



普通高等教育地质矿产类规划教材

结晶学

及

矿物学

上册 (第三版)

潘兆橧 主编

地质出版社

124386
P57
017(3)

普通高等教育地质矿产类规划教材

(SY31/34) SY31/08
结 晶 学 及 矿 物 学

上 册

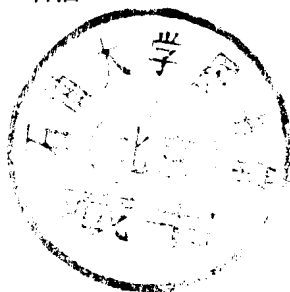
(第 三 版)

中国地质大学 潘兆橹主编

潘兆橹 赵爱醒 潘铁虹 编



石油0117261



地 质 出 版 社

• 北 京 •

内 容 提 要

本教材在1984版第二版规划教材的基础上进行了必要的删简、补充和调整。在上册删简了矿物简易化学试验等内容,调整了X射线分析等章节,增加了准晶和配位场、分子轨道、能带等理论知识及晶格缺陷等内容;在下册加强了某些重点矿物近年来研究的新进展和矿物的开发应用;使之更适用于当前教学并正确地反映了矿物学发展的现状。

本教材分上、下两册;上册包括结晶学基础和矿物通论;下册包括矿物各论和矿物的共生组合。

本教材供地质矿产勘查、地质学等专业教学用,约120学时。

* * *

本书由地质矿产部结晶学及矿物学课程教学指导委员会副主任戈定夷主审,同意作为普通高等教育地质矿产类规划教材出版。

* * *

图书在版编目(CIP)数据

结晶学及矿物学 上册/潘兆橐编. —3版. —北京:地质出版社,1998.8 重印普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-01333-4

I. 结… II. 潘… III. ①结晶-高等教育-教材②矿物学-高等教育-教材 N. P57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 16214 号

地质出版社出版

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:杨洪钧

*

河北香河印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:15.125 插页:2 页 字数:354000

1993 年 10 月北京第 3 版·1998 年 8 月河北第二次印刷

印数:4001—9000 册 定价:11.60 元

ISBN 7-116-01333-4

P·1103

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

本书第一版出版于1979年。第二版上下册分别于1984年11月和1985年5月出版，距今已有八年之久。为了适应学科发展和教学改革的进程，编写新的第三版势在必行。

本版以1988年地质矿产部矿物学课程教学指导委员会制定的“教学基本要求”为主要依据，并参考了近年教学实践经验进行编写。

为了适应国内各校多年来固有的教学安排，本版在体系上与上版比较未做大的变动，但对章节进行了增删和调整。

在编写内容上注意到与当前学科的发展和教学新要求相适应。如在上册中增加了准晶的概念；加强了晶体结构微观研究内容和矿物物理基础。在下册的矿物各论中，对某些重点矿物种增补了当前研究新进展的介绍；加强了标型特征和矿物开发应用的阐述，使之与现代矿物学分支成因矿物学和应用矿物学更好地接轨。

为适应在教学计划中学时的减少，在字数方面适当作了缩减，并注意了文图的易读性。

本书上册第一部分第一章至第七章；下册第二部分的第七章和第十一章的硅酸盐概述、第三亚类层状结构硅酸盐，由潘兆樵执笔。上册第二部分第一章至第六章；下册第八章、第九章、第十一章第四亚类架状结构硅酸盐、第十二章第三类和第四类、第十三章；由赵爱醒执笔。上册第一部分第八、九章；下册第十章，第十一章第一、二亚类岛状、链状结构硅酸盐，第十二章第二、五、六、七类；由潘铁虹执笔。全书由潘兆樵统稿，赵爱醒负责编写的组织工作并整理了全书的图件。中国地质大学（武汉）绘图室方敏等同志清绘了部分图件，矿物教研室、教材科给予了热情的支持，地质出版社教材室主任杨洪钧同志给予了深切的关怀与帮助，成都理工学院戈定夷教授审阅了书稿，于此一并致谢。

编 者

1993年5月

第一版（试用教材）前言

本教材系根据国家地质总局 1977 年 9 月召开的地质教材会议的决定编写的，供高等院校地质、勘探专业结晶学及矿物学课程使用；总学时数为 150 学时。

由于目前尚无统一的教学大纲，在编写前我们草拟了编写提纲寄有关兄弟院校，征求了宝贵的意见。

本教材以北京地质学院（现武汉地质学院）矿物教研室历年编写的结晶学及矿物学为主要蓝本，其中矿物各论部分系根据我室所编“系统矿物学”一书的初稿缩编而成。在编写过程中还参阅了部分兄弟院校的教材和近年来出版的有关图书资料。

本教材共分上、下两册。上册包括第一部分结晶学基础和第二部分矿物学：第一篇矿物通论；下册为第二部分第二篇矿物各论。

本教材由我室结晶学及矿物学教材编写小组负责编写。结晶学基础、矿物的分类及命名及硅酸盐概述由潘兆樵执笔；矿物学绪论、矿物的化学成分、矿物的物理性质、矿物的鉴定法和研究法、矿物鉴定简表、矿物名称索引和架状硅酸盐由邵洁涟执笔；矿物的形态、矿物的成因和链状硅酸盐由陈升平执笔；其余全部矿物各论由赵爱醒执笔。陈代璋负责拍摄照片；周春荣、唐远清负责图件的清绘；刘淑贞、朱宝华参加了图件的植字工作；在编写过程中教研室的同志们特别是“系统矿物学”编写小组给予了大力支持和协助。初稿完成后由潘兆樵、邵洁涟进行了统一修改定稿。但由于交稿时间十分仓促，且限于编者水平，内容错误不当之处在所难免，希望使用本教材的同志们提出宝贵的意见，以便修订时改正。

武汉地质学院矿物教研室

1978 年 8 月

第二版前言

本教材系根据 1980 年地质部地质基础课教材编审委员会会议的决定而修编的，供高等院校地质、勘探等专业结晶学及矿物学课程使用；总学时数为 140—150 学时。

本教材是在 1979 年版的基础上修编的。在修编前曾草拟修编大纲征求有关兄弟院校的意见。初稿完成后送成都地院戈定一主审，并在地质矿产部矿物学教材编审委员会 1982 年 12 月第三次会议上进行了认真的审阅和讨论。又于 1983 年 8 月在北京由成都地院戈定一、河北地院邵克忠、匡瑞亭、桂林地院邓经石等同志组成的复审小组作了细致的审定。

本教材共分上、下两册。上册包括第一部分结晶学基础和第二部分矿物学第一篇矿物通论。下册为第二部分矿物学第二篇矿物各论。

本教材由我室潘兆樵教授主编。在修编过程中，邵洁涟副教授曾做了部分组织工作。结晶学基础（晶体的形成一章除外）、矿物的分类及命名、硅酸盐通论由潘兆樵执笔；晶体的形成、石英族、似长石由王文魁执笔；矿物学绪论由王根元执笔；矿物的形态、矿物的物理性质、矿物的鉴定法和研究法由邵洁涟执笔；矿物的化学成分、岛状及层状结构硅酸盐、长石族、硼酸盐、磷酸盐、砷酸盐、钒酸盐、硫酸盐、硝酸盐、卤化物由叶振寰执笔；矿物的成因、氧化物和氢氧化物、辉石族、碳酸盐、钨酸盐、钼酸盐、矿物的共生组合由王顺金执笔；角闪石族由陈升平执笔；自然元素、硫化物及其类似化合物由赵爱醒执笔。图件清绘由我院绘图室王润斋、彭泥泥、吴继红、林露西、方敏及我院研究生部绘图室的同志们承担。邵郊居、陈代璋担负了个别照相工作。在修编过程中教研室的同志们曾大力支持，做了不少工作。修编稿完成后由主编潘兆樵统一修改定稿，赵爱醒担任了图件的统一整理工作。由于时间紧迫，且限于编者水平，内容错误或不当之处在所难免，衷心希望使用本教材的同志们提出宝贵的意见，以便修订时改正。

武汉地质学院矿物教研室

1984 年 2 月

目 录

第一部分 结晶学基础

第一章 绪论	(3)
一、晶体、非晶质体与准晶体.....	(3)
二、空间格子.....	(4)
三、晶体的基本性质.....	(6)
四、结晶学的主要研究内容.....	(8)
第二章 晶体的形成	(10)
一、晶体形成的方式.....	(10)
二、晶核的形成.....	(11)
三、晶体的生长.....	(11)
四、晶面的发育.....	(13)
五、影响晶体生长的外部因素.....	(15)
六、晶体的溶解与再生.....	(16)
七、人工合成晶体.....	(17)
第三章 晶体的测量与投影	(19)
一、面角守恒定律.....	(19)
二、晶体测量.....	(19)
三、晶体的投影.....	(22)
第四章 晶体的对称	(27)
一、对称的概念.....	(27)
二、晶体对称的特点.....	(27)
三、对称操作和对称要素.....	(28)
四、对称要素的组合.....	(34)
五、对称型及其推导.....	(35)
六、晶体的分类.....	(38)
七、五次对称轴、二十面体与准晶.....	(51)
第五章 晶体定向、晶面符号与晶带	(54)
一、晶体定向.....	(54)
二、晶面符号.....	(56)
三、晶棱符号、晶带与晶带定律.....	(58)
第六章 单形和聚形	(61)
一、单形.....	(61)
二、聚形.....	(73)

三、各晶系晶体定向及单形分述·····	(74)
第七章 晶体的规则连生 ·····	(84)
一、平行连生·····	(84)
二、双晶·····	(85)
三、浮生·····	(93)
四、晶体规则连生的微观研究·····	(94)
第八章 晶体结构的几何理论及晶格缺陷 ·····	(95)
一、十四种空间格子·····	(95)
二、空间格子中行列和面网的符号和点的坐标·····	(99)
三、晶体内部结构的对称要素·····	(101)
四、空间群·····	(102)
五、等效点系·····	(105)
六、晶格缺陷·····	(112)
第九章 晶体化学 ·····	(120)
一、原子和离子半径·····	(120)
二、紧密堆积原理·····	(121)
三、配位数和配位多面体·····	(125)
四、键型与晶格类型·····	(128)
五、晶体场理论·····	(133)
六、配位场理论及分子轨道理论·····	(141)
七、能带理论简介·····	(147)
八、晶体结构类型及典型结构·····	(150)
九、类质同像·····	(152)
十、型变(晶变)现象·····	(156)
十一、同质多像·····	(156)
十二、多型·····	(158)
十三、晶体结构的有序—无序·····	(160)

第二部分 矿 物 学

第一篇 矿物通论

第一章 绪论 ·····	(165)
一、矿物和矿物学的概念·····	(165)
二、矿物学发展简史·····	(166)
三、矿物学与其它学科的关系·····	(167)
第二章 矿物的化学成分 ·····	(169)
一、地壳的化学成分·····	(169)
二、元素的离子类型·····	(171)
三、矿物化学成分的变化·····	(172)
四、胶体矿物的成分·····	(173)

五、矿物中的水·····	(175)
六、矿物的化学式及其计算·····	(176)
七、矿物组分在三角图上的表示方法·····	(179)
第三章 矿物的形态 ·····	(181)
一、矿物的单体形态·····	(181)
二、矿物的集合体形态·····	(187)
第四章 矿物的物理性质 ·····	(191)
一、矿物的光学性质·····	(191)
二、矿物的力学性质·····	(198)
三、矿物的密度和相对密度·····	(204)
四、矿物的磁性·····	(206)
五、矿物的电学性质·····	(207)
六、矿物的放射性·····	(208)
第五章 矿物的成因 ·····	(210)
一、形成矿物的地质作用·····	(210)
二、矿物的标型特征和标型矿物·····	(215)
三、矿物的生成顺序和世代；矿物的组合、共生和伴生·····	(216)
四、矿物的变化·····	(218)
第六章 矿物的分析测试方法 ·····	(219)
一、矿物样品的采集及分选·····	(219)
二、化学分析·····	(220)
三、光谱类分析·····	(220)
四、电子探针分析·····	(222)
五、电子显微镜观测·····	(224)
六、X射线分析·····	(225)
七、穆斯堡尔谱·····	(230)
八、相衬显微镜观测·····	(230)
九、热分析法·····	(232)

第一部分

结晶学基础

第一章 绪 论

自然界的矿物一般都是天然晶体。研究矿物将涉及晶体许多固有的特性和结晶学法则与定律。因此，学习矿物学必须具备结晶学的基础。

本章将首先对晶体及结晶学作概略介绍。

一、晶体、非晶质体与准晶体

在古代，无论中外，都把具有几何多面体形态的水晶（石英 SiO_2 图 I—1—1 a）称为晶体。后来，这一名称推广了，凡是天然具有（非人工琢磨而成）几何多面体形态的固体，例如图 I—1—1 所示的石盐、方解石和磁铁矿等，都称为晶体。显然，这种认识还并不全面。例如，同样是一种物质石英，它既可以呈多面体形态的水晶而存在，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，从本质上来说是一样的。由此可见，自发形成几何多面体形态，只是晶体在一定条件下的一种外在表现。晶体的本质必须从它的内部去寻找。

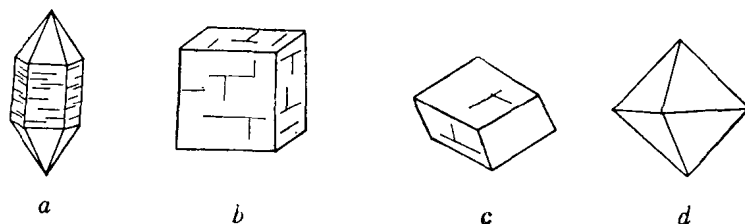


图 I—1—1 石英 SiO_2 (a)、石盐 NaCl (b)、方解石 CaCO_3 (c) 和磁铁矿 Fe_3O_4 (d) 晶体

近代应用 X 射线分析，揭示了大量晶体的内部结构。现已证明，一切晶体，不论其外形如何，它的内部质点（原子、离子或分子）都是作规律排列的。这种规律表现为质点在三维空间作周期性的平移重复，从而构成了所谓的格子构造（这一点将在下节详述）。因此，按照现代的概念，凡是质点作规律排列具有格子构造的物质即称为结晶质，结晶质在空间的有限部分即为晶体。由此，我们可以对晶体作出如下定义：晶体是具有格子构造的固体。

与上述情况相反，有些状似固体的物质如玻璃、琥珀、松香等，它们的内部质点不作规则排列，不具格子构造，称为非晶质或非晶质体。从内部结构的角度来看，非晶质体中质点的分布颇类似于液体。非晶质体与晶体的结构的不同点，图解式地示意图 I—1—2。从图中可以看出，在晶体（图 I—1—2 a）中一种质点（黑点）周围的另一种质点（小圆圈）的排列是一样的，即每个黑点都被分布于三角形顶点的三个圆圈所围绕，而每个圆圈均居于以两个黑点为端点的直线的中央，这种规律叫做近程规律或短程有序。不得如此，还可以看出，每种质点（黑点或圆圈）在整个图形中各自都呈现规律的周期性重复。把周期重复的点用直线联结起来，可获得平行四边形网格。可以想像，在三维空间，这种网格

将构成空间格子（参看图 I—1—4）。这种在图形中贯彻始终的规律称为远程规律或长程有序。但在非晶质体如玻璃体（图 I—1—2 b）中，质点虽然可以是近程有序的（每一黑点为三个圆圈围绕），但不存在长程有序。在气体中则既不存在长程有序，也不存在近程有序。

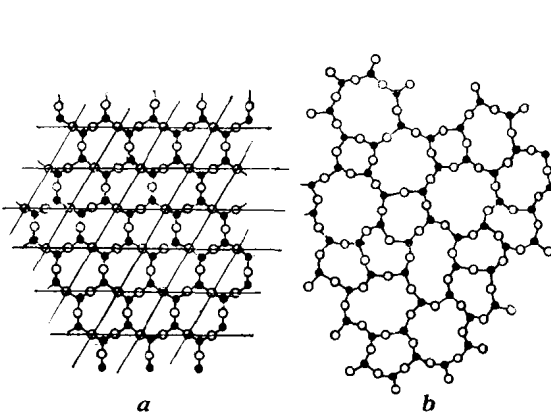


图 I—1—2 晶体（a）与非晶质体（b）结构示意图

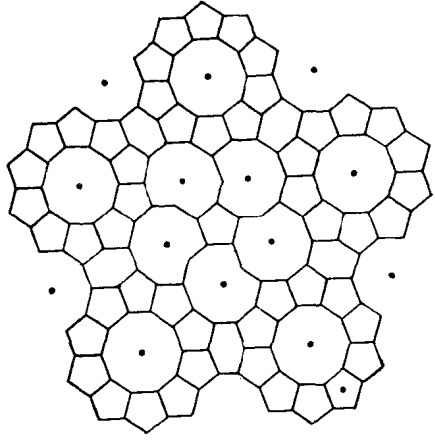


图 I—1—3 具五次对称轴定向长程有序但无重复周期的图形

1985 年在电子显微镜研究中，发现了一种新的物态，其内部结构的具体形式虽然仍在探索之中，但从其对称性（见第四章）可知，其质点的排列应是长程有序，但不体现周期重复，即不存在格子构造，人们把它称为准晶体。图 I—1—3 绘出一种长程有序但不具周期重复的几何图形。

综上所述，可知根据质点排列的是否长程有序和是否存在周期重复（格子构造）可以把晶体、非晶质体和准晶体区别开来。还应指出的是在自然界还存在一些呈胶凝体状态的矿物，虽然其微粒通常是结晶质的，但由于颗粒太细，在一般显微镜下不易区分，而颗粒间又呈不规则排列，因此，它不具有规则的外形，在 X 射线衍射、光学性质等一系列性质上的表现也与非晶质类似。胶体状态不稳定，可逐渐向显微镜下可以辨识的隐晶质乃至显晶质转化，如玻璃的脱玻化。

由上述对晶体本质的认识，可知晶体并不罕见，其分布是十分广泛的。自然界的矿物、岩石以及砂粒与土壤，实验室的多种药品与试剂，建筑用的钢材，日用陶瓷，以至食用的糖和盐都是晶体。各类晶体形态复杂多样，大小悬殊。例如有的矿物晶体可重达百吨，直径数十米；有的则需要借助显微镜，甚至电子显微镜或 X 射线分析方能识别。

二、空间格子

晶体的本质在于内部质点在三维空间作平移周期重复。空间格子是表示这种重复规律的几何图形。

兹以氯化铯（CsCl）的晶体结构（图 I—1—4）为例。在图 I—1—4 a 中，双圈与黑点分别表示 Cl^- 和 Cs^+ 离子的中心。可以看出，无论 Cl^- 离子或 Cs^+ 离子在晶体结构的任

一方向上都是每隔一定的距离重复出现一次。为了进一步揭示这种重复规律，我们可以对它作某种抽象。先在结构中选出任一几何点，这个点取在 Cl^- 离子中心或 Cs^+ 离子中心，或者取它们之间的任意一点都可以，然后在结构中找出与此点相当的几何点(相当点)。相当点的条件是：如果原始的几何点是取在质点的中心，则相当点所占的质点的种类应是相同的，也就是占据同种质点的中心；其次是这些质点周围的环境以及方位应是相同的，也就是说这些质点周围相同的方向上要有相同的质点。在氯化铯 CsCl 的晶体结构中，若原始点选在 Cl^- 离子的中心，则相当点的分布如图 I—1—4 b；显然，如果把原始点选在 Cs^+ 离子中心或其他任何地方，找出的相当点的分布也同样如图 I—1—4 b 所示。

由此可见，相当点的分布可以体现晶体结构中所有质点的平移重复规律。连结三维空间的相当点，即获得空间格子，其一般形式如图 I—1—5 所示。为了研究晶体内部质点的重复规律而不受晶体大小的限制，我们设想空间格子为无限图形。

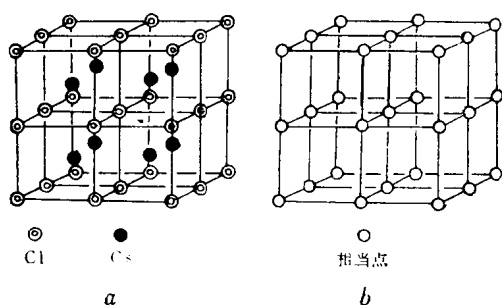


图 I—1—4 氯化铯的晶体结构 (a) 与空间格子 (b)

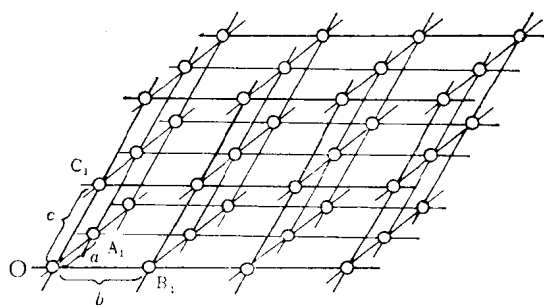


图 I—1—5 空间格子

空间格子有如下几种要素：

1. 结点

结点是空间格子中的点，它们代表晶体结构中的相当点。在实际晶体中，在结点的位置上可为同种质点所占据。但就结点本身而言，它们并不代表任何质点，它们只有几何意义，为几何点。

2. 行列

结点在直线上的排列即构成行列 (图 I—1—6)。空间格子中任意两个结点联结起来就是一条行列的方向。行列中相邻结点间的距离称为该行列的结点间距 (如图 I—1—6 中的 a)。在同一行列中结点间距是相等的，在平行的行列上结点间距也是相等的，不同方向的行列，其结点间距一般是不等的，某些方向的行列上结点分布较密，而另一些则较稀 (参看图 I—1—5)。

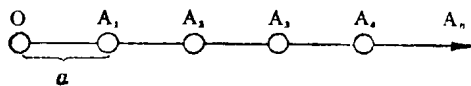


图 I—1—6 空间格子的行列

3. 面网

结点在平面上的分布即构成面网 (图 I—1—7)。空间格子中不在同一行列上的任意三个结点就可以决定一个面网的方向，换句话说，也就是任意两个相交的行列就可决定一个面网。面网上单位面积内结点的密度称为网面密度。相互平行的面网，网面密度相同，

互不平行的面网，网面密度一般不同。

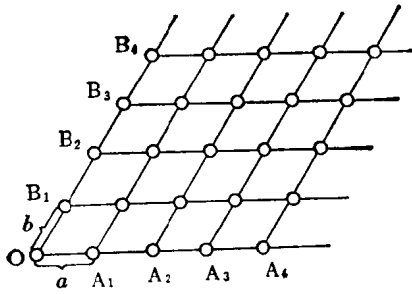


图 I-1-7 空间格子的面网

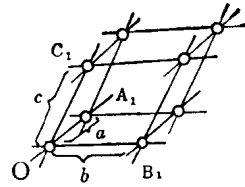


图 I-1-8 平行六面体
(与图 I-1-5 参照)

4. 平行六面体

从三维空间来看，空间格子可以划出一个最小重复单位，那就是平行六面体（图 I-1-8）。它由六个两两平行而且相等的面组成。实际晶体结构中所划分出的这样的 相应的单位，称为晶胞。整个晶体结构可视为晶胞在三维空间平行地、毫无间隙地重复累叠。晶胞的形状与大小，则取决于它的三个彼此相交的棱的长度（图 I-1-8 中的 a 、 b 、 c ）和它们之间的夹角（详见第七章）。

三、晶体的基本性质

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

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的性质。由图 I-1-1 可以看出晶体为平的晶面所包围，晶面相交成直的晶棱，晶棱会聚成尖的角顶。

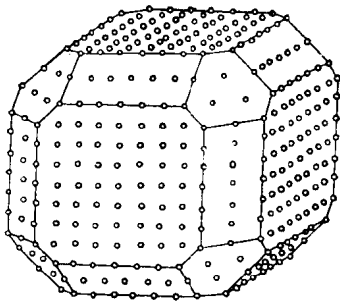


图 I-1-9 晶面、晶棱、角顶与面网、行列、结点的关系的示意图

晶体的多面体形态，是其格子构造在外形上的直接反映。晶面、晶棱与角顶分别与格子构造中的面网、行列及结点相对应，它们之间的关系示意地表示于图 I-1-9。

晶体多面体形态受格子构造制约，它服从于一定的结晶学规律。

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。

但必须指出的是，非晶质体，也具有其均一性。如玻璃的不同部分折射率、膨胀系数、导热率等等都是相同的。但是如前所述，由于非晶质的质点排列不具有远程规律，即不具有格子构造，所以其均一性，是统计的、平均近似的均一，称为统计均一性；而晶体

的均一性是取决于其格子构造的，称为结晶均一性。两者有本质的差别，不能混为一谈。液体和气体也具有统计均一性。

3. 异向性 (各向异性)

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 I—1—10），平行晶体延长的方向（图 I—1—10 中的 AA）可用小刀刻动，而垂直于晶体延长的方向（图 I—1—10 中的 BB）则小刀不能刻动。又如云母、方解石等矿物晶体，具有完好的解理，受力后可沿晶体一定的方向，裂开成光滑的平面。在矿物晶体的力学、光学、热学、电学等性质中，都有明显的异向性的体现，这些将在矿物的物理性质一章中叙述。此外，如晶体的多面体形态，也是其异向性的一种表现。

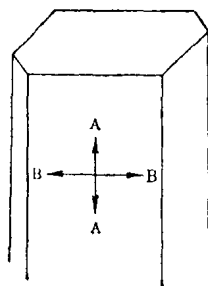


图 I—1—10 蓝晶石晶体的硬度 AA 与 BB 方向硬度不同

非晶质体一般是具等向性的，其性质不因方向而有所差别。

4. 对称性

晶体具异向性，但这并不排斥在某些特定的方向上具有相同的性质。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重复规律的体现。对称性是晶体极重要的性质，是晶体分类的基础，我们将以专门的章节加以讨论。

5. 最小内能

在相同的热力学条件下晶体与同种物质的非晶质体、液体、气体相比较，其内能最小。所谓内能，包括质点的动能与势能（位能）。动能与物体所处的热力学条件有关，温度越高，质点的热运动越强，动能也就越大，因此它不能直接用来比较物体间内能的大小。可能用来比较内能大小的只有势能，势能取决于质点间的距离与排列。

晶体是具有格子构造的固体，其内部质点是作有规律的排列的，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。实验证明，当物体由气态、液态、非晶质状态过渡到结晶状态时，都有热能的析出；相反，晶格的破坏也必然伴随着吸热效应。

现在我们把晶体的加热曲线（图 I—1—11）和非晶质的加热曲线（图 I—1—12）对比如下。

当晶体加热时，起初温度是随着时间逐渐上升的。当达到某一温度，晶体开始熔解，同时温度的上升停顿了，此时所加的热量，用于破坏晶体的格子构造。直到晶体完全熔解，温度才开始继续上升。在温度停顿的时间内，晶体吸收了一定的热量而使自己转变为液体，这些热量称为熔解潜热。由于晶体的格子构造中各个部分的质点是按同一方式排列的，破坏晶体各个部分需要同样的温度。因此，晶体具有一定的熔点。

非晶质则与之不同，由于它们不具有格子构造，所以它们没有一定的熔点。例如，将

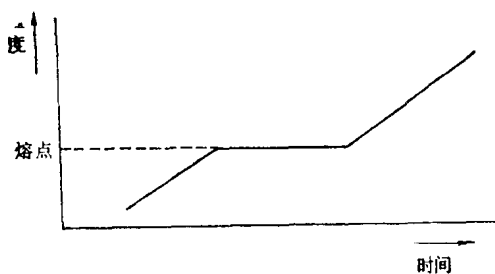


图 I-1-11 晶体的加热曲线

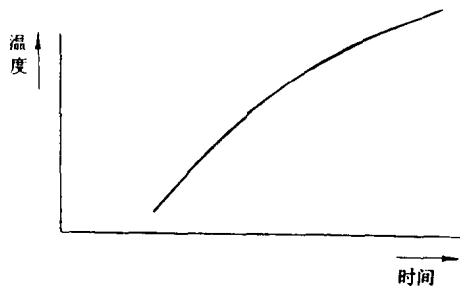


图 I-1-12 非晶质体的加热曲线

玻璃加热时，它首先变软，逐渐变为粘稠的熔体，最后变为真正的液体。在这一过程中没有温度的停顿，其加热曲线为一光滑的曲线。

6. 稳定性

晶体由于有最小内能，因而结晶状态是一个相对稳定的状态。这就是晶体的稳定性。这一点可以由晶体与气体、液体中质点的运动状态的不同来说明。

在气体中，质点作直线的前进运动，质点运动的方向只有与其它质点相碰撞时才改变。因此，气体有扩散的性质，趋向于占有最大的体积。

在液体中，质点联系比在气体中紧密，质点运动时彼此不分离。质点的运动存在双重性，即质点一方面振动，同时质点的位置也在相对的移动。因此，液体可以流动，液体的形态决定于容器的形态。

晶体是具有格子构造的，质点只在其平衡的位置上振动，而不脱离其平衡位置。因此晶体是一个相对稳定的体系，结晶状态是一个相对稳定的状态，要使其向液态或气态转化，必须从外界传入能量。正是由于晶体具备了稳定性，才能使其格子构造以及其规律的几何外形得以保持。

固态非晶质体从质点运动的角度来看类似晶体，或把它视为粘度极大的液体。质点处于振动状态，质点的相对移动极为困难，但时间长了这种运动仍可以显现出来，在温度较高时，这种运动更较显著。因此非晶质体相对于晶体而言是不稳定的，有自发地向晶体转变的趋向。

四、结晶学的主要内容

结晶学是研究晶体的生长、形貌、内部结构及其物理性质的科学。它大体包括如下分支。

(1) 晶体生长学 研究晶体发生、成长的机理和晶体的人工合成。它是材料科学的一个重要研究内容。随着现代科学技术对特殊晶体材料的迫切需要，晶体生长的理论和实验研究在迅速发展。它还与实验矿物学密切相关。

(2) 几何结晶学 研究晶体外形的几何规律。它是结晶学的古典部分，也是基础部分。几何结晶学的基本规律，在矿物学中得到了广泛的应用。

(3) 晶体结构学和晶体化学 晶体结构学研究晶体结构的几何规律、结构型式和构造的缺陷；晶体化学则主要是研究晶体的化学成分和晶体结构的关系，并进而探讨成分、