

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊

1989年 第1号 (总第22号)

地质出版社

中国地质科学院

矿床地质研究所所刊

1989年 第1号

(总第22号)

地 质 书 局 社

目 录

南岭地区某些稀有有色金属矿化花岗岩的矿物标型研究.....	陈学正等 (1)
内蒙东部黄岗—甘珠尔庙锡银多金属成矿带地质背景及矿床类型	张德全 (41)
福建南平伟晶岩中的铌钽矿物及地球化学演化规律.....	杨岳清等 (55)
黑鹰山铁矿床的岩石学、地球化学特征及成因.....	宋学信 (69)
八家子铅锌矿床稳定同位素研究.....	毕成思 董永观 孙海涛 (81)
加拿大基琼河花岗岩类岩石学特征、成岩机制及其与铜(钼)矿化关系	聂凤军 W. J. McMillan A. Panteleyev (93)
山东混合岩化热液金矿石建造特征.....	岳树勤 (107)
湘桂地区锑矿石的主要特征.....	陈殿芬 孙淑琼 (119)
地质图件数字化的若干问题.....	余金生 戚 英 (131)
南岭花岗岩岩石物理性质的研究.....	姜 枚 贾秀敏 (145)
室内岩石压电性测定研究.....	王秀琨 (157)
硫化物和硫酸盐矿物的电子探针定量分析方法研究.....	陈克樵 (167)
矿物、岩石中有机碳、总碳电导测定法.....	李 兴等 (181)
南平溪源头伟晶岩型稀有元素矿床稳定同位素地质研究.....	金生今等 (191)
新疆库车盆地古河道石英砂表面微结构.....	王文璞 (205)

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊
1989年 第1号
(总第22号)

责任编辑:张肇新 张中民
地质出版社出版发行
(北京和平里)
地质出版社印刷厂印刷
(北京海淀区学院路29号)
新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 13.25 字数: 314000
1989年6月北京第一版·1989年6月北京第一次印刷
印数: 1—1155册·国内定价: 4.45元
ISBN 7-116-00437-8/P·365

CONTENTS

Typomorphic Researches on Minerals from Some Rare-Colored Mineralized Granites in Nanling Region	<i>Chen Xuezheng et al.</i> (39)
Geological Setting and Ore Types of the Huanggang-Ganzhuermiao Tin, Silver and Polymetallic Ore Zone in Eastern Inner Mongolia	<i>Zhang Dequan</i> (54)
Nb, Ta-Minerals in Nanping Pegmatites and their Geochemical Evolution	<i>Yang Yueqing et al.</i> (68)
Petrographic and Geochemical Features of the Heiyingshan Iron Deposit and its Genesis.....	<i>Song Xuexin</i> (78)
Stable Isotope Studies of the Bajiazi Lead-Zinc Deposit	<i>Bi Chengsi et al.</i> (92)
Petrological Characteristics and Rock-forming Mechanism of the Guichon Creek Granitoid in British Columbia, Canada and its Related Cu (Mo) Mineralization.....	<i>Nie Fengjun et al.</i> (106)
Characteristics of Migmatitized hydrothermal Gold Ore Formation in Shandong Province.....	<i>Yue Shuqin</i> (107)
Main Characteristics of Antimony Ores in Hunan-Guangxi Area	<i>Chen Dianfen et al.</i> (130)
The Digitization of Geological Maps.....	<i>Yu Jinsheng et al.</i> (142)
Physical Properties of Granite Rocks in Nanling Region	<i>Jiang Mei et al.</i> (155)
The Measurement of Piezoelectricity of Rocks in Lab	<i>Wang Xiukun</i> (165)
A Study on Electron Microprobe Quantitative Analytical Method for Sulfide and Sulfosalt Minerals.....	<i>Chen Keqiao</i> (180)
The Determination of Organic and Total Carbon in Rocks and Minerals by Conductometry	<i>Li Xing et al.</i> (189)
Stable Isotope Geological Study of the Xiyuantao Pegmatite Type Rare Element Deposit in Nanping.....	<i>Jing Shengjin et al.</i> (202)
The Surface Microtexture of Quartz Sand from Ancient Stream Channel of Kuqa Basin in Xinjiang	<i>Wang Wenying et al.</i> (203)

EDITOR: Editorial Department, Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences

ADDRESS: Baiwanzhuang Road, Beijing, People's Republic of China

南岭地区某些稀有有色金属矿 化花岗岩的矿物标型研究

陈学正 邓楚均 周玉林 孙文泓 张素菊

(矿床地质研究所)

文章提要 南岭地区不少稀有和有色金属矿床均与花岗岩有密切的成因联系。因此,研究花岗岩的特点,除具有理论意义外,还具有实际意义。笔者从矿物标型角度研究了具两种矿化类型的拉磨、栗木和邓阜仙等三个岩体。所获得的资料表明:标型矿物和矿物标型特征不仅是岩体矿化的重要标志,而且对进一步讨论矿物形成的地质-地球化学条件也有帮助。这种认识与岩石学研究的结论是一致的,两者可以相互印证。

一、岩体地质概况

(一) 拉磨岩体

拉磨岩体(即大厂花岗岩)位于广西省北部南丹县境内,在大地构造上处于江南古陆南缘、南丹-河池地轴的缘坳带内,是著名的大厂锡矿田的母岩。在丹池大断裂西侧的龙厢盖,三条南北向延伸的花岗岩脉状体出露地表,长约2500m,面积不足0.2km²。据广西冶金地质勘探公司215地质队资料,花岗岩向下体积迅速增大,属半隐伏的岩株。脉岩有粗粒斑状黑云母花岗岩、浅色花岗岩和闪长玢岩。它们的侵入时间晚于岩体。

关于拉磨岩体的时代,前人认为黑云母花岗岩为107Ma,花岗斑岩(笔者认为斑状花岗岩脉)为91Ma(李朴等,1963)。近来,中国科学院贵阳地化所根据锆石的U-Pb法测得岩体的时代为102Ma(章振根等,1984),相当燕山晚期的产物。

考虑到岩体的年龄与成矿时代有密切关系,笔者做了Rb-Sr等时线,获得岩体的同位素年龄是154Ma(中国地质科学院地质研究所夏明仙、王雪英测),斑状花岗岩脉的黑云母K-Ar年龄为89.31Ma(中国地质科学院地质研究所陈启同测),相当于燕山晚期。

矿田内出露的地层有泥盆系、石炭系和二叠系,以碳酸盐和碎屑岩建造为主。锡、铜、铅、锌、锑、汞等矿床产于泥盆系的灰岩和硅质灰岩中,多围绕岩体分布。

(二) 栗木岩体

栗木岩体位于广西恭城县境内,大地构造位置在华南台块滇桂台向斜粤桂台凸的东北部,毗邻赣湘台向斜的光全台凸。岩体产于恭城向斜轴部的北端扬起部位,沿南北向断裂的西侧侵入,各处零星露头总计1.5km²。钻孔证实其东南部的水溪庙和西部的金竹源均有隐伏岩体,且深部与老虎头连为一体。

对岩体的划分主要有两种相近意见。一种认为岩体是由同期次连续侵入的三幕花岗岩

所组成：第一幕为白云母花岗岩；第二幕为二云母花岗岩；第三幕为钠长石化云英岩化花岗岩，其中的二幕花岗岩与钨锡矿化有关，第三幕花岗岩与钽、铌、锡矿化有关^①。中国地质科学院宜昌地矿所则将岩体分成无矿花岗岩和含矿花岗岩两类(史明魁等, 1980)。据中国地质科学院宜昌地矿所4个锆石U-Pb法年龄值(164—196Ma)分析, 时代应为燕山早期。

钽-铌(钇)矿化花岗岩垂直分带明显。在花岗岩的内外接触带中有云英岩型钨石-硫化物矿、石英脉型钨钼矿和长石石英脉型钨钼矿。

围岩是寒武系变质砂岩、千枚岩、板岩, 泥盆系的砾岩和砂岩, 以及石炭系的灰岩和砂岩等。在接触带附近的灰岩具大理岩化, 并出现硅灰石。

(三) 邓埠仙岩体

岩体位于湖南茶陵县城北, 地处湘赣边界, 属武功山系之南端。大地构造上位于华南加里东隆起的西北边缘, 向西与湘桂粤北海西-印支拗陷相邻, 处于隆起和凹陷的过渡带。

邓埠仙岩体为复式岩体, 由3个期次的侵入体组成, 总面积170km²。第一期粗粒斑状黑云母花岗岩(γ_1^a), 称汉背岩体, 面积130km², 同位素地质年龄为232Ma, 属印支期。第二期为中粒和中细粒二云母花岗岩(γ_2^b), 称八团岩体, 面积40km², 分布于 γ_1^a 内, 两者呈侵入接触关系, 其同位素地质年龄是176Ma, 相当燕山早期。第三期细粒白云母花岗岩(γ_3^c)为隐伏岩体, 地表仅见个别似伟晶岩, 坑道中则见呈瘤状、脉状、岩枝和岩舌状, 侵入于 γ_1^a 和 γ_2^b , 其同位素年龄值相当于燕山晚期(110Ma)。 γ_3^c 是钽铌矿化母岩, 钽铌铁矿呈浸染状, 主要赋存于 γ_3^c 的顶部。同时 γ_3^c 也是含钨石英脉的母岩^②。

围岩有下古生界龙山群浅海相的变质砂岩、板岩、千枚岩, 上古生界的泥盆系、石炭系、二叠系的浅海相碳酸盐和碎屑岩, 中生界的碳酸盐和碎屑岩等。

二、岩石特征

(一) 岩石学

拉磨岩体内部呈粗粒花岗结构, 边缘出现少量斑晶, 受交代作用影响后则呈花岗岩嵌晶结构。岩体顶部的龙厢盖为细粒斑状花岗岩, 斑晶占35—40%, 计有石英、斜长石、钾长石和少量暗色云母。其石英受熔蚀, 斜长石出现净边, 钾长石为条纹长石, 且钠长石条纹多已聚片双晶化。基质矿物成分与斑晶矿物相似, 但钾长石一般不含钠长石条纹。斜长石呈卡钠联合双晶, 表面土化及绢云母化($An=28-36$); 钠长石的晶体细小、干净($An=2-4$)。钾长石半自形无格子双晶, 钠交代作用不发育。石英有波状消光及晶体错位现象。岩体深部断裂作用发育, 出现糜棱岩。最常见的副矿物是电气石和锆石。

粗粒斑状黑云母花岗岩脉是区内最主要的岩墙。其似斑晶是钾长石、斜长石和石英。钾长石变斑晶长者可达10cm, 包裹斜长石、石英、黑云母等, 本身有环带结构和净边结

① 据1974年全国稀有元素地质会议资料。

② 据南京大学地质系, 湘东钨矿地质队1975年资料。

构, $An=24-26$ 。斑状石英具六面体及八面体切面, 边缘受熔蚀。主要蚀变是云英岩化。副矿物以电气石、萤石、磷灰石、黄玉等为主。

浅色花岗岩脉赋存于530中段的硅质灰岩中。石英、钾长石和斜长石含量相近, 浅色云母含量低。新鲜钠长石的 $An=3-5$ 。钾长石中含 Ab 条纹的数量为5—10%。副矿物有电气石、黄玉、萤石、方解石等。

栗木岩体: 前面已经提到钽铌矿化的三幕花岗岩有明显的垂直分带现象, 顶部为不连续的似伟晶岩带, 其下为强钠化带, 该带呈似斑状类胶结结构。似斑晶主要是石英, 其次是钾长石和斜长石。而细小的板条状钠长石充填于似斑晶之间, 构成似斑状类胶结结构。更特征的是在石英和钾长石似斑晶中, 细小的钠长石作环带状分布, 构成所谓雪团结构。云英岩化往往叠加在钠化作用之上, 薄片中的黄玉含量可高达10%, 并伴随出现锡石晶簇或细脉, 钽铌矿也与黄玉密切伴生。

斜长石有两类, An 分别为12—13和3—8, 前一类是原生奥长石, 后一类是钠化作用的产物, 故从第三幕花岗岩的顶部至深部钠长石含量减少, 而奥长石含量增加。第二幕和第一幕花岗岩中主要出现前一类斜长石。

邓埠仙岩体: 为多期次的复式岩体。 γ_1^a 因边缘混合岩化呈条带状构造, 变斑晶为斜长石、钾长石和石英。钾长石为微斜条纹长石, 斜长石 $An=29-30$; 黑云母绿泥石化并产生次生白云母。常见副矿物有榍石、褐帘石、磷灰石、锆石和黄铁矿等。 γ_1^b 为花岗结构, 钾长石半自形至它形, 一般无钠长石条纹, 个别为微斜长石。早期斜长石 $An=13$, 它交代钾长石又被晚期钠长石 ($An=3-6$) 交代。 γ_1^c 的特点与栗木第三幕花岗岩相似。

(二) 岩石类型划分

对花岗岩的划分, 采用地科联的分类系统[IUGS Subcommission, 1973]。矿物含量主要根据薄片目估, 部分经求积台测定校正, 共选出26个代表性片子。经在 $Q-A-P$ 三角图上投影, 得知三个岩体的岩石类型主要是二长花岗岩和钾长花岗岩两类, 而每个岩体的岩石类型有所不同。拉磨岩体投影点落在3b区, 为二长花岗岩; 栗木岩体第一幕、第二幕花岗岩投入3b区, 而第三幕花岗岩集中在3a区, 为钾长花岗岩; 邓埠仙岩体情况较为复杂, γ_1^a 岩性变化大, 钾长石变斑晶含量高时投影点落在3a区, 其次有花岗闪长岩。 γ_1^c 由深部至浅部, 投影点从3b→3a→2, 既除二长花岗岩和钾长花岗岩为主外, 还有少量碱长花岗岩。

三、造岩矿物的标型特征

(一) 钾长石

1. 钾长石的有序度

测定钾长石 (Si-Al) 有序度有不同方法, 笔者采用X-射线衍射法和红外吸收光谱法, 测定的结果综合于表1。

上列数据说明, 不同方法测得的有序度稍有差别, 但基本趋势是一致的。即拉磨岩体的钾长石有序度最低, 且三斜度为0, 当属单斜对称无疑, 另外两个岩体钾长石有序度高, 均在0.7以上, 三斜度一般超过0.8, 属三斜对称, 部分接近最大微斜长石。可见两种矿化

表 1 钾长石的有序度

Table 1 Degree of ordering of potash Feldspars

岩体及样号			X 光衍射法		红外吸收光谱法有序度 θ 据Xope6n等
			有序度 δ 按Ragland (1970)	三斜度 Δ 按Goldsmith (1954)	
拉磨岩体	La2 La5 La27 La31		0.65	0	0.73
			0.61	0	0.80
			0.64	0	0.70
			0.59	0	0.78
磨脉岩	D ₁ La23		0.72	0	0.80
			0.52	0	0.63
栗木	一幕 二幕	L ₁ H ₂	0.95 1.01	0.85 0.87	0.90 1.00
	三幕	H ₁ L ₂ L ₃	0.95 0.89 0.77	0.84 0.84 0.80	0.95 0.95 0.80
邓埠仙	γ_s^{2a}	Dn15 Dn18	0.62 0.95	0 0.90	0.85 0.95
	γ_s^{2b}	Dn16 Dn20	0.74 0.66	0.68 0.80	0.80 0.85
	γ_s^{2c}	Dn8	0.95	0.93	1.00
	脉岩	Dn23	0.74	0.74	0.80

注: X 光衍射实验条件: CuK α 28kV 18mA; 测试者: 矿床地质研究所朱小玲

红外吸收光谱用KBr压片, 标准条件扫描16分钟; 测试者: 矿床地质研究所郭立鹤

计算公式: $\delta = 9.063 + 2\theta(060) - 2\theta(504)/0.34$

$\Delta = 1.25[d(131) - d(1\bar{3}1)]$

$\theta = 0.05 \times (\Delta\nu - 90)$

类型的花岗岩, 可以其钾长石结构作为标型特征。

2. 钾长石的化学成分

根据钾长石中K₂O、Na₂O、CaO、Rb₂O和Tl等的百分含量, 换算出Or、Ab、An各组分含量百分数, 算出K/Rb和Rb/Tl比值, 现综合如表2。

在Or-Ab-An图上, 各岩体钾长石投影的分区比较明显。拉磨岩体的Ab组分最高, An组分甚低, 故其投影点紧靠Or-Ab边, 且离Or端相对较远。栗木岩体钾长石成分最纯, Ab组分最少, 投影紧邻Or端。邓埠仙岩体的钾长石界于拉磨岩体和栗木岩体之间 (图1)

就每个岩体而言, 从早期至晚期、从早阶段至晚阶段, Or组分增加, Ab和An组分则相应减少, 故钽-铌矿化花岗岩中钾长石成分最纯。

3个岩体中钾长石的K/Rb值和有序度也有区别。

栗木岩体以K/Rb比值低和有序度高为特点; 拉磨岩体有序度低, 而K/Rb值一般偏高; 邓埠仙岩体从 $\gamma_s^{2a} \rightarrow \gamma_s^{2b} \rightarrow \gamma_s^{2c}$, 钾长石K/Rb值降低, 有序度升高, γ_s^{2c} 与栗木第三幕花岗岩接近。

表 2 钾长石的化学成分

Table 2 Chemical composition of potash Feldspar

岩体	样 号	分 析 结 果 (%)					各组分含量 (%)			元 素 比 值	
		K ₂ O	Na ₂ O	CaO	Rb ₂ O	Tl	Or	Ab	An	K/Rb	Rb/Tl
拉磨	La2	10.96	2.84	0.08	0.19		71.12	28.01	0.87	52.28	
	La31	11.20	3.16	0.08	0.20		69.41	29.76	0.83	50.80	
	La27	9.64	2.80	0.10	0.14		68.54	30.27	1.19	62.51	
	La5	10.78	2.96	0.04	0.18		70.38	29.18	0.44	54.22	
	La37-2	9.80	3.32	0.04	0.31		65.72	33.83	0.45	28.74	
	La23	11.60	2.56	0.13	0.07		73.84	24.76	1.40	150.44	
	D ₁	13.76	0.12	0.05	0.18		98.10	1.30	0.60	69.22	
栗木	L ₄	12.46	1.39	0.15	0.28	0.002	83.89	14.23	1.80	40.40	128.00
	H ₂	12.19	1.48	0.16	0.25	0.0017	82.86	15.30	1.84	44.18	61.89
	H ₁	12.67	0.93	0.15	0.29	0.002	88.39	9.85	1.75	39.68	132.5
	L ₁	12.28	0.88	0.016	0.57	0.0037	90.00	9.81	0.19	19.56	140.81
	L ₃	14.62	0.42	0.03	0.64	0.0037	95.45	4.17	0.33	20.74	292.5
邓埠仙	Dn15	11.86	1.91	0.32	0.06	0.0002	77.50	18.99	3.51	178.96	275.0
	Dn18	9.04	3.51	0.50	0.09	0.0007	53.50	31.59	14.91	91.50	117.14
	Dn16	11.04	2.55	0.39	0.07	0.0004	70.89	24.90	4.21	143.17	160.00
	Dn20	11.91	1.79	0.24	0.08	0.0007	79.21	18.11	2.68	135.41	104.28
	Dn8	11.29	2.04	0.14	0.33	0.0015	77.28	21.24	1.48	31.03	201.33
	Dn5	14.07	0.22	0.04	0.25	0.0015	97.22	2.31	0.47	50.99	152.60
	Dn23	12.59	1.44	0.30	0.19	0.0013	82.34	14.35	3.31	60.05	133.85

(分析者: 地质科学院岩矿测试所 杨桂芳)

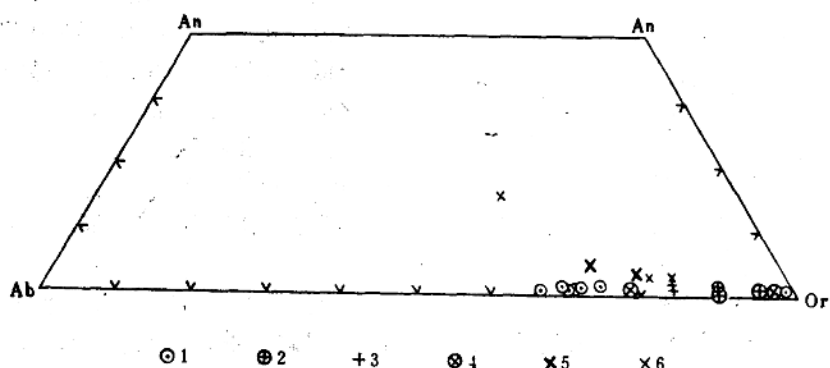


图 1 钾长石的Or-An-Ab图

Fig. 1 Or-An-Ab Diagram of Potash Feldspar

1—拉磨岩体; 2—栗木岩体(第三幕); 3—栗木岩体(第一、二幕); 4—邓埠仙岩体 (γ_2^b); 5—邓埠仙岩体 (γ_2^b); 6—邓埠仙岩体 (γ_2^b)

钾长石的有序度是地质体热史的记录, 是多种因素作用的最终结果。不同学者提出的主导因素包括: 结晶温度、冷却速度、岩石的形成深度、形成时代、热液及挥发组分的作用、地质构造的影响等等 (Г. А. Валуи, 1979; Paul C. Ragland, 1970)。

众所周知, 完全无序的透长石多产于火成岩, 有序度高的微斜长石主要产于深成岩内,

可见岩体的形成深度无疑是控制钾长石有序度的重要因素之一。但拉磨等3个岩体,按它们所在地区上覆地层的最大厚度计,一般小于3000m,压力相当于 10^5 Pa,应属浅成岩。就

地质年代论,除邓埠仙 γ_3^* 外都是燕山期产物。这说明钾长石的有序度不受时代和深度控制。

现用改进的二长石温度计(Г. Б. Ферштатер, 1973)测得3个岩体的成岩温度有一定差别,温度最高的是锡-多金属矿化的拉磨岩体(660—680℃),温度较低的是栗木岩体的第一、二幕花岗岩,为440—450℃,第三幕铋钨矿化花岗岩低于400℃。邓埠仙岩体的 γ_3^* 形成温度为475℃,也比拉磨岩体低(图2)。据中国地质科学院矿床地质研究所刘玉山资料,拉磨花岗岩在不同压力下的初熔温度是720℃(10^8 Pa)、680℃(2×10^8 Pa)、660℃(3×10^8 Pa)。

从侵入期次看,从早期至晚期岩体的形成温度是下降的。总之成岩温度对钾长石有序度影响较大,既成岩温度越低钾长石有序度越高。

大量资料说明,随着岩浆的演化,挥发组分向晚期产物集中,导致成岩温度不断降低,同时Li、Rb、Cs等稀贱元素也随之增加(О. Д. Страхон, 1978)。Rb主要赋存在钾长石和云母中,因此钾长石的

K/Rb值也起到成岩温度的标志作用。起同样作用的还有钾长石的组分,这是由于在高温条件下Na容易置换K而进入钾长石晶格中。反之,较低温的条件下晶出的钾长石成分较纯。

(二) 云母类

本文的3个岩体共选出云母类矿物样品26个,其中拉磨岩体5个、栗木岩体14个、邓埠仙岩体7个。云母单矿物化学分析结果见表3。表4为云母矿物分子式及其参数,其中:

含铁度(f) = $\Sigma \text{Fe} / (\Sigma \text{Fe} + \text{Mg}) \times 100\%$ (原子数)

铁的氧化度(f_o) = $\text{Fe}_2\text{O}_3 / (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}) \times 100\%$ (原子数)

含铝度(L) = $\text{Al} / (\Sigma \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Si} + \text{Al}) \times 100\%$ (原子数)

含钛度(T) = $\text{Ti} / (\Sigma \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti} + \text{Mn}) \times 100\%$ (原子数)

含锰度(M) = $\text{Mn} / (\Sigma \text{Fe} + \text{Mg} + \text{Ti} + \text{Mn}) \times 100\%$ (原子数)

含锂度(A) = $\text{Li} / (\text{Al}_x + \text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+} + \text{Mg} + \text{Mn} + \text{Ti} + \text{Li}) \times 100\%$ (原子数)

此外,表3还列入了云母的 $\text{FeO} + \text{MnO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{MgO}$ 的含量(%),以及暗色云母的 $\text{Mg}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ 值。

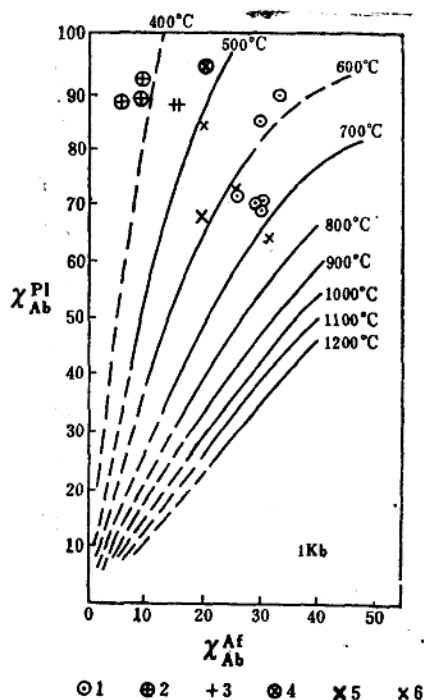


图2 岩体的形成温度

Fig. 2 Formation Temperature of Granite Bodies

1—拉磨岩体; 2—栗木岩体(第三幕); 3—栗木岩体(第一、二幕); 4—邓埠仙岩体(γ_3^*); 5—邓埠仙岩体(γ_3^b); 6—邓埠仙岩体(γ_3^*)

1. 云母的分类命名

考虑到各岩体云母类型不同, 但多数含锂故采用含锂云母的分类方案(И. Л. Лапин-дес, 1977)。

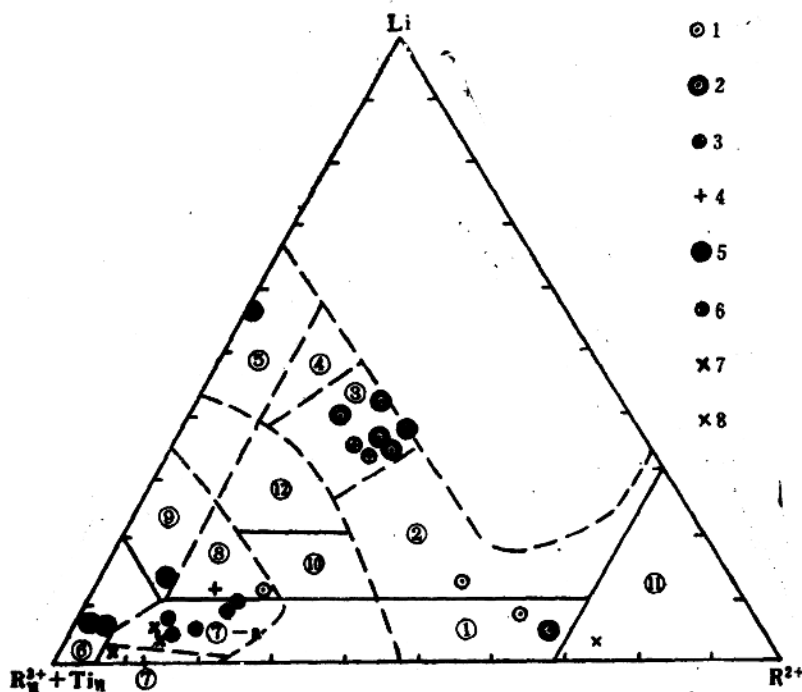


图3 云母的分类命名

Fig 3 Classification and nomenclature of micas

虚线为二八面体和三八面体云母成分区域界线, 实线为亚类区域范围; 图中数字表示成分区域;

①黑云母, ②黑磷云母, ③铁锂云母, ④铁锂云母, ⑤锂云母, ⑥白云母, ⑦多硅白云母-白云母, 7-a含锂-多硅白云母-白云母, ⑧锂-多硅白云母-白云母, ⑨锂-白云母, ⑩同⑨3T型, ⑪锂-金云母-铁云母, ⑫铁云母2M₁(?)

1—拉磨岩体, 2—拉磨岩体脉岩, 3—栗木岩体(第二幕), 4—栗木岩体(第三幕), 5—栗木岩体脉岩;

6—邓埠仙岩体7₁^a, 7—邓埠仙岩体7₁^b, 8—邓埠仙岩体7₁^c

如图3所示, 3个岩体(包括其脉岩)中云母类型较多, 计有锂金云母-铁云母、黑云母、黑磷云母、铁锂云母、白云母、多硅白云母-白云母、含锂多硅白云母-白云母、锂多硅白云母-白云母、锂白云母、锂云母等。即便在同一岩体内云母类型也有变化, 并似有规律可循。如拉磨岩体从深部至地表, 随着花岗岩结构变细, 云母类型由黑云母转变为铁锂云母。栗木岩体云母类型与蚀变强度有关, 故第二幕花岗岩多含铁锂云母, 而钠化、云英岩化花岗岩出现含锂多硅白云母-白云母, 在外接触带的脉岩中含有锂白云母和锂云母。邓埠仙除7₁^a为锂金云母-铁云母外, 大多为含锂多硅白云母-白云母。

稀有金属花岗岩中的云母有3个类质同像系列, 即黑云母-锂云母, 白云母-锂云母, 多硅白云母-白云母-黑磷云母、铁锂云母(А. И. Гинзбург, 1965)。按照他的观点分类, 栗木和邓埠仙岩体属于后一类, 故在寻找稀有金属花岗岩时, 不仅要重视铁锂云母和锂云

表 3 云 母 的
Table 3 Chemical

岩体	样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	NaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Li ₂ O	Rb ₂ O
拉磨	La27	35.00	20.38	4.14	18.88	0.27	2.98	0.83	2.72	0.34	8.50	0.099	0.60	0.30
	La31	45.00	26.08	0.84	5.64	0.32	1.73	0.36	0.59	0.59	9.80	0.0055	0.86	0.50
	La38	38.05	22.42	1.42	15.54	0.24	2.74	0.88	1.70	0.36	9.20	0.075	1.41	0.51
	La37	45.05	22.40	1.15	8.18	0.72	0.64	0.96	0.70	0.59	9.20	0.15	3.89	1.03
	La23	33.20	18.32	5.58	18.54	0.21	4.93	0.44	3.25	0.16	7.74	0.058	0.39	0.17
栗木	T90	43.30	21.68	1.09	10.03	0.49	0.44	1.13	0.24	0.38	9.90	0.10	3.32	1.36
	T89	43.10	21.72	0.91	11.01	0.38	0.35	1.06	0.16	0.29	10.00	0.15	3.18	1.34
	T91	44.00	28.40	1.81	5.55	0.33	0.63	0.92	0.19	0.33	0.92	0.10	0.75	0.74
	H ₂	44.88	28.96	0.77	6.29	0.05	0.70	0.87	0.32	0.28	9.27	0.07	0.85	0.51
	H ₁	45.19	20.96	1.07	5.69	0.032	0.38	1.09	0.23	0.19	10.03	0.07	0.64	0.58
	棕 1	44.20	29.14	1.43	8.18	0.16	2.54	2.71	0.03	0.37	9.68	0.02	3.86	0.90
	棕 2	43.70	35.62	0.04	0.06	0.16	0.46	0.10	<0.01	1.00	10.10	0.018	0.44	0.32
	棕 3	44.20	31.66	0.21	1.05	0.16	0.92	0.63	0.08	0.74	10.00	0.021	1.04	0.39
	棕 4	52.55	22.16	0.06	0.06	0.40	0.17	0.10	0.01	0.67	10.00	0.073	5.86	1.84
	棕 6	44.05	22.00	0.88	9.77	0.40	0.98	1.23	0.12	0.25	9.44	0.064	3.38	1.17
	棕 7	42.95	21.60	0.95	12.30	0.27	0.27	1.23	0.25	0.32	9.40	0.031	3.20	1.23
	棕 9	45.55	20.98	0.56	8.85	0.56	0.98	1.77	0.20	0.25	9.32	0.020	4.16	1.31
	棕10	45.95	29.94	0.65	3.74	0.40	0.40	0.72	0.16	0.45	10.24	0.027	0.46	0.50
	棕11	43.00	35.28	<0.04	0.17	0.24	0.87	0.09	0.12	0.82	9.42	0.020	0.43	0.33
邓阜仙	Dn15	35.68	16.39	3.56	18.14	0.88	6.93	0.51	3.19		8.24	0.69	0.27	0.14
	Dn19	44.88	32.08	1.88	2.77	0.05	0.87	0.26	0.26	0.54	9.60	0.07	0.19	0.28
	Dn20	45.44	33.33	0.73	2.22	0.03	0.93	0.07	0.46	0.53	9.69	0.07	0.25	0.15
	Dn 4	45.87	31.67	0.38	3.65	0.036	0.10	0.58	0.04	1.09	9.61	0.11	0.36	0.35
	Dn 8	46.80	30.94	0.47	3.83	0.024	0.06	0.56	0.08	1.05	9.23	0.10	0.47	0.54
	Dn 5	46.31	31.25	0.62	4.02		0.18	0.69	0.06	0.20	9.90	0.07	0.40	0.32
	Dn23	45.18	32.86	1.40	2.95	0.006	0.29	0.22	0.22	0.54	9.47	0.06	0.24	0.35

母, 还应特别注意含锂多硅白云母-白云母。拉磨岩体不同于上述两岩体, 其云母相当第一类质同像系列。

就暗色云母言, 拉磨岩体的黑云母-黑磷云母、铁锂云母的 f 和 M 较低, T 和 $Mg/(Fe^{2+} + Mg)$ 值较高。栗木岩体的铁锂云母则以 T 和 $Mg/(Fe + Mg)$ 值低, f 和 M 高为特点, 说明暗色云母成分起到了矿化的标型作用, 两者的界限可置于 $f=81$, $M=4$, $T=2$ 处。至于浅色

化 学 成 分(%)

composition of micas(%)

Cs ₂ O	ZnO	CuO	MoO ₃	WO ₃	SnO ₂	Sc ₂ O ₃	F	H ₂ O ⁺	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Pb	Tl	Sr	CO ₂
0.049	0.1364	0.0025		0.0202	0.033	0.012	2.48	3.18	0.043	0.0069	0.012	0.0006	<0.05	0.23
0.06	0.0992	0.0013		0.0265	0.0279	0.0168	3.00	2.91	0.013	0.0034	0.014	0.0006	<0.05	0.36
0.21	0.0868	0.0013			0.0094	0.0162	3.92	2.48	0.062	0.0106	<0.01	0.0006	<0.05	0.45
0.18	0.0868	0.0025			0.0079	0.0108	7.00	1.32	0.042	0.0139	0.012	0.0010	<0.05	0.74
0.022	0.0992	0.0025		0.0239	0.2032	0.0114	1.08	4.35	0.036	0.0043	0.012	0.0008	<0.05	0.41
0.13	0.106	0.004			0.042	0.0029	5.10	1.74	0.02		0.012	0.0044	0.006	
0.09	0.101	<0.002			0.076	0.0021	5.40	1.83	0.02		<0.005	0.0043	0.005	
0.07	0.06	<0.002			0.09	0.0026	2.50	3.82	0.01		0.008	0.0021	<0.005	
0.041	0.081	0.091		0.0115	0.0089	0.0058	3.48	3.47	0.024	0.0056				
0.066	0.070	0.0105		0.0050	0.0102	0.0034	2.92	3.89	0.018	0.0057				
0.12	0.2728	0.0013		0.0214	0.0381	0.0009	7.20	1.47	0.011	0.0041	<0.01	0.0019	>0.05	0.11
0.013	0.0992	<0.0013		0.0126	0.1524	<0.0009	0.54	4.79	<0.003	0.002	<0.01	0.0011	<0.05	0.30
0.033	0.1364	0.0013		0.0138	0.2794	<0.0009	1.50	4.25	<0.003	0.0033	<0.01	0.0006	<0.05	0.15
0.14	0.0744	0.0013		0.0189	0.1143	<0.0009	7.00	1.30	<0.003	0.0014	<0.01	0.0033	<0.05	0.26
0.13	0.1488	0.0038		0.0353	0.4318	0.003	6.60	1.43	0.007	0.0138	<0.01	0.0025	<0.05	0.21
0.14	0.1984	0.0013		0.0265	0.0464	0.0042	6.70	1.68	0.011	0.0209	<0.01	0.0020	<0.05	0.21
0.16	0.2232	0.005		0.0239	0.0762	0.0042	7.20	1.13	0.0053	0.0091	<0.01	0.0025	<0.05	0.19
0.045	0.1364	0.0038		0.0164	0.0762	0.0033	2.50	3.97	<0.003	0.0033	<0.01	0.0012	<0.05	0.30
0.012	0.1116	0.0013		0.0126	0.1075	0.0009	0.64	5.14	<0.003	0.0021	<0.01	0.0011	<0.05	0.15
0.05	0.06	0.0094	0.00018	0.0021	0.019	0.0058	1.20	4.17	0.022	0.0009				
0.045	0.04	0.0076		0.0091	0.0711	0.0015	1.87	4.62	0.021	0.0058				
0.029	0.010	0.0028	0.00033	0.0115	0.0406	0.0027	1.04	4.97	0.010	0.0011				
0.050	0.022	0.0105		0.0031	0.0508		2.00	4.32	0.013	0.013				
0.059	0.045	0.0083	0.00018	0.0067	0.0711		1.92	4.00	0.030	0.012				
0.045	0.014	0.0097	0.00018	0.0011	0.0597		2.01	4.40	0.0039	0.0022				
0.023	0.029	0.0036	0.00018	0.0231	0.0711	0.0012	1.59	4.73	0.04	0.0051				

(分析者: 中国地质科学院岩矿测试研究所周肇如、夏月莲; 天津冶金地质研究所化验室)

云母, 栗木岩体的含锂多硅白云母-白云母、锂多硅白云母-白云母与邓埠仙岩体的含锂多硅白云母-白云母比较, 它们的 f 、 T 和 M 没有明显区别。

在 $\text{FeO}+\text{MnO}-\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2-\text{MgO}$ 图上, 各岩体云母的投影点有一定分布范围(图4)。拉磨岩体暗色云母 MgO 较高($>10\%$), Fe_2O_3 、 TiO_2 含量亦高, 一般大于 15% , 而栗木和邓埠仙两岩体贫 Fe_2O_3 、 TiO_2 , 并且贫镁($\text{MgO}<10\%$), 邓埠仙岩体 $\gamma_{\text{Fe}^{2+}}$ 和 $\gamma_{\text{Fe}^{3+}}$ 的

云母中 MgO 和 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ 的含量都明显超过 γ_2° 的。

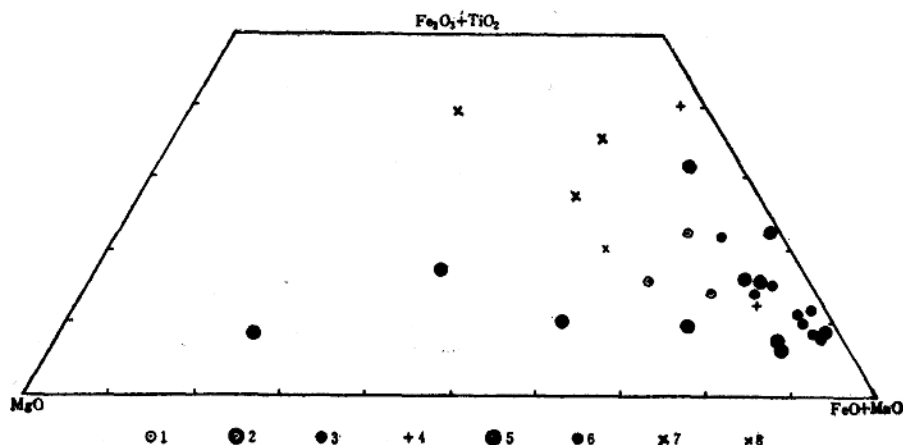


图 4 云母的 $\text{FeO} + \text{MnO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{MgO}$ 图解

Fig 4 $\text{FeO} + \text{MnO} - \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 - \text{MgO}$ Diagram of mica.

1—拉磨岩体；2—拉磨岩体脉岩；3—栗木岩体（二幕）；4—栗木岩体（三幕）；5—栗木岩体脉岩；6—邓埠仙岩体 γ_2° ；7—邓埠仙岩体 γ_2^b ；8—邓埠仙岩体 γ_2^a

2. 暗色云母八面体成分与岩体物质来源及其含矿性

I型花岗岩以镁质黑云母为主，含镁度 $[\text{Mg}/(\text{Fe} + \text{Mg})]$ 都大于0.4。S型花岗岩中的暗色云母含镁度低，一般小于0.38，同时从铁质黑云母、铁叶云母至黑磷云母、铁锂云母，含镁度从0.33—0.12降低到0.05—0.01。

酸性岩体中黑云母 Fe^{2+}/Mg 值高于基性岩体（W. A. Deer, 1962）。在岩浆演化过程中，黑云母中Ti、Mg含量递减，Al、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 含量递增，因而 SiO_2 含量与黑云母的含铁度成正相关，与含镁度成负相关。上述情况不仅出现在不同类型的岩体中，也出现在同一岩体内。

暗色云母八面体阳离子含量呈现一定的分区性，且与不同矿化类型密切相关，起到了识别矿化的标型作用。随着其八面体成分的改变，岩体的矿化特征作有规律的演化： Cu-Mo 矿化→Cu、W、LREE矿化→无矿化→Nb矿化→HREE矿化。暗色云母本身也由镁质黑云母→铁质黑云母→含锂的云母（黑磷云母、铁锂云母）。栗木岩体顶部的自交代作用强烈的地段，铁锂云母为含锂白云母所替代，而在外接触带细脉中为含锂白云母和锂云母。

3. 暗色云母的微量元素与含矿性

岩浆作用过程中稀有元素与F、Cl等组成络合物形式迁移，在岩浆作用晚期因碱度降低使络合物分解。黑云母是侵入体结晶作用晚期阶段的特征矿物，形成于残余氟化物析出的开始阶段，成为富集稀有元素的某些金属元素的主要造岩矿物。故黑云母中出现Li、Rb、Cs、F、Cl、Sn、W、Nb、Ta等异常，是稀有元素和W、Sn等金属元素矿化的有利标志（В. Д. Козлов等，1982；В. В. Ляхович，1979；Ф. Р. Апелцин，1980）。

早在1957年Barsukov等就提出:当云母中出现高异常的稀有元素和有色金属时,实际上便反映了这些元素有成矿远景,并在此基础上确定了一些找矿准则。现在看来情况要复杂得多, G. Roger等在进行广泛对比后指出,云母中Li、Sn出现高异常是锡矿化的有利标志,但不出现异常未必不利,否则难以解释诸如康沃尔等著名锡矿床的存在。关于云母中Nb、Ta含量和矿化关系,有两种不同的观点。一种认为其中Nb、Ta含量高是矿化的有利标志;另一种看法恰巧相反,认为正是由于云母中部分或大部分Nb、Ta被释放出来为矿化提供了物质基础,从而造成云母中铌、钽含量低。

拉磨等三岩体云母中微量元素含量如下:Li的含量首先取决于云母的类型,如拉磨岩体从深部至地表及同源脉岩,随着黑云母演化为黑鳞云母和铁锂云母, Li含量逐渐增加, Li含量最低的是同源脉岩中的黑云母。栗木岩体由铁锂云母至含锂白云母, Li含量减少4倍多。邓埠仙的 γ_1^b 和 γ_2^c 均为含锂白云母, Li含量变化幅度小。

Rb含量与Li相似,因云母类型而异,两者一般同消长。

按Groves资料,塔斯马尼亚贫锡花岗岩黑云母Sn含量平均为64ppm,含锡花岗岩的相应值则为556ppm,白云母的平均含锡量为130和340ppm(R. G. Taylor, 1979)。稀有金属花岗岩黑云母的微量元素是:Li 1950 ± 570 ppm; Rb 1420 ± 410 ppm; Cs 230 ± 140 ppm; Sn 100 ± 57 ppm; W 7ppm; Nb 200ppm; Zn 735 ± 226 ppm; Pb 19 ± 12 ppm。

拉磨岩体黑云母中Sn含量(261ppm)介于Groves贫Sn花岗岩与含Sn花岗岩之间,而地表的黑鳞云母Sn含量(74ppm)接近贫Sn花岗岩。栗木岩体铁锂云母中Sn含量为444ppm,超出B. Д. Козлов的稀有金属花岗岩3倍多,接近Groves的含Sn花岗岩,而第三幕花岗岩中浅色云母Sn含量75ppm,与贫Sn花岗岩相近。邓埠仙岩体中云母的Sn含量随期次递增,从 $150(\gamma_1^a) \rightarrow 365(\gamma_1^b) \rightarrow 98\text{ppm}(\gamma_2^c)$ 。

两种矿化类型花岗岩的共同特点是云母中氟的含量高,其中栗木岩体为37500ppm,邓埠仙岩体为16557ppm,拉磨岩体为34960ppm。同时,当黑云母向黑鳞云母、铁锂云母转化时,含F量增加(24800—70000ppm),如拉磨岩体;当暗色云母向浅色云母转化时, F含量降低,如栗木岩体;若云母类型相同,则晚期矿化岩体中的F含量较高,如邓埠仙岩体的 γ_1^b 、 γ_2^c 。可见云母含F量的变化规律同Li、Rb一致,而与Sn相背。

从平均值看,富Ta岩体Nb含量不高(栗木第三幕花岗岩为99.4ppm,邓埠仙 γ_2^c 为80.8ppm),比锡-多金属矿化拉磨花岗岩(Nb为212.3ppm)低一半多,就一个岩体而言,暗色云母含Nb高,而浅色云母含Nb低。

总之,(1)无论那一种矿化类型的花岗岩,暗色云母中Li、Rb含量都超过Козлов平均值,与无矿化岩体相比高数倍至数十倍。F的含量高也是两类矿化花岗岩的共同特点。(2)岩体中稀有元素的矿化强度,同云母中Li、Rb、F的含量不成正比,如栗木岩体。而拉磨岩体和邓埠仙岩体, Li、Rb、F集中在顶部云母中。Nb和Sn恰好相反,在富矿体的云母中Nb、Sn含量降低。(3)鉴于上述复杂情况,我们认为在讨论云母微量元素的标志意义时,仅考虑微量元素一个因素是不够的,还要注意一系列其它标志,首先是岩体的自交代作用(如钠长石化、云英岩化等)的影响。因为它们不仅导致云母类型的变化,而且使得其中

的Li、Rb、F、Nb、Sn等元素重新分配(В. В. Ляхович, 1983)。

四、副矿物标型

矿物标型包括标型矿物组合和矿物标型特征。所谓标型矿物组合是指在某种特定的地质环境中形成的特征矿物组合。矿物因形成条件改变而导致其性状产生差别从而起到标志作用。这些特有特征称为矿物的标型特征,所以作为研究对象的应是“贯通”矿物。这些矿物稳定范围大,可赋存于多种地质环境,同时它们的性状又能灵敏地反映形成条件的改变。

我们所收集的15个矿化岩体资料,基本上可归纳为四种类型:1. 以中酸性岩为主,以Fe、Cu矿化为特点;2. 为偏碱性花岗岩,局部有铌铁矿化;3. 以酸性花岗岩为代表,矿化包括W、Sn、REE、Be、Pb、Zn等;4. 钠化-云英岩化花岗岩,往往形成Nb、Ta矿体。

(一) 副矿物的含量及演化

前两类岩体副矿物含量高,多在4000g/t以上,后两类一般小于4000g/t。从副矿物的种类看,第一类最简单仅34种,后两类近90种,且黄玉、电气石、萤石等占一半以上。第一类以磁铁矿,钛铁矿含量最高,第二类主要含碱性矿物。

由于成岩-成矿物质来源不同,岩浆分异演化条件的差异,以及岩浆期后蚀变-交代强弱诸条件的影响,造成多种多样矿化类型。从而导致某些副矿物作有规律的演化:

(1) 各种矿化的花岗岩,其形成的地质条件的差异在钛矿物的类型上有所表现。第一类铁铜矿化的中酸性岩,其岩浆物质来源较深,成岩温度较高,同化混染作用强,常从围岩中捕获一部分钙,故除形成钛铁矿外,还可形成较多榍石。第三类钨、锡、稀土、铍(铅、锌)花岗岩,本身含钛、钙较低,且岩浆来源较浅,形成温度较低,同化混染作用弱,故钛常以钛铁矿形成出现。富钽的钠长石化-云英岩化花岗岩,钛含量甚低,通常只出现少量钽金红石。第二类碱性花岗岩与第三类相类似。

(2) 稀土矿物的种类亦因矿化类型而异。第一类花岗岩以稀土硅酸盐矿物为主(褐帘石),后三类花岗岩以稀土磷酸盐矿物为主,除独居石外,第三类花岗岩中还出现稀土碳酸盐矿物和氟化物等,如磷钇矿、铈钇矿、氟碳铈矿、氟碳钙钇矿和钇萤石等。

(3) 铌钽矿物的演化规律是:第一类花岗岩基本上不含铌钽矿物;第二、三类花岗岩可含铌铁矿及少量褐钇铌矿,有的还出现铌金红石;只有在第四类花岗岩中才出现钽铁矿物和钽金红石,因而可以认为铌铁矿-铌金红石是第二、三类花岗岩的标型矿物,钽铁矿-钽金红石是第四类花岗岩的标型矿物。

(二) 主要副矿物及其标型特征

副矿物的标型特征比标型矿物更引人注目,这是因为它在反映矿物形成的地质-地球化学条件时更加灵敏。

1. 黄玉

作为典型的副矿物,在酸性岩中黄玉含量甚低,如花岗岩和流纹岩体中分别是0.1t/g和

2.1g/t (B.B.Ляхович, 1979), 但黄玉又是交代作用产物, 随着云英岩化作用增强, 花岗岩中黄玉含量剧增, 如果木岩体顶部黄玉可增至副矿物总量的10%, 在拉磨岩体中其含量为2000—3000g/t。由此可见, 前人将黄玉视为Ta-Nb矿化的特征伴生矿物 (A.K.Пыб, 1980), 失诸偏颇, 简单根据黄玉含量判断花岗岩的矿化类型也不够准确。

黄玉呈粒状和柱状, {120}、{021}单型发育, 其它晶面不易判别。无色透明, 强玻璃光泽, 硬度大, 性脆, {001}解理完全, 解理面为珍珠光泽, 相对密度为3.63—3.64。光性二轴(+), 2V较大, $N_m \approx 1.618$ (表5)

拉磨岩体 (La38) 黄玉的微量元素含量 (重量%) 如下: Ga < 0.0005; SrO 0.0003; Nb₂O₅ 0.0037; Ta₂O₅ 0.0022; Ge 0.0012; WO₃ 0.006; SnO₂ 0.0047; Rb₂O 0.0057;

表5 黄玉的化学成分

Table 5. the Chemical Composition of Topaz

样号 样品位置 成分	La1	La31	La38
	栗木岩体顶部 强云英岩化钠长石化花岗岩	拉磨岩体 530中段 黑云母花岗岩	拉磨岩体地表 细粒黑云母花岗岩
SiO ₂	34.75	33.71	34.33
Al ₂ O ₃	53.49	54.53	53.82
F	18.48	18.86	18.99
Fe ₂ O ₃	0.10	0.124	0.16
CaO	0.02	0.29	0.12
MgO	0.07	<0.08	0.08
Na ₂ O	0.02	0.08	0.02
K ₂ O	0.30	0.18	0.22
MnO	0.01	0.003	0.01
TiO ₂	0.01	0.012	0.02
H ₂ O*	0.58	0.41	0.30

以氧原子为24计算的矿物分子式

Si	4.163	4.031	4.024
Al	7.555	7.702	7.659
Fe ³⁺	0.009	0.011	0.015
Mg	0.012	0.013	0.014
Na	0.004	0.018	0.034
K	0.046	0.027	0.034
Mn	0.001		0.001
Ti	0.001	0.001	0.001
Ca		0.038	0.050
OH	0.464	0.324	0.396
F	7.555	7.146	7.181
OH/(F+OH)	6.22%	4.34%	5.22%

(分析者: 中国地质科学院岩矿测试研究所 巩爱华、夏月莲)