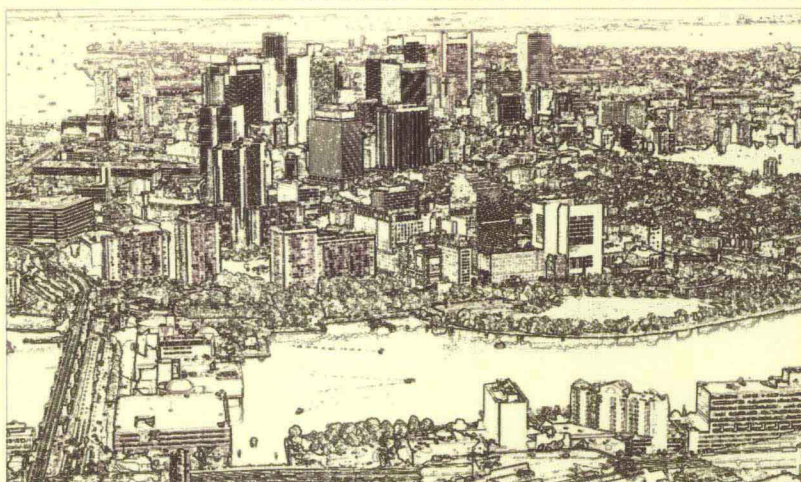


普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

土木工程 地质

于林平 主编

EDUCATION



免费电子课件

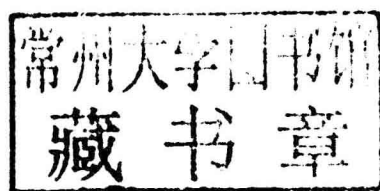


机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

土木工程地质

主 编 于林平
副主编 张彩霞 高凌霞
参 编 刘 峰 薄金猛



机械工业出版社

工程地质学是运用地质学的原理来解决工程实践中遇到的工程地质问题。本书分两部分,第一部分系统地阐述了地质学的基础理论,包括岩石、第四纪沉积土、地质构造、地下水;第二部分主要讲述工程地质理论,包括不良地质现象、不同工程的工程地质问题、工程地质勘察。为便于学生自学和总结,每章后附有小结和思考题。为便于实验和实践教学,附录 A 为土木工程地质实验指导书,附录 B 为与工程地质相关的案例。

本书可作为土木工程、交通工程、测绘工程、城市规划、资源勘查工程、采矿工程等专业本科生开设土木工程地质或工程地质学课程的教材,也可作为从事工程地质、岩土工程实际工作的工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程地质/于林平主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 7

普通高等教育“十二五”土木工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-42370-6

I. ①土… II. ①于… III. ①土木工程—工程地质—高等学校—教材

IV. ①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 092241 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:马军平 责任编辑:马军平 李 帅

版式设计:常天培 责任校对:张玉琴

封面设计:张 静 责任印制:张 楠

涿州市京南印刷厂印刷

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·14.75 印张·365 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-42370-6

定价:29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

世界上任何建筑物都是修建在地表或地表下一定深度范围的岩土体中，作为建筑结构、建筑材料和建筑环境的工程岩土体的物理力学性质及其稳定性，会直接影响到拟建建（构）筑物的安全、稳定和正常使用。因此，在建筑物设计和施工前，必须通过工程地质勘察调查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、地下水和不良地质现象等工程地质条件，预测和论证可能发生的工程地质问题并采取必要防治措施，以确保建筑物的安全、稳定和正常运行。

本教材是编者根据多年从事工程地质的教学经验，在充分吸收和借鉴近年来出版的相关教材的优点、适当反映工程地质学科取得的新成果的基础上编写而成的。编写力求做到概念清晰、结构严谨、系统全面、内容精炼。全书共分两部分，第一部分系统地阐述了地质学的基础理论，包括岩石、第四纪沉积土、地质构造、地下水；第二部分主要讲述工程地质理论，包括不良地质现象、不同工程的工程地质问题、工程地质勘察。为便于学生自学和总结，每章后附有小结和思考题。为便于实验和实践教学，附录 A 为土木工程地质实验指导书，附录 B 为与工程地质相关的案例。

本书由大连海洋大学于林平担任主编，张彩霞，高凌霞任副主编。编写分工如下：绪论及第 4、6 章由于林平编写，第 1~3 章由张彩霞编写，第 5、7 章由高凌霞编写，附录 A 由刘峰编写，附录 B 由薄金猛编写。全书由于林平统编定稿。

在本书编写过程中，参考了已出版的教材、专著和规范的内容，在此对上述资料的作者表示衷心感谢！最后向所有支持和帮助本书编写与出版的同行、专家表示诚挚的感谢！

由于编者能力和水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者指正。

编 者

目 录

前言		
绪论	1	
本章小结	4	
复习思考题	4	
第1章 岩石	5	
1.1 地球概论	5	
1.2 矿物	8	
1.3 岩浆岩	14	
1.4 沉积岩	21	
1.5 变质岩	29	
1.6 岩石的工程性质	36	
1.7 岩石的工程分类	42	
本章小结	45	
复习思考题	45	
第2章 第四纪沉积土	47	
2.1 地质年代	47	
2.2 第四纪地质概述	50	
2.3 第四纪沉积土	52	
2.4 主要特殊土及其工程性质	65	
本章小结	72	
复习思考题	72	
第3章 地质构造	73	
3.1 地壳运动	73	
3.2 地质构造	74	
3.3 岩层产状与地层接触关系	94	
3.4 地质构造与土木工程建设的关系	98	
3.5 地质图	100	
本章小结	107	
复习思考题	107	
第4章 地下水	108	
4.1 概述	108	
4.2 地下水的类型	109	
4.3 地下水的性质	118	
4.4 地下水的运动规律	123	
4.5 地下水与工程建设的关系	125	
本章小结	131	
复习思考题	131	
第5章 不良地质现象	133	
5.1 概述	133	
5.2 滑坡	133	
5.3 崩塌	142	
5.4 泥石流	147	
5.5 地震	150	
5.6 岩溶	158	
本章小结	163	
复习思考题	163	
第6章 不同工程的工程地质问题	165	
6.1 概述	165	
6.2 建筑工程的主要地质问题	165	
6.3 道桥工程的主要地质问题	170	
6.4 港口工程的主要地质问题	171	
6.5 水利工程的主要地质问题	173	
6.6 地下工程的主要地质问题	175	
本章小结	176	
复习思考题	176	
第7章 工程地质勘察	177	
7.1 概述	177	
7.2 工程地质勘察的目的与任务	177	
7.3 工程地质测绘	182	
7.4 工程地质勘探	185	
7.5 工程地质测试	190	
7.6 现场监测	196	
7.7 工程地质勘察报告	197	
本章小结	199	
复习思考题	199	
附录	200	
附录A 土木工程地质实验指导书	200	
附录B 工程案例	216	
参考文献	232	

绪 论

工程地质学是运用地质学的原理解决土木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勘察调查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、地下水和不良地质现象等工程地质条件,预测和论证可能发生的工程地质问题并采取必要防治措施,以确保建筑物的安全、稳定和正常运行。

1. 地质学与工程地质学

工程地质学是地质学的重要分支学科,地质学是关于地球的科学。它研究的对象主要是固体地球的表层,主要有以下方面内容:① 研究组成地球的物质,涉及矿物学、岩石学等分支学科;② 阐明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,涉及构造地质学、区域地质学、地球物理学等分支学科;③ 研究地球的历史以及栖居在地质时期的生物及其演变,如古生物学、地史学、岩相古地理学等分支学科;④ 地质学的研究方法手段,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防灾问题。工程地质学主要有两大分支:一是以地质学理论和方法指导人们寻找各种矿产资源,如矿床学、煤田地质学、石油地质学等;二是运用地质学理论和方法研究工程地质条件,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,这就是工程地质学。

工程地质学是服务于工程建设的应用学科,防灾减灾是工程地质学的主要任务之一。工程地质学在工程建设中应用非常广泛,早在 20 世纪 30 年代就获得迅速发展而成为一门独立的学科。我国工程地质学的发展始于建国初期,经过多年的努力,不仅能适应国内建设的需要并开始走向世界,建立了具有我国特色的学科体系。

2. 工程地质学的作用与任务

工程地质学在土木工程建设与人类生产生活中发挥着重要作用,各类土木工程,如建筑工程、铁路工程、公路工程、桥梁工程、隧道工程、机场港口工程、水利水电工程等,无论是地表还是地下的工程建设常常遇到各种各样的自然条件和工程地质问题,如青藏铁路(见图 1)、青藏铁路、成昆铁路等均以工程地质条件复杂而闻名于世,这些工程因为成功解决了各种复杂的工程地质问题而获得举世公认。大量工程经验表明,重视工程地质工作,工



图 1 青藏铁路

程建筑的施工、运营就有保证。反之,则会给工程建设带来影响,严重时可能酿成工程灾害。为此,工程建设实践中,只有处理好工程建设与工程地质条件的相互关系,才能保障工程设施的稳定与安全。

工程地质学研究的基本任务可归纳为三方面:①区域稳定性研究与评价,是指由内力地质作用引起的断裂活动,地震对工程建设地区稳定性的影响;②地基稳定性研究与评价,是指地基的牢固、坚实性;③环境影响评价,是指人类工程活动对环境造成的影响。

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兴建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;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。

3. 工程地质学的研究内容与研究方法

人类的工程实践活动都是在一定的工程地质条件下进行的,研究人类工程实践活动与工程地质条件之间的关系,解决工程建设中遇到的各类工程地质问题,保证工程建筑安全、经济、稳定是工程地质学的基本研究内容。

工程地质条件是指工程建设所在地区地质环境各项因素的综合。这些因素包括:

1) 地层岩性。它是最基本的工程地质因素,包括其成因、时代、岩性、产状、成岩作用特点、变质程度、风化特征、软弱夹层和接触带以及物理力学性质等。

2) 地质构造。它也是工程地质研究的基本对象,包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。地质构造,特别是形成时代新、规模大的优势断裂,对地震等灾害具有控制作用,因而对建筑物的安全稳定、沉降变形等具有重要意义。

3) 水文地质条件。它是重要的工程地质因素,包括地下水的成因、埋藏、分布、动态和化学成分等。

4) 不良地质现象。它是现代地表地质作用的反映,与建设区域地形、气候、岩性、构造、地下水和地表水作用密切相关,主要包括滑坡、崩塌、岩溶、泥石流、河流冲刷与沉积等,对评价建筑物的稳定性和预测工程地质条件的变化意义重大。

5) 地形地貌。地形是指地表高低起伏状况、山坡陡缓程度与沟谷宽窄及形态特征等,地貌则说明地形形成的原因、过程和时代。平原区、丘陵区 and 山区的地形起伏、土层厚薄和基岩出露情况、地下水埋藏特征和地表地质作用现象都具有不同的特征,这些因素都直接影响到建筑场地和线路的选择。

工程地质问题是指已有的工程地质条件在工程建设和运行期间发生一些新的变化和发展,产生了影响和威胁工程建筑安全的地质问题。由于工程地质条件复杂多变,不同工程对工程地质条件的要求又不尽相同,所以工程地质问题是多种多样的。就土木工程而言,主要的工程地质问题包括:

1) 地基稳定性问题。它是建筑工程的主要工程地质问题,它包括强度和变形两个方面。此外岩溶、土洞等不良地质作用和现象都会影响地基稳定。铁路、公路等工程建筑则会遇到路基稳定性问题。

2) 斜坡稳定性问题。自然界的天然斜坡是经受长期地表地质作用达到相对协调平衡的产物, 人类工程活动尤其是道路工程需开挖和填筑人工边坡(路堑、路堤、堤坝、基坑等), 斜坡稳定对防止地质灾害发生及保证地基稳定十分重要。斜坡地层岩性、地质构造特征是影响其稳定性的物质基础, 风化作用、地应力、地震、地表水和地下水等对斜坡软弱结构面的作用往往破坏斜坡稳定, 而地形地貌和气候条件是影响其稳定的重要因素。

3) 围岩稳定性问题。地下工程被包围于岩土介质(围岩)中, 在开挖和建设过程中破坏了地下岩体原始平衡条件, 便会出现一系列不稳定现象, 常遇到围岩塌方、地下水涌水等。一般在工程建设规划和选址时要进行区域稳定性评价, 研究地质体在地质历史中受力状况和变形过程, 做好山体稳定性评价, 研究岩体结构特性, 预测岩体变形破坏规律, 进行岩体稳定性评价以及考虑建筑物和岩体结构的相互作用。

4) 区域稳定性问题。地震、震陷和液化以及活断层对工程稳定性的影响, 如2008年汶川地震、2011年日本大地震等对各类建筑设施产生了严重破坏。对于大型水电工程、地下工程以及建筑群密布的城市地区等, 区域稳定性问题是需要首先论证的问题。

工程地质学在工程规划、设计以及在解决各类工程建筑物的具体问题时必须开展详细的工程地质勘察工作, 目的是为了取得有关建筑场地工程地质条件的基本资料 and 进行工程地质论证, 工程地质勘察是工程地质学重要的研究手段。

工程地质学的研究对象是复杂的地质体, 所以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。地质分析法是工程地质学基本研究方法, 也是进一步定量分析评价的基础。地质分析法以查明建筑区工程地质条件的形成和发展, 以及它在工程建筑物作用下的发展变化为目的, 以地质学和自然历史的观点分析研究周围其他自然因素和条件, 了解在历史过程中对它的影响和制约程度, 认识它形成的原因和预测其发展趋势和变化。在定性分析的基础上某些工程地质问题还需进行定量预测和评价, 在阐明主要工程地质问题形成机制的基础上, 建立模型进行计算和预测, 如地基稳定性分析、地面沉降量计算、地震液化可能性计算等。当地质条件十分复杂时, 还可根据条件类似地区已有资料对研究区域的工程地质问题进行定量预测, 这就是采用类比法进行评价。采用定量分析方法论证地质问题时需要采用实验、测试以及长期观测等方法, 即通过室内或野外现场试验, 取得所需要的岩土的物理性质、水理性质、力学性质等数据资料。综合应用上述定性分析和定量分析方法, 才能取得可靠的结论对可能发生的工程地质问题制定出合理的防治对策。

4. 本课程的内容与学习要求

本课程是土木工程相关专业的专业基础课程, 也是一门重要的技术基础课程。课程内容十分丰富、涉及面很广。本书着重介绍土木工程相关专业所涉及的工程地质学基本理论和基本知识, 其主要内容包括矿物岩石、第四纪地质概述与第四纪沉积物、地质构造、地下水、不良地质现象、工程地质问题和工程地质勘察等。

本课程的基本学习要求是: 系统学习和掌握工程地质学的基础知识和理论; 了解工程地质勘察的基本内容、工作方法; 正确运用勘察数据和资料进行设计与施工, 以及依据工程地质勘察成果进行一般的工程地质问题分析和采取处理措施。

本章小结

工程地质学是地质学重要分支学科，是服务于工程建设的应用学科。工程地质学研究人类工程实践活动与工程地质条件之间的关系，解决工程建设中遇到的各类工程地质问题。防灾减灾是工程地质学的根本任务。工程地质勘察是工程地质学的重要研究方法和技术手段。其目的是查明建设场地的基本工程地质条件并进行工程地质评价。

复习思考题

1. 试述工程地质学与地质学的关系。
2. 试述工程地质学的作用与任务。
3. 什么是工程地质条件和工程地质问题？它们具体包括哪些因素和内容？

第 1 章 岩 石

1.1 地球概论

地球的形状和地表形态既是其内部物质状态及其运动的结果，又受到地球表层的水和大气的运动以及生物生命活动的影响，经卫星测定，地球是一个“梨状体”，其南极内凹、北极外凸。资料记载的地球有关数据如下：

赤道半径为 6378.16km 极半径为 6356.76km

扁平率为 $1/298.25$ 体积为 $1.0820 \times 10^{12} \text{km}^3$

质量约为 $5.98 \times 10^{21} \text{t}$ 平均半径为 6371.229km

1.1.1 地球的层圈构造

地球是一个演化的行星，从原始物质均一的球体，经分异演化成为具有层圈构造的行星。地球划分为外圈层和内圈层，外圈层包括大气圈和水圈、生物圈；内圈层包括地壳、地幔和地核，内圈层各层之间的化学成分差异显著。

1. 外部圈层

(1) 大气圈 大气圈是地球以外的空间，它提供生物需要的二氧化碳和氧气，对地貌形态变化起着极大的影响。

1) 大气的成分。主要由氮气和氧气、二氧化碳及少量的水蒸气等多种气体组成，总质量约为 5000 多亿 t，其中氮气约占空气总容积的 78%，氧气约占 21%。

2) 大气圈的分层。地球大气圈的厚度为 2000 ~ 3000km，按距离地球表面的远近划分为对流层（到 16 ~ 18km）、平流层（到约 50km 高空）、中间层（到约 85km 高空）、热层（到 500 ~ 800km 高空）、散逸层。风、霜、雨、雪、云雾、冰雹等变化多端的大气现象都发生在对流层内。平流层中存在大量臭氧，它对太阳辐射紫外线的强烈吸收构成了对生物的有效天然保护。

(2) 水圈 地球的水是由地球诞生初期弥漫在大气层中的水蒸气慢慢凝结形成的，由地球上广泛分布的江河湖海及地下水组成。水圈为动物、植物、微生物所存在和活动的空间提供了必不可少的条件。水在运动的过程中与地表岩石相互作用，作为一种最活跃的地质营力促进各种地质现象的发育，大陆降水是改变地貌的强大动力因素之一。水圈主要包括：

1) 海洋。海洋的面积约占地球表面积的 71%，海洋水约占地球总水量的 97.3%。

2) 陆地水。以冰川水为主，分布在高山和两极地区，其余的陆地水分布在湖泊、江河、沼泽和地壳岩土体的空隙中。

(3) 生物圈 地球表面凡是有生命活动的范围称为生物圈，生物包括动物、植物、微生物。生物在其生命活动过程中，通过光合作用、新陈代谢等方式，形成一系列生物地质作用，从而改变地壳表层的物质成分和结构。生物活动成为改造大自然的一个积极因素，同时生物的繁殖活动和生物遗体的堆积为形成有用矿物提供了物质基础。

2. 内部圈层

根据对地震资料的研究,发现地球内部地震波的传播速度在两个深度上作跳跃式的变化,反映出地球内部物质以这两个深度作为分界面,上下有显著不同,上分界面称“莫霍面”,下分界面称“古登堡面”。据这两个分界面,把地球内部构造分为地壳、地幔、地核三个圈层(见图1-1),其各层化学成分、密度、压力、温度等都不同,具有同心圆状的圈层构造,同类的物质大致位于相同的深度。

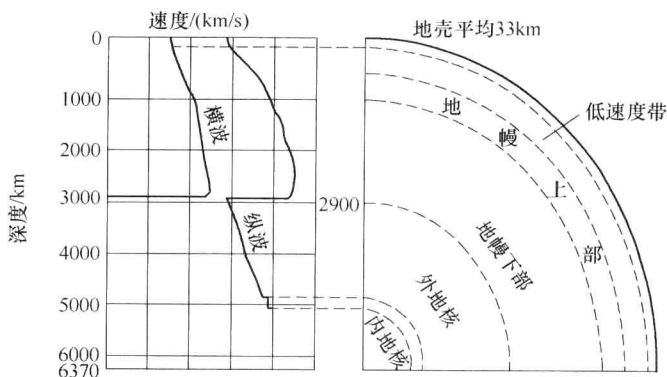


图 1-1 地球的圈层构造

(1) 地壳 (0 ~ 33km) 由于元素衰变、外界行星撞击等引起地球的平均温度高达 2000℃,导致地球内部大部分物质开始熔融,低熔点组分即较原始物质密度小者向上浮动,形成原始的地壳,地壳厚度极不均匀,大陆地壳平均厚度为 33km,我国青藏高原地壳厚度达 70km。大洋地壳平均厚度为 5 ~ 8km。地壳约占地球体积的 0.5%,质量占地球总质量的 0.8%。地壳由坚硬的岩层和岩层风化后所形成的土层组成。地壳的平均密度为 2.6 ~ 2.9g/cm³。组成地壳的物质主要是地球中比较轻的硅镁和硅铝等物质。地壳的上层为硅镁层,密度为 2.6 ~ 2.7g/cm³,下层为硅铝层,密度为 2.8 ~ 2.9g/cm³,地壳最薄处约 1.6km (在海底海沟沟底处),最厚处约 70km。地球形成至今有 45 亿 ~ 46 亿年的历史,其地壳部分是后来才形成的。按地壳中所含的放射性元素的衰减规律,目前测得的地壳年龄约为 38 亿年。人类的工程活动目前仍限制在地壳的范围之内。组成地壳的化学元素有百余种,但各元素的含量极不均匀,最主要化学元素见表 1-1。

表 1-1 组成地壳的化学元素

元 素	质量分数 (%)	元 素	质量分数 (%)	元 素	质量分数 (%)
O	46.95	Fe	5.17	Mg	2.06
Si	27.88	Ca	3.65	K	2.58
Al	8.13	Na	2.78	H	0.14

(2) 地幔 (33 ~ 2900km) 在地壳和地核之间是以硅、镁为主的地幔,约占地球体积的 83.3%,质量占 67.8%,是地球的主体部分,它主要由固体物质组成,根据地震波速的变化,分为上地幔和下地幔。上地幔的平均密度为 3.5g/cm³,上地幔的物质成分可能与陨石相当,它们是由含铁、镁的硅酸盐矿物组成,主要是橄榄质超基性岩石。上地幔 60 ~ 250km 存在一个不连续的地震波低速带,认为组成低速带的岩石有较大的塑性,也称软流层。按地

热增温率推算,软流层的温度可达 $700 \sim 1300^{\circ}\text{C}$,是高温熔融的岩浆发源地。软流圈以上的固体圈层(包括地壳及软流圈以上的上地幔部分)为岩石圈,它具有刚性特性。岩石圈因其下存在着温度高、塑性大的软流层而易于移动。按照地质学中的板块构造学说,地壳并非是一个整体,而是由若干块相互独立的巨大构造单元“拼凑”而成。这些巨大的构造单元被一些构造活动带和转换断层分割开来,彼此之间又分别以不同的速度向不同的方向在地幔软流层上缓慢漂移。这样的巨大构造单元也被称为板块。目前认为,对全球构造的基本格局起主导作用的有六大板块,它们分别是太平洋板块、欧亚板块、美洲板块、非洲板块、大洋洲板块和南极洲板块。地幔的下层为地表下 $1000 \sim 2900\text{km}$ 的范围,除硅酸盐外,主要是由铁镁氧化物和硫化物组成,物质密度也明显增大,密度达 $5.1\text{g}/\text{cm}^3$,一般认为它的化学成分与上地幔相似,物质呈固态,可能比上地幔含有更多的铁。

(3) 地核(大于 2900km) 铁占地球质量的 $1/3$,铁的熔化和下沉形成地核,按地震波波速的分布,可分为外地核、过渡层和内地核三层。

1) 外地核。地表以下 $2900 \sim 4642\text{km}$ 的范围,据推测可能是液态的,主要由熔融状态的铁、镍混合物及少量硅、硫等轻元素组成,平均密度约 $10.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。

2) 内地核。厚约 1216km ,主要成分是铁、镍等重金属及其氧硫化物,平均密度约 $12.9\text{g}/\text{cm}^3$,又叫铁镍核心,物质呈固体状态,地核的体积占地球的 16.2% ,质量却占地球质量的 31.3% 。

3) 过渡层。位于外、内核之间,厚约 515km ,物质状态从液态过渡到固态。

1.1.2 地质作用

地质作用是指作用于地球的自然力使地球的物质组成、内部构造和地表形态发生变化的作用。引起地质作用的自然力称为地质营力。依据能量来源的不同,地质作用分为两大类:内力地质作用与外力地质作用。

1. 内力地质作用

由地球的旋转能、重力能、化学能和结晶能等内能引起的整个岩石圈物质成分、内部构造、地表形态发生变化的地质作用称为内力地质作用。它包括地壳运动、地震作用、岩浆作用和变质作用四种主要类型。

(1) 地壳运动 引起地壳发生变形、变位等的内动力地质作用称为地壳运动,又称构造运动,按运动方向分为水平运动(平行地表或沿地球切线方向的运动)和垂直运动(垂直地表或沿地球半径方向的运动)。实际两种运动都是存在的,但以何种为主,则存在激烈的争论。板块构造观点认为,地壳的升(板块相撞)、降(板块拉张)是由于板块水平运动造成的,所以地壳运动以水平运动为主。而传统的固定论认为,海陆格局是固定的,其范围由于地壳的垂直运动而发生变化,升降基本在原地进行,所以地壳运动以垂直运动为主。

(2) 地震作用 地应力的突然释放使地壳产生快速颤动的地质作用称为地震作用,地震是地壳长期缓慢运动的结果,不易被人感觉到。关于地震将在第5章详细介绍。

(3) 岩浆作用 岩浆沿地壳软弱地带上升时发生的一系列物理和化学变化直至冷凝成岩的作用称为岩浆作用。岩浆冲破地壳,喷出地面称为喷出作用。若上升到地壳某一位置,侵入到围岩中的一系列过程称为侵入作用。

1) 喷出作用。火山喷发过程是火山释放物质和能量的过程。火山喷发是断断续续的,

喷发间隔长短也不一致。在人类历史上曾活动过的火山称为活火山,在人类历史上未喷发过的火山称为死火山。

2) 侵入作用。由侵入作用形成的岩浆岩体称为侵入岩体,分为深成侵入体和浅成侵入体两类。

(4) 变质作用 地壳中已经存在的岩石受温度、压力或化学流体的加入而改变其成分、结构和构造形成新的岩石的作用称为变质作用,关于变质作用在本章变质岩中将有详细介绍。

2. 外力地质作用

外力地质作用是指主要来自于地球之外,作用于地表及其附近使地表矿物和岩石遭破坏而形成新的岩石和矿物,同时也引起地表形态不断变化的地质作用,按其作用方式可分为:

(1) 风化作用 出露地表或接近地表的各种岩石,经长期的日晒雨淋,风化破坏,在原地逐渐地发生机械崩解或化学分解破碎,称为风化作用。

(2) 剥蚀作用 风、流水、冰川、湖海中的水在运动状态下对地表岩石、矿物产生破坏并把破坏的产物剥离原地的作用称为剥蚀作用。按动力来源,剥蚀作用分为风的吹蚀作用、流水的侵蚀作用、地下水的潜蚀作用、冰川的刨蚀作用。

(3) 搬运作用 先成岩石的风化产物,除一部分残留在原地外,大部分被流水、风等运动介质搬运到河、湖、海洋等低洼的地方沉积下来,成为松散的堆积物,即为搬运作用。

(4) 沉积作用 当搬运能力减弱或物理化学环境改变时,被搬运的物质逐渐沉积下来,形成沉积岩,即沉积作用。

(5) 成岩作用 松散的堆积物经过压密、胶结、重结晶等作用,形成坚硬的沉积岩。

内外力地质作用互有联系,但发展趋势相反,内力作用使地球内部和地壳的组成和结构复杂化,造成地表高低起伏;外力地质作用使地壳原有的组成和构造改变,夷平地表的起伏,向单一化发展。总的来说,内力作用控制着外力作用的过程和发展。

1.2 矿物

1.2.1 矿物的概念

矿物是组成岩石的基本物质,要认识岩石,就必须先认识矿物。矿物是指地壳中具有—定化学成分和物理性质的自然元素和化合物。地壳和地球内部有近百种元素,除少数以自然元素形式存在外,如金刚石(C)、硫黄(S)等,绝大多数以两种或多种元素组成化合物的形式存在,如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)等,自然界中已发现的矿物约有3300多种,其中能够组成岩石的矿物称为造岩矿物,通常主要造岩矿物只有100多种,而最常见的仅20~30种。矿物在自然界中绝大多数呈固态,如石英、正长石等,但也有少数液态矿物,如水银、石油、自然汞等,以及气态矿物,如天然气、碳酸气、硫化氢气等。

1.2.2 矿物的鉴定特征

由于每种矿物都具有其特定的内部构造,这就决定了各种矿物都具有其特定的外部形态和物理性质,因此在绝大多数情况下无须进行化学分析,仅根据其外部形态和主要物理性质

即可鉴定矿物。常用的矿物鉴定标志有以下几方面。

1. 矿物的形态

矿物的形态是指矿物的外形特征，一般包括矿物单体及同种矿物集合体的形态。矿物形态受其内部构造、化学成分和生成环境制约。

(1) 矿物单体形态

1) 固态矿物按其质点有无规则排列分为结晶质和非结晶质。造岩矿物绝大部分是结晶质，其基本特点是组成矿物的元素质点（离子、原子或分子）在矿物内部按一定的规律重复排列，形成稳定的结晶格子构造。具有结晶格子构造的矿物叫做结晶质。结晶质在生长过程中，若无外界条件限制、干扰，则可生成被若干天然平面所包围的固定几何形态。这种有固定几何形态的结晶质称为晶体，如食盐（NaCl）呈立方体（见图1-2），水晶呈六方柱和六方锥等。在结晶质矿物中，还可根据肉眼能否分辨而分为显晶质和隐晶质两类。非晶质矿物内部质点排列没有一定的规律性，所以外表就不具有固定的几何形态，如蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）、褐铁矿（ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）等。非晶质可分为玻璃质和胶质两类。

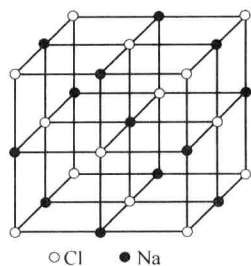


图1-2 食盐的晶体构造

2) 矿物的结晶习性。在相同条件下生长的同种晶粒，总是趋向于形成某种特定的晶形的特性叫做结晶习性。尽管矿物的晶体多种多样，但归纳起来，根据晶体在三度空间的发育程度不同，可分为以下三类：

① 一向延长。晶体沿一个方向特别发育，其余两个方向发育差，呈柱状、棒状、针状、纤维状等，如普通辉石、石英等（见图1-3c、d）。

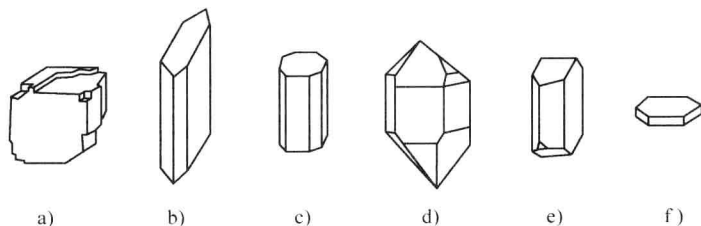


图1-3 矿物晶体

a) 食盐 b) 石膏 c) 普通辉石 d) 石英 e) 正长石 f) 云母

② 二向延长。晶体沿两个方向发育，其中相对两晶面，一个恰好是另一个的映像，或者一个正好相当于另一个旋转 180° 的位置，呈板状、片状、鳞片状等，如石膏、云母等（见图1-3b、f）。

③ 三向延长。晶体在三度空间发育，呈等轴状、粒状等，如石盐、正长石等（见图1-3a、e）。

(2) 矿物集合体形态 同种矿物多个单体聚集在一起的整体就是矿物集合体。矿物集合体的形态取决于单体的形态和它们的集合方式。集合体按矿物结晶粒度大小进行分类，肉眼可辨认其颗粒的叫做显晶质矿物集合体，肉眼不能辨认的则叫做隐晶质或非晶质矿物集合体。

显晶集合体形态主要有接触双晶、穿插双晶、粒状（如橄榄石等）、块状（如石英等）、片状（如云母、绿泥石等）、板状（如长石、板状石膏等）、纤维状（如石棉、纤维石膏等）、针状。

隐晶集合体可以由溶液直接沉积生成，主要形态有土状、钟乳状、笋状、球状、结核状、豆状。

自然界的矿物都是在一定的地质环境中形成的，随后因经受各种地质作用而不断地发生变化。每一种矿物只是在一定的物理和化学条件下才是相对稳定的，当外界条件改变到一定程度后，矿物原来的成分、内部构造和性质就会发生变化，形成新的次生矿物。地质学家不但把矿物看做是岩石的组成单元，而且把矿物看做是研究岩石生成环境和随后历史的一把重要钥匙。

2. 矿物的物理力学性质

不同的矿物具有不同的化学成分和内部构造，因此它们具有各不相同的物理力学性质。矿物的物理力学性质主要有颜色、条痕、透明度、光泽、硬度、解理及断口等。它们是鉴别矿物的主要特征。

（1）颜色 颜色是矿物对不同波长可见光吸收程度不同的反映。它是矿物最明显、最直观的物理性质，是肉眼鉴定矿物的重要依据。按成色原因分为自色、他色、假色。

1）自色。自色是矿物本身因成分、结构所决定的固有的颜色，颜色比较固定。自色具有鉴定意义，一般来说，含铁、锰多的矿物，颜色较深，多呈灰绿、褐绿、黑绿以至黑色；含硅铝钙等成分多的矿物，颜色较浅，多呈白、灰白、淡红、浅黄等各种浅色。

2）他色。他色是矿物混入了某些杂质所引起的，与矿物的本身性质无关。他色不固定，随杂质的不同而异。如纯净的石英晶体是无色透明的，混入杂质就呈紫色、玫瑰色、烟色等。由于他色不固定，对鉴定矿物没有很大意义。

3）假色。假色由于矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散射所引起的，如方解石解理面上常出现的日东月西，斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色。

（2）条痕色 条痕色是指矿物粉末的颜色，通常使用白色无釉瓷板摩擦时留下的痕迹，它可消除假色的干扰，是一种鉴别不透明矿物的主要标志。有些矿物的条痕色与其颜色相同，如孔雀石（鲜绿色）、自然金（金黄色）。另一些矿物的条痕色与颜色不同，如黄铁矿颜色为铜黄色，而条痕色为绿黑色。条痕色去掉了矿物因反向所造成的色差，增加了吸收率，扩大了眼睛对不同颜色的敏感度，因而比矿物的颜色更为固定，但只适用于一些深色矿物，对浅色矿物无鉴定意义。

（3）透明度 透明度是指矿物透过可见光波的能力，即光线透过矿物的程度，透明度受厚度影响，故一般以0.03mm的规定厚度作为标准进行对比，要使矿物样本具有相同的厚度。肉眼鉴定矿物时，据透光程度或矿物透明度的不同，一般可分成透明矿物（如水晶、冰洲石等）、半透明矿物（如滑石等）、不透明矿物（如黄铁矿、磁铁矿等）。这种划分无严格界限，鉴定时用矿物的边缘较薄处，并以相同厚度的薄片及同样强度的光源比较加以确定。

（4）光泽 矿物新鲜表面反射光线的能力称为光泽。它是鉴定矿物的重要标志之一。按其强弱程度可分为金属光泽（如黄铁矿）、半金属光泽（如磁铁矿）和非金属光泽。金属光泽，反光很强，犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼；半金属光泽，比金属的亮光弱，似未

磨光的铁器表面；非金属光泽表明矿物表面的反光能力较弱，是大多数非金属矿物（如石英、滑石等）所固有的特点。由于矿物表面的性质或矿物集合体的集合方式不同，非金属光泽又会呈现出以下不同特征：

- 1) 玻璃光泽。矿物表面与玻璃的反光相似，如长石、方解石解理面上呈现的光泽。
- 2) 油脂光泽。矿物表面好像涂了一层油脂一样，如石英断口上呈现的光泽。
- 3) 珍珠光泽。矿物表面像贝壳内珍珠层所呈现的光泽一样，如云母。
- 4) 丝绢光泽。矿物表面犹如丝绢反光，如石膏。
- 5) 土状光泽。矿物表面粗糙，无光泽，暗淡如土，如高岭石。

(5) 硬度 矿物抵抗外力摩擦和刻划的能力称为硬度。它是通过一种矿物与已知硬度的另一种矿物或物体互相刻划得出的。一般用摩氏硬度计来确定矿物的相对硬度。摩氏硬度计是从软到硬选用 10 种矿物的硬度分为 10 级，作为硬度对比的标准，用来对其他矿物进行互相刻划比较以确定矿物的相对硬度，见表 1-2。例如，将需要鉴定的矿物与摩氏硬度计中的方解石对刻，结果被方解石刻伤而自身又能刻伤石膏，说明其硬度大于石膏而小于方解石，在 2~3 之间，即可将该矿物的硬度定为 2.5。因此，摩氏硬度只反映矿物相对硬度的顺序，并不是矿物绝对硬度值，并不意味着硬度为 10 的矿物比硬度为 1 的矿物硬 10 倍。实际上金刚石的硬度要比石英硬 1000 倍，比刚玉硬 150 倍。

表 1-2 矿物硬度表

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

硬度是矿物的一个主要鉴别特征，不同的矿物由于其化学成分和内部构造不同而具有不同的硬度。在鉴别矿物的硬度时，应在矿物的新鲜晶面或解理面上进行。为了便于利用硬度这一鉴定标志，常用指甲（2~2.5）、铅笔刀（5~5.5）、玻璃（5.5~6）、铡刀刃（6~7）鉴别矿物的硬度。例如，在岩石中发现一些白色脉状矿物时，如果用小刀或铁钉能刻出白色刻痕，该矿物就是方解石，如果小刀刻不动则该矿物就是石英。

(6) 解理 矿物受敲击后，能沿一定的方向裂开成光滑平面的性质称为解理。裂开的光滑平面称为解理面。矿物晶体的这一性质，完全由其内部构造所决定，而与晶体外形无关。如方解石有菱面体、柱状体甚至完全不规则的晶体外形，但其解理同为菱面体。根据解理方向的多少，解理可以分为一组解理（如云母）、二组解理（如长石）和三组解理（如方解石）等。依照解理形成的难易和解理面的光滑程度，将矿物解理分为五级：

- 1) 极完全解理。矿物受敲击时，极易裂成薄片，解理面非常光滑，如云母、绿泥石等。
- 2) 完全解理。矿物受敲击时，裂成块状或板状，解理面平滑闪光，如方解石、岩盐等。
- 3) 中等解理。矿物被敲碎后，在其碎块上既有平滑的解理面，又可在另外方向上出现不规则的断裂面，如长石、角闪石等。
- 4) 不完全解理。矿物被敲碎后，很难发现解理面，其解理面须在碎块中仔细寻找，如磷灰石、橄榄石等。
- 5) 极不完全解理。这类矿物实际上不存在解理性质，所以被击碎的颗粒无解理，如磁

铁矿、刚玉等。

同一矿物的解理面方向和解理面的平滑程度总是相同的,其性质很固定,因此,解理是矿物的一个重要的鉴定特征。

(7) 断口 矿物受敲击后,不按一定方向裂开,而形成凹凸不平的断开面称为断口。矿物解理的完全程度和断口是相互消长的,解理完全时则不显断口,解理不完全时,则断口显著。常见的断口有贝壳状断口、锯齿状断口、土状断口等。

(8) 密度 矿物都有其特有的物质构成,因而各自具有不同的密度。如金刚石和石墨,前者的密度为 $3.47 \sim 3.65\text{g/cm}^3$, 后者的密度为 $2.09 \sim 2.23\text{g/cm}^3$ 。大多数的矿物密度为 $2.5 \sim 4\text{g/cm}^3$, 一般称密度小于 2.5g/cm^3 的矿物为轻矿物(如岩盐、石膏等),称密度大于 4g/cm^3 的为重矿物(如黄铁矿、磁铁矿等)。

(9) 其他性质

1) 磁性。磁性指矿物能被磁铁吸引的性质,如磁铁矿等具有磁性。

2) 电性。电性包括导电性与荷电性。导电性指矿物对电流有传导能力,如金属、黄铁矿、方铅矿、石墨等是电的良好导体;云母、石棉是电的不良导体,可用作绝缘材料;半导体材料如锗等被广泛用于电子工业中。荷电性是指矿物在外界能量的作用下,如摩擦、加热、加压等影响下发生带电的现象,如电气石、异极矿等在受热时一端带正电,另一端带负电。

3) 放射性。放射性指含铀(U)、钍(Th)、镭(Ra)等放射性元素矿物,因蜕变放出 α 、 β 、 γ 射线的性质。

4) 发光性。矿物在外加能量如紫外光和X射线等照射下,能发射可见光的性质称为发光性,如萤石在暗处发磷光,石钨矿在紫外光照射下发出荧光。

此外,部分矿物还具有可燃性(如煤、自然硫等)、味感(如岩盐等)、嗅味(如毒砂,用锤击有臭蒜味)、韧性(如软玉很难压碎)、挠性(如绿泥石、滑石等)、弹性(如云母等)、延展性(如自然金、自然银、自然铜等),有些矿物遇盐酸或硝酸起泡(如方解石等碳酸盐类矿物遇冷的稀盐酸起泡)等较特殊的性质,对鉴别某些矿物具有重要的意义。

3. 矿物的肉眼鉴定

对土木工程工作者而言,最基本的要求是用肉眼鉴定,借助小刀、瓷板和放大镜等简单工具,对各种矿物标本认真观察、仔细分析、相互比较、反复练习,在建立起对矿物外表特征感性认识的基础上,按如下步骤逐步缩小范围,确定矿物名称:首先观察矿物的光泽,是金属光泽还是非金属光泽,借以确定是金属矿物还是非金属矿物;其次确定矿物的硬度;再次是观察它的颜色;最后观察矿物的形态和其他物理性质。肉眼鉴定矿物的方法虽然比较粗糙,但利用此法可正确地鉴定很多常见的矿物。鉴别时应注意:抓住其主要特征;综合考虑颜色、晶形、光泽、硬度、解理等特征;考虑矿物生成条件及共生矿物。

三大类岩石(岩浆岩、沉积岩和变质岩)具体鉴定特征见表1-3。

表 1-3 岩浆岩、沉积岩和变质岩鉴定特征

野外特征		
岩 浆 岩	沉 积 岩	变 质 岩
1. 形成火山及各类熔岩流	1. 呈层状产出,并经历分选作用	1. 岩石中的砾石、化石或晶体受到了破坏