

西藏安多蛇绿岩中斜长花岗岩地球化学特征 及锆石U-Pb SHRIMP年龄

孙立新¹, 白志达², 徐德斌², 李怀坤¹, 宋 彪³

(1天津地质矿产研究所, 天津 300170; 2.中国地质大学(北京), 北京 100083;

3.中国地质科学院地质研究所, 北京 100037)

摘 要: 西藏安多斜长花岗岩分布于安多县多普尔曲一带。在1/25万安多幅区域地质调查中, 作者研究了安多一带蛇绿岩中新发现的斜长花岗岩的地质特征、岩石成因和时代。结果表明斜长花岗岩具有低钾高钠、高铈、低铷和低 Σ REE的大洋斜长花岗岩特征, 同位素指示其为地幔源区产物。首次对斜长花岗岩进行了锆石U-Pb SHRIMP测年, 其结果为 188.0 ± 2.0 Ma, 结合地质资料分析认为其代表了洋壳形成的年龄, 时代为早侏罗世, 与班公湖-怒江结合带西段蛇绿岩时代基本同时。本次研究为班公湖-怒江中段蛇绿岩提供了高精度同位素年龄依据。

关键词: 斜长花岗岩; 锆石SHRIMP U-Pb年龄; 安多蛇绿岩; 西藏

中图分类号: P597.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2011)01-0010-06

西藏班公湖-怒江结合带位于拉萨地块和羌塘地块之间, 西起班公错以西, 经东巧、安多向东达丁青、怒江一带转为南下, 在我国境内该构造带自西向东被分为班公湖-改则、东巧-安多和丁青-怒江三段, 是我国青藏高原上新特提斯重要的结合带之一。自20世纪80年代以来, 中外学者对班公湖-怒江蛇绿岩带的地质研究已取得大量的成果^[1-17], 但不同地区和地段的研究程度极不均衡, 相比而言中、东段研究程度较高^[6-7]。已积累的时代资料有: 东段丁青地区中侏罗世的砂岩和砾岩不整合覆盖在蛇绿岩之上, 发现了早侏罗世的放射虫^[8-9]; 丁青东南辉长岩糜棱岩的⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄为 193.3 ± 3.3 Ma; 中段东巧地区变质橄榄岩底盘热变质晕角闪石的K-Ar年龄为179 Ma^[12]; 上覆的浅海-陆相沉积岩时代为侏罗纪末至早白垩世初^[7-11], 西段班公湖蛇绿岩的Sm-Nd等时线年龄为 191 ± 22 Ma^[11]。从已发表的测年成果看, 至今还缺少可信度高、精度高的同位素测年资料。因此, 对蛇绿岩进行高精度同位素年龄测定无疑具有重要意义。本文通过对中段东巧-安多蛇绿岩带中斜长花岗岩的同位素测年

结果, 结合已有的同位素年龄数据和地质资料, 探讨班公湖-怒江中段蛇绿岩带洋壳形成的时代。

1 地质概况

安多-聂荣一带的蛇绿岩是班公湖-怒江结合带藏北湖区蛇绿岩带的重要组成部分, 蛇绿岩出露有3~5处, 以东巧、多普尔曲、安多县、捷日窝玛、玉多贡玛等地发育最好(图1), 研究程度较高。安多-聂荣一带蛇绿岩由蛇纹岩、蛇纹石化方辉橄榄岩、堆晶岩、层状堆积岩、辉长岩、辉长辉绿岩、席状岩墙群、枕状玄武岩、斜长花岗岩和深海硅质岩夹泥岩等组成, 目前多呈构造蛇绿混杂岩带产出。

斜长花岗岩出露于安多县多普尔曲一带的蛇绿混杂岩带中, 斜长花岗岩总是产于辉长岩-辉绿辉长岩单元中, 大部分呈岩脉、岩墙或不规则网脉状分布于层状辉长岩中, 最大宽度1.5~2 m, 小者仅数厘米。少部分呈不规则团块状、透镜状和脉状包裹于辉长辉绿岩中。在整个蛇绿岩中斜长花岗岩所占比例较少, 显示该斜长花岗岩并非由玄武质岩浆经重力结晶分异作用形成的层状堆积岩, 而是

收稿日期: 2010-12-06

基金项目: 中国地质调查局项目: 西藏1:25万安多幅区域地质调查(2002130001)

作者简介: 孙立新(1964-), 男, 研究员, 从事区域地质调查、地层古生物研究, E-mail: 1964sunlixin@163.com。

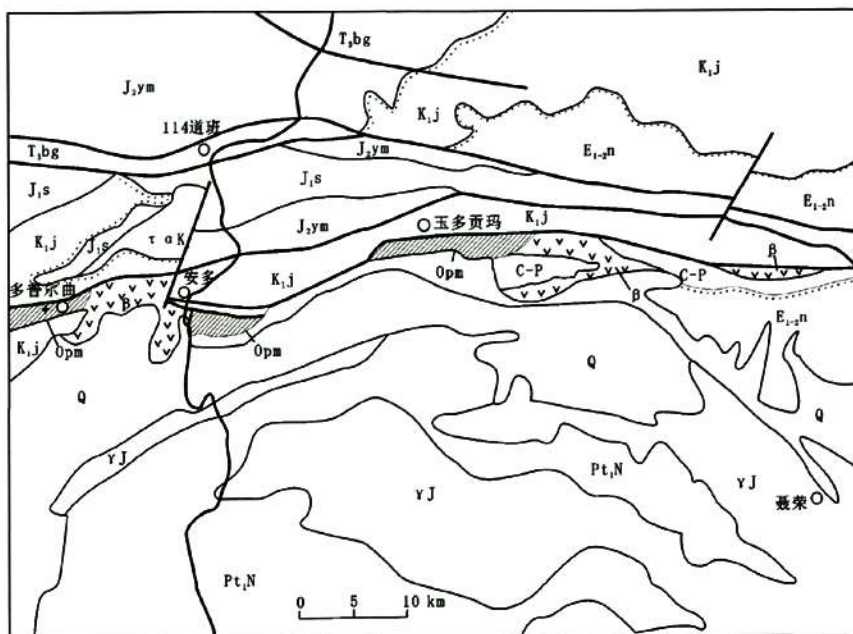


图1 安多-聂荣一带地质略图(据 1/25 万安多幅简化, 中国地质大学(北京), 2005)

Fig. 1 The schematic geological map of the Amduo-Nierong area

Q. 第四系; E_{1-2n}. 牛堡组; K_{1j}. 竟柱山组; J_{2ym}. 侗钦错组; J_{1s}. 色哇组; T_{1bg}. 巴贡组; C-P. 石炭-二叠系未分; Pt_{1N}. 聂荣岩群; τ α K₁. 早白垩世粗安岩; γJ. 侏罗纪花岗岩; β. 玄武岩; Opn. 蛇绿混杂岩; +. 取样位置

超基性岩浆结晶分异的产物。此外, 少数斜长花岗岩岩块中又包裹有辉长岩碎块, 呈相互包容关系。上述现象说明, 超基性岩浆开始结晶时, 长英质残余熔体并不受重力成层性的支配漂浮于早期结晶的镁铁质矿物之上, 而是被封存于镁铁质矿物的间隙或镁铁质岩层之下, 在结晶分异晚期, 从地下聚积上来, 形成包裹于蛇纹岩之中的浅色岩岩块, 有极少数镁铁质矿物团块又被聚积上来的浅色岩包裹。

2 斜长花岗岩的岩石学、地球化学特征

2.1 岩石学特征

斜长花岗岩呈灰白色, 细中粒花岗岩结构, 块状构造。主要由斜长石(70%~75%)、石英(20%~25%)和少量暗色矿物组成。斜长石主要为奥长石(An₂₅~30), 少量为中长石(An₃₅~40), 呈半自形-他形粒状, 大小一般为0.5~2 mm, 部分为2~4 mm, 粒内波状、带状消光明显, 填隙状分布于斜长石之间, 暗色矿物均已被绿泥石交代呈假象, 依假象推测为黑云母, 含量约5%; 副矿物组合为镁铁矿-磷灰石-锆石, 部分地段暗色矿物含量较高,

约10%~15%, 主要为角闪石。角闪石呈半自形柱粒状、绿色, 多被次闪石、绿泥石交代。该岩石部分为英云闪长岩。

2.2 地球化学特征

2.2.1 岩石化学

斜长花岗岩的分析结果见表1。由表可知化学成分: SiO₂ 含量为74.06%~75.62%, Al₂O₃ 为12.27%~13.32%, TiO₂ 为0.32%~0.41%; 具低钛高硅特点; Na₂O 为5.38%~5.56%, K₂O 为0.38%~0.75%, Na₂O+K₂O 为6.13%~8.63%, Na₂O>K₂O, 具低钾高钠特征; FeO 为0.41%~1.46%, Fe₂O₃ 为0.66%~0.72%, CaO 为1.03%~2.12%, MgO 为0.37%~1.11%。Fe³⁺/(Fe³⁺+Fe²⁺) 较高, 分异指数DI: 86~89, 里特曼指数σ<1.3。

2.2.2 微量元素

斜长花岗岩微量元素分析结果见表2, 以活动性元素相对富集为特征, 具有较清楚的Nb、Ti 和Cr 异常, 其余元素与MORB 的比值变化不大。Rb/Sr 比值很小, 具低Rb 高Sr 大洋斜长花岗岩特征。

2.2.3 稀土元素、同位素

斜长花岗岩的稀土分析结果见表3, 由表可知: ΣREE 低, 为69.498~70.34, 轻、重稀土分馏明显,

$\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE}$ 为 5.88 ~ 8.84, δEu 为 1.28 ~ 1.34, 具有明显的正铈异常。

斜长花岗岩同位素测试结果表明: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 为 0.1304 ± 0.000014 , $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 为 0.512827 ± 0.000014 , $\varepsilon_{\text{Nd}}(0)$ 为 3.7, $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 5.28 (计算公式据 Rollinson HR, 1993), $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 为 0.706315 ± 0.000018 , (样品由中国科学院地质地球物理研究所同位素室分析, 分析精度为 0.02% ~ 0.04%), 该斜长花岗岩的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 5.28 > 0, 说明该样品源区有地幔物质的添加, Nd、Sr 同位素组成与大洋玄武岩源区同位素特征一致,

具有地幔源区特征, 表明其为幔源岩浆的产物。

3 样品采集、测定方法与结果

3.1 样品采集

样品采自安多至东巧公路之间的多普尔曲附近(图1), 蛇绿岩出露宽约 200 ~ 250 m, 主要岩石单元有强烈蛇纹石化纯橄榄岩和方辉橄榄岩, 中细粒层状辉长岩, 中粒条带状辉长岩和辉绿岩。斜长花岗岩呈宽约数厘米至约 2 m 的脉状、网脉状产于中细粒块状辉长岩内。样品采自一个穿插辉长岩, 宽

表1 安多蛇绿岩中斜长花岗岩岩石化学特征及其参数

Table 1 Index and petrochemical characters of plagiogranite in the Amduo ophiolites

样品	主要氧化物及其含量																岩石化学参数				
	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	LOI	Total	Alk	ANK	ANK/C	MgTFe	
P ₁ -4b ₁	75.42	13.23	0.26	1.03	0.43	1.29	1.16	0.65	5.12	0.065	0.06	1.00		0.29	1.04	99.80	5.77	1.45	1.15	0.85	
P ₁ -6Tw ₁	75.62	12.27	0.41	0.72	0.41	2.12	0.37	0.60	5.65	0.062	0.06	0.70	1.50	0.19	1.89	100.49	6.25	1.23	0.89	0.35	
P ₁ -6b ₁	74.06	13.32	0.32	0.66	1.46	1.03	1.11	0.75	5.38	0.05	0.31	1.19	0.55	0.13	1.46	100.19	6.13	1.38	1.15	0.54	
P ₁ -15Gs ₁	62.58	16.55	0.61	0.83	2.71	3.54	2.97	0.38	8.25	0.21	0.11	0.90	0.23	0.41	0.85	99.87	8.63	1.18	0.81	0.86	
样品	标准矿物及其含量(%)										岩石化学参数										
	ap	il	mt	c	q	or	ab	an	di	hy	KN	Fe ^e	TFeMg	R ₁	R ₂	s	τ	AR	DI	SI	
P ₁ -4b ₁	0.13	0.50	0.84	1.91	39.02	3.90	43.86	6.13	0	3.71	0.13	0.68	0.54	3007.44	455.08	1.03	31.19	2.32	86.78	13.83	
P ₁ -6Tw ₁	0.13	0.79	0.66	0	37.08	3.61	48.60	6.45	2.52	0	0.11	0.61	0.74	2848.82	485.84	1.20	16.15	2.54	89.29	4.77	
P ₁ -6b ₁	0.69	0.62	0.97	2.49	36.66	4.51	46.19	3.34	0	4.54	0.14	0.29	0.65	2780.46	426.58	1.21	24.81	2.49	87.36	11.86	
P ₁ -15Gs ₁	0.24	1.17	1.22	0	1.96	2.28	70.62	7.08	8.13	7.30	0.05	0.22	0.54	1037.54	850.74	3.80	13.61	2.51	74.86	19.62	

注: 数据由河北省地质矿产局廊坊实验室测试; $\text{MgTFe} = \text{MgO}/(\text{TFE} \times 0.7)$; $\text{Fe}^e = \text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+})$; $\text{TFeMg} = \text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})$; $\text{KN} = \text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$; 氧化物含量(Wt%)

表2 安多蛇绿岩中斜长花岗岩微量元素特征及其参数

Table 2 Index and trace elements characters of plagiogranite in the Amduo ophiolites

样品	Li	Be	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	Nb	Mo	Cd	Sn	Sb	Cs
P ₁ -6Tw ₁ *	3.53	0.28	3.10	2047	11.39	1.00	444	1.94	15.27	59.08	12.27	10.80	21.24	234.00	157.43	1.444	0.05	0	0.233	0.336	0.863
P ₁ -6b ₁ *	10.60	0.29	4.88	2150	16.00	2.31	406	3.75	5.75	79.57	21.12	14.36	32.71	293.58	168.68	1.333	0.04	0.005	0.324	0.264	0.935
样品	Ba	Hf	Ta	W	Tl	Pb	Bi	Th	U	K/Rb	Rb/Sr	Sr/Ba	Zr/Hf	Nb/Ta	U/Th	Sm/Nd	Nb	Sr	K	Zr	Th
P ₁ -6Tw ₁ *	81.34	3.914	0.155	0.197	0.141	0.521	0.011	3.701	0.533	117.25	0.09	2.88	40.22	9.32	0.14	0.17	0.16	0.79	0.84	3.75	2.14
P ₁ -6b ₁ *	98.56	4.388	0.243	0.189	0.168	0.735	0.158	4.111	0.459	95.17	0.11	2.98	38.44	5.49	0.11	0.21	0.14	1.05	1.05	2.08	1.63

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探研究所实验室测试; 元素含量(μg/g)

表3 安多蛇绿岩中斜长花岗岩稀土元素及标准化数值

Table 3 REE and Chondrite-normalized REE of plagiogranite in the Amduo ophiolites

样品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er
P ₁ -6Tw ₁ *	13.960	28.550	3.418	13.920	2.416	0.923	2.201	0.294	1.575	0.335	1.035
P ₁ -6b ₁ *	12.420	25.920	3.301	13.730	2.843	1.176	2.818	0.421	2.410	0.523	1.638
样品	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	La _N /Yb _N	δEu	δCe
P ₁ -6Tw ₁ *	0.168	1.306	0.234	8.800	70.330	63.190	7.148	8.840	6.920	1.284	1.000
P ₁ -6b ₁ *	0.240	1.755	0.303	13.160	69.500	59.390	10.108	5.880	4.580	1.341	0.980

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探研究所实验室测试; 元素含量(μg/g)

约 1.5 m 的斜长花岗岩脉。样品新鲜, 重约 2 kg。

3.2 测定方法

锆石按常规方法分选, 最后在双目镜下挑纯。将待测锆石颗粒与标准样品(一片 SL13 及数粒 TEM)一起置于环氧树脂中做成的样品靶, 固结后打磨并抛光至靶上锆石的中心部位暴露出来。对样品靶上的锆石进行透射光、反射光和阴极发光照相, 以便在进行 SHRIMP 测定时选取合适的分析部位及测定完成后进行合理的数据解释。CL 和 BSE 研究在中国地质科学院矿产资源研究所牛津 Minic1 阴极发光探测器上完成, 实验方法见文献[11]。SHRIMP 锆石 U-Th-Pb 分析在北京离子探针中心 SHRIMP II 上完成, 详细分析流程和原理见参考文献[12-13]。分析时, 采用跳峰扫描, 用单接受器采集 Zr_2O^+ 、 $^{204}Pb^+$ 、背景值、 $^{206}Pb^+$ 、 $^{207}Pb^+$ 、 $^{208}Pb^+$ 、 U^+ 、 $(ThO)^+$ 和 $(UO)^+$ 等 9 个离子束峰的强度, 每个点的测定数据由 5 次扫描给出。一次离子束约为 4.5 nA, 10 kV 的 O^2- , 靶径约 25 ~ 30 μm , 质量分辨率约 5 000(1%峰高)。

标准锆石样品 TEM 的年龄为 417 Ma, 具有和谐年龄, 用于校正所测定的未知样品的年龄。在样品测定过程中, TEM 和未知样品交替测定, 其比例为 1/3, 测定的 TEM 重现性为 2%。分析完成后, 用标准锆石 TEM ($^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 416.8 ± 1.3 Ma, Lance et al., 2003) 的测定值来进行 $^{206}Pb/^{238}U$ 比值的校正。数据处理及 U-Pb 谐和图绘制采用 Squid 程序^[12]和 Isoplot 程序^[13]完成。普通铅校正根据实测的 ^{206}Pb 进行, 普通铅的组成根据 Stacey & Kramers (1975) 给出的模式计算得到。数据表中, 同位素

比值误差为 1σ 。 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值的置信度为 95%。

3.3 分析结果和解释

锆石 U-Th-Pb SHRIMP 数据列于表 4, 锆石 CL 图像和 U-Pb 谐和图分别见图 2 和图 3。

安多斜长花岗岩的锆石为浅黄色至无色, 透明, 长柱状至等粒状自形晶。锆石颗粒细小, 粒径在 50 ~ 100 μm 之间。锆石具韵律环带结构(图 2)。

9 个点的分析给出 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄为 193.8 ~ 183.0 Ma。但是, 这一岩石中锆石的 Th/U 值变化大, 为 0.11 ~ 1.25, 说明岩浆成分不均匀, 暗示其部分熔融成因。在一致曲线图中(图 3), 这 9 个测试点的 $^{206}Pb/^{238}U$ 年龄加权平均值为 188.0 ± 2.0 Ma, 代表斜长花岗岩的形成年龄。

4 安多蛇绿岩形成时代讨论

蛇绿岩是俯冲消失的古洋壳残片, 是洋壳形成、俯冲、消亡过程的产物, 探讨蛇绿岩的时代是一个十分复杂的问题, 以往人们无论是间接的推断, 还是直接的测定都难以得到理想的结果, 其原因是多方面的。原因之一是对蛇绿岩年龄的代表意义存在不同的认识, 由于蛇绿岩是一套岩石组合, 包括下部岩系和上覆岩系, 每一个岩石端元代表不同的地质含义, 因此每个岩石组成的年龄具有特定的时代意义, 在应用年龄时必须分清测年对象和它代表的地质意义。

已有资料显示: 班公湖-怒江结合带东段丁青地区中侏罗世的砂岩和砾岩不整合覆盖在蛇绿岩之上, 发现了早侏罗世的放射虫^[8], 代表了蛇绿岩上

表 4 安多地区斜长花岗岩中锆石 SHRIMP U-Th-Pb 同位素分析结果

Table4 U-Th-Pb composition of the zircon Ro from plagiogranite of Amduo area as measured by SHRIMP

点号	²⁰⁶ Pbc	U	Th	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb*	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb*/ ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb*/ ²³⁸ U		误差相 关系数
	(%)	(μg/g)	(μg/g)		(μg/g)	年龄(1σ)	年龄	(1σ)	比值	(1σ)	比值	(1σ)	比值	(1σ)	
1.1	1.96	175	204	1.21	4.6	192.8±3.1	503	310	0.057 3	14	0.24	14	0.030 4	1.6	0.111
2.1	2.42	163	195	1.24	4.2	186.6±2.9	614	300	0.060 3	17	0.24	17	0.029 4	1.6	0.092
3.1	1.70	185	19	0.11	4.8	187.6±2.5	213	300	0.050 4	13	0.21	13	0.029 6	1.3	0.102
4.1	2.73	165	178	1.12	4.4	190.4±3.1	227	450	0.050 7	19	0.21	19	0.030 0	1.7	0.085
5.1	2.21	168	204	1.25	4.4	187.8±3.1	570	380	0.059 1	17	0.24	17	0.029 6	1.6	0.094
6.1	4.09	119	99	0.86	3.1	184.0±3.8	283	600	0.052 0	26	0.21	26	0.029 0	2.1	0.080
7.1	3.22	110	79	0.75	3.0	193.8±4.5	937	39	0.070 3	21	0.21	21	0.030 5	2.3	0.108
8.1	3.63	157	155	1.01	4.1	187.6±2.4	306	210	0.052 5	9	0.24	9	0.029 5	1.3	0.136
9.1	2.67	113	81	0.74	2.9	183.0±3.0	576	290	0.059 3	13	0.24	13	0.028 8	1.7	0.122

注: ²⁰⁶Pbc(%) 为全部 ²⁰⁶Pb 中属于普通铅 ²⁰⁶Pb 的百分比, 测试单位为中国地质科学院北京离子探针中心

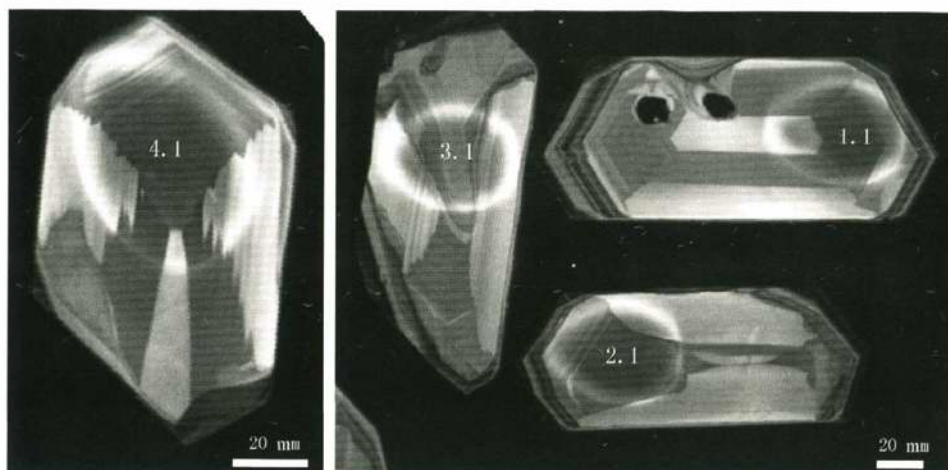


图2 斜长花岗岩中锆石的阴极发光影像

Fig.2 Cathodoluminescence images of zircons from the Amduo plagiogranite

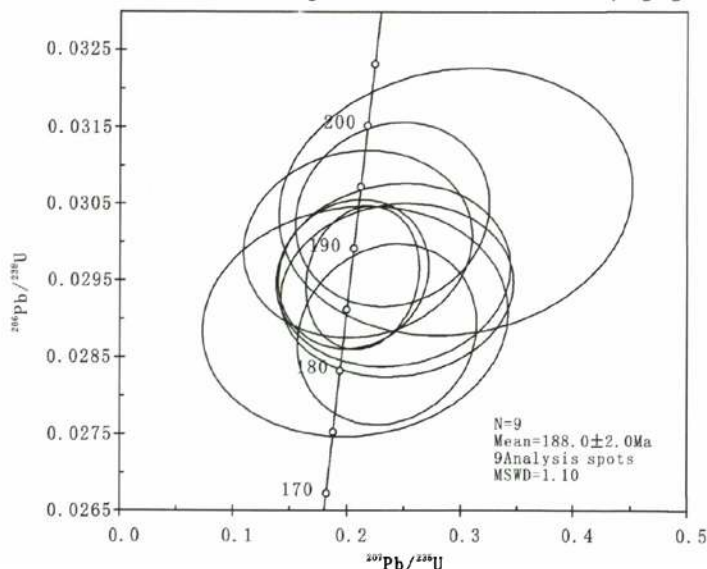


图3 安多地区斜长花岗岩中锆石U-Pb谱和图

Fig.3 SHRIMP zircon U-Pb datas from plagiogranite of Amduo area

覆远洋沉积的时代,对蛇绿岩形成时代上限有了约束;丁青东南辉长岩糜棱岩的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $193.3 \pm 3.3 \text{ Ma}^{[9]}$,该年龄代表了辉长岩构造改造的热事件年龄,而不是辉长岩形成的年龄;因此东段洋盆张开应早于早侏罗世。中段安多—东巧地区变质橄榄岩底盘热变质角闪石的K-Ar年龄为 $179 \text{ Ma}^{[9]}$,这一年龄也无法代表确切的蛇绿岩形成时代,一般认为地幔橄榄岩底盘变质角闪石是由于地幔橄榄岩退变质的产物,此年龄只能说明洋壳在中侏罗世有过一次构造侵位,其上覆浅海—陆相沉积岩时代为侏罗纪末至早白垩世初期,可能说明这次构造侵位并没有使洋盆关闭,因此中段洋盆张开应

早于中侏罗世。西段的舍马拉沟蛇绿岩中的层状辉长岩是岩浆房堆晶,其Sm-Nd等时线年龄为 $191 \pm 22 \text{ Ma}^{[11]}$,可代表岩石圈伸展的时代(洋壳形成的岩浆岩活动时间)。在岩带西段日土县达布乌如和班公湖南岸蛇绿岩中硅质岩的放射虫时代为中晚侏罗纪—早白垩世 $^{[18]}$,所以,班公湖—怒江蛇绿岩带西段洋壳张开的时间也为早侏罗世。

安多—东巧地区的蛇绿岩中斜长花岗岩从野外产出特征、岩石学、矿物学和地球化学均显示是超基性岩浆结晶分异的产物,用锆石U-Pb法对斜长花岗岩进行了SHRIMP年代测定,其结果 $188.0 \pm 2.0 \text{ Ma}$,可代表蛇绿岩洋壳形成的年龄。安

多捷日窝玛蛇绿岩之上的硅质岩的放射虫时代也为侏罗纪, 因此班公湖—怒江结合带中段洋壳形成的时间为早侏罗世, 据此可以说明中段洋壳形成的时间与西段洋壳形成基本同时。

参考文献:

- [1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 1-124.
- [2] 王希斌, 鲍佩声, 邓万明, 等. 西藏蛇绿岩[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 138-214.
- [3] 肖序常, 李廷栋. 青藏高原的构造演化与隆升机制[M]. 广州: 广东科学技术出版社, 2000, 83-190.
- [4] 张旗, 钱青, 王焰. 蛇绿岩岩石组合及洋脊下岩浆作用[J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 19(1): 1-7.
- [5] 郭铁鹰, 梁定益, 张益智, 等. 西藏阿里地质[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 1-320.
- [6] 邓万明. 藏北东巧—怒江超基性岩带的岩石成因[A]. 喜马拉雅地质—II[C]. 北京: 地质出版社, 1984, 83-98.
- [7] 李秋生, 王建平. 西藏东部丁青—怒江蛇绿混杂岩带的地质特征[A]. 张旗. 蛇绿岩与地球动力学研究[C]. 北京: 地质出版社, 1996, 195-198.
- [8] 李红生. 西藏丁青地区早侏罗世放射虫. 微体古生物学报[J]. 1988, (5): 323-330.
- [9] 游再平. 西藏丁青蛇绿混杂岩年代学[J]. 西藏地质, 1998, (2): 24-30.
- [10] 赵崇贺, 李国良. 阿里地区蛇绿岩[A]. 郭铁鹰. 西藏阿里地质[C]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991, 201-261.
- [11] 邱瑞照, 周肃, 等. 西藏班公湖—怒江带西段舍玛拉沟蛇绿岩中辉长岩同位素年龄测定—兼论班公湖—怒江蛇绿岩带形成时代[J]. 中国地质, 2004, 31(3): 262-269.
- [12] 同位素地质样品分析方法(DZ-T0184.1-0184.22-1997). 北京: 中国标准出版社, 1997, 1-102.
- [13] Ludwig, K R. SQUID 1.02, a user's manual. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 2002, No. 2. 2455 Ridge Road, Berkeley, CA 94709, USA
- [14] 中国地质调查局. 青藏高原首批 1/25 万区域地质调查成果专辑: 班公错—怒江接合带[J]. 地质通报, 2004, 23(1): 61-62.
- [15] 邹光富. 西藏丁青地区蛇绿岩岩石地球化学特征及其成因意义[J]. 西藏地质, 1993, (2): 46-48.
- [16] 郑一义, 徐开志, 杨内中. 阿里地区蛇绿岩—混杂岩的地质特征和区域构造的关系[J]. 长春地质学院学报, 1984, (4): 29-36.
- [17] 张旗, 杨瑞英. 西藏丁青蛇绿岩中玻镁安山岩类的深成岩及其地质意义[J]. 科学通报, 1985, 30(16): 1243-1245.
- [18] 冯晔, 廖六根, 徐平. 西藏班公湖蛇绿岩地质特征及形成时代[J]. 资源调查与环境, 2005, 26(3): 185-193.

Geological Characteristics and Zircon U-Pb SHRIMP Dating of the Plagiogranite in Amduo ophiolites, Tibet

SUN Li-xin¹, BAI Zhi-da², XUN De-bin², LI Huai-kun¹, SUN Biao³

(1. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China; 2. China University of Geoscience, Beijing 100083, China; 3. Institute of Geology Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China)

Abstract: The Amduo plagiogranite is distributed in the Duopuer river area, Amduo County, Tibet. Based on the regional geological survey of the 1:250 000 Amduo County sheet, the authors studied the geological characteristics of the plagiogranite and discussed its origin and age according to the petrological, geochemical and isotope age evidence. The study shows the plagiogranite is ocean plagiogranite with higher contents of Na, Sr, lower contents of K, Rb and Σ REE, which means its mantle origin. Its zircon SHRIMP age ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ age) is 188.0 ± 2 Ma, belongs to early Jurassic, which is the same with the west part of the Bangonghu-Nujiang junction. In addition, this study also provides petrological and isotope age evidence for the ophiolite of the middle Bangonghu-Nujiang Suture.

Keywords: plagiogranite; zircon SHRIMP U-Pb dating; Amduo ophiolites; Tibet