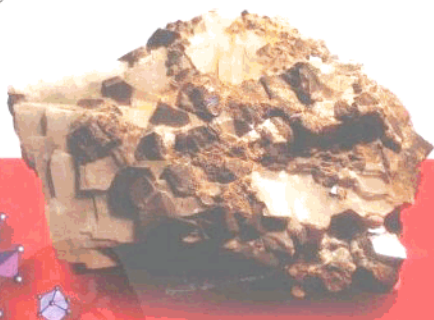
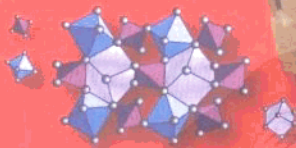



高职高专教育珠宝类专业规划教材

结晶学与 矿物学基础

赵建刚 王娟鹃 孙舒东 编著

JIEJINGXUE YU
KUANGWUXUE JICHU



 中国地质大学出版社



●责任编辑 张 琰 ●封面设计 魏少雄

高职高专教育珠宝类专业规划教材

- 《地球科学通论》
- 《结晶学与矿物学基础》
- 《宝玉石鉴赏》
- 《宝石鉴定仪器与鉴定方法》
- 《珠宝玉石鉴定实训》
- 《钻石及钻石分级》
- 《翡翠商贸实务》
- 《珠宝英语口语》
- 《首饰CAD及快速成型》
- 《宝石加工工艺学》
- 《流行饰品材料及生产工艺》
- 《首饰设计基础教程》
- 《珠宝首饰营销基础》
- 《人工宝石学》



ISBN 978-7-5625-2329-1



9 787562 523291 >

定价：30.00元

高职高专教育珠宝类专业规划教材

编 委 会

顾 问:

陈钟惠 中国地质大学(武汉)教授、原常务副校长

主任委员:

朱勤文 中国地质大学(武汉)教授、党委副书记

委 员 (按音序排列):

郭守国 上海建桥职业技术学院珠宝系主任、教授

胡楚雁 深圳职业技术学院副教授

匡 锦 青岛经济职业学校校长

李勋贵 深圳技师学院珠宝钟表系主任、副教授

李娅莉 中国地质大学(武汉)珠宝学院职教中心主任、教授

梁 志 中国地质大学出版社社长

刘自强 金陵科技学院珠宝首饰学院常务副院长、教授

孙仲鸣 中国地质大学(武汉)珠宝学院副教授

田培学 河南省广播电视大学宝玉石教研室高级工程师

王 昶 番禺职业技术学院珠宝系主任、副教授

王菲锐 海南职业技术学院珠宝专业主任、教授

王娟鹃 云南国土资源职业学院宝玉石与旅游系主任、教授

杨明星 中国地质大学(武汉)珠宝学院副院长、教授

张义耀 上海新侨职业技术学院珠宝系主任、教授

赵建刚 安徽工业经济职业技术学院党委副书记、教授

朱静昌 同济大学宝石学教育中心主任、教授

策 划:

梁 志 中国地质大学出版社社长

刘桂涛 中国地质大学出版社策划编辑部主任

张 琰 中国地质大学出版社策划编辑

高职高专教育珠宝类专业规划教材 编写说明

我国珠宝教育伴随着我国珠宝产业的形成和发展而诞生和发展,与珠宝产业发展的关系越来越密切,相互促进,共同发展。一方面,改革开放以来,随着我国社会、经济的不断发展和人民群众生活水平的不断提高,珠宝业从无到有,不断发展壮大,对珠宝专业技术人员的需求量越来越大,素质要求越来越高;另一方面,珠宝教育的规模不断扩大,层次越来越多,形式和类型日益多样化,教材等教学基本建设不能适应珠宝教育发展需要的矛盾越来越突出,加强教材等教学基本建设已经成为深化珠宝教育改革、提高人才培养质量、构建适应珠宝产业发展需要的高素质人才培养体系的基础工程。

通过调查研究和广泛听取珠宝教育界专家的意见,编委会组织编写了《高职高专教育珠宝类专业规划教材》,服务方向确定为:以满足高职高专教育珠宝类专业教学需要为主,同时兼顾中职中专教育珠宝类专业教学需要和珠宝行业岗位培训需要。

根据高职高专教育主要培养高技能人才的目标要求,这套教材既要反映高等教育的知识内涵,又要体现职业教育的能力素养要求,即:

(1)以综合素质教育为基础,以技能培养为本位。高职高专教育首先是高等教育,提高学生综合素质、培养高级技术人才是其基本任务,因此这套教材必须反映高等教育的特点和要求,具有高等教育的知识内涵,满足提高学生综合素质的需要。高职高专教育同时又属职业技术教育的范畴,提高职业素养、增强学生的职业技能和职业适应性是其中心任务,因此这套教材必须充分考虑职业教育的特点,体现具体的职业技术、职业能力要求和内涵,以满足培养职业素养、职业技能的要求。

(2)以社会需求为基本依据,以就业需求为导向。培养适应经济建设和社会发展需要的高级职业技术人才是高职高专教育生存和发展的前提,也是高职高专教育课程设置与改革的基本出发点。《高职高专教育珠宝类专业规划教材》以珠宝行业、珠宝企业、珠宝职业的实际需求为依据,探索根据企业用人订单进行教育与培训的机制,明确职业岗位对核心能力、一般专业技术能力的要求,重点

培养学生的技术运用能力、岗位工作能力。教材选用素材、案例既要有针对性,又要有适应性,要充分考虑增强学生就业能力和适应性的需要。

(3)以各领域“三基”为基础,充分反映珠宝首饰领域的新理念、新知识、新技术、新工艺、新方法。随着科学技术的不断发展,各种知识日新月异,更新周期越来越快,那种试图将所有知识都灌输给学生、使学生掌握所有知识的努力已经很不切实际,比较现实的办法是将各领域的基础知识、基本理论、基本技能教给学生,使其学会学习和思考,以适应不断变化的工作形势。与此同时,还必须将珠宝首饰设计、制作、加工、鉴定、营销、文化等领域当前流行的新理念、新知识、新技术、新工艺、新方法等反映到教材上,以便学生了解和掌握。

(4)以学历教育为基础,充分考虑职业资格考试、职业技能考试的需要。满足高职高专教育珠宝类专业学历教育的实际教学需要是编写出版这套教材的基本点,但同时也必须充分考虑职业教育往往与各类职业资格考试、技能考试相结合的事实,尽量兼顾珠宝职业资格、技能考试的相关知识点和考点,尽可能将教材内容与它们有机地结合起来,使这套教材成为珠宝领域贯彻执行国家职业技能鉴定标准的积极促进者,使学生在获得课程学分的同时也可以比较顺利地获得职业资格证书。

(5)以“够用、管用、会用”为目标,努力优化、精炼教材内容。质量是教材的生命线,提高教材质量是作者、出版社、读者永恒的课题,欢迎各界人士,尤其是使用单位、业内专家、珠宝业一线技术人员针对这套教材提出宝贵意见。我们将根据收集的意见,结合高职高专教育改革与发展的形势和珠宝类专业发展的要求,与时俱进,组织作者不断修订、完善、提高,使其能够更好地满足高职高专教育珠宝类专业高技能人才培养的需要。

《高职高专教育珠宝类专业规划教材》编委会

2007年7月8日于武汉

前 言

随着我国职业教育的发展,许多高等职业技术学院相继开设了地质类、宝玉石类专业。结晶学与矿物学是地质类专业、宝玉石专业必修的重要基础课程,而职业教育的特点是使学生在掌握必要的基础知识的前提下,侧重实践教学。因此我们在多年地质学、宝石学职业教学的基础上,参考了其他高等职业院校有关教学资料编写完成了本教材。编写过程中,在保证基本理论体系相对完整的基础上,对一些理论性较强的内容做了删减和调整,内容上力求少而精且重点突出。本书既可作为职业院校地质类专业、宝玉石类专业的教材使用,也适合地质学爱好者和珠宝爱好者阅读自学。

本书第一章和第十一章由赵建刚编写,第二章至第五章由王娟鹏编写,第六章至第十章由孙舒东编写,第十二章至第十六章由李孔亮编写,第十七章由曾凯编写,全书由赵建刚负责统稿。

在我们开展地质学、宝石学职业教育和本书的编写过程

中,得到了中国地质大学(武汉)朱勤文教授、珠宝学院袁心强教授、李娅莉副教授、薛秦芳副教授、李立平教授、陈美华教授、尹作为副教授、中山大学丘志力教授、南京地矿所张丛森教授等专家和支持和学者的支持和帮助,在本书的出版过程中,中国地质大学出版社给予了大力的支持和指导,在此一并表示衷心感谢。由于编者水平和经验有限,错误和不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2009年1月

目 录

第一章 绪论.....	(1)
一、结晶学概况	(1)
二、矿物学概况	(2)
第二章 晶体和非晶质体.....	(4)
一、晶体的定义	(4)
二、晶体的空间格子构造规律	(5)
(一)空间格子.....	(5)
(二)空间格子要素.....	(6)
(三)14种空间格子	(8)
(四)晶体的基本性质	(11)
三、晶体的形成.....	(12)
(一)晶体形成的方式	(13)
(二)晶核的形成和晶体生长理论	(13)
(三)面角恒等定律	(16)
(四)影响晶体生长的外部因素	(18)
(五)非晶质体	(18)
(六)准晶体	(19)
第三章 晶体的宏观对称	(21)
一、对称的概念和晶体的对称.....	(21)
(一)晶体对称的特点	(22)
(二)晶体的对称操作和对称要素	(22)
(三)对称型的概念	(26)
(四)晶体的对称分类	(28)
第四章 单形和聚形	(29)
一、单形.....	(29)
(一)单形的概念	(29)
(二)单形的数目	(29)

(三)47种几何单形	(30)
二、聚形	(38)
(一)聚形概念	(38)
(二)聚形分析	(38)
第五章 晶体定向和结晶学符号	(40)
一、晶体定向	(40)
(一)晶轴和晶体常数	(40)
(二)晶轴的选择原则	(42)
(三)各晶系晶体的定向	(42)
二、结晶学符号	(47)
(一)整数定律	(47)
(二)晶面符号	(48)
(三)单形符号	(50)
(四)晶带及晶带符号	(52)
第六章 晶体化学与晶体结构基本理论	(55)
一、原子和离子半径	(55)
二、元素的离子类型	(56)
(一)惰性气体型离子(亲氧元素、造岩元素)	(56)
(二)铜型离子(亲硫元素、造矿元素)	(57)
(三)过渡型离子(亲铁元素、色素离子)	(57)
三、球体的最紧密堆积原理	(57)
(一)等大球体的最紧密堆积	(58)
(二)不等大球体的紧密堆积	(60)
四、配位数和配位多面体	(61)
五、矿物中的键型与晶格类型	(62)
(一)离子晶格	(63)
(二)原子晶格	(63)
(三)金属晶格	(63)
(四)分子晶格	(63)
六、类质同像	(65)
(一)类质同像的概念	(65)
(二)类质同像的类型	(65)
(三)类质同像产生的条件	(66)
(四)研究类质同像的意义	(67)

七、同质多像及多型	(68)
(一) 同质多像	(68)
(二) 多型	(69)
第七章 矿物的化学成分及化学性质	(71)
一、矿物的化学成分类型	(71)
二、胶体矿物的化学组成特点	(72)
三、矿物中的“水”	(74)
(一) 吸附水	(74)
(二) 结晶水	(75)
(三) 结构水	(75)
(四) 层间水	(76)
(五) 沸石水	(76)
四、矿物的化学式	(77)
(一) 实验式	(77)
(二) 结构式(又称晶体化学式)及其书写原则	(78)
五、矿物的化学性质	(81)
(一) 矿物的可溶性	(81)
(二) 矿物的可氧化性	(82)
(三) 矿物与酸、碱的反应	(83)
第八章 矿物的形态	(85)
一、矿物单体的形态	(85)
(一) 结晶习性	(86)
(二) 晶面特征	(87)
二、晶体的规则连生	(88)
(一) 平行连生	(88)
(二) 双晶	(89)
三、矿物集合体的形态	(91)
(一) 显晶集合体	(91)
(二) 隐晶及胶态集合体	(92)
第九章 矿物的物理性质	(95)
一、矿物的光学性质	(95)
(一) 颜色	(95)
(二) 条痕(粉末色)	(98)
(三) 光泽	(98)

(四)透明度	(99)
二、矿物的力学性质	(100)
(一)解理、裂理和断口	(100)
(二)硬度	(102)
(三)其他力学性质	(103)
三、矿物的其他物理性质	(103)
(一)相对密度	(103)
(二)磁性	(104)
(三)导电性和荷电性	(105)
(四)发光性	(106)
第十章 矿物的形成与变化	(108)
一、形成矿物的地质原因(作用)	(108)
(一)内生作用	(108)
(二)外生作用	(111)
(三)变质作用	(114)
二、影响矿物形成的因素	(115)
(一)矿物形成的条件	(115)
(二)反映矿物形成条件的标志	(117)
三、矿物的变化	(119)
(一)溶蚀	(119)
(二)交代	(119)
(三)晶化和非晶质化	(120)
(四)假像	(120)
第十一章 矿物的分类和命名	(122)
一、矿物的分类	(122)
(一)根据化学成分的分类方案	(122)
(二)根据晶体化学的分类方案	(122)
(三)根据地球化学的分类方案	(122)
(四)根据成因的分类方案	(122)
二、矿物的命名	(123)
第十二章 自然元素矿物	(125)
一、概述	(125)
二、自然金属元素矿物	(125)
三、自然非金属元素矿物	(129)

第十三章 硫化物及其类似化合物矿物	(133)
一、概述	(133)
二、单硫化物及其类似化合物矿物	(135)
三、对硫化物及其类似化合物矿物	(144)
四、硫盐矿物	(146)
第十四章 卤化物矿物	(149)
一、概述	(149)
二、氟化物矿物	(150)
三、氯化物矿物	(151)
第十五章 氧化物和氢氧化物矿物	(153)
一、概述	(153)
二、氧化物矿物	(154)
第十六章 含氧盐矿物	(166)
一、碳酸盐矿物	(166)
二、硝酸盐矿物	(172)
三、硼酸盐矿物	(173)
四、硫酸盐矿物	(174)
五、钨酸盐矿物	(178)
六、磷酸盐矿物	(178)
七、硅酸盐矿物	(181)
第十七章 矿物鉴定和研究方法	(219)
(一) 鉴定和研究矿物的化学方法	(219)
(二) 鉴定和研究矿物的物理方法	(220)
(三) 鉴定和研究矿物的物理化学方法	(222)
主要参考文献	(226)

第一章 绪 论

一、结晶学概况

结晶学和矿物学分别是以晶体和矿物为研究对象的两门自然科学,所有的矿物均为天然产出的晶体,结晶学和矿物学之间一直有着十分密切的关系。

结晶学具体研究晶体的发生、成长、变化和人工合成,是研究晶体的几何外形和内部结构的一门科学。但在17世纪以前,人们仅是对矿物晶体几何外形的认识,到了17世纪中叶,逐渐在矿物学的基础上形成了结晶学,并成为矿物学的一个分支。1912年,由于X射线晶体衍射实验的成功,导致结晶学进入了一个崭新的阶段,在晶体结构本身以及在晶体结构与晶体性质之间关系的各个领域,都取得了巨大的进步,使晶体的应用范围不断扩大,既满足了工业上对晶体日益增长的大量需求,同时又促使了对晶体生长及晶体成因等研究的迅速发展。

20世纪下半叶,由于近代物理学、近代化学等理论与结晶学之间的强烈相互渗透,以及电子显微术、化学成分的微束分析技术和各种谱学研究等手段日益广泛的应用,已经使人们有可能直接观察到原子在晶体中的实际排布和测定出其电子的状态,从而使结晶学的研究进入了一个以微区、高分辨、精细结构为特征的新阶段。

由于结晶学是矿物学的重要基础,因此与矿物学密切相关的各个基础学科,例如地球化学、岩石学、矿床学、宝石学以及构造地质学、工程地质学、土壤学等,也都离不开结晶学的知识。

在应用技术科学中,许多学科也与结晶学有着密切的关系,例如选矿学、冶金学、金属学、非金属材料学、陶瓷工艺学、化学工艺学、药物学等;以及在半导体、无线电、超声波、激光等技术中,应用特定的晶体材料作为它们的核心关键部件,从而使相应的有关理论也与结晶学有着密切关系。

由于结晶学与众多的应用技术学科关系密切,因此它在国民经济中占有重要的地位。不仅晶体的利用及新用途的开发需要结晶学知识,而且结晶学理论可以指导特殊性能晶体的寻找和人工合成,而现代科学技术的各个部门,尤其是尖端科技部门,都离不开具有特定性能的晶体材料。

二、矿物学概况

矿物是自然界中的化学元素在一定的物理、化学条件下形成的,具有一定的内部结构、形态和物理性质的单质和化合物。是组成岩石、矿石的基本单位。矿物是各种地质作用的产物,除少数呈液态(如水银、水)和气态(如 CO_2 和 H_2S 等)外,绝大多数呈固态。固态矿物大多数具有固定的化学成分和内部结构。

矿物学具体研究矿物的化学成分、内部结构、外表形态、物理性质和化学性质在地质作用过程中形成和变化的条件等方面的现象和规律,以及它们相互之间的内在联系。矿物学的研究,为开发工农业生产和国防建设所需要的矿物原料及其合理综合利用提供必要和充分的依据。同时,也为探索并阐明地壳及地壳下层以至其他天体的物质组成及演化规律,提供重要的信息。

此外,矿物学与结晶学、数学、物理学和化学,特别是物理化学等基础学科的关系十分密切,这些学科为矿物学的发展提供了必要的理论基础和研究方法。近年来,由于基础学科的新理论和实验技术在矿物学中的普遍应用,使得矿物学的一些内容正在经历着一场深刻的变化。

矿物学是地球科学中很古老的一门基础学科,早在石器时代,人类就已知道利用多种矿物如石英、蛋白石等制作工具和饰物,以后又逐渐认识了金、银、铜、铁等若干金属及其矿石,从而过渡到铜器和铁器时代。到了 18、19 世纪,矿物的研究得到了多方面进展,逐步建立起理论基础,丰富了研究内容和研究方法,形成了一门学科。

1912 年德国学者劳厄成功地进行了晶体对 X 射线衍射的实验,从而使晶体结构的测定成为可能,并导致矿物学研究从宏观进入到微观的新阶段。大量矿物晶体结构被揭示,建立了以成分、结构为依据的矿物的晶体化学分类。

20 世纪中期以来,矿物原料和矿物材料得到更广泛的开发。开展了矿物的人工合成,高温、高压实验和天然成矿作用模拟。同时促使了矿物学、物理化学和地质作用的研究相结合的分支学科——成因矿物学和找矿矿物学逐步形成,使矿物学在矿物资源的寻找与开发方面获得了更广泛的应用。

尤其值得指出的是近 20 多年来,矿物学受到现代核子科学、宇航技术、合成实验和电子计算机四大科技领域最新成就的促进和其他自然学科深入渗透的影响,内容上再一次得到充实和完善将是无疑的,因此它们必将对整个地质科学带来深远的影响。

随着生产和现代科学技术的发展,现在的矿物学不仅在很大程度上摆脱了单纯描述矿物表面特征的阶段,而且有关矿物成因和晶体学问题的一般性研究,也已经不能满足当前的要求了。在过去的 20 多年来,由于运用了晶体场理论、

配位场理论、分子轨道理论和能带理论解决含过渡元素的硫化物、氧化物和硅酸盐等的一些矿物学问题上,已取得了很多有益的成果;由于固体物理学的理论和测试方法(如核磁共振谱、电子顺磁共振谱、红外吸收光谱、晶体场光谱、穆斯鲍尔谱)的引入矿物学,通过研究矿物晶体中原子、原子核以及电子的结构来阐明矿物的形成条件、标型特征和物理性质等也已获得了良好的效果;由于运用了高分辨率透射电子显微镜对矿物晶胞大小和晶体精细结构的观察,发现了很多新现象,其中尤其令人鼓舞的是它使得人们长期以来渴望直接观察晶体结构的愿望终于得到实现;由于电子探针和离子探针的问世,使鉴定和研究微粒、微量矿物、察明微区内元素的分布状态成为可能,从而为矿物学的研究跨入更新领域开拓了广阔的前景,可以说今天的矿物学无论在深度和广度上,都达到了一个前所未有的新阶段。

当前,矿物学的主要任务,就是要在不断总结上述成果的基础上,更加深入地系统地了解矿物的化学成分、晶体结构、物理性质、形态和形成条件以及这些方面的内在联系,进一步发掘矿物的新用途,揭示矿物在地壳中的分布规律及其形成的历史,并与地质学、材料学的其他分支学科相配合,为解决当前科研和生产中的一些带有关键性的理论和实际应用问题,提供必要的依据。

我国是世界上从事采矿实业最早的国家之一,对矿物的研究和利用具有悠久的历史。特别是新中国成立后,随着大规模经济建设的开展,地质矿产普查和采矿业的突飞猛进,我国矿物学的研究也开始跨入了一个新的时期。在此期间,除先后发现了30多种新矿物、新测定了近30种矿物的晶体结构、编写出版了几个地区的区域矿物志和矿物学专著外,还在矿物学的十多个分支学科——宇宙矿物学、矿物物理学、矿物化学、实验矿物学、应用矿物学和成因矿物学等方面,也都取得了丰硕成果,为进一步丰富矿物学内容,作出了有益的贡献。当前,一个从地壳到地幔,从陆地到海洋,从地球到宇宙,从无机矿物到有机矿物,从天然矿物到人造矿物,从矿物到新材料的研究热潮,正在我国蓬勃兴起。

第二章 晶体和非晶质体

一、晶体的定义

自然界已发现的天然矿物约 3 800 多种,绝大多数都是晶体。要学习矿物,掌握常见的宝石矿物和造矿矿物,必然要涉及到晶体。而在古代,人们并不知道什么是晶体,最早将具有规则几何多面体形态的水晶(石英 SiO_2)称为晶体[图 2-1(a)],后来,发现很多矿物也可表现出天然的规则几何多面体形态,如石盐(NaCl)等[图 2-1(b)],于是,将这些能自发地生长为规则的几何多面体形态的固体也称为晶体。其实,晶体并不一定都具备规则几何多面体的形状。例如,盐湖中产出的石盐,有的呈规则立方体,有的却是形态任意的颗粒,这是后者在结晶时受外界条件影响的结果,而非石盐本质不同造成。因此,晶体应从其本质上进行解释。

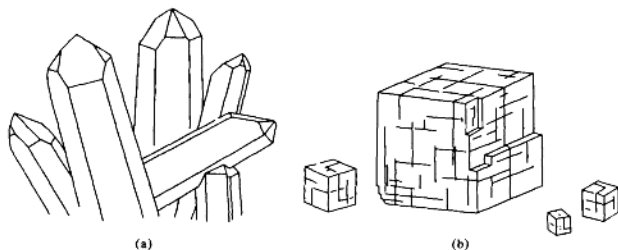


图 2-1 呈几何多面体外形的晶体:

(a) 石英晶体; (b) 石盐晶体及其解理块

20 世纪 20 年代 X 射线应用于晶体结构的研究,证实了在一切晶体中,其组成物质质点(原子、离子、离子团或分子等)在三维空间都是按格子构造规律分布的。以石盐晶体的结构为例:图 2-2(a)为石盐晶体的结构图;图 2-2(b)是从

食盐晶体结构中按一定条件截取的能代表食盐晶体结构规律的最小单位(晶胞)。图中大球代表氯离子(Cl^-),小球代表钠离子(Na^+)。

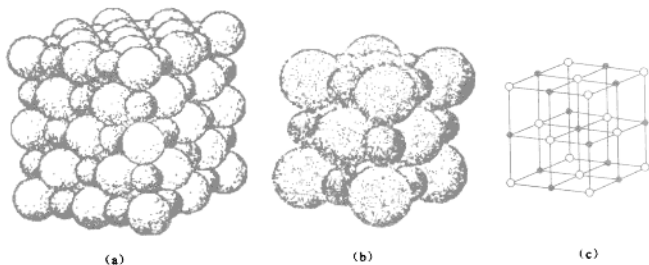


图 2-2 食盐的晶体结构

从图中可以看出,氯离子(Cl^-)和钠离子(Na^+)在三维空间各自按一定的间距重复排列。如:沿着立方体的三条棱的方向, Cl^- 与 Na^+ 都是每隔 0.562 8nm 重复一次,而沿着对角线方向,都是每隔 0.397 3nm 再现一次,其他方向情况相似,只是重复的间距不同。我们分别用圈和点代表 Cl^- 与 Na^+ 中心点,用直线将 Cl^- 与 Na^+ 中心点连接起来,就得出图 2-2(c)所示格子状图形。实践证明,所有食盐,不论外部形态是否规则,其内部质点都是作如图 2-2(c)所示的立方格子排列。食盐之所以能够成为立方体的规则外形,是格子构造规律制约的结果。

不同的晶体,其晶体结构也不同,但都具有格子状构造,这是所有晶体的共同属性。因此,晶体是内部质点在三维空间呈周期性重复排列的固体。或者说,晶体是具有格子状构造的固体。

蛋白石($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)和玻璃(SiO_2)等,它们的内部质点不作周期性的重复排列,即不具格子状构造,称为非晶质体。

二、晶体的空间格子构造规律

(一)空间格子

晶体的本质是内部质点在三维空间上的周期性重复,表示这种重复规律的几何图形即为空间格子。

以食盐的晶体结构为例。在图 2-2(a)所示的食盐晶体结构中,每一个 Cl^-