

高等学校教材

水利工程地质

天津大学主编

水利出版社

高等学校教材

水利工程地质

天津大学主编

水利出版社

内 容 简 介

本教材系以1978年3月有关十所高等院校参加讨论通过的《水利工程地质》教材编写大纲为依据，并在吸取了兄弟院校多年教学经验的基础上进行编写的。

全书分为五章：一、岩石及其工程地质性质；二、地质构造；三、水流的地质作用及库坝区渗漏问题；四、岩体稳定问题；五、水利水电工程地质勘察。

本教材适用于《水利水电工程建筑专业》和《水利水电工程施工专业》，适当照顾《农田水利工程专业》，也可供水利类其它专业和工程技术人员参考。

高等学校教材

水 利 工 程 地 质

天津大学主编

(根据原水利电力出版社纸型重印)

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

1979年4月北京第一版

1980年3月北京新一版

1982年11月北京第二次印刷

印数11031—22070册 定价1.85元

书号 15047·4033

前 言

本教材是根据《1978~1981年高等学校水利类专业教材编审出版规划》组织编写的。

在编写过程中，力求运用辩证唯物主义的观点，并注意贯彻教材要精简、理论和实际相结合的原则。着重讲清工程地质的基本概念、原理和方法；紧密结合水利水电工程建设中的主要地质问题——岩体稳定和库坝渗漏安排教材体系。此外，还适当反映了本学科成就和发展方向。

本教材适用于《水利水电工程建筑专业》和《水利水电工程施工专业》，适当照顾《农田水利工程专业》，也可供水利类其它专业和工程技术人员参考。

参加本教材编写的有：天津大学崔冠英、潘品蒸；成都工学院刘耀东、陈历鸿；武汉水利电力学院阎春德；河北水利水电学院王雨良等同志。由潘品蒸和崔冠英同志主编。全书图件由天津大学杨锦贤同志等描绘。

本教材由大连工学院彭阜南、金春山同志主审，对教材进行了认真的审阅，提出了许多宝贵的意见和建议。有关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。还有一些学校和单位，对本教材的编写内容提出了很好的建议。在此，一并致谢。

对于本教材存在的缺点和错误，诚恳地希望读者提出宝贵意见。

编 者

一九七八年七月

目 录

前 言	
绪 论	1
一、工程地质在水利工程建设中的作用与任务	
二、水利工程地质的主要内容与学习要求	
三、水利工程地质在我国的发展	
第一章 岩石及其工程地质性质	4
第一节 造岩矿物	5
一、矿物的物理性质	
二、主要造岩矿物的特征	
第二节 岩浆岩(火成岩)	12
一、岩浆岩的成因类型及产状	
二、岩浆岩的组成成分	
三、岩浆岩的结构和构造	
四、岩浆岩的分类及简易鉴定方法	
五、主要岩浆岩的特征	
第三节 沉积岩	18
一、沉积岩的形成及组成成分	
二、沉积岩的结构和构造	
三、沉积岩的分类及简易鉴定方法	
四、主要沉积岩的特征	
第四节 变质岩	24
一、变质作用的因素及类型	
二、变质岩的矿物成分、结构和构造	
三、变质岩的分类	
四、主要变质岩的特征	
第五节 岩石的工程地质性质	28
一、岩石的物理性质和水理性质	
二、岩石的主要力学性质	
三、岩石风化程度的划分	
四、岩石的工程地质分类	
第二章 地质构造	41
第一节 地层年代和岩层产状	42
一、地层年代	
二、岩层产状及其测量	
第二节 褶皱构造	46
一、褶皱构造的类型及特征	
二、褶皱构造的野外识别	
第三节 断裂构造	48
一、裂隙的类型及特征	
二、裂隙统计	
三、断层类型	
四、断层的野外识别	
五、地质构造对水工建筑的影响	
第四节 地质力学概述	59
一、构造形迹的力学性质及特征	
二、构造形迹的序次和等级	
三、构造体系的类型及主要特征	
第五节 地震	68
一、地震及其成因类型	
二、地震震级和地震烈度	
三、我国区域地震特点及地震地质分析	
第六节 地质图	78
一、地质条件的表示方法	
二、地质剖面图和综合地层柱状图的编制	
三、地质图的阅读	
第三章 水流的地质作用及库坝区渗漏问题	87
第一节 河流的地质作用与河谷地貌及堆积物	87

一、河流的地质作用 二、河谷地貌 三、第四纪堆积物的成因类型及其工程地质特征	
第二节 地下水	99
一、地下水的物理性质和化学成分 二、地下水的类型及其特征 三、不同地貌区的地下水	
第三节 岩溶	117
一、岩溶的形态特征和研究意义 二、岩溶的形成条件及影响因素 三、岩溶发育和分布规律	
四、岩溶水 五、岩溶地区修建水库的一些经验	
第四节 库、坝区渗漏问题	126
一、库区渗漏 二、坝区渗漏 三、岩体渗透性指标	
第四章 岩体稳定问题	142
第一节 岩体的结构特征	142
一、结构面 二、结构体 三、岩体结构的类型 四、岩体的力学属性	
第二节 坝基岩体稳定问题	149
一、坝基岩体承载力的确定 二、坝基(肩)岩体变形 三、坝基(肩)岩体抗滑稳定分析 四、	
坝基抗滑稳定计算参数的选择与确定 五、坝基(肩)渗透稳定问题 六、坝基(肩)处理与加固	
措施简介	
第三节 岩质边坡稳定问题	174
一、岩质边坡破坏的类型与特征 二、影响边坡稳定的地质因素 三、赤平投影在边坡稳定分	
析中的应用 四、岩质边坡稳定计算原理 五、边坡稳定性的野外观察判断	
坡的防治措施	
第四节 水工隧洞的围岩稳定	192
一、影响隧洞围岩稳定的地质因素 二、山岩压力的确定方法 三、围岩的承载能力及岩体抗	
力系数的确定	
第五章 水利水电工程地质勘察	208
第一节 工程地质测绘	208
一、工程地质测绘的内容 二、测绘比例尺的选择与精度要求 三、工程地质测绘的基本方法	
第二节 工程地质勘探	211
一、山地工作 二、钻探工作 三、物探工作	
第三节 工程地质试验	221
一、水文地质试验 二、岩石物理力学性质试验 三、长期观测工作	
第四节 天然建筑材料的勘察	231
一、天然建筑材料的质量要求 二、各设计阶段天然建筑材料的勘察要求 三、天然建筑材	
料的开采及运输条件	
第五节 工程地质勘察资料	233
一、工程地质勘察报告和图表 二、水库坝址区地质图的阅读和分析	
第六节 水工建筑物对工程地质勘察工作的要求	238
一、水库的工程地质勘察要求 二、坝址的工程地质勘察要求 三、水工隧洞的工程地质勘察	
要求 四、水电站厂址的工程地质勘察要求 五、渠道的工程地质勘察要求	
参考文献	241
附图 一、清水河水库库区综合地质图	
附图 二、清水河水库梅村坝址区工程地质图	
附图 三、梅村坝址第一坝轴线专门性工程地质剖面图	

结 论

一、工程地质在水利工程建设中的作用与任务

一切水工建筑如水库、坝闸、隧洞、厂房等，都是修建在地壳表层上。因此，不仅要充分利用有利的地形和地质条件，而且，要注意不良的地质现象对建筑物的影响，以及由于工程兴建而引起新的地质问题。例如，修建水库，不仅要选择地形适宜的河谷地段作为坝址，还必须进一步查明建筑地区的工程地质问题：如坝基和坝肩的岩体是否稳定，库区是否存在渗漏的通道、水库岸边是否会发生坍岸、在蓄水后是否能引起周围地区地下水位升高，形成盐渍化或沼泽化等问题。

在进行大规模水工建筑中，如果对地质问题重视不够，将会产生严重后果。根据世界各国的调查和统计，在重力坝失事的原因中，由地质问题造成的占45%。如美国1918~1958年期间曾有33座坝失事，其中有三分之二是由于地质和技术上的原因造成的。例如美国圣·法兰西斯坝的破坏，是由于对坝基的岩石性质没有查明和未进行试验，就将62米高的混凝土坝建筑在上面，当水库蓄水后坝基泥质胶结的砾岩浸水崩解，岩层中的石膏细脉溶解，坝基漏水失稳，于1928年3月11日水坝崩毁，库水几分钟内就流失一空，左岸坝肩冲断，下游两岸被冲毁，损失伤亡惨重。又如，西班牙的蒙特哈水库，当建成后，水从周围石灰岩的裂隙和溶洞中漏失，72米高的大坝起不了拦水作用，耸立在干枯的河谷上。类似的例子还可以举出很多。解放后，在我国修建的许多水库和水电站中，也有极少数工程，由于对复杂的地质问题缺乏周密的勘察研究，设计方案没有充分的地质依据，施工中碰到很大的困难，甚至造成工程事故，浪费大量的人力、物力，拖延工期或遗留后患，需要进行处理，工程效益长期不能充分发挥。应从国内外这些实例中吸取经验教训，认真加强工程地质勘察工作。

只有在工程建筑开始前，就对地质问题有足够的重视，进行充分的地质勘察工作，查明建筑地区的工程地质条件，采取防治措施，改善不利的地质条件，使设计施工能顺利进行，保证建成后安全地运转。例如，在岩溶地区石灰岩的溶洞和裂隙很发育，要修建水库解决渗漏问题是非常困难的，甚至被认为是建坝的“禁区”。在我国西南地区水利资源非常丰富，而云南、贵州、广西等省（自治区）石灰岩分布很广泛。解放以来，在党的社会主义建设总路线的指引下，广大劳动人民群众和地质工作者发扬敢想敢干的精神，经过周密地调查研究，掌握了岩溶的发育和分布规律，采取一系列有效的防治处理措施，终于在这些“禁区”，成功地修建了许多水库和水电站。其中，如解放后不久修建的云南省六郎洞水电站，就利用这些溶洞建成了省工省料安全可靠，既可蓄水灌溉又能装机发电的地下水水库。

由此可见，在水利工程建设中，工程地质工作是重要的一环。而水利工程地质就是专门研究与水工建筑有关地质问题的学科。

为了解决上述的工程地质问题，必须调查研究有关的工程地质条件，这些条件就是地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、物理地质现象等。为此，也就给水利工程地质勘察提出了以下几方面的任务：

1) 了解区域工程地质条件，作为合理规划正确选择水库、坝址、隧洞、电站及其他水工建筑物地点的地质依据。

2) 查明影响水工建筑物稳定和渗漏的有关地质条件，提供必要的地质资料，以满足设计和施工的要求。

3) 根据所选定建筑地点的工程地质条件，对水工建筑物的布局、类型、结构及施工方法等，提出合理的建议及应注意的地质问题。

4) 提出防治不良地质因素的措施与建议，预测建筑物运用期间可能产生新的地质问题和影响，以及应采取的预防措施。

二、水利工程地质的主要内容与学习要求

根据本门学科的研究对象，具体可归纳为以下几方面的主要内容：

(一) 研究岩石的工程地质性质

地壳表层的岩石，是各种水工建筑物的地基，也是常用的建筑石料，岩石的工程地质性质直接影响着建筑物地基的稳定性和石料质量的好坏。因此，岩石性质是工程地质研究的最基本内容。主要是研究岩石的矿物组成、结构构造，并结合地质成因加以分析。阐明常见岩石简易识别方法，以及主要岩石的物理力学特性。评价岩石的工程地质性质。

(二) 研究地质构造的工程地质特征

地质构造是水利工程地质研究的主要对象。研究地质构造的基本形态，分析岩体结构面和结构体的基本特征，尤其是与水工建筑密切有关的断层、裂隙、破碎带和软弱结构面的性质与分布规律，以及地震活动性等。这些都是直接影响建筑物地基岩体稳定和渗漏问题的主要构造条件，甚至成为建筑物能否修建的决定因素。

(三) 研究水流的地质作用及物理地质现象

了解地表水的地质作用、沉积层的主要类型及其工程地质特性；阐明地下水的埋藏条件、成因类型、运动规律，以及不同地区的水文地质条件；研究岩溶、滑坡、崩塌、泥石流、岩石风化等各种物理地质现象。因为，水流的地质作用和物理地质现象，往往直接危及水工建筑物的安全，常使工程遭受破坏或严重影响工程效益。

(四) 研究岩体的稳定和渗漏问题

岩体的稳定和渗漏问题，是水利工程建设中的主要工程地质问题。上述岩石性质、地质构造、水流及物理地质现象，既是工程地质的基本知识，又是决定工程岩体稳定和渗漏问题的主要地质因素。分析研究各种地质条件，对岩体稳定和渗漏作出工程地质评价，是水利工程地质的关键问题和重要内容。如研究坝基、坝肩的岩体变形和抗滑稳定问题，岩质边坡及隧洞围岩的稳定问题，以及水库、坝基、坝肩的渗漏问题等。

(五) 阐明水利工程地质勘察的基本方法与要求

水利工程地质勘察是通过地质测绘、勘探、试验和长期观测工作等手段，来获得必须的地质资料。工程地质勘察报告及其主要图件，是勘察工作的汇总成果，也是为水工规

划、设计、施工提供的地质依据。勘察项目及程序必须与水工建筑不同勘测设计阶段的要求紧密配合。因此，必须简要了解常用勘察手段的基本原理和方法，着重分析应用工程地质勘察资料，以及阐明不同水工建筑物对工程地质勘察的具体要求。

以上是水利工程地质的主要内容。根据本专业的培养目标和教学要求，通过本课程的学习，应达到以下几点基本要求：

1) 掌握工程地质的基本知识，能够识别与水利工程建设有关的常见岩石和地质现象，正确分析影响建筑物稳定和渗漏的主要地质问题。

2) 具有一定的阅读和分析工程地质资料的能力，为初步制定水工建筑规划和确定合理的设计施工方案，能够应用有关地质报告和分析主要地质图件。

3) 能够根据各种水工建筑物的特点和需要，向地质人员提出应有的工程地质勘察要求。

三、水利工程地质在我国的发展

解放前的旧中国，在帝国主义和反动派的统治下，几乎没有什么工程建设。就以水利工程为例，仅仅对为数极少的水库坝址，曾作过一些地质调查，工程地质差不多是个空白点。

新中国成立以来，为适应我国社会主义建设的迫切需要，在水利水电工程、铁道公路、工业与民用建筑、以及国防工程等部门，都积极开展了工程地质勘察工作。例如，在水利工程地质方面，解放后不久，就对永定河官厅水库进行地质勘察，并迅速建成我国第一个大型水库；继后，在伟大领袖毛主席“要把黄河的事情办好”和“一定要把淮河修好”的号召指引下，就开始了黄河流域的全面勘察规划，对淮河流域主要坝（闸）址进行了地质勘察工作；为开发长江丰富的水利资源，进行了全流域的勘察、规划和大型水利枢纽工程的重点地质勘察工作；自1963年党中央和毛主席提出“一定要根治海河”的伟大号召以来，海河流域的地质勘察和主要工程已全面展开。为解决北方水源不足问题，南水北调工程勘察工作，正在加速进行。为了开发西南地区丰富的水利资源，对大面积分布的石灰岩溶洞的漏水问题，进行了岩溶发育规律和治理措施的大量研究工作，已取得了丰富的成功经验。在华北平原等地，开展了大规模的地下水资源勘探工作；在西北黄土地区，进行了有效的水土保持工作；以及沿海地区沼泽洼地排涝、盐碱化问题的改造等方面，都进行了大量的地质调查研究工作。

水利工程地质就是在水利水电工程地质勘察的生产实践和科学试验的基础上逐步形成和发展起来的。然而，就工程地质这门学科来说，还是比较年轻的学科。在本学科的内容方面，基本上尚处于对工程地质条件定性分析多、定量计算少的评价阶段。近年来，随着大型高坝工程和大跨度地下硐室的兴建，对工程地质工作提出更高的要求，特别是为设计、施工提供必须的工程地质定量指标。这就要求本学科必须由“定性分析”向“定量计算”研究方向发展，将地质定性分析和定量计算紧密结合起来。加强本学科基础理论的研究，应用最新技术和先进的勘察试验方法，是迫切需要解决的课题。

目前，为解决高坝地基和地下硐室的岩体稳定问题，岩石力学发展很快，地质力学在工程地质方面已广泛应用。因此，工程地质应该与岩石力学、地质力学等有关学科有机的紧密结合起来，是今后本学科的发展方向。

第一章 岩石及其工程地质性质

概 述

地球的外层称为地壳。它是各种工程建筑的场所，人类生存和活动的地方。因此，了解地壳的组成、结构以及变化规律等，具有十分重要的意义。

根据地球物理勘测资料推断，地球的内部结构大致可以分为地核、地幔和地壳三大层，如图1-1所示。它是按一定规律分布的。位于不同的深度，具有不同的物质组成和物理性质。例如地球内部的密度、压力、温度和各种化学成分，都随着深度的增加而变化。

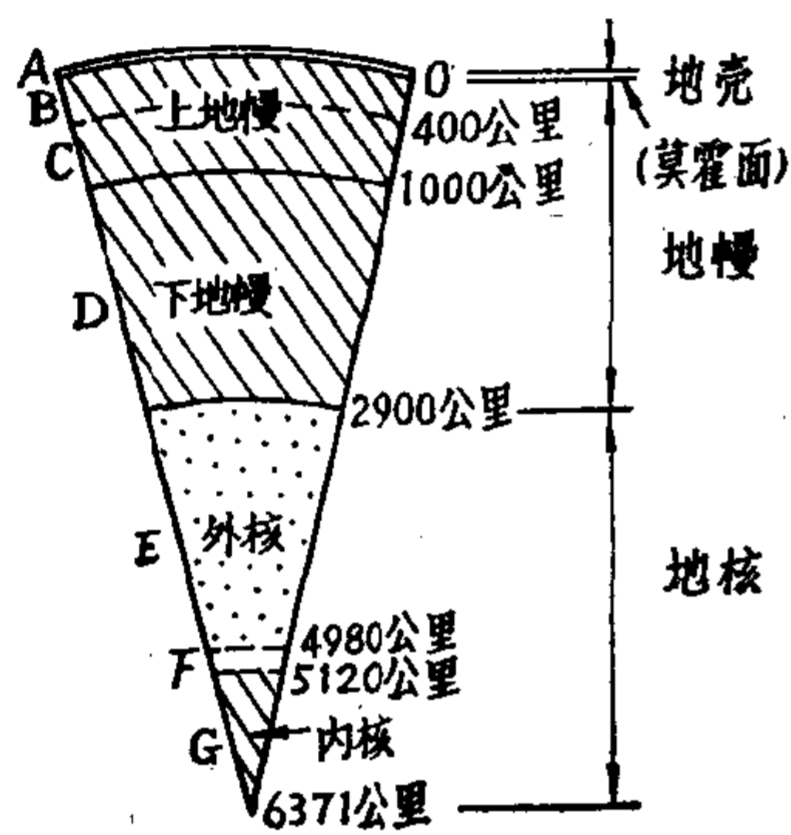


图 1-1 地球内部结构示意图

地球最内部的核心部分，称为地核。多数人认为地核的成分主要是由含铁、镍量很高，成分很复杂的物质组成的。在这里，密度约16.0，温度可达4000~5000℃，中心压力可达360万个大气压。由于温度高、压力大，物质的熔点高，所以地核是处于一种特殊状态。

地幔是介于地核和地壳之间，也称为中间层。地幔和地壳之间有一不规则界面叫做莫霍分界面，或称莫霍面。地幔是以铬、铁、镁及二氧化硅等物质组成，其厚度由地壳以下为2900公里，密度接近地球的平均密度，约5.52。在深度为50公里以内乃是固体状态的物质，再

向下即逐渐变为熔融状态。这种熔融状态的物质，称为岩浆。

莫霍面以上的部分即为地壳，地壳的厚度各地有很大的差异性，变化于20~30公里之间，在大陆范围内一般厚30~40公里左右，如我国青藏高原及天山地区则厚达70公里左右。大洋地区厚度最小，大西洋和印度洋厚度为10~15公里，在太平洋中央部分厚度只有5公里。地壳与地球半径相比，只不过是地球上层极薄的一层硬壳而已，约为地球体积的1%。

组成地壳的基本物质是化学元素，其中最主要的元素有下列几种（按百分比计算）：

氧	49.13	铝	7.45	钙	3.25	镁	2.35	氢	1.00
硅	26.00	铁	4.20	钠	2.40	钾	2.35		

其次是钛、磷、锰、氮、硫、钡、氯等。

地壳中的化学元素，往往是聚集成各种化合物或单独产出，形成矿物。矿物的自然集合体又构成岩石，按岩石的成因类型可分为岩浆岩（火成岩）、沉积岩和变质岩。地壳的表层就是由各种岩石所组成。

地壳处在经常不断的发展和演变之中，这种变化主要表现在两个方面：一种表现为短暂而迅速的突变；一种表现为长期缓慢的渐变。前者如火山喷发、地震、山崩、地陷等。后者如在漫长的地质时间内，湖泊逐渐被河流携带的泥沙所淤积，高山逐渐被风化侵蚀所

夷平等。地表上连绵不断的山脉和纵横交错的河流，也都是地壳运动的产物。这种引起地壳的物质成分、内部构造和外表形态等不断变化和发展的各种作用，称为地质作用。

在地质作用下，地壳的改变，对工程建筑的影响很大。因为一切工程建筑都是修建在地壳上，组成地壳的岩石则是建筑物的地基及常用的建筑材料。地壳各部分的岩石，由于形成条件、矿物组成、结构和构造等因素的差异，具有不同的物理力学性质，直接关系到建筑物的地基稳定和石料质量的好坏。因此，在水利工程建设中，就必须对组成地壳的主要矿物和常见岩石以及它们的工程地质性质等方面进行研究。

第一节 造 岩 矿 物

自然界中有少数化学元素是以自然元素的形式存在，如金刚石(C)、硫磺(S)、石墨(C)等。绝大多数是由两种或多种的元素组成化合物的形式存在，如石英(SiO_2)、石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)及黄铁矿(FeS_2)等。这些具有一定物理性质和化学成分的自然元素或化合物，称为矿物。由一种矿物或多种矿物组合的自然集合体，称为岩石。目前已发现的矿物约有3000多种，而组成岩石的主要矿物仅约30种，这些组成岩石的矿物，称为造岩矿物，如石英、长石、云母等等。

一、矿物的物理性质

自然界的矿物绝大多数呈固体状态存在，只有极少数呈液体(如石油)和气体(如天然气)状态存在。固体矿物大部分是呈结晶物质出现，即组成它的各种化学元素的质点(原子、分子、离子等)，在其内部有规律排列，形成结晶格子构造，如石盐(NaCl)中钠离子 Na^+ 和氯离子 Cl^- 呈立方形交替排列着。其外形如图1-2所示。这种晶质在形成的过程中，其表面生长若干个规则的多边形平面，形成有规则的几何图形的晶质就是晶体。但是，在岩石中大多数矿物结晶时，受到许多条件和因素的控制，形成不规则的形态。

此外，在少数情况下，组成矿物的质点，没有规律排列，称为非晶质，非晶质可分玻璃质和胶体质两种。

1.形态 矿物的成分、构造和生成环境，决定了矿物的晶体有一定规则的几何外形。这种晶体外表形态，是鉴定矿物的重要特征之一。根据晶体在三度空间生长的程度，可分下列几种晶体形态：

- 1) 柱状、针状、纤维状、放射状，如石英、角闪石、绿帘石等。
- 2) 片状、板状、鳞片状，如云母、石膏(图1-3)、绿泥石等。

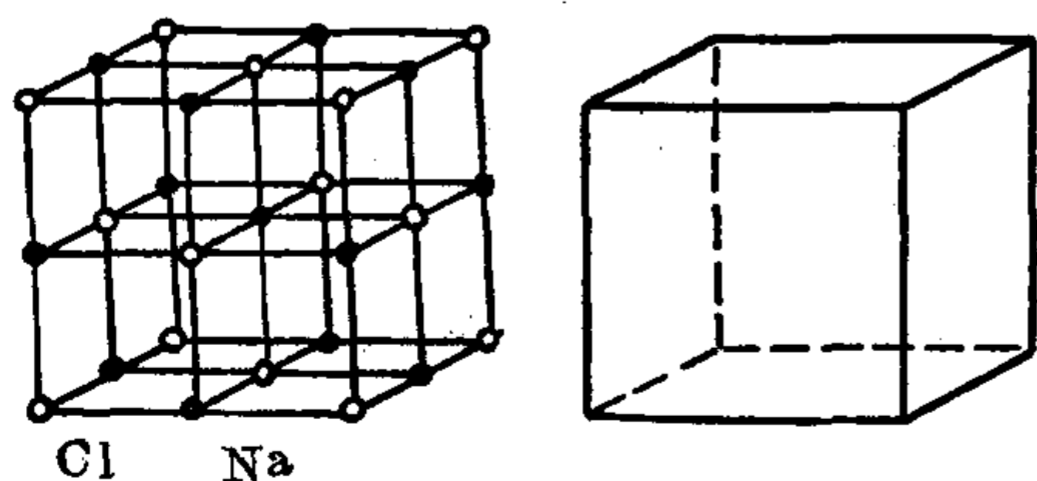


图 1-2 石盐的晶体构造

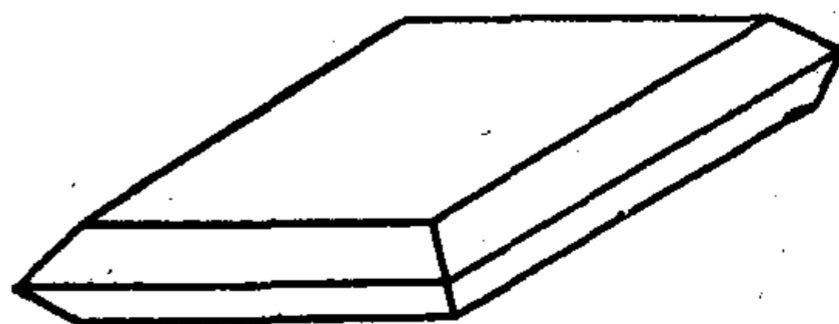


图 1-3 石膏晶体的形状

3) 粒状、球状, 如石盐、黄铁矿、石榴子石等。

4) 晶簇——在一个共同的基底面上, 许多相同的晶体丛生在一起, 这个晶体群称为晶簇, 如石英晶簇(图1-4)。

5) 其他如鲕状、肾状、钟乳状等。

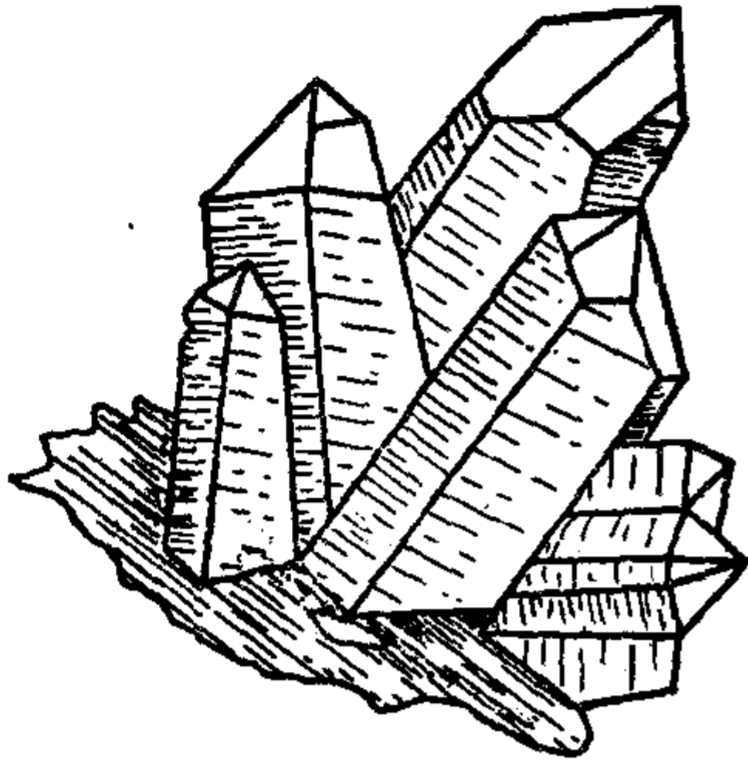


图 1-4 石英晶簇

某些矿物的天然晶面常具有一定方向的条纹, 称为晶面条纹。也是鉴定矿物的特征之一, 如黄铁矿的结晶面上各有一组条纹、水晶的柱面上也常见有横条纹(图1-4)。

在自然界中生长较好的晶体是很少见的, 常见到的多是各种形态的集合体。

2. 颜色 矿物的颜色取决于化学成分和内部结晶构造, 是矿物最明显标志之一。每种矿物都有比较固定的颜色, 如石英无色, 石墨为铁黑色等等。但矿物中含有杂质时, 则呈现其他颜色, 如石英混入杂质后由无色变成紫色或烟色等。

3. 条痕 矿物粉末的颜色, 称为条痕。通常指矿物在无釉瓷板(条痕板)上刻划后留下的色痕。矿物粉末颜色通常是比较固定的, 也是鉴定矿物的一种重要标志。

4. 光泽 矿物表面反光的性质, 称为光泽。根据矿物表面反光程度的强弱用类比的方法可分为: 金属光泽、半金属光泽、非金属光泽(如金刚光泽、玻璃光泽、珍珠光泽、丝绸光泽、油脂光泽等)。

5. 透明度 矿物透光的能力不同, 表现出不同明暗程度, 这种性质称为透明度。根据矿物的透明度可分为透明的(如无色不含杂质的水晶、冰洲石)、半透明的(如石膏)、不透明的(如石墨、磁铁矿)等。

6. 硬度 是指矿物对外界的刻划及摩擦的抵抗能力, 表现矿物软硬程度的标志。

通常选用十种矿物的硬度分为十级作为标准, 用来对其他矿物进行互相刻划比较, 以确定矿物相对的硬度, 这十种矿物依次排列, 示表1-1。

表 1-1 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

在野外工作时, 常用一些随身携带的小工具鉴定矿物的硬度, 如铁刀刃为3~3.5; 玻璃为5~5.5; 钢刀刃为6~6.5。

7. 解理和断口 矿物受敲击后, 常沿一定方向裂开成光滑平面, 这种特性称为解理, 裂开的光滑平面称为解理面。根据解理面方向的数目, 分为一组解理(如云母)、二组解理(如长石)、三组解理(如方解石, 图1-5)及多组解理等。根据解理面发育的完善程度, 解理又可分为: 极完全解理、完全解理、中等解理、不完全解理等。若矿物受敲击后, 裂

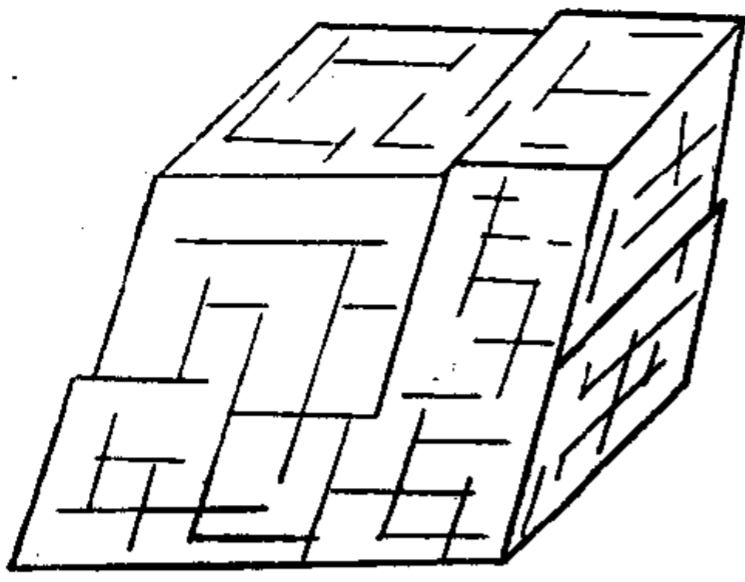


图 1-5 方解石的三组解理

开面呈各种凹凸不平的形状，如锯齿状、贝壳状等，则称为断口。

8. 其他性质 除上述的矿物性质外，还有一些矿物具有独特的性质，这些性质同样是鉴定矿物的可靠依据，如比重、磁性、弹性、挠性、脆性等等。

矿物的一些简单化学性质，对于鉴定某些矿物也是十分重要的。如方解石滴上稀盐酸能剧烈起泡，白云石滴上浓盐酸或热酸可以起泡，其他矿物不具备这种性质，常以此作为鉴定它们的依据。

二、主要造岩矿物的特征

常用的造岩矿物鉴定方法中，用肉眼鉴定矿物的一般物理性质（如形态、颜色、条痕、光泽、硬度、解理等），是最基本的简易鉴定方法。当然也可借助放大镜、双目实体显微镜或某种非常简便的化学试验（如滴盐酸等）进行鉴定。为了便于系统鉴定矿物，根据矿物特征列成下列简易鉴定表（表1-2）。

应用上表鉴定矿物时，首先要根据矿物的主要物理性质特征进行鉴定，定出名称。但必须注意，无论观察那种矿物都要找出最新鲜表面，进行一一对照，否则得出的结果不一定可靠。

应该指出，每种矿物都有其独特的物理性质或形态特征，这是鉴定矿物主要标志。亦以此区别于其他矿物，如云母具有一组极完全解理、呈片状、富有弹性；磁铁矿具有强磁性和呈铁黑色，方解石具有三组完全解理和滴盐酸剧烈起泡等。所以，不同的矿物要根据不同的特征进行鉴定。

将常见造岩矿物主要性质和特征分别叙述如下：

1. 石英 化学性质稳定，不溶于水，抗风化能力和抗腐蚀性强，岩性坚硬。因此一般含石英颗粒越多的岩石，性质越坚固。它是一种主要的造岩矿物，广泛分布在酸性岩浆岩、沉积岩和变质岩中。

石英还有许多隐晶质的变种，常见的有玉髓、玛瑙、燧石及蛋白石等。它们的化学成分都是由 SiO_2 组成，但由于生成条件不同，所以物理性质各不相同。有的因颜色、形状美丽，可作各种贵重的装饰品，如玛瑙、玉髓等。

2. 长石 长石可分为正长石与斜长石两大类，均为两组完全解理。但正长石两组解理面正交，而斜长石则交角为 86.5° 。正长石多为肉红色，大多产于酸性及中性岩浆岩中。斜长石多为白或灰白色，多产于基性和中性岩浆岩中。

各种长石均较易风化，风化后光泽变暗，硬度降低，完全风化后可形成高岭石、方解石等次生矿物。因此，在评价长石含量较多的岩石作为建筑材料或地基时，长石的风化程度也是一个重要指标。

3. 云母 常见的有黑云母和白云母等，黑云母呈珍珠光泽，白云母呈玻璃光泽，但都有一组极完全解理、薄片状、富有弹性。

在各类岩石中都可见到云母类矿物。由于黑云母含铁质，比白云母易风化，风化后失

表 1-2 主要造岩矿物鉴定表

次序	矿物名称	形状	颜色	光泽	透明度	解理、断口	硬度	比重	化学性质及其他	分布
1	石英 SiO_2	完整晶形为六棱柱或双锥体，但呈粒状者居多	纯者无色，乳白色，含杂质时呈紫红、烟色	玻璃光泽，断口为油脂光泽	透明	贝壳状断口	7	2.6	化学性稳定，不易风化	呈单晶、晶簇及脉状产出或产于岩浆岩、沉积岩和变质岩中，特别是酸性岩浆岩中最多
2	正长石 KAlSi_3O_8	柱状或薄板状、粒状	肉红、浅玫瑰或近于白色	玻璃光泽	半透明或不透明	完全两组正交解理	6	2.5~2.7	易风化成高岭石	花岗岩、正长岩、片麻岩、伟晶岩等岩浆岩中最多
3	斜长石 $(\text{Na}, \text{Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	外形为板状	白色或灰白色	玻璃光泽	半透明或不透明	完全两组解理斜交，断口平坦	6	2.5~2.7	风化后成高岭石	含 Na 多者只产于酸性或中性岩浆岩中，含 Ca 多者只产于中性或基性岩浆岩中
4	角闪石 $(\text{Ca}, \text{Na})(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$	长柱或纤维状，断面六边形	深绿暗黑色	玻璃光泽	半透明或不透明	两组解理交角近 56°	5.5~6	3.2	受水热作用后，可变成绿泥石或蛇纹石	多产于中性岩浆岩中，如闪长岩、安山岩，也可单独组成超基性的角闪岩
5	辉石 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	短柱状，断面呈八边形，在岩石中常呈粒状	深黑、褐黑、紫黑及棕黑色	玻璃光泽	半透明或不透明	具有两组完全或中等解理，两组交角 90°	5~6	3.4~3.6	受水热作用后，可变成绿泥石或蛇纹石	多产于基性岩浆岩中，如辉长岩、玄武岩，也能单独组成超基性辉岩
6	橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$	常呈粒状集合体	橄榄绿、淡黄绿	油脂光泽或玻璃光泽	透明或不透明	通常无解理，贝壳状断口	6.5~7	3.21~4.14	溶于硫酸时急剧分解析出 SiO_2 胶体	只产于基性岩浆中，也可单独组成橄辉岩
7	黑云母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH}) \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	片状	黑色	珍珠光泽	透明	一组极完全解理	2.5~3	2.3	具有弹性在水化作用下会失去弹性并变为蛭石	广泛分布在岩浆岩和变质岩中

8	白云母 $KAl_2(OH)_2 \cdot AlSi_2O_{10}$	片状	无色, 有时呈灰白、淡黄、淡红等色	玻璃或珍珠光泽	透明	一组完全解理	2.5~3	2.3	具有弹性	广泛分布在岩浆岩和变质岩中
9	方解石 $CaCO_3$	菱面体	白色、灰白色, 含Fe时呈褐色, 含Mn时呈棕黑色	玻璃	透明或半透明	三组完全解理	3	2.0~2.8	遇稀盐酸剧烈起泡	广泛存在于石灰岩中, 大理岩中也有, 某些岩浆岩中也有少量出现, 也可呈方解石脉出现
10	白云石 $(Mg, Ca)CO_3$	常为菱面体块状, 晶面常弯曲成被状	灰白、淡黄或淡红色	玻璃	透明或不透明	三组完全解理	3.5~4	2.8~2.9	遇稀盐酸起泡少, 以此区别于方解石	主要存在于白云岩中, 有时在大理岩、石灰岩中也可出现
11	石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	板状、条状或呈纤维状集合体	无色、白色或呈灰白色	玻璃光泽, 纤维状者呈绢丝光泽	透明或不透明	一组解理发育	1.5~2	2.2	能溶于盐酸中, 亦略溶于水, 具有滑感, 挠性、硬度小	为泻湖相及海湾相沉积物
12	硬石膏 $CaSO_4$	块状或小板状集合体	白色、灰白色, 含有杂质色变暗	玻璃	半透明	有三组解理, 通常可见一组解理	3	2.5	水化后变为石膏。具有挠性	为泻湖相及海湾相沉积物
13	蛋白石 $SiO_2 \cdot nH_2O$	致密块状体	熟蛋黄般的白色, 但有时被染成各种颜色	脂肪光泽或无光泽	半透明或不透明	贝壳断口, 无解理	5~5.5	2.0	为二氧化硅胶体凝缩而成, 为非晶质	多产于沉积岩的硅质岩中
14	高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$	鳞片状或致密细粒状集合体	鳞片无色, 致密块体呈白色	无	不透明	一组完全解理	1	2.58~2.60	具可塑性、粘性, 吸水后体积膨胀	为长石、普通辉石等风化形成的粘土类矿物, 分布广泛
15	滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$	片状, 块状	白色、淡红或浅灰等色	脂肪或珍珠	半透明或不透明	一组完全解理	1	2.7~2.8	具高度滑感、性软	为橄榄石、辉石、角闪石等变质后形成的主要变质矿物
16	绿泥石 $(Mg, Fe)_3Al[AlSi_3O_{10}][OH]_8$	片状或板状集合体	深绿色	珍珠光泽	半透明或不透明	一组完全解理	2~2.5	2.6~2.85	鳞片与薄片无弹性、具挠性	在变质岩中分布最多, 往往构成绿泥石片岩

续表

次序	矿物名称	形状	颜色	光泽	透明度	解理、断口	硬度	比重	化学性质及其他	分布
17	蛇纹石 $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$	致密块状或呈片状、纤维状	浅黄绿或深暗绿色	块状为蜡状光泽，纤维状为绢丝光泽	半透明或不透明	无	3~3.5	2.6~2.9	由橄榄石、辉石交代反应变化而成，并能溶于盐酸	常与石棉相伴产出，多为超基性岩的变质矿物
18	红柱石 $Al_2[SiO_4]O$	柱状，放射状	粉红色或灰白色	玻璃或油脂光泽	半透明或不透明	一组解理，不平整断口	7~7.5	3.1~3.2	表面风化后具有滑感	常分布于变质岩中，为接触变质矿物
19	石榴子石 $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	菱形十二面体，二十四面体或八面体	深褐或紫红、黑等色	玻璃光泽	不透明	断口不平整	6.5~7	3.5~4.2	较稳定，如风化则变为褐铁矿等	产于变质岩中，为标准变质矿物
20	黄铁矿 FeS_2	块状呈立方体	浅黄铜色	金属光泽	不透明	贝壳断口或不规则断口	6~6.5	5	氧化或水的作用下会生成硫酸及褐铁矿，晶面有条纹	常见于岩浆岩或沉积岩的砂岩和石灰岩中
21	黄铜矿 $CuFeS_2$	致密块状	铜黄色	金属光泽	不透明	无	3~4	4.1~4.3	经风化作用，易溶于水，性脆	常见于基性岩浆岩中，有时变质岩和沉积岩中也出现
22	褐铁矿 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	块状、土状或结核状	黄褐或棕褐色	半金属光泽	不透明	粒状断口	4~5.5	4	胶体状块体，在盐酸内缓慢溶解；易风化、土状者硬度低	为含Fe矿物风化后的产物，也可能是沉积而成
23	磁铁矿 Fe_3O_4	呈八面体，但常以块状出现	金属黑色	金属或半金属光泽	不透明	无	5.5~6	4.9~5.2	风化后可变为褐铁矿，但较难风化；性脆、具有强磁性	分布在岩浆岩和部分变质岩中

去弹性，而呈疏松状态，会降低岩石的力学强度。当岩石含云母多，且成定向排列时，则沿层状方向易产生滑动，直接影响水工建筑地基稳定。

4.角闪石 绿褐色及黑色等，多数晶体呈长柱状，玻璃光泽。也有呈毛发状及针状，绢丝光泽。硬度为5.5~6，两组中等完全解理，解理交角呈 124° 和 56° ，依此区别于辉石（图1-6, a）。含角闪石多的岩石，也较易风化。

5.辉石 物理性质与角闪石相似，但它的晶体为短柱状，横断面为八边形，两组解理呈 87° 和 93° 交角，这与角闪石有所区别（图1-6, b）。辉石性脆，亦易风化。

辉石多产于基性岩浆岩及某些变质岩中，尤其产于基性喷出岩中，往往有很好的晶体。常与橄榄石、斜长石共生在一起。当含辉石的岩石受到热液变质后，辉石可转变为绿帘石和方解石等矿物。

6.方解石 纯的无色或乳白色，常因含杂质呈灰白色及深灰色。菱面体晶形，玻璃光泽，硬度为3，三组完全解理。与稀盐酸作用剧烈起泡，广泛分布于石灰岩和大理岩之中。

7.白云石 某些特性与方解石相似，但解理发育程度不及方解石完好，与冷盐酸作用不剧烈，只是粉末或加热后才剧烈作用起泡，因此，可与方解石区别。白云石是白云岩、大理岩的重要组成矿物。

方解石和白云石都可溶于水，所以含有大量方解石和白云石的岩层，在水流的长期作用下易形成溶洞，对修建水利工程是不利的。

8.石膏 硬石膏遇水作用后变成石膏，硬度降低，同时体积也会膨胀10%。

石膏和硬石膏皆易溶于水，性质软弱。特别当石膏夹于坚硬岩层之间，形成软弱夹层，在水流的作用下，石膏溶解于水被带走，会使岩层丧失稳定，强度显著降低。在我国青海、河南等某些坝区的砂页岩和泥灰岩层中常有原生石膏分布，若作为水工建筑物基础时，应采取防治措施，避免岩体沉陷、渗漏或滑动。

9.粘土矿物 主要包括高岭石、蒙脱石（胶岭石）、水云母等矿物，结构致密，土状光泽，硬度小，吸水性强，遇水后易膨胀、易软化，具可塑性。是由原生矿物经过化学作用而形成的次生矿物，是组成粘土的主要矿物成分和决定粘土性质的主要因素，自然界分布很广泛。

由于粘土矿物具有强压缩性，易产生大量沉陷，而且吸水后体积膨胀，强度大大降低。因此，粘土质岩石的边坡或地基在荷载的作用下，会丧失稳定，而导致破坏，应引起特别注意。

10.绿泥石 为长石、辉石、角闪石、橄榄石、黑云母等矿物的次生矿物。其它特性与云母类似，但它多为深绿色，薄片状具有挠性，是变质岩中常见矿物。其岩石性质软弱，抗滑性很小。

11.滑石 是橄榄石、辉石、角闪石等矿物变化后形成的，其主要特征是软而有滑感，

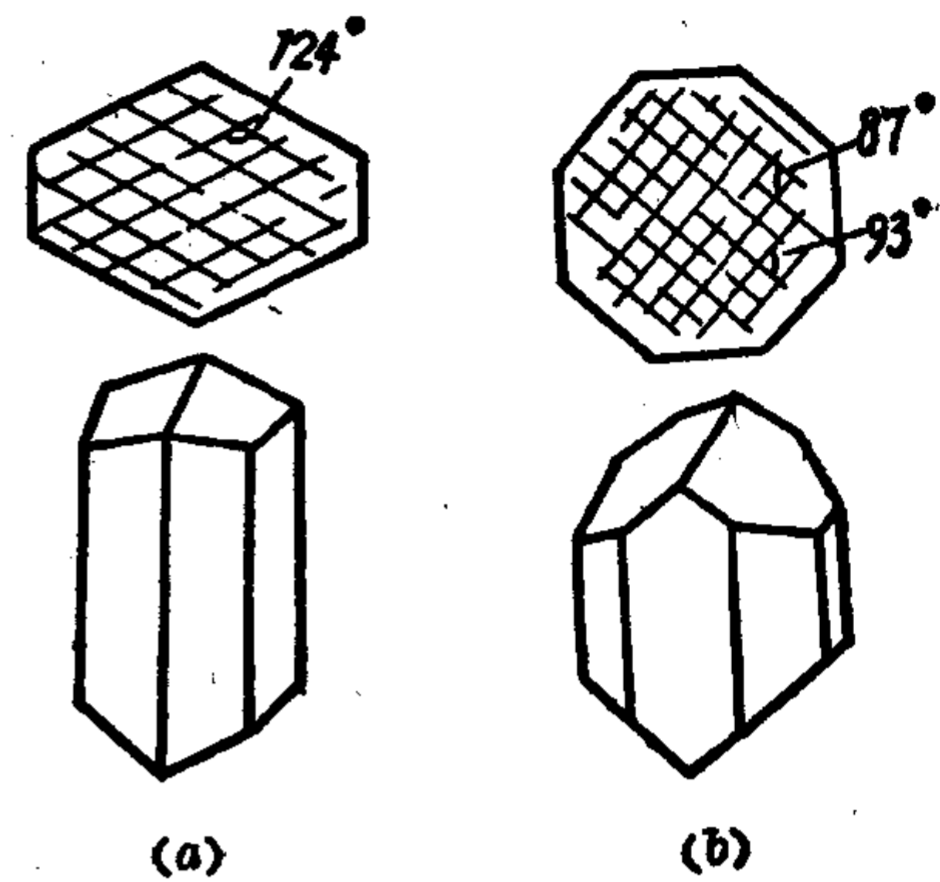


图 1-6 角闪石与辉石的晶体及横断面