

大兴安岭中南段燕山期两类不同 成矿花岗岩类角闪石的化学 成分及其成岩成矿意义

吕志成^{1,2}, 段国正², 郝立波², 李殿超²

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放实验室, 贵州 贵阳 550002;
2. 吉林大学, 吉林 长春 130026)

【摘要】 大兴安岭中南段燕山期两类不同成矿花岗岩类岩体中角闪石主要为钙质角闪石。角闪石的主化学成分表明本区燕山早期早阶段与铜成矿有关的花岗岩类主要为壳幔型花岗岩;而与Sn多金属成矿有关的花岗岩类可能为壳源成因。燕山期两个不同期次不同成矿系列的花岗岩中角闪石的化学成分明显不同,燕山早期早阶段与铜成矿有关的斜长花岗斑岩其角闪石相对以富镁、硅贫铁为特征, M^* 变化于0.24~0.54之间,平均值为0.37;燕山晚期早阶段与锡、铅、锌多金属矿化有关的花岗斑岩类岩体角闪石以富铁贫硅、镁为特征。角闪石的 M^* 为0.10~0.27,平均值为0.19。角闪石的化学成分及不同成矿岩体的微量元素和同位素特征是区分区内两类不同成矿岩体的有效判别标志。

【关键词】 角闪石的化学成分;成岩成矿意义;花岗岩;大兴安岭中南段

中图分类号:P5780.955 文献标识码:A

文章编号:1001-6872(2003)01-0005-06

角闪石是花岗岩中主要的暗色造岩矿物之一,它的化学成分与形成时的物理化学条件有着密切的成因联系。在角闪石系列矿物中,由于存在着 Fe^{2+} -Mg-Mn, Si-Al-Fe-Ti及 Na^+ - K^+ 等多元素的广泛类质同像替换,在不同的成岩成矿条件下,形成不同的角闪石亚种,这些矿物亚种的成分变化不仅记录了岩浆起源和演化等成岩方面的重要信息,而且亦可作为成矿岩体重要的判别标志,因此,对角闪石化学成分的研究具有重要的成岩成矿意义。

1 角闪石产出的地质背景

大兴安岭中南段北起乌兰浩特,南至西拉木伦河,东达松辽沉降带,即北纬 $42^{\circ}50'$ 至 $46^{\circ}41'$ 之间的大兴安岭地区,在区域地层分区中属大兴安岭分区林西小区和乌兰浩特小区。

区内中生代花岗质岩浆侵入活动甚为发育,按其形成的先后顺序可分为4个不同侵入期次的花岗

收稿日期:2002-07-10; 改回日期:2002-09-22

基金项目:教育部博士点基金(No.97018701)项目;国家攀登计划预选项目(95-预-39);国家杰出科学家基金(批准号:49625304)项目

作者简介:吕志成,男,36岁,副教授(博士),地球化学专业,研究方向:矿床地球化学、岩石地球化学。

岩类^[1]: (1) 燕山早期早阶段中酸性浅成岩体, 岩石类型为闪长玢岩、斜长花岗斑岩和花岗闪长斑岩等, 典型岩体有莲花山岩体、布敦化岩体、闹牛山岩体及黄合吐岩体等。区内发育众多的铜矿床如莲花山铜矿床、布敦化铜矿床、闹牛山铜矿床及黄合吐铜矿床等与该期岩浆活动具有密切的时空和成因联系; (2) 燕山早期晚阶段花岗岩类, 主要岩石组合为花岗闪长岩—黑云母二长花岗岩—钾长花岗岩及部分碱长花岗岩和花岗斑岩, 典型岩体有杜尔基岩体、获尔塔拉岩体及敖兰敖日格岩体, 该期岩体与区内众多铅锌银矿床的形成关系密切, 如孟恩陶勒盖铅锌银矿床; (3) 燕山晚期早阶段花岗岩类, 主要岩石类型石英二长岩、二长花岗岩、钾长花岗岩、花岗斑岩及碱长花岗岩等, 典型岩体有浩布高岩体、马根坝勒岩体及东山湾岩体等, 该期花岗质岩浆活动与区内锡铅锌银多金属成矿具有密切的成因联系, 如浩布高锡铁铅锌银多金属矿床; (4) 燕山晚期晚阶段碱性花岗岩类, 典型岩体为巴尔哲岩体, 与稀土和铌钽矿床成矿关系密切, 如巴尔哲稀土矿床。燕山早期早阶段花岗岩类和燕山晚期早阶段花岗岩类中的角闪石为本研究的重点。燕山期花岗岩中角闪石含量一般为 2%~3%, 但在燕山早期早阶段闪长玢岩、斜长花岗斑岩和花岗闪长斑岩中含量较高, 角闪石主要呈自形、半自形镶嵌在长石、石英颗粒之间。

2 角闪石的化学成分

角闪石的化学成分主要采用电子探针分析, 电子探针分析得到的 Fe 采用林文蔚提出的方法^[2]进行了调整, 在此基础上, 计算出角闪石以 23 个氧为基础的阳离子系数及部分参数(表 1)。并根据 Leake 的分类方案进行命名^[2], 结果所测的角闪石除莲花山斜长花岗岩中的角闪石为钠-钙角闪石外, 其余样品皆为钙质角闪石。

3 讨论与结论

3.1 角闪石的成岩意义

岩浆岩中角闪石的成分特点反映岩浆的起源、演化及岩石成因。谢应雯研究了横断山壳型、幔型及壳幔型花岗岩中角闪石的化学成分特点^[3], 发现幔型和壳幔型花岗岩中角闪石的 $w_{(FeO+Fe_2O_3)}$ 极少有超过 18%, 而壳型花岗岩中角闪石的 $w_{(FeO+Fe_2O_3)}$ 均大于 20%, 并在 B, C 位置上的 Ca-(Fe²⁺+Fe³⁺)-Mg 图解中, 三种不同类型花岗岩中角闪石投影于不同

的位置。本区燕山早期早阶段与 Cu 矿化有关的斜长花岗斑岩及斜长花岗岩角闪石的 $w_{(FeO+Fe_2O_3)}$ 变化于 13.30%~23.15%, 平均值为 19.05%; 燕山晚期早阶段与锡、铅、锌成矿有关的花岗斑岩角闪石的 $w_{(FeO+Fe_2O_3)}$ 变化于 14.29%~30.79%, 平均值为 27.01%。燕山早期早阶段花岗岩类总体上反映了壳幔型花岗岩的 $w_{(FeO+Fe_2O_3)}$ 特点, 而燕山晚期早阶段花岗岩类更反映了壳型花岗岩的成分特点。在 Ca-(Fe²⁺+Fe³⁺)-Mg 图解中(图 1), 斜长花岗斑岩和斜长花岗岩中的角闪石投影点落于壳型和壳幔型花岗岩的成分范围内, 反映了壳幔型花岗岩的特点; 而花岗斑岩中的角闪石成分点落于壳型花岗岩的范围内, 反映了壳型花岗岩的成分特点。角闪石中的 M 值是区分壳型、壳幔型和幔型花岗岩的可靠标志^[3], 幔型花岗岩中角闪石的 M* 值大于 0.7, 壳型花岗岩中角闪石的 M* 值小于 0.5, 壳幔型花岗岩中角闪石的 M* 值介于 0.5~0.7 之间。本区两类不同成矿花岗岩中角闪石的 M* 值虽差别较大, 但除一个样品的 M* 值为 0.54 外, 其余样品的 M* 值均小于 0.5, 同样也反映了壳型和壳幔型花岗岩的成分特点。

角闪石的化学成分除受其寄主岩浆总成分的影响外, 还与岩浆的结晶条件有关(如温度、压力、水逸度、碱度等参数), 因而角闪石的化学成分可用来指示岩浆的结晶条件。已有的研究表明^[5-8], 岩浆体系中温度和压力的增加可分别使角闪石中 Al^{IV} (及 Ti) 和 Al^{VI} 的增加; 氧逸度的升高将使 (Na+K)_A 增加而 Ti 降低。Hamaarastrom 研究了高压 (P=800 MPa) 和低压 (P=100 MPa~200 MPa) 结晶条件下花岗质岩浆体系中角闪石的化学成分变化^[9], 结果表明相对于低压类花岗质岩浆结晶体系, 高压类岩浆体系条件下结晶形成的角闪石具有明显高的 Al (Al=0.41→1.95, Al^{VI}=0~0.38), (Na+K)_A 及低的 Mg 质量分数; 而两者间的 Ti 质量分数相近。大兴安岭中南段两类不同成矿花岗岩类 Al 质量分数总体偏高, 可能反映了总体较高温压条件下的岩浆结晶过程。从燕山早期早阶段斜长花岗斑岩、斜长花岗岩→燕山晚期早阶段花岗斑岩, 其 Al 及 Al^{VI} 值明显增加 (Al 平均值由 1.12→1.89; Al^{VI} 平均值由 0.21→1.28), 而 MgO 含量明显降低, 可能反映了花岗斑岩中角闪石的结晶压力较斜长花岗斑岩中的角闪石大。从斜长花岗斑岩、斜长花岗岩→花岗斑岩, 角闪石的 Fe/(Fe+Mg) 比值的增大 (平均值由 0.62→0.80) 及 (Na+K)_A 的增加 (平均值由 0.50→0.88) 反映了角闪石结晶时氧逸度是逐步增加的。

表 1 角闪石的电子探针分析结果及有关参数 .w(B)/%

Table 1 Chemical compositions and relevant parameters of hornblende(in percentage)

编号	岩体名称	产地	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	FeO	M*
HYB1	斜长花岗斑岩	布敦化	51.68	1.41	3.67	21.22	0.68	4.92	15.17	1.11	1.02	0.00	6.19	15.65	0.29
HYB2	斜长花岗斑岩	布敦化	52.63	0.72	1.23	23.15	0.71	6.03	13.88	1.00	1.29	0.00	6.78	17.05	0.32
HYB3	斜长花岗斑岩	布敦化	52.65	0.09	2.29	21.38	0.54	6.64	14.85	0.57	0.16	0.00	6.24	15.76	0.36
HYB4	斜长花岗斑岩	布敦化	51.43	0.22	4.19	19.86	0.48	6.47	13.14	1.24	0.23	0.00	5.78	14.6	0.37
HYB5	斜长花岗斑岩	布敦化	53.84	0.90	12.72	14.47	0.82	5.03	7.77	2.83	0.41	0.00	4.15	10.73	0.38
HYB6	斜长花岗斑岩	布敦化	46.15	0.21	9.01	21.02	0.73	9.38	8.92	1.06	0.52	0.00	6.12	15.51	0.54
HYB7	斜长花岗斑岩	布敦化	47.54	1.00	6.92	20.44	0.65	4.76	13.53	1.03	1.08	0.26	5.96	15.08	0.29
HYB8	斜长花岗斑岩	布敦化	52.1	1.21	2.59	17.03	0.85	8.31	12.37	2.43	0.29	1.63	4.92	12.61	0.47
HYB9	斜长花岗斑岩	布敦化	49.64	1.38	3.78	18.58	0.97	7.23	14.08	1.95	0.42	1.29	5.38	13.74	0.41
HYL1	斜长花岗岩	莲花山	55.41	0.93	16.02	13.3	1.73	2.38	4.92	3.32	1.21	0.00	3.81	9.87	0.24
HYH1	花岗斑岩	浩布高	42.04	0.01	20.26	14.29	0.79	1.54	14.52	2.22	0.29	2.94	4.10	10.60	0.16
HYH2	花岗斑岩	浩布高	39.64	1.34	6.31	27.98	0.62	3.48	8.59	6.39	0.70	3.21	8.25	20.56	0.18
HYH3	花岗斑岩	浩布高	42.66	1.04	6.44	27.5	1.29	1.68	9.05	3.84	0.4	2.1	8.15	20.17	
HYH4	花岗斑岩	浩布高	38.35	0.79	15.76	30.79	0.70	2.6	4.04	3.88	1.59	5.55	9.14	22.56	0.20
H1-16	花岗斑岩	浩布高	43.63	1.65	7.05	30.41	0.56	4.69	8.16	1.31	0.64	0.00	9.07	22.25	0.27
H1-21	花岗斑岩	浩布高	43.21	0.36	6.48	30.62	1.05	3.41	10.81	1.34	0.59	0.00	9.14	22.40	0.19
H91X39	花岗斑岩	浩布高	42.02	1.30	8.04	27.59	0.79	4.70	8.63	2.08	0.97	0.00	8.17	20.2	0.27

编号	T				C								B				A		
	Si	Al	Fe ³⁺	Ti	Al	Fe ³⁺	Ti	Mg	Fe ²⁺	Mn	Ca	Fe ²⁺	Mn	Ca	Na	Ca	Na	K	
HYB1	7.977	0.084	0	0	0.583	0	0.16	1.13	2.73	0.08	0.293	0	0	2	0	0.216	0.332	0.201	
HYB2	8.103	0	0	0	0.223	0	0.08	1.38	2.98	0.09	0.236	0	0	1.99	0.01	0.063	0.289	0.253	
HYB3	8.057	0.034	0	0	0.379	0	0.01	1.51	2.73	0.07	0.29	0	0	2	0	0.145	0.169	0.031	
HYB4	7.984	0.034	0	0	0.732	0	0.02	1.49	2.57	0.06	0.104	0	0	2	0	0.082	0.373	0.046	
HYB5	8.013	0.103	0	0	2.127	0	0.10	1.11	1.60	0.05	0	0.195	0.053	1.23	0.513	0	0.304	0.078	
HYB6	6.875	1.125	0	0	0.456	0.877	0.02	2.08	1.51	0.04	0	0.226	0.047	1.42	0.15	0	0.156	0.099	
HYB7	7.533	0.467	0	0	0.824	0	0.11	1.12	2.70	0.08	0.136	0	0	2	0	0.161	0.316	0.218	
HYB8	8.102	0	0	0	0.474	0	0.14	1.92	2.21	0.11	0.131	0	0	1.93	0.07	0	0.663	0.058	
HYB9	7.746	0.254	0	0	0.441	0	0.16	1.68	2.42	0.12	0.162	0	0	2	0	0.192	0.59	0.084	
HYL1	8.265	0.047	0	0	2.767	0	0.10	0.52	1.49	0.10	0	0.164	0.114	0.78	0.771	0	0.189	0.23	
HYH1	6.653	1.347	0	0	2.429	0	0	0.36	1.89	0.10	0.211	0	0	2	0	0.251	0.681	0.059	
HYH2	6.779	1.185	0	0.085	0.086	0	0.08	0.88	3.84	0.04	0.049	0.155	0.046	1.52	0.274	0	1.845	0.153	
HYH3	7.237	0.763	0	0	0.523	0	0.13	0.42	3.82	0.09	0	0.073	0.094	1.64	0.188	0	1.075	0.087	
HYH4	5.96	2.04	0	0	0.845	1.513	0.09	0.61	1.89	0.04	0	0.599	0.048	0.67	0.557	0	0.612	0.315	
H1-16	6.746	1.176	0.078	0	0.108	0.944	0.19	1.08	2.64	0.03	0	0.271	0.038	1.35	0.192	0	0.201	0.126	
H1-21	6.834	1.162	0.004	0	0.045	0.685	0.04	0.80	3.35	0.07	0	0.008	0.071	1.83	0.09	0	0.321	0.119	
H91X39	6.691	1.309	0	0	0.198	0.687	0.15	1.11	2.79	0.05	0	0.196	0.054	1.47	0.278	0	0.364	0.197	

镁指数 $M^* = Mg / (Mg + Fe^{2+})$; 由北京理化测试中心和长春科技大学测试中心分析

3.2 角闪石的成矿意义

由于角闪石特殊的链状结构特点和多元素的广泛类质同像替换,因此是许多成矿元素的载体或富集矿物。成矿元素在角闪石中的分散或富集主要受角闪石主化学成分变化的控制,因而角闪石主化学成分的变化能灵敏地指示不同矿化类型及其与成矿关系,并且可作为某些矿床的找矿标志。由本区燕山期两期次不同成矿系列花岗岩类角闪石的主元素分析结果(表 1)可知,燕山期两个不同期次不同成矿系列的花岗岩类其角闪石的化学成分明显不同,燕山早期早阶段与铜成矿有关的花岗岩类岩体中角闪石 SiO₂ 平均为 51.30%, Al₂O₃ 平均为 6.24%, ΣFeO 平均为 19.05%, MgO 平均为 6.11%, CaO

平均为 11.87%; 而与锡、铅、锌多金属成矿有关的花岗斑岩类岩体中角闪石 SiO₂ 平均为 41.65%, Al₂O₃ 平均为 10.05%, ΣFeO 平均为 27.03%, MgO 平均为 3.17%, CaO 平均为 9.11%。前者明显相对富集 SiO₂—MgO 和 CaO, 而后者相对明显富集 ΣFeO。另外,两者的镁指数 M* 也明显不同,与铜成矿有关的花岗岩类岩体中角闪石的 M* 值为 0.24~0.54, 平均值为 0.37; 与锡、铅、锌多金属矿化有关的花岗岩类岩体其角闪石的 M* 为 0.10~0.27, 平均值为 0.19。在角闪石的 MgO-ΣFeO 图解(图 2a) 及 SiO₂-M* 图解(图 2b)中,两类花岗岩类角闪石的成分点分别落在不同的区域。与铜成矿有关的岩体中角闪石以富镁富硅为特点,位于富镁、硅的区域,

而与锡、铅、锌多金属成矿有关的岩体角闪石位于富铁贫硅、镁的区域内。因而,角闪石的成分特点是区分两类不同成矿岩体的有效判别标志。

3.3 两类不同成矿花岗岩类的微量元素、同位素地球化学特征及其成岩成矿意义

两类不同成矿花岗岩类不仅在造岩矿物角闪石的化学成分上具有显著的差异,而且在微量元素和锶同位素特点上具有明显的不同。两类不同成矿花岗岩类的微量元素分析结果表明(表 2,3),燕山早期早阶段与铜成矿有关的花岗岩类微量元素 Rb, Sr 和 Ba 质量分数大都低于维氏值,仅布软化岩体中 Sr 稍高于维氏值;铁族元素 Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni 中除闹牛山岩体 V, Cr, Co, Ni 的丰度较高于维氏值外,其他均低于维氏值或与其相当;成矿元素以富 Cu, As, Sn 为特点,但不同岩体 Cu 的丰度变化较大;Pb, Zn 除在布软化中明显高于维氏值外,在另两岩体中的丰度与维氏值相当。

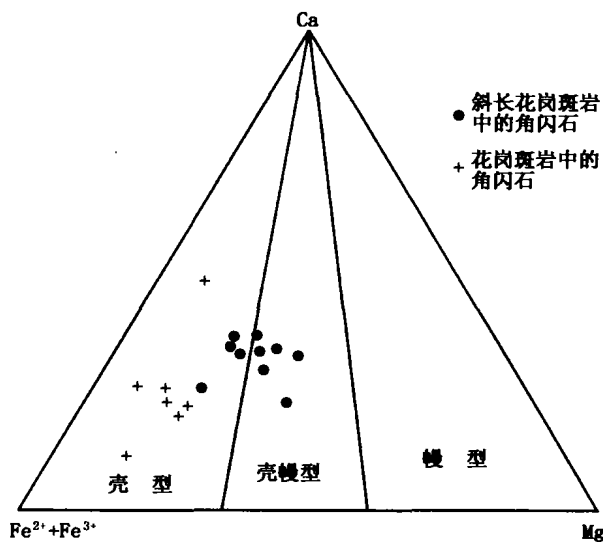


图 1 角闪石的晶体化学成因三角图解^[4]

Fig. 1 Triangular diagram of crystal-chemical genesis of hornblende

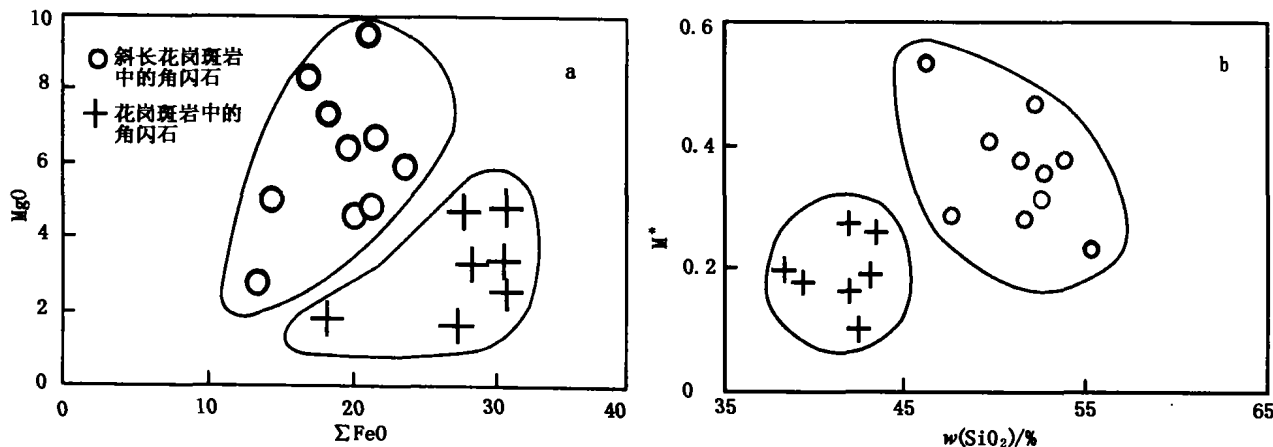


图 2 两类不同成矿岩体角闪石的 MgO-ΣFeO(a)及 SiO₂-M* 图解(b)

Fig. 2 MgO-ΣFeO(a) and SiO₂-M* (b) diagram of hornblende from two different types of granites related to different mineralization

表 2 燕山早期早阶段与铜成矿有关的花岗岩类微量元素平均值、w(B)/10⁻⁶

Table 2 Average values of trace elements in granite related to Cu mineralization occurred in early stage of early Yenshanian Period (in [×10⁻⁶])

岩体(样数)	参数	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb	Ag	Sn	Rb	Sr	Ba
莲花山(10)	平均值	1 395.1	19.4	12.2	447.1	1.8	4.5	64.0	54.8	20.3	0.3	4.8	125.6	234.8	541.7
	方差	587.0	14.0	4.8	165.3	1.5	7.0	106.1	28.3	7.2	0.12	3.1	141.2	158.6	245.1
布敦化(8)	平均值	2 180.5	43.1	18.3	762.3	5.3	5.9	29.1	137.1	47.8	0.31	9.0	143.3	201.8	437.8
	方差	662.9	17.5	7.4	329.1	2.6	2.3	35.3	114.1	30.9	0.12	5.8	30.8	102.9	212.5
闹牛山(8)	平均值	2 456.9	80.9	80.4	666.2	11.0	20.3	259.4	50.1	25.3	0.6	4.0	88.2	329.9	434.9
	方差	1 795.9	114.2	150.9	627.9	16.1	33.2	356.3	35.8	12.6	0.48	2.0	65.9	197.8	323.6
维氏值		2 300.0	40	25	600	5	8	20	60	20	0.05	3	200	300	830

表 3 燕山晚期早阶段与锡、铅、锌多金属成矿有关的花岗斑岩类微量元素平均值 $w(B)/10^{-6}$

Table 3 Average values of trace elements in granite related to Sn-polymetal mineralization occurred in early stage of late Yenshanian Period (in $\times 10^{-6}$)

岩体(样数)	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Ni	Sr	Ti	V	Zn	Pb	W	Sn	Ag	Rb
浩布高(21)	198	5	0.4	0.9	12.9	18.8	394	10.6	4.2	28.5	483	11.1	116.2	19.5	6.7	10.9	0.22	195
马勒根坝(14)	233	5.1	0.4	1.1	19.5	7.4	483	5.3	4.2	144	1266	17.6	45.7	12	9.4	3.5	0.4	202
浩尔图(2)	195	4.1	0.91	0.91	36	14.52	485	5.5	20	12.8	362	8.1	56	12.3	9.8	3	0.009	182
东山湾(1)	44.7	5.9	0.3	0.3	18.5	4.7	490	2.33	4.7	13	334	1.33	66.5	25.9	1.64	13.2	0.05	325
小井子(4)	367	3.5	0.2	0.8	28	11	551	4.3	4.2	91.3	918	12.3	75.2	21.3	9.7	2.1	0.06	194
平均值	207	4.7	0.4	0.7	23	11.3	481	5.5	7.5	58	673	10.1	72	18.2	7.4	6.5	0.14	219
维氏值	830	5.5	0.1	5	25	20	600	1	8	300	2300	40	60	20	1.5	3	0.05	200

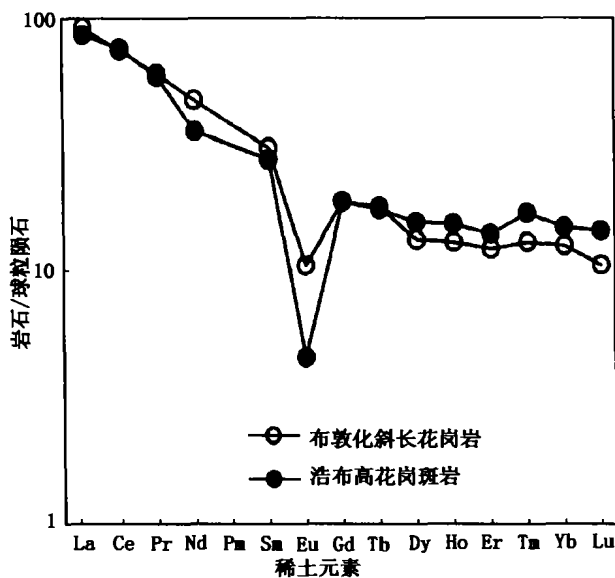


图 3 两类不同成矿岩体稀土元素球粒陨石标准化图

Fig. 3 The Chondrite-normalized REE pattern for two different types of granites related to different mineralization

燕山晚期早阶段与锡、铅、锌多金属成矿有关的花岗斑岩类岩体大阳离子元素 Sr, Ba 的质量分数普遍低于维氏值, 而 Rb 与维氏值相接近; 铁族元素 V, Cr, Co, Ni, Ti, Mn 普遍低于维氏值, 甚至低于就

位于成熟陆壳区花岗岩类铁族元素的质量分数, 反映了岩石偏酸性的成分特点; 成矿元素 W, Mo 的质量分数高于维氏值的 3 倍~4 倍; Sn, Cu, Pb 的质量分数低于或接近维氏值; Zn 的质量分数除马勒根坝岩体、浩尔图岩体的质量分数小于维氏值外, 其余岩体均高于维氏值; Ag 的质量分数除浩尔图岩体小于维氏值外, 其余岩体均高于维氏值。

由图 3 布敦化铜矿床燕山期早期早阶段与铜成矿有关的斜长花岗岩和浩布高 Sn, Pb, Zn, Ag 多金属矿床燕山晚期早阶段与 Sn 多金属矿床成矿有关的花岗斑岩的稀土元素分配模式图解可以看出, 两类花岗岩类在稀土元素球粒陨石标准化图解中表现为相似的稀土元素分配模式, 反映了它们可能为同源岩浆不同演化阶段的产物。然而, 两类不同成矿花岗岩类在 Eu 异常程度上明显不同, 与 Cu 矿化有关的花岗岩类稀土元素 Eu 一般具有中等至弱的负 Eu 异常, δEu 为 0.43% 左右; 而与 Sn 多金属成矿有关的花岗岩类稀土元素 Eu 一般具有较强的负 Eu 异常, δEu 位于 0.14% 左右。此外, 两类不同成矿岩体在初始锶组成上也存在着明显的不同, 燕山早期早阶段与铜金属成矿有关的斜长花岗岩及花岗闪长岩等其 $(Sr/Sr)_i$ 为 0.7047~0.7055, 燕山晚期早阶段与 Sn 多金属成矿有关的花岗岩类其 $(Sr/Sr)_i$ 0.7077~0.7096。

参考文献

[1] 李鹤年, 段国正, 郝立波, 等. 中国大兴安岭铜矿床[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1997: 1-163.
 [2] 林文蔚, 彭丽君. 由电子探针分析数据估算角闪石、黑云母中的 Fe^{3+} , Fe^{2+} [J]. 长春地质学院学报, 1994, 24(2): 156-162.
 [3] Leake B E. Nomenclature of amphibole[J]. *Am Mineral*, 1978, (63): 1023-1052.
 [4] 谢应雯, 张玉泉. 横断山区花岗岩类中角闪石的标型特征及成因意义[J]. 矿物学报, 1990, 10(1): 35-45.
 [5] 尚志发编译. 钙碱性花岗岩侵入岩中角闪石的 Al 含量与岩石固结压力的关系—角闪石地质压力计简介[J]. 国外花岗岩地质与矿产, 1998, (3): 1-6.
 [6] Spear J A. Evolution of AFM mineral assemblages in granitoid rocks, The hornblende+biotite reaction in the Liberty Hill pluton (South Carolina) [J]. *Am Mineral*, 1987, (72): 863-878.

- [7] Tanaka H. Magnesium-iron distribution in coexisting biotite and hornblende from granitic rocks [J]. *J Japan Assoc Mineral Petrol Econ Geol*, 1975, (70): 118-124.
- [8] Ague J J. The distribution of Fe and Mg between biotite and amphibole in the granitic rocks; Effects of temperature, pressure and amphibole composition [J]. *Geochemical Journal*, 1989, (23): 279-293.
- [9] Hammarstrom J M. Aluminum in hornblende; An empirical igneous geobarometer [J]. *Am Mineral*, 1986, (71): 1 297-1 313.

**MINERAL CHEMISTRY OF AMPHIBOLES FROM GRANITES
RELATED TO DIFFERENT MINERALIZATION AND
OCCURRED IN TWO STAGES OF YENSHANINA
PERIOD IN SOUTH-MIDDLEPART OF THE
DAXINGAN MOUNTAINS AND ITS GENETIC
AND METALLOGENIC SIGNIFICANCE**

Lü Zhi-cheng^{1,2}, DUAN Guo-zheng²,
HAO Li-bo¹, LI Dian-chao²

{ 1. *Open Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese
Academy of Science, Guiyang 550002, China;*
2. *Jilin University, Changchun 130026, China* }

Abstract: The mineralogical composition study on amphibole in the Yenshanian granite in the south-middle part of the Da Hinggan Mountains revealed that the amphibole belongs to calcic amphibole. The major composition of amphibole from early stage of early Yanshanian period and from early stage of late Yanshanian period show that their host rocks were mainly crust-mantle type and crust type respectively. Major compositions of amphibole in granites were different and related to different mineralization. Amphibole in Cu-mineralization-related granite in early stage of early Yenshanian Period is characterized by high content of MgO, SiO₂, and its M^{*} ranges from 0.24 to 0.54 (0.37 on average). And the amphibole in Sn-polymetal-mineralization-related granite in the early stage of late Yenshanian Period is rich in ΣFeO and poor in MgO and SiO₂, and its M^{*} ranges from 0.10 to 0.27 (0.19 on average). The major compositions of amphibole in the granites, trace element composition and isotopic composition of granites were effective index to distinguish different metallogenic granitic bodies.

Key words: chemical composition of amphibole; genetic and metallogenic significance; granite; south-middle part of the Daxingan mountains

ISSN 1001-6872(2003)01-0005-06; CODEN:KUYAE2

Synopsis of the first author: Lü Zhicheng, male, 36 years old, an associate professor of geochemistry. Now he is engaged in ore deposit geochemistry and litho-geochemistry.