

金沙江 - 红河构造带北段囊谦盆地新生代高钾岩石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究

朱丽^{1,5}, 张会化^{2,1}, 王江海^{3,1}, 周江羽^{4,1}, 解广轰¹

(1. 中国科学院边缘海地质重点实验室, 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2 广东省生态环境和土壤研究所, 广东 广州 510650; 3. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275; 4 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074; 5. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 9个黑云母样品高精度 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法定年结果表明, 囊谦盆地高钾岩浆的活动年限为 37.1 ~ 37.8 Ma。高钾岩石在地质背景和岩石类型上与青藏东缘发现的两类高钾岩系中的早期高钾岩浆岩具有可比性, 它们可能形成于相同的构造背景。结合前人的同位素年代学研究资料, 金沙江 - 红河构造带南、北段高钾岩浆活动的时间分别为 40 ~ 24 Ma 和 40 ~ 33 Ma, 南、北段高钾岩浆活动时间的差异可能指示陆内俯冲作用时限的差异。

关键词: 新生代高钾岩石; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学; 金沙江 - 红河构造带; 囊谦盆地

中图分类号: P597 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1552 (2006) 02-0241-07

高钾岩浆活动是壳 - 幔相互作用的产物, 可以为揭示大陆地幔性质、地幔不均一性和壳 - 幔相互作用多样性等大陆动力学问题提供时空和物质方面的制约。金沙江 - 红河构造带高钾岩浆活动与青藏高原东部的隆升时限和机制及其周边大型走滑和旋转构造的发生及盆地形成和演化等科学问题有关 (Wang *et al.*, 2001)。

沿金沙江 - 红河构造带断续分布的新生代高钾岩浆活动带是在印度 - 欧亚板块碰撞诱导印支板块向 SE 方向发生大规模挤出的构造背景下产生的。囊谦盆地处于金沙江缝合带与怒江缝合带之间, 大地构造位置属羌塘微板块东部, 澜沧江断裂带从区内穿过 (图 1)。控制盆地边界均为北西 - 南东走向的断裂。盆地呈近南北向延伸, 长逾 50 km, 东西宽 8 ~ 15 km, 东侧以逆冲断层与晚三叠世灰岩接触, 西侧的石炭 - 二叠纪生物灰岩被第三系角度不整合覆

盖, 为一在中生代基底经历长期剥蚀的基础上, 后经走滑拉分而形成的基底向东倾斜的不对称窄条状走滑拉分盆地。盆地主要发育于始新世, 盆内地层已广泛褶皱。盆内的高钾岩石 (包括火山岩和次火山岩) 均为规模较小的岩株、岩瘤和岩墙等。一般仅数百米长, 数十米宽, 少数长度超过 2 km。形态多为长条状或浑圆状。成群成带产出, 分布较广。与红层大多呈侵入接触关系, 少部分为顺层产出。囊谦盆地地处青藏高原东西向构造带向横断山南北向构造带转折的部位, 是研究深部物质状态最为重要的地段之一。

1 采样和实验方法

高钾岩石样品采自囊谦盆地, 具体采样位置如图 1 所示。用于 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年研究的样品均非常新

收稿日期: 2005 - 03 - 07; 改回日期: 2005 - 10 - 24

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目 (编号: G1998040807)、中科院知识创新项目 (KZCX2 - SW - 117 和 KZCX2 - 101)、国家自然科学基金项目 (编号: 49972026 和 40072022) 和美国自然科学基金项目联合资助。

作者简介: 朱丽 (1980 -), 女, 博士研究生, 构造地质学专业。Email: zhuli@gig.ac.cn

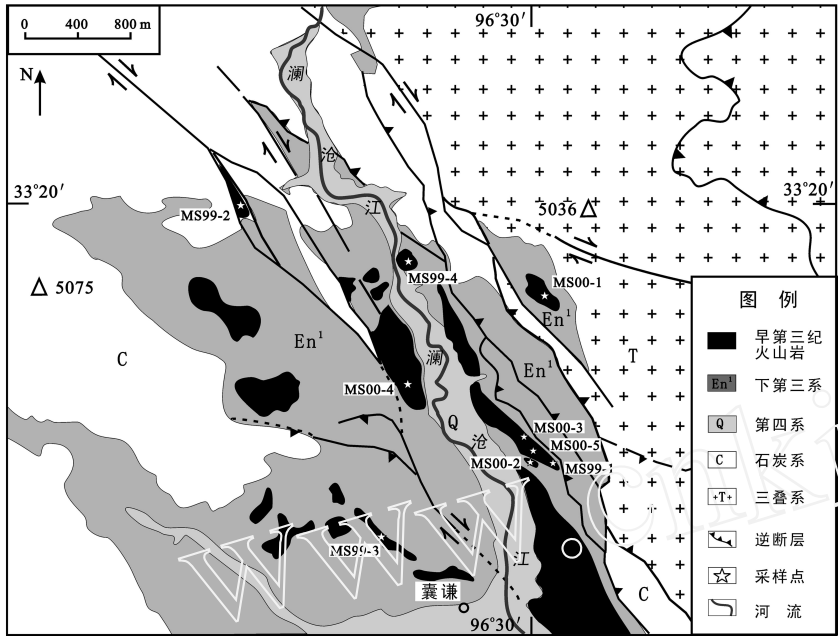


图 1 囊谦盆地地质略图

Fig 1 Simplified geologic map for the Nangqian basin, illustrating the tectonic setting and sampling locations for high-K magmatic rocks

鲜,呈浅砖红色致密块状、斑状构造;常见数厘米大小的包体;斑晶为透辉石、普通角闪石、黑云母、碱性长石和中性斜长石;基质为粗面结构;最常见的副矿物是磷灰石和磁铁矿。采用黑云母单矿物作为⁴⁰Ar/³⁹Ar定年对象,具体方法为:将样品在洁净环境下清洗,粗碎至0.1~0.4 mm直径的颗粒。在双目镜下用手工方法剔除样品表皮、捕虏晶、包体和杏仁体等,分离黑云母。用铝箔或铜箔将黑云母单矿物的颗粒样品和标样包好,置于6 mm直径的石英管中。用透长石国际标样(FC-3)进行标定。将样品和标样一并置于密西根大学Ford反应堆照射。辐照后的样品在双真空Ta坩埚中进行阶段加热。氩同位素组成在美国洛杉矶加州大学用VG3600气体

质谱测定。氩全流程本底约为 $5 \times 10^{-16} \text{ mol } ^{40}\text{Ar}$ 。标样年龄为 $27.8 \pm 0.3 \text{ Ma}$,实测年龄为 $27.2 \pm 0.2 \text{ Ma}$,误差为2%。所得数据均为1 σ 误差,且未考虑标样测定时引入的误差。更详细的分析流程参见文献(Wang *et al*, 2001;王冬艳等,2005)。

2 ⁴⁰Ar/³⁹Ar年代学结果

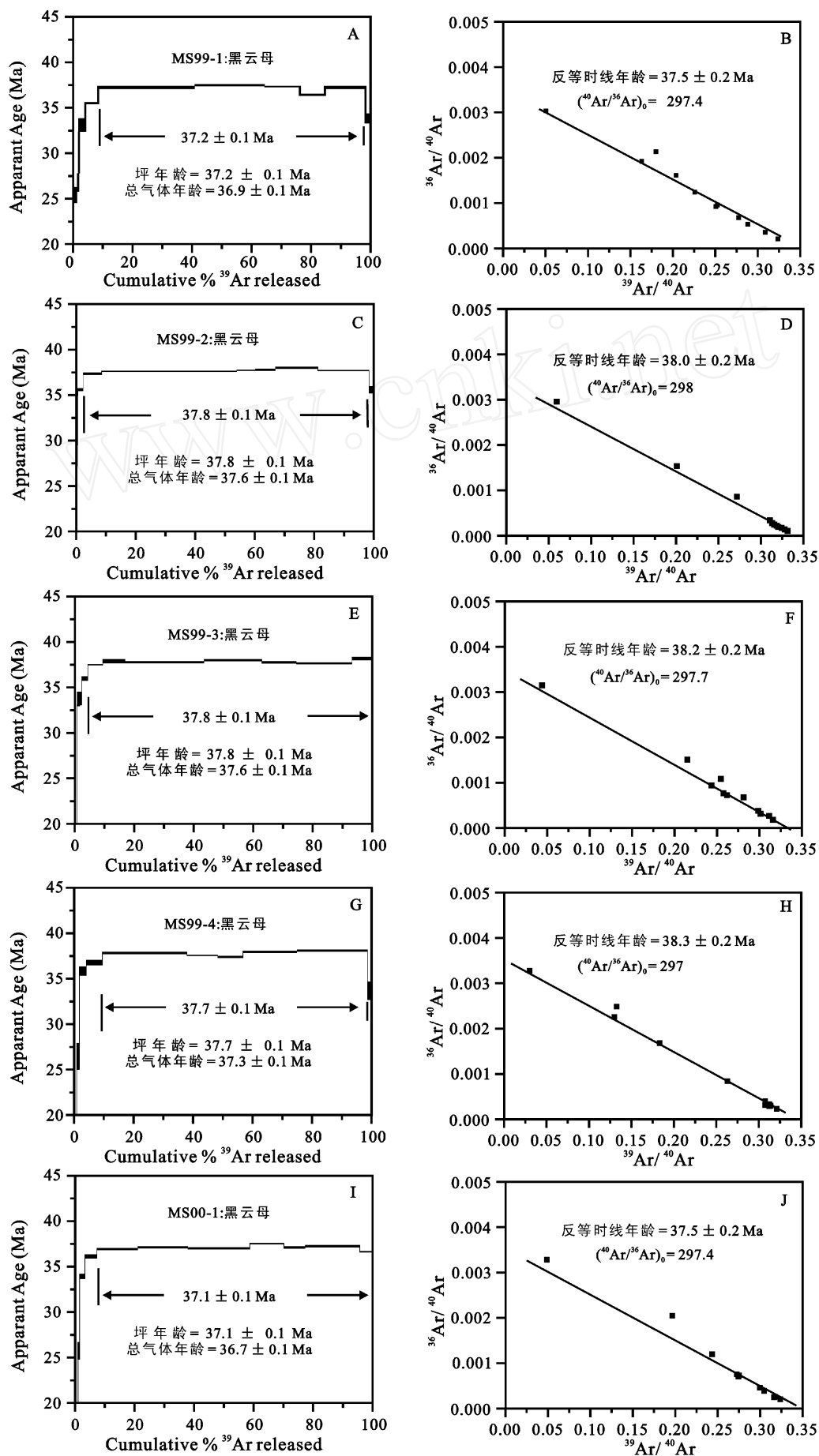
作者采用⁴⁰Ar/³⁹Ar定年技术,对囊谦盆地内具有代表性的9个高钾岩石中的黑云母样品进行定年,其结果归纳于表1,它们对应的反等时线和年龄坪绘于图2。9个样品初始⁴⁰Ar/³⁶Ar值表明样品受过剩氩的影响较小。作者采用坪年龄作为

高钾岩浆活动的年龄。由表1可见,囊谦盆地高钾岩石活动时限为37.1~37.8Ma。现以样品MS99-1为代表描述分析结果,其它样品分析方法相同。样品MS99-1分析了11个阶段。阶段1和2出现了较低的表面年龄(分别为 $25.4 \pm 0.9 \text{ Ma}$ 和 $26.7 \pm 1.0 \text{ Ma}$),对应³⁹Ar(1.3%和0.9%)和放射成因⁴⁰Ar(9.8%和3.7%)也较低。阶段3-10的表面年龄在2 σ 误差范围内保持一致,它们构成很好的年龄坪,对应的坪年龄是 $37.2 \pm 0.1 \text{ Ma}$ (图2-1A),8个阶段对应的总³⁹Ar释放量为96.5%。阶段11也出现了较低的表面年龄($33.9 \pm 0.9 \text{ Ma}$),且³⁹Ar(1.3%)和放射成因⁴⁰Ar(42.5%)也较低。在³⁶Ar/⁴⁰Ar-³⁹Ar/⁴⁰Ar图中,11个阶段的Ar同位素数

表 1 囊谦盆地新生代高钾岩浆活动的⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄结果

Table 1 ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages for Cenozoic high-K magmatic activities in the Nangqian basin, Tibet

样品号	定年对象	J值	⁴⁰ Ar/ ³⁶ Ar初始值	总气体年龄(Ma)	反等时线年龄(Ma)	坪年龄(Ma)
MS99-1	黑云母	0.00726	297.4	36.9 ± 0.1	37.5 ± 0.2	37.2 ± 0.1
MS99-2	黑云母	0.00725	298.0	37.6 ± 0.1	38.0 ± 0.2	37.8 ± 0.1
MS99-3	黑云母	0.00727	297.7	37.6 ± 0.1	38.2 ± 0.2	37.8 ± 0.1
MS99-4	黑云母	0.00728	297.0	37.3 ± 0.1	38.3 ± 0.2	37.7 ± 0.1
MS00-1	黑云母	0.00726	297.4	36.7 ± 0.1	37.5 ± 0.2	37.1 ± 0.1
MS00-2	黑云母	0.00729	294.1	37.4 ± 0.2	37.9 ± 0.2	37.5 ± 0.1
MS00-3	黑云母	0.00728	295.7	37.3 ± 0.1	38.2 ± 0.2	37.5 ± 0.1
MS00-4	黑云母	0.00729	294.9	37.4 ± 0.1	37.9 ± 0.2	37.6 ± 0.1
MS00-5	黑云母	0.00728	296.2	37.4 ± 0.1	38.2 ± 0.2	37.7 ± 0.1



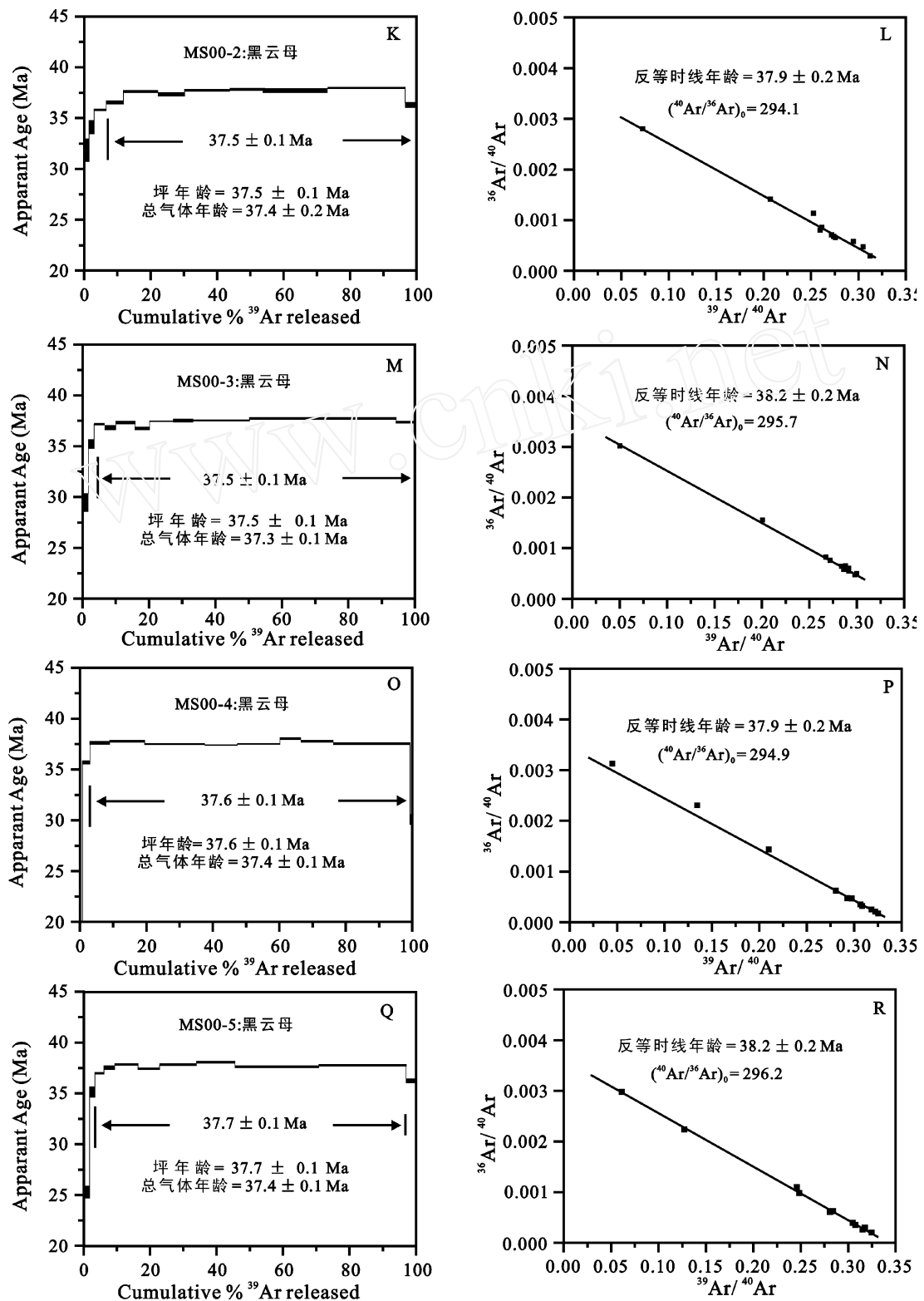


图 2 西藏囊谦盆地高钾岩 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄 (左) 和反等时线年龄 (右)

Fig 2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age plateaus (Left) and inverse isochrons (Right) for high-K magmatic rocks in the Nangqian basin, Tibet

据构成一条相关性很好的反等时线 (图 2 - 1B), 对应的反等时线年龄为 $37.5 \pm 0.2 \text{ Ma}$; 样品 ($^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$)₀ 为 297.4 稍大于现代大气值。黑云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄代表高钾岩石的冷却年龄, 由于该岩石的冷却速率很快, 因此其坪年龄 ($37.2 \pm 0.1 \text{ Ma}$) 可近似代表高钾岩浆活动的时间。

3 讨 论

3.1 囊谦盆地高钾岩浆活动时代

前人对囊谦盆地高钾岩石已进行了定年研究, 如樊华等 (1983) 报导的 K - Ar 年龄为 37.9 Ma ; 杨大雄和王培生 (1988) 给出了 2 个 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄为 $38.7 \pm 4.9 \text{ Ma}$; 邓万明等 (1999) 测定了 9 个全岩和单矿物 K - Ar 年龄, 表明其高钾岩石成岩年龄为 $32.0 \sim 36.5 \text{ Ma}$ 。可见前人发表的数据大多是 K - Ar 年龄。因 K - Ar 法本身的缺陷和精度的限制 (McDougall & Harrison, 1999), 故现有的年龄数据还不足以厘定囊谦地区高钾岩浆活动的精确时间坐标。本文新获得的 9 个黑云母单矿物 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄结果指示囊谦盆地高钾岩浆活动的时限为 $37.1 \sim 37.8 \text{ Ma}$ 。

3.2 青藏东缘金沙江 - 红河构造带南、北段新生代岩浆活动年代学差异

囊谦盆地是金沙江 - 红河构造带上一系列走滑拉分盆地的典型代表, 陆内造山和盆地的形成是岩石圈在碰撞后产生的相辅相成的两个结果, 但是并非所有的拉分盆地都有岩浆活动的发生, 这取决于基底断裂下切的深度以及是否诱发深部物质的部分熔融。野外观察可以发现凡是有火山岩发育的拉分盆地, 都是先有红层, 再有火山岩。从火山岩的产状、与盆地发育的关系以及年代学和地球化学的综合分析证实了囊谦盆地新生代火山岩形成于碰撞后板内构造环境。

对于青藏高原新生代岩浆活动深部制约问题, 有的作者认为是由自约 40 Ma 开始的加厚岩石圈板块底部的对流减薄或拆沉作用引起的 (Chung *et al*, 1998)。邓万明等 (1998, 2001)

提出藏东高钾岩浆活动是陆 - 陆碰撞体制下走滑 - 剪切的产物, 认为深部软流圈有限规模的上涌与剪切 - 走滑断裂带的下切这两种因素上、下呼应、共同作用可能是控制横断地区新生代岩浆活动必要的深部地质条件。Wang *et al* (2001) 指出青藏东缘存在两期新生代高钾岩浆活动, 早期岩浆活动时限为 $40 \sim 24 \text{ Ma}$, 沿整个金沙江 - 红河构造带主走滑断裂分布, 主要受东西向压缩的陆内俯冲体制控制; 而晚期岩浆活动时限为 $16 \sim 0 \text{ Ma}$, 沿红河断裂南段和印支块体南部的裂谷盆地内分布, 与青藏乃至东亚地区的東西向伸展有关。本文所研究的高钾岩浆活动属 Wang *et al* (2001) 识别出的早期高钾岩浆活动。

将新获得的年龄数据与前人发表的早期高钾岩浆活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄数据 (潘桂棠等 1990; Schärer *et al*, 1994; Chung *et al*, 1997, 1998; Zhang and Schärer, 1999; Wang *et al*, 2001; Zhang *et al*, 2005) 进行统计分析 (图 3), 结果表明金沙江 - 红河构造带南北两段存在高钾岩浆活动的年代学差异。其中, 北段高钾岩浆主要活动年代为 $40 \sim 33 \text{ Ma}$, 而南段则存在有 $40 \sim 24 \text{ Ma}$ 的高钾岩浆活动。

从金沙江 - 红河构造带南、北两段的高钾岩浆物质组成演化上, 已有作者报道金沙江 - 红河构造带北段以中 - 基性高钾岩石为主, 而南段则以中 - 酸性高钾岩石为主, 但大多为超钾或钾玄岩系列; 低

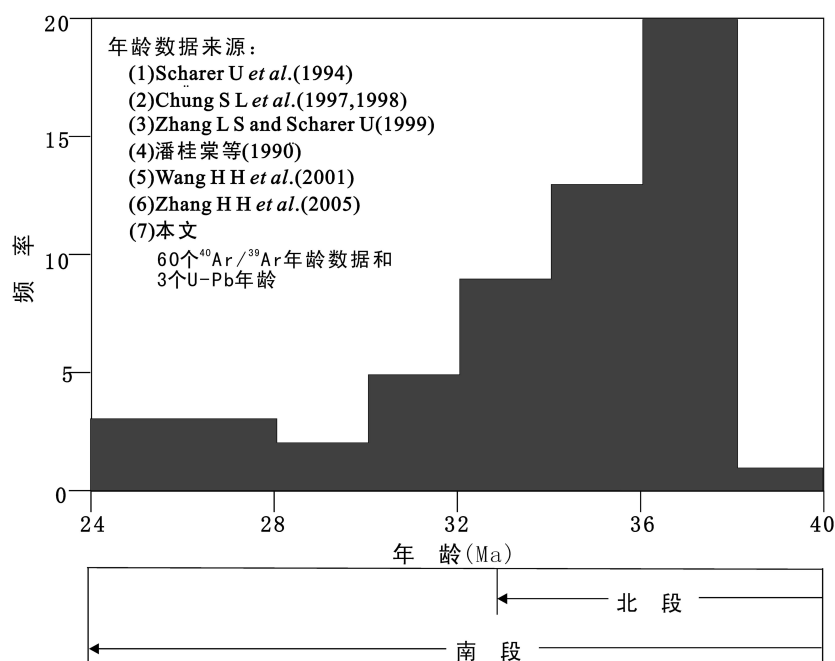


图 3 金沙江 - 红河构造带南北段早期高钾岩石年龄直方图

Fig 3 Histogram of ages of Cenozoic high-K rocks in the southern and northern segments of the JSSRZ

Ti、P 和 Fe, 高 K, 富集不相容和大离子亲石元素; 所有的高钾岩石均具有明显的 Nb、Ta 等高场强元素的负异常; 北段高钾岩石的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值比南段的高钾岩石高, 且自北向南, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值逐渐降低。北段高钾岩石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值比南段的高钾岩石低, 且自北向南, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值逐渐升高 (张会化, 2004; 朱丽等, 2005)。

显然, 金沙江 - 红河构造带的年代学和地球化学数据均支持陆内俯冲模式, 构造带内岩浆活动主要受东西向压缩的陆内俯冲体制控制 (Wang *et al.*, 2001)。即早第三系在沿着巴塘 - 丽江断裂系发生压缩变形和兰坪 - 思茅褶皱带形成的过程中, 沿金沙江 - 红河构造带发生局部的陆内俯冲 (Wang and Burchfiel, 1998), 引起流体渗透进入地幔楔, 导致地幔楔熔融。其中, 南北段的高钾岩浆活动年代的不同反映了受陆内俯冲体制控制时限的差异, 即南北两段岩浆活动初始发生时间基本一致, 约为 40 Ma, 北段俯冲作用控制时间短, 岩浆活动结束得略早 (约 33 Ma), 而南段受俯冲作用控制的时间长, 岩浆活动结束得较晚 (约 24 Ma)。

4 结 论

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学结果指示, 囊谦盆地内新生代高钾岩石的形成时限为 37.1 ~ 37.8 Ma。综合前人获得的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学数据, 该构造带北段早期高钾岩浆活动的时限为 40 ~ 33 Ma, 南段为 40 ~ 24 Ma; 南、北段高钾岩浆活动时代的差异可能与陆内俯冲作用的时限长短有关。

致谢: 承蒙邱华宁研究员的认真审阅, 为本文提出了非常宝贵的修改意见, 笔者在此致以诚挚的感谢。

参考文献:

- 邓万明, 黄萱, 钟大赉. 1998 滇西金沙江带北段的富碱斑岩及其与板内变形的关系. 中国科学 (D), 28 (2): 111 - 117.
- 邓万明, 孙宏娟, 张玉泉. 1999 青海囊谦盆地新生代火山岩的 K - Ar 年龄. 科学通报, 44 (23): 2554 - 2558.
- 邓万明, 孙宏娟, 张玉泉. 2001 囊谦盆地新生代钾质火山岩成因岩石学研究. 地质科学, 36 (3): 304 - 318.
- 樊华, 吕惠庆. 1983 玉树囊谦地区喜山期火山岩及火山活动初析. 见: 青藏高原地质文集 (13). 北京: 地质出版社, 129 - 140.
- 潘桂棠, 王培生, 徐耀荣, 焦淑沛, 向天秀. 1990 青藏高原新生代构造演化. 北京: 地质出版社, 32 - 70.
- 王冬艳, 裴福萍, 许文良, 王清海, 杨德彬. 2005 华北地块南缘中段中生代花岗质岩石的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学研究. 大地构造与成矿学, 29 (2): 262 - 268.
- 杨大雄, 王培生. 1988 横断山北段囊谦盆地新生代钙碱性次粗面岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法坪年龄测定结果. 见: 青藏高原地质文集 (19). 北京: 地质出版社, 39 - 44.
- 朱丽, 张会化, 王江海, 解广轰. 2005 西藏芒康盆地内新生代高钾火山岩的主元素和同位素地球化学研究. 大地构造与成矿学, 29 (4): 502 - 511.
- Chung S L, Lee T Y, Lo C H, Wang P L, Chen C Y, Yen N T and Wu G Y. 1997. Intraplate extension prior to continental extrusion along the Ailao Shan - Red River shear zone. *Geology*, 25: 311 - 314.
- Chung S L, Lo C H, Lee T Y, Zhang Y, Xie Y, Li X, Wang K L and Wang P L. 1998. Diachronous uplift of the Tibetan plateau starting 40 Myr ago. *Nature*, 394: 769 - 773.
- Deng W M, Huang X and Zhong D L. 1998. Alkali-rich porphyry and its relation with intraplate deformation of the north part of the Jinsha River belt in western Yunnan, China. *Sci in China Ser D*, 41 (3): 297 - 315.
- Deng W M, Sun H J and Zhang Y Q. 2000. K - Ar age of Cenozoic volcanic rocks in the Nangqian Basin, Qinghai Province and its geological significance. *Chinese Sci Bul*, 45 (11): 1014 - 1019.
- Deng W M, Sun H J and Zhang Y Q. 2001. Petrogenesis of cenozoic potassic volcanic rocks in Nangqian Basin. *Chinese Journal of Geology*, 36 (3): 304 - 318.
- Fan Hua and Lu Huiqing. 1983. Analyses of volcanic rocks and volcanic activities in Yushu and Nangqian areas during the Xishan Period. In: Contribution to the geology of Qinghai - Xizang (Tibet) Plateau (13). Beijing: Geological Publishing House, 129 - 140 (in Chinese with English abstract).
- McDougall I and Harrison T M. 1999. Geochronology and thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ method. New York: Oxford University Press, 269.
- Pan Guitang, Wang Peisheng, Xu Yaorong, Jiao Shupai and Xiang Tianxiu. 1990. The Cenozoic evolution of Qinghai - Xizang (Tibet) Plateau. Beijing: Geological Publishing House, 32 - 70 (in Chinese with English abstract).
- 张会化. 2004 金沙江 - 红河构造带北段新生代高钾岩浆活动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 热年代学和地球化学研究 (硕士学位论文). 广州: 中国科学院广州地球化学研究所, 42 - 47.

- Schärer U, Zhang L S and Tapponnier P. 1994. Duration of strike-slip movements in the large shear zones: The Red River belt, China. *Earth Planet Sci Lett*, 126: 379 - 397.
- Wang Dongyan, Pei Fuping, Xu Wenliang, Wang Qinghai and Yang Debin. 2005. Chronology of Mesozoic granitoids in the southern margin of the North China Block: Evidence from $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of hornblende and biotite. *Geotectonica et Metallogenia*, 29 (2): 262 - 268 (in Chinese with English abstract).
- Wang E and Burchfiel B C. 1998. Late Cenozoic Xiangshuihe - Xiaojiang, Red River and Dali fault systems of southwestern Sichuan and central Yunnan, China. *Geol Soc Am Spec Paper*, 327 (GSA): 1 - 108.
- Wang J H, Yin A, Harrison T M, Grove M, Zhou J Y, Zhang Y Q and Xie G H. 2001. A tectonic model for Cenozoic igneous activities in the eastern Indo-Asian collision zone. *Earth Planet Sci Lett*, 188: 123 - 133.
- Yang D X and Wang P S. 1988. The determinations of plateau age by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating on Cenozoic calc-alkalic trachytes of Nangqian basin, Northern Transverse Mountains. In: *Contribution to the geology of Qinghai - Xizang (Tibet) Plateau* (19). Beijing: Geological Publishing House, 39 - 44 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H H, He H Y, Wang and Xie G H. 2005. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology and geochemistry of high-K volcanic rocks in the Mangkang Basin, Tibet. *Science in China (Series D)*, 48 (1): 1 - 12.
- Zhang L S and Schärer U. 1999. Age and origin of magmatism along the Cenozoic Red River shear belt. *Contrib Mineral Petrol*, 134: 67 - 85.
- Zhu L i, Zhang Huihua, Wang Jianghai and Xie Guanghong. 2005. Major elements and isotopic geochemistry of Cenozoic high-potassic volcanic rocks in Mangkang Basin, Tibet. *Geotectonica et Metallogenia*, 29 (4): 502 - 511 (in Chinese with English abstract).

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ CHRONOLOGY OF HIGH-K MAGMATIC ROCKS IN NANGQIAN BASINS AT THE NORTHERN SEGMENT OF THE JINSHA - RED RIVER SHEAR ZONE (JRRSZ)

ZHU L i^{1,5}, ZHANG Huihua^{2,1}, WANG Jianghai^{3,1}, ZHOU Jangyu^{4,1} and XIE Guanghong¹

(1. CAS Key Laboratory of Marginal Sea Geology, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, GD 510640, China; 2. Guangdong Institute of Ecology & Environmental and Soil, Guangzhou, GD 510650, China; 3. College of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, GD 510275, China; 4. Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China; 5. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Nine newly obtained high-quality $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age data indicate that the high-K rocks in the Nangqian basin at the northern segment of the Jinsha - Red River Shear Zone (JRRSZ) were formed at the interval of 37.1 ~ 37.8 Ma. The high-K rocks in the Nangqian basin may temporally, spatially and compositionally be compared with the early one of the two-pulse high-K magmatic rocks distinguished by Wang *et al.* (2001) in eastern Tibet, which implies that they were formed in the same tectonic setting. Geochronologic dating and compilation of existing age data demonstrate that the magmatic activities occurred at the intervals of 40 ~ 33 Ma and 40 ~ 24 Ma respectively in the northern and southern segments of the JRRSZ. At the southern and the northern segments in the JRRSZ, the different geochronologic intervals for high-K magmatic activities indicate that the different time periods were controlled by continental subduction.

Keywords: Cenozoic high-K magmatic rocks; $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology; Nangqian basin; Jinsha - Red River Shear Zone