

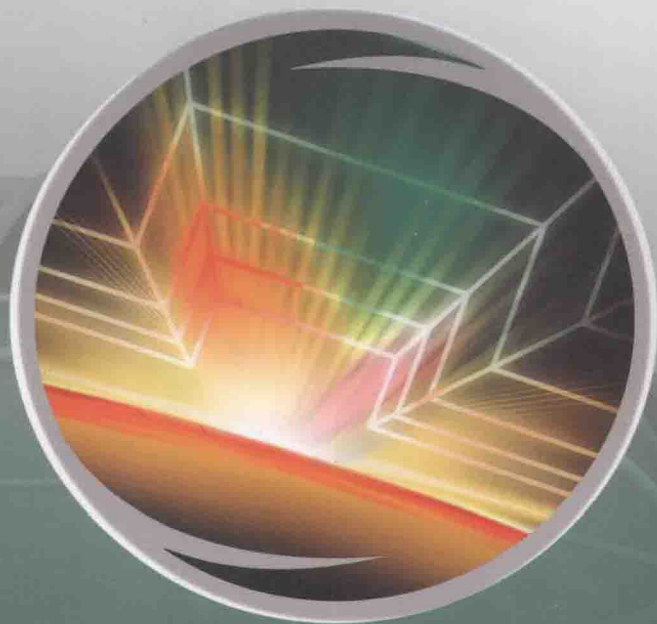


石家庄经济学院国家一类特色专业资源勘查工程
石家庄经济学院国家地学实验教学示范中心实践教学系列教材

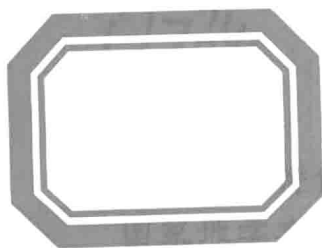
晶体光学实验教程

JINGTIGUANGXUE SHIYAN JIAOCHENG

张素梅 等编著



地质出版社



色专业资源勘查工程

金教学示范中心

河北省地质矿产教育创新高地

河北省矿产普查与勘探重点发展

项目资助系列教材之三

晶体光学实验教程

张素梅 王立峰 李红阳 高永丰 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

该教程作为《晶体光学》或《晶体光学与光性矿物学》的配套实验教材,力求与课堂讲授内容紧密配合,包括晶体光学和常见透明矿物的系统鉴定两个部分,共设计实验18个。

本书既可作为地质、材料、能源、珠宝等专业的配套教材使用,也可作为岩矿鉴定、珠宝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

晶体光学实验教程/张素梅等编著. —北京:地质出版社, 2010. 9

ISBN 978-7-116-06871-1

I. ①晶… II. ①张… III. ①晶体光学-实验-高等学校-教材 IV. ①O734-337

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 174811 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>

电子邮箱:zhs@ gph.com.cn

传 真:(010) 82324340

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787 mm × 1092 mm ¹/₁₆

印 张:6.75

字 数:130千字

印 数:1—1200册

版 次:2010年9月北京第1版·第1次印刷

定 价:15.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06871-1

(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)

前 言

矿物鉴定是对矿物的化学组成、物理性质、光性特征以及产状及其变化进行系统的研究，其主要的理论基础是矿物学、晶体光学与光性矿物学等；它应用的主要工具是偏光显微镜，主要研究对象是矿物颗粒和矿物、岩石的薄片。几百年来，它由产生到成熟，已经成为矿物学家和岩石学家进行工作和研究的不可或缺的重要手段。

晶体光学与光性矿物学实验课是《晶体光学》及《晶体光学与光性矿物学》教学的重要环节，是提高学生观察和实践能力的重要步骤。由于教学时数的调整，我们按现有地质专业《晶体光学》及《晶体光学与光性矿物学》教学大纲的要求，结合专业特点和我学院现有实验条件，并参考其他院校的教学经验，编写了这本实验教程，其目的在于通过实践培养学生掌握矿物鉴定的基本技能和方法。通过实验课，可以进一步理解和加深课堂讲授的理论教学内容，培养实验操作技能和岩矿鉴定的能力，力求达到以下目的：

1. 掌握基本理论，熟练实验方法，要求学生会应用在课堂上所学的理论，掌握在偏光显微镜下鉴定透明矿物的方法和步骤，学会利用工具书鉴定最主要的造岩矿物。

2. 由于《晶体光学》及《晶体光学与光性矿物学》是岩石学教学的基础，所以要求学生掌握矿物的基本鉴定特征，掌握常见矿物的主要光性特征，能熟练地鉴定常见矿物。通过对薄片的观察，认识矿物的微观特征；学会对薄片进行全面的观察和系统的描述。

该教程主要以室内矿物鉴定的一般工作方法为主，为避免与教科书内容重复，在编写过程中力求做到密切配合讲课的基本内容，共编排了 18 个实验。使用时必须参考相应的《晶体光学》、《光性矿物学》、《晶体光学与光性矿物学》等教材。实验课时的安排，可根据具体情况酌情合并或增减。

由于时间紧，编者水平有限，疏漏之处在所难免，望各位教师 and 同学在使用过程中提出宝贵意见，以便今后不断充实和完善。

编写过程中参阅了大量的参考资料，在此一并表示感谢。

目 录

前 言

第一部分 晶体光学

实验一 偏光显微镜	(1)
实验二 单偏光镜下矿物的形态和解理	(11)
实验三 单偏光镜下矿物的颜色、多色性和吸收性	(15)
实验四 单偏光镜下矿物的边缘、贝克线、糙面和突起	(21)
实验五 正交偏光镜下消光类型和消光角观察	(27)
实验六 干涉色及矿片上光率体椭圆半径方向和名称的测定	(33)
实验七 延性、双晶类型性质观察	(36)
实验八 正交偏光镜下双折射率的测定	(38)
实验九 锥光镜下一轴晶矿物晶体光性特征观察	(43)
实验十 锥光镜下二轴晶矿物性质观察	(51)

第二部分 常见透明矿物的系统鉴定

实验十一 透明矿物系统鉴定	(63)
实验十二 石英族	(65)
实验十三 橄榄石族	(69)
实验十四 辉石族	(73)
实验十五 角闪石族	(77)
实验十六 黑云母	(83)
实验十七 白云母	(87)
实验十八 长石族	(91)
主要参考文献	(101)

第一部分 晶体光学

实验一 偏光显微镜

一、预习内容

1. 显微镜的基本部件及功能；
2. 显微镜的调试与校正。

二、实验要求

1. 熟悉偏光显微镜的结构；
2. 掌握偏光显微镜的使用方法。

三、实验内容和步骤

偏光显微镜是学习岩石学和矿物学必不可少的仪器设备，如图 1-1 所示。

（一）装卸目镜和物镜

将目镜（10 倍或 5 倍）对准目镜孔，轻轻插入镜筒上端，调整目镜间的距离使之与自己双眼间的距离相当。此时通过目镜看向视域，轻轻旋转以调整目镜中的十字丝方向，使之呈东西、南北方向。

物镜分为两种类型——弹性夹型和转盘型，本实验室所使用的偏光显微镜之物镜为转盘型。安装时从镜头盒取出物镜放置在转换器上旋紧。将物镜装好后，打开锁光圈，目视镜筒内，转动反光镜使之对准光源，直至视域最明亮为止。

装卸物镜需将物台下降（或将镜筒提升）到一定高度，以免碰坏镜头。在整个装卸过程中，目镜或物镜都应轻拿轻放，切忌用手触摸镜头。

（二）调节照明（对光）

检查电源连接情况，将电压调节至最低，打开电源开关，并去掉上偏光镜，调节电压旋钮使电压升高，直至亮度合适为止。



图 1-1 XP-213 型透射偏光显微镜

光线强度太大或太小都易使眼睛疲劳，故应根据薄片（如透明度）和偏光系统等适当调节照明亮度。调节装置主要有两个：光源开关和锁光圈，前者控制光强，后者控制进光量。

（三）调节焦距（准焦）

调节焦距是为了使薄片中的物像清晰可见。“调节焦距”或“准焦”是一种习惯性的说法，实际上是调节物距，即调节物镜与薄片中心矿物之间的距离，使物镜成的矿物实像位于目镜一倍焦距之内的合适位置上，以便通过目镜可以看到清晰的、放大的矿物虚像。准焦的步骤如下：

1. 放置薄片

完成装卸镜头及调节照明之后，将欲测矿片置于物台中心，并用物台上的一对弹簧夹把矿片固定好，使薄片的盖玻璃朝上，否则不能准焦，特别是使用高倍物镜时应尤其注意。

2. 低倍物镜的准焦

将低倍物镜旋至工作范围，从镜头侧面观察（视线基本与物镜同一高度），转动粗动调焦螺旋，使镜筒下端的物镜与物台上的薄片比较靠近为止。从目镜中观察，转动粗动调焦螺旋，使镜筒下降或使物台上升至视域内物像基本清楚，再转动微动调焦螺旋，直至视域内物像完全清晰为止。

准焦以后，物镜前端与薄片平面之间的距离称工作距离。工作距离的长短与物镜的放大倍率有关。一般说来，物镜的放大倍率愈小，工作距离愈长，物镜的放大倍率愈大，工作距离愈短。在显微镜的说明书中可以查到不同放大倍率物镜的工作距离。

3. 中倍物镜的准焦

从低倍物镜的准焦位旋上中倍物镜，一般应在准焦位附近，调节物台或镜筒升降螺旋（一般只要调节微动螺旋），直到物像完全清晰为止。

4. 高倍物镜的准焦

在中倍物镜的准焦位上旋上高倍物镜（旋上前要检查盖玻片是否朝上），一般应在准焦位附近。调节微动螺旋，直到物像完全清晰为止。

使用高倍物镜调节焦距时，绝不能眼睛看着镜筒内而下降镜筒或上升物台。因为这样很容易使物镜与薄片相碰，不仅压碎薄片而且易损坏物镜。因为高倍物镜的工作距离很短，准焦后物镜几乎与薄片平面接触。如果薄片上的盖玻璃向下放时，根本不能准焦，而且最容易压碎薄片及损坏物镜。初学者最好先使用低倍或中倍物镜准焦后，再换用高倍物镜准焦。

（四）校正中心

在偏光显微镜的光学系统中，物台的旋转轴、物镜中轴及目镜中轴应当严格在一条直线上。此时，转动物台，视域中心（即目镜十字丝交点）的物像不动（图 1-2A），其余物像绕视域中心做圆周运动。如果它们不在一条直线上，当转动物台时，视域中心的物像将离开原来的位置，连同其他部分的物像绕另一中心旋转（图 1-2B，1-3B）。这个中心点（*o*）代表物台的旋转轴出露点位置。在这种情况下，不仅可能把视域内的某些物像转出视域之外（图 1-2C，1-3C）妨碍观察，而且影响某些光学数据的测定精度。特别是使用高倍物镜时，根本无法观察。因此，必须进行校正，使目镜中轴、物镜中轴与物台旋转轴一致。

当焦距对好之后，常出现以下三种情况：

- 目镜中轴、物台旋转轴和物镜中轴在一条直线上（图 1-2A）；
- 三者不在一条直线上，但在视域范围内可看到旋转中心（图 1-2B）；
- 三者不在一条直线上，且在视域范围内看不到旋转中心（图 1-2C）。

当出现 b, c 两种情形时，需要进行中心校正。在偏光显微镜的光学系统中，目镜中轴是固定的，部分显微镜的物台也是固定的，只能校正物镜中轴，有些显微镜的物

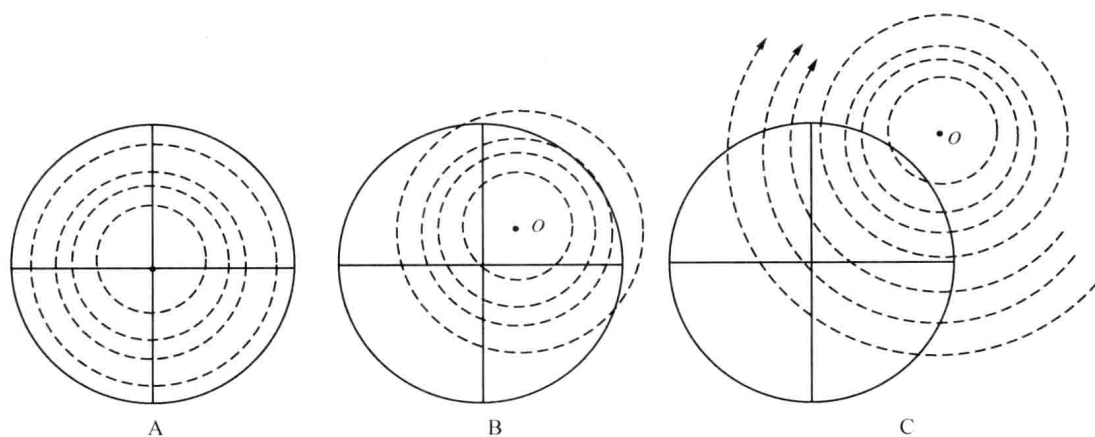


图 1-2 旋转物台时质点绕视域之内的某点做圆周运动示意图

A—物镜中轴、镜筒中轴与物台旋转轴重合；B—物台旋转出露点 o 在视域内；

C—物台旋转轴出露点 o 在视域外。图中虚线表示薄片中的质点的运动轨迹

台也能校正。校正物镜中轴是借助于安装在物镜上或物镜旋转盘上的两个定心校正螺丝来进行的。

在校正中心之前，必须首先检查物镜是否安装在正确的位置上。如果物镜没有安装在正确位置上，不仅不能校正好中心，而且容易损坏定心校正螺丝。如果发现定心校正螺丝扭动困难或扭不动时，切勿强行扭动，应立即检查原因，并与实验室管理人员或指导老师联系。

物镜出露点在视域之内的校正，如图 1-3 所示。具体步骤为：①检查物镜是否装好；②选一质点 a ，并移至视域中心（图 1-3A）；③使该质点做圆周运动，找出质点做圆周运动的圆心点 o （图 1-3B）；④旋转物台 180° ，使 a 点由十字丝交点移至 a' 处（图 1-3C）；⑤在物镜上部插入校正螺丝，将十字中心移至圆心 o 处（图 1-3D）；⑥移动薄片，使质点 a 从 o 点移到十字丝中心（图 1-3E, F）。

对于那些质点旋转中心不在视域内的校正，则其步骤为：①当质点旋转中心距视域中心偏离很远时，转动物台，质点将由十字丝交点移至视域之外（图 1-4）；②根据质点移动情况，估计偏心圆圆心 o 点在视域外的位置及偏心圆半径长短，将质点转回十字丝交点；③扭动物镜上的定心校正螺丝，使质点由十字丝交点，向偏心圆圆心 o 点相反方向移动大约相当于偏心圆半径的距离（图 1-4）；④再移动薄片，使质点回移至十字丝交点处，转动物台，该质点可能在视域内呈小圆圈移动，此时可按上述中心偏离较小的方法进行校正；⑤如果中心仍偏离较大，质点仍移出视域之外，再按偏心大的方法校正；⑥经过 3~4 次校正之后，中心仍然偏离较大，则应检查原因或报告指导老师。

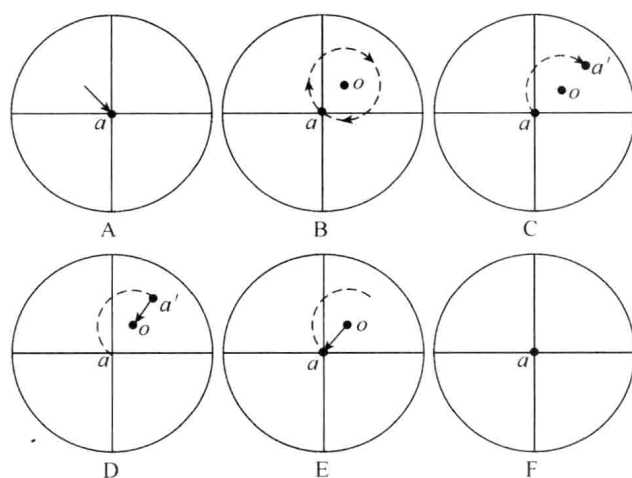


图 1-3 物镜出露点在视域内
时物镜中心的校正步骤
(据李德惠, 1997)

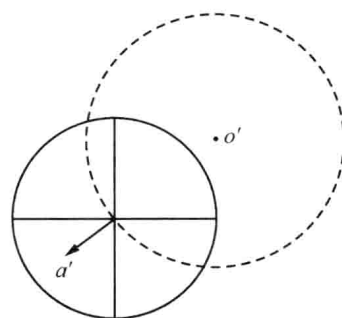


图 1-4 质点旋转中心不在
视域内时物镜中心的校正

(五) 视域直径的测定

1. 中、低倍物镜可用透明直尺直接测量

由于在中低倍物镜下观察颗粒的直径大小约在 $2 \sim 4.7\text{mm}$, 利用透明直尺可以直接观察颗粒在视域中的直径 (图 1-5)。具体方法是下降物台至最低, 将透明直尺放置在物台的中心, 上升物台至最高, 然后从目镜观察并下降物台, 直至刻度成像清晰为止。观察视域直径的长度值, 记录该数值备以后查用。

2. 高倍镜可用物台微尺测量

在利用高倍物镜时视域直径约为 0.7mm , 利用直尺不能测定, 只能利用物台微尺 (图 1-6) 来测定。微尺长 1mm , 刻有 100 个小格, 每小格 0.01mm 。测量时将物台微尺置于物台中心, 对准焦点, 观察视域直径相当于物台微尺的多少小格。若为 70 格, 则视域直径等于 $70 \times 0.01 = 0.7\text{mm}$ 。

(六) 偏光镜的校正

在偏光显微镜的光学系统中, 下、上偏光镜振动方向应当正交, 下偏光镜振动方向 PP 应平行于东西方向, 上偏光镜振动方向 AA 应平行于南北方向, 且分别与目镜十字丝平行。否则, 需进行校正, 校正方法如下。

1. 确定下偏光的振动方向

使用中倍物镜准焦后, 在岩石薄片找一个具极完全解理缝的黑云母置于视域中心。转动物台, 使黑云母的颜色变得最深为止。此时, 黑云母解理缝方向代表下偏光镜振动方向 (因为光波沿黑云母解理缝方向振动时, 吸收最强, 颜色最深)。如果黑云

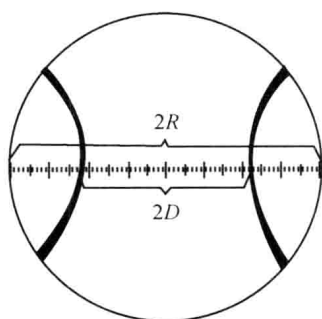


图 1-5 中、低倍物镜可用
透明直尺直接测量

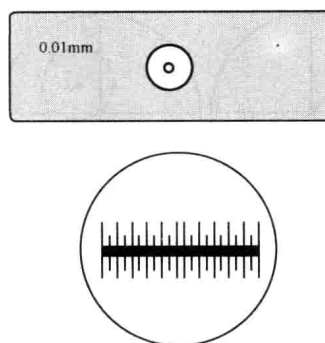


图 1-6 高倍镜测量
使用的物台微尺

母解理缝方向与目镜十字丝的横丝（东西方向）平行，则下偏光镜位置正确，不需要校正。如果不平行（图 1-7A），转动物台，使黑云母解理缝方向与目镜十字丝的横丝平行，旋转下偏光镜，至黑云母的颜色变得最深为止。此时下偏光镜振动方向位于东西方向（图 1-7B）。

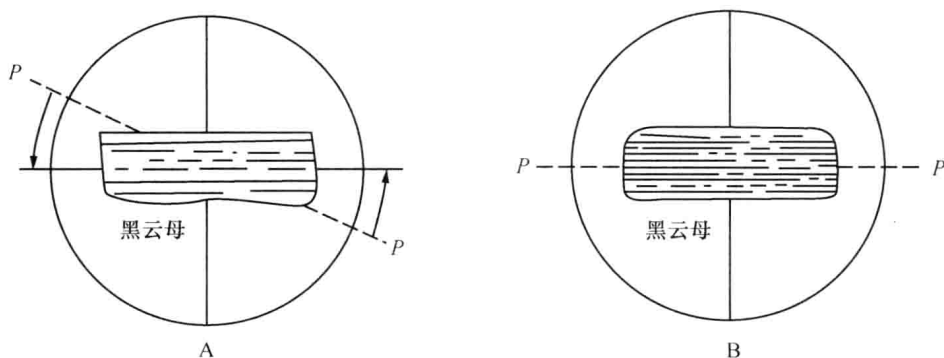


图 1-7 下偏光镜振动方向的校正
(据李德惠, 1997)

2. 检查上、下偏光镜振动方向是否正交

使用中倍物镜，调节照明使视域最亮。推入上偏光镜，如果视域黑暗，证明上、下偏光镜振动方向正交。若视域不黑暗，说明上、下偏光镜振动方向不正交。如果下偏光镜振动方向已经校正至东西方向，则需要校正上偏光镜振动方向。转动上偏光镜至视域黑暗为止（相对黑暗）。如果显微镜中的上偏光镜不能转动，则需要作专门修理。

经过上述校正之后，目镜十字丝应当严格与上、下偏光镜振动方向一致。但有些显微镜的目镜没有定位螺丝，使用过程中或更换目镜时，可能使目镜十字丝位置改变，因此，需要校正目镜十字丝的位置。

3. 检查目镜十字丝是否严格与上、下偏光镜振动方向一致

在偏光显微镜的光学系统中，上、下偏光镜振动方向应当正交，而且是东西、南北方向（图 1-8）分别与目镜十字丝横、纵丝平行。如果十字丝不正交，则选择具有直边的矿物薄片进行检查，具体步骤如下：

- a. 选择具有直边的矿物颗粒置于视域中心，转动物台使矿物的直边平行于目镜十字丝的纵丝，记录物台读数 m ；
- b. 转动物台，使矿物直边与目镜十字丝横丝平行，记录物台读数 n ；
- c. 计算 $m - n$ 的数值，如果结果为 90° ，则十字丝正交，否则斜交，需作专门修理。

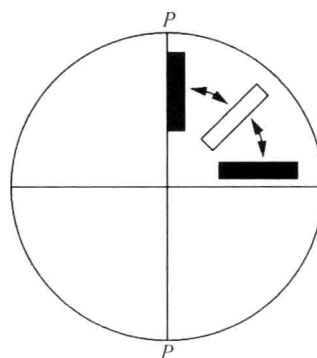


图 1-8 目镜十字丝的检查示意图

（七）偏光显微镜的使用和保养

偏光显微镜是精密而贵重的仪器，又是教学和科研工作中必不可少的常用仪器，如有损坏，将会直接影响到教学和科研工作。因此，应经常对偏光显微镜进行保养和维护，使用过程中应自觉的遵守以下的操作规程。

- （1）使用前应进行仔细地检查。
- （2）要对座固定位置使用偏光显微镜，最好不要随意搬动显微镜设备，如确实需要改动或搬动显微镜时，动作一定要轻，严防震动，以免损坏光学系统。在移动显微镜的过程中，应以右手握镜臂，左手托住偏光显微镜底座。
- （3）显微镜所有镜头一般均经过校验，不得随意自行拆开；镜头必须随时保持清洁，如有尘土，需用笔刷或者镜头纸轻轻将灰尘清除，切勿用手或者其他物品擦拭，以防止损坏显微镜镜头。
- （4）显微镜镜头及其他附件，均需放置于原附件盒中，并将各自在指定位置放好，严防坠地，附件盒用完后放回原处。
- （5）切勿随便自行拆卸显微镜，或将附件任意调换使用。
- （6）薄片置于物台上时，其盖玻片必须向上，而且用弹簧夹夹紧。
- （7）用高倍物镜调焦时，需用眼睛在旁边留意观察，切忌薄片被压碎或者损坏镜头。
- （8）更换物镜时，一定要用手握住转盘转动，切忌用手直接握住物镜转动，以免物镜发生松动。
- （9）使用上偏光镜及勃氏镜，在推送时切忌用力过猛，以免震坏。
- （10）仪器损坏或者调节失灵时，应及时与管理人员联系，切勿强力扭动或者擅自处理。

(11) 偏光显微镜操作使用完毕，需将上偏光镜及勃氏镜推入，转动粗动手轮将物镜提起，镜筒上留一个目镜，关闭电源并罩上仪器罩。

(八) 岩石薄片的磨制

在偏光显微镜下研究岩石和矿物，需要将其磨制成薄片进行观察。用切面机从岩石标本上切下一小岩块（定向或不定向）。先把一面磨平，用加拿大树胶把这一平面粘在载玻璃片上（其大小为 $25\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，厚约 1mm ）。再磨另一面，磨至厚度 0.03mm 为止。用加拿大树胶把盖玻片粘在它的表面（盖玻片大小为 $15\text{mm} \times 15\text{mm} \sim 20\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，厚度 $0.1 \sim 0.2\text{mm}$ ）。

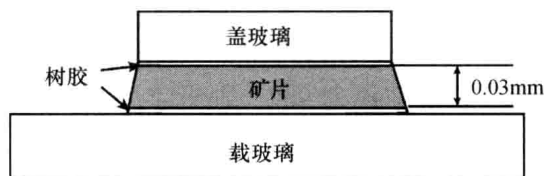


图 1-9 薄片磨制示意图

因此，岩石薄片是由薄的矿片、载玻片和盖玻片组成的（图 1-9）。矿片的顶、底部都涂有薄的加拿大树胶。为了某种需要，如观察长石的解理缝、薄片染色等，对某些薄片可以不加盖薄片。在磨制疏松岩石标本薄片时，需先浸在加拿大树胶中煮过以后再切制成薄片。要求矿片厚度 0.03mm ，载玻片厚度为 1mm ，盖玻片厚度 0.1mm 。

需要说明的是，在磨制薄片时使用金刚砂，无论金刚砂多细，矿片表面总会因磨划而留下沟痕（显微沟痕）。因此，矿片表面并不是绝对光滑的。

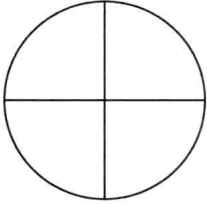
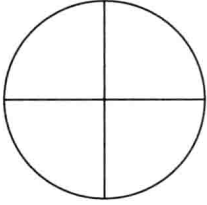
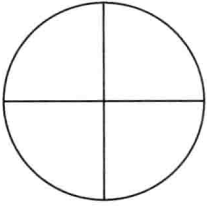
实验报告一 偏光显微镜的使用

班级：_____ 学号：_____ 姓名：_____

1. 测量偏光显微镜视域直径大小

序号	目镜倍数	物镜倍数	总放大倍数	视域直径	目镜微尺每小格值
1	10	4			
2	10	10			
3	10	20			
4	10	40			

2. 确定下偏光镜(PP)方向

薄片号	矿物名称	多色性		下偏光振动方向 //PP
		最深时的颜色和位置	最浅时的颜色和位置	
				

实验二 单偏光镜下矿物的形态和解理

一、预习内容

1. 矿物的形态及自形程度；
2. 矿物的解理类型及形成机理。

二、实验要求

1. 认识矿物在薄片中的形态及自形程度；
2. 识别不同等级的解理；
3. 学会解理夹角的测定方法。

三、实验内容和步骤

(一) 矿物形态的观察

1. 矿物的单体形态

岩石薄片中所见到的矿物形态，是晶体某一方向的切面轮廓。同一晶体不同方向的切面，其外形轮廓可以截然不同。例如一个立方体晶体（图2-1），因切面方向不同，其切面的形状可以是正方形、三角形、六边形、长方形及其他形状。

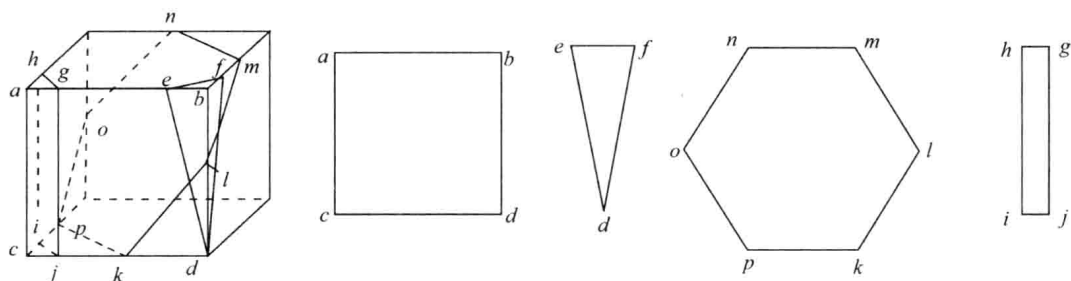


图2-1 矿物切面外形与切面方向的关系

所以在薄片鉴定工作中，必须仔细观察晶体各个方向的切面形状，结合晶面夹角、解理性质等特征，运用矿物学及结晶学知识综合判断矿物的形态。例如磷灰石在薄片呈六边形及长方形切面，可以判断磷灰石为六方柱状晶体。

2. 矿物的集合体形态

在集合体中，矿物往往表现出一定的形态，常见有以下几种形态（图 2-2）：等轴粒状，如石英；针状，如金红石、矽线石；板条状，如蓝晶石；柱状，如角闪石、辉石；板状，如重晶石、石膏；纤维状，如石棉、纤维蛇纹石；片状，如云母、绿泥石；放射状，如某些电气石、葡萄石；球粒状，如某些玉髓晶体；网状，如蛇纹石；文象状，如石英和钾长石呈文象状交生；雏晶状，如某些火山玻璃中出现的各种形态雏晶。

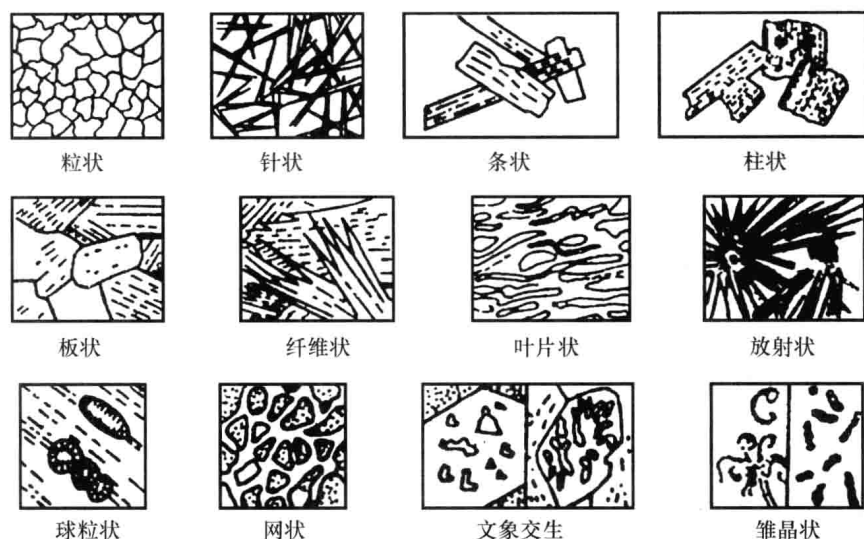


图 2-2 集合体中矿物的形态

(据李德惠, 1997)

在岩石薄片鉴定中，切不可凭矿物的个别切面外形确定该矿物的整体外形。必须综合观察各方向切面的形态，才能正确判断该矿物的形态特征。

3. 矿物形态的自形程度

矿物形态还与它形成的空间、结晶顺序密切相关，矿物的自形程度可分为三级：

(1) 早形成的为自形，矿物边界全为晶面，表现为切面边界平直，所有的切面形态均为多边形（图 2-3A），如磷灰石。

(2) 晚形成的为他形，矿物边界无完整晶面，切面形态为不规则的曲线多边形（图 2-3C），如石英。

(3) 介于两者之间的为半自形，矿物边界部分为晶面，切面形态部分边界平直，另一部分边界呈不规则状（图 2-3B），如角闪石。

(二) 矿物解理的观察

由于折射率值不同，不同的矿物解理缝可见临界角大小不同（表 2-1），在矿片