

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

冈底斯带门巴花岗岩同位素测年及其 对新特提斯洋俯冲时代的约束

和钟铨, 杨德明, 郑常青, 王天武

吉林大学地球科学学院, 长春, 130061

内容提要:本文应用单颗粒锆石 SHRIMP U-Pb 法和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法, 对出露在冈底斯构造带上的门巴花岗岩体进行了同位素测年, 时代分别为207 Ma 和215 Ma, 表明它们形成于晚印支期。地质与地球化学研究显示该时期形成的岩体主要为黑云角闪花岗岩闪长岩和黑云母二长花岗岩, 它们形成于岛弧环境, 与其南侧墨竹工卡一带出露的晚三叠世钙碱性火山岩(叶巴组)共同构成与板块俯冲有关的特征性岩石组合, 揭示新特提斯洋的俯冲时代应早于晚三叠世。

关键词: SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄; 门巴花岗岩; 新特提斯洋; 冈底斯

冈底斯—念青唐古拉火山岩浆弧带位于班公湖—怒江缝合带和雅鲁藏布江缝合带之间, 是青藏高原上岩浆活动期次最多、规模最大、岩浆岩类型最复杂的一个构造岩浆岩带(李廷栋, 2002)。空间上大致以纳木错—嘉黎构造带为界分为南北两个亚带(耿全如等, 2001), 北带称为藏北念青唐古拉花岗岩带, 一般认为与怒江洋壳向南消减及碰撞造山有成因联系; 南带称为冈底斯花岗岩带, 其形成是新特提斯洋消减俯冲的结果。

门巴花岗岩体位于冈底斯火山岩浆弧的南亚带, 过去曾对此进行过黑云母 K-Ar 测年, 年龄为96.5 Ma, 时代为早白垩世(西藏自治区地质矿产局, 1993)。笔者等在进行门巴区幅(1:25万)区域地质调查中, 对该岩体进行了系统采样, 并首次对其进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年和角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年, 所获年龄为晚三叠世, 这一精确的定年结果对于重新认识新特提斯洋的俯冲时代和冈底斯岩浆弧的形成历史具有重要的意义。

1 花岗岩产出地质背景及岩性特征

门巴花岗岩分布于冈底斯—念青唐古拉火山岩浆弧带的弧背断隆上, 近东西向展布, 侵位于二叠系蒙拉组浅变质地层中(图1)。岩体的岩性主要为黑云角闪花岗岩闪长岩和黑云母二长花岗岩。其中黑云角闪花岗岩闪长岩具粗粒粒状结构, 块状构造, 部分显示弱片麻状构造。主要矿物成分由石英(25%) + 斜长

石(40%) + 钾长石(15%) + 角闪石(15%) + 黑云母(5%)组成, 副矿物主要为磁铁矿、锆石、褐帘石、磷灰石等, 以磁铁矿最多。岩石中含有数量较多、大小不等的包体, 包体成分为灰黑色细粒石英闪长质和黑云闪长质岩石, 形态多变, 以透镜状为主, 定向排列, 长轴方向近东西向。黑云母二长花岗岩呈灰白色, 中细粒花岗结构, 块状构造, 矿物成分为石英(30%) + 斜长石(35%) + 钾长石(30%) + 黑云母(5%)。副矿物以锆石、磁铁矿为主。与前者相比, 其中包体较少。两种岩石在空间上具渐变过渡关系, 它们被古近纪巨斑黑云母二长花岗岩(48.7 Ma, K-Ar)侵入^①。

所测岩体的地球化学结果如表1所示: SiO_2 含量变化于63.04%~72.43%, 且从黑云角闪花岗岩闪长岩到黑云母二长花岗岩, 有 SiO_2 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量增加之趋势。 Al_2O_3 变化于13.27%~14.73%, 铝指数 A/NKC 为0.86~1.14, 平均为0.99, 为准铝质岩石。 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值接近于1, 标准矿物计算中, 除 P4B18-1 样品外, 其他都不出现刚玉分子, 结合岩石的矿物组合特点, 这些岩石应属 I 型花岗岩。在 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ 图解中投影点均落入钙碱性岩区。其稀土曲线型式显示非常一致的右倾(图2), 反映出两种岩石环境的同源性和构造环境的相似性, δEu 变化于0.64~0.84, 平均为0.78, 具不明显的负异常。微量元素在配分图上(图3)以富 K、Rb、Ba、Th 等大离子亲石元素及亏损 Ta、Nb、Zr、Y、Yb 等

注: 本文为国土资源部地质调查项目(编号 H46002002)资助成果。

收稿日期: 2004-12-01; 改回日期: 2005-05-18; 责任编辑: 刘淑春。

作者简介: 和钟铨, 男, 1968年生, 副教授。主要从事构造地质的教学与科研工作。Email: hezhonghua@126.com。

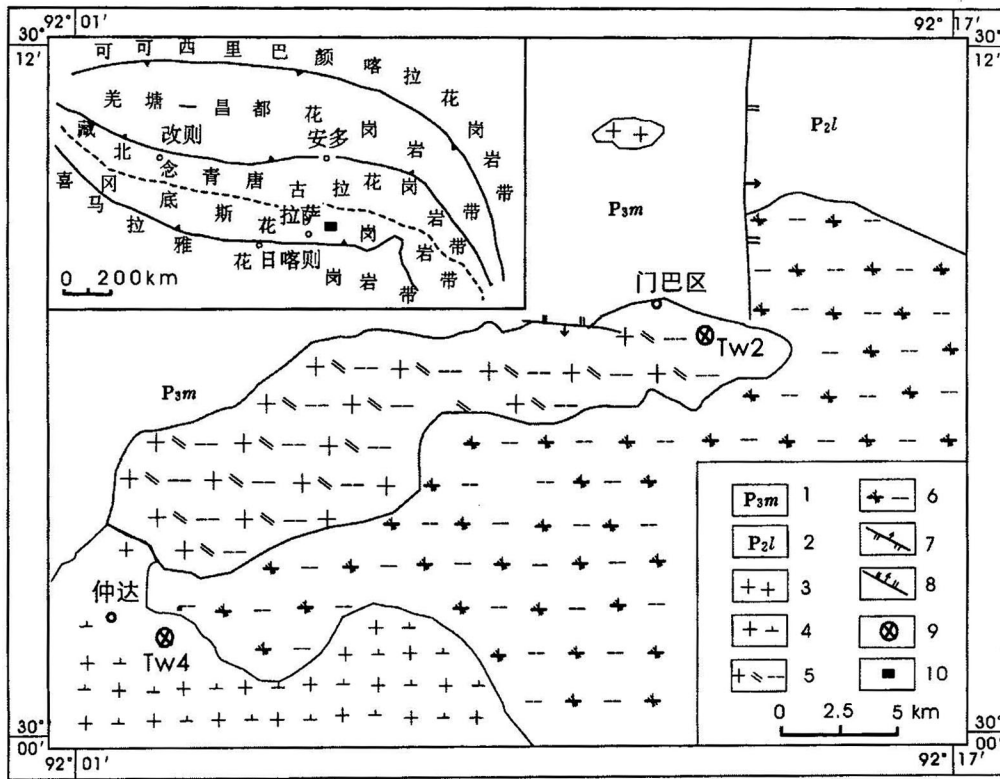


图 1 门巴花岗岩体地质略图及采样位置

Fig. 1 Geological sketch map of Menba granitoids and sampling location

- 1—蒙拉组；2—落巴堆组；3—花岗岩；4—黑云角闪花岗岩闪长岩；5—黑云母二长花岗岩；6—巨斑状黑云母二长花岗岩；7—逆断层；8—正断层；9—采样位置；10—研究区
- 1—Mengla Formation; 2—Luobadui Formation; 3—granite; 4—biotite hornblende granodiorite; 5—biotite adamellite; 6—porphyrotopic biotite adamellite; 7—reversed fault; 8—normal fault; 9—sampling location; 10—study area

高场强元素为特征,显示与俯冲作用有关火成岩的地球化学特点(Pearce et al., 1984)。在 Rb-(Y+Nb)图解上(图4)样品均落入火山岛弧花岗岩环境,说明其形成与板块的俯冲消减有关。

2 同位素测年结果

2.1 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年结果

所选锆石的母岩为黑云母二长花岗岩(TW2),野外采样位置见图1。将野外所采样品破碎至80~120目,用水淘洗粉尘后,先用磁铁除去磁铁矿等磁性矿物,再用重液选出锆石,最后在双目镜下精选,将样品锆石 TW2和标准 TEM(年龄为417 Ma)在玻璃板上用环氧树脂固定、抛光,然后进行反射光和透射光照射,并进行阴极发光图像分析以确定单颗粒锆石的形态、结构来标定测年点。SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素分析由北京离子探针中心完成,详细流程参考宋彪等(2002)的文献,用 Isoplot 软件处理数

据,用 ^{204}Pb 进行普通铅校正,年龄加权平均值为95%置信度误差(1σ),测试结果见表2。

分离出来的单颗粒锆石为柱状自形晶,长度100~200 μm ,长宽比为2:1~5:1,柱面发育。在阴极发光照片下具明显的环带结构(图5),显示岩浆结晶成因特点(Paterson et al., 1992)。所获年龄变化于183~219 Ma之间(图6),在误差范围内基本一致,平均为 $207.5 \pm 5.4 \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 1.33$ 。测年结果表明门巴黑云母二长花岗岩形成于晚三叠世。

2.2 角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 测年结果

用于 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测试的矿物为黑云角闪花岗岩闪长岩(TW4)中的角闪石,采样位置见

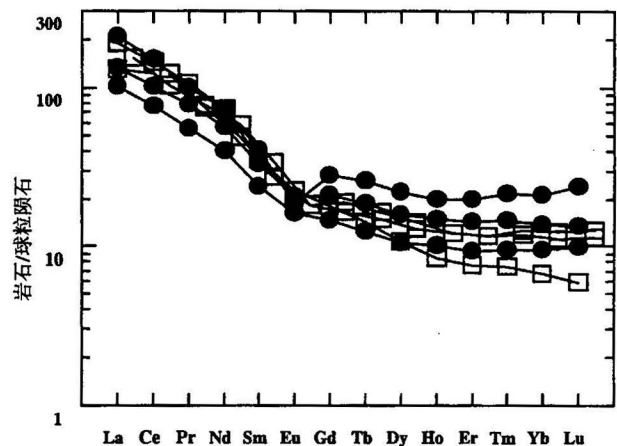


图 2 门巴花岗岩稀土元素配分曲线图

Fig. 2 REE patterns of Menba granitoids

- 黑云角闪花岗岩闪长岩；□—黑云母二长花岗岩
●—Biotite hornblende granodiorites; □—biotite adamellites

表 1 门巴花岗岩体岩石化学成分

Table 1 Petrochemical components of Menba granitoids

样号	B127	P2B19-1	P2B59	TW2	P4B13-1	P4B18-1
岩性	黑云角闪花岗闪长岩			黑云母二长花岗岩		
SiO ₂	66.97	63.04	66.88	72.42	68.64	70.72
Al ₂ O ₃	14.15	14.51	14.73	13.27	14.18	14.53
Fe ₂ O ₃	1.74	0.87	1.77	0.47	1.37	0.45
FeO	2.78	4.26	2.8	2.55	1.82	2.58
MgO	2.02	3.43	1.93	0.85	1.70	0.95
CaO	4.33	5.53	2.73	2.53	3.39	3.17
Na ₂ O	3.08	2.40	2.80	2.70	3.80	2.81
K ₂ O	3.06	2.40	3.08	3.67	3.17	3.07
MnO	0.09	0.13	0.09	0.08	0.07	0.08
TiO ₂	0.63	0.62	0.5	0.34	0.53	0.35
P ₂ O ₅	0.14	0.10	0.15	0.12	0.29	0.14
CO ₂	0.08	0.79	0.16	0.04	0.08	0.08
H ₂ O ⁺	0.72	0.19	2.16	0.75	0.73	0.90
总和	99.73	98.27	99.78	99.79	99.48	99.73
ANCK	0.86	0.93	1.14	1.07	0.89	1.05
La	31.36	49.00	23.84	36.18	44.79	30.95
Ce	62.18	91.00	46.49	63.87	88.04	75.35
Pr	7.38	9.40	5.27	7.45	10.04	7.16
Nd	26.07	34.00	18.48	27.11	34.38	22.55
Sm	5.00	6.20	3.63	5.17	5.36	4.21
Eu	1.2	1.07	0.93	1.06	1.29	1.06
Gd	4.36	5.7	3.01	3.87	3.68	3.37
Tb	0.69	0.96	0.46	0.61	0.53	0.56
Dy	4.05	5.6	2.67	3.62	2.7	3.29
Ho	0.84	1.11	0.57	0.68	0.48	0.69
Er	2.34	3.3	1.53	1.92	1.26	1.92
Tm	0.37	0.55	0.24	0.30	0.19	0.32
Yb	2.31	3.60	1.60	1.90	1.15	2.12
Lu	0.34	0.6	0.25	0.29	0.17	0.32
Y	20.68	29	13.97	18.5	11.95	17.73
ΣREE	169.16	241.09	122.95	172.54	209.2	171.59
δEu	0.77	0.54	0.84	0.7	0.84	0.83
Rb	101.00	75.00	106.00	138.00	128.00	115.00
Sr	261.00	215.00	275.00	261.00	592.00	304.00
Nb	14.50	13.00	9.70	15.00	14.40	14.40
Zr	128.00	148.00	111.00	140.00	138.00	146.00
Hf	4.00	7.00	4.00	4.60	4.40	3.70
Th	16.70	20.40	16.70	18.30	27.20	16.70
U	2.90	3.99	2.80	1.90	3.00	1.60
Ba	502.00	415.00	398.00	525.00	385.00	431.00
Ga	20.90	16.50	26.10	20.00	29.70	19.30
Ge	1.30	1.42	1.50	1.50	1.30	1.40
Ta	1.20	1.21	0.50	0.90	0.70	0.90

注:样品由原地质矿产部武汉综合岩矿测试中心分析;常量元素采用重量法、火焰光度法和络合滴定法分析,单位:%;微量元素和稀土元素采用等离子体质谱法(ICP-MS)和压片法 X-射线-荧光光谱法(XRF)分析,单位: $\times 10^{-6}$ 。

图1.年龄测试由中国地质科学院地质研究所同位素室承担,测试方法为快中子活化法,样品重48.00 mg,照射参数 $J=0.009810$,测试结果见表3,图7是角闪石的年龄谱图。在1150~1450℃区间的³⁹Ar

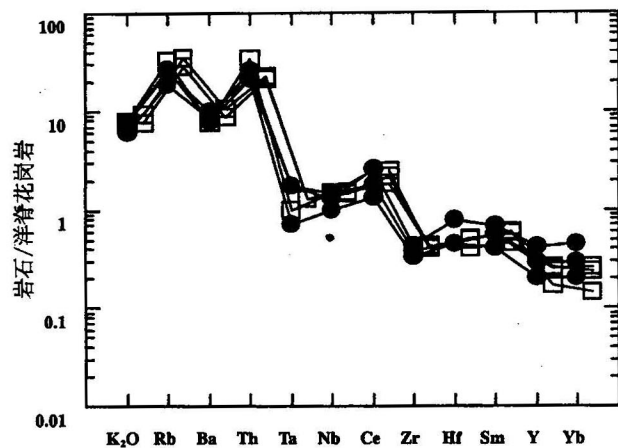


图 3 门巴花岗岩/洋脊花岗岩标准化的地球化学模式
(据 Pearce 等,1984)

Fig. 3 Trace element spider patterns of Menba granitoids by normalized against ocean ridge granite
(after Pearce et al., 1984)

●—黑云角闪花岗闪长岩;□—黑云母二长花岗岩
●—Biotite hornblende granodiorites;□—biotite adamellites

析出数占绝对优势,得出很好的坪年龄值 215.2 ± 1.1 Ma。一般认为在高温阶段坪年龄反映的是成岩年龄,而低温阶段坪年龄则代表后期热事件年龄(李昌年,1992)。因此, 215.2 ± 1.1 Ma 代表了黑云角闪花岗闪长岩的形成年龄。

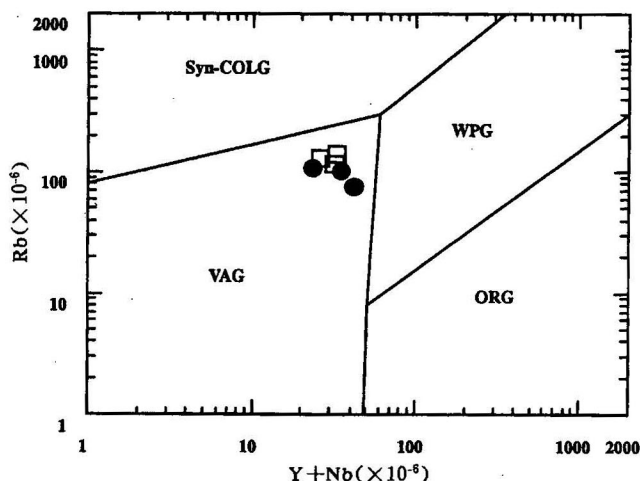


图 4 门巴花岗岩 Rb-(Y+Nb)图解

Fig. 4 Rb-(Y+Nb) diagram of Menba granitoids
syn-COLG—同碰撞花岗岩;WPG—板内花岗岩;VAG—火山弧花岗岩;ORG—洋脊花岗岩;●—黑云角闪花岗闪长岩;□—黑云母二长花岗岩
syn-COLG—Syn-collisional granites;WPG—within plate granites;VAG—volcanic arc granites;ORG—ocean ridge granites;●—biotite hornblende granodiorites;□—biotite adamellites

表 2 门巴花岗岩体样品(TW2)SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄分析结果

Table 2 SHRIMP U-Pb zircon analytical results of sample TW2 from Menba granitoids

采样位置	$^{206}\text{Pb}_e$ (%)	U ($\times 10^{-6}$)	Th ($\times 10^{-6}$)	$\frac{^{232}\text{Th}}{^{238}\text{U}}$	$^{206}\text{Pb}^*$ ($\times 10^{-6}$)	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$		$t\left(\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}\right)$ (Ma)	$t\left(\frac{^{208}\text{Pb}}{^{232}\text{Th}}\right)$ (Ma)
						测值	相对误差(%)	测值	相对误差(%)	测值	相对误差(%)		
TW2-1.1	0.28	825	247	0.31	24.3	0.0504	± 2.4	0.237	± 5.0	0.0341	± 4.4	216.2 ± 9.3	208 ± 11
TW2-2.1	0.55	475	153	0.33	14.3	0.0473	± 3.4	0.227	± 5.6	0.0347	± 4.4	220.1 ± 9.5	271 ± 14
TW2-3.1	0.09	2077	924	0.46	57.6	0.05077	± 1.4	0.226	± 4.5	0.0322	± 4.3	204.6 ± 8.7	206.9 ± 9.3
TW2-4.1	0.24	401	135	0.35	11.5	0.0503	± 4.4	0.231	± 6.2	0.0332	± 4.4	210.7 ± 9.2	214 ± 14
TW2-5.1	0.95	711	491	0.71	19.0	0.0507	± 5.9	0.216	± 7.4	0.0309	± 4.4	196.0 ± 8.6	198 ± 11
TW2-6.1	0.53	1397	391	0.29	39.5	0.0505	± 3.3	0.228	± 5.5	0.0327	± 4.4	207.5 ± 8.9	209 ± 13
TW2-7.1	0.16	1051	222	0.22	28.0	0.0503	± 3.0	0.215	± 5.3	0.0310	± 4.4	196.8 ± 8.5	205 ± 12
TW2-8.1	0.27	826	306	0.38	21.3	0.0518	± 3.9	0.214	± 5.9	0.0299	± 4.5	190.1 ± 8.4	191 ± 11
TW2-9.1	0.38	1035	1480	1.48	25.7	0.0492	± 2.9	0.196	± 5.3	0.0288	± 4.4	183.2 ± 7.9	188.0 ± 8.6
TW2-10.1	0.39	754	206	0.28	22.1	0.0487	± 4.2	0.228	± 6.1	0.0340	± 4.4	215.3 ± 9.3	198 ± 18
TW2-11.1	0.35	583	320	0.57	17.4	0.0489	± 3.4	0.234	± 5.6	0.0346	± 4.4	219.5 ± 9.5	225 ± 12
TW2-12.1	0.10	1254	246	0.20	36.4	0.04920	± 1.9	0.229	± 4.8	0.0338	± 4.3	214.0 ± 9.1	228 ± 11

据测年结果,黑云角闪花岗岩闪长岩的年龄早于黑云母二长花岗岩的年龄,这与野外观察的黑云母二长花岗岩侵入于黑云角闪花岗岩闪长岩的结果一致。

3 新特提斯洋俯冲时代讨论

大量的研究表明(肖序常,1984;常承法,1984;肖序常等,1998;高锐等,1998),雅鲁藏布江缝合带是一条板块俯冲消减带,它标志着这里曾经存在一个业已消失的洋盆——新特提斯洋。新特提斯洋的初始裂谷活动可以追溯到石炭纪—早二叠世(Bhat, 1984; Veevers et al., 1995; Garzanti et al., 1999),沿喜马拉雅山分布的西喜马拉雅旁遮暗色岩(Panjal traps)、中喜马拉雅吉隆沟玄武岩及东喜马拉雅阿波尔火山岩(Abor volcanics)被认为是这一时期裂谷活动的产物,其地球化学特征表现为从地壳伸展初

期的碱质到最后裂解阶段的拉斑玄武岩(Pogue et al., 1992)。然而,由于最早在洋中脊形成的洋壳因俯冲作用已不复存在,而且该区几乎没有早中生代(T—J₁)的地质记录,于是新特提斯洋何时由裂谷演化成洋盆,洋盆又何时由扩张转为俯冲消减成为新特提斯洋演化过程中的难解之谜。一些学者根据雅鲁藏布江缝合带残存的蛇绿岩认为新特提斯洋洋壳的形成不早于晚三叠世(王希斌等,1984;朱占祥等,1996;钟大赉等,1999),主要为晚侏罗世至晚白垩世,并把拉萨地区南桑日群内具岛弧性质的火山岩作为新特提斯洋俯冲的开始,时代为晚侏罗世。另外,冈底斯岩浆弧作为新特提斯洋俯冲消减的产物,其内火成岩的已有同位素测年结果多集中在140~90 Ma(廖忠礼等,2003),似可合理解释以上认识。

事实上,洋壳的俯冲作用使早期形成的洋壳消失殆尽,而后的洋壳则继续形成,最终保存在缝合

表 3 门巴花岗岩体样品(TW4)角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄分析结果Table 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating results of hornblendes in sample TW4 from Menba granitoids

温度(℃)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{38}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}_k(\text{E-14mol})$	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_k$	$^{39}\text{Ar}(\%)$	视年龄(Ma, 1 σ)
500	487.7845	1.6216	3.2668	8.8343	19.51	8.8343	1.27	150.0 ± 27.00
600	273.3546	0.9131	3.9040	3.8174	17.29	3.8174	2.40	66.00 ± 16.00
700	132.6578	0.4440	0.5884	1.4833	31.49	1.4833	4.45	26.00 ± 11.00
800	130.7200	0.4416	0.5233	0.251	29.15	0.2510	6.35	4.40 ± 1.20
900	128.9744	0.4336	1.1975	0.9192	31.3	0.9192	8.39	16.20 ± 4.50
1000	110.4940	0.3396	4.1372	10.4515	36.83	10.4515	10.79	176.00 ± 14.00
1100	39.2140	0.0848	11.5131	15.1085	196.14	15.1085	23.58	249.30 ± 6.90
1150	22.6344	0.0357	8.9606	12.7932	438.00	12.7932	52.13	213.30 ± 3.00
1250	22.5169	0.0342	7.1475	13.0017	473.07	13.0017	82.97	216.60 ± 3.60
1350	32.6711	0.0686	8.0108	13.0364	230.09	13.0364	97.97	217.10 ± 3.60
1450	125.9000	0.3854	8.3261	12.6825	31.16	12.6825	100.00	212.00 ± 10.00

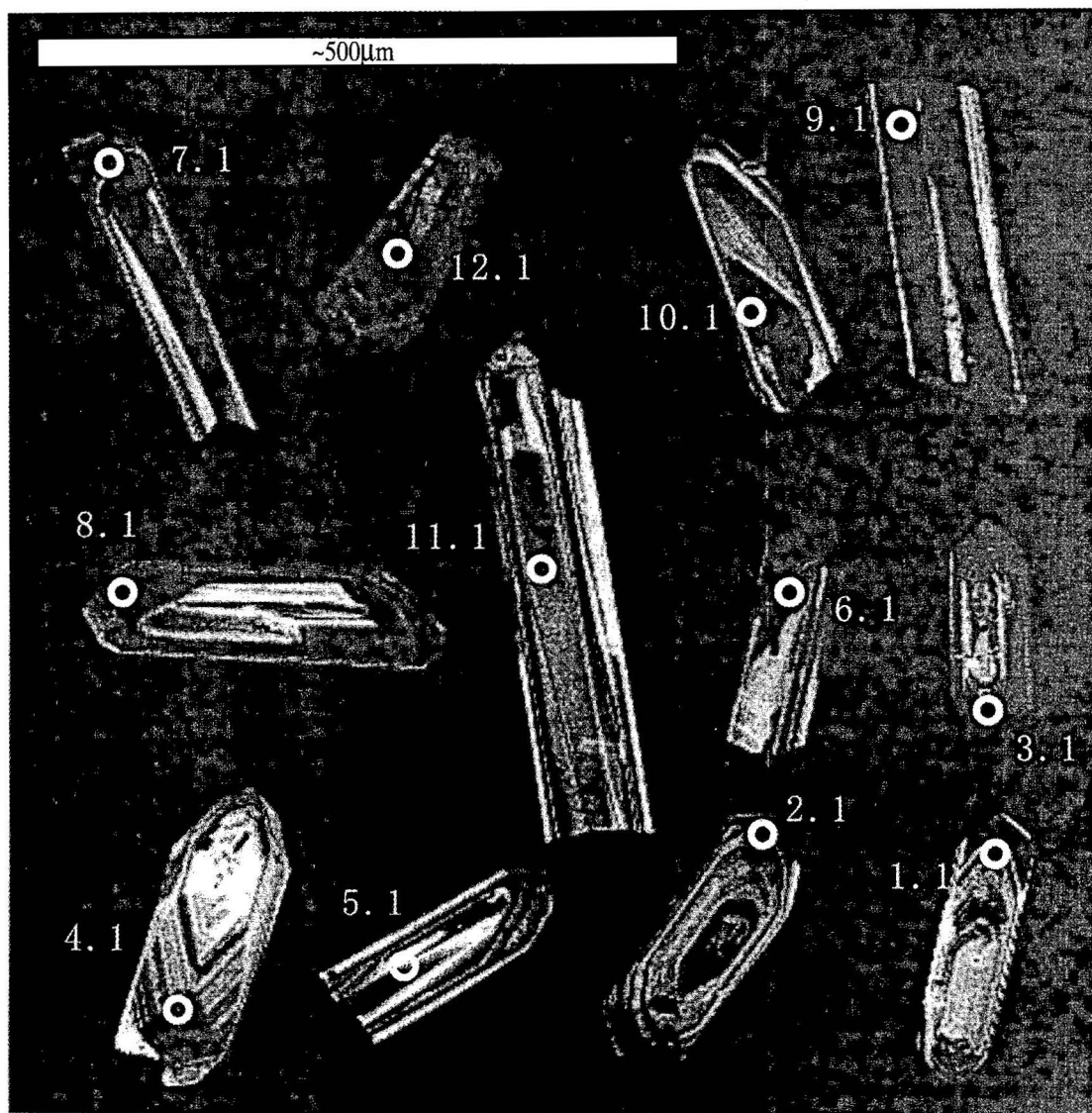


图 5 样品 TW2 锆石的阴极发光图像及测点位置

Fig. 5 Cathodoluminescence image of zircon in sample TW2 and site of analyzed point

图中圆圈为测点位置;数字为测点编号

The circle for analyzed point; digit for pointing number

带内的往往是仰冲或俯冲刮下来的后期洋壳的残片,因此洋壳开始俯冲形成的早期岩浆火山弧可能比现在残留的洋壳残片形成的时间早,而最终俯冲碰撞形成的岩浆火山岩与残留洋壳相比又相对较晚,这就使得残留洋壳的测年结果与岩浆火山弧之间存在一定时差。因此,仅靠洋壳残片的测年结果无法确定早期洋盆的形成演化,并往往导致“先弧后沟”的矛盾。笔者等首次对冈底斯带门巴花岗岩体进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年和角闪石 Ar-Ar 测年,所获结果表明冈底斯带上存在与板块俯冲有关的晚三叠世的岩浆活动,这一发现揭示新特提斯洋在晚

三叠世或者更早就已俯冲。另外,在该花岗岩体西南侧墨竹工卡西还残存有晚三叠世钙碱性火山岩(伊集祥等,1990),即查曲浦群上部的火山岩(叶巴组)。该火山岩东西向延伸,主要为安山岩和基性到酸性火山碎屑岩,与砂岩和灰岩共生,灰岩中产双壳、腕足和菊石等化石,说明其具浅海环境。火山岩的微量元素数据在 Ti-Zr-Y 图上落入钙碱性火山岩区,在 Th-Ta-Hf 图上落入火山弧区(图略)。这些特点表明晚三叠世火山岩形成于火山岛弧环境(Pearce et al., 1990),因此曾有人据此推测雅鲁藏布江洋壳的形成肯定早于晚三叠世(赵政璋等,2001),与其北

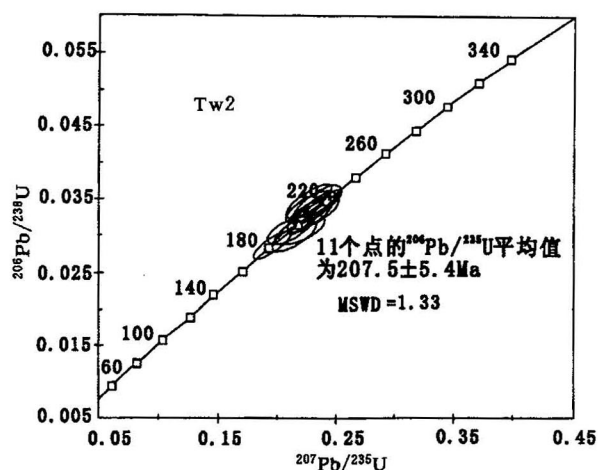
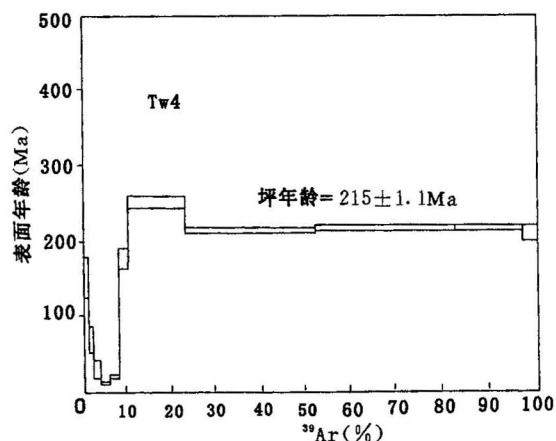


图6 样品(TW2)锆石 U-Pb 年龄谱和图

Fig. 6 U-Pb concordia diagram of zircon in sample TW2

侧的门巴花岗岩体可能共同构成了新特提斯洋早期俯冲的标志性岩石组合。考虑到洋壳的形成与洋壳俯冲作用以及俯冲作用和具岛弧特征岩浆形成之间时间差,可以推测新特提斯洋在晚三叠世之前就已打开。藏南广泛分布甚好的三叠纪浅变质复理石建造通常被认为是新特提斯洋的被动大陆边缘,表明此时洋盆已有一定规模(孙鸿烈等,1998)。其实,在雅鲁藏布江缝合带已发现了代表三叠纪洋壳的蛇绿岩残片。高洪学等(1993)在缝合带东段的泽当地区发现了易剥钙榴岩、球粒玄武岩、枕状玄武岩、岩墙堆积杂岩、放射虫硅质岩等组成的蛇绿岩套层序,在硅质岩中发现了中三叠世一晚三叠世与侏罗纪一白垩纪两个放射虫化石组合。韩湘涛(1994)研究认为

图7 角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄谱图Fig. 7 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age spectrum of hornblende

产于侏罗纪一白垩纪的放射虫硅质岩完全与雅鲁藏布江中段日喀则蛇绿岩地层的时代相当,而产于中三叠世一晚三叠世的放射虫硅质岩则是夹于产于侏罗纪一白垩纪放射虫硅质岩中的外来岩块,属构造作用之再沉积,虽无地层意义,但具有古地理意义,至少可以认为在中、晚三叠世泽当地区已因大洋扩张而形成蛇绿岩地层。因此,有理由认为,随着地质调查研究的深入,将有越来越多的地质证据表明新特提斯洋的形成肯定要比人们传统所认同的早得多。

致谢: SHRIMP 锆石测年是在北京离子探针中心进行, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测试由中国地质科学院地质研究所同位素实验室完成,地球化学数据由原地质矿产部武汉综合岩矿测试中心分析,锆石 SHRIMP 定年测试过程中得到王彦彬研究员、宋彪研究员等的热情帮助;成文过程中与葛文春教授、李才教授进行过有益的探讨,在此表示诚挚的感谢。

注 释

① 西藏自治区地质矿产局. 1994. 中华人民共和国区域地质调查报告(下巴淌幅,1:200000). 101~132.

参 考 文 献 / References

- 常承法. 1984. 雅鲁藏布江缝合带地质构造特征及其演化. 见: 中法喜马拉雅考察报告. 北京: 科学出版社, 327~339.
- 高洪学, 李海, 周青山. 1993. 雅鲁藏布江蛇绿岩地层新知. 中国区域地质, (3): 282.
- 高锐, 李廷栋, 吴功建. 1998. 青藏高原岩石圈演化与地球动力学过程——亚东—格尔木—额济纳旗地质断面的启示. 地质论评, 44(4): 389~394.
- 耿全如, 潘桂堂, 郑来林, 等. 2001. 论雅鲁藏布大峡谷地区冈底斯岛弧花岗岩带. 沉积与特提斯地质, 21(2): 16~22.
- 韩湘涛. 1994. 西藏1:20万浪卡子、泽当幅区域地质调查报告评审验收. 中国区域地质, (3): 287.
- 李昌年. 1992. 火成岩微量元素岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 154~159.
- 李廷栋. 2002. 青藏地质科学研究的新进展. 地质通报, (7): 370~376.
- 廖忠礼, 莫宣学, 潘桂堂, 等. 2003. 西藏南部过铝花岗岩的分布及其意义. 沉积与特提斯地质, 23(3): 12~20.
- Pearce J A, 等. 1990. 拉萨至格尔木的火山岩. 见: 青藏高原地质演化. 北京: 科学出版社, 174~205.
- 宋彪, 张玉海, 万渝生, 等. 2002. 锆石 SHRIMP 样品制靶, 年龄测定及有关现象讨论. 地质论评, 48(增刊): 26~30.
- 孙鸿烈, 郑度. 1998. 青藏高原形成演化与发展. 广州: 广东科技出版社, 41~44.
- 王希斌, 郑海翔, 曹佑功, 等. 1984. 西藏雅鲁藏布江(中段)蛇绿岩组合层序及特提斯洋壳演化的模式. 见: 中法喜马拉雅考察成果. 北京: 地质出版社, 183~204.
- 西藏自治区地质矿产局. 1993. 西藏自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 346~364.
- 肖序常. 1984. 藏南日喀则蛇绿岩及有关的大地构造问题. 见: 中法喜

- 马拉雅考察报告. 北京: 科学出版社, 143~163.
- 肖序常, 王军. 1998. 青藏高原构造演化及隆升的简要评述. 地质论评, 44(4): 372~381.
- 伊集祥, 徐均涛, 刘成杰, 等. 1990. 拉萨至格尔木的区域地层. 见: 青藏高原地质演化. 北京: 科学出版社, 1~49.
- 赵政璋, 李永铁, 叶和飞, 等. 2001. 青藏高原大地构造特征及盆地演化. 北京: 科学出版社, 36~55.
- 钟大赉, 李建清, 胡世玲. 1999. 新特提斯洋俯冲时间: 变质洋壳残片 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 微区年龄. 科学通报, (4): 1782~1785.
- 朱占祥, 廖远安, 腾云. 1996. 雅鲁藏布江开合带蛇绿岩地层. 地层学杂志, 20(4): 299~304.
- Bhat M A. 1984. Volcanics: further evidence for the birth of the Tethys Ocean in the Himalayan Segment. Journal of the Geology Society, 141(4): 763~775.
- Gao Hongxue, Li Hai, Zhou Qingshan. 1993. New progress of the ophiolitic stratigraphy along the Yarlung Zangbo River, Tibet. Regional Geology of Chain, (3): 282 (in Chinese).
- Gao Rui, Li Tingdong, Wu Gongjian. 1998. lithospheric evolution and geodynamic process of the Qinghai-Tibet plateau. — An inspiration from the Yadong-Golmud-Egin geoscience transect. Geological Review, 44(4): 389~394 (in Chinese with English abstract).
- Garzanti E, le Fort P, Sciunnach D. 1999. First report of low Permian basalts in South Tibet: Tholeiitic magmatism during break up and incipient opening of Neotethys. Journal of Asia Earth Sciences, 17: 523~546.
- Geng Quanru, Pan Guitang, Zheng Lailin, et al. 2001. The Gangdise island-arc granite zone along the Yarlung Zangbo Grand Canyon, Xizang. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 21(2): 16~22 (in Chinese with English abstract).
- Li Lingdong. 2002. New progress in the geoscience study of the Qinghai-Tibet plateau. Geological Bulletin of China, (7): 370~376 (in Chinese with English abstract).
- Liao Zhongli, Mo Xuanxue, Pan Guitang, et al. 2003. The distribution and tectonic significance of peraluminous granites in southern Xizang. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 23(3): 12~20 (in Chinese with English abstract).
- Paterson B A, Stephens W E, et al. 1992. The nature of zircon inheritance in two granite plutons. Earth Science, 83: 459~471.
- Pearce J L A, Harris B W, Tindle A G. 1984. Trance element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Petrology J. Part. , 4: 956~983.
- Pogue K R, Dipietro J A, Rahim S, et al. 1992. Late Paleozoic rifting in northern Pakistan. Tectonics, 11: 871~883.
- Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. 2002. SHRIMP sampling, dating and issue on its relation. Geological Review, 48 (sup.): 26~30 (in Chinese with English abstract).
- Sun Honglie, Zheng Du. 1998. Formation evolution and development of Qinghai-Xizang (Tibetan) plateau. Guangzhou: Guangdong Science Press, 41~44 (in Chinese with English abstract).
- Veevers J J, Tewari R C. 1995. Permian-Carboniferous and Permian-Triassic magmatism in the rift zone bordering the Tethyan margin of southern Pangea. Geology, 23(5): 467~470.
- Xiao Xuchang. 1984. The Xiigaze ophiolite of southern Xizang (Tibet) and its relevant tectonic problems. In: Suno-Frence Cooperative Investigation in Himalayas. Beijing: Science Press, 143~168 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Xuchang, Wang Jun. 1998. A brief review of tectonic evolution and uplift of the Qinghai-Tibet plateau. Geological Review, 44 (4): 372~381 (in Chinese with English abstract).
- Xizang Bureau of Geology and Mineral Resources Regional. 1993. Geology of Xizang Autonmous Region. Beijing: Geological Publishing House, 346~364 (in Chinese with English abstract).
- Yin Jixiang, Xu Juntao, Liu Chengjie, et al. 1990. Regional stratigraphy context and previous work. In: Geological Evolution of Tibetan Plateau. Beijing: Science Press, 1~48 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Dalai, Ji Jianqing, Hu Shiling. 1999. Laser $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the remaining metamorphic ocean crust: the subducting time of the Neotethys. Chinese Science Bulletin, (4): 1782~1785 (in Chinese).
- Zhu Zhanxiang, Liao, Yuanan, Teng Yun. 1996. The ophiolitic stratigraphy in the open-close belt in Yarlung Zangbo River, Tibet, China. Journal of Stratigraphy, 20(4): 299~304 (in Chinese with English abstract).

Isotopic Dating of the Mamba Granitoid in the Gangdise Tectonic Belt and Its Constraint on the Subduction Time of the Neotethys

HE Zhonghua, YANG Deming, ZHENG Changqing, WANG Tianwu

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

Abstract

The paper presents SHRIMP U-Pb dating results of zircon and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating results of hornblende from the Mamba granitoid cropping out in the Gangdise tectonic belt. The ages were dated to be 207 Ma and 215 Ma respectively, suggesting that they were formed during the late Triassic. Geological and geochemical studies show that the Mamba Granitoids include biotite hornblende granodiorite and biotite adamellite, which were formed in an island-arc environment. Mamba granitoid and the late Triassic calc-alkaline volcanics (the Yeba Formation) cropping out near Maizhokunggar to the south of Mamba constitute a typical rock association related to plate subduction, which suggests that the Neotethys subducted before the late Triassic.

Key words: SHRIMP dating; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating; Mamba granitoids; Neotethys; Gangdise