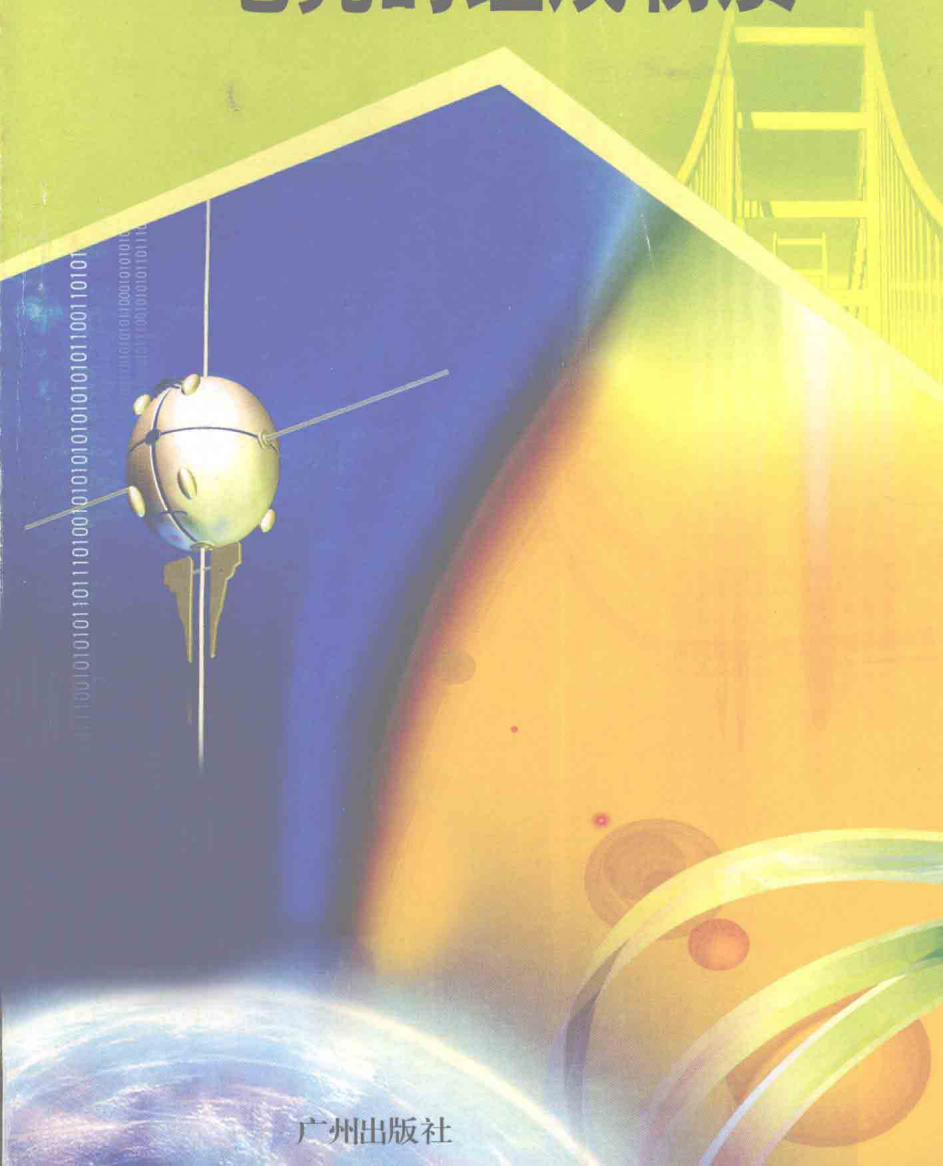


KE XUE WEN CONG

科学文丛

# 地壳的组成物质



广州出版社

科学文丛

# 地壳的组成物质

(67)

广州出版社出版

图书在版编目 (CIP) 数据

科学文丛. 何静华 主编. 广州出版社. 2003.  
形继祖

书号 ISBN7-83638-837-5

I. 科学... II. .... III. 文丛

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 082275 号

## 科学文丛

主 编: 何静华  
形继祖

广州出版社

广东省新宜市人民印刷厂

开本: 787×1092 1/32 印张: 482.725

版次: 2003 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1-5000 套

书号 ISBN 7-83638-873-5

定价: (全套 104 本) 968.80 元

# 目 录

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 第一章 矿物 .....           | ( 1 )  |
| 第一节 矿物的概念和用途 .....     | ( 1 )  |
| 一、矿物的概念 .....          | ( 1 )  |
| 二、矿物的用途 .....          | ( 3 )  |
| 第二节 矿物的基本特征 .....      | ( 5 )  |
| 一、结晶的基本概念 .....        | ( 5 )  |
| 二、矿物的形态 .....          | ( 5 )  |
| 三、矿物的化学性质 .....        | ( 9 )  |
| 四、矿物的物理性质 .....        | ( 11 ) |
| 第三节 矿物的分类命名和重要矿物 ..... | ( 20 ) |
| 一、矿物的分类 .....          | ( 20 ) |
| 二、矿物的命名 .....          | ( 21 ) |
| 三、重要常见矿物简述 .....       | ( 21 ) |
| 第二章 岩石 .....           | ( 53 ) |
| 第一节 岩浆岩 .....          | ( 54 ) |

|                        |      |
|------------------------|------|
| 一、岩浆、岩浆活动和岩浆岩 .....    | (54) |
| 二、岩浆岩的化学成分和矿物成分 .....  | (55) |
| 三、岩浆岩的构造 .....         | (57) |
| 四、岩浆岩的分类 .....         | (59) |
| 五、主要的岩浆岩 .....         | (61) |
| 第二节 沉积岩 .....          | (73) |
| 一、沉积岩的组成成分 .....       | (74) |
| 二、沉积岩的构造 .....         | (77) |
| 三、沉积岩的分类和主要的沉积岩 .....  | (81) |
| 第三节 变质作用与变质岩 .....     | (93) |
| 一、变质岩的特征 .....         | (93) |
| 二、变质作用的类型及主要的变质岩 ..... | (96) |

# 第一章 矿物

人类居住的地球已有约 46 亿年的历史,从地球表面到地球内部,有地壳、地幔和地核三个圈层构造。地壳厚度的变化范围为 5 ~ 70km,可分大洋型地壳和大陆型地壳两种:大洋型地壳厚度较小,平均厚 7.3km,其中太平洋地壳厚度仅 5km,大西洋和印度洋地壳厚为 10 ~ 15km;大陆型地壳厚度较大,平均厚 33km,最厚处可达 70km 左右,如我国的天山和西藏高原的地壳厚度。整个地球地壳的平均厚度为 20km。

地壳是地球表面一个坚硬的固体外壳,主要由富含硅和铝的硅酸盐岩石组成,属于岩石圈的一部分(地幔顶部也属岩石圈)。岩石是由一种或多种造岩矿物(包括部分天然玻璃、生物遗骸、胶体)组成。所谓造岩矿物是指构成岩石主要成分的矿物,常见的不过 50 ~ 60 种,如长石族、石英族、云母族、角闪石族、辉石族、橄榄石族、赤铁矿族、方解石族等固体矿物。可见,矿物是组成岩石、矿石和地壳的物质基础。

## 第一节 矿物的概念和用途

### 一、矿物的概念

石墨、石英是不是矿物? 结晶的白糖、化学试剂 NaOH、

KOH 是不是矿物？回答是：石墨、石英是矿物；白糖、NaOH 和 KOH 不是矿物。为什么？这就得从矿物的概念说起了。

矿物是地壳中的自然元素或元素的化合物，是各种地质作用的产物，具有一定的化学成分和物理性质，是组成岩石和矿石的基本单位。

根据矿物的概念，便不难区分什么是矿物，什么不是矿物了。例如：石墨是由地壳中的自然元素碳组成的，化学成分均一固定，黑色，常呈鳞片状集合体，硬度小，有滑感，染手染纸，不透明，导电，耐高温，不溶于酸，由煤或含沥青、碳质的岩石经变质而成，是地质作用的产物，因而是矿物。又如无色透明的石英（水晶），其化学成分是  $\text{SiO}_2$ ，是地壳中硅和氧的化合物，呈六方柱晶形，柱面上有明显的横纹，硬度大（小刀不能刻划），无解理，贝壳状断口，有玻璃光泽，化学性质稳定，除能被氢氟酸腐蚀外，不溶于任何酸类，多见于岩石的晶洞中，其成因通常与岩浆活动有关，是地质作用的产物，因而也是矿物。而结晶的白糖虽有一定的化学成分，是碳、氢元素化合的，硬度小，溶于水，有甜味，有一定的物理性质，但不是矿物，原因就在于白糖不是地壳中的元素，或元素的化合物，也不是地质作用的产物。同样，众多的化学试剂、化学药品也不是矿物。有些是在实验室条件下获得的，其组成和性质与自然矿物相同或相近的元素或化合物，如人造金刚石（由碳组成），也只能称为人造矿物或合成矿物，以区别于自然矿物。至于陨石中的矿物，虽然也是自然作用的产物，但因其来自其他天体，不是来自地壳，所以特称为陨石矿物，以区别于地壳中形成的矿物。

任何矿物，只有在一定的地质条件下才是相对稳定的，条件一经变化，原有矿物也会随之发生变化，并生成新矿物。如

在还原环境下形成的黄铁矿  $\text{FeS}_2$ ，进入氧化环境时便变成褐铁矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，褐铁矿脱水变成赤铁矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 。

目前已确切知道地壳中存在 90 余种化学元素，这些元素在各种地质作用下，在不同的物理化学条件下，在地壳中不断地进行化学反应，进行着化合和分解，形成了多达 3000 余种的矿物。除少数矿物为自然元素外，大多数矿物为元素的化合物。矿物一般呈固体状态，只有极少数矿物呈液体状态（如自然汞）和气体状态（如  $\text{H}_2\text{S}$ 、天然气中的甲烷  $\text{CH}_4$  等）。

## 二、矿物的用途

矿物在岩石圈（包括地壳）中分布广泛，到处可见，是人类赖以生存和发展的生活资料和生产资料的重要来源之一，不仅与人类的日常生活息息相关，而且现代化的工业、农业、国防和科学技术的发展都离不开矿物原料或材料。早在旧石器时代的原始人类就已经利用了近 20 种矿物和 10 余种岩石作为劳动工具和斗争的武器，以后逐渐发展到使用自然金属和从矿物中冶炼金属，从石器时代逐渐过渡到铜、青铜和铁器时代，生产也得到了很大的发展。人们吃的食盐、点豆腐用的石膏、中药用的朱砂（辰砂）、雄黄等都是矿物，《本草纲目》中所列药用矿物达 161 种。

冶金工业需要大量含铁、锰、铝、铜、铅、锌、钨、锡、钼、镍、铬、钒、钛等金属元素的矿物。

化学工业则需要大量的黄铁矿、硫磺、硝石、萤石及钾、钠、镁、硼等；橡胶工业和纺织工业需要硫、滑石、高岭石、重晶石等矿物；陶瓷工业、耐火材料工业和绝缘材料工业需要大量的石英、长石、铬铁矿、铝土矿、菱镁矿、高岭石、滑石、云母、石棉、蛭

石等矿物；光学仪器上需要大量高质量的水晶、冰洲石、萤石、电气石等矿物晶体，以及刚玉、玛瑙等高硬度矿物，以制作精密仪器的轴承等。

原子能工业需要含铀、钍、锆、铍、铀、钍、铀和钨等元素的矿物，以提取上述元素。其中铀和钍作燃料；锆、铍和铀作套管材料；钍、铀和铀作安全棒、控制棒材料；铀和钍作屏蔽材料。

在火箭和人造卫星的制造中，除了需要耐高温和抗氧化的钨、钼、铀、钍、铀及比重小的铍、钛外，还需要锆作无线电材料；需要铀、钼、锆、铀、铀作光电管材料，以供制造自控、遥控和通讯设备之用。上述元素同样需要从有关的矿物中提取。

农业上需要大量的钾盐、磷盐、硝石、石膏、硼砂、铜矾、黄铁矿滓及稀土金属等，以制作化肥和微量元素肥料。

可见，矿物原料在国民经济各个部门所起的作用是相当大的。因此，学习矿物学方面的一些基本知识是非常必要的。

## 第二节 矿物的基本特征

### 一、结晶的基本概念

#### (一)晶体和非晶体

1. 晶体 凡是质点(原子、离子或分子)按一定的规则重复排列而成的固体,都是晶体。由于质点的规则排列,就使得晶体内部具有了一定的空间格子构造。从本质上讲,晶体是具有一定空间格子构造的固体。

所谓空间格子构造就是表示晶体构造的规律性的几何图形。而晶体构造的规律性就是指质点在三维空间上作有规律的重复排列。空间格子的单位是平行六面体(或称晶胞),如岩盐的空间格子单位是小立方体,其晶体构造的规律性是钠离子和氯离子相间配置在小立方体的角顶。晶体常具有规则的几何多面体形状,平的面称晶面,直的棱称晶棱。但是,并不是所有的晶体都具有完整的几何外形,有的甚至不具几何体形状。

2. 非晶体 凡是质点(原子、离子和分子)呈不规则排列的固体,称非晶体。也就是不具空间格子构造的固体,如火山玻璃、天然沥青等。

自然界出现的矿物,绝大部分是晶体,少部分是非晶质体。

### 二、矿物的形态

矿物可以是晶体,也可以是非晶体。可以呈单个晶体出现,也可以呈双晶或集合体形态出现。

#### (一)矿物单个晶体的形态

矿物单个晶体的外形是矿物重要的外表特征,是肉眼鉴别矿物的重要依据之一。矿物单体的形态可分单形和聚形两种。

单形是指由形状相同,大小相等的晶面组成的晶体,共 47 种。聚形是指由两种或两种以上的单形组成的晶体,其特点是晶体上有大小不等,形状不同的晶面。自然界的矿物晶体多呈聚形出现。

有些矿物晶面上具有平行的直纹,称晶面条纹,如水晶的柱面上有垂直 Z 轴的横纹;电气石的柱面上有平行 Z 轴的纵纹,黄铁矿的晶面上常可见到条纹,且相邻晶面上的条纹是互相垂直的。晶面条纹相当固定,具有鉴定意义。

## (二)矿物的双晶

在矿物晶体中,可见两个或两个以上相邻的同种矿物晶体有规律地连生在一起,称为双晶。从宏观上来讲,双晶的连生规律主要有两种:一是两个相邻的同种矿物晶体,其中的一个晶体恰好是另一个晶体的映象;二是其中的一个晶体正好相当于另一个晶体绕着一根假想的轴旋转  $180^\circ$  的位置。最常见的双晶类型有三种:

1. 接触双晶:两个相邻的同种矿物晶体以一个简单的平面相接触而成。

2. 穿插双晶:两个相邻的同种矿物晶体按一定角度互相穿插而成。

3. 聚片双晶:两个以上相邻的同种矿物片状晶体按双晶结合,多次重复所形成的双晶,称聚片双晶。

双晶是某些矿物重要的鉴定特征之一,如石膏常为接触燕尾双晶;十字石、萤石常为穿插双晶;方解石、斜长石常为聚片双晶等。

## (三)矿物集合体的形状

矿物可以呈单个晶体出现,但更多的是以晶体或晶粒的集

合体出现。晶粒是没有几何多面体形态的晶体。矿物集合体的形态取决于单体的形态及其排列方式,常见的矿物集合体形态有:

1. 粒状集合体:通常是指由大致相等的晶粒组成的集合体。如雪花石膏就是由许多大致相等的石膏晶粒组成的集合体。粒状集合体中的晶粒多半是从溶液或岩浆中结晶生成的,当结晶中心众多,结晶空间有限时,就会造成空间的争夺,形成不规则的晶粒。如果组成集合体的矿物晶体不是粒状,而是片状、鳞片状(如云母、石墨),或是针状、纤维状(如石棉)时,则可分别形成片状、鳞片状集合体或针状、纤维状集合体。如果针状、柱状矿物晶体呈放射状排列,则为放射状集合体。

2. 致密块状体:是由极细粒的矿物晶粒组成的集合体,表面致密均匀,肉眼不能分辨晶粒界限。如致密块状的磁铁矿。

3. 晶簇:是生长在岩石的空隙或孔洞壁上,发育良好的一种或几种矿物的单晶集合体,这些矿物晶体的一端固着于共同的基底上,另一端则自由发育。最常见的是石英晶簇、方解石晶簇、萤石晶簇。晶簇中发良最好的晶体,往往与基底近于垂直,且多出现在较大的孔洞中,巨大洞穴里出现的晶簇,其中大而纯的单晶体,如水晶、电气石、萤石、冰洲石等,都是工业上的贵重材料。

4. 杏仁体和晶腺:岩石空洞是含矿物质的溶液通过和滞留的场所,矿物质(特别是胶体物质)常常从洞壁向洞中心层层沉淀,最后把岩石空洞填充起来,这样形成的矿物集合体,直径小于1厘米者称杏仁体;直径大于1厘米者称晶腺。其特点是具不规则的同心圈层构造,且各圈层在颜色和成分上也往往有所差别。玛瑙常以这种形态产出。

5. 结核体和鲕状体:产于土中或疏松岩石中的圆球状、透镜状、团块状、姜状或不规则形状的矿物集合体,称结核。结核在矿物成分或结构、构造上与围岩有明显的区别,结核可以是致密块状的、放射状的,也可具同心圈层构造。常见黄铁矿结核、磷灰石结核、钙质结核、硅质结核等。

结核的直径可从几毫米到几米或更大。直径小于 2mm,具同心层或放射状构造的结核称鲕状体;稍大如豆者则称豆状体。如鲕状或豆状铝土矿、赤铁矿等。

6. 钟乳状和葡萄状体:在石灰岩溶洞中,当富含  $\text{CaCO}_3$  的水从洞顶的沟槽中往下滴时,因水分的蒸发和  $\text{CO}_2$  的逸出使水中的  $\text{CaCO}_3$  淀积下来,并自上而下增长,,形成钟乳石;若富含  $\text{CaCO}_3$  的水滴落至洞底,  $\text{CaCO}_3$  淀积起来,并自下向上增长,则形成石笋。当胶体溶液蒸发失水时,常在矿物表面围绕凝聚中心形成许多圆形、葡萄状或钟乳状的小突起,如褐铁矿、硬锰矿、孔雀石等多具这种形态。

7. 树枝状体;是一种呈树枝形态的矿物集合体。有时是由矿物晶体按一定方向或双晶位置连生而成,如树枝状的自然铜、自然金晶体;有时是由沿某一方向生长的晶体交叉或分支而成的,如树枝状自然银;有时是由胶体(如氧化锰胶体)沿岩石裂隙渗入淀积而成的,如假化石,酷似植物,但却没有植物应有的特征。

8. 土状体:是矿物和岩石经风化而成的疏松粉末状的矿物集合体,呈土块状出现,一般无光泽,放大镜下看不出晶体结构。如高岭土、铝土矿等。

9. 被膜:有些不稳定矿物的表面因遭受风化而形成一层次生矿物的皮壳,称为被膜。如铜矿物表面所形成的孔雀石或蓝

铜矿被膜,较厚的被膜称皮壳。

#### (四)胶体矿物

在自然界中,除了广泛分布着晶质矿物外,还存在着大量以胶体状态出现的矿物,或者由胶体晶化而成的矿物,如蛋白石  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  和由蛋白石晶化而成的玉髓等。

胶体是一种物质的微粒( $1 \sim 100\mu\text{m}$ )分散于另一种物质中所形成的不均匀的细分散系,前者称分散相,后者称分散媒。当分散媒远多于分散相时,称胶溶体;当分散相远多于分散媒时,称胶凝体。在地壳中分布最广泛的是水胶溶体和水胶凝体(分散媒是水),但结晶胶溶体(分散媒是结晶的固体物质)在矿物中也较普遍。胶体质点的最大特点一是颗粒很细小,二是带电荷。胶体在遇到电解质或带不同电荷的胶体时会凝聚沉淀。胶体矿物常呈鲕粒、肾状、葡萄状、结核状、钟乳状和皮壳状,表面常有裂纹和皱纹,这是胶体失水的结果。

### 三、矿物的化学性质

自然界的矿物除少数是单质(自然元素)外,绝大多数矿物都是由地壳中的各种化学元素按一定的规律,以不同的方式组合而成的化合物,此外还广泛分布着含水化合物。所有矿物均有一定的化学成分,属于一定的化学类型,大致可分为单质矿物、化合物和含水化合物三大类。

1. 单质矿物:是由一种自然元素形成的矿物。如自然金、自然铜、石墨、金刚石、自然汞、硫磺等。

2. 化合物:按化合物的组成情况可分为:

(1)成分固定的化合物

化学成分固定,化学性质和物理性质也比较固定。分以下

几种：

①简单化合物由一种阳离子和一种阴离子组成，成分比较简单。如石英  $\text{SiO}_2$ 、方铅矿  $\text{PbS}$ 。

②络合物由一种阳离子和一种络阴离子组成，数量较多，如方解石  $\text{CaCO}_3$ 、硬石膏  $\text{CaSO}_4$ 。

③复化物大多由两种或两种以上的阳离子和一种阴离子或络阴离子构成。如黄铜矿  $\text{CuFeS}_2$ 、白云石  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ；有些则由一种阳离子和两种阴离子构成，如孔雀石  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ ；还有少数复化物是由两种阳离子和两种阴离子构成的，如白云母  $\text{KAl}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ 。

## (2) 成分可变的化合物

成分不固定，其化学成分可在一定范围内发生变化，如闪锌矿  $\text{ZnS}$  里可含 20% 以下的  $\text{Fe}$ ；有些化合物的化学成分可以任意比例发生变化，如斜长石，由钙长石和钠长石两种成分以任意比例组合而成。

3. 含水化合物：不少矿物中都含有水，但水在矿物中的存在形式及其与其他成分之间的结合性质却很复杂，一般是指含有  $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}^+$  和  $\text{H}_3\text{O}^+$  离子的化合物。矿物中的水可分为三种主要类型：

(1) 吸附水：是指吸附于矿物或矿物集合体任何部位的普通水，呈中性  $\text{H}_2\text{O}$  分子形式，含量不固定，随温度的高低而变化，当温度升高到  $100 \sim 110^\circ\text{C}$  时，吸附水即全部逸出。吸附水不参加矿物的晶格构造，属自由水，可为气态、液态和固态，如气泡水、薄膜水、毛细管水、胶体水等。如蛋白石  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  就是一种含不固定胶体水的矿物。

(2)结晶水 是以  $\text{H}_2\text{O}$  分子形式参加矿物晶格构造的水,并且水分子的数量与其他成分之间有一定的简单比例关系,如石膏  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、芒硝  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  等。结晶水的失水温度多为  $100 \sim 200^\circ\text{C}$ ,一般不超过  $600^\circ\text{C}$ 。

(3)化合水(结构水) 是以  $\text{H}^+$ 、 $\text{OH}^-$ 、 $\text{H}_3\text{O}^+$  等离子形式参加矿物晶格构造的水。这些离子在晶格中占有一定位置,在矿物的化学成分中占有固定的比例,是矿物中结合最牢固的水,只有在很高的温度下(约  $600^\circ \sim 1000^\circ\text{C}$ ),当矿物晶格遭到破坏时才会失水。含化合水的矿物较多,如天然碱  $\text{Na}_3\text{H}[\text{CO}_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 、滑石  $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$  等。在一种矿物中,有时可存在几种形式的水。

## 四、矿物的物理性质

矿物的物理性质基本上是指矿物晶体的物理性质,是固定的,它取决于矿物的化学成分和晶体构造。成分相同,晶体构造不同的矿物,其物理性质不同,如石墨和金刚石的成分均为碳,但石墨属六方晶系,鳞片状晶形,硬度小,而金刚石属等轴晶系,八面体晶形,硬度大。晶体构造相同或相似,但成分不同的矿物,其物理性质也不同,如天青石  $\text{SrSO}_4$  和铅矾  $\text{PbSO}_4$  均为斜方双锥晶形,因化学成分不同,天青石的比重为 3.97,铅矾的比重为 6.32。矿物的有些物理性质,如折光率、反射率、导热性等,必须用专门的仪器才能测定;而矿物的颜色、条痕、相对硬度、光泽、透明度、解理等物理性质,则可通过人们的感官来识别,是肉眼鉴别常见矿物的重要依据。

### (一)矿物的光学性质

是指矿物对光的吸收、反射和折射所表现出来的各种性

质,如颜色、条痕、光泽、透明度等,往往是肉眼鉴别矿物的重要特征。

1. 颜色:是鉴别矿物的标志之一,也是矿物命名的依据之一,如紫水晶、赤铁矿、孔雀石的颜色分别是紫色、红色和孔雀绿色。有时颜色还有指导找矿的意义,如孔雀绿色的孔雀石对寻找原生铜矿有指导意义。颜色还可用于辨别矿物的形成条件,如富含  $\text{Fe}^{3+}$  的红色矿物赤铁矿形成于氧化环境;而富含  $\text{Fe}^{2+}$  的黑色或绿色矿物辉石、角闪石、黑云母等,则形成于还原环境。根据成因,可将矿物的颜色分为三种。

(1)自色 主要是由于矿物的化学成分中含有某些色素离子而呈现的颜色,称自色。主要的色素离子有钒、钛、铬、锰、铁、钴、镍、铜等。这些元素不同电价的离子具有不同的颜色,如  $\text{Mn}^{4+}$  黑色,  $\text{Mn}^{2+}$  紫色,  $\text{Cu}^{+}$  兰色,  $\text{Cu}^{2+}$  绿色。自色是矿物本身固有的颜色,大体上是固定不变的,因而是一种重要的鉴定特征,如黑色的磁铁矿、朱红色的辰砂等。

(2)他色 与矿物固有的化学成分无关,是外来带色杂质的机械混入所染成的颜色。如纯净的水晶是无色透明的,由于不同带色杂质的机械混入,可分别使水晶染成紫色(紫水晶)、玫瑰色(蔷薇石英)、金黄色(黄水晶)、烟色(烟水晶)、深黑色(墨晶)等。矿物的他色可因加热而消失或发生变化,如将紫水晶加热到  $240 \sim 270^{\circ}\text{C}$  时,紫色消失,而略带黄色。他色是可变的,一般不能作为鉴定矿物的特征。

(3)假色 是某种物理原因和化学原因所引起或产生的颜色,如锍色、晕色、变色等。某些矿物表面的氧化薄膜在光线的照射下,形成薄膜干涉色彩,称为锍色,黄铜矿和斑铜矿的表面常具锍色,可作为鉴定这类矿物的特征之一;某些解理发育的