



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

地质地貌学 (第二版)

东北大学 左建 主编

Higher Education



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

地质地貌学

(第二版)

东北大学 左建 主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材是教育部批准的普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在高等学校统编教材《地质地貌学》的基础上修订的。

其主要特点是把地质学与地貌学有机结合起来，内容编写力求反映本课程的科学性、通俗性、应用性，以满足广大读者的需求。此外，还适当的反映了本学科新的成就和发展方向。

全书共十六章，主要内容包括：地球的宇宙环境、地壳的组成物质、地质构造、风化作用、重力地貌、地面流水的地质作用及其所形成的地貌、地下水的地质作用及地貌特征、风的地质作用及地貌特征、冰川的地质作用及其地貌特征、冻土地貌的形成及特征、湖沼与海洋的地质作用及其地貌特征、自然旅游地学资源、自然土壤的形成与特征、植被对环境的影响、环境地质问题、“数字地球”产生的时代背景及其应用示范。

本教材可作为农水、水保、水电、水资源、土木专业教材，也可供工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地质地貌学/左建主编. —2 版. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5084-4277-8

I. 地… II. 左… III. ①地质学—高等学校—教材②地貌学—高等学校—教材 IV. P5 P931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 020540 号

书 名	普通高等教育“十一五”国家级规划教材 地质地貌学 (第二版)
作 者	东北大学 左建 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 20.25 印张 480 千字
版 次	2001 年 5 月第 1 版 2007 年 2 月第 2 版 2007 年 2 月第 2 次印刷
印 数	1101—3100 册
定 价	36.50 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

本教材是教育部批准的普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是在高等学校统编教材《地质地貌学》的基础上修订的。

其主要特点是把地质学与地貌学有机结合起来，内容编写力求反映本课程的科学性、通俗性、应用性，以满足广大读者的需求。此外，还适当的反映了本学科新的成就和发展方向。

概括起来，该版与第一版比较，修改的地方有以下几点：

1. 适当加强了与本专业关系比较密切的内容。如常见矿物、岩石在野外的辨认；矿物、岩石风化难易的基本原理；主要营养元素的地质循环；矿物的利用。

2. 本教材注重吸收最新的前沿科学成果，如变质岩的转化、特殊沉积岩、区域地壳稳定性研究新方向。

3. 补充和修正了重力地貌、自然旅游地学资源、环境地质问题、“数字地球”产生的时代背景及其应用示范。

此外，本书在某些小节和段落、标题、文字、插图等方面也做了一些增减或调整。

本书由东北大学左建担任主编。参加本教材修订的有：东北大学左建（绪论、第一、二、三、十二、十五章）、孔庆瑞（第四、五、十六章）、郭成久（第六、七章）、杨武成（第八、九章）、周林飞（第十、十一章），四川大学丁志茂（第十三、十四章），全书图稿由沈阳石油化工厂左莎绘制，并协助主编完成了抄写、整理书稿等工作。

本教材由郑州工业大学万长吉教授主审，他对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见和建议。有关的兄弟院校参加了本教材编写大纲的讨论，并提供了多年的教学资料和经验。

本教材编写过程中，曾广泛征求兄弟院校有关专家、教授的意见，许多单位，如北京大学、清华大学、中国地质大学、吉林大学、石家庄经济学院、

郑州大学、河海大学、中国矿业大学等都提出许多宝贵意见和建议。全书由左建统稿，又经多次反复修改后定稿。在此，谨向有关的老师表示衷心的感谢！

鉴于编写者水平有限，时间仓促，书中不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2006年9月

第一版前言

本教材是根据高等学校水利水电类专业教学指导委员会 1997 年新修订的水土保持专业和水资源专业教学计划中《地质地貌学》课程教学大纲所规定的学时和内容编写的。此外，还适当地反应了本学科的新成就和发展方向。

本教材适用于水土保持专业、水资源专业和农业水利工程专业，也可供水利电力类师生及其他专业工程技术人员参考。

本教材共十五章：第一部分是地球的基本知识和地壳的物质组成，重点讲述有关矿物、岩石的基本原理以及野外手测标本的鉴定；第二部分是介绍各种地质作用，重点是各种动力所形成的主要地貌和沉积物特点以及水文地质基础知识，并指出它们在土壤科学和农业生产中的作用；最后一部分简单介绍土壤的基本特征和我国地貌概况。

参加本教材编写的有：沈阳农业大学左建教授（绪论、第一、二、三、四、十五章）、孔庆瑞教授（第五、六、七、八章）、郭成久副教授（第九、十章）、周林飞副教授（第十一、十二章），四川大学丁志茂副教授（第十三、十四章），全书图稿由沈阳石油化工厂左莎工程师绘制，并协助主编完成了抄写、整理书稿等工作。

本教材由郑州工业大学万长吉教授主审，他对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵意见和建议。有关的兄弟院校参加了本教材编写大纲的讨论，并提供了多年的教学资料和经验。本教材经教学指导委员会岩土和地质教学组两次讨论，多次修改后出版，在此，谨向有关同志表示感谢。

鉴于编者水平有限，时间仓促，教材中难免有不当之处，请读者提出宝贵意见。

编者

2000 年 6 月

目 录

第二版前言

第一版前言

绪论	1
第一章 地球的宇宙环境	3
第一节 地球在宇宙中的位置	3
第二节 地球的基本特征	4
第三节 地球的结构	7
第四节 地壳及地质作用	10
复习思考题	14
第二章 地壳的组成物质	15
第一节 矿物的基本特征	15
第二节 矿物的分类和主要矿物	24
第三节 矿物的识别和利用	33
第四节 岩浆岩(火成岩)	34
第五节 沉积岩	44
第六节 变质岩	51
复习思考题	55
第三章 地质构造	57
第一节 地壳运动的一般特征	57
第二节 地层年代和岩层产状	58
第三节 褶皱构造	60
第四节 断裂构造	63
第五节 构造地貌的主要类型与特征	69
第六节 区域地壳稳定性研究的发展方向	72
第七节 地震	73
第八节 地质构造与土壤、水土保持的关系	79
第九节 地质图的阅读	81

复习思考题	89
第四章 风化作用	90
第一节 风化作用的类型	90
第二节 影响风化作用强度的因素	93
第三节 主要矿物和岩石的风化	95
第四节 风化壳	98
第五节 风化作用与生产建设	101
复习思考题	102
第五章 重力地貌	103
第一节 崩塌	103
第二节 滑坡	106
第三节 蠕动	114
复习思考题	115
第六章 地面流水的地质作用及其所形成的地貌	116
第一节 地面流水的概念	116
第二节 片状流水的地质作用	117
第三节 沟谷水流及其所形成的地貌	119
第四节 河流的地质作用及其形成的地貌	122
第五节 地面流水与水土保持、土壤和水资源的关系	135
复习思考题	137
第七章 地下水的地质作用及地貌特征	138
第一节 自然界的水循环	138
第二节 地下水的类型及其特征	143
第三节 岩溶(喀斯特)地貌	150
第四节 地下水水质评价	157
复习思考题	165
第八章 风的地质作用及地貌特征	167
第一节 风的地质作用	167
第二节 风成黄土及黄土状土的地貌	172
第三节 黄土高原的水土流失与水土保持	177
复习思考题	180
第九章 冰川的地质作用及其地貌特征	181
第一节 冰川的形成	181
第二节 冰川地貌特征	186
第三节 冰碛物与古冰川的研究意义	190
第四节 冰川地貌与生产建设的关系	194

复习思考题	196
第十章 冻土地貌的形成及特征	197
第一节 冻土的形成	197
第二节 冻土地貌的形成及特征	203
第三节 融冻堆积与冻土地貌的发育特点	208
第四节 冻土地貌与生产建设的关系	211
复习思考题	213
第十一章 湖沼、海洋的地质作用及其地貌特征	214
第一节 湖沼的地质作用	214
第二节 海洋的基本特征	220
第三节 海水的运动	221
第四节 海岸地貌	224
第五节 海底地貌特征	226
第六节 海洋沉积作用的特点	228
第七节 研究湖泊、沼泽及海洋地质作用的意义	231
复习思考题	233
第十二章 自然旅游地学资源	235
第一节 发展中的旅游产业	235
第二节 科学旅游的意义	236
第三节 我国旅游地学资源的主要类型	238
第四节 自然旅游地学资源的成景机制	246
第五节 旅游地学资源的研究	247
复习思考题	249
第十三章 自然土壤的形成与特征	250
第一节 自然土壤的形成与土壤的分布规律	250
第二节 土壤的基本特征、机械组成和类型	253
第三节 水在土壤中存在的形态和土壤的水理性质	256
第四节 土壤对径流的影响	259
复习思考题	261
第十四章 植被对环境的影响	262
第一节 植被及其类型	262
第二节 植被分布的特征	267
第三节 植被对径流的影响	268
第四节 植被对环境的改造作用	273
复习思考题	275
第十五章 环境地质问题	276

第一节	自然环境与地质灾害	276
第二节	地面沉降	278
第三节	地面裂缝	281
第四节	地面塌陷	283
第五节	海水入侵	283
第六节	地下水污染	284
第七节	固体垃圾	285
第八节	人类活动导致重金属元素的富集	286
第九节	人类活动对土壤环境的影响	287
第十节	人类活动对大气环境的影响	289
第十一节	依法保护地质环境,国际合作防灾、减灾	291
	复习思考题	293
第十六章	“数字地球”产生的时代背景及其应用示范	294
第一节	信息时代与数字地球	294
第二节	数字地球的基本概念	295
第三节	高空间分辨率的遥感卫星数据	296
第四节	遥感小卫星	297
第五节	全球定位系统(GPS)	297
第六节	数字地球应用	298
	复习思考题	303
附录	课堂实习参考计划	304
实习一	矿物的形态和物理性质	304
实习二	硅酸盐矿物的观察和鉴定	306
实习三	非硅酸盐矿物的观察和鉴定	306
实习四	岩浆岩的观察和鉴定	307
实习五	沉积岩的观察和鉴定	308
实习六	变质岩的观察和鉴定	308
实习七	褶皱、断层构造地质图的判读	309
实习八	地质图的综合分析	310
实习九	化石观察	310
	主要参考文献	312

绪 论

一、地质地貌学研究的对象和任务

人类生活在地球上，从事各种劳动，一切生活资料和生产资料都要取之于地球。人们为了更好地索取地球资源，就必须研究地球物质的组成和分布规律，以及形成和变化规律；研究这些物质的运动规律、发展过程及其结果；研究这些资源利用的技术方法。随着生产和科学的不断发展，逐渐形成了一门新的科学——地质地貌学。

地质地貌学研究的对象是地球，当前主要是研究地壳，即地球表面几十公里厚的岩石及地貌特征。

地质地貌学研究的主要任务是：

- 1) 研究地壳的形成和物质成分与结构的变化规律。
- 2) 研究地质作用的原因和条件，以及作用过程和结果的基本原理。
- 3) 研究、地球表面的形态特征、成因、分布及其发育规律。
- 4) 研究地壳运动、变化和发展历史及古生物变化历史规律。

二、地质地貌学的特点和研究方法

地质地貌学和其他自然科学一样，应以辩证唯物主义作为研究的指导思想。

地壳是物质的，凡是物质都在运动，有运动才有变化和发展。因此，地壳是永远在运动和变化发展的。地壳的运动有时是很剧烈的（如地震），但多数是非常缓慢的（如地壳升降、风化、流水等所引起的变化），经过漫长的时间，它们就会出现由量变到质变的巨大变化。因此，在学习中必须以唯物的观点、辩证的方法来观察和分析各种地质现象，才能得出正确的结论。

地质地貌学具有以下特点：

1. 时间的悠久性

地球自形成迄今已有数十亿年的历史，多数地质变化要经过数百万年甚至数千万年的时间才能完成。有人打过这样的比喻：假如地球的历史是一部很厚的书籍，那么，人类的历史只不过是最后一卷、最后一页、最后一行而已。所以，学习地质地貌学要充分考虑时间悠久性这一特点。

2. 地区的差异性

地球拥有巨大的空间。在不同的地区有不同的物质基础和外界因素，因而也有不同的变化过程。在漫长的历史中，虽有统一的发展规律，但各地区的地质发展过程有很大的差异。例如我国的华北和华南地区，由于地质经历不同，地质特点也就大不相同了。所以不能根据一个地区的情况去推测全球，而应根据各地区的具体情况进行具体分析，才能得出正确的规律。



3. 变化的复杂性

地球是一个非常庞大复杂的球体，既包括有机界，又包括无机界；既有漫长的历史，又有广阔的空间。在发展的过程中必然充满各种矛盾，因而决定了地壳变动的复杂性。在研究任何地质问题时，必须考虑各方因素的影响，抓住主要矛盾，来分析各种地质现象和变化规律。

根据上述几个特点，我们采取以下研究方法：

(1) 野外观察。为了认识地壳发展规律，必须进行野外调查研究。在野外调查实践中收集大量感性材料，将这些材料加以整理和分析，综合归纳出规律性。

(2) 实验和模拟实验。为了研究矿物、岩石的化学成分、物理性质及内部结构，必须采取各种手段进行实验和分析；同时为了生产的实际需要和探讨某些地质现象的成因和发展规律，也必须进行各种实验。

(3) 历史比较法。它是凭借对现代各种地质现象的观察和了解作为基础，根据现代的地质作用，推断过去的地质现象，恢复地质历史。例如，现在鱼是生活在水中的，但在高山地层中找到了鱼化石，由此可以判定这座高山所在地区过去是海洋。但历史发展并不是简单的重复和循环，必须分析比较，才能得出正确的结论。

三、本课程学习的目的要求

地质地貌学既然与土壤科学和农业生产有密切关系，因此要求学生通过学习，能用辩证唯物主义观点，理解地壳物质组成和地壳变化发展的一般规律。具体内容有以下几点：

(1) 地球基本知识。了解地球（特别是地壳）的主要特征，初步建立正确的时间、空间观念。

(2) 地壳物质组成。重点认识造岩矿物和常见岩石的基本特征及其风化产物特点，要求掌握野外对造岩矿物和常见岩石的鉴定方法；其次，对最主要的黏土矿物特征要有基本了解。

(3) 地壳变化发展。亦即动力地质部分。内动力方面要求在对地壳运动和地质构造一般了解的基础上重点认识各种构造地貌及地层分布规律；在外动力方面要求了解各种外动力的地质作用基本原理，重点认识各种动力所形成的地貌和沉积体特点及其与农业生产的关系。

(4) 地质发展的历史。只要求在了解一般原理的基础上对我国地质历史有初步的了解。

(5) 地貌及第四纪沉积物。地貌及第四纪沉积物和土壤性质有直接关系，在前面几部分学习的基础上，总结性的重点学习第四纪沉积物、各种地貌特征，并对我国第四纪地层及地貌轮廓有一基本了解，掌握野外认识第四纪沉积物和各种地貌类型的方法。

(6) 地下水。重点学习地下水运动规律、对环境的影响以及合理利用地下水的基本知识。

(7) 要求能阅读有关的一般地质图。

学好上述几个方面基本知识、基本技能，为我国实现农业现代化服务。

第一章 地球的宇宙环境

第一节 地球在宇宙中的位置

一、宇宙的概念

在广阔无限的宇宙中，地球属于太阳系的一颗行星，而太阳又是银河系中无数恒星之一，宇宙则由很多个像银河系甚至更庞大的恒星集团所组成。

二、太阳系

太阳系以太阳为中心，周围有 8 个大行星携带着绕行自己旋转的卫星环绕着太阳旋转，此外还有许多小行星、彗星、流星等小天体环绕太阳转动，由这些天体组成太阳系（见图 1-1）。太阳系的范围很大，直径约 120 亿 km，光从这一端到达另一端需 11h。

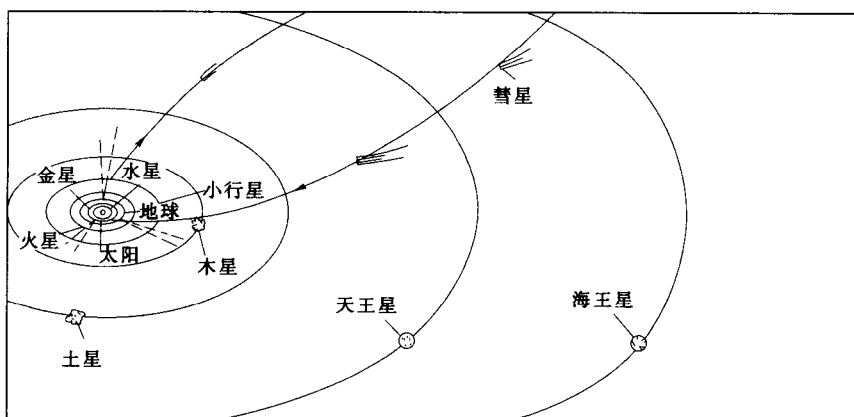


图 1-1 太阳系（行星轨道位置按比例表示）

8 大行星体积大小相差很大，最大的木星比最小的水星大 73500 倍（见图 1-2）。按特征把 8 大行星分两类：离太阳较近的 4 个行星（水星、金星、地球、火星），物理特征近似地球，叫类地行星，它们的体积较小，密度较大，卫星少，为固体表面，重元素较多；离太阳较远的 4 个行星（木星、土星、天王星、海王星），物理特征近似木星，叫类木行星，它们体积较大，密度较小，卫星多，没有固体表面，轻元素特别是气体多。太阳系各星体的运行数据和物理要素见表 1-1。

三、银河系

银河系是一个庞大的恒星集团，估计有 1300 亿颗以上的恒星，其中包括太阳，此外还有许多由气体、星际物质组成的星云。银河系里的恒星都绕银河系中心转动，但各部分

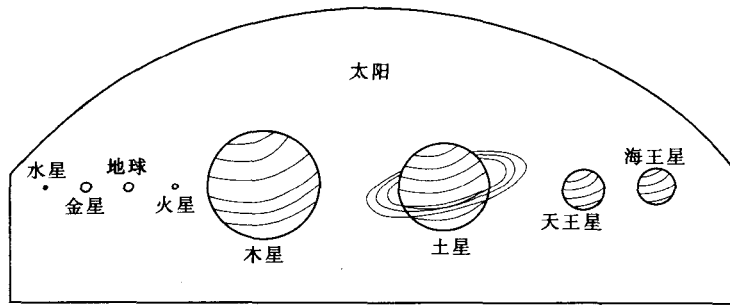


图 1-2 太阳系行星大小的比较

运动速度是不同的，太阳及其附近的恒星绕银河系中心运动的速度约为 230km/s，太阳绕银河系中心运行一周约需 2 亿年。银河系里的恒星绕银河系中心转动就相当于银河系的自转。银河系不但自转，还携带着成员以 200km/s 以上的速度朝着麒麟星座的方向运行着。

表 1-1 太阳系的运行数据和物理要素

星体	距日平均距离		轨道面与黄道面交角	运转周期		运转速度 (km/s)		逃逸速度 (km/s)	平均半径		扁率 $\frac{a-c}{a}$
	10 ⁶ km	天文单位		公转	自转	公转	自转 (赤道)		km	与地球比	
太阳	—	—	—	2 亿年	25d(赤道)	250.0	2.06	617.23	695990	109.23	0.002
水星	57.9	0.39	7°0'17"	88d	59d	47.9	0.003	4.17	2433	0.38	0.029
金星	108.2	0.72	3°24'0"	224.7d	224d 8h (逆转)	35.0	0.002	10.36	6053	0.95	0.000
地球	149.6	1.00	—	365.25d	23h56min	29.8	0.465	11.18	6371	1.00	0.0034
月球	距地球 0.384	距地球 0.0026	5°9'0"	27.32d	27.32d	1.0	0.005	2.37	1738	0.27	0.006
火星	227.9	1.52	1°51'0"	1.88 年	24h37min	24.1	0.240	5.03	3380	0.53	0.005
木星	778.3	5.20	1°18'54"	11.86 年	9h50min	13.1	12.66	60.24	69758	10.95	0.066
土星	1427.0	9.54	2°29'58"	29.46 年	10h14min	9.6	10.30	36.06	58219	9.14	0.103
天王星	2869.6	19.18	0°46'38"	84.0 年	10h49min	6.8	3.89	22.19	23470	3.68	0.070
海王星	4496.6	30.06	1°47'14"	164.8 年	15h48min	5.4	2.52	24.54	22716	3.57	0.079

宇宙中的天体都在不停地运动着。月球自转同时又绕地球公转，地球自转同时又绕太阳公转，太阳自转同时又绕银河中心公转，银河系自转同时又绕别的天体公转……。宇宙间的天体运动情况是错综复杂的，但有一定的规律性，它们之间相互制约、相互联系地运动着和发展着。

第二节 地球的基本特征

一、地球的形状和大小

地球是一个绕着地轴高速旋转的球体，它的表面形态并不是理想的球形，而是椭球



形，即为赤道部分略为膨大，两极略为收缩的扁球形。它的数据如下：

赤道半径 (a): 6378.137km;

极半径 (b): 6356.752km;

平均半径 $\left[\frac{(2a+b)}{3}\right]$: 6371km;

地球扁度 $\left(\frac{a-b}{a}\right)$: $\frac{1}{298.3}$;

赤道圆周长: 40076.6km;

表面积: 5.1 亿 km^2 ;

质量: $5.98 \times 10^{19} \text{t}$;

平均密度: 5.517g/cm^3 ;

体积: $108 \times 10^{10} \text{km}^3$ 。

二、地球的物理性质

地球的主要物理性质包括：地球的密度、压力、重力、地热、磁性、电性、放射性和弹性等。现将地球的主要物理性质简述如下。

(一) 地球的密度和压力

据计算，地球的平均密度为 5.517g/cm^3 ，而实际测得地壳物质的平均密度为 $2.7 \sim 2.9 \text{g/cm}^3$ 。因此，可以推测地球内部深处物质的密度是随深度递增的。根据地震资料可知，地球内部物质的密度确实是随着深度的增加而逐渐增加的，并且分别在深度 984km、2898km 和 5125km 的地方作跳跃式增加。这表明地球内部物质是不均匀的，而地核的物质可能处于高密度状态。

地球内部的压力受上覆物质质量的影响，随着深度的增加而递增。它的变化情况为：

自地表到地深处约 33km 处是随深度增加而均匀增加的；从 33km 到 984km 深度范围内压力从 $9000 \times 10^5 \text{Pa}$ 很快增加到 $38.2 \times 10^9 \text{Pa}$ ；然后随着深度的增加又缓慢地增加，在 2898km 深度可增加到 $136 \times 10^9 \text{Pa}$ ；最后向着地心缓慢地递增，地心压力可达 $360 \times 10^9 \text{Pa}$ 。

(二) 地球的重力

地球表面的重力是指地面处所受的地心引力和该处的地球自转离心力的合力（见图 1-3）。地心引力与物体质量成正比，与距地心距离的平方成反比。地球赤道半径大于两极半径，引力在两极比赤道大，离心力在两极接近于零，而赤道最大。但离心力值在重力值中所占的比例极小（仅为 1/300），因此，地球的重力随纬度增加而增大。根据重力与纬度关系所计算出的各地重力值，叫做正常重力值。由于各地岩石种类与构造不一样，用重力仪测定的重力值与正常重力值常不符合，这种偏差称为重力异常。重力异常表明：地下有密度较大的金属

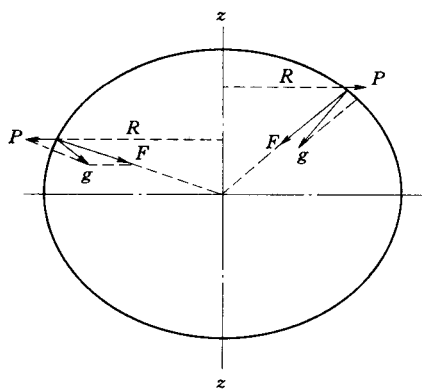


图 1-3 重力与地心引力和离心力关系（示意图）

zz—地球自转轴；g—重力；F—地心引力；P—离心力；R—纬度圆半径

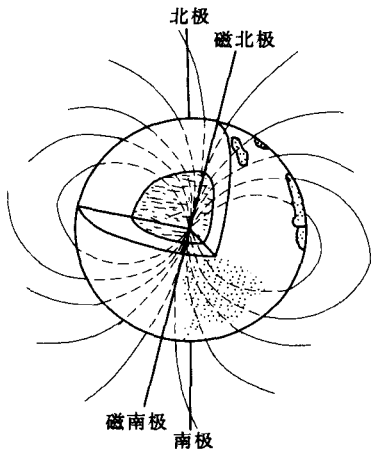


图 1-4 地磁场及其成因

矿物或者有密度较小的石油、岩盐等物质分布，通过重力异常调查，可以研究地壳构造与寻找地下矿产。

(三) 地球的磁性

地球具有磁性，好像是一个巨大的磁体，也有两极（见图 1-4），但地磁场的南北极与地理的南北极的位置不重合。同时地磁极的位置也在不断改变，1970 年测出磁北极在北纬 76° 、西经 101° ，磁南极在南纬 66° 、东经 140° 。而地磁子午线与地理子午线间有一夹角，叫做磁偏角。磁针只有在地磁赤道附近才是水平的，磁针越移向磁两极，倾斜程度越大。在磁极区，磁针直立，磁针与水平面的夹角称磁倾角，地球某一点所受的磁力大小称为该点磁场强度。磁偏角、磁倾角、磁场强度叫地磁三要素。根据地磁在地球上的分布规律，可以计算出某地地磁三要素的正常值，实测数值与正常值不一致的现象

叫地磁异常。地磁异常是地下有磁性矿床或地质构造发生变化的标志。因此，可以利用地磁异常勘测磁性矿床和地质构造情况。

组成地壳的矿物、岩石所具有的磁性也是地球磁性的一部分，许多岩石由于含有磁性矿物，它们能在地磁场作用下磁化而显磁性。因此，研究不同地质时期的岩石的剩余磁性，有助于了解古代地壳的变化情况和地球磁场的变化。近代土壤学，通过研究成土母质和土壤矿物的磁学性质，来了解成土过程的特点，进行土壤诊断。还可利用磁场影响土壤结构，以及使用磁化水进行灌溉。

(四) 地球的电性

地球具有较弱的自然电流，称为大地电流。有自然电流分布的地段为自然电场。这种自然电场可由局部金属矿体同水溶液相互作用而产生，分布范围较小；分布范围较广阔的区域性自然电场，可能与大气圈的电离作用或电磁场有关。大地电流是一种不稳定电流，其强度和方向在时间上有周期性变化，自低纬度向高纬度，电流强度逐渐增大。电流的主要方向在赤道及两极近东西向，在中纬度则与子午线约成 $30^\circ \sim 45^\circ$ 角。它的强度和方向还与地下深处的地质构造情况有关，当有金属矿体时，则其附近电流强度增大，方向也会出现变化，物探中采用的电法勘探就是以此为依据的。

(五) 地热

地球表面受太阳辐射热的影响而温度变化很大，在 $-70 \sim 70^\circ\text{C}$ 之间。温度随季节、纬度高低和海陆分布情况而有所差异。这种温度变化只影响地表不深的地方，平均约为 15m。再往深处 20~25m 的地段，由于太阳辐射热影响不到，且保持当地常年平均温度，因此叫常温层。

钻探资料表明：常温层以下地层温度随深度的增加而有规律地增加，增加情况各地不同。地温每升高 1°C 而往下增加的深度叫地温增加级。地温增加级一般平均为 33m，例如在亚洲大致为 40m（我国大庆为 20m，房山为 50m）。但地温也并非每加深 33m 就升高 1°C ，因为地内深处的物质密度、压力和状态各不相同，故温度增加到一定深度时，越深

升温越慢，推测地心温度不会超过 2000~5000℃。

地热的来源，除地表来自太阳辐射外，主要来自地球内部。地球内部热源，主要是由放射性元素蜕变释放出来的，其次是重力能、化学反应能、结晶能和地球转动能等。

地球是一个庞大的热库，地热能是最廉价的能源之一，对它的开发利用已成为地质科学和综合科学技术之间的一个新领域。

(六) 地球的弹性

据对地震及人工地震的研究，得知地球能够传播地震波（弹性波），说明地球具有弹性。根据其传播方式，地震波可分为纵波和横波。

纵波 (P)：又称疏密波，它的传播方向与介质质点摆动方向相同，在固体、液体和气体介质中均能传播。传播速度较快，约为横波的 1.7 倍。

横波 (S)：又称扭动波，它的传播方向与介质质点摆动方向互相垂直，它不能在液体和气体介质中传播而只能穿过固体介质。传播速度较慢。

地震波在地下任一点的传播速度和该点介质的性质（密度、弹性、状态等）有关，公式为

$$V_p^2 = \frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}$$

$$V_s^2 = \frac{\mu}{\rho}$$

式中 V_p 、 V_s ——纵波、横波的传播速度；
 k ——介质的容积弹性模量；
 μ ——刚性系数（或切变模量）；
 ρ ——介质的密度。

从关系式中可知， V_p 总是大于 V_s ，由于流体介质的刚性系数为零，故横波在液体、气体介质中不能传播（见图 1-5）。

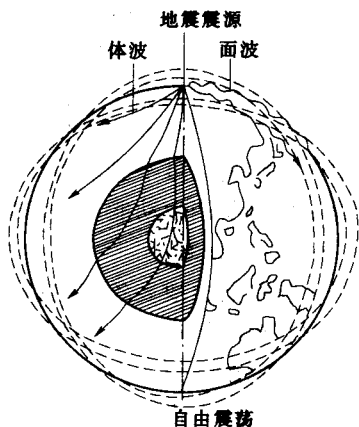


图 1-5 地震波在地下传播情况 (示意图)

由于地震波在地下传播的特点，故可利用人工地震来了解地下的地质情况。物探中的地震法就是利用这个原理来进行工作的。

第三节 地球的结构

地球的结构是指地球的组成物质在空间分布和彼此间的关系。地球物质的成分和分布是不均匀的，具有层圈结构。地球固体表面以上的各层圈为外部结构，地球固体表面以下的各层圈为内部结构。

一、地球的外部结构

地球的外部结构包括自地表以上的大气圈、水圈和生物圈。现将各圈的特征简述如下。

(一) 大气圈

大气圈是由包围在地球最外面的气态物质所组成的层圈。这一层圈分布在地面以上至