目　录

前　言 …… 1
第一章　碱性长石的分类及矿物名称 …… 3
§ 1　本书建议的分类命名方案 …… 3
§ 2　一些矿物名称的定义及说明 …… 8
第二章　碱性长石光学性质的特殊性 …… 15
§ 1　超显微双晶对碱性长石光学性质的影响 …… 15
§ 2　微细连晶对碱性长石光学性质的影响 …… 17
第三章　碱性长石晶体结构的有序无序及其与光学性质的关系 …… 19
§ 1　有序—无序的基本概念 …… 19
§ 2　无序结构与有序结构的差异 …… 20
§ 3　有序化、有序度和三斜度 …… 22
第四章　碱性长石光学性质概述 …… 29
§ 1　光性方位 …… 29
§ 2　折射率和双折射率 …… 32
§ 3　光轴角 …… 35
§ 4　消光角 …… 39
1.(001)面中的消光角 …… 39
2.(010)面中的消光角 …… 41
§ 5　晶形和双晶 …… 46
1 晶形和解理 …… 46
2 双晶 …… 47
第五章　普通偏光显微镜下碱性长石的鉴定 …… 50
§ 1　思路和步骤 …… 50
§ 2　各项情况的具体分析和相似矿物的区别 …… 51

1. 无条纹有双晶 ……51
2. 无条纹无双晶 ……62
3. 条纹长石 ……63
第六章 旋转台上碱性长石的系统鉴定 ……64
§ 1 与测量有关的准备工作 ……64
§ 2 光率体定位及2V的测量 ……65
1. 直光法 ……65
2. 锥光法 ……67
§ 3 结晶学方向的测量 ……68
1. (001) 面方位的测量 ……68
2. (010) 面方位的测量 ……69
§ 4 测量数据的分析 ……70
1. Марфунин的方案 ……70
2. 笔者建议的方案 ……73
Ⅰ. 无双晶而有解理的情况 ……73
Ⅱ. 有简单双晶的情况 ……79
Ⅲ. 有格子双晶的情况 ……86
Ⅳ. 有聚片双晶的情况 ……89
3. 如何测定任意切面的消光角 ……90
(1) 三斜晶系碱性长石 ……91
(2) 单斜晶系碱性长石 ……92
§ 5 晶体碎屑的研究方法 ……93
参考文献 ……94

前　言

在长石类矿物中，碱性长石系列（钾钠长石系列）的重要性并不亚于斜长石系列。可是，就岩石学研究的最重要手段之一的光学鉴定而言，碱性长石光学鉴定的效果不如斜长石为佳，方法也不如斜长石系统、成熟。因而在论述长石矿物光学鉴定的著作及文献中，对碱性长石的论述，远不如对斜长石的论述充分。这就给在许多地质工作中都不可缺少的岩石薄片或砂粒矿物中碱性长石的光学鉴定工作造成了很大不便及困难。

造成这种状况的原因主要有二：

一是碱性长石本身的复杂性。就化学成分而言，碱性长石是由钠长石$NaAlSi_3O_8$（Ab）和钾长石$KAlSi_3O_8$（Or）两种端员组分构成的一个类质同象系列。碱性长石中通常含有不足5%的钙长石$CaAl_2Si_2O_8$(An)分子，在富钠碱性长石中，An含量甚至可达10%或更高。碱性长石中通常还含有少量Fe，Mg，Ba和微量Sr，Rb，Pb，Ca，Y等元素。这些杂质元素含量虽少，对光学性质的影响却很大。作为Al:Si = 1 : 3的一系列架状硅酸盐矿物，碱性长石表现出一些特殊的性质。例如，随着结晶温度的降低或结晶后热力学或/和动力学条件变化所引起的相变；因Al/Si在不同结构结置上分布概率不等所形成的无序—有序结构；因出溶作用等原因形成的连晶（从肉眼可见的毫米级到电子显微镜才能分辨的亚微米级的各种条纹长石），以及无序—有序转变过程中产生的晶畴结构和超显微双晶等。由于这些因素的影响，使得碱性长石的光学性质和物理性质，发生了十分复杂的变化。碱性长石本身的这种复杂性，不仅导致了光学性质的复杂变化，还导致了碱性长石的分类、矿物名称和定义等方面的混乱。

二是缺乏一个在分析各种碱性长石光学性质与物理、化学性

质之间关系的基础上，所制定的切实可行的系统鉴定方案。在这种情况下，不论是在常规的岩石薄片观察鉴定中，还是在费德洛夫旋转台的精确测量工作中，要想对碱性长石繁多的种属及其有序度、三斜度等参数作出迅速而正确的鉴定，是有困难的。

因此，为了便利于岩石学工作者运用光学手段对碱性长石作出正确的鉴定，就有必要对碱性长石各个种属的光学数据进行归纳整理，并充分考虑各种光学手段的特点和局限性，从而制定出鉴定碱性长石的系统方案。

近二十年来，碱性长石的研究发展很快，目前已经积累了相当丰富的资料，对于有关碱性长石的晶体结构有序—无序转变，相变，晶畴结构和超显微双晶等问题，以及这些因素与其光学性质的关系，都有比较深入的了解和认识。尽管由于碱性长石自身的复杂性使光学鉴定具有一定的局限性，但是，可以认为，制定碱性长石系统鉴定方案的时机，现在已经成熟。

本书重点解决了一些比较难以鉴别的种属的鉴定问题，在光性矿物学中，首次提出了一个在旋转台上鉴定碱性长石的系统程序，考虑到大量的光学鉴定工作主要在普通偏光显微镜下进行，也讨论了在偏光显微镜下鉴定碱性长石的思路和步骤。

要真正掌握好碱性长石的鉴定方法和程序，必须首先对碱性长石的分类及矿物名称有一个全面系统并符合现代研究水平的认识，才能掌握各种属之间的界线和矿物名称的正确含义；其次，必须认识碱性长石光学性质的特殊性，才能理解光学鉴定方法对碱性长石的适用性和局限性，最后，碱性长石的各项主要光学性质与其物理、化学性质之间的关系，也是一个很重要问题，只有对这一点有所认识之后，才能了解各项光学性质在光学鉴定工作中的意义。因此，在介绍具体的系统鉴定方案之前，先依次地对上述问题进行讨论。

第一章　碱性长石的分类及矿物名称

从有关的文献中可以看到，碱性长石的分类和矿物名称、定义甚为混乱。这种混乱状况，给碱性长石的光学鉴定工作和资料数据的对比造成了障碍。因此，有必要制定一个能为多数人接受的、以光学性质为基础的分类命名方案，约定一些大家共同使用的矿物种属名称，明确各种属的定义及其间的界线，以便逐步统一在碱性长石光学鉴定方面的语言和尺度。

对于采用光学方法鉴定碱性长石的工作而言，一个合理而实用的方案至少应该达到下列要求：

a.在基本数据和资料方面，应该尽可能地反映碱性长石研究的最新成果。

b.在总的格局方面，应该与世界上主要长石研究学派提出的有关方案基本一致。

c.在分类的层次及详尽程度方面，应该与偏光显微镜和旋转台等手段所能达到的观测深度相符。另一方面，由于X射线粉末法在鉴定碱性长石成分和结构状态方面显然更为有效，虽然是为光学鉴定目的而设计的分类方案，也应考虑与X射线鉴定方法中常用的分类及矿物名称相衔接的问题。

d.在矿物名称方面，应该尽可能沿用已为国内外大多数工作者所接受的术语，尽可能遵循约定俗成的原则。对各个种属矿物，应合理地约定其明确的含义和范围界线。

§1　本书建议的分类命名方案

综合考虑上述要求，笔者主要基于Smith(1974a)，Марфунин(1962)和Laves与Viswanathan(1967)的方案和意见，以及1972年在英国曼彻斯特举行的北约国家高等长石研究会（NA-

TO Advanced Study Institute of Feldspars）第二次会议上一些学者的观点及实际材料（Stewart,1974），结合笔者在实际工作中的心得体会，提出一个关于碱性长石分类命名方案（苏树春，1980），如图1，2和表1所示。

这个方案的基础是化学成分和光学性质。在化学成分方面，主要考虑端员组分钾长石（Or）与钠长石（Ab）的摩尔百分比；在光学性质方面，则主要考虑光轴角和光性方位。

各种矿物的分布区域及相互关系示意地表示于横坐标为MOL%Or，纵坐标为（-）2V的图1中。图2则更为详尽地表示了端员矿物钾长石各亚种的相互关系及其光学数据的范围界线。图2中的圆点代表相邻亚种之间的分界点，粗线代表稳定相钾长石，各数字所代表的矿物为：①高透长石；②低透长石；③高正长石；④中正长石；⑤低正长石；⑥高正微长石；⑦中正微长石；⑧低正微长石；⑨高微斜长石；⑩中微斜长石；⑪低微斜长石；⑫透微长石。此图可用于鉴定钾长石的光学有序度（即单斜有序度S_M和三斜有序度S_T）及光学三斜度Δ。表1按“亚类”、“种”和“亚种”三个层次列出了各级矿物名称（条纹长石亚类未列入表中），并列出了各端员矿物及歪长石的主要光学数据。

现将分类原则及有关问题作一说明。

1.首先根据化学成分将整个碱性长石类分为富钾长石亚类（Or＞Ab）和富钠长石亚类（Or＜Ab），前者一般简称为钾长石。条纹长石单独列为一个亚类。严格地说，条纹长石不是一种独立的矿物相，而是两种矿物的连晶。

2.在亚类之下，进一步根据化学成分和光学性质划分了透长石、正长石、正微长石、微斜长石、钠质高透长石、歪长石、钾质过渡钠长石、钠长石和条纹长石九种。自然界中钠长高透长石在结晶后很难保持稳定，几乎毫无例外地发生出溶作用而分离成富钾与富钠两个相，成了（隐）条纹长石。钾质过渡钠长石甚为罕见，可视具体光学性质分别归入歪长石或过渡钠长石。因此，在光学

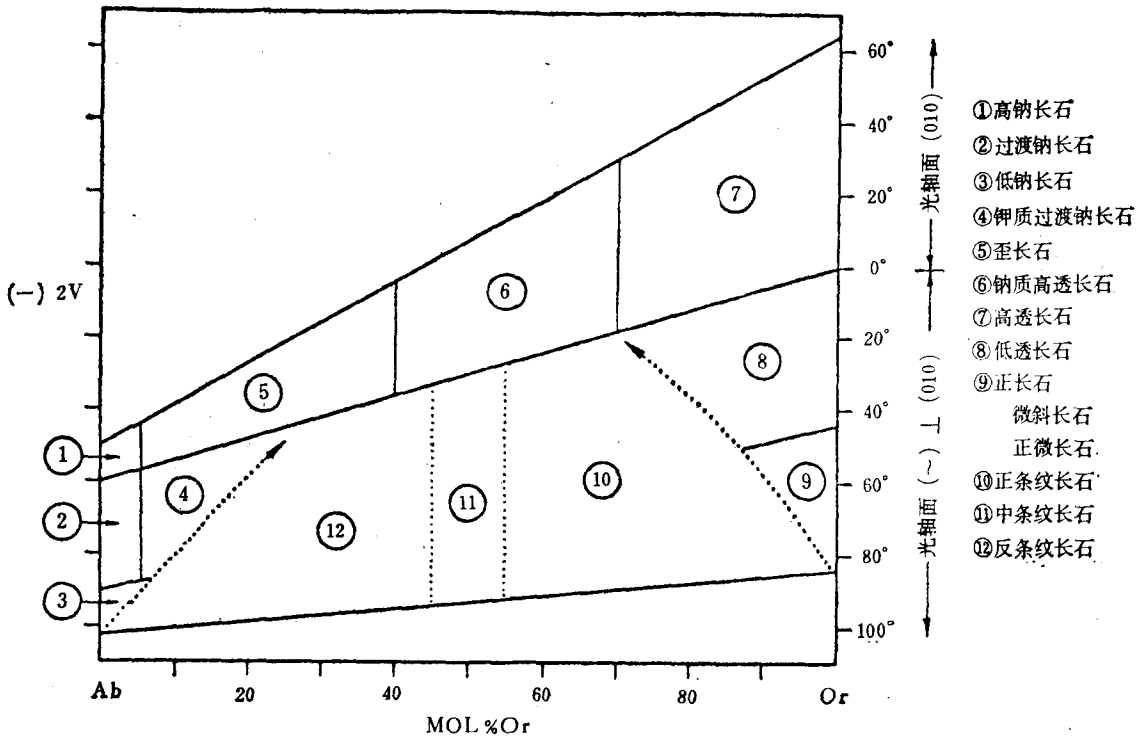


图 1　碱性长石类矿物分类命名示意图

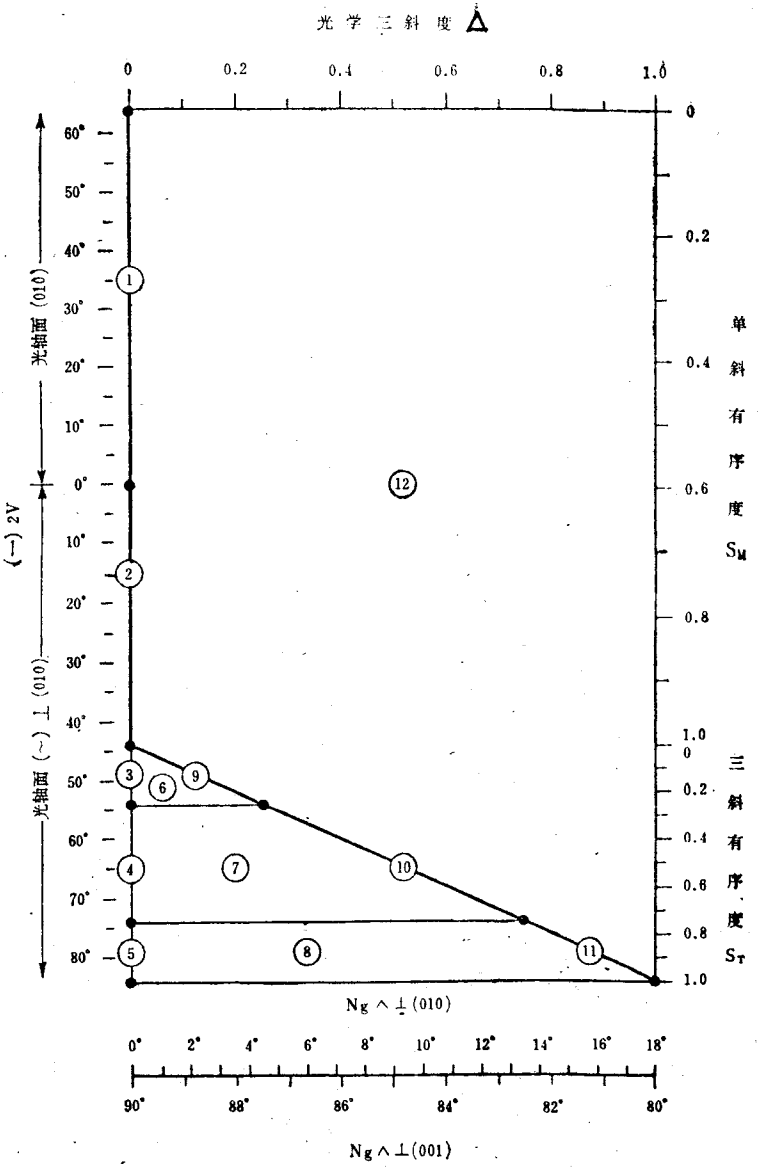


图 2　钾长石各亚种的光学性质及光学有序度和光学三斜度

表1 碱性长石的分类命名及端员矿物和歪长石的光学性质

亚类	矿物名称		晶系	光轴角	光轴面方位	光学有序度S		光学三斜度	光性方位		双晶
	种	亚种		(-)2V		单斜有斜度S_M	三斜有斜度S_T	Δ	$N_g \wedge \perp(010)$	$Ng \wedge \perp(001)$	
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°	90.0°—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°	90.0°—82.5°	
		低正微长石	三斜	74°—84°	~⊥(010)	—	0.75—1.00	0—1.00	0°—18°	90.0°—80.0°	
	微斜长石	高微斜长石	三斜	44°—54°	~⊥(010)	—	0—0.25	0—0.25	0°—3.6°	90.0°—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°—80.0°	
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		—	19.0°—18.5°	76.0°—76.5°	聚片双晶或简单双晶
		过渡钠长石	三斜	60°—90°	~⊥(010)	0.2—0.8		—	18.5°—17.0°	76.5°—78.0°	
		低钠长石	三斜	90°—102°	~⊥(010)	0.8—1.0		—	17.0°—16.5°	78.0°—78.5°	

鉴定工作中，一般不使用这两个种名，表1中便未予列入。

3.在矿物种之下，又划分了18个亚种，即表1中的十五个亚种加上正条纹长石、中条纹长石和反条纹长石三个亚种。亚种的划分主要根据晶体结构的有序度和光学性质。

4.透长石与微斜长石（正长石）的界线问题

Марфунин（1962）根据许多火成岩和变质岩中的钾长石光学数据，认为以(－)2V＝44°为界线划分透长石与微斜长石（正长石）较为恰当。Laves等（1967）的研究结果表明，Марфунин的界线不够恰当，他们建议将此界线定于(－)2V＝65°处。Smith（1974a）则建议取一折衷数值55°。

笔者认为，Марфунин数据与Laves等的数据之所以差异较大，除了样品产状及测定三斜度方法不同的原因之外，很可能还与样品化学成分的差异有关。后者的样品可能较为富含钠质，致使（－）2V增大。考虑到Марфунин的实际材料可能具有更广泛的代表性，在这里提议的分类方案中，笔者仍取44°。显然，随着钾长石中Ab含量的增高，此界线点的数值应逐渐增大。

§2 一些矿物名称的定义及说明

1.钠长石（albite）

考虑到钠长石同时也是斜长石系列的端员矿物，故按照斜长石系列的习惯命名法，根据由（－）2V数值(Burri etal.1967)反映出的有序度S的大小，将钠长石划分为三个亚种：高钠长石，50°≤（－）2V≤60°，0≤S≤0.2；过渡钠长石，60°＜(－)2V≤90°，0.2＜S≤0.8；低钠长石，90°＜（－）2V≤102°，0.8＜S≤1。过渡钠长石与低钠长石的界线选为90°，即凡正光性者均为低钠长石。

高钠长石在980℃的高温条件下，可以从三斜晶系转变为单斜晶系，称为“正钠长石”或“单钠长石”（monalbite）(Kroll,1971)。这种正钠长石在冷却时，又会逆转为三斜晶系，但与原来的高钠长石不同，出现了由钠长律与肖钠律组成的转变双

晶。这种钠长石，在英语国家里称为“逆转正钠长石“（inverted albite），在德语国家里则称为“歪钠长石”（analbit, analbite）。但是，在英语国家里，analbite却与high-albite（“高钠长石”）是同义词（Smith,1974a）。所以，在阅读翻译英语文献时，应注意作者的国籍。由于这三个矿物名称在天然样品的鉴定工作中用不到，本分类未予收入。

2.歪长石（anorthoclase）

这一名称的定义最为混乱，因而有人主张取消这个名称（Laves, 1960），但多数人主张还是以保留为好（Smith and Mackenzie, 1959; Марфунин, 1962; Smith, 1974a）。这一名称在我国使用较广泛，笔者认为不宜废弃这一名称，但应明确其确切的含义。

综合本世纪五十年代以来有关歪长石的主要成果（Smith, 1974a, Deer et al, 1963; Wright and Stewart, 1968; Laves, 1952; Mackenzie, 1952），现在对歪长石比较统一的认识是：歪长石是一种在高温下结晶的，成分约为Or5—40的三斜晶系均匀相长石；晶体具无序结构；（-）2V = 30°—60°，多为40°—60°，（010）面中消光角Np′∧a = 2.6°—12°，常具由钠长律和肖钠律聚片双晶组成的格子双晶，肖钠律双晶结合面R.S.∧（001）=（-）3°—（-）4°，加热后，可转变为单斜晶系，转变温度随Ab含量的增高而增高。

3.条纹长石（perthite）

条纹长石的定义比较明确，这是一种由富钾相碱性长石和富钠相碱性长石组成的连晶。虽然从矿物的严格定义出发，这种连晶不能称为一种独立的矿物相，但使用这个名称有很大的方便和可取之处。

可以从各种不同的角度对条纹长石作进一步分类。本分类采用的准则是富钾相与富钠相的相对体积比，由此将条纹长石划分为正条纹长石（K相» Na相），中条纹长石（K相≈Na相）和反条纹长石（K相«Na相）。富钾相和富钠相可以是各种成分不

同、有序度相异的种属，因而可以有多种组合方式（Van der Plas，1966）。

4.透长石（sanidine）

这是一种在高温下结晶的、富钾碱性长石单斜晶系稳定变体。本分类根据结晶温度和有序度的高低以及光轴面的方位，将透长石划分为高透长石，光轴面（010），$63°\leqslant(-)2V\leqslant0°$，和低透长石，光轴面⊥（010），$0°<(-)2V\leqslant44°$。笔者对透长石亚种的划分采用两分而不是三分的方案，是因为在所有碱性长石中，唯有一部分透长石的光轴面为（010），所以其它碱性长石的光轴面均与（010）垂直或近于垂直。以光轴面方位将透长石划分成高、低两个亚种，便于鉴定，也便于记忆。

5.正长石（orthoclase）

在长石文献中，正长石的定义也颇为混乱。虽然不少人建议取消这个名称，但正长石在我国是个沿用已久的名称，如果取消，势必造成新的混乱。通过近三十年来的研究，对于正长石的认识逐步深入，趋向统一。所以，只要弄清其正确的含义，保留这个名称同样有很大便利和可取之处。

人们一度认为在单斜晶系的正长石与三斜晶系的微斜长石之间存在着根本的差异（Spencer，1937；1938）。后来，通过大量X射线衍射法、红外光谱法和核磁共振法的研究，才查明在光学性质方面表现为单斜晶系的正长石实际上是由光学显微镜不能分辨的三斜晶系小单位按双晶关系（即所谓“超显微双晶”或“超光学双晶”）结合而成的。因此，两者并无本质的差别。

综合五十年代以来正长石的主要研究成果（Tuttle，1952；Hafner and Laves，1957，1963；Марфунин，1962；Deer et al，1963；Laves and Viswanathan，1967；Smith，1974a），目前对正长石比较统一的认识有以下几点：

a.正长石是一种表现出单斜晶系光学性质的富钾碱性长石，光轴面⊥(010)，(-)2V约为44°—84°。

b.正长石是富钾碱性长石的亚稳定相变体，其晶体结构的有

序度介于透长石与最大微斜长石之间。

c.正长石是由三斜晶系的微斜长石小单位按平衡的超显微双晶关系组合而成的，表现出一种组合性的光学性质，故光学上应属所谓“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。

根据上述情况，在光学鉴定工作中，定正长石的充分和必要条件是：

a.（假）单斜晶系，在测量误差范围内，$N_g \wedge \perp (010) = 0°$，或$N_g \wedge \perp (001) = 90°$，在⊥（010）晶带中为平行消光，即光学三斜度$\Delta = 0$。

b.光轴面⊥（010），$44° < (-)2V \leqslant 84°$。这里，最重要的是（-）2V必须大于44°，（-）2V的上限可随Ab含量的增高而增高。

正长石可按其（-）2V的大小（反映了有序度的高低）划分为三个亚种：高正长石$44° < (-)2V \leqslant 54°$，$0 \leqslant S_T \leqslant 0.25$；中正长石$54° < (-)2V \leqslant 74°$，$0.25 < S_T \leqslant 0.75$；低正长石$74° < (-)2V \leqslant 84°$，$0.75 < S_T \leqslant 1.00$。笔者将三者之间的界线点选于54°和74°，与Марфунин的划分方法略有不同。

6.微斜长石 (microcline)

这是一种在低温条件下结晶的、富钾碱性长石三斜晶系稳定变体。微斜长石的一个最显著的特点是经常呈现出由钠长律和肖钠律聚片双晶交错穿插组成的格子状双晶。有时，微斜长石不具格子双晶，称为“无格微斜长石”。歪长石也经常具有与微斜长石相似的格子状双晶，但两者的成因、产状不同，其中肖钠律双晶结合面的方位也不同。

在光学鉴定工作中，确定微斜长石的必要条件是：

a.三斜晶系，$0 < N_g \wedge \perp (010) \leqslant 18°$ 和/或 $80° \leqslant N_g \wedge \perp (001) < 90°$。

b.$44° < (-)2V \leqslant 84°$。

c.在测量误差范围内，光学三斜度Δ与光学三斜有序度S_T相

等。

以上三个条件不是充分条件，因为歪长石的光学性质与微斜长石比较相似，两者的光学数据有重叠的部分。但歪长石是富含钠质的、高温下结晶的碱性长石，而微斜长石是富含钾质的、低温下结晶的碱性长石，两者所赋存的岩石不论在化学成分上，还是在产状上都有明显的差别，光学性质上也有可以鉴别的差异，故一般不难区分。但是，定微斜长石必须满足上述三个条件，否则便不能确定某长石为微斜长石。需要指出的是，因Ab含量的不同，微斜长石的光学性质（主要是2V），可能有轻微波动，故（-）2V有时可以超过84°，达88°左右。

划分微斜长石亚种的界线与正长石一样，即高微斜长石，$44°<(-)2V\leqslant 54°$，$0<S_T\leqslant 0.25$，$0<\Delta\leqslant 0.25$；中微斜长石，$54°<(-)2V\leqslant 74°$，$0.25<S_T\leqslant 0.75$，$0.25<\Delta\leqslant 0.75$；低微斜长石，$74°<(-)2V\leqslant 84°$，$0.75<S_T\leqslant 1.00$，$0.75<\Delta\leqslant 1.00$。

这里顺便谈谈最大微斜长石（maximum microcline）的问题。这个名称是Mackenzie（1954）根据Laves的建议引入长石文献的。其原义是指晶胞参数偏离单斜对称达最大程度（$\alpha=90°39'$，$\gamma=87°47'$）的微斜长石，即三斜度最大的微斜长石。最大微斜长石的光学性质，多数人认为是$N_g\wedge\perp(010)=18°$，$N_g\wedge\perp(001)=80°$，$(-)2V=84°$，但Smith（1974A）根根Neiva（1972）的建议取$(-)2V=88°$。

7.正（长）微（斜）长石 (orthoclasic microcline)

这是一种在低温条件下结晶的、富钾碱性长石三斜晶系稳定相变体。在图2中，这种长石分布在代表微斜长石的粗斜线下面的三角区中。这种长石的最大特点是具有不平衡的超显微双晶。所以这种长石的光学三斜度Δ总是小于其光学三斜有序度S_T，它也正是以这一光学特点区别于微斜长石和正长石。

Марфунин（1962）将这种长石称为三斜正长石（триклинический ортоклаз），Barth（1965）对这个名称提出了批评：

“透长石和正长石的单斜对称性已经成为大多数矿物学家所一致接受的定义，对这些定义的任何偏离，都意味着在约定俗成名词上的标新定异。”笔者采用Laves和Viswanathan (1967)建议的名称“orthoclasic microcline”（“正长微斜长石”，或简称为“正微长石”）。为简略起见，笔者建议此矿物名称可以简缩为“ormicrocline”。笔者认为这个名称的可取之处在于：a、说明了这种长石本质上是一种微斜长石；b、在矿物性质及在分类中所占的地位上，很易使人从字面上联想到这是一种介于正长石与微斜长石之间的长石，或具有正长石特征的微斜长石。

正微长石与微斜长石在光学性质方面十分相似，它可以发育有类似微斜长石的格子状光学双晶（即在光学显微镜下可以观测到的双晶），也可以不显光学双晶，但总是具有不平衡的超显微双晶。这种不平衡的超显微双晶虽然无法用光学显微镜直接观测，但它的存在将引起矿物总体光学性质的变化，据此便能区分正微长石与微斜长石。区分这两种长石的具体方法是，在旋转台上测出其(−)2V及Ng∧⊥(010)或Ng∧⊥(001)后，分别算出 S_T 和Δ，若在测量误差范围内，$S_T<\Delta$，说明为正微长石，若$S_T=\Delta$，则为微斜长石。

与正长石和微斜长石一样，本分类根据(−)2V的大小，将正微长石划分为三个亚种：高正微长石，$44°<(-)2V\leqslant 54°$，$0\leqslant S_T\leqslant 0.25$，$0<\Delta\leqslant 0.25$，中正微长石，$54°<(-)2V\leqslant 74°$ $0.25<S_T\leqslant 0.75$，$0<\Delta\leqslant 0.75$；低正微长石，$74°<(-)2V\leqslant 84°$，$0.75<S_T\leqslant 1.00$，$0<\Delta\leqslant 1.00$。

有必要指出，就一般的光学鉴定工作而言，不好区分正微长石与微斜长石，可以笼统地定为微斜长石。但是，对于较为深入细致的工作，则可借助旋转台鉴定出正微长石。因此，一个较为完整的分类方案很有必要将这种长石单独予以命名，这不仅是因为运用光学鉴定手段可以鉴别这种长石，而且因为这种具不平衡超显微双晶的三斜晶系钾长石是钾长石有序化过程中特定阶段的产物，正确地鉴定这种长石，对于探索钾长石的有序化过程以及

有关的岩石成因学问题将是有益的。

8.透（长）微（斜）长石(sanidnic microcline)

这一名称也是Laves和Viswanathan(1967)提出的。在图2中，透微长石分布在代表微斜长石的粗斜线上方的区域，是一种富钾碱性长石三斜晶系亚稳定相变体，发育有不平衡的超显微双晶。这种长石形成于人工加热微斜长石的实验之中，尚未见到天然岩石中产出这种长石的报导，故在表1中未予列入。

9.冰长石(adularia)

这是一种具有特殊晶形（横断面为菱形）的、低温下结晶的富钾碱性长石，仅见于低温热液脉和一些低级变质岩和交代岩中。冰长石的最显著特点是光学性质变化范围极大，可呈单斜晶系，也可呈三斜晶系。（-）2V可从透长石的数值变化到微斜长石的数值。对冰长石所做的光学、X射线分析、核磁共振、电子顺磁共振和透射电镜的研究表明，冰长石并不是一种具有确定性质的长石变体（Gaite and Michoulier,1970；McConell, 1965，1971）。因此，现在大多数长石学者都赞成取消这个名称。本分类未将冰长石收入。笔者认为，在光学鉴定工作中，对于那些产于低温热液脉或低级变质岩，交代岩中具有垂直 c 轴的菱形断面的钾长石，可根据其消光角，光轴角和光轴面方位等数据，将其归于钾长石的任一亚种或笼统地定名为钾长石。

第二章　碱性长石光学性质的特殊性

有两个因素对碱性长石的光学性质影响很大，造成了与一般固溶体系列矿物不同的一些特殊的光学性质变化规律。这两个因素就是超显微双晶和微细连晶。要了解碱性长石光学鉴定的特殊性，掌握好碱性长石的光学鉴定方法，就必须首先搞清楚这两个因素对碱性长石光学性质的影响。

§1　超显微双晶对碱性长石光学性质的影响

在钾长石的有序化过程中，会产生由三斜晶系单体组成的超显微双晶，这是钾长石的一个重要特点，并已为X射线法和电子光学研究所证实。由于构成超显微双晶的单体十分细小（小于可见光的波长），在光学显微镜下无法分辨，表现出的是单斜晶系的光学特征，$N_g \wedge \perp(010) = 0°$，$N_g \wedge \perp(001) = 90°$，$\perp(010)$晶带切面均为平行消光。

这里出现了两个问题：第一，为什么由三斜晶系单体组成的超显微双晶表现出的却是单斜晶系的光学特征？第二，在这种情况下，用偏光显微镜测得的折射率，光轴角等光学数据，能否反映那些超显微的三斜晶系单体的光学性质？

为了阐明超显微双晶对碱性长石光学性质的影响问题，Мафунин(1962) 引用Mallard在1876年提出的模型作了如下分析。

a.假设组成超显微聚片双晶的两种方位单体的体积相等，则这种超显微双晶集合体在可见光中的光学性质也可以用一个光率体来描述，即所谓的“复合光率体”。这种复合光率体仍然是一个三轴椭球体，由于它反映了两单体复合而成的光学性质，就必

须服从双晶的对称元素（双晶轴为二次对称轴）叠加于两单体共有的对称元素所得出的对称。对于由三斜晶系微斜长石单体组成的钠长律和肖钠律双晶两种方位单体的点群均为$\bar{1}$，双晶轴⊥(010)（钠长律）和(010)（肖钠律）均为二次轴，故复合光率体必有一主轴与⊥(010)和〔010〕重合。X射线衍射分析表明，在由钠长律聚片双晶与肖钠律聚片双晶交错组成的格子双晶微斜长石中，钠长律双晶轴⊥(010)与肖钠律双晶轴〔010〕是重合的。因此，当这种双晶为超显微双晶时，复合光率体的一根主轴（推算为N_g）与⊥(010)和〔010〕都是重合的，故晶体表现出单斜晶系的光学性质。

b.根据组成超显微双晶的三斜晶系单体的光学性质，可以计算出复合光率体三个主轴N_g，N_m，N_p的长短（即折射率值），光轴的位置和夹角（即2V）。

Марфунин 根据上述模型计算了微斜长石和高、低钠长石的超显微双晶的光学性质（表2），并提出了一个超显微双晶对钾长石光轴位置和2V的影响的关系图（图3）。表2中的数据表明，超显微双晶对钾长石的光学性质影响不大，折射率的变化不超过±0.0006，具超显微双晶的微斜长石的（-）2V只比无双晶微斜长石降低3°。但超显微双晶对钠长石的（-）2V影响较大，低钠长石（-）2V降低8°，高钠长石降低18°。

图3则进一步说明，具超显微双晶的钾长石的（-）2V比无双晶钾长石最多只降低3°。如果这一解释超显微双晶对碱性长石光学影响的模型能够通过更加广泛和深入的工作得到证实的话，图3将成为钾长石光学鉴定工作中最重要的鉴定图之一。从这个图可以看到，以有序度最高的最大微斜长石变超显微双晶的影响最大，但也只使2V变化3°，对于具它有序度较低的微斜长石，2V的变化则更小。

由此可见，超显微双晶对钾长石的折射率和光轴角影响都不大，具超显微双晶钾长石的光学性质，基本上反映了构成双晶的单体的光学性质。换句话说，超显微双晶钾长石的(-)2V能够反

表 2　超显微双晶对光学性质的影响

矿物种属	N_g	N_p	2 V
无双晶微斜长石	1.5260	1.5200	- 84°
超显微双晶微斜长石	1.52542	1.52050	- 81°
无双晶低钠长石	1.5392	1.5291	- 101°
超显微双晶低钠长石	1.53868	1.52911	- 93°
无双晶高钠长石	1.5341	1.5272	- 50°
超显微双晶高钠长石	1.53360	1.52740	- 32°

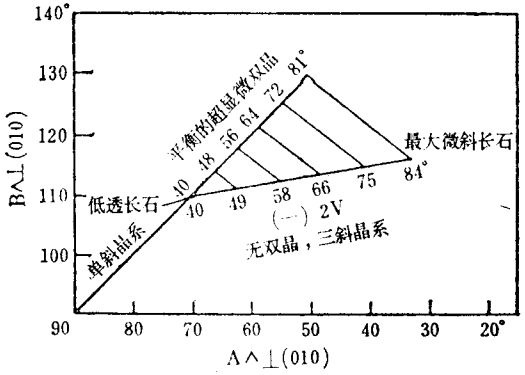


图 3　无双晶与具超显微钠长律双晶的微斜长石的光性方位（Марфунин，1962）[5]

A、B 分别代表两根光轴

映晶体结构的有序度。

§2　微细连晶对碱性长石光学性质的影响

碱性长石的又一特点是随温度降低所发生的出熔作用形成的连晶，通常由富钠相和富钾相组成，称为条纹长石。

在条纹长石中，数量多的一相称为主晶，数量少的一相称为嵌晶。嵌晶的大小变化范围很大，大者肉眼可以分辨，小者显微镜无法分辨，X 射线才能分辨。

具超显微连晶的晶体，可以当做单晶测定其光学性质（折射率，2V等），而且可以根据这样测得的光学数据推断其总体化

学成分和有序度，这一点已经通过对斜长石的超显微连晶（晕长石连晶，勃吉尔德连晶，胡腾洛赫连晶）的研究，基本得到证实。

对于隐纹长石（嵌晶1—5微米）和微纹长石（嵌晶5—100微米）的鉴定，有两种意见。Spencer(1937)，Ma Ckenzie和Smith(1955)等认为，可以用锥光法测定其2V，并以此来推断其有序度。Wright(1964)则认为，对于钾长石主晶需用直光法单独测定其2V，才能如实地反映其有序度。

Smith(1974a)建议，在鉴定微纹长石时，应用两相（如果都有可能的话）均用直光法分别进行测定，但若测定的晶体是厚度约0.1—0.5毫米的碎片时，用锥光法测定其2V，对于了解晶体总的结构状态是有帮助的，据此可以对长石进行初步的分类。

第三章　碱性长石晶体结构的有序无序及其与光学性质的关系

碱性长石中多形现象十分特征，从透长石到微斜长石，存在着一系列同质多象变体。造成这种情况的原因在于晶体结构的结构状态（即晶体结构的有序或无序的程度）不同。由于晶体结构的有序—无序直接影响到晶体的光学性质，所以必须对碱性长石晶体结构的有序—无序与光学性质的关系有所了解，才能从本质上了解碱性长石光学性质的变化规律，反过来才能通过光学性质的测定推断晶体的结构状态。

§1　有序—无序的基本概念

为了解释碱性长石的多形现象，Barth(1934)首次将物理学中关于金属晶体结构的有序—无序理论引入矿物学，成功地解释了这个问题。

长石是一族架状铝硅酸盐矿物，晶体结构的基本组成单位是硅氧四面体$[SiO_4]^{4-}$和铝氧四面体$[AlO_4]^{5-}$。碱性长石的通式是MT_4O_8，其中M代表K或/和Na等一价金属离子，T代表Si和Al两种分布在四面体中心的高价阳离子。Si:Al = 3:1。简单地说，在钾长石晶体结构中，对于T位置而言，共有$T_1(o)$，$T_1(m)$，$T_2(o)$，$T_2(m)$等4个等效的四面体位置。在单斜晶系钾长石中，$T_1(o) = T_1(m)$，$T_2(o) = T_2(m)$。

具体对钾长石而言，所谓晶体结构的有序—无序，指的便是Al在四个等效位置上的分布状况。对于$T_1(o)$，$T_1(m)$，$T_2(o)$，$T_2(m)$来说，共有一个Al和三个Si，Al的分布状况一经确定，Si的分布也就确定了。假如Al在这四个位置的分布概率相等，即

分别为0.25，0.25，0.25，0.25，即Al在这四个位置上呈统计平均分布，并不倾向于集中分布在其中一个或几个位置上，则称晶体结构的这种状态为“无序”状态。反之，假如Al在这四个位置的分布概率不等，在最极端的情况下，集中分布在一个位置$T_1(o)$上，则称晶体结构的这种状态为“有序”状态，此时$T_1(o)=1$，$T_1(m)=T_2(o)=T_2(m)=0$。介于上述完全“无序”与完全“有序”两种极端情况之间的其它状态，如$T_1(o)=T_1(m)=0.40$，$T_2(o)=T_2(m)=0.10$，或$T_1(m)=0.2$，$T_1(o)=0.8$，$T_2(o)=T_2(m)=0.00$等，称为“部分有序”状态。

§2 无序结构与有序结构的差异

Al的分布状况不同，必然对晶体结构特征和由此决定的光学性质发生影响。由于Na^+的半径(0.97 Å)比K^+的半径(1.42 Å)几乎小45%，因此这种影响在钠长石中的表现与在钾长石中的表现，略有不同。

在钠长石中，由无序的高温钠长石到有序的低钠长石，光性方位和晶胞参数均发生变化，但晶体结构对称性不发生变化，均为三斜晶系。

在钾长石中，由无序的高温稳定变体高透长石到有序的低温稳定变体低微斜长石，不仅光性方位和晶胞参数发生变化，而且晶体结构的对称性也发生变化，由单斜晶系变化为三斜晶系。这种变化可以通过图4的分析，形象地得到说明。

图4a是完全无序的高透长石，其中Al的分布为$T_1(o)=T_1(m)=T_2(o)=T_2(m)=0.25$，从这几个位置的空间方位关系可以看到，在与纸面垂直的(010)面两侧，对应位置上的Al量是相等的，故(010)面为对称面，晶体呈单斜对称。

图4b是部分有序的低透长石，其中Al的分布为$T_1(o)=T_1(m)$，$T_2(o)=T_2(m)$，但$T_1(o)$和$T_1(m)$上的Al要多于$T_2(o)$和$T_2(m)$上的Al，例如：$T_1(o)=T_1(m)=0.40$，$T_2(o)=T_2(m)=0.10$。这时，(010)面对称面依然存在，晶体的对称性未遭破

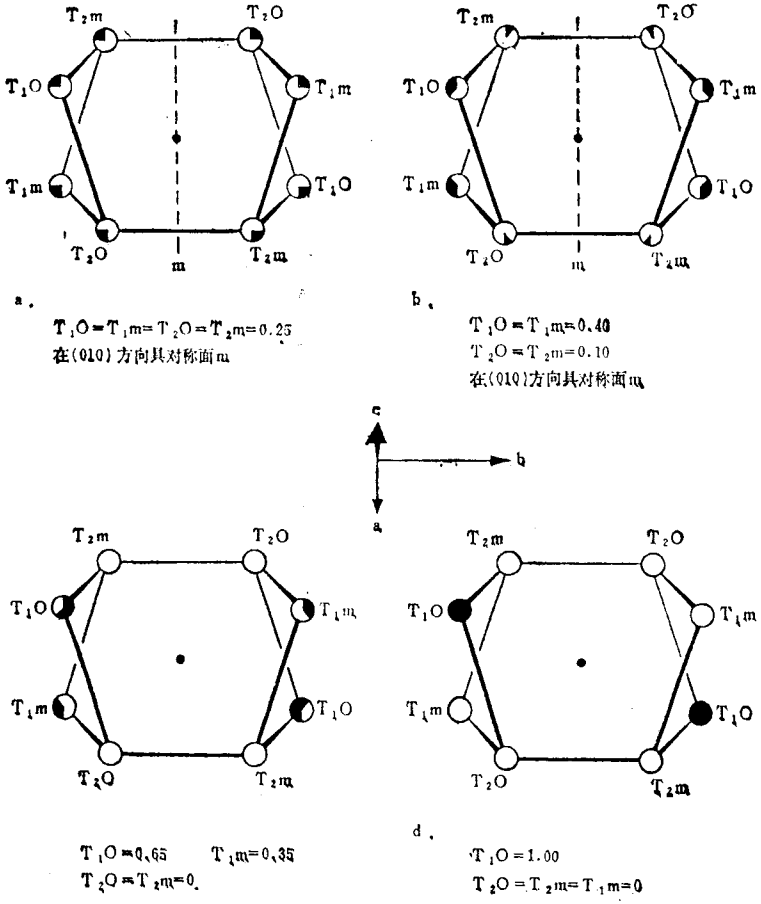


图 4　钾长石各种多形中Al在四面体位置上的分布情况

a.完全无序的高透长石（单斜晶系）

b.部分有序的低透长石（单斜晶系）

c.部分有序的微斜长石（三斜晶系）

d.完全有序的微斜长石（三斜晶系）

各位置圆圈的涂黑程度示意表示其Al的分布概率

坏，仍为单斜对称。

图4c是部分有序的高微斜长石，其中Al的分布为$T_1(o) > T_1(m)$，$T_2(o) = T_2(m) = 0$。例如：$T_1(o) = 0.65$，$T_1(m) = 0.35$，$T_2(m) = T_2(o) = 0$。这时，(010)面两侧呈对称关系的位置上Al量不再相等，故对称面不复存在，晶体的对称性降低为三斜晶系。

图4d是完全有序的最大微斜长石，其中Al全部分布在$T_1(o)$上，即$T_1(o) = 1$，$T_1(m) = T_2(o) = T_2(m) = 0$。显然，晶体仍为三斜晶系。

§3 有序化、有序度和三斜度

1.有序化

比较一下在不同热力学条件下结晶的碱性长石，可以看到随着晶体结构因Al的分布方式的变化而引起的晶体结构从无序到有序的变化。热力学研究表明，无序晶格内能高，稳定性差，有序晶格内能低，稳定性好。一般地说，在高温条件下结晶的无序程度高的晶体，随着温度的降低，会向有序程度高的晶格变化。晶体结构由无序向有序变化的过程，称为有序化过程，简称为有序化。在这个过程的不同阶段可以出现一系光学性质相异，稳定性不同的变体。

X射线衍射，中子衍射和电子光学研究表明，钠长石的有序化过程比较简单，基本上遵循一步有序化规律；钾长石的有序化过程则比较复杂，基本上遵循两步有序化的规律（Smith，1974a）。

钠长石在有序化过程中，Al从$T_1(m)$，$T_2(o)$，$T_2(m)$三个位置同时向$T_1(o)$集中，称之为一步有序化。因完全无序钠长石晶格为三斜晶系，故有序化过程中晶体对称性不变化，始终为三斜晶系，但晶胞参数，光学性质和物理性质发生变化。

钾长石的有序化过程与钠长石不同。这个过程分为两步：第一步，Al从T_2的两个位置$T_2(o)$和$T_2(m)$同时移向T_1的两个位

置$T_1(o)$和$T_1(m)$，矿物由高透长石变为低透长石，因(010)面两侧对应位置上的Al量相等，(010)仍为对称面，故晶体保持单斜对称，但当变成低透长石后，光轴面方位从(010)面转动90°，变为⊥(010)。因此光轴面方位是鉴别高透长石与低透长石的一个重要特征。由于在这一步过程中，晶体对称性始终为单斜晶系，通常称这一步为单斜有序化。第二步，Al在单斜有序化中由T_2位置全部移到T_1位置后，第一步即告结束，此时Al的分布是$T_1(o)=T_1(m)=0.50$，$T_2(o)=T_2(m)=0$。从这时起，$T_1(m)$上的Al向$T_1(o)$转移，此即有序化的第二步。由于$T_1(o)$与$T_1(m)$上的Al不再相等，(010)面不再是一个对称面，晶体的对称性由单斜晶系降低为三斜晶系。在这一步有序化过程中，一个重要的特点是晶体中可以出现由三斜晶系的小单位（小到光学显微镜无法分辨）组成的超显微双晶。这第二步有序化通常称为三斜有序化。

在钾长石的三斜有序化过程中，可能出现三个钾长石亚种矿物。

a.具平衡的超显微双晶的正长石；

b.具不平衡超显微双晶的正微长石；

c.不具超显微双晶的微斜长石。

如果钾长石有序化过程中矿物的多形转变概括起来，其次序是：

高透长石$\xrightarrow[\text{有序化}]{\text{单斜}}$低透长石$\xrightarrow[\text{有序化}]{\text{三斜}}$正长石（假单斜）或微斜长石

根据结晶学研究，具格子双晶的微斜长石是由正长石转变而来的（Laves，1950），这一观点已为多数人接受，故Марфунин(1962)将钾长石的有序化过程归纳为：

无序透长石⟶有序透长石（各种“正长石”）⟶微斜长石

总之，无序透长石不可能直接变化有序的微斜长石，这是钾

长石有序化的重要特点。

2.有序度

为了对长石的有序化过程或晶体结构的有序程度（也称为晶体的结构状态）进行定量的描述，有必要引入有序度（S）的概念。

如前所述，长石晶体结构的有序化过程实质上是Al由$T_1(m)$，$T_2(o)$和$T_2(m)$向$T_1(o)$集中的过程。在这个意义上说，所谓有序度指的就是Al在$T_1(o)$位置集中程度的定量描述。Smith和Mackenzie(1961)提出用下式计算长石的有度（或有序率）S：

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{4} |0.25 - T_i|}{1.5} \qquad (1)$$

式中T_i系指$T_1(o)$，$T_1(m)$，$T_2(o)$，$T_2(m)$四个位置上Al的分布概率。完全无序的透长石（0.25,0.25,0.25,0.25），S = 0；完全有序的最大微斜长石（1.00,0,0,0），S = 1；有序度介于以上两种极端情况之间的1>S>0，如理想的高正长石（0.50,0.50,0,0）S = 0.67。

测定Al在$T_1(o)$，$T_1(m)$，$T_2(o)$，$T_2(m)$四个位置上的分布概率是一项相当复杂费时的工作，是X光结晶学家的任务。在光学鉴定工作中，通常是根据有序化过程中有关光学性质的变化情况来间接地估计有序度，我们把通过测定有关光学性质所估计的有序度称为光学有序度。下面讨论一下光学有序度的测定方法。

（1）钠长石

钠长石在有序化过程中，光学性质的变化主要表现在(-)2V的增大和光性方位的变化。钠长石既是斜长石系列的端员矿物，又是碱性长石系列的端员矿物，其有序度的测定可采用斜长石的光学鉴定方法。

a. 2V法

当钠长石晶体的粒度或双晶单体的宽度足够大时，可在旋转台上测定其2V值。根据Burri等的数据(1967)，完全无序的高钠长石(-)2V = 50°，相当于S = 0，完全有序的低钠长石(-)2V =

102°，相当于S = 1，故其光学有序度与(-)2V的关系是

$$S = \frac{2V_a - 50^\circ}{52^\circ} \qquad (2)$$

式中$2V_a$系指(-)2V值。测出(-)2V值，即可根据上式计算S值。

由于从完全无序的高钠长石到完全有序的低钠长石，(-)2V变化幅度达52°之多，故(-)2V是反映钠长石晶体结构状态的灵敏参数。为了尽量提高测量准确度，应尽可能采用锥光法测定(-)2V。

b.三消光角法

由于高温（无序）钠长石与低温（有序）钠长石在⊥(010)晶带的消光角变化情况方面差异甚大，所以用消光角法鉴定钠长石的有序度效果甚好。笔者（苏树春，1978a）为改进酸性斜长石（An0-30）的成分与结构状态的鉴定，曾设计了一个只须在⊥(Q10)晶带中测定三个消光角（⊥a轴切面以及与⊥a轴切面夹角分别为+20°及-20°的两个切面的消光角），即可同时定出钠长石、更长石的An含量和结构状态（光学有序度）的方法。

在备有穿孔目镜和中村试板等附件的情况下，测消光角的速度和准确度均可进一步提高。即使在没有上述附件的情况下，测消光角也是一种简便而迅捷的方法。

c.双晶法

从理论上说，经典的双晶法是鉴定包括钠长石在内的斜长石系列矿物的最准确可靠的光学方法。然而，由于钠长石的光性方位的特点，致使双晶法在应用于钠长石时，效果往往不佳。原因是，钠长石多半发育有钠长律双晶，CP = (010)，TA = ⊥(010)，这时，构成钠长律双晶两单体的N_p之间的夹角一般不超过10°，对于有序度高的低钠长石，只有几度。所以两单体定位的很小误差，就会导致双晶轴定位的很大误差。若是发育有卡斯巴律或卡斯巴—钠长复合律双晶的钠长石，则双晶法效果较钠长律双晶为佳，但这些类型的双晶在钠长石中较少见到。

d.2V—N_m Λ⊥(010)

这个方法可以应用于具结合面为(010)的双晶（钠长律，钠卡斯巴—钠长律，卡斯巴律）或具(010)解理的晶体。这个方法充分发挥了2V反映有序度变化较灵敏的特点，又利用了N_m定位相对较准的特点，所以能够收到较好的效果（苏树春等1979）。

（2）钾长石

钾长石的有序化过程是两步，故通常以单斜有序度S_M和三斜有序度S_T分别描述这两步有序化过程。

a.单斜有序度S_M

令光轴面为(010)，(-)2V = 63°的完全无序高透长石$S_M = 0$，光轴面为⊥(010)，(-)2V = 44°的完全有序的低透长石$S_M = 1$，由此推出S_M的计算公式为

$$S_M = (63° - 2V_o)/107° \quad \text{〈光轴面为）010〉} \quad (3)$$

$$S_M = (63° + 2V_o)/107° \quad \text{〈光轴面为⊥(010)〉} \quad (4)$$

式中$2V_o$系指(-)2V值。

由上式可知，单斜有序度的测定包括(-)2V的测定和光轴面方位的确定两个内容。

高、低透长石的N_p与a轴夹角较小，而透长石通常发育的解理为(001)和(010)，故同时见到两组近于正交的解理的切面即为近于垂直Bxa的切面。在普通显微镜下，可用锥光法（Tobi，1956）在近于⊥Bxa的切面上较准确地测得(-)2V值，若发育有一定的双晶，还可区分光轴面是(010)还是⊥(010)，见下节关于高、低透长石的鉴别问题。但(-)2V的准确鉴定和光轴面的鉴别通常需在旋转台上进行。透长石的双折射率较低，近于⊥Bxa的切面干涉色更低（双折射率更低），故必须用加厚至0.1毫米甚至更厚的薄片或晶体碎屑测量，才能得出准确可靠的结果。在具体的测量方法上，则应尽可能采用锥光法或藉助中村试板等附件进行测量。

b.三斜有序度S_T

令(-)2V = 44°的正长石或微斜长石的$S_T = 0$，(-)2V = 84°的正长石或微斜长石的$S_T = 1$，由此推出S_T的计算公式为，

$$S_T = (2V_a - 44°)/40° \qquad (5)$$

式中$2V_a$系指(-)2V值。

S_T的测量实际上就是2V的测量，对于无双晶的晶体或具简单双晶且单体较宽的正长石晶体，宜用厚切片在旋转台上用锥光法进行测量，可达到较高的准确度。若晶体粒度较小，或是具格子双晶的微斜长石，则只有用直光法（在格子双晶稀疏的部位）进行测量。

3.三斜度

在钾长石有序化过程中，晶胞参数发生变化，α角和γ角不再等于90°。造成这种变化的原因是，钾长石有序化的第二步(即三斜有序化)中，Al从$T_1(m)$逐渐向$T_1(o)$集中，破坏了晶体的单斜对称性，而使晶体对称性降低为三斜晶系。有序化程度越高，晶体偏离单斜对称的程度也越高，或者说，三斜的程度也越高。晶体对称性的这种变化，反映在X射线粉末衍射图中，便是(hkl)与$(h\bar{k}l)$衍射线（峰）的分裂，在单斜晶系晶体中因(010)对称面的存在而重合的(hkl)与$(h\bar{k}l)$衍射线（峰），在三斜晶系晶体中分裂成两条衍射线。

为了衡量钾长石三斜有序化的程度，Goldsmith和Laves (1954)首次提出“三斜度”（Δ）的概念。所谓“三斜度”，指的是三斜晶系钾长石偏离单斜晶系对称的程度。他们建议用(131)与$(1\bar{3}1)$衍射线面网间距d值之差来确定钾长石的三斜度Δ，其公式是

$$\Delta = 12.5[d(131) - d(1\bar{3}1)] \qquad (6)$$

式中d(131)和$d(1\bar{3}1)$分别代表(131)和$(1\bar{3}1)$面网间距，单位为Å。

显然，如果要根据上述公式测定三斜度，就必须采用X射线粉末法。我们这里关心的是如何用光学方法测量三斜度的问题。

在三斜有序化过程中，光学性质的变化是这样的：首先，由于在晶体结构中Al的分布状况的调整，从$T_i(m)$向$T_1(o)$集中，造成了在～⊥a轴的平面中各方向之间的差异性的加大，致使N_m与

N_g之间的差异增大，结果导致了(-)2V的增大；其次，由于对称性从单斜向三斜变化，造成$N_g \wedge \perp (010)$从0逐渐增大，$N_g \wedge \perp (001)$从90°逐渐变小。可是，由于在三斜有序化过程中有时会出现超显微双晶，而这种超显微双晶又对晶体的光学性质产生一定影响，这就使得情况比单斜有序化时更为复杂了。

对于正长石，由于发育有平衡的超显微双晶，表现出的是单斜晶系的光学性质，所以不论三斜有序化进行到什么程度，其光学三斜度总是为零。

对于不具超显微双晶的微斜长石，当然不存在超显微双晶的影响问题。随着有序度的增高，(-)2V变大，三斜度也随之增大，呈线性关系变化。在这种情况下，三斜有序度与光学三斜度在数值上是相等的。

对于具有不平衡超显微双晶的正微长石，在不平衡的超显微双晶的影响下，光学三斜度发生了不同程度的降低。在这种情况下，任一给定的正微长石，其光学三斜度总是小于其三斜有序度。

光学三斜度的测量，通常是通过测定$N_g \wedge \perp (010)$或$N_g \wedge \perp (001)$进行的。再代入公式计算得出Δ值。

单斜晶系钾长石$N_g \wedge \perp (010) = 0°$，$N_g \wedge \perp (001) = 90°$，其相应的Δ = 0，而最大微斜长石$N_g \wedge \perp (010) = 18°$，$N_g \wedge \perp (001) = 80°$，其相应的Δ = 1，由此推算出光学三斜度Δ的计算公式为

$$\Delta = [N_g \wedge \perp (010)]/18° \qquad (7)$$

或

$$\Delta = [90° - N_g \wedge \perp (001)]/10° \qquad (8)$$

$N_g \wedge \perp (010)$和$N_g \wedge \perp (001)$的测量需在旋转台上进行。

凡是三斜晶系的富钾碱性长石，要确定其亚种，不仅要测定其三斜有序度，还要测定其光学三斜度，若在测量误差范围之内，$S_T = \Delta$，则为微斜长石；若在测量误差范围之内$S_T < \Delta$，则为正微长石。至于微斜长石和正微长石内部亚种的区分，则要根据其(-)2V（即三斜有序度）大小进行。

第四章　碱性长石光学性质概述

就光学鉴定工作而言，各项光学性质的作用和重要性是不同的。而同一项光学性质，对于不同种属的矿物，重要性也不同。因此，在讨论碱性长石的系统鉴定方案之前，必须对各项主要光学性质的特点及其在鉴定工作中的意义作一讨论。

§1　光性方位

碱性长石的化学成分及晶体结构的有序度不同，其光性方位也不同。因此，光性方位在碱性长石的鉴定中具有重要的意义。例如，高透长石与低透长石的鉴别，光轴面的方位是重要的因素；富钾碱性长石三斜度的测定，正微长石与微斜长石的鉴别，都是通过光性方位的测定进行的。

碱性长石的种属很多，光性方位各异，但有一个共同点，即 N_p 总是近于(010)和(001)解理的交线(即 a 轴)。此外，除高透长石外，所有其它种属碱性长石的光轴面都垂直于或近于垂直(010)。

1.单斜晶系

属于此类的有真正单斜晶系的高透长石和低透长石，以及在光学上表现为单斜晶系特征的正长石。由加热高钠长石得到的正钠长石（monalbite）也是单斜晶系矿物，仅见于人工实验产物中，自然界中未见产生，故本文不予讨论。

（1）高透长石（图5）

最大的特征是光轴面 // (010)，而所有其它碱性长石的光轴面不是⊥(010)，便是近于⊥(010)。高透长石的光轴色散为 $r<v$，这一点也不同于所有其它的碱性长石。Smith(1974A)认为，对光轴色散进行测量，是鉴别高透长石与低透长石的最好方

法。$N_m \parallel b$，$N_p \wedge a \doteq 3° - 12°$，$N_g \wedge c \doteq 14° - 23°$。(-)2V可以从0°变化到大约63°（Tuttle，1952）。

（2）低透长石（图6）

光轴面⊥(010)，光轴色散 $r > v$，$N_g \parallel b$，$N_p \wedge a \doteq 3° - 12°$，$N_m \wedge c \doteq 14° - 23°$，$(-)2V = 0° - 44°$。

在自然界中，低透长石出现的频率比高透长石高得多，总的说来，高透长石是十分罕见的。Stewart(1975)指出，只有在迅速淬火并缺乏挥发组分的条件下，才有可能形成高透长石，而低透长石和歪长石却常见于富含碱质的岩浆岩中。

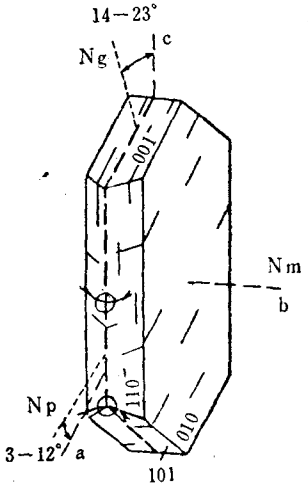


图5　高透长石的光性方位

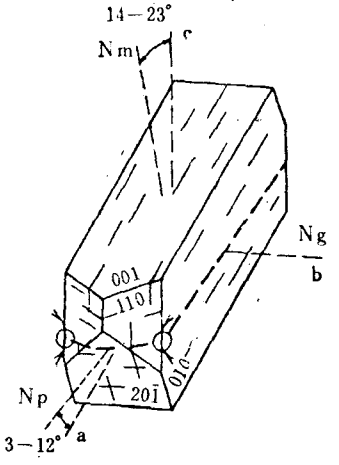


图6　低透长石和正长石的光性方位

（3）正长石（图6）

光轴面⊥(010)，$(-)2V \doteq 44° - 84°$，$r > v$，$N_g \parallel b$，$N_p \wedge a \doteq 3° - 12°$，$N_m \wedge c \doteq 14° - 23°$。

正长石除了(-)2V大于低透长石外，其它光性方位特征与低透长石并无不同。

应该再次强调指出，正长石是由三斜晶系的小单位按一定的双晶关系构成所谓平衡的超显微双晶组成的。由于这些三斜晶系

的小单位小于可见光的波长，所以在可见光中，正长石表现出的是种组合的光学性质，或平均的光学性质。这种单斜晶系特征，並不意味着正长石本身是真正单斜晶系的矿物。

2.三斜晶系

属于此类的有微斜长石，歪长石和钠长石。英语国家的“逆转正钠长石”（inverted monalbite），或德语国家的“歪钠长石”（analbite）也为三斜晶系，但因系人工实验产物，故此处不予讨论。

（1）微斜长石（图7）

光轴面～⊥(010)，(-)2V≒44－84°$r<v$，0＜N_g∧⊥(010)≤≤18°，80°≤N_g∧⊥(001)＜90°。

微斜长石的光性方位变化范围较大，反映了从三斜有序度等于零的高微斜长石到三斜有序度等于1的最大微斜长石整个范围内的变化情况。在其光轴角与消光角之间存在着一定的依存关系，随着(-)2V的增大，N_g∧⊥(010)随之增大，而N_g∧⊥(001)随之减小。多数微斜长石属于中一低微斜长石，高微斜长石通常比较少见。

（2）歪长石（图8）

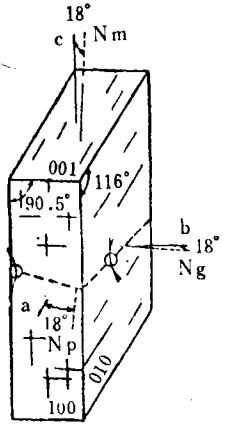


图7　微斜长石的光性方位

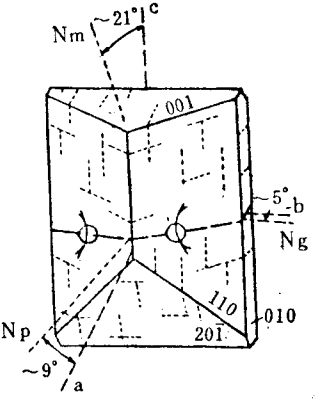


图8　歪长石的光性方位

光轴面～⊥(010)，(-)2V≒30°－60°，$r>v$，(010)面内$N_p'\wedge a$≒2.6°－12°，(001)面内$N_p'\wedge a$≒1－6° Heinrich,196)。

从上述数据可以看到，歪长石的光性方位数据与微斜长石有很大相似之处，两者的主要差别在于多数微斜长石的（－）2V和消光角稍大于歪长石。

§2 折射率和双折射率

碱性长石系列矿物的折射率与其化学成分和晶体结构的关系密切，随or含量的降低和有序度的增高而增大（Spencer,1937；Tvttle,1952），如图1—9所示。这种变化规律不难从晶体化学的角度加以解释。在三个主折射率中，只有N_m'基本不受有序度变化的影响。

有些人从图1—9出发，认为可以根据折射率（特别是基本不受有序度影响的N_m）的测量来鉴定碱性长石中的Or含量。固然，碱性长石的折射率与其化学成分（特别是Or含量）的关系密切，但是，不论从理论上还是从实践上都可以证明，用油浸法测定Or含量，其准确度和可靠性都是很差的，只能是一种半定量的方法。其原因主要有两个。第一，碱性长石折射率随化学成分变化的幅度很小，整个系列的变化范围只有大约0.011—0.014。所以，即使折射率测量的准确度达到±0.001，其Or%mol.的误差也将达到±7—10%mol.。况且，一般的油浸法测量要达到这样的准确度，並不是那样容易的。第二，根据Hewlett(1959)，的研究，普遍存在于碱性长石晶格中的Ca,Ba,Sr,Fe等元素，含量虽然不高，对折射率的影响却颇大，1%mol.的钙长石，钡长石、锶长石和铁长石引起折射率的变化分别为0.0006，0.0007，0.0006—0.0009和0.0008，这四种成分总含量2—3%mol.的变化对折射率的影响，可以相当于Ab%mol. 12—20%的变化所产生的影响。Smith和Ribbe（1966）用Glaston—Dale公式对混入碱性长石晶格的上述元素对折射率的影响进行校正，可以使样品投影点相对于图9中曲线的离散大大减小，进一步证明了这些微

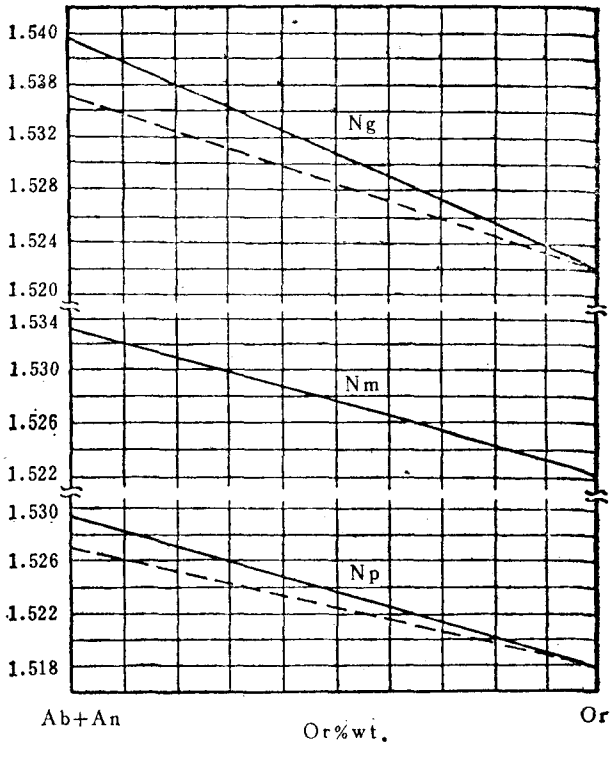


图 9　碱性长石折射率与Or重量百分比的关系（Tuttle，1952）
实线：正长石—低钠长石系列虚线：
透长石—高钠长石系列
N_m两系重合

量元素的影响。

因此，许多长石学者现在都认为，在鉴定碱性长石Or含量方面，折射率的意义是很有限的(Smith,1974a;Van der Plas,1966;Stewart,1975)。因此，在实际鉴定工作中，油浸法的作用是有限的。

碱性长石的双折射率较低(<0.01)对于双折射率在碱性长石光学鉴定中的作用，目前有两种不同的看法。Stewart(1975)认为，碱性长石的双折射率受化学成分和Al/Si有序状况的影响甚

小，故在光学鉴定工作中意义不大。

另一种意见认为，由于微量元素 Ca,Fe,Ba,Sr 等对各个主折射率的影响基本上一样的，所以双折射率基本不受这些元素的影响，从而可以用来确定碱性长石的结构状态（Smith,1974a)。Hewlett(1959)对著名的Spencer碱性长石标本的（"b"－N_p）与有序度的关系进行了研究，结果表明两者关系密切，（"b"－N_p)这样一个偏双折射率数据可以作为指示结构状态的光学参数。其中的"b"系指与b轴最为接近的那根光率体主轴的折射率，对于高透长石为N_m，对于所有其它富钾碱性长石则均为N_g。在长石文献中，（"b"－N_p)称为休利特参数（Hewlett parameter）。这个参数可以在(001)解理片上测得，因为在碱性长石中，这两个主折射率所构成的光率体对称面，与(001)面近于平行，两者之间的夹角通常很小。故(001)解理片上测得的N_g'－N_p'近似等于（"b"－N_p）。

图10表示了（"b"－N_p）与各个T位置上Al量的关系。从此图可以看到，（"b"－N_p）与晶体结构状态的依存关系是很明确的。Finney和Bailey(1964)研究表明，钾长石的双折射率与2V之间存在着连续的非线性关系，进而间接地证实了图10所示的关系。

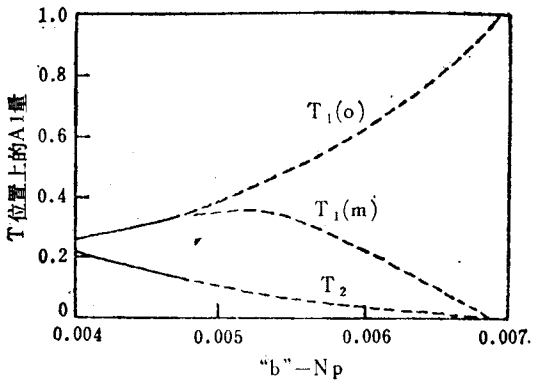


图10　钾长石T位置上Al量与偏双折射率"b"－N_p的关系（Hewlett，1959）

但是，如果Марфунин 解释超显微双晶的光学性质的模型是正确的话，与(-)2V相比，双折射率受超显微双晶的影响更大。所以，考虑到超显微双晶的影响，(-)2V在光学鉴定工作中的意义要比双折射率更大。

笔者认为，碱性长石的双折射率色散与晶体结构状态之间的关系是个值得深入研究的课题。这是因为，高透长石的光轴色散是$r<v$，与所有其它碱性长石相反。而双折射率和双折射率色散与光轴角和光轴色散关系密切，由此推测，双折射率色散与有序度之间也应该存在着密切的关系。

综上所述，准确地测定（"b"－N_p）或（001）解理片上的N_g-N_p，对于确定碱性长石的结构状态，可能有一定意义。但是，双折射率与折射率更难测准，而且对于碱性长石双折射率与其晶体结构的有序度和化学成分的关系，目前的研究还很不充分。所以，在实际的光学鉴定工作中，双折射率的意义不大。

§3 光轴角

1.变化规律

碱性长石系列的光轴角(-)2V随化学成分和结构状态的变化情况，如图1和图2所示。这种关系也可以表示为图11的形式。图11是 Stewart(1974)在将近100个已知光轴角和晶胞参数的碱性长石（少量为天然钾长石经钠交代制得的样品）的数据的基础上编制的，不仅表示了2V与Or含量和结构状态的关系，也表示了上述参数与晶胞边长 b 和 c 的关系。图中钠长石端员的(-)2V数据稍稍不同于Burri et al.(1967)的数据（即本文图1所引用的数据）。

我们可以把碱性长石的光轴角变化规律概括如下：

（1）当Or不变时，除高透长石外，所有其它碱性长石的(-)2V随有序度增高而增大。

（2）当有序度不变时，(-)2V随Or的减少而增大，然而从图11中(-)2V等值线的趋势可以看到，(-)2V随Or减少而增大的

速度比较慢，大大小于(-)2V随有序度增高而增大的速度。

（3）(-)2V与有序化的机制（一步有序化或二步有序化）无关，而取决于其T_1位置上的Al量，或者说，取决于Al在长程有序化过程中向T_1位置集中的程度。

（4）Spencer(1937)的人工实验结果表明，通过加热使碱性长石均一化所造成的(-)2V变化（即在增加，也有减小）不超过5°。由此推测，出熔作用所引起的2V变化，大约也在这个范围。此外，根据 Марфунин(1962)的模型，超显微双晶的存在，可以使(-)2V值减小3°（富钾端）至8°（富钠端）。因此，出溶作用、超显微双晶和晶畴结构对碱性长石（特别是富钾碱性长石）2V的影响不大，如果在天然岩石中测得的碱性长石成分基本相同而2V差别较大时，说明晶体的有序度变化较大。

2.在碱性长石光学鉴定中的应用

（1）鉴定碱性长石的种属

在测定了晶体的光性方位等数据后，通过(-)2V的测量可以藉助于图1和图2确定碱性长石的种属。这个问题，后面要详细讨论。

（2）鉴定碱性长石的有序度

在通过(-)2V，配合有关数据测得碱性长石种属后，即可利用本文中图2等鉴定图或(2),(3),(4),(5)等公式计算确定晶体的有序度。

存在的问题是2V的测量误差一般较大，除非采用加厚薄片及锥光法进行测量，否则光轴角测量的准确度很难提高，然而对于发育有格子双晶的碱性长石，锥光法就很难应用。一般地说，光轴角测量误差所引起的T_1位置上Al量的误差为10%左右。与X射线粉末法相比，2V测量所得出的有序度，准确性是较差的。这是光学方法固有的局限性。然而，从另一个角度看来，用2V来估测有序度也有其独特的优点，即可以测量一粒细小晶体的有序度，也可测量一粒晶体不同部位的有序度或环带状晶体不同环带的有序度，此外，通过对同一薄片或同一标本中不同碱性长石颗

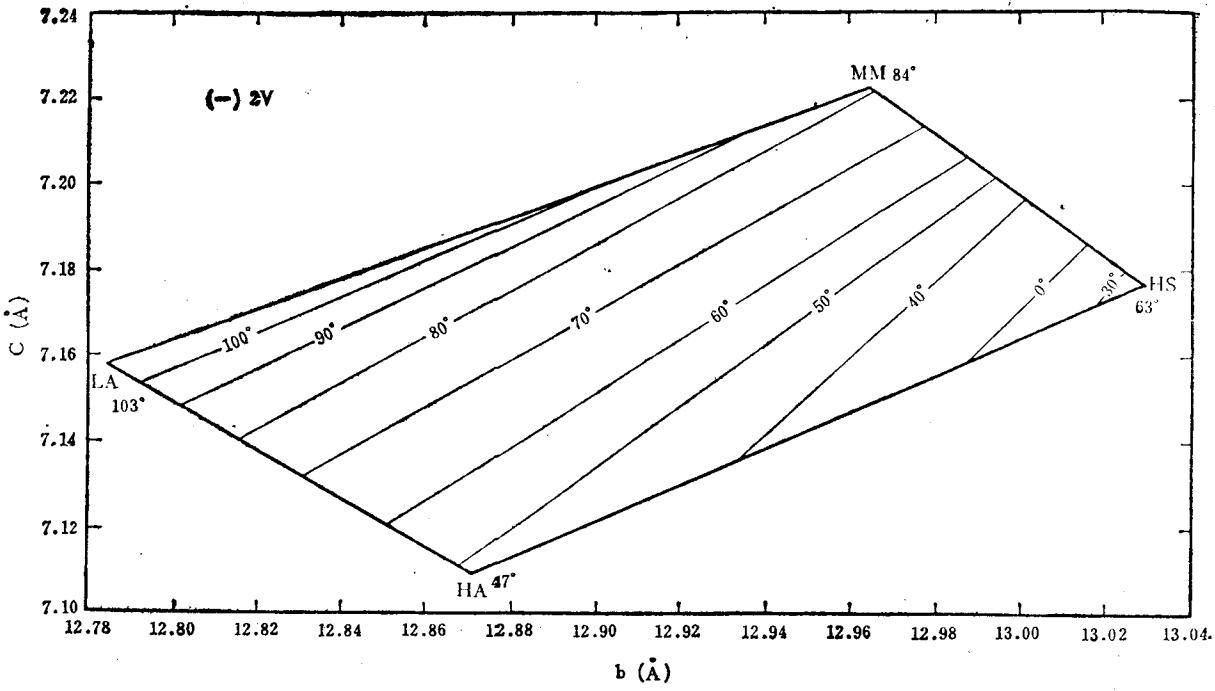


图11 钾长石及其钠交换产物的光轴角与晶胞边长b和c的关系（Stewart,1974）LA：低钠长石；HA：高钠长石；MM：最大微斜长石；HS：高透长石

粒的测量，可以了解在一块薄片或一块标本范围内，碱性长石有序度的变化分布规律，这样的数据，对于探讨有关的岩石成因问题，是很有价值的。而这一点，正是X射线粉末法所办不到的，因为粉末法所测定的是许多晶体的平均有序度。

（3）鉴定低钠长石—微斜长石系列的Or含量

当我们能够根据双晶特征、出熔作用强度等初步判断某晶体属于低钠长石—微斜长石系列时，便可以通过测量2V粗略地估计其Or含量。在我国的一些教科书（王德滋，1975）中建议用Rankin(1967)的曲线（即本文图12中的实线）。这条曲线的端员数据为低钠长石103°，微斜长石75°。

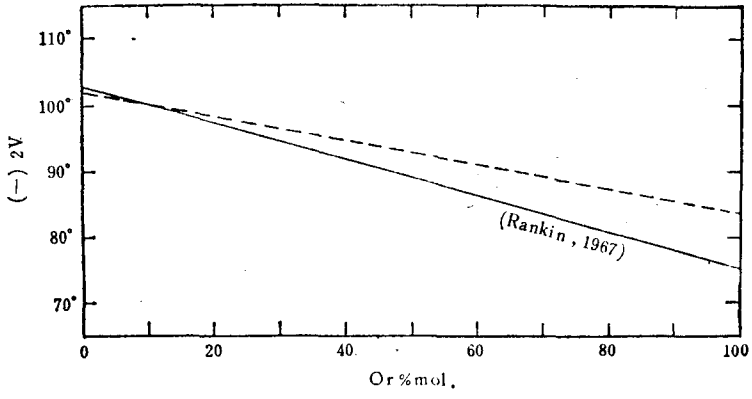


图12 低钠长石—微斜长石系列（−2V与Or%mol.的关系
实线：离子交换法制取的样品（Rankin,1967）
虚线：天然样品

应该指出，Rankin的这条曲线，是根据Orville（1967）由天然的微斜长石经人工碱交代实验制取的一系列Or含量不同的样品上测量的光轴角数据编制的。根据X射线粉末法测定，该天然微斜长石的三斜有序度为0.94，并非最大微斜长石。Rankin自己也承认，由于晶体具微细的格子双晶，他在用直光法测定光轴角时遇到了很大困难，因此，75°这个端员数据是有问题的。

图12中的虚线是笔者根据目前为大多数研究者所接受的端员

数据（微斜长石84°，低钠长石102°）加上的。

从图12可以看到，整个低钠长石—微斜长石系列的(-) 2 V变化范围较小，只有18°—28°，而这个系列的富钾端矿物多半发育有格子双晶，无法用锥光法测量。所以，根据(-) 2 V值鉴定其Or含量，误差甚大，通常只有半定量的意义。

其次，图12表明，富钾端碱性长石的(-) 2 V受有序度影响明显，若果根据假设的结构状态认为某矿物属于低钠长石—微斜长石系列，而实际的结构状态如果稍有差别，就会导致很大的误差。

鉴于上述两点原因，用光轴角来鉴定低钠长石—微斜长石系列矿物的Or含量并不是一种实用可行的方法。即使运用这个方法进行鉴定，也应该根据样品的具体情况，选用恰当的曲线。笔者建议，对于天然岩石中的低钠长石—微斜长石系列矿物，若能够判明其结构状态已经达到或十分接近完全有序的状态，则以用图12中的虚线为好；若样品的结构状态尚未达到完全有序，则可考虑用图中的实线。不难看到，这两条曲线的差异是非常大的。笔者认为，用这个方法鉴定低钠长石—微斜长石系列矿物的Or含量时，应该十分慎重。

§4 消光角

在碱性长石的光学鉴定工作中，消光角具有重要的意义。下面对不同切面中的消光角在鉴定工作中的意义，影响消光角的因素等问题作一简要的讨论。

1.(001)面中的消光角

在碱性长石中，(001)面中的消光角系指N'_P与(010)解理在(001)面上的迹之间的夹角$N'_P \wedge (010)$。这个角度的大小主要受下列因素控制：

(1)碱性长石的对称性

单斜晶系的钾长石，(010)面为对称面，故$N_P \wedge (010) = 0$，只有三斜晶系的碱性长石$N'_P \wedge (010)$才不为0°。

（2）晶体结构的有序度

(001) 面中的$N'_P \wedge (010)$随有序度的增高而增大，具体地说，随着$T_1(o)$与$T_1(m)$位置上Al量之差的增大而增大。Stewart(1974)将这种关系示意地表示为图13的形式，同时指出，其间的关系不一定正好是直线性的。但是，随着三斜有序化过程中，Al从$T_1(m)$向$T_1(o)$集中，(001)面中的消光角$N'_P \wedge (010)$随之增大的趋势是很明显的。

（3）超显微双晶

大量的数据表明，结合面为(010)面以外其它面的双晶律（如以R.S.为结合面的肖钠律）的超显微聚片双晶，可使三斜晶系钾长石（001）面中的消光角减小，这种非(010)结合面的超显微聚片双晶若是达到平衡，则可使这一消光角降为0°（Марфунин，1962；Stewart,1975）。因此，虽然有序度较高的三斜晶系钾长石，一般地说（001)面中的消光角也应该比较大。但是，由超显

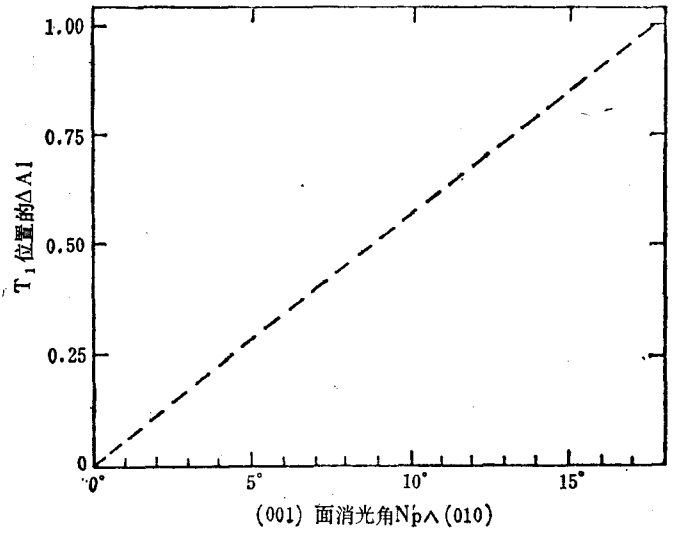


图13 碱性长石（001）面消光角与T_1位置的Al量之差 $\Delta Al = T_1(o) - T_1(m)$之间的关系
(Stewart,1974)

微双晶的影响，有序度较高的三斜晶系钾长石也可具有较小的（001）面消光角（正微长石），或者甚至等于0°的消光角（正长石），这时，钾长石在光学上变成了假单斜晶系。

因此，不能单单根据（001）面上的消光角$N'_P \wedge (010)$的大小来判断三斜晶系钾长石的有序度，而必须配合以2V的数据，才能对有序度和超显微双晶的情况作出综合判断。然而，如果测得某钾长石(001)面中的消光角$N'_P \wedge (010)$大于3°—4°，则可以肯定$T_1(o)$与$T_1(m)$位置上的Al量是不相等的，或者说该长石的三斜有序度不可能为零。

2.(010)面中的消光角

在碱性长石中，（010）面中的消光角系指N'_P与(001)解理面在（010）面上的迹之间的夹角$N'_P \wedge (001)$。这个角度的大小

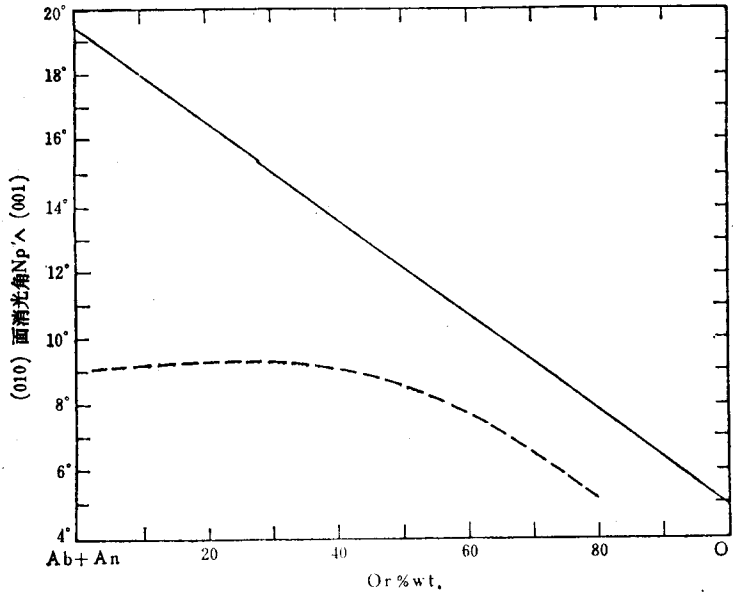


图14 透长石—歪长石—高钠长石系列（虚线）与正长石—低钠长石系列（实线）（010）面消光角与Or%wt之间的关系（Tuttle，1952）

主要受下列因素的控制：

（1）Or含量和有序度

Tuttle(1952)首次系统地考察了碱性长石的透长石系列，正长石系列和一些人工合成样品的(010)面消光角$N'_p \wedge (001)$与化学成分的关系（图14）。总的趋势是，(010)面消光角随有序度的增高及Or含量的降低而增大。

Stewart(1974，1975)统计了大量既作过晶胞参数测量又作过消光角测量的碱性长石的数值，编制了碱性长石的晶胞参数与(010)面消光角关系图（图15），进一步证实了Tuttle(1952)所确定的变化趋势。

大量数据表明，对于富钾碱性长石来说，有序度对(010)面的消光角影响很小。不论是T_1位置Al的总量的变化还是$T_1(o)$与$T_1(m)$上Al量差值ΔAl的变化，对(010)面消光角似乎都没有多大影响。不论它们如何变化，所有均匀相富钾碱性长石(010)消光角基本变化于5°—7.5°之间。但是，对于富钠碱性长石来说，情况就不同了，有序度对(010)面消光角的影响很大。根据Rasse(1978)的最近研究，从高钠长石的7.7°到低钠长石的19.9°，变化达12°以上。

基于(010)面消光角与Or含量和有序度之间的关系，Mapфунин(1962)在Tuttle(1952)工作的基础上，结合解释超显微双晶对碱性长石光学性质影响的模型，提出了一个鉴定图（图16）。根据这个图，在测得了(-)2V和(010)面消光角后，即可鉴定出单斜（或假单斜）晶系碱性长石的Or含量和有序度。(010)面消光角在光学鉴定中的主要意义也就在于此。

在我国不少文献资料，特别是教科书中，都引用了这个图。值得指出的一点是，引用的图中，多半将横座标消光角的刻度弄错了。正确的刻度如本文图16所示。此外，在我国一些文献中，也未说明此图只适用于鉴定单斜（或假单斜）晶系的碱性长石，而不能用来鉴定明显为三斜晶系的碱性长石。

此图在碱性长石光学鉴定工作中用途很大，在使用此图时应

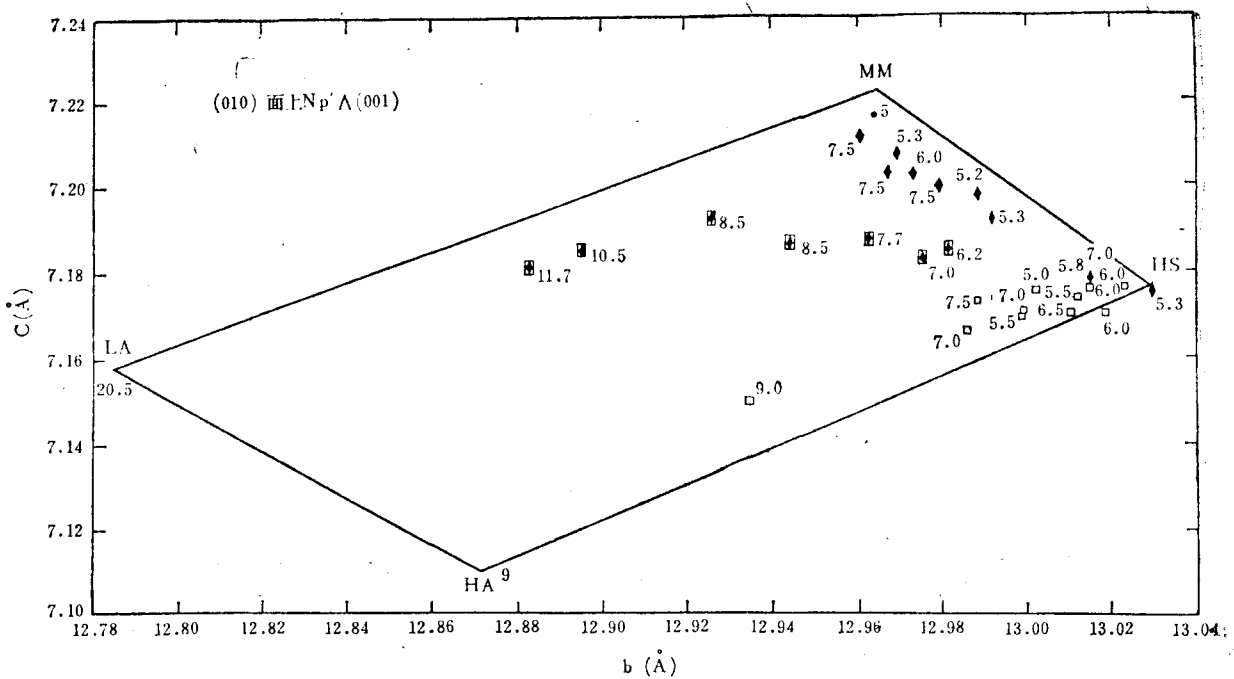


图15 钾长石及其钠交换产物的（010）面消光角$N_p'\wedge(001)$（单位：度与晶胞边长b和c的关系(Stewart,1974。（LA：低钠长石；HA：高钠长石；MM：最大微斜长石；HS：高透长石。·Wrigt and Stewart（1968）所描述的样品；◆Spencer（1937）的样品；田具异常晶胞参数的样品（Spencer,1937）；□Hewlett（1959）的样品；根据Rasse（1978）的研究，LA的数值为19.9°，HA的为7.7。

该注意这样一些问题。

第一，此图适用于光学上为单斜的或假单斜的碱性长石，也就是说，不仅适用于正长石—假单斜的低钠长石系列（图16中的Or—LA_M系列）和透长石—假单斜的高钠长石系列（图16中的HS—HA_M系列），也适用于这些系列内部及系列之间的所有呈假单斜晶系光学性质的隐纹长石。对于一些近于（假）单斜晶系的碱性长石，例如那些因发育了近于平衡的超显微双晶而使光学三斜度降得很低的正微长石，也可用图16来鉴定。怎样算是近于（假）单斜晶系呢？笔者认为，可以(010)面的法线与N_g的夹角$N_g \wedge \perp(010)$或(001)面中的消光角$N'_P \wedge (010)$不超过3°—4°为准。

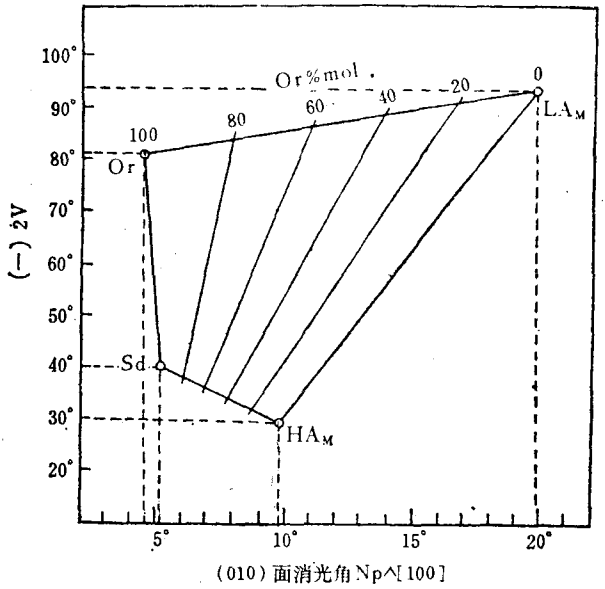


图16　光性上为单斜晶系或假单斜晶系的碱性长石及隐纹长石的鉴定图（Марфунин,1962）*

Or：正长石　　LA_M：假单斜低钠长石

Sd：透长石　　HA_M：假单斜高钠长石

*此图根据 Bambaver（1966）转绘

第二，图16的横座标消光角标为$N_P \wedge [100]$，即$N_P \wedge a$轴或$N_P \wedge (001)$，而不是Марфунин(1962)原图的$N_m \wedge \perp (001)$。这是因为(001)在(010)面上的迹即为结晶轴a轴或[100]轴，而对于(假)单斜晶系来说，(010)为光学对称面，其中的光率体对称轴是N_P和N_m或N_g。若是高透长石(010)为光轴面，N_m位于$\perp$(010)的方向上，而不在(010)面中，对于所有其它碱性长石则N_m(近于)位于(010)面中。但是，不论何种(假)单斜晶系碱性长石，N_p永远位于(010)面中，且靠近a轴。所以，用$N_p \wedge [100]$表示这个消光角比用$N_m \wedge \perp (001)$更好。此外，在实际鉴定工作中，[100]轴即a轴的定位准确度一般要高于或至少等于(001)解理面的定位准确度。

第三，Марфунин(1982)称此图鉴定钾长石的Or含量，准确度可达±10%。实践表明，这是最佳条件下的准确度，一般只能达到±15%。

第四，在应用图16鉴定富钾碱性长石时，应注意因出溶作用而具有异常晶胞参数的样品问题，这种含有出熔相的富钾隐纹长石，其(010)面消光角可以远远高于均匀相富钾碱性长石。详见下文的分析。

需要指出，Марфунин在1962年编制这张图时，所依据的数据相对来说还是不够充分的。从这张图发表以后所积累的数据来看，其中的端员数据，特别是钠长石端员数据，存在一定的问题，有修订的必要。这也是今后关于碱性长石光学性质研究的一个课题。

(2)出溶作用

大量的光学和X射线研究表明，对于富钾碱性长石来说，(010)面消光角对出溶作用的存在与否及发育的强度十分敏感。当出溶作用形成的富钠相十分细小时，光学显微镜是无法分辨的，在显微镜下看起来仍然是光性均匀的，这就是所谓的隐纹长石。如果要想知道一些在镜下看起来光性均匀的钾长石是否为隐纹长石，即是否发生了出溶作用，以及出溶作用的强度如何，一般须

通过X射线衍射研究才能查明。但是如果能够测得(010)面消光角，也可对此作出判断。真正均匀的不含出溶相的富钾碱性长石的(010)面消光角一般不超过7°，若这个角度超过7°，则说明有出溶作用存在，超过越多，说明出溶作用的强度越大，出溶作用越强烈，出溶相含量越高（Stewart,1974)。这个准则业已被证明是可靠的，正是通过(010)面消光角的测量，对本世纪三十年代一些研究工作中的透长石是否均匀的问题提出了怀疑，于是便进一步作了研究，证明那些具有高于7°的(010)面消光角的透长石果然是具有出溶相的隐纹长石。

§5 晶形和双晶

1.晶形和解理

碱性长石发育的单形是{001}、{010}和{110}，由此决定了碱性长石的晶体具有柱状或板状的外形。

碱性长石有单斜晶系和三斜晶系之分，由于其三斜晶系的结晶格架偏离单斜晶系不大，所以两类对称性不同的碱性长石的晶体形态并无多大差异。

由于碱性长石晶体结构的特点，(001)以及(010)面网方向上的键力较弱，因此常沿这些方向发生解理。解理中以(001)和(010)最发育，特别是前者。这两组解理在光学鉴定工作中作用甚大，有助于测定碱性长石的光性方位、对称性及这两组解理面中的消光角数据。

所有钾长石的Bxa都毫无例外地接近于(001)与(010)解理的交线，即a轴。在研究大粒的碱性长石斑晶或单晶时，可垂直于(001)与(010)解理切制薄片，即可得到近于⊥Bxa的切面。在这种切面中，2V的测量，(010)和(001)面的定位均较易进行。

(001)与(010)解理的夹角，在单斜晶系碱性长石中为90°，在三斜晶系碱性长石中，一般为90.5°±。

除(001)和(010)解理外，尚有(110)，$(1\bar{1}0)$和$(\bar{1}5, 02)$等解理，但出现的频率很低。$(110)\wedge(1\bar{1}0)\doteq 61°$。

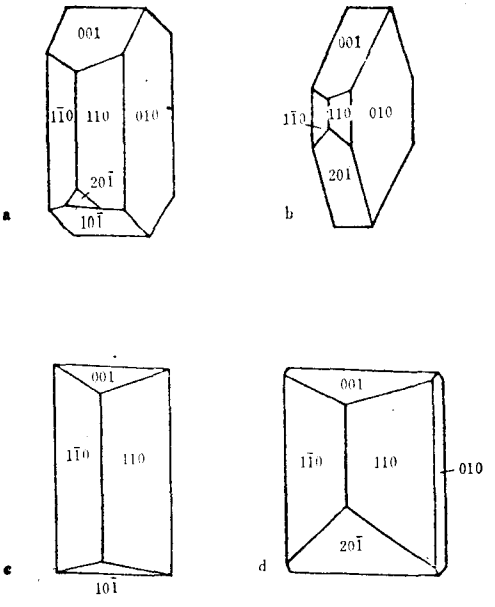


图17　常见的碱性长石的晶形

a.正长石　　b.透长石

c.冰长石　　d.歪长石

2.双晶

与斜长石一样，碱性长石也经常发育有双晶。在光学鉴定工作中双晶的作用十分重要。

单斜晶系的碱性长石，即透长石和正长石，经常发育有简单双晶，三斜晶系的碱性长石，即微斜长石和歪长石，则经常发育由两组聚片双晶组成的格子状双晶。钠长石则经常发育有聚片双晶，有时则具简单双晶。

由于单斜晶系对称性高于三斜晶系，故可能构成的双晶种类也较简单。在碱性长石中，出现的双晶不像在斜长石中那样种类繁多，其原因便在于此。碱性长石中常见的双晶律如下表所示。

表 3　富钾碱性长石和歪长石中常见的双晶律

双晶类型	双晶律	双晶轴	结合面	出现频率	双晶特点
平行双晶	卡斯巴律	[001]	(010)	较高	简单双晶 见于透长石和正长石
垂直双晶	曼尼巴律	⊥(001)	(001)	低	
	巴维诺右律	⊥(021)	(021)	低	
	巴维诺左律	⊥$(0\bar{2}1)$	$(0\bar{2}1)$	低	
垂直双晶 + 平行双晶	钠长律 + 肖钠律	⊥(010) [010]	(010) R.S.	高	格子双晶 见于微斜长石和歪长石

除上述双晶律外，在碱性长石中还可以出现一些罕见的双晶律，如 (110) 柱律，(130) 柱律，孔奈尔斯多夫律 (Cunnersdorf law)，布赖特豪普特律 (Breithaupt law)，古德斯普林律 (Goodsprings law) 等垂直双晶，和佩乔律 (Petschau law)，内华达律 (Nevada law) 等平行双晶。

关于斜长石的双晶律，人们曾注意到不同特征和成因的岩石具有统计上不同的各种双晶律的组合 (Gorai,1951; Tobi,1962)。但是，就碱性长石双晶律而言，尚未发现像斜长石双晶律在地质分布上的那样的规律性。Drugman (1938) 详细研究了美国某地花岗斑岩岩墙中因风化作用而剥蚀出来的 2675 个钾长石斑晶，其中无双晶的约占一半，而在具双晶的钾长石中，以卡斯巴律最多，巴维诺律和曼尼巴律次之，其它各种双晶律都较少。Rosenbusch (1927) 对流纹岩和花岗岩中的钾长石双晶的观察表明，卡斯巴双晶远较Baveno (巴维诺) 律常见，Manebach (曼尼巴) 律则很罕见。Kalb (1924) 基于对流纹岩，花岗岩和脉岩的研究指出，高温有利于生成卡斯巴律双晶，较低温度下巴维诺律则较常见，温度更低时无双晶钾长石增多。Köhler (1948) 认为，钾长石中以卡斯巴律最常见，但在热流体中晶出者以贯穿式双晶为特征，而伟晶岩中晶出者则以 (010) 面为接触面的接触双晶为特征。他认为据此可以鉴别由热岩浆和冷流体生

成的岩石。从这些情况可以看到，钾长石的双晶类型及其组合特征与它们所赋存的岩石的性质及形成过程之间可能存在着一定的联系，在碱性长石光学性质的研究方面，这也是一个值得注意的课题。

由钠长律和肖钠律聚片双晶相互穿插所组成的格子状双晶，是微斜长石和歪长石所特有的。这种格子双晶的最大特点是肖钠律双晶轴[010]与钠长律双晶轴⊥(010) 重合，在长石文献中称这种格子双晶为M型双晶 (Smith,1974a) 。显然，两种双晶轴之间的这种关系，从结晶学角度而言，只可能存在于单斜晶系的矿物中。Laves(1952)认为，只有把这种格子双晶看作是由单斜晶系钾长石 (正长石) 向三斜晶系钾长石 (微斜长石，正微长石) 转变过程中形成的，才能合理地解释微斜长石的M型格子双晶的特征。这种看法已为多数人接受。但是，微斜长石的M型格子双晶的成因也并非都是单斜—三斜结晶学转变所产生的，机械作用和温度变化所产生的应力，甚至岩石制片过程中的机械震动和剪切力的作用，都能使原来不具格子双晶的微斜长石出现格子双晶。此外，在自生的微斜长石中的确也见到了原生成因的依钠长律和肖钠律构成的四连晶。

第五章　普通偏光显微镜下碱性长石的鉴定

在一般的岩石学工作中，为了确定岩石在分类中的位置，对岩石进行恰当而正确的命名，通常需要知道长石的种属。若是为了研究岩石的形成条件及过程，对有关的岩相进行对比，岩体或变质相带的划分，则要求对碱性长石的鉴定作出更加深入的鉴定，如确定碱性长石的亚种，测定其有序度和三斜度，估计其O^r含量，鉴别其双晶律等。一般地说，在普通偏光显微镜下只能作出比较粗略地鉴定，又有在旋转台上才能系统地测定有关的光学性质，作出较为深入的鉴定。但是，日常大量的鉴定工作是在普通偏光显微镜下进行的，当条件有利时，也有可能鉴定到亚种，並有可能测定其有序度等数据。因此，下面首先谈谈在普通偏光显微镜下系统鉴定碱性长石的思路和步骤，然后对各项情况及相似矿物之间的区别进行分析。

§1　思路和步骤

笔者将在普通偏光显微镜下鉴定碱性长石的思路和步骤归纳为表 4 的形式。

在根据无色透明（有时可因分解物而略呈褐红色且呈混浊状），具低突起，干涉色 I 级灰—白，二轴晶（透长石可为一轴晶）等特点初步判断是碱性长石后，即可根据表 4 的思路和步骤逐步观测有关性质，将范围逐步缩小，视待测晶体的具体情况，尽可能作出详细的鉴定。若矿物颗粒数目较多，粗度不太细，能找到近于垂直锐角等分线的干涉图，用锥光法（Tobi，1956；Kamb,1958）测定其 2 V，一般可以较快地鉴定到本文分类的矿物种名，甚至亚种名。

§2 各项情况的具体分析和相似矿物的区别

1.无条纹有双晶

（1）格子双晶

这是微斜长石和歪长石所特有的双晶，由一组以（010）为结合面的钠长律聚片双晶和一组以R.S.（菱切面）为结合面有钠律聚片双晶交错组成，在镜下十分特征。由于微斜长石和歪长石都可以具有格子双晶，关键的问题是如何鉴别这两种长石。许多教科书都提出以格子双晶的结合面平直程度和细密程度来区分微斜长石和歪长石。据笔者的体会，这种准则在实际应用中是有困难的。笔者认为，区分具格子双晶的微斜长石和歪长石，主要应抓住两点，一是岩石的产状和化学成分（反映在矿物成分和结构构造上），一是解理与双晶的关系。双晶结合面是次要的鉴别特征。两者的（－）2V也有差异，多数微斜长石（－）2V在60°以上，而歪长石则一般不超过60°，但在格子双晶切面中不易测得。

如表5所示，微斜长石主要产于深成侵入岩、混合岩、伟晶岩和低级或中级变质岩中，而歪长石主要产于富钠的喷出相，浅成相和超浅成相岩石中。

图18示意地表示了微斜长石和歪长石三种类型切面中双晶与解理的关系。搞清楚这些关系，对于鉴别微斜长石和歪长石是很有帮助的。微斜长石与歪长石虽然都具格子双晶，但微斜长石的格子双晶中那组肖钠律双晶的结合面R.S.与(001)解理的夹角为－83°左右，歪长石的则为－3°甚－4°。两者的R.S.切面方位相差达80°，致使两者表现出不同的双晶与解理关系（Deer et al.1963）。

在微斜长石中，由于R.S.面与(001)近于垂直，因而只有在近于∥(001)或近于Q⊥c轴的切面中，才能看到清楚的格子双晶。也就是说，显格子双晶的微斜长石切面，必然是与(010)近于直交，与(001)近于平行的切面。在这种方位的切面中当然只能见到(010)

表4　镜下鉴定碱性长石的步骤和思路

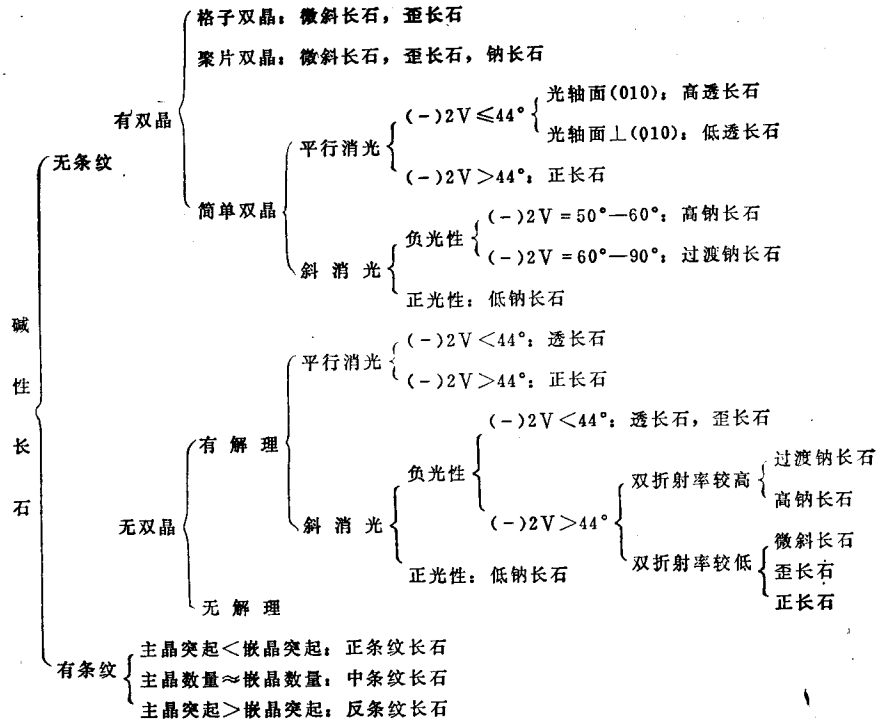


表 5　微斜长石与歪长石的区分

	微斜长石	歪长石
双晶结合面	一般不甚平直，呈纺锤状	一般较平直，且双晶更为细密
解理	在具格子双晶的切面中，最多只能见到一组解理，这组解理必然是(010)解理，与一组双晶结合面平行，晶体相对于这组解理表现为负延性。	在具格子双晶的切面中，最多可以见到两组(近于)直交的解理，(001)与(010)，分别与两组双晶结合面平行。晶体相对于(001)延性为正，相对于(010)延性为负。故出现两级直交解理或一组正延性解理者，必定是歪长石
产状	主要产于深成侵入岩、混合岩、伟晶岩和低级或中级变质岩中。	主要产于富钠的喷出岩，次火山岩和一些浅成岩中。
(-)2V	一般较大，>60°。	一般较小，<60°。

解理，而不可能见到(001)解理。因此，在显示出格子双晶的微斜长石切面中，最多只能出现一组解理，这组解理只可能是(010)，它与钠长律聚片双晶的结合面平行，晶体对这组(010)解理表现出负延性。

在歪长石中，由于R.S.面与(001)面近于平行，因而只有在近于∥(100)或近于⊥a轴的切面中，才能看到清楚的格子双晶。也就是说，显格子双晶的歪长石切面，必然是与(010)和(001)两组解理都近于垂直的切面。在这种方位的切面中，当然有可能同时见到(010)和(001)两组解理。因此，在显示出格子双晶的歪长石切面中，最多可以出现两组解理，一组是(001)，一组是(010)，这时，(001)解理表现为正延性，(010)解理则为负延性。所以，一旦出现了正延性解理，也一定是歪长石。

这里解释一下解理的延性问题。除高透长石以外的所有其它碱性长石，其光性方位特点是，N_g与⊥(010)之间的夹角不超过18°。因此，相对于(010)解理，晶体永远表现为负延性。在同时见到(001)和(010)解理的切面中，N_g-N_m面基本与切面平行，而

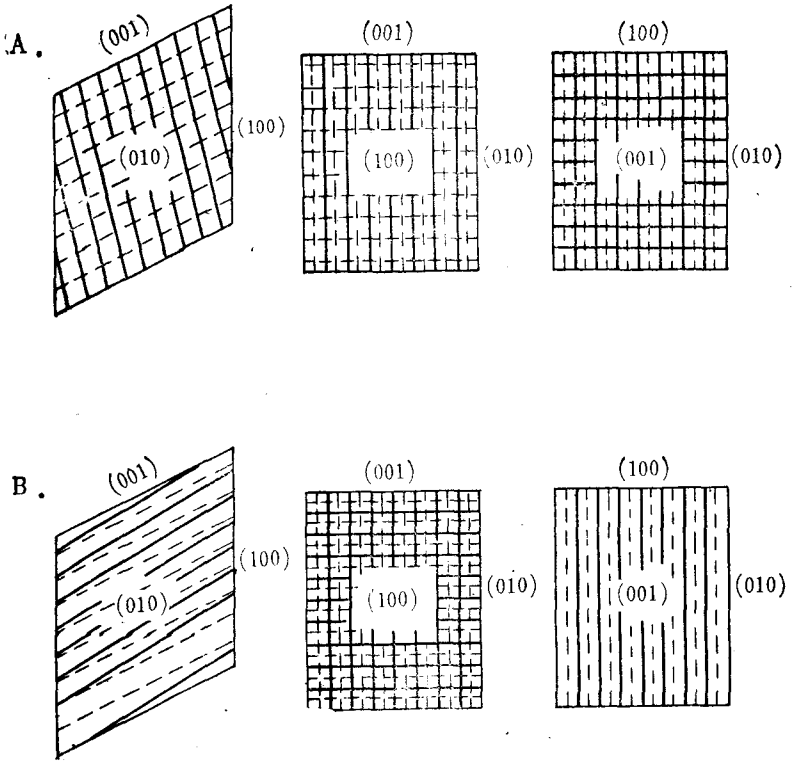


图18　A.微斜长石各切面中双晶结合面与解理面的关系
B.歪长石各切面中双晶结合面与解理面的关系
实线为双晶结合面　　虚线为解理面

且N_g在近于(001)解理的方向，N_m在近于(010)解理的方向，所以在这种切面中，(001)解理表现为正延性。因此，在确定解理面的符号时，延性是个重要的因素。

对于鉴别微斜长石与歪长石时，岩石的产状是个极为重要的因素。微斜长石是钾长石的低温稳定相变体，因而主要产于深成侵入岩，伟晶岩，混合岩和中、低级变质岩中，在喷出相或超浅成相岩石中不可能出现原生的微斜长石。歪长石则恰恰相反，它是富钠碱性长石的高温稳定相变体，通常产于富钠的火山岩和次

火山岩中，偶见于一些富钠的浅成相火成岩中。

斜长石有时也可发育有两组近于直交的聚片双晶，一组为钠长律，一组为肖钠律，与微斜长石或歪长石的格子双晶稍有相似之处。两者的最大区别是：斜长石中这两组聚片双晶的结合面都是十分平直的，两组聚片双晶虽然发生互相交截的现象，但绝少见一组穿过另一组的现象；微斜长石或歪长石的格子双晶结合面则永远不可能象斜长石那样平直整齐，而且两组聚片双晶互相交错穿切。

（2）聚片双晶

可能是钠长石，也可能是微斜长石或歪长石的平行于(010)或R.S.的切面。钠长石以其双晶结合面十分平直，单体宽度均匀，具有较高的双折射率（干涉色一级亮白）等特征，不难与微斜长石或歪长石相区分。关键的问题在于如何区分只显一组聚片双晶的微斜长石与歪长石。区分这两种长石的聚片双晶，除了如上所述从产状的角度加以分析外，主要还是从分析解理与双晶的关系入手。这时，可参考图18中两种聚片双晶切面的双晶—解理关系进行判断。可以分为下面几种情况讨论：

a.具两组（近于）直交的解理：肯定是微斜长石，且为近于平行R.S.或(100)切面（图18上排A中间的切面）。

b.具一组与双晶结合面近于直交的正延长解理：肯定是微斜长石，切面方位同上，但只发育了(001)解理，未发育(010)解理，在这种方位的切面中发育的与聚片双晶（钠长律）近于直交的解理是(001)解理，且必然为正延性。

c.具一组与双晶结合面近于直交的负延长解理；肯定是微斜长石，且为近于平行(010)的切面（图18上排A左边的切面）。在此切面中，只可能见到(001)解理，而且延性为负，因N_g与(001)解理面在(010)面上的迹（即a轴）近于平行。

d.具一组与双晶结合面斜交成很小角度（几度）的负延长解理：肯定是歪长石，且为近于平行(010)的切面（图18下排B左边的切面）。在这种方位的切面中，只能见到以R.S.为结合面的

肖钠律聚片双晶，由于歪长石的R.S.面与(001) 面的夹角约为3°—4°，所以这组聚片双晶与(001) 解理斜交成很小的角度。

e.具一组与双晶结合面平行的负延长解理：原则上说，根据这种双晶与解理的关系，无法判断是微斜长石还是歪长石。因为，这种关系既可能出现在只发育一组(010) 解理、不发育(001) 解理的微斜长石近于平行（100）切面（图18上排A中间的情况，但无那组与双晶结合面垂直的解理），也可能出现在发育有(010) 解理的歪长石近于平行（001）切面（图18下排B右边的情况）。但是，由于钾长石中(001) 解理一般比(010)解理更为发育，在微斜长石近于平行（100）切面中，只见（010）解理，不见(001)解理的可能性是较小的，所以这种情况多数为歪长石的近于平行（001）切面，很少有可能为微斜长石的近于平行(100) 切面。

在理解了上述双晶与解理的关系后，我们可以将区分具聚片双晶的微斜长石与歪长石的准则归纳如下：

凡能见到一组与双晶结合面近于垂直的解理者，必然是微斜长石。凡能见到一组与双晶结合面斜交成很小角度的解理者，必然是歪长石。凡能见一组与双晶结合面平行的解理者，大多数情况下是歪长石。

（3）简单双晶

可能是钠长石，正长石或透长石。具简单双晶的钠长石大多产于低级的区域变质岩中（Tobi,1962）。根据钠长石的双折射率较高干涉色，可达Ⅰ级亮白，特别是相对于双晶结合面为斜消光，消光角可达15°以上等特征，不难与双折射率较低，干涉色只达Ⅰ级灰，灰白，相对于双晶结合面基本为平行消光的单斜晶系正长石或透长石相区分。关键的问题在于如何区分正长石与透长石。

要区分正长石与透长石，必须找到近于垂直锐角等分线的切面，在这种切面中，不仅可以区分正长石与透长石，还可以区分高透长石与低透长石，鉴别正长石的亚种。

所有的富钾碱性长石都是负光性轴晶（只有透长石2V可能为0°）矿物，故Bxa－N_p。碱性长石的晶体结构决定了它们的N_p总是位于与a轴呈很小角度相交的位置，所以近于⊥Bxa的切面也就是近于垂直a轴的切面。a轴是(001)与(010)面的交线，近于⊥a轴的切面中可以见到(001)和(010)两组解理。在镜下，可以根据这个特点寻找近于⊥a轴的切面。

a.区分正长石与透长石

在近于⊥Bxa的切面中，可以用Tobi（1956）设计的锥光法，根据45°位置干涉图中两双曲线状黑臂顶点（光轴所在的位置）之间距离2D与干涉图视域直径2R的比值，测定2V。若(-)2V＞44°，则为正长石；若(-)2V≤44°，则为透长石。因高透长石(-)2V的理论值可以达63°左右，但自然界中的钾长石(-)2V为未见有超过40°的，所以44°为界区分正长石与透长石是可靠的。退一步说，即使遇到(-)2V＞44°的天然高透长石，区分这种高透长石与正长石是有可能的，因为高透长石的光轴面为(010)，正长石的光轴面为⊥(010)。在⊥a轴切面中鉴别光轴面的方法见下文。

b.鉴别正长石的亚种

本文的分类方案中将正长石划分为三个亚种：高正长石，44°＜(-)2V≤54°；中正长石，54°＜(-)2V≤74°；低正长石，74°＜(-)2V≤84°。在近于垂直Bxa的切面中，用Tobi法(Tobi，1956)或Kamb法(Kamb，1958)可以测得矿物的(-)2V值。前者适用于2V≤60°的矿物，后者适用于2V＞60°的矿物。测得(-)2V值后，即可确定其亚种，同时可从本文图2中查得其三斜有序度。

c.区分高透长石与低透长石

透长石的简单双晶在绝大多数情况下为卡斯巴律，曼尼巴律和巴维诺律（有左律和右律之分）(Ingerson,1952)，其中以卡斯巴律最为常见。在⊥a轴的切面中，可以根据双晶的特点以及光轴面与双晶结合面之间的关系鉴别区分高透长石与低透长

石。若采用加厚薄片，用Tobi法比较准确地测得(-)2V后，还可从本文图2中查得其单斜有序度。

图19示意地表示了卡斯巴律，曼尼巴律和巴维诺律双晶⊥a

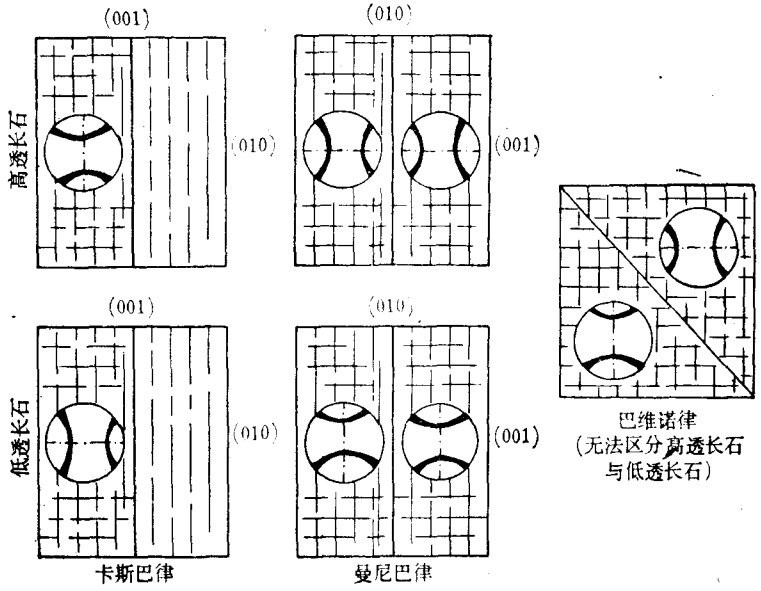


图19　透长石三种简单双晶⊥a轴切面中的光轴面方位型解理特点

实线为解理面，干涉图内的点断线为光轴面。

轴切面中的双晶关系及干涉图特点。

卡斯巴律是一种平行双晶，其双晶轴c轴位于结合面(010)之内，双晶面为⊥c轴的平面，所以其结合面(010)不是对称面。当一侧的单体为⊥a轴切面，显示出(001)与(010)解理时，另一侧的单体则是与a轴斜交为52°的切面，只可能见到(010)解理，不可能见到(001)解理，在这种情况下，在⊥a切面的单体中能观察到近于⊥Bxa的干涉图，而在另一侧的单体则不可能观察到近于⊥Bxa的干涉图，而只能观测到垂直于光轴面但不与任一光率体主轴垂直的干涉图（高透长石），或者是垂直于

N_p—N_m面但不与任一光率体主轴垂直的干涉图（低透长石）。这就是说，如果在锥光中分别观察具卡斯巴律双晶的透长石两个单体的干涉图，在一个单体中看到了⊥Bxa干涉图，另一单体中不可能看到相同的干涉图。若将干涉图转到45°位置，即消光影分裂成一对双曲线且分离最大的位置，两双曲线状消光影顶点的连线便是光轴面，将显微镜转为在直光系统中观察，即可判断出光轴面是与双晶结合面平行呢，还是与双晶结合面垂直？因卡斯巴律双晶的结合面为（010），若光轴面与其平行，则为高透长石，若光轴面与其垂直，则为低透长石。

曼尼巴律双晶是一种垂直双晶，其双晶轴为⊥（001），双晶结合面和双晶面均为（001），故双晶结合面为对称面，这意味着双晶结合面两侧单体的有关现象和性质是相对于该结合全面呈对称分布的。如果一侧的单体为⊥a轴切面，可见到（001）和（010）两组解理，另一侧的单体也为⊥a轴切面，也可见到（001）和（010）两组解理。这就是说，如果在锥光中分别观察具曼尼巴律双晶的透长石的两个单体的干涉图，在一个单体中看到了⊥Bxa干涉图，在另一个单体中也应该能够看到⊥Bxa干涉图。将干涉图转到45°位置判明了光轴面的方位后，即可根据光轴面与双晶结合面的相互方位关系，判断是高透长石还是低透长石。因曼尼巴律双晶的结合面为（001），若光轴面的迹与其平行，则为低透长石，若光轴面与其垂直，则为高透长石。

巴维诺律双晶也是一种垂直双晶，但双晶轴为⊥（021）（右律）或⊥（$0\bar{2}1$）（左律），双晶结合面和双晶面均为（021）或（$0\bar{2}1$）。其双晶结合面也为对称面。所以，若一侧的单体为⊥a轴切面，能看到近于⊥Bxa干涉图，另一侧的单体也应为⊥a轴切面，也应该能看到近于⊥Bxa干涉图。但是，（001）和（010）解理均与双晶结合面（021）或（$0\bar{2}1$）斜交成45°左右的角度，所以无法判断哪一个方向是（001），哪一个方向是（010），因而对于巴维诺双晶而言，是无法在其⊥a轴切面中用普通偏光显微镜区分高透长石与低透长石的。

可将上述分析系统归纳如下：

- 在一个单体或两个单体中可见到两组近于直交解理的简单双晶钾长石
  - 解理与结合面平行或垂直
    - 只有一个单体可见⊥B_{xa}干涉图（卡斯巴律）
      - 光轴面∥结合面：高透长石
      - 光轴面⊥结合面：低透长石
  - 解理与结合面斜交成45°±
    - 两单体均可见⊥B_{xa}干涉图（曼尼巴律）
      - 光轴面⊥结合面：高透长石
      - 光轴面∥结合面：低透长石
    - ；说明是巴维诺律，无法区分高透长石与低透长石

上述鉴定步骤的思路是：首先根据两单体的解理与双晶结合面的关系，判断是卡斯巴律或曼尼巴律（解理与结合面平行或垂直），还是巴维诺律（解理与结合面斜交）；然后根据两单体中的干涉图是否对称，判断是卡斯巴律（不对称），还是曼尼巴律（对称）。双晶律一经确定，结合面的符号也就确定了，卡斯巴律为（010），曼尼巴律为（001）。最后，不难根据干涉图所指示的光轴面方位与结合面的方位之间的相互关系，判断是光轴面∥（010）的高透长石呢，还是光轴面⊥（010）的低透长石。

这个思路不仅在镜下鉴定时用到，而且在旋转台鉴定时也要用到。所不同的是，在旋转台鉴定中，是根据两单体光率体主轴之间的关系确定双晶律和结合面符号。

在理解了上述思路之后，我们可以将区分高透长石与低透长石的方法推广到更多的切面中。我们知道，钾长石的简单双晶大多数情况是卡斯巴律。前面的叙述，将切面限制为近于⊥a轴，即近于⊥Bxa的切面，为的是在这种方位的切面中，可以清楚而容易地判明光轴面的方位。但是，卡斯巴律双晶的结合面是(010)，在这种情况下，不一定非要⊥a轴切面，而只要是近于垂直双晶结合面（010）的切面，即可区分高透长石与低透长石。这是因为，在高透长石的情况下，光轴面为（010），凡是垂直于结合面的切面，都垂直于光轴面，所观察到的干涉图都是垂直于光轴面的干涉图，根据Stoiber和Morse（1972）的研究，垂直于光轴面切面的干涉图是种“反旋”干涉图(counter-rotating figure,CR figure)，这种干涉图的特点是，视域中消光影的转动方向与物台转动方向相反（图1—20A）。而在低透长石的情况

下，光轴面为⊥（010），故与结合面平行的主轴面为N_m—N_p面，凡是垂直于结合面的切面，都垂直于N_m—N_p面。所有垂直于N_m—N_p面的干涉图均为“同旋”干涉图（same-rotating figure,SR figure)(Stoiber and Morse, 1972），这种干涉图的特点是，视域中消光影的转动方向与物台转动方向相同（图20 B）。在锥光系统中，同旋（SR）干涉图与反旋（CR）干涉图很易区分。所以，在任何垂直于（010）结合面的透长石卡斯巴双晶的切面中，若在任一单体中观察到反旋干涉图，说明切面也与光轴面垂直，若验证一下光轴面的方位（以消光影成为过干涉图视域中心的直线状黑臂的0°位置时，黑臂方位为标志），即可知光轴面与双晶结合面平行，故为高透长石。反之，若观察到的是同旋干涉图，说明切面也与N_m—N_p面垂直，若验证一下N_m—N_p面的方位（以消光影成一过干涉图视域中心的直线状黑臂的0°位置时黑臂方位为标志），即可知N_m—N_p面与双晶结合

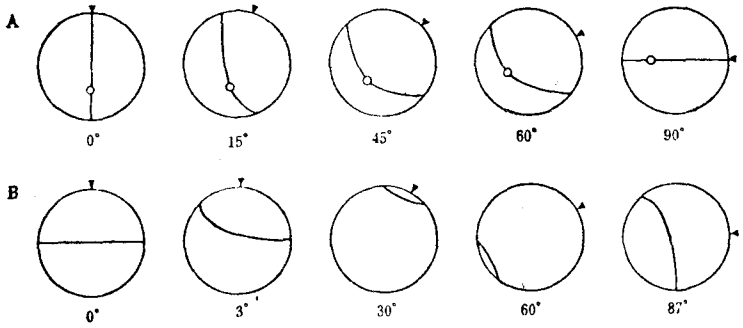


图20　A.反旋干涉图（CR干涉图）。切面垂直于光轴面，但与Bxa和任一光轴均不垂直。物台作顺时针转动，消光影作反时针转动，两者旋转方向相反。小圆圈代表光轴位置。
B.同旋干涉图（SR干涉图）。切面垂直于Bxa—N_m面、但与Bxa和N_m均不垂直。物台作顺时针转动，消光影作顺时针转动，两者旋转方向相同。

面平行，故为低透长石。

2.无条纹无双晶

（1）有解理

a.平行消光

可能是正长石或透长石。钠长石在⊥（010）晶带中有的切面虽然为平行消光（最小消光角切面，消光角为0°），但绝大多数切面相对于(010)解理或（001）解理为斜消光，$N'_p \wedge (010)$可达15°以上，且双折射率较高。因此，若薄片中的无双晶碱性长石多数颗粒相对于解理表现出平行消光，且双折射率较低，则可以肯定是正长石或透长石。若能找到近于⊥Bxa切面，测出其(-)2V，即可确定究竟是透长石(<44°)，还是正长石(>44°)。若是正长石，还可根据其(-)2V鉴别其亚种，确定其光学三斜有序度。若为透长石，是无法区分是高透长石还是低透长石的，因为无法确定解理面的符号。

b.斜消光

这种情况比较复杂，多数情况下为钠长石，无格子双晶的微斜长石或歪长石，也有可能是单斜晶系的正长石或透长石，因为单斜晶系矿物有的切面，如（010）中为斜消光。这时可综合双折射率，(-)2V，光性符号，岩性产状等因素综合判断。如光性符号为正，则肯定是低钠长石。光性符号为负，但2V<44°，则可能是透长石或歪长石；2V>44°，则可能是微斜长石、正长石或歪长石，也可能是过渡钠长石或高钠长石。再根据双折射率的相对高低，可将钠长石（干涉色可达Ⅰ级亮白）与其它碱性长石（干涉色最高达Ⅰ级灰白）相区别。

在镜下较难对这种情况作出确切的鉴定，故必须很好考虑岩性和产状，才能判断矿物的种属。

（2）无解理

如果怀疑为长石的未知矿物既无双晶又无解理，又无其它能够指示碱性长石的特征性质，则应十分慎重，最好寻找其它颗粒进行鉴定。若无其它类似颗粒，则单单根据一粒无双晶无解理的

晶体，是无法作出判断的。

3.条纹长石

一般的鉴定工作，只须根据主晶与嵌晶的相对突起和主晶与嵌晶的相对量比区分是正条纹长石（嵌晶为富钠碱性长石，突起高于富钾碱性长石主晶），中条纹长石（富钾相与富钠相的量近于相等），还是反条纹长石（嵌晶为富钾碱性长石，突起低于富钠碱性长石主晶）即可。

中条纹长石是种特殊的条纹长石，其中富钾相与富钠相的量近于相等，故无所谓嵌晶与主晶。在一些麻粒岩，紫苏花岗岩和南极的基底的岩石中都曾发现过这种条纹长石。其中的富钠相可以含有多达百分之十几到二十几的An分子。Michot（1961）认为这种中条纹长石是在高温条件下，均一的碱性长石发生出溶作用所形成的。

有时，条纹长石中的嵌晶数量稀少，主晶的粒度也较大。对于这种情况，可按上面叙述的方法步骤对主晶的种属及有关性质进行鉴定。

第六章　旋转台上碱性长石的系统鉴定

碱性长石的旋转台鉴定工作大体上可以分为两个步骤，先是对光学和结晶学方向进行测量，然后是对投影在赤平投影图的测量数据进行分析。

§1　与测量有关的准备工作

1.薄片

富钾碱性长石的双折射率甚低，一般不超过0.008。这就给光率体的准确定位造成很大困难。为了提高光率体定位的准确度，最好采用锥光法进行定位，或辅以中村试板的直光法定位。不论用何种方法定位，都希望晶体显示出较高的干涉色。为此，一是采用加厚的薄片，二是采用适当粒度的碎屑制成的薄片。

对于富钾碱性长石的鉴定，以厚度达到在$\perp a$轴的切面中出现Ⅰ级顶部至Ⅱ级底部（即Ⅰ级紫红至Ⅱ级蓝）干涉色的薄片较为合适，此时薄片的厚度大约为0.1—0.15mm。这种大于正常厚度的加厚切片，不仅有助于提高光率体定位的准确度，还能提高解理面定位的准确度。此外，当$2V<20^\circ$时，必须采用加厚薄片才能比较准确地测得2V。

碱性长石的折射率与盖片树胶的折射率较为相近，不利于解理面的准确定位。为了增大两者折射率的差异，增大解理缝的清晰度，可以将盖片用的树胶适当进行烘烤，使其折射率略微增大。

碱性长石的$Bxa=N_p$，与结晶轴a轴的夹角不超过十余度。在近于$\perp Bxa$的切面中不仅能对光率体作准确定位，准确地测定2V，还有可能较准确地对两组解理面（001）和（010）定位。所以，近于$\perp Bxa$的切面是测量工作中最有利的切面。当测定的

对象粒度较大（如斑晶），在手标本上可以看到两组近于直交的解理时，可以垂直于(001)和(010)这两组解理的交线（即 a 轴）切片，便可得到近于 $\perp Bxa$ 的切面。在选择碎屑进行测量，也应注意选择这种方法的碎屑。

2.显微镜

在旋转台鉴定工作中，不仅旋转台本身的调节十分重要，显微镜的正确调节也不容忽视。下偏光镜应置于东西向，台下聚光镜，物镜，勃氏镜等均应严格校中，特别要注意物台下面的孔径光圈应开启至最大程度，否则将增大测量误差（苏树春，1978 b）。

若用中村试板作直光法定位，万能目镜上的顶分析镜（相当于偏光显微镜中的上偏光镜）应调节至与下偏光镜严格正交。由于顶分析镜的结构使之不易固定，应设法用纸片或其它方式将其卡紧在正交位置，以免测量过程中发生移动而导致系统误差。

§2 光率体定位及2V的测量

光率体定位是旋转台技术里最基本的操作，有关的教科书和参考书中均有专门论述。但是，在具体的鉴定工作中，如果选择运用各种光率体定位的方法还有许多值得讨论分析的问题。这正是本节讨论的重点。

1.直光法

（1）逐渐接近法

这是二轴晶矿物光率体定位最古老的、经典的方法。对于碱性长石的鉴定工作，直光法中的逐渐接近法效果是最差的。但是，在缺乏运用锥光法测量的仪器条件或矿物因发育有格子双晶等原因而无法采用锥光法时，还必须用这个方法。此法的准确度较差。

要提高逐渐接近法的准确度，一是配合以光电测量设备以提高消光观测的准确度，但这种方法受到许多条件的限制，很难普遍推广；另一措施是采用中村试板和万能目镜（即穿孔目镜）等

附件来提高消光观测的准确度。后一措施相对而言较易实现，故值得推荐。除中村试板外，贝特朗目镜(Betrand ocular)，莱皮内试板 (Macé de Lépinay plate)或莱特复合双石英楔(Wright double bi-guartz wedge)等均能收到相同的效果。在操作得当时，采用中村试板等附件，可以达到与锥光法相同的准确度。

（2）消光曲线法

对于碱性长石的光学鉴定工作，消光曲线法是值得大力提倡的方法。消光曲线法的基本原理和操作步骤在笔者译介的《旋转台鉴定法译文集》（斯利蒙斯，1975）中有较详细的介绍。当矿物晶体发育有格子双晶或粒度细小致使锥光法或常规的逐渐接近法难以应用时，消光曲线法是唯一能够对二轴晶光率体作较准确测定的方法。如果有中村试板等配合，对于每个光率体主轴均以5—6条消光曲线去交会，则定位的准确度将不低于锥光法。

消光曲线法的最大特点是只须对晶体中一个微小区域在不同的方位测量其一系列的消光位，而不需要像逐渐接近法那样，在转动Ⅰ轴的过程中观察晶体保持消光的程度。因此，在消光曲线中，易将观察局限在一个很小的区域，这就特别适合于测量格子双晶发育的碱性长石。此外，在测定每个方位的消光位时，可以反复测量取其平均值，从而大大减小测量误差。

消光曲线法的缺点是手续较为繁复费时，而且投影作图比较麻烦。笔者的体会是，如果先是粗略地用直光法大致确定了被测光率体主轴的近似位置，则可有意识地将消光曲线选择在能够包含该位置的一个小区域中，这样每根消光曲线只需测定3—4个点即可，从而可以节约大量时间。至于投影作图的问题，纯粹是一个熟悉过程的问题，在亲手用消光曲线法实测一、两个矿物之前，可能会想象得十分困难复杂，而在略加实践之后，就会认识到，投影作图的步骤也是很简单的。最主要的问题时，当别的方法都无法应用时，消光曲线法是唯一实际可行的方法，也是唯一能够得出比较可靠的结果的方法。在这种情况下，手续繁复就是一

个次要的问题了。

2.锥光法

在矿物晶体的条件和仪器设备条件许可的情况下，应该尽量采用锥光法作光率体定位和2V测量。

所谓矿物晶体的条件，是指矿物晶体的粒度，均匀程度，有无格子双晶或出溶条纹等干扰，薄片中晶体的光程差大小等因素。凡是能够观测到基本没有畸变和干扰，较为清晰的干涉图的晶体，均可用锥光法测量。

所谓仪器设备条件，是指有无专门用于观测干涉图的长焦距、大数值孔径（N.A.≥0.32）的物镜和与之配合使用的长焦距聚光镜。当缺少这些附件时，用较小数值孔径的长焦距物镜，同时将物台下面的聚光镜移出光路，有时也能获得可供测量的干涉图。但因数值孔径较小，干涉图视域的角半径相应较小，使消光影显得较为粗大模糊。

在具体测量过程中，运用锥光法大体有这些几种方式：

方式一：用锥光法对N_m和一根光轴定位，再用锥光法对N_g或N_p定位，然后用加倍法，即将实测的光轴与N_g或N_p的夹角V加倍后得出2V。

方式二：用锥光法对N_m和二根光轴定位，以两光轴夹角的平分线位置为N_g或N_p，在赤平投影图上将位置画出，再将旋转台按投影图上N_g或N_p的位置调节各轴使之位于东西向水平状态，按常规方法用试板测定其轴名。

方式三，用锥光法对N_m和一根光轴定位，然后选用3—4根与光轴面夹角尽可能大的波法线，分别测定相应于各波法线的消光位，用弗伦涅尔定律作图法（斯利蒙斯，1975）交会出另一光轴位置。两光轴位置确定后，其角平分线便是N_g或N_p，按方式二所述定出其名称，光率体定位即完成。

方式四，用锥光法对N_g和N_p定位，然后用间接的方法，如BerekDodge法等，测定2V。

显然，这几种方式分别相对应于不同方位的切面。一般地

说，当鉴定的碱性长石（－）2V较小，又能找到近于⊥B_{x_a}的切面时，N_m，A_1和A_2均能直接测得，这就是方式二所述的情况，即不必再去对N_g和N_p定位，而根据N_g和N_p是光轴角等分线的关系确定其位置。由于光轴定位的准确度较高，这样确定的N_g和N_p位置也是很准确的。

在实际工作，多数情况是在只能对N_m和一根光轴定位的切面中进行测量。笔者的经验表明，在这种情况下，方式三要比方式一的准确度（2V及N_g，N_p定位）要高一些，特别是这样测出的2V，其准确度远较方式一的加倍法为高。

§3 结晶学方向的测量

1.(001)面方位的测量

碱性长石的解理中，以(001)解理最为发育，但并非总能见到。曼尼巴律双晶的结合面也是(001)面。通过测定这两种在镜下可以见到的平面的位置，便可确定(001)面的方位。

解理面定位的准确度随薄片的厚度和解理缝中充填的树胶折射率与矿物折射率之差的增加而增高。在测量时，最好对每个解理面反复定位5—10次，取其算术平均值作为其平均位置。一般地说，解理面的方位能够比较真实地反映该解理面所代表的结晶学方位。

双晶结合面则不是这样。Tobi(1965)对斜长石的双晶结合面的深入研究表明，斜长石的双晶结合面有时不一定平行于理想的结晶学平面，如钠长律双晶的结合面不一定正好平行于(010)面。这种实际的双晶结合面与思想的晶面不平行的现象，Barber(1936)和其它许多长石研究者都曾注意到，如果我们注意观察，也不难在薄片中见到这种现象。

因此，必须注意，虽然双晶结合面的定位准确度一般要比解理面为高，但是只有当结合面真正代表了结晶学平面（如镜下看到某一方面上既发育有解理面又发育有双晶结合面）时，这种准确度才有意义。换句话说，当解理面与双晶结合面不一致时，解

理面所反映的结晶学平面的方位，比反映该方位的双晶结合面更加可靠。然而，如果结合面与理想晶面不平行，双晶轴的位置并不受影响。只要对构成双晶的两单体的光率体定位足够准确，在以同名主轴的大圆交会双晶轴时，“误差三角形”较小，以双晶轴为极点所作的大圆也能准确地反映双晶结合面所应反映的结晶学平面，例如曼尼巴双晶的双晶轴为极点的大圆，即为(001)面。这是垂直双晶的情况，若为平行双晶或复合双晶，则双晶结合面通过双晶轴。确定正确的双晶轴所代表的正确的双晶结合面的方法与垂直双晶略有不同，下面结合(010)面的定位时再谈。

2.(010)面方位的测量

(010)解理也是碱性长石中常见的解理，但发育的程度不如(001)，所以不如(001)解理常见。卡斯巴律双晶的结合面也是(010)面。通过测定这两种在镜下可以见到的平面的位置，便可确定(010)面的方位。

上面关于(001)面定位的讨论同样适合于(010)面的情况，即卡斯巴律双晶的结合面有时可能与理想的(010)面不平行。不同的是，卡斯巴律是平行双晶，其双晶轴[001]轴即C轴，位于结合面(010)面内。如果光率体定位和作图求双晶轴的准确度都比较高，而求得的双晶轴与实测的结合面相差达2°以上，这说明不仅有测量方面的误差，还有结合面与理想晶面(010)不平行的误差，有时甚至可能有构成双晶的两单体化学成分不定全相等引起的“误差”。在这种情况下，若以双晶结合面为(010)，误差是比较大的。因此，应该以与结合面平行的光率体光轴面来确定(010)的方位。正长石和低透长石的N_m-N_p面或高透长石的N_g-N_p面是与(010)平行的。可取两单体的N_m-N_p面（正长石和低透长石）或N_g-N_p面（高透长石）的平均位置作为(010)。

综上所述，(001)和(010)等结晶学方向可以通过对解理面、双晶结合面、双晶轴和光率体对称面（主轴面）定位后确定。在具体的测量工作中，除了注意操作技术外，还要注意对具体情况进行认真的分析，判断用哪一种要素定出的结晶学方向最为准确

可靠。只有抓住了这个环节，才能为鉴定工作提供可靠的结晶学方向的数据。

§4 测量数据的分析

在以尽可能高的准确度测得了碱性长石的光学方向和结晶学方向并将其投影于赤平图中后，即可对测量数据进行分析，以确定碱性长石的种属，以至于光学有序度和光学三斜度等参数。由于钠长石的鉴定，从方法的角度而言，属于斜长石的范畴，此处不予详述，而重点讨论其它碱性长石，特别是钾长石的鉴定问题。

1.Марфунин的方案

Марфунин在1961年提出了一个碱性长石的光学鉴定图（Марфунин，1961；1962）。这个图将各种碱性长石的N_g，N_m，N_p，A_1，A_2按+〔100〕直立（位于网心）、⊥(010)E—W水平（位于E、W端点）、(010)N—S直立（位于N—S直径）的方位投影于一张直径200mm的吴氏网上，并用等成分(Or)线和等有序度线将端员点等连结起来。

使用Марфунин这个鉴定图鉴定碱性长石的方案大体是这样的：

a.测量有关的结晶学和光学方向的方位，并投影于标准的赤平投影图中。采用吴氏网投影。

b.对投影平面进行转换，使之成为⊥a轴切面的投影图。即〔100〕轴位于网心，(010)面位于N—S方向，⊥(010)位于E，W端点。

c.将经过投影面转换的投影图透明纸从投影盘上取下，复于Марфунин的鉴定图上。由于结晶学方向有正、负端之分，而实际测量出的〔100〕方向是不能直接判定其正、负号的，所以透明纸上实测的N_g，N_m，N_p，A_1，A_2等不一定与鉴定图中相应的光学方向分布区域重合。这时，需围绕投影网的N—S径和E—W径左右、前后翻动透明纸，直至实测投影图与鉴定图的正、负方位

彼此重合。这时，N_p必然位于网心以北附近的区域，N_g必然位于投影网的东、西端附近的区域，N_m则必然位于投影网南端(010)面的两侧。根据N_p，N_m，N_g及两光轴A_1，A_2所处的位置，即可在鉴定图上读出其种属，近似的成分(Or%)，有序度和超显微双晶发育的情况。

另一查图的方法是，在进行投影面的转换以后，利用吴氏网读出各光学方向N_g，N_m，N_p，A_1，A_2的贝克角λ和φ的数值及正负，再根据λ和φ的数值及符号去查Марфунин的图，以确定碱性长石的种属及其它性质。用这种方法时，同样须考虑结晶学方向的正、负端问题，即试以不同的正负号组合的λ和φ角去查图，直至各光学方向均落于正确的区域。

这种利用定向的赤平投影图鉴定碱性长石的方案及相应的鉴定图（Марфунин，1961；1962）曾被我国的有关教科书（池际尚，1962）及参考书（桂林冶金地质研究所，1974）所引用。这个鉴定图在原理上虽然并无多大不妥之处，但实际运用起来却有很大困难，因此在实际鉴定工作并未得到广泛的运用。笔者认为，这种方案和鉴定图的主要局限性在于：

第一，投影平面的转换，是一项比较繁复的操作，至少经过两次转换才能达到Марфунин鉴定图所要求的方位。对于不甚熟练的操作者，N_p，N_m，N_p，A_1，A_2，⊥(001)，⊥(010)等投影点的转换，稍不留意，便会出错或混淆。此外，转换过程中不可避免会扩大测量误差。这是因为投影网的刻度是以2°为间隔，投影点在两次移动过程中内插定点时，不可避免会引起新的误差。

第二，Марфунин的鉴定图虽然是按标准的直径为200mm的吴氏网绘制的，但因印刷的原因，不论是Марфунин1962年长石专著中的鉴定图，还是我国池际尚(1952)和桂林冶金地质研究所(1974)两书中复制的这张图，都存在着比较严重的印刷误差，其东端半径分别为101mm，100.5mm，100.7mm，西端半径分别为101.8mm，98.8mm，101mm；南端半径分别为100.7

mm，102.1mm，99.6mm。如果采用将测量数据的透明赤平投影图象在鉴定图上的办法查图，显然会进而产生较大的误差。如果不用这种方法查图，而是用各光学方向的贝克角λ和φ查图，则初学者极易在λ和φ角的符号组合上发生混淆。

第三，应用Марфунин鉴定图的前提是必须能测定出〔100〕即a轴的位置和(010)面的位置。也必须能同时测出代表(001)和(010)两个结晶学平面的光学或结晶学要素，才能根据其交点确定a轴以便查图。显然，只发育有(001)解理的三斜晶系碱性长石，或只发育有(010)解理的单斜晶系碱性长石是无法确定其a轴位置。因此，在实际鉴定工作中，有相当一部颗粒切面是无法用此法鉴定的。

第四，Марфунин鉴定图中符号繁多，如果不是对各种碱性长石的光性方位十分熟悉，在查图时往往会感到不知所措，不知如何判断未知矿物的种属，也难于对不同的光学方向查出的不相一致的结果进行分析取舍，作出正确的判断。

第五，运用此图尚不能将碱性长石鉴定到亚种。

以上只是列举了Марфунин方案的主要问题。实际上，这个方案应用起来还有很多具体问题，因篇幅所限，不能在此详细讨论。

通过对Марфунин方案及鉴定图的局限性的上述分析可以看到，这种方案是很不实用的，不仅人为地增加了手续、扩大了误差，而且也不易对所测碱性长石的有关性质作出可靠的判断。实际上，根据笔者的实际经验，只要对各种碱性长石的光性方位基本特点稍加注意，则根本没有必要采用Марфунин那样繁复的步骤，而只须对测得的结晶学方向和光学方向在赤平图中的相互方位关系和角度关系略作分析，便可对所测长石的种属作出初步判断，在此基础上，再有目的地直接在投影图上（不需作投影面转换）度量一些有关的角度，如2V，$N_g \wedge \perp$ (001)，$N_g \wedge \perp$ (010)，$N_m \wedge \perp$ (001)，$N_p \wedge a$，或(010)面及(001)面上的消光角等等，便可藉助本书中的有关鉴定图确定碱性长石的亚种，有序

度，三斜度和超显微双晶发育情况等。

2.笔者建议的方案

不论是斜长石还是碱性长石的旋转台鉴定工作，切忌生搬硬套有关方法的“操作步骤”，而应在深入了解作为光学鉴定工作的基础的长石光性方位特征及其与晶体的结构状态、化学成分和其它物理化学性质的相互关系的基础上，搞清鉴定方法的原理和思路，掌握对测量数据进行分析的方法，才能正确地、灵活地掌握好各种鉴定方法。

基于上述想法，笔者根据本文提出的碱性长石的分类命名方案，结合实际鉴定工作中的体会，提出一套碱性长石旋转台测量数据的分析方案（表6）。

这个方案考虑了日常鉴定工作和研究工作中所可能遇到的绝大多数情况，即无双晶而有(001)或/和(010)解理的情况，有简单双晶而有解或无解理的情况，有格子双晶的情况以及（因切面平行于格子双晶的一组结合面而呈现）聚片双晶的情况。

至于像($\overline{1}$5,02)，(110)和(1$\bar{1}$0)等解理，以及(110)柱律、(130)柱律、内华达律、佩乔律、古德斯普林斯律等双晶律，出现的频率很低，和Марфунин的方案一样，本方案也未加考虑。但是，在掌握了本方案的推理分析方法以后，即使遇到上述罕见的解理和双晶律，也不难举一反三，通过对解理面、双晶结合面和双晶轴与光学方向的相互方位、角度关系的分析，作出正确的鉴定。

以下便按表6中的四大类情况，逐一讨论分析的要点及应该注意的问题。

Ⅰ.无双晶而有解理的情况

碱性长石的解理以(001)最常见，(010)次之，其它方向的解理均较少见或罕见。由于这两组解理出现的频率不同，切面的方位不同，有时只能看到其中的一组，有时则两组均可见到，表6将无双晶而有解理的情况进而分为A.具一组解理和B.具两组解理两种情况进行分析。

为了更好地理解表6中这种情况的分析步骤，首先对(001)和(010)两组解理的特点作一分析。

表7　各种碱性长石中（010）和（001）解理的特点

解理	晶系	矿物	与光率体轴的关系	与光率体对称面的关系	延性
(010)	单斜	高透长石	$N_m \perp (010)$ 即N_m与(010)面极点重合	$(N_g—N_p)$面∥(010) 即光轴面大圆与(010)大圆重合	+或−
		低透长石 正长石	$N_g \perp (010)$ 即N_g与(010)面极点重合	$(N_m—N_p)$面∥(010) 即$(N_m—N_p)$大圆与(010)统圆重合	−
	三斜	微斜长石 正微长石 歪长石	N_g接近⊥(010)但不重合 $0°<N_g \wedge \perp(010) \leqslant 18°$	$(N_m—N_p)$面接近(010)但不平行 两者呈低角度(≤18°)相交	−
(001)	单斜	高透长石	N_m∥(001) 即N_m位于(001)大圆之上	$(N_g—N_p)$面⊥(001) 即(001)面极点位于$(N_g—N_g)$大圆	−
		低透长石 正长石	N_g∥(001) 即N_p位于(001)大圆之上	$(N_m—N_p)$面⊥(001) 即(001)面极点位于$(N_m—N_p)$大圆	+或−
	三斜	微斜长石 正微长石 歪长石	N_g接近但不在(001)大圆上 $80° \leqslant \perp \wedge (001) < 90°$	$(N_m—N_p)$面不垂直(001) 两者呈高角度（≦80°）相交	+或−

各种碱性长石中(010)和(001)解理的特点如表7所示，图21则以赤平投影图的形式，表示了在实际工作中可能遇到的，有一组或两组解理的单斜晶系钾长石的各种可能情况下解理面（或其极点）与光率体对称轴（或对称面）的关系。

表7中所示的特点是由各种碱性长石的结晶学对称性和光性方位特征所决定的。反过来，通过对实测的赤平投影图（如图21）中解理面大圆或其极点与光率体轴N_g，N_m，N_p或光率体对称面$(N_g—N_p)$面（即光轴面）、$(N_m—N_p)$面之间的方位和角度关系，来判断晶体的对称性（单斜晶系或三斜晶系）和光性方位

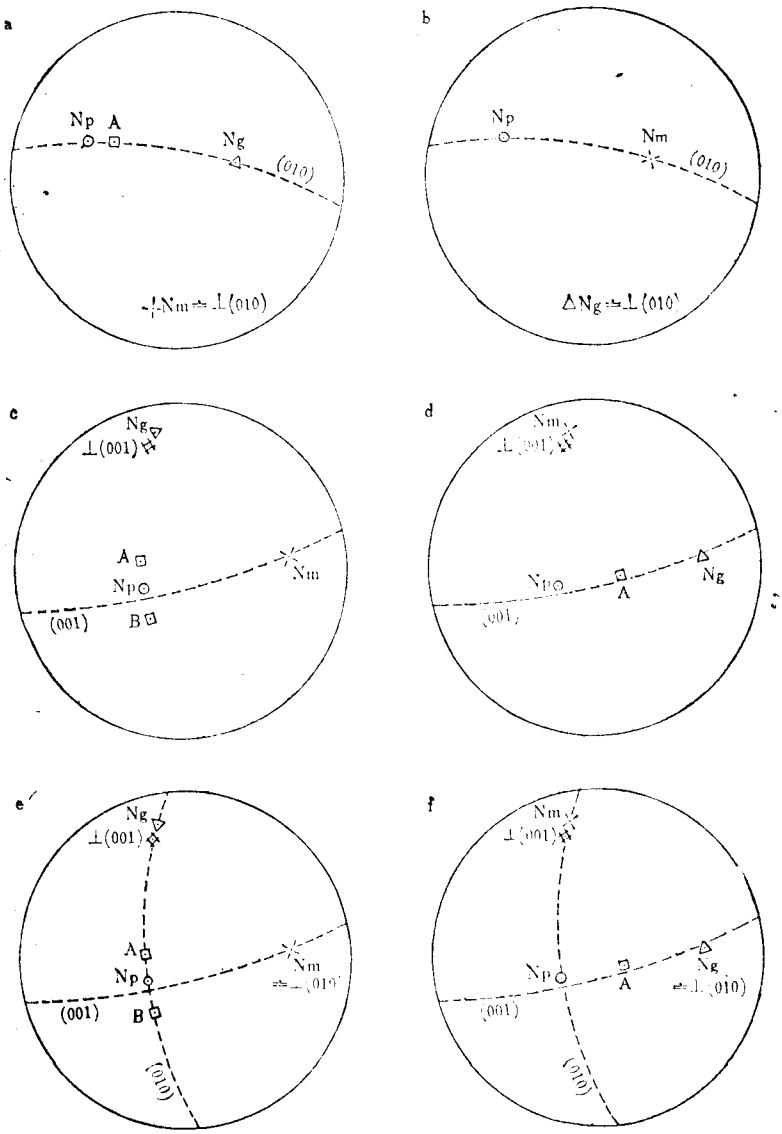


图21　无双晶而有解理的单斜晶系钾长石的赤平投影图

a.具（010）解理的高透长石；　b.具（010）解理的低透长石或正长石

c.具（001）解理的高透长石；　d.具（001）解理的低透长石或正长石

e.具两组解理的高透长石；　f.具两组解理的低透长石或正长石

（光轴面的方位、消光角等），再配合以光轴角(-)2V值的分析，便可将碱性长石鉴定到亚种。

具体的分析步骤和思路是这样的：

(i)判断是单斜晶系还是三斜晶系

若有一光率体主轴（N_g或N_m）与某解理面的极点重合，则说明矿物为单斜晶系，并且说明这组解理必然是(010)。

若有一光率体主轴（N_g或N_m）落于某解理面大圆上，也说明矿物为单斜晶系，并且说明这组解理必然是(001)。

如果既没有光率体主轴与解理面极点重合，又没有光率体主轴落于解理面大圆上，则说明矿物为三斜晶系。

这里有三点须要说明。

a.表6，7中所说的某光率体主轴与某解理面极点重合或落于某解理面大圆上，不是指绝对的重合。因为，不论是解理面还是光率体主轴的定位，都存在着测量误差，在实际测量工作中，只要在图上N_g（或N_m）与⊥(010)两者的位置相距不超过2°，即可以认为N_g（或N_m）与⊥(010)是重合关系，并可确认为单斜晶系；而只要在图上N_g（或N_m）与(001)解理大圆之间的垂直距离不超过2°，即可认为N_g（或N_m）是位于该大圆上，并可确认为单斜晶系。总之，表6中不论何处所说的“重合”或“平行”等，都是在这个意义上说的，即允许有2°的误差或偏离。反之，只有超过了2°，才能认为是三斜晶系。

笔者认为，对于采用厚切片（≥0.1mm）和锥光法的测量工作而言，规定这样一个界线是必要的，也是符合实际的。当然，有时因测量误差较大或其它原因，有可能将单斜晶系的碱性长石定为三斜度很小的碱性长石，或将三斜度很小的碱性长石定为单斜晶系的碱性长石。然而，有时只要注意分析一下(-)2V的数值和矿物的产状，通常可作出正确的判断。例如，某流纹质晶屑凝灰岩中的碱性长石晶屑测定结果为N_g与(001)解理大圆相距达4°，若根据上述准则判断应为三斜晶系的碱性长石，但是该长石的(-)2V只有27°，再结合该长石系呈晶屑产于凝灰岩中这

一产状上的特点综合判断，不可能是三斜晶系的碱性长石，而应该是单斜晶系的低透长石。这时又重新反复对解理面和N_g，N_m进行准确定位，结果N_g与(001)大圆相距仅1.5—2°，说明低透长石的判断是正确的。

b.N_m⊥(010)、N_m与⊥(010)重合和（N_g—N_p）面∥(010)三种说法是等价的，是从三个角度去描述同一件事。同样，N_m∥(001)、N_m位于(001)大圆上、(N_g—N_p)面⊥(001)和⊥(001)位于（N_g—N_p）大圆内等四种说法也是等价的。总之，当两个平面重合或平行时，它们的法线或极点也重合；当两个平面彼此垂直时，各平面的法线或极点也位于对方平面之中，即位于该平面投影大圆之上。

c.从表7“延性”一栏的描述可知，如果不考虑高透长石的可能性，则晶体相对于(010)解理的延性总是为负，相对于(001)解理的延性则总是可正可负。因此，在旋转台上使解理面在N—S向直立后，转到45°方位，在转动Ⅰ轴的过程中观察矿物的延性是保持不变为负，还是正负均有（干涉也既有升高又有降低），只要能排除高透长石的可能性，是可以判断解理面的符号的。但是，在不能排除高透长石的可能性时，例如鉴定的对象是光轴角很小的单斜晶系长石时，延性的准则就不能用了，而必须按表7所示的解理面大圆或其极点与光率体对称面或对称轴的方位和角度关系去确定解理面的符号，而这方面的准则在任何情况下都是可靠的。

(ii)若是单斜晶系，光轴面是平行(010)还是垂直(010)？

具单斜晶系光学性质的碱性长石有透长石和正长石两种，而透长石又以光轴面方位区分为高透长石和低透长石，前者光轴平行(010)，后者与正长石一样，光轴面垂直(010)。因此，在确认了矿物为单斜晶系以后，必须对光轴面的方位作出判断。

通过第一步的分析，解理面符号确定以后，判断光轴面的方位就很容易了。（N_g—N_p）面与(010)解理面平行（重合）者（图21a）或与(001)解理面垂直者（图21c和e）为高透长石；

(N_g—N_p)面与(010)解理垂直者（图21b，f），或N_g位于(001)解理面大圆上者（图21d，f）为低透长石。

在确定了光轴面方位以后，即可知道是高透长石，还是低透长石或正长石。若是高透长石，可根据其(-)2V值从图2查出其单斜有序度S_M。降透长石与正长石的区分系根据(-)2V的数值，对于端员成分的钾长石，以44°为界，<44°者为低透长石，>44°者为正长石。对于Or%mol.不足100%的富钾碱性长石，随Or%mol.的降低或Ab%mol.的升高，低透长石与正长石的界线略有增高，可按下列近似公式计算：

(-)2V（低透长石/正长石）= 44° + (100 − Or%mol.)·0.5°

显然，应用上式，必须知道矿物的近似Or%mol.。

在确定为低透长石后，同样可查图2求出其S_M。

在确定为正长石后，可根据其(-)2V，从图2查出其三斜有序度S_T，并确定矿物所属的亚种（高、中、低正长石）。

(iii)若是三斜晶系，矿物是微斜长石还是正微长石？

三斜晶系的富钾碱性长石因超显微双晶的发育情况不同而区分为微斜长石（无超显微双晶）和正微长石（具不平衡的超显微双晶）。对于一般性的鉴定工作，通常只须鉴定到广义的微斜长石（即包括正微长石）即可，但对于较为深入的工作，则应注意区分（狭义的）微斜长石与正微长石。

区分的方法是，在赤平投影图上量出(-)2V和$N_g \wedge \perp (001)$或$N_g \wedge \perp (010)$，然后查图2，从(-)2V查出其三斜有序度S_T，从$N_g \wedge \perp (001)$或$N_g \wedge \perp (010)$查出其光学三斜度Δ，比较两者的大小。若$S_T = \Delta$，说明是微斜长石；若$S_T > \Delta$，则为正微长石。

须要说明的一点是，在判断S_T与Δ的关系时，应考虑测量误差的问题。笔者建议，在采用厚切片（≥0.1mm）和锥光法的情况下，若$|S_T - \Delta| \leq 0.05$，则可认为$S_T = \Delta$；另一方面，只有当$S_T - \Delta > 0.05$，才能认为$S_T > \Delta$。在测量误差较大的情况下，这个界线可以放宽到0.1。

(iv)歪长石与微斜长石（正微长石）的区分问题

歪长石也可以不具格子状双晶，这时，与无格子双晶的微斜长石应如何区分呢？就(-)2V等光性数据而言，两种长石有重叠的部分。所以，单凭光学数据，区分歪长石与微斜长石是有困难的，除非(-)2V相当大时（>60°），只可能是微斜长石，当(-)2V<60°时，两者的光学性质很相似。这时，主要从岩石的产状入手来区分。歪长石是种富钠的高温稳定相碱性长石，主要产在富钠的喷出相、超浅成相或浅成相岩浆岩中，如钠质粗面岩、碱性流纹岩、霞石正长岩，碱性正长岩等，在喷出岩中，歪长石既可呈斑晶也可呈基质矿物产出；微斜长石是种富钾的低温稳定相碱性长石，主要产于深成相岩浆岩，混合岩，伟晶岩和低级或中级变质岩中，而从不呈原生矿物产于喷出岩中。总的说来，自然界中的歪长石要远远少于微斜长石。

Ⅰ.有简单双晶的情况

在碱性长石系列的矿物中，简单双晶几乎毫无例外地发育在单斜晶系的富钾碱性长石和钠长石中。在三斜晶系的微斜长石（包括正微长石）中，偶而可见到简单双晶，但总是叠加有格子双晶。据认为，这种微斜长石是从单斜晶系的碱性长石转变而来的，在继承了原有的简单双晶的基础上，分别在两单体中发育了转变型的格子双晶。这种叠加有格子双晶的情况不在这里讨论，而归入下面格子双晶的情况进行讨论。

虽然有的教科书的编者认为双晶法在碱性长石鉴定中的效果不如在斜长石鉴定中好，但是实践表明，只要注意提高光率体定位的准确度，双晶法对于碱性长石的鉴定同样有很大的作用。

由于对称性的提高，单斜晶系碱性长石中的双晶律不如三斜晶系斜长石那样多。常见的只有卡斯巴律、曼尼巴律和巴维诺（左，右）律三种。表8归纳了这三种双晶律的特点，掌握这些特点，对于在赤平投影图中迅速而正确的判断双晶律和光性方位是很有帮助的。

有简单双晶情况的具体分析步骤和思路是这样的：

(i)判断是平行双晶还是垂直双晶

平行双晶的定义是双晶轴TA位于结合面CP中，且与一结晶轴平行。但是，对于单斜晶系矿物的平行双晶而言，由于每个单体中均有一光率体主轴与(010) 面垂直，同时有一光率体对称面与(010) 平行。若双晶结合面为(010) 时，如卡斯巴律，由于两单体各有一对称面与CP平行，且各有一光率体主轴与CP垂直，这时是无法用联结同名光率体轴以其交点确定双晶轴TA的办法来定双晶轴的位置的，而只能判定TA位于结合面中，至于究竟在哪一点上，则只有根据双晶的定义加以确定，即TA应该同时平分N_{g1}与N_{g2}，N_{m1}与N_{m2}，N_{p1}与N_{p2}的夹角。对于结合面为(001) 的垂直双晶，即曼尼巴律双晶，TA的确定也是这样。只有对于巴维诺律双晶，才能用直接联结同名光率体轴的办法直接确定具TA。

表8　单斜晶系碱性长石中三种双晶律的特点

矿物	卡斯巴律	曼尼巴律	巴维诺律
	TA = [010] CP = (010)	TA = ⊥(001) CP = (001)	TA = $\frac{\perp(021)}{(\perp 021)}$ CP = $\frac{(021)}{(021)}$
高透长石	两单体的($N_g - N_p$)面均与CP重合 $N_{m1} = N_{m2} = \perp CP$ $N_{m1}(N_{m2}) \perp TA$	两单体的($N_g - N_p$)面均与CP垂直。 $N_{m1} = N_{m2}$且位于CP大圆上 $N_{m1}(N_{m2}) \perp TA$	两单体的($N_g - N_p$)面均通过CP与(001)和成(010)解理的交点a轴。$N_{m1} \neq N_{m2}$与⊥CP夹角均为45°±。各光率体主轴与TA均为斜交
低透长石 正长石	两单体的($N_m - N_p$)面均与CP重合。 $N_{g1} = N_{g2} = \perp CP$ $N_{g1}(N_{g2}) \perp TA$	两单体的($N_m - N_p$)面均与CP垂直。 $N_{g1} = N_{g2}$且位于CP大圆上 $N_{g1}(N_{g2}) \perp TA$	两单体的($N_m - N_p$)面均通过CP与(001)和/或(010)解理的交点a轴。$N_{g1} \neq N_{g2}$与⊥CP夹角均为45°±。各光率体主轴与TA均为斜交

由于单斜晶系碱性长石所发育的简单双晶在绝大多数情况下，不外乎卡斯巴律，曼尼巴律和巴维诺律三种，其中又以卡斯巴律最为常见，所以，如果测定结果为平行双晶（且符合表8中

所列卡斯巴律双晶的特点），则必然是卡斯巴律；若测定结果为垂直双晶，则多半是曼尼巴律或巴维诺律。

(ii)若是卡斯巴律，光轴面是平行(010)，还是垂直(010)？

在确定双晶为卡斯巴律后，必须进而确定光轴面方位，以便区分高透长石与低透长石。因卡斯巴律的CP = (010)，若与CP重合的光率体对称面是(N_g—N_p)面，说明光轴面平行(010)，即为高透长石；若与CP重合的光率体对称面是(N_m—N_p)面，说明光轴面垂直(010)，即为低透长石或正长石，低透长石与正长石的区分，则是根据(－)2V的数值，见表6及情况Ⅰ中有关部分的叙述（第72页）。这样，即可将矿物鉴定到亚种。此外，根据测得的(－)2V值，查图2即可查出高透长石和低透长石的单斜有序度或正长石的三斜有序度。

本章第五节中，曾对(010)面中的消光角$N'_p \wedge_p$(001)在碱性长石光学鉴定中的意义和作用进行讨论。对于单斜晶系碱性长石来说，N_p位于(010)面中，因此(010)面中的消光角即为$N_p \wedge$(001)，或$N_p \wedge a$,因(001)解理在(010)面中的迹就是结晶轴a轴。对于具卡斯巴律双晶的单斜晶系碱性长石，可以直接根据两单体中N_{p1}与N_p的夹角$N_{p1} \wedge N_{p2}$计算出(010)面中的消光角$\sigma = N_p \wedge a$，其计算公式为

$$\sigma = N_p \wedge a = \wedge\frac{1}{2}(52^\circ - N_{p1} \wedge N_{p2}) \qquad (9)$$

这个公式的推导如图22所示。卡斯巴律双晶是由一单体与该单体围绕其c轴旋转180°后所得到另一方位的单体按(010)面为结合面而成的。图22中的a图即为原始单体中有关光学方向和结晶学方向的示意图。此单体围绕其c轴旋转180°后，相应的光学方向和结晶学方向的方位如图22b所示。两者按(010)面结合后所构成的卡斯巴律双晶中的两单体的有关光学方向和结晶学方向如图22c所示。由于碱性长石不论其Or%和有序度如何，$a \wedge c$角（即β角）总是为116°左右，故卡斯巴双晶中单体1的结晶轴a_1与单体2的结晶轴a_2之间的夹角应为$180^\circ - 2(180^\circ - \beta) = 2\beta -$

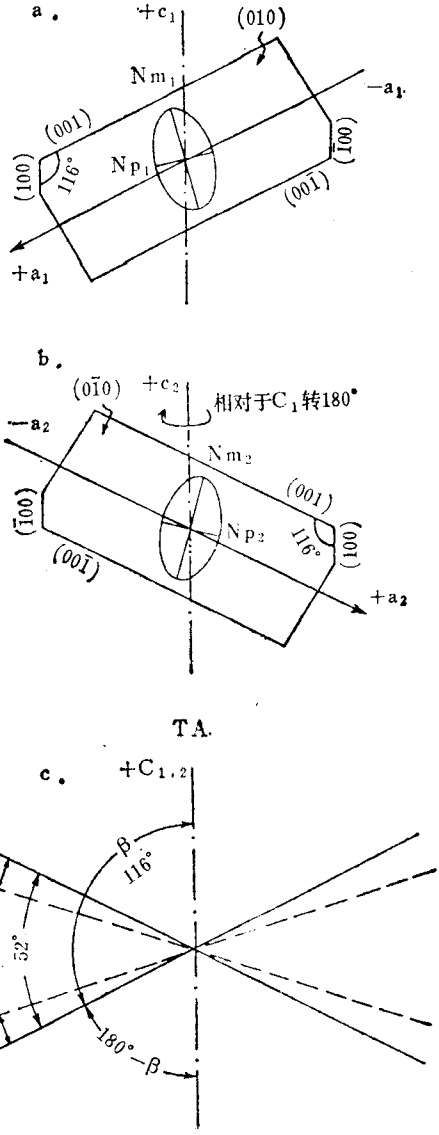


图22　计算卡斯巴律双晶（010）面内消光角σ的公式的推导过程的图解（以正长石为例）。

$$\sigma = N_p \wedge a = \frac{1}{2}(52^\circ - N_{p1} \wedge N_{p2})$$

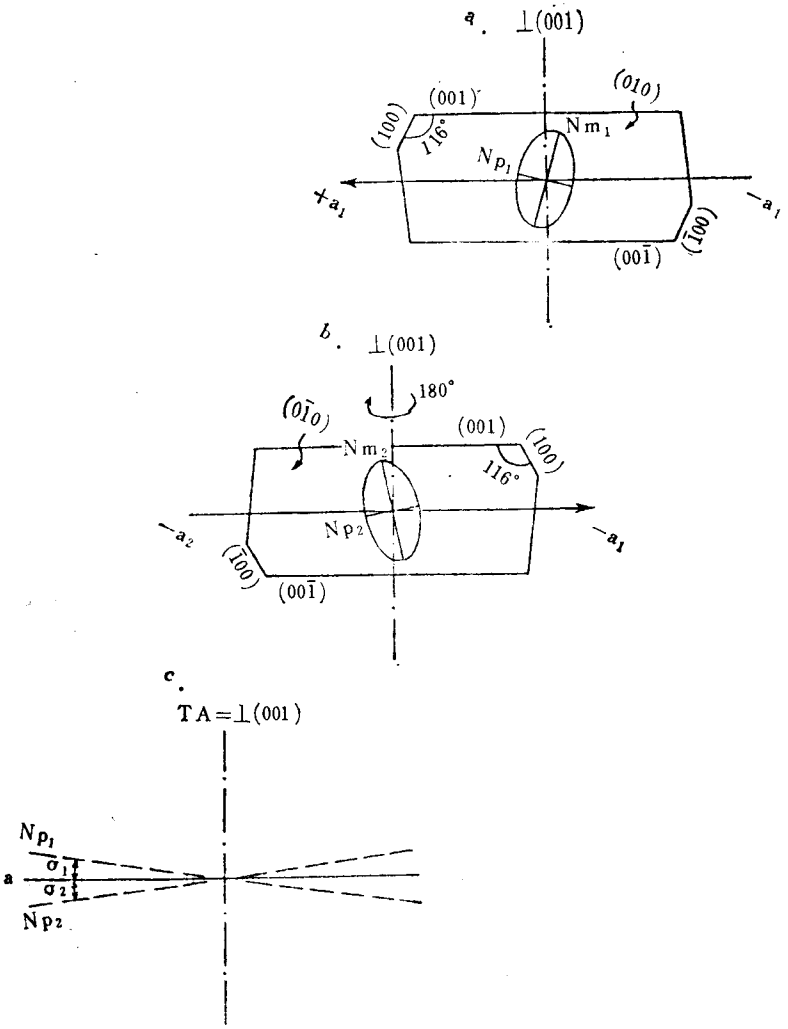


图23　计算曼尼巴律双晶（010）面内消光角σ的公式的推导过程的图解（以正长石为例）。

$$\sigma = N_p \wedge a = \frac{1}{2} N_{p1} \wedge N_{p2}$$

$180° - 52°$。由于N_{p1}和N_{p2}均位于两单体的a轴所夹的锐角区中，故 $N_p \wedge a = \frac{1}{2}(52° - N_{p1} \wedge N_{p2})$。这种通过双晶关系测出的$N_p \wedge a$要比在解理面中测得的$N_p \wedge a$或通过作图法求出的$N_p \wedge a$更为准确。

(iii)若是垂直双晶，是巴维诺律还是曼尼巴律？

曼尼巴律与巴维诺律这两种垂直双晶在赤平投影图上是很容易区别的。曼尼巴律的N_{m1}与N_{m2}或N_{g1}与N_{g2}是重合的，且均位于结合面内，这一特征在测量时也是很明显的，当对两单体中任何一个的N_m或N_g定位时，若该轴已被调整到E—W水平位置，则结合面CP也位于与E—W丝平行的位置，且在转动I轴过程中另一单体也同时保持消光，说明两单体均有一光率体主轴与旋转台的I轴平行。再转到45°位置测定其轴名时，两单体的干涉变化特征相同，说明两单体彼此重合的这根主轴是同名的。卡斯巴律的鉴定也有类似情况，不同处在于这两根重合的同名轴与旋转台I轴平行时，双晶结合面CP与N—S丝平行。在巴维诺律双晶中，则不存在两单体中任一主轴彼此重合的现象，当然也不存在光率体对称面彼此重合的现象。此外，曼尼巴律双晶两单体的N_m或N_g与CP的夹角总是45°±，故$N_{m1} \wedge N_{m2}$或$N_{g1} \wedge N_{g2}$总是90°±。根据上述特征，不难立即在赤平图上判别矿物的双晶是曼尼巴律还是巴维诺律。

(iv)若是曼尼巴律，光轴面是平行（010），还是垂直(010)？

在曼尼巴律的情况下，光轴面方位的判断可参照表8中所列的特征。若N_{m1}与N_{m2}重合且位于CP大圆上，则光轴面平行（010），为高透长石；若N_{g1}与N_{g2}重合且位于CP大圆上，则光轴面垂直（010），为低透长石或正长石，两者的区分及正长石亚种的确定均根据(-)2V值，见表6及本文第72页的有关段落。同样，根据(-)2V值可以在图2上查得高透长石和低透长石的单斜有序度或正长石的三斜有序度。

与卡斯巴律情况相同，在测得了N_{p1}与N_{p2}后，便可直接算出

(010) 面中的消光角$N_p \wedge a$，公式是

$$\sigma = N_p \wedge a = \frac{I}{2} N_{p1} \wedge N_{p2} \qquad (10)$$

此公式的推导过程可以形象地以图23加以说明。曼尼巴律双晶的TA = ⊥(001)单体1（图23*a*）围绕⊥(001)旋转180°后即成单体2（图23*b*），两者沿（001）面结合后，N_{p1}，N_{p2}和*a*轴的关系如图23*c*所示，显然，$\sigma = N_p \wedge a = \frac{1}{2} N_{p1} \wedge N_{p2}$。

应该指出，对于曼尼巴律双晶，与CP垂直的光率体对称面在高透长石中为（N_g—N_p），在低透长石和正长石中为（N_m—N_p），无论哪种情况，它们与CP的交点总是*a*轴，用N_{p1}与N_{p2}的夹角的二分之一作为$N_p \wedge a$，实际上就是取$N_{p1} \wedge a$和$N_{p2} \wedge a$的算术平均值作为$N_p \wedge a$。由此可见，即使晶体中未发育（001）和/或（010）解理，仍然可以在具曼尼巴律双晶的晶体中定出*a*轴的位置。这与上述卡斯巴律双晶的情况有所不同。在发育有卡斯巴律双晶的晶体中如果没有（001）解理，是不可能确定*a*轴的（只能间接估计出），但是却可以根据N_{p1}与N_{p2}的夹角用(9)式算出$N_p \wedge a$，这也正是(9)式意义的所在。

同理，在具曼尼巴律双晶的晶体中求得$N_p \wedge a$值，要比在无双晶而仅有解理的晶体中测得的$N_p \wedge a$值更准确一些。

(v)若是巴维诺律，光轴面是平行（010），还是垂直(010)？

对于具巴维诺律双晶的单斜晶系碱性长石，只有当矿物同时发育有（001）或（010）解理，或同时发育这两组解理的情况下，才有可能鉴别光轴面的方位是平行（010）还是垂直(010)。这是因为在高透长石中，巴维诺双晶两单体的（N_g—N_p）面均通过*a*轴，而在低透长石和正长石中，两单体的（N_m—N_p）面通过*a*轴。只有在能够确定*a*轴的情况下，才能判断通过*a*轴的光率体对称面究竟是（N_g—N_p）面还是（N_m—N_p）面。我们知道，*a*轴是巴维诺双晶的结合面（021）或（$0\bar{2}1$）与（001），（010）

等解理的交线，所以只有能测得（001）或/和（010）解理的晶体才能定出a轴，也才能判断通过a轴的光率体对称面是（N_g—N_p）还是（N_m—N_p）面。如果矿物未见（001）或（010）解理，而（-）2V＜44°，则无法确定是光轴面平行（010）的高透长石呢，还是光轴面垂直（010）的低透长石。但是若矿物的（-）2V在50°以上，则可以肯定，矿物为正长石，因为自然界中的富钾碱性长石中，当未见到（-）2V＞50°的透长石。

在发育有（001）和/或（010）解理的具巴维诺双晶的单斜晶系碱性长石中，由于可以根据解理与双晶结合面的交点定出a轴的位置，自然也就能从图上量得$N_{p1}\wedge a$和$N_{p2}\wedge a$，取其算术平均值，即为$N_p\wedge a$。

Ⅱ.有格子双晶的情况

在所有的碱性长石中，只有微斜长石（包括正微长石）和歪长石可以具有格子双晶。这种格子双晶是由以（010）为结合面的钠长律聚片双晶和以R.S.为结合面的肖钠律聚片双晶互相穿插而构成的。微斜长石的肖钠双晶结合面R.S.与（001）解理面的夹角约为－83°，歪长石的R.S.与（001）夹角约为－3°——4°，如图18所示。正是因为这两种长石的R.S.面的方位相差达80°之多，才使我们有可能通过旋转台的观测，区分这两种长石的外貌十分相像的格子双晶。

为了区分具格子双晶的微斜长石与歪长石，除了如前面有关部分所述要紧紧抓住两种长石所赋存的岩石在化学成分和产状上的显著差异之外，在镜下的观测中则应着重分析双晶与解理的关系，以及矿物晶体相对于解理的延性。现分别各种可能遇到的情况逐一分析如下。

A.具格子双晶并有解理

（i）有两组解理

这种既显示出格子双晶，又能见到两组解理（分别平行于格子双晶的两组结合面）的矿物，必然是歪长石。从图18可以清楚地看到，只有在歪长石的情况下，才能出现这种双晶与解理的关

系，近于垂直格子双晶两组结合面的切面（只有在这种方位的切面中才能看到清楚的格子双晶），同时也与（001）和（010）两组解理近于垂直。若是微斜长石，由于近于垂直格子双晶两组结合面的切面必然与（001）解理以很低的角度相交，显然是不可能显示出（001）解理的。

只有一种例外的情况，可能是微斜长石，这就是矿物发育有（010）和($\overline{1}$5,02）解理的情况。由于($\overline{1}$5,02）解理面与微斜长石的R．S．面近于平行，当发育有这组解理和（010）解理时，显示出清楚的格子双晶的微斜长石晶体，也会出现两组分别平行于格子双晶两组结合面的解理。然而，这种例外的情况出现的可能性是很小的。倘若在实际工作中遇到了这种情况，即从岩石性质和产状判断应该是微斜长石，而格子双晶的切面中又同时见到了两组解理，应如何判断到底是歪长石，还是微斜长石呢？这时可在格子双晶中选定一点，用直光法粗略地进行定位，看是否能使晶体的N_m与旋转台的I轴重合，若能重合，即能对N_m直接定位，说明是歪长石；若不能重合，即不能对N_m直接定位，只能直接对N_g和N_p定位，说明是微斜长石。其原因不难从图18得到说明。在微斜长石的情况下，显示出清楚的格子双晶的切面必然与N_m以高角度相交，而旋转台H轴转动范围有限，不可能使之水平。反之，在歪长石的情况下，显示出清楚的格子双晶的切面必然与N_m呈低角度相交，只要略微转动H轴即可使N_m水平，直接对其进行定位。

（ii）有一组解理

这组解理在绝大多数情况下为（001）或（010）。必须首先确定解理面的符号才能进一步鉴别矿物的种属。为此，可用试板测定矿物晶体相对于解理缝的延性。若为正延性，则必然是(001)解理，且矿物必然是歪长石，因为显示出格子双晶的微斜长石的切面与（001）近于平行，只可能出现（010）解理，而在微斜长石中（010）解理永远是负延长（N_g与解理面近于垂直之故），只有在歪长石的情况下，才有可能出现一组正延长的解理，而

这组解理只可能是（001），这同样可从歪长石的光性方位特点得到解释。

与上面关于两组解理情况的讨论相似，假如出现了罕见的（$1\bar{5}$,02）解理，那么在显示格子双晶的微斜长石的切面中，也可能出现一组正延长的解理，因此时（$1\bar{5}$,02）的延性是正的。然而，这种可能性多半只是在理论上存在的，即使出现了（$\overline{15}$,02）解理，（010）解理也多半会同时出现，但是不论（010）解理是否同时出现，上述讨论中所指出的鉴别方法总是有效的，即以对N_m能否直接定位来区分歪长石与微斜长石。

若这一组解理是负延长，则必然是（010）解理。矿物既可能是歪长石，也可能是微斜长石（包括正微长石）。进一步的鉴别须从N_m的定位入手，如果N_m能够直接定位，说明为歪长石；反之，则为微斜长石或正微长石。要区分微斜长石与正微长石，唯一的途径是测定矿物的$N_g \wedge \perp (010)$，从图2查出相应的光学三斜度Δ，再测出矿物的（－）2V，从图12查出其相应的三斜有序度S_T，若S_T与Δ在测量误差范围内相等（见本文第72页的讨论），说明为狭义的微斜长石；若$S_T > \Delta$，说明为正微长石。微斜长石和正微长石的亚种的划分，见表1，图2和表6均可。由于格子双晶的存在，使矿物光率体的准确定位变得十分困难。要获得一定的准确度，比较可行的方法是消光曲线法。当无法对光率体比较准确地进行定位，从而无法测出S_T和Δ值时，是无法区分狭义的微斜长石与正微长石的。这时，可以笼统地定为微斜长石。

B.具格子双晶而无解理

在无解理的情况下，只有用N_m能否直接定位的准则来区分歪长石（N_m能直接定位）与微斜长石和正微长石（N_m不能直接定位）。微斜长石与正微长石的区分以及两者亚种的确定，方法如上所述，这里不再重复。

如果将上述讨论作一归纳，便可看到，不论是有解理还是没有解理，也不论是有一组解理还是两组解理，鉴别歪长石的格子双晶与微斜长石的格子双晶的最可靠的准则是N_m能否直接定

位。

Ⅳ.有聚片双晶的情况

这里所说的聚片双晶不是指钠长石所特有的那种双晶结合面规整平直的钠长律聚片双晶，而是指当切面平行于歪长石或微斜长石的格子双晶某一组结合面（010）或R.S.时所呈现的那种结合面不规则平整、双晶单体细密且多呈纺锤状的聚片双晶。

对于这种情况，也根据解理发育的情况分别进行讨论。

A.有两组解理

这种既显示出聚片双晶，又能见到两组解理（分别平行于或垂直于聚片双晶的结合面）的矿物，必然是微斜长石。其原因，同样可以从图18得到说明。

与第86页关于格子双晶的分析一样，仅当存在（$\overline{1}5$,02)的解理时，具聚片双晶的歪长石才能出现与微斜长石一样的两组解理。倘若在实际工作中遇到这种情况，即从岩石的性质和产状判断应该是歪长石，而聚片双晶的切面中又同时见到了两组解理，同样可以用N_m是否能直接定位的准则进行判别，只不过在这种情况下，N_m能直接定位的是微斜长石或正微长石，而N_m不能直接定位的是歪长石，恰好与格子双晶的情况相反。

B.有一组解理

在这种情况下，首先要观测解理与双晶结合面相交的角度关系。

(i) 解理与结合面近于直交

这种情况必然是微斜长石或正微长石，从切面的方位来看，既可能是与（010）近于平行的切面（图18A左图），其中可见到与肖钠双晶结合面近于直交的（001）解理，也可能是近于平行（100）的切面（图18A中图），其中若仅发育（001）解理而不发育（010）解理（这种可能性是存在的），则可见到与钠长双晶结合面近于直交的（001）解理。

(ii) 解理与结合面斜交成很小的角度

这种情况必然是歪长石，从切面的方位来看，应为近于平行

(010) 的切面（图18 B左图），其中（001）解理与肖钠双晶结合面以3°—4°角度相交。

(iii) 解理与结合面平行

一般地说，这种情况应是歪长石近于平行（001）的切面，其中可见到与钠长律双晶结合面平行的（010）解理（图18 B.右图）。但是，当微斜长石仅发育(010)解理而不发育(001)解理时，其平行（100）的切面中也只剩下一组与钠长律双晶结合面平行的（010）解理。尽管这后一种可能多半只有理论上的意义，但是万一出现这种情况下，就必须用N_m能否直接定位的准则来判别是歪长石（N_m不能直接定位），还是微斜长石或正微长石(N_m能直接定位）。若确定为微斜长石或正微长石，则可根据S_T与Δ的关系区分这两种长石，并根据其（-）2V值确定其亚种。

C.无解理

在这种情况下判断方法如下：

首先看N_m能否直接定位，若不能直接定位，必然是歪长石；若能直接定位，则需进一步根据N_m相对于聚片双晶结合面的方位进行判断，若N_m与聚片双晶结合面近于垂直，则必然是歪长石，若近于平行，呈很小角度相交，则必然为微斜长石或正微长石。

与格子双晶的情况相似，N_m能否直接定位以及N_m相对于双晶结合面的方位关系，有着重要的鉴定意义。

3.如何测定任意切面的消光角

在碱性长石的光学参数中，（001）面或（010）面中的消光角$N_p' \wedge a$具有一定的鉴定意义。在沿解理面（001）或（010）裂开的晶体碎片中、不难用油浸法在镜下测定(001)解理面中的消光角$N_p' \wedge a$，或$N_p' \wedge$(010)，因为a轴就是（001）与（010）面的交线，也可在（010）解理面中测定其消光角$N_p' \wedge a$，或$N_p' \wedge$（001）。

但是，在旋转台测量工作中，是无法直接测得或(001)或(010)面中的消光角的。这里谈谈如何在旋转台测量中测定任意切面的

消光角。

（1）三斜晶系碱性长石

不论在何种情况下，要测定消光角，必须首先对光率体进行定位，并测出两光轴A_1和A_2所在的位置，然后将这些光学方向投影于赤平图中。而要测定任一切面中的消光角，还必须知道该切面的方位，并将该切面投影于赤平图中。如图24所示，某无格微斜长石的光学方向及（001）和（010）两组解理面与其极点⊥（001）和⊥（010）均投影于图中。为了求出（001）和（010）

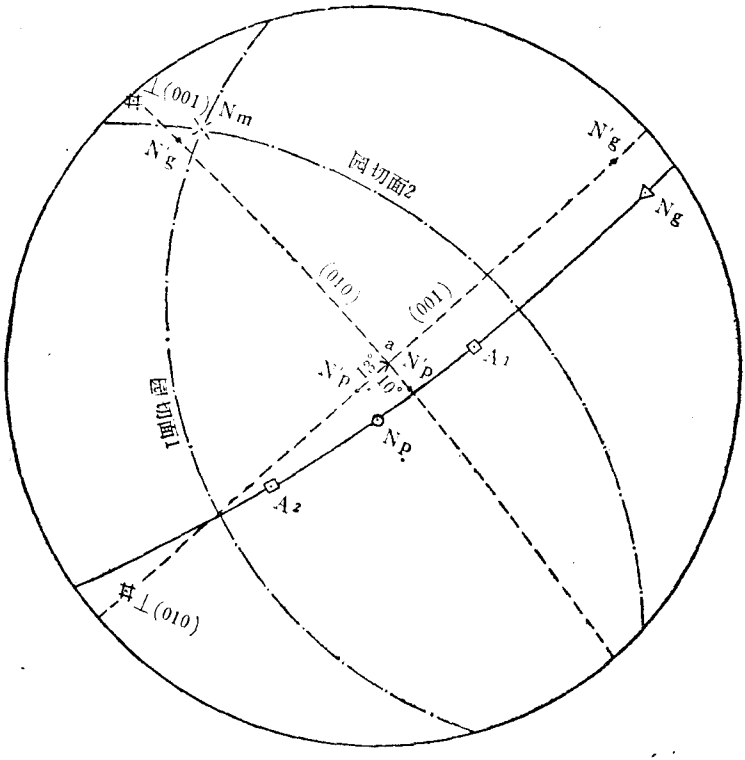


图24　在测定了光率体方位和解理面方位后，求解理面上消光角作图方法的实例。图中（010）面消光角$N_p' \wedge a = 10°$，（001）面消光角$N_p' \wedge a = 13°$

面中的消光角，可根据弗仑涅尔定律通过在赤平图中作图的方法先求出（001）和（010）面的消光位，然后即可在图中读出有关消光位与 a 轴的夹角，即所要测定的消光角。

如图24所示，首先以两光轴A_1和A_2分别为极点，作出相应的大圆，此即光率体中的图切面，根据弗仑涅尔定律，任意切面的消光位为两个圆切面与该切面的两根交线所夹角度的角平分线。在赤平投影图中，代表圆切面1和2的两个大圆与代表所测切面的大圆的两个交点即为两圆切面与该切面交线的投影点，这两个点之间的夹角一般为一个锐角，一个钝角，两者互补。在图中读出其间的夹角，并分别找出其角平分点（两个角交点之间的夹角为90°）。，这两个点使代表了该切面中的两个消光位N_g'和N_p'。这两个点中何者为N_g'，何者为N_p'，可以根据与该点最接近的光率体主轴的轴名判断。如图24中，（001）和（010）解理面大圆中的消光位，与N_p接近的必然是N_p'。因（001）与（010）的交点为 a 轴，则可从图中直接读出（001）面中的$N_p'\wedge a$，和（010）面中的$N_p'\wedge a$。

（2）单斜晶系碱性长石

与三斜晶系碱性长石的情况略有不同的是，单斜晶系矿物（001）面中的消光角为0°，而有鉴定意义的（010）面中的消光角应为N_p（不是N_p'！）与 a 轴的夹角，而且（010）面本身正好是光率体的一个对称面，对于高透长石，（010）为（N_g—N_p）面，对于低透长石和正长石为（N_m—N_p）面。因此，要测定单斜晶系碱性长石的消光角（010）面中的$N_p\wedge a$，并不需要晶体发育有（010）解理，但在无双晶的情况下，必须有（001）解理，才能根据（001）解理面大圆与（N_g—N_p）或（N_m—N_p）大圆的交点确定 a 轴的位置。然而，当晶体发育有卡斯巴律或曼尼巴律双晶时，即使没有任何解理，也可测出$N_p\wedge a$角。这是因为卡斯巴律的双晶轴为 c 轴，而在碱性长石中$a\wedge c=116°$，这样，在知道了 c 轴位置后，a 轴位置也就知道了。实际上，在卡斯巴律双晶的情况下，（010）面中的$N_p\wedge a$正好等于$(52°-N_{p1}\wedge N_{p2})/2$（见

本文第81页)；而在曼尼巴律双晶的情况下，则等于（$N_{p1} \wedge N_{p2}$)/2（见本文第85页）。

§5 晶体碎屑的研究方法

当研究的对象是矿物晶体碎屑时，可以选择粒度适当的（0.1—0.2mm）用万能胶粘在长度适当的凹玻璃的凹坑中，加上浸油置于旋转台上观测，也可以制成砂粒矿物薄片进行观测。

参 考 文 献

王德滋，1975：光性矿物学。上海科学技术出版社。

池际尚，1962：费德洛夫法简明教程。中国工业出版社

苏树春，1978a，鉴定酸性斜长石结构状态和成分的新方法，地质学报，第4期，296—302页。

苏树春，1978b：准确测定消光位的新方法—锥光法。地球化学。第4期，303—307页。

苏树春，1980b：关于碱性长石光学分类及矿物名称的初步建议。地质论评，26卷，第4期，349—356页。

苏树春，李天顺，1979：旋转台上鉴定酸性斜长石的新方法，科学通报，第10期，459—460页。

D.B.斯利蒙斯等著，苏树春、张绍宗译，1975：旋转台鉴定法译文集。地质出版社。

Bambauer, H. U., 1966: Feldspat-Familie $R^{I}_{X}R^{II}_{1-X}$ $(Al_{2-x}Si_{2+x}O_8)$ $O \leqq X \leqq 1$. In. Tröger, W.E.: Optische Bestimmungen der gesteinbildenden Mineralle. Teil 2, Textband, 645-762. Stuttgart: Schweizerbart sche Verlagsbuchhandlung.

Bambauer, H.U., Taborzky, F., Trochim, H.D., 1971: In Tröger, W.E.: Optische Bestimmung der gesteinbildenden Mineralle. Teil 1, Bestimmungtabellen. 4 neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.

Barth, T.F.W., 1934: Polymprphic phenomena and crystal structure. Am. J. Sci. Ser. 5, 27, 273-286.

Barth, T.F.W., 1965: Eelations between optical orientation and structural state in the system of potassium feldspar. Indian Mineral. 6, 40-47.

Bloss, F.D., 1978: The spindle stage: a turning point for optical crystallography. Am. Mineral. 63, 433-447.

Bloss, F.D., Reiss. D. 1973: Computer determination of 2V and indicatrix orientation from extinction data. Am. Mineral. 58, 1052-1061.

Borg, I.Y., Smith, D.K., 1969: Calculated X-ray Powder Patiterns for Silicate Minerals. Geol. Soc. Am. Mem. 122.

Brown, B.E., Baily, S.W., 1964: The structure of maximum microline. Acta Crystallogr. 17, 1391—1400.

Burnham, C.W., 1962: Lattice constant refinement. Annu. Rep. Dir. Geophys. Lab., Yearbook 61, 132-135.

Burri, C., 1967: Bestimmung der Auslöschungschiefe monokliner Feldspäte aus der Zwillingsoptik. Schw. Min. Petr. Mitt. 47, 199-202.

Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J., 1963: Rock-forming Minerals. V.4, Framework silicates. London: Longmans.

Drugman, J., 1938: On some unusual twin-laws observed in the orthoclase crystals from Goodsprings, Nevada. Mineral. Mag. 25, 1-14.

Finney, J. J. Bailley, S. W.: 1964: Crystal structure of an authigenic maximum microcline. Zeit. Krist. 119, 413-436.

Gaite, J. -M., Michoulier, J., 1970: Application de la resonance Paramagnetique electronique de l'ion Fe^{3+} a l'etude de la structure des Feldspaths. Bull. Soc. Fran. Mineral. Cristall. 93, 341-356.

Goldsmith, J.R., Laves,F., 1954: Potassium felspars structurally intermidiate between microcline and sanidine. Geochim. et Cosmochim. Acta, 6, 100-118.

Gorai, M., 1951: Petrological studies on Plagioclase twins. Am. Mineral. 36. 884-901.

Hafner, S., Laves, F., 1957: Ordnung/Unordnung und Ultrarotabsorption. II. Variation der Lage und Intensität einigen Absorptionen von Feldspaten. Zur Struktur von Orthoklas und Adular. Zeit. Kristall. 109, 204- 225.

Harlow, G.E., Brown, G.E., Hamilton, W.C., 1973: Neutron diffraction study of Amelia low albite. (abstr.) EOS, 54, 497.

Heinrich, E.Wm., 1965: Microscopic Identification of Minerals. New York: McGraw-Hill.

Hewlett, C.G., 1959: Optical properties of potassic feldspars. Bull. Soc. Am. 70, 511-538.

Hutchison, C.S., 1974: Laboratory Handbook of Petrographic Techniques. London: Wiley.

Ingerson, E., 1952: Twinning frequency in feldspar phenocrysts from a quartz latite sill at Sierra Blanca, Texas. Am. J. Sci. Bowen volume, 189-202.

Kalb, G., 1924: Die Kristalltracht des Kalifeldspates in mineralogenetischer Botrachtung. Centr. Min. Abt. A, 449-460.

Kamb, W.B., 1958: Isogyres in interference figures. Am. Mineral. 43,

1029-1067.

Köhler, A., 1948: Erscheinungen an Feldspaten in ihrer Bedeutung fur die Klärung der Gesteinsgenesis. (Ein Versuch und eine Anregung). Tscher. Min. Petr. Mitt. ser. 3, 51-67.

Kroll, H., 1971: Feldspäte in System K $[AlSi_3O_8]$-Na $[AlSi_3O_8]$-Ca$[Al_2Si_2O_8]$: Al, Si-Verteilung und Gitterparameter, Phasen-Transformationen und Chemismus. Inaug.-Diss. der Westfälischen Wilhelms-Universität in Münster.

Laves, F., 1950: The lattice and twinning of microcline and other potash feldspars. J. Geol. 58, 548-571.

Laves, F., 1952: Phase relations of the alkali feldspars. I. Introductory remarks. II. The stable and pseudostable phase relations in the alkali feldspar system. J. Geol. 60, 436-450 and 549-574.

Laves, F., 1960: Al/Si-Verteilungen, Phasen-Transformationen und Namen der Alkalifeldspäte. Zeit. Krist. 113, 265-296.

Laves, F., Viswanathan, K., 1967: Relations between optic axial angle and trinclinity of potash feldspars and their significance for the definition of "Stable" and "unstable" states of alkali feldspars. Schw. Min. Petr. Mitt. 47, 147-162,

McConnell, J,D.C., 1965: Electron optical study of effects associated with *partial inversion in a silicate phase*. Philos. Mag, 11, 1289-1301.

McConnell, J.D.C., 1971: Electron-optical study of phase transformations. Mineral. Mag. 38, 1-20,

Mackenzie, W.S., 1952: The effect of temperature on the symmetry of high temperature soda-rich feldspars. Am. J. Sci. Bowen volume, 319-342.

MacKenzie, W.S,, 1954: The orthoclase microcline inversion. Mineral. Mag. 30, 354-366.

Michot, P., 1961: Struktur der Mesoperthite. Neues Jahrb. Mineral. Abhandl. 96, 213-216.

Neiva, A.M.R., 1972: Optic axial angle, obliquity and sodivm content of potash feldspars of granites, aptites and pegmatites. in W.S. MacKenzie and J. Zussman, Eds: The Feldspars. Manchester: Manchester Univ. Press.

Orville, P.M., 1967: Unit-cell parameters of the microlinelow albiet and the sanidine-high albite solid solution series. Am. Mineral. 52, 55-86. Correction 346-347.

Plas, L. van der, 1966: The Identification of Detrital Feldspars. Amsterdam: Elsevier.

Rankin, D.W., 1967: Axial angle determinations in Orville's microcline-low albite solid solution series. Am. Mineral. 52, 414-417.

Rasse, P., 1978: Extinction angles of synthetic intermediate albites. Am. Mineral. 63, 466-469.

Ribbe, P.H., ed., 1975: Feldspar Mineralogy. Short Course Notes, V. 2, MSA.

Ribbe, P.H., Megaw, H.D. Taylor, W.H., 1969: The albite structure. Acta Cryst. 25B, 1503-1518.

Rosenbusch, H., 1927: Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Band I, zweite Hälfte, spezieller Teil: Die petrographisch wichtigen Mineralien. 5th ed., 555-814. Stuttgart: E. Schweizerbart.

Smith, J.V., 1974a: Feldspar Minerals. I. Crystal Structure and and Physical Pro perties. Springer-Verlag.

Smith, J.V., 1974b: Feldspar Minerals. II. Chemical and Textural Properties. Springer-Verlag.

Smith, J.V., MacKenzie, W.S., 1959: the alkali feldspars. V. The nature of orthoclase and microcline perthites and observations concerning the polymorphism of potassium feldspar. Am. Mineral. 44, 1169-1186.

Smith, J.V., MacKenzie, W.S., 1961: Atomic, chemical and physical factors that control the stability of alkali feldspars. Cursillos y Conferencias del Instituto "Lucas Mallada".

Smith, J.V., Ribbe, P.H., 1966: X-ray emission microanalysis of rock-forming minerals. III. Alkali feldspars. J. Geol. 74, 197-216.

Spencer, E., 1937: The potash-soda felspars. I. Thermal Stability. Mineral. Mag. 24, 453-494.

Spencer, E., 1938: The potash-soda feldspars. II. Some Applications to petrogenesis. Mineral. Mag. 25, 87-118.

Stewart, D.B., 1974: Optical avial angle and extinction angles of alkali feldspars related by cell parameters to Al/Si order and composition. In W.S. MacKenzie and J. Zussman, Eds.: The Feldspars. Manchester: Manchester Univ. Press. 145-161.

Stewart, D.B., 1975: Lattice parameters, composition, and Al/Si order in alkali feldspars. in P.H. Ribbe, Ed.: Feldspar Mineralogy. Short Course Notes, V. 2, MSA.

Stoiber, R.E., Morse, S.A., 1972: Microscopic Identification of Crystals, New York: Ronald.

Tobi, A.C., 1956: A chart for measurement of optical axial angles, Am. Mineral. 41, 516-519.

Tobi, A.C., 1962: Characteristic patterns of plagioclase twinning. Norsk Geol. Tidsskr. 42 (Feldspar volume), 264-272.

Tuttle, O.F., 1952: Optical studdies on alkali feldspars. Am. J. Sci. Bowen volume, 2, 553-567.

Wainwright, J.E., Starkey, J., 1971: A refinement of the structure of anorthite. Zeit. Krist. 133, 75-84.

Wright, T.L., 1964: The alkali feldspars of the Tatoosh pluton in Mount Rainier National Park. Am. Mineral. 49, 715-735.

Wright, T.L., Stewart, D.B., 1968: X-ray and optical study of alkali feldspar. I. Determination of composition and structural state from refined unit-cell parameters and 2V. Am. Mineral. 53, 38-87.

Марфунин, А. С., 1960: Новые диаграммы оптической ориентровки калинатровых полевых шлатов. Д.А.Н. СССР. 133, 939-942.

Марфунин, А. С., 1961: Записимость оптической ориентировки калинатриевых полевых шлатов от различных факторов. Изв. А.Н. СССР, Сер. геол. №2, 59-79.

Марфунин, А. С., 1962: Полевых шпаты-фазовые взаимоотношения, оптические сойстава, геологическое распределение. москва: Издательство Академии Наук СССР.

[General Information]
书名=碱性长石的光学鉴定
作者=苏树春著
页数=98
SS号=11028563
出版日期=1982年03月第1版

目录

前言
第一章　碱性长石的分类及矿物名称
1　本书建议的分类命名方案
2　一些矿物名称的定义及说明
第二章　碱性长石光学性质的特殊性
1　超显微双晶对碱性长石光学性质的影响
2　微细连晶对碱性长石光学性质的影响
第三章　碱性长石晶体结构的有序无序及其与光学性质的关系
1　有序—无序的基本概念
2　无序结构与有序结构的差异
3　有序化、有序度和三斜度
第四章　碱性长石光学性质概述
1　光性方位
2　折射率和双折射率
3　光轴角
4　消光角
1．（００１）面中的消光角
2．（０１０）面中的消光角
5　晶形和双晶
1　晶形和解理
2　双晶
第五章　普通偏光显微镜下碱性长石的鉴定
1　思路和步骤
2　各项情况的具体分析和相似矿物的区别
1．无条纹有双晶
2．无条纹无双晶
3．条纹长石
第六章　旋转台上碱性长石的系统鉴定
1　与测量有关的准备工作
2　光率体定位及２Ｖ的测量
1．直光法
2．锥光法
3　结晶学方向的测量

1．（001）面方位的测量
2．（010）面方位的测量
4　测量数据的分析
1．Марфунин的方案
2．笔者建议的方案
Ⅰ．无双晶而有解理的情况
Ⅱ．有简单双晶的情况
Ⅲ．有格子双晶的情况
Ⅳ．有聚片双晶的情况
3．如何测定任意切面的消光角
（1）三斜晶系碱性长石
（2）单斜晶系碱性长石
5　晶体碎屑的研究方法
参考文献