



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

# 矿物 岩石学

主编 蔚永宁 张德栋

煤炭工业出版社

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

# 矿物岩石学

主 编 蔚永宁 张德栋

煤炭工业出版社

·北 京·

## 内 容 提 要

本书简要介绍了晶体的基本性质和形态特征,比较系统地讲解了常见矿物的化学成分、形态、主要物理性质和鉴定特征。在简要叙述了岩浆岩、变质岩的形成作用、物质成分、结构构造和产状特征后,提出了简明适用的分类方案,并阐明了各常见岩石类型的基本特征。本书侧重于沉积岩岩石学部分,对沉积岩形成作用过程的各个阶段、岩石基本特征都作了更为详细的论述,并专设一章介绍了关于沉积环境分析的基础知识。作为教材,本书既注重阐述矿物岩石学科基本理论和基本知识,又强调矿物岩石肉眼鉴定和格式描述。较好地体现了理论知识定位准确、实训内容充实的编写指导思想。

本书可用作地质类高等职业和专科教育教材、中等职业学校教材及干部培训用书,尤其适用于各种沉积矿产资源勘查专业使用,也可供有关技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿物岩石学/蔚永宁,张德栋主编. —北京:煤炭工业出版社,2007.3

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3040-7

I. 矿… II. ①蔚…②张… III. ①矿物学—高等学校:技术学校—教材 ②岩石学—高等学校:技术学校—教材  
IV. P57 P58

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 024344 号

煤炭工业出版社 出版  
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址:www.cciph.com.cn  
北京京科印刷有限公司 印刷  
新华书店北京发行所 发行

\*  
开本 787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 16  
字数 380 千字 印数 1—6,100  
2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷  
社内编号 5839 定价 31.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

# 全国煤炭高职高专矿山地质类“十一五” 规划教材编审委员会

主任：魏焕成

副主任：李北平 宋永斌 王正荣 王强

秘书长：蔚永宁

委员(按姓氏笔画为序)：

王秀兰 叶启彬 刘国伟 李东华

李红晓 李荣义 吕志彬 吴文金

陈春龙 陈贵仁 郑瑞宏 周丽霞

董秀桃

# 前 言

按照《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》，为适应煤炭高等教育的需要和确保煤炭行业高等技术应用性专门人才培养的要求，根据煤炭高等职业教育矿山地质专业整体教学改革方案和中国煤炭教育协会组织的全国煤炭高等职业教育教材工作会议的精神，经矿山地质专业规划教材编审委员会的充分讨论，决定编写全国煤炭高等职业教育矿山地质专业“十一五”规划系列教材（共 11 种）。本教材就是其中之一。

在本教材编写中，首先考虑了理论知识的准确定位，在体现“必需、够用”原则的同时，以学生为主体确定理论深度；其次是在教材中紧密结合矿山地质工作的实际，突出教材的实用性，加强实践性教学环节，融入足够的实训内容，加强对学生实践能力的培养。

根据上述指导思想和矿山地质专业整体教学改革方案，本教材按 80 学时编写。全书共分 14 章，内容包括晶体的基础知识、矿物学、岩浆岩岩石学、沉积岩岩石学和变质岩岩石学 5 部分。在相关各章的最后，专设一节介绍矿物、岩石肉眼鉴定的要求和格式。

参加本书编写的有：重庆工程职业技术学院傅涛副教授（第一章至第五章），河北能源职业技术学院郑瑞宏讲师（第六章、第七章），辽源职业技术学院张德栋副教授（第八章至第十章），陕西能源职业技术学院蔚永宁副教授（第十一章），北京工业职业技术学院刘红梅副教授（第十二章至第十四章）。蔚永宁、张德栋任主编，傅涛、刘红梅任副主编。

由于编者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 12 月

# 目 录

绪论 .....	( 1 )
<b>第一章 晶体的基础知识 .....</b>	<b>( 2 )</b>
第一节 晶体及其基本性质 .....	( 2 )
第二节 晶体的对称 .....	( 4 )
第三节 晶体的形态 .....	( 7 )
<b>第二章 矿物及其化学成分 .....</b>	<b>(12)</b>
第一节 矿物的概念 .....	(12)
第二节 元素的离子类型与化学键 .....	(13)
第三节 矿物的化学成分类型 .....	(14)
第四节 类质同像 .....	(15)
第五节 同质多像 .....	(16)
第六节 胶体矿物 .....	(17)
第七节 矿物中的水 .....	(18)
第八节 矿物的化学式 .....	(19)
<b>第三章 矿物的形态与物理性质 .....</b>	<b>(20)</b>
第一节 矿物的形态 .....	(20)
第二节 矿物的物理性质 .....	(25)
第三节 矿物形态与物理性质的肉眼鉴定与描述 .....	(31)
<b>第四章 矿物成因和矿物鉴定及研究方法简介 .....</b>	<b>(33)</b>
第一节 矿物的成因 .....	(33)
第二节 矿物鉴定和研究方法简介 .....	(38)
<b>第五章 矿物各论 .....</b>	<b>(40)</b>
第一节 矿物的分类和命名 .....	(40)
第二节 自然元素矿物大类 .....	(42)
第三节 硫化物及其类似化合物矿物大类 .....	(44)
第四节 卤化物矿物大类 .....	(47)
第五节 氧化物和氢氧化物矿物大类 .....	(49)
第六节 含氧盐矿物大类 .....	(53)
第七节 矿物的肉眼鉴定与描述要求 .....	(73)
<b>第六章 岩浆岩及其基本特征 .....</b>	<b>(75)</b>
第一节 岩浆和岩浆岩 .....	(75)
第二节 岩浆岩的物质成分 .....	(79)
第三节 岩浆岩的结构和构造 .....	(83)
第四节 岩浆岩的产状 .....	(90)
第五节 岩浆岩的分类 .....	(94)
<b>第七章 岩浆岩的主要类型 .....</b>	<b>(97)</b>
第一节 超基性岩类 .....	(97)

第二节	基性岩类	(99)
第三节	中性岩类	(103)
第四节	酸性岩类	(108)
第五节	碱性岩类	(112)
第六节	脉岩类	(114)
第七节	岩浆岩的肉眼鉴定和描述要求	(116)
<b>第八章</b>	<b>沉积岩及其形成过程</b>	(120)
第一节	沉积岩概述	(120)
第二节	沉积物的形成过程	(121)
第三节	风化产物的搬运与沉积	(124)
第四节	沉积期后变化	(131)
<b>第九章</b>	<b>沉积岩的基本特征及分类</b>	(135)
第一节	沉积岩的物质组成	(135)
第二节	沉积岩的结构	(138)
第三节	沉积岩的构造	(138)
第四节	沉积岩的颜色	(147)
第五节	沉积岩的分类	(148)
<b>第十章</b>	<b>外源沉积岩</b>	(151)
第一节	火山碎屑岩	(151)
第二节	陆源碎屑岩	(155)
第三节	泥质岩	(168)
第四节	外源沉积岩的肉眼鉴定和描述要求	(172)
<b>第十一章</b>	<b>内源沉积岩</b>	(178)
第一节	碳酸盐岩	(178)
第二节	硅质岩	(190)
第三节	铝、铁、锰、磷质岩及蒸发岩	(193)
第四节	内源沉积岩的肉眼鉴定和描述要求	(200)
<b>第十二章</b>	<b>沉积环境分析</b>	(203)
第一节	沉积环境与沉积相的概念	(203)
第二节	大陆环境及其相	(206)
第三节	海陆过渡环境及其相	(213)
第四节	海洋环境及其相	(216)
<b>第十三章</b>	<b>变质岩及其基本特征</b>	(221)
第一节	变质岩概论	(221)
第二节	变质岩的基本特征	(225)
<b>第十四章</b>	<b>变质岩的主要类型</b>	(232)
第一节	接触变质作用及其岩石	(232)
第二节	气化热液变质作用及其岩石	(235)
第三节	碎裂(动力)变质作用及其岩石	(236)
第四节	区域变质作用及其岩石	(237)
第五节	混合岩化作用及混合岩	(243)
第六节	变质岩的肉眼鉴定和描述要求	(245)
<b>参考文献</b>		(249)

# 绪 论

矿物和岩石都是在地壳发展演化过程中各种地质作用的产物。矿物是在一定物理、化学条件下由各种地质作用形成的稳定的自然物体,其中大多数是结晶的单质、化合物,它们具有固定的化学成分和晶体结构,因而也表现出一定的形态和物理、化学性质。矿物是岩石的基本组成单位,不同的矿物、矿物组合组成不同的岩石。岩石是由一种或几种矿物或部分天然玻璃所组成的,具有一定结构、构造和稳定外形的固态集合体。矿物岩石学是研究矿物和岩石的地球科学分支;是研究地壳物质组成及其特征的科学;研究矿物、岩石的成分、结构、构造、分布、产状、分类命名、成因及与矿产的关系等。

组成地壳的岩石按成因可分为三大类:岩浆岩、沉积岩和变质岩。它们有各不相同的形成作用和形成过程,岩浆岩大多数是由岩浆冷凝而成的;沉积岩是在地表条件下由风化、搬运、沉积、成岩作用形成的;而变质岩则是前两类岩石受到较高温度、压力的改造并发生变质作用后形成的岩石。这样,矿物岩石学的内容就由矿物学、岩浆岩岩石学、沉积岩岩石学和变质岩岩石学几部分构成。

组成地壳的三大类岩石都具有各自独特的特征,彼此之间有着明显的差别,但形成岩石的各种地质作用不是孤立的,很多复杂成因的岩石不能简单地确定为某一种成因,也有的在典型地质作用之间存在过渡类型。在地壳长期的发展演化历史中,三大类岩石之间也在不断地互相转化,其间存在着密切联系。

三大类岩石在地壳中的分布情况相差很大。根据测算,在地壳 16 km 深度范围内,岩浆岩、变质岩约占地壳总体积的 95%,沉积岩仅占 5%;但按大陆地表的分布面积计算,岩浆岩、变质岩约占 25%,沉积岩要占 75%。以 5% 的体积覆盖了 75% 的大陆地表,可见沉积岩只是大陆地表一个极薄的薄层。沉积岩的这种分布特点,完全是由其形成作用的特点所决定的。

矿物岩石学在生产实践中具有重要意义:一定的矿产都与一定的矿物岩石类型相联系,能够被利用的矿物、岩石本身就是矿产,矿物岩石学研究对于寻找矿产具有重要意义;对各类岩石的研究,能够为矿产地质、工程地质、水文地质、地球物理勘探等学科提供必要的、有价值的资料,并促进这些学科的进步与发展;矿物和岩石都是地壳发展历史中在各种地质作用下形成的,是地壳活动、演化的历史记录,研究矿物和岩石可以为研究地壳发展演化历史提供依据。

矿物岩石学是地质专业重要的专业基础课程,除了要学习、掌握矿物岩石学的基本知识、基础理论外,还有一项任务,就是要学习、掌握常见矿物、岩石的基本性质、形成作用的特点、分布规律,并在此基础上掌握其鉴定和研究方法。识别并鉴定常见矿物、岩石,是矿物岩石学课程的特点,也是学习矿物岩石学课程应该掌握的基本技能。



# 第一章 晶体的基础知识

## 第一节 晶体及其基本性质

### 一、晶体、非晶质体、准晶体的概念

晶体的分布十分广泛。可以毫不夸张地说,人类就是生活在晶体的世界之中。自然界的固体物质,绝大多数都是晶体。我们日常吃的食盐、食糖,用的金属、陶瓷、水泥,一直到组成生命有机体的蛋白质等,莫不都是晶体。

那么,晶体的定义是什么呢? 20世纪以前,人们把具规则几何多面体外形的固体称为晶体。如常见的食盐、方解石、水晶(具规则几何多面体形态的石英  $\text{SiO}_2$ )等(图 1-1)。晶体的这种定义,显然是不正确的。例如,同样是一种物质石英,它既可以呈多面体形态的水晶,也可以呈外形不规则的颗粒而生成于岩石之中。这两种形态的石英,本质是一样的。所以规则几何多面体的外形并不是晶体的本质,而只是晶体在一定条件下的外在表现。晶体的本质必须从它的内部去寻找。

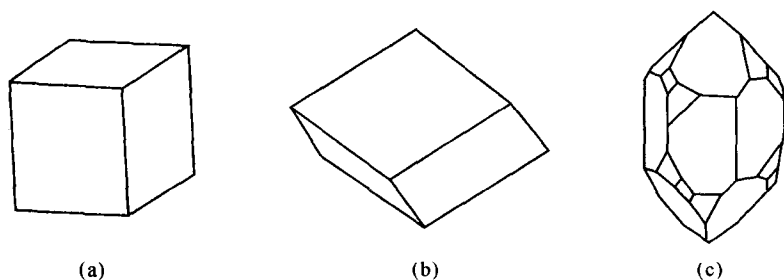


图 1-1 天然晶体  
(a)食盐;(b)方解石;(c)水晶

1912年德国物理学家劳埃用X射线研究晶体,发现了晶体的根本特性:晶体内部质点(原子、离子或分子)在三维空间周期性地重复排列。这种质点在三维空间周期性地重复排列也称格子构造。所以晶体的正确定义是:晶体是具有格子构造的固体。正是由于晶体内部质点是规则排列的,所以在一定的条件下,晶体能自发形成几何多面体的外形。

非晶体是指内部质点在三维空间不作周期性地重复排列,即不具格子构造的固体物质。由于原子或离子空间分布的无规律性,所以非晶体在任何情况下都不可能自发形成几何多面体的外形,因而也被称为无定形体。

非晶体的种类远不如晶体那么繁多。常见的有蛋白石、沥青、松香、玻璃等。

晶体与非晶体在一定条件下是可以互相转化的。例如,蛋白石在漫长的地质年代中,其

内部质点进行着很缓慢的扩散、调整,趋于规则排列,即由非晶态转化为晶态,这一过程称为晶化。晶体也可因内部质点的规则排列遭到破坏而转化为非晶态,这个过程称为非晶化。

图 1-2 是晶体与玻璃的平面结构特点示意图。由图可见,晶体的内部质点排列是规则的,具有格子构造;非晶体的内部结构是不规则的,不具格子构造。但非晶体的内部结构在很小范围内也具有某些有序性(如 1 个小黑点周围分布着 3 个小圆圈,这种有序性称为近程规律,而在整个结构范围的有序称为远程规律。显然,晶体既有近程规律也有远程规律,非晶体则只有近程规律。液体的结构与非晶体结构相似,也只有近程规律;气体既无远程规律,也无近程规律。

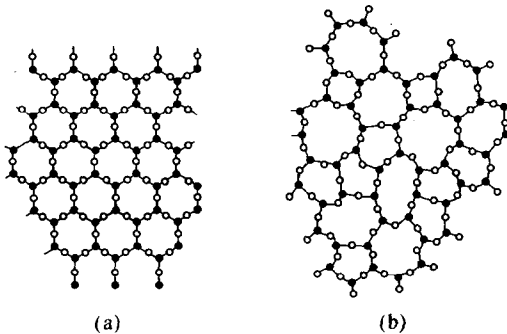


图 1-2 晶体、非晶体结构(平面)示意图  
(a)晶体;(b)玻璃(非晶体)

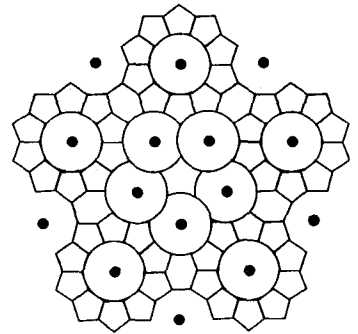


图 1-3 准晶体示意图

1984 年在电子显微镜下研究中,发现了一种新的物态,其内部质点排列具有远程规律,但没有平移周期,即不具格子构造(图 1-3)。这种物态是介于晶体与非晶体之间的一种状态,人们称之为准晶态或准晶体。

## 二、晶体的基本性质

由于晶体是具有格子构造的固体,因此,也就具备为晶体所共有的、由格子构造所决定的基本性质。

### 1. 自限性

自限性是指晶体在适当条件下,可以自发地形成几何多面体外形的性质。例如,石盐晶体,在理想条件下,能生长成规则的立方体形状。晶体的几何多面体外形,是内部质点规则排列的外在表现,它是由平的晶面、直的晶棱、尖的角顶构成的。应当指出的是,在自然界的实际晶体中,具规则几何多面体的理想晶体并不常见,常见的是不规则形态的歪晶(形态不规则的晶体)。这是由于晶体生长时受到外界条件限制的结果。但只要条件允许,晶体最终会长成规则的几何多面体。

### 2. 均一性

因为晶体是具有格子构造的固体,在同一晶体的各个不同部分,质点的分布是一样的,所以晶体的各个部分的物理性质与化学性质也是相同的,这就是晶体的均一性。

### 3. 异向性

同一格子构造中,在不同方向上质点排列一般是不一样的,因此,晶体的性质也随方向的不同而有所差异,这就是晶体的异向性。如矿物蓝晶石(又名二硬石)的硬度,随方向的不同而有显著的差别(图 1-4),平行晶体延长的方向(AA)可用小刀刻动,而垂直于晶体延长

的方向(BB)则小刀不能刻动。

#### 4. 对称性

在晶体的外形上,也常有相等的晶面、晶棱和角顶重复出现。这种相同的性质在不同的方向或位置上作有规律地重复,就是对称性。晶体的格子构造本身就是质点规律重复的体现。

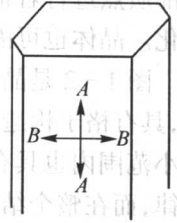


图 1-4 蓝晶石晶体硬度的二向性

#### 5. 最小内能性

晶体是具有格子构造的固体,其内部质点是作有规律地排列,这种规律的排列是质点间的引力与斥力达到平衡的结果。在这种情况下,无论使质点间的距离增大或缩小,都将导致质点的相对势能的增加。非晶质体、液体、气体由于它们内部质点的排列是不规律的,质点间的距离不可能是平衡距离,从而它们的势能也较晶体为大。也就是说,在相同的热力学条件下,它们的内能都较晶体为大。

#### 6. 稳定性

在相同的热力学条件下,晶体比具有相同化学成分的非晶体稳定。非晶质体有自发转变为晶体的必然趋势,而晶体决不会自发地转变为非晶质体。这就是晶体的稳定性。

晶体的稳定性是晶体具有最小内能性的必然结果。

## 第二节 晶体的对称

### 一、对称及对称要素

#### (一) 对称及晶体的对称

对称是宇宙间和日常生活中最普遍的现象。那么,对称的定义是什么? 对称是指物体相同部分有规律的重复(图 1-5)。晶体是具有显著对称性的天然物体,而且晶体的对称是取决于它内部的格子构造。因此,它具有如下的特点。

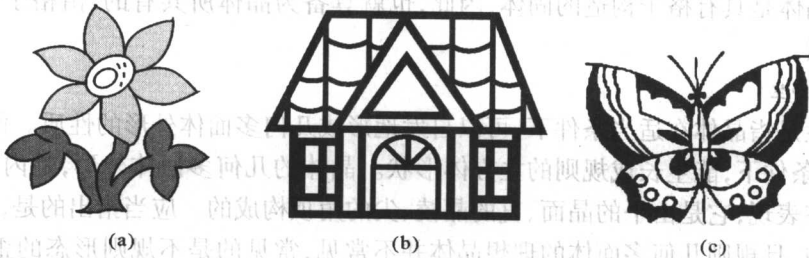


图 1-5 对称的物体

(a)小花;(b)建筑物;(c)蝴蝶

(1) 晶体内部都具有格子构造,而格子构造本身就是质点在三维空间周期重复的体现。因此,所有的晶体都是对称的。

(2) 晶体的对称受格子构造规律的限制,只有符合格子构造规律的对称才能在晶体上出现。因此,晶体的对称是有限的。

(3) 晶体的对称不仅体现在外形上,同时也体现在物理性质(如光学、力学、热学、电学性质等)上。

## (二) 对称要素

欲使对称图形中相同部分重复,必须通过一定的操作,这种操作就称之为对称操作。在进行对称操作时所应用的辅助几何要素(点、线、面),称为对称要素。

### 1. 对称面( $P$ )

对称面是一假想的平面,它将图形平分互为镜像的两个相等部分。图 1-6 中  $P_1$ 、 $P_2$  是对称面,但  $AD$  则不是对称面。虽然它把图形平分两个相等部分,但这两者并不是互为镜像。在晶体中如果有对称面存在,可以有一个或若干个,但最多不超过 9 个。对称面以  $P$  表示。

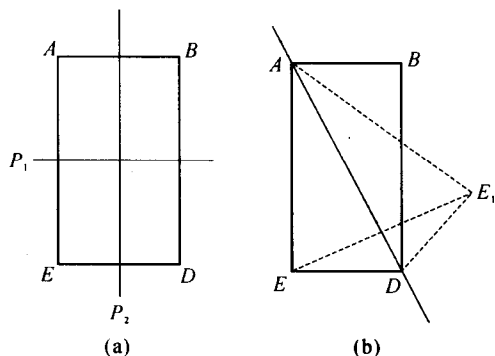


图 1-6 对称面与非对称面  
 $P_1$  和  $P_2$  为对称面,  $AD$  为非对称面

### 2. 对称轴( $L^n$ )

对称轴是一假想的直线,相应的对称操作为围绕此直线旋转后,可使相同部分重复(图 1-7)。旋转一周重复的次数称为轴次  $n$ 。重复时所旋转的最小角度称基转角  $\alpha$ 。两者之间的关系为  $n = 360^\circ / \alpha$ 。

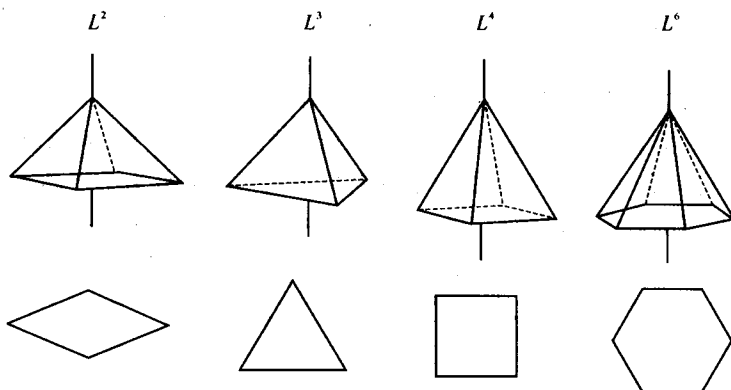


图 1-7 各种对称轴

对称轴以  $L$  表示,轴次  $n$  写在它的右上角,写作  $L^n$ 。

晶体中可能出现的对称轴只能是 1 次轴、2 次轴、3 次轴、4 次轴、6 次轴,不可能存在 5 次轴及高于 6 次的对称轴。轴次高于 2 次的对称轴,称高次对称轴。在一个晶体中,可以无对称轴,也可以有一种或几种对称轴,而每一种对称轴可以有一个或多个,如  $3L^4$ 、 $6L^2$  等。

### 3. 对称中心( $C$ )

对称中心是一假想的点,所对应的对称操作是对此点的反伸,通过该点作任意直线,则在此直线上距对称中心等距离的位置上必定可以找到对应点(图 1-8)。对称中心只能有一个或没有。一个具有对称中心的图形,其相对应的面、棱、角都体现为反向平行(图 1-9)。对称中心用符号  $C$  表示。

### 4. 旋转反伸轴( $L_i^n$ )

旋转反伸轴也是一假想的直线,如果物体绕该直线旋转一定角度后,再对此直线上的一

点进行反伸,可使相同部分重复,即所对应的操作是旋转 + 反伸的复合操作(图 1-10)。旋转反伸轴用  $L_n^i$  表示。

旋转反伸轴只能是  $n = 1, 2, 3, 4, 6$  这几种。但有意义的只有两种,即  $L_4^4$  和  $L_6^6$ 。

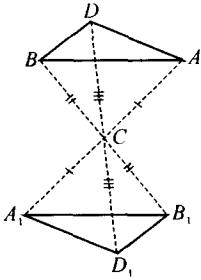


图 1-8 由对称中心联系起来  
的两个反向平行的三角形晶面

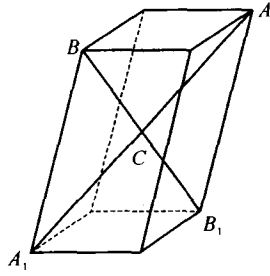


图 1-9 具有对称中心的图形

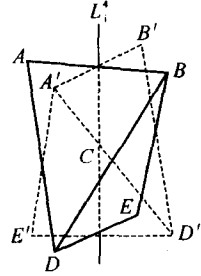


图 1-10 具  $L_4^4$  的四方四面体

## 二、晶体的对称分类

晶体都具有对称性,但各种晶体的对称程度却有很大的差别,这种差别主要表现在它们所具有的对称要素的种类、数目上。少数晶体只存在一种对称要素,数目也只有一个。但大多数晶体都同时存在两种或两种以上的对称要素,并且它们还按一定的规律组合在一起。晶体上全部对称要素的总和,称为对称型。如方铅矿的立方体晶体,为  $3L^4 4L^3 6L^2 9PC$  对称型。由于晶体外形上出现的对称要素是有限的,只有 9 种,而且它们的组合又必须服从对称组合定律,因此,晶体中可能存在的对称型是有限的,经数学推导,一共只有 32 种。

晶体的对称分类是将属于同一个对称型的所有晶体归为一类,称为晶类。与对称型相应,晶类的数目也只有 32 个。按各晶类所属对称型的特点划分为 7 个晶系。然后再按高次对称轴的有无和高次对称轴的数目,将 7 个晶系并为 3 个晶族(表 1-1)。

表 1-1 晶体的对称分类

对称型	对称特点	晶系名称	晶族名称	
1 $L^1$ 2 $C$	无 $L^2$ , 无 $P$	三斜晶系	低级晶族(无高次轴)	
3 $L^2$ 4 $P$ 5 $L^2 PC$	$L^2$ 或 $P$ 不多于一个	单斜晶系		
6 $3L^2$ 7 $L^2 2P$ 8 $3L^2 3PC$	$L^2$ 或 $P$ 多于一个	斜方晶系		
9 $L^4$ 10 $L^4 4L^2$ 11 $L^4 PC$ 12 $L^4 4P$ 13 $L^4 4L^2 5PC$ 14 $L_4^4$ 15 $L_4^4 2L^2 2P$	有一个 $L^4$ 或 $L_4^4$	四方晶系		中级晶族(只有一个高次轴)

续表 1-1

对称型	对称特点	晶系名称	晶族名称	
16 $L^3$ 17 $\underline{L^3 3L^2}$ 18 $\underline{L^3 3P}$ 19 $L^3 C$ 20 $\underline{L^3 3L^2 3PC}$	有一个 $L^3$	三方晶系	中级晶族(只有一个高次轴)	
21 $\underline{L_4^6}$ 22 $L_4^6 3L^2 3P$ 23 $L^6$ 24 $L^6 6L^2$ 25 $L^6 PC$ 26 $L^6 6P$ 27 $\underline{L^6 6L^2 7PC}$	有一个 $L^6$ 或 $L_4^6$	六方晶系		
28 $\underline{3L^2 4L^3}$ 29 $\underline{3L^2 4L^3 3PC}$ 30 $\underline{3L_4^4 4L^3 6P}$ 31 $3L^4 4L^3 6L^2$ 32 $\underline{3L^4 4L^3 6L^2 9PC}$	有四个 $L^3$	等轴晶系		高级晶族 (有多个高次轴)

注:有下划线的对称型为常见的对称型。

### 第三节 晶体的形态

晶体的形态是由晶体的成分、内部结构、生成环境决定的,所以晶体形态不仅是鉴定晶体的一个重要标志,而且还具有成因意义。晶体的理想形态分为单形和聚形两类(图 1-11)。

#### 一、单形

##### (一) 单形的概念

单形是由对称要素联系起来的一组晶面的组合。换句话说,也就是借助于自身具有的对称要素作用,可以彼此相互重复的一组晶面。图 1-11(a)为立方体单形,它的 6 个同形等大的正方形晶面,经其对称要素的作用后即可彼此重复。在理想发育的晶体中,单形的各个晶面同形等大,性质相同。

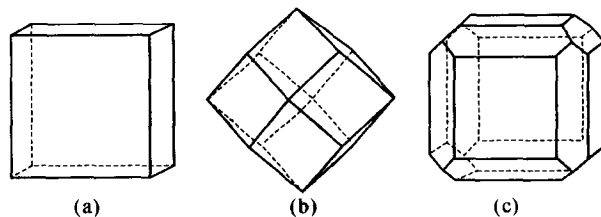


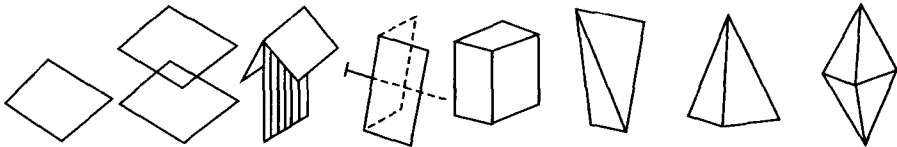
图 1-11 单形(a,b)和聚形(c)

##### (二) 47 种几何单形及其特征

从单形概念可知,当确定了晶体的全部对称要素(即对称型)之后,如还知道一个任意晶

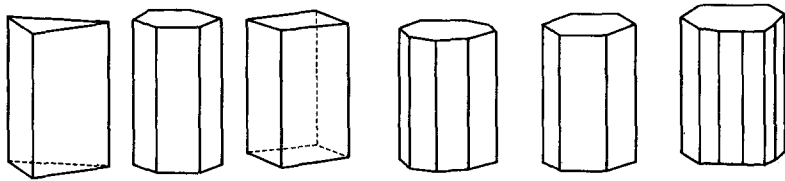
面与这些对称要素之间的关系,就可用对称操作把属于这种对称型的所有单形全部推导出来(过程从略)。晶面与对称要素的相对位置数,视对称要素的多少而定,在较多对称要素的对称型中,最多不超过7种,所以一个对称型最多能推导出7种单形。对称型有32个,经数学推导,32个对称型共能推导出146种结晶单形。146种结晶单形中,几何形态不同的只有47种,称为47种几何单形(图1-12)。

I. 低级晶族的单形

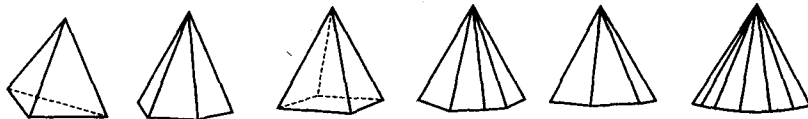


1.单面 2.平行双面 3.反映双面及轴双面 4.斜方柱 5.斜方四面体 6.斜方单锥 7.斜方双锥

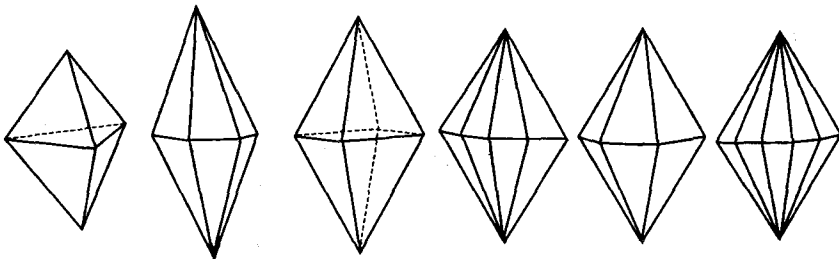
II. 中级晶族的单形



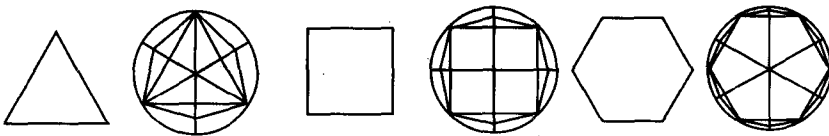
8.三方柱 9.复三方柱 10.四方柱 11.复四方柱 12.六方柱 13.复六方柱



14.三方单锥 15.复三方单锥 16.四方单锥 17.复四方单锥 18.六方单锥 19.复六方单锥

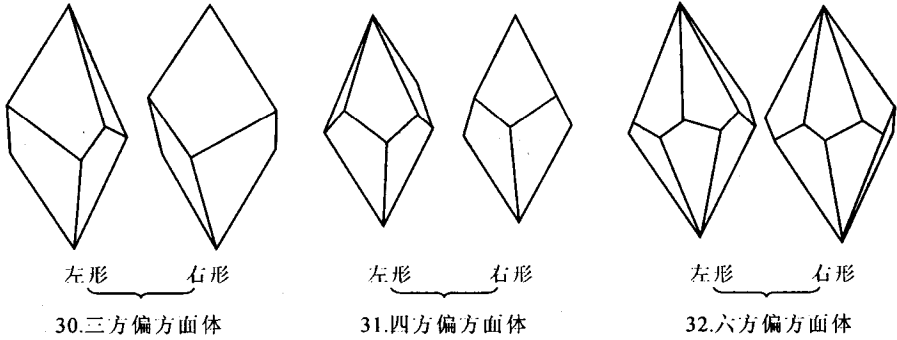
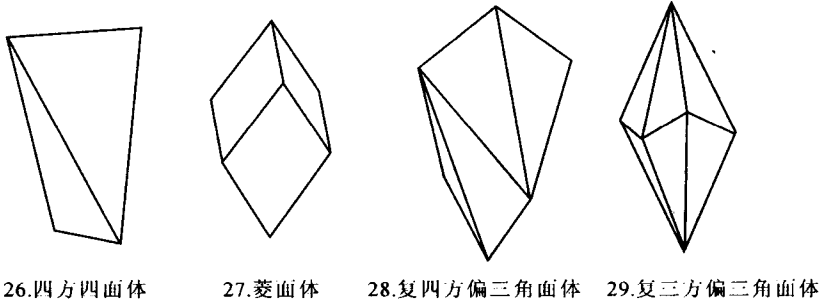


20.三方双锥 21.复三方双锥 22.四方双锥 23.复四方双锥 24.六方双锥 25.复六方双锥



各种柱、锥的横切面

图1-12 47种几何单形(一)



Ⅲ. 高级晶族的单形

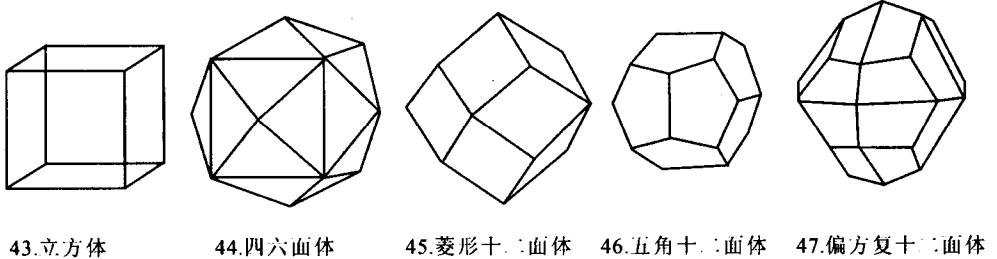
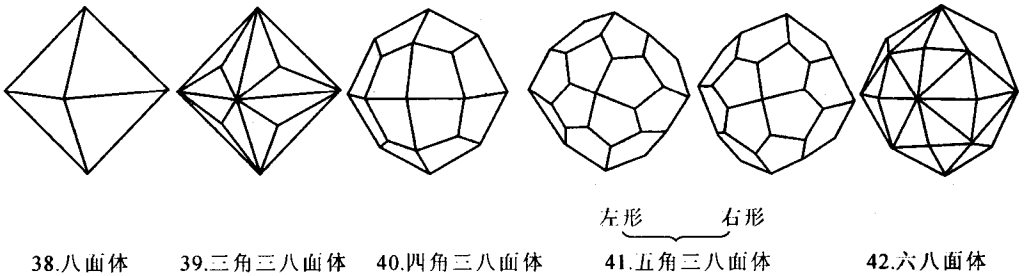
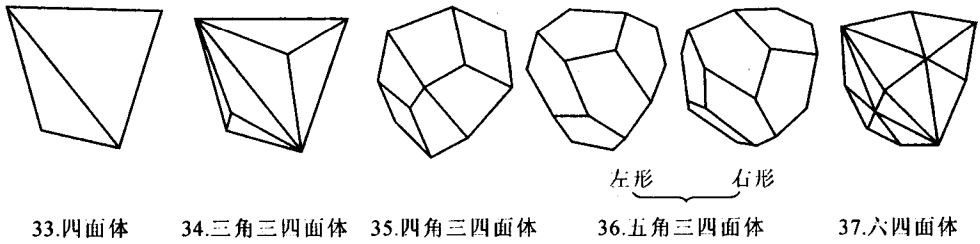


图 1-12 47 种几何单形(二)



47种几何单形,分属于三大晶族七个晶系。其中,属于低级晶族的有7种,中级晶族的有25种,高级晶族的有15种。

### 1. 低级晶族的单形

1) 单面 由一个晶面组成。

2) 平行双面 由一对互相平行的晶面组成。

3) 双面 由两个相交的晶面组成。

4) 斜方柱 由4个两两平行的晶面组成,晶棱相互平行,横切面为菱形。

5) 斜方四面体 由4个不等边的三角形晶面组成,晶面互不平行,每一对晶棱的中点连线是 $L^2$ ,通过晶体中心的横切面为菱形。

6) 斜方单锥 由4个不等边的三角形晶面交于一点而形成的单锥体,锥顶出露 $L^2$ ,横切面为菱形。

7) 斜方双锥 由8个不等边的三角形晶面所组成,犹如两个斜方单锥以底面相连而成,横切面为菱形。

### 2. 中级晶族的单形

1) 柱类、单锥类、双锥类 柱类单形的晶面交棱相互平行,且平行惟一的高次轴;单锥类是晶面相交于高次轴的一点而形成单锥体;双锥类是晶面分别交于高次轴上、下两点而成的双锥体。按其横断面形状,各类均可分为6种单形,复柱、复单锥、复双锥的横断面交角是相间相等。

2) 四方四面体和复四方偏三角面体 四方四面体由互不平行的4个等腰三角形晶面所组成。相对二晶面以底边相交,其交棱的中点为 $L_1^4$ 的出露点,围绕 $L_1^4$ 上部2晶面与下部2晶面错开 $90^\circ$ ,通过中心的横切面为正方形。

如果设想将四方四面体的每一晶面平分为两个不等边的偏三角形晶面,则由这8个晶面所组成的单形即为复四方偏三角面体,通过中心的横切面为复正方形。

3) 菱面体与复三方偏三角面体 菱面体由两两平行的6个菱形晶面组成,上下各3个晶面均各自分别交 $L^3$ 于一点,上下晶面绕 $L^3$ 相互错开 $60^\circ$ 。

如果设想将菱面体的每一晶面平分为两个不等边的偏三角形晶面,则由这12个晶面所组成的单形即为复三方偏三角面体,围绕 $L^3$ 上部6个晶面与下部6个晶面交错排列。

4) 偏方面体类 本类单形的晶面是具有2个等边的偏四边形。上部与下部晶面分别各自交高次轴于一点,上部晶面与下部晶面错开了一定角度。根据轴次分为三方偏方面体、四方偏方面体和六方偏方面体。

### 3. 高级晶族单形

1) 四面体类 四面体由4个等边三角形晶面所组成。晶面与 $L^3$ 垂直;晶棱的中点出露 $L_1^4$ 。

(1) 三角四面体:设想四面体的每一个晶面突起分为3个等腰三角形晶面而成。

(2) 四角四面体:设想四面体的每一个晶面突起分为3个四角形晶面而成,四角形的4个边两两相等。

(3) 五角四面体:设想四面体的每一个晶面突起分为3个等偏五角形晶面而成。

(4) 六四面体:设想四面体的每一个晶面突起分为6个不等边三角形晶面而成。

2) 八面体类 八面体由8个等边三角形晶面所组成,晶面与 $L^3$ 垂直。与四面体情况