

藏北羌塘中部劳日特错花岗斑岩体的特征及构造意义

李 莉, 白云山, 牛志军, 姚华舟

(中国地质调查局宜昌地质矿产研究所, 湖北 宜昌 443003)

摘要: 劳日特错花岗斑岩体全碱含量较高, 富铝, 低钙镁, 高强场元素和稀土元素含量及 Ga/Al 比值(3.84~6.43, 平均为 5.07) 较高, $K_2O > Na_2O$, 为造山晚期 A 型花岗岩, 副矿物组合为锆石型, 时代属喜马拉雅期。

关键词: 藏北; 羌塘中部; 劳日特错; 花岗斑岩; 构造意义

中图分类号: P588.13 文献标识码: A 文章编号: 1671-255X(2004)09-10-1040-06

A 型花岗岩因其产出构造环境特殊(非造山或造山期后)而备受人们关注。劳日特错花岗斑岩体位于青藏高原(海拔平均 5000 m 以上)腹地的羌塘地块中部, 该区长期以来被视为人类生存的禁区, 因此地质研究程度很低, 特别是劳日特错花岗斑岩体的研究, 仅有青海省地矿局区调队 1987 年在进行 1:20 万区域地质调查中对其作过一般调查。在新一轮国土资源调查项目青藏高原中部羌塘中部地区 1:25 万区域地质调查工作中, 笔者对羌塘中部劳日特错花岗斑岩体的地质特征、岩石学特征、岩石化学特征进行了较为详细的研究, 并就其构造属性进行讨论, 首次提出其为造山晚期 A 型花岗岩的看法。

1 岩体地质特征

劳日特错花岗斑岩体位于东特提斯构造域北部, 居拉竹龙-金沙江板块结合带与班公湖-怒江板块结合带之间的羌塘地块的中部劳日特错南。岩体呈不规则椭圆状, 出露面积 11 km², 呈小岩株状产出。侵入最新地层为上侏罗统索瓦组(J_{3s})。岩体边部见围岩捕虏体, 围岩具轻微的烘烤和退色现象, 由岩体派生的脉体呈枝叉状插入围岩中。岩体北端被第四系冲洪积覆盖。岩体分异差, 相带不发育(图 1)。青

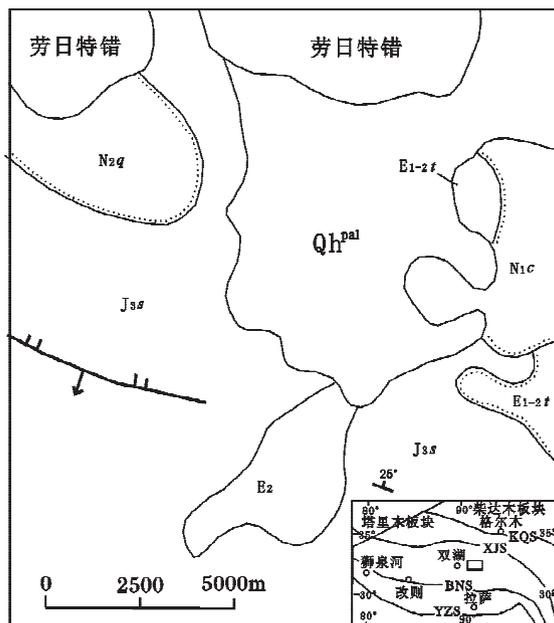


图 1 劳日特错一带地质略图

Fig.1 Geological sketch map of the Laorite Co area
Qh^{pal}—全新世冲洪积物; N_{2q}—上新世曲果组; N_{1c}—中新世查保马组; E_{1-2f}—始新世-古新世沱沱河组; J_{3s}—上侏罗统索瓦组; E_{1γπ}—劳日特错花岗斑岩体; YZS—雅鲁藏布江板块缝合带; BNS—班公湖-怒江板块缝合带; XJS—西金乌兰-金沙江板块缝合带; KQS—昆仑-秦岭板块缝合带

收稿日期: 2003-04-14; 修订日期: 2004-03-06

地调项目: 中国地质调查局 1:25 万区域地质调查资助项目(2000130000135)

作者简介: 李莉(1967-), 女, 工程师, 从事区域地质调查及地理信息系统研究。E-mail: ylcli@cgs.gov.cn

海地矿局区调队在赤布张错幅、温泉兵站幅 1:20 万区域地质调查报告中将劳日特错岩体的时代划为燕山期,依据为该岩体侵入于上侏罗统。笔者在劳日特错二长花岗斑岩体中获取了 37~38 Ma 的单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄值(表 1),说明该岩体为喜马拉雅期侵入。

2 岩相学特征

岩体的岩石类型简单,以二长花岗斑岩为主。岩石呈灰白色,风化色为浅褐灰色,斑状结构,基质具显微花岗结构。斑晶主要为自形板状斜长石(25%),其次为少量钾长石(3%)、石英(5%)、黑云母(5%)及角闪石(2%)。斜长石自形板状,为更长石($A_n=32$),具环带构造。钾长石斑晶为透长石。角闪石斑晶为普通角闪石,全部碳酸盐化,未见残晶。基质由斜长石(15%)、钾长石(15%)、石英(20%)及显微文象石英、长石(10%)组成。基质中斜长石和钾长石为板柱状和微粒状。暗色矿物大部分为黑云母,并均已绿泥石化,石英他形分布在较自形的斜长石所组成的空隙中。显微文象石英、长石有时呈放射状,形成假球粒,有时分布在石英斑晶周围。副矿物中,磷灰石、锆石及榍石均为自形晶,部分副矿物分布在黑云母斑晶和角闪石斑晶中。副矿物组合类型简单,为锆石型,锆石含量为 229.31×10^{-6} 。锆石晶体呈双锥柱状,主要由(100)(311)(111)面组成聚形为主。(111)面较(311)面发育。其次为(111)(311)(110)(100)及(311)(100)(111)(110)组成聚形。前者(100)较(110)面发育,后者(100)(110)面同等发育。颜色呈酒黄色,玻璃光泽,透明,个别晶体内含气液包裹体及金属矿物包裹体、后期小锆石包裹体。偶见生长纹和歪晶及同种晶体的穿插双晶。锆石大小一般为 $0.5 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm} \sim 0.16 \text{ mm} \times 0.08 \text{ mm}$ 。

3 岩石化学

岩石化学分析见表 2。从表 2 中可看出, SiO_2 含量为 69.52%~71.86%, 平均 70.44%, 属正常花岗岩范围, 但略低于黎形中国花岗岩平均值(71.27%)。全碱($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$)含量为 7.68%~8.11%, 平均 7.86%, 表明岩石富碱, $AR=2.63 \sim 2.94$, 属碱性系列。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1.07 \sim 10.28$, 一般为 1.2~1.3, 属富钾型。 K_2O 含量平均为 4.88%, Na_2O 含量除 1 个样品较低外, 其余 4 个样品平均为 3.56%, 与 A 型花岗岩 K_2O 、 Na_2O 含量相当。随着 SiO_2 含量的增高, SiO_2 和 K_2O 呈较好的正相关关系, 而与其他元素表现出明显的负相关。低钙镁(CaO 平均 1.63%, MgO 平均 0.49%)、富铝(Al_2O_3 平均 14.81%)。在 CIPW 标准矿物分子中, Q_z 均高于 20%, 最高可达 41%, A_n 较小, Or 与 Ab 相当, 岩石分异指数普遍大于 85。A/CNK 值普遍小于 1.1, 为准铝质系列, 仅 1 个样品较大(1.65), 为铝过饱和系列。在 $AR-\text{SiO}_2$ 图解(图 2)中样品全落入碱性岩区, 在 QAP 投影图上(图 3)投影点落入普通花岗岩区及碱长花岗岩区, 在 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解(图 4)中落入 A 型花岗岩区。

4 微量元素和稀土元素

微量元素分析结果见表 3。由表 3 可见, 该花岗岩的大离子亲石元素 Rb ($171 \times 10^{-6} \sim 324 \times 10^{-6}$)、 Sr ($690 \times 10^{-6} \sim 1020 \times 10^{-6}$)、 Ba ($1290 \times 10^{-6} \sim 2570 \times 10^{-6}$)、 Th ($24.3 \times 10^{-6} \sim 28.4 \times 10^{-6}$) 丰度偏高。在 MORB 标准化的微量元素配分型式图上(图 5) Sr 、 Ba 、 P 、 Ti 形成 4 个明显的谷; 不相容元素 Rb 、 Th 、 Hf 、 Ce 的正异常峰最为明显; Zr 、 Hf 、 Sm 、 Y 、 Yb 、 Nb 、 Ta 略显亏损。强不相容元素 Rb 的强烈富集暗示花岗岩浆发生了充分分异, P 、 Ti 的亏损表明磷灰石和钛铁矿已发生明显的分离结晶。 Ga ($21 \times 10^{-6} \sim 23 \times 10^{-6}$) 与世界 A 型花岗岩的平均值 (24.6×10^{-6})^[3] 非常接近。 Ga/Al 值

表 1 锆石 U-Pb 同位素分析结果

Table 1 Zircon U-Pb isotopic analyses

样号	U (10^{-6})	Pb (10^{-6})	普通 铅含量 (ng)	同位素原子比及误差 (2σ)				表面年龄 (Ma)		
				$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
CH-t	1055.2	34.7	2.707	32.7	0.0059	0.03821	0.04693	37	38	45
					0.00017	0.01193	0.01472	1.1	11.8	14.3

注:由中国地质调查局同位素地球化学开放实验室(宜昌)朱家平、李华芹分析

表2 劳日特错花岗斑岩岩石化学成分及CIPW标准分子

Table 2 Major element analysis and CIPW norms of the Laorite Co granite porphyry

序号	样号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼失量	总量
1	CH-1A	71.86	0.32	15.20	0.48	0.79	0.01	0.19	0.23	0.69	7.09	0.10	1.88	98.84
2	CH-2A	70.52	0.31	14.48	1.35	1.31	0.05	0.50	1.98	3.91	4.20	0.17	0.44	99.22
3	CH-3A	69.81	0.36	14.89	1.98	1.19	0.08	0.62	1.84	3.48	4.32	0.19	0.73	99.49
4	CH-4A	70.48	0.34	14.62	1.95	1.17	0.06	0.56	1.89	3.35	4.59	0.16	0.72	99.89
5	19GS38 [*]	69.52	0.34	14.86	1.89	0.6	0.02	0.60	2.22	3.49	4.19	0.2	2.22	100.15

序号	样号	Or	Ab	An	C	Qz	Hy	Il	Ap	Mt	A/CNK	DI	δ 43	AR
1	CH-1A	43.21	6.02	0.57	6.38	41.20	1.05	0.63	0.23	0.72	1.65	90.43	2.07	3.03
2	CH-2A	25.12	33.49	8.93	0.27	27.08	2.14	0.60	0.38	1.98	0.99	85.70	2.37	2.94
3	CH-3A	25.85	29.81	8.11	1.57	28.97	1.67	0.69	0.42	2.91	1.08	84.63	2.25	2.75
4	CH-4A	27.35	28.58	8.51	1.06	29.16	1.49	0.65	0.35	2.85	1.05	85.09	2.28	2.85
5	19GS38 [*]	25.28	30.15	10.04	1.00	28.64	1.53	0.66	0.45	1.03	1.04	84.07	2.20	2.63

注:由宜昌地质矿产研究所测试中心分析测定,氧化物和标准矿物含量%;*数据引自青海省地质矿产局区调综合地质大队(1987)的1:20万赤布张错幅、温泉兵站幅区域地质调查报告

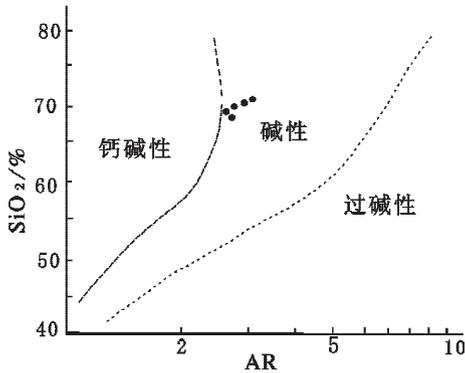


图2 AR—SiO₂图解^[1]

Fig.2 AR—SiO₂ diagram

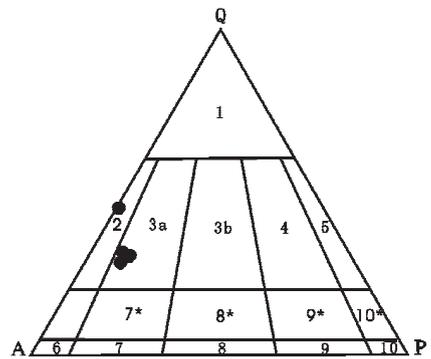


图3 QAP图解

Fig.3 QAP diagram

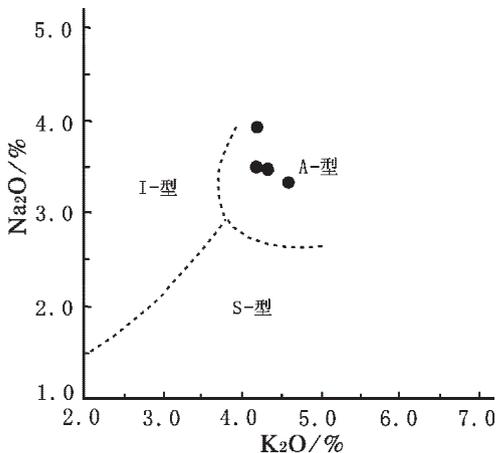


图4 K₂O—Na₂O图解^[2]

Fig.4 K₂O—Na₂O diagram

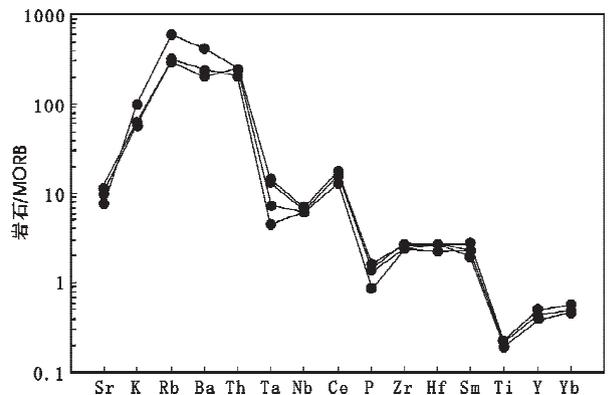


图5 MORB标准化微量元素配分型式

Fig.5 MORB—normalized trace element distribution patterns

(3.84~6.63) 与世界I、S型花岗岩的Ga/Al平均值(2.25~2.39)⁹⁾相比明显偏高,接近或大于世界A型花岗岩的平均值(3.75)³⁾。Nb、Ta和La、Nb是2对接近同等不相容的元素对,除极端情况外,一般不会产生大的分馏。据Jochum等^[4,5]统计,原始地幔和由地幔衍生的岩石,其Nb/Ta=17.6,La/Nb=0.94,而起源于地壳的岩石Nb/Ta=115,La/Nb=2.2。劳日特错花岗斑岩体平均Nb/Ta=14.35,变动范围为8.7~24.48,La/Nb=5.22~5.99,平均值为5.25,具有壳幔混合产物的特征。

稀土元素含量见表2,稀土总量为 $221.35 \times 10^{-6} \sim 313.39 \times 10^{-6}$,较高。该岩石的LREE/HREE值为21.09~25.04, $(La/Yb)_N$ 值为30.33~36.34,La/Yb值为44.5~55.11,表明轻稀土富集、轻重稀土分馏明显。 δEu 为0.73~0.77,略显亏损,分配曲线为右倾较平滑型(图6)。

5 构造环境分析

劳日特错二长花岗斑岩体位于东特提斯构造域北部,居拉竹龙-金沙江板块结合带与班公湖-怒江板块结合带之间的羌塘地块的中部。在 R_1-R_2 图解(图7)中样品主要落入同碰撞花岗岩区,有1个样品落入造山晚期花岗岩区,显示了壳源花岗岩特征。在 $CaO/(K_2O+Na_2O)-SiO_2$ 图解(图8)中,样品主要位于晚构造花岗岩区。在Pearce花岗岩的微量元素构造环境判别图中(图略),样品较平均地分布于同碰撞花岗岩区与火山弧花岗岩区分界线附近,说明其可能形成于岛弧和碰撞造山旋回晚期。在 $(K_2O+Na_2O)/CaO-10000 \times Ga/Al, Nb-10000 \times Ga/Al$ 图解中(图9),样品均落入A型花岗岩区。结合岩石中常见石英和碱性长石的显微文象交生体,岩石化学上富碱、富铝、低钙镁和较高的 FeO^*/MgO (平均5.07)值、 $(K_2O+Na_2O)/CaO$ 值(4.06~33.83),在微量和稀土元素上REE和高场强元素(Zr、Hf、Nb、Ta、Ce)丰度高、Ga/Al比值(3.84~6.43,平均为5.07)高,这些均显示出A型花岗岩的地球化学特征。可见,劳日特错二长花岗斑岩体应为A型花岗岩。

6 结论与意义

(1) 劳日特错花岗斑岩体由单一的二长花岗斑岩组成。在地球化学特征上为准铝质碱性系列,富碱、K、Al、TFe,贫Ca、Mg,富含高场强元素(HFSE),具有

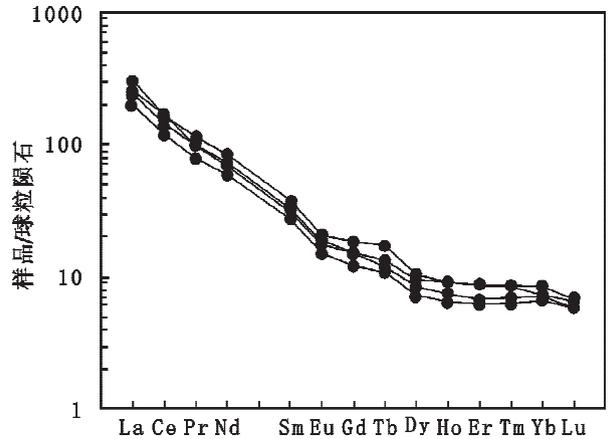


图6 稀土元素球粒陨石标准化配分型式

Fig.6 Chondrite-normalized REE distribution patterns

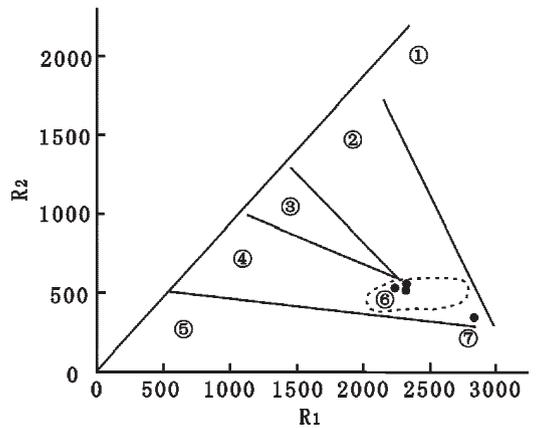


图7 R_1-R_2 图解^[6]

Fig.7 R_1-R_2 diagram

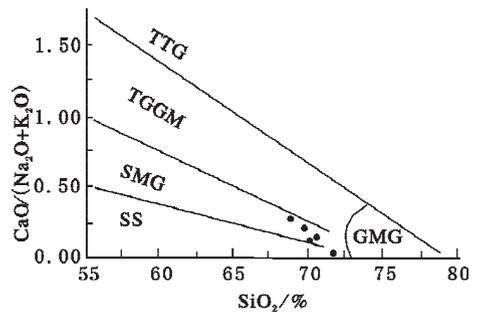


图8 $CaO/(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ 图解^[7]

Fig.8 $CaO/(Na_2O+K_2O)-SiO_2$ diagram

大的La/Yb比值(44.5~55.1),LREE富集,Ga/Yb比值(3.84~6.03)较大。在MORB标准化蛛网图上,显示Rb、Th、Ce、Hf的强富集和Sr、Ba、P、Ti的亏损。在 $(K_2O+Na_2O)/CaO-10000 \times Ga/Al, Nb-10000 \times Ga/Al, Na_2O-K_2O$ 图解中,样品均落入A型花岗岩区。

(2) 无论是非造山还是造山期后的A型花岗岩,

表3 劳日特错花岗斑岩体微量元素、稀土元素分析结果

Table 3 REE and trace element analyses of the Laorite Co granite porphyry

样号	Zn	Cr	Ni	Co	V	Ga	Rb	U	Ba	Sr	Nb	Be
CH-1g	90.2	9.00	4.40	0.00	21	21	324	5.16	2570	690	14.2	4.00
CH-2g	48.3	10.2	9.40	1.50	33	23	166	4.00	1290	1020	15.4	5.00
CH-3g	67.5	12.0	8.25	5.50	39	22	171	5.33	1475	885	16.0	4.40
CH-4g	106	30.5	8.40	2.10	37	22	173	5.00	1450	1010	14.2	4.20

样号	Th	Sc	Ta	Zr	Hf	Sn	Sb	Li	W	Mo
CH-1g	28.4	2.8	0.58	182	5.30	2.5	0.81	22.8	2.2	1.2
CH-2g	27.9	3.8	1.75	197	5.38	2.8	0.82	35.7	2.5	1.7
CH-3g	26.0	4.1	1.84	195	5.46	2.7	0.50	31.4	2.7	1.8
CH-4g	24.3	2.9	0.94	181	4.71	3.2	0.79	31.9	2.3	2.6

样号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	δ Eu
CH-1g	62.8	97.1	9.12	36.4	5.33	1.08	3.08	0.51	2.31	0.47	1.34	0.21	1.41	0.19	11.1	221.35	211.83	9.52	0.75
CH-2g	80.4	132	11.6	44.1	6.30	1.27	3.85	0.57	2.74	0.54	1.41	0.23	1.48	0.19	11.7	286.68	275.67	11.01	0.74
CH-3g	95.9	133	13.0	49.3	7.11	1.46	4.70	0.81	3.36	0.65	1.86	0.28	1.74	0.22	14.3	313.39	299.77	13.62	0.73
CH-4g	76.4	117	11.1	41.3	5.97	1.28	3.93	0.62	2.97	0.64	1.84	0.28	1.51	0.21	12.4	265.05	253.05	12.00	0.77

注:由宜昌地质矿产研究所测试中心测定,微量和稀土元素含量:10⁻⁶

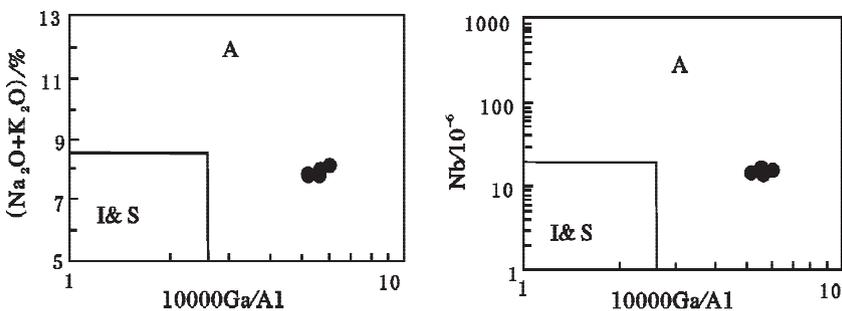


图9 花岗岩成因类型判别图^[3]

Fig.9 Genetic type discrimination diagram of granites

其共同的特征是形成于拉张的构造环境^[8-20]。55Ma以来,印度板块与欧亚板块持续碰撞^[21],在藏北高原内部出现大量的陆内俯冲作用^[22],大量的地壳物质俯冲到地幔内部,发生壳-幔混合作用;同时,由于高原内部各个块体的南移速率不同,在各板块结合部位或某些块体内部造成局部的拉张应力场,羌塘中部劳日特错花岗斑岩体可能这时伴随拉张侵位。

参加野外工作的还有段其发、王建雄、卜建军、甘金木、魏君奇、曾波夫、朱应华和段万军等同志。

参考文献:

[1]Wright J B A. Simple alkalinity ratio and its application to questions of non-orogenic granite genesis [J]. Geol. May,1969,106

(4) 370~384.
 [2]张玉泉, 谢应雯, 涂光炽, 袁牢山—金沙江富碱侵入岩及其与裂谷关系初步研究[J]. 岩石学报, 1987, 3(1):17~27.
 [3]Whalen J B, Currie K L, Chappell B W. A-type granites geochemical, characteristics discrimination and petrogenesis [J]. Contrib. Mineral Petrol. 1987, 95:407~419.
 [4]Jochum K P, McDonough W F, Palme H. Compositional constraints on the continental lithospheric mantle from trace elements in spinel peridotite xenoliths [J]. Nature, 1989, 340:548~550.
 [5]Green T H. Significance of Nb/Ta as an indicator of geochemical processes in the crust-mantle system [J]. Chem. Geol., 1995, 120:347~359.
 [6]Batchelor R A. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters [J]. Chemical Geology, 1985, 48:43~55.

- [7]Feng R ,Kerrich R. Geochemical evolution of granitoids from the Archean Abitibi southern volcanic zone and the Pontiac sub-province Superior province ,Canada Implication for tectonic history and source regions[J].*Chemical Geology* ,1992 ,98 :23~70.
- [8]洪大卫 ,王式洸 ,韩宝福 ,等.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)* ,1995 ,25(4) :418~426.
- [9]许宝良 ,闫国翰 ,张臣 ,等.A型花岗岩的岩石学亚类及其物质来源[J].*地质前缘* ,1998 ,5(3) :113~124.
- [10]赵振华 ,王中刚 ,邹天人 ,等.新疆乌伦古富碱侵入岩成因探讨[J].*地球化学* ,1996 ,25(3) :206~220.
- [11]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]. *J.Petrology* ,1997 ,38 :371~391.
- [12]Jung S ,Mezger K , Hoernes S.Petrology and geochemistry of syn-to post-collisional metaluminous A-type granite—a major and trace element and Nd-Sr-Pb-O-isotope study from the Proterozoic Damara Belt ,Namibia[J]. *Lithos* ,1998 ,45 :147~176.
- [13]Watson E B ,Harrison T M.Zircon saturation revisited :temperature and composition effects in variety of crustal magma types[J]. *Earth and Planetary Science Letters* ,1983 ,64 :29~304.
- [14]Turner S P ,Foden J D ,Morrison R S.Derivation of some A-type magmas by fractionation of basaltic magma :an example from the Padthaway Ridge South Australia [J]. *Lithos* ,1992 ,28 :151~179.
- [15]Bedard J.Enclaves from the A-type granite of the Megainic Complex ,White Mountain magma series :clues to granite magma-genesis[J]. *J. Geophysical Research* ,1990 ,95(B11) :17797~17819.
- [16]Collins W J ,Beams S D ,White A J R et al.Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology* ,1982 ,80 :189~200.
- [17]Creaser R A ,Price R C ,Wormald R J.A-type granites revisited :Assessment of a residual-source model[J]. *Geology* ,1991 ,19 :163~166.
- [18]Chapple B W ,White A J R.I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt[J]. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh.Earth Sciences* ,1992 ,83:1~26.
- [19]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 :956~983.
- [20]王德滋 ,赵广涛 ,邱检生.中国东部晚中生代A型花岗岩的构造制约[J].*高校地质学报* ,1995 ,1(2) :13~21.
- [21]许志琴 ,杨经绥 ,姜枚 ,等.青藏高原北部东昆仑-羌塘地区的岩石圈结构及岩石圈剪切断层[J].*中国科学(D辑)* 2001 ,31(增刊) :1~6.
- [22]邓万明.青藏高原北部新生代板内火山岩[M].北京 :地质出版社 ,1998.

Characteristics of the Laorite Co granite porphyry in central Qiangtang, northern Tibet and its tectonic significance

LI Li , BAI Yunshan , NIU Zhijun , YAO Huazhou

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources , China Geological Survey , Yichang 443003 , Hubei , China)

Abstract : The Laorite Co granite porphyry is characterized by higher bulk alkalis , higher Al and lower Ca and Mg , higher HFSE and REE values and higher Ga/Al ratios (range 3.84~6.43 and average 5.07) , with $K_2O > Na_2O$. The rock belongs to late-orogenic A-type granite and the accessory mineral assemblage can be assigned to the zircon type. The rock is Himalayan in age.

Key words : northern Tibet; central Qiangtang ; Laorite Co ; granite porphyry ; tectonic implication