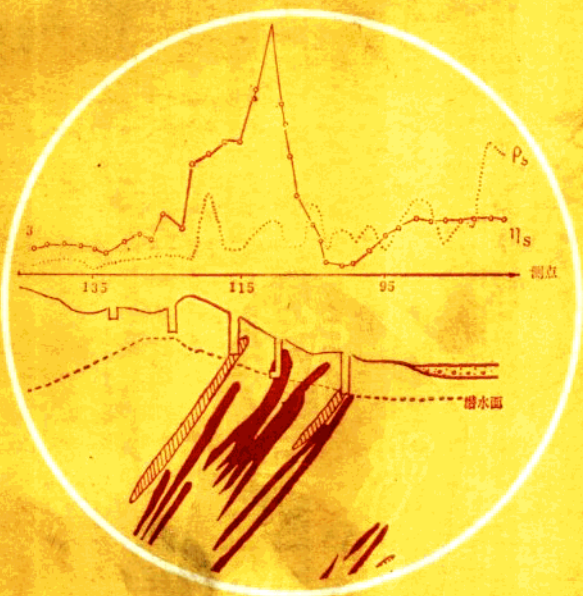


中等专业学校教材

地球物理探矿

李瑞轩 编



地质出版社

中等专业学校教材

地球物理探矿

李瑞轩 编

地质出版社

内 容 提 要

本书是为中等地质学校地质调查及找矿专业学生编写的。全书共分五章 即磁法勘探、重力勘探、电法勘探、放射性勘探及物探方法的综合应用。其中以寻找金属矿常用的磁法及电法勘探为重点,在取材上侧重于物探成果的分析,而对于具体的工作方法叙述得比较简略,对各种物探方法的原理则以定性说明为主。为了使学学生能看懂物探图件及学会简单分析各种物探异常,本书对各种物探异常的特点均有较详细地分析,同时有广泛的实例便于学习时相互对比。

本书也可供从事地质工作的同志阅读。

中等专业学校教材

地球物理探矿

李瑞轩 编

责任编辑:林清源

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: 850×1168¹/₃₂印张: 7⁵/₈ 字数: 204,960

1985年10月北京第一版·1985年10月北京第一次印刷

印数: 1—8,380册 定价: 1.80元

统一书号: 13038·教217

前 言

本书是根据地质矿产部教育司1983年制订的中等地质学校地质调查及找矿专业《地球物理探矿》教学大纲编写的。

全书共分五章，即磁法勘探、重力勘探、电法勘探、放射性勘探和物探方法的综合应用。测井部分均附在有关章节之后。讲授学时为65。

由于大纲规定的内容较多，学时数较少，因此在选材上充分地考虑了地质专业对物探方法学习的特点，在各种物探方法中突出重点方法，在重点方法中又注意了突出重点内容。地质专业学生应掌握的重点内容则是着重了解物探方法解决地质问题的有效性、熟悉各种物理图件的作用和用途，以及初步学会利用物探资料解决地质问题的方法。

本教材以金属矿勘探中常用的磁法及电法勘探为重点，其它方法则一律从简。在重点内容取材上则侧重于物探结果的分析，而对具体的工作方法，考虑到地质专业学生不直接从事物探工作，因此尽力予以压缩。关于各种物探方法的原理部分，则以能说清楚该方法的物理实质为准，尽量避免公式的繁琐推导，而以定性说明为主。

本书由戴荣铨同志主审。各兄弟学校的有关同志对初稿提出了许多宝贵的意见，对此表示衷心的感谢。

由于学时的限制，书中许多内容的取舍尚缺乏深入地讨论，因此在取材标准上难免存在这样或那样一些问题，希望有关同志在教学实践中予以指正。

编 者

1984年11月于长春

目 录

绪论.....	3
第一章 磁法勘探.....	3
§ 1.1 磁法勘探的基本知识	3
一、磁场	3
(一) 磁库伦定律	4
(二) 磁场强度	5
二、地磁场	6
(一) 地磁场的基本特征	9
(二) 地磁要素	7
(三) 地磁场的变化规律	8
(四) 正常场与磁异常	9
三、物质的磁化	10
(一) 磁化强度	10
(二) 磁化率	12
(三) 岩(矿)石的磁性	13
§ 1.2 地磁场垂直磁场强度的相对测量.....	15
一、垂直磁力仪基本工作原理	15
二、磁测测网的布置	16
(一) 磁测比例尺的选择	16
(二) 测网的布置	17
三、 ΔZ 的测量.....	17
四、磁测结果的图示	18
(一) ΔZ 剖面图	18
(二) ΔZ 剖面平面图	18
(三) ΔZ 平面等值线图	20
§ 1.3 规则形状磁性体的磁场	21
一、磁化场与磁异常.....	21

(一) 磁化方向与磁异常形态间的关系	21
(二) 有效磁化场与磁异常形态的关系	23
二、几种规则形状磁性体的磁场	26
(一) 顺轴磁化的柱体	26
(二) 球体	40
(三) 水平圆柱体	43
(四) 薄板状体	46
(五) 顺层磁化无限延深的厚板	42
(六) 接触带	43
三、影响磁异常特征的主要因素	44
(一) 磁异常形态与地质体形状间的关系	44
(二) 磁异常形态与地质体埋深间的关系	44
(三) 磁异常形态与磁化方向间的关系	44
(四) 磁异常形态与地质体下端位置间的关系	45
四、复杂条件下的磁异常	45
(一) 多个地质体叠加的磁异常	45
(二) 地形不平对磁异常的影响	46
§ 1.4 磁异常的 解 释 推 断	47
一、磁异常的定性解释	57
(一) 确定引起磁异常的地质原因	58
(二) 磁性地质体赋存状态的推断	50
(三) 根据磁异常特征确定磁性地质体的平面位置	56
二、几种简单的定量计算方法	60
(一) 切线法	60
(二) 特征点法	60
(三) 任意点法	62
三、磁异常曲线的解析延拓	64
(一) 不同高度剖面上 ΔZ 曲线特征	85
(二) ΔZ 断面等值线图的特点	66
四、磁法勘探的应用	66
(一) 寻找与磁性矿物共生的金属及非金属矿床	87
(二) 在区域地质测量及地质填图中的应用	67
§ 1.5 航空磁测的地面检查	68

一、航空磁测所测定的参数	68
二、航空磁测结果的图示	69
三、航磁异常的地面检查	70
§ 1.6 井中磁测	71
一、井中磁测的特点	72
二、井中磁测结果的图示	74
三、确定钻孔与矿体的相对位置	75
四、应用实例	78
第二章 重力勘探	79
§ 2.1 重力勘探的基本原理	79
一、重力场	79
(一) 重力	79
(二) 重力场强度	81
二、正常重力场与重力异常	81
(一) 正常重力场	81
(二) 重力异常	82
三、岩(矿)石的密度	84
§ 2.2 重力仪及重力观测结果的资料整理	85
一、重力仪测量重力相对变化的基本原理	85
二、重力观测资料的整理	86
三、重力异常的图示	88
§ 2.3 重力勘探资料的推断解释	88
一、几种规则形体的重力异常	88
(一) 球体	89
(二) 水平圆柱体	92
(三) 垂直断层	94
二、引起重力异常的地质因素	97
(一) 地壳厚度的变化	98
(二) 结晶基底的起伏	98
(三) 沉积岩内部构造及岩相的变化	100
(四) 金属与非金属矿床	101
三、重力勘探应用实例	101

(一) 重力勘探在划分大地构造单元中的应用	101
(二) 重力勘探在地质填图中的应用	103
(三) 重力勘探在铬铁矿床上的应用	105
第三章 电法勘探	106
§ 3.1 电阻率法	107
一、电阻率法的基本原理	107
(一) 岩(矿)石的电阻率	107
(二) 均匀各向同性介质半空间点电源电场	111
(三) 均匀各向同性介质电阻率的测定	115
(四) 勘探深度与供电电极距的关系	117
(五) 视电阻率及电阻率法的物理实质	118
(六) 稳定电流场的基本规律	122
二、电阻率剖面法	122
(一) 对称四极剖面法	123
(二) 联合剖面法	237
(三) 中间梯度法	136
三、电阻率测深法	138
(一) 电测深法的基本原理	139
(二) 地电断面与电测深曲线类型	140
(三) 电测深的工作方法	144
(四) 电测深结果的图示	146
(五) 电测深应用实例	152
§ 3.2 充电法	157
一、充电法的基本原理	157
二、电位及电位梯度曲线	158
三、充电法的野外观测方法	161
四、充电法的应用	162
§ 3.3 自然电场法	164
一、自然电场形成的原因	165
二、自然电场法的应用	166
§ 3.4 激发极化法	169
一、直流激发极化法	170

(一) 直流激发极化法的基本原理	170
(二) 各种电极装置 η 曲线的基本特征	173
(三) 直流激发极化法的应用	177
二、交流激发极化法	182
(一) 交流激发极化法的基本原理	182
(二) 偶极剖面装置	184
(三) P_s 剖面图	185
(四) 偶极剖面法的应用	187
§ 3.5 电 磁 法	187
一、低频感应法找矿原理	188
二、一次交变电磁场	188
三、异常场的频率特性	189
四、电磁法在找矿中的应用	191
§ 3.6 电测井	192
一、视电阻率测井	192
二、激发极化测井	194
三、自然电位测井	195
四、井中电磁波法	196
第四章 放射性勘探	198
§ 4.1 放射性勘探的基本知识	198
一、放射性衰变	198
(一) 放射性衰变的种类	198
(二) 放射性射线的特性	199
(三) 放射性元素的衰变规律	200
二、放射性测量中使用的单位	204
三、接触放射性物质应注意的事项	204
§ 4.2 放射性找矿方法	205
一、闪烁辐射仪的工作原理	205
二、放射性找矿方法	206
(一) 路线上 γ 测量方法	206
(二) 其它放射性找矿方法	206
(三) 应用实例	208

第五章 物探方法的综合应用	210
§ 5.1 寻找金属矿床上物探方法的应用	210
一、罗河铁矿	210
二、中关铁矿	215
三、丁家山多金属硫化矿床	218
§ 5.2 在非金属矿床上物探方法的应用	222
一、金刚石矿床	222
二、盐类矿床	228
§ 5.3 物探方法在地质填图中的应用	229
一、确定接触带	229
二、圈定火成岩体	230
三、确定断裂带	231

绪 论

矿产资源是发展工业的“粮食”，建国三十多年来在广大地质工作者的努力下，我国的矿产资源勘查工作无论是发现新的矿种，还是探明各种矿藏的储量方面均取得了十分可喜的成果，为我国的社会主义工业建设提供了可靠的保证。

随着科学技术的发展，现代的找矿方法已经形成了一种综合性的技术。它所涉猎的知识之广，方法之多都是前所未有的。除了直接观察各种地质现象的地质找矿方法外，还有观测地球物理场变化的地球物理探矿及分析土壤或岩石样品中化学元素含量的地球化学找矿方法等。因此在找矿工作中要善于综合的应用这些方法，开展综合性的找矿工作，才能大大地提高找矿效果。

地球物理探矿简称物探。它是依据岩（矿）石间存在物理性质（物性）上的差异而引起地球物理场产生局部变化，来进行找矿的一种方法。

岩（矿）石间的物性差主要表现在磁性、电性、密度、放射性强度及弹性等差异，与其相应的物探方法有：磁法勘探、电法勘探、重力勘探、放射性勘探及地震勘探等。

物探是利用各种专门的仪器在预先布置好的测网或剖面上测量各种物理场的局部变化，我们称这种变化为地球物理异常，物探就是通过对异常性质及其变化规律的分析与研究来找矿或解决其它地质问题的。

由于物探是观测地球物理场的变化，因此它更适于寻找隐伏的盲矿及地质构造，这对于开展深部找矿是特别有利的。另外，物探工作可以将仪器置于飞机中、船上或汽车上，这样除了可以大大提高工作效率外，还可以对人所不易到达的地面工作区域进行找矿。因此物探已被证明是一种越来越被人们重视的找矿方法。

如果它能与地质工作配合得好，必将能发挥更大的作用。

在地质找矿中，物探在下列工作中均能发挥其作用：

1. 直接或间接寻找金属与非金属矿床；
2. 用于大地构造单元的划分及基础地质的研究；
3. 寻找局部的地质构造及进行地质填图；
4. 解决水文地质及工程地质中的一些问题。

随着科学技术的发展，物探工作本身也在不断进步。由于电子计算机的广泛应用，使物探工作的效率大大提高，并取得更丰富的信息。

随着现代科技的不断发展必将进一步地促进物探工作新方法的开拓、新仪器的研制及对现有方法进一步的充实。物探工作也必将为我国的地质事业做出更大的贡献。

第一章 磁 法 勘 探

磁法勘探是以被寻找的地质对象（岩体、矿体及地质构造）与围岩存在一定的磁性差异为前提条件的。当被寻找的地质对象与围岩间具有一定的磁性差时，则在它们之间必然会产生磁场强度的变化，磁法勘探就是利用观测磁场强度的变化来解决各种地质问题的一种找矿方法。

磁法勘探是比较成熟和应用广泛的一种物探方法。从大的范围来讲可以利用它划分各种岩石的分布范围，查明控矿构造进而圈定成矿远景区。从小的范围来讲可以用它寻找具有磁性的金属矿体、接触带及断层等。因此磁法勘探可以适用于找矿的各个阶段，即从地质填图到圈定成矿远景区以及直接找矿等阶段。

§ 1.1 磁法勘探的基本知识

磁法勘探是以岩（矿）石间存在的磁性差为其找矿前提的，而岩（矿）石所以具有磁性是由地磁场对其进行磁化的结果。

因此首先有必要了解地磁场及其与岩（矿）石磁性间的关系以及磁异常的形成，从而揭示出磁法勘探找矿的物理实质。

一、磁场

具有磁力作用的空间称为磁场。表征磁场存在客观标志是在磁场中磁性物质要受到磁力的

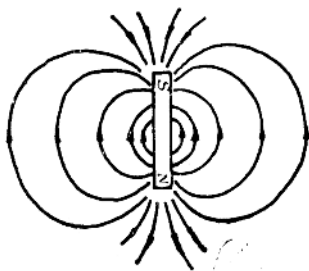


图 1.1—1 条形磁铁的磁场

作用。如图1.1—1中条形磁铁周围空间即存在磁场，若将铁钉放置在磁场中将受到磁铁对它的吸引作用。这个现象说明磁铁周围存在一种力，我们称它为磁力。只要能观测到磁力的存在，也就证明了磁场的存在。两个磁极间磁力的大小可用磁库伦定律表示。

(一) 磁库伦定律

由实验可知，两个点磁极间磁力的大小可用下式表示

$$F = K \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.1.1)$$

式中 m_1, m_2 ——两个点磁极的磁量

r ——两个点磁极间的距离

K ——比例常数

此式说明两个点磁极间磁力的大小与两磁极磁荷量乘积成正比与其间的距离平方成反比。通过实验我们还可观察到同性磁极相互排斥，异性磁极相互吸引，磁场中磁力的这种变化规律称为磁库伦定律。

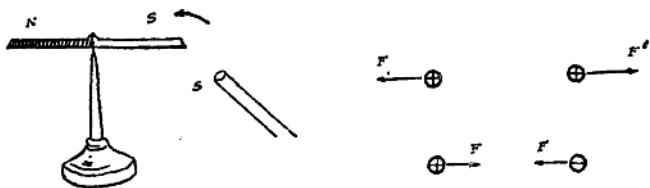


图 1.1—2 磁力的方向

磁力 F 是个矢量，它不但有大小的差别而且还有方向的不同。磁力 F 的方向是在两个磁极间连线上，同性磁极间的磁力为斥力其方向指向两磁极连线的内侧，异性磁极间的磁力为吸力，其方向指向两磁极连线的内侧，如图1.1—2所示。

如果在真空或空气中，可近似的认为 K 等于 1，则磁库伦定律又可表示为

$$F = \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.1.2)$$

由磁库伦定律可知，两个点磁极间磁力的大小与其间的距离平方成反比，因此点磁极在磁场中不同位置所受磁力大小并不是不变的，靠近磁极磁力则大、远离磁极磁力则小，这就说明磁场中各点处磁场强弱是不同的。为了表征磁场的这种特性，我们用磁场强度来说明。

(二) 磁场强度

磁场强度是表示磁场强弱的物理量，磁场中某一点处的磁场强度等于在那一点处单位正磁荷所受到的磁力。

如果形成磁场的场源磁极磁荷量为 m ，磁场中某点处具有正磁荷量为 m_0 的磁极，它们之间具有的磁力为 F ，则磁场强度 T 可表示为



图 1.1—3 点磁极磁场强度的方向

$$T = \frac{F}{m_0} = \frac{m}{r^2} \quad (1.1.3)$$

式中， r 为磁荷量为 m_0 的正磁极至场源磁极 m 间的距离。

磁场强度 T 为矢量，其方向与单位正磁荷在磁场中所受磁力方向相同，当场源磁极为负时其方向指向场源，场源磁极为正时其方向背离场源，如图 1.1—3 所示。

如果在磁场中单位正磁荷所受的磁力为 $1 \times 10^{-5} \text{ N}$ (牛顿) 时，我们规定此时的磁场强度为 1 奥斯特，并以符号 Oe 表示。在国际单位制 (SI) 中，磁场强度的单位为 A/m ， 1 A/m 相当于高斯单位制中 $4\pi \times 10^{-3} \text{ Oe}$ 。应该说明的是在磁法勘探中所测定的磁场强度实为磁感应强度，其国际单位为 T (特斯拉)，使用时常用纳特 (nT)， $1 \text{ Tn} = 10^{-9} \text{ T}$ ，一纳特相当于高斯单位制的一伽玛。在此介绍高斯单位制与国际单位制的关系是为了在使用旧资料时能够进行换算。在进行上述说明后，本书地磁场强度单位仍沿用奥

斯特是为了说明上的方便。

二、地磁场

地磁场即地球的磁场，它是使存在于地壳中的岩（矿）石被磁化并具有磁性的基本磁场。地磁场的分布空间不仅在地面上而且在地下以及地球周围的空间同时存在。

（一）地磁场的基本特征

在研究地磁场时，我们可以将地磁场看成为一个均匀磁化球体的磁场，它相当于地心处存在一个磁偶极形成的磁场，其分布规律如图1.1—4所示。

大家都知道指南针在地面上是基本指向南北的，其 N 极指北、 S 极指南。根据磁极间同性相斥异性相吸的道理可知，地球也一定存在两个磁极，在地理北极附近应为磁北（ S ）极，在地理南极附近应为磁南（ N ）极。

如果将磁针通过其中心悬挂起来，还会发现其停留的位置并不是总是水平的，在北半球其 N 极指北并向下倾斜，越往北向下倾斜的角度越大，在磁北极处 N 极则垂直向下，仅在赤道处磁针才处于水平位置。磁针的倾斜方向即表示地磁场强度的方向。由

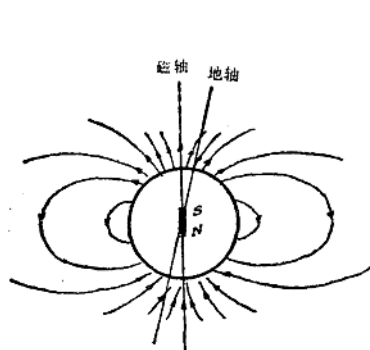


图 1.1—4 地球的磁场

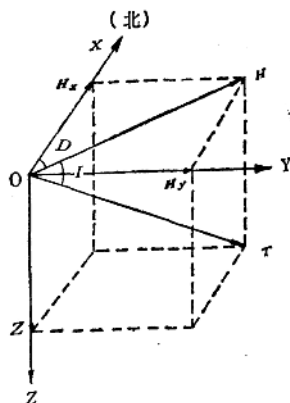


图 1.1—5 地磁要素图

此可知，地处北半球的我国地磁场强度的方向总是向北向下倾斜的。

(二) 地磁要素

地磁场强度 T 是个空间矢量，其大小和方向可用地磁要素表示。假如地面某点处的地磁场强度为 T ，可将其分解成几个分量如图1.1—5所示。

取观测点 O 为坐标原点， x 轴指向地理北， y 轴指向地理东， xoy 为一个水平面， z 轴垂直向下，则任意点的地磁场强度 T ，可分别用其在 xoy 面上的投影 H 及在 z 轴上的投影 Z 来表示。

H 称为地磁场强度 T 的水平分量或水平磁场强度，其方向指向磁北。 Z 称为地磁场强度的垂直分量或垂直磁场强度，其方向向下为正，向上为负。 T 与水平面间的夹角为磁倾角，用 I 表示。 T 向下倾时 I 为正，向上倾时 I 为负。在我国 T 总是向北向下倾斜的，故 I 与 Z 均为正值。由于地理北极与地磁北极并不重合，所以 X 轴与水平磁场强度 H 间存在一个夹角，我们称其为磁偏角，以 D 表示。 H 相对 X 轴东偏时 D 为正，西偏时 D 为负。 H 在 X 轴上的投影 H_x 为 H 的北向分量， H 在 Y 轴上的投影 H_y 为 H 的东向分量。 H_x 与 H_y 的方向与座标轴一致时为正，相反时为负。

通过上述可知，地磁场强度 T 的大小和方向可分别用 H 、 Z 、 D 、 I 等各量表示，所以我们称 H 、 Z 、 D 、 I 等量为地磁要素。由图1.1—5不难看出它们之间具有下列关系

$$H = T \cos I \quad (1.1.4)$$

$$Z = T \sin I \quad (1.1.5)$$

$$T = \sqrt{H^2 + Z^2} \quad (1.1.6)$$

$$\operatorname{tg} I = \frac{Z}{H} \quad (1.1.7)$$

$$\operatorname{tg} D = \frac{H_y}{H_x} \quad (1.1.8)$$

上述各量由专门地磁台站进行观测，并将观测结果定期编制成各种地磁要素的地磁图。我们从有关地磁图上即可查得各地地