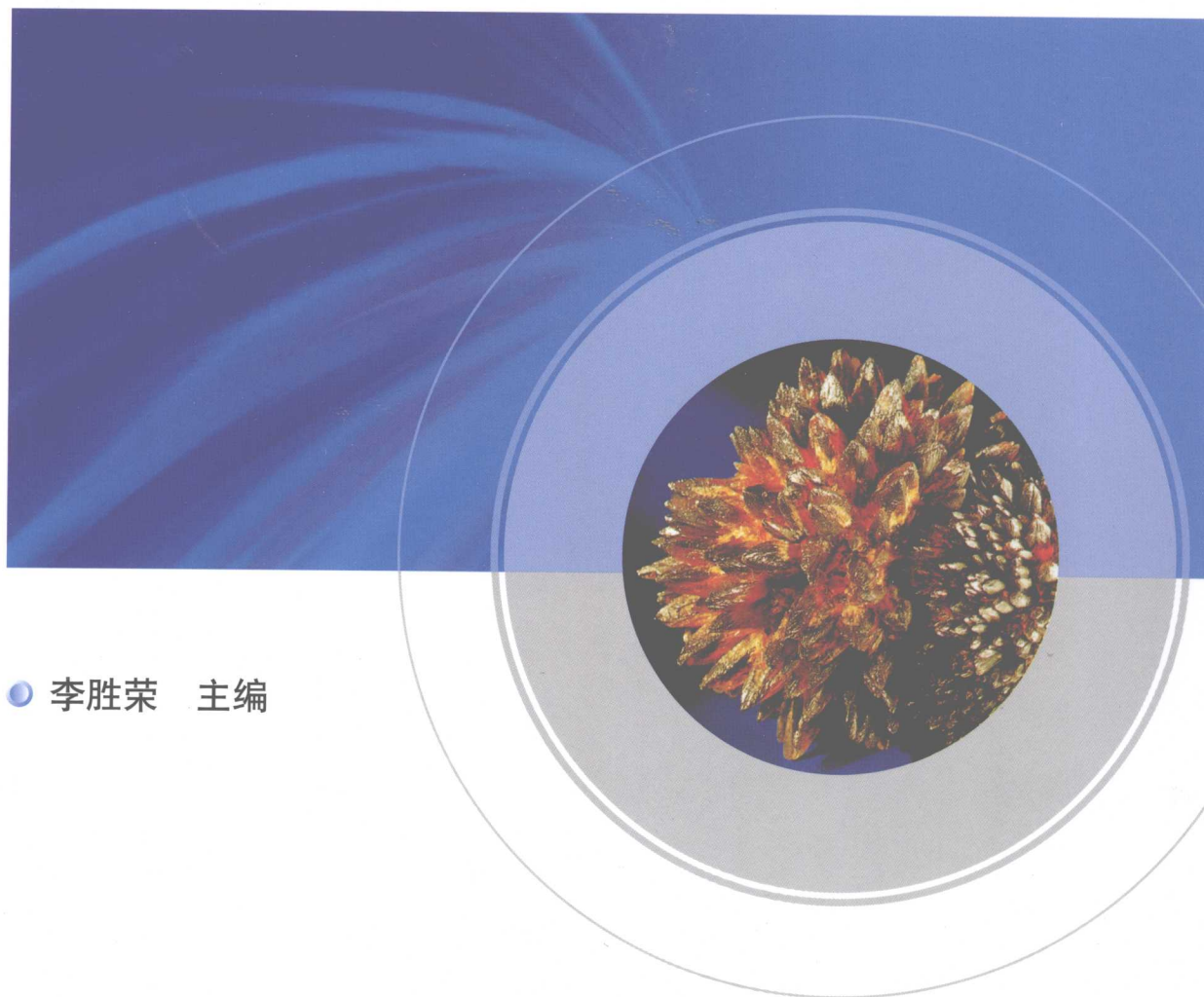




普通高等教育“十一五”国家级规划教材

JIEJINGXUE YU KUANGWUXUE

结晶学与矿物学



● 李胜荣 主编

地质出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

结晶学与矿物学

李胜荣 许虹 申俊峰 李国武 等编著

地质出版社

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是在中国地质大学潘兆橹教授1993年主编的普通高等教育地质矿产类规划教材《结晶学及矿物学》基础上,结合当前国内外本学科发展的现状和教学改革的需要编写而成的。本书在重视基础理论、基础知识和基本技能及教材系统性的前提下,尽可能地反映了现代矿物学向地球深部和宇宙空间拓展的前沿成果,突出表现了矿物晶体化学特别是晶体结构对矿物晶体属性的约束,并通过“概要”、“思考题”、“矿物加工利用技术”和“附录”为读者提供了掌握主干内容和扩展知识的便捷途径,是一套既适合课堂教学又可供科研参考的创新性明显的教科书。

图书在版编目(CIP)数据

结晶学与矿物学/李胜荣主编. —北京:地质出版社,
2008.5

ISBN 978-7-116-05679-4

I. 结… II. 李… III. ①结晶学-高等学校-教材②矿物学-高等学校-教材 IV. 07 P57

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第059656号

责任编辑:王璞 陈磊

责任校对:田建茹 郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324572(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zhs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地质印刷厂

开 本:787 mm × 1092 mm $1/_{16}$

印 张:22.5

字 数:617千字

印 数:1—5000册

版 次:2008年5月北京第1版·第1次印刷

定 价:31.80元

书 号:ISBN 978-7-116-05679-4

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

长期以来,中国地质大学和其他许多含地质学类专业院系的“结晶学与矿物学”课程均以潘兆榘教授1993年主编的《结晶学及矿物学》(上、下册)(第三版)为教材。该教材出版以来,不但在教学中发挥了重要作用,而且也成为地学研究的主要参考书,得到有关教学单位和使用者的普遍好评。

近年来,考虑到教学改革的实际需要和学科发展的实际情况,我们在“结晶学与矿物学”课程教学中进行了一系列改革,已取得明显成效,为修编《结晶学及矿物学》教材奠定了基础。

国内现行的矿物学教材有两类,一类适用于150学时左右,以潘兆榘教授1993年主编的《结晶学及矿物学》为代表;另一类适用于60学时左右,以戈定夷教授等1989年编著的《矿物学简明教程》为代表。两类教材的基本体系无明显差异,是我国长期以来所熟悉的体系框架。1998年,罗谷风教授主编了《基础结晶学与矿物学》,在结晶学部分使纵横双向的逻辑关系有机结合起来,形成了很有特色的新体系;在矿物学部分,对矿物描述做了大幅度精简。

国外的相关教材或教学参考书颇多。西方具代表性的教材《Manual of Mineralogy》1993年已出了第21版。近几年又有几部新教材问世,如W. D. Nesse的《Introduction to Mineralogy》(2000)。总体来看,俄罗斯与我国的教材体系较接近,西方国家的教材体系较复杂,有些包括了光性矿物学、X射线晶体学、晶体光学甚至岩石学和岩物理化学等内容,涉及面宽,深度也较大。

仅就结晶学与矿物学的内容而言,国内外的各类教材,除硅酸盐外,在矿物分类上多没有据结构型进行亚类划分。Zoltai和Stout编写的《Mineralogy, Concepts and Principles》(1984)以结构为基础对硫化物和氧化物做了进一步分类,但过分强调了它们结构上的配位特点而忽略了许多矿物在强键分布上反映出来的骨架特征,因而不能很好地反映其外在属性的内因。

我们认为,1966年A. C. Поваренных的俄文版《矿物的晶体化学分类》和我国王濮、潘兆榘、翁玲宝等教授编著的《系统矿物学》所使用的矿物亚类划分对解释矿物形态物性十分方便,将该亚类划分原则和部分方案引入教材中是适宜的(本书对少数矿物的分类位置进行了局部调整)。

本教材作为潘兆榘教授主编的《结晶学及矿物学》的修编版,不但要体现长期以来贯穿在我国教学实践中重视“三基”(即基本理论、基本知识、基本技能)的思想,还要能体现当前教学改革的新要求,尽可能全面地反映现代矿物学发展的新趋势,使之既适合课堂教学又能供科研参考。因此,本教材主要具有以下特色:

- 1) 充分考虑地球生物学和生命矿物学发展的新趋势,增加了与生命活动密切相

关的“有机矿物大类”；将氮化物、碳化物、硅化物等矿物从“自然元素大类”中剥离出来，增设了“互化物矿物大类”，以便突出这些矿物在地幔物质和宇宙其他天体物质研究中的突出地位，反映现代矿物学向地球深部和宇宙空间拓展的前缘成果。

2) 以基本结构型(分子型、岛状、环状、链状、层状、架状、配位型)及强键分布为依据,对包括自然元素、硫化物、氧化物、杂盐和卤化物等各类矿物进行亚类划分,体现晶体结构对矿物内外属性的约束,使学生能更好地理解矿物生长特征和不同性质的内部机制。

3) 按照目前多数学校分配给本课程的学时数,既考虑教材内容的系统性又充分考虑各有关专业本科生应掌握的程度,通过各章“概要”,突出基础知识和基本理论,以便于学生掌握课程主干内容。

4) 将矿物的加工利用技术单独分章,使分散在各个矿物中的用途方面的知识通过本章串联起来,形成一个比较完整的矿物加工利用方面的知识系统。

5) 每章后附一定数量导向性的思考题及习题,并配套编写《结晶学与矿物学实习与自学指导书》(另册),一方面方便学生自学,另一方面也希望学生籍此养成研究性学习的习惯,激发学习的积极性。

6) 本书的绝大部分晶体结构图系按照原子坐标进行绘制,同时重点突出了有关矿物结构型的展示,以便于学生掌握相关矿物结构的基本框架。

7) 为适应“双语”教学的需要,对本学科专业术语进行英文标注,同时增附了大量国内外有关网站和常见矿物符号的简介,以帮助学生尽快进入本专业的国际交流平台。

本书各章节分工如下:前言、第十章、第十四章第二节、第十五章、第十七章、第十八章、第二十章、第二十一章、第二十二章由李胜荣编写;第一章、第二章、第三章由王吉中编写;第四章、第五章、第六章由许虹编写;第七章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章第一节由申俊峰编写;第八章、第九章、第十六章、第二十四章及附录由李国武编写(其中第二十四章第六节由周肃编写);第十九章由栾文楼编写;第二十三章由袁万明编写;第二十五章由白志民编写。本书图件由张秀宝、李国武、许虹、申俊峰编绘,其中晶体结构图由李国武按照原子坐标精绘。全书由李胜荣修订定稿。

本书是在潘兆榘教授和王濮教授指导下完成的。编写过程中,王文魁教授、孙岱生教授、邵洁莲教授和张汉凯教授提出了许多很好的建议并审阅了部分文稿。籍本书峻笔之际,谨向所有关心本书的师长、领导和同行致以衷心的感谢!同时欢迎为本书修编提出建议和意见。

编者

E-mail: lizr@cugb.edu.cn

2008年3月

目 次

前 言

第一篇 结晶学基础

第一章 晶体与晶体的基本性质	(1)
第一节 结晶学研究对象及其科学地位	(1)
第二节 晶体、非晶质体与准晶体的概念	(2)
第三节 空间格子	(4)
第四节 晶体的基本性质	(6)
第二章 晶体生长模型与面角守恒定律	(9)
第一节 晶体生长的途径	(9)
第二节 晶体的层生长与螺旋生长	(10)
第三节 晶面发育的布拉维法则和周期键链理论	(12)
第四节 影响晶体生长的外部因素	(14)
第五节 晶簇与几何淘汰律	(16)
第六节 歪晶与面角守恒定律	(16)
第三章 晶体的测量与投影	(18)
第一节 晶体测角	(18)
第二节 晶体的球面坐标与球面投影	(20)
第三节 晶体的极射赤平投影	(21)
第四节 极式极射赤平投影网	(22)
第五节 吴尔夫网	(23)
第四章 晶体的外部对称	(27)
第一节 晶体对称的概念与特点	(27)
第二节 晶体外部对称要素与对称定律	(28)
第三节 对称要素的组合定理	(32)
第四节 对称型	(33)
第五节 晶体的对称分类	(37)
第五章 晶体定向与晶体符号	(40)
第一节 晶体坐标系的选择	(40)
第二节 晶胞参数与晶体常数	(42)
第三节 晶面符号	(44)
第四节 晶棱符号	(45)
第五节 晶带符号与晶带定律	(46)
第六章 单形与聚形	(49)
第一节 单形	(49)
第二节 聚形	(63)
第七章 晶体的规则连生	(68)
第一节 平行连生	(68)
第二节 双晶	(68)
第三节 浮生与交生	(76)

第八章 晶体结构	(78)
第一节 14种布拉维空间格子.....	(78)
第二节 晶体结构的对称性.....	(83)
第三节 晶体结构类型与典型结构.....	(92)
第四节 晶格缺陷.....	(93)
第九章 晶体化学	(100)
第一节 晶体结构的紧密堆积原理.....	(100)
第二节 配位关系.....	(102)
第三节 键型与晶格类型.....	(104)
第四节 类质同象.....	(108)
第五节 同质多象.....	(111)
第六节 多型.....	(113)
第七节 有序度.....	(114)

第二篇 矿物学

第十章 矿物与矿物学的发展趋势	(117)
第一节 矿物的概念.....	(117)
第二节 矿物学发展简史及其现状.....	(118)
第三节 人类可持续发展对未来矿物学的要求.....	(119)
第十一章 矿物的形态	(121)
第一节 矿物单体的结晶习性与表面微形貌.....	(121)
第二节 矿物集合体的形态.....	(124)
第十二章 矿物的物理性质	(127)
第一节 矿物的光学性质.....	(127)
第二节 矿物的力学性质.....	(132)
第三节 矿物的其他物理性质.....	(136)
第十三章 矿物的化学成分	(139)
第一节 地壳化学元素丰度及其矿物学意义.....	(139)
第二节 元素的离子类型.....	(139)
第三节 矿物晶体化学式.....	(141)
第四节 矿物化学组成的计量特性及其变化.....	(144)
第五节 胶体矿物及其组成.....	(144)
第六节 矿物中水的赋存状态.....	(145)
第十四章 矿物的命名与分类	(147)
第一节 矿物的命名.....	(147)
第二节 矿物的分类.....	(148)
第十五章 自然元素矿物大类	(149)
第一节 概述.....	(149)
第二节 金属元素矿物类.....	(150)
配位型金属元素矿物亚类.....	(150)
自然金族.....	(150)
自然铜 (Copper).....	(151)
自然金 (Gold).....	(151)
自然银 (Silver).....	(152)
自然铂族.....	(152)
自然铂 (Platinum).....	(153)
第三节 半金属元素矿物类.....	(153)
链状半金属元素矿物亚类.....	(153)

自然碲族	(153)
自然碲 (Selenium)	(153)
层状非金属元素矿物亚类	(154)
自然砷族	(154)
自然铋 (Bismuth)	(154)
第四节 非金属元素矿物类	(154)
环状非金属元素矿物亚类	(154)
自然硫族	(154)
自然硫 (Sulphur)	(154)
层状非金属元素矿物亚类	(155)
石墨族	(155)
石墨 (Graphite)	(155)
配位型非金属元素矿物亚类	(155)
金刚石族	(155)
金刚石 (Diamond)	(155)
第十六章 金属互化物 (天然合金) 矿物大类	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 硅化物矿物类	(158)
罗布莎矿族	(158)
罗布莎矿 (Luobushaite)	(158)
藏布矿族	(159)
藏布矿 (Zangboite)	(159)
第三节 碳化物矿物类	(159)
桐柏矿族	(160)
桐柏矿 (Tongbaite)	(160)
碳硅石族	(160)
碳硅石 (Moissanite)	(160)
曲松矿族	(161)
曲松矿 (Qusongite)	(161)
雅鲁矿族	(161)
雅鲁矿 (Yarlongite)	(161)
陨碳铁矿族	(161)
陨碳铁矿 (Cohenite)	(161)
陨磷铁矿族	(162)
陨磷铁矿 (Schreibersite)	(162)
第十七章 硫化物及其类似化合物矿物大类	(163)
第一节 概述	(163)
第二节 硫化物矿物类	(166)
岛状硫化物矿物亚类	(166)
黄铁矿-白铁矿族	(166)
黄铁矿 (Pyrite)	(166)
白铁矿 (Marcasite)	(166)
辉砷钴矿-毒砂族	(167)
辉砷钴矿 (Cobaltite)	(167)
毒砂 (Arsenopyrite)	(167)
环状分子型硫化物矿物亚类	(168)
雄黄族	(168)
雄黄 (Realgar)	(168)
链状硫化物矿物亚类	(168)
辉锑矿族	(168)
辉锑矿 (Stibnite 或 Antimonite)	(168)

辉铋矿 (Bismuthinite)	(169)
辰砂族	(170)
辰砂 (Cinnabar)	(170)
脆硫铋铅矿族	(170)
脆硫铋铅矿 (Jamesonite)	(170)
层状硫化物矿物亚类	(171)
辉钼矿族	(171)
辉钼矿 (Molybdenite)	(171)
铜蓝族	(171)
铜蓝 (Covellite)	(171)
雌黄族	(172)
雌黄 (Orpiment)	(172)
架状硫化物矿物亚类	(173)
辉银矿族	(173)
辉银矿 (Argentite)	(173)
黝铜矿族	(173)
黝铜矿-砷黝铜矿 (Tetrahedrite-Tennantite)	(174)
配位型硫化物矿物亚类	(174)
闪锌矿族	(174)
闪锌矿 (Sphalerite)	(174)
黄铜矿族	(175)
黄铜矿 (Chalcopyrite)	(175)
斑铜矿族	(176)
斑铜矿 (Bornite)	(176)
方铅矿族	(176)
方铅矿 (Galena)	(176)
磁黄铁矿族	(177)
磁黄铁矿 (Pyrrhotite)	(177)
辉铜矿族	(177)
辉铜矿 (Chalcocite)	(177)
硫铋银矿族	(177)
硫铋银矿 (浓红银矿) (Pyrargyrite)	(177)
硫铋银矿 (淡红银矿) (Proustite)	(178)
第三节 硫化物的类似化合物矿物类	(178)
红砷镍矿 (Niccolite)	(178)
第十八章 氧化物和氢氧化物矿物大类	(180)
第一节 概述	(180)
第二节 氧化物矿物类	(182)
岛状氧化物矿物亚类	(182)
砷华族	(182)
砷华 (Arsenolite)	(182)
链状氧化物矿物亚类	(182)
金红石族	(183)
金红石 (Rutile)	(183)
锡石 (Cassiterite)	(184)
软锰矿 (Pyrolusite)	(184)
斯石英 (Stishovite)	(184)
黑钨矿族	(185)
黑钨矿 (钨锰铁矿) (Wolframite)	(185)
钽铌铁矿族	(185)
钽铌铁矿 (Columbite-Tantalite)	(185)

锑华族	(186)
锑华 (Valentinite)	(186)
架状氧化物矿物亚类	(187)
石英族	(187)
石英 (Quartz)	(188)
β -石英 (β -Quartz)	(190)
蛋白石 (Opal)	(190)
锐钛矿族	(190)
锐钛矿 (Anatase)	(190)
赤铜矿族	(191)
赤铜矿 (Cuprite)	(191)
钙钛矿族	(191)
钙钛矿 (Perovskite)	(191)
易解石族	(192)
易解石 (Aeschynite)	(192)
配位型氧化物矿物亚类	(192)
刚玉族	(193)
刚玉 (Corundum)	(193)
赤铁矿 (Hematite)	(194)
钛铁矿 (Ilmenite)	(194)
尖晶石族	(195)
尖晶石 (Spinel)	(195)
磁铁矿 (Magnetite)	(196)
铬铁矿 (Chromite)	(196)
金绿宝石族	(196)
金绿宝石 (Chrysoberyl)	(196)
晶质铀矿族	(197)
晶质铀矿 (Uraninite)	(197)
第三节 氢氧化物矿物类	(197)
链状氢氧化物矿物亚类	(198)
硬水铝石族	(198)
硬水铝石 (Diaspore)	(198)
针铁矿 (Goethite)	(198)
水锰矿族	(199)
水锰矿 (Manganite)	(199)
硬锰矿族	(199)
硬锰矿 (Psilomelane)	(199)
层状氢氧化物矿物亚类	(200)
水镁石族	(200)
水镁石 (氢氧化镁石) (Brucite)	(200)
三水铝石族	(200)
三水铝石 (Gibbsite)	(200)
第十九章 含氧盐矿物大类 (一): 硅酸盐矿物类	(202)
第一节 概述	(203)
一、化学成分与晶体化学特点	(203)
二、形态与物理性质	(208)
三、成因产状	(209)
四、亚类划分	(209)
第二节 岛状硅酸盐矿物亚类	(210)
锆石族	(210)
锆石 (Zircon)	(210)

石榴子石族	(211)
石榴子石 (Garnet)	(211)
橄榄石族	(213)
橄榄石 (Olivine)	(213)
红柱石族	(214)
红柱石 (Andalusite)	(215)
蓝晶石 (Kyanite)	(216)
黄玉族	(217)
黄玉 (Topaz)	(217)
十字石族	(217)
十字石 (Staurolite)	(217)
榍石族	(218)
榍石 (Titanite)	(218)
符山石族	(219)
符山石 (Vesuvianite)	(219)
绿帘石族	(219)
绿帘石 (Epidote)	(219)
第三节 环状硅酸盐矿物亚类	(220)
绿柱石族	(220)
绿柱石 (Beryl)	(220)
堇青石族	(221)
堇青石 (Cordierite)	(221)
电气石族	(221)
电气石 (Tourmaline)	(221)
第四节 链状硅酸盐矿物亚类	(222)
辉石族	(222)
斜方辉石亚族	(224)
顽火辉石 (Enstatite)	(224)
古铜辉石 (Bronzite)、紫苏辉石 (Hypersthene)、铁紫苏辉石 (Ferrohypersthene)、	
尤莱辉石 (Eulite)	(225)
斜方铁辉石 (Orthoferrosilite)	(225)
单斜辉石亚族	(225)
透辉石 (Diopside)-钙铁辉石 (Hedenbergite)	(226)
普通辉石 (Augite)	(226)
硬玉 (Jadeite)	(226)
锂辉石 (Spodumene)	(227)
霓石 (Aegirine)	(227)
硅灰石族	(228)
硅灰石 (Wollastonite)	(228)
蔷薇辉石族	(228)
蔷薇辉石 (Rhodonite)	(229)
角闪石族	(229)
斜方闪石亚族	(231)
直闪石 (Anthophyllite)	(231)
单斜闪石亚族	(231)
镁铁闪石 (Cummingtonite)	(231)
透闪石 (Tremolite)-阳起石 (Actinolite)	(232)
普通角闪石 (Hornblende)	(232)

蓝闪石 (Glaucophane)	(232)
钠闪石 (Riebeckite)	(233)
砂线石族	(233)
砂线石 (Sillimanite)	(233)
第五节 层状硅酸盐矿物亚类	(234)
蛇纹石-高岭石族	(237)
蛇纹石亚族	(237)
利蛇纹石 (Lizardite)、叶蛇纹石 (Antigorite)、纤蛇纹石 (Chrysotile)	(237)
高岭石亚族	(238)
高岭石 (Kaolinite)	(238)
滑石-叶蜡石族	(238)
滑石 (Talc)	(238)
叶蜡石 (Pyrophyllite)	(239)
云母族	(240)
白云母亚族	(240)
白云母 (Muscovite)	(240)
海绿石 (Glauconite)	(240)
黑云母亚族	(241)
黑云母 (Biotite)-金云母 (Phlogopite)	(241)
锂云母 (Lepidolite)	(241)
绿泥石族	(242)
绿泥石 (Chlorite)	(242)
伊利石族	(242)
伊利石 (Illite)	(242)
埃洛石族	(243)
埃洛石 (Halloysite)	(243)
蒙脱石-蛭石族	(243)
蒙脱石亚族	(244)
蒙脱石 (Montmorillonite)	(244)
蛭石亚族	(244)
蛭石 (Vermiculite)	(244)
坡缕石族	(245)
坡缕石 (Palygorskite)	(245)
海泡石 (Sepiolite)	(246)
葡萄石族	(247)
葡萄石 (Prehnite)	(247)
第六节 架状硅酸盐矿物亚类	(247)
长石族	(247)
碱性长石亚族	(251)
透长石 (Sanidine)	(252)
正长石 (Orthoclase)	(252)
微斜长石 (Microcline)	(253)
冰长石 (Adularia)	(254)
歪长石 (Anorthoclase)	(254)
斜长石亚族	(254)
斜长石 (Plagioclase)	(255)
钡长石亚族	(256)
钡长石 (Celsian)	(256)

似长石族	(256)
霞石亚族	(256)
霞石 (Nepheline)	(256)
白榴石亚族	(257)
白榴石 (Leucite)	(257)
方柱石亚族	(258)
方柱石 (Scapolite)	(258)
方钠石亚族	(258)
方钠石 (Sodalite)	(258)
沸石族	(259)
浊沸石亚族	(260)
浊沸石 (Laumontite)	(260)
片沸石亚族	(260)
片沸石 (Heulandite)	(260)
方沸石亚族	(261)
方沸石 (Analcime)	(261)
第二十章 含氧盐矿物大类 (二)	(264)
第一节 碳酸盐矿物类	(264)
岛状碳酸盐矿物亚类	(264)
方解石族	(264)
方解石 (Calcite)	(265)
菱镁矿 (Magnesite)	(266)
菱铁矿 (Siderite)	(267)
菱锰矿 (Rhodochrosite)	(267)
菱锌矿 (Smithsonite)	(267)
白云石族	(268)
白云石 (Dolomite)	(268)
文石族	(269)
文石 (Aragonite)	(269)
碳铈矿 (Strontianite)	(269)
碳钡矿 (Witherite)	(270)
白铅矿 (Cerussite)	(270)
钡解石族	(271)
钡解石 (Barytocalcite)	(271)
链状碳酸盐矿物亚类	(271)
孔雀石族	(271)
孔雀石 (Malachite)	(271)
蓝铜矿 (Azurite)	(272)
层状碳酸盐矿物亚类	(272)
天然碱族	(272)
天然碱 (Trona)	(272)
第二节 硫酸盐矿物类	(272)
岛状硫酸盐矿物亚类	(273)
重晶石族	(273)
重晶石 (Barite)	(273)
天青石 (Celestine)	(274)
硬石膏族	(274)
硬石膏 (Anhydrite)	(274)

层状硫酸盐矿物亚类	(275)
石膏族	(275)
石膏 (Gypsum)	(275)
第三节 磷酸盐矿物类	(275)
岛状磷酸盐矿物亚类	(276)
独居石族	(276)
独居石 (Monazite)	(276)
链状磷酸盐矿物亚类	(277)
磷灰石族	(277)
磷灰石 (Apatite)	(277)
层状磷酸盐矿物亚类	(278)
铜铀云母族	(278)
铜铀云母 (Torbernite)	(278)
架状磷酸盐矿物亚类	(279)
绿松石族	(279)
绿松石 (Turquoise)	(279)
第四节 硼酸盐矿物类	(279)
岛状硼酸盐矿物亚类	(280)
硼镁铁矿族	(280)
硼镁铁矿 (Ludwigite)	(280)
硼镁石族	(281)
硼镁石 (Ascharite)	(281)
环状硼酸盐矿物亚类	(281)
硼砂族	(281)
硼砂 (Borax)	(281)
架状硼酸盐矿物亚类	(282)
方硼石族	(282)
方硼石 (Boracite)	(282)
第五节 钨酸盐、钼酸盐和铬酸盐矿物类	(283)
白钨矿族	(283)
白钨矿 (Scheelite)	(283)
钼铅矿族	(284)
钼铅矿 (Wulfenite)	(284)
铬铅矿族	(285)
铬铅矿 (Crocoite)	(285)
第六节 硝酸盐矿物类	(285)
钠硝石族	(286)
钠硝石 (Nitratine)	(286)
第二十一章 卤化物矿物大类	(287)
第一节 概述	(287)
第二节 氟化物矿物类	(288)
配位型氟化物矿物亚类	(288)
萤石族	(288)
萤石 (Fluorite)	(288)
第三节 氯化物矿物类	(289)
配位型氯化物矿物亚类	(289)
石盐族	(289)
石盐 (Halite)	(289)

钾盐 (Sylvite)	(289)
光卤石族	(290)
光卤石 (Carnallite)	(290)
角银矿族	(290)
角银矿 (Chlorargyrite)	(290)
第二十二章 有机矿物及准矿物大类	(291)
第一节 有机酸盐矿物类	(292)
草酸铁矿 (Humboldtine)	(292)
水草酸钙石 (Whewellite)	(292)
草酸钙石 (Weddellite)	(293)
草酸铵石 (Oxammite)	(293)
蜜蜡石 (Mellite)	(293)
第二节 碳氢化合物和氧化的碳氢化合物矿物类	(294)
地蜡 (Native Paraffin)	(294)
第三节 有机准矿物类	(294)
琥珀 (Amber)	(294)
沥青 (Pitch)	(295)
煤 (Coal)	(295)
泥炭 (Peat)	(295)
褐煤 (Liqgit)	(295)
烟煤 (Bituminous coal)	(296)
无烟煤 (Anthracitr)	(296)
第二十三章 矿物的形成、演化与共生组合	(297)
第一节 地球与宇宙矿物的分布	(297)
第二节 矿物形成作用与共生组合	(303)
第三节 矿物的演化	(306)
第四节 矿物标型	(309)
第二十四章 矿物分析测试的现代方法	(314)
第一节 矿物样品的采集与分选	(315)
第二节 矿物微形貌研究方法	(316)
第三节 矿物成分分析方法	(319)
第四节 矿物物相及结构分析方法	(323)
第五节 矿物物理性质测定与研究方法	(326)
第六节 矿物年代学研究方法	(327)
第二十五章 矿物的加工利用技术	(330)
第一节 矿物原料的破碎与选矿	(330)
第二节 金属矿物的加工技术	(332)
第三节 非金属矿物的加工技术	(334)
第四节 矿物的人工合成技术	(335)
主要参考文献	(337)
附录 1 结晶学与矿物学网络资源简介	(338)
附录 2 常见矿物符号	(346)

第一篇 结晶学基础

第一章 晶体与晶体的基本性质

本章概要

- 1) 晶体、非晶质体;近程有序、长程有序、周期性平移。
- 2) 空间格子(空间点阵);结点、行列、面网、平行六面体;单位晶胞与平行六面体的关系。
- 3) 晶体的6条基本性质。

第一节 结晶学研究对象及其科学地位

地球科学的研究对象是地球的整体,它研究固体地球的物质组成、运动或存在形式及其形成与变化的条件和过程。“结晶学与矿物学”是地球科学专业的主干课程,其教学目的,便是理解和掌握地球固体物质(目前尚包括月岩及陨石)基本组成单位的矿物,理解和掌握其主要内外属性、形成作用及其在人类生产生活中的用途。由于矿物是天然产出的晶体,其内外属性、形成变化和用途的认识都将以结晶学理论为基础。为此,我们将以结晶学作为本课程的先导性内容。

结晶学(Crystallography)是以晶体为研究对象,以晶体的生成和变化、晶体外部形态的几何性质、晶体的内部结构、化学组成和物理性质及其相互关系为研究内容的一门自然科学。它主要包括以下分支:

- 研究晶体外部几何形态及其规律性的几何结晶学(geometrical crystallography)。
- 研究晶体内部结构中质点排列规律及其缺陷的晶体结构学(crystallogology)。
- 研究晶体发芽、生长和变化过程与机理的晶体发生学(crystallogeny)。
- 研究晶体化学组成和结构及其关系的晶体化学(crystallochemistry)。
- 研究晶体物理性质及其产生机理的晶体物理学(crystallophysics)。

结晶学的学科体系是在作为矿物学分支之一的几何结晶学基础上发展起来的,其形成历史大约经历了300余年。19世纪中叶以来,人们不断探索晶体的内部结构特征,在19世纪末期形成了较成熟的几何模型,开始研究人工合成晶体,并逐渐与数学、物理学和化学相融合,从而脱离了矿物学而成为一门有自身完整体系的独立学科。1912年,人类成功利用X射线具体测定了晶体的结构,大大推动了结晶学的飞速发展。尤其是到20世纪末期,借助于透射电子显微镜等微束分析及谱学技术,人类实现了直接观察和分析晶体内部原子排列及其电子状态的梦想,使结晶学跨入了以微区、精细为特征的现代研究阶段。

如前所述,现代结晶学以与数、理、化等基础学科的高度融合为特征,因此学好数理化,对深入进行结晶学的研究是十分必要的。此外,由于结晶学是矿物学的先导课程,因此也是与矿物学有关的其他地球物质科学如岩石学、矿床学、宝石学、地球化学、土壤学,与矿物学有关的研究地球物质运动形式的构造地质学,研究地球物质形成与变化过程的地层学和古生物学,研究地球物质与生物交互作用及生物体中结晶物质的地球生物学、生命矿物学和矿物药学的重要基础。在应用科学技术领域,许多学科如选矿学、冶金学、金属与非金属材料学、化学工艺学、药物

学等,都与结晶学有着密切的联系。因此,结晶学不仅是地球科学及其延伸学科的重要专业基础,也是许多其他关乎国计民生的理论和技术科学的重要专业基础。

第二节 晶体、非晶质体与准晶体的概念

1. 晶体与非晶质体

晶体是人类日常生产生活中随时可见的一种物质,我们厨房里的食盐、冰糖、刀叉、陶碗,冬天的冰雪,大地里的土壤和岩石,工厂里的许多固体化学药品等,都是由晶体组成的。我们的古人对晶体的认识是从具有几何多面体外形且透明的水晶(石英 SiO_2 , 图 1-1a)开始的,之后又将天然产出的具有几何多面体外形的固体,如图 1-1 所示的方解石和黄铁矿等,均称为晶体。显然,这种认识并不全面。例如,石英这种物质在自然界既可以呈多面体形态的水晶产出,也可以呈外形不规则的颗粒状生成于岩石之中。这两种形态的石英,其成分、物性和内部结构等并无不同。因此,仅仅从有无规则几何多面体的形态来区分是否为晶体,不能反映晶体的本质。

尽管如此,人们在实践中也逐渐认识到,只要具备良好的生长条件,特别是空间条件,所有晶体都能自发地长成规则的几何多面体。这种现象必然与其内部结构有关。由此推测晶体是由呈平行六面体的小块堆积而成的,具有格子构造。1912 年,德国物理学家劳埃(M. V. Laue)利用 X 射线衍射分析技术测定了石盐的晶体结构,后来人们又对大量晶体进行了 X 射线衍射分析,从而证明,一切晶体,无论外形如何,其内部质点(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。在 20 世纪末期这一认识更得到透射电子显微镜的直观证明。下面以石盐(NaCl)的晶体结构为例,来说明晶体内部质点的排列规律。

图 1-2 表示从石盐内部结构中割取出来的由 Cl^- 离子和 Na^+ 离子堆积而成的立方体小块。其中的 Cl^- 离子和 Na^+ 离子沿立方体小块的棱方向以 0.5628 nm 的间隔交替排列,而在立方体的面对角线方向上各自以 0.3978 nm 的相等间隔连续排列;在其他任何方向上,虽然离子的具体排列方式和间隔各有不同,但无不以一定的间隔周期重复出现,从而构成立方体格子构造。石盐之所以能在一定条件下生长成规则的立方体外形,就是由它内部的这种格子构造所决定的。

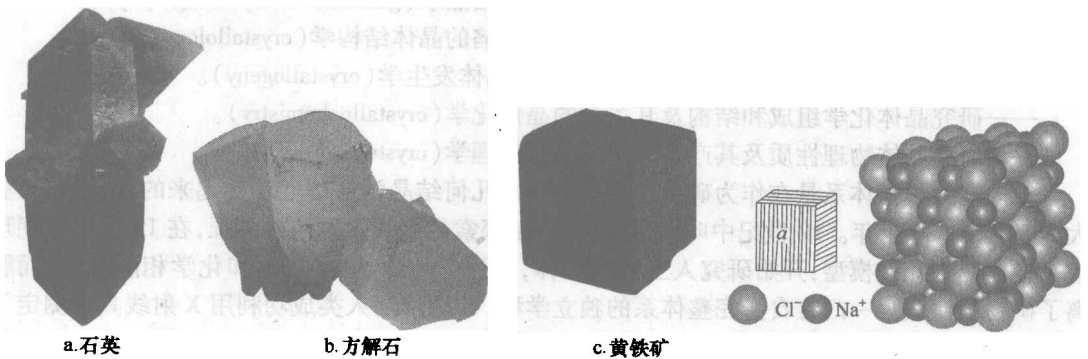


图 1-1 具几何多面体外形的晶体

图 1-2 石盐的晶体结构

对于其他任何一种晶体而言,情况都是类似的:无论外形是否规则,它们的内部质点在三维空间都有规律地呈周期性平移重复排列而形成格子状构造,这是无例外地为一切晶体所共有的性质。所不同的仅仅是,不同的晶体,它们的质点种类不同,排列的方式和间隔大小相应地也就不同罢了。

晶体的上述特性,反映了晶体与呈其他状态物体之间的根本区别。因此,晶体(crystal)的现