

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

某地云英岩化花崗岩及与其有关 矽卡岩中云母的研究

黃蘊慧 杜紹華 趙春林

某地云英岩化花崗岩及与其有关矽卡岩中的云母,过去曾分別被誤认为鋰云母 (Lepidolite) 及黑鱗云母 (protolithionite)。經詳細研究后,确定了过去所謂之鋰云母应为鉄鋰云母或黑鱗-鉄鋰云母。而黑鱗云母除呈較寬大之脉产于条紋状矽卡岩中者为黑鱗云母或黑鱗-鉄鋰云母外,大部分則为金云母。

一、产 状

本文所述之云母,分为二类,即鋰云母类(包括鉄鋰云母、黑鱗-鉄鋰云母及黑鱗云母)及金云母。二者分別产于云英岩化花崗岩及与其有关的条紋状矽卡岩中。前者除小部分产于花崗岩与条紋状矽卡岩之接触带中者外,大部分为花崗岩云英岩化之产物;后者则为泥盆紀白云質灰岩受該花崗岩作用蝕变而成条紋状矽卡岩时生成,此矽卡岩为花崗岩中之頂垂体。

新鮮之花崗岩呈浅灰色,全晶質,中粒状,主要由他形之石英、正长石、他形至半自形之奥长石及黑云母組成,并含有少量黃玉、螢石、磁鉄矿、鋯英石、金紅石等。

花崗岩之上部,多受气成热液等蝕变作用,呈現不同程度之云英岩化。随着由下而上云英岩化程度之加深,黑云母即逐漸蝕变为本文所述之鋰云母类,終而被鋰云母类所取代。在云英岩化之同时,花崗岩亦遭受黃玉化及鈉长石化,随后又遭受了不同程度的絹云母¹⁾化及高岭土化;因而,黃玉及鈉长石等亦为本花崗岩的組成矿物,而与鋰云母类密切共生。

殘留在花崗岩中之白云質灰岩頂垂体,受花崗岩侵入影响后,遭受不同程度的蝕变,形成了典型的矽卡岩及条紋状矽卡岩。根据其与花崗岩接触之部位及变質深度,由近而远可分为以下几带:

1. 花崗岩边缘带 花崗岩与灰岩接触之边缘部分,局部地区見有脫硅現象。
2. 符山石-柘榴子石矽卡岩带 主要由晶体較粗大之紅褐色鉄鋁柘榴子石、褐黃色鈣鋁柘榴子石、錳鋁柘榴子石及花束状棕綠色符山石組成,螢石及方解石次之。
3. 磁鉄矿条紋矽卡岩带 黑褐色或暗褐色,致密块状。細粒磁鉄矿排列成褶皺弯曲且相互平行之条紋,与由較淡顏色之矿物(柘榴子石、螢石、符山石、透輝石、鉄鋰云母(?)、普通角閃石、淺閃石及少量或微量粒硅鎂石、綠帘石、綠泥石、沸石、石英、白鎢矿、絹云母等)組成之部分相間排列,且往往形成同心圓状构造。

1) 选取化学分析及物理光学測定样品时已将絹云母去除。

4. 綠色条紋砂卡岩帶 綠至灰綠色, 致密块狀。極細小之鉄鎂-鎂尖晶石、塔菲石、尼日利亞石等綠色礦物組成之条紋与由氟硼鎂石、螢石、金云母、双晶石(?)、白云石、方解石、粒硅鎂石及少量或微量磷灰石、白鎢礦等淡色礦物所組成之条紋相間排列, 条紋細而密集, 沿結晶粗大之黑鱗-鉄鋰云母及黑鱗云母脉二側分布, 密集程度一般与云母脉之寬度成正比, 离云母脉漸远, 条紋即漸行稀疏, 而逐漸变为大理岩, 如此重复出現, 即构成本条紋岩体(簡称綠色条紋岩)。本文所述之金云母主要产于此岩中。

5. 白色条紋砂卡岩 淡黃白至灰白色, 致密块狀。由白色尖晶石及金綠寶石組成之条紋与由螢石、氟硼鎂石、金云母、双晶石(?)、白云石、方解石、粒硅鎂石等組成之条紋相間排列, 条紋細而密集, 褶皺而弯曲, 亦常形成同心圓狀; 其中, 藍灰色电气石細脉較发育。

二、物理光学性質

(一) 鋰 云 母 类

鋰云母类的物理光学性質見表 1。

表 1

編號	名稱	特 征	多 色 性			(-)2V	折 光 率			重折率	比重	产 状
			N_p	N_m	N_g		N_p	N_m	N_g			
1	鉄鋰 云母	浅灰黃色, 細小鱗片狀, 絹絲光澤	淡棕黃	淡灰綠	淡棕黃	26—29°	1.552	1.581	1.582	0.030		云英岩化 花崗岩中
2		浅灰黃色, 細小鱗片狀, 絹絲光澤	淡綠	淡綠	淡綠	25—28°	1.552	1.586	1.587	0.035	3.02	云英岩化 花崗岩中
3		金黃色, 片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡灰綠	淡灰綠	25—28°	1.555	1.585	1.588	0.033	3.01	云英岩化 花崗岩中
4		淡灰綠色, 片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡灰綠	淡灰綠	29—31°	1.555	1.582	1.588	0.033	3.02	云英岩化 花崗岩中
5		浅黃灰色, 鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡綠	淡綠	22°	1.557	1.588	1.591	0.039	3.05	云英岩化 花崗岩中
6		浅灰黃色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡棕	淡灰綠	淡灰綠	24—27°	1.554	1.577	1.584	0.030	3.06	云英岩化 花崗岩中
7		灰白色, 片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡灰綠	淡灰綠	16—29°	1.556	1.586	1.587	0.031	3.04	云英岩化 花崗岩中
8		无色至稻草黃色, 片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡灰綠	淡灰綠	15—24°	1.557	1.585	1.585	0.028	3.05	云英岩化 花崗岩中
9		灰白色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡黃	淡綠	17—31°	1.555	1.577	1.587	0.032	3.04	云英岩化 花崗岩中
10	黑鱗- 鉄鋰 云母	浅灰黃色, 細小鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃綠		淡灰綠	20—25°	1.561	1.586	1.594	0.033	3.08	云英岩化 花崗岩中
11		浅灰黃色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡棕黃	淡灰綠	淡棕黃	3—5°	1.557	1.5865	1.5870	0.030		花崗岩中 囊狀体
12		浅灰白色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃	淡灰綠	淡灰綠	30°	1.562	1.585	1.592	0.030		花崗岩中 囊狀体
13		暗灰色, 片狀, 絹絲光澤	淡黃- 无色	淡藍綠	淡藍綠	20°	1.564	1.583	1.594	0.030	3.05	接触帶花 崗岩中
14		暗綠色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃綠	淡灰黃	淡灰黃	29°—30°	1.5561	1.583	1.594	0.0379	3.02	綠色条紋岩的 錫石云母脉
15		灰黃色, 大叶片狀, 解理发育, 絹絲光澤	淡黃綠	淡灰	淡灰	15°	1.565	1.588	1.596	0.031	3.05	花崗岩与灰岩 之接触帶中
16	黑鱗 云母	深灰綠色, 細鱗片狀, 絹絲光澤	淡黃綠	淡灰	淡灰	0°—5°	1.552	1.578	1.579	0.027	2.94	綠色条紋岩中 之細网脉中

將鋰云母类的物理光学性質, 如比重、折光率 N_g 、 N_p 等投于 A. N. 文契尔(1942)^[1]

所作“鋰云母类的性質”图中,知本区之鋰云母类分布在綠色条紋矽卡岩中者(如編号 14、16)为黑鱗-鉄鋰云母与黑鱗云母、而云英岩化花岗岩中之云母則除編号 10、11、12、13 为黑鱗-鉄鋰云母外,其他均为鉄鋰云母(图 1)。

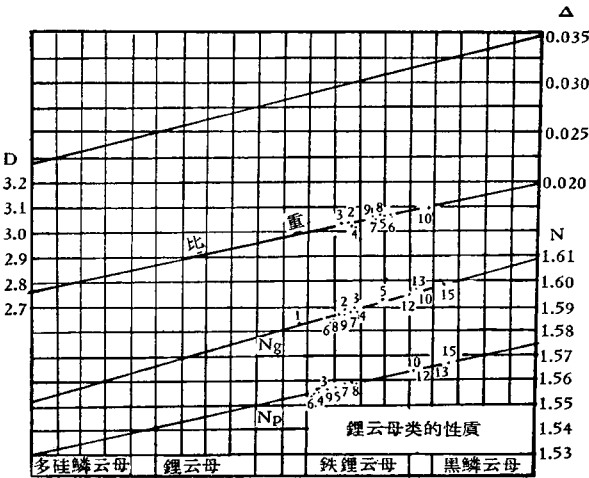


图 1

(二) 金 云 母 类

金云母之物理光学性質見表 2。

表 2

编号	特 征	多 色 性			(-)2V	折 光 率			重折率	比重	产 状
		N _p	N _m	N _g		N _p	N _m	N _g			
17	极淡的灰綠色, 细小鱗片状	淡棕黄	淡灰綠	淡褐黄	0—5°	1.540	1.573	1.573	0.033	2.89	綠色条紋岩中
18	极淡的灰綠色, 细小鱗片状, 絹絲光泽	淡棕黄	淡綠色	淡褐色	0—13°	1.540	1.573	1.573	0.033	2.89	綠色条紋岩中
19	深綠色, 细小鱗片状, 絹絲光泽	淡棕黄	淡灰綠	淡棕黄	0—10°	1.552	1.580	1.582	0.030	2.94	綠色条紋岩中
20	淡灰綠色, 细小鱗片状, 絹絲光泽	淡棕黄	淡灰綠	淡棕黄	0—9°	1.540	1.573	1.573	0.033	2.94	綠色条紋岩中
21	淡綠灰色, 细小鱗片状, 絹絲光泽	淡棕黄	淡灰綠	淡棕黄	0°	1.540	1.573	1.573	0.033	2.95	白色条紋岩中与香花石共生
22	綠色, 细小鱗片状, 絹絲光泽	淡棕黄	淡灰綠	淡棕黄	0—30°	1.557	1.580	1.582	0.025	2.956	綠色条紋岩中

三、化 学 成 分

(一) 鋰 云 母 类

鋰云母类之化学成分及其結晶化学計算見表 3。将各种氧化物之重量百分比按氧原子为 24 算出各元素之原子数后,得出鋰云母类的化学分子式如表 4。

将表 4 中云母之分子式与金茲堡及別尔赫 (Гинзбург А. И. и Берхин С. И. 1955)^[2]所划分的二大成因之鋰云母相較,本区之鋰云母与由 Li Al 置換黑云母中 Fe、Mg 而形

成的鋰云母类(見表 5)基本一致(編號 14、15、16 之成因另論)。

根据金茲堡等之三角图解, 将 Li , R'' (Fe , Mg , Ca , $\text{Mn}'' \cdots \cdots$), Al ($\text{Al}' + \text{Fe}'''$) 的原子数(将滿足各化学式后多余之 Al 減去)換算成 100, 求出 Li , R'' , 及 Al 的原子数各占百分比后, 填入图 2^[2], 得出本文所述云母在三角形中之位置, 此位置大致与图中鉄鋰云母 (цинвальдит) 及黑鱗云母 (протолитионит) 或其間之位置相当。

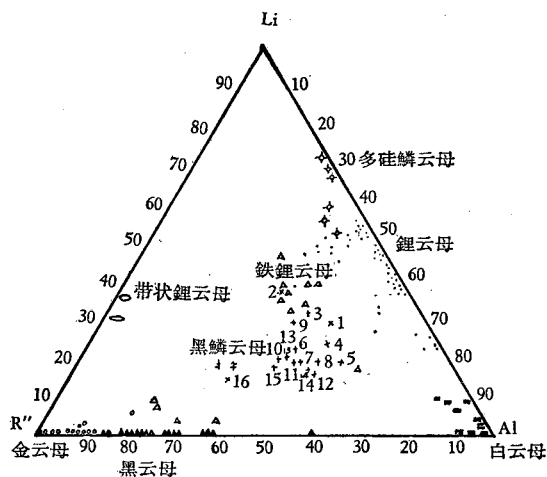


图 2

+ 本文所述之鋰云母

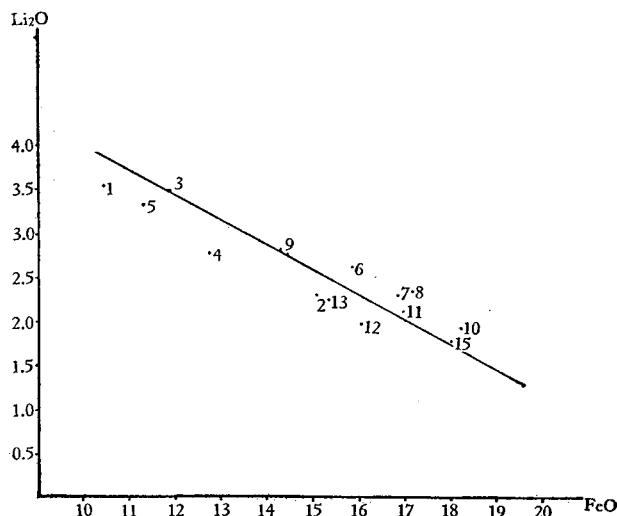
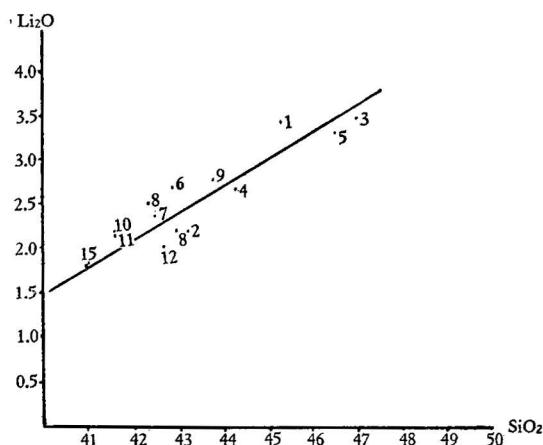


图 3 鋰云母类 FeO 与 Li_2O 含量关系图

由表 3, 4 及图 2 可以看出, 本文所述之鋰云母类虽属同一种类, 但各云母之主要成分 (SiO_2 , Al_2O_3 , FeO , Li_2O 等) 之含量仍略有出入。而由于 Li_2O 的增高, FeO 的含量一般随之降低(图 3), SiO_2 之含量則随之增加(图 4)。

綜合上述十几个鋰云母类的分析資料, 可看出該区的鋰云母类具有一定的特殊性質,

图4 锂云母类 Li_2O 与 SiO_2 含量关系图

即其鉄的含量較高,是与由白云母轉变而成的锂云母类不同之处。随着鉄含量的降低, Li_2O 与 SiO_2 发生有规律的增高,这种现象可以这样解释: 即 Li 、 Al 等元素应为后来进入到原始云母(应为黑云母)的格架中进行异价类质同象置换作用,置换了 Fe 、 Mg 的结果,而价的补偿则由 Si 置换其原始成分中的 Al 来完成。例如表4中的2号鉄锂云母,分子式为 $\text{K}_4\text{R}_4'\text{Li}_3\text{Al}_4[\text{Si}_{13}\text{Al}_3\text{O}_{40}](\text{OH}\cdot\text{F})_8$, 应系由 $\text{K}_4\text{R}_8'\text{Al}_3[\text{Si}_{11}\text{Al}_5\text{O}_{40}](\text{OH})_8$ 型鉄—鎂质云母中的四个 R'' 被三个 Li , 一个 Al 置换而成,此时,价的补偿则由括号中的二个 Al 被二个 Si 置换来完成^[5]。

根据 Fe 、 Mg 被 Li 、 Al 置换程度的深浅,与 R'' 、 Li 、 Al 、 Si 、 F 、 (OH) 等元素原子数比例的多少计算,本文所述锂云母类之分子式大致位于金兹堡等分类表中黑鳞云母、黑鳞云母与鉄锂云母之間或鉄锂云母部位,而以后者占大多数。原始的 Fe — Mg 质云母应有二种类型。即:

① $\text{K}_4\text{R}_9''\text{Al}_2[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{40}](\text{OH})_8$ 型及

② $\text{K}_4'\text{R}_8''\text{Al}_3[\text{Si}_{11}\text{Al}_5\text{O}_{40}](\text{OH})_8$ 型。

置换后,形成五种不同成分的锂云母类,即:

① $\text{K}_4\text{Fe}_3'\text{Li}_4\text{Al}_4[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{40}](\text{O}, \text{OH}, \text{F})_8$

② $\text{K}_4\text{Fe}_4'\text{Li}_3\text{Al}_4[\text{Si}_{13}\text{Al}_3\text{O}_{40}](\text{O}, \text{OH}, \text{F})_8$

③ $\text{K}_4\text{Fe}_5'(\text{Li}_{2.5}\text{Al}_{1.5})_4\text{Al}_2[\text{Si}_{13}\text{Al}_3\text{O}_{40}](\text{O}, \text{OH}, \text{F})_8$

④ $\text{K}_4\text{Fe}_4'(\text{Li}_{2.5}\text{Al}_{0.5})_3\text{Al}_4[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{40}](\text{O}, \text{OH}, \text{F})_8$

⑤ $\text{K}_4\text{Fe}_5'\text{Li}_2\text{Al}_4[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{40}](\text{ON}, \text{OH}, \text{F})_8$

⑥ $\text{K}_4\text{R}''(\text{Mg}, \text{Fe})_8\text{Li}_2\text{Al}_2[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{40}](\text{OH}, \text{F})_8$

此六种新生锂云母类型的第①种,基本上与金兹堡等论文中(见表5)由 $\text{K}_4\text{R}_9''\text{Al}_2[\text{Si}_{12}\text{Al}_4\text{O}_{40}](\text{OH})_8$ 型鉄鎂质云母(黑云母)转变而成的 $\text{K}_4\text{R}_3'\text{Li}_4\text{Al}_4[\text{Si}_{14}\text{Al}_2\text{O}_{40}](\text{OH}, \text{F})_8$ 型鉄锂云母一致。此时,原黑云母分子式中的 R_9'' 被六个 (Li, Al) (其中有四个 Li , 二个 Al) 进行了异价类质同象的置换,价的不平衡,由括弧中的二个 Si 置换了二个 Al 来补偿。此类型的鉄锂云母以编号1和3为代表(见表4)。

第②种类型的鋰云母,基本上与表5中由 $K_4R_8''Al_3[Si_{11}Al_5O_{40}](OH)_8$ 型鉄鎂質云母(黑云母)轉变而成的 $K_4R_4''Li_3Al_4[Si_{13}Al_3O_{40}](OH,F)_8$ 型鉄鋰云母一致。此时,原黑云母分子式中的 R_8'' 被四个(Li, Al)(其中有三个Li,一个Al)进行了异价类质同象的置換,价的平衡,由括弧中的二个Si置換二个Al来补偿。此类型的鉄鋰云母以编号2、4、5、6、7、8、9为代表,为本区云英岩化花崗岩中的主要云母类型(见表4)。

第③种类型的鋰云母,基本上介于表5中由 $K_4R_9''Al_2[Si_{12}Al_4O_{40}](OH)_8$ 型黑云母轉变而成的 $K_4R_5''Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](OH,F)_8$ 型黑鱗云母与 $K_4R_5''Li_3Al_3[Si_{14}Al_2O_{40}](OH,F)_8$ 型鉄鋰云母之間,为其过渡类型。其中,原鉄鎂質云母(黑云母)成分中的 R_9'' 被四个(Li, Al)(其中有2.5个Li,1.5个Al)进行了异价类质同象的置換,价的补偿由括弧中的Si置換Al来完成。此种类型的鋰云母以编号10、11、13为代表(见表4)。

第④种,基本上介于表5中由 $K_4R_8''Al_3[Si_{11}Al_5O_{40}](OH)_8$ 型鉄鎂質云母(黑云母)轉变而成的 $K_4R_4''Li_2Al_5[Si_{11}Al_5O_{40}](OH,F)_8$ 型黑鱗云母与 $K_4R_4''Li_3Al_4[Si_{13}Al_3O_{40}](OH,F)_8$ 型鉄鋰云母之間,为其过渡类型,原鉄鎂質云母中的 R_8'' 被四个(Li, Al)所置換(其中有2.5个Li,1.5个Al),价的补偿則由括弧中的Si置換Al来完成。此种类型的鋰云母以编号12为代表(见表4)。

与金茲堡等所导出之理論分子式相較,本区鋰云母类之成分,一般很难与某一理論分子式相吻合。另一方面,当K, R'' , Li, Si, (OH, F)等按比例配合后,常有Al, Si与(O, OH, F)的輕微富余,推其原因,应系粒度較細之黃玉常呈包裹体状态存在于云母晶体內或与云母密切共生,不易选淨之故(純度为98%±)。黃玉的分子式为 $Al(F, OH)_2AlSiO_4$,而許多云母之分子式配好后剩余的Al, Si(O, OH, F)等都恰好与此式中各元素之比相吻合。

至于綠色条紋砂卡岩中之寬大鋰云母脉,即第⑤⑥种类型,属黑鱗云母之范畴。与金茲堡等的由金云母—黑云母至鋰云母类的含鋰云母过渡系列相較^[5]此黑鱗云母則有两种类型,一为仅含微量MgO的,相当于表5中 $K_4R_5''Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](OH,F)_8$ 型的黑鱗云母,即第⑤种类型,一則为含大量MgO的,大致相当于表5中由 $K_4R_{10}''Al_2[Si_{10}Al_6O_{40}](OH,F)_8$ 型富鎂黑云母—鉄叶云母演变而成的 $K_4R_8''Li_2Al_2[Si_{12}Al_4O_{40}](OH,F)_8$ 型黑鱗云母。此类鋰云母(类)脉多沿灰岩頂垂体的一組近东西向(N 80° W)之节理分布,此节理应为花崗岩与灰岩接触时,花崗岩內物質进入灰岩之通路。根据一般理論认为Li, Fe'' , Fe''' 等常分別呈 FeF_3 , FeF_2 , LiF ^[6]等形态(亦有H₂O),由于韵律性扩散作用經此通路进入到灰岩之中,与白云質灰岩中的Mg, Ca, Al(灰岩中常有泥質頁岩夹层,在一个灰岩蝕变而成之大理岩的分析中,Al₂O₃含量高达14.60%)結合,而生成塔菲石、氟硼鎂石、尖晶石、金云母、 α -鋰霞石等一系列矿物。而根据花崗岩本身,尤其是花崗岩上部,鋰矿物(鉄鋰云母、黑鱗-鉄鋰云母)含量較多之趋势,可以推知,被揮发分F等携带而上升之鋰,大部分应在砂卡岩形成之前即已析出,进入到云母之格架中,交代了 R'' (主要为 Fe'')而沉淀下来。至綠色条紋岩形成阶段,鋰已剩余无多,而仅在通路之中或通路的附近形成了含鋰云母脉。同时,按空間分布位置看来,富含MgO的黑鱗云母較其他类型的鋰云母类距节理較远些,而更深入条紋岩之夹层——白云質大理岩部分,因此易于吸收一部分鎂,組成了自身的組份。

表

[illegible]

表 4

编号	名 称	分 子 式	原 始 云 母 类 型		蚀 变 后 新 生 云 母 类 型			
			$K_4R_3''Al_2[Si_{12}Al_4O_{60}](OH)_8$	$K_4R_3''Al_2[Si_{11}Al_5O_{60}](OH)_8$	$K_4R_4''Li_8Al_4[Si_{12}Al_6O_{60}](OH,F)_8$	$K_4R_5''Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{60}](OH,F)_8$ $K_4R_6''Li_6Al_8[Si_{14}Al_2O_{60}](OH,F)_8$	$K_4R_4''Li_4Al_4[Si_{14}Al_2O_{60}](OH,F)_8$	$K_4R_4''Li_3Al_5[Si_{11}Al_5O_{60}](OH)_8$ $K_4R_4''Li_2Al_4[Si_{12}Al_6O_{60}](OH)_8$
1	铁锂云母	$KFe_0.9Li_{10.08}Al_{1.71}Si_{19.08}O_{10.5}(O,OH,F)_8$	✓		✓		✓	
2	铁锂云母	$KFe_{1.07}Li_{10.66}Al_{1.12}Si_{19.23}O_{10.75}(O,OH,F)_8$						
3	铁锂云母	$KFe_0.88Li_{11.06}Al_{1.03}Si_{19.73}O_{10.98}(O,OH,F)_8$	✓				✓	
4	铁锂云母	$KFe_0.81Li_{10.77}Al_{1.91}Si_{19.10}O_{9.71}(O,OH,F)_8$			✓			
5	铁锂云母	$KFe_0.89Li_{11.01}Al_{1.84}Si_{19.48}O_{10.81}(O,OH,F)_8$			✓			
6	铁锂云母	$KFe_{1.1}Li_{10.68}Al_{1.85}Si_{19.25}O_{10.21}(O,OH,F)_8$			✓			
7	铁锂云母	$KFe_{1.07}Li_{10.71}Al_{1.89}Si_{19.25}O_{9.81}(O,OH,F)_8$			✓			
8	铁锂云母	$KFe_{1.11}Li_{10.77}Al_{1.85}Si_{19.28}O_{10.29}(O,OH,F)_8$			✓			
9	铁锂云母	$KFe_0.92Li_{10.85}Al_{1.85}Si_{19.38}O_{10.88}(O,OH,F)_8$			✓			
10	黑磷-铁锂云母	$KFe_{1.22}Li_{10.66}Al_{1.09}Si_{19.34}O_{10.36}(O,OH,F)_8$	✓			$K_4Fe_4''(Li_{12.5}Al_{1.5})_4Al_6[Si_{12}Al_6O_{60}](O,OH,F)_8$		
11	黑磷-铁锂云母	$KFe_{1.20}Li_{10.65}Al_{1.18}Si_{19.30}O_{10.45}(O,OH,F)_8$				$K_4Fe_4''(Li_{12.5}Al_{1.5})_4Al_6[Si_{12}Al_6O_{60}](O,OH,F)_8$		$KFe_4''(Li_{12.5}Al_{10.5})_8Al_4[Si_{12}Al_4O_{60}](O,OH,F)_8$
12	黑磷-铁锂云母	$KFe_{1.13}Li_{10.62}Al_{1.01}Si_{19.09}O_{10.43}(O,OH,F)_8$		✓		$K_4Fe_4''(Li_{12.5}Al_{1.5})_4Al_6[Si_{12}Al_6O_{60}](O,OH,F)_8$		$KFe_4''(Li_{12.5}Al_{10.5})_8Al_4[Si_{12}Al_4O_{60}](O,OH,F)_8$
13	黑磷-铁锂云母	$KFe_{1.24}Li_{10.69}Al_{1.20}Si_{19.02}O_{10.43}(O,OH,F)_8$	✓					
14	黑磷-铁锂云母	$KFe_{1.09}Li_{10.66}Al_{1.96}Si_{19.65}O_{10.95}(O,OH,F)_8$		✓				
15	黑磷云母	$KFe_{1.28}Li_{10.54}Al_{1.81}Si_{19.29}O_{11.43}(O,OH,F)_8$	✓			$K_4Fe_4''Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{60}](O,OH,F)_8$		
16	黑磷云母	$KR''(Fe,Mg)_2.08Li_{10.69}Al_{1.69}Si_{19.05}O_{10.34}(O,OH,F)_8$						

表 5 由金云母—黑云母至锂云母类的含锂云母过渡系列

(据 A. И. 金兹堡)

	金云母—铁云母	黑	云	母	
	$K_4R_2''[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{10}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8]$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8]$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8]$
锂黑云母	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.55}Al_{0.55}[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{10}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.55}Al_{0.55}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.55}Al_{0.55}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.55}Al_{0.55}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[LiAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.55}Al_{0.55}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$
黑锂云母	$K_4R_2''[Li_2Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.5}Al_{0.5}[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_2Al_3[Si_{10}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_2Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_2Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_2Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{1.50}O_{40}](OH,F)_8$
铁锂云母	$K_4R_2''[Li_3Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.75}Al_{0.25}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_3Al_3[Si_{10}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.75}Al_{0.25}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_3Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.75}Al_{0.25}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_3Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.75}Al_{0.25}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$	$K_4R_2''[Li_3Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8]$ $KR_2''Li_{10.75}Al_{0.25}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$
	$K_4R_2''[Li_4Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.25}Al_{0.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_4Al_3[Si_{10}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.25}Al_{0.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_4Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.25}Al_{0.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_4Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.25}Al_{0.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_4Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.25}Al_{0.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$
黑云母	$K_4R_2''[Li_5Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_5Al_3[Si_{10}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_5Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_5Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$	$K_4R_2''[Li_5Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8]$ $KR_2''Li_{11.5}Al_{0.5}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$

由白云母至锂云母类的含锂云母过渡系列

白云母	$K_4Al_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8$	或	$KAl_3[Si_{13}Al_4O_{40}](OH)_8$
白云母	$K_4LiAl_7[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	或	$KLi_{10.55}Al_{1.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$
锂云母	$K_4Li_2Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	或	$KLi_{10.55}Al_{1.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$
锂云母	$K_4Li_3Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	或	$KLi_{10.75}Al_{1.75}[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$
锂云母	$K_4Li_4Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](OH,F)_8$	或	$KLi_{10.75}Al_{1.75}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](OH,F)_8$
锂云母	$K_4Li_5Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8$	或	$KLi_{11.25}Al_{1.50}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$
白锂云母 (привинит)	$K_4Li_6Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8$	或	$KLi_{11.25}Al_{1.50}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$
锂云母	$K_4Li_7Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8$	或	$KLi_{11.5}Al_{1.50}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$
多硅锂云母	$K_4Li_8Al_7[Si_{13}Al_4O_{40}](F,OH)_8$	或	$KLi_{11.5}Al_{1.50}[Si_{13.50}Al_{0.50}O_{40}](F,OH)_8$

表 6

编 号	SiO ₂					Al ₂ O ₃					FeO					K ₂ O					Na ₂ O					Li ₂ O					备 注	
	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数		
17	35.77	596	1224	612	5.11	17.45	172	516	344	2.95	2.37	33	33	33	0.28	9.83	104	104	208	1.79	0.26	4	4	8	0.07							
18	36.70	611	1222	611	6.03	19.21	188	564	376	3.71	2.74	38	38	38	0.37	9.88	105	105	210	2.07	0.29	5	5	10	0.10							
19	38.80	646	1292	646	6.25	15.60	153	459	306	2.96	4.10	57	57	57	0.55	9.78	104	104	208	2.01	0.68	11	22	7	14	0.15						
20	35.36	589	1178	589	5.28	20.00	196	588	392	3.51	3.20	44	44	44	0.39	10.06	107	107	214	1.92	0.23	4	4	8	0.04							
21	38.08	634	1268	634	5.49	16.32	160	480	320	2.77	7.02	88	88	88	1.52	9.05	96	96	192	1.66	0.65	19	38	14	28	0.17						
22	40.14	668	1336	668	5.89	14.84	145	435	290	2.57	4.68	58	58	58	0.52	9.65	103	103	206	1.82	0.43	13	26									

编 号	MgO					MnO					H ₂ O ⁺					CaO					F					TiO ₂	灼失	总量	备 注			
	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	分 子 数	氧原子数	阳原离子数	换个时的算氧阳原离子为原离子数24子子数	重量(%)	相 当 的 量	相 当 的 量	阴 离 子 数	换个时的算氧的量为原离子数24子子数					重量(%)	分 子 数	氧原子数
17	27.25	676	676	676	5.77	0.15	2	2	2	0.02	2.00	111	111	111	222	2.16						3.45	1.45	181	1.76		1.65	98.73				
18	25.32	628	628	628	6.20	0.15	2	2	2	0.02	2.00	111	111	111	222	2.19						4.28	1.80	225	2.22		0.95	99.72				
19	23.13	573	573	573	5.55	0.63	8	8	8	0.08	0.84	46	46	46	92	0.88	0.28	5	5	0.05	1.61	0.67	84	0.81		4.35	99.31					
20	22.65	561	561	561	5.03	0.10	1	1	1	0.01	1.72	40	40	40	80	0.40						2.90	1.22	152	1.38		3.35	99.87				BeO—0.76 含H ₂ O—0.26
21	20.16	501	501	501	4.34	0.75	10	10	10	0.09	0.54	28	28	28	56	0.48	3.22	57	57	0.49	4.17	1.75	220	1.91		99.63						
22	25.48	632	632	632	5.61	0.11	1	1	1	0.07	1.04	58	58	58	116	1.27	3.81	68	68	0.60				?		0.08	100.44					含H ₂ O—0.18

(二) 金 云 母 类

金云母之化学成分及其结晶化学计算见表6。所分析之样品除21号产于白色条纹岩内之香花石-云母脉中,与香花石密切共生外,余皆产于绿色条纹岩中。将各种氧化物之重量百分比按氧原子为24计算出各元素之原子数后,得出金云母之分子式如表7。根据其分子式及物理光学性质,可肯定条纹岩中之云母为金云母(绿色条纹岩中之宽大云母脉除外),以前所谓之黑鳞云母大部分即此金云母之误,特在此更正。

表 7

编 号	名 称	化 学 分 子 式
17	金云母	$(K_{1.79}Na_{0.07})_{1.86}(Mg_{5.77}Fe_{0.23})_{6.05}(OH,F)_{2.92}Si_{5.11}Al_{2.95}O_{21.62}$ $K_{1.86}Mg_{6.05}(OH,F)_{2.92}Si_{5.11}Al_{2.95}O_{21.62}$ $KMg_{3.25}(OH,F)_{2.10}Si_{2.75}Al_{1.43}O_{11.17}$ $K_2Mg_{6.5}(OH,F)_{4.2}Si_{5.5}Al_{2.86}O_{22.97}$ $\rightleftharpoons K_2Mg_6(OH,F)_4(Si_{5.5}Al_{0.5})_6Al_2O_{20}$
18	金云母	$(K_{1.95}Na_{0.05})_{2.04}(Mg_{5.44}Fe_{0.33})_{5.77}(OH,F)_{4.12}Si_{5.25}Al_{3.73}O_{22.88}$ $K_{2.04}Mg_{5.77}(OH,F)_{4.12}Si_{5.25}Al_{3.73}O_{22.88}$ $KMg_{2.83}(OH,F)_{2.01}Si_{2.57}Al_{1.82}O_{11.20}$ $K_2Mg_{5.66}(OH,F)_{4.02}Si_{5.14}Al_{3.64}O_{22.40}$ $K_2(Mg_{5.66}Al_{0.44})_6(OH,F)_{4.02}(Si_{5.14}Al_{0.86})_6Al_{2.84}O_{22.40}$ $\rightleftharpoons KMg_6(OH,F)_4Si_6Al_2O_{20}$
19	金云母	$(K_{1.83}Na_{0.199})_{2.03}(Mg_{5.13}Fe_{0.52})_{5.70}(OH,F)_{2.50}Si_{5.84}Al_{2.77}O_{22.57}$ $K_{2.03}Mg_{5.70}(OH,F)_{2.50}Si_{5.84}Al_{2.77}O_{22.57}$ $KMg_{2.75}(OH,F)_{1.20}Si_{2.80}Al_{1.33}O_{10.84}$ $K_2Mg_{5.50}(OH,F)_{2.40}Si_{5.60}Al_{2.66}O_{21.69}$ $K_2(Mg_{5.5}Al_{0.5})_6(OH,F,O)_4(Si_{5.6}Al_{0.18})_5.72Al_2O_{20.09}$ $\rightleftharpoons K_2Mg_6(OH,F)_4Si_6Al_2O_{20}$
20	金云母	$(K_{1.92}Na_{0.04})_{1.96}(Mg_{5.03}Fe_{0.39})_{5.42}(OH,F)_{1.80}Si_{5.23}Al_{3.51}O_{22.22}$ $K_{1.96}Mg_{5.42}(OH,F)_{1.80}Si_{5.23}Al_{3.51}O_{22.22}$ $KMg_{2.75}(OH,F)_{0.92}Si_{2.69}Al_{1.79}O_{11.39}$ $K_2Mg_{5.50}(OH,F)_{1.82}Si_{5.38}Al_{3.58}O_{22.63}$ $K_2(Mg_{5.5}Al_{0.5})_6(OH,F,O)_4(Si_{5.38}Al_{0.62})Al_{2.46}O_{20.45}$ $\rightleftharpoons K_2Mg_6(OH,F)_4Si_6Al_2O_{20}$
21	金云母	$(K_{1.66}Na_{0.33})_{1.99}Mg_{4.34}Fe_{1.52}(OH,F)_{2.89}Si_{5.49}Al_{2.77}O_{20.97}$ $K_{1.99}Mg_{4.34}Fe_{1.52}(OH,F)_{2.89}Si_{5.49}Al_{2.77}O_{22.77}$ $KMg_{2.43}Fe_{0.76}(OH,F)_{1.20}Si_{2.76}Al_{1.39}O_{22.03}$ $K_2(Mg_{4.86}Fe_{1.52})_{6.38}(OH,F,O)_4(Si_{5.52}Al_{0.48})_6Al_{2.3}O_{20}$ $\rightleftharpoons K_2(Mg,Fe)_6(OH,F)_4Si_6Al_2O_{20}$
22	金云母	$(K_{1.82}Na_{0.23})_{2.05}(Mg_{5.61}Fe_{0.52})_{6.13}(OH,F)_{1.97}Si_{5.89}Al_{2.57}O_{22.79}$ $K_{2.05}Mg_{6.13}(OH,F)_{1.97}Si_{5.89}Al_{2.57}O_{22.79}$ $KMg_{2.99}(OH,F)_{0.96}Si_{2.73}Al_{1.30}O_{11.12}$ $\rightleftharpoons K_2Mg_{5.98}(OH,F,O)_4(Si_{5.56}Al_{0.44})_6Al_{2.16}O_{20}$ $\rightleftharpoons K_2Mg_6(OH,F,O)_6Si_6Al_2O_{20}$

四、物理光学性质与化学成分间的关系

(一) 锂云母类

由图 5 可清楚地看到,随着氧化亚铁含量的增加, N_g 呈现有规律的增大(图 5),而光轴角的大小则正与 FeO 含量的增高成反比(图 6)。即光轴角愈大, FeO 的含量愈低,光轴角愈小, FeO 的含量愈高。而随着 Li_2O 含量的增高,折光率 N_g 与光轴角则分别向相反的方向变化,即 Li_2O 含量愈高, N_g 值愈小(图 7),光轴角愈大(图 8)。

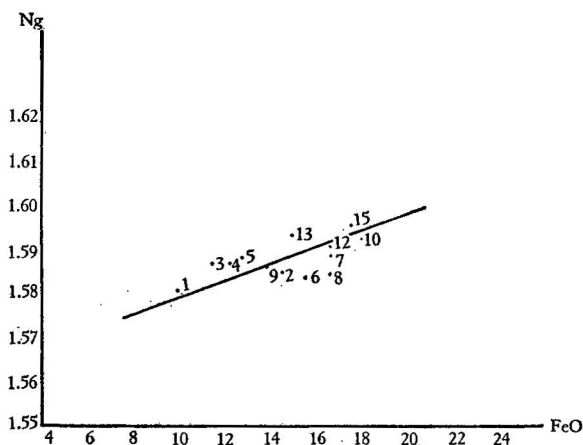


图 5 锂云母类 FeO 含量与折光率 N_g 关系图

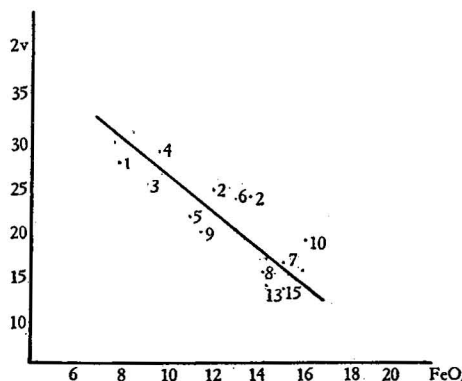


图 6 锂云母类的光轴角与 FeO 含量关系图

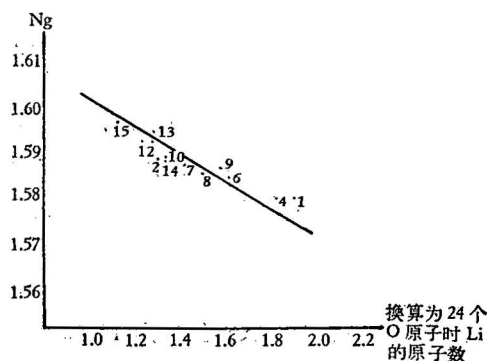


图 7 锂云母类的折光率 N_g 与 Li_2O 含量关系图

根据以上数据可以看出,锂云母类的光学性质决定于它的化学成分,而首先决定于它的 Fe 及 Li 的含量。一般说来,在黑云母—黑磷云母—铁锂云母—锂云母系列中,其光学性质将随着 (Fe, Mg) 含量的减少及 Li 含量的增加而发生有规律的变化,例如:黑磷云母的光轴角一般不超过 $5^\circ-7^\circ$,铁锂云母的光轴角为 $20^\circ-30^\circ$,锂云母(成分中已基本无铁)的光轴角则为 $40^\circ-50^\circ$ 。黑云母的 $N_g = 1.600 \pm$,黑磷云母的 $N_g = 1.590 \pm$,铁锂云母的 $N_g = 1.580 \pm$,锂云母的 N_g 则等于 $1.556 \pm$ 。而本区锂云母类的光学性质

与化学成分之间的关系亦正符合于这一规律,因此,按照光轴角及 N_g 很可以对本区的锂云母类进行种类的划分。

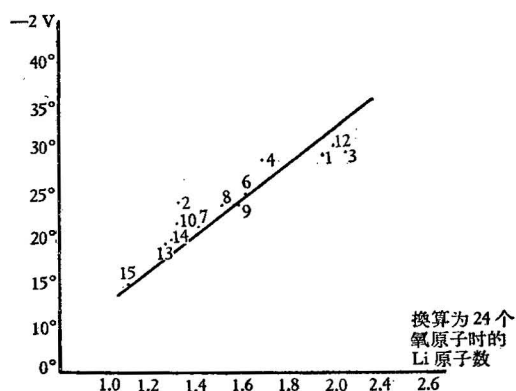


图 8 锂云母类的光轴角与 Li_2O 含量关系图

(二) 金 云 母

本区金云母的化学成分与物理光学性质之间的关系,由于所测样品不多,各样品的成分及物理光学性质变化不甚明显,因此,二者的关系不易追寻。但从 21 号金云母中 FeO 含量较高, N_g 与光轴角亦随之增加的现象看来,亦似符合以上规律。

五、X 光 资 料*

(一) 锂 云 母 类

本区之锂云母类,曾按不同类型选取代表性样品进行 X 光分析,获得粉末照相数据如表 8。

从表 8 中可以看出, 3、10 及 63A 号样品之 X 射线谱均较接近而略有差别,三者之间的差别,目前用反射线 016 来探索,此线的间距 $d(\text{kX})$ 值, 63A 为 3.311kX, 10 号为 3.293 kX, 3 号为 2.291 kX。结合化学成分看,若亦考虑 FeO 与 Li_2O 的关系,可看出:

63 A 之 FeO 含量为 17.98%	Li_2O 含量为 2.61%
编号 10 之 FeO 含量为 17.10%	Li_2O 含量为 2.79%
编号 3 之 FeO 含量为 11.38%	Li_2O 含量为 3.50%

Fe^{++} 的离子半径为 0.83 kX, Li^+ 的离子半径为 0.78 kX。

锂云母类属单斜晶系,晶面间距 $d(\text{kX})$ 值与单胞参数 (a, b, c) 成正比,即单胞参数愈大,晶面间距愈大。 Fe^{++} 的离子半径较 Li^+ 的离子半径为大,因而 Fe^{++} 含量愈多, Li^+ 的含量愈少,晶胞愈大,晶面间距亦愈大,以致 63 A 比 10 号的晶面间距为大,比 3 号的更大。

因此,由 X 光分析资料证明,随着 Li^+ 对 Fe^{++} 的类质同象的置换作用,发生了晶面

* X 光资料系地质部地质科学研究院唐自强供给。

表 8

编 号 3		编 号 10		63 A *		参 考 资 料 铁锂云母 Zinnwaldite ^[21]	
d (kX)	I/I_0	d (kX)	I/I_0	d (kX)	I/I_0	d (kX)	I/I_0
9.856	100	9.945	100	9.889	100	10.00	100
4.514	20	4.543	10	4.531	15	4.57	20
3.853	15	3.841	20	3.849	10		
3.621	50	3.624	40	3.588	40		
3.291	100	3.293	100	3.311	100	3.34	100
3.068	60	3.091	50	3.096	50	3.14	20
2.874	70	2.876	80	2.881	60	2.89	20
2.657	20	2.659	痕	2.671	20		
2.576	80	2.599	80	2.603	80	2.62	80
2.466	20	2.467	40	2.470	30	2.48	40
2.397	40	2.397	10	2.400	50	2.43	80
2.246	10	2.257	50	2.289	20		
2.133	40	2.144	50	2.146	60	2.18	80
1.970	90	1.970	90	1.977	90	2.00	80
1.922	5			1.917	25		
1.877	10	1.889	10				
1.804	10	1.825	5	1.823	10		
1.718	10	1.716	10	1.732	10		
1.641	90(宽)	1.644	90(宽)	1.651	90(宽)	1.67	80
1.590	10	1.595	10				
1.550	10	1.553	10			1.54	80B
1.513	70	1.520	70	1.519	80		
1.449	15	1.450	10	1.459	10	1.47	20
1.408	15	1.410	10	1.421	15	1.43	20
1.370	10	1.370	30	1.380	10		
1.334	40(宽)	1.344	40(宽)	1.349	60(宽)	1.36	60
1.308	15	1.315	15	1.318	10		
1.287	30(宽)	1.289	20(宽)	1.294	25(宽)	1.30	40

* 本号样品因分析数字误差较大故未列出,但由其大致组分关系及物理光学性质可定为铁锂云母。

間距的变化,而由于晶面間距的变化亦可相对推知鋰云母类化学成分的变化。

(二) 金 云 母

金云母的X光粉末照相数据見表9。

六、鋰云母类的产状与物理光学性質間的关系

綜合整个花崗岩中之云母看来,在地勢低洼,花崗岩被切割較深的地方,亦即在較新鮮的花崗岩体中所出現之云母,基本上为变质較輕,尚不失其本性之黑云母,其顏色为褐黑色,在显微镜下表現了多色性較弱,顏色較浅(但較鋰云母类为深)的与标准黑云母不甚一致的特异現象(见图9)。此时,花崗岩之主要造岩矿物为半自形之正长石,奥长石,他形的石英及半自形片状黑云母等,而黃玉的含量甚微。随着花崗岩云英岩化的逐步加深,

表 9

编 号 19		编 号 21 (?)		参 考 资 料[4]			
				金 云 母		金 云 母	
$d(kX)$	l/l_0	$d(kX)$	l/l_0	$d(kX)$	l/l_0	$d(kX)$	l/l_0
10.00	100					10.00	100
4.57	20					5.02	20
4.20	10					4.57	40
3.80	15					3.67	40
3.65	30	3.64	10	3.69	60	3.67	40
3.35	100	3.35	100	3.36	100	3.35	100
3.15	60	3.15	20	3.14	60	3.13	20
2.91	70	2.90	18	2.909	80	2.89	20
				(2.277)	40		
2.63	80	2.62	90	2.615	80	2.62	80
2.51	10	2.52	40	2.515	80	2.51	40
2.48	60						
2.42	70	2.42	40	2.425	80	2.435	80
2.35	5	2.30	8				
2.27	10(宽)					2.280	20
2.17	90	2.17	80	2.17	100	2.175	80
1.99	100	2.00	100	2.006	100	1.998	80
1.90	20	1.92	15	2.190	20	1.906	20
1.83	5	1.84	4	(1.841)	40		
1.73	10	1.74	10	1.741	20	1.742	20
				(1.688)	20		
1.664	100	1.67	90	1.670	100	1.669	80
1.64	5			1.643	10		
1.59	10			(1.576)	10		
1.565	10						
1.530	100	1.54	90	1.531	100	1.533	80
				(1.503)	40		
1.470	10	1.48	10	1.470	20	1.475	20
1.430	30	1.43	3	(1.434)	20	1.432	20
1.390	15	1.39	3	1.397	10		
1.358	100	1.36	85	1.362	100	1.358	60
1.320	25	1.32	60(宽)	1.324	60	1.333	20
1.305	50			1.307	60	1.305	40
1.265	10	1.26	20(宽)	(1.265)	10		
1.258	50			1.258	40		
1.218	30	1.21	15	1.219	60		
1.190	5	1.19	10				
1.170	5	1.13	40				
1.130	60	1.08	10				
		1.06	40				
		1.04	30				

在薄片中即可看到云母的颜色及多色性逐渐变浅变弱,光轴角逐渐变大的现象(图10),此时,正长石与奥长石之含量相应减少,而石英、钠长石、黄玉等则分别随之增多。至花岗岩

頂部,可看到花崗岩几全部云英岩化的現象,此时,云母的数量反次于石英,而大大多于长石,黄玉之含量亦达到最高点,局部地区,并見有鈉长石相应增多。云母之物理光学性質亦随之而变,顏色与多色性更弱,光軸角更大(图11),即已全部变为鋰云母类。

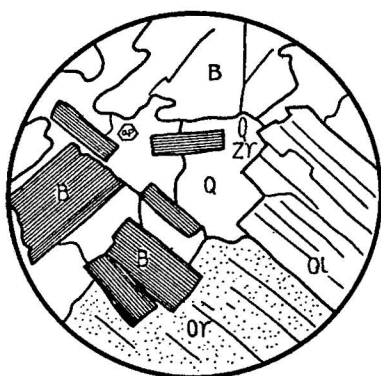


图9 轻微蚀变花岗岩之镜下观察(//偏光)

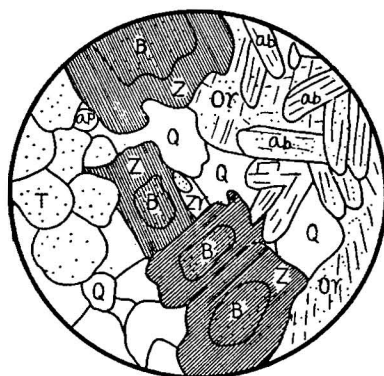
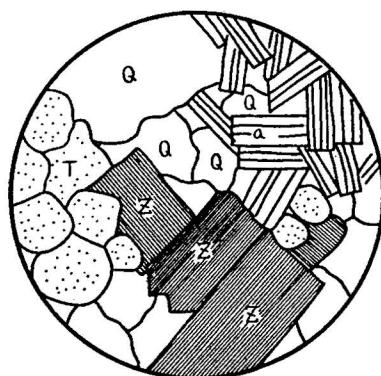


图10 蚀变程度较深花岗岩之镜下观察(//偏光)



Or 正长石 Ol 奥长石 T 黄玉
B 黑云母 Zr 锆石
ab 鈉长石 Q 石英
Z 铁鋰云母 ap 磷灰石

图11 云英岩化程度更深时的花岗岩的镜下观察(//偏光)

結 論

1. 本矿区的鋰云母类,按其化学成分及物理光学性質可分为六种类型,即:

- ① 鉄鋰云母 $K_4Fe_3''Li_4Al_4[Si_{14}Al_2O_{40}](O,OH,F)_8$
- ② 鉄鋰云母 $K_4Fe_4''Li_3Al_4[Si_{13}Al_3O_{40}](O,OH,F)_8$
- ③ 黑鱗-鉄鋰云母 $K_4Fe_5''(Li_{2.5}Al_{1.5})_4Al_3[Si_{13}Al_3O_{40}](O,OH,F)_8$
- ④ 黑鱗-鉄鋰云母 $K_4Fe_4''(Li_{2.5}Al_{0.5})_3Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](O,OH,F)_8$
- ⑤ 黑鱗云母 $K_4Fe_5''Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](O,OH,F)_8$
- ⑥ 黑鱗云母 $K_4(Fe,Mg)_8Li_2Al_2[Si_{12}Al_4O_{40}](O,OH,F)_8$

第①②③类分布在花崗岩云英岩化部分, ④类分布在与泥盆紀白云質灰岩接触的花崗岩中, ⑤类分布在花崗岩与灰岩之接触带中, ⑥类則为綠色条紋岩中之寬大云母脉,而

以第②类为主。

2. 本矿区的锂云母类,在化学成分上的特点是: FeO 含量较高,随着 FeO 的减少, Li_2O 有相应的增加。这说明本花岗岩中原始的云母应为含铁较高的种类,推测应为黑云母。由黑云母转变为锂云母类的过程是: 当花岗岩生成后,残浆中的 Li 、 F 形成 LiF 的形态上升,对原始黑云母进行了交代置换作用,以 $\text{R}'' \longrightarrow (\text{Li} + \text{Al})$ 的形式逐步将原始黑云母中的 R'' (Fe , Mg ……) 置换成 (Li, Al) , 而由于 (LiAl) 与 R'' 的电价不同,当作用进行时,必须有价的补偿;根据过去一系列的科学研究证明,这种价的补偿将由 Si 对部分 Al 的置换来完成。

结合地质情况,亦可得出同样结论,即本矿区的花岗岩属燕山期,而中国南部时代较新的花岗岩一般为黑云母花岗岩,同时,前已述及,在该花岗岩下部,切割较深的断面上,仍可看到较新鲜的黑云母,因而可推知本区的锂云母类应由黑云母转变而成。

3. 随着 FeO 的减少及 Li_2O 的增加,锂云母类的物理光学性质发生规律性的变化: 即 FeO 含量愈低, Li_2O 含量愈高,光轴角愈大,折光率与比重愈小,颜色愈浅,因此,利用云母的物理光学性质,可大致估计其化学成分。

4. 在铁锂云母,黑鳞-铁锂云母与黑鳞云母的名称下,应当理解为: 它不是具有一定量化学成分的矿物,而是在其构造式中 Li 与 R'' 在一定范围内可相互置换的一种由黑云母向锂云母转变时的过渡型云母,因此它的物理光学性质亦不十分固定,而在一定范围内变动。

5. 随着花岗岩云英岩化程度的加深,黑云母逐渐向锂云母过渡,除物理光学性质发生变化外,其产出形态及共生矿物亦随之发生变动,即随着云英岩化的深入,云母的共生矿物将由正长石、奥长石、石英等等变为石英、黄玉、钠长石等,证明了花岗岩生成后,残浆中的 Li 、 F 等上升,交代了长石及黑云母等,生成了黄玉,钠长石及锂云母类。

6. 绿色条纹砂卡岩中呈细小脉状或散染状产出之绿色云母,过去亦称之为黑鳞云母,此次研究证明为金云母之误。

工作中曾得到孟宪民先生的指导。化学分析由地质科学研究院矿床研究所化验室完成, X 光粉晶分析为唐自强所作,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] Winchell, A. N. 1942. Further studies of the lepidolite system. *Am. Min.* 27, p. 130.
- [2] Гинзбург А. И. и Берхин С. И. 1955. О составе и химический конституций литиевых слюд. *Тр. Минер. Музея. АН СССР.* вып. 7.
- [3] [4] Михеев В. И. 1957 Рентгенометрический определитель минералов, p. 779, p. 776—777. М. Госгеолтехиздат.
- [5] Гинзбург А. И. 1955 Об изоморфных замещениях в литиевых слюдах. *Тр. Минер. Музея, АН СССР,* вып. 7 (?).
- [6] Гинзбург А. И. 1957 Некоторые особенности геохимии лития. *Тр. Минер. Музея.* вып. 8, p. 29—42.

A STUDY ON MICAS IN ASSOCIATION WITH GREISENIZED GRANITE AND SKARN

HUANG YUN-HUI DU SHOU-HUA CHAO CHUEN-LIN

Abstract

The micas, which are in association with the greisenized granite and skarn, were previously described as lepidolite and protolithionite. According to the present detailed investigations, the variety determined as lepidolite in greisenized granite should be zinnwaldite, protolith-zinnwaldite and the variety determined as "protolithionite" in skarn is actually the phlogopite with the exception of the variety, occurring as veins, which is of protolithionite or protolith-zinnwaldite.

These lithium bearing micas may be ascertained to consist of six species based on their chemical and physico-optical properties:

1. Zinnwaldite $K_4Fe'_3Li_4Al_4[Si_{14}Al_2O_{40}](O, OH, F)_8$
2. Zinnwaldite $K_4Fe'_4Li_3Al_4[Si_{13}Al_3O_{40}](O, OH, F)_8$
3. Protolith-Zinnwaldite $K_4Fe'_5(Li_{2.5}Al_{1.5})_4Al_3[Si_{13}Al_3O_{40}](O, OH, F)_8$
4. Protolith-Zinnwaldite $K_4Fe'_4(Li_{2.5}Al_{0.5})_3Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](O, OH, F)_8$
5. Protolithionite $K_4Fe'_5Li_2Al_4[Si_{12}Al_4O_{40}](O, OH, F)_8$
6. Protolithionite $K_4(Fe, Mg)_8Li_2Al_2[Si_{12}Al_4O_{40}](O, OH, F)_8$

Species 1, 2 and 3 occur in the greisenized granite; species 4 occurs along the contact of the granite with the skarn; species 5 and 6 occur in skarn (as veins); species 2. Zinnwaldite, is of wider occurrence.

The higher content of FeO and the increase of Li_2O with decreasing FeO are the chemical characteristics of the Li-Micas. These phenomena show that the original mica in granite might be rich in Fe, and probably a biotite. The process of biotite converting to Li-micas is suggested as follows: As soon as the granite had been formed, Li and F in the residual magma were combined to form LiF. In turn, during the ascension of LiF, the biotite, already formed, was replaced. In accordance with the form R'' ($Li + Al$), the R'' (Fe, Mg.....) of biotite was replaced by Li, Al gradually. Because of the difference in valence between (Li, Al) and R'' , there must be a supplement during replacement, and this supplement for valence would be furnished by Si to replace a part of Al.

The result of the geological survey also indicates that the original mica is a biotite. Since the granite of this region belongs to the Yenshan period, which is generally biotite granite in South China.

The physico-optical properties of Li-micas show a regular change with the decrease of FeO and the increase of Li_2O . The lower the FeO and the higher the Li_2O , the larger the optical axial angle, the smaller the refractive indices and specific gravity and the lighter the colour. Therefore, we can utilize the physico-optical characteristics of the micas to evaluate its chemical compositions approximately.