



煤炭深部开采中的岩石力学问题及动力灾害防治基础研究学术丛书

采矿地球物理理论与技术

窦林名 牟宗龙 陆莱平 曹安业 巩思园 著



科学出版社

煤炭深部开采中的岩石力学问题及动力灾害防治基础研究学术丛书

采矿地球物理理论与技术

窦林名 牟宗龙 陆莱平 曹安业 巩思园 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

采矿地球物理学是采矿科学中的一个新的分支,是利用岩体中自然的或人工激发的物理场来监测岩体的动态变化和揭露已有的地质构造的一门学科。本书从介绍地球物理学的基本内容及采矿地球物理学的基本任务出发,分析煤岩体弹性动力学及受载煤岩体冲击破坏机理,提出煤岩动静载叠加诱冲原理、煤岩冲击破坏危险的判别准则及监测预警技术,研究矿山开采诱发的震动及其机理、矿震震动波传播衰减规律、矿山开采诱发矿震的活动规律、煤岩变形破裂的声发射、矿震与冲击的监测预警,介绍煤岩变形破裂的声波探测理论与弹性波 CT 技术、煤岩变形破裂的电磁辐射规律及其监测预警技术、煤岩变形破裂的红外温度场、地电变化规律以及开采引起重力场的基本原理及其在采矿生产实践中的应用。

本书可供从事采矿地球物理、煤岩动力灾害、矿山震动、冲击矿压等研究领域的科技工作者、研究生、本科生、工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

采矿地球物理理论与技术/窦林名等著. —北京:科学出版社,2014.9
(煤炭深部开采中的岩石力学问题及动力灾害防治基础研究学术丛书)

ISBN 978-7-03-041871-5

I. ①采… II. ①窦… III. ①矿山开采-地球物理学 IV. ①TD8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 210296 号

责任编辑:李 雪 / 责任校对:张小霞
责任印制:肖 兴 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 9 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 9 月第一次印刷 印张:21 3/4 插页:4

字数:438 000

定价:95.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



《煤炭深部开采中的岩石力学问题及动力 灾害防治基础研究学术丛书》编委会

主 编：姜耀东

副主编：刘长武 康立军 窦林名 潘一山 鞠 杨

编 委：（按姓氏笔画排序）

王连国 王学滨 乔建永 刘海顺 纪洪广

李忠华 何富连 姜福兴 高 峰 蒋宇静

谭云亮 黎立云

本书的研究得到了以下基金资助

国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2010CB226805)

国家科技支撑计划项目(2006BAK04B02,2012BAK09B01)

国家自然科学基金和神华集团有限公司联合资助项目(51174285)

国家自然科学基金项目(50474068,51204165,51104150)

中波政府间合作项目(31-07A)

江苏高校优势学科建设工程资助项目

前 言

采矿地球物理学是采矿科学中的一个新的分支,是利用岩体中自然的或人工激发的物理场来监测岩体的动态变化和揭露已有的地质构造的一门学科。采矿地球物理的范畴,包括采用所有的地球物理方法来研究与矿山开采有关的岩体物理活动过程和现象,特别是研究矿产资源的高效、安全开采。

要安全、高效地开采矿物,首先必须要详细了解矿床的赋存状况,如煤层的厚度、倾角等;其次要揭露和确定矿床周围的地质构造,以便进行矿床开采和解决与之有关的灾害问题,如冲击矿压、煤和瓦斯突出等矿山动力现象等。

一些特殊的采矿地质问题可用采矿地球物理方法来解决,如与大地震动相类似的矿山震动现象的研究;岩体中弹性波传播过程的研究,可采用采矿地球物理学中的微震方法、振动方法和声发射方法;岩体内重力变化的研究,可采用重力方法;地电现象的研究和电磁辐射的研究,可采用地电方法、电磁辐射方法等;还有热法、原子能法等。

从历史来看,采矿地球物理方法最早的应用是在世界上最深的矿井中用来观测矿山震动现象。1908年,南非在Bochum建立了世界上第一台微震观测仪器,其任务是观测和记录矿山震动。结果表明,震动与矿山开采、岩柱的破裂、损坏有关。至今,世界各采矿国家均在不同程度地使用采矿地球物理方法研究和预测岩体的震动和破坏、地质构造的变化等问题。

目前,矿震冲击矿压常用的监测预警方法可归结为以下三类:第一类是经验类比法,主要有综合指数法、计算机数值模拟法和多因素耦合法等;第二类是煤岩应力状态监测法,包括钻屑法、煤岩体变形观察法(顶板动态、围岩变形)、煤岩体应力测量法(相对应力和绝对应力测量);第三类是采矿地球物理监测法,包括微震监测法、电磁辐射法、声发射法、声波探测法等方法。它们都是根据连续记录煤岩体内出现的动力现象,预测煤矿动力现象危险状态。

前两类方法在我国应用广泛,对冲击矿压的监测预报发挥了重要作用,但也暴露了很多问题,例如,经验类比法主要应用于矿井设计和开拓准备阶段的早期评估,在实际生产阶段适用性不强;传统煤体应力状态监测法则劳动量大,难以实现连续、大范围监测,精度不高。随着科技进步,各学科不断融合,采矿地球物理方法发展迅速。该方法具有不损伤煤体、劳动强度小、实时、连续、动态、非接触监测等优点,在国内外煤岩动力灾害监测、预测预报中具有很大的应用前景。因此,本书的主要内容为采矿地球物理方法在冲击矿压监测预警中的应用。

本书是在广泛参阅前人研究成果的基础上,根据笔者在采矿地球物理方面的研究成果与工程实践完成的。本书从弹性动力学出发,分析岩体震动、冲击矿压等动力灾害发生的机理;在实验室试验、现场实测的基础上,研究煤岩体冲击、变形破坏的弹塑脆性模型,分析煤岩变形破坏过程以及其中产生的声电效应及其耦合规律,介绍矿山震动、声发射、电磁辐射、振动、微重力、红外热辐射等地球物理学研究的方向。

全书共分 14 章。第 1 章简要介绍地球物理学的基本内容、地球物理学的发展、采矿地球物理学的基本任务及其应用前景等;第 2 章介绍煤岩体弹性动力学;第 3 章主要介绍受载煤岩体冲击破坏机理,其中包括煤矿矿震冲击动力现象、煤岩动静载叠加诱冲原理、受载煤岩体动力破坏机理模型、煤岩冲击破坏危险的判别准则及监测预警技术等;第 4~7 章分别介绍矿山开采诱发的震动及其机理、矿震震动波传播衰减规律、矿山开采诱发矿震的活动规律、矿震与冲击的监测预警技术等;第 8 章介绍煤岩变形破裂的声发射规律及其监测预警技术;第 9 章主要介绍煤岩变形破裂的声波探测理论与弹性波 CT 技术;第 10 章和第 11 章主要介绍煤岩变形破裂的电磁辐射规律、煤岩变形破裂的力电耦合原理及动力灾害的电磁辐射监测预警技术;第 12 章主要介绍煤岩变形破裂的红外温度场及其变化规律;第 13 章主要介绍煤岩变形破裂的地电变化规律及其应用;第 14 章主要介绍采矿地球物理学中开采引起重力场的基本原理及其在采矿生产实践中的应用。

本书是作者负责和承担的国家重点基础研究发展计划(973 计划)“深部煤岩动力灾害的前兆信息特征与监测预警理论”(项目编号:2010CB226805),国家科技支撑计划项目“采动力灾害监测、预警与控制关键技术”(项目编号:2006BAK04B02)、“岩爆与突出动力灾害监测预警关键技术研究”(项目编号:2012BAK09B01),国家自然科学基金和神华集团有限公司联合资助项目“采动动载对煤巷锚网支护结构稳定性损伤机理研究”(项目编号:51174285),国家自然科学基金项目“坚硬顶板诱发冲击矿压机制及其预测研究”(项目编号:50474068)、“煤岩应力、破坏与电磁辐射耦合规律及应用研究”(项目编号:50074030)、“深部动压扰动下煤体致裂诱冲机制的试验研究”(项目编号:51204165)、“基于动静载荷综合作用下的诱冲关键层机理研究”(项目编号:51104150),中波政府间合作项目“采动覆岩运动型冲击矿压机理及防治研究”(项目编号:31-07A),波兰国家科学基金“采用应力,应变分析法和模糊数学法发展冲击矿压危险性评价综合方法的研究”(项目编号:9T12A05519),教育部博士点专项基金“煤岩冲击破坏预警区电磁辐射特性及预测研究”(项目编号:20030290017),博士后基金“煤岩破坏与电磁辐射关系及应用研究”,江苏高校优势学科建设等课题研究成果的整理和总结。

本书的编写,参阅了大量的国内外有关采矿地球物理方面的专业文献,谨向文献的作者表示感谢。衷心感谢 Bernard Drzezla 教授、Jozef Bubinski 教授、Wla-

dyslaw Konopko 教授、Jozef Kabiesz 教授、Adam Lurka 教授、Grzegorz Mutke 教授的指导和帮助。衷心感谢钱鸣高院士、周世宁院士、谢和平院士、彭苏萍院士、袁亮院士、何满潮院士、蔡美峰院士、岑传鸿教授、何学秋教授、姜耀东教授、潘一山教授、鞠杨教授、周宏伟教授、王金安教授、纪洪广教授、姜福兴教授、刘长武教授、王恩元教授、齐庆新研究员、李世海研究员等老师、朋友的关心和指导。同时感谢中国矿业大学矿业工程学院、煤炭资源与安全开采国家重点实验室、四川大学水力学与山区河流开发保护国家重点实验室、华亭煤业集团、兖州煤业集团、徐州矿务集团、义马煤业集团、鹤岗煤业集团、大同煤业集团、淮北煤业集团、大同煤电公司、抚顺煤业集团等单位的大力支持,本书中的许多实验室试验、现场试验和测试内容都是在这些单位完成。感谢冲击矿压课题组的同学们,由于他们在书稿的文字录入、绘图排版和校对等方面的辛勤劳动,使得本书得以尽快出版。

本书中有许多关于采矿地球物理方面的新思想和新观念,其中某些有待于进行更深入细致的研究。由于作者水平有限,不妥之处敬请读者不吝指正。

著 者

2014 年 5 月

目 录

前言

1 地球物理学简介	1
1.1 地球科学与地球物理学	1
1.2 地球物理场	4
1.2.1 地球的演化	4
1.2.2 地震	5
1.2.3 地磁场	15
1.2.4 密度重力场	20
1.2.5 温度场	24
1.3 采矿地球物理的任务及前景	28
1.3.1 矿山压力	28
1.3.2 地质探测	29
1.3.3 其他探测与评价	29
1.3.4 采矿地球物理的前景	29
2 煤岩体弹性动力学	30
2.1 应力	30
2.2 变形	34
2.3 应力应变之间的关系	35
2.4 动力学方程	36
2.5 岩体中的波动方程	37
2.6 平面和球面震动波	39
2.6.1 平面震动波	40
2.6.2 球面震动波	41
3 受载煤岩体冲击破坏机理	43
3.1 煤矿矿震冲击动力现象	43
3.2 冲击矿压的动静载叠加诱冲原理	46
3.2.1 动静载叠加诱冲原理	46
3.2.2 静载分析	47
3.2.3 动载分析	47
3.2.4 动静叠加破坏煤体机理	48

3.3	受载煤岩体动力破坏机理模型	49
3.4	煤岩冲击破坏危险的判别准则	53
3.4.1	煤岩体弹塑脆性体模型	53
3.4.2	弹脆性场分析	57
3.4.3	虎克分支的非线性弹脆性场	58
3.4.4	煤岩冲击破坏危险及判别准则	62
3.5	煤岩体动力破坏的监测预警技术	63
4	矿山开采诱发震动及其机理	65
4.1	矿山震动的特点	65
4.2	矿山震动对环境的影响	66
4.2.1	对井下巷道的影响	66
4.2.2	对矿工的影响	68
4.2.3	对地表建筑物的影响	71
4.3	煤岩体破断运动与矿震	74
4.3.1	矿震机理描述	74
4.3.2	煤岩介质中的传播方程	74
4.4	矿山震动位移场及其矿震类型	78
4.4.1	震动位移场分析	78
4.4.2	基于震动波场特征的煤岩震动分类	83
4.5	矿震震动波频谱特征	84
4.5.1	岩层破裂与矿震频率的关系	84
4.5.2	震动波频谱分析原理	84
4.5.3	震动波频谱分析示例	85
4.6	震动波波形图示例	93
5	矿震震动波传播衰减规律	97
5.1	震动试验测试系统	97
5.2	冲击震动波能量的衰减特征	97
5.3	震动波传播的衰减规律	99
5.3.1	实验室试验	99
5.3.2	震动传播的数值模拟	100
5.3.3	矿震震动波衰减的现场测试	102
5.3.4	爆炸震动波传播特性的原位试验	103
5.4	震动波传播速度与应力的关系	109
6	矿山开采诱发矿震的活动规律	111
6.1	采掘工作面的冲击矿震规律	111

6.1.1	冲击矿压及矿震显现分析	111
6.1.2	回风巷掘进期间的矿震活动规律	115
6.1.3	工作面回采期间的矿震活动规律	117
6.1.4	工作面“见方”效应及矿震规律	118
6.1.5	残留煤柱的影响	119
6.2	覆岩关键层破断及其诱发矿震规律	120
6.2.1	关键层板破断的形式	120
6.2.2	工作面覆岩关键层结构演化规律	122
6.2.3	主关键层破断运动诱发强矿震的微震监测	125
6.3	深孔断顶及周期来压与矿震规律	127
6.4	回采与掘进相互影响的矿震规律	128
6.5	矿震活动性与开采速度的关系	130
6.6	矿震活动性与开采作业的关系	131
6.7	断层附近微震活动规律	135
6.8	工作面过褶曲时微震活动规律	136
7	矿震与冲击的监测预警	140
7.1	矿山震动的监测	140
7.2	矿震震源位置的确定	142
7.2.1	纵波首次进入时间法——P 法	142
7.2.2	纵横波首次进入时间差法——P-S 法	144
7.2.3	方位角法	145
7.2.4	相对定位法	147
7.2.5	其他定位方法	147
7.3	震动能量的计算	148
7.3.1	Gutenberg-Richter 法	148
7.3.2	能量密度法	149
7.3.3	震动持续时间法	149
7.3.4	地震图积分法	150
7.3.5	离散法	150
7.3.6	里氏震级法	150
7.4	微震监测台网的优化	150
7.4.1	台网布设的重要性	150
7.4.2	监测区域和台网候选点确定原则	151
7.4.3	台网布设方案的理论求解	153
7.4.4	台网布设方案评价	154

7.5	冲击矿压的微震前兆规律/信息	156
7.5.1	厚煤层综放面冲击矿震前兆规律	156
7.5.2	大断层活动诱发冲击矿震前兆信息	157
7.5.3	回风石门冲击矿震前兆信息	163
7.6	矿震冲击危险预警模型	167
7.6.1	扩展模型	167
7.6.2	滑移模型	168
7.7	冲击矿压的监测预警	169
7.7.1	监测预警的分区	169
7.7.2	矿震参量的选择	169
7.7.3	冲击危险界定及评价条件	170
7.7.4	微震趋势判别冲击危险	171
7.7.5	冲击危险的矿震监测预警	172
8	煤岩变形破裂的声发射	189
8.1	声发射的物理基础	189
8.2	岩石声发射的特点	190
8.2.1	岩石中的声发射源	190
8.2.2	岩石声发射信号的波形与频谱	190
8.3	岩石变形过程中的声发射	191
8.3.1	载荷的增长对岩石声发射的影响	191
8.3.2	稳定载荷下声发射频度的变化	194
8.3.3	循环载荷下声发射频度的变化	195
8.3.4	温度对声发射的影响	196
8.4	组合煤岩体变形破裂的声发射效应试验	197
8.4.1	组合煤岩样的加工实验系统	197
8.4.2	顶板强度对声发射效应的影响规律	198
8.4.3	试样的顶板尺寸比例与声发射效应的耦合规律	199
8.4.4	试样冲击倾向性与声发射的耦合规律	200
8.4.5	试样变形破裂的声发射效应规律	201
8.4.6	声发射信号的二阶段特性	202
8.5	声发射的观测方法	205
8.5.1	固定式连续声发射监测探头的布置	205
8.5.2	流动声发射监测探头的布置	206
8.6	冲击矿压动力危险的声发射预警	206
8.6.1	站式连续监测	206

8.6.2	危险性监测的基础	206
8.6.3	冲击矿压危险性评价指标的确定	208
8.6.4	冲击矿压危险状态的分类	208
8.6.5	冲击矿压危险状态的预测	209
8.6.6	固定连续声发射监测冲击危险	211
8.7	激发声发射法监测预警	221
8.8	声发射的其他应用	223
9	煤岩变形破裂的声波探测技术	224
9.1	声波探测的物理基础	224
9.1.1	矿山地质动力问题	224
9.1.2	岩体的物理力学参数	225
9.1.3	地质构造问题	226
9.2	声波探测方法与原理	226
9.2.1	巷道中的声波剖面法	226
9.2.2	巷道间的声波透视法	227
9.2.3	钻孔中的声波剖面法	227
9.2.4	钻孔之间的声波透视法	228
9.3	煤岩应力异常的声波探测模型	229
9.3.1	测量方法选择的原则	229
9.3.2	冲击矿压危险预测的标准	229
9.3.3	煤层内应力状态的确定	230
9.3.4	顶板震动危险的确定	230
9.3.5	开采卸压效果的确定	231
9.3.6	卸压爆破有效性的确定	231
9.3.7	煤层注水效果的确定	231
9.3.8	煤岩体冲击倾向性的确定	233
9.4	冲击危险的弹性波 CT 监测预警技术	234
9.4.1	理论基础	234
9.4.2	弹性波 CT 技术原理	235
9.4.3	震动波 CT 离散图像基本算法	236
9.4.4	弹性波 CT 的探测应用	241
10	煤岩变形破裂的电磁辐射	248
10.1	煤岩破坏的电磁辐射现象	248
10.1.1	煤样试验	248
10.1.2	泥岩和砂岩样试验	251

10.1.3	混凝土试样试验	253
10.1.4	受载煤体的 Kaiser 效应	254
10.1.5	试验结果分析	255
10.2	煤岩变形破裂的电磁辐射机理	255
10.2.1	受载煤岩材料的电磁辐射过程	255
10.2.2	岩体中带电子运动激发的电磁场	257
10.2.3	电磁辐射在煤岩介质中的传播	258
10.2.4	电磁辐射能量	260
11	煤岩力电耦合及动力灾害监测预警	261
11.1	煤岩破坏的力电耦合模型	261
11.1.1	煤岩变形破裂电磁辐射的产生机理	261
11.1.2	煤岩电磁辐射强度与加载应力的耦合关系	261
11.1.3	煤岩电磁辐射力电耦合模型	263
11.2	煤岩动力灾害的电磁辐射预警准则	265
11.2.1	煤岩动力灾害电磁辐射脉冲数预警准则	266
11.2.2	煤岩动力灾害电磁辐射强度预警准则	267
11.2.3	电磁辐射预警临界值的确定	268
11.2.4	煤岩动力灾害电磁辐射预警技术	268
11.3	冲击矿压灾害的电磁辐射预警技术	269
11.3.1	电磁辐射监测仪器	269
11.3.2	电磁辐射监测的现场应用	272
12	煤岩变形破裂的红外温度场	285
12.1	热红外遥感的物理基础	285
12.2	遥感岩石力学	287
12.3	煤岩受压的红外热像特征	288
12.3.1	单调升温、低温前兆型	289
12.3.2	缓慢升温、快速高温前兆型	289
12.3.3	先降后升、低温前兆型	291
12.3.4	应力转移与煤岩破裂前兆	291
12.4	煤岩受压的红外辐射温度特征	293
12.4.1	辐射低温前兆型	293
12.4.2	辐射高温前兆	294
12.4.3	持续辐射高温前兆型	295
12.4.4	循环加载过程的辐射温度特征	295
12.5	红外前兆的相关比较	296

12.5.1	红外前兆与声发射前兆的比较	296
12.5.2	红外前兆与电阻率前兆的比较	299
12.5.3	各类前兆信息的统计平均比较	301
12.6	基于熵和能量守恒原理的热红外辐射机理	301
13	煤岩变形破裂的地电变化	303
13.1	地电测量的物理基础	303
13.1.1	电阻法	303
13.1.2	地质雷达法	306
13.2	地电测量方法	306
13.3	地电测量参数	307
13.4	采矿应用实例	308
14	开采引起的重力场	311
14.1	物体间的引力	311
14.2	井下测量重力的递减法	311
14.3	多水平重力剖面	312
14.4	重力测量方法与观测仪器	313
14.5	冲击矿压的重力法监测预警	313
14.6	揭露老巷及其充填程度	315
14.7	揭露井筒周围岩层条件及变形	317
参考文献		319
彩图		

1 地球物理学简介

地球物理学,是一门以地球为研究对象的应用物理学。其中,对固体地球的研究,在 20 世纪 60 年代以来获得极大发展。它已成为地学,即地球科学的重要组成部分,并且渗透到地学中的许多分支。

采矿地球物理学是采矿科学中的一个新的分支,是利用岩体中自然的或人工激发的物理场来监测岩体的动态变化和揭露已有的地质构造的一门学科。采矿地球物理学的最大特点是在更深层次上认识地下岩层的特点及运动规律。

目前世界采矿业正广泛应用地球物理方法来解决采矿生产实际中的问题,而且应用范围将越来越广泛。可以预计,在 21 世纪,采矿地球物理方法将是采矿安全技术以及有益矿物的经济、高效开采方面应用的最基本的测量工具。就像其他测量方法一样,采矿地球物理方法也有自身的优点和局限性,良好的效果取决于正确的应用。

1.1 地球科学与地球物理学

地球是宇宙中正在运动和演变的一颗星体,它独特的圈层结构和地表环境成为人类赖以生存和发展的唯一家园。因此,了解和研究地球历来是人类共同愿望。在六大基础自然科学(数、理、化、天、地、生)之中,地学是不可缺少的重要环节。

地球科学以整体的地球作为研究对象,包括自地心至地球外层空间十分广阔的范围,是由固体地圈、大气圈、水圈和生物圈(包括人类本身)组成的一个开放的复杂巨系统,称为地球系统。地球系统内部存在不同圈层(子系统)之间的相互作用,物理、化学和生物三大基本过程之间的相互作用,以及人与地球系统之间的相互作用。因此,地球科学是一个庞大的超级学科体系群,根据实际研究的不同圈层范围、内容特色和服务目的,传统上划分出众多的一级和二级学科分类体系(表 1-1-1)(祝萍,2009)。

表 1-1-1 的第一列中,大气科学研究大气圈的组成、结构和气候过程;海洋科学研究水圈海洋部分的物理、化学、生物现象的运动过程;地理科学研究地球表层的地理环境;地质科学研究地球的物质成分、内部结构、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史。其中,后两者都涉及地球的物理、化学、生物作用过程和不同圈层之间相互关系,具有更高的综合性。第二列反映地学与其他基础科学之间的交

又渗透关系,第三列列出了为人类直接服务的地球科学分支学科。应当说明,不同列中列出的学科内容是互相有关或重叠包容的,例如,第三列中的许多实用性分支学科也是地理科学和地质科学的研究范畴,第二列中的地球化学与第一列中的所有科学都有密切关系。

表 1-1-1 地球科学的学科分类体系

按圈层范围		按学科交叉		按服务目的
大气科学	大气物理学	地球物理学	固体地球物理学	环境地学
	气象学		地磁与高空物理学	经济地学
	天气动力学等		地震学等	工程地学
海洋科学	物理海洋学	地球化学	元素地球化学	水文地学
	生物海洋学		同位素地球化学	遥感地学
	环境海洋学等		生物地球化学等	航空科学
地理科学	自然地理学	地生物学	生态学	城市地学
	经济地理学		生物地理学	农业地学
	人文地理学		古生物学等	旅游地学
	区域地理学等			军事地学
地质科学	地球物质成分学	天文地学	天文地球动力学	火山学
	动力地质学		行星地理学	天气预报
	历史地质学		天文地质学等	地震预报
	区域地质学等	数学地学	数学地质	灾害学等
			数字地球等	

地球物理学(geophysics)是以地球为研究对象的一门应用物理学。它是天文学、物理学与地质学之间的边缘科学,它和地质学、地理学、地球化学一样在地球科学中占据重要地位。

地球物理学的研究范围甚广,包括从地球最深部的地核到大气圈的边界。它是由地震学(seismology)、地磁学(geomagnetics)、地电学(geolectricity)、重力学(gravity)、地热学(geothermics)、大地测量学(geodesy)、大地构造物理学(tectonophysics)、地球动力学(geodynamics)等基础科学组成。地球物理学用物理学的原理和方法研究地球的形状、内部构造、物质组成及其运动规律,探讨地球起源、形成以及演化过程,为维护生态环境、预测和减轻地球自然灾害、勘探与开发能源和资源做出贡献。图 1-1-1 为地球物理学的形成和发展示意图。

按照研究的对象——地球的大气圈、水圈和岩石圈,可把地球物理学分为大气