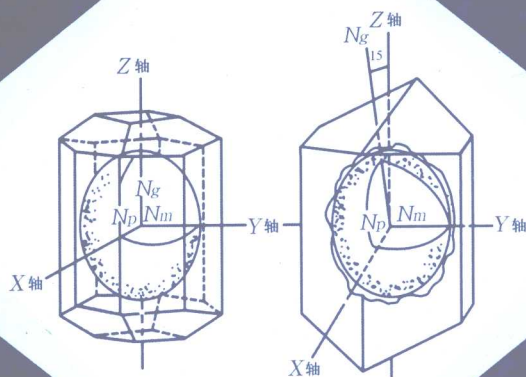




普通高等教育地质矿产类规划教材

晶体光学

(第二版)



地质出版社

前言

晶体光学是研究可见光通过透明晶体时所产生的一些光学现象及其原理的一门科学。不同的透明矿物显示的光学性质不相同,据此可以鉴别透明矿物。因此,晶体光学是研究、鉴定透明矿物及岩石的重要方法。目前,晶体光学的应用范围,已经不仅仅限于矿物学和岩石学方面。在玻璃、陶瓷、药品、盐类、铸石及建筑材料等方面,也应用晶体光学原理和方法进行研究和鉴定,而且日益引起人们的重视。

本书主要阐述偏光显微镜下研究和鉴定透明矿物的基本方法及其原理。偏光显微镜鉴定法是鉴定透明矿物和岩石的最基本方法,是学习岩石学的重要基础。在地质类专业的教学计划中,晶体光学是岩石学课程的一个组成部分。

本书根据地质矿产部岩石学课程教学指导委员会岩浆岩课程教学指导组 1988 年 12 月昆明会议通过的教学基本要求,从 1984 年出版的《晶体光学》教材为基础,修改编写而成。在编写过程中,广泛听取了岩浆岩课程教学指导委员们提出的修改意见,总结了数年来使用该教材所发现的问题,参阅了国内外晶体光学教科书及有关文献,注意反映现代科学水平及教学实践经验,加强基础理论及基本技能训练。作者对原教材主要作了以下的修改和变动:精简了一些次要内容,如删去岩石薄片矿物颗粒大小及含量的测定;贝瑞克补色器常数的测定方法及意义不大或表达不清楚的插图等。对重点章节作了一些必要的补充,如增加了一轴晶负光性光率体构成的图解及说明;欧林巴斯 BHSP 型高级偏光显微镜构造及使用说明;决定矿片颜色及颜色深浅的主要因素;色散强的矿物在正交偏光镜间显示的消光角差异;矿片在 45° 位置时最亮的图解及证明;矿片干涉色在二级黄以上时,加入石膏试板后,判断矿片干涉色级序升高或降低的方法。原教材中叙述不够完全的一些部分,局部调整了叙述系统,如干涉色级序及各级序的特征;垂直 Bxa 切面干涉图在 45° 位置时,光轴面边缘上光率体椭圆切面长短半径的分布方位等。修改了不够确切的概念,如光率体的概念等。以上变动主要是为了使本书内容更加简明,重点更为突出,概念更确切,更符合教学要求。修改和变更了大约 $1/3$ 的插图,它们主要是因原图表示不清晰或不够确切,已过时需更新;需改变上、下偏光镜振动方向;更换了引用外来图及新增加图。其目的是尽可能使全书插图规格统一,具自己的特色。对全书文字作了仔细的修改,力图表达清楚,文字通顺易懂,简明扼要。

本书的内容和份量适合于高等院校地质学、地质矿产勘查、岩矿地球化学及石油地质勘查等专业。也可供岩矿鉴定人员参考。

书中第一、二、五章由李德惠编写;第三、四章由陈之萱编写;第六、七章由孙似洪编写。全书由李德惠统一修改定稿。书中插图 6、7、8、9、10、22、39、66、68 由吴杰设计绘制,彩色照片由周述和摄制。本院绘图室黄德尧清绘全部插图。

本书承蒙昆明召开的岩浆岩课程教学指导组与会代表邱家骧、林景仟、张树业、颜以彬教授;臧尧令、黄福生、钟自云、邓文忠、黄月华、傅学明副教授;曾广策、潘鸿迪、陈彰瑞讲师等提出了大量宝贵的修改意见。修改稿完成后,经主审邱家骧教授进行了认真

目 录

前言

第一章 晶体光学基础	1
第一节 光的波动性	1
第二节 光的折射及全反射	2
一、光的折射及折射率	2
二、光的全反射及全反射临界角	3
第三节 自然光及偏振光	4
第四节 光波在均质体和非均质体中的传播特点	4
第五节 光率体	6
一、均质体的光率体	6
二、一轴晶光率体（中级晶族晶体的光率体）	6
三、二轴晶光率体（低级晶族晶体的光率体）	10
第六节 光性方位	15
一、中级晶族晶体的光性方位	15
二、低级晶族晶体的光性方位	15
第七节 色散	16
一、均质体的光率体色散	16
二、一轴晶的光率体色散	16
三、二轴晶的光率体色散	17
思考题及习题	19
第二章 偏光显微镜	20
第一节 偏光显微镜的构造	20
第二节 偏光显微镜的调节与校正	25
一、装卸镜头	25
二、调节照明（对光）	25
三、调节焦距（准焦）	25
四、校正中心	25
五、视域直径的测定	27
六、目镜十字丝的检查	28
七、偏光镜的校正	28
第三节 岩石薄片磨制法简介	29
思考题	29
实验课	29
第三章 单偏光镜下的晶体光学性质	30
第一节 单偏光镜的装置及光学特点	30

第二节 矿物的形态及解理	31
一、矿物的形态	31
二、解理	32
三、解理夹角的测定	33
第三节 薄片矿物的颜色、多色性和吸收性	34
一、矿片的颜色	34
二、多色性和吸收性	35
第四节 薄片矿物的边缘、贝克线、糙面及突起	36
一、矿物的边缘和贝克线	37
二、矿物的糙面	38
三、矿物的突起	38
四、闪突起	40
思考题	40
实验课	40
第四章 正交偏光镜间的晶体光学性质	42
第一节 正交偏光镜的装置及光学特点	42
第二节 正交偏光镜间矿片的消光现象及消光位	42
第三节 正交偏光镜间矿片的干涉现象	43
第四节 干涉色及干涉色色谱表	47
一、干涉色及其成因	47
二、干涉色级序及各级序的特征	49
三、干涉色色谱表	50
四、异常干涉色	50
五、平行偏光镜间的干涉色	51
第五节 补色法则及补色器	52
一、补色法则	52
二、几种常用的补色器	53
三、其它几种补色器	55
第六节 正交偏光镜间主要光学性质的观察与测定方法	57
一、非均质体矿片上光率体椭圆半径方向及名称的测定	57
二、干涉色级序的观察与测定	58
三、双折率的测定	59
四、消光类型及消光角的测定	59
五、晶体延性符号的测定	63
六、双晶的观察	64
思考题	66
实验课	66
第五章 锥光镜下的晶体光学性质	68
第一节 锥光镜的装置及光学特点	68
第二节 一轴晶干涉图	69
一、垂直光轴切面的干涉图	69

二、斜交光轴切面的干涉图	74
三、平行光轴切面的干涉图	77
第三节 二轴晶干涉图	79
一、垂直锐角等分线 ($\perp Bxa$) 切面的干涉图	79
二、垂直一个光轴切面的干涉图	89
三、斜交光轴切面的干涉图	91
四、垂直钝角等分线 ($\perp Bxo$) 切面的干涉图	92
五、平行光轴面 (Ap) 切面的干涉图	94
第四节 锥光镜下色散现象的观察	95
一、斜方晶系矿物的色散现象	95
二、单斜晶系矿物的色散现象	96
三、三斜晶系矿物的色散现象	97
思考题	98
实验课	99
第六章 透明矿物的系统鉴定	101
一、透明矿物系统鉴定的内容	101
二、常用的定向切面及其特征	102
三、透明矿物的系统鉴定程序	102
四、半圆柱坐标鉴定系统简介	103
思考题	104
实验课	105
第七章 油浸法简介	106
第一节 浸油的配制及测定浸油折射率的方法	106
一、浸油的配制	106
二、浸油折射率值的测定方法	107
第二节 油浸法测定矿物折射率的方法	109
一、矿物碎屑油浸薄片的制备方法	109
二、矿物碎屑油浸薄片, 比较矿物碎屑与浸油折射率相对大小的方法	110
三、油浸法测定矿物折射率值的程序	112
思考题	114
实验课	114
主要参考文献	115
图版说明及图版	116
彩色干涉色色谱表	117

第一章 晶体光学基础

第一节 光的波动性

物理学的实验早已证明，光和无线电波一样是一种电磁波。电磁波是电磁振动（变化的电磁场）在空间的传播过程。电磁振动方向垂直其传播方向，即电磁波是横波，故光波亦是横波。

整个电磁波是一个广阔的区段。它包括波长较长的无线电波，直至波长最短的 γ 射线。将各种波长的电磁波按其波长顺序排列，构成电磁波谱（图1）。

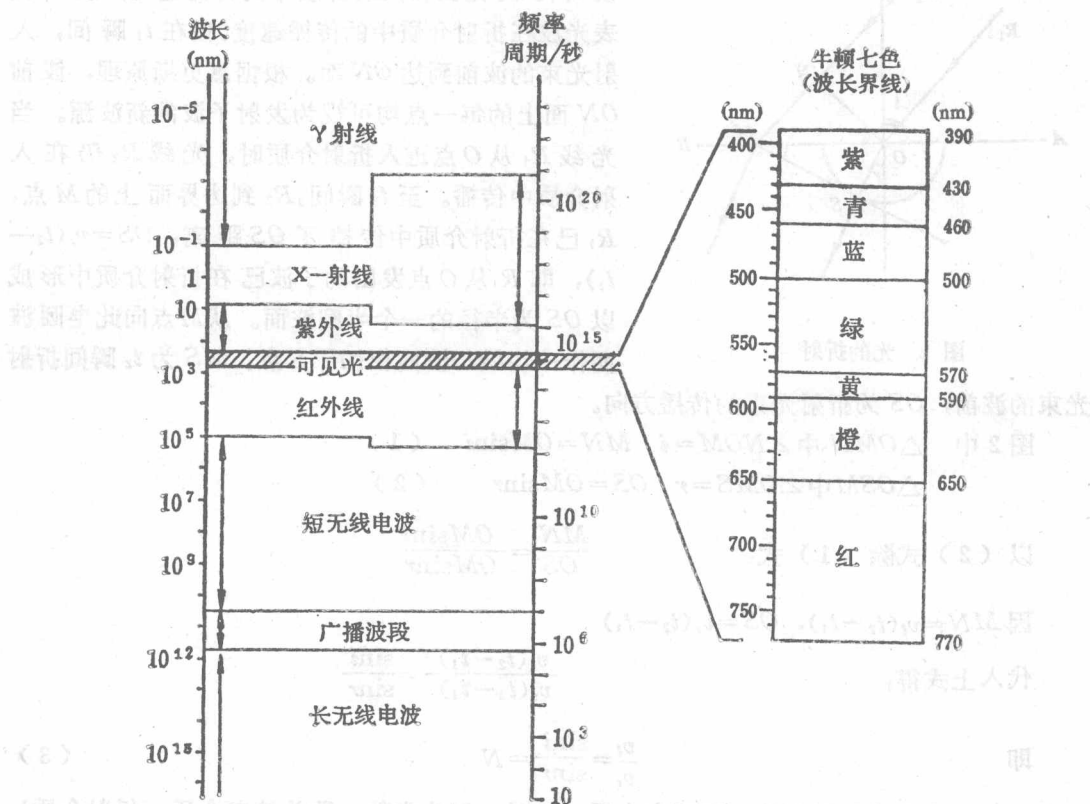


图1 电磁波谱

从电磁波谱中可看出，可见光波仅仅是电磁波谱中很窄的一个小区段，其波长范围大致为390—770nm。可见光波中频率不同的光波呈现不同的颜色。图1右侧表示各种颜色光波波长的大致范围。波长由长至短，相应的颜色依序为红、橙、黄、绿、蓝、青、紫色。通常所见的“白光”，是各种单色光波按一定比例组成的混合光波。

光波的波长单位通常用纳米 (nm)。它与常用长度单位的换算关系为: 1 纳米(nm)=10 埃 (Å) ① =10⁻³微米 (μm) =10⁻⁶毫米 (mm)=10⁻⁷厘米 (cm)

第二节 光的折射及全反射

一、光的折射及折射率

光波从一种介质传到另一种介质时,在两种介质的分界面上将发生反射及折射现象。反射光按反射定律返回原介质,折射光波按折射定律折射进入另一介质中。透明矿物光学性质的研究,主要涉及折射光波。因此,我们着重介绍折射光波所遵循的规律。下面介绍根据惠更斯原理证明折射定律。

图 2 中 AB 代表两种不同介质的分界面 (垂直纸面),界面的垂线称法线。设有一平行光束倾斜射向界面, R₁、R₂ 为该光束中两条代表光线。设 i 代表入射光与法线的夹角 (入射角), r 代表折射光与法线的夹角 (折射角)。

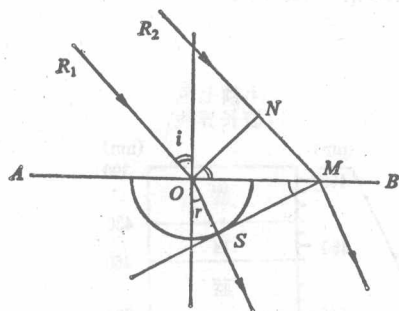


图 2 光的折射

设 v_i 代表光波在入射介质中的传播速度,以 v_r 代表光波在折射介质中的传播速度。设在 t_1 瞬间,入射光束的波前到达 ON 面。根据惠更斯原理,波前 ON 面上的每一点均可视为发射子波的新波源。当光线 R₁ 从 O 点进入折射介质时,光线 R₂ 仍在入射介质中传播。至 t_2 瞬间, R₂ 到达界面上的 M 点, R₁ 已在折射介质中传播了 OS 距离, $OS = v_r(t_2 - t_1)$, 即 R₁ 从 O 点发出的子波已在折射介质中形成以 OS 为半径的一个半圆波面。从 M 点向此半圆波面作一切线与波面相切于 S 点。MS 为 t_2 瞬间折射

光束的波前, OS 为折射光束的传播方向。

$$\text{图 2 中 } \triangle OMN \text{ 中 } \angle NOM = i \quad MN = OM \sin i \quad (1)$$

$$\triangle OSM \text{ 中 } \angle OMS = r \quad OS = OM \sin r \quad (2)$$

以 (2) 式除 (1) 式:

$$\frac{MN}{OS} = \frac{OM \sin i}{OM \sin r}$$

$$\text{因 } MN = v_i(t_2 - t_1), \quad OS = v_r(t_2 - t_1)$$

代入上式得:

$$\frac{v_i(t_2 - t_1)}{v_r(t_2 - t_1)} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

即

$$\frac{v_i}{v_r} = \frac{\sin i}{\sin r} = N \quad (3)$$

(3) 式即为折射定律。当两个介质一定时, N 为常数, 称为第二介质 (折射介质) 对第一介质 (入射介质) 的相对折射率。如果入射介质为真空 (或空气), 则 N 值为折射介质的绝对折射率。

一般说来, 光在真空中的传播速度最大。光在空气中的传播速度与真空中的传播速度

① “埃”在地矿部于 1991 年底停止使用, 改用 nm。

几乎相等，通常把空气的折射率视为 1。严格说来，空气的折射率为 1.0003 或 1.00029。光在其它液态和固态介质中的传播速度总是小于真空中的传播速度。因此，它们折射率总是大于 1。

从 (3) 式可以看出，光波在介质中的传播速度愈大，该介质的折射率愈小；反之，光波在介质中的传播速度愈小，其折射率愈大。即介质的折射率值与光波在该介质中的传播速度成反比 ($v_i/v_r = N_r/N_i$)。

介质的折射率大小取决于光波在该介质中的传播速度。光波的传播速度又取决于光波与介质的相互作用。一定特征（波长、振动方向等）的某种光波在介质中的传播速度取决于该介质的组成成分及其微观结构（离子排列、键性及堆积的紧密程度）。因此，折射率值是反映介质成分和晶体结构的重要常数。实验证明，折射率值是鉴定透明矿物较可靠的光学常数之一。

二、光的全反射及全反射临界角

由折射定律可知，当光波由折射率较小的介质（光疏介质）射入折射率较大的介质（光密介质）时，其 $v_r < v_i$ ，相对折射率 > 1 ，即 $\sin i / \sin r > 1$ ， $i > r$ ，其折射光线更靠近法线。反之，光波由折射率较大的介质射入折射率较小的介质时，其 $v_r > v_i$ ，相对折射率 < 1 ，即 $\sin i / \sin r < 1$ ， $i < r$ ，其折射光线更远离法线。

设一玻璃块的折射率大于空气的折射率（图 3），由玻璃块底界面上 O 点向各个方向发出 OA、OB、OC、OD、OE 等一系列光波，其中 OA 光垂直界面， $i = 0^\circ$ ，故 $r = 0^\circ$ ，不发生折射，AA' 光沿 OA 的原方向射入空气中。OB 光的入射角 $i = 10^\circ$ ，在界面上的 B 点折射，其折射光线为 BB'（未表示反射光线），其折射角大于入射角 ($r > i$)，BB' 比 OB 更远离法线。随着入射角的逐渐增大，折射角必将不断增大，其折射光线愈来愈远离法线。至 OD 光时， $i = 30^\circ$ ，算得其 $r = 90^\circ$ ，表示相应的折射线 DD' 将沿界面进行。如果光波的入射角继续增大，如图 3 中的 OE 光， $i = 40^\circ$ ，其折射角 r 大于 90° ，这表示“折射光线”没有射入折射介质中，而这是不可能的。这一

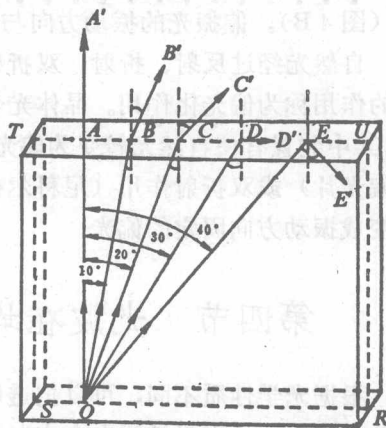


图 3 全反射及其临界角示意图

矛盾意味着折射光线已不存在，折射现象亦不复存在。入射光的能量只能全部变为反射光的能量，即入射光的全部能量以反射光的形式，按反射定律（入射角 = 反射角）全部返回入射介质中，如图 3 中的 EE' 光。此时观察到的反射光线强度，随着折射光线的消失而出现突变性的增强。这一现象称为全反射，与 $r = 90^\circ$ 相应的入射角称全反射临界角（图 3 中玻璃块的全反射临界角为 30° ）。设图 3 中玻璃块上方介质的折射率值为 n ，玻璃块的折射率值为 N ($N > n$)，以 ϕ 角代表全反射临界角，将得出下式：

$$\sin \phi / \sin 90^\circ = n / N \quad n = N \cdot \sin \phi$$

由上式可知，如果折射率较大介质的 N 值为已知值时，则可根据全反射临界角计算出较小折射率介质的 n 值。测定油液折射率的阿贝折射仪就是利用全反射原理设计制成的（油浸法一章中将介绍）。如果已知两个介质的 N 和 n 值，根据上式可计算其全反射临界角。

第三节 自然光及偏振光

根据光波的振动特点不同，可以分为自然光和偏振光（偏光）。从一切实际光源直接发出的光波，一般都是自然光，如太阳光、灯光等。自然光是由无数方向横振动合成的复杂混合光波，其振动特点是：在垂直光波传播方向的平面内，各个方向上都有等振幅的光振动（图4 A）。

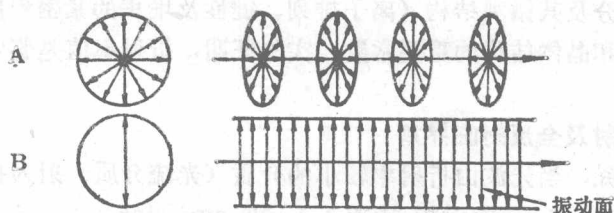


图4 自然光和偏振光的振动特点示意图

A—自然光；B—偏振光

在垂直光波传播方向的某一固定方向上振动的光波，称平面偏振光，简称偏振光或偏光（图4 B）。偏振光的振动方向与传播方向所构成的平面称振动面。

自然光经过反射、折射、双折射及选择吸收作用可以转变为偏光。使自然光转变为偏光的作用称为偏光化作用。晶体光学研究中主要是应用偏光。研究的主要仪器是偏光显微镜，其中装置有使自然光转变为偏光的偏光镜（起偏镜）。偏光镜通常是根据选择吸收作用（偏光片）或双折射作用（尼科尔棱镜）产生偏光的原理制成的。自然光通过偏光镜后即转变成振动方向固定的偏光。

第四节 光波在均质体和非均质体中的传播特点

根据光学性质不同，可以把透明物质划分为均质体和非均质体两大类。等轴晶系矿物及非晶质物质的光学性质各个方向相同，称为光性均质体，简称均质体；如石榴子石、萤石、火山玻璃及加拿大树胶等。中级晶族和低级晶族的矿物，其光学性质随方向而异，称为光性非均质体，简称非均质体，如石英、长石、橄榄石等。绝大多数造岩矿物属于非均质体，是我们研究的重点。

光性均质体（各向同性介质） 光波射入均质体中，发生单折射现象（第二节所述），基本不改变入射光波的振动特点和振动方向（图5）。也就是说，自然光射入均质体后，基本上仍为自然光，偏光射入均质体后，仍为偏光，而且其振动方向基本不改变。光波在均质体中传播时，其传播速度及相应的折射率值不因光波在晶体中的振动方向不同而发生改变。因此，均质体只有一个折射率值。

光性非均质体（各向异性介质） 光波射入非均质体中，除特殊方向之外，都要发生双折射，分解成振动方向互相垂直，传播速度不同，相应折射率值不等的两种偏光（图6）。两种偏光的折射率值之差称双折率（birefringence）。当入射光为自然光时，非均质体

能改变入射光波的振动特点。当入射光波为偏光时，也可以改变入射偏光的振动方向。因此，光波在非均质体中传播时，其传播速度及相应折射率值，随光波在晶体中的振动方向不同而发生改变，即非均质体有许多个折射率值。

实验证明，光波沿非均质体的特殊方向射入时（如沿中级晶族晶体的 Z 轴方向），不发生双折射，基本不改变入射光波的振动特点和振动方向。非均质体中，这种不发生双折射的特殊方向称为光轴（optic axis）。中级晶族晶体只有一个光轴方向，称为一轴晶；低级晶族晶体有两个光轴方向，称为二轴晶。

光波射入一轴晶矿物，发生双折射分解形成两种偏光（图6）。其中一种偏光的振动方向垂直 Z 晶轴，其传播速度及相应折射率值不变，称为常光（ordinary ray），以符号“ o ”表示（图6中的 o 光）。另一种偏光的振动方向平行 Z 晶轴与光波传播方向（波法线）所构成的平面，其传播速度及折射率值随振动方向不同而改变，称为非常光（extraordinary ray），以符号“ e ”表示（图6中的 e 光）。

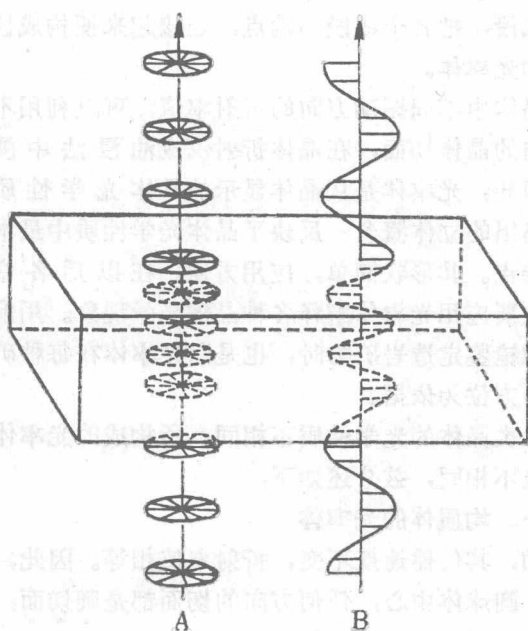


图5 光波垂直均质体矿片入射示意图

A—自然光；B—偏光

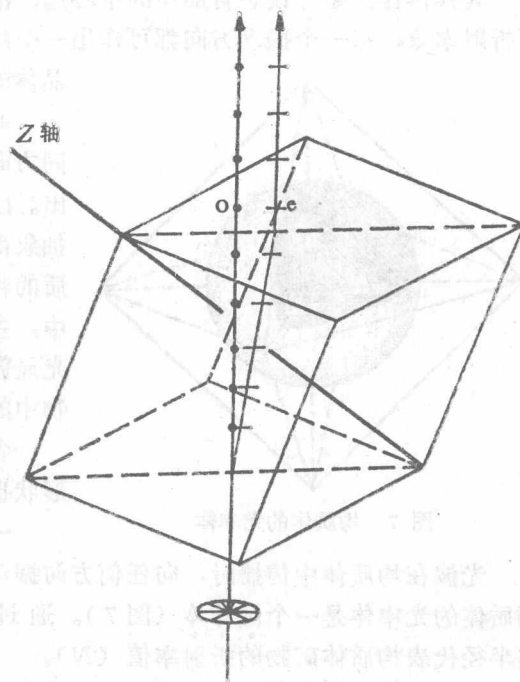


图6 冰洲石的双折射现象

应当特别指出的是，光波在非均质体中传播时，决定光波传播速度及相应折射率值大小的是光波在晶体中的振动方向而不是传播方向。根据电磁波理论，组成物质的原子或离子受电磁波扰动将极化成偶极子，可见光波在物质中的传播，主要是通过偶极子的感应振动进行的。在晶体中，使振动偶极子回复到平衡位置的回复力强度控制光波的传播速度。也就是说，光波在晶体中的传播速度，随振动偶极子回复力的增强而加大。偶极子的振动及其回复力是横切光波传动方向的（即平行光波振动方向）。因此，光波在非均质体中的传播速度取决于光波的振动方向，即光波在晶体中传播时，其传播速度及相应折射率值，

随光波在晶体中的振动方向不同而不同。

晶体中感应振动的偶极子回复力强度，取决于组成晶体的离子种类、键性、离子排列形式及堆积的紧密程度，即取决于晶体的成分和其内部结构。

实验证明，透明矿物薄片在偏光显微镜下所显示的一些光学性质，大多数与光波在晶体中的振动方向及相应折射率值有密切关系。为了反映光波在晶体中传播时，光波振动方向与相应折射率值之间的关系，我们使用物理学中所建立的光率体概念。在探讨透明矿物薄片的光学性质之前，必须了解各类晶体的光率体特征及其主要方向切面的特征。

第五节 光 率 体

光率体是表示光波在晶体中传播时，光波的振动方向与相应折射率值之间关系的光学立体图形（光性指示体）。

其具体作法是，设想自晶体的中心起，沿光波在晶体中的振动方向，按比例截取相应的折射率值，每一个振动方向都可作出一个线段，把各个线段的端点，连接起来便构成该晶体的光率体。

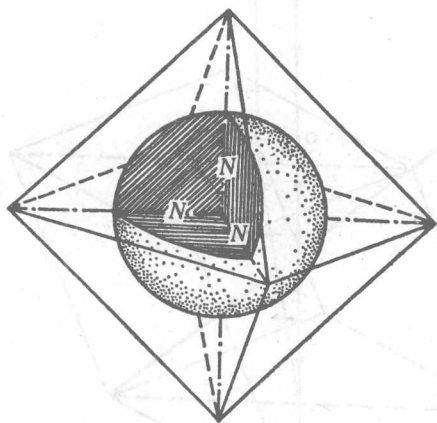


图 7 均质体的光率体

晶体中不同振动方向的折射率值，可以利用不同方向的晶体切面，在晶体折射仪或油浸法中测出。因此，光率体是从晶体显示的具体光学性质抽象得出的立体概念，反映了晶体光学性质中最本质的特点。其形状简单，应用方便。在以后各章中，主要应用光率体解释各种晶体光学现象。用偏光显微镜鉴定造岩矿物时，也是以光率体在每种矿物中的方位为依据。

各类晶体的光学性质不相同，所构成的光率体形状也不相同，兹分述如下：

一、均质体的光率体

光波在均质体中传播时，向任何方向振动，其传播速度不变，折射率值相等。因此，均质体的光率体是一个圆球体（图7）。通过圆球体中心，任何方向的切面都是圆切面，其半径代表均质体矿物的折射率值（ N ）。

二、一轴晶光率体（中级晶族晶体的光率体）

中级晶族晶体的水平结晶轴单位相等，即 $a = b \neq c$ 。水平方向上（垂直 Z 晶轴）的光学性质相同。根据测定，光波在这类晶体中传播时，当光波的振动方向垂直 Z 晶轴时（即沿水平方向振动），相应的折射率值相等，此为常光的折射率值（refractive index for ordinary rays），以符号“ N_o ”表示。当光波的振动方向平行 Z 晶轴时，相应的折射率值与 N_o 相差最大，为非常光的折射率值（refractive index for extraordinary rays），以符号“ N_e ”表示。光波的振动方向与 Z 晶轴斜交时，相应的折射率值递变于 N_o 与 N_e 之间，亦为非常光的折射率，以符号“ N' ”表示。 N' 值的大小随光波振动方向与 Z 晶轴的夹角大小而变化。光波的振动方向与 Z 晶轴夹角小时， N' 值接近于 N_o 值；随着光波的振动方向与 Z 晶轴夹角的逐渐加大， N' 值逐渐向 N_e 值靠近，至其夹角为 90° 时为 N_e 值。

显然，一轴晶光率体是一个以 Z 晶轴为旋转轴的旋转椭球体。兹以石英和方解石为例，说明一轴晶光率体的构成。

当光波平行石英 Z 晶轴入射时（图8A），不发生双折射，测得垂直入射光波各个振动方向的折射率值均为1.544，即 $N_o=1.544$ 。以此数值为半径，构成一个垂直入射光波（即垂直 Z 晶轴）的圆切面。

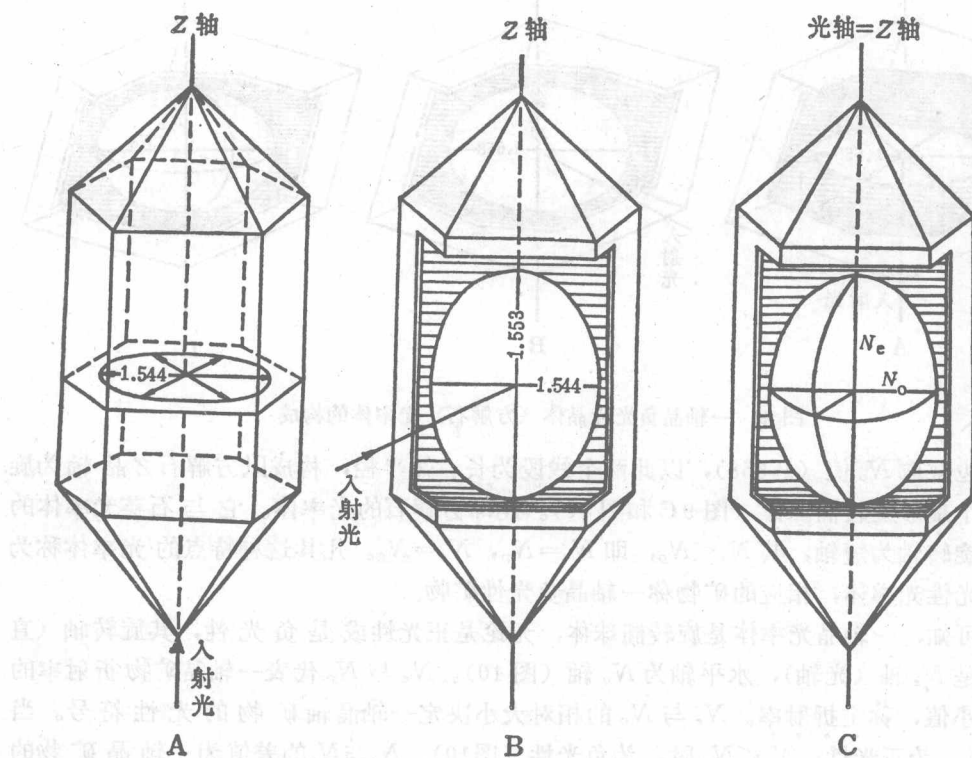


图8 一轴晶正光性晶体（石英）光率体的构成

当光波垂直石英的 Z 晶轴射入晶体时（图8B），发生双折射，分解形成两种偏光。其一振动方向垂直 Z 晶轴（常光），测得相应的折射率值 $N_o=1.544$ ；另一种偏光的振动方向平行 Z 晶轴（非常光之一），测得相应的折射率值 $N_e=1.553$ 。在 Z 晶轴方向上，从中心向两边按一定比例截取 N_e 值（1.553）；在垂直 Z 晶轴的方向上，从中心向两边截取 N_o 值（1.544）。以此两个线段为长、短半径，构成垂直入射光波（平行 Z 晶轴）的椭圆切面。将两个切面按其空间位置联系起来，便构成以石英 Z 晶轴为旋转轴的一个长形旋转椭球体（图8C）。此即石英的光率体，其旋转轴为光轴（ N_e 轴、 Z 晶轴）。

这类光率体的特征是，其旋转轴为长轴（图8C及图10），其 $N_e > N_o$ ，即 $N_e = N_g$ （大折射率）， $N_o = N_p$ （小折射率）。凡具这种特点的光率体称为一轴晶正光性光率体，相应的矿物称一轴晶正光性矿物。

当光波平行方解石 Z 晶轴射入晶体时（图9A），不发生双折射，测得垂直入射光波的各个振动方向的折射率值均为1.658，即 $N_o=1.658$ 。以 N_o 值为半径构成垂直入射光波

(垂直 Z 晶轴)的一个圆切面。当光波垂直方解石 Z 晶轴射入晶体时(图9B),发生双折射,分解形成两种偏光,其一振动方向垂直 Z 晶轴(常光),测得相应的折射率值 $N_o=1.658$;另一种偏光振动方向平行 Z 晶轴(非常光之一),测得相应的折射率值 $N_e=1.486$ 。在 Z 晶轴方向上,从中心向两边按比例截取 N_e 值(1.486);在垂直 Z 晶轴的方向上,从

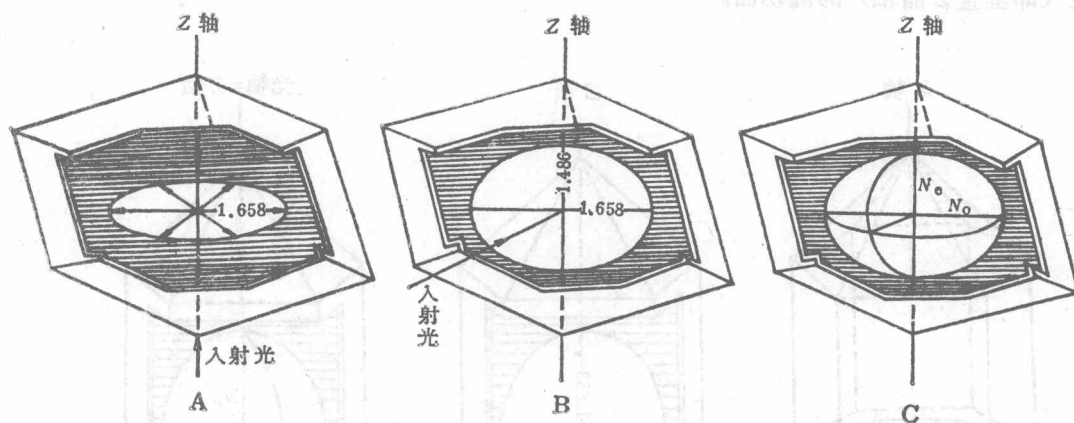


图9 一轴晶负光性晶体(方解石)光率体的构成

中心向两边截取 N_o 值(1.658),以此两个线段为长、短半径,构成以方解石 Z 晶轴为旋转轴的一个扁形旋转椭球体(图9C和图10)。此即方解石的光率体。它与石英光率体的区别是其旋转轴为短轴,其 $N_e < N_o$,即 $N_e = N_p$, $N_o = N_g$ 。凡具这种特点的光率体称为一轴晶负光性光率体,相应的矿物称一轴晶负光性矿物。

由上可知,一轴晶光率体是旋转椭球体,无论是正光性或是负光性,其旋转轴(直立轴)都是 N_e 轴(光轴),水平轴为 N_o 轴(图10)。 N_e 与 N_o 代表一轴晶矿物折射率的最大与最小值,称主折射率。 N_e 与 N_o 的相对大小决定一轴晶轴矿物的光性符号。当 $N_e > N_o$ 时,为正光性; $N_e < N_o$ 时,为负光性(图10)。 N_e 与 N_o 的差值为一轴晶矿物的最大双折率。

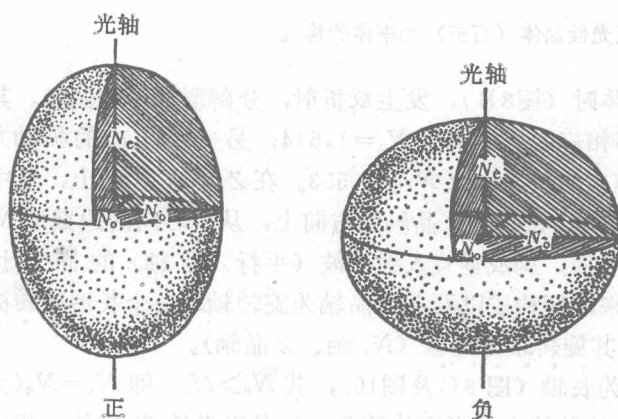


图10 一轴晶光率体

于 N_o ,双折率等于零。通过一轴晶光率体中心只有一个这样的圆切面。

平行光轴的切面(图11(2))

在偏光显微镜下鉴定透明矿物时,所遇到的都是矿物晶体不同方向的切面(即不同方向的光率体切面。一轴晶光率体的主要切面有下列三种:

垂直光轴的切面(图11(1))为圆切面,其半径等于 N_o 。

光波垂直这种切面入射时(即沿光轴入射),不发生双折射,基本不改变入射光波的振动特点和振动方向,相应的折射率值等

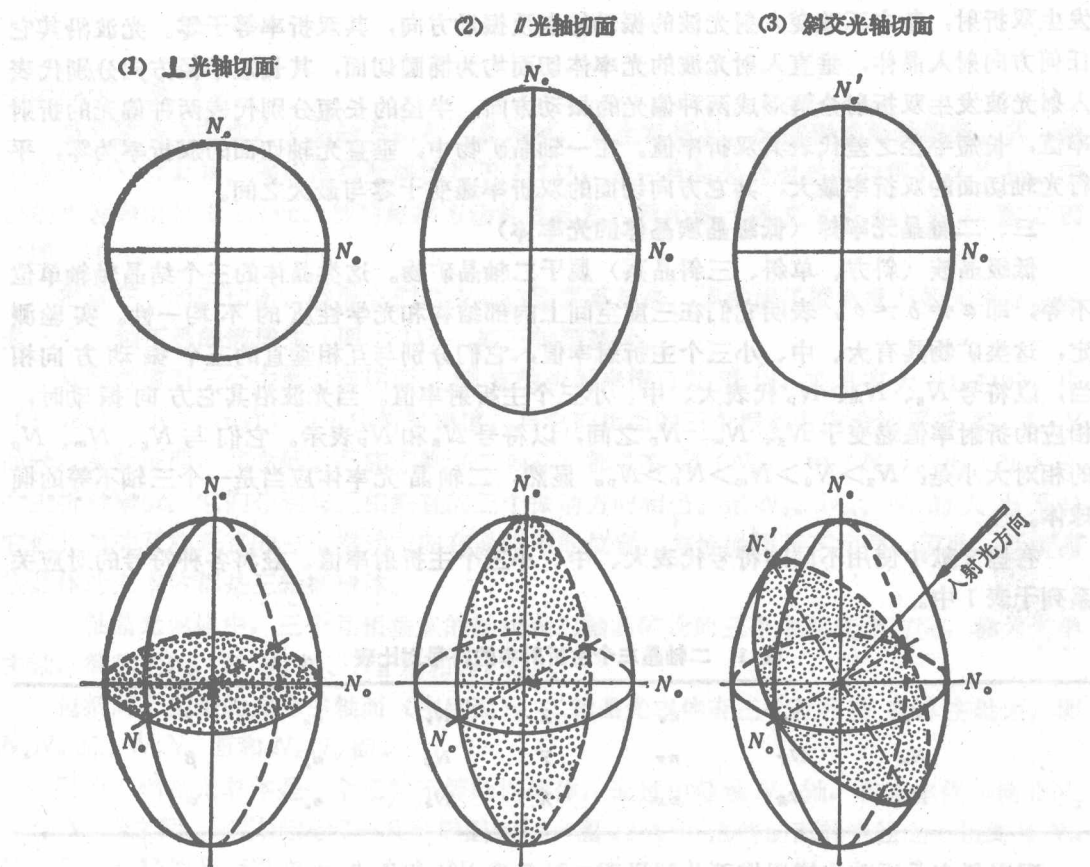


图 11 一轴晶正光性光率体的主要切面

为椭圆切面，其长短半径分别为 N_e 与 N_o 。（正光性：长半径为 N_e ，短半径为 N_o ；负光性：长半径为 N_o ，短半径为 N_e ）。光波垂直这种切面入射时（即垂直光轴入射），发生双折射，分解形成两种偏光，其振动方向必分别平行椭圆切面的长短半径；其相应的折射率必定分别等于椭圆切面长短半径 N_e 与 N_o 。双折率必等于椭圆切面长短半径 N_e 与 N_o 之差，是一轴晶矿物的最大双折率。这种切面是一轴晶光率体的主切面。《光性矿物学》书中描述的双折率都是最大双折率。

斜交光轴的切面（图 11 (3)）

仍为椭圆切面，其长短半径分别为 N_e 与 N'_e 。光波垂直这种切面入射时（即斜交光轴入射），发生双折射，分解形成两种偏光；其振动方向必定分别平行椭圆切面长短半径；其相应的折射率必定分别等于椭圆切面长短半径 N_e 与 N'_e 。双折率等于椭圆长短半径 N_e 与 N'_e 之差，其大小递变于零与最大双折率之间。在一轴晶光率体中，所有斜交光轴的椭圆切面长短半径中，始终有一个是 N_o ，如为正光性，短半径为 N_o ；如为负光性，长半径为 N_o 。

应用光率体，可以确定光波在晶体中的传播方向（波法线方向）、振动方向及相应折射率值之间的关系。光波沿光轴方向射入晶体，垂直入射光波的光率体切面为圆切面，不

发生双折射，基本不改变入射光波的振动特点及振动方向，其双折率等于零。光波沿其它任何方向射入晶体，垂直入射光波的光率体切面均为椭圆切面，其长短半径方向分别代表入射光波发生双折射分解形成两种偏光的振动方向，半径的长短分别代表两种偏光的折射率值，长短半径之差代表其双折率值。在一轴晶矿物中，垂直光轴切面的双折率为零，平行光轴切面的双折率最大，其它方向切面的双折率递变于零与最大之间。

三、二轴晶光率体（低级晶族晶体的光率体）

低级晶族（斜方、单斜、三斜晶系）属于二轴晶矿物。这类晶体的三个结晶轴轴单位不等，即 $a \neq b \neq c$ ，表明它们在三度空间上内部结构和光学性质的不均一性。实验测定，这类矿物具有大、中、小三个主折射率值，它们分别与互相垂直的三个振动方向相当，以符号 N_g 、 N_m 、 N_p 代表大、中、小三个主折射率值。当光波沿其它方向振动时，相应的折射率值递变于 N_g 、 N_m 、 N_p 之间，以符号 N'_g 和 N'_p 表示。它们与 N_g 、 N_m 、 N_p 的相对大小是： $N_g > N'_g > N_m > N'_p > N_p$ 。显然，二轴晶光率体应当是一个三轴不等的椭球体。

有些文献中使用不同的符号代表大、中、小三个主折射率值、兹将各种符号的对应关系列于表 1 中。

表 1 二轴晶三个主折射率的符号对比表

N_g	N_z	n_z	Z	N_y	n_y	γ
N_m	N_y	n_y	Y	N_x	n_x	β
N_p	N_x	n_x	X	N_z	n_z	α

现以斜方晶系矿物镁橄榄石为例说明二轴晶光率体的构成。

当光波沿镁橄榄石 Z 晶轴方向射入晶体时，发生双折射，分解形成两种偏光。其一振动方向平行 X 晶轴，测得相应的折射率值等于 1.715；另一种偏光振动方向平行 Y 晶轴，测得相应的折射率值等于 1.651。在 X 晶轴方向上，由中心向两边按比例截取折射率值 1.715；在 Y 晶轴方向上，由中心向两边按比例截取折射率值 1.651。以此二线段为长短半径构成垂直入射光波（垂直 Z 晶轴）的椭圆切面（图 12A）。

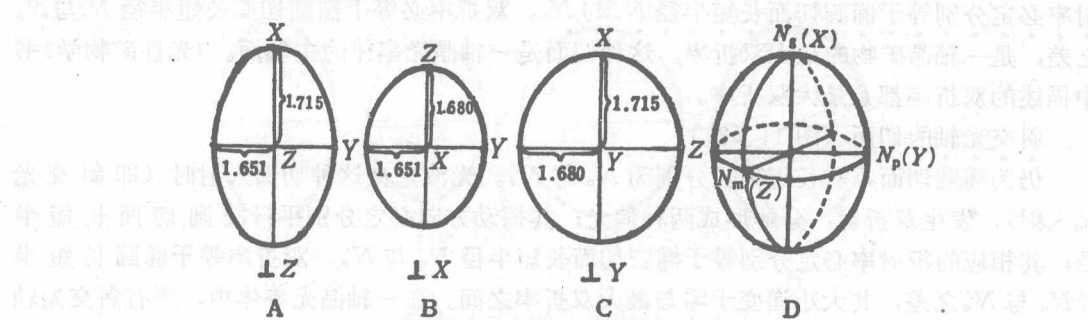


图 12 二轴晶光率体的构成

当光波沿镁橄榄石 X 晶轴方向射入晶体时，发生双折射，分解形成两种偏光。其一振动方向平行 Y 晶轴、测得相应的折射率值等于 1.651；另一种偏光的振动方向平行 Z 晶轴，测得相应的折射率值等于 1.680。按同样的方法构成垂直入射光波（垂直 X 晶轴）的

椭圆切面 (图 12 B)。

当光波沿镁橄榄石 Y 晶轴方向射入晶体时, 发生双折射, 分解形成两种偏光。其一振动方向平行 X 晶轴, 相应的折射率值等于 1.715; 另一种偏光的振动方向平行 Z 晶轴, 相应的折射率值等于 1.680。按同样的方法构成垂直入射光波 (垂直 Y 晶轴) 的椭圆切面 (图 12 C)。

把这三个椭圆切面, 按照它们的空间位置联系起来, 便构成了镁橄榄石的光率体。它是一个三轴不等的椭球体 (图 12 D), 即三轴椭球体。

从镁橄榄石三个主要方向切面上测定的折射率值可以看出, 它具有大 (1.715)、中 (1.680)、小 (1.651) 三个主折射率值。与它们相当的三个振动方向分别平行 X 、 Z 、 Y 晶轴。实验证明, 其它低级晶族矿物 (二轴晶) 都具有大 (N_g)、中 (N_m)、小 (N_p) 三个主折射率值, 它们分别与互相垂直的三个振动方向相当。但 N_g 、 N_m 、 N_p 的大小及与它们相当的互相垂直的三个振动方向在晶体中的位置, 与镁橄榄石不相同。因此, 低级晶族晶体的光率体都是三轴椭球体。

二轴晶光率体中, 三个互相垂直的轴代表二轴晶矿物的三个主要光学方向, 称为光学主轴, 简称主轴, 即 N_g 轴、 N_m 轴和 N_p 轴。

包括两个主轴的面称主轴面 (主切面)。二轴晶光率体有三个互相垂直的主轴面, 即 $N_g N_p$ 面、 $N_g N_m$ 面和 $N_m N_p$ 面。

因为二轴晶光率体是一个三轴不等的椭球体, 通过中等轴 N_m 轴, 在光率体一侧的 N_g 轴与 N_p 轴之间, 可以连续切一系列椭圆切面 (图 13 A)。这些切面的半径之一始终是 N_m 轴, 另一半径的长短递变于 N_g 轴与 N_p 轴之间。因系连续变化, 在它们之中, 必定有一

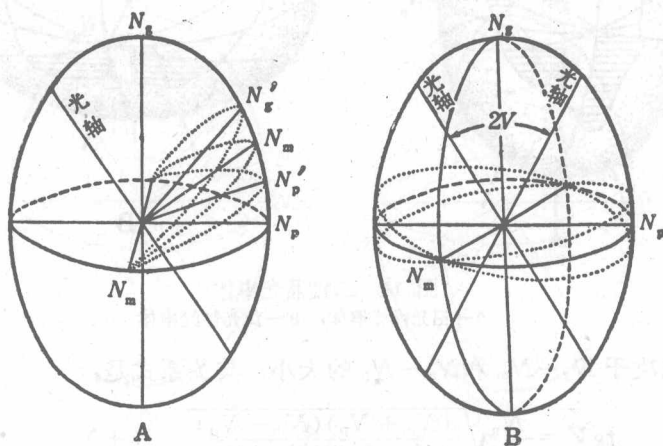


图 13 二轴晶光率体的圆切面及光轴

半径等于 N_m 的圆切面。在光率体的另一侧, 通过 N_m 轴, 同样可以截出另一个圆切面 (图 13 B)。光波垂直这两个圆切面入射时, 不发生双折射, 基本不改变入射光波的振动特点及振动方向, 因而这两个方向为光轴 (optic axis), 以符号 “OA” 表示 (图 13 B)。通过二轴晶光率体中心, 只能截出两个圆切面, 即只有两个光轴方向, 故称二轴晶。

包括两个光轴的面称光轴面 (optic axial plan), 以符号 “Ap” 表示。光轴面与主