

普通高等院校土建类专业系列规划教材

# 工程地质实验

主 编 慕焕东 刘军定

主 审 李荣建

# 前言

本书是针对目前土木工程、城市地下空间工程、水文与水资源工程、水利水电工程、农业水利工程、给水排水工程等专业所学“工程地质A”“工程地质B”“工程地质及水文地质”“水文地质学”“城市工程地质与水文地质”“认识实习”“生产及地质实习”“工程地质实习”等课程而编制的配套实验教材，旨在培养学生对矿物岩石标本、地层岩性与地质构造、地质图件识读基础的认知能力，进而理解和巩固工程地质理论知识。工程地质实验是工程地质课程中重要的教学环节。

本书重点阐述了工程地质实验相关理论知识，主要包括常见矿物、岩石标本基本性质及鉴定方法；地层岩性及地质构造基础理论知识；室内地质图件识读、地层剖面图和柱状图绘制。教材编写以工程地质课程实验教学大纲为基础，以“问题—理论—方法—措施—实践”为主线，着眼于培养本科生及工程地质技术人员在工程地质实践认知方面的能力。本书编写时汲取了国内外有关工程地质基础理论与实践方法的现有研究成果。

本书由西安理工大学慕焕东、刘军定编写。其中，第1章、第2章、第3章（3.2节）由慕焕东编写，第3章（3.1节、3.3~3.5节）、第4章由刘军定编写。全书由慕焕东负责统稿。西安理工大学李荣建教授审阅全稿，并提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第 1 章 矿物基本性质及鉴定 .....   | 1  |
| 1.1 矿物的概念及成因 .....      | 1  |
| 1.1.1 矿物的概念 .....       | 1  |
| 1.1.2 矿物形成的主要地质作用 ..... | 2  |
| 1.1.3 矿物的形成方式和条件 .....  | 3  |
| 1.2 矿物的形态 .....         | 4  |
| 1.2.1 矿物的单体形态 .....     | 4  |
| 1.2.2 矿物的集合体形态 .....    | 5  |
| 1.3 矿物的光学性质 .....       | 7  |
| 1.3.1 矿物的颜色 .....       | 7  |
| 1.3.2 矿物的条痕色 .....      | 9  |
| 1.3.3 矿物的光泽 .....       | 9  |
| 1.3.4 矿物的透明度 .....      | 10 |
| 1.4 矿物的力学性质 .....       | 10 |
| 1.4.1 矿物的硬度 .....       | 11 |
| 1.4.2 矿物的解理 .....       | 11 |
| 1.4.3 矿物的断口 .....       | 12 |
| 1.5 常见矿物鉴定 .....        | 13 |
| 1.5.1 自然元素矿物 .....      | 13 |
| 1.5.2 铬酸盐矿物 .....       | 14 |

|            |                        |           |
|------------|------------------------|-----------|
| 1.5.3      | 硫化物及其类似化合物的矿物 .....    | 15        |
| 1.5.4      | 卤素化合物矿物 .....          | 16        |
| 1.5.5      | 钨酸盐和钼酸盐矿物 .....        | 17        |
| 1.5.6      | 硝酸盐矿物 .....            | 17        |
| 1.5.7      | 硼酸盐矿物 .....            | 17        |
| 1.5.8      | 碳酸盐矿物 .....            | 18        |
| 1.5.9      | 氧化物和氢氧化物矿物 .....       | 19        |
| 1.5.10     | 硫酸盐矿物 .....            | 21        |
| 1.5.11     | 磷酸盐、砷酸盐及钒酸盐矿物 .....    | 22        |
| 1.5.12     | 硅酸盐矿物 .....            | 23        |
| 1.6        | 矿物鉴定实验 .....           | 28        |
| 1.6.1      | 实验目的 .....             | 28        |
| 1.6.2      | 实验用品 .....             | 28        |
| 1.6.3      | 实验内容 .....             | 28        |
| 1.6.4      | 实验报告 .....             | 28        |
| <b>第2章</b> | <b>岩石基本性质及鉴定 .....</b> | <b>31</b> |
| 2.1        | 岩浆岩 .....              | 31        |
| 2.1.1      | 岩浆岩的定义 .....           | 31        |
| 2.1.2      | 岩浆岩的颜色及矿物成分 .....      | 32        |
| 2.1.3      | 岩浆岩的结构 .....           | 34        |
| 2.1.4      | 岩浆岩的构造 .....           | 35        |
| 2.1.5      | 常见岩浆岩的鉴定 .....         | 36        |
| 2.1.6      | 岩浆岩的鉴定实验 .....         | 39        |
| 2.2        | 沉积岩 .....              | 42        |
| 2.2.1      | 沉积岩的定义 .....           | 42        |
| 2.2.2      | 沉积岩的颜色及物质成分 .....      | 42        |
| 2.2.3      | 沉积岩的结构 .....           | 43        |
| 2.2.4      | 沉积岩的构造 .....           | 44        |

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| 2.2.5 常见沉积岩的鉴定 .....     | 44     |
| 2.2.6 沉积岩的鉴定实验 .....     | 48     |
| 2.3 变质岩 .....            | 51     |
| 2.3.1 变质岩的定义 .....       | 51     |
| 2.3.2 变质作用的类型 .....      | 51     |
| 2.3.3 变质作用的方式 .....      | 52     |
| 2.3.4 变质作用形成的岩石 .....    | 53     |
| 2.3.5 变质岩的物质成分 .....     | 56     |
| 2.3.6 变质岩的结构 .....       | 56     |
| 2.3.7 变质岩的构造 .....       | 58     |
| 2.3.8 变质岩的鉴定实验 .....     | 58     |
| <br>第3章 地层岩性与地质构造 .....  | <br>62 |
| 3.1 岩层产状 .....           | 62     |
| 3.1.1 岩层产状的要素 .....      | 63     |
| 3.1.2 岩层产状的测定及表示 .....   | 64     |
| 3.2 褶皱构造 .....           | 68     |
| 3.2.1 褶皱的概念 .....        | 69     |
| 3.2.2 褶曲要素 .....         | 70     |
| 3.2.3 褶皱的分类 .....        | 72     |
| 3.2.4 褶皱的判别 .....        | 80     |
| 3.2.5 褶皱的工程地质评价 .....    | 82     |
| 3.3 断裂构造 .....           | 83     |
| 3.3.1 节理 .....           | 83     |
| 3.3.2 断层 .....           | 88     |
| 3.3.3 断层的判别 .....        | 92     |
| 3.3.4 节理与断层的工程地质评价 ..... | 95     |
| 3.4 面状构造 .....           | 96     |
| 3.4.1 劈理的定义 .....        | 96     |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| 3.4.2 劈理的分类 .....          | 96         |
| 3.4.3 劈理野外观测 .....         | 97         |
| 3.5 地质年代 .....             | 99         |
| 3.5.1 地质年代概述 .....         | 99         |
| 3.5.2 地质年代确定方法 .....       | 99         |
| 3.5.3 地质年代表 .....          | 103        |
| <b>第4章 地质图件识读 .....</b>    | <b>107</b> |
| 4.1 地质图的定义、分类及编制 .....     | 107        |
| 4.1.1 地质图的定义 .....         | 107        |
| 4.1.2 地质图的分类 .....         | 108        |
| 4.1.3 地质图的编制 .....         | 110        |
| 4.2 地质图的识别 .....           | 111        |
| 4.2.1 地质图识别步骤 .....        | 111        |
| 4.2.2 地质图上求产状要素的方法 .....   | 114        |
| 4.2.3 不同产状岩层在地质图上的表现 ..... | 115        |
| 4.2.4 褶皱构造在地质图上的表现 .....   | 118        |
| 4.2.5 断层在地质图上的表现 .....     | 123        |
| 4.2.6 地层柱状图 .....          | 125        |
| 4.2.7 地质剖面图 .....          | 128        |
| 4.3 地质读图实验 .....           | 139        |
| 4.3.1 实验目的 .....           | 139        |
| 4.3.2 实验用品 .....           | 140        |
| 4.3.3 实验过程 .....           | 140        |
| 4.3.4 实验报告 .....           | 142        |
| <b>参考文献 .....</b>          | <b>144</b> |



# 第 1 章 矿物基本性质及鉴定

## 1.1

## 矿物的概念及成因

### 1.1.1 矿物的概念

矿物是在各种地质作用和物理化学条件下形成具有相对固定化学成分、物理性质及一定内部结构与外部形态的均质物体，如石墨(C)、金(Au)、石英( $\text{SiO}_2$ )、方解石( $\text{CaCO}_3$ )、石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )，它是岩石的基本组成单位。从矿物的定义可知，每一种矿物均是由化学元素组成，且具有相对固定和均一的化学成分(表 1-1)。

表 1-1 矿物的化学成分类型及其基本特点

| 化学成分类型      |                | 特 征                                                                                                 | 举 例                                                                                                 |
|-------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 单质          |                | 同种元素自相结合组成的矿物，称为单质矿物或称自然元素矿物                                                                        | 金刚石 C、自然金 Au、自然硫 S 等                                                                                |
| 化<br>合<br>物 | 简单化合物          | 由一种阳离子和一种阴离子结合而成的化合物                                                                                | 石盐 NaCl、方铅矿 PbS、赤铁矿 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 等                                                       |
|             | 络合物            | 由一种阳离子和一种络阴离子结合而成的化合物                                                                               | 方解石 $\text{CaCO}_3$ 、硬石膏 $\text{CaSO}_4$ 等                                                          |
|             | 复化合物           | 由两种或两种以上的阳离子与同一种阴离子或络阴离子所组成的化合物                                                                     | 黄铜矿 $\text{CuFeS}_2$ 、白云石 $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ 等                                            |
|             | 类质同像引起成分可变的化合物 | 化合物成分不是固定的，而是在一定范围内以任一比例发生，在结晶格架中，性质相近的离子相互顶替                                                       | 单离子电价等： $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 多种离子同时置换，总电价等                                           |
|             | 含水化合物          | 一般指含有 $\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}^+$ 、 $\text{H}_3\text{O}^+$ 离子化合物，可分为吸附水和结合水 | 吸附水：蛋白石 $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$<br>结构水：石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |

### 1.1.2 矿物形成的主要地质作用

地球自形成以来，一直处于永恒的运动和变化之中。随着地球的演变，地壳内部结构、物质成分和表面形态不断发展变化。在地质学中，将这种由自然动力引起的物质组成、内部结构和形态不断变化及发展的作用，称之为地质作用。不同的地质作用将形成不同的地质作用产物，大到褶皱、断层等地质构造，小到岩石及矿物颗粒等。不同地质作用形成的矿物或同一地质作用在不同的阶段，在物质成分、形态及物理力学性质上会有差异。因此，矿物的成因对矿物形态及物理力学性质的鉴定具有重要理论意义。

矿物是地质作用的产物，即矿物是地壳中化学元素在各种地质作用过程中相互化合而成的天然产物，而地壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的，矿物是由元素组成的。因此，研究矿物的成因必须与地质作用紧密联系，矿物的成因通常是按地质作用类型进行划分的，见表 1-2。

表 1-2 矿物形成地质作用类型及其基本特点

| 地质作用类型                     |        | 形成条件                                                                                                                           | 地质作用产物                  |
|----------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 内<br>力<br>地<br>质<br>作<br>用 | 岩浆作用   | 岩浆冷却结晶而形成矿物的作用                                                                                                                 | 熔点高的矿物、全晶质粒状集合体         |
|                            | 火山作用   | 岩浆作用的一种形式，为地下深处的岩浆沿地壳脆弱带上侵至地面或直接喷出地表，迅速冷凝的全过程                                                                                  | 除斑晶外，结晶细小，呈隐晶质，如透长石、磷石英 |
|                            | 伟晶作用   | 在高温高压条件下，地表以下较深部位形成伟晶岩及其有关矿物的作用，富含 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和挥发分(F、Cl、B、OH 等)及稀有、稀土和放射性元素 | 晶体粗大，如石英、长石、白云母、黄玉和电气石等 |
| 变<br>质<br>作<br>用           | 热液作用   | 气水溶液一直到热水溶液所形成矿物的作用                                                                                                            | 硫化物、氧化物                 |
|                            | 接触变质作用 | 岩浆入侵围岩而发生的地质作用                                                                                                                 | 辉石、铁、铜等                 |
|                            | 区域变质作用 | 区域构造运动而引发的变质作用                                                                                                                 | 透闪石、阳起石                 |
| 外<br>生<br>作<br>用           | 物理风化作用 | 岩石受大气、水和生物等因素，在原地发生机械破碎，化学成分未改变                                                                                                | 岩石碎屑                    |
|                            | 化学风化作用 | 受 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 以及各种酸的影响，发生化学反应，使岩石破坏，产生新矿物                                              | 矿物                      |
|                            | 生物风化作用 | 在动植物影响下引起物理、化学变化，如植物根系楔入岩石使岩石崩解，根系分泌酸性物质改变周围矿物                                                                                 | 岩石碎屑、矿物                 |
|                            | 沉积作用   | 河流、湖泊及海洋(侵蚀、沉积)作用                                                                                                              | 牛轭湖、沉积物等                |

### 1.1.3 矿物的形成方式和条件

#### 1.1.3.1 矿物的形成方式

矿物是自然界中各种地质作用的产物。自然界的地质作用根据作用的性质和能量来源分为内生作用、外生作用和变质作用三种。内生作用的能量源自地球内部，如火山作用、岩浆作用。外生作用为太阳能、水、大气和生物所产生的作用(包括风化、沉积作用)。变质作用是指已形成的矿物在一定的温度、压力下发生改变的作用，如热液作用、接触变质作用、区域变质作用等。不同地质作用形成的矿物大多数以固态的形式出现，其形成的方式主要是结晶作用，少数是胶体凝聚作用。

##### 1. 结晶作用

结晶作用是指物质在一定的物理化学条件下(温度、压力、组分浓度)转变为结晶质的作用，即形成晶体的作用。依据矿物形成时不同的地质作用类型，将矿物形成的结晶方式总结为三个方面，即气态变为固态、液态变为固态、固态变为固态。

(1)气态变为固态。岩浆作用或者火山作用喷出岩浆，岩浆中的某些气体在温度骤降或与空气中的  $O_2$ 、 $CO_2$  发生反应形成固体矿物的过程。如火山喷出硫蒸汽或  $H_2S$  气体，前者因温度骤降可直接升华成自然硫，硫化氢气体可与大气中的  $O_2$  发生化学反应形成自然硫。我国台湾大屯火山群和龟山岛就有这种方式形成的自然硫。

(2)液态变为固态。液态转变为固态是矿物形成的主要方式，一般包含从溶液中蒸发结晶和从熔体中结晶两种方式。如我国青海柴达木盆地，一方面，由于盐湖水长期蒸发，使盐湖水不断浓缩而达到饱和，从中结晶出石盐等许多盐类矿物，就是溶液结晶形式。如组成岩浆岩的各种矿物都是由岩浆岩熔体在冷凝过程中结晶而成的，也是溶液结晶形式。另一方面，由于地壳下面的岩浆熔体是一种成分极其复杂的高温硅酸盐熔融体(其状态像炼钢炉中的钢水)，在岩浆上升过程中其温度不断降低，当温度低于某种矿物的熔点时就结晶形成熔体结构矿物。也就是说，只有当熔体冷却时才会结晶出矿物颗粒。岩浆中所有的组分，随着温度下降不断结晶形成一系列的矿物，一般熔点高的先结晶成矿物。

(3)固态变为固态。矿物由固态转变为固态主要表现为矿物中的非晶质体转变为晶质体。火山喷发出的熔岩流迅速冷却，来不及形成结晶态的矿物，经过长时间后，这些非晶质体可逐渐转变成各种结晶态的矿物。如酸性火山玻璃前期冷凝固结成非晶质的火山玻璃，经过漫长的地质年代，发生晶化转变为粒状石英或碱性长石。

##### 2. 胶体凝聚作用

胶体是一种物质的微粒(粒径为  $1\sim 100\text{ nm}$ )分散在另一种物质之中所形成的不均匀的“细分散体系”，是一种多相物质组成的混合物。由胶体凝聚作用形成的矿物称为胶体矿物，而由胶体转变为隐晶质和显晶质的矿物为变胶体矿物。例如，河水能携带大量胶体，它们在出口处与海水相遇，由于海水中含有大量电解质，使河水中的胶体产生胶凝作用，形成

胶体矿物，滨海地区的鲕状赤铁矿就是这样形成的。

### 1.1.3.2 矿物的形成条件

在各种地质作用中，均可以形成矿物，但均需达到一定的条件，如高温作用下或高压作用下等，一般来说，矿物的形成条件主要包括温度、压力、矿物各组分浓度、介质酸碱度和氧化还原电位等。

在各种地质作用中，形成矿物的各种物理化学条件可以有主次之分。例如，岩浆作用和伟晶作用中通常是温度和组分浓度占主导地位；而区域变质作用中通常是以温度和压力为主导地位；风化作用和沉积作用中通常是以介质酸碱度和氧化还原电位起主导作用。

## 1.2

## 矿物的形态

矿物的形态是指矿物的单晶体与规则连生体以及同种矿物集合体的形态。通俗地讲，矿物的单体形态是指矿物的单个晶体，而集合体则是同种矿物多个单体聚集在一起形成的整体形态。

自然界中的矿物均是晶质或非晶质。在矿物学中，晶体是指组成晶体的质点(原子、离子或分子)在三维空间内呈周期性重复排列的固体物质，即具有一定外形的几何多面体；反之，则为非晶体。完好的晶体表面称为晶面，晶体的形态称为晶形，矿物的晶体形态是矿物鉴定的主要依据之一。

### 1.2.1 矿物的单体形态

矿物单体形态的研究包括理想晶体形态、实际晶体形态和晶体习性三个方面。

(1)理想晶体形态是指矿物在理想条件下，晶体生长成某种规则的几何多面体形状，具有光滑的晶面、规则分明的晶棱。理想晶体形态可以分为两类：一类是同等大小的晶面构成的理想形态——单形；另一类是两种或两种以上形状和大小的晶面构成的理想形态——聚形。

(2)实际晶体形态是指晶体在生长过程中，由于受复杂外界条件的影响，常常不同程度地偏离其理想晶体的形态，形成歪晶，呈现出晶面不发育或缺失的特点。

(3)晶体习性是指在一定的条件下，矿物晶体趋向于按照自己内部结构的特点自发形成某些特定的形态，这一性质称为矿物的晶体习性(也称晶习)。矿物的晶体习性可以通过单晶在三维空间的延伸比例进行分类(表 1-3)。矿物的晶体习性是矿物形态鉴定的基础，因为同一种矿物在其形成过程中常以某一种晶体习性为主。矿物晶体形态示意图如图 1-1 所示。

表 1-3 矿物晶体习性分类表

| 矿物       | 形态      | 主要特征                                       | 举 例                                                             |
|----------|---------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 单晶空间发育比例 | 一向延伸型   | 晶体沿某一个方向特别发育，呈柱状、针状或纤维状形态[图 1-1(a)]        | 电气石、绿柱石、水晶、角闪石、硅灰石、金红石和辉锑矿等                                     |
|          | 两向延伸型   | 晶体沿两个方向上相对更为发育，呈板状、片状、鳞片状、叶片状等形态[图 1-1(b)] | 石墨、辉钼矿、云母、高岭石和绿泥石等矿物常呈片状或鳞片状，长石族矿物常呈板状                          |
|          | 三向等长延伸型 | 晶体沿三维方向的发育基本相同，呈等轴状、粒状等形态[图 1-3(c)]        | 自然金、金刚石、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、石榴子石、石盐、萤石、黄铜矿、磁黄铁矿、橄榄石、白榴石、菱镁矿、菱铁矿、白云石 |

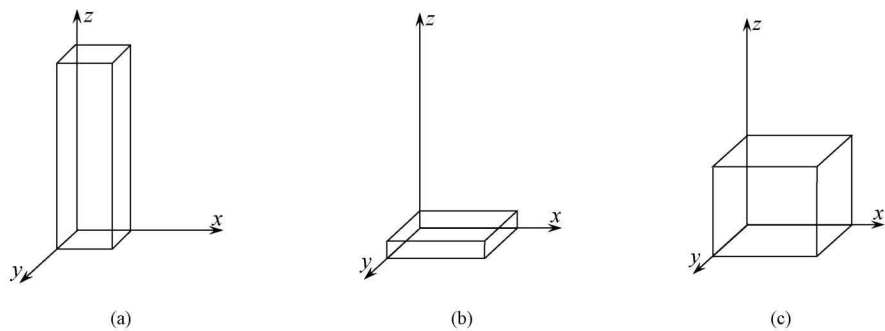


图 1-1 矿物晶体形态示意图

(a)一向延伸型；(b)两向延伸型；(c)三向等长延伸型

### 1.2.2 矿物的集合体形态

自然界能以完好单体形式产出的矿物比较稀少，一般在晶洞和裂隙中才能找到，绝大多数矿物都以集合体的形态出现。

矿物集合体是由许多个单体结晶矿物共同生长在一起的矿物组合，也可以是非晶质矿物的组合。当由单体结晶矿物组合而成时，常常可以分辨出每个矿物单体的形态。矿物的集合体形态取决于矿物的单体形态和它们的集合方式，根据集合体矿物中矿物颗粒的大小（肉眼或放大镜可以辨别的颗粒直径大小）可分为三种类型，即肉眼可以辨认出单体的，称为显晶集合体；显微镜下才能辨认出单体的，称为隐晶集合体；在显微镜下难以辨认出单体的，称为胶态集合体。

#### 1.2.2.1 显晶集合体

##### 1. 规则集合体

规则集合体是指矿物的晶体按照一定的规律连接在一起而形成的集合体。最常见的为

双晶。双晶是指两个或两个以上的同种晶体的规则连接体，两个单体间互为镜像反映。

## 2. 不规则集合体

自然界中多数矿物以不规则集合体形态产出，其矿物的单体形态在集合体形态中常具有不同的晶体习性，可分为以下显晶质集合体形态：

(1)柱状集合体：个体呈一向延伸，均由柱状矿物组成，集合方式不规则，如辉锑矿、角闪石、符山石等。

(2)针状集合体：个体呈一向延伸，如针赤铜矿、针钠钙石等。

(3)纤维状集合体：一系列呈细长针状或纤维状的矿物单体，延伸方向相互平行密集排列组合而形成的极细的集合体，如角闪石、蛇纹石、石棉、纤维状石膏等。

(4)鳞片状集合体：由鳞片状矿物组成，如石墨、鳞云母等。

(5)片状集合体：由片状矿物组成，如云母、辉钼矿、镜铁矿等。

(6)板状集合体：由板状矿物组成，如板状石膏、重晶石、钠长石等。

(7)粒状集合体：个体呈三向等长延伸，由粒状矿物组成，如橄榄石、石榴子石等。按照粒状集合体的颗粒大小，可将集合体划分为粗粒集合体(粒径 $>5\text{ mm}$ )、中粒集合体(粒径为 $1\sim5\text{ mm}$ )和细粒集合体(粒径 $<1\text{ mm}$ )。

(8)致密块状集合体：用肉眼或放大镜不能辨别其颗粒界线，颗粒致密，如黄铜矿、石髓等。

(9)土块状集合体：用肉眼或放大镜不能辨别其颗粒界线，颗粒致密细腻且块体光泽，一般为土状光泽，如高岭土。

(10)肉冻块状集合体：一般为水胶凝体矿物所呈现的特征，如蛋白石。

(11)粉末状集合体：矿物呈粉末状分散在其他矿物或岩石的表面。

(12)薄膜状集合体：矿物呈薄膜状覆盖在其他矿物或岩石的表面。

除常见矿物的晶体生长习性以外，不同的单体排列组合形式会呈现出不同的集合体形态，其分类如下：

(1)放射状集合体：个体呈针状、长柱状，以矿物的某一个点为中心会聚，逐渐向外部呈现发散状，如红柱石放射柱状集合体、钠沸石放射针状集合体。

(2)晶簇：在岩石的空洞和裂隙中，以洞壁和裂隙壁作为共同基底而生长的单晶体群所组成的集合体，如石英晶簇、方解石晶簇、辉锑矿晶簇。

(3)晶腺：充填于岩石的空洞中，具有同心层状构造，大小一般为 $2.5\sim30\text{ cm}$ 或更大，外形近似于球状的矿物集合体，如带状玛瑙。

(4)杏仁体：充填于火山喷出岩气孔中的次生矿物(方解石、沸石、石髓等)所构成，呈杏仁状的白色扁球形矿物集合体，如方解石杏仁体。

### 1.2.2.2 隐晶及胶态集合体

隐晶及胶态集合体是由溶液直接结晶或由胶体沉积生成。由于无法辨别其单体形态，

因此，常按照其形成方式及集合体外观形态分类，具体分类如下：

(1) 鲕状和豆状集合体：由胶体物质围绕悬浮态的细砂粒、矿物或有机质碎屑及气泡等层层凝聚而成的圆球状或卵圆状的矿物集合体，具有明显的同心层构造，如鲕状和豆状赤铁矿、鲕状灰岩、豆状铝土矿。

(2) 钟乳状集合体：岩洞或裂隙中，由溶液蒸发或胶体凝聚在同一基底上向外逐层堆积形成的集合体的统称。一般由同一基底向外逐层立体生长而成的呈圆锥形，其个体内部具有同心层状或者放射状构造，如石灰岩溶洞中的钟乳状方解石。

(3) 葡萄状或肾状集合体：外形似葡萄状的，称为葡萄状集合体，如硬锰矿；若外形呈现较大的半椭球体，则称为肾状集合体，如肾状赤铁矿。

(4) 结核体：围绕某一核心(砂粒、碎片)生长而成的球状、凸镜状或瘤状的矿物集合体，其内部具有同心层状或放射状构造，在海相、湖相、沼相沉积岩中比较常见，有球状、瘤状、透镜状和不规则状等多种形态。外生成因的如钙质结核、黄铁矿、磷灰石、方解石、白铁矿、赤铁矿、菱铁矿、褐铁矿等可形成结核。

(5) 变胶体：岩石中不规则或球形的空洞被胶体等物质逐层由外向内充填而成，常呈同心层构造，其平均直径大于 1 cm 者叫作晶腺，小于 1 cm 的叫作杏仁体，例如，玛瑙是  $\text{SiO}_2$  胶体物质在晶腺中周期性扩散所形成的环带。

## 1.3

## 矿物的光学性质

矿物的光学性质是指矿物晶体受到自然光照射而发生反射、折射和吸收所表现出来的各种特性。一般包括颜色、光泽、条痕色、透明度、发光性、双折射，这里重点讨论颜色、光泽、条痕色和透明度四种常见的光学性质。

### 1.3.1 矿物的颜色

矿物的颜色是矿物对光线中不同波长的光吸收反射的结果。矿物的颜色与其成分、内部结构及所含杂质有关，其主要取决于矿物组成中元素和化合物的色素离子，如  $\text{Cu}^{2+}$  离子为绿色， $\text{Ca}^{2+}$  为白色， $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  为灰色、红色等。因此，依据矿物颜色的成因及其中不同色素离子的含量可将矿物划分为不同的类型，矿物的颜色是最明显、最容易识别的标志。

#### 1. 矿物颜色的分类

在矿物学的描述中，矿物的颜色分为自色、他色和假色(表 1-4)。

表 1-4 矿物颜色分类表

| 颜色类别 | 类别及特征                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 白色   | 矿物本身固有化学成分和晶体结构决定的对自然光选择性吸收、折射和反射而表现出来的颜色，是光波与晶格中的电子相互作用的结果。矿物白色通常比较固定，是矿物鉴定的首选标志。如孔雀石具翡翠色、赤铁矿具樱红色、黄铜矿具铜黄色、方铅矿具铅灰色等 |
| 他色   | 矿物因含外来的带色杂质所形成的颜色，它与矿物本身的成分和结构无关。如纯净的石英为无色透明，混入杂质后呈现紫色(紫水晶)、玫瑰色(玫瑰水晶)、烟灰色(烟水晶)等                                     |
| 假色   | 自然光照射到矿物表面或内部，受到某种物理界面(氧化膜、裂隙、包裹体等)的作用而发生干涉、衍射、散射等所产生的颜色。假色是一种物理光学效应，只对少数矿物有辅助鉴定意义                                  |

## 2. 颜色描述及命名

自然界的白色光由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫等七种不同波长的色光混合而成的，各种波长的色光具有不同的能量。当光照射矿物时，矿物会产生吸收、折射、反射而呈现出不同颜色(图 1-2)。

若矿物对各种波长的色光普遍而均匀地吸收，则随着吸收程度不同而呈现出黑色、灰色及白色；若选择性地吸收，则呈现出彩色。一般肉眼所观察的矿物颜色，主要是反射光形成的表面色与矿物自身的体色的混合色。

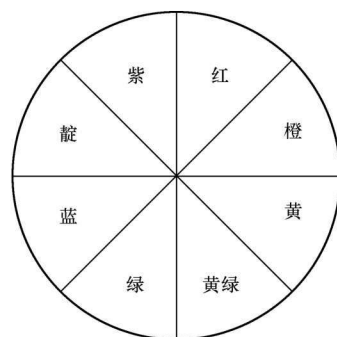


图 1-2 不同色光之间的互补关系

矿物的颜色命名通常包括单色命名法(标准色谱法)、复合命名法(双名法)、双色法、类比法及形容词修饰法。

(1)单色命名法(标准色谱法)：是利用标准色谱红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫及黑、灰、白等颜色来描述，如黄色、黑色、灰色等。也可以参照常见矿物的典型颜色来作为基准色，如白色——斜长石、无色透明——石英晶体、紫色——紫色水晶等。

(2)复合命名法(双名法)：当矿物的颜色介于两种颜色之间时，采用复合命名法(双名法)。双名法书写时次要色调放在前面，主要色调放在后面，如黄绿色是表示以绿色为主，带有黄色色调，灰黄色则是以黄色为主，带有灰色色调。

(3)类比法：类比法是以生活中最常见的实物颜色来描述矿物的颜色，如橘红色(雄黄)、草绿色(绿帘石)、砖红色(正长石)、铁黑色(磁铁矿)、钢灰色(镜铁矿、辉铜矿)、铅灰色(方铅矿)、锡白色(毒砂)、银白色(自然银)、铜红色(自然铜)、铜黄色(黄铜矿)、浅铜黄色(黄铁矿)、古铜色(斑铜矿)、金黄色(自然金)。

(4)形容词修饰法：区别同种颜色色调的深浅，可在颜色前加深、浅、暗、淡等形容词，如浅黄色、暗绿色、深褐色、淡蓝色等。

矿物颜色的描述的是鉴定不同矿物的主要依据之一，在观察和描述矿物时，一定要以矿物单晶体新鲜面的颜色为基准，对于隐晶质和全晶质，应以纯净集合体新鲜面的颜色为基准。

### 1.3.2 矿物的条痕色

矿物的条痕色是矿物在比自己更加坚硬的物体表面刻划时留下的划痕颜色，实际上是矿物粉末的颜色。矿物的条痕色可以消除矿物的假色，减弱他色影响，因此，比矿物的颜色描述更稳定，也是鉴定矿物的重要标志之一。

一般鉴定矿物的条痕色时，将矿物在白色素烧陶瓷板上刻划即可获得，当不能直接刻划出颜色时，可刮下矿物粉末放在白色素烧陶瓷板进行鉴定。

矿物的条痕色大部分与矿物自身的颜色基本一致，如斜长石的颜色为白色，条痕色也为白色，但有部分矿物例外，如方铅矿的颜色是铅灰色，而条痕色为黑色。一般情况下，透明矿物的条痕色都是浅灰色或者白色，但对于不透明矿物，其条痕可以呈现出不同的色调，因而具有极其重要的鉴定意义。

测定矿物的条痕色时应注意以下几个方面：

(1)测定矿物所用的白色素烧陶瓷板硬度为6~7度，硬度大于条痕板的矿物一般没有条痕色，只有硬度小于条痕板的矿物才有条痕色。

(2)刻划条痕板时，要采用矿物的新鲜面来刻划。

(3)当一个标本上有几种矿物共存时，要注意选取鉴定矿物来进行刻划。

(4)条痕色的描述方法与颜色的描述方法相一致。

(5)条痕的刻划要在干净的白色素烧陶瓷板上进行，刻划时切勿用力过猛，而是慢速刻划，留下清晰条痕即可。

### 1.3.3 矿物的光泽

光泽是指矿物晶体表面(晶面或平滑断面)反射光线强弱的性能，它常与矿物的成分和表面性质有关。矿物的光泽是由其化学组成及晶格类型决定的。习惯上，按矿物表面的反光程度分为金属光泽和非金属光泽两大类，介于两者之间的称为半金属光泽。

#### 1. 金属光泽

金属矿物因具有金属键和金属晶格，从而表现出很高的反射率及很强的光泽，类似于鲜亮的金属磨光面的光泽，如方铅矿、黄铜矿、黄铁矿、自然金等。

#### 2. 非金属光泽

非金属光泽主要包括金刚光泽、玻璃光泽、油脂光泽、珍珠光泽、丝绢光泽、土状光泽。

(1)金刚光泽：非金属光泽中最强的一种，类似太阳光照在宝石上产生的光泽，如金刚石、闪锌矿等。

(2)玻璃光泽：非金属光泽中最常见的一种，矿物反射光能力相对较弱，类似于平板玻璃的光泽，如石英、方解石晶面。

(3)油脂光泽：解理不发育的透明、半透明矿物在不平坦的断面上散射成类似动物油脂

的光泽，如石英、石榴石、磷灰石等断口上的光泽。

(4)珍珠光泽：解理发育的浅色透明晶体在其平整光滑的解理面上所呈现出类似蚌壳内壁一样柔和而多彩或似珍珠闪烁的光泽，多是平行排列片状矿物的光泽，如黑云母、白云母、方解石解理面上的光泽。

(5)丝绢光泽：纤维状矿物集合体表面所呈现的丝绸状反光，如石棉、纤维状石膏。

(6)土状光泽：粉末状或土状矿物表面呈现细小颗粒，光洁程度差且反光弱，如隐晶质高岭石集合体表面、隐晶质褐铁矿集合体表面等。

3. 半金属光泽

矿物反射光较强，对光的反射相对暗淡，类似于粗糙金属表面的光泽，如赤铁矿、磁铁矿、铁闪锌矿、黑钨矿等。

测定矿物的光泽时应注意以下几个方面：

(1)观察矿物的光泽时，要反复转动标本，观察各个新鲜面的反光程度。

(2)注意观察某一个矿物发光最强的小平面(晶面或解理面)而非测定矿物整体的反光程度。

(3)注意观察矿物表面特征与矿物光泽的关系，如矿物的表面是否平整、整洁等。

1.3.4 矿物的透明度

矿物晶体透过可见光的能力称为透明度。矿物的透明度与光泽是互补的两种属性，即透明度大的矿物光泽弱，透明度小的矿物光泽强。在矿物学中，一般以 1 cm 厚度纯净单晶体的透光程度为基准，将透明度划分为三种类型(表 1-5)。

表 1-5 矿物透明度分类表

| 分类  | 特征                             | 常见矿物       |
|-----|--------------------------------|------------|
| 透明  | 允许绝大部分光透过，矿物条痕常为无色或白色，玻璃光泽     | 石英、方解石、角闪石 |
| 半透明 | 允许部分光透过，矿物条痕呈红、褐等各种彩色，金刚或半金属光泽 | 辰砂、雄黄、黑钨矿  |
| 不透明 | 基本不允许光透过，矿物具黑色或金属色条痕，金属光泽      | 方铅矿、磁铁矿、石墨 |

1.4

矿物的力学性质

矿物的力学性质是指矿物晶体在外力作用下表现出来的各种物理性质，主要包括矿物的硬度、解理、断口、相对密度、弹性、挠性、脆性、延展性、可塑性。本节主要介绍矿物的硬度、解理与断口。

### 1.4.1 矿物的硬度

矿物的硬度是指矿物抵抗外来机械力作用(刻划、压入、研磨等)的能力。一般通过两种矿物相互刻划比较而得出其相对硬度。通常以摩氏硬度计为标准,它是以十种矿物的硬度表示十个相对硬度的等级(表 1-6)。

表 1-6 摩氏硬度等级表

| 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 |
|------|----|----|-----|----|-----|----|----|----|----|-----|
| 硬度等级 | 1  | 2  | 3   | 4  | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  |

在实际工作中,摩氏硬度计操作携带不方便。因此,常以与摩氏硬度相当的用品来测定其硬度,如指甲为 2.5、回形针为 3.5、小刀为 5.5、玻璃为 6。依据常见的用品硬度,一般粗略的将矿物划分为三个等级,即低硬度矿物——凡能被指甲所刻划的矿物;中硬度矿物——凡不能被指甲所刻划但能被小刀刻划的矿物;高硬度矿物——凡不能被小刀所刻划的矿物。

测定矿物的硬度时,采用比较法进行。即某矿物晶体能被 5 号矿物所刻动,则其矿物硬度小于 5 号硬度,但矿物自身不能被 4 号矿物所刻动,则其硬度大于 4 号矿物硬度。因此,该矿物硬度为 4~5 号。同时,在测定矿物的硬度时需注意以下几个方面:

- (1)当矿物标本上有几种矿物共生时,必须找准测试的对象,以防刻错。
- (2)要在矿物的新鲜面上进行(晶面或者解理面),以免刻划在风化面上降低矿物的硬度。
- (3)刻划时需用矿物或代用品的尖端部分,当刻划时有滑感,表明刻划矿物硬度大,若有阻涩感则表明刻划矿物硬度小。

### 1.4.2 矿物的解理

矿物在外力(敲打、冲击)作用下,沿一定结晶方向分裂开成一系列相互平行、平坦光滑的平面的性质称之为解理,所裂开的光滑平面则为解理面。矿物的解理按其解理面裂开的难易程度及解理面的完整性可分为五级(表 1-7)。

表 1-7 矿物解理分类表

| 解理等级   | 解理面出现难易程度 |               | 解理面平滑程度 | 断口发育程度 |
|--------|-----------|---------------|---------|--------|
| 极完全解理  | 易         | 易剥成薄片         | 最平滑     | 最不发育   |
| 完全解理   |           | 不能剥成薄片,可裂成解理块 | 平滑      | 不发育    |
| 中等解理   | 大易        |               | 中等平滑    | 发育     |
| 不完全解理  | 难         |               | 差       | 较发育    |
| 极不完全解理 | 最难或不出现    |               | 最差      | 最发育    |