

中等专业学校试用教材

硅酸盐岩相学

洛阳建筑材料工业专科学校
长春建筑材料工业学校

编



中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

硅酸盐岩相学

洛阳建筑材料工业专科学校
长春建筑材料工业学校 编

中国建筑工业出版社

本书是为中等专业学校水泥、玻璃、耐火材料及陶瓷专业编写的教科书。全书分六篇，分别叙述了几何结晶学、矿物岩石学基础、光学显微学的基础知识以及专业显微结构分析，并附有实验指导书和思考题。在编写中对光学显微学和实际应用方面有所侧重。

本书亦可供从事硅酸盐工业生产和研究的科技人员参考。

中等专业学校试用教材
硅酸盐岩相学
洛阳建筑材料工业专科学校
长春建筑材料工业学校 编

*
中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
北京市平谷县大华山印刷厂印刷

*
开本：787×1092毫米 1/16 印张：21 $\frac{1}{2}$ 字数：519千字
1986年12月第一版 1986年12月第一次印刷
印数：1—12,100册 定价：2.65元
统一书号：15040·5099

前 言

《硅酸盐岩相学》是以无机非金属材料工业制品或半成品显微结构为研究对象的科学，这是一门新兴的学科。显微结构的形成受控于全部工艺过程，而制品或半成品的显微结构又决定着材料的使用性状，因此，研究显微结构是无机非金属材料研究的中心论题。这种观点正愈来愈深刻地被人们所认识。

本书以1981年国家建材总局洛阳教材编审会议审定的建材中等专业学校《硅酸盐岩相学》教学大纲为依据编写的。全书共分六篇：第一篇几何结晶学；第二篇矿物、岩石学基础；第三篇光学显微学研究方法；第四篇硅酸盐水泥熟料显微结构分析；第五篇玻璃显微结构分析；第六篇耐火材料及陶瓷显微结构分析。在书的最后附有应开实验的指导书。不同专业采用本书时，可按专业要求有所取舍。

该书由洛阳建筑材料工业专科学校蔡序珩主编，并编写第三篇、第四篇、第六篇和有关的实验指导书；长春建筑材料工业学校张维新编写第一篇、第二篇、第五篇和有关的实验指导书。初稿统编后于1985年4月17~23日在洛阳召开审稿会，由洛阳耐火材料研究所高级工程师高振昕主审，参加审稿的有国家建材局教材处范令惠、武汉工业大学沈文华、山东建材学院赵珍修和洛阳玻璃厂王春花。在审稿会上与会者对全书进行了详细的审定，最后形成《审稿纪要》，编者据此对全书进行了认真的修改。

但是，由于编者的水平所限，谬误之处在所难免，请有识者指正。

编者 1985年10月

目 录

前言

第一篇 几何结晶学

第一章 晶体的概述	1	第三节 对称型及晶体的分类	22
第一节 晶体与非晶体	1	第三章 晶体的理想形态——	
第二节 晶体的内部构造——空间格子	3	单形与聚形	25
第三节 晶体的基本性质	8	第一节 单形	25
第四节 晶体的形成	10	第二节 聚形	29
第二章 晶体的对称及分类	17	第四章 晶体定向与晶体符号	32
第一节 对称的概念	17	第一节 晶体定向与晶体常数	32
第二节 对称操作与对称要素	18	第二节 晶面符号与单形符号	34

第二篇 矿物岩石学基础

第五章 矿物学概论	36	第二节 硫化物	61
第一节 矿物的概念	36	第三节 氧化物和氢氧化物	62
第二节 矿物的化学成分与化学式	37	第四节 卤化物	68
第三节 矿物的形态	43	第五节 含氧盐	69
第四节 矿物的物理性质	52	第七章 岩石学概述	84
第五节 矿物的命名与分类	58	第一节 岩石的概念	84
第六章 硅酸盐工业原材料		第二节 岩浆岩	86
常见矿物特征	60	第三节 沉积岩	89
第一节 自然元素	60	第四节 变质岩	95

第三篇 光学显微学研究方法

第八章 晶体光学基础	101	第七节 几种常见的显微镜简介	125
第一节 光的一些基本性质	101	第八节 偏光显微镜的维护和保养	128
第二节 光在晶体中的传播	102	第九节 偏光显微镜的调节与校正	128
第三节 光率体	103	第十章 制片技术简介	132
第四节 光率体在晶体中的位置	109	第一节 薄片制备简介	132
第九章 光学显微镜	112	第二节 光片制备简介	134
第一节 偏光显微镜的主要部件	112	第三节 光薄片制备简介	135
第二节 物镜	113	第十一章 透射光下的观察	136
第三节 目镜	115	第一节 单偏光镜下的观察	136
第四节 照明	116	第二节 正交偏光镜下的观测	143
第五节 聚光镜和垂直照明器	118	第三节 锥光镜下的观察	153
第六节 特殊显微技术	121	第四节 油浸法	168

第五节 偏光显微镜下系统鉴定透明矿物	173	第二节 矿物百分含量的测定	184
第十二章 反射光下的观察	175	第三节 显微结构参数的测定	188
第一节 光片的腐蚀	175	第十四章 显微摄影简介	195
第二节 反射光下的观察	178	第一节 显微摄影设备简介	196
第十三章 显微结构分析	184	第二节 摄影	197
第一节 显微结构的定性分析	184	第三节 暗室技术简介	199

第四篇 硅酸盐水泥熟料显微结构分析

第十五章 硅酸盐水泥熟料的矿物组成及其显微结构的基本类型	206	第三节 烧成温度对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	223
第一节 矿物组成	206	第四节 冷却制度对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	225
第二节 硅酸盐水泥熟料显微结构的基本类型	215	第五节 窑内气氛对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	226
第三节 根据显微结构分析评定硅酸盐水泥熟料的质量	218	第十七章 立窑水泥熟料的显微结构	230
第十六章 工艺条件对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	219	第一节 概述	230
第一节 原料对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	219	第二节 立窑水泥熟料显微结构的特征	231
第二节 配料率值和生料的细度与均化对硅酸盐水泥熟料显微结构的影响	222	第三节 立窑水泥熟料中A矿分解和熟料的粉化	235
		第四节 立窑水泥熟料的外观、显微结构和强度的关系	236

第五篇 玻璃显微结构分析

第十八章 玻璃结石的检验	237	第二节 耐火材料结石及其成因	243
第一节 标本观察	237	第三节 析晶结石及其成因	246
第二节 结石在偏光显微镜下的观察	239	第二十章 玻璃工业用耐火材料的侵蚀变化	251
第十九章 结石中的矿物及其成因	242		
第一节 料粉结石及其成因	242		

第六篇 耐火材料、陶瓷显微结构分析

第二十一章 耐火材料显微结构分析	257	实验指导书	283
第一节 耐火材料显微结构的基本类型	257	实验一 对称型分析	283
第二节 硅质耐火材料显微结构分析	258	实验二 晶体定向和晶体符号	284
第三节 粘土质耐火材料显微结构分析	261	实验三 矿物的鉴定	286
第四节 高铝质耐火材料显微结构分析	263	实验四 岩石的鉴定	289
第五节 镁质耐火材料显微结构分析	267	实验五 透射式偏光显微镜的构造和使用	290
第六节 镁铬质耐火材料显微结构分析	272	实验六 单偏光镜下的观测	292
第二十二章 陶瓷显微结构分析	275	实验七 正交偏光镜下的观察(一)	294
第一节 瓷坯的显微结构	275	实验八 正交偏光镜下的观察(二)	296
第二节 瓷釉的显微结构	280	实验九 锥光下的观察	299
第三节 陶瓷性能和显微结构的关系	281	实验十 油浸法	301

实验十一 矿物粒径和百分含量的测定	304	实验十八 立窑水泥熟料显微结构分析	318
实验十二 光片的制备	306	实验十九 玻璃结石观察(一)	319
实验十三 反光显微镜的构造和使用	308	实验二十 玻璃结石观察(二)	321
实验十四 硅酸盐水泥熟料的观察	309	实验二十一 耐火材料显微结构分析(一) ...	322
实验十五 显微化学快速测定游离氧化钙 ...	311	实验二十二 耐火材料显微结构分析(二) ...	324
实验十六 工艺条件与硅酸盐水泥熟料显 微结构的关系(一)	313	实验二十三 陶瓷显微结构分析	325
实验十七 工艺条件与硅酸盐水泥熟料显 微结构的关系(二)	316	附录 矿物性质一览表	327
		主要参考书目	335

第一篇 几何结晶学

几何结晶学是结晶学的一个组成部分，是研究晶体几何性质的科学。几何结晶学通过对晶体几何性质的研究，系统地说明了晶体所遵循的几何规律并进行分类，还通过晶体内部构造及晶体形成环境的研究，揭示形态、构造、环境三者的关系，从而为硅酸盐岩相学打下必要的结晶学基础。

第一章 晶体的概述

根据物体存在状态的不同分为固体、液体和气体等。固体中，由于内部质点排列的差别，可分为晶体（即晶质体）和非晶质体两类。自然界中，晶体分布很广泛，硅酸盐工业的原材料和产品绝大部分是由晶体矿物组成的。本章主要介绍晶体的定义、内部构造及由内部构造所决定的基本性质和晶体的形成。

第一节 晶体与非晶质体

一、晶体的定义及特点

最早，人们把无色透明的冰称为晶体，后来把无色透明并具多面体外形的水晶（即石英， SiO_2 ，图1-1C）也称为晶体，并认为水晶是由冰在更低的温度下形成的石头。在开发和利用矿物资源的过程中发现很多具有多面体外形的矿物，如图1-1：立方体的食盐（又称岩盐）、八面体的萤石、六方柱和六方双锥的石英；以及光辉夺目的方铅矿、光彩灿烂的金刚石、黑色的电气石、黄色的黄铁矿、绿色的绿柱石、……等等，它们都有平滑的面。笔直的棱，以及由棱所交成的顶点，它们的外形是规则整齐的，犹如人工精心琢磨的一样，于是晶体这一名词就被广泛地用来称呼具有规则多面体外形的天然矿物。

但是，自然界中具有规则多面体外形的矿物晶体相当少，大量的还是呈不规则外形的，如构成地壳的岩石，其绝大多数矿物不具规则外形。并且，实验证明：若将不规则或者有意磨圆了的晶体颗粒放入其母液中，在适当的条件下，让其自由生长，最终能够生成呈规则多面体外形的晶体，这说明矿物晶体本身具有自发地形成规则多面体外形的能力。所以，仅仅从物体的外形来分辨是否为晶体，是不恰当的，因为它只注意到外表现象而忽视了晶体的本质。

十九世纪末，法国结晶学家A.布拉维在前人研究的基础上，提出了空间格子的理论。他认为组成晶体的物质质点（如分子、原子、离子）之重心是按照空间格子的结点位置而分布的，这种分布具有规律地重复排列的特点。他又进一步运用数学推导，计算出了反映晶体内部构造几何规律的14种空间格子类型。

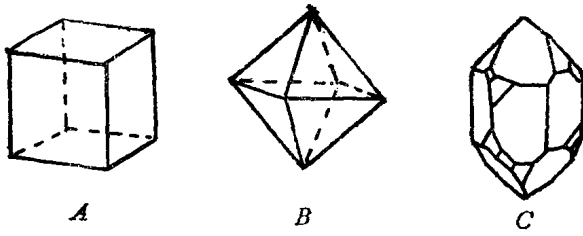


图 1-1 几种晶体的外形
A—石盐NaCl, B—萤石CaF₂, C—石英SiO₂

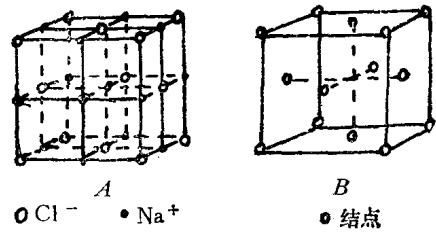


图 1-2 石盐晶体的格子构造 (A)
与空间格子 (B)

二十世纪初, 用X—射线揭开了晶体内部构造的秘密。经X—射线衍射分析证实了布拉维14种空间格子理论的正确性; 一切晶体不论其外形如何, 它的内部质点总是作有规则的排列, 而构成了格子构造。图1-2为石盐 (NaCl) 晶体的格子构造 (A) 和由格子构造所抽象出来的空间格子 (B)。

因此, 晶体的完整而严谨的定义是: 晶体是内部质点作有规律重复排列的固体, 即具格子构造的固体。

由于晶体形成时的物理化学条件的不同, 晶体形成了大与小、规则与不规则的各类晶体形状。人们习惯上, 将具有规则多面体外形的矿物, 如石盐、萤石、水晶、方解石……等等, 统称为结晶体; 而不具规则多面体外形的晶质矿物, 称为晶质体。另外, 按晶体颗粒的大小分为显晶质矿物 (粒径大于0.01mm, 即用肉眼或借助放大镜能辨认的) 和隐晶质矿物 (粒径小于0.01mm)。

如果以晶体的最初概念而论, 晶体确实是分布不广的物体, 但是揭示了晶体本质之后, 可以说, 人类是生活在“晶体的世界”之中, 自然界中广泛分布许许多多各式各样的晶体。

二、非晶质体的定义及特点

非晶质体, 是指那些内部质点 (离子、原子或分子) 不作有规律排列 (即不具格子构造) 的固体。如图1-3所示, 晶体 (A) 的内部质点排列是有规律的, 而非晶质体 (B) 的内部质点排列是无规律的。

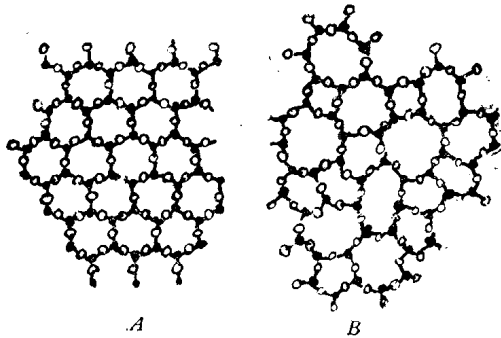


图 1-3 Be₂O₃晶体 (A) 与非晶质体 (B) 的内部质点排列情况

不具格子构造是非晶质体的特点, 也是与晶体的根本区别。

从内部构造角度来看, 非晶质体中质点的排列与液体相同, 所以, 严格地讲非晶质体称为过冷却的液体 (又称硬化了的液体), 例如琥珀、沥青、松香、玻璃等, 其分布和数量都比较少。

由于非晶质体中质点不呈有规律排列, 因而不能自发地形成多面体外形, 又称它是无定形体。

在一定条件下, 某些晶体与非晶质体还可以相互转化。如晶体矿物锆石、褐帘石, 因

放射性蜕变而成非晶质锆石、非晶质褐帘石；又如火山玻璃经漫长的地质年代，可全部或部分转变成晶体。前一种现象称为非晶化，后一种现象称为晶化或脱玻璃化。

将磨圆的水晶和玻璃，各放置在它的母液中，在适宜的物理化学环境下，磨圆的水晶就会自发地长成规则的多面体形状，而玻璃则不能。这就是由于晶体内部构造呈格子状构造所决定的。

第二节 晶体的内部构造——空间格子

一、空间格子的概念

(一) 食盐 (NaCl) 晶体构造

自1912年晶体的 α -射线分析方法出现以来，迄今为止，对数千种晶体（天然的和人工的）进行了实际测定，如图1-4是肉眼不可见的一小点NaCl晶体构造放大图：质点—— Na^+ 离子和 Cl^- 离子之间的最小距离为 2.814\AA ($1\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm}$)，每隔一个异号离子的同种离子之间的距离为 5.628\AA 。离子之间的距离是极其微小的，在长度为 1mm 内，大约有180万个 Na^+ 离子和180万个 Cl^- 离子作周期性重复排列。这些离子在三度空间作有规律的重复而紧密——格子状排列，形成无限多的小立方体，如图1-4中用线条划出的最小立方体，是NaCl晶体构造的基本单位——晶胞（代表晶体性质的最小基本单位）。一个晶胞就能重复出整个晶体构造，晶体可以看作是由无数多的晶胞迭置而成。 1mm^3 的NaCl晶体有 5.6×10^{18} （即56亿 \times 10亿）个小立方体（晶胞）组成。

因此，可以认为质点在三度空间作周期重复排列是无限的，晶胞的迭置是无限的。

通过对许多晶体的研究表明：其它任何成分晶体的构造与NaCl晶体构造相比，只是格子构造中，质点的种类，排列的方式和间隔的距离不同而已，都呈格子状构造。

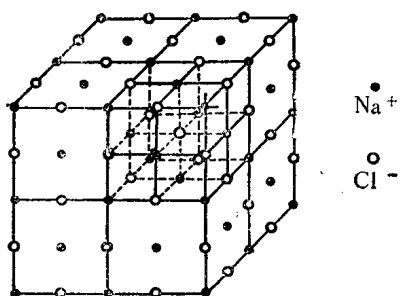


图 1-4 NaCl晶体构造

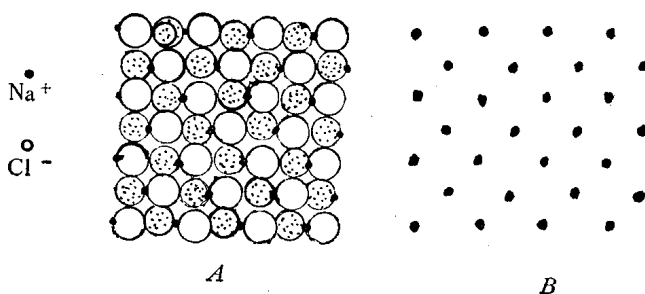


图 1-5 NaCl晶体中相当点的分布(A)（只表示了一个平面）和由它导出的相当点平面(B)

大球— Cl^- ；小球— Na^+ ；黑点—相当点

(二) 空间格子

为了研究晶体构造的规律性，人们利用了一些几何要素——点、线、面，将晶体构造作某种程度的抽象表示：即首先在晶体构造中，选定一个原始的几何点，该点一般是选在某种离子的中心，也可以选在两种离子之间（图1-5）或是其它什么地方都可以，不管选在什么位置，都可以在三度空间的各个方向上找出无限多的性质相同、周围环境也相同的几何点，这些点称为相当点（亦称等同点）。将相当点用直线连接起来，其在平面上的排列即

为平面格子(图1-6中 $ABCD$)；在空间的排列即为空间格子(又称空间点阵)，图1-6是空间格子的一般形式。

相当点在三维空间的分布体现了晶体构造中质点作周期性重复排列的规律性。

因此，空间格子的概念是表示晶体规律性的几何图形，是由相当点在三维空间无限排列而成。

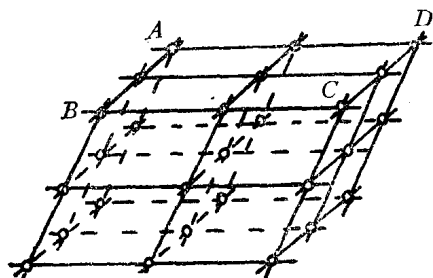


图 1-6 空间格子

必须指出，空间格子与晶体的格子构造，二者可以比拟，但不能直接等同，因为空间格子是借助几何要素所组成的几何图形，是抽象的几何概念，只有纯粹的几何意义；而晶体的格子构造，则是具体的物质所组成的实在东西，并反映了晶体的物理和化学等方面的性质。

二、空间格子要素

空间格子由下面几种要素组成：

(一) 结点：

空间格子中的相当点称为结点。在实际晶体中，占据结点位置的可以是相同的原子、离子或分子。

(二) 行列：

排列在同一直线上的结点称为行列，如图1-7中 $A_0, A_1, A_2, \dots, A_n$ 及 $A_0, B_1, B_2, \dots, B_n$ 。行列上相邻结点间的距离称为结点间距(又称列距)，图1-7中之 a, b 。同一行列上结点间距相等，即 $a = a, b = b, \dots$ 。

(三) 面网：

两组行列组成的平面称为面网，在面网上结点分布于平行四边形的角顶(图1-7中 B, A_0, A_1, A'_1)，面网上单位面积内的结点数目称为网面密度。

面网上的任意两个结点可以决定一个行列；相互平行的行列它们的结点间距相同；不平行的行列，它们的结点间距一般不等。

(四) 单位平行六面体：

为空间格子中的基本单位，由三对平行相等的面网所围成(图1-8)。

简单的单位平行六面体，结点分布在八个角顶上，复杂的单位平行六面体，在面的中心、底的中心、体的中心还有结点分布。

整个空间格子，可以看成是无数个单位平行六面体相互迭置而成，如图1-6。

空间格子中，平行的面网，其网面密度相等；不平行的面网，其网面密度一般不等；相邻的平行面网之间的垂直距离称为面网间距，平行的面网，其面网间距相等；不平行的面网，面网间距一般不等。

在具有几何多面体外形的实际晶体上，其平面称为晶面，晶面相交的直线称为晶棱，晶棱相交的点称为晶顶(或称角顶)。

晶面有大有小，晶棱有长有短，这些都是晶体格子构造在外表形态上的反映，它与空间格子要素存在着对应关系：如图1-9所示，实际晶体上的：1.晶胞——相当空间格子中的单位平行六面体；2.晶面——相当空间格子中的最外层网面密度最大的一层面网(原因

见第四节)；3.晶棱——相当于空间格子中的结点间距小的行列；4.晶顶——相当于空间格子中的结点。

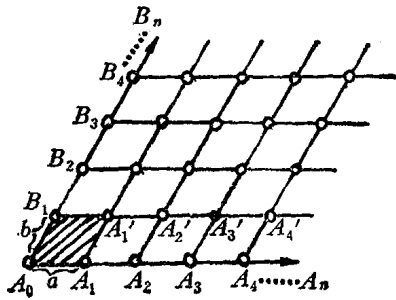


图 1-7 行列与面网

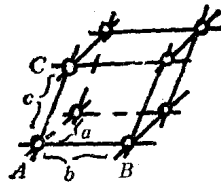


图 1-8 单位平行六面体

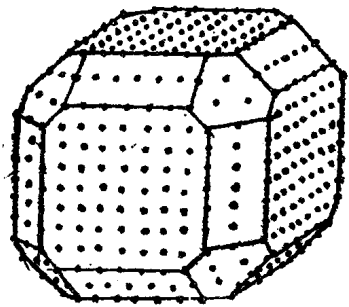


图 1-9 实际晶体上晶面、晶棱、晶顶与空间格子要素的关系示意图

三、空间格子类型

(一) 单位平行六面体参数

如图1-10，单位平行六面体的大小和形状是受三根交棱 a_0 、 b_0 、 c_0 的长短和交角 α 、 β 、 γ 的大小所决定的。上述表征单位平行六面体大小和形状的数据称为单位平行六面体参数。

(二) 单位平行六面体的七种形状

根据对称性，单位平行六面体的形状共有七种（图1-11）与晶体的七个晶系（见第二章第二节）相对应；按对称程度由高至低，顺次为：

1.立方格子：图1-11A，对应于等轴晶系，单位平行六面体为立方体，参数特征为：

$$a_0 = b_0 = c_0, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

2.菱面体格子：图1-11G，对应于三方晶系，单位平行六面体相当于立方格子沿着某一对角线方向拉长或压扁而成，每个面都呈菱形，并规定对角线的拉长或压扁方向为直立位置，参数特征为：

$$a_0 = b_0 \neq c_0, \alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ, 60^\circ, 109^\circ 28' 26'' \text{①}$$

3.四方格子：图1-11B，对应于四方晶系，单位平行六面体为一横切面呈正方形的四方柱体，柱面的交棱规定为 c_0 ，参数特征为：

$$a_0 = b_0 \neq c_0, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$

4.六方格子：图1-11F，对应于六方晶系，单位平行六面体为一底面呈菱形的柱体，底面上两根交棱的夹角分别为 120° 和 60° ，图1-11D的实线条部分；三个菱面体合并成断面为正六边形的六方柱体，柱面交棱规定为 c_0 ，参数特征为：

$$a_0 = b_0 \neq c_0, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$$

5.斜方格子：图1-11C，对应于斜方晶系，单位平行六面体的形状如火柴盒，参数特

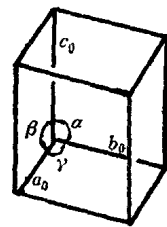


图 1-10 单位平行六面体的参数

① 当 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 时，对称程度提高而变为等轴晶的立方格子；

当 $\alpha = \beta = \gamma = 60^\circ$ 或 $109^\circ 28' 16''$ 时，则可将它们重新划分为等轴晶系的立方面心格子或立方体心格子。

征为:

$$a_0 \neq b_0 \neq c_0, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ,$$

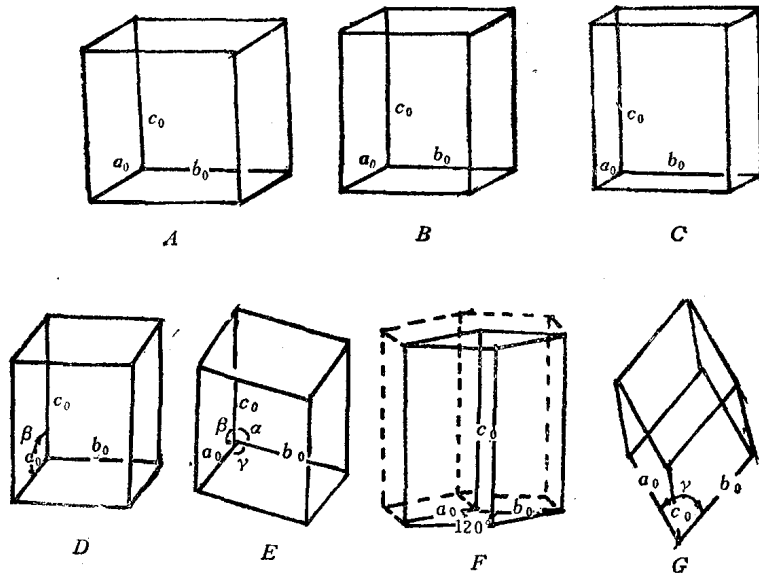


图 1-11 单位平行六面体的七种形状

6. 单斜格子: 图1-11D, 对应于单斜晶系, 单位平行六面体相当于斜方格子沿 c_0 交棱方向拉长或压扁, 两对矩形平面斜交成 β 角, 且都与另一对非矩形平面垂直, 并规定两对矩形平面的交棱为 b_0 , 参数特征为:

$$a_0 \neq b_0 \neq c_0, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$$

7. 三斜格子: 图1-11E, 对应于三斜晶系, 单位平行六面体相当于斜方格子沿对角线方向拉长或压扁, 不等边, 斜的平行六面体, 参数特征为:

$$a_0 \neq b_0 \neq c_0, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$

(三) 单位平行六面体的四种形式

根据结点在单位平行六面体中分布的不同可分为四种形式, 如图1-12。

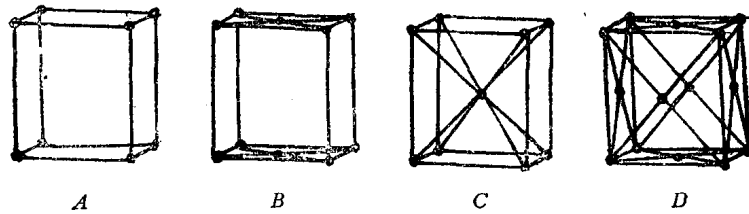


图 1-12 单位平行六面体中结点分布的四种形式

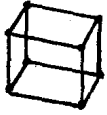

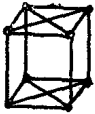
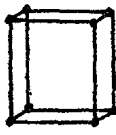
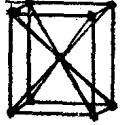
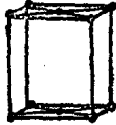
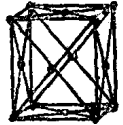

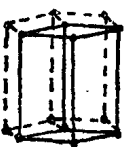
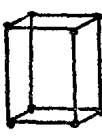
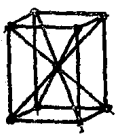
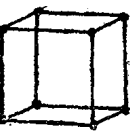
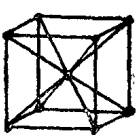
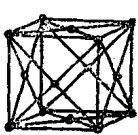
1. 原始格子 (P): 结点只分布在单位平行六面体的八个角顶上 (图1-12A)。

2. 底心格子 (C): 除了角顶上各有一个结点外, 在单位平行六面体的上、下底的中心还有一个结点分布 (图1-12B)。

3. 体心格子 (I): 除了角顶上各有一个结点外, 在单位平行六面体的中心还有一个结点分布 (图1-12C), 常温下金属铁呈体心格子结构。

十四种布拉维格子

表 1-1

所属晶系	单位平行六面体参数特征	原始格子(P)	体心格子(I)	底心格子(C)	面心格子(F)
三斜晶系	$a_0 \neq b_0 \neq c_0$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	 三斜原始格子(Z)			
单斜晶系	$a_0 \neq b_0 \neq c_0$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 90^\circ$	 单斜原始格子(M)		 单斜底心格子(N)	
斜方晶系	$a_0 \neq b_0 \neq c_0$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 斜方原始格子(O)	 斜方体心格子(P)	 斜方底心格子(Q)	 斜方面心格子(S)
三方晶系	$a_0 = b_0 = c_0$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ, 60^\circ$ $109^\circ 28' 16''$	 菱面体格子(R)			
六方晶系	$a_0 = b_0 \neq c_0$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	 六方格子(H)			
四方晶系	$a_0 = b_0 \neq c_0$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 四方原始格子(T)	 四方体心格子(U)		
等轴晶系	$a_0 = b_0 = c_0$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	 立方原始格子(C)	 立方体心格子(B)		 立方面心格子(F)

4. 面心格子 (F): 除了角顶上各有一个结点外, 在单位平行六面体的三对平面中心各有一个结点分布 (图1-12D), 金属铁在1000°C呈面心格子结构, 故铁刀具高温淬火, 保留高温时面心格子结构而坚硬。

(四) 14种布拉维格子

如果既考虑单位平行六面体的七种形状又考虑到结点分布的四种形式, 似应有28种不同类型的格子; 但是去掉其中不符合对称特点的, 只有14种——1885年布拉维首先用数学方法推导得出, 后经x-射线分析所证实, 所以称14种布拉维格子。如表1-1所示。

第三节 晶体的基本性质

由晶体格子构造所决定的、为晶体所共有的性质称为晶体的基本性质, 主要有:

一、自限性 (自形性) 与稳定性

(一) 自限性 (又称自形性)

晶体能自发地形成几何多面体形态的性质称为自限性 (自形性)。

例如将打碎或磨圆的石盐NaCl小块晶体, 放在石盐母液中, 在理想的物理化学条件下, 便自发地生长成立方体的NaCl大晶体, 而不长成其它形状。同样, 在硅酸盐工业中, 可见到方解石呈菱面体、方镁石呈立方体、尖晶石呈八面体 (图1-13) 等等, 这说明: 在理想条件下, 晶体不能长成任意形状, 而只能长成自身晶体构造所决定的形状。

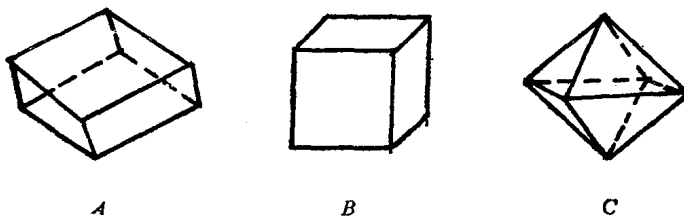


图 1-13 几种晶体形态

A—菱面体方解石 CaCO_3 ; B—立方体方镁石 MgO ; C—八面体尖晶石 $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

非晶质体不具格子构造, 不能自发地长成多面体外形, 所以它是不具有自限性的无定形体。

(二) 稳定性

晶体的稳定性, 是指在一定的热力学条件下相对于同一化学组成的晶体与非晶质体而言, 并从能量观点看, 晶体具有最小内能, 所以具最大稳定性。例如石英晶体加热到1713°C以上生产的石英玻璃, 其玻璃状态就比石英晶体积蓄了大量溶解潜热。

玻璃生产过程中析晶的产生, 从能量观点看, 是玻璃中局部能量得以散失的结果。常温下玻璃析晶, 说明了玻璃有趋于稳定态——结晶态的倾向。

二、均一性与异向性

(一) 均一性

同一晶体在各个不同部位, 具有相同的物理、化学性质称为均一性。如图1-14, 蓝晶石晶体中任取1、2、3几个小块测定它们的化学成分、物理性质, 其结果都是相同的,

这是因为同一晶体内部各处构造都是相同的。人们利用晶体的均一性制做了很多器件，如光学校镜、偏光镜、电光调制器、光存贮器等等；又利用晶体的均一性达到鉴定晶体的目的。

(二) 异向性

在同一晶体的不同方向上物理性质不同称为异向性。如图1-14，蓝晶石晶体 AA' 方向摩氏硬度为4.5，而 BB' 方向摩氏硬度为6。又如方解石、黄铁矿等矿物在受外力打击之后总是沿着一定方向裂开，而另一些方向则不易裂开。这是由于晶体构造中，不同方向上质点的性质和排列方式不同所引起的。

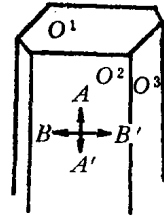


图 1-14 蓝晶石(二硬石) $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ 晶体的均一性与异向性

异向性不仅表现在力学性质方面，在光学、热力学、电学等方面都有表现。

在工业和国防上利用石英、电气石的压电性，单晶硅等半导体材料的单向导电性，都是对晶体异向性的具体应用。

异向性对于鉴定晶体起着重要作用，尤其是光学异向性是鉴别晶体的重要特征。

晶体的均一性和异向性，是一个问题的两个方面。晶体的相同方向上具有相同的性质和不同方向具有不同的性质，说明了晶体性质的方向性特征；晶体的内部构造是均一的，但在均一性的内部构造中，不同方向上构造不同而呈异向性。

三、晶体的对称性

在晶体外形上，常有相同的晶面、晶棱和晶顶重复出现；在相同的晶面上常有方向相同、形状相同的花纹，以及相同方向上有相同的物理性质等，统称为晶体的对称性。这是由于晶体内部质点作有规律重复排列，这种规律本身就具有对称性，因此，对称性是晶体内部构造的反映。

对称性是晶体的一个极其重要的性质，将在后面作专章研究。

四、定熔性

晶体在溶解时具有一定熔点(在常压条件下)的性质称为定熔性。例如石英(SiO_2)的熔点为 $1713^\circ C$ ，硬石膏($CaSO_4$)的熔点为 $1450^\circ C$ ，方镁石(MgO)的熔点为 $2800^\circ C$ 。

晶体的定熔性可用晶体在溶解过程的加热曲线(图1-15 A)说明：晶体在加热溶解过程中出现了温度保持不变的停顿阶段(图中BC段)称为晶体的熔点(T_m)。这是由于晶体的格子构造各个部分相同，要破坏各处的构造时，必然需要相同的热能，即相同的温度，故有一定的熔点。

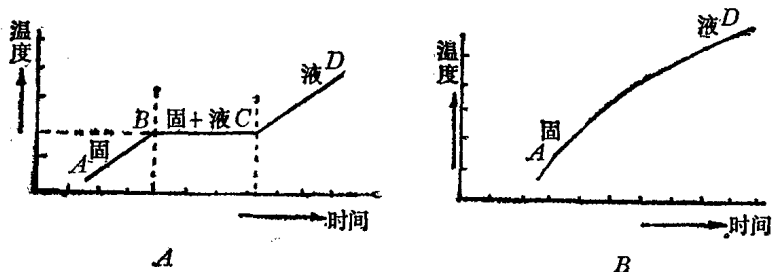


图 1-15 晶体与非晶质体的加热曲线
A—晶体的加热曲线；B—非晶质体的加热曲线

非晶质体的加热曲线与晶体完全不同，整个加热过程中，温度始终逐渐升高，没有停顿阶段，直至熔解，表明非晶质体在熔解时没有一定的熔点，如图1-15 B。

五、面角恒等

人们通过对石英、磁铁矿、冰洲石……等大量晶体的观察、测量发现：相同成分的晶体，尽管大小、形态各异，但它们相对应的晶面夹角相等，这是个普遍规律。如图1-16，是石英(SiO_2)晶体的几种不同外形，测量其相对应的晶面夹角相等，即 $a \wedge b = 141^\circ 47'$ 、 $a \wedge c = 113^\circ 08'$ 、 $b \wedge c = 120^\circ$ 。

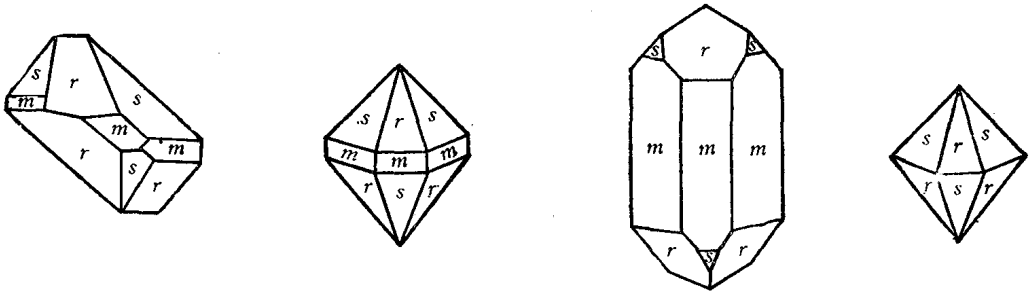


图 1-16 石英 SiO_2 晶体的几种外形

所谓面角，是指晶面法线的夹角，它与晶面夹角互为补角。应用上，通常不用晶面夹角而用面角。

后来发现了同质多象体（如硅线石、蓝晶石和红柱石 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）以及同种晶体在不同温度、压力条件下形成，其对应晶面夹角之角度稍有不同程度的变化。所以，面角恒等定律是：在相同的温度、压力条件下，成分和构造相同的所有晶体，其对应晶面间的面角恒等。

面角恒等是晶体格子构造的外部反映，是晶体性质之一。面角恒等定律的发现，对于实际晶体的研究具有重要意义。测量晶面夹角的工作是研究晶体几何外形的重要任务之一，并且奠定了几何结晶学的发展基础。

第四节 晶体的形成

自然界和工业、农业及日常生活中，时刻都在进行着晶体的发生和成长、熔解和破坏的运动。

水泥工业将原料粉磨、煅烧——破坏原料晶体、生长出新的晶体（水泥熟料）；玻璃工业将原料粉碎、熔融——破坏原料晶体，并且迅速冷却制成玻璃。研究晶体的形成对硅酸盐工业有重要意义。

一、晶体的形成方式

大多数物质都能在一定条件下形成晶体。根据物质的存在状态，将晶体的形成方式分为三种：

（一）由液体转变为晶体

由液体中结晶析出晶体，是晶体形成的最普遍方式，可分为两种情况：