



高等学校土木工程专业系列教材

土木工程地质

(第二版)

主编 李隽蓬 谢强
主审 王石春



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

土 木 工 程 地 质

(第二版)

主编 李隽蓬 谢 强

主审 王石春

西南交通大学出版社

• 成 都 •

内 容 简 介

本书是为高等院校土木工程专业(本科)编写的教材,也可用作水利工程、采矿工程等相关本科专业的教材或教学参考书。本书还可供上述各专业工程技术人员参考使用,并可选用作为上述各专业大、中专教材。

本书分为两大部分。前三章为基础地质部分:第一章是岩石和土的类型、地质特性和工程性质;第二章是地质构造、地史及地质图的基本知识;第三章是地表水和地下水的地质作用。后五章为工程地质部分:第四章是常见的地质灾害,包括滑坡、崩塌、泥石流等;第五章是地下工程地质问题;第六章是边坡工程地质问题;第七章是地基工程地质问题;第八章是工程地质勘察。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程地质 / 李隽蓬, 谢强主编. —2 版. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.7
(高等学校土木工程专业系列教材)
ISBN 978-7-5643-0290-0

I. 土… II. ①李…②谢… III. 土木工程—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 109711 号

高等学校土木工程专业系列教材

土 木 工 程 地 质

(第二版)

主 编 李隽蓬 谢 强

*

责任编辑 李彤梅

封面设计 本格设计

西南交通大学出版社出版发行

成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川森林印务有限责任公司印刷

*

成品尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 12.75

字数: 320 千字 印数: 47 001—52 000 册

2001 年 1 月第 1 版

2009 年 7 月第 2 版 2009 年 7 月第 12 次印刷

ISBN 978-7-5643-0290-0

定价: 19.50 元

图书如有印装问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第二版前言

《土木工程地质》自 2001 年出版以来，得到了众多读者的青睐，被很多学校选作教材，已多次重印，累计印刷 47 000 册。

近 10 年来，涉及工程地质应用的成果、特别是工程规范有了较多的修改，因此，根据这些成果对本书原有内容进行修订是十分必要的。

本次修订，在保持原来的体系和特点的基础上，进行了以下修订：对本书涉及的主要规范，按现行规范的内容进行补充修改，主要涉及的章节和内容有第一章岩石物理性质、第三章水的分类及评价、第七章地基承载力、第八章勘察分级；第三章增加了地下水地质作用部分内容；将第二章原第六节提前到第二节，以便在描述地质构造地层层序之前建立地层概念；订正了原书中有关文字、图、表的一些错误。

由于本次修订主要针对规范的发展，未对本书编排体系及内容进行调整，编者计划根据使用者的意见及学生知识结构的调整，在今后适当时候进行修订。

本次修订主要由李隽蓬、谢强、郭永春完成。

第二版中存在的错误，恳请读者批评指正。

编 者
2009 年 6 月

前 言

本书是在原铁道、桥梁、隧道工程专业本科教材《铁路工程地质》的基础上，为适应专业面扩大后的土木工程专业而重新编写的。由于在土木工程专业教学计划中“工程地质”课程的学时所限，本书在重编中适当精简了基础地质内容，加强了工程地质内容。这种加强主要体现在新增了“地下工程地质问题”、“边坡工程地质问题”和“地基工程地质问题”三章，为土木工程专业学生从事广泛的土木工程工作所需的工程地质知识，打下了较坚实的基础。其次，本书采用了已经出版和即将出版的岩土工程和工程地质新标准和新规范，吸取了近十几年来在工程地质和岩土工程学科中的新进展和新成就。

在使用本书进行教学时，由于学时所限而不能教授全部教材内容时，可在工程地质部分的第四、五、六、七章中有针对性地选择。特别是第八章“工程地质勘察”应结合野外实习进行教学，不占校内理论教学时间。

本书在编审过程中，曾对编写大纲广泛征求过有关兄弟院校（如北方交通大学、上海铁道大学、兰州铁道学院、长沙铁道学院、石家庄铁道学院等）同行的意见，许多老师都提出了很好的意见和建议，在此谨向关心、帮助过本书编写工作的老师致以诚挚的谢意。

本书由西南交通大学李隽蓬教授、谢强教授主编，钱惠国教授、白志勇副教授参编，由铁道科学研究院西南分院王石春研究员主审。李隽蓬编写绪论、第一章第一节至第四节、第四章；谢强编写第三章、第六章、第八章；钱惠国编写第一章第五节至第六节、第七章；白志勇编写第二章、第五章。全书由李隽蓬统稿。

鉴于编者水平有限，书中不当之处，诚恳希望读者批评、指正。

编 者

2000 年 10 月

目 录

绪 论	1
一、工程地质在土木工程建设中的作用	1
二、本课程主要内容及学习要求	2
第一章 岩石和土	3
概 述	3
第一节 主要造岩矿物	4
一、矿物的形态及主要物理性质	4
二、主要造岩矿物及其鉴定特征	7
第二节 岩浆岩	9
一、岩浆岩的形成过程	9
二、岩浆岩的地质特性	10
三、岩浆岩分类及常见岩浆岩的鉴定特征	11
第三节 沉积岩	12
一、沉积岩的形成过程	12
二、沉积岩的地质特性	14
三、沉积岩分类及常见沉积岩的鉴定特征	16
第四节 变质岩	18
一、变质岩的形成过程	18
二、变质岩的地质特性	20
三、变质岩分类及常见变质岩的鉴定特征	21
第五节 岩石的工程性质及工程分类	22
一、岩石的工程性质	22
二、风化作用	29
三、岩石的工程分类	32
第六节 特殊土的工程性质	34
一、土的分类	34
二、特殊土的工程性质	36
第二章 地质构造及地质图	52
第一节 地壳运动及地质作用的概念	52
一、地壳运动的概念	52
二、地质作用的概念	53
第二节 地质年代	54
一、绝对年代法	54

二、相对年代法	55
三、地质年代表	58
第三节 岩层及岩层产状	59
一、岩层	59
二、岩层产状	60
第四节 褶皱构造	62
一、褶曲构造	62
二、褶皱构造的类型	64
第五节 断裂构造	64
一、节理	65
二、断层	67
第六节 地质构造对工程建筑物稳定性的影响	72
第七节 地质图	74
一、地质图的种类	74
二、地质图的阅读步骤	75
三、地质剖面图的制作	78
四、地层综合柱状图	79
第三章 水的地质作用	80
第一节 地表流水的地质作用	81
一、概述	81
二、暂时流水的地质作用	81
三、河流的地质作用	84
第二节 地下水的地质作用	90
一、地下水的基本知识	90
二、地下水的基本类型	97
三、地下水的地质作用	105
四、地下水对土木工程的影响	106
第四章 常见地质灾害	109
概述	109
第一节 滑坡	109
一、滑坡及其形态特征	109
二、滑坡的形成条件及影响因素	111
三、滑坡分类	112
四、滑坡防治	112
第二节 崩塌及岩堆	114
一、崩塌	114
二、岩堆	116
第三节 泥石流	118
一、泥石流及其分布	118

二、泥石流形成条件·····	118
三、泥石流分类·····	120
四、泥石流地区道路位置选择及防治措施·····	121
第四节 岩 溶·····	122
一、岩溶及其形态特征·····	122
二、岩溶的形成条件及发育规律·····	124
三、岩溶地区工程地质问题及防治措施·····	126
第五节 地 震·····	127
一、地震概述·····	127
二、地震震级与地震烈度·····	129
三、地震对建筑物的影响·····	132
第五章 地下工程地质问题·····	134
概 述·····	134
一、岩体及岩体结构的概念·····	134
二、地应力·····	137
第一节 地下洞室变形及破坏的基本类型·····	137
一、围岩应力引起的变形与破坏·····	138
二、围岩构造控制的变形与破坏·····	140
三、松散围岩的变形与破坏·····	140
第二节 地下洞室特殊地质问题·····	141
一、洞室涌水·····	141
二、腐 蚀·····	143
三、地 温·····	144
四、瓦 斯·····	145
五、岩 爆·····	146
第三节 围岩分级及其应用·····	146
一、围岩分级·····	146
二、围岩稳定性分析方法·····	151
第六章 边坡工程地质问题·····	153
第一节 边坡变形破坏的基本类型·····	153
一、土质路堑边坡的变形破坏类型·····	153
二、岩质边坡变形破坏的基本形式·····	154
第二节 边坡稳定分析方法·····	157
一、边坡应力分布特征·····	158
二、工程地质分析法·····	159
三、力学计算法·····	160
四、模型模拟试验·····	163
第三节 工程实例·····	164
一、地质概况·····	164

二、变形破坏模式的模拟结果及分析	165
三、自然岸坡陡壁稳定坡角的确定	165
四、边坡岩体强度分析	166
第七章 地基工程地质问题	167
第一节 地基变形和破坏的基本类型	167
一、地基变形概念	167
二、地基变形破坏的基本类型	167
三、地基的剪切破坏	168
第二节 地基承载力	170
一、地基承载力的基本概念	170
二、地基承载力的确定方法	170
第三节 地基处理问题	175
一、各种地基地质条件适用的基础类型	175
二、软弱地基处理措施	178
第四节 工程实例	181
一、软土路堤地基加固	181
二、强夯法加固湿陷性黄土地基	182
第八章 工程地质勘察	184
第一节 不同工程勘察阶段的勘察要求	184
一、工程地质勘察分级	184
二、工程地质勘察阶段	185
第二节 工程地质调查测绘	186
一、工程地质调查测绘内容及测绘比例尺	186
二、工程地质调查测绘方法	186
第三节 工程地质勘探	188
一、简易勘探	188
二、钻探	189
三、地球物理勘探	190
第四节 航空工程地质勘察及遥感技术的应用	191
一、航空工程地质勘察	192
二、遥感技术的应用	192
第五节 测试及长期观测	193
一、取样、试验及化验工作	193
二、长期观测	194
第六节 文件编制	195
一、工程地质说明书	195
二、工程地质图件	195
参考文献	196

绪 论

一、工程地质在土木工程建设中的作用

工程地质学是地质学的一个分支，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。它的主要任务是：勘察和评价工程建筑场地的地质环境和工程地质条件；分析和预测工程建设活动与自然地质环境的相互作用和相互影响；选择最佳的场地位置；提出克服不良地质作用的工程措施；为工程建设的规划、设计、施工和运营提供可靠的地质依据。

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，提出适合地质条件和环境协调的建筑物类型、结构和施工方法等的建议，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工程地质工作，必须通过地质调查测绘、勘探、试验、观测、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。

在国内外工程建设实践中，重视工程地质工作使工程建设获得成功的经验和忽视工程地质工作引起工程建设失败的教训不胜枚举。以我国铁路建设为例，始建于新中国成立前的宝（鸡）天（水）铁路，由于忽视了前期的工程地质工作，施工中即发生大量崩塌、滑坡、河岸冲刷和泥石流等地质灾害问题，直到新中国成立后一段时间也不能正常通车运营，被称为铁路的“盲肠”。为此，国家历年都拨出大量经费进行维修、整治，直至耗费巨资进行大段线路改线才使宝天铁路真正畅通。与此形成鲜明对照的是，地处我国西南边陲的成（都）昆（明）铁路，由于它纵贯我国西南横断山脉的断裂构造带，沿线气候、地形、地质条件异常复杂，曾被称为“世界地质博物馆”。某些外国专家实地考察后认为成昆铁路很难建成。中央和铁道部非常重视这些复杂和困难的条件，多次组织了全国工程地质专家进行现场“会诊”和研究，并且动员和组织了全路工程地质专家和技术人员开展“大会战”，从而保证了成昆铁路的顺利建成通车。许多地质复杂地段线路位置的选择和重大工程设计、施工获得成功的实例举世公认。

在国外，法国著名的马尔帕塞拱坝垮塌事件，就是由于对坝基和坝肩片麻岩中所夹的软弱结构面缺乏足够的认识，致使左岸拱座滑动破坏，库水冲毁下游市镇，造成死亡、失踪近 500 人的重大灾害和损失。其他如美国奥斯汀城科罗拉多水坝的崩毁，加拿大特朗斯康谷仓的倒塌，西班牙蒙特哈塔坝高 72 m 的“干水库”等，都是由于对地质条件没有足够的了解而招致失败。

随着我国经济建设日益发展，工程建设的规模和数量也越来越大。数十公里长的隧道、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作用是在客观存在和被实践证明了的。

二、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。第一章为岩石和土的成因类型、地质特征及其工程性质；第二章是地质构造基本类型及特征，地史及地质图的基本知识；第三章为地表水地质作用及地下水的基本类型和特征。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。第四章为常见的各种地质灾害，主要介绍滑坡、崩塌、泥石流、岩溶及地震的形成、特征、危害及防治措施等内容；第五章是地下洞室常见的工程地质问题；第六章是边坡工程常见的工程地质问题；第七章是地基工程常见的工程地质问题；第八章则是工程地质勘察。

工程地质是土木工程专业的专业基础课。作为一名土木工程专业本科学生，在学习本门课程后，应达到以下基本要求：

(1) 能阅读一般的地质资料，根据地质资料在野外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。

第一章 岩石和土

概 述

地球是太阳系九大行星之一，它绕太阳公转并绕本身的轴自转。地球的形状被称为旋转椭球体，赤道半径约 6 378 km，极地半径约 6 357 km，平均半径约 6 371 km。地球的表面积约 5 亿 km²，其中陆地占 29.3%，海洋占 70.7%。地球的体积约 1 万亿 km³。根据地球物理测量资料分析，地球内部具有分层的构造特点，可称为地球内部圈层构造（图 1-1），从地心到地表可分为地核、地幔和地壳三个圈层。地心至地表以下 2 900 km 为地核，主要由铁、镍等金属物质组成，推测地核中压力可达 3.6×10^5 MPa，温度约 3 000℃~5 000℃，密度为 16~18 g/cm³；地表以下 33~2 900 km 之间为地幔，也称中间层，主要由铁、镁硅酸盐物质组成，压力由几千 MPa 到 1.4×10^4 MPa，温度为 1 500℃~3 000℃，密度为 3.32~5.66 g/cm³；地壳是指地球表面由岩石组成的一层坚硬壳体。地壳厚度各处不同，大陆地壳较厚，我国西藏高原地区地壳厚达 70~80 km，洋底地壳较薄，太平洋西部玛利亚纳海沟处地壳仅 5~6 km，平均地壳厚度为 33 km。人类工程活动大都是在地壳表层进行的，一般都不超过 1~3 km 深，最深的金矿矿井超过 4km，最深的科研钻孔深度超过 12 km。

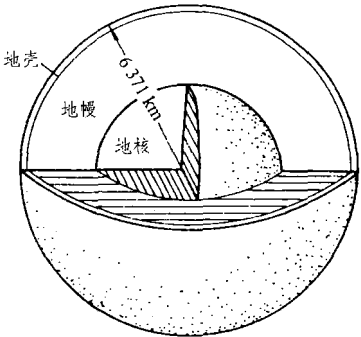


图 1-1 地球内部圈层构造

地壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的，矿物则是由各种化合物或化学元素组成的。地壳中已发现的化学元素有 90 多种，但它们在地壳中的含量和分布很不均衡，其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛和氢十种元素按质量计占元素总质量的 99.96%，而氧、硅、铝三元素就占 82.96%（表 1-1）。这些元素在地壳中多以化合物状态出现，少数以单质元素状态存在。

表 1-1 地壳主要元素质量百分比

元 素	质量比 (%)	元 素	质量比 (%)
氧 (O)	46.95	钠 (Na)	2.78
硅 (Si)	27.88	钾 (K)	2.58
铝 (Al)	8.13	镁 (Mg)	2.06
铁 (Fe)	5.17	钛 (Ti)	0.62
钙 (Ca)	3.65	氢 (H)	0.14

注：本表引自 Scientific American, 1970。

矿物是天然生成的、具有一定物理性质和一定化学成分的自然元素或化合物，是组成地壳的基本物质单位。多种矿物由化合物构成，例如石英（ SiO_2 ）、方解石（ CaCO_3 ）和正长石 [$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$] 等；少数矿物由单质元素组成，例如石墨（C）和天然硫（S）等。

岩石是矿物或火山玻璃的天然集合体。矿物在地壳中按一定的规律共生组合在一起，形成由一种或几种矿物或火山玻璃组成的天然集合体。主要由一种矿物组成的集合体称为单矿岩，例如由石英组成的石英岩和由方解石组成的石灰岩等；由多种矿物组成的集合体称多矿岩或复矿岩，例如由石英、正长石及少量角闪石、黑云母组成的花岗岩等。按照岩石形成过程的不同，可将地壳中的岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类型。不同成因类型的岩石具有不同的地质性质，它们也是决定岩石不同工程性质的依据。

第一节 主要造岩矿物

自然界中已发现的矿物约有 3 000 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主要造岩矿物，约有 20~30 种。

一、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。

（一）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。例如，岩盐（ NaCl ）的立方晶体格架

（图 1-2）。具有良好固有形态的晶体称自形晶或单晶体。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体的集合体。

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。非晶质矿物常见的有胶体类矿物，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（ $\text{SiO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）。

2. 矿物的形态

常见的单晶体矿物形态有：

片状、鳞片状——如云母、绿泥石等；

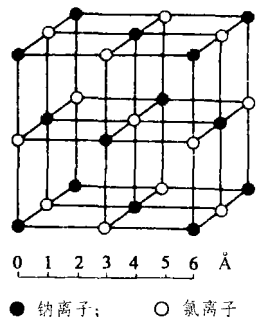


图 1-2 岩盐的立方晶体格架

板状——如斜长石、板状石膏等；

柱状——如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等；

立方体状——如岩盐、方铅矿、黄铁矿等；

菱面体状——如方解石等；

菱形十二面体状——如石榴子石等。

常见的矿物集合体形态有；

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粒状，如橄榄石等；若肉眼不易分辨颗粒边界的称块状，如石英等；疏松的块状可称土状，如高岭土等。

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

纤维状——如石棉、纤维石膏等；

钟乳状——如方解石、褐铁矿等。

（二）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。例如纯净石英是无色透明的，当含有不同杂质时可出现乳白、紫红、烟黑等颜色。矿物固有的颜色称自色，可用作鉴别矿物的特征；杂质染出的颜色称他色，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无釉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光泽。根据矿物反射光线的强弱程度，矿物光泽可分为下列几种：

（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：

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。矿物吸收、反射光线的的能力愈强，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。

(三) 矿物的力学性质

1. 硬 度

矿物抵抗外力机械刻画和研磨的能力。目前广泛采用对比摩氏硬度计（表 1—2）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，经过用小刀刻画矿物表面试验，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—2 摩 氏 硬 度 计

硬度（度）	矿 物	硬度（度）	矿 物
1	滑 石	6	长 石
2	石 膏	7	石 英
3	方解石	8	黄 玉
4	萤 石	9	刚 玉
5	磷灰石	10	金 刚 石

2. 解 理（劈开）

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，称解理（劈开）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

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（图 1—3），其他还有参差状断口、锯齿状断口和平坦状断口等。

(四) 其他特殊性质

少数矿物具有某些特殊的物理化学性质，用以鉴别个别矿物则是简便有效的。例如云母薄片有弹性；绿泥石、滑石薄片有挠性；重晶石相对密度较大（相对密度与颗粒密度的关系见本书第一章第五节）；



图 1—3 单晶石英的贝壳状断口

方解石上滴稀盐酸剧烈起泡；高岭石遇水软化等。

二、主要造岩矿物及其鉴定特征

1. 石英 (SiO_2)

发育良好的石英单晶为六方锥体 (图 1-3)，通常为块状或粒状集合体；纯净透明石英晶体称水晶，一般为白、灰白、乳白色，含杂质时呈现紫、红、烟、茶等色；晶面玻璃光泽，断口或集合体油脂光泽；无解理，断口贝壳状；硬度 7；相对密度 2.65。

2. 长 石

长石是一大族矿物，包括三个基本类型：钾长石 [$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]、钠长石 [$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]、钙长石 [$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$]。钾长石中最常见的是正长石；以不同比例钠长石和钙长石混熔组成各种斜长石。

(1) 正长石：单晶为短柱或厚板状，集合体为粒状或块状；在岩石中常呈肉红、浅黄、浅玫瑰色；有两组完全正交的解理面，粗糙状断口；解理面上玻璃光泽；硬度 6；相对密度 2.54~2.57。

(2) 斜长石：单晶为板状或柱状，集合体粒状；白色或灰白；有两组近正交的解理面 (交角 $86^\circ 24'$)，粗糙状断口；玻璃光泽；硬度 6~6.5；相对密度 2.61~2.75。

3. 云 母

云母是含钾、铁、镁、铝等多种金属阳离子的铝硅酸盐矿物。按所含阳离子不同，主要有白云母和黑云母。

(1) 白云母 [$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$]：单晶呈板状、片状，薄片无色透明，有弹性，集合体片状、鳞片状，微细鳞片状集合体称绢云母；集合体浅黄、浅绿、浅灰色；一个方向解理极完全；玻璃光泽，解理面珍珠光泽；硬度 2.5~3；相对密度 2.76~3.12。

(2) 黑云母 [$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F}, \text{OH})_2$]：形态同白云母；富含铁的为黑云母，黑色；富含镁 ($\text{Mg} : \text{Fe} > 2 : 1$) 的为金云母，金黄色；一个方向解理极完全；珍珠光泽；硬度 2.5~3；相对密度 3.02~3.12。

4. 普通角闪石 [$\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})\{(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}\}_2(\text{OH})_2$]

单晶呈长柱或针状，集合体呈粒状或块状；颜色暗绿至黑色；玻璃光泽；有两组完全解理面 (交角为 56° 和 124°) (见图 1-4)；硬度 5~6；相对密度 3.1~3.3。

5. 普通辉石 [$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$]

单晶呈短柱或粒状，集合体块状；黑褐或黑色；玻璃光泽；有两组完全解理面 (交角 87° 和 93°) (见图 1-5)；硬度 5.5~6；相对密度 3.23~3.56。

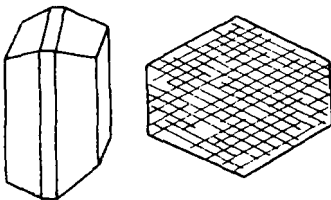


图 1-4 角闪石长柱状单晶及横截面图

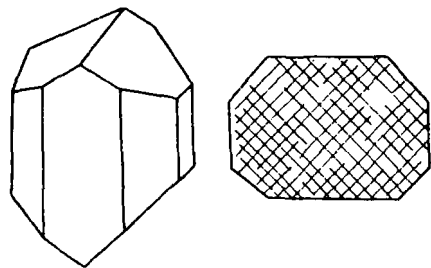


图 1-5 辉石短柱状单晶及横截面图

6. 橄榄石[(Mg, Fe)₂(SiO₄)]

常呈粒状集合体；浅黄绿至橄榄绿色；晶面玻璃光泽，断口油脂光泽；不完全解理，断口贝壳状；硬度 6.5~7；相对密度 3.3~3.5；性脆。

7. 方解石[CaCO₃]

单晶为菱形六面体，集合体为粒状或块状；无色透明者称冰洲石，一般为白色、灰色，含杂质者呈浅黄、黄褐、浅蓝色；玻璃光泽；三组完全解理面；硬度 3；相对密度 2.6~2.8；滴冷稀盐酸剧烈起泡。

8. 白云石[CaMg(CO₃)₂]

晶粒形态同方解石；纯者白色，含杂质者呈浅黄、灰褐色；玻璃光泽；三组完全解理面；但解理面多弯曲不平直；硬度 3.5~4；相对密度 2.8~2.9；滴热盐酸起泡，滴冷盐酸起泡不明显，滴紫红色镁试剂可变蓝色。

9. 硬石膏[CaSO₄]和石膏[CaSO₄·2H₂O]

硬石膏单晶呈板状、柱状，集合体有粒状、块状；纯者无色透明，一般为白色；玻璃光泽；有三组完全解理面；硬度 3~3.5；相对密度 2.8~3.0。硬石膏在大气压下，遇水生成石膏，同时体积膨胀约 30%，对工程建设有严重危害。

石膏单晶呈板、柱、片状，集合体有纤维状或块状；纯者无色透明，一般为白色，含杂质可为浅黄、灰、褐色；平面反光为玻璃光泽，纤维状反光为丝绢光泽；一组解理极完全；硬度 2；相对密度 2.30~2.37。

10. 高岭石[Al₂Si₂O₅(OH)₄]

单晶极小，肉眼不可见，集合体多为土状或块状；纯者白色，含杂质可为浅红、浅黄、浅灰、浅绿色；土状光泽；硬度 1~2；相对密度 2.58~2.61；干燥块体有粗糙感，易捏成碎末，吸水性强，潮湿时具有可塑性。

11. 黄铁矿[FeS₂]

单晶为立方体，集合体为粒状或块状；铜黄色；条痕黑色；强金属光泽；无解理；断口参差状；硬度 6~6.5；相对密度 4.9~5.2。黄铁矿是地壳中分布广泛的硫化物，是制取硫酸的主要原料，岩石中的黄铁矿易氧化分解成铁的氧化物和硫酸，从而对混凝土和钢筋混凝土结构物产生腐蚀作用。

12. 滑石[Mg₃(Si₄O₁₀)(OH)₂]

单晶少见，常为致密块状、片状或鳞片状集合体；纯者白色，含杂质常呈浅黄、浅绿、浅褐色；晶面呈珍珠光泽或玻璃光泽，断口为蜡状光泽；有一组极完全解理面；硬度 1；相对密度 2.7~2.8；薄片透明或半透明；薄片无弹性而有挠性；有滑感。

13. 绿泥石[(Mg, Al, Fe)₆{(Si, Al)₄O₁₀}(OH)₈]

绿泥石是一族种类较多的矿物，是很复杂的铝硅酸盐化合物。多呈片状或鳞片状集合体；暗绿色；解理面上为珍珠光泽；有一组极完全解理面；硬度 2~2.5；相对密度 2.60~2.85；薄片有挠性。绿泥石与滑石、云母类矿物的特征有许多相似之处，由这些矿物组成的岩石，工程性质较差。