



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

结晶学及矿物学 实习指导

赵珊茸 主编
赵珊茸 肖平 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

结晶学及矿物学实习指导

Jiejingxue ji Kuangwuxue Shixi Zhidao

赵珊茸 主编
赵珊茸 肖平 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本实习指导是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《结晶学及矿物学》(第二版,赵珊茸主编)的配套参考书。共设计22次实习,其中结晶学11次,矿物学11次。详尽介绍了每次实习的目的、内容及相关的复习资料,并针对具体操作过程做了大量实例分析,针对常出现的错误列出了注意事项,这对学生的实习过程具有非常实用的指导作用。结晶学实习内容的安排以晶体对称—晶体定向—单形与聚形为主要线索,先宏观后微观,并在最后安排了两次关于内部结构的实习。矿物学实习内容的安排先要求对矿物形态、物理性质的观察描述进行规范化的学习,然后要求对每大类、类、亚类的矿物进行未知鉴定,培养对未知矿物的鉴定能力。

本实习指导的特点是具体形象、通俗易懂、内容精炼、突出重点、实用性强。

本实习指导适用于地质类、珠宝类、材料类等专业的大学及相关人员在学习结晶学(或晶体学)、矿物学课程的实习过程中使用。

图书在版编目(CIP)数据

结晶学及矿物学实习指导/赵珊茸主编. —北京:
高等教育出版社,2011.2
ISBN 978-7-04-031407-6

I. ①结… II. ①赵… III. ①晶体学-高等学校-教学参考资料②矿物学-高等学校-教学参考资料 IV. ①O7②P57

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第002092号

策划编辑 南峰 责任编辑 田隼 封面设计 张楠
版式设计 余杨 责任校对 杨雪莲 责任印制 刘思涵

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网址	http://www.hep.edu.cn http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com http://www.landracom.com.cn
印 刷	北京明月印务有限责任公司	畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2011年2月第1版
印 张	6	印 次	2011年2月第1次印刷
字 数	110 000	定 价	9.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 31407-00

前 言

本实习指导是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《结晶学及矿物学》(第二版,赵珊茸主编)的配套参考书。结晶学及矿物学是所有地球物质科学类专业(包括岩石学、地球化学、矿床学、构造学、珠宝学等)的专业基础课。这两门课程的实践性都很强,一般理论课与实习课的比例为1:1。结晶学有较强的空间性、理论性、抽象性和逻辑性,学习结晶学,要借助于实习课中模型的操作来建立空间概念,从而掌握结晶学里面一些高度抽象、理性的理论;而矿物学则经验性强、感知性强、具体性强,学习矿物学,要通过对具体矿物标本的观察描述,建立对每种具体矿物的感性认识。

1. 结晶学实习教学的特点

结晶学是一门理论性非常强的课程,它的整个知识体系是一个逻辑关系严密的、高度抽象的整体,与数学的特点很相似。既然它的理论性强,与数学很相似,它的实习教学应该不重要?然而并不尽然。结晶学与一般的数理科学有明显的不同,它的空间性太强,学生在刚接触这门课程时,都被它的空间性所困扰。这样的特点就决定了结晶学必须依靠一些具体的、可视可触的模型来将空间的、抽象的概念形象化地展示出来,帮助学生逐步建立空间概念。因此,该课程的实习教学的目的是借助于一些三维的晶体形态模型,帮助学生建立起空间概念,从而掌握该课程的空间性、抽象性的理论知识体系。

结晶学的课程特点也就决定了它的实习教学思路是理性的。在实习教学过程中,要时时牢记该课程的理论知识,对每个模型的表面现象所蕴涵的内部逻辑关系进行思考,真正掌握模型图形里的对称理论意义。仅仅看懂模型的表面图形是不够的,重要的是通过模型认清晶体对称规律。

2. 矿物学实习教学的特点

矿物学的知识体系可以分为两个模块,第一模块是肉眼鉴定矿物的技能;第二模块是蕴涵在矿物里的结晶学与晶体化学知识以及与矿物性质、成因、用途有关的物理化学知识。这两个模块相对独立,且第一模块是感性的,而第二模块是理性的。矿物学实习教学主要是针对第一模块设计的,所以,矿物学实习教学的目的是通过观察矿物标本,学会认识和描述矿物的形态、物理性质等特征,掌握鉴定矿物的技能。

对矿物标本的形态、物理性质等鉴定特征的认识主要是感性认识,例如对矿

物光泽的等级划分、解理等级划分,要求学生去体会、去感知,并不要求学生去分析(除了少数需要晶体定向的分析外),因此,矿物学实习教学是感性的、经验性的,学生在实习课中应强调感性思维,不必对所有现象都进行矿物学理论的思想,许多现象的观察与认识只能靠“熟能生巧”。

基于上述对结晶学、矿物学课程特点以及实习教学特点的认识,我们建议同学们在这两门课程的实习课学习过程中,注意思维方式的转换,即结晶学实习主要用理性思维,而矿物学实习主要用感性思维。

本实习指导的特点是:1)尽量将教材中一些抽象、理性的概念用通俗易懂的语言来叙述;2)结晶学部分做了大量的实例分析,旨在通过实例分析教会同学们一步一步进行实习操作过程,所选实例在难易程度、典型代表意义等方面做了充分考虑;3)尽量用较多的图片来说明问题,形象直观;4)尽量不重复教材里的一些资料性知识,简洁明了、突出重点;5)对经常出现的问题总结归纳,以“注意”栏目给出,以避免再犯类似的错误。在实习指导书后附有矿物肉眼鉴定简表和简易物理化学方法鉴定矿物表,供同学们在矿物学实习课时查阅。

本实习指导是基于编者20多年来的“结晶学及矿物学”实习课程教案编写而成,参考了武汉地质学院矿物教研室1985年编写的《结晶学及矿物学实习指导书》(第一版)及潘铁虹、赵旭东、张德1996年编写的《结晶学及矿物学实习指导书》(第二版)。

本实习指导所针对的课程学时数为80~100学时,实习课学时数为40~50学时。具体安排是:结晶学共安排11次实习,建议学时数为20~24;矿物学共安排11次实习,建议学时数为20~26。教师可根据具体情况将某些实习合并在一次实习课(2学时)上;也可以一次实习分成两次实习课(4学时)上,等等。

编写工作分工如下:结晶学部分(实习一至实习十一)、矿物学部分(实习十二至实习二十二)由赵珊茸编写;附录表格(矿物肉眼鉴定简表、简易物理化学方法鉴定矿物表)由肖平编写;图件由赵珊茸绘制完成,绘图所用软件为SHAPE V 7.1.2和CorelDRAW 9.0;部分晶体结构图引自何涌和雷新荣编著的《结晶化学》;最后由赵珊茸统一整理定稿。编写过程中得到了中国地质大学(武汉)教务处、地球科学学院各级领导、老师们的大力支持和帮助;此外,北京大学地球与空间科学学院秦善教授对书稿提出了宝贵的修改意见。编者在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,不当之处敬请批评指正。

赵珊茸

2010年4月于武昌

目 录

结晶学部分

实习一	晶体的测量与投影	2
实习二	晶体的对称(一)	6
实习三	晶体的对称(二)	10
实习四	晶体的定向、对称型国际符号	13
实习五	单形、晶面符号及单形符号	16
实习六	等轴、四方晶系聚形分析	21
实习七	三方、六方晶系聚形分析	25
实习八	低级晶族(斜方、单斜、三斜晶系)聚形分析	28
实习九	晶体内部结构对称要素分析	31
实习十	双晶(孪晶)分析	37
实习十一	等大球最紧密堆积原理及典型结构分析	41

矿物学部分

矿物学通论部分	48	
实习十二	矿物的形态	48
实习十三	矿物的光学性质	51
实习十四	矿物的解理、裂开、断口	54
实习十五	矿物硬度、相对密度、磁性、弹性、挠性	57
矿物学各论部分	59	
实习十六	自然元素矿物、硫化物矿物	60
实习十七	氧化物矿物、氢氧化物矿物	63
实习十八	岛状(含环状)硅酸盐矿物	65
实习十九	链状硅酸盐矿物	67
实习二十	层状硅酸盐矿物	69
实习二十一	架状硅酸盐矿物	71

实习二十二 其他含氧盐(碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐、钨酸盐)	
矿物及卤化物矿物	74
附录 I 矿物肉眼鉴定简表	76
附录 II 简易物理、化学方法鉴定矿物表	86
参考文献	88



结晶学部分

实习一 晶体的测量与投影

目的:体会用接触测角仪测量晶体模型上各面角的方法;理解方位角与极距角的含义;学会用吴氏网进行晶面投影及测量面角的方法。

内容:测量磷灰石晶体模型上(图 1-1)各晶面与晶面之间的面角,并得出各晶面的方位角与极距角,再用吴氏网进行各晶面的投影,最后在吴氏网上测量两晶面的面角。

复习:接触测角仪的使用方法;方位角与极距角的概念及其在投影图上的体现;极射赤平投影点的位置(与圆心的距离)所反映该点(晶面投影点)的空间位置;利用吴氏网做晶体投影的方法;在吴氏网上进行任意两晶面之间角度的测量方法。

操作说明:

1. 晶体测量方法

用接触测角仪的半圆量角器的底边紧贴某一晶面,再用接触测角仪上的活动直臂紧贴另一晶面,并保持半圆量角器平面与这两个晶面的交棱垂直,就可在半圆量角器上读出这两个晶面的面角了。

注意:在半圆量角器上读角度数值时有两个数值可读,其中一个为面角,另一个为晶面夹角,要注意区分;读角度数值时要用活动直臂的中线所对应的数值,不能用活动直臂的两侧所对应的数值。

2. 求磷灰石晶体上各晶面的方位角 φ 与极距角 ρ

根据 m 面与 m 面的面角确定方位角 φ :任意选择一个 m 面的方位角为 0° ,其他 m 面的方位角则根据此 m 面与为 0° 的 m 面的夹角得出。

根据 m 面与 r 面的面角求 r 面的极距角 ρ : r 面的极距角 $\rho = 90^\circ - m$ 面与 r 面的面角,如图 1-2 所示。

3. 利用吴氏网进行投影

准备工作:用一张透明纸覆盖在吴氏网上,画出基圆,标定圆心,在横径右端标定方位角 $\varphi = 0^\circ$ 。

求某个晶面的投影点:设该晶面方位角 $= 30^\circ$,极距角 $\rho = 45^\circ$,则在基圆上从 $\varphi = 0^\circ$ 处顺时针方向数 30° ,再从 $\varphi = 30^\circ$ 处作一直径,旋转透明纸将此直径旋转

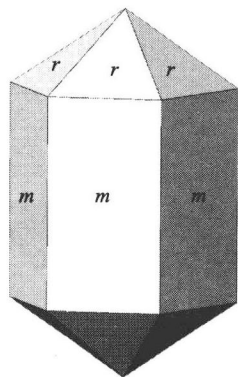


图 1-1 磷灰石晶体形态模型

到吴氏网的某个直径上,从圆心沿直径数 45° ,标定下该点,此点就是该晶面的极射赤平投影点(见图 1-3)。利用此方法可以将一个晶体上所有晶面都投影下来,形成一系列的投影点,每个点代表一个晶面的法线方向,投影点的分布应该能够反映晶面分布的对称规律,如图 1-4 是石英晶体形态上半球晶面(上半球晶面)的极射赤平投影图,从图中可以看出晶面的分布对称性。但是,从图中也可以看出,投影图只是用投影点将每个晶面的空间位置表达出来,晶面的大小、形状等信息都不能表达出来。

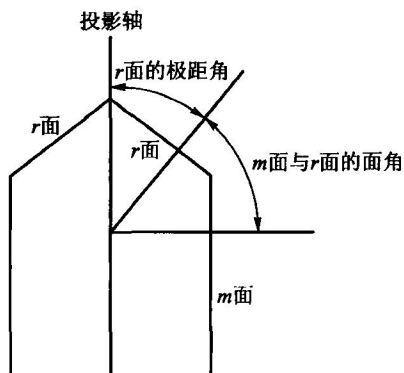


图 1-2 m 面与 r 面的面角及其与 r 面的极距角的关系图解

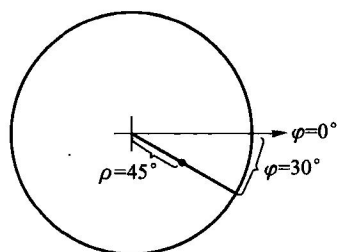
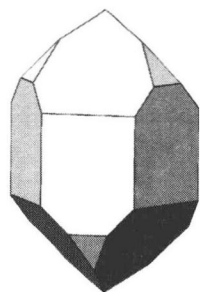
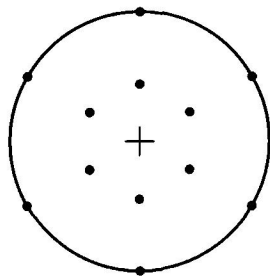


图 1-3 在吴氏网上做晶面 ($\varphi=30^\circ, \rho=45^\circ$) 的投影点



(a) 石英晶体



(b) 上半球晶面的极射赤平投影

图 1-4 石英晶体上半球晶面的极射赤平投影图

但是,对称面的投影则不需要转换成法线再投影为一个点,而是直接投影为一条大圆弧(倾斜对称面)或者直径(直立对称面)。图 1-5 画出了一些对称面的投影。

4. 利用吴氏网上的投影点求任意两晶面的面角

旋转透明纸,将这两个晶面投影点落在吴氏网的同一条大圆弧上,在该大圆弧上读出这两个投影点之间的度数即可,如图 1-6 所示。

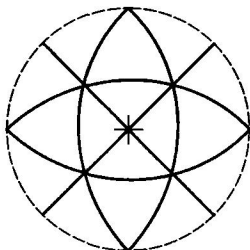


图 1-5 晶体上的对称面的投影
(直径为直立对称面,大圆弧
为倾斜对称面)

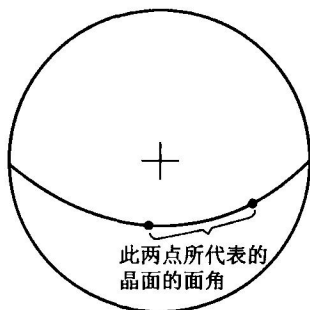


图 1-6 某两晶面的投影点及
它们的面角测量

实习作业

1. 磷灰石晶体模型的测量与投影(参见图 1-1)。

1) 用接触测角仪测量磷灰石晶体模型上各晶面之间的面角。

柱面 m 与柱面 m 的面角=? (求平均值)

柱面 m 与锥面 r 的面角=? (求平均值)

2) 根据以上测得的面角值,求磷灰石晶体上 6 个柱面与 6 个锥面(上半球)的方位角与极距角。

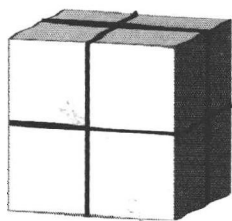
晶面编号	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6
方位角 φ												
极距角 ρ												

3) 做各晶面的极射赤平投影。

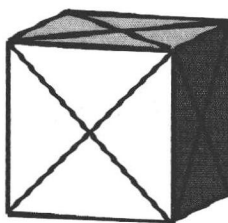
4) 在投影图上求 r 面与 r 面的面角。

2'. 做立方体上所有对称面的投影(参见图 1-7)。

*说明:该题为选做题,做完第 1 题的同学如果有时间再做。对称面的概念将在第三章学习,即一个假想的平面,该平面的两侧图形通过反映(镜像)重合。通过做立方体上 9 个对称面的极射赤平投影,体会一下 9 个对称面在空间的巧妙构型,体会一下晶面投影与对称面投影的不同方式。



(a) 垂直晶面、过晶棱中点的 3 个对称面



(b) 垂直晶面、包含一对晶棱的 6 个对称面

图 1-7 立方体上所有对称面的分布(粗黑线代表对称面切过的地方)

实习二 晶体的对称(一)

目的:学会在晶体模型上找出各种对称要素,理解晶体对称、对称要素、对称操作的含义。

内容:在晶体模型上找出所有的对称要素,并记录下来,写出对称型。

复习:对称面(P)、对称轴(L^2 、 L^3 、 L^4 、 L^6)、对称中心(C)、旋转反伸轴(L_i^2 、 L_i^3 、 L_i^4 、 L_i^6)的概念,它们在晶体模型上的体现见图 2-1。

由于旋转反伸轴可以用简单对称要素代替:

$$L_i^2 = P, L_i^3 = L^3 + C, L_i^4 = L^3 + P。$$

只有 L_i^4 不能代替,所以在晶体模型上只需找出 L_i^4 。另外,如果模型上找到一个 L^3 与一个垂直于它的 P ,则此 L^3 处应写为 L_i^6 ,同时 L^3 与垂直于它的 P 已经包含在 L_i^6 里面了,不必再记录。而对于 L_i^2 、 L_i^3 就用简单对称要素 P 、 L^3 、 C 代替,不必写出。

注意: L_i^4 往往容易误认为 L^2 ,这是因为 L_i^4 里面包含一个 L^2 ,找 L_i^4 的技巧是[参照图 2-1(e)]:若有 4 个同形等大的晶面,上面 2 个面之间是 L^2 的关系,下面 2 个面之间也是 L^2 的关系,如果上下两对面之间错开 90° ,则这个 L^2 就是 L_i^4 。

举例说明:

例 1:见图 2-2。该模型上有 1 个四次轴,在柱面中点处有 2 个二次轴,柱面交棱中点有 2 个二次轴,直立方向有 4 个对称面,水平方向有 1 个对称面,因为晶面两两平行且同形等大,所以有对称中心。共有对称要素: $L^4 4L^2 5PC$,注意:在写对称要素总和时,先写高次轴,再写低次轴,再写对称面,最后写对称中心。

例 2:见图 2-3。该模型上的对称要素很多,有 3 个四次轴,在切四个角顶的正方形面的中心;有 4 个三次轴,在切三个角顶的三角形面的中心;有 6 个二次轴,在矩形面的中心,有 9 个对称面(9 个对称面的分布可参考图 1-7),有对称中心。共有对称要素: $3L^4 4L^3 6L^2 9PC$ 。

例 3:见图 2-4。该模型上的对称要素有:1 个三次轴,3 个二次轴,4 个对称面,没有对称中心。共有对称要素: $L^3 3L^2 4P$,其中的 L^3 与垂直于它的 P 等效于 L_i^6 ,所以应记为: $L_i^6 3L^2 3P$ 。

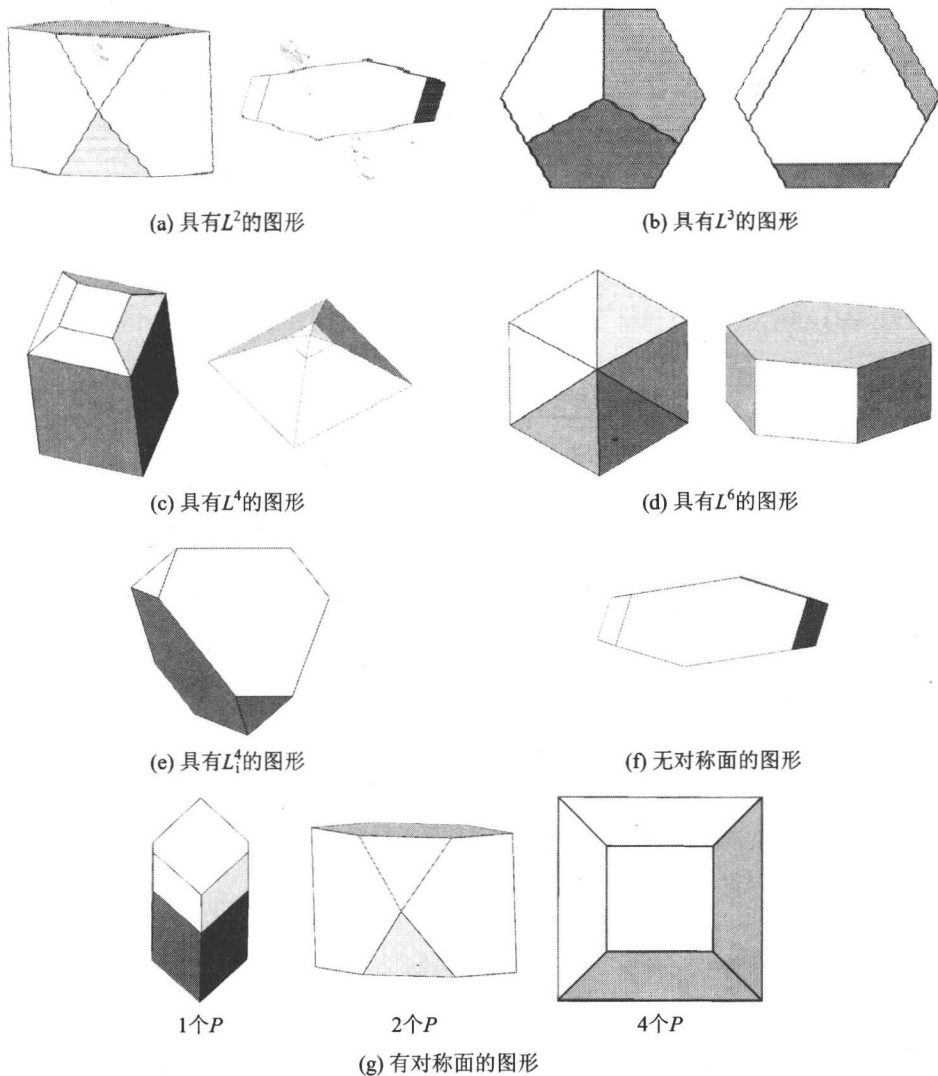


图 2-1 各种对称要素在晶体模型上的体现^①

^① 本教材上的晶体形态图是由 SHAPE 软件制作,其中同类型晶面的不同灰度代表光线明暗不同,不代表晶面性质不同。

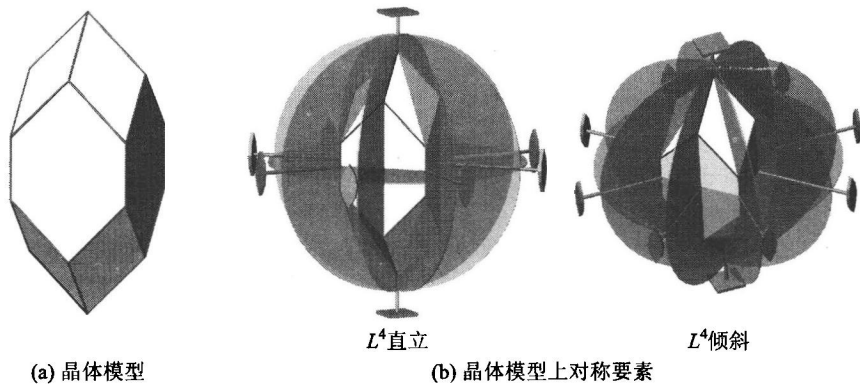


图 2-2 晶体上找对称要素举例 1 图示

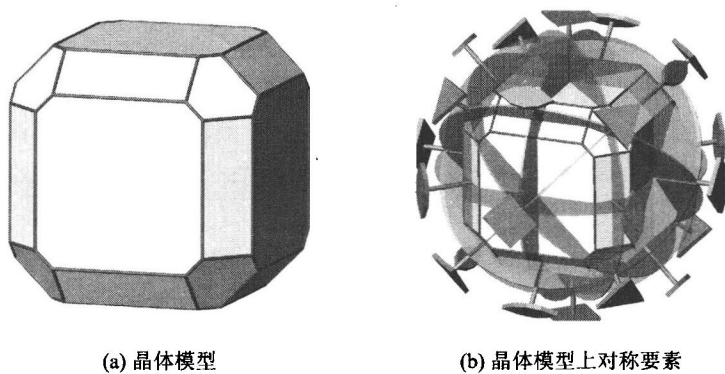


图 2-3 晶体上找对称要素举例 2 图示

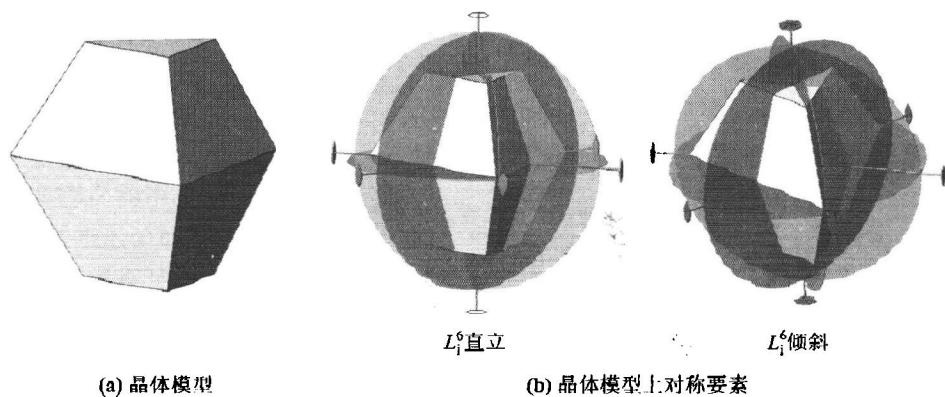


图 2-4 晶体上找对称要素举例 3 图示

实习作业

找出 8 - 10 块晶体模型上的对称要素, 记录下表(以上 3 例已作示范记录)。

模型号	L^2	L^3	L^4	L^6	P	C	L_i^2	L_i^6	对称要素总和(对称型)
例 1	4 个		1 个		5 个	1 个			$L^4 4L^2 5PC$
例 2	6 个	4 个	3 个		9 个	1 个			$3L^4 4L^3 6L^2 9PC$
例 3	3 个	1 个			4 个			1 个	$L^3 3L^2 4P = L_i^6 3L^2 3P$

* L_i^6 不必单独找, 如果有 1 个 L^3 和垂直于它的 P , 则这个 L^3 和垂直于它的 P 记为 L_i^6 , 这个 L^3 和垂直于它的 P 则不再记录。

实习三 晶体的对称(二)

目的:深入理解4个对称要素组合定理的含义,学会判断晶体模型上共存的对称要素符合什么对称要素组合定理,并用组合定理分析晶体模型上各种对称要素之间的垂直或包含关系。

内容:在晶体模型上找出所有的对称要素,并判断这些对称要素共存符合什么组合定理,写出对称型、晶系、晶族。

复习:对称要素组合定理1: $L^n \times L_1^2 \Rightarrow L^n nL_1^2$

对称要素组合定理2: $L^{n(\text{偶})} \times P_{\perp} \Rightarrow L^{n(\text{偶})} P_{\perp} C$

对称要素组合定理3: $L^n \times P_{//} \Rightarrow L^n nP_{//}$

对称要素组合定理4: $L_1^n \times L_1^2 (\times P_{//}) \Rightarrow L_1^n nL_1^2 nP_{//} (n \text{ 为奇数})$

$\Rightarrow L_1^n n/2L_1^2 n/2P_{//} (n \text{ 为偶数})$

举例说明:

例1:见图3-1。晶体模型上垂直 L^4 有4个 L^2 ,符合定理1;包含 L^4 有4个 P ,符合定理3;垂直 L^4 有1个 P ,则产生1个 C ,符合定理2。

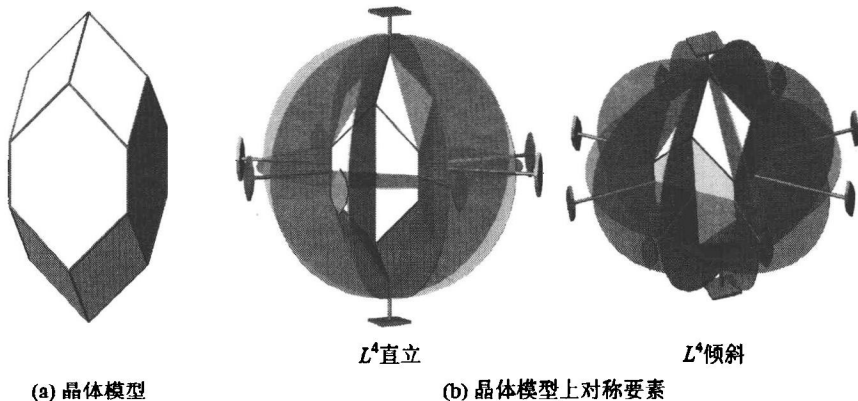


图3-1 对称要素及组合定理分析举例1图示

例2:见图3-2。晶体模型上垂直 L^3 有3个 L^2 ,符合定理1;包含 L^3 有3个 P ,符合定理3;垂直 L^3 没有 P ,但 L^2 与 P 垂直,所以产生1个 C ,符合定理2。