

地球物理探测法小丛书

地球物理勘探

丁绪荣 等 编

地质出版社

地球物理探测法小丛书

地球物理勘探

丁绪荣 等编

地质出版社

内 容 提 要

本书着重介绍各种常用地球物理勘探方法的基本原理,扼要阐述各种方法所用仪器的工作原理、野外工作及主要成果图件,较为广泛地列举了国内的应用实例。文字叙述力求说理浅显,概念明确,可供中学程度的地质和物探职工阅读参考。

本书由成都地质学院丁绪荣、聂勋碧、王益民、邓一谦、赵志超同志编写。

地球物理探测法小丛书

地 球 物 理 勘 探

丁绪荣 等编

地质矿产部书刊编辑室编辑

责 任 编 辑 张怀素

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: 787×1092¹/₃₂ 印张: 8³/₈ 字数: 178,000

1982年8月北京第一版·1982年8月北京第一次印刷

印数1—2,910册·定价1.30元

统一书号: 15038·新823

绪 论

地球物理勘探简称“物探”，又叫“应用地球物理学”。是一种对天然存在的或人工建立的地球物理场进行观测，借以查明地下地质构造和有用矿产的工作方法，也是综合性地质调查工作的一个组成部分。

什么是地球物理场呢？这是指存在于地球周围的具有物理作用的空间。例如，具有重力作用的空间称为重力场，具有磁力作用的空间称为磁场，等等。那么，地球物理场与需要寻找的地质对象之间有什么联系呢？大家知道，组成地壳的岩石和矿石在某些物理性质方面往往有明显的差异。例如，相对周围的岩石而言，磁铁矿的磁性强，铬铁矿的密度大，金属硫化矿体的导电性能好，等等，这些差异会引起相应的地球物理场的局部变化。与地下岩、矿体相联系的地球物理场的差异称为地球物理异常。我们可以用专门的仪器进行观测，获得这些异常的分布情况和特征，然后加以分析，并结合当地的地质资料，推断地下是否有地质构造和岩、矿体，从而达到地质勘探的目的。

由此可见，物探方法与一般地质方法不同，它并不直接观测研究出露的岩、矿石和地质构造，而是凭借仪器观测覆盖层下部地球物理场的变化。因此，它的优点是可以寻找隐蔽的地质构造或盲矿体，而且工作效率高，进度快，是找矿勘探工作中一种多快好省的方法。

物探方法已广泛应用于区域地质调查，大面积普查和勘

探金属矿床、油气田和煤田构造，研究并解决水文地质和工程地质的有关问题。此外，对于研究地壳深部及上地幔构造，建立和发展现代大地构造学说，以及进行天然地震预报，物探方法也都起着重要的作用。因此，物探是一种成绩卓著的现代化地质工作手段，它必将在祖国四个现代化建设中发挥更大的作用。

目前应用的物探方法可分为五类：（1）以岩、矿石磁性差异为基础的磁法勘探；（2）以岩、矿石密度差异为基础的重力勘探；（3）以岩、矿石电性差异为基础的电法勘探；（4）以岩、矿石天然放射性差异为基础的放射性勘探；以及（5）以岩、矿石弹性差异为基础的地震勘探。

就工作的空间而言，物探方法又可以分为在地表进行观测的地面物探，在空中进行观测的航空物探，在海洋上进行观测的海洋物探，以及将仪器置于坑道或钻孔中进行观测的地下物探。

物探方法种类繁多，本书主要对常用的地面物探方法作概略的、常识性的介绍，并说明其基本原理。希望它能成为刚参加物探工作以及愿意了解物探方法的同志们入门的向导。

前 言

地球物理勘探（简称物探）是地质勘探工作中的重要方法之一。它是利用物理学的一些基本原理和现代科学技术中的新成就来勘查矿产资源和地质构造的各种方法的总称。物探方法与常规地质调查方法相配合，不但可以又快又省地探明许多种金属和非金属矿产，特别是含油气的地质构造；而且在寻找地下水和地热田，解决某些工程地质问题以及研究区域的和全球的地质构造等方面，也都获得显著成效。

近年来，广大地质职工学习科学技术的热情日益高涨。为了普及物探知识，我们编写了这本书，作为“地球物理探测法小丛书”中的一册。书中着重阐述常用的各种物探方法的基本原理；扼要介绍这些方法所用仪器的工作原理、野外工作以及对主要成果图件的基本认识；并且较为广泛地列举了国内的实例，以说明这些方法在不同方面的应用及效果。在文字上则力求说理浅显，概念明确，以适合具有中学文化程度的同志们阅读。

本书由成都地质学院丁绪荣负责编写，参加编写的还有聂勋碧、王益民、邓一谦和赵志超同志。编写时曾得到成都地质学院于汇津、田宪漠、朱光明、贺振华等同志的支持和帮助；初稿完成后秦葆瑚等同志审阅并提出许多宝贵意见；武汉地质学院物探系曹玉同志审订了全稿，在此一并致谢。

由于篇幅有限，而且我们缺乏编写科学普及读物的经验和能力，因此书中在深度和广度方面都存在着不少的问题，

也还有其他的缺点和错误，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 磁法勘探	1
一 有关的磁学知识	1
1. 基本的磁现象	2
2. 衡量磁场强弱的物理量	4
3. 磁场强度和它的单位	6
4. 磁介质的磁化	7
二 地球的地磁场	9
1. 地磁场的主要特征	9
2. 地磁场的构成	12
3. 正常磁场和磁异常	13
4. 岩(矿)石的磁性	14
三 磁力仪	17
1. 机械式磁力仪	17
2. 电子式磁力仪	19
四 地面磁测的方法	22
1. 布置测网	22
2. 确定精度	23
3. 选择基点, 测定岩(矿)石的磁性	23
4. 对观测数据进行整理	24
5. 绘制磁异常图件	24
五 简单几何形体的磁异常	27
1. 柱体	28

2. 球体	31
3. 板状体	35
4. 水平圆柱体	37
六 磁异常的地质解释	39
1. 判断引起磁异常的原因	39
2. 分析磁体的赋存情况	40
3. 定量解释方法	43
七 航空磁测	45
八 磁法勘探的应用实例	48
第二章 重力勘探	57
一 地球的重力场	57
1. 物体的重量	57
2. 伽里略的实验	59
3. 重力的正常分布	60
4. 附加的引力	62
二 岩(矿)石的密度	64
三 重力仪	65
1. 石英弹簧重力仪	66
2. 其他类型的重力仪	69
四 布格重力图	71
1. 工作任务与工作比例尺	71
2. 必要的改正	71
3. 基本的成果图	73
五 重力异常的划分	73
1. 引起重力异常的地质因素	73
2. 消除区域背景场的影响	79
六 重力勘探资料的推断解释	80
1. 简单形体的 Δg 异常	80

2. 对重力异常的初步分析	86
3. 重力异常的多解性	88
4. 计算深度的简易方法	90
七 重力勘探的应用实例	90
1. 研究地壳结构	90
2. 划分构造单元	91
3. 寻找铬铁矿床	92
4. 查明磁异常性质	93
第三章 电法勘探	96
一 自然电场法	97
1. 自然电场的成因	97
2. 野外工作方法及设备	100
3. 应用范围和实例	102
二 电阻率法	105
1. 岩(矿)石的电阻率	105
2. 点电源的电场	107
3. 视电阻率	111
4. 电剖面法	113
5. 电测深法	120
6. 电阻率法的仪器和设备	131
三 充电法	133
1. 充电体的电场	133
2. 电位图和电位梯度图	135
3. 应用范围和实例	137
四 激发极化法	139
1. 一次电场和二次电场	139
2. 激发极化法的优点	140
3. 两种激发极化效应	140
4. 观测结果的表示法	143

5. 不同装置的 η_s 和 P_s 曲线	144
6. 激发极化法的仪器设备	153
7. 激发极化法的新发展	155
五 电磁法	156
1. 电磁法的基本原理	156
2. 交变场的特征	158
3. 定源法和动源法	161
4. 电磁法的优点和存在的问题	166
第四章 地震勘探	168
一 地震勘探的应用和发展	170
1. 地震勘探的应用	170
2. 三个发展阶段	171
二 地震波的激发和传播	174
1. 人工地震波的产生	174
2. 地震波在岩层中的传播	177
3. 反射波、透过波和折射波	177
三 地震波的接收	181
1. 布置地震测线	181
2. 钻爆炸井	181
3. 安放检波器	182
4. 记录地震波	183
四 反射波法	185
1. 反射波的时距曲线	185
2. 加强反射波的观测方法	187
3. 在海洋上进行工作	191
五 折射波法和透过波法	192
1. 折射波法	192
2. 透过波法	195
六 根据反射记录确定地质构造	197

1. 动校正	197
2. 静校正	198
3. 水平叠加	199
4. 时间剖面的对比	199
5. 深度剖面的绘制	202
6. 绘制构造图	203
七 地震资料的数字处理	206
1. 常规水平叠加处理技术	207
2. 数字滤波	211
3. 速度谱	213
4. 偏移处理技术	216
八 直接找油气的前景—地震地层学	218
第五章 放射性勘探	221
一 基础知识	221
1. 原子的结构	221
2. 三种射线	223
3. γ 射线与物质作用时的效应	224
4. 放射性系列	226
5. 利用 γ 射线强度探测铀和钍	227
6. 放射平衡和平衡系数	227
二 地面 γ 测量	231
1. 野外工作的布置	231
2. 辐射仪	232
3. 野外工作	234
4. 主要的成果图	236
5. 对 γ 异常的综合评价	238
三 γ 能谱测量	238
1. 铀系与钍系的 γ 能谱	239
2. 铀(钍)、钍含量的测定	240

3. ^{40}K 的作用	242
四 射气测量	243
1. 气态同位素及其分布	244
2. 测量射气浓度, 区分异常性质	244
3. 一个实例	247
五 α 径迹测量法	247
1. 重带电粒子的径迹	247
2. 工作方法	248
3. α 粒子的来源	248
4. 电子 α 杯法	250
六 放射性勘探的其他用途	250
1. 放射性勘探的应用范围	250
2. 航空放射性测量	251
3. 放射性测井	253
4. 用放射性测量法寻找基岩裂隙水	254

第一章 磁法勘探

在日常生活中，我们对于磁现象并不陌生。如果把一块磁铁靠近一个可以自由旋转的磁针，磁针就会偏转。即使在磁铁与磁针之间隔上一层纸或一片玻璃，磁针仍然会偏转。大家知道，静止的物体一定要受外力作用才会发生运动，那么是什么力推动磁针偏转的呢？原来，在磁铁周围存在着一种看不见、摸不着的特殊物质，称为磁场，这种物质还可以与其他物质共存于同一空间。正是磁铁的磁场所施加的作用力使磁针发生了偏转。这种力称为磁力，它是磁场存在的表征。

磁铁矿（俗称磁石）是人类最早发现的天然磁铁。根据磁铁能使磁针偏转的现象，人们得到启示：是否可以用磁针一类的工具去发现被岩层覆盖于地下的磁铁矿呢？1640年瑞典人首次用罗盘进行了调查磁铁矿的试验。但由于条件的限制，这种试验没有深入下去。直到十九世纪末叶，在探矿用的磁测仪器问世之后，磁法勘探才作为一种地球物理勘探方法在地质工作领域中建立和发展起来。现在，磁法勘探已成为地质勘探和地学研究的一种重要手段。

一、有关的磁学知识

磁法勘探究竟是怎么回事呢？要解答这个问题，必须先从有关的磁学知识谈起。

1. 基本的磁现象

早在公元前三世纪的战国时代，我国就有了磁石吸铁的文字记载。磁石（即磁铁矿石）是一种天然磁铁。现在所用的磁铁大多数是由人工方法制造的永久磁铁，如磁针、磁棒、条形磁铁等。

对于磁现象的认识，早期仅限于磁铁之间的相互作用。可以概略地总结为：

(1) 磁铁能吸引铁、钴、镍等物质，它的这种特性称为磁性。磁针和条形磁铁等两端的磁性最强，中部几乎没有磁性。磁铁的磁性最强的区域称为磁极。

(2) 把条形磁铁悬挂起来，它总是转到南北方向而静止。这说明它的两个磁极具有不同的极性。指北的磁极称为正磁极或指北极，用符号N表示；指南的磁极称为负磁极或指南极，用S表示。

(3) 两个磁铁的磁极之间有相互作用的力，并且同号磁极互相排斥，异号磁极互相吸引（图1—1）。这种排斥力和吸引力统称为磁力。

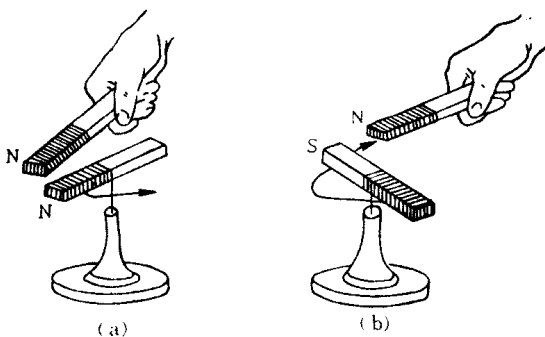


图 1—1 磁极间的相互作用

a 一同性磁极相斥； b 一异性磁极相吸

(4) 磁铁的N极和S极是共同存在的，无论把磁铁分得多么小，也不能获得独立存在的N极或S极。

随着科学的进展，1819年奥斯特发现，放在载流导线（即有电流通过的导线）周围的磁针，会受到力的作用而偏转（图1—2）。1820年安培又发现，放在磁铁附近的载流导线或线圈，也会受到力的作用而发生运动（图1—3）。这些现象显示，载流导线和载流线圈具有与磁铁同样的性质，称为电流的磁效应。基于这种效应，两个载流导体之间也有相互的磁力作用。

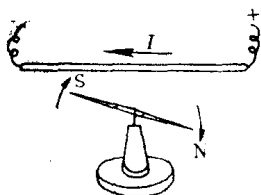


图 1—2 载流导线对磁针的作用

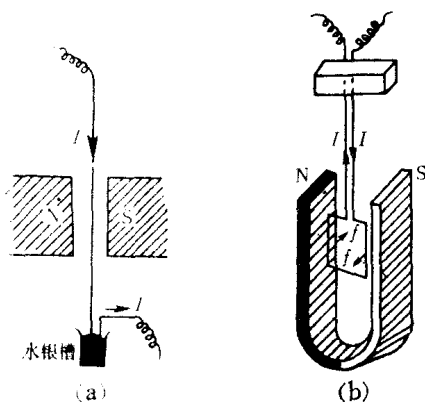


图 1—3 磁铁对载流导体的作用

a—磁铁对载流导线的作用，导线在水银槽内移动；b—磁铁对载流线圈的作用，线圈发生偏转

由此可见，磁现象与电荷的运动有密切的关系，因为电流是电荷的运动形成的。近代的科学研究进一步阐明：磁铁的磁性起源于物质内部的分子、原子中电子的运动。所以一切磁现象都是由电子（负电荷）的运动产生的，无论磁铁或电流都通过各自激发的磁场而有磁力作用。

2. 衡量磁场强弱的物理量

磁力来自磁场，所以磁力的大小当然与磁场的强弱有关。但磁场的强弱在磁场中各处一般是不相同的。实验表明，如果磁场内有一载流导线，电流强度为 I ，则导线上任一微小线段 dl 的电流元（图1—4a）所受的磁力 dF ，其大小与

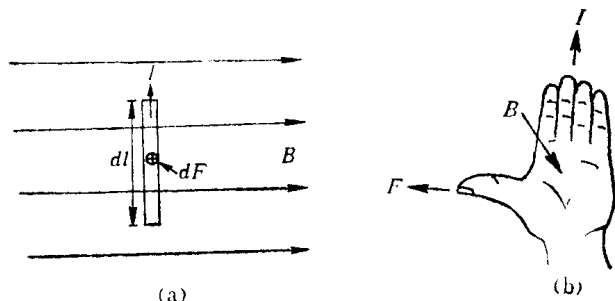


图 1—4 磁场中的电流元

a—电流元在磁场中所受的力；b—左手定则

电流矩 $I \cdot dl$ 成正比，可由下式表示：

$$dF = B \cdot I \cdot dl \quad (1-1)$$

其中 B 是比例系数，称为磁场在该电流元处的磁感强度，也就是衡量该处磁场强弱的物理量。(1—1)式也可以写成下列的形式

$$B = \frac{dF}{I \cdot dl} \quad (1-2)$$

这就表明，磁感强度是作用于单位电流矩的磁力。

磁感强度和磁力一样，都是既有大小又有方向的矢量。磁场中某一点的磁感强度方向也称为该点的磁场方向。实际上，应用(1—1)式时，磁场内某点的电流指向、电流所受磁力的方向、以及磁场方向三者应当是互相垂直的，如图1—4 a所示（图中 dF 所在处的符号 \odot 表示磁力垂直于纸面而向