



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

工程地质

主编 倪宏革 时向东
主审 罗国煜

赠送电子课件



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

工程地质

主 编	倪宏革	时向东
副主编	范庆来	袁立群
主 审	罗国煜	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统地介绍了工程地质学的基本原理和勘察、测试技术,包括岩石和土的物质组成及其工程特性与工程地质分类;地质构造及工程地质评价;地下水、河流、海岸带、岩溶、边坡、风化等地质作用的基本规律与灾害防治;以及工程地质勘察、工程地质报告和图件的编制。

本书可作为高等院校土木工程专业的教材,也可作为水利工程、采矿工程等相关本科专业的教材或教学参考书,还可供从事上述各专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/倪宏革,时向东主编. —北京:北京大学出版社,2009.8

(21世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-15387-1

I. 工… II. ①倪…②时… III. 工程地质—高等学校—教材 IV. P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第101442号

书 名: 工程地质

著作责任者: 倪宏革 时向东 主编

责任编辑: 吴 迪

标准书号: ISBN 978-7-301-15387-1/TU·0074

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 15.75印张 360千字

2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

定 价: 25.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

工程地质是高等院校土木工程专业本科生的一门重要专业基础课。该课程主要是运用地质学理论与方法研究地质环境,查明地质灾害的规律并提出防治对策,以确保工程建设安全、经济和正常使用,将工程地质原理和岩土工程施工、勘察和设计的相关内容糅合在一起。一本优秀的工程地质教材对于学生切实掌握基础地质及工程地质的基本概念和基本理论、主要分析方法和主要防治措施,有效解决土木工程设计、施工和运营管理中的相关地质问题具有重要的意义。目前国内已有多种工程地质教材,然而随着工程技术的发展,特别是计算机的广泛应用,与之相关的知识不断更新,教学手段不断改革,需要的教材也随之发生变化。经过多年的教学实践和教学改革,教师和学生都需要一本既能满足教学基本要求又有加深拓宽的内容,还能加强工程实践能力培养的教材。本书就是应广大师生的这一迫切需要编写的,力求做到好读易教,使之成为满足一般院校使用的有特色的本科教材。

本书是根据高等学校土木工程专业指导委员会制定的“高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲”对该门课程的教学基本要求编写的教材。全书共分8章,划分成两大部分:以岩土水体、地层及地质运动等内容为基础地质部分和以地质灾害、地下建筑工程、道路及水利工程中边坡地质问题和工程地质勘察等内容为地质工程应用部分。所述内容由浅入深,将各部分知识要点有机地联成一个整体,构成主线分明、重点突出、详略得当、结构合理的教材体系。在编写过程中考虑到工程地质课程和后续的土力学、地基处理等课程相关内容的重复性,全书在相关内容上进行了取舍,保证了教学内容的精炼。

本着“易读,好教,注重实践”的教材写作目的,我们在章节设计上做了一些尝试,如在每章开头加设教学提示和学习要求,做到提纲挈领,有助于读者把握各章的重点,理清章节之间的联系,也便于教师抓住授课要点;在讲完一章的内容后,设计了一个本章小结,与本章开头提出的学习要求相呼应,对本章主要内容做了很精炼的总结;在每一章都安排了一定数量的思考题,强调本章的重点概念,防止学生对基本概念理解不深;每一章的结尾还安排了与本章内容相关的具有趣味性的知识链接或背景知识,可提高学生的阅读兴趣。

本书按48学时的教学内容编写,工程管理本科专业或土木工程专科以及相关专业函授本专科教学内容可根据需要进行必要的取舍。

参加本书编写的有鲁东大学倪宏革(绪论、第1章、第5章)、范庆来(第7章、第8章)、袁立群(第3章、第4章),烟台大学时向东老师和河南城建学院白哲老师共同完成了第2章和第6章的编写工作。全书最后由倪宏革教授统稿,由南京大学罗国煜教授主审。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,欢迎老师、同学及各界人士批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

第0章 绪论	1
0.1 地质学与工程地质学	1
0.2 工程地质学在土木工程 建设中的作用	2
0.3 本课程主要内容及学习要求	3
本章小结	4
思考题	4
第1章 地壳及其物质组成	5
1.1 地球的总体特征	5
1.1.1 地球的圈层构造	5
1.1.2 地质作用	6
1.2 矿物	7
1.2.1 矿物的形态及主要 物理性质	7
1.2.2 主要造岩矿物及其 鉴定特征	9
1.3 岩浆岩	11
1.3.1 岩浆岩的形成过程	11
1.3.2 岩浆岩的地质特征	12
1.3.3 岩浆岩分类及常见岩浆 岩的鉴定特征	13
1.4 沉积岩	15
1.4.1 沉积岩的形成过程	15
1.4.2 沉积岩的地质特征	17
1.4.3 沉积岩分类及常见沉积 岩的鉴定特征	18
1.5 变质岩	21
1.5.1 变质岩的形成过程	21
1.5.2 变质岩的地质特征	22
1.5.3 变质岩分类及常见变质 岩的鉴定特征	23
1.6 岩石的工程地质性质	25

1.6.1 岩石工程地质性质的 常用指标	25
1.6.2 风化作用	29
1.6.3 岩石的工程分类	33
知识链接	35
本章小结	37
思考题	38
第2章 地质构造及地质图	39
2.1 岩层及岩层产状	39
2.1.1 岩层	39
2.1.2 岩层产状	40
2.2 褶皱构造及其类型	42
2.2.1 褶皱构造	42
2.2.2 褶皱构造的类型	44
2.3 断裂构造	45
2.3.1 节理	45
2.3.2 断层	48
2.3.3 活断层	53
2.4 地质构造对工程建筑物 稳定性的影响	56
2.4.1 边坡、隧道和桥基设置 与地质构造的关系	56
2.4.2 活断层对工程建筑的 影响	58
2.5 地质年代	59
2.5.1 绝对年代与相对年代	59
2.5.2 地质年代表	62
2.5.3 地方性岩石地层单位	64
2.5.4 我国地史概况	64
2.6 地质图	65
2.6.1 地质图的种类	66
2.6.2 地质图的阅读步骤	67
2.6.3 地质剖面图的制作	69

2.6.4 地层综合柱状图	70	4.4.3 岩溶地区工程地质问题及防治措施	133
知识链接	71	4.5 地震	135
本章小结	73	4.5.1 地震概述	135
思考题	74	4.5.2 地震震级与地震烈度	137
第3章 水的地质作用	75	4.5.3 地震对建筑物的影响	138
3.1 地表水的地质作用	75	知识链接	140
3.1.1 概述	75	本章小结	141
3.1.2 暂时流水的地质作用	76	思考题	142
3.1.3 河流的地质作用	80	第5章 地下建筑工程地质问题	143
3.1.4 海岸带的地质作用	87	5.1 概述	143
3.2 地下水的地质作用	92	5.1.1 岩体及岩体结构的概念	143
3.2.1 地下水的基本知识	93	5.1.2 地应力	146
3.2.2 地下水的基本类型	96	5.2 地下洞室变形及破坏的基本类型	147
3.2.3 地下水对土木工程的影响	103	5.2.1 围岩应力引起的变形与破坏	147
知识链接	107	5.2.2 围岩构造控制的变形与破坏	149
本章小结	109	5.2.3 松散围岩的变形与破坏	150
思考题	109	5.3 地下洞室特殊地质问题	150
第4章 常见的地质灾害	110	5.3.1 洞室涌水	150
4.1 滑坡	110	5.3.2 腐蚀	152
4.1.1 滑坡及其形态特征	110	5.3.3 地温	154
4.1.2 滑坡的形成条件及影响因素	112	5.3.4 瓦斯	154
4.1.3 滑坡的分类	114	5.3.5 岩爆	155
4.1.4 滑坡的防治	116	5.4 围岩分级及其应用	156
4.2 崩塌及岩堆	118	5.4.1 围岩分级	156
4.2.1 崩塌	118	5.4.2 围岩稳定性分析方法	160
4.2.2 岩堆	121	知识链接	162
4.3 泥石流	124	本章小结	164
4.3.1 泥石流及其分布	124	思考题	165
4.3.2 泥石流的形成条件	125	第6章 边坡工程地质问题	167
4.3.3 泥石流的分类	126	6.1 边坡变形破坏的基本类型	167
4.3.4 泥石流地区的线路位置选择和防治措施	128	6.1.1 土质路堑边坡的变形破坏类型	167
4.4 岩溶	129		
4.4.1 岩溶及其形态特征	129		
4.4.2 岩溶的形成条件及其发育规律	131		

6.1.2 岩质边坡变形破坏的基本类型	168	7.4.2 多年冻土及其工程性质 ...	194
6.1.3 影响岩质边坡稳定的因素	172	7.4.3 冻土病害的防治措施	195
6.2 边坡稳定分析方法	173	知识链接	196
6.2.1 边坡应力分布特征	173	本章小结	196
6.2.2 工程地质分析法	174	思考题	197
6.2.3 力学计算法	176	第8章 工程地质勘察	198
6.2.4 模型模拟试验	179	8.1 工程地质勘察任务和勘察阶段的划分	198
6.3 工程实例	180	8.1.1 工程地质勘察的任务	198
6.3.1 地质概况	180	8.1.2 工程地质勘察的阶段划分	198
6.3.2 变形破坏模式的模拟结果及分析	181	8.2 工程地质测绘和调查	200
6.3.3 自然岸坡陡壁稳定坡角的确定	181	8.2.1 工程地质测绘和调查的主要内容	200
6.3.4 边坡岩体强度分析	182	8.2.2 工程地质测绘方法	201
知识链接	182	8.3 工程地质勘探	202
本章小结	183	8.3.1 工程地质钻探	203
思考题	183	8.3.2 井探、槽探	206
第7章 特殊土的工程性质	184	8.3.3 地球物理勘探	207
7.1 黄土及其工程性质	184	8.4 工程地质原位测试	209
7.1.1 黄土的特征及其分布	184	8.4.1 静力载荷试验	210
7.1.2 黄土的成因及形成年代	184	8.4.2 静力触探试验	212
7.1.3 黄土的工程性质及工程地质问题	185	8.4.3 圆锥动力触探试验	214
7.2 膨胀土及其工程性质	186	8.4.4 标准贯入试验	216
7.2.1 膨胀土的特征及其分布 ...	186	8.4.5 十字板剪切试验	217
7.2.2 膨胀土的工程性质	187	8.5 现场检验与监测	218
7.2.3 膨胀土的工程地质问题及防治措施	188	8.5.1 地基基础检验和检测	219
7.3 软土及其工程性质	189	8.5.2 不良地质作用和地质灾害的监测	220
7.3.1 软土的特征及其分布和分类	189	8.5.3 地下水的监测	221
7.3.2 软土的工程性质	191	8.6 勘察资料的内业整理	222
7.3.3 软土的变形破坏和地基加固措施	191	知识链接	229
7.4 冻土及其工程性质	193	本章小结	230
7.4.1 季节冻土及其冻融现象 ...	193	思考题	230
7.4.2 多年冻土及其工程性质 ...	194	附录 工程地质勘察报告的阅读	232
7.4.3 冻土病害的防治措施	195	参考文献	241
知识链接	196		
本章小结	196		
思考题	197		

第0章 绪论

教学提示：工程地质学是将地质学的原理运用于解决工程地基稳定性问题的一门学科。工程地质学通过工程地质调查、勘察和研究建筑场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、岩土体工程特性、水文地质和地表地质作用现象等工程地质条件，预测和论证有关工程地质问题发生的可能性并采取必要的防治措施，以确保工程建设的安全、稳定和正常运行。

学习要求：通过本章学习，学生应掌握工程地质学的概念及其在工程实际中的重要意义，了解工程地质学的主要任务，了解本课程的主要内容、基本要求和学习方法。

0.1 地质学与工程地质学

地质学是一门研究关于地球的科学。它研究的对象是固体地球的上层，主要有以下几方面内容：

(1) 研究组成地球的物质。由矿物学、岩石学、地球化学等分支学科承担这方面的研究。

(2) 研究地壳及地球的构造特征，即研究岩石或岩石组合的空间分布。这方面的分支学科有构造地质学、区域地质学、地球物理学等。

(3) 研究地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变。研究这方面问题的有古生物学、地史学、岩相古地理学等。

(4) 研究地质学的研究方法与手段，如同位素地质学、数学地质学及遥感地质学等。

(5) 研究应用地质学以解决资源探寻、环境地质分析和工程建设及工程防灾问题。主要包括两方面：一是以地质学理论和方法指导人们寻找各种矿产资源，这是矿床学、煤田地质学、石油地质学、铀矿地质学等研究的主要内容；二是运用地质学理论和方法研究地质环境，查明地质灾害的规律和防治对策，以确保工程建设安全、经济和正常运行。

工程地质学是地质学的重要分支学科，是把地质学原理应用于工程实际的一门学问，是研究与工程建设有关的地质问题的学科。发展至今，工程地质学已成为一门独立学科。

就研究对象和内容看，与工程地质学密切相关的主要学科，可用图 0.1 所示的简单关系框图来说明。

工程地质学的具体任务是：

(1) 评价工程地质条件，阐明地上和地下建筑工程建设和运行的有利和不利因素，选定建筑场地和适宜的建筑形式，保证规划、设计、施工、使用、维修顺利进行。

(2) 从地质条件与工程建筑相互作用的角度出发，论证和预测有关工程地质问题发生的可能性、发生的规模和发展趋势。

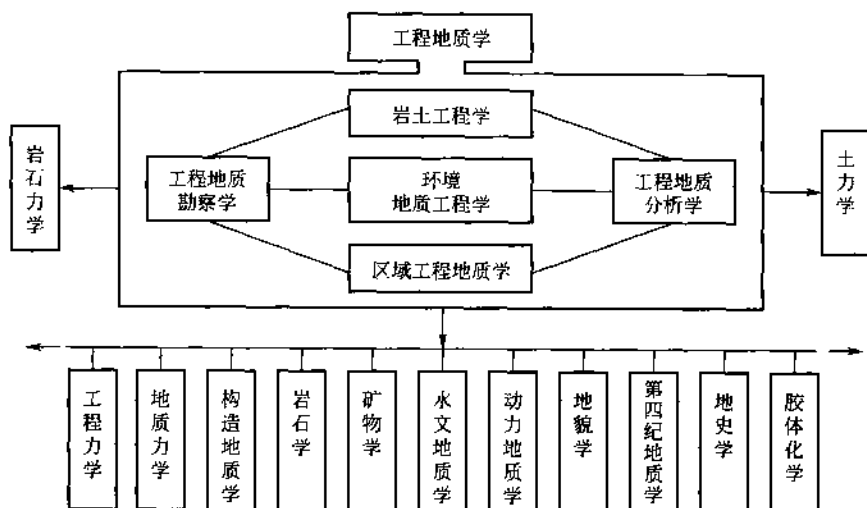


图 0.1 与工程地质学相关学科简单关系框图

(3) 提出及建议改善、防治或利用有关工程地质条件的措施、加固岩土体和防治地下水的方案。

(4) 研究岩体、土体分类和分区及区域性特点。

(5) 研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。

由于工程地质条件有明显的区域性分布规律，因而工程地质问题也有区域性分布的特点，而各类工程(交通、矿山、水利水电、工业与民用建筑等)对工程地质条件有不同的要求，主要工程地质问题亦不同，由于各地工程地质条件复杂多变，决定了工程地质问题千差万别。而各类工程又主要是一种表层建筑物，会遇到各种各样的自然条件和地质问题，并易受频繁变化的大气物理作用的影响，因此，工程地质无论是在研究对象上还是方法上都有自己的特点。工程地质学的研究对象是复杂的地质体，其研究方法应是地质分析法与力学分析法、工程类比法与实验法等密切结合，即通常所说的定性分析与定量分析相结合的综合研究方法。

0.2 工程地质学在土木工程建设中的作用

各种土木工程，如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程，都是修建在地表或地下的工程建筑。建筑物场地的地质环境和工程地质条件(包括场地及周围的岩体、土体类型和性质，地质构造，地表水和地下水的作用，各种自然地质作用等)与工程的设计、施工和运营密切相关。在进行工程建设时，无论是总体布局阶段还是个体建筑物设计、施工阶段，都应当进行相应的工程地质工作。总体规划、布局阶段应进行区域性工程地质条件和地质环境的评价；场地选择阶段应进行不同建筑场地工程地质条件的对比，选择最佳工程地质条件的方案；在选定场地进行个体工程建筑物设计和施工阶段，应进行工程地质条件的定量分析和评价，提出适合地质条件 and 与环境相协调的建筑物类型、结构和施工方法等建议，拟定改善和防治不良地质作用 and 环境保护的措施方案。

等。为了做好上述各阶段的工程地质工作,必须通过地质调查测绘、勘探、试验、理论分析等手段,获得必要的地质资料,结合具体工程的要求进行研究、分析和判断,最终得出相应的结论。鉴于工程地质对工程建设的重要作用,国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、提出必要的地质资料的基础上才能进行工程设计和施工工作。

随着我国经济建设的日益发展,工程建设的规模和数量也越来越大。数十千米长的隧道、数百米高的高楼大厦、数百米高的露天采矿场边坡、二滩和三峡水利枢纽工程等所谓“长隧道、深基坑、高边坡”巨型重大工程建设与工程地质的关系更趋密切,对工程地质工作和知识的要求也更高。因此,作为工程建筑的基础工作,工程地质工作的重要性是客观存在和被实践证明了的。

0.3 本课程主要内容及学习要求

工程地质学是一门应用科学,它是运用地质学的基本理论和知识,解决工程建设中各种工程地质问题的一个学科。因此,本课程主要内容应包括基础地质和工程地质两大部分。

本书前三章的内容主要是基础地质部分。第1章为岩石和土,包括主要造岩矿物、三大类岩石的工程性质及工程分类、特殊土的工程性质;第2章为地质构造及地质图,包括地壳运动及地质作用的概念、岩层及岩层产状、褶皱构造、断裂构造、地质构造对工程建筑物稳定性的影响、地质年代、地质图;第3章为水的地质作用,包括地表流水的地质作用、地下水的地质作用;岩土、地质构造和水是工程建筑所处地质环境中最基本的三大要素,对于不同地区、不同建筑场地、不同类型的工程建筑,这三大要素的类型、特征及其组合不同,就形成了不同的工程地质条件和问题。因此,基础地质是解决好工程地质问题必不可少的基本理论和知识。

工程地质部分则是本书后五章的主要内容。第4章为常见地质灾害,包括滑坡、崩塌及岩堆、泥石流、岩溶、地震;第5章为地下建筑工程地质问题,包括地下洞室变形及破坏的基本类型、地下洞室特殊地质问题、围岩分级及其应用;第6章为道路及矿山工程中边坡工程地质问题,包括边坡变形破坏的基本类型、边坡稳定分析方法、工程实例;第7章为地面建筑及水利工程中地基工程地质问题,包括地基变形及破坏的基本类型、地基承载力、地基处理问题、工程实例;第8章为工程地质勘察,包括不同工程勘察阶段的勘察要求、工程地质勘察基本类型、工程地质勘察文件编制。

要掌握好工程地质知识,需要认真的科学态度,善于综合应用地质学理论及各种新技术、新方法、新理论(包括实验、计算),相互核对,相互验证,客观地反映各种地质现象,正确、全面地评价工程地质条件,为工程设计和施工提供可靠的地质依据。工程地质是土木工程专业的基础课。学习本课程最重要的不是死记硬背某些条文,而是学会具体问题具体分析。将学到的工程地质知识和专业知识与其他课程知识密切联系起来,去解决工程实际中的工程地质问题。

作为一名土木工程专业学生,在学习本课程后,应达到以下基本要求和能力:

(1) 能阅读一般的地质资料,根据地质资料在野外能辨认常见的岩石和土,了解其主要的工程性质;

(2) 能辨认基本的地质构造类型及较明显、简单的地质灾害现象, 并了解这些构造及不良地质对工程建筑的影响;

(3) 重点掌握最常见的各种工程地质问题的基本知识, 并在土木工程设计、施工和运营中能结合运用上述工程地质知识;

(4) 一般的了解取得工程地质资料的工作方法、手段及成果要求。

本章小结

工程地质学是地质学的重要分支学科, 是把地质学原理应用于工程实际的一门学问, 是研究与工程建设有关的地质问题的学科。

工程地质学的研究对象是复杂的地质体, 其研究方法应是地质分析法与力学分析法、工程类比法与实验法等的密切结合, 即通常所说的定性分析与定量分析相结合的综合研究方法。

各种土木工程, 如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程, 都是修建在地表或地下的工程建筑。在进行工程建设时, 无论是总体布局阶段还是个体建筑物设计、施工阶段, 都应当进行相应的工程地质工作。

思考题

1. 试说明工程地质学与地质学间的相互关系。
2. 与工程地质学密切相关的主要学科有哪些?
3. 工程地质学的具体任务是什么?
4. 土木工程专业学生在学习本课程后, 应达到哪些基本要求?

第1章

地壳及其物质组成

教学提示:本章首先介绍了地球的构造、组成及动力地质作用;然后重点介绍矿物的概念及性质,三大岩类的组成、结构、构造及其性质。

学习要求:通过本章学习,学生应掌握地质作用的类型、矿物的概念及主要造岩矿物的性质;了解三大岩类的分类,掌握肉眼鉴定矿物及三大岩类的方法;正确认识影响岩石工程地质性质的因素;掌握风化作用的概念、类型及其表现形式。

1.1 地球的总体特征

地球的赤道半径(6378.140km)比两极半径(6356.779km)略大,所以地球不是一个完全的正圆球体。地球表面参差起伏,大约有70.8%的面积为海洋,29.2%的面积为陆地。

1.1.1 地球的圈层构造

地球包括外圈层(即大气圈、水圈及生物圈)和内圈层两部分。内圈层也是分层的,由地壳、地幔、地核组成,如图1.1所示。地壳的密度为 $2.7\sim 2.9\text{g}/\text{cm}^3$,由地表所见的各种岩石组成。位于大陆的陆壳厚度大,平均约35km,高山区可达70~80km,其下层为深变质岩,表层多为沉积岩,陆壳形成年代老,内部构造很复杂;位于大洋底部的洋壳,厚度较小,平均7~8km,洋壳由玄武岩组成,表层有不厚的沉积物。地壳以下至大约2900km深处为地幔。地幔的密度为 $3.32\sim 4.64\text{g}/\text{cm}^3$,由富含Fe、Mg的硅酸盐物质组成。地幔以下直到地心的部分称为地核。地核的密度为 $11\sim 16\text{g}/\text{cm}^3$,由含Fe、Ni的物质组成。地核由液态外核和固态内核组成。

对地球内部的认识主要来自对地震弹性波的研究。据研究发现,在地幔顶部约50~250km处存在一个地震波速度减低带,该带约有5%的物质为熔融状态,易于发生塑性流动,称为软流圈(见图1.1)。软流圈以上的物质均为固态,称为岩石圈。岩石圈具有较强的刚性,分裂成许多块体,称为板块。板块浮在软流圈上随之运动,这就是板块运动,也是构造运动发生的根源。

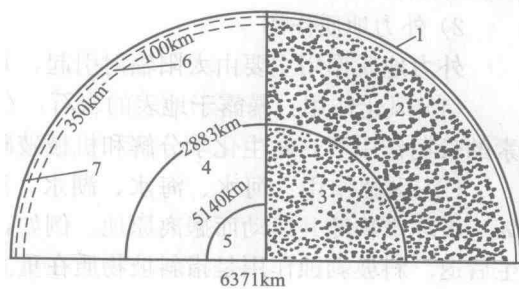


图1.1 地球内部圈层

1—地壳; 2—地幔; 3—地核; 4—液态外部地核;
5—固态内部地核; 6—软流圈; 7—岩石圈

1.1.2 地质作用

现代地质学研究证实,地球形成之初,地表像现在的月球表面,并不存在水,也就没有海陆之分。大气成分中也没有二氧化碳和氧气。地球在其形成 46 亿年的历史中逐渐发展和演化成今天的面貌。同时,今天的地球仍以人们不易觉察的速度和方式在继续变化中。目前人们对地壳的发展演化研究得最为详细,将塑造地壳面貌的自然作用称为地质作用。

地质作用的动力来源主要有两方面:一是来自地球内部,如放射性元素衰变,以及地球自转和重力作用等;二是来自地球以外,如太阳辐射和日月引力,以及恒星、行星的辐射等。只要引起地质作用的动力存在,地质作用就不会停止。地质作用实质上是组成地球的物质以及由其传递的能量发生运动的过程。根据动力来源部位,地质作用常被划分为内力地质作用与外力地质作用两大类。地质作用常常引发灾害,按地质灾害成因的不同,工程地质学把地质作用划分为物理地质作用和工程地质作用两种。物理地质作用即自然地质作用包括内力地质作用与外力地质作用;工程地质作用即人为地质作用。

1. 物理地质作用

1) 内力地质作用

内力地质作用的动力来自地球本身,并主要发生在地球内部,按其作用方式可分为以下四种。

(1) 构造运动:是地壳的机械运动。当发生水平方向运动时,常使岩层受到挤压产生褶皱,或是使岩层拉张而破裂。垂直方向的构造运动使地壳出现上升或下降。青藏高原最近数百万年以来的隆升是垂直运动的表现。

(2) 岩浆作用:是指岩浆沿地壳软弱破裂地带上涌造成火山喷发形成岩浆岩或是在地下深处冷凝形成侵入岩的过程。

(3) 变质作用:是指构造运动与岩浆作用过程中,原有的岩石受温度、压力和化学性质活泼的流体作用,在固体状态下发生物质成分和特征的改变,转变成新的岩石,即变质岩的形成过程。

(4) 地震:是接近地球表面岩层中构造运动以弹性波形式突然释放应变能而引起地壳的快速颤动和震动。

2) 外力地质作用

外力地质作用主要由太阳辐射引起,并主要发生在地壳的表层。主要包括:

(1) 风化作用:暴露于地表的岩石,在温度变化以及水、二氧化碳、氧气及生物等因素的长期作用下,发生化学分解和机械破碎。

(2) 剥蚀作用:河水、海水、湖水、冰川及风等在其运动过程中对地表岩石造成破坏,破坏产物随其运动而搬离原地。例如,海岸、河岸因受海浪和流水的撞击、冲刷而发生后退。斜坡剥蚀作用是指斜坡物质在重力以及其他外力因素作用下产生滑动和崩塌,又称块体运动。

(3) 搬运作用:风化与剥蚀造成的破坏产物被搬运到他处。

(4) 沉积作用:搬运物在适宜场所堆积。

(5) 固结成岩作用:刚堆积的物质是松散多孔的并富含水分,被后来的沉积物覆盖埋

藏后,在重压下排出水分,孔隙减小并被胶结,由松散堆积物渐变为坚硬的岩石,也就是沉积岩。

2. 工程地质作用(人为地质作用)

工程地质作用或人为地质作用是指由人类活动引起的地质效应。例如,采矿特别是露天开采移动大量岩体引起地表变形、崩塌、滑坡;人类在开采石油、天然气和地下水时因岩土层疏干排水造成地面沉降;特别是兴建水利工程,造成土地淹没、盐渍化、沼泽化,甚至造成库岸滑坡、水库地震等。

1.2 矿 物

自然界中已发现的矿物约有 3000 种,其中能够组成岩石的矿物称为造岩矿物。在岩石中经常出现、明显影响岩石性质、对鉴别岩石种类起重要作用的矿物称为主要造岩矿物,约有 20~30 种。

1.2.1 矿物的形态及主要物理性质

矿物的形态及主要物理性质是肉眼鉴别矿物的重要依据。

1. 矿物的形态

1) 结晶质矿物与非晶质矿物

绝大多数造岩矿物呈固态,固态矿物中大多数为结晶质,少数为非晶质。

结晶质矿物的内部质点(原子、分子或离子)在三维空间呈有规律的周期性排列,形成空间结晶格子构造。因此,在一定条件下,每种结晶质矿物都具有固定的规则几何外形,这就是矿物的固有形态特征。具有良好固有形态的晶体称为自形晶或单晶体。在自然界中,这种自形晶较少见到,因为在晶体生长过程中,受生长速度和周围自由空间环境的限制,晶体发育不良,形成了不规则的外形,称为他形晶,而岩石中的造岩矿物多为粒状他形晶的集合体。

非晶质矿物的内部质点排列没有规律性,故不具有规则的几何外形。非晶质矿物有玻璃质和胶体质两类。前者是高温熔融体迅速冷凝而成,如火山喷出的岩浆迅速冷凝而成的黑曜岩中的矿物;后者是由胶体溶液沉淀或干涸凝固而成,如硅质胶体溶液沉淀凝聚而成的蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

2) 矿物的形态

常见的单晶体矿物形态有:

- (1) 片状、鳞片状:如云母、绿泥石等。
- (2) 板状:如斜长石、板状石膏等。
- (3) 柱状:如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等。
- (4) 立方体状:如岩盐、方铅矿、黄铁矿等。
- (5) 菱面体状:如方解石等。
- (6) 菱形十二面体状:如石榴子石等。

常见的矿物集合体形态有：

(1) 粒状、块状、土状：矿物晶体在空间三个方向上接近等长的他形集合体。当颗粒边界较明显时称为粒状，如橄榄石等；若肉眼不易分辨颗粒边界的称为块状，如石英等；疏松的块状可称为土状，如高岭土等。

(2) 鲕状、豆状、葡萄状、肾状：矿物集合体呈具有同心构造的球形。像鱼卵大小的称为鲕状，如方解石等；近似黄豆大小的称为豆状，如赤铁矿等；不规则的球形体可称为葡萄状与肾状。

(3) 纤维状：如石棉、纤维石膏等。

(4) 钟乳状：如方解石、褐铁矿等。

2. 矿物的光学性质

1) 颜色

矿物的颜色是矿物对光线吸收和反射的物理性能。颜色是由矿物的化学成分和内部结构决定的。例如黄铁矿是铜黄色；橄榄石为橄榄绿色。由于矿物是天然生成的，很容易混入其他杂质，从而改变了矿物固有的颜色。例如，纯质石英是无色透明的，当含有不同杂质时可出现乳白、紫红、烟黑等颜色。矿物固有的颜色称作自色，可用作鉴别矿物的特征；杂质染出的颜色称作他色，不可作为鉴别矿物的依据。

2) 条痕

矿物粉末的颜色称条痕。一般是把矿物在白色瓷板上擦划来观察擦下来的矿物粉末的颜色。大多数浅色矿物的条痕是无色或浅色的，某些深色矿物的条痕与颜色相同，这些矿物的条痕对鉴别矿物无用。只有矿物的条痕与其颜色不同的某些深色矿物才是有用的鉴别矿物的特征。例如，角闪石为黑绿色，条痕为淡绿色；辉石为黑色，条痕为浅棕色；黄铁矿为铜黄色，条痕为黑色等。

3) 光泽

矿物表面反射光线的能力称为光泽。根据矿物反射光线的强弱程度，可分为下列几种：

(1) 金属光泽：反光强烈，光辉闪耀，如方铅矿、黄铁矿等。

(2) 半金属光泽：反光较强，如磁铁矿等。

(3) 非金属光泽：多数造岩矿物为透明或半透明的，它们的光泽常见的有以下几种。

① 金刚光泽：反光较强，如金刚石等。

② 玻璃光泽：近似一般平面玻璃的反光，如石英晶面、长石等。

③ 油脂光泽：如同涂上一层油脂后的反光，如石英断口上的光泽等。

④ 珍珠光泽：如同珍珠表面或贝壳内面出现的乳白彩光，如白云母薄片等。

⑤ 丝绢光泽：出现在纤维状集合体矿物的表面光泽，如石棉、绢云母、纤维石膏等。

⑥ 土状光泽：矿物表面反光暗淡，如高岭石等。

4) 透明度

矿物能够被光线穿透的程度称为透明度。矿物吸收、反射光线的能力愈强，透明度愈差。根据矿物的透明度可将矿物分为透明的、半透明的和不透明的三大类。例如，纯净的石英单晶体和纯净方解石组成的冰洲石为透明矿物；多数造岩矿物为半透明矿物，如一般石英集合体、滑石等；金属矿物则为不透明矿物，如黄铁矿、方铅矿、磁铁矿等。观察矿物透明度应注意同等厚度条件，肉眼观察可在矿物碎片边缘进行。

3. 矿物的力学性质

1) 硬度

矿物抵抗外力机械刻划和摩擦的能力称为硬度。目前广泛采用对比摩氏硬度计(表 1-1)中十种已确定硬度的矿物, 确定待定矿物硬度的相对硬度法。例如, 经过用小刀刻划矿物表面试验, 石墨的硬度与滑石接近, 可定为 1 度; 云母的硬度介于石膏和方解石之间, 可定为 2~3 度等。

表 1-1 摩氏硬度计硬度表

硬度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

2) 解理

矿物晶体在外力敲击下, 沿一定晶面方向裂开的性能, 裂开的晶面一般平行成组出现, 称为解理面。根据解理发育程度不同, 可分为:

(1) 极完全解理: 矿物容易沿一组解理面裂成薄片, 如云母。

(2) 完全解理: 矿物容易沿三组解理面方向裂成块状或板状, 如方解石破裂成菱形六面体。

(3) 中等解理: 矿物沿二组解理面方向裂成板状或柱状, 如长石裂成板状、角闪石裂为长柱状。

(4) 无解理: 肉眼不易看到解理面, 如橄榄石; 或实际上没有解理面, 如单晶体石英等。

3) 断口

实际上没有解理面的矿物, 在外力敲击下, 可沿任意方向发生无规则断裂破碎, 其断裂面称为断口。断口形状各异, 例如石英的贝壳状断口, 其他还有参差状断口、锯齿状断口和平坦状断口等。

1.2.2 主要造岩矿物及其鉴定特征

常见的造岩矿物及其物理性质见表 1-2。

表 1-2 常见造岩矿物物理性质简表

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				主要鉴定特征
		颜色	光泽	硬度	解理、断口	
石英 SiO_2	六棱柱状或双锥状、粒状、块状	无色、乳白色或其他色	玻璃光泽、断口为油脂光泽	7	无解理, 贝壳状断口	形状, 硬度
正长石 KAlSi_3O_8	短柱状、板状、粒状	肉色、浅玫瑰色或近于白色	玻璃光泽	6	二向完全解理, 近于正交	解理, 颜色

(续)

矿物名称及化学成分	形 状	物 理 性 质				主要鉴定特征
		颜色	光泽	硬度	解理、断口	
斜长石 $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	长柱状、 板条状	白色或 灰白色	玻璃光泽	6	二向完全 解理, 斜交	颜色, 解理 面有细条纹
白云母 $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	板状、片 状	无 色、 灰白至浅 灰色	玻 璃 或 珍珠光泽	2~3	一向极完 全解理	解理, 薄片 有弹性
黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3$ $(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	板状、片 状	深 褐、 黑绿至黑 色	玻 璃 或 珍珠光泽	2.5~3	一向极完 全解理	解 理, 颜 色, 薄 片 有 弹性
角闪石 $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})$ $[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$	长柱状、 纤维状	深 绿 至 黑色	玻璃光泽	5.5~6	二向完全 解理, 交角 近 56°	形状, 颜色
辉石 $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})$ $[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	短柱状、 粒状	褐 黑、 棕黑至深 黑色	玻璃光泽	5~6	二向完全 解理, 交角 近 90°	形状, 颜色
橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$	粒状	橄榄绿、 淡黄绿色	油脂 或 玻璃光泽	6.5~7	通常无解 理, 贝壳状 断口	颜色, 硬度
方解石 CaCO_3	菱面体、 块状、粒状	白、灰白 或其他色	玻璃光泽	3	三向完全 解理	解 理, 硬 度, 遇盐酸强 烈起泡
白云石 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	菱面体、 块状、粒状	灰 白、 淡 红 或 淡 黄色	玻璃光泽	3.5~4	三向完全 解理, 晶面 常弯曲呈 鞍状	解 理, 硬 度, 晶 面 弯 曲, 遇盐酸起 泡微弱
石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	板状、条 状、纤维状	无色、白 色或灰白色	玻 璃 或 丝绸光泽	2	一向完全 解理	解理、硬度
高岭石 $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	鳞片状、 细粒状	白、灰白 或其他色	土状光泽	1	一向完全 解理	性 软, 粘 舌, 具可塑性
滑石 $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$	片状、块 状	白、淡 黄、淡绿或 浅灰色	蜡 状 或 珍珠光泽	1	一向完全 解理	颜 色, 硬 度, 触摸有滑 腻感
绿泥石 $(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})$ $[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$	片状、土 状	深绿色	珍珠光泽	2~2.5	一向完全 解理	颜色, 薄片 无弹性有挠性