



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

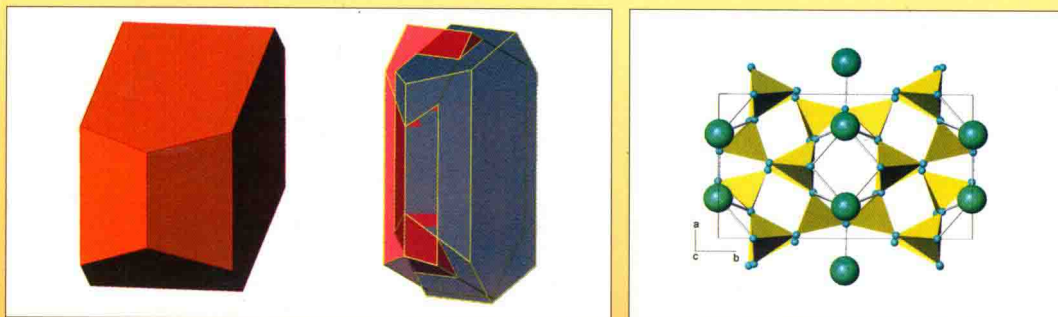


iCourse · 教材

# 结晶学及矿物学

(第三版)

赵珊茸 主编



高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材



iCourse · 教材

# 结晶学及矿物学

Jiejingxue ji Kuangwuxue

(第三版)

赵珊茸 主编

赵珊茸 王勤燕 钟玉芳 余淳梅 边秋娟 编著

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本教材含结晶学和矿物学两部分内容。结晶学部分,以晶体对称—晶体定向—单形与聚形为线索,直观地介绍了晶体宏观对称、群论基础、晶体结构微观对称理论;同时还介绍了晶体生长、晶体规则连生及晶体化学的基础知识。矿物学部分,先介绍了矿物的成分、形态、物理性质及矿物成因等基础知识,然后对各大类、类、族、种等不同晶体化学分类级别的矿物进行了归纳、对比,重点阐述各大类、类、族矿物的共同的晶体化学原理基础知识。

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。

本教材适于高等学校地质学类、珠宝类、材料类专业的学生及科研人员使用,也可作为凝聚态物理、地理、生命科学专业科研人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

结晶学及矿物学 / 赵珊茸主编; 赵珊茸等编著. --  
3版. -- 北京: 高等教育出版社, 2017.5  
iCourse·教材  
ISBN 978-7-04-047690-3

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 (2017) 第 099220 号

策划编辑 徐丽萍 杨俊杰      责任编辑 杨俊杰      封面设计 张楠      版式设计 马云  
插图绘制 杜晓丹      责任校对 陈旭颖      责任印制 耿轩

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  
印刷 北京鑫海金澳胶印有限公司  
开本 850mm×1168mm 1/16  
印张 31  
插页 1  
字数 780千字  
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.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版 次 2004年6月第1版  
2017年5月第3版  
印 次 2017年5月第1次印刷  
定 价 59.00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 47690-00

## 与本书配套的数字课程资源使用说明

与本书配套的数字课程资源发布在高等教育出版社数字课程网站,请登录网站后开始课程学习。

### 一、网站登录

1. 访问 <http://abook.hep.com.cn/1239775>, 点击“注册”。在注册页面输入用户名、密码及常用的邮箱进行注册。已注册的用户直接输入用户名和密码登录即可进入“我的课程”界面。

2. 课程充值: 登录后点击右上方“充值”, 正确输入教材封底标签上的明码和暗码, 点击“确定”完成课程充值。

3. 在“我的课程”列表中选择已充值的数字课程, 点击“进入课程”即可开始课程学习。

账号自充值之日起一年内有效, 过期作废。

使用本账号如有任何问题, 请发邮件至: [abook@hep.com.cn](mailto:abook@hep.com.cn)



① 重要通知



### 结晶学及矿物学 (第三版)

结晶学及矿物学(第三版)数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖电子教案、彩色图片、动画、教学软件和课堂录像五个板块。电子教案与各章节内容配套, 图文并茂; 彩色图片 ..... 展开

用户名:  密码:  验证码:  2709 忘记密码?    记住我(30天内免登录)

### 二、资源使用

与本书配套的数字课程资源按照章节知识树的形式展开, 配有电子教案、动画、课堂录像、教学软件、彩色图片五类资源。这五类资源在正文边栏处的标签和具体信息如下:



1. 电子教案: 与课程和教材紧密配套的教学 PPT, 可供教师下载使用, 也可供学生课前预习或课后复习使用。



2. 动画：本书针对结晶学部分一些较为抽象、难以理解的知识点制作了教学动画。



3. 课堂录像：中国地质大学(武汉)录制了赵珊茸和肖平主讲的“结晶学及矿物学”精品课程,本书节选了该课程中第三章“晶体的宏观对称”、第二十一章“含氧盐大类(一)——硅酸盐类”8段课堂录像。每段录像时长为45分钟左右。



4. 教学软件：中国地质大学(武汉)制作了“晶体化学”教学软件,数字课程资源收录此软件。



5. 彩色图片：本书收录了60余幅彩色插图,这些插图都是矿物的外观照片,帮助读者认识这些矿物。

本书为爱课程网([www.icourses.cn](http://www.icourses.cn))资源共享课“结晶学及矿物学”(赵珊茸主讲)配套教材。

# 第三版前言

---

《结晶学及矿物学》第一版、第二版分别是普通高等教育“十五”“十一五”国家级规划教材,分别于2004年、2011年由高等教育出版社出版。第三版于2014年被教育部列入“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

自第二版教材出版以来,经过5年多的教学实践,我们对教材中的一些基本概念、基本内容又有了新的认识。结合矿物学在地球科学研究中的新成果,对教材中的内容进行了全面修订,具体做法如下:

第一章:补充了结晶学知识特点介绍。

第二章:添加了“本章拓展、延伸知识”,介绍了吴氏网在空间测量、空间变换中的应用;介绍了心射极平投影在测定晶面符号的应用;介绍了吴氏网(等角度网格)与施密特网(等面积网格)的不同特点与功能及施密特网在矿物晶体择优取向研究中的应用。

第三章:对晶体对称定律的证明做了补充,修订了部分图件。

第四章:更新了部分图件;补充了晶带定律的数学定义;调整了部分内容:将“一般形”的内容移至第五章介绍。

第五章:更新了部分图件;修订了关于“一般形”的内容。

第十章:修订了等大球最紧密堆积与非等大球最紧密堆积关系的内容;修订了多型的部分内容。

第十一章:修订了矿物概念的解释、矿物学发展历史等内容;补充了矿物学知识特点介绍。

第十二章:修订并重新归纳了矿物化学成分变化的内容;简化了晶体化学式计算的“阳离子”法。

第十三章:修订了矿物隐晶及胶态集合体形态的内容。

第十四章:修订了透明矿物的颜色与不透明矿物颜色区别、矿物自色与他色的概念、压电性与热释电性等方面的内容。

第十五章:重新归纳了矿物成因信息的内容,删除了“朗道理论”等内容;补充了矿物包裹体的地质应用介绍;添加了“本章拓展、延伸知识”,简要介绍了成因矿物学研究的基本思路、工作步骤和主要研究进展。

第十六章:进行了全面改编,突出了矿物学研究中常用的现代先进测试技术介绍,如:观察矿物内部微形貌的阴极发光技术、测试结晶学取向的背散射电子衍射技术、分析

矿物微区的痕量元素含量和同位素比值的激光探针、离子探针等测试技术。

第十八章：修订了合金、类质同象混晶、金属互化物三个概念的关系。

第十九章：更新了部分矿物资料，补充了硫盐类矿物介绍。

第二十章：更新了部分矿物资料，补充了  $\text{SiO}_2$  矿物各同质多象转变的相图等内容，补充了金绿宝石、假蓝宝石矿物介绍。

第二十一章：更新和添加了部分矿物资料，如橄榄石、锆石、石榴子石、绿帘石、辉石、角闪石在地学研究中的应用等资料，锆石、石榴子石、榍石、绿帘石等矿物的成因及产状部分的内容；修订了各矿物的颜色、条痕、解理等描述不太确切的资料；添加了“本章拓展、延伸知识”，介绍了辉石族矿物的同质多象变体及其转变关系、名义上无水硅酸盐矿物的“含水性”、辉石族和角闪石族矿物分类命名等。

第二十四章：更新了至 2014 年底在我国发现的新矿物种数等数据，添加了在我国发现的新矿物总目录表。

第二十五章：该章为新添加的内容，介绍了目前收集的宇宙矿物样品类型，重点介绍陨石特有的矿物种类、特点。

书后添加了附录 II（原第二版的附录 II 改为附录 III）：相似晶体结构对比表。在此表中，将书中矿物晶体的结构特点以“堆积形式”和“配位多面体及其联结形式”列出其主要结构特点，便于不同矿物晶体结构之间的对比。

此外，对全书各章后的习题与思考题进行了全面的修订，有些章节将习题与思考题分为基础题与综合分析题两类。基础题只涉及书中的基本概念与基本内容，以帮助学生复习与巩固所学内容为目的；综合分析题则涉及更广泛的内容，要求学生综合运用所学基本概念与基本内容对某些知识进行综合分析，以使他们对知识的理解更深入。

教材修订工作分工如下：

赵珊茸：第一章~第十章（结晶学部分）（其中第二章的“本章拓展、延伸知识”的第三节由徐海军编写）；第十一章~第十四章（矿物成分、形态、物理性质）；第十七章（矿物分类命名）；第十八章（自然元素及其类似化合物）；第二十一章（硅酸盐晶体化学概述；习题与思考题）；附录 II（相似晶体结构对比）；附录 III（汉英对照结晶学与矿物学名词索引）。

王勤燕：第十九章（硫化物及其类似化合物）；第二十章（氧化物与氢氧化物）；第二十五章（宇宙矿物）。

钟玉芳：第十五章（矿物的成因）；第十六章（矿物现代测试技术）；第二十一章（岛状与链状硅酸盐；“本章拓展、延伸知识”的第三节）；第二十四章（我国发现的新矿物）。

余淳梅：第二十一章（层状与架状硅酸盐；“本章拓展、延伸知识”的第一、二节）；第二十二章（其他含氧盐）。

全书最后由赵珊茸统一整理并定稿。

在教材的编写过程中，我们得到了中国地质大学（武汉）地球科学学院、岩矿系各位领导与老师的关心与支持，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

2016年3月28日

## 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,篇幅上却很精练。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,部分章节的教学内容进行充实与更新,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。

上述补充与更新的部分内容是超出基本教学要求范围的,我们在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榘主编的《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,在发扬原潘兆榘主编的教材(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榘主编的教材(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》主编潘兆榘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,特别是在我们遇到困难的时候,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	本章拓展、延伸知识 .....	45
一、晶体的概念 .....	3	习题与思考题 .....	48
二、空间格子 .....	5	第四章 晶体定向与结晶符号 .....	50
三、晶体的基本性质 .....	8	一、晶体定向方法 .....	50
四、结晶学及其发展历史 .....	10	二、各对称型中对称要素的 空间分布 .....	53
本章拓展、延伸知识 .....	13	三、对称型的国际符号及 圣弗利斯符号 .....	60
习题与思考题 .....	14	四、晶面符号、晶棱符号 .....	63
第二章 晶体的测量与投影 .....	16	五、整数定律、晶带定律 .....	66
一、面角守恒定律 .....	16	习题与思考题 .....	69
二、晶体测量 .....	17	第五章 单形和聚形 .....	71
三、晶体的投影 .....	18	一、单形 .....	71
本章拓展、延伸知识 .....	24	二、结晶单形与几何单形 .....	74
习题与思考题 .....	30	三、47种几何单形的形态 特点 .....	80
第三章 晶体的宏观对称 .....	31	四、单形的分类 .....	81
一、对称的概念 .....	31	五、聚形 .....	84
二、晶体对称的特点 .....	32	六、各晶系晶体定向、单形及 聚形分析举例 .....	86
三、晶体的宏观对称要素和 对称操作 .....	33	本章拓展、延伸知识 .....	95
四、对称要素的组合 .....	38	习题与思考题 .....	101
五、32种对称型(点群)及其 推导 .....	39		
六、晶体的对称分类 .....	42		



第六章 群论基础及其在晶体		四、晶面的发育 .....	141
对称理论中的应用 .....	103	五、影响晶体生长形态的	
一、群论基础 .....	103	外因 .....	143
二、群论在晶体对称理论中		六、晶体的溶解和再生长 .....	144
的应用 .....	105	习题与思考题 .....	145
三、对称型(点群)中有关		第九章 晶体的规则连生 .....	147
群论的一些总结 .....	112	一、平行连晶 .....	147
习题与思考题 .....	113	二、双晶 .....	148
第七章 晶体内部结构的微观		三、浮生与交生 .....	160
对称 .....	114	本章拓展、延伸知识 .....	161
一、14种空间格子(14种		习题与思考题 .....	162
布拉维格子) .....	114	第十章 晶体化学简介 .....	164
二、晶体内部结构的对称		一、最紧密堆积原理 .....	164
要素 .....	119	二、配位数和配位多面体 .....	167
三、空间群 .....	122	三、化学键和晶格类型 .....	168
四、等效点系 .....	128	四、典型结构分析 .....	171
本章拓展、延伸知识 .....	129	五、类质同象 .....	173
习题与思考题 .....	133	六、同质多象 .....	176
第八章 晶体生长简介 .....	135	七、型变(晶变)现象 .....	179
一、成核 .....	135	八、多型 .....	180
二、晶体生长模型 .....	137	九、晶体结构的有序-无序 .....	181
三、晶体生长实验方法 .....	140	习题与思考题 .....	183

## 下篇 矿 物 学

第十一章 矿物及矿物学 .....	187	种类的关系 .....	192
一、矿物的概念 .....	187	三、矿物化学成分的变化 .....	193
二、矿物学及其发展历史 .....	188	四、矿物中的水 .....	195
三、矿物学与其他学科的		五、矿物的化学式及其计算 .....	196
关系 .....	189	习题与思考题 .....	200
习题与思考题 .....	190	第十三章 矿物的形态 .....	201
第十二章 矿物的化学成分 .....	191	一、矿物单体的形态 .....	201
一、地壳中化学元素的丰度及		二、矿物显晶集合体的	
矿物学意义 .....	191	形态 .....	205
二、元素的离子类型与矿物		三、矿物隐晶及胶态 .....	

集合体的形态 .....	206	一、简单硫化物类 .....	266
习题与思考题 .....	209	二、复硫化物类 .....	278
第十四章 矿物的物理性质 .....	210	三、硫酸盐类 .....	282
一、矿物的光学性质 .....	210	习题与思考题 .....	283
二、矿物的力学性质 .....	215	第二十章 氧化物和氢氧化物	
三、矿物的其他物理性质 .....	220	大类 .....	285
习题与思考题 .....	223	一、氧化物类 .....	287
第十五章 矿物的成因 .....	225	二、氢氧化物类 .....	311
一、形成矿物的地质作用 .....	225	习题与思考题 .....	314
二、矿物的成因信息 .....	229	第二十一章 含氧盐大类(一)	
三、矿物的变化 .....	234	——硅酸盐类 .....	316
本章拓展、延伸知识 .....	236	一、晶体化学特点 .....	317
习题与思考题 .....	239	二、形态与物理性质 .....	325
第十六章 矿物的鉴定和研究		三、成因及产状 .....	326
方法简介 .....	240	四、亚类的划分 .....	326
一、矿物样品的采集和		本章拓展、延伸知识 .....	397
分选 .....	240	习题与思考题 .....	404
二、矿物的肉眼鉴定 .....	241	第二十二章 含氧盐大类(二) ...	408
三、常用的鉴定和研究矿物		一、碳酸盐类 .....	408
的现代测试技术简介 .....	241	二、硫酸盐类 .....	417
习题与思考题 .....	248	三、磷酸盐类 .....	420
第十七章 矿物的分类和命名 ...	249	四、钨酸盐类 .....	422
一、矿物的分类 .....	249	五、硼酸盐类 .....	422
二、矿物的命名 .....	250	习题与思考题 .....	423
习题与思考题 .....	251	第二十三章 卤化物大类 .....	424
第十八章 自然元素及其类似物		习题与思考题 .....	427
大类 .....	252	第二十四章 我国发现的新矿物	
一、自然金属元素类 .....	253	概述 .....	428
二、自然非金属元素类 .....	256	习题与思考题 .....	441
三、自然半金属元素类 .....	262	第二十五章 宇宙矿物简介 .....	442
习题与思考题 .....	263	一、月岩矿物 .....	443
第十九章 硫化物及其类似		二、陨石矿物 .....	446
化合物大类 .....	264	三、宇宙尘矿物 .....	451

习题与思考题 .....	452
主要参考文献 .....	453
附录 I 矿物种名录 .....	464
附录 II 相似晶体结构对比表 .....	467
附录 III 汉英对照结晶学与矿物学名词索引 .....	471

# 上篇 结晶学

---



