

西藏冈底斯带阿索构造混杂岩南侧亚布努马花岗岩斑岩地球化学特征及锆石 U-Pb 年龄

李 航, 王 明, 解超明, 曾孝文, 董宇超, 于云鹏, 罗安波

LI Hang, WANG Ming, XIE Chaoming, ZENG Xiaowen, DONG Yuchao,
YU Yunpeng, LUO Anbo

吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061

College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China

摘要: 西藏中冈底斯北部尼玛县阿索乡亚布努马地区东侧出露一处花岗岩斑岩岩脉, LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 测年结果显示, 该花岗岩的形成时代为晚侏罗世(161.2±5.9Ma)。全岩地球化学数据显示其高硅、富碱、富铝的特征, 属于碱性铝质花岗岩; 富集轻稀土元素, 轻、重稀土元素分异明显, 具有明显的负 Eu 异常, 富集 Rb、Pb 等大离子亲石元素, 亏损 Ba、Sr 元素及 Nb、Ta、Ti、U 等高场强元素, 形成于岛弧环境。其源区可能为来自俯冲带增厚下地壳的深熔作用, 结合区域上同时代的岩浆事件, 亚布努马花岗岩应该形成于以班公湖-怒江洋南向俯冲为动力背景 of 的陆缘弧环境。

关键词: 中冈底斯; 花岗岩斑岩; 南向俯冲; 深熔作用; 陆缘弧环境

中图分类号: P588.12⁺1; P597 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2018)08-1510-09

Li H, Wang M, Xie C M, Zeng X W, Dong Y C, Yu Y P, Luo A B. Geochemistry and zircon U-Pb age of granite porphyry in the Yabunuma region close to the southern margin of the Asuo structural melange belt, Gangdise, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 2018, 37(8):1510-1518

Abstract: The granite porphyry vein in the Yabunuma area is located in Asuo and Nyima area of northern Central Gangdise. LA-ICP-MS zircon U-Pb age of 161.2±5.9Ma indicates emplacement during the Late Jurassic. The bulk rock geochemical analyses indicate the characteristics of high silica, rich alkali and Al, suggesting alkali metaluminous granite porphyry. The granite porphyry samples are rich in LREE, the fractionation between LREE and HREE is strong and shows obvious negative Eu anomalies, with the characteristics of enrichment of Rb and Pb, depletion of Ba, Sr, Nb, Ta, Ti and U, suggesting an island-arc setting. The granite porphyry is likely to root in anatexis of thickened lower crust. Considering coeval magma event in the vicinity, the authors hold that granite porphyry from Yabunuma region should have formed in an active epicontinental environment on the background of the southern subduction of Bangong Co-Nujiang Tethyan Ocean crust.

Key words: central Gangdise; granite porphyry; southern subducton; anatexis; active epicontinental environment

冈底斯带指西藏中部西自狮泉河、冈仁波齐, 向东经念青唐古拉山, 与伯舒拉岭相连的自然地理单元。在地质上, 冈底斯带一般指位于南侧印度河-雅鲁藏布缝合带(IYZSZ)与北部班公湖-怒江

缝合带(BNSZ)之间近东西向、长约 2500km、南北宽 150~300km、面积达 45×10⁴km² 的巨型构造-岩浆带^[1]。随着区域地质调查工作的进一步开展, 近年来在该区域搜集到许多高质量的地球化学及同位

收稿日期: 2018-01-12; 修订日期: 2018-05-20

资助项目: 中国地质调查局项目《班公湖-怒江成矿带铜多金属矿资源基地调查》(编号: DD20160026)、《冈底斯-喜马拉雅铜矿资源基地调查》(编号: DD20160015)和国家自然科学基金项目《青藏高原羌塘南部埃迪卡拉纪地层研究》(批准号: 41602230)、《班公湖-怒江洋早白垩世构造演化: 来自复理石沉积的制约》(批准号: 41702227)

作者简介: 李航(1995-), 男, 在读硕士生, 构造地质学专业。E-mail: 451675109@qq.com

通讯作者: 王明(1984-), 男, 副教授, 硕士生导师, 从事青藏高原大地构造与区域地质研究。E-mail: wm609@163.com

素年代学数据,推动了该区域的研究工作。对于该带广泛发育的中生代岩浆作用的时空演化,有许多学者提出了他们的看法^[2-4],但由于区域上构造事件的复杂性和多期次、多地点的发展,对于北冈底斯与中冈底斯的交界狮泉河-永珠-嘉黎蛇绿混杂岩带附近地区在中晚侏罗世的构造环境一直没有统一的说法。通过对前人文献的总结,笔者认为,该带的构造环境在同一时代很可能在不同地点具有不同的属性,本文对该带中部阿索构造混杂岩南侧亚布努马地区的花岗斑岩进行地球化学与锆石 U-Pb 同位素年龄研究,探讨其成因过程与构造环境,希望为区域上提供有效的数据资料。

1 区域地质概况与花岗斑岩岩石学特征

亚布努马地区位于西藏尼玛县阿索乡东南 35km 左右,地处中冈底斯板块最北部,北侧紧邻狮泉河-永珠-嘉黎蛇绿混杂岩带(图 1)。该区主要由晚侏罗世-早中白垩世复理石片岩、早二叠世拉嘎组岩石组合、中二叠世昂杰组块状灰岩、变质岩片及古生代蛇绿岩组成。拉嘎组主要由变质砾岩、含砾砂岩、白云母石英砂岩、青灰色泥岩、含砾板岩夹流纹岩等组成;蛇绿岩多由大小不一的构造混杂

岩块组成,主要为玄武岩和辉绿岩墙,区域上地质构造复杂,断裂构造较发育(图 2)。

亚布努马花岗斑岩在研究区内分布范围较广,出露面积约 4km²,侵入到中二叠统昂杰组与下二叠统拉嘎组中,风化破碎程度较高,露头良好,没有明显的变形变质特征(图 3-a、b)。室内定名为花岗斑岩,斑晶主要组成为:石英(16%)、斜长石(8%)、钾长石(22%),其中钾长石条纹结构发育,具有轻微的高岭土化,呈半自形板状;斜长石主要为钠长石,聚片双晶发育,具有较强的绢云母化,分布均匀。基质由细粒(0.01~0.2mm)长英质矿物组成,含量约 54%,主要副矿物为磁铁矿(图 3-c、d)。

2 地球化学及锆石 U-Pb 同位素分析结果

2.1 分析方法

地球化学样品和年龄样品均采于亚布努马花岗斑岩岩体中心位置,其地理坐标为北纬 31°44'52"、东经 85°48'9",具体位置见图 2。

样品于河北省地质调查研究院实验室粉碎至 200 目,元素分析测试在中国地质大学(北京)地学实验中心完成。所用仪器为美国利曼公司(LEEMAN LABS.INC)的等离子发射光谱仪(ICP-

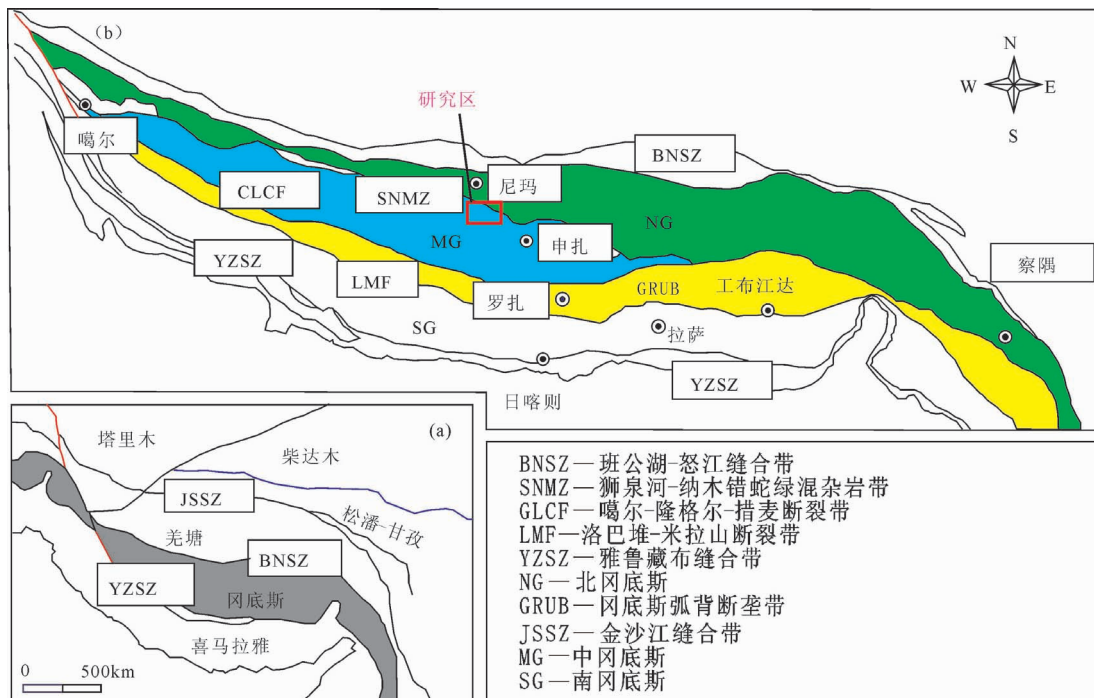


图 1 冈底斯带^[5](a)和亚布努马地区大地构造位置简图^[5](b)
 Fig. 1 Geotectonic sketch map of the Gangdise block (a) and the Yabunuma region (b)

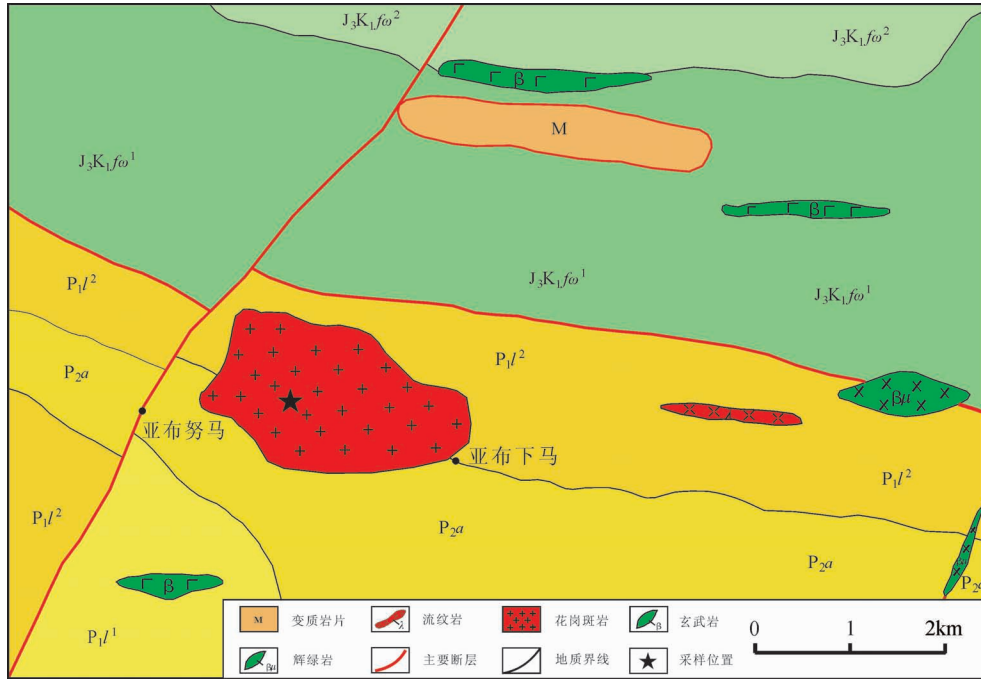


图2 亚布努马地区地质简图

Fig. 2 Geological sketch map of the Yabunuma region

$J_3K_1f\omega^1$ —上侏罗统-下白垩统复理石片岩一段; $J_3K_1f\omega^2$ —上侏罗统-下白垩统复理石片岩二段;
 P_{2a} —中二叠统昂杰组白色块状灰岩; P_{1l}^2 —下二叠统拉嘎组一段变质砾岩、含砾砂岩、白云母石英砂岩夹块状灰岩; P_{1l}^1 —下二叠统拉嘎组二段青灰色泥岩、含砾板岩夹流纹岩

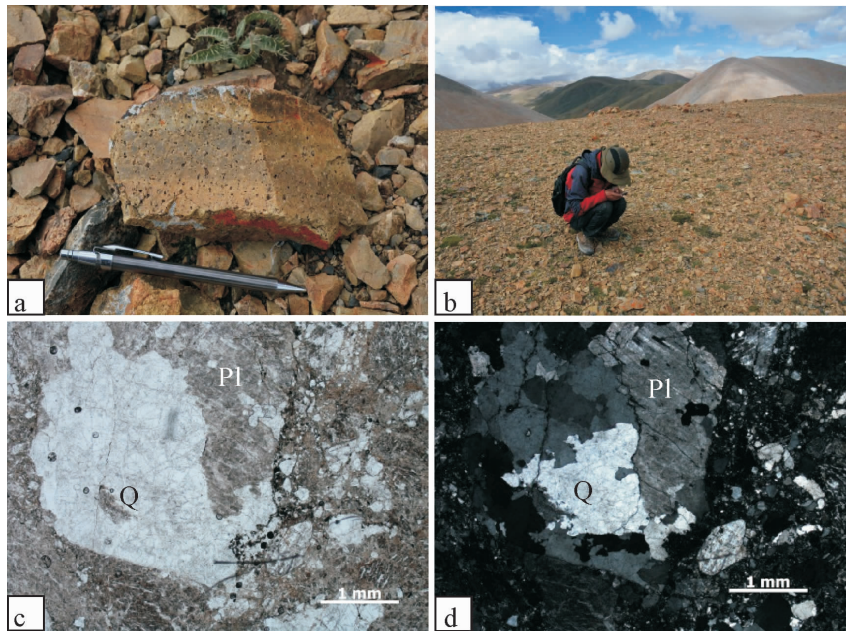


图3 亚布努马花岗斑岩野外及镜下照片

Fig. 3 Outcrop photographs and photomicrographs of granite porphyry from the Yabunuma region
 a—亚布努马花岗斑岩野外近景照片;b—亚布努马花岗斑岩野外露头照片;c—花岗斑岩镜下单偏光照片,斑状结构;d—花岗斑岩镜下正交偏光照片,斑状结构;Q—石英;Pl—斜长石

OES)、Agilent 7500a ICP-MS 及美国 Millipore 公司的 MilliQ-Element 去离子水纯水机,分析过程中采用美国地质调查局标样 AGV2 和国家地质测试中心岩石标样 GSR-1、GSR-3 进行分析质量检查和监控^[6]。测试分析步骤详见参考文献[7]。

锆石分选在河北省地质调查研究院完成,样品靶制备及阴极发光(CL)图像拍摄在中国地质科学院地质研究所完成,锆石透射光、反射光照相及激光等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)微区原位 U-Th-Pb 同位素分析在中国地质大学(北京)地学实验中心完成。分析测试仪器为由美国 New Wave Research Inc. 公司生产的 193nm 激光剥蚀系统(UP 193SS)和美国 AGILENT 科技有限公司生产的 Agilent7500a 型四级杆等离子体质谱仪联合构成的激光等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)。激光剥蚀过程中载气为高纯度的氦气,束斑直径为 36 μm ,剥蚀时间为 45s。以 NIST612 为外标, NIST610(²⁹Si)为内标进行标定,以标准锆石 91500 为外标进行同位素比值校正^[8],采用 Glitter 4.4 软件对数据进行处理。

2.2 地球化学特征

亚布努马花岗斑岩的全岩主量、微量及稀土元素的分析测试结果见表 1,样品主量元素呈现出高硅,富碱,低镁、钛、磷等特征,其 SiO₂ 为 66.97%~74.76%, K₂O 为 4.55%~6.47%, TFe₂O₃ 为 0.73%~1.40%, TiO₂ 为 0.04%~0.15%, Na₂O 为 4.05%~5.98%, Al₂O₃ 为 13.60%~17.66%, MgO 为 0.20%~0.92%; K₂O>Na₂O, K₂O/Na₂O=0.76~1.55, 平均 1.20, Na₂O+K₂O 为 9.93%~12.2%, 富碱;铝饱和指数 A/CNK 为 0.72~1.00, 为准铝质;里特曼指数 σ = 3.37~6.20, 在 SiO₂-K₂O 图中,所有样品均投到钾玄岩系列区域(图 4),属于碱性岩石。在侵入岩 TAS 图解上有 2 个样品点落到石英二长岩区域,另外 2 个样品点分别落到正长岩和花岗岩区域(图 5-a)。

样品稀土元素总量为 31.79 $\times 10^{-6}$ ~125.59 $\times 10^{-6}$,轻、重稀土元素比值为 3.13~6.93, (La/Yb)_N=3.01~8.74,轻稀土元素富集,重稀土元素曲线较平坦,具有类似海鸥型的稀土元素分布曲线特征(图 6-a)。 δEu =0.22~0.67,平均值为 0.43,具有明显的负 Eu 异常,Nb、Ta、Zr、Ti 等高场强元素亏损,Rb 等大离子亲石元素相对富集(图 6-b)。

2.3 锆石 U-Pb 同位素测年结果

花岗斑岩的 LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位

素测年结果见表 2。4 件样品的锆石粒径在 50~180 μm 之间,多呈板柱状,晶形较完整,发育典型的岩浆振荡环带结构(图 7-a),且 Th/U 值为 0.45~0.86,全部大于 0.1,并呈现明显的正相关关系,符合岩浆锆石的特征。锆石年龄数据点在 U-Pb 谐和图上均落在谐和线或其附近,其谐和年龄为 161.2 \pm 5.9Ma,时代为晚侏罗世(图 7-b)。

3 讨论

3.1 亚布努马花岗岩成因类型

如前所述,本次研究的 4 个样品的主量元素显示富硅、高碱、低磷、低镁、低钛等特征;微量元素上,亚布努马花岗岩具有强烈的负 Eu 异常,相对亏损 Nb 等高场强元素,富集 Rb 等大离子亲石元素。以上特征既显示出 A 型花岗岩富硅、富钾、贫磷的特征,又具有与高分异的 I、S 型花岗岩相似的特征,其成因类型值得详细讨论。

亚布努马花岗斑岩为准铝质岩石,A/CNK 值小于 1.0,CIPW 标准矿物中刚玉分子数为 0,副矿物为磁铁矿,未见富铝矿物,明显不同于强烈富铝的 S 型花岗岩。尽管分异的 S 型花岗岩 A/CNK 值可能偏低,但也均在 1.0 以上^[13],加之这些岩体的 P₂O₅ 含量均很低(<0.10%),排除其属于 S 型花岗岩的可能。因此,这些岩体的成因类型或为 A 型,或为高分异的 I 型。

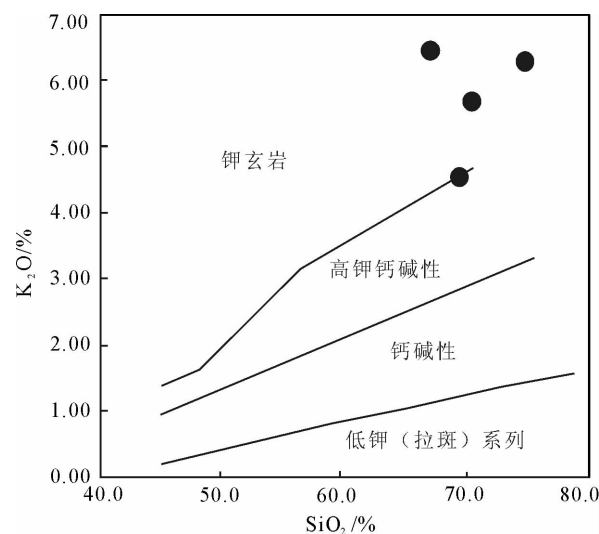


图 4 亚布努马花岗斑岩 SiO₂-K₂O 图解^[9]

Fig. 4 SiO₂-K₂O diagram of granite porphyry from the Yabunuma region

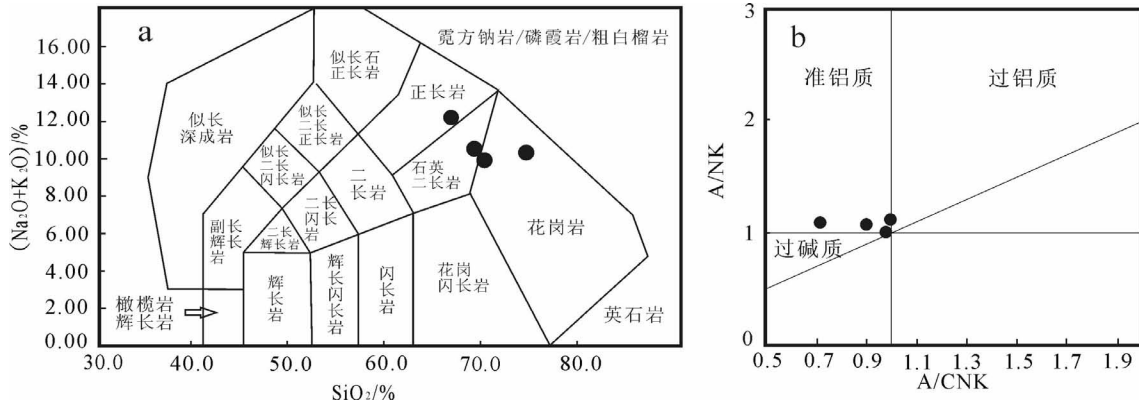


图5 亚布努马花岗斑岩 TAS^[10](a)和 A/CNK-A/NK 图解^[11](b)

Fig. 5 TAS(a) and A/CNK-A/NK(b) diagrams of Yabunuma granite porphyry

表1 亚布努马地区花岗斑岩样品主量、微量和稀土元素分析结果

Table 1 Major, trace elements and REE data of the granite porphyry in the Yabunuma region

样品号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总计
N16T18H1	68.45	0.10	13.96	0.80	0.01	0.47	3.68	4.12	5.53	0.09	2.77	99.98
N16T18H2	74.05	0.04	13.47	0.72	0.02	0.20	0.23	4.02	6.23	0.06	0.46	99.51
N16T18H4	65.96	0.08	17.39	0.81	0.01	0.45	1.72	5.64	6.37	0.06	1.50	99.98
N16T18H5	68.42	0.14	16.31	1.38	0.01	0.91	0.99	5.90	4.48	0.06	1.08	99.68
样品号	Li	P	K	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	
N16T18H1	3.02	412.8	37820	3.072	547.8	4.646	0.09072	129.48	1.0356	1.835	1.8172	
N16T18H2	0.18036	288.8	39540	3.184	238.6	4.276	0.4062	163	0.729	2.174	3.996	
N16T18H4	1.6922	289.4	43420	4.56	428	5.06	0.4146	118.94	0.9524	1.4962	1.9416	
N16T18H5	7.132	254	27620	3.206	732.6	6.724	13.75	108.3	1.0418	8.836	1.958	
样品号	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	La	Ce	
N16T18H1	12.262	11.478	183.64	82.8	24.36	67.16	9.164	2.524	188.78	15.31	32.3	
N16T18H2	15.036	11.824	213.4	72.92	10.99	23.66	7.44	5.442	168.32	5.23	10.74	
N16T18H4	12.702	14.226	198.8	78.36	22.96	66.72	8.88	1.9046	150.66	21.1	42.6	
N16T18H5	17.604	14.31	120.78	63.82	22.58	108.94	10.718	1.3062	89.2	26.68	53.36	
样品号	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	
N16T18H1	3.686	13.824	2.97	0.5246	3.172	0.5824	4.204	0.8722	2.69	0.4194	2.844	
N16T18H2	1.3616	5.226	1.2528	0.288	1.3784	0.2774	2.052	0.4176	1.3512	0.2304	1.7374	
N16T18H4	4.456	15.55	3.242	0.2394	3.27	0.618	4.444	0.8974	2.764	0.4424	3.148	
N16T18H5	5.674	19.98	3.69	0.3664	3.542	0.6174	4.248	0.8616	2.662	0.4218	3.052	
样品号	Lu	Hf	Ta	Pb	Th	U	LREE	HREE	ΣREE	LREE/HREE	Eu/Eu*	
N16T18H1	0.374	1.85136	0.9378	17.992	7.988	4.834	68.6146	15.158	83.7726	4.526626	0.52	
N16T18H2	0.2498	0.92466	1.1622	36.78	4.788	2.454	24.0984	7.6942	31.7926	3.132021	0.67	
N16T18H4	0.4342	2.1964	1.086	22.68	12.252	7.938	87.1874	16.018	103.2054	5.443089	0.22	
N16T18H5	0.436	3.0514	0.921	24.04	15.926	7.736	109.7504	15.8408	125.5912	6.928336	0.31	

注:主量元素含量单位为%,微量和稀土元素含量为10⁻⁶

高硅含量的铝质A型花岗岩与高分异的I型花岗岩有许多相似之处,二者极易混淆^[14]。由于研究

区碱性花岗岩大都为高硅花岗岩,因此需要详细判别其到底是高分异的I型花岗岩还是A型花岗岩。

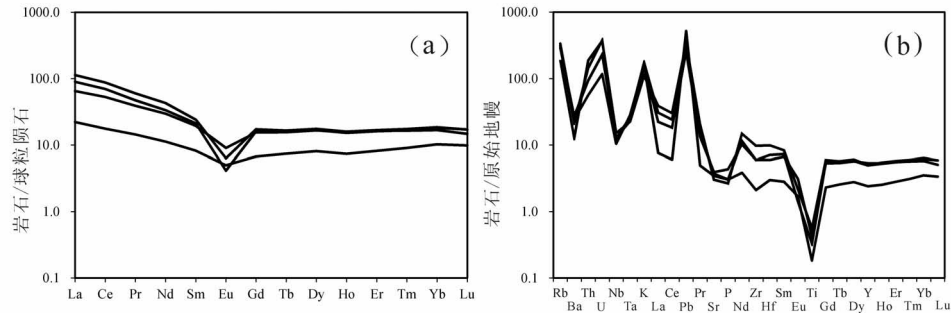


图 6 亚布努马花岗斑岩稀土元素配分曲线^[12](a)和微量元素蛛网图^[12](b)

Fig. 6 REE patterns(a)and trace element spidergrams(b)of granite porphyry from Yabunuma region

王强等^[15]提出了区分 A 型花岗岩与高分异 I 型花岗岩的标准:①A 型花岗岩的全铁(TFeO)含量相对较高(>1.00%),高分异 I 型花岗岩一般较低(<1.00%);②高分异 I 型花岗岩相对 A 型花岗岩具有较高的 Rb 含量,一般大于 270×10^{-6} ,而 Ba、Sr、Zr+Nb+Ce+Y、Ga 含量及 10000Ga/Al 值较低;③高分异 I 型花岗岩的形成温度较低(平均值 764℃)。亚布努马花岗岩的 TFeO 含量为 0.65%~1.26%,仅有 1 个样品大于 1.00%,较低,Rb 含量为 120.78×10^{-6} ~ 213.40×10^{-6} ,Ba 含量为 89.2×10^{-6} ~ 188.8×10^{-6} ,Sr 含量为 63.8×10^{-6} ~ 82.8×10^{-6} ,Zr+Nb+Ce+Y+Ba 为 221×10^{-6} ~ 406×10^{-6} ,10000Ga/Al 值为 1.51~1.64,分异指数 DI 平均值为 92.1,明显不同于 A 型花岗岩的特征,而与高分异的 I 型花岗岩更相似。

通常认为 A 型花岗岩形成温度较高,但区别对

待。由于氟的解聚作用,降低 A 型花岗岩的固相线温度,所以相对于 I 型和 S 型,A 型花岗岩近固相线温度不高,其近固相线长石矿物组合通常为低钙钠长石+条纹长石,如按二长温度计计算一般为 600℃左右^[16]。但 A 型花岗岩岩浆在未结晶时不含残留体,是完全熔融的,故其近液相线温度应较高(相对于 I 型和 S 型)。这里建议用 Watson 等^[16]提出的锆石饱和温度近似代表 A 型岩套岩浆近液相线温度,因为锆石是最早结晶的副矿物,通常被铁镁矿物、长英矿物包裹^[17]。本文 4 个样品的锆石饱和温度计算结果为 638~740℃,明显低于 A 型花岗岩的形成温度,接近 I 型花岗岩的平均温度 781℃^[16]。

除以上证据外,笔者还选用了几个常见的地球化学图解(图 8),在 3 个图解上样品点均落在 I,S 型区域。综上所述,笔者认为,亚布努马花岗斑岩应属高分异 I 型花岗岩。

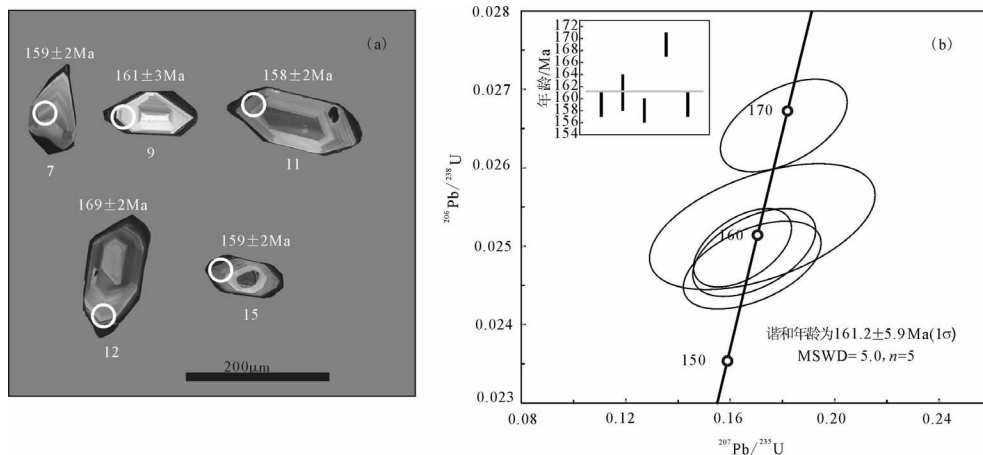


图 7 亚布努马花岗斑岩代表性锆石阴极发光图像(a)和锆石 U-Pb 年龄谐和图(b)

Fig. 7 Cathodoluminescence images of representative zircon (a) and concordia diagrams (b) for granite porphyry from the Yabunuma region

表2 亚布努马花岗斑岩LA-ICP-MS锆石U-Th-Pb同位素测定结果

Table 2 U-Th-Pb composition of the zircons from the granite porphyry in the Yabunuma region as measured by LA-ICP-MS

测点	Pb _{rad}	²³² Th /10 ⁻⁶	²³⁸ U	Th/U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ
NT18-07	4.7	83	168	0.49	0.04922	0.00455	0.16917	0.01554
NT18-09	2.8	54	96	0.57	0.04947	0.00824	0.17227	0.02852
NT18-11	4.8	98	171	0.57	0.04932	0.00512	0.16841	0.01741
NT18-12	4.7	82	158	0.52	0.04931	0.00441	0.1805	0.01603
NT18-15	9.7	152	278	0.55	0.04781	0.00365	0.16469	0.01239

测点	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ	年龄/Ma					
			²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	1σ
NT18-07	0.02492	0.00037	158	179	159	13	159	2
NT18-09	0.02525	0.00053	170	295	161	25	161	3
NT18-11	0.02476	0.00037	163	205	158	15	158	2
NT18-12	0.02654	0.00039	163	172	168	14	169	2
NT18-15	0.02498	0.00033	90	171	155	11	159	2

注:中国地质大学(北京)地学实验中心测试

3.2 亚布努马花岗斑岩的源区与演化

前人对高分异I型花岗岩的成因做了总结,大体上分为2类:①由于幔源分异的岩浆底侵,导致地壳物质发生部分熔融形成高分异I型花岗岩^[19-21];②幔源分异的基性岩浆底侵到地壳,并与壳源长英质岩浆混合在浅源形成混源岩浆房,并在后期发生分离结晶作用形成^[22-23]。

前述亚布努马花岗斑岩的全碱含量高(Na₂O+K₂O=9.93%~12.2%),TiO₂含量低(0.04%~0.15%),Al₂O₃含量高(14%~19%),Fe₂O₃/FeO值高(>1)、无富铁趋势,具有钾玄岩系列的特征,且在SiO₂-K₂O图解上落在钾玄岩系列范围。因此笔者认为,该花

岗斑岩属钾玄岩系列。

钾玄岩系列曾被认为是由包括了部分熔融作用在内的复杂过程产生的,并非玄武质岩浆分异或同化混染形成的^[23]。Meen等^[24]通过实验研究指出,在厚地壳高压的条件下(10kbar),玄武质岩浆通过结晶分异可以形成钾玄岩系列的岩石,Meen^[25]进一步指出,岩浆演化过程中SiO₂-K₂O相关关系的影响因素为地壳厚度,弧岩浆岩的K₂O含量随贝尼奥夫带深度加深而增高,佐证了这一结论。Marchev等^[26]提出的研究结果,以及Roberts和Clemens^[27]的实验研究均表明,决定岩浆高K特征的主要是源岩性质,而非演化过程。钾玄岩系列岩石一般都具有非

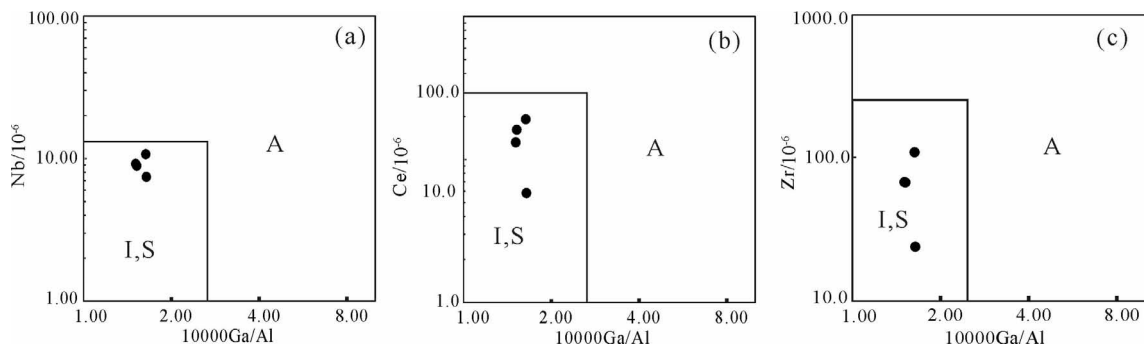


图8 亚布努马花岗斑岩成因类型判别图解(底图据参考文献[18])

Fig. 8 Various chemical discrimination diagrams for the granite porphyry from Yabunuma region a—花岗斑岩 1000Ga/Al-Nb 图解;b—花岗斑岩 10000Ga/Al-Ce 图解;c—花岗斑岩 10000Ga/Al-Zr 图解

常高的分异程度,这与本文中样品的特征一致,但钾玄岩的源区必须富钾,在钾玄岩最发育的俯冲带环境,随着贝尼奥夫带的加深,弧岩浆岩的 K_2O 含量也逐渐增高。

结合高分异 I 型花岗岩的成因理论,亚布努马花岗斑岩可能是由俯冲过程中地壳增厚经历深熔作用产生的。

本文中的亚布努马花岗斑岩全岩主量和微量元素地球化学特征,指示其经历了显著的分异结晶作用, Nb、Ta 和 Ti 的亏损指示富钛矿物相的分离(钛铁矿/金红石), P 的显著亏损表明可能发生了磷灰石的分离结晶, Eu 的亏损与斜长石或钾长石分离结晶作用相关, Sr 与 Ba 的强烈亏损也支持这一现象。因此,该处岩体应该还经历了高程度的分离结晶。

3.3 构造环境

冈底斯带在侏罗纪广泛发育岩浆作用,中冈底斯已报道的晚侏罗世岩浆作用包括央雄勒强过铝质 S 型花岗岩(形成于碰撞环境),向西到许如错一文部地区,由早到晚出现了形成于俯冲环境的偏铝质 I 型花岗岩及形成于碰撞环境的强过铝质 S 型花岗岩^[28],继续向西到夏定勒地区,晚侏罗世早期的岩浆活动为俯冲环境,这些岩浆活动的特点表明,中冈底斯在中晚侏罗世受到俯冲作用及不同程度碰撞作用的影响。

本文报道的亚布努马花岗斑岩具有典型的弧火山岩类地球化学特征,在构造环境判别图解

(图 9)上也落在弧火山岩区域,这与前人总结的中冈底斯中晚侏罗世构造环境相符,说明亚布努马花岗岩应该受控于班公湖-怒江洋南向俯冲到冈底斯板块之下的动力学过程,形成于陆缘弧环境。

4 结 论

(1)亚布努马花岗斑岩锆石 U-Pb 谐和年龄为 161.2 ± 5.9 Ma, 该花岗斑岩形成于晚侏罗世。该岩体的地球化学特征显示,主量元素表现为高硅、高钾、富铝、低镁、低磷等特征,属于准铝质钾玄岩系列岩石,其轻、重稀土元素存在明显分馏,具有明显的负 Eu 异常,富集 Rb、Sr、Ba 等大离子亲石元素,亏损 Nb、Ta、Ti 等高场强元素, DI 分异指数较高,认为其为高分异 I 型花岗岩。

(2)该岩体具有富钾、富铝、低钛,无富铁趋势的特征,属于钾玄岩系列,其应产于俯冲带加厚下地壳的深熔过程。该岩体具有明显的岛弧火山岩地球化学特征,结合区域上同时期的岩浆活动事件的报道,其形成时的构造环境应该是陆缘弧环境,受控于班公湖-怒江洋洋壳的南向俯冲。

致谢:野外工作时吉林大学西藏科研队的老师、同学们及后勤师傅们给予诸多帮助,文章撰写期间,吉林大学王伟硕士提供了宝贵的意见,地球化学测试及碎屑锆石测试分析由中国地质大学(北京)科学研究院实验中心苏犁老师等帮助完成,在此一并致谢。

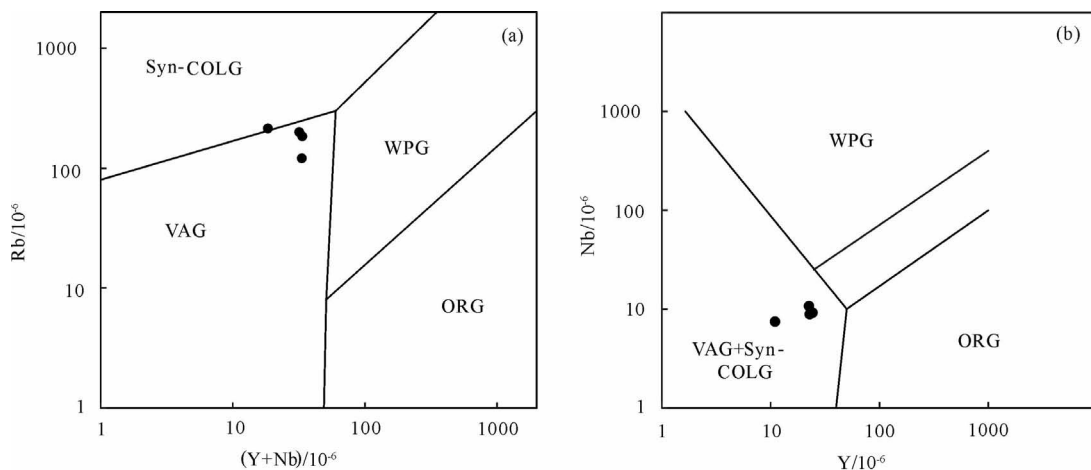


图 9 亚布努马花岗斑岩构造判别图解^[29]

Fig. 9 Discrimination diagrams for the structural environment of the granite porphyry from Yabunuma region

a—花岗斑岩(Y+Nb)-Rb图解;b—花岗斑岩Y-Nb图解;Syn-COLG—同碰撞花岗岩;

VAG—火山弧花岗岩;WPG—板内花岗岩;ORG—洋中脊花岗岩

参考文献

- [1]朱弟成,莫宣学,王立全,等.西藏冈底斯东部察隅高分异I型花岗岩的成因:锆石U-Pb年代学、地球化学和Sr-Nd-Hf同位素约束[J].中国科学:地球科学,2009,39(7):833-848.
- [2]朱弟成,潘桂棠,莫宣学,等.冈底斯中北部晚侏罗世—早白垩世地球动力学环境:火山岩约束[J].岩石学报,2006,22(3):534-546.
- [3]朱弟成,潘桂棠,王立全,等.西藏冈底斯带中生代岩浆岩的时空分布和相关问题的讨论[J].地质通报,2008,27(9):1535-1536.
- [4]莫宣学,董国臣,赵志丹,等.西藏冈底斯带花岗岩的时空分布特征及地壳生长演化信息[J].高校地质学报,2005,11(3):281-290.
- [5]Zhu D C, Pan G T, Chung S L, et al. SHRIMP zircon age and geochemical constraints on the origin of Lower Jurassic volcanic rocks from the Yeba Formation, southern Gangdese, South Tibet[J]. International Geology Review, 2008, 50(5):442-471.
- [6]Govindaraju K. Compilation of working values and sample description for 383 geostandards[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 1994, 18: 1-158.
- [7]于红. 陕西商南松树沟橄辉岩矿物地球化学特征及成因机理示踪[D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2011.
- [8]Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, et al. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 1995, 19(1): 1-23.
- [9]Peccerillo A, Taylor S R. Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey[J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 1976, 58(1):63-81.
- [10]Middlemost E A K. Naming materials in the magma/igneous rock system[J]. Earth-Science Reviews, 1994, 37(3/4):215-224.
- [11]Maniar P D. Tectonic discrimination of granitoids[J]. Geol. soc. am. bull., 1989, 101(5):635-643.
- [12]Sun S S, McDonough W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes[J]. Geological Society, London, Special Publications, 1989, 42(1):313-345.
- [13]Chappell B W. Aluminium saturation in I- and S-type granites and the characterization of fractionated haplogranites[J]. Lithos, 1999, 46(3):535-551.
- [14]King P L, White A J R, Chappell B W, et al. Characterization and origin of aluminous A-type granites from the Lachlan Fold belt, southeastern Australia[J]. Journal of Petrology, 1997, 38(3):371-391.
- [15]王强,赵振华,熊小林. 桐柏-大别造山带燕山晚期A型花岗岩的厘定[J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 19(4):297-306.
- [16]Watson E B, Harrison T M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types[J]. Earth & Planetary Science Letters, 1983, 64(2):295-304.
- [17]刘昌实,陈小明,陈培荣,等. A型岩套的分类、判别标志和成因[J]. 高校地质学报, 2003, 9(4):573-591.
- [18]Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis[J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 1987, 95(4):407-419.
- [19]Richards J P. Magmatic to hydrothermal metal fluxes in convergent and collided margins[J]. Ore Geology Reviews, 2011, 40(1):1-26.
- [20]Wang X S, Bi X W, Leng C B, et al. Geochronology and geochemistry of Late Cretaceous igneous intrusions and Mo-Cu-(W) mineralization in the southern Yidun Arc, SW China: Implications for metallogenesis and geodynamic setting[J]. Ore Geology Reviews, 2014, 61(8):73-95.
- [21]Wu F Y, Jahn B M, Wilde S A, et al. Highly fractionated I-type granites in NE China (II): isotopic geochemistry and implications for crustal growth in the Phanerozoic[J]. Lithos, 2003, 67(3):191-204.
- [22]邱检生,肖娥,胡建,等. 福建北东沿海高分异I型花岗岩的成因: 锆石U-Pb年代学、地球化学和Nd-Hf同位素制约[J]. 岩石学报, 2008, 24(11):2468-2484.
- [23]Joplin G A. Some chemical data on members of the shoshonite association[J]. Mineralogical Magazine, 1972,(300):936-945.
- [24]Meen J K. Formation of shoshonites from calcalkaline basalt magmas: geochemical and experimental constraints from the type locality[J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 1987, 97(3): 333-351.
- [25]Meen J K. Elevation of potassium content of basaltic magma by fractional crystallization: the effect of pressure[J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 1990, 104(3):309-331.
- [26]Marchev P, Georgiev S, Zajacz Z, et al. High-K ankaramitic melt inclusions and lavas in the Upper Cretaceous Eastern Srednogie continental arc, Bulgaria: Implications for the genesis of arc shoshonites[J]. Lithos, 2009, 113(1/2):228-245.
- [27]Roberts M P. Origin of high-potassium, calc-alkaline, I-type granitoids[J]. Geology, 1993, 21(9):825.
- [28]闫晶晶. 西藏中拉萨地块许如错岩体年代学和地球化学[D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2016.
- [29]Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. Journal of Petrology, 1984, 25(4):956-983.