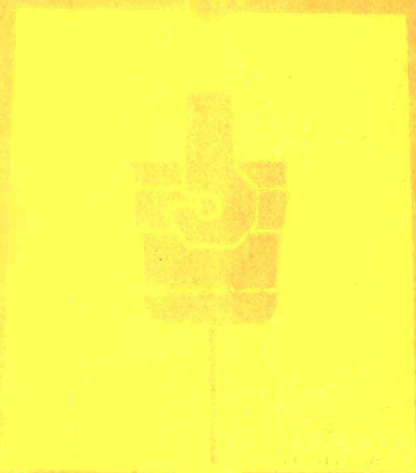


916652

高等学校教学用书

矿石学基础

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

高等学校教学用书

矿石学基础

东北工学院 周乐光 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书
矿石学基础
东北工学院 周乐光 主编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷33号)

新华书店总店科技发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 15 3/4 字数 373 千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

印数00,001~4,500册

ISBN 7-5024-0714-6

TD·118(课)定价3.10元

前 言

在分析总结国内外教学实践和相邻技术科学近数十年成就的基础上，选矿专业原开设的四门地质类课程，经归并、拓宽、深化后改设为“矿石学基础”和“工艺矿物学”。本书即是根据“矿石学基础”课程要求编写的教学用书。总课时70~80学时。

教材由“矿物总论”、“矿物各论”和“矿石”三部分组成。就矿石中矿物的元素组成、晶体结构、几何对称、物理性质、组合方式、产出环境、金属分布和综合利用等进行了系统、全面阐述。

教材针对选矿专业教学和工业生产的实际需要，加强了对矿物和矿物共生组合规律的论述，舍弃了与选矿无关或关系不大的一般性地质知识和内容，突出了识别矿物基本技能的训练，加强了矿物各种宏观表象的理论机理分析。

本书由东北工学院周乐光任主编，编写分工如下：

第1、2、3章由南方冶金学院张苏云编写；第4、6、7、8章及第10章中硅酸盐部分由唐山工程技术学院陈兰英编写；第5章由西安冶金建筑学院周国华编写；第9、11章及第10章的硼酸盐、磷酸盐、钨酸盐、硫酸盐、碳酸盐和第17章由鞍山钢铁学院欧阳莉编写；第12、13、14、15、16章由昆明工学院胡泽宁编写。

初稿完成后，由东北工学院组织召开了审稿会。修改后的文稿经周乐光统一编篡后定稿。

由于“矿石学基础”内容涉及的面较宽，在材料取舍，课时分量安排，以及与其他教材的衔接上定有处置不当的地方，衷心希望使用本教材的同志提出宝贵意见，以便日后改正。

编 者

1988年9月

3A-774

目 录

绪论	1
----	---

I 矿物总论

1 结晶学基础知识	1
1.1 晶体	1
1.2 晶体的对称与分类	11
1.3 晶体的理想形态——单形与聚形	14
1.4 晶体定向和晶面符号	22
2 矿物的形态	28
2.1 矿物的单体形态	28
2.2 矿物的规则连生体形态	33
2.3 矿物的集合体形态	38
3 矿物的物理性质	42
3.1 矿物的光学性质	42
3.2 矿物的力学性质	49
3.3 矿物的电学性质	56
3.4 矿物的磁性	58
3.5 矿物的其它物理性质	59
4 矿物的化学性质	61
4.1 矿物的晶体化学	61
4.2 矿物的化学成分	75
4.3 矿物的可溶性和氧化性	82
5 矿物标型	86
5.1 概述	86
5.2 形态标型特征	87
5.3 成分标型特征	90
5.4 结构标型	95
5.5 物性标型	97

II 矿物各论

6 矿物的分类和命名	102
6.1 矿物的分类	102
6.2 矿物的命名	104

7 自然元素	105
7.1 概述	105
7.2 分述	106
自然金(106) 自然铜(106) 自然铂(107) 自然铋(107) 自然硫(107) 金刚石(108)	
石墨(109)	
8 硫化物及其类似化合物	110
8.1 概述	110
8.2 简单硫化物	111
辉铜矿(111) 方铅矿(111) 闪锌矿(112) 辰砂(112) 黄铜矿(113) 斑铜矿(113)	
黝锡矿(114) 磁黄铁矿(114) 镍黄铁矿(114) 辉铋矿(115) 辉铊矿(115)	
铜蓝(116) 雌黄(116) 雄黄(116) 辉钼矿(117)	
8.3 复硫化物与硫盐	117
黄铁矿(117) 白铁矿(118) 毒砂(118) 辉砷钴矿(118) 砷铂矿(119) 黝铜矿(119)	
9 氧化物和氢氧化物	120
9.1 概述	120
9.2 氧化物	121
刚玉(121) 赤铁矿(122) 钛铁矿(123) 尖晶石(123) 磁铁矿(124) 铬铁矿(124)	
金红石(125) 锐钛矿(125) 板钛矿(126) 锡石(126) 软锰矿(126) 晶质铈矿(127)	
石英族(127) 蛋白石(131) 赭石(131) 褐钨钼矿(133) 铌铁矿-钽铁矿(133)	
黑稀金矿(134) 烧绿石(134)	
9.3 氢氧化物	135
铝土矿(135) 褐铁矿(135) 水锰矿(136) 硬锰矿(136)	
10 含氧盐	137
10.1 硅酸盐	137
锆石(141) 橄榄石(141) 石榴石(141) 蓝晶石(142) 红柱石(142) 黄玉(143)	
绿帘石(143) 绿柱石(144) 电气石(144) 透辉石(145) 普通辉石(145) 锂辉石(145)	
透闪石-阳起石(146) 普通角闪石(146) 硅灰石(146) 滑石(147) 白云母(147)	
黑云母(148) 金云母(148) 锂云母(148) 绿泥石(149) 高岭石(149) 蛇纹石(149)	
斜长石(150) 正长石(151) 透长石(152) 微斜长石(152) 霞石(152) 沸石族(153)	
10.2 硼酸盐、磷酸盐、钨酸盐、硫酸盐	154
硼镁铁矿(154) 独居石(155) 磷灰石(155) 白钨矿(156) 黑钨矿(156) 硬石膏(157)	
石膏(157) 重晶石(157) 明矾石(158) 芒硝(158)	
10.3 碳酸盐	159
方解石(159) 菱镁矿(160) 菱铁矿(161) 菱锌矿(161) 白铅矿(161) 白云石(162)	
孔雀石(163) 蓝铜矿(163) 自然碱(164)	
11 卤化物	165
11.1 概述	165
11.2 分述	165
萤石(166) 石盐(166) 钾盐(167) 光卤石(167)	

III 矿 石

12 总 论	169
12.1 岩石、矿产、矿床、矿体、矿石.....	169
12.2 岩石的类型.....	170
12.3 矿石的结构和构造.....	173
12.4 地球的构造和地壳的物质组成.....	175
12.5 地质作用概述.....	177
13 岩浆成矿作用、伟晶岩成矿作用及其矿石	181
13.1 岩浆成矿作用与矿石.....	181
13.2 伟晶岩成矿作用与矿石.....	185
14 气化-热液成矿作用及其矿石	190
14.1 气化-热液成矿的几个基本问题.....	190
14.2 接触交代成矿作用与矿石.....	195
14.3 热液成矿作用与矿石.....	200
15 外生成矿作用及其矿石	208
15.1 概述.....	208
15.2 风化成矿作用与矿石.....	209
15.3 沉积成矿作用与矿石.....	214
16 变质成矿作用及其矿石	218
16.1 概述.....	218
16.2 变质成矿作用与矿石.....	219
17 矿石类型和矿产资源综合利用	224
17.1 概述.....	224
17.2 矿产资源的综合利用.....	226
17.3 黑色金属矿石.....	227
17.4 有色金属矿石和稀有金属矿石.....	233
主要参考文献	244

绪 论

“矿石”是选矿加工的唯一对象。选矿的中心任务，是根据矿石中各矿物间的物理和物理化学性质上的差异，采用不同方法使有用矿物和脉石分离，除掉有害杂质，并把共生的有用矿物相互分离成单独的精矿。因此对矿石的正确认识和理解，就成为从事选矿研究首先必须解决的最重要问题之一。

众所周知，矿石是由矿物组成的天然集合体，呈现出的所有特征，尤其是它的分选性质，取决于其矿物组成状况。因此，对矿石的正确认识与理解，集中一点就在于对矿物有关方面的全面掌握和深刻分析。

矿物是自然界分布最为广泛的物质之一。由它组成了地球的最外部圈层。在种类、成因、结构、成分、鉴定或其它任何一方面，都是非常复杂的。围绕着矿物自身特征的多样性，近百年来建立了一系列的独立分支学科。在短时间内要想穷尽所有这一切，显然是做不到的。

“矿石学基础”是选矿本科教学的一门专业技术基础课。它为后续的专业教学及学生毕业后的工作，提供加工原料方面的总体说明和知识准备。因此，在教材内容编排上，主要是针对影响矿石分选性质的那部分矿物特征展开。通过对本门课程的学习，培养学生下面三个方面的能力。一是能正确地判读和运用地质文献中与“矿石”有关的文字说明与论述；其二是要对矿石组成的基本单元——矿物，从几何对称规律、晶体化学特征、结晶习性到各项物理性质，具有理性和感性两方面的坚实基础；再一点，就是对地壳中各种矿物的共生组合、结构构造及金属分布等规律有比较全面的认识。在基本技能方面，则要培养学生掌握矿物肉眼鉴定方法，使他们对工业生产中经济价值较高的常见矿物，具有较强的识别能力。

上述各点归纳起来，问题的核心和实质在于矿物。因此对矿物从微观结构，到宏观性质及其成因的研究和分析，就成为本门课程的中心任务。

矿物是地壳中各种地质作用的产物。是地壳中自然元素所形成的自然单质和化合物。在地壳中矿物的分布是很广泛的。如海水中的盐，砂中的金，湖中水和冰，花岗岩中的石英、长石和云母以及通过冶炼提取Fe、Cu、Pb、Zn的磁铁矿、黄铜矿、方铅矿和闪锌矿等都是矿物。

在实验室条件下，人工合成的与自然矿物性质相同或相似的化合物，则称为“人造矿物”或“合成矿物”。如人造金刚石、人造水晶等。陨石、月岩来自其他天体，其中的有关物质称为“陨石矿物”，“月岩矿物”或统称为“宇宙矿物”。以此与地壳中的矿物相区别。地壳中的矿物是我们研究的主要对象。至于“人造矿物”和“宇宙矿物”等则是矿物学研究的新领域。

在地壳演化过程中，由各种地质作用形成的矿物是多种多样的。目前已发现的矿物总数约3000余种。其中绝大多数呈固态（如磁铁矿、黄铜矿、石英、食盐等），少数呈液态（如自然汞、石油等）和气态（如火山喷发中的二氧化碳和水蒸汽等）。也有呈胶态的（如蛋白石等）。

一般说来,矿物都具有一定的化学成分和内部构造(特别是结晶物质),从而具有一定的形态、物理和化学性质。但是任何一种矿物都只在一定的地质条件下才是相对稳定的,当外界条件改变至一定程度时,原有的矿物就要发生变化,同时生成新矿物。例如黄铁矿 FeS_2 ,在缺氧的还原条件下,可以保持稳定;如果暴露在地表,受到氧化作用,也就是说,与空气和水接触,就要发生变化,被分解形成与氧化环境相适应的另一种矿物——褐铁矿($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)。

矿物是地壳中岩石和矿石的组成单位,是可以独立区分出来加以研究的自然物体。岩石和矿石都是由矿物所组成。例如花岗岩是由长石、石英和云母组成;铅锌矿石是由方铅矿和闪锌矿组成。同时组成岩石或矿石的矿物,它们在空间上、时间上的集合是有一定规律的。这决定于矿物的成分与结构,同时与形成时地质条件密切相关。

综上所述,可见地壳中的矿物是在各种地质作用中发生和发展着的,在一定的地质和物理化学条件下处于相对稳定的自然元素的单质和它们的化合物。它们是岩石和矿石的基本组成单元,是成分、结构比较均一,从而具有一定的形态、物理性质和化学性质,并呈各种物态出现的自然物体。

基于对矿石、矿物及本课程地位与作用的认识,因此在内容上,矿石学基础主要由以下三部分组成。

第一部分矿物总论 这是教材的基本理论篇。全书所用基本理论的主要方面都由它作出说明。它基于物质质点组成的“格子”、“有序”,对矿物的晶体几何对称规律、外在宏观形态,受场力作用时的物理表象、以及化学性质等方面,进行系统、全面的理论阐述。

第二部分矿物各论 属于教材的基本知识和基本技能篇。它要按照晶体化学分类原则,逐个介绍自然界103种主要有用和脉石矿物。通过对其中50~60种矿物的实际观察,使学生掌握在手标本上识别矿物的基本技能。同时学生利用积累的基本经验,能比较顺利地正确识别下列矿物:磁铁矿、赤铁矿、辉钼矿、辉铋矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、褐铁矿、斑铜矿、石英、斜长石、正长石、方解石、石榴石、角闪石、辉石、绿泥石、云母、萤石、绿帘石、石棉、蛇纹石等。

第三部分矿石 从“矿物共生组合”的角度,完成对“矿石”一系列基本知识的介绍。首先是按地质作用的纵向关系,阐述不同地质作用过程可能形成的矿石类型(主要以矿石中的矿物类别和矿物间的空间结合关系为标志)。然后又从元素的横向关系上,介绍黑色、有色和稀有金属中最主要元素的各种矿石类型。

“矿石学基础”一方面是为专业教学服务,另一方面广博的理、化基础又是学好这门课的必要条件。此外它还是门实践性很强的学科。在学习中必须坚持理论和实践的统一。要善于在自己的实践中检验书本上的理论,不断总结经验,争取有所发现,有所前进。

I 矿物总论

1 结晶学基础知识

1.1 晶体

1.1.1 晶体的概念

地壳中发现的3000多种矿物，绝大部分是晶体。至于什么叫晶体？认识是有个过程的。在古代，无论中外都把无色透明并具有多面体外形（带尖顶的六边形柱体）的水晶称为晶体；后来，在矿产资源不断开发和利用的过程中，人们发现了较多的具有规则几何多面体外形的天然矿物，如呈立方体的方铅矿、黄铁矿（图1-1(a)）、呈八面体的磁铁矿（图1-1(b)）、呈菱形十二面体的石榴石（图1-1(c)）等。于是“晶体”这一名词就广泛地用来称呼具有规则多面体外形的天然矿物。

但是，自然界中具有规则多面体外形的矿物晶体相当少见，大量的还是呈不规则外

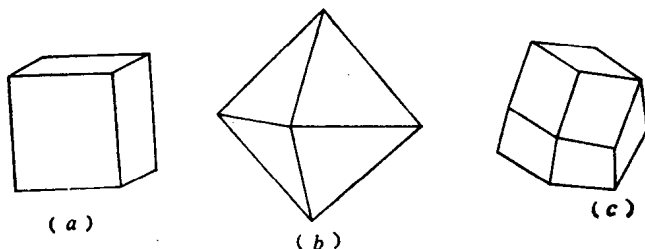


图 1-1 常见晶体

(a) 立方体；(b) 八面体；(c) 菱形十二面体

形，特别是以集合体方式产出的矿物。所以仅仅从外表形态来分辨物体是否为晶体，是远为不移的。因为，它只注意到外在表象而忽视了晶体的本质。

18世纪时，结晶学家布拉维在前人研究的基础上，明确地提出了空间格子的理论。他认为组成晶体的物质质点（如分子、原子或离子）之重心是按照空间格子的结点位置而分布的，这种分布具有规律地重复排列的特点。X射线分析方法出现后，对晶体的内部构造研究表明：一切晶体不论其外形如何，它的内部质点总是作完全有规则的排列，而构成所谓格子构造。这就完全证实了布拉维空间格子理论的真实性的。图1-2为石盐NaCl的晶形及质点排列。其质点 Cl^- 和 Na^+ 在三度空间呈周期性重复排列，构成立方格子。因此晶体的完整而严谨的定义是：晶体是内部质点作有规律重复排列的固体，即具格子构造的固体。

晶体内部质点在三度空间作有规律的格子状排列，是晶体本质特点的反映。这种有规律地排列，表现在相同的质点在三度空间作周期性的重复出现，所有晶体皆是如此，没有例外。晶体的基本性质与这一特点密切相关。

如果以晶体的最初概念而论，自然界的晶体数量是很少的。但是，有了揭示晶体本质

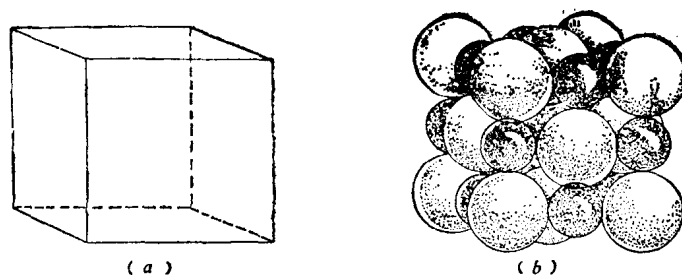


图 1-2 石盐NaCl的晶形(a)及质点排列(b)

大球 Cl^- ；小球 Na^+

的定义之后，可以毫不夸张地说，人们是生活在“晶体的世界”之中，自然界分布着许许多多各式各样的晶体。例如，地质工作者所研究的石头，绝大多数就是由矿物晶体所组成的。并且有的晶体可以很大，长达100m，直径10m，有的晶体却很小，小到只能用显微镜、甚至X射线才能观察和分析出来。人们日常生活中所用的金属、陶瓷制品、食用的糖、盐、部分化学药品以及人体上的眼球角膜等都是由晶体所组成。此外，和人类社会相距甚远的其他天体也与地球相似，广泛分布着晶体。

与上述情况相反，非晶质体没有一定的内部构造和几何形态。液体矿物、气体矿物以及某些固体物质如玻璃、琥珀、蛋白石、树胶等都属于非晶体。

晶体与非晶体在一定条件下可以互相转化。晶体具有一定的稳定性，但由于温度、压力等变化，可使内部构造遭到破坏变成非晶体，其物理性质和化学性质也随之发生变化，这种现象称为非晶质化。如铁氢氧镁石异种 $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{OH})_2$ 中，含 FeO 为36%，它新鲜时无色、透明，带有玻璃光泽。但从矿井中提出，在空气中暴露数日之后，就逐渐变成金黄色、褐色以至深棕色。经X射线分析证明，变色的铁氢氧镁石异种的内部构造已被破坏。据化学分析，其中的 Fe^{2+} 已转变为 Fe^{3+} 。又如某些稀土元素和放射性元素矿物的晶体，甚至在外条件没有改变的情况下，由于放射性元素在蜕变过程中所放出的核能，破坏了晶体的内部构造，也产生了非晶质化现象。

反之，非晶质在一定的温度、压力作用下，也可慢慢转变成晶体，这种现象称为晶质化。例如蛋白石转化为石髓及石英，褐铁矿转化为针铁矿，都是晶质化的结果。

1.1.2 晶体的内部构造——空间格子

1.1.2.1 空间格子的概念

从晶体的定义可知，晶体内部的格子构造，是一切晶体所共有的基本特性，它是决定晶体各项性质的最基本因素之一。

虽然，对于不同的晶体来说，其内部质点的种类一般都不相同，它们在空间排列的具体形式和间隔大小也不会完全一样。例如石盐 NaCl ，组成它的内部质点是 Cl^- 和 Na^+ ，实际测出，沿立方体棱方向的重复周期（亦即每相隔一个异号离子的同种离子之间的距离）为 $5.628\text{\AA}$ ；方铅矿 PbS ，其组成质点是 S^{2-} 和 Pb^{2+} ，质点排列形式与 NaCl 结构相同，但它沿立方体棱方向的重复周期是 $5.924\text{\AA}$ ，这点与 NaCl 结构有所不同；又如方解石 $\text{Ca}[\text{CO}_3]$ ，它的晶体结构，相当于把 NaCl 的结构沿立方体中的一条对角线方向压扁到棱交角为 $101^\circ 55'$ 的程度，并以 Ca^{2+} 取代 Na^+ 的位置，以 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 取代 Cl^- 的位置而成。此时沿这样一

个菱面体的棱方向, Ca^{2+} 和 $[\text{CO}_3]^{2-}$ 交替重复排列, 而重复周期则为 $6.41 \text{ \AA}$ 。至于其他的晶体, 如正长石 $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ 、普通角闪石 $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al})_5 \cdot [(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{11}]_2(\text{OH})_2$ 等等, 它们所包含的质点种类更多, 结构的具体形式也复杂得多, 但是, 任何一个晶体, 不管它的结构有多么复杂, 其质点总是保持着在三度空间成周期性重复的规则排列。如果不具有这一特点, 那么, 也就不成其为晶体了。

为了探讨晶体构造的规律性, 人们利用了一些几何要素 (如点、线、面), 将晶体构造作某种程度的抽象表示。现以氯化铯 (CsCl) 的晶体结构 (图1-3) 为例作简要说明。

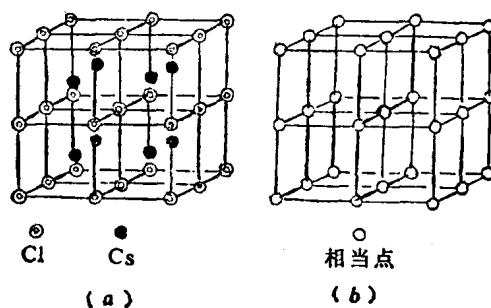


图 1-3 氯化铯的晶体结构 (a) 与空间格子 (b)

在图1-3中, 双圈和黑圈分别表示 Cl^- 和 Cs^+ 离子的中心。不难看出, 无论 Cl^- 离子或 Cs^+ 离子在晶体结构的任一方向上都是每隔一定的距离重复出现一次。为了进一步揭示这种重复规律, 我们可以对它作某种抽象, 先在结构中选出任一几何点, 这个点取在 Cl^- 离子中心或 Cs^+ 离子中心, 或者取它们之间的任意一点都可以, 然后在结构找出与此点相当的几何点 (相当点)。相当点的条件是: 如果原始的几何点是取在质点的中心, 则相当点所占的质点的种类应是相同的, 也就是占据同种质点的中心; 其次是这些质点周围的环境以及方位应是相同的, 也就是说这些质点周围相同的方向上要有相同的质点。在氯化铯的晶体结构中, 若原始点选在 Cl^- 离子的中心, 则相当点的分布如图1-3 (b), 显然, 如果把原始点选在 Cs^+ 离子中心或其他任何地方, 那么找出的相当点的分布也同样像图1-3 (b) 所示。由此可见, 相当点的分布可以体现晶体结构中所有质点的重复规律, 相当点在三度空间作格子状排列, 故称为空间格子。由于质点在三度空间的排列是无限的, 显然相当点的排列也是无限的, 由相当点构成的空间格子必然亦是无限的。

因此, 空间格子的概念, 是表示晶体结构规律性的几何图形, 是由相当点在三度空间

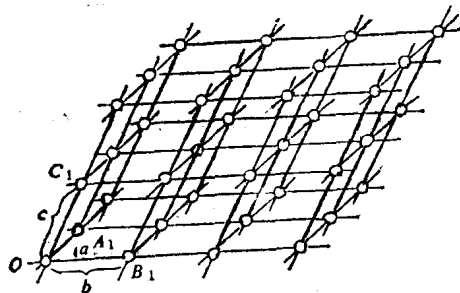


图 1-4 空间格子

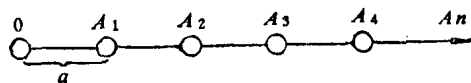


图 1-5 行列

无限排列而成。图1-4为空间格子的一般形式。

必须说明，空间格子与晶体的格子构造，二者可以比拟，但不能直接等同。因为空间格子是借助几何要素所组成的几何图形，是抽象化的几何概念，只有纯粹的几何意义；而晶体的格子构造，则是由具体的物质所组成的实在东西，并反映了晶体的物理和化学等方面的性质。

1.1.2.2 空间格子要素

空间格子有如下几种要素：

(1) 结点 空间格子中的相当点称为结点。在实际晶体中，占据结点位置的可以是相同的原子、离子或分子。

(2) 行列 排列在同一直线上的结点构成行列（图1-5）。行列上相邻结点间的距离称为结点间距（图中之 a ）。同一行列上结点间距相等，在平行的行列上结点间距也是相等的；不同方向的行列其结点间距一般是不等的。空间格子中任意二结点的连线都是行列，在空间格子中行列的数目是无限的。

(3) 面网 排列在同一平面上的结点构成面网（图1-6）。面网中单位面积内的结点数称为面网密度。相互平行的面网，其面网密度相等；互不平行的面网，其面网密度一般不等；相邻的平行面网之间的垂直距离称为面网间距，平行的面网，其面网间距相等；不平行的面网，其面网间距一般不等。

空间格子中不在同一行列上的任意三个结点就可联结成一个面网，换句话说，任意两个相交的行列就可决定一个面网。因此，在空间格子中面网数目也是无限的。

(4) 平行六面体 空间格子最小立方体单位，由三对平行而且相等的面网所围成（图1-7）。整个空间格子可以看成是无数平行六面体在三度空间相互平行、无间隙地迭置而成。

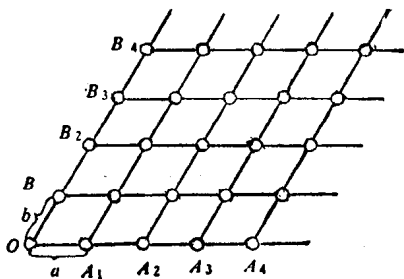


图 1-6 面网

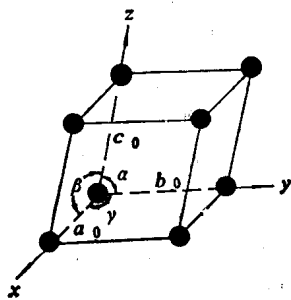


图 1-7 平行六面体（晶胞）

1.1.2.3 空间格子的类型及晶胞的概念

A 空间格子类型

1855年布拉维用数学方法推导出空间格子的类型有14种，并为后来的X射线分析所证实。

从图1-4所表示的一般形式的空间格子中，可以看出空间格子是由无数多的平行六面体平行无间隙地堆砌而成。由于平行六面体的划分方式可以多至无限，相应地，空间格子也有无限多的不同形式。为了使划分出的平行六面体具有充分的代表性，布拉维提出了统一选择平行六面体的三条原则：第一，所选择的平行六面体的对称型要符合整个空间格子

的对称型；第二，在不违反对称性的条件下，平行六面体的棱与棱之间的直角关系力求最多；第三，在上两条的前提下，所选择的平行六面体要体积最小。按选择原则选取的平行六面体称为单位平行六面体。显然，它的大小和形状是受三根交棱的长短和交角的大小所决定的。图1-7中的 a_0 、 b_0 、 c_0 和 α 、 β 、 γ 是表征单位平行六面体大小和形状的数据，称为单位平行六面体参数。

根据对称性，单位平行六面体的形状共有7种（图1-8），与晶体的七个晶系相对应：

（1）立方格子 对应于等轴晶系。单位平行六面体为立方体（图1-8(a)）

参数特征： $a_0 = b_0 = c_0$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

（2）四方格子 对应于四方晶系。单位平行六面体为一横切面呈正方形的四方柱（图1-8(b)）。

参数特征： $a_0 = b_0 \neq c_0$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

（3）六方格子 对应于六方晶系。单位平行六面体为一底面呈菱形的柱体，底面上两根交棱的夹角分别为 120° 和 60° （图1-8(c)的实线条部分）。单独一个这样的平行六面体不具备六方晶系的对称特点，因此必须把三个菱形柱体合并成横断面为正六边形的六方柱体。但是，合并后的六方柱不符合选择原则（非平行六面体），因此仍以菱形柱体作为单位平行六面体。

参数特征： $a_0 = b_0 \neq c_0$ ， $\alpha = \beta = 90^\circ$ ， $\gamma = 120^\circ$

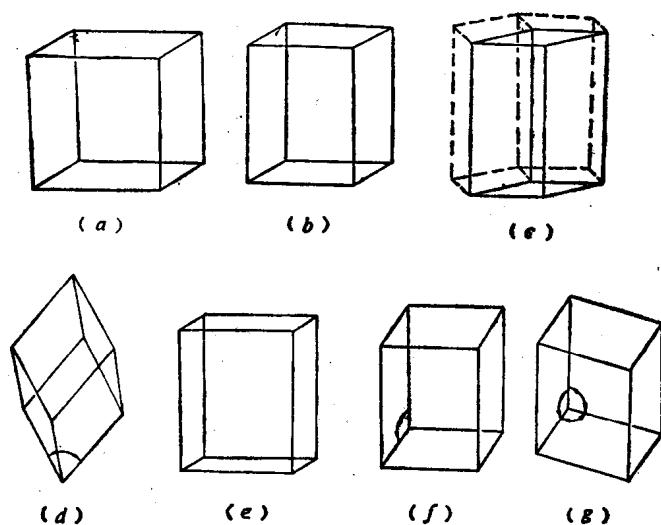


图 1-8 各晶系平行六面体形状

（4）菱面体格子 对应于三方晶系。单位平行六面体的形状相当于立方格子沿着某一对角线方向拉长或压扁而成。每个面都成菱形（图1-8(d)），并规定对角线的拉长或压扁方向为直立位置。

参数特征： $a_0 = b_0 = c_0$ ， $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$

（5）斜方格子 对应于斜方晶系。单位平行六面体的形状如火柴盒（图1-8(e)）。

参数特征： $a_0 \neq b_0 \neq c_0$ ， $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

(6) 单斜格子 对应于单斜晶系。单位平行六面体中两对矩形平面斜交成 β 角, 并都与另一对非矩形平面垂直(图1-8(f))。两对矩形平面间的交棱规定为 b 。

参数特征: $a_0 \neq b_0 \neq c_0$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 90^\circ$

(7) 三斜格子 对应于三斜晶系。单位平行六面体为一不等边的斜的平行六面体(图1-8(g))。

参数特征: $a_0 \neq b_0 \neq c_0$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

根据平行六面体中结点分布的情况, 空间格子又可分为四种类型(图1-9)。

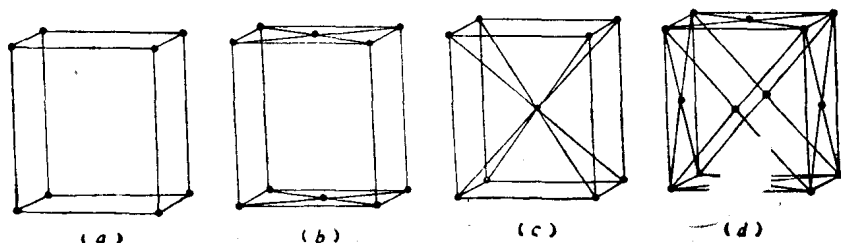


图 1-9 平行六面体中结点的分布

(a) 原始格子; (b) 底心格子; (c) 体心格子; (d) 面心格子

(1) 原始格子 (P) 结点只分布于单位平行六面体的 8 个角顶上(图1-9(a))。

(2) 底心格子 (C) 结点分布于平行六面体的角顶及一对面的中心(图1-9(b))。

(3) 体心格子 (I) 结点分布于平行六面体的角顶及体中心(图1-9(c))。

(4) 面心格子 (F) 结点分布于平行六面体的角顶及每个面的中心(图1-9(d))。

如果既考虑单位平行六面体的 7 种形状, 又考虑到结点分布的四种类型, 似应得出 28 种不同类型的格子。但是去掉其中彼此重复的和不符合于选择原则的之外, 余下只有 14 种格子。即通常所称的 14 种空间格子。如表 1-1。

B 晶胞的概念

在晶体的格子构造中, 能够充分反映晶体构造特点的最小构造单位称为晶胞。晶体构造中的晶胞与空间格子中的单位平行六面体, 两者是完全相当的, 但又不等同。晶胞是由实在的具体质点组成, 而单位平行六面体是只有纯粹几何意义的抽象化的几何概念。

晶胞的大小、形状是用一组晶胞参数(或称常数)来确定的。其晶胞参数的含义与对应的单位平行六面体参数含义相当, 其数值也完全相同。晶胞是晶体构造的基本单位, 由一个晶胞就能重复出整个晶体构造来。因此, 在描述某个矿物的晶体构造时, 以描述它的一个晶胞代表整个晶体的构造。

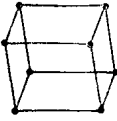
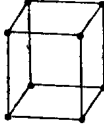
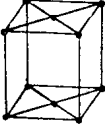
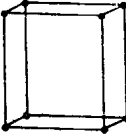
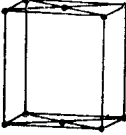
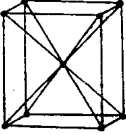
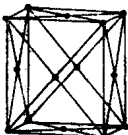
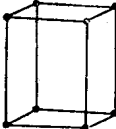
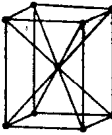
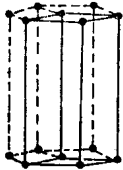
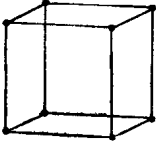
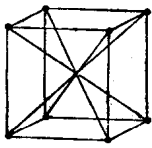
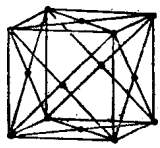
1.1.3 晶体的基本性质

为晶体所共同具有的、并且是由晶体的格子构造所决定的性质, 称为晶体的基本性质。现简述如下:

1.1.3.1 自限性

晶体在适当的条件下, 可以自发地形成几何多面体形态的性质称为自限性。例如石盐晶体, 在理想的条件下, 总是生长成规则的立方体形状。外部形态的这一特征, 是由其晶体的格子构造所决定的。晶体的多面体形态, 是其格子构造在外形上的直接反映。晶面、

表 1-1 14种空间格子

	原始格子 (P)	底心格子 (C)	体心格子 (I)	面心格子 (F)
三斜晶系		$C = P$	$I = P$	$F = P$
单斜晶系			$I = C$	$F = C$
斜方晶系				
四方晶系		$C = P$		$F = I$
三方晶系		与本晶系对称不符	$I = P$	$F = P$
六方晶系		不符合六方对称	与空间格子的条件不符	与空间格子的条件不符
等轴晶系		与本晶系对称不符		

晶棱与角顶分别与格子构造中的面网、行列及结点相适应。

非晶质体不具格子构造，不能自发地生长成多面体的形状。如破碎的玻璃再放入玻璃熔融体中，不会自发地生长成具规则多面体的几何外形，所以它是不具有自限性的无定形体。

1.1.3.2 均一性

同一晶体的各个不同部分，质点的分布是一样的。所以晶体的各个部分的物理性质和化学性质也是相同的。这就是晶体的均一性。

但必须指出的是，非晶质体也具有均一性。如玻璃的不同部分的折光率、膨胀系数、导热率等等都是相同的。由于非晶质体不具有格子构造，所以其均一性是统计的、平均近似的均一，称为统计均一性。而晶体的均一性导源于自身的格子构造，称为结晶均一性。两者有本质的区别，不能混为一谈。

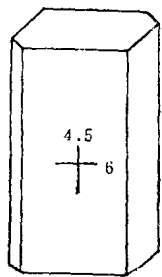


图 1-10 蓝晶石晶体硬度的
异向性

1.1.3.3 异向性 (各向异性)

同一格子构造中，在不同方向上质点排列一般是不一样的，因此，晶体的性质也随方向的不同而有所差异，这就是晶体的异向性。如矿物蓝晶石（又名二硬石）的硬度，随方向的不同而有显著的差别（图1-10），平行晶体延长方向（H4-4.5）可用小刀刻动；而垂直晶体延长方向（H6-7）则小刀不能刻动。又如云母、方解石等矿物晶体，具有完好的解理，受力后可沿晶体一定方向裂开成光滑的平面。在矿物晶体的力学、光学、热学、电学等性质中，也都呈现出明显的异向性。非晶质体一般都是各向同性，其性质不因方向而有所差别。

1.1.3.4 对称性

在晶体的外形上，常有相同的晶面、晶棱和晶顶重复出现，在相同的晶面上，常有方向和形状相同的花纹，以及相同方向上有相同的物理性质等，这些性质统称为晶体的对称性。这是由于晶体内部质点作有规律重复排列的结果，所谓规律即是意味着对称。因此，对称性，也是晶体内部构造的反映。

对称性是晶体最重要的基本性质，故在后面要作专门讨论。

1.1.3.5 最小内能与稳定性

在相同的热力学条件下，晶体与同种物质的非晶质体、液体、气体相比较，其内能最小。这一点，从晶体熔融时要吸热，熔体结晶时会放热可以得到证明。

晶体的格子构造是晶体实现最小内能的结果。由于晶体具有最小内能，所以处于相对稳定的状态，这就是晶体的稳定性。晶体只有在得到外来能量时，才能破坏其稳定性，使之向非晶质转化。非晶质体比晶体具有较多的内能，所以非晶质体不是稳定的。自然界的物体，有一种力图使自己内部能量最小的发展趋势，所以长时期之后，非晶质体可以转变为内部能量更小的结晶状态。例如门窗玻璃，天长日久，会逐渐变得混浊而不透明，这就是因为玻璃由非晶质体逐渐转化为结晶质造成的。

由于晶体具有稳定性，所以晶体的分布极其广泛。