地质调查工作方法指导手册

透明矿物薄片鉴定手册

常丽华　陈曼云　　编著
金　巍　李世超　于介江

地质出版社
·北　京·

内 容 简 介

本书系统介绍了281种主要透明矿物的化学组成、结晶特点、光性特征、变化、鉴别特征和地质产状及其他等。书中着重阐述了矿物的光性特征、鉴别标志及其与相似矿物的区别；较全面地收集了主要造岩矿物常见蚀变类型。此外，尚描述了10种最常见的不透明矿物在薄片中的特点。手册中附有透明矿物光性方位图，光性鉴定图223幅。书中选录了585幅数字化显微彩色照片，对薄片中矿物鉴定具有很强的直观性和比照性，是该书的重要组成部分之一，它与文、图相互配合，使矿物的光性特征更加突出。在电子版中设有数字化矿物鉴定检索系统，便于读者快速鉴定矿物。

该书是为地质调查人员、地质院校师生和地质科研人员提供的一本具有可操作性的岩矿鉴定工具书，也可供其他相关专业的有关人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

透明矿物薄片鉴定手册/常丽华等编著. —北京：地质出版社，2006.4

ISBN 7-116-04751-4

Ⅰ.透… Ⅱ.常… Ⅲ.透明矿物-鉴定-手册 Ⅳ.P578-62

中国版本图书馆CIP数据核字（2006）第029598号

TOUMINGKUANGWU BOPIAN JIANDING SHOUCE

责任编辑：陈 磊
责任校对：王素荣
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）82324565（编辑室）
网 址：http://www.gph.com.cn
电子邮箱：zbs@gph.com.cn
传 真：（010）82310759
印 刷：北京地大彩印厂
开 本：787 mm×1092 mm 1/16
印 张：15.75 图版：80页 附光盘一张
字 数：380千字
印 数：1—3000册
版 次：2006年4月北京第一版·第一次印刷
定 价：90.00元

ISBN 7-116-04751-4/P·2669

承诺：凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社出版处负责调换。

声明：版权所有，未经作者书面许可，不得为任何目的，以任何形式或手段复制、翻印、传播或其他任何方式使用本书的任何图版图片。

《地质调查工作方法指导手册》

编辑委员会成员名单

主 任 委 员: 孟宪来

副主任委员: 张洪涛　周家寰

委　　员: (以姓氏笔画排序)

邓晋福　卢民杰　叶建良　任天祥　刘士毅
刘凤山　刘纪选　孙文珂　庄育勋　严光生
张　伟　李家熙　杨振升　肖桂义　陈　磊
陈仁义　季　强　殷跃平　莫宣学　彭齐鸣
曾朝铭

顾问委员会成员名单

(以姓氏笔画排序)

丁国瑜　马宗晋　方克定　王　达　王秉忱　王鸿祯　卢耀如
叶天竺　任纪舜　刘广志　刘广润　刘光鼎　刘宝珺　多　吉
孙　枢　孙殿卿　汤中立　许志琴　何继善　宋叔和　寿嘉华
张本仁　张宗祜　张弥曼　李廷栋　李佩成　杨　起　杨文采
杨遵义　汪品先　汪集旸　沈其韩　肖序常　邱中建　陈庆宣
陈梦熊　陈毓川　於崇文　林学钰　郑绵平　金庆焕　金振民
金翔龙　赵文津　赵鹏大　徐世浙　殷鸿福　涂光炽　袁道先
贾承造　常印佛　童庆禧　董申葆　谢学锦　翟光明　翟裕生
裴荣富　薛禹群　戴金星

序

地质工作是一项专业性和实践性很强的科学工作，无论是地质调查还是地学研究都涉及到广泛的专业知识和各个方面实际工作技巧。一个称职的地质工作者应该系统掌握其工作领域里相应的工作方法和理论知识，以适应其工作需求。随着地质科学自身的完善和发展，特别是经济社会发展对地质工作需求的变化和提升，地质工作者正面临着如何进一步提高综合素质和工作能力的问题，中国地质调查局也在积极面对如何尽快提高公益性地质调查队伍整体能力的挑战。

地质专业的大学毕业生、研究生是地质队伍的主要人才来源，他们在学校系统学习了地学的基本理论，掌握了一些基本工作技能，但由于实践经验不足，还难以适应复杂与差异变化的地质工作的实际需求，毕业生必须经过实践锻炼才能逐步胜任实际工作。多少年来，我们培养了一代又一代的地质工作者，不断发展着这一古老而又年轻的学科。但是，近几年来，由于种种原因，年富力强的一线地质工作者明显不足，出现了“文革”之后的又一次人才断层，许多新参加工作的地质技术人员难以得到老专家的传帮带，工作技能的提高受到很大的制约。同时，由于信息社会知识的爆炸，地学领域的新技术、新理论在不断涌现，每一个地质工作者都面临着如何实现知识更新、跟上时代步伐的问题。在地质工作任务日益繁重，社会对地质工作成果的要求越来越高的形势下，如何尽快提高地质队伍中青年技术人员的业务综合能力是摆在中国地质调查局面前的一项重要任务。

为了适应新的形势，尽快提高地质工作者的业务素质，我们组织各方面有丰富经验和较高专业造诣的专家编写了这套涵盖地质调查研究各个领域的工作方法系列指导手册。这套手册从地质工作的实际需求出发，侧重基本工作方法和动手能力的培养，起到了大学教科书与实际工作之间的连接与过渡作用。手册中包含了作者们多年积累的丰富实际工作经验和大量实际资料，使读者可以在实践中充分参考、学习。这一手册无论对新出校门的年轻人还

是对有工作经验的老地质工作者都有很大的参考价值，可以成为广大地质工作者不断扩展知识领域和技能范畴、完善自我的重要辅助材料。我相信，这一手册的出版将有效地推动地质调查队伍业务能力建设的进程，受到广大地质工作者，特别是青年地质工作者的欢迎。

作为地质战线的一员，我衷心感谢参与编写该指导手册的所有专家们，感谢他们将自己辛勤工作积累下来的经验和资料总结升华，留给青年同行，感谢他们为中国地质工作做出的不可磨灭的贡献。我也感谢该指导手册编写的组织者，他们为地质工作的发展和振兴作了一件好事。我也期待着我们的老专家们更多地参与到这项工作中来，并就培养青年地质技术人员的途径和方式献计献策、发挥作用。

随着《国务院关于加强地质工作的决定》出台，我国地质工作正在进入一个新的历史机遇期，国家需要更多的高素质地质工作者。每一个地质工作者都要不辱使命，尽力提高自身能力，通过自己的努力为发展地质事业，全面建设小康社会做出贡献。



2006 年 3 月于北京

序

这本手册的学术水准和实用价值，相信每一位读过和用过本书的人，都会得出客观的评价，毋庸我赘言。作为与作者共事多年的老同事，这里仅就两位教授感人至深的治学态度和敬业精神，谈谈我个人的体会。

陈曼云和常丽华两教授从事岩石学的教学、科研和生产工作，孜孜不倦。半个世纪如一日。她们深知，在新的测试技术不断发展的今天，偏光镜下对透明矿物的观察研究，依然具有不可取代的重要性。诚如本书前言所指出的，这不仅由于薄片方法经济、快捷和有效，而且因为岩石薄片的组构分析可以揭示矿物间的共生、反应和演变诸关系，从而为探索岩石成因提供证据。再精的岩矿测试数据，如无镜下资料的支撑和相互印证，难于得出好的科学结果。陈曼云、常丽华两位先生高度重视新方法、新技术的进展，但她们从不赶时髦，不盲目的追“新”。她们所不懈努力，只在给这一“古老”的显微镜方法注入新的活力，使其发挥更好的作用。《手册》突出了显微镜下矿物鉴定的方法、标志和相似矿物区别，尤其是把蚀变矿物作为鉴定主要造岩矿物的标志之一，体现了作者的学术思想。在天蓝色和紫色多色性的柱状切面上，测定延性符号，即可快速鉴定蓝闪石和青铝闪石这两种相似矿物。此类经验之谈书中不胜枚举。将矿物光性等特征数字化处理，编制矿物鉴定检索系统，与彩照、文字交相辉映，完好地体现了《手册》的功能。这就是她们为之的皓首穷经科学理念。对此，我深表钦佩。

浮躁之风，是科学工作者的大忌。陈曼云、常丽华两位为我们树立了一个“戒躁”求实的样板。我把她们视为楷模。只要粗略了解本书的形成过程，就可以体会她们的脚步是多么坚实。从山东大学的地质矿物系，到长春地质学院的地质系，以至今天的吉林大学地球科学学院，代代相传，积累了大量的岩石薄片。在有心人呵护下，几经动乱，这些无价资源并未散失。本书作者在一万多件薄片中粗选五千件。从中排沙简金，精选出800余件。而后又再三比较择优，取精用弘，形成了本书之大全：281种透明矿物和10种岩石中常见的不透明矿物，附有585张精美的彩色照片，其中不乏罕见的珍品。这项

大工程前期工作是在“工余”做的，已经坚持了数十年。直到她们“退而不休”之时，才得以集中力量完成这一大业。这种锲而不舍的敬业精神，感动了许多人。有的捐赠标本，有的自愿出力，都想帮助她们一把以促成其事。在中国地质调查局的资助下，终于完成了定稿。精选的矿物显微彩照，不仅矿物典型、形态和光性特征清晰可辨，而且尚有同一矿物不同截面的组合彩像；再如堇青石六连晶、聚片双晶、柠檬黄多色晕和蚀变等特点的彩照，所有这些，对矿物鉴定有很强的实用性。而且这些美妙绝伦的图画，若能吸引青少年献身地质事业，这将是作者的望外之喜。

据我所知，陈曼云、常丽华两位尚有后续的写作计划。依她们老骥伏枥的劲头，定会完成所愿。我希望二位要张弛有度、量力而行，毕竟年事已高。为了多做些事，就得保重健康，是所至祷。

张始俠

2005 年 11 月于长春

前　　言

尽管先进的化学分析方法和元素测试新技术不断涌现，但偏光显微镜下透明矿物的薄片鉴定和组构分析，依然是矿物学、岩石学、矿床学、地球化学、构造地质学、某些材料科学和环境科学的研究，不可取代的基本方法。这不仅因为薄片鉴定方法经济、快捷和有效，而且还在于其它方法测试数据不论多么精确，都必须以薄片研究为基础，才能确保采样恰当和解释合理。因此，偏光镜下的透明矿物鉴定和岩石组构分析，至今仍是地质学家必须熟练掌握的基本功。

《地质工作基本方法系列手册》隶属于中国地质调查局“地学专项挂图编制”项目的一个课题，《透明矿物薄片鉴定手册》是系列手册的一本，由陈曼云和常丽华负责，另一成果是将出版的《结晶岩鉴定手册》。

2004 年 8 月在意大利佛罗伦萨举行的第 32 届国际地质大会，标志着地质学如同欧洲文艺复兴那样将从地中海迈向全球的振兴。我国以科学发展观来构建可持续发展的和谐社会伟大历史任务的提出，给地质学的发展提供了良好机遇，地质学的“春天”已来临。为适应新一轮国土资源调查的地质基础研究和矿产勘查行业的需要，而撰写的这本《透明矿物薄片鉴定手册》，以填补目前岩矿鉴定工具书的欠缺。

本书是在吉林大学地球科学学院“岩矿薄片鉴定教学研究”项目的基础上，通过收集和研究大量资料（包括文字、图表、标本和薄片），并结合作者长期在教学、科研实践中积累的标本、薄片鉴定经验与体会编写而成。为了保证《手册》的质量，作者查阅了大量中外文献，对矿物的光学常数、光性特征进行了核实、厘定、补充，对某些存疑矿物进行了必要的测试和研究。书中录入了主要造岩矿物（包括变种），常见透明矿物和少量稀土稀有元素矿物等共 281 种。此外，尚选录与透明矿物密切共生的 10 种常见不透明矿物。书中插有透明矿物光性方位图，部分透明矿物光性鉴定图共 223 幅。在文字说明中着重描述了矿物的光性特征、鉴别标志、相似矿物的区别和主要造岩矿物的常见蚀变矿物。

本《手册》中矿物显微彩色照片的薄片，主要是从吉林大学地球科学学院（原长春地质学院）和作者手头日积月累的万余件标本和薄片中精选出 800 余件。其中包括德国、日本、前苏联（含乌克兰）、美国和法国等国的薄片。此外，作者又从有关单位或个人珍藏的薄片中充实和精选相关矿物。在此基础上先后采集显微彩色照片 5800 余张，经反复对比、精选，录入 585 张（共 194 种透明矿物和 5 种不透明矿物）。我们的意愿是，为读者提供鉴定矿物的比照物和增强鉴定矿物的直观性。

为了便于读者使用，附有电子版的数字化矿物鉴定检索系统，其中可检索的矿物 299

种。总之，本《手册》文、图、彩色显微照片和矿物鉴定检索系统紧密结合，具实用性和可操作性，为快速、准确地鉴定透明矿物提供多种依据。如果本书能对地质调查人员、矿产勘查人员、院校师生和科研人员有所帮助，则将是作者的极大欣慰。

《手册》由序，前言，正文五章和显微镜下透明矿物彩色照片等组成，文字 38 万，照片 80 版。第一章概论，简要说明晶体光学在透明矿物光性鉴定中的应用，第二章均质体矿物，第三章一轴晶矿物，第四章二轴晶矿物。这三章据透明矿物的光性特征编排章节；章内的矿物据折射率平均值（均质体矿物为 N、一轴晶矿物为 N_o、二轴晶矿物为 N_m）由小到大排序；对同一矿物族的各变种，则不完全按折射率值大小为序，而从整体考虑予以编排。第五章几种常见不透明矿物，主要介绍薄片中它们的鉴定方法和鉴别特征。书的最后附有透明矿物晶体化学的分类，为便于查找注明了它们在正文中的页码。另附有中、英、俄矿物名词对照和本书采用的矿物英文代号。

书中所列的各矿物相关数据和光性特征描述，主要以原长春地质学院《透明矿物薄片鉴定》（穆克敏、常丽华等，1975，1988）为基础，并参考近年的国内外相关论著，经反复核实、筛选、确定。各种矿物的化学式主要参考王濮等（1987），多数光性方位图据 Troger W. E.（1971），少数均质体矿物的晶形据王濮等（1987），折射率等光学常数主要参考 Deer W. A. 等（1982，1992，2001）和王濮等（1987）的著作。

常丽华完成本书第一、二、三、五章和第四章部分矿物的编写，完成矿物鉴定检索表的编制，并参与部分彩色照片的矿物收集、鉴定和采集工作；陈曼云完成第四章中的云母族、角闪石族、辉石族和变质矿物等的编写，完成大部分数字化显微彩色照片的矿物收集、鉴定、采集、优选、组合及最后的统编；金巍参与了全书编写提纲的研讨和部分矿物的收集；于介江参与了部分的矿物资料整理和检索表编制；李世超完成矿物数字化显微彩色照片的电脑编辑和部分矿物光性方位图的绘制，并设计、完成了计算机系统中矿物的鉴定检索程序编制；陈华参与了部分图片的前期采集工作。

刘静兰、梁万通、贺高品、徐仲元、宋述光、刘晓春、谢成福、于援邦等教授（高工）以及北京大学岩石教研室、中国地质博物馆提供了部分薄片或标本。编写过程中始终得到了吉林大学地球科学学院中心实验室的大力支持，计桂霞、李清和和王共生等工程师给予热情帮助。

《手册》编写提纲经中国地质调查局组织专家组审议，并提出诸多宝贵意见和建议。送审稿经吉林大学地球科学学院组织的岩矿教授预审。中国地质调查局的卢民杰博士、教授主持书稿的终审，周新民、张贻侠、卢良兆、施性明、魏春景和吴才来等教授书写评审意见，作者对专家提出的有益的意见进行了认真的修改。

我们对给予帮助和指教的上述单位和个人，表示诚挚的鸣谢。我们特别感谢老院长张贻侠教授，他始终给予了热情的鼓励。值此《手册》出版之际，一并铭记于此以誌谢。

编著者

2005 年 10 月

目　　录

前　言

第一章　概论 …… (1)

一、偏光显微镜下透明矿物光性的鉴别 …… (1)

(一) 单偏光系统下观察的主要内容 …… (1)

1. 矿物的突起 …… (1)

2. 矿物的晶形、解理和裂理 …… (2)

3. 矿物的颜色、多色性和吸收性 …… (2)

(二) 正交偏光系统下观察的主要内容 …… (3)

1. 消光类型及延性符号 …… (3)

2. 干涉色及双折射率 …… (3)

(三) 锥光系统下某些光学数据的确定 …… (4)

1. 在近于垂直光轴的切面上确定轴性、光性 …… (5)

2. 在二轴晶垂直光轴切面干涉图上目估 2V …… (5)

二、检索表 …… (6)

(一) 最主要透明矿物薄片鉴定简明检索表 …… (6)

(二) 透明矿物数据库和鉴定检索系统 …… (6)

第二章　均质矿物 …… (8)

蛋白石　Opal …… (8)

萤石　Fluorite …… (8)

方沸石　Analcite Analcime …… (9)

方钠石族　Sodalite Group …… (10)

方钠石　Sodalite …… (10)

黝方石　Nosean, Noselite …… (11)

蓝方石　Haüyne …… (12)

青金石　Lazurite …… (12)

钾盐　Sylvite, Sylvine …… (12)

火山玻璃　Volcanic glass …… (13)

白榴石　Leucite …… (13)

铯榴石 (铯沸石)　Pollucite …… (14)

香花石　Hsianghualite Sianchualinit …… (15)

日光榴石族　Helvite Group …… (15)

方镁石　Periclase …… (16)

尖晶石族　Spinel Group …… (17)

石榴子石族　Garnet Group …… (18)

镁铝榴石　Pyrope …… (19)

铁铝榴石　Almandine …… (20)

锰铝榴石　Spessartine …… (21)

钙铝榴石　Grossular …… (21)

水钙铝榴石　Hydrogrossular …… (22)

钙铁榴石　Andradite …… (22)

黑榴石　Melanite …… (22)

钙铬榴石　Uvarovite …… (22)

烧绿石—细晶石族　Pyrochlore-

Microlite Group …… (23)
烧绿石（黄绿石） Pyrochlore
…… (23)
细晶石（微晶石） Microlite …… (23)
方钍石 Thorianite …… (23)
铈铌钙钛矿（钛铌钙铈矿） Loparite
…… (24)
钙钛矿 Perovskite …… (24)
闪锌矿 Sphalerite …… (25)
金刚石 Diamond …… (26)
第三章 一轴晶矿物 …… (27)
钙霞石 Cancrinite …… (27)
霞石族 Nepheline Group …… (27)
霞石 Nepheline …… (28)
六方钾霞石 Kalsilite …… (29)
钾霞石 Kaliophilite …… (29)
鱼眼石 Apophyllite …… (30)
石英及其 SiO_2 变体 …… (30)
石英 Quartz …… (32)
玉髓（石髓） Chalcedony …… (33)
柯石英 Coesite …… (34)
鳞石英 Tridymite …… (35)
方英石 Cristobalite …… (35)
斯石英（超石英） Stishovite …… (36)
焦石英 Lechatelierite …… (36)
热液石英（凯石英） Keatite …… (36)
明矾石 Alunite …… (36)
方柱石 Scapolite …… (37)
水镁石（氢氧镁石） Brucite …… (38)
纤水镁石（水镁石石棉） Nemalite
…… (39)
绿柱石 Beryl …… (39)
异性石 Eudialyte …… (40)
磷灰石 Apatite …… (41)
胶磷矿 Collophane …… (42)
凤凰石（钍铈磷灰石） Fenghuanglite
…… (44)
黄长石 Melilite …… (44)
顾家石 Gugiaite …… (45)
蜜黄长石 Meliphanite …… (45)
电气石族 Tourmaline Group …… (45)
硅铍石（似晶石）
Phenacite, Phenakite …… (47)
碳酸盐类 Carbonate Group …… (48)
方解石 Calcite …… (48)
菱镁矿 Magnesite …… (49)
菱铁矿 Siderite …… (50)
菱锰矿 Rhodochrosite …… (51)
白云石 Dolomite …… (52)
菱锌矿 Smithsonite …… (53)
氟碳钙铈矿（氟菱钙铈矿） Parisite
…… (54)
磷钇矿 Xenotime …… (54)
氟碳铈矿（氟碳铈镧矿） Bastnaesite
…… (55)
符山石 Vesuvianite Idocrase …… (55)
塔菲石 Taaffeite（铍镁晶石 berinel）
…… (56)
黄河矿 Huanghoite …… (57)
菱硼硅铈矿（铈硼硅石） Stillwellite
…… (57)
刚玉 Corundum …… (57)
钍石 Thorite …… (58)
黄钾铁矾 Jarosite …… (59)
白钨矿（钨酸钙矿） Scheelite
…… (59)
锆石族 Zircon Group …… (60)
锆石（锆英石） Zircon …… (60)
水锆石（变锆石） Malacon …… (61)
曲晶石 Cyrtolite …… (61)
苗木石（铌钍锆石） Naegite …… (61)

包头矿 Baotite …… (61)
锡石 Cassiterite …… (62)
锐钛矿 Anatase, Octahedrite …… (63)
金红石 Rutile …… (63)
第四章 二轴晶矿物 …… (65)
硼砂 Borax …… (65)
光卤石 Carnallite …… (65)
沸石族 Zeolite Group …… (66)
菱沸石(扁菱沸石) Chabazite …… (66)
丝光沸石(发光沸石) Mordenite …… (68)
钠沸石 Natrolite …… (69)
斜发沸石 Clinoptilolite …… (69)
钙十字沸石 Phillipsite …… (70)
辉沸石(束沸石) Stilbite …… (71)
汤河原石(条沸石) Yugawaralite …… (71)
片沸石 Heulandite …… (71)
中沸石(中性针沸石) Mesolite …… (72)
交沸石 Harmotome …… (73)
柱沸石 Epistilbite …… (73)
浊沸石 Laumontite …… (74)
黄浊沸石 Leonhardite …… (75)
杆沸石 Thomsonite …… (75)
钙沸石 Scolecite …… (76)
钡沸石 Edingtonite …… (76)
透锂长石 Petalite …… (77)
石膏 Gypsum …… (78)
长石族 Feldspar Group …… (78)
碱性长石亚族 Alkali feldspar Subgroup …… (81)
透长石 Sanidine …… (84)
正长石 Orthoclase …… (85)
冰长石 Adularia …… (86)
微斜长石 Microcline …… (86)
歪长石 Anorthoclase …… (87)
条纹长石 Perthite …… (88)
斜长石亚族 Plagioclase Subgroup …… (89)
钠长石 Albite …… (97)
更(奥)长石 Oligoclase …… (98)
中长石 Andesine …… (99)
拉长石 Labradorite …… (100)
倍(培)长石 Bytownite …… (100)
钙长石 Anorthite …… (101)
钡冰长石亚族 Hyalophane Subgroup …… (102)
钡冰长石 Hyalophane …… (102)
钡长石 Celsian …… (103)
堇青石 Cordierite …… (103)
铁堇青石 Sekaninaite …… (105)
印度石 Indialite …… (105)
大隅石 Osumilite …… (105)
粘土矿物 Clay minerals …… (105)
高岭石 Kaolinite …… (107)
多水高岭石 Halloysite …… (107)
变水高岭石 Metahalloysite …… (108)
地开石(迪开石) Dickite …… (108)
珍珠陶土 Nacrite …… (108)
蒙脱石(胶岭石,微晶高岭石) Montmorillonite …… (109)
绿脱石(绿高岭石,囊脱石) Nontronite …… (110)
皂石 Saponite …… (111)
水白云母 伊利水云母 Hydromuscovite …… (111)
蛭石 Vermiculite …… (112)
海泡石 Sepiolite …… (113)
蛇纹石族 Serpentine Group …… (113)
叶蛇纹石(片蛇纹石) Antigorite

……（114）
铁叶蛇纹石 Ferroantigorite ……（114）
纤蛇纹石 Chrysotile ……（114）
利蛇纹石 Lizardite ……（115）
绢石 Bastite ……（115）
胶蛇纹石 Serpophite ……（116）
水铝氧石（三水铝石） Gibbsite
……（116）
硬石膏 Anhydrite ……（117）
滑石 Talc ……（117）
铁滑石 Minnesotaite ……（118）
叶蜡石 Pyrophyllite ……（118）
绿泥石族 Chlorite Group ……（119）
叶绿泥石 Pennine，Penninite
……（120）
斜绿泥石 Clinochlore ……（121）
淡斜绿泥石 Leuchtenbergite，Rumpfite
……（122）
蠕绿泥石（铁绿泥石） Prochlorite
……（122）
鲕绿泥石 Chamosite ……（122）
鳞绿泥石 Thuringite ……（123）
铁叶绿泥石 Delessite ……（124）
云母族 Mica Group ……（124）
白云母 Muscovite ……（125）
绢云母 Sericite ……（125）
多硅白云母 Phengite ……（126）
铬白云母（铬云母） Fuchsite 或
Mariposite ……（126）
钠云母 Paragonite ……（126）
黑云母 Biotite ……（127）
金云母 Phlogopite ……（129）
锂云母（鳞云母） Lepidolite
……（130）
铁锂云母 Zinnwaldite ……（130）
钠锆石 Catapleiite ……（131）
磷锂铝石-羟磷锂铝石
Amblygonite－Montebrasite ……（131）
羟硅铍石 Bertrandite ……（132）
针钠钙石 Pectolite ……（133）
粒硅镁石族 Chondrodite Group
……（134）
块硅镁石 Norbergite ……（134）
粒硅镁石 Chondrodite ……（135）
硅镁石 Humite ……（135）
斜硅镁石 Clinohumite ……（136）
钛斜硅镁石 Titanoclinohumite ……（137）
海绿石 Glauconite ……（137）
绿鳞石 Celadonite ……（138）
黄玉（黄晶） Topaz ……（138）
天青石 Celestine，Celestite ……（139）
天蓝石 Lazulite ……（140）
葡萄石 Prehnite ……（141）
硅灰石 Wollastonite ……（142）
赛黄晶 Danburite ……（142）
复合矿 Grandidierite ……（143）
重晶石 Barite ……（144）
红柱石 Andalusite ……（144）
锰红柱石 Viridine，Kanonaite ……（145）
硼镁石 Szaibelyite ……（146）
镁硼石（小藤石、粒镁硼石） Kotoite
……（146）
硅硼钙石 Datolite ……（147）
多铝红柱石（莫来石） Mullite ……（147）
绿层硅铈钛矿 Rinkolite ……（148）
层硅铈钛矿 Rinkite ……（148）
矽线石 Sillimanite ……（148）
黑硬绿泥石 Stilpnomelane ……（150）
角闪石族 Amphibole Group ……（150）
直闪石 Anthophyllite ……（153）
铝直闪石 Gedrite ……（154）
镁铁闪石 Cummingtonite ……（155）

铁闪石　Grunerite …… (156)
透闪石　Tremolite …… (156)
阳起石　Actinolite …… (157)
软玉　Nephrite …… (158)
角闪石石棉　Asbestinite …… (158)
普通角闪石　Hornblende
…… (158)
纤闪石　Uralite …… (159)
浅闪石　Edenite …… (160)
韭闪石　Pargasite …… (160)
钛闪石　Kaersutite …… (161)
玄武闪石（镁-含镁绿钙闪石）
Basaltic hornblende …… (162)
绿钙闪石（绿钠闪石）　Hastingsite
…… (163)
钠闪石　Riebeckite …… (163)
红钠闪石（红闪石）　Katophorite … (164)
钠铁闪石　Arfvedsonite …… (164)
镁钠铁闪石　Magnesioarfvedsonite
…… (165)
蓝闪石　Glaucophane …… (165)
青铝闪石（铝铁闪石）　Crossite
…… (166)
镁钠闪石　Magnesioriebeckite
…… (167)
菱锶矿（碳酸锶矿）　Strontianite
…… (168)
脆云母族　Brittle mica Group …… (169)
黄绿脆云母—绿脆云母
Xanthophyllite－Clintonite …… (169)
珍珠云母　Margarite …… (170)
硬绿泥石　Chloritoid …… (171)
硬柱石　Lawsonite …… (172)
毒重石（碳酸钡矿）　Witherite …… (172)
文石（霰石）　Aragonite …… (173)
斧石　Axinite …… (173)
伊丁石　Iddingsite …… (174)
橄榄石族　Olivine Group …… (175)
镁橄榄石　Forsterite …… (176)
贵橄榄石（橄榄石）Chrysolite
…… (176)
铁橄榄石　Fayalite …… (178)
锰橄榄石　Tephroite …… (178)
钙镁橄榄石　Monticellite …… (179)
辉石族　Pyroxene Group …… (180)
斜方辉石亚族　Orthopyroxene
Subgroup …… (181)
顽火辉石（顽辉石）　Enstatite
…… (182)
古铜辉石　Bronzite …… (183)
紫苏辉石　Hypersthene …… (184)
尤莱辉石(易熔石)　Eulite …… (185)
单斜辉石亚族　Clinopyroxene
Subgroup …… (186)
斜顽辉石　Clinoenstatite …… (187)
斜紫苏辉石　Clinohypersthene …… (187)
易变辉石　Pigeonite …… (188)
透辉石　Diopside …… (188)
异剥辉石　Diallage …… (189)
钙铁辉石　Hedenbergite …… (190)
普通辉石　Augite …… (190)
钛辉石　Titanaugite …… (191)
绿辉石　Omphacite …… (192)
霓辉石　Aegirine-augite …… (193)
霓石　Aegirine …… (194)
锥辉石　Acmite …… (195)
硬玉　Jadeite …… (195)
锂辉石　Spodumene …… (196)
蓝线石　Dumortierite …… (196)
星叶石　Astrophyllite …… (197)
假蓝宝石　Sapphirine …… (198)

硬水铝石（一水硬铝石，水铝石）
Diaspore …… (199)
一水软铝石（勃姆石、水铝矿、薄水铝矿）
Boehmite …… (199)
绿帘石族 Epidote Group …… (200)
黝帘石 Zoisite …… (200)
锰黝帘石 Thnlite …… (201)
斜黝帘石 Clinozoisite …… (201)
绿帘石 Epidote …… (202)
红帘石 Piemontite …… (203)
褐帘石 Allanite …… (204)
绿纤石 Pumpellyite …… (205)
蓝晶石 Kyanite …… (206)
蔷薇辉石 Rhodonite …… (207)
金绿宝石（红绿宝石） Chrysoberyl
…… (207)
十字石 Staurolite …… (208)
闪叶石 Lamprophyllite …… (209)
独居石（磷铈镧矿） Monazite
…… (209)
钡铁钛石 Bafertisite …… (210)
钠铁非石（钛硅铁钠石，三斜闪石）
Aenigmatite …… (211)
硼镁铁矿 Ludwigite …… (212)
孔雀石 Malachite …… (212)
榍石 Sphene …… (213)
黑稀金矿 Euxenite …… (214)
易解石 Aeschynite …… (214)
斜锆石 Baddeleyite …… (215)
铌钇矿 Samarskite …… (216)
板钛矿 Brookite …… (216)
第五章 薄片中常见不透明矿物的
鉴别特征 …… (218)
碳质物 …… (218)
石墨 Graphite …… (218)
磁铁矿 Magnetite …… (219)
赤铁矿 Hematite …… (219)
铬铁矿 Chromite …… (220)
褐铁矿 Limonite …… (220)
黄铁矿 Pyrite …… (220)
磁黄铁矿 Pyrrhotite …… (221)
钛铁矿 Ilmenite …… (221)
辰砂 Cinnabar …… (222)
矿物的晶体化学分类 …… (223)
中、英、俄文矿物名称对照及本书
采用的矿物英文代号 …… (225)
参考文献 …… (236)

第一章　概　　论

可以被自然光透射的矿物称透明矿物,包括造岩矿物、部分稀有稀土矿物。它们是光性矿物学的主要研究对象。将欲研究的透明矿物或其岩石磨制成厚度约为 0.03 mm 的薄片(标准厚度是 0.03 mm),在偏光显微镜的透射光下观察、研究矿物的光学性质和测定光学常数,从而准确识别矿物并为岩石正确命名提供依据。

众所周知,岩石主要是由透明矿物所组成,无论对岩石进行一般观察还是进一步探讨其成因及演化历史,均离不开最基础的透明矿物的偏光显微镜下鉴定。因为只有准确识别组成岩石的各种矿物,才有可能进一步观察和研究这些矿物间的交生关系及其变化等。进而为鉴别岩石类型、研究岩石的成因等问题打下良好的基础。

一、偏光显微镜下透明矿物光性的鉴别

在偏光显微镜下鉴定透明矿物的光学性质主要通过单偏光、正交偏光、锥光三个系统进行。在单偏光镜下主要观察矿物的突起、晶形、颜色、多色性、吸收性及解理等;正交偏光镜间则主要观察矿物的最高干涉色、消光类型、消光角、延性符号、双晶等,它们是鉴定非均质体矿物的另一些光性特征;锥光镜下主要是确定非均质体矿物的轴性、光性、光轴角和光轴色散等,它们对区别某些矿物具有重要意义。上述透明矿物光学性质和常数是我们对每个矿物进行描述的主要内容,也是编制透明矿物鉴定检索表的基本数据。

(一)单偏光系统下观察的主要内容

1. 矿物的突起

折射率是透明矿物最基本也是最主要的光学常数,但在薄片中无法直接测出每个矿物的折射率值,而只能借助于直观的突起初步鉴定。矿物的突起决定于矿物本身的折射率和树胶折射率之差(加拿大树胶折射率为 1.54)。长期以来人们习惯将突起分为 6 ~7 个等级,以方便鉴定,表 1-1 列出了本书所采用的突起等级标准。表中的负突起指 $N_{矿} < N_{树}$;

表 1-1　矿物的突起等级和折射率

突起等级* ($N_{树}$ =1.54)	折射率范围	主要代表矿物	突起参考等级 (树胶≈1.56 ~1.57)
负 高或负中	<1.48	蛋白石、萤石	负高
负　低	1.48 ~1.54	钾长石、白榴石、沸石、钠长石	≈负中
正　低	1.54 ~1.60	石英、中-基性斜长石	负低—正低
正　中	1.60 ~1.66	透闪石、电气石、磷灰石	正低—正中
正　高	1.66 ~1.78	辉石、橄榄石、十字石	正中—正高
正极高	>1.78	榍石、锆石	正高—正极高

*　长期以来国内外有关书籍中引用的突起等级,均以 $N_{树}$ =1.54 划分,该栏所列即为公认的等级。考虑到近年来我国一些单位磨制薄片所用树胶折射率偏高(1.56 ~1.57)的特点,表中最后一栏列出了其相对应的突起参考等级。

正突起指 $N_{矿} > N_{树}$ ($N_{矿}$ 为矿物折射率, $N_{树}$ 为树胶折射率) 。表中的低、中、高等则表示 $N_{矿}$ 与 $N_{树}$ 间的差值由小至大。

2. 矿物的晶形、解理和裂理

(1) 矿物的晶形

薄片中所见到的矿物形态, 并不是其完整的晶形, 而是矿物某一切面的轮廓; 因此要想判断某矿物的晶形, 必须观察该矿物的各个切面, 综合考虑。如角闪石常见到长方形轮廓, 同时也能见到近六边形或菱形轮廓, 综合后可认为角闪石为长柱状; 又如长石常见的是近方形和长方形轮廓, 可判断其为板状。

在岩石薄片中一般常见的矿物形态如表 1 -2 所示, 供参考。

表 1 -2 矿物在岩石中的形态

矿物在岩石中常见形态	粒状	柱状	板状	片状	针状	纤维状	毛发状	放射状	球粒状
举例	方解石	蓝线石	中长石	黑云母	矽线石	纤闪石	矽线石	硬绿泥石	方解石
照片编号	100	508	206	262	336	369	337	397	101

(2) 矿物的解理和裂理

在薄片中矿物的解理表现为沿一定结晶方向平行排列的细缝线, 即解理缝。裂理(或称裂开、裂纹) 是沿双晶面破裂或沿细微包裹体分布的缝线, 一般不如解理缝线平直, 多数表现弯曲, 定向性不明显。但也有例外, 特别是异剥辉石(照片 472) 裂理很发育, 缝线平直细密。

不同矿物解理发育程度不同, 例如云母类矿物具极完全(有人划为完全) 解理, 表现为解理缝细, 彼此间距离均匀, 往往呈连续的直线贯穿整个晶体(照片 279) ; 角闪石、辉石和长石具完全(或中等) 解理, 表现为解理缝清晰但较稀, 不完全贯穿晶体而有中断现象(照片 342) ; 橄榄石则具不完全解理, 表现为解理缝稀疏, 断断续续, 有时仅见解理痕迹。相反橄榄石的裂纹发育, 表现为无一定方向的不平直的缝线(照片 414) 。石英、石榴子石属无解理的矿物, 后者更常见裂纹(照片 33) 。

必须指出, 解理清晰程度还与切面方向以及矿物和树胶折射率差值有关。例如云母虽然具有极完全解理, 但在平行或近平行其解理面切面中不见解理。角闪石、辉石和长石均具完全解理, 但在薄片中前两种矿物常见解理, 而长石因折射率接近树胶而往往解理不明显(缩小光圈可以见到) 。由此可见, 在鉴定矿物时要多方观察, 综合考虑。

3. 矿物的颜色、多色性和吸收性

(1) 颜色

指单偏光镜下白光(七色光组成) 透过晶体后呈现的颜色, 它是未被晶体吸收的部分色光的混合色。如果各色光被矿物等量吸收, 透过矿物后仍为白光则该矿物不显示颜色, 称无色矿物。此外, 颜色还与矿物的其他性质有关, 如所含色素离子种类和电价, 如含 Mn^{3+} 常为红色, 含 Cr^{3+} 多为绿色。

(2) 多色性和吸收性

对非均质体矿物的非垂直光轴(光轴面) 切面而言, 当转动物台时若见到颜色有变化称为多色性; 若见到颜色深浅有变化称吸收性。这是由于非均质体矿物具有各向异性, 对各色

光波的选择吸收和吸收程度随振动方向而变化的结果。

例如一轴晶矿物电气石具有两个振动方向 N_e(或 N_e')和 N_o,当 N_e(或 N_e')平行下偏光时见到浅褐色而 N_o 平行下偏光时见到紫褐色,其吸收性 $N_o > N_e$(照片 91),称为反吸收性。又如二轴晶矿物蓝闪石具三个主振动方向(N_g, N_m, N_p),其多色性: N_g—深蓝色, N_m—浅紫色, N_p—浅黄色。吸收性: $N_g > N_m > N_p$,称为正吸收性。要想见到这三个方向的颜色需要至少在两个切面上观察。

(二) 正交偏光系统下观察的主要内容

均质体矿物由于各向同性,所以任何切面在正交偏光间均表现为全消光(转动物台消光不变)。因此均质体矿物只有在单偏光镜下观察(有些矿物非均质化除外)。对非均质体矿物,除单偏光系统外,还需在正交偏光甚至锥光系统下观察,以便将相似的矿物区分开。

1. 消光类型及延性符号

(1) 消光类型和消光角

消光类型是指矿片处在消光位时,其解理缝(双晶缝)或晶体轮廓等与目镜十字丝(代表上下偏光振动方向)的相互关系。当矿片处于消光位时,若①解理(双晶)或晶体轮廓与十字丝之一平行时,称平行消光;②两组解理或晶体轮廓平分十字丝时,称对称消光;③解理或晶体轮廓与十字丝之一斜交时称斜消光,如图 1-1 所示。消光类型与晶体的光性方位有关,一轴晶矿物和二轴晶斜方晶系的矿物绝大多数见到的是平行消光和对称消光,二轴晶三斜晶系的矿物均为斜消光,而单斜晶系矿物则三种消光类型均可见到,以斜消光为主。



图 1-1 消光类型

对斜消光的某些矿物,消光角是鉴定它们的光学常数之一,但需根据不同矿物的要求,选择切面测量,如斜长石测量(010)$\wedge N_p'$,可准确确定其变种,具体要求和测量方法见斜长石有关章节;又如区别角闪石的变种时,要求在平行光轴面的切片上测 $c \wedge N_g$。

(2) 延性符号

指晶体的长方向(如柱状、针状、板状矿物)与光率体长、短半径的关系。当晶体的长方向与光率体长半径(慢光)平行或夹角小于 45°时为正延性;当晶体长方向与光率体短半径(快光)平行或夹角小于 45°时为负延性;应当注意的是矿物长方向平行 N_m(或夹角小于 45°)时延性可正可负;如果长形矿物消光角为 45°时不分延性正、负。

2. 干涉色及双折射率

干涉色是非均质体、非垂直光轴或光轴面的切片,在正交偏光间,当白光不同波长的七色光通过晶体时,由白光干涉而成,这种干涉结果是光程差起主导作用,即一定的光程差对应一种干涉色。而光程差又与薄片厚度、双折射率有关,其公式为:

$$R = d \cdot (N_1 - N_2)$$

式中: R—光程差; d—薄片厚度(标准为 0.03mm) ; (N_1 - N_2) —双折射率; 图 1-2 反映了它们间的这种关系, 图中横坐标为光程差 R 及对应的干涉色, 纵坐标为薄片厚度 d, 斜线则为双折射率(N_1 - N_2)。

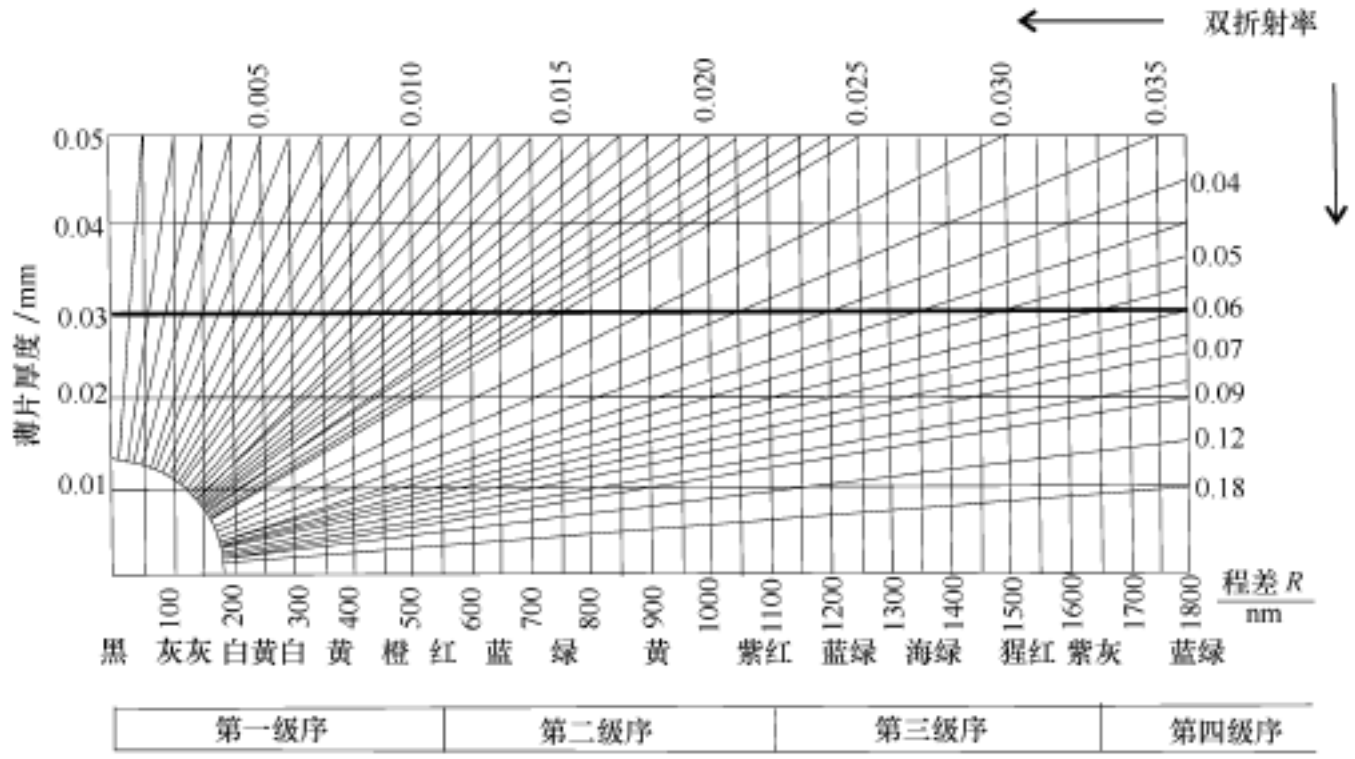


图 1-2 干涉色级序与双折射率关系

值得注意的是, 薄片中的同种矿物, 由于切片方向不同, 其双折射率不同, 干涉色也不同, 其中只有平行光轴(一轴晶) 或平行光轴面(二轴晶) 的切片才具有最大的双折射率(一轴晶为 $|N_e - N_o|$, 二轴晶为 $N_g - N_p$) 和最高干涉色, 对矿物鉴定才具有意义。本书所述矿物的干涉色在没有特别注明的情况下, 均指在标准薄片厚度(d = 0.03 mm) 的最高干涉色。表 1-3 给出了干涉色的级序与双折射率的相互关系, 提供读者参考。

在薄片鉴定中有时会见到某些矿物的干涉色在干涉色色谱表中找不到, 被称做异常干涉色, 它对有些矿物具鉴定意义。如叶绿泥石的靛蓝和锈褐色的异常干涉色(照片 246)。

表 1-3 干涉色级序和双折射率

干涉色级序		干涉色	双折射率范围	代表矿物
一级	底	灰、灰白、黄白	0.002 ~0.009	磷灰石、长石、绿柱石、石英
	顶	亮黄、橙、紫红	0.010 ~0.019	紫苏辉石、蓝晶石、重晶石
二级	底	蓝、绿、黄绿	0.020 ~0.029	矽线石、普通辉石、透闪石
	顶	黄、橙、紫红	0.030 ~0.037	透辉石、粒硅镁石、橄榄石
三级	底	绿蓝、蓝绿、绿	0.038 ~0.045	橄榄石、白云母、滑石
	顶	绿黄、猩红、粉红	0.046 ~0.055	锆石、霓石、黑云母、(白云母)
四级	底	紫灰、灰蓝、淡绿	0.056 ~0.065	独居石、锐钛矿
	顶	高级白	>0.066	碳酸盐矿物、榍石、锡石

(三) 锥光系统下某些光学数据的确定

矿物薄片鉴定中, 一般不需使用锥光系统, 若必须确定矿物的轴性、光性或光轴角(2V) 时, 可选用适当切面在锥光下确定。

1. 在近于垂直光轴的切面上确定轴性、光性

在正交偏光间尽量选一个一级灰或黑灰的欲测矿物切面，锥光镜下观察。

(1) 确定轴性

图 1－3 为一轴晶近于垂直光轴(小斜切光轴)切面的干涉图，其特点是由偏离目镜十字丝中心的黑十字和干涉色色圈组成(色圈有时不见)。转动物台黑十字交点即光轴出露点(C)，环绕目镜十字丝做圆周运动。

图 1－4 为二轴晶小斜交切面的干涉图，由一黑臂和卵形色环组成(色环可不见)，光轴不通过十字丝，转动物台，黑臂时直时弯。

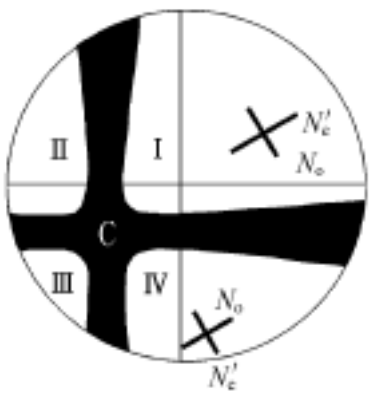
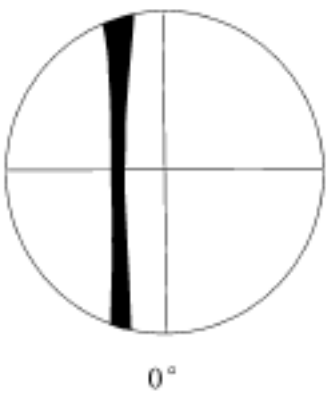


图 1－3　一轴晶近⊥C 切面干涉图



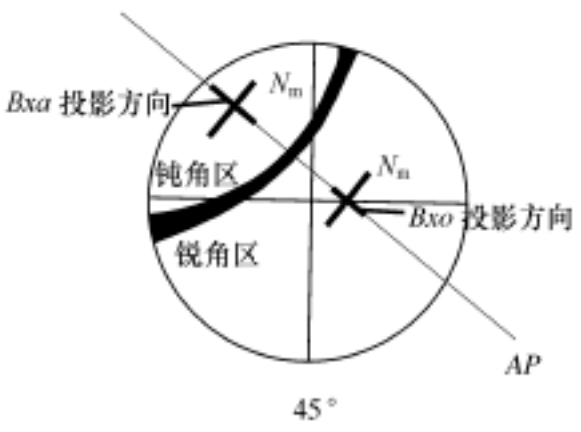


图 1－4　二轴晶小斜切面干涉图

(2) 测定光性符号

一轴晶测定光性符号时首先确定象限和 N_e 、N_o 方位，如图 1－3 中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ为四个象限(以黑十字划分)，其中 N_e 方位为放射线方向，而 N_o 方位为切线方向。

根据一轴晶矿物 $N_e > N_o$ 为正光性，$N_e < N_o$ 为 负光性的原则。在确定象限后，插入石膏检板(λ)，检板长方向为短半径，注意观察黑十字附近干涉色(一级灰)的变化，若Ⅰ，Ⅲ象限变蓝(升高)，Ⅱ，Ⅳ象限变黄(降低)，表明放射线方向 $N_e' = N_g$(长半径)而切线方向 $N_o = N_p$(短半径)，如图 1－5 所示，该矿物为正光性，否则相反。

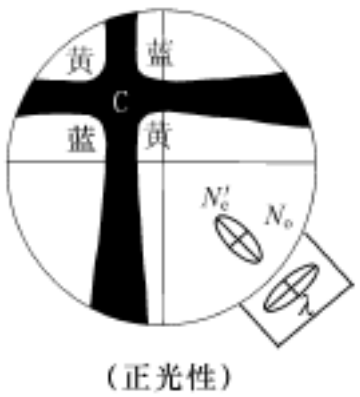
二轴晶测定光性符号时，首先需搞清在干涉图中光率体要素的方位：如图 1－4 的 45°位，黑臂弯曲的凹区称钝角区，凸区称锐角区，弯曲黑臂切线的垂直方向总体为光轴面(AP)方向，该方向在钝角区内为 Bxa 投影方向，在锐角区为 Bxo 投影方向；垂直光轴面(AP)的方向无论锐角区、钝角区永远为 N_m 方向。

根据二轴晶 Bxa = N_g(或 Bxo = N_p)为正光性，Bxa = N_p(或 Bxo = N_g)为负光性，以及 $N_g > N_m > N_p$ 的原则。在 45°位置上插入石膏检板(振动方向如图 1－6 所示)观察弯曲黑臂两侧干涉色(一级灰)变化情况，如图所示锐角区变黄(降低)，而钝角区变蓝(升高)，表明 Bxa = N_g、Bxo = N_p，该矿物为正光性。

2. 在二轴晶垂直光轴切面干涉图上目估 2V

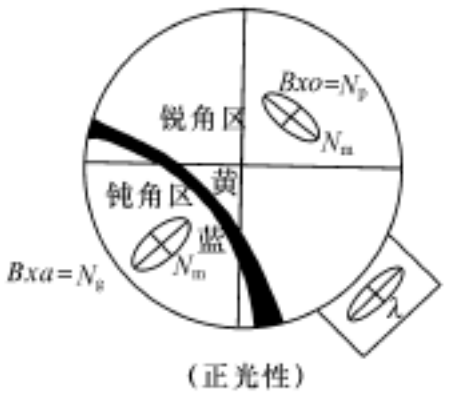
该切面在正交偏光间特点应全消光，实际上一般达不到，只要找到一个一级暗灰且转动物台干涉色不变化的预测矿物切面即可。

目估是在 45°位置干涉图中，根据黑臂弯曲程度确定，图 1－7 为黑臂弯曲程度与 2V 关系目估图。当黑臂为一直臂时，2V = 90°，黑臂弯曲显著，近于 90°时 2V≈0°。



（正光性）

图 1－5　光性符号测定
（一轴晶）



（正光性）

图 1－6　光性符号测定
（二轴晶）

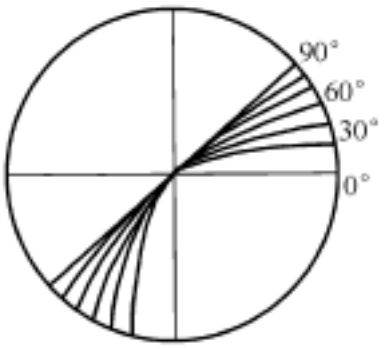


图 1－7　2V角的目估

二、检索表

（一）最主要透明矿物薄片鉴定简明检索表

该鉴定简明检索表（见第 7 页）共收集了最常见的透明矿物约 70 余种，为读者鉴定矿物之用，表与本书编排思路基本一致，查找顺序是：首先找出该矿物的突起等级，然后按均质体、一轴晶、二轴晶不同的要求查找：

均质体：进一步根据解理—晶形确定；

一轴晶、二轴晶：分别按光性符号—干涉色—晶形进一步确定。

如某矿物为负低突起、均质体、无解理、粒状，可在表中查出该矿物是白榴石。又如某矿物正中突起、二轴晶、负光性、一级黄干涉色、柱状。在表中查到三个矿物硅灰石、红柱石、绿脆云母，此时则需查找这些矿物的详细描述，进一步排查、确定。

（二）透明矿物数据库和鉴定检索系统

为了准确、快速鉴定矿物，我们为读者建立了 299 种矿物的数据库，包括每种矿物的光学常数如折射率、突起、颜色、多色性、双折射率、干涉色、延性、轴性、光性和 2V等。鉴定者只需要把测定的某矿物相关参数（即光学常数，测定的越多越准确）输入程序中，计算机便即刻显示该矿物名称或几种矿物名称。当出现后种情况时，可以从电脑所显示出的这几种矿物简述中排查，必要时可从本书中查找它们的更详细描述，逐一排查，做出准确鉴定。所录用的每种矿物均在电脑中有关数据的右上角注明该矿物在本书的页码，以便查找，数据库中另附有突起、干涉色对比图片。该系统见本书所附光盘。

书中所用符号

a、b、c	结晶轴	C	一轴晶光轴
N	均质体折射率	OA	二轴晶光轴
N_e、N_o	一轴晶主折射率	Bxa	二轴晶锐角等分线
N_g、N_m、N_p	二轴晶主折射率	Bxo	二轴晶钝角等分线
$N_e - N_o$ 或 $N_o - N_e$	一轴晶最大双折射率	AP	二轴晶光轴面
$N_g - N_p$	二轴晶最大双折射率	2V	光轴角
Δ	双折射率	r	红光的色散
$c \wedge N_g$、$(010) \wedge N_p'$ 等	消光角	v	紫光的色散

最主要透明矿物薄片鉴定简明检索表

	轴性	光性		突起	负中突起 (N<1.48)		负低突起 (N=1.48-1.54)		正低突起 (N=1.54-1.60)			正中突起 (N=1.60-1.66)			正高突起 (N=1.66-1.78)			正极高突起 (N>1.78)	
				晶形	粒状	柱、片状等	粒状	柱、板、片状	粒状	柱、板、针、片状	纤维状、放射状	粒状	柱、板、片、针状	纤维状、放射状	粒状	柱、板、片、针状	纤维状放射状	粒状	柱、针、片状等
均质体			解理	无解理	蛋白石 方沸石		白榴石						中异性石		尖晶石、石榴子石			尖晶石、石榴子石	
			理	有解理	萤石 八面沸石		黝方石								方镁石				
非均质体	一轴晶	+	干涉色	低一级灰至二级蓝绿 (Δ<0.025)	菱沸石			玉髓	石英	水镁石*、明矾石	水镁石		黄长石*、异性石			符山石*			
				中二级绿至四级末 (Δ=0.025～0.072)															锆石
				高四级以上至高级白 (Δ>0.072)															金红石
		-	干涉色	低一级灰至二级蓝绿 (Δ<0.025)	沸石		霞石		霞石	方柱石、绿柱石		磷灰石	磷灰石、负异性石、黄长石*			符山石*、刚玉			
				中二级绿至四级末 (Δ=0.025～0.072)				皂石		方柱石	皂石		电气石、负异性石						
				高四级以上至高级白 (Δ>0.072)			方解石、白云母					方解石	白云石		白云石				
	二轴晶	+	干涉色	低一级灰至二级蓝绿 (Δ<0.025)			堇青石‖	沸石、石膏	堇青石‖	斜长石、堇青石、绿泥石*、蛇纹石	蛇纹石	黄玉‖	矽线石‖、重晶石‖、硬玉、葡萄石‖			普通辉石、硬绿泥石、黝帝石*‖、斜黝帝石*、十字石‖			
				中二级绿至四级末 (Δ=0.025～0.072)					硬石膏			硅镁石‖	葡萄石‖		橄榄石‖	普通辉石、橄榄石‖、伊丁石、透辉石			独居石
				高四级以上至高级白 (Δ>0.072)															榍石
		-	干涉色	低一级灰至二级蓝绿 (Δ<0.025)			堇青石‖	碱性长石、沸石、皂石	堇青石‖	斜长石、蛇纹石、绿泥石、沸石	蛇纹石、沸石、高岭石、皂石		硅灰石、红柱石‖、绿脆云母	海绿石	斧石	紫苏辉石‖、蓝晶石	蓝线石*‖		褐帝石
				中二级绿至四级末 (Δ=0.025～0.072)						滑石、绢云母			白云母‖、蓝闪石、黑云母‖、透闪石、金云母‖、普通角闪石	透闪石、阳起石、绿鳞石	橄榄石‖	霓石、橄榄石‖、绿帝石、伊丁石			褐帝石、红帝石
				高四级以上至高级白 (Δ>0.072)												文石‖			

在表内的二轴晶中，具有平行消光的矿物用‖号表示，在所有透明矿物中，具有异常干涉色的矿物用*号表示

第二章　均质矿物

蛋　白　石　Opal

$SiO_2 \cdot nH_2O$

非晶质

N = 1.406 ~1.460

化学组成　蛋白石是含水的隐晶质或胶质的氧化硅。含水量不定，从 2% ~20%，一般为 3% ~9%。常含有吸附的杂质，如粘土、有机质、氢氧化铁、锰、铜和镍等。X 射线研究表明，大多数蛋白石由高度无序的 SiO_2 变体——方英石组成。

结晶特点　无固定形态，多成不规则粒状、钟乳状、结核状等，充填于岩石空隙中。无解理。

光性特征　颜色为白、灰黄、褐绿，薄片中无色，有时显灰或浅褐色。具负中—高突起（照片 1, 3）。折射率的高低与水的含量有关：

w(H_2O) /%	3.55	6.33	8.97	28.04（人工制造）
N	1.4592	1.4531	1.4465	1.409

正交偏光间为全消光（照片 2, 69），但有时由于受内应力作用，在其边缘或包裹体附近见到反常的双折射现象，出现灰色干涉色。

变化　常变成玉髓和石英的细小集合体。亦可由热水溶液分解形成硅华。

鉴别特征　蛋白石与火山玻璃可根据折射率区分，即使最酸性的火山玻璃，其折射率也不低于 1.480，而蛋白石折射率小于此数。蛋白石还可能与萤石相混，区别是：①萤石在薄片中一般具有晶形，而蛋白石无固定形态；②萤石可见到解理；③萤石折射率 >1.430，因此 <1.430 者可能是蛋白石。蛋白石与白榴石、方钠石、方沸石区别可根据蛋白石无晶形，折射率稍低及产状等特点。

产状及其他　蛋白石为低温条件下形成的矿物。常出现于沉积岩的孔洞和裂缝中，与鳞石英、沸石等共生。有时也作为某些砂岩的胶结物出现。它又是硅藻土、放射虫和海绵骨针等硅质骨骸的成分。它在沉积岩中可成为石膏、方解石和岩盐的假象。此外，蛋白石还常与石英、玉髓等一起充填于火山岩气孔中（照片 1, 3, 69）。在火山岩和变质岩中，有时形成长石、辉石、角闪石和橄榄石的假象。蛋白石可作宝石或工艺品。

萤　　石　Fluorite

CaF_2

等轴晶系

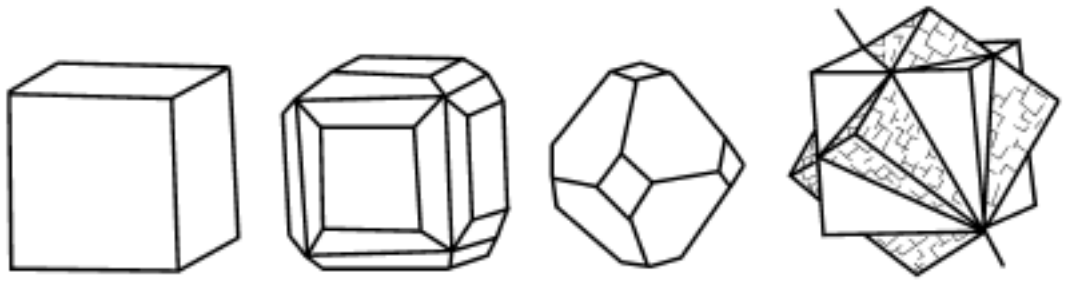


图 2－1　萤石的晶形

N = 1. 433 ～1. 435

化学组成　又名氟石　大多数萤石 CaF_2 含量在 99% 以上, 仅含少量 Si 或 Al、Mg 等杂质。在少数情况下 Ca 可被 Y^{3+} 或 Ce^{3+} 代替。含 YF_3 较高(可达 10% ～20%, 甚至 50%) 的萤石变种称钇萤石; 含 CeF_3 较高者(CeF_3 可达 55%) 称铈萤石(自然界未见) 。钇萤石和铈萤石的混晶称铈钇石, 或称稀土萤石(yttrocerite) 。萤石中偶尔还含 U。

结晶特点　晶体呈立方体或八面体, 在薄片中常呈不规则粒状充填在其他矿物间, 有时亦见方形或菱形面。沿八面体的{ 111}解理完全(钇萤石解理不完全) , 有时亦可见{ 001}解理。因此在薄片中常见二组菱形解理或三组交角在 60 °左右解理(照片 4) 。

光性特征　无色、黄、蓝、紫色或绿色, 薄片中为无色透明, 有时带有紫色、粉红色, 且颜色分布不均, 呈带状或斑点状(照片 5, 122) 。负中—高突起, 糙面显著, 随着 Y 的含量增加, 折射率增高, 如含 10% YF_3 时, N = 1. 4425; 含 13% YF_3 时, N = 1. 455。具均质性。依(111) 成穿插双晶, 但薄片中不见。

鉴别特征　根据萤石的晶形、解理易与蛋白石区别。与白榴石、方钠石区别在于萤石折射率低, 表现为显著的负突起。当方英石和鳞石英特征不很明显时, 萤石与其易相混, 它们的区别是萤石有很好的解理且折射率较小, 负中—高突起。冰晶石以其突起更低(N = 1. 34) 区别于萤石。当萤石有颜色时, 常表现为在一个晶体中颜色分布不均是其重要特征之一。

产状及其他　萤石主要为气成热液矿物, 常见于矿脉或交代蚀变岩中, 如在云英岩化或黄玉化的花岗岩、花岗伟晶岩中常有萤石伴生。在矿脉中常与石英、方解石、重晶石、方铅矿、闪锌矿共生。萤石在正长岩、碱性岩中也较常见。沉积岩中的萤石主要见于碳酸盐岩层中, 与方解石、白云石、重晶石、石膏、硬石膏等共生。有时隐晶质的萤石分布于碳酸盐岩层间, 使整个夹层染为紫色, 称为土状萤石。萤石也可作为碎屑矿物或胶结物产于砂岩中。萤石是炼钢的助熔剂, 也是生产氢氟酸的原料之一, 作为光学用的萤石晶体主要是人工合成的。

方　沸　石　Analcite Analcime

$Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$

等轴晶系

N = 1. 479 ～1. 493

化学组成　天然方沸石的主要化学组成是稳定的, 仅少量的 Na 可被 K^+ 代替, 某些变种含 K_2O 达 5%。有时有极少量的

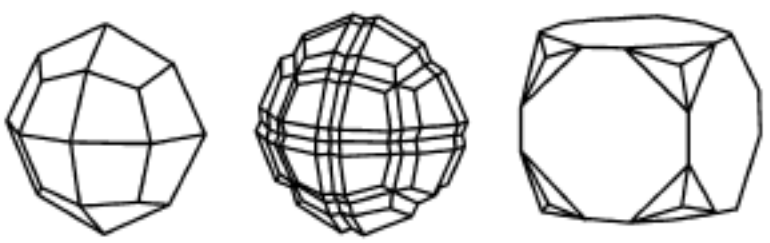


图 2－2　方沸石晶形

CaO 和 MgO 的混入。方沸石与铯沸石(Pollucite 原称铯榴石) 可构成类质同象系列。

结晶特点　晶体为四角三八面体, 通常呈不规则粒状。薄片中常呈六边形、八边形, 有时也呈放射状集合体。还可形成白榴石、方钠石和霞石的假象。具{001}的不完全解理。

光性特征　无色、灰、白、淡红等, 薄片中无色透明。具明显的负低突起(照片 6) 。一般显均质性, 但有些较大晶粒可显极弱的双折射, Δ= 0.001 ~0.002。在具有弱的干涉色的晶粒上, 插入石膏检板, 有时可见到方沸石的聚片双晶。有时表现为二轴晶负光性, 2V = 85°~0°。

鉴别特征　方沸石易与白榴石相混, 区别在于前者有解理, 且折射率略低(白榴石 N = 1.508 ~1.511) ; 不含包裹物。与火山玻璃也相似, 但火山玻璃无解理, 同时方沸石一般出现于基性碱性岩中, 在这些岩石中火山玻璃的折射率总是高于方沸石的折射率。与方钠石的区别是二者解理方向不同, 有时方钠石具颜色。

产状及其他　方沸石形成范围较大。在某些火成岩中可作为晚期形成的原生矿物, 常见于镁铁质岩或基性碱性岩中, 如方沸正长岩、方沸正长闪长岩、正长辉长岩等。由于结晶较晚, 常呈不规则状充填在先晶出矿物的粒间。也在玄武岩、方沸粗玄岩、橄榄粗玄岩、粗面安山岩中作为基质产出, 有时可作为斑晶出现。在格陵兰的某些苦橄岩中, 方沸石呈小球产出。方沸石作为低温岩浆期后矿物常交代白榴石、霞石并呈其假象; 在蚀变凝灰岩中, 由钠长石或正长石蚀变而成; 在某些岩石的气孔或空隙中, 与葡萄石、菱沸石、杆沸石、辉沸石、方解石等共生。在沉积岩中为自生矿物, 含磷硅质岩石和砂岩互层中有方沸石夹层。在煤层上覆灰岩或泥质岩中也见有方沸石。近年来, 曾在实验室用天然片沸石和斜发沸石合成了方沸石, 此实验条件类似碱性盐湖和海相环境。实验研究认为, 在低级变质的浊沸石相中可能有这样的反应存在:

$$\text{方沸石} + \text{石英} \Longrightarrow \text{钠长石} + H_2O$$

方 钠 石 族　Sodalite Group

方钠石族属于等轴晶系, 含有氯、硫或硫酸的钠铝硅酸盐。包括方钠石、黝方石、蓝方石和青金石。主要产于碱性岩或接触变质钙质岩中。

方　钠　石　Sodalite

$Na_8[AlSiO_4]_6Cl_2$

等轴晶系

N = 1.483 ~1.490

化学组成　少量的 Na 可被 K^+ 或 Ca^{2+} 代替; Al 被 Fe^{3+} 代替。成分中可含少量 I、Mo、H_2O。有的方钠石中 MoO_3 含量约 2.87% 。

结晶特点　晶体呈菱形十二面体或立方体。岩石中多为不规则粒状或细脉状, 有时在方沸石中呈包裹体。解理不常见, 沿{110}解理微弱。

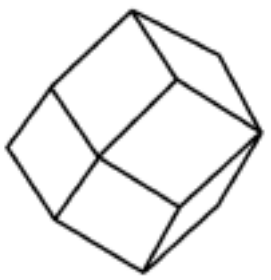


图 2-3　方钠石晶形

光性特征　无色、灰、黄或绿、蓝色, 薄片中无色或极淡的粉色、蓝

色。负低突起(照片 7),糙面较显著。粉红色变种的折射率较高些。其折射率色散中等。N_{Li} = 1.4606, N_{Na} = 1.4837, N_{Tl} = 1.4868,在紫外光下发橙红色荧光。某些方钠石,新鲜断口具粉色荧光,暴于日光下则褪色,在黑暗中保持数周(或用 X 射线轰击),可以恢复。正交偏光间全消光,显均质性。只在包裹体周围偶见微弱干涉色。结合面为(111)的双晶(尖晶石律),在薄片中很少见。

变化　方钠石易变为纤维状沸石、绢云母或水铝石,也可变为钙霞石、方解石等。此外,常见方钠石交代霞石。

鉴别特征　薄片中方钠石的主要特征为均质性和负低突起。与萤石的区别是萤石折射率小(N = 1.434)、负中—高突起、其解理更明显,且方向不同;方钠石的解理是沿菱形十二面体{110}发育,而萤石解理为{111}或{001}。与方沸石的区别也在于解理不同,方沸石的解理为{001}。方钠石与白榴石的区别在于白榴石折射率高(N = 1.508 ~1.511)、无解理,且常具有聚片双晶。方钠石族中各矿物的鉴别主要用显微化学分析。在紫外光下霞石正长岩中,如果有发橙红色荧光者则是方钠石。

产状及其他　方钠石产于富钠贫硅的侵入岩中,如霞石正长岩、方钠霓辉岩等,也见于响岩等碱性火山岩的晶洞或火山弹中。在一般变质岩中不见,但有时产于碱性岩与石灰岩的接触变质岩中。常与霞石、钙霞石、黄长石、萤石等矿物伴生,而绝不同石英共生。方钠石也往往是霞石蚀变的产物,在碳质球粒陨石中也有发现。方钠石常可做工艺品原料。

黝　方　石　Nosean, Noselite

$Na_8[AlSiO_4]_6[SO_4]$

等轴晶系

N = 1.48 ~1.495

化学组成　成分中含有少量的 Ca、K、Cl 和 H_2O、CO_2,有时有少量的 Fe。

结晶特点　晶体呈菱形十二面体,断面常为六边形、八边形,岩石中往往呈不规则粒状。解理{110}微弱。

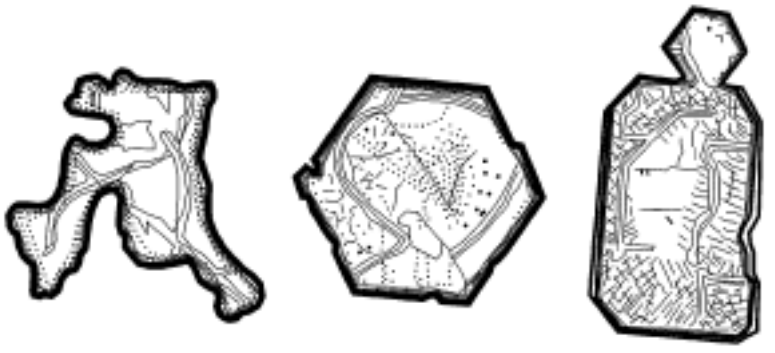


图 2-4　黝方石晶形和熔蚀

光性特征　灰、褐或蓝色,薄片中无色,淡青色或淡蓝色,有时因含大量包裹体而近于不透明。具较明显的负低突起,折射率随其成分中硫酸含量增高而增大。晶体内部常含许多气体、液体和火山玻璃包裹体,同时更常见一些钛铁矿、磁铁矿、赤铁矿和褐铁矿的包裹体,它们常使矿物变得混浊。包裹体常沿晶轴方向有规律的排列,呈格子状或环状分布。黝方石一个重要特点是其边缘常因熔蚀而呈圆滑状或港湾状,同时环绕一黑褐色镶边(可能为黝方石熔蚀时的分解物)(照片 8,9)。正交偏光间全消光,显均质性,只有在包裹物附近,有时才可见弱的干涉色。在紫外光下具荧光特征。

变化　可变为绢云母、水铝氧石、沸石等。其中的铁质包裹体可变为褐铁矿。

鉴别特征　根据黝方石的负低突起、具熔蚀和黑褐色镶边以及包裹体呈格子状或环状排列的特点(照片 9),不难与其他相似矿物区别。

产状及其他　黝方石主要产于碱性火山岩中,如响岩、碱性粗面岩、粗面斑岩,亦见于火

山弹中。较少的情况下在霞石正长岩中产出。色泽美丽的黝方石可做工艺品原料。

蓝　方　石　Haüyne

$(Na, Ca)_{4\sim8}[AlSiO_4]_6[SO_4]_{1\sim2}$

等轴晶系

N = 1.496 ~1.508

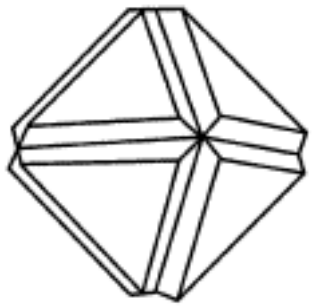


图 2-5　蓝方石的晶形

化学组成　成分中常含有少量的 K、Cl 以及 H_2O。与黝方石不同的是Ca 的比例较高、硫酸盐原子团较高。

结晶特点　菱形十二面体或八面体,但常为粒状集合体。作为斑晶产出时,多为自形,横切面六边形。晶粒内常含有对称分布的包裹体,其成分同黝方石。{111}解理清楚。

光性特征　蓝,蓝绿,也有灰色,风化后黄色,薄片中为蔚蓝色,少数无色。负低突起(照片 10),折射率在方钠石族中较高。具均质性,在包裹物附近见光性异常,弱双折射呈现暗灰干涉色。依(111)的双晶一般在薄片中不显。

鉴别特征　薄片中蓝方石呈蔚蓝色、负低突起、解理完全是其主要鉴定特征。与方钠石比较,蓝方石的颜色一般较深,绝大多数产于碱性火山岩中,而方钠石多产于侵入岩中。

产状及其他　蓝方石产于碱性火山岩中,如蓝方石响岩、蓝方霓辉白榴岩、蓝方玄武岩等,与白榴石、黄长石、霞石和辉石等共生。有时也见于接触变质灰岩中。

青金石　Lazurite　$(Na, Ca)_8[AlSiO_4]_6[SO_4, S, Cl]_2$。等轴晶系,不规则粒状,{110}解理不完全。薄片中蓝色、青蓝色(照片 22)。N = 1.50,显均质性。青金石主要见于碱性火山岩与石灰岩接触带上。共生矿物有透辉石、方柱石、黄铁矿、金云母、方解石、镁橄榄石、硅镁石等。青金石是方钠石族中一个少见的变种。它的斜方变体 N_g = 1.514、N_p = 1.504、$N_g - N_p$ = 0.010。二轴晶负光性,光轴角中等。产于大理岩或伟晶岩中。

钾　盐　Sylvite, Sylvine

KCl

等轴晶系

N = 1.4913

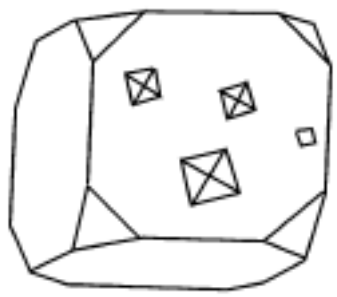


图 2-6　钾盐的晶形

化学组成　常含 NaCl 和 Fe_2O_3 的机械混入物。

结晶特点　晶体呈立方体与八面体聚形。通常为他形粒状,充填裂隙者成纤维状。解理沿{100}完全。

光性特征　白色,含赤铁矿时为红色,薄片中无色透明,有时呈玫瑰色。具显著的负低突起。均质性。有时可见微弱的干涉色。

鉴别特征　钾盐与石盐的区别是石盐的突起不显著(N = 1.544),且成自形晶,与石盐共生时钾盐往往成他形晶出现。

产状及其他　钾盐与硬石膏、石盐共生,产于盐湖沉积中,为原生的钾盐;钾盐同硬石膏或石盐、杂卤石等共生时,是变质成因的(称为"硬盐")。钾盐也可形成于火山附近。我国青海有盐湖钾镁盐矿床,云南有岩盐、钾盐矿床。钾盐是农用化肥的重要矿产资源。

火 山 玻 璃　Volcanic glass

SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O 等

非晶质

N = 1.48 ~1.612

化学组成　成分比较复杂, 酸性玻璃以 SiO_2 以及 K_2O, Na_2O 为主; 基性玻璃以 FeO, Fe_2O_3, MgO, CaO 为多。

结晶特点　非晶质, 无一定形状, 有时呈气泡状、珍珠状等, 常含有长石等矿物的球粒、微晶、雏晶、微斑晶、斑晶。无解理, 有时可见珍珠状裂纹(照片 11) 。

光性特征　薄片中无色到灰色、淡红、淡黄、淡褐色, 基性玻璃多显褐色(照片 12, 13) 。通常呈均质性, 但有时因应力作用显弱的干涉色。负低突起到正中突起, 但一般火山玻璃的折射率多低于树胶, 为负低突起。折射率数值随 SiO_2 含量的减少而增加。不同成分的火山玻璃折射率数值如下:

黑曜岩玻璃:	N = 1.48 ~1.51
松脂岩玻璃:	N = 1.492 ~1.506
珍珠岩玻璃:	N = 1.488 ~1.500
浮岩玻璃:	N = 1.488 ~1.506
英安岩玻璃:	N = 1.504 ~1.529
粗面岩玻璃:	N = 1.488 ~1.527
安山岩玻璃:	N = 1.504 ~1.529
白榴碱玄岩玻璃:	N = 1.525 ~1.580
玄武岩玻璃:	N = 1.506 ~1.612

变化　火山玻璃经常有脱玻化现象, 其变化产物一般不固定, 但有时脱玻化结果可产生长石、鳞石英、方英石或蒙脱石等产物。玄武玻璃角砾可变为橙玄玻璃。中酸性火山玻璃往往沸石化, 有时可成为沸石岩。

鉴别特征　火山玻璃易与蛋白石、方沸石相混, 它们的区别是: 蛋白石折射率较低(N = 1.406 ~1.460) ; 方沸石则以有解理可与火山玻璃相区分, 而且方沸石一般出现在基性碱性岩中, 这些岩石中火山玻璃的折射率总是高于方沸石折射率(N = 1.479 ~1.493) 。

产状及其他　火山玻璃经常作为一种独立的火山岩产出, 如黑曜岩、松脂岩、珍珠岩等。多数火山玻璃的成分与流纹岩一致。火山玻璃也作为一种狭窄矿脉的薄层或玄武岩墙产出。火山玻璃也是玻基斑岩、凝灰岩的主要组分并成为许多火山岩的基质。

白　榴　石　Leucite

$K[AlSi_2O_6]$

四方晶系(假等轴晶系)

N = 1.508 ~1.511

化学组成　成分中可含微量的钠、钙和水, 它们在白榴石构造中的位置并不固定。

结晶特点　常温下白榴石属四方晶系(假等轴晶系),加热到约625℃以上,逐渐变为等轴晶系。通常成四角三八面体晶形,薄片中常为六边形或八边形。受熔蚀后多呈浑圆形(照片14、15)。无解理。

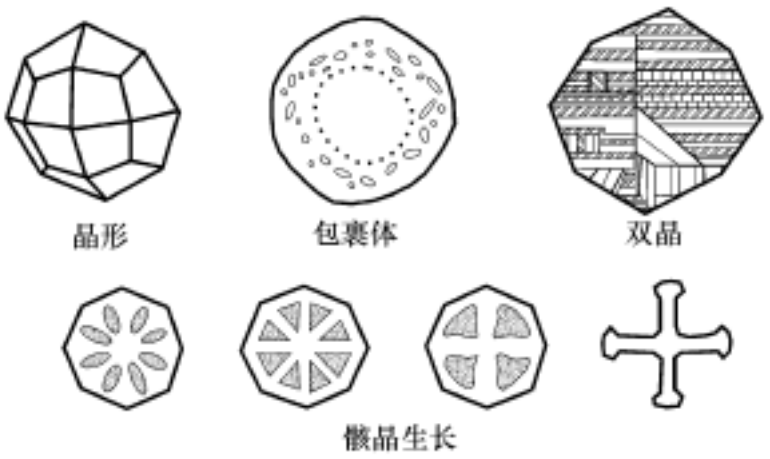


图2-7　白榴石

光性特征　灰、白色或淡黄色,薄片中无色。负低突起,比起正长石突起程度略高些。正交偏光间小晶体近全消光,但大多数情况下,白榴石常具非均质性,显示微弱的暗灰干涉色,并常见聚片双晶,有时一个晶体可见几组双晶条带交错出现(照片16)。正常情况下为一轴晶正光性,然而有时有一小的光轴角。晶体中往往含有辉石(主要为霓石,霓辉石)、玻璃、磁铁矿等包裹体,它们常呈环状(照片17、18右下)、放射状或筛眼状、骨架状等有规律的排列,其中前两种排列形式似车轮状、故称车轮状结构,是白榴石的重要鉴别特征之一。

变化　白榴石为典型火成矿物,在岩浆结晶过程中,由于转熔作用,可以转变成霞石和正长石。常见岩石中保留白榴石的晶形,而内部已变为霞石和正长石集合体,此时称为"假白榴石"。白榴石经蚀变作用可分解成为沸石(照片21)、绢云母(照片19、20)、钠长石等,称为"变白榴石"。一般将二者统称"假白榴石"。在表生条件下,白榴石可变为高岭石等粘土矿物。在白榴石变为方沸石或高岭石的过程中,成分中的钾转入土壤中使其肥沃。白榴石尽管容易变化,但在一些新相喷出岩中仍可见到新鲜的晶体。

鉴别特征　白榴石以其晶形,负低突起,常含规则排列的包裹体(车轮状结构)以及微弱的双折射并常具多组聚片双晶为主要特征。它与方沸石相似,区别是后者折射率低,有时见解理,不含规则排列的包裹体,聚片双晶不如白榴石常见。与方钠石主要根据晶形、折射率、双折射率和双晶区别之。当白榴石具双晶时,与微斜长石区别除晶形外还在于其双折射率极低和折射率较低,此外,微斜长石只有两组双晶条带,而白榴石则有三组或更多。

产状及其他　白榴石主要产于富钾而贫硅的火山熔岩和浅成岩中。例如白榴石响岩、白榴粗面岩、白榴玄武岩、白榴斑岩和白榴岩等,通常呈斑晶出现。与霞石、碱性辉石、方钠石、蓝方石等共生,而不与原生石英共生。白榴石不见于深成岩和变质岩中。单个晶体可在火山碎屑岩中出现。白榴石可作为提取钾和铝的原料。

铯榴石(铯沸石)　Pollucite

$Cs[AlSi_2O_6] \cdot nH_2O$

等轴晶系

N = 1.507 ~1.527

化学组成　奈尔(Nel,1944)研究认为,方沸石和铯榴石构成类质同象系列,是铯榴石的Cs^+直接代替方沸石的($Na + H_2O$)的结果,并非白榴石中的K被Cs^+代替而构成铯榴石,因此铯榴石应属沸石类

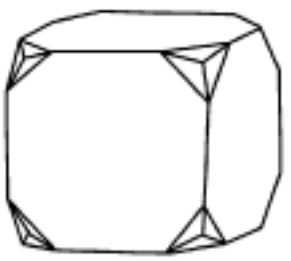


图2-8　铯榴石的晶形

矿物,现改称铯沸石。

结晶特点　铯榴石晶体呈立方体和四六面体的聚形,但少见,而多呈粒状。无解理。

光性特征　薄片中无色透明。具负低突起(照片 23),折射率随 Cs_2O 的减少和 H_2O 的增加而降低。具均质性。

鉴别特征　在手标本上与石英相似,但在薄片中二者易区别,铯榴石全消光而石英一级灰至黄白干涉色;此外,铯榴石为负低突起,易风化,表面和裂隙中常有高岭石等分解物的特点也不同于石英。

产状及其他　铯榴石较少见。主要产于富锂的交代型花岗伟晶岩中,与钠长石化有关,常与锂云母、叶钠长石、透锂长石、锂辉石及石英共生。在花岗伟晶岩中,如发现含铯高的蔷薇色绿柱石、锂云母和红色电气石时,往往是寻找铯榴石的标志。它是唯一含铯的独立矿物,是提取铯的主要原料。

香　花　石　Hsianghualite Sjanchualinit

$Ca_3Li_2[BeSiO_4]_3F_2$

等轴晶系

N = 1.613

化学组成　常含少量 Al_2O_3、Fe_2O_3、MgO、Na_2O、K_2O 等杂质。

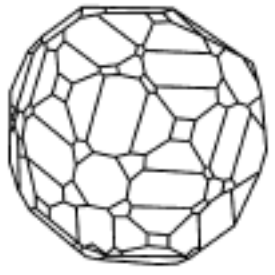


图 2-9　香花石晶形

结晶特点　晶体呈立方体、四面体、菱形十二面体、三角三四面体、五角十二面体等聚形,一般晶体较小,多为糖粒状集合体。薄片中呈六边形、八边形,更多的是圆粒状,棱角不清晰。无解理(照片 24)。有时见裂纹。

光性特征　无色,在阳光下具有极淡的紫色色调,薄片中无色。正中突起(照片 24、556),糙面与磷灰石相似。晶体中可含萤石、绿色锂云母的包裹体。正交偏光间全消光,具均质性。

鉴别特征　与萤石极相似,且二者密切共生,区别在于萤石具有八面体完全解理,薄片中有时见不均匀的紫色、绿色,负中突起;而香花石无解理、正中突起、无色、略带紫色色调,颜色均匀。香花石与磷灰石也相似,但磷灰石呈柱状、一轴晶、具一级灰干涉色,而香花石为均质体、全消光。

产状及其他　香花石发现于我国湖南香花岭,并由此得名。产于花岗岩与石灰岩接触带的矽卡岩中,与萤石、黑鳞云母、金绿宝石、塔菲石、锂霞石、磷灰石、白钨矿等共生。是重要的铍矿物。

日光榴石族　Helvite Group

$(Mn, Fe^{3+}, Zn)_4[BeSiO_4]_3S$

等轴晶系

N = 1.728 ~ 1.770

化学组成　本族矿物属铍硅酸盐。成分中 Mn、Fe、Zn 之间形成不完全类质



图 2-10　日光榴石的晶形

同象代替,从而构成三个矿物变种: 日光榴石(Helvite, Helvine) $Mn_4[BeSiO_4]_3S$; 铍榴石(Danalite) $Fe_4[BeSiO_4]_3S$; 锌日光榴石 (Genthelvite) $Zn_4[BeSiO_4]_3S$。三个变种中的 Mn、Fe、Zn 相互间又分别有少量的替代。

结晶特点　晶体呈四面体或八面体,铍榴石可见菱形十二面体,通常为不规则粒状,日光榴石可呈球状体,断面多为三角形。解理{111}不完全(照片 25)。

光性特征　日光榴石族不同变种的颜色(手标本和镜下)有所不同,如表 2-1 所示。风化后其表面多呈黑色。日光榴石族矿物为正高突起(折射率见表 2-1,照片 25)。正交偏光间全消光,显均质性。

表 2-1

		日光榴石	铍榴石	锌日光榴石
折射率 (N)		1.728～1.749	1.749～1.770	1.740～1.746
颜色	标本	蜜黄、黄褐、褐、有时绿	黄、玫瑰红、褐、红	暗紫、红褐、(透明—半透明)
	镜下	淡黄、淡褐、无色	无色 或 粉红	无色、浅灰、浅黄绿、粉红

鉴别特征　根据均质性和正高突起可将日光榴石族矿物与大部分共生矿物区分开,日光榴石与石榴子石极相似,但其相对密度低,硬度较小;钙铁榴石常呈现光性异常的干涉色,铍榴石与钙铝榴石共生时可用 1.740 的油液浸之,折射率小于浸油者为钙铝榴石,大于浸油者为铍榴石;日光榴石在 HCl 中缓慢溶解,放出 H_2S 的臭味为其特征,而石榴子石无此反应。

产状及其他　日光榴石产于花岗伟晶岩、云英岩中,与绿柱石、黄玉、黑钨矿、锡石、钠长石、硅铍石、黑鳞云母等共生。也见于接触变质带和矽卡岩以及热液脉中,与萤石、磁铁矿、闪锌矿等共生。锌日光榴石常见于正长伟晶岩,与方钠石、锆石共生。在地表条件下可搬运并沉积于氧化铁矿石裂隙中。该族矿物是铍的重要原料。

方　镁　石　Periclase

MgO

等轴晶系

N = 1.735～1.780

化学组成　成分中可含少量 Fe、Mn 和 Zn 的杂质,富铁变种称铁方镁石。

结晶特点　八面体、立方体,通常呈等向粒状,薄片中常出现方形、三角形、多边形及不规则粒状。解理{001}完全,{110}差,在切面内则表现为交叉成三角形和正方形的解理缝(照片 26),但一般在薄片中常见一组解理。

光性特征　灰白黄色,薄片中无色,有时为浅绿。正高突起(照片 26),纯方镁石 N = 1.735,当(Fe, Mn, Zn)O 含量为 10% 时,N = 1.780 ±。随 FeO 含量的增加,折射率增加,FeO 含量达 25% 时,N = 1.822 ±0.003。正交偏光间显均质性,全消光。有时出现光性异常,呈现干涉色和扇形消光。

变化　方镁石易变为纤维状或鳞片状水镁石(照片 77, 78)、水菱镁矿和蛇纹石。这些矿物可依方镁石呈假象或方镁石在水镁石中成残余核心。

鉴别特征　根据晶形、解理、高突起、均质性和易变为纤状水镁石和产状等特点与其他矿物相区别。它最易与尖晶石和石榴子石混淆，主要根据方镁石具完全解理，而尖晶石和石榴子石无解理或解理发育不好相区别。

产状及其他　方镁石产于某些变质石灰岩和白云岩中，共生矿物有尖晶石、镁橄榄石、粒硅镁石和辉石等。是一种高温变质矿物。在岩浆活动区附近的石英岩中偶尔可见。

尖 晶 石 族　Spinel Group

$(Mg, Fe, Zn, Mn)(Al, Cr, Fe)_2O_4$

等轴晶系

N = 1.719 ～2.16

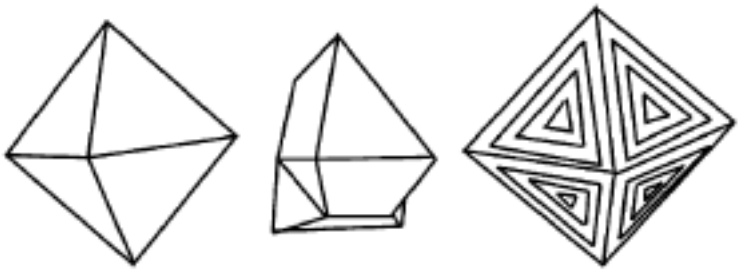


图 2－11　尖晶石的晶形

化学组成　成分比较复杂，包括铝尖晶石(Aluminum spinel)和铬尖晶石(Picotite)等亚族。含铁的尖晶石亚族即为不透明的磁铁矿、磁赤铁矿(详见不透明矿物一节)等。大部分尖晶石为铝尖晶石亚族，其中 Mg^{2+} 和 Fe^{2+} 可以任意比例混合。铝尖晶石亚族按成分又可分为：①贵尖晶石 $MgAl_2O_4$；②镁铁尖晶石 $(Mg, Fe)(Al, Fe)_2O_4$；③铁尖晶石 $FeAl_2O_4$；④锌尖晶石 $ZnAl_2O_4$；⑤锰尖晶石 $MnAl_2O_4$；后三种不常见。铬尖晶石亚族则分为镁铬尖晶石 $MgCr_2O_4$、镁铬铁矿 $(Mg, Fe)Cr_2O_4$ 和铬铁矿 $FeCr_2O_4$。

结晶特点　晶体呈八面体，镜下常呈正方形、三角形等(照片 27, 28, 29, 390)，有时也呈不规则粒状散布于岩石中。铬尖晶石亚族无解理，铝尖晶石亚族{111}解理不完全。

光性特征　尖晶石族的各变种颜色(手标本和镜下)不同，折射率也有较大差异，如表 2－2 所示。尖晶石族矿物一般均表现为正高—正极高突起。表面常见不规则的裂纹。正交偏光间为全消光。仅个别变种(贵尖晶石和锌尖晶石)有时出现光性异常，显一级干涉色。

表 2－2　尖晶石变种的主要光性特征

特征 \ 矿物		铝尖晶石亚族					铬尖晶石亚族	
		贵尖晶石	镁铁尖晶石	铁尖晶石	锌尖晶石	锰尖晶石	铬尖晶石	铬铁矿
颜色	标本	无色、淡红、淡绿、蓝色	绿色、褐色	黑色	绿色、黑色、蓝色	褐色、黑色	黑色	铁黑、褐黑
	镜下	无色、玫瑰色、天蓝色	绿色、蓝绿色	深绿色、绿色	绿色	红色、深红色	绿或微透明的褐红色、黄褐色	几乎不透明，边缘微呈红、褐红色
折射率(N)		1.719	1.77～1.79	1.835	1.78～1.82	1.92	2.00	2.05～2.16
双折射率(Δ)		0.012			0.02 ±			

变化　尖晶石是一种较稳定的矿物，即使在蚀变的岩石中也常不蚀变，但有时也可能变为蛇纹石或滑石。

鉴别特征　根据晶形、颜色、高突起、均质性等特点，一般不难与其共生的矿物相区别。值得注意的是，仅凭镜下特征很难准确鉴定出尖晶石各变种(需化学分析等手段)，但根据

颜色还是可以大致确定。如常见的变种中，贵尖晶石色浅，通常无色或淡色；含铁的尖晶石为绿色（照片 28），含铁量越高色越深；铬尖晶石微透明，多为红褐色、黄褐色（照片 27，29）。因此在岩矿鉴定中一般不需详细确定变种，可通称“尖晶石”，但必须描述其颜色，以此初步判断该尖晶石所含成分。尖晶石以其常具八面体或四边形晶形和有时可见弱解理可与石榴子石区别。方镁石具完全解理可与尖晶石相区别。铬铁矿几乎不透明、颜色更深、具磁性可与铬尖晶石区别。

产状及其他　尖晶石是一种高温矿物。不同的变种其产状有所不同，一般情况下贵尖晶石、镁铁尖晶石主要产于接触变质岩中，与石榴子石、透辉石、镁橄榄石、金云母、刚玉和粒硅镁石等矿物共生，当围岩为白云质灰岩时，可与堇青石共生。它们也产于某些铝质片岩或火成岩的含铝捕虏体中，与堇青石、红柱石、黑云母和石英伴生。镁铁尖晶石在缺 SiO_2 的火成岩中，特别是在一些超镁铁质岩中见到。铬尖晶石或富铬的镁铁尖晶石、富铬的贵尖晶石主要产于超镁铁质岩，如橄榄岩，蛇纹岩，金伯利岩中，并常与铬铁矿共生。当它们的含量多时可构成铬矿石。富铬的贵尖晶石可作为寻找金刚石的指示矿物之一。此外，在一些区域变质岩如片麻岩、结晶片岩、角闪岩中也有时见尖晶石产出。尖晶石也见于石陨石和铁陨石中。透明色美的尖晶石，尤其是红色、蓝色、橙色、浅绿色者，可作贵重宝石。人造尖晶石用于耐火材料。

石榴子石族　Garnet Group

石榴子石族矿物在自然界中分布较广泛，化学成分中类质同象十分普遍，成分较复杂，它们的化学通式为：$A_3B_2[SiO_4]_3$。其中 A 代表二价阳离子，主要有 Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}、Ca^{2+}；B 代表三价阳离子，主要有 Al^{3+}、Fe^{3+}、Cr^{3+}，有时有 Ti^{3+}、Zr^{3+}、V^{3+} 还可能有 Y^{3+}。石榴子石中二价阳离子中的 Fe^{2+}、Mn^{2+} 和 Mg^{2+} 具有较小的离子半径，而 Ca^{2+} 离子半径较大，因此 Ca^{2+} 难以与 Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+} 形成类质同象。这决定了本族矿物中存在着两种类型的类质同象系列：铝质石榴子石和钙质石榴子石系列，其主要变种如表 2－3 所示：

表 2－3　石榴子石族主要变种及其光性特征

		铝质石榴子石系列			钙质石榴子石系列				
		镁铝榴石	铁铝榴石	锰铝榴石	钙铝榴石	变种 水钙铝榴石	钙铁榴石	变种黑榴石	钙铬榴石
颜色	标本	紫红（富 Cr）、粉红、玫瑰红	褐红、粉红褐色	棕红、橙黄玫瑰红	黄、白、褐红、黄绿或绿	灰绿	黄褐、红、黑	暗褐	深翠绿、绿
	薄片	浅红、红褐	浅红－浅褐	浅红、浅黄褐	无色、淡褐浅黄绿	无色	褐、黄、红色较深	深褐、深红褐、黄褐、见颜色环带	绿
折射率（N）		1.704～1.750	1.830	1.800	1.734	1.710～1.729	1.887	1.872～1.94	1.865
正交偏光间的特征		均质性	均质性	一般为均质性，有时微显非均质性	多数光性异常，一级灰干涉色，见双晶	一般为均质性，有时见弱的干涉色，具扇形双晶	非均质性明显，一级灰干涉色，见同心环状构造。三连晶，六连晶	多为均质性，常见环带状构造	弱非均质性，见环带构造

石榴子石的主要特征是: 属等轴晶系。常呈完好的菱形十二面体、四角三八面体及两者的聚形, 其切面多为六边形及多边形(照片 30) , 集合体常为粒状、致密块状。无解理, 有{110}裂理。石榴子石的颜色受其成分的影响较大, 但以红、褐色调为主, 也有显绿色和黄色者。在薄片中石榴子石呈淡褐色和淡红色, 个别为浓的褐色和红褐色。正高—正极高突起, 糙面明显, 晶体中有不规则的裂纹。在正交偏光间全消光, 显均质性(照片 33, 37) , 而钙质石榴子石大多数具非均质性, 呈现一级灰至白的干涉色, 并常见锥状双晶, 薄片中表现为三连晶和六连晶, 锥顶多聚合在晶体中心, 锥底面即是其晶面, 此外还经常见同心环带状构造(照片 42, 43, 45) 。这类光性异常的石榴子石一般为光轴角较小的二轴晶, 但个别光轴角近于 90°。

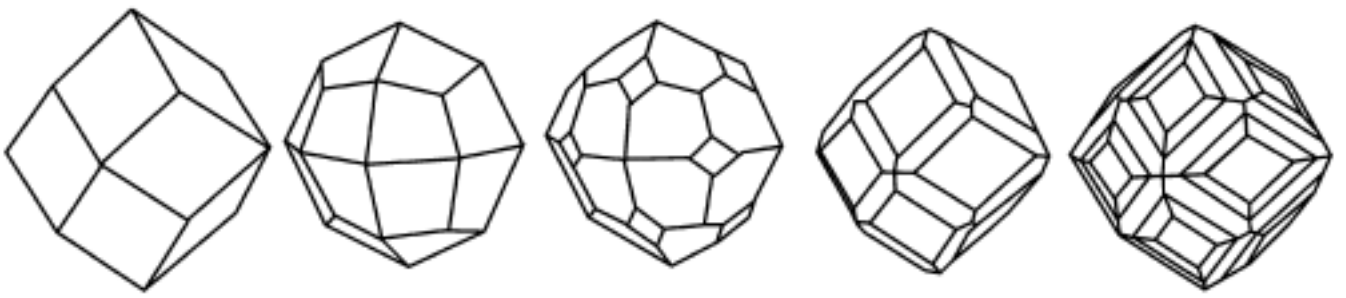


图 2－12　石榴子石的晶形

(据北大岩矿教研室, 1979)

石榴子石族矿物广泛分布于自然界中, 钙铝和钙铁榴石大多分布于矽卡岩和结晶灰岩中。铝质石榴子石主要分布于变质岩中的结晶片岩、片麻岩和榴辉岩及斜长角闪岩、斜长辉岩和麻粒岩等岩石中, 也产于伟晶岩和火成岩中。镁铝榴石大多产于超镁铁质岩石, 尤其是在金伯利岩中常与金刚石共生, 故镁铝榴石是其主要的找矿标志之一。石榴子石也常产于河沙和海沙中。在区域变质岩中, 石榴子石与其共生矿物组合可作为地质温度计、地质压力计, 估算变质岩形成时的温度和压力, 也可作为划分变质相、变质带的标志。

石榴子石的主要用途是做研磨材料。透明纯净的石榴子石也可作为较贵重的宝石和工艺品。必须指出天然的石榴子石绝大多数是镁铝榴石、铁铝榴石、锰铝榴石、钙铝榴石和钙铁榴石等几个端员组分的混溶物, 每一个石榴子石是以某一端员组分为主。所以要想在薄片中确切地鉴别出石榴子石的种属是很难的。在偏光显微镜下, 我们只能根据颜色、突起、均质性及非均质性的特征、矿物共生组合并结合岩石的地质产状等, 大致定出它们的主要种属. 为了精确鉴定石榴子石的种属必须采用其他方法如测定折射率、相对密度、X 射线分析、化学分析等。

镁 铝 榴 石　Pyrope

$Mg_3Al_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.704 ~1.750

化学组成　自然界尚未见到纯镁铝榴石。成分中铁铝榴石和锰铝榴石端员分子数之和小于镁铝榴石端员分子数。也可发现有少量钙铝榴石的端员组分的存在。产于金伯利岩的

镁铝榴石中含铬较高，Cr_2O_3 的含量可达 1% ～7%，称为含铬镁铝榴石（Cr_2O_3 含量为 1% ～3%）和铬镁铝榴石（Cr_2O_3 约为 4% ～7%，甚至可高达 13%）。

结晶特点　完好晶形少见，多呈浑圆粒状。

光性特征　镁铝榴石的颜色主要为粉红色、紫红色、深玫瑰红色，当其中含有较多的铬时，其颜色可达淡橙黄到暗紫色，薄片中为淡红色和浅红褐色。正高突起，但较其他石榴子石为低，其折射率随 Fe^{2+} 代替 Mg 的含量增加而增大。裂纹发育。在正交偏光间为均质体，全消光。

变化　在金伯利岩中的含铬镁铝榴石晶体的外缘常有棕褐色、灰绿色的次变边外壳，呈同心圆状和放射状。次变边的主要成分是绿泥石、蛇纹石、铬云母或碳酸盐矿物和铁锰矿物，这种由绿色或黑色矿物组成的次变边结构（照片 31）是识别金伯利岩的重要标志。

鉴别特征　镁铝榴石的折射率低于其他石榴子石，不显光性异常，常有绿色及黑色的次变边，并根据其产状和矿物共生组合等特征可与其他石榴子石区别开。

产状及其他　镁铝榴石主要产于金伯利岩、蛇纹岩、橄榄岩及榴辉岩中，也见于玄武岩和砂矿中。常见的共生矿物有橄榄石、金云母、铬透辉石、镁钛铁矿、铬铁矿（或铬尖晶石）、钙钛矿、磷灰石和金刚石等。镁铝榴石也产于煌斑岩及地幔包体二辉橄榄岩内。在有些变质岩中也有镁铝榴石，但其成分中很少含铬。而含 Cr_2O_3 较高的铬镁铝榴石、含铬镁铝榴石，以及与它们共生的镁钛铁矿、铬透辉石、钙钛矿等矿物组合，则常是追索金伯利岩作为寻找金刚石矿床的重要标志。颜色血红，透明纯净的镁铝榴石可作为宝石或工艺品。

铁铝榴石　Almandine

$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.830

化学组成　镁铝榴石和锰铝榴石端员分子数之和小于铁铝榴石的端员分子数。

结晶特点　常呈菱形十二面体及四角三八面体的晶形，其切面呈较规则的六边形轮廓，也有呈粒状、骨架状及其他形状。

光性特征　多为褐红色、粉红色、褐色，薄片中为浅红至浅褐色。正极高突起（照片 32），结晶片岩和片麻岩中的铁铝榴石晶体内常有石英和其他矿物的包裹体，形成筛状变晶结构（照片 33，35）。正交偏光间全消光，显均质性（照片 33，37）。

变化　铁铝榴石易变化为绿泥石（照片 36，39）、绿帘石、黑云母（照片 37）、角闪石（照片 38）、碳酸盐矿物和不透明的铁质矿物（照片 39）。

鉴别特征　铁铝榴石以折射率较高和产状可与镁铝榴石区别；而无光性异常可区别于钙质系列的石榴子石。

产状及其他　铁铝榴石是最常见的石榴子石变种，广泛产于结晶片岩（照片 34）、片麻岩、角闪岩、榴辉岩、麻粒岩中。有时也产于花岗岩中，一般是同化了泥质围岩而形成的。不常见于火山岩中。铁铝榴石与其共生的矿物组合是划分变质相和变质带的标志之一。沉积岩中的石榴子石碎屑矿物大多是铁铝榴石。

锰 铝 榴 石　Spessartine

$Mn_3Al_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.800

化学组成　铁铝榴石和镁铝榴石端员分子数之和小于锰铝榴石的端员分子数。通常有微量的 Y、Sc、Zn 等元素存在，当 Y_2O_3 超过 2% 时为钇铝榴石。

结晶特点　具菱形十二面体和四角三八面体的自形晶体，薄片中常见多边形外形和它形粒状。无解理。

光性特征　棕红色、玫瑰红色、浅玫瑰红色至橙黄色，薄片中呈浅红色、浅黄褐色。正极高突起(照片 40)。正交偏光间一般表现完全的均质性，但有时也有微弱的非均质化，显弱的干涉色。晶体有时见环带结构。

变化　锰铝榴石经氧化后呈黑色，变为氧化锰和氢氧化锰的混合物。经蚀变后可成为黑云母。

鉴别特征　根据锰铝榴石的颜色及矿物的共生组合可与其他石榴子石相区别。但欲准确鉴定，必须通过化学分析、测定折射率、相对密度和晶胞常数等方法。

产状及其他　锰铝榴石较其他石榴子石种属少见。产于花岗岩及伟晶岩中。也产于结晶片岩、石英岩中，与云母、石英、红帘石共生(照片 40)。锰铝榴石产于高锰的矽卡岩中，与蔷薇辉石、锰三斜辉石、锰橄榄石和红帘石等含锰矿物共生。含钇的锰铝榴石产于花岗伟晶岩中，可做激光材料。

钙 铝 榴 石　Grossular

$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.734

化学组成　钙铝榴石常含有 Fe_2O_3 和 Cr_2O_3，可分别与钙铁榴石和钙铬榴石形成连续的类质同象系列。较纯的变种含钙铝分子达 94% ～96.8%，较富铁的钙铝榴石中，常含有少量的 Ti^{3+}，可能是在钙铁榴石中取代 Fe^{3+} 的缘故。

结晶特点　晶体常呈菱形十二面体和四角三八面体，或两者的聚形，在岩石中常为致密的粒状集合体。其切面具有多边形的轮廓，或不规则形状(照片 41)。无解理。

光性特征　黄白、褐、红、黄绿或绿色，薄片中无色或淡褐色、浅黄绿色。正高突起，其折射率是钙质石榴子石系列中最低。正交偏光间，很小的钙铝榴石的颗粒呈现完全的均质性，而大多数均有光性异常，呈现一级灰干涉色并常见双晶(照片 42)。

变化　往往转变为绿泥石、绿帘石、长石和方解石等。

鉴别特征　钙铝榴石的折射率在钙质石榴子石系列中最低，故可通过测定其折射率值而与其他石榴子石相区别。钙铝榴石与镁铝榴石的折射率相似，但两者的产状明显不同，且钙铝榴石多为无色，并常见光性异常，具一级灰干涉色和双晶等特征，可将两者区分开。

产状及其他　钙铝榴石主要产于石灰岩和火成岩接触的矽卡岩中，是早期矽卡岩的主

要矿物之一。常与辉石、硅灰石、符山石等矿物共生。钙质岩石在区域变质作用时也可形成钙铝榴石。钙铝榴石在火成岩中极少见,据报道在霞石正长岩中曾发现过。钙铝榴石在碳质球粒陨石中也有发现。

水钙铝榴石 (Hydrogrossular)也称水绿榴石,水榴石(Plazolite, Hibschite)是含水可达 15% 的钙铝榴石变种。$Ca_3Al_2[SiO_4](OH)_4$。其成分中含有 Mg、Ti、Cr 等元素。等轴晶系。无色、白色、灰绿色,薄片中无色,常呈混浊状。N = 1.710 ~1.729。某些晶体有微弱的干涉色,并可见有扇形双晶。水钙铝榴石产于辉绿岩和石灰岩接触带,在石榴子石周围形成皮壳。亦产于变质泥灰岩中,与透辉石和钠长石共生。

钙铁榴石 Andradite

$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.887

化学组成 是 Fe^{3+} 含量最高的一种石榴子石,$Fe^{3+} > Al$。成分中经常含有较多的 Ti。富钛的钙铁榴石中含 TiO_2 约在 1% ~2% 时称为黑榴石。当 TiO_2 在 20% 左右时则称为钛榴石。

结晶特点 呈菱形十二面体、四角三八面体或两者的聚形,有时具有完好的多边形,但也经常呈粒状和粒状集合体产出。

光性特征 黄褐、红、黑色,薄片中颜色较其他石榴子石深,为褐、黄、红色,其颜色与 Ti、Mn 含量有关。正极高突起。正交偏光间非均质性最明显,显示光性异常,其干涉色达一级灰或灰白,经常具有同心环带状构造及双晶等(照片 43, 44, 45)。

变化 钙铁榴石可转变为绿泥石、绿帘石、碳酸盐矿物、黑云母、长石和褐铁矿(照片 39)。风化作用使其变为绿脱石。

鉴别特征 钙铁榴石以其颜色较深、折射率高、具有光性异常、常见环带构造和双晶等特征区别于其他石榴子石。

产状及其他 钙铁榴石常见于接触交代的矽卡岩中,是最重要的矽卡岩矿物之一。常同透辉石、钙铁辉石共生。

黑榴石 Melanite $Ca_3(Fe, Ti)_2[SiO_4]_3$ 是钙铁榴石的含钛变种。一般认为含 TiO_2 1% ~5%,实际上为 2.5% ~8.7% 左右。暗褐色,薄片中呈深褐色、深红褐色和黄褐色。常有完好的多边形轮廓及环带状构造(照片 46)。正极高突起,折射率 N = 1.872 ~1.94。黑榴石产于碱性火成岩中,与霞石、霓石、碱性长石、榍石等矿物共生。在灰岩与正长岩接触带的粗粒矽卡岩中黑榴石与符山石、长石和榍石共生。当 TiO_2 的含量达 9.38% ~18.98% 时则为钛榴石(Schorlomite)也称钙钛榴石,$Ca_3(Fe, Ti)_2[(Si, Ti)O_4]_3$。折射率 N =1.935 ~2.01。标本为黑色,薄片中褐红色、深褐色。正极高突起,具有环带状构造。钛榴石主要产于碱性伟晶岩和碱性火山岩中,与正长石、霓辉石、霞石、黑云母共生。亦见于矽卡岩中。

钙铬榴石 Uvarovite

$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$

等轴晶系

N = 1.865

化学组成 常与钙铝榴石构成连续的类质同象系列。有时有少量钙铁榴石的分子。

结晶特点 呈菱形十二面体、四角三八面体或两者的聚形,切面常呈多边形。

光性特征　深翠绿色、绿色,随铁含量增加而变深,薄片中呈绿色。正极高突起。正交偏光间有光性异常的弱非均质性,具带状构造。

变化　可变化为含铬绿泥石。

鉴别特征　根据钙铬榴石在标本及薄片中的绿色可与其他石榴子石区别,与镁铁尖晶石区别在于钙铬榴石常为六边形及其他多边形(镁铁尖晶石常为三角形和四边形),且常具弱的光性异常。

产状及其他　钙铬榴石产于蛇纹岩中,与铬铁矿等共生。有时也见于接触变质石灰岩及矽卡岩中,伴生有铬绿帘石。钙铬榴石是一种相当罕见的石榴子石变种。

烧绿石—细晶石族　Pyrochlore-Microlite Group

本族矿物主要变种有烧绿石(黄绿石)、细晶石(微晶石)。其次还包括:稀土烧绿石、锶烧绿石、铋细晶石等。

烧绿石　黄绿石　Pyrochlore　$(Ca, Na)_2(Nb, Ta)_2O_6(OH, F, O)$。化学成分中 $Nb_2O_5 > Ta_2O_5$。成分变化较大,一部分 Ca 可被 U^{4+}, Th^{4+} 及 TR 代替,一部分 Nb 可被 Ti^{2+} 代替。此外,常含放射性成因的铅。多呈八面体晶形,有时为不规则粒状。具{111}不完全解理。暗褐、红褐、黄或黑色,薄片中为黄色和褐色、红褐色(照片 47),少数亦可为无色。变生的烧绿石颜色较深,如褐及黑褐色,且色调分布不均匀,常具带状构造。N = 1.96 ~2.27,正极高突起,变生的烧绿石折射率略低。显均质性,正交偏光间全消光,但有时出现微弱的干涉色。由于该矿物本身含放射性元素,因此其晶格常受到破坏,呈变生状态。根据烧绿石八面体晶形、均质性和极高突起可与其他铌钽矿物区别。与钙钛矿区别在于烧绿石在薄片中较透明、折射率略低,晶形亦不同,烧绿石为八面体,钙钛矿为立方体。烧绿石主要产于碱性岩石中。如霞石正长岩、碱性伟晶岩、钠闪正长岩。在碱性岩浆有关的碳酸岩中亦发现大规模的烧绿石矿床。共生矿物有锆石、铌铈钇矿、铈钙钛矿、钙钛矿、磷灰石、碱性角闪石及一些罕见的稀土矿物。在钠长石化、云英岩化花岗岩、伟晶岩中也有发现,与钠闪石、黄玉、冰晶石共生。

细晶石　微晶石　Microlite　$(Ca, Na)_2(Ta, Nb)_2O_6(OH, F, O)$。其化学成分中 $Ta_2O_5 > Nb_2O_5$,常含有少量的 TR 及 U,氟的含量可达 2.38%。等轴晶系。晶形为八面体、四角三八面体、菱形十二面体,也有呈致密块状者,镜下常呈粒状,矿物颗粒较细小。其颜色从浅黄到褐色,有时呈橄榄绿色,具有沥青光泽,薄片中无色,黄灰、金黄和浅绿色。N = 1.93 ~2.023,正高突起。由于该矿物本身含放射性元素,因此使细晶石的晶格受到破坏,常呈变生状态,变生的变种其色变深,折射率减小,多显均质性。细晶石据其晶形、均质性、颜色及极高突起可与其他铌钽矿物区别之。与烧绿石不同的是,细晶石产于酸性岩中,尤其与岩浆晚期的交代作用有关,如钠长石化的伟晶岩、钠长石化、云英岩化的花岗岩和细晶岩中均可见到。共生矿物有铌铁矿、钽铁矿、电气石、黄玉、锆石、锂云母等。

方　钍　石　Thorianite

ThO_2

等轴晶系

N = 2.18 ~2.25(平均 2.20)

化学组成　成分中常含 UO_2,可写成(Th、U)O_2,其中 $UO_2 : ThO_2 = 0.05 \sim 0.20$。

结晶特点　晶体为立方体或带有八面体小晶面

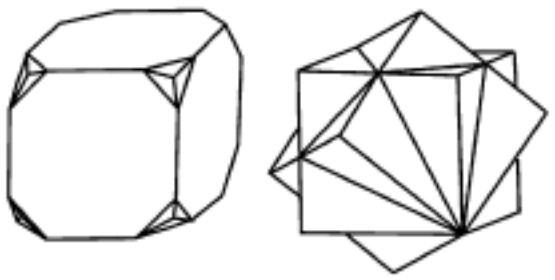


图 2－13　方钍石的晶形和双晶

的立方体,一般呈圆粒状产出。{100}解理不完全。

光性特征　黑色、褐色或深褐色,薄的碎片呈半透明红褐色,薄片中红褐、褐色或绿色。正极高突起。正交偏光间全消光,显均质性。沿(111)构成贯穿双晶,薄片中不常见。

变化　水化作用和氧化作用易变成灰、黄或棕色物质—钍脂铅铀矿。

鉴别特征　方钍石的突出特征为其晶形和颜色,并具有强放射性。与钙钛矿的区别在于方钍石的相对密度大(9.1～9.5),而折射率较低。方钍石与晶质铀矿很相似,最初这种矿物就作为晶质铀矿描述,其鉴别方法是用珠球试验,方钍石中含铀低(U含量约为10%)。

产状及其他　方钍石在伟晶岩中产出,如碱性伟晶岩,花岗伟晶岩等。共生矿物有锆石、钛铁石、钍石、晶质铀矿、易解石、独居石、磷钇矿和磁铁矿等。也见于石灰岩和伟晶岩的接触带中。

铈铌钙钛矿(钛铌钙铈矿)　Loparite

(Na, Ce, Ca)(Ti, Nb)O_3

等轴晶系

N = 2.26～2.38

化学组成　当钙钛矿中部分Ca被Ce^{3+}代替,Ti被Nb^{5+}代替时即得到铈铌钙钛矿。成分中含H_2O达3.5%时,称变铈铌钙钛矿。当Nb_2O_5含量>25%称为铌铈铌钙钛矿。

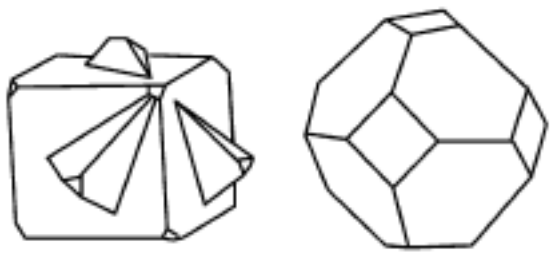


图2－14　铈铌钙钛矿的晶形

结晶特点　常呈立方体,晶体一般较小,岩石中往往呈粒状产出。无解理。

光性特征　灰黑色至黑色,薄片中呈暗棕或红褐色。正极高突起。由于具典型的萤石贯穿双晶,因而常见星状切面。正交偏光间全消光,没有光性异常现象。该矿物亦有不透明者,这时需采用其他方法加以鉴定。

鉴别特征　薄片中呈星状切面,是该矿物的特点。与钙钛矿区别是后者有光性异常,而铈铌钙钛矿无此现象。对该矿物的鉴定除光性外应辅助以其他方法,如X射线分析、化学分析等。

产状及其他　铈铌钙钛矿产于富含霓石的霞石正长岩、异性霞石正长岩和碱性伟晶岩中。共生矿物有霞石、霓石、异性石、闪叶石和绿层硅铈钛矿。有时呈小颗粒分散于岩石中,有时出现在异性石及浅绿色长石、霞石细脉中。在伟晶岩中可局部富集。

铌铈铌钙钛矿　Niobloparite　成分中含Nb_2O_5在25%以上。等轴晶系。立方体或八面体,有时二者呈聚形。黑色,碎片红褐色,薄片中透明,红褐色。正极高突起,N = 2.35。均质体。铌铈铌钙钛矿产于霞石正长岩体中的碱性伟晶岩中,与钾长石、星叶石、钝钠辉石、钠沸石、紫方钠石等共生。曾用名铌拉普蓝石。

钙　钛　矿　Perovskite

$CaTiO_3$

假等轴晶系(单斜晶系?)

N = 2.26～2.4

化学组成　成分中含有少量 Fe, 有时还含 Cr, Al 等。Nb 和 Ce(及其他稀土元素) 可分别代替部分 Ti 和 Ca。当 TR_2O_3 达 2.3% 以上时称为铈钙钛矿(Knopite) 。当 Nb_2O_5 达 6% 时称铌钙钛矿(Dysanalyte) 。

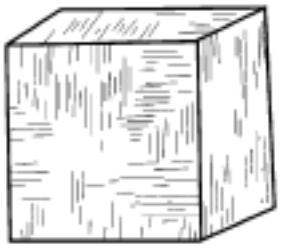


图 2-15　钙钛矿的晶形

结晶特点　呈立方体, 有时为八面体, 晶面上有平行晶棱的条纹。有时也呈肾状产出, 镜下常为粒状或近方形。立方体解理有时可见(特别是大晶体) 。

光性特征　灰黑及红褐色, 成分中铌和稀土含量增多时颜色加深, 薄片中为黄色至浓褐色, 不太透明(照片 48) , 颜色常呈环带状分布, 有时可见弱多色性。正极高突起。正交偏光间, 小晶体全消光, 稍大晶体多见光性异常, 具微弱的干涉色($\Delta = 0.002$) , 并呈现聚片双晶(与石榴子石相似) 。晶体够大时还可见二轴晶正光性干涉图, 光轴角近于 90°。

变化　可变为白钛矿(反射光下为白色) 。

鉴别特征　钙钛矿可根据晶形、晶面条纹、颜色及高折射率等特征鉴别之。与金红石区别是后者具有很大的双折射率。

产状及其他　钙钛矿产于 SiO_2 较少的超镁铁—镁铁质岩和碱性岩中, 如黄长玄武岩、橄榄岩、碱性辉石岩、金伯利岩等。当 SiO_2 量较多时, 形成的不是钙钛矿而是榍石。共生矿物有磁铁矿、磷灰石、霞石、金云母等。钙钛矿也见于绿泥片岩、滑石片岩和某些变质灰岩中。铌-钙钛矿产于与超基性碱性岩共生的碳酸岩中, 与金云母、磁铁矿、斜锆石等共生; 铈-钙钛矿主要产于碱性岩如霓霞岩以及岩浆碳酸岩中, 常与强蚀变(角闪石化、黑云母化、碳酸盐化等) 有关, 共生矿物钛磁铁矿。钙钛矿也曾在某些碳质球粒陨石中发现。

闪　锌　矿　Sphalerite

ZnS

等轴晶系

N = 2.37

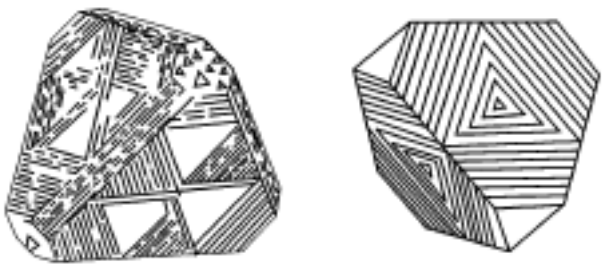


图 2-16　闪锌矿的晶形

化学组成　铁代替部分锌较普遍, 最高可达 26%。此外, 成分中常含有 Mn、Cu、Pb、Sn、Au、Ag 以及一些稀土元素, 如 Cd、Ga、In、Ge、Tl 等。富铁或镉的变种分别称铁闪锌矿和镉闪锌矿。

结晶特点　晶体呈四面体、菱形十二面体, 常呈粒状和致密块状, 有时呈葡萄状、同心圆状。解理{110}完全(见多组完全解理, 照片 49) 。

光性特征　颜色变化较大, 随着铁含量的增加由无色到浅黄、褐至黑色, 此外, 由于矿物中常含有一些微量元素, 又可有绿、红、黄等颜色, 薄片中呈浅黄、浅褐、褐或无色, 颜色往往不均一, 呈环带状分布(照片 49) 。正极高突起, 折射率随含铁量增加而增高。正交偏光间全消光, 显均质性。受应力(如用针尖压其表面) 可见到微弱的干涉色。

鉴别特征　闪锌矿根据其颜色、极高突起、均质性及具多组解理等特征可以鉴定。

产状及其他　闪锌矿主要产于高温至低温热液矿床, 亦见于矽卡岩矿床中, 共生矿物多为硫化物, 如方铅矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂等。为锌的主要矿石。

金　刚　石　Diamond

C

等轴晶系

N = 2. 40 ～2. 48

化学组成　有颜色的金刚石中常含 Si、Al、Ca、Mg、Mn、Fe、Ti、Cr、N 等杂质。杂质多时影响颜色和质量。

结晶特点　晶体常呈八面体、菱形十二面体，也呈四面体、立方体等。晶面常弯曲呈浑圆状，并具有条纹。{111}解理完全。{110}不完全。

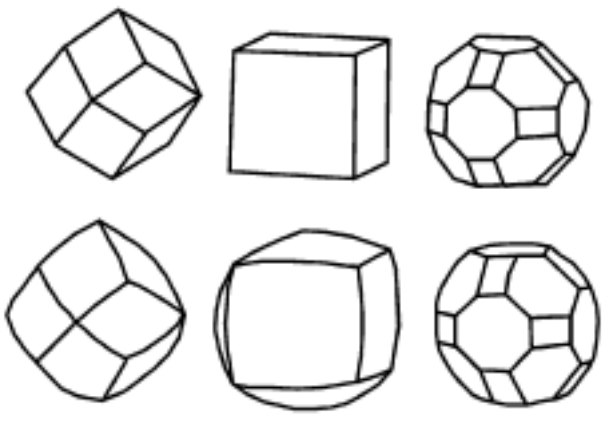


图 2－17　金刚石的晶形

光性特征　质纯的金刚石无色透明，但因微量元素的混入，使之呈不同颜色，如蓝色、黄色、褐色、烟灰色、紫色、红色等，含石墨包裹体时呈黑色，金刚光泽。薄片中一般为无色，也有的呈浅黄、褐、红、橙等。正极高突起，色散很强，黄光下 N = 2. 4175，红光下 N = 2. 408，蓝光下 N = 2. 451。正交偏光间全消光，有时具低的干涉色。极少数显一轴晶。晶体中常见气体或固体包裹体，如石墨、镁铝榴石、铬尖晶石、钛铁矿、铬透辉石等。

鉴别特征　金刚石在所有矿物中具有最大硬度(10)是其重要特征。其显微硬度比石英大 1000 倍；比刚玉大 150 倍。抗磨力比刚玉大 90 倍。因此很难在薄片中见到。但当颗粒细小，又被包裹在其他矿物中时，也可能在薄片中见到。此时可根据晶形、金刚光泽、均质性和具发光性等加以识别。金刚石在紫外光线照射下发绿色、蓝色、紫色荧光；在阴极射线下发蓝、绿色荧光。较大晶体可以直接在某些折射仪(如‘V’型折射仪、测角仪等)上测其折射率而确定。

产状及其他　金刚石产于高温高压条件下，主要见于金伯利岩中，也有时见于钾镁煌斑岩中。共生矿物为镁质橄榄石、金云母、镁铝榴石、钛铁矿、钙钛矿、磁铁矿、铬尖晶石、铬铁矿、铬透辉石、金红石等。在一些榴辉岩的石榴子石、绿辉石中曾发现有金刚石的包裹体。金刚石也常呈砂矿产出，伴生矿物有自然金、铂、钛磁铁矿、镁铝榴石、金红石等。在陨石中发现有少量金刚石。

第三章　一轴晶矿物

钙　霞　石　Cancrinite

$Na_6Ca_2[AlSiO_4]_6[CO_3, SO_4](OH)_2$

六方晶系

钙霞石(碳酸)	钙霞石(硫酸)
$N_o = 1.507 \sim 1.528$	$N_o = 1.490 \sim 1.507$
$N_e = 1.495 \sim 1.503$	$N_e = 1.488 \sim 1.495$
$(-) N_o - N_e = 0.012 \sim 0.025$	$(-) N_o - N_e = 0.002 \sim 0.012$

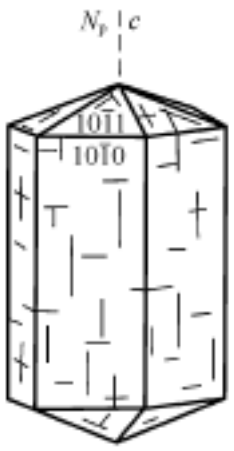


图 3－1　钙霞石光性方位

化学组成　$[CO_3]^{-2}$和$[SO_4]^{-2}$之间成连续类质同象代替。分为碳酸钙霞石和硫酸钙霞石两个变种。一般富 Na 则富$[SO_4]$，而富 Ca 则富$[CO_3]$。有时$[CO_3]$可被 Cl^- 代替，Ca 可被 NaH 或 KH 代替。当成分富钾和氯时称钾钙霞石(Davyne)。

结晶特点　晶体呈柱状，带有钝的双锥面，通常呈不规则粒状，散布于被蚀变的霞石矿物表面或环绕于边缘。解理$\{10\bar{1}0\}$完全，$\{0001\}$不完全，薄片中不常见。

光性特征　灰白、淡蓝、蜜黄、淡红色等，薄片中无色。负低突起(照片 50)。随$[SO_4]^{-2}$代替$[CO_3]^{-2}$，折射率和双折射率有所降低。干涉色一般为一级黄至二级绿(照片 51)，成分中富$[SO_4]$时(硫酸钙霞石)干涉色降至一级灰。平行消光，负延性。一轴晶负光性，偶见二轴晶，光轴角小。

变化　可变为云母、沸石、碳酸盐及高岭土等矿物。

鉴别特征　钙霞石与霞石的区别在于其双折射率较高，较纯的钙霞石干涉色为一级黄至二级绿。钙霞石与方柱石的区别在于后者解理更发育，折射率较高。钙霞石与方解石的区别是双折射率小。钙霞石与白云母很容易相混，但钙霞石为一轴晶、负延性。在霞石正长岩等碱性岩中见有无色透明矿物，干涉色鲜艳，很像白云母，但为负低突起、负延性，又是一轴晶负光性的矿物就是钙霞石。

产状及其他　钙霞石是碱性岩中的常见矿物，它可以是原生矿物，也可以是次生或反应矿物。在某些碱性杂岩如正霞正长岩中为主要矿物成分，属原生矿物，结晶较晚。在某些霞石正长伟晶岩的内带，钙霞石与钾长石共生，它是霞石与方解石的反应矿物。在某些磷霞岩、霓霞岩类岩石中，钙霞石作为霞石和方解石的反应边。湖南香花岭的花岗岩和石灰岩接触带产有钙霞石－刚玉岩。

霞　石　族　Nepheline Group

霞石族为 $R^{1+}[AlSiO_4]$ 型铝硅酸盐，R^{1+} = Li、Na、K，主要端员分子为:

$Na[AlSiO_4]$ —霞石分子(Ne),

$K[AlSiO_4]$ —钾霞石分子(Ks),

Ne 和 Ks 可以不同比例形成固溶体。

纯 $Na[AlSiO_4]$ 者,常温下为低温霞石(六方晶系),900℃以上转变成高温霞石(斜方晶系),1254℃时,缓慢地转变成三斜霞石(Carnegieite 为人工合成变体,自然界尚未发现)。纯 $K[AlSiO_4]$ 者,常温下为六方钾霞石(六方晶系),850℃以上转变成斜方钾霞石。

Ne 和 Ks 固溶体,因温度不同而有互溶的比例限度。当 Ne 为主的晶体所含 Ks 在常温下限于 25%,即固溶体范围为 $Ne_{100}Ks_0$—$Ne_{75}Ks_{25}$,随温度增高,Ks 比例增大,在 1070℃时可达到 $Ne_{30}Ks_{70}$,统称为霞石;当 Ks 为主,含 Ne 分子者,为六方钾霞石,在 1070℃时可达到 $Ne_{25}Ks_{75}$。

固溶体在 $Ne_{30}Ks_{70}$—$Ne_{10}KS_{90}$ 区间时,测定不准确,关系不清楚。

Ne 和 Ks 在高温时互溶范围宽,可形成均匀固溶体。低温时,互溶限度窄,可以发生固溶体分解,形成各种条纹交生形式。

霞石族的变种较多,主要变种分述如下。

霞　　石　Nepheline

$KNa_3[AlSiO_4]_4$

六方晶系

N_o = 1.529 ~1.546

N_e = 1.526 ~1.542

(-) $N_o - N_e$ = 0.003 ~0.004

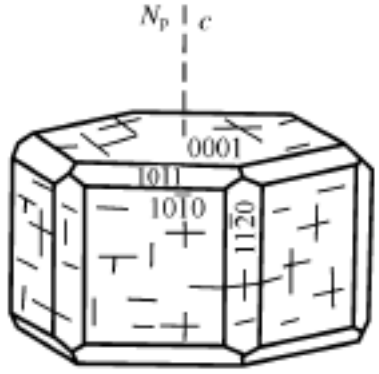


图 3-2　霞石、钾霞石光性方位

化学组成　霞石和钾霞石在高温下可形成连续的固溶体系列,成不同比例的类质同象代替,(低温时则为有限混溶)。天然产出的霞石通常含有 5% ~20% 的 $KAlSiO_4$ 和 5% ~10% 的过量的 SiO_2,还可混入钙长石分子 $CaAl_2Si_2O_8$(可达 10%)。也可含少量的 Li、Ca、Be 等。

结晶特点　晶体为六方短柱状或厚板状,在岩石中通常呈他形不规则粒状,断面为方形或六边形(照片 52,53,54)。解理$\{10\bar{1}0\}$、$\{0001\}$不完全,但在薄片中几乎见不到解理,常有一组横向裂纹。

光性特征　新鲜者一般为灰白色、灰色或呈浅黄、浅绿、浅红色调;经风化或蚀变则多呈浅红、砖红色或绿色。因具油脂光泽,又名脂光石(Elaeolite)。薄片中无色透明,常因变化使表面混浊,呈现浅灰色、土灰色。正低或负低突起。双折射率低,干涉色一级灰(照片 52,53,55),平行消光,负延性。一轴晶负光性。有时可见小的光轴角。由于钙长石分子的混入,可使其双折射率降为 0(变为均质体);也可使光性由负变为正;有时在一些碱性熔岩中还见霞石的环带构造。

变化　霞石易蚀变,蚀变往往从边缘和裂隙开始,蚀变矿物为钙霞石、方解石、方钠石、高岭石、方沸石等(照片 56,57)。霞石蚀变为绿色集合体时,称为绿霞石;变为粉色包裹物

及细粒似云母集合体时，常称之为水霞石；变为无色致密的细鳞片状集合体称为白霞石；偶尔可见霞石变为石榴子石或胶体物质。风化作用下，霞石也易分解和被溶蚀。

鉴别特征　霞石与长石（正长石、钠长石）的区别是它的解理不完全，双晶少见（钠长石可见聚片双晶，正长石可见卡氏双晶），干涉色低，且为一轴晶；此外，正长石表面常呈土褐色，而霞石多为土灰色，钠长石一般较新鲜。霞石的轴性和双折射率与磷灰石及黄长石相似，但霞石的折射率低，几乎无突起。霞石的折射率和双折射率都低于方柱石，且方柱石的横断面为正方形并具有两组直交的解理。霞石与方钠石，方沸石的区别在于后二者为均质体。与白榴石的区别是白榴石或为均质体，或具有特征的双晶。霞石与石英在岩石中均为他形粒状，无色透明，它们的区别是霞石的双折射率低于石英（前者一级灰，石英一级黄白）；光性为负而石英为正；石英表面不会混浊，见不到霞石所具有的特征的裂纹，常见波状消光，而霞石不见波状消光。

产状及其他　霞石是碱性岩的特征矿物，属于似长石类中最常见矿物，它可以是岩浆结晶的原生矿物，或交代作用（霞石化作用）的产物；也可以是岩浆与富钙沉积岩反应（混杂作用）的生成物。在霞石正长岩中霞石与钠长石、微斜长石、碱性暗色矿物等共生；碱性火山岩中与歪长石、透长石共生；在碱性辉长岩类中与斜长石共生；在基性碱性岩类中霞石可与橄榄石、辉石、透辉石、富钠的辉石和角闪石共生，但未见与斜方辉石、易变辉石共生；在富钙质基性岩中可与黄长石、钙镁橄榄石、硅灰石共生；在钾质浅成和火山岩中与白榴石共生。霞石也常和正长石一起替代白榴石出现于“假白榴石”响岩中。霞石不与原生石英共生，因为它总和 SiO_2 反应到底，当 SiO_2 量足够时，产生的是钠长石，不够时才产生霞石和钠长石，而当 SiO_2 过量时则生成钠长石和石英。

六方钾霞石　Kalsilite　$K[AlSiO_4]$。六方晶系，晶体为六方柱状，有时为针状或细粒集合体。高温下可同霞石形成连续类质同象系列，低温条件下固溶体分解，二者构成复合斑晶（图 3－3）。它们或形成条纹交生（只在薄片中见到者称“显微条纹交生”）；或由六方钾霞石构成核心，边部为霞石宽边环绕。该复合斑晶中，通常根据六方钾霞石的折射率略低（缩小光圈，下降物台，贝克线向霞石方向移动）而干涉色稍高可与霞石相区别。六方钾霞石薄片中无色，表面较霞石干净，风化产物少。$\{10\bar{1}0\}$和 $\{0001\}$解理不完全。负低—正低突起，$N_o = 1.535 \sim 1.543$，$N_e = 1.532 \sim 1.537$。$N_o - N_e = 0.006$，最高干涉色一级灰，平行消光，负延性。一轴晶负光性。

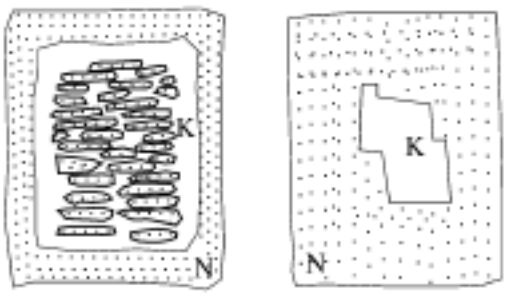


图 3－3　六方钾霞石（K）－霞石（N）复合斑晶

六方钾霞石主要产于含钾的超基性碱性火山熔岩中，如在橄辉钾斑岩中呈斑晶产出，有时也见于基质中或呈他形粒状环绕于橄榄石、辉石周围。在深成岩中未见。

钾霞石　Kaliophilite　$K[AlSiO_4]$，通常含 $NaAlSiO_4$ 5% ～20%，只有在高温情况下才可同 Ne（霞石分子）无限混溶。六方晶系。晶体呈六方短柱状、针状。薄片中无色透明。负低突起，$N_o = 1.537$，$N_e = 1.533$，$N_o - N_e = 0.004$，干涉色低为其特征。一轴晶负光性。因与六方钾霞石很相似，不易区分，常将二者相混，有人认为它是大气压下的亚稳相。钾霞石加入到含钠的硝酸钴溶液中，稍静止后将溶液吸出，可见到一些残留的黄色斑点，以此可与霞石相区别。

钾霞石极少见，产于富钾贫硅的碱性火山岩，如黑云母辉石岩成分相当的火山熔岩中。可与单斜辉石、石榴子石、白榴石、蓝方石等共生。也曾见于某种辉石—黄长石—方解石有关的火山熔岩中。

鱼　眼　石　Apophyllite

$KCa_4(H_2O)_8[Si_4O_{10}]_2(F, OH)$

四方晶系

	氟	羟
N_o	1.534	1.542
N_e	1.535	1.543
(+) $N_e - N_o$	0.001	



图 3－4　鱼眼石光性方位

化学组成　成分中 F 和 OH 间呈完全类质同象代替，当 F > OH 称氟鱼眼石，OH > F 时称羟鱼眼石。

结晶特点　晶体为四方柱与锥面的聚形。晶形多呈短柱状、尖锥状，有时为板状、粒状及放射状排列的柱状。解理{001}完全，{110}不完全。

光性特征　薄片中无色透明。负低—正低突起(照片 58)，糙面不显著。正交偏光间双折射率极低，但双折射率色散强，常呈现浅棕和靛蓝的异常干涉色(照片 59)。这是因为鱼眼石对红光波长为一轴晶正光性，对蓝光波长为一轴晶负光性。当波长在红、蓝光之间时，则呈均质性，但多数为一轴晶正光性。鱼眼石纵切面平行消光，延性可正可负，一般为正延性。

鉴别特征　鱼眼石与沸石相似，其区别为前者具异常干涉色和完善的底面解理以及折射率较高。

产状及其他　鱼眼石是一种不常见的典型热液蚀变矿物。产于玄武岩、辉绿岩及其他岩石的孔穴中，呈“杏仁”或晶簇状，与沸石、硅硼钙石、针钠钙石、方解石、葡萄石等共生。在一些金属矿脉(如银、铅等)中可与黄铁矿、黄铜矿共生。有时也见于花岗岩、片麻岩、接触变质大理岩空洞中。在霞石正长岩的钠沸石脉中也可见到。有时作为硅灰石的次生矿物产出。

石英及其 SiO_2 变体

石英及其 SiO_2 变体是自然界分布相当广泛的矿物，均由 SiO_2 组成。除石英外，常见的主要变体为蛋白石和玉髓，其次为鳞石英(Tridymite)、方英石(Cristobalite)、柯石英(Coesite)以及斯石英(Stishovite 又称超石英)、焦石英(Lechatelierite)等。其中蛋白石是含水的非晶质氧化硅($SiO_2 \cdot nH_2O$)；玉髓为氧化硅的隐晶质集合体；焦石英是一种较少见的硅酸玻璃，非晶质。

石英及其 SiO_2 变体的产出与温度和压力有着密切的关系，图 3－5 显示了这一特点。它们的主要光学常数的差异，如表 3－1 所示，其中蛋白石的详细描述见均质体一节，其他各主要矿物详述如下。

表 3－1　石英及其 SiO_2 变体光性特征

名　　称	晶系和构造	N	N_o	N_e	N_e-N_o	光性和轴性	延性	备　注
α- 石英 α- Quartz	三方晶系		1.544	1.553	0.009	一轴晶(+)	+	低温变体。最常见
β- 石英 β- Quartz	六方晶系		1.5329	1.5405	0.008	一轴晶(+)	+	高温变体
玉髓 Chalcedony	隐晶集合体		1.530 1.533(正)	1.538 1.543(正)	0.008 0.010	一轴晶(+)	- +	石英的纤状变体
蛋白石 Opal	非晶质	1.406～1.460			0	均质体		产于沉积岩中或火山气孔中
鳞石英 Tridymite	假六方晶系(斜方)		1.469～1.479 (N_p)	1.473～1.483 (N_g)	0.004	二轴晶(+)	-	产于火山岩中
方英石 Cristobalite	等轴晶系(高温),四方晶系(低温)		1.487	1.484	0.003	一轴晶(-)	+或 -	产于火山岩中
焦石英 Lechatelierite	非晶质	1.462～1.545			0	均质体		闪电熔岩的天然熔化石英
柯石英 Coesite	假六方晶系(单斜晶系)		1.593～1.599 (N_p)	1.597～1.605 (N_g)	0.004 -0.006	二轴晶(+)	+	高压稳定矿物
斯石英 Stishovite	四方晶系		1.799	1.826	0.027	一轴晶(+)	+ -	陨石坑的砂岩中
热液石英 Keatite	四方晶系		1.522	1.513	0.009	一轴晶(-)	-	人造变体

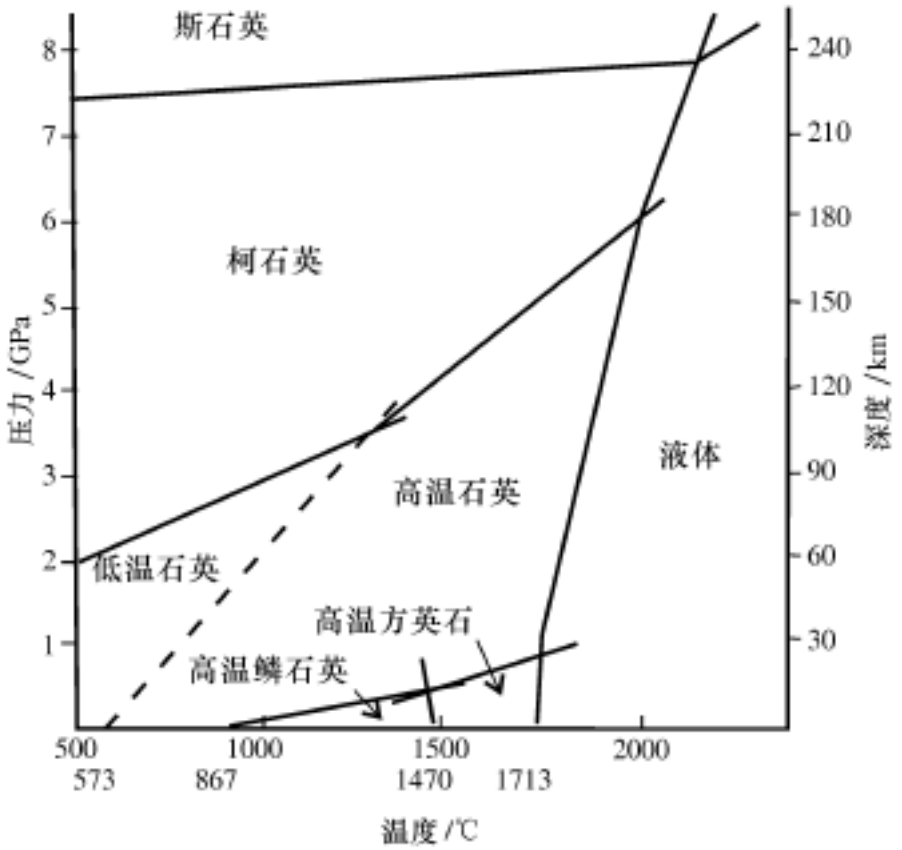


图 3－5　二氧化硅 p－t 相图

(据佐尔泰, 1984)

石　　英　Quartz

SiO_2

α- 石英, 三方晶系

β- 石英, 六方晶系

	α	β
	N_o = 1.544	1.5329
	N_e = 1.553	1.5405
(+)	$N_e - N_o$ = 0.009	0.008

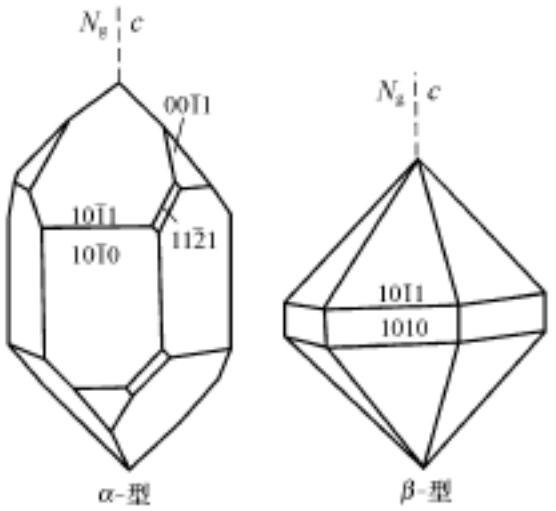


图 3-6　石英光性方位

化学组成　纯石英 SiO_2 含量可达 100%, 但一般均含有少量其他氧化物。这是由于石英(特别是 α- 石英)常含有固态、液态、气态包裹体的关系, 其中固态包裹体常见的有金红石、电气石、阳起石、矽线石、磷灰石、锆石、磁铁矿等, 因此石英中可含有痕量的 Fe、Mg、Al、K、Na、Ca、Zr 等元素; 此外还含有 CO_2、H_2O、NaCl、KCl、$CaCO_3$ 等(呈液态或气态包裹体形式)。石英中的包裹体研究可提供成矿温度的有关数据, 越来越受到重视。

结晶特点　石英有两种变体, 一为高温变体即 β- 石英, 属六方晶系; 一为低温变体即 α- 石英, 属三方晶系。在常压下二者转变温度为 573℃。β- 石英呈六方双锥, 柱面很短, 薄片中常呈近六边形; α- 石英则为柱面和菱面的聚形, 呈长柱状, 在岩石中, 石英更常见的是他形粒状(照片 63)。现在自然界所见石英全为 α- 石英, 即使原先晶出时为 β- 石英, 也已转变为 α- 石英, 但常保留其外形(照片 60), 因此往往在一些火山岩中虽见到具 β- 石英的完好自形晶, 实际已转变为 α- 石英(统称石英), 其转变过程常使晶体发生破裂。脉石英中的形态多为柱粒状、粒状和板条状(照片 62)。在糜棱岩中的石英被拔丝拉长, 并常见矩形石英、条带状石英等, 在砂岩中的碎屑石英周围有时见次生加大边(照片 64, 65 右下)。石英无解理。

光性特征　一般为无色、乳白色, 有时因含杂质而呈紫、黄、淡红、淡绿、灰黑色等, 薄片中无色透明表面光滑, 但若晶体中包裹体多时, 表面混浊。正低突起。低温变体在岩石中多呈他形粒状, 高温变体(多为火山岩或浅成岩中的斑晶)常呈自形晶, 并常见熔蚀现象(照片 66)。最高干涉色为一级黄白。柱状轮廓具平行消光, 正延性。受应力作用常出现波状消光, 一轴晶正光性, 有时还可出现光性异常, 变为二轴晶, (+) $2V = 8°\sim12°$。在薄片较厚时还可见石英的旋光性。在应力作用下, 石英压溶出现砂钟构造、应力双晶、变形带及不同类型的变形纹等。薄片中见不到双晶。

变化　石英是一种稳定矿物, 一般不易风化。极少情况下能被钠长石、磁铁矿、黄铁矿代替。但石英交代其他矿物的现象则较常见, 称硅化或次生石英岩化, 这种次生石英常呈特征的板条状或柱粒状(照片 61)。常见到方解石、橄榄石、重晶石等矿物被石英集合体所取代。

鉴别特征　根据石英的正低突起、不易风化、无解理、表面光滑、一级黄白干涉色和一轴晶正光性, 不难与长石、霞石区别。在有些岩石中钠长石呈糖粒状, 无色透明, 见不到双晶和解理, 这时最易误认为石英, 二者区别可根据突起、轴性, 石英为正低突起、一轴晶; 钠长石为负低突起、二轴晶。白云母平行解理的切面也易与石英相混, 区别是白云母的突起略高, 有较清晰的糙面, 为二轴晶。在变质岩中有时还会把石英和堇青石混淆起来, 二者主要可根据

轴性区别,堇青石为二轴晶(详细特征见堇青石一节)。

产状及其他　石英是地壳中仅次于长石分布很广的矿物之一,产出在大多数的各种火成岩、沉积岩和变质岩中。但在硅不饱和的岩石中则不见原生石英,石英不与橄榄石、似长石矿物共生。在深成火成岩中一般晶出最晚,而在酸性火山岩中常呈斑晶出现,在一些花岗质岩石(或伟晶岩)中,常和钾长石成文象交生,也常在钾长石和斜长石交界处穿插生长成蠕状交生(称蠕英石)。石英为稳定矿物,因此常聚集成砂,并为砂质沉积物的主要组成。此外在一些碎屑岩中也作为胶结物产出。在富硅的变质岩中石英也是重要组成矿物,石英岩几乎全由石英组成。在一些矿脉中,石英常作为重要脉石矿物产出,有时可见柱状石英排列成梳状构造(照片 62)。石英也常呈细脉状穿切岩石(照片 67)。在伟晶岩等岩石的晶洞中,柱状石英常聚集成晶簇状,当这些晶体够大时成为水晶。石英砂和水晶在工艺和工业上具有多种用途,如制造各种光学仪器,广泛应用于电子、超声波技术上。工业水晶用来制造各种珠宝装饰品,除无色透明者外,市场上还常见紫水晶(可能含锰、硼)、黄水晶(含铁的氢氧化物)、烟水晶(可能与镭辐射有关)、砂金石(含鳞片状赤铁矿或云母,褐红、微黄色)、猫眼石(石英交代纤状石棉)以及茶晶,墨晶等,一般纯净石英可作玻璃和陶瓷原料。

玉髓(石髓)　Chalcedony

SiO_2

三方晶系

N_o = 1.530 ~1.533

N_e = 1.538 ~1.543

(+) $N_e - N_o$ = 0.008 ~0.010

化学组成　常含有氧化铁和有机质等机械混合物,并可含不定量的 H_2O。

结晶特点　它是石英的纤维状变体,因此常呈隐晶质或纤维状、放射状集合体出现(照片 68, 69, 2),也常呈球粒状、花朵状充填于孔穴中,皮壳状、钟乳状少见。无解理。

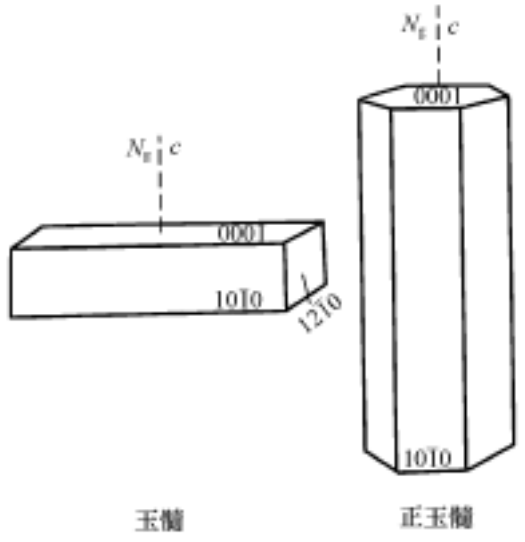


图 3-7　玉髓光性方位

光性特征　白色、浅蓝灰色或极淡的褐色,薄片中一般为无色,由于它含铁和不定量的水常被氧化铁染而成浅黄或浅褐色,极个别情况可呈淡青色。负低突起,折射率随水的含量增加而减少,当不含水时其折射率接近石英,为正低突起。一级灰白干涉色。平行消光(照片 68, 69),少见的水玉髓(Lutecite)为斜消光,消光角 20°±。延性可正可负,正延性者称正玉髓(Quartzine)。一轴晶正光性,可出现异常的二轴晶 2V = 0°~25°。但由于玉髓多为隐晶质或纤维状,很少能见到干涉图。

鉴别特征　薄片中呈纤维状、放射状集合体为其特征。玉髓与纤维状沸石的区别是沸石的折射率较小,此外,如在蛋白石中见到纤维集合体,往往是玉髓而不是沸石。与正玉髓的区别是玉髓为负延性。在正交偏光间,加入石膏检板,有时可见玉髓的同方向纤维的干涉色有的变蓝,有的变黄,表明该纤维集合体既有玉髓又有正玉髓。与水玉髓的区别是后者为斜消光,消光角 20°±。

产状及其他　玉髓作为次生矿物,充填于火成岩的孔洞中,与石英、蛋白石、沸石、碳酸

盐矿物等伴生(照片 69)。在中酸性或镁铁质火成岩中可作为蚀变矿物交代长石或暗色矿物。在某些火山熔岩和火山碎屑岩中常是脱玻化的产物。在一些沉积岩如石灰岩、砂岩中可为自生组分,也可是燧石或某些砂岩硅质胶结物的主要成分。在石灰岩中交代石英;在硅藻土中交代蛋白石。地质历史上年轻的燧石 - 硅质岩主要由玉髓、蛋白石、细粒石英和极少的方英石组成。而古老的燧石则完全由细粒石英组成(由于玉髓、蛋白石失水所致)。玉髓及其混合物可作为重要的工艺品如玛瑙(Agate 是玉髓和石英的混合物)常呈美丽的条纹,是重要的工艺品,较差的玛瑙可作为研磨钵。碧玉(Jasper)也是玉髓和石英混合物,并含有铁的氧化物杂质,可作为工艺品。鸡血石或血玉髓(Bloodstone or Heliotrope)是有红色斑点的玉髓,质地纯净者是工艺品原料。此外玉髓还有不同颜色的变种,如绿玉髓、葱绿玉髓等亦可作为工艺品。

柯　石　英　Coesite

SiO_2

单斜晶系　$\beta = 120°$

$N_g = 1.597 \sim 1.605$

$N_p = 1.593 \sim 1.599$

$N_g - N_p = 0.004 \sim 0.006$

$(+)2V = 54° \sim 61°$

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 4° \sim 6°$, **光轴面** $\parallel (010)$

化学组成　Si 可部分被 Al^{3+} 代替。高温时 Fe^{3+} 可代替 Si。

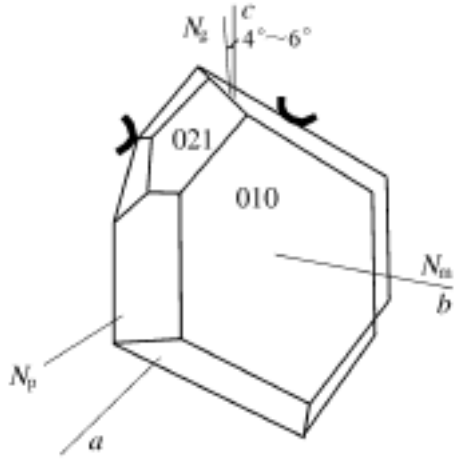


图 3-8　柯石英光性方位
(据佐尔泰,1984)

结晶特征　假六方板状,板条平行(100),亦可为柱状、细粒状、浑圆状。在高压下(2.5 GPa 以上)为稳定的单斜晶系同质多象变体。无解理。

光性特征　标本和薄片均为无色透明。正低突起,但较石英为高,接近中突起。一级灰干涉色(照片 70,71 右下),正延性。斜消光,消光角小,$c \wedge N_g = 4° \sim 6°$。二轴晶正光性,光轴角中等($54° \sim 61°$)。光轴面 $\parallel (010)$。

变化　柯石英为高压稳定矿物。在构造抬升、压力降低时,他们变得不稳定。部分或全部变为石英或石英集合体。照片中心部位突起较高者为柯石英残留,其周围已变为细小的羽状石英集合体(照片 70,71 右下)。

鉴别特征　根据柯石英折射率较大、斜消光、二轴晶等特点可与石英及其他变体相区别。此外,当柯石英在榴辉岩中产出时,最常见的标志是寄主矿物(石榴子石或绿辉石)的胀裂结构(这是柯石英转变为石英时体积膨胀的结果,照片 70)。但要注意,不能见到胀裂结构就认为包裹的矿物即柯石英。因为有可能它已全部转变为石英集合体而只保留假象;此外,也要注意寄主矿物是否为高压条件下形成的。柯石英与磷灰石相似,区别是后者折射率略高(正中突起)、平行消光、负延性。必要时可利用拉曼光谱(敏感谱线 521.00 cm^{-1})确定。

产状及其他　柯石英最早(1953)由人工合成。是由 $(NH_4)HPO_4$ 和干的 Na_2SiO_3 在 500~800℃的温度下,在 3.5 GPa 大气压下合成的。自然界首次(1960)在美国的一个陨石坑的变

质砂岩中发现,之后,在受应力作用的花岗岩、砂岩中也有发现,这些说明了柯石英的形成与冲击变质作用有关。20 世纪 80 年代末在我国华中榴辉岩中发现了柯石英。它们作为石榴子石、绿辉石的包裹体产出。在一些金伯利岩的包体中也发现过柯石英。

鳞　石　英　Tridymite

SiO_2

斜方晶系(低温,常见),六方晶系(高温)

$N_g = 1.473 \sim 1.483$

$N_m = 1.470 \sim 1.480$

$N_p = 1.469 \sim 1.479$

$N_g - N_p = 0.004$

(+) $2V = 35° \sim 70°$

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_g$

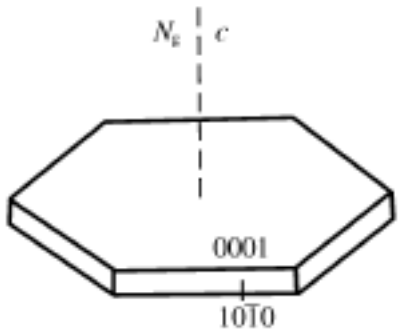


图 3－9　鳞石英光性方位

化学组成　含少量杂质,特别是 Na 和 Al,有时含少量 Mg。α- 鳞石英为低温变体,简称鳞石英。β- 鳞石英则为高温变体,极少保存。

结晶特点　具有六边形薄板状的外形,沿(001)薄板彼此呈复瓦状,有时呈方英石的八面体假象。鳞石英呈单独晶体出现者极少见,通常呈集合体。无解理。在高于 1117℃的温度时为六方晶系(β- 鳞石英),在较低的温度时则为斜方晶系(α- 鳞石英)。

光性特征　无色、白色、灰白色,薄片中无色透明。显著的负中—高突起。干涉色一级暗灰。α- 鳞石英为二轴晶,光轴角一般不大于 35°～43°,但有时亦可达 70°±,为正光性。由于晶体一般较小,不易测其轴性。有时可见特殊双晶,呈一端薄一端厚的楔形或扇形三连晶。

变化　鳞石英不易变化,但它有时形成方英石的假象。

鉴别特征　鳞石英和方英石的区别是前者为正光性,其折射率较低,晶形为六边形(方英石为四边形)。与萤石区别是后者有解理、无双晶。与蛋白石区别是根据晶形、非晶质和折射率。

产状及其他　鳞石英主要产于中酸性火山熔岩即黑曜岩、流纹岩、粗面岩、安山岩等的基质中,呈浸染状分布,也出现于气孔内。常与方英石、透长石共生。不见于深成岩。

方　英　石　Cristobalite

SiO_2

四方晶系(低温),等轴晶系(高温)

$N_o = 1.487$

$N_e = 1.484$

(－) $N_o - N_e = 0.003$

化学组成　成分中常含少量其他元素,如 Al, Fe, Ca。

结晶特点　晶体呈八面体或骸晶状,但很少见,通常为小的板状体,薄片中呈方形或等向形、鳞片状、纤维状,有时与长石互生形成球粒,或与鳞石英形成连晶。板状的方英石常具复瓦

状构造。无解理,具有特别的弯曲断口。α- 方英石属四方晶系,为低温变体。在常温直到 200 ~275℃以下时存在,但不稳定,147℃以下时可直接转变为低温石英。β- 方英石属等轴晶系,为高温变体,高于 200 ~275℃时成亚稳状态存在,1470℃至小于 1713℃时稳定, 1713℃时熔解(图 3 -5) 。β- 鳞石英⟹β- 方英石,其转变温度为 1470℃。α- 方英石⟹β- 方英石,其转变温度为 200 ~270℃, α- 方英石常呈 β- 方英石假象。

光性特征　无色或白色,薄片中无色透明,偶尔带有浅灰、浅黄色。具显著的负中—低突起。正交偏光间双折射率很低,干涉色为一级暗灰, β- 方英石则表现为均质体。一般为平行消光,延性可正可负(合成的针状晶体为正延性) 。具有聚片双晶,双晶纹可相交成不同的角度。在厚薄片中可测出方英石的轴性,为一轴晶负光性。

鉴别特征　方英石易与鳞石英混淆,区别是方英石具弯曲断口,有时呈纤维状,一轴晶负光性,有时呈均质性,折射率略高于鳞石英,且鳞石英为二轴晶正光性。方英石与石英的区别是它为负突起、干涉色低、负光性。总之,方英石的晶形、折射率和负光性是其主要特征。

产状及其他　方英石为低压高温相矿物,常与鳞石英共生,见于火山熔岩,如黑曜岩、安山岩、粗面岩、流纹岩、橄榄玄武岩,共生矿物有歪长石、石英、绿泥石、沸石、蛋白石、玉髓、透长石、辉石、铁橄榄石、磁铁矿以及方解石等。火山玻璃脱玻化可形成方英石和蒙脱石。在超浅成的中酸性岩的气孔、裂隙中也有产出。有时在被玄武岩流部分熔化的砂岩中见到。某些火山渣中也有方英石出现。在蛇纹岩和低温热液脉中也有方英石产出;经 X 射线分析发现蛋白石中亦存在均质的方英石。方英石在陨石中也曾产出。

石英的其他变体包括:

斯石英　超石英　Stishovite　为超高压 SiO_2 变体。四方晶系,一向延长的细小晶体,部分为显微粒状、针状、纤维状。薄片中无色。折射率、双折射率较其他石英变体大, $N_e = 1.826$, $N_o = 1.799$, $N_e - N_o = 0.027$。正延性。一轴晶正光性。与柯石英、焦石英一起在陨石坑中发现,为超高压冲击变质而成。其稳定范围是 1200 ~1400℃,压力是 1.6 ~1.8 GPa。

焦石英　Lechatelierite　为非晶质 SiO_2,是天然的石英玻璃。他形无色。$N = 1.462$ ~1.545。均质体。与蛋白石相似,可根据突起较高和产状不同区别两者。焦石英与柯石英、超石英一起产于陨石坑中。也发现于火山地区和闪电熔岩(Fulgurite) 中(由粒状石英变来) 。焦石英在温度低于 1713℃时呈不稳定状态。当温度达 1000℃, SiO_2 熔体迅速结晶时可存在。

热液石英　凯石英　Keatite　是人工合成的 SiO_2 变体,四方晶系。稳定范围 380 ~585℃: 压力为 0.5 ~1.8 GPa) 。晶体细小呈四方板状。$N_e = 1.513$, $N_o = 1.522$, $N_o - N_e = 0.009$。一轴晶负光性。

明　矾　石　Alunite

$KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$

三方晶系

$N_o = 1.572$

$N_e = 1.592$

(+) $N_e - N_o = 0.020$

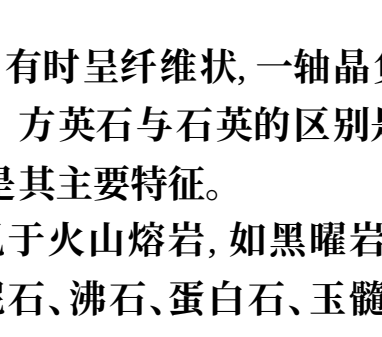


图 3 -10　明矾石光性方位

化学组成　成分中部分钾可被钠代替,当 K 大部分或全部被 Na^+ 替代时称钠明矾石(Natroalunite, 无色, $N_o = 1.583$, $N_e = 1.602$, $N_e - N_o = 0.019$) 。

结晶特点　呈假立方体状的菱面体,有时为平行(0001) 的板状。通常呈粒状或纤维

状、薄片状、结核状。沿{0001}具清楚的解理。

光性特征　白、灰、浅黄及浅红色等，薄片中无色。正低—中突起，最高干涉色二级蓝(照片 72，谢成福提供)。呈平行消光和对称消光，负延性。一轴晶正光性。

鉴别特征　有时与白云母相似，区别在于明矾石的双折射率较低($\approx$0.020)，而白云母可达 0.036 ~0.049；明矾石的解理缝平行 N_p 即快光，而白云母解理缝平行慢光，转动物台，使解理平行检板孔位置，插入检板，若干涉色升高则为明矾石，此法亦可与细小的绢云母区别；此外，明矾石为一轴晶，白云母为二轴晶。方柱石表面上看很像明矾石，但方柱石为一轴晶负光性。与钙霞石区别是明矾石的折射率较高。与水镁石的区别在于形态、解理和产状以及水镁石具有异常干涉色。

产状及其他　含硫酸的低温热液作用于中酸性火山岩(流纹岩、粗面岩、英安岩、安山岩)，交代其中的碱性长石或斜长石即形成明矾石，这种蚀变称明矾石化。共生矿物有石英、高岭石、黄铁矿等。少量产于火山喷气孔附近。明矾石也可作为一种脉石矿物存在于矿脉中。含硫酸盐的地表水或热泉作用于铝质岩石也可形成明矾石，明矾石可与硬水铝石、高岭石、黄铁矿等伴生。此外，在砂岩、粘土和铝矾土中有明矾石结核。明矾石用于提取明矾和硫酸的原料。

方　柱　石　Scapolite

$(Na, Ca)_4[Al(Al, Si)Si_2O_8]_3(Cl, F, OH, CO_3, SO_4)$

四方晶系

N_o = 1.546 ~1.600

N_e = 1.539 ~1.564

(-) $N_o - N_e$ = 0.006 ~0.038

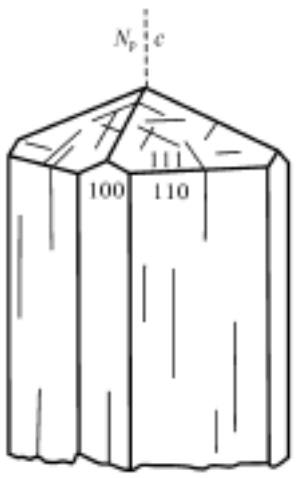


图 3-11　方柱石光性方位

化学组成　方柱石是以钠柱石分子(Ma)和钙柱石分子(Me)为端员的固溶体系列。根据二者分子数的不同比例将该系列分为四个变种(表 3-2)。方柱石是该系列矿物的总称。自然界尚未发现纯的钙柱石和钠柱石，主要均为中间成分的变种(Me_{20}—Me_{80})。一般富钠的端员中 Cl^- 含量较多，富钙的端员中 $[CO_3]^{2-}$、$[SO_4]^{2-}$ 较多。

结晶特点　柱状有时具双锥面、横断面四方形。通常为不规则粒状。解理{100}和{110}完全，{110}∧{$1\bar{1}0$}=90°

光性特征　标本可以呈现各种颜色，薄片无色。正低至正中突起(照片 73)，折射率和双折射率(表 3-2)随 Me 含量增加而增大。干涉色从一级灰到二级紫红或三级蓝，常见一级灰到二级蓝或绿。平行消光(照片 74)，负延性。晶粒上干涉色常不均匀，呈斑点状。一轴晶负光性。有人报道方柱石可以有小于 10°的光轴角。方柱石可呈环带结构，从核心到外环 N_e 值不变，N_o 值变化引起双折射率值改变，核心的双折射率(0.003 ±)低于外环，这表明晶体生长过程中，Me 含量增加。

变化　方柱石经过热液交代作用，首先变成混浊物，进一步可以变成方解石、斜长石和绢云母的混合物，或者成为绿帘石、斜长石和符山石的集合体。也可变化为白云母和石英的集合体。在特殊情况下，方柱石经重结晶作用可变为镁橄榄石和尖晶石。经风化可变为高岭石质粘土。

表 3-2　方柱石族变种成分及光学常数表*

方柱石变种名称	端员分子/%		N_o	N_e	$(-)N_o-N_e$
	Ma	Me			
钠柱石(Marialite)	100～80	0～20	1.546～1.550	1.539～1.541	0.006～0.009
针柱石(Dipyre)	80～50	20～50	1.552～1.569	1.541～1.551	0.001～0.008
中柱石(Mizzonite)	50～20	50～80	1.570～1.593	1.549～1.564	0.021～0.029
钙柱石(Meionite)	20～0	80～100	1.590～1.600	1.556～1.564	0.034～0.038

*　折射率、双折射率数据主要来源于 Deer1965 年俄文版Ⅳ卷 361 页。

鉴别特征　方柱石与长石、堇青石的区别在于它的解理夹角不同,一轴晶,平行消光,且缺少双晶,同时富钙方柱石的双折射率较大。方柱石与钙霞石的区别在于它的解理特征,干涉色较高、在 HCl 中溶解。自然岩石产出的方柱石大部分是中间成分的变种,其双折射率约为 0.025 ±0.006,与辉石近似,又因它们常常在一起出现,很容易把方柱石误认为是辉石或无色角闪石,此时,根据它为一轴晶、折射率低和解理特征以及平行消光、负延性等加以区别。与石英的区别是其干涉色一般较高,负光性和有解理。与磷灰石可根据折射率低、外形不同区别。在一些岩石,如辉长岩类的火成岩中,方柱石交代斜长石(照片 193),在斜长石内很像白色云母,这时要仔细的鉴别,主要可根据延性(方柱石负延性,云母正延性)、解理(云母具一组极完全解理)区别,此外,干涉色和轴性也可作为鉴别的参考。

产状及其他　方柱石是一种广泛分布的矿物。主要见于酸性、碱性火成岩与灰岩、白云岩接触交代矽卡岩中,与石榴子石、透辉石、符山石、透闪石等共生。在一些大理岩、钙质片麻岩及绿泥片岩中也可见到。在基-中性火成岩(如辉长岩、闪长岩等)中作为高温气成交代作用的产物常交代斜长石,并常呈其假象(照片 193)。某些火山作用的贯入岩体及火山岩接触带也有方柱石产出。在某些正长岩-伟晶岩中曾发现钠柱石。

水镁石(氢氧镁石)　Brucite

$Mg(OH)_2$

三方晶系

$N_o = 1.562 \sim 1.590$

$N_e = 1.582 \sim 1.600$

$(+)N_e - N_o = 0.010 \sim 0.020$

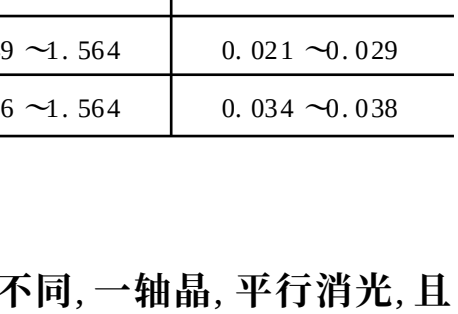


图 3-12　水镁石光性方位

化学组成　Fe^{2+}、Mn^{2+}、Zn^{2+} 以类质同象混入物代替 Mg,其中 MnO 可达 18%,FeO 10%,ZnO 4%,且可分别形成三个变种:锰水镁石(Manganbrucite)、铁水镁石(Ferrobrucite)和锌水镁石(Zinc-brucite)。

结晶特点　晶体呈厚板状,常呈叶片状、鳞片状或纤维状集合体。云母状解理{0001}完全,具挠性和揉性,故正交偏光间转物台时,经常呈"手风琴"状消光(照片 75)。

光性特征　白色,绿或褐色,薄片中无色。正低—中突起,含 MnO 18.1%及 ZnO 3.7%的水镁石 $N_o = 1.590$, $N_e = 1.600$。水镁石双折射率色散强,因而其干涉色一级黄常被类似

烟草的红褐色异常干涉色代替(照片 75,76,78)。平行消光,负延性。一轴晶正光性。

变化　水镁石通常是方镁石的变化产物,而它本身又常蚀变为水菱镁矿或蛇纹石。在地表酸性溶液中转变为碳酸盐矿物。

鉴别特征　水镁石以硬度小、解理完全、常呈叶片状、且有时叶片具挠性,在正交偏光间常见"手风琴"式消光并具有异常干涉色为其特征,以此可与许多相似矿物区别,如明矾石等。和叶蛇纹石的区别是水镁石为负延性而叶蛇纹石多为正延性,且水镁石常具异常干涉色。根据轴性和干涉色,可同白云母、滑石、石膏相区别。纤维状的水镁石可见旋状排列(照片 77,78),并具异常干涉色,以此可与水菱镁矿和无色绿泥石区别。

产状及其他　水镁石通常见于白云质或镁质接触变质岩中,为方镁石的变化产物,并常呈方镁石的假象(照片 77,78),有时在核部还见有方镁石残留。它常见于蛇纹石化超镁铁质岩或蛇纹岩中,与滑石、菱镁矿、蛇纹石等共生。产出较多时可作炼镁原料。

纤水镁石　水镁石石棉　Nemalite　$(Mg,Fe)(OH)_2$。六方晶系,是一种含铁的纤维状水镁石变种。纤维状或石棉状集合体。在纤维之间往往出现磁铁矿包粒。浅绿色至无色,薄片中无色。正低突起,N_o = 1.585, N_e = 1.589, $N_e - N_o$ = 0.004。平行消光,负延性(照片 77,78)。折射率高于水菱镁矿和水镁石(低于含 Mn, Zn 的水镁石),而双折射率则低于后二者。二轴晶正光性。光轴角中等至小,当加热时,光轴角减小到 4°~10°。产于蛇纹岩内的水镁石矿中,与水纤菱镁石(Artinite),水菱镁矿,方解石,文石等共生。

绿　柱　石　Beryl

$Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

六方晶系

N_o = 1.569 ~1.610

N_e = 1.565 ~1.599

(-) $N_o - N_e$ = 0.004 ~0.008

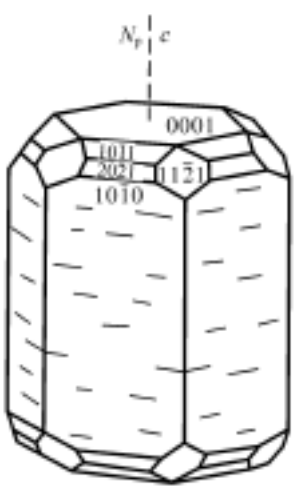


图 3-13　绿柱石光性方位

化学组成　常含有 Na、Li、Cs、K 以及 Rb、Ca、Sn、He 等。某些绿柱石变种含碱质微量元素的总量可达 5% ~7%。含 H_2O 达到相当数量的绿柱石往往可做宝石,另外可见有 Fe^{3+} 代替 Al,一定量的 Ca^{2+}、Mg^{2+} 代替 Be。由于绿柱石常含有碱质微量元素,因而出现许多变种,其中多数可作宝石。主要有祖母绿、海蓝宝石(蓝晶)、铯绿柱石、金绿柱石和钪绿柱石,它们的主要特征和主要化学成分见表 3-3。

结晶特点　晶体多呈长柱状,富含碱金属的晶体多为短柱状,或沿{0001}发育成板状,薄片中常为柱状,横切面六边形,柱面上可见纵纹,有时也呈粒状。{0001}解理不完全。

光性特征　绿色、白色、浅蓝、玫瑰等色,薄片中无色,较厚的切片,可显弱多色性,随颜色而异,如绿色者常为绿—浅绿色;蓝色者为蓝—蓝绿或无色等(照片 79),如表 3-3 所示。正低—正中突起,常含气、液和其他矿物的包裹体。最高干涉色为一级灰至白,平行消光(照片 80),负延性(板状绿柱石在薄片中为正延性)。绿柱石的折射率和双折射率均随碱金属含量的增加而增高。一般为一轴晶负光性,有时为二轴晶(-)2V = 6°±。有些绿柱石具环带构造,核心部分为一轴晶,边缘则为二轴晶,其光轴角达 10°;有些绿柱石的环带表现

表 3－3　绿柱石变种主要光性特征

		祖母绿（纯绿宝石）Emerald	海蓝宝石（无碱绿柱石）、蓝晶 Aquamarine	金绿柱石（黄透绿柱石）Heliodor	铯绿柱石 Vorobyevite	钪绿柱石（硅钪铍矿）Bazzite
特征成分		含 Cr_2O_3 0.12%～0.25%	含 ZrO_2 0.8%，Na_2O 1.75%，Sc 0.1%～1%	痕量 U	Cs_2O 可达 4.13%	Sc 含量 3%±
多色性	N_o	黄色	浅蓝—几乎无色	黄色	无色	绿蓝—无色
	N_e	浅蓝—浅绿	浅蓝	浅黄	浅玫瑰色	天蓝色
手标本颜色		亮绿、深草绿	浅绿或蓝绿	琥珀色或金黄色	粉红色、浅玫瑰黄色	铜蓝色
折射率	N_o	1.578	1.573		1.592	1.626
	N_e	1.573	1.568		1.586	1.605

为外带呈浅黄绿色（因含 FeO 和 Fe_2O_3）并具有比内带高的折射率。

变化　绿柱石可变为高岭石。有时还有少量的白云母产生。伟晶岩中的绿柱石可被硅铍石（似晶石）代替。绿柱石也可蚀变为羟硅铍石（有时伴有石英）。

鉴别特征　绿柱石与磷灰石的区别是磷灰石折射率高，突起高，而绿柱石突起较低。与黄玉的区别在于黄玉双折射率高、二轴晶正光性。具不规则形状的绿柱石也易与石英混淆，区别是石英突起较低，为一轴晶正光性，而绿柱石为负光性，双折射率石英略大于绿柱石。

产状及其他　绿柱石主要产于花岗伟晶岩或花岗岩中，也可在云英岩、高温热液矿脉中出现。在未受交代的伟晶岩中，绿柱石基本不含碱质，与石英、钾长石、微斜长石、白云母等共生。受晚期钠质交代形成的绿柱石含较多碱质，共生矿物有锂云母、锂辉石、钠长石、石英等。在云英岩和高温热液矿脉中，与黑钨矿、辉铜矿、锡石、黄玉、日光榴石、硅铍石（似晶石）等共生。绿柱石在霞石正长岩、云母片岩和大理岩中也有产出。绿柱石是主要铍矿物，大量出现可作为铍矿石。绿柱石含微量元素的一些变种可作宝石，其中重要的是祖母绿和海蓝宝石。

异　性　石　Eudialyte

$Na_{12}Ca_6Fe_3Zr_3[Si_3O_9]_2[Si_9O_{24}(OH)_3]_2$

三方晶系

$N_o = 1.588 \sim 1.658$

$N_e = 1.594 \sim 1.636$

$(+)\ N_e - N_o = 0.006 \sim 0.022$

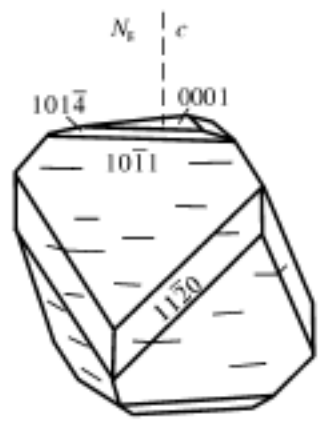


图 3－14　异性石光性方位

化学组成　部分 Na、Ca 可被 K^+、稀土元素等代替。可含 Mn, Ti, Nb 等。成分中 Na 占优势时称异性石；当 Ca 占优势并含有 Fe、Mn、Nb 时称负异性石（光性为负）；当 Na, Ca 成分相近时称中异性石。异性石中一部分 Ca 可被 TR 替代。

结晶特点　常呈板状或柱状，薄片中呈粒状或柱状。{0001}解理不完全（照片 81），常

见裂理。

光性特征　异性石和中异性石呈玫瑰色、红色,负异性石呈褐色,薄片中无色,有时带浅黄或浅粉红色。正低中突起(照片 81)。最高干涉色一级灰—黄白,负异性石可达一级紫红。常具环带构造(照片 82),不同环带具有不等的双折射率(干涉色暗灰—灰—灰白—白黄等,插石膏检板观察更清楚)。平行消光,延性可正可负。异性石为一轴晶正光性,负异性石为一轴晶负光性,中异性石则为均质体。极少情况下具光性异常,呈二轴晶,光轴角达 15°或 30°。三种异性石的光学常数见表 3-4。

变化　异性石易被钠锆石交代(照片 83),在表生作用下易于分解,碱金属被淋滤,同时也析出 ZrO_2,形成一种隐晶质斜锆石。

表 3-4　异性石的光性特征

	异性石	中异性石	负异性石
N_o	1.588～1.623	1.607	1.620～1.658
N_e	1.594～1.633	1.607	1.618～1.636
Δ	0.006～0.010	0	0.002～0.022
光性	(+)	均质	(-)

鉴别特征　异性石呈玫瑰红色、薄片有时见浅粉红色、一轴晶、干涉色低以及产状为其主要特征。有时易与石榴子石相混,但石榴子石突起高,且为均质体。和符山石、黄长石的光性也较相似,但符山石突起高,常有异常干涉色,产状也不相同;黄长石常有杆状的玻璃质包裹体和"钉齿构造",常见异常干涉色,突起一般较异性石高。

产状及其他　异性石主要产于霞石正长岩、碱性伟晶岩中。也产于钠质火成岩系列的碱性岩中。共生矿物有霞石、长石、霓石、闪叶石、褐硅钠钛矿及其他含锆和钛的硅酸盐矿物。也产于暗色碱性正长岩和含霞石、异性石的暗色基性岩中。在碱性花岗岩中有时也可见到。

磷　灰　石　Apatite

$Ca_5[PO_4]_3(OH,F)$

六方晶系

$N_o = 1.629 \sim 1.667$

$N_e = 1.624 \sim 1.666$

$(-)\ N_e - N_o = 0.001 \sim 0.005$

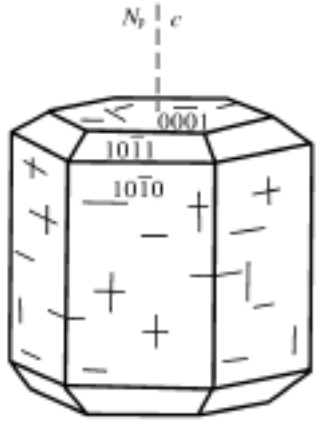


图 3-15　磷灰石光性方位

化学成分　天然磷灰石的成分变化较大,部分 Ca 可被 Mn^{2+}、Sr^{2+}、TR(主要是 Ce^{3+})、Na^{1+}、Ba^{2+}、K^{1+} 等代替,而 $[PO_4]$ 可被 $[SiO_4]^{2-}$、$[SO_4]^{2-}$、$[AsO_4]^{1-}$、$[VO_4]^{1-}$ 等代替。按成分不同可有氟磷灰石(Fluorapatite) $Ca_5[PO_4]_3F$、氯磷灰石(Chlorapatite) $Ca_5[PO_4]_3Cl$、羟磷灰石(Hydroxyapatite) $Ca_5[PO_4]_3(OH)$ 等(详见表 3-5)。自然界最常见的是羟磷灰石,其次是氟磷灰石。磷灰石中常赋存有稀有放射性元素。

结晶特点　磷灰石呈长短不一的六方柱状、针状晶体，通常为粒状或致密块状，磷灰石的形态在不同的岩石类型中有所不同，在火成岩和变质岩中或呈柱状及横切面六边形的自形晶（照片 84）；或呈细微粒状、长柱状、针状，两端一般可见锥面，有的呈针状包裹体。在沉积岩中，可呈粒状、球状、肾状、鲕状、钟乳状、土状和生物的骨骸形状等。解理沿{0001}不完全，薄片中一般见不到。

光性特征　灰白、淡绿、蓝绿、黄、褐等，薄片中一般无色，但有时带微弱的不均一的粉红、褐、淡蓝、灰色，并具弱多色性（这种杂色的磷灰石在火山岩中较常见）。正中突起。颜色和折射率均随所含成分不同有所变化，如表 3－5 所示。最高干涉色一级灰（极少数为一级灰白、黄白）。平行消光（照片 85），负延性。磷灰石中常含许多包裹体，它们多沿直立轴方向，或呈带状分布。大多数情况下磷灰石为一轴晶负光性，但有时亦可有异常现象呈二轴晶，光轴角有时可达 20°。

变化　一般不易变化。即使周围的矿物已全蚀变，它也不变。

鉴别特征　晶形、中等突起、一级灰干涉色、平行消光、负延性、一轴晶负光性等，为磷灰石的重要特征。与矽线石相似，特别是作为细小包裹体存在时，可根据延性、干涉色区别，矽线石为正延性，干涉色高于磷灰石，当晶体较大时还可根据横断面区别。与黝帘石区别是后者突起高，具异常干涉色。磷灰石和锆石常作为副矿物以小晶体出现于岩石中，根据突起、延性和干涉色不难区别之，锆石为正极高突起、正延性干涉色高达二至三级。黄玉的干涉色比磷灰石高（一级灰白）为二轴晶，有时表面有混浊物。磷灰石与石英也相似，区别是前者突起高、干涉色一级灰、负光性。与异性石区别是磷灰石折射率较高，无清楚的解理。与黄长石区别则是后者有清楚的解理、常具异常干涉色，“钉齿构造”更是其重要特征。

产状及其他　磷灰石分布较广，三大岩类中几乎均有产出。在碱性岩及超镁铁质－镁铁质岩中可大量出现，甚至成为有工业价值的矿床。通常在火成岩和变质岩中磷灰石是作为副矿物产出，与锆石、榍石、磁铁矿、金红石等共生。在变质灰岩中氟磷灰石常与金云母、榍石、石榴子石、符山石等共生；羟磷灰石可在滑石片岩中出现；氟－羟磷灰石在绿泥石片岩中见到。由于磷灰石性质稳定，常见于陆源碎屑沉积物中。磷灰石还是构成磷块岩的主要成分。磷灰石是磷肥的重要原料。氟磷灰石可做激光发射晶体。

磷灰石变种很多，主要变种及其光学数据见表 3－5。下面对其中的胶磷矿和凤凰石略作较详细的描述。

胶磷矿　Collophane　其成分较复杂，是一种含碳酸－氢氧－氟的磷酸盐矿物，是磷灰石向碳磷灰石过渡的变体。电镜下观察为隐晶质细小分散的混合物。通常呈块状，有时是鲕状、卵状（照片 86，87）、结核状、放射状、羽状、粉末状或胶状，也有呈粒状者。往往保留有骨骼、贝壳、软体动物、腕足类、海百合类遗体、苔藓动物、珊瑚等的有机构造。颜色由浅棕色至深棕色，浅黄棕色、灰色，薄片中无色或很浅的绿色。正中突起，$N = 1.57 \sim 1.63$。显均质性，有时微显非均质性。胶磷矿易与蛋白石相混，其区别在于前者折射率高。胶磷矿可被方解石、碳磷灰石代替。该矿物在一些富磷的灰岩、磷块岩或磷酸盐岩石中是主要成分。在这些岩石中胶磷矿可呈鲕粒、球粒产出，鲕粒、球粒具同心层或放射纤维状结构（照片 87，88），鲕粒中心可有碎屑矿物（石英、黄铁矿、生物碎屑等）。胶磷矿也可与方解石交互产出。胶磷矿还是骨骼磷矿的主要组成部分，原来骨骼的构造常保留。在隆起的珊瑚礁中也有产出，与三斜磷钙石、石膏、方解石共生。

表 3－5　磷灰石主要变种特征

矿物名称	化学成分	形态	N_o	N_e	$\lvert N_e - N_o \rvert$	颜　色	产　　状
氟磷灰石 Fluorapatite	$Ca_5[PO_4]_3F$	短柱状、厚板状、块状、粒状、球状、肾状、鳞片状等	1.634	1.629	0.005	海绿，竹绿紫蓝，褐，肉红色，薄片中无色，弱多色性	多呈副矿物产于火山岩，碱性火山岩，伟晶岩。磁铁矿矿床及高温热液脉中
羟磷灰石 Hydroxyapatite	$Ca_5[PO_4]_3OH$ 常与氟磷灰石混溶	呈柱状晶体	1.645～1.651	1.640～1.644	0.005～0.007		自然界中最常见
氯磷灰石 Chlorapatite	$Ca_5[PO_4]_3Cl$ 含 Cl 可达 4.13%	单斜晶系，柱状晶体	1.658	1.653	0.005	一般无色或具淡的颜色	自然界少见。产于辉长岩类岩脉中
碳磷灰石 Carbonate-apatite	$Ca_5[PO_4, CO_3, OH]_6(F, OH)$						自然界产出者实为细晶磷灰石和碳羟磷灰石
细晶磷灰石 Francolite	介于氟、碳磷灰石之间。含 CO_2 2.7%，F 3.9%	假六方晶系。纤维状	1.629	1.624	0.005	无色	产于火成岩与磷酸盐岩层接触带中与胶磷矿，细粒磷灰石共生
碳羟磷灰石 Dahllite	介于羟、碳磷灰石之间 H_2O 1.2%～4.4%	柱状、厚板状、粒状、球状、纤维状、鳞片状、皮壳状等	1.603～1.635	1.598～1.631	0.004～0.009	黄—黄白色薄片中无色	呈结核状者广泛分布在磷酸盐岩中，呈皮壳状者产在氯磷灰石上
胶磷矿 Collophane	主要成分为碳氟磷灰石或碳羟磷灰石	隐晶质，呈块状、鲕状、结核状、羽状、粉末状、胶状	N = 1.570～1.63		0（均质）	浅棕色，棕色　灰色，薄　片　中无色	为磷酸盐岩的主要成分。在隆起的珊瑚礁中也有产出
凤凰石 Fenghuanglite 钍铈磷灰石	含钍的铈磷灰石	柱状、粒状晶体	1.650～1.700（浅色）1.700～1.750（深色）常显均质性		0.001	黄褐色，薄片中黄或淡绿色	见于碱性正长岩中，与霓石，黑榴石等共生
铈磷灰石 Britholite	成分中 Ce、La、Y 较高	柱状晶体或不规则粒状	1.776	1.772	0.004	黄褐色具多色性。N_o = 褐色 N_e = 无色	产于碱性岩，伟晶岩以及与之有关的接触交代矿床中。共生矿物有锆石，烧绿石等
			（异常时为二轴晶）				
硅磷灰石 Ellestadite	富 SiO_2，SO_3	块状、柱状晶体	1.655	1.650	0.005	浅玫瑰色	产于接触变质的大理岩中
羟硅磷灰石 Hydroxyl-ellestadite	$Ca_5[SiO_4]_3(PO_4)_3(OH, Cl, F)_2$	六方柱状晶体	1.654	1.650	0.004	淡紫色。具明显的多色性	为矽卡岩矿物
碱磷灰石 Dehrnite	$(Ca, Na, K)_5[(PO_4)(CO_3)]_3(OH)$	六方柱状、纤维状或葡萄状、皮壳状	1.622～1.640	1.614～1.633	0.007～0.008	无色或淡绿，黄、绿色	通常产在角砾状磷酸盐岩石中。常为二轴晶负光性，2V = 40°，消光角 12°～16°
钾羟磷灰石 Lewistonite	$(Ca, K, Na)_5(PO_4), (OH)$	六方柱状、粉末状、皮壳状、粒状等	1.621	1.611	0.010	无色或浅绿色	产于磷铝石结核的裂隙中。常为二轴晶负光性 2V = 42°

凤凰石　钍铈磷灰石　Fenghuanglite　$(Ca, \sum Ce^{3+}, Ce^{4+}, Th)_5[SiO_4, PO_4, CO_3]_3(OH)$。凤凰石首次发现于我国辽宁凤城的碱性杂岩体中,因此得名,又称钍铈磷灰石,其中铈族元素主要是镧,是一种富钍和铈的磷灰石族矿物新种,具强放射性。六方晶系,晶体呈六方双锥、六方柱或粒状集合体。薄片中常见长柱状小晶体,横断面呈六边形。解理{0001}不完全。棕黄色,风化后呈浅黄色,薄片中淡棕黄—柠檬黄色,有时微带绿色。由于变生作用的程度不同,凤凰石的折射率也有差别,深色凤凰石的折射率 N = 1.70 ~ 1.75;折射率 N = 1.65 ~1.70,正高突起。变生程度较浅的晶体具一级灰(或暗灰)干涉色,平行消光,负延性。变生程度深的晶体显均质性。加热至850℃,转变为二轴晶负光性,光轴角约 15°~20°。干涉色一级黄,平行消光,折射率 N_m = 1.75 ~1.78。根据凤凰石的颜色和常见非晶质化(显均质性)的特征可与其他磷灰石的变种区别开,详情参阅表3-5。凤凰石产于黑榴磷霞岩、黑榴霓霞正长岩中,与黑榴石、霞石、霓石、碱性长石、榍石和黑云母共生,有时呈细小晶体以包裹体形式出现于黑榴石和长石中。

黄　长　石　Melilite

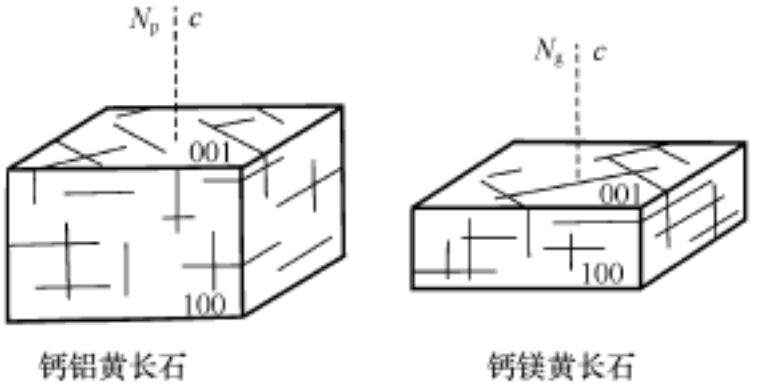
$Ca_2[(MgAl)(SiAl)SiO_7]$

四方晶系

	(钙铝)	(钙镁)
N_o =	1.669	1.631
N_e =	1.658	1.639

(-) $N_e - N_o$ = 0.011(钙铝)

(+) $N_o - N_e$ = 0.007(钙镁)



钙铝黄长石　　钙镁黄长石

图 3-16　黄长石光性方位

化学组成　成分中 Mg - Al 间为完全类质同象代替,同时伴有 Si - Al 间的代替。故形成以钙铝黄长石(Gehlenite)和钙镁黄长石(Akermanite)为端员成分的类质同象系列。Ca 可部分的被 Na^{1+} 代替。此外,还可含 Mn、Fe、Zn 等,因此黄长石的变种很多,除上述钙铝 - 钙镁系列外,还有钠黄长石、铁黄长石等,铁黄长石常见于铸石中。

结晶特点　四方晶系。沿(001)面发育呈四方板状或短柱状,有时为不规则粒状,高炉炉渣中或铸石中,结晶良好的黄长石为长柱状,断面正方形,结晶不好的则呈不同形状的骸晶。解理{001}不完全,薄片中只能见稀疏的几条解理缝。

光性特征　灰绿、黄至褐色,薄片无色。在厚切片中可见多色性:N_o—金褐,N_e—无色至淡黄。正中突起。折射率及光性符号因成分而变化。干涉色一级灰至黄白,常出现靛蓝和灰褐的异常干涉色(照片90),平行消光,延性符号与光性符号相反。富含钙铝黄长石分子者为一轴晶负光性,正延性;富钙镁黄长石分子者为一轴晶正光性,负延性;但大部分黄长石为一轴晶负光性,正延性。当两种端员分子含量近相等时,显光性均质体,折射率 $N_o = N_e \approx 1.65$。在一个单晶中光性符号甚至可以从负光性变到正光性。黄长石具有特征的"钉齿构造"即在条状切面上,可见其边缘具有与延长方向垂直的许多短裂缝(照片89)。

变化　在基性碱性岩中黄长石经常被方解石或方解石与石榴子石、沸石等粒状混合物首先沿钉齿缝隙代替。它也可以蚀变成为纤维状褐色物质,其中一些是纤维石(Cebollite),也有的蚀变为葡萄石。

鉴别特征　黄长石以突起较高、干涉色低、常见异常干涉色及“钉齿构造”为其特征。与具异常干涉色的黝帘石较相似,区别是后者突起更高(正高突起)、解理较发育、为二轴晶,不具“钉齿构造”。与符山石区别是后者突起更高。磷灰石、红柱石均无异常干涉色可与之区别。与无双晶的斜长石区别是斜长石突起低、斜消光、二轴晶。富铝黄长石与富镁黄长石的鉴别可根据延性和光性符号。在薄片鉴定中准确测定黄长石本身的成分是很困难的,可笼统称为黄长石。

产状及其他　黄长石主要出现于富钙质的基性碱性火成岩或岩浆碳酸岩中,同含钛、铌、钽等稀有元素的矿物共生,玄武岩浆与大理岩反应生成黄长石是由斜长石发育而来。黄长玄武岩中的黄长石通常为细粒,分布于基质中,也可成斑晶。共生矿物有白榴石、霞石、辉石、橄榄石、钙钛矿等。由于钙质同化作用,可产于碱性岩与石灰岩接触变质带中。镁黄长石作为高温特征矿物被认为是透长石相的标志矿物,在镁质大理岩中可见。混杂岩中有时有大量黄长石。在某种煌斑岩中作为主要矿物。黄长石也见于炉渣和铸石中。

顾家石　Gugiaite　$Ca_2[BeSi_2O_7]$ 它是1959年在我国辽宁发现的含铍矿物,名称来自产地。属铍硅酸盐矿物,但其晶体结构与黄长石等不同的是黄长石中的Mg或Al四面体全部被铍所占据。顾家石四方晶系,晶体呈四方板状。薄片中呈长柱形,具锥面。{001}解理完全,{110}中等。无色透明。$N_o = 1.664 \pm 0.001$, $N_e = 1.672 \pm 0.001$。$N_e - N_o = 0.008$,干涉色一级灰白,平行消光,有时显波状消光。一轴晶正光性。含显微包裹物(固体或流体)。与黄长石比较,由于含铁极少,呈无色透明,解理发育,折射率比钙镁黄长石及一般黄长石都高。产于碱性正长岩与灰岩接触的矽卡岩及其晶洞中(呈晶簇状),或交代黑榴石,系矽卡岩晚期产物。在黑榴石中也可呈包裹体产出。

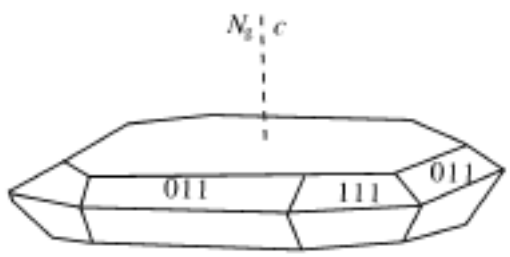


图3-17　顾家石光性方位

蜜黄长石　Meliphanite　$NaCa[BeSi_2O_6F]$ 主要混入物为Al,其次是Mg、K、Mn。也属铍硅酸盐矿物。晶体呈板状、叶片状。{001}解理中等。黄色,风化后为红色,透明—半透明,薄片中无色,厚切片可见多色性:N_e—淡黄绿,N_o—蜜黄至棕黄,吸收性 $N_o > N_e$。正低—中突起。$N_o = 1.612$, $N_e = 1.593$, $N_o - N_e = 0.019$,一级紫红干涉色,平行消光,负延性。一轴晶负光性。有时有小的光轴角(36°±)。蜜黄长石以其成分中富Be、F区别于黄长石。光性符号与顾家石不同,主要产于霞石正长伟晶岩中,与白铍石等共生。

电气石族　Tourmaline Group

电气石是含硼的铝硅酸盐矿物,其通式为:$(Na, Ca)R_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(O, OH, F)_4$,R = Mg、Fe、Li、Al、Mn。

一般含 B_2O_3 约9%～11%。由于类质同象发育,成分比较复杂。主要的电气石变种有:

镁电气石(Dravite) $NaMg_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$

铁电气石(黑电气石,Schorl) $NaFe_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$

锂电气石(Elbaite) $Na(Li, Al)_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(O, OH)_4$

钙镁电气石(Uvite) $CaMg_4Al_5[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$

钠锰电气石(Tsilaisite) $NaMn_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH)_4$

镁电气石与铁电气石构成连续系列; 铁电气石与锂电气石构成连续系列; 镁电气石与锂电气石不构成系列; 钙镁电气石与钠锰电气石是两种理论性端员分子, 在天然电气石中常有一定数量加入, 而无纯分子变体出现。此外, 含铬的电气石(铬电气石) 和含矾的镁电气石较少见。电气石中最主要的变种是镁电气石、铁电气石和锂电气石。这三种电气石主要在折射率和颜色、多色性等方面存在差异, 如表 3－6 所示。其他光学特征基本相似, 统一描述如下。

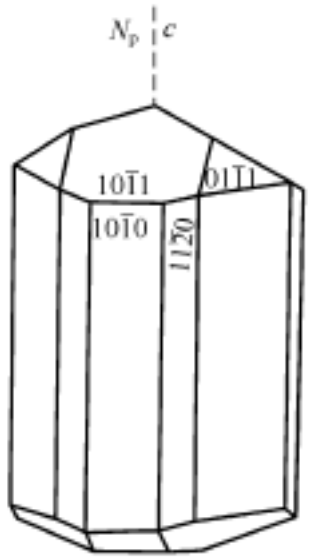


图 3－18　电气石光性方位

结晶特点　电气石属三方晶系柱状晶体, 两端具有不同的锥面, 所以没有横切对称面。一般含镁和铁越多, 柱越长。柱面上常呈现纵纹, 横切面呈球面三角形(有时也见六边形) , 为其重要特征之一。集合体呈扇状(照片 91) 、放射状(照片 92) 、束状、针状(锂电气石较常见) , 解理无或极不完全, 常见近垂直长柱方向的裂纹。

光性特征　电气石的颜色是其突出特征, 变化范围很大, 与成分有关, 一般是含铁多者色深, 含锂多者色淡(照片 94) 。在铁电气石—镁电气石系列中与一般铁镁矿物一样, 随着铁组分的减少颜色变浅(照片 95, 96, 97) , 纯镁电气石为灰色或白色。电气石绝大多数具有强的多色性和吸收性(表 3－6) , 且为反吸收 $N_o > N_e$, 薄片中当 c 轴(柱状切面的延长方向) 平行下偏光振动方向时, 无色透明或极淡色, 而垂直下偏光时为深色或几乎不透明(照片 91) 。电气石可有环带状颜色, 纵切面上见颜色层带或条纹; 横切面上见不同颜色环绕球面三角断面分布, 颜色环带更加明显(照片 95, 96) 。多数电气石为正中突起, 铁电气石有时达正高突起, 折射率随成分而变化(表 3－6) 。干涉色多为二级中, 少数可达三级顶(照片 93) 。平行消光, 负延性。一轴晶负光性, 偶然有二轴晶, $2V \approx 5°$ 或 $2E \approx 10°$ 。

变化　电气石一般是较稳定的矿物。蚀变后可形成白云母、黑云母、锂云母、锂绿泥石、绿泥石等; 红电气石可变为锂绿泥石; 环带状电气石的核心有时变为石英与钠长石的蠕状交生。

鉴别特征　电气石与黑云母都具有强吸收性, 但方向相反, 且黑云母具有完善解理。电气石与普通角闪石都可有明显多色性, 但角闪石为斜消光、二轴晶、具二组或一组清楚解理。当电气石弱多色性或无色变种时, 可与磷灰石相似, 但磷灰石的双折射率低、干涉色低, 以此可区分开。电气石最显著的鉴定特征是吸收性强且为反吸收、多色性明显、平行消光、负延性、一轴晶负光性、横切面为球面三角形以及颜色环带等。

产状及其他　电气石是典型的气成矿物。产于花岗伟晶岩、高温热液石英脉、花岗岩以及在变质岩中作为交代作用或重结晶作用的产物。在白云母或二云母花岗岩中, 铁电气石常与绿柱石、石英、碱性长石共生。受交代强烈的花岗伟晶岩中多为锂电气石, 共生矿物有绿柱石、锂云母、钠长石、铯榴石、锂辉石等。在变质岩和变质矿床中常见铁电气石, 共生矿物有长石、石英、黑云母、石榴子石等。而镁电气石常见于变质交代岩中, 与透闪石、金云母、粒硅镁石、硼镁石等共生。洁白无瑕或色彩鲜艳的电气石可作宝石, 如白碧玺、红碧玺和紫碧玺等。电气石也用于无线电工业。

表 3－6　电气石主要变种的光性特征

	化学组成	折射率		N_o - N_e 干涉色	颜色(标本)	多色性		颜色变种	备注
		N_o	N_e			N_e	N_o		
镁电气石(Dravite)	部分 Fe^{2+} 可代替 Mg, Fe^{2+} 代替多时过渡为铁电气石。Ca^{2+} 可代替 Na	1.635～1.661	1.610～1.632	0.021～0.026, 二级蓝-绿	白 黄褐 褐	无、 淡黄	无、 淡黄、 暗褐		突起、干涉色较铁电气石低, 多色性、吸收性较弱。常与粒硅镁石共生。且极相似, 区别是后者为二轴晶
铁电气石(Schorl, 又称黑电气石)	富 Fe 的端员。Na 可被 Ca^{2+} 代替, 可含 Mg、Fe^{3+}、Cr、Ti、Mn 等	1.655～1.675	1.625～1.650	0.025～0.034, 二级中—二级末有时可达三级	黑	淡黄、淡褐、淡红、紫、淡蓝绿	黄, 褐、黄棕、深蓝、深绿		与黑云母相似, 区别是后者解理极完全, 正吸收性。与角闪石区别是后者为斜消光
锂电气石(Elbaite)	有较多的 Li, 且 Al 高, Mg 低, Fe^{2+} 有变化但也偏低。Fe^{3+} 无或少, Mn 高	1.633～1.651	1.615～1.630	0.017～0.024, 一级红-二级绿	粉红	无	无—玫瑰	红电气石(Rubellite)又称红碧玺, 含 Mn^{2+}	折射率低于铁电气石而略高或接近于镁电气石。锂电气石颜色较上述二变种浅。与磷灰石区别是后者干涉色为一级灰
					黄	无	无—淡黄	黄电气石(Fe^{3+} 较多)	
					绿	无	淡绿或绿	绿电气石(Verdelite) 含 Fe^{2+}	
					蓝	无	淡蓝	蓝电气石(Indicolite) 含 Fe、Mn	
					无	无	无	无色电气石(Achroite)又称白碧玺	

硅铍石(似晶石)　Phenacite, Phenakite

$Be_2[SiO_4]$

三方晶系

$N_o = 1.654$

$N_e = 1.670$

(+) $N_e - N_o = 0.016$

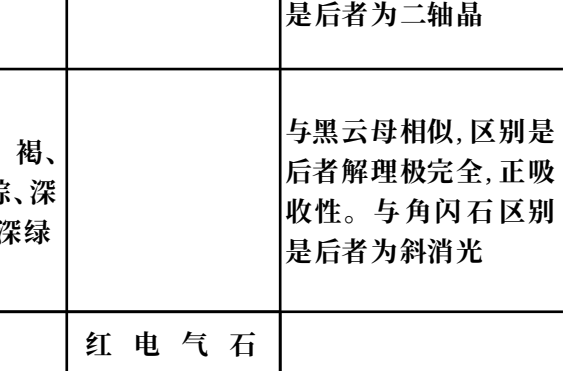


图 3－19　硅铍石光性方位

化学组成　成分中常含有少量的 Mg、Ca、Al 和 Na。

结晶特点　呈菱面体或菱面体与柱面聚成的短柱状。有时呈板状、针状或扁平透镜状, 薄片中常呈短柱状和完整的菱形切面是其特征。解理 $\{11\bar{2}0\}$ 完全, $\{10\bar{1}1\}$ 不完全。

光性特征　无色、酒黄、有时为玫瑰色、少数为褐色、白色, 薄片中无色(照片 98), 厚的切片可见微弱的颜色, 并具多色性: N_o—无色, N_e—黄色。正中—高突起。我国某地的凝灰

岩中硅铍石 $N_o = 1.633$, $N_e = 1.667$。最高干涉色为一级橙(照片 99)。在具解理的切面见平行消光,正延性。一轴晶正光性。有时可见双晶。

鉴别特征　硅铍石与石英的区别是前者突起高、双折射率亦高,有解理。与绿泥石的区别在于硅铍石为正光性,绿泥石为负光性,且硅铍石的突起和双折射率均较高。硅铍石与黄玉的区别在于黄玉为二轴晶。此外,在阴极射线下硅铍石发淡蓝色光,紫外光下不发光。

产状及其他　硅铍石产于去硅作用的花岗伟晶岩或含铍花岗岩与石灰岩接触带中,与绿柱石、金绿宝石、黄玉、长石、云母等共生。也见于花岗伟晶岩的晶洞中,是一种后期的铍矿物,常呈晶簇状,可与绿柱石、黄玉、金绿宝石、独居石、磷灰石、刚玉等伴生。在云英岩中也可见硅铍石,主要与绿柱石、日光榴石、羟硅铍石、锡石、黑钨矿等共生。此外,在一些电气石脉、石英脉和黑云母脉中产出。我国还曾发现在一些凝灰岩中,硅铍石与石英、萤石呈细脉浸染状分布,并伴有羟硅铍石(往往构成铍矿床)。有时也见于某些片岩、片麻岩等变质岩中。硅铍石可用做宝石,也是提取金属铍的原料。

碳 酸 盐 类　Carbonate Group

碳酸盐类主要是指钙、镁、铁、锰、锌、铅、锶、钡等的碳酸盐矿物(此处只包括无水碳酸盐),变种很多(约 60 种),其中较重要的变种有三方晶系的方解石、菱镁矿、菱锰矿、菱铁矿、菱锌矿、白云石、菱钴矿等;斜方晶系的有霰石(文石)、白铅矿、碳酸锶矿、毒重石、碳酸钙钡矿等,而钡解石据我国资料报道属单斜晶系。

碳酸盐矿物的鉴定,除薄片外,主要应使用综合方法,特别是染色法及相对密度测定等。当薄片中不易区分变种时,可笼统称为碳酸盐矿物。

下面仅就三方晶系(即方解石族矿物)主要变种逐一加以描述,而斜方晶系等主要变种,将在“二轴晶矿物”中阐述。

方　解　石　Calcite

$Ca[CO_3]$

三方晶系

$N_o = 1.658$

$N_e = 1.486$

$(-) N_o - N_e = 0.172$

化学组成　经常含有 Mg、Fe、Mn 和 Zn、Pb、Sr、Ba 等。

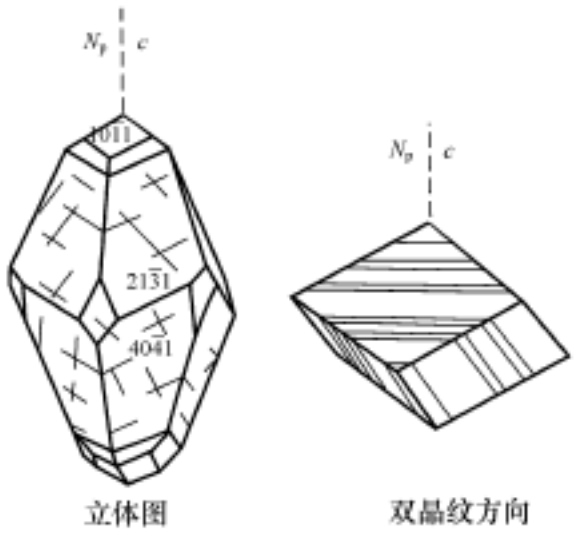


图 3－20　方解石光性方位和双晶纹方向

结晶特点　方解石通常呈菱面体,也有复三方偏三角面体或者更复杂的形状。在岩石中常为不规则粒状(照片 100),有时呈鲕状、钟乳状、土状或球粒放射状集合体(照片 101),薄片中很少见方解石的自形晶,多为粒状。沿主要菱面体$\{10\bar{1}1\}$具完全解理,薄片中往往见两组似角闪石的斜交菱形解理,但其夹角为 75°(照片 102)(角闪石为 55°或 56°)。此外,还可见$\{01\bar{1}2\}$的裂理。

光性特征　无色透明(称冰洲石)或白色,含有各种杂质时可呈各种颜色,薄片中无色。因双折射率很大,N_o 为正中突起,N_e 为负低突起,闪突起显著。干涉色为高级白(照片 100,102),一轴晶负光性,色散强。聚片双晶常见,双晶面为($01\bar{1}2$),其双晶带多与菱形解理长对角线平行或近平行(照片 102,图 3－20)。(0001)的接触双晶也常见。

变化　方解石能缓慢地溶于地表水中,形成重碳酸钙,在适合条件下可形成钟乳石、石笋等。在风化壳中,方解石可被石膏、胶体 SiO_2、白云石、孔雀石、菱锌矿交代。在高温低压变质作用下:方解石 + 石英$\Longrightarrow$硅灰石 + $CO_2\uparrow$。

鉴别特征　薄片中根据方解石无色透明、菱形解理、闪突起显著、干涉色为高级白、一轴晶负光性等特征,可与非碳酸盐的矿物区别开。方解石与其他碳酸盐矿物在薄片中的区别特点是:方解石的折射率比其他碳酸盐矿物低,方解石和菱镁矿的 $N_e < 1.54$,即当 N_e 平行下偏光时为负突起,而菱铁矿 N_o、N_e 都为正突起。当晶粒具有聚片双晶时,(特别是变质岩中的方解石)沿$\{10\bar{1}0\}$的双晶纹平行菱形解理的长对角线(照片 102);而白云石的双晶纹多是沿$\{02\bar{2}1\}$,且平行菱形解理的短对角线(照片 108);在薄片中选择具有双晶的晶粒,闪突起明显,双晶纹清晰(直立或接近直立)者,测量 N_e'(低突起方向)与双晶纹之间的消光角,方解石的消光角大于 55°;而白云石的消光角通常是在 20°～40°之间;如果晶粒具有二组双晶,方解石的 N_e 在二组双晶纹的钝角中,而白云石的 N_e 在锐角中;方解石、白云石同在一岩石中时,后者一般自形(照片 106)。值得注意的是,对方解石、白云石而言,找 N_e 方向是在单偏光镜下转物台使矿物处于低突起的位置,此时下偏光振动方向为 N_e 方向。对于岩石标本或有时在无盖玻璃的薄片中,鉴别方解石、菱镁矿、白云石以及其他碳酸盐矿物时,应当采用综合方法鉴定,如染色法、密度测量、溶蚀反应及其他化学方法等。

产状及其他　方解石为钙质岩石的主要矿物,广泛分布于沉积岩(石灰岩)和变质岩中。在沉积岩中它是石灰岩、白云岩的主要组分,鲕状灰岩的鲕粒由方解石组成。白云岩的空洞、裂隙中也常见呈放射簇状和环带状的方解石。$CaCO_3$ 在外生条件下,经历$CaCO_3$(凝胶)—球状方解石—文石—方解石的转变过程,而方解石最稳定,常与文石共生或呈其假象。球状方解石一般是腹足类及其他软体动物贝壳的最初产物,后转变为方解石、文石。在变质岩中方解石是大理岩的主要成分之一,也是一些钙质片岩、片麻岩的组成矿物之一。碱性岩浆的分异可形成以方解石为主要成分的碳酸岩体。在某些超镁铁质岩中有时也可见方解石作为原生矿物产出。作为热液产物,方解石产于火山岩晶洞中,以及某些交代岩中,或者作为各种含钙质矿物的蚀变产物,方解石交代长石(照片 161,190)、黑云母(照片 265)、角闪石(照片 365)、辉石(照片 483,484)、橄榄石(照片 425,426,427)而成为它们的假象,在岩石杏仁体中方解石和沸石共生。无色透明的冰洲石是重要的光学材料。石灰岩、大理岩主要用于建筑材料,水泥工业,化工业等。不同成因的方解石,在$^{12}C/^{13}C$ 比值上有所不同,因此根据其比值可推断矿物的生成条件。

菱　镁　矿　Magnesite

$Mg[CO_3]$

三方晶系

$N_o = 1.700 \sim 1.719$

N_e = 1.509 ~1.527

(-) N_o - N_e = 0.191 ~0.199

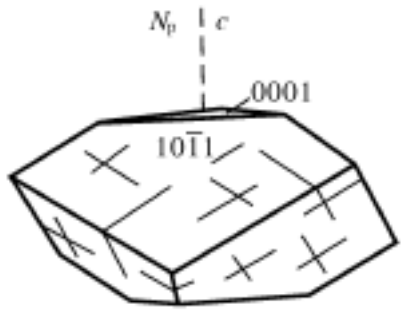


图 3-21　菱铁矿菱镁矿光性方位

化学组成　菱镁矿和菱铁矿之间可成完全的类质同象系列,一般 $MgCO_3$ 中含有 $FeCO_3$ 分子,含 8% 时称为铁菱镁矿(Breunnerite) ,也有人把固溶体系列详细划分,从纯菱镁矿到纯菱铁矿,随着 $FeCO_3$ 含量的增加有铁菱镁矿、菱铁镁矿、菱镁铁矿、镁菱铁矿等变种,另外菱镁矿中 Mg 可有限的被 Mn^{2+}、Ca^{2+} 代替,少数被 Ni^{2+}、Co^{2+} 代替。

结晶特点　三方晶系,晶体呈菱面体,通常呈细粒集合体,有时为致密块状、柱状、板状、土状、纤维状、放射状等。$\{10\bar{1}1\}$解理发育,夹角为 72°30′。

光性特征　白色或无色,而含铁的变种可为黄或褐色,薄片中无色,有色变种多为褐色,并可见到吸收性 $N_e < N_o$,含 CoO 5% 者具红或紫红的多色性。闪突起明显,干涉色高级白,不见聚片双晶,一轴晶负光性,折射率色散强。

变化　菱镁矿可由超镁铁质岩—橄榄岩、蛇纹岩受碳酸水的作用产生,常形成滑石菱镁片岩,根据实验菱镁矿加热到大约 550℃时,约 1 小时即变为方镁石。

鉴别特征　与方解石、白云石的区别在于菱镁矿的折射率较大,不见聚片双晶。与菱铁矿、菱锰矿的区别是菱镁矿 N_e 为负低突起,而后两者为正低突起(参见方解石的鉴别特征) 。此外,由于碳酸盐矿物的菱面解理发育,破碎时其晶面或解理面会自然平卧,因此利用油浸法测该面上的 N_e 值也是区别以上矿物的方法之一。各矿物碎屑折射率值如表 3-7 所示(由于一些矿物 N_o 值大,不易选油,因此实际应用时只测 N_e ') 。

表 3-7　碳酸盐矿物碎屑的折射率

矿物名称	N_o	N_e '
方解石	1.658	1.566
白云石	1.679	1.588
菱镁矿	1.700	1.599
菱锰矿	1.816	1.700
菱铁矿	1.875	1.747

产状及其他　菱镁矿通常是在蛇纹岩和橄榄岩中呈蚀变矿物出现,在变质岩中作为变质矿物与绿泥石、滑石共生。在火成岩中也可作为原生矿物产出,如菱镁古铜岩中作为原生矿物,与古铜辉石、滑石共生。沉积岩中,菱镁矿可作为沉积矿物存在,也可以是重结晶的产物,产于白云岩和白云岩化灰岩或某些蒸发岩中。陨石中也曾见有菱镁矿。菱镁矿主要用于制造耐火砖、含镁水泥,化学工业制作硫酸镁及其他含镁化合物,并可提取金属镁。

菱　铁　矿　Siderite

$Fe[CO_3]$

三方晶系

N_o = 1. 782 ~1. 875

N_e = 1. 575 ~1. 635

(-) N_o - N_e = 0. 207 ~0. 242

化学组成　纯 $FeCO_3$ 矿物少见, 通常 Fe^{2+} 可被 Mn^{2+}、Mg^{2+} 代替, 有时还可被少量的 Zn^{2+}、Co^{2+}、Ca^{2+} 代替, 菱铁矿和菱锰矿、菱镁矿可成完全的固溶体系列。菱铁矿的富锰变种称锰菱铁矿(Oligonite) ; 富镁变种称镁菱铁矿(Sideroplesite) 。

结晶特点　晶体呈菱面体, 通常呈粒状、纤维状、板状、柱状, 有时为鲕状或球粒状(照片 103) 、葡萄状, 薄片中多见菱形切面或半自形粒状(照片 103) 。菱形解理$\{10\bar{1}1\}$完全, 夹角 73°。

光性特征　黄褐、褐至暗黑, 薄片无色或黄褐。在边缘和解理缝附近, 由于风化常出现黄褐色锈斑(照片 103) 。有时这些褐色蚀变物环绕菱形解理分布, 呈环带构造这是菱铁矿的重要特征(照片 104) 。可见吸收性, $N_e < N_o$。闪突起不明显, 两个振动方向均为正突起, 当菱形面的长对角方向(N_o) 平行下偏光时为正高突起, 而当短对角线方向(N_e) 平行下偏光时为正低—中突起。折射率随镁、锰含量的增多而降低。具高级白干涉色, 色散强。一轴晶负光性。有时可见平行$\{01\bar{1}2\}$的聚片双晶, 双晶纹平行菱形解理的长对角线方向。

变化　菱铁矿暴露在空气中易变为褐铁矿、针铁矿、赤铁矿, 甚至磁铁矿, 且呈菱铁矿假象。菱铁矿也可变为绿泥石、石英和黄磷铁矿(Cacoxenite, 成分 $Fe_4(H_2O)_{12}[PO_4]_3[OH]_3$) 。

鉴别特征　菱铁矿以晶形、高突起及氧化后表面和边缘呈褐色为特征, 可与其他碳酸盐矿物区别, 细小的菱铁矿只能用化学方法区别。菱铁矿与锡石的区别在于锡石为正光性, 且双折射率较低。

产状及其他　菱铁矿通常产于层状沉积岩中, 是各类含铁沉积物的主要或常见组分。常呈结核状、鲕状产于粘土或页岩层、煤层里, 与鲕状绿泥石、针铁矿、鲕状赤铁矿共生。也产于热液矿脉或安山岩、玄武岩气孔中, 呈纤维状或菱面体。偶见菱铁矿呈条带状产于云母片岩中。一些铁矿床中也常见菱铁矿产出, 如北方的宣龙式铁矿的鲕粒就是由赤铁矿、菱铁矿和含铁绿泥石构成。菱铁矿也可与赤铁矿、磁铁矿构成铁矿床。当菱铁矿中有害杂质(S、P) 等≤0. 4% 时, 并具有一定工业储量, 可作为铁矿石使用。

菱　锰　矿　Rhodochrosite

$Mn[CO_3]$

三方晶系

N_o = 1. 816

N_e = 1. 597

(-) N_o - N_e = 0. 219

化学组成　纯的 $MnCO_3$ 相对比较少见, Mn 可被 Fe^{2+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Co^{2+}、Cd^{2+}、Zn^{2+} 等少量代替, 含 $FeCO_3$20% ±的变种称为铁菱锰矿, Mn 和 Fe 含量相近时则称为菱锰铁矿或锰质菱铁矿(Manganosiderite) , 菱锰矿含 $ZnCO_3$24% 时为铁锌菱锰矿(Capillitite) 。

结晶特点　晶体少见, 主要呈菱面体或六方柱。热液成因者为显晶质, 粒状或柱状集合

体。沉积成因者多为隐晶质，呈鲕状、肾状、结核状、皮壳状等集合体。解理{1010}完全，夹角为 73°9′(照片 105)。有时可见裂理。

光性特征　玫瑰红色、红、棕、棕黄色，薄片无色(照片 105)或淡粉红色，在空气中暴露后，表面常见褐或黑色蚀变物。纯 $MnCO_3$ N_o = 1.816，N_e = 1.597，相对密度 = 3.70；Mn 被 Ca^{2+} 代替时，折射率降低；Mn 被 Fe^{2+}、Zn^{2+} 代替时折射率增大。有时可具颜色环带，颜色较深的部位，其折射率也相对较高。闪突起较明显，N_o 方向正高突起，N_e 为正低突起。干涉色高级白，色散较强，一轴晶负光性。偶见聚片双晶。

变化　极易变为软锰矿，沿解理或菱面常蚀变成褐至黑色的锰的氧化物，经常和含锰的矿物共生。

鉴别特征　典型菱锰矿为淡粉红色、表面经常变为褐色至黑色氧化锰、经常与含锰矿物共生等为其主要特征。与菱镁矿、菱铁矿的区别还可根据相对密度、硬度以及解理碎屑面上测 N_e 值来确定(见菱镁矿一节和表 3-8)。菱锰矿与其他非碳酸盐矿物的区别是菱锰矿具菱形解理，高级白干涉色。

产状及其他　菱锰矿在热液、沉积、变质条件下均可产出。产于高温交代热液脉中者，常同蔷薇辉石、锰铝榴石、褐锰矿、锰橄榄石等共生。有时在一些伟晶岩中见到，与磷灰石、磷锂铝石、微斜长石等共生。在变质沉积岩中也可出现，与蔷薇辉石共生。菱锰矿见于我国许多古生代海相沉积的锰矿床中，与赤铁矿、黄铁矿、锰方解石、石英、绿泥石、铁菱锰矿等共生或伴生。菱锰矿是提取锰的重要矿物原料。

白　云　石　Dolomite

$CaMg[CO_3]_2$

三方晶系

	Mg	(Fe)	(Mn)
N_o	=1.679	1.765	1.743
N_e	=1.502	1.555	1.546
(-) N_o - N_e	=0.177	0.210	0.197

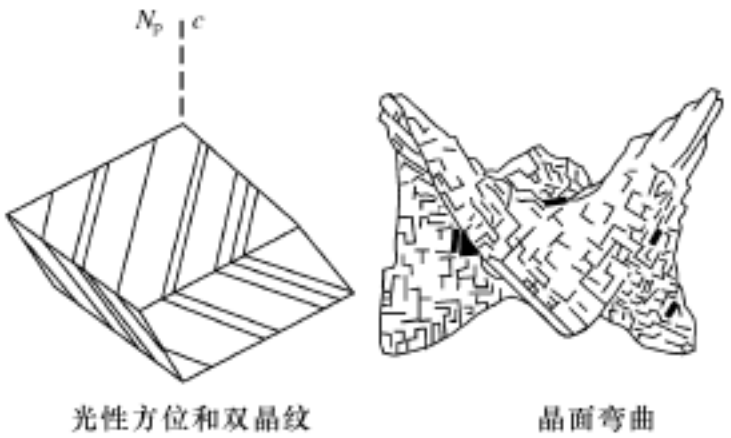


图 3-22　白云石光性方位

化学组成　成分中常有 Fe^{2+} 代替部分 Mg，当 Fe^{2+} 代替 Mg 达 1∶1 时，称铁白云石(Ankerite)；成分中的 Mn^{2+} 也可连续代替 Mg，一般白云石中含 MnO 3%～4%，当 Mn^{2+} 大量代替 Mg 时，可过渡为锰白云石(Kutnahorite)。因此广义的白云石成分可写成 Ca(Mg、Fe、Mn)$[CO_3]_2$。白云石可含有少量 Co 和 Zn。

结晶特点　晶体呈菱面体状，菱形晶面常弯曲呈马鞍形，但自形程度往往比方解石好，故其晶体常较自形。集合体为粒状、肾状。{$10\bar{1}0$}解理完全，薄片中常见两组斜交的菱形解理，解理面常弯曲。此外，还见{$02\bar{2}1$}裂理。

光性特征　无色，或白色，含铁则成黄褐色，薄片中无色，有时呈混浊灰色，含铁时呈黄褐或褐色。常具自形的菱形切面(照片 106)，在沉积岩中可见环带构造，或“雾心亮边”，中

心混浊,而边部干净、明亮(这可能与方解石的白云石化有关,照片 107)。白云石具明显的闪突起,N_o 方向为正高突起,而 N_e 方向则为负低突起。随含铁量的增加,折射率和双折射率增高,如表 3-8 所示。高级白干涉色(照片 108)。一轴晶负光性。因应力作用,有时出现小的光轴角。白云石沿$(02\bar{2}1)$可见聚片双晶,且双晶纹平行于菱形解理的短对角线(照片 108)。双晶不如方解石常见。多在变质岩或经变质的白云质岩石中见到白云石的双晶。富铁白云石常氧化为暗褐色,具环带状构造(照片 109)。

表 3-8　白云石变种的主要光学数据

	矿　物　变　种						
	白 云 石			铁 白 云 石			锰白云石
$CaMg[CO_3]_2$	100.0	90.0	80.0	52.4	24.7	0	0.0
$CaFe[CO_3]_2$	0.0	8.0	20.0	45.6	70.6	100.0	0.0
$CaMn[CO_3]_2$	0.0	2.0	0.0	20.0	4.6	0.0	100.0
N_o	1.679	1.686	1.689	1.728	1.741	1.765	1.743
N_e	1.502	1.505	1.513	1.531	1.536	1.555 ±	1.546
N_e (碎屑面上)	1.587	1.591	1.601	1.625	1.633	1.655 ±	1.64 ±
$N_o - N_e$	0.177	0.181	0.187	0.197	0.205	0.210 ±	0.197

鉴别特征　白云石以其高级白干涉色和菱形解理,区别于其他矿物。白云石的菱形解理面常弯曲是其特征。白云石与方解石的区别是:若二者同在一薄片中,白云石常呈自形晶、其折射率较大、双晶纹常平行菱形解理的短对角线(照片 108),而方解石的双晶纹平行菱形解理的长对角线;当晶体为粒状并具有两组双晶纹时,白云石的 N_e(其方位的确定见方解石一节)在锐角内,而方解石在钝角内;在变形岩石中,白云石的 C 轴近于平行应力方向,而方解石则垂直于应力方向;白云石具有"雾心亮边"的环带构造也是特点之一。白云石与方解石的鉴别还可用染色法,以及 X 光分析等,油浸法测 N_e 也是鉴别方法之一(见表 3-7 和 3-8)。

产状及其他　白云石分布较广,是白云岩、白云质灰岩、白云质大理岩的主要矿物成分,有时也组成生物的骨骼。在变质作用的较高阶段,白云石可分解形成方镁石。热液脉中,白云石常与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿共生,或与萤石、重晶石、菱铁矿、石英共生。在一些蛇纹岩或含滑石的岩石中白云石与菱镁矿共生。碱性侵入岩石中也有次生矿物白云石。白云石主要用于建筑、化工、玻璃、冶金等工业的耐火材料和熔剂。有的白云石可作为提取镁的原料。

菱锌矿　Smithsonite　$Zn[CO_3]$。菱锌矿中 Zn 可被 Fe^{2+}、Mn^{2+}、Cu^{2+} 等代替,含 $FeCO_3$ 达 50% 时称铁菱锌矿(Monheimite)。三方晶系,晶体很少见,多呈肾状、葡萄状、钟乳状、皮壳状(照片 110)、土状等。菱面体解理夹角为 72°20′。菱锌矿多呈无色或灰色、暗灰、白、绿、蓝绿、浅棕、褐、浅红色等,薄片中无色。$N_o = 1.849$(正极高突起),$N_e = 1.621$(正中突起),闪突起明显。双折射率 $N_o - N_e = 0.228$,干涉色达高级白。一轴晶负光性。菱锌矿的折射率及双折射率因成分变化而改变。菱锌矿可变为异极矿或部分变为褐铁矿。菱锌矿常产于金属矿脉中,是矿床氧化带的次生矿物,主要由闪锌矿变化而成,也常与孔雀石、蓝铜矿等矿物共生。菱锌矿大量聚集时,可作锌矿石开采。

氟碳钙铈矿　氟菱钙铈矿　Parisite　$Ca(Ce, La)_2[CO_3]_3F_2$，六方晶系，呈柱状、桶状、板状、三方双锥锥状，有时呈矛状。晶面常见水平条纹。{0001}解理中等，有时可见裂开。多呈褐黄色、蜡黄色，薄片中无色，厚切面具多色性：N_o—浅黄色，N_e—金黄色，有时见棕色的颜色环带。N_o = 1.672～1.679，N_e = 1.754～1.771，正高突起。$N_e - N_o$ = 0.082～0.092，具有高级白干涉色(照片111)，平行消光，正延性。一轴晶正光性。具放射性，无非晶质现象。氟碳钙铈矿主要产于伟晶岩及碱性花岗岩和与碱性正长岩有关的热液矿床中，也见于白云母或钠长石化碱性正长岩中。共生矿物有紫色萤石、重晶石、石英、霓石、易解石、黄河矿及霞石、正长石、钠长石、白云母等。

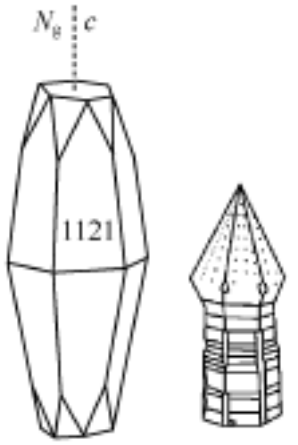


图3-23　氟碳钙铈矿光性方位

磷　钇　矿　Xenotime

$Y[PO_4]$

四方晶系

N_o = 1.72。

N_e = 1.827

(+) $N_e - N_o$ = 0.107

化学组成　成分中的Y常部分被Er^{3+}、Nd^{3+}、Tb^{3+}、Pr^{3+}、Ce^{3+}、La^{3+}等代替，还可含少量的U、Th、Zr、Si等。

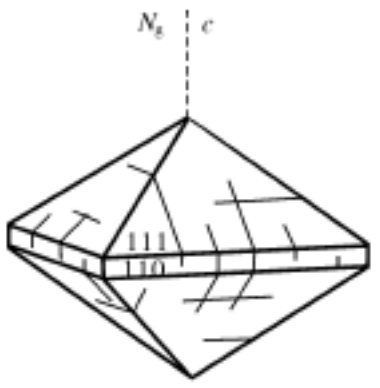


图3-24　磷钇矿光性方位

结晶特点　呈四方柱和四方双锥的聚形，常见柱面不发育的短柱状或粒状(照片112上，113)。{100}解理完全(照片112)。有时与锆石平行连生。

光性特征　褐色，有时为红、浅红、黄、浅绿、灰色等，薄片中无色或为浅褐、浅黄、橙色，有时具弱多色性：N_o—浅褐黄或玫瑰色，N_e—褐黄或绿色。正高—极高突起(照片113左下)。干涉色高于四级为高级白(照片113右下)，并呈带状分布。平行消光，正延性。有时见双晶。一轴晶正光性。

变化　磷钇矿属稳定矿物，不易风化。有时棱角磨圆成卵形颗粒，存在于砂中。

鉴别特征　磷钇矿其短柱状晶形、正高—极高突起、解理完全是主要特征。与锆石的区别是，锆石常为长柱状、无解理，磷钇矿为短柱状，有完全的解理，折射率较锆石低，而双折射率大，同时还能见到双晶，而锆石没有。必要时，须用化学方法辅助光学鉴定，作磷的反应以鉴别之。磷钇矿还可与独居石相混，区别是后者折射率较高，双折射率较低，并为二轴晶。与榍石区别是后者折射率和双折射率均较高，常见菱形切面。与锡石区别是后者突起更高。锐钛矿也与磷钇矿相似，不同的是锐钛矿为一轴晶负光性，折射率更大，并有特殊的双锥晶形。

产状及其他　磷钇矿主要产于花岗岩和花岗伟晶岩中，与独居石、褐钇铌矿、钇铌矿、绿柱石、褐帘石、锆石等共生，在与碱性岩有关的热液矿床中与独居石、铌铁矿、金红石共生。在与碱性岩有关的伟晶岩中与褐钇铌矿、钇钍矿、氟碳铈矿共生，在碱性花岗岩中与铌铁矿、锡石共生，热液矿床中与锡石、闪锌矿、黑钨矿、绿泥石共生。磷钇矿还可作为花岗伟晶岩中

磷灰石的包裹体出现,有时也在霞石正长岩及片麻岩中出现。偶尔见于前寒武纪含矿砂岩的铁结核中。因其性质稳定常在砂矿中出现。

氟碳铈矿(氟碳铈镧矿) Bastnaesite

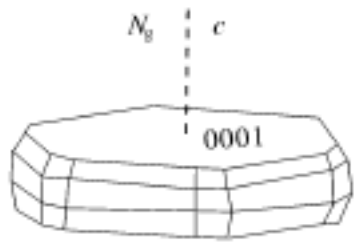


图 3-25 氟碳铈矿光性方位

$(Ce, La)[CO_3]F$

六方晶系

$N_o = 1.723 \sim 1.735$

$N_e = 1.825 \sim 1.837$

$(+) N_e - N_o = 0.102$

化学组成 成分中常含有 Mg、Fe^{3+}、Al、Th 和 Sr、Ta 等。

结晶特点 通常呈板状、六方柱状(照片 114)。有时呈细粒状集合体,或呈花瓣状细小连晶。{1010}解理不完全,{1000}裂理发育。

光性特征 蜡黄至红褐色,透明—半透明。薄片中无色或棕褐、淡黄色,具微弱多色性。正高—极高突起(照片 114)。我国与此相同的矿物称为白云矿,$N_o = 1.7169$, $N_e = 1.791$, $(+) N_e - N_o = 0.0741$。最高干涉色为高级白(照片 115)。平行消光,负延性。一轴晶正光性。

鉴别特征 氟碳铈矿可根据晶形、一轴晶正光性等特征与独居石(二轴晶)、黄河矿(负光性)、榍石(常见菱形切面、二轴晶)、方解石(闪突起明显,负光性)等矿物相区别。

产状及其他 氟碳铈矿是分布广泛的稀土矿物之一。往往与偏碱性花岗岩、正长岩有关,或产于与二者有关的热液矿床中;或二者与围岩的接触带内。共生矿物有萤石、方解石、重晶石、赤铁矿、独居石、黄河矿等。也产于伟晶岩中,与独居石、微斜长石和铌钽矿物共生。氟碳铈矿在氧化带不稳定,可被磷镧镨矿、镧石所交代。

符 山 石 Vesuvianite Idocrase

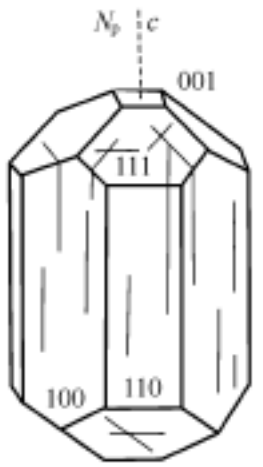


图 3-26 符山石光性方位

$Ca_{10}(Mg, Fe)_2Al_4[Si_2O_7]_2[SiO_4]_5(OH)_4$

四方晶系

$N_o = 1.703 \sim 1.752$

$N_e = 1.700 \sim 1.746$

$(-) N_o - N_e = 0.001 \sim 0.008$

化学组成 成分中常含有 Fe、Mg、Ti、Be、B、Mn、Na、K、Cr、Zn 等。

结晶特点 常呈四方柱和双锥的聚形或四方柱状晶体(照片 116),也常见不规则粒状、棒状或放射状(照片 118)、纤维状集合体,柱面上常有断续的纵纹。横切面呈正方形。{110}解理不完全,{001}解理极不完全。

光性特征 黄褐或淡绿色,而红或蓝色很少见,薄片中为无色、浅绿,有时为浅黄、浅褐

色或玫瑰色和浅紫色,稍显多色性。正高突起。干涉色为一级灰,但常见有异常干涉色,黄褐(照片 117)、靛蓝、灰绿,丁香紫(照片 119)或混浊的白色。符山石的一个特征是在同一切面上常见到干涉色极不均匀的现象,有时一种干涉色不知不觉的转变成另一种干涉色;有时几种干涉色对称地分为几块;有时表现为类似砂钟构造,或平行晶体边缘的环带状构造(照片 117,119)。平行消光,负延性。薄片中不见双晶。通常为一轴晶负光性,少数情况为正光性(认为是含(OH)较多),称为正符山石(Wiluite)。符山石有时呈二轴晶负光性,2V=17°~33°,光轴面垂直(110)。具环带状构造的符山石,中心粉红色的部位是一轴晶负光性,而外部黄色带则为二轴晶正光性,光轴角达 60°±。

变化　在热液作用下,可被绿泥石、滑石、云母代替。

鉴别特征　符山石的横断面常为正方形、具环带状构造、正高突起、干涉色低、常具异常干涉色为其特征。和黝帘石的区别是,前者干涉色不均匀、解理不发育、折射率略高、一轴晶负光性。和黄长石的区别在于后者折射率较小,双折射率较低,另外根据矿物共生关系,符山石是矽卡岩矿物,而黄长石为碱性岩浆矿物。有时还可能将符山石与黄玉相混,区别是符山石有异常干涉色、突起高、一轴晶,而黄玉为二轴晶。符山石也会与红柱石相混,区别在于前者的双折射率低于后者。符山石具异常干涉色和高的折射率,可与磷灰石区分开。

产状及其他　符山石产于石灰岩和火成岩的接触带中,为矽卡岩矿物之一。常与钙铁榴石和钙铝榴石、透辉石、绿帘石、硅灰石、方解石、榍石、磁铁矿、萤石、绿泥石等矿物共生。在结晶片岩中较少见。据报道,符山石也见于同闪长岩接触的大理岩中的含后成晶体的结核内,结核可能是原生钙质沉积物中的杂质凝聚成,结核中的符山石则系由岩浆中挥发组分引起的 CaO 和 SiO_2 等分子的迁移所造成。由于后期钙的交代作用,符山石也在镁铁、超镁铁质岩中呈细脉产出。在区域变质的石灰岩、霞石正长岩中有符山石出现。但符山石很少成为碎屑矿物产出。可作为一种假硬玉与蛇纹石共生。

塔　菲　石　Taaffeite(铍镁晶石 berinel)

$MgBeAl_4O_8$

六方晶系

$N_o = 1.722 \sim 1.736$

$N_e = 1.717 \sim 1.727$

$(-)N_o - N_e = 0.005 \sim 0.009$

化学组成　成分中可混有 Fe_2O_3(达 5.9%),塔菲石是金绿宝石($BeAl_2O_4$)和镁铝尖晶石($MgAl_2O_4$)之间的过渡型矿物。

结晶特点　柱状、桶状晶体。薄片中常呈六方双锥形或特征的六方桶状。一般颗粒较小,多为 0.04~0.05 mm,最大 0.22 mm。常为香花石、黑鳞云母、萤石中的包裹体。

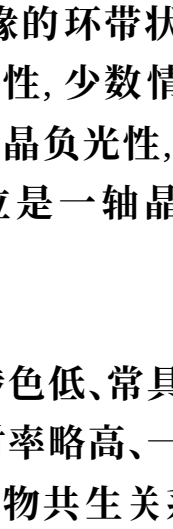


图 3-27　塔菲石光性方位

光性特征　暗黄绿色、白色、绿色、灰紫色,薄片中为无色或淡绿色、淡黄色,多色性不明显。正高突起(照片 120)。干涉色低,一级灰至一级黄白(照片 121)。平行消光,负延性。一轴晶负光性。有时为二轴晶,2V<15°。

鉴别特征　塔菲石根据特征的六方桶状晶形(薄片中似麦粒状)以及突起、干涉色(一

级灰至一级黄白) 可与相似的磷灰石、黝帘石相区别。桶状的塔菲石与刚玉相似, 区别是刚玉突起高, 晶面上常具菱形裂开。

产状及其他 该矿物罕见, 首先在我国湖南发现。产于白云岩及白云质灰岩与花岗岩接触带的矽卡岩中。与萤石、黑鳞云母、香花石、尖晶石、金绿宝石、方解石等矿物共生。也产于金云母化的变质辉岩中, 与假蓝宝石一起包裹在尖晶石中。塔菲石是铍矿床的标志矿物之一。

黄河矿 Huanghoite $BaCe[CO_3]_2F$, 该矿物是 1961 年首次发现于我国黄河附近的矿物。六方晶系, 高温变种为等轴晶系萤石型结构, 呈六方板状或粒状集合体。解理{0001}中等。蜡黄色或浅黄绿色, 薄片中为淡黄绿或黄色(照片 122), 弱多色性, N_o—浅黄色、N_e—浅黄绿色。$N_o = 1.765$, $N_e = 1.603$, 正中—高突起。双折射率为 0.162, 干涉色高级白, 常被自身颜色掩盖(照片 123)。一轴晶负光性。由于易氧化, 晶体边缘常见褐色赭土环绕, 是其特征之一。

黄河矿主要分布于碱性花岗岩、正长岩有关的热液矿床中以及受热液作用的白云岩围岩中, 共生矿物有霓石、萤石、磁铁矿、赤铁矿、独居石、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿、易解石等。有时见到氟碳铈矿与重晶石的后成合晶呈黄河矿的假象, 推测它们很可能是黄河矿的内生分解产物。黄河矿在氧化带不稳定, 易变成表生的氟碳铈矿的黄色或褐色赭土。

菱硼硅铈矿 铈硼硅石 Stillwellite $Ce[BSiO_5]$, 三方晶系该矿物于 1954 年首先在澳大利亚的昆士兰(Queensland) 地区一个铀矿床中被发现, 其主要化学分析数据(lU_B) 为: Ce_2O_3 31.87%, La_2O_3 26.8%, B_2O_3 11.73%, SiO_2 21.46%。此外, 还含有少量 Y、Th、U、Al、Fe、Ca、Mg 和 H_2O、P、F 等。我国辽宁翁泉沟硼矿床中的菱硼硅铈矿(1963 年发现) 中更富 Ce_2O_3 可达 64.35%, 而 La_2O_3 极少或无, 其他主要成分相近。

菱硼硅铈矿晶体为菱面体。常呈粒状或致密块状集合体产出。解理不发育, 常见裂开。淡紫灰色或褐黄色、褐色、半透明, 油脂光泽。薄片中无色或浅黄色(照片 124), 有时具不明显的多色性, 有时呈环带状。正高突起, $N_o = 1.765$, $N_e = 1.780$(翁泉沟地区的菱硼硅铈矿, 折射率值为 $N_o = 1.757$, $N_e = 1776$, 双折射率 $N_e - N_o = 0.022$)。双折射率 $N_e - N_o = 0.015$, 最高干涉色为一级橙至二级蓝(照片 125)。一轴晶正光性, 有时为二轴晶, 光轴角小(5°~7°)。具放射性。

菱硼硅铈矿主要见于交代蚀变石灰岩中, 与褐帘石、石榴子石、晶质铀矿等共生。在我国辽宁则发现于碱性伟晶岩脉中, 常与其他硼矿物共生。可作为一种含稀土、放射性的矿石。

刚　　玉　Corundum

Al_2O_3

三方晶系

$N_o = 1.768 \sim 1.772$

$N_e = 1.760 \sim 1.764$

(-) $N_o - N_e = 0.008$

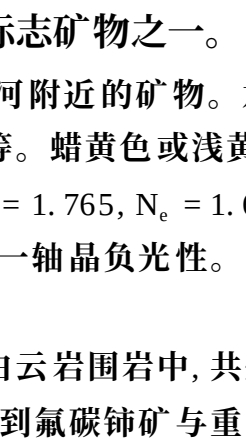


图 3-28　刚玉光性方位
(晶面符号据佐尔泰, 1984)

化学组成 成分较纯, 由 Al_2O_3 组成, 但常含少量的 Fe、Mn、Cr、Ti 等杂质。

结晶特点 晶体为六方双锥及底板面聚形, 习性为桶状、柱状、锥状、板状或粒状, 晶面上常见有斜的或横的条纹, 薄片中常为柱状(照片 129)、粒状或桶状。无解理。但常见两组菱形裂理(照片 129)。

光性特征 刚玉的颜色是突出特征, 除无色、白色、灰色外, 由于离子代换可呈现各种颜色, 如黄、红、绿、紫、蓝、棕、黑等, 薄片中为无色和各种颜色如红、蓝、绿、黄等, 根据颜色的不

同刚玉有如下变种: 白宝石(无色) 、红宝石(红色, 含 Cr_2O_3 2% ～3%) 、蓝宝石(蓝色, 含 Fe、Ti) 、绿宝石(绿色, 含 Co、Ni、V) 、黄宝石(黄色, 含铌) 、铁刚玉(黑色 , 含 Fe^{2+} 和 Fe^{3+}) , 以前三者最常见。颜色深的变种可见多色性: N_o—靛蓝、蓝、深紫红等, N_e—浅蓝、祖母绿、黄绿、淡黄、粉红等(照片 126, 127, 128) , 吸收性: $N_o > N_e$。正高突起。干涉色低(一级灰) 。但由于刚玉硬度大, 一般磨制出的薄片偏厚, 因此“ 突起 ”、干涉色显得更高, 常见其干涉色达二级或三级(照片 130) 。柱状切面具平行消光, 负延性; 而板状晶体若垂直板面切制时则为正延性。(101) 为结合面的聚片双晶可见(照片 130) 。一轴晶负光性。有时为二轴晶, 2V = 10 °～12 °(最大 58 °) , 且晶体中心和边部光轴角不等。

变化 刚玉在热液作用下可转变为白云母、尖晶石、蓝晶石、矽线石、红柱石、硬水铝石、黝帘石等。

鉴别特征 刚玉的突出特点是具有特殊的晶形、硬度大(磨片时因硬度大不易研磨, 手有感觉) 、突起高、双折射率低等, 以此可与其他矿物加以鉴别。假蓝宝石与刚玉的变种蓝宝石相似, 区别是前者为二轴晶, 而蓝宝石为一轴晶, 常见聚片双晶, 其颜色在薄片中往往显得不均匀(照片 127) 。

产状及其他 刚玉主要产于富铝贫硅的火成岩或变质岩中, 如刚玉矽线石片麻岩、含刚玉黑云母片麻岩, 与黑云母、白云母、钾长石、矽线石、蓝晶石、硬水铝石、蓝线石等共生。刚玉蓝晶石岩中可见多量的蓝宝石产出, 与蓝晶石、硬绿泥石、硬水铝石、叶蜡石等共生。刚玉也见于贫硅的侵入岩及其接触变质岩中, 如在受混染的一些碱性伟晶岩中, 刚玉与钾长石、斜长石、黑云母、石榴子石共生; 在某些橄榄苏长岩中见蓝宝石与尖晶石、基性斜长石、磁铁矿、矽线石等共生。在次生石英岩化的酸性火山岩中也可见到。某些铝土矿中可见刚玉, 它是由硬水铝石变质而成。刚玉硬度仅次于金刚石, 可制作高级研磨材料, 大而无瑕的各种颜色的刚玉可作宝石, 常见的为蓝宝石、红宝石。

钍　　石　Thorite

$Th[SiO_4]$

四方晶系

$N_o = 1.80$

$N_e = 1.81$

(+) $N_e - N_o = 0.01$

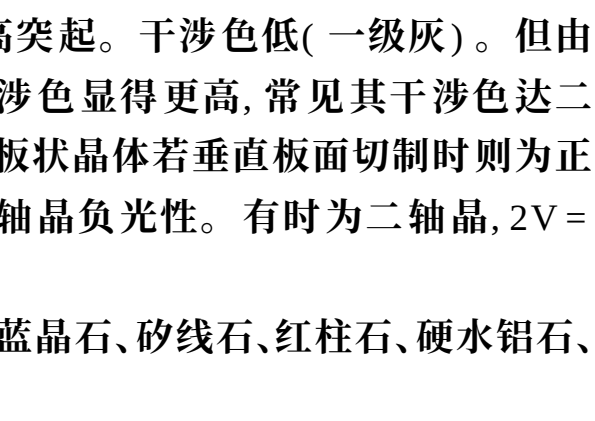


图 3－29　钍石光性方位

化学组成 成分中含少量类质同象的 U, 还可有少量的 Ca、Fe、Al、P、Zr、Ce、Y 和痕量的 Mg、Mn 等。

结晶特点 晶体形态与锆石相似, 四方柱和双锥的聚形, 一般为细粒状。不见解理。

光性特征 呈黑色、褐色、黄色、橙色, 半透明, 橙红透明的变种称橙黄石(变钍石, Orangite) 。薄片中黄色、褐色、棕黄色, 常有黑色斑点。正极高突起, 最高干涉色为一级黄白—橙黄。一轴晶正光性。由于具强的放射性, 常见变生作用, 出现光性异常, 可显均质性, N = 1.680 ～1.720, 有时在一个颗粒上一部分表现为均质性, 而另一部分表现为非均质性, 甚至有时变为二轴晶。

鉴别特征　钍石与锆石相似,根据它的变生均质性特征可区别之。

产状及其他　钍石产于花岗岩、正长岩及有关的伟晶岩中。在碳酸盐化热液脉中,钍石呈热液充填或细脉浸染状。多为后期热液产物。共生矿物有方解石、霓石、磷灰石、萤石、榍石、绢云母、钠长石、磁铁矿、赤铁矿、氟碳铈矿、氟碳钙铈矿等。也见于砂矿中。

黄钾铁矾　Jarosite

$KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$

三方晶系

$N_o = 1.820$

$N_e = 1.715$

(-) $N_o - N_e = 0.105$

化学组成　成分中含有 Na、Al、Ag、Pb 等,与明矾石可构成类质同象。当成分中含 Na 高时,称钠黄钾铁矾。

结晶特点　晶体细小,呈板状或假立方体的菱面体。通常为粒状、鳞片状、纤维状集合体或呈土状、皮壳状、薄膜状等形态产出。薄片中有时见横切面为方形、长方形,沿{0001}解理清楚。

光性特征　赭黄色、暗褐色、土黄色,薄片中黄色,具弱的多色性:N_o—金黄,N_e—淡黄或无色。正极高突起(照片 131),钠黄钾铁矾折射率略高,$N_o = 1.830$,$N_e = 1.750$。干涉色为高级白,但常被本身颜色掩盖或带黄色色调(照片 132),细小鳞片有时可见三级干涉色。平行消光或对称消光,负延性,一轴晶负光性。有时见小的光轴角(10°±)。

变化　易变化为褐铁矿。

鉴别特征　当黄钾铁矾呈细小集合体产出时,与皂石、绿高岭石相似,区别是,后二者为正低或正中突起,而黄钾铁矾为正极高突起,必要时可作电子探针确定。以颜色、突起、晶形等特征,不难与无定形、非晶质的褐铁矿相区别。与黄河矿可根据产状和后者常见褐色边相区别。

产状及其他　黄钾铁矾是硫化物矿床氧化带中分布较广的矿物。主要分布在氧化带上部和附近岩石裂隙中。常与褐铁矿、黄铁矿、高岭石、水铝英石等共生。黄钾铁矾也可作为一种热液蚀变矿物出现于火山岩中或与某些金矿有关的蚀变岩石中。它可交代明矾石产出。

白钨矿(钨酸钙矿)　Scheelite

$Ca[WO_4]$

四方晶系

$N_o = 1.920$

$N_e = 1.937$

(+) $N_e - N_o = 0.017$

化学组成　成分中常含少量的 MoO_3 和 CuO。

结晶特点　四方双锥状或板状晶体,常呈致密块状

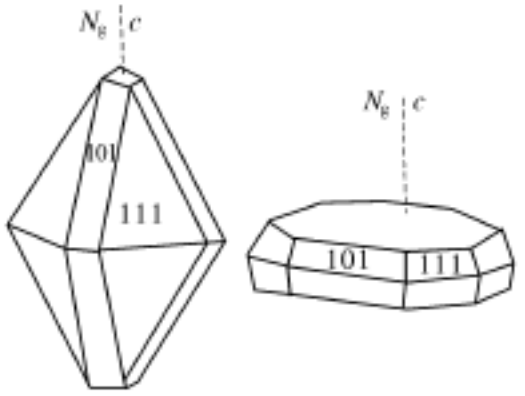


图 3-30　白钨矿光性方位

或不规则粒状。解理沿{111}中等,沿{101}不完全。

光性特征　黄、白、浅褐或灰色,薄片中为无色。正极高突起(照片 133),折射率色散强,对红光(C 光 656.3nm) N_o = 1.9185, N_e = 1.9345;对绿蓝光(F 光 486.1nm) N_o = 1.9377, N_e = 1.9554, $N_{oF} - N_{oC}$ = 0.0192, $N_{eF} - N_{eC}$ = 0.0209。最高干涉色为一级紫红或橙红(照片 134)。有时见(110)和(100)双晶。一轴晶正光性。

变化　常变为黑钨矿。

鉴别特征　白钨矿具有发光性,在紫外光、阴极射线照射下发蓝白色至黄色的荧光为其特点。与钨铅矿和钼铅矿的区别在于后二者光性符号为负,且双折射率比白钨矿大得多,二者均为高级白干涉色,白钨矿为正光性,干涉色一级顶。

产状及其他　白钨矿主要产于矽卡岩中,与石榴子石、透辉石、透闪石、普通角闪石、绿帘石、符山石、硅灰石、榍石、斧石、辉钼矿、萤石等共生。在热液矿脉中常与石英、电气石、锡石、萤石、黄玉、金矿等共生。也产于伟晶岩中,与锡石、黄玉、沸石、黑钨矿、辉钼矿等伴生。是钨的主要矿石之一。

锆　石　族　Zircon Group

锆石族包括锆石及其一系列变种,如水锆石、曲晶石、苗木石、铀锆石、铪钍锆石、胶锆石等。但常见的是锆石(或称锆英石)。锆石族矿物常含有一定量的 Hf、钇族稀土、Be 及 U、Th。

锆石(锆英石)　Zircon

$Zr[SiO_4]$

四方晶系

N_o = 1.922 ~1.960

N_e = 1.961 ~2.015

(+) $N_e - N_o$ = 0.042 ~0.065

化学组成　常含有 Fe、Th、U、Nb、Ta、Y、H_2O 等杂质,某些变种可能有磷代换硅,并以稀土元素进入晶格取得电价平衡。

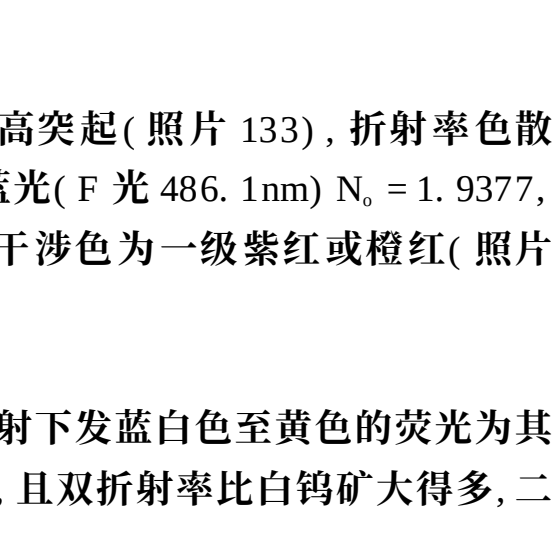


图 3-31　锆石光性方位

结晶特点　晶体呈四方柱与四方双锥、复四方双锥的聚形。岩石中一般细小,较自形。常呈柱状(短柱或长柱),断面为方形或八角形。偶见柱面不发育的双锥形。在火成岩中,其晶形与岩石成分有一定关系,一般碱性岩或偏碱的花岗岩其(111)锥面发育,呈短柱状或四方双锥;在普通花岗岩中常为长柱状,两端见双锥(照片 135);而在中-基性岩中(111)锥面不发育多呈柱状。由于熔蚀或磨蚀,晶形常呈浑圆状。一般小晶体不见解理,大晶体可见柱面{110}解理。

光性特征　红褐、黄、灰、绿或无色,薄片无色至淡褐色、浅黄色。有时可见颜色环带和微裂隙,颜色环带与成分(Th、U 等)或含有包裹体有关。深色锆石可显褐—黄多色性,吸收性 $N_o < N_e$。正极高突起(均质体 N = 1.60 ~1.83)。干涉色鲜艳三至四级(照片 136)。平

行消光, 正延性。依(110)的双晶很少见。大晶体可见干涉图, 一轴晶正光性。有时光性异常或呈均质性, 或为二轴晶, 2V=10°±。锆石在云母(及云母蚀变的绿泥石)、电气石或角闪石、辉石、堇青石等矿物中呈包裹体时, 常见靠近锆石周围出现较浓的颜色, 即"多色晕"。这是由于锆石中的放射性元素发射的 μ- 粒子, 对其周围矿物晶格破坏所致。

变化 锆石不易风化、蚀变和破碎。但因含放射性(U、Th)元素而常产生自身辐射作用(变生作用), 出现$(OH)_4 \Longrightarrow SiO_4$置换, 并逐渐由正常锆石向变生锆石转变, 稀土元素也逐渐增高。较大的晶体, 若呈环带状构造者, 其内核为正常锆石而外环变为变生锆石。其中水锆石是锆石常见的蚀变产物。

鉴别特征 锆石与磷灰石纵断面相似, 但磷灰石干涉色低, 为一级灰、负延性。锆石与磷钇矿在薄片中均为无色或色调相同、晶形相似, 特别是当锆石成正方双锥体时, 须注意鉴别二者, 磷钇矿{110}解理发育, 沿(101)可见双晶, 折射率低而双折射率大于锆石。独居石的折射率低于锆石, 正常情况下, 独居石为二轴晶, $c \wedge N_g = 2° \sim 6.5°$, 锆石为一轴晶, 在对称切面中呈平行消光, 但有时锆石可变为二轴晶, 光轴角达 10°±, 而独居石的光轴角有时降到 7°~22°, 这时不能根据光性区别二者。锆石与榍石相比, 锆石折射率低(<2.015)、双折射率小, 干涉色总是三到四级蓝、绿、深红等, 而榍石的干涉色为高级白, 锆石为柱状切面而榍石常具菱形切面。锆石与钍石的区别在于它的双折射率大, 硬度大且不溶于 HCl。

产状及其他 锆石常作为重要的副矿物存在于火成岩中, 特别与富钠的深成岩有关, 可出现在花岗岩、正长岩、花岗闪长岩及霞石正长岩中。亦可出现变质岩中, 如前寒武纪的片麻岩中常见锆石, 锆石经常和褐帘石、独居石、黑稀金矿、铌钇矿、绿柱石、氟铈镧矿、锂云母、磷铝石、钍石、烧绿石、钛铌铀矿等伴生。锆石在沉积岩中以重矿物出现, 常富集成砂矿, 与钛铁矿、独居石、金红石等伴生。各种岩石中的锆石的晶形及其标型特征, 往往作为岩石对比、鉴定及恢复变质岩原岩的标志之一。锆石可用于铸造、耐火材料及陶瓷业, 还可作一种抗碱的玻璃纤维。透明无色或颜色绚丽的红锆石和无色至黄色的黄锆石可作宝石。

从正常锆石到变生锆石, 有一系列变种, 如水锆石(Malacon), 曲晶石(Cyrtolite), 苗木石(Naegite)。

水锆石 变锆石 Malacon, Malakon $ZrO_2 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$。是锆石的蚀变产物, 化学组分中除 ZrO_2 和 SiO_2 外, 还有少量的 Fe_2O_3、MgO、CaO、Y_2O_3, 含水较多, 可达 3%~10%。无色、褐色。四方柱状, 外表特征和锆石相似。N=1.826, 相对密度为 4.0~4.3。

曲晶石 Cyrtolite 是含有稀土和铀、钍等元素的变种, 成分中含有 Hf、U、Th、Tr 等, 无水或含少量水。褐色。晶形常弯曲, 故名曲晶石。折射率及双折射率均小于锆石, 有时呈均质性。

苗木石 铌钍锆石 Naegite, 其化学成分特点是含稀土和铌钽, 不含 P_2O_5。晶形呈粒状或不规则状。薄片中透明, N=1.818。

包 头 矿 Baotite

$Ba_4[(Ti, Nb, Fe)_8(Si_4O_{12})O_{16}]Cl$

四方晶系

$N_o = 1.94$

$N_e = 2.16$

除锆石外, 独居石、磷钇矿、褐帘石, 有时榍石, 甚至磷灰石, 以及所有含稀土元素的矿物包裹体都可以出现多色晕。

(+) $N_e - N_o = 0.22$

化学组成　该矿物首次在我国包头发现(1960 年),故名包头矿,又称硅钡钛铌矿。成分中可含少量 Al、Mg、Ca、K。

结晶特点　晶形为短四方柱状或长方柱状。{110}解理两组中等。

光性特征　标本为特征的乌黑色且不发亮,薄片中则为浅黄绿至褐色,多色性明显: N_e—黑褐至绿色: N_o—浅褐至无色(照片 137)。正极高突起,高级白干涉色,平行消光,长柱状晶体为正延性。一轴晶正光性。

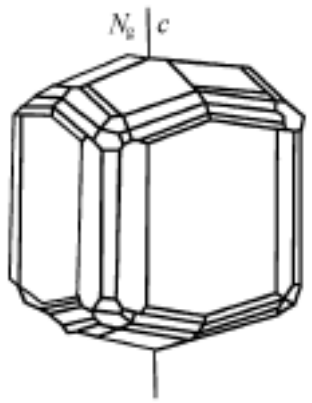


图 3－32　包头矿光性方位

鉴别特征　根据其标本和薄片的特征颜色、多色性,高级白干涉色等,与其他矿物区别。

产状及其他　包头矿产于碱性花岗岩和花岗正长岩有关的石英脉中,同方铅矿、黄铁矿共生,脉壁见有钠长石和碱性角闪石,表明有碱的交代作用。包头矿也见于碳酸盐脉中,与碳酸锶铈矿、独居石、重晶石、易解石等共生。

锡　　石　Cassiterite

SnO_2

四方晶系

$N_o = 1.990 \sim 2.010$

$N_e = 2.093 \sim 2.100$

(+) $N_e - N_o = 0.096 \sim 0.098$

化学组成　成分中常含有 Fe_2O_3、FeO、Ta_2O_5、Nb_2O_5、MnO、Sc_2O_3、TiO_2 及少量的 WO_3

结晶特点　晶体通常为柱状、粒状或双锥柱状,有时为针状。胶体溶液形成的纤维锡石(木锡石)呈葡萄状、钟乳状。据统计,锡石的形态与产状有一定关系,如伟晶岩脉中多为双锥状,而热液矿脉中则为双锥柱状和长柱状。解理{110}、{100}不完全,有时可见裂开。

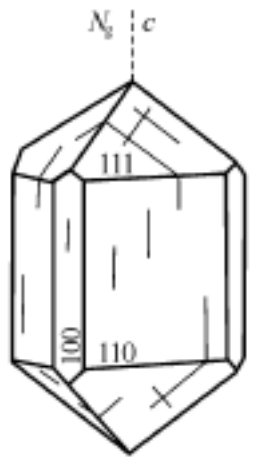


图 3－33　锡石光性方位

光性特征　颜色多为褐色、黄色,无色者少见。薄片中呈无色、淡黄、棕、褐、酒红等,颜色分布不均或呈环带状(照片 138 左)。色深者可见多色性: N_o—黄、灰绿、绿棕、无色; N_e—黄棕、红棕、肉红色,吸收性 $N_e > N_o$。正极高突起。折射率色散强: $N_{oF} - N_{oC} = 0.0387$, $N_{eF} - N_{eC} = 0.0355$。高级白干涉色,常被本身颜色掩盖(照片 138 右)。平行消光,正延性。常见锡石的规则连生或平行连生。也可见以(011)为双晶面形成的膝状双晶或聚片双晶。一轴晶正光性。有时为二轴晶,2V = 5°～10°,具带状构造者光轴角达 38°。

鉴别特征　根据锡石的折射率、双折射率可与较其略高的金红石相区别;也可与较其略低的锆石区别开。此外,与锡石的颜色相似的几种矿物区别是:闪锌矿、黑榴石为均质体(即使后者有非均质化,干涉色也很低);独居石为二轴晶;锐钛矿呈负光性;褐帘石双折射率低。

变化　锡石很稳定,一般不易发生次生变化,风化后转至砂中。

产状及其他　锡石主要产于酸性火成岩如花岗岩中,特别是与其有关的热液蚀变岩如云英岩、电气石花岗岩中。与黄玉、萤石、电气石、绿柱石等共生。由于锡石性质稳定,常被风化聚集成砂矿。

锐　钛　矿　Anatase, Octahedrite

TiO_2

四方晶系

$N_o = 2.561$

$N_e = 2.488$

$(-) N_o - N_e = 0.073$

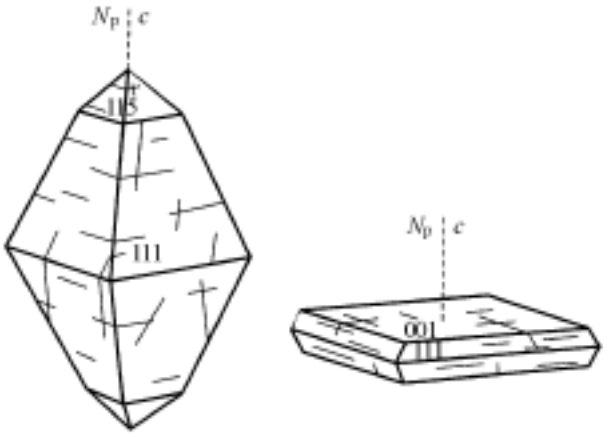


图 3－34　锐钛矿光性方位

化学组成　类质同象混入物有 Fe、Sn、Ta、Nb 等。某些花岗岩中的锐钛矿含 Nb_2O_5 较高，可达 20% 以上。

结晶特点　常呈尖锐的双锥状，有时也呈粒状、板状或柱状，晶面上有横纹。薄片中常见菱形、四方形和长方形或不规则粒状。{001}和{111}解理完全。

光性特征　褐、黄、黑色，少数为蓝绿、灰色，薄片中无色，浅黄或浅褐色，颜色分布不均或呈环带，有时具微弱的多色性：N_o—黄、蓝、绿色，N_e—褐、深蓝、天蓝色，吸收性通常为 $N_o < N_e$；有时为 $N_o > N_e$。正极高突起，糙面很显著。干涉色较高，达四级或四级以上的高级白。对晶体轮廓具平行消光或对称消光，负延性。一轴晶负光性。可出现异常的二轴晶，光轴角不大(暗色变种常见)。

变化　锐钛矿是 TiO_2 的低温同质多象变体，它可由其他钛矿物变成，在 800 ～900℃可以转变为金红石。

鉴别特征　尖锐的双锥晶形、正极高突起、干涉色高、一轴晶负光性为锐钛矿的主要特征。它与金红石较相似，但金红石为一轴晶正光性，具柱状、针状外形与其区别。与板钛矿不同的是后者为二轴晶，光率体色散强，呈柱状，板状。

产状及其他　锐钛矿常作为副矿物存在于火成岩、片麻岩、结晶片岩中以及岩脉和花岗伟晶岩的晶簇中，在片麻岩或片岩的裂隙或脉中，与石英、板钛矿、金红石、冰长石、赤铁矿、绿泥石共生。在石英脉中热液型的蓝色锐钛矿晶体可达 1 ～2 英寸。在安山岩的孔洞中也有很好的晶体产出。常作为其他含钛矿物的蚀变产物存在，如榍石、钛铁矿及更少见的铌钛铀矿和黑稀金矿。在碎屑沉积岩中，可作为陆源碎屑矿物。但在沉积岩中更常见一种由白钛矿或其他钛矿物变来的自生的锐钛矿。

金　红　石　Rutile

TiO_2

四方晶系

$N_o = 2.605 \sim 2.613$

$N_e = 2.899 \sim 2.901$

$(+) N_e - N_o = 0.286 \sim 0.296$

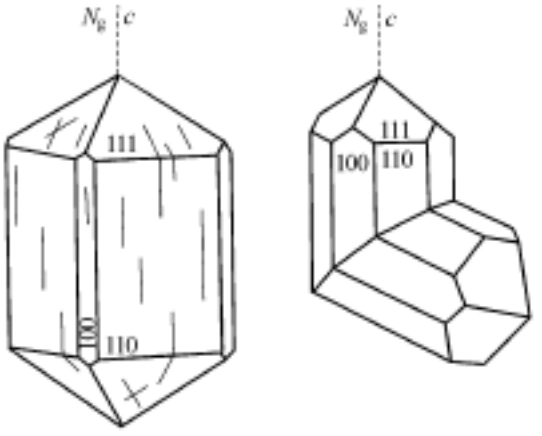


图 3－35　金红石光性方位

化学组成　成分中常含有 Fe、Ta、Nb、Sn、Mn 等元素。富铁的黑色变种称为铁金红石(Nigrine)。含有 Ta、Nb，且 Nb > Ta 时称铌铁金红石(Niobium rutile，钛铁金红石)；Ta

> Nb 时称钽铁金红石(Tantalum rutile,钛钽铌矿)。

结晶特点　柱状、针状、毛发状和他形粒状。常成纤维状、针状(照片 139)、毛发状被其他矿物包裹。解理沿{110}完全,薄片中较大的晶体切面能见到解理,在横断面上有时还可见两组直交的解理缝。

光性特征　红褐、红、黄、蓝甚至黑色,薄片中为褐、黄至红褐色(照片 139,140),色暗者在强光下可见红色或黄褐色,具微弱的多色性:N_o—黄至褐黄色,N_e—暗红至暗褐或褐黄至黄绿色。含铁增加多色性亦增强。正极高突起。金红石双折射率极大,最高干涉色为高级白,但由于矿物色深,因此这种干涉色常被矿物的颜色所掩盖。细小针状金红石,可见到鲜艳的蓝、红、紫等干涉色(据此可区别于针状的磷灰石和矽线石)。平行消光,正延性。常见(010)双晶面的膝状双晶和针状金红石构成的网状连生晶(网金红石,Sagenite)(照片 141)。此外,还可见三连晶、环状双晶和心形双晶。应力作用下可见(101)结合面的聚片双晶。金红石为一轴晶正光性。应力作用下可显二轴晶。

变化　该矿物较稳定。但有时可变为钛铁矿和白钛矿。钛铁矿常沿边缘和解理缝形成。有时金红石还可变为榍石,其作用是可逆的。在表生条件下,钛铁矿也可向金红石转变。

鉴别特征　根据金红石具极高的突起、红褐色、反射光下具金刚光泽及极大的双折射率,可与锡石、锆石等矿物区别开。金红石与闪锌矿区别是,二者晶形不同,轴性也不同,金红石为一轴晶,闪锌矿为均质体。与赤铁矿区别是后者为深红色,强光下鲜红,呈片状、鳞片状。褐铁矿为无规则形态的均质性矿物,不难与金红石区别。斜锆石有时产状与金红石相似,但斜锆石一般颜色略浅,斜消光,负延性,且为二轴晶负光性。假板钛矿(Fe_2TiO_5,又称铁板钛矿,斜方晶系)在颜色、光泽、突起、晶纹等方面与金红石相似,不同处是假板钛矿常为板状晶体、斜方双锥较发育、二轴晶正光性、常见于火山岩中,为热液蚀变产物。

产状及其他　金红石广泛分布于各种变质岩中,常为分散细小的晶体,见于角闪岩、榴辉岩、片岩、片麻岩及变质石灰岩中。粗大的晶体则见于花岗伟晶岩中。在酸性火成岩中,常以发状形态被包裹在石英和黑云母中。黑云母中的金红石多是伴随黑云母的蚀变(如绿泥石化、褪色等)而产出(照片 141,267)。在花岗岩、伟晶岩中金红石常与钛铁矿、独居石、锆石、榍石、褐帘石、黑云母等共生。金红石也见于一些矿脉中,与石英、黄玉、方解石、黄铁矿等共生。在金红钠长细晶岩和钛铁磷灰岩中,金红石均有较高的含量。金红石性质稳定,故有时在碎屑岩中出现,还可能富集成砂矿。铌铁金红石在伟晶岩及热液型铁-铌-稀土矿床中与独居石、绿柱石共生。钽铁金红石见于钠长石化、云英岩化的花岗岩、伟晶岩中,与铌铁矿、绿柱石、锡石、锆石、钛铁矿、锂辉石共生。

第四章　二轴晶矿物

硼　　砂　Borax

$Na_2(H_2O)_8[B_2B_2O_5(OH)_4]$

单斜晶系　β=106°35′

N_g =1.472

N_m =1.469

N_p =1.447

$N_g - N_p$ =0.025

(-)2V=39°　　r>v**显著**

b∥N_p，c∧N_m=33°~36°；**光轴面**⊥(010)

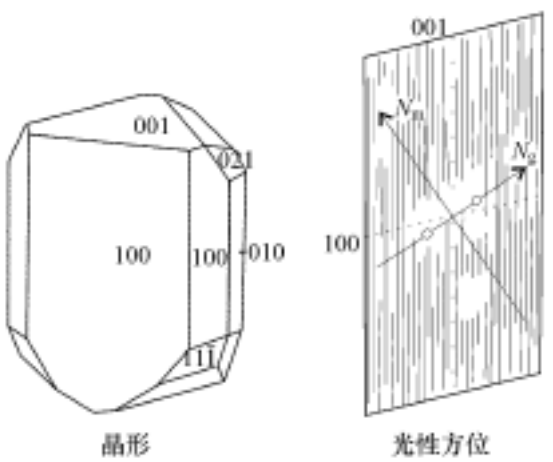


图4-1　硼砂的晶形和光性方位

化学组成　为含水的钠硼酸盐，脱水后称硼砂石。

结晶特点　硼砂晶形呈似辉石的柱状，也见有板状，薄片中常呈柱状、粒状。解理{100}完全，{110}不完全。

光性特征　无色、浅灰色，薄片中无色。负中突起。最高干涉色为二级黄绿。斜消光，延性可正可负。二轴晶负光性。倾斜色散强。在垂直光轴的切面上不消光，而呈靛蓝-褐的异常干涉色。脱水后的硼砂为一轴晶正光性，N_o=1.461，N_e=1.474，称八面硼砂或三方硼砂。

鉴别特征　硼砂以显著的负突起、中等双折射率、强色散性及产状作为特征。

产状及其他　硼砂主要产于内陆湖沉积物中，与石膏、芒硝、石盐等共生。也见于火山升华物或作为沙漠地表的风化物。是沉积硼矿床的主要矿石。

光　卤　石　Carnallite

$KMg(H_2O)_6Cl_3$

斜方晶系

N_g =1.496

N_m =1.474

N_p =1.467

$N_g - N_p$ =0.029

(+)2V=70°　　r<v**弱**

a∥N_g，b∥N_m，c∥N_p，**光轴面**∥(010)

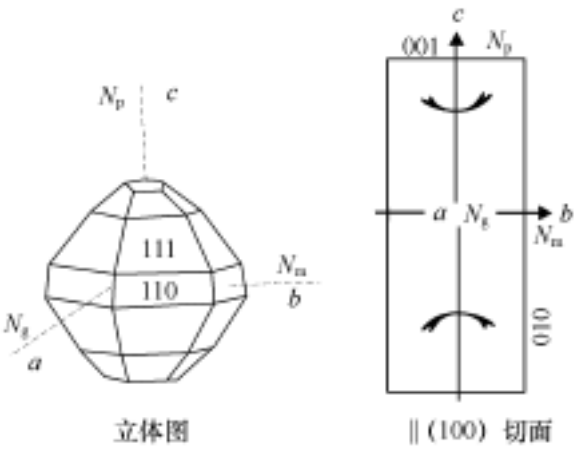


图4-2　光卤石光性方位

(平面图据北大岩矿教研室，1979)

化学组成　常含 Rb、Br、Cs，有时少量 Mg 被

Fe^{2+} 替代, Cl 被 Br^{-} 替代。

结晶特点　通常呈粒状、块状和纤维状, 常见他形。解理不显著。常含细鳞片状赤铁矿、石盐、硬石膏、白云石等包裹体。

光性特征　白色、无色, 薄片中无色, 若含赤铁矿包裹体时显红色。负中—低突起。干涉色二级黄绿。有时出现聚片双晶或格子状双晶, 交角 60°～64°。二轴晶正光性。光卤石极易潮解, 因此薄片四周要用树胶密封。

鉴别特征　光卤石以其负中—低突起和二级干涉色等特征可与其共生的相似矿物区别。

产状及其他　光卤石产于盐湖沉积中, 与钾盐、石盐、杂卤石、硬石膏、石膏、水镁石、白云石、文石及硼砂等共生。多出现于石盐层的上部。

沸　石　族　Zeolite　Group

沸石族矿物为含有沸石水的碱或碱土金属的铝硅酸盐。其一般化学式为: $A_mX_pO_{2p}\cdot nH_2O$, A = Ca、Na(为主)、K、Ba、Sr 和极少的 Mg、Mn; X = Si、Al。常见沸石族矿物如表 4－1 所列。

沸石族矿物大部分是斜方或单斜晶系, 少数为等轴晶系(方沸石、八面沸石)和三方晶系(菱沸石)。晶体呈柱状、板状、纤维状或针状集合体。颜色较浅, 薄片中无色透明, 折射率多数低于树胶, 呈负低突起。双折射率大部分介于 0.003～0.007, 干涉色一级灰、灰白, 近似于长石、石英, 只有个别沸石(如杆沸石)双折射率为 0.015, 有时达 0.028, 干涉色一级顶至二级绿。沸石主要产于火山岩气孔中, 常与方解石构成杏仁石, 或由长石和似长石经蚀变、交代而成。在沉积岩中是常见的自生硅酸盐矿物之一。由于沸石类矿物对压力和温度较敏感, 并具垂直分带现象, 因此其矿物组合对成因分析和推断有一定意义。由于沸石矿物具特殊的离子交换性、吸附性、筛分性, 因此被广泛应用于石油、国防、冶金、电子等工业以及农业和控制污染等方面。

沸石族各变种名称及主要光性特征见表 4－1。八面沸石和方沸石为等轴晶系矿物, 具光性均质性, 也列于表中, 方沸石详情见第二章, 八面沸石则不另作描述。

菱沸石(扁菱沸石)　Chabazite

$(Ca, Na_2)[AlSi_2O_6]_2\cdot 6H_2O$

单斜(假三方)晶系

N_o = 1.480～1.485

N_e = 1.478～1.490

(±) $N_e - N_o$ = 0.002～0.005

化学组成　可含少量 K 和极少量的 Ba、Sr, 痕量 Fe^{3+}。

结晶特点　常为菱面体或几种菱面体的聚形, 外形近似立方体, 薄片中常呈六角形、四方形或他形粒状。常呈晶簇产出。解理{$10\bar{1}1$}完全, 呈菱形。

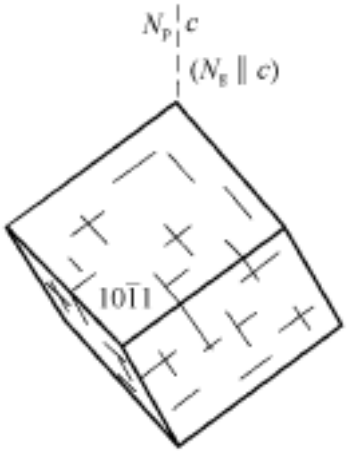


图 4－3　菱沸石光性方位

表 4-1　常见沸石族矿物光性特征

矿物名称	化学式	晶系	形态	折射率	双折射率	消光类型	延性	消光角	光轴角	光轴面	解理	双晶	备注
八面沸石	$Na_2Ca[AlSi_2O_6]_4 \cdot 16H_2O$	等轴	六角形或八角形	N = 1.48		全消光					{111} 中等		失水情况下显一轴晶(+)，产于玻基辉橄岩
方沸石	$Na_2[AlSi_2O_6]_2 \cdot 2H_2O$	等轴	粒状、六角形、八角形	N = 1.487							{001} 不完全	偶见聚片式	异常时(-)2V=80°
菱沸石	$(Ca, Na_2)[AlSi_2O_6]_2 \cdot 6H_2O$	单斜(假三方)	六角形、菱面体	1.48～1.485 (N_o)	<0.005	对称					两组菱形	穿插式	
中沸石	$Na_2Ca_2[Al_2Si_3O_{10}]_3 \cdot 8H_2O$	单斜	针状、纤状或柱状	1.505 (N_m)		近平行	可正可负	$c \wedge N_m$ 2°～5°	(+)80°	(010)	{101} 完全		
丝光沸石	$(Na_2, K_2, Ca)[AlSi_5O_{12}]_2 7H_2O$	斜方	纤状、丝状或球状	1.475～1.485 (N_m)		近平行	负	个别 <4°	(±)76°～90°	(100)	{100} {010}		负高突起
斜发沸石	$(Na, K, Ca)_{2\sim3}[Al_3(Al, Si)_2Si_{13}O_{36}] \cdot 12H_2O$	单斜	细小的针柱条状	1.481 (N_m)		斜消光	正	$c \wedge N_g$ 15°	(-)32°～48°	⊥(010)	{010} 完全		
杆沸石	$NaCa_2[Al_2Si_2O_8]_{2,5} \cdot 6H_2O$	斜方	柱状、纤状、放射状	1.513～1.533 (N_m)	>0.005	平行消光	可正可负		(+)42°～75°	⊥(010)	{010} 完全 {100} 不完全		沸石族中干涉色最高，可达二级
钠沸石	$Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$		针状和长柱状	1.476～1.486 (N_m)			正		(+)58°～64°	(010)		双晶少见	一级黄干涉色
钡沸石	$Ba[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 4H_2O$	单斜或斜方	长方形、细锥状、纤状	1.553 (N_m)			负		(-)54°	(010)	{110} 完全		正底突起，一级橙干涉色
交沸石	$Ba[AlSi_3O_8]_2 \cdot 6H_2O$	单斜晶系	纤状、球粒状	1.505～1.509 (N_m)		斜消光	可正可负	$c \wedge N_m$ 28°～32°	(+)79°	⊥(010)	{010} 中等	十字穿插	
片沸石	$(Ca, Na_2)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$		片状、板状，花瓣状	1.493～1.503 (N_m)				$c \wedge N_m$ 0°～32°	(+)0°～53°	⊥(010)	{010} 完全		
钙十字沸石	$(K_2, Na_2, Ca)[AlSi_3O_8]_2 \cdot 6H_2O$		纤状、放射状球粒状	1.484～1.509 (N_m)			正	$c \wedge N_g$ 11°～30°	(+)60°～80°	⊥(010)	{100} {010} 中等	十字形穿插式	
浊沸石	$Ca[AlSi_2O_6]_2 \cdot 4H_2O$		柱状、针状、放射状	1.518～1.522 (N_m)				$c \wedge N_g$ 8°～11°	(-)26°～47°	(010)	{010} {110}	沿(100)	一级黄干涉色
柱沸石	$Ca[AlSi_3O_8]_2 \cdot 5H_2O$		柱状、放射状球粒集合体	1.497～1.515 (N_m)				$c \wedge N_g$ 10°	(-)44°	(010)	{010} 完全	穿插式	干涉色一级黄—橙
辉(束)沸石	$(Ca, Na_2, K_2)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 7H_2O$		板状、片状或束状集合体	1.492～1.507 (N_m)			负	$c \wedge N_p$ 3°～12°	(-)30°～49°	(010)	{010} 完全	十字形穿插或扇形	一级黄白—黄干涉色
钙沸石	$Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$		针状、纤状或球粒状	1.516～1.520 (N_m)				$c \wedge N_p$ 15°～18°	(-)36°～56°	⊥(010)	{110} 完全	有时见穿插式	一级灰白干涉色

光性特征　白色或淡红色、浅褐色,薄片中无色。负低突起。干涉色一级灰,对称消光。常见(0001)穿插双晶,六边形分为六部分,相邻单体光性方位不同。一轴晶光性有正有负,有时还为二轴晶(±)。光轴角一般不大,0°~30°。有时在同一晶体上一部分为一轴晶而另一部分为二轴晶。这种光性的变化和异常可能与 Ca - Na 的变化或水化程度有关。沉积成因的菱沸石 N = 1.46 ~1.47,为负高突起。

鉴别特征　菱沸石以晶形、菱形解理和较低的双折射率为特征。方沸石、八面沸石为均质体可与之区别。鱼眼石与菱沸石也相似,但前者折射率高,有时出现异常干涉色。与方钠石族矿物区别是后者折射率较高,均质体。

产状及其他　菱沸石产于火山岩,特别是玄武岩、安山岩等的气孔裂隙中。与其他沸石如辉沸石、片沸石、中沸石、钠沸石、杆沸石、钙十字沸石和方解石等共生。有时在中酸性岩蚀变带可见到菱沸石,也见于结晶灰岩和片岩的裂隙中,由热液分解钙硅酸盐而成。在一些新生代沉积岩、凝灰岩中有时可大量产出。在某些温泉出口处也可见到菱沸石。

丝光沸石(发光沸石)　Mordenite

$(Na_2, K_2, Ca)[AlSi_5O_{12}]_2 \cdot 7H_2O$

斜方晶系

$N_g = 1.477 \sim 1.487$

$N_m = 1.475 \sim 1.485$

$N_p = 1.472 \sim 1.483$

$N_g - N_p = 0.004 \sim 0.005$

(±) $2V = 76° \sim 90°$

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_g$, $c \parallel N_p$, 光轴面 ∥ (100)

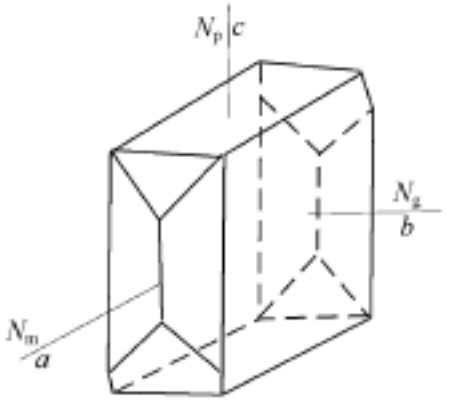


图 4-4　丝光沸石光性方位

化学组成　一般 Na + K > Ca,在碱金属中 K 的含量很少,以 Na 为主。成分中可含少量的 Fe、Mg。

结晶特点　晶体呈针状或纤维状,有时也呈细小的长柱状。常以束状、扇状、放射状、丝状、发状、纤维状、致密状、球粒状等集合体形式产出。解理{010}、{100}完全。

光性特征　白色或褐黄色、浅玫瑰色,薄片中无色透明,含 Fe_2O_3 时呈红色。负低到中突起。干涉色一级灰,平行消光(有时可有小的消光角,<4°),负延性。二轴晶,光性正或负,光轴角大。

鉴别特征　丝光沸石以低的折射率(常为负中—低突起)为特征,可与多数沸石区别。与钠沸石的区别则可根据光轴角和延性,后者光轴角小,正延性。与交沸石不同处是丝光沸石折射率低,平行消光。片沸石和钙沸石光轴角小而折射率较丝光沸石高。斜发沸石和丝光沸石常共生,二者可根据延性区别之。杆沸石干涉色高,折射率也较高,延性可正可负,与之区别。

产状及其他　丝光沸石在基性和中酸性火山岩、凝灰岩中常呈晶簇或脉状、杏仁状产出。也可作为火山玻璃的水化产物或在沉积岩中成自生矿物产出。在海相沉积岩中常与水白云母、高岭石、海绿石等共生。在某些碎屑岩中可作为胶结物产出,与蛋白石、玉髓等共生。在一些蚀变的凝灰岩中可大量产出,与蒙脱石、皂石、绿鳞石、蛋白石共生。丝光沸石常

与斜发沸石共生,见于蚀变的流纹岩或珍珠岩中,常为脱玻化的产物。在变质岩的浊沸石相也可见到。

钠　沸　石　Natrolite

$Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$

斜方晶系

$N_g = 1.485 \sim 1.496$

$N_m = 1.476 \sim 1.486$

$N_p = 1.473 \sim 1.483$

$N_g - N_p = 0.012$

$(+)2V = 58° \sim 64°$　　$r < v$ **弱**

$a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel (010)$

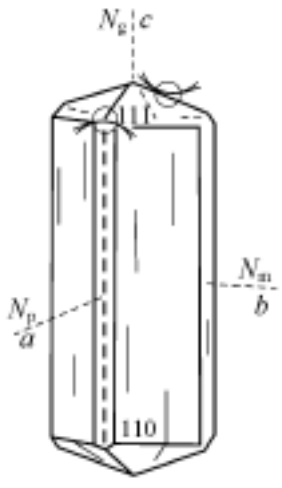


图 4-5　钠沸石光性方位

化学组成　成分中可含少量 K、Ca 和 Fe 。

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状、针状,集合体为纤维状、放射状(照片 142)或球状。柱状晶体的横断面为正方形。{110}解理完全,{010}可见裂理。

光性特征　无色、灰或淡黄色,薄片中无色。负低—中突起。干涉色一级黄。平行消光,正延性(照片 142)。(110)双晶少见。二轴晶正光性。光轴角中等。

鉴别特征　钠沸石与杆沸石相似,区别在于钠沸石为正延性,杆沸石的延性可正可负,且杆沸石的折射率、双折射率较大,干涉色一级顶至二级底。钠沸石与钙沸石的区别在于钠沸石的折射率低,平行或对称消光,正延性,而钙沸石为斜消光,负延性。

产状及其他　钠沸石多见于碱性岩(如霞石正长岩、响岩)中,一般为霞石、方钠石的分解物,或斜长石的变化产物。钠沸石也产于火山岩如玄武岩的气孔中,或一些岩石的裂隙或孔洞中。钠沸石常与杆沸石共生。在一些碱性伟晶岩中也有发现,与方解石共生。

斜 发 沸 石　Clinoptilolite

$(Na, K, Ca)_{2\sim3}[Al_3(Al, Si)_2Si_{13}O_{36}] \cdot 12H_2O$

单斜晶系　$\beta = 91°29'$

$N_g = 1.482$

$N_m = 1.481$

$N_p = 1.478$

$N_g - N_p = 0.004$

$(-)2V = 32° \sim 48°$

$b \parallel N_p$, $c \wedge N_g = 15°$, **光轴面** $\perp (010)$

化学组成　较片沸石富 Si 和 Na、K。此外含微量的 Fe、Mg。过去人们认为斜发沸石是富硅的片沸石,现在研究表明它应属于与片沸石不同的一个矿物种。

结晶特点　发育较好的晶体为板状、板条状,但多数呈极细小的针柱状或细脉状。

{010}解理完全。

光性特征　无色、白色,有时呈淡红色、浅黄褐色,薄片中无色透明。负低—中突起。干涉色低,一级暗灰—灰。一般为斜消光,消光角 $c \wedge N_g \leq 15°$;有时近平行消光,正延性。二轴晶负光性。

鉴别特征　斜发沸石与片沸石的区别主要是延性,后者延性可正可负,多测一些颗粒,若发现既有负延性又有正延性者为片沸石,尽管二者光性符号不同,但一般粒径细小者,不易测定,有效鉴别方法是化学分析、X 光衍射分析方法。与丝光沸石也可根据延性区别,后者为负延性。

产状及其他　斜发沸石多产于风化或蚀变的火山岩及火山凝灰岩中,如在风化的杏仁状玄武岩或蚀变的玻璃质凝灰岩、火山岩中产出。在沸石化强烈的斜长石解理缝中也可见到斜发沸石。斜发沸石在我国大量产于蚀变的酸性火山岩中。它也可作为碎屑岩的胶结物产出。斜发沸石也是深海沉积物中最丰富的沸石矿物之一。该矿物吸附力强,据认为是一种控制污染的天然过滤器。也可用于海水提钾。

钙十字沸石　Phillipsite

$(K_2, Na_2, Ca)[AlSi_3O_8]_2 \cdot 6H_2O$

单斜晶系　$\beta = 125°45'$

$N_g = 1.486 \sim 1.514$

$N_m = 1.484 \sim 1.509$

$N_p = 1.483 \sim 1.504$

$N_g - N_p = 0.003 \sim 0.010$

$(+)2V = 60° \sim 80°$　　$r < v$

$b \parallel N_p$，$c \wedge N_g = 11° \sim 30°$，光轴面 $\perp (010)$

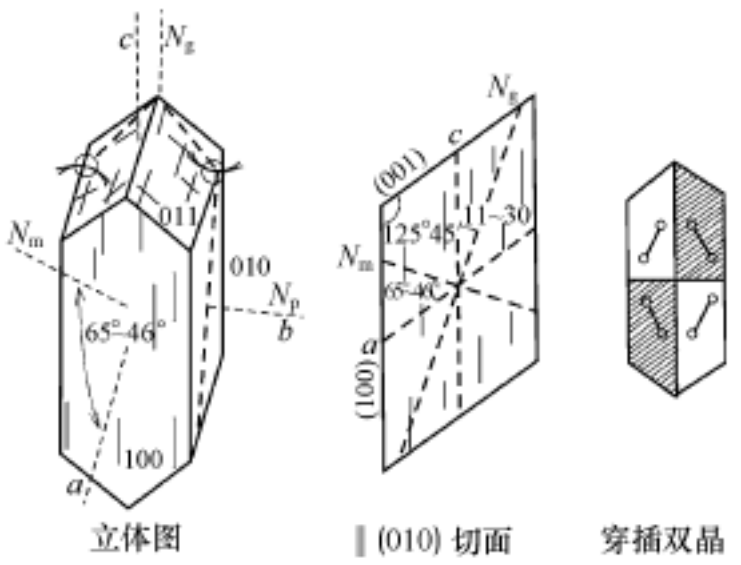


图 4-6　钙十字沸石光性方位和穿插双晶

化学组成　除含 Mg 外,还可含少量的 Ba。

结晶特点　晶体常形成十字形穿插双晶,构成放射状或球粒状集合体(照片 143, 144)。单一的柱状晶体极少见。{100}和{010}解理中等。

光性特征　白色或带淡红色,薄片中无色透明。负低突起。干涉色一级灰或黄白(照片 143, 144)。柱状晶体,在平行(010)的纵切面上为斜消光,消光角 $c \wedge N_g$ 有变化,一般不超过 30°,正延性。二轴晶正光性。

鉴别特征　根据钙十字沸石消光角和特有的十字状穿插双晶可同其他多数沸石区别。辉沸石和交沸石也可见十字穿插双晶,它们与钙十字沸石的区别主要是延性,辉沸石为负延性,交沸石延性可正可负(需多测一些颗粒),而钙十字沸石为正延性;其次辉沸石为负光性,而钙十字沸石为正光性,交沸石与钙十字沸石光性方位不同,后者在 $\perp$Bxa 切面上可见两组解理,而前者只见一组。

产状及其他　钙十字沸石产于玄武岩、响岩等喷出岩气孔或杏仁体中。常与菱沸石、中

沸石、钠沸石、方解石、鱼眼石等共生。长石受低温热液作用也能形成钙十字沸石。在温泉沉积物和近代凝灰岩中也可见。也是深海沉积物中最丰富的沸石矿物之一。

辉沸石(束沸石)　Stilbite

$(Ca, Na_2, K_2)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 7H_2O$

单斜晶系　$\beta = 90°30'$

$N_g = 1.494 \sim 1.513$

$N_m = 1.492 \sim 1.507$

$N_p = 1.484 \sim 1.500$

$N_g - N_p = 0.010 \sim 0.013$

$(-)2V = 30° \sim 49°$　　$r < v$

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_p = 3° \sim 12°$; **光轴面** $\parallel$ (010)

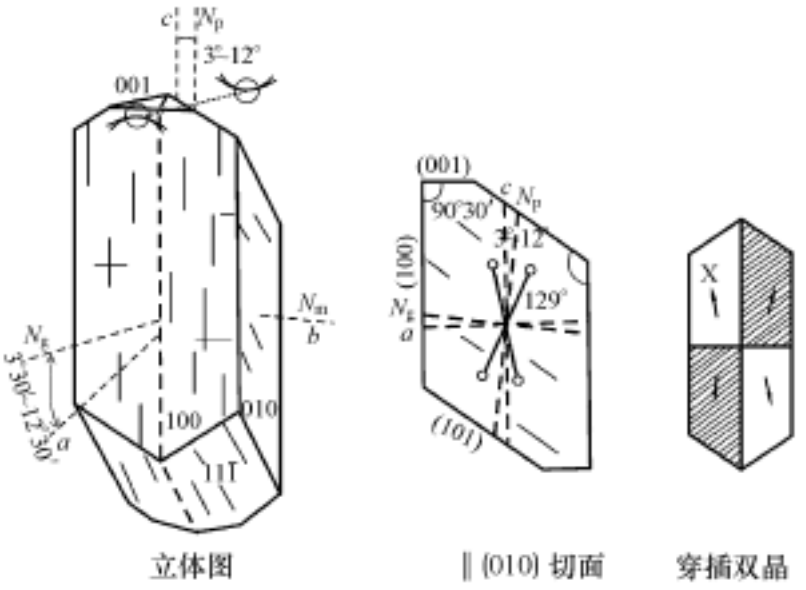


图 4-7　辉沸石光性方位和穿插双晶

化学组成　Si 的含量略少, 有时含少量的 Sr、Ba。痕量的 Fe、Mg。

结晶特点　晶体常呈平行(010)的板状、片状, 有时呈粒状, 常见特征的束状、放射状集合体。{010}解理完全。

光性特征　白色, 有时为淡黄、淡褐或淡红色, 薄片中无色。负低突起, 糙面不显著。干涉色一级黄白至黄。在长条状切面上消光角一般为 5 ±°, 负延性。在⊥(010)的纵向切面上为平行消光, 有时具波状消光。横切面可见到⊥Bxa 干涉图, 光轴角中等。常呈十字形穿插双晶或扇形双晶。

鉴别特征　辉沸石与钙十字沸石的区别在于辉沸石为板状, 并常见特征的束状集合体, 负延性, 而钙十字沸石的晶形为柱状, 正延性; 两者消光角亦不同, 钙十字沸石消光角较大。辉沸石与片沸石的区别在于辉沸石为负光性, 片沸石为正光性。辉沸石与柱沸石区别是柱沸石为正延性。

产状及其他　辉沸石主要产于玄武岩、安山岩等火山岩的气孔中, 与片沸石、菱沸石共生。在伟晶岩的晶洞和热液矿脉以及某些侵入岩中, 有时也见辉沸石, 通常与方解石、片沸石、柱沸石等共生。在变质岩的裂隙中也可见到辉沸石, 与其他热液作用产物如石英、绿帘石、葡萄石、冰长石共生或伴生。变种红辉沸石(Stellerite)曾在钼矿化弱蚀变的更长花岗斑岩中呈细脉状产出。

汤河原石　条沸石　Yugawaralite　$Ca[AlSi_3O_8]_2 \cdot 4H_2O$。为辉沸石的变种。单斜晶系, 板状, {100}和{$40\bar{1}$}解理清楚。无色, $N_g = 1.502 \sim 1.504$, $N_m = 1.497 \sim 1.498$, $N_p = 1.492 \sim 1.495$。负延性。二轴晶, $(\pm)2V = 56° \sim 76°$。汤河原石产于温泉区的某些火山岩中, 常呈细脉状或在晶洞中产出。最早发现于日本, 也曾发现于冰岛和美国的阿拉斯加。

片　沸　石　Heulandite

$(Ca, Na_2)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$

单斜晶系　β=91°30′

N_g = 1.500～1.512

N_m = 1.493～1.503

N_p = 1.491～1.499

$N_g - N_p$ = 0.006

(+)2V = 0°～53°(一般为 34°)　　r > v

b∥N_g, a∧N_p = 0°～34°, c∧N_m = 0°～32°; **光轴面**⊥(010)

化学组成　可含少量的 Sr 或 K、Ba, 痕量的 Fe、Mg。

结晶特点　沿(010)发育的片状或板状, 常呈平行连生的片状集合体, 少数为花瓣状集合体。{010}解理完全。

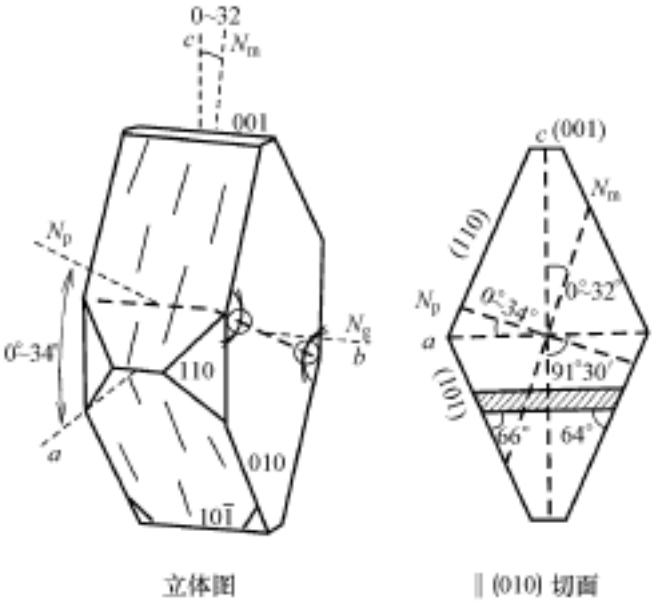


图 4－8　片沸石光性方位

光性特征　白、淡黄、淡红色, 薄片中无色或淡黄色。明显的负低突起。干涉色为一级灰白(照片 145)。垂直解理的切面具平行消光, 负延性; 斜交解理的切面, 有时为平行消光, 有时为斜消光, 消光角小, 延性可正可负。在平行解理切面上, 可见⊥Bxa 干涉图, 并见清楚的交叉色散, r > v。加热时, 光轴面发生变化, 光轴角也随之变化(0°～53°)。

鉴别特征　与钙沸石的区别在于片沸石的折射率小。与浊沸石的区别则是片沸石的双折射率小, 且光轴面⊥(010), 而浊沸石的光轴面∥(010)。片沸石与柱沸石的区别在于片沸石的双折射率小。与辉沸石的区别是, 后者为负光性, 双折射率高, 且光轴面∥(010)。

产状及其他　片沸石产于玄武岩、安山岩、辉绿岩等岩石的气孔或孔洞中, 常与菱沸石、辉沸石等共生。在花岗岩和伟晶岩的晶洞中也有发现, 在变质岩裂隙和热液矿脉中亦有产出。有时交代长石, 与方解石伴生。也可作为火山岩脱玻化产物, 共生矿物有辉沸石、菱沸石等。

中沸石(中性针沸石)　Mesolite

$Na_2Ca_2[Al_2Si_3O_{10}]_3 \cdot 8H_2O$

单斜晶系　β=90°

N_g = 1.507

N_m = 1.505

N_p = 1.504

$N_g - N_p$ = 0.003

(+)2V = 80°　　r < v **较强**

b∥N_m, c∧N_p = 8°; **光轴面**∥(010)

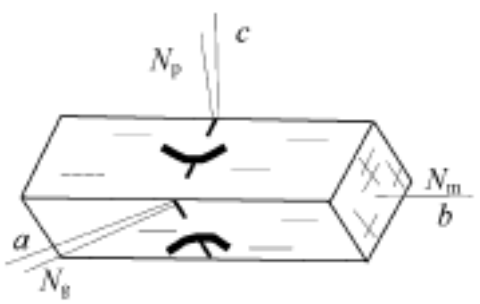


图 4－9　中沸石光性方位

(据 Deer. W. A. 1965)

化学组成　可含少量 K 及微量的 Mg、Fe。

结晶特点　晶体沿 b 轴呈针状和细纤维状集合体。常与钠沸石、杆沸石、钙沸石交生, 构成柱状、纤维状、毛发状簇晶。柱面解理{101}、{10$\bar{1}$}完全。

光性特征　白、灰或淡黄色, 薄片中无色透明。负低突起。干涉色很低, 一级暗灰。针

状切面近于平行消光,最大消光角不超过 8°。延性可正可负。

鉴别特征　中沸石与钠沸石、杆沸石的区别在于中沸石为斜消光(尽管消光角很小),干涉色很低。与其他沸石区别可根据晶形、延性、消光类型等综合特征区别(表 4-1)。

产状及其他　中沸石产于玄武岩等火山岩气孔中,与其他沸石如辉沸石、方沸石、菱沸石和方解石等共生。也产于热液脉中,与热液交代形成的锰矿物、钽矿物共生。在风化的一些浅成岩中可呈方解石的假象产出。

交　沸　石　Harmotome

$Ba[AlSi_3O_8]_2 \cdot 6H_2O$

单斜晶系　$\beta = 124°45'$

$N_g = 1.508 \sim 1.514$

$N_m = 1.505 \sim 1.509$

$N_p = 1.503 \sim 1.508$

$N_g - N_p = 0.005 \sim 0.008$

$(+)2V = 79°$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_p = 63° \sim 67°$, $c \wedge N_m = 28° \sim 32°$, **光轴面**$\perp(010)$

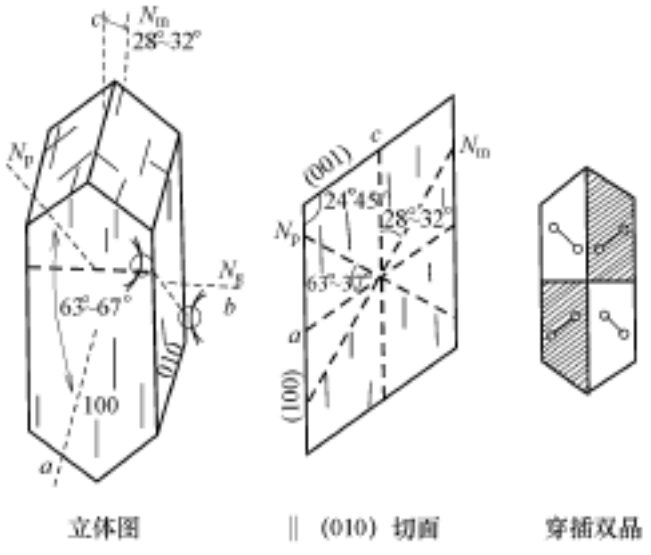


图 4-10　交沸石光性方位和穿插双晶

化学组成　常有 Al^{3+} 代换 Si,同时伴有 K、Na 的进入。Ca、Mg 极少。

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状,常见纤维状、球粒状集合体。{010}解理中等。

光性特征　白、灰、淡黄、淡红、淡褐色,薄片中无色透明。负低突起。干涉色一级灰或灰白。在(010)切面上可见$\perp$Bxa 干涉图,并具斜消光,消光角 $c \wedge N_m = 28° \sim 32°$;在具{010}解理的(100)柱面上为平行消光,延性可正可负。依(100)和(110)见十字形穿插双晶。二轴晶正光性,光轴角较大,但当在热介质中浸没时,光轴角可降到 32°。

鉴别特征　交沸石的十字形双晶与钙十字沸石、辉沸石相似,但三者光性方位不同,在(010)切面上,交沸石为$\perp$Bxa 干涉图;钙十字沸石为$\perp$Bxo 干涉图;而辉沸石为‖AP 干涉图;交沸石延性可正可负,辉沸石为负延性,钙十字沸石为正延性,此外,辉沸石双折射率大,负光性,光轴角中等。

产状及其他　交沸石产于粗面岩、响岩及玄武岩气孔或孔洞中,与方解石、钠沸石等共生。在片麻岩的裂隙中也可见,与钾长石、钠长石、钡冰长石共生。在热液脉中与方铅矿、闪锌矿、石英、重晶石、方解石等共生。

柱　沸　石　Epistilbite

$Ca[AlSi_3O_8]_2 \cdot 5H_2O$

单斜晶系　$\beta = 90°45'$

$N_g = 1.497 \sim 1.519$

$N_m = 1.497 \sim 1.515$

N_p = 1.485 ~1.505

N_g - N_p = 0.010 ~0.014

(-) 2V = 44 °　　r < v 较强

b ∥ N_m, a ∧ N_p = 11 °, c ∧ N_g = 10 °, 光轴面 ∥ (010)

化学组成　含少量的 Na。

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状或呈放射状球粒集合体。{010}解理完全。

光性特征　白色或淡红色, 薄片中无色。负低突起。干涉色一级黄至橙。在(010)切面上斜消光, 消光角 c∧N_g = 10 °±, 正延性。沿(110)和(102)具穿插双晶。在具平行消光的长形切面上可见⊥Bxa 干涉图, 色散较强。

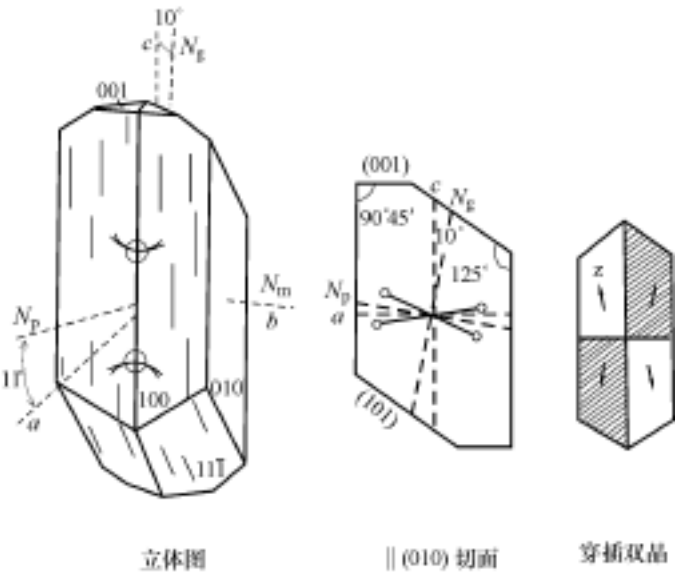


图 4－11　柱沸石光性方位和穿插双晶

鉴别特征　柱沸石与辉沸石区别在于它的延性为正, 辉沸石为负。与片沸石、交沸石、钙十字沸石可根据光性、消光角来区别, 柱沸石为负光性, 消光角较小, 其他为正光性, 消光角较大。与中沸石的区别是它的双折射率较高, 干涉色为一级黄—橙, 而中沸石只有一级灰。

产状及其他　柱沸石产于玄武岩、安山岩的杏仁体中, 也产于凝灰岩中, 为热液产物, 与辉沸石、浊沸石等共生。也见于伟晶岩孔洞及变质泥质岩中。

浊　沸　石　Laumontite

$Ca[AlSi_2O_6]_2 \cdot 4H_2O$

单斜晶系　β = 99 °45′

N_g = 1.521 ~1.525

N_m = 1.518 ~1.522

N_p = 1.509 ~1.514

N_g - N_p = 0.012

(-) 2V = 33 °~47 °　　r < v 强

b ∥ N_m, a ∧ N_p = 10 °~26 °, c ∧ N_g = 8 °~11 °, 光轴面 ∥ (010)

化学组成　含少量 Na、K、Mg、Mn、Fe 及痕量的 P、Ba、Sr 。

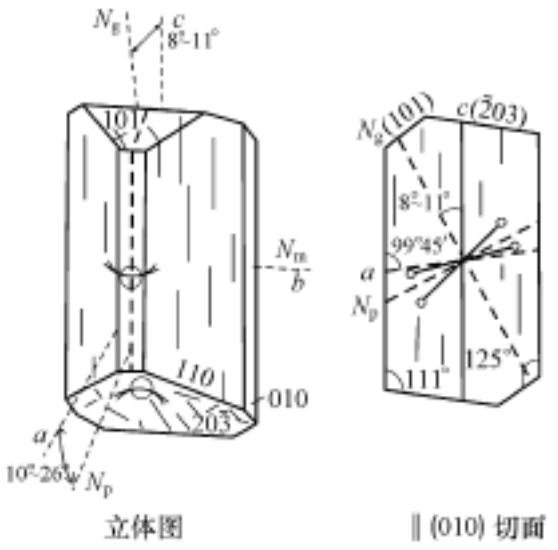


图 4－12　浊沸石光性方位

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状、针状、纤维状或放射状集合体。解理{110}及{010}完全。{110}∧{$1\bar{1}0$}≈93 °。

光性特征　灰白至淡黄、淡红色, 薄片中无色。负低突起。干涉色一级黄(照片 146)。斜消光, 最大消光角 30 °, 在(100)面上为平行消光, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角中等。见(100)双晶。

变化　经部分脱水可迅速变为黄浊沸石。这种反应在干燥温热条件下可发生。在薄片

制作中或浸没于脱水剂(如甘油)时也可发生。

鉴别特征　浊沸石的双折射率大于钙沸石及片沸石,且片沸石光轴面⊥(010)。浊沸石与辉沸石的区别在于浊沸石为正延性,辉沸石为负延性。根据浊沸石具有较小的光轴角、较大的消光角及正光性可与中沸石、杆沸石、钠沸石相区别。

产状及其他　浊沸石产于铁镁质岩、结晶片岩的孔洞、裂隙及矿脉中,也见于火山岩气孔中,与绿帘石、方解石、绿纤石、葡萄石等共生。浊沸石也广泛分布于沉积岩中,它可作为碎屑沉积岩的胶结物,也可作为长石砂岩的次生矿物,与钠长石、石英、绿帘石、绿泥石共生。在一些凝灰岩和酸性火山熔岩中作为火山玻璃的次生矿物产出。在变质岩中以浊沸石和钠长石代替片沸石和方沸石作为进入浊沸石相的标志矿物。

黄浊沸石　Leonhardite　是部分脱水的浊沸石变种。单斜晶系,柱状或纤维状。解理{110}、{010}完全。薄片中无色。折射率小于浊沸石,N_g = 1.514 ~1.518, N_m = 1.512 ~1.516, N_p = 1.502 ~1.507, c∧N_g = 8°~33°。(-)2V = 26°~44°。

杆　沸　石　Thomsonite

$NaCa_2[Al_2Si_2O_8]_{2.5} \cdot 6H_2O$

斜方晶系

N_g = 1.518 ~1.544

N_m = 1.513 ~1.533

N_p = 1.497 ~1.530

$N_g - N_p$ = 0.006 ~0.015

(+)2V = 42°~75°　　r > v 显著

a ∥ N_p, b ∥ N_g, c ∥ N_m, 光轴面⊥(010)

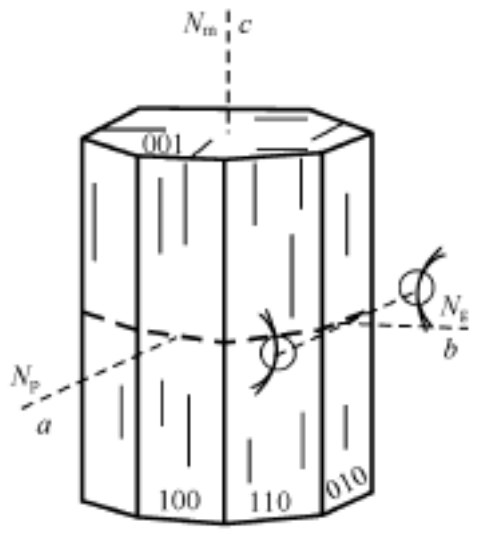


图 4-13　杆沸石光性方位

化学组成　Ca、Na、Al、Si 在一定范围内变化,Ca∶Na 自3∶1到1∶1;Si∶Al 为 11∶9。有的杆沸石变种含较多的 K,而另一些又可能基本不含 Na。

结晶特点　沿 c 轴延长呈柱状或沿(010)呈叶片状。常呈纤维状或放射状集合体(照片 147),也常见放射状球粒集合体。{010}解理完全。{100}解理次之。

光性特征　无色、白色或染成淡红、淡黄褐色,薄片中无色。负低突起。最大双折射率 0.015,有时可达 0.028,干涉色一级灰至一级橙红,有时达二级绿(照片 147)。纵切面平行消光。延性可正可负。随钙成分的增加,其折射率、双折射率不断增大,光轴角不断减小。

鉴别特征　杆沸石以其常呈放射状生长、平行消光和干涉色较高可与大部分沸石族变种区别。与钠沸石的区别在于它的折射率大于钠沸石,且延性可正可负,而钠沸石为正延性。与菱沸石区别是后者为一轴晶。与中沸石的区别是后者有一小的消光角(c∧N_p = 5°~8°),且光轴角较大。杆沸石常与葡萄石共生,且易混浊,其区别是前者折射率低,干涉色也略低,而后者折射率 > 1.60 且双折射率可达 0.035。杆沸石的突起和干涉色与钙霞石也相似,二者可根据轴性、延性加以区别,后者为一轴晶,负延性。

产状及其他　杆沸石主要产于玄武岩、辉绿岩的杏仁体和空洞中,也见于响岩、安山岩、片岩、接触变质岩的空洞、气孔和裂隙中。常与菱沸石、钠沸石等矿物共生,也可以是霞石、

白榴石(照片 21)、方钠石、斜长石的次生变化产物。在一些霞石正长岩中见杆沸石依霞石成假象。也可作为某些砂岩的自生胶结物产出。

钙　沸　石　Scolecite

$Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$

单斜晶系　$\beta = 89°15'$

$N_g = 1.517 \sim 1.521$

$N_m = 1.516 \sim 1.520$

$N_p = 1.507 \sim 1.513$

$N_g - N_p = 0.008$

$(-)2V = 36° \sim 56°$　　$r < v$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 14° \sim 17°$, $c \wedge N_p = 15° \sim 18°$, **光轴面** $\perp (010)$

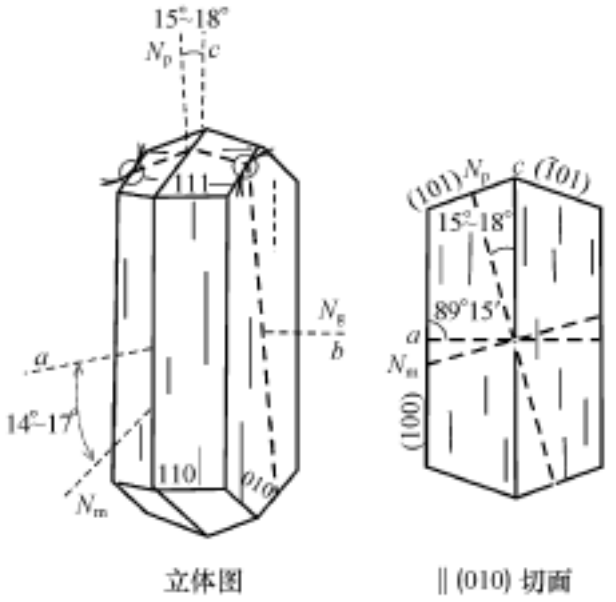


图 4－14　钙沸石光性方位

化学组成　可含少量 Na 和 K。

结晶特点　晶体为柱状，常呈沿 c 轴延长的细针状、纤维状或放射状集合体，有时组成球粒。$\{110\}$解理完全，$\{110\} \wedge \{1\bar{1}0\} = 88°$。

光性特征　无色或白色，薄片中无色。负低突起。干涉色较低，一级灰白。沿(010)的纵切面上斜消光，消光角 $c \wedge N_p = 15° \sim 18°$，负延性。有时可见穿插双晶。二轴晶，负光性。色散清楚 $r < v$。

鉴别特征　钙沸石的形态与辉沸石相似，两者区别在于辉沸石的消光角小。钙沸石与钠沸石及杆沸石的区别在于钙沸石为斜消光，而钠沸石与杆沸石为平行消光。钙沸石以其负延性与柱沸石区别。以其双折射率和消光角较大可与中沸石相区分。

产状及其他　钙沸石产于玄武岩、响岩等火山岩的气孔中，为低温热液产物。也见于某些结晶片岩和接触变质岩中，与辉沸石、方解石、冰长石、绿泥石、绿帘石、葡萄石共生。在某些凝灰岩中呈网脉状产出，或交代胶结物产出。

钡　沸　石　Edingtonite

$Ba[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 4H_2O$

斜方或单斜晶系(假四方晶系)

$N_g = 1.557$

$N_m = 1.553$

$N_p = 1.541$

$N_g - N_p = 0.015$

$(-)2V = 54°$　　$r < v$

$a \parallel N_g$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_p$, **光轴面** $\parallel (010)$

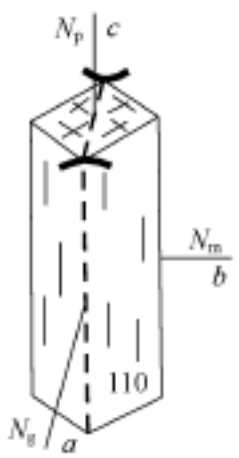


图 4－15　钡沸石光性方位

(据 Deer W. A. 1965)

化学组成　可含少量 K 及微量的 Ca、Na。

结晶特点　晶形常呈长方形、细锥状以及沿 c 轴延长的纤维状或球粒状。{110}解理发育。

光性特征　无色、白色或浅红、褐色，薄片中无色透明。正低突起。干涉色较高，达一级橙红。平行消光，负延性。二轴晶负光性。

鉴别特征　钡沸石折射率较高，为正低突起，干涉色也较高，这是它与其他沸石变种的重要区别。常与葡萄石共生，其区别是钡沸石折射率低于葡萄石，前者为正低突起，后者为正中突起；另外钡沸石干涉色为一级顶，葡萄石为二级中到顶。

产状及其他　钡沸石产于镁铁质火山岩中，与交沸石、杆沸石、葡萄石等共生。

沸石族矿物变种很多，在显微镜下，主要可根据消光类型、消光角、延性符号以及其他光性特征(表 4－1 所示)来鉴定它们。有些变种不易用显微镜方法区分，需要红外等其他分析方法加以鉴定。

透 锂 长 石　Petalite

$Li[AlSi_4O_{10}]$

单斜晶系　$\beta = 112°30'$

$N_g = 1.516 \sim 1.523$

$N_m = 1.510 \sim 1.513$

$N_p = 1.504 \sim 1.507$

$N_g - N_p = 0.011 \sim 0.017$

(+) $2V = 82° \sim 84°$　　$r > v$ 弱

$b \parallel N_g$，$a \wedge N_p = 2° \sim 8°$，$c \wedge N_m = 24° \sim 30°$，光轴面 $\perp$ (010)

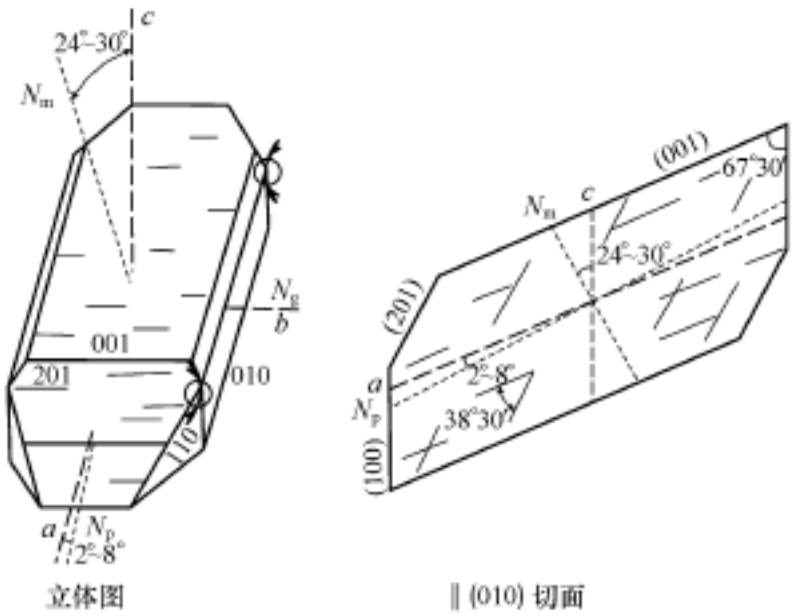


图 4－16　透锂长石光性方位

化学组成　成分中可含少量 Fe、Mg、Ca、Na、K。

结晶特点　晶体沿 a 轴延长呈柱状或沿(001)呈板状，晶形少见，常为块状或不规则粒状集合体。解理{001}完全，{201}中等，二者夹角 38°30′。

光性特征　灰、白、浅红、浅绿色，薄片中无色。负低突起。干涉色一级橙黄—橙(以此可与长石区别)。一般近平行消光，在(010)面上，N_p 与发育的{001}解理缝夹角 2°～8°，N_m 与{201}解理缝夹角 37°左右。一般为负延性(沿 a 轴延长时)，如不见矿物延长方向而只见解理时，且将解理方向误认成了延长方向时，就会测出或正、或负的结果。二轴晶正光性。透锂长石具平行(001)的聚片双晶，但由于双晶两侧的消光角很小，镜下不易识别。

鉴别特征　透锂长石与共生矿物锂辉石区别是，透锂长石的折射率小，不见辉石式解理。与石英可根据它有解理、负低突起、二轴晶相区别。与正长石区别在于干涉色较高，且为正光性。

产状及其他　透锂长石主要产于含锂的花岗伟晶岩及其有关的岩石中，与铯榴石、锂辉石、电气石、锂云母、磷铝石、绿柱石等共生。有时还见透锂长石被分解成锂辉石和石英的现象。

石　　膏　Gypsum

$Ca(H_2O)_2[SO_4]$

单斜晶系　β=113°50′

N_g = 1.529～1.531

N_m = 1.523～1.526

N_p = 1.519～1.521

$N_g - N_p$ = 0.010

(+) 2V = 58°　　r > v**强**

b∥N_m, c∧N_g = 52°, c∧N_p = 38°, **光轴面**∥(010)

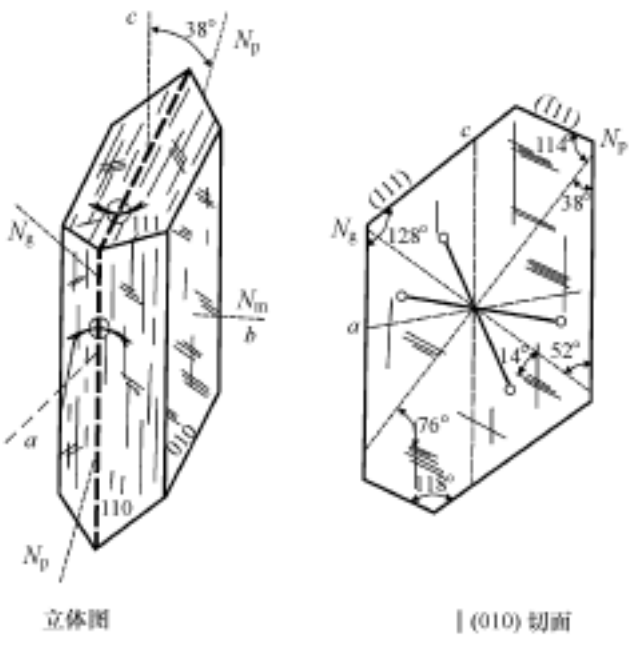


图 4-17　石膏光性方位

化学组成　Ca 可少量地被 Sr^{2+} 代替, 有时有粘土等机械混入物。

结晶特点　晶体呈柱状或平行(010)的板状(照片 148), 自然产出者多呈粒状、片状、土状集合体或沿 c 轴延长的针状或纤维状。解理沿{010}完全、沿{100}、{111}不甚完全。

光性特征　无色、白色, 含有氧化铁则呈黄、红、褐等色, 薄片中无色。负低突起, 具不明显的糙面。最高干涉色为一级白—黄白(照片 148), 在⊥(010)切面上, 对完好的{010}解理缝为平行消光, 在(010)切面上则为斜消光, c∧N_p = 38°。延性以负为主。折射率、双折射率、光性方位及光轴角等随温度而变更。双晶有时可呈聚片式, 也常见平行(100)的燕尾式双晶(照片 148)。二轴晶正光性。垂直光轴的干涉图能见到强倾斜色散 r > v。随温度的升高, 光轴角则减小, 加热到 90℃时, 2V = 0°。

变化　脱水后可转化为硬石膏。

鉴别特征　与硬石膏的区别是石膏为负低突起, 硬石膏为正中突起; 石膏的双折射率远远低于硬石膏; 硬石膏的假立方形解理(三组解理相互直交)也是二者区别特征之一。

产状及其他　巨大块状的石膏是海水结晶的产物, 是组成石膏岩的主要成分。在石灰岩中也常呈薄层状产出, 在适当条件下石膏和硬石膏可互相转化, 石膏失去水分可变为硬石膏, 硬石膏水化可变为石膏。某些热液矿脉中亦可出现。与石膏常伴生的矿物有硬石膏、石盐、方解石、白云石、文石等。沉积岩中有时可见石膏的假晶。石膏可用来塑造模型和制造水泥等。

长　石　族　Feldspar Group

长石族是分布最广泛、最重要的一类造岩矿物, 它对岩石分类命名具有重要意义。

一、长石族矿物的分类

长石族是钾、钠、钙和钡的铝硅酸盐, 具有架状构造, 基本分子有:

钾长石分子 $K[AlSi_3O_8]$　　Or

钠长石分子 $Na[AlSi_3O_8]$　　Ab

钙长石分子 $Ca[Al_2Si_2O_8]$　　An

钡长石分子 $Ba[Al_2Si_2O_8]$　　Cn

此外，尚可有少量 Li、Rb、Cs 代替 Na 或 K。

天然长石是上述基本分子构成的混合晶体，即类质同象系列。主要有：

钾钠长石系列：钾长石分子（Or）和钠长石分子（Ab）呈不完全类质同象系列，即碱性长石亚族。

钠钙长石系列：钠长石分子（Ab）和钙长石分子（An）呈完全类质同象系列，即斜长石亚族。

钾钡长石系列：钾长石分子（Or）和钡长石分子（Cn）构成有限类质同象系列，即钡冰长石亚族。自然界少见。

钾长石分子和钙长石分子几乎在任何温度下都不混溶，不构成类质同象系列。

钾钠长石系列的晶体中可含少量钙长石分子；钠钙长石系列中也可含少量钾长石分子，其混入数量随结晶条件而有所变化，一般不超过 5%，含量超过 5% 时，称三元长石如钙质歪长石、钾质更长石……。

在上述三个系列（亚族）基础上，可将长石进一步分为如下主要变种：

（1）钾钠长石系列（碱性长石亚族）包括：透长石、正长石、微斜长石、冰长石和歪长石。以及由钾、钠长石分离成二相的条纹长石（条纹长石和反条纹长石）。

（2）钠钙长石系列（斜长石亚族）包括：钠长石、更（奥）长石、中长石、拉长石、倍（培）长石和钙长石，其相应的钙长石分子（An）百分含量为：0～10%、10%～30%、30%～50%、50%～70%、70%～90%、90%～100%。近代研究表明，斜长石并非一种连续的类质同象系列，且其结构状态也较复杂。因此，严格地说上述分类并无晶体结构意义，主要是为了应用方便，沿用了传统的分类。

（3）钾钡长石系列（钡冰长石亚族）包括：钡冰长石和钡长石。

Or－Ab－An 三角图（图 4－18）表示了长石族的主要变种，并考虑到了温度变化因素，

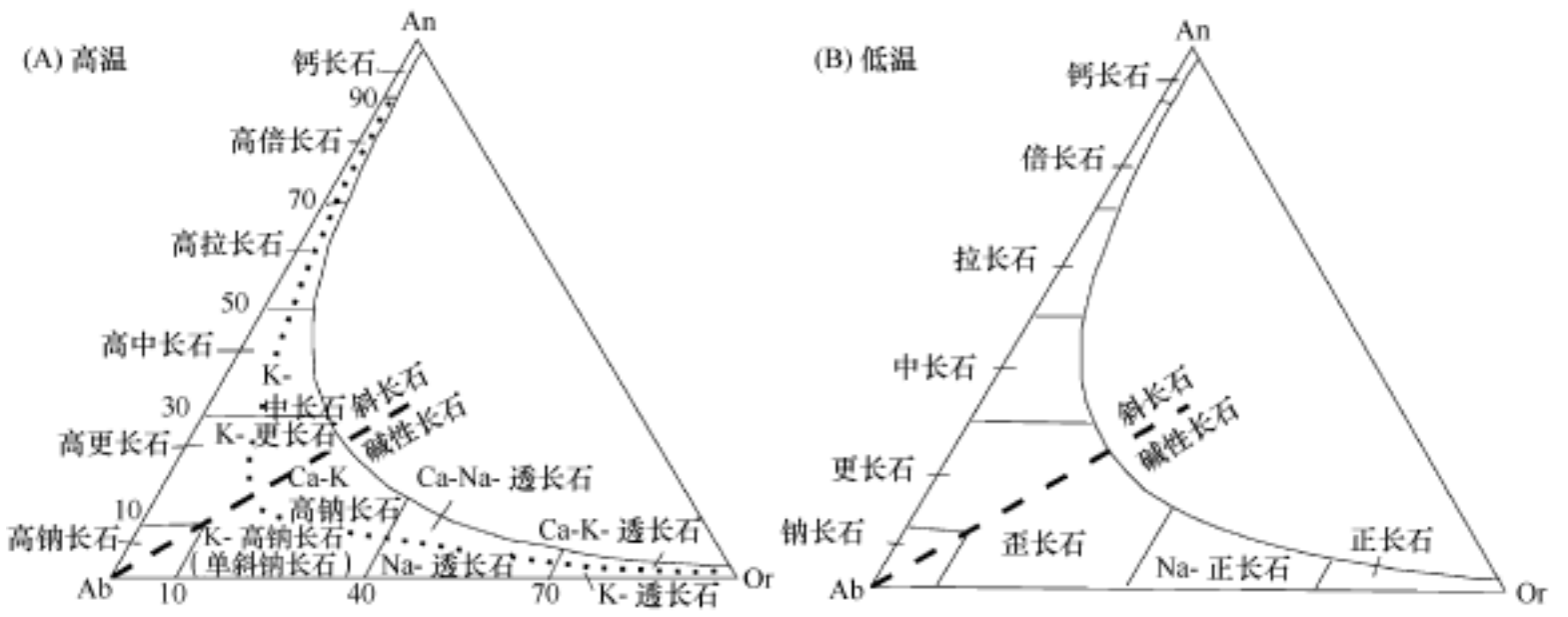


图 4－18　长石在 Or－Ab－An 体系中的成分和命名

（据史密斯，1974）

可供参考。图 4－18 A 为高温变种, B 为低温变种(仍为一般习惯用法) 。图 4－19 为中低温条件下, 长石在 Or－Ab－An 体系中的分类。其中 A 图是 Or－Ab－An 三元系由高温向低温缓慢冷却条件下, 退火过程中的一些过渡状态的产物, 相当于小侵入体中产出的长石, 其中

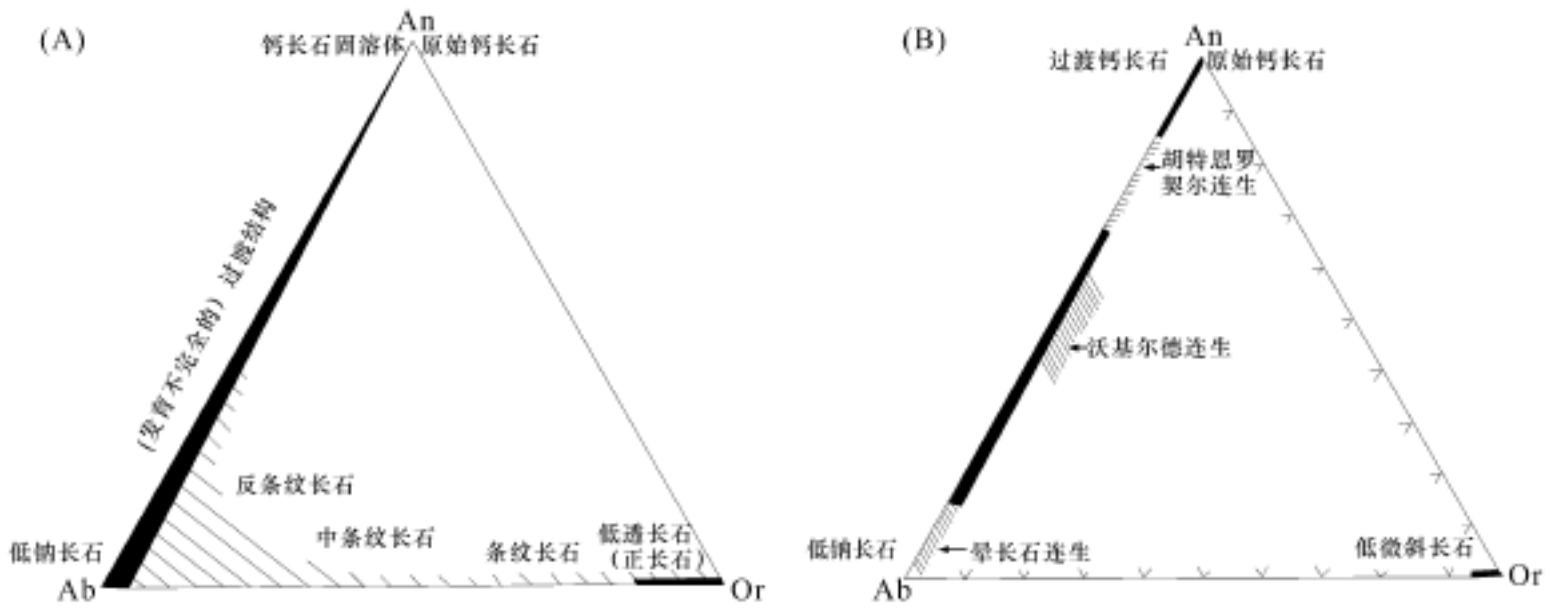


图 4－19　中低温条件下长石在 Or－Ab－An 体系中的分类

(据史密斯, 1974)

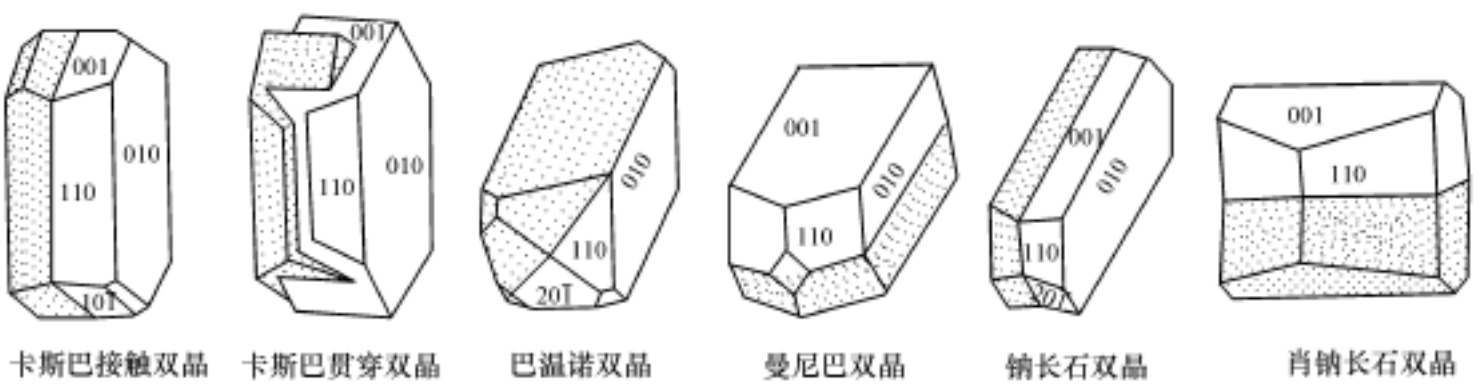


图 4－20　长石的常见双晶

(据王德滋, 1977)

黑色窄区相当于斜长石区, 斜长石区靠近 Or 一侧为低温钾长石区, 而更多的斜线范围为钾长石、斜长石构成的条纹状连生体。B 图则表示长时间退火形成的长石, 相当于深成侵入岩和变质岩中的长石, 它们是在真正平衡状态下形成的, 三个端员成分分别为低微斜长石、低钠长石和原始钙长石。而多数长石则表现为这三种长石的机械混合物, 其中晕长石(Peristerite) 连生为 An_2－An_{15}; 沃基尔德(BΦggild) 连生为 An_{47}－An_{58}, 并含有 Or 分子 1. 5% ～6%。胡特恩罗契尔(Huttenlother) 连生为 An_{67}－An_{90}。

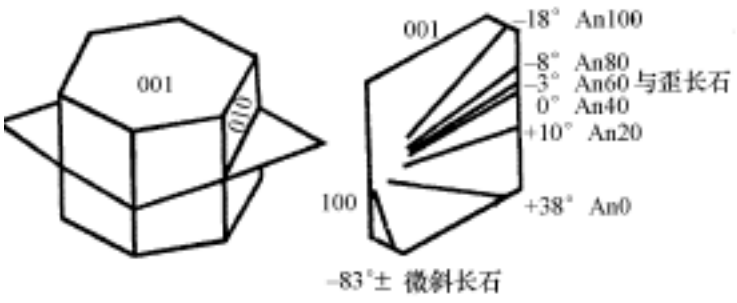


图 4－21　肖钠长石律双晶结合面与(001) 面的交角关系

(由周新民提供, 2005)

二、长石族矿物的一般特征

长石族矿物属单斜晶系或三斜晶系，晶形呈板状或柱状，具有{010}和{001}两组完全解理。常见双晶类型繁多，具有重要鉴定意义，常见的长石双晶类型见表 4－2；图 4－20，其中肖钠长石律的双晶结合面并非固定的一个晶面，其与(001)面的交角随成分而异(实际上与温度亦有关)，如图 4－21 所示。

长石在标本上一般呈浅色，灰、白、褐或肉红色，薄片中无色、浅褐或浅灰色。折射率较低，负的或正的低突起。双折射率小，干涉色一级灰、白至黄白。二轴晶。

根据上述特征，可以把长石同石英(一轴晶、无解理、薄片中不见双晶)区分开。

表 4－2　长石的常见双晶

双晶类型	双晶律名称	结合面	双晶轴	双晶形式	出现情况
正双晶(面律)	钠长石律	(010)	⊥(010)	聚片双晶	斜长石中最常见
	曼尼巴(底面)律	(001)	⊥(001)	简单双晶	较少见
	巴温诺(斜坡)律	(021)或($0\bar{2}1$)	⊥(021)或⊥($0\bar{2}1$)	简单双晶或四连晶	见于碱性长石，但少见
平行双晶(轴律)	卡斯巴律	多数为(010)，少数为(100)	c[001]	简单双晶	常见于碱性长石中。与钠长石双晶组成卡钠复合双晶，见于斜长石中
	肖钠长石律	平行 b 轴的菱形切面	b[010]	聚片双晶	仅出现于斜长石中，且多见于变质岩、交代岩中。与钠长石双晶组成的格子状复合双晶，见于微斜长石、歪长石、斜长石中(图 4－27)
混合双晶(复合律)	钠长－卡斯巴律	(010)	⊥[001](即 ⊥c)	联合式由 3－4 个单体构成聚片式	斜长石中较为常见，且主要见于火成岩中

碱性长石亚族　Alkali feldspar Subgroup

碱性长石亚族，即钾钠长石系列。钾长石分子(Or)和钠长石分子(Ab)在高温时可以任意比例混溶形成晶体，低温时则按有限比例混溶，或以 Or 为主含部分 Ab，或以 Ab 为主含少量 Or。碱性长石亚族根据成分，大体可分为富钾和富钠两类，但有人将二者互生的条纹长石即钾钠质长石也作为一类，其各类主要变种有如下七种。

富钾长石类：透长石、正长石、冰长石、微斜长石；

富钠长石类：钠长石、歪长石；

钾钠质长石类：条纹长石(条纹长石和反条纹长石)。

随着钾钠长石结构状态等方面深入研究，很多人又对其进行了详细的分类，但至今未得

到完全统一。不过总体上讲,仍以上述变种为基础,并考虑到结构状态。苏树春(1981)提出的钾钠长石分类及其光性特征如表4-3所示,可供详细研究碱性长石时参考。

表4-3　钾钠长石分类及其光性特征表

亚类	矿物名称		晶系	光轴角 (-)2V	光轴面方位	光学有序度S		光学三斜度	$N_g \wedge \perp$ (010)	$N_g \wedge \perp$ (001)	双晶
	种	亚种				S_M	S_T				
富钾长石亚类	透长石	高透长石	单斜	0°~63°	∥(010)	0~0.6	—	0	90°	3°~12°	简单双晶
		低透长石	单斜	0°~44°	⊥(010)	0.6~1.0	—	0	0°	90°	
	正长石	高正长石	假单斜	44°~54°	⊥(010)	—	0~0.25	0	0°	90°	简单双晶
		中正长石	假单斜	54°~74°	⊥(010)	—	0.25~0.75	0	0°	90°	
		低正长石	假单斜	74°~84°	⊥(010)	—	0.75~1.00	0	0°	90°	
	正微长石	高正微长石	三斜	44°~54°	~⊥(010)	—	0~0.25	0~0.25	0°~3.6°	90°~87.5°	格子双晶
		中正微长石	三斜	54°~74°	~⊥(010)	—	0.25~0.75	0~0.75	0°~14.4°	90°~82.05°	
		低正微长石	三斜	74°~84°	~⊥(010)	—	0.75~1.00	0~1.00	0°~18°	90°~80°	
	微斜长石	高微斜长石	三斜	44°~54°	~⊥(010)	—	0~0.25	0~0.25	0°~3.6°	90°~87.5°	格子双晶
		中微斜长石	三斜	54°~74°	~⊥(010)	—	0.25~0.75	0.25~0.75	3.6°~14.4°	87.5°~82.5°	
		低微斜长石	三斜	74°~84°	~⊥(010)	—	0.75~1.00	0.75~1.00	14.4°~18°	82.5°~80°	
富钠长石亚类	歪长石	歪长石	三斜	30°~60°	~⊥(010)	—		—	5°±	85°±	格子双晶
	钠长石	高钠长石	三斜	50°~60°	~⊥(010)	0~0.2		—	19°~18.5°	76°~76.5°	聚片或简单双晶
		过渡钠长石	三斜	60°~90°	~⊥(010)	0.2~0.8		—	18.5°~17°	76.5°~78°	
		低钠长石	三斜	90°~102°	~⊥(010)	0.8~1.0		—	17°~16.5°	78°~78.5°	

表4-3所列分类方案提出的碱性长石主要变种是富钾的透长石、正长石、正微长石、微斜长石和富钠的歪长石、钠长石。每个变种又根据有序度、光轴角分出高、中、低亚种(条纹长石另述,见有关章节)。方案中的正长石属假单斜晶系,是否存在真正单斜晶系的正长石,目前尚无定论。方案中的正微长石是低温条件下结晶的富钾的三斜晶系稳定相变体,具不平衡的超显微双晶。正微长石的三斜度Δ总是小于三斜有序度S_T,以此区别于正长石和微斜长石。采用苏树春的方案需费德洛夫法的配合,故一般鉴定中不必如此详细划分,仅掌握并能区分上述七个主要变种即可。

碱性长石有单斜晶系和三斜晶系之分,富钠长石类均为三斜晶系,富钾长石类为单斜晶系(透长石)、假单斜晶系(正长石)或三斜晶系(微斜长石)。

碱性长石解理{001}完全,{010}中等,其夹角近90°。常见的双晶主要是简单双晶-卡斯巴律(照片150,157)、巴温诺律(照片151)、曼尼巴律等,以及由钠长石律和肖钠长石律结合而成的格子状双晶(照片162),不见有单纯的聚片式双晶,所以见有聚片双晶,必然是

斜长石。个别岩石中可见碱性长石的十字形的穿插双晶(照片 152)、阿拉 B-曼尼巴复合双晶(照片 153)、信封状(照片 154)和扇状(照片 155)连晶等以及环带构造(照片 156)。

碱性长石的主折射率,均低于 1.54,薄片中为负低突起。双折射率 <0.007,干涉色不超过一级灰白,光性符号负(有的资料报道个别矿物为正)。

关于碱性长石的结构状态即有序度的问题,目前研究较多,它的研究对解决岩石成因问题有着重要意义。所谓长石的(包括斜长石)有序度,一般是指结晶骨架中 Al-Si 的分布是否有一定规律。众所周知,长石的晶体结构中 Al 和 Si 均与 O 组成配位四面体(硅氧四面体),由于[AlO_4]和[SiO_4]大小相近,所以它们可以互相替换位置,碱性长石和纯钙长石以外的斜长石(An_{90}-An_0)Si:Al 为 3:1,这样在 Al^{3+} 代替 Si 的过程中就有可能出现 Si、Al 位置不固定情况,即它们的分布有可能没规律,这就是无序;如果 Al^{3+} 代替 Si 的过程中,它们的位置总是固定的、有一定规律,则称为有序。用来衡量晶体结构有序程度的参数称为有序度,用 S 表示,S=0 称为完全无序,S=1(或 100)称为完全有序,1>S>0(或 100>S>0)称部分有序。一般情况下,高温形成的长石有序度低,低温形成的长石有序度高。

在正长石到最大微斜长石这个有序化过程中,存在一系列连续过渡类型,从单斜晶系变为三斜晶系,随着这个有序化过程,α角从 90°变大到 90°41′,γ角从 90°逐渐变小到 87°30′,这种偏离单斜对称的程度称为三斜度,用 Δ表示,Δ=1 表示三斜度最大,如最大微斜长石,Δ=0 表示三斜度小,实际上为单斜晶系,如透长石。在三斜有序化过程中,一般三斜度越大,有序度也越大。

斜长石(包括钠长石)均为三斜晶系,目前为止人们认为不存在三斜度的问题。其有序化过程中晶体对称性不变,为一步有序化。钾长石有序化过程不同于钠长石,为二步有序化。无序透长石变为有序透长石(各种"正长石"),晶体保持单斜对称,这是有序化的第一步,称单斜有序化。当矿物由有序透长石变为微斜长石,晶体对称性由单斜晶系降低为三斜晶系,这是有序化的第二步,称三斜有序化。因此,对富钾的碱性长石的有序度需分单斜有序度(S_M)和三斜有序度(S_T)。其计算公式为:

$S_M = 0.0093(64° - 2V)$　　光轴面 ∥(010) 时

$S_M = 0.0093(64° + 2V)$　　光轴面 ⊥(010) 时

$S_T = 0.025(2V - 44°)$

钾长石的三斜度 Δ计算公式与采用的方法和所测数据有关,用光学法测消光角,其 Δ_0 公式为:

$$\Delta_0 = 0.055 \cdot [N_g \wedge \perp (010)] = 0.1[90° - N_g \wedge \perp (001)]$$

用 X 射线法测 d 的差值,其 Δ_p 公式为:

$$\Delta_p = 12.5[d_{(131)} - d_{1\bar{3}1}]$$

长石的有序度主要与温度、岩石年代、形成深度以及剪切应力等因素有关。一般讲高温长石(钙长石除外)表现为无序,低温长石表现为有序;较老时代的长石比时代较新的长石有序度高;浅成岩比深成岩以及岩浆花岗岩比花岗岩化的岩石中的长石有序度低。在钾长石有序化过程中,应变有时也起一定的作用,受力作用强者,有序度、三斜度增高。总之长石的有序度、三斜度的研究可以为解决岩石成因问题提供参考。目前测定长石有序度、三斜度的方法主要是 X 射线分析和红外法,光学法已很少采用。

透　长　石　Sanidine

$K[AlSi_3O_8]$

单斜晶系　β=116°

N_g =1.525～1.531

N_m =1.523～1.530

N_p =1.518～1.525

$N_g - N_p$ =0.006～0.007

(-)2V=0°～63°　　r<v(**高透长石**)

b∥N_m, a∧N_p =5°～11°; c∧N_g =15°～21°; **光轴面**∥(010)

(-)2V=0°～44°　　r>v(**低透长石**)

b∥N_g, a∧N_p =5°～8°; c∧N_m =18°～21°; **光轴面**⊥(010)

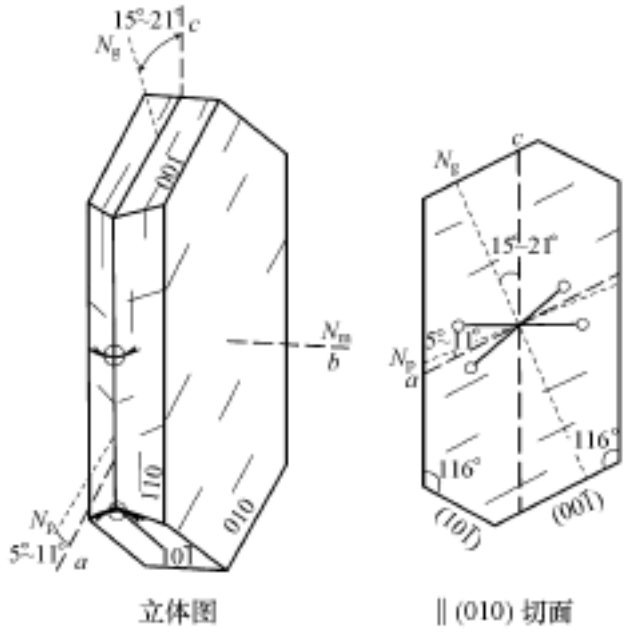


图4-22　透长石光性方位

(高透长石为例)

化学组成　纯由 Or 分子组成者少见,多含有数量不等的 Ab 分子,最高可达 50%,有时还含少量 Ba、Rb、Ca 等成分。

结晶特点　透长石是以 Or 分子为主的高温变种,晶体沿(010)面发育成板状,或沿 a 轴延伸的柱状,薄片中呈条状或略呈方形,常见自形晶(照片 149)。{001}解理完全,{010}解理次之。二组解理夹角为 90°。{110}不完全,夹角 61°,通常情况下裂纹较发育。

光性特征　无色透明,或呈乳白色,玻璃光泽,薄片中无色透明。负低突起,折射率纯 Or 分子者最低,随其中所含 Ab(+An)分子的数量增加而增高。干涉色一级灰白。二轴晶负光性,光轴角小至中等。有时干涉图很像一轴晶。光性方位有两种情形,一种是较高温度和迅速结晶的透长石,光轴面平行(010),较多见,即高透长石;另一种是较低温度和较缓慢结晶的透长石,光轴面垂直(010),与正长石相同,即低透长石。无论哪一种,在(010)面上其消光角 a∧N_p 一般为 5°±,大者可达 9°,一般不超过 11°。在平常的岩矿鉴定工作中,不必确定高、低透长石,可统称透长石。卡斯巴双晶较常见(照片 150),有时也见曼尼巴和巴温诺双晶,不见聚片双晶,个别情况见十字形的穿插双晶。

变化　高温(800～1000℃)条件下形成的高透长石,随温度缓慢下降,可向低温有序结构转变,最终可转变为微斜长石或正长石。透长石一般不蚀变,表面干净,无风化产物。但有时可变为高岭石或绢云母。

鉴别特征　透长石以无色透明、常呈自形晶、除解理外横向裂纹发育、光轴角小等为特征。与石英相似,但透长石是负低突起、可见解理、二轴晶负光性;而石英为正低突起、无解理、一轴晶正光性,如果晶粒中见到双晶,则不是石英。透长石与霞石的区别是后者常呈方形或六边形,干涉色低,不超过一级灰,表面常较脏,且为一轴晶。透长石与正长石的区别是透长石一般表面清洁,光轴角小,在近⊥a 轴(见两组解理)切面上测 2V,若 2V<44°为透长石,2V>44°为正长石。(注意高透长石 2V 可达 63°,但与正长石的光轴面不同,高透长石光轴面平行(010),而正长石为⊥(010))。此外,巴温诺双晶见于透长石中,而正长石很少见到。

产状及其他　透长石是淬火矿物,即在高温条件下结晶,在骤冷情况下方可保存的变种,主要产于酸性和碱性火山岩如流纹岩、粗面岩、响岩及有关的玻璃熔岩、凝灰岩中。在流纹岩、黑曜岩和熔结凝灰岩的球粒中,与方英石可共同组成球粒。也见于某些小侵入体(多在边缘相)。极少情况下,可作为一种高温变质矿物产于接触变质带中。

正　长　石　Orthoclase

$K[AlSi_3O_8]$

单斜晶系　$\beta = 116°$

$N_g = 1.524 \sim 1.533$

$N_m = 1.523 \sim 1.530$

$N_p = 1.519 \sim 1.526$

$N_g - N_p = 0.005 \sim 0.007$

$(-)2V = 44° \sim 85°$　　$r > v$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_p = 3° \sim 12°$, $c \wedge N_m = 14° \sim 23°$, **光轴面**$\perp(010)$

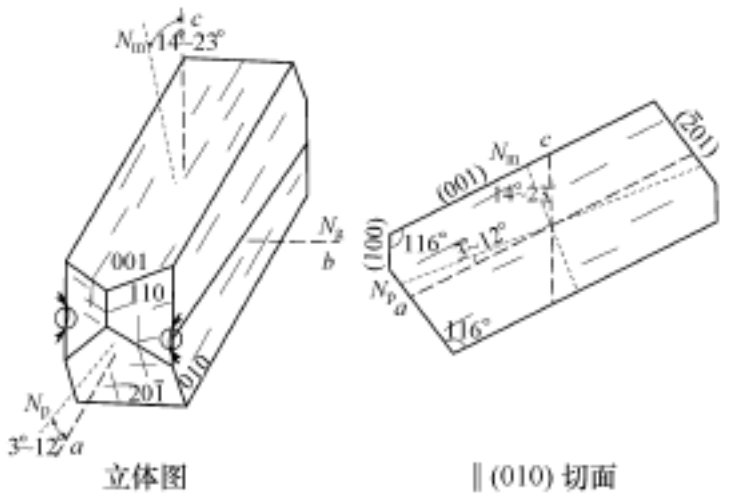


图 4－23　正长石光性方位

化学组成　纯由 Or 分子组成者少见,总是或多或少含有 Ab 分子,最高可达 20% ～50%。K 可以被部分 Ba^{2+}、Rb^{2+} 代替,当含 Cn 分子达 30% 时,称钡冰长石。在正长石中还可含少量钙长石分子、Fe_2O_3、Ga_2O_3(Fe^{3+} 和 Ga^{3+} 代替部分 Al)等。

结晶特点　正长石一般认为属单斜晶系,但据 X 射线分析,实际上它是由具超显微双晶及超 X 射线双晶的三斜晶系钾长石组成,因此许多正长石的构造是假单斜(近似单斜的三斜构造),但在显微镜下不能鉴别。正长石晶体多为板状,沿 a 轴延长的柱状,自然岩石中常呈长条状或不规则粒状。{001}解理完全,{010}解理次之,夹角近于 90°。

光性特征　肉红色或灰白色,薄片中无色,由于表面常有分解物而变混浊,呈尘土状(照片 159),当分解物中含氧化铁时,呈浅红、浅褐色。负低突起。干涉色一级灰—灰白。消光角因切片方向而不同,在⊥(010)各切面上呈平行消光。在‖(010)的切面上为斜消光,此时{001}解理缝(指示 a 轴)与 N_p 间的消光角为 3°～12°,负延性。最常见的是卡斯巴双晶(照片 157),而巴温诺双晶和曼尼巴双晶少见(图 4－24),偶见似堇青石的放射状或扇形连晶(照片 155)。二轴晶负光性,个别发现为正光性,$2V = 44° \sim 85°$,一般为 44°～60°。正长石常与石英构成文象或蠕虫交生。与钠长石成条纹或反条纹。较少见环带构造(照片 156)。有时含钠长石、石英、赤铁矿、云母等包裹体,包裹体常定向排列或带状分布。

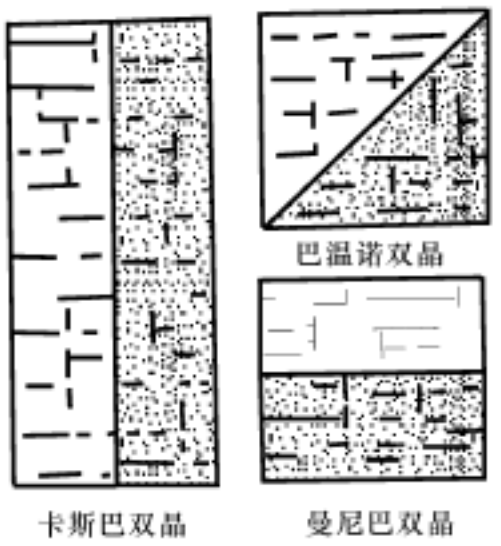


图 4－24　正长石常见的双晶
(据北大岩矿教研室,1979)

变化　正长石常蚀变为高岭石(高岭土化),而很少变为绢云母,只在绢云母化强烈的岩石中正长石才变为绢云母。正长石可被白云母和石英代替(云英岩化),在热液作用下,

正长石可被绿帘石、方解石(照片 161)、钠长石、方沸石、绿泥石等代替。在通常情况下,正长石表面有一层粘土质点,不显光性,致使其表面混浊不清(泥化,照片 159,160),常呈土红褐色(因为土化含有少量 Fe_2O_3)。正长石泥化现象常呈条带状、肘状,故在正交偏光间消光不均匀,请勿将这种现象误认为是条纹构造或聚片双晶。

鉴别特征 正长石与石英的区别是其表面常混浊、有解理和双晶、折射率低于树胶、二轴晶,石英则表面较清洁、无解理和双晶、有时呈波状消光、折射率近于或稍高于树胶、为一轴晶。正长石与霞石的区别主要依据轴性和双晶特点,霞石为一轴晶,不见双晶。正长石与斜长石的区别在于双晶特点,前者没有聚片双晶,而斜长石常见聚片双晶(照片 205,208),此外,斜长石分解产物常出现密集的绢云母细小鳞片,表面常为土灰色或褐灰色(照片 185);而正长石一般情况下为高岭石化、泥化,表面常呈土红褐色,如果有绢云母则是稀疏的几颗。不见聚片双晶的更长石的折射率比正长石高,可在薄片中依靠光带和色散线比较长石与树胶或与石英的折射率加以鉴别。正长石与不见双晶的钠长石极相近,钠长石的最大折射率几乎等于树胶,而正长石所有折射率都低于树胶;钠长石多数是正光性,而正长石几乎总是负光性。正长石与微斜长石的区别主要根据消光角(见后),以及后者常见格子双晶(照片 162)。

产状及其他 正长石主要产于酸性和碱性火成岩中,如花岗岩、正长岩、二长岩、碱性辉长岩及与它们相应的浅成岩、火山岩(包括火山碎屑岩)和一些脉岩中。在变质岩主要出现在花岗质片麻岩、钾长片麻岩中。在某些碎屑沉积岩中,正长石主要作为碎屑出现在长石砂岩中,有时也见于石英砂岩中。

冰长石 Adularia $K[AlSi_3O_8]$。是钾长石的低温变种。成分较纯,含 Or 分子 >90%。它以形态和成因区别于其他钾长石。主要发育晶面为(110),其次为(001),而(100)和(010)很小或缺失,故具菱形断面(照片 158)。具曼尼巴律和巴温诺律双晶,未见卡斯巴律双晶。

冰长石无色透明,有时呈乳白色,玻璃状。光性方位与正长石近似,而光性特征极似透长石,但光轴角可从透长石的 0°~63°变化到 80°~90°。其结构状态介于透长石—最大微斜长石之间。多数冰长石光性完全是单斜的或接近单斜对称。有时具环带构造。产于热液矿脉和低温交代变质带中,常与石英、蛋白石、方解石、重晶石及自然金、银等共生。

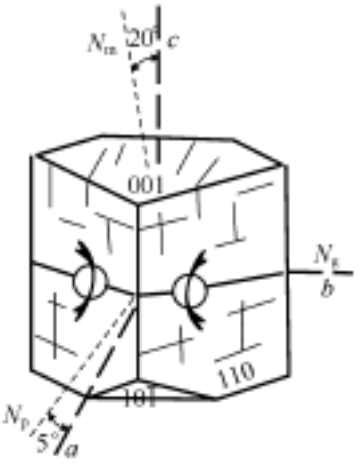


图 4-25 冰长石光性方位

微斜长石 Microcline

$K[AlSi_3O_8]$

三斜晶系

$N_g = 1.525 \sim 1.530$

$N_m = 1.522 \sim 1.526$

$N_p = 1.518 \sim 1.522$

$N_g - N_p = 0.007$

$(-)2V = 44° \sim 84°$ $r > v$

$a \wedge N_p = 18°$; N_g 和光轴面近于⊥(010)

化学组成 纯由 Or 组成者少,通常是以 Or 分子为主,含少量(可达 20%)的 Ab 分子。含有 Rb_2O(可达

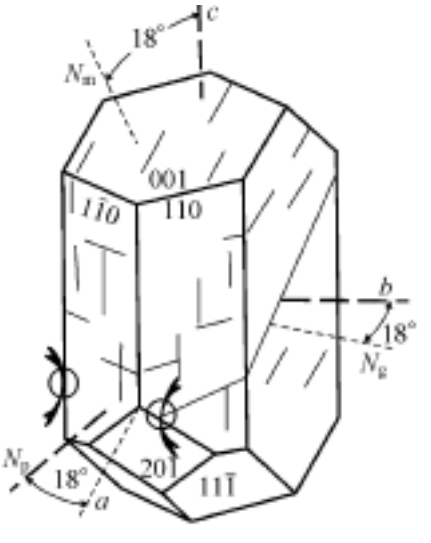


图 4-26 微斜长石光性方位

1.4%)、Cs_2O(可达0.2%)的绿色变种称天河石(Amazonite)。

结晶特点 晶体呈短柱状或板状,通常多为不规则粒状,自形晶体较少见,但有时作为斑晶(或变斑晶)可呈较自形的板状。解理{001}完全,{010}较完全。二组解理夹角近90°(89°41′)。

光性特征 白色、灰色、肉红色(天河石为绿色),薄片中无色,表面常因蚀变而呈混浊的浅红褐色。负低突起,折射率随Ab含量增加而略增大。干涉色一级灰—灰白。除可具卡斯巴等简单双晶外,通常具有钠长石律与肖钠长石律构成的格子状双晶,这是微斜长石的重要特征。它与斜长石所具有的钠长石-肖钠长石双晶的"格子"不同处是微斜长石格子状双晶的条带呈纺锤状、细密交错、宽窄不一(照片162),有时在晶体的局部发育,而斜长石的两组聚片双晶均呈平直状交叉,每组双晶消光都均匀(图4-27)(照片181)。微斜长石还经常与钠长石构成微斜条纹长石(照片163)。有时也可见环带构造。由于常见格子状双晶,不易观察到清楚的干涉图,二轴晶负光性,常见的低微斜长石的光轴角大,74°~84°;高微斜长石光轴角小,44°~60°左右。有时微斜长石可见正光性,2V=77°~89°。

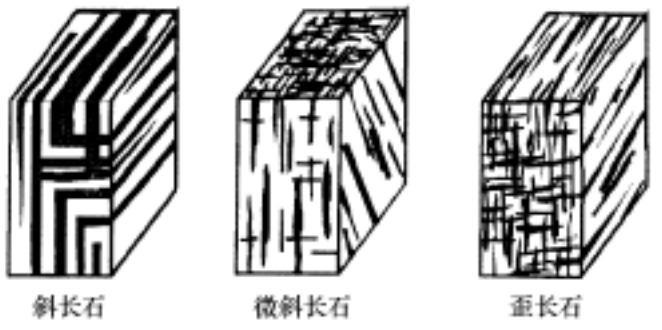


图4-27 钠长石-肖钠长石双晶构成的格子状双晶
(由周新民提供,2005)

鉴别特征 微斜长石根据其特有的格子状双晶,可与其他长石相区别。如果见不到格子状双晶,则微斜长石与正长石相似,但在⊥(010)各切面上,正长石为平行消光,而微斜长石为斜消光,且在近于平行(001)切面上$N_p'\wedge(010)=15°\sim20°$。在平行(010)切面上,消光角$N_g\wedge\perp(001)$和$N_g\wedge\perp(010)$的大小不同,正长石为90°和0°,而微斜长石则为80°和18°(参见表4-3,主要在费氏台上投影测量);此外,微斜长石光轴角一般较正长石大。当二者无法详细鉴别时,可笼统称之为钾长石。当歪长石和微斜长石均具格子状双晶时,其区别是前者双晶页片较细密、平直,且在具有格子状双晶的切面上见两组解理(照片164),而微斜长石在该面上只见一组解理,格子双晶相交呈纺锤形,不平直(图4-27)。

产状及其他 微斜长石主要产于花岗岩、花岗伟晶岩、正长岩及片麻岩、片岩中,火山岩中不发育。微斜长石是低温变种,常与石英交生,构成文象结构。在砂岩、长石砂岩等碎屑岩中也可见。伟晶岩中巨大的微斜长石可作为钾肥原料,也可用于制陶业和玻璃业。天河石是提取Rb、Cs的原料并可作装饰品和细工石材。

歪 长 石 Anorthoclase

$(Na、K)[AlSi_3O_8]$

三斜晶系

$N_g=1.527\sim1.536$

$N_m=1.526\sim1.534$

$N_p=1.522\sim1.529$

$N_g-N_p=0.005\sim0.007$

(-) 2V = 30°~60°　　r > v

a∧N_p = 10°; b∧N_g = 5°; c∧N_m = 20°; 光轴面近于⊥(010)

化学组成　歪长石的成分更接近钠长石, 又称钾-高钠长石。一般 $Na_2O > K_2O$, Ab(+An) 含量大于 63% (即 Or 含量小于 37%)。当 Or < 10% 者称高钠长石。

结晶特点　属三斜晶系, 有时呈假单斜晶系。形成条件一般认为温度较高。晶体常沿 c 轴延长成柱状或沿(010) 发育成板状, 有时具菱形切面。{001}解理完全,{010}次之, 两组解理夹角 90°。

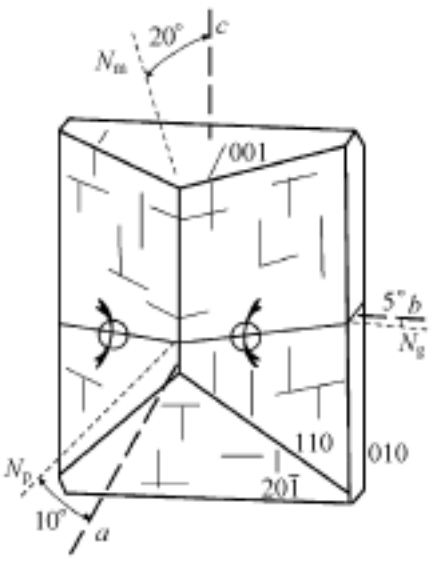


图 4-28　歪长石光性方位

光性特征　白色、灰色、浅红或带绿色, 薄片中无色透明。负低突起。干涉色一级灰—灰白, 斜消光, 消光角小, 在(001) 面上{010}解理缝与 N_p 夹角为 1°~4°; 在(010) 面上{001}解理缝与 N_p 夹角 4°~10°。(100) 面上常见极细微的格子状双晶(照片 164, 往往在高倍镜下才能看清)。其双晶带较微斜长石细密、平直。有时见卡斯巴双晶和钠长石的聚片双晶。二轴晶负光性, 光轴角中等, 介于正长石和透长石之间。

鉴别特征　歪长石与透长石的区别在于它在一定晶面上具有小的消光角, 常具细微格子状双晶, 光轴角较透长石稍大。与微斜长石的区别在于它或者不具双晶, 或者它虽然具有格子状双晶, 但其双晶带更细密、平直, 且在具格子状双晶的切面上见两组解理, 而微斜长石在该面上为一组解理(图 4-27)。对非格子状的歪长石根据光轴角中等及光性方位等特点可识别之。

产状及其他　歪长石主要产于富钠质火山岩中, 少数见于碱性小侵入体。如常见于钠质粗面岩、碱性流纹岩、安山岩、响岩中, 也见于霞石正长岩、碱性正长岩等岩石中, 可与透长石共生。歪长石可呈斑晶也可作为基质产出。在钠质交代岩中也可出现歪长石晶体。

条纹长石　Perthite

具条纹结构的碱性长石称条纹长石简称纹长石。它属钾钠长石系列, 由钾长石和钠质斜长石两部分构成, 其中含量多的那部分称主晶, 含量少者称客晶(或叫嵌晶)。主晶、客晶各自具有一致的光性方位, 在正交偏光间所有主晶或所有客晶各自同时消光。当钾长石为主晶, 钠长石为客晶时, 称正条纹长石, 也称条纹长石; 当钠长石或其他成分的斜长石为主晶, 钾长石为客晶时, 称反条纹长石; 当主晶、客晶含量相等时, 则称中条纹长石; 极少情况下还可见主晶、客晶为同一类长石, 称等纹长石, 如拉长石包裹了由它析离出的更长石(晕长石)叶片。在镜下区别正、反条纹长石的方法是: 在单偏光镜下, 缩小光圈, 下降物台, 观察主晶、客晶的贝克线移动方向, 若此时(即下降物台) 贝克线向客晶(条纹) 移动, 表明条纹的折射率大于主晶, 即条纹为钠质斜长石, 主晶为钾长石, 属正条纹长石; 反之, 若下降物台, 贝克线向主晶移动则表明主晶为钠质斜长石, 属反条纹长石。

根据客晶大小(对条状、板状客晶而言指厚度; 对等轴状者指直径), 可将条纹长石划分为四种类型(表 4-4)。

表 4 -4　条纹长石分类

条纹长石名称	客晶大小	鉴　别　特　征	主　晶	客　晶	成　因
X 射线条纹长石	< 0.001 mm(1 μm)	只有 X 射线分析才能发觉	透长石	高温钠长石	析离
隐晶条纹长石	0.001 ~0.005 mm	镜下隐约见嵌晶,但不能测光性	透长石、歪长石	钠长石	析离
显微条纹长石	0.005 ~0.1 mm	标本上看不到嵌晶,但镜下明显见到,并能测光性	正长石、微斜长石、歪长石	钠长石或更长石等	析离或交代
条纹长石	0.1 ~1 mm	标本上能见嵌晶			

条纹长石的客晶形态多种多样,常见的有条带状、细条带状、脉状、棒状、滴状、枝状、纺锤状、火焰状、叶脉状、网格状、补片状等等。多数条纹长石是在冷却条件下,钠质析出(出熔或析离作用) 形成的。但也有一些则是与钠质交代有关。析离(出熔) 成因的条纹长石的客晶(条纹) 一般大小、长短相近,分布均匀,形态较规则,轮廓平直,主晶、客晶界线清楚,条纹往往沿一定方向排列(一般平行或近于平行(100) 面) ,钠质斜长石客晶在镜下往往不显双晶,该成因的条纹长石的客晶形态多呈条带状、脉状、棒状、滴状(照片 166, 167, 168, 169, 171, 172) ,部分呈枝状和叶脉状等。交代成因的条纹长石的客晶(条纹) 大小不固定,一般较粗,同一颗粒中各条纹大小不一,同一条纹各部分的粗细也有差别,客晶在主晶中分布不均,没有一定的方向性,常见客晶呈“侵入状”或呈舌状插入主晶,尖端朝内,它与析离成因相反,首先出现于晶粒的边部(析离成因者客晶主要分布于核部) ,钠质斜长石客晶多显聚片双晶,交代成因的条纹长石客晶形态复杂,穿插状、树枝状、网格状、补片状和部分叶片状等(照片 165, 170, 172, 173) ,显示交代结构的特征。

反条纹长石也见两种成因,析离成因者一般见于高级接触变质岩、片麻岩和火山岩中。因为高温斜长石中含有较多的钾长石分子,在缓慢冷却过程中,当剩余的钾长石分子不转变为绢云母的情况下,就可能析出钾长石条纹。交代成因者为钾或钠互相交代生成,常伴有蠕英石。反条纹长石的客晶形态与条纹长石相同(照片 174, 175, 176, 177, 178, 179) 。

关于条纹(反条纹) 长石成因,除上述两种外,也有人认为存在应力作用成因类型。

斜长石亚族　Plagioclase Subgroup

斜长石,即钠钙长石系列,为 Ab - An 连续固溶体,如前所述按 Ab - An 的百分比划分为六个变种:

	Ab	An
钠长石(albite)	100% ~90%	0 ~10%
更(奥) 长石(oligoclase)	90% ~70%	10% ~30%
中长石(andesine)	70% ~50%	30% ~50%
拉长石(labradorite)	50% ~30%	50% ~70%
倍(培) 长石(bytownite)	30% ~10%	70% ~90%
钙长石(anorthite)	10% ~0	90% ~100%

通常用斜长石中所含 An 分子的数值作为斜长石号码,例如“№. 25”或“An_{25}”即表示其成分为“$Ab_{75}An_{25}$”的更长石。

近代研究结果认为,斜长石严格说也不是完全连续固溶体。在温度不断下降时,岩浆中的

更长石可分为更富钠的两种很细小的、互相交生的长石，构成所谓的“晕长石”(Peristerite)。

一、结晶特点

斜长石属三斜晶系，板状或柱状晶体，解理{010}完全，{001}中等。{001}∧{010}近86°。{001}∧{100}=116°。

常具钠长石双晶(照片205，208，209，210)、肖钠长石双晶、卡斯巴-钠长石复合双晶(照片180，207)和钠长石-肖钠长石复合双晶(照片181)等聚片式双晶，也见有卡斯巴及其他简单双晶(照片200)或较复杂的钠长石双晶集合体(照片184)。其中钠长石双晶在各成分的斜长石中均常见，简单双晶则少见，主要见于纯的钠长石或低绿片岩相变质岩及超镁铁质岩的斜长石中。卡斯巴-钠长石双晶在酸性斜长石中较少见，在火成岩的An_{30}以上的斜长石中较常见，在变质岩中也少见。肖钠长石双晶很少见，一般可在变质岩中见到。肖钠长石-钠长石组成的复合双晶呈格子状(与微斜长石格子状双晶区别见微斜长石一节)并不多见，但可以分布于各种成分的斜长石中。

在应力作用下，斜长石也可形成机械双晶(滑动双晶)。它可以与上述原生双晶共存。二者区别是：机械双晶的双晶叶片在各颗粒中密度基本一致，叶片数目较多，叶片细长，往往呈楔形尖灭，较均匀的穿过晶体，在晶体最大应变处，如裂隙附近，双晶叶片常弯曲和尖灭。应变作用更强时叶片可合并，致使双晶消失。

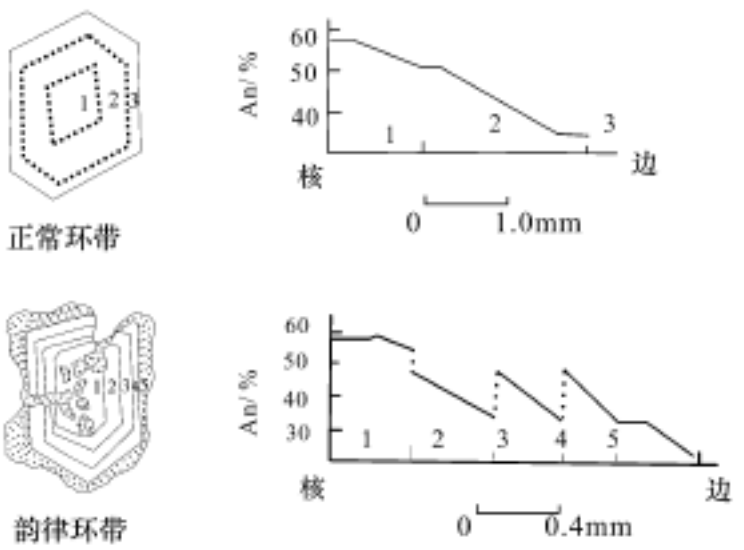


图4-29　斜长石的环带构造
(据王德滋，1977)

斜长石常见环带构造，在火山岩、浅成岩中的斜长石，尤其是中性斜长石，环带构造(照片183，206，207)最发育。环带构造核部富含An分子，外环依次贫An而富Ab者称正常环带构造；若内核富Ab，外环依次贫Ab富An者称反环带构造；若从核部到边部各带由酸性和基性成分多次反复呈现，则构成韵律环带(图4-29；照片182)。正常环带一般是在岩浆迅速冷却情况下，先晶出的较基性的斜长石没来得及与残余岩浆完全反应而部分被保留下来，随着温度的下降，依次保留下少量成分较先晶出者要酸性，而较残留岩浆要基性些的斜长石，由此造成了各带成分的差异，而且由核部到边部An量逐渐减少。反环带成因较复杂，它可以在岩浆过冷却条件下形成；也可以在同化混染作用中形成，这与岩浆在同化钙质岩石时使岩浆中的钙增加有关；在变质岩中所见斜长石反环带是由于在温度升高的进变质作用下形成。韵律环带主要见于火山岩和浅成岩中，一般认为是由于岩浆扩散过饱和形成。

二、光性特征

斜长石白色、灰色、浅绿色，偶见淡红色，薄片中无色。二轴晶，光性符号可正可负。斜长石的折射率、光轴角、光性方位等随成分的变化而变化。折射率随An含量增加而增高(表4-5)，由负低到正低突起；双折射率随成分变化的幅度不明显，干涉色一级灰至黄白；

光轴角中等至大，从图 4－30 中可以看出光轴角和光性不但随成分有明显的变化，而且与结构状态也有着明显的关系，特别是 An_{30} 以下的斜长石，火山型(即高温斜长石)和深成型(即低温斜长石)其光轴角的差异非常明显。因此，根据光轴角确定斜长石的结构状态是一个比较有效的方法(图 4－31 为其鉴定图表)。

表 4－5　各成分斜长石折射率和双折射率值

斜长石	An/ %	N_g	N_m	N_p	$N_g - N_p$
钠长石	0 ～10	1.538 ～1.542	1.532 ～1.536	1.528 ～1.533	0.009 ～0.010
更长石	10 ～30	1.542 ～1.551	1.536 ～1.548	1.533 ～1.544	0.007 ～0.009
中长石	30 ～50	1.551 ～1.562	1.548 ～1.558	1.544 ～1.554	0.007
拉长石	50 ～70	1.562 ～1.574	1.558 ～1.569	1.554 ～1.564	0.007 ～0.009
倍长石	70 ～90	1.574 ～1.585	1.569 ～1.579	1.564 ～1.572	0.009 ～0.012
钙长石	90 ～100	1.585 ～1.590	1.579 ～1.584	1.572 ～1.577	0.011 ～0.013

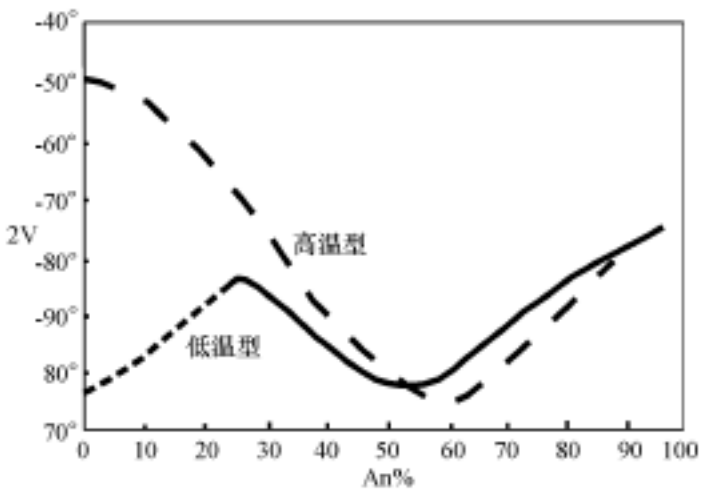


图 4－30　斜长石成分与 2V 的关系
(据迪尔，1991 修改)

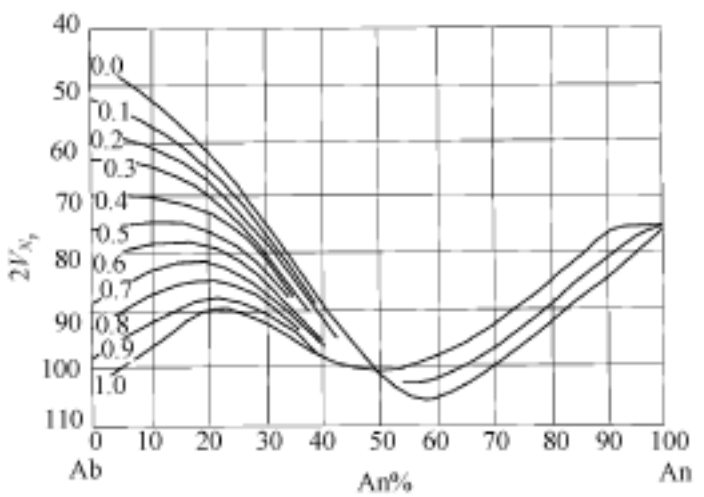


图 4－31　斜长石成分、2V 和有序度关系
(斯勒蒙斯，1962)

三、变化

斜长石经常变为绢云母(照片 185)和粘土矿物(照片 196)，表面混浊，多呈土灰色或褐灰色，一般基性斜长石较酸性斜长石更易变化，常见一些具环带构造的斜长石中心蚀变较强，表面混浊，而边部较干净透明。斜长石中的 An 分子易分解常形成黝帘石、斜黝帘石、绿帘石、钠长石的细粒混合体，被称为钠黝帘石化(照片 188，189)，常见于基性斜长石中。斜长石遭受热液交代作用往往发生碳酸盐化(照片 186，190)、方柱石化(照片 193)、白云母化(照片 186)、绿泥石化、绿帘石化(照片 187)等，有的斜长石还见有葡萄石化(照片 191，192)、沸石化(照片 197)、硬玉化(照片 194)和绿纤石化(照片 195)等。在火山岩中斜长石斑晶经熔蚀作用，而形成熔蚀港湾和熔蚀麻点(照片 198，199)。

四、鉴别特征

斜长石与钾长石区别在于(001)∧(010)夹角不是 90°，斜消光，多数具有聚片双晶，有时具有环带构造，蚀变后变混浊时，斜长石多为浅灰色，而钾长石为淡褐红色。中长石以上(更富 An 者)，折射率 > 1.54，而钾长石为负低突起。更精确的鉴别可用油浸法测定折射率

值或用旋转台测量其光性方位。

斜长石为火成岩和变质岩的主要造岩矿物,是岩石分类命名的重要标志,此外,在岩体和岩石组合中,斜长石成分的变化,往往反映出岩石的形成和演化规律,对了解岩石成因和探索找矿方向具有指示意义。因此人们非常重视对斜长石成分及其结构状态的研究和鉴定,为此,下面我们介绍几种偏光显微镜下一般常用的光学鉴定方法。

(一) 测定折射率值法

如前所述,斜长石的折射率是随成分变化的主要光学常数,因此,测定斜长石的折射率就可以确定它们的成分(即变种)。其方法有:

(1) 薄片中对比斜长石的折射率

(2) 用油浸法测斜长石主折射率值或测斜长石玻璃的折射率

(3) 用油浸法在{001}或{010}解理碎片上测 N_p 折射率

(4) 在斜长石解理面上用色变法直接测定成分

第一种方法虽只能大致测定变种范围,但较实用、方便;而其他几种方法均需利用油浸法测定,目前已很少应用,故在此不做详细阐述,必要时参看有关的鉴定书。下面仅介绍第一种方法。

在岩石薄片中选择斜长石晶粒,在正交偏光间确定 N_g 和 N_p 的方向,分别使其平行下偏光镜振动方向。在单偏光镜下,观察它与树胶或石英晶粒的接触边,利用光带贝克线和色散线比较其折射率的大小,可以测定斜长石成分范围和变种名称。

根据表 4-5 可知,斜长石各变种的折射率大致有如下特点:

钠长石　　N_g', N_p' 都低于树胶(n=1.540~1.530)

更长石　　N_g', $N_p' \approx$ 树胶, < 石英

中长石　　N_g', $N_p' >$ 树胶,但≈石英(1.544~1.553)

拉长石(或更基性)　　N_g', $N_p' >$ 石英

更长石、中长石、拉长石及钠长石是在岩石中经常出现的矿物,而倍长石和钙长石很少见。因此,在多数情况下,这种简便方法常被采用。

(二) 在定向切片中测量消光角法

图 4-32 为钠长石至钙长石的光性方位图。由该图明显的看出,钠长石、更长石的光轴面(具细麻点的平面)近于平行(001),即近于水平,随着 An 成分的增加,光轴面逐渐倾斜,到倍长石和钙长石时,其光轴面近直立,即近于平行(100),表明三个光学主轴位置随成分而变化。这一特点是消光角法鉴定斜长石变种的原理和重要基础。

1. ⊥(010) 各切面中的最大消光角法

方法要求颗粒具钠长石双晶,且必须是⊥(010) 双晶结合面的切面。其特点是:与钠长石双晶结合面平行的{010}解理和双晶缝细且清楚,升降镜筒,解理不左右移动;在正交偏光间,转动物台,当(010) 平行十字丝或在 45°位置时,双晶单体两部分的干涉色亮度相等,不显双晶。

对于选好的晶粒,分别测量双晶两部分的消光角(010) $\wedge N_p'$,如果两部分消光角近似相等,取其平均值。具体步骤如下:

(1) 在正交偏光间找到符合上述条件的切面;

(2) 使双晶结合缝平行目镜纵丝,此时干涉色亮度相等(图 4-33a 所示),记录物台读数;

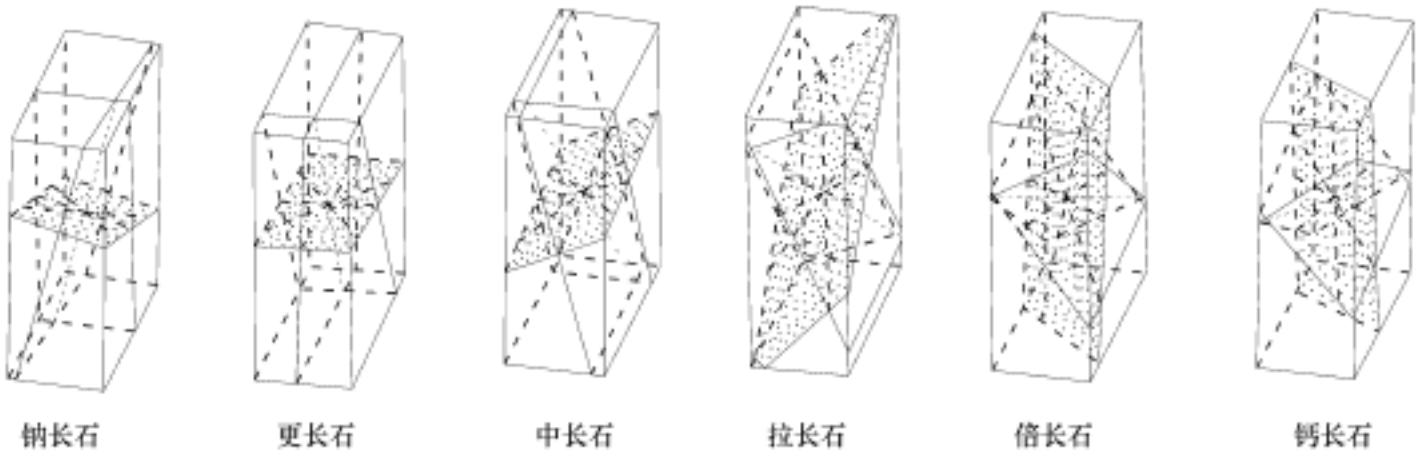


图 4－32　斜长石光性方位图

(据王德滋, 1977)

图中麻点面为光轴面

(3)逆时针转物台,使一组双晶单体消光(图 4－33b 所示),记录物台读数,二次读数之差即为消光角;

(4)顺时针转物台,使另一组双晶单体消光(图 4－33c 所示),又得到一消光角。两次获得的消光角应该相等,如果不等(不得超过 4°~5°),可取其平均值;

(5)从消光位转 45°,插入石膏检板,确定原目镜纵丝方向的轴名是否为 N_p;如非 N_p 则必须从 90°减去所测的消光角,才是(010)∧N_p 的角度。An 小于 75%的斜长石,所测得的小于 45°的消光角,皆为(010)∧N_p 的值;

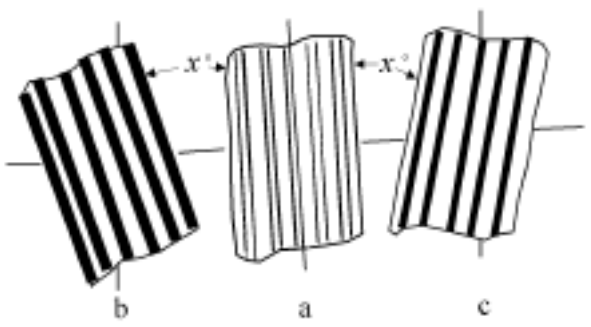


图 4－33　⊥(010)切面中钠长石双晶的消光角

(6)按上述步骤测 5~6个颗粒后,选其中最大值,查图4-34中的曲线,即得斜长石号

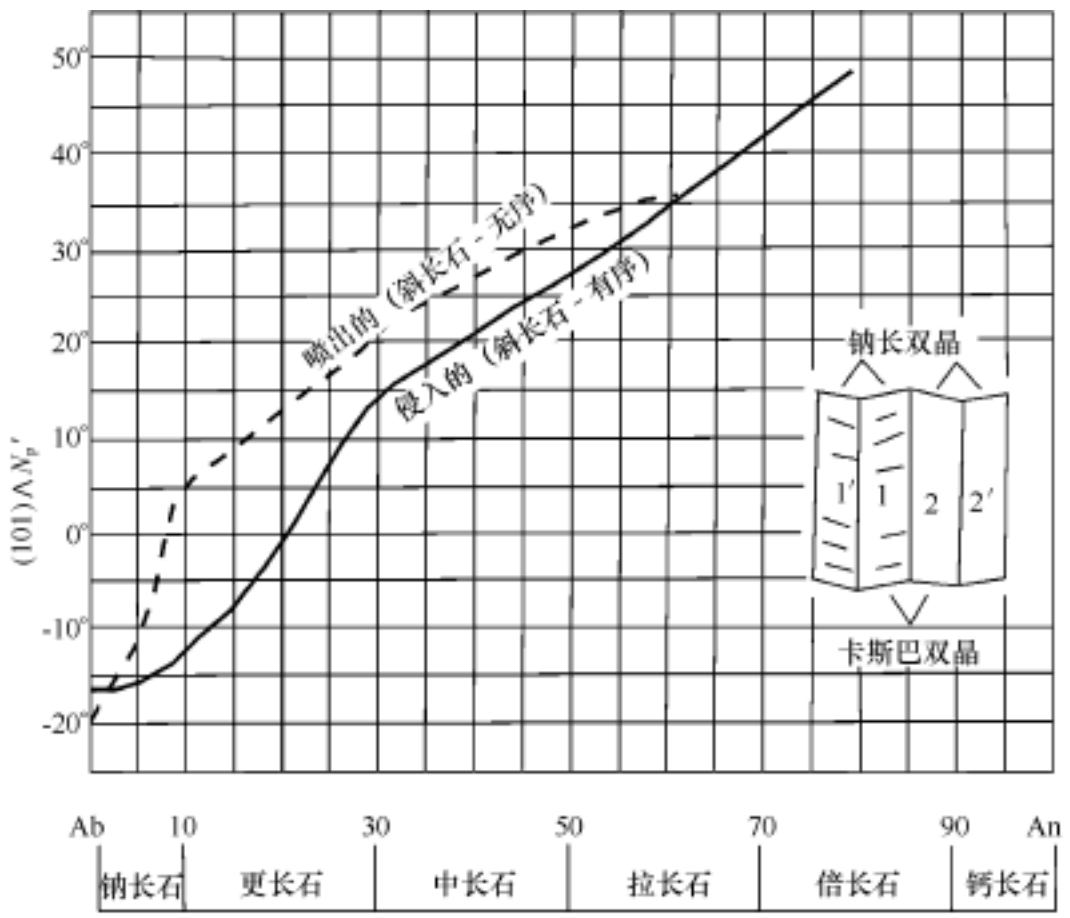
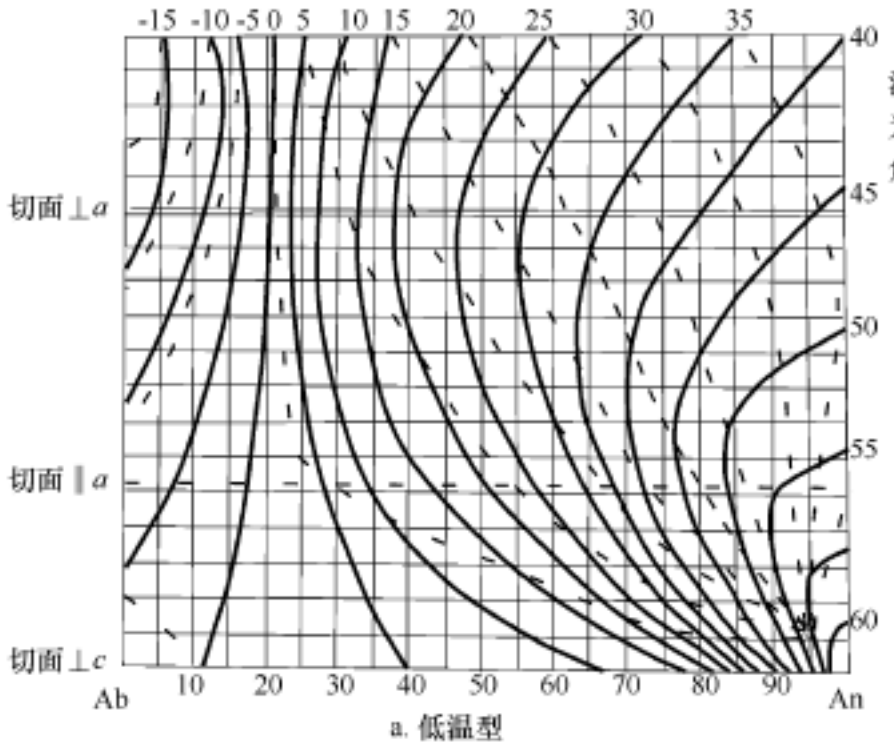


图 4－34　斜长石⊥(010)切面最大消光角和成分关系

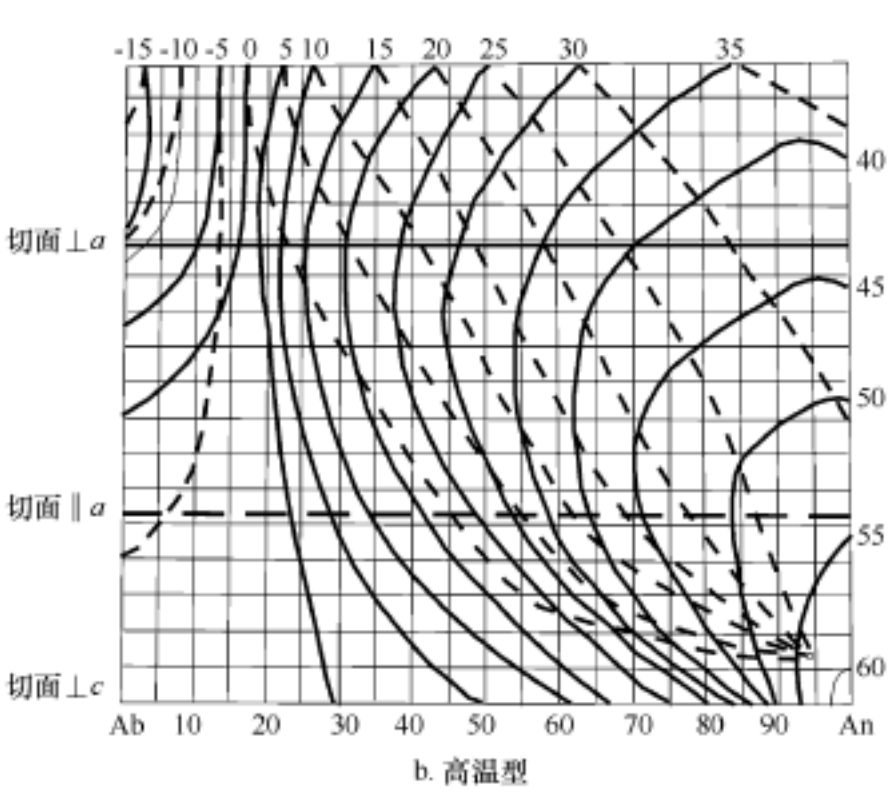
(据伯里, 1967)

码, 若斜长石为高温变种, 查图中“喷出的”虚曲线; 若为低温变种则查“侵入的”实曲线。也可查托毕图(图 4－35) , 高温者查图 4－35b, 低温者查图 4－35a, 查法是: 根据所测最大消光角值查消光角实曲线, 在该曲线的突出处作一垂直切线, 在底边得到长石成分(参看图 4－35c 示意图中(3) An 为 63) 。无论使用哪个图表, 当测得消光角 < 17 °时, 首先要确定消光角的正、负, 其方法是比较 N_p 和树胶的折射率, 若 N_p 小于树胶时为负; N_p 大于树胶时为正。

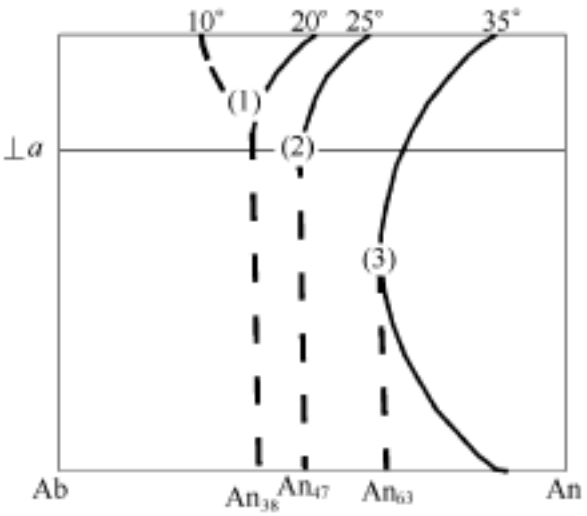
这种方法, 是一种统计方法, 测得晶粒愈多, 结果愈接近准确。在一般薄片鉴定中, 若没有⊥a 轴或其他合适的晶粒时, 可采用此方法。



a. 低温型



b. 高温型



c. 查图示意

图 4－35　斜长石⊥(010) 切面上(010) ∧N_p 与成分关系

(a. b 据托毕, 1963)

2. ⊥a 轴切面中的消光角法

该法要求选⊥a 轴切面, 其特点是: 具{ 010}和{ 001}两组近直交的解理, 解理缝细, 升降镜筒两组解理不发生位移; 经常可见钠长石双晶(图 4－36 中之小图) 。具体测量方法同上

述⊥(010)最大消光角法,可参照图4－33及相应的描述进行,消光角仍为(010)∧N_p′。

根据测量的结果查图4－36有关高温或低温曲线,确定斜长石成分。也可查托毕图(图4－35),高温者查图4－35b,低温者查图4－35a,方法是:根据所测值查实曲线,与⊥a的横线相交于一点,由此点引垂线在底边得斜长石成分(图4－35c之(2)An为47%)。

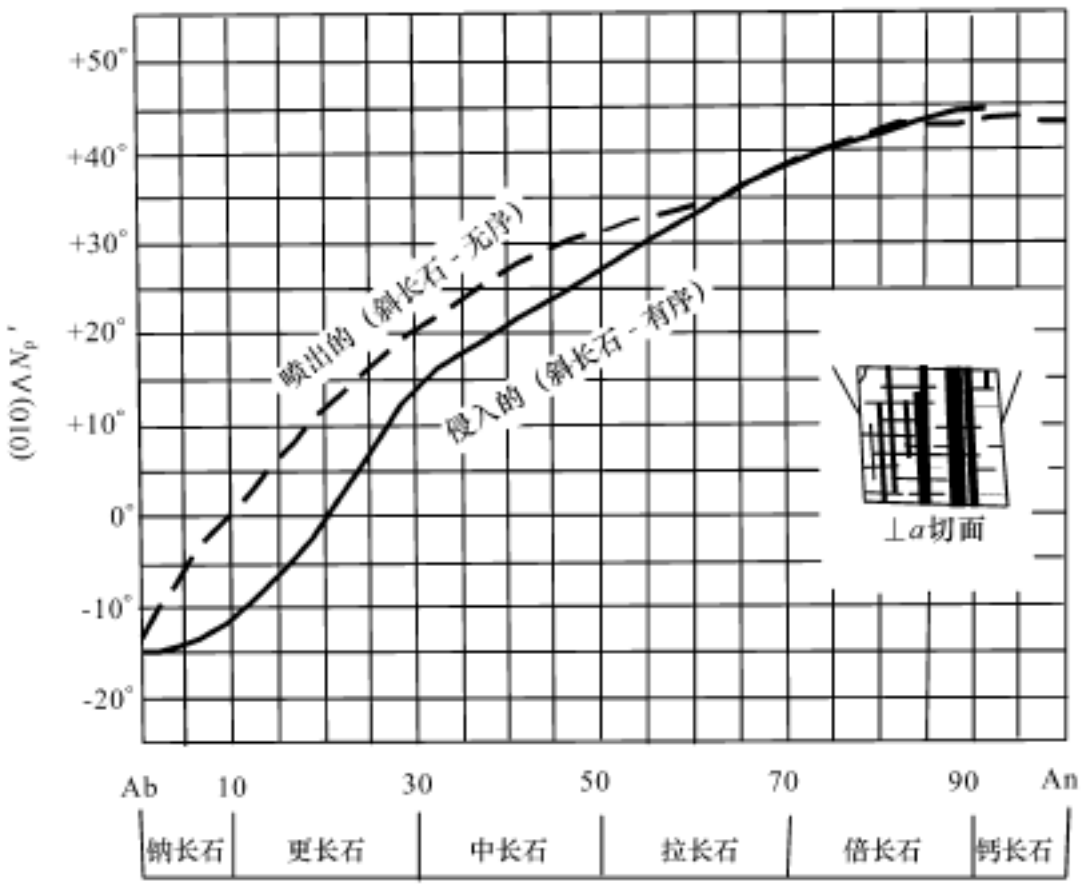


图4－36　斜长石⊥a轴消光角与成分关系

(据伯里,1967)

当测得的消光角<17°时,同样要确定其正、负,除上述⊥(010)最大消光角法中所提的判断方法外,更简单的方法是:当N_p处在两组解理夹角(87°,93°)的锐角中时为正;反之,若在钝角中时为负(图4－36中小图)。

欲判断哪组解理为{010}也很简单,除An为95%的钙长石外,其他各成分的斜长石,N_p总是比较靠近{010}解理或双晶缝。

此法在选择合适条件的晶粒时比较费事,但一经选定,只要测量一个晶粒,即可得到较准确的结果。

3. 在具有卡-钠复合双晶切片上测量消光角法

整个晶粒按卡斯巴律分为二部分,每一部分又按钠长石双晶律成聚片式,其中第一部分的消光角(010)∧N_p′和第二部分的消光角(010)∧N_p具有共轭关系。测定这两部分的消光角,即可确定斜长石成分。

具有复合双晶的切片,有下列特点:

当双晶结合面(010)平行十字丝,特别是与目镜十字丝成45°角时,只见到卡斯巴双晶,不显钠长石双晶(图4－37a、b所示X,Y两部分);

卡斯巴双晶的每一部分中的钠长石双晶,对于结合面(010)的消光角相等或近似相等;

结合面(010)直立,特点是解理缝细,升降镜筒不左右移动。

选择具有上述特点的晶粒, 参照图 4－37 所示进行测量, 其步骤如下:

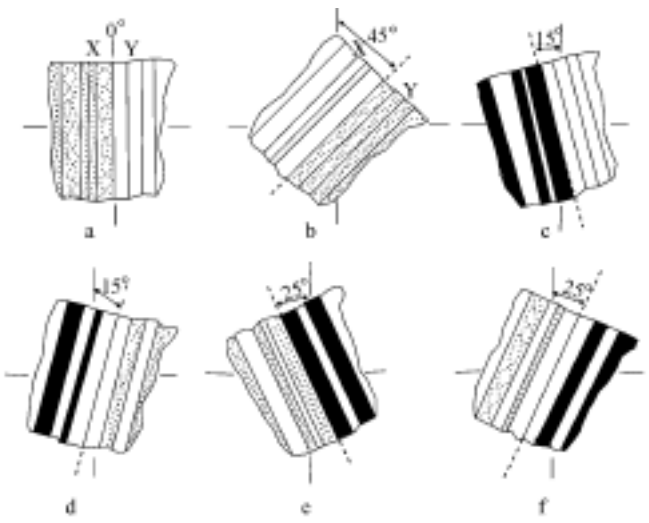


图 4－37　具有钠-卡复合双晶消光角测量步骤

(1) 测量卡斯巴双晶的 X 部分中一组钠长石双晶的消光角(010) ∧ N_p' = x_1(图 4－37c 所示 15°)。

(2) 测量同一部分中另一组钠长石双晶中的消光角, (010) ∧ N_p' = x_2(图 4－37d 所示 15°), 取 x_1 和 x_2 的平均值 $x = x_1 + x_2 /2$。

(3) 同样方法分别测量卡斯巴双晶 Y 部分中的两组钠长石双晶的消光角 N_p'∧(010), 为 y_1, y_2(例图 4－37e、f 所示 25°), 取平均值 $y = y_1 + y_2 /2$。

(4) x、y 两个消光角一般不等。其中数值较小者, 在图 4－38 中查纵坐标; 数值较大者查图内相当的“S”形曲线, 两者相交于一点, 垂直向下投影在图底线上得到长石的号码。(该图只适用于低温斜长石)。

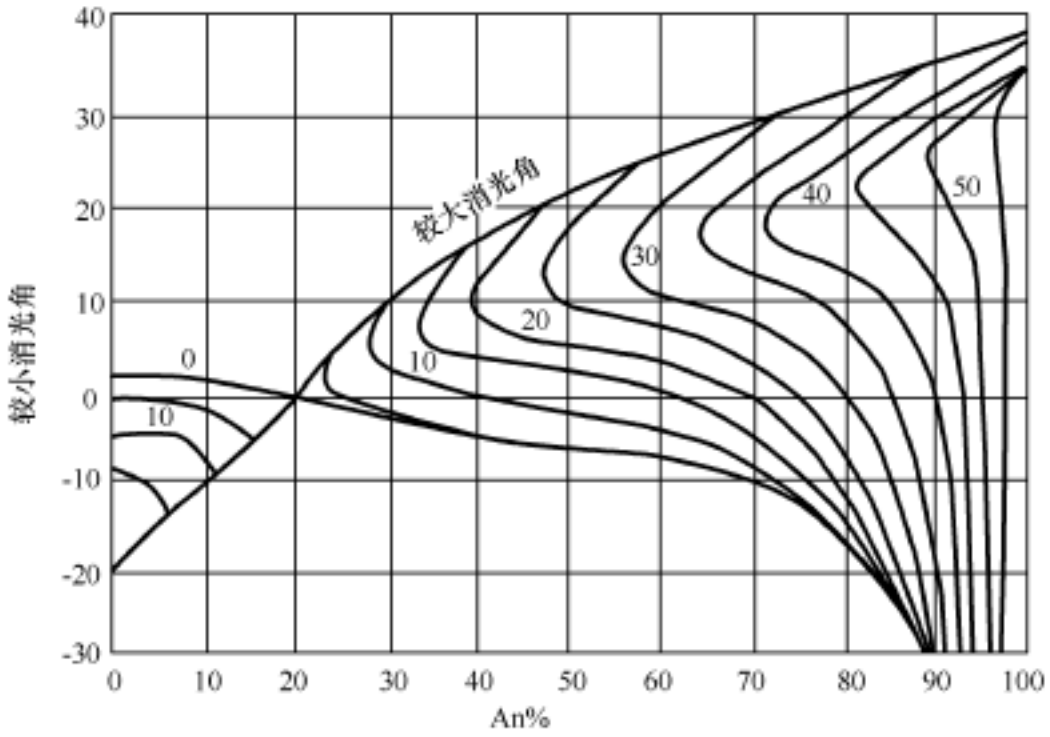


图 4－38　斜长石具有复合双晶切片中消光曲线

(据莱特)

用此法测量所得结果也可查托毕图(图 4－35), 方法是: 根据较大消光角查实曲线, 较小消光角查虚曲线, 两曲线相交于一点, 由此点引垂线到底边, 即得长石成分(如图 4－35c 之(1), An 为 38%)。注意斜长石为低温型查 a, 高温型查 b。此法也有消光角正、负的问题, 判断方法同⊥(010)最大消光角法中所述。

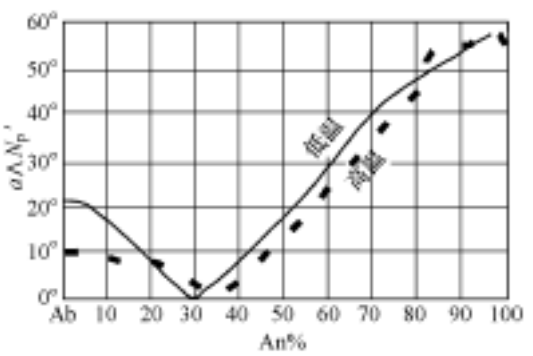


图 4－39　平行 a 轴切面上最大消光角 a ∧ N_p 与成分关系

(据瓦尔斯托姆, 1979)

4. 平行 a 轴最大消光角法(微晶法)

火山熔岩基质中的斜长石微晶, 往往沿 a 轴延长成长条状。因为晶体细小, 不易清楚地观测双晶。

这时可用此法测量。

方法是将微晶的延长边作为 a 轴，测量 a∧N_p 的消光角（注意测 N_p 而非 N_g）。在同一薄片中，至少选 8～10 个符合条件的颗粒测量，取其中最大值，在图 4－39 中查曲线，即得斜长石号码。

这个方法也是一种统计法，适用于火山熔岩基质中的斜长石微晶。测量时，也可以同折射率比较相结合，以便确定消光角正、负，及区分钠长石与中长石。所得的结果，可准确到一定范围，足以得出斜长石变种名称。

钠　长　石　Albite

$Na[AlSi_3O_8]$

三斜晶系

N_g = 1.538～1.542

N_m = 1.532～1.536

N_p = 1.528～1.533

$N_g - N_p$ = 0.009～0.010

2V =（－）50°～（＋）78°　　r > v

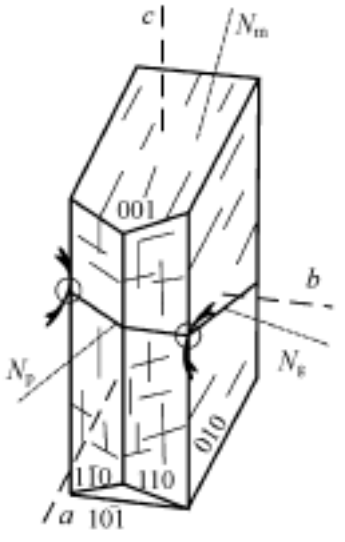


图 4－40　钠长石光性方位

化学组成　含 An 分子从 0 到 10%，即 $Ab_{100}An_0$ － $Ab_{90}An_{10}$。有时含少量 Or 分子及微量的 Sr 和 Ba。

结晶特点　晶体多呈板状、叶片状，呈叶片状者称叶钠长石（照片 204）。集合体常呈他形等轴粒状、糖粒状（照片 202）。钠长石还经常呈各种形态镶嵌于钾长石中形成棋盘格子状（照片 203），或在其边部构成净边。解理{010}发育，{100}完全。二者夹角 86°。

光性特征　薄片中无色透明者常见，蚀变后表面混浊。负低突起，钠长石玻璃折射率为 1.488～1.495。最高干涉色一级灰白—黄白，斜消光，低钠长石（010）∧N_p 约为 －12°～－17°，{001}解理面上消光角 3°，{010}解理面上消光角为 13°～20°；高钠长石则分别为 0°～－20°、7°～9.3°和 0°～5.2°。光轴面近于∥（001）。常见钠长石双晶（照片 202，204）、肖钠长石双晶，且双晶纹一般清晰，但不如更长石细密。有不少情况不显双晶（特别在浅变质岩中，照片 201）。有时含石英、云母等其他矿物的包裹体。可具环带构造，但少见。高温钠长石为负光性，（－）2V = 50°～53°，随 An 成分增加而增大；低温钠长石为正光性，（＋）2V = 78°～82°，也随 An 成分增加而增大。

变化　钠长石一般新鲜者较多，有时可蚀变为绢云母或高岭石。

鉴别特征　钠长石与钾长石区别是前者多具聚片双晶，除高温变种外，光性为正，而钾长石为负光性；钠长石双折射率略高于钾长石。不具聚片双晶且表面干净的钠长石易与石英相混，根据二者的轴性（前者二轴晶，后者一轴晶）、突起（前者负低，后者正低）以及有无解理可区别。在一些变质岩中，有时会将钠长石和堇青石相混，特别是二者均具聚片双晶或均不具聚片双晶时，主要根据突起来区别，钠长石为负低突起，堇青石多为正低突起，此外，

指低、高温综合数值，以下同。

二者产出的条件不同,共生矿物也常有差异。详细区别可参考堇青石矿物一节。

产状及其他 钠长石产于低级变质岩、细碧岩、粗面岩、钠霞正长岩以及其他富钠质的正长岩、花岗岩中。也是花岗岩、碱性花岗岩晚期自变质矿物。钠长石化是许多岩石和矿石形成过程中钠质交代作用的主要形式,交代强烈时可形成钠长石岩。作为钠黝帘石化和钠长石化的蚀变产物,常见于各种镁铁质火成岩中。有时作为热液矿物见于矿脉中。在砂岩和长石砂岩中以碎屑矿物产出。在一些灰岩中可以自生矿物出现。在含锂伟晶岩中可见叶钠长石产出,与锂云母共生。

更(奥)长石 Oligoclase

(Na, Ca)[Al(Al, Si)Si_2O_8]

三斜晶系

N_g = 1.542 ~1.551

N_m = 1.536 ~1.548

N_p = 1.533 ~1.544

$N_g - N_p$ = 0.007 ~0.009

2V = (-)53°~(+)82° r = v

化学组成 An 分子从 10% ~30%,即 $Ab_{90}An_{10}$ - $Ab_{70}An_{30}$。成分中常含少量 Or 和 Cn(钡长石分子)。

结晶特点 板状或短柱状,自形晶常沿 a 轴延长,集合体多呈半自形—他形粒状。解理{010}和{001}完全,夹角 86°;有时还见{110}解理,较差。

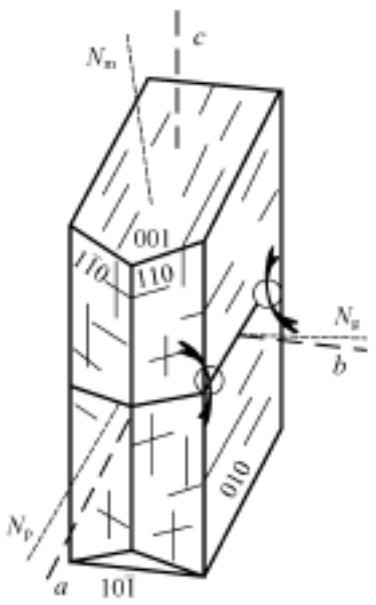


图 4-41 奥长石光性方位

光性特征 薄片中无色透明,但常因蚀变或风化而变混浊,常呈土灰色。折射率和树胶接近,所以突起极低,有正有负(接近 An_{10} 者为负,接近或大于 An_{20} 者为正),更长石玻璃折射率为 1.496 ~1.512。干涉色一级灰—黄白。斜消光,消光角较其他斜长石变种均小,(010) ∧ N_p 约 0°~14°,近平行消光。{001}解理面上消光角 0°~3°;{010}解理面上消光角为 -2°~+13°;光轴面平行或近于平行(001)。常见聚片双晶,其双晶各单体一般较细密,且平直(照片 205),有时一个颗粒切面可有十几个单体组成,在斜长石各变种中它的双晶最细。更长石为二轴晶,高温更长石为负光性,(-)2V = 53°~79°,随 An 成分增加而增大;低温更长石光性正或负,随 An 成分增加,2V 从 +82°变化到 -87°,当 An 含量在 18% ±时,2V = 90°。

变化 经常发生绢云母化(照片 185)。

鉴别特征 常具细而密的聚片双晶以及近于平行消光是更长石的主要特征。与钾长石区别可根据双晶和突起,除 An_{10} 左右的更长石以外,其他更长石均为正低突起,而钾长石为负低突起。两者解理也可作参考,在薄片中更长石的两组解理比钾长石更经常、更容易观察到。此外,二者的分解物及其镜下的颜色也有差别,更长石多为绢云母化,表面呈土灰色,而钾长石多为泥化,表面呈土红褐色。

产状及其他 更长石主要产于花岗岩、花岗闪长岩、石英二长岩、正长岩及其相应的火山岩中。An_{17} 以下的更长石常出现于白岗岩、碱性岩中。在伟晶岩中有时也可见更长石。

还常见于某些片麻岩、片岩和浅粒岩中，如花岗片麻岩、石榴黑云片麻岩等。球粒陨石中偶有发现。

中　长　石　Andesine

$(Na, Ca)[Al(Al, Si)Si_2O_8]$

三斜晶系

$N_g = 1.551 \sim 1.562$

$N_m = 1.548 \sim 1.558$

$N_p = 1.544 \sim 1.554$

$N_g - N_p = 0.007$

$2V = (-)79° - (+)78°$　$r = v$

化学组成　An 分子从 30% ～50%，即 $Ab_{70}An_{30}$ – $Ab_{50}An_{50}$。可含少量 Or 分子。

结晶特点　柱状或板状，自形晶体沿 a 轴延长，但不常见。集合体往往呈半自形—他形粒状。{010}、{001}解理完全，二者夹角 86°。

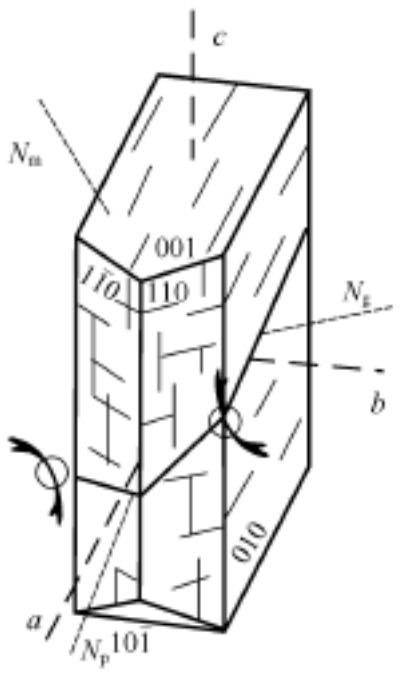


图 4－42　中长石光性方位

光性特征　薄片中无色，由于蚀变表面常混浊，多呈土灰色。正低突起，中长石玻璃折射率为 1.512 ～1.529。干涉色为一级灰，较其他斜长石略低，(010) ∧ N_p 约 14°～27°(高温中长石可达 32°)，{001}解理面上消光角为 0°～11°；{010}解理面上消光角为 -2°～-17°。光轴面接近(001)，略有倾斜。常见聚片双晶和环带构造(照片 206, 207)，有些环带可含赤铁矿、磁铁矿、金红石、磷灰石、钾长石、云母以及玻璃、液体包裹体，它们常沿中长石的 a 轴、c 轴分布。中长石为二轴晶，随 An 成分的增加，高温中长石光轴角从(-)79°变化到(+)80°，An_{38}时，2V = 90°；低温中长石光轴角从(-)87°～(+)78°，An_{33}时，2V = 90°。

变化　常蚀变为绢云母(照片 185)、高岭石、碳酸盐矿物(照片 186)、绿泥石、沸石(照片 197)等，也常变为方柱石(照片 193)、葡萄石(照片 191)和绿帘石(照片 187)。当具环带时，绢云母化常从中间环带开始，因此可见颗粒的中心不干净，而边部干净的现象(净边结构)。有时也见碳酸盐矿物呈脉状、不规则状交代斜长石(照片 190)或沿环带交代。

鉴别特征　中长石比其他成分的斜长石更常见环带构造和卡—钠复合双晶(照片 206, 207)，这是它的特征之一。中长石和钠长石(010) ∧ N_p 数值相近，但二者可根据突起区别之，前者为正低突起，后者为负低突起。

产状及其他　中长石主要见于闪长岩、安山岩以及花岗闪长岩、英安岩、二长岩、粗安岩等岩石中，是中性火成岩的标志矿物。有时见于紫苏花岗岩、某些辉长岩、玄武岩中。中长石也见于变质岩，如角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩、紫苏或角闪斜长片麻岩以及斜长角闪岩、片岩中。有时在沉积岩中有残留。在非球粒陨石中也可产出。

拉　长　石　Labradorite

(Ca , Na) [Al(Al, Si) Si_2O_8]

三斜晶系

N_g = 1. 562 ~1. 574

N_m = 1. 558 ~1. 569

N_p = 1. 554 ~1. 564

N_g - N_p = 0. 007 - 0. 009

(+) 2V = 76 °~89 °　　r < v

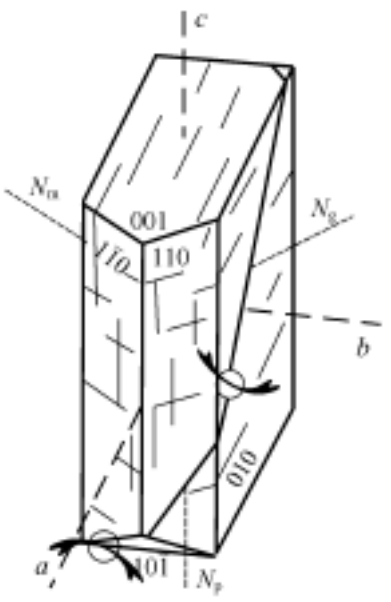


图 4 -43　拉长石光性方位

化学组成　An 分子从 50% 至 70%, 即 $Ab_{50}An_{50}$ - $Ab_{30}An_{70}$。可含少量 Or 分子。

结晶特点　板状或柱状, 微晶常呈条状, 沿 a 轴延长。集合体中常为半自形晶和他形晶, 横切面方形或矩形。{ 010}、{ 001}解理完全, 夹角 86 °。有时见{ 110}、{ $\bar{1}$10}解理。

光性特征　薄片中无色, 由于蚀变表面常混浊, 多呈土灰色。正低突起, 拉长石玻璃折射率为 1. 528 ~1. 546。干涉色为一级灰白。(010) ∧ N_p 约 27 °~40 °。{ 001}解理面上消光角 - 11 °~ - 16 °;{ 010}解理面上消光角 - 17 °~ - 27 °。光轴面接近(100) 。常见聚片双晶(照片 208) , 主要为钠长石律、钠—卡复合律(照片 180) 、肖钠长石律等, 双晶带单体较宽。在斑晶中常见环带构造。晶体中有时可见钛铁矿、赤铁矿、金红石、玻璃等包裹体。高温拉长石 2V = 78 °~83 °; 低温拉长石 2V = 78 °~89 °; 均为正光性。

变化　常发生钠黝帘石化(照片 188, 189) 和绿泥石化、绢云母化(照片 185) 、葡萄石化(照片 191, 192) 、方柱石化(照片 193) 、绿帘石化(照片 187) 等。

鉴别特征　拉长石根据消光角和较大的折射率可与其他斜长石区别。

产状及其他　拉长石为镁铁质侵入岩和火山岩的主要组成矿物之一。常见于辉长岩、苏长岩、斜长岩、辉绿岩、玄武岩、紫苏花岗岩中。也产于基性碱性火成岩, 如碱性辉长岩、霞斜岩、碱玄岩、碧玄岩中。在镁铁质变质岩如麻粒岩、斜长角闪岩中均可见。非球粒陨石中偶见。

倍(培) 长石　Bytownite

(Ca , Na) [Al(Al, Si) Si_2O_8]

三斜晶系

N_g = 1. 574 ~1. 585

N_m = 1. 569 ~1. 579

N_p = 1. 564 ~1. 572

N_g - N_p = 0. 009 ~0. 012

2V = (+) 85 °~(-) 79　　r < v

化学组成　An 分子从 70% 至 90%，即 $Ab_{30}An_{70}$－$Ab_{10}An_{90}$。可含少量 Or 分子。

结晶特点　板状或柱状，集合体中多为半自形—他形粒状。{010}、{001}解理完全，夹角 86°。

光性特征　薄片中无色透明，蚀变后变混浊，显土灰色。正低突起，倍长石玻璃折射率为 1.546～1.565。干涉色一级黄白到黄。(010) ∧ N_p 约为 40°～45°；{001}解理面上消光角 -16°～-32°；{010}解理面上消光角 -29°～37°。光轴面近于∥(100)，聚片双晶常见，主要为钠长石律、钠—卡复合律、肖钠长石律，双晶带宽且清楚(照片 209)。晶体中可见橄榄石、辉石包裹体。倍长石多为负光性，光轴角随 An 含量而变化，低温培长石 2V = (+) 89°～(-) 79°；高温倍长石不常见，2V = (±) 80°±。

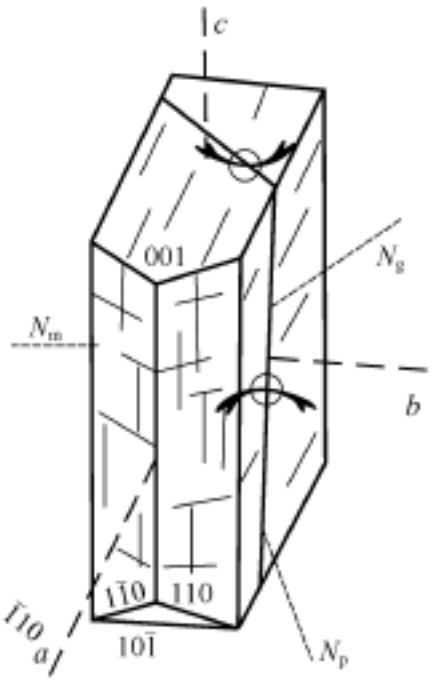


图 4－44　倍长石光性方位

变化　常发生钠黝帘石化(照片 188, 189)和绿泥石化，也见葡萄石化(照片 191, 192)、方柱石化(照片 193)。

鉴别特征　倍长石根据消光角、较大的双折射率和折射率，区别于其他成分的斜长石。

产状及其他　倍长石较少见。在一些镁铁质和超镁铁质岩如辉长石、斜长岩、玄武岩和含斜橄榄岩中可见。月岩中很丰富，非球粒陨石中也可见到。

钙　长　石　Anorthite

$Ca[Al_2Si_2O_8]$

三斜晶系

N_g = 1.585～1.590

N_m = 1.579～1.584

N_p = 1.572～1.577

$N_g - N_p$ = 0.011～0.013

(-) 2V = 77°～79°　　r > v

化学组成　Ab 分子不超过 10%，即 $Ab_{10}An_{90}$－Ab_0An_{100}。几乎全由 An 分子组成。成分中可含极少量 Or 分子。

结晶特点　板状或沿 c 轴延长的短柱状。集合体为半自形—他形粒状。{010}、{001}解理完全，夹角 86°，{110}不完全。

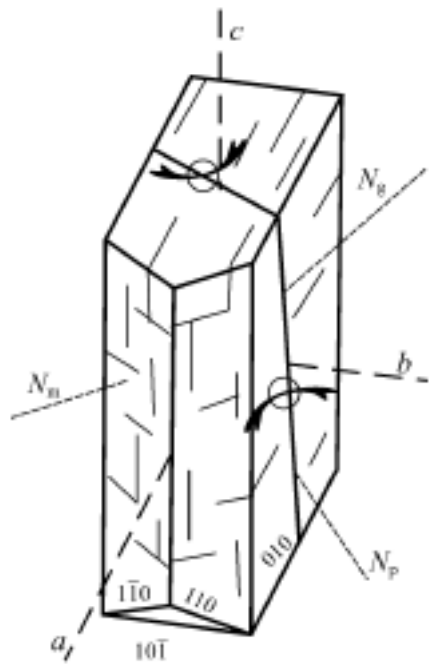


图 4－45　钙长石光性方位

光性特征　薄片中无色。正低突起，钙长石玻璃折射率为 1.565～1.575。最高干涉色可达一级黄白到一级黄。(010) ∧ N_p 45°以上，甚至达 70°；{001}解理面上消光角为 -32°～-43°；{010}解理面上消光角为 -37°～39°。光轴面近于平行(100)。常见聚片双晶，主要为钠长石律和肖钠长石律，双晶带宽(照片 210)。全为负光性。

鉴别特征　钙长石与其他斜长石比较，折射率较大，双折射率最大，即干涉色可达一级

黄—黄白,(010) ∧N_p 最大。

产状及其他 钙长石产于镁铁质、超镁铁质火成岩,如某些斜长岩、橄榄岩、辉长岩等岩石中,但少见。也可产于矽卡岩等变质岩中,伴生矿物有透辉石、钙铝榴石、硅灰石、黄长石及较少出现的钙硅酸盐矿物。有时在一些炉渣中出现。在非球粒陨石中也能见到。高级变质岩地区的石榴二辉麻粒岩中的石榴子石周围出现蠕虫状和球粒状的细小紫苏辉石、斜长石组成的后成合晶,这些细小的斜长石的 An 在 90% 左右,为钙长石-倍长石的成分。上述现象在某些接触变质岩地区也能见到。

钡冰长石亚族 Hyalophane Subgroup

钡冰长石亚族即钾钡长石系列,钡长石分子(Cn)与钾长石分子(Or)组成有限类质同象。根据 Cn 和 Or 所含比例不同,一般可将其分为钡冰长石和钡长石两个变种。它们主要在火山岩、伟晶岩中出现,常与含锰矿物共生。自然界少见。

钡 冰 长 石 Hyalophane

$(K, Ba)[Al(AlSi)Si_2O_8]$

单斜晶系 $\beta = 115°30'$

$N_g = 1.526 \sim 1.547$

$N_m = 1.524 \sim 1.545$

$N_p = 1.520 \sim 1.542$

$N_g - N_p = 0.005 \sim 0.010$

$(-)2V = 48° \sim 79°$ $r > v$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_p = 0° \sim 20°$; $c \wedge N_m = 25° \sim 45°$; **光轴面** $\perp (010)$

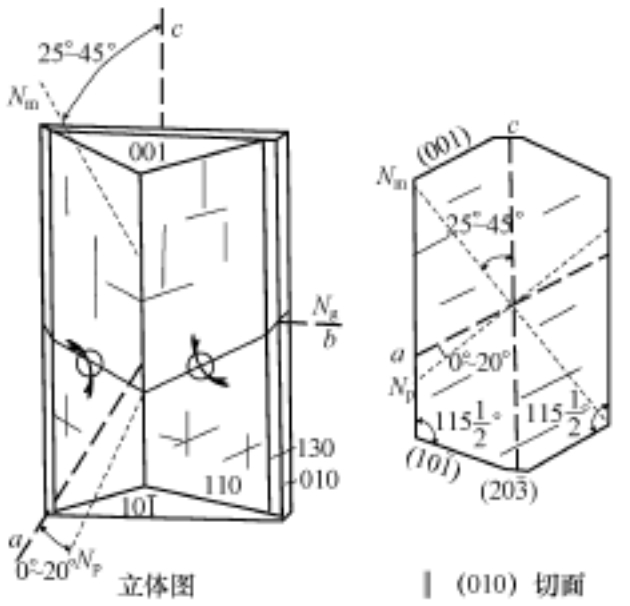


图 4-46 钡冰长石光性方位

化学组成 属钾钡长石系列的中间变种,Cn 分子可达 35%,有时达 50%,时常有 Na、Ca、Sr、Rb 等混入。

结晶特点 晶体沿 c 轴延长呈柱状或粒状。解理{001}完全,{010}较完全。

光性特征 无色透明,有时常带黄、绿、褐的灰色,少数红色,薄片中无色。折射率随含钡量而增大,负低突起至无突起。双折射率低,干涉色一级灰至黄白。消光角 a ∧ N_p 和 c ∧ N_m 皆随含钡量增加而增大。双晶沿(021)或(001)可见。无聚片双晶。延性可正可负。

鉴别特征 标本透明如水,薄片中与钡长石相似,但其光轴面垂直(010),即在 ⊥Bxa 切面干涉图中两光轴出露点连线方向(光轴面方向)垂直晶体长边,而钡长石的光轴面为平行(010),即两光轴出露点连线平行晶体长边(图 4-46, 4-47)。与正长石区别是其折射率比正长石稍高。

产状及其他 钡冰长石在接触交代的白云岩中与电气石、金云母、绿帘石共生,形成金云母-方解石脉。在方沸石、响岩中,钡冰长石呈斑晶产出。

钡　长　石　Celsian

$Ba[Al_2Si_2O_8]$

单斜晶系　β=115°12′

N_g = 1.588 ~ 1.600

N_m = 1.583 ~ 1.593

N_p = 1.579 ~ 1.587

$N_g - N_p$ = 0.009 ~ 0.013

(+) 2V = 83° ~ 92°

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 27° ~ 30°, c ∧ N_p = 3° ~ 5°; **光轴面** ∥ (010)

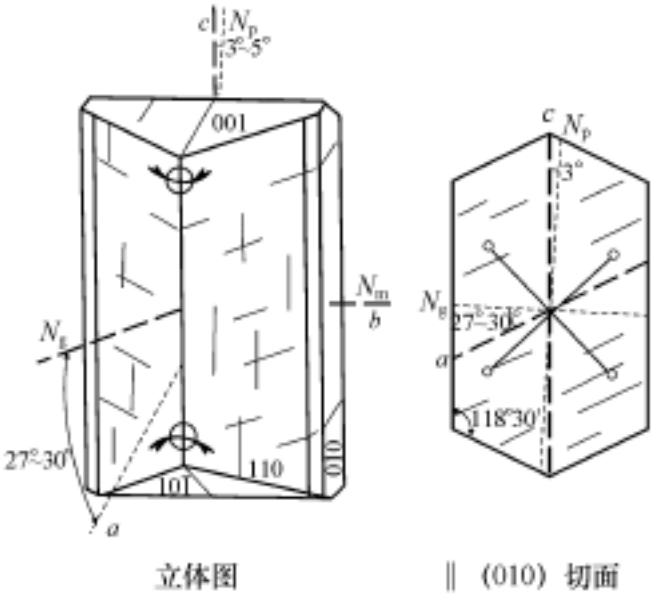


图 4-47　钡长石光性方位

化学组成　较钡冰长石更富 Cn 分子。通常含有 Or 和少量 Ab 分子。另含极少 Ti、Fe、Mn、Mg 等。

结晶特点　常呈自形晶, 短柱状、板状、叶片状, 有时为长柱状、粒状。{001}解理完全, {010}较完全, {110}不完全。

光性特征　无色透明或半透明, 有时呈红或黑的假色(氧化铁、氧化锰造成), 薄片无色。正低突起, 干涉色一级黄白—橙红。常见卡斯巴律、曼尼巴律和巴温诺律双晶, 无聚片双晶。二轴晶正光性, 光轴角大。

鉴别特征　与钡冰长石的区别在于钡长石突起较高, 干涉色较高, 且光轴面平行(010)。同正长石的区别在于钡长石折射率、双折射率均较大。钡长石没有聚片双晶, 可与大多数斜长石相区别。

产状及其他　钡长石产于接触交代岩石和接触交代矿床(特别是锰矿床)中, 与辉石共生, 有时也呈单矿物细脉产出。钡长石也见于石英岩中, 与石英、透辉石、毒重石及硅钡石等共生或伴生。

堇　青　石　Cordierite

$(Mg, Fe)_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$

斜方晶系

N_g = 1.537 ~ 1.578

N_m = 1.532 ~ 1.574

N_p = 1.527 ~ 1.560

$N_g - N_p$ = 0.010 ~ 0.018

2V = (-) 42° ~ (+) 76°　　r < v **弱**

a ∥ N_m, b ∥ N_g, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (100)

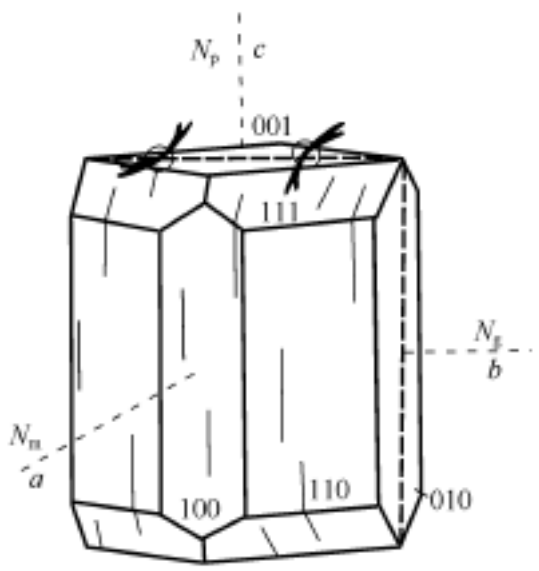


图 4-48　堇青石光性方位

化学组成　成分中含有少量或微量的 Ca、Na、K、Mn、Ti、H_2O 等。其中 Al 可被 Fe^{3+} 少量代替。Mg 和 Fe 可完全类质同象替代, 当 Mg > Fe 时为堇青石; 当

Fe > Mg时则为铁堇青石，自然界中大多数为富镁的堇青石，富铁者较少见。水堇青石晶体中含水较多，是一种低温矿物。

结晶特点　短柱状晶体少见，大多数为他形粒状，完好的晶形横切面具有六边形，纵切面呈长方形（照片213，214），薄片中经常为不规则粒状和卵状（照片216）。解理{010}中等，{100}、{001}不完全。

光性特征　无色，但常带蓝色和紫色，颜色往往随观察方向不同而呈深蓝色或黄色，薄片中无色，仅在厚薄片中具有无色—浅蓝色的弱多色性，富铁变种的多色性则较明显。负或正低突起。最高干涉色为一级黄，双折射率随铁的含量增加而增大。富铁变种的干涉色可达一级紫红。柱面上解理为平行消光，负延性。堇青石的双晶十分特殊，呈扇形的六连晶（照片211，212）和三连晶，六连晶的对顶单体同时消光，相邻单体为对称消光，其消光角为30°（照片211）。堇青石具有与斜长石十分相似的聚片双晶且常见斜交的两组，有时为三组（照片217）。当聚片双晶的交角为120°或60°时，双晶缝十分清晰（照片215，212，217），而斜长石的两组双晶交角在120°或60°时，双晶缝变粗或模糊。堇青石总是呈变斑晶产出，晶体中常包裹有很多矽线石、石英、云母、长石、锆石、磷灰石、电气石、尖晶石等细小矿物，它们经常定向分布，形成残缕结构（照片216）。在锆石、电气石和独居石等细小包裹体的周围，有时能看到很特别的柠檬黄的多色晕（照片218，219），这是鉴定堇青石的主要标志之一。通常堇青石为二轴晶负光性，r < v；但也见二轴晶正光性，r > v；此外，还发现在高温条件下（>830℃）产出的一轴晶正光性的堇青石。

变化　堇青石易变为绢云母（照片220，221，222，224）、白云母和浅黄色或黄色的胶蛇纹石（照片223，222）、滑石；富铁堇青石易变为绿泥石等矿物。绢云母沿堇青石的边缘、解理和裂纹分布，在两者的接触带上，绢云母集合体呈睫毛状或毛刺状生长（照片224），有时堇青石晶体全部被绢云母或胶蛇纹石代替（照片222，223，221），呈假象产出。

鉴别特征　堇青石以特征的六连晶、三连晶、聚片双晶、解理不完全、平行消光、负延性、及锆石等包裹体周围的多色晕等为鉴别标志。在富含铝和镁的泥质岩与侵入体的接触带的变质岩石中，呈圆粒状及卵形的低突起变斑晶的矿物往往是堇青石（照片216）。在富铝的结晶片岩和片麻岩中也应注意可能有堇青石存在。堇青石最易与石英、长石相混淆，它们之间的区别：①堇青石解理不完全，以此可与具两组完全解理的长石及无解理的石英相区别；②堇青石最高干涉色比长石和石英至少高一个色序（石英为一级黄白、长石为一级灰或白，而堇青石为一级黄）；③堇青石晶体中的细小锆石、磷灰石、独居石等包裹体周围的柠檬黄多色晕是其重要鉴别标志；④堇青石常具六连晶、三连晶，且六连晶对顶单体同时消光，相邻单体为对称消光，消光位与双晶缝为30°的消光角；⑤当堇青石两组聚片双晶斜交呈120°（60°）时，双晶最清晰，而斜长石两组双晶交角为120°或60°时，双晶缝粗且模糊；⑥堇青石的蚀变矿物常见淡黄色胶蛇纹石和绢云母，沿堇青石解理和裂缝绢云母呈毛刺状、睫毛状生长；⑦堇青石绝大多数是二轴晶矿物，与石英明显不同。

总之，堇青石是一个较难鉴定的变质矿物，鉴定时，既要综合其光性特征还应结合其矿物共生组合和产状特征等各方面资料，才能得到准确的结果。

产状及其他　堇青石主要产于富含Al_2O_3、MgO的泥质岩石与侵入体的接触带的变质岩石中。堇青石常呈变斑晶产出，并与红柱石、云母等矿物共生。在高级接触变质岩中，堇青石与针柱状的矽线石、钾长石和黑云母共生。在区域变质的结晶片岩中，堇青石和红柱石

共生是低压变质相系的标志。在高级变质的片麻岩中,堇青石与矽线石、石榴子石、紫苏辉石、假蓝宝石、钾长石、黑云母等矿物共生。在泥质变质岩石中,石榴子石、蓝晶石、十字石、矽线石、假蓝宝石、尖晶石等矿物周围有堇青石围生。在侵入岩体的内接触带有时也能找到堇青石。堇青石因其具有奇异的闪色性,可做装饰品。

铁堇青石　Sekaninaite, iron－cordierite　$(Fe, Mg)_2Al_4Si_5O_{18}$。斜方晶系。是堇青石中 FeO 含量较高的变种。铁堇青石与堇青石可形成类质同象系列(FeO 可达 15% ～18%, Fe > Mg)。折射率和双折射率均比堇青石要高, N_g = 1.573 ～1.578, N_m = 1.568 ～1.574, N_p = 1.558 ～1.560, $N_g - N_p$ = 0.015 ～0.018。薄片中无色或具弱多色性: N_p—无色, N_m—浅蓝色, N_g—浅蓝色。二轴晶负光性,光轴角较大。

印度石　Indialite　$Mg_2Al_3[AlSi_5O_{18}]$。六方晶系,是堇青石同质二象体,在 830℃以上稳定。印度石晶形为六方柱状或不规则粒状。薄片中具有无色-淡紫色的多色性。负低突起, N_o = 1.528 ～1.539, N_e = 1.524 ～1.534, $N_o - N_e$ = 0.005 。最高干涉色一级灰。平行消光,正延性。一轴晶负光性。该矿物发现于印度博卡罗煤田中,产于因下伏煤层燃烧而熔化且重结晶的沉积岩中,不稳定,故自然界分布少。

大隅石　Osumilite　$NaMg_2Fe_2^{2+}Al_2[Al_3Si_9O_{30}] \cdot H_2O$。六方晶系,与堇青石在成分及外貌特征上十分相似,但晶体结构上略有差异,前者具 $[Si_{12}O_{30}]$ 环,而后者具 $[Si_6O_{18}]$ 环。大隅石晶形呈短柱状或板状。薄片中具多色性: N_e—无色, N_o—天蓝色。无解理。正低突起, N_o = 1.545 ～1.547, N_e = 1.549 ～1.559。$N_e - N_o$ = 0.004 - 0.012,一般为一级灰干涉色,一轴晶正光性。产于日本的斜长花岗岩的孔隙内或岩石基质中,与鳞石英、石英伴生。

粘土矿物　Clay minerals

粘土矿物为含水的铝硅酸盐类,阳离子主要是 Mg^{2+}、Al^{3+},其次为 Fe^{2+}、Fe^{3+}、Ni^{3+}、Mn^{2+} 和 K^+、Na^+ 等。它们属层状硅酸盐。除水铝英石为非晶质外,其他粘土矿物均为单斜晶系。多呈假六方薄片状、鳞片状,主要呈微粒集合体或纤维状产出。颗粒微细,一般小于 0.002 mm,部分呈胶体状态,肉眼观察呈块状、土状,一般显微镜下也很难准确区分它们,往往需借助电子显微镜。粘土矿物的折射率较小,近于树胶折射率,双折射率低至中等。粘土矿物与水混合,可成为具有不同黏性的材料,加热失水后可形成坚硬难熔的材料。粘土矿物主要是沉积生成物,也可以是原生矿物(长石、云母、似长石等)的热液蚀变或风化产物。粘土矿物主要用于陶瓷制品、钻探用泥浆、造纸、橡胶、石油工业等。

按晶体结构、成分特点及主要光学性质,一般可将粘土矿物分为以下亚族和变种:

(1)高岭石亚族:包括高岭石、多水高岭石(埃洛石或叙永石)、地开石(迪开石)、珍珠陶土、水铝英石等。

(2)伊利石(水云母)亚族:包括水白云母(伊利水云母)、钠伊利石(Brammalite)等。

(3)蒙脱石(微晶高岭石)亚族:包括蒙脱石(微晶高岭石、胶岭石)、绿脱石(绿高岭石、囊脱石)、皂石、拜来石(Beidellite)等。

(4)蛭石亚族:主要为蛭石。

(5)坡缕石(山软木)亚族:包括坡缕石(Palygorskite)、海泡石(Sepiolite)等。常见的变种及其光性特征见表 4－6。

表4-6　常见粘土矿物的主要光性特征

矿物名称		晶系	形态(高倍镜或电子显微镜下)	颜色(镜下)	折射率(N_m或N)	双折射率	干涉色	(010)面上消光角	延性	备注
高岭石亚族	高岭石	三斜	<1 mm。鳞片状、书页状、蠕状、土状	无色-浅黄	1.559～1.569	0.006	一级灰	≈平行 1°～3°30′	(+)	负光性
	地开石	单斜	页片状、鳞片状、扇状集合体	无色或淡黄色	1.561～1.566	0.006	一级灰	14°～20°	(+)	结晶较粗,正光性
	珍珠陶土	单斜	板状、薄片状、放射状	无色	1.562～1.563	0.006	一级灰	10°～12°	(+)	结晶较粗
	多水高岭石	单斜	极细。土状、棒状、针状	无色	1.528～1.542	0～0.004	极低		(-)	几乎为均质体
	水铝英石	非晶质	胶状体、细分散状	无色	1.47～1.49(N)	均质体				折射率高于蛋白石
蒙脱石亚族	蒙脱石	单斜	极细。页片状、球状、毡状、鳞片状	无色或浅黄、绿、褐	1.516～1.526	0.025～0.030	二级底—顶	≈平行	(+)	具强吸附性
	绿脱石	单斜	球状、鲕状、鳞片状、羽状	绿或黄褐色见多色性	1.585～1.60	0.020～0.025	二级底	≈平行	(+)	干涉色高于绿泥石
	皂石	单斜	鳞片状、条板状、球状	绿、黄绿、黄褐	1.510～1.527	0.025～0.036	二级底—顶	≈平行	(+)	干涉色高于绿泥石
	拜来石(贝得石)	单斜	云雾状、绒毛状、叶片状	无色	1.535～1.57	0.042～0.049	三级蓝绿	≈平行		斑脱岩粘土矿床主要成分
伊利石亚族	水白云母	单斜	特征的弯曲蠕虫状、鳞片状	无色、淡绿、淡黄褐	1.574～1.610(N_g)	0.020～0.038	二级底—三级底	≈平行	(+)	通常干涉色低于绢云母
	钠伊利石	单斜	鳞片状	无色	1.579	0.018	二级底	≈平行	(+)	
蛭石亚族	蛭石	单斜	片状、鳞片状	无色、淡褐、淡褐绿	1.540～1.583	0.02～0.03	二级底—顶	≈平行	(+)	颜色、干涉色较黑云母低
坡缕石亚族	坡缕石	单斜	土状、纤细发丝状、毛毡状	无色	1.540～1.558	0.005～0.008	一级灰—灰白			
	海泡石	斜方	鳞片状、纤状、针状	无色—微褐	1.520～1.525	0.009～0.010	一级黄白	≈平行		铁海泡石 N_m = 1.60

高　岭　石　Kaolinite

$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜或三斜晶系

$N_g = 1.560 \sim 1.570$

$N_m = 1.559 \sim 1.569$

$N_p = 1.553 \sim 1.565$

$N_g - N_p = 0.006$

$(-)2V = 10° \sim 57°$　　$r > v$ **弱**

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 1° \sim 3°30'$, N_p **近于⊥(001), 光轴面⊥(010)**

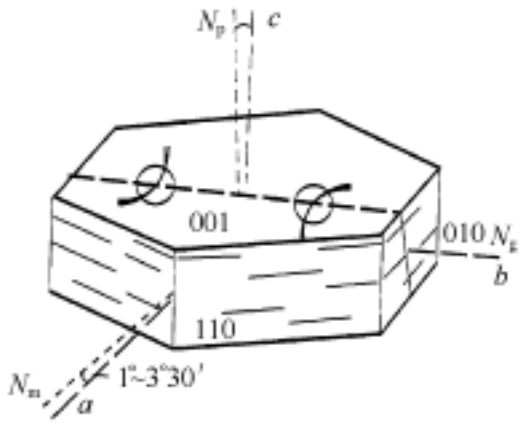


图 4－49　高岭石光性方位

化学组成　常含 Fe^{3+}、Mg、Ca、Na、K 等。

结晶特点　结晶成细小鳞片状, 电子显微镜下可见到假六方板状高岭石, 颗粒较大时具有很好的直边, 有时呈 60°交角的延长薄板状, 平均宽度约 0.04 μm。在显微镜中一般见不到规则形状, 多是鳞片状叠置集合体, 呈书页状、蠕虫状、放射状、粒状或致密块状。偶尔见到较大晶体约 2 mm。{001}解理完全, 弯曲状(照片 225)。

光性特征　白色, 有时呈淡的红、褐、蓝色调, 薄片无色或淡黄。对于细小颗粒, 只能测量平均折射率, 其平均值为 1.560, 呈正低突起。干涉色一级灰白(照片 226), 对于{001}解理近于平行消光, 正延性。

鉴别特征　高岭石的双折射率低于绢云母、滑石。高岭石与蒙脱石的区别在于高岭石的折射率高, 为正低突起, 双折射率低、干涉色低。当薄片中的颗粒较大时, 可以用光性区别高岭石和地开石, 地开石光性为正、折射率低、消光角大($a \wedge N_m = 14° \sim 20°$)。珍珠陶土的消光角也大于高岭石。

粘土矿物精确鉴定应结合差热分析、X 光测定、染色实验及其他方法。

产状及其他　高岭石主要是长石、似长石等经热液蚀变或风化作用分解的产物。广泛分布于火成岩、变质岩的风化壳中, 是粘土岩的一种组成矿物。原生云母或由长石风化形成的次生云母也可转变成蠕虫状高岭石。在土壤中, 含铝的硅酸盐矿物, 经腐殖酸作用也可形成大量高岭石。在热液作用下某些矿床常常出现粘土矿物的蚀变带, 高岭石一般位于中带。高岭石最早发现于我国江西高岭, 因而得名, 外国人也称它为"中国粘土"。主要用于陶瓷制品, 或作为纺织、造纸、橡胶、颜料等的漂白剂或配料。与高岭石常伴生的矿物有蒙脱石、水白云母、绿泥石、石英、褐铁矿、长石等。

多水高岭石　Halloysite　$Al_4(H_2O)_4[Si_4O_{10}](OH)_8$, 成分中水分子比高岭石多, 并常混有少量 Fe、Mg、Ca、Cr、Na、K、Cu 等。单斜晶系。结晶极细, 土状、针状, 电子显微镜下呈棒状集合体。普通显微镜下不易分辨晶粒界限。常见因干燥而造成的裂纹, 呈碎块状形态。白色、淡天蓝色, 薄片中无色, 折射率 1.528～1.542, 负低突起, 折射率随脱水而增高, 据资料报道, 当多水高岭石脱水 5% 时, 其折射率可增到 1.56。

粘土矿物在测定折射率时可以将样品置静水中, 缓慢沉淀使水自然蒸发, 之后得到沉淀的定向集合体(薄片), 取出即可进行油浸法测量。这种方法适用于高岭石、多水高岭石。对于其他粘土矿物须小心, 因为有的矿物吸水或因有机浸油的渗透, 其折射率值有变化, 有的双折射率有显著变化, 因而不能测得精确数值。

干涉色极低,近均质性,负延性。与高岭石不同的是,折射率略低于高岭石,电镜下二者晶形不同。多水高岭石是典型的表生矿物,见于铁镁质岩风化壳或石灰岩喀斯特溶洞中,也见于硫化物矿床氧化带中,与高岭石、钠明矾石、三水铝石、水铝英石等伴生。主要用于陶瓷工业中。

变水高岭石 Metahalloysite 又称变叙永石,偏埃洛石或偏多水高岭石。$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$,是多水高岭石的失水产物。单斜晶系,鳞片状,他形粒状,较大晶粒可达 0.3 mm,细小者电镜下形态与高岭石相似,为假六方板状或不规则状。薄片中无色,折射率较多水高岭石略高,平均为 1.55 ~1.56,双折射率极低约 0.002,几乎为均质性。一般产于古风化壳。见于硬质粘土岩(燧石粘土)中,有时含量可达 50% ±,这种岩石存在下列变化关系:多水高岭石→变水高岭石→高岭石。

地开石(迪开石) Dickite

$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜晶系 $\beta = 103°35'$

$N_g = 1.566 \sim 1.570$

$N_m = 1.561 \sim 1.566$

$N_p = 1.560 \sim 1.564$

$N_g - N_p = 0.006$

$(+)2V = 50° \sim 80°$ r > v

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 14° \sim 20°$,**光轴面**$\perp$(010)

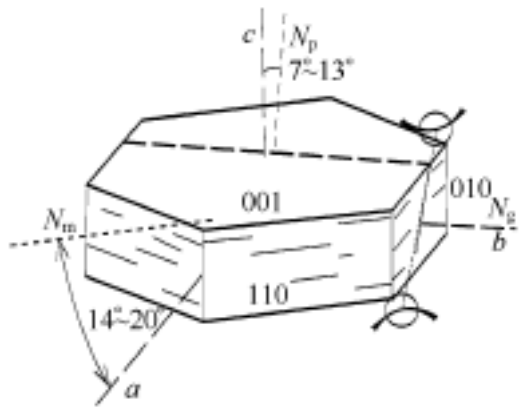


图 4-50 地开石光性方位

化学组成 同高岭石。

结晶特点 呈细微的假六方形页片状、鳞片状、蠕虫状,或近平行的放射状、扇状集合体。晶粒大小可达 0.1 ~0.5 mm。{001}解理完全。

光性特征 无色,粉末白色,有时因含杂质而微带浅褐、淡黄或淡绿色,薄片中无色至淡黄色。正低突起。最高干涉色一级灰白,在平行(010)的切面上呈斜消光,消光角 $a \wedge N_m = 14° \sim 20°$。正延性。

鉴别特征 地开石的光性为正,且$\perp$Bxa 切面不在{001}解理面上,即该面上可见一组解理,这两点可与高岭石、珍珠陶土、绢云母、水白云母、叶蜡石、滑石、蒙脱石相区别。此外以其消光角 $a \wedge N_m$ 大,可与高岭石、珍珠陶土相区别。

产状及其他 火山岩受低温热液蚀变往往可形成地开石。与金属硫化物及石英共生于热液的矿脉裂隙及空洞中;也可以是石英、方解石等矿物上的被膜。从不产于粘土中。在砂岩中可作为胶结物出现。

珍 珠 陶 土 Nacrite

$Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜晶系 $\beta = 113°45'$

$N_g = 1.563 \sim 1.566$

$N_m = 1.562 \sim 1.563$

$N_p = 1.557 \sim 1.560$

$N_g - N_p = 0.006$

$(-)2V = 40° \sim 90°$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 10° \sim 12°$, **光轴面** $\perp (010)$

化学组成　同高岭石。

结晶特点　晶体呈假六方鳞片状, 板状或放射状集合体, 是高岭石亚族中结晶较好的矿物。粒径可达 5 mm。{001}解理完全, {010}、{110}次之。

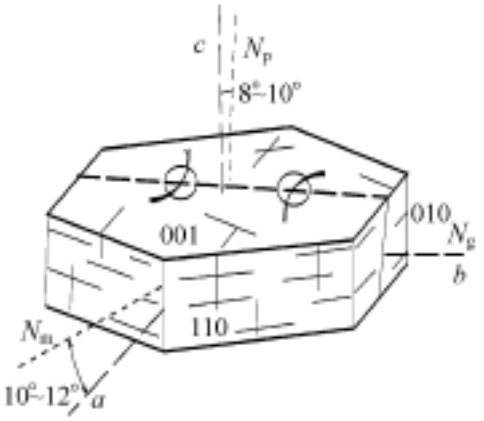


图 4-51　珍珠陶土光性方位

光性特征　无色、白色或淡黄色, 薄片中无色或极淡的黄色。干涉色一级灰白。在(010)切面上斜消光, 消光角 $a \wedge N_m = 10° \sim 12°$。正延性。晶粒大时可见沿(110)的三连晶。

鉴别特征　珍珠陶土与高岭石、地开石的区别主要根据消光角。如果颗粒大时, 在纵切面上有时可见横解理。绢云母、水白云母、蒙脱石、叶蜡石、滑石为平行消光, 双折射率高, 以此区别于珍珠陶土, 更准确的鉴定须结合其他方法。

产状及其他　珍珠陶土通常产于金属矿脉两旁, 为低温热液蚀变产物, 例如可以围绕方铅矿成片状晶体或围绕辉绿岩呈皮壳状。珍珠陶土可与石英、重晶石、方解石、硫化物等产于矿脉中。在伟晶岩、大理岩等的裂隙和空洞中也有产出。不见于沉积岩中。

蒙脱石(胶岭石, 微晶高岭石)　Montmorillonite

$Na_x(H_2O)_4\{(Al_{2-x}Mg_x)[Si_4O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta \approx 90°$

$N_g = 1.516 \sim 1.527$

$N_m = 1.516 \sim 1.526$

$N_p = 1.493 \sim 1.503$

$N_g - N_p = 0.025 \sim 0.030$

$(-)2V = 0° \sim 30°$

a 近于 $\parallel N_g$, **b** $\parallel N_m$, N_p **近于** $\perp (001)$, **光轴面** $\parallel (010)$

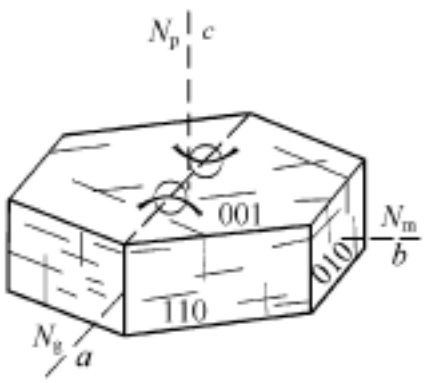


图 4-52　蒙脱石光性方位

化学组成　成分复杂, 变化不定。成分中 Al > Mg > Fe, 可含有 Li、Na、K、Fe^{3+}, 这与其具强吸附性有关。蒙脱石富含大量的层间水, 同时也可吸附有机液体(如乙醇、蛋白质等)。蒙脱石与绿脱石构成类质同象系列, 二者光性可有规律的变化。

结晶特点　晶体极细小, 多为纤片状或呈致密状集合体, 有时为蠕虫状、聚片状、球粒状集合体, 极少见假六方板状, 偶呈纤维状。

光性特征　粉红色、奶油色(浅黄色)或亮褐色, 有时为白色, 薄片中无色, 也常呈淡黄绿色、淡黄褐色或淡粉红色。负低突起, 失水的蒙脱石折射率增大, N_m 可达 1.554。而且随 Fe^{3+}、Mg^{2+} 对 Al 的代替, 折射率、双折射率, 光轴角增大, 并由蒙脱石过渡到绿(囊)脱石。由于其晶体细小, 不易准确测定光性。正交偏光间见二级干涉色, 由于晶粒细小有时见一级顶干涉色, 近于平行消光, 正延性。

变化　干燥时致密、平滑, 可成粉末, 加水时膨胀成冻胶状, 经变质作用可转变成叶蜡石、绿泥石等。

鉴别特征　蒙脱石以加水膨胀为特征。其负低突起可与高岭石、水白云母区别,且其一级顶到二级底的干涉色比高岭石高而比水白云母低。此外,绿泥石的双折射率小,地开石、珍珠陶土的折射率大,双折射率小,均可与之区别。

产状及其他　蒙脱石主要产于由火山灰及凝灰岩分解而成的斑脱岩中。伴有未变化的火山玻璃、火山碎屑物、方英石、水白云母、高岭石、沸石、黄铁矿等。所谓"漂白土"的主要成分是蒙脱石。蒙脱石也产于金属矿脉和矿床的热液蚀变物、温泉、钙质沉积岩、硅质白云岩及镁铁质岩石的风化土壤中。在一些海相沉积的粘土岩中,蒙脱石也可作为主要成分产出。蒙脱石由于有强的吸附力,常作为吸附剂。此外在橡胶工业中用作填料,在钻井用的泥浆中需掺入蒙脱石。亦用于膏剂,可作牙膏、牙粉。

绿脱石(绿高岭石,囊脱石)　Nontronite

$Na_x(H_2O)_4\{Fe_2^{3+}[Al_xSi_{4-x}O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta \approx 90°$

$N_g = 1.585 \sim 1.610$

$N_m = 1.585 \sim 1.600$

$N_p = 1.560 \sim 1.589$

$N_g - N_p = 0.020 \sim 0.025$

$(-)2V = 25° \sim 68°$

a 近于 ∥ N_g, b ∥ N_m, N_p 近于 ⊥(001), 光轴面 ∥(010)

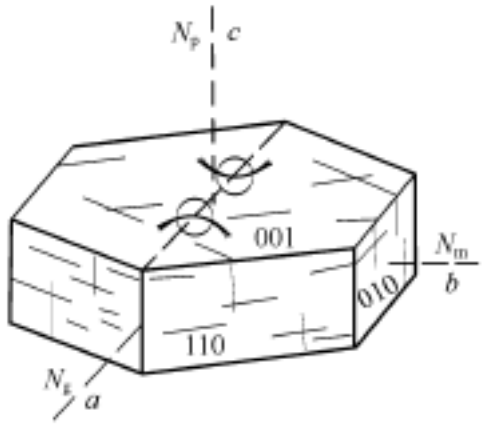


图 4-53　绿脱石光性方位

化学组成　为蒙脱石含铁的变种,与蒙脱石组成类质同象系列。常含 Mg、Ca、K、Na、Ni、Cr 等。

结晶特点　绿脱石颗粒细小,呈隐晶质致密块状或土状集合体,或呈球粒状、鲕状、鳞片状、羽状集合体,鳞片状者在镜下有时见{001}解理。

光性特征　黄、黄绿或褐色,薄片中绿或黄,具明显多色性:N_p—淡黄或黄绿,N_m—橄榄绿或黄绿,N_g—亮绿或褐绿,如果能见到解理,平行{001}解理缝为绿色,⊥{001}解理缝为黄色。正低突起。干涉色二级蓝—蓝绿,当 Fe_2O_3 含量达 25% 以上时双折射率 $N_g - N_p = 0.040$,干涉色可达三级。二轴晶负光性,光轴角一般较小,个别大者达 68°±。有时可见正光性。

变化　绿脱石经风化可分解,转变为氢氧化铁和蛋白石。

鉴别特征　其特征的黄绿色可与其他粘土矿物区别。与绿泥石的区别在于绿脱石的双折射率较大,干涉色较高。与蛭石的区别是蛭石折射率、双折射率小。与高岭石的区别除绿脱石颜色外,其折射率也较高岭石高。

产状及其他　绿脱石主要为富含铁镁的岩石风化分解产物。通常出现于风化壳下部,是风化壳镍矿床的标志矿物之一。在铁矿床的风化壳中也可见到。在一些富铁的大理岩、石英岩、片岩、片麻岩中均有产出。绿脱石也可依黄铁矿、钙铁辉石等矿物呈假象。有人认为,钙铁辉石可沿顶轴方向变为蒙脱石、绿脱石。常与绢云母、高岭石、黄铁矿、褐铁矿共生。富含镍的绿脱石可提取 Ni。另据报道,也存在由高温热液直接晶出的绿脱石。

皂　　石　Saponite

$Na_x(H_2O)_4\{Mg_3[Al_xSi_{4-x}O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　β=97°

N_g =1.511～1.527(**富铁** 1.590)

N_m =1.510～1.527

N_p =1.479～1.490(**富铁** 1.530)

$N_g - N_p$ =0.025～0.036

(-)2V=0°～40°

a **近于**∥N_g, b∥N_m, N_p **近于**⊥(001), **光轴面**∥(010)

化学组成　为蒙脱石含 Mg 多的变种。化学式中 X 一般小于 1, 常有 Fe^{2+}、Fe^{3+} 代替 Mg, Ca^{2+} 代替 Na。当化学成分中富含 Fe_2O_3(可达 11.46%)时, 称富铁皂石(Cardenite)。

结晶特点　沿 a 轴呈条板状, 更常呈球状、鳞片状集合体。集合体往往依铁镁矿物呈假象。{001}解理完全。

光性特征　白色、浅黄、绿、红等色, 薄片中淡绿、绿色(照片 227, 421, 422)、褐黄色, 有时可见多色性: N_g = 绿褐 - 褐, N_p = 淡黄褐 - 绿褐。负低突起, 随成分中铁的增加, 折射率增大, 富铁皂石为正低突起, 其 $N_g = N_m$ = 1.59, N_p = 1.53。干涉色较高, 二级底至顶(照片 228, 423)。平行消光, 正延性。

鉴别特征　皂石与绿泥石易混淆, 其主要区别在于前者干涉色高, 后者干涉色低, 只有一级。与绿脱石区别主要根据 X 射线分析, 二者的产状可作为参考。皂石与绿鳞石常共生且相似, 二者区别是皂石多为负低突起或部分(富铁)为正低突起, 而绿鳞石为正中突起。

产状及其他　皂石主要产于镁铁质火成岩中, 如玄武岩、辉绿岩等, 为辉石、橄榄石等铁镁硅酸盐矿物的蚀变产物, 与绿鳞石(海绿石之变种)共生。在玄武岩、安山岩等气孔中与沸石、方解石、绿鳞石等共生。也产于矿脉中, 如在蛇纹石石棉矿床中, 与蛇纹石、绿泥石共生。

水白云母　伊利水云母　Hydromuscovite

$K_{1-x}(H_2O)_x\{Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_{2-x}(H_2O)_x\}$



图 4－54　水白云母集合体形态

单斜晶系　β=96°

N_g =1.574～1.610

N_p =1.554～1.572

$N_g - N_p$ =0.020～0.038

(-)2V<10°

b∥N_g, a **近于**∥N_m, N_p **近于**⊥(001), **光轴面**⊥(010)

化学组成　与白云母不同的是水白云母的水含量高, 而 K_2O 含量低, 同时较少的 Si 被 Al^{3+} 所代替。与水云母相比含 K_2O 稍多。有人认为水白云母 = 伊利石。

结晶特点　多为鳞片状, 常呈弯曲轮廓的片状, 并带有垂直于叶片长边的横纹, 状似弯

曲的蠕虫(图 4－54 和照片 229)较为特征,一般在中或高倍镜下可以观察到。水白云母也可与高岭石交生,成席状。当水白云母呈胶体分散状时,称为伊利石(Illite)。水白云母{001}解理完全。

光性特征　颜色为白色、绿色或黄褐色,薄片中为无色,有时淡绿或淡黄褐色。正低突起,折射率在一定幅度内变化,它随 H_2O 含量的增加而降低。双折射率较高,最高干涉色可达三级底(照片 230),但因晶体小且薄故干涉色较低。近平行消光,正延性。二轴晶负光性,$2V < 10°$,有时可达 15°。

鉴别特征　水白云母与白云母区别在于光轴角很小。与高岭石的区别在于水白云母之双折射率较高。与蒙脱石的区别在于水白云母为正低突起,而蒙脱石通常为负低突起。与绢云母区别是绢云母干涉色较高。与无色绿泥石区别是水白云母干涉色高。

产状及其他　水白云母是介于云母和高岭石及蒙脱石之间的中间矿物,它的成因是:①由长石和云母风化分解而成;②蒙脱石受到钾的交代形成;③胶体沉淀的再结晶;④热液蚀变形成。水白云母和蒙脱石一起是组成某些粘土岩、泥质板岩的主要成分之一。常见于中酸性火成岩、云母片岩、片麻岩等风化后的粘土中。有时作为热液矿物见于金属矿脉和蚀变围岩中。常与高岭石、石英、长石、绿泥石、蒙脱石、黄铁矿等伴生。

蛭　　石　Vermiculite

$Mg_x(H_2O)_4\{Mg_{3-x}[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 97°$

$N_g = 1.540 \sim 1.583$

$N_m = 1.540 \sim 1.583$

$N_p = 1.520 \sim 1.564$

$N_g - N_p = 0.020 \sim 0.030$

$(-)2V = 0° \sim 8°$　$r \leq v$

$b \parallel N_m$，$a \wedge N_g = 1° \sim 2°$；$N_p$ 近于 $\perp$(001)，光轴面 $\parallel$(010)

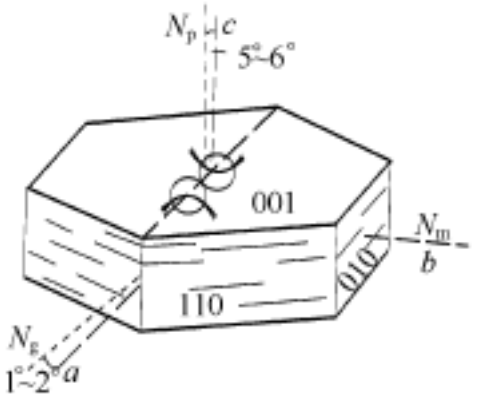


图 4－55　蛭石光性方位

化学组成　成分中常含 K、Ca、Ti、Mn、Ni 等。

结晶特点　假六方形板状,一般为细小的鳞片状。给蛭石加热,鳞片变形呈弯弯曲曲的蠕虫状或水蛭状,这是其重要特征。当它是黑云母、金云母蚀变产物时,可呈黑云母、金云母假象。有时可见细薄的蛭石与未变化的黑云母互生,或二者无序的混层,这种云母常被称为水黑云母(Hydrobiotite)。{001}解理完全。

光性特征　褐、金黄、古铜黄、绿色或无色,薄片中无色至淡黄绿或浅褐色(照片 231)。多色性:$N_g \approx N_m$—淡黄绿色、浅褐色,N_p—近无色或浅绿色,含镍的变种呈蓝绿色。吸收性:$N_g \approx N_m > N_p$。干涉色二级底—中(照片 232)。近于平行消光,正延性。二轴晶负光性,但由于光轴角极小,往往显一轴晶干涉图。

变化　经风化可变为绿泥石。

鉴别特征　蛭石受热强烈膨胀是其显著特征。与黑云母的区别是蛭石的折射率和双折射率均比黑云母低,且吸收性较黑云母弱。蛭石的双折射率高于绿泥石而低于滑石。与蒙

脱石的准确鉴别应用 X 射线分析方法。

产状及其他 蛭石一般是黑云母、金云母经过风化或热液蚀变的产物(照片 231, 232)。蛭石也见于变质灰岩中,少数可由橄榄岩、辉长岩经热液交代蛇纹石等形成。蛭石是良好的隔音材料,用于建筑业。

海泡石 Sepiolite $Mg_8(H_2O)_4[Si_6O_{15}]_2(OH)_4 \cdot 8H_2O$。斜方晶系,鳞片状、纤维状、针状集合体。{010}解理发育。灰黄色、微带褐色或蓝绿色,薄片中近无色或淡黄色,多色性弱。$N_g = 1.525 \sim 1.529$, $N_m = 1.520 \sim 1.525$, $N_p = 1.515 \sim 1.520$, $N_g - N_p = 0.009 \sim 0.010$,干涉色一级黄白—黄。二轴晶负光性,$(-)2V = 0° \sim 60°$。有资料报道,辽宁发现的细纤状海泡石 $N_g = N_m = 1.505$,铁海泡石 $N_g = 1.60$, $N_p = 1.59$。海泡石通常见于蛇纹岩及硼矿床的风化壳中,与蛇纹石,玉髓,蛋白石,钙和镁的碳酸盐矿物共生。也见于粘土岩及凝灰岩中。海泡石也可以是成岩作用产物,产于某些碳酸盐岩石中。

粘土矿物多数晶粒细小,要想准确鉴定它们往往需要借助红外光谱、电子显微镜、染色及 X 射线衍射等方法。在一般显微镜下,可根据干涉色和突起区别高岭石亚族、伊利石亚族和蒙脱石亚族,前者干涉色很低,正低突起,后二者干涉色较高可达二级。伊利石亚族为正低突起而蒙脱石亚族为负低突起。

蛇 纹 石 族 Serpentine Group

蛇纹石族矿物属含(OH)的具有层状结构的镁质硅酸盐,其理想成分为 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$。主要混入元素有 Fe、Mn、Al、Ni, F^{1-} 替代(OH), Ge^{4+} 替代 Si,成分中还有少量的 Ca、Cu 和 Cr 等杂质。

蛇纹石的主要变种有叶蛇纹石、纤蛇纹石和利蛇纹石,呈斜方辉石假象的叶蛇纹石或利蛇纹石称为绢石(Bastite),而胶蛇纹石是由隐晶质细分散状和呈均质性的蛇纹石类矿物的混合物。该族矿物一般为单斜晶系,但也有个别为斜方晶系或六方晶系。叶片状或鳞片状晶形。一组{001}完全的解理。蛇纹石层的弯卷,导致其晶体形态呈波纹状,甚至纤维状。通常呈各种色调的绿色(黄绿、深绿、黑绿),并常见蛇皮状青、绿的斑纹,其颜色的变化与类质同象替代的离子种类有关。铁的替代使其颜色加深,而氟的替代可能是蛇纹石呈淡蓝色的原因。蛇纹石在镜下多为无色或带浅的黄色色调,多色性很不明显。正低突起,干涉色一级灰白至一级黄,无异常干涉色。

蛇纹石族矿物种属仅利用光性特征来鉴定有时较困难,当难以区分时可统称为"蛇纹石",如需准确定名,可借助电镜、X 射线分析、红外光谱等其他手段。

蛇纹石族矿物通常是由超铁镁质岩石中的橄榄石、辉石等矿物或由富镁质碳酸盐岩经热液变质形成的。由橄榄石和辉石经蚀变而成的蛇纹石,一般含铁较高,故其颜色较深,而由镁质碳酸盐矿物经蚀变而成的蛇纹石,含铁量较低,颜色较浅。

蛇纹石用途较广,可作建筑材料,耐火材料。它的石棉制品广泛应用于化工、医药、冶金行业,它也是制造钙、镁、磷肥的原料。有时与其伴生的镍、钴、铬等元素具有综合利用的价值。色泽鲜艳、致密块状的蛇纹石称岫岩玉,是美术工艺和装饰品的原料。

叶蛇纹石(片蛇纹石)　Antigorite

$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜晶系　β=91°34′

N_g = 1.562～1.574

N_m = 1.565

N_p = 1.558～1.567

$N_g - N_p$ = 0.004～0.007

(-)2V = 37°～61°　　r > v **弱**

b∥N_m, a∥N_g, c∧N_p = 7°±, **光轴面**∥(010)

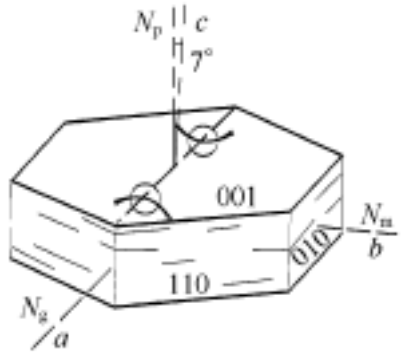


图 4－56　叶蛇纹石光性方位

化学组成　成分中含少量 Al、Fe^{3+}、Mn 及 Ni, 有的还含有相当量的 Fe^{2+}。

结晶特点　叶片状(照片 233, 234)或鳞片状集合体, 薄片中因切片方向不同可呈纤维状, 有时也呈石棉状, 或以辉石、橄榄石的假象出现。{001}解理完全。

光性特征　绿、蓝绿、黄绿或灰白色, 薄片中无色, 或淡黄绿色。多色性很不明显, 含铁多的蛇纹石可有微弱多色性: $N_g = N_m$—浅绿色, N_p—浅绿黄色。正低突起。干涉色一级灰到一级灰白, 但不超过一级黄(照片 233, 234)。平行消光或近平行消光, 有时呈波状或斑点状消光, 正延性。无双晶。二轴晶负光性为主, 光轴角中等, 少数见正光性。

变化　叶蛇纹石可变为镁质斜绿泥石。

鉴别特征　叶蛇纹石与纤蛇纹石的主要区别在于其晶形为片状, 纤蛇纹石常是纤维状集合体。与叶绿泥石区别在于后者有明显的绿色多色性和异常的干涉色。与淡斜绿泥石(含镁较高的绿泥石)区别在于后者为负延性、正光性、明显的斜消光和经常具有聚片双晶(照片 251)。

产状及其他　叶蛇纹石多产在镁质碳酸盐岩、超镁铁质和镁铁质岩石中, 交代橄榄石、辉石产出, 有时也是某些角闪石的蚀变产物。

铁叶蛇纹石　Ferroantigorite　是叶蛇纹石的含铁变种, 含 FeO 可达 21.03%。计算成分式为$(Mg_4, Fe^{2+}_{1.7}, Ca_{0.3})_6[Si_4O_{10}](OH)_8$。属单斜晶系。呈叶片状, 正低—中突起, N_g = 1.604, N_m = 1.603, N_p = 1.595。黄绿色, 薄片中无色—浅黄绿色, 多色性弱。双折射率 $N_g - N_p$ = 0.010。干涉色一级黄。二轴晶负光性, 光轴角小。铁叶蛇纹石产于岩石裂隙中, 与磁铁矿共生。

纤蛇纹石　Chrysotile

$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜或斜方晶系

γ型	α型
N_g = 1.545～1.556	1.546～1.567
N_p = 1.532～1.549	1.538～1.560
$N_g - N_p$ = 0.008～0.013	0.007～0.008
(+)2V = 10°～30°	(-)2V = 30°～35°
a∥N_g, **光轴面**∥a	a∥N_p, **光轴面**∥a

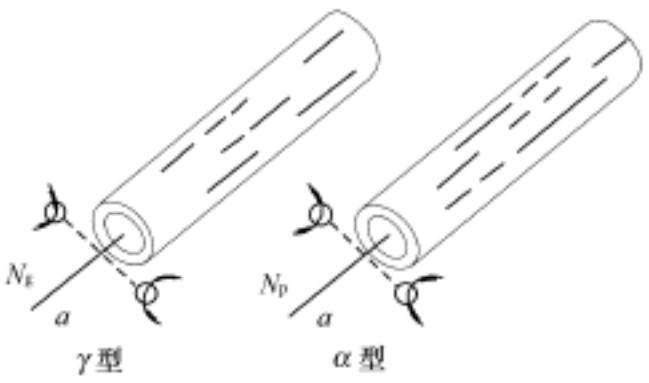


图 4－57　纤蛇纹石光性方位

化学组成　成分中可含少量 Fe 和极少量的 Mn、Al、Ni。

结晶特点　纤维状或束状，延长方向平行 a 轴，个别平行 b 轴。在电子显微镜下各纤维单体呈空心的管状和棒状。经常呈纤维集合体产出(照片 235)。根据光性方位不同，纤蛇纹石分为 γ和 α型变种(图 4－57)，前者 a ∥ N_g，后者 a ∥ N_p。{110}解理不完全。

光性特征　通常呈白色、淡绿色、绿色、黄色，有时为浅红色和褐色。薄片中为无色、淡绿、淡黄色。较厚薄片具有多色性：N_g—绿或黄绿、黄色，$N_m = N_p$—稻草黄色或无色。正低突起(N_g)—负低突起(N_p)。干涉色一级灰为主，不超过一级黄。纤维具有平行消光或近平行消光(照片 235)，当其光性为正(γ型)时，其延性也为正，当其光性为负(α型)时，延性也为负(图 4－57)。负光性的纤蛇纹石可能多见。

鉴别特征　以其纤维状形态而与叶蛇纹石相区别。与其他角闪石石棉状矿物(透闪石、直闪石、青石棉)区别是其折射率和双折射率均较低。与叶绿泥石区别在于其纤维状晶形和无异常干涉色。

产状及其他　纤蛇纹石常与叶蛇纹石共同成为富含镁铁质矿物的交代蚀变产物之一，经常与磁铁矿、滑石、绿泥石等矿物共生。在蛇纹岩、白云岩、白云质灰岩裂隙中可见细长纤维状石棉产出(又称温石棉)，它是最重要的石棉之一，占世界石棉产量的 90%。蛇纹石石棉的纤维具有较好的柔性、抗张性、劈分性、耐热和绝缘性，但耐酸和防腐性能都比角闪石石棉差。蛇纹石石棉可织成耐火织物。

利 蛇 纹 石　Lizardite

$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜晶系　β=90°

$N_g = N_m = 1.546 \sim 1.560$

$N_p = 1.538 \sim 1.554$

$N_g - N_p = 0.008 \sim 0.010$

$(-)2V = 0° \sim 2°$

a ∥ N_g，b ∥ N_m，c ∥ N_p，**光轴面** ∥ (010)

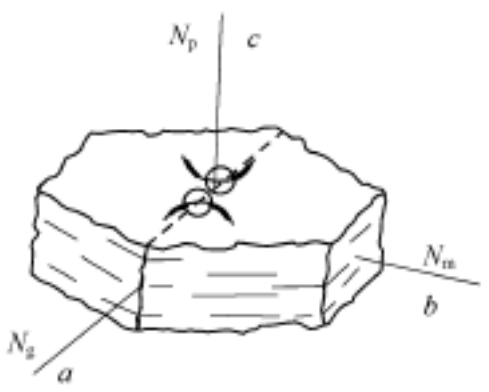


图 4－58　利蛇纹石光性方位

化学组成　与其他蛇纹石相同，常有 Fe^{2+}、Al^{3+} 替代 Mg，除含铁变种外，一般含铁量($Fe^{2+} + Fe^{3+}$)较低，有时(OH)被 F^{1-} 代替。富含铁的变种称为铁利蛇纹石。

结晶特点　鳞片状、粒状或呈纤维状和毡状集合体。{001}解理完全。

光性特征　白色、绿色，薄片中无色。正低突起。干涉色一级灰白到黄白。沿解理方向为平行消光，正延性。但沿纤维方向为负延性。近于一轴晶负光性，光轴角很小。

鉴别特征　利蛇纹石与叶蛇纹石、纤蛇纹石仅凭光学性质难以区分，需借助 X 射线分析、电子显微镜和红外光谱等方法。

产状及其他　利蛇纹石仅在块状蛇纹岩中产出，共生矿物有纤蛇纹石、叶蛇纹石、滑石、皂石等。

绢石　Bastite　是利蛇纹石(或叶蛇纹石)的粗粒变种，置换整个斜方辉石并呈其假象的单一晶体(照片 236)。置换具有一定方位，绢石的{001}解理与辉石的(010)裂理相平行，有时绢石因分解而呈褐色。

其干涉色多为一级灰白,近平行消光或平行消光,正延性。

胶蛇纹石 Serpophite 无一定形状,是蛇纹石矿物的混合物组成的胶体、偏胶体。其颜色多为绿色和暗绿色,薄片中无色,但大多数有浅黄色、浅黄褐色或带有浅绿色调(照片 222, 237)。N = 1.50 ~1.57,突起低,双折射率 = 0 ~0.003,在正交偏光间几乎是均质的(胶体)(照片 223),有时呈很微弱的一级暗灰干涉色(偏胶体)。

变质岩中的堇青石晶体经常被浅黄色的胶蛇纹石所置换(照片 223),有时被胶蛇纹石细脉所穿切。在一些超镁铁质火成岩中,纤蛇纹石沿橄榄石裂隙由边部向中心交代,形成交代网环结构,在网环的中心部位往往为胶蛇纹石。

水铝氧石(三水铝石) Gibbsite

$Al(OH)_3$

单斜晶系 $\beta = 94°34'$

$N_g = 1.587 \sim 1.600$

$N_m = 1.566 \sim 1.580$

$N_p = 1.566 \sim 1.580$

$N_g - N_p = 0.020$

$(+)2V = 0° \sim 40°$ $r > v$

$b \parallel N_p$, $c \wedge N_g = 21°$, $a \wedge N_m = 25°$, **光轴面** $\perp (010)$ **(多数)**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 25°$, $a \wedge N_p = 30°$, **光轴面** $\parallel (010)$ **(少数)**

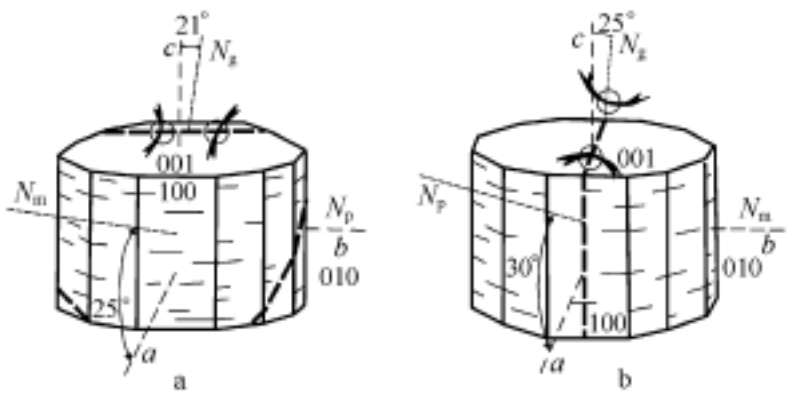


图 4-59 水铝氧石光性方位

化学组成 常含有 Fe_2O_3 和 SiO_2 等杂质,Ga_2O_3 的含量也往往很高。

结晶特点 常沿(001)发育,又具有(100)和(110)面,构成假六方形板状,类似云母。晶体细小,常构成聚片状、放射纤维状、皮壳状、鳞片状集合体,亦呈球粒状结核。解理{001}完全。

光性特征 白色、灰绿色、淡褐色,薄片中无色到淡褐色。正低突起(照片 238)。据文献资料显示,自然标本的折射率 $N_g \approx 1.587$, $N_m = N_p \approx 1.568$,而人工合成的水铝氧石 $N_g = 1.595$, $N_m = N_p = 1.577$。干涉色一级顶至二级底(照片 239),长条状切面为斜消光,延性可正可负。具聚片双晶或复合双晶。水铝氧石的光性方位随温度而变化,$t < 27℃$时,光轴面 $\perp (010)$;$t = 27℃$时,$2V = 0°$;当 $t > 27℃$时,光轴面 $\parallel (010)$。

鉴别特征 水铝氧石以斜消光,正光性区别于白云母。以双折射率较高区别于高岭石。与玉髓比较,前者折射率和双折射率均高。

产状及其他 水铝氧石是铝土矿和红土的主要组成矿物。往往是长石、似长石等含铝硅酸盐矿物分解形成。水铝氧石也可作为低温热液矿物出现于富铝火成岩的气孔或裂隙中。区域变质过程中,水铝氧石脱水变为一水软铝石或硬水铝石,随着变质程度的加大,可转变为刚玉,若有 SiO_2 加入,可形成红柱石、蓝晶石、矽线石等铝硅酸盐矿物。在某些辉绿岩、绿帘片岩、云母片岩等形成的风化壳和土壤中含大量水铝氧石。它是重要的铝矿石之一,用以提取铝,质量较差者可作耐火材料。

硬　石　膏　Anhydrite

$Ca[SO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.609 \sim 1.618$

$N_m = 1.574 \sim 1.579$

$N_p = 1.569 \sim 1.574$

$N_g - N_p = 0.040 \sim 0.044$

$(+)2V = 42° \sim 44°$　　$r < v$

$a \parallel N_g, b \parallel N_m, c \parallel N_p$, **光轴面** $\parallel (010)$

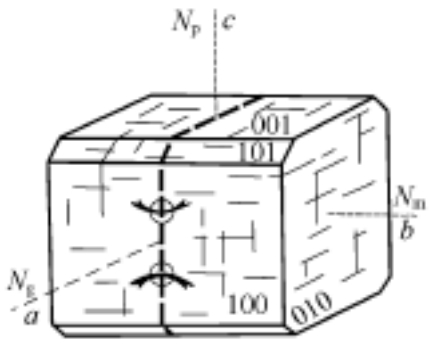


图 4－60　硬石膏光性方位

化学组成　成分变化不大, 有少量 Ca 被 Sr^{2+} 和 Ba^{2+} 替代, 机械混入物有 MgO、Al_2O_3、SiO_2 等。

结晶特点　沿 a 或 c 轴延长的厚板状, 或沿 b 轴延长的柱状, 通常呈致密块状、纤维状、放射状集合体。{100}、{010}解理完全, {001}中等。切面呈矩形或不规则粒状, 其上经常有相交呈直角的假立方解理(照片 240)。

光性特征　纯净的硬石膏为无色或白色, 但常带有浅蓝紫、浅灰、浅红的色调, 亦常被铁的氧化物或粘土染成红色、褐色或灰色, 薄片中无色, 紫色的硬石膏具有多色性: N_g—紫, N_m—无色, N_p—紫, 正低—中突起。最高干涉色可达三级绿(照片 241), 平行消光, 延性可正可负。二轴晶正光性, 光轴角中等。沿(101)和$(\bar{1}01)$呈简单双晶和聚片双晶及两组交叉的双晶带。

变化　硬石膏水化后即变为石膏。

鉴别特征　硬石膏具有假立方解理、干涉色高等特征可与其他矿物相区别。与重晶石区别在于硬石膏的干涉色达三级, 而后者仅有一级。

产状及其他　硬石膏见于石膏和岩盐的矿层中, 也常作为砂岩的胶结物。热液矿床、交代矿床和火山岩的孔穴中亦可见。硬石膏用于水泥工业, 也可生产硫酸。

滑　　石　Talc

$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 100°$

$Mg = 1.589 \sim 1.600$

$N_m = 1.589 \sim 1.594$

$N_p = 1.539 \sim 1.550$

$N_g - N_p = 0.050$

$(-)2V = 0° \sim 30°$　　$r > v$

$b \parallel N_g, a \approx N_m, c \wedge N_p \approx 10°$, **光轴面** $\perp (010)$

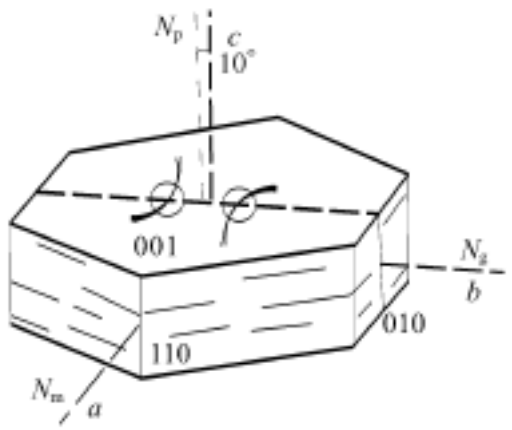


图 4－61　滑石光性方位

化学组成　化学成分较稳定。Si 有时可被 Al^{3+}、

Ti^{2+} 替代, Mg 经常被 Fe^{2+} 和极少量 Mn、Ni、Al^{3+} 替代, 有时存在少量的 K、Na、Ca 。当 Mg 大量被 Fe^{2+} 代换时变为铁滑石。

结晶特点 晶体呈假六方或菱形板状, 但很少见, 通常为致密块状、片状和细小鳞片状集合体(照片 242) 。解理{ 001}极完全。硬度小, 富有滑腻感。

光性特征 白、淡黄、淡绿和淡褐色。薄片中无色, 有时有很浅的绿色和褐色。正低突起。最高干涉色可达三级橙, 但有的滑石的干涉色只有二级中部(照片 242) , 近平行消光, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角一般小于 10 °, 个别达 30 °。

变化 在低温及有 CaO 和 CO_2 大量存在时, 滑石可被菱镁矿代换, 滑石还可变化为镁质斜绿泥石。

鉴别特征 滑石与叶蜡石、白云母十分相似, 区别在于它的光轴角较小, 干涉色高于白云母, 此外在矿物共生组合上也有区别, 滑石常与富镁的矿物如橄榄石、蛇纹石、菱镁矿等共生, 产于富镁的岩石中, 而白云母和叶蜡石则常与富铝的矿物共生。

产状及其他 滑石是富镁矿物, 经常与透闪石、直闪石、叶蛇纹石、镁质碳酸盐矿物共生。在超镁铁质岩石中, 滑石常是橄榄石(照片 418) 、顽火辉石(照片 451, 452) 、透辉石的蚀变产物, 有时滑石与菱镁矿共生形成滑石菱镁片岩。滑石具有电绝缘性、耐热、耐酸、极高的分散性及对油类有强烈的吸附性, 因而在造纸、油漆涂料、橡胶和纺织、农业、医药、陶瓷等工业部门广泛应用。

铁滑石 Minnesotaite 是滑石的高铁变种。$Fe_3[Si_4O_{10}](OH)_2$, FeO 可达 33.60%。单斜晶系。晶体呈鳞片状、针状、板片状, 集合体呈放射状或致密块状。解理{ 001}极完全。灰绿色、黄绿色, 薄片中多色性: N_g—浅绿, N_m—浅绿, N_p—无色或浅黄, 吸收性: $N_g = N_m > N_p$。$N_g = 1.615$, $N_m = 1.612$, $N_p = 1.580$, $N_g - N_p = 0.035$。平行消光, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角极小, 近似一轴晶。铁滑石与石英(燧石) 、菱铁矿、磁铁矿、黑硬绿泥石和铁蛇纹石共生。

叶 蜡 石 Pyrophyllite

$Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$

单斜晶系 $\beta = 99°55'$

$N_g = 1.596 \sim 1.601$

$N_m = 1.586 \sim 1.589$

$N_p = 1.552 \sim 1.556$

$N_g - N_p = 0.046 \sim 0.050$

$(-)2V = 53° \sim 62°$ $r > v$

$b \parallel N_g$, $a \approx N_m$, $c \wedge N_p = 10°$, **光轴面** $\perp (010)$

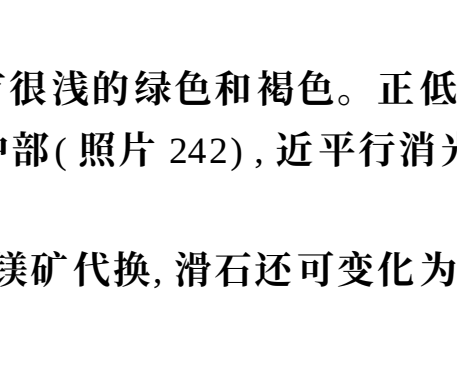


图 4－62 叶蜡石光性方位

化学组成 化学成分变化不大, 有少量 Al^{3+} 替代 Si, Mg^{2+}、Fe^{2+}, Fe^{3+} 替代 Al, 并有少量 K、Na、Ca 的存在。

结晶特点 晶体呈片状、板状, 集合体常为鳞片状、纤维状和致密块状。解理{ 001}完全(照片 243) 。

光性特征 白色、浅绿、浅黄或淡灰色, 薄片中无色。正低突起。干涉色达三级顶部(照片 243) , 近平行消光, 正延性。在无解理的(001) 切面上的干涉色为一级灰白, 该切面

可观察到⊥Bxa 的干涉图, 二轴晶负光性, 光轴角中等偏大。

变化　富铝的蓝晶石、红柱石、硬水铝石等矿物在低温时可转变为叶蜡石, 长石蚀变有时也可形成叶蜡石。

鉴别特征　叶蜡石与绢云母(白云母)、滑石十分相似, 区别是滑石的光轴角小(0°～30°); 白云母中等(35°～50°); 而叶蜡石最大(53°～62°)。滑石为富镁的层状硅酸盐矿物, 常与含镁较高的矿物共生; 而叶蜡石和白云母为富含铝的硅酸盐或铝硅酸盐矿物, 成分中很少含镁, 经常产于变质富铝系列的岩石中。叶蜡石、滑石、绢云母等矿物在岩石中常呈细小鳞片状产出, 不易见到干涉图时, 需依靠化学分析的方法才能加以区别。

产状及其他　叶蜡石是一种低级变质的矿物, 产于千枚岩和结晶片岩中, 在酸性火山岩中, 交代长石形成叶蜡石化, 可与绢云母、高岭石、硬水铝石、黝帘石、绿泥石、硬绿泥石、钠明矾石和黄铁矿等矿物共生。也可成为蓝晶石、硬水铝石、红柱石的交代假象。在矿脉中, 叶蜡石与石英、硬水铝石、蓝晶石和铁白云母等共生。叶蜡石与滑石性能相似, 广泛应用于建筑、陶瓷和耐火及橡胶、造纸等工业部门。颜色鲜艳、美丽的叶蜡石是工艺美术品的原料。

绿泥石族　Chlorite Group

绿泥石族是化学成分相当复杂的铁、镁、铝的层状铝硅酸盐矿物。其化学成分的通式为:

$$(R^{2+}, R^{3+})_{5\sim6}[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_8$$

式中: R^{2+} = Mg、Fe、Mn、Ni

R^{3+} = Al、Fe、Cr、Mn

绿泥石族的分类方案很多, 从矿物学角度将其划分很细, 且很复杂。Winchell, A. N. (1951) 认为绿泥石类矿物由叶蛇纹石($H_4Mg_3Si_2O_9$)、铁蛇纹石($H_4Fe_3Si_2O_9$)、镁绿泥石($H_4Mg_2Al_2SiO_9$)和铁绿泥石($H_4Fe_2Al_2SiO_9$)四种分子以不同比例组合而成, 他将绿泥石分为 15 个变种。Hey, M. H. (1954) 利用 Si 和 Fe/(Fe + Mg) 的值将绿泥石矿物分为 14 种, 如图 4－63 所示, 在显微镜下依据光学性质很难区分绿泥石的每一种属, 这里只介绍几种光性特征较明显, 在自然界中较常见的绿泥石变种(据勃尔曼, 1937)。

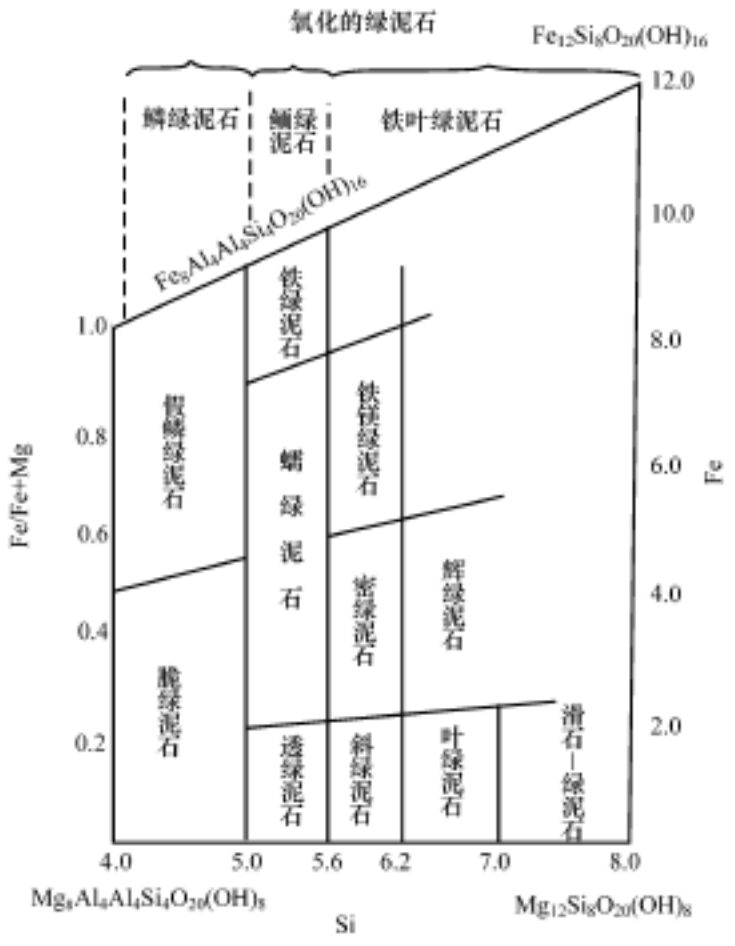


图 4－63　绿泥石族分类

(据 Hey M. H., 1954)

(1) 正绿泥石亚族(Mg > Fe)

叶绿泥石 $(Mg, Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$

斜绿泥石 $(Mg, Fe)_{4.75}Al_{1.25}[Al_{1.25}Si_{2.75}O_{10}](OH)_8$

蠕绿泥石 $(Mg, Fe)_{4.5}Al_{1.5}[Al_{1.5}Si_{2.5}O_{10}](OH)_8$

(2) 鳞绿泥石亚族($(FeO + Fe_2O_3) > (MgO + Al_2O_3)$)

鲕绿泥石 $Fe_4Al[AlSi_3O_{10}](OH)_6 \cdot nH_2O$

鳞绿泥石 $Fe_{3.5}(Al,Fe)_{1.5}[Al_{1.5}Si_{2.5}O_{10}](OH)_6 \cdot nH_2O$

绿泥石族矿物具有层状结构，是由滑石层和氢氧镁石层作为基本结构层交替排列而成。绝大部分绿泥石是单斜晶系，个别为三斜晶系。晶体呈假六方片状或板状，少数为桶状，常呈鳞片状集合体。横切面假六方形，但多为不规则片状，纵切面呈长条状，其中有一组{001}的完全解理。绿泥石具有不同色调的绿色，但随成分而变化，富含镁的绿泥石为无色、浅色至浅蓝绿色，铁含量增加则颜色变深，直至深绿 - 黑绿色，偶尔也有显粉红色(含锰)和褐色(含锰，铬)的绿泥石。薄片中大多数绿泥石具有淡绿—亮黄的多色性。为正低突起。干涉色不高于一级，有的变种呈现靛蓝、褐锈及丁香紫等异常干涉色。绿泥石光性方位的共同之处是光轴面∥(010)，(b∥N_m)，近平行消光，消光角很小，二轴晶，光轴角不大，正光性或负光性。绿泥石族矿物的多色性、吸收性及延性符号随着光性符号不同而不同，正光性的绿泥石其多色性为 N_g—淡黄色，$N_m \approx N_p$—绿色，吸收性：$N_m \approx N_p > N_g$，负延性；而负光性的绿泥石则刚好相反，$N_g \approx N_m$—绿色，N_p—浅黄色，吸收性：$N_g \approx N_m > N_p$，正延性。绿泥石族各变种的准确鉴别，除了对其光学性质的测定以外，往往需要借助其他手段，如 X 射线分析、红外分析和化学分析法等。绿泥石在自然界中分布很广。在火成岩中是辉石、角闪石、黑云母等蚀变产物。在低级变质的绿片岩相岩石中绿泥石常与绿帘石、阳起石、钠长石、方解石、黑云母、白云母等矿物共生。它也与低温高压的蓝闪石、硬柱石、绿纤石、葡萄石等矿物伴生，见于蓝片岩相岩石中。

叶绿泥石　Pennine, Penninite

$(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$

单斜晶系　β=96°50′

N_g = 1.565～1.586

N_m = 1.565～1.581

N_p = 1.562～1.581

$N_g - N_p$ = 0.003～0.005

(+)2V = 0°～20°　　r > v

(-)2V = 0°～20°　　r < v强

b∥N_m，a∧N_p = 0°～3°，c∧N_g = 5°～7°，光轴面∥(010)

b∥N_m，a∥N_g，c∧N_p = 5°～7°，光轴面∥(010)

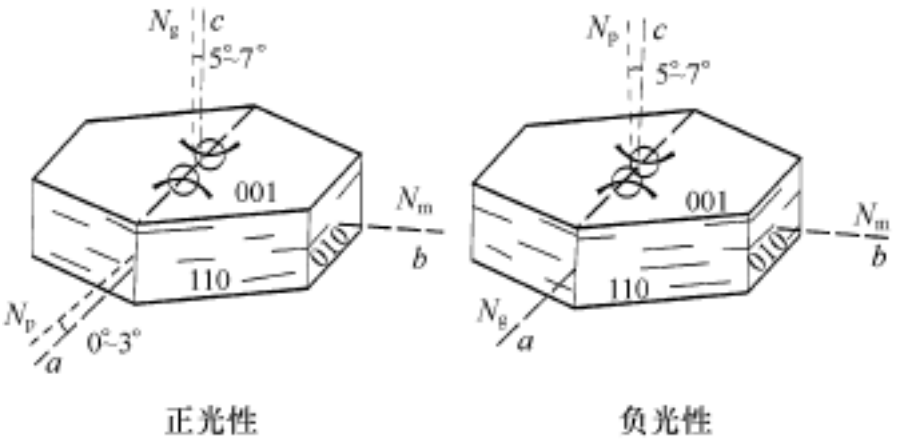


图 4－64　叶绿泥石光性方位

化学组成　成分中 Mg > Fe^{2+}，含少量 Fe^{3+}，有的种属含 Cr。

结晶特点　近六方板状晶体，集合体为片状及鳞片状。{001}解理完全。

光性特征　呈不同色调的绿色，以暗绿色和灰绿色最常见，但也有灰色、粉红和褐色，薄片中具有淡绿—浅黄多色性(照片 245)，负光性的叶绿泥石多色性：$N_g \approx N_m$—浅绿、绿，N_p—浅黄或无色，吸收性：$N_g \approx N_m > N_p$；正光性的叶绿泥石多色性：N_g—淡黄绿或无色，$N_m \approx N_p$—浅绿、绿，吸收性：$N_p \approx N_m > N_g$。正低突起，随含铁量增加，折射率也增大，可渐变为正中突起。干涉色为一级灰，但常具有靛蓝、锈褐和丁香紫的异常干涉色(照片 246，244)。平行消光或近平行消光，延性符号与光性相反，属正光性的叶绿泥石为负延性；属负光性者

则为正延性。叶绿泥石的光性正负主要决定于成分,当成分中镁含量增加时,即由负光性过渡为正光性,在自然界中负光性者常见,光轴角一般均小于 20°。有时在一个绿泥石晶体中,其中心部位近一轴晶,而边部为二轴晶。以(001)为结合面的双晶有时可见。在叶绿泥石晶体中有时见细小锆石等包裹体周围的暗色多色晕。

鉴别特征　叶绿泥石以其绿色—浅黄色多色性、异常干涉色等特点可与叶蛇纹石相区别。与绿色黑云母区别是后者多色性更明显,吸收性更强,且干涉色二级—三级,无异常干涉色。

产状及其他　叶绿泥石是绿泥石族中最常见的矿物之一,在各种岩石中常是辉石(照片 481)、角闪石(照片 363,364)、黑云母(照片 265,266)、石榴子石(照片 36)、十字石等的主要蚀变矿物。绿泥石广泛分布于低级变质岩石中,是低级变质的特征变质矿物之一。当达到中级变质时,富铁绿泥石不稳定,与云母、石英等矿物经变质反应形成十字石、石榴子石、黑云母等。但富镁绿泥石在中级变质,有时在高级变质的岩石中仍是稳定的。绿泥石也是一种十分常见的热液蚀变矿物,经常产于矿脉及其附近的蚀变围岩中。

斜 绿 泥 石　Clinochlore

$(Mg, Fe)_{4.75}Al_{1.25}[Al_{1.25}Si_{2.75}O_{10}](OH)_8$

单斜晶系　β=96°50′

$Mg = 1.576 \sim 1.599$

$N_m = 1.571 \sim 1.589$

$N_p = 1.571 \sim 1.588$

$N_g - N_p = 0.005 \sim 0.010$

(+)$2V = 0° \sim 40°$　　$r < v$强

$b \parallel N_m$, $a \wedge N_p = 0° \sim 3°$, $c \wedge N_g = 2° \sim 9°$;光轴面 ∥(010)

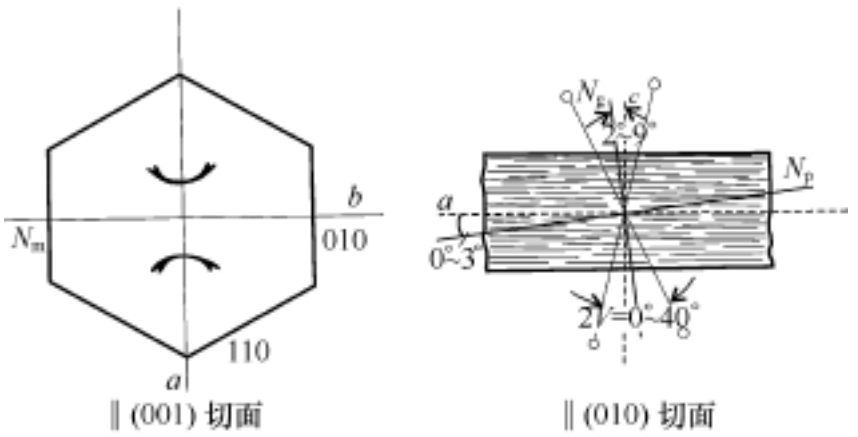


图 4-65　斜绿泥石光性方位

化学组成　成分中 Mg 和 Fe^{2+},还有少量 Fe^{3+}、Mn 和 Cr。含铁极少的变种称淡斜绿泥石,富铬变种($Cr_2O_3 > 4$)称铬斜绿泥石。

结晶特点　晶体为假六方板状,集合体呈鳞片状,纵切面呈长条形,底切面为假六方形,但常为不规则状。{001}解理完全。

光性特征　绿色,当含有铬、锰时,呈粉红色、玫瑰红色及褐色,薄片中绿、淡绿和无色(照片 247),具弱多色性;N_g—淡黄、无色,$N_m \approx N_p$—浅绿、绿,吸收性:$N_p \approx N_m > N_g$。铬斜绿泥石的多色性为:N_g—淡黄,$N_p \approx N_m$—浅紫红,有时为玫瑰红。正低突起。干涉色为一级灰、灰白—黄(照片 248),但由于其本身绿色重叠,致使干涉色总有绿的色调而为绿灰色、绿黄灰色。具有解理缝的切面大多为斜消光(照片 249),负延性。二轴晶正光性,光轴角小到中等。偶尔见有负光性的斜绿泥石。以(001)为结合面的聚片双晶常见(照片 249)。

鉴别特征　斜绿泥石与叶绿泥石十分相似,两者主要区别是斜绿泥石有一小的消光角、聚片双晶常见、很少有异常干涉色、负延性,而叶绿泥石以正延性最常见。

产状及其他　与叶绿泥石相同,可由铁镁质矿物经蚀变作用而形成,这种蚀变称为绿泥石化。斜绿泥石在低级变质的千枚岩、云母片岩、绿片岩等岩石中也经常产出。在富镁质的

岩石(滑石片岩和蛇纹岩)中多是斜绿泥石。

淡斜绿泥石 Leuchtenbergite, Rumpfite $(Mg, Al)_6[(Si, Al)_4O_{10}](OH)_8$。单斜晶系,为不含 Fe^{2+} 或 Fe^{2+} 含量很低的斜绿泥石。$N_g = 1.590$, $N_m = 1.575$, $N_p = 1.575$, $N_g - N_p = 0.010$, $(+)2V = 18°$, b ∥ N_m, 光轴面 ∥ (010)。片状及鳞片状,薄片中无色(照片 250),正低突起。干涉色一级黄白。斜消光,负延性。二轴晶正光性,光轴角小。常见聚片双晶(照片 251)。与斜绿泥石的区别是无色。常见于富镁的岩石中,与金云母、蛇纹石、滑石等矿物共生。淡斜绿泥石常被误认为叶蛇纹石,但淡斜绿泥石为负延性、具有聚片双晶、斜消光、正光性等特征可与叶蛇纹石区别。

蠕绿泥石(铁绿泥石) Prochlorite

$(Mg, Fe)_{4.5}Al_{1.5}[Al_{1.5}Si_{2.5}O_{10}](OH)_8$

单斜晶系 $\beta = 97°15'$

$N_g = 1.621 \sim 1.655$

$N_m = 1.618 \sim 1.646$

$N_p = 1.618 \sim 1.646$

$N_g - N_p = 0.003 \sim 0.009$

$(+)2V = 0° \sim 30°$

b ∥ N_m, c∧N_g = 5°~7°, a 近 ∥ N_p, 光轴面 ∥ (010)

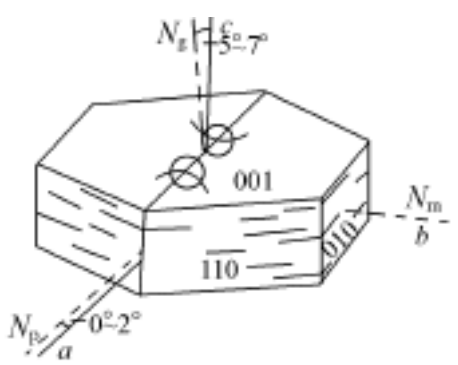


图 4-66 蠕绿泥石光性方位

化学组成 成分中 Mg > Fe^{2+},此外还有少量 Fe^{3+}、Mn 和 Cr。

结晶特点 晶形呈假六方形板状、叶片状,细鳞片状集合体往往呈扇状、放射状、球状及蠕虫状(照片 252, 253)。{001}解理完全。

光性特征 绿色、草绿、橄榄绿和黑绿,薄片中的多色性和吸收性因光性而异。正光性的蠕绿泥石其多色性: N_g—浅绿、浅绿褐, $N_m \approx N_p$—绿、褐绿,吸收性: $N_p \approx N_m > N_g$; 负光性的蠕绿泥石其多色性: $N_g \approx N_m$—橄榄绿, N_p—浅绿,吸收性: $N_g \approx N_m > N_p$。正中突起,干涉色一级灰—黄白,由于其本身颜色的叠加而使其干涉色带有绿的色调。平行或近平行消光,延性有正有负,与光性符号相反。二轴晶正光性(常见)或负光性,光轴角小,最大不超过 30°。

鉴别特征 蠕绿泥石以较高的折射率,较深的颜色及其具有蠕虫状、扇状集合体的形态区别于叶绿泥石、斜绿泥石。与绿色黑云母区别在于其干涉色很低。

产状及其他 和其他绿泥石一样,蠕绿泥石可由黑云母、角闪石、辉石、石榴子石等矿物经蚀变而成。它还常和磁铁矿、钠长石共生成为某些绿片岩的主要成分。也见于角闪石片岩或铁矿化岩石中,与磁铁矿和赤铁矿共生。

鲕绿泥石 Chamosite

$Fe_4Al[AlSi_3O_{10}](OH)_6 \cdot nH_2O$

单斜晶系 $\beta = 104°30'$

$N_g = N_m = 1.60 \sim 1.67$

N_p = 1.595 ~1.667

N_g - N_p = 0.005

(-) 2V = 0°

b ∥ N_g, a 近平行 N_m, c 近平行 N_p, 光轴面⊥(010)

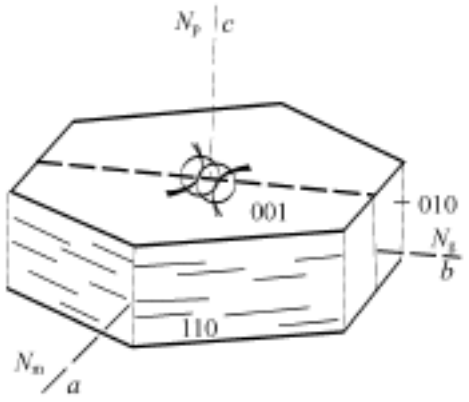


图 4-67　鲕绿泥石光性方位

化学组成　成分中 Fe^{2+} > Mg, 尚含少量 Fe^{3+}。

结晶特点　通常为细小鳞片状集合体形成同心圆状的鲕粒(照片 254), 鲕粒可为球状、扁平状或不规则状, 也呈致密状。{001}解理完全。

光性特征　绿、灰绿、深绿和黑绿色, 薄片中呈绿色、浅褐色, 多色性不显著: N_g = N_m—浅绿、绿, N_p—浅黄, 吸收性: N_g = N_m > N_p。正中突起, 折射率随 Fe^{2+} 含量增加而增大。干涉色, 为一级灰, 由于其本身绿色的影响, 使干涉色呈绿灰色, 也常显灰蓝的异常干涉色。近平行消光, 沿解理方向为正延性。二轴晶负光性, 光轴角很小近于一轴晶。

变化　风化后变为褐铁矿。

鉴别特征　鲕绿泥石不同于其他绿泥石在于其具有鲕状、球状的同心圆状构造, 很少呈片状, 且其折射率较高, 达正中突起。鲕绿泥石与海绿石的区别是前者干涉色较低, 并具有同心圆状的鲕粒, 而海绿石却具有放射状裂纹, 干涉色较高。

产状及其他　鲕绿泥石产于沉积铁矿中, 共生矿物有菱铁矿、黄铁矿、方解石、胶磷矿及粘土矿物等。也见于钙质粉砂岩和灰岩的伴生层中, 与菱铁矿、胶磷矿、黄铁矿及粘土矿物伴生。在花岗岩及伟晶岩的晶洞和裂隙中也有产出。

鳞 绿 泥 石　Thuringite

$Fe_{3.5}(Al, Fe)_{1.5}[Al_{1.5}Si_{2.5}O_{10}](OH)_6 \cdot nH_2O$

单斜晶系　β = 97°10′

N_g = 1.685

N_m = 1.685

N_p = 1.670

N_g - N_p = 0.015

(-) 2V = 0°~5°(偶尔为 30°)　　r > v

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 0°~2°, c ∧ N_p = 5°~7°, 光轴面 ∥ (010)

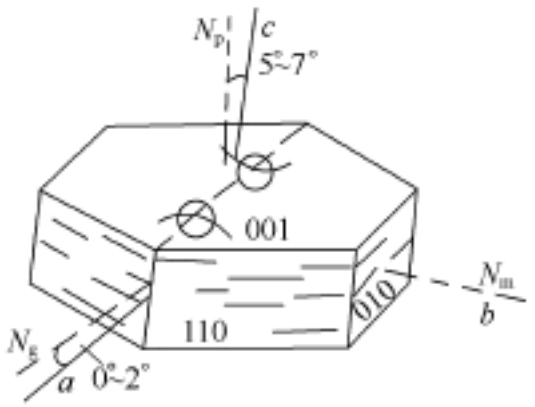


图 4-68　鳞绿泥石光性方位

化学组成　成分中含有少量 Ca、Mn、Na、K 及鲕绿泥石、铁叶绿泥石的成分, 也可将其看作是鲕绿泥石的富铁变种。

结晶特点　呈细小鳞片状集合体, 有时呈隐晶质的致密块状。{001}解理完全。

光性特征　橄榄绿色和黑绿色, 薄片中绿色, 多色性: N_g = N_m—暗绿, N_p—无色、浅褐绿, 吸收性: N_g = N_m > N_p。正中突起。干涉色一级黄—橙, 但因矿物本身的颜色而混有绿的色调。沿解理方向近平行消光, 消光角很小, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角小。

鉴别特征　鳞绿泥石以其折射率高、干涉色较高、颜色较深、多色性较强等特征与其他

绿泥石区别。鳞绿泥石与绿色黑云母区别在于后者干涉色高达二至三级。

产状及其他 鳞绿泥石产于变质岩及沉积变质铁矿中，与磁铁矿、石英、方解石等矿物共生。

铁叶绿泥石 Delessite 属富铁的绿泥石变种(图 4－63)。单斜晶系，β= 97°。多呈鳞片状、短纤维状、放射状集合体。绿色、橄榄绿色，多色性：$N_g = N_m$—橄榄绿，N_p—黄绿或无色，吸收性：$N_g = N_m > N_p$。N_g = 1.602～1.619，N_m = 1.602～1.619，N_p = 1.598～1.605，$N_g - N_p$ = 0.004，干涉色一级灰，近平行消光。(－)2V = 0°或很小。铁叶绿泥石产于基性火山岩、玄武岩、辉绿岩等岩石的气孔、杏仁体和裂隙中。

云 母 族 Mica Group

云母是一种很常见的造岩矿物，广泛分布于结晶岩石中。其化学成分可用下列通式表示：$X\{Y_{2\sim3}[Z_4O_{10}](OH)_2\}$，其中，X 主要是大阳离子 K^+，有时有 Na^+、Ca^{2+}、Ba^{2+}、Rb^{1+}、Cs^{1+}等；Y 主要是 Al^{3+}、Fe^{2+}和 Mg^{2+}，还有 Li^{1+}、V^{3+}、Cr^{3+}、Fe^{3+}、Ti^{4+}、Mn^{2+}、Zn^{2+}；Z 主要是 Si^{4+}和 Al^{3+}，Al∶Si = 1∶3，少数情况下有 Fe^{3+}和 Cr^{3+}存在。附加阴离子 $(OH)^{1-}$和 O^{2-}的理想比值为 2∶10，(OH)可被 F^{1-}、Cl^{1-}取代。多数云母含有 4%～5%的水。

云母为层状结构的铝硅酸盐矿物，在自然界中出现的云母多型主要有 1M、$2M_1$、$2M_2$和 3T，(符号 M 代表单斜晶系，T 代表三方晶系；符号前的 1、2、3 数字表示重复周期的层数，其 c 轴的长度相当于 $1N_m$ 的倍数；下角码的数字用于区别晶系和重层数相同而在堆积方式上不同的多型)。已知几种云母的多型是：

白云母—1M、1Md(无序型)、$2M_1$和 3T，其中主要是 $2M_1$ 型。

黑云母、金云母—1M、$2M_1$和 3T，其中主要是 1M 型。

锂云母—1M、$2M_2$和 3T，其中主要是 1M 和 $2M_2$ 型。

钠云母—$2M_1$和 3T，其中主要是 $2M_1$ 型。

关于云母多型的区分较复杂，可以利用 X 光粉晶和单晶照相法区别。云母多型的测定对云母矿物的分类命名及成岩成矿过程的研究都有重要意义。

云母族矿物的共同特点是：单斜晶系，少数为三方晶系，晶体呈假六方柱状、板状及片状，集合体为鳞片状和叶片状。具有极完全的{001}解理，横切面无解理，呈六边形或不规则状，纵切面呈长条状，具一组极完全解理。不含铁的云母变种，薄片中无色，含铁愈高时颜色愈深，同时其多色性和吸收性也随之增强。干涉色大多在二级到三级，有的高达四级，锂云母干涉色稍低，为一至二级。消光角很小，近于平行消光，平行解理方向为正延性。二轴晶负光性，光轴角很小—中等(2V = 0°～50°)。

云母族矿物按化学成分和光性特征可分为 3 个亚族

白云母亚族：阳离子主要为 K^{1+}、Na^{1+}和 Al^{3+}。光性方位是：b∥N_g，光轴面⊥(010)。光轴角中等。该亚族包括白云母(贫铁和富铁变种)、钠云母、多硅白云母、钒云母、绢云母等。

黑云母－金云母亚族：阳离子主要为 K^{1+}、Fe^{2+}、Mg^{2+}和 Al^{3+}。光性方位是：b∥N_m，光轴面∥(010)，个别变种 b∥N_g，光轴面⊥(010)。光轴角较小。该亚族包括黑云母、金云母、钛云母、铁云母、褐云母。

锂云母亚族：阳离子主要为 K^{1+}、Li^{1+}和 Al^{3+}、Fe^{2+}。光性方位是：b∥N_m，光轴面∥

(010)。该亚族包括锂云母、铁锂云母、黑鳞云母、多硅鳞云母。

由于云母具有高度绝缘性、抗酸性、抗碱性和弹性,主要用于电气工业,还可用于耐火材料、建材、橡胶等工业部门,锂云母和铁锂云母可作为提取锂的矿物原料。

白　云　母　Muscovite

$K\{Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 95°11'$

$N_g = 1.587 \sim 1.618$

$N_m = 1.582 \sim 1.615$

$N_p = 1.552 \sim 1.576$

$N_g - N_p = 0.036 \sim 0.049$

$(-)2V = 35° \sim 50°$　　$r > v$

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 0°30' \sim 2°$, 光轴面 $\perp$ (010)

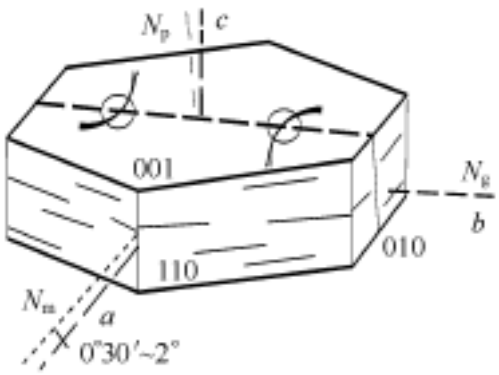


图 4－69　白云母光性方位

化学组成　成分中含有一定量的杂质,最常见的有 Ba、Na、Rb、Fe^{3+}、Cr、V、Fe^{2+}、Mg、Li、Ca,并有少量 F^{1-} 代替(OH)。

结晶特点　通常呈假六方板状、片状,集合体呈叶片状和放射状(照片 255 左,256 上)。横切面多为不规则状,具有一组完全解理的纵切面呈长条形。解理{001}极完全。

光性特征　无色,颜色随成分而变化,如含 Li 时呈玫瑰红,含 Cr^{3+} 为鲜绿色、蓝绿色,含 Fe^{2+} 呈浅绿色等,但大多数白云母在薄片中为无色(照片 255 左,256 上),有时带浅绿和浅褐色色调。闪突起现象明显,正低—中突起。干涉色鲜艳、明亮,二级顶—三级顶(照片 256 下,255 右),近平行消光(消光角很小,$a \wedge N_m = 0°30' \sim 2°$),正延性。横切面不见解理,具一级灰、白不均匀的干涉色,该切面可见到 $\perp$ Bxa 干涉图,二轴晶负光性,光轴角中等。3T 型(三方晶系)白云母为一轴晶负光性。双晶结合面为(001),双晶轴[310],薄片中双晶不明显,有时可见贯穿三连晶。

变化　白云母较稳定,只有在热液作用下可变为高岭石、水铝氧石和石英的集合体。

鉴别特征　无色,片状,具一组极完全的解理,闪突起明显,具鲜艳的二至三级干涉色,近平行消光,正延性,二轴晶负光性,光轴角中等,是白云母主要的特征。白云母与滑石十分相似,区别在于滑石为富镁的硅酸盐矿物,如果在富含镁的岩石中观察到似白云母的片状矿物,则可能是滑石;此外滑石的光轴角较大(53°~62°)。如果粒径细小时,叶蜡石和白云母很难区别,只能依靠化学分析的方法准确鉴别。白云母与透闪石的区别是,透闪石具有角闪石式的两组解理、突起稍高、不具闪突起、斜消光、光轴角比白云母大(80°左右)。白云母以正延性可与钙霞石区分开。

产状及其他　白云母广泛分布于变质岩石中,是云母片岩的主要矿物之一,也产于某些片麻岩中。当硅铝质岩石遭受云英岩化时,产生大量的白云母。偏酸性火成岩中的花岗伟晶岩、白云母花岗岩中均有白云母产出。由于白云母性质稳定,在碎屑沉积岩中也经常发现白云母的碎片。白云母具有高度绝缘性,抗酸、碱性和弹性,主要用于电气工业及耐火材料、建材、橡胶等工业。

绢云母　Sericite　是一种细小鳞片状的白色云母,它们组成隐晶质鳞片状集合体(照片 259)。绢云

母的成分基本上和白云母相同,但可能含 K 略少,而含 H_2O 略多(也可能是水白云母和钠云母)绢云母的干涉色鲜艳、绚丽,多在二级到三级(照片 259)。由于有些绢云母晶体薄而细小,使其干涉色往往为一级。绢云母与滑石和叶蜡石难以区别,但滑石多是由含镁矿物蚀变形成,因此它常分布于橄榄岩、蛇纹岩、白云岩中,这与绢云母有明显差别。但绢云母和叶蜡石均为富含铝的矿物,两者产状特征有相似之处,只能依据化学分析方法才能区别。绢云母常是斜长石(照片 185)、红柱石(照片 321, 322)、蓝晶石、矽线石、刚玉、堇青石(照片 220, 221)、石榴子石和十字石等的蚀变产物。

多硅白云母 Phengite 是一种富含硅的白云母,SiO_2 可达 50%。晶体为假六方形的板状、叶片状及鳞片状,多数情况下无自形晶体,解理{001}极完全。折射率随成分中铁含量增加而增大,N_g = 1.587 ~1.612(富铁),N_m = 1.584 ~1.610(富铁),N_p = 1.547 ~1.571(富铁),$N_g - N_p$ = 0.040 ~0.041。干涉色达三级蓝绿,近平行消光,正延性。二轴晶负光性,2V=24°~36°,少数 2V=0°(即为 3T 型云母),r > v。多硅白云母的光性特征与白云母相似,两者的区别是其光轴角较小,折射率稍低。与钠云母区别是钠云母的光轴角较大(40°~50°)。与滑石区别是后者光轴角较小。此外,用 X 光粉晶测定它们较有效。多硅白云母是高压低温变质作用的矿物,主要产于低级变质的千枚岩、云母片岩中,也常产于蓝闪石片岩中。部分多硅白云母是热液交代产物,长石经退化变质作用可以形成多硅白云母。

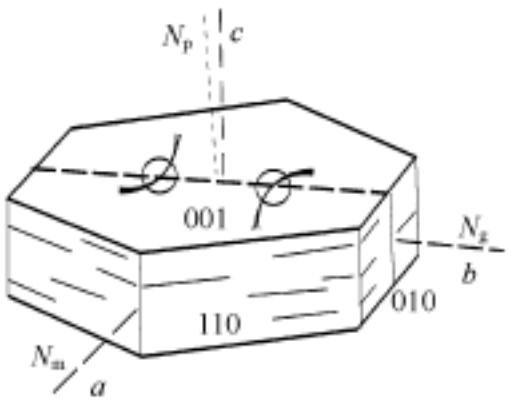


图 4-70 多硅白云母光性方位

铬白云母 铬云母 Fuchsite 或 Mariposite $K_2\{(Al, Cr)_4[AlSi_4O_{10}]_2(OH)_4\}$。是白云母的含铬变种,也称铬云母。白云母中 Al_2O_3 被部分 Cr_2O_3(>1%)代替。绿色,薄片中绿色,多色性:N_g—绿,N_m—黄绿,N_p—蓝绿色(照片 257)。正低—中突起,N_g = 1.597 ~1.611,N_m = 1.593 ~1.604,N_p = 1.559 ~1.569,$N_g - N_p$ = 0.035 ~0.042,干涉色达二级顶至三级底(照片 258)。二轴晶负光性,光轴角 30°~46°,r > v 显著。光轴面⊥(010)。铬白云母最主要特征是颜色呈绿色。产于变质的云母石英岩、云母片岩、片麻岩中,也产于刚玉片岩中,与十字石、蓝晶石共生。胶东金矿蚀变岩中也见铬白云母(陈光远, 1994)

钠 云 母 Paragonite

$Na\{Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系 β=94°

N_g = 1.600 ~1.609

N_m = 1.594 ~1.609

N_p = 1.564 ~1.580

$N_g - N_p$ = 0.028 ~0.038

(-)2V=40°~50° r > v

b ∥ N_g, a ∥ N_m, c∧N_p = 0°~5°,**光轴面**⊥(010)

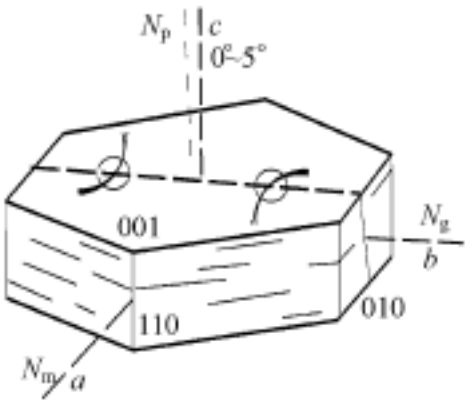


图 4-71 钠云母光性方位

化学组成 大阳离子中以 Na^{1+} 为主,K^{1+} 以类质同象代替 Na,有时含有 TiO_2、CaO 及 Fe_2O_3。

结晶特点 假六方片状、薄板状、鳞片状,大多呈叶片状和鳞片状集合体。{001}解理极完全。

光性特征 无色、浅绿、浅黄色,薄片中无色,正低—中突起。干涉色二级中—顶

部,平行消光或近平行消光,正延性。二轴晶负光性,光轴角中等(3T 型钠云母 2V = 0°～5°)。

鉴别特征　钠云母和白云母相似,仅双折射率稍低于白云母,通常两者不易区分。除了依靠 X 射线粉晶分析、电子探针、化学分析、火焰呈钠盐黄色外,还可根据其矿物共生组合来区别,在花岗岩、花岗伟晶岩及其蚀变带中一般为白云母;而钠云母常产于钠质碱性岩的蚀变带中,也产于结晶片岩中。当云母片岩的化学分析具有较高的 Na_2O 含量时,说明片岩中的云母应是钠云母。

产状及其他　钠云母产于钠质碱性岩的蚀变带及中低变质的结晶片岩中,如二云母片岩、二云母片麻岩、云母石英片岩等,可与蓝晶石、十字石共生。有时在石英脉中产出,是一种较少见的矿物。

黑　云　母　Biotite

$K\{(Mg_{<0.67}, Fe_{>0.33})_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　β = 100°

N_g = 1.620～1.677

N_m = 1.620～1.676

N_p = 1.573～1.632

$N_g - N_p$ = 0.040～0.053

(-)2V = 0°～25°　　r**r** v(富镁) r < v(富铁)

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 0°～9°,光轴面 ∥ (010)

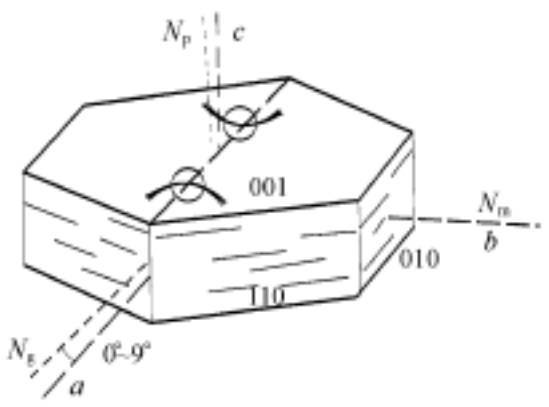


图 4-72　黑云母光性方位

化学组成　成分介于金云母和铁云母之间,其中 $Mg:Fe^{2+} < 2:1$。成分中的 K 可被 Na^{1+}、Ca^{2+}、Rb^{1+}、Cs^{1+}、Ba^{2+} 代替,而 Mg、Fe^{2+} 可被 Fe^{3+}、Ti^{2+}、Mn^{2+}、Li^{1+} 代替,较多的 Al^{3+} 可代替 Si。

结晶特点　晶体呈假六方板状、片状,集合体为叶片状和鳞片状或放射状。解理{001}极完全。

光性特征　黑色、深褐、红褐,有时带有绿色。经风化褪色后呈金黄色,薄片中多色性很明显:$N_g = N_m$—黄褐或暗褐、红褐或红棕、褐绿或暗绿,N_p—浅黄或浅黄褐。黑云母的颜色与其成分中 Fe^{2+}、Fe^{3+}、Ti 的含量有关,含 Ti 高时,黑云母红褐色或红棕色(照片 263);含 Fe^{3+} 多时,呈绿色(照片 260);含 Fe^{2+} 多而 Fe^{3+}、Ti 较少者,多呈黄褐色或暗褐色(照片 261,262)。在变质岩石中,黑云母的颜色也反映了变质作用的强度,一般情况下,绿色黑云母大多产于低级变质或中低级变质的岩石中;红棕色或红褐色者多产于高级或中高级的变质岩石中;而黄褐色的黑云母则产于各种变质级的岩石中。黑云母的吸收性很强,当解理缝(N_g)平行下偏光振动方向时,颜色最深,有时几乎不透明,当解理缝与下偏光振动方向直交时(N_p)颜色最浅,故吸收性为 $N_g \geq N_m > N_p$。此吸收性的特征,称为黑云母式吸收(正吸收),它和电气石式的吸收性刚好相反。有时黑云母颜色呈深浅不同的环带状,一般是边缘深,中心浅(照片 264),这种现象在云煌岩中最常见。黑云母中的锆石、褐帘石(有时为磷灰石、榍石)等细小矿物包裹体的周围,有黑而浓的小环,称多色晕,转动物台,多色晕的颜色

也有深浅变化,其形成原因是锆石等矿物中所含放射性元素释放出的 γ粒子冲击黑云母的晶格,使其遭受破坏所致。正中突起,折射率、双折射率随铁和钛的含量增加而增大。干涉色二级顶—三级顶,铁黑云母可达四级,但由于黑云母本身颜色较深,其干涉色被本身颜色所掩盖而不易辨别。近平行消光,正延性。二轴晶负光性,光轴角 0°～10°,一般不超过 25°,当光轴角很小时,似为一轴晶矿物。有时具有(001)的云母律双晶。部分初学者常把黑云母的(001)切面误认为另一种矿物,该切面的特点是:其颜色较深,转动物台,颜色深浅变化不大,无解理,常见完好的假六方晶形,或不规则片状,干涉色很低,在该切面上可见到黑云母⊥Bxa 的干涉图。

变化　黑云母最常变化为绿泥石(照片 265,266),薄片中常见绿泥石与未变化的黑云母逐渐过渡以致全部转变为绿泥石而成黑云母的假象。含钛的黑云母常分解形成针状金红石、细粒的钛铁矿、磁铁矿和榍石等矿物。在黑云母已绿泥石化的(001)晶面上,这些细针状金红石排列成等边三角形,构成网状金红石(照片 141,267),有时还有不规则的榍石分布其中。有的黑云母被绿帘石、榍石、碳酸盐矿物和绿泥石、石英等矿物的集合体所取代保留其假象。偶尔见到黑云母被葡萄石(照片 268,269,270,271)、绿纤石、绿帘石、绿泥石等矿物所置换(照片 266,270,271)。黑云母有时转变为白云母,并析出不透明的细小铁质矿物(照片 272)。在变质岩中黑云母转变为矽线石并析出细小铁质矿物。在火山岩石中,黑云母斑晶周围常有一圈不透明的暗化边(照片 273),暗化强烈时遍及整个黑云母,只保留其外形轮廓,这是由于熔浆在地表时发生氧化,放出大量的热,使先结晶的黑云母斑晶的边缘熔融,在低压条件下,黑云母失去挥发分,并迅速结晶成以磁铁矿为主并有辉石和长石等细小物质的混合物。当黑云母沿解理方向水化时,失去部分 K_2O,并增加了 H_2O,使其颜色变浅,从而转变为水黑云母,它进一步水化可转变为蛭石(照片 231,232)。黑云母在风化作用下,也会产生褪色和分解,先转变为水黑云母,后全部转变为蛭石,最后分解成高岭石。

鉴别特征　黑云母的多色性、吸收性均十分显著,片状晶形,极完全的一组解理,正中突起,干涉色在二级顶—三级顶,近平行消光,正延性及二轴晶负光性,光轴角小等特征可与角闪石、电气石等区别。绿色黑云母与绿泥石的最主要区别是其干涉色高,并不具异常干涉色。黑硬绿泥石的多色性和吸收性等特征与黑云母十分相似,但两者的最主要区别是黑硬绿泥石的晶形常呈细长的杆状,且{001}解理不如黑云母发育和完全,并有一组垂直杆状晶面的{010}的不完全解理(照片 339)。黑云母与铁黑云母区别在于后者具有很深的颜色(N_g 方向几乎为不透明)和绿黄色(N_p 方向)的多色性,其干涉色可高达三级顶部—四级,且只产于碱性岩中。蛭石的折射率及双折射率都小于黑云母,多色性及吸收性弱(照片 231,232)。

产状及其他　黑云母是最常见的造岩矿物之一,在火成岩中它是中酸性岩石(如花岗岩、花岗闪长岩、正长岩和某些闪长岩)中的主要铁镁矿物之一;在镁铁质和超镁铁质岩石中的黑云母多呈红褐色或黄褐色,但数量少;在花岗伟晶岩中黑云母粗大晶体与白云母、石英、长石等矿物共生;在云煌岩中环带状黑云母是其主要矿物。在变质岩中,黑云母常与白云母、绿泥石、十字石、蓝晶石、石榴子石、红柱石、堇青石、石英、长石等矿物共生形成各种片岩和片麻岩;在中高级变质岩中红褐色、黄褐色黑云母与堇青石、石榴子石、矽线石、紫苏辉石、单斜辉石、长石、石英等共生产于片麻岩和麻粒岩中。绿褐色、黄褐色黑云母与绿帘石、

阳起石、钠长石、绿泥石、碳酸盐矿物、白云母、石英等产出在绿片岩等低级变质岩石中。铁黑云母往往产于碱性岩中，与霞石、霓石、霓辉石和碱性角闪石共生。黑云母也作为碎屑矿物产于砂岩中，或作为后生成岩作用的自生矿物，产于某些粘土岩和砂岩中。黑云母因为含有铁，绝缘性较差，其工业用途远不如白云母，小片的黑云母常用作建筑材料的填充物。

金　云　母　Phlogopite

$K\{(Mg_{>0.67}, Fe_{<0.33})_3[AlSi_3O_{10}](OH, F)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 99°54'$

$N_g = 1.558 \sim 1.637$

$N_m = 1.557 \sim 1.637$

$N_p = 1.530 \sim 1.590$

$N_g - N_p = 0.028 \sim 0.047$

$(-)2V = 0° \sim 15°$　　$r < v$

$b \parallel N_m$，$a \wedge N_g = 2° \sim 4°$，**光轴面** $\parallel (010)$

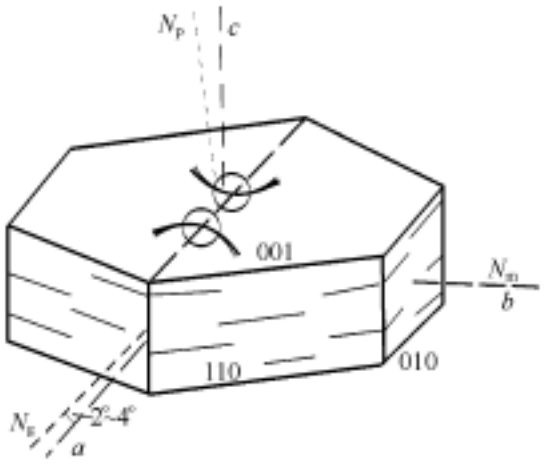


图 4－73　金云母光性方位

化学组成　金云母和黑云母构成完全的类质同象系列，$Mg:Fe^{2+} > 2:1$。类质同象替代较广泛，K 常被 Na^{1+}、Ca^{2+}、Ba^{2+} 替代，Mg 被 Ti^{2+}、Mn^{3+}、Fe^{3+}、Cr^{3+} 替代，F^{1-} 替代(OH)，Al^{3+} 则替代 Si。

结晶特点　常呈假六方板状、柱状、片状晶体，集合体为鳞片状和叶片状。解理{001}极完全。

光性特征　按颜色分为深色金云母(呈各种色调的棕色和绿色)和浅色金云母(各种色调的浅黄色)，薄片呈无色—浅黄棕色，多色性较弱(照片 274)：$N_g = N_m$—黄褐色、浅黄棕，N_p—很浅黄色、无色，吸收性：$N_g = N_m > N_p$。在个别情况下，例如在南非和我国山东某些金伯利岩中的金云母的多色性和吸收性与上述相反，$N_g = N_m$—近于无色，N_p—深红褐色、红棕色，吸收性：$N_g = N_m < N_p$。正低—中突起。干涉色二级—三级(照片 275)，其折射率与双折射率随着成分中铁、钛和锰增加而增大。近平行消光，正延性。二轴晶负光性，光轴角较小，但有时可达 20°。

变化　金云母转变为鳞片状滑石的集合体，也可转变为粘土矿物、水白云母、蛭石和绿泥石，由金云母转变的绿泥石呈很浅的绿色，具靛蓝、丁香紫及锈褐色等异常干涉色(照片 276)。

鉴别特征　金云母与黑云母之间区别在于金云母的多色性和吸收性均较弱，且两者的产状及矿物共生组合有区别。无色或颜色很浅的金云母与白云母区别在于金云母光轴角 0°～15°，而白云母为 35°～50°，两者产状及矿物共生组合也不相同。

产状及其他　金云母多产于镁质大理岩中，与镁橄榄石、透辉石、透闪石、硅镁石、方镁石、滑石、白云石、方解石等共生；并常与橄榄石、蛇纹石产于富镁的金伯利岩、橄榄岩、蛇纹岩、白榴玄武岩及某些辉长岩中，也产于超镁铁质岩－碱性岩－碳酸岩建造中，与霓石、碱性长石、烧绿石和方解石等矿物共生。晶体粗大的金云母，其工业用途与白云母相同，主要作为绝缘材料。

锂云母(鳞云母)　Lepidolite

$K\{Li_{2-x}, Al_{1+x}[Al_{2x}Si_{4-2x}O_{10}]F_2\}$

单斜晶系　$\beta = 100°$

$N_g = 1.556 \sim 1.610$

$N_m = 1.554 \sim 1.610$

$N_p = 1.535 \sim 1.570$

$N_g - N_p = 0.021 \sim 0.040$

(-)2V = 25°～50°(但有时可小到0°,大至63°)

r > v弱

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 0°～7°,光轴角 ∥ (010)

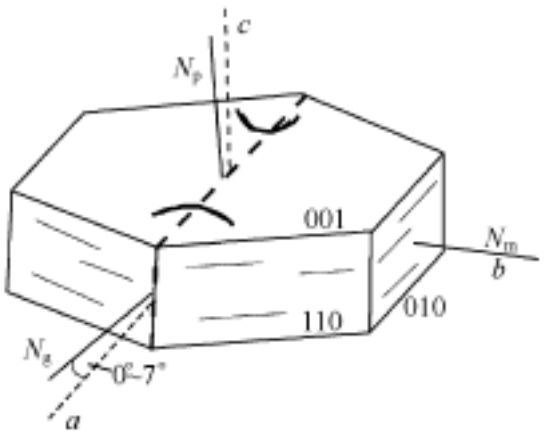


图 4－74　锂云母光性方位

化学组成　锂云母分子式中 x = 0～0.5,其成分变化大。类质同象的代换有 K 被 Na^{1+}、Rb^{1+}、Cs^{1+}代替, Al 和 Li 可被 Fe^{2+}、Mn^{2+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}和 Ti^{2+}代替, F 常被 $(OH)^{-1}$代替。锂云母成分中 Li_2O 含量 3.3%～7.0%, 当 Li_2O 小于 3.3%时, 属锂白云母。

结晶特点　呈厚板状或短柱状的假六方形晶体, 常见叶片状, 其集合体呈鳞片状。{001}解理极完全。

光性特征　无色、白色、玫瑰红色和浅紫色, 在成分中含有锰时呈桃红色, 风化后为暗褐色, 薄片中无色(照片 277), 有时呈浅紫和浅玫瑰红色, 具微弱的多色性: $N_g = N_m$—浅玫瑰红或浅紫色, N_p—无色, 吸收性为: $N_g = N_m > N_p$。正低突起, 折射率随含铁、锰量的增加而增大。最高干涉色达二级顶部(照片 278)。近平行消光, 对于{001}解理缝的消光角(a ∧ N_g)最大可达 6°～9°,正延性。二轴晶负光性, 光轴角中等, 但变化较大, 有的接近 0°,有的可达 50°～63°。色散弱。

鉴别特征　与白云母十分相似, 区别在于其折射率和双折射率略低于白云母, 消光角略大, 但在薄片中如有浅紫和浅玫瑰红时, 则可根据多色性来区别。但通常须通过焰色反应才可准确鉴别。

产状及其他　主要产于花岗伟晶岩中, 共生矿物有锂辉石、磷锂铝石、黄玉、细晶石、羟硅铍石、萤石、锡石、电气石、绿柱石、石英和叶钠长石等。在某些高温热液矿脉中也有产出。

铁 锂 云 母　Zinnwaldite

$K\{Li, Fe, Al[AlSi_3O_{10}]F_2\}$

单斜晶系　$\beta = 100°$

$N_g = 1.580 \sim 1.610$

$N_m = 1.570 \sim 1.600$

$N_p = 1.550 \sim 1.580$

$N_g - N_p = 0.035$

(-)2V = 30°～38°　　r > v弱

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 0°～2°,光轴面 ∥ (010)

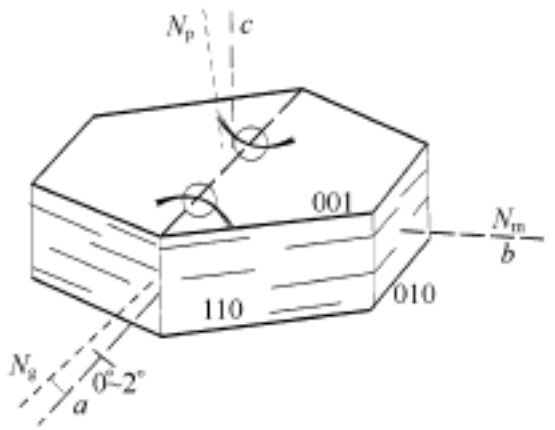


图 4－75　铁锂云母光性方位

化学组成　成分变化较大, K 可被 Na^{1+}、Ba^{2+}、Rb、Cs 和少量的 Ca^{2+} 代替, Li、Fe、Al 可被 Mn^{2+}、Ti^{2+} 和 Mg^{2+} 代替, F 常被 $(OH)^{1-}$ 代替。铁锂云母中 Li_2O 含量 2% ~5%, FeO 含量通常 9% ~12%。

结晶特点　晶体呈板状、片状和鳞片状, 有时呈扇状集合体。解理{001}极完全。

光性特征　灰褐、黄褐、暗绿、浅绿和浅紫色, 薄片中无色或浅灰褐色(照片 279), 多色性: $N_g \approx N_m$—浅灰褐或灰褐, N_p—无色或淡黄, 吸收性: $N_g \approx N_m > N_p$。正低—中突起, 折射率随 Fe、Mn 含量增加而增大。最高干涉色达二级顶部(照片 280), 沿解理缝近平行消光, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角一般为中等, 但亦有小至 10°以下者。

变化　铁锂云母经风化和蚀变可转变为绿泥石、蛭石及粘土矿物。

鉴别特征　铁锂云母与白云母区别在于前者有多色性。与黑云母区别是其多色性和吸收性均不如黑云母明显。铁锂云母与锂云母区别在于后者的折射率、双折射率较小。

产状及其他　铁锂云母主要产于花岗伟晶岩和强酸性的花岗岩及云英岩化蚀变岩石中, 共生矿物有萤石、黄玉、锡石、钨锰铁矿、叶钠长石、绿柱石、电气石、独居石、锂云母和锂辉石等。

钠　锆　石　Catapleiite

$Na_2[Zr(Si_3O_9)] \cdot 2H_2O$

单斜晶系(或假六方晶系)

$N_g = 1.624 \sim 1.627$

$N_m = 1.592 \sim 1.596$

$N_p = 1.591 \sim 1.596$,

$N_g - N_p = 0.036$

(+) $2V = 20° \sim 30°$　　$r < v$ 弱

$b \parallel N_m$, a 近 $\parallel N_p$, $c \wedge N_g = 3°30'$; 光轴面 $\parallel (010)$

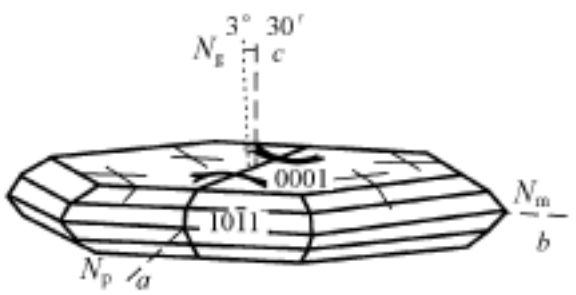


图 4－76　钠锆石光性方位

化学组成　成分中的 Na^{1+} 往往被少量的 Ca^{2+} 所置换。钙 - 钠可构成完全类质同象系列。

结晶特点　钠锆石原属六方晶系, 温度低于 140℃时即转变为单斜晶系。形状为假六方板状, 集合体呈放射状、花瓣状, 解理沿$\{10\bar{1}0\}$完全,$\{11\bar{2}0\}$不完全。

光性特征　黄色、褐色或肉红色、无色, 薄片中无色或浅黄色、蓝灰色, 富钙变种褐黄色, 正低—正中突起(照片 281), 无色者折射率低, 褐色者略高。最高干涉色二级橙红(照片 282), 近平行消光。可见聚片双晶, 有时双晶形似三连晶。该矿物多表现为二轴晶, 但当加热至 140℃则 2V = 0, 为一轴晶。

鉴别特征　根据钠锆石的双折射率高、多为二轴晶, 可与异性石(为一轴晶)相区别。

产状及其他　钠锆石在碱性伟晶岩和碱性岩中常见, 与长石、霞石、榍石、异性石、锆石、褐硅铈矿等伴生。钠锆石也是异性石蚀变产物(照片 83)。

磷锂铝石－羟磷锂铝石　Amblygonite－Montebrasite

$Li\{Al[PO_4](OH, F)\}$

三斜晶系

(Am)　(Mo)

N_g = 1. 591 ~1. 638

N_m = 1. 588 ~1. 621

N_p = 1. 573 ~1. 606

N_g - N_p = 0. 020 ~0. 032

(-) 2V = 50 °~90 °　　r > v (Am)

(+) 2V = 90 °~65 °　　r < v (Mo)

b ∧ N_p = 12 °~0 °　c∧ N_g = 26 °~15 °

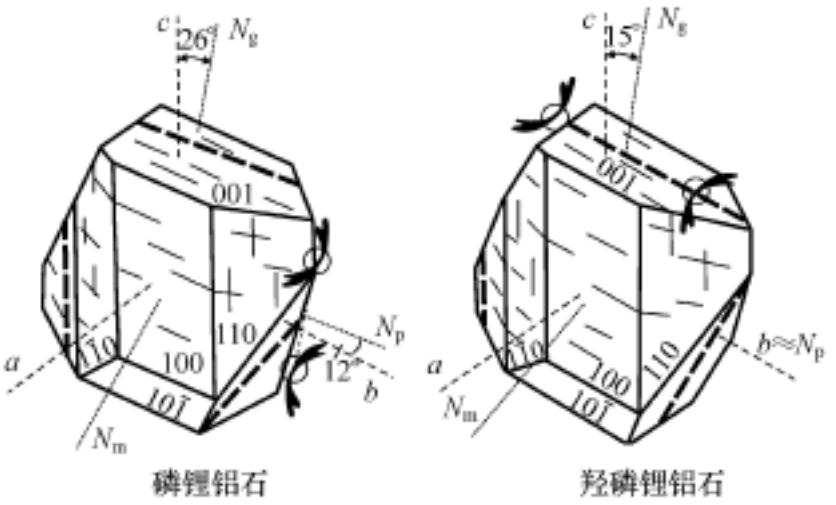


图 4 - 77　磷锂铝石-羟磷锂铝石光性方位

化学组成　成分中 F 和(OH) 可形成完全类质同象, 分为两个亚种: 磷锂铝石 $Li\{Al[PO_4]F\}$ 和羟磷锂铝石 $Li\{Al[PO_4](OH, F)\}$。Li 可以部分被 Na^{1+} 置换。成分中常有 H_2O。

结晶特点　晶形酷似长石, 常呈板状、片状或等粒状、致密块状集合体。解理{ 001}完全,{ 100}良好。

光性特征　颜色为无色、白色、黄、淡红、绿、蓝或灰色, 薄片中无色透明。折射率随(OH) 置换 F 量的增加而增大, 双折射率也随之略有增大。正低至正中突起。干涉色为一级紫红、二级蓝至二级橙红(照片 283) 。光性方位、光性符号、光轴角等都随成分而变化, 由磷锂铝石到羟磷锂铝石, 光性由负变到正; 光轴角由(-) 50 °~90 °到(+) 65 °; 交叉及倾斜色散也由 r > v 变到 r < v。光性方位的变化可参看光性方位图由磷锂铝石变到羟磷锂铝石。在较大切面上可见简单双晶或聚片双晶(照片 283, 284) 。

鉴别特征　在标本上磷锂铝石很像长石, 而在薄片中磷锂铝石的突起和干涉色比长石高。黄玉的双折射率比磷锂铝石小, 最高干涉色为一级黄(多数切面为一级灰白) , 而折射率略高。韭闪石、透闪石具有角闪石式解理, 两者的双晶类型不同。

产状及其他　磷锂铝石多产于交代型含锂花岗伟晶岩中, 与锂辉石、锂云母、透锂长石、电气石、铯榴石、绿柱石、白云母、微斜长石、铌铁矿、钽铁矿等共生。也发现于含锡石石英脉及云英岩中, 与锡石、黄玉、云母等共生。

羟 硅 铍 石　Bertrandite

$Be_4[Si_2O_7](OH)_2$

斜方晶系

N_g = 1. 611 ~1. 614

N_m = 1. 603 ~1. 607

N_p = 1. 584 ~1. 593

N_g - N_p = 0. 021 ~0. 027

(-) 2V = 65 °~85 °　　r < v 弱

a ∥ N_p, b ∥ N_m, c ∥ N_g, 光轴面 ∥ (010)

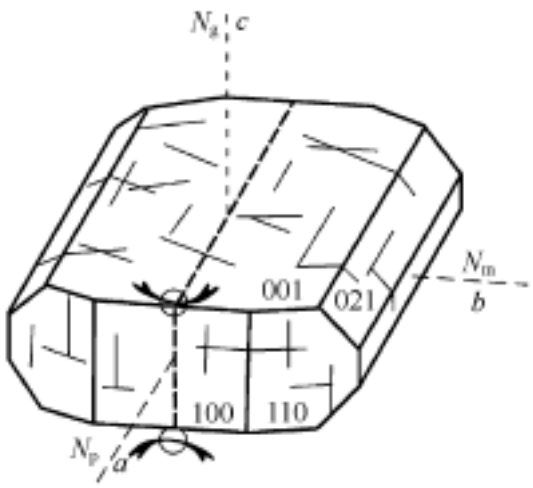


图 4 - 78　羟硅铍石光性方位

化学组成　成分中可含少量 Ge 以及 Mg、Fe、Al、Ca 等。

结晶特点　晶形常呈菱形薄板状、叶片状和柱状。一般呈较大晶粒，解理沿{001}完全(照片285)，沿{100}，{010}和{110}中等，有时在薄片中能见两组解理。

光性特征　无色、白色、淡黄，薄片中无色透明，正低—正中突起(照片285)。最高干涉色从二级蓝至二级黄绿(照片286)，平行消光，负延性。二轴晶负光性，光轴角中—大。

鉴别特征　由于羟硅铍石常呈薄板状，{001}解理发育，因此与白云母很相似，区别是二者延性符号相反，白云母只见一组解理，闪突起明显，而羟硅铍石可见两组解理，且闪突起不明显，光轴角大于白云母，双折射率低于白云母。与葡萄石区别是二者光性相反，前者为负光性，后者为正光性，一般葡萄石干涉色更高些，并常具蝴蝶结式构造，二者产状亦不同。

产状及其他　羟硅铍石产于伟晶岩和气成热液脉中，常交代早期铍矿物，如绿柱石和日光榴石等。在伟晶岩中常与绿柱石、电气石等共生，有时就生长在这些矿物上。在一些热液脉中常与硅铍石、铍榴石及石英、长石等共生。是铍矿床的标志性矿物。

针 钠 钙 石　Pectolite

$Na(Ca_{>0.5}Mn_{<0.5})_2[Si_3O_8(OH)]$

三斜晶系

$N_g = 1.632 \sim 1.645$

$N_m = 1.605 \sim 1.615$

$N_p = 1.595 \sim 1.610$

$N_g - N_p = 0.035 \sim 0.037$

$(+)2V = 50° \sim 60°$　　$r > v$ 弱

$a \wedge N_m = 10° \sim 16°$，$b \wedge N_g = 2°$，$c \wedge N_p = 5° \sim 11°$，光轴面近于∥(100)

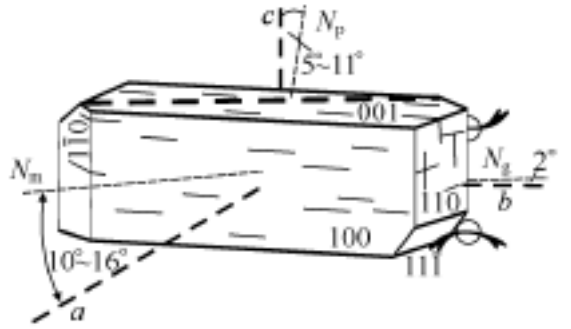


图4－79　针钠钙石光性方位

化学组成　成分中的Ca可被少量Mn^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+}置换。富锰的针钠钙石称锰针钠钙石(Schizolite)。

结晶特点　晶体呈针状、柱状，沿b轴延长，经常呈纤维状、针状、放射状球粒集合体。解理{001}、{100}完全。

光性特征　无色、白色，薄片中无色。含锰多时呈浅褐色，正中突起(照片287)，随成分中锰含量增加折射率增大，而双折射率减小。最高干涉色二级中到三级底(照片288)。斜消光，正延性。有时可见(100)双晶。二轴晶正光性，光轴角中等。

鉴别特征　针钠钙石与硅灰石的区别是硅灰石双折射率小，干涉色为一级，延性可正可负。矽线石的双折射率低于针钠钙石。与硅硼钙石的区别则是后者双折射率高($N_g - N_p = 0.044$)、负光性，无解理，光轴角较大(75°±)。

产状及其他　针钠钙石见于热液矿脉和基性火成岩如玄武岩、辉绿岩的孔洞或杏仁体中，与沸石、方解石、硅硼钙石、葡萄石等共生。也有时见于霞石正长岩和响岩中。在接触变质大理岩中偶有发现。在锅垢中也有产出。

粒硅镁石族　Chondrodite Group

粒硅镁石族矿物的晶体结构是由平行的 $Mg_2[SiO_4]$（橄榄石层）与 $Mg(OH,F)_2$（水镁石层）组合而成，根据组合的情况，本族矿物可分为以下四种：

块硅镁石	一层 $Mg_2[SiO_4]$ 与一层 $Mg(OH,F)_2$ 相间	斜方晶系
粒硅镁石	两层 $Mg_2[SiO_4]$ 与一层 $Mg(OH,F)_2$ 相间	单斜晶系
硅镁石	三层 $Mg_2[SiO_4]$ 与一层 $Mg(OH,F)_2$ 相间	斜方晶系
斜硅镁石	四层 $Mg_2[SiO_4]$ 与一层 $Mg(OH,F)_2$ 相间	单斜晶系

随着橄榄石层的增加，折射率也相应增加，块硅镁石的折射率最低，斜硅镁石的折射率最高，从正低突起渐变为正中突起。Mg 的类质同象替代主要有 Fe^{2+}、Mn^{2+} 和 Ti^{2+}，而 Ca^{2+} 和 Zn^{2+} 则次之。类质同象替代的数量从块硅镁石至斜硅镁石是渐增的，而阴离子 F^{1-} 和 $(OH)^{1-}$ 含量则依次降低，在 F 对（OH）的相对含量中 F 亦依次变小。这种成分上的变化特点也影响粒硅镁石族矿物折射率值的增加。粒硅镁石族矿物中，块硅镁石、硅镁石为斜方晶系，粒硅镁石、斜硅镁石为单斜晶系。光性方位的共同特点是 $b \parallel N_g$，单斜晶系的粒硅镁石、斜硅镁石的光轴面 $\perp(010)$。晶体呈板状、柱状和粒状，解理{100}或{001}中等或不完全，薄片中呈无色—淡黄色的多色性（照片 289，291）。其干涉色多在二级。二轴晶正光性，光轴角中等或较大。斜硅镁石和粒硅镁石常见聚片双晶。粒硅镁石族矿物可以变化为蛇纹石、水镁石（照片 289）和菱镁矿等。它们产于火成岩与石灰岩的接触变质带，共生矿物有镁橄榄石、金云母、透辉石、尖晶石及白云石、方解石等。

本族矿物还包括粒硅锰矿（Alleghanyite）、羟硅锰矿（Leucophoenicite）和氟硅锰石（Sonolite）。

块 硅 镁 石　Norbergite

$Mg_3[SiO_4](OH,F)_2$

斜方晶系

$N_g = 1.582 \sim 1.593$

$N_m = 1.563 \sim 1.579$

$N_p = 1.558 \sim 1.567$

$N_g - N_p = 0.024 \sim 0.027$

$(+)2V = 44° \sim 54°$　　$r < v$,

$b \parallel N_g$, $a \parallel N_m$, $c \parallel N_p$, 光轴面 $\parallel (100)$

化学成分　成分较纯，有少量 Fe^{2+}、Mn、Ti、Ca 和 Zn，F 含量较高，可达 12.78% ～16.77%。

结晶特点　粒状及粒状集合体。

光性特征　黄色、淡褐黄色，薄片中为无色至浅黄色，多色性弱：N_g—无色，N_m—极淡黄色，N_p—淡黄色，吸收性：$N_p > N_m > N_g$。正低突起。干涉色二级蓝—二级绿，二轴晶正光性，光轴角中等。

鉴别特征　根据块硅镁石的光轴角较小可与橄榄石和硅镁石区别。而粒硅镁石和斜硅镁石以斜消光和十分发育的聚片双晶与块硅镁石有明显区别，且它们的光轴角也比块硅镁石大。

产状及其他　块硅镁石在自然界中很少见，主要产于酸性侵入岩同白云岩接触的镁质矽卡岩中。

粒 硅 镁 石　Chondrodite

$Mg_5[SiO_4]_2(OH,F)_2$

单斜晶系　$\beta = 109°2'$

$N_g = 1.621 \sim 1.646$

$N_m = 1.602 \sim 1.635$

$N_p = 1.592 \sim 1.617$

$N_g - N_p = 0.028 \sim 0.034$

$(+)2V = 71° \sim 85°$　　$r > v$ 弱

$b \parallel N_g$，$c \wedge N_p = 22° \sim 31°$，$a \wedge N_m = 3° \sim 12°$，光轴面 $\perp (010)$

化学组成　Mg 可部分被 Fe^{2+} 置换，还存在少量 Mn^{2+}、Fe^{3+}、Ti、Al、Ca 和 Zn，F 含量为 4.50% ～10.27%。

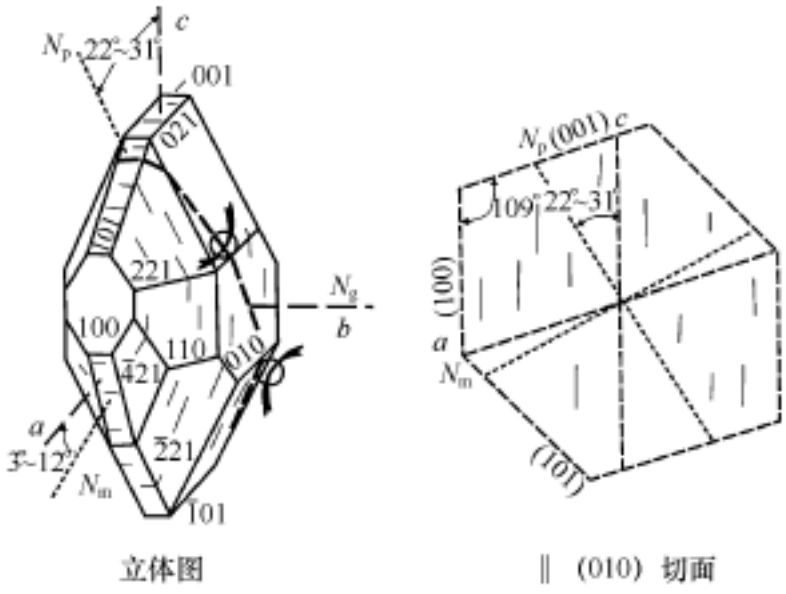


图 4－80　粒硅镁石光性方位

结晶特点　晶体常平行(010)呈板状、柱状，但多见粒状及不规则状。{100}解理不完全。

光性特征　黄褐色、红、褐色、暗黄色，薄片中呈无色—浅黄色的多色性：N_g—无色或极浅的黄色，N_m—无色，浅黄或浅黄绿，N_p—浅褐黄，吸收性：$N_p > N_m > N_g$，其多色性和吸收性均较弱。正中突起(照片 291)。干涉色为鲜艳的二级黄绿至二级橙红。沿解理或双晶缝方向为负延性。镜下常见沿(100)结合面的聚片双晶(照片 292)，在(010)切面中，解理(c 轴)与 N_p 夹角为 22°～31°。二轴晶正光性，光轴角较大。粒硅镁石可与斜硅镁石、镁橄榄石和钙镁橄榄石构成叶片状互生。结合面为(105)和(305)的双晶少见。

鉴别特征　粒硅镁石以具有浅黄色多色性，正中突起，斜消光和聚片双晶等特征可与橄榄石相区别，以其具有较大的消光角与其他硅镁石区别。

产状及其他　粒硅镁石产于中酸性火成岩与白云岩接触带的镁质矽卡岩中，与金云母、磁铁矿、橄榄石、透辉石、叶蛇纹石、硅镁石、斜硅镁石等矿物共生，也产于大理岩中与镁橄榄石、方镁石、金云母及方解石、白云石等矿物共生。在黄长煌斑岩中有时可见粒硅镁石。

硅　镁　石　Humite

$Mg_7[SiO_4]_3(OH,F)_2$

斜方晶系

$N_g = 1.639 \sim 1.675$

N_m = 1.619 ~1.655

N_p = 1.607 ~1.643

N_g - N_p = 0.029 ~0.036

(+) 2V = 65°~84°　　r > v

b ∥ N_g, a ∥ N_p, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001)

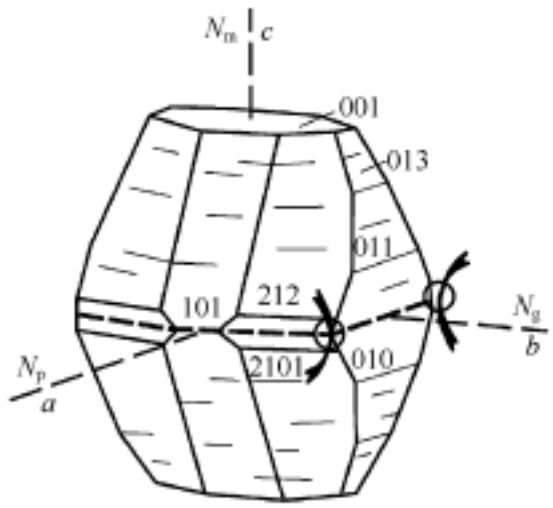


图 4-81　硅镁石光性方位

化学组成　Mg 可以部分被 Fe^{2+} 置换, 还存在少量 Mn、Fe^{3+}、Ti、Al 等, F 含量在 2.77% ~5.43%。

结晶特点　晶体呈板状、桶状, 但经常为粒状集合体。{001}解理不完全。

光性特征　黄褐色、暗橙色, 薄片中具无色—淡黄色的多色性(照片 289) : N_g—无色或淡黄色, N_m—无色、淡黄, N_p—金黄、深黄, 吸收性: N_p > N_m > N_g。正中突起。干涉色二级黄—红(照片 290)。平行消光, 延性可正可负, 二轴晶正光性, 光轴角较大。

鉴别特征　硅镁石以平行消光可与粒硅镁石和斜硅镁石相区别, 而橄榄石无多色性、突起高、光轴角大。十字石的金黄色多色性与硅镁石相似, 但十字石的 N_g—金黄色, 而硅镁石为 N_p—金黄色, 且十字石突起高、干涉色为一级、正延性及具有十字双晶, 十字石的矿物共生组合与硅镁石的差别较大。

产状及其他　硅镁石产于镁质矽卡岩中, 共生矿物有镁橄榄石、金云母、磁铁矿、萤石、方解石等。

斜 硅 镁 石　Clinohumite

$Mg_9[SiO_4]_4(OH, F)_2$

单斜晶系　β = 101°

N_g = 1.662 ~1.700

N_m = 1.641 ~1.679

N_p = 1.628 ~1.668

N_g - N_p = 0.028 ~0.041

(+) 2V = 73°~76°　　r > v

b ∥ N_g, c∧N_p = 7°~15°, a∧N_m = 4°, **光轴面** ⊥ (010)

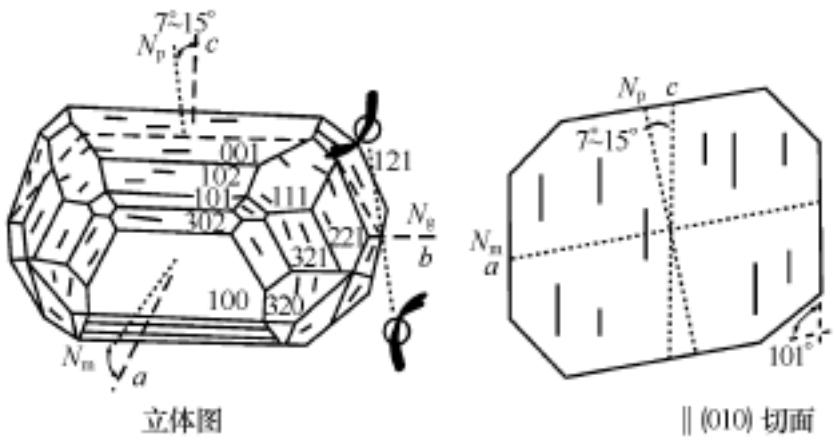


图 4-82　斜硅镁石光性方位

化学组成　是粒硅镁石族中类质同象替代阳离子数量最多、含 F 量最少(0.03% ~5.04%) 的矿物。Mg 可部分被 Fe^{2+}、Mn^{2+} 替换, 并可存在少量 Fe^{3+}、Ti、Na、Pb、Zn 等。

结晶特点　晶体呈粒状, 有时为板状、柱状晶形, {100}解理不完全。

光性特征　黄褐色、灰白、红、黄色, 薄片中呈淡黄、无色和金黄色多色性: N_g—淡黄, 无色(照片 293), N_m—淡黄、橙黄、无色, N_p—金黄、深红、黄, 吸收性: N_p > N_m ≥ N_g。正中—高突起, 折射率随 Fe^{2+}、Mn^{2+} 替代 Mg、$(OH)^{1-}$ 替代 F 及 Ti、Fe^{3+} 的含量增加而增大。干涉色二级黄绿—三级底。沿解理和双晶缝方向为负延性在具解理或聚片双晶切面上, 可测量 c∧N_p = 7°~15°, 双晶面为(100) 的聚片双晶常见(照片 294)。

变化　斜硅镁石可转变为水镁石、叶蛇纹石和菱镁矿等。

鉴别特征　斜硅镁石与硅镁石的区别在于其突起稍高、多色性更明显、聚片双晶发育、斜消光。与粒硅镁石区别在于消光角小。据斜硅镁石的颜色、多色性、双晶等特征，可与橄榄石区别。

产状及其他　斜硅镁石产于镁质矽卡岩中，它是粒硅镁石族中形成最早的矿物，可直接交代白云石或镁橄榄石，常与金云母、镁橄榄石、方解石、白云石、萤石、透闪石、尖晶石、斜绿泥石、硅镁石、硼镁铁矿、绿脆云母等矿物共生。在蚀变的橄榄岩中也有产出。

钛斜硅镁石　Titanoclinohumite　为斜硅镁石的含 Ti 变种。$(Ti, Mg)_9[SiO_4]_4(OH, F)_2$。单斜晶系。晶体呈片状、厚板状及柱状，{100}解理不完全，贫铁的钛斜硅镁石的 $N_g = 1.690$, $N_m = 1.670$, $N_p = 1.658$, $N_g - N_p = 0.032$；富铁的钛斜硅镁石的 $N_g = 1.728$, $N_m = 1.708$, $N_p = 1.702$, $N_g - N_p = 0.026$。红褐色，薄片中多色性较明显，$N_g \approx N_m$—淡黄、橙色，N_p—红橙、血红色，吸收性：$N_p > N_m \approx N_g$。具有异常干涉色。二轴晶正光性，$2V = 52° \sim 76°$，$r > v$ 强。光性方位为：$b \parallel N_g$、$c \wedge N_p = 9° \sim 15°$。产于蛇纹岩、滑石片岩及蚀变辉长岩中，伴生矿物有橄榄石、金云母、尖晶石、透辉石和绿帘石等。

总的来看，粒硅镁石族矿物之间的区别可以根据斜消光和平行消光将单斜晶系的粒硅镁石、斜硅镁石与斜方晶系的硅镁石和块硅镁石分开，据块硅镁石光轴角小的特点可将其与硅镁石区别。根据消光角大小可区别粒硅镁石和斜硅镁石，前者较后者大。

粒硅镁石族矿物在自然界中分布较广的是粒硅镁石和斜硅镁石，其次为硅镁石，而块硅镁石很少见。

海　绿　石　Glauconite

$K_{1-x}\{(Al, Fe)_2[Al_{1-x}Si_{3+x}O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 100°$

$N_g = 1.610 \sim 1.640$

$N_m = 1.609 \sim 1.639$

$N_p = 1.590 \sim 1.610$

$N_g - N_p = 0.014 \sim 0.030$

$(-)2V = 0° \sim 20°$　　$r > v$

$b \parallel N_m$, $a \wedge N_g = 3°$, $c \wedge N_p = 2°$；**光轴面** $\parallel (010)$

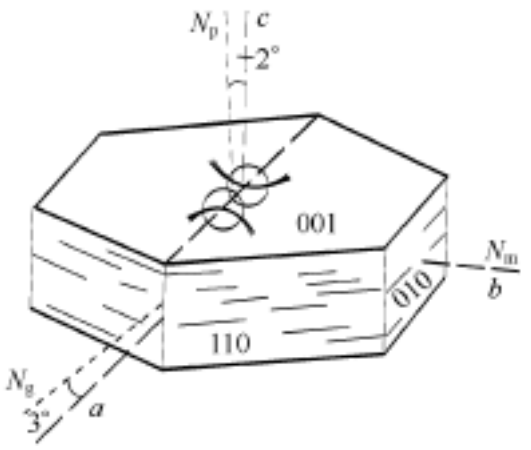


图 4－83　海绿石光性方位

化学组成　其成分式中的 x 值约在 0.4 ～1.0 之间。海绿石为含钾的矿物，主要组分为 SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、FeO、K_2O 和 H_2O，次要组分为 MgO、CaO、MnO、Na_2O、Li_2O 等，有时还含有以机械混入物形式存在的磷酸钙杂质。据报道，海绿石成分中的钾、铁含量与地层年代、岩性有关，如一般早古生代的海绿石中 K_2O 含量比现代海中的要高，而铁正相反。此外，同一时代的石英砂岩、石灰岩中的海绿石 H_2O 含量比长石砂岩、泥质岩中的要高。

结晶特点　常呈粒状、鳞片状或土状集合体，外形多样，如圆形、肾状、卵状等。薄片中常呈圆粒状(照片 295)，有时还具放射状构造，或呈叶片状、薄膜状出现。也可成不规则的胶结物，胶结碎屑或充填于生物碎屑间。有时可见{001}完全解理。

光性特征　肉眼观察为不同色调的绿色，如孔雀绿、鲜绿、橄榄绿、褐绿、黄绿等，薄片中

亮绿、浅绿、黄绿或橄榄绿色(照片 295)。海绿石作为单独晶体,可具较明显的多色性: N_g = N_m—亮绿或黄绿, N_p—稻草黄或浅黄绿色。吸收性: $N_g \approx N_m > N_p$。但由于海绿石颗粒常常是由很多微细的晶粒所组成,多色性往往表现的不明显,且在正交偏光间呈集合偏光现象(转物台时切面始终明亮)。正中—低突起,最高干涉色为二级,但通常被本身的颜色所影响,因之在正交偏光间仍呈现绿色(照片 296)。结晶粗时沿{001}解理近平行消光(消光角 2°~3°)。正延性。如果海绿石切面恰好是由无数平行(001)的细叶片组成时,则这种切面在正交偏光间显均质性。由于结晶极细,一般不易见到干涉图。在较粗的平行解理切面上,可见⊥Bxa 的干涉图。

变化　有时可变为褐铁矿和针铁矿。

鉴别特征　根据薄片中海绿石特有的绿色、细小片状集合体常呈圆粒状、具集合偏光及较高的双折射率等特征,不难识别。它与鲕绿泥石区别在于双折射率较大,且鲕绿泥石具鲕状构造。鳞绿泥石多呈片状、鳞片状,不像海绿石有那样鲜艳的绿色,而是常为淡绿褐色。

产状及其他　海绿石是典型的沉积自生矿物,产在浅海沉积物中,如砂岩、泥岩、碳酸盐岩等。在近代浅海沉积的淤泥和砂中也有发现。有时还见到海绿石充填有孔虫贝壳的现象,常见伴生矿物胶磷矿。长期以来,海绿石被人们认为是海相,特别是海侵相的指示矿物。普遍认为海绿石生长的有利条件是有机质丰富的温暖浅海。非海相海绿石为低铁、低钾、高锰,是介于海绿石和伊利石之间的矿物。海绿石一般用于水质处理和土壤改良。

绿鳞石　Celadonite　$K(Mg, Fe^{2+})(Fe^{3+}, Al)(Si_4O_{10})(OH)_2$。成分近似于海绿石,含有较多的 Fe^{2+}、Mg,而 Fe^{3+}、Al 较少。单斜晶系, $\beta = 100°6'$。绿鳞石常呈鳞片状、纤维状、放射状集合体。{001}解理完全。绿色、蓝绿色,薄片中为翠绿、黄绿色(照片 297),多色性: $N_g = N_m$—翠绿、绿, N_p—无色、浅绿黄色。正中突起, $N_g = 1.638$, $N_m = 1.630$, $N_p = 1.625$。$N_g - N_p = 0.013$,有时双折射率达 0.025~0.032,最高干涉色多为一级橙黄,有时达二级蓝绿—橙(照片 298),近平行消光,正延性。二轴晶正光性,光轴角小,5°~8°,有时近于一轴晶。绿鳞石和海绿石相似但二者产状不同。绿鳞石与绿泥石可根据双折射率区别,前者干涉色高于后者。与皂石相似,但皂石为负低—正低突起,而绿鳞石为正中突起。绿鳞石是一种热液蚀变矿物,火山岩中的辉石,橄榄石斑晶常蚀变为绿鳞石,并保留二者的假象(照片 483, 484)。绿鳞石也常充填于火山岩的气孔中,与方解石、皂石、绿泥石、沸石、石英等共生。

黄　玉(黄晶)　Topaz

$Al_2[SiO_4]F_2$

斜方晶系

$N_g = 1.616 \sim 1.644$

$N_m = 1.609 \sim 1.637$

$N_p = 1.606 \sim 1.634$

$N_g - N_p = 0.008 \sim 0.011$

$(+)2V = 48° \sim 68°$

$b \parallel N_m$, $a \parallel N_p$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel (010)$

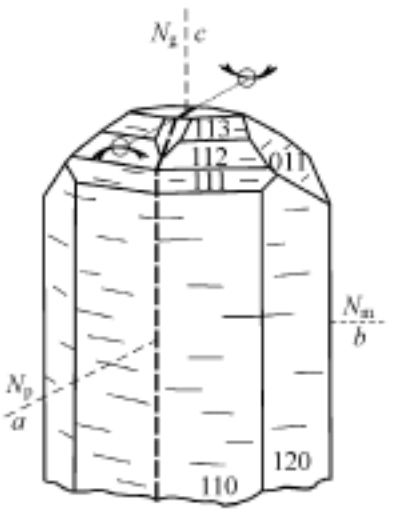


图 4-84　黄玉光性方位

化学组成　成分中 F 可被 $(OH)^{1-}$ 代替, F:(OH)为 3:1~1:1,比值随生成条件而异。伟晶岩中黄玉的

(OH)含量很低,云英岩中黄玉的(OH)可达5%～7%,热液成因者F与(OH)含量接近相等。此外还可含有少量或微量Mg、Fe、Ca、Ti、Ga、Ge、Li、Ti等。

结晶特点 晶体沿c轴呈柱状、短柱状,柱面上多具纵纹,也常为不规则粒状,横切面常呈杏仁状,晶体内往往含有微晶或液体包裹体。{001}底面解理完全。

光性特征 无色、黄、白、灰、浅绿、水红、或蓝色调,薄片中无色,在厚切片中,有时可见多色性:N_g—淡红,N_p—黄色。黄玉的玫瑰色变种少见,把黄色黄玉加热可得到玫瑰色。某些黄玉的颜色在X光照射下发生变化,而经过加热或者曝露于日光下,新的颜色可遭破坏。黄玉在薄片中呈正中突起(照片299),干涉色一级黄白(照片300)。纵切面平行消光,横切面对称消光。平行柱面为正延性(解理缝则平行快光方向,因为解理与晶体延长方向垂直)。在(001)解理面上可见到⊥Bxa干涉图,二轴晶正光性,光轴角中等,成分中F被$(OH)^{1-}$代替时光轴角减小,相对密度降低,而折射率增高。

变化 黄玉的蚀变产物为珍珠云母、萤石、高岭石、绢云母、白云母和水白云母等。

鉴别特征 黄玉的主要特征是薄片中具有与晶体长方向垂直的完全底面解理、正中突起,干涉色低、柱状外形和中等光轴角。黄玉在标本上与石英相似,薄片中也容易相混,但黄玉具有解理,解理总是与快光平行,石英无解理;黄玉正中突起,且为二轴晶,石英正低突起,为一轴晶。黄玉和长石的区别在于它的突起高。黄玉有时与磷灰石相混,两者区别在于黄玉的横切面为杏仁状,磷灰石横切面为六边形;黄玉可以分解为绢云母等,而磷灰石总是新鲜晶粒;黄玉的双折射率比磷灰石大,干涉色可达一级黄白,正延性,为二轴晶正光性,磷灰石干涉色一级灰,负延性,一轴晶负光性。黄玉可能被误认为是红柱石,二者区别在于前者为正光性,光轴角较小,后者为负光性,光轴角较大;同时红柱石常具有黄玉所没有的多色性。黄玉与符山石、黄长石的区别是后者为一轴晶,往往具异常干涉色,其矿物共生组合也有差异。硅铍石为一轴晶,且其菱形切面不同于黄玉。

产状及其他 黄玉主要产于花岗伟晶岩、云英岩、高温汽成矿脉中,也见于次火山岩有关的隐爆角砾岩和热液角砾岩中,共生矿物为石英、电气石、白云母以及萤石、锡石、黑钨矿等,在一些花岗岩、花岗伟晶岩中,黄玉可作为非气成热液矿物产出,共生矿物为绿柱石、独居石。在变质岩中,有时黄玉与蓝晶石和石英等矿物共生产出于黄玉蓝晶石英片岩中。它可作为精细仪表的轴承及研磨材料,透明色美的黄玉可作宝石。

天 青 石 Celestine, Celestite

$SrSO_4$

斜方晶系

$N_g = 1.630 \sim 1.631$

$N_m = 1.623 \sim 1.624$

$N_p = 1.621 \sim 1.622$

$N_g - N_p = 0.009$

(+)$2V = 51°$ r < v **中等**

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (010)

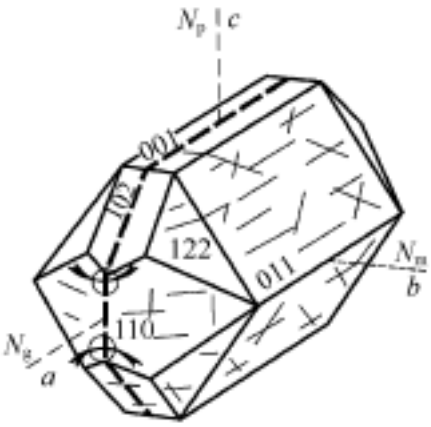


图4－85 天青石光性方位

化学组成 成分中Sr常被少量Ba^{2+}和Ca^{2+}替代,

并含有微量的 Si 和 Mg, 天青石可与重晶石构成类质同象系列。

结晶特点　晶体常沿(001)发育成板状, 有时沿 a 轴或 b 轴延伸呈柱状。通常为粒状、花朵状、纤维状集合体(照片 301, 302), 偶尔呈结核状。解理{001}完全,{210}中等,{010}不完全。

光性特征　白色、无色、淡蓝, 有时也呈淡黄、淡红和褐色, 薄片中无色透明, 正中突起。干涉色一级黄白(照片 301, 302)。平行消光, 正延性。二轴晶正光性, 光轴角中等。

变化　天青石最常见的蚀变矿物为菱锶矿, 天青石也可被方解石、毒重石、石英、玉髓等矿物交代而形成假象。

鉴别特征　天青石与重晶石区别在于重晶石的折射率和双折射率稍高, 干涉色可达一级橙黄, 光轴角小。但两者可形成固溶体, 双折射率和光轴角通过中间类型而渐变, 有时还需要用火焰试验才可区分它们。硬石膏的干涉色可高达三级、突起较低、有极完全的三组相互正交解理等特征与天青石较易区别。

产状及其他　天青石主要产于灰岩、白云岩中, 与石膏、硬石膏、重晶石、萤石、菱锶矿、方解石和白云石等矿物共生。在蒸发岩矿床中, 天青石产于硬石膏带中。天青石也作为热液矿物充填于岩石孔隙和气孔中。天青石用于制备碳酸锶和硝酸锶, 玻璃、电子和烟火等工业中。

天　蓝　石　Lazulite

$(Mg, Fe)Al_2[PO_4]_2(OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 120°40'$

	(富 Mg)	(富 Fe)
N_g	1.637	1.680
N_m	1.626	1.670
N_p	1.604	1.639
$N_g - N_p$	0.033	0.041

(-)2V = 64°~69°　　r < v 显著

b ∥ N_m, a ∧ N_g = 10°, c ∧ N_p = 9°, 光轴面 ∥ (010)

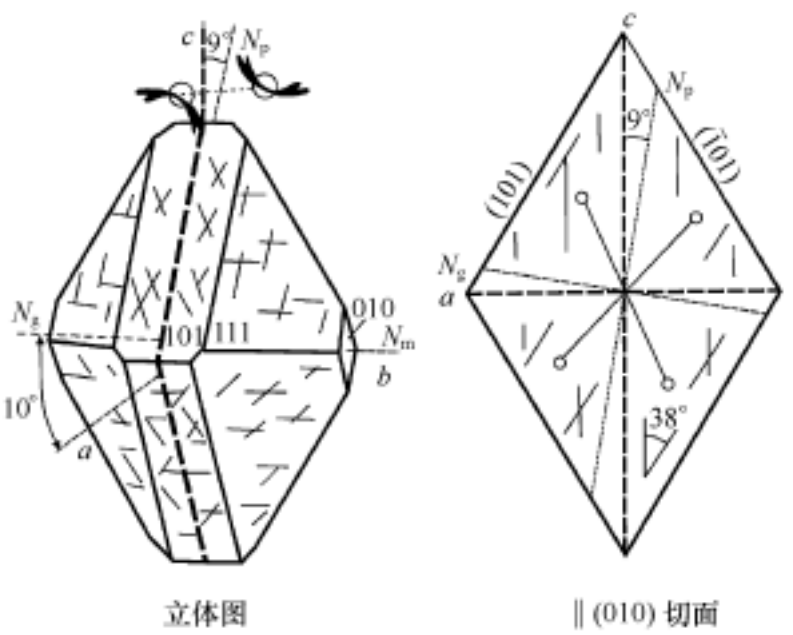


图 4-86　天蓝石光性方位

化学组成　天蓝石是一种磷酸盐矿物, 成分中 Fe 与 Mg 呈完全类质同象, 当 Mg > Fe 时为天蓝石, Mg < Fe 时为铁天蓝石(Scorzalite)。还常有 Ca 的类质同象替代。

结晶特点　晶形呈尖锥状, 完整的晶形很少见, 常为粒状及不规则状。解理{110}及{101}中等。

光性特征　蓝色、靛蓝色, 薄片中无色—天蓝色多色性明显(照片 303): $N_g \approx N_m$—天蓝色, N_p—无色, 吸收性: $N_g \approx N_m > N_p$。正中突起。干涉色二级中部至三级底部(照片 304), 折射率和双折射率随着铁含量的增加而增大。斜消光。二轴晶负光性, 光轴角中等。聚片双晶十分发育(照片 304), 双晶结合面为(110)和(101)。

鉴别特征　天蓝石以其特有的天蓝—无色的多色性可与其他矿物相区别。天蓝石与蓝色电气石区别在于前者有解理、双晶、二轴晶、在慢光方位上呈天蓝色,而电气石是在快光方位上呈淡蓝色。与蓝色刚玉的区别是:刚玉突起高、解理不发育、干涉色低、且为一轴晶。天蓝石与蓝闪石区别在于两者多色性,天蓝石不呈紫色,且无角闪石式解理,聚片双晶十分发育。天蓝石与蓝线石在颜色上较相似,但两者吸收性相反,天蓝石 N_g 和 N_m 方向颜色最深,而后者则是 N_p 方位颜色最深,并经常呈柱状晶形。

产状及其他　天蓝石产于富含石英的变质岩中,常与蓝晶石、石英、蓝线石、红柱石、矽线石、石榴子石及云母共生,也产于石英脉和伟晶岩脉中。

葡　萄　石　Prehnite

$Ca_2Al[AlSi_3O_{10}](OH)_2$

斜方晶系

$N_g = 1.639 \sim 1.670$

$N_m = 1.621 \sim 1.650$

$N_p = 1.612 \sim 1.640$

$N_g - N_p = 0.022 \sim 0.035$

$(+)2V = 65° \sim 70°$　　$r > v$

$a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel (010)$

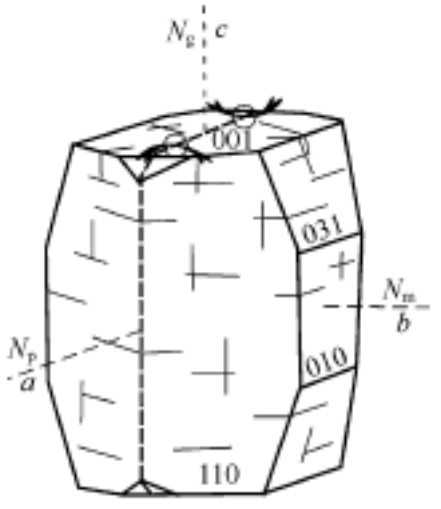


图 4－87　葡萄石光性方位

化学组成　成分较稳定,经常有 Fe^{3+} 替代 Al,可含少量的 Mg、Mn、Na、K 等。

结晶特点　晶体沿(001)呈厚板状,沿 c 轴延长呈柱状,集合体呈放射状(照片 307)、葡萄状、肾状、束状或致密状、球粒状、似蝴蝶结状(照片 305, 306)。解理{001}完全,{110}不完全。

光性特征　白色、浅黄、灰色或带各种色调的绿色,薄片中无色。正中突起(照片 305)。干涉色二级蓝到二级顶部,很鲜艳(照片 306, 307),折射率和双折射率随着 Fe^{3+} 含量增加而增大。平行消光,有时呈波状消光或不完全消光现象。延性符号和晶形有关,板状晶体呈负延性,柱状晶体为正延性,但以负延性者常见。二轴晶正光性,光轴角中等或稍大,有时亦见光轴角 0°～30°的,当光轴角接近 0°时,产生强烈的光轴色散($r < v$),并具有异常干涉色。某些切面有细的聚片双晶,它们有时构成两个方向呈正交的格子状双晶(照片 308),与微斜长石的双晶相似。有时在底部切面上见到两组条带相互交错、其中光轴面彼此正交、在正交偏光间呈特别的镶花地板状(照片 309)。

鉴别特征　葡萄石以其正中突起、干涉色达二级、平行消光、多为负延性(柱状晶体可为正延性,但少见),其集合体常为放射状、蝴蝶结状等为主要特征。葡萄石以其较高的干涉色而与硅灰石、红柱石、黄玉和赛黄晶等矿物相区别。与杆沸石区别在于后者为负低突起,干涉色较低。与硬柱石区别为硬柱石突起高,干涉色稍低,光轴角略大。硅硼钙石的干涉色可达三级,解理不发育,且为负光性等特征明显与葡萄石不同。

产状及其他　葡萄石常作为热液矿物和蚀变矿物产于基性火山岩孔洞、裂隙中,也经常呈细脉穿切岩石,它是中基性斜长石(照片 191, 192)、角闪石、黑云母的蚀变矿物(照片

268, 269, 270, 271), 并常依它们的假象产出。在区域变质岩中, 葡萄石与硬柱石、蓝闪石、绿纤石、黑硬绿泥石、绿帘石、钠长石等低温高压矿物共生, 产于高压很低变质相的岩石中。在接触交代的矽卡岩中也常见葡萄石。

硅　灰　石　Wollastonite

$CaSiO_3$

三斜晶系

$N_g = 1.631 \sim 1.653$

$N_m = 1.628 \sim 1.650$

$N_p = 1.616 \sim 1.640$

$N_g - N_p = 0.014 \sim 0.017$

$(-)2V = 38° \sim 60°$　　$r > v$

$a \wedge N_g = 34° \sim 39°$, $b \wedge N_m = 3° \sim 5°$, $c \wedge N_p = 28° \sim 34°$, 光轴面近于∥(010)

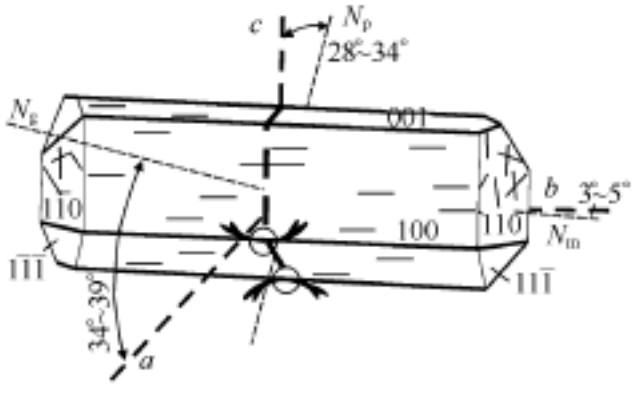


图 4-88　硅灰石光性方位

化学组成　成分中常含有一定量的 Fe、Mn、Mg 等, 并混有 Al 和 Na。

结晶特点　沿 b 轴延伸的长柱状、针状、杆状(照片 312, 313)和板状(照片 310), 横切面近长方形。集合体呈放射状、纤维状。解理{100}完全, {001}、{$\bar{1}02$}中等, {100}∧{001} = 84°30′, {100}∧{$\bar{1}02$} = 70°。

光性特征　白色, 有时略带浅灰色和浅红色, 薄片中无色, 含铁较多时则为浅黄色的多色性。正中突起, 折射率随 Fe^{2+} 含量的增加而增大。在近垂直 b 轴的平行光轴面切片上可见最高干涉色为一级橙, 斜消光, 消光角 $c \wedge N_p = 28° \sim 34°$(该切面可见三组解理, 其中最完好的一组解理缝方向为 c 轴); 其柱面的干涉色为一级灰白、黄白(照片 311, 313), 该切面平行消光或近于平行消光(<5°), 延性可正可负。二轴晶负光性, 光轴角中等, 一般 40°左右。随 Fe^{2+} 含量的增加而增大。有的硅灰石具有环带, 核部的折射率、光轴角和消光角比边部小些。(100)结合面的简单和聚片双晶常见。

变化　硅灰石可变为方解石、石英、蛋白石、绿高岭石和锰土等。

鉴别特征　硅灰石以其近于平行柱面的低干涉色、近平行消光、延性可正可负及横切面上有三组解理、解理之间的夹角大于 60°、且光轴角较小等特征与其十分相似的透闪石区分开。

产状及其他　硅灰石见于灰岩与火成岩的接触带中, 它是矽卡岩早期矿物之一, 与其共生的矿物有透辉石、透闪石、钙铝榴石、符山石、方解石和白钨矿等。在区域变质岩石中, 硅灰石是低压高温的特征变质矿物, 形成硅灰石大理岩和硅灰石石英岩, 也见于富钙的结晶片岩和片麻岩中。某些火山渣、高炉炉渣、硅酸盐砖中有时也见到。据报道, 产于陨石中的硅灰石是单斜晶系的针状晶体。硅灰石主要用于陶瓷、涂料工业中, 在塑料工业中用作填充剂。

赛　黄　晶　Danburite

$Ca[B_2Si_2O_8]$

斜方晶系

(C光) (D光) (F光)

N_g = 1.633 ~1.636 ~1.652

N_m = 1.630 ~1.633 ~1.648

N_p = 1.628 ~1.630 ~1.646

$N_g - N_p$ = 0.006

(-) 2V = 88°

a ∥ N_g, b ∥ N_p, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001)

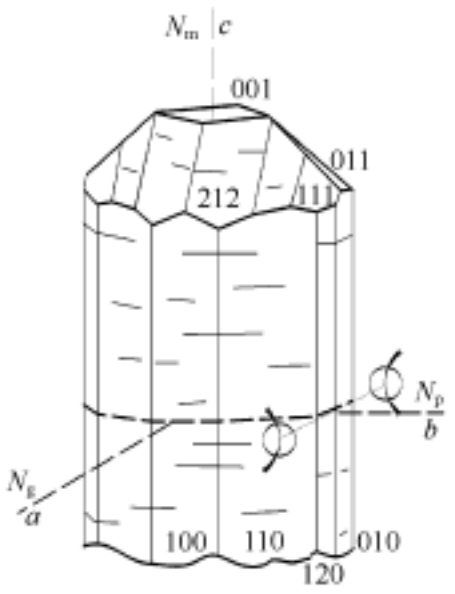


图 4－89　赛黄晶光性方位

结晶特点　平行 c 轴延长的柱状, 顶端楔形, 晶面具纵纹, 集合体呈粒状。{001}底面解理极不完全。

光性特征　无色、淡黄、暗黄或黄灰色, 薄片中无色, 正中突起, 折射率色散强, 如上面所列折射率数据, 从红光(C光, λ=656.3nm) 到黄光(D光, λ=589.3nm, 相当于自然光, 白光) 到绿蓝光(F光, 486.1nm) 其折射率变化较大。$N_F - N_C$ = 0.019。赛黄晶干涉色为一级灰或灰白, 平行消光, 延性可正可负。二轴晶负光性。光轴角大。对于短波长(紫光) 为正光性。

鉴别特征　赛黄晶与红柱石、硅硼钙石相似, 但红柱石、硅硼钙石的双折射率大, 干涉色高, 光轴角一般较小, 而且红柱石总是负延性。赛黄晶与黄玉的区别在于后者的解理发育, 赛黄晶解理不发育, 黄玉为正光性, 光轴角小。

产状及其他　赛黄晶产于花岗岩、伟晶岩、片麻岩及接触变质大理岩中, 与含硼、氟、铍的气成矿物共生。也曾发现赛黄晶与榍石、辉石、斧石、白云石、方解石伴生。

复　合　矿　Grandidierite

$MgAl_2Al[SiO_4][BO_3]O_2$

斜方晶系

N_g = 1.632 ~1.6385

N_m = 1.630 ~1.6362

N_p = 1.577 ~1.6018

$N_g - N_p$ = 0.035 ~0.037

(-) 2V = 30°　　r < v

a ∥ N_p, b ∥ N_g, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001)

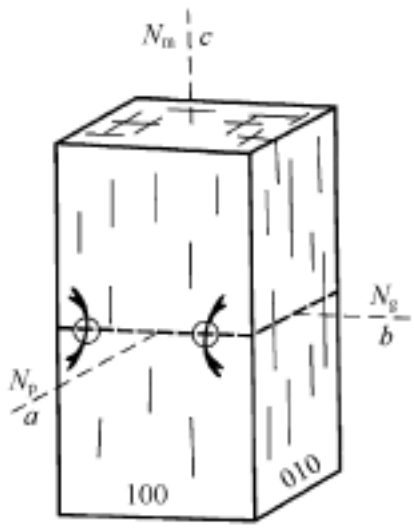


图 4－90　复合矿光性方位

化学组成　Mg 可以被 Fe^{2+} 替代, Al 被 Fe^{3+} 和 Ti^{3+} 替代, 成分中还含有 Ca、Na 和 K。

结晶特点　柱状、粒状或为块状。解理{100}完全, {010}中等。在横切面上可见两组近正交的解理(照片 314)。

光性特征　蓝色、蓝绿色, 薄片中多色性明显: N_g—淡蓝绿、蓝绿、暗绿, N_m—无色, N_p—淡绿、绿蓝, 吸收性: $N_g > N_p > N_m$。正中突起(照片 314)。纵切面为平行消光, 延性可正可负, 横切面为光轴面, 最高干涉色为二级顶(照片 315)。二轴晶负光性, 光轴角较小。

鉴别特征　复合矿与蓝绿色电气石的区别在于电气石无解理、负延性、且为一轴晶。蓝

线石的突起高、平行柱面时颜色最深,而复合矿平行柱面解理时为无色。假蓝宝石的突起高、干涉色低。与天蓝石区别在于天蓝石的 N_p—无色、聚片双晶发育、光轴角较大(64°～69°)。

产状及其他 复合矿产于马尔加什的伟晶岩和细晶岩中,与石英、正长石、微斜长石、铁铝榴石、尖晶石和黑云母共生,我国黑龙江地区的复合矿与斜长石、矽线石及电气石共生。

重 晶 石 Barite

$Ba[SO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.647 \sim 1.649$

$N_m = 1.637 \sim 1.639$

$N_p = 1.636 \sim 1.637$

$N_g - N_p = 0.012$

(+)2V = 37° r > v**弱**

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (010)

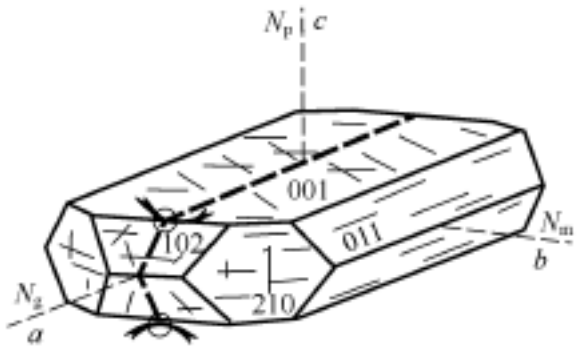


图 4-91 重晶石光性方位

(据 Nesse W. D., 2004)

化学组成 重晶石和天青石形成完全类质同象,富钡少锶的过渡变种为锶重晶石(Strontiobarite)。少量的 Ca^{2+}、Pb^{2+} 及微量的 Ra^{2+} 可代换 Ba。

结晶特点 沿(001)发育成板状晶体,沿 a、b 轴延长的柱状晶体少见,集合体为粒状、纤维状、致密块状、结核状、鲕状、土状等,切面经常呈长方形、他形。解理{001}完全,{210}、{010}较完全,{001}∧{210} = 90°;{210}∧{$\bar{2}$10} = 78°22′,在薄片中经常见到两组正交的解理(照片 316)。

光性特征 白色、灰、浅黄、浅绿、浅蓝、浅红和浅褐色,薄片中无色透明。正中突起,折射率随铅含量增加而增大,而随锶含量增加而略为降低。干涉色一级黄(照片 317)有时分布不均匀,呈斑杂状。平行消光,正延性。二轴晶正光性,光轴角中等稍小。有时见(110)为双晶面的聚片双晶。

变化 主要蚀变矿物是毒重石($BaCO_3$)。

鉴别特征 相对密度大、具有三组解理、低的干涉色、光轴角中等偏小是重晶石的鉴别特征。重晶石与天青石十分相似,但重晶石的干涉色稍高、光轴角较小。根据重晶石的干涉色低,不难与干涉色高达三级的硬石膏区别。

产状及其他 重晶石产于中低温热液矿脉中,常与石英、方解石、萤石、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辰砂、辉锑矿等共生。重晶石也成结核状产于沉积岩的灰岩和砂岩中,有时重晶石是砂岩的自生胶结物。重晶石是最主要的钡矿物原料,并作为油漆色剂及造纸、橡胶工业的充填剂。重晶石磨成细粉可作为钻探泥浆的加重剂。

红 柱 石 Andalusite

$AlAl[SiO_4]O$

斜方晶系

N_g = 1.639 ~1.650

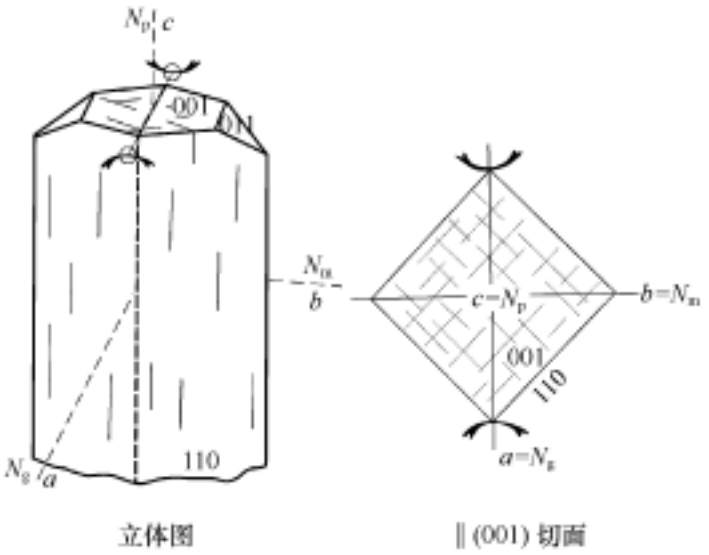
N_m = 1.634 ~1.644

N_p = 1.629 ~1.642

$N_g - N_p$ = 0.009 ~0.012

(-) 2V = 78°~86°　　r < v 弱, 偶见 r > v 弱

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, 光轴面 ∥ (010)



立体图　　∥(001) 切面

图 4－92　红柱石光性方位

化学组成　成分中 Al 可部分被 Fe^{3+} 和 Mn^{3+} 替代, Si 可少量被 Ti^{4+} 替代, 还可含少量 Ca、Mg 及微量 K、Na。

结晶特点　晶体沿 c 轴延伸呈柱状、杆状及不规则粒状, 集合体为放射状(照片 320)、纤维状、束状和粒状。解理{110}完全,{100}不完全,{110}∧{1$\bar{1}$0} = 89°12′。在横切面上有两组近直交的解理(照片 318 左下), 而纵切面大多有一组解理, 斜交 c 轴切面为长方形和菱形。在红柱石晶体中含有黑色碳质包裹物, 在横切面上呈对角线十字形分布, 在柱状切面中沿柱面呈带状分布, 这种含有碳质包裹体的红柱石称为空晶石(Chiastolite)(照片 326, 327)。

光性特征　淡红色、玫瑰红色, 经绢云母化常呈灰白色。薄片中无色, 但也常有粉红和淡绿色调, 即使是在同一切片中, 颜色分布也不均匀, 有时在晶体中心或边缘深一些(照片 318), 有时呈斑点状。其多色性: N_g—浅绿色, N_p—浅红色。正中突起。干涉色一级黄白(照片 319, 320)。横切面对称消光, 平行柱面为平行消光, 负延性。二轴晶负光性, 光轴角较大。

变化　红柱石易变为绢云母、白云母(照片 321, 322, 323), 在温度与压力增加时, 可分别转变为矽线石和蓝晶石。

鉴别特征　红柱石与紫苏辉石十分相似, 最简易的区别方法是前者为负延性, 后者为正延性, 此外紫苏辉石突起高; 两者的多色性公式也有差异, 红柱石的柱面长方向(N_p)—浅红色, 而紫苏辉石的柱面长方向(N_g)—浅绿色。红柱石与矽线石区别在于矽线石为正延性、横切面有一组对角线解理、干涉色较高、正光性、光轴角小等特征不难与红柱石相区别。透闪石的正延性、横切面的角闪石式解理及二级干涉色等可与红柱石区别。直闪石的正延性和角闪石式解理也可与其相区别。红柱石与硅灰石的区别在于硅灰石的延性可正可负, 光轴角小, 横切面有三组解理。

产状及其他　红柱石广泛分布在热接触变质的角岩中, 经常与堇青石、云母、石英、长石等共生。在低压区域变质岩石中红柱石也常与上述矿物共生产于结晶片岩中, 在变质石英砂岩中, 富铝的粘土质填隙物经变质后可形成红柱石, 分布于石英砂粒之间。在次生石英岩中也有红柱石产出。红柱石可作为耐火材料, 也可应用于陶瓷工业中。空晶石多产于低级变质的角岩和结晶片岩中。

锰红柱石　Viridine, Kanonaite　是红柱石的富锰变种。斜方晶系, Mn_2O_3 可达 3.67%、4.77%, 个别高达 19.56%、32.2%。同时其 Fe_2O_3 含量也较高, 2.21% ~6.6%. 当 Mn_2O_3 高, Fe_2O_3 低时为锰红柱石, 当其中 Fe_2O_3 含量也高时, 则为铁锰红柱石。锰红柱石和铁锰红柱石具有金黄—绿色的多色性: N_g—金黄、

深黄, N_m—祖母绿、草绿, N_p—黄绿、苹果绿(照片 324)。N_g = 1.661 ~1.770, N_m = 1.652 ~1.728, N_p = 1.649 ~1.705, N_g - N_p = 0.012 ~0.029, 有时高达 0.048 和 0.065。正中—高突起。干涉色一般为二级顶部(照片 325), 个别可达高级白。平行消光, 正延性, 二轴晶正光性, 光轴角变化在 53°~71°。其光性方位为 a ∥ N_p, b ∥ N_m, c ∥ N_g, 光轴面 ∥(010)。由于锰红柱石和铁锰红柱石的化学成分中 Mn_2O_3、Fe_2O_3 变化较大, 致使其折射率、双折射率随着它们含量增加而增大。锰红柱石和铁锰红柱石的鲜艳的金黄—黄绿(苹果绿)的多色性、二级以上干涉色、正高突起和正光性、正延性的特征与常见的红柱石有明显的差别。我国新疆阿勒泰地区的锰红柱石中 MnO 含量为 6.43%, FeO 为 2.63%, 并与石英、石榴子石、黑云母共生产出。有的锰红柱石产于白云母石英片岩, 及绿泥石英片岩中。

硼 镁 石 Szaibelyite

$Mg_2[B_2O_4(OH)](OH)$

单斜晶系 β=95°40′

N_g = 1.641 ~1.658

N_m = 1.643

N_p = 1.576 ~1.589

N_g - N_p = 0.062 ~0.082

(-)2V = 小 ~30°

b ∥ N_g, c∧N_p = 7°~8°; 光轴面⊥(010)

化学组成 成分中 MgO 可被 MnO(≤23.5%)和 FeO(≤1.5%)代替。水的含量在 10% ~12%。

结晶特点 沿 c 轴延长的柱状和纤维状, 也有板状晶体, 横切面为菱形, 有时出现八边形。呈纤维状者称纤维硼镁石。解理{110}完全,{100}、{010}和{001}不完全。

光性特征 白色、灰白色, 浅绿及黄色, 薄片中无色, 正低—中突起(照片 328), 具高级白干涉色(照片 329)。平行柱面为斜消光, c∧N_p < 10°; 负延性, 二轴晶负光性, 光轴角小。结合面为(100)的聚片双晶常见。

鉴别特征 硼镁石以其高的干涉色、负延性、二轴晶负光性为特征与均质体的方硼石相区别。以其负延性可与滑石、白云母区别开。

产状及其他 硼镁石主要产于内生硼矿床中, 但在外生硼矿床中也有产出。中国东北地区的内生硼矿床中, 纤维状硼镁石是早期的板状硼镁石、遂安石和硼镁铁矿分解的产物, 也可直接交代大理岩而形成; 板状硼镁石为交代碳酸盐矿物而成, 并常与硼镁铁矿、金云母、硅镁石等矿物共生; 柱状硼镁石产于板状硼镁石之上, 与蛇纹石共生。它们可分解形成纤维状硼镁石。在海相盐类矿床中硼镁石与方硼石、石盐、钾盐、镁矾共生。硼镁石是主要的工业硼矿物之一, 为硼的主要矿石。

镁硼石 小藤石、粒镁硼石 Kotoite $Mg_3[BO_3]_2$。斜方晶系。短柱状、粒状。{110}解理完全, 解理夹角 65°20′, 沿{101}见裂理。白色, 无色, 薄片中无色。正中突起, N_g = 1.674 ~1.676, N_m = 1.652 ~1.654, N_p = 1.652 ~1.653, N_g - N_p = 0.022, 干涉色二级蓝绿, 平行消光, 负延性。二轴晶正光性, 光轴角小, 2V = 21°, 光轴面 ∥(010), 有时见聚片双晶。镁硼石主要产于花岗岩与白云岩接触交代的外带, 即蛇纹石化白云质大理岩中, 与硼镁铁矿、硼镁石、透辉石、蛇纹石、萤石等共生。

硅 硼 钙 石　Datolite

$Ca_2[B_2Si_2O_8](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 90°09'$

$N_g = 1.666 \sim 1.670$

$N_m = 1.649 \sim 1.654$

$N_p = 1.622 \sim 1.626$

$N_g - N_p = 0.044 \sim 0.046$

$(-)2V = 70° \sim 74°$　　$r > v$ **弱**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 1° \sim 4°$, **光轴面** $\parallel (010)$

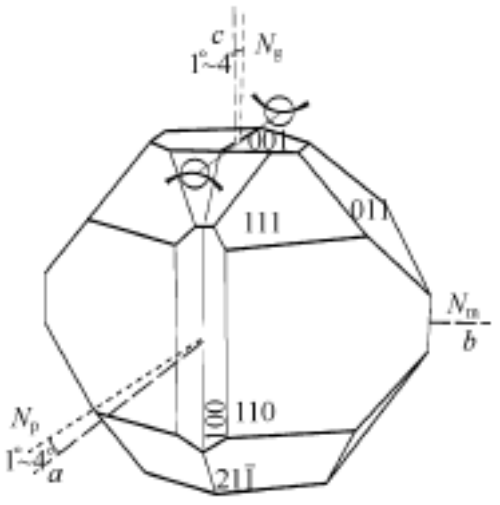


图 4－93　硅硼钙石光性方位

化学组成　成分稳定, 有时有 Al、Fe 和 Mg 混入。

结晶特点　晶形呈短柱状、厚板状, 也经常呈粒状, 有时为放射状、柱状及致密块状集合体。无解理。

光性特征　无色透明, 有时为白色或带紫和绿色调, 薄片中无色。正中—高突起(照片 330)。干涉色可达三级黄绿(照片 331), 如为柱状切面, 平行柱面时近平行消光, 消光角不超过 4°。二轴晶负光性, 光轴角较大。

鉴别特征　硅硼钙石的主要特征是干涉色高达三级黄绿及无解理, 以此可与赛黄晶、硅灰石、红柱石和黄玉等矿物区别。硅硼钙石与镁橄榄石很相似, 但后者干涉色稍低, 光轴角较大。葡萄石具板柱状晶形、有较完全的解理、干涉色较低、且为正光性等特征易与其区别。

产状及其他　硅硼钙石主要产于矽卡岩中, 与斧石、赛黄晶、方解石、石榴子石、辉石等共生。也常见于镁铁质侵入岩脉和伟晶岩及火山岩的杏仁体中, 与沸石、葡萄石等矿物共生。也产于由不纯灰岩变质的大理岩中。在辽宁的硼矿床围岩中, 发现硅硼钙石、方解石组成的细脉。

多铝红柱石　莫来石　Mullite　$Al[Al_xSi_{2-x}O_{5.5-0.5x}]$。斜方晶系。沿 c 轴延伸呈柱状和针柱状。其横切面与纵切面的特征与矽线石十分相似, {010} 解理完全。$a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$, 光轴面 $\parallel (010)$ 无色或淡玫瑰紫色, 薄片中无色, 其成分中含铁、钛者可见多色性: N_g—玫瑰红, $N_m = N_p$—无色。正中—高突起, $N_g = 1.640 \sim 1.690$, $N_m = 1.636 \sim 1.675$, $N_p = 1.630 \sim 1.670$。$N_g - N_p = 0.010 \sim 0.029$, 干涉色为一级黄, 但其成分中含有铁、钛时, 干涉色可达二级黄, 平行消光, 正延性。二轴晶正光性, 光轴角中等。$2V = 45° \sim 61°$, $r > v$ 显著。多铝红柱石与矽线石很难区别, 晶体较大、成分较纯的多铝红柱石以其低的折射率、干涉色、较大的光轴角与矽线石相区别; 晶体细小者只能依据 X 光粉晶数据鉴别两者。多铝红柱石属高温相矿物, 产于泥质岩与侵入体接触的熔融变质的狭窄带内, 或在侵入体的捕虏体中。常见于人工炉渣、耐火砖和高温白瓷中。

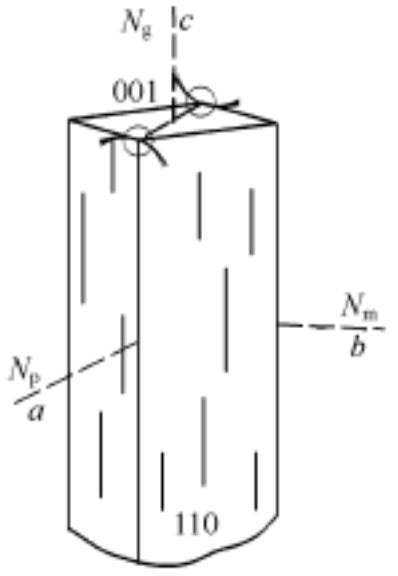


图 4－94　多铝红柱石光性方位

绿层硅铈钛矿　Rinkolite

$Na_2Ca_4CeTi[Si_2O_7]_2OF_3$

单斜晶系　$\beta = 91°13'$

$N_g = 1.651 \sim 1.681$

$N_m = 1.645 \sim 1.667$

$N_p = 1.643 \sim 1.662$

$N_g - N_p = 0.008 \sim 0.019$

$(+)2V = 45° \sim 88°$　　$r > v$ **弱**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_p = 2°$, $a \wedge N_g = 5°$; **光轴面** $\parallel (010)$

化学组成　Ca **可以被** Sr^{2+} ($\leq 3.6\%$) **和** Ce^{4+} (**层硅铈钛矿** Rinkite) **所替代。此外, 还可含少量** Nb、Ta、Zr、Th **等。**

结晶特点　**绿层硅铈钛矿呈** c **轴延长的柱状或沿**(100) **呈板状, 集合体呈粒状、扇状或束状。柱面上有纵纹。解理**{100}**中等。**

光性特征　**黄色, 带黄的绿色、黄褐色, 薄片中无色或黄色, 有微弱的多色性: 浅黄绿, 黄绿至褐, 弱吸收性:** $N_g > N_m > N_p$。**正中—高突起**(**照片** 332), **干涉色一级灰白—橙红**(**照片** 333)。**近于平行消光, 负延性。二轴晶正光性, 光轴角中等至大。有时可见依**(100) **的聚片双晶。**

鉴别特征　**绿层硅铈钛矿以其颜色、弱多色性、晶形、负延性为特征, 与层硅铈钛矿不同处是它的光轴面** $\parallel$ (010), **而层硅铈钛矿光轴面** $\perp$ (010), **且延性可正可负。**

产状及其他　**绿层硅铈钛矿产于霞石正长岩、碱性伟晶岩中, 与霞石、霓石、负异性石、钠铁闪石、锂云母、锆针钠钙石、紫色萤石等共生。在碱性岩型铀矿中也可见到, 是** U、Th、Ce、Nb **的主要载体。**

层硅铈钛矿　Rinkite　**是绿层硅铈钛矿富稀土的变种, 后者成分中的** Ca **部分被** Sr^{2+} ($\leq 3.6\%$) **和** Ce^{4+} **替代, 稀土总量可达** 22% **或更高。单斜晶系, 沿**(100) **延展的板状、叶片状。**{100}**解理中等, 黄褐色, 带红的棕色, 稻草黄色。薄片中无色到淡黄, 有时可显其微弱的多色性。正高突起,** $N_g = 1.681$, $N_m = 1.668$, $N_p = 1.665$. $N_g - N_p = 0.016$, **干涉色一级橙黄, 斜消光或近平行消光, 消光角小, 延性可正可负。**$a \wedge N_g = 9°$, $c \wedge N_m = 7.5°$, $b \parallel N_p$, **光轴面** $\perp$ (010)。**二轴晶正光性。**$2V = 43°$, $r < v$ **强。产于霓霞正长岩及其伟晶岩中, 与锆钽矿, 星叶石, 紫色萤石等共生。也见于碱性粗面岩、响岩中。**

矽　线　石　Sillimanite

$Al[AlSiO_5]$

斜方晶系

"Rinkolite"**和**"Rinkite"**字典中均译为**"**层硅铈钛矿**"**和褐硅铈矿**(**另一英文名**: Mosandrite)。(Tr ger. W. E. 1971, Deer. W. A. 1992, ДИР. У. А. 1965)。**经作者多方查证, 认为目前广泛应用和熟悉的**"**绿层硅铈钛矿**"(**英文名仍为** Rinkolite) **即为**"**褐硅铈矿**", **而层硅铈钛矿则为绿层硅铈钛矿的一个富稀土变种。故本书采用**"**绿层硅铈钛矿**"**和其变种**"**层硅铈钛矿**"。

N_g = 1.672 ~ 1.683

N_m = 1.657 ~ 1.662

N_p = 1.653 ~ 1.661

$N_g - N_p$ = 0.018 ~ 0.022

(+) 2V = 21° ~ 30°　　r > v 强

a ∥ N_p, b ∥ N_m, c ∥ N_g, 光轴面 ∥ (010)

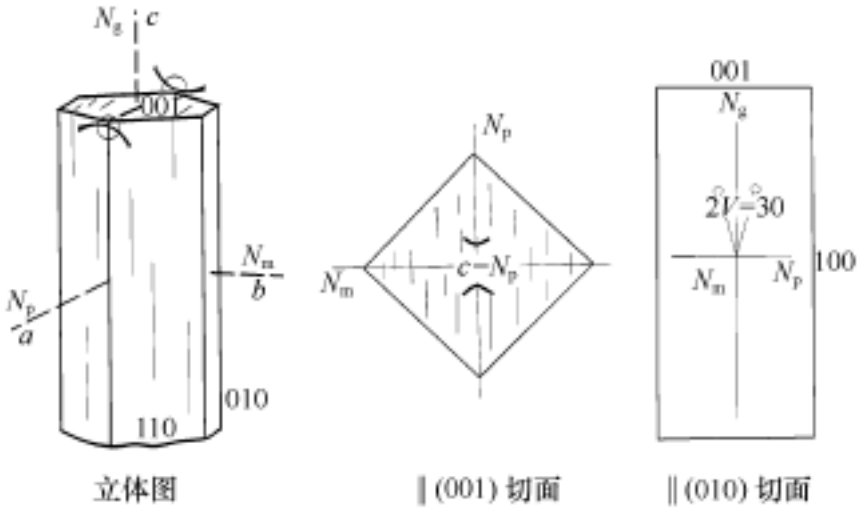


图 4－95　矽线石光性方位

化学组成　Al 可被 Fe^{3+} 少量替代，有时有微量的 Ca、Ti、Mg。

结晶特点　晶体沿 c 轴延伸的长柱状(照片 334)、针状(照片 336)、纤维状，两端不具晶面，集合体呈束状、毛发状(照片 337)及放射状。毛发状矽线石又称细矽线石。柱面上具有纵纹。柱状晶体的{010}解理完全，并有{001}的裂理。横切面近方形或长方形，其上有一组对角线解理(图 4－95b，照片 334，335)，平行(100)的纵切面有一组完全的柱面解理，而在(010)的纵切面上无解理(图 4－95c)，此外在纵切面上常见一组{001}的横向裂纹，状似手指(照片 334)。

光性特征　无色，有时呈白色、黄、褐、灰绿和蓝绿色，薄片中无色，集合体呈毛发状的矽线石浅褐色，这是由于色散现象所致，而不是其本身颜色。但厚的切片有弱的多色性：N_g—暗褐或蓝，N_m—褐或绿，N_p—淡褐或淡黄。正高突起。干涉色一级紫红—二级蓝(照片 335 右，336)，平行消光，正延性。在横切面上平行对角线解理方向为快光，在该切面上的干涉色为一级暗灰(照片 335 右)，可见到⊥Bxa 干涉图，二轴晶正光性，光轴角较小，光轴角色散较强。

变化　矽线石的蚀变产物为绢云母(白云母)、叶蜡石及粘土矿物。在压力增加条件下，矽线石可转变为蓝晶石。在有流体溶液参与下，长石和云母可转变为矽线石。

鉴别特征　根据矽线石的正延性、横切面的对角线解理、晶形及正光性等特征可与红柱石区分开。与透闪石区别在于后者为斜消光、干涉色较高及横切面具有角闪石式解理及负光性。与直闪石区别在于直闪石的角闪石式解理和光轴角较大。矽线石与多铝红柱石(莫来石)区别较难，但后者的突起稍低，干涉色稍低及光轴角较大，但颗粒细小的矽线石和多铝红柱石只能通过 X 光粉晶数据鉴别。

产状及其他　针状矽线石常与堇青石、云母、石英、钾长石等矿物产于接触变质的辉石角岩相的岩石中。在结晶片岩中矽线石与云母、石英、石榴子石等矿物共生，在高级变质片麻岩中矽线石与石榴子石、堇青石、黑云母、钾长石、石英，有时还有紫苏辉石、假蓝宝石、石墨等矿物共生产出。在富铝贫硅的岩石中，矽线石与刚玉、钾长石、白云母等共生。由于岩浆作用、热液作用、变形作用和混合岩化作用中的流体对云母、长石、堇青石等矿物的离子交换反应也可形成矽线石，它们产于中低级变质的岩石中。因而不能简单地把矽线石认为是高级变质的标志矿物，应根据其地质产状和矿物之间共生关系等特征具体分析其形成的环境。矽线石、蓝晶石、红柱石都是耐火度高，具有高温体积膨胀特性，它们可作为高温膨胀剂和高温耐火材料及陶瓷原料，广泛应用于各工业部门。

黑硬绿泥石　Stilpnomelane

$K_{2x}(H_2O)_2\{Fe_{2-x}Al[Si_4O_{10}](OH)_3\}$

单斜晶系　$\beta=93°$

$N_g=1.576\sim1.745$

$N_m=1.576\sim1.745$

$N_p=1.543\sim1.634$

$N_g-N_p=0.030\sim0.110$

$(-)2V=0°\sim40°$　　$r>v$

$b\parallel N_m$, $c\wedge N_p=7°$, **光轴面**$\parallel(010)$

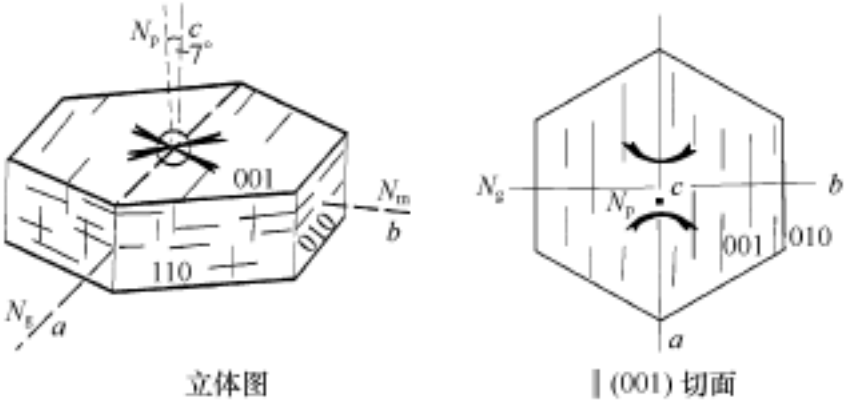


图 4－96　黑硬绿泥石光性方位

化学组成　成分中常含有 Mg 及少量 Mn、Ca、Na、Ti 等。黑硬绿泥石中的 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 离子含量的变化范围很宽，富含 Fe^{3+} 者称为黑硬绿泥石，富含 Fe^{2+} 者称铁黑硬绿泥石(Ferrostipnomelane)。

结晶特点　假六方板状、杆状、针状，集合体呈放射状、束状(照片 338)或片状。纵切面经常呈细长的杆状、针状。解理{001}完全，{010}不完全(照片 338，339)。

光性特征　黑绿、褐绿、深红褐、黑色，薄片中多色性清楚，黑硬绿泥石的多色性：$N_g\approx N_m$—深红褐、深黄褐、黑，N_p—浅黄、亮金黄(照片 338，339)；铁黑硬绿泥石多色性：$N_g\approx N_m$—暗绿色，N_p—亮黄色；含锰质黑硬绿泥石的多色性为：$N_g\approx N_m$—深黄绿，N_p—无色或浅黄。正中—高突起。干涉色变化范围大，从二级中部到高级白，其干涉色常被颜色所掩盖。底切面上的干涉色极低。黑硬绿泥石的折射率和双折射率随 Fe^{3+} 含量的增加而增大。长杆状方向为近平行消光，正延性。二轴晶负光性，光轴角一般很小，近于 0°。

鉴别特征　黑硬绿泥石与黑云母极易混淆，但黑硬绿泥石以其细长的杆状、针状的晶形、突起较高、{001}解理不如黑云母发育、且常见垂直{001}解理的另一组{010}解理等特征，不难与黑云母区别(照片 339)。硬绿泥石的干涉色低、斜消光、负延性及砂钟构造和双晶等特征可与黑硬绿泥石区别。

产状及其他　黑硬绿泥石产于低级变质岩中，它经常与蓝闪石、绿纤石、葡萄石、硬柱石、绿泥石、阳起石、钠长石和绿帘石等矿物共生，产于蓝闪石－硬柱石相和葡萄石－绿纤石相的变质岩中。在温度升高条件下，黑硬绿泥石转变为黑云母。铁黑硬绿泥石产于富铁的低级片岩和铁矿石中。

角 闪 石 族　Amphibole Group

角闪石族矿物在自然界分布很广，是火成岩和变质岩的主要造岩矿物之一。

一、角闪石族矿物的分类

角闪石族是由硅氧四面体组成的双链结构的硅酸盐矿物。其化学成分之间类质同象现象十分普遍而复杂，矿物种类繁多，命名也不统一。1978 年国际矿物学会下属的新矿物及

矿物命名委员会(IMA－CNMMN) 通过了角闪石族分委会提出的最终报告——《角闪石命名法》(由 Leake B·E·执笔) , 该命名法是在晶体化学基础上的化学成分分类。标准的角闪石晶体化学通式为:

$$A_{0\sim1}B_2C_5^{VI}T_8^{IV}O_{22}(OH, F, Cl)$$

A: Na^+、K^+、Ca^{2+}、$(H_3O)^+$

B: Na^+、Li^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}

C: Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}、Al^{3+}、Fe^{3+}、Ti^{4+}、Cr^{3+}

T: Si^{4+}、Al^{3+}、Fe^{3+}、Ti^{4+}、Cr^{3+}

式中上角注的罗马数字表示配位数, 下角注的阿拉伯数码表示原子数。

首先根据 B 位置中的 Ca、Na 原子数分为四个亚族, 然后根据 Si 和 $Mg/Mg+Fe^{2+}$ 以及某些特征元素的原子数作进一步的种属划分。各亚族及其种属如下:

1. 镁铁锰质闪石亚族: $(Ca+Na)_B<1.34$

包括: 镁直闪石-铁直闪石、镁铝直闪石-铁铝直闪石、镁锂闪石-铁锂闪石、镁闪石-铁闪石、单斜镁锂闪石-单斜铁锂闪石

2. 钙质闪石亚族: $(Ca+Na)_B\geq1.34$, $Na_B<0.67$, $Ca_B\geq1.34$

包括: 透闪石-铁阳起石、角闪石、钙镁闪石-铁钙镁闪石、浅闪石-铁浅闪石、韭闪石-绿钙闪石、钛闪石-铁钛闪石

3. 钠钙质闪石亚族: $(Ca+Na)_B\geq1.34$, $Na_B<1.34$ 至 ≥0.67, $Ca_B<1.34$ 至 ≥0.67

包括: 蓝透闪石-铁蓝透闪石、冻蓝闪石-铁冻蓝闪石、镁钠钙闪石-铁钠钙闪石、镁红闪石-红闪石、镁绿闪石-绿闪石

4. 碱质角闪石亚族: $Na_B\geq1.34$

包括: 蓝闪石-铁蓝闪石、镁钠闪石-钠闪石、氟镁钠闪石-氟铁钠闪石、镁钠铁闪石-钠铁闪石、锰钠闪石

1997 年国际矿物学会下属的新矿物和矿物命名委员会角闪石族分委会所通过的新的角闪石命名法(Leake, B. E. 等) 是根据占据 B 位置的阳离子将角闪石分为四类, 与 1978 年角闪石分类法相比, 这四类角闪石的划分界线略有变化:

镁-铁-锰-镁锂角闪石类: $(Ca+Na)_B<1.00$, $(Mg, Fe, Mn, Li)_B$ 离子总和 ≥1.00

钙角闪石类: $(Ca+Na)_B\geq1.00$, $Na_B<0.50$, 通常 $Ca_B>1.50$, 但有时也有 $Ca_B<1.50$

钠钙角闪石类: $(Ca+Na)_B\geq1.00$, $0.50<Na_B<1.50$

钠角闪石类: $Na_B\geq1.50$

根据 Si 和 $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ 或 $Mg/(Mg+Mn^{2+})$ 及某些特征元素的原子数对角闪石的种属进一步划分。以 $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ 或 $Mg/(Mg+Mn^{2+})$ 的 50% 作为划分变种的界限(除透闪石和阳起石外) (角闪石种属的具体划分参考 Leake, B. E. 1997)

上述角闪石种属划分是根据化学分析的数据, 通过标准角闪石晶体化学式计算而得出, 其划分的界限是人为的。在显微镜下利用角闪石的光学性质鉴别上述角闪石中的某些种属, 显然是困难的, 但对主要的常见角闪石种属的鉴别还是行之有效。本书采用了以往“光性矿物学”和“角闪石命名法”相结合的分类, 首先按结晶特点分为斜方角闪石和单斜角闪石, 又按“角闪石命名法”的晶体化学计算数据, 划分为: 镁铁质角闪石亚族、钙质角闪石亚

族和碱质角闪石亚族，由于钠钙质角闪石亚族的成分界于钙质角闪石亚族和碱质角闪石亚族之间，利用偏光显微镜鉴别该亚族中的角闪石种属十分困难，据此本书中未将该亚族列入表4－7中。每一亚族中，再根据角闪石之间的类质同象系列划分角闪石的种属。如表4－7所示。

表4－7

晶系	亚族	矿物系列	矿物种属	化学成分
斜方晶系	镁铁质角闪石		直闪石	$(Mg,Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH)_2$
			铝直闪石	$(Mg,Fe^{2+})_5Al_2[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$
单斜晶系		镁闪石－铁闪石系列	镁闪石	$Mg_7[Si_8O_{22}](OH)_2$
			镁铁闪石	$(Mg,Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH)_2$
			铁闪石	$Fe_7[Si_8O_{22}](OH)_2$
	钙质角闪石	透闪石－铁阳起石系列	透闪石	$Ca_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$
			阳起石	$Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5[Si_8O_{22}](OH)_2$
			铁阳起石	$Ca_2Fe_5^{2+}[Si_8O_{22}](OH)_2$
			普通角闪石	$Ca_2(Mg,Fe^{2+})_4Al[Si_7AlO_{22}](OH)_2$
			浅闪石	$NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_5[Si_7AlO_{22}](OH)_2$
			钙镁闪石	$Ca_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$
		韭闪石－绿钠闪石系列	韭闪石	$NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4(Al,Fe^{3+})[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$
			绿钙闪石	$NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$
			钛闪石	$NaCa_2(Mg,Fe^{2+})_4Ti[Si_6Al_2O_{22}](O,OH,F)_2$
			* 玄武闪石	$Ca_2(Na,K)(Mg,Fe^{2+},Fe^{3+},Al)_5[Si_6Al_2O_{22}](O,OH)_2$
	碱质角闪石	蓝闪石－镁钠闪石系列	蓝闪石	$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2[Si_8O_{22}](OH)_2$
			青铝闪石	$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2[Si_8O_{22}](OH)_2$
			镁钠闪石	$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3(Al,Fe^{3+})_2[Si_8O_{22}](OH)_2$
			钠闪石	$Na_2(Mg,Fe^{2+})_3Fe_2^{3+}[Si_8O_{22}](OH)_2$
			钠铁闪石	$NaNa_2(Mg,Fe^{2+})_4Fe^{3+}[Si_8O_{22}](OH)_2$

* 1978年6月废弃此名。

二、角闪石族矿物的一般特征

角闪石晶体沿c轴延伸呈长柱状、针柱状，集合体呈放射状及纤维状。单斜角闪石的{110}解理完全，解理夹角{110}∧{$1\bar{1}0$}=56°(124°)，斜方角闪石的{210}解理完全，两组解理夹角{210}∧{$2\bar{1}0$}=54.5°(125.5°)，上述解理特征称为角闪石式解理。角闪石横切面呈菱形(照片340－1)、近菱形的六边形(照片340－2，3，)，和近六边形(照片341－1，2，3)，在该切片上有两组角闪石式的解理，它们是鉴别角闪石族矿物的重要标志。纵切面多为柱状，其上经常见一组解理。一般情况下，不含铁、钛的角闪石在薄片中呈无色或浅色，有色角闪石的多色性和吸收性都很明显，含铁的角闪石多为绿色和褐色，碱质角闪石多为蓝色

和紫色。角闪石吸收性多为 $N_g > N_m > N_p$。正中—高突起。大多数角闪石干涉色在二级(除了部分斜方角闪石和蓝闪石等碱质角闪石为一级干涉色以外)。多为正延性,但钠闪石和镁钠闪石为负延性,钠铁闪石和青铝闪石的延性可正可负。角闪石的横切面为对称消光,斜方角闪石的柱状切面为平行消光,而单斜角闪石多为斜消光。绝大多数角闪石的结晶轴 $b \parallel N_m$,光轴面为(010),(青铝闪石和钠铁闪石的 $b \parallel N_g$,光轴面 $\perp$(010)),垂直(010)的柱状切面为平行消光。在光轴面上可测得消光角 $c \wedge N_g$ 的数值,一般小于 30°,该数值是鉴别单斜角闪石种属的标志之一(图 4－97)。二轴晶负光性(富铁斜方角闪石、镁铁闪石、韭闪

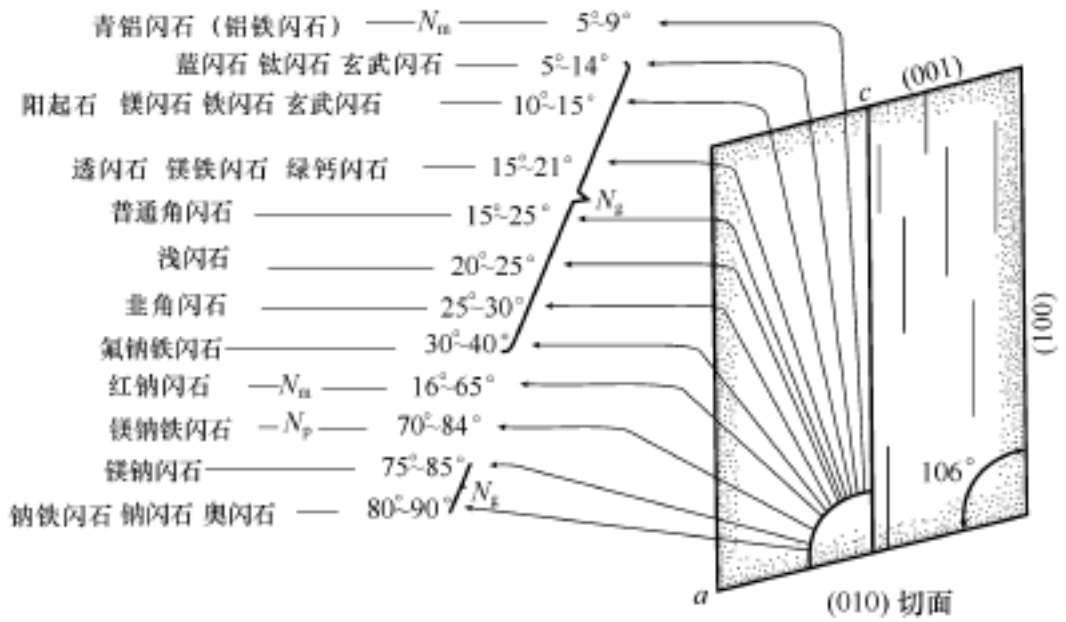


图 4－97　单斜角闪石 $c \wedge N_g$ 平均消光角

(据特吕格修改,1971)

石和浅闪石为正光性),一般光轴角大于 50°。斜方角闪石无双晶,单斜角闪石多具有简单双晶和聚片双晶,双晶结合面为(100),在横切面上,双晶缝平行解理的长对角线方向(照片 340－3)。

角闪石的纤维状变种称角闪石石棉,具有耐火和耐酸性,是重要的工业原料。

直　闪　石　Anthophyllite

$(Mg, Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH)_2$

斜方晶系

$N_g = 1.623 \sim 1.664$

$N_m = 1.616 \sim 1.651$

$N_p = 1.598 \sim 1.647$

$N_g - N_p = 0.017 \sim 0.026$

(－) $2V = 65° \sim 90°$　　$r > v$ 弱(富镁)

(＋) $2V = 60° \sim 90°$　　$r < v$(富铁)

$a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$, 光轴面 $\parallel$ (010)

化学组成　直闪石是以镁为主的镁铁硅

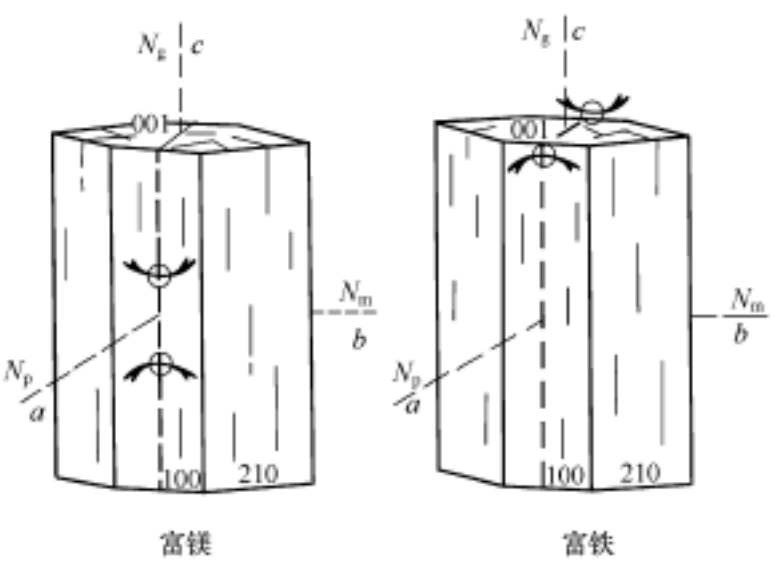


图 4－98　直闪石光性方位

酸盐矿物，成分中的 Mg 和 Fe^{2+} 之间呈完全的类质同象系列。其化学成分分类界线为：$(Ca+Na)_B<1.34$，$Si\geq 7.00$，$Mg/(Mg+Fe^{2+})\geq 0.9$ 为镁直闪石；0.89～0.1 为直闪石；<0.1 为铁直闪石。成分中尚可含有 Mn、Ca、Na、Fe^{3+}、Ti 等。

结晶特点　晶体呈柱状、纤维状，解理{210}完全，{010}和{100}不完全，{210}∧{$2\bar{1}0$}=54.5°(125.5°)，在横切面上有两组角闪石式解理。

光性特征　白色、灰色或微带绿色，随含铁量增加变深，薄片中无色或有很浅的黄色和绿色，多色性：N_g—浅黄或浅绿色，N_m—浅棕色，N_p—浅棕，吸收性：$N_g\approx N_m>N_p$ 或 $N_g>N_m\approx N_p$。正中—高突起（照片 342）。折射率一般随铁的含量增加而增大。干涉色一般为一级橙（照片 343），最高达二级绿。纵切面平行消光，正延性。二轴晶，富镁直闪石为负光性，富铁者为正光性，光轴角中等—大。很少见双晶。

变化　直闪石易变为滑石和蛇纹石。

鉴别特征　直闪石以平行消光和较低的干涉色可与其他无色或浅色的单斜角闪石区别，与斜方辉石区别在于其具有角闪石式解理。与硅灰石区别是硅灰石延性可正可负、斜消光和横切面有三组解理。

产状及其他　直闪石主要产于富镁的片麻岩和片岩中，与镁铁闪石共生。有时也产于白云质灰岩与火成岩的接触变质带中。直闪石石棉具有耐火和耐酸性，用于纺织品和石棉水泥制品。

铝直闪石　Gedrite

$(Mg,Fe^{2+})_5Al_2[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$

斜方晶系

	富 Mg	富 Fe
N_g	1.658	～1.691
N_m	1.651	～1.681
N_p	1.642	～1.674
N_g-N_p	0.016	～0.017
(-)2V	70°～90°	r>v（富 Mg）
(+)2V	80°～90°	r<v 弱（富 Fe）

a∥N_p，b∥N_m，c∥N_g，光轴面∥(010)

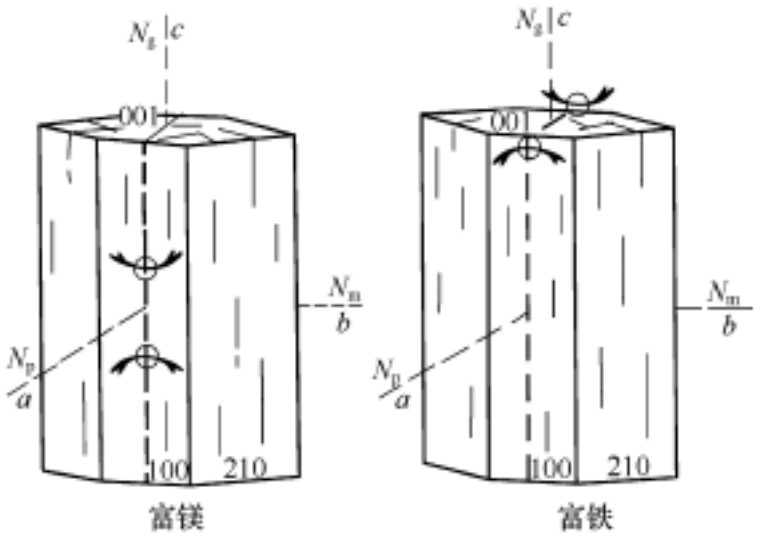


图 4－99　铝直闪石光性方位

化学组成　直闪石中含铝的变种称为铝直闪石，有时含 Al_2O_3 可达 23.79%。其他学成分分类界限为：$(Ca+Na)_B<1.34$，当 $Si<7.00$，$Al^{VI}\geq 0.50$，为铝直闪石。镁-铁间呈完全类质同象系列，据 $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ 的比值，可划分为镁铝直闪石（≥0.9）、铝直闪石（0.89～0.1）及铁铝直闪石（<0.1）

结晶特点　沿 c 轴延伸的柱状晶体，有时呈纤维状及柱状的集合体。解理{210}完全，{010}、{100}不完全，{210}∧{$2\bar{1}0$}=54.5°(125.5°)。

光性特征　白色、浅灰色、黄、绿、微粉红和褐色，薄片中无色，或有很淡的多色性：N_g—浅棕、浅绿，N_m—浅黄棕、浅黄，N_p—浅黄棕、浅黄（照片 344），吸收性：$N_g>N_m\approx N_p$。正中—高突起。干涉色为一级橙黄。横切面为对称消光，纵切面为平行消光，正延性。富镁的铝直

闪石(富镁直闪石)的⊥Bxa 切面为(100)的柱面,负光性;富铁的铝直闪石(富铁的直闪石)的⊥Bxa 切面为(001)(即具有两组解理的横切面上),正光性。由于铝直闪石(或直闪石)的光轴角较大,最好是在⊥Bxa 切面上测定光性正负,并要注意不要将其与⊥Bxo 切面相混淆,后者切面的干涉色总是比前者高一个色序。如果不注意上述光性方位的区别,很容易将光性正负测反。铝直闪石无双晶。

鉴别特征　铝直闪石与直闪石的光学性质十分相似,不易区分,可笼统称为直闪石类矿物,其种属的详细鉴别,主要依据化学分析的数据。铝直闪石与浅色或无色的单斜角闪石区别在于其干涉色为一级,且平行消光。与浅色斜方辉石区别在于其具有角闪石式的解理和折射率小,突起略低。与矽线石区别是后者光轴角小,横切面有一组对角线解理,而无角闪石式解理。

产状及其他　铝直闪石产于片麻岩及角岩中,与堇青石、矽线石共生。在中级变质岩石中它也与石榴子石、蓝晶石共生产出。

镁铁闪石　Cummingtonite

$(Mg, Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 109°34'$

$N_g = 1.652 \sim 1.698$

$N_m = 1.644 \sim 1.675$

$N_p = 1.630 \sim 1.665$

$N_g - N_p = 0.020 \sim 0.030$

(+)$2V = 65° \sim 90°$　　$r < v$ 弱(富镁)　　$r > v$(富铁)

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 15° \sim 21°$, 光轴面 $\parallel$ (010)

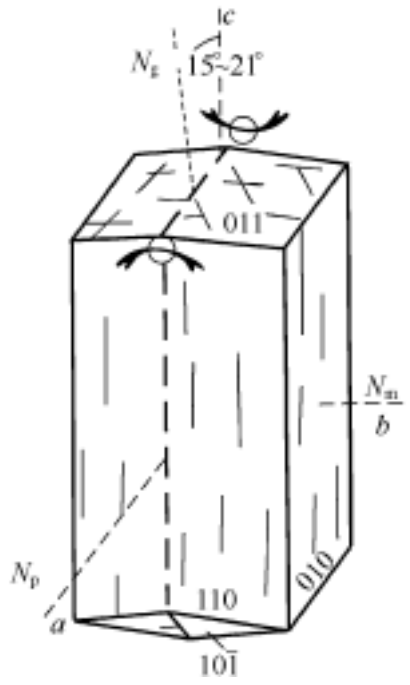


图 4-100　镁铁闪石光性方位

化学组成　镁闪石-铁闪石之间构成完全的类质同象系列,镁铁闪石的化学成分分类界限为:$(Ca + Na)_B < 1.34$, $Li < 1.00$, $Mn < 0.50$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) < 0.70$ 至 ≥ 0.30, 称镁铁闪石。此外可含少量的 Fe^{3+}、Mn、Ti、Ca、Na、K、Al, 极少数变种含有 Zn。

结晶特点　晶体常呈柱状、板状及放射状的柱状和纤维状集合体。解理{110}完全,{110}∧{1$\bar{1}$0}≈55°(125°)。横切面近于菱形的六边形,其上有两组角闪石式的解理(照片 345)。

光性特征　褐色,薄片中无色,浅褐色,随含铁量增加,颜色变深,富铁变种具微弱多色性:N_g—褐黄、浅绿,N_m—无色、淡黄绿,N_p—无色、淡黄,吸收性:$N_g > N_m > N_p$。正中—高突起(照片 345)。干涉色二级底到二级中(照片 346, 347)。斜消光,在(010)面上 $c \wedge N_g = 15° \sim 21°$, 正延性。随着含铁量的增加,镁铁闪石的折射率增大、干涉色增高、消光角变小、而光轴角增大。二轴晶正光性,光轴角中等—大。双晶结合面为(100),常见窄而细密的聚片双晶(照片 346, 347)。

鉴别特征　镁铁闪石与斜方闪石区别在于后者为平行消光,无双晶。与透闪石区别是透闪石为负光性。

产状及其他　镁铁闪石主要产于结晶片岩和接触变质岩中(常与铁、铜矿床有关),也见于某些超镁铁质和镁铁质岩石中,由斜方辉石反应形成。

铁　闪　石　Grunerite

$Fe_7[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 109°34'$

$N_g = 1.698 \sim 1.730$

$N_m = 1.675 \sim 1.709$

$N_p = 1.665 \sim 1.696$

$N_g - N_p = 0.030 \sim 0.045$

(-)$2V = 79° \sim 86°$　　$r > v$ 弱

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 10° \sim 15°$, 光轴面 $\parallel$ (010)

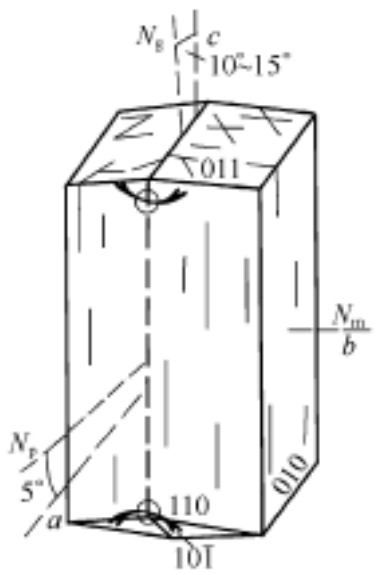


图 4-101　铁闪石光性方位

化学组成　铁闪石在镁闪石-铁闪石类质同象系列中富含铁闪石分子,其化学成分分类界限为:$(Ca+Na)_B < 1.34$,当 $Li < 1.00$, $Mn < 0.50$, $Mg/(Mg+Fe^{2+}) < 0.30$,即铁闪石成分中镁闪石分子小于30%,另外可含有少量 Fe^{3+}、Mn、Zn、Ti、Ca、K 和 F。

结晶特点　晶体呈柱状,常为针柱状、纤维状集合体,解理{110}完全,两组解理夹角55°(125°),横切面近于菱形。铁闪石和镁铁闪石纤维状变种称为铁石棉。

光性特征　黑色和暗绿褐色,薄片中具淡淡的颜色(照片348),有微弱的多色性:N_g—褐黄或绿,N_m—浅黄褐,N_p—无色或浅黄,吸收性:$N_g > N_m > N_p$。正高突起。干涉色从二级顶部到三级顶部(照片349)。斜消光,在光轴面(010)上的消光角 $c \wedge N_g = 10° \sim 15°$,正延性。随含铁量增加,折射率和双折射率也相应增大,而消光角减小。二轴晶负光性,光轴角较大。双晶结合面为(100),简单双晶和聚片双晶很常见,双晶条带细窄。铁闪石有时与阳起石和蓝绿色角闪石平行连生,形成熔离页片。

变化　可变为褐铁矿。

鉴别特征　铁闪石与镁铁闪石很相似,两者区别在于铁闪石为负光性、消光角小、干涉色稍高,此外,铁闪石⊥Bxa 切面在近(100)的纵切面上,而镁铁闪石是在具有两组解理的斜交横切面上。铁闪石与阳起石的区别在于铁闪石的干涉色和突起均高于阳起石,其细而密的聚片双晶也是鉴别特征之一。铁闪石与斜方角闪石的区别在于后者是平行消光、干涉色低且无双晶。

产状及其他　主要产于变质的含铁岩系中,在磁铁石英岩中的角闪石有很多是铁闪石,有时形成铁闪石片岩。

透　闪　石　Tremolite

$Ca_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 104°42'$

N_g = 1. 620

N_m = 1. 610

N_p = 1. 599

N_g - N_p = 0. 021 ~0. 024

(-) 2V = 83 °~85 °　　r < v 弱

b ∥ N_m, c∧N_g = 16 °~21 °, 光轴面 ∥ (010)

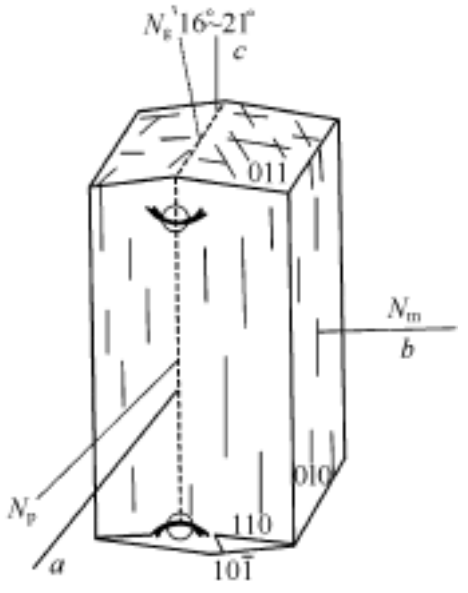


图 4 - 102　透闪石光性方位

化学组成　纯的透闪石不含铁, 但自然界中透闪石的 Mg 总是或多或少的被 Fe^{2+} 置换。透闪石与铁阳起石之间为类质同象系列。其化学成分分类界限为: $(Ca + Na)_B \geq 1.34$, 当 $Na_B < 0.67$, $(Na + K)_A < 0.50$, $Si \geq 0.70$, $Mg/(Mg + Fe^{2+}) \geq 0.90$。一般还含有少量的 Al、Mn 和 Cr。

结晶特点　晶体呈长柱状, 横切面菱形, 常见纤维状或由针柱状晶体组成的放射状及柱状集合体(照片 352)。{110}解理完全, {110}∧{1$\bar{1}$0}≈56 °(124 °), 具有{100}和{010}裂理, 后者少见。

光性特征　白色、淡灰色, 薄片中无色(照片 350, 352), 含有 Mn 的透闪石呈粉红色。正中突起。干涉色二级蓝—蓝绿(照片 351, 353), 斜消光, 光轴面上的消光角 c∧N_g = 16 °~21 °, 随着铁含量的增加, 其折射率增大、双折射率降低、消光角变小, 但消光角也随着 F 对(OH)的置换而增大。正延性。二轴晶负光性, 光轴角较大, 近 90 °, 随着含铁量增加而减小。结合面为(100)的简单双晶和聚片双晶常见, 在横切面上双晶缝平行菱形解理的长对角线。

变化　透闪石常蚀变为滑石。

鉴别特征　透闪石易与硅灰石相混淆, 区别在于透闪石纵切面的干涉色较高, 且为正延性, 而硅灰石的柱状切面干涉色总在一级灰白、黄白, 其延性可正可负; 透闪石横切面具有角闪石式解理, 而硅灰石的横切面具有三组解理, 其中{100}∧{001} = 74 °; 透闪石光轴角大(80 °±), 而硅灰石的光轴角多在 40 °左右。透闪石与斜方角闪石区别在于其干涉色高、斜消光。与镁铁闪石区别是镁铁闪石为正光性, 并常有细而密的聚片双晶。与铁闪石区别是后者的消光角小。

产状及其他　透闪石是一种变质矿物, 主要产于白云质大理岩中, 也产于含镁较高的结晶片岩中。透闪石在超镁铁质火成岩中可作为辉石、角闪石等的蚀变产物。

阳　起　石　Actinolite

$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　β = 104 °30 ′

N_g = 1. 641 ~1. 705

N_m = 1. 630 ~1. 697

N_p = 0. 619 ~1. 688

N_g - N_p = 0. 016 ~0. 022

(-) 2V = 74 °~80 °　　r < v 弱

b ∥ N_m, c∧N_g = 10°~15°, 光轴面 ∥ (010)

化学组成　化学成分与透闪石相似, 区别在于 Mg/(Mg + Fe^{2+}) 在 0.89~0.50 之间, < 0.5 者为铁阳起石。阳起石中还常含有少量 MnO、Al_2O_3、Na_2O 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴延伸的长柱状(照片 354)、针柱状, 并常呈纤维状、放射状集合体(照片 356)。解理{110}完全, {110}∧{$1\bar{1}0$} = 56°(124°), 具有{100}裂理。

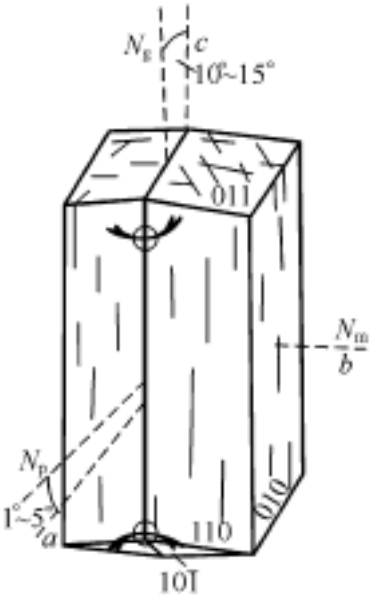


图 4-103　阳起石光性方位

光学特征　浅绿色、绿色、暗绿色及黄褐色, 薄片中总是呈绿色(照片 354), 但从来不呈褐色(即呈褐色的角闪石不会是阳起石), 多色性: N_g—浅绿, N_m—浅黄绿, N_p—浅黄色, 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。多色性随含铁量增加而变深。正中—高突起。干涉色在一级顶到二级中部(照片 355)。斜消光, 在光轴面(010)上的消光角 c∧N_g = 10°~15°, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角较大。常见结合面为(100)简单或聚片双晶。

变化　阳起石常变化为绿泥石、碳酸盐矿物, 有时为滑石和蛇纹石。

鉴别特征　阳起石与普通角闪石的区别在于阳起石的多色性及吸收性较弱, 且从不具有褐色, 但如果普通角闪石呈淡绿色多色性时, 则很难与富铁阳起石区分开。阳起石与透闪石区别在于阳起石的颜色总是比较深些, 且消光角小。与浅闪石区别是后者为正光性。

产状及其他　阳起石是变质矿物, 经常产于低级变质的绿片岩中, 与绿帘石、绿泥石、钠长石及碳酸盐矿物共生, 当变质程度增加时, 阳起石转变为角闪石。阳起石也常是晚期矽卡岩矿物和热液蚀变矿物, 交代普通辉石和透辉石, 并常与绿帘石相伴生。

软玉　Nephrite　阳起石和透闪石的隐晶质致密块状集合体称为软玉, 具有不同程度的绿色。软玉是由很多交织成毛毡状的阳起石和透闪石晶体组成。是装饰品和雕刻的材料。

角闪石石棉　Asbestinite　透闪石石棉和阳起石石棉的统称, 是阳起石和透闪石的纤维状变种, 具有耐火和耐酸性, 应用于有关的工业部门。

普通角闪石　Hornblende

$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_4Al[Si_7AlO_{22}](OH)_2$

单斜晶系　β = 105°

N_g = 1.620~1.760

N_m = 1.612~1.731

N_p = 1.610~1.728

$N_g - N_p$ = 0.019~0.026

(-)2V = 52°~85°　　r > v 或 r < v

b ∥ N_m, c∧N_g = 15°~25°, 光轴面 ∥ (010)

化学组成　普通角闪石的成分较复杂, 是一种含 Al 和 Fe^{3+} 的单斜角闪石, 其中 Al 和 Fe^{3+} 的比例变化较大, 常含有少量 Ti、Mn、Cr、V 等。其化学成分分类的界限为: (Ca +

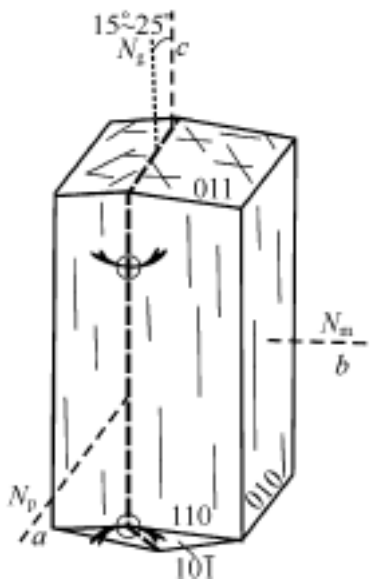


图 4-104　普通角闪石光性方位

$Na)_B \geq 1.34$, 当 $Na_B < 0.67$, $(Na + K)_A < 0.50$, $Si = 6.50 \sim 7.25$, $Mg/(Mg + Fe^{2+}) \geq 0.50$ 称镁角闪石, < 0.50 称铁角闪石。角闪石冠以前缀的亚种很多, 其进一步命名是以 $(Na + K)_A$, $Mg/(Mg + Fe^{2+})$ 和 Si 的数值而划分的。

结晶特点 沿 c 轴延伸呈长柱状晶体, 也有针状及短柱状者, 集合体为放射状。解理 {110} 完全, 解理夹角 {110} ∧ $\{1\bar{1}0\} = 56°(124°)$, 有时可见到 {100} 和 {001} 的裂理。

光性特征 暗绿、暗褐至黑色, 薄片中呈绿色和褐色, 有强的多色性和吸收性, 绿色角闪石的多色性: N_g—深绿、深蓝绿, N_m—绿、黄绿, N_p—浅绿、浅黄绿; 褐色角闪石的多色性: N_g—暗褐、红褐, N_m—褐, N_p—浅褐, 吸收性: $N_g \geq N_m > N_p$ 或 $N_g > N_m > N_p$。一般情况下, 绿色角闪石(照片 357, 358) 含有较多的 SiO_2, 而 Al_2O_3、$Na_2O + K_2O$ 和 TiO_2 的含量较低; 而褐色及红褐色角闪石(照片 359, 360) 含有较多的 Fe_2O_3 和 TiO_2, 角闪石成分中的 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的相对含量的多少也影响其颜色, 当绿色角闪石中的 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} 时, 角闪石呈褐色, 因而在火山熔岩中的角闪石的斑晶常呈褐色, 可能与此有关。大多数角闪石为正中—高突起。干涉色二级中部, 但由于其本身颜色的干扰, 有时不易辨别。斜消光, 在平行光轴面的切面上测得消光角 $c \wedge N_g = 15° \sim 25°$, 一般多在 20°左右。正延性。二轴晶负光性, 光轴角中等—大。结合面为(100) 的简单双晶常见(照片 362 左), 也见有聚片双晶, 在横切面上双晶缝平行菱形解理缝的长对角线(照片 340 - 3)。有的角闪石具环带构造(照片 361, 362 右), 各环带的成分、颜色和光性有明显的差异。在角闪石中还有磷灰石、磁铁矿、榍石、锆石和褐帘石等细小矿物包裹体。还可见角闪石与镁铁闪石、铁闪石平行连生形成熔离页片。

变化 角闪石容易变化为绿泥石(照片 363, 364, 365)、绿帘石(照片 364)、纤维状阳起石、黑云母、碳酸盐矿物(照片 365, 366, 367)、绢云母、石英和磁铁矿(照片 368) 等, 某些低铝富镁的角闪石还可变为蛇纹石, 褐色角闪石转变为绿色角闪石, 可产生次生的榍石, 在火山岩中的角闪石斑晶周围常有黑色的不透明物质的环绕(暗化边), 这种暗色边缘主要由极细小粒状的磁铁矿和辉石组成的黑色混合物。

鉴别特征 角闪石与普通辉石肉眼观察常不易区分, 但在偏光显微镜下它们的光性特征差别较大, 角闪石以其具有角闪石式解理, 显著的绿色或褐色的多色性、吸收性、突起稍低、其消光角($c \wedge N_g$) 一般不超过 30°及具有负光性等特征可与普通辉石区别开。绿色角闪石与阳起石区别在于其绿色的多色性和吸收性均比阳起石更明显。消光角也稍大。

产状及其他 角闪石在火成岩及变质岩中是主要造岩矿物之一。在火成岩的酸性岩及正长岩中常为黄绿色角闪石, 中性岩中以黄绿色角闪石常见, 但也有褐色角闪石, 而镁铁质和超镁铁质岩石中多为褐色角闪石。在变质岩石中, 角闪石的颜色与变质作用的强度有关, 一般情况下, 蓝绿色角闪石多产于较低级的变质岩石中(照片 357), 而褐色角闪石多分布于中高级变质的岩石中(照片 359, 360), 黄绿色角闪石分布较广(照片 358), 在不同变质程度的岩石中均有产出, 但在中级变质的岩石中最为常见。上述产状特征可能与褐色角闪石形成的温度较高有关。在火成岩中, 中酸性岩的暗色矿物主要是角闪石, 变质岩中斜长角闪岩, 角闪斜长片麻岩及角闪岩等岩石中, 角闪石是主要暗色矿物。角闪石常与斜长石共生, 有时还与石英、黑云母、单斜辉石、石榴子石和绿帘石等矿物共生。在碎屑沉积的重砂及一些砂岩中, 也有角闪石的碎屑。

纤闪石 Uralite 是由辉石蚀变而形成的一种角闪石, 纤闪石的成分有人认为主要是普通角闪石, 也可以是阳起石和透闪石。纤闪石在薄片中的颜色呈淡绿色, 也有草绿色, 解理缝往往略显弯曲。它很少呈

单独晶体出现,总是以纤维状集合体(照片 369, 370)形式置换辉石,通常沿辉石晶体的边缘分布,呈镶边状环生,有时整个辉石均被纤闪石置换,但辉石的轮廓仍全部保存,形成辉石的假象(照片 485),故又称为假象纤闪石。

浅　闪　石　Edenite

$NaCa_2(Mg, Fe)_5[Si_7AlO_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 104°24'$

$N_g = 1.631 \sim 1.672$

$N_m = 1.617 \sim 1.660$

$N_p = 1.606 \sim 1.649$

$N_g - N_p = 0.016 \sim 0.023$

$(+)2V = 58° \sim 60°$

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 17° \sim 27°$(常为 20°±),光轴面 ∥ (010)

化学组成　浅闪石是含 Al,但不含 Fe^{3+} 的角闪石,属钙质角闪石亚族。浅闪石的化学成分分类界限为:$(Ca + Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$。当 $Si \leq 7.25 \sim 6.75$ 之间,$Mg/(Mg + Fe^{2+}) \geq 0.50$ 时为浅闪石,≤ 0.50 时为铁浅闪石。

结晶特点　柱状晶体平行 c 轴延伸,{110}解理完全。

光性特征　浅绿褐色、黄褐色,薄片中无色,有时呈淡绿色、浅紫蓝色—无色的多色性。正中突起。干涉色为一级顶至二级底。正延性。二轴晶正光性,光轴角中等。

鉴别特征　浅闪石与透闪石十分相似,但其为正光性,干涉色较低。

产状及其他　浅闪石产于富含钠的火成岩、白云质灰岩与火成岩的接触带和含硬玉的钠长岩中。偶尔产于结晶片岩、镁铁质和超镁铁质的火成岩中。在接触变质岩石中浅闪石与黑云母、石榴子石、尖晶石、方柱石、透辉石、硅灰石、镁电气石、白云石、石墨等矿物共生。

韭　闪　石　Pargasite

$NaCa_2(Mg, Fe^{2+})_4(Al, Fe^{3+})[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 105°30'$

$N_g = 1.635 \sim 1.671$

$N_m = 1.618 \sim 1.659$

$N_p = 1.613 \sim 1.652$

$N_g - N_p = 0.019 \sim 0.023$

$(+)2V = 60°$　　$r > v$ 弱

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 25° \sim 27°$(常为 20°±),光轴面 ∥ (010)

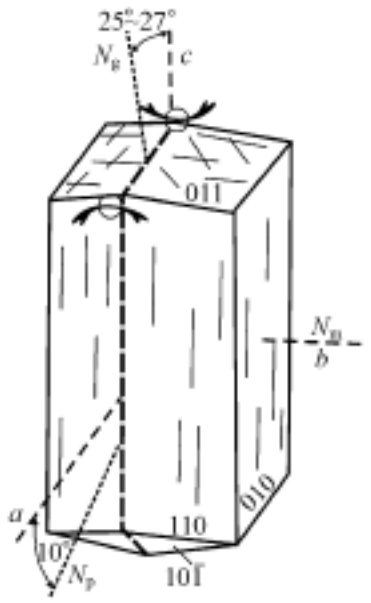


图 4－105　韭闪石光性方位

化学组成　在"角闪石命名法"中韭闪石的化学成分的界限定为:$(Ca + Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$, $(Na + K)_A \geq 0.50$, $Ti < 0.60$, 当 $Al^{[VI]} \geq Fe^{3+}$, $Si < 6.25$, $Mg/(Mg +$

Fe^{2+}) ≥0.50 时为韭闪石, <0.50 时为铁韭闪石。韭闪石较富含铝, 铁的含量介于普通角闪石和浅闪石之间, 有的韭闪石中含有较多的氟。

结晶特点　沿 c 轴延伸的长柱状晶体。{110}解理完全, 并有{100}和{001}的裂理。

光性特征　浅褐色、褐色, 薄片中无色或褐绿、蓝绿色, 多色性: N_g—蓝绿、亮褐, N_m—蓝绿、绿、浅绿, N_p—无色、黄绿, 其多色性和吸收性均较角闪石要弱(照片 126, 371)。正中突起, 折射率随含铁量增加而增大。最高干涉色为二级(照片 372), 斜消光, 在(010)切面上消光角 $c \wedge N_g = 25° \sim 27°$, 正延性。二轴晶正光性, 光轴角中等。具有(100)结合面的简单和聚片双晶。

鉴别特征　韭闪石以其正光性和较大的消光角可与其他角闪石区别。韭闪石与浅闪石较难区分, 但浅闪石的消光角大多在 20°左右。与透辉石区别在于后者具辉石式解理、突起高, 且消光角大。

产状及其他　产于白云质灰岩与火成岩的接触带中。常与粒硅镁石、硅灰石等矿物共生, 也产于片麻岩和榴辉岩中。

钛　闪　石　Kaersutite

$NaCa_2(Mg, Fe^{2+})_4Ti[Si_6Al_2O_{22}](O, OH, F)_2$

单斜晶系　$\beta = 106°$

$N_g = 1.695 \sim 1.743$

$N_m = 1.683 \sim 1.725$

$N_p = 1.669 \sim 1.696$

$N_g - N_p = 0.026 \sim 0.037$

$(-)2V = 70° \sim 85°$　　r > v 较强, (少数为 r < v)

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 10°$(常为 20°±), 光轴面 ∥ (010)

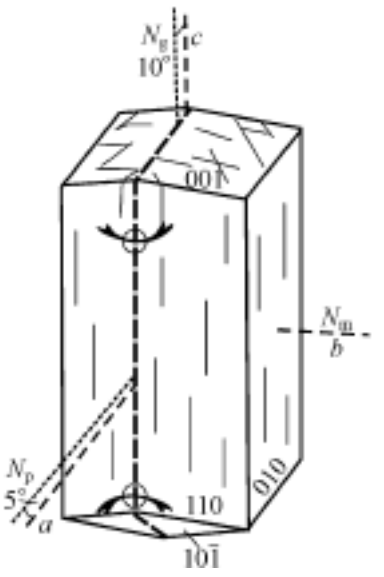


图 4－106　钛闪石光性方位

化学组成　成分中以富含 Ti 为特征, TiO_2 可达 7% ～10%, 是富含 TiO_2 的普通角闪石的变种。其化学分类界限是: $(Ca + Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$, $Si < 6.50$, $Ti \geq 0.50$, $Mg/(Mg + Fe^{2+}) \geq 0.50$ 时为钛闪石, <0.50 时为铁钛闪石。

结晶特点　柱状晶体少见, 多为不规则粒状。解理{110}完全, 有时可见到{100}和{001}的裂理。

光性特征　深棕色、黑色, 薄片中呈褐色, 带有蓝色调, 多色性为: N_g—褐红、深红褐, N_m—褐红、红褐, N_p—浅褐、浅黄, 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起。干涉色二级底至顶, 但常被本身颜色所掩盖。斜消光, 在(010)切面上消光角 $c \wedge N_g = 10°$左右。二轴晶负光性, 光轴角较大。有时可见结合面为(100)的简单双晶。

鉴别特征　钛闪石与黄褐色的普通角闪石较相似, 但钛闪石消光角较小, 在褐色中常带有蓝的色调。钛闪石与玄武闪石(镁-含镁绿钙闪石)不易区别。但其色散较强, 颜色中带有蓝色色调可以区别。

产状及其他　钛闪石主要产于碱性火山岩中, 在粗面安山岩、粗面玄武岩、粗面岩和碱性流纹岩中呈斑晶产出。在粗面玄武岩的橄榄石斑晶周围往往形成钛闪石的反应边, 岩石

中的钛辉石常转变为钛闪石。也产于煌斑岩、碧玄岩中,共生矿物有钛辉石、钛易变辉石、榍石、绿钙闪石、富钛黑云母和钛铁矿等矿物。有时在角闪伟晶岩中呈不规则粒状产出。

玄武闪石(镁-含镁绿钙闪石)　Basaltic Hornblende

$Ca_2(Na, K)(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_5[Si_6Al_2O_{22}](O, OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 104°42'$

$N_g = 1.693 \sim 1.760$

$N_m = 1.683 \sim 1.730$

$N_p = 1.670 \sim 1.692$

$N_g - N_p = 0.026 \sim 0.072$

(-)$2V = 56° \sim 88°$　　r > v **较强**,

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 0° \sim 18°$; **光轴面** $\parallel$ (010)

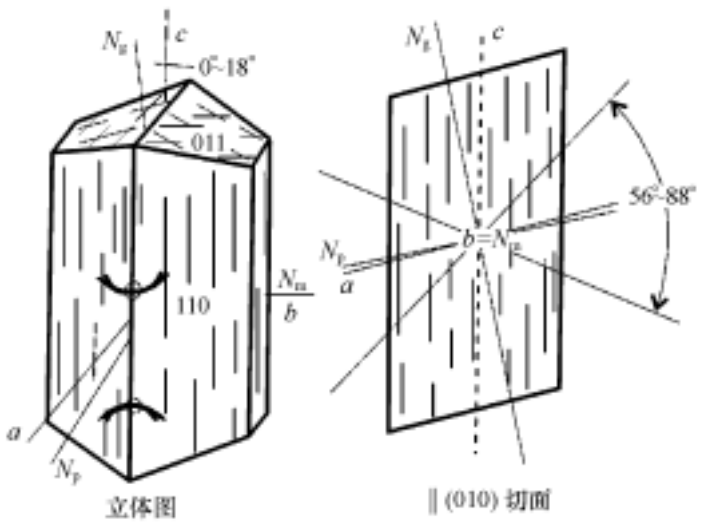


图 4-107　玄武闪石光性方位

(据 Nesse W. D., 2004)

化学组成　玄武闪石又称氧角闪石(Oxy-hornblende),现相当于镁—含镁绿钙闪石,属普通角闪石变种。成分中含 Fe_2O_3 和 TiO_2 较高,含羟较低,Fe_2O_3 含量较高是由于角闪石在高温时分解的(OH)将 Fe^{2+} 氧化所致。当成分中钛含量高时,便过渡到钛闪石。

结晶特点　常呈柱状自形晶体。{100}解理完全,{110}∧{$1\bar{1}0$}=56°(124°)。

光性特征　褐色至黑褐色、黑色,薄片中褐至深红褐色:多色性很明显,N_g—深红褐,N_m—红褐,N_p—淡黄色(照片 373),吸收性:$N_g > N_m > N_p$,有的晶体中颜色呈环带状分布,晶体中心呈褐红色,消光角稍大,边缘呈褐绿色,消光角较小。正高突起,折射率随含铁量增加而增大。干涉色由二级顶至四级,由于矿物本身的颜色干扰,致使其干涉色总是带有褐的色调。在(010)切面中消光角 $c \wedge N_g = 0° \sim 18°$,大多数不超过 10°,正延性。二轴晶负光性,光轴角中等—大。双晶结合面为(100),具简单和聚片双晶,晶体中常有赤铁矿、磁铁矿、锆石、火山玻璃等包裹体。

变化　玄武闪石多呈斑晶产出,常被熔蚀和暗化,同时也常被磁铁矿、赤铁矿、长石、易变辉石、普通辉石、钠铁非石(三斜闪石)和黑云母等矿物的混合物置换。

鉴别特征　与褐色普通角闪石很相似,区别在于其消光角小、颜色深、多色性更明显,且突起高,干涉色高。根据其具有红褐色—浅黄色多色性可与钛闪石、红闪石相区别。

产状及其他　玄武闪石主要产于安山岩,在其他中酸性及玄武质火山熔岩中也有发现,也见于斜闪煌斑岩中,可由普通角闪石转变而成。

该名已在 1978 年的"角闪石命名法"中被废弃,现相当于镁—含镁绿钙(钠)闪石。考虑其在岩石中的存在,且原名更为确切,故本书沿用此名。

绿钙闪石(绿钠闪石)　Hastingsite

$NaCa_2(Mg, Fe^{2+})_4 Fe^{3+}[Si_6Al_2O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 103°95'$

$N_g = 1.695 \sim 1.731$

$N_m = 1.682 \sim 1.730$

$N_p = 1.670 \sim 1.710$

$N_g - N_p = 0.021 \sim 0.025$

$(-)2V = 30° \sim 60°$　　$r < v$ **中等到强,**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 15° \sim 20°$, **光轴面** $\parallel (010)$

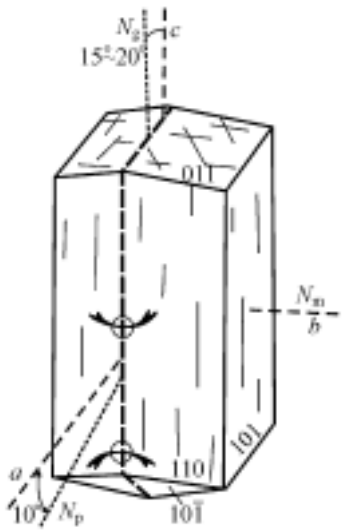


图 4－108　绿钙闪石光性方位

化学组成　绿钙闪石的化学成分分类界限为: $(Ca + Na)_B \geq 1.34$, $Na_B < 0.67$, $(Na + K)_A \geq 0.50$, $Si < 6.25$, $Ti < 0.50$, $Fe^{3+} > Al^{[VI]}$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) < 0.5$ 为绿钙闪石, 该比值在 0.5 ～0.7 之间为含镁绿钙闪石, > 0.7 则为镁绿钙闪石。成分中可含少量 Ti 和 Mn。该矿物曾用名绿钠闪石、富铁纳闪石等。绿钙闪石与韭闪石的化学式基本一致, 两者的主要区别在于它们的化学分类界限, $Al^{[VI]} \geq Fe^{3+}$, $Mg/Mg + Fe^{2+} \geq 0.50$ 时为韭闪石; $Al^{[VI]} \leq Fe^{3+}$, $Mg/Mg + Fe^{2+} < 0.5$ 时为绿钙闪石。

结晶特点　沿 c 轴延伸的柱状晶体, 也呈放射状及粒状集合体。解理{110}完全, 具有{001}、{100}裂理。

光性特征　绿褐色、绿黑色、褐黄色, 薄片中呈暗绿、绿、蓝或褐色, 多色性明显: N_g—暗绿 - 蓝绿, N_m—褐绿、淡绿, N_p—淡褐、绿褐色, 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起, 折射率随 Fe^{2+} 含量增加而增大。干涉色为二级蓝—蓝绿。斜消光, 消光角 $c \wedge N_g = 15° \sim 20°$。二轴晶负光性, 光轴角中等。具(100)的简单和聚片双晶。偶见环带状构造, 晶体中心为钛角闪石, 向外为绿钙闪石, 最外围为钠铁闪石。

鉴别特征　与普通角闪石十分相似, 区别在于绿钙闪石光轴角较小、折射率稍高。

产状及其他　主要产于富钠碱性岩中, 也产于二长岩、花岗岩、闪长玢岩以及片岩和片麻岩中, 偶见于接触变质大理岩和矽卡岩中。

钠　闪　石　Riebeckite

$Na_2(Mg, Fe^{2+})_3 Fe^{3+}_2[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 103°54'$

$N_g = 1.668 \sim 1.717$

$N_m = 1.662 \sim 1.711$

$N_p = 1.654 \sim 1.701$

$N_g - N_p = 0.006 \sim 0.016$

$(-)2V = 80° \sim 90°$　　$r > v$ **强,**

b ∥ N_m, c∧N_p = 0°~9°, 光轴面 ∥ (010)

化学组成　钠闪石为富 Na 和 Fe^{3+} 的碱性角闪石, 和镁钠闪石组成完全类质同象系列。钠闪石的化学成分分类界限为: $Na_B \geq 1.34$, $(Na + K)_A < 0.5$, $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al^{[VI]}) \geq 0.70$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) < 0.5$ 时为钠闪石。在钠闪石的成分中常混有 Ca、Al、Mn 和微量的 Ti。

结晶特点　沿 c 轴延伸呈长柱状、针柱状晶体, 也呈纤维状集合体, 这种纤维状集合体称为钠闪石石棉, 通称蓝石棉或青石棉。解理{110}完全, {110}∧{$1\bar{1}0$} = 56°(124°)。

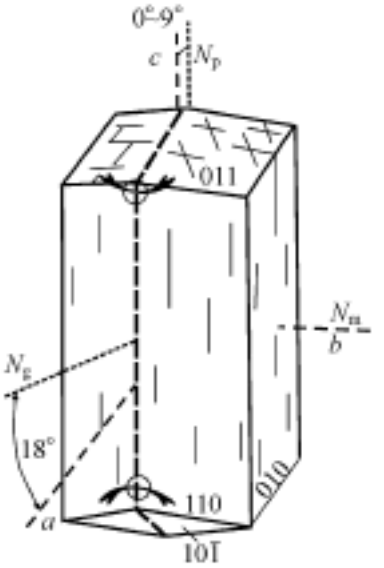


图 4-109　钠闪石光性方位

光性特征　深蓝色、黑色, 薄片中多色性明显: N_g—淡黄绿, N_m—蓝, N_p—深蓝, 吸收性强: $N_g < N_m < N_p$, 与普通角闪石的吸收性相反, 为反吸收。即长柱方向为 N_p(或 N_p), 当其平行下偏光镜时, 近似不透明, 在加大光源强度(或加上聚光镜)才能看到呈很深的蓝色(照片 374)。正高突起。干涉色低, 为一级灰白至黄橙(照片 375), 但受其本身蓝色的干扰而不易分辨。负延性, 斜消光, 但消光角 c∧N_p一般不超过 10°。二轴晶负光性, 光轴角较大。可见依(100)的简单和聚片双晶。

变化　可变为褐铁矿和菱铁矿。

鉴别特征　钠闪石以其特有的蓝色多色性、干涉色低、消光角小、负延性等特征不难与其他角闪石相区别。钠闪石与蓝闪石区别在于后者为正延性, 且具有天蓝色—紫色的多色性与钠闪石明显不同。钠闪石与霓石区别在于霓石突起高, 干涉色高达三至四级, 在横切面上有二组近正交的辉石式解理, 并具有绿色多色性。钠闪石有时与蓝色电气石相似, 但只要将延长方向平行下偏光振动方向, 如果色浅为电气石, 色深则为钠闪石。青石棉的多色性: N_g—浅绿、紫, N_m—各种紫色, N_p—各种绿、蓝色。

产状及其他　钠闪石产于富钠的碱性火成岩中, 常与霓石伴生。也产于碱性花岗岩、碱性正长岩, 或结晶片岩中。钠闪石石棉产于高度硅化的变质岩石中, 质地柔软, 劈分性好, 过滤性能好, 由于对于各种低放射性尘埃和毒气具有特效的过滤性能, 而作为重要的战备物资, 也可作为石棉纺织工业的原料。

红钠闪石　红闪石　Katophorite　$Na_2Ca(Mg, Fe^{2+})_4(Al, Fe^{3+})[Si_7AlO_{22}](OH, F)_2$。单斜晶系, 红钠闪石是一种含 TiO_2 的碱性角闪石变种。其折射率为 $N_g = 1.660$~1.690, $N_m = 1.658$~1.688, $N_p = 1.639$~1.681。晶体沿 c 轴延伸呈柱状, {110}解理完全。颜色为玫瑰红, 暗红褐及蓝黑色, 薄片中的多色性为: N_g—红黄、红褐、深紫和绿褐色, N_m—褐绿、褐红和深褐色, N_p—浅黄红和浅褐色(照片 376)。吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起。$N_g - N_p = 0.009$~0.021, 干涉色为一级中至二级底但常被颜色所掩盖。延性可正可负, 消光角 c∧N_m = 16°~65°, 变化较大。二轴晶负光性, 2V = 0°~50°, r > v 强。红钠闪石以其多色性和光轴角较小而与大多数角闪石相区别。产于碱性岩中。常与霓石和钠铁闪石形成连晶。

钠 铁 闪 石　Arfvedsonite

$NaNa_2(Mg, Fe^{2+})_4Fe^{3+}[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　β = 104°25′

$N_g = 1.685$~1.708

N_m = 1.681 ~1.705

N_p = 1.674 ~1.701

N_g - N_p = 0.005 ~0.012

(-) 2V = 0° ~50° r < v 很强,

b ∥ N_g, c∧N_p = 0° ~10°, 光轴面⊥(010)

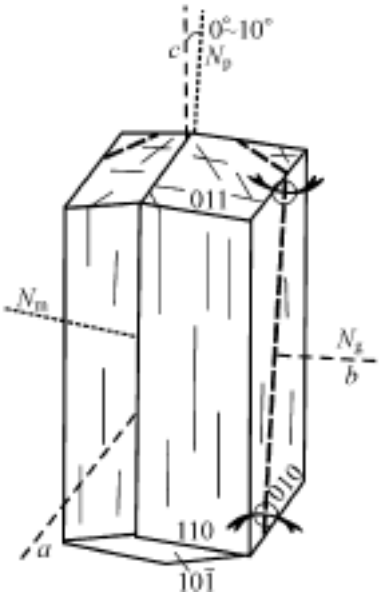


图 4-110 钠铁闪石光性方位

化学组成 钠铁闪石的化学成分分类界限为: $Na_B \geq 1.34$, $(Na + K)_A \geq 0.5$, $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al^{[VI]}) \geq 0.50$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) < 0.5$, $Mn_C < 2.50$ 时称钠铁闪石, $Mg/(Mg + Fe^{2+}) > 0.5$ 时为镁钠铁闪石。钠铁闪石属富含 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的碱性角闪石, 其成分中可含少量 TiO_2, Fe 可部分被 Mg^{2+} 置换, Na 部分被 Ca^{2+} 置换。钠铁闪石与镁钠铁闪石形成完全的类质同象。

结晶特点 沿 c 轴延伸的柱状晶体或平行 b 轴的板状。{110}解理完全, 具有{010}裂理。

光性特征 绿黑色、暗蓝绿色, 薄片中呈蓝色和绿色, 带紫色调(照片 377, 378) 多色性明显: N_g—绿黄至蓝灰、蓝黄至绿黄、浅黄绿, N_m—浅蓝紫至褐黑、浅橘黄、灰紫, N_p—深蓝、深蓝绿、蓝绿至靛蓝, 吸收性变化很大, $N_g > N_m > N_p$, $N_p = N_m > N_g$, $N_p > N_m > N_g$。正高突起。干涉色一级灰至黄, 通常被矿物本身颜色掩盖。斜消光, 消光角 c∧N_p 一般小于 10°, 有时达 20°~30°。负延性。二轴晶负光性, 光轴角小到中等。由于等分线色散很强, 因而在白光下, 很难达到完全消光。沿(100)双晶结合面具简单和聚片双晶。

变化 钠铁闪石可变为褐铁矿和菱铁矿。

鉴别特征 钠铁闪石以其特征的多色性、负延性、低的干涉色, 小的消光角和光轴角而与大多数角闪石相区别。钠铁闪石与钠闪石十分相似, 但在 N_p 方位上钠铁闪石有时呈深蓝绿色, 而后者呈深蓝色, 且钠铁闪石的光轴角较小。钠铁闪石与霓石以其突起低、干涉色低和具有角闪石式解理等特点加以区别。钠铁闪石与蓝闪石的多色性不同, 且延性相反。

产状及其他 钠铁闪石是碱性侵入岩及其有关伟晶岩中的特征的铁镁矿物之一, 产于霞石正长岩、碱性花岗岩、碱性正长岩等岩石中, 常与霓石、霓辉石共生, 有时与红钠闪石成平行连生。亦见于角闪岩中。

镁钠铁闪石 Magnesioarfvedsonite 镁钠铁闪石是钠铁闪石的富镁变种, 具有柱状及纤维状晶体。单斜晶系, N_g = 1.680 ~1.694, N_m = 1.678 ~1.691, N_p = 1.670 ~1.686, N_g - N_p = 0.008 ~0.011, 薄片中的多色性为: $N_g \approx N_m$—亮绿、带天蓝色调, N_p—亮黄色(照片 379), c∧N_m = 6° ~13°, 延性可正可负。干涉色一级黄, 有时见异常干涉色(照片 380)。二轴晶负光性, 2V = 50° ~80°。产于碱性岩中及已变为滑石和绿泥石的蛇纹岩中, 与细脉状的菱铁矿伴生。

蓝 闪 石 Glaucophane

$Na_2(Mg, Fe^{2+})_3(Al, Fe^{3+})_2[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系 β = 103°42′

N_g = 1.618 ~1.652

N_m = 1.612 ~1.650

N_p = 1.594 ~1.630

N_g - N_p = 0.018 ~0.022

(-) 2V = 10° ~60°　　r < v 中到强,

b ∥ N_m, c∧N_g = 4° ~14°, 光轴面 ∥ (010)

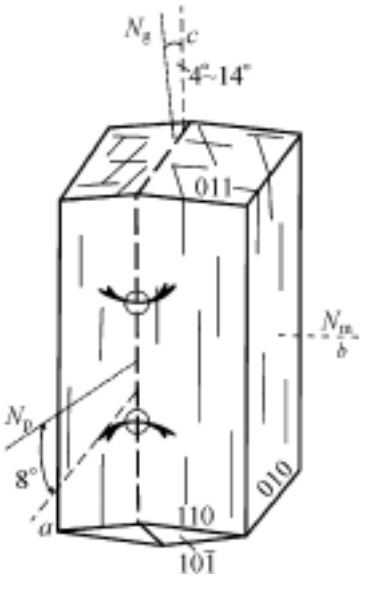


图 4-111　蓝闪石光性方位

化学组成　蓝闪石的化学成分分类界限为: $Na_B \geq 1.34$, $(Na + K)_A < 0.5$, $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al^{[VI]}) < 0.30$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) > 0.5$ 时为蓝闪石, < 0.50 时为铁蓝闪石。三价阳离子以 Al 为主, Fe^{3+} 代替 Al, 但一般不超过 50%, 二价阳离子以 Mg 为主, Fe^{2+} 代替 Mg 约在 20% ~50% 之间。蓝闪石是富含铝和镁的钠质碱性角闪石。蓝闪石 - 青铝闪石 - 镁钠闪石构成完全的类质同象。

结晶特点　晶体呈柱状, 横切面为近菱形的六边形, 集合体多为放射状、粒状及纤维状。{110}两组解理完全。

光性特征　灰蓝、深蓝至蓝黑色, 薄片呈蓝及紫色, 多色性明显: N_g—深天蓝, N_m—淡紫蓝(红紫), N_p—无色至淡黄(照片 381, 382), 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正中突起, 折射率随 Fe^{3+} 的增加、Al 的减少而增大。干涉色一级顶至二级蓝, 但常被本身颜色掩盖。纵切面大多为斜消光, 消光角 c∧N_g 较小, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角一般小于 40°, 但也可达 60°。双晶结合面为(100), 具有简单和聚片双晶。蓝闪石晶体中可见锆石、榍石、磷灰石和磁铁矿等的细小包裹体。有时蓝闪石与青铝闪石呈环带状构造(照片 383), 晶体中心部位为蓝闪石, 边缘部位为青铝闪石, 或相反。

变化　蓝闪石在温度升高条件下, 可转变为阳起石, 也可转变为绿泥石、钠长石、赤铁矿和绿帘石等矿物的混合物。辉石、角闪石在低温高压条件下也可转变为蓝闪石。

鉴别特征　蓝闪石以其特有的多色性、较小的消光角和光轴角可与其他角闪石区别。蓝闪石与钠闪石区别在于钠闪石为负延性, 其多色性及吸收性均较蓝闪石强, 光轴角也较大。蓝闪石与钠铁闪石的区别在于后者为负延性。与镁钠铁闪石区别是后者延性可正可负, 且两者的产状及共生矿物差别较大。蓝线石与蓝闪石区别是前者干涉色二级中部至顶部、且为负延性、无角闪石式的解理。与青铝闪石的区别见下节。

产状及其他　蓝闪石是高压低温条件下形成的特征变质矿物之一, 主要产于蓝闪石 - 硬柱石相变质岩中, 常与硬柱石、硬玉、绿纤石、葡萄石、钠长石、文石、黑硬绿泥石、绿帘石、硬绿泥石、云母等矿物共生, 有时也见于绿片岩相的岩石中。在榴辉岩中也可见蓝闪石与石榴子石、绿辉石等矿物共生。玄武质岩石热液蚀变亦可形成蓝闪石, 但它不具有指示高压低温变质条件。

青铝闪石(铝铁闪石)　Crossite

$Na_2(Mg, Fe^{2+})_3(Al, Fe^{3+})_2[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系　β = 103°42′

N_g = 1.652 ~1.680

N_m = 1.650 ~1.670

N_p = 1.630 ~1.665

N_g - N_p = 0.014 ~0.018

(-) 2V = 0° ~40° r < v或 r > v

b ∥ N_g, c∧N_m = 5°~9°; 光轴面⊥(010)

化学组成 成分与蓝闪石相近, 但其成分式中 Fe^{3+} / (Fe^{3+} + $Al^{[VI]}$) 在 0.3 ~0.7 之间, 即属青铝闪石。蓝闪石-青铝闪石-镁钠闪石构成类质同象系列, 青铝闪石成分上比蓝闪石的 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 含量高, 而 Al 的含量较低。

结晶特点 沿 c 轴延伸的柱状晶体, 横切面呈近菱形的六边形或菱形。具有{110}的两组角闪石式解理。

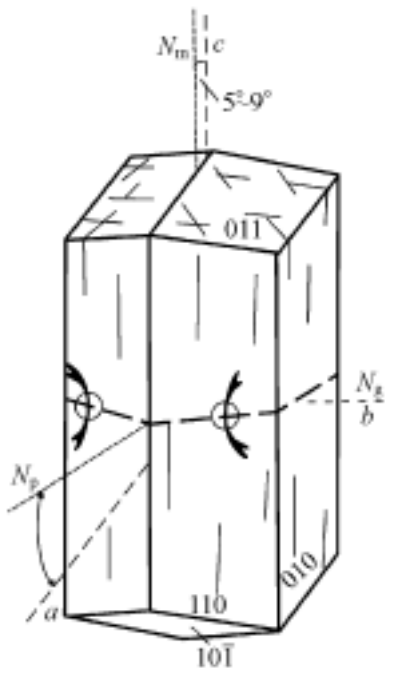


图 4-112 青铝闪石光性方位

光性特征 深蓝色, 薄片中多色性明显: N_g—深紫、紫, N_m—天蓝、蓝, N_p—无色或淡黄(照片 384), 吸收性: N_g > N_m > N_p。正中突起。干涉色为一级橙—紫红(照片 385), 由于 N_m 近于平行 c 轴, 故在具有天蓝和紫色的柱状切面为负延性(即由 N_m 和 N_g 组成的柱面, 该切面近于⊥Bxa, 也近于∥(100)切面), 而在天蓝与淡黄色的柱状切面为正延性(即由 N_m 和 N_p 组成的柱面)。消光角 c∧N_m 一般为 5°~9°, 最大可达 30°。有时青铝闪石与蓝闪石组成环带状构造, 在具有多色性为紫色和天蓝色柱状切面中, 当环带的柱面长边平行检板孔方向(照片 386)时, 在正交偏光间, 加入检板, 可看到内外环带的干涉色有升有降, 干涉色升高部位为青铝闪石(负延性), 降低部位为蓝闪石(正延性)(照片 387)。青铝闪石为二轴晶负光性, 光轴角 0°~40°, 色散强。

变化 与蓝闪石一样, 在温度升高条件下, 可转变为阳起石, 也可被绿帘石、绿泥石、钠长石和铁矿物等集合体所取代。

鉴别特征 以其特有的多色性、延性可正可负、小的消光角和光轴角, 以及一级干涉色等特征可与其他角闪石相区别。蓝闪石与青铝闪石极易混淆, 两者的区别是: ①它们的光性方位不同, 在具天蓝和紫色柱状切面上蓝闪石为正延性, 青铝闪石为负延性; 该切面同时也是近于⊥Bxa 的切面, 在锥光系统下, 找出光轴面方向, 即 45°位时, 两光轴连线方向, 对蓝闪石而言, 其光轴面∥{010}解理, 而青铝闪石的光轴面⊥{010}解理(图 4-111 和图 4-112); ②两者的多色性公式不同, 青铝闪石的 N_m 为天蓝色, N_g 为紫色, 而蓝闪石的 N_g 为天蓝色, N_m 为紫色。青铝闪石与镁钠闪石也很相似, 最主要的区别是镁钠闪石为负延性。

产状及其他 与蓝闪石相似, 主要产于蓝片岩、榴辉岩等岩石中, 与硬柱石、黑硬绿泥石、钠长石、葡萄石、硬玉、绿纤石、绿辉石、石榴子石等矿物共生, 偶尔产于接触变质和热液蚀变岩石中。在西藏羌塘地区的变质辉长岩中的角闪石、单斜辉石在高压低温条件下, 部分转变为青铝闪石。

镁钠闪石 Magnesioriebeckite

$Na_2(Mg, Fe^{2+})_3Fe_2^{3+}[Si_8O_{22}](OH)_2$

单斜晶系 β = 103°54′

N_g = 1.680 ~1.717

N_m = 1.670 ~1.711

N_p = 1.665 ~1.701

N_g - N_p = 0.010 ~0.014

(-) 2V = 40° ~70° r > > v

b ∥ N_g, c∧N_p = 3° ~15°, 光轴面⊥(010)

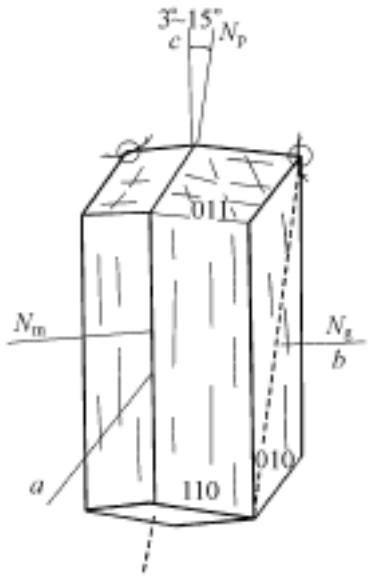


图 4-113 镁钠闪石光性方位

化学组成 镁钠闪石的化学成分分类界限为: $Na_B \geq 1.34$, $(Na + K)_A < 0.5$, $Fe^{3+}/(Fe^{3+} + Al^{[VI]}) \geq 0.7$, 当 $Mg/(Mg + Fe^{2+}) > 0.5$ 为镁钠闪石。镁钠闪石是蓝闪石类矿物中含 Fe^{3+}、Mg 稍高, Fe^{2+} 含量较低的变种。

结晶特点 柱状晶体, 集合体致密块状和纤维状。解理{110}完全。

光性特征 薄片中多色性明显: N_g—紫、蓝, N_m—亮黄, N_p—暗蓝(照片 388), 吸收性: $N_p > N_g > N_m$。正高突起。干涉色一级黄白至黄(照片 389), 但常被本身颜色掩盖。斜消光 c∧N_p = 3°~15°, 负延性。二轴晶负光性, 光轴角中等到大。双晶结合面为(100), 具有简单及聚片双晶。

鉴别特征 镁钠闪石与钠闪石区别在于前者有紫的颜色, 后者为深蓝、暗蓝色, 多色性强。镁钠闪石与蓝闪石和青铝闪石的区别在于其柱状切面中的 c 轴为 N_p ⊥, 为负延性, 蓝闪石的 c 轴方向为 N_g ⊥, 为正延性, 而青铝闪石 c 轴方向近 N_m, 其延性可正可负, 且镁钠闪石的 N_p 方位颜色最深, 呈暗蓝色, 而青铝闪石和蓝闪石的 N_p 方位颜色多呈浅黄色。

产状及其他 镁钠闪石产于片岩中, 有时也呈脉状产出。

菱锶矿(碳酸锶矿) Strontianite

$Sr[CO_3]$

斜方晶系

N_g = 1.667 ~1.669

N_m = 1.663 ~1.667

N_p = 1.517 ~1.520

N_g - N_p = 0.150

(-) 2V = 7° ~10° r < v

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, 光轴面 ∥ (010)

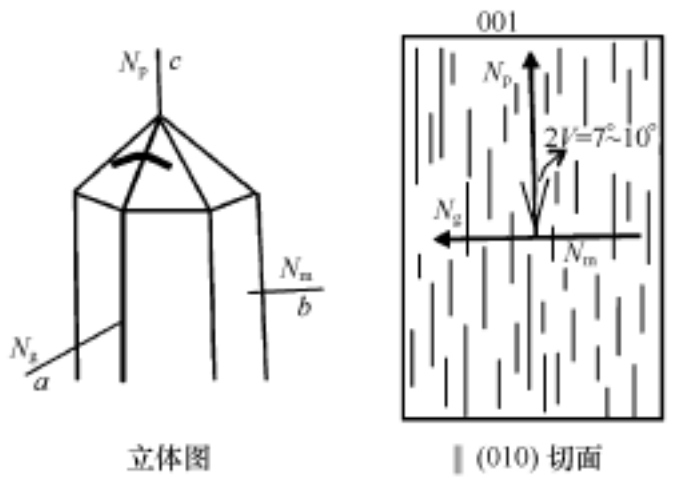


图 4-114 菱锶矿光性方位

化学组成 一般 Ca^{+2} 可以置换 Sr, 有时 Ba^{+2} 也可以置换 Sr 但量小。(在人造矿物中已构成 $SrCO_3$ - $BaCO_3$ 的完整系列, 在天然菱锶矿内则 Ba 含量很少。)

结晶特点 斜方双锥体少见, 通常为针状、纤维状或柱状或放射状, 有时呈桶状、它形粒状。{110}解理中等,{021}、{010}不完全。

光性特征 白、淡绿、至褐黄色, 薄片中无色。负低—正中突起, 纵切面见闪突起和高级白干涉色, 而底切面为正中突起, 其干涉色低。平行消光, 负延性。二轴晶负光性, 光轴角

小。沿(110)接触双晶较常见,也见聚片双晶。

鉴别特征　菱锶矿与文石的区别在于它具有明显解理,相对密度较大(3.72)及光轴面∥(010)而文石{010}解理不完全,相对密度2.9～3.01,光轴面∥(001)。毒重石($BaCO_3$)有较高的折射率和略大的光轴角(16°)以及高的相对密度(4.3)。菱锶矿烧之显褐红色火焰。

产状及其他　菱锶矿通常产于石灰岩和大理岩中,呈脉状和结核状产出,经常与毒重石、重晶石、天青石、方解石、萤石等伴生或共生。偶见于火成岩和金属(铅、银矿等)石英脉中,作为天青石的蚀变矿物产出。在菱镁矿的晶簇中菱锶矿可形成褐红色的针状微晶,有时还可见到较大的完好晶体。在岩丘的岩帽中也曾发现菱锶矿。在沉积岩中可同石膏、天青石以结核形式产出,或在粘土岩中成为磷质结核的组分。很少成碎屑矿物产出。

脆云母族　Brittle mica Group

脆云母族矿物为层状硅酸盐结构,在形态及结构上均类似云母族矿物。在[Si_4O_{10}]中常有两或三个Si^{4+}被Al^{3+}置换,同时Ca^{2+}、Fe^{2+}或Ba^{2+}、Li^{1+}、Mn^{2+}代换了K,而使电价达到平衡。属单斜晶系,呈假六方形,{001}解理完全。性脆、无弹性,是标准的变质矿物。

本族矿物主要有:黄绿脆云母—绿脆云母(Xanthophyllite－Clintonite)和珍珠云母(Margarite)等。

黄绿脆云母—绿脆云母　Xanthophyllite－Clintonite

$Ca\{Mg_2Al[Al_3SiO_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 100°21'$

$N_g = 1.655 \sim 1.663$

$N_m = 1.655 \sim 1.662$

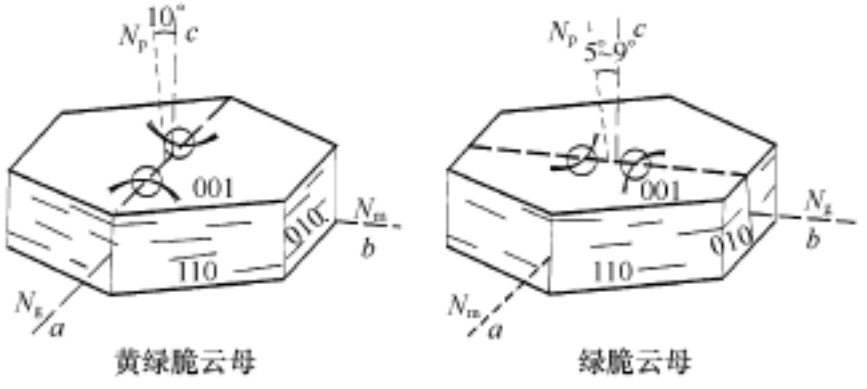
$N_p = 1.643 \sim 1.649$

$N_g - N_p = 0.012$

$(-)2V = 0° \sim 23°$　　$r < v$弱

$a \parallel N_g$, $b \parallel N_m$, $c \wedge N_p = 10°$,光轴面∥(010)(黄绿脆云母)

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_g$, $c \wedge N_p = 5° \sim 9°$,光轴面⊥(010)(绿脆云母)



黄绿脆云母　　绿脆云母

图4－115　黄绿脆云母—绿脆云母光性方位

化学组成　成分中经常有Fe^{3+}、Fe^{2+}、Na^{+}的类质同象替代,并含微量的K、Ba、Mn和Ti等。Si的含量低,而[$Al^{[VI]}$]∶Si的比值可高达2∶1。

结晶特点　假六方板状,横切面为近六边形、菱形,纵切面呈板条状或长方形,{001}解理完全(照片390,392)。黄绿脆云母为1M型,其$2M_1$多型称绿脆云母。显微镜下,两者不易区别,常统称为绿脆云母。

光性特征　暗绿、绿、红褐、绿黄色,薄片中黄绿脆云母的多色性为:$N_g \approx N_m$—绿褐,N_p—无色、黄、橙、红,绿脆云母的多色性:$N_g \approx N_m$—浅绿、浅黄褐,N_p—无色、浅黄橙,吸收性:$N_g \approx N_m > N_p$。正中突起,干涉色一级黄白(照片391,393)。近平行消光,正延性。二轴

晶负光性, 光轴角小 0°～23°, 而绿脆云母的 2V = 32°。双晶结合面为(001), 双晶轴为[310], 有时可见三连晶。

鉴别特征　黄绿脆云母和绿脆云母以其干涉色低、近平行消光、正延性、负光性、光轴角小等为特征。与硬绿泥石的区别在于后者为负延性、斜消光、正光性, 且光轴角较大。黑硬绿泥石的杆状及针柱状晶形、多为红褐色—浅黄色的多色性、干涉色在二级以上等特点可以与其区别。与黑云母区别是后者干涉色高达二级顶部到三级, 且突起略低。与叶绿泥石区别是叶绿泥石突起低、有时有异常干涉色。与斜绿泥石相似, 但后者突起低、负延性、正光性。

产状及其他　通常产于绿泥石片岩中, 与滑石、绿泥石共生。在矽卡岩中与尖晶石、钙铝榴石、符山石、透辉石、方解石、金云母等共生; 与蛇纹石一起也可产于大理岩中, 与角闪石、尖晶石、辉石、石墨等共生。

珍 珠 云 母　Margarite

$Ca\{Al_2[Al_2Si_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系　$\beta = 99°30'$

$N_g = 1.644 \sim 1.650$

$N_m = 1.642 \sim 1.648$

$N_p = 1.630 \sim 1.638$

$N_g - N_p = 0.012 \sim 0.014$

(-) 2V = 40°～70°　　r < v 清楚

$b \parallel N_g$, $a \wedge N_m = 6° \sim 8°$, $c \wedge N_p = 11° \sim 13°$, 光轴面 ⊥(010)

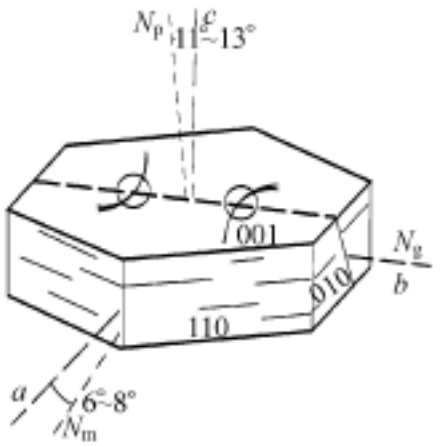


图 4-116　珍珠云母光性方位

化学组成　Ca 可被较少数量的 Ba^{2+}、Sr^{2+}、K^{1+} 等或较多的 Na^{1+} 所代替, 其富钠变种中 Na_2O 可达 5%～7%, $[Al^{[VI]}]$ 可被少量的 Fe^{3+}、Fe^{2+}、Mn^{2+} 和 Mg^{2+} 等代替。

结晶特点　晶体呈假六方板状、片状, 常呈细叶片状集合体。{001}解理完全, 在板条状纵切面上有一组完全解理(照片 394), 横切面呈菱形或不规则状。

光性特征　灰白、淡黄、淡绿色, 薄片中无色, 有时为浅褐、浅绿色(照片 394), 多色性很微弱。正中突起。干涉色一级黄-橙黄。平行解理方向近于平行消光, 正延性。二轴晶负光性, 光轴角变化不定, 2V = 40°～70°。珍珠云母的折射率及光轴角随着成分中钠的含量增加而降低, 双折射率则明显升高, 可达 0.032(二级黄橙干涉色)。双晶结合面为(001), 双晶轴为[310]。

变化　可变化为浅黄褐色的"黄珍珠云母", 也可变为蛭石。

鉴别特征　珍珠云母与硬绿泥石之间的区别在于后者为负延性, 且具有明显的多色性和正光性。与黄绿脆云母十分相似, 不易区分, 但珍珠云母的光轴角较大, 常与含铝的矿物如刚玉、硬水铝石等共生, 而黄绿脆云母常与富含镁的蛇纹石、淡绿泥石和接触交代的矽卡岩矿物共生。与白云母区别是白云母突起低, 干涉色高。与斜绿泥石区别是珍珠云母突起高, 大多为无色, 多色性不明显, 正延性, 负光性。

产状及其他　珍珠云母是变质矿物, 产于变质刚玉矿床, 与刚玉、硬水铝石共生。也产

于千枚岩和云母片岩中与十字石、白云母、电气石共生。

硬 绿 泥 石　Chloritoid

$Fe_2Al[Al_3(SiO_4)_2O_2](OH)_4$

单斜晶系　$\beta = 101°30'$

$N_g = 1.712 \sim 1.740$

$N_m = 1.708 \sim 1.734$

$N_p = 1.705 \sim 1.730$

$N_g - N_p = 0.007 \sim 0.010$

(+) $2V = 36° \sim 68°$　　r > v **强**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 3° \sim 30°$, **光轴面** $\parallel$ (010)

$b \parallel N_p$, $c \wedge N_g = 3° \sim 30°$, **光轴面** $\perp$ (010)

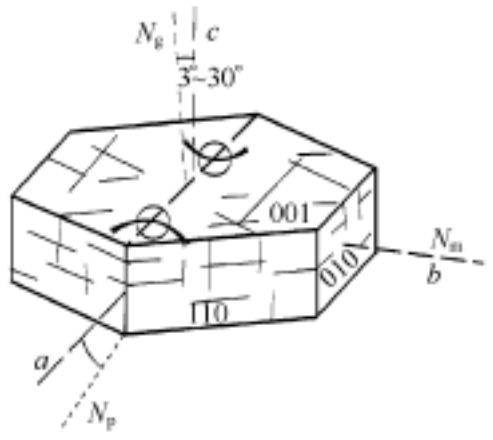


图 4－117　硬绿泥石光性方位

化学组成　成分较稳定, 变化不大。通常有 Mg^{2+}、Mn^{2+} 代替 Fe^{2+}, Fe^{3+}、Ti^{3+} 代换 Al^{3+}。

结晶特点　硬绿泥石为单斜晶系, 而三斜晶系者则称为三斜硬绿泥石(Triclinochloritoid), 较少见。晶体呈假六方板状和片状, 集合体呈放射状(照片 397) 和束状。横切面呈完整的六边形少见, 多为菱形及不规则状。{001}解理完全, {110}不完全, 有{010}裂理。

光性特征　暗绿色, 薄片中无色－绿色, 多色性明显: N_g—无色至浅黄、黄绿、淡绿褐, N_m—橄榄绿、灰蓝、蓝绿, N_p—淡绿、灰绿(照片 395, 397, 400), 吸收性: $N_m > N_p > N_g$。正高突起。干涉色一级灰—黄(照片 396, 398, 399, 401), 斜消光, 负延性。二轴晶正光性, 光轴角中等到较大, 色散较强。双晶结合面为(001) 的聚片双晶或简单双晶(照片 396, 399, 401) 常见, 有时还见十字形的穿插双晶(照片 400)。在硬绿泥石晶体中常有磁铁矿、钛铁矿、金红石、石英、碳质、电气石、锆石、云母等矿物的包裹体, 石英和碳质包裹体常构成砂钟构造(照片 395, 396, 399)。

变化　硬绿泥石可转变为绿泥石和云母, 在温度升高条件下硬绿泥石经变质反应形成十字石、石榴子石和堇青石。

鉴别特征　硬绿泥石以其特殊的多色性、正高突起、低干涉色、斜消光、负延性、正光性及具有双晶等特征与黑云母、绿泥石等其他矿物相区别。与蓝晶石区别在于后者为正延性、负光性, 且多为无色。与绿脆云母区别在于硬绿泥石为负延性、正光性, 而后者为正延性、负光性。

产状及其他　硬绿泥石是低级变质的标志矿物, 产于低级变质的结晶片岩中, 经常与绿泥石、白云母、黑云母、石英、长石, 有时有石榴子石共生, 在蓝片岩中硬绿泥石与蓝闪石、绿帘石、云母、钠长石等共生, 偶尔也与蓝晶石、白云母、黑云母、石英、长石共生。在接触变质岩石中与红柱石、十字石等产于角岩中。此外, 还以热液脉状充填形式产出。Winkler. H. G. F(1976) 将硬绿泥石作为变泥质岩石进入到中级变质的负标志矿物(即在中级变质岩石中不含有硬绿泥石)。

硬　柱　石　Lawsonite

$CaAl_2(H_2O)[Si_2O_7](OH)_2$

斜方晶系

$N_g = 1.682 \sim 1.686$

$N_m = 1.672 \sim 1.675$

$N_p = 1.663 \sim 1.665$

$N_g - N_p = 0.019 \sim 0.021$

(+) $2V = 76° \sim 87°$　　$r > v$ **很强**

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_g$, $c \parallel N_p$, **光轴面** $\parallel (100)$

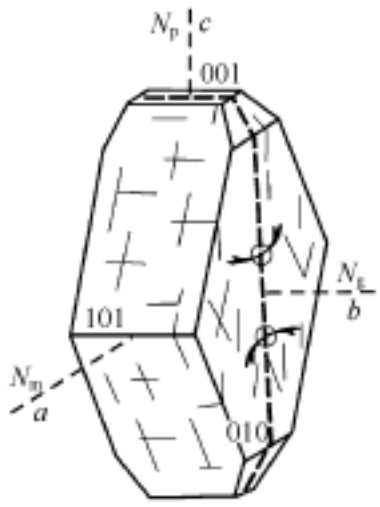


图 4－118　硬柱石光性方位

化学组成　成分中含有少量 Fe^{3+}、Mg、Na 等。

结晶特点　晶体呈柱状或板状, 横切面呈菱形, 纵切面为长方形的板柱状(照片 402)。解理{100}和{010}完全,{101}不完全。

光性特征　无色、白或淡蓝色, 薄片中无色, 较厚的切片具无色—蓝的多色性: N_g—无色, N_m—黄, N_p—蓝, 吸收性: $N_p > N_m > N_g$。正高突起。干涉色一级紫红—二级蓝(照片 403)。平行消光, 负延性。二轴晶正光性, 光轴角较大。(110)为结合面的简单双晶和聚片双晶很常见(照片 403)。

变化　硬柱石可被纤闪石和绿纤石代换。当温度升高时, 硬柱石不稳定转变为黝帘石和斜黝帘石。

鉴别特征　与黝帘石的区别在于硬柱石干涉色高, 且没有黝帘石的异常干涉色, 负延性, 光轴角较大。硬柱石也可误认为方柱石, 但后者为一轴晶, 负光性。硬柱石与葡萄石的区别是葡萄石的干涉色较高, 二级底—顶, 且为正中突起。与硅灰石区别在于硅灰石延性可正可负, 光轴角较小, 干涉色低。

产状及其他　硬柱石是低温变质矿物, 主要产于蓝闪石 - 硬柱石相的高压低温变质岩石中, 与蓝闪石、葡萄石、绿纤石、绿泥石、绿帘石、阳起石、钠长石、榍石、黑硬绿泥石等矿物共生。在某些辉长岩、辉绿岩中的基性斜长石的钠黝帘化过程中, 有时也可产生硬柱石。在某些大理岩及绿片岩中也曾有硬柱石产出。

毒重石　碳酸钡矿　Witherite　$Ba[CO_3]$。化学成分中有少量 Ba 被 Sr^{2+}、Ca^{2+}、Mg^{2+} 所代替。斜方晶系。斜方双锥体少见, 常依(110)形成假六方双锥状的三连晶, 晶面上常有水平横纹。可呈柱状、纤维状或葡萄状集合体。解理{010}中等,{110}、{012}不完全。颜色多为白、灰或淡黄褐色, 薄片中无色。$N_g = 1.677$, $N_m = 1.676$, $N_p = 1.529$, 呈闪突起。双折射率 $N_g - N_p = 0.148$, 干涉色为高级白, 负延性。在垂直光轴的横切面上为正高突起。二轴晶负光性, 光轴角在 16°左右, $r > v$ 很弱。毒重石的光性方位为 $a \parallel N_g$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_p$, 光轴面 $\parallel (010)$。毒重石的相对密度(4.29 ~4.30)大。毒重石燃烧显黄绿色火焰可与菱锶矿区别, 重晶石以正中突起、一级干涉色、正光性、$2V = 37°$ 等特征可与毒重石区别开。毒重石产于低温热液脉中, 与方铅矿、硫酸铅矿、碳酸钙钡矿、重晶石等矿物共生。毒重石产出较重晶石少, 但也是重要的钡矿物原料。

文 石(霰 石) Aragonite

$Ca[CO_3]$

斜方晶系

$N_g = 1.685 \sim 1.686$

$N_m = 1.680 \sim 1.681$

$N_p = 1.530 \sim 1.531$

$N_g - N_p = 0.156$

(-)$2V = 18°$　　r < v**弱**

a ∥ N_m, b ∥ N_g, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (100)

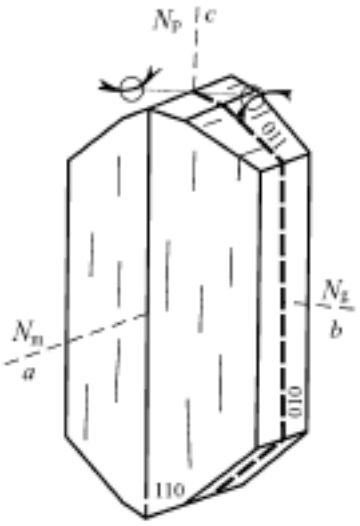


图 4－119　文石光性方位

化学组成　成分中 Ca 常被 Pb^{2+}、Zn^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}、稀土元素所代换。另外,还含有 Fe、Mg 和 Al 等少量杂质。

结晶特点　晶体呈柱状和针状,集合体常呈纤维状、晶簇状(照片 404, 405)、柱状、放射状、皮壳状、钟乳状、鲕状、豆状、球状等。横切面呈假六边形。解理{010}不完全(照片 405)。

光性特征　白色,黄白色,有时为浅绿色,薄片中无色。闪突起十分明显。干涉色高级白(照片 404),柱状切面平行消光,负延性。二轴晶负光性,光轴角 18°,但随着铅含量的增加光轴角增大到 23°,其折射率也相应增大。在横切面上有时还能看到结合面为(110)的六方轮状复合双晶或聚片状双晶。

变化　文石不稳定,在常温下易变为方解石,在薄片中常见方解石、白云石置换文石的假象。

鉴别特征　文石与方解石和白云石等碳酸盐矿物之间的区别在于:①文石仅有一组平行柱面的不完全解理,而方解石和白云石有菱面体的三组完全解理;②文石平行解理方向为平行消光,而方解石和白云石多为对称消光;③文石为二轴晶,但方解石和白云石为一轴晶。另外,在煮沸的 $CoNO_3$ 溶液中加入文石粉末变为紫色,而方解石保持无色或微蓝色。也可用其他的碳酸盐染色法,将它们区分开。

产状及其他　海相生物的贝壳、骨骼均由文石构成,但通常已转变为方解石。外生成因的文石常与方解石、白云石共生产于灰岩、砂岩中,或呈脉状产出,在火山岩的气孔中有文石充填。在矿床氧化带中文石常与孔雀石、褐铁矿、方解石等矿物共生。在高压低温的变质岩石中文石与蓝闪石、硬柱石、硬玉、绿泥石、白云母、榍石等共生。

斧　　石 Axinite

$Ca_4(Mn, Fe)_2Al_4[B_2(Si_2O_7)_2O_2](OH)_2$

三斜晶系

$N_g = 1.668 \sim 1.706$

$N_m = 1.660 \sim 1.701$

$N_p = 1.656 \sim 1.694$

$N_g - N_p = 0.009 \sim 0.012$

(-)2V=55°~81°　　r<v强或r>v

N_p 近于垂直(1̄11),光轴面近平行(111)

化学组成　成分不定,CaO、FeO、MnO、MgO 含量变化大,Mn 和 Fe 之间形成完全类质同象,当 Mn>Fe 时为锰斧石(Manganaxinite);Mn<Fe 时为铁斧石(Ferroaxinite)。

结晶特点　呈尖劈状的楔形晶体,或为等轴柱粒状。解理{100}完全,{001}、{110}和{011}不完全(照片 406)。

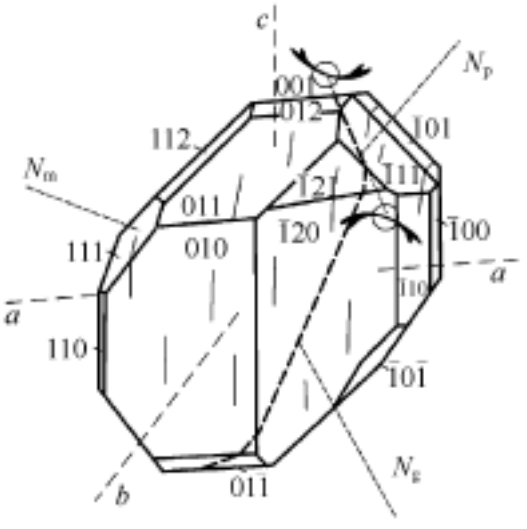


图 4-120　斧石光性方位

光性特征　白、灰、黄、褐和蓝色,含锰多的变种为黄色,一般呈丁香褐色,薄片为无色或有淡紫、淡黄色调,多色性很不明显,厚切片可见多色性:N_g—无色、淡黄、淡绿,N_m—淡紫、纯黄、天蓝,N_p—无色、淡绿、淡黄、淡褐,吸收性:$N_m>N_p>N_g$。正高突起,干涉色不超过一级黄(照片 407),有时具微弱的异常干涉色。斜消光。二轴晶负光性,光轴角中等到大。双晶少见。许多斧石晶体呈规则状交生,似为双晶。有时在较大晶体中可见环带和砂钟构造,各环带的光轴角不等。

变化　斧石可变化为绿泥石。

鉴别特征　具有较高的突起、低的干涉色。至少有一组完全解理,有时见楔状晶形是斧石的主要光性特征。斧石与黝帘石的区别在于黝帘石为正光性、光轴角小、平行消光。当斧石的切片较厚,具有多色性时,其与蓝硅硼钙石和假蓝宝石不易区分,但蓝硅硼钙石的 N_g 方向颜色较深(斧石为 N_m 方向)、正光性且有聚片双晶;而假蓝宝石的干涉色低于斧石,仅有一级灰。硅硼钙石的干涉色高达三级,不难与斧石区别。

产状及其他　斧石产于接触变质的大理岩中,常与方解石、石榴子石、石英、黝帘石、阳起石、葡萄石、钙铁辉石、符山石等共生。当岩石中存在含硼矿物如:电气石、赛黄晶、硅硼钙石等矿物时,应十分注意该岩石中可能有斧石存在。偶尔也见于花岗岩的内接触带和某些矿脉中。

伊　丁　石　Iddingsite

$H_4MgFe_2[Si_3O_{12}]\cdot 2H_2O$

斜方晶系

$N_g=1.655\sim1.864$

$N_m=1.650\sim1.846$

$N_p=1.608\sim1.792$

$N_g-N_p=0.047\sim0.072$

(±)2V=20°~80°　　r<v强

a∥N_p,b∥N_m,c∥N_g,光轴面∥(010)

化学组成　是一种易变的含水的 $Mg-Fe^{3+}$ 硅酸盐,是一种多矿物的混合物。主要组分为针铁矿或赤铁矿,还有非晶质的镁硅酸盐和混层的蒙脱石-绿泥石等,并混有方解石、石英及较少量的滑石、云母。由于组分非常细小,又成为橄榄石的假象,虽然物质是多晶质的,但颗粒显示单晶的光性特征。

结晶特点　呈薄板状和纤维状,薄片中常见依橄榄石成假象(照片 408)或形成镶边环

绕在橄榄石晶体周围(照片 420)。解理沿{001}、{100}和{010}完全,均呈直交。

光性特征　红褐色,薄片中褐黄色、褐红色(照片 408),具有多色性: N_g—金黄和暗红褐, N_m—亮黄和红褐色, N_p—淡黄和红褐,吸收性: $N_g \geq N_m > N_p$。折射率变化范围较大,但一般 N_g = 1.72 ~1.77, N_p = 1.67 ~1.73,正高突起。干涉色高达三级—四级,由于矿物本身为较浓的红褐色,因此影响到矿物的干涉色也呈褐色。平行消光。二轴晶光性正负不定,光轴角变化较大,有时接近 0°,有时变为 90°。

鉴别特征　与黑云母的区别是伊丁石多色性及吸收性不及黑云母强,折射率比黑云母高,且具三组解理,光轴角一般较大。伊丁石的产状较特征,它出现在含橄榄石的火山岩等岩石中,是橄榄石蚀变产物(照片 408, 419),而这种情况下,黑云母出现的机会较少。与绿泥石区别是绿泥石双折射率较小,不具红褐色、突起较低。与皂石区别是皂石折射率大大低于伊丁石,两者的颜色也有差别。

产状及其他　产于含橄榄石的玄武岩、辉绿岩和安山岩中。是橄榄石的蚀变矿物。

橄 榄 石 族　Olivine Group

橄榄石族矿物为二价金属的正硅酸盐,具有典型的孤立硅氧四面体结构。一般式为 $R_2[SiO_4]$,式中 R = Mg、Fe^{2+}、Mn、Ca、Zn 等,根据 R 的不同成分,橄榄石进一步可分三个类质同象系列:

镁橄榄石 $Mg_2[SiO_4]$ - 铁橄榄石 $Fe_2[SiO_4]$ 系列

锰橄榄石 $Mn_2[SiO_4]$ - 铁橄榄石 $Fe_2[SiO_4]$ 系列

钙镁橄榄石 $(Ca, Mg)[SiO_4]$ - 钙铁橄榄石 $(Ca, Fe)[SiO_4]$ 系列

这三个系列中,镁 - 铁橄榄石系列(Fo - Fa)是自然界分布最广的,它们可形成完全类质同象系列,按镁橄榄石分子(Fo)和铁橄榄石分子(Fa)的含量,将其分为六个变种:镁橄榄石(Forsterite)、贵橄榄石(Chrysolite)、透铁橄榄石(Hyalosiderite)、镁铁橄榄石(Hortonolite)、低铁镁铁橄榄石(Ferrohortonolite)、铁橄榄石(Fayalite),其中主要变种为镁橄榄石、贵橄榄石和铁橄榄石。

锰 - 铁橄榄石系列主要变种为锰橄榄石和铁锰橄榄石。

钙镁 - 钙铁橄榄石系列更少见,主要变种为钙镁橄榄石。

橄榄石族均属斜方晶系,橄榄石晶体呈厚板状、短柱状,或他形粒状。解理{010}、{100}不完全,常见裂理。

橄榄石族矿物光学性质与铁的含量有关,从镁橄榄石到铁橄榄石,其光性呈一系列连续变化:颜色随含铁量的增加而变深,可呈黄绿至绿色,薄片中由无色变至淡黄色;折射率及双折射率随含铁量增高而增大,可达正高突起到极高突起,双折射率从 0.030 变化到 0.053。光性则由正变为负(图 4-122, 123),光轴角由(+)86°变化到 90°再到(-)54°。

橄榄石族属于 SiO_2 不饱和矿物,因此,一般不与原生石英共生。常见于镁铁质及超镁铁质岩石中,是该类岩石最常见的造岩矿物之一。也产于变质的白云质灰岩中。

橄榄石受热液蚀变或风化作用后,最易变成蛇纹石,而本身呈残晶或保留假象。此外,也可蚀变成伊丁石、皂石、滑石、绿泥石、闪石类、碳酸盐矿物和铁的氧化物等。

根据光性不难将橄榄石认出,但准确鉴定其变种可用红外、X 射线等方法。

镁橄榄石　Forsterite

$Mg_2[SiO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.670 \sim 1.690$

$N_m = 1.651 \sim 1.671$

$N_p = 1.635 \sim 1.655$

$N_g - N_p = 0.030 \sim 0.045$

$(+)2V = 86° \sim 88°$　　$r > v$

$a \parallel N_g$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_m$, **光轴面** $\parallel (001)$

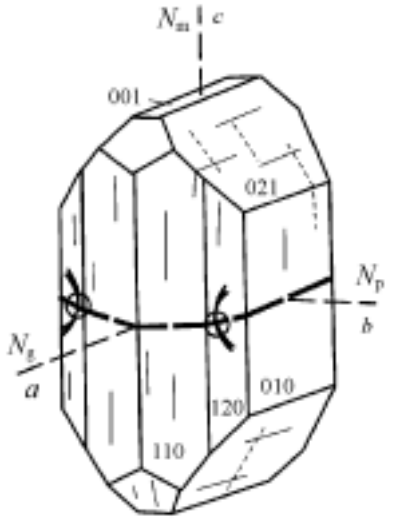


图 4－121　镁橄榄石光性方位

化学组成　成分中可含 $Fe_2[SiO_4]$ 分子(Fa) 0 ～10%。此外，还可含少量 Na_2O、K_2O 和 Al_2O_3 等。

结晶特点　晶体呈短柱状或不规则粒状(照片 409)，有的呈平行(100)厚板状或沿 c 轴的长柱状(照片 410, 411)。自形晶体的两端成锐角，薄片中则表现为两端尖锐的六边形。{010}解理不完全，裂纹发育。

光性特征　橄榄绿色、浅黄绿色、无色或白色、淡黄色，薄片中无色。正高突起，干涉色高，二级中—三级中(照片 409, 411)，平行消光，由于 $c \parallel N_m$，延性可正可负。地幔岩中镁橄榄石常见貌似双晶的"肯克带"、变形叶理。镁橄榄石为二轴晶正光性，光轴角近于 90°，故在垂直光轴干涉图中黑臂近似直臂。

变化　经过热液蚀变、低级变质作用或风化作用，镁质橄榄石经常变为蛇纹石、(叶蛇纹石或纤蛇纹石)，但不像贵橄榄石那样析出磁铁矿。此外，还经常蚀变成滑石、碳酸盐矿物和硅镁石(照片 424)等。蚀变矿物首先沿镁橄榄石的边缘和裂纹进行(照片 411)，进而全部交代并呈橄榄石假象。

鉴别特征　镁橄榄石较其他橄榄石折射率低为其特征。此外，其光性总是正，而其他橄榄石变种绝大多数为负光性。镁橄榄石与硅镁石都可能在富镁的接触变质白云岩中见到，且二者相似，其区别是硅镁石的光轴角(68°)小于镁橄榄石，某些硅镁石具有黄色多色性，而镁橄榄石无。此外，粒硅镁石和斜硅镁石为斜消光，常见聚片双晶。镁橄榄石与无色的单斜辉石可根据辉石具辉石式解理、斜消光、光轴角多为中等加以区别。与斜方辉石的区别，除解理特征外，斜方辉石的干涉色低于镁橄榄石。

产状及其他　镁橄榄石主要产于接触变质白云岩和白云质大理岩中，常与粒硅镁石、透辉石、金云母共生。在金伯利岩、纯橄榄岩、斜方辉橄岩和幔源岩包体中见富镁质橄榄石，其 Fo 含量为 90% ～92%。共生矿物有尖晶石、金云母、辉石等。也见于陨石中。镁橄榄石是某些耐火砖的主要成分。

贵橄榄石(橄榄石)　Chrysolite

$(Mg, Fe)_2[SiO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.690 \sim 1.731$

N_m = 1.671 ~1.715

N_p = 1.655 ~1.692

N_g - N_p = 0.035 ~0.039

(±) 2V = (+) 88°~(-) 83°　　r < v(正光性) 或 r > v(负光性)

a ∥ N_g, b ∥ N_p, c ∥ N_m, 光轴面 ∥ (001)

化学组成　一般所说的橄榄石是指贵橄榄石,它是镁橄榄石和铁橄榄石的类质同象中间变种,成分中镁橄榄石分子(Fo)超过铁橄榄石分子(Fa)。MgO 可达 40% ~50%, FeO 8% ~12%,少数达 20%,有时尚含 NiO、MnO、Cr_2O_3、TiO_2 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴呈短柱状,集合体为粒状,作为火山岩和煌斑岩的斑晶往往呈完好的自形晶,纵切面呈两端尖锐的长六边形,其上常见断续的{010}解理缝(照片 414),横切面近菱形(也可见解理缝),因此当斑晶经过熔蚀则出现双凸透镜状轮廓,其形态较特征。侵入岩中多为不规则等向粒状。常具环带构造,核部富镁,边部富铁,环带不同部位的双折射率和光轴角有所不同。常具反应边结构,中心为橄榄石,边部被斜方辉石、单斜辉石、普通角闪石、黑云母等环绕。幔源岩中的地幔包体或捕虏晶中的贵橄榄石亦可见状似双晶的"肯克带"(照片 416)。{010}解理不完全,裂纹发育。

光性特征　橄榄绿色,遭蚀变而呈黄色、褐色或红色,薄片中无色,正高突起,干涉色二级顶到三级底(照片 413, 415)。平行消光,由于 c ∥ N_m,延性可正可负。双晶少见。光性符号和光轴角与含铁量有关,含铁较少者为正光性,光轴角大,随铁含量增加,光轴角达 90°,随后,光轴角减少至 83°,且变为负光性。因光轴角始终近于 90°,故在垂直光轴干涉图中黑臂近似直臂。

变化　橄榄石性质不稳定,最易蚀变成蛇纹石,并伴随析出磁铁矿,往往沿裂缝或边缘开始蚀变,形成网状(照片 417),直至被蛇纹石与磁铁矿混合物所取代,保留假象。此外,还可变为透闪石、黑云母、滑石(照片 418, 419, 427)、碳酸盐矿物(照片 425, 426, 427)。在火山岩或某些浅成岩中,橄榄石常变为伊丁石(照片 419, 420, 421)和皂石(照片 421, 422, 423),有时也常变为绿鳞石或蒙脱石(微高岭石) - 绿泥石的集合体(照片 425)。(蒙脱石 - 绿泥石集合体为绿色或无色,弱多色性,二级干涉色,平行消光,正或负低突起,表现出绿泥石和蒙脱石之间的光性。根据突起,颜色可与绿鳞石区别)。

鉴别特征　橄榄石与斜方辉石有时易混淆,区别在于橄榄石双折射率高,解理不发育而裂纹发育。延性可正可负,而斜方辉石具辉石式解理、干涉色低(一级)、正延性。与普通辉石、透辉石、斜顽辉石区别是后三者均具辉石式解理、干涉色低于橄榄石、斜消光、光轴角较小(中等)。此外,若能找到⊥Bxa 切面(对橄榄石来说,一般干涉色为一级顶左右),锥光下观察其⊥Bxa 干涉图(也可近于⊥Bxa),找出图中二光轴点连线方向(因为橄榄石光轴角大,转动物台,二光轴会很快移出视域外,因此要注意跑出方向为二光轴连线方向)即光轴面方向,此时勿动物台,将锥光系统去掉,观察所测矿物的解理缝方向与光轴面方向(二光轴点连线)之间的关系,若二者垂直,则为橄榄石(参看图 4－121),若二者平行则为普通辉石、透辉石或紫苏辉石(参看图 4－134、132、127)。与绿帘石有时也容易相混,区别是绿帘石常显彩色异常干涉色,具有较好的解理,无蛇纹石蚀变,硅镁石常具无色—淡黄色的多色性,折射率、双折射率及光轴角均较橄榄石小。

产状及其他　橄榄石主要产于 SiO_2 不饱和的镁铁 - 超镁铁质岩中如辉长岩、苏长岩、橄榄岩、玄武岩、苦橄岩、碧玄岩、玻基辉橄岩、金伯利岩,也产于榴辉岩中。一般不和石英同时出现,但在石英玄武岩中曾发现橄榄石斑晶。在有方英石或鳞石英的熔岩空洞内也见到

橄榄石。它也是石陨石的主要组分之一，同辉石、金刚石、石墨、碱性长石、钛铁矿、磷灰石、尖晶石、铬铁矿、金红石、磷钙铁锰矿等一起产出。橄榄石还可产于某些煌斑岩、碱性岩及结晶灰岩、白云岩中。

铁 橄 榄 石　Fayalite

$Fe_2[SiO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.856 \sim 1.879$

$N_m = 1.843 \sim 1.869$

$N_p = 1.808 \sim 1.827$

$N_g - N_p = 0.048 \sim 0.052$

$(-)2V = 54° \sim 58°$　　$r > v$

$a \parallel N_g$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_m$, **光轴面** $\parallel (001)$

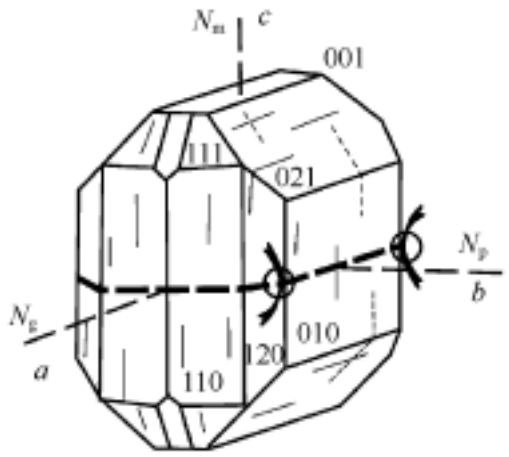


图 4－122　铁橄榄石光性方位

化学组成　成分中可含 $Mg_2[SiO_4]$ 0～10%。并可含少量 MnO，可与锰橄榄石 $Mn_2[SiO_4]$ 构成类质同象系列。成分中也含有微量的 Zn、Fe^{3+} 等。

结晶特点　短柱状或平行(100)的板状，或不规则粒状。一般颗粒较细。解理{010}不完全，裂纹较发育。

光性特征　黄色，或蜜黄色，当氧化时呈红褐色或黑色，薄片中无色或淡黄，具多色性：$N_g = N_p$—淡黄或绿黄，N_m—橙黄，吸收性：$N_m > N_g = N_p$。正极高突起，干涉色高达三级顶至四级，平行消光，延性可正可负。双晶少见。二轴晶负光性，光轴角中等。

变化　铁橄榄石氧化时常染成红褐色，并被磁铁矿、褐铁矿替代。进而变成伊丁石、皂石、绿泥石、铁闪石及叶蛇纹石等。实际上铁橄榄石常变为这几种微小矿物的集合体。

鉴别特征　铁橄榄石以其折射率和双折射率高、光轴角较小、且为负光性为特征，可与其他橄榄石变种区别。与浅色的辉石区别是前者解理不发育而裂纹发育、干涉色高、平行消光。与绿帘石区别是后者具彩色干涉色、斜消光、较大的光轴角。

产状及其他　铁橄榄石及富铁的橄榄石变种在自然界出现很少，主要见于一些碱性和酸性火山岩如流纹岩、黑曜岩的晶洞或石泡中。与石英、鳞石英、方英石、透长石、黑云母、磁铁矿等在一起。作为高温变质矿物也见于榴辉铁橄岩中。此外，在铁矿石和炉渣中可见。

锰 橄 榄 石　Tephroite

$Mn_2[SiO_4]$

斜方晶系

$N_g = 1.817 \sim 1.825$

$N_m = 1.807 \sim 1.810$

$N_p = 1.770 \sim 1.788$

$N_g - N_p = 0.038 \sim 0.045$

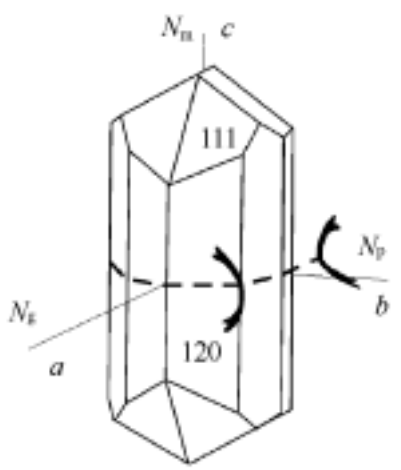


图 4－123　锰橄榄石光性方位

(-) 2V = 60 °～70 °　　r > v

a ∥ N_g, b ∥ N_p, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001)

化学组成　Mn 可以被 Fe^{2+}、Mg^{2+} 置换, 特别是 Fe^{2+}、Mn 类质同象置换, 当 Fe^{2+} 代替 Mn 较多时, 称为铁 - 锰橄榄石(Knebelite) , (Mn, Fe) $_2$[SiO_4] 。

结晶特点　晶形为柱状, 但多呈不规则粒状。解理{ 010}中等,{ 001}不完全。

光性特征　橄榄绿色、蓝绿色或灰色, 铁 - 锰橄榄石则为褐色、黑色, 薄片中锰橄榄石为淡绿色, 弱多色性: 淡褐—淡蓝绿色; 铁-锰橄榄石则为无色或淡黄色, 弱多色性; 淡黄—淡蓝。正高—正极高突起。铁-锰橄榄石的折射率较高: N_g = 1. 826 ～1. 867, N_m = 1. 810 ～1. 853, N_p = 1. 775 ～1. 815, N_g - N_p = 0. 046 ～0. 051。干涉色由锰橄榄石的三级中到铁-锰橄榄石的三级顶, 延性可正可负。二轴晶负光性, 锰橄榄石 2V = 60 °～70 °, 而铁-锰橄榄石 2V = 44 °～61 °。双晶少见。

鉴别特征　锰橄榄石和铁-锰橄榄石, 同镁橄榄石的区别在于其光轴角较小、折射率较大、突起较高且为负光性。而比富铁橄榄石的折射率略小, 突起稍低。同钙镁橄榄石的区别在于锰橄榄石的折射率大, 双折射率大, 且共生矿物常是含锰矿物如方锰矿等。它与其他橄榄石变种的区别有时很困难, 需要用红外或 X 射线方法。

产状及其他　锰橄榄石和铁-锰橄榄石, 主要产于铁锰矿床及有关矽卡岩中, 较少见于含锰沉积物的变质岩中。共生矿物为蔷薇辉石、锰方解石、钙蔷薇辉石等。

钙镁橄榄石　Monticellite

$CaMg[SiO_4]$

斜方晶系

N_g = 1. 650 ～1. 674

N_m = 1. 646 ～1. 664

N_p = 1. 638 ～1. 654

N_g - N_p = 0. 012 ～0. 020

(-) 2V = 69 °～88 °　　r > v 弱

a ∥ N_g, b ∥ N_p, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001)

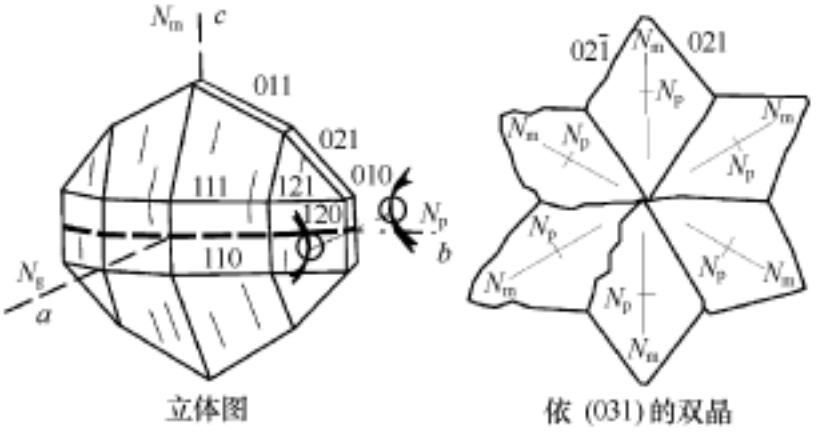


图 4 - 124　钙镁橄榄石光性方位

化学组成　成分中允许含有少量 MnO 和 FeO, FeO一般小于 10%。可与钙铁橄榄石构成连续类质同象系列。Fe^{2+}、Mn^{2+} 代换 Mg 形成的钙锰橄榄石很少见。

结晶特点　短柱状 - 厚板状, 常呈粒状。解理{ 010}微弱(照片 428) 。

光性特征　无色或灰色, 薄片中无色, 正中—高突起(照片 428, 432) , 干涉色在橄榄石族矿物中最低, 一级黄—紫红(照片 429, 430, 431, 433) , 平行消光, 延性可正可负。具有解理的切面沿解理方向为正延性。二轴晶负光性, 光轴角较大, 随 Fe^{2+}、Mn 含量增加而减小, 钙锰橄榄石 2V = 61 °, 钙铁橄榄石(-) 2V = 50 °, 纯钙镁橄榄石光轴角可达 90 °。沿(031) 构成六角星式双晶和贯穿双晶, 如图 4 - 124(照片 430, 431, 433) 。

变化　可变为蛇纹石、辉石, 有时可被符山石替代。

鉴别特征　钙镁橄榄石与镁橄榄石和贵橄榄石的区别在于它的双折射率小、干涉色低、负光性, 而镁橄榄石为正光性, 贵橄榄石光性有正有负。与透辉石的区别在于它的光轴角大, 且几乎不见解理, 干涉色为一级。

产状及其他　钙镁橄榄石是硅质白云岩的进变质作用产物,产于橄榄辉长岩与灰岩的接触带或花岗岩与白云质灰岩接触交代矽卡岩中。与透辉石、符山石、铝黄长石、硅灰石、硅钙石、枪晶石、绿脆云母等共生。在碱基性岩如黄长煌斑岩、霞石玄武岩、黄长透辉石岩中也可见到。在菱镁矿砖和炉渣中也可见到。

辉　石　族　Pyroxene Group

辉石族矿物是具有单链结构的硅酸盐。广泛分布于火成岩和变质岩中,是结晶岩重要的造岩矿物之一。

一、辉石族矿物的分类

辉石族矿物的基本化学式为: $AB[Si_2O_6]$, 其中 A = Ca、Na、Mg、Fe^{2+}、Li; B = Mg、Fe^{2+}、Al、Fe^{3+}、Cr 和 Mn。组成辉石矿物的基本分子名称、代号如下:

顽火辉石分子	(En)	$Mg_2[Si_2O_6]$
铁辉石分子	(Fs)	$Fe_2[Si_2O_6]$
透辉石分子	(Di)	$CaMg[Si_2O_6]$
钙铁辉石分子	(He)	$CaFe[Si_2O_6]$
霓石分子	(Ac)	$NaFe[Si_2O_6]$
硬玉分子	(Ja)	$NaAl[Si_2O_6]$
锂辉石分子	(Sp)	$LiAl[Si_2O_6]$

辉石族矿物可由上述基本分子组成不同的类质同象系列,形成各种辉石变种。辉石族矿物按晶系可分为斜方辉石亚族和单斜辉石亚族,两大亚族的类质同象系列及主要矿物变种如表 4－8 所示。

表 4－8

亚　族	类 质 同 象 系 列		主要辉石变种
斜方辉石	顽火辉石 - 斜方铁辉石系列	$Mg_2[Si_2O_6]$ - $Fe_2[Si_2O_6]$	顽火辉石　古铜辉石　紫苏辉石
单斜辉石	斜顽辉石 - 透辉石系列	$Mg_2[Si_2O_6]$ - $CaMg[Si_2O_6]$	斜顽辉石　易变辉石
	透辉石 - 钙铁辉石系列	$CaMg[Si_2O_6]$ - $CaFe[Si_2O_6]$	透辉石　次透辉石　钙铁辉石
	透辉石 - 普通辉石 - 霓石系列	$CaMg[Si_2O_6]$ - $NaFe[Si_2O_6]$	普通辉石　霓辉石　霓石
	透辉石 - 硬玉系列	$CaMg[Si_2O_6]$ - $NaAl[Si_2O_6]$	绿辉石　硬玉
	锂辉石	$LiAl[Si_2O_6]$	锂辉石

二、辉石族矿物的共同特征

晶形多为短柱状,少数辉石的(100)晶面较发育而呈略扁的板状晶体,而碱性辉石(霓石、霓辉石)晶体沿 c 轴延伸成长柱状和针状。横切面八边形或板状八边形(照片 435 - 1、2、3)和近四边形(照片 435 - 4),霓石的横切面有时呈近六边形(照片 434 - 1、2)。单斜辉石的解理$\{110\}$完全,解理夹角$\{110\}\wedge\{1\bar{1}0\}=93°(87°)$,斜方辉石的解理$\{210\}$完全,解理夹角$\{210\}\wedge\{2\bar{1}0\}=92°(88°)$,在辉石的横切面上均能见到近 90°的两组解理(即辉石式解

理)(照片 434, 435, 436),这一特征是区别辉石和角闪石的主要标志之一。辉石中常有{100}、{010}和{001}的裂理,与解理缝相比,裂理有时显得更为细而密集(照片 437, 472)。常具有(100)和(001)的简单双晶(照片 438)和聚片双晶(照片 440, 441),有时可见十字形穿插双晶(照片 439),有的辉石具有嵌晶(照片 442,于援邦提供)。

辉石在薄片中经常为无色、淡绿色,有的呈浅紫色,浅褐色,多色性大多数较弱(除碱性辉石和有些紫苏辉石外)。正高突起。单斜辉石的干涉色多为二级中部到顶部(硬玉和斜顽辉石的干涉色稍低);斜方辉石的干涉色多在一级中部到二级底部。辉石的横切面为对称消光,因为具有较强的光轴角色散,在正交偏光间垂直光轴切面总是呈现暗灰干涉色,很少见永久消光者。斜方辉石的纵切面为平行消光,正延性。而单斜辉石除(100)纵切面为平行消光外,其他的纵切面均为斜消光,其消光角 $c\wedge N_g$ 一般大于 35°(图 4 - 130)。消光角 $c\wedge N_g$ 的数值是鉴别单斜辉石种属的重要依据之一。

多数辉石为正光性(紫苏辉石、霓石和部分霓辉石、古铜辉石为负光性),光轴角中等至较大,但易变辉石光轴角很小不超过 30°。由于熔离作用形成的平行连晶(熔离页片)现象较常见(照片 443)。辉石在结晶过程中熔离出磁铁矿、钛铁矿、板钛矿的包裹体在晶体中有规律的排列称"席勒构造"(照片 444, 445),也见砂钟构造(照片 446)和环带构造(照片 446, 447, 491)(尤其在钛辉石和碱性辉石中),偶见辉石晶体呈蝴蝶结式的聚集体(照片 448)。

辉石和角闪石在手标本上不易鉴别,但在薄片中,它们之间的光学性质却有明显的差别如表 4-9 所述。

表 4-9

角　闪　石	辉　石
晶体一般为长柱状,横切面为菱形、六边形。在该切面上有角闪石式的两组解理,解理夹角为 56°、54.5°(124°、125.5°)	一般为短柱状、粒状,横切面近八边形和近四边形(除了霓石等碱性辉石呈长柱状、针状、及霓石横切面有时呈六边形以外)。在辉石的横切面上有两组近正交的辉石式解理,其解理夹角为 92°、93°(88°、87°)
大多数角闪石有明显的颜色和多色性(除少数不含铁的闪石外)	大部分辉石的颜色较浅,多色性不明显(除碱性辉石和有些紫苏辉石外),辉石的突起比角闪石要高
消光角 $c\wedge N_g = 0°\sim30°$,(碱性角闪石变化较大),故可确定消光角在 40°左右的矿物大多不会是角闪石	大部分辉石的消光角 $c\wedge N_g = 35°\sim54°$(碱性辉石除外)
大部分是负光性,2V 较大,一般大于 70°	大部分是正光性,2V 一般在 60°左右
蚀变产物多是绿泥石	多蚀变为次闪石

斜方辉石亚族　Orthopyroxene Subgroup

斜方辉石是由顽火辉石(En)和斜方铁辉石(Fs)所组成的类质同象系列,根据两端员成分的不同量比,通常可分为六种:顽火辉石($En_{100\sim88}$ $Fs_{0\sim12}$)、古铜辉石($En_{88\sim70}$ $Fs_{12\sim30}$)、紫苏辉石($En_{70\sim50}$ $Fs_{30\sim50}$)、铁紫苏辉石($En_{50\sim30}$ $Fs_{50\sim70}$)、尤莱辉石(易熔石)($En_{30\sim12}$ $Fs_{70\sim88}$)、斜方铁辉石($En_{12\sim0}$ $Fs_{88\sim100}$),这样的划分是人为的。也有学者认为,顽火辉石($En_{100\sim90}$ $Fs_{0\sim10}$)、古铜辉石($En_{90\sim70}$ $Fs_{10\sim30}$)、紫苏辉石($En_{70\sim50}$ $Fs_{30\sim50}$)、铁紫苏辉石($En_{50\sim30}$ $Fs_{50\sim70}$)、尤莱辉石($En_{30\sim10}$ $Fs_{70\sim90}$)、斜方铁辉石($En_{10\sim0}$ $Fs_{90\sim100}$)。由于斜方辉石的光学常数和光性特征随成分中 Mg 与 Fe 比例的变化而变化(图 4-125),因此也可根据光学特征来鉴别斜方辉石的种属。在自然界中,最常见的斜方辉石是紫苏辉石,其次是顽火辉石,而古铜辉石和

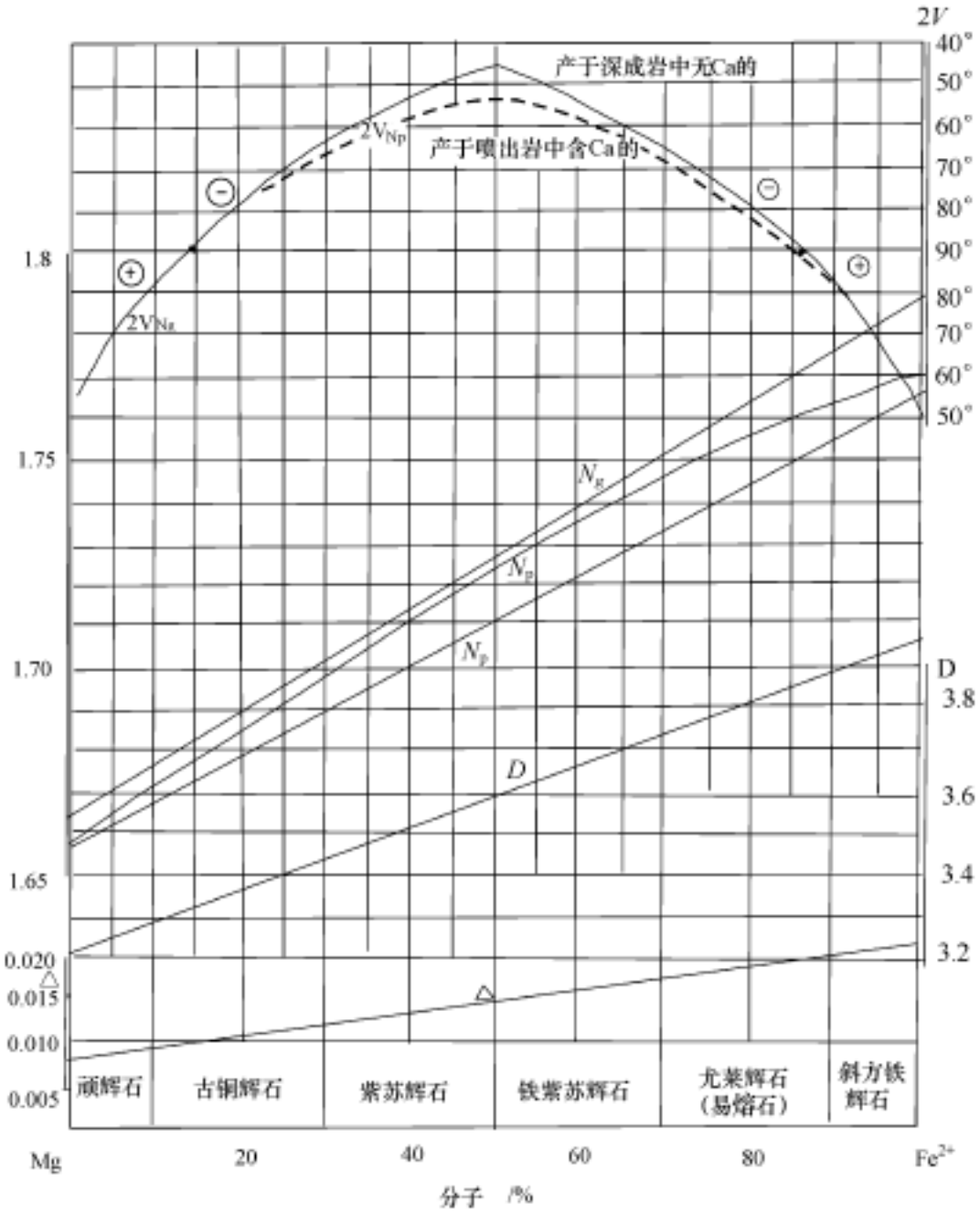


图 4－125　斜方辉石成分和光性关系

(据特吕格, 1971)

尤莱辉石较少见, 斜方铁辉石极为罕见。

斜方辉石的光性特征为:{210}**解理完全,**{210}∧{2$\bar{1}$0}=88°(92°), **正高突起, 双折射率低, 干涉色大多在一级中部到二级底, 柱状切面平行消光, 正延性。除顽火辉石、斜方铁辉石外, 大多数斜方辉石均为负光性, 斜方辉石的光性方位均为:** a ∥ N_m, b ∥ N_p, c ∥ N_g, **光轴面** ∥ (100)。

顽火辉石(顽辉石)　Enstatite

$Mg_2[Si_2O_6]$

斜方晶系

N_g = 1.665 ~ 1.678

N_m = 1.659 ~ 1.671

N_p = 1.658 ~ 1.667

$N_g - N_p = 0.007 \sim 0.011$

$(+)2V = 60° \sim 80°$　　$r < v$ 弱

$a \parallel N_m, b \parallel N_p, c \parallel N_g$, 光轴面 $\parallel (100)$

化学组成　成分中主要为 $Mg_2[Si_2O_6]$, $Fe_2[Si_2O_6]$ 含量 0% ~12% (0% ~10%), 此外还有少量 Al_2O_3、TiO_2、Fe_2O_3、MnO 和 CaO 等杂质。

结晶特点　沿 c 轴呈短柱状, 但在岩石中常为他形、半自形粒状。{210}解理完全, $\{210\} \wedge \{2\bar{1}0\} = 88°(92°)$, 在横切面中可见两组近正交的辉石式解理(照片 449), 并具有{100}和{010}裂理。

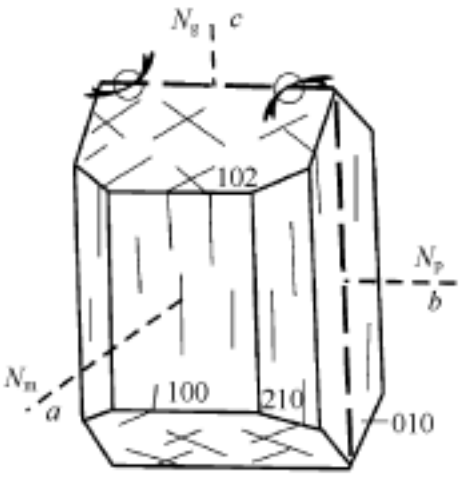


图 4－126　顽辉石光性方位

光性特征　无色、灰、绿、黄和灰褐色, 薄片中无色。正中突起。干涉色为一级黄白(照片 450)。横切面对称消光, 纵切面平行消光, 正延性。折射率、双折射率和光轴角随着成分中铁含量增加而增大。二轴晶正光性, 光轴角中等—大。结合面(100)的简单双晶和聚片双晶少见。顽火辉石常与单斜辉石形成熔离页片的平行连晶, 两者的 c 轴彼此平行, 因而很容易误认为双晶。

变化　顽火辉石易变为蛇纹石, 当它被叶蛇纹石的单晶置换形成同轴假象时, 这种蛇纹石称为绢石(照片 236)。顽火辉石有时变为滑石(照片 451, 452)和纤维状角闪石。

鉴别特征　顽火辉石以其突起低、干涉色低、平行消光等特征与单斜辉石相区别。与紫苏辉石的区别在于后者有浅红和浅绿的多色性, 且为负光性。顽火辉石与硅灰石的区别在于硅灰石的延性可正可负、光轴角小、负光性, 硅灰石的横切面有三组解理, 而顽火辉石的横切面具有辉石式解理。

产状及其他　顽火辉石主要产于橄榄岩、辉石岩中, 在辉长岩和玄武岩较少见。也有时在麻粒岩和榴辉岩中产出, 在麻粒岩中常与堇青石、假蓝宝石、尖晶石、金云母等共生。陨石中顽火辉石是主要矿物之一。

古铜辉石　Bronzite

$(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$

斜方晶系

$N_g = 1.678 \sim 1.701$

$N_m = 1.671 \sim 1.699$

$N_p = 1.668 \sim 1.690$

$N_g - N_p = 0.010 \sim 0.013$

$2V = (+)82° \sim (-)62°$　　$r < v$

$a \parallel N_m, b \parallel N_p, c \parallel N_g$, 光轴面 $\parallel (100)$

化学组成　成分中 $Mg_2[Si_2O_6]$ 88% ~70% (90% ~70%), $Fe_2[Si_2O_6]$ 12% ~30% (10% ~30%), 是顽火辉石向紫苏辉石过渡的中间矿物。其成分中还有少量 Al_2O_3、Fe_2O_3、TiO_2、MnO、CaO 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴延长呈短柱状, 常为粒状, 在陨石中古铜辉石还呈炉条状及球粒状。解理{210}完全, {100}和{010}的裂理较发育。由于晶体中经常含有细薄的磁铁矿、钛铁矿、板钛矿等金属矿物的包裹体, 它们呈板状、条状、片状或不规则状, 经常平行(010)、

(001)或与 c 轴斜交 30°定向排列,形成席勒构造(闪烁构造),而使辉石晶体呈现类似古铜的半金属光泽。这种包裹体是古铜辉石在结晶过程中熔离作用的产物。

光性特征　古铜色、灰绿、绿褐和褐红色,薄片中无色或有很淡的色调(照片 453, 455),在厚的薄片中有弱的多色性: N_g—亮绿色, N_m—棕黄色, N_p—淡黄色。正高突起。最高干涉色为一级黄(照片 454, 456),横切面对称消光,柱面为平行消光,正延性。二轴晶光性可正可负,光轴角较大。有时具有结合面为(100)的简单或聚片双晶。

变化　常转变为蛇纹石。

鉴别特征　古铜辉石的折射率和干涉色略高于顽火辉石,而低于紫苏辉石。以其一级黄的干涉色和平行消光可与大多数单斜辉石区别开。与红柱石区别是后者为负延性。黝帘石具有一级灰白或异常干涉色、光轴角较小、延性可正可负、两组解理夹角 65°左右和突起高等特征不难与古铜辉石区别。

产状及其他　古铜辉石产于辉石岩、辉长岩等超镁铁质、镁铁质火成岩中,有时见于麻粒岩及陨石中。

紫 苏 辉 石　Hypersthene

$(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$

斜方晶系

$N_g = 1.701 \sim 1.726$

$N_m = 1.699 \sim 1.725$

$N_p = 1.690 \sim 1.710$

$N_g - N_p = 0.012 \sim 0.016$

$(-)2V = 45° \sim 62°$　　$r > v$ 弱

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_g$, 光轴面 $\parallel (100)$

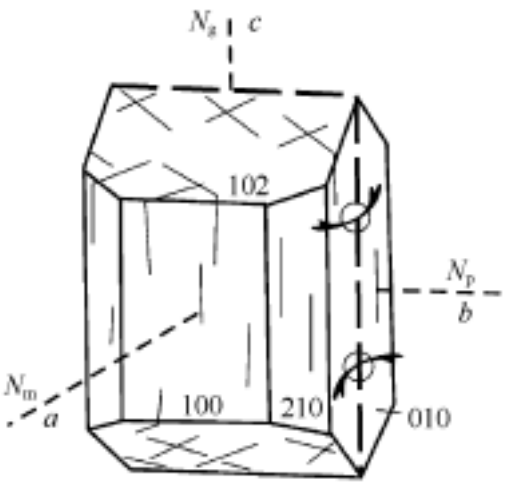


图 4-127　紫苏辉石光性方位

化学组成　成分中 $Mg_2[Si_2O_6]$ 为 70% ~50%, $Fe_2[Si_2O_6]$ 30% ~50%, 尚含有少量 Al_2O_3、CaO、Fe_2O_3、TiO_2 和 MnO 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴延长呈短柱状。常见为粒状,亦有板状。{210}解理完全,两组解理夹角为 88°(92°),并具有{100}和{010}的裂理。紫苏辉石晶体中也有金属矿物包裹体定向排列而形成席勒构造。透辉石、普通辉石和易变辉石的隐晶状条纹或细小叶片(一般厚度在 0.001 ~0.002 mm 之间)常平行紫苏辉石的(010)或(100)、(001)面分布,形成熔离页片状构造,这些页片是紫苏辉石形成过程中熔离作用的产物。此外,紫苏辉石也可与角闪石构成连晶,一般角闪石的 N_m 与紫苏辉石的 N_p 一致。有时具有环带构造。

光性特征　绿褐、黑绿及绿色,薄片中呈淡红,淡绿色的多色性(照片 457, 459): N_g—淡绿色, N_m—淡黄色, N_p—淡红色,有的紫苏辉石的多色性很微弱。正高突起。干涉色一级橙黄至一级紫红(照片 458)。横切面对称消光,纵切面平行消光,正延性。斜切柱面时紫苏辉石可呈斜消光,其消光角 <35°;当紫苏辉石具有单斜辉石的隐晶质熔离页片时,也会产生 7°~10°的消光角。二轴晶负光性,光轴角中等。紫苏辉石具有简单双晶和聚片双晶。

变化　紫苏辉石可转变为蛇纹石、滑石(照片 460)、纤维状角闪石和黑云母(照片 461, 462, 463, 464)等。在火山岩中紫苏辉石斑晶也可具有暗化边,它主要是由磁铁矿细小粒状集合体组成。

鉴别特征　紫苏辉石与红柱石十分相似，区别在于红柱石的长柱(N_p) 平行下偏光时呈浅红色，且其颜色在晶体中分布不均匀，具负延性；而紫苏辉石柱状晶体的方向(N_g) 平行下偏光时呈浅绿色，且为正延性。紫苏辉石与顽火辉石的区别是前者有浅红和浅绿色多色性，及负光性。紫苏辉石与古铜辉石区别是紫苏辉石的多色性较明显，光轴角 45°～65°之间；而后者的光轴角一般较大。紫苏辉石与单斜辉石的区别在于①前者的干涉色大多在一级顶部，而后者大多在二级(除了斜顽辉石和硬玉以外) ；②前者多为平行消光，即使是斜切柱面，其消光角也小于 35°，而大多数单斜辉石的消光角一般都大于 35°；③紫苏辉石为负光性，大多数的单斜辉石为正光性；④紫苏辉石具有浅红和浅绿色的多色性，而大多数单斜辉石的多色性不明显。紫苏辉石与黝帘石区别在于后者为一级灰白或异常干涉色、延性可正可负、正光性，光轴角较小。

产状及其他　紫苏辉石常见于辉长岩类中，也在超镁铁质岩石产出，紫苏辉石常与橄榄石、透辉石、顽火辉石、尖晶石、斜长石等矿物共生。在某些花岗岩、安山岩和粗面岩中也有紫苏辉石。在高级变质的麻粒岩相和辉石角岩相的变质岩石中，紫苏辉石可由角闪石、黑云母经高温变质反应形成。通常将紫苏辉石首次出现于变质岩石作为进入高级变质的标志矿物之一。高级变质岩石中紫苏辉石常与石榴子石、单斜辉石、矽线石、堇青石、假蓝宝石、钾长石、斜长石、反条纹长石、尖晶石等矿物共生。

尤莱辉石 (易熔石)　Eulite

$(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$

斜方晶系

$N_g = 1.750 \sim 1.776$

$N_m = 1.747 \sim 1.765$

$N_p = 1.732 \sim 1.754$

$N_g - N_p = 0.016 \sim 0.020$

$2V = (-) 66° \sim (+) 81$　　$r < v$

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel$ (010)

化学组成　成分中含 $Mg_2[Si_2O_6]$ 在 12% ～30% (10% ～30%) ，$Fe_2[Si_2O_6]$ 88% ～70% (90% ～70%) ，是斜方辉石中富铁的变种之一。其成分中还含有 Al_2O_3、TiO_2、Fe_2O_3、MnO 和 CaO。

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状。解理{210}完全，两组解理夹角为 88°(92°) 并有{100}和{010}裂理。

光性特征　灰、绿和黄褐色，薄片中一般无色或具浅的绿色(照片 465) 。正高突起。干涉色一级橙到二级蓝，纵切面平行消光，正延性。二轴晶负光性，光轴角中等。

鉴别特征　尤莱辉石以其负光性可与顽火辉石区别。其多色性不如紫苏辉石明显。与古铜辉石区别是光轴角一般较小，且干涉色稍高。

产状及其他　尤莱辉石产于富含铁的区域变质岩中，在榴辉铁橄岩中与铁橄榄石、钙铁辉石、铁闪石或铁铝榴石 - 锰铝榴石形成共生组合。尤莱辉石也产于粗玄岩和花岗岩中。有时也见于石英 - 钠闪石 - 菱铁矿岩和麻粒岩中。

单斜辉石亚族　Clinopyroxene Subgroup

单斜晶系，化学成分比斜方辉石亚族更为复杂，除了 Mg 与 Fe^{2+} 外，还有 Ca、Na、Fe^{3+}、

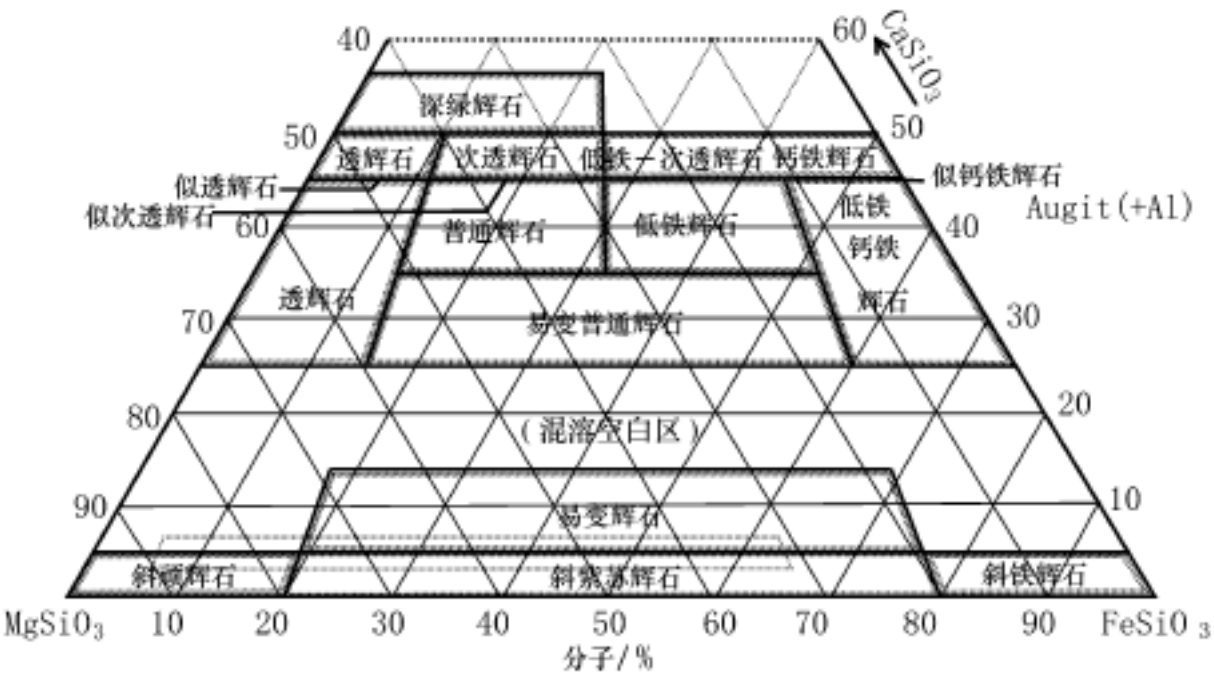


图 4－128　单斜辉石中 Ca - Mg - Fe 组合的分类和命名

（据特吕格修改）

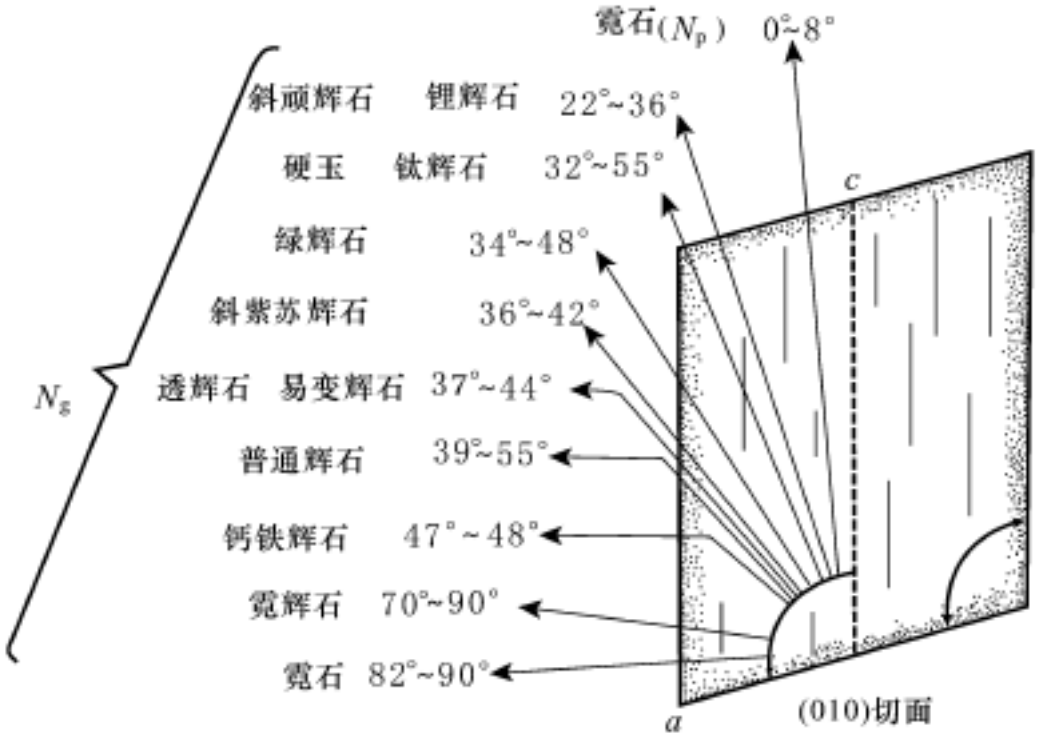


图 4－129　单斜辉石 c∧N_g 平均消光角

（据特吕格修改）

Al、Li 等，它们组成辉石基本分子，形成不同的类质同象系列和各种单斜辉石的变种（表 4－8）。按化学成分主要可分为钙碱性种属、碱性种属和锂辉石。

最常见的钙碱性种属有：透辉石、钙铁辉石、普通辉石、易变辉石，还有较少见的斜顽辉石、深绿辉石。属于含钠的碱性种属有：霓石、霓辉石以及硬玉、绿辉石。并有锂辉石等。

Ca - Mg - Fe 三组分构成的主要单斜辉石成分关系如图 4－128 所示。

多数单斜辉石的光轴面平行(010), 在该切面上 c∧N_g 夹角数值的变化是随着其成分而变化, 由此可作为鉴别单斜辉石种属重要依据之一, 如图 4－129。由于多数单斜辉石的消光角在 40°～60°之间, 因此其延性正负对鉴别单斜辉石的种属大多意义不大。

单斜辉石的光性特征是颜色较浅, 多色性不明显。{110}解理完全,{110}∧{1 $\bar{1}$0} = 87°(93°)。正高突起。干涉色多为二级, 斜消光, 消光角一般大于 35°。大部分为正光性, 光轴角 50°～70°为多。其光性方位为 b∥N_m, 光轴面∥(010)(除斜顽辉石和贫 Ca 易变辉石外)。单斜辉石以斜消光、二级干涉色和大多数是正光性等特征可与斜方辉石相区别。

斜 顽 辉 石　Clinoenstatite

$Mg_2[Si_2O_6]$

单斜晶系　β= 104.30′

N_g = 1.660～1.702

N_m = 1.653～1.682

N_p = 1.651～1.680

$N_g - N_p$ = 0.009～0.023

(+)2V = 50°～53°　　r < v 弱

b∥N_p, c∧N_g = 22°～34°, 光轴面⊥(010)

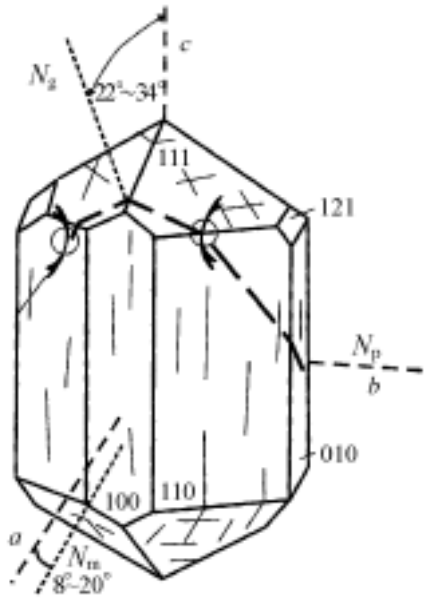


图 4－130　斜顽辉石光性方位

化学组成　斜顽辉石分别与透辉石和斜铁辉石组成类质同象系列, 因而, 可以含有一定量的 CaO 和 FeO, 富铁的变种称斜铁辉石(c∧N_g 可达 40°)

结晶特点　柱状或平行(100)的板状, 常为他形粒状, 解理{110}完全, 在横切面上具有两组近正交的辉石式解理, 并有{100}裂理。

光性特征　白色, 淡黄色, 含 FeO 时颜色较深, 薄片中无色(照片 466)。正中—高突起, 干涉色一级黄白—二级蓝(照片 467), 斜消光, 消光角 c∧N_g = 22°～34°, 正延长。二轴晶负光性, 光轴角中等。有时可见结合面为(100)的聚片双晶。

鉴别特征　斜顽辉石与顽火辉石十分相似, 它们之间主要区别在于前者光轴角小, 其纵切面多为斜消光(需注意, 若测量其 c∧N_g 时应选择⊥Bxo 的切面, 因为斜顽辉石的光性方位 b∥N_p, 该切面平行(010))。与易变辉石的区别在于后者的消光角大而光轴角小。

产状及其他　斜顽辉石主要产于陨石、金伯利岩及人工炉渣中, 偶见于辉绿岩及玄武岩中, 在一般火成岩中很少见。

斜紫苏辉石　Clinohypersthene　$(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$。斜紫苏辉石是斜顽辉石-斜铁辉石系列的中间成分。单斜晶系, β= 108°20′, 晶形多呈短柱状、粒状。解理{110}完全。绿、褐色, 薄片中无色或微具多色性; N_g—亮绿, N_m—亮黄绿, N_p—亮红褐。N_g = 1.702～1.750, N_m = 1.682～1.720, N_p = 1.680～1.720, 正高突起。$N_g - N_p$ = 0.020～0.030, 干涉色二级蓝—黄。斜消光, c∧N_g = 36°～42°, 正延性。二轴晶正光性, 光轴角较小, 2V = 30°。斜紫苏辉石与易变辉石在光学性质上十分相似, 但后者的干涉色稍高, 且光轴角一般更小。与紫苏辉石的区别是其具有斜消光, 有较高的干涉色和正光性, 且光轴角小。斜紫苏辉石主要产于陨石、金伯利岩及人工炉渣中, 火成岩中少见。

易 变 辉 石　　Pigeonite

$(Mg, Fe^{2+}, Ca)(Mg, Fe^{2+})[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 105.30'$

$N_g = 1.705 \sim 1.757$

$N_m = 1.684 \sim 1.732$

$N_p = 1.682 \sim 1.732$

$N_g - N_p = 0.023 \sim 0.029$

$(+)2V = 0° \sim 30°$　　$r \leq v$(**中等**)

$b \parallel N_p$, $c \wedge N_g = 37° \sim 44°$; **光轴面** $\perp$ (010) (**贫钙**)

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 40° \sim 44°$; **光轴面** $\parallel$ (010) (**富钙**)

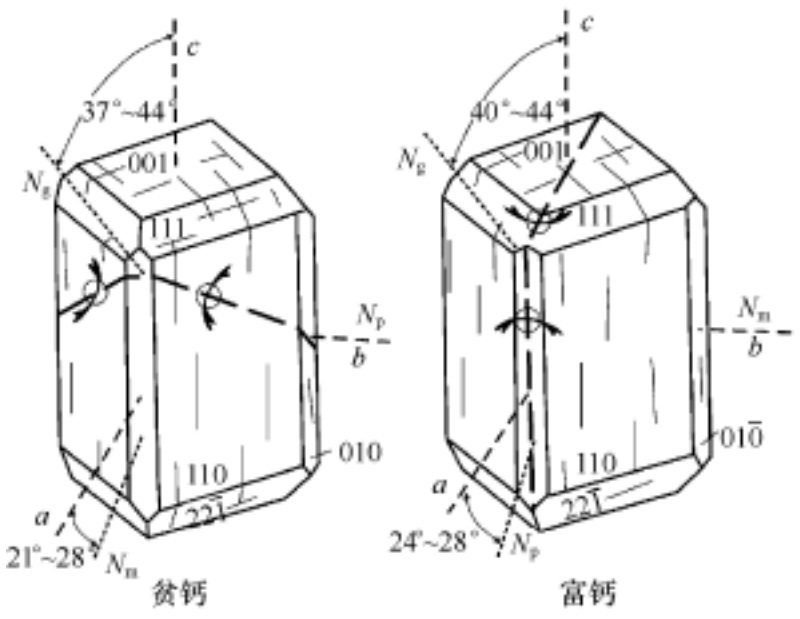


图 4-131　易变辉石光性方位

化学组成　易变辉石是斜顽辉石与透辉石和斜顽辉石与钙铁辉石的类质同象系列的中间矿物。CaO 的含量为 3.14% ~7.05%, 当 CaO <7% 时属贫钙的易变辉石; CaO >7% 时属富钙的易变辉石, 这种富钙的易变辉石在自然界较少见。此外, 成分中还含少量 Al_2O_3、MnO、Fe_2O_3 等组分。

结晶特点　沿 c 轴延长的柱状或沿(100)呈板状及他形粒状。具有{110}完全解理和{100}、{001}的裂理。易变辉石中经常有普通辉石、斜方辉石的熔离细微页片平行(001)、(100)分布。

光性特征　褐色、绿褐及黑色, 薄片中无色, 含钛的易变辉石具有淡褐色(照片 468)、淡黄绿色色调, 多色性: N_g—无色、淡绿或淡黄, N_m—淡褐、淡褐绿、褐粉色或烟褐色, N_p—淡绿色、淡黄的绿色或烟褐色。正高突起。干涉色二级蓝—黄。横切面对称消光, 纵切面斜消光, 平行(010)切面上可测得消光角 $c \wedge N_g = 40°$ 左右。二轴晶正光性。光轴角一般小于 25°, 它总是不超过 30°。结合面为(100)或(001)的简单和聚片双晶常见。常具有环带状构造(照片 468, 469)。易变辉石的光性方位和光轴角大小与其成分中 CaO 的含量有关, 当 CaO <7% 时, 光轴面 $\perp$(010), 随着 CaO 含量的增加, 光轴角从 25° 逐渐变小; 当 CaO = 7% 时, 2V = 0, 此时易变辉石转变为一轴晶正光性; 当 CaO > 7% 时, 光轴角渐增大, 最大可达 30°, 此时其光轴面 $\parallel$(010)。但具有这种光性方位的易变辉石较少见。

变化　常转变为绿泥石、蛇纹石和假象纤闪石。

鉴别特征　易变辉石以光轴角小于 30° 为主要特征, 可与其他单斜辉石相区别, 易变辉石的二级干涉色、消光角较大、光轴角小等特征可与顽火辉石、古铜辉石和紫苏辉石区别。与橄榄石区别是它们的干涉色低、斜消光、光轴角小和具有辉石式解理。

产状及其他　易变辉石多产在玄武岩、辉绿岩及安山岩中, 很少呈斑晶产出。在陨石和月岩中也有产出。变质岩未见。易变辉石是在迅速冷却的条件下形成的。

透　辉　石　Diopside

$CaMg[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 105.42'$

N_g = 1.694 ~1.721

N_m = 1.672 ~1.701

N_p = 1.664 ~1.695

$N_g - N_p$ = 0.024 ~0.031

(+) 2V = 56°~63°　　r > v 弱至中等

b ∥ N_m, c∧N_g = 38°~44°, 光轴面 ∥ (010)

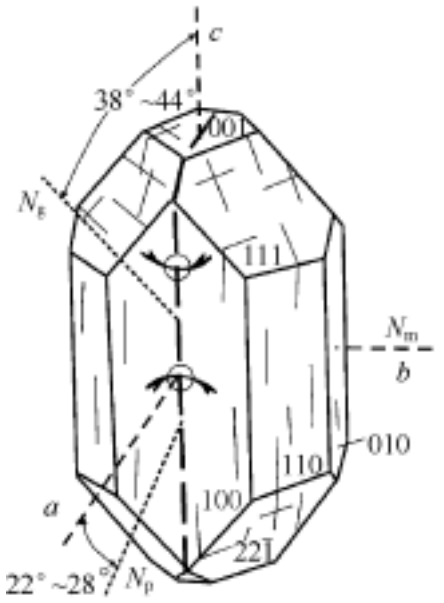


图 4-132　透辉石光性方位

化学组成　成分中 Mg 常被不同含量的 Fe^{2+} 置换, 形成透辉石($Di_{100\sim75}$ - $He_{0\sim25}$) - 次透辉石($Di_{75\sim50}He_{25\sim50}$) - 铁次透辉石($Di_{50\sim25}$ $He_{50\sim75}$) - 钙铁辉石($Di_{25\sim0}$ - $He_{75\sim100}$) 的 $CaMg[Si_2O_6]$ - $CaFe[Si_2O_6]$ 完全类质同象系列的矿物, 这些矿物种属的划分是人为的。在自然界中透辉石和次透辉石较常见, 其次是钙铁辉石。Al_2O_3 在透辉石中一般为 1% ~3%, 当其高达 7% ~8% 时可称为铝透辉石。当透辉石、次透辉石中含有相当数量的 Cr_2O_3 时称为铬透辉石和铬次透辉石。此外, 还可含有 Fe^{3+}、Mn、Na、V、Ti、Zn 等杂质。

结晶特点　柱状、粒状, 集合体呈放射状、粒状及致密块状。由于其轴面(100)、(010) 要比柱面(110) 发育, 透辉石的横切面呈近正方形的八边形, 其中四个边显然大于另四个边, 在该切面上有近正交的{110}和{$1\bar{1}0$}的辉石式解理, 并有{100}或{001}裂理。

光性特征　白色, 浅绿色或灰绿色, 薄片中无色(照片 470), 含 Fe^{2+} 的次透辉石及低铁次透辉石呈浅绿色, 但多色性不明显。正高突起。干涉色二级蓝绿—橙黄(照片 471)。其折射率随 FeO 含量增加而增大, 而双折射率则随之降低。斜消光, 消光角c∧N_g = 38°~44°。二轴晶正光性, 光轴角中等。以(100) 和(001) 为结合面的简单和聚片双晶常见。

变化　透辉石可变化为绿泥石、蛇纹石、透闪石和碳酸盐矿物。

鉴别特征　透辉石与次透辉石和普通辉石在成分上是连续过渡的类质同象系列, 它们的光学常数也是相互过渡, 光性特征也十分相似, 特别是含铁较多的透辉石与含镁较多的普通辉石之间经常不易区分开, 可笼统称为"透辉石 - 普通辉石"。较纯的透辉石与普通辉石的区别在于: ①手标本上透辉石色浅多呈白色、浅绿色和灰绿色, 镜下无色, 而普通辉石多为绿黑色和黑色, 镜下多有淡淡的绿色, 多色性不明显; ②透辉石横切面为近正方形的八边形, 似为四边形缺了四个角, 普通辉石呈完好的假八边形; ③透辉石的消光角c∧N_g = 38°~44°, 以 40° 左右为多, 而普通辉石的 c∧N_g = 39°~55° (以 41°~48° 为多), 如果发现消光角大于 50° 则可断定其不是透辉石, 而是普通辉石。透辉石与硅灰石区别在于硅灰石突起中等、近平行消光、延性可正可负和负光性。橄榄石解理不完全、光轴角很大、干涉色比透辉石明显要高。

产状及其他　在火成岩的镁铁质和超镁质岩石中, 透辉石和次透辉石是主要的造岩矿物。铬透辉石是金伯利岩中的特征矿物。在矽卡岩中透辉石常与镁橄榄石、金云母、硅镁石类矿物共生。在区域变质的大理岩中透辉石和次透辉石也是常见的矿物。

异剥辉石　Diallage　是透辉石和普通辉石的一个变种, 其成分中含有三价元素。异剥辉石最主要特征是具有细密的{100}裂理(照片 472, 473, 474), 沿裂理可剥成薄片。此裂理是由于夹有磁铁矿或钛铁矿的薄层所致。异剥辉石常呈褐色, 似金属光泽。在薄片中裂理缝比解理缝更为细密(照片 472), 在正交偏光间, 平行{100}裂理的切面均为平行消光, 也有的学者(如洛多奇尼柯夫 B. H. 等) 将具有细而密的{100}裂理的所有辉石均称为异剥辉石。异剥辉石产于辉长岩和辉石岩中, 火山岩中少见。

异剥辉石一名曾用于描述成分中富含三价元素的透辉石,或透辉石中含 Al_2O_3 的变种。一般人们用于描述{100}裂理十分发育的透辉石和普通辉石。

钙铁辉石　Hedenbergite

$CaFe[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 105.42'$

$N_g = 1.745 \sim 1.755$

$N_m = 1.728 \sim 1.738$

$N_p = 1.717 \sim 1.730$

$N_g - N_p = 0.025 \sim 0.029$

$(+)2V = 60° \sim 63°$　　$r > v$ 强

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 47° \sim 48°$, **光轴面** $\parallel (010)$

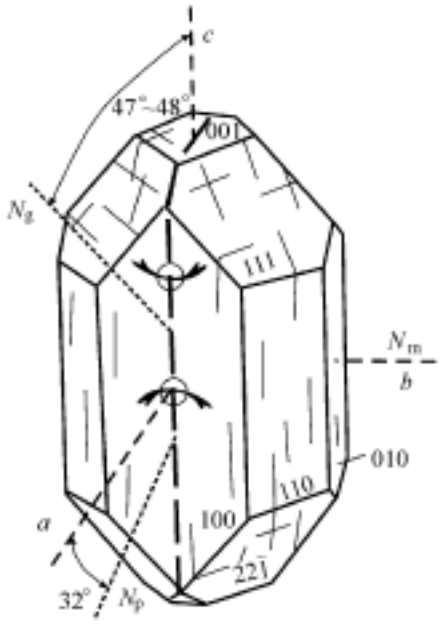


图 4－133　钙铁辉石光性方位

化学组成　钙铁辉石是透辉石 - 钙铁辉石类质同象系列中的富铁端员。其成分中的 Fe^{2+} 可以不同程度地被 Mg^{2+} 代替,还含有不定量的 Al 和 Fe^{3+} 及很少量的 Na、Ti 等杂质。当 MnO 含量较高时则成为锰钙辉石。透辉石 - 钙铁辉石 - 锰钙辉石组成类质同象系列。

结晶特点　沿 c 轴延长呈柱状,集合体为束状、放射状,解理{110}完全,其解理夹角{110}∧{$1\bar{1}0$}=87°(93°),具有{100}及{001}裂理。

光性特征　暗绿色及绿褐色,薄片中为绿色,多色性不明显(照片 475):N_g—绿、黄绿色,N_m—绿、亮蓝绿,N_p—浅绿、蓝绿。正高突起。干涉色二级蓝—绿(照片 476),有时见有异常干涉色,横切面对称消光,多数纵切面为斜消光,$c \wedge N_g = 47° \sim 48°$。二轴晶正光性,光轴角中等。双晶结合面为(100)和(001)的简单和复杂双晶常见。

变化　钙铁辉石常变化为绿脱石。

鉴别特征　钙铁辉石以其较深的绿色,弱的多色性,干涉色稍低,并有时具异常干涉色及消光角 $c \wedge N_g = 47° \sim 48°$ 等特征与透辉石相区别。而斜方辉石的平行消光和低的干涉色较易与其区别开。硅灰石干涉色低、近于平行消光、负光性、横切面有三组解理。与蔷薇辉石的区别在于后者干涉色低,突起高且光轴角较大。

产状及其他　钙铁辉石是钙质矽卡岩中主要矿物之一,常与钙铁榴石(照片 477)、钙铝榴石、符山石、硅灰石等矿物共生。钙铁辉石也与铁闪石、铁橄榄石、中长石、石英等矿物共生产于矽卡岩铁矿床中,也常与铁闪石、石英等矿物共同产于磁铁石英岩中。富钠钙铁辉石也常见于各种碱性岩中。

普通辉石　Augite

$(Ca, Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Ti)_2[(Si, Al)_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 105.42'$

$N_g = 1.703 \sim 1.774$

$N_m = 1.672 \sim 1.741$

$N_p = 1.671 \sim 1.735$

$N_g - N_p = 0.018 \sim 0.033$

(+) $2V = 50° \sim 61°$　　r > v 弱至中等

b ∥ N_m，c∧$N_g = 39° \sim 55°$，光轴面 ∥ (010)

化学组成　化学成分复杂，可以视为：$CaMgSi_2O_6$、$Mg_2Si_2O_6$、$Fe_2Si_2O_6$、$MgAl_2Si_2O_6$、$FeAl_2Si_2O_6$、$MgFe^{3+}Si_2O_6$ 和 $FeFe^{3+}Si_2O_6$ 等组分的类质同象混合物。成分中常有 Ti、Mn、Cr、Ni 和 Na 等杂质。含 TiO_2 高的普通辉石变种称为钛辉石。

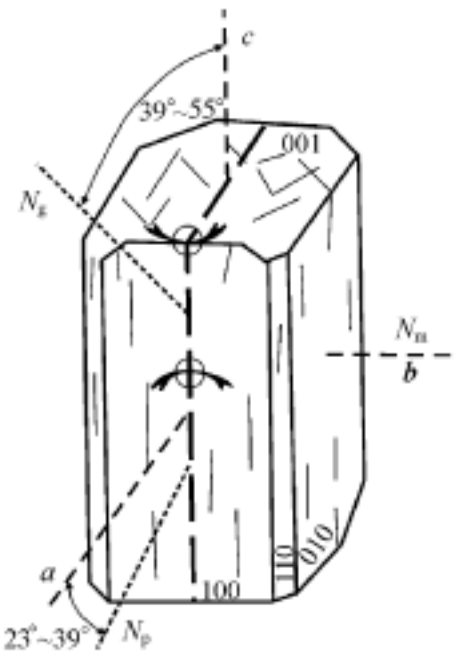


图 4－134　普通辉石光性方位

结晶特点　沿 c 轴延长呈短柱状晶形，在岩石中常为半自形至他形粒状。解理{110}完全，具有{100}、{001}的裂理。横切面近八边形，其上有近正交的两组辉石式解理缝。

光性特征　绿黑色、黑色，薄片中无色，略带浅褐色、淡黄或浅绿色调(照片 479)，只有富铁(呈绿色)和钛(呈紫褐色、紫色)的变种具有微弱多色性。正高突起。干涉色大多在二级中部，但有的可达二级橙(照片 480)。由于光轴角色散明显，因而在垂直光轴的切面上，未能达到全消光，而呈一级暗灰干涉色。横切面为对称消光，多数纵切面为斜消光，c∧$N_g = 39° \sim 55°$，(通常在 41°~48°)。二轴晶正光性，光轴角中等。具有结合面(100)的简单双晶或聚片双晶和结合面为(001)的聚片双晶。在近平行(010)的纵切面偶见“青鱼骨”构造(照片 478)，它是由(100)双晶或{001}裂理与(001)聚片双晶相结合而成，也有人认为是两种成分的辉石熔离。火成岩中的普通辉石常含薄板状、杆状的钛铁矿、磁铁矿、板钛矿等包裹体，它们往往沿(100)或其他方位有规律的分布，构成席勒构造。此外，普通辉石晶体中有时见顽火辉石、紫苏辉石、易变辉石的熔离页片沿(100)或(001)分布(照片 443)。

变化　普通辉石易蚀变为绿泥石(照片 483, 484)和假象纤闪石(照片 485)，有时也可转变为黑云母，绿帘石(照片 486)、方解石、蛇纹石、绿鳞石(照片 481, 482)和绿高岭石等矿物。

鉴别特征　普通辉石与透辉石的区别见透辉石一节，如能见到横切面，其形态是区别两者的标志之一，前者近八边形，后者近正方形的八边形。普通辉石以其斜消光和二级干涉色可区别于斜方辉石。橄榄石与普通辉石的区别在于后者具有辉石式解理、斜消光、光轴角中等，并总是具有淡淡的绿色、黄褐色的色调。普通辉石(和透辉石)与绿帘石的区别是绿帘石具有鲜艳的干涉色，且干涉色在晶体上分布不均匀，延性可正可负，横切面的两组解理夹角 65°左右。

产状及其他　普通辉石是火成岩中最常见的暗色矿物之一。主要产于镁铁质和超镁铁质的岩石中，如辉长岩、辉绿岩和橄榄岩，在某些中性岩及酸性岩中也时有产出。普通辉石也产于中高级变质的岩石中。紫苏花岗岩中的单斜辉石大多是普通辉石。普通辉石在月岩中较常见，但在陨石中很少。

钛　辉　石　Titanaugite

$Ca(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Ti)[(Si, Al)_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 106°$

N_g = 1. 728 ~1. 762

N_m = 1. 700 ~1. 746

N_p = 1. 695 ~1. 741

N_g - N_p = 0. 021 ~0. 033

(+) 2V = 42 °~63 ° r > v **极强**

b ∥ N_m, c∧N_g = 32 °~55 °, **光轴面** ∥ (010)

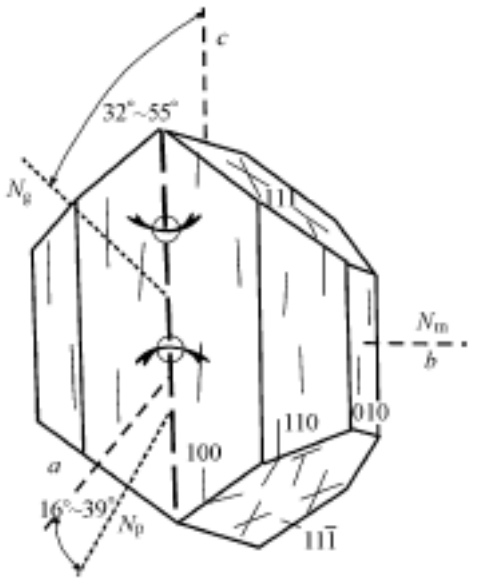


图 4－135 钛辉石光性方位

化学组成 钛辉石是富含 TiO_2 和 Fe_2O_3 的普通辉石, TiO_2 的含量为 3% ~5%, 有的高达 8. 97%。

结晶特点 晶体沿 c 轴延长的短柱状, 也常呈粒状。解理{110}完全。横切面具有近正交的辉石式解理。

光性特征 浅褐、褐、紫褐和绿褐色, 薄片中呈淡紫色, 多色性为: N_g—褐黄、褐紫色, N_m—褐紫、紫色, N_p—亮褐黄色。正高突起。干涉色达二级。由于具有极强的倾斜色散, 在正交偏光间用白光观察, 不能见到消光位。斜消光, 消光角 c∧N_g = 32 °~55 °。二轴晶正光性, 光轴角中等。钛辉石常具有砂钟构造和环带构造, 砂钟构造在纵切面上表现为不同成分的扇状体, 其中富含 TiO_2、Al_2O_3、FeO 和 Na_2O 的扇状体颜色较深, 而上述成分含量少的扇状体颜色较浅。有时砂钟构造和环带构造在同一晶体中出现。钛辉石的周围有时有一圈霓辉石、霓石的绿色镶边。

鉴别特征 钛辉石以具有紫色多色性, 常见砂钟和环带构造, 可与其他单斜辉石相区别。

产状及其他 钛辉石主要产于各种碱性岩, 如在硅不饱和的霞石岩、霞辉岩中, 与霞石、磷灰石、钙钛矿共生; 在碱性辉长岩和碱性玄武岩中作为主要矿物产出, 与碱长石、碱性辉石、斜长石等矿物共生。未见于变质岩中。

绿 辉 石 Omphacite

(Ca, Na) (Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al) [Si_2O_6]

单斜晶系 β = 106 °

N_g = 1. 685 ~1. 723

N_m = 1. 670 ~1. 712

N_p = 1. 662 ~1. 701

N_g - N_p = 0. 012 ~0. 028

(+) 2V = 56 °~84 ° r > v **中等**

b ∥ N_m, c∧N_g = 34 °~48 °, **光轴面** ∥ (010)

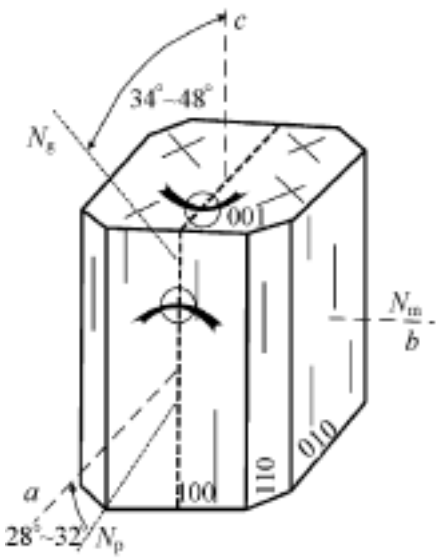


图 4－136 绿辉石光性方位

化学组成 绿辉石是透辉石 - 硬玉类质同象系列的中间成分。绿辉石与透辉石十分相似, 但由于 Na 对 Ca 和 Al 对 Mg 的部分取代, 其成分中还含有 Fe_2O_3, 而使其不同于透辉石。绿辉石中尚含有少量 Mn、Cr、Ni 和 Sr 等。

结晶特点 具柱状晶形, 在岩石中经常呈他形粒状。解理{110}完全, 在横切面上有两组辉石式解理, 并有{100}裂理。晶体中经常有金红石(偶见蓝晶石) 等包裹体。

光性特征 绿色、暗绿色, 有时呈蓝绿色、浅绿和灰白色, 薄片中无色、浅绿色, 多色性不

明显, $N_g \approx N_m$—微绿, N_p—无色(照片 487)。正高突起。干涉色一级橙—二级中部(照片 488)。斜消光, $c \wedge N_g = 34° \sim 48°$。二轴晶正光性, 光轴角中等—大。可见结合面为(100)的简单和聚片双晶。

变化 绿辉石经常转变为绿色、蓝绿色角闪石, 也可转变为斜长石和单斜辉石组成的蠕虫状交生的后成合晶, 这种后成合晶又可转变为角闪石, 有的绿辉石也可被斜长石和黝帘石所取代, 绿辉石与石榴子石之间经变质反应形成斜长石 + 角闪石 ±帘石类矿物的后成合晶。

鉴别特征 绿辉石具有较大的光轴角可与透辉石、普通辉石和深绿辉石相区别。与硬玉区别主要在于后者干涉色多为一级, 消光角小。与霓石和霓辉石的区别在于后两者颜色更深、多色性明显、负延性、消光角($c \wedge N_p$)小、且折射率和双折射率更大。另外绿辉石和石榴子石在榴辉岩中的特征组合也明显不同于其他的单斜辉石。

产状及其他 绿辉石是榴辉岩及其有关岩石中的典型高压矿物, 常与石榴子石、金红石、石英, 有时与蓝晶石、刚玉、斜方辉石, 偶尔有柯石英等共生。在蓝闪石 - 硬柱石相的榴辉岩及其有关的岩石中, 绿辉石与石榴子石、蓝闪石、硬柱石、绿帘石、绿纤石、斜黝帘石、角闪石、绿泥石、白云母等共生, 显示这种榴辉岩形成于高压低温条件下。在山东及大别山地区的榴辉岩和变质超镁铁质岩石中, 发现翠绿色的富含铬的单斜辉石(照片 489, 490), 经化学分析 Cr_2O_3 的含量为 3.71% ~9.6%, Na_2O 的含量为 4.80% ~5.96%, 这种富含铬和钠的单斜辉石具有鲜艳的翠绿色—浅绿色的多色性。常与石榴子石、金红石和斜方辉石等共生。经研究属超高压条件的产物。

霓 辉 石 Aegirine - augite

$(Na, Ca)(Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mg, Al)[Si_2O_6]$

单斜晶系 $\beta = 106°$

$N_g = 1.730 \sim 1.813$

$N_m = 1.710 \sim 1.780$

$N_p = 1.700 \sim 1.760$

$N_g - N_p = 0.028 \sim 0.050$

$2V = (+)70° \sim (-)72°$ $r > v$ **中等至强**

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_p = 0° \sim 30°$, **光轴面** $\parallel (010)$

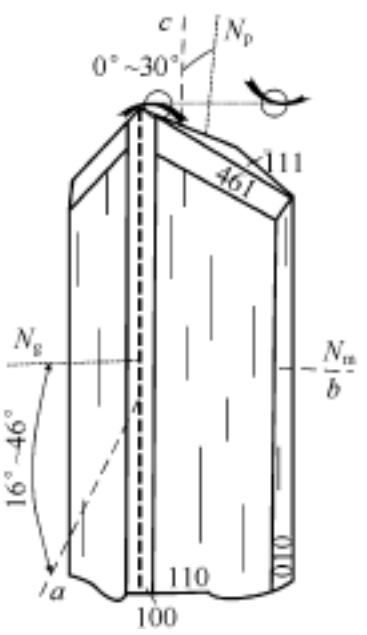


图 4-137 霓辉石光性方位

化学组成 霓辉石的化学成分较复杂, 它是透辉石 - 霓石类质同象系列中的过渡矿物, 它也是普通辉石 - 霓石系列的中间产物。霓石和霓辉石界限的划分是人为的。划分的准则也不相同※, 根据迪尔(Deer 等, 1965), $NaFeSi_2O_6$ 大于 70% 称为霓石, 15% ~70% 的 $NaFeSi_2O_6$ 分子称为霓辉石, 此界限在光性上相当于 $c \wedge N_p = 0°$。

结晶特点 常呈 c 轴延伸的柱状, 有时呈针柱状和粒状。{110}解理完全, 横切面八边形具有辉石式解理, 具{100}裂理。

※ 华盛顿和默瓦因(Washington and Merwin, 1927)认为含 80% 以上的 $NaFeSi_2O_6$ 分子的辉石为霓石。拉森(Larson, 1942)和特吕格(Tr ger, 1952, 1971)以高于 75% $NaFeSi_2O_6$ 为霓石, 20% ~75% 为霓辉石。萨拜恩(Sabine, 1950)按系列中光性符号的变化(在成分中相当于 45% $NaFeSi_2O_6$)划分, $NaFeSi_2O_6$ 大于此界限为负光性, 称为霓石; 小于此界限为正光性, 称为霓辉石。

光性特征　暗绿色、黑绿色，薄片中呈绿色，多色性较明显：N_g—黄、浅褐色，N_m—绿或黄色，N_p—橄榄绿色、草绿色。颜色常呈环带状分布，自中心向边部绿色渐浓，其核部为富钙的透辉石或普通辉石，向边部渐变为富钠的霓辉石（照片 491，492），但也有相反的环带状分布。正高突起。干涉色从二级中部到三级中部（照片 493）。斜消光，消光角 $c \wedge N_p = 0° \sim 30°$（$N_p$ 在 β角的锐角范围），负延性，光性符号和光轴角大小随成分而改变。结合面为（100）的简单和聚片双晶常见。

变化　霓辉石常转变为绿泥石、绿帘石、磁铁矿和褐铁矿。

产状及其他　霓辉石是碱性辉石之一。多产于碱性岩或偏碱性岩，如霞石正长岩、响岩和碱性正长岩、碱性粗面岩、碱性花岗岩中。常与霞石、霓石、钾长石、黑榴石、异性石、富铁黑云母等矿物共生。在区域变质岩石中也曾有发现。

霓　　石　　Aegirine

$NaFe[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 106.42'$

$N_g = 1.795 \sim 1.836$

$N_m = 1.780 \sim 1.820$

$N_p = 1.750 \sim 1.776$

$N_g - N_p = 0.040 \sim 0.060$

$(-)2V = 60° \sim 70°$　　$r > v$ 中等至强

$b \parallel N_m$，$c \wedge N_p = 0° \sim 8°$；光轴面 $\parallel (010)$

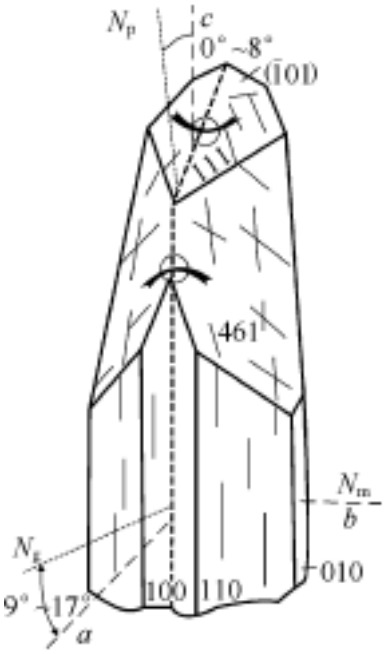


图 4－138　霓石光性方位

化学组成　由于霓石与透辉石、普通辉石和钙铁辉石均能形成系列过渡关系，故其成分中常含有 CaO、FeO、MgO、MnO、Al_2O_3。及少量 K_2O、TiO_2、BeO、ZrO_2 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴延伸呈长柱状或针状，（100）的晶面很发育，而（010）晶面不发育或甚至没有，因而其晶体有时呈平行（100）的板状，有时针状晶体呈放射状生长（照片 494，495）。横切面类似角闪石的六边形（但多数具有八个边），其中有辉石式的两组解理（照片 434－1，496）。柱状晶体的端面相交形成钝角（93°）故又称为钝钠辉石。{110}解理完全，并有{001}和{010}的裂理。

光性特征　黑绿色、暗绿色，薄片中呈绿色，多色性明显：N_g—褐黄、浅草绿色（照片 494，496），N_m—黄绿色，N_p—暗草绿、蓝绿、深绿色，吸收性：$N_p > N_m > N_g$，颜色常呈环带状分布，愈近边缘，绿色渐淡。有时见到环带内部为浅紫色的含钛普通辉石，而在边缘为绿色霓石的镶边。正高突起，干涉色最高达三—四级（照片 497），但常被本身较浓的绿色掩盖。纵切面斜消光，消光角 $c \wedge N_p = 0° \sim 8°$（$N_p$ 在 β角的钝角范围），近于平行消光，负延性。二轴晶负光性，光轴角较大。结合面为{100}的简单和聚片双晶常见。

变化　霓石可转变为次闪石、褐铁矿。

鉴别特征　霓石以其特殊的多色性、晶形、很小的消光角和负延性等光性特征易与其他单斜辉石相区别。与霓辉石的区别是霓石的多色性更明显，其消光角小（$c \wedge N_p = 0° \sim 8°$），霓石的颜色和长柱状晶形与角闪石十分相似，但霓石的近六边形的横切面上有两组近正交的辉石式解理、负延性、消光角小、近平行消光、正高突起、具有三—四级干涉色及具反吸收性等特征均可与角闪石相区别。霓石与绿帘石的区别在于霓石的颜色深，吸收性明显，并具

有辉石式解理,而绿帘石的解理夹角 65°左右,并有二级异常彩色干涉色、延性可正可负、消光角较大。

产状及其他　霓石是火成岩碱性系列岩石中特征的碱性暗色矿物之一。常与霞石、白榴石、黝方石、碱性角闪石、黑榴石、异性石、闪叶石、针钠钙石、钾长石等矿物共生,产于霞石正长岩、响岩、霓霞岩、碱性的正长岩和粗面岩及碱性花岗岩中。在变质岩石中霓石产于蓝闪石片岩中,经常与蓝闪石、硬柱石、绿纤石、硬玉、钠长石等矿物共生,在碱性岩与钙质围岩的接触带和某些金属矿床附近,由于 Ca、Fe 的活动也可形成高温气化的霓石蚀变带。

锥辉石　Acmite　成分与霓石相似,但含有较多的 Mn 和少量 Zr、Ce 等,并有 Al^{3+}、Ti^{3+} 和 Fe^{2+} 代替 Fe^{3+},有时含片状赤铁矿包裹体。晶体呈褐色或绿、黑色,薄片中为褐、绿色,多色性: N_g—浅绿黄, N_m—黄色, N_p—暗褐色。霓石和锥辉石在晶形上的主要区别是锥辉石(221)和(661)单形发育,晶体两端呈尖锥形,而霓石的(111)单形发育,晶体两端晶面相交成钝角。其他特征与霓石相同。锥辉石常作为霓石的外带产出,也作为变质矿物产于蚀变的铁燧石、含铁片岩和锰矿中。

硬　玉　Jadeite

$NaAl[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 107.39'$

$N_g = 1.652 \sim 1.692$

$N_m = 1.645 \sim 1.684$

$N_p = 1.640 \sim 1.681$

$N_g - N_p = 0.006 \sim 0.021$

$(+)2V = 60° \sim 75°$　　$r > v$ 中等至强

$b \parallel N_m$,　$c \wedge N_g = 32° \sim 35°$(最大达 55°),光轴面 $\parallel$ (010)

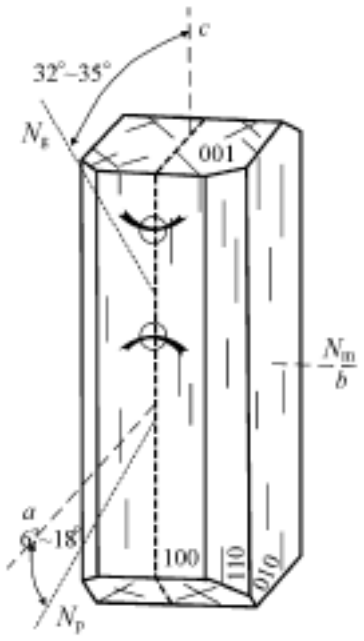


图 4－139　硬玉光性方位

化学组成　硬玉与透辉石以及硬玉与霓石之间均存在着类质同象的过渡关系,因此,硬玉的成分中往往含有 MgO、CaO、FeO、Fe_2O_3 和 Cr_2O_3,一般规定硬玉中 $NaAl[Si_2O_6]$ 分子不得少于 80%。含铁较高的硬玉称暗硬玉。

结晶特点　沿 c 轴延伸的短柱状,单个晶体少见,大多数为半自形柱状、他形粒状、毡状、纤维状及致密状的集合体。{110}解理完全,横切面上有两组近正交的辉石式解理(照片 498)。

光性特征　无色、白色、苹果绿色、蓝绿色、白蓝色,蓝色及紫色(很少见),薄片中无色(照片 498, 500),当成分中含有铁和铬时则呈现绿色多色性,并随其含量增加而加深。正高突起。干涉色一般为一级黄白(照片 499, 501),最高可达二级中部。斜消光,消光角 $c \wedge N_g = 35°$ 左右,最高 40°～55°。大多数为正延性。二轴晶正光性,光轴角中等至大,个别硬玉质辉石为负光性, $2V = 84°$。可见双晶结合面为(100)、(001)的简单双晶和聚片双晶。

变化　硬玉常程度不等地变化为透闪石、假象纤闪石。暗硬玉常蚀变为绿闪石。

鉴别特征　硬玉的折射率较其他单斜辉石(除锂辉石以外)低。硬玉与锂辉石区别在于硬玉的干涉色低,消光角较大。与绿辉石区别在于其折射率低,多数的硬玉干涉色较低。硬玉与软玉(透闪石和阳起石的毡状集合体)的区别在于其消光角大,折射率高和干涉色低,且为无色。与霓石区别在于霓石具有明显多色性,且消光角小,干涉色高。

产状及其他　硬玉主要产于变质岩,如榴辉岩、蓝闪石片岩等岩石中。伴生矿物有钠长

石、硬柱石、蓝闪石、绿纤石、绿帘石、阳起石、黝帘石、黑硬绿泥石、云母、石英、碳酸盐矿物。著名的缅甸翡翠与钠长石、阳起石及蓝闪石伴生,呈脉状产于蛇纹岩中。我国西藏羌塘地区的变质辉长岩中的斜长石转变为硬玉(照片 194)和绿纤石,是高压低温变质条件的产物。硬玉俗名为翡翠(照片 502, 503, 李汉生提供),绿色翡翠是含铬的硬玉,为名贵的宝石。

锂　辉　石　Spodumene

$LiAl[Si_2O_6]$

单斜晶系　$\beta = 110°$

$N_g = 1.662 \sim 1.679$

$N_m = 1.655 \sim 1.669$

$N_p = 1.684 \sim 1.663$

$N_g - N_p = 0.014 \sim 0.027$

$(+)2V = 58° \sim 68°$　　$r < v$

$b \parallel N_m$，$c \wedge N_g = 23° \sim 27°$，**光轴面** $\parallel (010)$

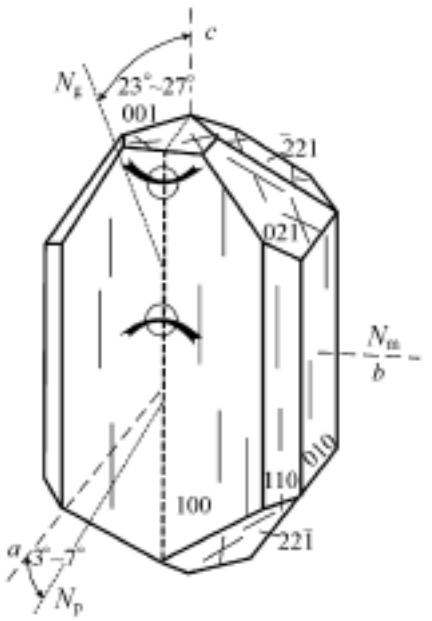


图 4－140　锂辉石光性方位

化学组成　锂辉石的化学成分较稳定,常有少量 Fe^{3+} 和 Mn^{3+} 代替 Al, Na^{1+} 代替 Li,并含有 K、Ca、Mg、Fe^{2+}、Cr^{3+} 等杂质和微量元素 V、Co、Cu、Ni、Sn、Ga、Ge 等。

结晶特点　呈短柱状和平行(100)的板状晶体,晶面具纵纹,{110}解理完全,见{100}裂理。横切面上(100)的两条边显著地大于其他六条边,其上见近正交的两组解理。

光性特征　无色、灰白色、浅紫、浅绿、浅黄色,翠绿色锂辉石称为翠绿锂辉石(Hiddenite,因其成分中含 Cr),紫色锂辉石称紫锂辉石(Kunzite,因成分中含 Mn)。薄片中无色(照片 504),翠绿锂辉石有绿色多色性: N_g—无色, N_m—淡绿, N_p—绿色。紫锂辉石有紫色多色性: N_g—无色, N_m—淡紫, N_p—紫色,具有反吸收性: $N_p > N_m > N_g$。正高突起。干涉色一级橙(照片 505)至二级绿。纵切面为斜消光, $c \wedge N_g = 23° \sim 27°$,正延性。二轴晶正光性,光轴角中等。双晶结合面为(100)和(001),常见简单和聚片双晶。

变化　锂辉石常不同程度地变化为锂霞石、钠长石、白云母、粘土矿物、锂绿泥石等。

鉴别特征　在单斜辉石亚族中,锂辉石是消光角最小的变种之一,据此可与其他辉石区别(除斜顽辉石外)。斜顽辉石的消光角与其相近,但斜顽辉石的产状及其共生组合与锂辉石有较大的区别,且两者的光性方位也不同,锂辉石的光轴面平行(010),而斜顽辉石的光轴面垂直(010)。锂辉石与透闪石的区别在于其具有辉石式解理,突起高,且为正光性。

产状及其他　锂辉石是富锂的花岗伟晶岩的特征矿物,经常与透锂长石、锂云母、绿柱石、电气石、磷锂铝石、铌铁矿等共生。锂辉石用作提取锂的原料,应用于陶瓷、玻璃、化学制品、电子等工业。透明而色泽美丽的锂辉石可做宝石。

蓝　线　石　Dumortierite

$Al_7[SiO_4]_3(BO_3)O_3$

斜方晶系

N_g = 1.686 ~ 1.723

N_m = 1.684 ~ 1.672

N_p = 1.659 ~ 1.686

$N_g - N_p$ = 0.027 ~ 0.037

(-) 2V = 13° ~ 63°　　rn v 偶见 rm v

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, 光轴面 ∥ (010)

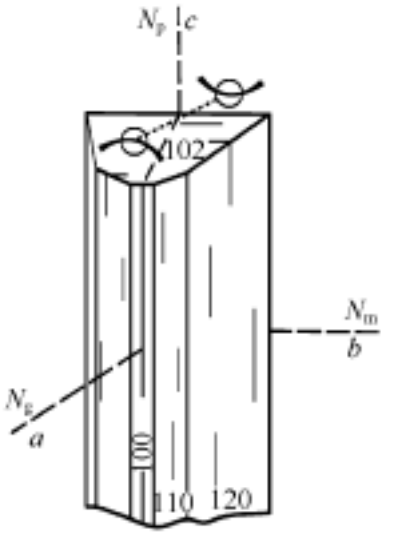


图 4－141　蓝线石光性方位

化学组成　成分中 Fe^{3+} 和 Ti^{3+} 可代替 Al, Fe_2O_3 最多达 2.5%。

结晶特点　假六方柱状、针状, 常呈纤维状、粒状集合体, 横切面六边形。解理{100}完全, {110}不完全, {210}极不完全。具有{001}裂理。

光性特征　蓝色、蓝绿色, 薄片中多色性很明显: N_g—无色、浅蓝色, N_m—亮紫、无色、浅蓝、黄色, N_p—钴蓝、紫、绿褐、粉红色(照片 506, 508), 反吸收性: $N_p > N_m > N_g$, 当延长方向(N_p)平行下偏光时, 吸收性最强, 当 Ti^{3+} 置换 Al 时, N_p—蓝色, Ti^{4+} 置换 Si 时, N_p—粉红色。正高突起。干涉色达二级中部至顶部(照片 507)。平行消光, 负延性。二轴晶负光性, 光轴角小至中等。有时能见到沿(110)结合面的三连晶或聚片双晶。

变化　蓝线石有时变化为绢云母。

鉴别特征　蓝线石与电气石十分相似, 但前者长柱平行下偏光时, 颜色最深, 而电气石的颜色最浅, 且电气石不具解理, 一轴晶。蓝闪石与蓝线石也易混淆, 但蓝线石横切面无角闪石式解理, 且为负延性, 其干涉色高达二级, 吸收性两者刚好相反。蓝线石与天蓝石在颜色上很相似, 但天蓝石为正中突起, 吸收性为 $N_g \approx N_m > N_p$。无色蓝线石与矽线石不易区别, 但矽线石为正延性。

产状及其他　在结晶片岩中蓝线石经常与蓝晶石、天蓝石、云母、石英等矿物共生, 偶见于细晶岩和石英脉中, 也与含硼、锆和钇的矿物一起在花岗伟晶岩中产出。规模大而富集的蓝线石可作火花塞的瓷土原料。

星　叶　石　Astrophyllite

$(K, Na)_3\{(Fe, Mn)_7[Ti_2(Si_4O_{12})_2](O, OH)_3(OH, F)_4\}$

三斜晶系

N_g = 1.731 ~ 1.747

N_m = 1.703 ~ 1.738

N_p = 1.676 ~ 1.708

$N_g - N_p$ = 0.039 ~ 0.055

(+) 2V = 70° ~ 84°　　rn v

b 近于 ∥ N_g, c 近于 ∥ N_m, a ∧ N_p = 4° ~ 6°, 光轴面近于 ⊥(010)

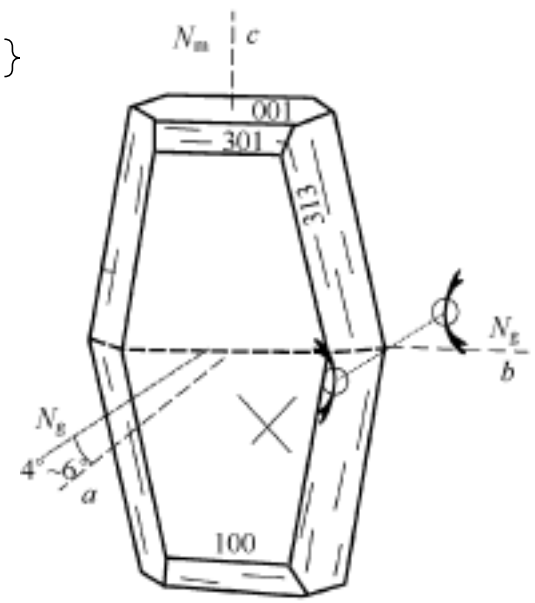


图 4－142　星叶石光性方位

化学组成　成分变化很大, 有时含少量 BaO、MgO、Al_2O_3、Nb_2O_5 等杂质。可同锰星叶石(Kupletskite)形成类

质同象系列,而锰星叶石还可同铯锰星叶石(Cesiumkupletskite)构成类质同象,组分中富含水时,称水星叶石(Hydroastrophyllite)。此外,还有铌星叶石(Niobophyllite),锆星叶石(Zircophylite)。它们均属星叶石族。

结晶特点 晶体沿 c 轴呈柱状,或沿(100)呈板状、叶片状,完好晶体少见,常为放射星状集合体。解理{100}完全。

光性特征 古铜黄色或金黄色、褐色,薄片中黄、黄褐色,多色性明显:N_g—淡黄、柠檬黄,N_m—橙黄,N_p—深金黄、红褐(照片 509),反吸收性:$N_p > N_m > N_g$。正高突起。干涉色三级底—顶(照片 510),近于平行消光,消光角小,延性可正可负,光轴面近于⊥(010),二轴晶正光性,光轴角大。水星叶石为负光性,(-)2V=40°。

鉴别特征 星叶石与黑云母的区别在于吸收性相反,黑云母为 $N_g = N_m > N_p$,而星叶石 $N_p > N_m > N_g$,且黑云母为负光性,光轴角小,星叶石为正光性,光轴角大。星叶石与十字石的区别在于十字石解理不发育,干涉色低,而星叶石{100}解理很发育,干涉色三级。星叶石与闪叶石的区别在于星叶石的光轴角大,而闪叶石的光轴角中等或小。

产状及其他 星叶石产于碱性岩如流霞正长岩等,与霓石、钠铁闪石、针钠钙石、霞石、异性石等共生。水星叶石见于碱性花岗伟晶岩中,与霓石、钠闪石、碱长石等共生。

假蓝宝石 Sapphirine

$Mg_2Al_4SiO_{10}$

单斜晶系 β=100°30′

N_g=1.705~1.745

N_m=1.703~1.741

N_p=1.701~1.731

$N_g - N_p$=0.005~0.007

2V=(-)47°~(+)80° r<v强

b∥N_m,a∧N_p=12°~18°,c∧N_g=1°30′~7°,光轴面∥(010)

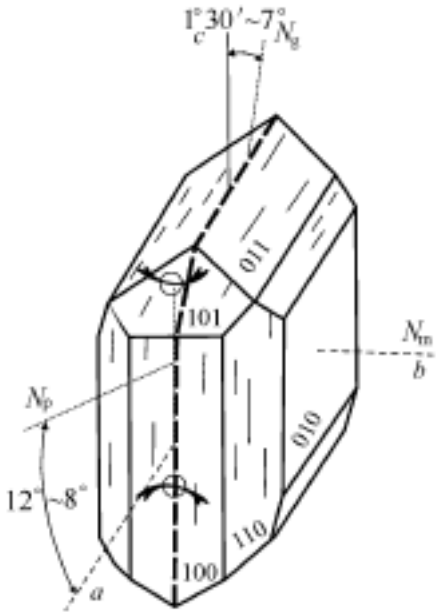


图 4-143 假蓝宝石光性方位

化学组成 假蓝宝石为镁、铝、硅的氧化物,常有 Fe^{3+} 代替 Al,Fe^{2+} 代替 Mg,当其代替数量达 1/3 时,称铁假蓝宝石。成分中含少量 Mn、Ca、Na、K 和 B 等。

结晶特点 晶体沿(010)呈板状或粒状,完好的晶形较少见。解理{010}较完全,{100}、{001}不完全。

光性特征 淡蓝、绿色,有时为灰色、粉灰色,薄片中无色—蓝(有时为淡粉红色),多色性:N_g—宝石蓝至暗蓝色、绿蓝色、浅绿色,N_m—天蓝、蓝绿、淡紫蓝、灰蓝色,N_p—无色、浅红、浅黄绿、灰绿色(照片 511,512),吸收性:$N_g > N_m > N_p$。正高突起,折射率随铁含量的增多而增大。干涉色低,一级灰白(照片 513),斜消光,消光角 c∧N_g 较小。二轴晶,光轴角可由负 47°变化到正 80°。双晶面为(100)的简单双晶少见。

鉴别特征 假蓝宝石与蓝色刚玉区别在于后者无解理、一轴晶。与硬绿泥石区别在于后者有一组完全解理,正光性。与蓝硼钙石区别在于假蓝宝石,以负光性为主。

产状及其他 假蓝宝石主要产于高级变质的富含铝的片麻岩和麻粒岩中,经常与矽线石、紫苏辉石、条纹长石、尖晶石、石榴子石、顽火辉石共生。在假蓝宝石的周围,有时可见堇

青石、矽线石的环边。假蓝宝石也产于刚玉矿床中。

硬水铝石(一水硬铝石,水铝石)　Diaspore

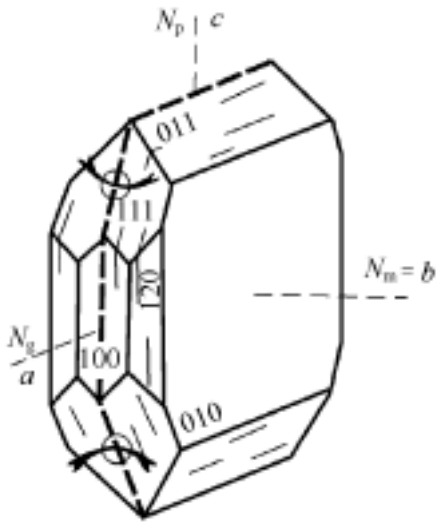


图 4-144　硬水铝石光性方位

AlOOH

斜方晶系

N_g = 1.730 ~ 1.752

N_m = 1.705 ~ 1.725

N_p = 1.682 ~ 1.706

$N_g - N_p$ = 0.046 ~ 0.048

(+) 2V = 84° ~ 86°　　r < v

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (010)

化学组成　常含有 Fe_2O_3、Mn_2O_3、Cr_2O_3、Ga_2O_3、SiO_2 等杂质。与一水软铝石(勃姆石, Boehmite)为同质二象。

结晶特点　硬水铝石晶体沿(010)呈薄片状、板状,有时平行 c 轴延长呈柱状(照片 514)、针状,但通常呈鳞片状,或隐晶质及胶体的豆、鲕状,他形粒状集合体。硬水铝石也有时构成铝土矿鲕粒的中心。晶体一般细小,0.03 ~ 0.1 mm,大者 0.5 ~ 1 mm。{010}解理完全,{110}、{100}不完全。

光性特征　白、灰或无色,含铁锰变种可呈黄、绿、淡红、淡蓝等色,薄片中无色,含 Mn^{3+} 或 Fe^{3+} 时,可见多色性: N_g—黄白或蓝和淡绿, $N_m = N_p$—暗紫、红褐或无色。吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起,糙面显著(照片 516)。最高干涉色可达三级顶(照片 515, 517)。平行消光,负延性。二轴晶正光性,光轴角大。另有报道(1953 年)硬水铝石一变种称 Kayserite (字典译: 硬水铝石、片铝石、硬羟铝石),其主要光性特征为 N_g = 1.75, N_m = 1.78, N_p = 1.708, (-) 2V = 60°,光轴面同硬水铝石,亦平行(010),但 Bxa ∥ N_p。

变化　硬水铝石的分解物为 α-铝土。

鉴别特征　硬水铝石与矽线石的区别是硬水铝石的折射率高、突起高、双折射率大、干涉色高。硬水铝石与刚玉的区别是硬水铝石的突起比刚玉低、干涉色高、硬度小于刚玉,且刚玉的晶形、菱形裂理均与硬水铝石不同。总之硬水铝石以其晶形,突起高,干涉色和产状等为特征,易于识别。

产状及其他　硬水铝石是铝土矿的主要组成矿物之一,与一水软铝矿(勃姆石)、水铝氧石、珍珠云母、绿泥石等共生。富含氧化铝的岩石经接触变质或热液变质可形成硬水铝石,与刚玉、钠明矾石、高岭石、叶蜡石等共生。有时见于含蓝晶石、刚玉(照片 516, 517)、矽线石等矿物的结晶片岩中。

一水软铝石　Boehmite　又称水铝矿、勃姆石、薄水铝矿、勃姆矿、一水软铝矿。AlO(OH),是硬水铝石的同质二象。斜方晶像。晶体呈极细小的片状或扁豆状,常呈鲕状,鳞片状,粒状集合体。通常以胶态或隐晶质块体分布于铝土矿中。{010}解理完全。无色或微黄的白色,薄片中无色。正中突起。N_g = 1.651 ~ 1.670, N_m = 1.650 ~ 1.660, N_p = 1.638 ~ 1.650, $N_g - N_p$ = 0.013 ~ 0.020,干涉色一级橙—紫红,平行消光。延性可正可负。光性方位: b ∥ N_g, c ∥ N_m, a ∥ N_p,光轴面 ∥ (001)。二轴晶,光性有正有负。光轴角中等至大,一般 80°±。一水软铝石折射率比硬水铝石低,而比水铝氧石高。其双折射率比硬水铝石低而比刚玉高(但在薄片中,刚玉的干涉色往往较高)。由于多数一水软铝石颗粒细,光学方法有时不易识别,需用 X 光粉晶鉴定。一水软铝石是铝土矿的主要组分之一,是硅酸盐岩石的风化产物,常与硬水铝石,水铝氧石,褐铁矿,石英等共生。有时也在碱性伟晶岩空隙中见到,为低温热液产物,与钠沸石,水铝氧石等共生或伴生。

绿 帘 石 族　　Epidote Group

本族矿物的化学通式为 $R_2^{2+}R_3^{3+}[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$，其中 R^{2+} 主要为 Ca，有时为 Fe，Ca 部分可被 Ce^{3+}、La^{3+}、Y^{3+}、Th^{4+}、Mn^{2+} 所代替，R^{3+} 主要为 Al，部分被 Fe^{3+}、Mn^{3+}、Cr^{3+}、V^{3+} 替代，而(OH) 可被 O^{2-} 和 F^{1-} 替代。

本族矿物主要种属有：

黝帘石	$Ca_2AlAl_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$
斜黝帘石	$Ca_2AlAl_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$
绿帘石	$Ca_2Fe^{3+}Al_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$
红帘石	$Ca_2Mn^{3+}Al_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$
褐帘石	$(Ca,Ce)_2(Fe^{3+},Fe^{2+})(Al,Fe^{3+})_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$
绿纤石	$Ca_4MgAl_5(H_2O)[Si_2O_7]_2[SiO_4]_2(OH)_5$

在上述矿物中，黝帘石与斜黝帘石的成分相同，它们为同质二象矿物，绿帘石和斜黝帘石构成类质同象系列，它们的物理性质和光学性质均为连续过渡，但绿帘石与褐帘石之间不形成连续类质同象系列。

除黝帘石属斜方晶系外，本族其他矿物属单斜晶系。大部分绿帘石族矿物沿 b 轴延长呈柱状晶形，横切面常呈假六边形，它们的颜色和多色性与其所含的铁、锰等成分有关，黝帘石为灰白色(薄片中无色)，绿帘石呈草绿色(薄片中浅黄色)、红帘石显红褐色(簿片中为鲜红色) 褐帘石显褐黑色(薄片中黄褐色、褐色)。多数单斜绿帘石族的矿物的{001}解理完全，{100}不完全，两组解理夹角近 65°(115°)。

本族矿物在薄片中呈正高突起，在具一级干涉色切面中，常出现灰蓝、姜黄的异常干涉色(绿帘石、斜黝帘石和 α-黝帘石、绿纤石的矿物中表现最明显)，平行 b 轴的柱状切面方向大多是 N_m(α-黝帘石除外，$b \parallel N_p$) 所以它们的延性经常是可正可负，多为斜消光。色散较强。

黝　帘　石　Zoisite

$Ca_2AlAl_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$

斜方晶系

	α	β
N_g	1.697	1.725
N_m	1.688	1.710
N_p	1.685	1.705
$N_g - N_p$	0.004 - 0.008	
(+)2V	20°~60°	0°~30°
	γ< v	γn v

$a \parallel N_m$，$b \parallel N_p$，$c \parallel N_g$，光轴面 ∥ (100)

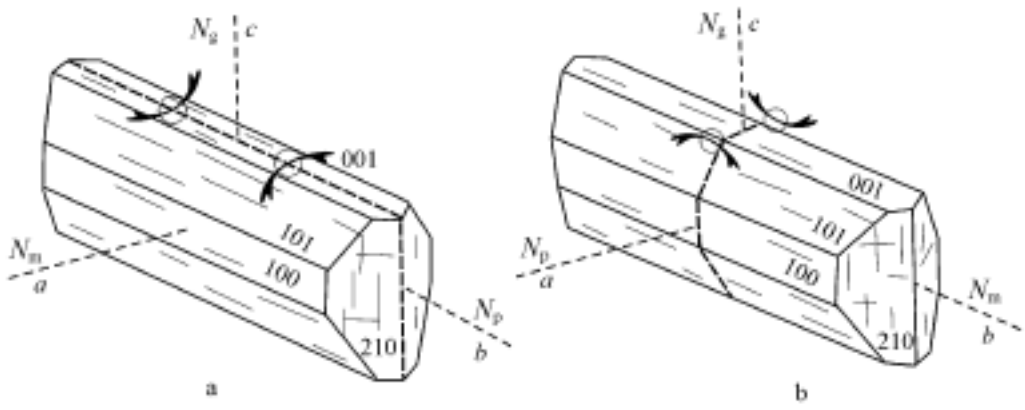


图 4－145　黝帘石光性方位

a— α黝帘石; b— β黝帘石

(α-黝帘石)

$a \parallel N_p$，$b \parallel N_m$，$c \parallel N_g$，光轴面 ∥ (010) (β-黝帘石)

根据黝帘石的光性方位不同及其在化学成分中 Fe_2O_3 含量差异，可分为 α-黝帘石(又称铁黝帘石)和 β-黝帘石(又称黝帘石)。

化学组成 α-黝帘石(铁黝帘石)的 $Fe^{3+} > 0.07$，而 β-黝帘石(黝帘石)的 $Fe^{3+} < 0.07$。在黝帘石成分中还含有少量 Mn、Cr、Mg、Na 和 K，Sr^{2+} 代换 Ca(Sr 可达 2.5%)，并含有微量的 Ba 和 V。

结晶特点 沿 b 轴延长呈柱状，也常为粒状。横切面近六边形，{100}解理完全，{001}解理不完全。

光性特征 灰、灰白、浅绿、绿和褐色，薄片中无色，正高突起(照片 518，520)。α-黝帘石的干涉色为一级灰，但常具有灰蓝、靛蓝和灰褐色等异常干涉色(照片 519)，平行消光，负延性。光轴角 20°～60°，色散很强；β-黝帘石的干涉色为一级灰白，无异常干涉色(照片 521)。平行消光，延性可正可负，光轴角较小 0°～30°，光轴角随 Fe^{3+} 的含量的增加而减小，有的具有一轴晶的特征。黝帘石有时具环带构造，由于 Fe_2O_3 含量的不同，其内带和外带在干涉色、光轴角及延性符号等方面均有差异(照片 522)。

鉴别特征 黝帘石的主要光性特征是：正高突起、一级干涉色(及异常干涉色)、平行消光、延性可正可负(或负延性——α-黝帘石)和正光性、光轴角较小等。黝帘石与斜黝帘石区别在于后者为斜消光，光轴角大。黝帘石与斜方辉石和斜方角闪石相似，但其横切面不具有辉石式和角闪石式的两组解理，且其延性可正可负或为负延性，光轴角小等特征可与辉石和角闪石相区别。符山石解理不发育，常为一轴晶负光性可与黝帘石区别。α-黝帘石和 β-黝帘石之间可根据有无异常干涉色不难区别，前者常具异常干涉色，负延性；后者为一级灰白干涉色，延性可正可负。

产状及其他 黝帘石主要是区域变质和热液蚀变的产物。在钙硅酸盐变质岩中黝帘石常与斜长石、透辉石、角闪石、石英、方解石等共生。黝帘石也是基性斜长石钠黝帘石化(照片 188，189)的主要产物之一，常呈粒状集合体，分布于斜长石晶体中。含有杂质的不纯灰岩经变质作用也可形成黝帘石，与角闪石、石榴子石、云母、斜长石和方解石共生。在高级变质作用中，黝帘石不稳定可转变为钙质斜长石。有时黝帘石呈细脉穿切岩石，这是热液作用的产物。一般来说，在变质岩中黝帘石不如斜黝帘石和绿帘石分布那样广泛，具异常干涉色的 α-黝帘石较 β-黝帘石常见。

锰黝帘石 Thulite 是黝帘石的含锰变种，通常 MnO < 1%，但由于 MnO 的存在使它具有特征粉红色—黄色多色性：N_g—浅黄、黄色，N_m—无色或淡粉红色，N_p—浅玫瑰红至暗粉红色。$N_g = 1.70 \sim 1.725$，$N_m = 1.693 \sim 1.705$，$N_p = 1.690 \sim 1.703$。正高突起。(+)2V 近于 0°至中等。光轴面∥(010)。锰黝帘石与红帘石的颜色十分相似，但红帘石的多色性：N_g—鲜红、褐红，N_m—玫瑰红，N_p—橙黄、柠檬黄色，且干涉色较高。锰黝帘石产于石英岩、伟晶岩及变质的不纯灰岩和白云岩中。

斜黝帘石 Clinozoisite

$Ca_2AlAl_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$

单斜晶系 $\beta = 115°30'$

$N_g = 1.690 \sim 1.734$

$N_m = 1.674 \sim 1.725$

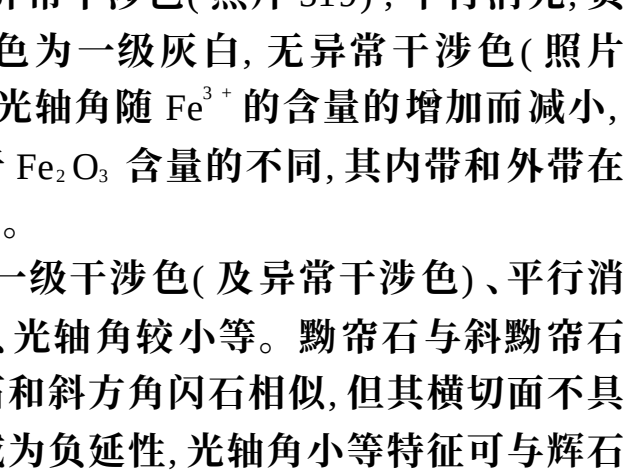


图 4-146 斜黝帘石光性方位

N_p = 1.670 ~1.718

N_g - N_p = 0.005 ~0.015

(+) 2V = 14 °~90 ° r < v

b ∥ N_m, c∧N_p = 0 °~12 °, **光轴面** ∥ (010)

化学组成 斜黝帘石与绿帘石之间构成连续类质同象系列。随着 Fe^{3+} 代替 Al 的增加, 渐次变为绿帘石(照片 525, 526, 536, 537) , 其光性由正变为负, 以此可作为斜黝帘石和绿帘石的鉴别标志之一。在斜黝帘石中还可有少量的 Mg、Ti、Mn、Fe^{2+} 等。

结晶特点 柱状晶体沿 b 轴延长, 经常以柱状、粒状产出。解理{001}完全, {100}不完全。横切面为六方形, 该切面有两组交角为 65 °(115 °) 的解理。

光性特征 无色、浅黄、灰黄或绿色, 薄片中无色, 含 Fe^{3+} 较多的斜黝帘石呈很淡的黄、绿色调。正高突起(照片 523) , 干涉色一级灰—橙, 但常具有灰蓝、靛蓝和姜黄、灰褐的异常干涉色(照片 524, 526, 537) 。平行 b 轴的柱状切面为平行消光, 其他切面为斜消光, 延性可正可负。二轴晶正光性, 光轴角变化较大 14 °~90 °。有时见到以(100) 为双晶结合面的聚片双晶。斜黝帘石的折射率、双折射率和光轴角的大小, 随着 Al 被 Fe^{3+} 的代替而增大。光轴角一般较大, 但少数贫 Fe^{3+} 的斜黝帘石的光轴角可小至 14 °。有的斜黝帘石具有环带状构造(照片 526) 。

鉴别特征 斜黝帘石与 α-黝帘石十分相似, 两者区别在于前者为斜消光, 延性可正可负, 大多数情况下光轴角大于 30 °。斜黝帘石与绿帘石区别在于后者多呈现二级至三级彩色异常干涉色, 且为负光性。与符山石区别是符山石无解理、一轴晶、平行消光。

产状及其他 斜黝帘石是中基性斜长石蚀变产物, 也是辉石、角闪石的次生蚀变矿物。在变质的钙硅酸盐岩石中, 斜黝帘石与角闪石、辉石、斜长石、石英、云母和方解石共生。

绿 帘 石 Epidote

$Ca_2Fe^{3+}Al_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$

单斜晶系 β = 115 °25 ′

N_g = 1.734 ~1.797

N_m = 1.725 ~1.784

N_p = 1.715 ~1.751

N_g - N_p = 0.015 ~0.049

(-) 2V = 64 °~90 ° r > v

b ∥ N_m, c∧N_p = 0 °~15 °, **光轴面** ∥ (010)

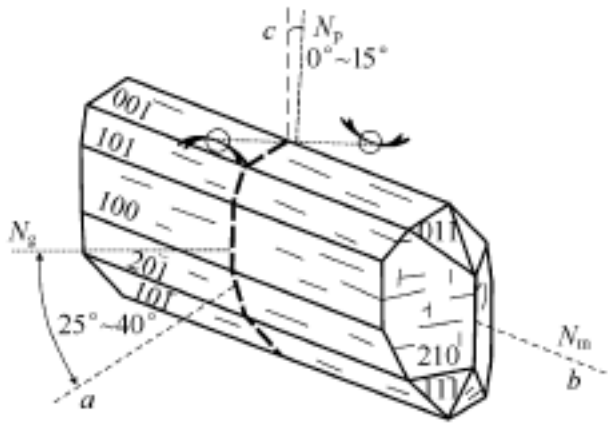


图 4 - 147 绿帘石光性方位

化学组成 绿帘石与斜黝帘石形成连续的类质同象系列。两者呈渐变过渡(照片 525, 526, 536, 537) , 此外, 成分中尚含有 MnO、MgO、TiO、FeO、Na_2O、SrO 等杂质, 随着 Al 被 Mn^{3+}、Fe^{3+} 的代换, 绿帘石可转变为红帘石(照片 540, 541) 。

结晶特点 沿 b 轴延伸的柱状晶体(照片 527) , 也经常为粒状, 集合体为粒状和放射状(照片 529) 。解理{001}完全, {100}不完全, 在垂直 b 轴的六边形切面上, 上述两组解理的夹角 65 °(115 °) 。在褐帘石晶体的边缘, 经常有绿帘石呈环边状围生(照片 534, 535) 。

光性特征 草绿色、黄绿色或暗绿色, 颜色随铁含量增加而变深, 薄片中呈浅黄色至黄

绿色, 颜色往往分布不均匀(照片 527) , 多色性较弱: N_g —浅黄绿色、淡绿、无色, N_m —黄绿色, N_p —浅黄色、无色。有些绿帘石的颜色很浅, 仅有淡淡的黄色(照片 529, 531) 。正高突起。干涉色也随含铁量增加而增大, 通常具有鲜艳而明亮的二至三级彩色干涉色, 在同一切面上, 干涉色分布不均匀(照片 528, 530) , 有时呈环带状分布(照片 533) , 这是由于其晶体内外成分变化而引起的。在绿帘石具有一级干涉色的切面上经常显示灰蓝、姜黄等异常干涉色(照片 532) 。平行 b 轴的柱状切面为平行消光, 其他切面为斜消光。延性可正可负。二轴晶负光性, 光轴角 64 °~90 °。双晶结合面为(100) 的聚片双晶少见。

鉴别特征　具有不均匀的鲜艳而明亮的二至三级彩色干涉色、正高突起、呈黄绿色的弱多色性、柱状切面近平行消光、延性可正可负、负光性等是绿帘石的鉴别特征。绿帘石和单斜辉石容易混淆, 两者区别是: ①在绿帘石的横切面上的两组解理夹角近 65 °(115 °) , 不具有近正交的辉石式解理; ②在柱状的纵切面上绿帘石近平行消光, 而单斜辉石多为斜消光, 其消光角大多在 40 °左右; ③绿帘石为负光性, 大多数单斜辉石为正光性; ④绿帘石具有单斜辉石所没有的二至三级鲜艳而明亮的彩色干涉色和灰蓝、姜黄等异常干涉色。绿帘石以干涉色高及负光性而与斜黝帘石相区别。与橄榄石区别在于绿帘石具有解理、浅黄绿色及异常彩色干涉色。

产状及其他　绿帘石在变质岩中分布很广, 在低级变质岩中, 绿帘石与绿泥石、阳起石、钠长石、方解石等矿物共生。也常与蓝闪石、黑硬绿泥石、葡萄石、白云母等共生于蓝片岩中。在晚期矽卡岩中绿帘石、阳起石、绿泥石等含水矿物交代早期不含水的矽卡岩矿物。绿帘石是岩石中的辉石、角闪石(照片 364) 、斜长石(照片 187) 、黑云母(照片 266, 270) 、石榴子石等的次生蚀变矿物之一。绿帘石也是热液作用的产物, 经常呈细脉状穿切岩石或产于晶洞和杏仁体中。由于其性质稳定是常见的重砂矿物。

红　帘　石　Piemontite

$Ca_2Mn^{3+}Al_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$

单斜晶系　$\beta = 115°42'$

$N_g = 1.762 \sim 1.829$

$N_m = 1.740 \sim 1.807$

$N_p = 1.730 \sim 1.794$

$N_g - N_p = 0.025 \sim 0.073$

(+) $2V = 64° \sim 85°$　　r r v

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_p = 2° \sim 9°$, **光轴面** ∥ (010)

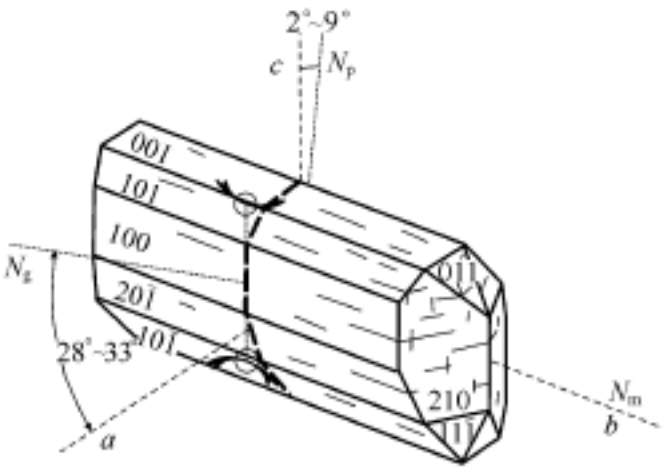


图 4 - 148　红帘石光性方位

化学组成　红帘石与绿帘石在化学成分上的主要差别是 Mn^{3+} 的含量高(Mn_2O_3 含量可高达 15%) , 同时还含有 Fe^{2+}、Mg、Mn^{2+}、Sr、Na、K 等, 其成分变化范围较大。

结晶特点　沿 b 轴延伸的柱状晶体, 常为粒状、柱状集合体。解理{ 001}完全,{ 100}不完全。

光性特征　红褐色、红黑、黑色, 薄片中颜色较特殊, 具有鲜红—柠檬黄的多色性: N_g—鲜红、褐红、紫色, N_m—玫瑰红、紫色, N_p—柠檬黄、橙黄、浅黄色(照片 40, 538, 540) 。正高突起。干涉色变化很大, 由二级绿至四级, 但由于矿物本身颜色的叠加, 干涉色与颜色有时不易分清(照片 539, 541) 。平行 b 轴的柱状切面为平行消光, 其他切面为斜消光, 延性可正

可负。二轴晶,一般为正光性,而富铁的红帘石可为负光性,光轴角达 80°,色散强。红帘石的折射率、c∧N_p、颜色、多色性随着成分中 Mn^{3+}、Fe^{3+} 含量增加而增大和加深。红帘石与黝帘石、斜黝帘石、绿帘石等连生,有时呈环带状构造,核部为红帘石,四周被斜黝帘石或绿帘石围绕,也常见核部为绿帘石或斜黝帘石,而边部为红帘石(照片 536,537 和 540,541)。结合面为(001)的聚片双晶少见。

鉴别特征　红帘石可根据其特有的颜色和多色性不难与其他矿物相区别。与锰黝帘石的区别在于后者为平行消光、折射率小、干涉色低、光轴角较小,此外,两者的多色性不同,前者 N_g—鲜红、褐红,而锰黝帘石的 N_g—浅黄、黄色,N_p—玫瑰红、暗粉色。与红色刚玉区别在于后者为一轴晶、干涉色低、无解理、有时见菱形裂理。

产状及其他　红帘石产于结晶片岩中。与锰铝榴石、石英、云母等共生产于红帘石石英片岩中。变质的锰矿床中也常有红帘石产出,在某些蓝片岩中,红帘石与蓝闪石、石英、云母共生。红帘石在蚀变的火山岩(安山岩、流纹岩、霏细岩)中作为热液蚀变矿物呈针簇状或球粒状集合体产出。

褐　帘　石　Allanite

$(Ca, Ce)_2(Fe^{3+}, Fe^{2+})(Al, Fe^{3+})_2[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$

单斜晶系　$\beta = 115°$

$N_g = 1.706 \sim 1.891$

$N_m = 1.700 \sim 1.857$

$N_p = 1.690 \sim 1.813$

$N_g - N_p = 0.013 \sim 0.036$

$2V = (-)40° \sim (+)57°$　　$r > v$

$b \parallel N_m$, $a \wedge N_g = 60°$, $c \wedge N_p = 35°$, 光轴面 ∥ (010)

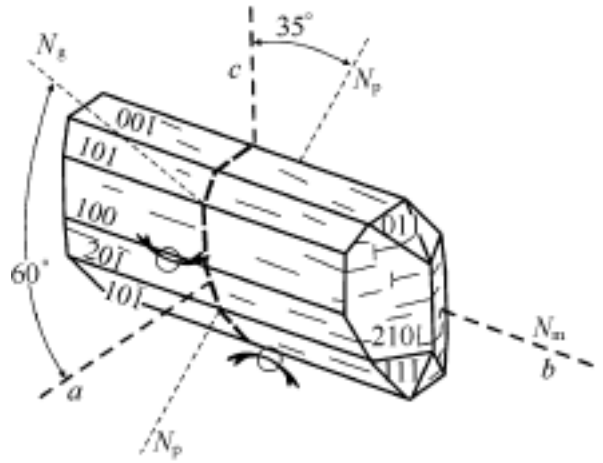


图 4－149　褐帘石光性方位

化学组成　褐帘石的成分变化较大。Ca 可被稀土元素、Mn^{4+}、U^{4+}、Th^{4+} 等代替,其中稀土元素的含量可达 10% ~27%,Al 可被 Fe^{2+}、Mg^{2+}、Ti^{2+}、Sn^{2+}、Zr^{4+} 等替代,Si 被 Be^{2+}、P^{3+} 替代,(OH) 被 O^{2-}、F^{1-} 替代。水的含量为 0.35% ~5%。由于含少量 U、Th 故具弱放射性。

结晶特点　沿 b 轴延长呈柱状(照片 545),沿(100)呈厚板状以及他形粒状,解理{001}完全,{100}解理不完全。在褐帘石晶体周围常有绿帘石环绕,形成明显的镶边(照片 534,535)。也见褐帘石与黝帘石、斜黝帘石、绿帘石和红帘石平行连生。

光性特征　亮褐色、黑色,薄片中经常为褐黄色或褐色,多色性显著:N_g—暗红褐、绿褐、绿、暗褐,N_m—褐黄、红褐、褐色、淡绿,N_p—无色、淡绿褐、褐红。正高突起(照片 542,543,545),随着成分中钙被稀土元素及 Al 被 Fe^{3+} 置换数量的增加,其折射率增大。干涉色一级橙黄—二级顶部(照片 544,545 左上),但常被本身颜色掩盖而呈褐色。平行 b 轴切面平行消光,多数切面为斜消光。二轴晶负光性,光轴面 ∥ (010),但也有的褐帘石的光轴面垂直于(010),为正光性。光轴角变化较大,色散强。褐帘石经常具有环带状构造(照片 543,545),表现为颜色深浅的差异。有时有(100)或(001)双晶(照片 535,545 左上)。

变化　褐帘石常呈非晶质化,表现在颜色变浅(照片 542)、折射率降低、呈均质性。这

是由于成分中含有放射性元素,使晶格遭受破坏,而发生变生作用的结果。

鉴别特征　据褐帘石的颜色和因变生作用而成的均质性可与绿帘石族的其他矿物相区别。褐帘石与褐色角闪石很相似,区别在于①褐帘石突起高,只有一组解理较清楚,而后者具有两组角闪石式解理;②如果在褐色矿物周围有绿帘石镶边,则该褐色矿物一定是褐帘石。

产状及其他　褐帘石主要产在花岗岩、碱性岩中,作为副矿物产出,在花岗伟晶岩和碱性伟晶岩中更为常见。在接触交代矽卡岩中,褐帘石与石榴子石、绿帘石、透闪石、透辉石等共生,但在火山熔岩中未见。褐帘石可作为稀有元素和放射性元素的矿石矿物。

绿　纤　石　Pumpellyite

$Ca_4MgAl_5(H_2O)[Si_2O_7]_2[SiO_4]_2(OH)_5$

单斜晶系　$\beta = 97.36'$

$N_g = 1.683 \sim 1.726 \sim 1.836$

$N_m = 1.670 \sim 1.720 \sim 1.814$

$N_p = 1.665 \sim 1.710 \sim 1.776$

$N_g - N_p = 0.010 \sim 0.020$

$(+)2V = 26° \sim 85°$　　r n v

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 4° \sim 32°$; **光轴面** $\parallel (010)$

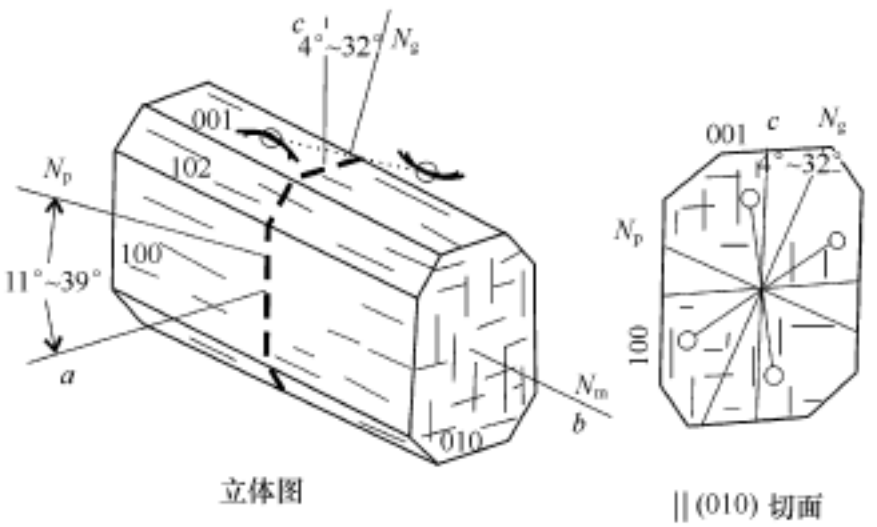


图 4－150　绿纤石光性方位

化学组成　绿纤石是绿帘石的一个变种,成分中 Al 的含量高,与斜黝帘石相近,但水的含量高,成分中若 Mg 全部被 Fe^{2+} 替代时,称为低铁绿纤石(Ferropumpellyite),若同时有 Fe^{3+} 代替 Al,且 Mg 全部被 Fe^{2+} 代替时,称为铁绿纤石(Julgoldite),它们均可与绿纤石构成类质同象系列。

结晶特点　沿 b 轴延长的柱状(照片 548)、针状,集合体为纤维状、球粒状、玫瑰花状和放射状(照片 546 左,547)。解理{100}完全,{001}不完全。

光性特征　绿褐色,薄片中无色或浅绿、浅黄、浅褐色,多色性清楚:N_g—无色、浅黄褐、褐黄,N_m—浅绿、褐黄、浅蓝绿、N_p—无色、浅黄绿、浅黄褐色(照片 546,548),吸收性:$N_m > N_g > N_p$。正高突起。折射率和双折射率随成分中铁含量的增加而增大。干涉色一级亮黄到二级蓝绿,但由于其等分线色散很强,致使常具有蓝灰、靛蓝、褐锈等异常干涉色(照片 549,547 右),且很难达到消光位。平行 b 轴的柱状切面为平行消光,其他切面为斜消光。延性可正可负,二轴晶正光性,光轴角变化较大。结合面为(001)的双晶常见,(100)的双晶少见。

鉴别特征　绿纤石最难与绿帘石和斜黝帘石区别,尤其是与斜黝帘石,两者的区别在于绿纤石的 N_m 方向呈淡绿、淡蓝绿或褐黄色,而斜黝帘石为无色或浅色,此外,绿纤石光轴角一般在 40°左右,常呈纤维状、放射状、球粒状集合体。与绿帘石区别是绿帘石具有二—三级鲜艳而明亮的彩色干涉色和负光性,而绿纤石常见灰蓝、褐的异常干涉色和正光性。

产状及其他　绿纤石主要产于低级变质的蓝闪石片岩中,与葡萄石、蓝闪石、硬柱石、黑硬绿泥石、硬玉、钠长石、绿泥石等矿物共生。在西藏羌塘地区的变质辉长岩中绿纤石、硬玉是斜长石经高压低温变质作用的产物(照片 195)。绿纤石也是热液作用产物,呈细脉产出。

蓝　晶　石　Kyanite

$Al_2[SiO_4]O$

三斜晶系

N_g = 1.724 ~ 1.734

N_m = 1.719 ~ 1.724

N_p = 1.710 ~ 1.718

$N_g - N_p$ = 0.012 ~ 0.016

(-) 2V = 69° ~ 85°　　r > v **很弱**

c∧N_g = 30°; **在**(100) **面上**, c∧N_g' = 27° ~ 32°; **在**(010) **面上**, c∧N_g' = 5° ~ 8°; **光轴面近于⊥**(010)

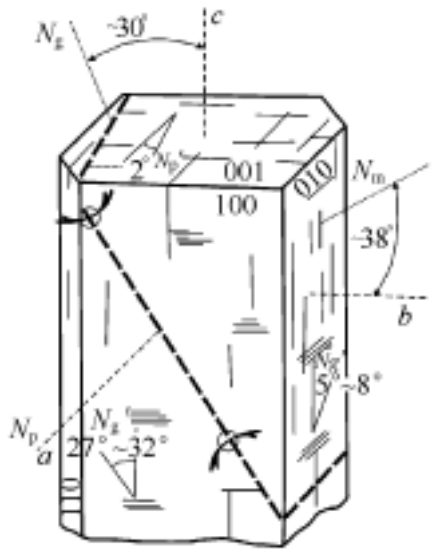


图 4－151　蓝晶石光性方位

化学组成　成分中可含 Cr_2O_3(≤12.8%)、Fe_2O_3(有时可达 7%), 以及 Ca、Fe^{2+}、Mg、Ti 等杂质。

结晶特点　晶体沿 c 轴延长并平行(100)呈板柱状, 集合体为放射状。解理{100}完全,{010}中等, 见{001}裂理。横切面上可见两组解理, 解理夹角{100}∧{010} = 74°, 其中一组细长平直的解理是{100}, 该解理近平行消光, 另一组稍粗、其连续性稍差的解理是{010}(照片 550)。上述解理特征是鉴定蓝晶石的重要标志之一。

光性特征　白色、浅蓝、蓝色, 也有灰黄、粉直至黑色, 薄片中无色, 厚切面呈浅蓝色, 多色性: N_g—淡青、蓝色, N_m—浅蓝色, N_p—无色, 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起。干涉色一级亮黄—橙(照片 551, 552, 553)。在⊥Bxa 切面(该切面为一级灰, 并有一组断续的解理即 c 轴方向)上可测得 c∧N_g = 30°。蓝晶石的柱状纵切面为斜消光, 其消光角 c∧N_g' = 0°～30°之间, 有时近平行消光, 正延性(照片 552)。二轴晶负光性, 光轴角较大。双晶结合面为(100)、(001), 常见简单和聚片双晶。

变化　蓝晶石经常转变为绢云母、白云母和叶蜡石(照片 553)。在压力升高条件下, 矽线石、红柱石等矿物不稳定转变为蓝晶石, 在温度升高时, 蓝晶石也可转变为矽线石, 压力降低时, 蓝晶石经常转变为红柱石和堇青石。蓝晶石在自然条件下较稳定。

鉴别特征　蓝晶石以其正高突起、横切面上两组解理夹角 74°以及一级干涉色、正延性、二轴晶、负光性等为主要鉴别特征。蓝晶石有时易与硬绿泥石相混, 区别是硬绿泥石为负延性, 总是有浅灰绿、灰蓝绿等颜色及正光性。蓝晶石与矽线石区别在于后者干涉色高, 平行消光、突起较低、光轴角较小、不具聚片双晶, 另外, 两者的横切面上的解理特征差别很大。与黝帘石和斜黝帘石的区别是蓝晶石不具异常干涉色, 且为正延性。蓝晶石与红柱石区别在于红柱石为正中突起、负延性、横切面上两组解理近正交, 不具有聚片双晶。

产状及其他　蓝晶石是典型的变质矿物, 常与十字石、石榴子石、云母、石英、长石等矿物共生产于中压、中温的结晶片岩中。在榴辉岩中也偶尔见蓝晶石与石榴子石、绿辉石、金红石等矿物共生产于高压变质条件下。在富含石英的变质岩中, 有时见蓝晶石与天蓝石、蓝线石、硬绿泥石、云母、石英共生, 有时偶见蓝晶石与黄玉共生。在富铝贫硅岩石中蓝晶石与刚玉、硬水铝石等矿物共生(照片 516)。但在接触变质岩及火成岩中蓝晶石很少见到。由于蓝晶石性质稳定, 在重砂及沉积岩的碎屑矿物中也有存在。蓝晶石可作为耐火材料。

薔薇辉石　Rhodonite

$Ca(Mn, Fe)_4[Si_5O_{15}]$

三斜晶系

$N_g = 1.724 \sim 1.748$

$N_m = 1.716 \sim 1.739$

$N_p = 1.711 \sim 1.734$

$N_g - N_p = 0.011 \sim 0.014$

$(+)2V = 58° \sim 76°$　　$r < v$

$a \wedge N_p = 5°$, $b \wedge N_m = 20°$, $c \wedge N_g = 25°$

化学组成　薔薇辉石成分中以 Mn 为主, 总含有 Ca、Fe、Mg 以及微量的 Al。

结晶特点　晶体为平行(001)的厚板状, 一般为粒状、块状集合体。具有完全的$\{110\}$解理,$\{110\} \wedge \{1\bar{1}0\} = 92.5°$,$\{001\}$解理中等。

光性特征　玫瑰红、褐红色, 有时为灰色或灰黄色, 表面氧化后, 常有褐黑色和黑色的锰氧化物薄膜, 薄片中无色或很淡的粉红色, 厚薄片具有多色性: N_g—浅黄色、浅橙色, N_m—粉红色、玫瑰红色, N_p—浅黄色、橙色。正高突起(照片 554)。折射率随 Fe^{3+} 的增加和钙的减少而增大。最高干涉色一级橙黄(照片 555)。斜消光, 消光角一般小于 25°。结合面为(010)的聚片双晶不常见。二轴晶正光性, 光轴角中等到较大。

鉴别特征　薔薇辉石与钙薔薇辉石的区别为后者负光性, 光轴角较小(30°～44°)。与锰辉石区别在于薔薇辉石具有较大的光轴角及一级橙黄干涉色。与单斜辉石区别在于后者干涉色多在二级, 两者颜色不同和前者在[010]晶带上为斜消光。

产状及其他　薔薇辉石主要产于含锰灰岩与火成岩接触带, 常与石英、菱锰矿、锰铝榴石、铁闪石、锰三斜辉石、磁铁矿等矿物共生。由薔薇辉石组成的致密块状岩石, 可作为细工石材, 也可用于雕刻各种精美工艺品, 氧化后, 锰质富集可作为锰矿石。

金绿宝石(红绿宝石)　Chrysoberyl

$BeAl_2O_4$

斜方晶系

$N_g = 1.753 \sim 1.758$

$N_m = 1.747 \sim 1.749$

$N_p = 1.744 \sim 1.747$

$N_g - N_p = 0.009 \sim 0.011$

$(+)2V = 45° \sim 71°$　　$r > v$

$a \parallel N_p$, $b \parallel N_m$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel (010)$

化学组成　Fe^{3+} 可以代替一部分 Al, 含 Fe_2O_3 可达 6%, 也含少量 Cr、Ti 等。含铬的金绿宝石呈翠绿色称翠绿宝石。具有平行纤维状猫眼闪光的金绿宝石称金绿猫眼。

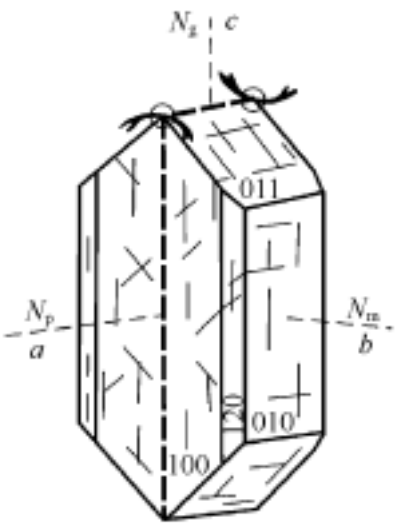


图 4－152　金绿宝石光性方位

结晶特点　晶体呈柱状或平行(100)厚板状。(010)晶面可见平行 a 轴的条纹。晶体

沿(031)形成假六方形的三连晶。解理{011}中等,{010}、{100}不完全。

光性特征　暗绿色、黄绿色、宝石绿、暗褐等,薄片中无色或黄绿色(照片556)、橙色、红色。厚切片可见多色性: N_g—宝石绿、鲜绿或淡褐, N_m—橙黄、淡黄, N_p—浅紫红或淡红色。正高突起。干涉色一级黄(照片557),据报道,有时见异常干涉色。平行消光,正延性。二轴晶正光性,光轴角变化大,对不同波长的光,其光轴角可从0°到90°。

鉴别特征　金绿宝石的特征是突起高,而干涉色低,常具假六方三连晶。与绿柱石的区别是双折射率大于绿柱石,且绿柱石为一轴晶、负光性。金绿宝石与刚玉的区别是刚玉属一轴晶负光性。某些金绿宝石在日光下呈绿、灰色,在灯光下呈紫红色。

产状及其他　花岗伟晶岩中的金绿宝石与绿柱石、独居石、电气石、铌钽铁矿、白云母等共生。也产于蚀变的细晶岩中。在接触交代岩石和气成热液铍矿床中常与绿柱石、萤石、日光榴石、尖晶石、铍镁晶石等共生。在热液型铁-铌-稀土矿床中,与萤石、白云母、氟碳铈矿共生。也见于砂矿中,伴生矿物为刚玉、石榴子石、锡石、金刚石等。色美而透明的金绿宝石可做宝石原料,亦可作仪器的轴承。

十　字　石　Staurolite

$(Fe^{2+}, Mg)_2(Al, Fe^{3+})_9O_6[SiO_4]_4(O, OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 90°$

$N_g = 1.748 \sim 1.761$

$N_m = 1.742 \sim 1.753$

$N_p = 1.736 \sim 1.747$

$N_g - N_p = 0.012 \sim 0.014$

$(+)2V = 82° \sim 90°$　　$r > v$

$a \parallel N_m$, $b \parallel N_p$, $c \parallel N_g$, **光轴面** $\parallel (100)$

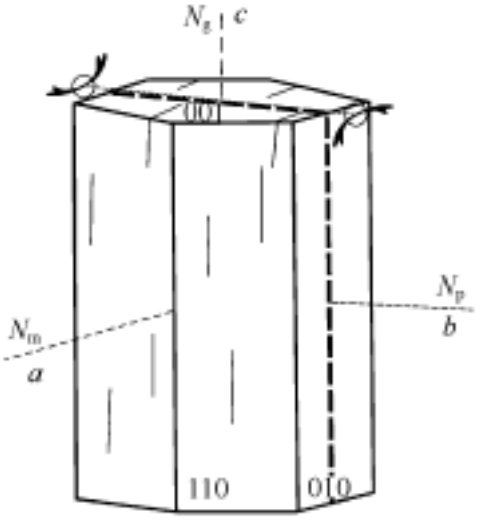


图4－153　十字石光性方位

化学组成　常含少量MgO(≤4%)、MnO、ZnO、CoO、NiO等杂质,有时Al可被Fe^{3+}(Fe_2O_3 ≤5%)代替。个别变种含ZnO可达7.44%,含CoO达8.48%。

结晶特点　晶体呈短柱状或粒状。解理{010}中等,{110}差。横切面呈似菱形和六边形(照片558,559),其上有一组平行短对角线的解理。纵切面为短柱状的长方形。十字石可沿(010)柱面与蓝晶石(100)面连生。

光性特征　暗褐、红褐和黄褐色,薄片中具无色—金黄色的弱多色性(照片558,559,560), N_g—红黄、金黄, N_m—淡黄、亮黄, N_p—近于无色,吸收性: $N_g > N_m > N_p$。也有的十字石N_g的颜色为很浅的黄色,多色性很不明显(照片561)。正高突起。干涉色一级黄—橙红(照片561)。纵切面平行消光,正延性。横切面对称消光,平行解理的短对角线方位是慢光(N_m),在该切面上可见⊥Bxa的干涉图。二轴晶正光性。光轴角大,光轴角随着组分中铁的增加而减少,有的样品为负光性。十字石常具十字双晶(照片560,561,562),当双晶面为(031)时,呈十字形双晶,如果双晶面为(231)时,则呈斜十字形双晶。在十字石晶体中,经常含有石英、碳质或石墨、云母、长石、电气石和磁铁矿等细小矿物包裹体,形成筛状变晶结构。当这些包裹体细小矿物定向排列时,则形成残缕结构。

变化　十字石变为绿泥石、绢云母及铁矿物,有时十字石也可转变为堇青石。

鉴别特征　十字石在薄片中呈无色—金黄色的多色性,正高突起,干涉色一极黄—橙红,

平行消光,正延性及其特殊的十字双晶可与其他的黄色矿物相区别。十字石与符山石的区别在于后者有异常干涉色、无解理、一轴晶、且经常是负延性。十字石与具金黄色多色性的硅镁石区别是后者为正中突起、干涉色达二级、常具有聚片双晶,且两者共生组合相差较大。

产状及其他　十字石是典型的变质矿物,经常与蓝晶石、石榴子石、云母、矽线石、石英、长石等矿物共生产于中级变质的结晶片岩中,偶见十字石与硬绿泥石共生,有时与红柱石共生产于接触变质和低级变质岩石中。由于十字石性质稳定,可在砂矿中存在。十字石可作为磨料,也用于喷砂中,清洁金属、除漆和净化建筑物。

闪　叶　石　Lamprophyllite

$Sr\{Na_3Ti[Ti_2(Si_2O_7)_2]O_2F\}$

单斜晶系　$\beta = 96°30'$

$N_g = 1.770 \sim 1.779$

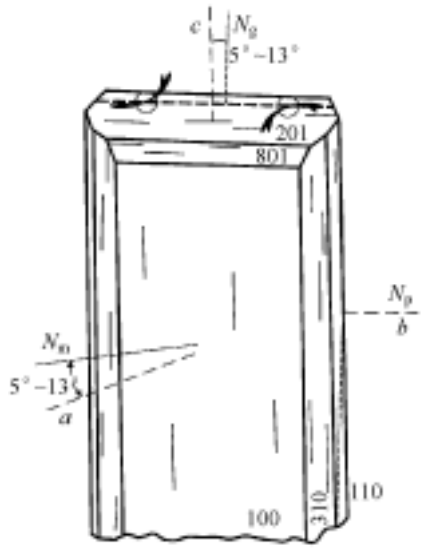
$N_m = 1.747 \sim 1.754$

$N_p = 1.735 \sim 1.746$

$N_g - N_p = 0.033 \sim 0.035$

$(+)2V = 23° \sim 41°$　　$r > v$ **较强**

$b \parallel N_p$, $c \wedge N_g = 5° \sim 13°$, $a \wedge N_m = 5° \sim 13°$, **光轴面** $\perp (010)$



化学组成　含少量 Al_2O_3、K_2O、MnO、H_2O 等。Ba^{2+} 代替 Sr 可达 10.5%。Ca^{2+}、Na^{1+} 也可少量代替 Sr。

结晶特点　晶体沿(100)延展成板状或沿 c 轴延长呈针状、棒状、叶片状、刃状,集合体为放射状。解理{100}完全,{010}、{011}不完全。

图 4－154　闪叶石光性方位

光性特征　金褐色,解理面暗褐色,薄片中黄色至褐色(照片 563, 565),多色性明显:N_g—橙黄、稻草黄,N_m—褐草黄、稻草黄,N_p—黄、淡黄,吸收性:$N_g > N_m > N_p$。正高突起。干涉色为二级橙—红(照片 564)。纵切面斜消光,消光角小,近于平行消光,正延性,可见聚片双晶。二轴晶正光性,光轴角不大,色散较强 $r > v$。

鉴别特征　闪叶石的晶形、突起和特有的颜色、多色性,较易识别。闪叶石同星叶石的区别在于星叶石的光轴角较大,双折射率较大。

产状及其他　闪叶石产于碱性岩,如异性霞石正长岩、霓霞岩及其他霞石正长岩和有关的伟晶岩中。常与霓石、霞石、异性石、钝钠辉石、绿层硅铈钛矿等共生。

独居石(磷铈镧矿)　Monazite

$Ce[PO_4]$

单斜晶系　$\beta = 104°24'$

$N_g = 1.828 \sim 1.851$

$N_m = 1.777 \sim 1.801$

$N_p = 1.774 \sim 1.800$

$N_g - N_p = 0.045 \sim 0.075$

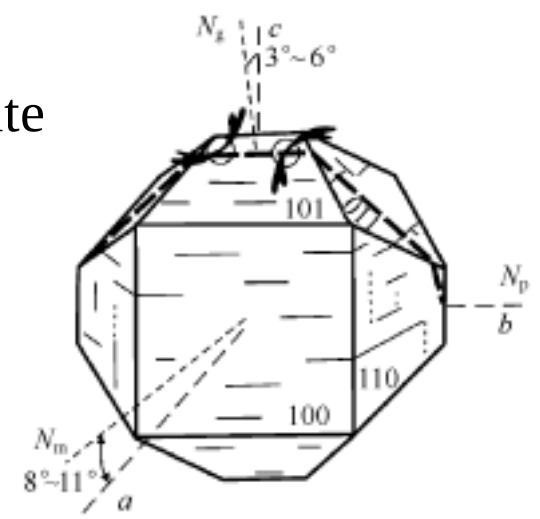


图 4－155　独居石光性方位

(+)2V=6°~19°

b∥N_p, c∧N_g=3°~6°; a∧N_m=8°~11°; 光轴面⊥(010)

化学组成 Pr^{3+}、Sm^{3+}、Nd^{3+}、Er^{3+}、Ho^{3+}经常替代其中的阳离子, $(SiO_4)^{4-}$有时可替换部分(PO_4)。根据成分中的稀土元素的含量, 可分为铈-独居石(Ce、La、Nb、Th)PO_4和镧-独居石(La、Ce、Nd)PO_4, 且以前者最为常见。普通变种含ThO_2 4%~12%, 也有完全不含钍者。富含Ca、Th、U且ThO_2约30%的变种称富钍独居石(Cheralite)。富含Si者称硅独居石(Silicomonazite)。

结晶特点 独居石常呈自形粒状小晶体, 有时呈∥(100)的板状、叶片状, 或沿c或b轴延长呈柱状。{100}解理中等, {001}完全(照片566)。

光性特征 黄、褐、红褐色, 薄片中为黄色或无色, 多色性微弱: N_g—浅绿黄, N_m—暗绿, N_p—亮黄。正高—极高突起。折射率随着含钍量而增高, 糙面显著, 干涉色高达三级中至高级白(照片567)。纵切面斜消光, 但消光角很小, 近于平行消光, 最大达10°。沿c轴延长的切面解理缝垂直柱面长边为正延性(多数), 而b轴延长的切面解理缝平行其长边则为负延性(少见)。沿(100)简单双晶较常见, 沿(001)的聚片双晶少见。部分变生独居石双折射率很低N=1.79, 但在1130℃加热几小时后, 折射率有所增大(N_g=1.83)。二轴晶正光性, 光轴角小, 一般为6°~19°, 硅独居石2V=16°~23°。

鉴别特征 独居石以其独有的亮黄色、突起高、干涉色高、多色性不明显等特征, 可与一般矿物区别。独居石与锆石的区别在于锆石的突起高、无完好解理、为一轴晶。独居石与榍石相似, 区别在于榍石的双折射率比它更高, 干涉色为高级白; 独居石与橄榄石、绿帘石等的区别在于前者的光轴角较小。独居石与磷钇矿的区别是后者折射率较低(N_o约1.72), 而独居石很少低于1.78, 此外, 紫外光下独居石呈碧绿色, 而磷钇矿保持通常颜色或发浅绿黄色。

产状及其他 独居石是某些花岗岩和片麻岩中常见的副矿物, 在伟晶岩中可呈较大的晶体, 与褐帘石、锆石、绿柱石、铯榴石、黑稀金矿等共生。独居石也产于与花岗岩有关的高温热液矿床中, 与赤铁矿、磁铁矿、萤石等共生, 是主要稀土矿物之一。独居石性质稳定, 所以常出现于重砂中。

钡铁钛石 Bafertisite

$Ba\{Fe_2[Ti(Si_2O_7)]O(OH)_2\}$

单斜晶系 β=94°

N_g=1.860

N_m=1.823

N_p=1.808

N_g-N_p=0.052

(-)2V=54°

b∥N_g, c∧N_m=31°; 光轴面⊥(010)

化学组成 钡铁钛石是1959年我国发现的钛硅酸盐矿物。成分中Fe^{2+}可被Fe^{3+}、Mn^{2+}代替, Ti可被Nb^{3+}代替。同时(OH)可被O^{2-}代替。

结晶特点 晶体呈板状、片状或针状, 也常呈放射状(照片568)、片状集合体。解理{100}中等。

光性特征　鲜红、浅褐或黄红色，薄片为黄褐色或黄红色（照片 568），多色性较明显：N_g—淡黄色，N_m—黄色，N_p—黄红或黄褐色。反吸收性：$N_p > N_m > N_g$。正极高突起，干涉色高达三级顶（照片 569）。二轴晶负光性，光轴角中等。往往可见双晶。

变化　在表生条件下，钡铁钛石常常不稳定，这是因为其成分中含有很多 FeO。风化产物为黄色和褐色的赭石，其中含有 Fe_2O_3 和 TiO_2，该矿物的 X 射线粉晶照相表明其中混合有胶状板钛矿。

鉴别特征　钡铁钛石呈板状晶体，与重晶石相似，但前者镜下为黄褐色、黄红色，可见多色性，而重晶石为无色，且二者光性符号相反，双折射率重晶石远远小于钡铁钛石。与闪叶石的区别是后者折射率、双折射率均较前者小，且为正光性。

产状及其他　该矿物首次发现在我国内蒙古热液矿脉中，产于蚀变的板岩、白云岩中，共生矿物有霓石、黑云母、重晶石、黄铁矿、磁铁矿、镁钠闪石、易解石等。作为热液矿物，钡铁钛石也见于东北辽河群珍珠门组蓝闪石片岩的破碎带中，与稀土矿物、铀钍矿物共生。

钠铁非石（钛硅铁钠石，三斜闪石）　Aenigmatite

$Na_2Fe_5^{2+}[Ti(Si_2O_6)_3]O_2$

三斜晶系

$N_g = 1.88$

$N_m = 1.82$

$N_p = 1.81$

$N_g - N_p = 0.07$

$(+)2V = 32°$　　$r < v$

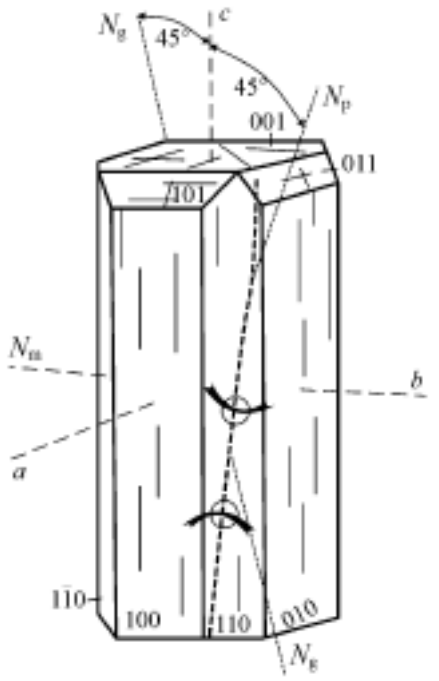


图 4－156　钠铁非石光性方位

化学组成　成分变化复杂，其中 Fe^{2+} 常被 Fe^{3+}、Al^{3+}、Mg^{2+} 和 Mn^{2+} 部分代替，而 Na 可被少量 Ca^{2+}、K^{1+} 代替。有时含痕量元素 Sr、Zn、Be、Cu、Ga 等。我国西藏的 A 型花岗岩中的钠铁非石主要成分为：SiO_2 40.69% ～41.79%，Na_2O 7.36% ～7.9%，TiO_2 8.96% ～9.18%，FeO（包括少量 Fe_2O_3）39.39% ～40.85%。

结晶特点　钠铁非石沿 c 轴延长呈柱状、针状。{010}和{100}解理中等（照片 570 左上），夹角 66°。

光性特征　黑色，薄片中红褐色、褐色（照片 570），强光下可见多色性：N_g—暗褐黑色，N_m—暗栗褐色，N_p—亮红褐色。吸收性：$N_g > N_m > N_p$。正极高突起。高级白干涉色，但常被本身颜色掩盖，光轴面近于平行$(\bar{1}10)$。在(110)切面上消光角 $c \wedge N_g' = 4°$；在$(\bar{1}10)$切面上 $c \wedge N_g = 45°$。有时可见结合面为(110)的聚片双晶。二轴晶正光性，光轴角较小。

鉴别特征　钠铁非石与钛闪石的区别是钛闪石的双折射率小，见角闪石式解理（夹角 56°）。与钛硅镁钙石（褐斜闪石）区别在于后者 N_p 为绿褐色。

产状及其他　钠铁非石见于霞石正长岩、方钠石正长岩、钠质粗面岩、霞石碧玄岩及霞石岩等碱性岩或碱性花岗岩中，与霓石、钠铁闪石等共生。

硼 镁 铁 矿　Ludwigite

$(Mg, Fe^{2+})_2Fe^{3+}[BO_3]O_2$

斜方晶系

$N_g = 1.97 \sim 2.02$

$N_m = 1.83 \sim 1.85$

$N_p = 1.83 \sim 1.85$

$N_g - N_p = 0.14 \sim 0.17$

(+) 2V **很小**　　r > v **很强**

a ∥ N_p, b ∥ N_m, c ∥ N_g, **光轴面** ∥ (010)

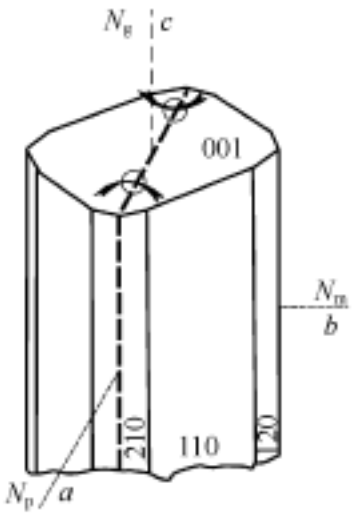


图 4－157　硼镁铁矿光性方位

化学组成　硼镁铁矿与硼铁矿可为完全类质同象, 当 Mg > Fe^{2+} 为硼镁铁矿, Mg < Fe^{2+} 时为硼铁矿(Vonsenite)。Fe^{3+} 可为 Al^{3+} 代替。成分中可有少量 Mn、Ca、Ti、Si 等杂质。

结晶特点　沿 c 轴延长的棱柱状晶体, 集合体为纤维状、粒状、束状、放射状、簇状。无解理。

光性特征　硼镁铁矿呈暗绿色至黑色, 薄片中几乎不透明, 在薄的切片或细小晶体中的多色性: N_g—棕色、褐色, N_m—深橄榄绿色, N_p—深绿色。富铁硼镁铁矿的多色性 N_g—红棕色, N_m—绿色, N_p—暗绿色。吸收性: $N_p > N_m > N_g$。正极高突起, 折射率随 Fe^{2+} 含量增加而增大, 随铝含量增加而降低。高级白干涉色, 但常被其本身颜色所掩盖。平行消光, 正延性。二轴晶正光性, 光轴角很小。

变化　可转变为褐铁矿, 也可次生分解为纤维状硼镁石和磁铁矿。

鉴别特征　硼镁铁矿以其正极高突起、色深、平行消光、高级白干涉色、正延性等特征可与其他矿物区别。与黑柱石区别在于黑柱石有解理, 光轴角较大。

产状及其他　硼镁铁矿产于富镁质碳酸盐岩的接触变质岩中, 是接触交代成因的高温矿物。共生矿物有磁铁矿、透辉石、镁橄榄石、硼镁石、硅镁石和金云母等。

孔　雀　石　Malachite

$CuCu[CO_3](OH)_2$

单斜晶系　$\beta = 98°$

$N_g = 1.909$

$N_m = 1.875$

$N_p = 1.655$

$N_g - N_p = 0.254$

(-) 2V = 43°～44°　　r < v **明显**

b ∥ N_m, c∧N_p = 23°30′, **光轴面** ∥ (010)

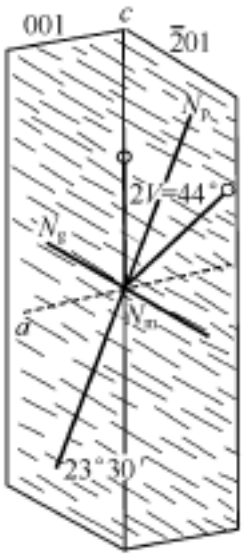


图 4－158　孔雀石光性方位

化学组成　Cu 可部分被 Zn^{2+} 所替换, 孔雀石含锌变种称锌孔雀石。成分中可含 Ca、Fe、Si、Ti、Na、Pb、Ba、Mn、V 等杂质。

结晶特点　晶体为针状至纤维状, 丛生成簇状、肾状、葡萄

状、皮壳状、充填脉状、土状等。在肾状集合体内部具有同心层状或放射状纤维特征。解理{$\bar{2}$01}、{010}完全,镜下常可见其解理纹(斜交长柱方向)。

光性特征　绿色,暗绿、鲜绿,薄片中绿色或有时无色,多色性较明显: N_g—深绿色, N_m—黄绿色, N_p—浅绿、白至无色(照片 571)。吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正极高—中突起。干涉色高级白,但常被本身颜色掩盖,斜消光,负延性(对延长方向而言)。见穿插双晶或聚片双晶。二轴晶负光性,光轴角较小。

鉴别特征　根据颜色、形态可鉴定之。孔雀石以其沿纤维的斜消光和很大的双折射率(高级白干涉色)可与氯铜矿(Atacamite)区别。孔雀石两组解理中较发育的{$\bar{2}$01}解理斜切晶体延长方向(如图 4－159),而氯铜矿和水胆矾(Brochantite)只有一组解理且与延长方向平行。

产状及其他　孔雀石在铜矿的氧化带中普遍可见,与蓝铜矿、辉铜矿、赤铜矿、氯铜矿、针铁矿等共生。特别是在石灰岩区或含有多量碳酸盐的铜矿床中,孔雀石更常见。孔雀石常依蓝铜矿、赤铜矿、自然铜、方解石、黄铜矿等矿物形成假象,因此在一些含铜石英脉中也可见到。

榍　　石　　Sphene

$CaTi[SiO_4]O$

单斜晶系　$\beta = 119°43'$

$N_g = 1.943 \sim 2.110$

$N_m = 1.870 \sim 2.034$

$N_p = 1.843 \sim 1.950$

$N_g - N_p = 0.100 \sim 0.192$

$(+)2V = 23° \sim 50°$　　$r > v$ 强

$b \parallel N_m$, $c \wedge N_g = 51°$, $a \wedge N_p = 21°$, **光轴面** ∥(010)

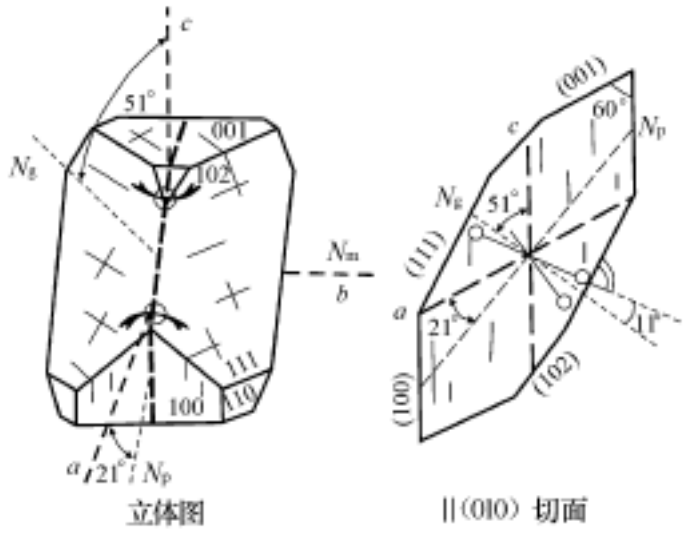


图 4－159　榍石光性方位

化学组成　成分中的 Ca 可被 TR(钇 > 铈)、Mn^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+} 等替代, Ti 可被 Al^{3+}、Fe^{2+}、Fe^{3+}、Mg^{2+}、Nb^{3+} 等替代, O 可被 OH^{1-} 或 F^{1-} 代替。富含 $(Y, Ce)_2O_3$(达 12% ～28%)者称钇榍石。富含 Mn(达 3%)者称红榍石。

结晶特点　榍石晶体呈菱形、楔形或不规则粒状(照片 574),有时板状、柱状、针状或粒状集合体。薄片中常见菱形或双楔形断面,{110}解理中等,但薄片中多不见解理而见裂纹。

光性特征　蜜黄、绿、褐或黑色。薄片中黄或淡褐色,多色性微弱: N_g—红褐色, N_m—淡黄色, N_p—近无色,吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正极高突起(照片 574)。干涉色高级白(照片 573, 575),常混有本色。榍石的菱形横切面往往表现为对称消光。有时可见结合面为(100)的简单双晶(照片 572, 573),偶见聚片双晶。二轴晶正光性,光轴角小或中等。

变化　榍石可分解为白钛矿,在反射光下呈白色或淡黄色。此外也可变为方解石、金红石、锐钛矿等,有时锐钛矿呈黄色纤维状或土状。

鉴别特征　根据榍石特有的菱形或楔形切面、极高突起、干涉色高级白等特征可与一般矿物区别。与方解石区别在于榍石突起高,而闪突起不明显。榍石与斜锆石区别在于它缺

乏好的解理,且为正光性。与独居石区别是后者干涉色三至四级较鲜艳,折射率较榍石小。褐帘石折射率、双折射率都比榍石小得多。

产状及其他　榍石是火成岩中分布较广的副矿物,特别在酸性岩、碱性岩如花岗岩、正长岩、霞石正长岩、闪长岩、粗面岩、安山岩中,与长石、锆石、磷灰石、磁铁矿共生。在一些伟晶岩如正长伟晶岩中有较大的榍石晶体产出。榍石也常见于一些矽卡岩或混染岩中,有时可以作为混染结构的一种标志矿物大量产出,可与透辉石、绿帘石、石榴子石、磁铁矿、绿泥石共生。榍石也见于片麻岩、变质灰岩和结晶片岩中。榍石由于化学性质稳定可产于砂矿中,也在于沉积岩中呈自生矿物产出。

黑稀金矿　Euxenite

$Y(Nb,Ti)_2O_6$

斜方晶系

$N_g = 2.150\ (2.26)$

$N_m = 2.144\ (2.24)$

$N_p = 2.140\ (2.18)$

$N_g - N_p = 0.010\ (0.008)$

$(+)2V = 69°\ (70°)$

$a \parallel N_p$, $b \parallel N_g$, $c \parallel N_m$, **光轴面**$\perp(010)$

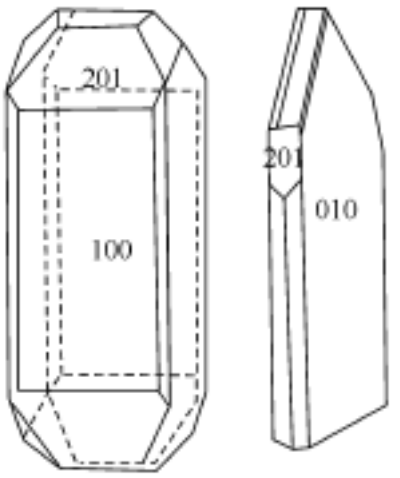


图 4-160　黑稀金矿晶形

化学组成　成分复杂常含 Al、Fe 等杂质。U 的含量有时可达 7%。Ti 含量也往往较多,当 TiO_2 含量达 28% ±时,称为复稀金矿(Polycrase)。

结晶特点　晶体呈柱状,沿(010)板柱状、板状。无解理。晶面(201)∧($\bar{2}$01) = 56°。以此可与易解石(74°)区分开。

光性特征　晶粒黑色,有时浅绿色或浅褐色色调,条痕浅黄或浅红褐色,碎片透明,红褐色、黄褐色,部分褐黄色。经次生变化后矿物表面有一层黄色薄膜。薄片中褐黄色,浅棕褐色、红褐色以及绿色。正极高突起,糙面异常显著。干涉色一般为一级黄白,但常因变生作用而呈均质性,N = 2.06 ~2.29,加热后可达 2.22 ~2.35。其他光性很难观察。

变化　黑稀金矿经常发生变生作用,显均质性。

鉴别特征　根据其特有的颜色,极高突起以及由于放射性导致变生非晶质化,使双折射率减小并常呈均质性可区别于一般矿物。准确的鉴定须结合红外、X 射线分析和化学分析等。

产状及其他　黑稀金矿一般产于富含钇族稀土元素的花岗伟晶岩中,与独居石、锆石、褐帘石、钍石、磷钇矿、钇铌矿、钛铁矿等共生。有时出现于花岗岩及花岗岩附近的砂矿中。在蚀变花岗岩、碱性正长岩、伟晶岩等的钠长石化蚀变带中也可见到,与锆石、磷钇矿、硅铍钇矿、星叶石等矿物共生。

易　解　石　Aeschynite

$Ce(Ti,Nb)_2O_6$

斜方晶系

N_g = 2. 34

N_p = 2. 28

N_g - N_p = 0. 06

(±) 2V = 75 °

a ∥ N_p, b ∥ N_m, c ∥ N_g, **光轴面** ∥ (010)

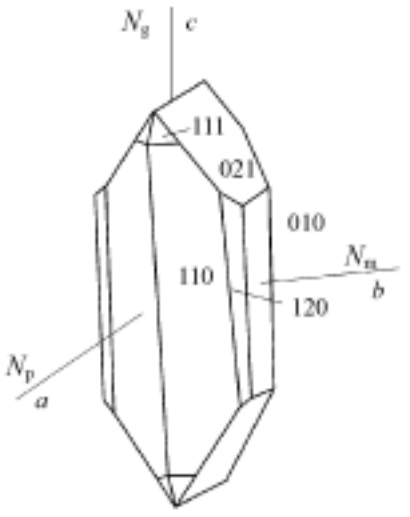


图 4 - 161　易解石光性方位

化学组成　主要含铈族稀土元素。其中 Ce_2O_3 + (La, Dy)$_2O_3$ 为 20% ±, (Y, Zr)$_2O_3$ 仅为 3% ±。除含 TR、Th、Nb、Ti 外, 尚含 U、Sn、Zr 等杂质, 可与含铌易解石(Niobo-aeschynfte) 及钇易解石(Priorite) 分别构成类质同象系列。

结晶特点　晶体呈棱柱状、厚板状或针状、粒状。在未非晶质化标本上可见{010}裂理, 薄片中一般不见或不明显。

光性特征　黑褐、红褐到黄棕色, 条痕黑色到褐色, 薄片中褐色、棕色(照片 576), 多色性明显: N_g—褐, N_m—棕, N_p—浅黄棕, 吸收性: $N_g > N_m > N_p$。正高突起。易解石因经常发生变生非晶质化, 而常显均质性, 透射光下黑棕色, 不透明, N = 2. 27, 加热后可增加到 N = 2. 45。经过煅烧后可恢复非均质性。

变化　易解石常遭变生作用。此外, 经过次生变化的易解石, 表面有褐色晕圈。

鉴别特征　易解石的颜色和极高突起为其突出特点, 由于变生作用, 其他光学常数不易在薄片中鉴定。薄片中的观察, 可作为初步鉴定资料, 更准确的鉴定须结合重砂、光片、X 射线分析、红外等。

产状及其他　易解石主要产于碱性岩及与之有关的碱性伟晶岩、碳酸岩中, 与锆石、铌钇矿共生。有时也见于花岗岩与白云岩的接触带, 与白云石、方解石、磁铁矿、独居石、氟碳铈矿等共生。易解石也在花岗伟晶岩中偶见, 与钠长石、烧绿石、铌铁矿、褐帘石、钛铁金红石等共生。易解石也曾在黑云母正长岩中见到(为副矿物)。

斜　锆　石　Baddeleyite

ZrO_2

单斜晶系　β = 99 °30 ′

N_g = 2. 20 ~2. 243

N_m = 2. 19 ~2. 236

N_p = 2. 13 ~1. 136

N_g - N_p = 0. 07 ~0. 107

(-) 2V = 30 °±　　r > v

b ∥ N_m, a∧N_g = 2 °30 ′, c∧N_p = 12 °, **光轴面** ∥ (010)

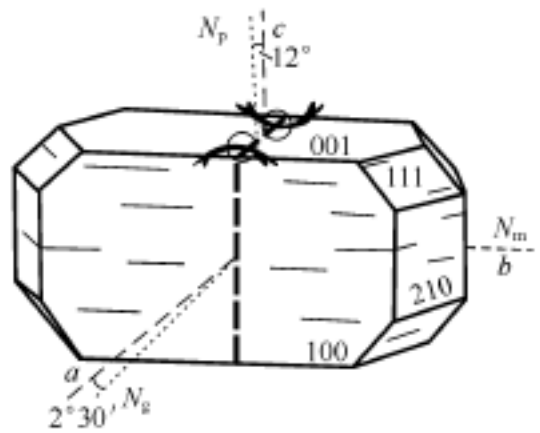


图 4 - 162　斜锆石光性方位

化学组成　Zr 经常被 Hf^{4+} 代替。成分中还常混入 Fe^{3+}、Sc、Th 及 Na、K、Mg、Mn、Al、Si 等。

结晶特点　晶体常平行(100) 呈板状, 或沿 b 轴延长呈柱状, 集合体为放射纤维状。{001}解理完全,{010}不完全, 有{110}的裂理。

光性特征　无色、黄、红褐色至黑色, 薄片中无色至棕褐色, 有时呈带状, 多色性: N_g—褐或淡褐, N_m—橄榄绿或褐色, N_p—黄或绿色, 反吸收性: $N_p > N_m > N_g$。正极高突起, 糙面很显著。干涉色达四级和高级白。斜消光, 在平行(100) 板状晶面上为平行消光, 正延性。

有时可见聚片双晶。二轴晶正光性,光轴角一般较小,有时可达 50°。色散较明显。

鉴别特征 斜锆石与锆石区别在于斜锆石突起极高,二轴晶负光性及斜消光。与锡石、金红石的区别是后二者均为一轴晶、各切面均为平行消光,而斜锆石多为斜消光,二轴晶。独居石的突起较斜锆石要低的多。

产状及其他 斜锆石主要产于碱性岩如霞石正长岩中,与磷灰石、钙钛矿、褐钇铌矿、尖晶石等共生。产于碳酸岩中的斜锆石与烧绿石、磷灰石共生。在磁铁辉石岩中作为次生矿物产出,也见于辉石岩与大理岩的接触带中,与钛锆钍矿、钙钛矿等共生。在含透长石熔岩的孔洞里也曾发现过斜锆石,与萤石、霞石、烧绿石、褐帘石等共生。在某些砂矿床中斜锆石与金刚石、自然金、石榴子石、钛铁矿等伴生。

铌钇矿 Samarskite $Y(Fe,U)(Nb,Ta)_2O_8$。铌钇矿是由铁、铀、钇族元素组成的铌、钽矿物,铌-钽间为完全类质同象。UO_2 的含量最高可达 17.84%,Nb_2O_5 的含量也较高。具强放射性。斜方晶系,当温度在 660℃时为单斜晶系。晶体呈柱状、板片状,常呈不规则粒状、浸染状产出。{010}解理极不完全。褐色或黑色,在次生条件下,矿物变为黄色,薄片中呈红褐、暗褐、浅褐或橙黄色,有时近于不透明。极高突起。$N_m = 2.21 \sim 2.25$。干涉色低。铌钇矿大多呈变生状态显均质性,$N = 2.10 \sim 2.22$,有时在同一切片中部分为均质性,部分为非均质性,可见到干涉色呈斑点状分布,二轴晶、负光性,光轴角小。铌钇矿突出的特点是其颜色、极高突起、常见干涉色不均匀分布。详细鉴定须结合光片(灰色,反射率 14.8~16.6)、放射性试验、X 射线分析等。铌钇矿主要产于花岗伟晶岩及花岗岩中,与独居石、铌铁矿、磷钇矿、绿柱石、褐钇铌矿及长石、云母、石英等共生。也见于冲积砂矿中,与电气石、褐钇铌矿、绿柱石、石榴子石等伴生。

板 钛 矿 Brookite

TiO_2

斜方晶系

$N_g = 2.700 \sim 2.741$

$N_m = 2.584 \sim 2.586$

$N_p = 2.583$

$N_g - N_p = 0.117 \sim 0.158$

$(+)2V = 0° \sim 30°$

a ∥ N_g, b ∥ N_p, c ∥ N_m, **光轴面** ∥ (001) (红光,黄光)

a ∥ N_g, b ∥ N_m, c ∥ N_p, **光轴面** ∥ (010) (绿光,紫光)

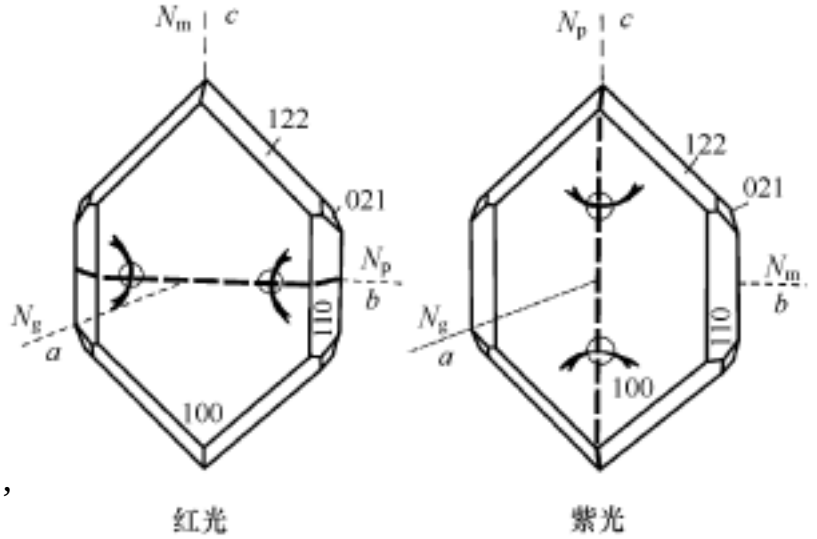


图 4-163 板钛矿光性方位

化学组成 含少量 Fe^{3+},有时 Fe_2O_3 可达 4.5%。还常含有少量 Nb、Ta。

结晶特点 晶体呈平行(100)的板状、锥状或柱状。在(100)和(010)面上可见平行 c 轴的条纹。板钛矿有时与金红石形成有规则的连生,两矿物的 c 轴平行,金红石的(110)平行于板钛矿的(110)或(122)。在云母中也见到板钛矿的定向包裹体,当(122)发育时,呈假六方锥状晶体,其变种称黑钛矿(Arkansite)。板钛矿解理{110}不完全。

光性特征 黄、褐、红褐或黑色,薄片中黄褐色、金黄褐色或红褐色,多色性弱:N_g—亮黄色、紫褐色,N_m—橙黄色、亮黄色,N_p—无色、橄榄绿、黄褐色,吸收性:$N_g \geq N_m > N_p$ 或 $N_m > N_g > N_p$。正极高突起,糙面极显著。干涉色极高,达高级白。板钛矿光率体色散特别强,呈交叉轴面色散,是其重要特征。对红光或橙黄光,光轴面 ∥ (001),$2V = 10° \sim 20°$,光轴角

色散 r < v; 对于绿光和紫光, 光轴面∥(010), 2V = 20°～30°; 光轴角色散 r > v; 而对波长 = 589.3 nm 的黄光, 其光轴角为 0°; 如果用白光观察板钛矿则呈现异常干涉色, 找不到全黑的消光位, 在锥光下观察⊥Bxa 干涉图时, 在 45°位置不见黑臂, 只见对称干涉色带。

鉴别特征　板钛矿以其极高突起、很大的双折射率、特征的颜色和强异常色散等特点, 可与一般矿物相区别。板钛矿与金红石比较, 板钛矿解理不发育, 而金红石则有一组发育的解理, 且呈柱状、针状习性。铁板钛矿(Pseudobrookite, Fe_2TiO_5)是一种外表很像板钛矿的独立矿物, 具有比板钛矿低的折射率, 更大的光轴角, 且没有上述异常的色散性质。针铁矿为红褐色, 负光性, 可与板钛矿区别。

产状及其他　板钛矿在某些火成岩和变质岩中作为副矿物产出, 也产于某些热液脉中, 常与锐钛矿、榍石、金红石、冰长石、钠长石、绿泥石、赤铁矿等共生。在与砂岩接触的碱性正长岩中, 板钛矿呈脉状或浸染状产出。在沉积岩中作为碎屑矿物出现。在砂矿中也可见到。还有人曾报道在安山岩气孔中生长有板钛矿。

第五章　薄片中常见不透明矿物的鉴别特征

在薄片鉴定中,与透明矿物共生或伴生的常有一些不透明矿物或半透明矿物,在透射光下进行光性鉴定比较困难,但根据某些可识别的特点,如晶形、解理、产状等,再采用一些简便的方法一般是可以将较常见的不透明矿物区别开。常用的方法是:用一自然白光源(太阳光或日光灯即可),从物台上方斜射至薄片,并同时挡住由镜下射出的透射光源,这就形成了一个简易的"反射光下"观察的条件。此时,在单偏光镜下观察所测不透明矿物的颜色、光泽,结合晶形、产状等,往往是可以满足薄片鉴定的需要。下面对一些常见不透明矿物,仅就薄片中的光性特征作简要介绍,可供参考。

碳　质　物

结晶特点　非晶质,常见为微小颗粒(照片 577),尘土状,闪光小碎片。

薄片中特点　不透明,呈深褐色至灰色、黑色(照片 577)。反射光下无光泽,黑色有时显褐色。

鉴别特征　岩石薄片中的碳质聚集体内部或者边缘,可见到细小的,极薄的金红石小针,具有一级或二级的干涉色。反射光下无光泽可与磁铁矿区别。

产状及其他　沉积岩如页岩、碳质板岩、灰岩及其初级变质岩中可见碳质物呈粒状、碎片状分布产出,在某些受应力作用的岩石中,有时可见到在其层面上有碳质物的出溶。

石　　墨　Graphite

C

六方晶系

N_o = 1.93 ~2.07

结晶特点　晶体沿(0001)呈六方形薄片状(照片 578)、板状。岩石中常呈分散的小鳞片状,也有的为致密块状和土状。{0001}完全解理,可弯曲。可呈显晶质、隐晶质或非晶质。

薄片中特点　黑色(照片 578),反射光下金属光泽,铅灰色。极薄的薄片中可透光,绿灰色,双折射率不强。

鉴别特征　石墨与辉钼矿相似,反射光下石墨为铅灰色而辉钼矿略带蓝灰色。石墨与磁铁矿外形不同,反射光下,石墨为较亮的灰色,而磁铁矿是淡蓝灰色。

产状及其他　石墨主要产于变质岩中,如碳质板岩、灰岩的接触变质岩中,作为接触变质矿物产出。在片岩、片麻岩中也有出现。沿石墨片岩层理成细粒聚集体,在片麻岩中有时聚集成矿巢夹层。石墨也是应力作用下形成的矿物之一,如在断层面上或揉皱带层间滑动面上常有石墨的聚集。

磁　铁　矿　Magnetite

$FeFe_2O_4$

等轴晶系

N = 2.42

结晶特点　晶形为八面体或菱形十二面体。通常呈不规则粒状，致密块状，有时呈骸晶，解理平行于八面体的裂开面。具磁性。薄片中常呈四方形自形晶（照片 579），或粒状、不规则状（照片 580）。

薄片中特征　不透明，甚至极薄的薄片也不透明，黑色，反射光下钢灰色（照片 579，580），金属光泽。实际工作中常见到在反射光下磁铁矿表面附有白色棉絮状物（白钛矿），表明这种磁铁矿中含有钛铁矿成分（后者常呈细条纹状嵌晶分布于前者中），可称为钛磁铁矿或含钛磁铁矿。

鉴别特征　磁铁矿与钛铁矿、赤铁矿、铬铁矿等最易相混。钛铁矿的晶形与磁铁矿不同，钛铁矿常呈树枝状骸晶和六角形断面，有时呈拉长的菱面体，其表面或边缘往往有不透明的白钛矿（反射光下白色、棉絮状），可与磁铁矿相区别，但当磁铁矿中含有较多的钛时，只能根据晶形区别。赤铁矿在反射光下往往为半透明的红色。铬铁矿的边缘为半透明的褐色、棕色。

产状及其他　磁铁矿在岩石中分布最广泛。在三大岩类中均为常见矿物之一（含量一般很少）。此外，在一些岩石如沉积的碧玉铁质岩、磁铁岩以及接触交代矽卡岩、区域变质的磁铁石英岩中，都作为主要矿物产出，甚至形成铁矿床。一些镁铁质硅酸盐矿物如橄榄石、黑云母、角闪石等蚀变过程中常伴有磁铁矿的析出。在高温热液矿脉中也常见。

赤　铁　矿　Hematite

Fe_2O_3

三方晶系

N_o = 3.15 ~ 3.22

N_e = 2.87 ~ 2.94

(-) $N_o - N_e$ = 0.28

化学组成　自然界 Fe_2O_3 有两个同质多象变体，α-Fe_2O_3，三方晶系，具刚玉型结构，称赤铁矿（稳定变体）；γ-Fe_2O_3 为等轴晶系，具尖晶石型结构，称磁赤铁矿（亚稳定变体）。赤铁矿成分中 Fe 含量 69.94%，O 为 30.06，含少量 Ti、Mg、Al、Mn、Fe^{2+} 和 Si 等。

结晶特点　晶体由菱面体和底轴面构成薄板状，通常为粒状，鳞片状或致密块状，有时具平行$\{10\bar{1}1\}$菱形裂开。

薄片中特征　薄片中可成六边形，有时呈磁铁矿假象。反射光下具金属光泽，铁黑至钢灰色（照片 581），极薄的薄片中透射光下可呈透明红色或橙红色，有微弱多色性：N_o—褐红色，N_e—黄红色。常以细尘状机械混入物的形式包裹在长石（正长石、更长石）以及白云母或石英、辉石等矿物中，并将长石染红。

鉴别特征　在薄片中透射光下，当呈现红色片状或尘土状时，比较容易识别。当呈现不

透明的厚菱面体和不规则粒状时,不易与磁铁矿区别。此时可加大光源(或加聚光镜),透射光下观看矿物边缘薄的部位是否为红色,若呈红色者为赤铁矿。

产状及其他　赤铁矿在火成岩、沉积岩、变质岩以及各种含铁质矿脉中都可出现。

铬　铁　矿　Chromite

$(Mg, Fe)Cr_2O_4$

等轴晶系

N = 2.05 ~2.16

结晶特点　晶体呈八面体,通常呈粒状及致密块状。薄片中可见自形的断面,呈对角线接近相等的菱形或近方形。在矿石中见有豆状及空心皮壳状。

薄片中特征　铁黑至褐黑色,几乎不透明,晶粒的边缘或极薄的晶粒微透明,呈红色、褐红色。在反射光下黑色,带有褐色色调,金属光泽不强。

鉴别特征　铬铁矿与磁铁矿的区别在于其边缘微透明,红褐色及反射光下带褐色色调。

产状及其他　铬铁矿见于超镁铁质岩如辉石岩、橄榄岩、纯橄榄岩及蛇纹岩及其附近砂矿中。常呈自形晶。也见于月岩和陨石中。

褐　铁　矿　Limonite

$FeO \cdot OH \cdot nH_2O$

N = 2.0 ~2.1

结晶特点　褐铁矿实际上是隐晶质的针铁矿。针铁矿为斜方晶系。通常所见的褐铁矿是针铁矿、纤铁矿、水针铁矿以及含水的氧化硅和粘土物质的混合物。常呈土状、肾状、钟乳状。

薄片中特征　不透明或半透明,黄褐色至暗褐色,有时为黑色。反射光下呈褐色,一般不显金属光泽。细而薄的颗粒有时为半透明,呈褐色和红褐色。在岩石中常常是铁镁矿物风化后形成的含水氧化铁。有时呈黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、白铁矿的假象。

鉴别特征　褐铁矿在反射光下呈褐色,不具金属光泽为主要特征。

产状及其他　褐铁矿是一种常见的次生矿物,火成岩、变质岩中铁镁矿物风化后均能形成褐铁矿。在沉积岩中常呈结核状、鲕状、皮壳状产出。也可作碎屑的胶结物。

黄　铁　矿　Pyrite

FeS_2

等轴晶系

结晶特点　晶体为立方体,五角十二面体或二者的聚形。也常呈不规则浸染粒状、结核状或呈脉状。有时出现穿插双晶。

薄片中特征　正方形或五角形断面,也常见不规则粒状。黑色,反射光下金属光泽,浅黄铜色或黄白色(带青色色调)(照片 582)。由于易氧化,边部常被红褐色、褐黄色的含水氧化铁或不含水的氧化铁所包围。有时全部氧化成为褐铁矿,具黄铁矿外形(假象)。

鉴别特征　黄铁矿在反射光下呈黄色，可与磁铁矿、铬铁矿等区别，黄铁矿与黄铜矿的区别在于黄铁矿反射光下的颜色较淡。与磁黄铁矿的区别在于磁黄铁矿反射光下为古铜色。

产状及其他　黄铁矿在火成岩特别是与金属矿化有关的一些强蚀变的中酸性火成岩中以及金属硫化物热液矿脉中常见。沉积岩中呈团状、结核状，有时为砂岩的胶结物，黄铁矿也见于千枚岩、绿泥片岩等变质岩中。

磁 黄 铁 矿　Pyrrhotite

$Fe_{1-x}S$

六方晶系

化学组成　成分式中 X = 0.1 ~0.2，常含有 Ni, Co, Mn 等杂质。

结晶特点　晶体为柱状、板状，通常呈致密块状或不规则状。具平行底面的裂理，具磁性。

薄片中特征　黑色不透明，反射光下新鲜断面呈金属光泽，古铜黄色。空气中久曝后变为褐色。

鉴别特征　磁黄铁矿与黄铁矿相似，根据其反射光下呈古铜黄色并具磁性可区别。磁黄铁矿与镍黄铁矿共生，性质相似，在薄片中不易区别，有时见镍黄铁矿特有的八面体劈开。

产状及其他　磁黄铁矿产于铁镁质火成岩及有关的火成岩矿床中，也见于汽化热液形成物中，在沉积变质岩和沉积铁矿中分布较多。

钛　铁　矿　Ilmenite

$FeTiO_3$

三方晶系

N > 2.7

结晶特点　晶体呈底轴面与菱面的聚形。常呈厚板状，薄板状乃至叶片状，薄片中常呈树枝状骸晶和六角形断面，有时呈拉长的菱面体状、不规则粒状和致密块状。结合面依 $(10\bar{1}1)$ 的双晶较发育。常见 $\{10\bar{1}1\}$ 的裂理，沿 $\{0001\}$ 的裂理可弯曲。

薄片中特征　不透明，极薄时边缘微透明，暗褐色至紫褐色，在反射光下呈褐黑色。光泽较磁铁矿、赤铁矿暗淡。由于常变为白钛矿，因此在反射光下经常看到的是白色。在辉石（特别是斜方辉石）、角闪石、斜长石中常见细针状钛铁矿包裹体有规律的排列。

变化　常见沿钛铁矿晶体边部或整个晶体变为白钛矿，白钛矿在反射光下呈白色棉絮状，不透明。

鉴别特征　钛铁矿在薄片中不透明，与磁铁矿、赤铁矿很相似，但是钛铁矿的菱面体晶形和树枝状骸晶的形状特点以及常变为白钛矿可以鉴别。

产状及其他　钛铁矿主要产于镁铁质岩石中，特别是辉绿岩、粗玄岩中。碱性岩有关的气成作用产物也有钛铁矿的富集。钛铁矿也见于片麻岩、云母片岩、角闪岩等一些变质岩中。钛铁矿常呈针状、片状包裹物出现在辉石、角闪石和斜长石中。在碎屑岩中作为碎屑矿物存在。

辰　　砂　Cinnabar

HgS

三方晶系

N_o = 2. 913

N_e = 3. 272

(+) N_e - N_o = 0. 359

结晶特点　晶体通常呈菱面体或沿(0001) 成厚板状及柱状、针状。在岩石中常呈不规则粒状, 致密块状或粉末状。{ 10$\bar{1}$0} 解理完全。

薄片中特征　红色, 有时为淡灰色。半透明, 反射光下为蓝灰色, 透射光的强光下(可加聚光镜) 为鲜红色, 有时还见多色性: N_e —橙黄、红色, N_o —暗红色, 双折射率很高。具较强的旋光性。有时可见双晶。

变化　红色的辰砂在 334℃(一个大气压) 时可转变为黑辰砂。

鉴别特征　辰砂半透明、具鲜红的颜色为其特征。当赤铁矿呈红色薄片状时, 与辰砂相似, 除后者可见柱状解理外, 二者仅在薄片中较难区分, 此时可借助于硬度和相对密度, 赤铁矿硬度(5 ～6) 大于辰砂(2 ～2. 5) , 而相对密度前者(5. 2) 小于后者(8 ～8. 2) 。

产状及其他　辰砂为低温热液产物, 可见于低温热液脉、火山喷出孔中。作为地表水沉淀物, 和粘土及沥青物质一起沉积, 形成“ 肝色矿石 ”。在砂矿中成浑圆颗粒出现。

矿物的晶体化学分类

一、硅酸盐矿物

(一) 架状硅酸盐矿物

石英及其 SiO_2 变体: 蛋白石(8)、石英(32)、玉髓(33)、柯石英(34)、鳞石英(35)、方英石(35)、斯石英(超石英)(36)、焦石英(36)、热液石英(凯石英)(36)。

长石族

碱性长石亚族: 透长石(84)、正长石(85)、冰长石(86)、微斜长石(86)、歪长石(87)、条纹长石(88); 斜长石亚族: 钠长石(97)、更(奥)长石(98)、中长石(99)、拉长石(100)、倍(培)长石(100)、钙长石(101); 钡冰长石亚族: 钡冰长石(102)、钡长石(103)。

霞石族: 霞石(28)、钾霞石(29)、六方钾霞石(29); 白榴石(13)、铯榴石(14); 透锂长石(77); 方柱石族(37); 钙霞石(27); 方钠石族: 方钠石(10)、黝方石(11)、蓝方石(12)、青金石(12); 沸石族: 八面沸石(67)、方沸石(9)、菱沸石(66)、中沸石(72)、丝光沸石(68)、钠沸石(69)、柱沸石(73)、浊沸石(74)、辉沸石(71)、钡沸石(76)、杆沸石(75)、片沸石(71)、交沸石(73)、钙十字沸石(70)、钙沸石(76); 斜发沸石(69); 日光榴石族(15); 香花石(15); 包头矿(61); 钠锆石(131); 赛黄晶(142)。

(二) 正硅酸盐和环状硅酸盐矿物

石榴子石族: 镁铝榴石(19)、铁铝榴石(20)、锰铝榴石(21)、钙铝榴石(21)、钙铁榴石(22)、黑榴石(22)、钙铬榴石(22); 橄榄石族: 镁橄榄石(176)、贵橄榄石(176)、铁橄榄石(178)、锰橄榄石(178)、钙镁橄榄石(179); 伊丁石(174); 锆石(60); 钍石(58); 硅铍石(47); 绿层硅铈钛矿(148); 红柱石(144)、蓝晶石(206); 十字石(208); 硅镁石族: 块硅镁石(134)、粒硅镁石(135)、硅镁石(135)、斜硅镁石(136); 黄玉(138); 榍石(213); 蓝线石(196); 复合矿(143); 羟硅铍石(132); 硬柱石(172); 绿帘石族: 黝帘石(200)、斜黝帘石(201)、绿帘石(203) 褐帘石(204)、红帘石(203) 绿纤石(205); 符山石(55); 矽线石(148); 硬绿泥石(171); 硅硼钙石(147); 假蓝宝石(198); 黄长石(44); 绿柱石(39); 堇青石(103); 电气石(45); 异性石(40); 斧石(173); 多铝红柱石(147)。

(三) 链状硅酸盐矿物

辉石族

斜方辉石亚族: 顽火辉石(182)、古铜辉石(183)、紫苏辉石(184)、尤莱辉石(易熔石)(185); 单斜辉石亚族: 斜顽辉石(187)、斜紫苏辉石(187)、易变辉石(188)、透辉石(188)、钙铁辉石(190)、普通辉石(190)、钛辉石(191)、霓辉石(193)、霓石(194)、绿辉石(192)、硬玉(195)、锂辉石(196); 硅灰石(142); 蔷薇辉石(207); 角闪石族: 直闪石(153)、铝直闪石(154)、镁铁闪石(155)、铁闪石(156)、透闪石(156)、阳起石(157)、普通角闪石(158)、浅闪

注( ) 中数字为该矿物在本书中的页码。

石(160)、韭闪石(160)、钛闪石(161)、玄武闪石(162)、绿钙闪石(163)、红钠闪石(164)、钠闪石(163)、钠铁闪石(164)、蓝闪石(165)、青铝闪石(166)、镁钠闪石(167);针钠钙石(133);钠铁非石(三斜闪石)(211);菱硼硅铈矿(57)。

(四)层状硅酸盐矿物

蛇纹石族:纤蛇纹石(114)、叶蛇纹石(114)、利蛇纹石(115)、胶蛇纹石(116);滑石(117);叶蜡石(118);高岭石(107)、地开石(108)、珍珠陶土(108);黑硬绿泥石(150);鱼眼石(30);绿泥石族:叶绿泥石(120)、斜绿泥石(121)、蠕(铁)绿泥石(122)、鲕绿泥石(122)、鳞绿泥石(123);云母族:白云母(125)、多硅白云母(126)、钠云母(126)、黑云母(127)、金云母(129);锂云母(130)、铁锂云母(130);海绿石(137);绿鳞石(138);葡萄石(141);黄绿脆云母-绿脆云母(169);珍珠云母(170);水白云母(111);蒙脱石(胶岭石、微晶高岭石)(109)、绿脱石(绿高岭石、囊脱石)(110)、皂石(111)、蛭石(112);硅硼钙石(147);钡铁钛石(210);闪叶石(209);星叶石(197)。

二、非硅酸盐矿物

(一)氧化物和氢氧化物

锐钛矿(63);钙钛矿(24)、铈铌钙钛矿(24);易解石(214);刚玉(57);赤铁矿(219);方镁石(16);方钍石(23);斜锆石(215);尖晶石(17)、铬铁矿(220)、磁铁矿(219);金绿宝石(207);塔菲石(铍镁晶石)(56);烧绿石(23)、细晶石(23);钛铁矿(221);金红石(63);锡石(62);板钛矿(216);黑稀金矿(214);易解石(214);火山玻璃(13);水镁石(38);水铝氧石(116);硬水铝石(一水硬铝石)(199);褐铁矿(水针铁矿)(220);铌钇矿(216)。

(二)碳酸盐和硫酸盐矿物

碳酸盐类:方解石(48)、菱镁矿(49)、菱铁矿(50)、菱锰矿(51)、白云石(52);菱锌矿(53);文石(173);菱锶矿(碳酸锶矿)(168);毒重石(碳酸钡矿)(172);孔雀石(212);氟碳铈矿(55);氟碳钙铈矿(54);黄河矿(57);明矾石(36)、黄钾铁矾(59);硬石膏(117);重晶石(144)、天青石(139);石膏(78)。

(三)磷酸盐、硼酸盐、钨酸盐

磷灰石(41)、胶磷矿(42);凤凰石(44);磷锂铝石-羟磷锂铝石(131);独居石(209);磷钇矿(54);天蓝石(140);硼镁铁矿(212);硼镁石(146);硼砂(65);白钨矿(59);

(四)单质、硫化物及卤化物

金刚石(26);石墨(218);黄铁矿(220);磁黄铁矿(221);闪锌矿(25);辰砂(222);光卤石(65);钾盐(12);萤石(8);

中、英、俄文矿物名称对照及本书采用的矿物英文代号

(按拼音字母排列)

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
A				
埃洛石(多水高岭石)		Halloysite	Галлуазит	107
奥长石(更长石)		Oligoclase	Олигоклаз	98
B				
八面沸石		Faujasite	Фоязит	67
白榴石	Lct	Leucite	Лейцит	13
白钨矿	(Sch)	Scheelite	Шеелит	59
白云母	Ms	Muscovite	Мусковит	125
白云石	Dol	Dolomite	Доломит	52
板钛矿	Brk	Brookite	Брукит	216
包头矿(硅钡钛银矿)		Baotite	Баотит	61
钡冰长石		Hyalophane	Гиалофан	102
钡长石		Celsian	Цельзиан	103
钡沸石		Edingtonite	Эдингтонит	76
钡铁钛石		Bafertisite	Бафертисит	210
贝得石(拜来石)		Beidellite	Бейделлит	106
倍长石(培长石)		Bytownite	Битовнит	100
碧玉		Jasper	Яшма	34
变水高岭石(变叙永石)		Metahalloysite	Метагаллуазит	108
扁菱沸石(菱沸石)	Cbz	Chabazite	Шабазит	66
冰长石	(Aul)	Adularia	Адуляр	86
勃姆石(一水软铝石)	Bhm	Boehmite	Бёмит	199
C				
层硅铈钛矿		Rinkite	Ринкит	148
长石		Feldspar	Полевой шпат	78
超石英(斯石英)		Stishovite	Стишовит	36
辰砂		Cinnabar	Киноварь	222

注: 矿物代号据 Kretz, R, (1983), ( ) 中的代号是按 Kretz 的编写原则由作者编制。

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
赤铁矿	Hem	Hematite	Гематит	219
磁铁矿	Mag	Magnetite	Магнетит	219
磁黄铁矿	Po	Pyrrhotite	Пирротит	221
脆云母	Clt	Clintonite (Brittle mica)	Клинтонит	69
D				
大隅石		Osumilite	Осумилит	105
单斜辉石	Cpx	Clinopyroxene	Клинопироксены	186
单斜闪石	Cam	Clinoamphibole	Клино- амфиболы	152
淡斜绿泥石		Leuchtenbergite	Лейхтенбергит	122
蛋白石	(Opl)	Opal	Опал	8
地开石(迪开石)		Dickite	Дикит	108
电气石	Tur	Tourmaline	Турмалин	45
毒重石(碳酸钡矿)	Wth	Witherite	Витерит	172
独居石(磷铈镧矿)	Mnz	Monazite	Монацит	209
多硅白云母		Phengite	Фенгит	126
多铝红柱石(莫来石)	Mul	Mullite	Муллит	147
多水高岭石(叙永石、埃洛石)		Halloysite	Галлуазит	107
E				
鲕绿泥石		Chamosite	Шамозит	122
F				
反条纹长石		Antiperthite	Антипертит	88
方沸石	Anl	Analcite (Analcime)	Аналыцит	9
方解石	Cal	Calcite	Калыцит	48
方镁石	Per	Periclase	Периклаз	16
方钠石	Sdl	Sodalite	Содалит	10
方钍石		Thorianite	Торианит	23
方英石(方石英)	Crs	Cristobalite	Кристобалит	35
方柱石	Scp	Scapolite	Скаполит	37
沸石	(Ze)	Zeolite	Цеолит	66
凤凰石(钍铈磷灰石)		Fenghuanglite	Фенгхуанглит	44
符山石	Ves	Vesuvianite	Везувиан	55
氟石(萤石)	Fl	Fluorite	Флюорит	8
氟磷灰石		Fluorapatite	Фторапатит	43
氟碳铈矿(白云矿)		Bastnaesite	Бастнёзит	55
氟碳钙铈矿		Parisite	Паризит	54
斧石	Ax	Axinite	Аксинит	173

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
复合矿	(Gnd)	Grandidierite	Гранлидьерит	143
负异性石		Eukolite	Эвколит	41
G				
钙长石	An	Anorthite	Анорлит	101
钙沸石		Scolecite	Сколецит	76
钙铬榴石		Uvarovite	Уваровит	22
钙铝黄长石	Gh	Gehlenite	Геленит	44
钙铝榴石	Grs	Grossular	Гроссуляр	21
钙镁橄榄石	Mtc	Monticellite	Монтичеллит	179
钙镁黄长石	Ak	akermanite	окерманит	44
钙十字沸石		Phillipsite	Филлипсит	70
钙钛矿	Prv	Perovskite	Перовскит	24
钙铁辉石	Hd	Hedenbergite	Геденберлит	190
钙铁榴石	Adr	Andradite	Андрадит	22
钙霞石	Ccn	Cancrinite	Канкринит	27
钙柱石		Meionite	Мейонит	38
杆沸石	(Tmn)	Thomsonite	Томсонит	75
橄榄石	Ol	Olivine	Оливин	175
刚玉	Crn	Corundum	Корунзд	57
高岭石	Kln	Kaolinite	Каолинит	107
锆石	Zrn	Zircon	Циркон	60
铬白云母(铬云母)	(Mrp)	Fuchsite	Фуксит	126
铬尖晶石		Picotite	Пикотит	17
铬铁矿	Chr	Chromite	Хромит	220
更长石(奥长石)		Oligoclase	Олигоклаз	98
古铜辉石	(Brn)	Bronzite	Бронзит	183
顾家石		Gugiaite	Гупиаит	45
光卤石		Carnallite	Карналлит	65
硅钡钛铌矿(包头矿)		Baotite	Баолит	61
硅灰石	Wo	Wollastonite	Волластонит	142
硅磷灰石		Ellestadite	Эллестадит	43
硅镁石	Hu	Humite	Гумит	135
硅硼钙石	(Dtt)	Datolite	Датолит	147
硅铍石(似晶石)	(Phn)	Phenakite, Phenacite	Фенакит	47
贵橄榄石	(Chs)	Chrysolite	Хризолит	176

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
H				
海泡石		Sepiolite	Сепиолит	113
海绿石	Glt	Glauconite	Глауконит	137
褐帘石	Aln	Allanite	Аллланит	204
褐铁矿	Lm	Limonite	Лимонит	220
黑榴石	(Mln)	Melanite	Меланит	22
黑云母	Bt	Biotite	Биотит	127
黑稀金矿		Euxenite	Эвксенит	214
黑硬绿泥石	Stp	Stilpnomelane	Стильпномелан	150
红帘石	(Pmn)	Piemontite	Пьемонтит	203
红钠闪石	Ktp	Katophorite	Катофорит	164
红柱石	And	Andalusite	Андалузит	144
滑石	Tlc	Talc	Тальк	117
黄长石	Mel	Melilite	Мелилит	44
黄河矿		Huanghoite	Хуанхит	57
黄钾铁矾	(Jrs)	Jarosite	Ярозит	59
黄绿脆云母		Xanthophyllite	Ксантофиллит	69
黄铁矿	Py	Pyrite	Пирит	220
黄玉	Toz	Topaz	Топаз	138
黄浊沸石		Leonhardite	Леонгардит	75
辉沸石(束沸石)	Stb	Stilbite	Стильбит	71
辉石	Px	Pyroxene	Пироксен	180
火山玻璃		Volcanic glass	Вулканическое стекло	13
J				
钾钠长石		Kalialbite	Калиальбит	79
钾长石	kfeldspar	Kfs	Калиевый полевой шпат	87
钾羟磷灰石		Lewistonite	Левистонит	43
钾盐		Sylvite (Sylvine)	Сильвин	12
钾霞石		Kaliophilite	Калиофилит	29
假蓝宝石	Spr	Sapphirine	Сапфирин	198
鸡血石(血玉髓)	Heliotrope		Гелиотроп	34
尖晶石	Spl	Spinel	Шпинель	17
碱性长石		Alkalifeldspar	Аокаои Феоъэцпат	81
碱磷灰石		Dehrnite	Дернит	43
焦石英		Lechatelierite	Лешательерит	36
胶磷矿	(Clh)	Collophane	Коллюфан	42
胶岭石(蒙脱石)	Mnt	Montmorillonite	Монтмориллонит	109

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
胶蛇纹石	(Sht)	Serpophite	Серпофит	116
交沸石		Harmotome	Гармотом	73
角闪石	(Am)	Amphibole	Амфиболы	150
角闪石石棉		Asbestinite	Амфиболы асбест	158
金刚石		Diamond	Алмаз	26
金红石	Rt	Rutile	Рутил	63
金云母	Phl	Phlogopite	Флогопит	129
金绿宝石(红绿宝石)		Chrysoberyl	Хризоберилл	207
堇青石	Crd	Cordierite	Кордиерит	103
韭闪石	Prg	Pargasite	Паргасит	160
绢云母	(Srt)	Sericite	Серицит	125
绢石	(Bas)	Bastite	Баститт	115
K				
凯石英(热液石英)		Keatite	Китит	36
钪绿柱石(硅钪铍矿)		Bazzite	Бацит	40
柯石英	(Ct)	Coesite	Коусит	34
空晶石		Chiastolite	Хиастолит	144
孔雀石		Malachite	Малахит	212
块硅镁石	Nrb	Norbergite	Норбергит	134
L				
拉长石		Labradorite	Лабрадор	100
蓝方石	Hyn	Haüyne	Гаюин	12
蓝晶石	Ky	Kyanite	Кианит	206
蓝闪石	Gln	Glaucophane	Глаукофан	165
蓝线石	(Dum)	Dumortierite	Дюмортберит	196
锂电气石	Elb	Elbaite	Эльбаит	47
锂辉石	Spd	Spodumene	Сподумен	196
锂云母(鳞云母)	Lpd	Lepidolite	Лепидолит	130
粒硅镁石	Chn	Chondrodite	Хондродит	135
利蛇纹石	Lz	Lizardite	Лизардит	115
磷灰石	Ap	Apatite	Апатит	41
磷锂铝石		Amblygonite	Амблигонит	131
磷钇矿		Xenotime	Ксенотим	54
鳞绿泥石		Thuringite	Тюрингит	123
鳞石英	Trd	Tridymite	Тридимит	35
菱沸石(扁菱沸石)	Cbz	Chabazite	Щабазит	66
菱镁矿	Mgs	Magnesite	Магнезит	49
菱锰矿	Rds	Rhodochrosite	Родохрозит	51

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
菱硼硅铈矿(铈硼硅石)	(Stw)	Stillwellite	Стилуэлит	57
菱锶矿(碳酸锶矿)	Str	Strontianite	Стронцианит	68
菱铁矿	Sd	Siderite	Сидерит	50
菱锌矿		Smithsonite	Смитсонит	53
六方钾霞石	Kls	Kalsilite	Калсилит	29
铝尖晶石		Aluminum - spinel	Алюмо шпинель	17
铝直闪石	Ged	Gedrite	Ж едрит	154
氯磷灰石		Chlorapatite	Хлорапатит	43
绿脆云母	(Clt)	Clintonite	Клинтонит	69
绿层硅铈钛矿		Rinkolite	Ринколит	148
绿钙闪石(绿钠闪石)	Hs	Hastingsite	Гастингсит	163
绿辉石	Omp	Omphacite	Омфацит	192
绿帘石	Ep	Epidote	Эпидот	202
绿鳞石	(Cdn)	Celadonite	Селадонит	138
绿泥石	Chl	Chlorite	Хлорит	119
绿脱石(绿高岭石、囊脱石)		Nontronite	Нонтронит	110
绿纤石	Pmp	Pumpellyite	Пумпеллиит	205
绿柱石	Brl	Beryl	Берилл	39
M				
镁电气石	Drv	Dravite	Дравит	47
镁橄榄石	Fo	Forsterite	Форстерит	176
镁铝榴石	Prp	Pyrope	Пироп	19
镁钠闪石	Mrb	Magnesioriebeckite	Магнезиорибекит	167
镁钠铁闪石	(Mav)	Magnesioarfved-sonite	Магнезио арфведсонит	164
镁硼石(小藤石)		Kotoite	Котоит	146
镁铁闪石	Cum	Cummingtonite	Куммингтонит	155
蒙脱石(胶岭石)	Mnt	Montmorillonite	Монтмориллонит	109
锰橄榄石		Tephroite	Тефроит	178
锰红柱石		Viridine	Виридин	145
锰铝榴石	Sps	Spessartine	Спессартин	21
锰黝帘石		Thulite	Тулит	201
蜜黄长石		Meliphanite	Мелифанит	45
苗木石		Naegite	Непит	61
明矾石		Alunite	Алунит	36
莫来石(多铝红柱石)	Mul	Mullite	Муллит	147

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
N				
钠长石	Ab	Albite	Альбит	97
钠沸石	Ntr	Natrolite	Напролит	69
钠锆石	(Cpt)	Catapleiite	Катаплеит	131
钠闪石	Rbk	Riebeckite	Рибекит	63
钠铁非石(三斜闪石)		Aenigmatite	Эннигматит	211
钠铁闪石	Arf	Arfvedsonite	Арфведсонит	164
钠云母	Pg	Paragonite	Парагонит	126
钠柱石		Marialite	Мариалит	38
囊脱石(绿脱石)		Nontronite	Нонтронит	110
霓辉石	Agt	Aegirine - augite	Эгирин- авгит	193
霓石	(Aeg)	Aegirine	Эгирин	194
铌铈铌钙钛矿		Niboloparite	ниобоиопарит	24
铌钇矿		Samarskite	Самарскит	216
粘土矿物		Claymineral	Глинистые минералы	105
P				
培长石(倍长石)		Bytownite	Битовнит	100
硼镁石	(Szb)	Szaibelyite	Сайбелиит	146
硼镁铁矿		Ludwigite	Людвипит	212
硼砂		Borax	Бура	65
铍镁晶石(塔菲石)	(Tff)	Taaffeite	Тааффеит	56
铍榴石		Danalite	Даналит	16
片沸石	Hul	Heulandite	Гейландит	71
坡缕石(山软木)		Palygorskite	Палыгорскит	106
葡萄石	Prh	Prehnite	Пренит	141
普通辉石	Aug	Augite	Авгит	190
普通角闪石	Hbl	Hornblende	Роговая обманка	158
Q				
浅闪石	Ed	Edenite	Эденит	160
蔷薇辉石	Rdn	Rhodonite	Родонит	207
羟磷灰石		Hydroxyapatite	Гидроксилапатит	43
羟磷锂铝石		Montebrasite	Монтебразит	131
羟硅磷灰石		Hydroxyl - elles-tadite	Гидроксил-эллестадит	43
羟硅铍石	(Btr)	Bertrandite	Бертрандит	132
青金石	(Laz)	Lazurite	Лазурит	12
青铝闪石	(Cte)	Crossite	Кроссит	166

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
氢氧镁石(水镁石)	Brc	Brucite	Брусит	38
曲晶石		Cyrtolite	Циртолит	61
R				
热液石英(凯石英)		Keatite	Китит	36
日光榴石	(Hlv)	Helvine, Helvite	Гельвин	15
蠕绿泥石(铁绿泥石)		Prochlorite	Прохлорит	122
软玉		Nephrite	Нефрит	158
锐钛矿	Ant	Anatase	Анатаз	63
S				
赛黄晶		Danburite	Данбурит	142
三水铝石(水铝氧石)	Gbs	Gibbsite	Гиббсит	116
三斜闪石(钠铁非石)		Aenigmatite	Энигматит	211
霰石(文石)	Arg	Aragonite	Арагонит	173
铯榴石(铯沸石)	(Plt)	Pollucite	Поллуцит	14
闪锌矿	Sp	Sphalerite	Сфалерит	25
闪叶石	(Lmp)	Lamprophyllite	Лампрофиллит	209
烧绿石(黄绿石)		Pyrochlore	Пирохлор	23
蛇纹石	Srp	Serpentine	Серпентин	113
十字石	St	Staurolite	Ставролит	208
石膏	Gp	Gypsum	Гипс	78
石榴子石	Grt	Garnet	Гранат	18
石墨	Gr	Graphite	Графит	218
石英	Qtz	Quartz	Кварц	32
铈磷灰石		Britholite	Бритолит	43
铈铌钙钛矿		Loparite	Лопарит	24
铈硼硅石(菱硼硅铈矿)	(Stw)	Stillwellite	Стилуэлит	57
束沸石(辉沸石)	Stb	Stilbite	Стильбит	71
水白云母(伊利水云母)		Hydromuscovite	Гидромусковит	111
水锆石		Malacon	Малакон	61
水钙铝榴石(水绿榴石)		Hydrogrossular	Гидрогроссуляр	22
水铝石(硬水铝石)	Dsp	Diaspore	Диаспор	199
水铝氧石(三水铝石)	Gbs	Gibbsite	Гиббсит	116
水镁石(氢氧镁石)	Brc	Brucite	Брусит	38
斯石英(超石英)		Stishovite	Стишовит	36
丝光沸石(发光沸石)		Mordenite	Морденит	68
似晶石(硅铍石)	(Phn)	Phenakite	Фенакит	47
T				
塔菲石(铍镁晶石)	(Tff)	Taaffeite	Таафеит	56

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
钛辉石		Titanaugite	Титанавгит	191
钛榴石(钙钛榴石)		Schorlomite	Шорлюмит	22
钛闪石	Krs	Kaersutite	Керсутит	161
钛铁矿	Ilm	Ilmenite	Ильменит	221
钛斜硅镁石		Titanoclinohumite	Титанклиногумит	137
碳磷灰石		Carbonate - apatite	Карбонатапатит	43
碳羟磷灰石		Dahllite	Даллит	43
碳酸锶矿(菱锶矿)	Str	Strontianite	Стронцианит	168
碳酸盐	(Cbn)	Carbonate	Карбонаты	48
汤河原石(条沸石)		Yugawaralite	Югавараллит	71
天河石		Amazonite	Амазонит	86
天蓝石	(Lzl)	Lazulite	Лазулит	140
天青石	Cls	Celestine, Celestite	Целестин	139
条纹长石		Perthite	Пертит	88
铁白云石	Ank	Ankerite	Анкерит	53
铁电气石(黑电气石)	Srl	Schorl	Шерл	47
铁橄榄石	Fa	Fayalite	Фаялит	178
铁滑石		Minnesotaite	Миннесотаит	118
铁堇青石		Sekaninaite	Секанинаит	105
铁锂云母		Zinnwaldite	Циннвальдит	130
铁铝榴石	Alm	Almandine	Альмандин	20
铁绿泥石(蠕绿泥石)		Prochlorite	Прохлорит	122
铁闪石	Gru	Grunerite	Грунерит	156
铁叶绿泥石		Delessite	Делессит	124
铁叶蛇纹石		Ferroantigorite	Ферроантигорит	114
透长石	Sa	Sanidine	Санидин	84
透辉石	Di	Diopside	Диопсид	188
透锂长石		Petalite	Петалит	77
透闪石	Tr	Tremolite	Тремолит	156
钍石		Thorite	Торит	58
钍铈磷灰石(凤凰石)		Fenghuanglite (Thorian britholite)	Фенгхуанглит	44
W				
歪长石	(Anr)	Anorthoclase	Анортоклаз	87
顽火辉石	En	Enstatite	Энстатит	182

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
微晶高岭石(蒙脱石、胶岭石)	Mnt	Montmorillonite	Монтмориллонит	109
微斜长石	Mc	Microcline	Микроклин	86
文石(霰石)	Arg	Aragonite	Арагонит	173
X				
锡石	Cst	Cassiterite	Касситерит	62
细晶石(微晶石)		Microlite	Микролит	23
细晶磷灰石		Francolite	Франколит	43
矽线石	Sil	Sillimanite	Силлиманит	148
霞石(又名脂光石)	Ne	Nepheline	Нефелин	28
纤闪石	(Urt)	Uralite	Уралит	159
纤蛇纹石	Ctl	Chrysotile	Хризотил	114
纤水镁石(水镁石石棉)	(Nm1)	Nemalite	Немалит	39
香花石	(Hnh)	Hsianghualite	Сянхуалинит	15
小藤石(镁硼石)		Kotoite	Котоит	146
斜长石	Pl	Plagioclase	Плагиоклаз	89
斜方辉石	Opx	Orthopyroxene	Ортопироксены	181
斜方闪石	Oam	Orthoamphibole	Ортоамфиболы	152
斜发沸石		Clinoptilolite	Клиноптилолит	69
斜锆石		Baddeleyite	Бадделеит	215
斜硅镁石	Chu	Clinohumite	Клинохумит	139
斜绿泥石	(Cch)	Clinochlore	Клинохлор	121
斜顽辉石	Cen	Clinoenstatite	Клиноэнстатит	187
斜黝帘石	Czo	Clinozoisite	Клиноцоизит	201
斜紫苏辉石		Clinohypersthene	Клиногиперстен	187
榍石	Spn	Sphene	Сфен	213
锌日光榴石		Genthelvite	Гентгельвин	16
星叶石	(Aph)	Astrophyllite	Астрофиллит	197
叙永石(多水高岭石)		Halloysite	Галлуазит	107
玄武闪石		Basaltic hornblende	Базальтическая роговая обманка	162
Y				
阳起石	Act	Actinolite	Актинолит	157
叶蜡石	Prl	Pyrophyllite	Пирофиллит	118
叶绿泥石	(Pnn)	Pennine	Пеннин	120
叶蛇纹石(片蛇纹石)	Atg	Antigorite	Антигорит	114
一水软铝石(勃姆石)	Bhm	Boehmite	Бёмит	199
伊丁石	(Idn)	Iddingsite	Иддингсит	174

中　文	矿物代号	英文	俄文	页数
伊利水云母(水白云母)		Hydromuscovite	Гидромусковит	111
易变辉石	Pgt	Pigeonite	Пижонит	188
易解石		Aeschynite	Эшинит	214
异剥辉石		Diallage	Диаллаг	189
异性石	(Eud)	Eudialyte	Эвдиалит	40
印度石		Indialite	Индиалит	105
萤石(氟石)	Fl	Fluorite	Флюорит	8
硬绿泥石	Cld	Chloritoid	Хлоритоид	171
硬石膏	Anh	Anhydrite	Ангидрит	117
硬水铝石(水铝石)	Dsp	Diaspore	Диаспор	199
硬玉	Jd	Jadeite	Жадеит	195
硬柱石	Lws	Lawsonite	Лавсонит	172
尤莱辉石(易溶石)		Eulite	Эвлит	185
黝方石	Nsn	Nosean	Нозеан	11
黝帘石	Zo	Zoisite	Цоизит	200
鱼眼石	Apo	Apophyllite	Апофиллит	30
玉髓	(Cln)	Chalcedony	Халцедон	33
晕长石		Peristerite	Перистерит	80

Z

皂石	(Snt)	Saponite	Сапонит	111
珍珠陶土		Nacrite	Накрит	108
珍珠云母	Mrg	Margarite	Маргарит	170
针钠钙石	Pct	Pectolite	Пектолит	133
针柱石		Dipyre	Дипир	38
正长石	Or	Orthoclase	Ортоклаз	85
脂光石(又名霞石)		Elaeolite	Нефелин	28
直闪石	Ath	Anthophyllite	Антофиллит	153
蛭石	Vrm	Vermiculite	Вермикулит	112
中长石		Andesine	Андезин	99
中沸石		Mesolite	Мезолит	72
中异性石(中性石)		Mesodialyte	Мезодиалит	41
中柱石		Mizzonite	Мицционит	38
重晶石	Brt	Barite	Барит	144
柱沸石		Epistilbite	Эпистильбит	73
锥辉石	Acm	Acmite	Акмит	195
浊沸石	Lmt	Laumontite	Ломонтит	74
紫苏辉石	(Hy)	Hypersthene	Гиперстен	184

参 考 文 献

北京大学地质学系岩矿教研室. 1979. 光性矿物学. 北京: 地质出版社

常丽华. 1993. 费德洛夫法简明教程. 北京: 地质出版社

陈曼云, 刘喜山. 1990. 变质岩岩石学实习指导书. 北京: 地质出版社

桂林冶金地质研究所. 1978. 我国斑岩铜矿蚀变岩石结构构造图册. 北京: 冶金工业出版社

吉林省地质科学研究所. 1979. 吉林省岩石结构图册. 吉林人民出版社

罗吉斯, A. F. 凯尔. P. F. 1942. 光性矿物学. 李学清等译(1956). 北京: 地质出版社

洛多奇尼科夫. B. H. 1955. 最主要造岩矿物. 朱显垣等译(1956). 北京: 地质出版社

马鸿汉. 2002. 工业矿物与岩石. 北京: 地质出版社

邱家骧等, 1981. 油浸法. 北京: 地质出版社

苏树春. 1982. 碱性长石的光性鉴定. 北京: 地质出版社

特吕格. W. E. 1952. 造岩矿物光性鉴定表. 郭宗山译(1959). 北京: 地质出版社

王德滋. 1977. 光性矿物学. 上海人民出版社

王濮, 潘兆橹等. 1987. 系统矿物学. 北京: 地质出版社

文契尔. H. 1953. 光性矿物学. 南京大学岩矿教研室译(1966). 北京: 中国工业出版社

叶大年. 1988. 结构光性矿物学. 北京: 地质出版社

浙江省地质局. 1976. 浙江火山岩结构图册. 北京: 地质出版社

中国地质科学院地质矿产所. 1977. 透明矿物显微镜鉴定表. 北京: 地质出版社

佐尔泰, T. 等. 1984. 矿物学原理. 施倪承等译(1992). 北京: 地质出版社

Andrew. P. 1992. Introduction to mineral science

Deer, W. A. 等. 1982. Rock - forming Minerals

Deer, W. A. 等. 1992. An introduction to the rock - forming minerals

Deer, W. A. 等. 2001. Rock - forming Minerals

Dexter Perking. 2002. Mineralogy

Eeklicher V. G. 1992. Diagnostic constants of Minerals

Ehlers. E. G. 1987. Optical Mineralogy

Enke. F. 1993. Gesteinsbildendends Minerale in Dünnschiff

Fleischer. M. 1984. Microscopic determination of the nonopaque Minerals

Keith Fryc 1981 The Encyclopedia of Mineralogy

Kerr. P. F. 1977. Optical Mineralogy

Kretz, R. 1983. Symbols for rock - forming minerals, American Mineralogist, Volume 68 P. 277 ~279

Leake, B. E. 等. 1997. Nomenclature of amphiboles: Report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association, Commission on New Mineals and Mineral Names, American Mineralogist, Volume 86 P. 1019 ~1037

Mackenzie, W. S. 等. 1981. Atlas gesteinsbildender Minerale in Dünnschliffen

Mackenzie. W. S. 1994. Atlas of Rock and Minerals in thin Sestion

Nesse. W. D. 1991. Introduction to optical mineralogy

Nesse. W. D. 2004. Introduction to optical mineralogy

Nickel. E. E. 1991. Minera lreference manual

Smith. J. V. 1974. Feldspar Minerals

Stolber. R. E. 1994. Crysta lidentification with the polarizing microscope

Tr ger. W. E. 1971. Optischen Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale

Winchel. H. 1965. Optical Properities of Minerals, a determinative table

Wm. Revell Phillips, 等. 1981. Optical Mineralogy - the nonopaque minerals

Дир У. А 等. 1965. **Порообразующие Минералы**