

高等学校试用教材

矿物学

西北大学地质系矿物教研室 编

地质出版社

.....

矿物学

.....

！

.....

高等学校试用教材

矿物学

5431/24
西北大学地质系矿物教研室 编

地质出版社

本书内容共三篇十五章。第一篇几何结晶学基础，计四章，扼要地介绍了晶体和非晶体的概念、晶体的对称、单形和聚形以及晶体定向、晶面符号等；第二篇矿物学通论，共六章，重点讨论了矿物的晶体化学、成分、形态、物理性质、成因和研究方法；第三篇矿物学各论，分五章，按晶体化学分类，对九十余种矿物作了比较详细的叙述。

本书简明通俗，注意了加强基础理论、基本知识及基本技能方面的内容，适当地引用了有关新资料。

读者对象：高等院校石油地质、水文地质及工程地质专业及其他地质类专业师生，岩矿专业人员可作参考。

矿 物 学

西北大学地质系矿物教研室 编

*

·国家地质总局教育组教材室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1978年7月北京第一版·1978年7月北京第一次印刷

统一书号：15038·新284·定价1.20元

前 言

为了贯彻落实中央关于“要采取强有力的措施，扩大和加快各级各类教育事业发展的规模和速度，提高教育质量，适应社会主义革命和建设的需要”的指示，国家地质总局教育组于1977年8月召开了地质类专业教材编写分工会议。西北大学地质系承担了石油地质、水文地质与工程地质等专业教学用的《矿物学》一书的编写任务。在总局和学校党委的领导、关怀下，参加编写工作的全体同志，以马列主义、毛泽东思想为指导，狠批了“四人帮”破坏教育革命的滔天罪行，提高了对教材建设的认识。为了早出人材、早出成果，以满足加速实现我国四个现代化的需要，我们遵照百花齐放、百家争鸣，古为今用，洋为中用以及少而精的原则，对历年来用过的教材和新近发表的有关资料，结合我们的教学实践，进行了认真的选材。在编写过程中，努力按照辩证唯物主义的认识论组织教材内容，并注意了对基本知识、基础理论和基本技能方面的加强，以期学员能学得深一点、宽一点、好一点。

本书为矿物学的一种少学时版本。初稿写成后，受国家地质总局委托，由武汉地质学院、长春地质学院、成都地质学院、河北地质学院、南京大学地质系和西北大学地质系一起组成审定小组，共同定稿。定稿后的《矿物学》全书，除绪论外，共分三篇十五章。总共约需80—100学时，学时分配比例大体为：第一、二篇各占30%，第三篇占40%。

第一篇几何结晶学基础。扼要介绍了晶体的性质和格子构造的概念，然后分别叙述了研究矿物晶体形态的基本知识——对称、单形和晶面符号等。为矿物学各论和后续课程的学习提供必要的晶体学知识。

第二篇矿物学通论。以矿物晶体化学的基本理论为基础，对矿物的形态、物理性质以及形成条件等方面的问题作了一定的阐释，并引进了晶体场的有关新理论，同时，对鉴定、研究矿物的方法也作了较全面的介绍。

第三篇矿物学各论。在前两篇讲述的基础上，按矿物的晶体化学分类，对常见的、有代表性的以及与专业关系较密切的近95种矿物进行了较详细的叙述。这些矿物不仅大体上反映了自然界矿物的基本面貌，而且也是通论部分理论知识的基本依据。

鉴于各院校理、工科性质、教学要求和计划安排不大相同，本书内容的适应程度势必有所差别。各院校在应用时可针对自己的实际情况作必要的增删。

由于出版时间紧迫，编写仓促，未能对专业要求作深入调查，加之受知识水平的限制，错误和不当之处在所难免。故请各院校在教学过程中将试用效果及有关修改意见，即时向我们提出，以便今后改正和修订。

西北大学地质系矿物教研室

1978年1月31日

目 录

绪 论	1
-----------	---

第一篇 几何结晶学基础

第一章 晶体和非晶质体的基本概念	3
一、晶体的基本概念	3
1. 晶体的定义	3
2. 晶体的空间格子构造规律	4
3. 晶体的基本性质	8
二、非晶质体的基本概念	8
三、晶体生长的一般规律	9
1. 晶体的生长过程	9
2. 晶面生长速度和布拉维法则	10
3. 面角守恒定律	10
第二章 晶体的对称	12
一、对称的概念和晶体的对称性	12
二、晶体的对称要素和对称操作	13
1. 对称面	13
2. 对称轴	13
3. 对称中心	14
4. 旋转反伸轴	15
三、对称要素的组合	16
四、对称型的概念	17
五、晶体的对称分类	18
第三章 晶体的理想形态	20
一、单形的概念	20
二、47 种几何单形	23
三、聚形的概念和聚形中的单形分析	30
第四章 晶体的定向和晶面符号	33
一、晶体的定向	33
1. 晶体定向的任务和选择晶轴的原则	33
2. 轴单位的确定	34
二、晶面符号	36
1. 晶面符号的意义	36
2. 晶面的米氏符号	36
三、单形符号	38

第二篇 矿物学通论

第五章 矿物的晶体化学	39
一、键和晶格类型	39
1. 键的类型	39
2. 晶格类型	40
二、离子半径和离子的极化	41
三、球体的最紧密堆积原理	45
1. 等径球体的最紧密堆积	45
2. 不等径球的最紧密堆积	47
四、同质多象	50
五、晶体场效应在矿物中的作用	51
第六章 矿物的化学成分	55
一、矿物中化学元素结合的一般规律	55
二、矿物的化学成分及其可变性	56
1. 矿物中的类质同象	56
2. 胶体的吸附作用	60
3. 矿物中的“水”	61
三、矿物的化学式	62
1. 实验室	62
2. 结构式(晶体化学式)	63
第七章 矿物的形态	65
一、矿物单体的形态	65
1. 结晶习性	65
2. 晶面的表面特征	66
二、矿物连生体的形态	67
1. 双晶	67
2. 平行连生	71
三、矿物集合体的形态	71
1. 显晶集合体	71
2. 隐晶及胶态集合体	71
第八章 矿物的物理性质	74
一、矿物的光学性质	74
1. 颜色	74
2. 条痕	75
3. 光泽	75
4. 透明度	75
二、矿物的力学性质	76
1. 解理	76
2. 裂开	77
3. 断口	77
4. 硬度	78

IV

三、矿物的其他物理性质	79
1. 矿物的比重	79
2. 矿物的磁性	79
3. 矿物的发光性	79
● 第九章 矿物的成因和成因标志	81
一、形成矿物的地质作用	81
1. 内生作用	81
2. 外生作用	83
3. 变质作用	85
二、矿物的成因标志	85
1. 矿物的共生和伴生关系	86
2. 矿物的标型特征	87
3. 矿物中的包裹体	88
第十章 矿物的研究鉴定法	90
一、样品的挑选	90
二、肉眼观察	90
三、鉴定、研究矿物的方法	91
1. 鉴定、研究矿物的化学方法	91
2. 鉴定、研究矿物的物理方法	93
3. 鉴定、研究矿物的物理——化学方法	96

第三编 矿物学各论

第十一章 第一大类 自然元素	99
自然铜、自然金	99
自然铂	100
金刚石和石墨	100
自然硫	102
第十二章 第二大类 硫化物及其类似化合物	103
第一类 简单硫化物	103
辉铜矿	103
方铅矿	104
闪锌矿	105
辰砂	105
磁黄铁矿	106
黄铜矿	106
辉钼矿	107
第二类 复硫化物	108
黄铁矿、白铁矿、毒矿	108
第十三章 第三大类 卤化物	110
萤石	110
石盐、钾盐	112
光卤石	112

第十四章 第四大类 氧化物和氢氧化物	113
第一类 氧化物	114
刚玉、赤铁矿	114
钛铁矿	115
金红石、锡石、软锰矿	116
尖晶石族：尖晶石、磁铁矿、铬铁矿	117
石英族： α -石英、 β -石英	119
第二类 氢氧化物	122
氢氧化镁石	123
铝土矿	123
褐铁矿	124
硬锰矿	125
第十五章 第五大类 含氧盐	126
第一类 硅酸盐	126
第一亚类 岛状结构硅酸盐	128
锆石	128
橄榄石	129
石榴子石族	129
兰晶石族：兰晶石、红柱石、夕线石	130
十字石	131
楣石	132
绿帘石	132
第二亚类 环状结构硅酸盐	133
堇青石	133
电气石	133
第三亚类 链状结构硅酸盐	134
辉石族：顽火辉石、紫苏辉石、透辉石、普通辉石	134
角闪石族：直闪石、透闪石、阳起石、普通角闪石、兰闪石、钠闪石	136
硅灰石	139
第四亚类 层状结构硅酸盐	139
滑石	140
叶腊石	141
云母族：黑云母、白云母	141
水云母(伊利石)族：水云母、海绿石	142
高岭石族：高岭石、多水高岭石	143
蒙脱石族：蒙脱石、绿脱石、蛭石	144
蛇纹石族	145
绿泥石族	146
第五亚类 架状结构硅酸盐	146
长石族：斜长石、正长石、钾微斜长石	147
似长石矿物：	151
白榴石	151
霞石	152

VI

沸石族：片沸石、辉沸石、菱沸石、方沸石	152
第二类 硼酸盐	154
硼砂	155
第三类 磷酸盐	156
独居石	156
磷灰石	157
第四类 硫酸盐	158
无水芒硝	158
硬石膏	158
重晶石	159
芒硝	159
石膏	160
第五类 碳酸盐	160
方解石、菱镁矿、菱铁矿、菱锰矿	162
白云石	165
文石	166
孔雀石	166
兰铜矿	167
第六类 硝酸盐	167
钠硝石、钾硝石	167

绪 论

一、矿物和矿物学

矿物的概念是随着人们认识客观物质世界的不断深入而日趋严谨的。在我国古文字中，“矿”写作“𠙴”，象征采矿的工具，其读音为“Gǒng”，源于采矿的声音；在西方，矿物一词来自拉丁文“Minera”，原意是矿石块的意思。由此可见，在古代人们对矿物与矿石的概念是未能区别的。大约到十五世纪左右，人们才正确地将矿物与矿石、岩石的概念区分开来。此后，又经过长期反复的认识，才逐渐对矿物建立起确切的概念。现在，一般都认为：矿物是地壳及上地幔中的化学元素经过各种地质作用所形成的并在一定条件下相对稳定的自然产物。它们中间的绝大部分是结晶质的单质和化合物，具有比较固定的化学成分和晶体结构，从而表现出一定的几何形态和物理、化学性质；它们中间的另一部分则以非晶质的液体（水、自然汞、石油等）、气体（碳酸气、 H_2S 气等）或胶体状态存在，因而在其几何形态、物理性质与其成分、结构之间不象结晶质矿物那样存在有依赖关系。

矿物原料是国民经济建设事业的物质基础。对于矿物的利用，包括两个方面：一些矿物主要利用其化学成分；一些矿物则主要利用其物理特性。值得指出的是：近年来对一些矿物物理特性的研究，有了新的突破，因而在发展尖端技术和国防建设方面，日益受到重视。为了加速实现我国“四个现代化”，一切地质工作者都应该急国家之所急，克服找矿工作中的单打一思想，为扩大矿物原料基地和综合利用矿物原料作出积极贡献。

矿物学是地质学的一门分科，是研究地壳和上地幔物质成分的学科之一，其研究对象主要是天然矿物。随着生产的需要和科学技术的发展，合成矿物和宇宙矿物（主要指陨石矿物）也逐渐纳入了矿物学的研究范畴。

矿物学的发展与数学、化学、物理学、晶体学等学科的发展是密切相关的，特别是这些学科的有关新理论、新技术的引入，对矿物学更是起着积极的推动作用。

同时，矿物学又是地学中的重要基础学科之一，它的发展又将推动其它地质学科的发展。这是因为矿物是岩石和矿石的基本组成单位；是地壳演化过程中元素运动和存在的一种形式；是直接保存和记载各种地质过程物理、化学条件的物证。所以，矿物学的理论和知识不仅对以研究地壳物质成分及其运动规律为主要任务的岩石学、矿床学、地球化学以及地球物理学等密切相关，而且对构造地质学、地史学、水文地质学、工程地质学等也是不可缺少的。例如，应力矿物的研究对解决地质构造问题、重矿物的研究对解决地层对比和沉积环境问题、矿物粒度和粒间关系的研究对解决岩石力学性质和岩石渗透性的问题，等等，都是众所周知的事实。因此，作为地质工作者都必须认真学好这门重要的专业基础课。

二、矿物学的现状和任务

随着生产和现代科学技术的发展,现在的矿物学不仅早已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化学问题的一般性研究,也不能满足当前的要求了。从本世纪六十年代以来,运用晶体场理论及配位场理论解决含过渡元素的硅酸盐和硫化物的一些矿物学问题上,已取得了显著的成功;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、穆斯堡尔谱等)引进了矿物学,通过研究矿物晶体中原子、原子核以及电子的结构和精细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,从而为古老的矿物学开辟了广阔的前景;另外,实验矿物学的研究、陨石和月岩中矿物的研究也都获得了许多新的成果。所以说,今天的矿物学无论从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,就是要在不断总结生产实践的基础上,运用近代科学技术的新成就,更深入系统地研究矿物的化学成分、晶体结构、几何形态、物理性质、形成条件以及这些方面相互之间的内在联系,进一步发掘矿物的新用途,揭示矿物在地壳中的分布规律和形成变化历史,并与其它地质学科相配合,为解决当前地质学中一些带有关键性的重大问题,提供必要的理论依据。

我国矿物学的研究有着悠久的历史。但在解放前的旧中国,由于长期处于封建制度的统治下,又加上近百年来帝国主义和官僚资本主义的压榨、剥削,阻碍了生产力的发展。矿物学与其它学科一样,长期处于停滞状态。解放以来,在毛主席革命路线指引下,通过全国规模的地质工作,在矿物学的基础理论方面——基础矿物学、晶体结构、矿物物理、矿物化学、成因矿物以及“合成矿物”和“陨石矿物”的研究,都取得了很丰富的成果,并在一些方面接近了世界先进水平。在此期间,还先后发现了二十余种新矿物,并进行了系统深入的研究,进一步丰富了我国矿物学的内容。在实验技术方面,除建立了一批基础实验室外,一些近代先进的实验技术已经和正在有关的生产、研究部门及高等院校建立起来,且已初具成效。当前,在以华国锋主席为首的党中央英明领导下,我国的科学事业已出现了新的跃进局面,矿物学的研究必将阔步前进,为祖国社会主义建设发挥更大的作用。

第一篇 几何结晶学基础

第一章 晶体和非晶质体的基本概念

自然界的矿物，绝大部分都是晶体，作为晶体，它都有着自己的一些特性和规律。了解并掌握晶体的特性和规律，是学习矿物学必需的基础。为此，对什么是晶体，物质的原子、离子或分子等遵循什么规律构成晶体，以及晶体为什么能自发地形成规则几何多面体等等，这一系列问题，在这一章里将作出扼要的介绍。

一、晶体的基本概念

1. 晶体的定义

对于晶体，人们所常见而熟悉的例子，有水晶、石盐（图 1-1）以及白糖等等。在未

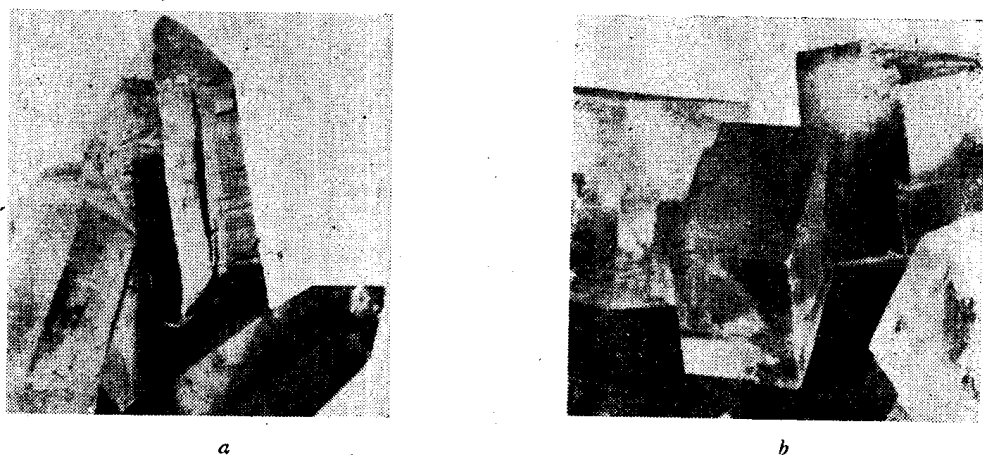


图 1-1 石英(a)和石盐(b)的晶体

作深入了解之前，一般都认为：只要是晶体，都一定是具有规则几何多面体形状的固体。然而，对晶体的这种认识，并没有抓住它最本质的特点。因为作为晶体，规则的几何外形并不是它的必要条件。例如盐湖中产出的石盐(NaCl)，有立方体形态的晶体，也有任意形态的颗粒，它们两者之间，除有形态上的差异外，所有其它一切性质，都是完全一样的。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、硬度等方面的性质，也都完全相同。而且，通过实践证明，如果将任意形态的石盐颗粒，放入 NaCl 的过饱和溶液中，让它有充分的空间去生长，最终也同样能长成立方体的形态。由此可见，多面体形态并不能体现晶体的实质，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反映。

有关晶体本质的探讨持续了几个世纪，直到本世纪初(1912年)用X射线对晶体结构

进行研究后,才真正把它弄清了。原来,在一切晶体中,组成它们的物质之质点(原子、离子或分子)在空间都是按格子构造的规律来分布的。例如在石盐晶体中就明显地看出这种规律性。

图 1-2 a 为石盐的晶体结构图, 1-2 b 是在其结构中割取的一个能代表整个结构规律的最小单位(晶胞)。在图中, 大球代表氯离子(Cl^-), 小球代表钠离子(Na^+)。可以看出, 这些离子在空间的不同方向上, 各自都是按着一定的间隔重复出现的。例如沿着立方体的三个棱边方向, Na^+ 与 Cl^- 各自都是每隔 $5.628 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ mm}$) 的距离重复一次。而沿着对角线方向, 则各自都是每隔 $3.978 \text{ \AA}$ 重复一次。在其它方向上, 情况也都类似, 只不过各自重复的间隔大小不同罢了。如果用不同的符号, 例如用点与圈分别代表 Na^+ 与 Cl^- 的中心点, 并用直线将它们连接起来, 那末, 显然可以得出一个格子状的图形来。图 1-2 c 就是这个图形中的一个最小单位(结晶格子)。实践证明, 不论外部形态是否规则, 所有的石盐, 它们结构中的质点都是作这样的立方格子状排列的, 石盐之所以能够成为立方体的规则外形, 正是受这种格子构造规律性所制约的必然结果。

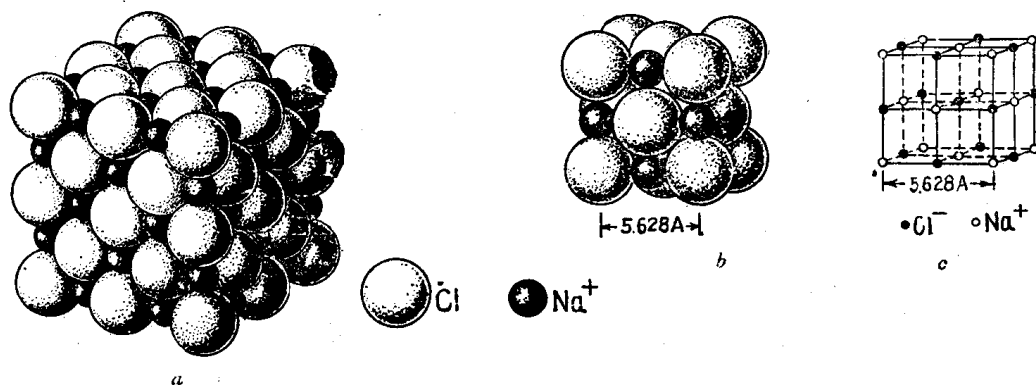


图 1-2 石盐的晶体结构

经过大量工作, 目前已经弄清了数以万计的不同种类的晶体结构, 尽管各种晶体的结构互不相同, 但都具有格子构造这一点则是共同的, 因此, 我们可以得出一个简明的结论: 晶体是内部质点在三维空间呈周期重复排列的固体。或者概括地说: 晶体是具有格子构造的固体。

但需要指出的是: 由于晶胞的大小跟实际晶体相比, 是一个很小很小的数值, 例如, 在 1 mm^3 的石盐晶体中, 就包含有大约 $10^{18} - 10^{19}$ 个晶胞, 因此, 可以把晶体的格子构造近似地看成是向三维空间作无限延伸的, 这样, 跟下面即将谈到的空间格子的无限图形就相对地取得一致了。

2. 晶体的空间格子构造规律

(1) 空间格子

既然一切晶体都有着格子构造, 那么, 各种晶体的格子构造是否都一样呢? 各种晶体的格子之间有没有共同规律可循呢? 为了搞清这些问题, 我们仍以石盐为例, 对它结构中质点的排列作一详细分析。

在石盐晶体结构中, 每一 Cl^- 中心点的前后、左右、上下都是 Na^+ , 每一 Na^+ 中心点的前后、左右、上下则都是 Cl^- , 这就是说, 所有 Cl^- 中心点周围的物质环境(周围质点的种

类)和几何环境(周围质点分布的方位、距离)都是相同的;所有 Na^+ 中心点也是如此。晶体结构中物质环境和几何环境完全相同的点,属于一类等同点(或称相当点)。因此,石盐晶体结构中,所有 Na^+ 中心点属于一类等同点,所有 Cl^- 中心点属于另一类等同点(其实,等同点所在位置,并不限于这些质点的中心,就是结构中其它任何位置上的点,也都同样能引出一类等同点的)。如果对各类等同点在空间的分布规律进行考察,便可得出,每类等同点都是构成如图 1-3 所示的图形。也就是说,当 Na^+ 与 Cl^- 化合组成石盐晶体时,不论是 Na^+ 还是 Cl^- , 它们各自都是按照这个图形所限定的规律来进行排列的。由于图 1-3 只是从具体的晶体结构中所抽象出来的一个纯粹的几何图形,所以,其中的点也只是一个纯粹的几何点,这种点,称之为结点。由结点在三维空间排列成的无限图形,叫做空间格子。因此,所谓晶体的格子构造,更确切地说,就是指晶体结构中的等同点所构成的空间格子构造。

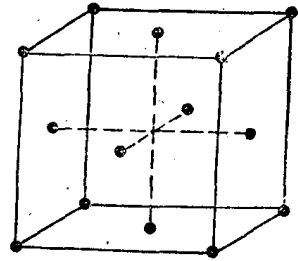
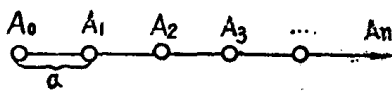


图 1-3 石盐晶体结构的空间格子

综上所述,可见空间格子虽然是一个抽象的几何图形,但却是不能脱离开具体的晶体结构而单独存在的。

(2) 空间格子的特点

由于空间格子概括地表明了晶体结构中等同点的排列规律,因此,了解空间格子所具有的特点,对于阐释晶体的共同性质是非常必要的。空间格子的特点,可以概括于下:



$A_0, A_1, A_2, \dots$ 为结点
 a 为结点间距

图 1-4 行列

空间格子中,由结点组成的直线,称为行列(图 1-4),显然,任意两个结点就能决定一条行列。每一行列各自都有一最小重复周期,它等于行列上两个相邻结点间的距离,称为结点间距。在一个空间格子中,可有无数不同方向的行列,但平行的行列上,结点间距相等,不平行的行列,其结点间距一般不等。

连接空间格子中分布在同一平面内的结点,即构成面网,显然,任意两条适当的行列相交,就可决定一个面网(图 1-5)。在一个空间格子中,可有无数不同方向的面网,但相互平行的面网,其单位面积内的结点数(简称面网密度)相等,而且任意两个相邻面网的垂直距离(面网间距)也相等。不相平行的面网,其面网密度及面网间距一般都不相等。而且,面网密度大的,其面网间距也大,反之,面网密度

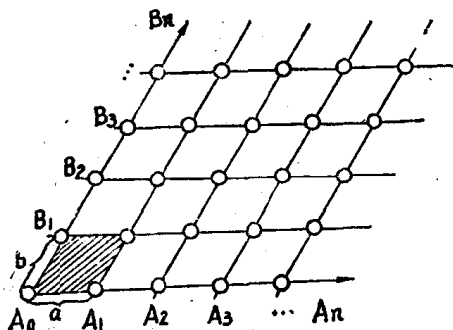


图 1-5 面网

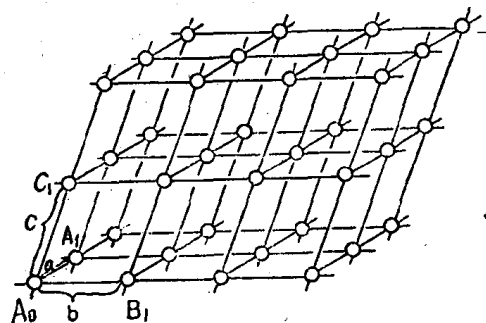


图 1-6 空间格子

小的, 面网间距也小。

最后, 连接分布在三维空间内的结点, 就构成了空间格子(图 1-6), 显然, 由三条不共面的行列就可决定一个空间格子。此时, 空间格子本身将被这三组相交的行列划分成一系列平行迭置的平行六面体, 结点就分布在它们的角顶上, 每一平行六面体的三个棱长, 恰好就是三条相应行列上的结点间距。这样的平行六面体是空间格子的最小单位, 所以也

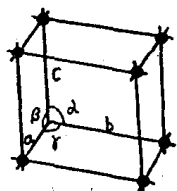


图 1-7 由格子常数决定的单位平行六面体形状

称为单位平行六面体。

(3) 十四种空间格子

各个空间格子之间的相互区别, 是由它们的单位平行六面体的形状和结点的分布位置来决定的。而单位平行六面体的形状, 则是由它的三个棱长 a, b, c 及其夹角 α, β, γ 来决定的(图 1-7)。

$a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ 称为格子常数, 经数学推导, 格子常数关系只有如下七种, 它们分别与图 1-8 中的各种格子对应:

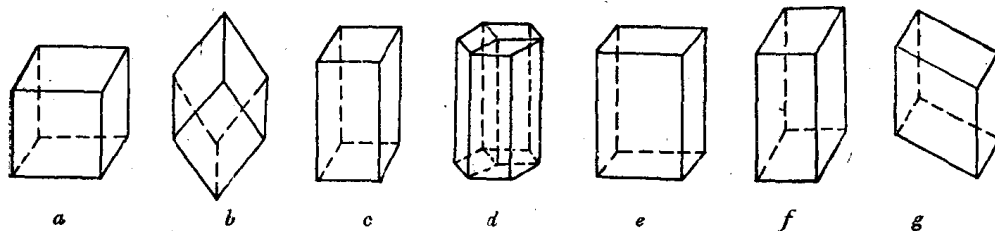


图 1-8 单位空间格子的形状

- a. 立方格子: $a=b=c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- b. 三方格子: $a=b=c, \alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$
- c. 正方格子: $a=b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- d. 六方格子: $a=b \neq c, \alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$
- e. 斜方格子: $a \neq b \neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
- f. 单斜格子: $a \neq b \neq c, \alpha=\gamma=90^\circ, \beta \neq 90^\circ$
- g. 三斜格子: $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

在上列七种格子中, 按结点分布位置的不同, 又有以下四种型式:

原始格子(代表符号为 P): 结点只分布在格子的各个角顶, 如图 1-9 a。

底心格子(代表符号为 C): 除各角顶上的结点外, 还在顶、底的中心处, 各有一个结

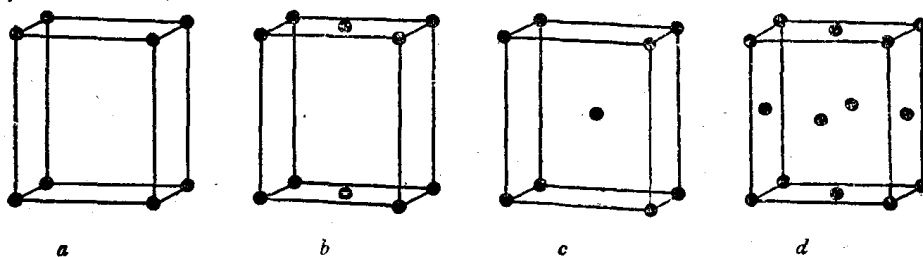


图 1-9 空间格子中结点分布的四种型式

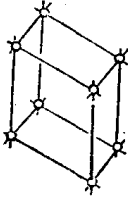
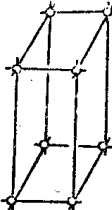
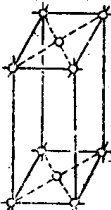
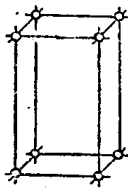
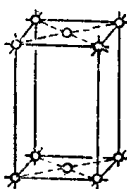
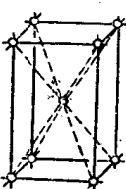
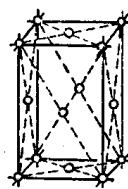
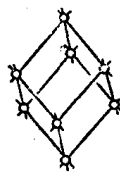
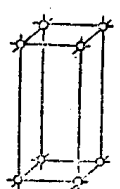
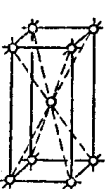
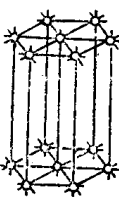
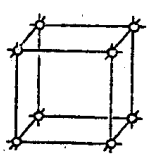
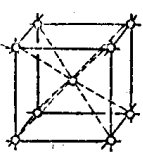
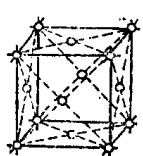
格子类型 晶系	原始 (P)	底心 (C)	体心 (I)	面心 (F)
三斜		$C = P$	$I = P$	$F = P$
单斜			$I = C$	$F = C$
斜方				
三方		—	$I = P$	$F = P$
正方		$C = P$		$F = I$
六方	—		—	—
等轴		—		

图 1-10 十四种空间格子