



高职高专“十一五”精品规划教材

工程地质与土力学

主 编 王启亮 刘亚军



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



高职高专“十一五”精品规划教材

工程地质与土力学

主 编 王启亮 刘亚军

副主编 侯广贤 张书俭 吴成扬 鲁业宏

杨 峰 严 容



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材共 13 章,从内容上分为工程地质与土力学两部分,1~6 章主要讲述与工程地质有关的岩石、地质构造、物理地质作用、地下水、水利工程常见地质问题等,简要介绍了工程地质环境与勘测;7~13 章主要讲述与土力学有关的土的物理性质及工程分类、土的渗透性、土体中的应力、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力等,扼要介绍了地基处理。书后附有工程地质实验和土工实验指导书。

本教材可供水利水电工程建设、水利工程、城市水利等专业使用,也可供从事与水利水电工程建设有关的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质与土力学/王启亮,刘亚军主编. —北京:中国水利水电出版社,2007

高职高专“十一五”精品规划教材

ISBN 978-7-5084-4428-4

I. 工… II. ①王…②刘… III. ①工程地质—高等学校:技术学校—教材②土力学—高等学校:技术学校—教材
IV. P642 TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024169 号

书 名	高职高专“十一五”精品规划教材 工程地质与土力学
作 者	主编 王启亮 刘亚军
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 13.5 印张 321 千字
版 次	2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	20.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

2005年《国务院关于大力发展职业教育的决定》中提出进一步深化职业教育教学改革,根据市场和社会需要,不断更新教学内容,改进教学方法,大力推进精品专业、精品课程和教材建设。教育部也在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》([2006]16号)中明确指出,课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点,而教材建设又是课程建设的一个重要内容。教材是体现教学内容和教学方法的载体,是进行教学的基本工具,是学科建设与课程建设成果的凝结与体现,也是深化教育教学改革、保障和提高教学质量的重要基础。

编写高职教材,要明确高职教材的特征,如同高职教育的定位一样,高职教材应既具有高教教材的基本特征,又具有职业技术教育教材的鲜明特色。因此,应具有符合高等教育要求的理论水平,重视教材内容的科学性,既要符合人的认识规律和教学规律,又要有利于学生的学习,使学生在阅读时容易理解,容易吸收。做到理论知识的准确定位,既要根据“必需、够用”的原则,又要根据生源的实际情况,以学生为主体确定理论深度;在教材的编写中加强实践性教学环节,融入足够的实训内容,保证对学生实践能力的培养,体现高等技术应用性人才的培养要求。编写教材要强调知识新颖原则,教材编写应跟随时代新技术的发展,将新工艺、新方法、新规范、新标准编入教材,使学生毕业后具备直接从事生产第一线技术工作和管理工作的能力。编写时不能孤立地对某一门课程进行思考,而要从高职教育的特点去考虑,从实现高职人才培养目标着眼,从人才所需知识、能力、素质出发。在充分研讨的基础上,把培养职业能力作为主线,并贯穿始终。

《高职高专“十一五”精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要,以培养技术应用性的高技能人才的一系列教材。为了确保教材的编写质量,参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的,有着丰富的教学 and 实践经验,其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了新的法规、规程、规范精神,反映了当前新技术、新材料、新工艺、新方法和相应的岗位资格特点,体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求,注重内容的科学性、先进性、实用性和针对性,力求深入

浅出、循序渐进、强化应用，具有创新特色。

这套《高职高专“十一五”精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《高职高专“十一五”精品规划教材》编委会

2006年11月

前

言

本教材是根据《高职高专“十一五”精品规划教材》编审会议精神和水利水电类专业对工程地质与土力学课程的要求,经与有关院校专业课教师多次研讨的基础上编写而成的。

工程地质与土力学是水利水电类专业一门重要的专业基础课,为适应高等职业技术教育培养高技能应用型人才的要求,考虑到高职高专学生的特点,本教材以实用性为目的,突出应用,理论以够用为度,不追求系统性和完整性,尽量使教材文字叙述简洁明了。为加强理论与实践的结合,本教材除采用最新国家勘察设计规范和试验标准外,还附录了工程地质实验指导书和土工实验指导书。

本教材由山西水利职业技术学院王启亮担任第一主编,湖南水利水电职业技术学院刘亚军担任第二主编。参加编写人员的具体分工为:王启亮(绪论,第1章);刘亚军(第5章,第13章);华北水利水电学院水利职业学院侯广贤(第2章,第7章);山西水利职业技术学院张书俭(第8章,第9章);福建水利电力职业技术学院吴成扬(第3章,第4章);安徽水利水电职业技术学院鲁业宏(第11章,第12章);山西水利职业技术学院杨峰(第6章,附录1);四川水利职业技术学院严容(第10章,附录2)。

由于编者水平有限,时间仓促,教材中的疏漏和不妥之处,敬请使用者批评指正。

编 者

2006年12月

目 录

序

前言

绪论	1
第1章 矿物与岩石	3
1.1 矿物	3
1.2 岩浆岩	8
1.3 沉积岩	12
1.4 变质岩	17
1.5 岩石的工程地质性质评述	20
小结	21
练习题	21
第2章 地质构造	23
2.1 地质作用	23
2.2 地质年代	24
2.3 岩层产状	27
2.4 褶皱构造	29
2.5 断裂构造	31
小结	38
练习题	38
第3章 物理地质作用	39
3.1 风化作用	39
3.2 流水的地质作用	41
3.3 岩溶	46
3.4 斜坡的地质作用	48
3.5 地震	53
小结	55
练习题	56

第4章 地下水	57
4.1 地下水的赋存	57
4.2 地下水的物理性质与化学成分	59
4.3 地下水的基本类型及特征	61
小结	67
练习题	68
第5章 水利工程常见的地质问题	69
5.1 水库的工程地质问题	69
5.2 坝的工程地质问题	71
5.3 输水建筑物的工程地质问题	76
小结	81
练习题	81
第6章 工程地质环境与勘测	82
6.1 工程地质环境	82
6.2 工程地质勘察	85
小结	88
练习题	88
第7章 土的物理性质及工程分类	89
7.1 土的三相组成	89
7.2 土的结构和构造	94
7.3 土的物理性质指标	96
7.4 土的物理状态指标	100
7.5 土的击实性	102
7.6 土的工程分类	105
小结	109
练习题	109
第8章 土的渗透性	112
8.1 达西定律	112
8.2 渗透系数的测定	113
8.3 渗透力与渗透变形	116
小结	117
练习题	118
第9章 土体中的应力	119
9.1 土的自重应力	119
9.2 基底压力	120
9.3 地基中的附加应力	123

小结	132
练习题	132
第 10 章 地基变形计算	134
10.1 土的压缩性	134
10.2 地基最终沉降量计算	137
10.3 地基变形与时间关系	144
小结	147
练习题	148
第 11 章 土的抗剪强度与地基承载力	150
11.1 库仑定律	150
11.2 土的极限平衡条件	151
11.3 土的抗剪强度指标的试验方法	153
11.4 地基承载力	156
小结	160
练习题	160
第 12 章 土压力	162
12.1 挡土墙与土压力	162
12.2 朗肯土压力理论	164
12.3 库仑土压力理论	169
小结	171
练习题	172
第 13 章 地基处理	173
13.1 软弱土地基处理	173
13.2 特殊土地基及其处理	176
小结	179
练习题	179
附录 1 工程地质实验指导书	180
附录 2 土工实验指导书	186
参考文献	205

绪 论

一、工程地质学与土力学的概念

地质学是研究地球的科学，限于目前的科学技术水平，地质学现阶段是以地球的表层（地壳）为主要研究对象，主要研究地壳的物质组成，促使地壳运动变化的各种地质作用，地壳的发展历史及地质学在有关领域中的应用等。随着生产实践的需要和科技的发展，地质学已形成许多独立的分支，工程地质学作为地质学的一个分支，主要是研究与工程设计、施工和正常运用有关的地质问题的科学。

土力学是研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下工程性状的应用科学，它是利用力学知识和土工试验技术来研究土的渗透及其规律等。一般认为，土力学是力学的一个分支，但由于它研究的对象是土，其力学性质与刚体、弹性体及流体等都有所不同。因此，一般的力学规律，在土力学中应结合土的特征加以应用，并且还必须结合土工试验技术来研究土的特性。

工程地质学与土力学虽然研究的方向不同，但研究目的是相同的，即都是为保证建筑物地基的岩土体稳定和建筑物的正常使用提供可靠的科学依据。所以这两门学科在工程实践中是互相依存、互相渗透，互相结合的。

二、工程地质在工程建设中的重要性

某些水工建筑物，例如水库、闸坝、隧洞、水电站厂房等，都是建筑在地表的表层，在兴建和使用过程中，必然会遇到各种各样的地质问题。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，将会给工程建设带来严重后果。例如西班牙的蒙特哈水库，建成后不能蓄水，库水通过水库周围石灰岩裂隙和溶洞而漏光，致使 72m 高的大坝起不到挡水作用，耸立在干枯的河谷上。再如美国的圣·法兰西斯混凝土重力坝，坝高 62.6m，建于 1927 年，由于坝基中含石膏黏土质砾层，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。类似的例子还可以举出很多。

中华人民共和国成立以来，我国修建了许多水库、水电站和灌溉工程，由于重视工程地质工作，从而解决了许多复杂的工程地质问题。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，造成水库或坝基（肩）漏水、水库淤积、边岸塌滑及隧洞塌方等工程事故。例如北京十三陵水库，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。

由上可见，在水利水电工程建设中，工程地质工作是相当重要的。为解决上述问题，工程地质工作的主要任务是：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。



三、土力学在工程建设中的重要性

工程建设中,土被广泛用作各种建筑物的地基、建筑材料和周围介质。承受建筑物荷载而引起应力变化的那部分地层,称为地基;与地基接触的建筑物下部结构,称为基础,如图 0.1 所示。基础底面下的土层,称为持力层;持力层以下的地基范围内的土层,称为下卧层。

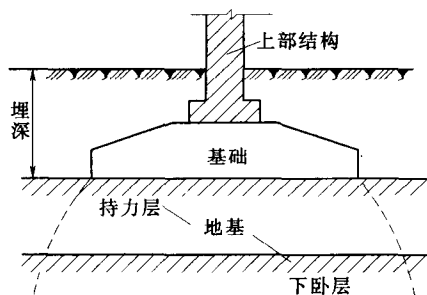


图 0.1 地基与基础示意图

在工程建设中,如果不注意研究土的物理、力学性质和工程性状,有时将会产生严重的后果,这方面的教训在世界各国是不乏先例的。例如加拿大特朗斯康大谷仓高 31m,平面尺寸为 60m×23m,由于设计时不了解地基下部有软弱土层,致使该谷仓建成后首次装料时,就因地基失去稳定而发生严重倾斜,谷仓一侧陷入土中 8.8m,仓身倾斜达 27°之多,以致完全不能使用。再如巴西某座 11 层大厦,平面尺寸为 29m×12m,支承在 99 根 21m 长的钢筋混凝土桩上,1955 年开始施

工,1958 年建成,尚未使用即倒塌。在施工中曾发现地基土有明显变形,但误认为是正常情况未加注意。事后查明,那里的地基是沼泽土,邻近建筑物用的是 26m 长的桩,该大厦的桩长只有 21m,桩未能打入较好的土层,仍然是浮于软土层中,因承载力不足而产生如此严重后果。还有山西省文水县文峪河水库,土坝高 60m,长 100 多 m,1958 年开始修建,在 1959 年秋后坝下游发生滑坡,土方量达几十万 m³,正在坝下游施工的民工全被埋在土内,伤亡达几十人。1961 年坝上游又从高 40m 处开始下滑,给国家造成重大损失,严重影响了水库效益的发挥。

由此可见,在工程建设中,对土的物理、力学性质研究得是否深入,直接关系到建筑物的质量和安全问题。

四、本课程的内容与特点

本门课是水利水电工程建筑、水利工程、给排水、城市水利等专业的一门专业基础课,是学习其他后续专业课的基础,其主要内容如下。

- (1) 与工程建设有关的矿物岩石、地质构造、物理地质作用、地下水等基本知识。
- (2) 水利工程常见的工程地质问题的分析与评价。
- (3) 工程地质环境的基本概念及工程地质勘察的基本方法。
- (4) 土的物理性质和力学性质的基本知识。
- (5) 土体的渗透、变形及强度问题的分析。
- (6) 地基处理方法简介。

本课程实践性较强,在学好基础理论的同时,对工程地质部分应加强实践性教学环节,特别是应重视野外地质实习,以巩固和印证所学的理论知识。对于土力学部分要重点掌握理论公式的意义和应用条件,明确理论的假定条件,掌握理论的适用范围。特别是对土工试验技术,要尽可能多动手操作,以提高分析解决实际问题的能力。

第1章 矿物与岩石

地球是一个具有圈层结构的旋转椭球体，由表及里可分为外圈和内圈。内圈（固体部分）的平均半径为 6371km，根据地震波传播速度的突变，将其分为地壳、地幔和地核；外圈则有水圈、大气圈和生物圈（图 1.1）。

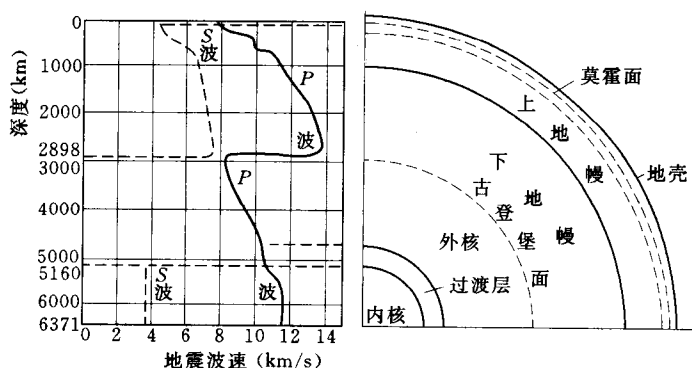


图 1.1 地球内部结构图

地核是自古登堡面以下至地心部分，包括内核、过渡层和外核。地幔介于地核和地壳之间，其上部分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。

地壳位于莫霍面上部，主要由各种岩石组成，其厚度在各地有很大差异。它可分为大陆型和大洋型两种。大陆型地壳厚度较大，平均为 33km；大洋型地壳较薄，平均厚只有 6km。整个地壳平均厚度约为 16km，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。

组成地壳的化学元素有百余种，其中最主要的有 10 种元素，它们占地壳总质量的 99.96%（表 1.1）。地壳中的化学元素在一定的地质条件下聚集形成矿物，矿物的集合体又构成岩石。矿物的种类不同，组成的岩石就不同，它们对工程建设的影响也是不相同的。所以，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进行研究。

表 1.1

地壳主要元素的平均含量

单位：%

元 素	氧 (O)	硅 (Si)	铝 (Al)	铁 (Fe)	钙 (Ca)	钠 (Na)	钾 (K)	镁 (Mg)	氢 (H)	钛 (Ti)	其他
克拉克值	49.52	25.75	7.51	4.70	3.29	2.64	2.40	1.94	0.88	0.58	0.79

1.1 矿 物

1.1.1 矿物的概念

矿物是天然条件下形成的具有一定化学成分和物理性质的单质和化合物，例如金刚石



(C)、石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)等。地壳中的矿物通常以固态形式存在,只有少数是液态(例如石油)和气态(例如天然气)。固态矿物根据其内部结构的特点可分为结晶

质矿物和非结晶质矿物。前者是指组成矿物内部的原子或离子按一定规则排列,形成稳定的结晶格架构造,例如岩盐是由钠离子和氯离子按立方体格式排列的,其外形如图 1.2 所示。结晶矿物在适宜的条件下,能生成具有一定几何外形的晶体,但自然界中大多数矿物结晶时,由于受到许多条件和因素的控制,往往形成不规则的外形。

自然界中的矿物绝大多数是结晶质的。根据结晶矿物的大小,可将其分为显晶质矿物和隐晶质矿物。

少数非晶质矿物又称为玻璃质矿物,是指组成矿物的原子或离子不按一定规则排列,也就不具有规则的几何外形。

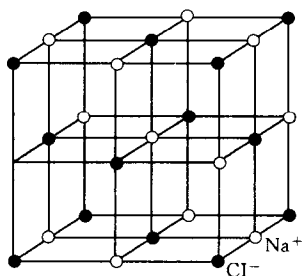


图 1.2 岩盐的内部构造

1.1.2 矿物的物理性质

不同矿物其内部构造和化学组成不同,因而具有不同的物理特征,这也是肉眼鉴定矿物的重要依据。

1. 形态

形态是指结晶质矿物的晶体外形或集合体形状,常见矿物的形态有以下 3 种。

(1) 柱状、针状。例如石英、石棉等。

(2) 片状、板状、鳞片状。例如云母、石膏、绿泥石等。

(3) 集合体形态。有晶簇状 [例如石英(图 1.3)]、纤维状(例如纤维石膏)、钟乳状(例如方解石)、鲕状(例如赤铁矿)和土状(例如高岭土)等。

2. 颜色

颜色是矿物对不同波长可见光的吸收程度,它是矿物最明显、最直观的物理性质。根据成色原因可将矿物颜色分为自色和它色等。自色是矿物本身固有的成分、结构决定的颜色,具有鉴定意义,例如黄铁矿为浅铜黄色;它色则是矿物混入某些杂质所引起的颜色,例如纯净的石英是无色透明的,若混入其他元素微粒,则呈现紫色(紫水晶)、褐色(烟水晶)及黑色(墨晶)等。

3. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色,一般是指矿物在白色无釉瓷板(条痕板)上划擦时所留下的痕迹。某些矿物的条痕与它的颜色是不同的,例如黄铁矿的颜色为浅铜黄色,而条痕为绿黑色。条痕比矿物颜色更为固定,它是鉴定深色矿物的重要依据。

4. 光泽

光泽是矿物表面的反光能力。光泽的强弱程度常分为 4 个等级:金属光泽,即反光很强,犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼;半金属光泽,比金属的光亮弱,似未磨光的铁器表面;金刚光泽及玻璃光泽。此外,由于其他原因,还可形成某些独特的光泽,例如丝绢

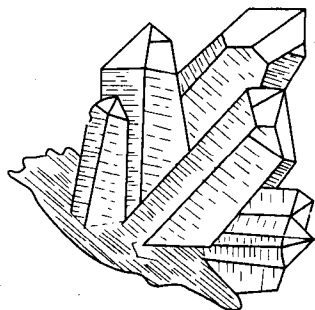


图 1.3 石英晶簇

光泽、油脂光泽、蜡状光泽、珍珠光泽、土状光泽等。

5. 透明度

透明度是指矿物透过可见光的能力，即光线透过矿物的程度。根据透明度，可将矿物分为透明矿物、半透明矿物和不透明矿物。肉眼鉴定矿物时，应用矿物的边缘较薄处加以比较确定。

6. 硬度

硬度是指矿物抵抗外力作用的能力。一般用 10 种矿物分为 10 个相对等级作为标准，称为莫氏硬度计（表 1.2）。肉眼鉴定矿物时，常用一些矿物互相刻划比较来测定其相对硬度。

表 1.2

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

7. 解理与断口

矿物受外力作用后，沿一定方向破裂成光滑平面的性质称为解理。破裂面称为解理面，根据解理产生的难易程度，可将其分为极完全解理（如云母），完全解理（如方解石），中等解理（如辉石）和不完全解理（如橄榄石）等。根据解理面方向数目，又可分为一组解理（如云母），二组解理（如长石）和三组解理 [如方解石（图 1.4）]。如果矿物受外力作用后，无固定方向破裂并呈各种凹凸不平的断面，则称为断口。常见的断口有贝壳状（图 1.5）、参差状等。

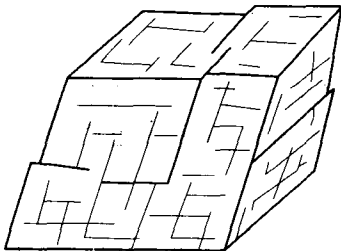


图 1.4 方解石的三组解理

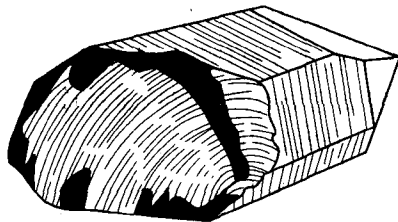


图 1.5 贝壳状断口

8. 其他性质

矿物除上述性质外，还具有一些特殊的性质，这些性质对鉴定矿物是非常重要的。例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。

1.1.3 造岩矿物

自然界已发现的矿物有 3000 多种，但组成岩石的主要矿物仅 30 余种。这些组成岩石的主要矿物称为造岩矿物。常见的造岩矿物有以下几种。

1. 石英 SiO_2

常见于六棱柱晶簇、致密块状或粒状集合体。纯者无色、乳白色，含杂质时可见多种



颜色。晶面为玻璃光泽，断口为油脂光泽。无解理、贝壳状断口。比重为 2.6。质坚性脆，硬度为 7，抗风化能力强。无色透明的石英晶体称为水晶。在地表岩土中广泛分布。

2. 正长石 $K[AlSi_3O_8]$

晶体常为柱状、厚板状。肉红色、浅玫瑰色等浅色调。玻璃光泽。硬厚为 6。有两组近于正交的完全解理。比重为 2.5~2.6。易风化形成高岭石和绢云母等次生矿物。地表岩土中长石含量小于石英。

3. 斜长石 $Na[AlSi_3O_8] Ca[Al_2Si_2O_8]$

晶体为板状或条板状。常为白色或浅灰色，玻璃光泽。硬度同正长石。比重为 2.6~2.8。风化特征、地表分布特征同正长石。

4. 角闪石 $(Ca, Na)(Mg, Fe)_4(Al, Fe)[(Si, Al)_4O_{11}](OH)_2$

晶体常呈长柱状或纤维状集合体。暗绿色或绿黑色。玻璃光泽。硬度为 5~6。两组解理平行柱面。晶体横截面为六角菱形。比重为 3.1~3.6。易风化后形成黏土矿物。

5. 辉石 $(Na, Ca)(Mg, Fe, Al)[(Si, Al)_2O_6]$

晶体常呈短柱状或粒状集合体。绿黑色或深黑色。玻璃光泽。硬度为 5~6。两组解理平行柱面。晶体横截面为正八边形。比重为 3.2~3.5。易风化后形成黏土矿物。

6. 橄榄石 $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$

晶体常呈粒状集合体。橄榄绿、淡绿色至黑绿色。玻璃光泽。硬度为 6.5~7，贝壳状断口。比重为 3.2~4.4。性脆，在绿色矿物中硬度较大。易风化，风化后呈暗色。

7. 黑云母 $K(Mg, Fe)_3(OH)_2[Al, Si_3O_{10}]$

晶体为板状或短柱状，多呈片状或鳞片状集合体。黑色、深褐色。硬度为 2.5~3。一组极完全解理，解理面具珍珠光泽。比重为 2.7~3.1。薄片透明，有弹性。风化后可变为蛭石，薄片失去弹性。在岩浆岩和变质岩中广泛分布。

8. 白云母 $KAl_2(OH)_2[Al, Si_3O_{10}]$

晶体为板状或短柱状，多呈片状或鳞片状集合体。白色、浅黄、浅绿色。硬度为 2.5~3。一组极完全解理，解理面具珍珠光泽。比重为 2.7~3.1。薄片无色透明具有弹性。主要分布在变质岩中。

9. 方解石 $CaCO_3$

晶体一般为菱面体，集合体有晶簇、粒状，致密块状、钟乳状等。白色，含杂质时可呈多种颜色。玻璃光泽。硬度为 3。三组完全解理。比重为 2.6~2.8。遇冷稀盐酸剧烈起泡。无色透明的方解石晶体称为冰州石。

10. 白云石 $CaMg[CO_3]_2$

晶体为菱面体，通常为粒状、致密块状集合体。白色，有时为淡红色或淡黄色，玻璃光泽。硬度为 3.5~4。三组完全解理。比重为 2.8~3.0。粉末与冷稀盐酸起泡微弱，以此与方解石区别。

11. 石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

晶体常为板状、集合体为块状、粒状及纤维状。白色或无色。玻璃光泽，纤维状集合体呈丝绢光泽。硬度为 2。易沿发育完全的解理面劈成薄片，薄片具挠性。比重为 2.2~2.4。脱水后变为硬石膏 ($CaSO_4$)，硬石膏吸水又可变为石膏 ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)。

12. 高岭石 $\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

致密细粒状、土状集合体。白色，含杂质时可呈黄、浅褐色等。蜡状或土状光泽。硬度为 2~3.5。常具土状断口。比重为 2.6~2.7。干时易吸水，湿时具可塑性、压缩性。

13. 蒙脱石 $(\text{Al}_2\text{Mg}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

常呈隐晶质土状块体，有时为鳞片状集合体。白色、浅灰色、浅粉红色或微带绿色。硬度为 2~2.5。土状或蜡状光泽。比重为 2~2.7。亲水性比高岭石更强，吸水后体积可膨胀几倍。

14. 滑石 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

呈致密块状、片状或鳞片状集合体。白色、淡红色或浅灰色。油脂光泽或珍珠光泽。硬度为 1。一组极完全解理，块状集合体可见贝壳状断口。比重为 2.6~2.8。极软，手摸时有滑腻感，薄片可挠曲而无弹性。

15. 绿泥石 $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_6[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

常呈片状、鳞片状或粒状集合体。浅绿、深绿或黑绿色。玻璃光泽，解理面珍珠光泽。硬度为 2~2.5。一组极完全解理。比重为 2.7~3.4。薄片具挠性，在变质岩中分布最多。

16. 蛇纹石 $\text{Mg}_6[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

常呈致密块状，有时为纤维状或片状集合体。浅黄绿或深暗绿等色。块状为油脂光泽、蜡状光泽，纤维状为丝绢光泽。硬度为 2~3。无解理。比重为 2.6~2.7。常有似蛇皮状青、绿色花纹，可溶于盐酸。

17. 石榴子石 $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

晶体为菱形十二面体，四角三八面体，集合体为粒状或致密块状。深褐或紫红、褐黑等色。玻璃光泽，断口为油脂光泽。硬度为 6.5~8.5。无解理，不平整断口。比重为 3.5~4.3。

18. 黄铁矿 FeS_2

晶体为立方体，五角十二面体，常为致密块状。浅铜黄色，条痕为绿黑色。金属光泽。硬度为 6~6.5。不规则断口。比重为 4.9~5.2。易风化，风化后会生成硫酸及褐铁矿。

19. 褐铁矿 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

常呈块状、土状、肾状或钟乳状。黄褐或黑褐色，条痕为黄褐色。半金属或土状光泽。硬度为 4~5。比重为 3.3~4.0。为含铁矿物的风化产物，呈铁锈状，易染手。常分布于地壳表层。

20. 赤铁矿 Fe_3O_4

常呈致密块状、土状、鲕状、豆状及肾状集合体。钢灰至铁黑色，条痕为樱桃红色。金属光泽及半金属光泽。硬度为 5~6。土状断口。比重为 5.0~6。为重要的铁矿石，土状者硬度低，可染手。

21. 铝土矿 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

常呈鲕状、土状、致密块状等胶体形态。浅灰、灰褐、砖红等色。土状光泽。硬度为 3 左右。不平整断口。比重为 2.5~3.5。粉末略具滑感，常有其他微细矿物颗粒混入，例



如高岭石、赤铁矿、蛋白石等。

1.1.4 对水工建筑影响较大的几种矿物特征

1. 黑云母与绿泥石

黑云母比白云母容易风化，风化后失去弹性并呈松散状态，降低了原岩强度。所以，当岩石中含黑云母较多且呈定向排列时，建筑物易沿此方向产生滑动，直接影响到水工建筑物地基的稳定。绿泥石的特性与黑云母相似，绿泥石薄片具有挠性，抗滑性能很低。

2. 石膏与硬石膏

两者皆能溶于水。当石膏呈夹层状存在于岩层之间时，就会形成软弱夹层，在流水的作用下，会被溶解带走，这样就使原岩强度显著降低，透水性大大增强；硬石膏遇水作用后会变为石膏（ $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ），体积将膨胀60%。所以，含有石膏和硬石膏夹层的岩石要避免作为水工建筑物的地基。

3. 黄铁矿

黄铁矿易风化而析出硫酸（ $\text{FeS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ ），而硫酸对钢筋和混凝土具有侵蚀作用，故含黄铁矿较多的岩石不宜作建筑物的地基和建筑材料。

4. 黏土矿物

黏土矿物（包括高岭石、蒙脱石和水云母等）硬度小，吸水性强，吸水后体积膨胀，易软化，具可塑性，尤其是蒙脱石吸水后体积可膨胀数倍。所以，黏土矿物具有高压缩性，易于引起建筑物较大的沉降，而且吸水后其强度大为降低。因此，由黏土质岩石构成的斜坡和地基，在水的作用下容易失稳破坏。

1.2 岩 浆 岩

岩石是由一种或多种矿物组成的天然集合体。岩浆岩又称为火成岩，是构成地壳最基本的岩石。它的分布极为广泛，约占地壳重量的95%。

1.2.1 岩浆岩的成因

岩浆岩是由岩浆冷凝而形成的岩石。岩浆是一种以硅酸盐为主和一部分金属硫化物、氧化物、水蒸气及其他挥发性物质（ CO_2 、 CO 、 SO_2 、 HCl 及 H_2S 等）组成的高温（940~1200℃）高压（ 10^8Pa ）熔融体。岩浆在地下深处与周围环境是处于一种平衡状态，当地壳运动出现深大断裂或软弱带后，平衡被破坏，则岩浆向压力小的方向运动，沿着断裂带或软弱带侵入地壳或喷出地表冷凝而成岩浆岩。由岩浆侵入地壳而形成的岩浆岩称为侵入岩，它又可分为深成岩和浅成岩，而喷出地表形成的岩浆岩称为喷出岩（又称火山岩）。

1.2.2 岩浆岩的产状

岩浆岩的产状，是指岩浆岩体的大小、形态和围岩的相互关系及其分布特点。由于岩浆岩形成时所处的地质环境不同，岩浆活动也有差异，因而岩浆岩的产状是多种多样的（图1.6）。

1. 岩基

一种规模巨大的深成侵入岩体，出露面积大于 100km^2 ，形状不规则，表面起伏不平，多由花岗岩等酸性岩石组成，如天山、秦岭等地的岩基。三峡坝址区就是选定在面积约