

文章编号: 1006 - 544X (2008) 01 - 0008 - 07

# 桂北地区摩天岭复式花岗岩体地球化学特征 及其与成矿的关系

梁 国 宝<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学 资源学院, 武汉 430074; 2. 广西地矿资源勘查开发有限责任公司, 南宁 530023)

**摘 要:** 桂北中元古代晚期摩天岭复式花岗岩体自早而晚由 2 个岩浆演化旋回 5 个单元 (三防、吉羊、汪洞、九桶、杆洞) 组成, 主要岩石类型有细粒、中粒和粗粒斑状二长 (钾长) 花岗岩、花岗斑岩等。岩石富  $\text{SiO}_2$  (74.417% ~ 76.483%)、 $\text{Sn}$  ( $4.1 \times 10^{-6}$  ~  $18.1 \times 10^{-6}$ )、 $\text{Sb}$  ( $0.1 \times 10^{-6}$  ~  $2.5 \times 10^{-6}$ )、 $\text{Li}$  ( $10.0 \times 10^{-6}$  ~  $140.0 \times 10^{-6}$ ) 和  $\text{As}$  ( $3.0 \times 10^{-6}$  ~  $24.0 \times 10^{-6}$ ); REE 较低 ( $61.39 \times 10^{-6}$  ~  $111.69 \times 10^{-6}$ ), Eu 为 0.12 ~ 0.28, 具明显的负铕异常;  $^{18}\text{O}$  值为 +11.33‰ ~ +12.35‰。每一演化序列各单元的岩石化学成分、微量元素、稀土元素含量等都呈一定的规律性变化, 其特征表明, 该岩体物质来源于上地壳, 为典型的“S”型花岗岩。本期岩浆岩属过渡型 - 矿化花岗岩, 对 Ni、Th、Sn、W 等岩浆型矿床的形成比较有利。

**关键词:** 花岗岩; 地球化学特征; 成矿; 摩天岭; 桂北

**中图分类号:** P588.121

**文献标志码:** A

桂北摩天岭地区中元古代晚期花岗岩广泛发育, 该期大规模的岩浆活动与区内锡多金属成矿关系研究程度尚低。本次研究结合《桂北三防地区 1:5 万区域地质调查》成果<sup>[1]</sup>, 以摩天岭复式花岗岩体为例, 对其与成矿的关系进行研究。

## 1 区域地质背景

研究区位于华南板块扬子陆块 (程裕淇, 1994) 南缘, 属桂北隆起之九万大山褶断带。沉积了元古代、古生代地层 (图 1)。北部以中元古代四堡群和晚元古代丹洲群为主, 外围有震旦系分布; 南部以泥盆系和石炭系的碳酸盐岩沉积为主, 与下伏寒武系、震旦系呈角度不整合接触。经历四堡、雪峰、加里东、海西、印支、燕山等多期次构造运动, 褶皱和断裂发育。岩浆活动强烈, 有四堡期火山或海底火山喷发形成的基性—超基性、中酸性岩浆岩。雪峰期则为大面积酸性岩浆侵入, 构成了本区岩浆岩的主体<sup>[2]</sup>。

## 2 花岗岩体地质特征

摩天岭复式花岗岩体属摩天岭超单元, 出露于广西融水县三防—摩天岭一带, 侵入于四堡群组成的三防复式背斜构造核部, 出露面积约 767  $\text{km}^2$ 。花岗岩侵入体与围岩四堡群呈突变侵入接触, 并侵入本洞超单元, 围岩热变质主要为角岩化, 局部具同化混染现象。据三防地区 1:5 万区域地质调查资料, 锆石同位素年龄值为 822 ~ 872 Ma, 形成于中元古代晚期。根据岩石组合、岩石结构演化和接触关系等特征, 可分为 5 个单元, 由 2 个岩浆旋回构成 (表 1)。

各单元主要岩石类型、主要矿物成分见表 2, 岩石多具片麻状构造、碎裂结构, 为韧性剪切作用的产物。各单元岩石类型由老至新演化趋势为二长花岗岩 ( )—钾长花岗岩 ( )—花岗斑岩 ( )。

收稿日期: 2007 - 06 - 14

基金项目: 国土资源部基础地质调查项目 ( [1993] 039)

作者简介: 梁国宝 (1967 - ), 男, 博士研究生, 高级工程师, 研究方向: 地质矿产勘查、基础地质调查, E-mail: wtylianggbo@163.com。

### 3 地球化学特征

#### 3.1 主要岩石化学成分

各单元岩石化学成分见表 3,其中  $SO_2$ 、 $H_2O^+$  含

量比黎氏值、世界花岗岩等平均含量高,其他成分含量均偏低。从演化规律上看,具有 2 个岩浆旋回:

(1) 第 1 个岩浆旋回由三防单元 吉羊单元 汪洞单元,  $SiO_2$ 、 $Na_2O$  含量随时代变新而减少,  $FeO$ 、 $CaO$ 、 $MnO$ 、 $MgO$  则递增,  $K_2O$  总趋势增加,反映了酸性组分以及钠质晚期减少,而铁镁组分及钾质愈到晚期愈增加。第 2 个岩浆旋回由九桶单元 杆洞单元,  $SiO_2$ 、 $Na_2O$ 、 $FeO$  随时代变新而递减,  $Al_2O_3$ 、 $CaO$ 、 $MnO$ 、 $MgO$  递增,  $K_2O$  变化不大。

(2) 随单元时代变新,第 1 旋回钙碱指数为 0.32 0.04 0.102, 碱度率为 2.325 2.368 2.478, 分异指数为 90.983 90.739 87.382; 第 2 旋回钙碱指数为 0.028 0.025, 碱度率为 2.58 2.165, 分异指数为 91.709 90.515。表现为 2 个由酸性向偏基性、偏碱性演化的序列。

2 个旋回氧化物演化特点基本相似,说明属同源岩浆的连续演化序列。

#### 3.2 稀土元素特征

从表 4 看出,由三防单元 吉羊单元 汪洞单元 九桶单元 杆洞单元:

(1) 稀土总量 (REE) 分别为  $74.13 \times 10^{-6}$ 、 $64.41 \times 10^{-6}$ 、 $111.69 \times 10^{-6}$ 、 $75.45 \times 10^{-6}$ 、 $61.39 \times 10^{-6}$ , 基本反映稀土总量具 2 个岩浆旋回。第 1 旋回是马鞍形演化; 第 2 旋回早期形成的单元 REE 高, 晚期单元 REE 低。

(2) 轻重稀土比值 (Ce/Y), 分别为 2.51、2.42、1.98、1.70、1.64, 反映了 2 个由高至低的旋回, 其中一期结构单元的比值高于二期结构, 说明早期轻稀土富集明显高于晚期。

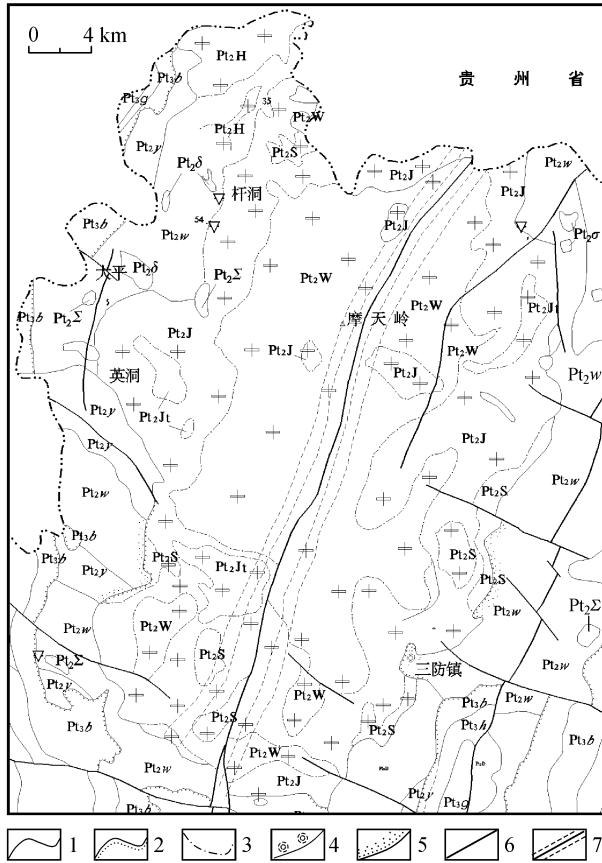


图 1 桂北摩天岭地区地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of Motianling, North Guangxi  
 Pt<sub>5</sub>H—杆洞单元; Pt<sub>5</sub>Jt—九桶单元; Pt<sub>5</sub>W—汪洞单元;  
 Pt<sub>5</sub>J—吉羊单元; Pt<sub>5</sub>S—三防单元; Pt<sub>5</sub>g—丹洲群拱洞组;  
 Pt<sub>5</sub>h—丹洲群合桐组; Pt<sub>5</sub>b—丹洲群白竹组; Pt<sub>5</sub>y—四堡群  
 鱼西组; Pt<sub>5</sub>w—四堡群文通组; Pt<sub>5</sub>c—橄榄岩; Pt<sub>5</sub>f—闪长  
 岩; Pt<sub>5</sub>m—超基性岩; Pt<sub>5</sub>—基性岩; 1—地质界线; 2—  
 地层角度不整合界线; 3—岩相分界线; 4—硅化; 5—角岩  
 化; 6—断层; 7—韧性剪切带

表 1 单元划分

Table 1 Division of each magmatic unit

单元	代号	岩 性	结 构	采用同位素 年龄 /Ma	侵入体 个数	侵入接 触关系
杆洞	Pt <sub>5</sub> H	花岗斑岩	二期结构		多	
九桶	Pt <sub>5</sub> Jt	细粒斑状(含石榴)钾长(二长)花岗岩	二期结构	822 ±30	6	
汪洞	Pt <sub>5</sub> W	粗粒斑状(含石榴)黑云钾长(二长)花岗岩	一期结构	859 ±29	6	
吉羊	Pt <sub>5</sub> J	中粒斑状(含石榴)二长(钾长)花岗岩	一期结构	858 ±50	6	
三防	Pt <sub>5</sub> G	中细粒斑状(含石榴)二长(钾长)花岗岩	一期结构	872 ±12	32	

代表脉动侵入接触。同位素年龄测试单位:桂林矿产地质研究院同位素室,1995

表 2 各单元岩石类型及主要矿物成分

Table 2 Rock types and main mineral components of each unit

单元	岩石类型	主要矿物成分 / %	
		斑晶	基质
三防	细粒斑状二长(钾长)花岗岩, 中细粒斑状二长(钾长)花岗岩, 细粒斑状含石榴(钾长)花岗岩	石英 1~3, 微斜条纹长石 3~6, 钠长石 3~6, 黑云母 <0.1	石英 30~36, 微斜条纹长石 25~48, 绢云母 1~3, 钠长石 18~20, 白云母 2~3, 水黑云母 2
吉羊	细中粒斑状二长(钾长)花岗岩, 中粒斑状二长(钾长)花岗岩, 粗中粒斑状二长(钾长)花岗岩	石英 1~3, 微斜条纹长石 3~10	石英 30~49, 微斜条纹长石 34~48, 钠-更长石 12~20, 白云母 2~4
汪洞	中粗粒斑状黑云钾长花岗岩, 粗粒斑状黑云钾长(二长)花岗岩, 中粗粒斑状含石榴钾长花岗岩	石英 1~2, 微斜条纹长石 2~5, 钠-更长石 1~2	石英 25~40, 微斜条纹长石 32~50, 黑云母(2~4), 钠-更长石 15~20, 绢云母 2~6, 水黑云母 2
九桶	细粒斑状钾长(二长)花岗岩, 细粒斑状含石榴钾长(二长)花岗岩	石英 1~3, 微斜条纹长石 2~4	石英 26~40, 微斜条纹长石 18~50, 钠长石 (An6~7) 16~25, 绢云母 0~3
杆洞	花岗斑岩	微斜条纹长石 15~25	石英 38~42, 微斜条纹长石 35~42, 钠长石 (An7) 14~18, 白云母、黑云母 2

测试单位: 广西区域地质调查研究院, 1995

表 3 各单元岩石化学成分

Table 3 Chemical compositions of each unit

单元	SiO <sub>2</sub>	TO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	总和
三防单元 (4)	75.233	0.066	12.818	0.530	1.193	0.238	0.285	0.029	5.010	2.580	0.078	1.155	99.215
吉羊单元 (3)	76.483	0.083	12.267	0.493	1.103	0.240	0.283	0.026	3.340	2.483	0.098	0.893	97.792
汪洞单元 (6)	74.417	0.185	12.787	0.578	1.582	0.592	0.457	0.041	5.108	1.895	0.104	1.172	98.918
九桶单元 (2)	75.447	0.065	12.640	0.440	1.270	0.220	0.253	0.033	4.983	2.820	0.089	0.930	98.190
杆洞单元 (1)	75.010	0.086	13.050	0.520	1.080	0.260	0.280	0.042	4.980	2.450	0.120	1.020	98.898
岩脉 (1)	75.900	0.052	12.230	0.220	1.260	0.200	0.340	0.015	5.190	2.900	0.124	0.760	99.191
中国黑云母花岗岩 (黎彤, 1962)	71.99	0.21	13.81	1.37	1.70	1.55	0.81	0.12	3.81	3.42	0.20	0.64	99.63
花岗岩 (诺科多兹 1954)	72.08	0.37	13.86	0.86	1.68	1.33	0.52	0.06	5.46	3.08	0.18	0.53	100.01
世界花岗岩 (R. W. 利曼特瑞 1976)	71.30	0.31	14.32	1.21	1.64	1.84	0.71	0.05	4.07	3.66	0.12	0.64	99.92

括号内数字为样品数; 测试单位: 地质矿产部武汉综合岩矿测试中心, 1995

(3) Eu值分别为 0.14、0.18、0.28、0.12、0.19。Eu的变化也说明有相应的 2 个旋回, Eu 均为从低至高演化 (图 2), 每一旋回岩浆早期钨亏损强, 岩石酸性较强; 晚期钨亏损弱, 岩石酸性程度较弱, 这与岩石化学资料吻合。

在配分型式图 (图 2) 中各单元均表现为左高右低的倾斜曲线, 轻稀土 La—Sm 较陡, 重稀土 Gd—Lu 较平缓, 单元由老至新 “V” 型谷由深变浅。这主要是与摩天岭复式岩体经受长期动力变质作用后导致的轻稀土流失有关。

### 3.3 微量元素特征

各单元微量元素含量见表 5, 其变化特征为第 1 旋回三防单元 吉羊单元 汪洞单元, 随时代的

变新, W、Sn、Ni、Sb、Be、Nb、Zr、Sc、Mo 含量递减, Ag、Cr、As、Li、Ba、Sr 含量递增, Cu、Pb、Co、Ca、Th 连续性较好, 这与 “S” 型花岗岩从早至晚演化特征是一致的。

第 2 旋回九桶单元 杆洞单元, Cu、W、Sn、Co、Be、Li、Sr、Zr、Sc、Ti 含量随时代的变新而递增, Pb、Ag、Mo、Cr、Ni、Sb、As、Ba、Nb、Th 等 10 种元素含量递减, Zn 连续性较好。

在  $10^3\text{Li/Mg}$  值演化图中 (图 3), 每一旋回  $10^3\text{Li/Mg}$  值均呈现随时代变新而增加的趋势, 并有 2 个由低到高的演化旋回, 且比值变化很大。反映在岩浆分异过程中, 随时间推移, 镁含量减少, 酸度增大, 挥发份增加。

表 4 各单元稀土元素含量及特征

Table 4	单 元					平均值
	REE contents and characters of each unit					
	三防 (2)	吉羊 (2)	汪洞 (2)	九桶 (2)	杆洞 (1)	
La	8.71	9.91	23.72	8.09	8.93	10.70
Ce	20.42	22.21	38.90	17.57	17.29	24.16
Pr	2.36	2.39	4.35	2.33	2.60	2.88
Nd	8.36	7.35	14.05	8.15	7.90	9.55
Sm	2.31	1.68	3.15	2.36	2.07	2.42
Eu	0.11	0.10	0.28	0.95	0.12	0.15
Gd	2.37	1.64	2.97	2.57	1.81	2.41
Tb	0.54	0.39	0.63	0.59	0.41	0.54
Dy	3.86	2.57	3.94	4.29	2.64	3.67
Ho	0.67	0.46	0.74	0.77	0.48	0.66
Er	1.85	1.18	1.98	2.32	1.33	1.85
Tm	0.27	0.19	0.31	0.36	0.23	0.29
Yb	1.50	1.06	1.69	2.21	1.38	1.65
Lu	0.20	0.15	0.24	0.32	0.20	0.23
Y	20.02	13.13	21.92	23.45	14.00	19.89
REE	74.13	64.41	111.69	75.45	61.39	81.04
Ce <sub>N</sub> / Y <sub>N</sub>	2.51	2.42	1.98	1.70	1.64	2.06
Eu	0.14	0.18	0.28	0.12	0.19	0.18
Ce	1.03	1.05	1.05	0.94	0.84	0.99
Ce <sub>N</sub> / Yb <sub>N</sub>	3.04	4.72	5.48	1.81	2.82	3.53
La <sub>N</sub> / Yb <sub>N</sub>	3.40	5.43	5.98	2.15	3.76	4.03
La <sub>N</sub> / Sm <sub>N</sub>	2.29	3.60	3.21	2.08	2.63	2.67
Gd <sub>N</sub> / Yb <sub>N</sub>	1.14	1.09	1.26	0.83	0.93	1.06

括号内数字为样品数；测试单位：地质矿产部武汉综合岩矿测试中心，1995；球粒陨石采用里德的数据

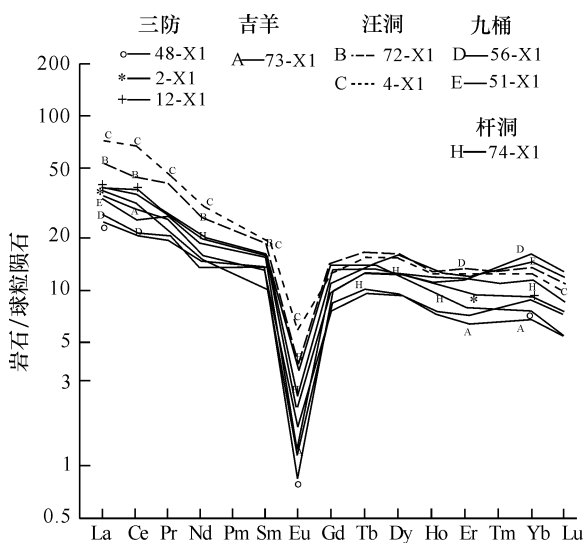


图 2 各单元及脉岩稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of each unit and dike

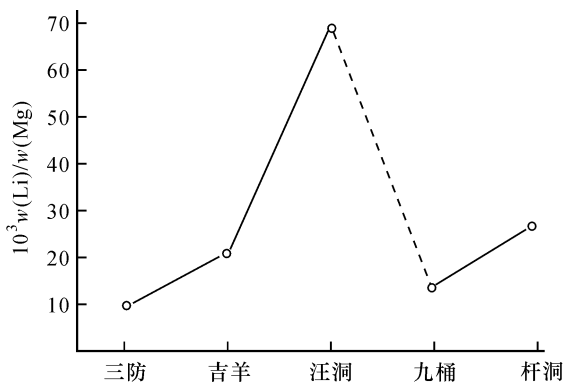


图 3 各单元 10<sup>3</sup>Li/Mg 值演化图

Fig. 3 Evolution of 10<sup>3</sup>Li/Mg ratio of each unit

总体反映为 Sb、As、Li、Sn 元素含量高，其中各单元 Sn 元素含量普遍是维氏值的 2~6 倍，Cu 元素在九桶单元、杆洞单元中的含量明显高于维氏值，Sr 元素含量远远低于维氏值（表 5）。

在孙氏图解中（图 4）各单元曲线图形极为相似，并且不相容元素一侧曲线比较紧凑，相容元素一侧曲线相对稀疏，说明各单元的岩浆源和成因是一致的。

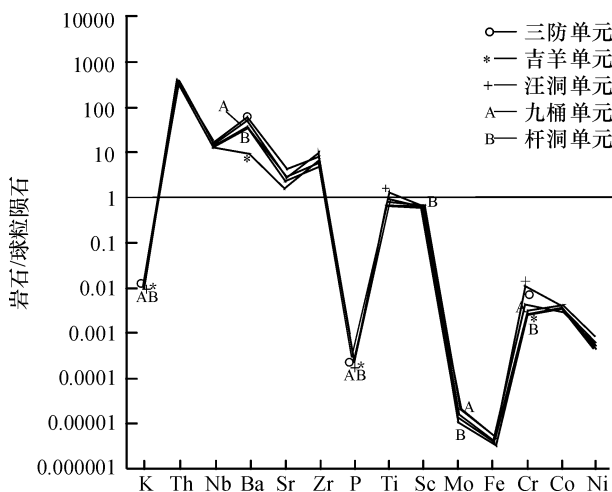


图 4 各单元花岗岩孙氏图解

Fig. 4 Sun diagram of granite of each unit

### 3.4 稳定同位素特征

在三防、吉羊、汪洞等 3 个单元分别各取 1 个样进行氧同位素测定，<sup>18</sup>O (SMOW) 为：三防 +11.33‰，吉羊 +11.73‰，汪洞 +12.35‰。显示第 1 旋回各单元 <sup>18</sup>O 值从三防单元 吉羊单元 汪洞单元由老至新具增高趋势；<sup>18</sup>O 均大于 +10.0‰，属 S 型花岗岩。

表 5 各单元微量元素含量  
Table 5 Trace elements content of each unit

	单 元											岩体总 平均值	维氏酸性 岩平均值	
	三防			吉羊		汪洞			九桶					杆洞
	2 - W <sub>1</sub>	12 - W <sub>2</sub>	平均值	73 - W <sub>1</sub>	72 - W <sub>1</sub>	4 - W <sub>1</sub>	平均值	51 - W <sub>1</sub>	56 - W <sub>1</sub>	平均值	74 - W <sub>1</sub>			
Cu	21.000	4.900	12.950	11.000	11.500	14.000	12.750	19.000	36.000	27.500	36.000	19.175	20.000	
Pb	14.500	7.200	10.850	10.000	22.000	19.000	20.500	42.000	11.500	26.750	18.000	18.025	20.000	
Zn	58.000	38.000	48.000	33.000	64.000	38.000	51.000	51.000	24.000	37.500	37.000	42.875	60.000	
Ag	0.065	0.025	0.045	0.052	0.105	0.046	0.075	0.148	0.053	0.101	0.045	0.067	0.050	
W	1.100	0.880	0.990	0.900	0.680	0.200	0.440	0.440	1.300	0.870	1.000	0.813	1.500	
Sn	14.500	9.000	11.750	8.500	11.000	4.100	7.550	7.600	6.100	6.850	18.000	9.850	3.000	
Mo	0.250	0.190	0.220	0.460	0.280	0.180	0.230	0.400	0.550	0.475	0.210	0.315	1.000	
Cr	10.000	5.200	7.600	6.200	31.000	15.500	23.250	5.400	7.800	6.600	5.600	10.838	25.000	
Ni	4.400	8.600	6.500	4.400	6.600	4.400	5.500	3.600	12.500	8.050	3.800	6.037	8.000	
Co	1.400	2.000	1.700	1.500	1.800	2.000	1.900	2.100	1.500	1.800	1.900	1.775	5.000	
Sb	2.500	0.100	1.300	0.840	0.840	0.670	0.755	1.600	0.780	1.190	0.980	1.039	0.260	
As	4.400	3.000	3.700	6.600	13.000	3.400	8.200	24.000	6.800	15.400	11.000	9.025	1.500	
Be	2.900	2.200	2.550	1.700	2.500	1.800	2.150	1.700	2.000	1.850	2.500	2.162	5.500	
Li	21.500	140.000	80.750	35.000	140.000	46.000	93.000	31.000	10.000	20.500	43.000	58.313	40.000	
Ba	35.000	360.000	197.500	100.000	135.000	250.000	192.500	145.000	113.000	129.000	115.000	156.625	830.000	
Sr	16.500	39.000	27.750	20.500	27.000	56.000	41.500	21.000	23.500	22.250	26.000	28.688	300.000	
Sc	3.100	2.600	2.850	2.700	4.200	1.900	3.050	3.100	2.900	3.000	3.300	2.975	3.000	
Nb	9.400	8.900	9.150	8.000	8.600	4.900	6.750	8.200	8.600	8.400	8.200	8.100	20.000	
Th	13.000	8.800	10.900	12.000	14.000	7.200	10.600	9.800	13.500	11.650	10.200	11.063	18.000	
Zr	74.000	89.000	81.500	61.000	65.000	85.000	75.000	48.000	48.000	48.000	58.000	66.000	200.000	
Ti	540.000	520.000	530.000	600.000	1050.000	640.000	845.000	370.000	450.000	410.000	580.000	593.750	230.000	

测试单位:广西地矿局测试中心, 1994

## 4 花岗岩成因类型

本区大地构造上属滨太平洋构造域与特提斯-喜马拉雅构造域之交汇部位, 扬子板块与华夏板块的结合部。区内断裂活动强烈, 形成复杂的线形褶皱-断裂-岩浆岩带。岩石地球化学研究表明, 摩天岭复式花岗岩体物质来源于上地壳, 为上地壳重熔所形成, 为典型的“S”型花岗岩。其主要成因依据如下:

在岩石化学成分上, 各单元  $SiO_2$  含量较高, 为 74.417% ~ 76.483%;  $K_2O$  含量在 5% 左右;  $Na_2O$  低于 3.2%;  $CaO$  含量很低, 为 0.240% ~ 0.592%。2个旋回氧化物演化特点基本相似, 说明属同源岩浆的连续演化序列。从岩石化学的角度来说, 三防序列为典型的“S”型花岗岩。

各单元岩石微量元素 Sb、As、Li、Sn 含量高, Sr 含量远远低于维氏值。在孙氏图解(图 4)中各单元曲线图形极似, 并且不相容元素一侧曲线比较紧凑, 相容元素一侧曲线相对稀疏, 说明各单元的岩浆和成因是一致的。随着时代变新,

$10^3Li/Mg$  值变大, 反映岩浆愈来愈向酸性方向演化, 各单元  $10^3Li/Mg$  值均小于 337.04, 具“S”型花岗岩特征。

各单元稀土总量均较低, 为 (61.39 ~ 111.69)  $\times 10^{-6}$ , Ce/Y 值由三防单元 吉羊单元 汪洞单元 九桶单元 杆洞单元分别为 2.51、2.42、1.98、1.70、1.64, 这与一个超单元(一次热事件)随岩浆演化, Ce/Y 递减是一致的。Eu 为 0.12 ~ 0.28, 小于 0.3。原因是三防序列花岗岩经过了长时间动力变质作用, 而轻稀土 Eu、Gd、Sm 等较不稳定, 在这种环境中价态容易改变而流失, 导致轻稀土出现异常。

三防序列氧同位素  $^{18}O$  值为 +11.33‰ ~ +12.35‰, 均 >10‰ 显示为“S”型花岗岩。另据彭大良等资料, 三防序列  $^{87}Sr/^{86}Sr$  (初始值) = 0.713 98, 显示成岩物质主要来源自硅铝质地壳。

## 5 成矿关系

### 5.1 岩石类型与成矿的关系

据研究区内已发现的主要矿产综合分析, 主

要的赋矿岩石类型归纳如下。

与铀矿有关的岩石类型：主要为九桶单元、吉羊单元和汪洞单元中受构造作用较强、渗透性能较好的片麻状、糜棱状黑云母二长（钾长）花岗岩。

与锡矿有关的岩石类型：主要为三防单元的细粒似斑状二长（钾长）花岗岩和吉羊单元的中粒似斑状二长（钾长）花岗岩中断层破碎带内的构造蚀变岩及后期气液成因的云英岩脉和电英岩脉。

与铜矿有关的岩石类型：主要为杆洞单元的花岗斑岩及后期的云英岩脉。

### 5.2 岩石化学成分与成矿的关系

据南京大学总结的南岭花岗岩 W、Sn、Be、Nb、Ta 矿化与硅碱原子数有关的规律为：Si 原子数 > 1 235, (K+Na) 原子数 > 210, 为矿化单元；Si 原子数 < 1 190, (K+Na) 原子数 < 195, 为不具矿化单元，介于两者之间为过渡类花岗岩<sup>[3]</sup>。根据各单元岩石化学成分计算出各单元的硅和钾钠原子数，分别投影到矿化与不矿化单元的 K+Na 和 Si 相关图上（图 5），得出如下结果：

落在矿化区的有三防单元、吉羊单元、九桶单元、杆洞单元的多数侵入体及脉岩，但 (K+Na) 原子数均 < 210, 因此应属过渡 - 矿化花岗岩，对 W、Sn、Be、Nb、Ta 等岩浆型矿床的形成比较有利。

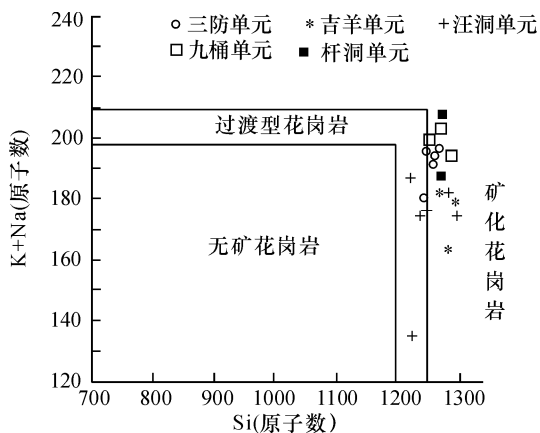


图 5 各单元及岩脉 (K+Na) - Si 相关图

Fig. 5 Correlation chart of (K+Na) - Si of each unit and dike

### 5.3 岩石微量元素与成矿关系

各单元成矿元素含量普遍较低，多数低于维氏值；Sn、Sb、Li、As 平均含量均高于维氏值，Cu 元素含量在九桶单元、杆洞单元中的含量明显高于维氏值。但各单元成矿元素  $10^3 \text{Li/Mg}$  值均小

于 337.04, Zr/Sn 值多为小于  $30 \pm 10$ , 说明多不利于岩浆型矿床成矿<sup>[4]</sup>。

### 5.4 稀土元素含量特征与成矿关系

稀土元素含量的高低直接决定了稀土的矿化强度，各单元稀土总量为  $(60.81 \sim 111.69) \times 10^{-6}$  (表 4)，大大低于地壳平均总量  $(165.35 \times 10^{-6})$ 。把各单元稀土元素总量 (REE) 及 La/Tm 值投影到 REE - La/Tm 相关图中<sup>[4,5]</sup> (图 6)，投影点均落在 Ni、Th、Sn、W 成矿区，说明各单元均可能形成 Ni、Th、Sn、W 矿体。

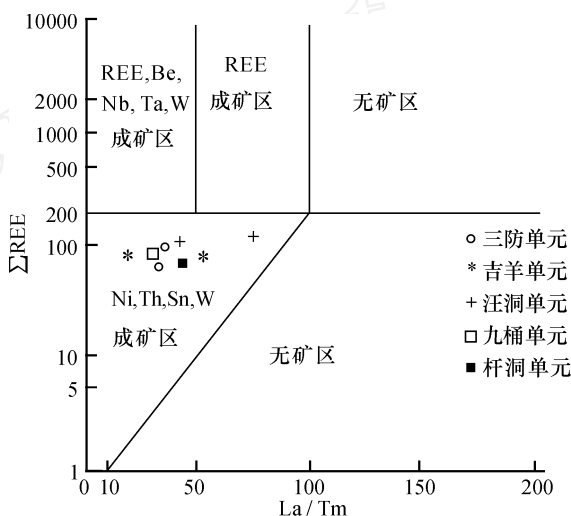


图 6 各单元 REE - La/Tm 相关图

Fig. 6 Correlation chart of REE - La/Tm of each unit

## 6 结 论

对桂北地区摩天岭复式花岗岩体岩石地球化学特征研究表明，摩天岭复式花岗岩体物质来源于上地壳，为上地壳重熔所形成，为典型的“S”型花岗岩。各单元岩石中 Sn、Sb、Li、As 平均含量均高于维氏值，Cu 元素含量在九桶单元、杆洞单元中的含量明显高于维氏值，本期岩浆岩应属过渡 - 矿化花岗岩，对 W、Sn 等岩浆型矿床的形成比较有利。稀土元素含量特征说明各单元均可能形成 Ni、Th、Sn、W 矿体。

### 参考文献：

[1] 梁国宝，刘军模，廖开立，等. 桂北三防地区 1:5 万区域地质调查报告 [R]. 南宁：广西壮族自治区地质矿产局，1998

[2] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志 [M]. 北京：地质出版社，1985.

- [3] 南京大学地质系矿物岩石教研室. 火成岩岩石学 [M]. 北京: 地质出版社, 1982.  
 北京: 地质出版社, 1982. [5] 卡迈克尔 I S E, 特纳 F J, 费尔福根 J. 火成岩岩石学  
 [4] 地矿部南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用 [M]. 北京: 地质出版社, 1989.  
 [M]. 北京: 地质出版社, 1982.

## Geochemical Characteristics of the Motianling Composite Granitoid and Mineralization in North Guangxi

LIANG Guo-bao<sup>1,2</sup>

(1. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. Guangxi Geology and Mineral Resources Exploration and Development Co., Ltd, Nanning 530023, China)

**Abstract:** Late Proterozoic Motianling composite granitoid is composed of 5 units (Sanfang, Jiyang, Wangdong, Jiutong and Gandong) falling into 2 magmatic evolution cycles. The lithology includes fine - medium - coarse-grained porphyritic monzonite granite and granite porphyry. It is characterized by high  $\text{SiO}_2$  (74.41% ~ 76.483%), Sn ( $4.1 \times 10^{-6}$  ~  $18.1 \times 10^{-6}$ ), Sb ( $0.1 \times 10^{-6}$  ~  $2.5 \times 10^{-6}$ ), Li ( $10.0 \times 10^{-6}$  ~  $140.0 \times 10^{-6}$ ) and As ( $3.0 \times 10^{-6}$  ~  $24.0 \times 10^{-6}$ ); low REE ( $61.39 \times 10^{-6}$  ~  $111.69 \times 10^{-6}$ ); Eu = 0.12 ~ 0.28;  $^{18}\text{O} = +11.33\text{‰}$  ~  $+12.35\text{‰}$ . Each unit displays a regular variation in chemical composition, trace elements and REE contents. Those characteristics indicate that Motianling composite granitoid is a typical "S"-type granitoid generated from upper crust. The Motianling composite granitoid is favourable for mineralization of Ni, Th, Sn and W, as a transitional mineralized granitoid.

**Key words:** granitoid; geochemical characteristics; mineralization; Motianling; North Guangxi