

滇西南那邦变质基性岩两期变质作用的⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学研究*

季建清¹ 钟大赉² 桑海清² 裘冀² 胡世玲²

1. 北京大学地质学系, 北京 100871; 2. 中国科学院地质研究所, 北京 100029

1. Department of Geology, Peking University, Beijing 100871, China;

2. Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China.

1999-08-24 收稿, 2000-03-02 改回.

Ji Jianqing, Zhong Dalai, Shang Haiqing, Qiu Ji and Hu Shiling. 2000. Dating of two metamorphic events on the basalt granulite from the Nabang area on the border of China and Burma. *Acta Petrologica Sinica*, 16(2):227~232

Abstract The Nabang metamorphic basalt, discovered on the border of China and Burma recently, experienced two metamorphic events. The early metamorphism is granulite-facies and the later one is amphibolite-facies. ⁴⁰Ar/³⁹Ar isochron age on a laser microscope scale of the early mineral assemblage including garnet and clinopyroxene is 74.44 ± 1.5 Ma. ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau and isochron age of garnet and clinopyroxene, is about 74~76 Ma corresponding to the age of the early metamorphism and 23~24 Ma to the later one. As the age of the later metamorphism, ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau and isochron age of hornblende and plagioclase is between 23 and 24 Ma, the same as the K-Ar apparent age of hornblende. Consequently, it is concluded that the early metamorphic age of the Nabang metamorphic basalt is about 74~77 Ma which is consistent with the Myitkyina oceanic crustal subduction age and the later is about 23~24 Ma relating to the dextral strike-slip deformation. It is concluded that the Nabang metamorphic basalt is one of the youngest granulite discovered all over the world. The ages of two metamorphic events can be used to study the geological process developing in the western edge of the Tengchong block.

Key words Metamorphic basalt, ⁴⁰Ar/³⁹Ar, Laser ⁴⁰Ar/³⁹Ar age on a microscope scale, Nabang

摘要 中缅边界那邦变质基性岩出露于东缅著名的 Mogok 带的东缘。那邦基性麻粒岩经历了早期麻粒岩相、晚期角闪岩相的两期变质作用的改造。早期变质作用的矿物石榴石和单斜辉石的⁴⁰Ar/³⁹Ar激光微区等时线年龄是 74.44 ± 1.44 Ma;石榴石和单斜辉石的⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄谱图和等时线年龄均显示两组年龄:74~76 Ma和23~24 Ma。晚期变质作用矿物角闪石的K-Ar法得出23 Ma,角闪石和斜长石的⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄谱图和等时线年龄均显示23~24 Ma的变质年龄。综合这些结果,可以确定那邦基性麻粒岩的早期麻粒岩相变质作用的年龄是74~77 Ma,可能与新特提斯洋壳俯冲事件有关;晚期角闪岩相变质作用的年龄是23~24 Ma,与区内喜山期以来陆内块体响应两大陆会聚作用发生的大型走滑事件有关。那邦基性麻粒岩是世界上 youngest 的麻粒岩相岩石之一,而且,两期变质作用年龄的确定对揭示区内与变质作用相关的地质事件具有重要意义。

关键词 变质基性岩; ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄; ⁴⁰Ar/³⁹Ar 激光微区年龄; 那邦

中图法分类号 P597.3; P588.346

1 引言

中缅边界那邦基性麻粒岩是滇西地区首次发现的麻粒岩相岩石(季建清等,1998),出露于东缅著名的 Mogok 带的东缘。它经历了早期麻粒岩相和晚期角闪岩相两期变质作用。那邦基性麻粒岩呈包裹体出露于腾冲地块西缘、缅甸境

内密支那缝合带东具有岛弧性质的同碰撞岩浆岩体中。由于其经历的地质事件的时限较新,我们推测它可能与特提斯洋的俯冲、印度板块和欧亚板块的碰撞及相应的碰撞效应有关。两期变质作用年代的限定将有助于揭示区内与基性麻粒岩有关的重大地质事件序列,对区内岩石圈构造演化历史的重建研究等都有重要意义。本文报告⁴⁰Ar/³⁹Ar等方法确定的变质作用年代结果,并讨论其构造意义。

* 本文系国家自然科学基金重点项目(49732100)与青年基金(49603042)资助成果。

第一作者简介:季建清,男,1968年生,博士后,岩石学、构造地质学专业。

2 地质背景

中缅边界那邦基性麻粒岩出露于密支那缝合带以东约45~60km,位于东缅著名的 Mogok 带的东缘。地势上,出露于中国滇西西缘高山区(海拔多为1700m以上)与东缅盆地之间相接的低丘陵区。基性麻粒岩呈大小不等的透镜状、似层状包体赋存于片麻状的花岗闪长质岩石中,呈近南北的带状分布。大者出露宽度几百米,长约几千米,与围岩接触关系为渐变过渡或截然变化的关系。变质作用研究表明,那邦基性麻粒岩经历了两期变质作用的改造,早期为麻粒岩相变质作用,主要矿物组合为石榴石+单斜辉石+斜长石(石英,变质作用的温压下限分别是750C~860C、800~1000MPa;后期的变质变形作用使得基性麻粒岩退变为斜长角闪岩,新生斜长石和角闪石线理与后期右行逆冲走滑剪切变形带的线理方向相一致,相应的温压条件是590~802MPa,640C~720C。变质作用PT演变轨迹是顺时针的降温降压型,指示隆升环境的变质演化的特点。在大多数岩石标本中,可以找到两期变质矿物之间的转变结构关系。野外地质研究表明,在腾冲地块的西缘新生代以来发育了一条近南北向展布的那邦右旋大型韧性剪切带。基性麻粒岩经受的晚期变质作用与该右旋走滑剪切变形作用是同时的(季建清,1998)。

由于那邦基性麻粒岩早期变质矿物组合大都呈残留矿物相,这给早期变质作用的定年带来困难,为此采用了包括单斜辉石和石榴石在内的激光微区 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定与不同世代矿物相的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 的定年手段对其进行限定。

3 两期变质作用年代学

3.1 激光微区 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年

(1) 实验方法与样品描述

选择石榴石和单斜辉石保存较好的岩石作为测试样品。显微镜下,石榴石表面光洁,较少见有包体,晶粒外缘有典型的冠状后成合晶,由后期变质作用矿物组合角闪石和斜长石组成;单斜辉石在裂缝和外部边缘有角闪石的退变边。

将样品制成 $6\times 6\times 1\text{mm}$ 的光片,置中国科学院原子能研究所的49-2反应堆B8孔道进行快中子照射,照射时间是55小时48分钟,快中子积分通量为 $1.41\times 10^{18}\text{n}/\text{cm}^2$,照射参数为 $J=0.00862$ 。用于中子通量监测的样品是我国K-Ar标准样ZBH-25黑云母,年龄为132Ma。应用中国科学院广州地球化学研究所同位素室的激光-质谱装置,对其进行连续激光熔样。样品的加热能源采用Nd:YAG固体激光器,输出波长为1064nm近红外辐射的相干激光束,输出端光斑直径约 $100\mu\text{m}$ 。调整氦泵浦氩灯的电流达到一定值(14安培),产生足够能量的激光束,使样品瞬时熔化。因Nd:YAG输出的是不可见光,为此熔样前利用He-Ne准激光器所产生的低能量(1mV)、波长为632nm的可见光,通过显微镜载样盘上

端的玻璃窗口对准待测样品的表面,为Nd:YAG激光进行导光。载样盘置于三维可调的显微镜载物台上,其边部通过波纹管连接超真空系统(10^{-9}Pa),采用Zr-Al泵纯化系统。经纯化后的气体氩同位素进入MM1200质谱计,应用17级Ca-Be高增益电子倍增器测量其氩同位素各峰值,计算其所测的年龄。计算年龄时采用常数为 $^{40}\text{K}=5.543\times 10^{-10}/\text{a}$
 $^{40}\text{K}/\text{K}=1.167\times 10^{-4}$ (原子/原子),年龄误差按 1σ 计算。

(2) 石榴石和单斜辉石激光 $\text{Ar}-\text{Ar}$ 微区等时线年龄

测定的五个点激光质谱 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 全熔融的视年龄为93.85~1398.04的不等值,而它们的等时线年龄值是74.44Ma,低于五个点的视年龄,且 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 超过了尼尔值,说明了石榴石和单斜辉石存在过剩氩。因此它们的表面年龄不能揭示石榴石和单斜辉石的形成年龄,但它们的等时线可克服过剩氩的影响,能够得到真实的早期变质作用年龄。

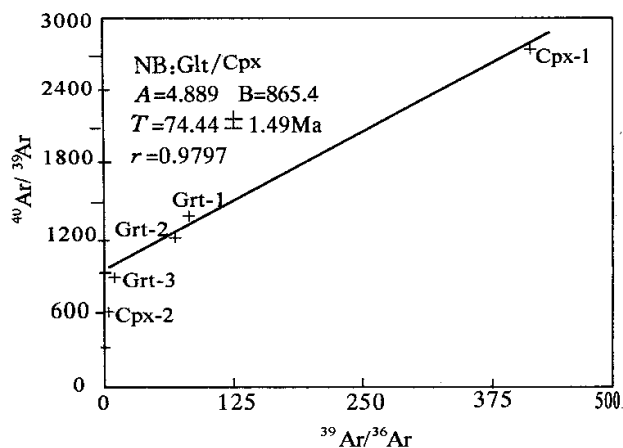


图1 NB-8样品中早期矿物组合石榴石和单斜辉石的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 等时线年龄

Fig. 1 Laser micro-area $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron plot of garnet and pyroxene in Nabang basic granulite on the border of China and Burma

Grt: Garnet, Cpx: Cliopyroxene

表1 那邦基性麻粒岩石榴石和单斜辉石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 等时年龄数据

Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ laser mass analyzed isochron results of garnet and pyroxene micro-area

样品号	熔样温度 (C)	$^{40}\text{Ar}^*$ (%)	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	$^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$	视年龄 (Ma)
NB-8Grt-1	1500	79.53	1446.26	80.63	209.2±22.3
NB-8Grt-2	1500	70.5	1001.89	82.25	1391.4±131.5
NB-8Grt-3	1500	67.96	922.40	9.63	803.2±42.34
NB-8Cpx-1	1500	89.41	2819.9	407.4	93.85±7.76
NB-8Cpx-2	1500	51.73	612.26	2.33	1398.04±264

3.2 单矿物⁴⁰Ar/³⁹Ar 的年龄测定

(1) 实验方法

岩石标本为 YJ-51, NB-4, NB-8-6。三件样品岩相学表明,早期矿物石榴石和单斜辉石到晚期矿物角闪石和斜长石的转变是一种变质反应关系。挑选的单矿物石榴石、单斜辉石纯度达到 95% 以上,角闪石和斜长石纯度达到 98% 以上。将样品置于中国科学院原子能研究所的 49-2 反应堆

B8 孔道中心位置进行快中子照射,照射时间是 55 小时 28 分钟(照射参数 J=0.01219),快中子积分通量为 1.32×10¹⁸ n/cm²,用于中子通量监测的样品是我国 K-Ar 标准样 ZBH-25 黑云母,年龄为 132Ma。样品测试在中国科学院地质研究所⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年实验室进行,测定仪器是英国 RGA-10 气体源质谱仪(VSS 公司)。样品重量皆为 0.25g。年龄计算参数同前。

表 2 那邦变质基性岩早期变质矿物单斜辉石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 快中子活化法定年数据

Table 2 ⁴⁰Ar/³⁹Ar laser data of clinopyroxene from the Nabang mafic granulite

加热阶段	加热温度 (°C)	(⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁶ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁷ Ar/ ³⁹ Ar) _m	(³⁸ Ar/ ³⁹ Ar) _m	³⁹ Ar _k 10 ⁻¹² mol	(⁴⁰ Ar* / ³⁹ Ar _k) ±1σ	³⁹ Ar _k (%)	视年龄 t±1σ (Ma)
1	420	18.372	0.0581	2.0964	0.1535	0.498	1.41±0.3	0.69	30.80±0.65
2	530	4.206	0.0107	0.9476	0.0327	2.48	1.09±0.0	3.43	23.80±0.03
3	620	3.254	0.0074	0.8096	0.0243	3.92	1.11±0.0	5.42	24.30±0.03
4	720	2.681	0.0055	1.1439	0.0204	5.45	1.11±0.0	7.54	24.32±0.02
5	800	6.460	0.0142	1.8946	0.0858	2.62	2.42±0.0	3.62	52.45±0.14
6	950	5.860	0.0084	1.6247	0.0623	4.98	3.50±0.0	6.90	75.40±0.17
7	1030	4.397	0.0035	2.1397	0.0297	11.3	3.52±0.0	15.68	75.72±0.11
8	1100	4.887	0.0052	2.3418	0.0347	8.20	3.51±0.0	11.35	75.56±0.13
9	1180	4.435	0.0036	2.4356	0.0477	13.3	3.55±0.0	18.44	76.50±0.11
10	1250	4.466	0.0035	1.9692	0.0414	11.9	3.57±0.0	16.52	76.80±0.11
11	1350	5.438	0.0069	1.1498	0.0470	5.03	3.47±0.0	6.96	74.71±0.15
12	1500	8.972	0.0140	1.2787	0.0589	2.48	4.92±0.1	3.43	105.17±0.53

(2) 早期矿物石榴石和单斜辉石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄

单斜辉石⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年结果有两组年龄:主要的坪年龄为 75.93Ma,占³⁹Ar 析出量 65%,等时线年龄为 77.22Ma,与上述激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 微区的等时线年龄相近;另一个有地质意义的年龄坪为 24.20Ma,约占析出量的 15%,相应的等时线年龄是 24.83Ma。

石榴石⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年结果也有两组年龄:主要一组坪年龄是 74.07Ma,占³⁹Ar 析出量的 60%,等时线年龄为 74.17Ma,与激光⁴⁰Ar/³⁹Ar 微区的等时线年龄和单斜辉石的结果基本一致;另一组坪年龄为 23.35Ma,约占析出量的 30%,等时线年龄为 23.53Ma,记录了后期变质作用对石榴石改造年龄。

由于石榴石和单斜辉石是早期变质作用阶段形成的矿物,理论上应该保留了早期变质作用的年龄信息,但是由于后期与走滑变形相关的变质变形改造,使得石榴石和单斜辉

石在颗粒的边部、裂缝和变质反应得以发生的部位等的 Ar 同位素组成发生了局部的均一化,有如石榴石和单斜辉石的化学成分在后期变形发生局部迁移一样,局部记录了后期变质变形作用年龄的同位素信息。

有意思的是石榴石和单斜辉石的激光微区⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年方法中显示的石榴石和辉石有明显的过剩氩存在,⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始值高达 865.4,而常规⁴⁰Ar/³⁹Ar 定年方法显示的⁴⁰Ar/³⁶Ar 初始值均接近尼尔值,不含过剩氩。我们推测是激光微区方法中释放的超微量⁴⁰Ar 可能与本底叠加的结果,但这种叠加不影响等时线的结果。

(3) 晚期矿物角闪石和斜长石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄

角闪石和斜长石的⁴⁰Ar/³⁹Ar 坪年龄分别是 24.15Ma, 23.50Ma, 等时线年龄分别是 24.51, 23.13Ma,二者较为吻合,也与石榴石和单斜辉石的低温年龄坪一致,证明这两种矿物代表的晚期变质作用年龄为这一时限。

表3 那邦变质基性岩早期变质矿物石榴石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法定年数据Table 3 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data of garnet from the Nabang mafic granulite

加热阶段	加热温度 (°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_k$ 10^{-12}mol	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_k)$ $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_k$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
1	420	10.563	0.0324	0.4211	0.0648	0.823	1.04 ± 0.0	2.90	22.72 ± 0.15
2	520	3.333	0.0076	0.1440	0.0205	3.97	1.08 ± 0.0	13.99	23.56 ± 0.03
3	620	3.222	0.0073	0.1764	0.0274	3.82	1.06 ± 0.0	13.45	23.17 ± 0.02
4	700	12.471	0.0341	0.4759	0.0871	0.986	2.45 ± 0.0	3.48	53.01 ± 0.49
5	800	8.663	0.0182	0.7617	0.0684	1.53	3.33 ± 0.1	5.38	71.83 ± 0.32
6	900	7.547	0.0142	0.8710	0.0865	1.47	3.43 ± 0.0	5.20	73.87 ± 0.25
7	1000	5.105	0.0056	0.4612	0.0427	3.32	3.47 ± 0.0	11.69	74.40 ± 0.13
8	1100	4.789	0.0048	0.5202	0.0423	4.12	3.39 ± 0.0	14.51	73.13 ± 0.12
9	1200	4.585	0.0039	0.6067	0.0362	5.31	3.45 ± 0.0	18.72	74.30 ± 0.11
10	1300	6.401	0.100	0.7843	0.0766	2.21	3.51 ± 0.0	7.79	75.49 ± 0.19
11	1500	16.147	0.0411	0.8220	0.1926	0.818	4.11 ± 0.2	2.89	88.23 ± 1.34

表4 那邦变质基性岩晚期变质矿物角闪石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法定年数据Table 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data of hornblende from the Nabang mafic granulite

加热阶段	加热温度 (°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_k$ 10^{-12}mol	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_k)$ $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_k$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
1	430	33.385	0.1077	1.4978	0.1179	0.452	1.80 ± 0.72	0.52	39.07 ± 1.81
2	550	10.442	0.0336	1.1917	0.0478	1.31	0.61 ± 0.14	1.51	13.46 ± 0.06
3	650	5.641	0.0164	1.2825	0.0523	2.26	0.89 ± 0.00	2.60	19.39 ± 0.03
4	750	4.424	0.0115	0.9827	0.0482	3.22	1.09 ± 0.00	3.71	23.76 ± 0.03
5	850	3.770	0.0094	1.5296	0.0697	2.83	1.09 ± 0.00	3.25	23.84 ± 0.03
6	930	2.540	0.0050	0.8921	0.0383	5.75	1.10 ± 0.00	6.61	24.01 ± 0.02
7	1000	2.523	0.0049	0.7991	0.0317	7.54	1.11 ± 0.00	8.66	24.22 ± 0.02
8	1080	2.451	0.0047	0.8865	0.0308	11.8	1.11 ± 0.00	13.60	24.19 ± 0.02
9	1160	1.780	0.0024	0.9122	0.0183	20.2	1.11 ± 0.00	23.22	24.29 ± 0.02
10	1240	1.735	0.0023	1.0485	0.0202	24.5	1.12 ± 0.00	28.12	24.42 ± 0.02
11	1320	3.526	0.0077	1.6402	0.0622	3.62	1.37 ± 0.00	4.16	29.77 ± 0.03
12	1450	4.572	0.0105	0.7088	0.0651	3.52	1.50 ± 0.00	4.05	32.80 ± 0.04

表5 那邦变质基性岩晚期变质矿物斜长石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化法定年数据Table 5 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data of plagioclase from the Nabang mafic granulite

加热阶段	加热温度 (°C)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{39}\text{Ar}_k$ 10^{-12}mol	$(^{40}\text{Ar}^*/^{39}\text{Ar}_k)$ $\pm 1\sigma$	$^{39}\text{Ar}_k$ (%)	视年龄 $t \pm 1\sigma$ (Ma)
1	450	25.926	0.0820	1.5177	0.1164	0.438	1.90 ± 0.32	0.69	41.22 ± 0.77
2	560	15.229	0.0499	0.8921	0.0755	0.860	0.60 ± 0.11	1.36	13.21 ± 0.09
3	660	10.085	0.0316	0.6412	0.0564	1.36	0.80 ± 0.00	2.15	17.61 ± 0.05
4	750	7.520	0.0224	0.5681	0.0556	1.71	0.96 ± 0.00	2.71	20.99 ± 0.04
5	850	3.121	0.0069	0.3189	0.0277	4.01	1.08 ± 0.00	6.35	23.52 ± 0.02
6	940	2.590	0.0052	0.2725	0.0219	5.82	1.06 ± 0.00	9.21	23.11 ± 0.02
7	1020	2.427	0.0047	0.6645	0.0254	7.93	1.07 ± 0.00	12.55	23.45 ± 0.02
8	1100	1.791	0.0024	0.3077	0.0111	20.5	1.07 ± 0.00	32.37	23.34 ± 0.02
9	1200	2.138	0.0036	0.4019	0.0162	12.5	1.07 ± 0.00	19.74	23.44 ± 0.02
10	1300	2.839	0.0059	0.5890	0.0343	5.47	1.11 ± 0.00	8.66	24.28 ± 0.02
11	1450	5.478	0.0143	1.0937	0.1174	2.67	1.32 ± 0.00	4.22	28.81 ± 0.04

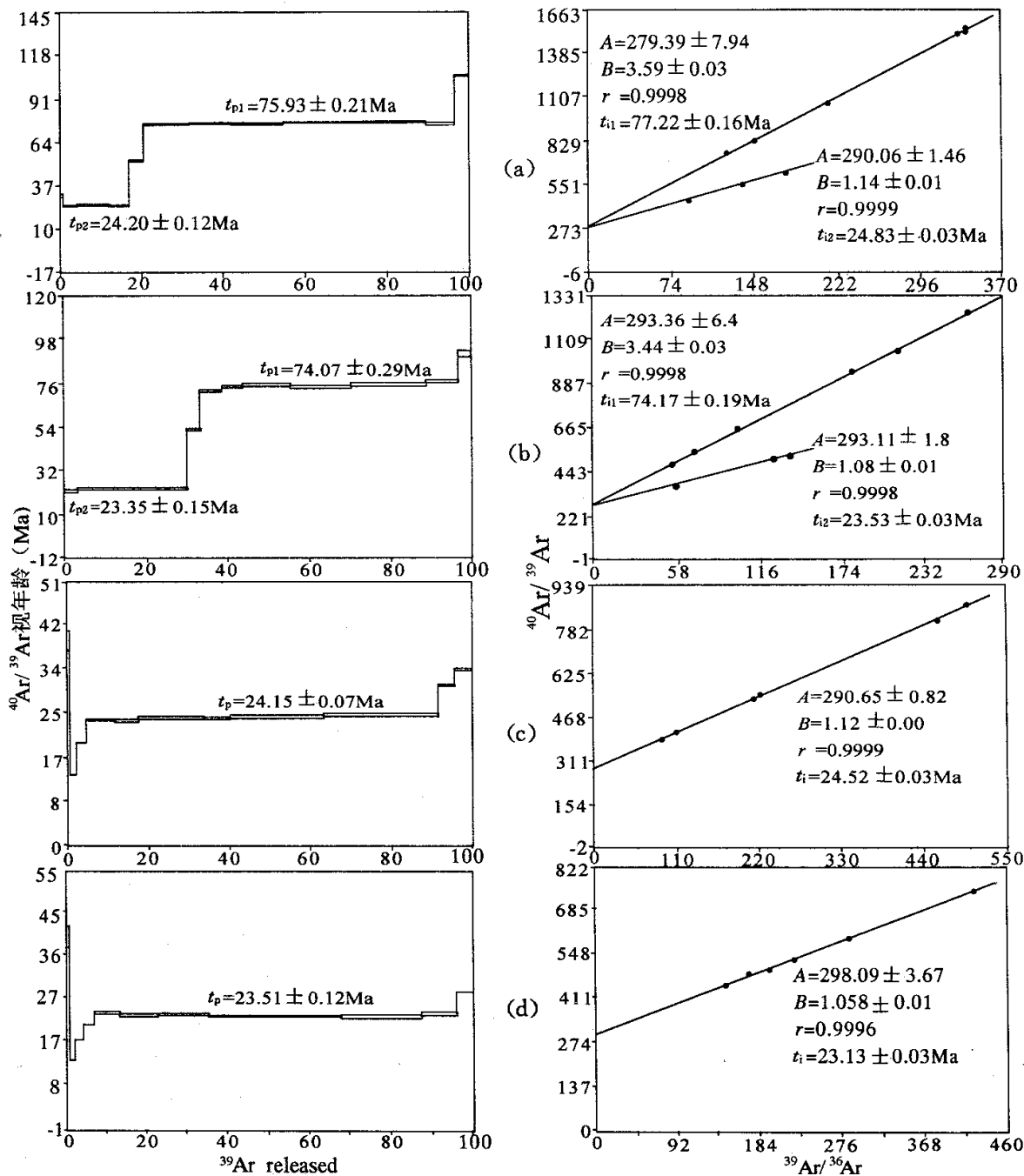


图2 那邦变质基性岩变质矿物⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄谱图和等时线年龄

(a)单斜辉石(YJ-51); (b)石榴石(YJ-51); (c)角闪石(NB-4); (d)斜长石(NB-4)

Fig. 2 ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau age and isochron age of metamorphic minerals

4 讨论与结论

那邦变质基性岩中获得了两组变质年龄:早期变质作用的74~76Ma,为晚白垩世;晚期变质作用的23~24Ma,为中

新世。早期变质作用时限早于欧亚大陆与印度大陆的碰撞时限(通常认为是50~60Ma),应该是两大陆间大洋消减期间的地质记录。那邦基性麻粒岩呈包体出露于腾冲地块西缘的盈江-那邦岛弧型同碰撞岩浆岩中,该岩浆岩带与西藏冈底斯岩浆岩带的形成时代相当,约在40~45Ma前后形成。有意

思的是那邦基性麻粒岩的地球化学特征、同位素地球化学特征显示有 MORB 的特征(另文发表),而且由于它出露于缅甸境内的密支那缝合带的上驮板片前缘,从而被怀疑是密支那缝合带相关的古洋壳残片。它的早期变质作用事件可能与密支那新特提斯洋壳的俯冲有关,说明密支那洋壳当时至少已经俯冲到相当于下地壳的深度,而后由于某种构造机制抬升至近地表。最近由数学模型和物理模型提出的俯冲板片裂离作用的模型为这种俯冲洋壳残片折返至地表提供了理论支持(Blanckenburg, 1995; Davies J. H., 1995; Alexander, 1996)。两期变质作用年代学结果为探讨那邦变质基性岩成因提供了很好的年龄约束。

如果把东缅甸密支那缝合带与西藏雅鲁藏布江缝合带对比连接,云南腾冲地块的盈江-那邦同碰撞岩浆岩带与西藏拉萨地块冈底斯岩带对比连接,那么密支那缝合带是整个特提斯缝合带的东支,两期变质作用年代结果为探讨特提斯古洋壳的俯冲作用、俯冲洋壳裂离、俯冲物质深部物质运动和折返提供了有力的年龄约束。在特提斯 Alps 带上,与大洋俯冲相关的高压变质作用时限是 60~130Ma,与抬升有关的后期改造时限是 30~40Ma(Dov Avigad, 1993; Coward, 1989; Duchene et al., 1997)。本文在青藏高原东南部获得的特提斯洋俯冲作用的年龄也落在上述俯冲时间区段,这为对比东、西新特提斯洋的俯冲封闭和演化历史提供了可靠的依据。

那邦变质基性岩晚期变质作用的年龄集中在 23~24Ma,前有说明,这组年龄是基性麻粒岩相岩石经受后期走滑变形作用改造的年龄,与滇西的红河-哀牢山左旋走滑作用的活动时限相对应。有意思的是,那邦变质基性岩的出露位置是东缅甸境内著名的 Mogok 带的东缘,是 Mogok 带的岩石组成之一。前人推定该变质带是前寒武纪地质体,也有推定它是喜山期走滑变形变质带。我们的年龄结果说明, Mogok 带是晚白垩世以来形成的变质变形带,而且, 23~24Ma 的近南北向右旋走滑运动与红河-哀牢山左旋走滑运动的对应说明 Mogok 带很可能是印支地块逸出的西边界。

综上所述,本文得出以下结论:

(1) 呈包体产于同碰撞花岗岩系中的那邦变质基性岩经受了两期变质作用的改造。早期麻粒岩相变质作用的时限为 74~76Ma,推测是密支那缝合带相关洋壳的俯冲时限,与特提斯带 Alps 段的高压变质年龄可以比照。

(2) 那邦变质基性岩晚期角闪岩相变质作用时限为 23~24Ma,是晚期区内大规模的右旋走滑断裂变形变质作用的时限,暗示那邦走滑断裂或 Mogok 变质带是青藏高原东南部相应两大陆碰撞发生的块体挤出运动的西部边界。

(3) 著名的 Mogok 变质带过去认为是东缅甸和腾冲地块的前寒武基底变质岩系,本文的结果显示是晚中生代-新生代以来的变质变形带,是否是前寒武纪的变质岩系值得商讨。

(4) 那邦变质基性岩两期变质作用时限的确定为探讨洋

壳残片的俯冲、变质和高压变质岩的折返机制提供了很好的年代学约束。

致谢: 本文野外工作得到云南地矿厅第四地质大队赵成峰、盈江县那邦镇派出所于仕伟、昆明理工大学陈昌勇博士的帮助,谨表谢意。

References

- Chemenda A I, Maurice Mattauer, Bokum A N. 1996. Continental subduction and a mechanism of exhumation of high-pressure metamorphic rocks: new modelling and field data from Oman. *Earth and Planetary Science Letter*, 143:173~182
- Blanckenburg F, von Davies J H. 1995. A model for syncollisional magmatism and tectonics in Alps. *Tectonics*, 14:120~131
- Biino G G, Marquer D and Nussbaum Ch. 1997. Alpine and pre-Alpine subduction events in polycyclic basements of the Swiss Alps. *Geology*, 25:751~754
- Dalrymple G B. 1988. The GLM continuous laser system for $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Ar dating: description and performance characteristics, new frontier in stable isotopic research: laser probes, ion probes, and small sample analysis. *Geol. Surv. Bull.*, 1890:89~96
- Davies J H and von Blanckenburg F. 1995. Slab break-off: A model of lithosphere detachment and its test in the magmatism and deformation of collisional orogens. *Earth and Planetary Science Letters*, 129:85~102
- Stowell H H and Goldberg S A. 1997. Sm-Nd garnet dating of polyphase metamorphism: northern Coast Mountains, southeastern Alaska, USA. *Journal of Metamorphic Geology*, 15: 439~450
- York D, Hall C M, Yanase Y et al. 1981. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of terrestrial minerals with a continuous laser. *Geophys. Res. Lett.*, 8:1136~1138
- Ji Jianqing, Zhong Dalai, Ding Lin et al. 1998. Two metamorphic events and significance of Nabang metamorphic mafic on the border of Burma and China. *Acta Petrologica Sinica* (in Chinese with English abstract), 14(2):163~177
- Dov Avigad, Christian Chopin, Bruno Goffe et al. 1993. Tectonic model for the evolution of the western Alps. *Geology*, 21: 659~667
- Coward M and Dietrich D. 1989. Alpine tectonics — A review. In: Coward M et al. (eds.). *Alpine tectonics*. Geological Society of London Special Publication. 1~13
- Duchene S, Blichert-Toft J, Luais B et al. 1997. The Lu-Hf dating of garnets and the ages of the Alpine high-pressure metamorphism. *Nature*, 387:586~587

附中文参考文献

- 季建清, 钟大赉等. 1998. 中缅边界那邦基性麻粒岩的发现及其变质作用研究. *岩石学报*, 14(2): 163~175