

金属矿区磁异常的解释推断

上 册

熊 光 楚 编著

地 质 出 版 社

金属矿区磁异常的解释推断

上册

熊光楚 编著

地质出版社

金属矿区磁异常的解释推断

下 册

熊 光 楚 编著

地质出版社

金属矿区磁异常的解释推断

上 册

熊光楚 编著

*

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张: $13^{3/16}$ · 字数: 378,000

1981年4月北京第一版·1981年4月北京第一次印刷

印数1—2,480册·定价2.50元

统一书号: 15038·新502

金属矿区磁异常的解释推断

下 册

熊光楚 编著

•

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

•

开本: $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张: $13^{11/16}$ ·字数: 363,000

1981年4月北京第一版·1981年4月北京第一次印刷

印数1—2,480册·定价2.60元

统一书号: 15038·新668

前 言

本书重点讨论大比例尺地面磁测在找铁矿石时磁异常的解释推断问题，并介绍处理磁异常的一些数学方法，特别是傅氏积分在磁异常解释中的应用。

在编写本书过程中，我们学习了野外队、地质院校及科研单位的先进经验及科研成果，并且在书中大量引用。因此，书中叙述的内容是大家长期实践的结果，是集体劳动的产品。同时，我们还有选择地介绍了一些国外关于磁异常解释的方法及应用实例，供大家参考。

大家知道，磁异常解释推断的理论及方法是在不断发展的。因此，本书中我们对某些问题，例如三度体异常的频谱与二度体异常的频谱的关系、方向谱的概念及位变滤波等方面，也提出了一些看法。

本书分成十二章，两个附录。第一章讨论了物探结果解释的目的、内容、应遵守的原则、一般方法和程序；第二章讨论了根据磁异常特点推定矿体的形状及产状问题；第三章对现有的磁法定量计算方法进行了分类，对每类方法作了概括的介绍；第四章讨论了根据矿体形状及产状选择计算方法的问题；第五章介绍了一些转换曲线的具体方法；第六章讨论了复杂磁异常的解释问题，特别是磁异常的地形改正方法及磁性体磁性各向异性问题；第七章讨论了关于区分矿与非矿的磁异常的方法；第八章讨论了用磁法作地质填图的问题；第九章讨论了插值法在磁异常解释中的应用；第十章讨论了曲线拟合法在磁异常解释中的应用；第十一章讨论了傅氏级数在磁异常解释中的应用；第十二章中讨论傅氏积分变换在磁异常解释中的应用。附录一系统地推导了若干规则体的磁场表达式，附录二收录了若干重要函数的傅氏变换公式，供

大家作磁异常正演及作傅氏变换时参考之用。

我们希望书中所介绍的方法对从事磁法勘探的同志会有一些用处。错了的地方，请大家指出，以便改正。

顺便指出，在六十年代初期，我们曾编写了《磁铁矿床上磁异常的解釋推断》一书。该书的内容现在有些过时，也有不少错误的地方，需要修改和充实。因此，本书也是《磁铁矿床上磁异常的解釋推断》一书的修订本和增补本。

在本书的编写过程中，得到了各级领导的关心和指导。桂林冶金地质学院的王钟及王玉梅老师在编者准备原稿时给了许多帮助，武汉地质学院北京研究生部管志宁老师审阅了全稿，提出了许多宝贵意见，使本书的质量有所提高。谨向他们表示衷心的感谢。

编 者

一九七九年二月

目 录

绪论	1
第一章 物探结果的解释推断问题	5
一 物探结果解释推断的目的及内容	5
二 解释物探工作结果应遵守的几项原则	6
三 解释物探工作结果的一般方法	14
四 磁异常解释推断的程序和内容	18
第二章 简单磁异常的半定量解释	20
一 概述	20
二 几种简单形状物体的磁异常特点	20
三 决定磁异常特点的因素	36
四 南北走向的长椭圆状的 Z_d 异常	53
五 东西走向的长椭圆状的 Z_d 异常	57
六 任意走向的长椭圆状的 Z_d 异常	61
七 等轴状 Z_d 异常	64
八 圈定磁性体的边界问题	65
九 磁异常的空间分布特点与磁性体形状的关系	70
第三章 简单磁异常的定量计算方法	76
一 概述	76
二 简单磁异常反演计算方法的分类	78
三 分析法	78
四 积分法	95
五 选择法	112
六 空间磁场法	116
七 对磁法反演计算方法的一些看法	121
第四章 定量计算方法的选择	123
一 概述	123
二 点极的定量计算方法	127

三	倾斜磁化球体的定量计算方法	128
四	走向长度很大、向下延深很大的薄板状体的定量计算方法	134
五	走向长度很大、向下延深有限的薄板状体的定量计算方法	142
六	走向很长的水平圆柱状体的定量计算方法	158
七	走向长度很大的厚板状体的定量计算方法	160
八	走向长度很大的水平薄板的定量计算方法	168
九	求磁性体沿走向长度的近似方法	169
十	简化磁性体形状的条件	174
十一	磁法定量计算的步骤	192
十二	剩余磁异常的计算	193
第五章	磁测曲线的转换	205
一	转换曲线的目的	205
二	转换曲线的方法	206
三	不同磁化方向的 Z_a 或 H_a 之间的互算	207
四	将三度体的异常转换为二度体的异常	214
五	部分消除法	218
六	高次微商法	223
七	位场的解析延拓	233
八	磁异常的分解	256
九	重、磁异常的互算问题	265
第六章	复杂磁异常的解释	269
一	磁异常复杂化的原因	269
二	磁性体围岩的磁性不均匀	270
三	磁性体形状复杂及各向异性问题	279
四	磁性体磁化不均匀	296
五	地形影响及其改正	302
六	叠加磁异常的分解	324
第七章	区分矿与非矿磁异常的问题	329
一	概述	329
二	结合地质情况, 研究磁异常是否处于成矿有利地段	330

三	系统地研究工作地区岩石及矿石的磁化强度.....	333
四	对磁异常作深入细致的分析.....	336
五	利用综合物探方法.....	338
六	一个实例.....	349
七	普查阶段磁异常的评价问题.....	368
第八章	用磁法作地质填图的问题	371
✓ 一	概述.....	371
二	解释推断的步骤.....	373
三	研究线性构造.....	376
四	研究褶皱构造.....	381
五	圈定侵入体的分布范围.....	386
六	研究矿区的地质构造.....	389
七	磁性岩石组成的基底起伏的推断.....	400
八	用磁法找火山口.....	401
九	综合物探方法的应用问题.....	406

目 录

第九章 插值法及其在磁异常解释中的应用	415
一 插值法的数学物理意义	415
二 均差插值多项式	417
三 等距结点插值公式	422
四 拉格朗日插值多项式	426
五 带导数的插值公式	427
六 用插值法求区域场	428
七 外推法求磁场的向下延拓及数字积分法求磁场的向上 延拓	431
八 样条插值函数	438
九 一个计算任意形状物体磁异常的方法	446
第十章 曲线拟合法及其在磁异常解释中的应用	451
一 曲线拟合法的数学物理意义	451
二 最小二乘方拟合	452
三 正交函数系	454
四 最小二乘方拟合的应用	464
五 契比雪夫多项式及其应用	476
第十一章 傅氏级数及其在磁异常解释中的应用	485
一 场的基本表达式	485
二 傅里叶级数	487
三 傅氏级数的其他形式	502
四 傅氏级数的收敛性	510
五 关于傅氏级数的系数的巴塞瓦公式	512
六 吉布斯现象	513
七 离散的有限项傅氏级数	517
八 二维傅氏级数	526
第十二章 傅氏变换及其在磁异常解释中的应用	541
一 傅氏积分变换	541

二	求频谱的方法及一些简单形状物体的重力异常及磁异常的频谱.....	557
三	频谱分析.....	584
四	利用磁异常的频谱作反演问题.....	590
五	线性滤波系统的一般特性.....	605
六	场的延拓, 垂向二次导数和不同磁化方向及不同测量方向磁场间的变换.....	617
七	光滑曲线.....	627
八	方向谱及其应用.....	663
九	取样的影响及取样定理.....	694
十	转换曲线的实现——在频率域.....	703
十一	转换曲线的实现——在空间域.....	706
十二	递归滤波.....	719
十三	线性滤波器的局限性及位变滤波器.....	726
附录一	若干规则形状磁性体的磁场表达式.....	743
一、	均匀磁化物体磁场的一般表达式.....	743
二、	一些规则形状三度体磁场的表达式.....	753
三、	一些规则形状二度体的磁场表达式.....	794
四、	一些较复杂形状的物体的磁场表达式.....	826
附录二	一些重要函数的傅氏积分变换.....	841
主要参考文献		844

绪 论

在寻找及勘探金属矿床时，物探方法在工作的每一阶段都有着极广泛的应用。磁铁矿床由于矿石具有很强的磁性，能引起明显的磁异常，在目前，磁法勘探又是物探方法中成本最低、效率最高的方法，因此磁法勘探就成为寻找磁铁矿床时最主要、最有效的物探方法。根据国内外的工作经验，在寻找及勘探磁铁矿床时，磁法能解决的问题有以下几方面：

一、在小比例尺地质填图时，根据磁测结果可以划分沉积岩、喷出岩、基性岩、超基性岩及变质岩的分布范围；圈定基底构造；查明成矿控制构造，如构造断裂带、火成岩、火成岩与沉积岩的接触界线等。查明成矿控制构造，就可以很快地圈出找矿地区，进行直接找矿工作。

利用小比例尺磁测结果，还可以圈定含铁石英岩的分布范围，确定找风化壳富铁矿的有望地区。

二、在找矿阶段，利用大比例尺地面磁测结果，可以直接找出磁铁矿体及含磁铁矿或磁黄铁矿的其他金属矿床；圈出含铁石英岩中赤铁矿化剧烈地段，间接寻找风化壳富矿。

三、根据大比例尺磁测及精测剖面，在条件有利时，可以推定磁性矿体的形状及产状，估算矿体的体积。对于形状不十分复杂的矿体，根据少数控制钻的钻探结果及钻孔磁测井、岩石和矿石的磁性资料，综合利用物探及地质成果，可以推定矿体的形状及产状，计算矿体体积，因而可以放宽勘探网，减少一部分勘探工程。

四、对于已作初步勘探的矿区，研究剩余磁异常，可以寻找钻孔之间及深部的盲矿体。

在生产实践中，磁法勘探的这些作用还没有充分发挥，特别

是在地质填图和勘探阶段，磁法还没有获得广泛的应用。为了充分发挥磁法的作用，提高磁法测量的地质效果，要不断制造精度高、能测多个参量(磁场的分量及其梯度)的磁力仪，改进野外工作方法，提高野外观测质量，并对观测结果作出尽可能接近实际情况的解释。关于制造新仪器、改进野外工作及提高观测质量对扩大磁法应用范围及提高磁法的地质效果的作用，可以从磁法发展的历史中明显地看出来。

早在十七世纪，人们就发现在强磁性铁矿床上方普通罗盘的磁针发生偏转，并企图利用这种现象进行找矿。由于罗盘的灵敏度很低，找矿效果不好。十九世纪末，人们制造出简单的磁力仪，即所谓万用磁力仪或称M-1型磁力仪，磁法勘探才正式用于生产。以后，制造出高精度的石英刃口磁力仪，磁法勘探不仅可以用来找强磁性铁矿，而且可以用来找弱磁性矿床和埋藏深度较大的强磁性铁矿，并利用磁测结果进行定量计算，推定矿体的产状。由于地面磁测效率较低，磁法在地质填图及研究大地构造方面应用得还不广泛。航空磁测的发明，使人们能在短时期内进行大面积的磁力测量，因而大大扩大了磁法的应用范围及地质效果。现在随着磁法新仪器，特别是高精度仪器的制成及观测方法的改进，磁法应用的范围还在不断扩大。

在获得了全面的和可靠的资料以后，磁法勘探能否发挥作用及发挥作用的程度，决定于对磁测结果是否作解释、解释的广度和深度。为了提高磁法勘探结果的解释推断水平，要研究磁法结果解释推断的理论基础，并在此基础上提出切实可行的工作方法。大家知道，磁测结果解释推断的理论基础有三方面，即：

一、地质基础。物探要解决的问题是地质问题，解释物探结果要以地质为基础，这是不言而喻的。就磁法而言，这方面包括磁性矿物在各种地层、岩石中的分布情况；各类矿床中磁性矿物的共生组合关系；矿床特点及成矿控制因素、找矿标志等。

二、数学物理基础，即磁场的特征与矿体形状、产状的关系，与工作地区地磁场的倾角的关系（即磁异常与纬度的关系），磁场

正演公式的推导、反演计算方法及转换曲线方法的研究。

三、岩石及矿石的磁性基础。这方面包括不同形状、产状磁性体在地磁场中的磁化情况；岩石及矿石的剩余磁性产生的原因；影响岩石、矿石磁化率及剩余磁化强度的因素；磁性体磁化强度和磁化率的测定和计算等。在这方面，还应包括新的磁性参数的研究及利用磁参数直接解决地质问题的研究。

应该指出，上述三方面是互相联系的。例如，物性基础就是地质基础和数学物理基础的桥梁。具体说来，需要进一步研究的问题是：

一、总结地区性的工作经验，找出每个地区地质构造、矿床成因及矿体产状等方面特点与磁异常特点之间的关系，以便制定在相同条件下磁测野外工作方法及解释磁异常的方法。

二、加强对航磁异常的研究，要特别着重用航磁研究地质构造，找出找矿有望地区，快速缩小找矿面积。

三、三度体磁异常的研究。就孤立的磁异常而言，要重点研究的问题是：1.简单形状三度体磁异常特征的研究；2.简单形状三度体磁异常的快速的、近似的推断方法的研究；3.复杂形状磁性体磁异常的研究，这种异常外形并不复杂，研究的重点是如何转换曲线，使人们能根据异常特点认识到磁性体形状的复杂性。

四、剩余磁异常的研究，重点有两方面：1.矿体的磁化强度的确定，特别是不均匀磁化时（由于磁化率不均匀及形状复杂两方面的原因所引起）矿体磁化强度的选用问题，为此要作一些理论计算，重点是作模型实验；2.正常场的选择，主要是确定区域场。

五、复杂磁异常的研究，特别是要研究从叠加的磁异常中分出弱的有意义的磁异常问题，这里除了研究滤波方法外，还要研究统计的方法。

六、岩石、矿石磁性的研究，除了根据解释磁异常的需要而研究岩石、矿石的磁性外，还应研究直接用磁参数解决地质问题的方法。

七、区分矿与非矿磁异常问题，这方面，就磁法本身而言，重点要研究的问题是：1.根据磁场空间分布特点，确定磁性体的形状、产状，进而估算其磁化强度；2.研究岩石和矿石磁性的某些新特点，例如震磁效应，从而区分磁性体是否为磁铁矿体。

八、数字计算机在整理及解释磁测结果中的应用。这里的中心问题是解释推断的自动化。

随着科学技术的发展，生产实践的广泛与深入，作为物探方法之一的磁法勘探有着广泛的发展前途，在地质勘探工作中将更加充分地发挥它的作用。

第一章 物探结果的解释推断问题

一、物探结果解释推断的目的及内容

在金属矿区作物探工作，其目的就是要解决在寻找矿产资源中的地质问题，使地质找矿工作做得又多、又快、又好、又省，促进实现社会主义的四个现代化。

磁法勘探是物探方法中的一种，是寻找具磁性铁矿的主要方法。磁测结果的解释推断问题有它的特殊性，也有和其他物探方法相同的地方。因此，我们首先在这里叙述物探结果的解释推断问题，以便在更大的范围内了解磁测结果的解释推断问题，避免单纯叙述磁法结果的解释推断时的局限性。至于磁法结果的解释推断中的特殊问题，即磁法的解释推断的具体问题，则是本书以后各章的内容。

大家知道，物探工作的地质效果，决定于根据其结果所作的关于工作地区的地质构造的结论、勘探对象存在或不存在的结论以及关于根据物探所发现的矿体的位置、形状与大小等结论的完整性与可靠性。只有当这些结论是完整与可靠时，才能及时地对工作地区找矿远景作出评价，合理地布置勘探工程。如果做了物探工作，对资料不作解释推断，物探工作的效果就不能发挥出来；如果对资料作了错误的解释，将给往后的地质工作带来困难，并造成浪费。因此，我们应该对物探工作结果进行全面、细致的分析研究，力求作出全面的和可靠的解释推断。

物探工作结果解释推断的目的就在于根据工作地区物理场的特点、已有的地质资料及岩石、矿石的物性资料，作出三方面的结论：1.关于工作地区地质构造方面的结论；2.关于要寻找的地