

中等专业学校教材



工程地质与水文地质

第 二 版

辽宁省水利学校 吴绍宽 主编



第二版前言

本书根据水利部《1990～1995年中等专业学校水利水电类专业教材选题和编审出版规划》及1988年4月修订的中专水利水电工程建筑专业《工程地质》及农田水利、水利工程专业《工程地质与水文地质》教学大纲，对1985年出版的《工程地质与水文地质》进行修订而成的。

《工程地质》、《工程地质与水文地质》分别为上述三个专业的技术基础课。为满足三个专业的教学需要，在修订编写过程中，对本书原版做了较大的变动和补充，力争体现中专教材特色：精选内容、深浅适度，以本学科的基本理论、基本概念、基本技能为主，理论联系实际，结合生产实践，适当地反映本学科的新成就。

全书由湖南省水利学校费乐、浙江省水利水电学校徐纯筠、辽宁省水利学校吴绍宽编写，吴绍宽任主编。

本书由黄河水利学校刘俊德高级讲师主审，提出了许多宝贵意见和建议。

本书在编写过程中，参考和引用了一些大学、中专学校和生产单位的一些教材和成果资料，在此一并致谢。

对于本书存在的不足和欠妥之处，诚恳希望读者批评指正。

编者

1992年11月

第 一 版 前 言

本书是根据《1983—1987 年中等专业学校水利电力类专业教材编审出版规划》组织编写的。

《工程地质与水文地质》是农田水利工程专业的技术基础课之一。它内容多,涉及面广,实践性强。因此,本教材在编写过程中,力求运用辩证唯物主义观点,注意教材内容要“少而精”、理论联系实际的原则。着重讲清工程地质与水文地质的基本概念、理论和方法,紧密结合农田水利工程建设中的主要地质问题。另外,还适当反映了本学科的发展方向。

本书由辽宁省水利学校吴绍宽(绪论、第一、三、四章)、湖南省水利学校费乐(第二章)、黑龙江水利工程学校赵玉友(第五、六章)编写。全书由吴绍宽同志主编。

本书由成都水力发电学校李道荣同志主审,提出了许多修改意见和建议。教材初稿于1983年7月经中等专业学校水利水电工程建筑、农田水利工程专业教学研究会地质及土力学课程组会议讨论,与会同志提出了许多宝贵意见。清华大学水利系、大连工学院水利系、湖南省水利勘测设计院及辽宁省水利勘测设计院等单位,对本书的编写提供了许多宝贵的资料和经验,在此,一并表示感谢。

对于本书中存在的缺点和错误,诚恳地希望批评指正。

编 者

1981年1月

目 录

第二版前言	
第一版前言	
绪 论	(1)
第一章 岩石及其工程地质性质	(5)
第一节 地壳及地质作用	(5)
第二节 造岩矿物	(7)
第三节 岩石	(14)
第四节 岩石的工程地质性质	(26)
第二章 地质构造	(36)
第一节 地质时代的概念	(37)
第二节 岩层产状	(41)
第三节 褶皱构造	(43)
第四节 断裂构造	(47)
第五节 地震	(54)
第六节 地质图	(59)
第三章 物理地质作用	(70)
第一节 风化作用	(70)
第二节 流水的地质作用	(74)
第三节 岩溶(喀斯特)	(85)
第四节 与斜坡岩体稳定有关的地质作用	(90)
第四章 地下水	(97)
第一节 地下水的赋存	(97)
第二节 地下水的物理性质及化学成分	(100)
第三节 地下水的基本类型及其特征	(103)
第四节 泉	(121)
第五节 地下水的运动	(122)
第六节 地下水资源评价	(134)
第五章 水利工程的主要地质问题	(144)
第一节 概述	(144)
第二节 岩体结构特征	(148)
第三节 坝的工程地质问题	(155)
第四节 水库的工程地质问题	(172)
第五节 隧洞的工程地质问题	(176)
第六节 渠道的工程地质问题	(184)
第六章 水利水电工程地质勘察	(193)
第一节 概述	(193)

第二节 工程地质测绘..... (194)

第三节 工程地质勘探..... (197)

第四节 工程地质试验及长期观测工作..... (199)

第五节 天然建筑材料的勘察..... (209)

第六节 工程地质勘察资料整理..... (210)

第七节 灌区水文地质勘察要求..... (211)

主要参考文献..... (213)

绪 论

一、工程地质与水文地质在水利水电建设中的作用与任务

工程地质与水文地质都属于地质学的范畴。地质学是研究地球的科学，目前研究的重点是地壳，包括地壳的物质组成、地壳的构造、地壳发生的各种地质作用、地壳的发展历史以及地质学在有关领域中的应用。随着生产的需要和科学的发展，地质学已发展成为许多独立的分支，工程地质学与水文地质学都是其中的分支学科。工程地质学是专门研究与工程设计、施工和正常运用有关的地质问题的科学；水文地质学是研究地下水的科学。

一切水工建筑物，如水库、闸坝、隧洞、水电站厂房等，都是建筑在地壳的表层，在兴建和使用过程中，必然会遇到各种各样的地质问题。如修建水库时，要选择地形适宜的河谷地段作为库址、坝址；查明坝基和坝肩岩体是否稳定；坝基（肩）和库区是否存在渗漏通道；水库蓄水后岸边是否会发生塌岸；水库周围地区是否会引起地下水位升高而形成土壤盐渍化和沼泽化等问题。因此，在工程设计之前，必须查明建筑工程地区的工程地质条件和工程地质问题。

实践证明，如果对地质条件事先没有仔细查明或对工程地质问题重视不够，将会给工程建筑带来严重后果。如西班牙的蒙特哈水库，建成后不能蓄水，库水通过库周石灰岩裂隙和溶洞而漏光，使72m高的大坝起不到挡水作用，耸立在干枯的河谷上。国际大坝委员会曾于1973年对世界110个国家和地区（未包括我国）已建大坝（坝高15m以上的约12900余座）进行了调查，从统计资料看，发生过事故的589座中，大多数与不良地质条件有关。如美国的圣·法兰西斯混凝土重力坝，坝高62.6m，建于1927年，由于坝基中含石膏粘土质砾岩，被水浸后软化溶解，引起坝基漏水，于1928年3月12日失稳破坏；又如印度的纳克萨加坝，为一高15.9m的土坝，1967年9月7日，由于地基发生管涌破坏，使坝体决口冲毁，造成32个村庄的人民流离失所，损失惨重。类似的例子还可以举出很多。建国以来，我国修建了许多水库、水电站和灌溉工程，由于重视了地质勘察工作，充分利用了有利的地质条件，避开或改善了不利条件，解决了许多复杂的工程地质问题，从而使工程设计施工能得以顺利进行，并保证了工程建成后的安全运行。但是，也有极少数工程，由于对工程地质条件研究不够，或对工程地质问题处理不当，致使设计方案没有足够的地质依据，施工中遇到很大困难，造成水库或坝基（肩）漏水、水库淤积、边岸滑塌及隧洞塌方等工程事故，浪费了人力、物力，拖延了工期，或遗留后患需要进行处理，使工程不能发挥应有的效益。如北京十三陵水库，坝基和库区存在着深厚的渗透性较强的古河道冲积层，建坝时未作好垂直防渗处理，致使水库不能正常蓄水。后来虽然补作了坝基防渗墙，但对库区古河道尚未作处理，水库至今不能满库运行，没能发挥设计预期的效益。我们应从上述实例中吸取经验教训，认真做好工程地质工作。

由此可见，在水利水电建设中工程地质工作是相当重要的。为解决上述问题，工程地

质工作的任务是：查明建筑地区的工程地质条件，指出可能出现的工程地质问题，并提出解决这些问题的建议，为工程设计、施工和正常运用提供可靠的地质资料，以保证建筑物修建得经济合理和安全可靠。所谓工程地质条件，是指包括地形地貌、地层岩性、地质构造、物理地质现象、水文地质条件和天然建筑材料等与工程建筑有关的地质条件。水利水电建设中所遇到的工程地质问题是多种多样的，但主要的工程地质问题是渗漏问题（如库区、坝区、渠道渗漏等）和岩体稳定问题，如坝基（肩）岩体稳定、边（斜）坡岩体稳定、隧洞围岩稳定问题等。

水文地质学的任务是研究地下水的形成、分布、埋藏、物理性质和化学成分以及地下水的运动、循环转化等规律，并运用这些规律解决合理开发利用地下水资源和消除地下水的危害等实际问题。地下水是人类生活和生产不可缺少的宝贵资源。因为地下水一般水质好、水量比较稳定，所以常是城镇、工矿企业供水和农田灌溉的重要水源；矿水具有医疗价值；地下热水可用于采暖和发电等。但是地下水也常给生产和建设带来一定的困难和危害。如地下水影响着岩石的物理力学性质，可引起斜坡的坍滑和坝、闸基岩体失稳破坏；地下水位过高，开挖基坑可能造成大量涌水和流沙；岩石透水性强，可能引起水库、坝基（肩）和渠道渗漏；地下水位上升至地表，可引起土壤沼泽化；由于强烈蒸发，地表盐分积聚，可形成土壤盐渍化；若过量开采地下水，可引起区域性地下水位下降、水质污染或水质恶化、地面沉降等问题。

总之，水文地质工作不仅要配合工程地质工作提供有关的水文地质条件的资料，而且在城市供水及农田灌溉、除涝、治碱等工作中起着先行作用。

二、本课程的主要内容及教学要求

本教材适用于水利水电工程建筑、农田水利、水利工程三个专业，根据水利部1988年修订的教学计划和教学大纲，对本课程的基本要求是：

（1）掌握有关的工程地质与水文地质基本知识，能识别常见的岩石、简单的典型地质构造及地质现象。

（2）学会阅读和分析有关的地质资料（报告及地质图等）的基本方法，初步学会对水库及水工建筑物的工程地质条件及工程地质问题的评价和分析方法。

（3）一般了解地下水资源的评价方法和工程地质与水文地质勘察方法。

本课程的主要内容及教学要求如下：

第一章，岩石及其工程地质性质：介绍常见造岩矿物及其特征，重点是三大类岩石（岩浆岩、沉积岩、变质岩）的分类和鉴定特征。通过实验课学会用肉眼鉴定岩石的方法，并能识别常见的岩石。对岩石的工程地质性质只作一般介绍。

第二章，地质构造：介绍岩层产状要素、地质年代表及各种典型的地质构造形态（如褶皱、裂隙、断层等），重点是学会阅读与分析地质图的方法。

第三章，物理地质作用（现象）：介绍各种物理地质作用的概念及其对水利水电建设的影响，重点是风化作用，风化带的划分原则和划分方法，河流的地质作用、河谷类型及其地貌特征，岩溶的形成条件及发育规律，斜坡稳定性的影响因素及不稳定斜坡的防治措施。

第四章，地下水：主要介绍为合理开发利用地下水资源和防治地下水对水工建筑物的危害而必备的水文地质基础知识。了解地下水的形成、埋藏、分布和运动规律，地下水的基本类型及其特征，地下水向集水建筑物的稳定运动。对地下水非稳定井流计算及地下水资源评价只作概要介绍。

第五章，水利工程的主要地质问题：本章主要介绍水利工程地质条件评述和主要的工程地质问题分析。重点是坝址（含库址）、坝型选择的工程地质条件评述，库区、坝区渗漏问题及坝基（肩）、斜（边）坡及隧洞围岩稳定问题的分析。对其它工程地质问题只作简要介绍。

第六章，水利水电工程地质勘察：简要介绍水利工程地质勘察的一般原则和方法，各种勘察手段使用条件及勘察报告的编写要求，工程地质图的阅读与分析方法。

本课程的各部分内容是相互联系的。教学过程中应运用辩证唯物主义观点，由浅入深、循序渐进，并要理论联系实际，尽量采用电化教学手段进行教学，只有这样才能达到预期的目的。为加强实践性教学，安排了实验课和练习课以及野外地质实习，以巩固和印证课堂所学的理论知识，提高学生实际动手的技能。

三、工程地质与水文地质学在我国的发展

我国是一个历史悠久的文明古国，早在先秦时就建了都江堰，至今仍灌溉着成都平原800万亩良田。之后又开凿了南北大运河，并相继在黄河、淮河、海河及长江等流域修建了人工运河及防洪、灌溉等水利工程，积累了很多有关工程地质与水文地质的宝贵经验。但由于历史条件的限制，工程地质与水文地质一直没有形成一门独立的学科。

新中国成立以来，为适应社会主义建设事业发展的迫切需要，在水利水电、工业与民用建筑、铁路公路及国防工程等部门，都积极开展工程地质与水文地质勘察工作。以水利水电建设为例，先后对淮河、黄河、海河、长江、松花江、辽河、珠江等江河进行了流域性综合治理和开发利用。据统计，全国已建成大、中、小型水库82937座，总库容4504亿 m^3 ，水电装机容量达3270万kW，万亩以上灌区5302处，并发展了航运及水产等事业。在寻找和利用地下水资源方面，开展了全国性的水文地质普查工作，机电井发展到252万眼，井灌面积达1.1亿亩，改造低洼易涝耕地2.8亿亩，初步控制了水旱灾害。这些成绩的取得对我国社会主义建设起到了巨大作用。工程地质与水文地质工作解决了许多极其复杂的地质问题，同时也促进了工程地质与水文地质学的发展。

在我国，建设社会主义四个现代化，就必须充分利用水资源和根本改善我国水资源分布的不平衡状况。在长江、黄河中上游及其主要支流，在大渡河、澜沧江、红水河等江河上将进一步兴建水利水电工程；在长江第一大坝（葛洲坝水利枢纽工程）胜利建成后，还将继续兴建三峡水利工程；并将逐步实现“南水北调”等改造自然的宏伟规划；全国各地中小型水利水电工程的修建，将更是星罗棋布；在充分利用地下水资源以及排涝、盐碱地改良等方面，还需要做大量的工作。这些工程的兴建，都将给工程地质与水文地质工作提出新的任务和新的研究课题，为工程地质学与水文地质学的发展展现出广阔的前景。

工程地质学与水文地质学是随着生产建设的发展而逐渐形成和发展起来的，然而这两门学科还是比较年青的地质学科。近年来，由于岩石力学发展较快，有限单元法和电子计

算机的广泛应用，使得工程地质条件评价由“定性分析”向“定量计算”方向发展，并将地质定性分析与定量计算紧密结合起来。同时电算技术也广泛地应用于对测试数据的处理和水文地质计算等方面。因此，为适应科学技术的发展和生产建设的需要，加强对本学科基础理论的研究，广泛采用先进的勘探、测试手段，以加快勘探进度，提高测试数据精度、降低成本，是今后迫切需要解决的问题。

第一章 岩石及其工程地质性质

第一节 地壳及地质作用

一、地壳

地球是一个旋转的椭圆形球体，平均半径约为6371 km。地表以上为外部圈层构造，分布有大气圈、水圈和生物圈；地表以下为内部圈层构造，如图1-1所示。

大气圈包围着地球，其厚度在数万公里以上。水圈是地球表层的水体，大部分汇聚在海洋里，少部分分布在河流、湖泊、沼泽、冰川及地球表层的岩土空隙中，极少部分存在于生物体和大气中。生物圈是地球上生物生存和活动的空间。在大气圈、水圈和地球表层的岩石和土层中，都可有大量的动物、植物和微生物存在。

对地球内部圈层构造，人们直接观察到的范围很有限。目前最深的钻井只有10 km，至于更深的地方，主要是根据火山喷发和地震波传播方向和速度的资料加以推断。地球内部构造由地表到地心可分为地壳、地幔和地核三个圈层。

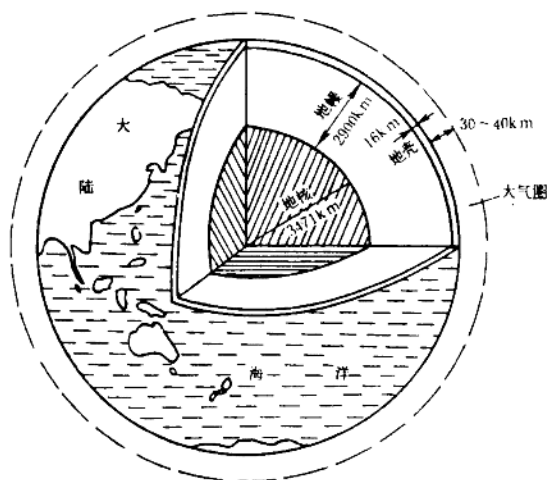


图 1-1 地球内部构造示意图

地球最内部的核心部分称为地核。地幔介于地核和地壳之间，又称中间层，其上部与地壳的分界面为莫霍面，地幔下部与地核的分界面为古登堡面。

地壳的厚度各地差异很大，大陆地壳较厚，平均为33 km，最厚处可达70 km以上（如青藏高原）；大洋地壳较薄，平均厚只有6 km，最薄处印度洋的玛丽亚纳海沟地壳厚仅1.6 km。整个地壳平均厚度约16 km，仅占地球半径的1/400，所以地壳是地球表层很薄的一层坚硬固体外壳，其体积约为地球体积的0.8%。

关于地球内部各圈层密度、温度、压力和组成成分等，都随深度增加而发生变化（表1-1）。

地壳是由各种化学元素组成的，根据地球化学分析，在地壳中已发现有90多种元素，但各种元素含量差异很大，其中以9种元素为主，在国际上把各种元素在地壳中的平均含量称为克拉克值（表1-2）。

地壳中的化学元素，往往集聚成各种化合物或以单质出现，形成矿物。矿物的自然集合体又形成岩石。因此，矿物和岩石是组成地壳物质的基本单位，它们都是在地壳发展过

表 1-1

地球内部分层概况

分 层	位置深度 (km)	密 度 (g/cm ³)	温 度 (°C)	压 强 (GPa)	组 成 成 分	物质存在状态
地 壳	地 面	2.7			上层为硅铝层, 主要成分为氧、硅、铝; 下层为硅镁层, 除氧、硅、铝外, 铁、镁相应增加	固体外壳
	—33	2.9 3.32	1000以上	0.9		
地 幔	—2900	5.66 9.71	3000	136.8	上部主要是铁、镁、硅酸盐, 下部主要是金属硫化物和氧化物, 铬、铁、镍成分增多	可能为固态, 但地幔顶部(地下50~250km)推测其物质处于高温熔融状态、为岩浆发源地
	6371	17.9	不超过5000	约360	主要是铁镍	
地 核						可能接近液态或大概是固态

表 1-2

地壳中主要化学元素平均含量

元 素	氧 (O)	硅 (Si)	铝 (Al)	铁 (Fe)	钙 (Ca)	钠 (Na)	钾 (K)	镁 (Mg)	氢 (H)	其 他
按重量计(%)	49.13	26.00	7.45	4.20	3.25	2.40	2.35	2.35	1.00	1.87

程中各种地质作用的产物。

二、地质作用

地球形成至今,经历了4600兆年以上的发展历史,而地壳一直是处在运动和变化之中。例如,有些时候一些地方遭受挤压褶皱成高山,而另一些地方则凹陷成为海洋;高山不断遭受剥蚀夷为平地,沧海又不断被泥土充填变成桑田;坚硬岩石破碎成为松软泥沙,而松软泥沙又不断沉积形成新的岩石。这种使地壳的组成物质、地壳构造和地表形态等发生变化的各种作用,统称为地质作用。

一些地质作用表现为短暂而迅速的突变,如火山爆发、地震、山洪等,易于被人们察觉;而大多数地质作用表现为长期缓慢的渐变,在短期内不易察觉,但长期持续进行,往往比短暂而迅速的地质作用产生更为巨大的后果。如在地质历史中,许多高山被剥蚀夷平,许多大海被沉积填淤,那都是一分一秒长期变化的结果。据观察表明,堆积1m厚的黄土需要一千年,兰州附近的黄土厚约200余米,可推知其形成时间大约需20万年。

按引起地质作用能源的不同,地质作用可分为内力(地质)作用和外力(地质)作用。内力作用的能源来自地球内部,主要是地球自转产生的动能和放射性元素蜕变产生的热能。内力作用主要表现为地壳运动、岩浆活动、变质作用和地震等。外力作用主要是太阳的辐射能所引起的,并有重力能参加。外力作用主要通过地面流水、海洋、湖泊、冰川、风和生物活动等形式,作用于地壳表层。外力作用主要表现为风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和硬结成岩作用等。

内力作用和外力作用在促使地壳演化过程中,是相互联系又是相互矛盾的。内力作用

对地壳演化起着主导作用，通过岩浆作用、变质作用和地壳运动不断改造地壳，并使地表产生大陆、海洋、山脉、平原等巨型地形起伏。外力作用则是进一步加工塑造，起着削高补低的作用。总之，在内力和外力地质作用下，使地壳不断地向前发展。

地壳的演变对工程建筑影响很大，因为一切工程建筑物都是修建在地壳上，组成地壳的岩石则是建筑物地基、环境和常用的建筑材料。各种岩石由于形成条件、矿物组成、结构构造的不同，都具有不同的物理力学性质，这些性质直接影响着建筑物的稳定和建筑石料的质量。所以在水利工程建设中，必须对组成地壳的主要矿物、常见岩石以及它们的工程地质性质进行研究。

第二节 造 岩 矿 物

矿物是在地质作用下形成的、具有一定化学成分和物理性质的单质或化合物。自然界中只有少数矿物是以自然元素形式出现，如金刚石(C)、自然金(Au)、硫磺(S)等。而绝大多数矿物是由两种或两种以上元素组成的化合物，如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)、石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)等。目前自然界发现的矿物约3000多种，但构成岩石的主要矿物仅约30种。这些构成岩石的主要成分并对岩石性质起决定性影响的矿物，称为造岩矿物，如石英、长石、云母等。

矿物通常以固体状态存在于地壳中，只有极少数呈液态(如石油)和气态(如天然气)。固体矿物按其内部构造不同，可分为结晶质矿物和非结晶质矿物。前者是指组成矿物内部的质点(原子、离子或分子)按一定方式呈有规则排列的固体，亦称为晶体，在适宜的条件下，往往形成规则几何外形的多面体。例如岩盐是由钠离子和氯离子按立方体格子形式排列，结晶外形常呈立方体(图1-2)。但是，岩石中大多数矿物结晶时，受到许多条件和因素的控制，晶体常呈不规则形状。自然界中绝大多数矿物是结晶质的。

非结晶质矿物的组成质点呈不规则排列，也就不具有规则的几何外形。非晶质又可分为玻璃质和胶体质两种。

不同矿物由于其化学组成和内部构造不同，因而具有一定的形态和物理、化学性质，这些特征是鉴定矿物的重要依据。

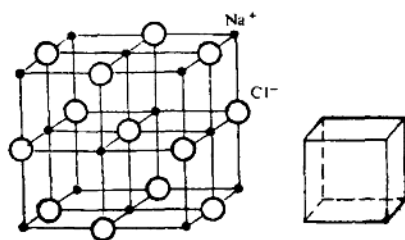


图 1-2 岩盐的内部构造和晶体

一、矿物的主要特征

(一) 矿物的形态

矿物的形态是指晶体矿物的单个晶体及其集合体的形态。根据晶体在三维空间上发育的程度，可分为以下几种晶体形态。

- (1) 柱状、针状，如石英、石棉等。
- (2) 片状、板状、鳞片状，如云母、石膏、绿泥石等。
- (3) 立方体、八面体、十二面体等粒状晶体，如黄铁矿、磁铁矿、石榴子石等。

矿物形成时，因受各种自然条件的影响，呈单个完整晶体出现的很少，大多数是呈集合体形态，即同种矿物集聚在一起形成的各种形态。常见的有：纤维状（如石棉、纤维石膏等）、放射状（如阳起石等）、粒状（如橄榄石等）、土状（如高岭石等）、鲕状（即鱼子状，如赤铁矿等）以及致密块状体等。

（二）颜色

矿物的颜色主要取决于矿物的化学成分，是矿物最明显的标志之一。每种矿物都有比较固定的颜色，如赤铁矿多呈暗红色，绿泥石为深绿色等。当矿物含有杂质时，则出现其他颜色，如纯净石英（水晶）是无色透明的，若混入各种杂质，就使水晶呈现紫色（紫水晶）、褐色（烟水晶）及黑色（墨晶）等。

（三）条痕

矿物粉末的颜色称为条痕。通常将矿物在白色无釉的瓷板（条痕板）上擦划，观察瓷板上所留下粉末痕迹的颜色。透明矿物的条痕都是近于白色，鉴定意义不大，条痕常常作为鉴定不透明矿物的特征。因条痕比矿物颜色更为固定，所以是鉴定金属矿物的可靠依据。

（四）光泽

矿物表面反光的性质称为光泽。根据光泽的强弱程度可以分为：

（1）金属光泽。矿物表面反光极强，如同光亮的金属器皿表面所呈现的光泽，如黄铁矿、方铅矿等。

（2）半金属光泽。比金属光泽亮度差、较暗淡，如赤铁矿、褐铁矿等。

（3）非金属光泽。是一种不具金属感的光泽，为透明或半透明的浅色矿物所具有，其中有：

1）玻璃光泽：矿物表面反光如同玻璃，如石英、长石等；

2）金刚光泽：矿物表面反光极强，光泽闪亮耀眼，如金刚石等。

上述光泽是指矿物晶面或解理面对光线反射的性质。若矿物表面不平，或呈集合体形态，或解理面有裂纹出现时，就会形成一些特殊的光泽。如：

1）油脂光泽：矿物表面好象涂上一层油脂而显出的光泽，如石英断口处就具有这种光泽；

2）珍珠光泽：矿物光泽如同珍珠光泽一样，如白云母等；

3）丝绢光泽：为纤维状集合体矿物所呈现现象丝绢一样的光泽，如石棉、纤维石膏等；

4）土状光泽：土状矿物表面暗淡无光，象泥土一样，如高岭石等。

（五）透明度

矿物透光的能力不同，表现出的不同明暗程度，称为透明度。根据矿物的透明度可分为透明矿物（如不含杂质的水晶、冰洲石等）、半透明矿物（如石膏、闪锌矿等）和不透明矿物（如黄铁矿、石墨等）。

（六）硬度

硬度是指矿物抵抗外力刻划和研磨的能力。通常选用十种不同硬度的矿物作为标准，将矿物的硬度分为十级，称为摩氏硬度计。用来对其它矿物进行互相刻划比较，以确定矿物的相对硬度，这十种矿物按硬度分级依次排列如下（表1-3）。

表 1-3

矿物硬度表

矿物名称	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	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

在野外工作中,还可以用指甲(2~2.5)、铜片(3~3.5)、普通玻璃(5~5.5)及钢刀刃(6~6.5)等,来测定矿物的硬度。

(七) 解理与断口

矿物受敲击后,常沿一定方向裂开成光滑平面,这种性质称为解理。裂开的光滑平面叫做解理面。相互平行的解理面称为一组解理。根据解理面方向的数目,可分为一组解理(如云母)、二组解理(如长石)和三组解理(如方解石)等(图1-3)。

根据解理面发育的程度,可将解理分为极完全解理(极易裂成薄片,解理面大而平整光滑,如云母)、完全解理(极易沿一定方向裂开成块体,解理面平整光滑,如方解石)、中等解理(解理面不大光滑,常呈小阶梯状,如角闪石、辉石)和不完全解理(解理面小且不太光滑,仔细观察才能见到,如磷灰石)。

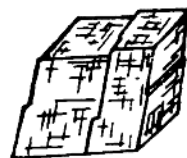


图 1-3 方解石的三组解理

若矿物受敲击后,裂开面呈各种凹凸不平的形状,则称为断口。常见的有贝壳状断口(如石英)、参差状断口(如黄铁矿)和平坦状断口(如块状高岭石)等。

(八) 其它性质

除上述的矿物性质以外,还有一些矿物具有特殊的性质,这些性质同样是鉴定矿物的重要依据。如云母薄片具有弹性;绿泥石薄片具有挠性;磁铁矿具有磁性;滑石具有滑感;岩盐具有咸味以及方解石滴稀盐酸能剧烈起泡等。

二、矿物的肉眼鉴定

矿物的鉴定方法很多,其中最基本的一种简易鉴定方法,是肉眼鉴定法。矿物的肉眼鉴定方法是在熟悉矿物的形态和主要物理性质的基础上,用肉眼并借助于简单工具(如放大镜、小刀等)和简便的化学试验(如滴稀盐酸等),对矿物的特征进行全面观察,最后定出矿物的名称。为了便于系统掌握矿物的各项鉴定特征,现列出主要造岩矿物鉴定表(表1-4)。

在鉴定矿物时,应注意观察矿物的新鲜表面,对其特征根据表1-4进行一一对照,否则得出的结论不一定可靠。应当指出,自然界许多矿物有相似之处,所以在鉴定时,应找出每种矿物独特的特征,即鉴定特征,这是鉴定矿物的主要标志。如云母具有一组极完全解理,呈片状,富有弹性;磁铁矿有强烈磁性,呈铁黑色;方解石有三组完全解理和与稀盐酸反应剧烈起泡等。

三、对水工建筑影响较大的几种矿物特征

在实际工作中,对水工建筑影响较大的几种造岩矿物的特征,在评价岩石性质时,有着特别重要的意义。如黑云母比白云母容易风化,风化后失去弹性而呈松散状态,降低了

表 1-4

主 要 造 岩

次序	矿 物 名 称	形 状	颜 色	光 泽	透 明 度
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
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
3	斜 长 石 $(\text{Na}, \text{Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	外形为板状柱状、粒状	白色或灰白色	玻璃光泽	半透明或不透明
4	普通角闪石 $(\text{Ca}_2, \text{Na})(\text{Mg}^{2+}, \text{Fe}^{2+})_4(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH}]_2$	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
5	普通辉石 $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})[(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$	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
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
7	黑 云 母 $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{OH})_2 \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	片 状	黑 色	珍珠光泽	透 明
8	白 云 母 $\text{KAl}_2(\text{OH})_2 \cdot \text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	片 状	无色, 有时呈灰白、淡黄、淡红等色	玻璃或珍珠光泽	透 明
9	方 解 石 CaCO_3	菱面体	白色、灰白色, 含Fe时呈褐红色, 含Mn时呈棕黑色	玻璃光泽	透明或半透明
10	白 云 石 $(\text{Mg}, \text{Ca})[\text{CO}_3]_2$	常为菱面体块状, 晶面常弯曲成鞍状	灰白、淡黄或淡红色	玻璃光泽	透明或不透明
11	石 膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	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, 纤维状者呈丝绸光泽	透明或半透明
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	玻璃光泽	半 透 明

矿 物 鉴 定 表

解理、断口	硬 度	相对密度	化学性质及其他	分 布
贝壳状断口	7	2.6	化学性质稳定, 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
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
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
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
具有两组完全或中等解理, 两组交角近直角	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
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
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
一组极完全解理	2.5~3	2.3	具有弹性	广泛分布在岩浆岩和变质岩中
三组完全解理	3	2.0~2.8	遇稀盐酸剧烈起泡	广泛存在石灰岩中, 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
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	主要存在白云岩中, 有时在大理岩、石灰岩中也可出现
一组解理发育	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
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

次序	矿物名称	形状	颜色	光泽	透明度
13	蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	致密块状体	熟蛋青般的白色, 但有时被染成各种颜色	油脂光泽或无光泽	半透明或不透明
14	高岭石 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	鳞片状或致密细粒状集合体	鳞片无色, 致密块体呈白色	土状	不透明
15	滑石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状、块状	白色、淡红或浅灰等色	油脂或珍珠光泽	半透明或不透明
16	绿泥石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$	片状或板状、细小鳞片状集合体	深绿色	珍珠光泽	半透明或不透明
17	蒙脱石 $(\text{AlMg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	土状、块状	白或黄绿、红等	土状	不透明
18	蛇纹石 $\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})[\text{OH}]_2$	致密块状或呈片状、纤维状	浅黄绿或深的暗绿色	块状为蜡状光泽, 纤维状为丝绢光泽	半透明或不透明
19	红柱石 $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)\text{O}$	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
20	石榴子石 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$	菱形十二面体, 二十四面体, 集合体为粒状	深褐或紫红、黑等色	玻璃光泽, 断口油脂光泽	不透明
21	黄铁矿 FeS_2	立方体、块状、结核状	浅黄铜色	金属光泽	不透明
22	赤铁矿 Fe_2O_3	多为块状, 有的为鲕状、肾状、片状	赤红色、铁黑色、钢灰色	半金属光泽	不透明
23	褐铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	块状、土状或结核状	黄褐或棕褐色	半金属光泽	不透明
24	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