

中等专业学校试用教材

晶 体 光 学

南京地质学校 主编

地质出版社

中等专业学校试用教材

晶 体 光 学

南京地质学校 主编

地 质 出 版 社

晶 体 光 学

南京地质学校 主编

*

国家地质总局教育司教材室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1979年9月北京第一版·1979年9月北京第一次印刷

印数1—12,190册·定价0.65元

统一书号：15038·教42

前 言

本书为中等地质专业《晶体光学》试用教材。

根据1977年9月国家地质总局教材会议精神，由南京地质学校邀请长春、郑州、湖南、广西地质学校等有关兄弟学校讨论、制定编写提纲。由南京地质学校和湖南地质学校分工编写。

全书共分两篇，第一篇为晶体光学原理和方法，第二篇为主要造岩矿物的光性特征。按讲授50—60学时（包括实验实习）编排，但根据教材会议提出的编写原则要求，实际编入的内容，比这些学时所能讲授的内容为多。因此，各校在讲授本教材时，可根据具体情况予以增减。

本书由南京地质学校主编。第一篇由湖南地质学校姜德厚编写，第二篇由南京地质学校刘贤儒编写。初稿写成后在南京进行了讨论，参加讨论的有南京地校高福裕、刘贤儒，湖南地校姜德厚和长春地校蔡瑞凤、郑州地校蔡诗用，讨论后由编者分别作了修改。在此基础上由刘贤儒、高福裕对全书统一修改、定稿。

本书编写提纲，曾寄请各兄弟学校征求意见，他们提供了许多宝贵的意见；在编写过程中，各有关单位的领导和许多同志们经常给予关心和鼓励；湖南地校、湖南区测队和南京地校的部分同志热情地协助绘图、照相、植字、抄写，为顺利完成本教材的编写任务作出了努力，在此谨表示衷心地感谢。

由于编者水平有限，编写时间又短促，书中错误和不妥之处在所难免。我们衷心地希望读者批评指正。

编者

1979年2月

目 录

第一篇 晶体光学原理和方法	1
第一章 晶体光学基础	1
第一节 自然光与偏光	1
第二节 折射与双折射	3
一、折射	3
二、双折射	5
第三节 光率体	7
一、均质体光率体	8
二、一轴晶光率体	8
三、二轴晶光率体	11
第四节 光性方位	18
一、一轴晶光率体在晶体中的方位	18
二、二轴晶光率体在晶体中的方位	18
第二章 偏光显微镜	22
第一节 偏光显微镜的构造	23
第二节 偏光显微镜的调节	28
一、装卸镜头	28
二、调节照明（对光）	29
三、调节焦距（准焦）	29
四、校正中心	29
五、目镜十字丝的正交检验	33
六、偏光镜的校正	33
七、视域直径的测定	34
第三节 偏光显微镜的保养及使用守则	34
第四节 薄片磨制法简介	35
第三章 单偏光镜下晶体的光学性质	37

第一节 晶体形态	37
第二节 解理及解理角的测定	38
一、解理	38
二、解理角的测定	39
第三节 颜色、多色性和吸收性	40
一、颜色	40
二、多色性和吸收性	41
第四节 薄片中药物的边缘、突起、糙面贝克线 与色散效应	43
一、矿物的边缘(轮廓)	43
二、矿物的糙面	44
三、矿物的突起	44
四、贝克线及其色散效应	46
第四章 正交偏光镜下晶体的光学性质	49
第一节 正交偏光镜的装置及视域特点	49
第二节 消光现象和消光位	49
第三节 正交偏光镜间光波的干涉现象	51
第四节 干涉色及干涉色色谱表	54
一、单色光的干涉现象	54
二、白光的干涉现象	56
三、干涉色的级序及其特征	56
四、干涉色色谱表	57
五、异常干涉色	58
第五节 补色法则和常用补色器	59
一、补色法则	59
二、几种常用的补色器	60
第六节 干涉色级序的测定	64
一、边缘色圈法	64
二、利用石英楔子测定干涉色级序	64
第七节 消光类型及消光角的测定	65
一、消光类型	65

二、消光角的测定	66
第八节 延性和延性符号的测定	68
第九节 双晶的观察	69
一、简单双晶	70
二、复式双晶	70
第五章 锥光镜下晶体的光学性质	71
第一节 锥光镜的装置及特点	71
第二节 一轴晶干涉图及光性正负的测定	72
一、垂直光轴切片干涉图	73
二、斜交光轴切片干涉图	78
第三节 二轴晶干涉图及光性正负的测定	81
一、垂直锐角等分线 ($\perp Bx_a$) 切片干涉图	81
二、垂直一个光轴 ($\perp OA$) 切片干涉图	87
三、斜交光轴切片干涉图	89
第四节 二轴晶光轴角的测定	91
一、垂直光轴法	91
二、垂直锐角等分线法	92
第六章 岩石薄片透明矿物的系统鉴定	94
第一节 均质透明矿物的鉴定	94
第二节 非均质透明矿物的鉴定	95
一、单偏光镜下的观察	95
二、正交偏光镜下的观察	95
三、锥光镜下的观察	96
四、几种常用的主要切面特征与用途	96
第三节 透明矿物半圆柱系统鉴定简介	97
第七章 油浸法简介	101
第一节 油浸法原理	101
第二节 浸油的配制	101
第三节 油浸法测定碎屑矿物折射率	103
一、矿屑油浸薄片的制备	101
二、比较矿屑与浸油折射率的方法	103

三、均质矿物折射率的测定	107
四、非均质矿物折射率的测定	108
第八章 矿物颗粒大小及含量的测定	110
第一节 矿物颗粒直径大小的测定	110
第二节 岩石薄片矿物含量的测定	111
一、面积法	111
二、直线法	113
三、目估法	115
第二篇 主要造岩矿物的光性特征	117
一、不透明矿物	117
黄铁矿	118
黄铜矿	118
赤铁矿	119
磁铁矿	119
褐铁矿	120
石墨	120
二、均质矿物	121
蛋白石	121
萤石	122
尖晶石	122
石榴石	123
石榴子石族	125
镁铝榴石	126
钙铁榴石	127
钙铝榴石	127
闪锌矿	128
三、一轴晶矿物	129
霞石	129
石英	131
磷灰石	133
电气石	135
方解石	138

白云石	141
锆石	142
金红石	143
磷钇矿	145
白钨矿	145
符山石	146
四、二轴晶矿物	147
石膏	147
长石族	148
碱性长石亚族	155
透长石	155
正长石	157
微斜长石	159
歪长石	160
条纹长石	161
斜长石亚族	163
钠长石	172
更长石	173
中长石	174
拉长石	175
培长石	176
钙长石	176
叶蛇纹石	177
纤维蛇纹石	178
叶绿泥石	179
白云母	180
金云母	182
黑云母	183
重晶石	184
红柱石	185
堇青石	186
角闪石族	188
阳起石	189

VI

普通角闪石	190
蓝闪石	193
辉石族	194
紫苏辉石	195
普通辉石	196
透辉石	197
霓石	198
橄欖石	200
蓝晶石	202
绿帘石	203
黝帘石	204
独居石	206
榍石	207
硅灰石	208
硅线石	210
黄玉	211
硬绿泥石	212
海绿石	213

第一篇

晶体光学原理和方法

第一章 晶体光学基础

晶体光学是研究晶体物质的光学性质的一门科学。它具有丰富而完整的理论体系，并已广泛应用在很多科学技术的实际工作中。在岩石学中，主要是利用晶体光学的原理和方法来研究和鉴定透明矿物。

人类在长期生产实践活动中，逐步的认识到光的本质。光是一种电磁波，电磁波是电磁振动在空间的传播。其振动方向垂直于传播方向，所以它是一种横波。

可见光与无线电波、 γ —射线、X—射线、紫外线、红外线按其波长大小次序排列起来，构成电磁波谱（图 I—1）。可见光波仅是电磁波谱中很窄的一部分波段，即波长为760—400纳米。白光是由七种不同波长（红、橙、黄、绿、青、蓝、紫）的单色光波组成的。

第一节 自然光与偏光

根据光波的振动特点，把光分为自然光与偏光。

自然光就是从一般光源直接发出的光，例如太阳光、灯光、烛光等都是自然光。自然光是光波在垂直于光的传播方向的平面内作任何方向的振动，其振动面在传播过程中连续不断地改变（图 I—2A）。

自然光经过反射、折射、双折射及吸收等作用，可以成为只

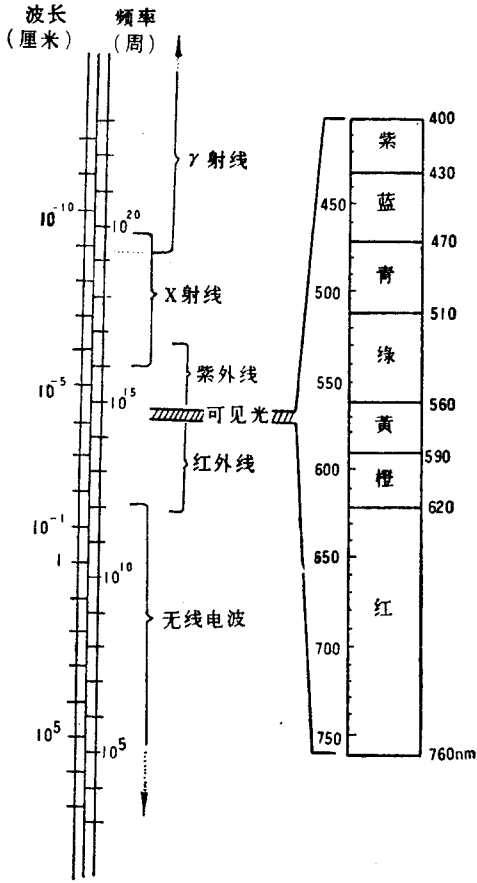


图 I-1 电磁波谱
 $1 \text{ nm} = 1 \text{ m}\mu = 10 \text{ \AA} = 10^{-7} \text{ cm}$

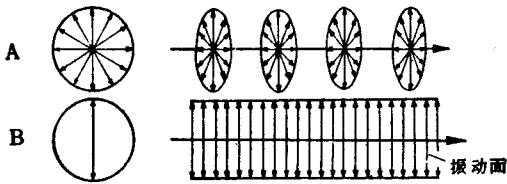


图 I-2 自然光 (A) 和偏光 (B) 的振动特点

在一个方向上振动的光波，这种光波称为偏光或偏振光。偏光振动方向固定不变，只在垂直于传播方向的某一特定方向上振动。偏光传播方向和振动方向组成的平面称为振动面（图 I—2B）。

在晶体光学研究中，主要是应用偏振光。偏光显微镜中装有特制的偏光镜，它是利用双折射（用冰洲石做的棱镜）与选择吸收（偏光片）产生偏振光的原理制成的。自然光通过偏光镜后即成为振动方向固定的偏光。

第二节 折射与双折射

根据光学性质的不同，将矿物分为均质体和非均质体两大类。非晶质体（如玻璃等）和高级晶族晶体（如萤石、石榴子石等）的光学性质各方向相同，称为光性均质体，简称为均质体；中级晶族晶体（如石英等）和低级晶族晶体（如长石、角闪石等）的光学性质随方向而异，称为光性非均质体，简称为非均质体。造岩矿物中绝大多数矿物属非均质体，这是我们研究的重点。

下面分别介绍光射入均质体和非均质体后的折射和双折射现象。

一、折射

光从空气射入水、油、石榴子石或萤石等介质时，在两种介质交界处发生折射现象。如图 I—3A 中， TT_1 表示两种介质的分界面，它和纸面垂直， S 和 S_1 代表入射光， R 和 R_1 代表折射光。设 V_1 代表光波在第一介质（入射介质）中的传播速度， V_2 代表光波在第二介质（折射介质）中的传播速度。

根据惠更斯原理，设 t_1 瞬间时， S 和 S_1 同时达到 An_1 面，从此面开始， S_1 仍在入射介质中传播，而 S 已进入折射介质中传播。到了 t_2 瞬间时， S_1 刚好到达 TT_1 交界面，而 S 已在折射介质中传播了一个单位光波，其半径 $AB = V_2(t_2 - t_1)$ 。从 S_1 与交界面的交点 B_1 向以 AB 为半径所作的半圆引一切线，与半圆交于 B 点。

BB_1 为 t_2 瞬间 S_1 与 S 同时到达的波前，从 A 向切点 B 引一直线 AB ，即表示折射光的方向。

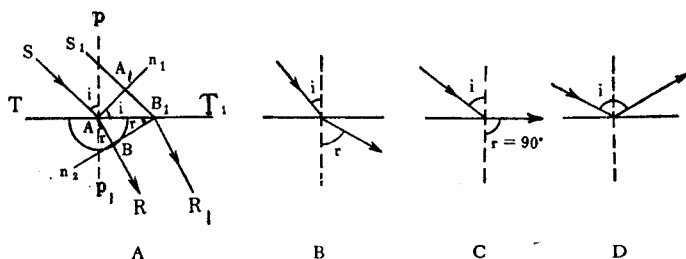


图 I-3 光的折射及全反射现象

图 I-3A 中， PP_1 为两种介质分界面的法线，入射光 S 与分界面法线 PP_1 之间的夹角 $\angle SAP$ 称为入射角，一般以符号 i 代表。折射光 R 与分界面法线 PP_1 之间的夹角 $\angle RAP_1$ 称为折射角，一般以符号 r 代表。

$$\text{在 } \triangle AA_1B_1 \text{ 中, } \angle A_1AB_1 = \angle SAP = i, \quad A_1B_1 = AB_1 \sin i \quad (1)$$

$$\text{在 } \triangle ABB_1 \text{ 中, } \angle AB_1B = \angle RAP_1 = r, \quad AB = AB_1 \sin r \quad (2)$$

以 (2) 式除 (1) 式即得：

$$\frac{A_1B_1}{AB} = \frac{AB_1 \sin i}{AB_1 \sin r} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\text{因 } A_1B_1 = V_i(t_2 - t_1) \quad AB = V_r(t_2 - t_1)$$

$$\text{故} \quad \frac{V_i(t_2 - t_1)}{V_r(t_2 - t_1)} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

$$\text{上式简化为} \quad \frac{V_i}{V_r} = \frac{\sin i}{\sin r} = N \quad (\text{折射率})$$

式中 N 值代表第二介质（折射介质）对第一介质（入射介质）的折射率。如果第一介质为真空或空气（光在空气中和在真

空中的传播速度近于相等),任何物质与真空和空气比较而得的折射率称为绝对折射率。而与其他介质比较而得的折射率称为相对折射率。我们通常所说的折射率即指该物质的绝对折射率。折射率是晶体的重要常数,对于我们分析一些光学现象是相当重要的。但在偏光显微镜下鉴定薄片时,比较相邻矿物折射率的相对大小,也具有重要的鉴定意义。

由上式中可看出第二介质的折射率值和光波在第二介质中的传播速度 V_2 成反比。即介质的折射率值愈大,光波在此介质中的传播速度愈慢,介质的折射率值愈小,光波在此介质中的传播速度愈快。折射率与介质的密度成正比,介质密度愈大,折射率愈大,反之,介质的密度愈小,折射率愈小。

当 $V_2 > V_1$ (图 I-3A) 时,第二介质的相对折射率大于 1,其 $\sin i > \sin r$, $i > r$ 。即光自密度小的介质(折射率小的介质)射入密度大的介质(折射率大的介质)时,其折射线折向界面法线(即折射线比入射线更靠近法线)。

当 $V_2 < V_1$ (图 I-3B) 时,第二介质的相对折射率小于 1,其 $\sin i < \sin r$, $i < r$ 。即光自密度大的介质射入密度小的介质时,其折射线折离界面法线(折射线比入射线更远离法线)。

如果其入射角 i 不断增大,其折射角 r 也随着不断的加大,当 $r = 90^\circ$ 时,即折射线沿界面进行(图 I-3C),此时的入射角称为临界角。当入射角大于临界角时(图 I-3D),光就不再射入第二介质,而全部返回到第一介质中,这种现象称为全反射。

光射入均质体中,发生折射,一般不改变入射光波的振动特点与振动方向。也就是说,自然光射入均质体后,一般仍然是自然光,偏光射入均质体后,仍为偏光而且其振动方向不发生改变,光波在均质体中向任何方向传播时,其传播速度相同,即折射率大小不发生改变,折射率值只有一个。

二、双折射

光射入非均质体后,一般分成两束折射率不等、振动方向互相垂直的偏光,此即双折射现象。现以冰洲石为例加以说明。

将冰洲石解理块盖在有一黑点的纸上，透过冰洲石可看到两个不在同一平面上的黑点（1）与（2），如图 I—4A、B，这说明是由两束折射率不同的光形成；若转动冰洲石，黑点（1）不动，黑点（2）则绕着黑点（1）而转动如图 I—4A，这说明了黑点（1）不发生偏移，黑点（2）偏移 to 一边，如图 I—4B。若用一偏振片置放在菱面体解理面上，如图 I—4C（偏振片上箭头表示只有平行箭头方向振动的光波才能通过，其它方向振动的光波均不能通过），结果，点（1）不见，只见点（2），若将偏振片旋转 90° 后，则点（2）不见，只见点（1），这说明点（1），点（2）不仅都是偏光，而且振动方向是互相垂直的；若使冰洲石 C 轴逐渐直立，则点（2）向点（1）靠拢直至二点重合，这说明光沿 C 轴入射不发生双折射，这种不发生双折射的特殊方向称为光轴，光轴在中级晶族晶体中只有一个，故称为一轴晶，在低级晶族晶体中光轴有两个，故称为二轴晶。

光波射入一轴晶矿物中，发生双折射分解形成两束偏光，其

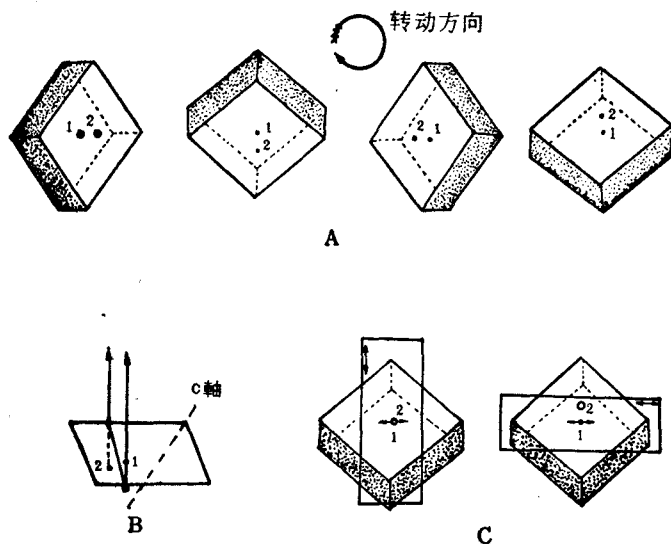


图 I—4 冰洲石的双折射现象

一振动方向永远与光轴垂直，各方向折射率不变，称为常光，以符号“O”表示，其折射率以“ N_o ”表示；另一偏光振动方向包括在光轴和光波传播方向所构成平面内，其折射率值随振动方向不同而发生改变，称为非常光，以符号“E”表示，其折射率以“ N_e ”表示。

上面介绍了一轴晶矿物的双折射情况，至于二轴晶矿物双折射情况比一轴晶复杂，将在下一节中介绍。

透明矿物薄片在偏光显微镜下所显示的一些光学性质往往与光波在晶体中的振动方向及相应折射率值有密切的联系。为了反映光波在晶体中传播时，偏光振动方向与折射率大小之间的关系，在晶体光学中使用了光率体的概念。

第三节 光率体

光率体是表示光波在晶体中传播时，光波振动方向与折射率值之间关系的一种光性指示体。其作法是设想自晶体中心起，沿光波各个振动方向，按比例截取相应的折射率值，再将各个线段的端点联接起来便构成了立体的光率体。设光波沿 RO 方向射入晶体，发生双折射后二偏光的振动方向为 AB，CD。在此二振动方向上，按比例截取相应的折射率 N_1 、 N_2 得出长短不等、互相垂直的二线段（图 I—5A）。光波除沿光轴以外的其他任意方

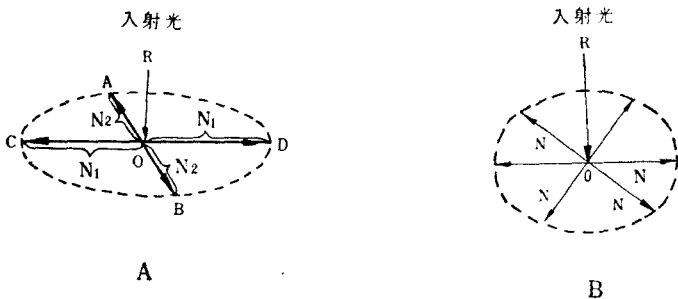


图 I—5 光率体的作法