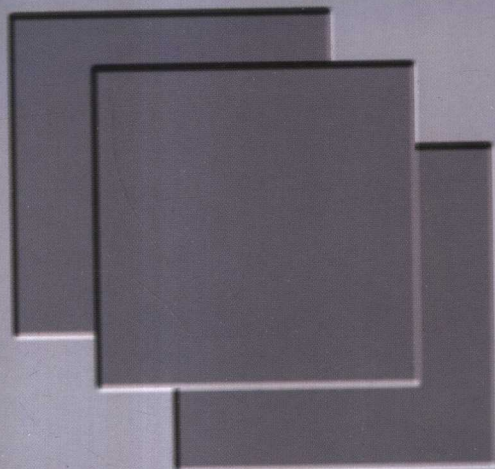




全国高职高专水利水电类精品规划教材

工程地质与土力学

主 编 巫朝新 车爱华 叶火炎



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专水利水电类精品规划教材

工程地质与土力学

中国水利水电出版社

全国高职高专水利水电类精品规划教材

工程地质与土力学

主 编 巫朝新 车爱华 叶火炎
副主编 吴成扬 何向红



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是《全国高职高专水利水电类精品规划教材》中的一本,其内容的深度和难度按照高等职业技术教育的教学特点和专业需要进行设计和编写。

全书共分11章,第1章至第5章讲述岩石、地质构造、自然地质作用、地下水、水利工程的一般地质问题等的一些基础知识,并重点阐述了工程地质条件对水利工程建设的影响及水利工程的一般地质等问题。第6章至第11章讲述土力学的基本知识,主要有土的物理性质、土的渗透性、土中应力及地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力等,并在此基础上论述了有关水利工程的地基处理的原理和方法。

本书可作为高等职业技术学院水利水电工程技术与水利工程管理专业的职业技术课教材,也可供从事水利水电工程、水利工程管理的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质与土力学 / 巫朝新, 车爱华, 叶火炎主编.
北京: 中国水利水电出版社, 2005
全国高职高专水利水电类精品规划教材
ISBN 7-5084-3166-9

I. 工... II. ①巫... ②车... ③叶... 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. ①P642 ②TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 093030 号

书 名	全国高职高专水利水电类精品规划教材 工程地质与土力学
作 者	主编 巫朝新 车爱华 叶火炎
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	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 11.75 印张 278 千字
版 次	2005 年 8 月第 1 版 2006 年 7 月第 2 次印刷
印 数	4101—7100 册
定 价	17.00 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

教育部在《2003-2007 年教育振兴行动计划》中提出要实施“职业教育与创新工程”，大力发展职业教育，大量培养高素质的技能型特别是高技能人才，并强调要以就业为导向，转变办学模式，大力推动职业教育。因此，高职高专教育的人才培养模式应体现以培养技术应用能力为主线和全面推进素质教育的要求。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，进行教学活动的基本工具；是深化教育教学改革，保障和提高教学质量的重要支柱和基础。所以，教材建设是高职高专教育的一项基础性工程，必须适应高职高专教育改革与发展的需要。

为贯彻这一思想，在继 2004 年 8 月成功推出《全国高职高专电气类精品规划教材》之后，2004 年 12 月，在北京，中国水利水电出版社组织全国水利水电行业高职高专院校共同研讨水利水电行业高职高专教学的目前状况、特色及发展趋势，并决定编写一批符合当前水利水电行业高职高专教学特色的教材，于是就有了《全国高职高专水利水电类精品规划教材》。

《全国高职高专水利水电类精品规划教材》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，有着丰富的教学和实践经验，其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了水利水电行业新的法规、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，具有创新特色。同时，结合教育部两年制高职教育的试点推行，编委会也对各门教材提出了满足这一发展需要的内容编写要求，可以说，这套教材既能够适应三年制高职高专教育的要求，也适应了两年制高职高专教育培养目标的要求。

《全国高职高专水利水电类精品规划教材》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。

《全国高职高专水利水电类精品规划教材》编委会

2005 年 6 月

前

言

《工程地质与土力学》是高等职业技术学院水利水电工程技术与水利工程管理专业的职业技术课教材,是《全国高职高专水利水电类精品规划教材》中的一本。

本书采用了最新国家勘察规范和试验标准,包括:GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》、GB 50287—99《水利水电工程地质勘察规范》、GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》、GB/T 50266—1999《工程岩体试验方法标准》、GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》、ST 237—1999《土工试验规程》等。

为了适应高等职业技术教育的改革和发展,满足培养实用型、技能型高级人才的要求,根据专业课程改革的需要,本教材突出了实用性,增加了对规范的学习、掌握和运用的培养。强调基本理论以应用为目的,以必需、够用为度,同时面要宽、深度要浅、内容要新要实用,加大实践教学环节,尽量简化理论,避免了繁琐公式的推导,对难点问题进行了简化处理,使教材结构简单、重点突出。另外增加了一定量的例题,有利于学生对内容的掌握与理解。

本书由福建水利电力职业技术学院巫朝新担任第一主编,长江工程职业技术学院车爱华担任第二主编,湖北水利水电职业技术学院叶火炎担任第三主编,具体编写分工为:福建水利电力职业技术学院巫朝新编写绪论、第4章、第5章、第6章、第9章;长江工程职业技术学院车爱华编写第1章、第2章;长江工程职业技术学院何向红编写第7章、第11章;湖北水利水电职业技术学院叶火炎编写第8章、第10章;福建水利电力职业技术学院吴成扬编写第3章。

由于编者水平有限,编写时间仓促,教材中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

序

前 言

绪论	1
0.1 工程地质学与土力学的作用和任务	1
0.2 本课程的基本内容与学习要求	3
0.3 工程地质学与土力学的发展简况	3
第1章 岩石及其工程地质性质	5
1.1 造岩矿物	5
1.2 岩石	9
1.3 岩石的工程地质性质指标	20
复习思考题	24
第2章 地质构造	25
2.1 地质年代	25
2.2 水平构造与单斜构造	28
2.3 褶皱构造	30
2.4 断裂构造	32
2.5 地震	38
复习思考题	41
第3章 自然地质作用	42
3.1 风化作用	42
3.2 河流的地质作用	44
3.3 岩溶	47
3.4 与斜坡岩体稳定有关的地质作用	50
复习思考题	55
第4章 地下水	56
4.1 地下水的基本概念	56
4.2 地下水的物理性质与化学成分	58
4.3 地下水的基本类型及主要特征	62
复习思考题	65

第 5 章 水利工程的一般地质问题	66
5.1 坝的工程地质问题	66
5.2 库区的工程地质问题	71
5.3 引水建筑物的工程地质问题	72
复习思考题	76
第 6 章 土的物理性质及工程分类	77
6.1 土的三相组成和土的结构	77
6.2 土的粒组和颗粒级配	79
6.3 土的物理性质指标	82
6.4 土的物理状态指标	86
6.5 土的击实性	89
6.6 土的工程分类	92
复习思考题	96
习题	96
第 7 章 土的渗透性	99
7.1 达西定律及适用范围	99
7.2 土的渗透力和渗透变形	102
复习思考题	106
习题	106
第 8 章 土中应力及地基变形计算	108
8.1 土的自重应力	108
8.2 基底压力	110
8.3 地基中的附加应力	112
8.4 土的压缩性	122
8.5 地基最终沉降量的计算	125
8.6 地基变形与时间的关系	132
复习思考题	136
习题	136
第 9 章 土的抗剪强度与地基承载力	139
9.1 土的抗剪强度与直接剪切试验	139
9.2 土的极限平衡条件与三轴压缩试验	142
9.3 地基承载力	145
复习思考题	150
习题	150
第 10 章 土压力	152
10.1 挡土墙上的土压力	152

10.2 朗肯土压力理论	154
10.3 库伦土压力理论	160
10.4 挡土墙设计简介	162
复习思考题	166
习题	166
第 11 章 地基处理	167
11.1 软弱土地基处理	167
11.2 特殊土地基及其处理	171
复习思考题	173
习题	174
参考文献	175

绪 论

0.1 工程地质学与土力学的作用和任务

工程地质学与土力学是研究地表及一定深度范围内岩石和土的工程性质的一门学科,它实际是两门不同性质、不同研究方法的学科。工程地质学是地质学的一个分支,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。而土力学则是力学的一个分支,主要研究与工程建设有关的土的应力、变形、强度、渗流及长期稳定性的一门学科。然而它们的研究目的又是相同的,即都是为了保证建筑物地基的岩体、土体稳定和建筑物的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。

1. 工程地质学的作用和任务

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,将会给工程建设带来严重后果。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年失稳破坏。类似的例子还可以举出很多。1949年新中国建立以来,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,施工中遇到很大的困难,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,延期了工期,或遗留后患需要处理,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物,建坝时未作好垂直防渗处理,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：查明建筑区的工程地质条件，预测可能出现的工程地质问题，并提出解决这些问题的建议和方案，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，即是指地形、地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、物理地质作用和天然建筑材料等与工程建设有关的地质条件。

2. 土力学的作用与任务

土力学的研究对象是土，是专门解决工程中有关土的问题的学科。土是自然环境下生成的堆积物，是地表岩石经长期风化作用，不断碎裂、分解形成的碎屑和矿物颗粒——土粒，经过各种介质（如水、风）搬运或残留在原地堆积而成的松散堆积物。其主要特征是多孔性、松散性（土粒间没有联结或联结甚小）、易变性。

在工程建设中，土被广泛用作各种建筑物的地基、材料和周围介质。许多建筑物如房屋、堤坝、涵洞、桥梁等都是建造在土层之上，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将发生变化，我们把应力状态变化的这部分土体称为建筑物的地基。而建筑物的地下承重结构称为基础（见图 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递到地基中去。在修筑堤坝、路基等土工建筑物时，土是一种廉价的建筑材料，图 0-2 表示用土料修筑的土坝。在天然土层中修建涵洞、隧洞、渠道及各种地下洞室时，土又是建筑物周围的介质，图 0-3 (a)、(b) 分别为隧洞和渠道示意图。

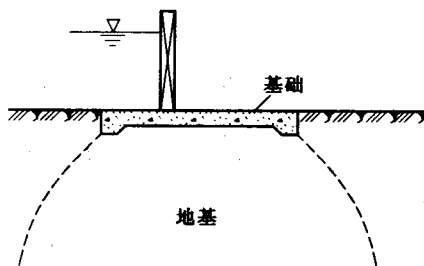


图 0-1 地基与基础示意图



图 0-2 土坝

为了保证建筑物施工期的安全、竣工后的安全和正常使用，土力学学科需要解决工程中的两大类问题。一是土体稳定问题，这就要研究土体中的应力和强度，例如地基的稳定、土坝的稳定等。当土体的强度不足时，将导致建筑物失稳或破坏，

如加拿大特朗斯康大谷仓因地基剪切破坏引起的事故。该谷仓高 31m，平面尺寸 60m×23m，钢筋混凝土结构，由于设计时不了解地基下部有软弱土层，致使该谷仓建成后在首次装料时，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，整个谷仓倾斜

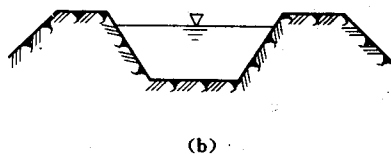
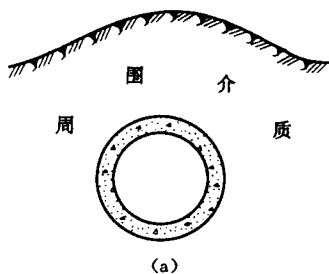


图 0-3 隧洞和渠道

(a) 土隧洞；(b) 土渠道

达 27° 之多,以致完全不能使用。二是土体变形问题,即使土体具有足够的强度能保证自身的稳定。然而,土体的变形尤其是沉降(竖向变形)和不均匀沉降不应超过建筑物的允许值,否则,轻者导致建筑物的倾斜、开裂,降低或失去使用价值,重者将会酿成毁坏事故。此外,需要指出的对于土工建筑物(如土坝、土堤、岸坡)和水工建筑物地基,或其他挡土挡水结构物,除了荷载作用下土体要满足前述的稳定和变形要求外,还要研究渗流对土体变形和稳定的影响。为了解决上述工程问题,就要研究土的物理性质及应力变形性质、强度性质和渗透性质等力学行为,找到它们的内在规律,作为解决土体稳定和变形问题的基本依据。

从以上分析,使我们认识到,土是岩石风化的产物,其性质复杂多变,修筑工程建筑物时,土作为地基或建筑材料使用以及充当周围介质,都必须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,要求作用在地基上的荷载强度不超过地基的承载力,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,确保不致发生渗流破坏。

0.2 本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课程,作为一门职业技术课,它一方面是提高学生自身职业能力的基础,另一方面也为将来的其他职业技术课如水工建筑物、水利工程施工、水利工程管理打下良好基础。

1. 基本内容

1) 了解岩石、地质构造、自然地质作用、地下水的基本概念及对水利工程建筑的影响。

2) 了解水利工程的工程地质条件及主要的工程地质问题。

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、压缩性和抗剪强度等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计算原理和一般计算方法。

5) 了解水利工程的地基处理的方法和原理。

2. 学习要求

由于本课程实践性较强,在学好基础理论的同时,对工程地质部分,应重视野外地质现象的观察、识别及其对水利工程建设的影响。对于土力学部分应注意各种计算方法的适用范围及简化、假设可能引起的误差范围,通过对土工试验规程的学习,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。

0.3 工程地质学与土力学的发展简况

工程地质学与土力学是与工程建设紧密联系的两门学科,是随着国家经济建设的发展



而发展的。

完整、系统的工程地质学理论直到 20 世纪 30 年代才由原苏联地质学家提出。1932 年,苏联莫斯科地质勘探学院成立了世界上第一个工程地质教研室,并创立了比较完善的工程地质学体系,这标志着工程地质学的诞生。

1949 年新中国成立后,为了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。特别在水利建设方面,如举世瞩目的长江三峡工程、南水北调工程,地质工作者解决了许多极其复杂的工程地质问题,可以说,近 20 年来,是我国工程地质学高速发展时期,研究水平与世界同步,并具有自己的特色。

为了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),以加快勘探速度,降低成本。提高测试数据精度,是今后迫切需要解决的问题。

1925 年,美国土力学家太沙基发表了第一部土力学专著,使土力学成为一门独立的学科。从 1925 年至今,时间虽短,但土力学的发展速度是惊人的。目前土力学又发展了许多分支,如土动力学、冻土力学、海洋土力学等。特别是近年来世界各国在超高土坝(坝高超过 200m)、超高层建筑与核电站等巨型工程的设计与兴建中,运用计算机技术,进一步发展、完善了土力学理论,使土力学的理论和实际工程的结合又产生了新的飞跃,对土力学的发展又向前推动了一步。

回顾新中国成立后的 50 多年,围绕着解决工程建设中提出的问题,工程地质与土力学学科在我国得到了广泛的传播和发展。尤其是改革开放以后,国家大规模的建设促进了本学科的发展,工程地质与土力学理论、工程实践方面均取得了令世人瞩目的划时代进步,为国民经济发展作出了贡献。许多大型水利工程、核电站工程、延绵万里的高速公路、大型桥梁、万吨级码头,大型厂房、林立的高楼大厦、地下空间开发利用等等,都呈现了本学科理论和实践的巨大成就。工程建设需要学科理论,学科理论的发展离不开工程建设。21 世纪人类将面对资源和环境这一严酷生存问题的挑战,各种各样岩土工程问题需要解决,这恰恰是青年学生将来要肩负的任务。

第 1 章 岩石及其工程地质性质

地球是一个具有圈层构造的旋转椭球体。它的外部被大气圈、水圈、生物圈所包围，地球内部由地壳、地幔、地核组成，如图 1-1 所示。

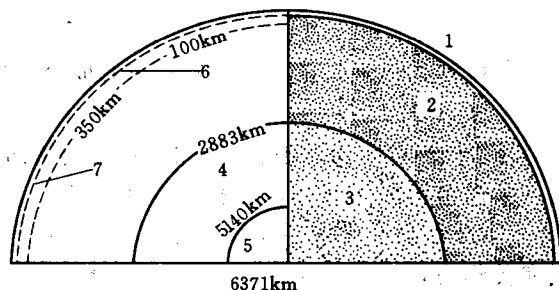


图 1-1 地球内部层圈

1—地壳；2—地幔；3—地核；4—液态外部地核；
5—固态内部地核；6—软流圈；7—岩石圈

地球的表层——地壳，是由各种岩石组成的。其密度为 $2.7 \sim 2.9 \text{ g/cm}^3$ 。地壳的厚度很不均匀，各地有很大差异，位于大陆的地壳（陆壳）厚度大，平均约 35km，高山区可达 70~80km。位于大洋底部的大洋地壳（洋壳）厚度小，平均 7~8km。组成地壳的基本物质是各种化学元素，其中以氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛为主，这 9 种元素占地壳总质量的 99.96%。元素在一定的地质条件下聚集成矿物。各种矿物在一定的环境条件下自然集合形成岩石。不同成因岩石的形成条件、矿物成分、结构和构造各不相同，故它们的物理力学性质也不一样。因此，在各种工程建筑中，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。

1.1 造 岩 矿 物

1.1.1 矿物与造岩矿物

矿物是地壳中的化学元素经过自然化合作用而形成的。它是各种地质作用的产物，是岩石的基本组成部分。矿物都具有一定化学成分，可用化学式表达。如金刚石、石盐和石膏，它们的化学成分分别是 C 、 NaCl 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。

矿物通常以固态存在地壳中，只有极少数呈液态（如石油、汞）和气体（如天然气）。固体矿物绝大部分是结晶质，具有确定的内部结构，即内部的原子或离子在三维空间成周期性重复排列，常形成具有规则几何外形的晶体，如溶液中生长的食盐晶体就是由钠离子和氯离子按立方体结晶格子构造排列而形成立方体（见图 1-2）。但是，岩石中大多数矿

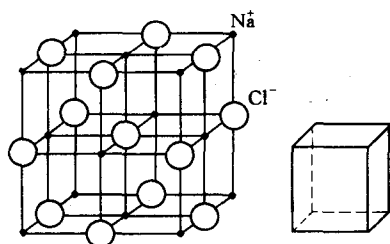


图 1-2 食盐的内部构造和晶体

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,但其内部构造仍不失其结晶的实质。有少部分矿物为非结晶质,即内部的原子或离子无规则排列,因此外表就不具有固定的几何外形,例如蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)等。

自然界产出的矿物已知有 3000 多种,而组成岩石的主要矿物仅 30 多种,最常见的有石英、斜长石、正长石、白云母、黑云母、角闪石、辉石、方解石、白云石、高岭石、绿泥石、石膏、赤铁矿、黄铁矿等。它们占岩石中所有矿物的 90% 以上,这些组成岩石主要成分的矿物称造岩矿物。

1.1.2 矿物的形态

矿物形态是指单个矿物和群体矿物的形态。矿物的形态是矿物的重要特征之一,它可以是单体,也可以是很多单体组成的集合体,如柱状(正长石)、板状(斜长石)、片状(云母)、菱面体(方解石)、纤维状(石膏)等(见图 1-3)。由于生长空间的局限,矿物晶体往往不能发育成完美形态,它们常常挤在一起成集合体产出。如粒状(橄榄石)、土状(高岭石)、鳞片状(绿泥石)、晶簇状(石英)、钟乳状(方解石)。

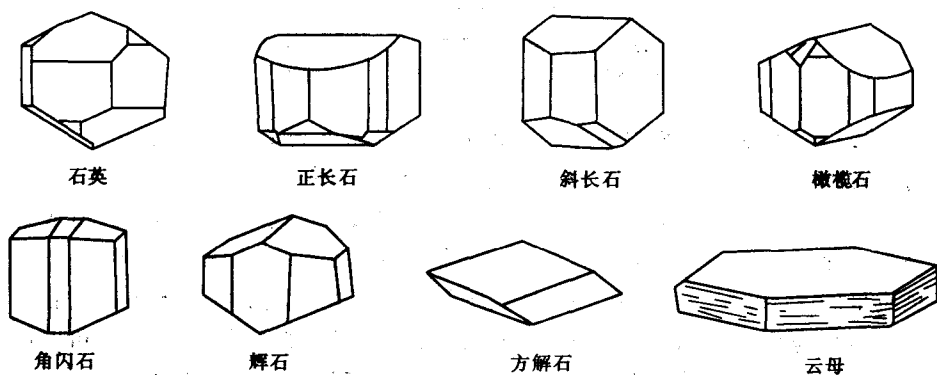


图 1-3 常见造岩矿物的形态

1.1.3 矿物的物理性质

1. 颜色

颜色是矿物最直观的一种性质,最常见的有自色与他色两种类型。

自色,是矿物本身固有的颜色,是由矿物化学成分和晶体结构所形成的,如黄铜矿具铜黄色、孔雀石具翠绿色、赤铁矿具樱红色。他色,是矿物混入某些杂质所引起的颜色。如纯净石英为无色透明,但含碳的微粒时呈烟灰色(烟水晶),含锰时呈紫色(紫水晶),含氧化铁则是玫瑰色(玫瑰水晶)等。

2. 条痕

条痕是矿物粉末的颜色,通常将矿物在无釉瓷板上刻画后进行观察。它对于某些金属矿物具有重要鉴定意义。如赤铁矿可呈赤红、铁黑或钢灰色等,但条痕均为樱红色;金的条痕为金黄色,而黄铜矿的条痕为绿黑色。

3. 光泽 光泽是矿物反光的能力。根据反光程度分为金属光泽，如黄铁矿、黄铜矿；半金属光泽，如赤铁矿、磁铁矿等；非金属光泽，又分为玻璃光泽（长石、方解石），油脂光泽（石英），珍珠光泽（云母），丝绸光泽（石棉），金刚光泽（金刚石）。

4. 硬度 硬度是指矿物抵抗外来机械力作用（如刻划、压入、研磨）的能力，通常采用摩氏硬度计作标准。它是以十种矿物的硬度表示十个相对硬度等级，由软至硬的顺序为：滑石（1度）、石膏（2度）、方解石（3度）、萤石（4度）、磷灰石（5度）、正长石（6度）、石英（7度）、黄玉（8度）、刚玉（9度）、金刚石（10度）。测定某矿物的硬度，只须将待测矿物同硬度计中的标准矿物相互刻划，进行比较，若需要鉴定的矿物被磷灰石所刻伤而自己又能刻伤萤石，说明它的硬度大于萤石小于磷灰石，在4~5之间，即可定为4.5。野外工作中，常用指甲（2~2.5），铜钥匙（3），铁刀刃（3.0~5.5），小钢刀（5.5~6.0），玻璃（5.0~5.5）鉴别矿物的硬度。

5. 解理与断口 解理，是矿物受力后沿其晶体内部一定的结晶方向裂开或分裂的性质。根据解理面的大小和平整光滑程度，将解理分成极完全、完全、中等和不完全等级别。例如：云母沿解理面可剥离成极薄的薄片，为极完全解理；方解石沿解理面破裂成菱面体具有完全解理。还可根据解理面方向的数目多少，可分为一组解理（云母）、两组解理（长石）、三组解理（方解石等），如图1-4（a）、（b）所示。

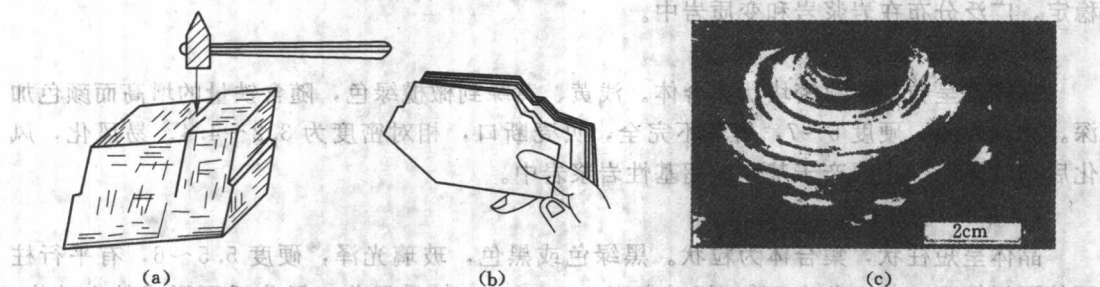


图1-4 矿物的解理与断口 (a) 方解石的解理；(b) 云母的解理；(c) 石英的贝壳状断口

断口，是矿物受外力打击后，沿任意方向发生不规则的破裂面，常见的断口有贝壳状断口〔见图1-4（c）〕、参差状断口、锯齿状断口和平坦状断口。

6. 弹性、挠性、延展性

某些片状或纤维状矿物，在外力作用下发生弯曲，当去掉外力后能恢复原状者具弹性（如云母）；不能恢复原状者具挠性（如绿泥石、滑石）。矿物能被锤击成薄片状或拉成细丝的性质称延展性，如自然金、银、铜等。

1.1.4 主要造岩矿物鉴定特征

1. 石英

常发育成单晶并形成晶簇，或成致密状或粒状集合体。纯净的石英无色透明，称水



晶。含杂质时颜色各异，石英晶面为玻璃光泽，断口为油脂光泽，硬度7，无解理。贝壳状断口、相对密度2.65。化学成分稳定，抗风化能力强，含石英越多的岩石，岩性越坚硬，广泛分布于各种岩石中和土层中。

2. 正长石

晶体常为柱状或板柱状。常为肉红色、浅黄红、浅黄白色，玻璃光泽，硬度6，有两组相互正交的解理，相对密度2.5~2.6。较易风化，完全风化后形成高岭石、绢云母、方解石和铝土矿等次生矿物，广泛分布于各种岩石中和土层中。

3. 斜长石

晶体为板状或板柱状。常为白色或灰白色，玻璃光泽，硬度6~6.5，两组中等解理近于正交，相对密度2.6~2.7，最常见聚片双晶。主要性质同正长石，是构成岩浆岩的最主要造岩矿物。

4. 白云母

单晶体为短柱状及板状，横切面常为六边形，集合体为鳞片状，其中晶体细微者称绢云母。有平行片状方向的一组极完全解理，薄片为无色透明，具珍珠光泽，硬度2.5~3，薄片有弹性，相对密度2.8~3.0。较黑云母抗风化能力强。

5. 黑云母

多呈片状或鳞片状集合体，棕褐色或黑色，相对密度2.8~3.2，透明或半透明。其形态及其他光学、力学性质同白云母。黑云母易风化，风化后可变为蛭石，失去弹性。当岩石中含云母较多，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。广泛分布在岩浆岩和变质岩中。

6. 橄榄石

晶体常呈粒状或致密块状集合体。浅黄、黄绿到橄榄绿色，随含铁量的增高而颜色加深。玻璃光泽，硬度6~7，解理不完全，贝壳断口，相对密度为3.2~4.4。易风化，风化后呈暗褐色。主要产于基性或超基性岩浆岩中。

7. 辉石

晶体呈短柱状，集合体为粒状。黑绿色或黑色，玻璃光泽，硬度5.5~6，有平行柱面的两组解理，其交角为87°，相对密度3.2~2.4。较易风化，风化后可形成粘土矿物、褐铁矿等。多产于基性或超基性岩浆岩中。

8. 角闪石

晶体为长柱状，常见针状。绿黑色或黑色，玻璃光泽，硬度5~6。有平行柱面两组解理，交角为124°，相对密度3.2~3.6，且随含铁量增高而增大。是许多岩浆岩和变质岩的主要造岩矿物。

9. 方解石

常发育成单晶或晶簇。粒状、块状、纤维状或钟乳状集合体。纯净的方解石无色透明，因杂质渗入而常呈白、灰、黄、浅红、绿、蓝色等。玻璃光泽，硬度3，具有三组完全解理，相对密度2.6~2.8，遇冷稀盐酸强烈起泡，放出二氧化碳气体。

10. 白云石

单晶为菱面体，通常为块状或粒状集合体。一般为白色，因含铁常呈褐色，玻璃光

泽，硬度 3.5~4，解理和上述方解石相同，相对密度 2.8~2.9。白云石粉末与盐酸只产生微弱反应，以此与方解石相区别。

11. 石膏

单晶体常为板状，集合体为块状、粒状及纤维状等。为无色或白色，有的透明，玻璃光泽，纤维状石膏为丝绸光泽。硬度 2，指甲能刻划；易沿解理面劈开成薄片；薄片具挠性，相对密度 2.3~2.4，易溶解于水。由于石膏分布较广，对建筑物具有很大意义，许多建筑物建造在含有石膏的岩层上而因石膏的溶解发生工程事故。

12. 绿泥石

常呈鳞片状集合体。绿色，深浅随含铁量的变化而不同。解理面上为珍珠光泽。有平行片状方向的解理，硬度 2~3，相对密度 2.6~3.3；薄片具挠性，但无弹性（与云母区别之）。

13. 滑石

晶体为片状，通常为鳞片状或致密块状集合体。浅绿色、白色、浅黄色，具油脂光泽（片状或鳞片状者呈珍珠光泽），硬度 1。平行片状方向有一组极完全解理，薄片具挠性，但薄片无弹性；相对密度为 2.7~2.8，触之有滑腻感。

14. 高岭石

土状或块状集合体。白色，常因含杂质而呈其他颜色；土状或蜡状光泽，硬度 2；相对密度 2.6~2.7；具有粗糙感、干燥时有吸水性，湿之具有可塑性。

15. 蒙脱石

土状或显微鳞片状集合体。白色或灰白色，因含杂质染有黄、浅玫瑰红、蓝或绿色。土状者光泽暗淡。硬度 1~2，相对密度 2~3，一般颗粒极细，肉眼不易鉴定，但吸水性强，吸水后体积膨胀，可与高岭石相区别。

16. 石榴子石

常形成等轴状单晶体。集合体成粒状和块状。浅黄白、深褐到黑色，随含铁量增高而加深。玻璃光泽，硬度 6~7.5，无解理，断口油脂光泽；为贝壳状或参差状。

17. 赤铁矿

常为致密块状及土状集合体。铁黑色或暗红色，条痕呈樱红色。金属、半金属到土状光泽，不透明，硬度 5~6，无解理，相对密度 4.0~5.3。

18. 黄铁矿

大都呈块状集合体，有些发育成立方体单晶，立方体的晶面上常有平行的细密纹。颜色为浅铜黄色；条痕为绿黑色，硬度 6~6.5，性脆，断口参差状，相对密度 5。

19. 褐铁矿

常呈块状、土状或钟乳状，颜色为黄、褐至黑色；条痕为黄褐色、光泽暗淡。硬度 4.0~4.5，相对密度 3.3~4.0，可染手。为分布较普遍的铁矿。

1.2 岩 石

岩石是地壳的基本组成物质，它们是由一种或数种矿物组成的，如花岗岩是由石英、