

常见长石族矿物的显微鉴定

谢铨铨, 戴佳鑫, 吴光平, 赵景宇, 郭 艳

宿州学院资源与土木工程学院, 安徽 宿州

收稿日期: 2023年5月25日; 录用日期: 2023年7月14日; 发布日期: 2023年7月21日

摘 要

长石是主要的造岩矿物, 对于地质、资勘等相关专业学生而言, 是所需学习的专业知识《矿物学》中重要的部分, 然而相关学科书籍对长石矿物的显微描述较为复杂, 对于初学者来说, 难以理解和熟练掌握长石镜下显微鉴定的方法。本文通过参考大量阐述长石矿物学特征的书籍, 进行了整理, 详尽地阐述了长石矿物镜下的显微特征, 以指导初学者开展显微镜下观察和鉴别长石的学习。试图将长石的显微特征以直接和简便的方式进行描述, 指导初学者如何在单偏光和正交偏光的系统下观察长石的具体光性特征。

关键词

长石, 显微鉴定, 光性特征

Microscopic Identification of Common Feldspar Minerals

Chengcheng Xie, Jiaxin Dai, Guangping Wu, Jingyu Zhao, Yan Guo

School of Resources and Civil Engineering, Suzhou University, Suzhou Anhui

Received: May 25th, 2023; accepted: Jul. 14th, 2023; published: Jul. 21st, 2023

Abstract

Feldspar is the main rock-forming mineral, and it is an important part of the professional knowledge of "Mineralogy" for students majoring in geology and geological prospecting. However, the microscopic description of feldspar minerals in related books is more complicated. It is difficult for beginners to understand and master the method of microscopic identification under a feldspar microscope. By referring to a large number of books on the mineralogical characteristics of feldspar, this paper collates and expounds the microscopic characteristics of feldspar under a microscope in detail to guide beginners to observe and identify feldspar under a microscope. This paper attempts to describe the microscopic characteristics of feldspar in a direct and simple way to guide beginners

on how to observe the specific optical characteristics of feldspar under the system of single polarization and orthogonal polarization.

Keywords

Feldspar, Microscopic Identification, Optical Characteristics

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

在自然界中见到的长石矿物主要是碱性长石亚族和斜长石亚族矿物，其中正长石、微斜长石和斜长石尤其常见。在学习地质相关专业矿物学时，不仅需要深入了解其矿物成因和成分，还必须掌握显微镜下的鉴别技巧。由于这些晶体本身就具有一定的光学性质，因此可以通过观察它们的光特性来识别其种类和来源。在矿物学研究中，探究矿物的光学特性是一项至关重要的课题。大多数介绍矿物学的专业书籍都是对矿物的光学特性进行了系统而复杂的介绍，但很少有专门针对初学者提供显微镜下如何鉴定长石类别的指导用书。目前，国内大多数高校的地质学课程教学体系均为传统的课堂教学模式。对于正在接受理论学习的学生而言，他们对于长石的光学特性既不熟悉，也不熟悉如何在显微镜下进行长石光性特征鉴定的实际操作方法，因此在镜下很难区分不同种类的长石的光学特性。同时，由于长石晶体种类繁多，光学性质差别很大，很难对它们进行区分鉴别。由于缺乏实践性操作和如何将长石矿物在显微镜下进行分别的经验，仅进行记忆性学习，因此学习和理解理论知识变得更加困难。因此，需要对这些知识进行总结归纳，并结合实践，来帮助学习者更好地掌握长石光学特性与应用技巧。本文综合了相关资料，详细阐述了如何通过显微镜观察描述正长石、微斜长石和斜长石的光学特性。

2. 矿物鉴定过程中常见的光性特征

常用的观察和鉴定矿物的仪器是光学显微镜，利用显微镜的单偏光光路系统、正交偏光光路系统以及锥光光路系统来完成观察和鉴定工作。单偏光光路系统在观察和鉴定过程中是使用频率最高的，通常在镜下完成矿物的突起、晶形、解理和颜色等的观察和鉴定工作；正交偏光则观察矿物的消光类型和消光角等参数，同时正交偏光是鉴定非均质体的光性特征的系统；而锥光系统是对于需要确定矿物的轴性以及光性时使用，在一般的鉴定中并不需要使用。由于本文是对初学者进行显微镜的镜下鉴定的介绍，仅阐述单偏光和正交偏光两个系统下对长石的镜下光性特征。

Table 1. Six levels of protuberance

表 1. 突起的六个等级

突起等级	折射率	糙面及轮廓特征
负高突起	<1.48	表面粗糙、显著
负低突起	1.48~1.54	光面，不显著
正低突起	1.54~1.60	光面，不显著
正中突起	1.60~1.66	表面略显粗糙，显著
正高突起	1.66~1.78	表面粗糙，显著且较宽
正极高突起	>1.78	表面非常粗糙，显著且宽

单偏光系统下需要观察矿物的镜下特征:

突起: 矿物的突起是由其自身折射率与树胶折射率之差所决定的(加拿大树胶折射率为 1.54), 这是一种具有显著光学意义的现象。在镜下观察矿物的时候能明显感受到突起矿物比其他矿物高程略高, 突起越明显, 其高程的差度越大。同时, 矿物突起也分为六个等级, 见表 1 [1]。

晶形: 通过显微镜观察矿物薄片, 我们无法观察到其完整的矿物晶体形态。为了准确地鉴定矿物, 必须全面分析研究其特征。只有通过综合考虑同一矿物多个切面的轮廓, 才能准确判断其晶形, 镜下的矿物形态都是由矿物切面的轮廓所决定的。

颜色: 在单偏光镜下, 经过白光透射晶体后, 呈现出一种未被矿物晶体所吸收的色彩, 这种色彩在肉眼可见的范围内得以观察, 即镜下观察到的颜色。

解理: 在矿物薄片, 矿物的解理呈现出一条沿着特定方向平行的纤细缝隙(即解理缝), 而与解理缝的平行平直形成鲜明对比, 呈现出弯曲的形态则被称为裂理。

正交偏光系统下需要观察矿物的镜下特征:

消光类型: 矿物薄片处于消光位(正交偏光下透明矿物薄片呈黑暗的现象称为消光, 在正交偏光镜下处于消光的位置, 称为消光位), 目镜中显示的晶体轮廓, 解理缝等与目镜十字丝的相互关系。常见的消光类型有: 平行消光、对称消光和斜消光(如图 1) [2]。平行消光是指矿物薄片处于消光位上, 目镜下看到的解理与十字丝呈现出平行的状态; 若两组解理平分十字丝时, 同样地, 对称消光是指目镜下看到的两组解理平分十字丝的状态; 目镜下看到的解理与十字丝呈斜交的状态, 称斜消光。

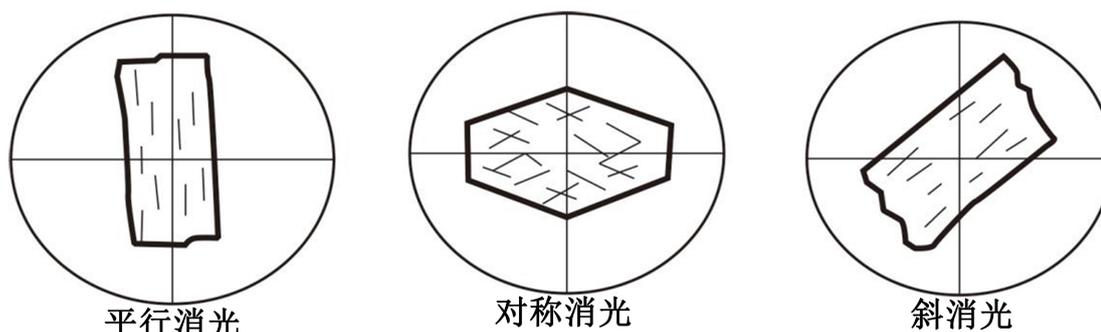


Figure 1. Extinction types
图 1. 消光类型

消光角: 鉴定某些斜消光矿物的光学常数。是在正交显微镜下, 矿物薄片处于消光位时, 解理缝与十字丝的夹角。

3. 正长石

关于正长石的说法本来就存在着争议, 已有研究人员撰文建议直接取消正长石这个称谓, 但仍有许多科研人员认为, 正长石存在有其必要性, 为避免造成新的混乱, 在没有出现更好的系统命名方案时, 暂时沿用这个名称[3]。解决问题的途径是, 深入学习, 逐步加深对正长石的认知, 只要将正长石的核心含义认识清楚, 依照习惯使用这个名称是有着极大的便利性。

单斜晶系的正长石和三斜晶系的微斜长石在化学成分上呈现出相似的组成, 但它们之间存在着根本的差异。通过射线衍射法、红外光谱法以及核磁共振法的研究, 科研人员发现单斜晶系的正长石实际上是由光学显微镜无法鉴别的伪单斜(即近似单斜的三斜构造)的三斜晶系小单位按照双晶关系——即“超显微双晶”和“超 X 射线双晶”的钾长石结合而成[2] [3]。

目前,对于正长石的研究已经形成了一种普遍认可的观点,即正长石是一种具有单斜晶系光学性质的富钾碱性长石;正长石,作为富钾碱性长石的亚稳定相变体,其晶体结构的排列顺序介于透长石和最大微斜长石之间;正长石是由三斜晶系的钾长石小单位按超显微双晶关系结合而成的。在光学性质上表现出一种组合性的光学性质,故光学上属假单斜晶系,这种看法并不完全正确,关于是否存在真正的单斜晶系的正长石,目前尚未达成确凿的共识。根据上述特点,笔者认为,在初学显微镜鉴定的观察中,鉴定正长石的条件是:

1) 单偏光镜下所见到的正长石通常为短柱状或厚板状,如果看到形态上为柱状且具有透明性,这种晶体被称为冰长石,而卡斯巴双晶则是最为常见的晶体类型,其集合体则呈现出粒状的特征。在结晶过程中会形成多种颜色。肉红是最为普遍的颜色,而在显微镜目镜下观察到颜色为黄白或淡绿色则相对罕见。玻璃光泽(缺乏金属质感,反射光线较为微弱,呈现出类似于普通玻璃的光泽)、硬度(具备抵御外部机械因素渗透的能力,如刻画、压入、研磨等)为6、密度为2.56。在偏光显微镜下观察,薄片呈现出无色状态,然而由于其表面存在着可分解的物质,因此呈现出一种浑浊的状态。当FeO存在于分解物中时,其呈现出浅红和浅褐色的色泽。负低突起(折射率为1.48~1.54,即边缘很细,糙面不显著),中等解理。

2) 假单斜晶系,在测量误差范围内, $N_g \wedge \perp (010)$ (光性方位) = 0° , $N_g \wedge \perp (001)$ (光性方位) = 90° ,在 $\perp (010)$ (光轴面方位)晶带中为平行消光,即在垂直(010)的切面上光学三斜度 $\Delta = 0$ [3]。在平行(010)的切面上为斜消光(如图2所示) [2]。

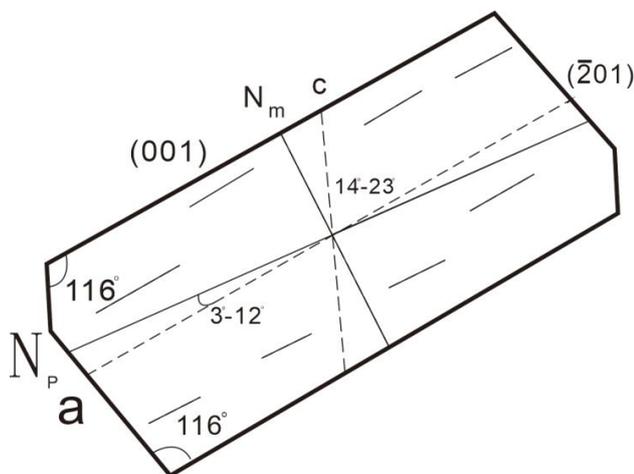


Figure 2. Parallel (010) section
图2. 平行(010)切面

4. 微斜长石

初始物质相似,但结晶环境发生变化,可以形成不同的长石变体,低温、富钾的环境中所结晶的碱性长石是微斜长石的可能性更大,属于三斜晶系的矿物。晶系不同,矿物的双晶类型上的表现也不一致,钠长律和肖钠律聚片双晶交错穿插显示了微斜长石格子状双晶的形态特征[3]。存在一些特殊情况,当微斜长石没有格子双晶时,即资料中所记载的“无格微斜长石”。在化学组成上是以钾长石分子(Or)为主,当钠长石分子含有微量元素铷(Rb)、铯(Cs),会使得长石呈现出蓝绿色,像天河一样的颜色,故得名天河石。在光学鉴定工作中,鉴定微斜长石的条件是:

- 1) 三斜晶系, $0 < N_g \wedge \perp (010) \leq 18^\circ$, $80^\circ < N_g \wedge \perp (001) \leq 90^\circ$ 。
- 2) $44 < (-) 2V$ (光轴角) $\leq 84^\circ$ 。

3) 在测量误差范围内, 光学三斜有序度(ST)与光学三斜度(Δ)相等[3]。

但以上条件并不是鉴定矿物长石是微斜长石的充分条件。在显微镜下可以观察到歪长石的光性特性是类似于微斜长石, 两者的在光性特征的鉴定数据上存在相互的重叠。因此, 用它们进行鉴别时就需要考虑其是否属于微斜长石。歪长石和微斜长石在高温和低温条件下均呈现出截然不同的化学成分和产状的碱性长石, 前者富含钠质, 后者则富含钾质, 且在光学性质方面存在微小的差异, 两者所保存的岩石在化学成分上和产状上都具有很大差别。通常情况下, 微斜长石和歪长石的区分并不困难, 但是, 只有满足前文阐述的条件, 才可以鉴别该长石矿物为微斜长石, 否则不可以确定其为微斜长石。根据以上特点, 笔者认为, 在初学显微镜鉴定的观察中, 鉴定微斜长石条件是:

晶体形态为短柱状或厚板状, 常见的是格子双晶, 而集合体则呈现出颗粒状的形态。最为普遍的是肉红色, 而罕见的则是黄白色或淡绿色, 这种绿色变种被称为天河石, 其硬度为 6, 具有玻璃般的光泽和中等解理, 密度 2.56。在偏光显微镜下观察, 正常情况视角下的矿物薄片应该是无色的, 然而由于蚀变作用会使得其颜色发生变化, 其呈现出一种浑浊的浅红褐色, 具有负低突起, 其折射率范围在 1.48~1.54 之间, 边缘细, 糙面不明显, 同时随着矿物中 Ab 含量的增加, 折射率也略有增加。

在显微镜的目镜中观察不到格子双晶的形态下, 微斜长石与正长石较为相似, 也比较难以分辨。但是, 微斜长石在垂直(010)各切面上, 可以在目镜中观察到斜消光。

鉴别特征: 通常情况下, 初学者可以在显微镜下观察到微斜长石矿物特有的光性特征——格子双晶, 并可以根据是否观察到格子双晶来将其与其他长石区分开。同时, 可以观察该矿物长石在平行(010)切面上消光角的不同来进行正长石也与微斜长石在显微镜下的光性特征的鉴别。当以上两种方式都无法在显微镜下鉴别和观察, 可将该长石明名为钾长石[2]。前文提到的和微斜长石都具有格子状双晶的歪长石是可以根据其双晶叶片较细密, 平直来区分。

在低温环境下, 结晶的富钾性长石是微斜长石的碱三斜晶系亚稳定相变体种类, 并称为正长微斜长石。同时, 具有不平衡的超显微双晶亦是正长微斜长石的一大特征, 这种长石的光学三斜有序度(ST)正是因其有不平衡的超显微双晶的特点而总是大于其光学三斜度(Δ), 鉴别矿物长石是微斜长石、正长石还是正长微斜长石也是依据这一光学特点。

马富宁将这种正长微斜长石命名为三斜正长石, 巴尔特对这一名称提出了批评。笔者采用拉维斯等建议的名称可译为“正长微斜长石”, 简化为“正微长石”[3], 笔者认为, 这个名称更优于三斜正长石, 因为它不仅揭示了这种长石的本质是微斜长石的一种, 而且在初学者也很容易从字面上理解和联想到它是介于正长石和微斜长石之间的一种长石。

正微长石与微斜长石在光学性质方面极其相似, 正微长石可以发育出在光学显微镜下可见的格子状双晶, 也可能无法在显微镜下观察到光学双晶, 所以较难在显微镜下直接鉴别正微长石和微斜长石的种类。但是, 使用光学其他的鉴别方法是仍然可以对其进行区分的, 这种方法需要比较 Sr 和 Δ 的大小, 若在测量误差范围内 $Sr < \Delta$, 该长石表示为正微长石, 若 $Sr = \Delta$, 则为微斜长石。Sr 和 Δ 的计算则需要在旋转台上测出该长石的 $(-2V)$ 及 $Ng \wedge \perp (010)$ 或 $Ng \wedge \perp (001)$ 数据, 并依据这些数据得出 Sr 和 Δ 。

根据以上的光学的鉴别方法, 类比正长石和微斜长石, 根据 $(-2V)$ 的大小来进行分类, 可以划分正微长石成三个亚种: 低正微长石, $74^\circ < (-2V) \leq 84^\circ, 0 < 1\Delta \leq 1, \Delta \leq 1$; 中正微长石, $54^\circ < (-2V) \leq 74^\circ, 0.25 < Sr \leq 0.75, 0 < \Delta < 0.75$; 高正微长石, $44^\circ < (-2V) \leq 54^\circ, 0 < Sr \leq 0.25, 0 < \Delta \leq 0.25$ [3]。对于初学者来说, 初次接触光学鉴定的学习, 对于难以区分正微长石和微斜长石的情况, 可以粗略地鉴别其为微斜长石。随着对显微镜鉴定矿物光性特征学习的深入, 同时对于一些需要进行更为深入和细致的矿物鉴别的工作而言, 前文提到的借助旋转台进行鉴别的方法是可行的。因此, 笔者认为, 对于这种具有不平衡超显微双晶的三斜晶系的钾长石, 单独命名是必要的, 有着实践意义的, 因为它是钾长石有序

化过程中特定阶段的产物，并且可以通过光学鉴定手段进行鉴别。它的出现和存在表明了钾石类矿物形成时具有特殊结构，并可能经历了一定程度的结晶分异作用。对于研究钾长石的有序化问题，明确鉴定这种长石具有重要意义。

透长微斜长石这一名称也是拉维斯等首次引入长石文献的[4]。透微长石是一种富含钾元素的碱性长石，属于三斜晶系亚稳定相变体，其超显微双晶发育不平衡。这类长石的起源可以追溯到人工加热微斜长石的实验过程中，然而至今仍未发现关于这种长石在自然岩石中的产出情况的报道。

5. 斜长石

长石族矿物中的一个钠长石分子(Ab) - 钙长石分子(An)形成的完全类质同象系列是斜长石，在常温下，存在一些区间，这些区间下 Ab-An 无法相互混合溶解，从而形成了显微连生体，被称为两相长石的显微连生体。

根据 Ab-An 在长石中的含量比例，通常可以将斜长石划分成六个种属，分别为钠长石、更长石、中长石、拉长石、培长石和钙长石(见表 2) [2]。在大量学者的长期的研究和科研文献中，发现斜长石严格上不可表现完全连续固溶体。在温度逐步降低时，存在于岩浆中的更长石可被归为两种更为丰富的微小、相互交错的长石，形成了被称为“晕长石”(Peristerite)的矿物[2]。

Table 2. Six varieties of plagioclase

表 2. 斜长石六变种

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

在通常的情况下，常见环带构造的斜长石，特别是在中性斜长石中，其环带构造表现得最为显著。斜长石环带与其它矿物之间存在着各种不同程度的共生关系。斜长石属于三斜晶系，其晶体形态为板状和柱状，通常具有钠长石双晶、肖长石双晶以及钠长石 - 肖长石复合双晶等聚片式双晶，此外还包括卡斯巴和其他简单的双晶，在受到应力的作用下，也可能形成机械双晶。斜长石主要呈片状产出，有时还有少量针形及不规则形态的存在。斜长石的大部分品种会在其表面形成细小且平行的条纹，有些品种在薄片表面还会出现蓝色或绿色的晕彩，这是由于它们的晶体结构所导致的。斜长石主要成分为钠铝榴石、钙铝尖晶石及少量石英和方解石，有时还有铁白云母和钾长石。深色岩(如辉长岩、橄榄岩等)中，在显微镜下可以观察到斜长石的颜色多呈白色和灰色，其硬度高于小刀，晶面或解理面上密布着聚片双晶纹，通常与普通辉石、橄榄石等共生。根据上述特点，笔者认为在初学显微镜鉴定的观察中，鉴定斜长石的条件是：

1) 在单偏光镜下，所观察到的薄片呈现出一种透明无色的状态；随着矿物中 An 含量的增加，折射率呈现出从负低到正低的逐渐升高趋势。

2) 斜长石在目镜中常常可以观察到斜消光的消光类型，同时多数表现出聚片双晶结构，偶尔还呈现出环带构造。

鉴别特征：可以根据钾长石具有卡斯巴双晶，斜长石具有聚片双晶，这是最重要的特征进行区别，

准确而可靠[5]。且钾长石为淡红褐色，斜长石多为浅灰色，可以直接用颜色进行判断。

斜长石是一种重要的矿物，被广泛应用于部分岩石的成岩过程中，是岩石分类中不可或缺的重要组成部分，它具有多种用途。此外，岩石的形成和演化规律可以通过斜长石成分的变化得到反映。因此，斜长石在矿物学上也具有十分特殊的地位。研究岩石的成因和寻找矿藏的方向，对于深入了解地球生态系统的演变有至关重要的意义。

对于初学者而言，在进行显微镜下的观察时，对于那些容易混淆的矿物，分别进行镜下观察是一项不可或缺的任务。正长石与斜长石在晶体结构上呈现出截然不同的特征，斜长石通常表现出聚片双晶的现象；斜长石的分解过程中，常常会出现密集的细小绢云母鳞片，这些鳞片呈现出土灰或褐灰色的色泽。钠长石则无明显特征，一般不可见。虽然正长石和钠长石的结构高度相似，但钠长石通常呈现出正光性(两光轴锐角所夹主轴是长轴)。

6. 总结

长石是主要的造岩矿物，现在最常用的火成岩分类法即以长石为标准，因此不论在野外或室内，鉴定岩石必先认识长石[6]。长石在显微镜下的鉴定具有深厚的理论基础，因此在实际操作中必须充分考虑其实际情况，以做出准确的判断。长石是一种非常重要的矿物材料，它的结构比较复杂，对其内部结构有一定程度的研究有助于提高鉴定水平。在长时间的观察过程中，必须根据具体情况进行综合评估和判断。对于长石的显微特征要有足够的认识并加以运用，才能提高鉴别效果。对于初学者而言，了解和熟悉长石在显微镜下的特征判断后，需要对显微镜下的光性特征进行归纳分类，以便于更深入地学习鉴定工作。

基金项目

本文受到宿州学院博士科研启动基金项目(编号: 2017jb01); 国家级大学生创新创业训练计划项目(编号: 202210379057); 安徽省大学生创新创业训练计划项目(通过葛万菌化石的显微镜下特征探索夹沟火山张夏组鲕粒灰岩成因); 宿州学院大学生创新创业训练计划项目(编号: KYLXYBXM22-078 和 KYLXYBXM22-080); 宿州学院“水文地质实验实训中心”(编号: szxy2022sxzx01)的支持。

参考文献

- [1] 赖志云, 高洁, 吴康军. 光性矿物学简明教程[M]. 北京: 石油工业出版社, 2013: 127-130.
- [2] 常丽华, 陈曼云, 金巍, 等. 透明矿物薄片鉴定手册[M]. 北京: 地质出版社, 2006: 92-93.
- [3] 苏树春. 关于碱性长石的光学分类及矿物名称的初步建议[J]. 地质论评, 1980, 26(4): 349-356.
- [4] Laves, F. and Viswanathan, K. (1967) Relations between Optic Axial Angle and Triclinicity of Potash Feldspars, and Their Significance for the Definition of "Stable" and "Unstable" States of Alkali Feldspars. *Schweiz Mineral Petrogr Mitt*, **47**, 147-162.
- [5] 郑卫东. 钾长石和斜长石主要特征及野外鉴定经验[J]. 国土资源导刊, 2019, 16(2): 67-71.
- [6] 黄蕴慧. 偏光显微镜下鉴定长石的几种方法[J]. 地质知识, 1954(2): 8-11.