁性体的空间位置、几何参数和磁性参数作出数量方面的推断，以便正确布置探矿工程。当条件具备时，定量解释还可估算矿体体积，确定矿体远景储量，为评价矿床远景提供重要资料。

定量解释通常包括正演计算和反演计算两个方面，它们在定

量解释中往往是互为补充、相辅相成的。

由于实际工作所涉及的磁异常经常是复杂的，也由于反演问题的多解性，定量解释的结果依所反映对象的不同而具有不同的精度：当磁性体接近简单的规则形状时，解释结果可以较接近客观实际；当磁性体的形态和叠加情况较为复杂或者磁性体为群体时，解释结果往往只能反映磁性体的大致分布状态和等效范围。

6. 异常的综合解释

异常的综合解释即归纳前面所述各种解释推断结果，综合各种地质、物化探资料，对地下矿产情况及地质情况提出全面的推断意见，并在此基础上提出验证工程意见和进一步进行地质工作和物化探工作的意见。

7. 异常的再解释

异常经过验证或矿床经过勘探后，根据所获资料作进一步的解释推断，纠正不合理和不全面的结论，补充新的见解，为下一步验证工作和勘探工作提供新的意见。

四、解释推断中应当注意以下几个方面的问题

1. 要掌握充分的实际资料。除必须充分搜集和掌握有关的地质、磁场和其他物化探文字资料外，还必须深入现场，对异常地段及其附近地段的地质、地形、岩矿磁性进行实地观察，搜集丰富的现场三度空间资料，使解释推断能够建立在更加符合客观实际的基础上，力求避免不了解现场实际情况而进行解释推断。

2. 要充分利用地质资料，避免进行“纯物探”的解释推断，减少推断结果的多解性，提高推断结果的有效性；同时，也要防止不分析地牵强附会地质结论，忽视物探资料的客观性，要正确发挥磁测资料的作用。

3. 重视磁性体磁化特征的了解和分析，使解释推断结果建立在可靠的基础上。

4. 正确运用“从已知到未知”的原则，认真分析已知区和未知区的异同点，做到合理运用已知区的规律和经验，不盲目套用，不受其束缚。

5. 要注意揭露各种资料之间的矛盾现象, 并认真进行研究和分析, 从解决各种矛盾中深化对异常的认识, 正确而客观地解释异常。不能迴避矛盾, 以免简单轻率地解释异常, 导致错误的结论。

6. 要正确利用综合物化探方法的资料, 从不同的途径了解磁性体的物性特点、几何参数和空间位置, 进行综合性的解释, 提高解释推断结果的可靠性。

7. 在解释推断中要注意物探资料的“多解性”问题。同一异常可以由多种不同的地质体(包括不同的物性特征和赋存状态)引起, 同一地质体由于赋存状态或磁化状态不同, 也能造成多种不同的异常。因此除少数简单情况外, 物探异常的解释常难以得出单一的结论。所以在资料不够充分时, 要避免主观武断地下结论; 但是, 随着资料的不断积累, 也能逐步取得单一的“解”, 在这种情况下, 要避免不敢下结论的现象发生。

8. 解释推断结果应当尽可能地用地质图示方法和地质通俗语言表达出来, 避免烦琐地堆砌数学物理词汇, 使物探成果更便于理解和应用。

9. 重视异常验证在异常解释中的作用, 应当把异常验证看作是异常解释的重要环节。忽视异常验证或者不能深入细致地进行异常验证的作法, 都是不正确的。

五、根据实际工作的需要和我们的体会, 初步认为, 目前解释推断中急待研究解决的问题主要有以下几个方面:

1. 对任意磁化情况和任意形态的三度体和似二度体的正演问题, 应加强研究。特别是对这些形体在平面及断面上异常特征的研究, 更为迫切。

2. 对复杂异常解释推断方面的研究也应加强。目前形状复杂磁性体引起的异常、叠加严重的异常、围岩干扰严重的异常、观测条件复杂的异常以及低缓异常的解释推断方法, 一般均欠完善, 需要加以解决。

3. 总磁化强度矢量 $\vec{J}$ 的求取方法, 存在问题较多, 需要进

一步加强研究工作。

4. 在找矿工作中,“区分矿异常与非矿异常”的研究是解释推断中长期未能很好解决的一个重要课题,应加强工作,争取有一个较大的突破。

目 录

参数符号说明

绪论

第一章 地磁场, 磁异常, 岩矿的磁性	1
第一节 地磁场, 磁异常	1
一、磁场及其单位	1
二、地磁场	1
三、地磁要素	2
四、正常场和磁异常	2
五、静磁场的基本规律	3
六、无源空间内静磁场的数学物理性质	4
七、磁异常 Z_a 、 H_{ax} 、 H_{ay} 、 $\vec{H}_a$ 、 $\vec{T}_a$ 、 ΔT 的定义和性质	5
第二节 岩矿的磁性	8
一、物质的磁性	8
二、矿物的磁性	10
三、岩石磁化率与铁磁性造岩矿物的关系	11
四、岩石的剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 及 Q 值的影响因素和特点	13
五、岩矿磁性数据范围	16
第三节 磁化物体的退磁作用	17
一、磁化“磁荷”	17
二、物体磁化时的退磁磁场 H_d 及退磁系数 N	17
三、均匀磁化体 N 值的计算方法	18
四、规则形体的 N 值	19
五、视磁化率 κ' 及不规则形体 N 值的确定	26
六、有剩磁影响时的退磁校正	26
七、正演问题中退磁校正的计算	27

第四节 岩矿石磁参数的统计整理	33
一、岩、矿石磁参数统计特征值的求取方法	34
(一) 确定统计单元	34
(二) 频率分布曲线的绘制	35
(三) 统计分布规律的检验	38
(四) 统计特征值的确定	45
(五) 磁参数资料统计中若干常见问题的处理方法	46
二、与剩余磁化强度 $\vec{J}_r$ 的方位 φ 和倾角 θ 统计整理的有关问题	49
第二章 求解磁性体磁场的方法	50
第一节 概述	50
一、求解磁性体磁场的意义	50
二、求解磁性体磁场的基本假定和规定	50
三、求解磁性体磁场的主要途径和方法	51
第二节 解析法计算磁性体磁场的基本公式	55
一、磁性体的磁位	55
二、用泊松公式计算磁性体磁场的基本公式	58
三、用面磁荷计算磁性体磁场的基本公式	60
四、用磁库仑定律计算磁性体磁场的基本公式	61
五、磁异常各参量间的关系	62
第三节 规则磁性体的磁场及其特征	64
一、磁棒(单点极或异号的双点极)	64
(一) 无限延深、顺轴磁化(单点极)	64
(二) 有限延深、顺轴磁化(异号的双点极)	68
二、球体(偶极子)	71
(一) 垂直磁化(垂直偶极子)	71
(二) 水平磁化(水平偶极子)	75
(三) 斜磁化(倾斜偶极子)	77
三、无限走向的水平圆柱体(无限走向的偶极线)	83
(一) 垂直磁化(铅垂面内的无限走向水平偶极线)	83
(二) 水平磁化(水平面内的无限走向水平偶极线)	88
(三) 斜磁化(倾斜面内的无限走向水平偶极线)	88
四、无限走向的倾斜或直立薄板状体	91
(一) 无限延深、顺层磁化(无限走向的水平单极线)	91