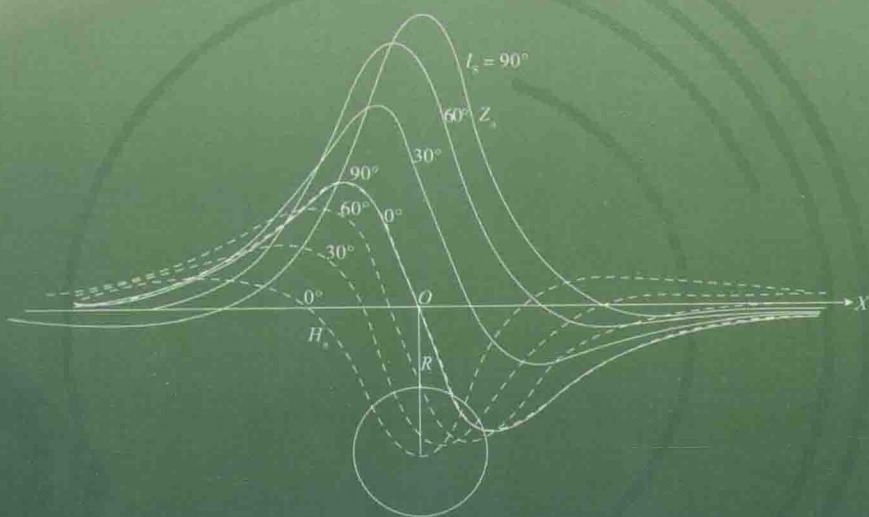


普通高等教育应用地球物理系列教材

磁法勘探

● 刘天佑 编著

$$\Delta T = \frac{\mu_0 m}{4\pi(x^2 + y^2 + R^2)^{3/2}} \left[(2R^2 - x^2 - y^2) \sin^2 I \right. \\ \left. + (2x^2 - y^2 - R^2) \cos^2 I \cos^2 A' + (2y^2 - x^2 - R^2) \cos^2 I \sin^2 A' \right. \\ \left. - 3xR \sin 2I \cos A' + 3xy \cos^2 I \sin 2A' - 3yR \sin 2I \sin A' \right]$$



地质出版社

中国地质大学（北京）地质研究所 地质研究所

磁法勘探

作者：陈永贵 编著



地质出版社

中国地质大学(武汉)教材建设经费资助

磁 法 勘 探

刘天佑 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

全书共分八章,分别为地球的磁场、岩(矿)石的磁性、磁力仪、野外磁测工作方法、磁异常的正演、磁异常的处理与转换、磁异常的反演与磁异常的地质解释及应用。本书根据教育部专业改革的精神,在近年教学实践的基础上,参考了以往磁法勘探多部教材编写,符合当前的教学需要。

本书按 48 学时讲授,其中带 * 号的章节为选读内容。

本书适用于勘查技术与工程专业(应用地球物理方向)的本科生,也可供地质、地球物理工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

磁法勘探 / 刘天佑编著. —北京:地质出版社,
2013. 10

ISBN 978-7-116-08542-8

I. ①磁… II. ①刘… III. ①磁法勘探—高等学校—
教材 IV. ①P631.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 236451 号

责任编辑:王春庆

责任校对:李 玫

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);(010) 82324514(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 82324340

印 刷:北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:16.5

字 数:410 千字

印 数:1—2000 册

版 次:2013 年 10 月北京第 1 版

印 次:2013 年 10 月北京第 1 次印刷

定 价:25.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-08542-8

(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

磁法勘探是通过观测和分析由岩矿石或其他探测对象磁性差异所引起的磁异常,来研究地质构造、矿产资源或其他探测对象的一种地球物理方法。在所有的地球物理勘探方法中,磁法勘探是发展最早、应用广泛的一种地球物理勘探方法。

实践表明,磁法勘探具有如下特点:①经济快捷、效率高、成本低,在许多情况下效果良好。②工作领域广,不受地域限制;可广泛应用于空中、海洋、地面与钻井中;已形成专门的卫星磁测、航空磁测、地面磁测与井中磁测等工作系列,可以提供全球磁异常信息。③岩石原生剩磁与成岩时的地磁场有关,因而具有记录成岩时地磁场的功能,这是诸多物性参数中最为独特的一个,从而可以把现代磁性观测追溯到地质年代中的古地磁状态,成为将今论古的磁学证据。④应用范围广,磁法勘探用于直接寻找磁铁矿及其共生矿床,固体矿产、石油天然气构造普查,不同比例尺的地质填图及深部、区域、全球构造研究,城市环境工程勘察,考古及国防等。

早在 2000 多年前的战国时期(公元前 403~221 年),我们的祖先就知道了天然磁石的吸铁性和指极性,并用天然磁铁磨成指南针,称为“司南”,开始了地磁场的应用研究。中国古代四大发明之一的指南针传入欧洲后,英国人威廉·吉尔伯特(William Gilbert)才开始研究地磁现象的起因,1600 年他出版的《On the Magnet, Magnetick Bodies Also, and on the Great Magnet the Earth》一书,通过实验提出,地球本身就是一个巨大的磁体,它的两极与地理极相重合;他还指出地磁场的成因不是在地球之外,而是在地球的内部。1838 年,高斯(Gauss)写了《地球概论》一书,分析了地磁场的结构,奠定了地球磁场现代概论的基础。

1640 年前后,瑞典人开始用罗盘寻找磁铁矿。1870 年,泰朗(Thalen)和铁贝尔(Tiberg)制成了万能磁力仪用来寻找磁铁矿,这是应用地球物理学发展的一个重要标志。1915 年,德国人施密特(Schmidt)制成刃口式磁秤,大大提高了磁测精度,使磁法勘探不仅在寻找铁矿中起作用,同时还用来寻找其他矿产,并在圈定磁性岩体、研究地质构造以及寻找油田、盐丘中得到应用。1936 年,苏联人阿·阿·罗加乔夫(Ларачев А. А.)试制成功感应式航空磁力仪,大大提高了磁法勘探数据采集的速度,扩大了磁法勘探覆盖的范围,使磁法勘探进入了一个新的阶段。20 世纪 50~60 年代,苏联、美国又相继把质子旋进式磁力仪移装于船上,开展了海洋磁测。在海洋磁测和古地磁研究成果支持下,复活了大陆漂移学说,发展了海底扩张学说和板块构造学说,从而推动了地学理论的大变革和大发展。

随着现代科学技术的发展,磁法勘探仪器已从机械式发展到电子式,精度越来越高。由于采用了近代物理学的原理,质子旋进、磁通门、光泵与超导等磁力仪精度提高了几个数量级。磁法勘探采集的参数也由单分量、模量逐步向多分量、矢量、梯度张量发展。随着数字计算机的广泛应用,数据整理、数据解释和解释、数据存储、成果的图示等均发生了巨大的变化。磁法勘探的解释理论也不断得到发展和完善。磁法勘探的应用领域得到进

一步拓展。

我国磁法勘探工作始于 20 世纪 30 年代。1939 年顾功叙在云南易门铁矿,李善邦、秦馨菱在四川綦江铁矿用磁秤找矿。一直到新中国成立前的十多年,磁法勘探仅停留在试验阶段。新中国成立后,我国的地球物理勘探工作得到了很大发展,地面磁测、航空磁测、井中磁测和海洋磁测相继开展。

20 世纪 50 年代,我国先后在山东金岭、辽宁鞍山(山)本(溪)、湖北大冶、内蒙古白云鄂博、山东莱芜、河北邯(郸)邢(台)、四川攀(枝花)西(昌)等地区开展了磁法找铁矿的工作,取得了丰硕成果。1954 年开始,我国航磁投入应用,并迅速发展。据统计,我国 80% 以上的磁性铁矿是通过磁测提供线索发现或扩大的。寻找有色金属矿产也是磁法勘探应用最早、成效显著的领域之一,如安徽铜陵、湖北铜绿山的矽卡岩型铜矿,吉林红旗岭、甘肃白家嘴子、新疆喀拉通克的硫化铜镍矿床等,磁法勘探都在找矿过程中起到关键作用。在内蒙古、新疆、西藏等地发现和圈定与铬及其他矿产有关的超基性、基性岩体方面,磁法勘探作用突出。磁法勘探在山东、辽宁等地发现和圈定含金刚石的金伯利岩,以及在一些地区寻找硼矿、石棉及石材等矿产方面,也做出了重要贡献。20 世纪 80 年代,我国开展中大比例尺航空磁测工作,详细划分局部构造和断裂,查明盆地基底、火山岩与岩浆岩分布范围,为油气勘查与固体矿产资源勘查发挥了重要作用。进入 21 世纪,随着我国经济的快速增长对能源与资源需求的增加,配合矿产调查的 1:5 万地面高精度磁测、老矿山的深部找矿、整装勘探与三维立体填图工作的开展,磁法勘探得到空前的发展与应用。

1960 年,北京地质仪器厂生产出 CSI—60 型悬丝式磁秤,此后相继生产了多种型号的悬丝式、刃口式磁秤,观测精度提高到 $2\sim 5\text{ nT}$,充分满足了这段时期地面磁测的需要。1975 年,我国正式生产了地面磁通门磁力仪(CCM 型)。1982 年,分辨率为 0.1 nT 的 GQ—30 氦光泵航空磁力仪投入使用。1983 年,正式推广 CZM—2 型地面质子磁力仪,分辨率为 1 nT/字 ;1987~1988 年,引进 IGS—2/MP4 和 G856 微机质子磁力仪,分辨率为 0.01 nT/字 ,并成为地面磁法勘探的主导仪器。20 世纪 90 年代中期,我国研制了地面氦光泵磁力仪分辨率达 0.05 nT/字 ,研制生产的光泵航磁仪分辨率达 0.0025 nT/字 ,具有远距离大跨度测量及全球作业的整体性能。目前我国航空磁测工作均由自主生产的仪器完成。

与国外磁法勘探水平相比,我国在磁法勘探的理论研究、仪器设备研制、地质解释、野外工作开展的广泛程度以及所取得的地质效果等方面与国外同步发展,只在自主创新方面尚需加强。

“磁法勘探”作为一门课程,首先在苏联开设,1940 年,由罗加乔夫等人出版了第一本《磁法勘探教程》。而西方国家一般把各种地球物理方法作为《应用地球物理学》的一篇来对待。我国从 20 世纪 50 年代初开设“磁法勘探”课程,50 多年来已经逐步形成了课程体系。

1990 年 8 月出版的《应用地球物理教程——重力 磁法》是地质矿产部勘查地球物理专业课程教学指导委员会于 1988 年 10 月在北戴河会议上确定编写的通用教材。该教材出版至今已有 30 余年,在这段时间里,我国经济建设发生了翻天覆地的变化,国民经济快速增长需要我们培养更多高素质的人才;大学教学理念的改变也对“磁法勘探”课程体系的改革提出更高的要求;科学技术的进步促使磁法勘探的理论与应用发生了日新月异的变

化。加强基础、拓宽专业和增强适应性的教学改革势在必行。为了适应形势的发展以及教育部关于勘查技术与工程专业（应用地球物理方向）建设的需要，我们编写了《磁法勘探》教材，该教材是专业建设系列教材之一。

全书共分八章，分别为地球的磁场、岩（矿）石的磁性、磁力仪、野外磁测工作方法、磁异常的正演、磁异常的处理与转换、磁异常的反演与磁异常的地质解释及应用。其中带“*”的章节为选读内容。本书以《应用地球物理教程——重力 磁法》（罗孝宽等，1990）为基础，并参考与吸收了我国历次有关磁法勘探教材的成果，这些教材是：《地磁场与磁力勘探》（管志宁，2005）、《磁法勘探教程》（谭承泽等，1984）、《重力与磁法勘探》（焦新华等，2009）、《应用地球物理学——磁法教程》（武汉地质学院等，1980）、《应用地球物理原理》（张胜业等，2004）、《应用地球物理数据采集与处理》（刘天佑，2004）、《磁法勘探》（长春地质学院磁法教研室，1979）、《应用地球物理——磁法勘探》（黄国祥等，1988）。在此，对以上各教材的作者表示衷心感谢！

中国地质大学（北京）姚长利教授审阅本书并提出了宝贵意见，在此表示衷心感谢！本教材的编写与出版得到了中国地质大学（武汉）教务处和地球物理与空间信息学院的支持与帮助，在此表示衷心感谢！

由于笔者水平有限，教材编写工作量大、涉及面广，书中的缺点和错误难免，恳请读者批评指正。

作 者
2013 年武汉

目 录

前 言

第一章 地球的磁场	(1)
第一节 稳定磁场的物理量及单位	(1)
第二节 地磁要素及分布特征	(2)
一、地磁要素	(2)
二、地磁图与地磁场分布的基本特征	(3)
三、我国境内地磁要素的分布	(7)
四、地磁场的结构与磁异常	(8)
五、地磁场的起源	(9)
第三节 地磁场的解析表示	(10)
一、地球磁场的球谐分析	(10)
二、球谐系数的分析	(15)
三、地磁场的正常梯度	(16)
第四节 变化磁场	(17)
一、地磁场的长期变化	(17)
二、地磁场的短期变化	(18)
发展趋势	(23)
习题	(23)
参考文献	(23)
第二章 岩(矿)石的磁性	(24)
第一节 物质的磁性	(24)
一、抗磁性(逆磁性)	(24)
二、顺磁性	(24)
三、铁磁性	(25)
第二节 岩(矿)石的磁性特征	(26)
一、表征磁性的物理量	(26)
二、矿物的磁性	(27)
三、各类岩石的一般磁性特征	(29)
四、影响岩石磁性的主要因素	(30)
第三节 岩石的剩余磁性	(31)
一、岩石剩余磁性的类型及特点	(31)
二、各类岩石剩余磁性的成因	(32)

第四节 地质体磁化的消磁作用	(33)
一、消磁作用和视磁化率	(33)
二、均匀磁化物体的消磁系数	(34)
三、消磁作用对 M_i 方向的影响	(36)
四、消磁与剩磁的关系	(37)
发展趋势	(37)
习题	(38)
参考文献	(38)
第三章 磁力仪	(39)
第一节 概述	(39)
一、磁力仪的类别	(39)
二、磁力仪的主要技术指标	(39)
第二节 机械式磁力仪	(40)
一、悬丝式垂直磁力仪	(40)
二、其他机械磁力仪	(41)
第三节 质子磁力仪	(41)
一、质子旋进及测量原理	(42)
二、国产磁力仪的发展现状	(43)
三、欧弗豪泽 (Overhauser) 效应质子磁力仪	(45)
第四节 光泵磁力仪、磁通门磁力仪与超导磁力仪	(45)
一、光泵磁力仪	(45)
二、磁通门磁力仪	(48)
三、超导磁力仪	(49)
第五节 测量岩 (矿) 石物性的仪器	(50)
一、无定向磁力仪	(51)
二、旋转磁力仪	(52)
三、磁化率仪	(52)
发展趋势	(53)
习题	(55)
参考文献	(55)
第四章 野外磁测工作方法	(56)
第一节 野外磁测工作设计	(56)
一、测区、比例尺和测网的确定	(56)
二、磁测精度	(58)
第二节 野外施工	(60)
一、地面磁测	(60)
二、梯度测量	(61)
三、航空磁测	(62)
四、海洋磁测	(62)

五、卫星磁测	(63)
第三节 观测结果的计算整理与图示	(64)
一、观测结果的资料计算	(64)
二、磁测的图件	(64)
第四节 岩矿石磁参数的测量与统计整理	(66)
一、岩矿石标本的采集	(66)
二、标本磁参数测定	(67)
三、磁参数统计整理和图示	(71)
发展趋势	(74)
习题	(75)
参考文献	(75)
第五章 磁异常的正演	(76)
第一节 计算磁性体磁场的意义与条件	(76)
第二节 计算磁性体磁场的基本公式	(76)
一、重磁位场的泊松公式	(77)
二、体积分公式与磁荷面积分公式	(77)
三、剖面有效磁化强度矢量	(79)
四、总磁场强度 (TMI) 与总磁场强度异常 ΔT	(80)
第三节 空间域磁性体磁场的计算	(82)
一、球体	(82)
二、水平圆柱体	(87)
三、板状体	(90)
四、台阶	(98)
五、背斜	(98)
六、二度多边形截面水平柱体	(100)
* 第四节 二度半多边形截面水平柱体	(101)
* 第五节 直立长方体	(105)
* 第六节 磁异常正演的频谱表示	(107)
一、规则几何形体磁异常频谱	(107)
二、磁异常频谱特征分析	(109)
* 第七节 磁异常模量与解析信号	(112)
一、磁异常模量	(112)
二、磁异常解析信号	(115)
第八节 规则磁性体与磁异常关系	(117)
一、磁性体与其磁场平面分布的对应关系	(117)
二、磁性体与其磁场的剖面对应关系	(118)
三、 ΔT 受斜磁化影响比 Z_a 大	(118)
第九节 磁场正演的几个问题	(119)
一、南半球的磁场特征	(119)

二、磁场正演计算的单位问题	(121)
三、二度磁异常的规格化公式	(121)
发展趋势	(122)
习题	(122)
参考文献	(123)
第六章 磁异常的处理与转换	(125)
第一节 概述	(125)
第二节 圆滑、插值与数据网格化	(126)
一、磁异常的最小二乘圆滑	(126)
二、磁异常的插值	(128)
三、数据网格化	(129)
第三节 空间域磁异常的处理与转换	(130)
一、二度磁异常的解析延拓	(130)
二、磁异常的导数计算	(135)
第四节 频率域磁异常的处理与转换	(137)
一、延拓	(138)
二、导数换算	(139)
三、分量换算	(141)
四、磁化方向转换	(141)
五、化到地磁极	(142)
六、例：铁山、鄂城岩体的 ΔT 异常化极	(143)
七、磁源重力异常	(144)
八、频率域磁场换算的通式	(145)
九、几种换算的滤波作用	(146)
第五节 维纳滤波与匹配滤波	(147)
一、最小均方差滤波器与维纳滤波器	(147)
二、浅源场和深源场分离	(149)
三、理论模型	(151)
第六节 重磁异常的对应分析	(151)
一、方法原理	(152)
二、应用实例	(152)
* 第七节 重磁异常的曲化平	(153)
一、方法原理	(154)
二、理论模型	(155)
* 第八节 小波分析方法	(156)
一、连续小波变换	(156)
二、离散小波变换与二进制小波变换	(157)
三、多分辨分析	(157)

* 第九节 迭代正则化向下延拓·····	(158)
一、向下延拓 Tikhonov 正则化方法 ·····	(158)
二、向下延拓 Tikhonov 正则化迭代方法 ·····	(160)
三、Landweber 迭代法·····	(161)
四、积分迭代法·····	(162)
五、位场下延迭代方法的统一表达·····	(163)
六、迭代正则化下延方法结果分析·····	(163)
发展趋势·····	(164)
习题·····	(164)
参考文献·····	(165)
第七章 磁异常的反演 ·····	(167)
第一节 磁异常反演概述·····	(167)
一、磁异常反演基本原理·····	(167)
二、磁异常反演的多解性及减少多解性的途径·····	(167)
第二节 几种简单的反演方法·····	(169)
一、特征点法·····	(169)
二、切线法·····	(172)
第三节 沃纳 (Werner) 反褶积方法 ·····	(174)
一、方法原理·····	(174)
二、计算步骤·····	(177)
三、理论模型·····	(177)
第四节 欧拉 (Euler) 齐次方程方法 ·····	(178)
一、方法原理·····	(178)
二、理论模型·····	(179)
* 第五节 最优化反演方法·····	(180)
一、方法原理·····	(180)
二、理论模型·····	(186)
第六节 人机交互反演方法·····	(187)
一、2.5D 任意多边形截面水平柱体人机交互反演方法 ·····	(187)
* 二、3D 任意形状地质体人机交互反演方法 ·····	(188)
* 三、3D 任意形状地质体三角面元人机交互反演方法 ·····	(193)
* 第七节 物性反演方法·····	(196)
一、方法原理·····	(197)
二、理论模型·····	(199)
* 第八节 联合反演与约束反演方法·····	(199)
一、重磁联合反演·····	(199)
二、井地磁测联合反演·····	(201)
三、约束反演·····	(203)

* 第九节 磁性界面反演方法·····	(205)
一、磁性界面异常的正演·····	(205)
二、磁性界面异常的反演·····	(208)
发展趋势·····	(209)
习题·····	(210)
参考文献·····	(210)
第八章 磁异常的地质解释及应用 ·····	(212)
第一节 磁异常地质解释的基本方法与步骤·····	(212)
一、磁测资料的预处理和预分析·····	(212)
二、磁异常的定性解释·····	(212)
三、磁异常的定量解释·····	(213)
四、地质结论与地质成果图示·····	(213)
第二节 磁法勘探在区域与深部地质调查中的应用·····	(214)
一、区域地质测量的基本目的和对磁测工作的要求·····	(214)
二、根据磁异常划分不同岩性区和圈定岩体·····	(215)
三、根据磁异常推断断裂、破碎带及褶皱·····	(216)
四、利用区域磁测资料研究区域与深部构造·····	(218)
五、成矿区的圈定与划分·····	(220)
第三节 磁法勘探在石油、天然气勘查中的应用·····	(220)
一、用于油气盆地的构造研究·····	(220)
二、用于直接探测油气方面的研究·····	(221)
第四节 磁法勘探在固体矿产勘查中的应用·····	(223)
一、寻找各类铁矿床·····	(223)
二、寻找其他金属矿与非金属矿·····	(228)
第五节 磁法勘探在其他方面的应用·····	(232)
一、在煤田火烧区上的应用·····	(232)
二、在地热调查中的应用·····	(233)
三、在考古与环境磁学中的应用·····	(233)
四、在城市、工程环境的应用·····	(235)
第六节 古地磁学在地学中的应用·····	(236)
一、大陆漂移的古地磁证据·····	(236)
二、海底扩张的古地磁证据·····	(237)
三、应用古地磁研究区域地质构造·····	(238)
发展趋势·····	(239)
习题·····	(240)
参考文献·····	(240)
附录 磁法勘探常用物理量 CGSM 制与 SI 制对照表 ·····	(243)

Textbook Construction Funding of China University of Geosciences (Wuhan)

Magnetic Exploration

By Prof. Tianyou Liu

Geological Publishing House
• Beijing •

Contents

Chapter 1 Earth's magnetic field	(1)
1.1 Physical quantity and unit of stable magnetic field	(1)
1.2 Elements and distributed characters of geomagnetic field	(2)
1.2.1 Elements of geomagnetic field	(2)
1.2.2 Geomagnetic map and basic characters of geomagnetic field distributions	(3)
1.2.3 Distributions of geomagnetic elements in China	(7)
1.2.4 Structure of geomagnetic field and magnetic anomaly	(8)
1.2.5 Origin of geomagnetic field	(9)
1.3 Analysis expression of geomagnetic field	(10)
1.3.1 Spherical harmonic analysis of geomagnetic field	(10)
1.3.2 Analysis of spherical harmonic coefficients	(15)
1.3.3 Normal gradient of geomagnetic field	(16)
1.4 Varied geomagnetic field	(17)
1.4.1 Long-period variations of geomagnetic field	(17)
1.4.2 Short-period variations of geomagnetic field	(18)
Development trend	(23)
Exercises	(23)
References	(23)
Chapter 2 Magnetic properties of rocks or ores	(24)
2.1 Magnetic properties of matter	(24)
2.1.1 Diamagnetism	(24)
2.1.2 Paramagnetism	(24)
2.1.3 Ferromagnetism	(25)
2.2 Magnetic characters of rocks or ores	(26)
2.2.1 Physical quantities representing magnetism	(26)
2.2.2 Magnetism of minerals	(27)
2.2.3 General magnetic characters of kinds of rocks	(29)
2.2.4 Main factors effecting magnetism of rocks	(30)
2.3 Remanent magnetism of rocks	(31)
2.3.1 Types and characters of remanent magnetism of rocks	(31)

2.3.2	Origin of remanent magnetism of kinds of rocks	(32)
2.4	Demagnetization of geologic body	(33)
2.4.1	Demagnetization and apparent susceptibility	(33)
2.4.2	Demagnetization coefficients of homogeneous magnetized bodies	(34)
2.4.3	Influences of demagnetization to M_i direction	(36)
2.4.4	Relationships between demagnetization and remanence	(37)
	Development trend	(37)
	Exercises	(38)
	References	(38)
Chapter 3	Magnetometers	(39)
3.1	Outline	(39)
3.1.1	Types of magnetometers	(39)
3.1.2	Principal technical targets of magnetometer	(39)
3.2	Mechanical magnetometer	(40)
3.2.1	Torsion type magnetometer	(40)
3.2.2	Other mechanical magnetometer	(41)
3.3	Proton magnetometer	(41)
3.3.1	Proton precession and principle of measurement	(42)
3.3.2	Current situation of domestic magnetometers	(43)
3.3.3	Proton magnetometer based on Overhauser effect	(45)
3.4	Optically pumped, fluxgate and SQUID (Cryogenic) magnetometer	(45)
3.4.1	Optically pumped magnetometer	(45)
3.4.2	Fluxgate magnetometer	(48)
3.4.3	SQUID (Cryogenic) magnetometer	(49)
3.5	Devices measuring magnetism of rocks or ores	(50)
3.5.1	Astatic magnetometer	(51)
3.5.2	Spinner magnetometer	(52)
3.5.3	Susceptibility meter	(52)
	Development trend	(54)
	Exercises	(55)
	References	(55)
Chapter 4	Magnetic survey	(56)
4.1	Design of magnetic survey	(56)
4.1.1	Arrangements of place, scale and survey grid	(56)
4.1.2	Precision of magnetic survey	(58)
4.2	Field work	(60)
4.2.1	Ground magnetic survey	(60)

4.2.2	Gradient survey	(61)
4.2.3	Aeromagnetic survey	(62)
4.2.4	Marine magnetic survey	(62)
4.2.5	Satellite magnetic survey	(63)
4.3	Calculation arrangement and graphical illustration of measuring results	(64)
4.3.1	Calculation arrangement	(64)
4.3.2	Diagram of magnetic survey	(64)
4.4	Measurement and statistical arrangement of magnetic properties	(66)
4.4.1	Collection of rock or ore samples	(66)
4.4.2	Measurement of magnetic properties	(67)
4.4.3	Arrangement and illustration of statistical results of magnetic properties	(71)
	Development trend	(74)
	Exercises	(75)
	References	(75)
Chapter 5	Forward of magnetic anomalies	(76)
5.1	Significance and fundamentals of magnetic anomaly forward	(76)
5.2	Basic formula of magnetic anomaly forward	(76)
5.2.1	Poisson formula of magnetic anomaly forward	(77)
5.2.2	Volume integral formula and surface integral formula of magnetic charge	(77)
5.2.3	Effective magnetization vector	(79)
5.2.4	Total magnetic intensity (TMI) and total magnetic intensity anomaly ΔT	(80)
5.3	Magnetic anomaly forward of magnetic bodies in spatial domain	(82)
5.3.1	Sphere	(82)
5.3.2	Horizontal cylinder	(87)
5.3.3	Dike	(90)
5.3.4	Bench	(98)
5.3.5	Anticline	(98)
5.3.6	2 - D polygonal cross-section horizontal pillar	(100)
* 5.4	2.5 - D polygonal cross-section horizontal pillar	(101)
* 5.5	Cuboid	(105)
* 5.6	Frequency spectrum of magnetic anomaly	(107)
5.6.1	Frequency spectrum of magnetic anomalies caused by regular magnetic body	(107)