

# 滇西南澜沧群多硅白云母的多型和化学成分特征及其意义\*

## Characteristics and Significance of Polytypes and Chemical Compositions of Phengite in Lancang Group, Southwest Yunnan Province

宋仁奎 应育浦 叶大年

Song Renkui, Ying Yupu and Ye Danian

(中国科学院地质研究所 北京 100029)

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*)

**摘 要** 从理论、实验及实际观察的结果都表明,随着压力的增加白云母中绿鳞石的含量显著地增加,可以认为在多期变质作用过程中,尤其是在变质压力不同的多期变质作用下,形成的多硅白云母,其化学成分就会打上不同的烙印。77 个多硅白云母化学成分的统计结果表明,澜沧群低级变质岩中的多硅白云母有两种成因。在  $NaMg$  相关图上,反映了高压和中压变质特征,高压变质的多硅白云母约占 70%。这与用多硅白云母  $b_0$  值鉴别的高压和中压变质是相吻合的。多硅白云母的多型为 3T 和  $2M_1$  型,以  $2M_1$  型为主。

**Abstract** Theoretical and experimental researches and practical observation have all indicated that the celadonite content in the micas obviously increases with the rise of pressure. Therefore, it is considered that phengites formed in multimetamorphism, especially in the multimetamorphism of different metamorphic pressures, must be stamped with the brand of chemical composition. According to the statistical analyses of chemical compositions of 77 samples, there are two generations of phengites in Lancang Group, about 70% of the phengites are the product of high-pressure metamorphism, which are consistent with the high- and medium-pressure metamorphisms of  $b_0$  values of phengites. High- and medium-pressure metamorphisms are also reflected in the  $NaMg$  figure of phengites. The polytypes of phengites are 3T and  $2M_1$ , and the last is the main polytype.

**主题词** 多硅白云母 多型 化学成分 澜沧群 云南西部

**Key words:** Phengite; Polytype; Chemical composition; Lancang Group; Southwest Yunnan Province

\* 1996-04-18 收稿, 1997-2-15 改回

本文为国家自然科学基金资助项目成果之一。

第一作者简介: 宋仁奎 男 1963 年出生 博士 岩石矿物学专业

分类号: P574; P588 34

Classific code: P574; P588 34

## 1 引言

白云母的晶体化学式为  $KA_2 [Si_3AlO_{10}] (OH, F)_2$ , 其类质同象替代为: K 可以被 Na 替代;  $Al^{IV}$  可以被  $Mg$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$  和  $Ti^{4+}$  等替代;  $Al^{IV}$  可以被 Si 替代。这些替代关系可以归结为两个系列, 即白云母  $KA_2 [Si_3AlO_{10}] (OH)_2$ -钠云母  $NaA_2 [Si_3AlO_{10}] (OH)_2$  系列和白云母  $KA_2 [Si_3AlO_{10}] (OH)_2$ -绿磷石  $K [Mg, Fe^{2+}] [Al, Fe^{3+}] SiO_{10} (OH)_2$  系列, 其中, 白云母-绿磷石的有限类质同象系列, 形成了通常所谓的多硅白云母。多硅白云母多数是高压下形成的, 同一温度下压力加大, 稳定的白云母就越富硅, 即超富含绿磷石 (Velde, 1965; 1967)。白云母中绿磷石的含量随压力的增大而增加, 而绿磷石的增加 (即  $Mg$ 、 $Fe^{2+}$  等增加) 导致了  $b_0$  值的增大, 因此, 意大利岩石学家 Sassi et al (1972) 提出多硅白云母  $b_0$  值可以作为地质压力计。这一既简便又实用的地质压力计, 很快受到地质学家的广泛运用 (Guidotti et al, 1976; 1986; Briand, 1980; Krautner et al, 1975; 吴根耀等, 1987)。以往的研究主要是侧重于多硅白云母  $b_0$  值的测定, 及  $b_0$  值数据的分析和讨论, 而本文是报道针对多硅白云母化学成分和多型研究的工作成果。

## 2 澜沧群及其多硅白云母 $b_0$ 值概况

澜沧群位于滇西“三江”(金沙江、澜沧江、怒江)地区南段, 北起凤庆南至西双版纳, 呈长条状分布。澜沧群的岩石由遭受低级变质作用的泥质岩和基性火山岩组成, 在整体上为绿片岩相的变质火山-沉积岩系, 其中, 变泥砂岩是澜沧群的主要岩石类型, 变质矿物主要是多硅白云母、钠长石和绿泥石等 (彭兴阶等, 1982)。

我们对澜沧群四百余件岩石样品, 做了多硅白云母  $b_0$  值的测定, 获得了近五百个  $b_0$  值数据。部分样品的多硅白云母 (060) 衍射峰表现为加宽峰或双峰的特征。萨西等 (Sassi et al, 1974) 也曾指出对于多相或多期变质的岩石来说, 其每一块岩石样品中, 可以存在两种或两种以上具有不同多硅含量的白云母, 它们具有不同的  $b_0$  值。我们对澜沧群多硅白云母  $b_0$  值进行分析的结果表明, 澜沧群经历了高压和中压两期变质作用, 高压变质的  $b_0$  平均值为  $9.047 \text{ \AA}$ , 中压变质的  $b_0$  平均值是  $9.027 \text{ \AA}$  (宋仁奎等, 1996)。

## 3 多硅白云母的多型

由于白云母中层与层的堆叠形式不同而形成不同的多型, 对这种多型的研究不仅具有矿物学的理论意义, 在岩石的成因方面也有重要的实际意义。许多研究表明, 在低温高压变质带中 3T 和  $2M_1$  型多硅白云母, 尤其是 3T 型多硅白云母经常是普遍存在的, 一般来说, 3T 型多半都是高压成因的 (叶大年等, 1979)。3T 型与其它白云母多型的主要区别: (1) 一般 3T 型多硅白云母的  $2V$  角小于  $20^\circ$ ; (2) 在 X 射线衍射图上, 3T 型多硅白云母没有  $2.99 \text{ \AA}$ 、

### 3 20Å 和 3 48Å 等谱线

从X射线衍射分析结果来看,我们所测定的多硅白云母是2M<sub>1</sub>和3T型相互共生,2M<sub>1</sub>型的特征衍射线(3 48Å、3 20Å和2 99Å)与3T型的特征衍射线(3 60Å和3 10Å)都存在。在蓝闪白云片岩中,3T型多硅白云母的特征衍射线较为明显。周维全等(1982)对澜沧群南段泥质变质岩中多硅白云母光轴角的测定表明,多硅白云母的2V值变化较大,在同一块标本中3T和2M<sub>1</sub>型是共存的,光轴角频率曲线呈双峰分布3T型多硅白云母的2V平均值为13°;2M<sub>1</sub>型的2V平均值是26°。

## 4 多硅白云母化学成分与变质期次

### 4.1 化学成分测定结果

澜沧群白云母的电子探针分析结果,以及按11个氧计算的阳离子数列于表1。可以看出,大多数白云母的SiO<sub>2</sub>含量大于50%,是典型的多硅白云母,结构式中Si离子数由3 149至3 622,变化范围大,平均值为3 48。多硅白云母中钠的含量均很低,Na/(Na+K)值都远小于0.1,由此可见,它对白云母的a、b和d(002)参数不会产生多大的影响。已有研究表明,当Na/(Na+K)<0.15时,并不会引起多硅白云母的a和b值等的明显变化(Guidotti et al, 1989)。

### 4.2 化学成分分布特征

从理论、实验及实际观察结果都表明,随着压力增加,多硅白云母中绿鳞石的含量显著地增加(Ernst, 1963; Velde, 1965, 1967; Cipriani et al, 1971; Guidotti, 1973; 叶大年等, 1979),因此,我们可以设想,在不同的变质作用过程中,尤其是在变质压力不同的多期变质作用中形成的多硅白云母,其化学成分肯定会打上不同的烙印,即化学成分具有多期性。我们对澜沧群77个多硅白云母的探针分析结果进行了统计分析,分别做出与变质压力密切相关的Si和Mg等的频率分布和累积概率图。

从Si的频率分布图(图1)可以看出, Si离子呈叠加分布形式,在3.50左右的频率分布最大。由Si的累积概率图(图2)表明,多硅白云母的Si是双分布的两条直线,两者相交于Si离子为3.43左右,其中Si大于3.43的累积概率的占71%。

在多硅白云母Mg的频率分布图(图3)中, Mg离子也是叠加分布的形式。由累积概率图(图4)表明, Mg也是双分布的两条直线,两者约相交于0.20处,其中, Mg>0.20的累积概

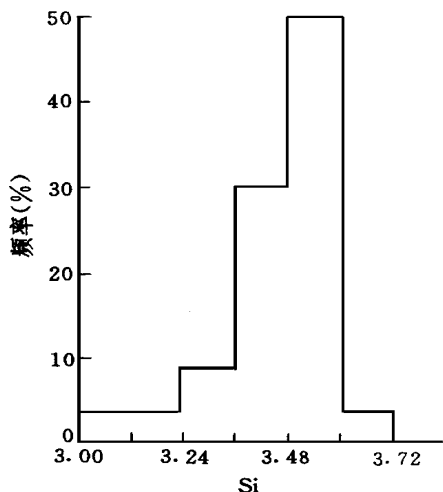


图1 多硅白云母Si的频率分布图

Fig. 1 Frequency distribution of the Si of phengites

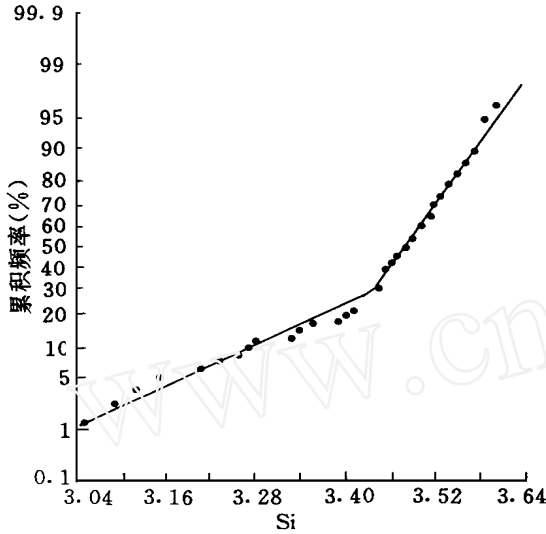


图 2 多硅白云母 Si 的累积概率图  
Fig. 2 probability graph of the Si of phengites

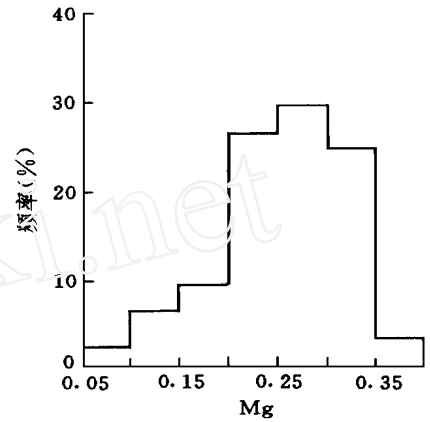


图 3 多硅白云母 Mg 的频率分布图  
Fig. 3 Frequency distribution of the Mg of phengites

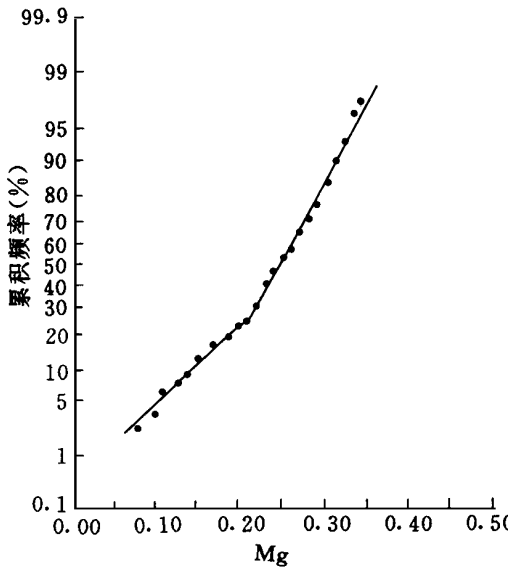


图 4 多硅白云母 Mg 的累积概率图  
Fig. 4 Probability graph of the Mg of phengites

率约占 72%。

多硅白云母的其他成分也是如此, 在 Al 的累积概率图中两条直线相交于 2.10 附近, 其中,  $Al < 2.10$  的累积概率约占 70%。在 Fe 的累积概率图中, 两条平行的直线于  $Fe = 0.15$  处分离, 其中,  $Fe > 0.15$  的累积概率约占 70%。在 Ti 的累积概率图中, 两条直线约相交于  $Ti = 0.015$  处, 其中,  $Ti > 0.015$  的累积概率为 70%。由此可见澜沧群的多硅白云母是两个期次的, 两期多硅白云母的化学成分相互叠加, 这与多硅白云母  $b_0$  值所反映的高压和中压两期变质作用是吻合的。总的来说, 高压变质的多硅白云母约占 70%。

### 4.3 化学成分对变质压力的反映

多硅白云母的化学成分与变质的  $P-T$  条件是密切相关的。Ciprainiet et al (1971) 在对多硅白云母中  $Mg$  量进行统计时发现, 随着变质压力的增高多硅白云母的  $Mg$  含量是增加的, 他们根据不同变质压力形成的多硅白云母的研究结果, 建立了多硅白云母的  $Na-Mg$  变质压力图解(图 5), 该图中横坐标的  $Na$  含量可以反映变质温度的情况, 纵坐标  $Mg$  的含量用来指示变质力的变化, 根据变质压力的大小划分为三个不同的区域。从图 5 中可以看出, 澜沧群多硅白云母的投影点, 比较集中地分布于高压和中压区域的上部, 明显地反映了高压和中压变质的特征; 另一方面, 从投影点所对应的横坐标可以看出, 澜沧群的变质温度应该是比较低的。

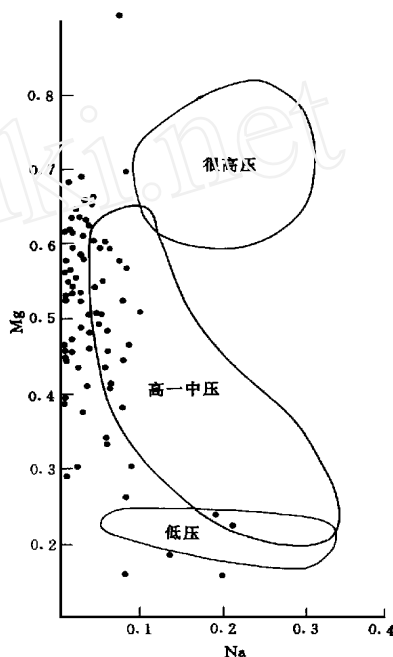


图 5 多硅白云母的  $Mg$  量和变质压力的关系

Fig. 5 Relation of the  $Mg$  contents of phengites with the metamorphic pressures

## 5 结论

(1) 澜沧群低级变质岩中多硅白云母的多型以  $2M_1$  型为主,  $3T$  型普遍存在。

(2) 不同变质压力形成的多硅白云母, 在化学成分上留有烙印, 澜沧群多硅白云母的化学成分统计的结果表明它们形成的多期性, 多硅白云母的  $Na-Mg$  相关图反映了高压和中压变质的特征, 其中, 高压变质的多硅白云母占有主导地位。

(3) 两期多硅白云母的化学成分为  $b_0$  值所反映的高压和中压两期变质作用提供了依据。

## 参 考 文 献

- 叶大年, 李达周, 董光复等 1979 河南信阳变质带的  $3T$  型多硅白云母和  $C$  类榴辉岩 科学通报, (5): 217~ 220  
 宋仁奎, 应育浦, 叶大年 1996 多硅白云母  $b_0$  值对澜沧群中压和高压变质的反映 地质科学 (待刊).  
 吴根耀, 张振禹 1987 川西滇东地区前寒武系地层中白云母  $b_0$  值的初步研究 地质科学, 22 (1): 39~ 48  
 周维全, 林文信 1982 澜沧江变质带南段蓝闪石片岩特征 中国区域地质, (2): 76~ 85  
 彭兴阶, 罗万林 1982 滇西澜沧江南段蓝闪片岩带的发现及大地构造意义 中国区域地质, (2): 69~ 75

- Briand B. 1980 Geobarometric application of the  $b_0$  value of K-white mica to the Lot Valley and Middle Cevennes metapelites. *N. Jb. Mineral. Mh.*, 529~ 542
- Cipriani C, Sassi F P and Scolari A. 1971. Metamorphic white micas: definition of paragenetic fields. *Schweiz. Petrogr. Mitt.*, 51: 259~ 302
- Ernst W G. 1963. Significance of phengitic micas from low grade schists. *Amer. Mineral.*, 48: 1357~ 1373
- Guidotti C V. 1973. Compositional variations of muscovite as a function of metamorphic grade and assemblage in metapelites from N. W. Maine. *Contr. Mineral. Petrol.*, 41: 33~ 42
- Guidotti C V and Sassi F P. 1976. Muscovite as a petrogenetic indicator mineral in pelitic schists. *N. Jb. Mineral. Abh.*, 127 (2): 97~ 142
- Guidotti C V and Sassi F P. 1986. Classification and correlation of metamorphic facies series by means of muscovite  $b_0$  data from low-grade metapelites. *N. Jb. Mineral. Abh.*, 153 (3): 363~ 380
- Guidotti C V, Sassi F P and Blencoe J G. 1989. Compositional controls on the a and b cell dimensions of  $2M_1$  muscovite. *Eur. J. Mineral.*, 1: 71~ 84
- Krautner H G, Sassi F P, Zirpoli G and Zulian T. 1975. The pressure characters of the pre-Alpine metamorphisms in the East Carathians (Romania). *N. Jb. Mineral. Abh.*, 125: 278~ 296
- Sassi F P. 1972. The petrologic and geological significance of the  $b_0$  value of potassic white micas in low-grade metamorphic rock. An application to the Eastern Alps. *Tschermak's Mineral. Petr. Mitt.*, 18: 105~ 113
- Sassi F P and Scolari A. 1974. The  $b_0$  value of the potassic white micas as a barometric indicator in low-grade metamorphism of pelitic schist. *Contr. Mineral. Petrol.*, 45: 143~ 152
- Velde B. 1965. Phengite micas: synthesis, stability, and natural occurrence. *Amer. J. Sci.*, 263: 886~ 913
- Velde B. 1967. The  $Si^{4+}$  content of natural phengites. *Contr. Mineral. Petrol.*, 14: 250~ 258