

应用型本科创新教材

张建国 主 编
葛颜慧 史 红 副主编
孙超群 温淑莲

工程地质

Engineering
Geology



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

| 高等教育应用型本科创新教材

Engineering
Geology
工程地质

张建国 主 编

葛颜慧 史 红 副主编
孙超群 温淑莲



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为普通高等学校应用型本科教材。本书系统阐述了工程地质的基础知识及基本理论,分析了几种常见特殊土和不良地质灾害的特性及其工程处理措施,并列举了土木工程中所涉及的地基、边坡、隧道、水工建筑物及港口与海岸工程的主要工程地质问题,最后介绍了工程地质勘察的目的、任务、方法及其成果的整理。为土建类专业学生从事广泛的土木工程专业工作所需的工程地质知识打下较坚实的基础。

本书可供普通高等学校土建类专业学生使用,也可作为从事土建类专业设计、施工、监理、试验检测的工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质/张建国主编. —北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.8

ISBN 978-7-114-13918-5

I. ①工… II. ①张… III. ①工程地质 IV.

①P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 142082 号

书 名:工程地质

著 作 者:张建国

责任编辑:李 坤 李 娜

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15

字 数:350千

版 次:2017年8月 第1版

印 次:2017年8月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13918-5

定 价:38.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

工程地质是高等学校土建类专业必修的一门专业基础课程。本书是为适应应用型人才培养模式的培养要求和目标,在教学改革和实践基础上编写而成的。本书在编写过程中,充分吸取了近几年来本学科工程技术的新进展,借鉴了近年来出版的相关教材的优点,采用了国家及有关行业的最新规范和规程,是一本与新规范相结合的实用型教材。编写力求做到结构严谨、内容精炼、概念清晰。

全书由绪论及八章内容组成,绪论主要阐述了工程地质的发展历史、在土木工程中的作用及学习方法与要求;第一章至第四章系统、重点地阐述了工程地质的基础知识及基本理论;第五章和第六章重点分析了几种常见特殊土和不良地质灾害的特性及其工程处理措施;第七章重点地阐述了土木工程中所涉及的地基、边坡、隧道、水工建筑物及港口与海岸工程的主要工程地质问题。第八章介绍了工程地质勘察的目的、任务、方法及其成果的整理等。这些内容为土建类专业学生从事广泛的土木工程施工所需的工程地质知识打下了较坚实的基础。

在使用本书进行教学,由于学时所限而不能教授全部教材内容时,可在第七章中有针对性地选择。特别是第八章“工程地质勘察”应结合野外实习进行教学,可不占校内理论教学时间。

本书由山东交通学院张建国任主编,葛颜慧、史红、孙超群和温淑莲任副主编。具体编写分工如下:张建国编写绪论、第一章、第二章和第五章;孙超群编写第三章;葛颜慧编写第四章和第七章的第一节至第三节;史红编写第六章和第七章的第四节、第五节;温淑莲编写第八章。全书由张建国统稿。

王珊参与了本书的插图绘制、文字录入工作,在此一并表示感谢。

对于本书的顺利出版,还要感谢人民交通出版社股份有限公司和山东交通学院交通土建工程学院等单位领导和有关同志的大力支持。对于书中所引用文献和研究成果的众多作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,加之时间仓促,缺点和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2017年3月

目 录

绪论	1
第一章 矿物和岩石	4
第一节 主要造岩矿物	5
第二节 岩浆岩	11
第三节 沉积岩	15
第四节 变质岩	21
第五节 岩石的工程性质	25
第二章 地质构造及地质图	32
第一节 地壳运动	32
第二节 地质年代	33
第三节 岩层及岩层产状	39
第四节 褶皱构造	42
第五节 断裂构造	45
第六节 地质图	52
第三章 地质作用	59
第一节 风化作用	59
第二节 地表流水的地质作用	65
第三节 地下水的地质作用	75
第四章 地貌	91
第一节 概述	91
第二节 山岭地貌	94
第三节 平原地貌	100
第五章 常见特殊土	102
第一节 黄土	102
第二节 软土	106
第三节 膨胀土	110
第四节 冻土	113
第五节 盐渍土	120
第六节 红黏土	125

第六章 常见地质灾害	128
第一节 崩塌	128
第二节 滑坡	131
第三节 泥石流	138
第四节 岩溶	144
第五节 地震	150
第七章 不同类型工程的工程地质问题	163
第一节 地基工程地质问题	163
第二节 边坡工程地质问题	176
第三节 地下工程地质问题	189
第四节 水工建筑物地质问题	202
第五节 港口与海岸工程地质问题	209
第八章 工程地质勘察	214
第一节 工程地质勘察基本要求	214
第二节 工程地质调查测绘	216
第三节 工程地质勘探	218
第四节 试验测试及长期观测	224
第五节 工程地质勘察成果报告	226
参考文献	231

绪 论

一、工程地质的发展历史

工程地质产生于地质学的发展和人类工程活动经验的积累。第一次世界大战结束后,整个世界开始进入了大规模建设时期。1929年,奥地利太沙基出版了世界上第一部《工程地质学》。1937年,前苏联萨瓦连斯基的《工程地质学》问世。第二次世界大战以后,各国都有一个稳定的和平环境,工程建设发展迅速,工程地质在这个阶段迅速发展,成为地质学的一个独立分支学科。

在我国,工程地质的发展基本上始于20世纪50年代。从引进前苏联工程地质学理论和方法开始,经过不断地工程实践和理论创新,我国工程地质得到了突飞猛进的发展,取得了显著成就,积累了大量经验,在一定程度上形成了具有中国特色的工程地质学体系。一大批工程地质学家为新中国的建设发挥了巨大的作用,特别是谷德振、刘国昌等老一辈工程地质学家,为我国重大工程建设做出了突出贡献,在国际学术界具有重要的影响。

工程地质学研究与工程建设有关的地质理论,应用于工程规划、勘察、设计、施工与正常使用。因此,工程地质学是地质学与工程学科交叉渗透的产物。随着地质科技人员队伍的不断扩大,勘探、测试手段逐渐完善,新技术、新方法、新理论在地质学研究的各个领域广泛采用,工程地质得到了蓬勃发展。工程地质学的主要任务如下:

(1)评价工程地质条件,阐明地上和地下建筑工程兴建和运行的有利和不利因素,选定建筑场地和适宜的建筑形式,保证规划、设计、施工、使用、维修顺利进行。

(2)从地质条件与工程建筑相互作用的角度出发,论证和预测有关工程地质问题发生的可能性、发生的规模和发展趋势。

(3)提出及建议改善、防治或利用有关工程地质条件的措施,加固岩土体和防治地下水的方案。

(4)研究岩体、土体分类和分区及区域性特点。

(5)研究人类工程活动与地质环境之间的相互作用与影响。

二、工程地质在土木工程建设中的作用

世界上各种土木工程,如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利水电等工程,都是修建在地壳表层(地表或地下一定深度)的地质环境之中。建筑物场地的地质环境和工程地质条件(包括场地及周围的岩体、土体类型和性质,地质构造,地表水和地下水的作用,各种自然地质作用等),与工程的设计、施工和运营密切相关。工程建筑与地质环境之间存在着相互制约、相互作用的关系。一方面,地质环境会影响工程建筑的工程造价与施工安全,另一方面,也会影响工程建筑的稳定和正常使用。如在开挖高边坡时,忽视地质条件,可

能引起大规模的崩塌或滑坡,不仅增加工程量、延长工期和提高造价,甚至危及施工安全;又如,在岩溶地区修建水库,如不查明岩溶情况并采取适当措施,轻则蓄水大量漏失,重则完全不能蓄水,使建筑物不能正常使用。另一方面,工程活动也会以各种方式影响地质环境,即已有的工程地质条件在工程建筑和运行期间会产生一些新的变化和发展,构成影响工程建筑安全的地质问题。如房屋、路堤引起地基土的压密沉降,桥梁使局部河段冲刷淤积发生变化等;又如,在城市过量抽取地下水,可能导致大规模的地表沉降;道路工程中,不适当的开挖或填筑的人工边坡,则可能导致大规模的滑坡或崩塌;而大型水库对地质环境的影响,则往往超出局部场地的范围而波及广大区域,在平原地区可能引起大面积的沼泽化,在黄土地区可能引起大范围的湿陷,在某些地区还可能诱发地震。

在进行工程建设时,无论是总体布局阶段还是个体建筑物设计、施工阶段,都应当进行相应的工程地质工作。在总体规划、布局阶段,应进行区域性工程地质条件和地质环境的评价;场地选择阶段应进行不同建筑场地工程地质条件的对比,选择最佳工程地质条件的方案;在选定场地进行个体工程建筑物设计和施工阶段,应进行工程地质条件的定量分析和评价,提出适合地质条件和环境协调的建筑物类型、结构和施工方法等的建议,拟定改善与防治不良地质作用和加强环境保护的措施、方案等。为了做好上述各阶段工程地质工作,必须通过地质调查测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段,获得必要的地质资料,结合具体工程的要求进行研究、分析和判断,最终得出相应的结论。鉴于工程地质对工程建设的重要作用,国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、提出必要的地质资料的基础上,才能进行工程设计和施工工作。

在国内外工程建设实践中,重视工程地质工作使工程建设获得成功的经验和忽视工程地质工作引起工程建设失败的教训不胜枚举。以我国铁路建设为例,地处我国西南边陲的成(都)昆(明)铁路,由于它纵贯我国西南横断山脉的断裂构造带,沿线气候、地形、地质条件异常复杂,曾被称为“世界地质博物馆”。某些外国专家实地考察后认为成昆铁路很难建成。中央和原铁道部高度重视这些复杂和困难的条件,多次组织全国工程地质专家进行现场“会诊”和研究,并且动员和组织了全国工程地质专家和技术人员开展“大会战”,从而保证了成昆铁路的顺利建成通车。许多地质复杂地段线路位置的选择和重大工程设计、施工获得成功的实例举世公认。与此形成鲜明对照的是,我国始建于民国末期的宝(鸡)天(水)铁路,由于忽视了前期的工程地质研究,施工中即发生大量崩塌、滑坡、河岸冲刷和泥石流等地质灾害。该铁路在20世纪50年代初通车后,也不能正常运营,被称为中国铁路的“盲肠”。为此,国家每年都花费大量经费进行维修、整治,直至20世纪80年代耗费巨资进行大段线路改线后,才使宝天铁路真正畅通。在国外,法国著名的马尔帕塞拱坝垮塌事件,就是由于对坝基和坝肩片麻岩中所夹的软弱结构面缺乏足够的认识,致使左岸拱座滑动破坏,库水冲毁下游市镇,造成死亡、失踪近500人的重大灾难和损失。其他如美国奥斯汀城科罗拉多水坝的崩毁、加拿大特朗斯康谷仓的倒塌、西班牙蒙特哈塔坝高72m的“干水库”等,都是由于对地质条件没有足够的了解而招致失败。

随着我国经济建设日益发展,20世纪末,我国在复杂地质条件地区已成功修建了长达20km的秦岭越岭交通隧道、高达240m的二滩水电站大坝、采深390m的抚顺西露天煤矿边坡。进入21世纪以来,工程建设的规模和数量也越来越大,超过50km的越岭交通隧道、开

挖体积近 2000m^3 的地下洞室群、采深超过 500m 的露天采矿场边坡、高达 300m 的水电站大坝等特大工程开工建设。这些“长隧道、深基坑、高边坡”等巨型重大工程建设与工程地质的关系更趋紧密,对土木工程师的工程地质知识的要求也越来越高。因此,作为工程建筑的基础工作,工程地质工作的重要作用是被客观存在和被实践证明了的。

三、本课程的学习方法及要求

工程地质学是一门应用科学,它是运用地质学的基本理论和知识,解决工程建设中各种工程地质问题的一门学科。因此,本课程的教学目的是使学生知道工程建设中经常遇到的工程地质现象和问题,以及这些现象和问题对工程建筑设计、施工和使用过程产生的影响,并能合理利用工程地质的基本理论知识,正确处理工程设计、施工和营运中的工程地质问题。

工程地质是土木工程的专业基础课,学习本门课程后,应达到以下基本要求:

(1)掌握一定的工程地质基础知识和理论。能辨认常见的岩石和土,了解其主要的工程性质;能辨认基本的地质构造,并了解这些构造对工程建筑的影响;知道水(包括地表水和地下水)的地质作用。岩土、地质构造和水是工程建筑地质环境中最基本的三大要素,三大要素的类型、特征及其组合方式,形成了不同的工程地质条件和问题。因此,基础理论知识是解决好工程地质问题所必不可少的。

(2)能辨认常见的地质灾害现象,并了解这些地质灾害对工程建筑的影响。

(3)能将工程地质知识应用于实际的土木工程中。

(4)了解工程地质勘察的方法、手段及成果形式。

工程地质学是一门实践性很强的学科。学习本课程重要的不是死记硬背某些条文,而是要学会解决问题的方法,学会具体问题具体分析,并能做到举一反三。为了加强对工程地质现象与问题的感性认识,教师除讲课外,还应安排实验课及野外地质教学实习,以巩固课堂理论教学。本课程教学过程中,应积极采用多媒体教学,配合有关地质科教片、幻灯片、地质教学模型等直观教具,增强地质感性认识,提高教学效果。学生在学习过程中,课堂上要注意学习和掌握工程地质学的基本理论;野外地质实习和日常生活中,要多观察和了解与工程有关的一些地质现象,如地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质和不良地质现象等,以增加感性认识,扩大视野,巩固所学内容。

第一章 矿物和岩石

地球是太阳系的一颗行星,是一个不标准的旋转椭球体,根据国际大地测量与地球物理学会 1980 年公布的资料可知,地球赤道半径(a)为 6378.137km,两极半径(c)为 6356.752km,平均半径(R)为 6371.012km,地球的扁率($\frac{a-c}{a}$)为 0.003352859(约为 $\frac{1}{298.25}$),赤道周长($2\pi a$)为 40075.7km,表面积($4\pi R^2$)为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ (其中陆地占 29.3%,海洋占 70.7%),体积($\frac{4\pi R^3}{3}$)为 $1.0832 \times 10^{12} \text{ km}^3$ 。研究资料表明,地球并不是一个均质体,而是具有圈层构造的

球体。以地表为界分为内圈和外圈,它们又再分为几个圈层。地球外圈是指地球表面以上,根据物质性状可以分为大气圈、水圈和生物圈。地球内圈是指地球表面以下,根据地震波传播速度的突变,可以确定地球内部的分界面,地球物理学上称为不连续面或界面。地球内部有两个波速变化最明显的界面:第一个界面为莫霍洛维奇不连续面,简称莫霍面,是前南斯拉夫莫霍洛维奇 1909 年发现的;第二个界面为古登堡不连续面,简称古登堡面,是美国古登堡 1914 年提出的。根据这两个界面把地球内部圈层构造从地表到地心分为三圈,即地壳、地幔和地核(图 1-1)。

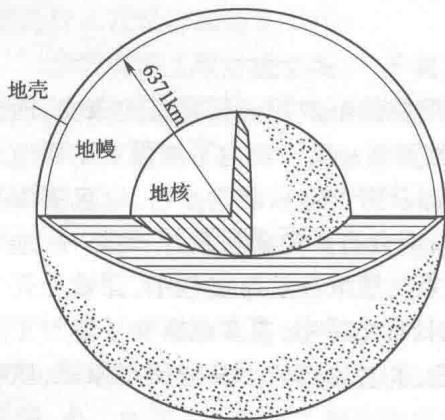


图 1-1 地球内部圈层构造

地心至古登堡面(地表以下约 2900km)为地核,体积占地球总体积的 16.2%,主要由铁、镍等金属物质组成,推测地核中压力可达 $3.6 \times 10^5 \text{ MPa}$,温度为 $3000 \sim 5000^\circ\text{C}$,密度为 $16 \sim 18 \text{ g/cm}^3$ 。莫霍面与古登堡面之间(地表以下 $33 \sim 2900 \text{ km}$)为地幔,也称中间层,体积占地球总体积的 83%,主要由铁、镁硅酸盐物质组成,压力由几千兆帕到 $1.4 \times 10^4 \text{ MPa}$,温度为 $1500 \sim 3000^\circ\text{C}$,密度为 $3.32 \sim 5.66 \text{ g/cm}^3$ 。地壳是指地球表面由岩石

组成的一层坚硬壳体,下界面为莫霍面,表面在陆地上直接暴露于地表。由于地壳厚度各处不同,因此莫霍面深度也很不一致。大陆地壳较厚,我国青藏高原地区地壳厚达 $70 \sim 80 \text{ km}$,洋底地壳较薄,太平洋西部马里亚纳海沟处地壳仅 $5 \sim 6 \text{ km}$,平均地壳厚度为 33 km 。人类工程活动大都是在地壳表层进行的,一般深度都不超过 $1 \sim 3 \text{ km}$,最深的金矿矿井超过 4 km ,最深的科研钻孔深度超过 12 km 。(注:大陆科学钻探可分为浅钻、中钻、深钻、超深钻四类,一般来说,地表至地下 3000 m 以内属浅的科学钻探,现有的技术手段可以胜任, $3000 \sim 6000 \text{ m}$ 为中深的科学钻探, 6000 m 以下为深钻。中钻、深钻及超深钻是涉及多科学、高技术的大科学工程,其方法、技术和装备往往是全球瞩目的高新技术,具有保密性。)

地壳是由岩石组成的,岩石是由矿物组成的,矿物是由各种化合物或化学元素组成的。地壳中已发现的化学元素有 90 多种,但它们在地壳中的含量和分布很不均衡,其中氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛和氢十种元素按质量计占元素总质量的 99.96%,而氧、硅、铝三种元素就占 82.96%(表 1-1)。这些元素在地壳中多以化合物状态出现,少数以单质元素状态存在。

地壳主要元素质量百分比

表 1-1

元 素	质量比(%)	元 素	质量比(%)
氧(O)	46.95	钠(Na)	2.78
硅(Si)	27.88	钾(K)	2.58
铝(Al)	8.13	镁(Mg)	2.06
铁(Fe)	5.17	钛(Ti)	0.62
钙(Ca)	3.65	氢(H)	0.14

注:本表引自《Scientific American》,1970。

组成地壳的岩石,都是在一定的地质条件下,由一种或几种矿物按一定的规律组合而成的自然集合体。由一种矿物组成的集合体称为单矿岩,例如由石英组成的石英岩和由方解石组成的石灰岩等;由多种矿物组成的集合体称多矿岩或复矿岩,例如由石英、正长石组成的花岗岩等。按照岩石的成因不同,可将地壳中的岩石分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

由于岩石是由矿物组成的,所以要认识岩石,分析岩石在各种自然条件下的变化,进而对岩石的工程地质性质进行评价,就必须先从矿物讲起。

第一节 主要造岩矿物

矿物是天然生成的,具有一定物理性质和一定化学成分的自然元素或化合物,是组成地壳的基本物质单位。多数矿物由化合物构成,例如石英(SiO_2)、方解石(CaCO_3)和正长石 $[\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ 等;少数矿物由单质元素组成,例如石墨(C)和天然硫(S)等。

自然界中已发现的矿物约有 3000 种,除个别以气态(如碳酸气、硫化氢气等)或液态(如水、自然汞等)出现外,绝大多数均呈固态。其中能够组成岩石的矿物称为造岩矿物。在岩石中经常出现、明显影响岩石性质、对鉴别岩石种类起重要作用的矿物称主要造岩矿物,有 20~30 种。

一、矿物的形态及主要物理性质

矿物的形态及主要物理性质是肉眼鉴别矿物的重要依据。

(一) 矿物的形态

1. 结晶质矿物与非晶质矿物

固态矿物按其质点(原子、分子或离子)有无规则排列,可分为结晶质矿物和非晶质矿物。固态矿物中大多数为结晶质,少数为非晶质。

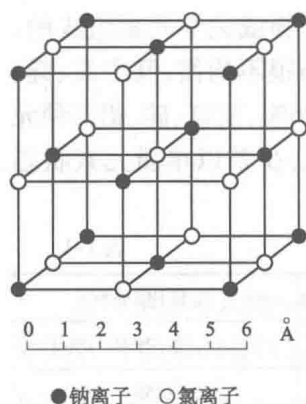


图 1-2 岩盐的立方晶体格架

蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

结晶质矿物的内部质点在三维空间呈有规律的周期性排列,形成空间结晶格子构造。例如,岩盐(NaCl)的立方晶体格架(图 1-2)。因此,在一定条件下,每种结晶质矿物都具有固定、规则的几何外形,这就是矿物的固有形态特征(图 1-3)。具有良好固有形态的晶体称自形晶或单晶体。在自然界中,自形晶较少见到。在晶体生长过程中,由于生长速度和周围自由空间环境的限制,晶体发育不良,形成了不规则的外形,称为他形晶。岩石中的造岩矿物多为粒状他形晶体的集合体。

非晶质矿物的内部质点排列没有规律性,故不具有规则的几何外形。常见的非晶质矿物有胶体类矿物,这类矿物是由胶体溶液沉淀或干涸凝固而成,如硅质胶体溶液沉淀凝聚而成的

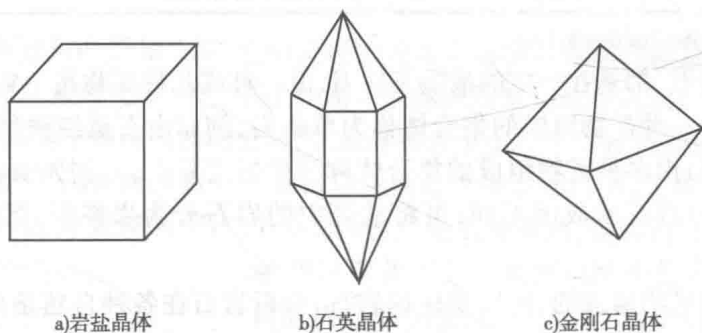


图 1-3 矿物晶体

2. 矿物的形态

常见的单晶体矿物形态有:

片状、鳞片状——如云母、绿泥石等。

板状——如斜长石、板状石膏等。

柱状——如长柱状的角闪石和短柱状的辉石等。

立方体状——如岩盐、方铅矿、黄铁矿等。

菱面体状——如方解石等。

菱形十二面体状——如石榴子石等。

常见的矿物集合体形态有:

粒状、块状、土状——矿物晶体在空间三个方向上接近等长的他形集合体。当颗粒边界较明显时称粒状,如橄榄石等;肉眼不易分辨颗粒边界的称块状,如石英等;疏松的块状可称土状,如高岭土等。

鲕状、豆状、葡萄状、肾状——矿物集合体呈具有同心构造的球形。像鱼卵大小的称鲕状,如鲕状灰岩中的方解石等;近似黄豆大小的称豆状,如赤铁矿等;不规则的球形体可称葡萄状与肾状。

纤维状——如石棉、纤维石膏等。

钟乳状——如方解石、褐铁矿等。

(二) 矿物的光学性质

1. 颜色

矿物的颜色,是矿物对可见光波的吸收作用产生的,是由矿物的化学成分和内部结构决定的。按成色原因,有自色、他色和假色之分。

(1) 自色:是矿物固有的颜色,颜色比较固定。例如黄铁矿是铜黄色;橄榄石为橄榄绿色。自色具有鉴定意义。

(2) 他色:是矿物混入了某些杂质所引起的,与矿物的本身性质无关。他色不固定,随杂质的不同而异。如纯净的石英晶体是无色透明的,混入杂质就呈紫色、玫瑰色、烟色。由于他色不固定,对鉴定矿物没有很大意义。

(3) 假色:是由于矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散射所引起的。如方解石解理面上常出现的虹彩,斑铜矿表面常出现的斑驳的蓝色和紫色。

2. 条痕

矿物粉末的颜色称条痕。鉴别方法一般是把矿物在白色无釉瓷板(条痕板)上擦划并观察擦下来的矿物粉末的颜色。条痕色去掉了矿物因反射所造成的色差,增加了吸收率,扩大了眼睛对不同颜色的敏感度,因而比矿物的颜色更为固定。大多数浅色矿物的条痕是无色或浅色的,某些深色矿物的条痕与颜色相同,这些矿物的条痕无助于鉴别矿物。只有当矿物的条痕与其颜色不同时,条痕才是有用的鉴别矿物的特征。例如角闪石为黑绿色,条痕为淡绿色;辉石为黑色,条痕为浅棕色;黄铁矿为铜黄色,条痕为黑色等。

3. 光泽

矿物表面反射光线的能力称为光泽。根据矿物反光的强弱程度,矿物光泽可分为下列几种:

(1) 金属光泽:反光强烈,犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼,如方铅矿、黄铁矿等。

(2) 半金属光泽:比金属的亮光弱,似未磨光的铁器表面,如磁铁矿等。

(3) 非金属光泽:矿物表面的反光能力较弱,如石英、滑石等。造岩矿物绝大部分属于非金属光泽。由于矿物表面的性质或矿物集合体的集合方式不同,又会反映出各种不同特征的光泽。

①玻璃光泽。近似一般平面玻璃的反光,如石英晶面、长石等。

②油脂光泽。如同涂上一层油脂后的反光,如石英断口上的光泽等。

③珍珠光泽。如同珍珠表面或贝壳内面出现的乳白彩光,如白云母薄片等。

④丝绢光泽。出现在纤维状集合体矿物表面的光泽,如石棉、绢云母、纤维石膏等。

⑤蜡状光泽。像石蜡表面呈现的光泽,如蛇纹石、滑石等。

⑥土状光泽。矿物表面反光暗淡,如高岭石等。

4. 透明度

矿物的透明度是指矿物能够被光线穿透的程度。矿物吸收、反射光线的能力越强,透明度越差。透明度取决于矿物的化学性质与晶体构造,但又明显和厚度有关,故一般以0.03mm的规定厚度作为标准进行对比。据此,透明度可分为如下三级:

(1) 透明的:绝大部分光线可以透过矿物,因而隔着矿物的薄片可以清楚地看到对面的物体。如纯净的石英单晶体、纯净方解石组成的冰洲石等。

(2) 半透明的:光线可以部分透过矿物,因而隔着矿物薄片可以模糊地看到对面的物体。

多数造岩矿物为半透明矿物,如一般石英集合体、滑石等。

(3)不透明的:光线几乎不能透过矿物。金属矿物则为不透明矿物,如黄铁矿、方铅矿、磁铁矿等。

观察矿物透明度时,应注意同等厚度条件,肉眼观察可在矿物碎片边缘进行。

(三)矿物的力学性质

1. 硬度

矿物的硬度是指矿物抵抗外力机械刻划和研磨的能力。由于矿物的化学成分或内部构造不同,所以不同的矿物常具有不同的硬度。硬度是矿物的一个重要鉴定特征。目前一般用摩氏硬度计(表 1-2)来决定矿物的相对硬度。摩氏硬度计是从软到硬选用 10 种矿物的硬度分为 10 级,作为硬度对比的标准,用来对其他矿物进行互相刻划、比较,以确定矿物的相对硬度。例如,将需要鉴定的矿物与摩氏硬度计中的方解石对刻,结果被方解石刻伤而自身又能刻伤石膏,说明其硬度大于石膏而小于方解石,在 2~3 之间,即可将该矿物的硬度定为 2.5。可以看出,摩氏硬度只反映矿物相对硬度的顺序,并不是矿物绝对硬度值。常见造岩矿物的硬度大部分在 2~6.5 之间,大于 6.5 的只有石英、橄榄石、石榴子石等少数几种。在野外调查时,常用指甲(2~2.5)、铅笔刀(5~5.5)、玻璃(5.5~6)、钢刀刃(6~6.6)鉴别矿物的硬度。

摩氏硬度计 表 1-2

硬度/度	矿 物	硬度/度	矿 物
1	滑石	6	长石
2	石膏	7	石英
3	方解石	8	黄玉
4	萤石	9	刚玉
5	磷灰石	10	金刚石

2. 解理(劈开)

矿物的解理是指矿物晶体在外力敲击下,沿一定晶面方向裂开的性能。裂开的晶面一般平行成组出现,称解理(劈开)面。根据解理方向的多少,解理可以分为一组解理(如云母)、两组解理(如长石)和三组解理(如方解石)等。根据解理发育程度不同,可将解理分为:

(1)极完全解理:矿物容易沿 1 组解理面裂成薄片,如云母。

(2)完全解理:矿物容易沿 3 组解理面方向裂成块状或板状,如方解石破裂成菱形六面体。

(3)中等解理:矿物沿 2 组解理面方向裂成板状或柱状,如长石裂成板状、角闪石裂成长柱状。

(4)无解理:肉眼不易看到解理面,如橄榄石;或实际没有解理面,如单晶体石英等。

3. 断口

矿物在外力敲击下,可沿任意方向发生无规则断裂破碎,其断裂面称为断口。断口形状各异,例如石英的贝壳状断口(图 1-4),其他还有参差状断口、锯齿状断口和平坦状断口等。



图 1-4 单晶石英的贝壳状断口

(四)其他特殊性质

少数矿物具有某些特殊的物理化学性质,用以鉴别个别矿物是简便有效的。例如:云母薄片有弹性;绿泥石、滑石薄片有挠性;重晶石相对密度较大;方解石上滴稀盐酸剧烈起泡;高岭石遇水软化等。

二、主要造岩矿物及其鉴定特征

(1)石英(SiO_2)

发育良好的石英单晶为六方锥体[图 1-3b)及图 1-4]。通常为块状或粒状集合体;纯净透明石英晶体称水晶,一般为白、灰白、乳白色,含杂质时呈现紫、红、烟、茶等色;晶面玻璃光泽,断口或集合体油脂光泽;无解理,断口贝壳状;硬度为 7;相对密度为 2.65。

(2)长石

长石是一族矿物,包括三个基本类型:钾长石[$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]、钠长石[$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]、钙长石[$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$]。钾长石中最常见的是正长石,钠长石和钙长石混熔组成斜长石。

①正长石:单晶为短柱或厚板状,集合体为粒状或块状;在岩石中常呈肉红、浅黄、浅玫瑰色;有两组完全正交的解理面,粗糙状断口;玻璃光泽;硬度为 6;相对密度为 2.54~2.57。正长石风化后可变成黏土矿物,最终可变成铝土矿。

②斜长石:单晶为板状或柱状,集合体粒状;白色或灰白;有两组近正交的解理面(交角 $86^\circ 24'$),粗糙状断口;玻璃光泽;硬度为 6~6.5;相对密度为 2.61~2.75。斜长石的风化产物多为黏土矿物。

(3)云母

云母是含钾、铁、镁、铝等多种金属阳离子的铝硅酸盐矿物。按所含阳离子不同,主要有白云母和黑云母。

①白云母[$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$]:单晶呈板状、片状,薄片无色透明,有弹性,集合体片状、鳞片状,微细鳞片状集合体称绢云母;集合体浅黄、浅绿、浅灰色;一个方向解理极完全;玻璃光泽,解理面珍珠光泽;硬度为 2.5~3;相对密度为 2.76~3.12。

②黑云母[$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{F}, \text{OH})_2$]:形态同白云母;富含铁的为黑云母,黑色;富含镁($\text{Mg}:\text{Fe} > 2:1$)的为金云母,金黄色;硬度为 2.5~3;相对密度为 3.02~3.12。

(4)角闪石 $\{\text{Ca}_2\text{Na}(\text{Mg}, \text{Fe})_4(\text{Al}, \text{Fe})[(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2\}$

单晶呈长柱或针状,集合体呈粒状或块状;颜色暗绿至黑色;玻璃光泽;有两组完全解理面(交角为 56° 和 124°)(图 1-5);硬度为 5~6;相对密度为 3.1~3.3。

(5)辉石 $[\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})(\text{Si}, \text{Al})_2\text{O}_6]$

单晶呈短柱或粒状,集合体块状;黑褐色或黑色;玻璃光泽;有两组完全解理面(交角 87° 和 93°)(图 1-6);硬度为 5.5~6;相对密度为 3.23~3.56。

(6)橄榄石 $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)]$

常呈粒状集合体;浅黄绿至橄榄绿色;晶面玻璃光泽,断口油脂光泽;不完全解理,断口贝壳状;硬度为 6.5~7;

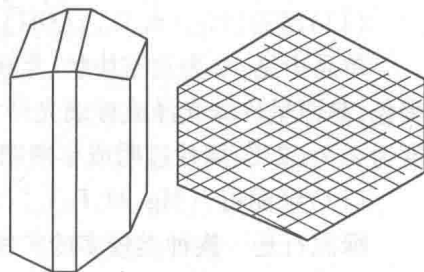


图 1-5 角闪石长柱状单晶及横截面图

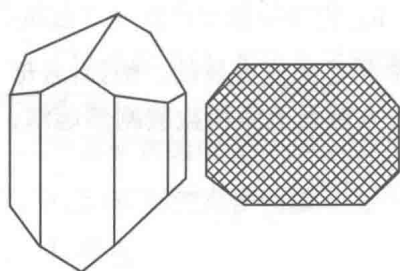


图 1-6 辉石短柱状单晶及横截面图

相对密度为 3.3~3.5;性脆。

(7) 方解石 (CaCO_3)

单晶为菱形六面体,集合体为粒状或块状;无色透明者称冰洲石,一般为白色、灰色,含杂质者呈浅黄、黄褐、浅蓝色;玻璃光泽;三组完全解理面;硬度为 3;相对密度为 2.6~2.8;滴冷稀盐酸剧烈起泡。

(8) 白云石 [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]

晶粒形态同方解石;纯者白色,含杂质者呈浅黄、灰褐色;玻璃光泽;三组完全解理面;但解理面多弯曲不平直;硬度为 3.5~4;相对密度为 2.8~2.9;滴热盐酸起泡,滴冷盐酸起泡不明显,滴紫红色镁试剂可变蓝色。

(9) 硬石膏 (CaSO_4) 和石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

硬石膏单晶呈板状、柱状,集合体有粒状、块状;纯者无色透明,一般为白色;玻璃光泽;有三组完全解理面;硬度为 3~3.5;相对密度为 2.8~3.0。硬石膏在大气压下,遇水生成石膏,同时体积膨胀约 30%,对工程建设有严重危害。

石膏单晶呈板、柱、片状,集合体有纤维状或块状;纯者无色透明,一般为白色,含杂质可为浅黄、灰、褐色;平面反光为玻璃光泽,纤维状反光为丝绢光泽;一组极完全解理;硬度为 2;相对密度为 2.30~2.37。

(10) 高岭石 [$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$]

黏土矿物,三斜晶系,单晶极小,肉眼不可见,集合体多为土状或块状;纯者白色,含杂质可为浅红、浅黄、浅灰、浅绿色;土状光泽;硬度为 1~2;相对密度为 2.58~2.61;干燥块体有粗糙感,易捏成碎末,吸水性强,潮湿时具有可塑性。

(11) 蒙脱石 [$(\text{Al}, \text{Mg})_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$]

黏土矿物,单斜晶系,单晶极小,肉眼不可见,显微晶体片状或絮状、毛毡状,集合体多为土状或块状;白色,有时为浅灰、粉红、浅绿色,光泽暗淡;硬度为 2~2.5;相对密度为 2~2.7;柔软,有滑感,加水膨胀,体积能增加几倍,并变成泥状,具有很强的吸附力及阳离子交换性能,是造成岩土膨胀的主要矿物。

(12) 黄铁矿 (FeS_2)

单晶为立方体,集合体为粒状或块状;浅铜黄色;条痕黑色;强金属光泽;无解理;断口参差状;硬度为 6~6.5;相对密度为 4.9~5.2。黄铁矿是地壳中分布广泛的硫化物,是制取硫酸的主要原料,岩石中的黄铁矿易氧化分解成铁的氧化物和硫酸,从而对混凝土和钢筋混凝土结构物产生腐蚀。

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

单晶少见,常为致密块状、片状或鳞片状集合体;纯者白色,含杂质时常呈浅黄、浅绿、浅褐色;晶面呈珍珠光泽或玻璃光泽,断口为蜡状光泽;有一组极完全解理面;硬度为 1;相对密度为 2.7~2.8;薄片透明或半透明;薄片无弹性而有挠性;有滑感。

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

绿泥石是一族种类较多的矿物,是很复杂的铝硅酸盐化合物。多呈片状或鳞片状集合体;暗绿色;解理面上为珍珠光泽;有一组极完全解理面;硬度为 2~2.5;相对密度为 2.60~

2.85;薄片有挠性。绿泥石与滑石、云母类矿物的特征有许多相似之处,工程性质较差。

第二节 岩 浆 岩

一、岩浆岩的形成过程

(一) 岩浆和岩浆作用

岩浆是存在于地壳深处、以硅酸盐为主要成分、富含挥发性物质、处于高温(700 ~ 1300℃)、高压(高达数千兆帕)状态下的熔融体。

地下深处相对平衡状态下的岩浆,受地壳运动影响,会沿着地壳中薄弱、开裂地带向地表方向活动,岩浆的这种运动称岩浆作用。岩浆上升未达地表,在地壳中冷却凝固,称为岩浆侵入作用;若岩浆上升冲出地表,在地面上冷却凝固,则称为岩浆喷出作用,也称为火山作用。

(二) 岩浆岩及其产状

1. 岩浆岩的形成

由于岩浆内部压力很大,不断向地壳压力低的地方移动,以致冲破地壳深部的岩层,沿着裂缝上升。上升到一定高度,温度、压力都要减低。当岩浆的内部压力小于上部岩层压力时,迫使岩浆停留,使其冷凝,形成的岩石称岩浆岩,又称火成岩,占地壳总质量的95%。侵入作用形成侵入岩,岩浆冷凝位置离地表深的(>3km),形成深成侵入岩;离地表浅的,形成浅成侵入岩。喷出作用形成喷出岩或火山岩。

2. 岩浆岩的产状

指岩浆岩的形态、大小及其与周围岩体间的相互关系。岩浆岩的产状既与岩浆性质密切相关,也受周围岩体及环境的控制。常见岩浆岩的产状有以下几种(图1-7):

(1) 岩基和岩株:属深成侵入岩产状。岩基规模最大,基底埋藏深,多为花岗岩;岩株规模次之,形状不规则,宏观呈树枝状。

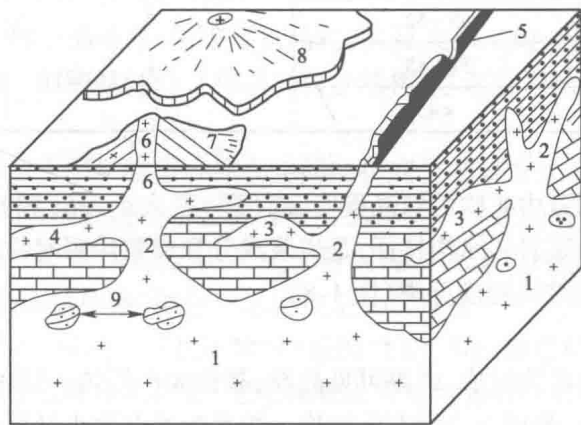


图 1-7 岩浆岩的产状示意图

1-岩基;2-岩株;3-岩盘;4-岩床;5-岩墙;6-火山颈;7-岩钟;8-岩流;9-捕掳体