

西藏安多地区粗面岩的特征及其锆石 SHRIMP U-Pb 定年

白志达¹, 徐德斌¹, 陈梦军¹, 孙立新²

BAI Zhi-da¹, XU De-bin¹, CHEN Meng-jun¹, SUN Li-xin²

1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 中国地质调查局天津地质矿产研究所, 天津 300170

1. *China University of Geosciences, Beijing 100083, China;*

2. *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, China Geological Survey, Tianjin 300170, China*

摘要:安多粗面岩位于班公湖-怒江缝合带中段, 紧邻安多蛇绿岩带的北侧, 出露面积约 30km², 堆积厚度约 1500m, 属陆相火山岩。火山机构面貌保存较完整。岩石类型包括安粗岩、石英安粗岩、粗面岩及少量火山碎屑岩, 以粗面岩为主, 属钾玄岩系列。岩石地球化学和同位素示踪特征表明岩石属相对高压型的粗面岩, 是与大陆碰撞后造山有关的钾质火山岩。岩浆主要来源于加厚的陆壳下部, 但也有幔源组分的贡献。粗面岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 79.9Ma±1.9Ma, 是粗面质岩浆上侵结晶的年龄, 表明安多粗面岩的喷溢时代为晚白垩世, 也暗示班公湖-怒江洋盆安多段早白垩世晚期已经闭合, 晚白垩世时期羌塘地块与拉萨地块已成为统一的陆块, 并具有加厚的陆壳。

关键词:安多粗面岩; 钾玄岩系列; 碰撞期后火山岩; 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄

中图分类号: P588.14⁺3; P597⁺.3 文献标志码: A 文章编号: 1671-2552(2009)09-1229-07

Bai Z D, Xu D B, Chen M J, Sun L X. Characteristics and zircon SHRIMP U-Pb dating of the Amduo trachyte, Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 2009, 28(9):1229-1235

Abstract: Amduo trachyte is located at the middle segment of the Bangonghu-Nujiang Suture, and adjacent to the northern side of the Amduo ophiolites. The outcrop area of the trachyte is about 30km², with accumulated thickness about 1500m. The features of trachyte show that it is continental volcanic rock with a relatively complete volcanic apparatus. The rock association which falls into shoshonite series includes latite, quartz latite, trachyte and some volcanoclastic rocks, but the trachyte is the major type. The characteristics of the petrochemistry, geochemistry and isotope-tracer measurement together suggest that the trachyte has relatively high pressure forming condition and belongs to potassic rocks formed during post-orogenic process triggered by continental collision. The magma generated the trachyte is mostly derived from the lower part of the thickened continental crust, with contribution of the mantle composition somewhere. The zircon SHRIMP U-Pb dating from the trachyte is about (79.9±1.9)Ma, a crystallization age of trachytic magma, which indicates that the Amduo trachyte erupted in the Late Cretaceous, and implies that the Bangonghu-Nujiang oceanic basin had been closed in the late stage of the Early Cretaceous, and the Qiangtang Block and Lhasa Block had been become a united continental block with a thickened continental crust in the Late Cretaceous.

Key words: Amduo trachyte; shoshonite; volcanic rock of the post-collision; zircon SHRIMP U-Pb dating

安多粗面岩位于藏北高原班公湖-怒江缝合带中段^[1-2], 紧邻安多蛇绿岩带的北侧, 是 1:25 万安多

幅区域地质调查新建的非正式岩石单位。因出露位置海拔高, 地形陡峭, 攀登困难, 以往的研究程度较

收稿日期: 2009-06-12; 修订日期: 2009-06-23

地调项目: 中国地质调查局项目《西藏 1:25 万安多幅区域地质调查》(编号: 20021300001) 资助

作者简介: 白志达(1956-), 男, 教授, 从事岩石学、火山地质学和区域地质学的教学与研究。E-mail: baizd@cugb.edu.cn

低,20世纪80年代中期中-英综合地质考察队认为是一套“安山岩”,并指出可能是陆缘或碰撞后成因的火山岩^[9]。笔者通过系统的区域地质调查,研究了这套火山岩的地质和岩相学特征,并采集了代表性岩石的地球化学和年龄样品,据这些资料和数据讨论安多粗面岩的特征及其地质意义。

1 地质特征

安多粗面岩分布于藏北安多县城西北约5km处的腰恰鄂保一带,出露面积约30km²,喷发不整合于侏罗系色哇组页岩和早白垩世东巧组灰紫色砂砾岩、砂岩和杂色泥岩之上,其上又被晚白垩世阿布山组紫红色磨拉石建造的碎屑岩不整合覆盖(图1)。该粗面岩总体构成一座较完整的盾形火山,但由于火口沉陷和后期构造活动的改造,火山岩产状总体围斜内倾,倾角15~25°。火山通道位于腰恰鄂保5200高地,通道被潜粗面岩填充(图2),潜粗面岩地貌上陡峻,中心为紫红色块状潜粗面岩,边部为环状分布的潜粗面质熔角砾岩,粗面岩与熔角砾岩渐变过渡。熔角砾岩蚀变强烈,主要有褐铁矿化和硅化,与喷溢相粗面岩呈明显的侵入接触关系,接触面陡直。以火山通道为中心,粗面岩平面上总体呈环形分布,但东侧堆积厚度相对较大,堆积序列由下而上为火山角砾岩、安粗岩和粗面岩,以粗面岩为主,粗面岩约占火山岩体积的95%,堆积厚度约1500m。粗面岩由多次溢流的岩流单元组成,对火山通道东南侧剖面的研究表明,共包含13个岩流单元(图2)。岩流单元结构清晰,每一岩流单元下部为灰紫色含气孔状粗面岩,气孔呈长透镜状,长轴与岩流单元底界面平行,含量5%~10%。中部多为紫红色块状粗面岩,偶见长轴近直立的气孔,气孔长3~8cm,岩石结晶较好,多为微晶结构和粗面结构。顶部为砖红色气孔状粗面岩,气孔含量可达20~30%,气孔小,直径大

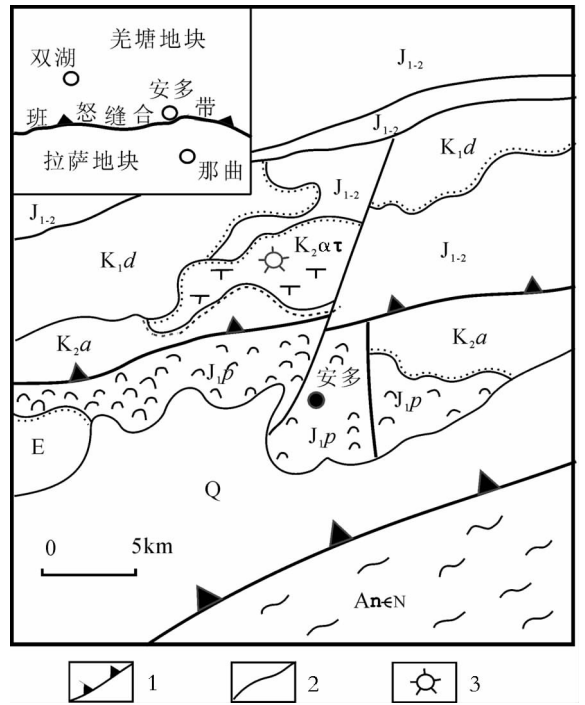


图1 西藏安多地区地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of Amduo area, Tibet
 Q—第四系;E—古近系;K₂α—上白垩统阿布山组;K₂ατ—晚白垩统安多粗面岩;K₁d—下白垩统东巧组;J₁₋₂—下、中侏罗统;
 J₁p—早侏罗世蛇绿质混杂岩;An ∈ N—前寒武纪聂荣片麻岩;1—缝合带;2—断层;3—火山通道

多为0.5~2cm,且多呈圆形,岩石多为隐晶质。由于受差异风化作用的影响,不同岩流单元在地貌上表现明显,顶部为缓坡,中下部呈陡坎。岩流单元厚度一般为50~100m,薄者20~30m,厚者可达200m。堆积序列的下部岩流单元厚度较薄,中部最厚,顶部最薄。岩流单元的发育及其厚度的变化反映溢流作用具有韵律性,且火山活动中期岩浆的溢出率最高。腰恰鄂保西南粗面岩下部发育少量呈透镜状展布的火山角砾岩和安粗岩。从火山角砾岩、安粗岩到粗面岩

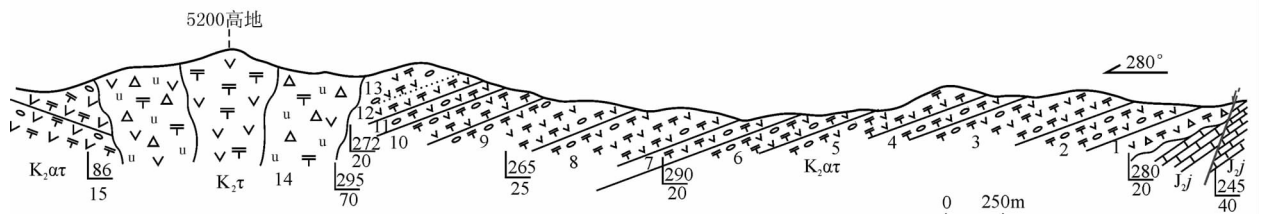


图2 西藏安多县腰恰鄂保安多粗面岩剖面

Fig. 2 Section drawing of the trachyte at Yaoqiaobao, Amduo County, Tibet

K₂ατ—安多粗面岩;K₂τ—潜粗面岩;J₁j—中侏罗统捷布曲组;1-13—岩流单元—粗面岩、气孔状粗面岩;14—粗面质熔角砾岩

的堆积序列和潜粗面岩的侵入,表明火山活动经历了早期的微弱爆发、中期的大量溢出和晚期的侵入活动的过程。

2 岩石学和岩石地球化学特征

2.1 岩相学特征

根据岩石化学成分,熔岩在 TAS 分类图上 3 件代表性样品落入粗面岩区(图 3-A),且标准矿物 $q < 20\%$,底部 1 件样品投入粗安岩区(图 3-A),且 $\text{Na}_2\text{O}-2 < \text{K}_2\text{O}$ 。结合野外和镜下岩相学的特征确定岩石类型包括粗面岩和安粗岩,以粗面岩类为主。火山碎屑岩仅发育粗面质火山角砾岩。

粗面岩:包括气孔状粗面岩、块状粗面岩、黑云母粗面岩和少量石英粗面岩,粗面岩总体呈灰紫色、紫红色,斑状结构,基质为微晶结构、粗面结构,岩流顶部多为霏细—隐晶质结构。气孔、杏仁状、块状构造。斑晶主要为钾长石(20%~25%),次为斜长石(5%),黑云母少量,局部黑云母可达 5%~8%。钾长石呈自形板状,大小一般为 1~5mm,有些被石英交代呈假像产出,斜长石多被方解石交代,呈残留状产出,黑云母大小 0.2~1.5mm,暗化边发育。基质主要由微晶钾长石(55%~65%)及尘点状铁质组成,微晶钾长石多呈半定向排列,构成粗面结构,尤其在岩流单元的中上部粗面结构更发育。副矿物组合为磁铁矿—磷灰石—锆石型。锆石多为浅粉色,金刚光泽,透明,粒径 0.06~0.15mm,伸长系数为 1.5~1.8,由柱面{110}{100}、锥面{111}和偏锥面{311}{131}组成。石英粗面岩仅在晚期岩流单元上部出现,石英含量 5%~10%。反映岩流单元内部也存在结晶分异作用。

安粗岩:包括安粗岩和石英安粗岩,该类岩石出露少,呈深灰色,斑状结构,杏仁状构造。安粗岩斑晶成分主要为斜长石(15%~20%)和少量辉石(<5%)。斜长石自形—半自形板条状,大小一般 2~8mm。辉石多被绿泥石、方解石交代,呈假像产出。基质由斜长石、钾长石、玻璃质和铁质微粒组成。斜长石自形板条状,大小为 0.05~0.1mm,杂乱分布,含量 20%~25%,部分已钠长石化,钾长石含量约 20%,玻璃质已全部脱玻为长英质锥晶,含量约 30%。杏仁体多呈圆形、椭圆形,其成分为石英、钠长石、方解石等,部分杏仁体核心为方解石,边部为石英。石英安粗岩:岩石呈灰紫色,斑状结构,基质似交织结构,气孔、杏仁状或块状构造,斑晶主要为斜长石(5%),次为黑

云母(1%)、钾长石(1%)和石英(1%),均呈自形—半自形晶,大小 0.5~3mm,黑云母常见暗化边,斜长石多被绢云母、硅质交代。基质成分为斜长石(50%~55%)、钾长石(25%~30%)和石英(5%~10%)。斜长石呈自形、半自形板条状,定向排列,钾长石、石英呈他形粒状杂乱分布。副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石。次生矿物为褐铁矿、绿泥石、绢云母、高岭土等。

系统的野外和岩相学研究表明,粗面岩是主体,约占火山岩体积的 95%。在堆积序列上安粗岩主要分布在下部,但在有些较厚的岩流单元底部也有出露,表明较厚的岩流单元内部也存在结晶分异作用。

2.2 岩石地球化学特征

岩石化学分析结果及主要参数见表 1。安粗岩 SiO_2 为 55.10%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 为 6.40%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$, Al_2O_3 高,为 17.28%,但标准矿物不出现刚玉分子 C。粗面岩 SiO_2 为 61.50%~64.04%, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O} > 8\%$,为 8.40%~10.20%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$,标准矿物 $q < 20\%$,CaO 含量与同类岩石相比偏高,具有明显的低 Ti 特征, TiO_2 仅为 0.64%~0.86%。里特曼指数 σ 为 3.39~3.81,标准矿物 q 含量较高,为硅饱和的碱钙性岩。分异指数 DI 变化于 31.22~52.84 之间,DI 与 SiO_2 呈正相关,表现出较好的结晶分异特征。在 $w\text{SiO}_2 \sim w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})$ 图上落在碱性和亚碱性界线附近(图 3-A),

在 $w\text{SiO}_2 \sim w\text{K}_2\text{O}$ 图上投入钾玄岩系列(图 3-B),在 AFM 图解中无富铁趋势(图略),具有钾玄岩系列的演化趋势,属钾玄岩系列。

微量元素丰度值见表 2。活动性元素总体较地壳平均值高,非活动性元素相对较低。Rb/Sr(0.05~0.65)、Zr/Hf(38.03~43.23)、Nb/Ta(13.16~14.28)和 U/Th(0.06~0.23)均较稳定。相容元素 Cr、Ni、Co 丰度较低。K/Rb(116.26~1438)变化大, K^* 异常值大于或接近 1,反映粗面岩的形成与造山有关。微量元素比值蛛网图见图 4-A,蛛网图中曲线总体向右倾斜,斜率较陡,Nb、Sr、P、Ti 具明显的负异常,与岛弧型火山岩配分模式相似,表明属造山带火山岩组合。 Zr^* 异常 > 1 , Nb^* 异常 < 1 ,反映岩浆主要来源于陆壳。Rb/Sr < 1 , $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.70846, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 为 0.512159, $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 为 -4.2,反映岩浆来源较深,主要为加厚的陆壳下部,并有幔源组分的参与。

稀土元素分析结果及主要参数见表 3。稀土元素总量 ΣREE 较高,为 190.33~373.97 $\mu\text{g}/\text{g}$ 。 $\Sigma\text{LREE}/$

表1 晚白垩世安多粗面岩岩石化学、标准矿物及其参数

Table 1 Major elements, CIPW and their parameters of the Late Cretaceous Amduo trachyte

样号	岩石名称	主要氧化物含量 /wt%														LOI	Total
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	CO ₂	H ₂ O [*]		
003b ₁	粗面岩	64.04	16.03	0.86	4.59	0.19	1.63	0.73	4.35	4.19	0.03	0.28	1.88	0.92	0.52	2.76	99.7
009b ₄	粗面岩	65.7	16.38	0.64	2.67	0.24	1.24	0.52	5.38	4.85	0.076	0.16	1.13	0	0.42	1.77	99.41
101b ₁	粗面岩	61.5	15.97	0.83	5.64	0.34	3.55	1	4.2	4.2	0.051	0.36	1.15	0.82	0.42	2.4	99.61
18Gs ₁	安粗岩	55.1	17.28	1.29	7.85	0.24	5.61	1.57	5.65	0.75	0.12	0.3	1.11	2.85	0.64	4.18	99.72
样号	岩石名称	标准矿物含量 /%										岩石化学参数					
		ap	il	mt	c	q	or	ab	an	di	hy	Alk	TFeMg	Ox	KN	s	DI
003b ₁	粗面岩	0.63	1.69	3.63	2.12	19.56	26.61	36.62	6.67	0	2.47	8.54	0.86	0.04	1.04	3.47	52.84
009b ₄	粗面岩	0.36	1.24	2.31	0.66	14.22	32.56	41.94	5.34	0	1.33	10.2	0.84	0.08	1.11	4.61	52.12
101b ₁	粗面岩	0.81	1.62	4.33	0	13.22	25.51	36.46	12.6	2.7	2.75	8.4	0.84	0.06	1	3.81	51.33
18Gs ₁	安粗岩	0.69	2.57	5.11	0	6.06	50.1	20.51	4.65	5.63	4.68	6.4	0.82	0.03	7.5	3.39	31.22

注:由河北省地质矿产局廊坊实验室测试;TFeMg=FeO_T/(FeO_T+MgO);Ox=FeO/(Fe₂O₃+FeO);KN=K₂O/Na₂O

表2 晚白垩世安多粗面岩微量元素丰度及其主要参数

Table 2 Contents of trace elements and their main parameters of the Late Cretaceous Amduo trachyte

样号	微量元素含量 /μg·g ⁻¹																	
	Li	Be	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo	Cd
003b ₁ [*]	20.12	2.124	7.3	5263	75.2	14.74	250	8.25	28.76	18.14	1.08	18.95	148.3	553	307	19.85	1.38	0.08
009b ₄	11.2	3.06	4.9	3943	28.9	1.1	593	0	2	2.7	67	18.1	183	283	460	35.7	1.51	273
101b ₁	18	2.86	9.9	5169	101	18.8	371	0	6.6	6.7	35	18.2	130	534	313	26.2	2.44	227
18Gs ₁ [*]	23.09	1.456	12.02	8095	76.35	58.85	883	13.41	43.9	36.32	53.1	18.37	16.3	315.9	324	15.61	1.13	0.09
样号	微量元素含量 /μg·g ⁻¹										比值及主要参数							
	Sn	Sb	Cs	Ba	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	K/Rb	Rb/Sr	Zr/Hf	Nb/Ta	U/Th	Nb [*]
003b ₁ [*]	32.76	0.79	4.414	898.7	6.854	1.409	2.413	0.49	30.79	0.025	24.6	3.47	121.8	0.27	44.8	14.09	0.14	0.38
009b ₄	2.7	0.45	4.7	905	10.2	2.5	2.61	0.67	24.9	0.16	29.8	4.23	122	0.65	45.1	14.28	0.14	0.55
101b ₁	2.6	1.5	3.6	720	7.5	2.1	3.36	0.72	58.1	0.06	30.8	4.96	134.1	0.24	41.7	12.48	0.16	0.57
18Gs ₁ [*]	3.39	0.53	3.93	947.7	7.49	1.09	2.32	0.279	22.2	0.05	17.2	4.001	1438	0.05	43.2	14.27	0.23	0.71

注:*数据由中国科学院地质与地球物理研究所实验室测试,其余数据由国土资源部地球物理地球化学勘查研究所测试

ΣHREE 较大,一般为 7.6~17.6,稀土元素配分曲线(图 4-B)为轻稀土元素富集型,曲线总体向右陡倾,轻、重稀土元素分馏明显,重稀土元素亏损,各岩性配分型式近于一致,表明不同岩性具有同源性。负 Eu 异常不明显,δEu 为 0.75~0.87。反映熔融残余矿物中基本无斜长石,相当于榴辉岩矿物组合。暗示岩浆形成的压力已超过 1.5GPa,属高压型粗面岩^[4-5],岩浆主要来自加厚陆壳底部岩石的局部熔融^[6]。

综上所述,该套火山岩的岩石组合为安粗岩、石英安粗岩和粗面岩,以粗面岩为主。副矿物组合为磁铁矿-磷灰石-锆石型。岩石地球化学特征表明为钾

质岩石,属钾玄岩系列。微量元素、稀土元素的特征和同位素示踪表明,岩浆主要来自加厚的陆壳下部,但也有幔源组分的贡献,是造山旋回中形成相对较晚的碰撞期后的火山岩组合^[6-8]。

3 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义

锆石 SHRIMP U-Pb 测年样品采自腰恰鄂保东南第 5 岩流单元中部,岩性为块状粗面岩,岩石新鲜,基质为微晶结构。岩石中挑选出的锆石呈浅粉色,透明,个别有内核,且颜色稍深。晶体类型单一,由柱面(110)、(100),锥面[111]和偏锥面[311,131]组

成,粒径较小,一般为 0.06~0.15mm,长宽比为 1.5~1.8,呈自形一半自形柱状及四方双锥状。锆石阴极发光由中国科学院地质与地球物理研究所完成。锆石 Th/U 比值>0.5,变化于 1.14~1.64 之间。阴极发光图像显示锆石均具清晰的岩浆震荡环带构造(图 5)。U-Pb 年龄测定由北京离子探针中心完成,年龄计算采用的衰变常数为 IUGS(1997)推荐值^[9-10]。SHRIMP 测试分析结果见表 4。15 颗锆石测试结果近于一致,²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄值为 75.4~90.0Ma,

15 个分析数据大致分布于一致曲线上,并集中成群分布(图 6),加权平均年龄为 79.9Ma±1.9Ma(图 6),MSWD=0.93,Probability=0.52,说明年龄值是合理的,可以解释为粗面岩岩浆上侵冷却结晶的年龄。表明安多粗面岩的喷溢时代应为晚白垩世,这与地质上的认识相一致。这一年龄结果对安多地区白垩纪地层的划分对比和班公湖-怒江缝合带构造演化事件的厘定具有重要意义。反映晚白垩世时期藏北已存在加厚的陆壳。

表 3 晚白垩世安多粗面岩稀土元素丰度及其主要参数

Table 3 Contents of REE and their main parameters of the Late Cretaceous Amduo trachyte

样号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
003b ₁ *	粗面岩	69.05	133.16	14.774	50.09	7.638	1.815	6.494	0.773	4.074	0.783	2.254
009b ₄	粗面岩	85	171	19.8	67	9.25	1.88	6.5	0.98	4.9	0.91	2.91
101b ₁	粗面岩	56	112	13.9	48.3	7.24	1.61	5.4	0.85	4.2	0.76	2.24
18Gs ₁ *	安粗岩	41.69	77.03	8.609	32.43	6.69	1.829	6.979	1.01	5.62	1.161	3.364
样号	岩石名称	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	La _N /Yb _N	δEu	δCe
003b ₁ *	粗面岩	0.328	2.191	0.33	20.84	293.75	276.53	17.227	16.05	20.39	0.821	298.63
009b ₄	粗面岩	0.43	2.93	0.48	22.1	373.97	353.93	20.04	17.66	18.77	0.754	383.49
101b ₁	粗面岩	0.33	2.17	0.34	18.6	255.34	239.05	16.29	14.67	16.7	0.807	251.18
18Gs ₁ *	安粗岩	0.464	3.014	0.439	29.82	190.33	168.28	22.051	7.63	8.95	0.867	172.75

注:*数据由中国科学院地质与地球物理研究所实验室测试,其余数据由国土资源部地球物理地球化学勘查研究所实验室测试;元素含量为 μg/g

表 4 安多县帕那镇北侧粗面岩锆石 SHRIMP U-Pb 测试结果

Table 4 Results of zircon SHRIMP U-Pb dating of the trachyte, north of Peina Town, Amduo County

测点	U /10 ⁻⁶	Th /10 ⁻⁶	²³² Th / ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* /10 ⁻⁶	²⁰⁶ Pb _c /%	²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U ± (%)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄/Ma	误差相 关系数	²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U ± (%)
003-1	133	211	1.63	1.46	6.84	0.10±49.4	76.2±3.7	0.099	0.0119±4.9
003-2	129	157	1.26	1.73	9.84	0.35±15.5	90.0±4.5	0.325	0.0141±5.0
003-3	154	205	1.37	1.91	7.38	0.16±27.1	85.6±3.8	0.164	0.0134±4.4
003-4	126	166	1.36	1.42	5.36	0.17±25.2	79.7±3.6	0.179	0.0124±4.5
003-6	139	160	1.19	1.49	3.64	0.15±18.8	77.1±3.1	0.218	0.0120±4.1
003-7	109	131	1.24	1.25	7.08	0.15±29.0	79.5±3.3	0.145	0.0124±4.2
003-8	159	205	1.33	1.87	5.88	0.15±27.8	82.4±3.9	0.169	0.0129±4.7
003-9	132	169	1.32	1.57	10.22	0.06±109	79.6±4.5	0.053	0.0124±5.7
003-10	171	226	1.37	1.89	3.93	0.15±19.1	79.2±3.2	0.212	0.0124±4.1
003-11	103	113	1.14	1.26	6.04	0.20±32.0	86.2±5.6	0.203	0.0135±6.5
003-12	257	409	1.64	2.91	6.82	0.16±26.2	78.6±3.7	0.180	0.0123±4.7
003-13	159	205	1.33	1.74	4.54	0.09±13.8	78.1±2.9	0.270	0.0122±3.7
00314	132	168	1.32	1.56	7.82	0.13±39.3	81.6±3.8	0.118	0.0127±4.6
003-15	121	141	1.20	1.37	8.57	0.13±36.0	77.6±4.0	0.145	0.0120±5.2
003-16	124	156	1.30	1.44	13.21	0.05±125	75.4±4.7	0.050	0.0118±6.2

注:²⁰⁶Pb_c(%)指普通铅中的²⁰⁶Pb 占全²⁰⁶Pb 的百分数;所有误差均为 1σ;普通铅用实测²⁰⁴Pb 校正

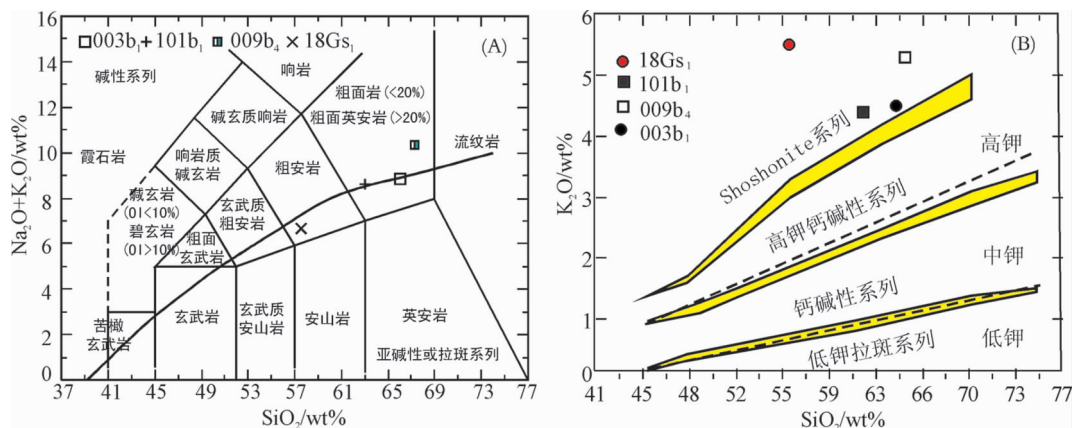


图3 安多粗面岩 $wSiO_2-w(K_2O+Na_2O)$ 图解(A)与 $wSiO_2-wK_2O$ 图解(B)

Fig. 3 Diagrams of $wSiO_2-w(K_2O+Na_2O)$ (A) and $wSiO_2-wK_2O$ (B) of the Amduo trachyte

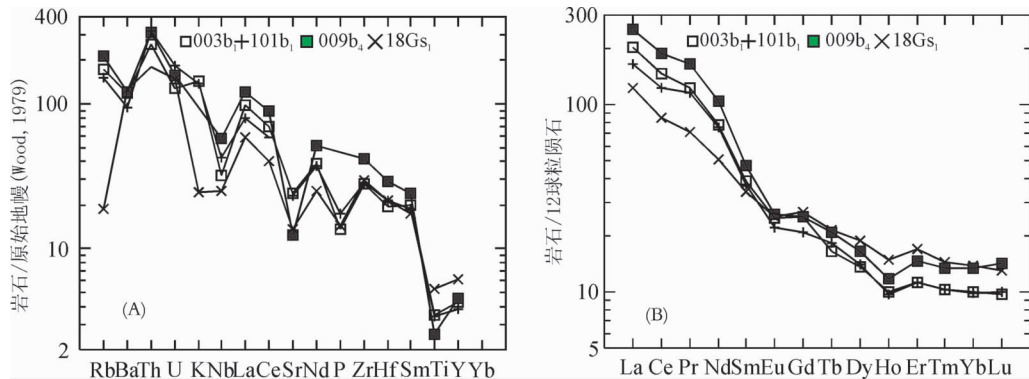


图4 安多粗面岩微量元素比值蛛网图(A)与稀土元素配分曲线图(B)

Fig. 4 Trace elements spidergram(A) and REE distribution pattern(B) of the Amduo trachyte

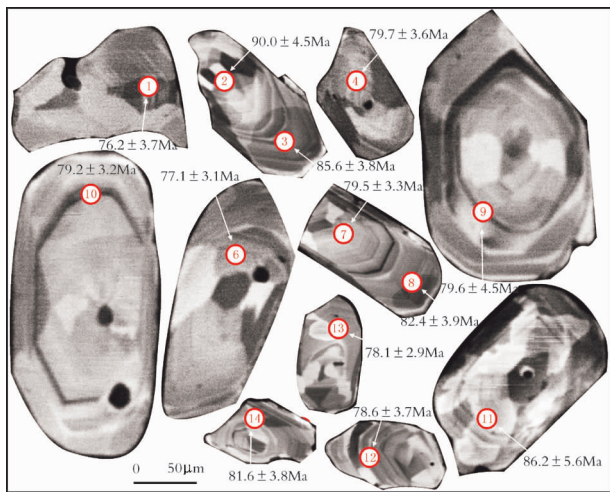


图5 安多粗面岩的锆石阴极发光照片及测点位置

Fig. 5 Cathodoluminescence images and dating spots of zircons from the Amduo trachyte

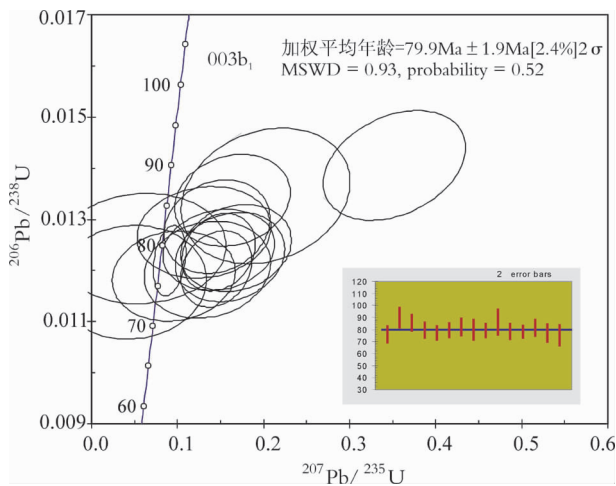


图6 安多粗面岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄谐和曲线图

Fig. 6 Zircon SHRIMP U-Pb concordia diagram of the Amduo trachyte

4 讨论与结论

班公湖-怒江缝合带安多段火山岩类型复杂,形成的构造环境和时代也差别颇大,因而不同研究者认识不尽相同^[5,11]。安多粗面岩是一套钾质火山岩。青藏高原钾质、超钾质岩石的研究近 10 多年来取得了许多重要进展,但主要成果都集中在新生代^[12-13],中生代研究资料较少。安多粗面岩是 1:25 万安多幅新建的非正式岩石单位,野外系统的火山地质调查和显微镜下岩相学研究表明,粗面岩属陆相火山岩。虽然分布范围有限,但具有重要的地质意义。粗面岩处于早白垩世东巧组和晚白垩世阿布山组之间。东巧组为紫红色陆源碎屑岩与海相含圆粒虫灰岩组成的混合沉积,晚期粗碎屑岩尤为发育,广泛分布在安多-唐古拉山地区^[14-16],属残留海盆沉积,代表陆-陆碰撞早期阶段的沉积响应。安多弱负 Eu 异常粗面岩^[6]的出现,是羌塘地块与冈底斯地块碰撞后重要的岩浆事件,并标志着藏北安多地区晚白垩世时期陆壳的厚度已经增大。另外,在班公湖-怒江缝合带安多段南、北两侧的地块上均可见及较多的正长斑岩、石英正长斑岩的小侵入体或岩脉,侵入的最高层位是早白垩世东巧组,晚白垩世阿布山组中未见正长斑岩侵入,表明这些正长斑岩小侵入体与安多粗面岩大致是同期的产物,具有相同或相似的岩浆源区性质及构造环境。反映晚白垩世粗面质岩浆活动范围已跨越缝合带,羌塘地块与冈底斯地块有了统一的地质演化过程。阿布山组在班-怒缝合带两侧均以典型的红色陆相磨拉石建造为特征^[15-16],代表碰撞后的山间磨拉石沉积,是羌塘地块与冈底斯地块碰撞后的造山阶段的产物,暗示陆-陆碰撞造山过程基本结束。

安多粗面岩处于早白垩世东巧组和晚白垩世阿布山组之间,是一非正式岩石单位。岩石组合为安粗岩、石英安粗岩和粗面岩,以粗面岩为主,属钾玄岩系列。岩浆主要来自加厚的陆壳下部,但也有幔源组分的贡献,是碰撞期后造山阶段的火山岩组合。粗面岩的锆石 SHRIMP U-Pb 测年数据为 $79.9\text{Ma} \pm 1.9\text{Ma}$,可代表安多粗面岩的形成年龄。指示安多粗面岩形成于晚白垩纪早期,结合沉积建造,表明早白垩世晚期冈底斯地块与羌塘地块发生碰撞,班公

湖-怒江洋盆安多段已经完全消失,晚白垩世以来冈底斯地块与羌塘地块成为一整体,具有统一的地质发展过程。

致谢:朱更新、张绪教、李团结同志参加了部分野外工作,锆石样品的制备和分析得到北京离子探针中心宋彪老师的指导,在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献

- [1]中国地质调查局成都地质矿产研究所.青藏高原及邻区地质图(1:1500000)[M].成都:成都出版社,2004.
- [2]潘桂棠,陈智梁,李兴振,等.东特提斯地质构造形成演化[M].北京:地质出版社,1997:52-60.
- [3]中-英青藏高原综合地质考察队.青藏高原地质演化[M].北京:科学出版社,1990:187-192.
- [4]邓晋福,莫宣学,罗照华,等.火成岩构造组合与壳-幔成矿系统[J].地学前缘,1996,(2):259-269.
- [5]邓晋福,赵国春,赵海玲,等.中国东部燕山期火成岩构造组合与造山-深部过程[J].地质论评,2000,46(1):41-48.
- [6]邓晋福,罗照华,苏尚国,等.岩石成因、构造环境与成矿作用[M].北京:地质出版社,2004:46-52.
- [7]赵志丹,莫宣学,罗照华,等.印度-亚洲俯冲带结构——岩浆作用证据[J].地学前缘,2003,10(3):149-157.
- [8]Miller C, Schuster R, Kl(o)tzli U, et al. Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet: Geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and petrogenesis[J]. Journal of Petrology, 1999,40: 1399-1424.
- [9]Paterson B A, Stephens W E, Rogers G, et al. The nature of zircon inheritance in two granite plutons[J]. Earth Sciences, 1992, 83:459-471.
- [10]宋彪,张玉海,万渝生,等.锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J].地质论评,2002,48(增刊):26-30.
- [11]丁林,张进江,周勇,等.藏北超钾质及钠质火山岩的岩石学与地球化学特征:青藏高原岩石圈演化的记录[J].岩石学报,1999,15(3):408-421.
- [12]Amund N O, Vidal Ph, Tapponnier P, et al. The high K₂O volcanism of northwestern Tibet: Geochemistry and tectonic implications[J]. Earth Planet.Sci.Lett., 1992,111:351-367.
- [13]赵志丹,莫宣学,Sebatien NOMADE,等.青藏高原拉萨地块碰撞后超钾质岩石的时空分布及其意义[J].岩石学报,2006,22(4):787-794.
- [14]王明洲,程立人.藏北东巧-江错地区中生代地层的发现和新认识[J].长春地质学院学报,1980,(3):14-20.
- [15]西藏自治区地质矿产局.西藏自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997:60-82.
- [16]赵政璋,李永铁,叶和飞,等.青藏高原地层[M].北京:科学出版社,2001:120-125.