

高等学校教材

晶体光学

王汉生 编

东北工学院出版社

前 言

晶体光学是在透射光下研究晶体光学性质一门科学。目前,它不仅应用在矿物学和岩石学方面,也广泛应用于陶瓷、玻璃、水泥、耐火材料、建筑材料、铸石、医药、化工等各部门。随着科学技术的发展,其应用会愈加广泛。

本书是根据理工科院校地质专业教学大纲,在东北工学院 1985 年采用的晶体光学教材基础上,结合编者多年来的教学实践经验编写而成。在编写过程中,主要参考了成都地质学院、北京大学、南京大学及国外有关教材。

本书的第一篇初稿请东北工学院曾繁祁教授作了审阅,对此,编者表示谢意。

受编者水平及时间所限,错误和不足之处在所难免,敬希读者批评、指正。

王汉生 于东北工学院
1988. 3

目 录

第一篇 晶体光学原理和研究方法

第一章 晶体光学基础	(1)
第一节 光的性质	(1)
第二节 自然光与偏光	(3)
第三节 光的折射和折射率	(4)
第四节 光波在均质体和非均质体中传播的特点 ..	(7)
第五节 光率体	(8)
第六节 光性方位	(20)
第二章 偏光显微镜	(22)
第一节 偏光显微镜的构造	(22)
第二节 偏光显微镜的使用	(26)
第三节 偏光显微镜的保养及使用守则	(31)
第三章 单偏光镜下晶体的光学性质	(33)
第一节 晶体形态	(33)
第二节 解理及解理角的测定	(34)
第三节 颜色、多色性和吸收性	(37)
第四节 矿物的边缘、贝克线、糙面、突起与闪突起 ..	(41)

第四章 正交偏光镜下晶体的光学性质	(47)
第一节 正交偏光镜的装置及特点	(47)
第二节 正交偏光镜间矿片的消光现象	(47)
第三节 正交偏光镜间矿片的干涉现象	(50)
第四节 干涉色及干涉色色谱表	(53)
第五节 异常干涉色及光性异常现象	(58)
第六节 补色法则和补色器	(59)
第七节 矿物晶体主要光学性质观察与测定	(63)
第八节 双晶的观察	(73)
第五章 锥光镜下晶体的光学性质	(75)
第一节 锥光镜的装置及特点	(75)
第二节 一轴晶干涉图及光性测定	(77)
第三节 二轴晶干涉图及光性测定	(90)
第四节 二轴晶光轴角的测定	(106)
第五节 光率体色散现象	(113)
第六章 透明矿物系统鉴定	(118)
第一节 单偏光镜下的观察	(118)
第二节 正交偏光镜下的观察	(119)
第三节 锥光镜下的观察	(120)
第四节 定向切片的选择及应用	(120)
第五节 透明矿物系统鉴定方法与步骤	(122)
第七章 油浸法概论	(124)
第一节 油浸法基本原理	(124)

第二节	浸油的配制及测定浸油折射率的方法	(125)
第三节	油浸法测定碎屑矿物折射率方法	(132)
第四节	油浸法测定矿物的折射率	(140)
第五节	旋转针法测定矿物的折射率	(145)
第八章	矿物颗粒大小及含量的测定	(150)
第一节	矿物颗粒直径大小的测定	(150)
第二节	矿物含量的测定	(152)

第二篇 主要造岩矿物的光性特征

第九章	均质矿物	(159)
蛋白石		(159)
萤石		(160)
方沸石		(162)
方钠石族		(163)
方钠石		(163)
黝方石		(164)
蓝方石		(165)
钾石盐		(166)
石盐		(167)
白榴石		(168)
尖晶石		(169)
方镁石		(171)
石榴石族		(172)
镁铝榴石		(173)

铁铝榴石.....	(174)
锰铝榴石.....	(174)
钙铝榴石.....	(175)
钙铁榴石.....	(176)
钙铬榴石.....	(177)
钙钛矿.....	(177)
第十章 一轴晶矿物.....	(179)
霞石族.....	(179)
霞石.....	(179)
钙霞石.....	(182)
方柱石.....	(183)
石英族.....	(185)
石英.....	(186)
方英石.....	(188)
玉髓.....	(189)
绿柱石.....	(190)
磷灰石.....	(191)
黄长石.....	(193)
电气石族.....	(195)
黑电气石.....	(196)
镁电气石.....	(197)
锂电气石.....	(198)
方解石族.....	(199)
方解石.....	(199)
白云石.....	(202)
菱锰矿.....	(203)

菱铁矿	(204)
菱镁矿	(205)
菱锌矿	(206)
符山石	(207)
刚 玉	(208)
黄铁钾钒	(209)
白钨矿	(210)
锆英石	(211)
金红石	(213)
锡 石	(215)
锐钛矿	(217)

第十一章 二轴晶矿物 (219)

鳞石英	(219)
沸石族	(220)
钠沸石	(221)
钙沸石	(222)
粘土矿物	(223)
高岭石	(224)
多水高岭石	(226)
地开石	(226)
蒙脱石	(228)
水白云母	(229)
石 膏	(230)
长石族	(231)
碱性长石亚族	(237)
透长石	(238)

正长石	(239)
微斜长石	(241)
歪长石	(243)
斜长石亚族	(245)
鉴定斜长石方法	(249)
钠长石	(262)
更长石	(263)
中长石	(265)
拉长石	(266)
培长石	(267)
钙长石	(268)
堇青石	(269)
云母族	(271)
白云母	(272)
钠云母	(273)
锂云母	(275)
金云母	(276)
黑云母	(277)
纤维蛇纹石	(279)
叶蛇纹石	(280)
叶绿泥石	(281)
鲕绿泥石	(282)
水铝氧石	(283)
硬石膏	(284)
滑石	(285)
硅镁石	(287)
黄玉	(288)

海绿石	(289)
角闪石族	(290)
透闪石	(292)
阳起石	(293)
普通角闪石	(295)
蓝闪石	(298)
硅灰石	(299)
红柱石	(301)
重晶石	(303)
硬绿泥石	(304)
橄榄石族	(305)
镁橄榄石	(306)
橄榄石	(307)
铁橄榄石	(309)
辉石族	(310)
顽火辉石	(311)
紫苏辉石	(312)
普通辉石	(314)
透辉石	(315)
霓石	(317)
矽线石	(319)
绿帘石	(320)
文石	(321)
蓝晶石	(322)
十字石	(324)
榍石	(325)

第十二章 不透明矿物.....	(327)
石 墨.....	(327)
黄铁矿.....	(327)
黄铜矿.....	(328)
方铅矿.....	(329)
赤铁矿.....	(330)
钛铁矿.....	(330)
磁铁矿.....	(331)
褐铁矿.....	(332)
附录 I.....	(334)
附录 II.....	(341)
主要参考文献.....	(364)

第一篇 晶体光学原理和研究方法

晶体光学是在透射光下研究晶体物质的光学性质的一门科学。主要是根据晶体光学原理利用偏光显微镜,在单偏光镜下、正交偏光镜下、锥光镜下和油浸法研究晶体的光学性质和鉴定透明矿物。

光波射入晶体内,由于晶体的性质及光波传播方向和振动方向不同,使晶体产生了各种光学现象、光性特征。在研究晶体的光学性质中,最主要是晶体的折射率。我们学习晶体光学的目的,就是研究晶体的光性特征,并测定它的光学数据,把矿物和岩石的名称确定出来。

第一章 晶体光学基础

第一节 光的性质

光是我们最熟悉的自然现象。太阳能发光,电流通过灯丝时也能发光。光对我们研究晶体性质有直接关系,因而,需要了解光的性质。

科学研究和实践证明,光是具有一定波长的电磁波。电磁

波是电磁振动(变化的电磁场)在空间的传播过程,其振动方向垂直传播方向,所以它是一种横波。

电磁波,包括波长较长的无线电波,波长最短的 γ 射线,是一个广阔的区段。将各种波长的电磁波按其波长顺序排列,可描绘出其他电磁波与可见光波相比较的电磁波谱。可见光波仅是电磁波谱中很窄的一部分波段。即波长为 $760\sim 400\text{nm}$ 。

既然光是具有一定波长的电磁波,也就是说,在本质上光和收到的无线电波,透视用的X-射线是相同的。那么我们为什么能看见光而看不见无线电波和X-射线呢?事实是,光和无线电波、X-射线虽然都是电磁波,而人的眼睛只能对一定波长的电磁波产生视觉,这个范围是 $760\sim 400\text{nm}$ 之间,即可见光范围。

光不但能引起我们的视觉,还能给我们以不同颜色的感觉。如 480nm 左右的电磁波给我们以蓝色的感觉; 580nm 左右的电磁波给我们以黄色的感觉; 620nm 左右的电磁波给我们以橙色的感觉; 710nm 左右的电磁波给我们以红色的感觉; $760\sim 400\text{nm}$ 电磁波,同时射入眼睛时,给我们以白色的感觉。所以,所谓颜色,实际上是由不同波长的电磁波在我们眼的网膜上作用的结果。

白光是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫不同波长的单色光波组成的。这七色光波相互过渡,形成一连续光谱。光谱的颜色往往用人为选择的波长来表示。

光是一种电磁波,它具有波动的特点,波动的特点是它有干涉、绕射等现象,而光也能产生干涉、绕射等现象。另外电磁波是横波,光也具有横波(质点振动方向和波的传播方向互相垂直)的特性,由于这一特性使光产生一种偏振的基本现象。

第二节 自然光与偏光

根据光的振动特点,可以把光分为自然光与偏光。

自然光是直接从光源发出的光,如太阳光、灯光等都是自然光。自然光的振动特点,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,且各方向的振幅相等(图 1-1A)。

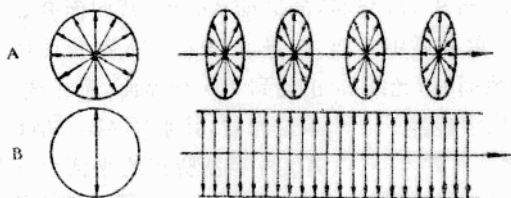


图 1-1 自然光和偏光的振动特点

A—自然光;B—偏光

自然光经过反射、折射、双折射及吸收等作用,可以成为只在一个方向上振动的光波,这种光波称为偏光或偏振光。偏光的振动方向固定不变,只在垂直于传播方向的某一特定方向上振动(图 1-1B)。偏光传播方向和振动方向组成的平面称为振动面。

第三节 光的折射和折射率

光从一种介质射入另一种介质时,在两种介质的交界处将发生折射及反射现象。

在图 1-2A 中, TT_1 表示两种介质之间的分界面,它与纸面垂直, S 和 S_1 代表入射光线, R 和 R_1 代表折射光线。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,则根据惠更斯原理,在 t_1 瞬间时, S 和 S_1 同时到达的波前 A_n_1 面,从此面开始,光线 S 已进入折射介质中传播,而光线 S_1 仍在入射介质中传播。当到了 t_2 瞬间时,光线 S_1 正达到 TT_1 交界面,而光线 S 已经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 B_1 向以 AB 为半径所作的半圆引一切线,与半径交于 B 点。而 BB_1 为 t_2 瞬间 S_1 与 S 同时到达的波前,再从 S 与分界面交点 A 向 B 点引一直线 AB ,此即表示折射光的方向。

图 1-2A 中, PP_1 为两种介质分界面的法线,入射线 S 与分界面法线 PP_1 之间的夹角 $\angle SAP$ 称为入射角,以符号 i 代表。折射线 R 与分界面法线 PP_1 之间的夹角 $\angle RAP_1$ 称为折射角,以符号 r 代表。

在 $\triangle AA_1B_1$ 中, $\angle A_1AB_1 = \angle SAP = \angle i$

$$A_1B_1 = AB_1 \sin i \quad (1)$$

在 $\triangle ABB_1$ 中, $\angle AB_1B = \angle RAP_1 = \angle r$

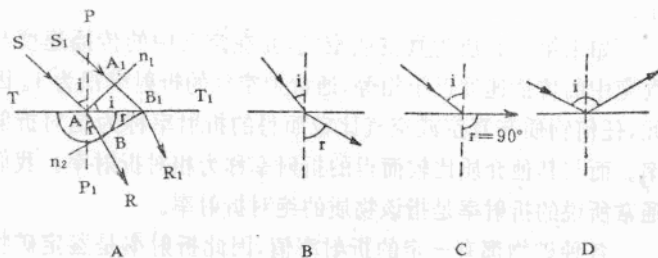


图 1-2 光的折射及全反射示意

$$AB = AB_1 \sin r \quad (2)$$

以(2)式除(1)式得:

$$\frac{A_1 B_1}{AB} = \frac{AB_1 \sin i}{AB_1 \sin r} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

因 $A_1 B_1 = V_1(t_2 - t_1)$, $AB = V_r(t_2 - t_1)$

故
$$\frac{V_1(t_2 - t_1)}{V_r(t_2 - t_1)} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

上式可简化为 $\frac{V_1}{V_r} = \frac{\sin i}{\sin r} = N$ (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。

从上式中可以看出,第二介质的折射率值和光波在第二介质中的传播速度 V_r 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。显然,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,介质密度愈小,折射率愈小。

如果第一介质为真空或空气,光在空气中的传播速度与真空中的传播速度近于相等,通常把空气的折射率视为1。因此,任何物质与真空或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是指该物质的绝对折射率。

各种矿物都有一定的折射率值,因此折射率是鉴定矿物的重要光学常数之一。

当 $V_1 > V_2$ 时(图 1-2A),第二介质的相对折射率大于1,其 $\sin i > \sin r$,则 $i > r$ 。即光从密度小的介质(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(折射线比入射线更靠近法线)。

当 $V_1 < V_2$ 时(图 1-2B),第二介质的相对折射率小于1,其 $\sin i < \sin r$,则 $i < r$ 。而光从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 也随着不断增大,增大到当 $r = 90^\circ$ 时,即折射线沿界面进行(图 1-2C),此时的入射角称为临界角。当入射角大于临界角时(图 1-2D),光线就不再射入第二介质,而全部反回到第一介质中,这种现象称为全反射。 $r = 90^\circ$ 时的入射角 i 称为全反射临界角。

由于各种矿物的性质不同,因此,它们对真空或空气的折射角不等,其矿物折射率大小不同。所以测定矿物的折射率 N 值大小是区别各种矿物的重要标志之一。

第四节 光波在均质体和非均质体中传播的特点

根据矿物的光学性质不同,可以把矿物分为均质体和非均质体两大类。

均质体

均质体包括:等轴晶系矿物和非晶质物质。如石榴石、萤石、玻璃等。

均质体,也称光性均质体。均质体的光学性质各方向相同,当光波射入均质体中时,一般不改变入射光波的振动特点和振动方向。也就是说,自然光射入均质体后,一般仍为自然光,偏光射入均质体后,仍为偏光而且振动方向不发生改变。光波在均质体中传播时,向任何方向振动,其传播速度相同,折射率大小不发生改变,只有一个折射率。

非均质体

非均质体包括:中级晶族和低级族矿物。如石英、方解石、长石等。

非均质体,称光性非均质体。光学性质随方向而异。实验证明,当光波射入非均质体中,除特殊方向外,都要发生双折射,分解成振动方向互相垂直、传播速度不同、折射率不等的两种偏光。两种偏光的折射率之差称为双折射率。显然,非均质体能改变入射光波的振动特点和方向。在每一个振动方向上都有其相应的折射率值。

应该指出,并不是光波沿任何方向射入非均质体中,都发生双折射。实验证明,当光波沿非均质体的特殊方向射入时,