

· 专题研究 ·

# 黑龙江伊春地区晚三叠世—早侏罗世铝质 A 型 正长—碱长花岗岩地球化学特征及其构造意义

韩振哲<sup>1,2,3</sup>, 赵海玲<sup>1,2</sup>, 王盘喜<sup>1</sup>, 杨霄<sup>1</sup>, 牛延宏<sup>3</sup>, 赵寒冬<sup>1,2,3</sup>

(1. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 2. 中国地质大学 岩石圈构造、深部过程及探测技术教育部重点实验室, 北京 100083; 3. 黑龙江省地质调查研究总院 齐齐哈尔分院, 黑龙江 齐齐哈尔 161005)

**摘要:** 黑龙江伊春地区晚三叠世—早侏罗世正长—碱长花岗岩的岩石学和主、微量元素及同位素分析结果表明, 岩石中大多含有高温自形或锥形石英、副矿物萤石和文象结构、晶洞构造等; 岩石化学特征上具有高硅、富碱和低钙镁、偏铝质—过铝质特点, 稀土元素配分模式呈轻稀土元素略微富集的、缓向右倾斜而重稀土元素较为平坦、铈亏损的海鸥型, 富集高场强元素(HFS) Zr 和 Ga, 亏损 Ba、Sr、Eu 等; 岩石中的石英包裹体均一温度为 750~950℃, 具有高温岩浆浅成被动就位特征。岩石富 SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, δ<sup>18</sup>O 值为 5.1‰~10.3‰, 属正常略偏低 δ<sup>18</sup>O 值花岗岩类; I<sub>Sr</sub> 值较高, εNd 值较低, 暗示了其源区物质来源主要与古老下地壳变质基底物质有关, 并涉及到一定程度的壳幔岩浆混合作用。综合这些特征, 首次提出伊春地区晚三叠世—早侏罗世正长—碱长花岗岩属于铝质 A<sub>2</sub> 型花岗岩, 这说明此后该地区进入了古亚洲洋最终闭合之后大陆碰撞后垮塌、伸展动力学体制的构造背景。

**关键词:** 正长—碱长花岗岩; 铝质 A 型花岗岩; 晚三叠世—早侏罗世; 造山后; 伊春地区

中图分类号: P588.12<sup>+</sup>1; P59; P541

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2009)02-0097-12

## Geochemistry of Late Triassic-Early Jurassic aluminous A-type syenogranite-alkali feldspar granite in Yichun area, Heilongjiang Province and its tectonic implications

HAN Zhen-zhe<sup>1,2,3</sup>, ZHAO Hai-ling<sup>1,2</sup>, WANG Pan-xi<sup>1</sup>, YANG Xiao<sup>1</sup>, NIU Yan-hong<sup>3</sup> and ZHAO Han-dong<sup>1,2,3</sup>

(1. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Key Laboratory of Lithosphere Tectonics and Lithoprobeing Technology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 3. Qiqihar Branch, Heilongjiang Institute of Geological Investigation and Research, Qiqihar 161005, China)

**Abstract:** An analysis of petrography, major elements, trace elements and isotopic elements of Late Triassic-Early Jurassic syenogranites-alkali feldspar granites in Yichun area of Heilongjiang Province shows that most of these rocks have high temperature idiomorphic or conical quartz, accessory mineral fluorite, graphic texture and drusitic structure. Lithochemically, they are characterized by high silicon, enrichment of alkali, low calcium and magnesium and meta-aluminous to peraluminous nature. The REE distribution patterns show slight LREE enrichment with gentle right-oblique deviation and relative flat HREE pattern, sea-gull model of europium depletion, concentration of HFS elements such as Zr, Ce, Y and Ga, and depletion of Ba, Sr and Eu. Homogenization temperatures of quartz inclusions in these rocks are 750~950℃, indicating characteristics of high temperature hypabyssal magmatic passive injection. Syenogranites-alkali feldspar granites are rich in SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and the values of δ<sup>18</sup>O

收稿日期: 2008-06-25; 修订日期: 2008-11-10

基金项目: 中国地质调查局基础地质调查项目(200313000035); 国家自然科学基金资助项目(40672088)

作者简介: 韩振哲(1965-), 男, 博士研究生, 高级工程师, 矿物学岩石学矿床学专业, 主要从事区域地质调查研究及矿产普查工作,  
E-mail: hzhenz65@163.com。

are 5.1‰ ~ 10.3‰, belonging to granitic rock of normal or somewhat lower  $\delta^{18}\text{O}$  values. The values of  $I_{\text{Sr}}$  are relatively high and the values of  $\epsilon\text{Nd}$  are comparatively low, suggesting that original source materials of the source area are related to the metamorphic basement of the primeval lower crust, and also to a definite extent of crust-mantle magmatic mixing. Based on an integrated analysis, the authors hold that the Late Triassic-Early Jurassic syenogranites-alkali feldspar granites in Yichun area of Heilongjiang Province should belong to aluminous  $A_2$ -type granites, and the tectonic background might be continental postcollisional collapse and extensional dynamic regime after the ultimate closure of the paleo-Asian ocean.

**Key words:** syenogranites-alkali feldspar granites; A-type granites; Late Triassic-Early Jurassic; post-orogenic; Yichun area

黑龙江伊春地区位于近 SN 向展布的印支晚期伊春-玉泉花岗岩带北侧,为东北中生代“花岗岩海”的一部分,其形成的地球动力学机制一直被国内外地学界所关注(黑龙江省地质矿产局,1993;赵春荆等,1996;吴福元等,1999;孙德有,2001;孙德有等,2004a)。尽管近些年对该地区花岗岩的研究取得了许多重要进展,但目前仍然存在许多亟待解决的重大基础地质问题,如花岗岩时空分布规律、显生宙花岗岩与壳幔相互作用以及地壳垂向增生、多金属成矿带之间的内在关系;古亚洲洋与环太平洋两大构造域转换过程的机制及时代等等。前人对伊春地区出露的中生代正长-碱长花岗岩已做过大量的岩石学、岩石化学、岩体成因等方面的研究,认为该地区花岗岩是 I 型或 S 型花岗岩(黑龙江省地质矿产局,1993),或与高分异 I 型花岗岩有关(孙德有,2001)、形成于大陆内部张性断裂(黑龙江省地质矿产局,1993)或造山后构造环境中(孙德有,2001; Wu *et al.*, 2002)。对正长-碱长花岗岩岩石成因上的分歧,制约了对区域构造演化的深入认识,且以往只强调了碱性 A 型花岗岩的特征及其代表的构造属性,对铝质 A 型花岗岩的研究没有予以足够的重视,从而其形成的构造背景没有得到充分认识。本文旨在通过对伊春地区晚三叠世-早侏罗世正长-碱长花岗岩的岩石学宏、微观特征研究,结合主、微量元素、Sr-Nd 同位素测试分析,同时充分利用以往分析数据进行了系统研究,在此基础上探讨岩石成因及其构造岩浆活动与碰撞造山之间的关系。

## 1 区域地质概况及岩体特征

研究区位于兴蒙造山带东端的佳木斯地块和松嫩-张广才岭地块结合部位的陆缘造山带上(赵春荆等,1996),经历了多次伸展拉张与挤压拼贴,地质构

造复杂且具多旋回的特点。主要经历了古元古代-中元古代前寒武纪变质结晶基底形成、古生代古亚洲洋陆缘增生和中-新生代滨太平洋大陆边缘活动等 3 个主要构造发展阶段。构造域由古亚洲洋构造域向滨太平洋构造域转化,其中以伊春-张广才岭早古生代陆缘增生构造岩浆活动和中生代伊春-玉泉构造岩浆岩带发育为特征,前者被后者强烈改造。出露有前寒武纪结晶基底,由古元古界兴东岩群、东风山岩群等变质表壳岩和花岗质片麻杂岩和中元古界黑龙江岩群、蛇绿杂岩等组成;古生代盖层由寒武系西林群、奥陶系宝泉组和小金沟组,以及二叠系土门岭组、红山组、五道岭组等构成;中生界有侏罗系太安屯组、白垩系板子房组、宁远村组等陆相中酸性火山岩和白垩系鸡西群、桦山群含煤沉积岩系等。

小兴安岭东南端的伊春南岔-金山屯至五营-汤旺河区一带广泛发育印支晚期正长-碱长花岗岩岩体(图 1),其中伊春北部五营-汤旺河一带的代表性岩体有:781 高地、岭北山、守虎山、林海林场及东、西克林经营所、嘉荫红石砬子正长花岗岩体和鹤岗笑山林场正长花岗岩岩体等,以及丽丰林场、卫国沟、清水和永续林场正长-碱长花岗岩岩体等;出露于伊春南部美溪-南岔一带的岩体有:朝鲜屯正长-碱长花岗岩体,丰沟、解放村、桦皮羌子-解放山一带、高山尖-柳树营林所一带,以及 827 高地、905 高地正长花岗岩体等共几十个,出露规模为 4.5 ~ 245.5 km<sup>2</sup> 不等,多呈小岩基或岩株、岩瘤状,总体上近 SN 向分布,局部呈 NNE 向带状出露。其中在伊春北部岩体的岩性以正长-碱长花岗岩为主,且出露规模大于南部地区;南部地区岩体的岩性以正长花岗岩为主,碱长花岗岩少量,两者在时空上紧密相伴,多以涌动侵入接触为主,并在时空上与晚三叠世壳幔混合成因(H 型)的巨量似斑状二长花岗岩(234 ~ 231 Ma)紧密相伴,局部与近同时代的 A 型含钠闪石碱性花岗

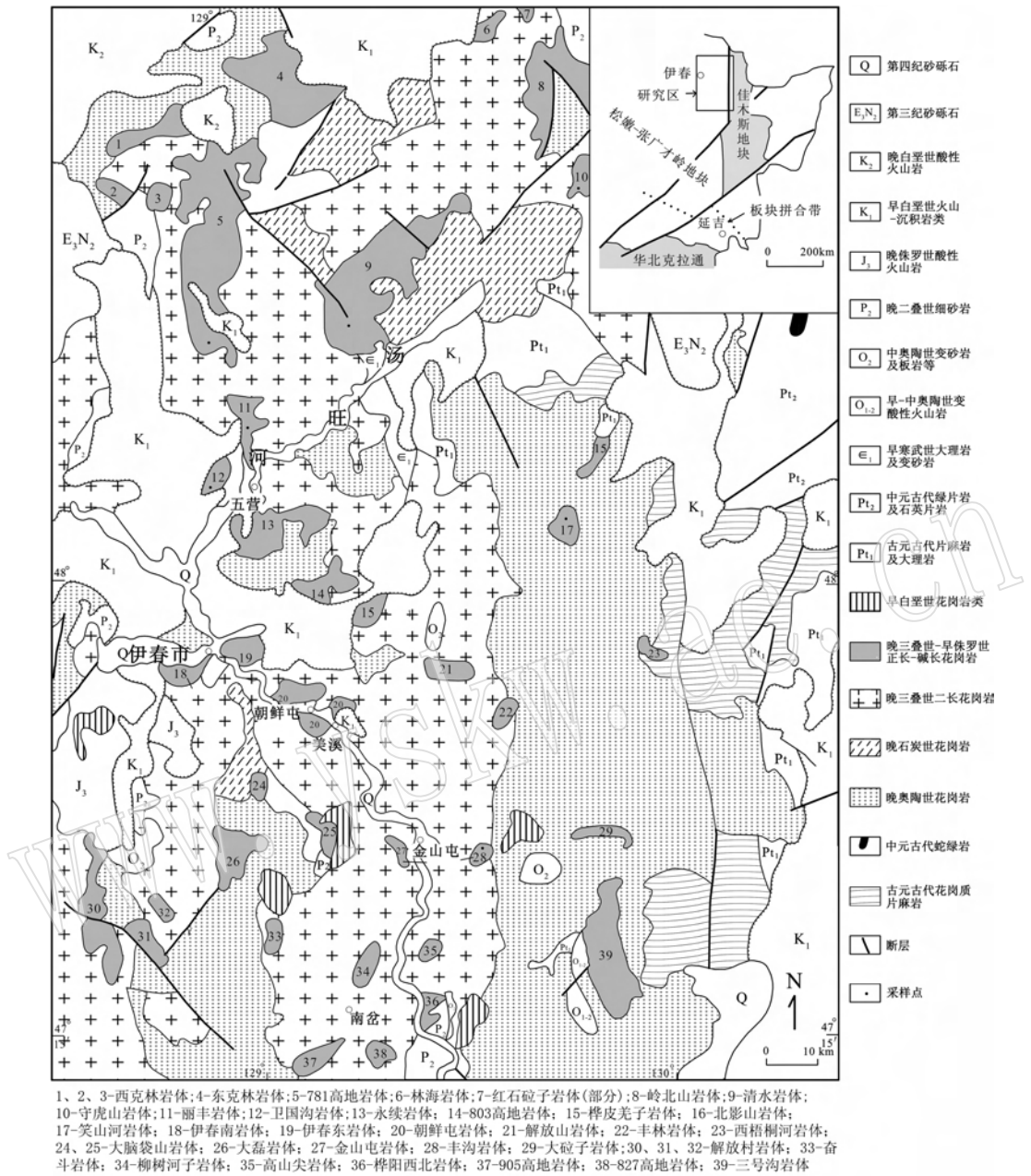


图1 小兴安岭东南伊春一带地质略图<sup>①</sup>

Fig. 1 Geological sketch map of Yichun area in the southeastern Xiaoxinganling Mountains<sup>①</sup>

岩相伴。岩体侵入上二叠统五道岭组(P<sub>3</sub>w)流纹岩,脉动侵入晚三叠世似斑状二长花岗岩。岩体的 Rb-Sr 全岩等时线、U-Pb 锆石 LA-ICP-MS 年龄范围为 190 ± 1 ~ 222 ± 5 Ma(黑龙江省地质矿产局,1993;孙德有等,2004a)。以上这些充分说明了正长-碱长花岗岩形成时代为晚三叠世—早侏罗世。

细中粒正长花岗岩在伊春南北两侧均有分布,

其中以笑山林场、岭北山、红石砬子一带出露面积较大。岩石具细中粒花岗结构,块状构造;碱性长石呈半自形宽板状,为条纹长石及微斜条纹长石,包含斜长石小晶体及交代净边结构,粒径 2.0 ~ 3.2 mm,含量 40% ~ 50%,当碱性长石含量增多时岩性过渡为碱长花岗岩;斜长石呈半自形板状,环带清晰,聚片双晶发育,电子探针及 X 射线粉晶分析<sup>①</sup>, An = 21 ~

① 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 2006. 1:25 万鹤岗市、嘉荫县等幅区域地质调查报告.

31,以更长石为主,粒径1~3 mm,含量15%~20%;石英呈自形或近圆粒状,波状消光,粒径2.0~3.2 mm,含量30%~35%;黑云母为不规则片状,粒径0.6~4.0 mm,含量占3%左右;角闪石含量很少(<1%)。副矿物以磁铁矿、锆石、磷灰石及萤石等为主。

细中粒碱长花岗岩主要零散分布于汤旺河上游的二龙山-清水河-永续林场一带。岩石具细中粒花岗结构、块状构造,个别具文象结构、晶洞构造;碱性长石为半自形板状,为条纹长石、反条纹长石和微斜长石,格状双晶隐约发育,条纹密集或稀疏,包裹斜长石呈嵌晶结构,部分钾长石泥化、绢云母化,大小0.2~4.0 mm,含量50%~65%;斜长石呈半自形或其他形粒状,聚片双晶发育, $An = 8 \sim 20$ ,以钠-更长石为主,大小0.5~3.0 mm,含量4%~10%;石英以自形或锥状为主,部分呈蚀溶圆粒状,普遍具波状消光,粒径0.5~4.0 mm,含量30%~40%;黑云母呈不规则片状或鳞片状集合体,常聚集呈团块状,粒径为0.1~1.0 mm,大多在0.2~0.5 mm之间,含量为1%~4%。副矿物以锆石、磁铁矿、褐铁矿、磷灰石、

石榴石、萤石等为主。

## 2 岩石化学、地球化学特征

正长花岗岩的 $SiO_2$ 含量大多在70.26%~76.72%之间,少数为66.24%~69.13%, $Al_2O_3$ 含量大多为11.79%~13.86%,少数为14.95%~16.45%, $MgO$ 含量为0.01%~0.51%, $CaO$ 含量为0.19%~1.64%, $Na_2O + K_2O$ 为6.55%~9.80%,多数 $K_2O > Na_2O$ ;碱长花岗岩的 $SiO_2$ 含量为72.50%~76.34%, $Al_2O_3$ 含量为11.84%~13.29%, $MgO$ 为0.01%~0.32%, $CaO$ 为0.27%~1.01%, $Na_2O + K_2O$ 为7.91%~9.90%, $K_2O > Na_2O$ (表1)。由上可知,正长-碱长花岗岩显示出高硅、富碱质和低钙、铝、镁的特点。在图2a中大多数岩石落入碱性岩区,少数为高分异钙碱性花岗岩区,铝饱和指数(ASI)  $A/CNK$  为0.95~1.24(平均为1.04),在判别岩石含铝性的  $A/NK - A/CNK$  图(图2b)中均落入偏铝质-过铝质岩石区。

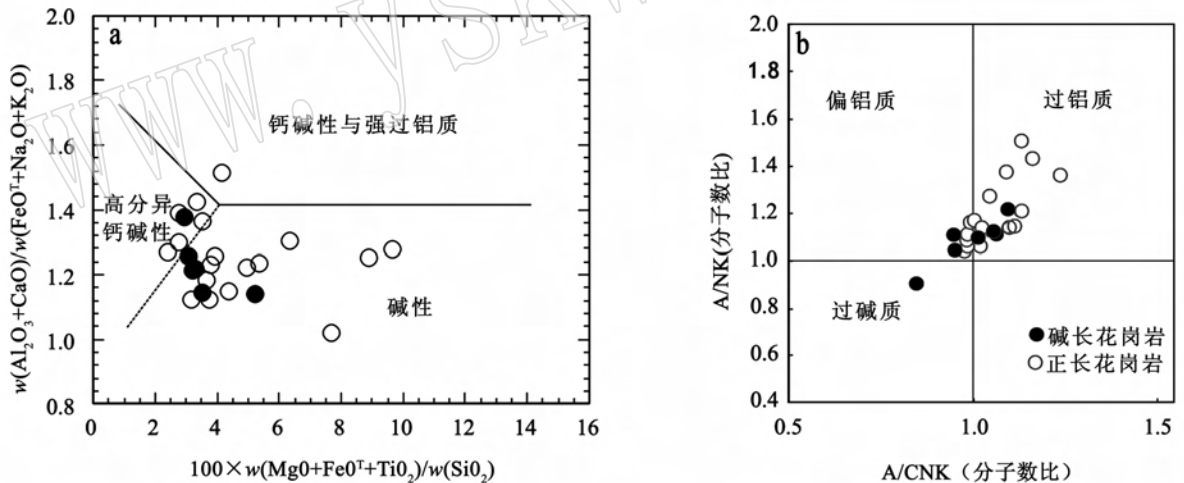


图2 花岗岩主元素判别图(a,据 Sylvester,1989)和  $A/NK - A/CNK$  图(b)

Fig.2 Major element discrimination diagram (a, after Sylvester, 1989) and  $A/NK - A/CNK$  diagram (b) for granites

岩石的稀土元素总量( $\sum REE$ )为  $70.37 \times 10^{-6} \sim 540.03 \times 10^{-6}$ ,轻稀土元素(LREE)为  $56.43 \times 10^{-6} \sim 460.45 \times 10^{-6}$ (平均为  $202.47 \times 10^{-6}$ ),重稀土元素(HREE)为  $13.94 \times 10^{-6} \sim 120.55 \times 10^{-6}$ (平均为  $63.84 \times 10^{-6}$ ), $LREE/HREE$  为1.38~9.76(平均为3.61), $(La/Yb)_N$  为3.11~38.48(平均为11.58),为轻稀土略微富集型;除SP31XT44样品外,其他样品 $\delta Eu$ 为0.05~0.53(平均为0.27),为强铕负异常型(表2)。正长-碱长花岗岩的稀土配分曲

线形态总体上基本相似,呈轻稀土略微富集的、缓向右倾斜的右倾型,而重稀土较为平坦、铕亏损的海鸥型。微量元素及其蛛网图上,正长-碱长花岗岩曲线形态类似(图3b),显示出高场强元素(HFS) Zr、U、Th、Y、Ce 和 Ga 富集或呈正异常,而大离子亲石元素(LILE) Rb、Sr 和 Ba 含量低或呈负异常特征。岩石的 $\delta^{18}O$ 为5.1‰~7.8‰(<10‰),这可能与地幔岩浆分异或和地壳物质的深熔、同熔作用有关(李之彤等,2001)。

表1 正长-碱长花岗岩岩石化学分析结果表

 $w_B/\%$ 

Table 1 Major element analytical results for syenogranites-alkali feldspar granites

岩性	序号	样品	岩体	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	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOS	Σ	σ
碱长花岗岩	1	JGs2159		76.34	0.20	12.76	1.12	0.80	0.04	0.24	0.62	3.46	4.45	0.02	0.30	100.35	1.88
	2	JP036GS6	清水	74.30	0.02	12.39	1.01	2.62	0.02	0.32	1.01	4.12	4.10	0.02	0.02	99.95	2.16
	3	JP036GS 46		75.92	0.10	12.75	1.18	0.98	0.04	0.21	0.38	4.10	4.32	0.02	0.26	100.26	2.15
	4	PP016Gs19		76.30	0.10	11.84	0.97	1.70	0.06	0.01	0.27	3.55	4.45	0.05	0.18	99.58	1.92
	5	PP016Gs17	卫国沟	74.98	0.20	12.58	0.84	1.50	0.04	0.01	0.54	4.05	4.45	0.08	0.22	99.49	2.26
	6	PP016Gs21		73.36	0.10	13.29	0.76	1.58	0.44	0.01	0.67	4.80	4.45	0.10	0.16	99.32	2.82
	7	PP059GS39	丽丰	72.50	0.10	12.10	0.48	2.70	0.03	0.20	0.46	4.80	5.10	0.10	0.24	98.81	3.32
	8	JP22Gs3		69.13	0.30	15.90	1.65	2.37	0.03	0.24	0.63	3.79	5.06	0.1	0.95	100.15	3.00
	9	JGs1596		75.12	0.05	12.72	1.25	1.74	0.01	0.22	1.53	2.43	4.12	0.05	0.24	99.48	1.34
	10	JGs2643	岭北山	75.56	0.05	12.68	0.76	1.64	0.02	0.16	1.18	3.52	3.89	0.05	0.20	99.71	1.69
	11	JP22Gs53b		66.24	0.40	16.45	1.37	4.46	0.07	0.30	1.46	4.41	3.93	0.10	0.53	99.72	2.99
	12	JP22Gs56		66.87	0.30	15.88	1.86	3.69	0.07	0.29	1.64	3.93	4.70	0.10	0.53	99.86	3.12
正长花岗岩	13	JP52GS6	781 高地	76.38	0.05	11.79	0.73	1.02	0.03	0.10	0.67	3.35	4.78	0.03	1.10	99.03	1.98
	14	PP52GS1		76.72	0.10	11.80	1.00	1.36	0.03	0.07	0.44	3.35	5.28	0.05	0.30	100.50	2.21
	15	PP016LT14	清水	74.34	0.10	12.73	1.06	1.70	0.03	0.05	0.27	4.15	4.78	0.10	0.20	99.51	2.55
	16	PP47GS70-1		68.50	0.20	15.29	1.57	2.00	0.06	0.07	1.00	5.45	4.35	0.10	0.42	99.11	3.77
	17	PP47GS113		72.82	0.20	13.42	1.39	1.68	0.04	0.07	0.64	4.20	5.10	0.10	0.52	100.18	2.90
	18	PP48-1GS37	丽丰	70.26	0.25	13.46	1.11	4.06	0.08	0.10	0.67	4.20	4.60	0.45	0.14	99.08	2.84
	19	PP49LT16		74.20	0.20	12.66	1.09	1.48	0.04	0.24	0.94	3.30	5.05	0.05	0.50	99.75	2.24
	20	PP45GS5-1		71.26	0.10	14.95	1.52	0.98	0.04	0.05	0.47	4.85	4.10	0.05	0.68	98.85	2.83
	21	PP45-2GS9	卫国沟	72.70	0.20	13.39	1.67	1.06	0.02	0.01	0.27	4.45	4.10	0.05	0.30	98.76	2.46
	22	SGs2432		75.86	0.42	12.25	0.81	1.50	0.03	0.14	0.38	4.84	3.6	0.01	0.1	99.94	2.17
	23	SP31XT44	笑山河	75.26	0.10	12.29	0.57	1.00	0.02	0.47	0.93	3.50	4.50	0.10	0.48	99.22	1.98
	24	SGs1088		74.06	0.10	13.33	0.77	0.74	0.02	0.51	0.19	3.50	5.46	0.05	0.74	99.47	2.59
	25	HP15Gs56	丰沟	72.56	0.20	13.86	0.91	2.10	0.01	0.48	0.77	4.42	4.65	0.05	0.42	100.43	2.78

注:数据 1~3、8~13、25 为本次成果,样品由黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院实验室测试(2005),Si 和烧失量采用重量法,Al、Fe 采用滴定法,Ti、P 采用比色法,K、Na、Ca、Mg、Mn 采用原子吸收光谱法;数据 4~7、14~24 来源于①②。

### 3 岩石成因及其产出构造背景探讨

#### 3.1 岩石成因

自从 Loiselle 和 Wones (1979) 提出非造山、碱性、无水的 A 型花岗岩以来,对该类型花岗岩的研究一直受到国内外地质学家的关注,但到目前为止,对 A 型花岗岩尚无统一的认识。近年来 A 型花岗岩的识别标志像埃达克岩(adakite)一样越来越依赖于主元素、微量元素、同位素等地球化学数据多数能落入 A 型花岗岩区为总体特征(Whalen *et al.*,

1987; Edy, 1990; 洪大卫等, 1995; King *et al.*, 1997; 苏玉平等, 2005; 吴锁平等, 2007), 又根据化学成分划分为碱性和铝质 A 型花岗岩(Eby, 1990; King *et al.*, 1997)。

本区的正长-碱长花岗岩的矿物组合以条纹长石、石英为主,少量铁质黑云母,无碱性暗色矿物和几乎未见有微细粒闪长质包体。岩石具高硅、富碱质、低钙、镁,A/NK(分子数比)平均为 0.85~0.93 (> 0.85), A/CNK 总体上 > 1,符合 Whalen 等(1987)划分碱性和偏碱性花岗岩的界限。在图 2a 中大多数岩石落入碱性岩区,在 A/NK-A/CNK 图

① 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 2000. 1:5 万三杨林场等四幅区域地质调查报告.

② 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 1997. 1:5 万平原林场等二幅区域地质调查报告.

$w_B/10^{-6}$ 表2 正长碱长花岗岩微量、稀土元素分析结果  
Table 2 Trace element and REE abundances of syenogranites-alkali feldspar granites

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
样品号	JXT2159	JP036XT6	JP036XT6	PP016XT21	JXT1596	JXT2643	JP22XT56	JP52XT6	PP47XT113	PP48-1XT37	PP47XT70-1	PP45-2XT9	PP045XT5-1	PP045XT5-1	JXT1662	SP31XT44
岩体	清水			卫国沟		岭北山	781高地	781高地	丽丰		卫国沟					笑山河
岩性		碱长花岗岩							正长花岗岩							
Pb	65.0	27.0	43.8	39	21	12	48	28	59	20	25	15	23	31		
Mo	1.09	3.81	4.07	2.4	0.96	1.8	0.98	1.6	1.6	1.5	2.2	2	2.1	2		
Cr	86.2	570	82.6	76	9.7	6.30	15.7	3.9	86	162	268	123	122	138		
Ni	1.65	6.3	<1	5	<1	15.2	14.4	5.8	2	6	5	4	7	4		
Li	45.0	31.7	44.8	90.6	31.7	44.8	19.6	8.5	49	4.3	14.1	3.4	9.3	18.9	336	5
Rb	399	369	274	379	178	183	120	127	385	124	142	99	170	219	22	136
Cs	16.1	5.25	5.00	6.30	3.65	4.9	6.65	4.3	15.9	2.1	3.2	1.4	4	5.5	147	4
Sr	9.20	31.9	24.8	11	47.6	52.6	120	147	15	14	20	18	22	8.9	3.3	66
Ba	55.5	75.6	131	45	298	290	923	1130	49	130	130	420	310	40	110	400
Sc	1.84	0.48	1.14	45	2.2	2.73	8.5	10.9	49	130	130	420	310	40	3.54	0.71
Nb	12.8	30.3	23.4	23.4	7.9	14.4	15.8	12.3	18.8	9.7	13.4	16.9	12.7	26	9.7	8
Ta	1.6	1.67	0.98	0.98	0.5	1.44	1.63	0.62	2	1.2	1.6	2	1.6	2.5	2.7	1.4
Zr	390	221	265	265	43.6	79.6	540	229	110	335	560	620	380	160	190	84
Hf	7.8	9.70	9.01	9.01	1.18	2.86	15	6.61	5	8.4	14	16	12	6.8	6.8	4
Ga	25.2	38.9	31.9	22	16	14.6	27	23.9	16	18	17	23	25	20		
U	0.7	8.91	7.97	7.97	5.01	5.43	1.95	6.41	21.4	1.82	2.09	0.86	2.35	5.87		
Th	6.2	42.9	39.4	39.4	22	22.8	35.1	18.6	48.8	13.6	19.2	13.6	29.25	42.4	16.2	18
Sn	36.0	46.0	45.0	2.9	5	3.8	3.4	3.6	5.4	2.2	3.3	2.2	3.5	3.5		
La	32.4	49.4	41.5	50.9	17.1	14.9	85.8	30.5	61	46.8	99.8	48.6	66.9	27.3	25.5	14.1
Ce	59.8	83.4	80.2	105	69.2	52.5	202	111	61	150	247	174	171	45.8	79.7	29.0
Pr	6.69	10.2	9.39	12.8	2.7	3.44	14	7.31	6.7	7.29	17.5	10.4	13.9	5.04	4.2	2.44
Nd	23.2	33.4	31.2	55.3	9.66	9.76	59.5	31.7	29.5	28.8	79.4	47.4	59.6	19	17.2	8.95
Sm	5.49	6.35	6.49	12.3	2.71	2.64	10.7	7.94	7.47	7.53	16.4	13.6	11.7	3.67	4.75	1.55
Eu	0.39	0.42	0.50	0.18	0.35	0.32	1.22	1.29	0.14	0.26	0.35	0.58	0.42	0.19	0.48	0.39
Gd	5.06	7.37	5.97	9.90	2.57	2.78	7.22	6.72	6.88	4.38	9.79	10	6.7	2.91	3.85	1.37
Tb	0.91	1.49	1.38	1.88	0.61	0.74	1.13	1.13	1.51	0.80	1.65	1.81	1.2	0.64	0.68	0.25
Dy	6.35	11.1	10.2	13.1	3.54	4.67	5.47	7.13	11.5	5.44	9.77	11.9	6.84	4.74	4.62	1.4
Ho	1.41	2.35	2.04	2.80	0.78	1.06	1.00	1.35	2.65	1.04	2.12	2.33	1.43	1.12	1.1	0.3
Er	4.84	8.28	7.38	8.05	2.69	3.78	2.47	3.45	7.85	3.13	5.57	6.28	4.07	3.74	2.71	0.88
Tm	0.80	1.20	1.06	1.25	0.48	0.80	0.38	0.52	1.23	0.47	0.84	0.88	0.62	0.63	0.42	0.15
Yb	5.48	7.79	6.40	7.50	3.37	4.79	2.23	2.77	7.38	2.88	5.25	5.3	3.9	4.15	2.41	0.94
Lu	0.77	1.04	0.77	0.99	0.42	0.69	0.35	0.50	1.15	0.46	0.79	0.68	0.62	0.65	0.4	0.13
Y	32.7	67.8	48.5	70.4	21.4	27.6	18.0	25.4	80.4	23.1	43.8	48	30.6	28	23.5	8.52
ΣREE	186.29	291.59	252.98	352.35	137.58	130.47	411.47	238.71	286.36	282.38	540.03	381.76	379.5	147.58	171.52	70.37
δEu	0.23	0.19	0.24	0.05	0.40	0.36	0.41	0.53	0.06	0.13	0.08	0.15	0.13	0.17	0.34	0.81
LREE	127.97	183.17	169.28	236.48	101.72	83.56	373.22	189.74	165.81	240.68	460.45	294.58	323.52	101.00	131.83	56.43
HREE	58.32	108.42	83.70	115.87	35.86	46.91	38.25	48.97	120.55	41.7	79.58	87.18	55.98	46.58	39.69	13.94
LR/HR	2.19	1.69	2.02	2.04	2.84	1.78	9.76	3.87	1.38	5.77	5.79	3.38	5.78	2.17	3.32	4.05

注:样品由国土资源部中矿产地资源监督检查中心测试(2005);数据1~3、5~10为本次成果,微量、稀土元素分析采用PE Elan6000型等离子体光谱测定,Nb、Ta采用碱熔法测定,其他均采用酸熔法测定,以AMH-1和GBPG-1为参考标准,相对误差(RSD)均小于10%;数据4、11~16引自①②。

- ① 黑龙江省地质调查总队齐齐哈尔分院, 2000, 1:5万三杨林场等四幅区域地质调查报告。  
② 黑龙江省地质调查总队齐齐哈尔分院, 1997, 1:5万平原林场等二幅区域地质调查报告。

中均落入过铝质岩石区(图 2b),而不含碱性暗色矿物区别于碱性 A 型花岗岩。岩石的稀土配分曲线呈轻稀土略微富集的、缓向右倾斜的右倾而重稀土较

为平坦、铕亏损的“海鸥型”(图 3a),与吉黑张广才岭地区的铝质 A 型碱长花岗岩稀土特征完全相似(孙德有等,2005)。

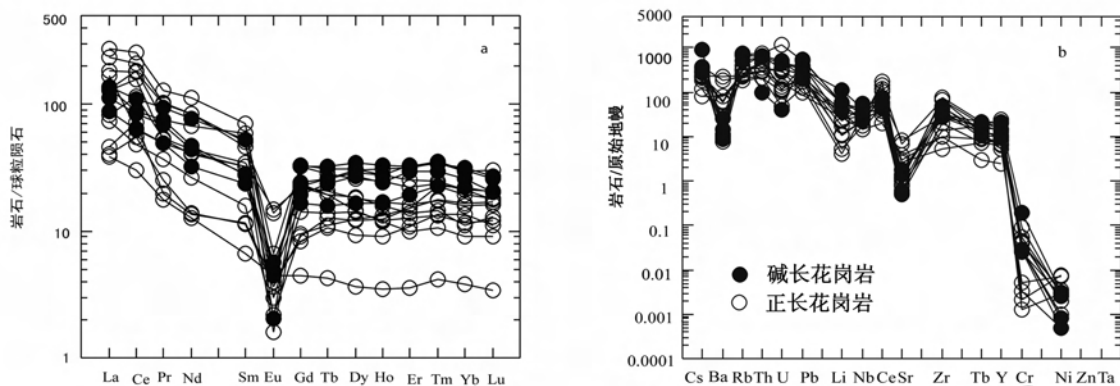


图3 正长-碱长花岗岩稀土元素配分曲线图(a)及微量元素蛛网图(b)

[球粒陨石和原始地幔标准化数据引自 Taylor 等(1985)]

Fig. 3 Chondrite-normalized REE patterns(a) and primitive mantle-normalized trace element spidergrams(b) of syenogranites-alkali feldspar granites(trace elements for chondrite and those for PM from Taylor *et al.*, 1985)

对于高硅的花岗岩用  $\text{FeO}^T/\text{MgO}-\text{SiO}_2$  图来有效区分 A 型与 I、S 型花岗岩(Whalen *et al.*, 1987; Edy, 1990; 洪大卫等, 1995; King *et al.*, 1997; 吴锁平等, 2007), 本区岩石在  $\text{FeO}^T/\text{MgO}-\text{SiO}_2$  图(图 4a)中大多数岩石落入 A 型花岗岩区。在  $10\,000 \times \text{Ga}/\text{Al}-\text{Zr}$  图和  $10\,000 \times \text{Ga}/\text{Al}-(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  图中, 大多数岩石落在 A 型花岗岩区<sup>①</sup>。

当  $\text{SiO}_2 > 72\%$  的铝质 A 型花岗岩与高度分异的 I 型花岗岩之间有许多相似之处, 因此需要进一步将它们区分开来(Edy, 1990; 卢成忠等, 2006; 吴锁平等, 2007): ① 一般来讲, 高分异 I 型花岗岩的  $\text{FeO}^T$  含量较低( $< 1.00\%$ ), 而区内正长-碱长花岗岩的  $\text{FeO}^T$  含量为  $1.43\% \sim 5.69\%$ , 均  $> 1.00\%$ ; 又在主量元素判别图(图 2a)中大多数岩石落入碱性岩区。② 本区岩石的各氧化物含量及平均值与世界 A 型花岗岩平均值最为接近, 与澳大利亚高分异的 I 型 Ackley 岩体、S 型 Scandy Cape 岩体(Whalen *et al.*, 1987; King *et al.*, 1997)之间存在较大差异。③ 高温岩浆浅成就位是 A 型花岗岩的主要特征之一, 是高硅 A 型花岗岩与高分异 I 型花岗岩的主要区别之一(Edy, 1990; 卢成忠等, 2006; 吴锁平等, 2007)。区内

铝质 A 型正长-碱长花岗岩贫钙、镁, 但  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量总体偏高, 反映 A 型花岗岩形成于相对氧化的介质环境, 这可能与其定位较浅有关。这也在岩石中出现较自形的锥状石英、 $\delta^{18}\text{O}$  值变小和包裹体测温结果上得到了证实。正长花岗岩的成岩温度在  $720 \sim 900^\circ\text{C}$ <sup>④</sup>, 与电子探针分析正长花岗岩中角闪石形成温度为  $800^\circ\text{C}$ <sup>①②</sup> 相吻合; 碱长花岗岩成岩温度为  $750 \sim 950^\circ\text{C}$ <sup>④</sup>, 略高于高分异 I 型花岗岩形成温度( $764^\circ\text{C}$ )(King *et al.*, 1997), 表现出高温岩浆浅部就位结晶的特征。岩石  $\delta^{18}\text{O}$  值从早期正长花岗岩( $6.9\% \sim 10.3\%$ )  $\rightarrow$  晚期碱长花岗岩( $5.1\% \sim 5.9\%$ ) 变低<sup>④</sup>, 说明了岩石的形成可能与直接熔融或同化大气降水浸泡过的岩石有关, 这也从某种程度上反映出定位相对较浅的氧化环境(李之彤等, 2001)。④ 岩石的微量元素 Ga、Rb、Ba、Sr、Zr、Y 等含量范围及平均值与 Whalen 等(1987)的 A 型花岗岩相似, 元素组合  $\text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  含量为  $142.1 \times 10^{-6} \sim 495.3 \times 10^{-6}$  (平均为  $353.23 \times 10^{-6}$ ), 符合 A 型花岗岩平均值  $\geq 350 \times 10^{-6}$  的要求(卢成忠等, 2006); 正长花岗岩的 Ga 含量为  $14.6 \times 10^{-6} \sim 27.0 \times 10^{-6}$  (平均为  $20.36 \times 10^{-6}$ ), 碱长花岗岩 Ga 含量为  $22.0 \times 10^{-6} \sim$

① 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 2006. 1:25 万嘉荫县-乌云镇、鹤岗市幅区域地质调查报告.

② 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 2000. 1:5 万三杨林场等幅区域地质调查报告.

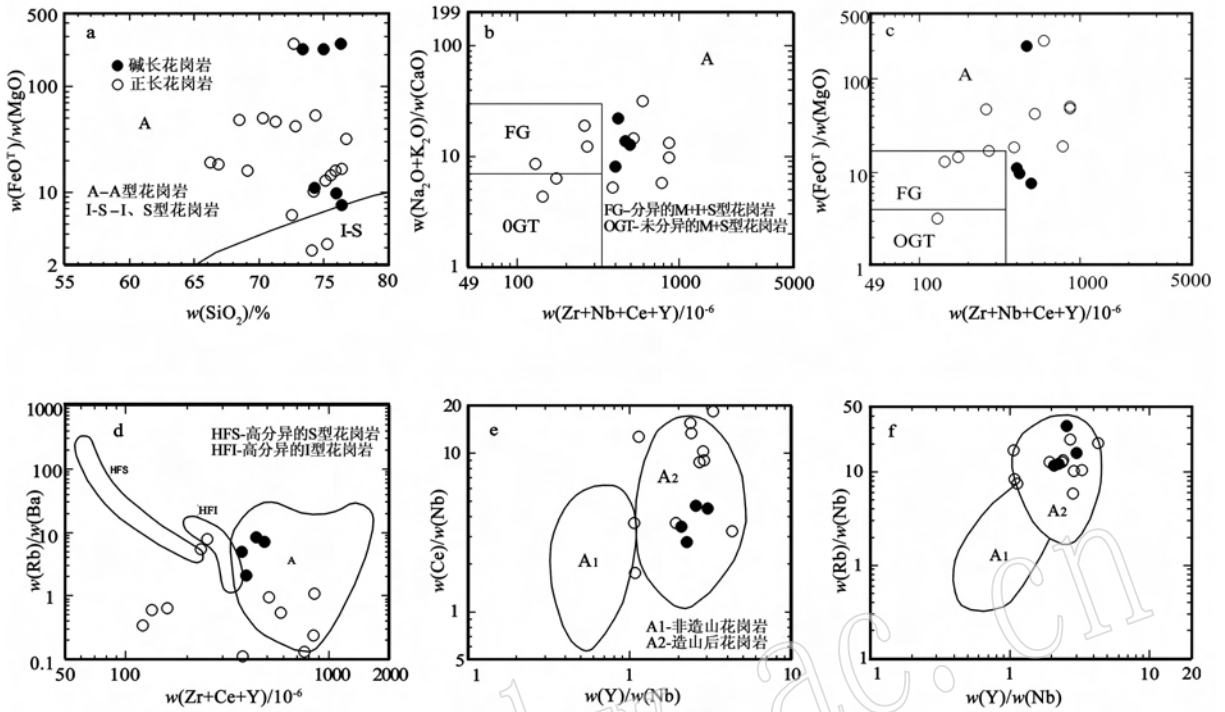


图4  $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO}-\text{SiO}_2$  图(a, 据 Edy, 1992)、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{CaO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  (b)、 $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  图(c) (b, c 据 Whalen 等, 1987)、 $\text{Rb}/\text{Ba} - \text{Zr} + \text{Ce} + \text{Y}$  图(d, 据 Whalen 等, 1987)、 $\text{Ce}/\text{Nb} - \text{Y}/\text{Nb}$  (e)、 $\text{Rb}/\text{Nb} - \text{Y}/\text{Nb}$  图(f) (e, f 据 Edy, 1992) Fig. 4  $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO} - \text{SiO}_2$  diagram (a, after Edy, 1992),  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}/\text{CaO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  (b),  $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  (c) diagram (b and c after Whalen *et al.*, 1987),  $\text{Rb}/\text{Ba} - \text{Zr} + \text{Ce} + \text{Y}$  diagram (d, after Whalen *et al.*, 1987),  $\text{Ce}/\text{Nb} - \text{Y}/\text{Nb}$  (e) diagram,  $\text{Rb}/\text{Nb} - \text{Y}/\text{Nb}$  (f) diagram (e and f after Edy, 1992)

$38.9 \times 10^{-6}$  (平均为  $29.5 \times 10^{-6}$ ), 与中国、世界典型 A 型花岗岩的平均值 ( $18.54 \times 10^{-6} \sim 24.6 \times 10^{-6}$ ) 接近; 正长-碱长花岗岩的 Rb 含量  $99 \times 10^{-6} \sim 399 \times 10^{-6}$ , 平均为  $229 \times 10^{-6}$  ( $< 270 \times 10^{-6}$ ), 说明不是由高硅 I 型花岗岩分异形成 (Pearce *et al.*, 1984)。岩石  $\Sigma \text{REE}$  较高 (除 SP31XT44 样品外), 为  $130.47 \times 10^{-6} \sim 540.03 \times 10^{-6}$  (平均为  $279.79 \times 10^{-6}$ ), 远高于 I 型花岗岩 ( $114.71 \times 10^{-6}$ ) 和 S 型花岗岩 ( $173.14 \times 10^{-6}$ )  $\Sigma \text{REE}$  值 (吴锁平等, 2007), 也明显高于区域上广泛出露的同时代略早期的 I (或 H) 型二长花岗岩 ( $154.94 \times 10^{-6}$ ) (韩振哲等, 2008)。岩石的稀土配分曲线形态呈轻稀土略微富集且缓向右倾斜、重稀土平坦、铕强亏损的海鸥型, 且微量元素蛛网图上出现 Ba, Sr 负异常, 也与 A 型花岗岩特征相符。⑤ 在  $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{CaO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  (图 4b) 及  $\text{FeO}^{\text{T}}/\text{MgO} - \text{Zr} + \text{Nb} + \text{Ce} + \text{Y}$  图 (图 4c) 和  $\text{Rb}/\text{Ba} - \text{Zr} + \text{Ce} + \text{Y}$  图 (图 4d) 中岩石大多数落入 A 型花岗岩区, 显示出 A 型花岗岩的特征, 而少数正长花岗岩落入高分异的 I, S 花岗岩区, 这可能说明了其与同时代略早形成的壳幔混合成因二长花岗岩岩

浆的源岩之间具有一定的亲缘性。⑥ 与同地区、近同时代略晚形成的碱性 A 型花岗岩——清水岩体 (孙德有等, 2004a) 相比, 两者的主量元素  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  含量相近及微量、稀土元素曲线形态相似, 均表现出 Ba, Sr 负异常和“海鸥型”稀土配分曲线, 说明具 A 型花岗岩的共性, 但仍以  $\text{K}_2\text{O}$  略大于  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ( $11.79\% \sim 16.45\%$ , 平均  $13.26\%$ )、 $\text{CaO}$  ( $0.19\% \sim 1.64\%$ , 平均  $0.76\%$ )、 $\text{MgO}$  ( $0.01\% \sim 0.51\%$ , 平均  $0.21\%$ ) 略微高, Zr ( $43.6 \times 10^{-6} \sim 620 \times 10^{-6}$ , 平均  $262 \times 10^{-6}$ )、Nb ( $8.0 \times 10^{-6} \sim 30.3 \times 10^{-6}$ , 平均  $16.4 \times 10^{-6}$ )、Ga ( $14.6 \times 10^{-6} \sim 38.9 \times 10^{-6}$ , 平均  $22.7 \times 10^{-6}$ )、Y ( $8.52 \times 10^{-6} \sim 80.4 \times 10^{-6}$ , 平均  $37.59 \times 10^{-6}$ ) 含量低, Ba ( $40 \times 10^{-6} \sim 1130 \times 10^{-6}$ , 平均  $286 \times 10^{-6}$ )、Sr ( $3.3 \times 10^{-6} \sim 147 \times 10^{-6}$ , 平均  $42.1 \times 10^{-6}$ ) 高, LREE 略富集且向右略陡倾等特征相区别。与小兴安岭-张广才岭地区晚三叠世毛家屯、密林岩体 (Wu *et al.*, 2002) 和大王折子 (黑龙江省地质矿产局, 1993) 等 A 型碱长-碱性花岗岩相比, 主量元素  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、REE 含量相近, 均表现出高硅富碱、富集稀土元素、



低钙镁的特征,稀土元素曲线形态也相似,为 Eu 呈“V”谷的海鸥型。以上充分说明了正长-碱长花岗岩的岩石学、岩石化学特征具有铝质 A 型花岗岩的共性特征,略微不同于典型的碱性 A 型花岗岩。

关于 A 型花岗岩的成因目前有多种观点,主要有岩浆混合、残留体再熔融、幔源碱性基性岩浆和 I 型花岗岩浆分异、下地壳火成岩部分熔融和俯冲洋壳部分熔融等 (Collins *et al.*, 1982; Bedarad, 1990; Edy, 1992; Turner *et al.*, 1992a; King *et al.*, 1997)。由此可见, A 型花岗岩的成因与其所处大地构造背景、物质来源、岩浆演化过程的分异程度等密切相关,因而不可能用统一的成因模式来简单解释(吴锁平等, 2007)。笔者趋同于正长-碱长花岗岩成因,可能与底侵作用下的地壳古老变质基底物质的部分熔融和一定程度的壳幔岩浆混合作用共同作用有关。其依据为:① 残留体再熔融成因说只能解释传统的 A 型碱性花岗岩的高温、贫水和富氟、富 HFSE 的特征;② 伊春地区仅出露少量基性岩,缺少岩浆分异演化形成的闪长岩等过渡成分的岩石类型,说明幔源碱性岩浆分异模式缺少地质事实;③ 岩石富含  $K_2O$ , 其最可能的岩浆源区物质为中下地壳富  $K_2O$ 、贫水的玄武质岩石,同时富  $Al_2O_3$  的特征也表明岩石成因与地壳有关,而仅有壳幔混合熔融不可能形成富硅的  $A_2$  型花岗岩;④ 二长花岗岩、正长-碱长花岗岩与碱性花岗岩的微量元素地幔标准化蛛网图、稀土元素球粒陨石配分曲线图的形态基本相似(孙德有等, 2004a; 韩振哲等, 2008)。正长-碱长花岗岩的  $^{143}Nd/^{144}Nd$  初始值为 0.512 144 ~ 0.512 513,  $^{86}Sr/^{87}Sr$  初始值 [0.720 56 ~ 0.834 60, > 大陆壳值 (0.719)] 变化很大,但其物质来源以壳源为主,  $t_{DM}$  模式年龄为 1 118 ~ 1 328 Ma, 与时空上紧密相伴的、区域上的碱性花岗岩 ( $^{143}Nd/^{144}Nd$  初始值为 0.512 513,  $t_{DM}$  模式年龄为 1 244 ± 18 Ma)、二长花岗岩 ( $^{86}Sr/^{87}Sr$  初始值为 0.707 30 ~ 0.724 29<sup>①</sup>, 初始值变化很大说明其物质来源、形成过程的复杂性,  $^{143}Nd/^{144}Nd$  初始值为 0.512 289,  $t_{DM}$  模式年龄为 1 295 ± 13 Ma) 相似。岩石的高 Sr、低 Nd 同位素反映花岗岩的原岩可能主要具有沉积岩或变质岩组成的上地壳特征,与  $t_{DM}$  模式年龄反映的岩浆源区物质为中元古代变质基底物质的特征相吻合;⑤ 正长花岗岩 ( $\delta^{18}O$  值为 6.9‰ ~ 10.3‰)、碱长花岗岩 ( $\delta^{18}O$

值为 5.1‰ ~ 5.9‰) 属正常  $\delta^{18}O$  略偏低值的花岗岩类,说明其源区物质成熟度低,且与地幔物质混入有关(李之彤等, 2001);⑥ 在时空上铝质 A 型正长-碱长花岗岩与同时代的壳幔混合 I 型(或 H 型)二长花岗岩、A 型碱性花岗岩密切伴生,构造环境有序演化形成同一构造岩浆序列,构成巨量的 I-A 型花岗岩质复合岩基,说明了正长-碱长花岗岩成因可能也涉及到一定程度的壳幔岩浆混合作用。

### 3.2 构造环境

A 型花岗岩受控于张性构造背景已得到广泛共识,从构造环境上可划分为:代表非造山板内环境的  $AA$  或  $A_1$  型花岗岩和代表造山后构造环境的  $PA$  或  $A_2$  型花岗岩 (Eby, 1992; 洪大卫等, 1995),  $A_2$  型花岗岩主要形成于造山后伸展阶段,从而使  $A_2$  型花岗岩成为判断造山作用结束时间的重要岩石学标志。

伊春地区的正长-碱长花岗岩岩体中均无主动侵位造成的构造应变,如定向组构、岩浆面理构造等,岩体与围岩接触界面多见有岩枝、岩脉,与围岩构造线方向不一致,围岩不因岩体侵入而发生变形,说明岩体的就位构造总体上显示出拉张环境下的被动就位的构造样式。

在  $Ce/Nb - Y/Nb$  (图 4e)、 $Rb/Nb - Y/Nb$  图 (图 4f) 中,岩石大多数落入  $A_2$  型花岗岩区。在 Eby (1992) 提出的  $A_1$ 、 $A_2$  型判别图解 (图 5) 中,样品投点落入了  $A_2$  型造山晚期花岗岩区。在  $R_1 - R_2$  构造环境判别图中,大多数样品点落入造山晚期和非造山花岗岩的界线附近,说明了大陆碰撞结束、崩塌时的张性构造环境<sup>①</sup>。

前人对伊春地区时代为 230 ~ 190 Ma 的 A 型花岗岩成因还缺乏明确的认识,有些学者认为 230 ~ 210 Ma 的 A 型花岗岩是古亚洲洋构造域演化的末期产物 (葛文春等, 2005; 葛肖虹等, 2007), 而 210 ~ 190 Ma 的 A 型花岗岩与环太平洋构造域有关 (Wu *et al.*, 2002; 孙德有等, 2005)。研究区内时代为 222 ~ 190 Ma 的铝质 A 型正长-碱长花岗岩的岩石学及微量元素、Sr-Nd 同位素特征均很相似,岩貌上伊春地区南北的正长-碱长花岗岩岩体一起构成小兴安岭地区独特的构造峰林——花岗岩石林地貌,这些似乎暗示了并不是由两次造山后伸展作用下的构造-岩浆产物。

因兴蒙造山带多阶段增生、缝合的特点,因此,

① 黑龙江省地质调查研究总院齐齐哈尔分院. 2006. 1:25 万嘉荫县-乌云镇、鹤岗市幅区域地质调查报告.

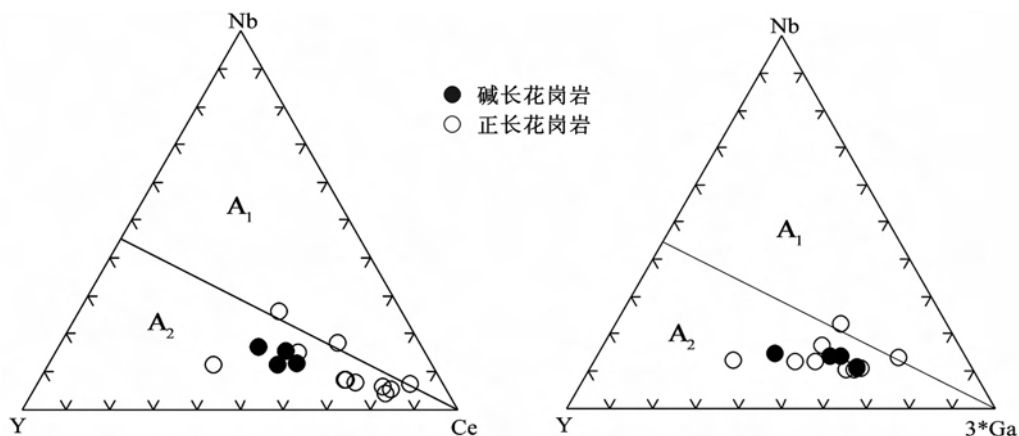


图5 A型花岗岩成因类型判别图(据 Edy, 1992)

Fig. 5 Discrimination diagram for genetic type of A-type granites (after Edy, 1992)

华北与西伯利亚板块最终缝合的位置、时间分歧较大。孙德有等(2000)根据黑河-嫩江一带 A 型花岗岩(290 ~ 260 Ma)与贺根山一带的 A 型花岗岩时代相一致的特征,将南北两大板块碰撞带东延至嫩江-黑河一线,认为主碰撞时代是石炭纪。可是在东西几千千米范围内两大板块全面同时碰撞,并出现碰撞后伸展环境的 A 型花岗岩的可能性应值得商榷,其黑河-嫩江一带 A 型花岗岩应代表额尔古纳-兴安陆块与松嫩陆块间的碰撞位置及碰撞后伸展时间更为合理些。那么,近 SN 向的伊春地区铝质 A 型花岗岩,是与佳木斯、松嫩地块拼贴有关吗?孙德有(2001)、孙德有等(2005)依据小兴安岭-张广才岭地区广泛分布的早侏罗世花岗岩和李锦轶等(1999)依据在黑龙江群蛇绿岩中白云母 Ar-Ar 年龄(180 ~ 165 Ma)认为,两者拼合于早侏罗世。而有些学者(黑龙江省地质矿产局,1993;赵春荆等,1996;葛肖虹等,2007)认为,在伊春地区的 SN 向加里东中期同碰撞花岗岩闪长岩-二长花岗岩及碰撞后碱长-碱性花岗岩组合应与佳木斯-松嫩地块拼贴、松弛作用有关。孙德有(2001)在佳木斯、松嫩及额尔古纳 3 个地块北部,沿现今黑龙江右岸一带确定了呈 NE 向展布的古生代花岗岩,但其构造意义未明确。由此看来,伊春地区的中生代铝质 A 型花岗岩与壳幔混合成因的高钾钙碱性二长花岗岩、A 型碱性花岗岩,则很可能代表了华北与西伯利亚南北两大板块碰撞后伸展作用有关的构造岩浆事件。

研究区内的铝质 A 型花岗岩-碱性 A 型花岗岩形成时代为 222 ~ 190 Ma,按 Sylvester (1989)、Turner 等(1992b)认为,造山后 A 型花岗岩与主造山事件

的间隔约 40 Ma,则其主造山时代为 260 ~ 230 Ma,结合 Sylvester (1998)认为,后碰撞花岗岩出现只比碰撞高峰期晚 10 ~ 26 Ma,这也与伊春地区后碰撞的 H 型二长花岗岩时代为 234 ~ 231 Ma 基本相吻合,进一步佐证了华北与西伯利亚板块主碰撞于晚二叠世-早三叠世(Wu *et al.*, 2002, 2004;孙德有等,2004b;张兴洲等,2006;葛肖虹等,2007),而缝合线的位置可能在西拉木伦-长春-延吉一带。

伊春地区晚三叠世-早侏罗世铝质 A 型花岗岩的确定,说明研究区从晚三叠世-早侏罗世开始进入了古亚洲洋最终闭合之后大陆碰撞后跨塌、伸展体制构造背景,进入与东北亚构造域协调一致的滨太平洋构造域的陆缘增生构造环境(唐克东等,2004),这对确定古亚洲洋构造域和古太平洋构造域的转换时间具有极为重要的意义。而在构造格局上的近 SN、NNE 向,与古亚洲洋 EW、NE 向构造格局不协调,很可能与后期鄂霍次克洋盆的封闭、侏罗纪东北亚构造转动有关(万天丰,2007)。

## 4 结论

伊春地区形成于晚三叠世-早侏罗世的正长-碱长花岗岩具有铝质 A 型花岗岩的典型岩相学、岩石化学特征,不同于高分异 I 型花岗岩。岩体总体上近 SN 向展布,局部 NNE 向,且岩浆活动具有由北向南逐渐减弱的趋势。岩体中无主动侵位造成的构造应变,就位构造总体上显示出拉张环境下的被动就位的构造样式,说明研究区从晚三叠世-早侏罗世开始进入了古亚洲洋最终闭合之后大陆碰撞后跨塌、伸

展体制构造背景。铝质 A 型正长-碱长花岗岩的  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  初始值、 $^{86}\text{Sr}/^{87}\text{Sr}$  初始值和  $t_{\text{DM}}$  模式年龄与时空上紧密相伴的、构成同一构造-岩浆序列的碱性花岗岩、二长花岗岩相似,说明其源区物质具有相似性,可能与古亚洲洋构造域碰撞后伸展动力学机制下的构造松弛、拉张环境的基性岩浆底侵作用使古老的下地壳变质基底物质部分熔融有关,同时也涉及到一定程度的壳幔岩浆混合作用。

## References

- Bedard J. 1990. Enclaves from the A-type granite of the Meganic Complex, White Mountain magma series; clues to granite magmagenesis [J]. *J. of Geophysical Research*, 95(B11): 17 797 ~ 17 819.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Heilongjiang Province. 1993. Regional Geology of Heilongjiang Province [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Collins W J, Beams S D, White A J R, *et al.* 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 80: 189 ~ 200.
- Edy G N. 1990. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis [J]. *Lithos*, 26: 115 ~ 134.
- Edy G N. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenesis and implications [J]. *Geology*, 20: 641 ~ 644.
- Ge Wenchun, Wu Fuyuan, Zhou Changyong, *et al.* 2005. Zircon U-Pb ages and its significance of Mesozoic granites in the Wlahaote region, central Da Hingan Mountain [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 21(3): 749 ~ 762 (in Chinese with English abstract).
- Ge Xiaohong and Ma Wenpu. 2007. Mesozoic-Cenozoic tectonic framework of southern Northeast Asia [J]. *Geology in China*, 34(2): 212 ~ 228 (in Chinese with English abstract).
- Han Zhenzhe, Zhao Hailing, Su Shijie, *et al.* 2008. Genesis and geologic significance of Late Triassic monzonitic granite in Jinshantun, the southeast of Xiaoxinlin Mountains [J]. *Geoscience*, 22(2): 197 ~ 206 (in Chinese).
- Hong Dawei, Wang Shiguang, Han Baofu, *et al.* 1995. Tectonic setting classifications and discrimination criteria for alkaline granites [J]. *Science in China (Series B)*, 5(4): 418 ~ 426 (in Chinese).
- King P L, Whale A J R, Chappell B W, *et al.* 1997. Characterization and origin aluminous A-type granites from Lachlan Fold Belt, South-eastern Australia [J]. *J. Petrol.*, 38(3): 371 ~ 391.
- Li Jinyi, Niu Baogui, Song Biao, *et al.* 1999. Crustal Formation and Evolution of Northern Changbai Mountains, Northeast China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1 ~ 137 (in Chinese).
- Li Zhitong and Zhu Qun. 2001. Stable isotope composition of granitoids in Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces [J]. *Acta Petrologica et Mineralogical*, 20(3): 353 ~ 359 (in Chinese with English abstract).
- Loiselle M C and Wones D R. 1979. Characteristics of anorogenic granite: Geological Society of America [J]. *Abstracts with Programs*, 11: 468.
- Lu Chengzhong, Dong Chuanwan, Gu Mingguang, *et al.* 2006. Discovery of the Neoproterozoic Daolinshan A-type granite in Zhejiang and its tectonic implications [J]. *Geology in China*, 33(5): 1 044 ~ 1 051 (in Chinese with English abstract).
- Pearce J A, Harris N B and Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *Journal of Petrology*, 25: 956 ~ 983.
- Su Yuping and Tang Hongfeng. 2005. Trace element geochemistry of A-type granites [J]. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 24(3): 245 ~ 251 (in Chinese with English abstract).
- Sun Deyou. 2001. Petrogenesis and Geodynamic Significance of Mesozoic Granites in Zhangguangcai Ranges [D]. Jilin University (in Chinese).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Li Huimin, *et al.* 2000. The age of PA-type granite in Northwestern Xiao Xinanling and the relationship with the collision belt, Suolun-Hegen-Zhalaita mountains [J]. *Chinese Science Bulletin*, 45(20): 2 217 ~ 2 222 (in Chinese).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan and Gao Shan. 2004a. LA-ICPMS zircon U-Pb age of the Qingshui pluton in the east Xiao Hingan Mountains [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 25(2): 213 ~ 218 (in Chinese with English abstract).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Gao Shan, *et al.* 2005. Confirmation of two episodes of A-type granite emplacement during Late Triassic and Early Jurassic the central Jilin Province, and their constraints on the structural pattern of Eastern Jilin-Heilongjiang Area, China [J]. *Earth Science Frontiers*, 12(2): 263 ~ 275 (in Chinese with English abstract).
- Sun Deyou, Wu Fuyuan, Zhang Yanbin, *et al.* 2004b. The final closing time of the west Lamulun River-Changchun-Yanji plate suture zone: Evidence from the Dayushan granitic pluton, Jilin Province [J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 34(2): 174 ~ 181 (in Chinese).
- Sylvester P J. 1989. Post-collisional alkaline granites [J]. *J. Geol.*, 97: 261 ~ 280.
- Sylvester P J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites [J]. *Lithos*, 45: 29 ~ 44.
- Tang Kedong and Li Jingchun. 2004. Nature of the Yanbian Suture zone and structure of Northeast Asia [J]. *Geological Bulletin of China*, 23(9 ~ 10): 885 ~ 891.
- Taylor S R and McLennan S M. 1985. *The Continental Crust: its Composition and Evolution* [M]. Oxford, UK, Blackwell, 1 ~ 312.
- Turner S P, Foden J D and Morrison R S. 1992b. Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma: an example from the Padthaway Ridge, South Australia [J]. *Lithos*, 28: 151 ~ 179.
- Turner S P, Sandiford M and Foden J. 1992a. Some geodynamic and compositional constraints on "postorogenic" magmatism [J]. *Geology*, 20: 931 ~ 934.
- Wan Tianfeng. 2007. Rotation of the Jurassic crust and transformation of the lithosphere in eastern China [J]. *Geological Bulletin of China*, 23(9 ~ 10): 966 ~ 972 (in Chinese).
- Whalen J B, Currie K L and Chappell B W. 1987. A-type granites: Geo-

chemical characteristics discrimination and petrogenesis[J]. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 95: 407~419.

Wu Fuyuan and Sun Deyou. 2002. A-type granites in northeastern China: Age and geochemical constraints on their petrogenesis[J]. *Chemical Geology*, 187: 143~173.

Wu Fuyuan, Sun Deyou and Lin Qiang. 1999. Petrogenesis of the Phanerozoic granites and crustal growth in Northeast China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 15(2): 181~189(in Chinese with English abstract).

Wu Fuyuan, Zhao Guochun, Sun Deyou, *et al.* 2004. Final closure of the Palaeo-Asian Ocean in NE China: Evidence from the Hulan Group in central Jilin Province[J]. *J. Geol. Soc. London*(in review).

Wu Suoping, Wang Meiyang and Qi Kaijing. 2007. Present situation of A-type granites: a review[J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 26(1): 57~66(in Chinese with English abstract).

Zhang Xingzhou, Yang Baojun, Wu Fuyuan, *et al.* 2006. The lithosphere structure in the Hinggan-Mongolia-Jilin-Heilongjiang region, northeastern China[J]. *Geology in China*, 33(4): 816~823(in Chinese with English abstract).

Zhao Chunjing, Peng Yujing, Dang Zengxin, *et al.* 1996. Tectonic Framework and Crust Evolution of Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces [M]. Shenyang: Liaoning University Press (in Chinese).

## 附中文参考文献

葛文春, 吴福元, 周长勇, 等. 2005. 大兴安岭中部乌兰浩特地区中生代花岗岩的锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. *岩石学报*, 21(3): 749~762.

葛肖虹, 马文璞. 2007. 东北亚南区中-新生代大地构造轮廓[J]. *中国地质*, 34(2): 212~228.

韩振哲, 赵海玲, 苏士杰, 等. 2008. 小兴安岭南南金山屯一带晚三叠世二长花岗岩成因及其地质意义[J]. *现代地质*, 22(2): 197~206.

黑龙江省地质矿产局. 1993. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.

洪大卫, 王式洗, 韩宝福, 等. 1995. 碱性花岗岩的构造环境分类及其

鉴别标志[J]. *中国科学(B辑)*, 25(4): 418~426.

李锦轶, 牛宝贵, 宋 彪, 等. 1999. 长白山北段地壳的形成和演化[J]. 北京: 地质出版社, 1~137.

李之彤, 朱 群. 2001. 吉黑东部花岗岩类的稳定同位素组成[J]. *岩石矿物学杂志*, 20(3): 353~359.

卢成忠, 董伟万, 顾明光, 等. 2006. 浙江道林山新元古代 A 型花岗岩的发现及其构造意义[J]. *中国地质*, 33(5): 1044~1051.

苏玉平, 唐红峰. 2005. A 型花岗岩的微量元素地球化学[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 24(3): 245~251.

孙德有. 2001. 张广才岭中生代花岗岩成因及其地球动力学意义[D]. 吉林大学博士学位论文.

孙德有, 吴福元, 李惠民, 等. 2000. 小兴安岭西北部造山后 A 型花岗岩的时代及与索伦山-贺根山-扎赉特碰撞接合带东延的关系[J]. *科学通报*, 45(20): 2217~2222.

孙德有, 吴福元, 高山. 2004a. 小兴安岭东部清水岩体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定[J]. *地球学报*, 25(2): 213~218.

孙德有, 吴福元, 高山, 等. 2005. 吉林中部晚三叠世和早侏罗世二期铝质 A 型花岗岩的厘定及对吉黑东部构造格局的制约[J]. *地质前缘*, 12(2): 263~275.

孙德有, 吴福元, 张艳斌, 等. 2004b. 西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山花岗岩体的证据[J]. *吉林大学学报(自然科学版)*, 34(2): 174~181.

唐克东, 李景春. 2004. 吉林延边缝合带的性质与东北亚构造[J]. *地质通报*, 23(9~10): 885~891.

万天丰. 2007. 侏罗纪地壳转动与中国东部岩石圈转型[J]. *地质通报*, 23(9~10): 966~972.

吴福元, 孙德有, 林 强. 1999. 东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J]. *岩石学报*, 5(2): 181~189.

吴锁平, 王梅英, 戚开静. 2007. A 型花岗岩研究现状及其述评[J]. *岩石矿物学杂志*, 26(1): 57~66.

张兴洲, 杨宝俊, 吴福元, 等. 2006. 中国兴蒙-吉黑地区岩石圈结构基本特征[J]. *中国地质*, 33(4): 816~823.

赵春荆, 彭玉鲸, 党增欣, 等. 1996. 吉黑东部构造格架及地壳演化[M]. 沈阳: 辽宁大学出版社.