

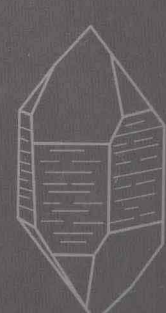
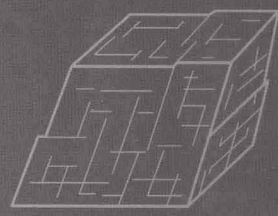
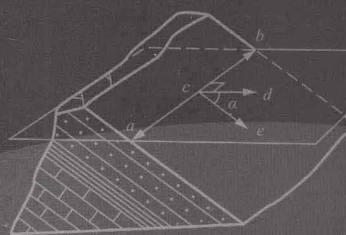
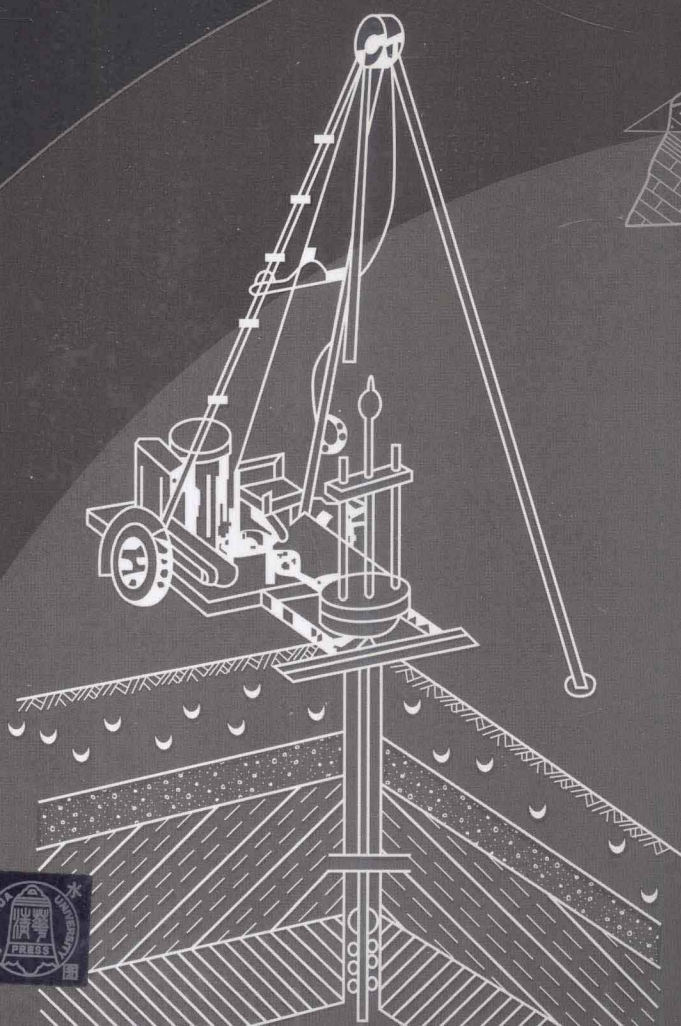


普通高等院校土木工程专业本科精品教材

# 工程地质

张茂花 主编

赵茂才 主审



清华大学出版社



普通高等院校土木工程专业本科精品教材

# 工程地质

张茂花 主编

清华大学出版社

## 内 容 简 介

本书系统地阐述了工程地质的基本原理、地质作用的基本规律、不良地质现象的防治、工程地质勘察的方法以及土木工程中的地质问题评价,为土木工程专业学生提供了必需的工程地质基础知识。

全书除绪论外共分八章,其中前五章包括造岩矿物与岩石、地质构造、外力地质作用、地貌、地下水等内容,属于基础地质部分;后三章包括常见的不良地质现象、工程地质勘察及其方法、工程勘察中的主要地质问题等内容,属于工程地质部分。

本书注重工程地质学科新成果的介绍,内容丰富、深入浅出、循序渐进、重点突出,而且每章均附有思考题,便于自学。

本书可作为高等院校土木工程专业的本科、专科教材,也可供土木工程相关专业的工程技术人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

工程地质/张茂花主编. —北京:清华大学出版社,2013.7

(普通高等院校土木工程专业本科精品教材)

ISBN 978-7-302-30565-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 261406 号

责任编辑:封秀敏

封面设计:张璐

责任校对:王瑶

责任印制:宋林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:天津泰宇印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185 mm×260 mm

印 张:15.75

字 数:373千字

版 次:2013年7月第1版

印 次:2013年7月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00元

产品编号:047543-01

# 前 言

由于我国幅员辽阔、地质条件复杂、岩土性质各异,因此在土木工程建设中经常会遇到各种各样的地质问题。土木工程地质的涉及范围相当广泛,例如建筑地基、选址选线、边坡与边岸、地下工程以及各类岩体工程等,都与工程地质条件密切相关。在土木工程行业中将工程地质勘察称为岩土工程勘察,可见工程地质在设计与施工中具有相当重要的地位。随着土木工程建设事业的发展,遇到的地质问题越来越复杂,因此,作为土木工程建设者,必须具备工程地质的基本知识,才能正确处理各类土木建设与工程地质条件相互关系的问题。

工程地质是土木工程专业的一门重要的专业基础课。通过本课程的学习能使学生系统地掌握工程地质的基础知识,了解土木工程建设中的各种工程地质现象和问题及其对土木工程的影响;了解各类工程所需的工程地质条件,对一般的工程地质问题能进行初步的分析、评价和处理;了解工程地质资料的获取方法,能正确提出工程地质勘察任务及要求,并运用勘察资料进行工程规划设计及指导施工。

本书除了对工程地质的一些基本理论和基础知识加以论述外,还对北方寒冷地区常见的地质现象,如冻土等进行了重点论述。全书除绪论外共包括八章内容,其中前五章内容属于基础地质部分,包括造岩矿物与岩石、地质构造、外力地质作用、地貌、地下水等;后三章内容属于工程地质部分,包括常见的不良地质现象、工程地质勘察及其方法、工程勘察中的主要地质问题等。

本书在编写过程中力求理论联系实际,尽量结合土木工程专业的需要,注重把地质学的知识应用到工程实践中去,强调地质学与工程学的结合,突出工程地质知识的实际应用。同时,本书参考了已经出版的有关岩土工程和工程地质的新标准和新规范,如《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)(2009版)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等。

本书主要用于高等院校土木工程专业以及相关专业的本科教学,不同的专业方向可以根据需要选择有关章节。考虑到与土力学等相关课程的分工和衔接,本书省略了许多定量计算内容,突出了本课程定性分析的特点。本书每章设有思考题,便于学生自学以更好地掌握所学内容。

本书编写分工如下:绪论、第2章、第4章、第5章由东北林业大学张茂花编写,第1章、第6章由中铁二十三局集团第二工程有限公司袁正国编写,第7章由东北林业大学于松楠编写,第3章、第8章由黑龙江东方学院贺文彪编写,全书由张茂花统稿。本书由哈尔滨工业大学赵茂才主审,并提出了许多宝贵意见。感谢研究生王宏光、刘亚静等同学在资料收集、图片处理和校稿过程中所做的工作。对于书中所引用文献和研究成果的众多作者,表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,书中疏漏或错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2013年6月

# 目 录

0	绪论	(1)
1	造岩矿物与岩石	(6)
1.1	造岩矿物	(6)
1.2	岩石	(12)
1.3	岩石的工程地质性质	(28)
2	地质构造	(37)
2.1	地质年代	(38)
2.2	地质构造	(43)
2.3	地质图	(65)
3	外力地质作用	(76)
3.1	风化作用	(76)
3.2	暂时性流水的地质作用	(86)
3.3	河流的地质作用	(89)
4	地貌	(95)
4.1	地貌概述	(96)
4.2	山岭地貌	(99)
4.3	平原地貌	(106)
4.4	河谷地貌	(108)
5	地下水	(114)
5.1	地下水概述	(115)
5.2	地下水的性质	(118)
5.3	地下水的类型	(123)
5.4	地下水对土木工程的影响	(135)
6	常见的不良地质现象	(141)
6.1	崩塌与岩堆	(141)
6.2	滑坡	(146)
6.3	泥石流	(155)
6.4	地震	(158)
6.5	冻土	(168)
6.6	岩溶	(176)
7	工程地质勘察及其方法	(183)
7.1	工程地质勘察概述	(183)
7.2	工程地质勘察的主要方法	(187)
7.3	工程地质勘察资料的整理	(219)

---

8 工程勘察中的主要地质问题 .....	(222)
8.1 公路勘察中的主要地质问题 .....	(222)
8.2 工业与民用建筑勘察中的主要地质问题 .....	(234)
附录 一般性地质符号 .....	(241)
参考文献 .....	(244)

# 0 绪 论

## 内容提要

- 掌握:地质作用的概念;  
地质环境的概念。
- 熟悉:内力作用的种类和含义;  
外力作用的方式和含义;  
工程地质学的概念、内容和基本任务。
- 了解:地球的构造;  
工程活动与地质环境的相互关系。

## 0.1 地球的构造

地球是太阳系的一个行星,它不是均质球体,而是具有圈层构造的椭球体。以地表为界,地球可分为内圈和外圈。地球的内圈根据物质成分、状态和性质的不同,一般分为地核、地幔和地壳三个圈层(图 0-1)。

地壳:由固体岩石构成,大陆厚 70 多 km,海洋仅 10 多 km,平均厚度 33 km。主要成分是硅铝层和硅镁层。

地幔:上地幔是熔融状态物质,可能是岩浆的发源地;下地幔主要由铁镁氧化物和硫化物组成。

地核:由液态外核和固态内核组成,主要成分是比重较大的铁和镍。

地球的外圈一般分为生物圈、水圈和大气圈三个圈层(图 0-2)。

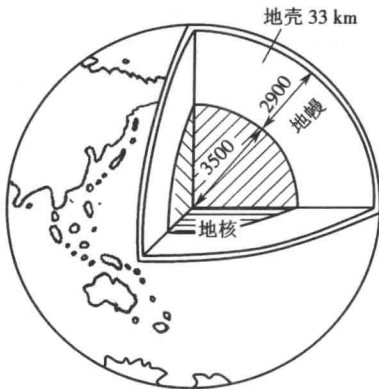


图 0-1 地球的内部分层构造

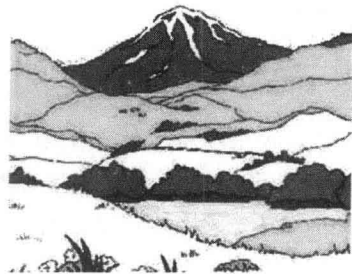


图 0-2 地球的外部分圈



大气圈:是地球以外的空间,提供生物需要的  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$ ,对地貌形态变化有极大的影响。

水圈:由地球上广泛分布的江河湖海及地下水组成。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作用促进各种地质现象的发育。

生物圈:是由生物及生命活动的地带所构成的范围,它渗透在水圈、大气圈下层和地壳表层的范围之中。生物通过新陈代谢方式,形成一系列生物地质作用,从而改变地表的物质成分和结构,是改造地表的主要动力之一。

## 0.2 地质作用

地球自形成以来,一直处于不停的运动和变化之中,从而引起地壳构造和地表形态不断地演变。在地质历史发展的过程中,促使地壳的组成物质、构造和地表形态不断变化的作用,统称为地质作用。按其动力来源的不同,地质作用可以分为内力地质作用和外力地质作用两大类。

### 0.2.1 内力地质作用

内力地质作用简称内力作用,是由地球内部的动力引起的,其能源主要来自地球的重力能、转动能以及放射性元素蜕变产生的热能等。内力作用包括以下几种。

(1)地壳运动:又称构造运动,是地壳的机械运动,会引起海陆变迁,产生各种地质构造。地壳运动按其运动方向,可以分为水平运动和垂直运动两种形式。伴随地壳运动,常发生地震、岩浆作用和变质作用。

(2)岩浆作用:是在地壳运动的影响下,地壳内部的岩浆向外部压力减小的方向移动,上升侵入地壳或喷出地面,冷却凝固形成岩石的过程。岩浆作用形成岩浆岩,并使围岩发生变质现象,同时引起地形改变。

(3)变质作用:是由于地壳运动、岩浆作用等引起物理和化学条件发生变化,促使岩石在固体状态下改变其成分、结构和构造的作用。变质作用形成各种不同的变质岩。

(4)地震:地球内部缓慢积累的能量突然释放而引起的地球表层的振动。地震是地壳快速振动的现象,是构造运动的一种表现形式。地壳运动和岩浆作用都能引起地震。

各种内力地质作用相互关联,地壳运动可以在地壳中形成断裂,引发地震,并为岩浆活动创造通道,而地壳运动和岩浆活动都可能引起变质作用。由此可见,地壳运动在内力地质作用中常起主导作用。

### 0.2.2 外力地质作用

外力地质作用简称外力作用,是由地球外部的动力引起的,其能源主要来自太阳的热能、太阳与月亮之间的引力能以及地球的重力能等。外力作用的方式,一般按风化→剥蚀→搬运→沉积→成岩的程序进行。

(1)风化作用:在温度变化、气体、水及生物等因素的综合影响下,使地表岩石发生破碎、分解的一种破坏作用。

(2)剥蚀作用:将岩石风化破坏的产物从原岩上剥离下来的作用,包括除风化作用以



外的所有方式的破坏作用,诸如河流、地下水、海洋、湖泊以及风等的破坏作用。

(3)搬运作用:岩石经风化、剥蚀破坏后的产物,被流水、风、冰川等介质搬运到其他地方的作用。

(4)沉积作用:被搬运的物质,由于搬运介质的搬运能力减弱,搬运介质的物理化学条件发生变化,或由于生物的作用,从搬运介质中分离出来,形成沉积物的过程。

(5)成岩作用:沉积下来的各种松散堆积物,在一定条件下,由于压力增大、温度升高,以及受到某些化学溶液的影响,发生压缩、胶结、重结晶等物理化学过程,使之固结成为坚固岩石的作用。

外力地质作用,一方面通过风化和剥蚀作用不断地破坏出露地面的岩石,另一方面又把高处剥蚀下来的风化产物通过流水等介质搬运到低洼的地方沉积下来,形成新的岩石。外力作用总的趋势是切削地壳表面隆起的部分,填平地壳表面低洼的部分,不断使地壳的面貌发生变化。

内力地质作用与外力地质作用紧密联系,相互影响。内力地质作用总的趋势是形成地壳表层的基本构造形态和地壳表面大型的高低起伏,而外力地质作用则是破坏内力地质作用形成的地形和产物,总是“削高填低”,形成新的沉积物,重塑地表形态。内力地质作用既起着改变外力地质过程的作用,同时又为外力作用的不断发展提供新的条件。地壳上升时,遭受剥蚀;地壳下降时,接受沉积。内、外力地质作用始终处于对立统一的发展过程中,成为促使地壳不断运动、变化和发展的基本力量。

### 0.3 工程活动与地质环境

工程活动是在一定的地质环境中进行,并以各种方式影响地质环境的人类活动。工程活动与地质环境两者之间有密切的关系,并且是相互影响、相互制约的。

工程地质条件,也称为地质环境,是场地岩土体的物质组成及工程性质、地质构造、地貌、水文地质、地质作用、自然地质现象、天然建筑材料等各项因素的总和。

(1)岩土的工程性质:是最基本的工程地质因素,包括它们的成因、年代、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:是工程地质工作研究的基本对象,包括褶皱、断层、节理构造的分布和特征。地质构造,特别是形成年代新、规模大的活动性断裂,对地震等灾害具有控制作用,因而对建筑物的安全稳定和沉降变形等具有重要影响。

(3)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、过程和年代。地形地貌影响着各类工程的布局,对工程建筑的质量和造价有直接的影响。

(4)水文地质条件:是重要的工程地质因素,包括地下水的成因、埋藏、分布、动态变化和化学成分等。

(5)地质作用:主要包括外力地质作用与内力地质作用,它们直接影响着其他各种地质环境要素的形成和发展。

(6)天然建筑材料:其分布、类型、品质、储量、开采及运输条件等对工程建设有重要影响。在工程建设过程中,按照就近取材的原则,合理地使用天然建筑材料,既可保证工程

质量又可降低工程造价。

地质环境对工程活动的制约是多方面的,可以影响工程建筑的工程造价与施工安全,也可以影响工程建筑的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时,忽视地质条件,可能引起大规模的崩塌或滑坡,不仅增加工程量、延长工期和提高造价,还会危及施工安全。又如,在岩溶地区修建水库,如不查明岩溶情况并采取适当措施,轻则蓄水大量漏失,重则完全不能蓄水,使构筑物不能正常使用。

工程活动也会以各种方式影响地质环境。如房屋引起地基土的压密沉降,桥梁使局部河段冲刷淤积发生变化等。又如,城市过量抽取地下水,可能导致大规模的地面沉降,而大型水库对地质环境的影响,则往往超出局部场地的范围而波及广大区域,在平原地区可能引起大面积的沼泽化,在黄土地区可能引起大范围的湿陷,在某些地区还可能诱发地震。

## 0.4 工程地质学

工程地质学是调查、研究、解决与各类工程建筑的设计和使用有关的地质问题的一门学科;换言之,工程地质学是研究工程活动与地质环境相互作用的一门学科。工程地质学是介于地质学和工程学之间的一门边缘交叉学科,也是将地质学的原理用于解决工程实际地质问题的一门学科。

工程地质学包括工程岩土学、工程地质分析、工程地质勘察三个基本部分,各部分都已形成独立的分支学科。工程岩土学的任务是研究土石的工程地质性质,研究这些性质的形成及其在自然或人类活动影响下的变化。工程地质分析的任务是研究工程活动的主要工程地质问题,研究这些问题产生的地质条件、力学机制及其发展演化的规律,以便正确评价和有效防治其不良影响。工程地质勘察的任务是探讨调查研究方法,以便有效查明有关工程活动的地质因素。

由于工程地质条件具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,研究这些规律和特点的分支学科称为区域工程地质学。随着生产的发展和研究的深入,一些新的学科已经形成,如环境工程地质、海洋工程地质、地震工程地质、铁路工程地质、工业与民用建筑工程地质等。

研究工程活动与地质环境之间的相互制约关系,以便做到既能使工程建筑安全、经济、稳定,又能合理地开发和保护地质环境,这是工程地质学的基本任务,而在大规模地改造自然环境的工程中,如何遵循地质规律,有效地改造地质环境,是工程地质学要面临的主要任务。

各项工程建设(包括道路、桥梁、工业与民用建筑、港口与码头、各种军事工程、地下工程建筑等)都修筑在地表或不太深的地下。地壳层的岩土常作为建筑物的地基、环境与材料。由于它们的成因、物质组成及分布规律不一,所受各种地质作用的影响不同,因此它们的强度和稳定性也不同,这就直接影响到建筑物的安全,而工程建筑物的施工和使用,又影响到地质因素的变化,使得建筑物的稳定性更加复杂化。因此,工程地质学主要是用来研究各种建筑区域的工程地质条件、解决工程地质问题以及工程活动对地质环境影响的学科。

## 0.5 本课程的主要内容及学习要求

工程地质学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门学科,其内容十分丰富,涉及面很广。本书重点介绍土木工程专业所涉及的工程地质学的基本理论和基本知识。为避免与有关课程重复并考虑土木工程专业教学计划中本课程的性质和学时,经精心编排,其主要内容包括:造岩矿物与岩石、地质构造、外力地质作用、地貌、地下水、常见的不良地质现象、工程地质勘察及其方法、工程勘察中的主要地质问题等。

工程地质学是土木工程专业的一门专业基础课,学习本课程的基本要求是:系统学习和掌握工程地质的基础知识和基本理论,能读懂一般的地质资料;根据地质资料在野外能辨认出常见的岩石和松散堆积物,并了解其主要的工程地质性质;能辨认基本的地质构造类型及明显、简单的地质灾害现象,并了解这些地质构造及不良地质现象对工程建设的影响,提出克服不良地质现象的工程措施;掌握最常见的各种工程地质问题的基本知识,能依据工程地质勘察成果进行一般的工程地质问题分析并采取处理措施;简单了解工程地质勘察的基本内容和方法,能正确提出勘察任务及要求,并运用勘察数据和资料进行设计与施工。

### 思考题

- 0-1 什么是地质作用?包括哪些类型?
- 0-2 内力地质作用包括哪些类型?哪种作用占主导地位?
- 0-3 外力地质作用包括哪些方式?按什么程序进行?
- 0-4 说明内力地质作用和外力地质作用的关系。
- 0-5 说明工程活动与地质环境之间的关系。
- 0-6 工程地质学的内容及任务是什么?

# 1 造岩矿物与岩石

## 内容提要

掌握:矿物的物理性质;

主要造岩矿物及鉴定特征;

三大类岩石的成因、物质组成、结构、构造、分类及肉眼鉴别;

影响岩石工程地质性质的因素。

熟悉:岩石的工程地质性质常用指标;

三大类岩石的工程地质性质评述;

矿物的形态。

## 1.1 造岩矿物

矿物是在地壳中天然形成的、具有一定化学成分和物理性质的自然元素和化合物。目前,人类已发现的矿物有 3000 多种,其中将构成岩石的主要成分、明显影响岩石性质、对鉴定岩石起重要作用的矿物称为造岩矿物。常见的主要造岩矿物有 30 余种。自然界的矿物按其成因可分为三种类型。

(1)原生矿物:指在成岩或成矿的时期内,从岩浆熔融体中经冷凝结晶过程所形成的矿物,如石英、长石等。

(2)次生矿物:指原生矿物遭受化学风化而形成的新矿物,如正长石经水解作用后形成的高岭石。

(3)变质矿物:指在变质作用过程中形成的矿物,如区域变质的结晶片岩中的蓝晶石等。

### 1.1.1 矿物的形态

矿物的形态是指矿物的外形特征。绝大多数矿物呈固态,只有极个别的矿物呈液态或气态,如自然汞(Hg)呈液态,天然气呈气态。大多数固体矿物是结晶质,少数为非晶质。结晶质矿物内部质点(原子、分子或离子)在三维空间有规律地重复排列,形成空间格子构造,如图 1-1 所示。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,如食盐的立方晶体、石英的六方双锥晶体等,如图 1-2 所示。

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。常见的非晶质矿物有玻璃质矿物和胶体矿物两类。例如,火山玻璃是高温熔融状的火山物质经迅速冷却而成,蛋白石是由硅胶凝聚而成。

结晶矿物由于化学成分不同、生成条件不同,故矿物单体的晶形千姿百态。常见的矿

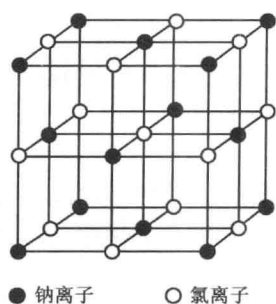


图 1-1 食盐晶体构造

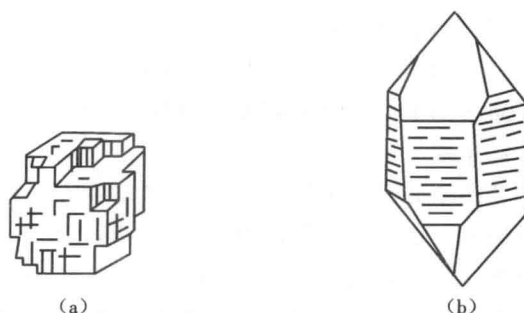


图 1-2 矿物晶体

(a) 食盐晶体; (b) 石英晶体

物单体形态有以下几种。

片状、鳞片状——如云母、绿泥石等。

板状——如斜长石、板状石膏等。

柱状——如角闪石(长柱状)、辉石(短柱状)等。

立方体状——如岩盐、方铅矿、黄铁矿等。

菱面体状——如方解石、白云石等。

同种矿物的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,分为显晶质矿物集合体、隐晶质矿物集合体和非晶质矿物集合体。常见的结晶质和非结晶质矿物集合体形态有以下几种。

粒状、块状、土状——矿物在三维空间接近等长的集合体。颗粒界限较明显的称粒状(如橄榄石等),颗粒界限不明显的称块状(如石英等),疏松的块状称土状(如高岭石等)。

鲕状、豆状、肾状——矿物集合体形成近圆球形的结合构造。如鱼卵大小的称鲕状(如方解石、赤铁矿等),有时呈现豆状、肾状(如赤铁矿等)。

纤维状——如石棉、纤维石膏等。

钟乳状——如方解石、黄铁矿等。

### 1.1.2 矿物的物理性质

矿物的物理性质包括颜色、条痕、光泽、透明度、硬度、解理、断口、密度等,这些物理性质都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所表现出来的结果,主要取决于矿物的化学成分和内部结构。按成色原因划分为自色、他色、假色。

(1) 自色是矿物本身固有的颜色,颜色比较固定,具有鉴定意义。一般来说,含铁、锰多的矿物,如黑云母、普通角闪石、普通辉石等,颜色较深,多呈灰绿色、褐绿、黑绿甚至黑色;含硅、铝、钙等成分多的矿物,如石英、长石、方解石等,颜色较浅,多呈白、灰白、淡红、淡黄等各种浅色。

(2) 他色是矿物混入了某些杂质所引起的,与矿物本身性质无关。他色不固定,随杂

质不同而异,对鉴定矿物没有太大意义。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。

(3)假色是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虹彩、斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色。

## 2. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色,一般指矿物在白色无釉瓷板(条痕板)上划擦时所留下的粉末痕迹色。条痕可消除假色,减弱他色,常用于矿物鉴定。例如,角闪石为黑绿色,条痕是淡绿色;辉石为黑色,条痕是浅绿色;黄铁矿为铜黄色,条痕是黑色。

条痕色去掉了矿物因反射造成的色差,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. 光泽

矿物新鲜表面反射光线的能力称为光泽。根据矿物平滑表面反射光的强弱,可分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。

(1)金属光泽:指矿物平滑表面反射光强烈闪耀,犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼,如金、银、方铅矿、黄铁矿等。

(2)半金属光泽:矿物表面反射光较强,但比金属的亮光弱,似未磨光的铁器表面,如磁铁矿等。

(3)非金属光泽:矿物表面的反光能力较弱,一般造岩矿物多呈非金属光泽,是大多数非金属矿物所固有的特点。根据反光程度和特征可划分为以下几种。

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珍珠光泽:光线在解理面间发生多次折射和内反射,在解理面上呈现的像珍珠一样的光泽,如白云母。

③丝绢光泽:纤维状或细鳞片状矿物,由于光的反射相互干扰,形成丝绢般的光泽,如纤维石膏和绢云母。

④油脂光泽:矿物表面不平,致使光线散射,好像涂了一层油脂一样,如石英断口上呈现的光泽。

⑤蜡状光泽:像石蜡表面呈现的光泽,如蛇纹石、滑石等致密块状体矿物表面的光泽。

⑥土状光泽:矿物表面暗淡如土,如高岭石等矿物表面所呈现的光泽。

⑦金刚光泽:矿物平面反光较强,状若钻石,如金刚石。

## 4. 透明度

透明度是指矿物透过可见光的能力,即光线透过矿物的程度。根据矿物的透明程度,将矿物划分为透明矿物、半透明矿物和不透明矿物。大部分金属、半金属光泽矿物都是不透明矿物,如方铅矿、黄铁矿、磁铁矿;玻璃光泽矿物均为透明矿物,如石英晶体和方解石晶体;介于二者之间的矿物为半透明矿物,很多浅色的造岩矿物都是半透明矿物,如石英、滑石。用肉眼进行矿物鉴定时,应在同样强度光源下观察等厚条件下的矿物碎片边缘,用来确定矿物的透明度。

## 5. 硬度

矿物抵抗外力摩擦和刻画的能力称为硬度。由于矿物的化学成分和内部结构不同,其硬度也不相同,所以硬度是进行矿物鉴定的一个重要特征。硬度是通过一种矿物与已

知硬度的另一种矿物或物体互相刻画得出的,目前一般用摩氏硬度计作为硬度对比的标准。摩氏硬度计是从软到硬将 10 种矿物的硬度分为 10 级,可与其他矿物进行互相刻画比较,以确定其相对硬度,见表 1-1。摩氏硬度只反映矿物相对硬度的顺序,并不是矿物的绝对硬度值。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,则该矿物的硬度可定为 2.5。

表 1-1 摩氏硬度计

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

野外调查时,常用指甲(2~2.5)、小钢刀(5~5.5)、玻璃(5.5~6)、钢刀刃(6~6.5)鉴别矿物的硬度。

矿物的硬度,对岩石的强度有明显影响。风化、裂隙、杂质等均会影响矿物的硬度,因此,在鉴别矿物硬度时,应在矿物的新鲜晶面或解理面上进行。

## 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。

不同的矿物,由于其内部构造不同,在受到力的作用后开裂的难易程度、解理数目以及解理面的完全程度也有差别。根据解理出现方向的数目,具有一个方向的解理称为一组解理,如片状云母等;具有两个方向的解理称为二组解理,如柱状长石等;具有三个方向的解理称为三组解理,如棱块状方解石等。

根据矿物产生解理面的完全程度,可将解理分为以下四种。

(1)极完全解理:矿物极易裂开成薄片,解理面光滑而完整,如云母。

(2)完全解理:矿物易沿解理方向裂成片状或块状,解理面平坦光亮,如方解石,如图 1-3 所示。

(3)中等解理:矿物常在两个方向上出现两组不连续、不平坦的解理面,第三个方向上为不规则断裂面,如长石和角闪石。

(4)不完全解理:矿物很难出现完整的解理面,如橄榄石、磷灰石。

同种矿物的解理面方向和解理面的平滑程度均是相同的,其性质很固定,因此,解理是矿物的一个重要鉴定特征

## 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(如石英),如图 1-4 所示;平坦状断口(如蛇纹石)、参差粗糙状断口

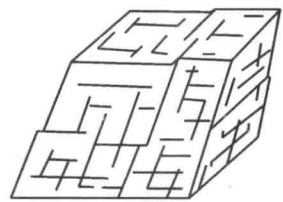


图 1-3 方解石的三组解理

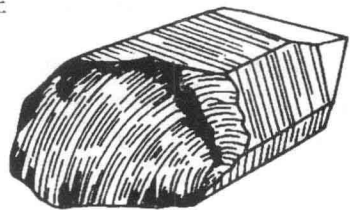


图 1-4 贝壳状断口



(如黄铁矿、磷灰石等)、锯齿状断口(如自然铜等)。

### 8. 密度

矿物的密度取决于组成元素的相对原子质量和晶体结构的紧密程度。石英的相对密度为 2.65, 正长石的相对密度为 2.54, 普通角闪石的相对密度为 3.1~3.3。

矿物的物理性质还表现在其他很多方面, 例如磁铁矿具有磁性, 方铅矿具有脆性, 自然银具有延展性, 云母具有弹性, 绿泥石具有挠性, 金属矿物具有导电性, 方解石遇稀盐酸起泡等, 都可作为鉴别矿物的特征。

### 1.1.3 主要造岩矿物及鉴定特征

准确地鉴别矿物, 需要在实验室采用多种方法进行分析研究, 如吹管分析、差热分析、光谱分析、化学分析、偏光显微镜分析、电子显微镜扫描、X 射线分析等, 但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、条痕板和放大镜等简单工具, 对矿物外表特征进行观察和初步鉴定。鉴别时应注意以下几点。

- (1) 抓住其主要特征。
- (2) 综合考虑颜色、形态、光泽、硬度、解理等特征。
- (3) 考虑矿物生成条件及其共生矿物。

例如, 鉴定甲、乙两种矿物。形态都是结晶体规则几何形状; 颜色都是白色; 光泽都是玻璃光泽。硬度不同: 甲矿物为 3 级, 乙矿物为 7 级。解理也不同: 甲矿物为完全解理, 乙矿物无解理。最后将稀盐酸滴在矿物上, 甲矿物起泡, 乙矿物无反应。根据以上情况, 结论为: 甲矿物为方解石, 乙矿物为石英。

常见造岩矿物的肉眼鉴定特征, 见表 1-2。

表 1-2 常见造岩矿物的主要特征

矿物名称及化学成分	形状	物理性质						主要鉴定特征
		颜色	条痕	光泽	硬度	解理、断口	相对密度	
石英 SiO <sub>2</sub>	六棱柱状或双锥状、粒状、块状	无色、乳白或其他色	无	玻璃光泽, 断口为油脂光泽	7	无解理, 贝壳状断口	2.6	形状、硬度、油脂光泽
正长石 K[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ]	短柱状、板状、粒状	肉色、浅玫瑰色或近于白色	无	玻璃光泽	6	二组完全解理, 近于正交	2.6	颜色、解理、硬度
斜长石 Na[AlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ] Ca[Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ]	长柱状、板条状	白色或灰白色	白	玻璃光泽	6	二组完全解理, 斜交	2.7~3.1	颜色、解理、硬度
白云母 KAl <sub>2</sub> [AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ](OH) <sub>2</sub>	板状、片状	无色、灰白至浅灰色	无	玻璃或珍珠光泽	2~3	一组板完全解理	3.0~3.2	解理、薄片有弹性

续表

矿物名称及化学成分	形状	物理性质						主要鉴定特征
		颜色	条痕	光泽	硬度	解理、断口	相对密度	
黑云母 $K(Mg, Fe)_3$ $[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2$	板状、 片状	深褐、 黑绿至黑 色	无	玻璃或 珍珠光泽	2.5 ~3	一组极 完全解理	2.7~3.1	解理、 颜色、薄 片有弹性
角闪石 $(Ca, Na)(Mg, Fe)_4(Al, Fe)$ $[Si, Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$	长柱 状、纤维 状	深绿至 黑色	淡绿	玻璃光 泽	5.5 ~6	二组完 全解理， 交角近 56°	3.1~3.6	形状、 颜色
辉石 $(Na, Ca)(Mg, Fe, Al)$ $[Si, Al)_2O_6]$	短柱 状、粒状	褐黑、 棕黑至深 黑色	灰绿	玻璃光 泽	5~6	二组完 全解理， 交角近 90°	3.3~3.6	形状、 颜色
橄榄石 $(Mg, Fe)_2SiO_4$	粒状	橄 榄 绿、浅黄 绿色	无	油脂或 玻璃光泽	6.5 ~7	贝壳状 断口	3.3~3.5	颜色、 形状、硬 度
方解石 $CaCO_3$	菱面 体、块状、 粒状	白、灰 白或其他 色	无	玻璃光 泽	3	三组完 全解理	2.7	解理、 硬度，遇 稀盐酸强 烈起泡
白云石 $CaMg[CO_3]_2$	菱面 体、块状、 粒状	灰白、 淡红或淡 黄色	白	玻璃光 泽	3.5 ~4	三组完 全解理， 晶面常弯 曲呈鞍状	2.8~2.9	解理、 硬度，晶 面弯曲， 遇稀盐酸 起泡微弱
石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	板状、 条状、纤 维状	无色、 白色或灰 白色	白	玻璃或 丝绢光泽	2	一组完 全解理	2.3	硬度、 解理，薄 片无弹性 和挠性
高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$	细粒 状、鳞片 状	白、灰 白或其他 色	白	土状光 泽	1~ 1.5	一组完 全解理	2.5~2.6	形状、 光泽
滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	片状、 块状	白、淡 黄、淡绿 或浅灰色	白或 绿	蜡状或 珍珠光泽	1	一组完 全解理	2.7~2.8	颜色、 硬度，触 摸有滑腻 感