西藏南木林县罗扎地区早白垩世流纹岩锆石 U-Pb 年龄及地球化学特征

刘 伟[1,2] 李奋其[2] 杨晓勇[1] 袁四化[3]

(1.中国科学技术大学地球和空间科学学院,安徽 合肥,230026;2.中国地质调查局成都地质调查中心,四川 成都,610081;3.防灾科技学院地震科学系,河北 三河,101601)

提要:笔者在对冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧大面积近东西向分布的火山岩进行研究时,通过 LA-ICP-MS 同位素测试技术,获得锆石 U-Pb 年龄值为(129.8±1.4)Ma(95%置信度),首次在冈底斯弧背断隆带获得早白垩世火山岩同位素测年数据。同时,其化学特征显示具有高的 SiO_2、K_2O、K_2O/Na_2O,明显富集大离子亲石元素 Rb、Ba、Th、U,而亏损 Nb、Ta、Ti,并与中冈底斯带则弄群 110 Ma 地壳重熔形成的酸性火山岩和上地壳具有非常相似的蛛网曲线,表明其应该为地壳物质重熔的产物。在微量元素环境判别图中,均显示为弧火山岩,结合早白垩世所处的大地构造背景,推测其形成与雅鲁藏布江洋壳向北俯冲有关。

关 键 词:早白垩世;冈底斯弧背断隆带;U-Pb 年龄;LA-ICP-MS;流纹岩;锆石

中图分类号:P597 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-3657(2012)05-1151-11

青藏高原是研究岩石圈形成演化过程和地球动力学的理想区域,被誉为"打开地球动力学大门的金钥匙"。在青藏高原形成演化的两大研究主题——特提斯演化与高原隆升的研究中,岩浆岩岩石学领域的研究做出了重要的贡献[1]。

青藏高原南部的印度河—雅鲁藏布江缝合带(IYZSZ)与北部的班公湖—怒江缝合带(BNSZ)之间近东西向的狭长地域,分布着长约 2 500 km,南北宽 150~300 km,面积达 4.5×10^5 km^2 的巨型构造岩浆岩带,被定义为冈底斯带。以沙莫勒—麦拉—洛巴堆—米拉山断裂(SMLMF)、噶尔—隆格尔—扎日南木措—措麦断裂带(GLZCF)和狮泉河—拉果错—永珠—纳木措—嘉黎蛇绿混杂岩带(SLYN-JOMZ)为界,冈底斯带自北往南分为:北冈底斯(N.Gangdese)、中冈底(M.Gangdese)、冈底斯弧背断隆带(GBAFUB)、南冈底斯(S.Gangdese)(图 1)[2-3]。前人对冈底斯带早白垩世火山岩的研究主要集中在南冈底斯[4-12]和中、北冈底斯[13-26]。而位于冈底斯中南部的冈底斯弧背断隆带却未曾有早白垩世火山岩的报道和研究。本文通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学研究,首次报道了冈底斯弧背断隆带早白垩世火山岩的存在,通过岩石地球化学特征分析,初步讨论了其岩石成因和大地构造背景。这为认识整个冈底斯带早白垩世岩浆活动提供了新资料,也对研究整个冈底斯带中生代构造演化具有重要意义。

1 区域地质概况和样品描述

冈底斯弧背断隆带展布于冈底斯—念青唐古拉山主脊,又被称之为隆格尔—念青唐古拉复合古岛弧带。其基底岩系主要为念青唐古拉群(AnO 或 Pt_2-Pt_3)以及石炭—二叠纪浅海陆棚沉积[27]。此次研究的火山岩位于西藏南木林县罗扎地区北侧,冈底斯弧背断隆带中东部(图 1),呈长条状近东西向展布,主要岩性为英安岩与流纹岩。在 1:25 万申扎幅❶区域

收稿日期:2012-02-23;**改回日期**:2012-07-23

基金项目:国家自然科学基金项目(41090372)和国土资源大调查项目(1212010818016)联合资助。

作者简介:刘伟,男,1983 年生,工程师,主要从事青藏高原及邻区基础地质研究;E-mail:cdcgs_liuwei@163.com。

❶王天武,程立人,李才,等. 中华人民共和国 1: 25 万区域地质调查报告申扎县幅, 2003.

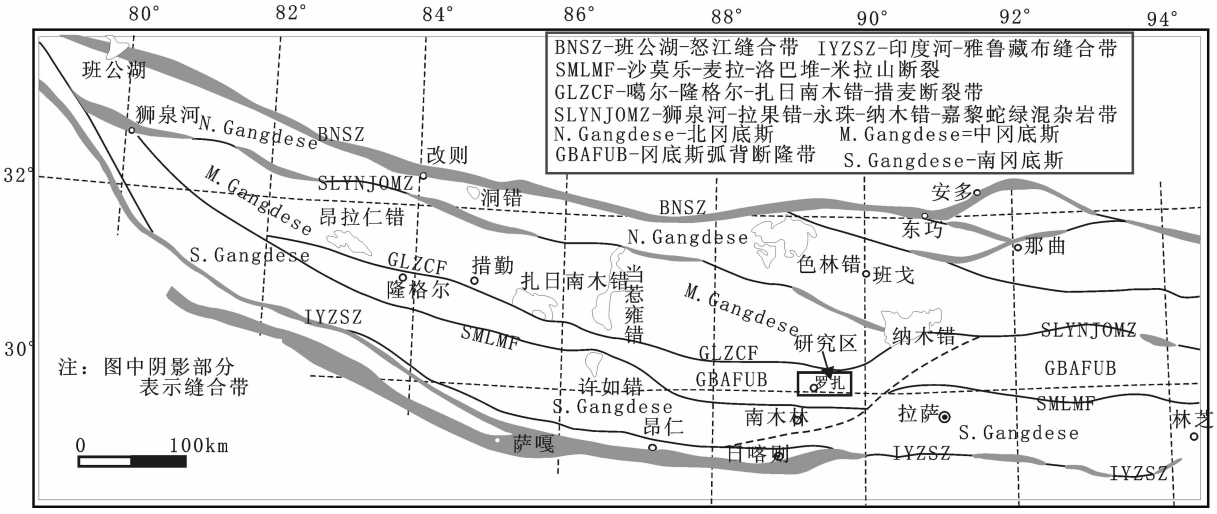


图 1 冈底斯带构造单元[2-3]

Fig.1 Tectonic subdivision of the Gangdise orogenic belt[2-3]

地质调查中，将其当作新生代火山岩归为乌郁群二段(N_2wy^2)火山岩段中。乌郁群(N_2wy)是宁英毅(1975)创名，创名地在测区南南木林县城东的乌郁盆地。1:25 万申扎幅将乌郁群按乌郁群一段(N_2wy^1)碎屑岩段和乌郁群二段(N_2wy^2)火山岩段两个岩石地层单元独立填绘。

本文所研究的冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧火山岩呈长条状近东西向展布，严格受冈底斯火山岩浆弧的制约。为准确了解其形成时代、地球化学特征，本次工作从野外采集的样品中挑选出新鲜、弱蚀变的 6 件样品(W01~W06，均为流纹岩)进行主量和微量元素分析，并挑选了其中 1 件样品(W02)进行锆石 U-Th-Pb 同位素分析，具体采样位置如图 2。

流纹岩具斑状结构，流纹构造。斑晶成分：石英(10%~15%)，不规则颗粒状，熔蚀明显，有的具爆裂纹，多数碎裂，普遍具波状消光；斜长石(10%~15%)，

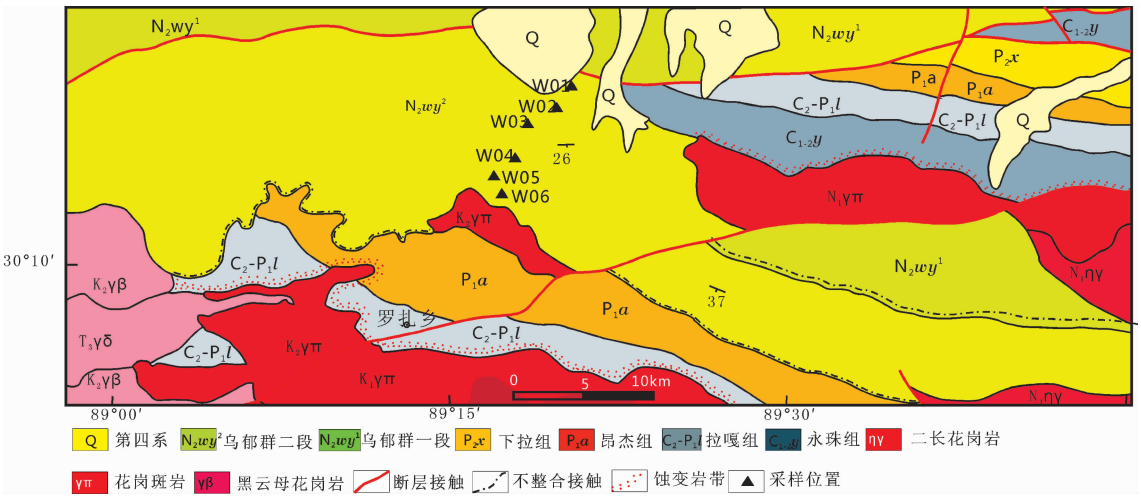


图 2 研究区地质简图据 1:25 万申扎县幅❶改绘

Fig.2 Simplified geological map of the study area (modified after Geological Map of Shenzha Sheet (1:250000))

❶王天武，程立人，李才，等. 中华人民共和国 1:25 万区域地质调查报告申扎县幅，2003.

主要为更-中长石,较规则板柱状,聚片双晶发育,双晶纹宽窄不一,少部分具阴影状环带,蚀变明显,表面不干净,主要为绢云母化,局部绿泥石化;钾长石(3%~5%)主要为透长石,较规则板状,常粘土化;黑云母(1%~2%),压实变形明显,多已蚀变为绿泥石。基质:具隐晶-微粒结构,主要由长英质矿物和脱玻分解生成的绢云母组成,绢云母定向排列,与长英质矿物长轴方向一致,形成流动构造。

2　分析方法

用于测年的流纹岩样品中的锆石分选在河北省廊坊区域地质调查研究院完成。在双目镜下挑选出晶形和透明度较好的锆石颗粒,将它们粘贴在环氧树脂表面,抛光后将锆石进行透射光、反射光和阴极发光显微照相。锆石阴极发光(CL)显微照相在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。样品 LA-ICP-MS 锆石 U-Th-Pb 同位素年龄分析在中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室进行。样品同位素比值和元素含量数据处理采用 GLITTER(4.0 版,Macquarie University)软件,并采用 Anderson(2002)[28]软件对测试数据进行普通铅校正,年龄计算及谐和图采用 ISOPLOT[29]软件完成。详细的实验原理和流程及仪器参数见 Yuan et al.(2004)[30],具体分析数据见表 1。

样品主量元素含量由国土资源部西南矿产资源监督检测中心完成,使用 X 射线荧光法测定,分析误差优于 5%。微量元素分析由核工业北京地质研究院分析测试研究中心完成,所用仪器为 Finnigan MAT 制造 HR-ICP-MS (Element Ⅰ),分析精度:当元素含量大于 10^{-6} 时,精度优于 5%,当含量小于 10^{-6} 时,精度优于 10%。分析结果见表 2。

3　分析结果

3.1　锆石 U-Pb 年龄

样品 W02 的 Cl 图像显示锆石多呈自形到半自形,部分锆石显示核-边结构,多为长柱状,具有明显的振荡环结构(图 3-a)。样品 24 个测点的 Th/U 比值介于 0.65~1.22,该比值高于变质成因锆石(通常<0.1)而与岩浆锆石成因一致(>0.1),属典型的岩浆成因锆石[31-32]。样品 24 个测点显示的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄范围 123~135 Ma,其 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值为(129.8±1.4) Ma(95%置信度)(图 3b),此年龄代表了该流纹岩的形成时代。

3.2　主量元素

从表 2 可以看出,所分析的 6 件样品的烧失量均较小,均小于 2.5%,平均只有 1.68%,说明样品比较新鲜。所有样品的 SiO_2 含量较高,均大于 70%,最高者达 74.17%,平均值达 73.10%。样品的 P_2O_5 含量较低,均小于 0.1%,介于 0.05%~0.08%,均值为 0.05%。根据 TAS 分类(图 4),罗扎地区早白垩世火山岩所有样品均属亚碱性系列,而且均属于流纹岩。在 SiO_2-K_2O 图解(图 5)中,除 1 件样品属于钾玄岩系列外,其他均落在高钾钙碱系列中。另外,6 件火山岩样品 K_2O/SiO_2 值均很高,介于 1.23~2.31,属

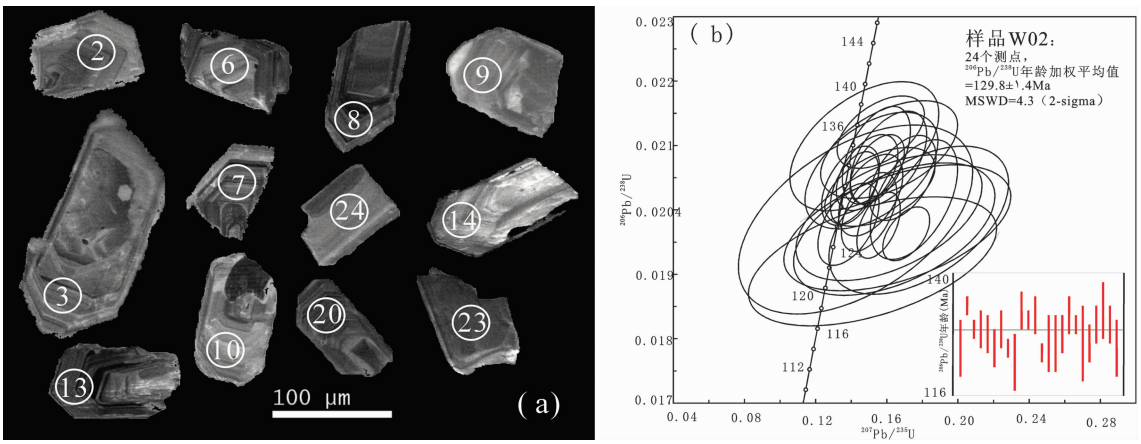


图 3　冈底斯弧背断隆带罗扎地区早白垩世火山岩定年样品中的锆石 CL 图像和测定点以及 U-Pb 谐和图

Fig.3　Cathodoluminescence (CL) images and concordia plots of zircon U-Pb dating for Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area of the GBAFUB, Tibet

表 1 冈底斯弧背断隆带罗扎地区早白垩世火山岩 W02 的锆石 LA-ICP-MS U-Th-Pb 同位素分析结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Th-Pb analytical data of f Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area of GBAFUB, Tibet

点号	Th	U	Th/U	$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$		$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		$^{208}Pb/^{232}Th$	
	(×10^{-6})			比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	比值	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ	年龄 (Ma)	1 σ	(Ma)	1 σ
1	116	115	1.00	0.06087	0.00972	0.16548	0.02621	0.01972	0.00040	0.00608	0.00009	635	358	155	23	126	3	122	2
2	827	905	0.91	0.05335	0.00348	0.15604	0.01004	0.02121	0.00023	0.00664	0.00005	344	151	147	9	135	1	134	1
3	431	475	0.91	0.05018	0.00197	0.14119	0.00557	0.02034	0.00023	0.00618	0.00016	203	70	134	5	130	1	125	3
4	349	417	0.84	0.04991	0.00252	0.13895	0.00672	0.02038	0.00025	0.00645	0.00017	191	90	132	6	130	2	130	3
5	90.1	112	0.80	0.06653	0.00437	0.17471	0.01006	0.02016	0.00038	0.00656	0.00029	823	88	164	9	129	2	132	6
6	221	267	0.83	0.05090	0.00265	0.13784	0.00706	0.01978	0.00026	0.00618	0.00017	236	94	131	6	126	2	125	3
7	418	374	1.12	0.05545	0.00460	0.15565	0.01277	0.02036	0.00025	0.00635	0.00005	430	190	147	11	130	2	128	1
8	862	1064	0.81	0.05658	0.00181	0.15490	0.00500	0.01976	0.00021	0.00636	0.00014	475	52	146	4	126	1	128	3
9	288	315	0.91	0.05719	0.01089	0.15139	0.02865	0.01920	0.00041	0.00596	0.00016	499	397	143	25	123	3	120	3
10	283	323	0.87	0.05566	0.00554	0.16066	0.01582	0.02094	0.00031	0.00652	0.00006	439	227	151	14	134	2	131	1
11	502	510	0.99	0.05412	0.00226	0.15406	0.00628	0.02063	0.00022	0.00604	0.00016	376	73	145	6	132	1	122	3
12	188	216	0.87	0.05390	0.00290	0.15355	0.00787	0.02085	0.00031	0.00653	0.00021	367	89	145	7	133	2	132	4
13	1130	926	1.22	0.06295	0.00210	0.17033	0.00544	0.01963	0.00017	0.00618	0.00013	707	53	160	5	125	1	124	3
14	68.8	106	0.65	0.05862	0.00792	0.16069	0.02145	0.01988	0.00040	0.00616	0.00010	553	307	151	19	127	3	124	2
15	90.5	108	0.84	0.06487	0.00773	0.17748	0.02073	0.01984	0.00047	0.00607	0.00010	770	263	166	18	127	3	122	2
16	264	293	0.90	0.05483	0.00294	0.15039	0.00741	0.02023	0.00026	0.00571	0.00018	405	87	142	7	129	2	115	4
17	165	186	0.89	0.05674	0.00321	0.16054	0.00879	0.02080	0.00030	0.00609	0.00018	482	96	151	8	133	2	123	4
18	414	492	0.84	0.05222	0.00257	0.14835	0.00714	0.02058	0.00024	0.00664	0.00017	295	89	140	6	131	1	134	3
19	68.2	73.5	0.93	0.05185	0.01002	0.14191	0.02708	0.01985	0.00060	0.00624	0.00026	279	369	135	24	127	4	126	5
20	365	358	1.02	0.05470	0.00247	0.14951	0.00640	0.01997	0.00025	0.00633	0.00017	400	73	141	6	127	2	128	3
21	446	381	1.17	0.06000	0.00288	0.16847	0.00766	0.02050	0.00027	0.00628	0.00016	604	76	158	7	131	2	127	3
22	79.6	99.6	0.80	0.05074	0.00603	0.14684	0.01723	0.02099	0.00041	0.00661	0.00015	229	268	139	15	134	3	133	3
23	138	157	0.88	0.05310	0.00548	0.15086	0.01533	0.02061	0.00037	0.00646	0.00009	333	236	143	14	131	2	130	2
24	127	128	0.99	0.06021	0.00864	0.16357	0.02322	0.01970	0.00042	0.00608	0.00008	611	326	154	20	126	3	123	2

表 2 冈底斯弧背断隆带罗扎地区早白垩世火山岩
主量元素(%)、微量元素和稀土元素(10^{-6})分析结果

Table 2 Whole rock analyses of major (%), trace and rare earth elements (10^{-6}) of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area of GBAFUB, Tibet

样品号	W01	W02	W03	W04	W05	W06
岩性	流纹岩					
SiO_2	72.45	72.88	72.48	74.17	72.97	73.62
TiO_2	0.35	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25
Al_2O_3	13.16	13.02	12.83	13.06	12.94	13.16
Fe_2O_3	0.53	1.50	1.42	1.15	1.32	1.86
FeO	1.94	1.06	0.99	1.11	1.13	0.55
MnO	0.06	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03
MgO	0.43	0.24	0.28	0.21	0.27	0.25
CaO	1.53	1.75	2.46	0.86	1.70	0.94
Na_2O	2.93	2.40	3.29	3.04	3.20	2.34
K_2O	4.60	4.46	4.06	4.52	4.50	5.40
P_2O_5	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
灼失量	1.19	2.32	2.40	1.29	1.47	1.39
总量	99.25	99.97	100.54	99.74	99.84	99.84
Sc	3.66	3.24	3.18	3.44	3.45	3.23
V	29.4	12.6	15.4	12.6	14.9	12.7
Cr	7.61	4.65	5.02	4.85	5.13	3.66
Co	4.47	1.64	1.51	1.32	1.42	1.37
Ni	4.36	2.23	1.60	1.77	2.01	1.30
Ga	16.9	18.5	16.8	18.3	16.8	17.1
Rb	219	225	196	208	218	220
Sr	136	99.3	109	89.9	131	108
Y	38.6	39.5	40.5	44.5	43.4	40.6
Zr	236	239	240	242	235	206
Nb	11.9	13.6	14.4	14.1	14.1	13.6
Cd	0.05	0.03	0.06	0.08	0.12	0.06
Cs	5.05	15.70	5.83	6.48	5.11	6.61
Ba	923	999	1005	1073	1050	1019
La	64.0	66.8	64.6	66.5	68.3	65.6
Ce	115	121	117	121	125	121
Pr	13.0	13.5	13.3	13.7	13.9	13.6
Nd	47.1	51.2	49.2	52.1	52.1	50.5
Sm	8.76	9.01	8.77	9.34	9.65	8.97
Eu	1.38	1.58	1.47	1.63	1.59	1.45
Gd	7.54	8.09	7.73	8.52	8.27	8.25
Tb	1.31	1.33	1.30	1.51	1.47	1.37
Dy	7.24	7.84	7.38	8.24	8.37	7.98
Ho	1.39	1.47	1.44	1.59	1.59	1.52
Er	4.17	4.21	4.40	4.53	4.82	4.36
Tm	0.64	0.63	0.67	0.73	0.73	0.68
Yb	4.09	3.96	4.22	4.62	4.60	4.36
Lu	0.64	0.63	0.68	0.68	0.70	0.67
Hf	7.59	7.81	7.66	7.62	7.96	6.80
Ta	0.78	0.96	0.98	0.88	0.96	0.91
Pb	43.0	38.6	30.6	42.5	46.4	41.6
Th	24.6	23.0	25.0	23.4	25.1	24.4
U	3.51	3.17	2.67	3.29	3.51	3.26
ΣREE	315	331	323	339	344	331
A/CNK	1.05	1.09	0.90	1.14	0.98	1.15
$(La/Yb)_N$	11.22	12.10	10.98	10.32	10.65	10.79
δEu	0.52	0.57	0.55	0.56	0.54	0.52

于偏铝质到过铝质岩石(A/CNK=0.90~1.15)。这些特征与中冈底斯带则弄群 130 Ma 的中酸性火山岩极为相似[19],表明地壳物质对于岩浆的贡献已经相当明显。

3.3 微量元素

冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧早白垩世火山岩的稀土元素总量在 315×10^{-6}~340×10^{-6} 变化,平均为 330×10^{-6}, 其稀土元素分布模式均为富 LREE 的右倾曲线(图 6),$(La/Yb)_N$ 介于 10.32~12.10,平均为 11.01; δEu 具有明显的负异常,为 0.52~0.57。通常认为 Eu 负异常的产生与斜长石的分离结晶或在部分熔融过程中斜长石作为难熔残余相存在有关。如此酸性的岩浆由于高粘度通常很难发生广泛的分离结晶作用,虽然产生这些酸性火山岩 Eu负异常的原因不能完全排除分离结晶的可能性, 但笔者认为更可能是由在陆壳的大规模熔融过程中留下斜长石作为难熔残余所致。 在微量元素蛛网图上(图 7),火山岩均富集大离子亲石元素 Rb、Th、U,明显亏损高场强元素 Nb、Ta 等, 并具有显著的Sr负异常,这与成熟岛弧环境形成的火山岩具有相似的曲线分

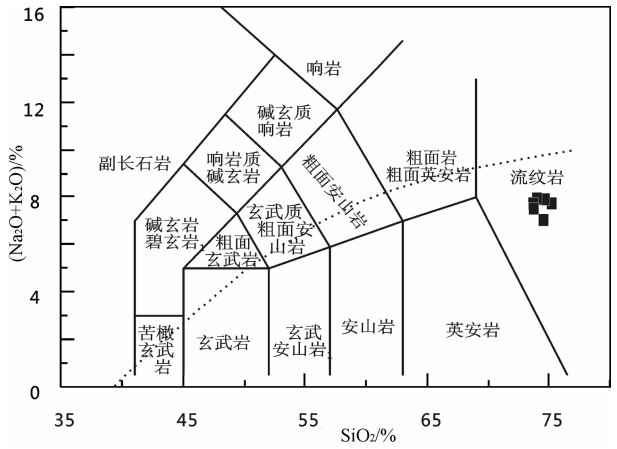


图 4 罗扎地区早白垩世火山岩 TAS 分类

Fig.4 TAS classification of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

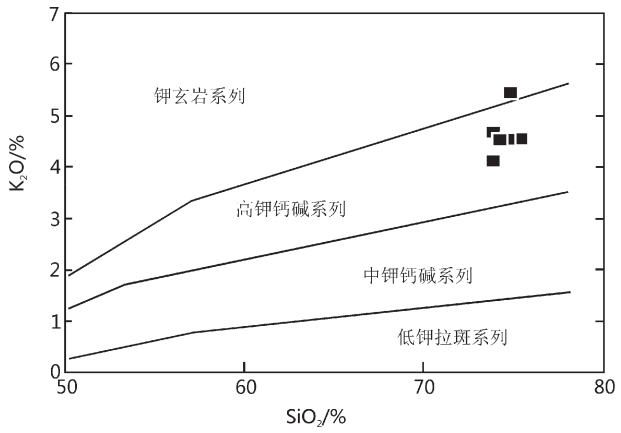


图 5 罗扎地区早白垩世火山岩 SiO_2–K_2O 图

Fig.5 SiO_2 versus K_2O diagram of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

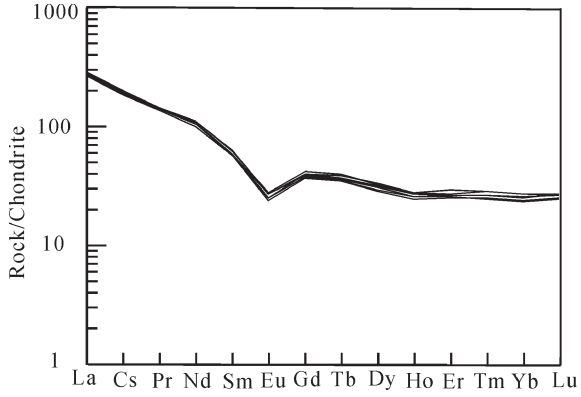


图 6 罗扎地区早白垩世火山岩的 REE 分布模式(标准化数据据 Sun and McDonough,1989)

Fig.6 Chondrite–normalized REE patterns of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area (after Sun and McDonough,1989)

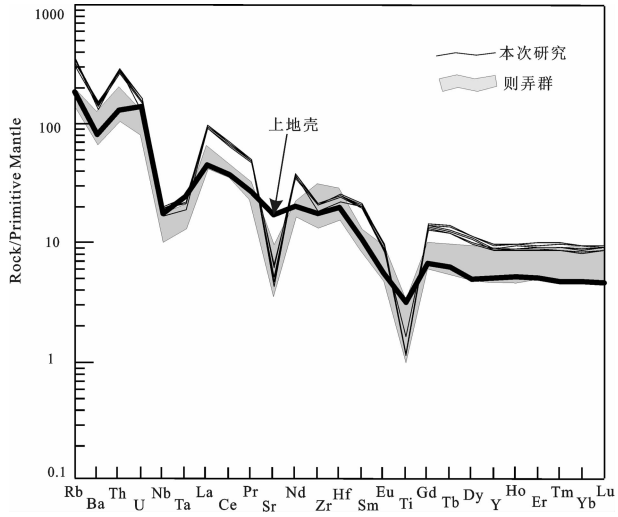


图 7 罗扎地区早白垩世火山岩微量元素蛛网图(标准化数据据 Sun and McDonough,1989;大陆上地壳数据据 Rudnick and Gao,2003;则弄群数据据文献[19–20])

Fig.7 PM–normalized trace elements spider diagrams of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

布形式。Th 含量较高,含量在 23.0×10^{-6}~25.1×10^{-6} 大离子亲石元素的丰度较低 (Nb=11.9×10^{-6}~14.4×10^{-6},均值为 13.6×10^{-6};Ta=0.78×10^{-6}~0.98×10^{-6},均值为 0.91×10^{-6}),与壳源熔体类似。

4 讨 论

冈底斯带的构造属性及其构造单元划分一直是青藏高原形成演化研究中最热门的重大基础地质问题。最近几年,随着西藏 1:25 万区域地质调查、矿产资源评价和一系列专项研究的完成, 获得了许多新资料,取得了一些列的成果。尽管如此,整个冈底斯带地区仍有许多的地质单元缺乏准确的年代学和地球化学的数据。

4.1 形成时代

冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧火山岩 (研究区)在 1:25 万申扎幅中作为新生代火山岩归为乌郁群二段(N2wy2)。在 1:25 万申扎幅中,乌郁群二段火山岩段因取得的同位素年龄均较其“下伏”地质体老很多,被视作不理想而放弃;此外,乌郁群一段亦

未获取任何孢子、花粉化石证据,其时代的确定也仅仅是通过下部地质体时代进行推测的。乌郁群分为乌郁群一段碎屑岩段和乌郁群二段火山岩段 2 个独立填图单元,其碎屑岩段与其他地质单元、碎屑岩段与火山岩段、火山岩段与其他地质单元均以不整合或断层接触,显然,这种情况下通过其他地质体间接确定的时代是值得商榷的。

本文用于 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年的样品位于罗扎地区北侧近东西向分布的火山岩中部,能很好地反映火山岩的形成时代。用于测年的锆石样品 W02 中的 24 个测点的 Th/U 比值介于 0.65~1.22,属典型的岩浆成因锆石[27]。样品 24 个测点显示的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄范围 123~135 Ma, 其 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值为(129.8±1.4) Ma,此年龄代表了该火山岩的形成时代, 证明了冈底斯弧背断隆带早白垩世火山岩的存在。在早白垩世 130 Ma,雅鲁藏布江洋(新特提斯洋)和班公湖—怒江洋均存在,而且根据朱弟成等(2009)[12]的研究,正处于雅鲁藏布江洋壳向北俯冲和班公湖—怒江洋南向俯冲的双向俯冲之中。同时此年龄数据与中冈底斯带在早白垩世大规模出现的则弄群火山作用起始时间(130 Ma)[15]一致, 这是一种巧合还是代表了某种成因上的联系还需要更多同位素及年代学等的研究。

4.2 岩石成因和构造背景

一般认为, 长英质火山岩主要有两种可能的成因: 一是幔源基性岩浆经历广泛结晶分异和同化混染作用的产物[28-29],二是来自幔源基性岩浆的热量促使地壳物质脱水发生重熔的产物[30-32],其特征是 Al、Th、LREE 富集。冈底斯弧背断隆带罗扎地区早白垩世火山岩具有较高 Th 丰度, 为 23.0×10^{-6}~25.1×10^{-6}(平均 24.3×10^{-6}),暗示它们很可能与中上地壳物质(Th 分别为 6.5×10^{-6},10.5×10^{-6})[33]有关。从以下证据本文倾向性的认为研究区早白垩酸性火山岩很可能是来自幔源基性岩浆的热量促使地壳物质脱水发生重熔的产物:(1)区域上,长英质火山熔岩规模很大(大于 1 000 km^2),这样大规模的炽热岩浆很难用基性岩浆的分异残余来解释;(2)研究区火山岩有着高的 SiO_2 含量(72.45%~74.17%),非常低的 Mg#(最大值为 24.28),如此酸性的岩浆不太可能是由地幔岩通过部分熔融直接产出[34];(3)从 La-La/Sm 图解(图 8)和 Zr- La/Sm 图解中(图 9)可以看出,研究区火山岩具有部分熔融的趋势, 而并没有表现出分离结晶的趋势;(4)长英质火山熔岩明显富集 Th 和 LREE, 并具有与上部陆壳非常相似的蛛网图曲线(图 7),而且与中冈底斯带则弄群 110 Ma 时地壳物质重熔形成的酸性火山岩具有非常相似的蛛网图曲线(图 7)。

本文研究采集的冈底斯弧背断隆带罗扎地区早

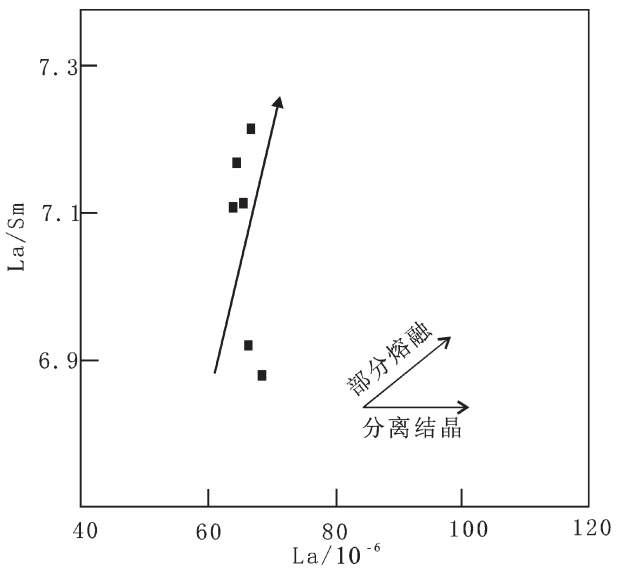


图 8 罗扎地区早白垩世火山岩 La- La/Sm 图解

Fig.8 La- La/Sm diagram of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

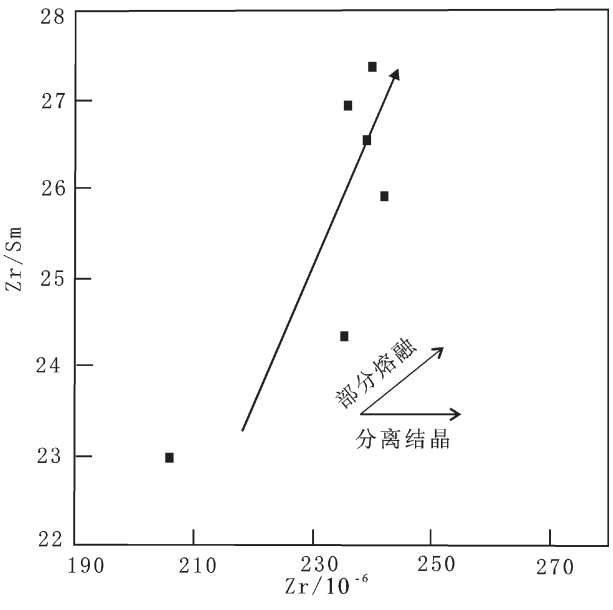


图 9 罗扎地区早白垩世火山岩 Zr- La/Sm 图解

Fig.9 Zr- La/Sm diagram of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

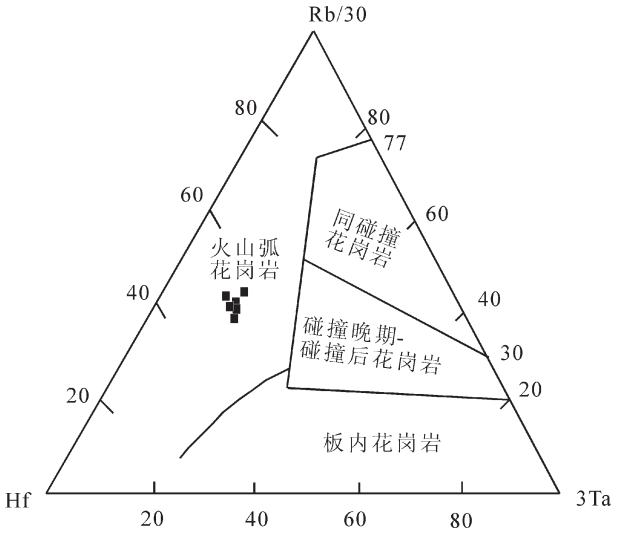


图 10 罗扎地区早白垩世火山岩 Rb/30- Hf-3Ta 图解
Fig.10 Rb/30- Hf-3Ta diagram of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

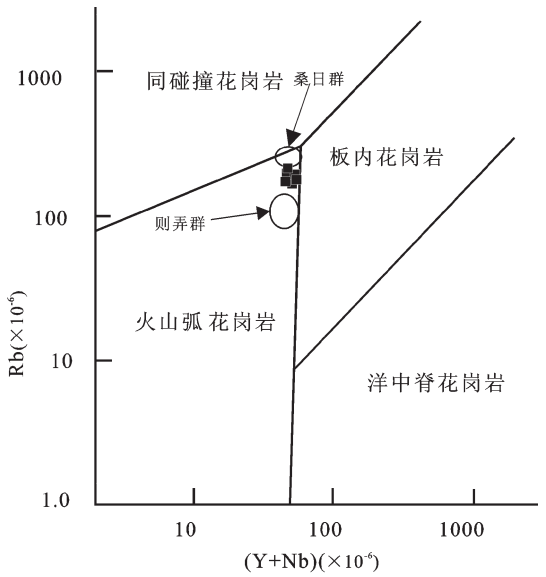


图 11 罗扎地区早白垩世火山岩(Y+Nb)-Rb 图解
(桑日群图据文献[16],则弄群图据文献[19])
Fig.11 (Y+Nb)-Rb diagram of Early Cretaceous volcanic rocks in Luozha area

白垩世火山岩样品中没有发现玄武岩，因此用酸性流纹岩样品来做构造环境判断。在 Rb/30- Hf-3Ta 图解(图 10)中,6 件样品全部落入火山弧花岗岩区域;为进一步验证其形成的大地构造背景,采用(Y+Nb)-Rb 图解(图 11)判别,所有样品也都落入了火山弧花岗岩区域，表明罗扎地区早白垩世火山岩形成于岛弧或活动大陆边缘环境，而且与南冈底斯早白垩世桑日群比马组[16]和中冈底斯早白垩世则弄群中酸性火山岩[20]非常接近。在微量元素蛛网图中显示罗扎地区早白垩世火山岩明显具 Nb、Ta、Ti 亏损谷,表明其为与俯冲作用有关的火成岩的特征[40]。尽管具有这种成分特征的火山岩也能出现在大陆背景(古俯冲消减环境)之中,一种可能的解释是岩浆源区存在角闪石、金红石难熔残余，在部分熔融过程中,Nb、Ta 优先进入角闪石晶格,Ti 进入金红石,从而使岩浆中的 Nb、Ta、Ti 亏损[41]。在 130 Ma 时,冈底斯弧背断隆带南部存在雅鲁藏布江洋壳向北俯冲作用,而且,从图 11 可见,罗扎地区北侧早白垩世火山岩与雅鲁藏布江洋壳向北俯冲作用形成的桑日群火山岩的投点非常接近，这可能是因为其具有相似的形成背景。综上,冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧早白垩世火山岩可能是因为雅鲁藏布江洋壳向北俯冲导致上地壳物质重熔形成。但在 130 Ma 时,冈底斯弧背断隆带北部存在班公湖—怒江洋南向俯冲,其对罗扎地区早白垩火山岩的形成是否有影响,还需要更多高质量的年代学和地球化学数据。

5 结 论

(1)冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧存在大规模近东西向分布的早白垩世火山岩,根据 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄分析，加权平均年龄值为(129.8±1.4)Ma。

(2)冈底斯弧背断隆带罗扎地区北侧早白垩世酸性火山岩形成于岛弧环境，物源可能来自成熟陆壳物质的部分熔融。

致谢:成文过程中,得到了中国地质调查局成都地质调查中心尹福光研究员、王立全研究员、廖忠礼研究员、王保弟博士、卓皆文博士,以及中国地质大学(北京)朱弟成教授的支持与帮助,在此深表谢意。

参考文献(References):

[1] 莫宣学. 青藏高原岩浆岩成因研究：成果与展望 [J]. 地质通报, 2009, 28(12):1693-1703
Mo Xuanxue. A review of genesis study on magmatic rocks of the Qinghai-Tibet Plateau: achievements and remaining problems [J]. Geological Bulletin of China, 2009, 28(12):1693-1703(in Chinese with English abstract).

[2] 潘桂棠, 丁俊, 王立全. 青藏高原及邻区地质图说明书[M]. 成都：成都地图出版社, 2004:1-133

Pan Guitang, Ding Jun and Wang Liquan. Geological Map of Qinghai-Xizang Plateau and Its Adjacent Regions [M]. Chengdu: Chengdu Cartographic Publishing House, 2004, 1-133 (in Chinese with English abstract).

[3] 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.

Zhu Dicheng, Pan Guitang, Mo Xuanxue, et al. Late Jurassic-Early Cretaceous geodynamic setting in middle northern Gangdese:new insights from volcanic rocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(3): 534-546(in Chinese with English abstract).

[4] Coulon C , Maluski H , Bollinger C, et al. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet:$^{39}Ar/^{40}Ar$ dating, petrological characteristics and geodynamical significance [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1986, 79:281-302.

[5] Pearce J A and Mei H. Volcanic rocks of the 1985 Tibet Geotraverse Lhasa to Golmud [J]. Royal Society of London Philosophical Transactions,Series A, 1988. 327:169-201.

[6] 李才, 王天武, 李惠民, 等. 冈底斯地区发现印支期巨斑花岗闪长岩:古冈底斯造山的存在证据[J]. 地质通报, 2003, 22(5):364-366

Li Cai, Wang Tianwu, Li Huimin, et al. Discovery of Indosinian megaporphyritic granodiorite in the Gangdese area: evidence for the existence of Paleo-Gangdese[J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(5):364-366(in Chinese with English abstract).

[7] 和钟铧, 杨德明, 郑常青, 等. 西藏冈底斯带门巴地区印支期花岗岩地球化学特征及其构造意义[J]. 地质通报, 2005, 24(4):354-359

He Zhonghua, Yang Deming, Zheng Changqing, et al. Geochemistry of the Indosinian granitoids in the Mamba area, Gangdise belt, Tibet and its tectonic significance [J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24 (4):354-359 (in Chinese with English abstract).

[8] 翟庆国, 李才, 李惠民, 等. 西藏冈底斯中部淡色花岗岩锆石 U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 2005, 24(3):349-353

Zhai Qingguo, Li Cai, Li Huimin, et al. U-Pb zircon age of leucogranite in the central Gangdese, Tibet, and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 2005, 24(3):349-353 (in Chinese with English abstract).

[9] 董彦辉, 许继峰, 曾庆高, 等. 存在比桑日群弧火山岩更早的新特提斯洋俯冲记录么? [J]. 岩石学报, 2006, 22(3):661-668

Dong Yanhui, Kang Zhiqiang, Xu Jifeng, Zeng Qinggao, et al. Is There a Neo-Tethys'Subduction Record Earlier than arc volcanic rocks in the Sangri Group? [J]. Acta petrologica Sinica, 2006, 22 (3):661-668(in Chinese with English abstract).

[10] 姚鹏, 李金高, 王全海, 等. 西藏冈底斯南缘火山-岩浆弧带中桑日群 akakite 的发现及其意义 [J]. 岩石学报, 2006, 22 (3):612-620.

Yao Peng, Li Jingao, Wang Quanhai, et al. Discovery and geological significance of the Aidakite in Gangdise island arc belt, Xizang(Tibet) [J]. Acta petrologica Sinica, 2006, 22(3):612-620 (in Chinese with English abstract).

[11] 康志强, 许继峰, 陈建林, 等. 藏南白垩纪桑日群麻木下组埃达克岩的地球化学特征及其成因[J]. 地球化学, 2009, 38(4), 334-344.

Kang Zhiqiang, Xu Jifeng, Chen Jianlin, et al. Geochemistry and origin of Cretaceous adakites in Mamuxia Formation Sangri Group, South Tibet [J]. Geochimica, 2009, 38 (4), 334-344 (in Chinese with English abstract).

[12] 朱弟成, 莫宣学, 赵志丹, 等. 西藏南部二叠纪和早白垩世构造岩浆作用与特提斯演化:新观点[J]. 地学前缘, 2009, 16(2):1-20.

Zhu Dicheng , Mo Xuanxue , Zhao Zhidan , et al.. Permian and Early Cretaceous tectonomagmatism in southern Tibet and Tethy an evolution:New perspective[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16 (2):1-20(in Chinese with English abstract).

[13] 宋全友, 陈清华. 青藏措勤盆地下白垩统则弄群火山岩岩石地球化学特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1999, 23(5):17-19.

Song Quanyou, Chen Qinghua. Lithogeochemical characteristics of the volcanic rocks in the Early Cretaceous of Zenong Group in Cuoqin basin of Qinghai Xizang area [J]. Journal of the University of Petroleum, China, 1999, 23(5):17-19(in Chinese with English abstract).

[14] 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, 2008a, 27 (9):1535-1550.

Zhu Dicheng, Pan Guitang, Wang Liquan, et al. Spatial and temporal variations of the Mesozonic volcanic rocks in the Gangdese Belt, Tibet and discussion on geodynamic setting-related issues involved in their generation[J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(9):1535-1550(in Chinese with English abstract).

[15] 朱弟成, 莫宣学, 赵志丹, 等. 西藏冈底斯带措勤地区则弄群火山岩锆石 U-Pb 年代学格架及构造意义[J]. 岩石学报, 2008, 24 (2):1-12.

Zhu Dicheng, Mo Xuanxue, Zhao Zhidan, et al. Zircon U-Pb geochronology of Zenong Group volcanic rocks in Coqen area of the Gangdese, Tibet and tectonic significance [J]. Acta Petrologica Sinica,2008, 24(2):1-12(in Chinese with English abstract) .

[16] 康志强, 许继峰, 董彦辉, 等. 拉萨地块中北部白垩纪则弄群火山岩:Slainajap 洋南向俯冲的产物? [J]. 岩石学报, 2008, 24(2): 303-314.

Kang Zhiqiang, Xu Jifeng, Dong Yanhui, et al. Cretaceous volcanic rocks of Zenong Group in north-middle Lhasa block: products of southward subducting of the Slainajap ocean? [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(2):303-314(in Chinese with English abstract).

[17] 康志强, 许继峰, 王保弟, 等. 拉萨地块北部白垩纪多尼组火山岩的地球化学:形成的构造环境[J]. 地球科学-中国地质大学学报,2009, 34(1):89-104.

Kang Zhiqiang, Xu Jifeng, Wang Baodi, et al. Geochemistry of

Cretaceous volcanic rocks of Duoni Formation in Northern Lhasa Block:Discussion of tectonic setting[J] . Earth Science —Journal of China University of Geosciences, 2009, 34(1):89-104(in Chinese with English abstract).

[18] 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(D 辑), 2009, 39(7):833-848.
Zhu Dicheng, Mo Xuanxue, Wang Liquan, et al. Petrogenesis of highly fractionated I-type granites in the Chayu area of eastern Gangdese, Tibet: Constraints from zircon U-Pb geochronology, geochemistry and Sr-Nd-Hf isotopes [J]. Sciences in China (Ser. D), 2009, 39(7):833-848 (in Chinese with English abstract).

[19] Zhu Dicheng, Mo Xuanxue, Niu Yaoling, et al. Geochemical investigation of Early Cretaceous igneous rocks along an east - west traverse throughout the central Lhasa Terrane, Tibet [J]. Chemical Geology, 268(3/4), 2009:298-312.

[20] 刘伟, 李奋其, 袁四化, 等. 西藏措勤地区则弄群火山岩源区:地球化学及 Sr-Nd 同位素制约[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(4):367-376.
Liu Wei, Li Fenqi, Yuan Sihua, et al. Volcanic rocks source of Zenong Group in the Coqen area of Tibet: Geochemistry and Sr-Nd isotopic limitation [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2010, 29(4):367-376(in Chinese with English abstract).

[21] 袁四化. 冈底斯带中段北部早白垩世火山岩及其大地构造意义[D]. 中国地质科学院博士论文, 2010:1-125.
Yuan Sihua. The Early Cretaceous Volcanic Rocks in North Part of Central Segment of the Gangdese in Tibet and its Tectonic Implications [D]. Chinese Academy of Geological Sciences Ph.D thesis,2010:1-125(in Chinese with English abstract).

[22] 贾建称, 温长顺, 王根厚, 等. 冈底斯地区林子宗群火山岩岩石地球化学特征及地球动力学意义 [J]. 中国地质, 2005, 32(3):396-404.
Jia Jiancheng, Wen Changshun, Wang Genhou, et al. Geochemical characteristics and geodynamic significance of the Linzizong Group volcanic rocks in the Gangdise area[J]. Geology in China, 2005, 32(3):396-404(in Chinese with English abstract).

[23] 秦克章, 李光明, 赵俊兴, 等. 西藏首例独立钼矿——冈底斯沙让大型斑岩钼矿的发现及其意义 [J]. 中国地质, 2008, 35(6):1101-1112.
Qin Kezhang, Li Guangming, Zhao Junxing, et al. Discovery of sharang large-scale porphyry molybdenum deposit, the first independent Mo deposit in Tibet and its significance[J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1101-1112(in Chinese with English abstract).

[24] 刘伟, 李奋其, 袁四化, 等. 西藏中冈底斯带措勤地区则弄群熔结凝灰岩的锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 [J]. 地质通报, 2010, 29(7):1009-1016.
Liu Wei, Li Fenqi, Yuan Sihua, et al. Zircon LA-ICP-MS U-Pb Age of ignimbrite from Zenong Group in Coqen Area of the central Gangdese belt, Tibet [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2010, 29(7):1009-1016(in Chinese with English abstract).

[25] 吴旭铃, 陈振华. 西藏尼雄岩体岩石地球化学特征及其成因探讨[J]. 中国地质, 2005, 32(1):122-127.
Wu Xuling, Chen Zhenhua. Geochemistry and genesis of the Nyixung rock body in northern Tibet[J]. Geology in China, 2005, 32(1):122-127(in Chinese with English abstract).

[26] 卢书炜, 任建德, 白国典, 等. 西藏尼玛县南部中晚侏罗世松木果强过铝花岗岩带的发现及其意义[J].中国地质, 2006, 33(2):332-339.
Lu Shuwei, Ren Jiande, Bai Guodian, et al. Discovery of the Mid-Late Jurassic Songmuguo strongly peraluminous granite belt in the southern part of Nyima County, Tibet, and its significance[J]. Geology in China, 2006, 33(2):332-339(in Chinese with English abstract).

[27] 潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 等. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报, 2006, 22(3):521-533
Pan Guitang, Mo Xuanxue, Hou Zengqian, et al. Spatial-temporal framework of the Gangdese Orogenic Belt and its evolution [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (3):521-533 (in Chinese with English abstract)

[28] Anderson T. Correction of common Pb in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb[J]. Chemical Geology, 2002, 192:59-79.

[29] Ludwing K R. Isoplot/Ex version 3.00. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. Berkeley:Berkeley Geochronology Center Special Publicaion, 2003, 4:1-70.

[30] Yuan H L, Gao S, Liu X M, et al. Accurate U-Pb age and trace element determinations of zircon by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry [J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2004, 28(3):353-370.

[31] Hoskin P W O, Black L P. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon[J]. Journal of Metamorphie Geology, 2000, 18:423-439.

[32] Wu Y B, Zheng Y F. Genesis of zircon and its constraints on interpretation of U-Pb age [J]. Chinese Science Bulletin, 49(15):1554-1569.

[33] Bacon C R, Druitt T H. Compositional evolution of the zoned calcalkaline magma chamber of mount Mazama, crater Lake, Oregon [J]. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1988, 98:224-256.

[34] Ingle S, Weis D, Frey F A. Indian Continental Crust Recovered from Elan Bank, Kerguelen Plateau (ODP Leg 183, Site 1137) [J]. Journal of Petrology, 2002, 43:1241-1257.

[35] Roberts M P, Clemens JD. Origin of high-potassium, calc alkaline, I-type granitoids[J]. Geology, 1993, 21:825-828.

[36] Tepper J H, Nelson B K, Bergantz G W, et al. Petrology of the Chilliwack batholith, North Cascades, Washington:Generation of calc-alkaline granitoids by melting of mafic lower crust with variable water fugacity [J]. Contribution to Mineralogy and Petrology, 1993, 113:333-351.

[37] Guffanti M, Clynne M A, Muffler L J P. Thermal and mass implications of magmatic evolution in the Lassen volcanic region, California, and constraints on basalt influx to the lower crust [J].

Journal of Geophysical Research, 1996, 101:3001-3013.
[38] Rudnick R L, Gao S. The composition of the continental crust. [C]//Rudnick R L (ed.). The Crust Vol. 3, Treatise on Geochemistry (eds. Holland HD and Turekian KK)[M], Elsevier, Oxford, 2003:1-64.
[39] Baker M B, Hischmann M M, Ghiorso M S, et al. Compositions of near solidus predictive melts from experiments and thermodynamic calculations[J]. Nature, 1995, 375:308-311.
[40] Condie K C. Mantle Plume and Their Record in Earth History [M]. London:Cambridge University Press, 2001.
[41] Rollison H R. Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation[M]. London:Longman Group U K Ltd, 1993.

Zircon U-Pb age and geochemistry of Early Cretaceous rhyolite in Luozha area of Namling County, Tibet

LIU Wei[1,2], LI Fen-qi[1], YANG Xiao-yong[2], YUAN Si-hua[3]

(1. *School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei* 230026, *Anhui, China;* 2. *Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu* 610081, *Sichuan, China;* 3. *Institute of Disaster Prevention, Sanhe* 101601, *Hebei, China*)

Abstract: The authors studied the nearly EW-trending volcanic rocks in vast areas of northern Luozha zone along the Gangdise arc-ridge fault-uplift zone, obtained the LA-ICP-MS zircon age of 129.8±1.4 Ma, and proved for the first time the existence of Early Cretaceous volcanic rocks in the Gangdise arc-ridge fault-uplift zone. The volcanic rocks are characterized by high SiO_2, K_2O and K_2O/Na_2O values, the enrichment of LILEs (Rb, Ba, Th and U) and the depletion of Nb, Ta and Ti. Their cobweb curve is on the whole the same as that of the upper crust and the acidic volcanic rocks owing to crustal remelting of Zenong Group of the Gangdise zone at 110 Ma. These data indicate that the volcanic rocks might be the remelting products resulting from the dehydration of crustal materials. According to the environmental discrimination diagrams of trace elements, the authors consider that they are arc volcanic rocks. In combination with the tectonic background of Early Cretaceous period, it is thought that they were most likely associated with northward subduction of the Yarlung Zangbo River oceanic crust.

Key words: Early Cretaceous; Gangdise arc-ridge fault-uplift zone; U-Pb age, LA-ICP-MS, rhyolite; zircon

---

About the first author: LIU Wei, male, born in 1983, engineer, mainly engages in basic geological studies of the Tibetan Plateau and adjacent areas; E-mail: cdcgs_liuwei@163.com.