



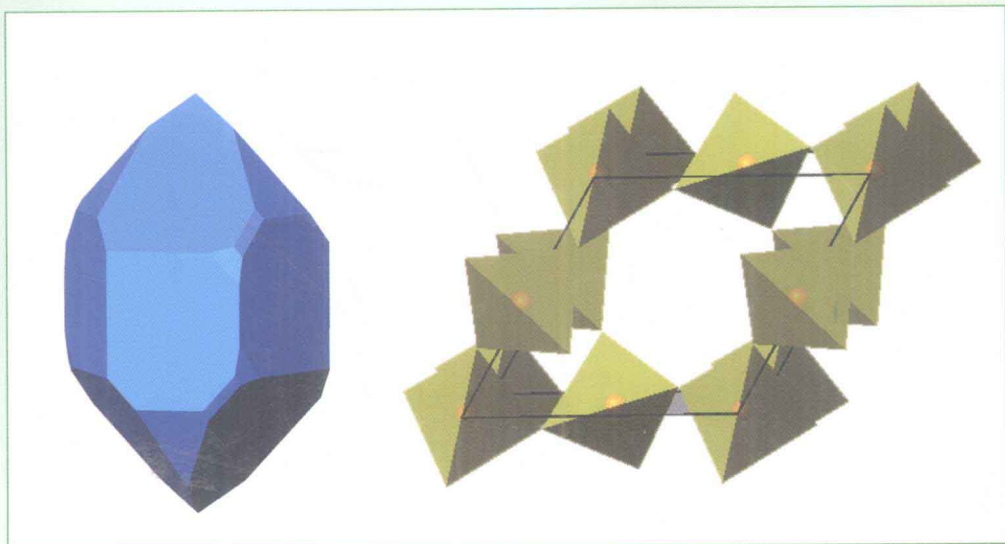
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

结晶学及矿物学

(第二版)

赵珊茸 主编

赵珊茸 边秋娟 王勤燕 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

结晶学及矿物学

Jiejingxue ji Kuangwuxue

(第二版)

赵珊茸 主编
赵珊茸 边秋娟 王勤燕 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

图书在版编目(CIP)数据

结晶学及矿物学/赵珊茸主编.—2版.—北京:高等教育出版社,2011.2

ISBN 978-7-04-031201-0

I. ①结… II. ①赵… III. ①晶体学-高等学校-教材②矿物学-高等学校-教材 IV. ①O7②P57

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第248326号

策划编辑 南峰 责任编辑 田琳 封面设计 张楠 责任绘图 尹莉
版式设计 余杨 责任校对 刘莉 责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 化学工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 30.75
字 数 580 000
插 页 1

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年6月第1版
2011年2月第2版
印 次 2011年2月第1次印刷
定 价 46.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 31201-00

内 容 提 要

本教材是结晶学与矿物学两门课程的综合教材。上篇为结晶学(也称晶体学),以晶体的对称—晶体定向—单形与聚形为主要线索,形象直观地介绍了晶体形态宏观对称的基础知识,并在此基础上简单地介绍了群论基础及其在晶体对称理论中的应用,扼要地介绍了晶体内部结构微观对称的理论知识,最后还介绍了有关晶体生长、晶体规则连生及晶体化学的基础知识。下篇为矿物学,先介绍了矿物的成分、形态、物理性质及成因类型等基础知识,然后在矿物的晶体化学分类体系的基础上,对各大类、类、族、种等不同分类级别的矿物进行了归纳、对比、分析,重点是对各大类、类、族矿物的共同的晶体化学原理基础知识的阐述,而对具体某矿物种的资料性知识尽量精简。

本教材在某些章节后面补充了一个“本章拓展、延伸知识”的栏目,对该章节涉及的一些较深奥的几何结晶学理论知识进行介绍,在不影响教材主体教学思路的前提下,对一些深层次的理论问题进行了阐述,以启发学生拓宽思路、探索一些深层次理论问题。

本教材的特点是既注重形象直观又兼顾理性推导,既注重基础理论又兼顾实用性,既注重体系的完整性又兼顾内容的精简性。

本教材适合地质类、珠宝类、材料类专业的大学生及有关科研人员使用,也可作为凝聚态物理、生命科学专业的科研人员的参考书。

第二版前言

《结晶学及矿物学》(普通高等教育“十五”国家级规划教材)自2004年出版以来,受到了全国广大师生读者的普遍欢迎。

经过6年多的教学实践,我们认为本教材的教学内容、教学思路与方法在当前的结晶学与矿物学课程的教学是非常适用的,其区别于同类教材最主要的特色是:内容丰富、系统,突出实用性,理论阐述深刻,篇幅上却很精炼。但在这6年多的教学实践与教学研究中,我们也发现其中一些章节的内容有待进一步充实,有些教学内容中的理论问题需进一步深化。因此,有必要进行修订。2008年,《结晶学及矿物学(第二版)》被列入教育部普通高等教育“十一五”国家级教材规划。

《结晶学及矿物学(第二版)》教材在第一版教材的基础上,部分章节的基本教学内容进行了充实与更新,具体内容主要包括:

第一章:补充了晶体结构周期性表述的不同方法及其对比;X射线衍射基本原理的高度概括性阐述。

第三章:补充了对称要素组合(对称操作复合)各种不同情况的区别;并充实了关于五次对称及准晶所蕴含的哲学思想。

第四章:补充了三、六方晶系四轴定向坐标系下的晶面符号、晶棱符号的四指数与三指数转换关系。

第五章:补充了从结晶单形的角度阐述左-右形、正-负形的意义;并介绍了单形多个相关体(左正、左负、右正、右负等)的结晶学含义。

第七章:补充了用群论语言简述空间群与点群、布拉维格子的关系;阐述了空间格子对称与晶体结构对称的区别。

第九章:补充了从空间格子的角度研究双晶中两单体的结构匹配的理论(马拉德定律(Marllard Law))。

第十三章:加强了“晶体习性”与“晶体形态”两个概念的区别;补充了蚀像在判断左-右形、正-负形方面的作用。

第十八章:补充了“合金”与“金属互化物”两个概念的区别。

第二十四章:对香花石形态进行了修正,提出了一个全新的香花石双晶律。

这些具体内容的修订,是我们在长期的教学实践与教学研究中对经典的“结晶学及矿物学”教学内容在理论上的深化,它们澄清了以前教材中一些模糊

的概念,深化了对一些基本概念的理论认识,这些内容是其他同类教材中所没有的,是我们对该课程理论建设的重要贡献。

此外,部分章节的最后补充了一个栏目:“本章拓展、延伸知识”。在这个栏目中,将与本章有关的一些较深较广的内容,以深入浅出、高度概括的语言阐述出来,给学生以启示,引导学生开拓思路。这部分不属于教学基本内容,教师可以不讲授,是留给学生自己拓展与想象的空间。这样的安排是探索启发式教学理念的尝试。另外,在教材最后补充了“汉英对照结晶学与矿物学名词索引”和“元素周期表”,以方便学生查阅。

修编工作分工如下:结晶学部分(第一章~第十章)、矿物学部分的“矿物单体的形态”(第十三章第一节)、自然元素(第十八章)、硅酸盐、碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、钨酸盐、硼酸盐、卤化物、新矿物概述(第二十一章~第二十四章)由赵珊茸修编;矿物学通论部分(第十一章~第十七章,除第十三章第一节外)由边秋娟修编;矿物学部分的硫化物(第十九章)、氧化物(第二十章)由王勤燕修编;后附的“汉英对照结晶学与矿物学名词索引”由肖平编写。最后由赵珊茸统一整理并定稿。

教材编写过程中我们得到了中国地质大学(武汉)“结晶学及矿物学”教学组各位老师的关心和支持,以及中国地质大学(武汉)教务处、地球科学学院领导的关心和支持,编者在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,不当之处敬请批评指正。

赵珊茸

2009年12月于武昌

第一版前言

《结晶学及矿物学》是结晶学与矿物学两门课程的综合教材。本版新编《结晶学及矿物学》教材,在继承和发扬原潘兆槽主编的《结晶学及矿物学》(第一、二、三版)中形象直观与实用性强的优良传统的基础上,结合新形势下对教学的新要求,加强了基础理论的阐述,吸收了国内外最新资料,进行了全面的修订,其中有不少内容是新编的。该新版教材于2002年被教育部评为“普通高等教育‘十五’国家级规划教材”。

结晶学(也称晶体学)是一门空间概念多、抽象思维强的专业基础课,是地质、材料、物理、化学、分子生物学等学科的重要基础,应用面十分广。各学科对结晶学中的空间概念的阐述方法不尽相同,有的注重形象直观,有的注重数学(群论)形式的逻辑推导。地质类院校的结晶学教材多以形象直观为特征;其他综合性大学中的材料学、凝聚态物理等专业的结晶学教材以群论方法为主。这两种教学方法各有优缺点,形象直观的教学方法对建立晶体对称理论中的空间概念是非常有帮助的,且对于初学者来说也是比较容易接受的;但它缺乏对空间转换的理性认识;群论教学方法可以对空间操作进行运算,提高对空间转换的理性认识,但如果空间概念还没有建立起来,即使运算技巧很熟练,也很难理解运算过程中的真正空间含义。因此,怎样发挥这两种教学方式的优点,怎样找到这两种教学方式的最佳结合点,应是结晶学教学研究的重要方向。本版新编教材的结晶学部分,在发扬原潘兆槽主编的教材(第一、二、三版)形象直观的传统的基础上,增加了一些群论知识,在对空间概念进行较详细的形象直观的说明后,辅以数学的推证过程,使学生们既了解空间过程所蕴含的数理意义,又了解数学公式所代表的具体空间过程。以形象直观的教学方法为主、为先,以群论教学方法为辅、为后,是本版新编《结晶学及矿物学》教材区别于其他同类教材最主要的特色。此外,本版新编教材还加强了极轴及其对晶体物理性能影响的内容,这是晶体材料领域里的重要内容;强调了“几何单形”与“结晶单形”的区别,这是历届学生容易混淆的概念。

矿物学则是一门对种类繁多的矿物种进行分类、归纳、对比、分析的地质类专业基础课,它要将结晶学中有关晶体对称的基本原理直接应用到某个具体矿物晶体的分析中。本版新编教材的矿物学部分基本上保持了原潘兆槽主编的教材(第一、二、三版)的分类体系和风格,但加强了某大类、类(亚类)或族的矿物

共性规律及晶体化学原理基础知识的阐述,精简了矿物种数以及对矿物种的具体描述资料,对某些矿物中的现象尽量用结晶学知识阐述其内在的原因。

为了充分尊重前人的工作成果,本教材中的图、表尽量给出了资料来源。其图、表的引注形式有三种:①凡注明“据××(作者)”的图、表,表明是该作者的原创成果;②凡注明“引自××(作者)”的图、表,表明不是该作者的原创成果,是从该作者编著的著作中引来的;③凡未有任何注明的图、表,表明是本版教材编者的成果,或是已经被公认的基础知识。

编写工作分工如下:上篇结晶学部分(第一章至第十章)由赵珊茸编写;下篇矿物学通论部分(第十一章至第十七章)由边秋娟编写;矿物学各论部分的自然元素、硫化物、氧化物部分(第十八章至第二十章)由凌其聪编写,其中“富勒烯及纳米碳管”一节、关于金刚石形态、石墨结构、石英形态及双晶等内容由赵珊茸补充编写;矿物学各论部分的硅酸盐、碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、钨酸盐、硼酸盐、卤化物等(第二十一章至第二十四章)由赵珊茸编写。最后由赵珊茸统一整理。图件清绘主要由魏国鹏完成。许娅玲、李军虹、郭颖、王卫锋、黄琼等负责了部分文字校对与图件清理工作。

教材的编写工作历时六年,在这六年中我们得到了来自各方面的关心与支持,特别是中国地质大学(武汉)矿物教研室的老前辈们。原《结晶学及矿物学》主编潘兆槽教授自始至终都非常关心教材的编写工作,提出了非常宝贵的意见,并给予我们极大的鼓励;王文魁教授、薛君治教授、赵爱醒教授、葛瑛雅教授认真审阅了全稿,提出了详细的修改意见。北京大学地质系曹正民教授、秦善副教授也提出了宝贵的意见。中国地质大学(武汉)岩矿教研室的年轻教师王勤燕副教授、钟玉芳讲师、肖平讲师也提出了修改意见,刘嵘副教授对锆石测龄方面的内容提供了宝贵资料。中国地质大学(武汉)测试中心的陆琦教授与侯书恩教授对有关矿物测试方法的内容提供了宝贵资料。此外,中国地质大学(武汉)教务处与地球科学学院的各级领导在本教材的编写过程中,特别是在遇到困难的时候,给予了大力支持。总之,该教材凝聚了太多人的心血,编者在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,不当之处,敬请批评指导。

赵珊茸

2003年10月于武汉

目 录

上篇 结晶学

第一章 晶体及结晶学

3

- 一、晶体的概念 (3)
- 二、空间格子 (5)
- 三、晶体的基本性质 (9)
- 四、结晶学及其发展历史 (11)
- 本章拓展、延伸知识 (14)
- 习题 (16)

第二章 晶体的测量与投影

17

- 一、面角守恒定律 (17)
- 二、晶体测量 (18)
- 三、晶体的投影 (20)
- 习题 (26)

第三章 晶体的宏观对称

27

- 一、对称的概念 (27)
- 二、晶体对称的特点 (28)
- 三、晶体的宏观对称要素和对称操作 (29)
- 四、对称要素的组合 (35)
- 五、32种对称型(点群)及其推导 (36)
- 六、晶体的分类 (40)
- 本章拓展、延伸知识 (43)
- 习题 (46)

第四章 晶体定向与结晶符号

48

- 一、晶体定向方法 (48)

二、各对称型中对称要素的空间分布	(51)
三、对称型的国际符号及圣弗利斯符号	(62)
四、晶面符号、晶棱符号	(65)
五、整数定律、晶带定律	(69)
习题	(72)
第五章 单形和聚形	74
一、单形	(74)
二、结晶单形与几何单形	(77)
三、47种几何单形的形态特点	(82)
四、单形的分类	(85)
五、聚形	(89)
六、各晶系晶体定向、单形及聚形分析举例	(90)
本章拓展、延伸知识	(101)
习题	(105)
第六章 群论基础及其在晶体对称理论中的应用	107
一、群论基础	(107)
二、群论在晶体对称理论中的应用	(109)
三、对称型(点群)中有关群论的一些总结	(117)
习题	(118)
第七章 晶体内部结构的微观对称	119
一、14种空间格子(14种布拉维格子)	(119)
二、晶体内部结构的对称要素	(124)
三、空间群	(128)
四、等效点系	(134)
本章拓展、延伸知识	(135)
习题	(140)
第八章 晶体生长简介	141
一、成核	(141)
二、晶体生长模型	(142)
三、晶体生长实验方法	(146)
四、晶面的发育	(147)

五、影响晶体生长形态的外因	(149)
六、晶体的溶解和再生长	(151)
习题	(152)

第九章 晶体的规则连生 153

一、平行连晶	(153)
二、双晶	(154)
三、浮生与交生	(167)
本章拓展、延伸知识	(169)
习题	(170)

第十章 晶体化学简介 171

一、最紧密堆积原理	(171)
二、配位数和配位多面体	(174)
三、化学键和晶格类型	(175)
四、典型结构分析	(180)
五、类质同像	(181)
六、同质多像	(185)
七、型变(晶变)现象	(188)
八、多型	(189)
九、晶体结构的有序——无序	(191)
习题	(194)

下篇 矿物学

第十一章 矿物及矿物学 197

一、矿物和矿物学的概念	(197)
二、矿物学发展简况	(198)
三、矿物学与其他学科的关系	(199)
习题	(200)

第十二章 矿物的化学成分 201

一、地壳中化学元素的丰度	(201)
二、元素的离子类型	(202)
三、矿物的化学计量性与非化学计量性	(203)

四、胶体矿物的化学成分特点	(204)
五、矿物中的水	(205)
六、矿物的化学式及其计算	(207)
习题	(212)

第十三章 矿物的形态 213

一、矿物单体的形态	(213)
二、矿物集合体的形态	(218)
习题	(222)

第十四章 矿物的物理性质 223

一、矿物的光学性质	(223)
二、矿物的力学性质	(229)
三、矿物的其他物理性质	(236)
习题	(240)

第十五章 矿物的成因 242

一、形成矿物的地质作用	(242)
二、矿物的形成与体系化学组分的活动性	(246)
三、矿物的时空关系	(247)
四、矿物的标型性	(249)
五、矿物中的包裹体	(251)
六、矿物的变化	(252)
习题	(258)

第十六章 矿物的鉴定和研究方法简介 260

一、矿物样品的采集和分选	(260)
二、矿物的肉眼鉴定	(261)
三、鉴定和研究矿物的其他方法简介	(261)
习题	(267)

第十七章 矿物的分类和命名 269

一、矿物的分类	(269)
二、矿物的命名	(270)
习题	(271)

第十八章 自然元素大类 272

一、自然金属元素类.....	(274)
二、自然非金属元素类.....	(277)
三、自然半金属元素类.....	(284)
习题.....	(285)
第十九章 硫化物及其类似化合物大类	286
一、简单硫化物类.....	(288)
二、复硫化物类.....	(302)
习题.....	(306)
第二十章 氧化物和氢氧化物大类	307
一、氧化物类.....	(309)
二、氢氧化物类.....	(330)
习题.....	(334)
第二十一章 含氧盐大类(一)——硅酸盐类	335
一、晶体化学特点.....	(336)
二、形态与物理性质.....	(346)
三、成因及产状.....	(347)
四、亚类的划分.....	(347)
习题.....	(427)
第二十二章 含氧盐大类(二)	430
一、碳酸盐类.....	(430)
二、硫酸盐类.....	(440)
三、磷酸盐类.....	(444)
四、钨酸盐类.....	(445)
五、硼酸盐类.....	(446)
习题.....	(447)
第二十三章 卤化物大类	448
习题.....	(451)
第二十四章 我国发现的新矿物概述	452
习题.....	(455)

主要参考文献 456

第一版主要参考文献 (456)

第二版主要参考文献 (459)

附录 I 矿物种名录 462

附录 II 汉英对照结晶学与矿物学名词索引 467

后记 477

元素周期表

上篇 结晶学

第一章 晶体及结晶学

在人们的想象中,晶体是那些亮晶晶的物体,它们晶莹透明,表面光洁,美丽而完整。并且许多晶体是从混浊的溶液中生长出来的,真可谓是“出污泥而不染”,质地纯洁。那么,晶体的定义是什么?晶体的内部本质特征是什么?晶体的基本性质又是什么?本章将介绍这些内容,这些内容所涉及的一些基本概念是整个结晶学中最基本、最重要的概念。

一、晶体的概念

人类最早是把具有规则几何多面体形态的水晶(即石英,见图 1-1)称为晶体。后来人们陆续发现其他不少矿物也能表现为天然的(不是人为磨削而成的)规则几何多面体形态,如赤铁矿、方解石等,于是就把这种能自发成长成规则几何多面体外形的固体称为晶体。然而,这种定义显然是不够严谨的,有些晶体并不发育成几何多面体外形,例如岩石中的晶体小颗粒。晶体能够发育成几何多面体外形仅仅是晶体内部本质的一种外在表现形式,那么,晶体的内部本质又是什么呢?



图 1-1 天然石英晶体

很早以前人们就推测过晶体内部结构可能是其内部的分子像用砖块砌房子一样堆积而成,但直到 1895 年德国物理学家伦琴(W. C. Röntgen, 1845—1923)发现 X 射线后,才对晶体的内部结构有了进一步的认识。1912 年德国物理学家劳埃(M. von Laue, 1879—1960)第一次用 X 射线在实验上证明了晶体的根本特性——晶体内部质点在三维空间周期性的排列。所以,现代对晶体的定义是:晶体(crystal)是内部质点(原子、离子或分子)在三维空间周期性的重复排列构成的固体物质。这种质点在三维空间周期性的重复排列也称格子构造,所以晶体是具有格子构造的固体。

与此相反,不具格子构造的固态物质为非晶体或非晶态(non-crystal)。

图 1-2 是晶体与玻璃(非晶体)的平面结构特点示意图,由图可见,晶体的