

# 黑龙江宝山一带海西晚期强过铝花岗岩 地质地球化学及岩石成因

高 阳, 张招崇, 杨铁铮

(中国地质大学, 北京 100083)

**摘 要:** 黑龙江宝山地区在构造上位于兴蒙造山带东部的松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春-延寿花岗岩带北段, 区内分布大面积的古生代-中生代花岗岩。其中海西晚期花岗岩, 岩性主要为碱长花岗岩、二长花岗岩和花岗闪长岩等, 锆石 U-Pb 法 LA-ICP MS 测年结果为  $252.6 \pm 3$  Ma。其主量元素表现出富 Si、略富 Al、富碱质和低 Mg、低 Ca 的特点, 微量元素表现出富集 Rb、Nd、K、Pb、U 和亏损 Nb、Ta、P、Ti 等高场强元素的特点, 并且 Sr、Ba 呈明显的负异常; 稀土元素具有明显的轻稀土元素富集、重稀土元素相对亏损的特征, 轻重稀土元素分馏程度较高。岩石总体上属于高钾钙碱性花岗岩, 是岩浆经历了高度结晶分异作用的产物。矿物化学和岩石地球化学特征表明其特征类似于 S 型花岗岩, 源岩物质来自于地壳。

**关键词:** 花岗岩, 岩石成因, 海西晚期, 黑龙江

中图分类号: P588.12<sup>+</sup>1; P581

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2009)05-0433-17

## Geology-geochemistry and petrogenesis of Late Hercynian granites in Baoshan area, Heilongjiang Province

GAO Yang, Zhang Zhao-chong and Yang Tie-zheng

(China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The Baoshan area in Heilongjiang Province is tectonically located in the north of the Yichun-Yanshou fold belt lying between the Songliao Block and the Jiamusi Block in the east of the Xingmeng orogenic belt. Large volumes of Paleozoic-Mesozoic granitic rocks are distributed in this area. This paper deals emphatically on the Late Hercynian granitoids composed of alkali-feldspar granite, monzogranite and granodiorite. LA-ICP MS (laser inductively coupled plasma mass spectrometry) zircon U-Pb dating yielded an age of  $252.6 \pm 3$  Ma. Major element analyses show high SiO<sub>2</sub> and alkali content, slightly high Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content and low MgO and CaO content. Trace element studies demonstrate the enrichment of Rb, Nd, K, Pb, U and depletion of HFSE (high field strength elements) such as Nb, Ta, P, Ti. The samples are enriched in LREE (light rare earth elements) and depleted in HREE (heavy rare earth elements), suggesting a high degree of fractionation. The granites generally belong to the high-K calc-alkaline series and might be produced by the magma that experienced a high degree of crystallization differentiation. Mineral chemistry and petrological geochemistry show that the granites are quite similar to S-type granite, with the material source derived from the crust.

**Key words:** granite; petrogenesis; Late Hercynian; Heilongjiang

收稿日期: 2008-12-02; 修订日期: 2009-07-19

基金项目: 111 Project 资助项目(B07011); 教育部创新团队计划资助项目

作者简介: 高 阳 (1984-), 男, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业, E-mail: gy\_36@163.com; 通讯作者: 张招崇, E-mail:

zczhang@cugb.edu.cn

兴蒙造山带位于西伯利亚板块和华北板块之间,地处巨型中亚造山带东端。兴蒙造山带的一个显著特点是广泛发育古生代—中生代的花岗岩(吴福元等,1999;孙德有等,2000,2004;洪大卫等,2000,2007)。位于兴蒙造山带东段的松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春—延寿花岗岩带上发育有不同期次的花岗岩,而以中生代花岗岩占主导地位,以前的研究主要集中在中生代的花岗岩上,并且主要是印支期(孙德有等,2004,2005;刘宝山等,2007;唐文龙等,2007),而对其他期次如晚古生代海西期花岗岩的研究较少,这在一定程度上制约了对兴蒙造山带构造演化的总体认识。本文报道的海西晚期花岗岩位于伊春—延寿花岗岩带北段,靠近中俄边界线,属于边疆地区,而且森林覆盖十分严重,很多花岗岩的时代及成因由于缺乏精确的年代学和地球化学数据尚不清楚。本文试图通过对黑龙江省宝山地区的花岗岩样品进行矿物化学、岩石地球化学及锆石 U-Pb 年代学的研究,为其形成时代、岩石成因等问题提供重要信息。

## 1 地质概况

黑龙江省宝山地区位于兴蒙造山带东部的松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春—延寿花岗岩带北段(图1)。区内地层从古生界到新生界均有出露,其中以中、新生界最为发育。宝山地区受构造作用影响,长期多次的大规模构造活动产生了一系列的近南北、近东西、北东和北西向的断裂和断陷盆地,导致多期次的岩浆侵入和火山活动,主要形成早古生代、晚古生代和侏罗纪花岗岩。其中,宝山地区海西晚期的花岗岩(以下简称宝山花岗岩)在该地区分布广泛,面积较大,多呈岩基、岩株状产出,出露面积为250~300 km<sup>2</sup>,主要岩性为花岗闪长岩、二长花岗岩和碱长花岗岩等。其中花岗闪长岩岩体主要分布在宝山、白石电站一带,面积约10 km<sup>2</sup>;二长花岗岩岩体位于阿廷河一支流西侧,其中还含有正长花岗岩和花岗闪长岩等岩性,面积约100 km<sup>2</sup>;碱长花岗岩岩体位于库尔滨河东侧与东安金矿、老新兴、三间房之间区域内,岩性以碱长花岗岩为主,另外还有碱性花岗岩、白岗岩和二长花岗岩等,总体展布方向为北东向,出露面积约150 km<sup>2</sup>(图1)。同一岩体中各岩性之间存在渐变过渡,未见明显的侵入接触关系。

## 2 主要岩性的岩相学特征

**花岗闪长岩:**浅灰白色,细粒结构,块状构造。主要矿物为斜长石(20%~30%)、角闪石(10%~15%)、石英(25%~35%)、钾长石(5%~15%),次要矿物为黑云母(10%~15%),副矿物为磁铁矿、磷灰石和锆石等。斜长石呈自形—半自形板状,部分颗粒发生碎裂,粒度1~1.5 mm,可见聚片双晶及卡钠复合双晶,具弱绢云母化;角闪石呈半自形柱状或四边形晶形,具淡黄—黄绿多色性,粒度0.5~1 mm,角闪石式解理清晰可见,斜消光, $N_g \wedge p = 10^\circ \sim 25^\circ$ ;石英呈他形粒状,粒度0.5~1 mm,具波状消光;钾长石呈自形—半自形板状,粒度为1~1.5 mm,弱高岭土化,黑云母呈片状或晶簇状,具淡黄—黄褐色和浅绿—深绿的多色性,粒度0.5~3 mm,正交偏光下达三级干涉色,部分因发生弱绿泥石化而具墨水蓝的异常干涉色。

**二长花岗岩:**灰白色,中细粒结构,局部具碎裂结构,块状构造。主要矿物为钾长石(25%~35%)、斜长石(25%~35%)和石英(20%~30%);次要矿物为黑云母(5%~10%),副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石和锆石等。钾长石呈半自形板状,部分颗粒发生碎裂,粒度为2~4 mm,负低突起,可见卡氏双晶,弱高岭土化和绢云母化;斜长石呈半自形柱状,部分颗粒发生碎裂,粒度2~4 mm,可见聚片双晶,具弱—中等绢云母化;石英呈他形粒状,粒度0.2~0.5 mm,具波状消光;黑云母一般呈晶簇状,具淡黄—黄褐色和浅绿—深绿的多色性,粒度0.5~2 mm。

**碱长花岗岩:**浅肉红—肉红色,中粗粒结构,块状构造。主要矿物为碱性长石(40%~50%)、斜长石(5%~10%)和石英(35%~45%);次要矿物为黑云母(5%~10%),副矿物为磁铁矿、磷灰石、榍石和锆石等。碱性长石呈半自形板状,粒度为2~6 mm,弱高岭土化和绢云母化;斜长石呈半自形柱状—长条状,粒度2~4 mm,可见较多聚片双晶,中等绢云母化;石英呈他形粒状,粒度0.5~2 mm,具波状消光;黑云母呈片状,具淡黄—黄褐色多色性,粒度1~2 mm,绿泥石化较严重。另外,岩石局部可见硅化,主要为细脉状的石英,分布较集中,粒度较小,一般为0.05~0.1 mm,含量<3%。

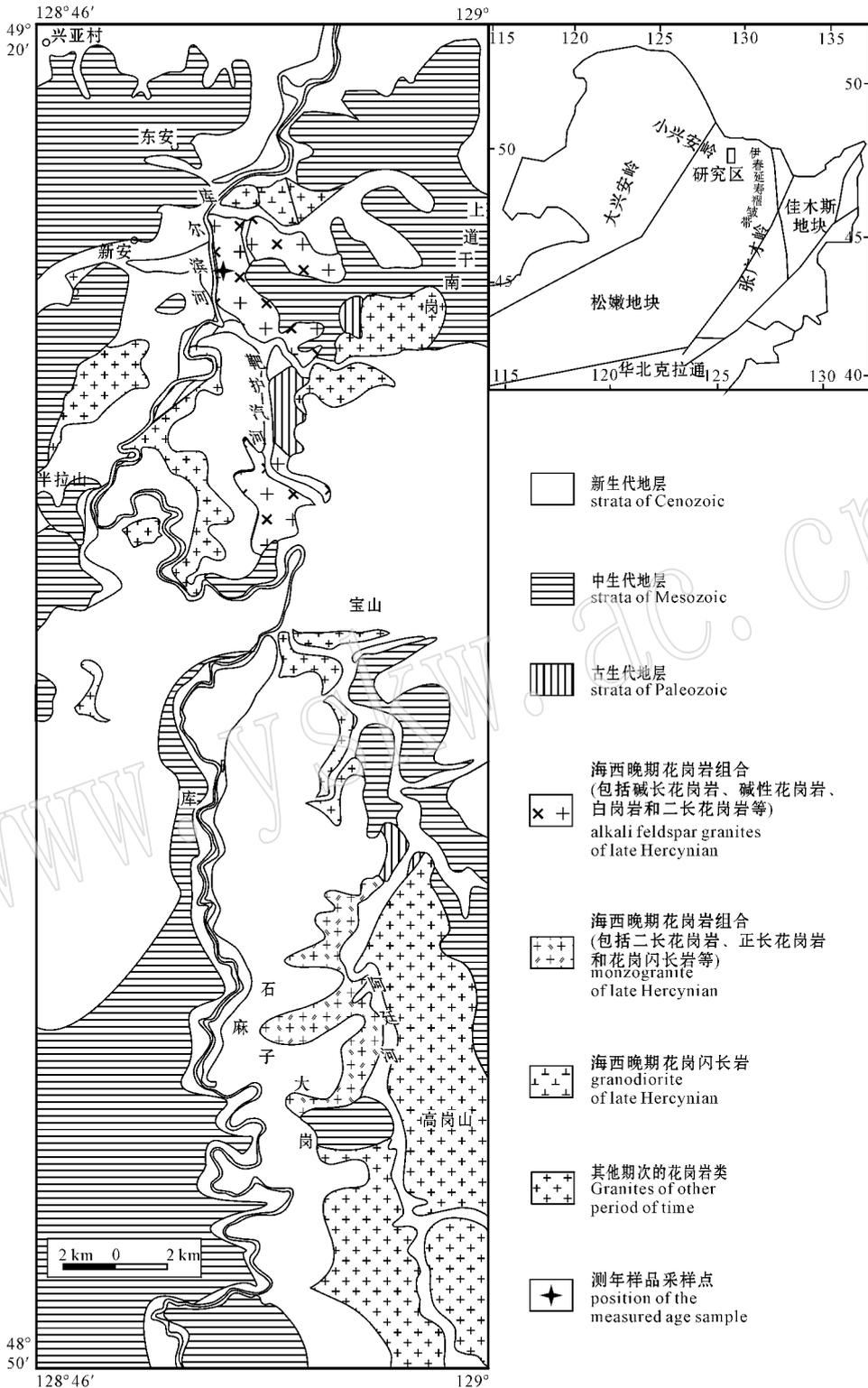


图 1 黑龙江宝山地区地质简图(据黑龙江省有色金属地质勘察研究总院资料<sup>①</sup>修编)

Fig. 1 Geological sketch map of Baoshan area in Heilongjiang Province(modified after data from Nonferrous Metals Geological Survey Institute of Heilongjiang Province<sup>①</sup>)

① 黑龙江省有色金属地质勘察研究总院. 2006. 黑龙江省逊克县老新兴幅等 3 幅 1:5 万区域地质矿产调查报告.

### 3 年代学

锆石 U-Pb 年龄的测定在西北大学大陆动力学国家重点实验室的激光剥蚀电感耦合等离子体质谱仪(LA-ICP MS)上完成。本实验室的 ICP-MS 为 Perkin Elmer/SCIEX 公司带有动态反应池的四极杆 ICP-MS Elan6100DRC, 激光剥蚀系统为德国 Micro-Las 公司生产的 Geo-Las200 M。实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气。锆石年龄采用国际标准锆石 91500 作为外标标准物质(Wiedenbeck *et al.*, 1985; 吴元保, 2004)。元素含量采用 NISTSRM610 作为外标,  $^{29}\text{Si}$  作为内标元素。年龄计算及谐和图的绘制采用 Isoplot (ver2.34)完成(Ludwig, 1999)。U-Pb 定年的锆石样品分选在河北地矿局廊坊实验室完成。

样品岩性为碱长花岗岩, 采样位置见图 1。锆石自形程度好, 呈柱状。多数锆石颗粒为自形晶, 颜色一般为淡褐色, 锆石颗粒绝大多数为短柱状至长柱状。大多数颗粒粒径介于  $100\sim 200\ \mu\text{m}$  之间, 长短比为  $1.5\sim 3$ 。锆石的 CL 图像见图 2。大部分锆石

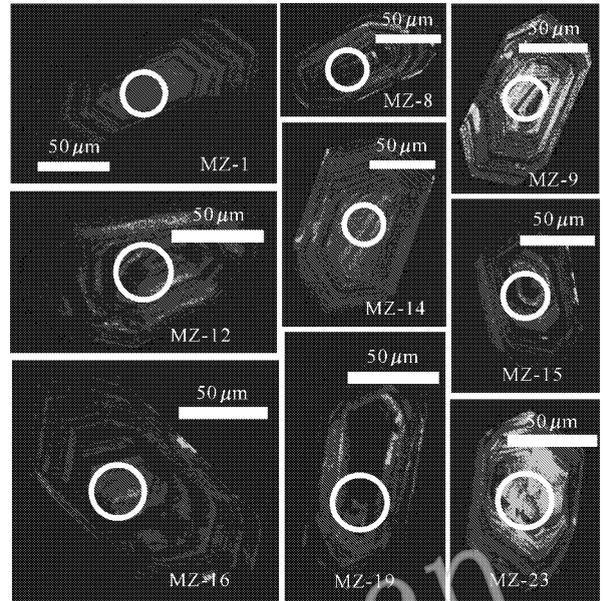


图 2 代表性锆石阴极发光图像

Fig. 2 Cathodoluminescence images of zircons from the granite

具强烈振荡韵律环带的结构面貌, 显示典型岩浆成因锆石特征。本次测试用半径为  $30\ \mu\text{m}$  的激光剥蚀

表 1 宝山花岗岩单颗粒锆石的 U-Pb 同位素 LA-ICP MS 分析结果

Table 1 Zircon LA-ICP MS U-Pb dating results

样品号及 分析点号	$\omega_B/10^{-6}$			Th/U	同位素比值 ( $\pm 1\sigma$ )			年龄/Ma ( $\pm 1\sigma$ )
	$^{206}\text{Pb}$	$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	
Mz4-01	32	260	188	1.38	$0.0575 \pm 0.0013$	$0.2951 \pm 0.0060$	$0.0372 \pm 0.0003$	$236 \pm 6$
Mz4-02	120	178	396	0.45	$0.0572 \pm 0.0008$	$0.5714 \pm 0.0062$	$0.0724 \pm 0.0004$	$451 \pm 9$
Mz4-03	33	80	143	0.56	$0.0609 \pm 0.0013$	$0.4556 \pm 0.0084$	$0.0543 \pm 0.0004$	$341 \pm 6$
Mz4-04	16	53	79	0.67	$0.0596 \pm 0.0018$	$0.3600 \pm 0.0103$	$0.0438 \pm 0.0004$	$276 \pm 9$
Mz4-05	67	175	293	0.60	$0.0588 \pm 0.0010$	$0.5213 \pm 0.0079$	$0.0643 \pm 0.0004$	$402 \pm 9$
Mz4-06	59	86	186	0.46	$0.0572 \pm 0.0009$	$0.5703 \pm 0.0076$	$0.0723 \pm 0.0005$	$450 \pm 9$
Mz4-07	175	256	551	0.46	$0.0562 \pm 0.0007$	$0.5635 \pm 0.0047$	$0.0727 \pm 0.0004$	$453 \pm 6$
Mz4-08	69	221	433	0.51	$0.0522 \pm 0.0010$	$0.2895 \pm 0.0048$	$0.0403 \pm 0.0003$	$254 \pm 6$
Mz4-09	49	197	279	0.70	$0.0519 \pm 0.0010$	$0.2933 \pm 0.0047$	$0.0410 \pm 0.0003$	$259 \pm 6$
Mz4-10	161	250	641	0.39	$0.0582 \pm 0.0007$	$0.4582 \pm 0.0040$	$0.0571 \pm 0.0003$	$358 \pm 6$
Mz4-11	51	73	158	0.46	$0.0599 \pm 0.0010$	$0.5956 \pm 0.0084$	$0.0721 \pm 0.0005$	$449 \pm 9$
Mz4-12	38	179	215	0.83	$0.0531 \pm 0.0010$	$0.2912 \pm 0.0047$	$0.0397 \pm 0.0003$	$251 \pm 6$
Mz4-13	65	110	225	0.49	$0.0589 \pm 0.0011$	$0.5402 \pm 0.0087$	$0.0665 \pm 0.0004$	$415 \pm 9$
Mz4-14	51	446	282	1.58	$0.0518 \pm 0.0010$	$0.2950 \pm 0.0048$	$0.0413 \pm 0.0003$	$261 \pm 6$
Mz4-15	76	360	478	0.75	$0.0563 \pm 0.0008$	$0.2984 \pm 0.0035$	$0.0384 \pm 0.0002$	$243 \pm 3$
Mz4-16	42	213	239	0.89	$0.0573 \pm 0.0011$	$0.3128 \pm 0.0054$	$0.0396 \pm 0.0003$	$250 \pm 6$
Mz4-17	39	203	224	0.91	$0.0531 \pm 0.0009$	$0.2900 \pm 0.0043$	$0.0396 \pm 0.0002$	$250 \pm 3$
Mz4-18	105	117	392	0.30	$0.0668 \pm 0.0010$	$0.5781 \pm 0.0066$	$0.0628 \pm 0.0004$	$392 \pm 6$
Mz4-19	107	217	416	0.52	$0.0641 \pm 0.0008$	$0.5233 \pm 0.0048$	$0.0592 \pm 0.0003$	$371 \pm 6$
Mz4-20	34	179	204	0.88	$0.0537 \pm 0.0011$	$0.2899 \pm 0.0055$	$0.0392 \pm 0.0003$	$248 \pm 6$
Mz4-21	90	137	274	0.50	$0.0564 \pm 0.0008$	$0.5648 \pm 0.0069$	$0.0726 \pm 0.0004$	$452 \pm 9$
Mz4-22	34	148	197	0.75	$0.0546 \pm 0.0011$	$0.2996 \pm 0.0055$	$0.0398 \pm 0.0003$	$252 \pm 6$
Mz4-23	40	166	246	0.67	$0.0549 \pm 0.0011$	$0.3001 \pm 0.0051$	$0.0397 \pm 0.0003$	$251 \pm 6$
Mz4-24	118	484	719	0.67	$0.0534 \pm 0.0008$	$0.2958 \pm 0.0037$	$0.0402 \pm 0.0002$	$254 \pm 3$
Mz4-25	123	137	373	0.37	$0.0563 \pm 0.0008$	$0.5693 \pm 0.0064$	$0.0734 \pm 0.0004$	$456 \pm 9$



表 2 宝山花岗岩中长石电子探针化学分析结果

Table 2 Electron microprobe analyses of plagioclase and K-feldspar

岩性 样号 位置	花岗闪长岩												w <sub>B</sub> /%																					
	12-7 斜长石				12-8 斜长石				1-29-1 斜长石					1-29-2 斜长石				1-29-3 斜长石																
	核	幔	边		核	幔	边		核	幔	边			核	幔	边		核	幔	边														
SiO <sub>2</sub>	67.56	67.79	66.04	67.10	67.53	61.62	62.96	62.24	51.25	53.48	55.67	52.84	54.74	53.86	55.39	55.50	55.05	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.22	0.06	0.00	0.00	0.11	0.17					
TiO <sub>2</sub>	19.91	20.26	21.30	18.38	20.03	19.39	23.52	23.10	30.77	29.38	28.58	30.20	28.79	29.03	28.18	28.03	28.86	0.00	0.24	0.00	0.26	0.07	0.02	0.12	0.00	0.04	0.14	0.62	0.00	0.21	0.00	0.00		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.33	0.00	0.34	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.61	1.04	1.93	0.71	0.07	0.07	4.57	12.86	11.10	9.59	11.85	10.32	10.65	10.09	10.37	10.61	
FeO	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05	0.09	0.10	0.89	0.03	0.08	0.11	0.05	0.23	0.07	0.08	0.09	0.09	0.00	0.31	0.07	0.07	0.05	0.10	0.89	0.03	0.08	0.11	0.05	0.23	0.07	0.08	0.09	0.09	
MnO	12.19	11.30	11.06	12.73	12.63	12.92	10.04	8.76	4.31	4.90	6.51	5.16	5.75	5.60	6.22	5.34	5.82	0.00	0.07	0.05	0.09	0.10	0.10	0.89	0.03	0.08	0.11	0.05	0.23	0.07	0.08	0.09	0.09	
CaO	100.27	100.73	100.64	100.74	100.55	100.35	99.89	99.62	99.22	99.11	100.71	100.46	100.51	99.21	100.25	99.44	100.60	0.00	0.07	0.05	0.09	0.10	0.10	0.89	0.03	0.08	0.11	0.05	0.23	0.07	0.08	0.09	0.09	
K <sub>2</sub> O	2.9568	2.9512	2.8914	2.9856	2.9387	2.9630	2.7451	2.7777	2.7775	2.3446	2.4330	2.4915	2.3849	2.4635	2.4492	2.4932	2.4680	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na <sub>2</sub> O	0.0000	0.0000	0.0000	0.0040	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
Total	1.0270	1.0395	1.0991	0.9490	1.0339	1.0027	1.2349	1.2011	1.2118	1.6590	1.5753	1.5075	1.6065	1.5270	1.5559	1.4949	1.5249	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Si	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0011	0.0095	0.0026	0.0007	0.0045	0.0000	0.0000	0.0015	0.0053	0.0233	0.0000	0.0079	0.0000	0.0000	0.0122	0.0000	0.0126	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
Ti	0.0286	0.0485	0.0905	0.0333	0.0324	0.0094	0.2320	0.2070	0.2185	0.6303	0.5410	0.4599	0.5730	0.4976	0.5189	0.4866	0.5096	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
Al	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0039	0.0028	0.0051	0.0056	0.0506	0.0018	0.0046	0.0063	0.0029	0.0132	0.0041	0.0046	0.0051	0.0000	0.0173	0.0000	0.0039	0.0039	0.0028	0.0051	0.0056	0.0506	0.0018	0.0046	0.0063	0.0029	0.0132	0.0041	0.0046	0.0051
Fe <sup>2+</sup>	1.0344	0.9538	0.9389	1.0813	1.0725	1.0991	0.8404	0.8588	0.7580	0.3823	0.4322	0.5649	0.4516	0.5017	0.4937	0.5428	0.5059	0.0000	0.0122	0.0000	0.0126	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Mn	5.0469	5.0056	5.0372	5.0785	5.0825	5.0866	5.0602	5.0536	5.0209	5.0180	4.9920	5.0393	5.0316	5.0284	5.0218	5.0331	4.9789	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ca	97.3	95.2	89.7	96.7	96.7	98.9	78.0	80.2	73.8	37.7	44.2	54.8	43.9	49.6	48.6	52.5	49.6	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
K	2.7	4.8	8.6	3.0	2.9	0.8	21.5	19.3	21.3	62.1	55.3	44.6	55.8	49.1	51.0	47.1	51.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Na	0.0	0.0	1.7	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	4.9	0.2	0.5	0.6	0.3	1.3	0.4	0.4	0.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Ab	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
An	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Or	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

注:检测在中国地质大学(北京)电子探针实验室完成,测试仪器为 EPMA-1600 电子探针仪。

续表 2  
Continued Table 2

岩性 样号 位置	花岗岩类						碱长花岗岩											
	1-29.4 斜长石		1-29.5 斜长石		12-48 斜长石		12-7 钾长石		12-13 钾长石		12-29 钾长石							
	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边						
SiO <sub>2</sub>	52.44	53.67	53.78	53.31	54.22	53.58	66.89	66.01	64.92	65.48	64.43	65.06	64.13	64.45	64.48	63.84	64.25	64.16
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.06	0.07	0.08	0.64	0.02	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.21	0.00	0.00	0.43	0.08	0.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30.30	30.00	29.89	29.41	28.36	30.05	20.07	20.58	21.02	17.95	16.91	18.07	17.90	17.85	18.36	17.84	18.03	17.71
FeO	0.02	0.13	0.09	0.05	0.63	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.26	0.04	0.02	0.43	0.00	0.06	0.26	0.28	0.18	0.00	0.00
CaO	12.22	11.34	11.31	11.81	10.71	10.91	0.72	1.55	2.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K <sub>2</sub> O	0.06	0.06	0.05	0.14	0.52	0.06	0.00	0.00	0.00	16.84	17.52	17.06	16.89	16.51	16.64	16.63	16.49	16.39
Na <sub>2</sub> O	4.80	5.41	5.35	4.84	5.19	5.19	12.20	11.65	11.11	0.53	0.08	0.09	0.32	0.05	0.47	1.42	0.57	0.94
Total	99.84	100.67	100.54	99.64	100.27	100.49	100.16	100.05	99.60	100.82	99.37	100.31	99.51	99.12	100.23	100.46	99.42	99.57
Si	2.380 3	2.412 0	2.418 2	2.420 3	2.451 9	2.412 9	2.937 1	2.908 3	2.877 4	3.011 3	3.025 5	3.007 3	2.994 1	3.010 8	2.986 6	2.967 6	2.996 0	2.992 1
Ti	0.000 0	0.002 0	0.002 4	0.002 7	0.021 8	0.000 7	0.005 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.001 0	0.007 4	0.000 0	0.000 0	0.015 0	0.002 8	0.013 0
Al	1.620 9	1.589 0	1.584 0	1.573 7	1.511 5	1.595 0	1.038 6	1.068 6	1.098 0	0.972 9	0.935 9	0.984 4	0.985 0	0.982 8	1.002 3	0.977 4	0.990 9	0.973 4
Fe <sup>2+</sup>	0.000 8	0.004 9	0.003 4	0.001 9	0.023 8	0.025 6	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.004 7	0.000 0	0.000 0
Mn	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.004 8	0.009 7	0.001 5	0.000 8	0.017 1	0.000 0	0.002 4	0.010 3	0.011 0	0.007 1	0.000 0	0.000 0
Ca	0.594 3	0.546 0	0.544 9	0.574 5	0.518 9	0.526 4	0.033 9	0.073 2	0.119 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
K	0.003 5	0.003 4	0.002 9	0.008 1	0.030 0	0.003 4	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.987 5	1.049 1	1.005 5	1.005 5	0.983 5	0.982 8	0.985 8	0.980 5	0.974 7
Na	0.422 4	0.471 4	0.466 4	0.426 0	0.455 1	0.453 2	1.038 6	0.995 2	0.954 8	0.047 3	0.007 3	0.008 1	0.029 0	0.004 5	0.042 2	0.128 0	0.051 5	0.085 0
Total	5.022 2	5.028 9	5.022 1	5.007 2	5.013 0	5.017 2	5.058 0	5.055 0	5.050 9	5.019 7	5.034 8	5.006 3	5.023 3	4.991 8	5.024 8	5.085 5	5.021 8	5.038 1
Ab	41.4	46.2	46.0	42.2	45.3	46.1	96.8	93.2	88.9	4.6	0.7	0.8	2.8	0.5	4.1	11.5	5.0	8.0
An	58.3	53.5	53.7	57.0	51.7	53.6	3.2	6.8	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Or	0.3	0.3	0.3	0.8	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	95.4	99.3	99.2	97.2	99.5	95.9	88.5	95.0	92.0

表3 宝山花岗闪长岩中角闪石电子探针化学分析结果

 $w_B/\%$ 

Table 3 Electron microprobe analyses of amphibole

样号 位置	1-29-1			1-29-2			1-29-3			1-29-4			1-29-5			1-29-6		
	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边	核	幔	边
SiO <sub>2</sub>	49.35	50.35	50.42	50.61	50.78	50.65	50.67	51.52	51.67	49.85	50.59	50.67	50.23	51.61	50.20	50.76	50.39	51.74
TiO <sub>2</sub>	1.04	0.88	1.08	0.88	0.84	0.84	0.82	1.09	0.49	1.22	1.19	0.83	0.97	0.93	0.88	1.09	0.65	0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.66	7.37	6.52	7.28	6.61	6.62	6.29	6.34	5.72	7.58	6.36	6.89	7.18	6.53	6.96	6.75	6.90	4.97
FeO	13.83	13.68	13.09	13.95	13.37	14.25	13.93	14.18	13.30	13.75	14.36	13.43	13.13	12.38	14.29	13.61	14.17	12.78
MnO	0.32	0.00	0.31	0.11	0.54	0.67	0.52	0.19	0.44	0.35	0.50	0.51	0.35	0.88	0.51	0.33	0.00	0.44
MgO	11.93	11.92	12.84	12.32	12.73	12.37	12.83	12.25	13.03	12.51	12.12	12.69	12.69	12.64	12.28	12.89	13.00	14.05
CaO	11.68	11.85	12.04	11.31	10.93	10.98	10.94	11.24	11.74	11.24	11.09	11.45	11.68	11.44	11.31	11.18	10.94	12.07
Na <sub>2</sub> O	0.73	0.79	0.78	0.72	0.90	0.58	0.88	0.56	0.70	0.77	0.54	0.76	0.89	0.74	0.48	0.69	0.66	0.67
K <sub>2</sub> O	0.59	0.36	0.18	0.40	0.54	0.32	0.34	0.54	0.43	0.33	0.36	0.37	0.27	0.53	0.49	0.33	0.40	0.34
Total	97.13	97.20	97.26	97.58	97.24	97.28	97.22	97.91	97.52	97.60	97.11	97.60	97.39	97.68	97.40	97.63	97.11	97.35
Si	7.23	7.36	7.34	7.31	7.35	7.32	7.33	7.44	7.49	7.19	7.35	7.32	7.29	7.46	7.27	7.30	7.26	7.49
Al	1.32	1.27	1.12	1.24	1.13	1.12	1.07	1.08	0.98	1.29	1.09	1.17	1.22	1.11	1.19	1.14	1.17	0.85
Ti	0.12	0.10	0.12	0.10	0.09	0.09	0.09	0.12	0.05	0.13	0.13	0.09	0.11	0.10	0.10	0.12	0.07	0.03
Fe <sup>3+</sup>	0.01	0.00	0.00	0.17	0.25	0.44	0.40	0.09	0.02	0.32	0.28	0.18	0.06	0.00	0.34	0.33	0.53	0.12
Fe <sup>2+</sup>	1.68	1.67	1.59	1.52	1.37	1.28	1.29	1.63	1.60	1.34	1.47	.44	1.54	1.50	1.39	1.31	1.17	1.43
Mn	0.04	0.00	0.04	0.01	0.07	0.08	0.06	0.02	0.05	0.04	0.06	0.06	.04	0.11	0.06	0.04	0.00	0.05
Mg	2.60	2.60	2.79	2.65	2.75	2.66	2.77	2.64	2.82	2.69	2.63	2.73	2.74	2.72	2.65	2.76	2.79	3.03
Ca	1.83	1.86	1.88	1.75	1.70	1.70	1.70	1.74	1.82	1.74	1.73	1.77	1.82	1.77	1.76	1.72	1.69	1.87
Na	0.21	0.22	0.22	0.20	0.25	0.16	0.25	0.16	0.20	0.22	0.15	0.21	0.26	0.21	0.14	0.19	0.18	0.19
K	0.11	0.07	0.03	0.07	0.10	0.06	0.06	0.10	0.08	0.06	0.07	0.07	0.05	0.10	0.09	0.06	0.07	0.06
Total	15.15	15.15	15.13	15.02	15.06	14.91	15.02	15.02	15.11	15.02	14.96	15.04	15.13	15.08	14.99	14.97	14.93	15.12

注:检测在中国地质大学(北京)电子探针实验室完成,测试仪器为EPMA-1600电子探针仪。

表4 宝山碱长花岗岩中黑云母电子探针化学分析结果

 $w_B/\%$ 

Table 4 Electron microprobe analyses of biotite

样号 位置	12-8-1	12-8-1	12-8-2	12-8-2	12-8-2	12-8-3	12-8-3	12-8-3
	核	边	核	幔	边	核	幔	边
SiO <sub>2</sub>	34.58	34.40	34.79	34.83	35.03	35.18	34.19	35.40
TiO <sub>2</sub>	2.34	2.49	3.06	2.83	2.81	3.34	3.26	3.40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.72	20.66	19.50	19.97	19.65	19.27	20.37	18.86
TFeO	20.99	20.87	21.30	21.12	21.32	21.35	21.03	21.48
MnO	0.39	0.14	0.34	0.12	0.00	0.47	0.33	0.24
MgO	6.02	5.79	5.56	5.47	5.60	5.48	5.74	5.43
CaO	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na <sub>2</sub> O	0.25	0.32	0.16	0.18	0.34	0.46	0.30	0.46
K <sub>2</sub> O	9.90	10.43	10.24	9.99	10.13	9.55	10.28	10.48
Total	95.19	95.10	95.02	94.51	94.88	95.10	95.50	95.75
Si	2.665 1	2.660 3	2.698 6	2.704 0	2.713 7	2.717 3	2.638 0	2.729 8
Al <sup>IV</sup>	1.334 9	1.339 7	1.301 4	1.296 0	1.286 3	1.282 7	1.362 0	1.270 2
Al <sup>VI</sup>	0.547 1	0.543 4	0.481 3	0.531 3	0.507 7	0.471 5	0.490 3	0.443 8
Ti	0.135 7	0.144 9	0.178 6	0.165 3	0.163 8	0.194 1	0.189 2	0.197 2
Fe <sup>3+</sup>	0.236 4	0.208 2	0.249 9	0.274 7	0.248 4	0.283 5	0.225 0	0.234 1
Fe <sup>2+</sup>	1.116 5	1.141 6	1.131 9	1.096 6	1.132 9	1.095 6	1.132 0	1.151 1
Mn	0.025 5	0.009 2	0.022 3	0.007 9	0.000 0	0.030 7	0.021 6	0.015 7
Mg	0.691 7	0.667 5	0.642 9	0.633 1	0.646 7	0.631 0	0.660 2	0.624 2
Ca	0.000 0	0.000 0	0.005 8	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
Na	0.037 4	0.048 0	0.024 1	0.027 1	0.051 1	0.068 9	0.044 9	0.068 8
K	0.973 4	1.029 0	1.013 3	0.989 4	1.001 1	0.941 0	1.011 9	1.031 0
Total	7.763 6	7.791 8	7.750 1	7.725 3	7.751 6	7.716 5	7.775 0	7.765 9
OH <sup>-</sup>	2.000 0	2.000 0	2.000 0	2.000 0	2.000 0	2.000 0	2.000 0	2.000 0
MF	0.334 1	0.329 4	0.314 1	0.314 6	0.318 9	0.309 2	0.323 8	0.308 2
Al <sup>VI</sup> +Fe <sup>3+</sup> +Ti	0.919 2	0.896 5	0.909 7	0.971 2	0.919 9	0.949 2	0.904 5	0.875 2
Fe <sup>2+</sup> +Mn	1.141 9	1.150 7	1.154 3	1.104 5	1.132 9	1.126 3	1.153 6	1.166 8
Ti/(Mg+Fe+Ti+Mn)	0.061 5	0.066 7	0.080 2	0.075 9	0.074 7	0.086 8	0.084 9	0.088 8
Al/(Al+Mg+Fe+Ti+Mn+Si)	0.278 7	0.280 4	0.265 6	0.272 4	0.267 8	0.261 6	0.275 7	0.257 1
Fe <sup>2+</sup> /(Fe <sup>2+</sup> +Mg)	0.617 5	0.637 8	0.634 5	0.634 0	0.631 6	0.631 0	0.636 6	0.648 4

注:检测在中国地质大学(北京)电子探针实验室完成,测试仪器为EPMA-1600电子探针仪。

表 5 宝山花岗岩主量元素含量分析结果  
Table 5 Major element abundances of granites

$w_B/\%$

岩性	碱长花岗岩						二长花岗岩			
	K500-4	DA09	DA05-13	DA15	b4204	8072	DA05-14	8041	8054	8056
SiO <sub>2</sub>	77.60	78.40	77.0	78.41	77.56	76.72	75.95	74.51	74.99	73.58
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.11	0.19	0.13	0.10	0.13	0.20	0.32	0.22	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.37	11.91	12.40	11.70	12.36	12.48	13.25	13.97	13.39	13.66
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20	0.40	0.46	0.36	0.42	0.59	0.55	0.64	0.84	0.45
FeO	0.59	0.52	0.41	0.40	0.56	0.77	0.84	1.05	0.78	1.54
MnO	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.04	0.02
MgO	0.10	0.04	0.06	0.10	0.07	0.16	0.11	0.42	0.34	0.29
CaO	0.19	0.20	0.12	0.15	0.43	0.58	0.24	0.25	0.51	0.33
Na <sub>2</sub> O	3.00	3.07	3.17	2.69	2.80	3.27	3.96	3.99	3.82	4.29
K <sub>2</sub> O	5.33	4.96	4.65	4.82	5.83	5.08	4.76	3.95	4.29	4.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.06	0.07	0.05	0.05
LOI	0.35	0.42	0.60	0.59	0.24	0.18	0.44	0.91	0.72	0.50
Tatol	99.88	100.05	99.79	99.38	100.39	100.01	100.36	100.08	99.98	99.52
A/CNK	1.12	1.10	1.19	1.18	1.06	1.05	1.10	1.24	1.13	1.09
$\sigma$	2.0	1.8	1.8	1.6	2.2	2.1	2.3	2.0	2.1	2.6
DI	96.2	96.5	96.0	96.1	95.7	94.3	95.4	92.6	92.8	93.2
刚玉(C)	1.4	1.2	2.0	1.9	0.7	0.6	1.2	2.8	1.6	1.1

检测单位：国家地质实验测试中心。

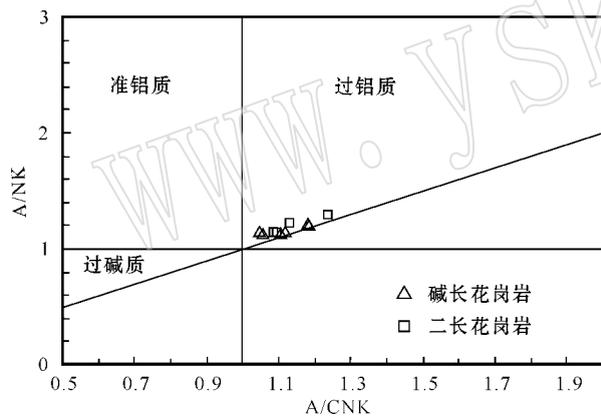


图 5 宝山花岗岩 A/NK - A/CNK 图解(据 Maniar 和 Piccoli, 1989)

Fig. 5 A/NK - A/CNK diagram of granites (after Maniar and Piccoli, 1989)

其 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量逐渐降低；所有岩石 Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 的含量变化不大，为 7.51% ~ 8.84%；绝大多数样品 K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O > 1，相对富钾；TiO<sub>2</sub> 含量为 0.10% ~ 0.32%；MgO 含量为 0.04% ~ 0.42%；CaO 含量为 0.12% ~ 0.58%；铝饱和指数 A/CNK 为 1.05 ~ 1.24，属于过铝质-强过铝质岩石(图 5)。花岗岩普遍含钾较高，为 3.95% ~ 5.83%；里特曼指数( $\sigma$ )为 1.6 ~ 2.6，为钙碱性，岩石总体表现为高钾钙碱性特征。分异指数 DI 为 92.6 ~ 96.5，反映岩石经历了高度的分异演化。CIPW 标准矿物中出现刚玉分子

(C) 其含量在 0.6% ~ 2.8% 之间，平均为 1.5%，反映了岩石属硅、铝过饱和型。

### 5.2 微量元素特征

微量元素分析结果见表 6。在原始地幔标准化微量元素蛛网图上，Nb、Ta、P、Ti 等高场强元素具有明显的负异常，多数样品具有 Zr 的负异常，而 Rb、Nd、K、Pb、U 等元素具有明显的正异常(图 6)。Sr、Ba 呈明显的负异常，表明花岗岩岩浆部分熔融或结晶分异过程中具有斜长石的分离抑或源区有斜长石的残留。

### 5.3 稀土元素特征

宝山花岗岩稀土元素总量为  $40.18 \times 10^{-6} \sim 197.3 \times 10^{-6}$ ，其中碱长花岗岩为  $40.18 \times 10^{-6} \sim 102.65 \times 10^{-6}$ ，二长花岗岩为  $85.51 \times 10^{-6} \sim 197.3 \times 10^{-6}$ 。轻重稀土元素比值为 7.81 ~ 17.28，其中碱长花岗岩为 7.81 ~ 17.28，二长花岗岩为 8.43 ~ 16.27，具有明显的轻稀土元素富集、重稀土元素相对亏损的特征。球粒陨石标准化模式(图 7)显示明显的负钕异常特征。 $\delta Eu$  为 0.37 ~ 0.72，为中-强负钕异常型，可能与斜长石分离结晶作用有关或与部分熔融过程中源区中有斜长石的残留有关。 $(La/Sm)_N$  为 3.33 ~ 13.97，平均为 7.63； $(Nd/Yb)_N$  为 2.09 ~ 15.35，平均为 4.97，远大于 1。稀土元素标准化配分曲线总体上呈右倾 V 字形曲线，轻重稀土元素分馏程度较高。

表 6 宝山花岗岩微量元素和稀土元素含量分析结果

 $\omega_B/10^{-6}$ 

Table 6 trace element and REE abundances of granites

岩性 样号	碱长花岗岩						二长花岗岩			
	K500-4	DA09	DA05-13	DA15	b4204	8072	DA05-14	8041	8054	8056
La	27.8	26.4	27.4	20.6	8.82	19.93	22.6	43.14	42.3	43.75
Ce	40.8	39	45.8	31.5	17.2	45.4	39.3	69.84	57.14	91.08
Pr	3.61	3.5	4.85	2.93	1.92	4.64	4.01	10.12	6.89	9.74
Nd	9.99	9.28	15.4	8.5	6.32	15.01	12.4	33.65	20.28	32.27
Sm	1.4	1.22	2.43	1.2	1.14	2.35	1.86	6.04	2.93	5.35
Eu	0.23	0.15	0.47	0.23	0.22	0.56	0.39	0.92	0.72	1.09
Gd	1.38	1.23	2.09	1.27	0.97	2.33	1.56	4.89	3.12	5.09
Tb	0.18	0.16	0.27	0.16	0.17	0.29	0.19	0.91	0.44	0.67
Dy	1.02	0.94	1.43	0.97	0.97	1.53	1.04	5.11	2.26	3.16
Ho	0.22	0.2	0.28	0.2	0.21	0.33	0.2	1.07	0.46	0.61
Er	0.79	0.73	0.91	0.72	0.8	1.01	0.74	3.05	1.4	1.81
Tm	0.13	0.13	0.14	0.12	0.14	0.17	0.12	0.5	0.24	0.29
Yb	0.97	1.08	1.01	0.99	1.1	1.28	0.94	3.35	1.79	2.03
Lu	0.16	0.21	0.17	0.18	0.2	0.23	0.16	0.55	0.34	0.36
Y	7.76	7.71	9.82	7.61	7.42	9.47	7.28	30.44	15.23	16.41
Zr	46.2	88	116	94.4	99.6	16	118	18.3	17.6	33.3
Hf	1.75	3.73	2.85	2.66	3.13	2.9	2.88	7.2	4.3	6.2
Sc	1.51	2.53	1.9	1.93	0.6	2.8	2.12	4.9	3.5	4.6
Cr	3.44	1.56	2.46	1.5	5.74	2.7	1.84	5.8	4.9	3.8
Co	1.13	1.32	2.9	1.47	1.01	1.5	1.95	2.3	2.1	3.5
Ni	1.28	1.08	1.65	1.29	2.36	2	1.23	3.5	1.7	1.9
Cu	3.66	3.94	3.2	3.61	1.95	3	2.74	15.3	3.5	8.1
Zn	12.4	11.8	27	18.3	9.27	21.6	22	30.4	33	37.4
Ga	14.1	16	14.4	14.6	14	16	16.4	18.3	17.6	33.3
Nb	8.19	14.2	9.92	11.9	3.65	7.5	10.7	19.9	15.6	16.7
Ta	1.14	1.69	1.01	1.36	0.44	0.66	1.05	1.91	1.44	1.43
Pb	21.1	19.6	15.3	18.4	23.7	24	18	20.3	20	25
Th	41.3	33.7	19	27.6	45.2	15.1	18.2	10.3	14.8	14.9
U	2.13	4.98	4.81	7.09	1.49	—	2.8	—	—	—
Sr	57	25	104	43	22	73	121	74	106	124
Rb	254	248	209	234	176	—	203	—	—	—
V	9	10	10	<5	<5	5.9	20	29.2	16.7	12.3
Ba	111	63	500	191	24	359	433	429	446	911
REE	88.68	84.23	102.65	69.57	40.18	95.06	85.51	183.14	140.31	197.3
LREE	83.83	79.55	96.35	64.96	35.62	87.89	80.56	163.71	130.26	183.28
HREE	4.85	4.68	6.3	4.61	4.56	7.17	4.95	19.43	10.05	14.02
LR/HR	17.28	17.00	15.29	14.09	7.81	12.26	16.27	8.43	12.96	13.07
$\delta Eu$	0.50	0.37	0.62	0.57	0.62	0.72	0.68	0.50	0.72	0.63

检测单位：国家地质实验测试中心。

## 6 讨论

### 6.1 年代学

从锆石 U-Pb 谐和曲线图(图 8a)中可以看出,所有结果大致可以分为 3 组:①表面年龄结果为 236~261 Ma,而且都在谐和线附近;②表面年龄为 447~456 Ma,而且也与谐和线拟合较好;③一部分

测点不同程度而且是比较严重地偏离到谐和线的下方,表面年龄结果相差都很大,可能的原因是锆石的退晶质化过程降低了对锆石内部粒子的束缚能力,使铅容易扩散或被淋滤出去,造成铅丢失。

对 1、2 两组分别做谐和图(图 8b、8c)并计算加权平均年龄,第 1 组 9 个分析点得到的加权平均年龄为  $252.6 \pm 3.0$  Ma(95%置信度,MSWD=0.65)(图 8b),代表了岩体形成年龄;第 2 组 6 个分析点得

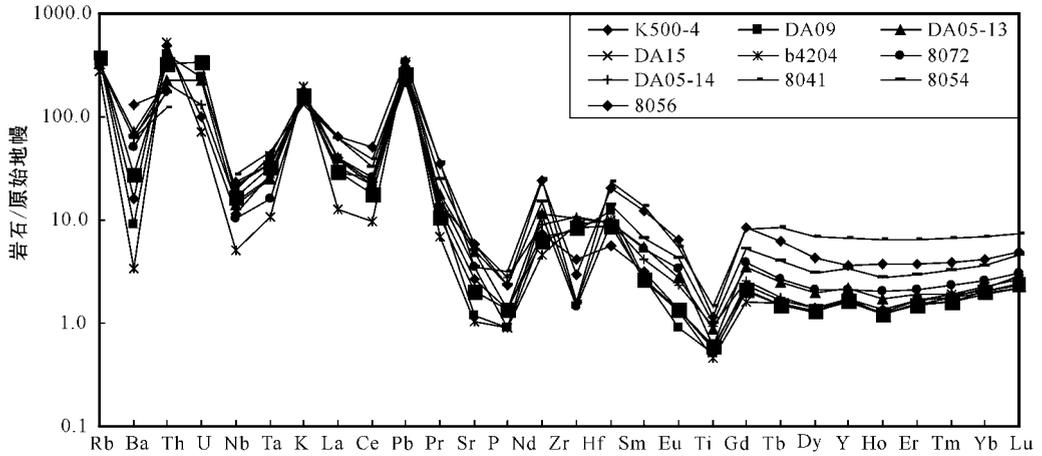


图 6 宝山花岗岩微量元素原始地幔标准化图解(标准化数据据 Sun 和 McDonough ,1989)

Fig. 6 Primitive mantle normalized patterns of trace elements in granite( after Sun and McDonough , 1989)

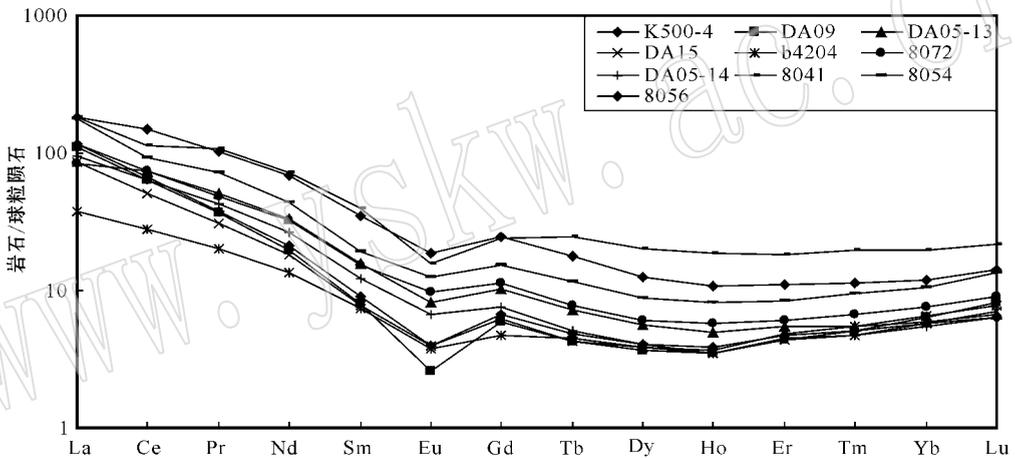


图 7 宝山花岗岩稀土元素球粒陨石标准化分布型式图(标准化数据据 Sun 和 McDonough ,1989)

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns of Baoshan granite( after Sun and McDonough , 1989)

到的加权平均年龄为  $451.8 \pm 2.2$  Ma( 95% 置信度,  $MSWD=1.06$  )( 图 8c)。这一结果反映当时发生过岩浆侵入,所形成的锆石颗粒被后来侵入的岩浆所捕获,其时代为早古生代加里东期,这一年龄与前人报道的加里东期第一期岩浆活动的时代很好地吻合(韩振新等,1995);第3组数据点较为分散,且偏离谐和线很远,表面年龄变化范围在 275~414 Ma 之间,误差较大,而且这些数据点很难构成不一致线,不能用制作不一致线的方法来得到年龄。考虑到本区古生代到中生代经历过漫长而频繁的岩浆作用,所以先前形成的锆石可能在后期的岩浆作用过程中受到影响,可能具有复杂的演化历史,但具体情况不明,有待进一步进行同位素等方法更加深入的研

究。

## 6.2 岩石成因

### 6.2.1 岩浆的物质来源

黑云母的含铁镁特征是区分其寄主岩石成因类型的标志之一。来自样品 12-8 的 8 组黑云母化学成分显示,所有黑云母均为铁质黑云母。典型幔源黑云母的  $MgO > 15\%$ ,而壳源黑云母  $MgO < 6\%$ (丁孝石,1988),宝山花岗岩中黑云母的  $MgO$  在 5.43%~6.02%,表现出壳源特点。另外,角闪石中的钛含量较低,这也暗示了岩石的壳源特征。因此,花岗岩是地壳部分熔融的产物。

王德滋等(1993)的研究表明,Rb 和 K 有相似的地球化学性质,在地球演化初期,随着壳幔的分离和

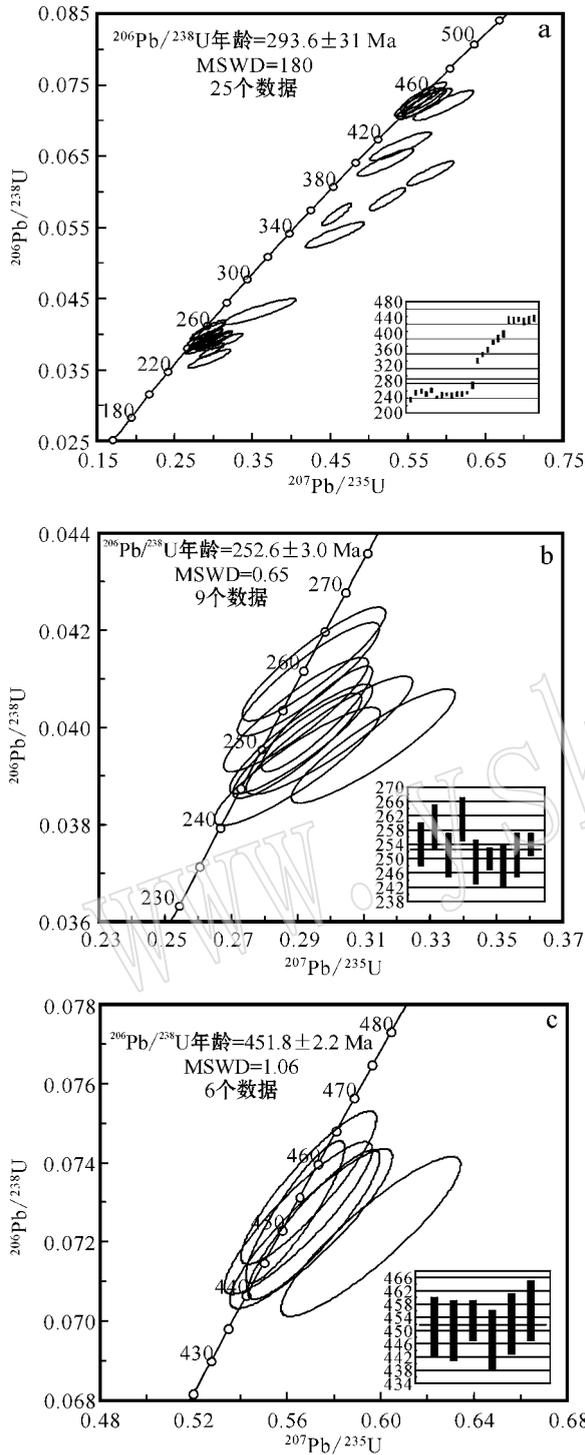


图 8 宝山花岗岩锆石 U-Pb 谐和图

Fig. 8 Zircon U-Pb concordia diagram of the granites

地壳的演化, Rb 会富集于成熟度高的地壳中; Sr 和 Ca 有相似的地球化学行为, 在成熟度低、演化不充分的地壳中富集。因此, Rb/Sr 比值能较好地记录源区物质的性质。Taylor (1986) 认为, 地球演化过程

中 K 和 Rb 不断向上迁移进入硅铝层, 所以上地幔越来越亏损 K 和 Rb, Sr 主要富集在斜长石中代替 Ca。因此, 花岗岩的 Rb/Sr 比值高, 一方面说明岩浆的演化程度很高, 另一方面说明源岩可能主要来自地壳。据 Taylor 和 McLennan (1986) 的资料计算, 整个陆壳 Rb/Sr 比值平均值约为 0.24。宝山花岗岩只可能形成于大陆环境, 并且 Rb/Sr 比值范围在 0.74~9.92, 平均为 4.61, 远高于整个陆壳的平均值。这些特点都说明花岗岩的物质来源为壳源。

前人的研究表明, 花岗岩中铝的含量特征能在一定程度上指示物质来源以及花岗岩的成因类型 (Sylvester, 1998; Zen, 1986)。宝山花岗岩属过铝至强过铝岩石, 暗示其物质来源于地壳物质的重熔。

根据 CaO/Na<sub>2</sub>O 比值可以判断强过铝质花岗岩的源区成分, 泥岩生成的强过铝花岗岩所含的 CaO/Na<sub>2</sub>O 比值一般小于 0.3, 而砂屑岩生成的强过铝花岗岩所含的 CaO/Na<sub>2</sub>O 比值一般大于 0.3 (肖庆辉等, 2002; 涂绍雄等, 2002)。宝山花岗岩 CaO/Na<sub>2</sub>O 比值较低, 为 0.04~0.18, 且大多数样品小于 0.1, 说明其源区岩石为成熟度较高的泥质岩类。岩石中 Rb/Sr 比值为 1.7~9.9, Rb/Ba 比值为 0.4~7.3。在图 9 中, 多数投点落在富粘土源岩区, 少数落在贫粘土源岩区。

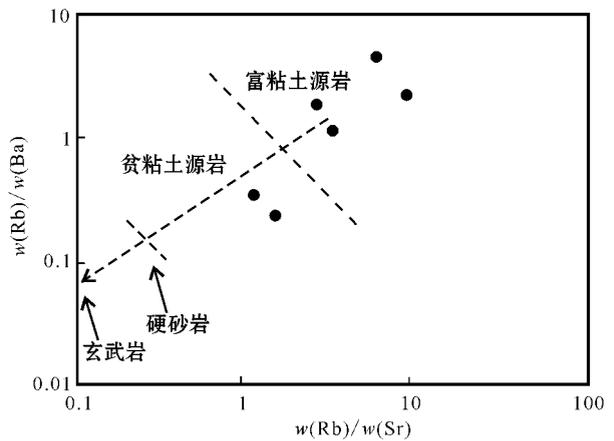


图 9 宝山花岗岩 Rb/Ba - Rb/Sr 图解 (据 Sylvester, 1998)

Fig. 9 Rb/Ba - Rb/Sr diagram of the granites (after Sylvester, 1998)

由于缺少同位素资料, 不能对源区进行更加准确的判断。而且有时花岗岩的源岩物质可能是多种来源的 (Collins, 1996), 所以本区花岗岩的物质来源有待进一步研究。

6.2.2 岩浆形成的物理化学条件及其演化

利用角闪石-斜长石地质温压计(Blundy and Houand, 1990)计算得到的温压结果见表 7。由于计算结果来自同一个样品,所以通过温压计对结晶的压力取估计的平均值为  $1.72 \times 10^8$  Pa,进而得到结晶温度的大致范围为  $655 \sim 730^\circ\text{C}$ ,通过平均压力计算出的花岗岩侵位的平均深度为 5.7 km,与岩石的结构特征一致(基本为中粗粒,缺少斑状和似斑状结构)。考虑到温压计存在一定误差,所以温压计计算结果仅作为参考。 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  比值是衡量强过铝花岗岩形成温度的一个重要指标(Sylvester, 1998),研究表明  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  比值越高,形成温度越低。宝山花岗岩的  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  比值变化范围在 43.7 ~ 123.6,为具有较高  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  比值的强过铝花岗岩,说明形成温度较低,这与地质温度计计算出的结果一致。

表 7 宝山花岗岩角闪石-斜长石温压计的温压计算结果

Table 7 Calculated temperature and pressure of amphibole-plagioclase geothermometer and geobarometer

样号	估计压力值/ $10^8\text{Pa}$	点位	$t/^\circ\text{C}$
1-29-1	1.72	核	711
	1.72	幔	688
	1.72	边	658
1-29-2	1.72	核	702
	1.72	幔	701
1-29-3	1.72	边	708
	1.72	核	667
1-29-4	1.72	幔	671
	1.72	边	658
1-29-5	1.72	核	730
	1.72	幔	695
	1.72	边	703
1-29-5	1.72	核	704
	1.72	幔	659
	1.72	边	718

前文已述及,宝山花岗岩总体属于高钾钙碱性过铝质类型花岗岩。 $\text{SiO}_2$  与  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{FeO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\text{Eu}$  呈负相关,而与  $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Rb}$  大致呈正相关(图 10)。良好的线性关系说明宝山花岗岩具有相似的成因和演化趋势。 $\text{SiO}_2$  与  $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  的关系显示出钙碱性岩浆分离结晶的演化趋势。由于  $\text{Al}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Eu}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$  等元素主要赋存在斜长石中, $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  主要存在于  $\text{Ti-Fe}$  氧化物中,因此宝山花岗岩所展示的成分变化可能与斜长石和  $\text{Ti-}$

$\text{Fe}$  氧化物的分离结晶有关。 $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Rb}$  含量随分异程度的增强而升高,因此碱性长石的分离结晶的可能性不大。宝山花岗岩的主、微量元素特征表明形成花岗岩的岩浆经历了高度的结晶分异作用。

### 6.3 岩石类型的厘定

ISMA 花岗岩分类是 20 世纪 80 年代由 Chappell 和 White(1974)依据岩石地球化学特征提出的花岗岩分类方案,是至今为止最常用的分类方案之一。

宝山花岗岩属高钾钙碱性花岗岩系列,地球化学特征总体表现出高硅富碱贫钙低镁的特点,与 M 型花岗岩相比明显不同,而与 A 型和 S 型花岗岩具有相似性。在 10 000 Ga/Al - Zr、Y、 $\text{Ce}$ 、Zn 图解中(图 11),大部分点落在 I 型和 S 型区域内,较少点落在 A 型区域内,暗示其类型为 I 型或 S 型。绝大多数样品的刚玉分子含量大于 1%,岩石组合为淡色花岗岩-花岗闪长岩,这些都区别于 A 型花岗岩的一般特征。而岩石的  $\text{SiO}_2$  含量较高,石英含量较高,黑云母  $\text{Mg}/\text{Fe}$  低,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$  及上述特征等都较好地符合 S 型花岗岩的化学及矿物特征。洪大卫等(2003)的研究表明,晚二叠世晚期研究区正处在碰撞之后的陆内调整阶段,即从碰撞到之后的伸展拉伸的构造转化阶段,而 A 型花岗岩常对应伸展的构造环境,从这一点来说, A 型花岗岩的存在也是有可能的。大量资料表明,古生代之后的中生代期间区域上处于陆内伸展阶段,产生了大面积的花岗岩(孙德有等 2000;吴福元等,1999;邵济安等,1999)。而韩宝福(2007)的研究表明在后碰撞的构造环境中 A、I 和 S 型花岗岩都可以出现,而且有时也难以区分花岗岩到底是何种类型。由于本次测年样品为碱长花岗岩,而并没有得到其他岩性岩石的形成时代,所以还存在另一种可能性,即其他岩性的岩石可能形成稍早一些。总体上,很难将宝山花岗岩完全归为 I 型、S 型或 A 型,但总体特征上更倾向于 S 型。对这方面有待更进一步的测年及其他研究工作。

研究发现,大量的强过铝花岗岩是后碰撞环境下形成的(Pitcher, 1993; Pamic *et al.*, 1996; Bellieni *et al.*, 1996; Finger *et al.*, 1997; Searle *et al.*, 1997),宝山花岗岩的形成在时代上正是处在后碰撞时期。后碰撞作用环境由于地壳加厚程度和岩浆底侵程度的不同,可分为高温型和高压型两种类型,分别形成高温型和高压型的强过铝花岗岩(Sylvester, 1998)。高温型强过铝花岗岩是在高温环境中形成的,而高压型强过铝花岗岩是在“高压”

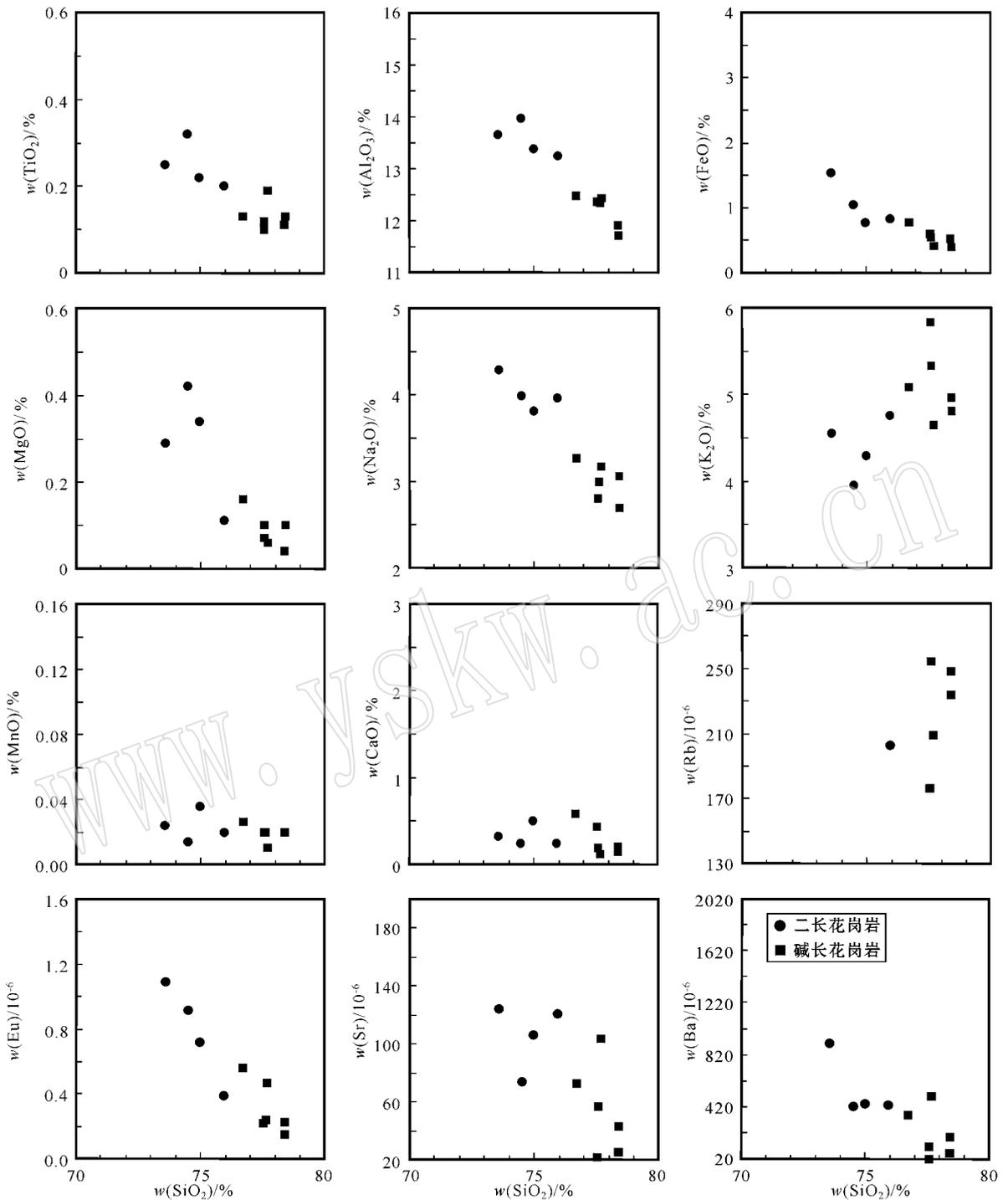


图 10 宝山花岗岩主量、微量元素与  $\text{SiO}_2$  相关图解

Fig. 10 Plots of selected major and trace elements against  $\text{SiO}_2$  for Baoshan granites

碰撞过程中由地壳的后碰撞折返作用形成的。前文述及,宝山花岗岩形成温度较低,应属高压型后碰撞强过铝花岗岩。洪大卫等(2003)的研究表明,Pangea 超大陆到三叠纪最后形成一个统一的超大

陆。在整个聚合过程中,北部的劳亚大陆发生了强烈的构造活动。而本区在当时正处在板块的结合带附近,当时强烈的构造活动可能是形成本区晚古生代花岗岩的主要原因。

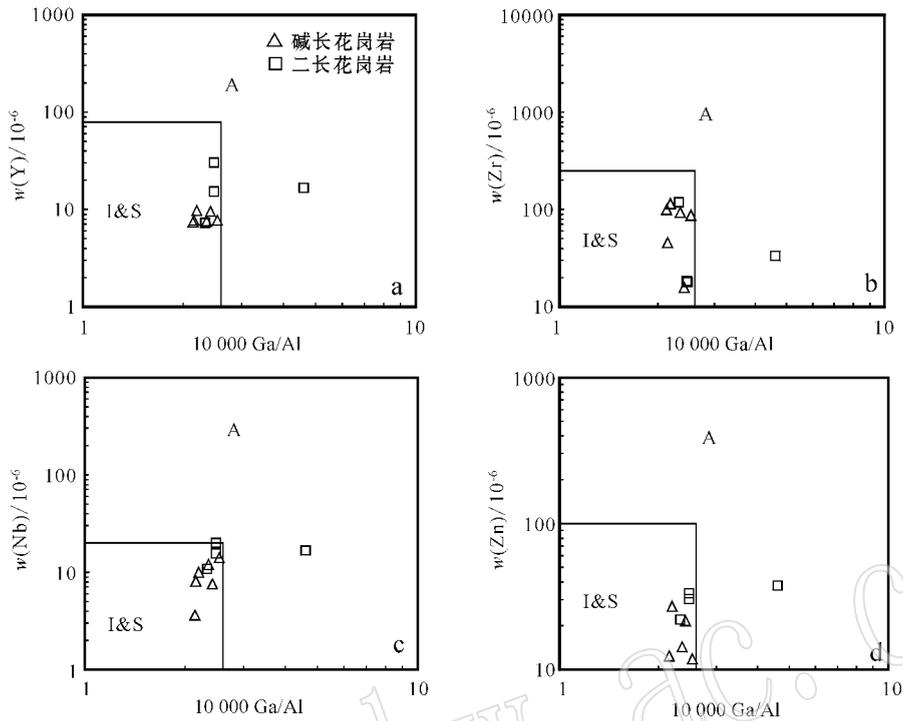


图 11 宝山花岗岩成因类型判定(据 Whalen 等,1987)

Fig. 11 Diagram showing the genetic type of granites from Baoshan pluton( after Whalen *et al.* , 1987)

### 7 结论

(1) 宝山花岗岩锆石 U-Pb 测年结果出现两组年龄 较新的年龄为  $252.6 \pm 3.0$  Ma, 为海西晚期, 代表了花岗岩的形成时代;较老的年龄为  $451.8 \pm 6.6$  Ma, 为加里东期,代表了研究区加里东期花岗岩的年龄,是海西晚期花岗岩浆侵位时捕获的加里东期锆石的年龄。

(2) 宝山花岗岩主量元素具有富硅、略富铝、富碱质、低镁和低钙的特征,微量元素表现出富集 Rb、Nd、K、Pb、U 和亏损 Nb、Ta、P、Ti 等高场强元素的特点,岩石属于高钾钙碱性花岗岩。

(3) 形成宝山花岗岩的岩浆经历了高度的结晶分异作用。矿物化学和岩石地球化学特征表明花岗岩的源岩物质来自地壳,其岩石地球化学特征更趋近于 S 型花岗岩。

致谢 在野外工作中得到了黑龙江省有色金属地质勘察研究总院刘同常高级工程师等人的大力帮助,在实验过程中得到了各实验室老师的帮助和指

导,在审稿过程中得到专家老师许多建设性意见,在此一并表示衷心的感谢!

### References

Bellieni G, Cavazzini G, Fioreti A M, *et al.* 1996. The Cima di Vila (Zinsnock) Intrusion. Eastern Alps: evidence for crustal melting, acid-mafic magma mingling and Wall-rock fluid effects[J]. *Mineral. Petrol.*, 56: 125~146.

Blundy J D and Holland T J B. 1990. Calcic amphibole equilibria and a new amphibole-plagioclase geothermometer[J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 104(2):208~224.

Chappell B W and White A J R. 1974. Two contrasting granite types [J]. *Pacific Geology*, 8: 173~174.

Collins W J. 1996. S- and I-type granites of the eastern Lachlan fold belt: products of three-component mixing[J]. *Transaction of the Royal Society of Edinburgh, Earth Sciences*, 88: 171~179.

Ding Xiaoshi. 1988. Mica S-type characteristics and its geological significance in various types of granite in south-central Tibet[J]. *Publication of Geological Institute of Chinese Academy of Geological Sciences*, (1): 33~50( in Chinese with English abstract).

Finger F, Roberts M P, Haunschmid B, *et al.* 1997. Variscan granitoids of central Europe: their typology, potential sources and tectonothermal relation[J]. *Mineral. Petrol.*, 61: 67~96.

- Foster M D. 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral mica [ J ]. Geological Survey Professional Paper , 354-B : 11 ~ 49.
- Han Baofu. 2007. Diverse post-collisional granitoids and their tectonic setting discrimination [ J ]. Earth Science Frontiers , 14( 3 ) : 64 ~ 72 ( in Chinese with English abstract ).
- Han Zhenxin , Hao Zhengping and Hou Min. 1995. Metallogenic Series Og Ore Deposits Related To Caledonian Granitoids In Xiaohingganling Region [ J ]. Mineral Deposits , 14( 4 ) : 293 ~ 302( in Chinese with English abstract ).
- Hong Dawei , Wang Shiguang , Xie Xilin , *et al.* 2000. Genesis of positive  $\epsilon_{Nd}$  granitoids in the Da Hinggan Mts-Mongolia orogenic belt and continental crustal growth [ J ]. Earth Science Frontiers , 7 : 441 ~ 456( in Chinese with English abstracts ).
- Hong Dawei , Wang Shiguang , Xie Xilin , *et al.* 2003. Correlation between Continental Crustal Growth and the Supercontinental Cycle : Evidence from the Granites with Positive  $\epsilon_{Nd}$  in the Central Asian Orogenic Belt [ J ]. Acta Geologica Sinica , 77( 2 ) : 203 ~ 209( in Chinese with English abstract ).
- Hong Dawei , Wang Tao and Tong Ying. 2007. An Outline about Granitoids in China [ J ]. Geological Review , 53( S1 ) : 9 ~ 16( in Chinese with English abstracts ).
- Leake B E , Woolley A R , Arps C E S , *et al.* 1997. Nomenclature of amphiboles : report of the Subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association , Commission on New Minerals and Mineral Names [ J ]. American Mineralogist , 82 : 1 019 ~ 1 037.
- Li Tong , Yuan Huaiyu and Wu Shengxi. 1998. On the average chemical composition of granitoids in China and the world [ J ]. Geotectonica et Metallogenia , 22( 1 ) : 29 ~ 34( in Chinese with English abstract ).
- Liu Baoshan , Ren Fenghe , Li Yangchun , *et al.* 2007. Characteristics and tectonic setting of late Indosinian I-type granite zone in the Yichun area [ J ]. Geology and Prospecting , 43( 1 ) : 74 ~ 78( in Chinese with English abstract ).
- Ludwig K R. 1999. User 's Manual for Isoplot/Ex. Version 2. 34 , A geochronological toolkit for Microsoft Excel [ M ]. Berkeley : Geochronology Center Special Publication , 1 ~ 43.
- Maniar P D and Piccoli P M. 1989. Tectonics discrimination of granitoid [ J ]. GSA Bulletin , 101 : 635 ~ 643.
- Pamic J , Lanphere M and Belak M. 1996. Hercynian I-type and S-type granitoids from the Slavonian mountains southern. Pannonian Basin , northern Croatia [ J ]. N. Jb. Mineral. Abh. , 171 : 155 ~ 186.
- Pitcher W S. 1993. The Nature and Origin of Granite [ M ]. London : Blackie Acad. And Prof. Ed. , 321.
- Searle M P , Parrish R R , Hodges K V , *et al.* 1997. Shisha Pangma leucogranite. South Tibetan Himalaya : field relations. Geochemistry. age. origin. and emplacement [ J ]. J. Geol. 105 : 295 ~ 317.
- Shao Ji ' an , Zhang Lüqiao and Mou Baolei. 1999b. Magmatism in the Mesozoic extending orogenic process of Da Hinggan Mts [ J ]. Earth Science Frontiers , 6( 4 ) : 339 ~ 346( in Chinese with English abstract ).
- Sun Deyou , Wu Fuyuan , Li Huimin , *et al.* 2000. The age of PA-type granite in Northwestern Xiao Xing'anling and the relationship with the collision belt , Suolun-Hegen-Zhalaitai mountains [ J ]. Chinese Science Bulletin , 45( 20 ) : 2 217 ~ 2 222( in Chinese with English abstract ).
- Sun Deyou , Wu Fuyuan and Gao Shan. 2004. LA-ICPMS Zircon U-Pb Age of the Qingshui Pluton in the East Xiao Hinggan 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 in 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 S S and McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts : Implications for mantle composition and processes [ A ]. Saunders A D and Norry M J. Magmatism in Ocean Basins [ C ]. London : Geol. Soc. London Spec. Pub. , 42 : 315 ~ 345.
- Sylvester P J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites [ J ]. Lithos , 45 : 29 ~ 44.
- Tang Wenlong , Yang Yanchen , Li Qian , *et al.* 2007. Magmatite Geochemical Characteristics and Their Constraints on Mineralizations in Qianjin Area , Yichun [ J ]. Journal of Jilin University( Earth Science Edition ) , 37( 1 ) : 41 ~ 47( in Chinese with English abstract ).
- Taylor S R and McLennan S M. 1986. The chemical composition of the Archaean crust ( in the nature of the lower continental crust [ J ]. Geological Society Special Publications , 24 : 173 ~ 178.
- Tu Shaoxiang and Wang Xiongwu. 2002. Some Significant Advances in Granitoid Researches Abroad in 1990 [ J ]. Acta Petrologica et Mineralogica , 21( 2 ) : 107 ~ 130( in Chinese with English abstract ).
- Wang Dezi , Liu Changshi , Shen Weizhou , *et al.* 1993. Contrast of I-type porphyroclastic lava in Tonglu and S-type porphyroclastic lava in Xiangshan [ J ]. Acta Petrologica Sinica , 9( 1 ) : 44 ~ 53( in Chinese with English abstract ).
- Whalen J B , Currie K L and Chappell B W. 1987. A-type granites : geochemical characteristics , discrimination and petrogenesis [ J ]. Contrib. Mineral. Petrol. , 95 : 407 ~ 419.
- Wiedenbeck M , Alle P , Corfu F , *et al.* 1985. Three natural zircon standards for U-Th-Pb , Lu-Hf , trace element and REE analyses [ J ]. Geostand News. , 19 : 1 ~ 23.
- 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 ~ 187( in Chinese with English abstract ).
- Wu Yuanbao and Zheng Yongfei. 2004. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age [ J ]. Chinese Science Bulletin , 49( 16 ) : 1 589 ~ 1 604( in Chinese with English abstract ).
- Xiao Qinghui , Deng Jinfu , Ma Daquan , *et al.* 2002. The Way of Investigation on Granitoid [ M ]. Beijing : Geological Publishing House , 1 ~ 294( in Chinese ).
- Zen E. 1986. Aluminum enrichment in silicate melts by fractional crystallization : some mineralogic and petrologic constraints [ J ]. Journal of Petrology , 27 : 1 095 ~ 1 117.

## 附中文参考文献

- 丁孝石. 1988. 西藏中南部各类花岗岩中云母标型特征及其地质意义[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所刊, (1): 33~50.
- 韩宝福. 2007. 后碰撞花岗岩类的多样性及其构造环境判别的复杂性[J]. 地学前缘, 14(3): 64~72.
- 韩振新 郝正平 侯 敏. 1995. 小兴安岭地区与加里东期花岗岩类有关的矿床成矿系列[J]. 矿床地质, 14(4): 293~302.
- 洪大卫 王 涛 童 英. 2007. 中国花岗岩概述[J]. 地质评论, 53(增刊): 9~16.
- 洪大卫 王式洗 谢锡林. 2000. 兴蒙造山带正  $\epsilon_{Nd}(t)$  值花岗岩的成因和大陆地壳生长[J]. 地学前缘, 7(2): 441~456.
- 洪大卫 王式洗 谢锡林. 2003. 从中亚正  $\epsilon_{Nd}$  值花岗岩看超大陆演化和大陆地壳生长的关系[J]. 地质学报, 77(2): 203~209.
- 黎 彤 袁怀雨 吴胜昔. 1998. 中国花岗岩类和世界花岗岩类平均化学成分的对比如研究[J]. 大地构造与成矿学, 22(1): 29~34.
- 刘宝山 任凤和 李仰春. 2007. 伊春地区晚印支期 I 型花岗岩带特征及其构造背景[J]. 地质与勘探, 43(1): 74~78.
- 邵济安 张履桥 牟保磊. 1999. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用[J]. 地学前缘, (4): 339~346.
- 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-扎赉特碰撞拼合带东延的关系[J]. 科学通报, 45(20): 2 217~2 222.
- 孙德有 吴福元 高 山. 2004. 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]. 地学前缘, 12(2): 263~275.
- 唐文龙 杨言辰 李 骞. 等. 2007. 伊春前进地区岩岩的地球化学特征及其对成矿的制约[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 37(1): 41~47.
- 涂绍雄 汪雄武. 2002. 20 世纪 90 年代国外花岗岩类研究的某些重大进展[J]. 岩石矿物学杂志, 21(2): 107~130.
- 王德滋 刘昌实 沈渭洲. 等. 1993. 桐庐 I 和相山 S 型两类碎斑熔岩对比[J]. 岩石学报, 9(1): 44~53.
- 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, 15(2): 181~187.
- 吴元保 郑永飞. 2004. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 49(16): 1 589~1 604.
- 肖庆辉 邓晋福 马大铨. 等. 2002. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 30~50.

## · 新书介绍 ·

## 《沈其韩文集》

2008 年

北京: 地质出版社

1 000 千字

548 页

定价: 100 元

沈其韩院士生于 1922 年, 是我国著名地质学家, 在早前寒武纪地质学和变质地质学研究方面有很高的造诣。文集收录了沈其韩先生多年从事地质研究工作发表的大多数论著及学术活动记录, 内容包括 3 个部分: 第一部分是卷首, 收录了沈其韩院士在不同时期具有代表性的学术活动照片 11 版。第二部分是文集主体, 选录了沈其韩院士在不同时期(1949~2007)以第一作者身份撰写的代表性论文、专著和报告共 41 篇, 内容涵盖了早前寒武纪地层、地质演化和阶段划分、变质岩石学、地球化学和同位素年代学、条带状铁矿床、其他类型的铁铜矿床以及不同阶段岩浆岩和变质岩研究进展等方面。第三部分是附录, 收录了沈其韩院士生平简介及沈其韩院土地质生涯 50 周年和 60 周年暨 80 华诞所领导的祝贺辞以及沈其韩院士著述总目录, 总目录共收集从 1947~2007 年著述 198 篇, 包括专著、正式刊出的论文(含书评)、论文摘要、内部科研报告、勘探报告和图件、序言和前言、怀念、祝贺和自述、国外考察报告、工作建议等。

本文集主要是一本地质学学术论文和报告的选集, 较为全面地反映了沈其韩院士的学术成就, 可供广大地质学者学习或收藏。如有读者需要购买, 请直接与地质出版社联系。