



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

晶 体 光 学 与 岩 石 学

晶体光学与岩石学



● 主编 刘林玉

地 质 出 版 社

教育“十一五”国家级规划教材

晶体光学与岩石学

Crystal Optics and Petrology

主编 刘林玉

编著 刘林玉 赖绍聪 张成立 李 红



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材是高等教育“十一五”国家级规划教材,为我国高等院校资源勘查工程(原石油与天然气地质)、水文地质等专业“晶体光学与岩石学”的统编教材。全书内容系统丰富,全面叙述了晶体光学与光性矿物学、沉积岩岩石学、岩浆岩岩石学和变质岩岩石学的基础知识和基本原理,尤其着重加强了沉积岩岩石学的基础知识、基本原理和新进展等内容,以满足石油与天然气类各专业教学的实际需要。

本教材可供我国高等院校石油及天然气类各专业、水文地质等专业以及煤田、金属和非金属勘探等专业本科生、研究生和培训人员的晶体光学和岩石学教学使用,并可供其他科研院所相关专业人员和科技人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

晶体光学与岩石学 / 刘林玉主编. —北京: 地质出版社, 2012.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-116-07556-6

I. ①晶… II. ①刘… III. ①晶体光学—高等学校—教材②岩石学—高等学校—教材 IV. ①0734②P58

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第003599号

责任编辑: 罗军燕

责任校对: 韦海军

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(编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82324340

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 11

字 数: 260千字

印 数: 1—3000册

版 次: 2012年1月北京第1版

印 次: 2012年1月北京第1次印刷

定 价: 28.00元

书 号: ISBN 978-7-116-07556-6

(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)

近年来,地质科学的发展进入了一个大变革时期,研究重点发生了重大的转变,地质科学已由单学科的纵向深入,向横向交叉和渗透的方向发展,代表当代地质科学重大前沿的一批交叉学科和综合学科将主宰未来地质科学的发展,并使地质科学朝着整体化方向迈进。在社会可持续性发展中,环境、资源、灾害、人口等问题日益严峻,许多重大问题亟待地质学家去解决,地学界急需素质高、基础扎实、知识面宽、综合能力强的创新型人才。

地学教育,尤其是教学发展依赖于不断的改革与建设,教学建设永远处于高等学校发展的优先地位。随着社会和科学技术的发展,地学的内涵和功能发生了显著的变化,人才培养的目标也需随之而进步。新的教育体系要为地学理论的创新发展和解决社会经济可持续发展中面临的环境、资源、能源、人口、灾害等重大问题提供理论基础和依据,同时满足现代数字技术和现代仪器设备与地学研究的交叉和融入。

过去的课程体系和教学内容基本上是按照学科和专业的人才培养模式而制订的,已不能满足新世纪人才培养的需要,必须改革。然而教学改革必须处理好继承与发扬、“老”知识与“新”知识、素质教育与业务教育、共性培养与个性培养的关系。应突出办学特色,特色应该与我国社会发展相适应,与科研优势、师资优势和地域优势相结合。为了适应这种要求,我们必须进行教育教学改革,而改革的核心任务之一就是编写符合当代学科发展需要的全新教材。

在传统的地质学教学过程中,“晶体光学”、“光性矿物学”、“岩浆岩岩石学”、“沉积岩岩石学”和“变质岩岩石学”是非常重要的专业基础课,也是一个庞大的教学体系。近年来,国际能源的供给形势日趋紧张,我国的能源和固体矿产资源形势极为严峻,已危及到国家安全。随着国际石油价格的持续走高,我国石油及天然气勘探领域急需大批基础扎实、适应能力强的创新型人才。鉴于石油与天然气勘探专业更加重视实践能力和实际动手能力培养的特殊性,为了适应石油及天然气类各专业在新形势下的教学要求,我们依据以下原则,将《晶体光学》、《光性矿物学》、《岩浆岩岩石学》、《沉积岩岩石学》和《变质岩岩石学》整合在一起,完成了本部《晶体光学与岩石学》新编教材,并于2002年开始在西北大学地质学系矿床普查与勘探专业(石油与天然气勘探方向)教学中试用。经过6届本科教学的试用和不断修改调整,本教材已渐趋完善,并充分地体现出针对石油与天然气勘探类本科人才培养的较强实用性。

在本教材的编写过程中,充分考虑了以下原则:

一是教材的基础性。在教材编写过程中,加强了晶体光学与岩石学的基础内容,使其成为石油及天然气类各专业的专业基础教材。

二是教材的综合性。科学发展的趋势是通过学科交叉使内容进一步深入。在教材编写过

程中加强了晶体光学与岩石学在石油及天然气地质中的应用等有关方面的内容,以达到高层次的综合。

三是教材的适用性。在教材编写过程中,着重增加了沉积岩岩石学方面的内容,因而非常适用于石油及天然气类各专业的教学。

四是教材的特色性。在教材编写过程中,打破传统大学本科的教学体系,根据石油及天然气类专业重实践、重应用的实际情况,合理安排各章节的内容,加强与石油及天然气类专业相关的内容。

本教材在教学试用过程中,进行了充分的修改、补充与完善,于2006年完成初稿。此后西北大学地质学系邀请多位专家对初稿进行全面审阅,并提出宝贵的修改意见。根据修改意见,教材编写组又对教材进行全面系统的修改和调整,最后于2009年初完稿。

本教材采用了全新的图版,除引用他人成果外,其余均为作者在教学和科研中的新成果。

本教材的分工是:第一篇、第二篇由刘林玉完成;第三篇由刘林玉和李红完成;第四篇由赖绍聪和刘林玉完成;第五篇由张成立和刘林玉完成;最后由刘林玉统一修订。

需要指出的是,本教材是在西北大学地质学系全体教师多年教学科研成果的基础上完成的。在教材编著过程中,得到西北大学地质学系的全力支持,同时得到西北大学地质学系多位教授的热忱关注和精心指导,谨此致以衷心的感谢。由于编者水平的限制,书中贻误和不妥之处在所难免,敬请读者和专家批评指正。

刘林玉

2011年10月于西安

前 言

第一篇	绪论	1
	第一章 晶体光学与岩石学概论	1
	第一节 晶体光学与岩石学的基本涵义	1
	第二节 晶体光学与岩石学的研究方法和研究意义	4
第二篇	晶体光学与光性矿物学	6
	第二章 晶体光学基础	6
	第一节 光的性质	6
	第二节 均质体和非均质体	7
	第三节 偏光显微镜	13
	第四节 岩石薄片的制作	16
	第三章 单偏光系统下晶体的光学性质	17
	第一节 矿物的形态	17
	第二节 矿物的解理	19
	第三节 矿物对透射光的选择性吸收	21
	第四节 矿物的界面	22
	第四章 正交偏光系统下晶体的光学性质	25
	第一节 矿物的消光现象	25
	第二节 矿片的干涉原理	26
	第三节 非均质矿物的干涉色	27
	第四节 补色原理及补色器	28
	第五节 矿物光学性质的观察与测定	30
	第五章 锥光系统下晶体的光学性质	35
	第一节 锥光系统的装置	35
	第二节 一轴晶垂直光轴切片的干涉图	36
	第三节 二轴晶干涉图	37
	第六章 透明矿物的鉴定	41
	第一节 透明矿物鉴定的内容	41
	第二节 未知透明矿物的鉴定方法	41
	第三节 常见透明矿物的简要光性特征	42

第三篇	沉积岩岩石学	46
第七章	沉积岩的基本特征	46
第一节	沉积岩的基本概念	46
第二节	沉积岩岩石学的发展现状	47
第三节	沉积岩的分类	49
第四节	沉积岩的形成作用	50
第五节	沉积岩的物质成分和颜色	61
第六节	沉积岩的构造	64
第八章	陆源沉积岩	73
第一节	陆源碎屑岩	73
第二节	泥质岩	83
第九章	火山碎屑岩	90
第一节	火山碎屑岩的概念	90
第二节	火山碎屑物的种类	90
第三节	火山碎屑岩的结构构造	92
第四节	火山碎屑岩的常见类型	93
第五节	火山碎屑岩的成岩作用	94
第六节	火山碎屑岩油气储集层特征	94
第十章	内源沉积岩	95
第一节	碳酸盐岩	95
第二节	碳酸盐岩以外的内源沉积岩	106
第四篇	岩浆岩岩石学	115
第十一章	岩浆岩的基本特征	115
第一节	岩浆及岩浆岩的概念	115
第二节	岩浆岩的物质成分	118
第三节	岩浆岩的结构构造	121
第十二章	超基性岩类	126
第一节	一般特征	126
第二节	侵入岩	126
第三节	喷出岩	129
第十三章	基性岩类	130
第一节	一般特征	130

第二节 侵入岩	130
第三节 喷出岩	133
第十四章 中性岩类	137
第一节 一般特征	137
第二节 侵入岩	137
第三节 喷出岩	139
第十五章 酸性岩类	142
第一节 一般特征	142
第二节 侵入岩	142
第三节 喷出岩	144
第四节 岩浆岩油气储集层特征	145
第五篇 变质岩岩石学	147
第十六章 变质岩的基本特征	147
第一节 变质作用的概念	147
第二节 变质岩的结构和构造	149
第三节 变质岩的分类	151
第十七章 变质相	152
第一节 接触变质相	152
第二节 区域变质相	152
第十八章 接触热变质岩	154
第一节 接触热变质岩的一般特征	154
第二节 接触热变质岩的主要岩石类型	154
第十九章 区域变质岩	156
第一节 区域变质岩的一般特征	156
第二节 区域变质岩的主要岩石类型	156
第二十章 动力变质岩	159
第一节 动力变质岩的一般特征	159
第二节 动力变质岩的主要岩石类型	159
第三节 变质岩油气储集层特征	160

主要参考文献	163
---------------------	-----

第一篇 绪 论

第一章 晶体光学与岩石学概论

Chapter 1

第一节 晶体光学与岩石学的基本涵义

一、晶体光学与岩石学课程的设置

晶体光学课程一般由两个部分组成：晶体光学和光性矿物学。前者着重于理论和方法的阐述；后者则承接前者，系统描述透明矿物和部分不透明矿物在透射光下的光学性质。研究地球（包括生物圈和大气圈）的物质成分、形成及其演化规律是地球科学中最基本的，也是最主要的一项研究内容。这类研究是查明全球矿产资源的分布规律、环境变迁演化、人类活动与生态环境之间关系的关键研究领域。晶体光学与光性矿物学正是运用晶体的光学基本原理和方法，研究和鉴定组成地球的主要物质成分——造岩矿物的一种最基本的和最广泛应用的方法和手段。在教学中，它是作为“岩石学”课程的重要先导基础课程之一。因此，该课程是地质学所有有关专业必不可少的一门必修专业基础课，也是每个地质工作者必须掌握、应该具备的地质知识。

自20世纪末以来，国内各石油高校和综合性高校的地质学系针对石油及天然气类专业的教学计划进行全面改革，对专业课和专业基础课进行大规模调整，许多高校在石油及天然气类专业设置了“晶体光学与岩石学”课程。然而，由于缺乏有针对性的教材，长期以来，石油及天然气类专业本科学生在学习“晶体光学与岩石学”的时候，通常使用的是理科地质学专业适用的分类专业教材，即《晶体光学》、《光性矿物学》、《岩浆岩岩石学》、《沉积岩岩石学》和《变质岩岩石学》，而理科地质学专业分类教材各自的侧重点不一样，相对缺乏系统性。由于石油及天然气类专业性质的特殊性，使得其课程教学更加重视实用性和实践性，且专业方向和专业特色要求其教学过程

中更加侧重于沉积岩类的教学与实践。我们在石油与天然气类专业本科课程教学过程中,经过多年的教学探索,发现针对石油与天然气类专业的“晶体光学与岩石学”教学和课程设置有其自身的显著特点,晶体光学与岩石学的系统性非常重要,而且晶体光学是岩石学研究的基础,对于岩石的鉴定,晶体光学是最基本、也是最有效的方法之一,如果不掌握依据晶体光学原理对岩石组成中结晶矿物系统鉴定的方法,也就很难进一步对岩石进行分析研究,晶体光学与岩石学是密不可分的。同时,沉积岩类的系统学习对于石油与天然气类专业学生有着特殊的重要意义。鉴于上述实际,我们将原本较分散且相对独立的“晶体光学”、“光性矿物学”、“沉积岩岩石学”、“岩浆岩岩石学”和“变质岩岩石学”等几门课程的相关内容有机地融合起来,针对石油与天然气类专业的自身特点,强调课程教学的基础性、实用性和实践性,强化了沉积岩部分的教学内容,淡化了岩浆岩和变质岩部分的繁杂内容,完成了这部适用于石油及天然气类专业的《晶体光学与岩石学》教材。

二、晶体光学与岩石学的基本涵义

1. 晶体光学

晶体光学主要是研究可见光通过透明晶体所产生的光学效应的一门科学。对于不同的晶体,其光学性质不相同。因此,晶体光学是研究鉴定透明矿物的重要方法,是学习岩石学的基础和研究岩石的重要手段。

2. 岩石学

岩石是一种或多种晶质及非晶质造岩矿物按一定的规律构成的固结的矿物集合体,它是地壳发展过程中各种地质作用形成的地质体,并且是地壳的主要构成部分。岩石不仅是地球物质的重要组成部分,也是地球之外其他类地行星的组成部分。目前,人类不仅能获得地球上的岩石样品,而且也获得了月岩和陨石的样品。

岩石学是研究天然岩石的科学。由于岩石是除去大气圈及水圈后地壳的主要组成部分,因此岩石学在地球科学中具有十分重要的地位。岩石学包括了岩类学和岩理学两部分,岩类学以研究岩石分类和描述岩石特征为主,主要研究岩石的颜色、结构构造、矿物成分、化学成分和野外产状,对各类岩石作出进一步的分类和命名;岩理学则是以岩类学为基础,结合实验研究和理论分析,综合研究各类岩石的成因和形成机理。

三、岩石的分类

自然界的岩石分为三大类:岩浆岩、沉积岩和变质岩。

1. 岩浆岩

岩浆岩又称火成岩,是由地幔或地壳岩石经部分熔融形成的岩浆凝固结的产物。岩浆可以由全部为液相的熔融物质组成,也可以含有挥发分及部分固体物质,如晶体及岩石碎块。

岩浆从高温炙热的状态降温并伴有结晶作用的过程称为岩浆固结作用(路风香等,2004)。

2. 沉积岩

沉积岩形成于地表的条件,是由母岩(岩浆岩、沉积岩和变质岩)受到外界作用形成的物质(如母岩风化产物、火山碎屑物和有机物等),经过搬运作用、沉积作用以及成岩作用形成的一类岩石。

沉积岩的形成一般要经过沉积物的产生、沉积物的搬运和沉积以及沉积物的成岩三个过程。

3. 变质岩

变质岩是由岩浆岩和沉积岩经过变质作用形成的。它们的矿物成分及结构构造因为温度和压力的改变以及应力的作用而发生变化,但它们主要是在固体状态下发生的。

变质岩形成的温度、压力条件介于形成沉积岩的成岩作用和形成岩浆岩的岩石熔融作用之间。

由于自然界的许多地质作用具有过渡性,所以岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类岩石之间也具有过渡类型的岩石。例如:火山作用喷出的火山灰和火山碎屑物经搬运作用、沉积作用和成岩作用后形成的岩石应属于沉积岩类。然而,其成岩物质又来源于火山喷发,所以这类岩石就在一定程度上表现出沉积岩与岩浆岩的过渡类型特征。

四、三大岩类的相互关系及其野外特征

三大类岩石的特征具有明显的差异,但三类岩石可以相互转化,三类岩石可以相互过渡(路凤香等,2004)。例如:先存的变质岩、岩浆岩及埋深较大的沉积岩可以在高温条件下发生部分熔融形成岩浆,岩浆固结成岩浆岩。先存的岩浆岩、沉积岩和变质岩暴露于地表后经过剥蚀、机械破碎、搬运和沉积可以形成沉积岩。先存的岩浆岩及沉积岩在温度、压力及应力的作用下可以发生变质作用形成变质岩。岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类岩石在野外表现出不同的地质特征,现简述如下。

1. 岩浆岩特征

岩浆岩形成于火山及各类熔岩流,常见的形态为岩脉、岩墙、岩株及岩基等,可切割围岩。在与围岩接触处岩浆岩体边部有细粒的淬火边,有时围岩受其热影响可出现重结晶、相互反应及颜色改变等现象。多数岩浆岩无定向构造,矿物颗粒成相互交织排列除火山碎屑岩外,岩石中无化石出现。

2. 沉积岩特征

沉积岩呈层状产出,经历分选作用,岩层在横向上延续范围很大,且表面可以出现波痕、交错层、泥裂等构造。沉积岩地质体的形态可能与河流、三角洲、沙洲、沙坝的范围相近,沉积岩的固结程度有差别,有些甚至是未固结的沉积物。

3. 变质岩特征

变质岩中的砾石、化石或晶体产生变形或受到了破坏,一般具定向构造(少数无定向构造)。大范围的变质岩分布区岩石的变质程度有逐渐改变的现象。区域构造变质岩多数分布于造山带、前寒武纪地盾中,其面理方向与区域构造线方向一致。接触-热变质岩出现在岩浆岩体与围岩的接触带。

第二节 晶体光学与岩石学的研究方法和研究意义

一、晶体光学与岩石学的研究方法

晶体光学包括晶体光学原理和光性矿物学两部分,其研究基础是结晶学和矿物学。晶体光学研究主要在室内进行。

在掌握结晶学和矿物学的基础知识之后,以偏光显微镜为主要工具,利用岩石薄片,通过可见光研究透明矿物晶体所产生的光学效应;在此基础上分析掌握组成岩石的各类矿物在偏光显微镜下的光学性质和鉴别特征。

根据晶体光学原理,不同矿物在偏光显微镜下具有不同的光学性质和鉴别特征。因此,利用偏光显微镜对岩石薄片中的透明矿物进行鉴定,并分析各类矿物的大小、相对含量等特征。

沉积岩、岩浆岩和变质岩的研究方法分为野外和室内两个方面。

1. 野外研究方法

岩石是各类地质体的组成部分,在野外要研究各类岩石的物质成分、结构、构造、岩体产状、岩体与围岩的接触关系、沉积岩的岩层厚度和岩浆岩及变质岩岩体的规模、岩性组合等特征,查明岩体在时间和空间上的分布和演化特点,系统测量岩体岩相剖面,进行区域对比和分析。野外观察和描述可以初步分析岩石的岩性特征,观察原生结构和构造,并对观察的内容做详细记录,同时进行相关的素描、拍照、录像和岩石样品的采集。

在盆地研究区,目的层岩石被覆盖,这就需要对钻井取心进行观察和描述,对岩石的重要现象和成矿标志进行素描和拍照,选取重点井段进行岩心取样。由于取心段有限,因此将岩心资料和测井资料、录井资料以及地震资料充分结合,进行岩性、电性、物性和含油气性分析。在上述研究的基础上,综合分析岩体的成因、形成条件和含矿性。

2. 室内研究方法

在室内研究中,显微镜薄片鉴定是研究岩石的最基本、最简单、最有效的方法,是地质工作者必须熟练掌握的方法。

此外,岩石的室内研究方法还有重矿物分析、化学分析、热分析、光谱分析、阴极发光分析、铸体薄片图像分析、同位素分析、扫描电镜分析、电子探针分析、X射线衍射分析、气相色谱分析、测年分析及古地磁分析等。

在岩石化验分析中,新技术和新方法是推进晶体光学与岩石学研究的重要因素。裂变径迹、包裹体测温、真实砂岩微观模型等方法的应用对油气田的勘探开发具有重要意义。

二、晶体光学与岩石学的研究意义

目前,石油及天然气等资源是影响我国国民经济发展的因素之一,也是制约世

界经济的重要因素。一般来讲,只要具有孔隙性和渗透性,能储集石油及天然气的岩石都可作为油气储集岩,常见的主要油气储集岩是沉积岩中的碎屑岩和碳酸盐岩。此外,沉积岩中的泥质岩、岩浆岩和变质岩也可作为油气储集岩。近年来,石油及天然气地质勘探与开发在岩石学领域的研究取得重要的新进展表明,不仅岩浆岩和变质岩是石油及天然气富集的储集岩类型,而且有些地区深源流体对油气藏的形成起着至关重要的作用。在我国多个油气田中,火山岩油气藏和变质岩油气藏已经是石油及天然气勘探与开发的油气藏类型之一。因此,晶体光学与岩石学的研究对石油及天然气勘探与开发具有重要意义。晶体光学与岩石学是石油及天然气等资源勘探与开发的重要基础知识,晶体光学与岩石学的基本原理、基础知识和基本技能是石油及天然气类专业学生和石油地质工作者必须掌握的内容。

第二篇 晶体光学与光性矿物学

第二章 晶体光学基础

Chapter 2

第一节 光的性质

一、光的性质与传播

现代物理学研究发现，光是一种电磁波，光既具有波动性，又具有粒子性。晶体光学中所涉及的光是可见光部分，可见光只是电磁波谱中频率较高、波长较短的一部分电磁波，光波的波长范围为770~390nm（纳米），由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光组成。光的波长的量度单位用nm（纳米），纳米与其他长度单位之间的换算关系如下：

$$1\text{nm（纳米）} = 10^{-3}\mu\text{m（微米）} = 10^{-6}\text{mm（毫米）} = 10\text{\AA（埃）}$$

光在同一种均质介质中沿直线方向传播，当光从一种介质，射入另一种介质时，在界面上会发生折射及反射现象（图2-1），并改变了最初进行的方向，经过折射的光称折射光，经过反射的光称反射光。它们各自遵循折射定律及反射定律。

折射定律是指光在入射介质中的传播速度（ V_i ）与在折射介质中的传播速度（ V_r ）之比为一常数 N 。

$$V_i/V_r = \sin i/\sin r = N$$

当两介质一定时， N 为一常数，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 值称为折射介质的绝对折射率，简称折射率（倪志耀，2011）。

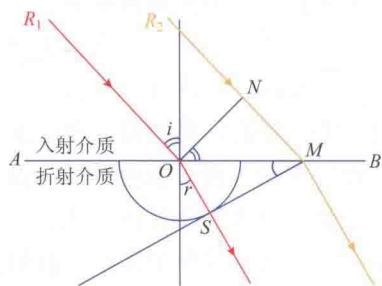


图2-1 光的折射现象
（据倪志耀，2011）

由折射定律可知,当光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 $V_r < V_i$,相对折射率大于1,其折射线更靠近法线。当光由折射率较大的介质射入折射率较小的介质时,其 $V_r > V_i$,相对折射率小于1,其折射线更远离法线;随着入射角的逐渐增大,折射角必将不断增大,折射线愈来愈远离法线;当光线的入射角增大到一定值时,其折射角 $r=90^\circ$,此时折射线已不复存在,折射现象亦不复存在,这一现象称全反射。

二、自然光和偏振光

根据光波振动方向的差别,可以将光波分为自然光和偏光。一般来说,直接自光源(如太阳光、电灯光等)发射出的光都是自然光。自然光是由无数个振动方向各异的光波复合而成的,即在垂直自然光传播方向的平面内,各个方向上都有相等振幅的光波振动。

在垂直传播方向的某一固定方向上振动的光波,称为平面偏振光,简称偏光。偏光振动方向与传播方向所构成的平面称为偏光振动面。自然光经过光学处理(如反射、折射、双折射或选择吸收作用)可转变为偏光,其转变过程称为光的偏振化。

第二节 均质体和非均质体

一、均质体与非均质体

自然界的物质根据其光学特征,可分为光性均质体与光性非均质体两大类,光在其中传播的情况各不相同(陈芸菁,1987)。

1. 光性均质体

所有未受应力的高级晶族的矿物(如萤石、石榴子石)及非晶质物质具有各向同性,光在该介质中无论任何方向传播,其传播速度不变,介质在三维空间任何方向折射率相等。光在均质介质中传播,不改变入射光的振动性质,也不发生双折射,入射光为各向振动的自然光,折射光仍为自然光;入射光为固定方向振动的偏光,折射光也为偏光。

2. 光性非均质体

所有中级晶族及低级晶族的晶体物质以及受过应力作用的高级晶族的晶体具有各向异性,除个别特殊的方向外,光在其中传播,会分解为两个振动方向互相垂直、传播速度不同、折射率不等的两条偏振光,此种现象称为双折射。一切具有双折射特征的介质称光性非均质体,双折射是非均质介质的基本特征,自然界绝大多数天然矿物为非均质体。

光波射入非均质体发生双折射时,分解形成两种偏光的折射率值之差称为双折率。

3. 光轴

光轴是指在非均质体中,光波射入时不发生双折射的特殊方向。在非均质体中,光波沿着光轴方向射入时不发生双折射,基本不改变入射光波的振动特点和振动方向。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。

二、光率体

1. 光率体

光率体又称光性指示体，它是一种将光波振动方向与该方向折射率值互相联系的空间图形。光率体就是在各个光波的振动方向上，将相应的折射率值按一定比例截取线段，自中心起以这些线段为半径，并将这些线段的端点连接起来所构成的空间几何图形。

2. 均质体的光率体

均质体各向同性，各方向折射率值相等，将所测得的折射率在各个光波振动的方向上按一定比例截取线段，并把这些线段的端点连接起来，所得到的空间图形为一球体。均质体光率体上垂直任一波法线方向，并通过球心的切面均为圆，其半径长度代表该均质体折射率的大小。不同的均质体的光学性质的差异主要表现在球体半径，即折射率(N)的大小上。

3. 一轴晶光率体

一轴晶光率体是一个以光轴为旋转轴的旋转椭球体，通过椭球中心作任一垂直波法线方向的切面即得一椭圆（只有垂直光轴方向的切面为圆），椭圆的长短半径的方向分别代表两个偏光的振动方向，半径的长度分别代表该振动方向上折射率的大小。一轴晶矿物有最大和最小两个主折射率值，分别以符号 N_e 和 N_o 表示（图2-2）。

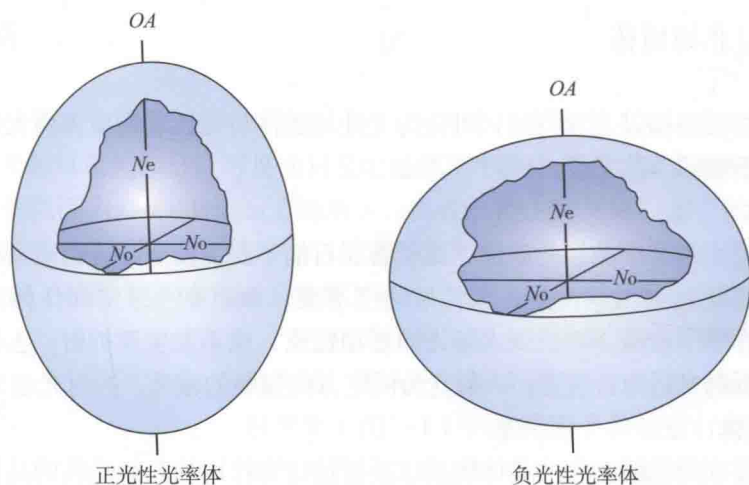


图2-2 一轴晶光率体*

一轴晶光率体分为正光性光率体和负光性光率体（倪志耀，2011）。

（1）正光性光率体

正光性光率体为一个长形旋转椭球体，旋转轴为长轴，光波平行 Z 轴（光轴）振动时的折射率值总是大于垂直 Z 轴振动时的折射率，即 $N_e > N_o$ 。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，如石英。

注：带*图件引自西北大学地质系内部教学资料，下同。

(2) 负光性光率体

负光性光率体为一个扁形旋转椭球体，其旋转轴为短轴，光波平行Z轴振动时的折射率总是小于垂直Z轴振动时的折射率，即 $N_e < N_o$ 。凡具这种特征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，如方解石。

一轴晶主要的光率体切面有下列三种类型：

- 垂直光轴的切面为圆，其半径为常光的折射率 N_o 。
- 平行光轴的切面为椭圆，是一轴晶的主切面，其半径之一为非常光的折射率 N_e ，另一为常光的折射率 N_o ， N_e 与 N_o 间相对大小由光性正负所决定，一轴正晶 $N_e > N_o$ ，一轴负晶 $N_e < N_o$ ， N_e 与 N_o 之差的绝对值为一轴晶的最大双折射率。
- 斜交光轴的切面为一椭圆，其半径之一为 N_o ，另一为 $N_{e'}$ ，其大小介于 N_e 与 N_o 之间， $N_{e'}$ 与 N_o 之间的相对大小由光性正负所决定，当光性为正时， $N_{e'} > N_o$ ，当光性为负时， $N_{e'} < N_o$ ， $N_{e'}$ 与 N_o 之差的绝对值为该切面的双折射率，但不是最大的双折射率，其大小介于零与最大值之间，由 $N_{e'}$ 与光轴 N_e 之间夹角大小所决定（图2-3）。

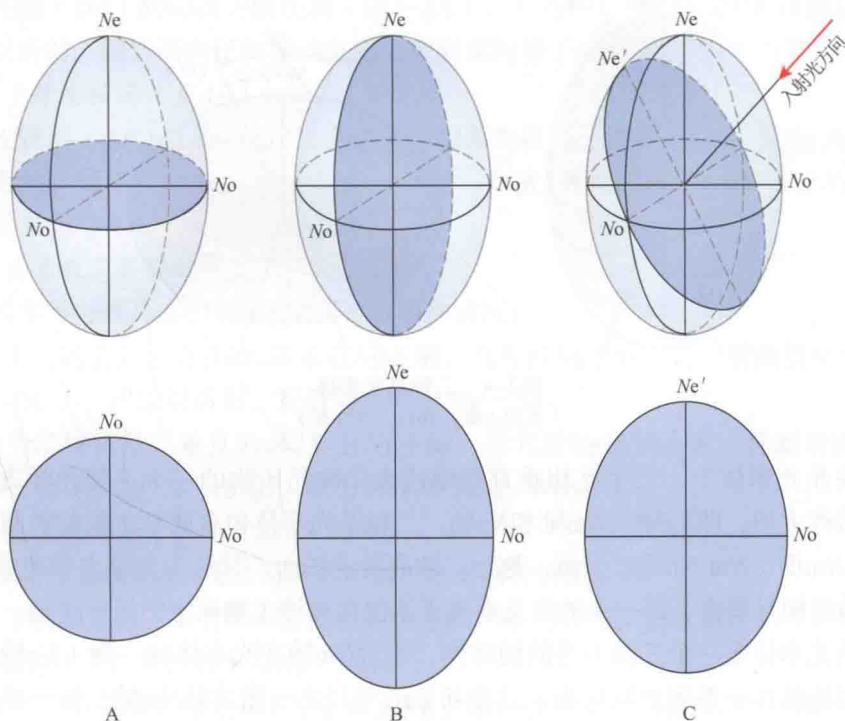


图2-3 一轴晶正光性光率体的主要切面

（据倪志耀，2011）

A—垂直光轴切面；B—平行光轴切面；C—斜交光轴切面

4. 二轴晶光率体

二轴晶矿物晶体的三个结晶轴单位不相等（ $a \neq b \neq c$ ），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，通常以符号 N_g 、 N_m 、 N_p 代表大、中、小三个方向折射率值（倪志耀，2011）。当光波沿其他方向振动时，相应的折射率值在 N_g 、 N_m 、 N_p 之间变化，用符号 $N_{g'}$ 和 $N_{p'}$ 表示，它们与 N_g 、 N_p 的相对大小关系