

高职高专

国家级教学改革试点专业试用教材

工程地质 与土力学

靳世昌 主编

西北农林科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程地质与土力学/靳世昌主编, 一杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2004.3
ISBN 7-81092-080-4

I.工… II.靳… III.①工程地质②土力学 IV.①P642②TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010076 号

工程地质与土力学

主编 靳世昌

出版发行: 西北农林科技大学出版社

地 址: 陕西杨凌杨武路 3 号 邮 编: 712100

电子邮箱: press0809@163.com 电 话: 029—87093302

传 真: 029—87093105

印 刷: 西北农林科技大学印刷厂

印 次: 2004 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×960 1/16

字 数: 390 千字

印 张: 17

ISBN 7-81092-080-4/TU·1

定价: 24.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

前 言

本教材是根据国家级教学改革试点专业水利水电工程建筑专业教学改革的需要,按照该专业并兼顾农田水利、水利工程等专业教学大纲的要求和高等职业技术教育的特点编写的,教材内容包括工程地质和土力学两部分,力求将两部分相关内容融为一体。叙述中力求简明扼要、结合实际、便于自学、突出专业特点。根据本课程实践性较强的特点,每章后都附有复习思考题和习题。

全书除绪论外共分十一章,由杨凌职业技术学院水利系组织编写,靳世昌副教授担任主编,费秉胜担任副主编。绪论和第一、二章由靳世昌编写,第三章和第四章前五节由王建林编写,第四章第六节和第五章由梁引乐编写,第六、十一章由段正选编写,第七、八章由罗碧玉编写,第九、十章由费秉胜编写,全书由西北农林科技大学马耀光副教授和李端民高级工程师担任主审。

将工程地质和土力学合编为一本教材,是我们的一次尝试。由于编者水平有限,加之时间紧迫,书中错误和不足之处在所难免,诚恳希望读者批评指正。

编 者

2003 年 5 月

目 录

绪 论	(1)
第一章 岩石及其工程地质性质	(4)
第一节 地球与地质作用	(4)
第二节 造岩矿物	(7)
第三节 岩石	(11)
第四节 岩体	(20)
第五节 岩石的工程地质性质指标	(24)
第二章 地质构造	(30)
第一节 地壳运动与地震	(30)
第二节 地层	(32)
第三节 水平岩层及倾斜岩层	(35)
第四节 褶皱构造	(40)
第五节 节理	(44)
第六节 断层	(47)
第七节 地质图的阅读与分析	(52)
第三章 物理地质作用	(54)
第一节 风化作用	(54)
第二节 流水的地质作用与流水地貌	(58)
第三节 岩溶(喀斯特)	(68)
第四节 滑波	(73)
第四章 地下水的类型	(77)
第一节 地下水概述	(77)
第二节 潜水	(80)
第三节 承压水	(84)
第四节 不同含水介质中的地下水	(88)
第五节 泉	(95)
第六节 地下水的运动规律	(97)
第五章 水利电力工程主要地质问题	(103)
第一节 概述	(103)
第二节 坝的地质问题	(105)
第三节 水库的地质问题	(114)
第四节 隧洞的地质问题	(121)
第五节 渠道的工程地质问题	(125)
第六章 土的物理性质与工程分类	(129)

第一节	土的三相组成和结构	(129)
第二节	土的物理性质指标	(133)
第三节	土的物理状态指标	(139)
第四节	土的压实性	(142)
第五节	土的工程分类	(144)
第七章	土的渗透性	(150)
第一节	概述	(150)
第二节	渗透系数的确定	(151)
第三节	渗流作用下土的应力状态	(154)
第四节	渗透力和渗透变形	(157)
第八章	土中应力与地基变形计算	(163)
第一节	概述	(163)
第二节	自重应力	(164)
第三节	基底压力	(165)
第四节	地基中的附加应力	(170)
第五节	土的压缩性	(182)
第六节	地基最终沉降量计算	(187)
第七节	地基变形与时间的关系	(191)
第九章	土的抗剪强度与地基承载力	(200)
第一节	土的抗剪强度和极限平衡条件	(200)
第二节	土的抗剪强度的确定	(205)
第三节	不同排水条件时的剪切试验方法	(209)
第四节	地基的临塑荷载	(212)
第五节	地基的极限承载力	(215)
第十章	土压力与土坡稳定性	(221)
第一节	概述	(221)
第二节	土压力的产生条件	(222)
第三节	朗肯土压力理论	(224)
第四节	库仑土压力理论	(232)
第五节	土坡稳定分析	(236)
第十一章	地基设计与地基处理	(240)
第一节	概述	(240)
第二节	天然地基上浅基础的设计	(240)
第三节	深基础简介	(249)
第四节	地基处理	(258)
主要参考文献		(264)

绪 论

一、工程地质与土力学的研究对象和任务

分布于地球表面的岩石和土为各类建筑物的地基基础和建筑材料。工程地质和土力学是研究岩石和土的工程性质的一门学科。工程地质学是专门研究与工程设计、施工及正常使用有关地质问题的一门学科。土力学则是主要研究与工程建设有关的土的应力、应变、强度和稳定及渗透等课题的一门学科。通过对各类建筑物有关的岩石或土的工程地质性质的研究,为建筑物地基的岩、土体稳定和建筑物正常使用提供可靠的地质论证和力学计算依据。因此,这两门学科在工程实践中也是互相依存、互相渗透、互相结合的。随着社会生产力的不断提高和科学技术的不断发展,这种相互结合将日益重要,相互渗透也日趋明显。

(一) 工程地质学研究的对象与任务

如前所述,工程地质学研究的对象是分布在地壳的岩石,研究岩石的成因、物质组成、分布规律及其工程地质性质。同时,岩石作为一种地质体,在漫长的形成演化过程中,由于内外动力地质作用的影响,在岩体中形成各种不同的地质界面,把岩石分割成大小不同的块体,使其工程地质性质发生变化。再者,地质环境与人类工程活动的相互制约和影响是普遍存在的。在工程建设中,必须遵循自然规律,合理保护和有效利用地质环境,对可能出现的问题做出科学的预测。

水工建筑物地基范围广、作用的荷载复杂多样,一切水工建筑物(水库、闸坝、隧洞、厂房等)的兴建和使用过程中,必然会遇到各种地质问题。如对水库的修建,首先要选择适宜的地形,查明筑坝地段坝基和坝肩岩体的稳定性,坝基和库区是否存在渗漏通道,查明水库建成后可能发生的环境地质问题,如水库坍岸、淤积和水库的周围由于地下水位的抬高形成土壤沼泽化和盐渍化问题等,以便充分利用有利的地质条件,避开或改良不利条件。实践证明,没有高质量的工程地质勘察,就不可能制定和选择最优的设计和施工方案,更谈不上降低造价和缩短工期。据统计,世界上遭受严重破坏的水工建筑物,约70%是由于地质问题所造成的。例如,法国的马尔帕赛拱坝,由于坝基和坝肩的片麻岩石中存在细微裂隙和断层,构成软弱滑动面,库水位猛涨后,造成左岸拱座滑动破坏,库水冲毁下游市镇,死亡失踪近500人。又如西班牙蒙特哈水库,建成后,库水从石灰岩溶洞中漏失,致使高达72m的大坝耸立在干枯的河谷中。

因此,工程地质工作的任务就是通过地质调查勘探,查明建筑区的工程地质条件,预测可能出现的工程地质问题,提出解决这些问题的建议和方案,为工程建设规划、选址、设计、施工和正常使用提供可靠的地质依据,以保证所修建的建筑物经济合理、安全可靠。所谓工程地质条件,即是指与工程建设有关的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质

状况、物理地质作用和天然建筑材料等地质条件。

(二) 土力学的研究对象与任务

土力学的研究对象是不同地质年代与不同地质作用下形成的土,是专门解决工程中有关土的问题的学科。土具有松散性,土粒间没有联结或联结甚小。土粒间存在着许多孔隙,具有多孔性,在孔隙中充满水和空气,故土是由土粒、水和空气构成的三相体系。因此,对土的研究除了应用一般力学的基本原理外,尚需密切结合土的实际情况进行研究。在土力学中提出的一些计算方法,必须注意它的应用条件,并结合现场勘察和土工试验测定的计算参数综合确定。

在工程建设中,同岩石一样,土被广泛用作各种建筑物的地基、材料和周围介质。许多建筑物,例如房屋、堤坝、涵洞、桥梁等,都建造在土层之上,土支撑着建筑物的全部荷载,这时在土层内一定范围的应力状态将发生变化,我们把应力状态发生变化的这部分土体称为地基(图 0.1),基础一般埋置在强度较高的土层上,并将建筑物的荷载传播到地基中去。

由于土为细粒黏土矿物组成,具有多孔性,故易透水 and 产生压缩变形,土的松散性,则又使土粒间联结强度低,抗剪强度小,易产生剪切破坏。因此,土作为各种建筑物地基时,在荷载作用下易产生压缩变形,引起建筑物沉降。当荷载较大时,可能使地基产生剪切滑动,致使地基失去稳定而破坏。在水利工程中,对于闸坝地基,还可能引起渗漏和渗透破坏。

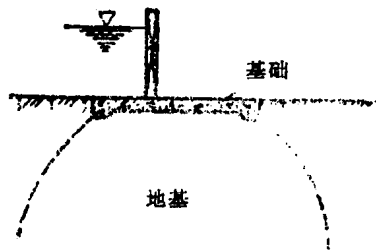


图 0.1 地基与基础示意图

从以上分析,使我们认识到,土力学的任务是全面研究分析土的物理力学性质和土的渗透、变形、强度和稳定的特性,保证地基在防止剪切破坏方面有足够的安全系数,控制地基的沉降量不超过地基变形的容许值,保证建筑物不会因沉降过大而损坏或影响正常使用。对水工建筑物,还要控制渗流,确保不致发生渗透破坏。

二、课程的基本内容与学习要求

本课程是一门理论性和实践性较强的专业技术基础课,描述、实验内容多,新概念、新知识、新方法多,内容庞杂,初学难度大。根据专业教学大纲,本课程基本内容和学习要求如下:

- (1) 了解岩石、地质构造、物理地质作用和地下水等工程地质条件的基本概念及其与各类工程建设特别是水利工程建设的关系。
- (2) 认识常见的矿物和岩石种类、地质构造类型,学会使用地质图件和各种地质资料,分析各种地质条件对工程的影响及防治措施。
- (3) 了解土的基本物理性质,即土的颗粒组成、密度、湿度、可塑性以及土所处的物理状态。了解土的力学性质,即土在外力作用下所表现的渗透性、压缩性和抗剪强度及其指标的测定方法。
- (4) 掌握地基应力、变形和地基承载力以及挡土墙土压力、土坡稳定计算原理和一

(5) 了解地基设计的程序、内容和计算方法,掌握地基处理的方法和原理。

在学好基础理论的同时,对工程地质部分,应重视野外地质现象的观察分析及其对工程的影响。对于土力学部分则应注意各种计算方法的局限性及简化,假设可能引起的误差范围,掌握室内土工试验基本方法,了解野外原位测试的新技术,提高分析、解决实际问题的能力。

三、工程地质与土力学的发展简况

工程地质和土力学是与工程建设实践紧密联系的学科,是随着国家经济建设的发展而发展的。

在旧中国,几乎无人研究工程地质与土的工程问题。

新中国成立后,为适应社会主义事业建设需要,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了工程地质工作。以水利建设为例,新中国成立后不久,对官厅水库进行了勘察工作,为水库提供了基本资料和设计依据,以后,对黄河、淮河、长江、海河等全国主要河流进行了全流域规划及主要坝(闸)的工程地质勘察。据统计,至1979年,我国已修建了大、中、小型水库84 000多座,地质工作者解决了许多极其复杂的工程地质问题。

近年来,由于岩石力学、岩体力学的发展,有限单元法和电子计算机的广泛应用,使得工程地质评价由“定性分析”向“定量计算”方向发展,使定性分析和定量计算紧密结合起来。同时,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,广泛采用先进的勘察技术和测试手段(如地震勘探法、电视测井、遥控遥感技术应用等),加快了勘探速度,降低了成本。提高测试数据精度,是今后迫切需要解决的问题。

同工程地质一样,土力学也是一门古老而新兴的科学。我国在古代就成功地解决了某些地基基础技术问题。如万里长城、大运河、赵州桥等。

新中国成立后,我国进行了大规模的工程建设。成功地处理了许多大型的基础工程。如武汉、南京长江大桥,葛洲坝水利枢纽工程,上海宝山钢铁厂以及众多的高层建筑都为验证土力学的理论,积累了丰富的经验。我国自1958年至1991年已先后召开六届土力学与基础工程会议,建立了许多土力学地基基础专业研究机构、施工队伍和土工试验室,培养了大批专业技术人才。

近年来,我国还在室内及原位测试、地基处理技术、新设备、新工艺、新材料的研究及应用上取得很大进展。例如,振冲法、深层搅拌法、高压旋喷法、真空预压法、强夯法等均取得较好的经济技术效果。这些新技术的应用对土力学理论和实践产生很大的促进。随着我国社会主义建设事业的不断发展,工程地质与土力学这门既年轻又古老的学科必将得到新的发展。

第一章 岩石及其工程地质性质

第一节 地球与地质作用

一、地球的圈层构造

地球不是一个均质体，而是具有圈层结构。地表以上是外圈层，依次分布着大气圈、水圈和生物圈，它们以圈层的形式包围着地球。地表以下是内圈层。

地球内部根据地球物理勘探资料可以划分为三个较完善的内部圈层。从地表往地心依次为：地壳、地幔和地核。这三个圈层的分界面分别叫“莫霍面”和“古登堡面”。地震波在到达这两个不连续面时波速明显的不连续。这说明组成地球的物质在成分和状态上有变化。“莫霍面”位于5~70km处。大陆平均位于33km处，大洋平均位于11~12km处。“古登堡面”位于地表以下2885km（图1.1）。

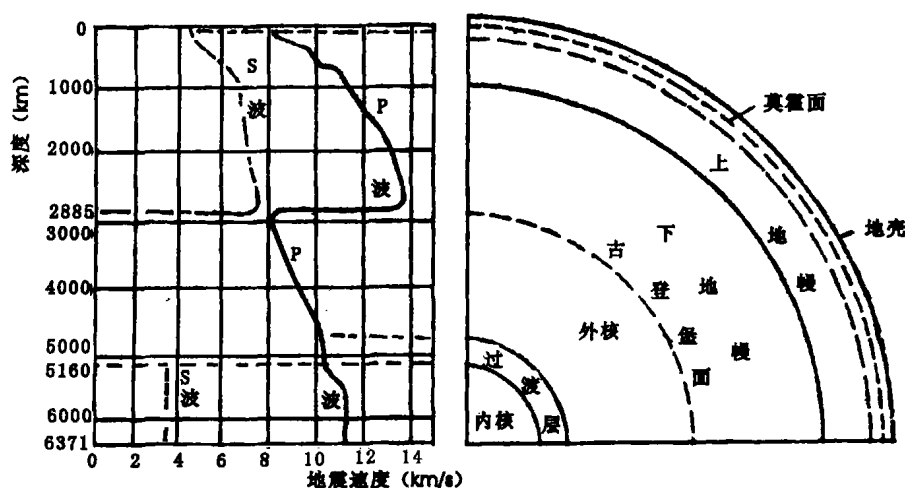


图 1.1 地球内部圈层结构

(1) 地壳：地壳是地球表面的一层坚硬的固体外壳，各处厚度不一，最厚可达70km以上（青藏高原），最薄的地方不足5km，平均厚度为16km。由于结构和演变历史的差异，大陆地壳可以分出上部的硅铝层（即花岗岩层）和下部的硅镁层（即玄武岩层），硅铝层以硅、铝为主，密度较小，平均为 2.7g/cm^3 。硅镁层以硅、镁为主，密度较大，平均为 2.9g/cm^3 。而大洋地壳一般只有硅镁层。地壳每下降100m，温度升高 3°C 左右，至地壳底部温度达 900°C 。

(2) 地幔: 地幔是位于莫霍面与古登堡面之间的圈层。厚约 2850km。通过地震波的研究表明, 在 650km 处存在次一级的不连续界面将地幔分为上地幔和下地幔。上地幔由含 Fe、Mg 多的硅酸盐矿物组成, 平均密度为 3.5g/cm^3 。在 25~60km 处, 是高温的熔融状态的物质, 称软流圈。被认为是岩浆的发源地。软流圈以上, 岩石强度较大的部分, 包括地壳和上地幔的顶部被称为岩石圈。下地幔 FeO 和 MgO 的含量进一步的增加, 底部铁、镍成分显著增加, 所以密度增大, 平均为 5.1g/cm^3 。为非晶质固态, 塑性较大。地幔内温度大致为 $1\,000\sim 3\,500^\circ\text{C}$ 。

(3) 地核: 地核是古登堡面到地心的部分。厚度为 3 473km。按地震波波速变化, 地核分为外核、过渡层和内核三层。外核的物质状态推断为液态, 内核为固态, 过渡层为液态向固态过渡的一个圈层。地核成分以铁、镍为主, 密度为 $9.7\sim 17\text{g/cm}^3$ 。地核内温度大致为 $4\,000\sim 5\,000^\circ\text{C}$ 。

地球表面高低起伏不平, 是由陆地和海洋两部分组成的。海洋面积为 $3.62\times 10^8\text{km}^2$, 占整个地球表面的 70.9%, 为地球表面的主要部分。陆地 $1.48\times 10^8\text{km}^2$, 占地球表面的 29.1%。

(1) 大陆表面形态: 大陆表面高低起伏悬殊, 最高点(珠穆朗玛峰)高于海平面 8 848.13m, 最低点(马里亚那海沟)低于海平面 11 033m。按其起伏状况可分为山地、高原、丘陵、盆地和平原。山地是指地形起伏很大, 绝对高程大于 500m, 相对高差大于 200m 的地区。平行排列延伸很长的山岭称为山脉。高原是海拔在 600m 以上, 大面积的表面比较平坦的完整的高地。如我国的青藏高原, 海拔平均高度超过 5 000m。丘陵是地形起伏, 相对高差在 200m 以下, 海拔低于 500m 的高地。盆地是四周高, 中间地势低平, 外形似盆的广大地区。平原是海拔在 200m 以内, 其内部起伏差不超过数十米的广大平地。

(2) 海洋底部形态: 地球上广阔连续的水域叫海洋, 其中远离大陆、面积较大、彼此相连的主体部分叫洋。大洋的边缘区域、被陆地或岛屿隔开的水域叫海。海洋底部高低起伏, 形态比较复杂, 根据海水的深浅和地形的起伏可以分为: 大陆架、大陆坡和海盆。大陆架是大陆在海面以下的延续部分, 是大陆和与海相接的浅海地带。向外平缓倾斜, 一般不超过 $0^\circ 10'$ 。直到海底坡度显著增大的转折点处。深度一般为 0~200m, 宽度有的不足 1km, 有的可达 1 000km 以上。

大陆坡是大陆架向海盆的过渡地带, 坡度明显变陡, 一般在 $4^\circ\sim 7^\circ$ 。深度一般不超过 2 000m。

海盆是大陆坡以下的开阔水域部分, 它占大洋底部面积的 80%, 深度达 6 000m。在海盆中还发育有深度超过 6 000m 的狭长地带——海沟, 以及突起的山岭——海岭。

二、地壳的物质组成

1. 地壳的化学元素及含量 组成地壳的最基本的物质单位是化学元素。目前发现的化学元素有百余种, 但最主要的有以下 10 种, 它们的含量占整个地壳质量的 99.96%。它们分别是:

氧 (O) 46.95%	硅 (Si) 27.88%	铝 (Al) 8.13%	铁 (Fe) 5.17%
钙 (Ca) 3.65%	钠 (Na) 2.78%	钾 (K) 2.58%	镁 (Mg) 2.06%

钛 (Ti) 0.62% 氢 (H) 0.14%

其余的是磷、锰、氮、硫、钡、氯等。地壳中各种元素的平均含量称克拉克值。

2. 矿物与岩石 所有地壳的这些元素中除了极少数是以单质产出以外, 如金刚石 (C)、金 (Au)、汞 (Hg), 其他都是以化合物的形式产出的。这些在地质作用下, 形成的具有一定化学成分和物理特征的元素 (单质) 或化合物称矿物。绝大多数矿物是固态, 只有极少数呈液态 (如自然汞) 和气态 (如天然气)。矿物具有一定的内部结构和化学成分, 因而具有一定的物理性质和化学性质。由一种矿物或多种矿物组成的自然集合体叫岩石。岩石按其形成的原因分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三类, 地壳就是由这些岩石和土体组成的。不同成因的岩石其结构构造和形成环境是不相同的, 由此表现出来的力学性质是不一样的, 因而其工程地质特性也就不相同。这都直接关系到水利工程的规划、设计、施工和运行过程。

三、地质作用

在地球的漫长历史过程中, 其内部的组成物质、结构和地表形态的变化一直都是永恒的。如火山爆发和地震的发生, 海陆的变迁等等都是地球不断变化的结果。这些由自然动力引起的地球内部物质组成, 结构和地表形态的变化与发展的作用叫地质作用。

按动力来源可分为内动力地质作用和外动力地质作用。

内力地质作用是地球的自转及其内部放射性元素所释放的能量等所引起的。它包括地壳运动、岩浆活动、地震和变质作用。

(1) 地壳运动 在地球内力作用下而引起的地球内部物质变形和变位的运动叫地壳运动。按运动的方向可以分为水平的和垂直的。运动的速度有的十分缓慢, 不易被人们察觉, 如喜马拉雅山的上升, 有的则十分迅速, 如地震、岩浆活动等。

(2) 地震 地震是地球内部物质的运动引起能量的集中, 当积蓄的能量超过岩石本身所能承受的强度时, 就以地震波的形式释放出来, 反映到地表就是一种快速的震动——地震。地震分为构造地震、火山地震、陷落地震和诱发地震等。

(3) 岩浆活动 岩浆活动是岩浆沿地壳薄弱地带上升到地壳或喷出地表冷却凝固而形成岩石的作用。上升到地壳的叫侵入作用, 喷出地表的叫喷出作用。

(4) 变质作用 变质作用是指地壳中原来的岩石在地壳运动和岩浆活动的作用下, 受高温和高压以及新的化学成分的作用而产生新的矿物, 变成新的岩石的作用。新形成的岩石叫变质岩。

各种内力地质作用是相互关联的。地壳运动可以产生地震, 并形成构造薄弱带, 为岩浆活动提供通道。而地壳运动和岩浆活动又可以产生变质作用。

外力地质作用是由地球以外的能量 (太阳辐射的能量等) 所引起的地质作用。它主要是通过水流、风力、冰川和生物活动等形式来改变地表形态的。按作用的方式可以分为: 风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、固结成岩作用和块体作用 (包括崩塌、潜移、滑坡和泥石流)。在工程地质学中, 把对工程有影响的外动力地质作用称为物理地质作用。

内力作用和外力作用也是在时间上和空间上都是普遍存在的。它们相互联系又相互制约。内力地质作用决定了地表基本的形态和内部结构, 而外力地质作用总是不断的改变

和破坏这种形态和结构。如内力作用形成高山和沟谷，而外力作用削平高山，填平沟谷，塑造新的地表形态。内力作用和外力作用总是同时进行的，只是内力作用处于主导和支配地位。外力作用则是在其基础上进行改造和破坏。地球地表形态和内部结构是两者长期相互作用的结果。

第二节 造岩矿物

一、造岩矿物的概念

1. 晶体 通过 X 射线对晶体结构进行研究，发现凡是晶体，它的内部质点（原子，离子，分子）都是按照严格的空间格子构造来排列的。每个质点都是按照固定的位置有次序的排列，相互之间的距离是一定的，靠彼此间的吸引和排斥来达到力的平衡。其结果是表现出有规则的几何外形。如食盐（ NaCl ），它是由 Na^+ 和 Cl^- 组成的，它们呈立方体交替排列。如图 1.2。

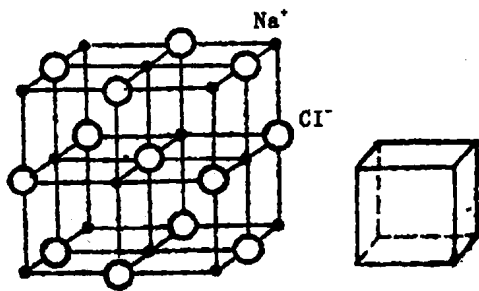


图 1.2 岩盐的内部构造和晶体

晶体通常表现出在适宜的条件下能自发地形成规则的几何多面体（自限性），晶面、晶棱对称重复出现（对称性）。在无外部能量加入时，能长期保持其状态（稳定性）等特性。矿物绝大多数为晶体。

非晶质体是内部质点排列杂乱无章的固体。其质点分布状况类似液体。常见的物质有玻璃、松香、塑料以及火山爆发时快速凝固的火山玻璃等。在自然界非晶质体远比晶质体少。由于内部质点排列杂乱，内能较大，所以非晶质体可以自发地转化为晶质体。

2. 造岩矿物 到目前为止，发现的矿物有 3000 多种，但最后组成岩石的主要的矿物只有 30 多种，我们就把这 30 多种矿物叫做造岩矿物。其中最常见的只有 10~20 种。如石英、长石、云母等。

二、矿物的物理性质

矿物的物理性质是肉眼鉴定矿物的依据，主要包括：

1. 矿物的形态 矿物的形态包括单个晶体的形态和集合体的形态两种。单晶的有 47 种几何单形。但按晶体在三度空间的发育程度，可以分为以下三类：

（1）一向延长：晶体在一个方向十分发育，其他两个方向发育相对较差，成柱状、针状和纤维状。如常见的石英、角闪石、石棉、纤维石膏等。

（2）二向延长：晶体沿两个方向都比较发育，成板状、片状和鳞片状，常见的如云母、绿泥石、石膏等。

（3）三向等长：晶体在三度空间发育程度相当，成等轴状、粒状和球状。如岩盐、黄

铁矿、橄榄石等。

矿物形成时要受时间和空间等因素的影响,所以往往形成的不是单个的晶体,而是以集合体——若干个晶体聚集在一起的形式出现。常见的集合体形态有晶簇(如石英,图 1.3)、放射状(阳起石)、纤维状(石膏)、粒状(黄铁矿)、片状(云母)等。

2. 矿物的颜色 是指矿物在自然条件下新鲜面所呈现的颜色。由矿物本身的化学成分所决定的固有的颜色叫自色。如孔雀石的翠绿色,黄铜矿的铜黄色,方铅矿的铅灰色等。由于矿物中含有某些杂质而呈现的颜色叫他色。如纯净的石英是无色透明的,当它含有杂质时呈紫色、玫瑰色、烟灰色和黑色等。矿物受某些物理因素的影响可以呈现出假色。如黄铜矿因氧化表面可以呈现出铜色。

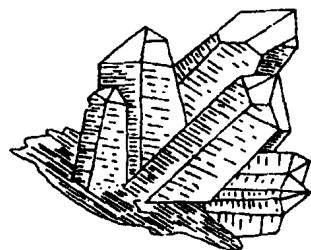


图 1.3 石英晶簇

3. 矿物的条痕 是指矿物在白色无釉瓷板上划擦时所留下来的粉末的颜色。矿物的条痕和颜色是不一样的。条痕剔除了他色,消除了假色。所以它比颜色更为固定。如赤铁矿的颜色有的是铁黑色,有的是红褐色,但条痕总是砖红色;黄铜矿、黄铁矿的条痕为绿黑色等。

4. 光泽 矿物表面对可见光的反射能力叫光泽。根据矿物反射光的能力的强弱可以分为金属光泽、半金属光泽和非金属光泽。

金属光泽:矿物表面反光极强,犹如金属器皿表面一样光亮耀眼。吸收光的能力差。如方铅矿、黄铁矿的光泽。

半金属光泽:比金属光泽的光亮弱。如磁铁矿的光泽。

非金属光泽:矿物表面反光的能力极弱。但吸收光的能力强。它包括金刚光泽(金刚石的光泽);玻璃光泽(石英晶体的晶面上的光泽);油脂光泽(石英的断口、滑石的光泽);珍珠光泽(云母解理面上的光泽);丝绸光泽(石棉、绢云母的光泽);土状光泽(高岭石的光泽)等。

5. 硬度 是指矿物抵抗外力的机械刻划、研磨和压入的能力。在鉴定矿物硬度时用两种矿物相互刻划,以已知硬度的矿物来测定被鉴定的矿物的硬度。一般是用摩氏硬度计来作为标准。就是用 10 种矿物的硬度作为标准来测定其他矿物的相对硬度。见表 1-1。在实际工作中我们还用指甲和一些物品来鉴定矿物的相对硬度。如指甲的硬度是 2~2.5,小刀为 5~5.5,玻璃约为 5.5~6,钢刀为 6~7 等,来代替摩氏硬度计。

6. 解理和断口 矿物受外力作用后总是沿一定的方向裂开成光滑的平面的性质叫解理。光滑的平面叫解理面。根据解理的完整程度可以分为极完全解理:解理面非常光滑平坦而完整。矿物沿解理面可以裂开成薄片。如云母的解释理。

表 1-1 矿物硬度计

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	正长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

完全解理:矿物容易裂开成规则的解理块,解理面平整、光滑、完整。如方解石、食

盐的解理。

中等解理：解理面不太光滑平整，往往不太连续，在解理块上既有解理又有断口。如普通辉石与普通角闪石的解理。

不完全解理：解理面难以发现，在碎片中寻找，偶尔可以发现粗糙的解理面。如磷灰石、橄榄石的解理。

解理按照解理方向的数目可以分为一组解理（云母）、两组解理（长石）、三组解理（方解石，图 1.4）和多组解理（磷灰石）。

如果矿物受到外力的敲击后，沿任意方向裂开成不规则的断裂面叫做断口。断口按其形状可以分为：贝壳状断口、锯齿状断口、参差状断口、平坦状断口。

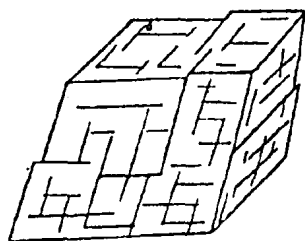


图 1.4 方解石的三组解理

7. 相对密度与其他特征 矿物的相对密度是同体积的矿物的质量（或重量）与 4℃时纯水的质量（或重量）之比值。它的大小与矿物的成分和结构有关系。此外矿物还具有一些特殊的性质，如磁铁矿的磁性，滑石的滑感，方解石遇稀盐酸起泡，云母的弹性，绿泥石的挠性，高岭石的黏性等，这些性质对鉴定矿物都有特殊的意义。

三、常见矿物的鉴定特征

1. 石英(SiO_2) 它是分布最广的一种造岩矿物。纯净的石英是无色透明的，或乳白色，含有杂质时可以呈现紫色、玫瑰色、烟灰色和黑色等多种颜色。单个的石英晶体是六方柱状的，端部为锥形，集合体的形态为晶簇。常呈不规则的粒状，晶面为玻璃光泽，断口为油脂光泽。贝壳状断口。硬度为 7。化学性质稳定，抗风化能力强，岩石中含石英越多，强度就越高，工程地质性质就越好。

2. 正长石 $[\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ 常呈肉红色、褐黄色、浅黄色。单晶为短柱状、厚板状，集合体为块状。玻璃光泽。两组完全正交解理。硬度为 6。比较容易风化，风化后形成高岭土等次生矿物。

3. 斜长石 $[\text{mNa}(\text{AlSi}_3\text{O}_8) + \text{nCa}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)]$ 是由钠长石和钙长石以任何比例组成的混合物。白色或灰白色。柱状或板状。玻璃光泽。有两组完全解理斜交，解理交角为 86° ，硬度为 6。主要性质和正长石相同。性脆。

4. 普通角闪石 $[\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})\{(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}\}_2(\text{OH})_2]$ 深绿色或绿黑色。晶体呈长柱状，横断面六边形或菱形，集合体为纤维状。玻璃光泽。两组中等或完全解理，交角 56° (124°)。硬度 5.5~6。较易风化，风化后呈黏土矿物、碳酸盐及褐铁矿等。

5. 普通辉石 $[\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})\{(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6\}]$ 黑色，带绿或褐的黑色。玻璃光泽。两组中等或完全解理，交角 87° (93°)。硬度 5~6。较易风化，风化后形成黏土矿物等。

6. 橄榄石 $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$ 橄榄绿或淡绿色。晶体为短柱状，集合体为粒状。玻璃光泽。无解理，贝壳状断口。硬度 6.5~7。容易风化，风化后呈暗褐色，溶于浓硫酸，析出 SiO_2 胶体。

7. 黑云母 $[\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ 黑色、褐色，透明。晶体呈板状或短柱状，

集合体为片状或鳞片状。玻璃光泽或珍珠光泽。一组极完全解理。硬度 2.5~3。薄片具有弹性,很容易风化,风化后变成蛭石,失去弹性,呈松散状态,使岩体的力学强度降低。岩石中含云母较多且定向排列时容易产生顺层滑动,影响岩体的稳定性。

8. 白云母 $[\text{KA}_{12}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ 灰白或浅黄色,薄片为无色。其他性质和黑云母相同,但抗风化能力较黑云母强。具丝绸光泽的小鳞片状集合体称绢云母。

9. 方解石 $[\text{CaCO}_3]$ 白色或灰白色,含杂质时呈浅黄、褐红、棕黑等颜色。晶体形态常为菱面体或六方柱状,集合体形态为粒状、钟乳状、块状、晶簇等。玻璃光泽。三组完全解理。硬度 3。遇到冷稀盐酸会剧烈起泡。由方解石组成的岩石如石灰岩、大理岩,可溶于水,所以应注意防渗。

10. 白云石 $[(\text{Mg},\text{Ca})\text{CO}_3]$ 灰白、淡黄色,薄片无色。晶体呈菱面体,集合体为块状或粒状。玻璃光泽。三组完全解理。硬度是 3.5~4。遇到稀盐酸反应微弱,这点可与方解石相区别。由白云石组成的岩石容易产生岩溶现象。

11. 石膏 $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 白色、无色或灰白色。单晶为板状、片状、柱状、针状,集合体为粒状、致密块状、土状或纤维状。玻璃光泽或珍珠光泽,纤维状石膏为丝绸光泽。发育有一组完全解理。两组中等解理,三组解理使其易裂开成菱形块。硬度 1.5~2。脱水后变成硬石膏 CaSO_4 。硬石膏吸水后又变成石膏,体积膨胀,在水流作用下发生溶解,造成围岩破碎,对工程造成不良影响。

12. 高岭石 $[\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ 白色,含杂质时为黄、浅褐、浅红等。为鳞片状或致密细粒状、块状集合体。土状光泽。硬度 1~1.5。高岭石属于黏土矿物,具有吸水性,吸水以后体积迅速膨胀,软化,具可塑性,强度低,压缩性高,沉降量大,所以含有高岭石的岩石作为边坡或地基时应特别注意沉降稳定问题。

13. 滑石 $[\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2]$ 白色、浅灰或浅红色。通常以片状、鳞片状或致密块状集合体的形式出现。珍珠或油脂光泽。一组极完全解理,硬度 1。滑石极软,用手摸极具滑感。由滑石组成的岩石作为边坡或地基时应特别注意抗滑稳定问题。

14. 绿泥石 $[(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_6[(\text{Si}\text{Al}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8]]$ 浅绿至深绿色。呈片状或粒状集合体。珍珠或玻璃光泽。一组极完全解理。硬度 2~2.5。薄片具有挠性。当岩石中含绿泥石很多且定向排列时,作为边坡或地基时应注意抗滑稳定问题。

15. 蛇纹石 $[\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8]$ 浅黄色至暗绿色。致密块状或片状、纤维状。油脂光泽或蜡状光泽。断口平坦状。硬度 3~3.5,指甲不易刻划。

16. 石榴子石 $[\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3]$ 深褐色、紫红色或黑褐色等。单晶为菱形十二面体,二十四面体,集合体为粒状或致密块状。玻璃光泽,断口油脂光泽,断口为参差状或贝壳状。硬度 6.5~7。性质较稳定,风化后为褐铁矿。

17. 黄铁矿 $[\text{FeS}_2]$ 浅黄铜色,条痕绿黑色或褐黑色。单晶为立方体、五角十二面体,集合体为致密块状、粒状。金属光泽,参差状断口。黄铁矿很容易氧化,在氧和水的作用下会产生硫酸和褐铁矿,其中硫酸对钢筋混凝土有腐蚀作用。

18. 赤铁矿 $[\text{Fe}_2\text{O}_3]$ 赤红色、铁黑色、钢灰色,条痕为砖红色。显晶质呈板状、鳞片状、粒状集合体,隐晶质呈致密的块状、鲕状、豆状、肾状集合体。半金属光泽。无解理。硬度为 5~6。赤铁矿为主要的铁矿石,土状者硬度很低,可染手。

19. 褐铁矿[$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$] 黄褐色、黑褐色。条痕黄褐色。为块状、土状、钟乳状、球状集合体。无解理。硬度为1~4。褐铁矿是含铁矿物风化后的产物。

第三节 岩石

一、岩石的概念与成因类型

岩石就是我们通常所说的石头。它是地壳中地质作用所形成的具有一定结构构造的矿物集合体。研究岩石的成因、成分、特征与分布规律的科学称为岩石学。地表和上地幔的顶部（距地表160~250km），主要由强度较大的岩石组成，因此被称为岩石圈。岩石按形成时的地质作用，划分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三种类型。

岩浆岩是由岩浆冷凝固化形成的岩石。通常把岩浆的形成、侵入、喷出、冷凝固化的全过程称为岩浆作用。地壳下部或上地幔，当温度超过深层物质的熔点，就会熔融产生岩浆，沿地壳薄弱地带上升，侵入或喷出地表形成岩浆岩。分别称为侵入岩和火山岩（喷出岩、熔岩）。侵入岩由于在地下深处，温差较小、规模大，所以多为块状结晶岩石；火山岩由于温差大，岩体规模小，一般厚度较薄，故多为未结晶的玻璃质（非晶质）岩石。由于岩浆主要为硅酸盐，所以岩浆岩中的矿物成分基本为硅酸盐类矿物。在地壳中，岩浆岩占其总重量的95%以上。

沉积岩是在地表或接近地表处，原岩的风化破碎产物及其他物质经流水等介质的搬运，沉积和成岩等一系列地质作用形成的层状岩石。沉积岩一般矿物成分简单，易于辨认，且其中常含生物化石。在地表分布广泛，其分布面积约占地表面积的75%左右，对水利工程具有特殊的意义。

变质岩是在地壳发展过程中，由于地壳运动和岩浆活动，使早先形成的岩石在固态条件下，成分、结构、构造等特征发生变化而形成的新岩石。这种转化再造过程称之为变质作用。形成变质岩的影响因素主要有温度、压力和使岩石成分改变的流体。温度升高使原岩中矿物成分重新结晶，压力使原岩破碎或形成密度大的矿物。原岩为岩浆岩的变质岩称为正变质岩，原岩为沉积岩的变质岩称为负变质岩。

岩石学作为一门独立的学科始于18世纪末，由于资本主义工业在欧洲的迅速发展，对矿物质原料的要求与日俱增而逐渐发展起来的。而对于其成因的研究，则有“火成”与“水成”的激烈争论，直到人们发现火山口，注意到花岗岩侵入到含有化石的石灰岩之中后，三大成因类型的认识才逐渐统一。由于水工建筑物常以岩石作为其地基基础，所以在工程中，按照岩石的抗压强度指标划分为极坚硬岩石、坚硬岩石、半坚硬岩石和软弱岩石等类型。

在地球发展演化过程中，岩石圈中的三大类岩石，随着所处环境的改变，可以发生改造，转化为其他类型的岩石（图1.5）。

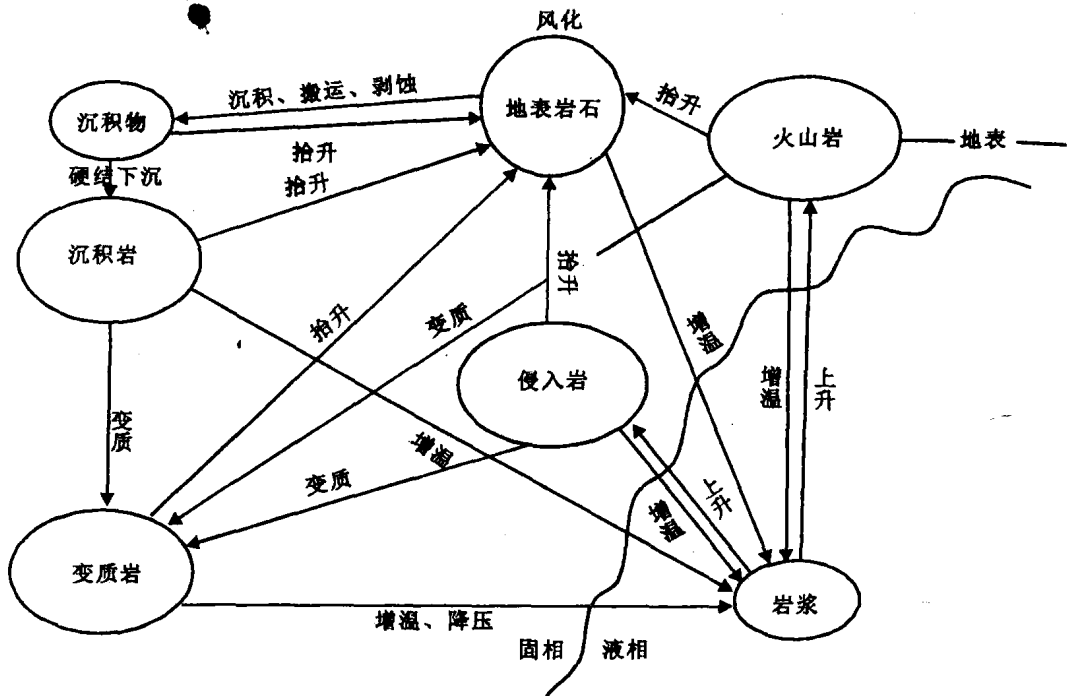


图 1.5 三大类岩石相互转化

二、岩石的结构与构造

岩石的结构是指组成岩石的矿物成分(或颗粒)的结晶程度、大小、形状及其相互关系特征。即矿物或颗粒的特征。岩石构造是指岩石中矿物集合体之间或矿物集合体与其他组分之间的排列、充填或组合方式。岩石的结构与构造不仅是鉴定岩石种类的重要依据,反映岩石形成环境及其物理化学条件,而且不同的结构构造直接影响着岩石的工程地质性质。

(一) 岩浆岩常见的结构构造

1. 岩浆岩的结构 按矿物的结晶程度、大小、形状及相互关系特征可划分为多种类型。

(1) 按岩石中矿物的结晶程度的不同,可分为全晶质结构、隐晶质结构、半晶质结构和玻璃质结构。全晶质结构是说组成岩石的矿物成分全部结晶,肉眼可以分辨出矿物种类的结构。如果只能在显微镜下才能鉴别出矿物颗粒时,则称为隐晶质结构。半晶质结构是指组成岩石成分,一部分为结晶质,一部分为未结晶质的玻璃质。玻璃质结构为岩石中的所有成分均未结晶,全为非晶质。结构致密、敲击后呈现贝壳状断口。

全晶质结构为侵入岩常见的结构,半晶质结构、隐晶质结构和玻璃质结构为喷出岩常见的结构。

(2) 按结晶矿物大小可分为等粒结构和不等粒结构。

等粒结构: 岩石中矿物颗粒大小均一、大致相等的结构。按其粒径进一步划分为粗粒结构——粒径大于 5mm、中粒结构——粒径在 2~5mm 之间、细粒结构——粒径在 2~