

高等学校教材

地球物理方法及在 地质和找矿中的应用

吴功建 林清浚 高锐 编著



地

高等学校教材

5426/23

地球物理方法及在 地质和找矿中的应用

吴功建 林清媛 高 锐 编著

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书前七章讲述了各种地球物理方法：地磁测量、重力测量、地电测量、放射性测量、地热测量及钻孔地球物理测量；后五章讲述了地球物理方法在地质找矿中的应用：物化探方法在矿产调查中的应用、航空磁测普查与填图、物探异常的解释、地球分层及内部物理化学性质、地球动力学和岩石圈的研究。全书内容翔实、图文并茂，尤其是后五章是著者长期进行综合物探工作的经验总结，在物探资料的解释和应用方面颇具特色，并有独到之处。

本书可做为高等地质院校地质系、应用地球物理系、找矿勘探系学生的教材或参考书，亦可供广大地质、物探人员参考。

本书由王恕铭主审，经地质矿产部地球物理学基础和勘探方法课程指导委员会1987年6月北京审稿会议审定，同意作为高等学校教材出版。

高 等 学 校 教 材 地球物理方法及在地质和找矿中的应用

吴功建 林清溪 高 锐 编著

责任编辑 岑峰 袁方

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)

新华书店总店科技发行所发行

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：22.625 字数：535,000

1988年11月北京第一版·1988年11月北京第一次印刷

印数：1—2,160册 定价：4.45元

ISBN 7-116-00270-7/P·243

前言

考虑到近三十年来地学和地球物理学的巨大进展和扩大地球物理方法在地质找矿中的应用，亟需一本知识面较宽、加强实际应用的新教材，本书即是为适应这一需要而写。

地质系的学生和地质工作者往往厌烦地球物理书籍中的详细数学推导，由于他们不直接参与地球物理测量，无需多加知道仪器结构和工作方法；而地球物理系的学生和工作者，虽然学到了从数理基础、仪器结构、数据采集和处理，直到解释方法的多方面知识，但缺乏将地球物理的调查结果用来解决实际地质问题的能力。我们兼顾这两方面的需要，并本着启发学生的思路，提高解释的水平，使地球物理测量得到的信息得以充分利用。本书的内容，除讲授过去的五大类方法：地震测量、重力测量、地电测量、地磁测量和放射性测量外，还增加了地热测量和钻孔地球物理测量两部分。本书既讲地球物理方法，也讲勘探地球物理方法，因它们的原理往往是一致的，只是解决问题的目的及工作方法和解释方法不尽相同。在讲述各类地球物理方法时，重点是讲清基本的物理概念、物理原理、某些假说，以及处理和解释的方法。在各类方法的应用上，不仅有地球科学上的应用，也有找油气、煤、金属矿、非金属矿、以及水文工程等多方面的实际应用。

本书重点放在后五章上，在矿产调查中，提出了找什么矿？到哪里去找矿？用什么物探（化探）方法去找矿？现代普查应有那些基本的出发点？作者根据板块构造的观点和自己科研的结果，提出了对这些问题的初步看法，较系统地总结了区域性航空磁测填图与普查的成果与经验；探讨了对物探异常的认识过程和解释方法。文中还简要而较系统地介绍了地球的分层及其内部物理、化学性质，最后系统地介绍了自国际地球物理年以来，一系列国际计划所取得的主要成果，和我国地学研究的某些进展。

本书适用于高年级地质系、地球物理系和应用地球物理系的学生，同时可做为未学过上述内容的研究生选读课本；也可做为广大地质工作者、地震工作者和环保工作者的一本参考书。

本书曾送谭承泽、周维屏、孙忠和、宋天锐、王恕铭、朱英、于汇津、沙树勤、吴宣志、林万智、邓一谦诸学者审阅，他们为本书提出了许多宝贵的意见；王恕铭、沙树勤、邓一谦为本书的编排、内容的精练、及各种参数单位的确定等做了许多有益的工作。河北地院物探系曾试用过本教材部分章节，反应较好。该院刘国辉协助整理了本书的全部图件，韩鸿翔为本书绘制了大部分图件，他们付出了大量劳动。王淑梅、李莉、唐哲明抄写过本书的部分底稿，在此一并表示深深的谢意。

本书第三章由林清浚执笔、第六章由高锐执笔，其余各章由吴功建执笔。由于本书涉及面很广，我们的知识面有限，水平不高，其中疏漏、不当和错误之处在所难免，恳请读者多加指正，将不胜感谢。

编著者

1988年1月10日

目 录

导 言	1
第一章 地磁测量	4
§ 1-1 地球的磁场	4
一、地磁场的基本特征	4
二、地磁要素	5
三、地磁场的观测方法和仪器	6
四、国际参考地磁场	7
五、地磁场的结构	8
六、地球磁场的起因	9
§ 1-2 岩、矿石磁性	9
一、表示岩、矿石磁性的物理量	9
二、磁化类型	10
三、岩、矿石的磁性和磁化率	10
四、古地磁方法	14
§ 1-3 研究磁异常的方法	17
一、简单形体上的磁场特征	18
二、磁异常的数学分析方法	24
三、曲线拟合法	26
四、解释磁异常的途径和方法	26
§ 1-4 应用	29
第二章 重力测量	31
§ 2-1 地球的重力	31
一、地球的形状	31
二、基本理论	33
三、地球的正常重力场	34
§ 2-2 重力测量仪器和工作方法	35
一、概述	35
二、测量方法和仪器	35
三、野外工作方法	36
四、重力观测结果的校正	36
§ 2-3 简单几何形体上的重力异常特征	38
一、球体上的异常	38
二、细柱体上的异常	38
三、水平细柱体上的异常	40
四、直立粗柱体上的异常	40
五、倾斜薄板上的异常	40

六、半无限延伸水平薄板上的异常	40
七、断开水平板上的异常	41
八、粗棱柱体上的异常	41
九、断层上的异常	42
§ 2-4 地壳均衡与固体潮	43
一、均衡假说	43
二、均衡校正和均衡异常	45
三、固体潮	46
§ 2-5 重力异常的解释方法	48
一、岩矿密度	48
二、区域及局部重力场的划分	48
三、引起异常的主要地质因素	53
四、深度的估算	54
五、任意形体参数的计算	55
六、求地下不同密度分区	55
§ 2-6 应用	56
第三章 地震测量	60
§ 3-1 地震波及其传播	60
一、弹性介质与弹性波	60
二、反射波与首波	61
三、实际介质中地震波的传播速度	67
§ 3-2 地震勘探方法	67
一、地震资料的获取	69
二、反射波法地震资料的处理	70
三、折射波资料解释	74
四、地震波速度的求取	76
§ 3-3 地震勘探资料的解释与推断	77
一、地震时间剖面的推断解释	78
二、地震剖面图与构造图	85
§ 3-4 天然地震资料的解释	86
一、天然地震波的震相	87
二、天然地震资料的解释	90
第四章 地电测量	94
§ 4-1 岩石和矿物的电性	94
一、电阻率	94
二、岩、矿石的电阻率	96
§ 4-2 电阻率法	97
一、均匀各向同性半空间点电源的电场	97
二、视电阻率	98
三、均匀各向同性半空间电流的分布	98
四、仪器	99
五、几种常用的电极排列	99

六、解释方法	100
七、实际应用	104
§ 4-3 电化学方法	107
一、自然电场法	107
(一) 自然电场的成因...107; (二) 自然电位异常的解释...107; (三) 实际应用...109	
二、激发极化法	111
(一) 激发极化现象的成因...111; (二) 测量方法...113; (三) 解释方法...115; (四) 应用...116	
§ 4-4 电磁场方法	118
一、原理	118
二、地球的天然电磁场	120
三、天然电磁法	120
四、地面低频电磁法	120
五、航空电磁法	122
第五章 放射性测量	127
§ 5-1 物质的放射性	127
一、天然放射性	127
二、 γ 辐射的吸收方式	128
三、指数衰变律	129
四、单位	129
§ 5-2 放射性元素在自然界中的分布	131
一、各类岩石中铀、钍和钾(^{40}K)的平均正常含量	131
二、水中铀、镭和氡的含量	132
三、放射性产生的热	133
四、铀的应用和找铀的方法	134
§ 5-3 γ 测量	134
一、地面 γ 测量	134
二、 γ 射线能谱测量	135
三、应用	136
§ 5-4 氡气测量	139
一、射气测量	139
二、积累测氡法	140
三、氡气测量	141
§ 5-5 裂变径迹测量	142
一、年龄测定法	142
二、裂变径迹法找铀	143
第六章 地热测量	145
§ 6-1 地热研究的基本概念	145
一、传热的三种方式	145
二、地热场与大地热流	150
三、岩石热学性质	151
§ 6-2 地球内部的热状态	153

一、地球内部的热源	153
二、地球的热平衡	154
三、地球内部的温度	155
§ 6-3 地壳热流	159
一、全球地壳热流的测定	159
二、地壳热流的分配与地质环境	159
三、大陆和大洋热流的等值性	164
§ 6-4 应用	165
一、勘探地热资源	165
二、勘探和评价油气远景区	168
三、勘探金属矿和非金属矿床	171
第七章 钻孔地球物理测量	175
§ 7-1 井中电法	175
一、视电阻率测井	175
二、电流测井	176
三、自然电位测井	177
四、井中激发极化法	178
五、井中充电法	178
六、感应测井	180
七、井中电磁波法	180
§ 7-2 核测井	181
一、天然 γ 测井和 γ 能谱测井	181
二、 γ - γ 测井	181
三、中子测井	182
四、 X 射线荧光测井	185
§ 7-3 声波测井	186
§ 7-4 井中磁测	187
§ 7-5 井中热测量	189
第八章 物探和化探方法在矿产调查中的应用	191
§ 8-1 找矿类型的划分	191
一、产于盆地中的矿产	191
二、产于一定层位中的层状矿体	191
三、侵入体附近的矿体	192
四、火山岩或侵入岩中的矿体	192
五、脉状矿体	197
六、放射性矿体	198
§ 8-2 地壳类型与找矿	198
一、大陆稳定区内的矿床	198
二、大陆边缘活动区内的矿床	198
三、大陆边缘沉陷区内的矿床	198
四、大陆裂谷系内的矿床	198
五、大陆缝合带上的矿床	199

六、陆内断裂带与构造线有关的矿床	199
七、与俯冲带有关的矿床	199
八、与岛弧系有关的矿床	199
九、海洋扩张中心带的矿床	199
十、地热矿床	199
§ 8-3 找矿方法的一般方案和实例	199
一、寻找盆地中矿产的物探方法	199
二、寻找层状矿体的物探方法	202
三、寻找侵入体附近矿体的物、化探方法	207
四、寻找火山岩和侵入岩内矿体的物化探方法	210
五、寻找脉状矿体的物、化探方法	216
六、寻找放射性矿体的物探方法	217
§ 8-4 现代普查的基本出发点	220
一、用模糊数学进行成矿远景预测	220
二、加强大比例尺物、化探方法的地质填图	223
三、地壳厚度与矿床分布统计规律的研究	224
四、建立找矿方法的参考模型	225
五、方法的系统化	226
六、新技术的应用	227
第九章 区域性航磁资料的分析与研究	233
§ 9-1 基底构造格架的研究	234
一、中国东部基底构造格架	234
二、对中国东部基底构造格架几个问题的探讨	235
§ 9-2 磁大地构造单元的划分	236
一、划分磁大地构造单元的依据	236
二、磁大地构造单元的划分	236
三、对大地构造中几个问题的探讨	238
§ 9-3 构造体系	238
一、巨大的线型轴向构造体系	239
二、曲线型轴向构造体系	241
三、交叉型轴向构造体系	242
§ 9-4 结晶基底的研究	242
§ 9-5 沉积盖层构造的研究	244
§ 9-6 圈定各种磁性侵入体	245
§ 9-7 圈定各类火山喷出岩	248
§ 9-8 矿产资源远景区的圈定	250
一、石油和天然气	250
二、煤矿	250
三、金属矿	250
§ 9-9 磁铁矿床的物探普查	255
一、产在变质岩中的铁矿	255
二、产在碳酸盐岩石和中酸性火成岩的接触带及其附近的铁矿	256

三、产在火山岩中的铁矿	257
四、产在基性岩中的铁矿	258
§ 9-10 普查金属矿与非金属矿	258
第十章 物探异常的解释	262
§ 10-1 物探异常解释的含义	262
一、含义	262
二、校正	262
三、对异常的初步地质判断	262
四、提取更多的地质信息	262
五、区分异常	263
六、处理与解释	263
§ 10-2 异常解释时的基本原则和应注意的几个问题	263
一、要注意综合找矿	263
二、要注意从实际资料出发	263
三、异常有、无意义是相对的	264
四、要辩证地看问题	264
五、要历史地看问题	264
§ 10-3 物探异常研究的方法	264
一、利用参数作解释	261
二、利用异常特征作解释	265
三、相关分析	266
四、异常的地质背景分析	270
五、从已知到未知	271
六、找矿史的分析	272
§ 10-4 对物探异常的认识过程	277
一、异常现象的印象和感觉阶段	277
二、异常现象的判断和推理阶段	277
三、异常现象的检查和深化阶段	278
四、异常研究的总结阶段	280
第十一章 地球分层及内部物理、化学性质	282
§ 11-1 固体地球的主要分层	282
一、地壳	282
二、地幔	283
三、地核	285
§ 11-2 地球内部的物理、化学性质	286
一、地球内部的密度分布	286
二、地球内部的压力分布	287
三、地球内部的温度分布	288
四、地球内部的化学性质	289
§ 11-3 地壳的结构构造	289
一、早期的研究	289
二、近期的研究	289

§ 11-4 地壳的物理和化学性质	294
一、地壳的物理性质	294
二、地壳的化学性质	297
§ 11-5 地幔物理和化学性质	298
一、地震	298
二、重力	298
三、电导率	299
四、地幔的化学性质	300
§ 11-6 地核物理和化学性质	301
§ 11-7 中国地壳的主要地球物理特征	301
第十二章 地球动力学和岩石圈研究	305
§ 12-1 国际地球物理年	305
§ 12-2 上地幔计划及板块构造	307
一、海底扩张假说	308
二、大陆漂移	313
三、造山运动	318
四、板块构造	319
§ 12-3 地球动力学计划	322
§ 12-4 岩石圈计划	323
一、岩石圈的含义及特征	323
二、岩石圈计划和研究的目的	324
三、调查和研究的方法	324
§ 12-5 岩石圈研究的主要成果	325
一、大洋岩石圈研究的重大发现	325
二、大陆岩石圈研究的主要成果	326
§ 12-6 岩石圈计划后五年的重要课题	330
一、全球地学大断面计划的提出	330
二、目的和做法	330
三、B ₂ 线的具体做法	331
四、我国的岩石圈地学断面(GGT)计划	333
§ 12-7 中国大陆岩石圈调查和研究的主要成果	334
一、地壳具有明显的层块结构	334
二、地壳类型	340
三、地壳厚度	341
四、高导层、低速带与大地热流密度	342
五、地壳活动性	343
六、地应力和地幔对流	343

导 言

地学与其它各门自然科学一样，正处于一个伟大的变革时代。近三十年来，地学取得了显著的进展，其中大陆漂移学说的复活，海底扩张学说和板块构造学说的出现，是最引人瞩目的。全球构造学说的产生是地学、地球物理学和地球化学相结合的产物。在地学中，各学科正在互相结合、互为补充、相互渗透，不断地产生出一些边缘学科或学科的新分支，如古地磁学、地震地层学等，它们促进了地学在寻找各类矿产资源、减轻灾害和保护环境方面的应用和发展，为人类作出了重要的贡献。

勘探地球物理是一门应用学科，在理论、仪器设备、技术方法以及解释水平上都有很大的进展，尤其是地震勘探的发展较快，其中包括：地震仪器、数据采集和处理以及地质解释各方面。在成果上，无论是在寻找各类矿产资源方面，还是水文工程方面，都取得了很大成就。勘探地球物理在地质普查中的位置也显得日益重要。

地学中有三种不同性质的调查方法，即地质方法、地球物理方法和地球化学方法。探矿工程是揭露地质现象的手段。在矿产调查中，地质方法是研究成矿的地质条件、地质环境和地质作用从而进行找矿的一种方法，它包括地质测量法、划分成矿区带法、建造分析法及矿床模型法等。地球物理方法，通常简称为物探方法，它是由地下岩石或矿体的物理性质差异所引起在地表的某些物理现象（通常表现为异常现象），然后根据这些物理现象的变化去判断地质构造或发现矿体的一种找矿方法。它包括地震测量、地磁测量、重力测量、地电测量、地热测量、放射性测量及地下地球物理测量等。地球化学方法，通常简称为化探方法，它是对岩石、土壤、地下水、地表水、植物、水系以及湖底沉积物等天然产物中，一种或几种化学特征作测定。根据测定的结果所发现的化探异常，进行找矿工作。化探异常是在某种天然产物中，具有某种或数种高含量金属元素或其它特殊的化学指标的地段，指出在其邻近有矿存在。在某种程度上说，化探是一种直接找矿的方法，它包括岩石地球化学方法（通常称为金属量测量），水化学方法和生物地球化学方法。

物探方法具有以下特点：（一）物探方法的理论基础是物理学，因此，也有称为物理探矿的。将物理学原理和方法应用于地学，发展成了地球物理学；应用了找矿和勘探，于是又发展成了应用地球物理学，或称勘探地球物理学。有关地磁场、地电场、重力场、弹性波、放射性同位素等理论是它的基础理论。物探方法研究的是地球物理场，或某些物理现象，而不是直接研究岩石或矿石，因此，它与地质方法的研究是有着本质不同的。物探方法不仅可以了解地表或近地表的地质现象，而且通过场的研究，还可以获得深部地质现象的信息。（二）用物探方法去解决一项地质任务时，要解决“两个转化”的问题：即将地质问题转化成地球物理的问题，然后才能使用物探方法去取得所期望得到的异常。根据物探的异常只能推断出具有某种或某几种物理性质的地质体，它需要通过综合研究，并根据物理现象与地质体间存在的特定关系，把物探的结果转化成地质语言和图示，赋予地质含义，从而去推断地质构造和矿产资源的分布情况，以及其它有关的地质问题。必要时，还需通过探矿工程的验证，最后肯定其地质效果。（三）物探方法的结果存在多解性。由

于不同地质体可以有相同的物理场，这就造成了物探异常推断结果的多解性。另一方面，地质体的大小、形状、深度与产状等参数的不同组合，可以使引起的异常相同，即解不是唯一的。从理论上可以证明参数之间存在等效性，再加上其它因素，诸如各种改正带来的误差、干扰因素的影响以及观测网度的稀疏，引起所测结果不能反映细节变化，深部信息也不可能全部被获得，因此要求单一解是不可能的。（四）每一种物探方法都有它的应用条件和使用范围。在某一地区、某些矿种上，有些物探方法的效果很显著，而在另一些地区就不明显。甚至在同一矿区内，用同一种方法，在这个矿段上有效，而在另一个矿段上就无效，产生这些现象的原因，是因为矿床地质、地球物理特征及自然地理条件常因地而异，影响方法的有效性。在应用其它地区的经验时，要从工作地区的具体情况出发，不能机械搬用，否则将达不到预期的效果。

在选用物探方法时，除考虑地质的需要和经济效益外，还必须具备物探方法的使用前提，也只有具备前提条件，才能实现“两个转化”。其前提条件是：（一）被调查的地质体与其周围地质体间，要有某种物理性质上的差异，即在被测目标上有物探异常出现；（二）被调查的地质体要具有一定的规模和合适的深度，以现有的技术方法能发现它所引起的异常；（三）要从各种干扰因素的异常（包括覆盖厚度、疏松层的不均匀、以及地形起伏等）中，区分出所要调查地质体的异常。

具备上述前提条件的地质任务，才有可能用物探方法解决，不具备时就不能解决。但是，我们也不能简单地对待物探方法使用的前提，而是要全面地研究工作地区的具体条件，因地制宜地正确确定物探方法的工作任务。用物探方法进行找矿的有利条件是：地形较平坦，矿体的形状较规则，并有相当的规模，地层产状较平缓，矿物成分较稳定，干扰因素小，有详细的地质资料，附近有勘探矿区或开采矿山，有已知资料便于对比。不利的条件是：寻找对象的物性差异不显著或物理性质不稳定，所要寻找的对象规模过小；地形条件复杂，干扰因素多，不易于区分矿与非矿的异常等。当物探工作条件有利时，物探方法能解决的地质问题就多一些，取得的地质效果也显著些；反之，解决的问题就少一些，效果也差一些。过去，有时曾过分强调了地质的需要，忽视了物探工作的前提条件，有时又只注意了物性上有无差异，忽视了物探方法的勘探深度、有利的几何参数、干扰因素等条件，而影响方法使用的预期效果。本来有些地质任务是可以使用物探方法解决的，但只用了单一的地质方法；相反，物探也接受了一些不具备物探前提的地质任务。为了扩大物探的应用范围，提高它的效果和经济效益，物探工作者应该积极研究和利用可以进行物探工作的条件，并努力克服那些不利的条件，使物探能在更多方面去满足地质工作发展的需要。

由于普查的对象和要求解决的地质问题不同，它们所采用的方法也就不同。并非每一种矿产资源都能用地球物理方法寻找，对大多数矿产资源来说都是间接找矿，只有极少数的资源才能直接找矿，如磁力测量找磁铁矿，放射性测量找铀、钍和钾等放射性矿床，电法找某些硫化物和地下水。对寻找石油和煤而言，地球物理方法虽具有重要的地位，但主要还是用来研究盆地和构造，起间接找矿的作用。直接找油气和煤的方法，一直为地球物理学者所重视，并有所进展，但目前还没有较大的突破。对非金属矿来说，主要也是间接找矿的问题。对水文地质和工程地质问题，物探方法也是起间接作用。由于矿产的地质-地球物理条件相当复杂和方法的多解性，所以单独的物探方法只能在个别矿床上获得良好

的结果，但对大多数矿种来说，无论使用那一种单独的方法都不一定能获得成功。根据多年实践的经验，对物探方法的选择应是综合的。对深部地质的研究，由于地下情况十分复杂，更应采用综合地球物理方法。实践表明，合理地使用综合物探方法，能在较短的时间内以较少的经费解决不少地质问题。

鉴于地学理论及其应用学科所取得的成就，并考虑到今后地学发展的前沿和经济建设的需要，地质学家、地球化学家和地球物理学家间应该广泛合作，实现多学科的 共同研究，从而产生新的思路、新的设想和新的理论，以便更充分而广泛地开拓地下多方面信息的作用。

第一章 地磁测量

在古代，人类就发现了磁的现象，指南针是我国古代的四大发明之一。中国古书早有磁现象的记载，公元前250年，《韩非子》中写有“故先王立司南以端朝夕”；公元一世纪，《论衡》中有司南勺的记载，古代最早的指南仪器是“司南勺”；十一世纪时，《梦溪笔谈》中写有“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。”此时仪器已改进为指南针，并发现磁偏角；公元1099—1102年间，《萍州可谈》中写有“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”我国的船员和航海家早已将指南针用于航海。1556—1557年才在世界其它地区进行磁偏角的测定，1600年吉尔伯特发表了《磁铁、磁体和大磁体——地球》一书，指出地球是一个巨大的磁体；1640年瑞典开始用磁现象找铁矿，1701年编出了世界第一张地磁图；1829年库普费尔在彼得堡建立了地磁观测站；1838年高斯提出地磁场的理论；1870年造出了专门用于勘探的磁力仪器。廿世纪以来，地磁学的发展十分迅速，全球建立了数百地磁台站，在国际地球物理年及其以后，开始利用火箭和人造卫星对高空大气层和行星际空间进行研究，对地磁现象和相伴随的各种现象进行观测，取得了太阳与地磁场之间关系的新资料。地磁测量学是地球物理学中一门历史悠久的分支学科——地磁学，它研究地球及其空间磁场的分布形态、变异特征及其起源。

§ 1-1 地球的磁场

在地球表面或在近地球空间的测量，证实地球周围存在磁场，称为地磁场。

地磁场的科学研究，旨在根据地磁场的测量，确定它形成的原因和变异以及岩石磁性、古地磁、大地电流、极光和电离层中的电流等；它的应用研究，旨在寻找矿产资源和预报地震，研究有关的地质构造（磁大地构造学的研究内容）。

地壳中的岩层、岩体和矿体，受地磁场的作用而具有不同的磁性，这些不同磁性的地质体，在其周围的空间又形成它们各自的磁场，叠加在正常地磁场之上。从地球的表面来看，地磁场不是均匀的。可以根据地磁场的各种变异来找矿或预报地震。

一、地磁场的基本特征

地磁场有如在地心处的一个磁偶极子所产生的磁场，见图1-1-1a。这是地磁场最基本的特性。这个偶极子的磁轴和地球旋转轴的交角现代为 11.5° 。磁轴是变动的，平均来说，大约经过 10^5 年，两轴重合一次。地磁轴与地球表面的两个交点，称为地磁北极与地磁南极，它们分别位于地理北极和地理南极附近。

但是把地磁场看成是偶极子磁场，只是一种粗略的近似，因地磁场还具有非偶极子的成分。所以在地球表面实测的磁极位置与地磁极并不重合，两个磁极的连线不一定通过地心。1980年实测的南北磁极位置为：北磁极： 73.2°N ， 102.9°W ；南磁极： 65.6°S ， 139.4°E 。

地磁场是一个很弱的磁场，其平均强度约为 $0.5 \times 10^3 / 4\pi \text{ A/m}$ 。它的基本特征比较稳

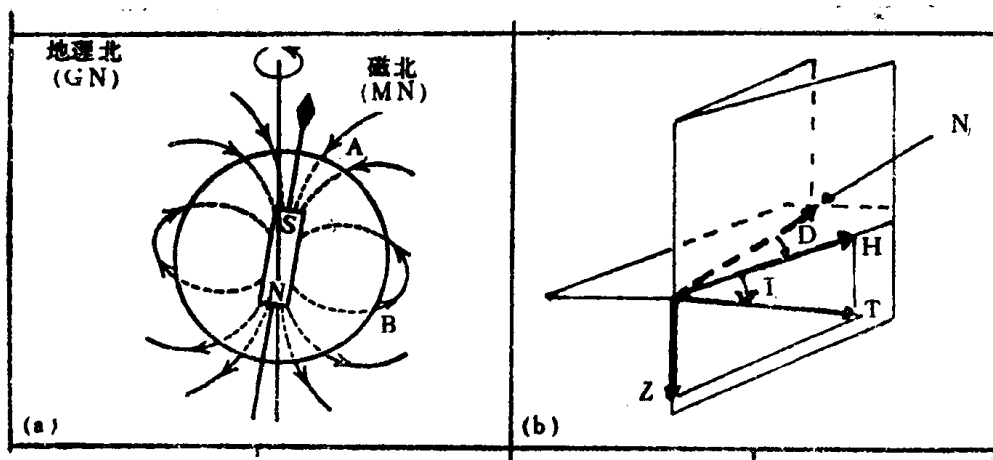


图 1-1-1

定,但存在着以周期为 10^2 、 10^3 和 10^4 年的变化,磁极会发生倒转。

二、地磁要素

在直角坐标系中,地磁场(即地磁感应场)强度 T ,可分解为水平强度 H 和垂直分量 Z ,而 H 又可分为北向分量 X 和东向分量 Y 。 T 所在的垂直平面 zoH ,称为磁子午面,它与 x 轴的交角,称为磁偏角 D ;地平面与 T 的交角 $\angle HoT$,称为磁倾角 I ,见图 1-1-1(b) 和 1-1-2。

假定各分量的方向与坐标轴的方向一致为正,反之为负; H 由北向东的偏角为正,向西为负; T 在北半球指向地平线之下,倾角为正,南半球指向上,倾角为负。

通常将 Z 、 H 、 X 、 Y 、 D 、 I 六个量称为地磁要素。从图 1-1-2 中可以给出它们之间及与 T 的关系式:

$$\left. \begin{aligned} X &= H \cos D, Y = H \sin D, Z = H \tan I \\ H^2 &= X^2 + Y^2, T^2 = H^2 + Z^2 \\ T &= H \sec I = Z \csc I \\ \tan D &= \frac{Y}{X} \end{aligned} \right\}$$

(1-1-1)

只要知道 X 、 Y 、 Z 或 H 、 D 、 I 任意三个量,其余的量均可从 1-1-1 式中计算出来。一般地磁台,是由仪器记录 D 、 I 、 H 。

磁感应强度的单位是 T [特斯拉 = 韦伯/米² = 牛顿/(安·米)]。更小的单位是 nT (1 纳特 = 10^{-9} 特斯拉),它与过去常用单位伽玛大小相等,即 $1 \text{ nT} = 1 \gamma$ 。

地磁要素的数值是逐年变化的,其中

长期变化 指地磁要素的缓慢变化,一般为 15 nT/a ,引起变化的原因存在于地球的内部。

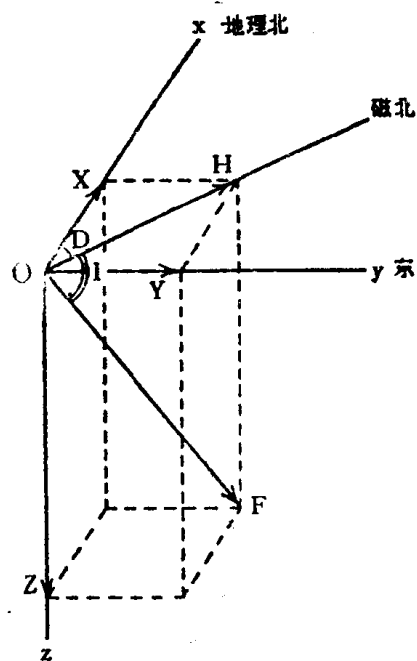


图 1-1-2

短期变化 指由太阳风引起的畸变，变化周期为一天的称日变（约几—几十纳特），一年的为年变（约几个纳特）。

快速变化 指由电离层和高度为地球半径2—4倍磁层内的振荡所引起的，表现为几分钟，为几个纳特的脉动。

突变 指由于太阳发射等离子束，进出磁层所造成的地磁场的变化。这种突然发生很强的非周期性的变化，称为磁暴。它的出现可以是几分钟、几小时，也可以延续几天，变化的数值可达数百或数千nT，磁暴多发生在高纬度地区，伴随磁暴有极光出现。在磁暴发生时，磁法勘探不能进行工作。

三、地磁场的观测方法和仪器

在地面和近地球的空间，进行地磁要素的观测，称为地磁测量，测量地磁各要素的仪器，称为磁力仪。根据测量的空间位置的不同，地磁测量可分为地面磁测、航空磁测、海洋磁测、高空气球磁测和卫星磁测。

磁力仪的种类繁多，可分为绝对测量仪器和相对测量仪器；依结构可分为机械式和电子式。我国使用过的磁力仪有：悬丝磁力仪、刃口磁力仪、磁饱和磁力仪、质子磁力仪、光泵磁力仪等。国外还有磁力梯度仪、超导磁力仪、火箭用的MGF精密磁力仪、以及MAGSAT磁卫星等。

（一）地磁台

设有磁变仪和磁强计，用来连续观测和记录地磁要素绝对值和各要素随时间的变化。

（二）地面相对测量

通常是在事先布置好的测线各个测点上进行观测的。测点与测点间的距离为点距，点距应保证至少有三个点反映出所要找的正常。由测线和测点所组成的网格，称为测网，线距应不大于最小要调查的地质体长度。测线和测点都编以号码，测网一般以100m×20m表示，即线距为100m，点距为20m，点距与线距的关系约为1/2—1/10，测网的大小表示研究的详细程度。依线距可相应地定出工作的比例尺。我国常用的比例尺与点距和线距的关系，见表1-1-1。国际上也有使用1:20 000、1:7 500等比例尺的，没有统一的规定。

表 1-1-1

工作比例尺	长 方 形 测 网		正 方 形 测 网
	线距 (m) 变化范围20%	点距 (m)	线距 = 点距 (m) 变动范围20%
1:50 000	500	50—200	150—500
1:25 000	250	25—100	100—250
1:10 000	100	10—40	50—100
1:5 000	50	5—20	20—50
1:2 500	20	4—10	100—20
1:1 000	10	2—5	5—10
1:500	5	1—2	2—5

用磁力仪所观测到的数据，还不是各测点上的异常值，要考虑到影响观测结果的各种因素，除将磁测数值计算到以基点为起算点，进行基点改正外，还要进行扭鼓（或辅磁）改正、温度改正、日变改正、零点改正、正常梯度改正等，经上述计算后，才能获得所需的异常值。