



21世纪高等教育土木工程系列规划教材

土木工程地质

郭抗美 王 健 主编
陈志坚 主审

Tumu Gongcheng Xilie Guihua Jiaocai

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育土木工程系列规划教材

土木工程地质

主 编 郭抗美 王 健
副主编 肖有才
参 编 杨建明 贺瑞霞 晏卫革
主 审 陈志坚



机械工业出版社

本书系统地阐述了工程地质的基本原理、土木工程中的工程地质问题及评价的方法、工程地质勘察。本书共 8 章, 主要内容包括: 岩石、地质构造、第四纪沉积土及其工程地质特征、地下水、不良地质条件下的工程地质问题、地下洞室围岩稳定性分析、工程地质勘察等。

本书可作为高等院校土木工程专业的工程地质教材, 也可供工程地质、水文地质、道路、桥梁及建筑工程的专业技术人员及科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程地质/郭抗美, 王健主编. —北京: 机械工业出版社, 2005.5

(21 世纪高等教育土木工程系列规划教材)

ISBN 7-111-16496-2

I. 土... II. ①郭... ②王... III. 土木工程—工程地质学—高等学校—教材 IV. P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 040686 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 马军平 版式设计: 霍永明 责任校对: 李汝庚

封面设计: 张 静 责任印制: 石 冉

北京中兴印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版 第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·6.25 印张·240 千字

定价: 18.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

序

随着 21 世纪国家建设对专业人才的需求,我国工程专门人才培养模式正在向宽口径方向转变,现行的土木工程专业已包括建筑工程、交通土建工程、矿井建设、城镇建设等 8 个专业的内容。经过几年的教学改革和教学实践,组织编写一套能真正体现专业大融合、大土木的教材的时机已日臻成熟。

迄今为止,我国高等教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大贡献。但据 IMD1998 年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标在世界排名第 36 位,与我国科技人员总数排名第一的现状形成了极大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员,特别是工程应用型技术人才供给不足。

科学在于探索客观世界中存在的客观规律,它强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的客观活动,所以它强调综合,强调实用性、强调方案的优选。这就要求我们对工程应用型人才和科学研究型人才的培养实施不同的方案,采用不同的教学模式、使用不同的教材。

机械工业出版社为适应高素质、强能力的工程应用型人才培养的需要而组织编写了本套系列教材,编写的目的在于改革传统的高等工程教育教材,结合大土木的专业建设需要,富有特色、有利于应用型人才的培养。本套系列教材的编写原则是:

- 1) 加强基础,确保后劲。在内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后发展具有较强的后劲。
- 2) 突出特色,强化应用。本套系列教材的内容、结构遵循“知识新、结构新、重应用”的方针。教材内容的要求概括为“精”、“新”、

“广”、“用”。“精”指在融合贯通“大土木”教学内容的基础上,挑选出最基本的内容、方法及典型应用实例;“新”指在将本学科前沿的新技术、新成果、新应用、新标准、新规范纳入教学内容;“广”指在保证本学科教学基本要求前提下,引入与相邻及交叉学科的有关基础知识;“用”指注重基础理论与工程实践的融会贯通,特别是注重对工程实例分析能力的培养。

3) 抓住重点,合理配套。以土木工程教育的专业基础课、专业课为重点,做好实践教材的同步建设,做好与之配套的电子课件的建设。

我们相信,本套系列教材的出版,对我国土木工程专业教学质量的提高和应用型人才的培养,必将产生积极作用,为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

江見鯨

前 言

本书是根据教育部土木工程专业的课程设置指导意见及机械工业出版社《普通高等教育土木工程及建筑类系列规划教材建设》编写的,是普通高等院校土木工程专业的专业基础课教材。本书系统地介绍了土木工程专业应掌握的工程地质基础理论及知识、岩土体的工程性质、第四纪地层特征、不良地质现象,全面分析了土木工程涉及到的工程地质问题及其分析、评价方法。力求使学生学会如何利用地质环境为工程服务。

本书在编写过程中,除反映本学科的要求外,力求反映国内外工程地质理论及实践的发展水平。同时,在编写过程中还得到许多院校、教师及勘察设计部门的关心与支持,提出了很多宝贵的意见,在此表示诚挚谢意。

本书由河北工业大学郭抗美和北京建筑工程学院王健任主编,平顶山工学院肖有才任副主编。

编写分工为:北京建筑工程学院王健编写第1章和第3章;南华大学杨建明编写第2章;河北工业大学郭抗美编写第4章和第6章(6.3节除外);平顶山工学院贺瑞霞编写第5章和第8章;河北邢台路桥总公司晏卫革编写第6章的6.3节;平顶山工学院肖有才编写第7章。本书由河海大学陈志坚教授主审,在此谨表谢意。

由于编者水平有限,书中的不足和错误之处,恳请读者指正。

编 者

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 工程活动与地质环境的关系	1
1.2 工程地质条件	2
1.3 工程地质学的研究内容	2
1.4 工程地质学的研究方法	3
第2章 岩石	5
2.1 地球的总体特性	5
2.2 造岩矿物	7
2.3 岩浆岩	13
2.4 沉积岩	20
2.5 变质岩	28
2.6 岩石的工程地质性质	33
第3章 地质构造	41
3.1 地质作用	41
3.2 地质年代	43
3.3 地质构造	47
3.4 阅读和分析地质图	59
第4章 第四纪沉积土及其工程地质特征	65
4.1 风化作用及残积土	65
4.2 暂时性水流的地质作用及其沉积土	71
4.3 河流的地质作用及冲积土	75
4.4 湖泊和沼泽的地质作用及湖积土	81
4.5 海洋的地质作用及海积土	82
4.6 冰川的地质作用及冰积土	84
4.7 风的地质作用及风积土	84
4.8 特殊土及其工程地质特征	85
第5章 地下水	90
5.1 地下水概述	90
5.2 地下水的类型	93
5.3 地下水的物理性质与化学性质	101

5.4 地下水运动的基本规律·····	103
5.5 地下水对土木工程的影响·····	105
第6章 不良地质条件下的工程地质问题 ·····	109
6.1 活断层·····	109
6.2 地震·····	112
6.3 斜坡的变形及其防治·····	120
6.4 岩溶与土洞·····	132
6.5 采空区地表塌陷·····	137
第7章 地下洞室围岩稳定性分析 ·····	140
7.1 洞室围岩应力重分布·····	141
7.2 洞室围岩变形与破坏·····	143
7.3 洞室围岩稳定性因素分析·····	149
7.4 洞室围岩压力·····	152
7.5 洞室围岩承载性能·····	155
7.6 洞室围岩的外水压力·····	156
7.7 保障洞室围岩稳定性措施·····	157
第8章 工程地质勘察 ·····	161
8.1 工程地质勘察任务及勘察阶段划分·····	161
8.2 工程地质测绘和调查·····	163
8.3 工程地质勘探·····	165
8.4 工程地质原位测试·····	170
8.5 现场检验与监测·····	182
8.6 勘察资料的内业整理·····	186
参考文献 ·····	191

第 1 章

绪 论

人类的工程活动主要在地壳的最表层,地壳受到来自于地球内部和外部的物质运动和阳光、大气、水、生物、天体引力等引起的地质作用,出现各种地质现象和地质构造。工程活动是在一定的地质环境下进行,大量的工程活动又会影响或改变地质环境。工程地质学是研究人类工程活动与地质环境相互作用的一门学科,是地质学的一个分支,是服务于工程建设的一门应用学科。

我国地域辽阔,自然地质条件复杂,在各种土木工程中可能遇见不同地貌、地质构造、水文地质、地质作用、地质现象的自然地质条件和问题,我国青藏公路与铁路等许多工程都以工程地质条件复杂而闻名。实践证明,任何工程以及工程建设的任何阶段,对工程地质条件的调查、研究、论证是保证工程建设安全、稳定和正常使用的保证。同时,由于人类大规模工程建设活动破坏环境而造成的工程地质问题越来越多的出现,研究人类活动影响下的地质环境问题是工程地质学一个新的研究领域。

1.1 工程活动与地质环境的关系

人类工程活动与地质环境关系密切,各种工程活动都是在一定的地质环境中进行的,两者相互影响、相互关联和相互制约。

1.1.1 地质环境对工程活动的影响

地质环境对工程活动的影响和制约是多方面的。

首先,不良的工程地质条件会影响工程建筑稳定和正常使用。在土木工程的各个领域中,不同的土木工程建筑有其各自的工程特点,会遇到各自不同的工程地质问题。例如,工业与民用建筑多遇到的问题是承载力和沉降问题。崩塌、岩体滑动和滑坡会带来相关建筑物的破坏和威胁公路、铁路的安全。围岩稳定性是地下洞室要考虑的主要问题。在活动断裂带或强震区的建筑场地选择不当,断层

活动或伴随断层活动的强烈地震会造成建筑物的损坏或破坏。石灰岩地区的溶蚀洞穴会造成水库水漏失,不能正常使用等。

其次,不良的地质条件会影响施工安全。复杂地质构造条件下的施工和不良地质现象的发生将威胁施工人员和场地的安全,因此需要采取相应的防范措施。

再次,不良的地质条件会影响工程造价。在复杂地质条件下的建筑物,为了保证建筑物的安全,或对威胁建筑物安全的地质因素采取处理措施,或采用更为复杂的建筑结构,无论从哪个方面讲,工程建筑造价的提高是显而易见的。

1.1.2 工程活动对地质环境的影响

人类的各種工程活动,又会反作用于地质环境,使自然地质条件发生变化,影响建筑物的安全和正常使用。工程活动对地质环境的影响甚至超出局部场地的范围而波及到广大地区,威胁人类的生活和生存环境。

工程建筑荷载会引起地基土压缩变形、建筑物沉降。过量抽取地下水会造成大范围地面沉降,使沉降区建筑物的工作条件、市政设施的使用和人民生活受到严重影响。桥梁工程的局部水流条件使河流局部河段冲刷和淤积规律发生变化。修建大型水库改变了区域的水文地质条件,会发生区域性塌岸或浸没,造成平原地区沼泽化、黄土地区湿陷及诱发地震等。因此应充分预计一项工程,特别是重大工程对地质环境的影响,采取相应的防治措施,避免破坏或灾害的发生。

1.2 工程地质条件

工程地质条件是指工程建筑所在地区或建筑场地地质环境各项因素的综合。它包括土和岩石的工程性质、地质构造、地貌、水文地质、地质作用、自然地质现象和天然建筑材料等几个方面。其中最基本的因素是地层岩性,包括岩层地层产状、软弱夹层、接触关系及物理力学性质等,其次是对土木工程安全和稳定构成巨大威胁的褶皱、断层、节理等地质构造因素,还有地下水的成因、埋藏、分布、运动和化学成分等水文地质条件因素,再有就是与地形、岩性、地质构造和地表水地下水地质作用相关的地质现象以及地形地貌因素等。

不同工程地质条件对工程建筑安全和正常使用至关重要。工程技术人员必须全面了解和认识不同工程地质条件与土木工程之间的关系,研究和解决不良工程地质条件下可能出现或诱发的工程地质问题。

1.3 工程地质学的研究内容

工程地质学包括五个分支学科,即工程岩土学、工程地质分析、工程地质勘

察、区域工程地质和环境工程地质等。

学科的主要研究内容：①研究土石的分布规律、工程地质性质以及在自然和人类活动影响下的变化；②研究工程活动中工程地质问题的发生发展过程、规律、条件及力学机理，评价和防治它们可能造成的危害，以便采取有效预防和防治措施；③研究和探讨新的工程地质勘察技术和调查研究方法，有效查明与工程活动有关的地质因素；④研究区域性工程地质条件的分布规律和工程地质问题区域性分布的特点。

学科主要工作包括：①调查与分析工程活动有关的地质环境；②评价工程所辖地区的地质环境和工程地质条件；③解决工程建设中出现的工程地质问题，预测并论证工程建设中各种不良地质现象的发生发展，提出改善和防治的有效措施；④提供工程建筑规划、设计、施工、使用和维护所需的地质资料和数据；⑤预测人类活动干预下岩土变形和破坏过程，预测各种工程活动可能产生的环境效应，研究区域性地质灾害的规律和地质环境评价方法。

1.4 工程地质学的研究方法

工程地质学的研究方法包括：地质（自然历史）分析法、力学分析法、工程类比法与实验法。要查明建筑区工程地质条件的形成和发展，以及它在工程建筑物作用下的发展变化，首先必须以自然历史的观点分析研究其周围其他自然因素和条件，了解在历史过程中对它的影响和制约程度，这样才有可能认识它形成原因和预测其发展趋势和变化，这就是地质分析法，它是工程地质学的基本研究方法，也是进一步定量分析评价的基础。对工程建筑的设计及运用而言，只有定性的论证是不够的，还要求对一些工程质问题进行定量预测和评价。因此，在自然历史分析法的基础上，还需要用到力学分析法和类比法。力学分析法可适当简化某些影响因素，通过一定的理论分析建立模型，并计算和预测某些工程地质问题发生的可能性和发展规律。例如地基稳定性分析、地面沉降量计算、地震液化可能性计算等。类比法是应用那些已研究的、类型和条件相同或相近的工程地质问题的现成经验和方法，对研究区的工程地质问题作出定量预测。采用定量分析方法论证地质问题时，都需要通过室内或野外试验，取得所需岩土的物理性质、水理性质、力学性质数据。另外，通过模仿工程建筑物的形式、规模及其周围的地质环境，进行不同比例的模型及模拟试验，也可以直接得出用于工程设计、施工的定量论证。通过长期观测地质现象的发展速度也是常用的一种试验方法。工程地质工作中，必须综合应用上述定性分析和定量分析方法，才能取得可靠的结论，对可能发生的工程质问题制定出合理防治对策。

工程地质学是土木工程专业的一门专业基础课，学习本课程可为土木工程专

业的学习提供必要的地质学基础知识，使学生了解工程地质勘察的内容和方法，懂得如何搜集、分析和运用地质资料评价一般工程地质条件，了解如何运用工程地质勘察资料进行工程设计和施工，解决一般不良地质现象在工程设计、施工、使用过程中发生和可能发生的工程地质问题。

本课程又是一门实践性很强的技术基础课，在重视课堂教学的同时，加强野外实习等实践教学环节是十分必要的。

第 2 章

岩 石

土木工程与岩石的关系很密切,如道路的路基与边坡、桥梁的墩基、城市地铁、高层建筑基础以及矿床开采,都需要详细了解岩石的工程地质性质。而影响岩石的工程地质性质的主要因素是组成岩石的矿物成分、结构及构造。因此掌握岩矿物特征、各类岩石的特征对于了解岩石的工程地质特性有重要意义。

2.1 地球的总体特性

地球是人类居住的地方。而大量的土木工程都是构筑在地球表层或地下,相应地,地球表面形态变化和物质的变化都会影响到土木工程的正常运营。因此在学习工程地质前,对地球的总体特性了解很有必要。

地球是宇宙间绕太阳公转的一个行星。根据现有资料得知:地球是一个不标准的旋转椭球体,赤道半径(a) 6378.14km,两极半径(b) 6356.779km,地球的扁平率($\frac{a-b}{a}$)为 $\frac{1}{298.588}$,赤道附近稍微凸出,极区稍微扁平,赤道与极地半径相差 22km。地球呈椭球形是地球自转的结果,表明地球具有弹塑性。地球表面起伏不平,可分为陆地和海洋两大部分,陆地面积占 29.2%,海洋面积占 70.8%。

原始地球是从太阳星云中分化出来的一个较为均质的物体,主要由 C、O、Mg、Si、Fe、Ni 等元素组成。随着地球内部放射性元素的衰变,而衰变产生的热能使地球物质熔融,在重力作用下,密度大的 Fe、Ni 等物质下沉,而轻的物质上浮,地球物质不断发生的分异作用逐渐使地球内部分出了不同的圈层。目前以地表为界可分为外圈和内圈。外圈一般分为生物圈、水圈和大气圈三个圈层;内圈通常分为地核、地幔和地壳。

地球内部构造分圈主要根据地球物理资料(特别是地震波资料)得出。据实测,地球内部有两个明显的波速不连续面(界面)。第一个界面位于 5~60km 深

处,大陆部分平均深 33km,最深可达 60km 以上;大洋区较浅,平均为 11~12km,有些地区小于 5km。在界面附近,纵波波速由 7.6km/s 突增至 8.1km/s。此界面由南斯拉夫学者 A. 莫霍洛维奇于 1909 年发现,称为莫霍面。另一个界面位于 2885km 深处,是美国学者 B. 古登堡于 1914 年发现的,命名为古登堡面。在该界面附近,纵波波速由 13.64km/s 变为 7.98km/s。根据这两个界面,可将地球内部分为三个圈层(见图 2-1)。这三个圈层处在不同深度,具有不同的物理性质。现将各圈层特征简述如下:

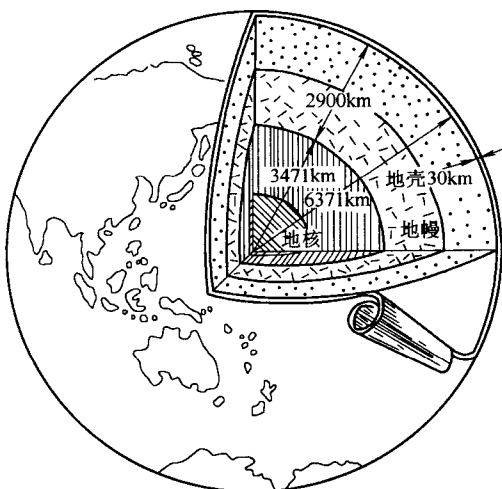


图 2-1 地球内部构造示意图

1. 地壳

地壳是指地表至莫霍面之间厚度极不一致的一部分,其厚度是地球半径的 $1/400$,占地球总体积的 1.55%,总质量的 0.8%,是一层相对很薄的固体硬壳。地壳的平均密度为 $2.6 \sim 2.9\text{g/cm}^3$ 。莫霍面在大陆下约 20~70km,大洋底下平均为 5~8km。因而大洋地壳平均厚度 5~8km,大陆地壳平均厚度为 35km,我国青藏高原地壳厚度达 70km 左右。大陆地壳上部岩石为硅铝层(花岗岩质层),下部岩石为硅镁层(玄武岩质层)。大洋地壳主要是硅镁层,有的地方只有很薄的硅铝层或完全缺失硅铝层。

2. 地幔

地幔是地壳以下至 2885km 深处的圈层,其体积占地球的 82.3%,质量占 67.8%,是地球的主体部分,它主要由固态物质组成。根据地震波速的变化,以 650km 为界,分为上地幔和下地幔。

上地幔的平均密度为 3.5g/cm^3 。据地球物理及岩石学研究表明,上地幔的物质成分可能与陨石相当。它们是由含 Fe、Mg 多的硅酸盐矿物(辉石、橄榄石)组成的。上地幔 60~250km 存在一个不连续的地震波低速带,认为组成低速带的岩石有较大的塑性,并称之为“软流层”。按地热增温率推算,软流层的温度可达 $700 \sim 1300^\circ\text{C}$,已接近超基性岩的熔点,推测此带部分熔融。一般认为这可能就是岩浆发源地。软流圈以上的固体圈层(包括地壳及软流圈以上的上地幔部分)称为岩石圈。岩石圈因其下存在着温度高、塑性大的软流层而易于移动。

下地幔（650~2885km）的地震波波速平缓增加，密度已达 5.1g/cm^3 。一般认为它的化学成分与上地幔相似，可能比上地幔含有更多的铁。

3. 地核

地核是地球内自古登堡面至地心部分。按地震波波速的分布，可分为三层：由 2885~4170km 是地核的外层，称外核，据推测可能是液态的，主要由熔融的铁和镍的混合物组成，其中还包括少量的 Si 及 S 等轻元素；4170~5155km 是过渡带；5155km 至地心为地核的内核，据推测，组成内核的物质的化学成分与铁陨石相似。地核的体积占地球的 16.2%，质量却占地球质量的 31.3%。地核的密度可达 $9.98\sim 12.51\text{g/cm}^3$ ，地核的组成物质为铁、镍的金属氧化物和硫化物，故又称为铁镍核心。

2.2 造岩矿物

2.2.1 矿物的概念

地壳和地球内部的化学元素，除极少量呈单质存在外，绝大多数都是以化合物的形态存在。这些具有一定化学成分和物理性质的自然元素和化合物，称为矿物。已发现的矿物种类有 3300 多种，绝大多数为固态，少数为液态（如水、自然汞等）和气态（如碳酸气、硫化氢气等）。其中有机矿物（如琥珀）只有几十种。岩石是矿物的集合体，因此要认识岩石首先必须认识矿物。

造岩矿物就是构成岩石的矿物。通常主要造岩矿物只有 100 多种，而最常见的仅十余种左右，如常见的石英（ SiO_2 ）、正长石（ KAlSi_3O_8 ）、方解石（ CaCO_3 ）等。

固态矿物按其质点（原子、离子、分子）的有无规则排列，可分为晶质矿物和非晶质矿物。在晶质矿物中，习惯上还根据肉眼对晶粒的能否分辨而分为显晶质和隐晶质两类。晶质矿物的基本特点是组成矿物的元素质点（离子、原子或分子），在矿物内作一定的规律排列，形成稳定的结晶格子构造（见图 2-2），在生长过程中如条件适宜，能生成具有一定几何外形的晶体，如食盐的正立方晶体，石英的六方双锥晶体等。非晶质矿物内部质点的排列没有一定的规律，所以不具有固定的几何形态，如蛋白石（ $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ）。

由单一形状的晶面所组成的晶体，称为单形，如黄铁矿的立方体晶形（见图 2-3a）。由数种单形聚合而成的晶体，称为聚形。如石英的晶体通常是由六方双

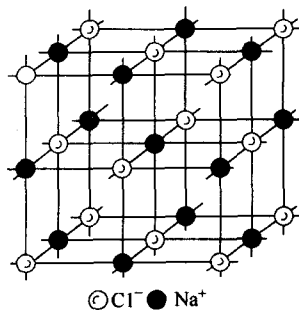


图 2-2 岩盐晶体构造

锥和六方柱聚合而成(见图 2-3b)。同种矿物的两个或两个以上的晶体,其中相邻两晶体,一个恰好是另一个的映象,或者一个正好相当于另一个旋转 180° 的位置,则此两个或两个以上规则的连生体就称为双晶,例如石膏的燕尾双晶、钠长石聚片双晶(见图 2-4)。

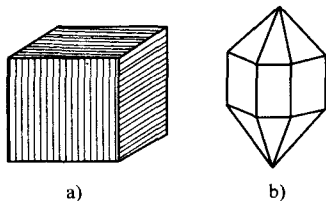


图 2-3 单形和聚形

a) 黄铁矿的单形 b) 石英的聚形

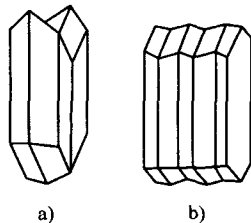


图 2-4 双晶

a) 石膏燕尾双晶 b) 钠长石聚片双晶

自然界的矿物,都是在一定的地质环境中形成的,随后并因经受各种地质作用而不断地发生变化。每一种矿物只是在一定的物理和化学条件下才是相对稳定的,当外界条件改变到一定程度后,矿物原来的成分、内部构造和性质就会发生变化,形成新的次生矿物。地质学家不但把矿物看作是岩石的组成单元,而且把矿物看作是研究岩石生成环境和随后历史的一把重要钥匙。

2.2.2 矿物的(肉眼)鉴定特征

1. 矿物的形态

矿物的形态由组成矿物的成分、生长环境所决定,所形成的具有一定规律的外形是鉴定矿物的重要特征。根据晶体的空间生长规律可分为矿物单体和矿物集合体两种形态:矿物的单体形态包括结晶形状、晶体大小等特征;同种矿物多个单体聚集在一起的整体就是矿物的集合体。矿物集合体的形态取决于单体的形态和它们的集合方式。集合体按矿物晶粒大小分为:肉眼可辨认晶体颗粒的显晶矿物集合体和肉眼不能辨认的隐晶质或非晶质矿物集合体。显晶矿物集合体有规则连生的双晶集合体和不规则的粒状、块状、板状、片状、纤维状、针状等;隐晶矿物集合体主要形态有球状、土状、结核状、鲕状、豆状、钟乳状、笋状集合体等。

2. 矿物的物理性质

矿物的物理性质决定于矿物的化学成分和内部构造。由于不同矿物的化学成分或内部构造不同,因而反映出不同的物理性质。所以矿物的物理性质是鉴别矿物的重要依据。

矿物的物理性质是多种多样的。为便于用肉眼鉴别常见的造矿物,这里主要介绍矿物的颜色、光泽、硬度、解理和断口。

(1) 颜色 矿物的颜色是矿物对可见光波的吸收作用产生的。太阳光是由7种不同波长的色光所组成的,当阳光照射矿物时,因矿物对不同波长可见光的吸收程度不同,使矿物呈现出白、灰、黑色,如果只吸收某些色光,就呈现另一部分色光的混合色。很多矿物具有特殊颜色,这是肉眼鉴定矿物的重要依据。

根据矿物成色原因,通常将矿物颜色分为三种:

1) 自色。自色是矿物固有的颜色,取决于矿物的内部性质,特别是所含色素离子的类别。一般来说,含铁、锰多的矿物,如黑云母、普通角闪石、普通辉石等,颜色较深,多呈灰绿、褐绿、黑绿以至黑色;含硅、铝、钙等成分多的矿物,如石英、长石、方解石等,颜色较浅,多呈白、灰白、淡红、淡黄等各种浅色。自色比较固定,因而具有鉴定意义。

2) 他色。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,但含碳的微粒时就呈烟灰色(即墨晶),含锰就呈紫色(即紫水晶),含氧化铁则呈玫瑰色(即玫瑰石英)。由于他色不固定,对鉴定矿物没有很大意义。

3) 假色。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。其中由裂隙所引起的假色称晕色,如方解石解理面上常出现的虹彩。由氧化薄膜所引起的假色称锈色,如斑铜矿表面常出现斑驳的蓝色和紫色。

(2) 光泽 矿物表面呈现的光亮程度,称为光泽。矿物的光泽是矿物表面的反射率的表现,按其强弱程度,光泽可分为如下几类:

1) 金属光泽。它类似于金属磨光面上的光亮程度,闪耀夺目,如方铅矿、黄铜矿、黄铁矿等。

2) 半金属光泽。它类似于金属光泽,但较为暗淡,如铬铁矿。

3) 非金属光泽。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 金刚光泽:呈金刚石状光亮,如金刚石。

② 玻璃光泽:反光如镜,如长石、方解石解理面上呈现的光泽。

③ 珍珠光泽:光线在解理面间发生多次折射和内反射,在解理面上所呈现的像珍珠一样的光泽,如云母等。

④ 丝绢光泽:纤维状或细鳞片状矿物,由于光的反射互相干扰,形成丝绢般的光泽,如纤维石膏和绢云母等。

⑤ 油脂光泽:矿物表面不平,致使光线散射,如石英断口上呈现的光泽。

⑥ 蜡状光泽:像石蜡表面呈现的光泽,如蛇纹石、滑石等致密块状矿物表面的光泽。

⑦ 土状光泽:矿物表面暗淡如土,如高岭石等松散块状矿物表面所呈现的光泽。