



桂林理工大学地质学实践教学系列教材

结晶学与矿物学实验教程

JIEJINGXUE YU KUANGWUXUE SHIYAN JIAOCHENG

● 缪秉魁 阮青锋 曾伟来 李东升 孙媛 编



地质出版社

国家级实验教学示范中心

国家级精品课程

资源勘查工程国家级应用型人才培模式创新实验区

联合资助

资源勘查工程国家第一类特色专业建设点

地学类课程实验指导书系列之一

结晶学与矿物学实验教程

缪秉魁 阮青锋 曾伟来 李东升 孙 媛 编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

该实验教程是桂林理工大学地质类课程实验指导书系列之一,为结晶学与矿物学课程的配套实验教材,其内容紧扣教学大纲,分为结晶学与矿物学两大部分,共安排实验24个。结晶学部分围绕晶体测量与投影、晶体对称、单形、聚形、晶体定向等重点难点内容,通过基础知识的准备、模型操作、注意事项和思考题等教学环节,使学生加深对理论的理解和掌握;矿物学部分通过大量的矿物、典型特征观察及思考题等教学环节,深入浅出地引导学生对矿物的认识和鉴别。在实验教程的最后附上《矿物鉴定手册》,方便读者使用。

本书既可作为资源勘查工程、宝石及材料工艺学等地质类相关本(专)科专业学生的实验用书,也可作为岩矿鉴定、宝玉石鉴定人员及广大地质工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

结晶学与矿物学实验教程/缪秉魁等编.—北京:地质出版社,
2014.7

ISBN 978-7-116-08844-3

I. ①结… II. ①缪… III. ①晶体学—实验—高等学校—教材
②矿物学—实验—高等学校—教材 IV. ①O7-33 ②P57-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第122020号

责任编辑:罗军燕

责任校对:关风云

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(邮购部);(010) 82324514(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

传 真:(010) 82324340

印 刷:北京全景印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm $1/16$

印 张:8.25

字 数:200千字

印 数:1—1500册

版 次:2014年7月北京第1版

印 次:2014年7月北京第1次印刷

定 价:26.00元

书 号:ISBN 978-7-116-08844-3

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

地学类课程实验指导书系列

编 委 会

主 编：冯佐海

副主编：缪秉魁 钱建平

编 委：（以姓氏拼音为序）

陈贵英 陈宏毅 陈三明 陈远荣 丁彦礼

付 伟 胡云沪 雷良奇 李学森 刘苏桥

罗润林 罗先熔 吕玉增 欧东新 庞保成

宋慈安 汤静如 王有学 吴 虹 熊 彬

薛霆虢 杨启军 张桂林 张良钜 张 智

秘 书：陈宏毅

桂林理工大学地质学实践教学系列教材

总 序

桂林理工大学是一所以工学为主,理、管、文、经、法、农七大学科门类协调发展的多科性高等院校,具有 50 多年的办学历史。地质类专业是本校的传统优势专业,具有深厚的学科积累。50 多年来,在几代教师的辛勤努力下,培养了一大批高质量的地质类专业人才,使学校在国内外获得了较高的知名度和影响力。

地球科学学院是本校重点院系之一,在 50 多年的发展历程中,取得了一大批教学及科研成果。最近几年,本院先后获得基础地质学国家级精品课程、基础地质学国家级实验教学示范中心、资源勘查工程国家第一类特色专业、资源勘查工程国家级教学团队、资源勘查工程国家级应用型人才培养模式创新实验区等国家级质量工程建设项目。为了彰显优势,发挥特色,地球科学学院组织优秀师资,编写了这套地质类专业实践教学系列教材。本系列教材涵盖了基础地质学、岩石学、结晶学与矿物学、晶体光学、地球化学、古生物地史学、构造地质学、矿床矿相学、矿产勘查学、遥感地质学、地球物理学、工程物探、珠宝首饰设计等课程。

地质学是一门认知科学,学好本专业不仅需要扎实的数理基础,还需要有较强的实践动手能力。本套教材的编写,以我校人才培养方案为基础,努力贯彻“育人为本、质量第一”的办学理念;同时,也是对地球科学学院教学质量工程项目建设成果的系统总结。

目前,国内公开出版的地质类专业实践教学教材不多,地球科学学院组织编写系列实践教学教材尚属首次,加上时间匆促,疏漏与瑕疵在所难免,期待兄弟院校及地质教育界的同行提出宝贵意见,以利再版时修订完善。

桂林理工大学地质学实践教学系列教材编委会

2012 年 1 月

前 言

结晶学与矿物学是地质学重要的专业基础课，同时也与许多应用学科和边缘学科密切相关，如材料科学、环境科学及生物科学等。其内容庞杂，既要求学生深入理解各种基本概念和基本理论，还要求学生掌握鉴定矿物的基本技能，并及时了解矿物的实际应用情况。在学习过程中还需要一定的空间想象力和理解力（尤其是结晶学部分），因此初次接触这门课程的学生往往感觉难度较大。

本教程根据编者多年教学积累并参阅了大量的专业教材及部分最新研究成果等编写而成，分为结晶学和矿物学两大部分。结晶学部分配合理论教学，通过实验模型分析、注意问题和思考题，达到理解、验证、掌握理论知识的目的。矿物学部分则安排了大量不同产地、不同成因、特征明显的矿物标本，采用图文并茂的编排方式，使初次接触矿物的学生易于建立感性认识，培养学生灵活运用所学知识鉴定矿物标本的能力，同时，对于学生专业兴趣、创新能力和综合素质的提高都有极大的促进作用。

本书的出版得到基础地质学国家级实验教学示范中心、基础地质学国家级精品课程、资源勘查工程国家级应用型人才培养模式创新实验区和资源勘查工程国家第一类特色专业建设点经费的联合资助。在编写过程中，桂林理工大学资源勘查工程系和宝石及材料工艺学系的专家学者提出了宝贵的意见，教务处和地球科学学院的各级领导给予了大力的支持。编者在此表示衷心的感谢！

书中图片主要由编者绘制，同时参考了赵珊茸、潘兆橹等编著的《结晶学及矿物学》教材以及《系统矿物学》等专业书籍。矿物照片主要来自桂林理工大学地质博物馆、矿物实验室及编者在科学研究过程中采集的标本，部分来自桂林矿物晶体标本市场、中国地质博物馆矿物图库，书中没有一一标注，在此一并致谢。

由于时间仓促，编者的水平有限，书中难免存在不足之处，敬请批评指正。

编 者

2013年12月

目 录

前 言

实验一 晶体的测量与投影	1
基础知识.....	1
实验内容及步骤.....	3
思考题.....	5
实验二 晶体对称要素的找寻	6
基础知识.....	6
实验内容及步骤.....	7
思考题.....	8
实验三 晶体对称要素组合定律及其应用	9
基础知识.....	9
实验内容及步骤.....	10
思考题.....	10
实验四 晶体的三轴定向、晶面与晶带符号	11
基础知识.....	11
实验内容及步骤.....	12
思考题.....	13
实验五 晶体的四轴定向、晶面与晶带符号	14
基础知识.....	14
实验内容及步骤.....	14
思考题.....	15
实验六 中低级晶族单形的认识及单形符号的确定	16
基础知识.....	16
实验内容及步骤.....	19
思考题.....	19
实验七 高级晶族单形的认识及单形符号的确定	20
基础知识.....	20

实验内容及步骤	21
思考题	21
实验八 单形的推导与投影	22
基础知识	22
实验内容及步骤	22
思考题	25
实验九 聚形分析	26
基础知识	26
实验内容及步骤	26
思考题	27
实验十 晶体内部结构的对称要素	28
基础知识	28
实验内容及步骤	28
思考题	31
实验十一 等大球体的最紧密堆积和典型结构分析	32
基础知识	32
实验内容及步骤	33
思考题	34
实验十二 晶体的规则连生	35
基础知识	35
实验内容及步骤	36
思考题	37
实验十三 晶体生长	38
基础知识	38
实验仪器及材料准备	39
实验内容及步骤	39
实验十四 矿物的形态	41
基础知识	41
实验内容	43
思考题	44

实验十五 矿物的光学性质	45
基础知识	45
实验内容	47
思考题	48
实验十六 矿物的力学性质和其他物理性质	49
基础知识	49
实验内容	52
思考题	52
实验十七 自然元素矿物和硫化物及其类似化合物矿物	53
基础知识	53
实验内容	54
常见矿物及其鉴定特征	54
思考题	61
实验十八 氧化物和氢氧化物矿物	62
基础知识	62
实验内容	63
常见矿物及其鉴定特征	63
思考题	68
实验十九 岛状结构硅酸盐矿物	69
基础知识	69
实验内容	70
常见矿物及其鉴定特征	70
思考题	74
实验二十 链状结构硅酸盐矿物	75
基础知识	75
实验内容	75
常见矿物及其鉴定特征	75
思考题	78
实验二十一 层状结构硅酸盐矿物	79
基础知识	79

实验内容·····	79
常见矿物及其鉴定特征·····	80
思考题·····	83
实验二十二 架状结构硅酸盐矿物 ·····	84
基础知识·····	84
实验内容·····	84
常见矿物及其鉴定特征·····	85
思考题·····	87
实验二十三 其他含氧盐和卤化物矿物 ·····	88
基础知识·····	88
实验内容·····	89
常见矿物及其鉴定特征·····	89
思考题·····	94
实验二十四 矿物标本的野外识别 ·····	95
基础知识·····	95
实验内容及步骤·····	95
思考题·····	97
主要参考文献 ·····	98
附录 矿物鉴定手册 ·····	100

实验一

晶体的测量与投影

基础知识

1. 晶体测量的理论依据和测量方法

晶体在生长过程中,往往由于外界客观环境的影响,造成形态上不同程度的畸变,从而形成歪晶。但是,无论晶体形态上如何变化,同种晶体对应晶面间的夹角恒等不变。这便是晶体的面角守恒定律,是进行晶体测量的理论依据。

测量晶体时用接触测角仪测量石英晶体的面角(测角仪直臂与晶面贴紧,并使测角仪平面与所测二晶面的交棱方向垂直),每种面角测量三次,每次精度读到 $1/2^\circ$,取其平均数。

注意: 所测数据是否符合面角守恒定律?

2. 用吴氏网作晶面的赤平投影

(1) 作投影的准备工作

将一张透明纸蒙在吴氏网上,用图钉将二者固定在一起,透明纸能够相对于吴氏网旋转。用铅笔在透明纸上描出基圆,用符号“+”标出网中心,并选择横直径作为零度子午面,在横直径右端与基圆相交处画一箭头,注明 $\varphi=0^\circ$,如图1-1所示。

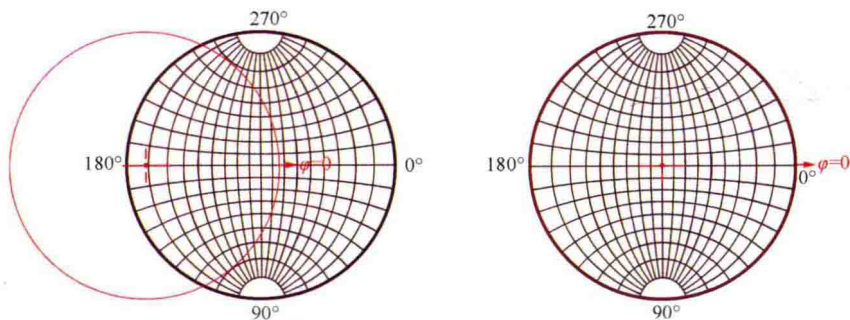


图1-1 吴氏网和基圆的投影

(2) 作直立晶面的极射赤平投影

直立晶面的投影点应落在基圆上。投影时首先令某一个面投影于 $\varphi=0^\circ$ 处,以符号圆

点表示，旁边标上 B 。与 B 顺时针方向相临直立晶面 G ，可沿着基圆顺时针方向量 $B \wedge G$ 的面角，得到 G 的投影点（图 1-2）。

(3) 作倾斜晶面的极射赤平投影

作倾斜晶面 (A) 的极射赤平投影，可利用已知的与其方位角相同的直立晶面的投影点。将吴氏网中心点与 B 作连线，该直线即为网的横直径（零度子午面），利用横直径上的刻度 B 沿横直径向中心量出 $A \wedge B$ 的面角，即得 A 的极射赤平投影点，以符号 “•” 表示（图 1-3）。若 C 与 D 不在横直径（零度子午面）上时（图 1-4），将吴氏网中心点与 D 作连线，转动透明纸使联线与横直径重合，自 D 点向中心量出 $C \wedge D$ 的面角，便获得 C 投影点（图 1-5）。

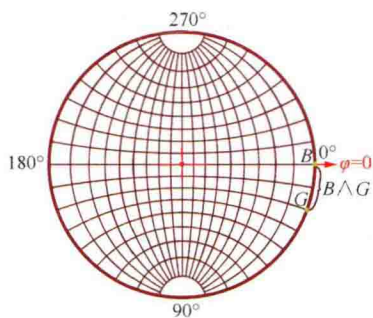


图1-2 直立晶面的极射赤平投影

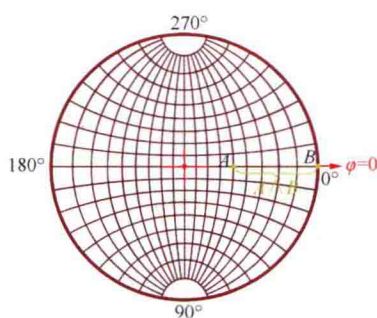


图1-3 倾斜晶面的极射赤平投影A

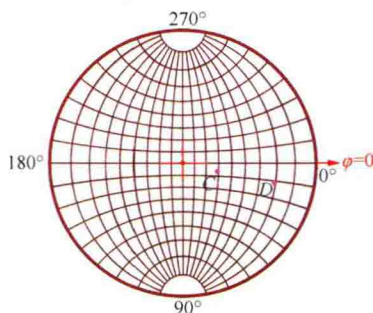


图1-4 倾斜晶面的极射赤平投影B

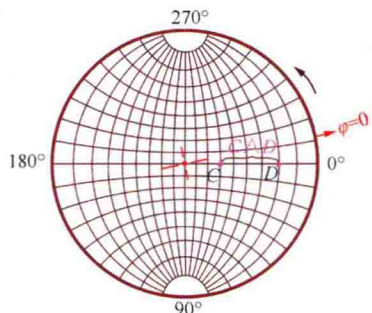


图1-5 倾斜晶面的极射赤平投影C

3. 晶面空间分布位置的球面坐标和晶面间夹角度量方法

(1) 用球面坐标即方位角 (φ) 和极距角 (ρ) 表示晶面投影点的位置

在投影图上求 D 晶面投影点的球面坐标，其方法如下：将中心点与 D 连线延长与基圆相交，由 $\varphi=0^\circ$ 处起顺时针方向量至交点的度数，就是 D 的方位角 φ （图 1-6）。再将透明纸转动使中心点与 D 的连线与吴氏网横直径重合，由中心点至 D 间的角度就是 D 的极距角 ρ （图 1-7）。

(2) 求面角

求图 1-8 中 E 和 F 的面角：转动透明纸（中心不能动），使 E 和 F 落于吴氏网的一个大圆弧上，在大圆弧上借助网的大圆弧刻度量得 E 和 F 点之间的度数，即为它们的面角，如图 1-8 (b) 所示。

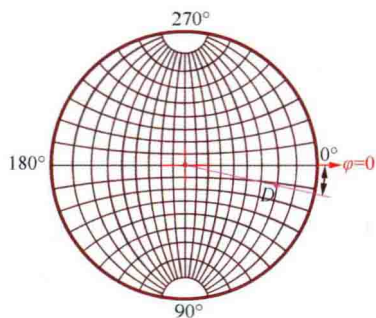


图1-6 晶面空间分布位置的方位角度量方法

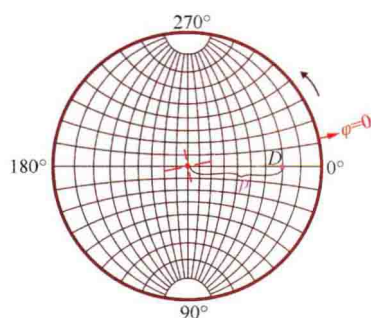


图1-7 晶面空间分布位置的极距角度量方法

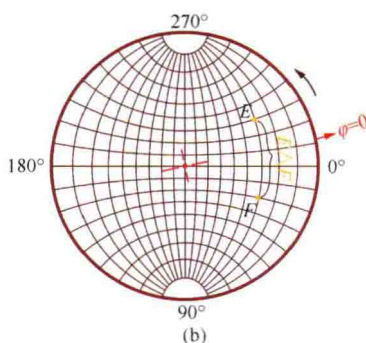
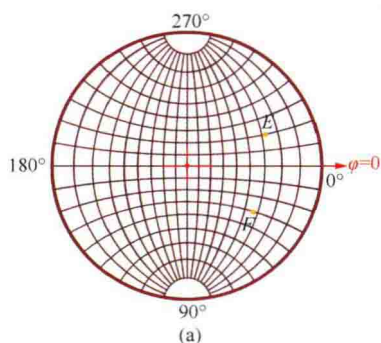


图1-8 面角度量方法

实验内容及步骤

1. 观察

观察并比较石英晶体的实际晶形与理想形态(图1-9)的异同。

2. 测量

用接触测角仪测量天然晶体(石英晶体)的面角。

► 分析实习标本中那些不甚完好的石英晶体, 辨别哪些是柱面 m (可分别标记为 m_1, m_2, m_3, \dots), 哪些是菱面体面 r, z (相应标记为 $r_1, r_2, r_3, z_1, z_2, z_3$)。

► 用接触测角仪测量石英晶体的面角。

3. 用吴氏网作石英晶体晶面的赤平投影

(1) 作投影的准备工作

准备一张透明纸、吴氏网和一颗图钉。用铅笔在透明纸上描出基圆, 用符号“+”标出网中心, 用箭头标出 $\varphi=0^\circ$ 。

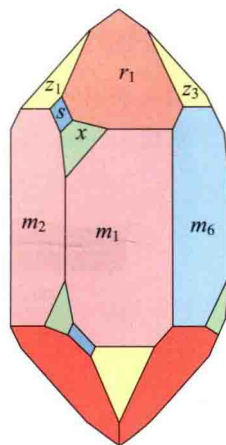


图1-9 石英理想晶体

(2) 作柱面 (m) 的极射赤平投影

石英晶体的 m 晶面为直立晶面，投影时首先令其中一个柱面 m_1 投影于 $\varphi=0^\circ$ 处，以符号 \odot 表示。由 m_1 面起，沿着基圆顺时针方向量 $m_1 \wedge m_2$ 的面角，得到 m_2 的投影点，照此方法，依次得出 m_3 、 m_4 、 m_5 、 m_6 的极射赤平投影点。

(3) 作菱面体面 (r) 的极射赤平投影

m 与 r 面的交棱为一水平的直线，它们的方位角相同。利用横直径（零度子午面）量出 $m \wedge r$ 的面角，得到 r_1 的极射赤平投影点，以符号 “•” 表示。投影 r_2 晶面时，将吴氏网中心点与 m_3 作连线，转动透明纸使联线与横直径重合，自 m_3 点向中心量出 $m \wedge r$ 的面角，便获得 r_2 投影点。同样操作，获得 r_3 投影点，如图 1-10 所示。

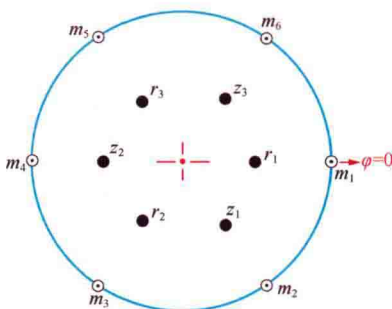


图1-10 石英晶体的极射赤平投影

(4) 作菱面体面 (z) 的极射赤平投影图

将吴氏网中心点与 m_2 作连线，转动透明纸使联线与横直径重合，自 m_2 点向中心量出 $m \wedge z$ 的面角，便得到 z_1 投影点。以同样的操作方法，获得 z_2 、 z_3 的投影点，如图 1-10 所示。

4. 用球面坐标表示晶面投影点的位置，并求出 $r_1 \wedge z_1$ 和 $r_2 \wedge z_2$ 之间的面角

(1) 求出 r 及 m 晶面的方位角 φ 和极距角 ρ

求出 r_1 、 r_2 、 r_3 、 z_1 、 z_2 、 z_3 及 m_1 、 m_2 、 m_3 ... 的方位角 φ 和极距角 ρ ，并填入表 1-1 内。

表1-1 记录格式

晶面	面角	晶面	球面坐标 (φ, ρ)
$m_1 \wedge m_2$		m_1	
$m_2 \wedge m_3$		m_2	
$m_3 \wedge m_4$		m_3	
$m_4 \wedge m_5$		m_4	
$m_5 \wedge m_6$		m_5	
$m_6 \wedge m_1$		m_6	
$m_1 \wedge r_1$		r_1	
$m_3 \wedge r_2$		r_2	
$m_5 \wedge r_3$		r_3	

(2) 求面角 $r_1 \wedge z_1$ 、 $r_2 \wedge z_2$

将结果与实测数据对比，并记录在透明纸的右下角。

思考题

1. 已知晶面 a 的球面坐标 ($\varphi=120^\circ$, $\rho=66^\circ$)，作出上半球与 a 晶面成反映关系晶面的投影点 b ，并求出它的球面坐标。
2. 按照极射赤平投影的原理，用目估方法作出四方双锥各晶面的极射赤平投影点（首先令其某一晶面放置在 ($\varphi=0^\circ$, $\rho=54^\circ 44'$) 的位置上，然后再作其他晶面的投影点）。作图时，将上半球的晶面投影点以“ \cdot ”表示，下半球的晶面投影点以“ \circ ”表示。
3. 吴氏网上的基圆、直径、大圆弧和小圆弧的意义分别是什么？

实验二

晶体对称要素的找寻

基础知识

1. 对称面 (P)

晶体可存在一个对称面、多个对称面,或者没有对称面。
对称面可能出现的位置:

- 1) 垂直并平分晶面,如图 2-1 中绿色和蓝色平面均垂直并平分晶面 $ABCD$;
- 2) 垂直晶棱并通过其中点的平面,如图 2-1 中绿色平面垂直晶棱 AB 和 CD ,并通过它们的中点;
- 3) 包含晶棱的平面,如图 2-1 中蓝色平面包含了晶棱 AA' 和 CC' 。

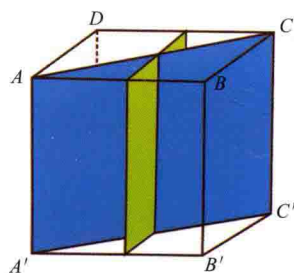


图2-1 对称面可能出现的位置

2. 对称轴 (L^n)

晶体中可能出现的对称轴只有 L^1 、 L^2 、 L^3 、 L^4 、 L^6 五种。对称轴在晶体上可能出露的位置如下:

- 1) 图 2-2 (a) 中,两平行晶面中心的连线 (L^4);
两晶棱中点的连线 (L^2);
两角顶的连线 (L^3)。
- 2) 图 2-2 (b) 中,角顶与晶面中心的连线 (L^4)。

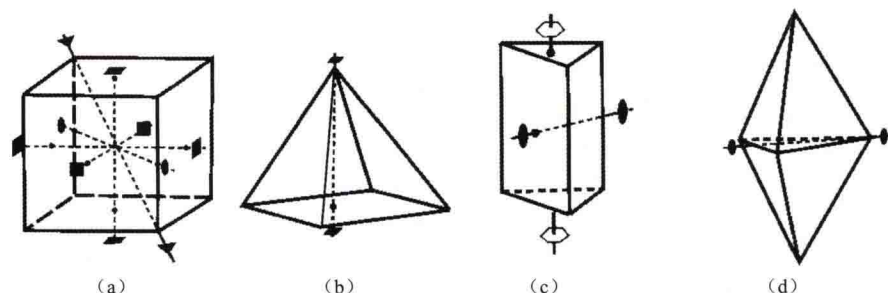


图2-2 对称轴可能出现的位置

3) 图 2-2 (c) 中, 晶棱中点与晶面中心的连线 (L^2)。

4) 图 2-2 (d) 中, 晶棱中点与角顶的连线 (L^2)。

3. 旋转反伸轴 (L_i^n)

晶体中的旋转反伸轴可有 L_i^1 、 L_i^2 、 L_i^3 、 L_i^4 、 L_i^6 五种, 其中只有 L_i^4 和 L_i^6 具有独立的意义。

L_i^4 的确定: 晶体 (模型) 围绕 L_i^4 旋转 90° 后, 借助反伸操作才可使相等部分重复。 L^2 是晶体 (模型) 围绕 L^2 旋转 180° 后, 可使相等部分重复。值得注意的是: L_i^4 只存在于没有对称中心的晶体 (模型) 中 (图 2-3)。

L_i^6 的确定: 如果在晶体中找到一个 L^3 , 且垂直此 L^3 存在一个对称面, 则此 L^3 占据的直线为 L_i^6 ($L_i^6 = L^3 + P_\perp$)。此时, $L^3 + P_\perp$ 的组合一定要记作 L_i^6 。值得注意的是: L_i^6 也只存在于没有对称中心的晶体 (模型) 中 (图 2-4)。

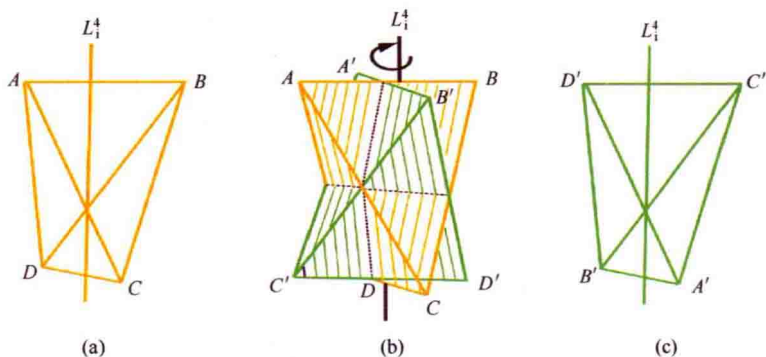


图2-3 L_i^4 示意图

(a) 黄色代表四方四面体原始位置; (b) 绿色四方四面体表示从原始位置旋转 90° 后的图形; (c) 为图 (b) 中绿色四方四面体反伸后的图形, 与 (a) 相同

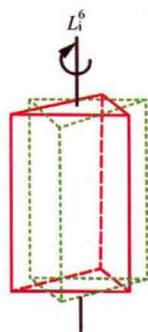


图2-4 L_i^6 示意图

红色表示图形原始位置, 绿色表示旋转 60° 后位置, 绿色图形反伸后与红色图形重复

实验内容及步骤

观察晶体模型上面、棱、角的重复规律, 找出它的对称要素, 即对称面、对称轴、对称中心。

1. 对称面 (P)

对称面以字母 P 表示, 其数目写在 P 的前面, 如 $5P$ 表示晶体有 5 个对称面。

注意: 对称面必将图形分成互成镜像反映的两个相同部分, 在寻找对称面的过程中, 模型尽可能少转动, 以免遗漏或重复计数。

2. 对称轴 (L^n)

对称轴用 L 表示, 轴次标示在右上角。当存在几种对称轴时, 按轴次高低顺序排列。

注意: 当晶体具有对称中心时, 如图 2-2 (d) 中可能位置就不再成立。

3. 对称中心 (C)

晶体中如有对称中心存在时, 必定位于晶体的几何中心, 其晶面必然都是两两平行、