

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

工程地质基础

刘超臣 吴 奇 刘启霞 编
责任主审 黄润秋
审 稿 人 黄润秋 付荣华

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材根据教育部中等职业教育岩土工程专业规划教材大纲要求,系统地介绍了地质、工程地质和人文地质的基本概念、基本理论和分析方法,主要内容包括:矿物、岩石、地层及地质构造、地貌及第四纪地质、土的物质组成及结构构造、岩土工程地质性质,主要岩土工程问题及常见物理地质现象、水文地质基础。此外,还介绍了识图和室内试验的有关内容。

本教材可作为中等职业教育岩土工程专业教材,也可供从事岩土工程、工程地质工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程地质基础 刘超臣主编 . -北京:地质出版社, 2002.10

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-116-03612-1

. 工... . 刘... . 工程地质-专业学校-教材 . P642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 075510 号

GONGCHENG DIZHI JICHU

责任编辑:李源明 陈 磊

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话:(010) 82324508 (邮购部); (010) 82324577 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京朝阳区小红门印刷厂

开 本:787×1092

印 张:18.375

字 数:435 千字

印 数:1—3000 册

版 次:2002 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价:22.00 元

ISBN 7-116-03612-1 P·2274

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

为了全面落实《中共中央、国务院关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，教育部 1999 年 9 月下达了“面向 21 世纪职业教育改革和教材建设规划”研究与开发项目。长春工程学校于 2000 年元月针对“中等职业学校国土资源类重点建设专业（即岩土工程专业）整体教学改革方案的研究”提交了开题报告，于 2000 年 7 月完成了该项目的研究报告，9 月份在北京，由教育部职成教司组织的专家审定会审定通过。在此报告中，提出了中等职业学校岩土工程专业指导性教学计划，确定了七门主干课题，并分别编写这七门课程的教学大纲。《工程地质基础》作为岩土工程专业的主要专业基础课，是这七门主干课程中的一门。根据教育部职成教司的指示精神，依据审定的《工程地质基础教学大纲》，地质出版社下达了《工程地质基础》这本教材的编写任务，该任务由郑州工业贸易学校承担。

全书共分六章，并有附录，由刘超臣担任主编，吴奇任副主编。第一章、第四章由刘超臣编写；绪论、第三章、第五章由吴奇编写；第二章、第六章及附录由刘启霞编写。最后由刘超臣统编定稿。

本书由河海大学、中国地质大学、华北水利电力学院兼职教授、原水利部黄河水利委员会勘测设计院总工马国彦教授级高级工程师审阅，并对本书提出了宝贵的修改意见；书中插图由李娜达等绘制，在此均表谢意。

本书为教育部规划教材，适用于全国中等职业学校岩土工程专业，应用时可根据不同学时，不同专业方向，灵活选择。

由于编者水平有限，时间仓促，加之内容太多，篇幅所限，难免有取舍不当，繁简不适之处，敬请读者和同志们批评指正。

编 者

2001.12

目 录

绪 论	(1)
第一章 地质学基础	(4)
第一节 矿物	(5)
一、矿物的形态	(6)
二、矿物的颜色	(7)
三、矿物的条痕色	(8)
四、矿物的透明度	(8)
五、矿物的光泽	(8)
六、矿物的硬度	(8)
七、矿物的解理与断口	(9)
八、矿物的其他物理、力学性质	(9)
九、主要造岩矿物的肉眼鉴定	(10)
第二节 岩石	(11)
一、岩浆岩	(11)
二、沉积岩	(19)
三、变质岩	(29)
第三节 地层及地质构造	(37)
一、地层的划分与对比	(37)
二、地质构造	(40)
第四节 地貌及第四纪地质	(48)
一、地貌	(48)
二、第四纪地质	(51)
复习思考题	(53)
第二章 水文地质基础	(55)
第一节 地下水的赋存形式	(55)
一、水在岩土中的存在形式	(55)
二、岩土的水理性质	(56)
三、含水层的构造条件	(58)
第二节 地下水的类型及其特征	(58)
一、包气带水	(58)
二、潜水	(60)
三、承压水	(64)
第三节 地下水对工程建筑的危害	(68)
一、地下水对岩土体的力学作用	(68)
二、地下水位的升降及其危害	(71)

三、地下水对建筑材料的腐蚀作用	(74)
复习思考题	(77)
第三章 土的物质组成及岩土工程地质性质	(78)
第一节 土的物质组成及结构构造	(78)
一、土的物质组成	(78)
二、土的结构和构造	(85)
三、土的野外鉴别	(87)
第二节 土的工程地质性质	(89)
一、土的物理性质和水理性质	(89)
二、土的力学性质	(96)
三、几种特殊土的工程地质性质	(105)
第三节 岩石的工程地质性质	(115)
一、岩石的物理性质	(115)
二、岩石的力学性质	(117)
复习思考题	(126)
第四章 岩体工程地质性质	(128)
第一节 岩体的结构特征	(128)
一、结构面的成因类型	(128)
二、结构面的特征及力学效应	(131)
三、岩体结构类型	(135)
第二节 风化作用对岩体工程地质性质的影响	(136)
一、风化作用的类型	(136)
二、风化分带及分级	(138)
第三节 岩体工程(质量)分类	(139)
一、岩石工程(质量)分类概述	(139)
二、岩石质量指标(RQD)	(140)
三、比尼威斯基岩体分类(CSIR)、(RMR)	(140)
四、巴顿岩体质量(Q)分类	(142)
复习思考题	(145)
第五章 岩土工程地质问题	(146)
第一节 地基变形与稳定性问题	(146)
一、地基中的应力分布	(147)
二、地基最终沉降量的计算	(153)
三、地基沉降随时间变化关系的概念	(161)
四、地基承载力的确定方法	(164)
第二节 边坡稳定性问题	(171)
一、概述	(171)
二、边坡变形破坏的基本类型与特征	(172)
三、边坡稳定性分析及评价方法	(177)
四、防治边坡变形破坏的原则及主要措施	(177)
第三节 区域稳定性问题	(179)

一、活断层	(179)
二、地震与区域稳定	(184)
三、地面沉降问题的工程地质分析	(194)
第四节 水库工程地质问题	(195)
一、水库特征水位及主要工程地质问题	(196)
二、水库渗漏问题	(196)
三、库岸稳定性问题	(200)
四、库周浸没问题	(202)
五、水库淤积问题	(203)
六、水库诱发地震	(204)
第五节 水坝工程地质问题	(206)
一、水坝类型及其对工程地质条件的要求	(206)
二、抗滑稳定问题	(208)
三、坝区渗漏问题	(210)
第六节 物理地质现象	(212)
一、泥石流	(212)
二、岩溶	(216)
复习思考题和习题	(221)
第六章* 识图	(224)
第一节 地质图的识读	(224)
一、地质现象及地质条件在地质图上的表示方法	(224)
二、地质剖面图	(227)
三、地质图的阅读步骤和方法	(227)
第二节 地貌图的识读	(228)
一、地貌图的分类	(228)
二、地貌图的主要内容	(228)
三、地貌图的编制	(229)
四、第四纪地质图的分类其主要内容	(229)
第三节 工程地质图的识读	(232)
一、工程地质图的特点	(232)
二、工程地质图的分类	(234)
三、工程地质图表示的主要内容	(235)
四、阅读工程地质图的一般步骤	(237)
第四节 综合水文地质图的识读	(237)
一、水文地质图的基本概念及分类	(237)
二、综合水文地质图的主要内容	(239)
三、阅读综合水文地质图的一般步骤	(239)
复习思考题	(240)
附录一 试验(实习)指导书	(241)
试验一 矿物的识别鉴定	(241)
试验二 岩浆岩的识别	(243)

试验三	沉积岩、变质岩的识别	(245)
试验四	渗透定律试验	(248)
试验五	土的粒度成分测定(筛析法)	(251)
试验六	土的重度、含水率、比重试验(环刀法、烘干法、比重瓶法)	(253)
试验七	粘性土的液限、塑限的测定(圆锥仪法和搓条法)	(258)
试验八	土的侧限压缩试验	(260)
试验九	土的直接剪切试验	(264)
试验十	岩石的单轴压缩试验	(267)
试验十一*	岩石的剪切试验(变角板法)	(269)
试验十二*	土的三轴剪切试验(应变控制式三轴仪法)	(271)
试验十三	岩石的硬度测试(回弹仪试验)	(278)
附录二	地质符号及地质图例	(280)
一、	地层符号	(280)
二、	岩石符号	(281)
三、	土和岩石图例	(282)
四、	地质构造图例	(283)
五、	地貌及不良地质现象图例	(283)
六、	建筑物的变形图形	(284)
七、	水文地质图例	(284)
八、	地质勘探图例	(284)
九、	地质界线图例及符号	(284)
十、	地震图例	(284)
主要参考书	(285)

绪 论

1. 本课程的目的和要求

本课程是中等职业学校岩土工程专业的一门理论基础课，是学生学习专业理论知识和职业技能的基础。学习完本课程，学生应具备岩土专业中初级专门人才所必需的工程地质基础知识和基本技能，为学生学习专业知识和职业技能打下基础，具体的目的和要求如下：

- (1) 掌握与岩土工程专业有关的矿物、岩石、地层、地质构造、地形地貌的基本概念，基本理论和基本分析方法。
- (2) 掌握地下水的类型、储存形式及对工程建筑的危害作用。
- (3) 掌握岩土工程地质性质指标的定义，了解指标的测定方法。
- (4) 了解岩体的工程地质性质。
- (5) 了解与岩土工程勘察和施工有关的地质问题的形成机理、分析方法和处理措施，初步学会识别地质现象，分析工程地质问题。
- (6) 能够正确识别常见的岩土种类。
- (7) 能够正确识读地质地貌图。

以上各方面的目的和要求中，最重要的是两个方面，一方面是岩土的工程地质性质；另一方面是学会用工程地质观点分析解决工程地质问题。总之，通过本课程的学习，同学们要掌握地质、工程地质和水文地质的基本原理、基本方法和基本技能。

2. 本课程的主要内容和学习方法

工程地质是研究解决与工程建筑有关的地质问题，并为工程建设服务的地质科学。它是地质学的一个分类，但又不同于一般地质学，因为它只研究解决与工程建筑有关的地质问题，而不是所有的地质问题；它为工程建筑服务，但又不同于工程建筑学，因它只研究解决工程建筑与客观地质条件之间的矛盾，即地基岩土体或围岩介质的稳定问题，而不是研究建筑本身的结构构造。

工程建筑的类型很多，可分为工业、民用、水利水电、矿山坑道、港口与水运以及国防等类的工程建筑，而每一类型工程建筑又是由一系列建筑物组成的。由于各类各个建筑物的型式不同，规模各异，其对地质条件的要求也不一样。地质条件又随地而异，千变万化，故使工程地质学所要研究的内容与涉及的理论问题十分广泛而复杂。通常将与工程建筑有关的地质条件的总和称为工程地质条件，具体包括：地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质现象、水文气象、天然建筑材料及人类活动等。将与工程建筑有关的地质问题统称为工程地质问题，如：地基稳定性问题、边坡稳定性问题等。由于工程地质学的研究目的和任务是从地质方面保证各类工程建筑物的稳定、经济、耐用，因此，简单地讲，工程地质学就是分析工程地质条件，研究解决工程地质问题，为工程建筑服务的科学。

根据审定的《工程地质基础教学大纲》，本教材的主要内容应包括以下几个方面：

(1) 地质基础。工程地质作为地质学的一个分支，离不开地质基础的内容。因此掌握与岩土工程专业有关的矿物、岩土、地层及地质构造、地貌及第四纪地质的基本概念、分类、组成、结构等内容，是学好工程地质的基础。

(2) 水文地质基础。建筑物一般均修建在地球表层，不管其结构、规模、形式怎样，均离不开地球表层的岩土体，而在地球表层的岩土体的孔隙或裂隙中，均含有地下水，由于地下水的存在，给建筑物带来一系列不利的影晌，如基坑开挖出现的涌水、流砂、粘性土中含水时使其性质变差等，因此，研究地下水在岩土体中的赋存形式、地下水类型及特征、地下水对工程建筑的危害作用，就显得十分必要。

(3) 岩土工程地质性质。如前所述，任何建筑物总是离不开土和岩石，或者以之作为地基，如建筑物地基等；或者以之作为围岩介质，如地下硐室、矿山坑道、隧道等；或者用以作为建筑材料。因此，深入研究与工程建设有关的岩土的工程地质性质，掌握它们在自然和人为因素影响下的变化规律，具有重要的意义。

(4) 岩体的工程地质性质。岩体中总是存在着各种成因不同，性质不同，大小不同和产状不同的结构面，如层面、节理、断层、片理、不整合面等。这些结构面将岩体切割成无数大小不同的单元体，即结构体。因此，岩体实际上就是由结构面和结构体组合而成的地质体。岩体的工程地质性质，特别是其力学性质不完全决定于组成它的完整的结构体，而是在更大程度上决定于结构面，特别是软弱结构面。因而在论证岩体作为建筑物地基或围岩的稳定性时，需要分析岩体的结构特征，了解风化作用等对岩体工程性质的影响及岩体的工程分类。

(5) 工程动力地质作用。作为建筑地基或介质的岩土体，在各种动力地质作用和工程地质作用下，常会给建筑物带来一系列工程地质问题，如地震对建筑物的破坏，滑坡地段使道路破坏，岩溶地区渗漏引起水库漏水，库水冲刷引起坍岸，建筑物的自重引起地基沉降等。因此，研究各种工程动力地质作用的成因、规模、发生发展规律，分析评价方法以及如何防治等问题，以减少对工程建筑的危害，成为工程地质学必需的重要内容。

另外，采用图件的形式表示各种地质现象，反映各种地质问题，是工程地质工作常用的手段之一，能够正确识读各种地质图是进行工程地质工作的基础，也是工程地质工作的一种基本技能。

各种地质体、地质构造、地质现象及地形地貌都是地质历史发展的产物，因此，要研究土石，地质构造或地质现象，都不能脱离自然历史条件，都必须应用自然历史分析法，即地质方法，这种方法是查明工程地质条件，分析工程地质问题，给出正确评价的基础。但是这种方法只能作出区域性的和定性的评价，这远远不能满足评价建筑物稳定性的需要。要在此基础上，通过试验的方法给出定量的数据或参数，并通过计算的方法，进行定量评价，只有这样才是解决工程地质问题的正确方法。例如在评价建筑地基土体稳定性时，首先采用地质方法，研究土体的地层组合及空间分布规律，然后通过试验方法，获得有关土体的物理力学性质指标，最后利用有关的理论公式进行计算，用计算结果定量地说明土体在变形和强度方面是否满足建筑物的需要。总之，工程地质工作中常采用三种方法，即地质方法、试验方法和计算方法。地质方法是最根本的、最主要的方法，它是分析工程地质问题的基础，离开这一方法，就不可能得到真正符合实际的参数，更不能合理利用计算方法。而单单采用地质方法，没有试验和计算方法就不能定量地分析评价工程地质

问题，也就不能充分满足工程建筑的要求。因此，应用时，必须考虑综合应用，三种方法紧密结合。

本课程既是一门理论基础课，又是一门实践性较强的课程。学习本课程的目的是熟悉各种主要工程地质问题，并掌握对它们进行分析评价的基本原理和方法，以便在今后工作中能根据具体地质条件和人类工程活动特点，判定主要工程地质问题并提出恰当的处理措施。由于各地地质条件和人类工程活动的多样性，造成工程地质问题的多种多样，复杂多变。实践表明，工程建筑因地质原因而产生问题主要是由于分析判断失误，所以在学习本课程时要注重理论联系实际，学会具体问题具体分析，切忌死记书中条文。

为定量评价工程地质问题，工程地质工作需要数学和力学知识作为基础，同时，因工程地质学为工程建筑服务，因此，它与工程及建筑学等有密切联系。此外，要定量评价工程地质问题，必须采用一定的方法和手段获得关于岩土的各种参数。讲述各种勘察方法（或手段）的学科，称为岩土工程勘察，该门课程从学科体系上讲属于工程地质学的范畴，按照该专业课程体系的安排，另外单独列为一门课程，该课程与本课程有密切的联系，它是分析、评价和解决工程地质问题的方法和手段。

第一章 地质学基础

地质学是研究地球的一门自然科学。地质学成为一门独立学科已有近二百年历史，随着生产的发展，其研究内容越来越需要分出专门学科来进行。目前地质学已是发展成为一系列相互有联系的学科体系的总称。而工程地质就是其中的一个分支。

为此，我们有必要先来认识一下地球。地球并不是我们平常看到的像地球仪那样的理想球体，地球的南北两半球并不对称，北极略向外凸，南极稍稍向内凹入，由于地球的扁率很小，所以地球可近似地看作为一个旋转椭球体。

目前，地球的形状和大小可用大地测量结合重力方法进行研究，利用人造地球卫星轨道变化作校正，已经可以相当精确地求得表征地球形状和大小的各种数据。其主要数据如下：

赤道半径 (a) 6378.140 km

两极半径 (c) 6356.755 km

平均半径 $\sqrt[3]{a^2 c} = 6371.012$ km

扁率 $(\frac{a-c}{a}) = \frac{1}{298.275}$

赤道周长 40075.24 km

子午线周长 40008.08 km

表面积 5100×10^5 km²

体积 1083×10^9 km³

地球以地表面为界，可分为外圈层和内圈层，两者各有不同的圈层构造(图 1-1)。

(一) 地球的外部圈层

地球的外部圈层(外圈)是指包围着固体地球表层的地球组成部分，根据其物理性质和状态不同，可分为水圈、大气圈和生物圈。外圈中有人类生活的各种环境，也是外动力地质作用的主要场所。外圈对固体地球表层的历史演化进程有极重要的影响。

1. 大气圈

大气圈是由包围在固体地球表面最外部的的气体组成，其总质量为 5.136×10^{21} g，约为地球总质量的百万分之一。大气圈的厚度大约 1000 ~ 1400km。由于地心引力的吸引，大气密度以地表附近最大，随高度增加而迅速减小，但占大气总质量 3/4 的大气，是集中在地表以上 10km 的高度范围以内的。

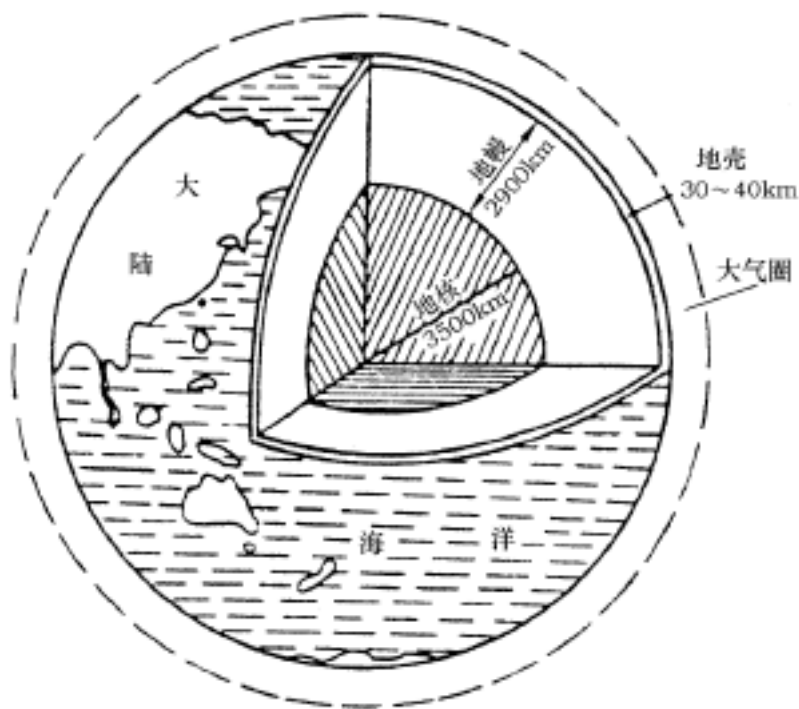


图 1-1 地球的构造示意图

2. 水圈

水圈由地球表层的水体组成。水大部分在海洋里，其余分布在大陆上的河流、湖泊、植被以及近地表的岩石和土壤的空隙中，或以固体形式(冰川)分布在两极和高山地区。

由这些水体构成一个连续封闭的圈层，故称水圈。其总体积为 $1370 \times 10^6 \text{ km}^3$ ，其中海水占总体积的 97.2%，大陆水体仅占 2.8%。

3. 生物圈

生物圈是地球的表层生物（动、植物和微生物）分布和活动的圈层。从 3km 深的地壳深处和深海底至 10km 的高空均有生物生存，故生物圈与大气圈、水圈和地壳之间并没有截然的界线。

（二）地球的内部圈层

对固体地球内部圈层的直接观测资料掌握较少。地球内部有两个最明显、最重要的地震波速度变化的界面，即莫霍面和古登堡面。根据这两个界面，可把地球内部分成地壳、地幔和地核三个圈层。

莫霍面是南斯拉夫地震学家 A. 莫霍洛维契奇（Mohorovicic）于 1909 年发现的，这是地壳与地幔的分界面。它的平均深度在大陆上约为 33km，在大洋底为 6~7km。古登堡面由美国地球物理学家 B. 古登堡（Gutenberg）于 1914 年提出。该界面位于 2900km 左右的深处，是地幔和地核的分界面。

在地球表面的大气圈、水圈及地表岩石和土层中，都可有大量的生物，包括动物、植物和微生物。生物圈是人类赖以生存和发展的环境，而生物圈与水圈、大气圈、岩石圈（地壳的表层岩土）又是相互依存和互相关联的，它们与人类的活动，特别是工程建筑活动密切相关。

地球的物理性质包括：密度、压力、重力、地磁、地电、放射性、地热和弹性等。我们正是利用地球的这些性质为人类的生产和生活服务。

第一节 矿 物

矿物是在地质作用下形成的自然元素及其化合物。自然界中有 100 多种元素，组成地壳中的矿物。这些元素在地壳中的含量差别很大，绝大多数元素都是稀有元素，主要元素也就十几种。地壳中所含主要元素如表 1-1 所示。

表 1-1 地壳中主要元素的重量百分比含量

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)	0.26%
钙 (Ca)	3.65%	氢 (H)	0.14%

（据《Scientific American》，1970 年 9 月号）

矿物是岩石的基本组成单元。地壳中的矿物除少数是由一种元素组成的单质外，绝大多数都是由两种或两种以上的元素按一定比例组成的化合物，并有一定的物理性质和化学性质。在常温、常压下，绝大多数矿物均呈固态，仅有少数呈液态（自然汞、水等）和气态（二氧化碳、甲烷等）。

固态矿物中大多数是结晶的，具有一定几何外形；但也有少数是未结晶的，也无一定

几何外形（如蛋白石等）。矿物种类多达 3000 多种，我们把主要组成岩石、并且大量出现的矿物，称为造岩矿物。造岩矿物以硅酸盐类矿物为主，最常见的造岩矿物仅有十几种。有些矿物常形成有用的矿产，是矿石中的有用组份，称为造矿矿物。

一、矿物的形态

矿物的形态包括矿物的单体及集合体的形态。

矿物单体形态是指矿物单晶体的形态，在自然界，矿物大多数是以集合体出现的，集合体有同种矿物和异种矿物之分，而且集合体可以是有规则排列，也可以没有规则排列。

（一）矿物的单体形态

研究晶体的形态，应从理想形态着手。所谓理想晶体，它的内部结构应严格地服从空间格子规律，外部形态应为规则的几何多面体，面平、棱直，同一单形的晶面同形等大。

自然界实际晶体在生长过程中，由于受到复杂的外界条件的影响，使其内部结构和外部形态都可能偏离理想晶体所遵循的规律，而形成各种非理想的形态。

（二）矿物的集合体形态

矿物的集合体形态取决于矿物单体的形态及其集合（在空间排列）的方式。根据集合体中矿物颗粒大小，可将集合体的形态分为：显晶集合体形态（肉眼可以辨别的）；隐晶集合体形态（显微镜下可辨别的）和胶态集合体形态（显微镜下也难辨别的）。

1. 显晶集合体形态

按矿物单晶体的结晶习性、颗粒大小，及其集合方式的不同，可将显晶集合体分为：粒状集合体；片状、板状、鳞片状集合体；柱状、针状、纤维状、发射状集合体和晶簇 4 类。

（1）粒状集合体 粒状集合体是结晶习性为三向等长的粒状单体颗粒集合而成。按颗粒大小，又可分为粗粒状（直径大于 5mm）、中粒状（直径 5 ~ 1mm）、细粒状（直径小于 1mm）集合体。

（2）片状、板状、鳞片状集合体 片状、板状、鳞片状集合体是由结晶习性为二向延展的片状、板状、鳞片状的单体集合而成，如云母、重晶石、石墨等矿物的片状、板状、鳞片状的集合体。

（3）柱状、针状、纤维状、发射状集合体 柱状、针状、纤维状、发射状集合体是由结晶习性为一向伸长的柱状、针状、纤维状的单体集合而成。按其粗细及排列情况，分别称为柱状集合体、针状集合体、纤维状集合体及放射状集合体。如石膏的纤维状、红柱石放射状集合体。

（4）晶簇 晶簇是由一群具有共同基底的、向空间自由发育的晶体集合而成。

2. 隐晶和胶态集合体形态

隐晶和胶态集合体可由溶（熔）液直接凝结而成或由胶体生成。对隐晶集合体来说，其个体都是结晶质的，但颗粒很小，只能在显微镜下才能观察到它的单体形态，它也可以由胶体矿物老化（晶质化）而成。而胶体集合体则不存在什么单体，胶体由于表面张力的作用，常使集合体趋向于形成球状。按其外形和成因可将该集合体分为结核体、分泌体和钟乳状三种形态：

（1）结核体 结核是围绕某一中心，自内向外逐渐生长而成。结核体的形态多种多样，大小不一。有球状、椭球状、瘤状、盘状、圆柱状和不规则状等。常见的结核体有磷灰石、方解石、菱铁矿、黄铁矿、白铁矿、赤铁矿、褐铁矿、蛋白石、石膏等。

(2) 分泌体 分泌体是在形状不规则的或球状的空洞中，由胶体或晶质始自洞壁逐渐向中心沉淀充填而成；中心经常留有空腔，有时其中还长有晶簇。

(3) 钟乳状集合体 钟乳状集合体是由溶液或胶体在开敞空间逐渐结晶或凝聚而形成的集合体。如钟乳石状、石笋状、葡萄状、肾状等。

矿物集合体形态是丰富多彩的，除上述一些集合体外，还有皮壳状、被膜状、土状、鸡冠状、树枝状、块状（致密块状、土块状）集合体，等等。

矿物的形态可以帮助我们鉴定和研究矿物，诸如矿物的物理性质包括光学性质、力学性质、热学性质、电学性质、磁学性质、放射性等。但是，我们着重讨论的是肉眼能够观察到的物理性质。

矿物的光学性质是指自然光作用于矿物之后所表现出的各种性质，也就是自然光照射于矿物时，所发生的反射、折射及吸收等一系列光学效应。这些效应的结果，有些可用肉眼观察到，有些则需要专门仪器才能观察和测定。肉眼可以观察到的矿物光学性质，包括颜色、条痕色、透明度及光泽等。

二、矿物的颜色

矿物的颜色是矿物对白（日）光吸收的表现。当矿物对白光中各种波长的光波均匀地吸收，则随吸收程度的增加，分别呈现为白色、灰色、黑色。当矿物选择性地吸收其中某些波长的光波时，则矿物呈现出剩余波长光波的混合色。矿物吸收光的颜色和被观察到的颜色如表 1-2 所示。

表 1-2 矿物吸收光的颜色及其观察到的颜色

吸收光		观察到的颜色	吸收光		观察到的颜色
波长 nm	颜色		波长 nm	颜色	
400 ~ 425	紫	黄绿	560 ~ 580	黄绿	紫
425 ~ 455	深蓝	黄	580 ~ 595	橙黄	深蓝
455 ~ 490	蓝	橙	595 ~ 647	橙	蓝
490 ~ 500	蓝绿	红	647 ~ 670	红	蓝绿
500 ~ 560	绿	玫瑰			

在矿物学的描述中通常将矿物的颜色按其产生原因，可分为自色、他色和假色。

(1) 自色 是指矿物自身所固有的颜色，主要决定于其化学成分和结晶结构。因此，自色比较固定，可作为鉴定矿物的主要依据；

(2) 他色 他色与矿物固有成分、结晶结构无关，而是矿物含有呈机械混入物状态的外来带色杂质所染成，如某些石英之所以具有黑色、绿色等颜色，就是由于含有不同机械混入物的结果；

(3) 假色 假色与矿物自身性质（成分和结构）无关，与杂质、机械混入物也无关，是由矿物表面的氧化或解理面所引起的光线干涉作用而造成的颜色。如斑铜矿表面的氧化膜呈现的蓝紫色斑状的锈色；方解石、云母等矿物解理面上所能见到的虹彩般的晕色。

矿物颜色繁多，描述时为了便于比较和统一，常以标准色谱红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫以及白、灰、黑等色来说明矿物的颜色。当矿物颜色与标准色谱有差异时，可加上适当的形容词，如淡绿、暗红、灰白等色。也可以依最常见的实物颜色来描述矿物的颜色，如砖红、桔黄、草绿等色。具体描述矿物颜色时，下列矿物可作比色矿物：

红色——辰砂（粉末）

橙色——铬铅矿

黄色——雌黄

绿色——孔雀石

蓝色——蓝铜矿

紫色——紫水晶

褐色——“褐铁矿”

黑色——黑色电气石

灰色——“铝土矿”

白色——方解石

铅灰色——方铅矿

钢灰色——镜铁矿

铜红色——自然铜

铜黄色——黄铜矿

金黄色——自然金

靛青色——铜蓝

桔红色——雄黄

锡白色——毒砂

草绿色——绿帘石

砖红色——赤铁矿

铁黑色——磁铁矿

此外，有些矿物的颜色介于两种标准色谱之间时，常用二名法来描述，如：黄绿色，即矿物以绿色为主稍带黄色。

三、矿物的条痕色

矿物的条痕色是矿物粉末的颜色，一般是指矿物在白色无釉瓷板上擦划所留下的痕迹的颜色。对于硬度大于瓷板的矿物，则需要碾成粉末并在白纸上进行观察，若矿物的硬度很低则可直接划于白纸上观察。

条痕色可能深于、等于或浅于矿物的自色，并且常与光泽、透明度有密切联系。条痕色对不透明的金属、半金属光泽矿物的鉴定很重要，而对透明、玻璃光泽矿物来说，意义不大，因为它们的条痕色都是白色或近于白色。

四、矿物的透明度

矿物的透明度是指矿物透过可见光波的能力，即光线透过矿物的程度。

在自然界并不存在绝对不透明或绝对透明的矿物。透明度受厚度的影响很大，因此，要以某一规定的厚度（一般以 1mm）作为标准进行对比。在矿物的肉眼鉴定工作中，通常将透明度大体分为透明、半透明和不透明三级：

透明矿物 允许绝大部分光波透过矿物，如水晶、萤石等；

半透明矿物 允许部分光波透过矿物，如辰砂、浅色闪锌矿等；

不透明矿物 基本上不允许光波透过矿物，如黄铁矿、磁铁矿等。

五、矿物的光泽

矿物表面对可见光波的反射能力称为矿物的光泽。也就是可见光照射到矿物新鲜面上所反射出来的光线强度。

金属光泽 反光很强，犹如电镀的金属表面那样光亮耀眼，如自然金、方铅矿等；

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、黑钨矿等；

金刚光泽 反光较强，以金刚石晶面的闪光最为典型，比金属与半金属光泽弱，但强于玻璃光泽，如金刚石、锡石等；

玻璃光泽 反光弱，如同玻璃表面的光泽，如石英、长石及方解石等。

六、矿物的硬度

矿物抵抗外来机械作用力的能力，称为硬度。根据机械作用力的性质不同，可将硬度划分刻划硬度、压入硬度、研磨硬度等类别。本篇只讨论刻划硬度，即矿物对外来刻划的抵抗能力。

鉴别矿物的（刻划）硬度时，可以把欲试矿物的硬度与某些标准矿物的硬度进行比较，即互相刻划加以确定。通常用的标准矿物，即摩氏硬度（Mohs, 1820）就是用这种方

法确定的。十种标准矿物的硬度相对大小顺序如下表所示。

摩氏硬度计

相对硬度等级	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准矿物	滑石	石膏	方解石	萤石	磷灰石	长石	石英	黄玉	刚玉	金刚石

然而，在实际工作中，经常与摩氏硬度的标准矿物进行比较是很不方便的。故通常采用更简便的方法来实验矿物的相对硬度，即把硬度分成3级：

低硬度 小于2.5，可用指甲刻动；

中等硬度 2.5~5.5，手指甲刻不动，可用小刀或钢针刻动；

高硬度 大于5.5，小刀刻不动。

七、矿物的解理与断口

矿物遭受超过质点间联结力的外力作用（如敲打）时，即发生破裂现象。有些矿物破裂后沿一定方向会出现一系列相互平行、而且平坦光滑的破裂面，矿物的这种言质称为解理。矿物的这种破裂平面，称为解理面。有些矿物则沿任意方向发生不规则的破裂，其破裂面参差不齐，这种破裂面则称断口。

矿物的解理按其解理面的完好程度不同，通常划分为4级：

极完全解理 解理面极完好，平坦而光滑，矿物晶体可劈成薄片，如云母、辉钼矿等；

完全解理 矿物晶体容易劈成小的规整的碎块或厚板块，解理面完好、平坦、光滑，如方解石、方铅矿等；

中等解理 解理面不甚光滑，往往不连续，即在单晶的同一个破裂面上可以见到断口和解理面，如辉石、白钨矿等；

不完全解理 一般难发现解理面，即使偶尔见到解理面，也是小而粗糙，因此在破裂面上常见有不平坦断口，如磷灰石、锡石等。

断口可按其破裂面的形状描述为：贝壳状（如石英及许多非晶质矿物）、参差状（如黄铁矿、磁铁矿等）等。

八、矿物的其他物理、力学性质

(1) 矿物的磁性 矿物的磁性是指矿物晶体在外磁场中被磁化时，所表现出的能被外磁场吸引或排斥或对外界产生磁场的性质；

(2) 矿物的电学性质 如导电性、介电性、压电性等；

(3) 矿物的放射性 矿物的放射性是矿物中的放射性元素（铀、钍、镭等）自发地从原子核内部放出粒子或射线，同时释放出能量的现象；

(4) 矿物的发光性 矿物的发光性是指矿物在外来能量的激发下发出可见光的现象；

(5) 矿物的延展性、脆性、弹性和挠性：

矿物的延展性 矿物受到张力作用时，能延伸成为细丝的性质称为延性；受到锤压或滚轧时，能展成薄片的性质称为展性；

矿物的脆性 矿物受到外力打击或碾压时，易于碎裂的性质称为脆性。如自然硫、方铅矿等具有脆性；

矿物的弹性 在矿物学中一般专指具有片状解理或呈纤维状的矿物，其薄片或纤维在外力作用下能显著弯曲而不断裂，当外力除去后又能恢复原状的性质。如云母、石棉等矿物具有弹性；

矿物的挠性 在矿物学中专指具有片状解理的矿物，其薄片在外力作用下能显著弯曲而不断裂，但在外力除去后不能恢复原状的性质。如辉钼矿、绿泥石等矿物就具有挠性。

九、主要造岩矿物的肉眼鉴定

常见的造岩矿物及其肉眼鉴定方法见表 1-3。

表 1-3 主要造岩矿物鉴定表（按硬度大小排列）

序号	矿物名称	硬度	形状	颜色	条痕	光泽	解理与断口	相对密度	其他
1	滑石	1	薄片状、鳞片状、致密块状	白、灰、淡黄、淡绿	白色	油脂光泽，解理面上呈珍珠光泽	一组完全或极完全解理	2.7~2.8	极软，手摸之有滑感；薄片可挠曲而无弹性
2	高岭石	1~1.5	块状、土状	白色，因含杂质可呈黄、浅褐、浅蓝等色	白色	土状光泽	土状断口	2.5~2.6	有滑感；干时易吸水，湿时具可塑性，粘着性
3	蒙脱石	1	块状、土状	白色、有时为浅红、浅绿色	白色	土状光泽	土状断口	2	吸水性强，吸水后体积能膨胀增大数倍以上
4	石膏	2	板状、条状或纤维状、粒状	白色，含杂质时为黄褐色、红色	白色	玻璃或丝绸光泽	一组完全解理	2.2~2.4	有的透明，可溶于盐酸，略溶于水
5	绿泥石	2~2.5	片状集合体或块状	浅绿至深绿色	绿色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.6~2.9	薄片可挠曲但无弹性
6	黑云母	2.5~3	片状、鳞片状集合体	黑色、深褐色	白色、淡绿色	珍珠或玻璃光泽	一级极完全解理	2.7~3.1	薄片透明，有弹性
7	白云母	2.5~3	片状、鳞片状集合体	无色、银白色、淡黄色	白色	珍珠或玻璃光泽	一组极完全解理	2.7~3.1	薄片透明，有弹性
8	方解石	3	一般为菱形体，集合体有粒状、钟乳状、块状、晶簇等	白色、无色、因含杂质可具多种颜色	白色	玻璃光泽	三组完全解理	2.6~2.8	遇稀盐酸剧烈气泡
9	白云石	3.5~4	菱面体，集合体为粒状	灰白色，有时为淡黄、淡红色	白色	玻璃光泽	三组完全解理	2.8~3.0	晶体只与热盐酸反应，粉末可与冷稀盐酸反应，但无嘶嘶声；解理面多弯曲呈鞍状，并具条纹
10	褐铁矿	5~5.5	块状、土状；钟乳状、球状	黄褐色、黑褐色	黄褐色、棕褐色	半金属光泽	无	3.4~5.3	为含铁矿物的风化产物，呈铁锈状，易染手
11	角闪石	5~6	长柱状、针状或纤维状集合体	褐色、绿色至黑色	灰白色、淡绿色	玻璃光泽	两组中等解理成 124° 或 56° 斜交	3.1~3.6	晶体横截面为六角菱形
12	辉石	5~6	短柱状，粒状集合体	绿色、褐色、黑色	白色、褐色	玻璃光泽	两组中等解理近于正交	3.2~3.5	晶体横截面为正八边形