

高等学校教材

工程地质及水文地质

清华大学 戚筱俊 主编

水利电力出版社



PDG

高等学校教材

工程地质及水文地质

清华大学 戚筱俊 主编

水利电力出版社

内 容 提 要

全书共十二章，主要内容有：岩石，地质构造，物理地质作用，地下水概论，地下水运动与动态，不同含水介质中的地下水，地下水资源评价，坝的工程地质研究，隧洞的工程地质研究，渠道的工程地质研究，水库的工程地质研究，工程地质及水文地质勘察。

此外，配合本教材还另编写了《工程地质及水文地质实习、作业指导书》，作为辅助教材。

本书适用于农田水利工程及水工建筑专业，也可供高等院校及中等学校水利水电类、地质类及其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

高等学校教材

工程地质及水文地质

清华大学 戚筱佼 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

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

*

787×1092毫米 16开本 15.75印张 358千字

1985年10月第一版 1985年10月北京第一次印刷

印数00001—10610册 定价3.25元

书号 15143·5864

前 言

本书是根据高等学校水利水电类专业教材编审委员会1982年5月新修订的“农田水利工程专业”教学计划中的“工程地质及水文地质”课程教学大纲所规定的学时和内容编写的。

本书适用于农田水利工程专业，也可供水利水电类其他专业师生及工程技术人员参考。

参加本书编写工作的有清华大学戚筱俊（第八、九、十、十一章）、华北水利水电学院霍崇仁（第四、五、六、七章）、华东水利学院李立武（第一、二、三、十二章）。全书由戚筱俊主编，并由武汉水利电力学院黄乃安负责主审，合肥工业大学史如平参加了审查工作。此外，清华大学龚有满、马素玉、林贵昌协助主编作了稿件整理、绘图、清绘等工作。

本书在编审过程中，曾广泛征求过有关兄弟院校的意见，许多单位的教师提出了很好的建议，经过地质类编审小组扩大会议讨论教材编写提纲，并通过初审和复审，多次修改后定稿出版。在此谨向有关同志表示诚挚谢意。

为便于学生课外复习和自学，每章后适当列入了复习思考题，并按课程顺序精选了一部分常见地质名词（汉—英对照）词汇，作为本书附录，供学习外语参考。此外，还编写了《工程地质及水文地质实习、作业指导书》，作为辅助教材，供课堂实习、实验及野外地质实习使用。

鉴于编者水平有限，时间仓促，教材中不当之处，诚希读者指正。

编 者

1984年9月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 岩石	5
第一节 造岩矿物	6
第二节 火成岩	10
第三节 沉积岩	14
第四节 变质岩	18
第五节 岩石的工程地质及水文地质性质评述	21
第二章 地质构造及地质图	24
第一节 地壳运动的概念	24
第二节 水平构造和倾斜构造	25
第三节 褶皱构造	26
第四节 断裂构造	30
第五节 地质时代及地层年代的确定	35
第六节 地质图	39
第三章 物理地质作用	41
第一节 风化作用	41
第二节 河流地质作用	45
第三节 喀斯特(岩溶)	51
第四节 岩质边坡	56
第四章 地下水概论	63
第一节 自然界的水循环	63
第二节 岩石中的空隙和水	64
第三节 含水层及含水岩系	70
第四节 地下水的物理性质和化学成分	71
第五节 地下水分类	77
第五章 地下水运动与动态	86
第一节 地下水运动的基本规律	86
第二节 地下水动态与均衡	93
第三节 水均衡及水均衡方程式	96
第六章 不同含水介质中的地下水	99
第一节 松散沉积层中的地下水	99
第二节 非可溶性基岩中的地下水	109
第三节 可溶性基岩中的地下水	117
第七章 地下水资源评价	121

第一节 概述	121
第二节 地下水资源的组成	121
第三节 地下水资源量的计算	125
第四节 地下水水质评价(灌溉用水)	128
第五节 环境水文地质问题	131
第八章 坝的工程地质研究	137
第一节 水工建筑的工程地质条件和工程地质问题	137
第二节 坝基(肩)的渗漏	143
第三节 坝基的渗透变形	148
第四节 坝基(肩)的抗滑稳定	151
第五节 坝基的沉降稳定	162
第六节 河床冲刷坑问题	169
第九章 隧洞的工程地质研究	175
第一节 隧洞选线的工程地质条件	175
第二节 隧洞设计的工程地质问题	182
第三节 隧洞施工的工程地质问题	194
第十章 渠道的工程地质研究	198
第一节 渠道选线的工程地质条件	198
第二节 渠道的渗漏问题	200
第三节 渠道的边坡稳定问题	203
第十一章 水库的工程地质研究	213
第一节 水库渗漏	210
第二节 水库淹没	214
第三节 水库塌岸	216
第四节 水库淤积	219
第五节 水库的水质改变	220
第六节 地下水库	221
第十二章 农田水利工程地质及水文地质勘察	227
第一节 勘察的目的、任务及程序	227
第二节 地质测绘及遥感技术的应用	228
第三节 工程地质及水文地质勘探	230
第四节 工程地质及水文地质试验和长期观测工作	232
第五节 工程地质及水文地质勘察资料的分析整理	235
第六节 灌区水文地质勘察要求	236
附录 水利工程地质及水文地质常见名词(汉—英对照)	238
参考文献	246

绪 论

一、工程地质及水文地质在农田水利工程建设中的作用和任务

工程地质学及水文地质学是从地质学发展起来的 two 门新兴学科，工程地质学主要是研究与工程建设有关的地质问题的学科；水文地质学主要是研究地下水的学科。这两门学科都是以地质学为基础，而且是相互关联，相互渗透，并各有特点。下面分别简要介绍一下它们在农田水利工程方面的作用和任务。

农田水利工程主要由水库工程及渠系工程两部分组成。水库工程一般由大坝枢纽及其附属建筑物，如溢洪道、隧洞、水电站等建筑物组成，它们的作用主要是蓄水及控制洪水。渠系工程主要由闸（各种分水闸及节制闸）、渠道、引水隧洞或涵洞、渡槽、倒虹吸、跌水等建筑物组成，它们的作用主要是输水及配水，为灌溉、排水及农林牧副渔业供水服务。工程地质在修建这些水工建筑物当中的作用和任务主要是：

（1）勘察建筑地区的工程地质条件，为选点、规划，设计及施工提供有关工程地质资料，作为工程依据。

（2）根据工程地质条件，论证、评价并选定最优的建筑地点或线路方案。

（3）预测在工程修建过程中及建成后的工程管理运行工作中，可能发生的工程地质问题，并提出防治不良地质条件的基本措施。

生产实践证明，工程地质在工程建筑中的作用，已不仅仅是完成为建筑物的修建提供必要的地质资料，而且贯穿在整个工程建设的规划、设计、施工以及管理的全部过程之中。工程地质工作质量的好坏，直接或间接地关系着工程建筑的安全可靠性，技术可能性以及经济合理性。历史的经验表明：工程建筑，特别是水工建筑，不怕工程地质条件复杂，也不怕工程地质问题繁多，怕的是对工程地质条件的勘察研究不重视和研究的不充分，结果会给工程建筑带来严重后果。国际大坝委员会曾于1973年对世界110个国家和地区（未包括我国在内）已建大坝（坝高在15米以上的约12900余座）进行了调查，从统计资料看，发生过失事事故的589座中，大多数与不良的地质条件密切相关。如1959年12月2日法国的马尔帕赛（Malpasset）拱坝的崩溃，曾震动了国际水利界。该坝66m高，由于坝基左岸岩石软弱，未经地基处理，蓄水后发生位移达210cm，致使整个坝体全部崩溃，水库拦蓄的3000万m³的水，顿时下泄形成洪水，以8.33m/s的速度倾泄，造成下游400余人死亡，损失达68兆美元。又如印度的纳纳克萨加（Nanaksagar）坝，为一高15.9m的土坝，1967年9月7日，由于坝基发生管涌破坏，使坝体决口冲毁，造成32个村庄的人民流离失所，损失惨重。（还有许多实例，可详见国际大坝会议第十一届文献资料。）这些实例说明，不仅高坝大库会造成严重事故，即使是中小型水利工程，也会由于对地质问题处理不当而带来生命财产的巨大损失。因此，工程地质工作对于水库、大坝的安全可靠起着重要的作用。

我国从建国以来,已建成坝高在15米以上的大坝水库12000余座。由于党和政府非常重视工程地质工作,因此直接由于地质问题而产生的垮坝事故极为罕见。然而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,而造成的水库或坝基漏水、水库淤积及边坡滑塌、隧洞坍方等工程事故还是屡见不鲜的。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,建坝初期未作垂直防渗处理,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,至今该水库仍不能满库运行,没有达到预期的设计要求和发挥应有的经济效益。又如黄河三门峡水库的库区,处于我国黄土分布区,黄土浸水后极易崩解、湿陷,造成严重的水库塌岸和淤积问题。解放初期我国缺少经验,该工程系委托国外设计,1957年动工,1960年9月建成蓄水。由于设计中对黄土地区可能产生的工程地质问题估计的错误,水库蓄水后黄土边坡形成大面积的塌岸,再加上黄河河水含沙量本来就很高,因此水库蓄水不到两年,至1962年3月,就淤积泥沙14.9亿t。库区尾部潼关一带河床淤积抬高达到5m以上,形成库尾三角洲。此外,淤积还沿河向上游延伸,导致支流渭河河床也因淤积抬高,河水外溢,两岸大片土地被淹没和浸没。地下水位上升,使不少房屋倒塌,土地盐碱化和沼泽化达30万亩,威胁关中平原、直至西安市。因此不得不对三门峡水库进行改建,增加了两个泄水洞,在混凝土重力坝坝身打开了八个导流底孔排泄泥沙,水库也改为低水头运行,发电装机容量120万kW改为25万kW。还有一些水利工程,由于实行边勘测、边设计、边施工的“三边政策”,对建筑地区的工程地质条件尚未勘察清楚,就急于开工(上马),后来在设计及施工中,发现严重的工程地质问题,又被迫停工(下马),甚至还有多次上马又下马的工程,由此而造成的经济损失也是相当可观的,这些经验教训应该认真总结和引以为戒。

水文地质工作的主要任务是研究:

(1)地下水的形成、埋藏、分布、运动以及循环转化的规律。

(2)地下水的物理化学性质、成分以及水质的变化规律。

(3)解决合理的开发、利用、管理地下水资源,以及有效地消除地下水的危害等实际问题。

在农田水利工程中,水文地质工作不仅要配合上述工程地质工作提供有关水文地质条件方面的资料,而且在农田灌溉的抗旱、防涝、治碱、以及环境保护等工作中起着先决和主导的作用。

据有关部门估算,我国的水资源总量约为27210亿 m^3 ,其中地下水资源为7718亿 m^3 。但水资源的分布是极不均匀的,如干旱少雨的北方地区,土地资源十分丰富,而水资源十分贫乏。水土资源组合极不平衡,尤以海河、辽河、淮河流域最为突出。这三个流域的耕地面积占全国耕地总数的33.2%,而水资源却只占全国水资源总数的7.4%,每亩耕地平均占有水资源数量,只有全国平均数的14~33%。因而缺水十分严重,有的地区仍然是“十年九旱,靠天吃饭”。又如我国南方地区,虽然降雨量和地表径流量比较丰沛,但分布也极不均匀,特别是云、桂、黔等省,石灰岩广泛分布,喀斯特(岩溶)十分发育。“一场大雨千算涝,天晴三日万山焦”;“修塘不蓄水,筑坝不拦洪”,大量的地表水漏至地下,因而地表缺水现象也很严重。农田灌溉“旬日不雨,即成旱象”,“米如珍珠水如

油”。这些民间谚语都说明,在我国,无论是在北方地区还是在南方地区,农田水利建设不仅需要开发利用地表水,而且需要开采利用地下水资源。

解放后,我们对淮河、黄河、海河、黑龙江、松花江、辽河、珠江及长江等江河,进行了综合治理和流域性的开发利用,兴建了一大批大、中、小型水利工程。据统计,全国已建成的水库库容在 10万m^3 以上的达86000座,万亩以上的灌区达6000处,初步控制了洪水灾害,并发展了灌溉、水电、航运、水产等事业。此外,在地下水开采利用方面,为寻找地下水资源,开展了全国性的水文地质普查工作,并用汇泉、打井、截潜流等多种形式开采地下水资源。目前农用机井已达230万眼,井灌面积达1.1亿亩。这些成绩在我国历史上是空前的,对我国的社会主义建设事业起了巨大的作用。然而,已有的成绩还远远满足不了“四化”建设的近期需要和远景规划。为了根本改善我国的水资源分布和充分利用水资源,水利工程技术人员和工程地质及水文地质技术人员,正在长江、黄河的中上游、大渡河、澜沧江、乌江、红水河,以及长江的主要支流,湘、资、沅、澧水等水资源非常丰富的地区,为进一步发展水利水电建设继续做贡献。此外,我国还将在长江第一大坝(葛洲坝水利枢纽工程)胜利完成后,继续兴建三峡等巨型水利工程;并将逐步实施“南水北调”等改造自然的宏伟规划。这些规模空前的水利工程,将改变包括工程地质及水文地质等自然环境,并将为工程地质及水文地质工作提出许多新的课题和新的任务。为振兴中华,为实现祖国社会主义的四个现代化,为完成党中央提出的到2000年国民经济总产值翻两番的宏伟目标,也为我国的水利事业及工程地质和水文地质科学的进一步发展展现了无限广阔的前景。

二、本课程的主要内容及教学要求

本课程是农田水利工程专业的一门技术基础课,根据水利电力部1982年5月新修订的全国统编教学计划及教学大纲,对本课程的基本要求如下:通过本课程的学习,使学生掌握工程地质及水文地质的基本知识,学会分析水工建筑物的工程地质问题和灌区水文地质问题的基本方法,为今后学习专业课程打下基础,总的要求是:

(1)掌握与农田水利工程有关的常见岩石、地质构造、物理地质现象等基本地质知识。

(2)初步学会对水库及水工建筑物的工程地质条件及问题的评价和分析方法。

(3)掌握与农田水利工程有关的水文地质基础知识。

(4)一般了解工程地质及水文地质的勘察原则和方法,熟悉其应用条件,主要学会阅读和分析常用工程地质及水文地质资料(报告书及地质图等)的方法。

本书的主要内容及教学要求如下:

第一章 岩石的成因分类,常见造岩矿物,重点是三大类岩石(火成岩、沉积岩、变质岩)的分类方法和鉴定特征。并通过实习或实验课,学会肉眼鉴定岩石标本的方法。对岩石的工程性质只作一般性介绍(本章内容主要结合岩石、矿物实验课进行)。

第二章 各种典型地质构造类型及地层年代的确定方法,重点是学会阅读和分析各种典型构造地质图(结合实习课进行)。

第三章 与农田水利工程有关的物理地质现象(作用)的基本概念,重点是岩石的风

化作用, 风化带的划分原则和方法; 河流地质作用、河谷构造及地貌特征; 喀斯特(岩溶)的形成条件和发育规律; 岩质边坡稳定性的地质分析方法等, 以及它们对农田水利工程的影响和重要性。

第四章 水文地质的基础知识主要介绍: 自然界水的分布及循环; 岩石的空隙性; 水在岩石中的存在形式; 岩石的水理性质; 含水岩层的划分; 地下水的物理性质及化学成分; 以及地下水的分类及其特征。

第五章 主要讲述渗流的基本概念; 地下水运动的基本规律及径流量的估算方法; 地下水动态及均衡的基本概念和影响因素。

第六章 不同含水介质地区的地下水, 主要包括: 松散沉积层; 非可溶性基岩地区以及可溶性基岩地区地下水。并介绍它们的形成、埋藏、补给、径流、排泄等赋存规律, 以及它们对农田供水规划和开采利用地下水资源的实际意义。

第七章 主要介绍地下水资源评价的原则和方法, 着重介绍地下水资源量的基本组成(储存量、补给量、排泄量或消耗量)以及一般的估算方法。此外对地下水水质评价及环境水文地质问题仅作一般性评述。

第八章 综述水利工程地质条件和工程地质问题的基本内容, 介绍有关坝址选择和水利枢纽布置的工程地质条件综合分析方法(结合工程地质图件的阅读分析进行)。此外重点介绍有关坝基(肩)的工程地质问题, 如坝基的渗漏及渗透稳定问题; 抗滑稳定问题; 沉降变形问题, 以及冲刷坑问题等。

第九、十章 分别阐述输水建筑物线路选择中, 工程地质条件的综合分析和评价方法, 重点介绍隧洞及渠道在设计 and 施工中的主要工程地质问题。如隧洞的围岩压力、岩体抗力、外水压力, 以及渠道的渗漏和边坡稳定等问题。

第十一章 阐明研究水库区的工程地质问题, 对国民经济建设的关系和重要性, 并分别介绍水库的渗漏问题、浸没问题、边岸再造问题、淤积问题、水质改变和环境保护, 以及地下水水库等方面的工程地质分析方法。

第十二章 简要介绍农田水利工程地质及水文地质勘察的一般原则和方法; 各种勘察手段的使用条件, 以及工程地质及水文地质资料、图件的阅读分析方法(结合实习、作业课进行)。

以上教学内容可概括为三个组成部分: 地质学基础部分(第一、二、三章); 水文地质部分(第四、五、六、七章); 工程地质部分(第八、九、十、十一、十二章)。这三部分内容是相互关连和逐步联系专业实际的, 在教学过程中应运用辩证唯物主义观点和方法, 由浅入深, 循序渐进, 理论联系实际的多种方式, 进行教与学, 才能达到预期的教学目的。本课程是一门实践性比较强的技术基础课, 为加强地质实践教学环节, 除讲课及自学外, 还安排了课堂实习或实验, 课外作业, 以及野外地质教学实习, 以巩固课堂理论教学和扩大野外地质实际知识的眼界。此外, 本课程在教学过程中, 可适当引用电化教学方法, 应用有关地质科教片、录相片、幻灯片等直观教具, 以增强地质感性认识, 提高教学效果。

第一章 岩 石

地球是一个旋转椭球体，平均直径约为 6370km。地球表面以上为外部圈层构造，分布有大气圈、水圈和生物圈；地球表面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 km 以上。水圈是地球表层的水体，大部分汇聚在海洋里，部分分布于河流、湖泊、沼泽、冰川以及地球表层的岩石和土层的空隙中，极少部分存在于生物体和大气中。地表水、地下水和大气中的水，在太阳辐射热的影响下，不断地循环和相互转换。生物圈是地球上生物生存和活动的范围，在地球表层的大气圈、水圈及地表岩石和土层中，都可有大量的生物，包括动物、植物和微生物。

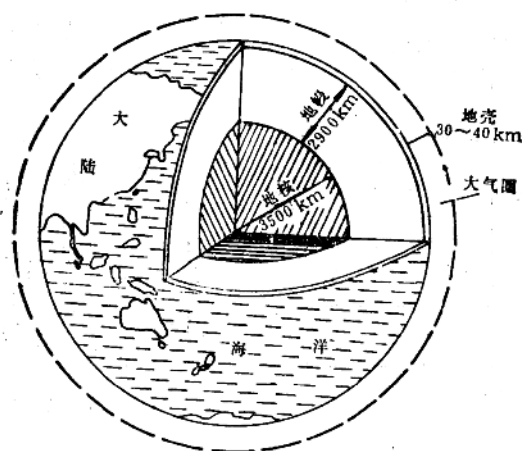


图 1-1 地球结构与剖面图

地球的内部圈层构造，从地表到地心可分为地壳、地幔和地核三层。地核位于深 2900km 的古登堡 (Gutenberg, B) 面以下直到地心，主要由比重较大的铁、镍物质组成；地核和地壳之间称为地幔，其上部与地壳的分界线称为莫霍 (Mohorovicic, A) 面。地幔主要由铬、铁、镍、二氧化硅等物质组成，密度也较地壳岩石为大。

地壳是地球表层很薄的一层坚硬固体外壳，它的平均厚度约为 16km，仅占地球半径的 1/400，而且各地差异也很大，陆地上较厚，平均为 35km，最厚的地方如帕米尔——喜马拉雅山脉地区可达 75km；而海洋地区较薄，平均只有 6km，最薄的地方如南美洲海岸外的大西洋中的某些地方，厚仅 1.6km。我国不同地区的地壳厚度的差异也很大，如北京为 46km、广州为 31km、拉萨为 71km、兰州为 53km、南京为 32km。

地壳是由各种岩石及土层组成的。岩土性质的好坏，无论是作为地上建筑物的地基，

地下建筑物本身的结构，或者是作为天然建筑材料，对建筑物的安全、稳定与经济技术均有着重要影响。在农田水利工程建设中，无论是筑坝修水库，还是兴建各种排灌工程，对组成地壳的各种岩石和土进行研究，显然是十分必要的。要了解岩石和土的性质及特点，首先要对各种不同的岩石进行正确的分类和鉴别，这也是本课程最基本的基础知识。

岩石是天然产出的、具有一定结构和构造的矿物集合体。自然界中的岩石种类虽多，但根据其成因可以分为火成岩、沉积岩和变质岩三大类。由于岩石是由一种或几种不同的矿物组成的，因此，为了识别各种岩石，就必须首先鉴别常见的造岩矿物。

第一节 造 岩 矿 物

矿物是在地壳中由于各种地质作用而形成的、具有一定化学成分和物理性质的自然元素或自然化合物。

地壳是由各种化学元素组成的，但各种元素在地壳中的含量差异很大。在国际上，把

表 1-1 地壳主要元素的平均含量* (%)

氧(O)	49.52	钠(Na)	2.64
硅(Si)	25.75	钾(K)	2.40
铝(Al)	7.51	镁(Mg)	1.94
铁(Fe)	4.70	氢(H)	0.88
钙(Ca)	3.29	其 他	1.37

* 据克拉克(F.W.Clark)。

各种元素在地壳中的平均含量，称为克拉克值(F.W.Clark 是美国分析化学家)，如表1-1所列。

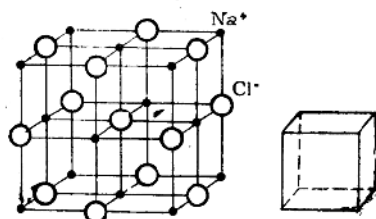


图 1-2 岩盐的内部构造和晶体

由表 1-1 可以看出，地壳中的化学元素，主要是氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等九种，尤以氧和硅为最多。所有元素除了少数如金刚石(C)、金(Au)等以自然元素产出外，绝大多数均以各种化合物出现，如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)等。这些元素和化合物，即所谓的矿物，它们不仅有一定的化学成分，而且也有固定的物理性质。目前，自然界中已发现的矿物大约有3000多种，而常见的组成岩石的矿物仅几十种(大部分是硅酸盐及碳酸盐矿物)，这些组成岩石的矿物，称为“造岩矿物”。

一、矿物的物理性质

由于矿物具有一定的化学成分，组成矿物的原子又往往按一定方式的结晶格架排列，因此大多数矿物都具有一定的形态和物理化学性质，在工程地质或水文地质工作中，对常见的造岩矿物进行肉眼鉴别时依据的主要物理性质如下。

(一) 形状

自然界的矿物，除少数为液态(如自然汞)和气态(如天然气)之外，绝大部分为固态。固态矿物按其内部的构造特点，可以分为结晶质矿物和非结晶质矿物。前者是指组成

矿物的原子或离子，按一定规则在三维空间呈周期性重复排列，即具有格架构造，如岩盐是由钠离子和氯离子按立方体格式排列的，如图 1-2 所示。非晶质又称为玻璃质，是指组成矿物的原子或离子呈不规则排列，即不具格架构造，如蛋白石 ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 等。自然界中绝大多数矿物都是结晶质的。

矿物的形状，是指固态矿物单个晶体的形态，或矿物晶体聚集在一起的集合体的形态。常见的矿物形状有柱状、针状、片状、板状等。矿物集合体的形状有纤维状、粒状、放射状、鳞片状、晶簇等。非晶质矿物可具块状、土状、钟乳状、豆状、结核状等。

(二) 颜色

矿物的颜色是指其在自然光下所呈现的颜色。矿物本身所固有的颜色称为“白色”。但常常由于混入杂质，使矿物的白色被杂质的颜色所混杂，而呈现出其他颜色，称为“他色”。如纯石英是无色透明的，含杂质时可呈紫色、褐色、烟灰色等。

(三) 条痕

矿物在白色无釉瓷板（即条痕板）上摩擦而留下的粉末的颜色称为条痕。矿物的条痕往往是比较固定的，如块状赤铁矿，表面常呈铁黑色，土状者多为暗红色，但两者的条痕均为砖红色。褐铁矿的条痕常为棕褐色或黄褐色。故条痕可作为鉴别金属矿物的重要标志，但非金属矿物的条痕颜色差异不明显。

(四) 光泽

矿物表面对可见光的反射能力称为光泽。依据反射的强弱可以分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。造岩矿物一般呈非金属光泽，如：

(1) 玻璃光泽：反射较弱，如同玻璃表面所呈现的光泽。

(2) 油脂光泽：某些透明矿物（如石英）断口上所呈现的，如同油脂的光泽。

(3) 珍珠光泽：如同蚌壳内表面珍珠层上所呈现的光泽。具极完全片状解理的浅色透明矿物，如云母等常具这种光泽。

(4) 丝绢光泽：状如束丝所呈现的光泽，多见于呈纤维状集合体的浅色透明矿物，如石棉。

(5) 金刚光泽：是一种较强的非金属光泽，金刚石等宝石表面的光泽最为典型。

(五) 解理

矿物晶体或晶粒在外力打击下，能沿一定方向裂开的性质称为“解理”，开裂平面称为解理面。不同矿物的解理面可能有一个方向的，也可能有两个或三个方向的，分别称为一组解理、二组解理和三组解理。按解理面发育的完善程度，可将解理分为如下几种。

(1) 极完全解理：矿物受外力作用，极易沿解理面分裂，解理面平整光滑，如云母即有一组极完全解理。

表 1-2

摩 氏 硬 度 计

相对硬度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

表 1-3 主要造岩矿物鉴定表 (按硬度大小排列)

序号	矿物名称	硬度	形状	颜色	条痕	光泽	解理与断口	比重	其他
1	滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1	薄片状、鳞片状、致密块状	白、灰、淡黄、淡绿	白色	油脂光泽, 解理面上呈珍珠光泽	一组完全或极完全解理	2.7~2.8	极软, 手摸之有滑感, 薄片可挠曲而无弹性
2	高岭石 $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$	1~1.5	块状、土状	白色, 因含杂质可呈黄、浅褐、浅兰等色	白色	无光泽	土状断口	2.5~2.6	有滑感, 干时易吸水, 湿时具可塑性, 粘着性
3	蒙脱石 $(Na, Ca)(Al, Mg)_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \cdot nH_2O$	1	块状、土状	白色, 有时为浅红、浅褐色	白色	无光泽	土状断口	2	吸水性强, 吸水后体积能膨胀增大数倍以上
4	石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2	板状、条状或纤维状、粒状	白色, 含杂质时为黄褐色、红色	白色	玻璃或丝绢光泽	一组完全解理	2.2~2.4	有的透明, 可溶于盐酸和略溶于水
5	绿泥石 $(Mg, Fe)_2 \cdot Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$	2~2.5	片状集合体或块状	浅绿至深绿色	绿色	珍珠或玻璃光泽	一组完全解理	2.6~2.9	薄片可挠曲但无弹性
6	黑云母 $K(Mg, Fe)_3(OH)_2[Al, Si_3O_{10}]$	2.5~3	片状、鳞片状集合体	黑色、深褐色	白色 深绿色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.7~3.1	薄片透明, 有弹性
7	白云母 $K(Al, OH)_2[Al, Si_3O_{10}]$	2.5~3	片状、鳞片状集合体	无色、银白色、淡黄色	白色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.7~3.1	薄片透明, 有弹性
8	方解石 $CaCO_3$	3	一般为菱形体, 集合体有粒状、钟乳状、块状、晶簇等	白色、无色、因含杂质可具多种颜色	白色	玻璃光泽	三组完全解理	2.6~2.8	遇冷稀盐酸剧烈起泡
9	白云石 $Ca \cdot Mg[CO_3]_2$	3.5~4	菱形体, 集合体为粒状	灰白色, 有时为淡黄、淡红色	白色	玻璃光泽	三组完全解理	2.8~3.0	晶体只与热稀酸反应, 粉末可与冷稀酸反应, 但无嘶嘶声, 解理面多呈弯曲状, 并具条痕

续表

序号	矿物名称	硬度	形状	颜色	条痕	光泽	解理与断口	比重	其他
10	褐铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	5~5.5	土状、块状、钟乳状、球状	黄褐色、黑褐色	黄褐色 棕褐色	半金属光泽	无	3.4~4	为含铁矿物的风化产物，呈铁锈状，易染手
11	角闪石 $\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_5(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	5~6	长柱状、针状或纤维状集合体	褐色、绿色至黑色	灰白色 浅绿色	玻璃光泽	两组中等解理 理成 124° 或 56° 斜交	3.1~3.6	晶体横截面为六角菱形
12	辉石 $\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_2(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6$	5~6	短柱状，粒状集合体	绿色、褐色、黑色	白色 褐色	玻璃光泽	两组中等解理 近于正交	3.2~3.5	晶体横截面为正八边形
13	赤铁矿 Fe_2O_3	5.5~6.5	多为块状，有的为针状、肾状、片状	赤红色、铁黑色、 钢灰色	砖红色	半金属光泽	无	4.8~5.3	土状者硬度很低，可染手
14	正长石 $\text{K}[\text{Al}(\text{Si}, \text{O}_3)]$	6	短柱状、板状或粒状、块状集合体	多为肉红色，也有灰白色、淡黄色	白色	玻璃光泽	两组完全解理 成 90° 相交	2.5~2.6	有时呈双晶。易风化 成高岭土
15	斜长石 $\text{Na}(\text{Al}(\text{Si}, \text{O}_3))_2\text{Ca}(\text{Al}(\text{Si}, \text{O}_3))_2$	6	柱状、板状、粒状	灰白色、深灰色	白色	玻璃光泽	两组完全解理 斜交	2.6~2.8	性脆，解理面上可见 红、兰、绿等各色条纹
16	黄铁矿 FeS_2	6~6.5	正立方体、五角十二面体或粒状、块状集合体	浅黄铜色	绿黑色	金属光泽	参差状断口	4.9~5.2	晶面上常有三组正交 条纹，在水波岩中可 见细小的星点状存在
17	橄榄石 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_3]$	6.5~7	粒状集合体	橄榄绿色、 黄绿色	无	玻璃光泽	贝壳状断口	3.2~3.5	性脆，在绿色矿物中 硬度较大
18	石榴子石 $(\text{Ca}, \text{Mg})(\text{Al}, \text{Fe})_3[\text{SiO}_3]$	6.5~7.5	菱形十二面体、二十四面体或粒状	红、褐、棕、黑 色等	无	玻璃光泽、断 口油脂光泽	参差状或贝壳 状断口	3.5~4.3	多产于变质岩中
19	石英 SiO_2	7	块状、粒状、六方棱柱状、晶簇状	无色，因含杂质可 有各种颜色	无	玻璃光泽，油 脂光泽	贝壳状断口	2.67	质硬性脆，抗风化能力 强。透明度好的晶体 亦称水晶

(2) 完全解理：矿物受外力作用，易于沿解理面裂开，解理面较平滑，如方解石即具有三组完全解理。

(3) 中等解理：矿物受外力作用，常沿解理面裂开，解理面清楚，但不平滑，且常不连续，如长石有二组中等解理。

(4) 不完全解理：矿物受外力作用，较难沿解理面分裂，解理面不甚明显，且断断续续，如橄榄石。

(六) 断口

矿物受外力打击出现的不规则断裂面称为断口。断裂面可呈不同的形状，如贝壳状（石英）、参差状（黄铁矿）、锯齿状（自然铜）等。

(七) 硬度

矿物抵抗机械作用（如刻划、压入、研磨）的能力称为硬度。一般是用两种不同的矿物互相刻划，比较其相对硬度。例如，取A、B两种矿物，用A矿物刻划B矿物，若B被刻出凹槽并出现粉末，而A未损伤，则A矿物的硬度大于B。

德国矿物学家摩氏（F. Mohs）取自然界常见的十种矿物作为标准，将硬度分为1度到10度十个等级，此即摩氏硬度，如表1-2所列。

在野外工作中，常用随身携带的物品简便地确定矿物的相对硬度。这些物品相当的硬度等级分别为：软铅笔（1度）；指甲（2~2.5度）；小刀、铁钉（3~4度）；玻璃棱（5~5.5度）；钢刀刃（6~7度）。

(八) 其他特性

如透明度、磁性、弹性、挠性、比重、臭味等物理性质，以及与冷稀盐酸发生化学反应而产生气泡等现象，对鉴别某些矿物也有重要意义。

二、矿物的肉眼鉴定

要准确的鉴别矿物，需要在专门的实验室内用多种方法，如吹管分析、差热分析、光谱分析、偏光显微镜分析，以及电子显微镜扫描等。但对水利工作者而言，最基本的要求是肉眼鉴定。常见造岩矿物的肉眼鉴定特征如表1-3所列。

第二节 火 成 岩

一、火成岩的形成及产状

火成岩亦称岩浆岩，是地下深处的岩浆侵入地壳或喷出地表后冷却凝固而形成的岩石。地球内部的岩浆是一种处于高温高压状态下的熔融体，其成分以硅酸盐为主，并含有大量挥发性物质，如水、二氧化碳、氟、氯、硫等，且具有一定的粘度。在地壳运动的过程中，处于高温高压状态下的岩浆，往往会沿着地壳内的软弱带或深大断裂，向压力较小的地方移动，侵入到地壳的不同部位，甚至喷出地表。在岩浆侵入和喷出的同时，由于温度和压力的降低及挥发性气体的逸出，岩浆将以不同的速度冷却凝固，从而形成各种不同类型的火成岩。上述岩浆活动和冷却凝固的整个地质过程，称为岩浆作用。岩浆侵入地壳冷却而成的火成岩称为侵入岩；岩浆喷出地表后冷却而成的火成岩，称为喷出岩（亦称火

山岩)。

由于火成岩形成时所处的地质环境不同,岩浆活动也有差异,因而火成岩体的大小、形态等相差也很大。一般将火成岩体的大小,空间形态,与周围岩石的关系等称为火成岩的产状。常见的火成岩岩体的产状如图1-3所示。

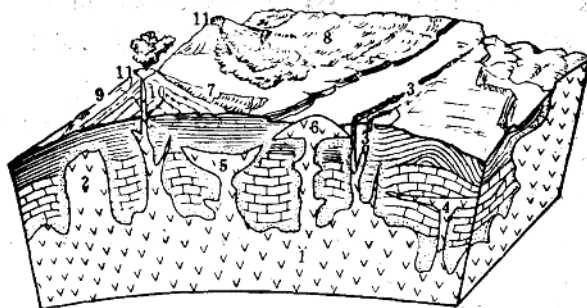


图 1-3 火成岩体产状示意图
(据李尚宽著《素描地质学》修改)

1—岩基; 2—岩株; 3—岩脉; 4—岩床; 5—岩盆; 6—岩盖; 7—熔岩流; 8—熔岩被; 9—火山锥;
10—火山颈; 11—火山口

(一) 侵入岩的产状

侵入岩依其侵入地壳中的部位深浅可分为深成岩和浅成岩。

常见侵入岩的产状有如下几种。

(1) 岩基: 岩基是一种大规模的深成侵入岩所形成的岩体, 分布面积大于 100km^2 , 在平面上常呈不规则的长圆形, 直径可达数十千米至数百千米; 与围岩成侵入接触。岩基的成分较稳定, 一般均由花岗岩、花岗闪长岩等酸性岩所组成。

(2) 岩株: 是分布面积小于 100km^2 的深成侵入体, 平面上近于圆形, 向下呈树干状延伸, 因而又称岩干, 如安徽黄山的花岗岩体。

(3) 岩墙和岩脉: 为沿着岩石裂隙侵入的板状岩体, 宽度常介于数厘米至数十米之间, 但长度可达数十米、数千米、甚至数十千米以上。其中呈直立状产出者称为岩墙, 规模较小、呈倾斜状或不规则状产出者称为岩脉。

(4) 岩床: 是流动性大的基性、超基性岩浆沿围岩层面侵入冷却而形成的与围岩层理平行的板状岩体, 其厚度常小于数十米, 但分布面积往往较大。

(5) 岩盘和岩盆: 岩浆顺断裂上升, 侵入于围岩中冷凝成上凸下平的穹窿状侵入体, 称为岩盘(亦称岩盖), 规模一般不大, 直径可达数千米, 厚度可达 1km , 形成的深度也较浅; 若侵入体的形状为中央凹下、四周高起的盆状, 则称为岩盆, 规模一般较大, 直径可达数十至数百千米。

(二) 喷出岩的产状

从火山口喷溢出来的炽热熔融岩浆, 在地表冷却凝固而成的岩石, 称为喷出岩(或熔岩), 如流纹岩、安山岩、玄武岩等。喷出岩的产状与岩浆喷出的方式及岩浆的粘度有