

中等专业学校教学用书

# 矿物岩石学

方少木 於 庄 编

煤炭工业出版社

86·10·6日

中等专业学校教学用书

# 矿物岩石学

方少木 於庄 编

煤炭工业出版社

## 内 容 简 介

全书分为矿物学和岩石学两大部分，共六篇。第一篇结晶学基础，介绍晶体的基本特性；第二篇矿物学通论及各论，介绍矿物的成分、形态、物理性质和矿物学的研究方法及常见的85种矿物；第三篇晶体光学基础，介绍晶体的光学性质；第四篇火成岩；第五篇沉积岩；第六篇变质岩，分别系统地阐述了三大类岩石的成因、化学物理性质和岩石学的研究方法（野外、室内）及主要的岩类，尤其对沉积岩作了较深入的介绍。书中插图附表较多，并引用了许多实际例子。

本书是煤炭中等专业学校煤田地质勘探专业及矿井地质专业的教材，也可用作有关技工学校、中级地质干部培训教材，供地质工作技术人员参考。

责任编辑：宋 德 淑

中等专业学校教学用书

矿物岩石学

方少木 於庄 编

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>， 印张21<sup>1</sup>/<sub>2</sub>；  
字数511千字 印数6,321—14,345  
1984年3月第1版 1986年3月第2次印刷  
书号15035·2597 定价3.10元

## 前 言

《矿物岩石学》是根据一九八一年煤炭部中等专业学校制定的教学大纲内容和要求进行编写的。本书是煤田地质勘探专业及矿井地质专业的教材，也可用作有关技工学校、中级地质干部培训用书，供广大地质工作技术人员参考。

全书共分六篇二十八章，在内容上侧重于基本概念的叙述，同时又注意加强了基础理论方面的内容。书中扼要介绍了晶体的几何性质和光学性质，以及研究晶体的光学方法；考虑到现场工作的实际需要，对常见的85种矿物、岩石的鉴定和描述作了详细的叙述；在岩石学方面，适当的反映了现代岩石学的新成就。本书初次将沉积岩和沉积矿床联系起来，应用沉积岩石学的基本理论和方法来研究矿床，加强对沉积——成矿作用的认识，更好的为找矿服务。

本书基本适用于180学时，各部分的学时参考分配如下：第一篇结晶学基础—20学时；第二篇矿物学—35学时；第三篇晶体光学基础—24学时；第四篇火成岩—26学时；第五篇沉积岩—55学时；第六篇变质岩—18学时。各校可根据具体条件和专业需要取舍教材内容，调整各个部分的教学时数。

本书执笔编写的有：陕西煤矿学校於庄（第一篇、第二篇）、北京煤矿学校方少木（第三篇、第四篇、第五篇、第六篇）。方少木为主编人。

由于时间仓促，编者水平有限，缺点、错误在所难免，欢迎读者批评、指正，以便修改和补充。

编 者

1983年4月

# 目 录

绪 论 .....	1
-----------	---

## 矿 物 学 部 分

### 第一篇 结晶学基础

第一章 晶体及其性质 .....	4
第一节 晶体与非晶质体的概念 .....	4
第二节 晶体的基本特性 .....	8
第二章 晶体的对称及分类 .....	9
第一节 对称的概念和晶体的对称性 .....	9
第二节 晶体的对称要素和对称操作 .....	10
第三节 对称型的概念及晶体的分类 .....	12
第三章 晶体的形态 .....	14
第一节 单形 .....	14
第二节 聚形 .....	22
第三节 晶体的连生体 .....	25
第四章 晶体定向和晶面符号 .....	26
第一节 晶体定向 .....	26
第二节 晶面符号与单形符号 .....	30

### 第二篇 矿物学通论及各论

第五章 矿物的化学成分 .....	32
第一节 地壳的化学组成及元素的离子类型 .....	32
第二节 矿物的化学成分类型及成分的变化 .....	34
第六章 矿物的形态 .....	38
第一节 矿物单体的形态 .....	38
第二节 矿物集合体的形态 .....	40
第七章 矿物的物理性质 .....	42
第一节 矿物的光学性质 .....	43
第二节 矿物的力学性质 .....	46
第三节 矿物的其它性质 .....	49
第八章 矿物的成因 .....	51
第一节 内生作用 .....	51
第二节 外生作用 .....	53
第三节 变质作用 .....	55
第四节 矿物的共生 .....	56

第九章	矿物的鉴定和研究方法简介	57
第十章	矿物的分类和命名	60
第一节	矿物的分类	60
第二节	矿物的命名	61
第十一章	矿物各论	62
第一节	自然元素	62
第二节	硫化物	64
第三节	卤化物	72
第四节	氧化物和氢氧化物	74
第五节	含氧盐	81
(一)	碳酸盐	81
(二)	硫酸盐	85
(三)	钨酸盐	88
(四)	磷酸盐	89
(五)	硅酸盐	90

### 第三篇 晶体光学基础

第十二章	偏光显微镜	114
第一节	偏光显微镜的构造	114
第二节	偏光显微镜的调节及操作	115
第三节	岩石薄片的制作	116
第十三章	单偏光系统下的观察	117
第一节	晶体的形态、解理及交角的测定	117
第二节	自然光与偏光、光的反射、折射与折光率	118
第三节	晶体的双折射现象、颜色、多色性和吸收性	120
第四节	矿物的突起、糙面和贝克线	121
第十四章	正交偏光系统下的观察	123
第一节	正交偏光的概念及消光现象	123
第二节	光率体	124
第三节	干涉色	128
第四节	消光类型及消光角的测定	131
第五节	晶体的延性符号及双晶的观察	132
第十五章	锥光系统下的观察	134
第一节	锥光系统及其特征	134
第二节	一轴晶光性正负的测定	135
第三节	二轴晶光性正负的测定	138
附录	最主要造岩矿物的光性描述	141

# 岩石学部分

## 第四篇 火成岩

第十六章	火成岩的基本特征 .....	151
第一节	岩浆及火成岩的概念 .....	151
第二节	火成岩的矿物成分和化学成分 .....	152
第三节	火成岩的产状 .....	156
第四节	火成岩的结构和构造 .....	159
第五节	火成岩的分类和肉眼鉴定表 .....	162
第十七章	火成岩各论 .....	165
第一节	超基性岩类(橄榄岩—苦橄岩类) .....	165
第二节	基性岩类(辉长岩—玄武岩类) .....	167
第三节	中性岩类(闪长岩—安山岩类) .....	169
第四节	酸性岩类(花岗岩—流纹岩类及花岗闪长岩—英安岩类) .....	172
第五节	半碱性岩类(正长岩—粗面岩类) .....	175
第六节	碱性岩类(霞石正长岩—响岩类) .....	176
第七节	脉岩类 .....	178
第八节	火成岩的肉眼鉴定和描述 .....	182
第十八章	火成岩多样性的原因 .....	189
第十九章	火成岩体野外观察的基本方法 .....	191

## 第五篇 沉积岩

第二十章	沉积岩的形成过程 .....	196
第一节	沉积物的形成 .....	196
第二节	沉积物的搬运与沉积 .....	201
第三节	沉积物的成岩作用和沉积岩的后生作用 .....	208
第二十一章	沉积岩的基本特征 .....	212
第一节	沉积岩的物质组成 .....	212
第二节	沉积岩的结构 .....	215
第三节	沉积岩的构造 .....	215
第四节	沉积岩的颜色 .....	221
第二十二章	沉积岩的分类 .....	223
第一节	概述 .....	223
第二节	沉积岩的主要类型 .....	223
第二十三章	碎屑岩 .....	224
第一节	火山碎屑岩 .....	224
第二节	正常沉积碎屑岩及有关矿床 .....	230
第二十四章	粘土岩(泥质岩)和粘土矿床 .....	251
第一节	粘土岩的概念 .....	251

第二节	粘土岩的成分、结构和构造 .....	252
第三节	粘土岩的物理性质 .....	253
第四节	粘土岩和粘土矿床的主要类型 .....	255
第五节	粘土岩的分布、鉴定和描述方法 .....	258
第二十五章	化学岩及生物化学岩 .....	259
第一节	化学岩及生物化学岩的结构 .....	260
第二节	铝质岩和铝土矿床 .....	262
第三节	铁质岩和锰质岩 .....	264
第四节	硅质岩和硅藻土矿床 .....	266
第五节	磷质岩和磷灰岩矿床 .....	268
第六节	碳酸盐岩 .....	270
第七节	盐岩及有关矿床 .....	279
第二十六章	沉积岩岩相及沉积旋回 .....	280
第一节	概述 .....	280
第二节	大陆相组 .....	284
第三节	海相组 .....	289
第四节	海陆过渡相组 .....	292
第五节	沉积旋回 .....	295
第六节	岩相分析 .....	298

## 第六篇 变质岩

第二十七章	变质岩概论 .....	305
第一节	变质作用与变质岩的概念 .....	305
第二节	变质作用的因素和类型 .....	306
第三节	变质岩的矿物成分 .....	309
第四节	变质岩的结构和构造 .....	311
第二十八章	变质岩各论 .....	315
第一节	接触变质作用及其岩石 .....	315
第二节	气成热液变质作用及其岩石 .....	319
第三节	动力变质作用及其岩石 .....	321
第四节	区域变质作用及其岩石 .....	323
第五节	混合岩化作用及其岩石 .....	329
第六节	变质岩的肉眼鉴定和描述 .....	332
参考文献	.....	336



## 绪 论

矿物和岩石都是在地壳发展过程中各种地质作用下形成的产物。矿物是自然产出的单质或化合物；岩石是矿物的集合体。它们都是地壳的组成物质。

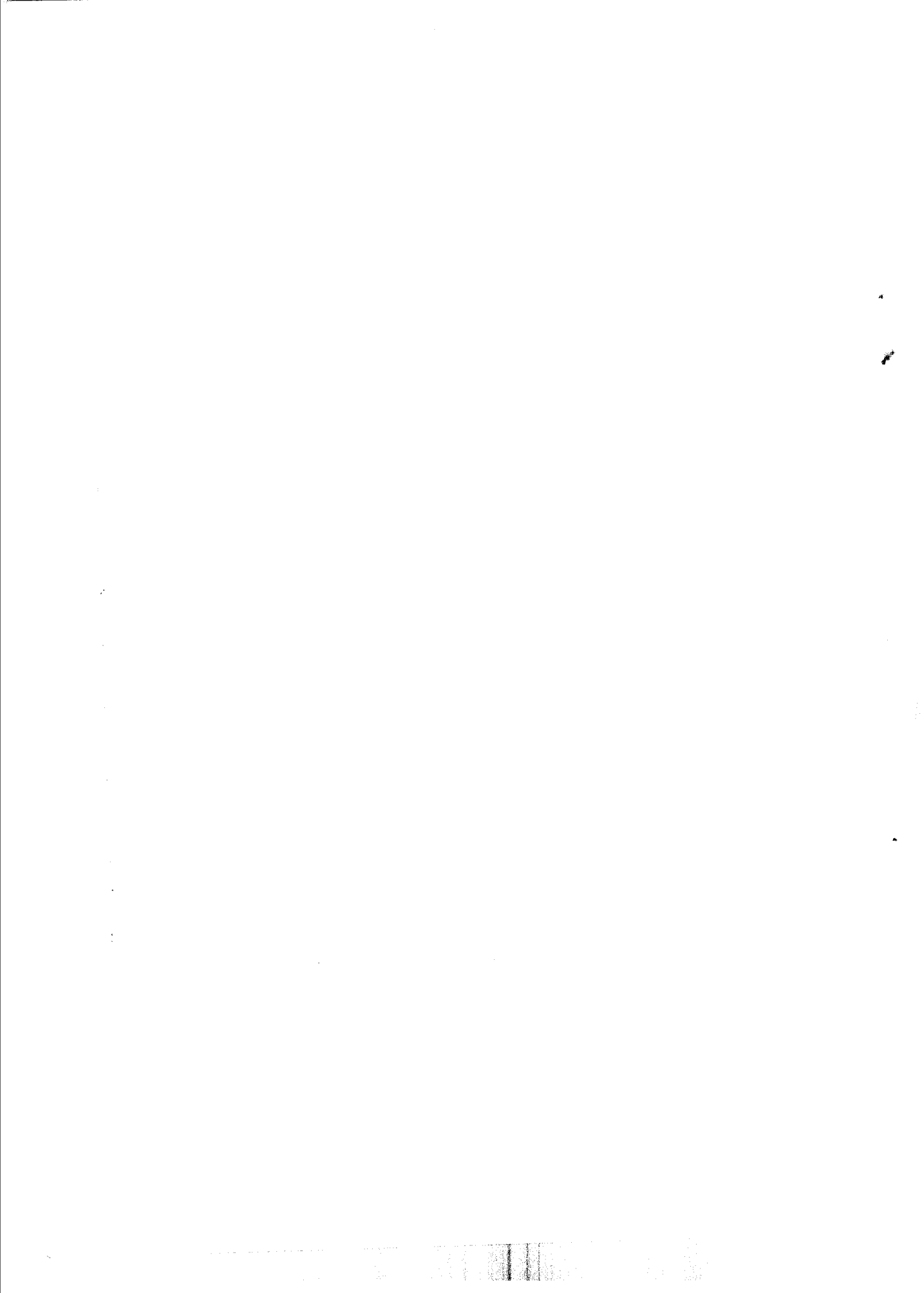
矿物和岩石是人类生活和生产的重要物质资料。对于矿物的利用：一是利用其化学成分，例如用赤铁矿、磁铁矿等矿石炼铁，二是利用其物理性质，例如云母具有绝缘、绝热性能可做绝缘材料。对于岩石：其多数本身就是具有经济价值的有用矿产，例如石灰岩、白云岩是制作石灰和水泥的重要原料，花岗岩、大理石是良好的建筑石材；许多矿产都与一定的岩石在成因上有密切联系，为了找矿和采矿必须对岩石进行研究；岩石既是地壳发展过程中的产物，具有记录地史历程的意义，它也就成了研究地壳演变和发展历史的重要物质依据之一。

长期以来，随着对矿物、岩石的利用和矿产开发事业的发展，在实际工作中积累了关于矿物、岩石的丰富资料 and 知识，形成了两门独立的学科——矿物学和岩石学。

矿物学和岩石学的研究，需要应用现代化学、地球化学、物理学、结晶学、晶体光学等多种科学知识和成果。就其本身来说，各有研究的目的、范畴和任务。在矿物学方面，已经超越了单纯描述矿物表面特征的阶段，并进入运用晶体化学等理论，研究矿物的化学成分、晶体结构与其外部形态、物理化学性质之间的关系，阐明矿物的各种基本特性产生的原因，矿物成因等一系列问题，开辟了矿物化学、矿物物理学、矿物合成等多种专门性的研究方向。在岩石学方面，对火成岩、沉积岩和变质岩三大类岩石，分别研究了它们的物质组成、结构构造特征、成因和分布规律、与矿产形成的关系。近年来，由于生产的需要，在沉积岩研究方面有了很大的发展，特别是关于沉积岩的成因与古地理关系问题的研究，取得了显著成就。

矿物学和岩石学是地质专业的重要基础课程。学习矿物学和岩石学（以沉积岩为重点），是为煤田找矿勘探和矿井地质服务。因此，要求掌握关于矿物学和岩石学的基本知识、基础理论和有关各种矿物、各类岩石（特别是沉积岩）的基本性质、生成原理与分布规律、以及野外工作和室内研究相结合的方法。

本书分为结晶学基础、矿物学、晶体光学基础、火成岩、沉积岩和变质岩六篇。晶体光学基础一篇是否讲授，可由各学校根据具体情况，自行酌定。



# 矿物学部分

---

# 第一篇 结晶学基础

## 第一章 晶体及其性质

### 第一节 晶体与非晶质体的概念

#### 一、晶体的定义

自然界中,广泛地存在着各种矿物晶体,它们都表现为面平、棱直和顶尖的几何多面体(图1-1)。这些完整美观的外形皆系天然生成。因此,人们起初对于晶体的概念,一般认为是具有规则的几何多面体外形的固体。然而,晶体为什么会自发地形成多面体形状?这是结晶学上长期探索的一个课题。直到本世纪初,把X射线用于对晶体内部结构的研究以后,证实一切晶体中,其内部质点在三维空间上都作规则的排列,都是按格子构造的规律分布。

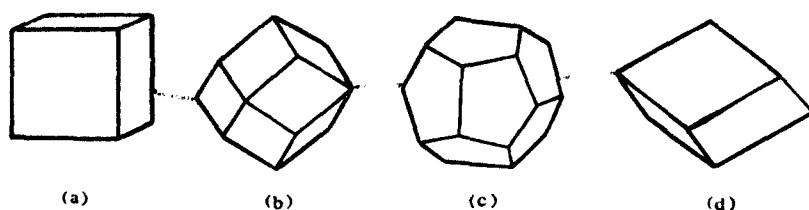
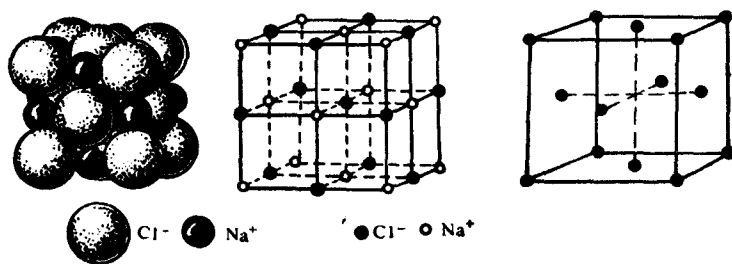


图 1-1 矿物晶体的形态

a—石盐(立方体); b—石榴子石(菱形十二面体); c—黄铁矿(五角十二面体);  
d—方解石(菱面体)

以石盐NaCl的晶体结构(图1-2a)为例,可以看到所有的 $\text{Cl}^-$ 离子和 $\text{Na}^+$ 离子在三维空间内,都按一定间隔成周期性重复的排列,在一种离子的周围(上下、左右、前后)均



(a)

(b)

图 1-2 石盐的晶体结构和空间格子

a—晶体结构; b—晶体空间格子

衡地分布着异号离子，形成一种立方体形状的格子构造。因此，食盐的晶体呈立方体形态。关于其它各种晶体，根据X射线的分析，表明它们各自的内部结构有所不同，但都无一例外地具有一定形状的格子构造。因此，提出了晶体的定义：晶体是具有格子构造的固体。这一定义揭示了晶体的本质，为区分结晶物质和非结晶物质提供了明确的概念。通常许多结晶物质在其结晶的过程中，由于受到外界环境各种因素的影响，往往掩盖了结晶形态，而不能表现为整齐的几何多面体，例如在许多结晶的岩石和矿石中，其矿物成分常以不规则的晶粒出现，但它们的内部结构和各种性质，与完好的晶体相同。所以，按照现在晶体的定义，仍应属于结晶物质。

## 二、空间格子的概念

格子构造是一切晶体所共有的基本特性，其特点是晶体中相同的质点（离子、原子或分子）在空间的各个方向上周期性地重复出现。为了研究各种晶格的构成方式及其类型，需选取其中的相当点（即质点种类及周围环境皆相同的点，或称等效点），并将其抽象为纯粹的几何点（结点），用结点所组成的格子来进行分析。这种由相当点在三维空间规则排列而形成的格子，称为空间格子。例如在食盐的晶体结构中，任意选取 $\text{Na}^+$ 离子或 $\text{Cl}^-$ 离子的中心作为相当点，都可以导出如图1-2b那样的空间格子。即是说，当食盐结晶时，不论是 $\text{Na}^+$ 或是 $\text{Cl}^-$ 都是按照格子的类型进行排列。所以，空间格子的概念，即是表明晶体结构中相当点的排列规律。

空间格子的一般形式如图1-3所示。其组成要素介绍如下：

1) 结点 是空间格子中的几何点，代表晶体结构中的相当点。结点不表明具体的物质成分，是自然晶体中同种质点所占据的位置；结点本身也不代表任何质点，只具有几何点的意义。

2) 行列 由结点组成的直线，称为行列（图1-3）。任何两个结点均可组成一个行列。行列中相邻结点间的距离，称为结点间距。同一行列及平行行列上，结点间距相等；不平行的行列，其结点间距一般不相等。某些方向的行列上，结点分布较密，另一些则较稀。

3) 面网 分布在同一平面内的结点，即构成面网（见图1-3阴影部分）。因此，两条相交行列上的三个结点就可组成一个面网。在面网中，单位面积内的结点数，称为面网密度；两个相邻面网间的垂直距离，称为面网间距。相互平行的面网，其面网密度和面网间距相等；不平行的面网，一般不等。面网密度大的，其面网间距也大；面网密度小的，面网间距也小。

4) 平行六面体 是由三条不共面行列所构成的一个最小单位，称单位空间格子，又称单位平行六面体（图1-3粗线条部分）。单位平行六面体的三个棱长，就是三条不共面行列的结点间距。因此三条不共面相交的行列上的四个结点可构成一个平行六面体。整个空间格子是由无数平行六面体在三维空间平行又无间隙地堆叠而成。

由于晶体结构中的相当点，在三维空间上是作无限重复的排列，因而空间格子也应视为无限发展的；自然晶体是空间格子受晶面、晶棱和角顶所限制的有限封闭部分。因此，晶

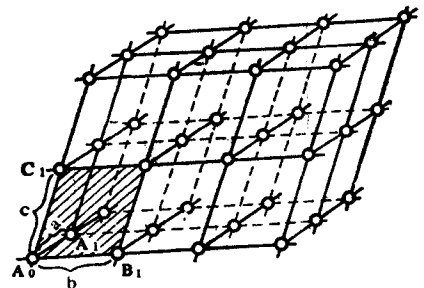


图 1-3 空间格子

$A_0, B_1, C_1$ —结点， $A_0A_1$ —行列， $a, b, c$ —结点间距

面、晶棱和角顶，总称为晶体的界限要素。晶面是格子最外部的面网，是面网密度较大的面网；晶棱是格子最外部的行列；角顶相当于结点所在，如图1-4所示。

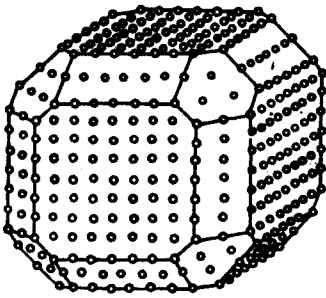


图 1-4 晶体外形与内部构造的关系

### 三、十四种空间格子

晶体的空间格子类型，是随各晶系对称特点和晶体常数的不同而异。最初是由布拉维用数学方法，并按照结晶学的规律，推导得出十四种，称做14种布拉维格子。这些格子类型及其在各晶系中的分布详见表1-1。

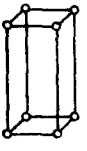
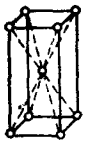
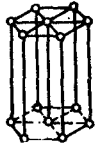
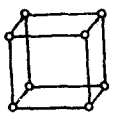
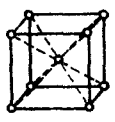
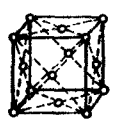
### 四、晶体的分布和利用

组成地壳的岩石和土壤中的矿物成分，几乎全部是结晶体。在我们周围也存在着各式各样的结晶物质，例如，水冻结后形成的冰就是晶体；冬天降落的雪花，呈现各种美观的六射形态（图1-5），则是一种骸晶；日常生活中所用的各种金属、陶瓷制品，食盐、糖及化学药品等等，也都是结晶物质。

自然界中的晶体，由于生长条件或本身结晶性质的不同，其大小有很大的差别。有的晶体很大，如美国缅因州找到绿柱石晶体竟达18吨；有的很小，如粘土矿物，在电子显微镜下放大几万倍后，才能观察其结晶形态。此外，晶体还具有再生能力，如果把一个外形不

表 1-1 十 四 种 空 间 格 子

晶系 \ 格子类型	原 始	底 心	体 心	面 心
三 斜				
单 斜				
斜 方				
三 方				

晶系 \ 格子类型	原始	底心	体心	面心
四方				
六方				
立方				

规则的石盐颗粒放在 NaCl 的过饱和溶液中，让它继续生长，其结果就能形成立方体的几何形态。

各种晶体常因具有某种特性，而被广泛的利用于工业和技术部门。例如，透明的石英晶体（水晶）可用来制作光学仪器，而压电石英则是无线电工业和国防工业所不可缺少的原料；冰洲石（透明的方解石晶体）具有高双折射率，用于制造偏光棱镜；刚玉的晶体坚硬耐磨，用来制作精密仪器的轴承；普通的金刚石也因硬度大而用于钻头及高速切削刀具的原料。随着科学技术的发展，对于晶体的利用还会日益增多。目前根据结晶学的理论，按照晶体的生长规律，在工厂和实验室中用人工方法培养各种人工晶体，来满足生产迅速发展的需要。

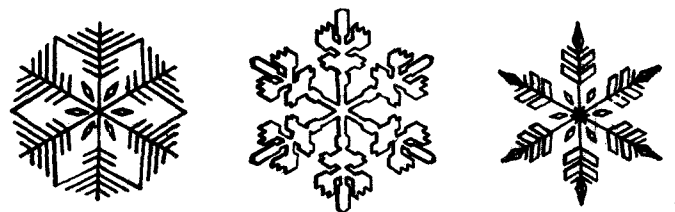


图 1-5 雪花的骸晶

### 五、非晶质体的性质

所谓非晶质体，即组成它们内部的质点不呈规则的排列，不具有格子构造。因此，非晶质体不能自发地形成规则的几何多面体的形态，而外形上呈一种无定形体。例如玻璃、松香、沥青、塑料、某些胶体矿物以及火山玻璃等，皆属此类。非结晶物质与结晶物质相比，非晶质体的数量极少，也呈固体状态，按结晶学的观点其内部结构与液体颇相类似，可称之为过冷却的液体或硬化了的液体。只有晶体才是真正的固体。

晶体和非晶体在一定的条件下可以相互转化。非晶质体内部的质点，由于储有较大的能量，可经过缓慢的调整而趋向规则的排列，最终转变为结晶质。象自然界早期形成的一些不结晶的胶体矿物，经过漫长的地质时期而脱水、晶化的现象很普遍，例如胶态的蛋白

石 ( $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) 失水后,可逐渐转变成隐晶质的玉髓,直至晶质的石英。晶体通过某种作用也可以转变为非晶质体,例如褐帘石等一些含放射性元素的矿物,由于受到放射性蜕变过程中释出能量的影响,可使原有的晶格遭受破坏,造成矿物的非晶质。

## 第二节 晶体的基本特性

一切晶体都具有格子构造,因此,晶体具有以下共同的基本特性:

### 1. 自限性

是指晶体在适当的条件下生长时,都能自发地形成几何多面体的性质。这种性质是在晶体的发生与成长的过程中,所有的质点都是严格按照空间格子的规律进行排列和堆砌,其结果总是形成规则的几何形态(图1-6a)。石盐再生结晶的例子,足以说明自限性是一切晶体所固有的特性。自然界中的晶体,在其生长过程中,因受到外界环境条件的影响,常呈现各种不规则形态的歪晶(图1-6b)。这些外形不同而同种物质的所有晶体都存在着固有的规律:成分、结构相同的所有晶体,其对应晶面之间的夹角恒等。这一规律称为面角恒等定律。例如图中的三个石英晶体,虽形态不同,其对应晶面间的夹角恒等,即 $r \wedge m = 141^\circ 47'$ 、 $r \wedge z = 134^\circ 44'$ 、 $m \wedge m = 120^\circ$ 。

### 2. 均一性和异向性

晶体内部的格子构造决定了同一晶体内质点的分布与排列是相同的,因而晶体各个不同部分的物理性质与化学性质都相同,这就是晶体的均一性。

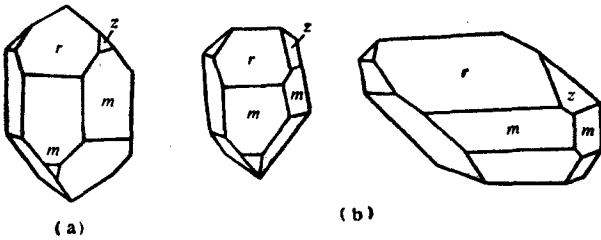


图 1-6 石英的理想晶形及其歪晶  
a—理想晶形; b—歪晶

然而,同一晶体在不同方向上质点的排列一般是不同的,因此,晶体的性质也随方向的改变而有差异,这就是晶体的异向性。例如蓝晶石矿物的硬度,随方向的不同而有明显的差别(图1-7),即晶体的伸长方向硬度为4.5,与其垂直的方向上硬度为6.5,所以蓝晶石又名二硬石。晶体的异向性不只表现

在硬度上,而且在力学、光学、热学、电学等各种性质方面都有表现。

### 3. 对称性

晶体在相同方向上具有相同的性质,因此反映在外形上常有相等的晶面、晶棱和角顶在晶体上呈有规律的重复出现,就叫晶体的对称性。晶体的对称性在晶体的研究上、特别是在晶体的分类方面极为重要。

### 4. 最小内能及稳定性

物质在结晶时产生放热效应,说明晶体内部储存的能量比其液态或气态时要小,所以晶体具有最小的内能。由于结晶的质点只有在其平衡位置上的轻微振动,不能脱离这个位置,从而保持了晶格的稳定。非晶质体储有较多的内能,内部质点一般都未达到平衡状态,长时期可释放出能量,趋于晶化。

关于晶体的最小内能,可以用晶体的加热曲线(图1-8)

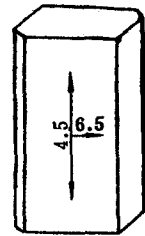


图 1-7 蓝晶石晶体硬度的异向性



与非晶质体的加热曲线(图1-9)对比说明。当晶体加热时,温度是随时间的加长而逐渐上升,当达到某一温度后,晶体开始熔解,此时继续加热,温度升高停顿,直到晶体完全熔融后,温度才可继续上升。这种现象说明了在增温停顿的时间内,晶体吸收了一定的热量,增强了质点的势能,并用于破坏其内部格子构造,然后转变为液体,谓之吸热效应。因此,加热曲线为折线,其中出现一段水平直线。晶质体的各个部分质点是按同一方式排列,在破坏晶体的格子构造时,则需要一定的温度,该温度就是晶体的熔点。非晶质体,因不具有格子构造,因此就没有一定的熔点。例如当玻璃加热时,首先变软,而后逐渐融化,最后转变为液体,这一过程没有温度的停顿,其加热线为一光滑曲线。

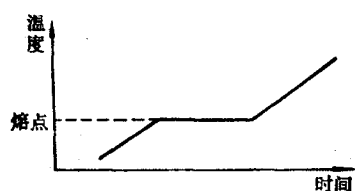


图 1-8 晶体的加热曲线

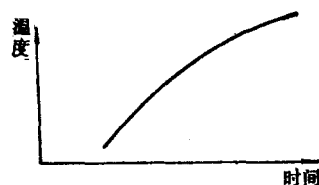


图 1-9 非晶质体的加热曲线

## 第二章 晶体的对称及分类

### 第一节 对称的概念和晶体的对称性

#### 一、对称的概念

物体上相等部分作有规律的重复,即通过某种演试方法使之重合或重复的现象,称为对称。例如蝴蝶和花瓣的生长形态都是对称的(图2-1)。假设在蝴蝶形体的正中有一镜面为轴面,或以花茎为轴将花瓣旋转一定角度,其相同部分即可重合或重复。又如建筑物的设计、工艺品的造型等等,通常也都表现为对称的形式。所以,对称现象在自然界和日常生活中是广泛存在的。



图 2-1 蝴蝶与花瓣的对称

#### 二、晶体的对称性

晶体具有对称性。晶体外形的对称表现为相同的晶面、晶棱和角顶作规律的重复,这