

反基金资助

矿物与岩石光学显微镜鉴定

叶真华 叶为民 编



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

前言

矿物与岩石学是地质类专业一门重要的专业基础课,涉及结晶学基础、晶体光学、造岩矿物学及岩石学等方面内容。晶体光学是矿物学的研究方法和手段,矿物学是岩石学的岩石成分鉴定与成因研究的基础。

本书以晶体、光率体、矿物、岩浆岩、沉积岩和变质岩等内容为主线,安排了12个实验,覆盖了少学时的矿物与岩石学课程的教学要求,配备了部分实验案例与作业题,同时注重了网络数码实验互动系统等现代实验技术的引入,循序渐进地引导读者掌握并巩固相关知识。本书适合作为高等院校地质类学生学习矿物与岩石学课程的实验教材,亦可作为相关专业的工程技术、实验人员日常工作(实验)的参考书。

本书是编者在整理近几年来教学材料的基础上,结合同济大学地质实验室实验设备、矿物岩石标本及光学薄片等资料,参考《结晶学及矿物学》(赵珊茸)、《晶体光学》(李德惠)、《晶体光学及光性矿物学》(曾广策等)、《透明矿物薄片鉴定手册》(常丽华等)和《火成岩鉴定手册》等书编写而成。

叶真华负责总体框架设计和第2~12章编写,叶为民参与总体框架设计和第1章编写。叶真华负责统稿和审校。

本书的出版获得了“同济大学本科教材出版基金”的资助;编写过程中,得到了业界、学界专家及师生的支持与配合,特别是同济大学出版社胡晗欣编辑和其他编辑们的鼎力支持;同济大学海洋学院邵磊教授也给予了大力支持。借此机会,一并谨表谢意。

鉴于编者水平所限,书中疏漏和不当之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

编者

2020年6月

目 录

前言

实验一 晶体的对称型及晶族、晶系的确定	1
一、实验的目的与要求	1
二、晶体与非晶质体	1
三、空间格子	1
四、晶体的基本性质	2
五、晶体对称的特点	3
六、对称操作和对称要素	3
七、晶体的分类	5
八、晶体定向、晶面符号与晶带	6
九、晶面符号、晶带与晶带定律	9
十、实验内容	10
实验二 偏光显微镜和实验互动系统的使用	11
一、实验的目的与要求	11
二、矿物岩石学实验室使用管理规定	11
三、晶体光学原理	11
四、莱卡偏光显微镜的构造	14
五、偏光显微镜的调节与校正	16
六、网络数码互动实验系统	20
七、实验内容	25
八、作业题	26
实验三 单偏光镜下晶体光学现象(一)	27
一、实验的目的与要求	27
二、矿物的边缘和贝克线	27
三、糙面、突起和闪突起	30

四、实验内容	34
五、作业题	34
实验四 单偏光镜下晶体光学现象(二)	35
一、实验的目的与要求	35
二、解理和解理夹角的测定	35
三、颜色、多色性和吸收性	38
四、实验内容	42
五、作业题	43
实验五 正交偏光镜下晶体光学现象(一)	44
一、实验的目的与要求	44
二、正交偏光镜的装置及特点	44
三、正交偏光镜下矿片的消光现象和消光位	44
四、正交偏光镜下矿片的干涉现象	46
五、干涉色及正常干涉色级序	48
六、补色法则和补色器	53
七、实验内容	55
八、作业题	56
实验六 正交偏光镜下晶体光学现象(二)	57
一、实验的目的与要求	57
二、非均质体斜交 OA 切面光率体椭圆半径方位和名称的测定	57
三、矿物最高干涉色和最大双折射率的测定	58
四、矿物多色性公式和吸收性公式的测定	60
五、矿物的消光类型及消光角的测定	62
六、矿物的延性及延性符号的测定	66
七、矿物双晶的观察	67
八、实验内容	68
九、作业题	69
实验七 锥光镜下晶体光学现象(一)	70
一、实验的目的与要求	70
二、锥偏光镜的装置特点	70
三、一轴晶垂直 OA 切面的干涉图	71

四、平行 OA 切面的干涉图	75
五、一轴晶斜交 OA 切面的干涉图	78
六、实验内容	79
七、作业题	80
 实验八 锥光镜下晶体光学现象(二)	81
一、实验的目的与要求	81
二、二轴晶垂直 Bxa 切面的干涉图	81
三、二轴晶垂直 OA 切面的干涉图	85
四、二轴晶平行 OAP 切面的干涉图	87
五、二轴晶垂直 Bxo 切面的干涉图	90
六、二轴晶平行一个主轴切面的干涉图	91
七、二轴晶斜交主轴切面的干涉图	92
八、二轴晶干涉图色散观察	93
九、实验内容	93
十、作业题	94
 实验九 矿物的系统鉴定	95
一、实验的目的与要求	95
二、岩石薄片矿物颗粒大小及含量的测定	95
三、透明矿物薄片系统鉴定的内容与程序	95
四、实验内容	96
 实验十 岩浆岩的系统鉴定	97
一、实验的目的与要求	97
二、岩浆岩的矿物成分	97
三、岩浆岩的结构	97
四、岩浆岩构造	99
五、岩浆岩分类	100
六、岩浆岩鉴定示例	103
七、实验内容	104
 实验十一 沉积岩的系统鉴定	105
一、实验的目的与要求	105
二、沉积岩的系统鉴定	105

三、沉积岩的鉴定描述顺序	117
四、沉积岩的鉴定描述举例	118
五、实验内容	119
 实验十二 变质岩的系统鉴定	120
一、实验的目的与要求	120
二、变质岩的分类	120
三、变质岩的鉴定描述方法	128
四、变质岩鉴定举例	131
五、实验内容	134
 附录一 常见透明造岩矿物光性特征表	135
附录二 彩色图版	139
 参考文献	147

实验一

晶体的对称型及晶族、晶系的确定

一、实验的目的与要求

- (1) 掌握对称型的概念;
- (2) 学会在晶体模型上寻找对称要素和确定对称型;
- (3) 学会对照表确定晶族和晶系。

二、晶体与非晶质体

自然界的矿物一般都是天然晶体。研究矿物将涉及晶体许多固有的特性和结晶学法则与定律。因此,学习矿物学必须具备结晶学的基础。

一切晶体,不论其外形如何,它的内部质点(原子、离子或分子)都是按规律排列的。这种规律表现为质点在三维空间作周期性的平移重复,从而构成了所谓的格子构造。因此,凡是质点按规律排列成具有格子构造的物质即称为结晶质。结晶质在空间的有限部分即为晶体(图 1-1)。

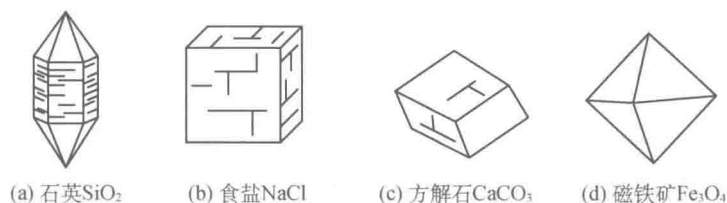


图 1-1 晶体

由此,我们可以对晶体作出如下定义:晶体是具有格子构造的固体。相反,有些形状似固体的物质如玻璃、琥珀、松香等,它们的内部质点不按规则排列,不具格子构造,故称为非晶质或非晶质体。从内部结构的角度来看,非晶质体中质点的分布颇类似于液体。自然界的矿物、岩石以及砂粒与土壤,实验室的多种药品与试剂,建筑用的钢材,日用陶瓷,以及食用的糖和盐都是晶体。各类晶体形态复杂多样,大小悬殊。例如,有的矿物晶体可重达百吨,直径数十米,有的则需要借助显微镜,甚至电子显微镜或 X 线分析方能识别。

三、空间格子

晶体的本质在于内部质点在三维空间作平移周期重复。空间格子是表示这种重复规律的几何图形。以氯化铯(CsCl)的晶体结构(图 1-2)为例。在图 1-2(a)中,双圈与黑点分别表示 Cl^- 和 Cs^+ 离子的中心。可以看出,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。由此可见,相当点的分布可以体现晶体结构中所有质点的平移重复规律。连接三维空间的相当点,即获得空间格子,其一般形式如图 1-3 所示。

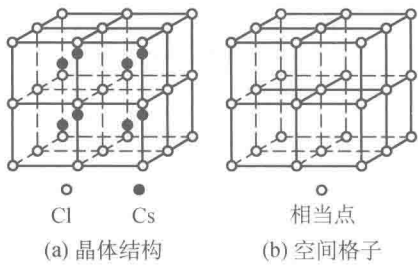


图 1-2 氯化铯

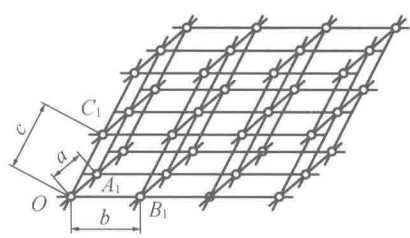


图 1-3 空间格子

四、晶体的基本性质

由于晶体是具有格子构造的固体,因此,也就具备着晶体所共有的、由格子构造所决定的基本性质,包括自限性、均一性、异向性(各向异性)、对称性、最小内能和稳定性。

1. 自限性

自限性是指晶体在适当条件下可以自发地形成几何多面体的性质。由图 1-4 可以看出,晶体为平的晶面所包围,晶面相交成直的晶棱,晶棱会聚成尖的角顶。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、晶棱与角顶分别与格子构造中的面网、行列及节点相对应,它们之间的关系如图 1-4 所示。

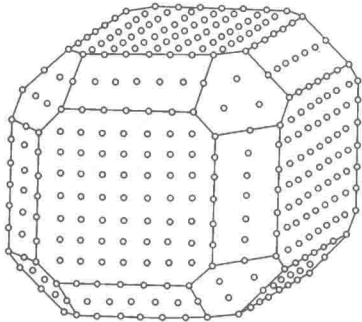


图 1-4 晶面、晶棱、角顶与面网、行列、节点的关系

2. 均一性

因为晶体是具有格子构造的固体,在同一晶体的各个不同部分,质点的分布是一样的,所以晶体各个部分的物理性质与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,非晶质体也具有其均一性,如玻璃不同部分的折射率、膨胀系数、导热率等都是相同的。

但是,由于非晶质的质点排列不具有远程规律,即不具有格子构造,所以其均一性是统计的、平均近似的均一,称为统计均一性。而晶体的均一性是取决于其格子构造的,称为结晶均一性。二者有本质的差别,不能混为一谈。液体和气体也具有统计均一性。

3. 异向性(各向异性)

同一格子构造中,质点在不同方向上的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显著的差别。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的方向,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,都有明显的异向性的体现。

4. 对称性

晶体具异向性,但这并不排斥在某些特定的方向上具有相同的性质。在晶体的外形上,也常有相等的晶面、晶棱和角顶重复出现。这种相同的性质在不同的方向或位置上有规律

的重复,就是对称性。晶体的格子构造本身就是质点重复规律的体现。

5. 最小内能

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。所谓内能,包括质点的动能与势能(位能)。动能与物体所处的热力学条件有关,温度越高,质点的热运动越强,动能也就越大,因此它不能直接用来比较物体间内能的大小。可以用来比较内能大小的只有势能,势能取决于质点间的距离与排列。晶体是具有格子构造的固体,其内部质点是按规律排列的,这种规律的排列是质点间的引力与斥力达到平衡的结果。在这种情况下,无论使质点间的距离增大或缩小,都将导致质点相对势能的增加。非晶质体、液体、气体由于它们内部质点的排列是不规律的,质点间的距离不可能是平衡距离,从而它们的势能也较晶体为大。也就是说,在相同的热力学条件下,它们的内能都较晶体为大。实验证明,当物体由气态、液态、非晶质状态过渡到结晶状态时,都有热能的析出,相反,晶格的破坏也必然伴随着吸热效应。

6. 稳定性

晶体由于有最小内能,因而结晶状态是一个相对稳定的状态,这就是晶体的稳定性。这一点可以由晶体与气体、液体中质点的运动状态的不同来说明。在气体中,质点作直线的前进运动,质点运动的方向只有与其他质点相碰撞时才改变。因此,气体有扩散的性质,趋向于占有最大的体积。在液体中,质点联系比在气体中更紧密,质点运动时彼此不分离。质点的运动存在双重性,即质点在振动的同时其位置也在相对移动。因此,液体可以流动,液体的形态取决于容器的形态。晶体是具有格子构造的,质点只在其平衡位置上振动,而不脱离其平衡位置。因此,晶体是一个相对稳定的体系,结晶状态是一个相对稳定的状态,要使其向液态或气态转化,必须从外界传入能量。正是由于晶体具备了稳定性,才能使其格子构造及其规律的几何外形得以保持。

五、晶体对称的特点

晶体是具有对称性的,晶体外形的对称表现为相同的晶面、晶棱和角顶有规律的重复。晶体的对称与其他物体的对称不同。晶体的对称取决于它内在的格子构造。因此,晶体的对称具有如下特点。

(1) 由于晶体内部都具有格子构造,而格子构造本身就是质点在三维空间周期重复的体现,因此,从这种意义上来说,所有的晶体都具有对称性。

(2) 晶体的对称受格子构造规律的限制。也就是说只有符合格子构造规律的对称才能在晶体上体现。因此,晶体的对称是有限的。

(3) 晶体的对称取决于其内在的本质——格子构造,因此,晶体的对称不仅体现在外形上,同时也体现在物理性质(如光学、力学、热学、电学性质等)上,也就是说晶体的对称不仅包含着几何意义,也包含着物理意义。

六、对称操作和对称要素

欲使对称图形中相同部分重复,必须通过一定的操作,这种操作就称为对称操作。在进

行对称操作时所凭借的辅助几何要素(点、线、面)称为对称要素。晶体外形可能存在的对称要素和相应的对称操作如下。

1. 对称面(P)

对称面是一个假想的平面,相应的对称操作为对于此平面的反映。它将物体(或图形)平分分为互为镜像的两个相等部分。

图 1-5(a)中 P_1 和 P_2 都是对称面(垂直纸面),因为它们都可以把图形 $ABDE$ 平分成两个互为镜像的相等部分,但图 1-5(b)中的 AD 则不是图形 $ABDE$ 的对称面,因为它虽然把图形 $ABDE$ 平分分为 $\triangle AED$ 与 $\triangle ABD$ 两个相等部分,但这二者并不是互为镜像, $\triangle AED$ 的镜像是 $\triangle AE_1D$ 。晶体中对称面与晶面、晶棱可能存在如下关系。

- (1) 垂直并平分晶面;
- (2) 垂直晶棱并通过它的中心;
- (3) 包含晶棱。

对称面以 P 表示,在晶体中可以没有,或有一个,或有几个对称面。在描述中,一般把对称面的数目写在符号 P 的前面,如立方体有 9 个对称面(图 1-6),记作 $9P$ 。

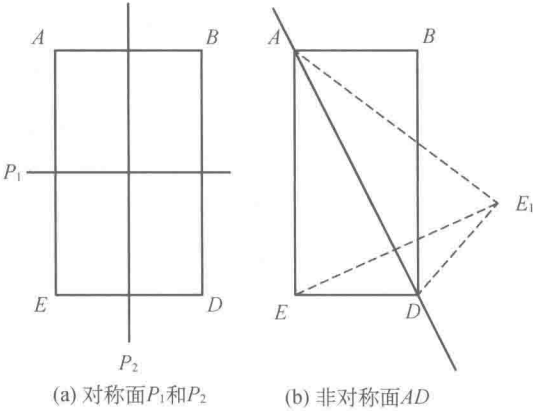


图 1-5 对称面和非对称面

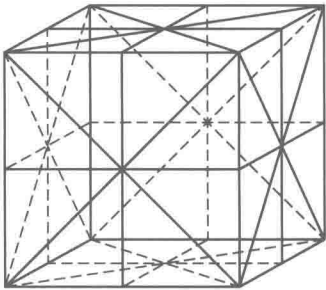


图 1-6 立方体的 9 个对称面

2. 对称轴(L^n)

对称轴是一根假想的直线,相应的对称操作是围绕此直线的旋转。当图形围绕此直线旋转一定角度后,可使相等部分重复。旋转一周重复的次数称为轴次(n)。重复时所旋转的最小角度称基转角 α ,二者之间的关系为 $n=360^\circ/\alpha$ 。

对称轴用 L 表示,轴 n 写在它的右上角,写作 L^n 。一次对称轴 L^1 无实际意义,因为晶体围绕任一直线旋转 360° 都可以恢复原状,轴次高于 2 的对称轴,即 L^3, L^4, L^6 称高次轴。

3. 对称中心(C)

对称中心是一个假想的点,相应的对称操作是对此点的反伸(或称倒反)。如果通过此点作任意直线,则在此直线上距对称中心等距离的两端,必定可以找到对应点。

对称中心以字母 C 来表示。在通过 C 点所作的直线上,距 C 点等距离的两端可以找到对应点。在晶体中,若存在对称中心时,其晶面必然都是两两平行而且相等的。这一点可以

用来作为判别晶体或晶体模型有无对称中心的依据。

4. 旋转反伸轴(L_n^p)

旋转反伸轴是一根假想的直线,相应的对称操作是围绕此直线的旋转和对此直线上的一个点反伸的复合操作。图形围绕此直线旋转一定角度后,再对此直线上的一个点进行反伸,可使相等部分重复。

旋转反伸轴以 L_n^p 表示,轴次 n 可为 1,2,3,4,6。相应的基转角为 $360^\circ, 180^\circ, 120^\circ, 90^\circ, 60^\circ$ 。

七、晶体的分类

根据晶体对称的特点,可以对晶体进行合理的科学分类。首先,把属于同一对称型的晶体归为一类,称为晶类。晶体中存在 32 个对称型,亦即有 32 个晶类。

根据是否有高次轴以及有一个或多个高次轴,把 32 个对称型归纳为低、中、高级三个晶族(表 1-1)。

表 1-1 晶体的对称分类

晶族	晶系	对称特点	对称型种类
低级晶族 (无高次轴)	三斜晶系	无 L^2 , 无 P	1. L^1 2. C
	单斜晶系	L^2 或 P 不多于 1 个	3. L^2 4. P 5. L^2PC
	斜方晶系	L^2 或 P 多于 1 个	6. $3L^2$ 7. L^22P 8. $3L^23PC$
中级晶族(只有一个高次轴)	四方晶系	有 1 个 L^4 或 L_i^4	9. L^4 10. L^44L^2 11. L^4PC 12. L^44P 13. L^44L^25PC 14. L_i^4 15. $L_i^42L^22P$
	三方晶系	有 1 个 L^3 或 L_i^3	16. L^3 17. L^33L^2 18. $L^3C=L_i^3$ 19. L^33P 20. $L^33L^23PC=L_i^33L^23P$
	六方晶系	有 1 个 L^6 或 L_i^6	21. L^6 22. L^66L^2 23. L^6PC 24. L^66P 25. L^66L^27PC 26. $L_i^6=L^3P$ 27. $L_i^63L^23P=L^33L^24P$

(续表)

晶族	晶系	对称特点	对称型种类
高级晶族 (有数个高次轴)	等轴晶系	有 4 个 L^3	28. $3L^2 4L^3$ 29. $3L^2 4L^3 3PC$ 30. $3L^4 4L^3 6P$ 31. $3L^4 4L^3 6L^2$ 32. $3L^4 4L^3 6L^2 9PC$

在各晶族中,再根据对称特点划分晶系,晶系共有 7 个。它们是属于低级晶族的三斜晶系(无对称轴和对称面)、单斜晶系(二次轴和对称面各不多于一个)和斜方晶系(二次轴或对称面多于一个);属于中级晶族的四方晶系(有一个四次轴)、三方晶系(有一个三次轴)和六方晶系(有一个六次轴);属于高级晶族的等轴晶系(有四个三次轴)。在结晶学及矿物学的研究中,熟练地掌握 3 个晶族、7 个晶系、32 个对称型这一晶体分类体系及其划分依据是十分必要的。

八、晶体定向、晶面符号与晶带

由于对称性和各向异性是晶体最突出的基本特性,因此不论在晶体形态、物性、内部结构的研究中,还是进行矿物晶体鉴定,晶体定向都是必需的。晶体定向后,晶体上的各个晶面和晶棱的空间方位即可以一定的指数(晶面或晶棱符号)予以表征。

1. 晶体定向的概念

晶体定向就是在晶体中确定坐标系统。具体说来,就是要选定坐标轴(晶轴)和确定各晶轴上单位长(轴长)之比(轴率)。

(1) 晶轴。如图 1-7(a)所示,晶轴系交于晶体中心的三条直线,一般应与对称轴或对称面的法线重合。它们分别为 x 轴(前端为“+”,后端为“-”)、 y 轴(右端为“+”,左端为“-”)和 z 轴(上端为“+”,下端为“-”),对于三方和六方晶系要增加一个 u 轴(前端为“-”,后端为“+”)[图 1-7(c)]。

(2) 轴角。轴角是指晶轴正端之间的夹角,它们分别以 $\alpha(y \wedge z), \beta(z \wedge x)$ 和 $\gamma(x \wedge y)$ 表示。等轴、四方和斜方晶系晶轴为直角坐标 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$;在三方和六方晶系中, $\alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$ (x 轴和 y 轴正端夹角);单斜晶系中,一轴倾斜从而使 $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta>90^\circ$;三斜晶系中三晶轴彼此斜交, $\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq90^\circ$ [图 1-7(f)]。

(3) 轴长与轴率。晶轴系格子构造中的行列,该行列上的结点间距称为轴长。 x, y, z 轴上的轴长分别以 a, b, c 表示。根据晶体外形的宏观研究不能定出轴长,但应用几何结晶学的方法可以求出它们的比率 $a:b:c$,这一比率称为轴率。

等轴晶系晶体对称程度高,晶轴 x, y, z 为彼此对称的行列,它们通过对称要素的作用可以相互重合,因此它们的轴长是相同的,即 $a=b=c$,轴率 $a:b:c=1:1:1$ [图 1-7(a)]。

中级晶族(四方、三方和六方晶系)晶体中只有一个高次轴,以高次轴为 z 轴,通过高次轴的作用可使 x 轴与 y 轴重合,因此轴长 $a=b$,但与 c 不等,轴率 $a:c$ 因晶体的种别而异 [图 1-7(b), (c), (d)]。

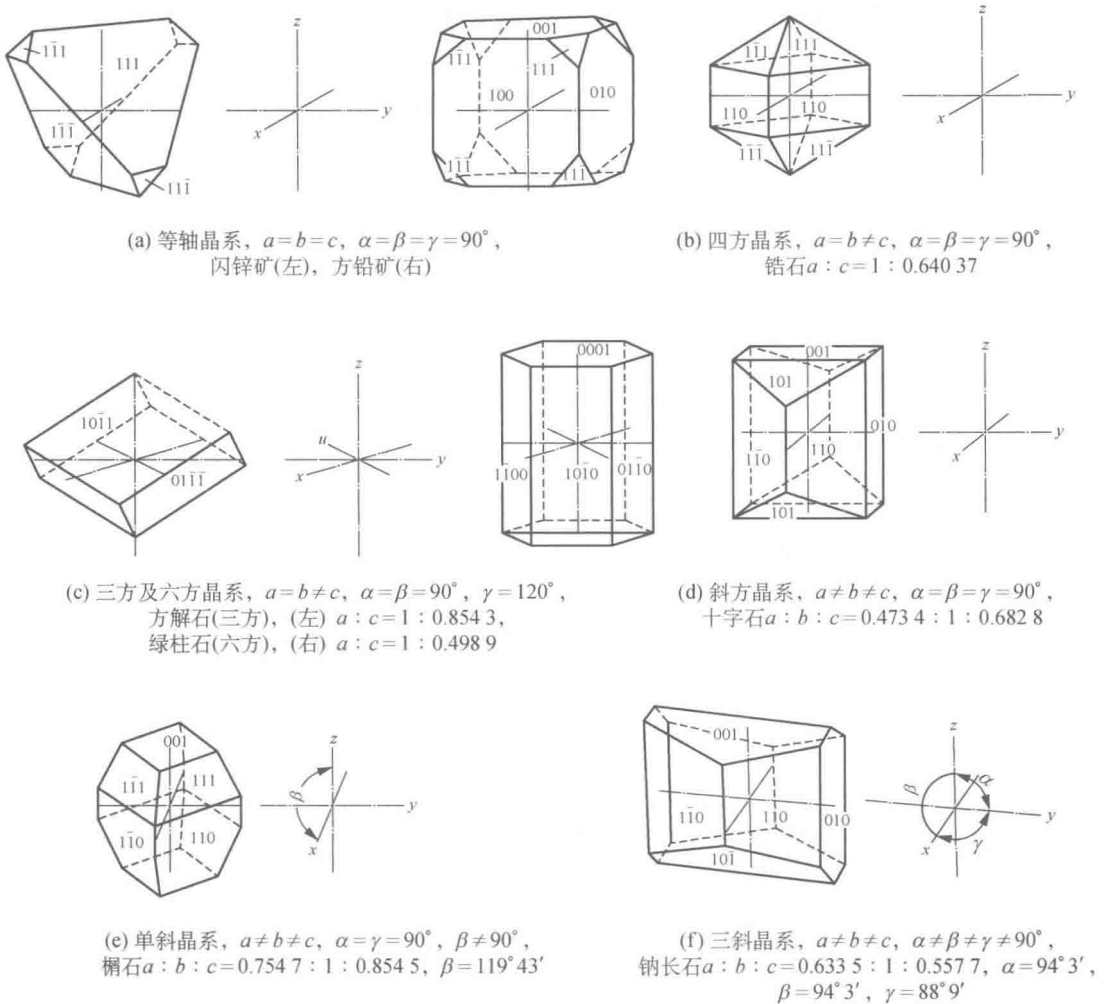


图 1-7 各晶系晶体定向及晶面符号举例(潘兆槽, 1985)

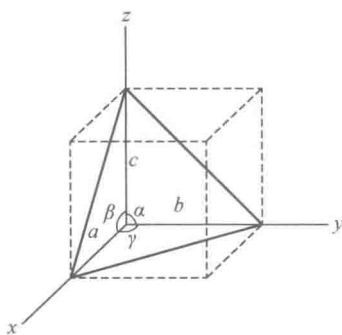


图 1-8 晶体常数与晶胞形状的关系(潘兆槽, 1985)

低级晶族(斜方、单斜和三斜晶系)晶体对称程度低, x , y , z 轴不能通过对称要素的作用而重合, 所以 $a \neq b \neq c$, 晶体的种别不同, 轴率 $a:b:c$ 数值不同[图 1-7(e), (f)]。

(4) 晶体常数。轴率 $a:b:c$ 和轴角 α, β, γ 合称晶体常数。它是表征晶体坐标系统的一组基本参数。如果轴长 a, b, c , 轴角 α, β, γ 已知, 就可以知道晶胞的形状和大小, 如果轴率 $a:b:c$ 和轴角已知, 虽然不知晶胞的大小, 但可以知道晶胞的形状(图 1-8)。

2. 晶轴的选择与各晶系晶体常数特点

晶轴的选择不是任意的, 应遵守下列原则:

(1) 应符合晶体所固有的对称性。因此, 晶轴应与对称轴或对称面的法线重合; 若无对称轴和对称面, 则晶轴可平行晶棱选取。

(2) 在上述前提下,应尽可能使晶轴垂直或近于垂直,并使轴长趋近相等,即尽可能使之趋向于 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ, a=b=c$ 。

各晶系的对称特点不同,因而具体选择晶轴的方法也不同。其晶体常数特点也不一样,现将它们综合列于表 1-2。

表 1-2 各晶系选择晶轴的原则及晶体常数特点

晶系	选择晶轴的原则	晶体常数特点
等轴晶系	以相互垂直的 L^4 或相互垂直的 L_i^4 或相互垂直的 L^2 为 x, y, z 轴	$a=b=c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
四方晶系	以 L^4 或 L_i^4 为 z 轴(主轴),以垂直 z 轴并相互垂直的两个 L^2 或 P 的法线或晶棱的方向(当无 L^2 或 P 时)为 x, y 轴,在 $L_i^4 2L^2 2P$ 对称型中,以两个 L^2 为 x, y 轴	$a=b\neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
六方晶系 及三方晶系	以 L^6, L_i^6, L^3 为 z 轴(主轴),以垂直 z 轴并彼此相交为 120° (正端间)的 3 个 L^2 或 P 的法线或晶棱的方向(当无 L^2 或 P 时)为 x, y, u 轴,在 $L_i^6 3L^2 3P$ 对称型中,以 3 个 L^2 分别为 x, y, u 轴	$a=b\neq c$ $\alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$
斜方晶系	以相互垂直的 3 个 L^2 为 x, y, z 轴;在 $L^2 2P$ 对称型中以 L^2 为 z 轴,以两个 P 的法线为 x, y 轴	$a\neq b\neq c$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$
单斜晶系	以 L^2 或 P 的法线为 y 轴,以垂直 y 轴的主要晶棱方向为 z 轴和 x 轴	$a\neq b\neq c$ $\alpha=\gamma=90^\circ, \beta>90^\circ$
三斜晶系	以不在同一平面内的 3 个主要晶棱的方向为 x, y, z 轴	$a\neq b\neq c$ $\alpha\neq\beta\neq\gamma\neq90^\circ$

3. 各晶系晶体定向

(1) 等轴晶系。

等轴晶系晶体的对称特点是皆有 $4L^3$,在不同的晶类中,分别选择相互垂直且彼此相等的三个 L^4 或 L_i^4 或 L^2 为晶轴,晶体常数特点为 $a=b=c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ 。本晶系包含 5 个晶类,共出现几何单形 15 种。

(2) 四方晶系。

以唯一的四次轴做 z 轴,以垂直 z 轴并相互垂直的二次轴或对称面法线或晶棱方向为 x, y 轴。晶体常数特点为 $a=b\neq c, \alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ 。

(3) 三方晶系及六方晶系。

三方晶系有一个 L^3 ,六方晶系有一个 L^6 或 L_i^6 根据晶体对称的特点,三、六方晶系要选择 4 个晶轴,以唯一的高次轴(L^3, L^6, L_i^6)为 z 轴,另以垂直 z 轴并彼此相交的 3 个 L^2 或 P 的法线或平行晶棱的方向为 x, u, u 轴。 z 轴直立, x 轴斜向观察者的左前方(前端为正), u 轴斜向观察者的右前方(后端为正), y 轴呈左右方向。三个水平轴的正端交角均为 120° ,它们所居的平面与 z 轴垂直。晶体常数特点为 $a=b\neq c, \alpha=\beta=90^\circ, \gamma=120^\circ$ 。

(4) 斜方晶系。

斜方晶系无高次轴, L^2 或 P 多于一个。以相互垂直的 $3L^2$ 为 x, y, z 轴;对于 $L^2 2P$ 对

称型,以 L^2 为 z 轴, P 的法线为 x, y 轴。晶体常数特点为 $a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ 。

(5) 单斜晶系。

单斜晶系无高次轴, L^2 和 P 不多于一个。以 L^2 或 P 的法线为 y 轴,以垂直 y 轴的二晶棱方向为 x, z 轴。晶体常数特点为 $a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta > 90^\circ$ 。

(6) 三斜晶系。

三斜晶系无对称轴和对称面。单面晶类从晶体外形来看不对称,但它内部具有格子构造,从这种意义来说,本类晶体还是具有对称性的。选不在一个平面上,且近于垂直的三个晶棱的方向为 x, y, z 轴。晶体常数特点为 $a \neq b \neq c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ 。

九、晶面符号、晶带与晶带定律

1. 晶面符号

晶体定向后,晶面在空间的相对位置即可根据它与晶轴的关系予以确定。这种相对位置可以用一定的符号来表征。

表征晶面空间方位的符号,称为晶面符号。晶面符号有多种形式,通常所采用的是米氏符号,系英国人米勒(W. H. Miller)于 1839 年所创。米氏符号用晶面在三个晶轴上的截距系数的倒数比来表示,现举例说明如下。

如图 1-9 所示,设有一个晶面 HKL 在 x, y, z 轴上的截距分别为 $2a, 3b, 6c$ 。2, 3, 6 称为截距系数,其倒数比为 $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{6} = 3 : 2 : 1$,去其比例符号,以小括号括

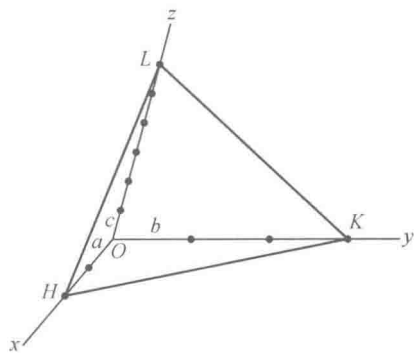


图 1-9 晶面符号图解(赵珊茸, 2009)

之,写作 (321) ,即为该晶面的米氏符号。小括号内的数字称为晶面指数,晶面指数是按照 x, y, z 轴顺序排列

的,一般式写作 (hkl) ;对于三方、六方晶系晶面指数按 x, y, u, z 轴顺序排列,一般式写作 $(hkil)$ 。若晶面平行于某晶轴,则晶面在晶轴上的截距系数为 ∞ ,截距系数的倒数应为 0。如图 1-7(a)中 (100) 晶面与 y, z 轴平行,图 1-7(b)中 (110) 晶面与 z 轴平行,图 1-7(c)中 (0001) 晶面与 x, y, u 轴平行,如晶面相交于晶轴的负端,则在该相应的指数上加“—”号。例如图 1-7(b)中 (110) 晶面截 y 轴于负端。

2. 晶带

由布拉维法则可知,晶面都是网面密度较大的面网,所以晶体上所出现的实际晶面数量是有限的,与之相应,晶面的交棱也应当是结点分布较密的行列,这种行列的方向也是为数不多的,所以晶体上的许多晶棱常具有共同的方向且相互平行。交棱相互平行的一组晶面的组合,称为一个晶带。

3. 晶带定律

任意两晶棱(晶带)相交必可决定一可能的晶面,而任意两晶面相交必可决定一可能的晶棱(晶带)。图 1-10 绘出了一个晶体及其赤平投影。晶面 $(110), (100), (\bar{1}10), (010)$,

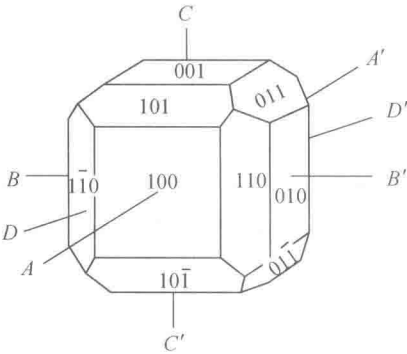


图 1-10 晶面与晶带(潘兆橧,1985)

($\bar{1}10$), ($\bar{1}00$), ($\bar{1}\bar{1}0$), ($0\bar{1}0$) (后四个晶面在晶体的后面,晶体图上未绘出)交棱相互平行,组成一个晶带,平行此组平行晶棱,通过晶体中心的直线 CC' 称为该晶带的晶带轴,该组晶棱的符号也就是该晶带轴的符号,亦即此晶带的符号为 $[100]$ 。

十、实验内容

在晶体模型上首先寻找对称要素,并记于表 1-3 中;然后汇总对称要素,确定对称型;最后确定所属晶族与晶系。

表 1-3 晶体对称型及晶族、晶系的确定

模型 编号	对称轴 L	对称面 P	对称中心 C	对称型	晶族	晶系
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

实验二

偏光显微镜和实验互动系统的使用

一、实验的目的与要求

- (1) 了解矿物岩石学实验室使用管理规定;
- (2) 掌握晶体光学基本原理;
- (3) 了解偏光显微镜各部件的功能,学会调节偏光显微镜;
- (4) 掌握网络数码互动实验系统的使用方法。

二、矿物岩石学实验室使用管理规定

偏光显微镜是岩石学及其他许多基础地质学科教学和科研必不可少的常用工具,是精密而贵重的光学仪器,如有损坏,将直接影响教学和科研工作。因此,应注意保养、爱护,使用时应自觉遵守使用守则。

(1) 搬动和放置显微镜时,必须轻拿轻放,严防震动,以免损坏光学系统。搬动显微镜时,必须一手持镜臂,一手托镜座,切勿提住微动螺旋以上的部分。

(2) 使用前应注意检查、校正。

(3) 镜头必须保持清洁,如有灰尘,需用橡皮球先把灰吹去,再用专用的镜头纸擦拭,不能用手或其他物品擦拭,以防损坏镜头。

(4) 不得自行拆卸显微镜,或将附件与其他显微镜调换使用。尚未学习的部分,不能擅自乱动。

(5) 安放薄片时,盖玻片必须朝上,并用薄片夹夹紧。上升物台(或下降镜筒)时,切勿使镜头与薄片接触,以免损伤镜头和薄片。

(6) 勿使显微镜在阳光下暴晒,以免偏光镜及试板等光学部件脱胶。

(7) 离开座位时间较长或使用完毕后,应及时关闭电源。

(8) 使用上偏光镜及勃氏镜时,应轻拉轻送,切勿猛力推送,以免震坏。

(9) 仪器开关失灵时,应报告管理人员,切勿强力扭动或擅自作其他处理。

(10) 显微镜使用完毕,应把显微镜用防尘罩罩好。

(11) 仪器用毕,应进行登记,并将薄片和检板归位。

三、晶体光学原理

根据振动特点不同,可将光分为自然光和偏振光。自然光的特征是:在垂直于光波传播方向的平面内,各方向上都有等幅的光振动。自然光经过反射、折射、双折射或选择吸收等