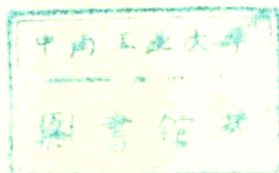


高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

结晶学及矿物学



冶金工业出版社

前 言

本书由长春工业高等专科学校、沈阳黄金学院、长沙工业高等专科学校等单位共同编写，长春工业高等专科学校为主编单位。

本书的内容是根据三校所制定的《结晶学及矿物学》专科教学大纲的要求编写的，在内容上除注意加强基础理论、基本知识和基本技能等方面外，突出了对学生实际能力的培养，在识别和鉴定常见矿物方面作了较为详细的叙述。内容的深度和广度符合专科教学的要求。

本书在内容的叙述上，我们坚持少而精的原则，尽量做到深入浅出，循序渐进，并附有大量图件以帮助学生加深对课程内容的理解和掌握。

本书除供专科地质勘探专业用作教材外，亦可供相邻专业作参考教材和供地质类师生及地质工作者参考。

本书由长春工业高等专科学校江世贵主编。沈阳黄金学院王建国编写第二章至第八章；石铁铮编写第十五、十六和十七章，长沙工业高等专科学校言紫螯编写第十八章、第十九章和第二十章除硅酸盐外的含氧盐部分；长春工业高等专科学校刘忠盛编写第十章至第十三章；江世贵编写绪言、第一章、第九章、第十四章和第二十章含氧盐的硅酸盐部分。

本书的初稿承长春工业学院李高山教授、吉林省地质矿产局赵良超高级工程师和长春工业高等专科学校刘作程教授审核并提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

由于编者水平有限和编写时间仓促，书中错误缺点自知难免，请读者批评指正。

编者

1991年11月

目 录

绪 论	(1)
第一篇 结晶学	(3)
第一章 晶体的概念	(3)
一、晶体与非晶体的概念	(3)
二、空间格子	(4)
三、晶体的基本性质	(6)
1. 自限性	(6)
2. 均一性	(6)
3. 异向性 (各向异性)	(6)
4. 对称性	(6)
5. 稳定性	(7)
6. 定熔性	(7)
第二章 晶体的形成	(8)
一、晶体的形成方式	(8)
二、晶核及其形成条件	(8)
三、晶体的生长过程	(9)
1. 层生长理论	(9)
2. 晶体的阶梯状生长和螺旋生长理论	(10)
3. 布拉维法则	(11)
四、影响晶体生长的外部因素	(12)
第三章 晶体的测量和投影	(15)
一、面角恒等定律	(15)
二、晶体的测量	(15)
三、晶体的投影	(17)
1. 晶体的球面投影	(17)
2. 晶体的极射赤平投影	(18)
3. 吴氏网	(19)
4. 吴氏网的应用	(20)
第四章 晶体的对称	(22)
一、对称的概念及晶体的对称性	(22)
二、对称要素及对称操作	(23)
1. 对称面	(23)
2. 对称轴	(24)
3. 对称中心	(26)
4. 旋转反伸轴	(26)

三、对称要素的组合规律	(28)
四、对称型及其推导	(28)
五、晶体分类	(31)
六、对称型的国际符号和圣佛利斯符号	(31)
1. 国际符号	(33)
2. 圣佛利斯符号	(34)
第五章 单形和聚形	(36)
一、单形	(36)
1. 单形的概念	(36)
2. 单形的推导	(36)
3. 47种几何单形	(40)
二、聚形	(53)
第六章 晶体定向和晶面符号	(55)
一、晶体定向	(55)
1. 晶体定向的概念	(55)
2. 晶轴的选择	(56)
二、整数定律	(59)
三、晶面符号	(59)
1. 米氏符号的构成与晶面指数的确定	(59)
2. 晶面指数与晶面相对空间位置的关系	(60)
3. 四轴定向时的晶面符号	(61)
四、单形符号	(67)
五、晶带及晶带定律	(68)
1. 晶带符号	(63)
2. 晶带及晶带定律	(69)
第七章 晶体的规则连生	(70)
一、双晶	(70)
1. 双晶的概念	(70)
2. 双晶要素	(70)
3. 双晶要素间的相互关系	(71)
4. 双晶律	(71)
5. 双晶类型	(72)
6. 双晶的形成方式	(73)
7. 双晶的识别	(73)
8. 各晶系常见矿物的双晶	(78)
二、平行连生和浮生	(78)
1. 平行连生	(78)
2. 浮生	(78)
第八章 晶体结构的基本特征	(80)
一、14种空间格子	(80)
1. 单位平行六面体的划分原则	(80)

2. 14种空间格子	(81)
二、晶体内部结构的对称要素	(84)
1. 微观对称特点	(84)
2. 晶体内部结构特有的对称要素	(84)
三、空间群	(88)
1. 概念	(88)
2. 空间群的国际符号与圣佛利斯符号	(88)
四、等效点系	(88)
第九章 晶体化学	(93)
一、原子和离子半径	(93)
二、最紧密堆积	(95)
1. 等大球体的最紧密堆积	(95)
2. 不等大球的堆积	(97)
三、配位数和配位多面体	(97)
1. 配位数	(97)
2. 配位多面体	(98)
四、化学键与晶格类型	(98)
1. 离子晶格——离子键	(98)
2. 共价晶格——共价键	(99)
3. 金属键与金属晶格	(99)
4. 分子键与分子晶格	(99)
五、类质同象	(100)
1. 类质同象的概念	(100)
2. 影响类质同象的因素	(101)
3. 研究类质同象的意义	(101)
六、同质异象	(102)
1. 同质异象的概念	(102)
2. 影响形成同质异象的因素	(102)
3. 研究同质异象的意义	(102)
第二篇 矿物学	(103)
第十章 矿物的化学成分	(103)
一、地壳的化学成分	(103)
二、元素的离子类型	(105)
1. 惰性气体型离子	(105)
2. 铜型离子	(105)
3. 过渡型离子	(105)
三、矿物化学成分的变化	(106)
四、胶体矿物的成分	(106)
1. 胶体矿物的概念	(106)
2. 胶体的基本性质	(107)
3. 胶体矿物的形成	(108)

五、矿物中的水	(108)
1. 吸附水	(108)
2. 结晶水	(108)
3. 沸石水	(109)
4. 层间水	(109)
5. 结构水	(109)
六、矿物的化学式及其计算	(109)
第十一章 矿物的形态	(113)
一、矿物的单体形态	(113)
1. 理想晶体与实际晶体	(113)
2. 结晶习性	(113)
3. 晶面花纹	(115)
二、矿物集合体的形态	(116)
1. 显晶集合体形态	(116)
2. 隐晶和胶态集合体形态	(119)
第十二章 矿物的物理性质	(122)
一、矿物的光学性质	(122)
1. 矿物的颜色	(122)
2. 矿物的条痕	(123)
3. 矿物的光泽	(123)
4. 矿物的透明度	(124)
二、矿物的力学性质	(124)
1. 解理、裂理和断口	(124)
2. 硬度	(127)
3. 脆性和延展性	(128)
4. 弹性和挠性	(128)
三、矿物的比重和密度	(128)
四、矿物的其它性质	(130)
1. 矿物的磁性	(130)
2. 矿物的压电性	(131)
3. 发光性	(131)
第十三章 矿物的成因	(133)
一、形成矿物的地质作用及其矿物组合	(133)
1. 内生作用及其矿物组合	(133)
2. 外生作用及其矿物组合	(135)
3. 变质作用及其矿物组合	(136)
二、矿物的形成条件	(137)
1. 温度	(137)
2. 压力	(138)
3. 组分的浓度	(138)
4. 介质的酸碱度(pH值)	(138)

5. 氧化还原电位(Eh值).....	(138)
三、反映矿物形成条件的标志	(138)
1. 矿物的标型特征及标型矿物	(138)
2. 矿物中的包裹体	(138)
3. 矿物的共生组合	(139)
4. 矿物的生成顺序和世代	(139)
第十四章 矿物的鉴定法和研究法	(141)
一、样品采集及矿物分选	(141)
二、矿物的鉴定和研究方法	(141)
1. 矿物的肉眼鉴定	(141)
2. 简易化学试验	(142)
三、矿物的仪器鉴定方法简介	(143)
1. 偏光显微镜法和反光显微镜法	(143)
2. 化学分析法	(144)
3. 光谱分析法	(144)
4. 热分析法	(144)
5. X射线衍射分析	(144)
6. 电子显微镜法	(144)
第十五章 矿物的分类及命名	(147)
一、矿物的分类	(147)
二、矿物的命名	(148)
第十六章 第一大类 自然元素	(150)
一、概述	(150)
1. 化学成分	(150)
2. 晶体化学特征	(151)
3. 形态	(151)
4. 物理性质	(151)
5. 成因产状	(151)
6. 分类	(151)
二、主要矿物描述	(152)
1. 第一类 自然金属元素	(152)
自然铜族: 自然金, 自然铜	(152)
2. 第二类 自然半金属元素	(154)
自然铋族: 自然铋	(154)
3. 第三类 自然非金属元素	(154)
自然硫族: 自然硫	(154)
金刚石族: 金刚石	(156)
石墨族: 石墨	(157)
第十七章 第二大类 硫化物及其类似化合物	(160)
一、概述	(160)
1. 化学成分	(160)

2. 晶体化学特征	(161)
3. 形态	(161)
4. 物理性质	(161)
5. 成因产状	(161)
6. 分类	(162)
二、主要矿物描述	(162)
1. 第一类 简单硫化物	(162)
辉铜矿族: 辉铜矿	(162)
方铅矿族: 方铅矿	(163)
闪锌矿族: 闪锌矿	(164)
辰砂族: 辰砂	(165)
黄铜矿族: 黄铜矿	(165)
斑铜矿族: 斑铜矿	(167)
磁黄铁矿族: 磁黄铁矿	(167)
镍黄铁矿族: 镍黄铁矿	(169)
辉铋矿族: 辉铋矿, 辉铋矿	(169)
铜蓝族: 铜蓝	(171)
雌黄族: 雌黄	(172)
雄黄族: 雄黄	(173)
辉铝矿族: 辉铝矿	(173)
2. 第二类 复硫化物	(175)
黄铁矿-白铁矿族: 黄铁矿, 白铁矿	(175)
辉砷钴矿-毒砂族: 毒砂	(177)
3. 第三类 硫酸盐	(178)
黝铜矿族: 黝铜矿-砷黝铜矿	(178)
第十八章 第三大类 氧化物和氢氧化物	(180)
一、概述	(180)
1. 化学组成	(180)
2. 晶体化学特点	(180)
3. 形态物性	(181)
4. 成因及产状	(181)
5. 矿物分类	(181)
二、主要矿物描述	(181)
1. 第一类 氧化物	(181)
赤铜矿族: 赤铜矿	(181)
刚玉族: 刚玉, 钛铁矿, 赤铁矿	(182)
金红石族: 金红石, 锡石, 软锰矿	(185)
石英族: α -石英, β -石英, 蛋白石	(188)
尖晶石族: 尖晶石, 铬铁矿, 磁铁矿	(193)
黑钨矿族: 黑钨矿	(195)
铌钽铁矿族: 铌铁矿-钽铁矿	(196)
2. 第二类 氢氧化物	(197)
水镁石, 硬水铝石, 一水软铝石, 三水铝石, 褐铁矿 (针铁矿, 纤铁矿), 水锰矿,	

硬铝矿	(197)
赭石, 砷华, 黄锑华, 锑华, 铋华, 钼华, 钨华, 块黑铅矿	(202)
第十九章 第四大类 卤化物	(205)
一、概述	(205)
二、主要矿物描述	(205)
萤石族: 萤石	(205)
石盐族: 石盐, 钾盐	(207)
光卤石族: 光卤石	(208)
第二十章 第五大类 含氧盐	(210)
I、第一类 硅酸盐	(210)
一、概述	(210)
二、晶体化学特点	(210)
1. 化学成分	(210)
2. 晶体结构	(211)
3. 类质同象	(213)
4. 化学键	(214)
三、亚类的划分	(214)
四、主要矿物描述	(214)
1. 第一亚类 岛状结构硅酸盐	(214)
锆石族: 锆石	(214)
橄榄石族: 橄榄石	(215)
石榴子石族: 石榴子石	(217)
红柱石族: 红柱石, 蓝晶石	(218)
黄玉族: 黄玉	(220)
十字石族: 十字石	(220)
楣石族: 楣石	(221)
异极矿族: 异极矿	(221)
符山石族: 符山石	(221)
绿帘石族: 绿帘石, 褐帘石	(222)
绿柱石族: 绿柱石, 莹青石	(223)
电气石族: 电气石	(224)
2. 第二亚类 链状结构硅酸盐	(225)
辉石族	(225)
斜方辉石亚族: 顽火辉石, 古铜辉石, 紫苏辉石	(225)
单斜辉石亚族: 透辉石, 钙铁辉石, 普通辉石, 霓石, 霓辉石, 锂辉石, 硬玉	(226)
硅灰石族: 硅灰石	(229)
蔷薇辉石族: 蔷薇辉石	(230)
角闪石族	(230)
斜方角闪石亚族: 斜方角闪石(直闪石)	(231)
单斜角闪石亚族: 透闪石, 阳起石, 普通角闪石, 钠铁闪石, 蓝闪石	(231)
3. 第三亚类 层状结构硅酸盐	(233)
滑石族: 滑石, 叶腊石	(234)

蛇纹石族: 蛇纹石	(235)
高岭石族: 高岭石	(236)
蒙脱石族: 蒙脱石, 绿高岭石	(236)
多水高岭石族: 埃洛石	(237)
云母族: 黑云母, 金云母, 白云母, 锂云母, 铁锂云母	(237)
水白云母族: 水白云母, 蛭石, 海绿石	(239)
绿泥石族: 绿泥石, 硬绿泥石, 硅孔雀石	(240)
葡萄石族: 葡萄石	(241)
4. 第四亚类 架状结构硅酸盐	(241)
长石族	(241)
钾钠长石亚族: 正长石, 透长石, 微斜长石	(244)
斜长石亚族: 斜长石, 似长石矿物	(245)
霞石族: 霞石	(247)
白榴石族: 白榴石	(248)
方柱石族: 方柱石	(248)
钙霞石族: 钙霞石	(249)
方钠石族: 方钠石, 黝方石	(249)
日光榴石族: 日光榴石, 香花石	(250)
沸石族: 钠沸石, 钙沸石, 片沸石, 方沸石, 丝光沸石	(251)
II、第二类 碳酸盐	(254)
一、概述	(254)
1. 化学成分	(254)
2. 晶体化学特征	(254)
3. 物理性质	(255)
4. 成因	(255)
二、主要矿物描述	(256)
方解石族: 方解石, 菱镁矿, 菱铁矿, 菱锰矿, 菱锌矿, 白云石	(256)
文石族: 文石, 碳酸锶矿, 碳酸钡矿, 白铅矿	(263)
孔雀石族: 孔雀石, 蓝铜矿	(267)
III、第三类 硫酸盐	(268)
一、概述	(268)
二、主要矿物描述	(269)
重晶石族: 重晶石, 天青石	(269)
石膏与硬石膏族: 石膏, 硬石膏	(270)
芒硝族: 芒硝, 无水芒硝	(272)
明矾石族: 明矾石, 黄钾铁矾	(273)
IV、第四类 硼酸盐	(274)
一、概述	(274)
二、主要矿物描述	(275)
硼砂, 硼镁石, 硼镁铁矿	(275)
V、第五类 磷酸盐、砷酸盐、钒酸盐	(277)
一、概述	(277)

二、主要矿物描述	(277)
独居石族: 独居石	(277)
磷灰石族: 磷灰石, 钒铅矿	(278)
臭葱石族: 臭葱石	(279)
铜铀云母族: 铜铀云母, 钙铀云母	(279)
VI、第六类 钨酸盐	(281)
一、概述	(281)
二、主要矿物描述	(281)
白钨矿族: 白钨矿	(282)
VII、第七类 硝酸盐	(282)
一、概述	(282)
二、主要矿物描述	(282)
钠硝石族: 钠硝石, 钾硝石	(282)

结 论

结晶学及矿物学是两门既独立，又彼此密不可分学科。前者以晶体，后者以矿物为研究对象的两门自然科学。

晶体 (Crystal) 是指，组成它们的原子或离子，都以一定的周期性重复的方式在三维空间作完全有规则排列的固体。它在形成过程中，只要有任其生长的空间，都能自发地形成一定形状的规则的凸几何多面体。

人类认识晶体，首先是从带有尖顶的六边形柱体的无色透明的 α -石英开始的，把它称之为“水晶”，解释为“此乃千年老冰”(宋孙宗鉴《东皋杂录》)。后来人们陆续发现其它不少矿物也能表现为天然长成的规则几何凸多面体，于是晶体一词被用来泛指一切具有天然的(不是人工磨削而成的)规则几何多面体形状的固体。随着生产的发展和科学技术的进步，特别是1912年X射线晶体衍射实验的成功，使得测定晶体内部的具体结构成为现实，人们对晶体的认识，逐渐从外形表现的规则性转入到内部结构中质点间排列的固有规律性的认识。

矿物 (mineral) 是指，天然形成的晶体，即由地质作用形成的结晶状态的天然化合物或单质，它们具有均匀且相对固定的化学组成和确定的晶体结构，在一定的物理化学条件范围内稳定，是组成岩石和矿石的基本单元。矿物和世界上任何其他事物一样，不是静止的、不变的，而是有它发生、成长、变化和消亡的过程，我们看到的矿物，是地壳中化学元素在一定地壳条件下相互结合达到平衡的产物。但这种平衡是相对的、暂时的，当外界条件改变到一定程度时，平衡就变成不平衡，外因就要通过内因起作用，形成与新条件相适应的矿物，而处于新的平衡条件下。例如金属硫化物矿物，在矿床的氧化带条件下，变得不稳定，以变为氧化物矿物、氢氧化物矿物或碳酸盐矿物才能适应新的平衡条件。硫化物矿物黄铁矿，与空气和水分接触，变成褐铁矿就是这个道理。

自17世纪中叶通过对天然具有规则几何多面体的矿物晶体的研究，逐渐形成研究晶体的科学——结晶学。历时近200年，结晶学作为矿物学的一个分支而存在，主要局限于研究天然矿物晶体的几何外形。当X射线新技术被应用到结晶学领域来时，结晶学就步入了一个崭新的阶段。从这时以来，在晶体结构本身以及晶体结构与晶体性质间关系的各个研究领域中，都取得了巨大的进展。结晶学经历了200余年的岁月终于从矿物学的母体中脱胎出来，形成一门独立的学科，并逐渐形成从不同角度研究晶体的自己的分支，如晶体生成学、几何结晶学、晶体结构学、晶体化学和晶体物理学等。

根据专业要求，本教材将阐述结晶学的基础知识。其中对晶体生长只做简要介绍，讲授的重点是几何结晶学，以便于对矿物晶体形态的研究。至于晶体结构的几何理论、晶体化学、晶体物理将根据需要作适当的叙述。

矿物学是地质科学的一门分科。它是研究地壳物质成分特性及其历史的学科之一，它不仅研究矿物的成分、结构、形态、性质、成因、产状、用途和它们的内在联系，而且还研究矿物在时间和空间中的分布规律及其形成和变化的历史。

近年来矿物的研究，不仅局限于地壳中的矿物，而且扩大到宇宙空间及地球内层形成的

自然矿物。

随着科学和技术的发展，矿物学逐渐形成了自己的分支学科，如形态矿物学、成因矿物学、实验矿物学、矿物晶体结构学与矿物晶体化学、矿物物理学等，它们日趋完善成型。

结晶学虽然从矿物学的母体中脱胎出来，但它与矿物学密不可分，仍保持着亲密的血缘关系。结晶学知识是学习矿物学和研究矿物所必不可少的基础，特别是正确描述矿物的形态，解决矿物分类，探索矿物各方面属性的内在联系时都离不开结晶学的理论知识。矿物学的研究成果又会充实并发展结晶学的内容。

在地质学科中，结晶学及矿物学与其它地质科学的分支同样存在着密不可分的关系。如研究地壳中各种元素迁移、分布、分散、富集等规律的地球化学，离不开矿物学的知识，因为“矿物是元素迁移的中间站”。

矿物学也是矿床学和岩石学的基础，矿物是组成矿石和岩石的基本单元，对岩石和矿物质成分鉴定及其成因的研究，都不能脱离矿物学。

构造地质学、地质力学与矿物学也有一定联系，地壳上局部地段的构造、应力变动，往往在矿物的破坏、改造和位移等方面记录下来，对这些矿物的研究，有助于追索构造变动的历史。

矿物学和所有地质学科，密切配合，协同研究，有可能使我们对地壳各方面属性及其发展历史取得全面的了解。

矿物学与其它自然科学的关系也是十分明显的。数学、物理学和化学的理论和技術成就，促进了矿物学的理论基础和技术手段的提高。矿物的形成和破坏，涉及到元素的结合和分解，这又充实了物理化学、胶体化学和生物化学研究的内容。

结晶学和矿物学与国民经济有密切的关系。农业的发展，需要足够的化学肥料，化学肥料的制备需要大量的钾盐、磷盐、硝石等矿物原料。工业方面更离不开各种矿物原料，如铁、锰、铜、铬、钨、钼、镍、钒等。国防和其它工业没有足够数量和品种的相应矿物原料，都不能迅速发展，如铀、锂、钨、锡、钨、铜、锆、铌、钽、铯、镓、锗、铂、钇、铈……以及它们的合金。在原子能和空间科学技术发展方面，同样需要大量的放射性元素，稀有分散元素，以及它们的合金。上述各种元素，都是从有关的矿物中提取出来的。

结晶学及矿物学是地质学系重要的专业基础课程之一。只有在学习结晶学及矿物学的基础上，才有可能学好岩石学、矿床学、地球化学等一系列后续课程。从事野外地质工作者，更必须有扎实的本门课程的基础知识和实践的能力，否则无法开展工作。不认识矿物，就不认识岩石和矿石，更谈不上搞清矿床的地质特征。为了牢固掌握矿物学的基础理论和基本知识，又必须重视结晶学、数学、物理学、化学等课程的学习。

结晶学及矿物学还是一门实践性很强的课程。在学习本课程时，尤其要坚持理论和实践的统一。在掌握理论知识的同时，决不可忽略肉眼鉴定矿物的实践能力的提高，在实践中检验书本上的理论知识，发现和纠正它们的不完善性或者错误的部分，不断地加以总结。我们要树立为实现四化而刻苦学习的思想，使自己成为又红又专的地质人才，为把我们伟大祖国建设成为具有中国特色的社会主义强国而贡献力量。

第一篇 结晶学

第一章 晶体的概念

固态的物质，根据其内部构造的不同可分为晶质体（简称晶体）和非晶质体两类。自然界中以晶体分布最广泛。晶体有着自己的特征和规律。

本章首先阐明什么是晶体，并对晶体的共同规律及其基本性质和晶体与非晶质体之间的相互转化关系作扼要介绍。

一、晶体与非晶体的概念

人们常见而熟悉晶体的例子，如具有规则多面体外形的水晶和石盐（图1-1）。以后人们陆续发现具有规则多面体外形的其它矿物，象方解石、磁铁矿、黄铁矿等等。于是就把具有天然多面体外形的固体称为晶体。

随着生产的发展，人们不断地发现，有些晶体有规则多面体外形（如晶洞中的石英），而另一些晶体由于生长条件的限制，却不具规则多面体外形（如岩石中的粒状石英）。显然有无多面体外形，并不是区分晶体与非晶质体的标志。盐湖中产出的石盐，有立方体形态的晶体，也有任意形态的颗粒。它们两者之间除了形态上的差异外，所有其它性质都完全相同。比如受力后它们都会沿着三个互相垂直的方向发生破裂；其它如比重、硬度方面的性质也都完全相同。而且，通过实验证明，如果将任意形态的石盐颗粒，放在NaCl的过饱和溶液中，让它有充分的空间生长，最终也同样能长出立方体的形态。由此可见，多面体形态并非反映晶体的实质，它只是晶体内部某种本质因素所具有的规律性在外表上的一种体现。晶体的本质必须从它的内部去探讨。

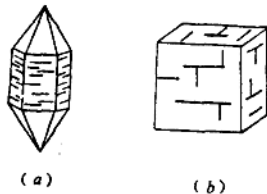


图1-1 石英 SiO_2 (a)、石盐 NaCl (b)

1912年X射线引用于晶体研究之后，才揭示了晶体的本质。发现一切晶体不论外形如何，其内部质点（原子、离子或分子）在三度空间上都有规律地呈周期性的重复排列，构成所谓格子构造。因此，按现代的概念，物质中凡是内部质点作规律排列，即具有格子构造者称为结晶质。结晶质在空间的有限部分即为晶体。由此，对晶体作出下面的定义：晶体是具有格子构造的固体。

与此相反，凡内部质点在三维空间不成周期性重复的固体，称为非晶质体。非晶质体与晶质体内部结构的不同点从图1-2中可看出。晶体(a)的内部质点排列是有规律的，非晶质体(b)的内部质点排列是紊乱的，它的质点分布颇似液体，从外形上看是一种无定形的固体。所以非晶质体只能称为硬化了的液体。

晶体是固体最典型的代表。晶体的分布极为广泛，人们日常生活所接触的食盐、糖、钢铁、合金、陶瓷、大部分的固体化学药品，甚至人的毛发、棉花的纤维等都是晶体，“人们

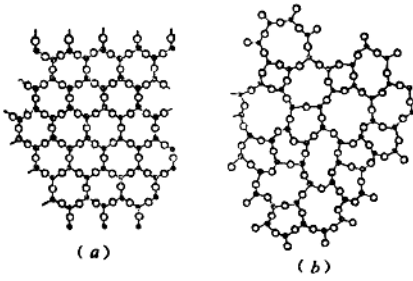


图1-2 石英 SiO_2 晶体(a)与石英玻璃(b)的结构示意图
(圆圈代表氧,黑点代表硅)

是生活在晶体世界里”之说并非夸张。

晶体大小悬殊,形态各异。大的晶体可长达数米至数十米以上,重量可超过百吨。一般常见的晶体长约数毫米至几厘米,为数众多的还是一些细小的晶体,它们只有在放大镜下才能辨认,有的甚至需用X射线分析才能判明。

非晶质体远不及晶质体数量多和分布广。只有玻璃、沥青、琥珀、松香等。火山喷发时喷溢出的物质因快速冷凝形成的火山玻璃,部分因放射性蜕变形成的非晶质矿物等都是非晶质体。

非晶质体与晶质体之间在一定条件下可相互发生转化。如玻璃器皿自然发生破裂、塑料老化、火山玻璃在经过漫长的地质时代后部分或全部转变为晶质,这些都是非晶质体物质向晶质体转化的结果,称为晶化或脱玻化。晶体亦可向非晶体转化,如晶体矿物锆石等,因放射蜕变后可成非晶质体,称为非晶化或玻化。

二、空间格子

1. 空间格子的概念

晶体的内部质点(原子、离子或分子)在三度空间成周期性重复排列。但是,不同的晶体其内部质点的种类、质点在空间排列的形式和间隔大小是有所不同的。为了说明晶体内部格子构造的共同规律,从具体的晶体中抽象出来的、表示晶体构造的几何图形,称为空间格子。

以氯化铯为例,图1-3为 CsCl 的晶体构造。(a)中黑点示 Cs^+ 的中心,圆圈示 Cl^- 的中心,无论 Cs^+ 或 Cl^- 在任何方向上,都是每隔一定距离重复一次。在该图中任意选择一个几何点(如一个 Cl^- 的中心点)为原始几何点,那么,在晶体构造图中可以找出无数个与原

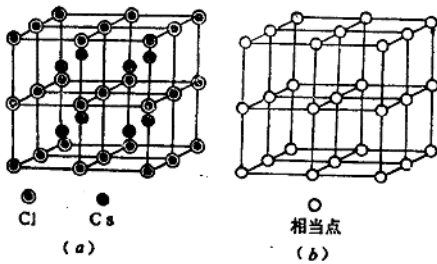


图1-3 氯化铯的晶体结构(a)与空间格子(b)

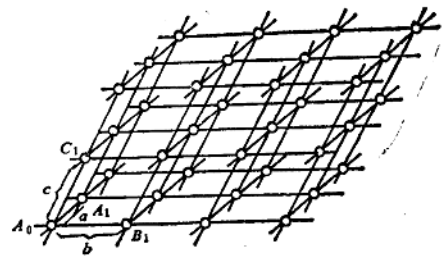


图1-4 空间格子

始几何点性质相同、占据的空间位置相当及周围环境相似的几何点,称为等同点(或相当点)。这些等同点构成了图1-3(b)的几何图形。可见,等同点在三度空间有规律地重复,作格子状排列,体现了晶体内部构造中质点的重复规律,称为空间格子。

在具体晶体中质点之间的间距以 \AA (埃)作为计量单位($1\text{\AA} = 10^{-8}\text{cm}$)。在边长为0.1

cm 的氯化铯立方体晶体中,所包含的单位构造立方体数目,就有 6×10^{12} 之多。这说明质点之间的间距甚微。晶体内部的质点可以看作是无限排列的,相当点在三维空间也是作无限排列的,由相当点构成的空间格子亦是无限的图形。空间格子的一般形式如图 1-4 所示。

2. 空间格子的要素

空间格子的要素包括结点、行列、面网、平行六面体。

(1) 结点: 空间格子中的相当点,称为结点。在实际晶体中,结点的位置为同种质点(离子、原子或分子)所占据。就结点本身而言,它只代表一个几何点。

(2) 行列: 结点在同一直线上的排列构成行列(图1-5)。行列上相邻两结点之间的距离称为结点间距(图 1-5 中之 a)。在同一行列上结点间距都是相等的。

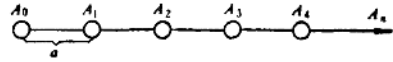


图1-5 空间格子的行列

(3) 面网: 结点在平面上分布构成面网(图1-6)。面网中单位面积内结点的密度称为面网密度。在同一面网内,面网密度都是相等的。

空间格子中任意两结点的连线都可以构成一个行列方向如图 1-7。从该图可以看出,相互平行的行列其结点间距都相等,不平行的行列其结点间距一般不等。图中 4 与 4 行列相互平行,结点间距相等,其它行列均不平行,结点间距不等。

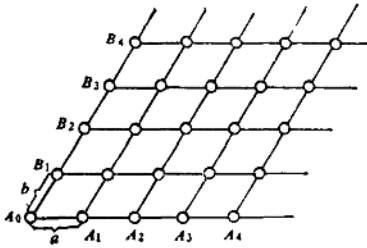


图1-6 空间格子的面网

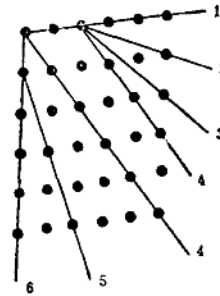


图1-7 面网内结点间距与行列方向的关系

(4) 平行六面体: 平行六面体是空间格子的最小单位。它是由六个两两平行的面网所组成(图1-8),每个平行六面体的三组棱长恰好是三个相应行列的结点间距。

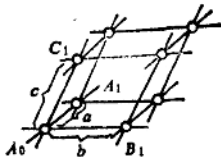


图1-8 平行六面体

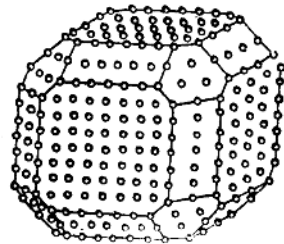


图1-9 晶面、晶棱、角顶与面网、行列、结点之间的关系

整个空间格子可以看作是无数个平行六面体无间隙地相互平行叠置后成的，如图 1-4 所示，从对该图的分析可以得出：三个不在同一行列的结点就可以连成一个面网。而且，相互平行的面网的面网密度都是相等的，不平行面网的面网密度一般不等。

两相邻的平行面网之间的垂直距离称为面网间距。平行面网间的面网间距相等，不平行面网的面网间距一般不等。

在具有几何多面体外形的实际晶体上，其平面称为晶面，晶面相交的直线称为晶棱，晶棱会聚的点称为角顶或晶顶（图 1-9）。晶面有大有小，晶棱有长有短，它们都是晶体格子构造在外表形态上的反映。与空间格子要素存在着对应关系：即晶面相当于空间格子最外面的一层面网，晶棱相当于空间格子的行列，角顶相当于结点。

三、晶体的基本性质

晶体的基本性质是由晶体的格子构造所决定的。主要有：

1. 自限性

晶体在适当的条件下，能自发地形成几何多面体的性质，称为自限性。如图 1-1，石英、石盐的晶体都有各自的几何多面体外形。

晶体的多面体形态是其内部格子构造的表现，晶体是格子构造无限排列的有限部分。因此，从自限性的角度来看，晶体是定形体。非晶质体由于其内部不具格子构造。它在任何条件下都不可能自发地成长为规则的几何多面体，从这点来看，非晶质体是无定形体。

2. 均一性

同一晶体的各个不同部分的物理性质或化学性质，在晶体的相同方向上比较都是相同的，称为晶体的均一性。均一性也是晶体内部格子构造的反映。同一晶体是由相同的形式空间格子无限无间隙地叠置而成，其任何部分的各种性质也都是相同的。晶体的这种均一性不同于其它非晶质体中那种仅仅是统计意义上的均一性，因而特别称为结晶均一性。

3. 异向性（各向异性）

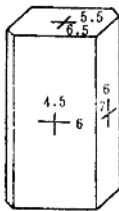


图 1-10 蓝晶石晶体硬度的各向异性

同一晶体的不同方向上表现出的不同性质，称为异向性。晶体在力学、光学、热学和电学等方面都具有明显的异向性。如蓝晶石矿物的硬度在平行晶体的延长方向上硬度较小，而垂直晶体延长方向上的硬度较大（图 1-10），所以蓝晶石又称为二硬石。

晶体的异向性亦是由于晶体内部的格子构造所决定的。这是因为在格子构造中，不同方向

的质点性质及质点排列的方式一般不同。

4. 对称性

在晶体的外形上，常有相同的晶面、晶棱和角顶重复出现，在相同的晶面上时常出现方向和形状相同的花纹以及其它相同的物理性质。这种重复出现的性质，称为晶体的对称性。

晶体的对称性是晶体内部格子构造的反映。虽然空间格子中不同方向上结点间距一般不等，但是并不排斥在空间上能出现结点间距及质点性质均相同的行列。如图 1-3 氯化铯的空