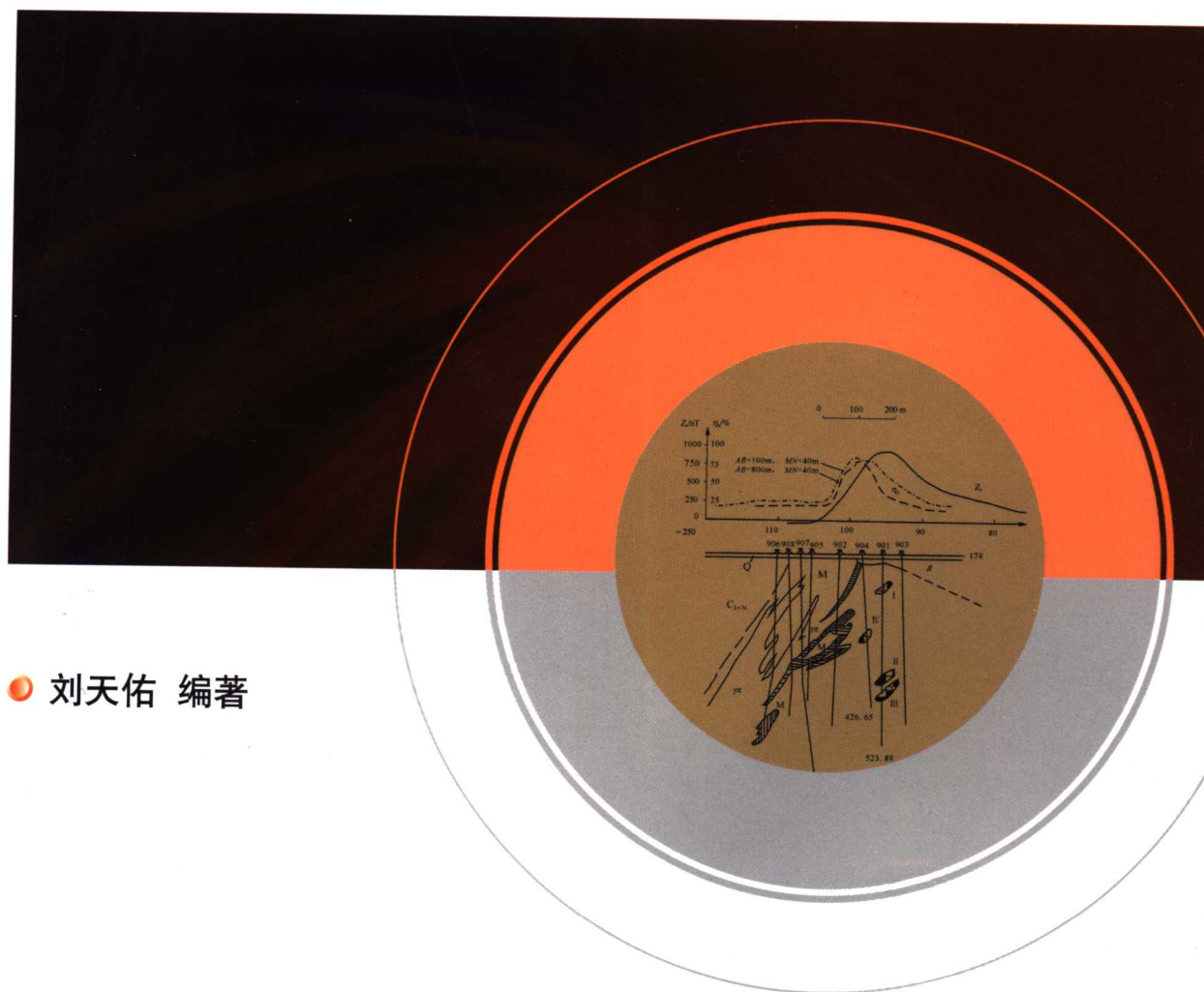




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

DIQIU WULI KANTAN GAILUN

地球物理勘探概论



● 刘天佑 编著

地质出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
中国地质大学“十一五”教材建设项目资助

地球物理勘探概论

刘天佑 编著

地质出版社

· 北京 ·

Conspectus of geophysical exploration

Textbook for undergraduates and graduates in geoscience

Tianyou Liu

Professor of Geophysics

China University of Geosciences (Wuhan)

Geological Publishing House

• Beijing •

内 容 提 要

本书面向高等学校地学专业中非物探学生,较系统全面介绍地球物理勘探专业内容。书中首先简要叙述岩(矿)石的物性与各类矿床的地球物理特征,其次顺序介绍重力勘探、磁法勘探、电法勘探和地震勘探的基本原理及在资源勘查中的应用,最后一章介绍地球物理方法的综合运用与典型找矿案例。与以往教科书相比,本书增加了近年来应用较多的地球物理勘探新方法新技术。本书附有多媒体光盘一张,光盘中有地球物理勘探及综合找矿的原理与应用,配有练习、实验、找矿案例与地球物理野外工作方法视频资料等。

图书在版编目(CIP)数据

地球物理勘探概论/刘天佑编著. —北京:地质出版社,
2007.9

ISBN 978-7-116-05375-5

I. 地... II. 刘... III. 地球物理勘探-高等学校-教材
IV. P631

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第146348号

责任编辑:陈军中

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:香河金鑫印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:20.5

字 数:450千字

印 数:1—2500册

版 次:2007年9月北京第1版·第1次印刷

定 价:27.00元

书 号:ISBN 978-7-116-05375-5

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

本书是为普通高等学校中的资源勘查工程专业学生学习地球物理勘探方法编写的通用教材，也可作为其他地质专业学生和从事资源勘查工程的工程技术人员学习地球物理勘探方法的参考书。

20世纪80~90年代，地质矿产部课程教学指导委员会曾组织编写出版了《勘查地球物理概论》通用教材（于汇津、邓一谦，1993），全国各高等地质院校有关专业大多采用此教材作为非地球物理勘探专业学生学习地球物理勘探方法的教学用书。十几年过去了，随着改革开放、我国经济的腾飞和社会的发展，国家对矿产资源的需求日趋迫切；科学技术的进步也促进地球物理勘探理论和方法的发展；教育部专业目录与课程体系设置的调整，更体现了大学教育应当注重素质教育，培养厚基础、宽口径，适应面更广的专业技术人才的倾向。十几年前的教育理念和教材内容，有些已经显得陈旧，有些需要充实，而一些新理论新方法还有待补充，因此我们重新编写了这一教材。

本教材与以往的教材不同之处有如下几方面。

(1) 以矿产资源为主线。以往教材大多开门见山地介绍重力勘探、磁法勘探、电法勘探、地震勘探等地球物理方法，而不引导学习者首先认识矿床类型与其相应特征。本教材首先介绍不同类型矿床（外生矿床，内生矿床和变质矿床）的成矿模式与地球物理特征，再详细介绍各种地球物理勘探方法的原理，最后介绍如何综合应用各种地球物理方法来寻找不同类型的矿床。这样做的目的是使学习者从接触本课程开始，就了解不同类型的矿床的地球物理性质与特征，认识到必须用综合地球物理方法去处理与解决普查勘探中的问题。这符合人们认知的过程，即首先是认识矿床类型，再根据它们的特征去选择方法技术。

(2) 注重综合的地球物理方法，及地球物理与地质、地球化学等方法的综合。以往教材大多以单一方法为主线，列举的实例也多为单一方法的找矿效果。这不利于培养学习者的综合分析能力和解决问题的能力，也与实际不尽符合。本教材除了列举单一方法的找矿效果外，还注意列举综合方法的找矿效果，并介绍一些综合地质地球物理方法技术，如在第六章介绍模糊数学、灰色系统和人工神经网络方法等。

(3) 删去较陈旧的内容，增加了一些近年来得到较多应用的地球物理原理、采集处理与解释的方法技术内容。如第四章电法勘探压缩直流电法部分，增加了大量电磁法和新的直流电法内容（高密度电法、频率电磁剖面法、瞬变电磁法、大地电磁测深法、可控源音频大地电磁法，甚低频法、探地雷达法等）。为了使培养的学生有更坚实的理论基础，在内容上适当地增加了新方法技术的原理，如重力、磁法勘探中，位场转换增加了频率域重磁场的转换处理、维纳滤波与匹配滤波、分离区域与局部重磁场、解析延拓、高次

导数、归一化总梯度等方法，正反演中增加密度界面反演、线性回归法反演、频率域反演、沃纳反褶积、欧拉齐次方程、3D 可视化反演法等，在地震勘探部分增加了地震数据处理的一般流程，较系统与简要地介绍地震资料的解编、抽道集等预处理；静校正、动校正、水平叠加、修饰处理、偏移处理；滤波与反滤波等各种方法，以及地震地质解释的一般方法，使地震勘探部分与旧教材相比有一个较完整的知识体系，学习者容易掌握地震勘探的基本原理及应用。目的是想尝试改变以往的教材由于受学时限制与旧教学理念的约束，只讲方法的具体应用，不讲方法的原理，学习者只知其然而不知所以然的状况。但是，资源勘查工程专业的学生毕竟不是地球物理专业的学生，没有必要把对地球物理专业学生要求的标准搬到地质矿产普查与勘探专业，因此，这些涉及较多数学物理原理的新方法技术只是适当介绍，或作为阅读材料（用*号标出）。

(4) 附有多媒体光盘。由于纸介质教材篇幅有限，表达形式也受限制，本教材附有多媒体光盘。多媒体光盘充分利用了现代计算机和多媒体技术的优势，内容与形式比纸介质教材丰富且形象，同时还增加了一些野外实习视频、实验、图书资料等内容，有利学习者获取更多信息。

矿产资源包括固体矿产资源和石油天然气。固体矿产资源是以固体形式产于地壳中的有用矿产资源的总称。矿产资源的勘探开发已由近地表矿产向深部转移，必须采用地球物理、化探及地质等多种勘探方法综合找矿。

地球物理是物理学与地质学结合的边缘科学。与传统地质学不同，地球物理根据物理学的原理来研究各种地质现象和勘探矿产资源，它在基础地质研究和资源勘探中发挥了重要作用。

地球物理勘探方法（或称应用地球物理，简称“物探”）是以岩矿石等介质的物理性质差异为物质基础，利用物理学原理，通过观测和研究地球物理场的空间与时间分布规律以实现基础地质研究、环境工程勘察和地质找矿等目的的一门应用科学。在地球物理勘探中，广泛应用各种岩矿石等介质物理性质或物性参数：密度、磁性（磁导率、磁化率、剩余磁性）、电性（电导率、极化率、介电常数）、放射性、导热性及弹性（弹性波速度）。相应的地球物理勘探方法：① 重力勘探；② 磁法勘探；③ 电法勘探；④ 地震勘探；⑤ 放射性勘探；⑥ 地热勘探。前四种勘探方法是地球物理勘探的主干方法。

各种地球物理勘探方法有不同的实质和不同的应用。

(1) 重力勘探。它是地壳中岩矿石等介质密度差异为基础，通过观测与研究天然重力场的变化规律以查明地质构造、寻找矿产、解决工程环境问题的一种物探方法。它主要用于探查含油气远景区的地质构造、研究深部构造和区域地质构造；与其他物探方法配合，也可以寻找金属矿。近年来，重力勘探方法在城市工程环境方面也得到应用。

(2) 磁法勘探。它是地壳中岩矿石等介质磁性差异为基础，通过观测和研究天然磁场及人工磁场的变化规律以探查地质构造、寻找矿产等的一种物探方法。它主要用于各种比例尺的地质填图、研究区域地质构造、寻找磁铁矿、勘探含油气构造、预测成矿远景区以及寻找含磁性矿物的各种金属、非金属矿床等。近年来，磁法勘探在开发区工程勘察、核电站选址、大坝选址，寻找沉船、炸弹等金属遗弃物、地下管道，考古等方面得到

较多应用。

(3) 电法勘探。它是以地壳中岩矿石间的电性差异为基础,通过观测和研究天然电磁场和人工电磁场的空间与时间分布规律进行地质勘探、找矿等的一种物探方法。电法勘探利用的参数较多,它应用范围较广,主要用于探查区域与深部地质构造、寻找油气田、寻找金属与非金属矿产,解决水文地质(寻找地下水资源等)和工程地质(探查喀斯特溶洞、断裂破碎带等)中有关问题,以及工程建设中的路基、桥基和环境勘查中的一些问题。近年来应用电法勘探原理的新方法技术,如探地雷达、管线探测及核磁共振找水等,在工程环境中得到广泛应用,成为解决城市工程问题的重要物探方法。

(4) 地震勘探。它是以地壳中岩矿石的弹性差异为基础,通过观测和研究地震波在地下岩石或介质中的传播特性,以实现地质勘查目标的一种物探方法。它主要应用于探查油气田地质构造,地壳测深及工程地质勘察。在资源勘查中,地震勘探的投入费用最多,占有地球物理方法投入的90%以上,是油气勘探的最有效方法。近年来,地震勘探在解决城市工程问题方面,如浅层地震勘探、测桩等得到广泛应用,成为解决城市工程问题的重要物探方法。

本书共分为六章,第一章为岩(矿)石物性与各类矿床的地球物理特征。叙述外生矿床、内生矿床和变质矿床的成矿模式和地球物理特征,岩矿石及地层的密度、磁性、电性和波速。第二章至第五章为重力勘探、磁法勘探、电法勘探和地震勘探,介绍这些地球物理方法的理论基础、野外数据采集、资料处理与反演解释,以及在基础地质研究、固体矿产勘探及其他方面的应用。第六章是综合地质地球物理方法,介绍不同勘探阶段综合地球物理方法的运用,综合地质地球物理评价的数学方法以及安徽罗河铁矿等实例的分析。

本课程是为非地球物理专业的学生开设的,教材的编写注重基本原理及应用,避免繁琐的数学推导,内容力求精练,强调各种地球物理勘探技术方法的综合运用。通过本课程的学习,学生应当了解和掌握各种地球物理勘探方法的基本原理,了解这些勘探方法在基础地质研究、矿产资源勘查、城市工程环境评价中的应用,学会在自己的专业中运用地球物理勘探方法;学会利用地球物理资料去分析和解决各种地质问题;通过多学科的交叉,拓宽自己的知识面和提升自己应用多学科知识的能力和综合素质。具备了高等数学、大学物理等基础知识的大学生完全能掌握这些地球物理勘探方法,并且利用它们为自己从事的专业服务。

本课程计划学时数为50学时,可根据不同要求安排教学内容和学时。为了提高教学效果,本教材配有多媒体光盘一张,光盘中有地球物理勘探(重、磁、电、震)及综合找矿的原理与应用,还配有练习、实验及教学资源(视频、找矿案例等)。

本教材参考与引用了于汇津、邓一谦《勘查地球物理概论》(地质出版社,1993),张胜业、潘玉玲《应用地球物理学原理》(中国地质大学出版社,2004),刘天佑、罗孝宽、张玉芬等《应用地球物理数据采集与处理》(中国地质大学出版社,2004),姚姚、陈超、昌彦君等《地球物理反演基本理论与应用方法》(中国地质大学出版社,2003),李大心、顾汉明、潘和平等《地球物理方法综合应用与解释》(中国地质大学出版社,2003),曾华霖《重力场与重力勘探》(地质出版社,2005),管志宁《地磁场与磁力勘

探》(地质出版社, 2005), 李金铭《地电场与电法勘探》(地质出版社, 2005) 等教材中的部分内容及部分作者发表的论文, 在此表示衷心感谢。

作者还衷心感谢国土资源部高级咨询中心孙文珂先生, 是他把尚未公开发表的《重要矿床(田)综合信息剖析图集》的书稿提供给作者, 使得本书的多媒体光盘增色不少。书中所附多媒体光盘使用了中国地质调查局发展研究中心袁学诚先生主编的《中国地球物理图集》(地质出版社, 1996) 中的图片, 在此表示感谢。

本教材的编写和多媒体软件的制作得到中国地质大学“十一五”教材建设项目和“地球物理学”品牌专业建设项目的资助, 得到中国地质大学欧阳建平副校长、教务处杨伦处长、庞岚副处长的支持和帮助, 在此表示衷心感谢。

作者还要诚挚地感谢潘玉玲教授、张胜业教授、王传雷教授、张玉芬教授和胡祥云教授, 是他们百忙之中审阅了本书并提出了宝贵意见。

教材与多媒体从1992年开始酝酿编写与制作, 多媒体从DOS版逐次升级到Windows单机版和网络版, 并在历届的本科教学中使用, 获得较好的教学效果; 多媒体教材曾获1996年湖北省优秀教学研究成果二等奖。

作者在此衷心感谢参加文字录入和多媒体光盘制作的研究生、本科生, 他们是徐天吉、崔德海、李媛媛、乔计花、陈爱萍、冯杰、刘大为、李曼、吴小羊、张恒磊、李曙光、曾琴琴、习宇飞、刘小龙与宋双等同学。

作者
2006年9月

目 次

前 言

第一章 岩（矿）石物性与各类矿床的地球物理特征	(1)
第一节 岩（矿）石的密度	(1)
一、火成岩的密度	(1)
二、沉积岩的密度	(1)
三、变质岩的密度	(2)
第二节 岩（矿）石的磁性	(2)
一、物质的磁性	(2)
二、岩石、矿石的磁性特征	(4)
三、岩石的剩余磁性	(8)
第三节 岩（矿）石的电性	(10)
一、岩石和矿石的导电性	(11)
二、岩石和矿石的自然极化和激发极化特性	(13)
三、表征岩石和矿石介电极化的参数	(17)
四、岩石和矿石的导磁性	(18)
第四节 岩石层的地震波速度	(18)
一、地震波在岩层中的传播速度	(18)
二、影响速度的主要因素	(18)
第五节 各类矿床的地球物理特征	(19)
一、外生矿床成矿模式与地球物理特征	(19)
二、内生矿床成矿模式与地球物理特征	(20)
三、变质矿床成矿模型与地球物理特征	(24)
练习与思考题	(25)
发展趋势及阅读书目	(25)
第二章 重力勘探	(27)
第一节 重力勘探的理论基础	(27)
一、重力场与重力位	(27)
二、地球的重力场	(28)
第二节 重力仪	(30)
一、相对重力测量仪器概述	(30)

二、地面重力仪	(34)
第三节 重力勘探工作方法	(36)
第四节 重力资料的整理及图示	(37)
一、重力资料的整理	(37)
二、重力异常图	(39)
第五节 重力异常的地质-地球物理含义	(39)
一、自由空间重力异常	(39)
二、布格重力异常	(40)
*三、均衡理论与均衡异常	(41)
第六节 重力异常正演	(44)
一、简单规则形体重力异常正演	(44)
二、复杂形体重力异常正演	(52)
第七节 重力异常反演	(56)
一、计算地质体几何参数和物性参数的直接法	(56)
二、计算地质体几何参数和物性参数的特征点法	(59)
三、选择法	(60)
四、密度界面反演法	(60)
*五、多解性问题	(62)
第八节 重力异常的转换处理	(63)
一、引起重力异常的主要地质因素	(63)
二、区域异常与局部异常	(65)
三、平均场法	(66)
四、趋势分析法	(67)
*五、空间域解析延拓法	(68)
*六、高次导数法	(69)
*七、归一化总梯度	(71)
第九节 重力异常的地质解释及应用	(78)
一、重力异常的识别	(78)
二、地球深部构造及地壳结构研究	(79)
三、划分大地构造单元	(84)
四、石油天然气勘探	(84)
五、盐矿探测	(87)
六、金属矿勘探	(87)
七、工程勘探	(89)
*八、海洋卫星测高与海洋重力	(90)

练习与思考题	(92)
发展趋势及阅读书目	(93)
第三章 磁法勘探	(94)
第一节 地球的磁场	(94)
一、主磁场	(95)
二、变化磁场	(97)
三、磁异常	(98)
四、我国境内地磁要素的分布	(98)
五、地磁场的起源	(99)
第二节 地磁场的解析表示	(100)
* 一、地球磁场的球谐分析	(100)
二、地磁场的正常梯度	(104)
第三节 磁力仪	(105)
一、磁力仪类别	(105)
二、质子磁力仪	(105)
* 三、光泵磁力仪与超导磁力仪	(107)
第四节 磁测的野外工作方法	(109)
一、磁测精度的确定	(109)
二、地磁场的日变观测	(109)
三、岩矿石磁参数的测量	(109)
第五节 磁异常的正演	(113)
一、有效磁化强度矢量	(113)
二、总强度磁异常	(114)
三、球体的磁场	(115)
四、水平圆柱体的磁场	(116)
五、板状体的磁场	(117)
六、规则磁性体与磁异常关系	(120)
第六节 磁异常的反演	(122)
一、特征点法	(122)
二、切线法	(124)
三、沃纳 (Werner) 反褶积方法	(126)
* 四、欧拉 (Euler) 齐次方程方法	(127)
* 五、3D 可视化反演	(129)
第七节 磁异常的转换处理	(132)
* 一、频率域磁异常转换	(133)
二、实例: 铁山、鄂城岩体的 ΔT 异常化向地磁极	(140)
* 三、维纳滤波与匹配滤波	(140)

* 四、重磁异常的对应分析	(144)
* 五、小波分析方法	(146)
第八节 磁异常的地质解释及应用	(150)
一、磁异常的定性与定量解释	(150)
二、磁异常在区域与深部地质调查中的应用	(151)
三、磁法勘探在石油天然气勘探中的应用	(154)
四、磁法勘探在固体矿产勘探中的应用	(155)
五、磁法勘探在其他方面的应用	(159)
六、古地磁学在地学中的应用	(162)
练习与思考题	(166)
发展趋势及阅读的书目	(166)
第四章 电法勘探	(168)
第一节 电阻率法	(168)
一、电阻率法的理论基础	(168)
二、电阻率法的仪器及装备	(171)
三、电剖面法	(172)
四、电测深法	(176)
* 五、直流电测深曲线的反演	(180)
六、高密度电阻率法	(183)
第二节 充电法和自然电场法	(186)
一、充电法	(186)
二、自然电场法	(190)
第三节 激发极化法	(193)
一、激发极化法的理论基础	(194)
二、激发极化法的仪器装备及工作方法	(196)
三、极化体的激电异常	(197)
四、激发极化法的应用实例	(201)
第四节 电磁法	(202)
一、概述	(202)
二、频率域和时间域电磁场基本特征	(203)
第五节 频率电磁剖面法	(204)
一、不接地回线法	(204)
二、电磁偶极剖面法	(206)
第六节 瞬变电磁法	(207)
一、瞬变电磁剖面法	(207)
二、瞬变电磁测深法	(213)
* 第七节 大地电磁测深法	(217)

一、野外工作方法	(218)
二、大地电磁测深资料的解释	(218)
三、大地电磁测深的应用	(220)
第八节 可控源音频大地电磁法	(220)
一、方法概述	(221)
二、可控源音频大地电磁法应用实例	(223)
* 第九节 甚低频法	(226)
一、异常场的一般特点	(226)
二、几种规则形体上的甚低频异常	(227)
三、甚低频法的测量参数	(229)
四、甚低频法的资料处理	(230)
五、甚低频法的应用实例	(231)
* 第十节 探地雷达法	(232)
一、探地雷达的基本原理与方法技术	(232)
二、探地雷达法应用实例	(234)
* 第十一节 地面核磁共振找水方法	(236)
一、方法原理	(237)
二、应用实例：在湖北某工区找到水质良好的岩溶水	(237)
练习与思考题	(239)
发展趋势及阅读书目	(240)
第五章 地震勘探	(241)
第一节 地震勘探理论基础	(242)
一、地震波的类型	(242)
二、地震波的反射和折射	(242)
三、有效波和干扰波	(243)
四、地震波在岩石中的传播速度	(243)
第二节 地震波理论时距曲线	(244)
一、直达波时距曲线	(244)
二、反射波时距曲线	(245)
三、折射波时距曲线	(246)
第三节 地震仪和地震勘探工作方法	(248)
第四节 地震资料的处理	(249)
一、常规水平叠加基本处理	(249)
二、数字滤波与反滤波	(255)
三、速度分析	(256)
四、偏移归位	(256)

第五节 地震资料的解释	(257)
一、速度参数的研究	(259)
二、时间剖面的对比	(261)
三、时间剖面的地质解释	(262)
四、断层的解释	(265)
*五、特殊地质现象的解释	(265)
*六、地震地层解释	(268)
第六节 固体矿产地震勘探的应用实例	(271)
一、数据采集方法与技术	(272)
二、速度参数测量	(272)
练习与思考题	(273)
发展趋势及阅读书目	(274)
第六章 综合地质地球物理方法	(275)
第一节 不同勘探阶段的综合地质地球物理方法	(275)
一、成矿远景预测阶段	(275)
二、区域性普查找矿阶段	(277)
三、矿床勘探阶段	(278)
第二节 综合地质地球物理评价的数学方法	(281)
一、模糊数学方法成矿远景预测	(281)
*二、灰色系统方法	(283)
*三、BP 神经网络方法	(287)
第三节 实例分析	(290)
一、罗河铁矿	(290)
二、村前多金属矿	(292)
三、小南山铜镍矿区	(293)
四、小热泉子铜矿床	(296)
练习与思考题	(301)
发展趋势及阅读书目	(301)
全书参考文献	(304)

Contents

Preface

Chapter 1 Physical properties of rock and ore bodies and geophysical characteristics

of different deposits	(1)
1.1 Density of rocks and ore bodies	(1)
1.1.1 Density of igneous rock	(1)
1.1.2 Density of sediment rocks	(1)
1.1.3 Density of metamorphic rocks	(2)
1.2 Magnetic property of rocks and ore bodies	(2)
1.2.1 Magnetic property of substances	(2)
1.2.2 Magnetic characters of rocks and ore bodies	(4)
1.2.3 Remanent magnetism of rocks	(8)
1.3 Electric properties of rocks and ore bodies	(10)
1.3.1 Electrical conductivity of rocks and ore bodies	(11)
1.3.2 Self polarizability and induced polarizability of rocks and ore bodies	(13)
1.3.3 Parameters for dielectric polarizability of rocks and ore bodies	(17)
1.3.4 Magnetoconductivity of rocks and ore bodies	(18)
1.4 Velocity of seismic wave of rock layers	(18)
1.4.1 Propagation velocity of seismic wave in strata	(18)
1.4.2 Main factors affecting wave velocity	(18)
1.5 Geophysical characteristics of different deposits	(19)
1.5.1 Metallogenic models and geophysical characters of exogenic deposits	(19)
1.5.2 Metallogenic models and geophysical characters of endogenic deposits	(20)
1.5.3 Metallogenic models and geophysical characters of metamorphic deposits	(24)
Exercise and thinking	(25)
Development trends and suggested reading	(25)
Chapter 2 Gravity exploration	(27)
2.1 Theoretic base of gravity exploration	(27)
2.1.1 Gravity field and gravity potential	(27)
2.1.2 Gravity field of the Earth	(28)
2.2 Gravity meters	(30)
2.2.1 Outline of instruments for relative gravity measurements	(30)

2.2.2	Land gravity meters	(34)
2.3	Working methods of gravity exploration	(36)
2.4	Reduction of gravity data and illustration	(37)
2.4.1	Reduction of gravity data	(37)
2.4.2	Gravity anomaly map	(39)
2.5	Geological-geophysical significance of gravity anomalies	(39)
2.5.1	Free-air gravity anomaly	(39)
2.5.2	Bouguer gravity anomaly	(40)
*2.5.3	Isostasy theory and isostatic gravity anomaly	(41)
2.6	Forward calculation of gravity anomaly	(44)
2.6.1	Forward calculation of gravity anomaly caused by simple and regular models	(44)
2.6.2	Forward calculation of gravity anomaly caused by arbitrary models	(52)
2.7	Inversion of Gravity anomaly	(56)
2.7.1	Direct calculation to geometrical and physical parameters of models	(56)
2.7.2	Characteristic point method for calculating geometrical and physical parameters of models ...	(59)
2.7.3	Optimization	(60)
2.7.4	Inversion of density interface	(60)
*2.7.5	Ambiguity	(62)
2.8	Transformation of gravity anomaly	(63)
2.8.1	Main geological factors causing gravity anomaly	(63)
2.8.2	Regional and local gravity anomaly	(65)
2.8.3	Average field method	(66)
2.8.4	Trend-surface analysis by least squares	(67)
*2.8.5	Continuation in space domain	(68)
*2.8.6	Analytical calculation of derivatives	(69)
*2.8.7	Normalized total gradient	(71)
2.9	Geological interpretation to gravity anomalies and its application	(78)
2.9.1	Recognition of gravity anomalies	(78)
2.9.2	Study of deep structures of the Earth and crustal structure	(79)
2.9.3	Tectonics division	(84)
2.9.4	Oil and gas exploration	(84)
2.9.5	Detection of salt ore	(87)
2.9.6	Ore exploration	(87)
2.9.7	Engineering investigation	(89)
*2.9.8	Ocean satellite height measurement and ocean gravity	(90)
	Exercise and thinking	(92)
	Development trends and suggested reading	(93)

Chapter 3 Magnetic exploration	(94)
3.1 The Earth's magnetic field	(94)
3.1.1 The main magnetic field	(95)
3.1.2 The variable magnetic field	(97)
3.1.3 Magnetic anomaly	(98)
3.1.4 Elements distribution of geomagnetic field in China	(98)
3.1.5 The origin of geomagnetic field	(99)
3.2 Analysis expression of the Earth's magnetic field	(100)
* 3.2.1 Spherical harmonic analysis of the Earth's magnetic field	(100)
3.2.2 Normal gradient of the Earth's magnetic field	(104)
3.3 Magnetometers	(105)
3.3.1 Types of magnetometers	(105)
3.3.2 Proton precession magnetometer	(105)
* 3.3.3 Optically pumped magnetometer and SQUID (Cryogenic) magnetometer	(107)
3.4 Field work of Magnetic survey	(109)
3.4.1 Decision of precision of magnetic survey	(109)
3.4.2 Diurnal variation observation of geomagnetic field	(109)
3.4.3 Measurements of magnetic parameters of rocks and ores	(109)
3.5 Forward calculation of magnetic anomalies	(113)
3.5.1 Effective magnetization vector	(113)
3.5.2 General expression of total intensity magnetic anomaly ΔT	(114)
3.5.3 Magnetic field of sphere	(115)
3.5.4 Magnetic field of horizontal cylinder	(116)
3.5.5 Magnetic field of dike	(117)
3.5.6 Relationship between regular magnetic bodies and its anomalies	(120)
3.6 Inversion of magnetic anomaly	(122)
3.6.1 Characteristic point method	(122)
3.6.2 Tangential method	(124)
3.6.3 Werner deconvolution method	(126)
* 3.6.4 Euler homogeneous equations method	(127)
* 3.6.5 Three dimension visualizing inversion	(129)
3.7 Transformation processing of magnetic anomalies	(132)
* 3.7.1 Transformation of magnetic anomaly in frequency domain	(133)
3.7.2 Case study: Reduction to the pole of ΔT anomaly of Tieshan and Echeng	(140)
* 3.7.3 Wiener filtering and matched filtering	(140)
* 3.7.4 Corresponding analysis of gravity and magnetic anomalies	(144)
* 3.7.5 Wavelet analysis method	(146)