

文章编号：1006-6616 (2001) 02-0116-07

# 松嫩地块北缘新元古代花岗岩类 构造环境的地球化学研究

郑庆道

(黑龙江地质矿产局, 哈尔滨 150036)

**摘要：**花岗岩类岩石学和地球化学特征研究表明，松嫩地块北缘新元古代花岗岩类具有典型的板块会聚边缘型岩石组合和正序列岩浆演化系列。其中科洛岩体形成于活动陆缘环境，属Ⅰ型花岗岩；双合岩体形成于板块碰撞同期，属S型花岗岩；而九头山单元和柳屯单元则分别形成于造山期后和大陆造陆上升阶段。这一构造-岩浆作用暗示着松嫩地块北缘在新元古代板块构造体制就开始运行。

**关键词：**花岗岩类；构造环境；新元古代；松嫩地块北缘

中图分类号：P584

文献标识码：A

有关松嫩地块的形成和演化一直是大地构造学家普遍关心的问题，但由于受到研究程度的限制，对松嫩地块早期构造演化还缺乏足够的了解。1989~1991年我们在对嫩江县幅进行1:20万区域地质调查过程中，在松嫩地块北缘嫩江一带识别出一系列新元古代花岗岩类侵入岩，对其形成的构造环境进行深入研究，无疑会深化松嫩地块及古亚洲洋的形成演化的认识。

## 1 花岗岩类地质学特征

松嫩地块北缘新元古代花岗岩类岩石主要分布于科洛和双合等地，面积约155km<sup>2</sup>，其中含有大量中元古代变质岩捕虏体（图1）。已确定4个新元古代花岗岩类岩体或单元。

科洛岩体是从中元古界新开岭群中解体出来的，岩性主要为英云闪长岩和花岗闪长岩。岩体与新开岭群变质岩一起经历了晋宁期变形变质作用，片麻理与变质岩中的片麻理走向一致。副矿物主要为磷灰石、锆石、榍石、金红石和磁铁矿等，显示出Ⅰ型花岗岩的副矿物组合特征。双合岩体为中粗粒-中细粒花岗岩和花岗闪长岩，副矿物组合为锆石、黄铁矿、磷灰石、褐铁矿、赤铁矿和石榴石。岩石具有交代结构，普遍含石榴石、白云母，具典型“S”型花岗岩特征。九头山单元为中粗粒钾长花岗岩，岩石具典型岩浆岩的花岗结构。单元内部的岩石类型、结构及成分变化小，副矿物组合类似科洛岩体。Sr同位素初始比值为0.7086，说明岩浆物质来源于深部。另外，从岩石的Nd同位素测定结果来看，九头山单元钾长花岗

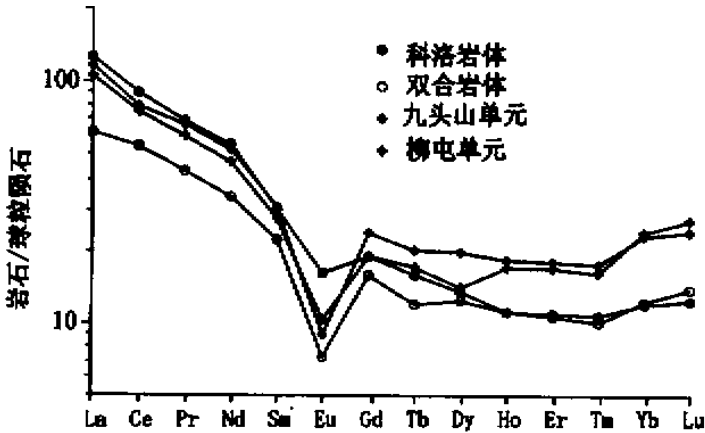


图 1 松嫩地块北缘嫩江一带地质略图

Fig.1 Geological sketch map of Nenjiang area  
in the north margin of Songnen Massif

1. 第四系；2. 上新统馒头山玄武岩组；3. 中—上新统孙吴组；4. 上白垩统嫩江组；
5. 下石炭统核桃山组；6. 新元古代花岗岩类；①九头山单元，②柳屯单元；
7. 新元古代双合岩体；8. 新元古代科洛岩体；9. 中元古界新开岭群

岩的 Sm-Nd 单阶段演化模式年龄为  $1095\text{Ma} \pm 35\text{Ma}$ ，正的  $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$  也证实了成岩物质主要来源于亏损地幔。柳屯单元为中细粒碱长花岗岩，副矿物有锆石、黄铁矿、磁铁矿和榍石、石榴石等，后期受构造作用普遍碎裂和糜棱岩化，岩石类型单一。

根据野外产状及其变形变质特征判定，科洛岩体侵位最早，其次是双合岩体，继之是九头山单元，柳屯单元侵位最晚。按照侵位的先后顺序，岩石组合是：英云闪长岩→花岗闪长岩→花岗岩→钾长花岗岩→碱长花岗岩，表现为典型的板块会聚边缘型岩石组合和正序列岩浆演化系列。

## 2 花岗岩类岩石地球化学特征

由表 1 可见，科洛岩体、双合岩体、九头山单元中各种岩石类型的氧化物含量随着  $\text{SiO}_2$  含量的改变呈现出规律性的变化。随着  $\text{SiO}_2$  含量的增加，总体上， $\text{MgO}$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{CaO}$  等含量逐渐减少， $\text{K}_2\text{O}$  正好相反，而  $\text{Na}_2\text{O}$  变化则不明显，里特曼指数显示 3 个岩体均为钙碱性系列岩石。柳屯单元岩石中的氧化物含量及其有关参数与前 3 个岩体变化趋势并不协调，显然，它有自己独特的源区性质和演化历程。

在稀土元素组成特征上（表 2），科洛岩体的英云闪长岩的稀土元素较为富集，而双合岩体花岗闪长岩相对贫乏，但各岩体稀土分布模式相近（图 2），几乎所有的稀土元素配分曲线均属轻稀土富集型，这是板块会聚边缘中酸性侵入岩的普遍特征。科洛岩体中英云闪长岩和花岗闪长岩为弱铕异常，证明它们没有经历过明显的斜长石分离结晶作用，岩浆演化程度不高。而双合岩体、九头山单元和柳屯单元中花岗岩类岩石均属稀土配分型式具中等铕异

常, 证明它们经历了明显的斜长石分离结晶作用, 属于演化程度较高的岩浆。

表 1 花岗岩类主要元素组成/%

Table 1 Major element compositions of the granitoids/%

岩体	样品数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO
科洛岩体	7	65.40	0.62	15.88	2.60	2.15	0.07	1.08	3.50
双合岩体	12	72.37	0.23	14.29	1.13	1.58	0.03	0.26	1.73
九头山单元	15	72.48	0.27	13.94	1.24	1.62	0.03	0.22	0.53
柳屯单元	6	76.20	0.17	12.24	0.90	1.18	0.04	0.12	0.42
岩体	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mn	总和	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	A/KNC	δ	
科洛岩体	4.09	2.39	0.48	0.75	99.01	0.58	1.08	1.87	
双合岩体	4.26	3.70	0.21	0.70	100.5	0.80	1.08	1.80	
九头山单元	4.01	4.27	0.16	0.84	99.61	1.06	1.15	2.33	
柳屯单元	4.14	3.71	0.21	0.53	99.89	0.90	1.06	1.86	

表 2 花岗岩类稀土元素组成/ $\times 10^{-6}$

Table 2 Rear earth element compositions of the granitoids/ $\times 10^{-6}$

岩体	样品数	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
科洛岩体	4	41.53	77.74	8.93	34.86	6.08	1.25	5.23	0.79	4.60
双合岩体	9	20.55	47.33	5.62	21.26	4.56	0.55	4.38	0.59	4.20
九头山单元	9	38.32	68.43	8.65	33.19	6.21	0.68	6.58	1.00	6.74
柳屯单元	6	34.62	64.88	7.81	29.51	5.56	0.79	5.25	0.85	4.81
岩体	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	∑REE	δEu	(La/Yb) <sub>N</sub>		
科洛岩体	0.84	2.41	0.37	2.57	0.41	187.61	0.75	10.89		
双合岩体	0.84	2.34	0.26	2.64	0.46	115.58	0.37	5.21		
九头山单元	1.40	4.00	0.61	5.01	0.80	181.12	0.33	13.23		
柳屯单元	1.30	3.76	0.56	5.19	0.89	165.79	0.45	4.50		

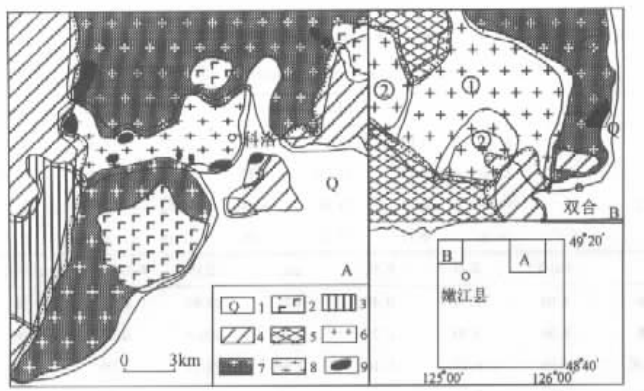


图 2 稀土元素组成模式

Fig.2 Compositional model of rare earth elements

### 3 花岗岩类岩石构造环境

如前所述，松嫩地块北部边缘新元古代花岗岩类具有典型的板块会聚边缘型岩石组合。下面根据岩石化学、稀土元素和微量元素地球化学特征，进一步论述其构造环境。

#### 3.1 主要元素与构造环境

从花岗岩类总体化学成分与 Maniar 等<sup>[1]</sup>建立的造山型和非造山型花岗岩类岩石化学成分对比可以看出（表 3），科洛岩体、双合岩体和九头山单元岩石具有钙碱性性质，应是活动大陆边缘岩浆弧的典型特征。其中科洛岩体岩石与大陆弧型花岗岩类相当，双合岩体则与大陆碰撞带花岗岩类相当，九头山单元与造山期后花岗岩类岩石化学成分一致，而柳屯单元则与非造山的大陆造陆上升花岗岩类岩石具有可比性。花岗岩类岩石的山德指数显示了同样的结果（图 3）。

表 3 造山型花岗岩类岩石化学特征对比<sup>[1]</sup>

Table 3 Geochemical characteristic comparison among the orogenic granites

参 数	造山的				非造山的
	IAG	CAG	CCG	POG	CEUG
SiO <sub>2</sub> 范围/%	60~68	62~76	70~76	70~78	71~77
钙碱指数	钙质到钙碱性	钙碱性	钙碱-碱钙	碱性-钙质	碱性-钙质
山德指数	主要为偏铝质	偏铝质过铝质	过铝质	过铝偏铝过碱	过铝偏铝过碱
Na <sub>2</sub> O/CaO	约 0.1	< 4.0	约 2.0~10.0	约 2.0~18.0	约 1.0~12.0
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	0.4~3.0	0.4~2.0	约 0.4~1.5	约 0.6~1.2	约 0.6~1.0
MgO/∑FeO	0.3~0.85	0.10~0.50	0.05~0.6	0.02~0.30	0.0~0.12
MgO/MnO	12.0~28.0	2.0~38.0	2.0~45.0	2.0~18.0	0.0~7.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	> 1.5	> 1.1	> 1.1	0.9~1.4	< 1.15
参 数	科洛岩体	双合岩体	九头山单元	柳屯岩体	
SiO <sub>2</sub> 范围/%	62.60~71.00	69.04~76.14	68.70~77.88	73.42~78.18	
钙碱指数	钙碱性	钙碱性	钙碱性	钙碱性	
山德指数	过铝质	过铝质	过铝质	过铝质	
Na <sub>2</sub> O/CaO	1.17	2.46	7.57	9.86	
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	1.71	1.15	0.94	1.12	
MgO/∑FeO	0.24	0.10	0.08	0.06	
MgO/MnO	15.43	8.67	7.33	3.00	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / (Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O)	1.81	1.40	1.24	1.13	

注：英文缩写同图 3

在 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 多阳离子图解上<sup>[2]</sup>（图 4），科洛岩体英云闪长岩、花岗闪长岩投影于板块碰撞前阶段区域内，即形成于洋盆闭合过程的 B 型俯冲阶段；双合岩体花岗闪长岩和花岗岩形成于 B 型俯冲结束之后的同碰撞阶段；而九头山单元钾长花岗岩主要投影于造山期后阶段区域内，意味着钾长花岗岩形成于造山期后的应力松弛阶段；柳屯单元则位于非造山 A 型花岗岩区。不言而喻，不同类型侵入岩的投影结果与它们相互间的侵位顺序是完全一致的，

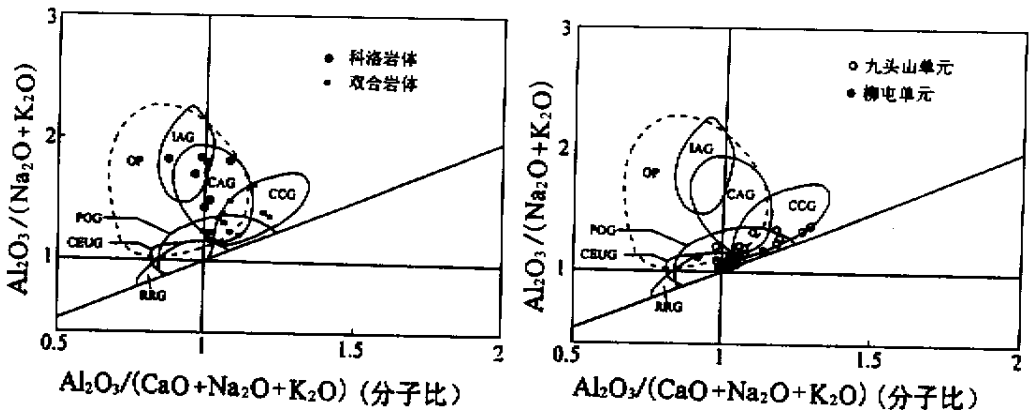


图3 花岗岩类的山德指数

Fig.3 Shandes index of the granitoids

IAG. 岛弧花岗岩类岩石; CAG. 大陆弧花岗岩类岩石; CCG. 大陆碰撞花岗岩类岩石; POG. 造山期后花岗岩类岩石; RRG. 与裂谷有关的花岗岩类岩石; CEUG. 大陆造陆上升花岗岩类岩石; OP. 大洋斜长花岗岩类

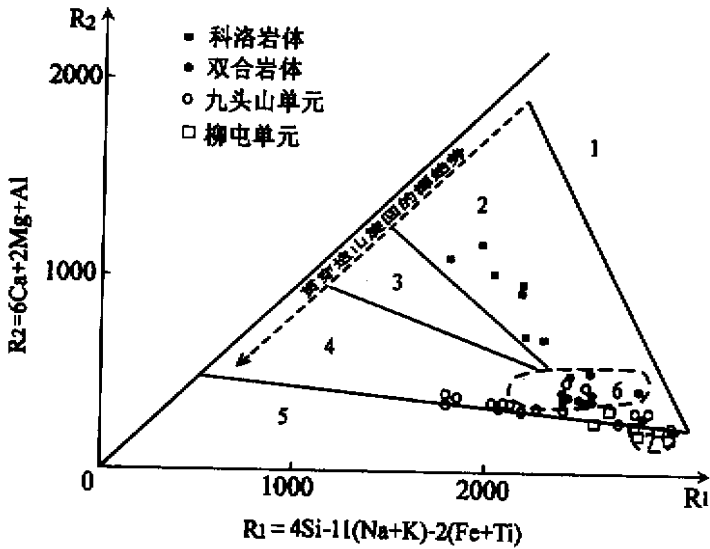


图4 花岗岩类 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> 多阳离子图解

Fig.4 R<sub>1</sub>-R<sub>2</sub> multication diagram of the granitoids

- 1. 幔源斜长花岗岩; 2. 板块碰撞前阶段; 3. 板块碰撞隆起阶段;
- 4. 造山晚期阶段; 5. 非造山 A 型花岗岩; 6. 同碰撞阶段; 7. 造山期后阶段

并与依据地质学和岩石学研究所得出的认识相一致。

### 3.2 微量元素与构造环境

在 Pearce 等<sup>[3]</sup>提出的 K<sub>2</sub>O 和不相容微量元素在洋中脊花岗岩标准化地球化学图谱上, 科洛岩体英云闪长岩与智利主动大陆边缘火山弧花岗岩的地球化学图谱类似 (图 5a), 双合岩体花岗岩闪长岩和花岗岩和大陆与大陆碰撞带同构造期花岗岩地球化学图谱相似 (图 5b), 而九头山单元钾长花岗岩则与凯里居大陆与大陆碰撞带晚构造期花岗岩地球化学图谱一致 (图

5c), 柳屯单元的碱长花岗岩与萨巴洛卡板内花岗岩地球化学图谱相吻合 (图 5d)。上述结果与主要元素所判断的构造环境是一致的。

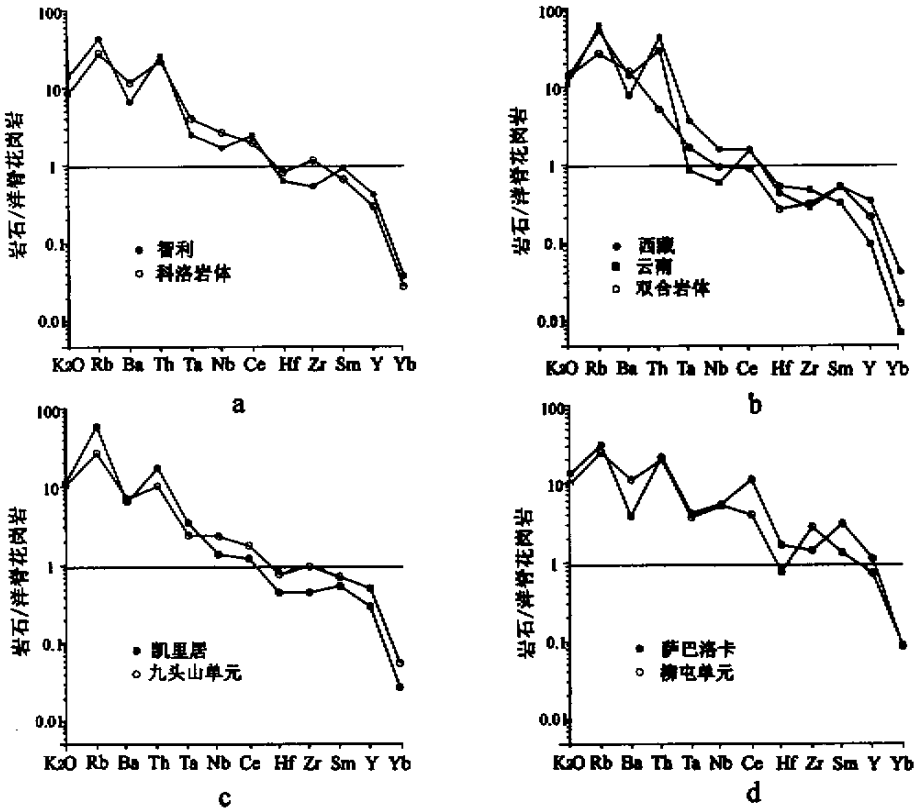


图 5 洋脊花岗岩标准化的地球化学图谱

Fig.5 Ocean ridge granite normalized geochemical patterns

a. 科洛岩体; b. 双合岩体; c. 九头山单元; d. 柳屯单元

## 4 结论

根据以上分析可以认为, 松嫩地块北缘在新元古代就已经具备了类似于现代的板块构造体制。科洛岩体是在洋壳板块向大陆壳板块下部俯冲的动力学条件下产生的花岗岩质岩浆, 与科迪勒拉 I 型花岗岩相当, 在成岩物质上主要以幔源为主。双合岩体的形成与板块的碰撞作用或与板内、板缘的陆壳改造有关, 九头山单元形成于造山期后的应力松弛阶段, 而柳屯单元则代表了造山结束后陆内岩浆作用。对新元古代这一构造-岩浆活动过程的恢复, 对进一步阐述松嫩地块的形成和演化无疑具有重要的理论意义。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Maniar P D et al. 花岗岩类岩石的大地构造判别 [ J ]. 张秋明, 译. 国外地质科技, 1990, ( 5 ): 33 ~ 43.
- [ 2 ] Batchelor R A, Bowder P. 用多阳离子参数解释花岗岩类岩石系列的岩石成因 [ J ]. 贾跃明, 译. 国外地质科技, 1986, ( 4 ): 41 ~ 50.
- [ 3 ] Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [ J ]. *Petrology*, 1984, 25 ( 4 ): 956 ~ 983.

## GEOCHEMICAL STUDY ON TECTONIC SETTING FOR NEOPROTEROZOIC GRANITOIDS, NORTHERN MARGIN OF SONGNEN MASSIF, CHINA

ZHENG Qing-dao

( *Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province, Haerbin 150036, China* )

**Abstract** : The characteristics of granitoids petrology and geochemistry in the north margin of Songnen Massif indicates that the Neoproterozoic granitic bodies have typical rock association and ortho-succession magmatic evolution series belonging to convergent plate boundary. The Keluo pluton is I-type granite and formed in a tectonic setting of the continental arc. The Shuanghe pluton is S-type granite and formed in the zone of the intercontinental collision. The Jiutoushan and the Liutun units formed in post-orogenic and epeirogenic uplift periods, respectively. The tectonic-magmatism suggests that the plate tectonics had operated in the north margin of Songnen Massif in the Neoproterozoic.

**Key words** : granitoid ; tectonic setting ; Neoproterozoic ; north margin of Songnen Massif