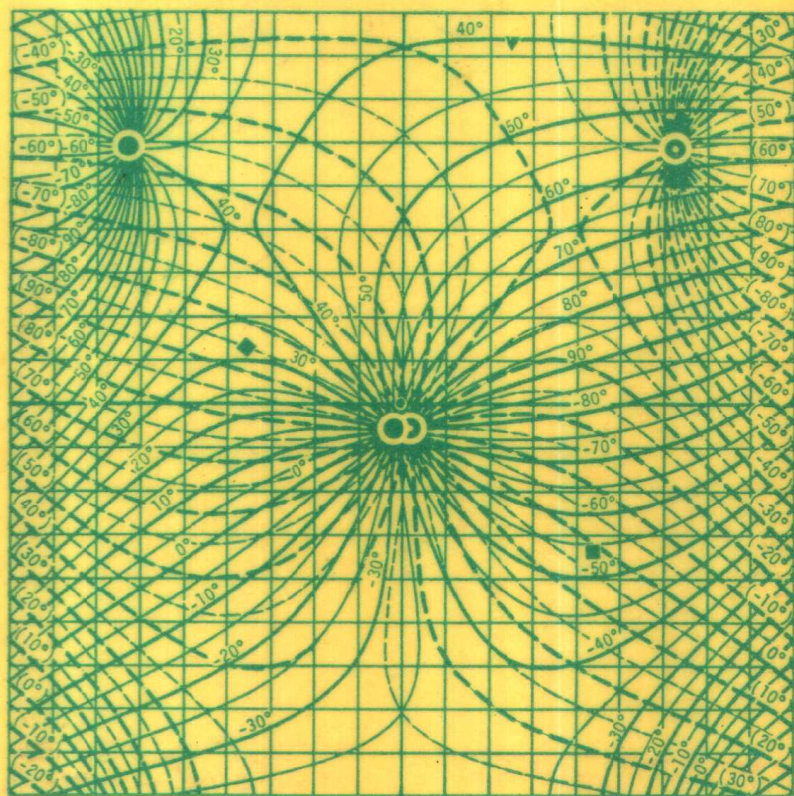


斜长石光学图表



〔日〕 坪井誠太郎 水谷伸治郎 著
諏訪兼位 都築芳郎

地质出版社

斜 长 石 光 学 图 表

〔日〕 坪井誠太郎 水谷伸治郎 著
諏訪兼位 都築芳郎

苏 树 春 译

地 质 出 版 社

CHARTS OF PLAGIOCLASE OPTI

坪井誠太郎
水谷伸治郎 著
諏訪兼位
都築芳郎

岩波書店

東京 1977

斜长石光学图表

〔日〕 坪井誠太郎 水谷伸治郎 著
諏訪兼位 都築芳郎
苏树春 译

地质部书刊编辑室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京安德路47号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本, 787×1092¹/₁₆·印张, 15⁷/₈·字数, 383,000

1980年4月北京第一版·1980年4月北京第一次印刷

印数1—2,410册·定价2.00元

统一书号: 15038·新475

中 译 本 序

此书的日、英对照原版（斜长石光学图表CHARTS OF PLAGIOCLASE OPTICS）出版于1977年12月，其主旨如“前言”所述。

此书出版约一年之后，我收到了苏树春先生的一封信，他在信中表达了将此书译为中文的意愿。知道苏先生对我们这本著作具有如此深厚的兴趣，我们所有四位作者都十分高兴，并一致接受了他的提议，因为使本书为尽可能广泛的读者服务正符合我们的愿望。和作者一样，出版者对此也怀着同样欣喜的心情。

我们热切地盼望着这本著作的中译本早日出版，并期待着它所带来的巨大喜悦。更为重要的是，我们期望此书中译本除了能对使用中文的矿物学和岩石学工作者有所助益之外，还能起到促进中、日两国学术界亲密友好的媒介作用。

东京大学岩石学名誉教授

坪井誠太郎

1979年4月于日本东京

原 序

本书收入了 137 幅斜长石光学图表, 这些图表是作者为运用偏光显微镜鉴定斜长石而编制的。作者希望本书中发表的这些图表能有助于这一领域的研究工作者和学生。

众所周知, 主要由 $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ (Ab) 和 $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (An) 组成的斜长石构成了两个清楚的系列——低温型系列和高温型系列, 每个系列的成分均由 Ab(An0) 变化到 An(An100)。同一成分的低温型斜长石与高温型斜长石在结构状态 (原子配列) 方面存在着显著的差异, 在某些情况下, 自然界中也存在有结构状态介于低温型与高温型之间的斜长石。存在着两个系列的斜长石这一事实是 A. Köhler (1941, 24) 于 1941 年首次确认的, 遂后才成为定论。在那以前, 很长时期内人们都认为所有的斜长石都属于一个以 Ab 和 An 为端员组分的单一的固溶体系列。

由于斜长石在造岩矿物中的重要地位, 很久以来, 岩石学家和矿物学家就怀着极大的兴趣对斜长石进行了研究。特别是从十九世纪末以来, 人们提出了许多借助偏光显微镜用光学手段鉴定斜长石的方法, 编制了各式各样显示各种斜长石与其光学性质之间关系的图表。这些图表多数在过去得到了广泛地应用。但是, 这些图表中的大多数现在已经不再适用了, 因为这些图表是在斜长石的低温型系列和高温型系列的存在得到确认之前编制的。所以, 现在有必要对这些图表进行修订。

作者之一坪井誠太郎, 很久以来就想将斜长石的各项光学性质不仅用于鉴定其成分 (Ab—An 比例), 而且用于斜长石偏光显微镜研究的其它各种目的。本书中的图表便是基于上述意图编制的。当然, 在编制这些图表时, 对于鉴别斜长石的两个系列的问题也给予了应有的注意。书中所有这些图综合表明, 在低温型和高温型斜长石系列中, 一些光学性质如何随 Ab—An 比例而变化, 以及在各种成分的斜长石中, 一些光学性质如何随光线进行的方向而变化。如正文所示, 这些图表可以用来估计一给定斜长石样品的 Ab—An 比例, 区分该样品属于低温型还是高温型, 确定薄片的切片方位, 辨认其双晶方式。此外, 这些图表还提供了修订老的斜长石鉴定图表所需的数据。可以预期, 通过对这些图表的考察, 可以导致各种新的斜长石研究法的创立。

近年来, 电子探针在细粒矿物成分测定中得到了广泛的应用。然而, 在斜长石的研究工作中, 通常不仅要知道一给定样品的化学成分, 而且要知道上述其它各项性质。在许多互相补充的方法中, 光学方法可以有效地用于获得所需的信息。对于斜长石光学性质研究的有用性和重要性, 必须给予恰当的评价。

编制本书中 137 幅图表的基本数据都尽可能地引自 C. Burri 等 (1967) 的专著, 这本专著收录了一套精选的低温和高温斜长石系列的光学数据。用于投制本书图表的数据便是根据该书中的数据计算的。我们高度评价 Burri 等的专著, 该书构成了本书的基础。

编写本书的计划是坪井在数年前制定的, 编写工作起初是他单独承担的。后来, 水谷、諏訪和都築志愿与坪井合作进行此项工作, 他们主要参与了数值计算和图表的制作, 使用的是名古屋大学计算中心的 FACOM 230—60 和 CALCOMP 投影仪。这些计算工作所用的所有计算机程序均系水谷编拟。正文系由坪井执笔。

1976 年 11 月

译 者 序

本书是为使用消光角法和油浸法鉴定斜长石而编写的。作者是日本岩石学界的权威坪井誠太郎教授及其它三位著名岩石学家和矿物学家。此书中的 137 幅图表（绝大部分为首次发表）将鉴定斜长石的消光角法推向了一个新的高度。此书在 1977 年底首次出版发行后，立即受到国际岩石矿物学界的重视和好评，已经成为斜长石光学研究方面的一部重要文献。现将此书译介给我国读者，希望能对有关领域的工作者和学生有所裨益。

本世纪六十年代以来，日本学者在斜长石的消光角鉴定法的研究方面取得了较大的进展，除了体现在本书中的坪井数教授的工作成果外，諏訪兼位、水谷伸治郎、都築芳郎等三位学者在 1972 年的第 24 届国际地质大会上首次提出了一种通过消光角测量鉴定斜长石的新方法。这个方法的详细步骤及完整的鉴定图表，于 1974 年正式发表。这个方法正好弥补了坪井图表在斜长石双晶律鉴定方面的不足。为使本书完整起见，特将諏訪兼位等的《斜长石双晶律光学鉴定的新方法》(Proposed optical method of determining the twinning laws of plagioclase. Memoirs of the Geological Society of Japan, No. 11, p. 167—250, 1974) 一文一并译出，附入此书中。这样，这本书即成为一本较为系统全面的斜长石消光角鉴定法的专著。此外，作为一本完整而实用的消光角法专著而言，不能缺少垂直于 (010) 晶带最大消光角法、卡斯巴律或卡斯巴—钠长律双晶消光角法的鉴定图表。荷兰 A. C. Tobi 教授在 1975 年发表的两张垂直 (010) 晶带斜长石消光角鉴定图，结构紧凑，用途多样，特别适合于一般性的岩矿鉴定工作的需要，译者曾撰文介绍 Tobi 鉴定图，现将该文附后，供从事有关工作的同志参考使用。

日本东京大学的坪井教授和名古屋大学的諏訪提供了原著，岩波書店予以热情支持，译者谨对他们表示深切的谢意。

1979 年 3 月于甘肃武威黄羊镇

目 录

斜 长 石 光 学 图 表

引言.....	1
图表说明.....	3
第一组.....	3
第二组.....	5
第三组.....	6
第四组.....	8
第五组.....	10
附录.....	12
参考文献.....	13
图表	
第一组〔(1)—1〕—〔(1)—3〕 解理片的折射率色散图.....	15
第二组〔(2)—4〕—〔(2)—5〕 特殊方向薄片中的消光角 $X'\wedge(010)$	19
第三组〔(3)—6〕—〔(3)—49〕 任意方向薄片中的消光角 $X'\wedge(010)$	21
第四组〔(4)—50〕—〔(4)—93〕 任意方向薄片中的消光角 $X'\wedge(010)$	67
第五组〔(5)—94〕—〔(5)—137〕 任意方向薄片中的消光角 $X'\wedge(010)$	67
折射率 $n_2 - n_1$	113

斜长石双晶律光学鉴定的新方法

引言	159
垂直于 (010) 晶带中的消光角	160
C 轴结晶学方位的光学鉴定	166
结合面为 (010) 的双晶律的光学鉴定	169
结合面为 (010) 的双晶律的光学鉴定实例	176
双晶律光学鉴定中的不确定性	181
参考文献	186
图表	

斜长石 $\perp(010)$ 晶带消光角新鉴定图

一、 $\perp(010)$ 面兼有卡斯巴律和钠长律双晶消光角法.....	244
二、 $\perp\alpha$ 轴切面消光角法	244
三、 $\perp(010)$ 晶带最大消光角法.....	245
四、环带斜长石的测定	245
五、旋转台鉴定中的应用	246
主要参考文献	247

引 言

根据序言中所阐明的主旨,我们在本书中发表了 137 幅图表,分别表述了低温型和高温型斜长石的光学性质。其中四幅系根据 1968 年发表的图表 (S. Tsuboi, 1968 b, 159; 1968c, 503—504; K. Suwa, S. Mizutani, and Y. Tsuzuki, 1968, 1903—1904) 复制,其它图表则均为首次发表。

符 号

现将本书中所用的各种符号及其意义列举如下。

(1) **An 30 L, An 65 H**等 斜长石的 Ab—An 比例系以 An 的克分子百分比表示,低温型和高温型斜长石则分别以符号 L 和 H 表示,如上例所示。

(2) **钠长双晶晶片 I 组和 II 组** 具钠长双晶斜长石的薄片在正交偏光镜间通常呈现出两组明暗交替的晶片,其中任何一组,均可称为 I 组,另一组则称为 II 组,相邻晶片之间的分界线相当于 (010) 面的迹。

(3) **a, b, c** 斜长石三根结晶轴的正方向。

(4) **$\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}$** 斜长石三根结晶轴的负方向。

(5) **λ_0** 单色光在真空 (或空气) 中的波长。

(6) **n** 光学均质物质的折射率。

(7) **n_c, n_D, n_F** 分别为 $\lambda_0=656.3\text{nm}$, $\lambda_0=589.3\text{nm}$, $\lambda_0=486.1\text{nm}$ 单色光时的 n 。

(8) **α, β, γ** 斜长石晶体的最小、中等和最大主折射率。

(9) **n_1, n_2** 斜长石晶体任一方向切面中的最小和最大折射率。

(10) **X, Y, Z** X , 最快的光波的振动方向; Z , 最慢的光波的振动方向; Y , 同时垂直于 X 和 Z 的方向。

(11) **X', Z'** 晶体中任一方向切面中的快光和慢光振动方向。

(12) **消光角 $X' \wedge (010)$** 斜长石任一方向切面中 X' 与 (010) 的迹之间的夹角。若由 (010) 的迹顺时针测至 X' , 则此角度的符号为正; 若由 (010) 的迹逆时针测至 X' , 则此角度的符号为负 (图 1)。若将同一薄片翻一个面进行测量, 则消光角的符号变为相反。

(13) **$\delta, \delta_I, \delta_{II}$** δ 表示消光角 $X' \wedge (010)$, δ_I 和 δ_{II} 分别专门指钠长双晶晶片第 I 组和第 II 组的 δ 。

(14) **A, B** 斜长石的光轴。在具钠长双晶的斜长石中, A 和 B 代表第 I 组晶片的光轴。

(15) **A', B'** 具钠长双晶的斜长石的第 II 组晶片的光轴。

(16) **φ, λ** 表示斜长石晶体中各个方向的坐标角。图 2 为一投影于垂直 c 轴平面

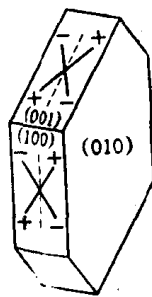


图 1 消光角 $X' \wedge (010)$ 的符号

的赤平投影图， $\bar{a}$ 和 (010) 面极点的位置如图所示，O 为中心，ROS 为 (010) 面大圆，MON 为通过 c 轴且垂直于 (010) 的大圆。

晶体中任一方向均可用一个点表示于赤平图中，如图 2 中的 P 点。 φ 和 λ 角分别相当于该点的纬度和经度，设 ROS 为赤道，MON 为初始子午线。若 φ 角系由 ROS 向 N 测得，则其符号为正；若 φ 角系由 ROS 向 M 测得，则其符号为负。若 λ 角系由 MON 向 R 测得，则其符号为正；若 λ 角系由 MON 向 S 测得，则其符号为负。

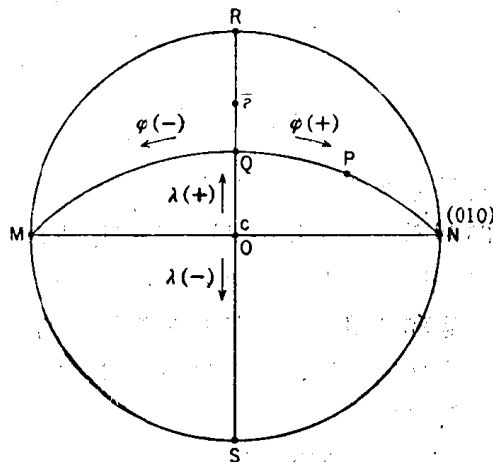


图 2 表示斜长石中各个方向的赤平投影图

图 表 的 分 类 及 编 排

本书中的 137 幅图表分为以下五组：

- 第一组 表示“解理片折射率色散”的图表
- 第二组 表示“某些特殊方向薄片的消光角 $X' \wedge (010)$ ”的图表
- 第三组 表示“任意方向薄片的消光角 $X' \wedge (010)$ ”的图表
- 第四组 表示“任意方向薄片中的钠长双晶两组晶片的消光角 $X' \wedge (010)$ ”的图表
- 第五组 表示“任意方向薄片中的钠长双晶两组晶片的消光角 $n_2 - n_1$ ”的图表

从 15 页起，即是根据组号顺序排列的上述图表。在第三、四和五组中，图表按斜长石 An 含量递增的顺序排列，同一 An 含量的低温型与高温型图表并排排列，以便于对比。

图表由 № 1 至 № 137 按顺序编号。每幅图都有一图号，如 $[(3) - 47]$ ，其中小括弧中的数字代表该图所属的组号，短横后面的数字为顺序号。

图 表 说 明

若非专门注明,则以下各页文字及图表中的斜长石光学性质均指钠光($\lambda_0=589.3\text{nm}$)中的光学性质。

第一组 解理片的折射率色散图

在乳钵中捣碎的斜长石细粉,几乎全是平行于(001)或(010)的解理片。每种解理片均有两个折射率值 n_1 和 n_2 ,所以每种斜长石的解理片共有四个折射率值—— $n_1(001)$, $n_2(001)$, $n_1(010)$, $n_2(010)$ 。

关于解理片的折射率 n_1 ,我们知道(S. Tsuboi, 1968a, 153—154): (1)任何一种斜长石的 $n_1(001)$ 与 $n_1(010)$ 值实际上是相等的,即 $n_1(001) \equiv n_1(010)$ 。(2) n_1 值取决于斜长石的化学成分,但实际上与其结构状态无关。(3) n_1 值随斜长石的An含量的增加而增加。由以上事实可知,任一给定的斜长石样品的化学成分(不论是低温型还是高温型的),均可通过测量其任何一种解理片的 n_1 而测得。

关于解理片的折射率 n_2 ,我们知道化学成分相同的斜长石的 n_2 随结构状态的不同和解理片方位的不同而异。这种差异在An 0—23 范围内尤为显著(S. Tsuboi, 1968c, 501)。这一特点可以用于鉴别低温型与高温型的钠质斜长石。

[(1)—1]解理片折射率 n_1 的色散图

此图中,An 0—100 斜长石解理片 $n_1 \equiv n_1(001) \equiv n_1(010)$ 的色散以一系列直线投于哈特曼(Hartmann)色散网中。

注

此图系在坪井早先发表的“色散法鉴定斜长石的直线图”的基础上,根据C. Burri等的 n_1 数据(1967, 309)和坪井的 n_1 色散数据修订而成。

图表的用法

此图可用于色散法鉴定任一给定斜长石样品的化学成分,步骤如下:

首先,必须测定所用浸油的 n_D 和 $n_F - n_C$ 值。这两个数值可用一折射率仪测得。若结果为 $n_D=1.553$, $n_F - n_C=0.023$,在图的左边上部注出相当于 $n_F - n_C=0.023$ 的点(图3中的A)。将此点(A)与图的上边标有小圆圈的点(B)以一直线相连。过D点(相当于 $n_D=1.553$)作一平行于AB的直线CDE。CDE代表该浸油的折射线色散线。

为了测定一给定斜长石样品的化学成分,将其细小的解理片浸于CDE所代表的浸油之中,借助一具可以连续改变入射光波长的分光单色照明器,在偏光显微镜下比较样品的 n_1 与浸油的 n 。假设在入射光的 $\lambda_0=540\text{nm}$ 时,样品的 n_1 与浸油的 n 一致,则在CDE上找到相当于 $\lambda_0=540\text{nm}$ 的点F,再找出过F点的斜长石折射率色散线FG。由G点即可

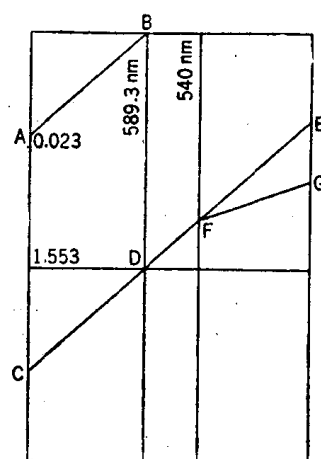


图 3 图[(1)—1]的示意图, 示其用法

读出斜长石的成分为 An 54。

〔(1)—2〕, 〔(1)—3〕 An 0—13, An 14—23 解理片折射率 n_2 的色散图〔引自 S. Tsuboi (1968 c, 503—504)〕

在这两张图中, 一系列投于哈特曼色散网上的直线代表 An 0—23 的低温型(L)和高温型(H)酸性斜长石 $n_2(001)$ 和 $n_1(010)$ 的色散线。这些线端点的 An 6 L (010), An 18 H (001) 等符号分别表示 An 6 L 斜长石的 $n_2(010)$, An 18 H 斜长石的 $n_2(001)$ 等。图中的阴影部分只是为了查阅方便而画的, 并无其它含义。

图表的用法

这两张图可以用于色散法鉴别低温型与高温型的 An 0—23 酸性斜长石。例如, 对于某一给定的斜长石样品, 原已测定成分为 An 10, 鉴别其结构状态的步骤如下:

首先, 测定所用浸油的 n_D 和 $n_F - n_C$, 并根据图〔(1)—1〕用法说明中的步骤, 将测量结果 $n_D = 1.535$ 和 $n_F - n_C = 0.019$ 投于图〔(1)—2〕中。图 4 画出了此例所用到的图〔(1)—2〕的一部分, D 点和 A 点分别相当于上述 n_D 和 $n_F - n_C$ 值, CDE 代表该浸油的色散线。其次, 将样品的细小解理片浸没于浸油中, 借助一具可以连续改变入射光波长的分光单色照明器, 比较每一解理片的 n_2 与浸油的 n , 确定样品与浸油折射率相等时的光线波长 λ_0 。然后按以下方法根据上述测量结果判断该斜长石是低温型还是高温型。

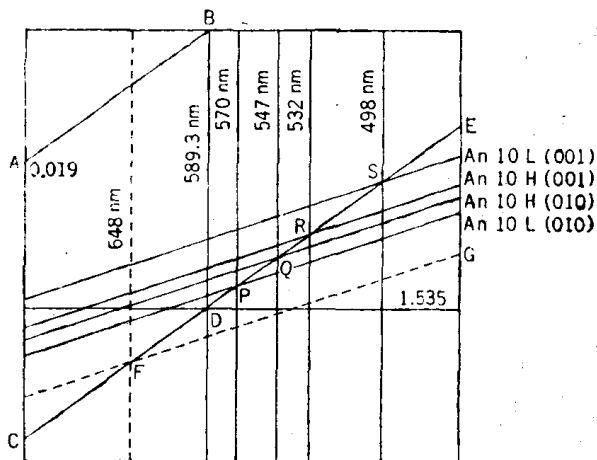


图 4 图〔(1)—2〕的部分示意图, 示其用法

图 4 中, 浸油的色散线 CDE 分别截 An 10 L (010) 和 An 10 L (001) 的色散线于 P 和 S, 截 An 10 H (010) 和 An 10 H (001) 的色散线于 Q 和 R。P, S, Q 和 R 点分别相当于 $\lambda_0 = 570 \text{ nm}$, 498 nm , 547 nm 和 532 nm 。这说明, 若为低温型的 An 10, 矿物与浸油的折射率应在 $\lambda_0 = 570 \text{ nm} \pm$ 或 $\lambda_0 = 498 \text{ nm} \pm$ 处相等; 若为高温型的 An 10, 矿物与浸油的折射率应在 $\lambda_0 = 532 \text{ nm} \pm$ 或 $\lambda_0 = 547 \text{ nm} \pm$ 处相等, 视解理片平行于 (001) 还是 (010) 而定。

所以, 如果在上述测定中发现有的解理片的折射率在 $\lambda_0 = 570 \text{ nm} \pm$ 处与浸油相等, 而有的在 $\lambda_0 = 498 \text{ nm} \pm$ 处与浸油相等, 则该斜长石必定是低温型; 如果有的解理片的折射率在 $\lambda_0 = 532 \text{ nm} \pm$ 处与浸油相等, 而有的在 $\lambda_0 = 547 \text{ nm} \pm$ 处与浸油相等, 则该斜长石必定是高温型。

注

为了用上述方法鉴定斜长石的结构状态, 必须首先测定其成分。然而, 在一些有利的情况下, 用一份试样浸没于一种浸油中即可同时完成成分和结构状态的鉴定。在上述实例中, 仅用一份试样浸没于色散线为图 4 中的 CDE 的浸油中, 即足以完成两项测定。观测解理片的折射率 n_1 , 找出 n_1 与浸油的 n 相等时的光线波长为 $\lambda_0 = 648 \text{ nm}$, 并在 CDE 线上找出相当于 648 nm 的点 F。因为 F 位于 FG 线上, 而该线为图〔(1)—1〕上 An 10 的 n_1 的色散线, 由此测得斜长石的成分为 An 10。然后, 用这同一份试样及浸油可以用图〔(1)—2〕

进行结构状态的鉴定。

第二组 某些特殊方向薄片中的消光角 $X' \wedge (010)$

〔(2)—4〕垂直于 A' 或 B' 切面钠长双晶晶片的消光角 δ_I 〔引自S. Tsuboi (1968 b, 159)〕

在一垂直于光轴 A' 或 B' 切制的具钠长双晶的斜长石薄片, 第II组双晶晶片在正交偏光间总是黑暗的(图5)。在这种情况下, 垂直于 A' 的薄片中的 δ_I 记为 $\delta_I(A')$, 垂直于 B' 的薄片中的 δ_I 记为 $\delta_I(B')$; 低温型和高温型则分别以添于以上符号后面的L和H字样表示。

图〔(2)—4〕表明, 在低温型和高温型斜长石系列中, $\delta_I(A')$ 和 $\delta_I(B')$ 值如何随化学成分而变化。实线为低温型, 虚线为高温型。值得注意的是, 在An 93附近, $\delta_I(B')$ H突然从 13° 变化到 77° (补角)。图中所有消光角均以正角表示, 因为在这种情况下没有必要区分消光角的符号。

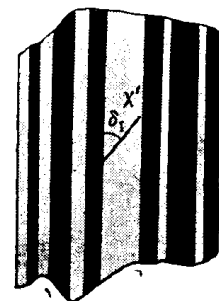


图5 垂直于 A' 或 B' 切制的具双晶的斜长石薄片在正交偏光间的状况

图表的用法

此图可用于鉴别低温型与高温型斜长石。例如, 有一给定的斜长石样品事先测得成分为An 15, 制取垂直于该斜长石 A' 或 B' 的薄片并测定其消光角 δ_I 。若 δ_I 为 39° 或 46° , 则该斜长石必定是低温型; 若 δ_I 为 13° 或 76° , 则必定是高温型。

注

(1) 此法在应用时存在着一定的局限性。当斜长石的成分为An 32—35附近或An 70—100时, 低温型与高温型的 $\delta_I(A'$ 或 $B')$ 值过于接近, 以致无法区分, 故此法无效。

(2) An 20附近的低温斜长石有一个特殊性质: 其光性方位十分接近于单斜对称(参照〔(3)—16〕, 〔(4)—60〕和〔(5)—104〕)。在偏光显微镜下很易辨认这一特殊性质, 因为钠长双晶的两组晶片在任何切面都必定具有几乎一样的光学外貌。在所有的斜长石中, 只有An 20附近的低温斜长石才有这种特点。所以, 对于一给定的样品, 只要见到上述特性, 即足以判定该样品为An 20附近的低温斜长石。

〔(2)—5〕垂直于(010)。薄片中的钠长双晶晶片的对称消光角〔引自K. Suwa, S. Mizutani and Y. Tsuzuki (1968, 1093—1094)〕

任一垂直具钠长双晶的斜长石(010)面切制的薄片, 在正交偏光间总是呈现出两组消光角 $X' \wedge (010)$ 相等的晶片, 这两组晶片的消光角系由(010)的迹分别向相反的方向测得, 即 $\delta_I = -\delta_{II}$ 。这一对对称消光角的大小随垂直于(010)的薄片的切片方位而变化, 在每种斜长石中这种消光角变化的范围是一定的, 而各种斜长石均有着其特征的变化范围, 即各种斜长石均有其特定的最大消光角和最小消光角。

图〔(2)—5〕表明, 在低温型和高温型系列中, 这种消光角的变化范围如何随斜长石的成分而变化。实线为低温型, 虚线为高温型。 $ABCDE$ 和 $A'B'C'D'E'$ 分别代表对称消光角的极大值和极小值。图中所有消光角均以正角表示, 因为没有必要区分其符号。

注

图〔(2)—5〕是根据坪井1935年发表的图表(Tsuboi, 1935, 425), 在C. Burri专著

(1967)的数据基础上,重新计算修订而成。如坪井(1935, 423—425)所指出的,有两点必须加以注意:(1)最大消光角曲线从不通过 0° 。(2)最大和最小对称消光角曲线在An 92附近表现出不连续。

图表的用法

(1)若通过观测同一斜长石垂直于(010)切制的大量薄片发现最大和最小对称消光角分别为 40° 和 5° ,可以确定该斜长石的成分介于An 70和An 93之间。

(2)假定有一成分已知为An 30的斜长石垂直于(010)切制的大量薄片,需要鉴别该斜长石是低温型还是高温型。若其中有一薄片的对称消光角超过 15° ,则可确定该斜长石为高温型。

第三组 任意方向薄片中的消光角 $X' \wedge (010)$

在本组以及第4和第5组的图表中,投绘了斜长石晶体中所有方向的光学性质,投绘的方法如下:

图的中心代表斜长石晶体的 c 轴方向。将此点取为坐标系的原点,横坐标和纵坐标分别代表 φ 和 λ ,借此可以表示晶体中的任何一个方向(参照本书引言中的(16))。图中心的垂直线相当于图2中的ROS,代表(010)的迹。右边和左边的整个边线分别代表图2中(010)的极点 N 和 M 。在图中标绘了 X, Y, Z 和 A, B 的位置。 $\overline{a}, \overline{b}$ 和(001)的位置未标于图中,但可参照本书第12页附录中的表加以确定。

在图中,斜长石任一薄片的切片方向以其极点(垂直于薄片的方向)表示。

本组的各幅图表表明,在每种斜长石中,消光角 δ 如何随切片方向而变化。图中的一系列曲线代表等消光角线。这些等消光角线是在C. Burri等的光性方位数据(1967)基础上,根据按下列公式计算得到的 δ 代表值绘制的。

$$\tan \theta = \frac{\sin(\lambda_A - \lambda_S)}{\tan \varphi_A \cos \varphi_S - \sin \varphi_S \cos(\lambda_A - \lambda_S)}$$

$$\tan \theta' = \frac{\sin(\lambda_B - \lambda_S)}{\tan \varphi_B \cos \varphi_S - \sin \varphi_S \cos(\lambda_B - \lambda_S)}$$

$$\delta = 90^\circ - \frac{\theta + \theta'}{2} \quad (1)$$

$$\text{或} \quad -90^\circ - \frac{\theta + \theta'}{2} \quad (2)$$

$$\text{或} \quad -\frac{\theta + \theta'}{2} \quad (3)$$

其中 $\varphi_A, \varphi_B, \varphi_S$ 和 $\lambda_A, \lambda_B, \lambda_S$ 分别为光轴 A, B 和薄片 S 的 φ 和 λ 角。在计算 δ 时,根据 A, B 和 X 相对于 S 的位置关系选用(1), (2), (3)式的一个。

图表的用法

这些图表可以用于各种目的。

(1)如果要知道沿 $\varphi = -30^\circ, \lambda = 20^\circ$ 方向切制的An 70H斜长石薄片的消光角 δ ,只需查图[(3)—37],在代表上述方向的点上读出该点的消光角值即可。结果是 $\delta = 30^\circ$ 。

(2)假如在同一薄片,有一呈卡斯巴律双晶关系的单体与上述单体相邻接。则此

单体的消光角 $X' \wedge (010)$ 也可在图〔(3)—37〕中查出。方法是：因为卡斯巴双晶律的双晶轴为 c 轴，所以此单体的方位必定为 $\varphi = 30^\circ$, $\lambda = -20^\circ$ ，即与 c 的距离等于 $\varphi = -30^\circ$, $\lambda = 20^\circ$ 点与 c 的距离，但方向相反。由此，得出该单体的消光角应为 -40° 。

(3) 假如在同一薄片上，有一呈钠长律双晶关系的单体与 (1) 中的单体相邻接。按 (2) 中的同样方法，可在图〔(3)—37〕中查得此单体的消光角。因为钠长律的双晶轴为 (010) 的法线，所以此单体的方位必为 $\varphi = -30^\circ$, $\lambda = -160^\circ$ ($\varphi = 30^\circ$, $\lambda = 20^\circ$ 的对蹠点)。由此，得出该单体的消光角应为 -75° 。

(4) 这些图表在某些情况下可以用来鉴定任意方向薄片上一定斜长石的双晶律。例如，有一以 (010) 为结合面的 An 50 L 斜长石薄片，测得 (a) 相邻双晶单体的消光角 $X' \wedge (010)$ 分别为 δ' 和 δ'' ；(b) (010) 面相对于薄片法线的倾角 ζ 。在旋转台上围绕一平行于 (010) 的迹的水平轴转动薄片，直至两相邻单体之间的界线变成一根清晰的细线，即可测出 ζ 角。假如测得下列数据： $\delta' = 35^\circ$, $\delta'' = -11^\circ$, $\zeta = 20^\circ$ 。这时可按以下方法查图〔(3)—28〕以鉴定其双晶律：

以 (010) 为结合面的斜长石双晶律已知有五种，即

(i) 钠长律

双晶轴为 (010) 面的法线，以点 $\varphi = 90^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ 表示。

(ii) 埃拉律

双晶轴为 a 或 $\bar{a}$ ，以点 $\varphi = 0^\circ$, $\lambda = 64^\circ$ 表示。

(iii) 卡斯巴律

双晶轴为 c 轴，以点 $\varphi = 0^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ 表示。

(iv) 钠长-埃拉律

双晶轴为 (010) 面中 a 的垂线，以点 $\varphi = 0^\circ$, $\lambda = -26^\circ$ * 表示。

(v) 钠长-卡斯巴律

双晶轴为 (010) 面中 c 的垂线，以点 $\varphi = 0^\circ$, $\lambda = \pm 90^\circ$ 表示。

在上面的例子中， ζ 为 20° ， $\delta' = 35^\circ$ 的双晶单体的方位在图中应以点 $\varphi = 20^\circ$, $\lambda = 50^\circ$ 表示。另一单体的方位视联系两单体的双晶律而定，应为

(i) $\varphi = 20^\circ$, $\lambda = -130^\circ$ ； $\varphi = -20^\circ$, $\lambda = 50^\circ$ 的对蹠点。

(ii) $\varphi = -20^\circ$, $\lambda = 78^\circ$ 。

(iii) $\varphi = -20^\circ$, $\lambda = -50^\circ$ 。

(iv) $\varphi = -20^\circ$, $\lambda = -102^\circ$ ； $\varphi = 20^\circ$, $\lambda = 78^\circ$ 的对蹠点。

(v) $\varphi = -20^\circ$, $\lambda = 130^\circ$ ； $\varphi = 20^\circ$, $\lambda = -50^\circ$ 的对蹠点。

相应的消光角 δ'' 应分别为 (i) -27° ，(ii) 22° ，(iii) -11° ，(iv) -29° ，(v) 12° ，可从图上读出。此例中 δ'' 的测定值为 -11° ，相当于 (iii)，故其双晶律应为卡斯巴律。

(5) 已往有一些用于斜长石光学鉴定的图表，其中投绘了在 (i) 平行于 (001)，(ii) 垂直于 a 轴，(iii) 垂直于 X ，(iv) 垂直于 Y ，(v) 垂直于 Z 等切面中的消光角与成分的关系。但是，这些图表大多数没有对低温型与高温型斜长石分别加以考虑，不适合现今使用的要求，因而必须加以修订。可按以下方式用本书第三组的图表对那些图进行修

* 请参照本书附录中的表。

订。修订上述 (i) 类图表所需的消光角新数据, 可在第三组的各个图表中找到 (001) 的位置 (见附录中的表), 读出该点的消光角值后求得。按同样办法, 在图表中找到 α 轴的位置, 读出该点的消光角值后, 即可求得修定上述 (ii) 类图表所需的消光角新数据; 而修定上述 (iii), (iv), (v) 类图表所需的数据则可在图中分别找出 X , Y 和 Z 的位置后读出。

諏訪, 水谷, 都築 (1974) 曾编制并发表了一个垂直 α 轴的消光角图。

按上述方法编制的新图表分别展示了低温型和高温型斜长石的成分-消光角关系, 所以不仅可用来鉴定一给定斜长石的 $Ab-An$ 比例, 也可在某些情况下鉴别其结构状态。

(6) 在对任何一种长石的大量任意方向薄片进行统计性观察时, 消光角介于某一定范围内的薄片的频度究竟有多大? (这种频度有时为一定种类斜长石的特征)。为了回答这个问题, 可以求助于第三组的图表。例如, 试向对于 $An_{70}H$ 斜长 $|\delta| > 45^\circ$ 与 $|\delta| < 45^\circ$ 薄片的频度比是多少? 我们可在图 [(3)-37] 上勾画出 $|\delta| > 45^\circ$ 与 $|\delta| < 45^\circ$ 区域之间的分界线, 如图 6 所示。然后, 将此分界线转绘到施密特等积网 (本书附录中的图 10), 如图 7 所示。然后, 测出各区域的面积, 两种消光角所出现区域的面积比即为其频度比。

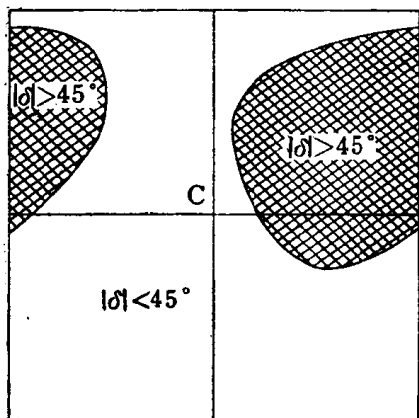


图 6 图 [(3)-37] 上 $|\delta| > 45^\circ$ 和 $|\delta| \leq 45^\circ$ 的分布区域

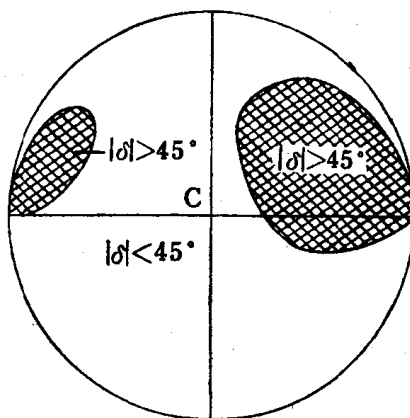


图 7 等面积施密特网上 $|\delta| > 45^\circ$ 和 $|\delta| < 45^\circ$ 的分布区域

注

在一篇关于碎屑岩中的斜长石的论文中, 水谷 (Mizutani, 1975) 用与 (6) 类似的方式在一相当于图 [(3)-6] 的施密特投网上讨论了 An_{0L} 斜长石任意方向薄片中的消光角 $X' \wedge (010)$ 的频率。

第四组 任意方向薄片两组钠长双晶晶片的消光角 $X' \wedge (010)$

[(4)-50]—[(4)-93] An_{0L} — $An_{100}H$ 钠长双晶晶片的消光角 $X' \wedge (010)$

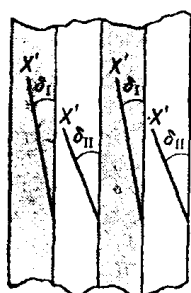
这一组图表的基本编制方案与第三组图表相同。

这一组中的各幅图表表明, 在每种斜长石中, 相邻钠长石晶片的一对消光角 δ_I 和 δ_{II} 如何随薄片的切片方向而变化, 切片方向以第 I 组双晶晶片的 φ 和 λ 表示。图中一系列弯曲的实线为第 I 组晶片的等消光角线 (δ_I); 虚线为第 II 组晶片的等消光角线 (δ_{II})。在此需要着重指出的是, 一对消光角 δ_I 和 δ_{II} 的符号可以是相同的, 也可以是相反的, 如图 8 中两种情况所示。

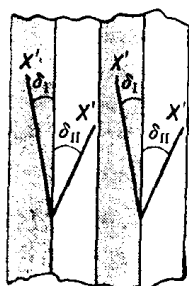
图表的用法

这一组图表具有广泛的用途。

(1) 对于每种具钠长双晶的斜长石，一对晶片在薄片中的 δ_I 和 δ_{II} 值取决于薄片的切片方向。反之，若有一已知斜长石的薄片，通过测量其消光角 δ_I 和 δ_{II} 可以确定其切面的方位，虽然在大多数情况下不能得到确切的结果。第四组图表有助于解决这个问题。



(A)



(B)

图 8 两组钠长双晶晶片的消光角 $X'\wedge(010)$

(A) δ_I 与 δ_{II} 符号相同的情况

(B) δ_I 与 δ_{II} 符号相反的情况

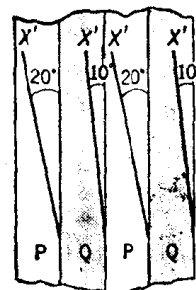


图 9 斜长石 $An_{50}H$ 的一个薄片
中两组钠长双晶晶片的消光
角 $X'\wedge(010)$

例如，若有一具钠长双晶的 $An_{50}H$ 斜长石， δ_I 和 δ_{II} 的测量结果如图9所示，其中 P 为第I组晶片， Q 为第II组晶片。从图9可知， δ_I 与 δ_{II} 符号相同，即可均取为正值($\delta_I = 20^\circ$ ， $\delta_{II} = 10^\circ$)，也可都取为负值($\delta_I = -20^\circ$ ， $\delta_{II} = -10^\circ$)。从图〔(4)—73〕可知，薄片的切片方向有四种可能：(i) $\varphi = -56^\circ$ ， $\lambda = -64^\circ$ ，(ii) $\varphi = -30^\circ$ ， $\lambda = 8^\circ$ ，(iii) $\varphi = 40^\circ$ ， $\lambda = -15^\circ$ ，(iv) $\varphi = 70^\circ$ ， $\lambda = -25^\circ$ 。但是，仅仅测量 δ_I 和 δ_{II} ，无法确定实际上究竟是哪一种方向。

(2) 为了确切地判定上述实例中的切片方向，可采取以下措施，将薄片装于旋转台上，测量(010)面相对于薄片法线的倾角 ζ ，方法是围绕一平行于双晶结合面(010)迹的水平轴转动薄片，直到双晶结合面变成一条清晰的细线。若测得 ζ 为 30° ，则 φ 必定是 30° 或 -30° ，即相当于上述第(ii)种可能。

(另一种确切判定薄片的切片方向的方法系根据 P 和 Q 的双折射率，如下节所述)

(3) 从第4组图表可以推导出各种有用的斜长石光学鉴定图表。例如，图〔(2)—4〕就可以按以下方式导出：在本组的各幅图中读出相当于点 A' 和 B' 的 δ_I ，将 δ_I 作为纵坐标，mol.%An作为横坐标进行投影，结果便得到图〔(2)—4〕。

(4) 图〔(2)—5〕也可容易地从第四组图表导出。在有关的图表中，沿中心的垂直线即可读出各种斜长石垂直于(010)切面中对称消光角的极大值和极小值。将这些值作为纵坐标，mol.%An作为横坐标进行投影，即可得到图〔(2)—5〕。

(5) 有时会遇到这样的情况，在具有卡斯巴律双晶的斜长石中，又发育有钠长律双晶。在这种斜长石的薄片，卡斯巴双晶两单体之一中的钠长双晶具一对消光角 δ_I 和 δ_{II} ，记为 $(\delta_I, \delta_{II})'$ ，另一单体中的钠长双晶也具一对消光角 δ_I 和 δ_{II} ，记为 $(\delta_I, \delta_{II})''$ 。一定种类的斜长石沿一特殊方向切制的薄片，具有其特征的 $(\delta_I, \delta_{II})'$ 和 $(\delta_I, \delta_{II})''$ 组合。所以，若对发育有这种钠长双晶叠加的卡斯巴双晶的斜长石薄片进行观测，在大多数情况下，通过测定其 $(\delta_I, \delta_{II})'$ 和 $(\delta_I, \delta_{II})''$ 组合，可以对该斜长石作出确切的鉴定。

由此可以提出一种鉴定斜长石的方法：(i) 测定 $(\delta_I, \delta_R)'$ 和 $(\delta_I, \delta_R)''$ ；(ii) 在第四组的所有图表中寻找相当于 $(\delta_I, \delta_R)'$ 的点；(iii) 在找到上述点之后，在与 c 轴距离相等，方向相反处标出相对应的点；(iv) 读出由此得到的成对的 δ_I 和 δ_R 值，并与测得的 $(\delta_I, \delta_R)''$ 值比较，若发现某张图的 δ_I 和 δ_R 值与测得的 $(\delta_I, \delta_R)''$ 值吻合，说明被测的斜长石即为该幅图表所代表的斜长石。这样，既鉴定出了斜长石的成分，又鉴定出了其结构状态是低温型还是高温型。

(6) 岩石学家和矿物学家都很熟悉在垂直于 (010) 的薄片鉴定同时具有卡斯巴律和钠长律双晶斜长石的米歇—列维法 (Michel—Lévy, 1904)。此法所测定的是卡斯巴双晶的两个相邻单体中的钠长律双晶晶片的对称消光角。这相当于上述 (5) 中的一种特殊情况。Michel—Lévy 为此法所编制的鉴定图需要修订。本书第四组图表便可提供修订该图所需的全部数据。在第四组的每幅图表中，中心的垂直线上与 C 点距离相等而方向相反的两点所示的消光角，必为在垂直 (010) 的同一薄片中对成出现的消光角。

须要提请读者注意的一点是，多数情况下，同种成分的低温型和高温型斜长石分别具有特征的卡斯巴双晶单体中钠长双晶晶片对称消光角组合，从而可以据此鉴别两种类型的斜长石，即鉴定斜长石的结构状态。例如， 25° 和 19° 组合为 An 50 L 所特有，而 25° 和 2.5° 组合则为 An 50 H 所特有 (参看图[(4)—72]和[(4)—73])。

第五组 任意方向薄片两组钠长双晶片的折射率 $n_2 - n_1$

[(5)—94]—[(5)—137] An 0 L—An 100 H 钠长双晶晶片的折射率

这一组图表的基本编制方案与第三组图表相同。

这一组中的各幅图表表明，在每种斜长石中，相邻钠长双晶的第 I 组和第 II 组晶片的折射率 $n_2 - n_1$ 如何随薄片的切片方向而变化。图中一系列围绕 A 和 B 的同心状实线为第 I 组晶片的等双折射率线；一系列同心状虚线为第 II 组晶片的等双折射率线。这些等双折射率线是在 C. Burri 等的光性方位数据 (1967) 基础上，根据下列公式 (S. Tsuboi, 1959, 96) 计算得到 n_1 和 n_2 代表值计算绘制的。

$$n_1^2 = \frac{2\gamma^2\alpha^2}{(\gamma^2 + \alpha^2) + (\gamma^2 - \alpha^2)\cos(\phi - \phi')}$$

$$n_2^2 = \frac{2\gamma^2\alpha^2}{(\gamma^2 + \alpha^2) + (\gamma^2 - \alpha^2)\cos(\phi + \phi')}$$

其中 ϕ 和 ϕ' 为有关方向与 Z 轴两侧的两光轴 A 和 B 之间的角距。

图表的用法

在斜长石的研究工作中，有时对薄片相邻的钠长双晶晶片的折射率进行比较，将起到有益的作用。第 5 组的图表便可用于这类情况。

如前所述，在根据消光角 δ_I 和 δ_R 的测量来测定一给定斜长石薄片的切片方向时，可以用第 9 页 (2) 中所述的方法进行确切的鉴定。在某些情况下，比较图 9 中 P 和 Q 的双折射率则提供了另一种确切鉴定的有用方法。

相邻晶片双折射率的比较系通过测定其程差 R 进行，因为 $R = d(n_2 - n_1)$ ，其中 d 为薄片厚度。薄片中的 R_p 与 R_o 值的关系随其切片方向而变化。在前面所举的例子 An 50 H 的情况下，由图[(5)—117]可知，相应于各种可能的切片方向 (i) $\varphi = -56^\circ$ ， $\lambda = -64^\circ$ ，