

# 云南笔架山石英二长斑岩地球化学、锆石 U-Pb 年龄和 Lu-Hf 同位素组成及其地质意义

徐 恒<sup>1, 2</sup>, 崔银亮<sup>1, 3</sup>, 张苗红<sup>2</sup>, 周家喜<sup>4</sup>, 梁庭祥<sup>2</sup>,  
荣惠锋<sup>2</sup>, 姜永果<sup>3</sup>

1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093

2. 云南省有色地质局地质勘查院, 昆明 650216

3. 云南省有色地质局, 昆明 650051

4. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

笔架山金(铜)矿床位于扬子地台西缘与三江褶皱带的过渡部位之金沙江—红河断裂与宾川—程海断裂交汇部位。矿区主要出露: 奥陶系下统向阳组(O<sub>1x</sub>)石英和砂岩粉砂岩, 与侵入岩接触带常具角岩化; 泥盆系下统康廊组(D<sub>1k</sub>)和青山组(D<sub>1q</sub>)灰岩和白云质灰岩, 与岩体接触带形成砂卡岩。受喜马拉雅期印—欧板块碰撞远程效应影响, 区域断裂金沙江—红河断裂和宾川—程海断裂频繁活动, 致使区内断裂呈多期多阶段特征, 岩体呈多期侵入特征。目前区内发现岩体主要由石英二长斑岩、花岗斑岩和煌斑岩组成, 其中尤以沿早期 NE 断裂入侵呈岩枝和岩脉状产出的石英二长斑岩与金铜矿化最为密切。

## 1 岩体特征

石英二长斑岩具块状构造和花岗斑状结构, 由基质和斑晶组成。斑晶主要是钾长石、酸性斜长石、石英和少量黑云母, 占全岩的 40%~50%。基质为微晶长石、石英及少量黑云母, 占全岩 50%~60%。钾长石斑晶主要是微斜长石和条纹长石, 少量正长石, 常见格子双晶。斜长石为酸性斜长石, 呈自形一半自形的板状晶体, 可见密集条纹的聚片双晶, 偶见环带结构。石英可见熔蚀港湾结构。

## 2 岩石地球化学特征

石英二长斑岩具富碱( $w(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})=65.72\%$ )、高钾( $w(\text{K}_2\text{O})=6.25\%$ )和准铝质( $A/\text{CNK}=0.89$ )特征, 与 A 型花岗岩组成特征类似; 稀土总量  $w(\Sigma\text{REE})$  均值  $=149.50 \times 10^{-6}$ , LREE/HREE 为 12.50~13.80(均值  $=13.04$ ),  $(\text{La}/\text{Yb})_N$  均值为 19.08, 显 LREE 富集特征及壳源物质参成岩过程特点<sup>[1]</sup>, Eu 具弱负异常( $\delta\text{Eu}=0.73$ )特征, 与壳幔混合型花岗岩 Eu 值(0.84)<sup>[2]</sup>接近; LILE Rb、Ba、U 和 Sr 富集, HFSE Nb、Ta 和 Zr 亏损, 并具有“TNT”负异常特征。以上特征显示源区岩浆具有类似造山俯冲带壳-幔混合特征。

## 3 锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素组成

石英二长斑岩(ZKP5101-B15)样品的锆石晶体呈无色透明, 以长柱状为主, 少量短柱状, 锆石粒径为 90~180  $\mu\text{m}$ , 长宽比为 1.5: 1~2: 1, 具清晰振荡环带, Th/U 比值为 0.15~0.53, 均大于 0.1<sup>[3]</sup>, 属岩浆成因锆石。挑选 21 颗锆石的 21 个测点 U-Pb 表面年龄基本一致, 在  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ - $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$  图上具较好谐和性。 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均值为  $(35.60 \pm 0.19)$  Ma (MSWD=1.11) (置信度 95%) 代表石英二长斑岩成岩年龄。21 颗锆石的 31 个点锆石  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$  和  $^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$  比值, 除 7 号测点外, 均小于 0.002, 表明所测定的  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$  值能够代表锆石形成时体系的 Hf 同位素组成<sup>[4]</sup>。锆石  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  比值为 0.282 365~0.282 825, 根据  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  加权平均年龄计算出  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  值为 -14.39~1.87, 平均为 -4.07, 其中 27 个点  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t) < 0$ , 4

基金项目: 中国地质调查局项目(1212011120607); 云南省有色地质局项目(2013100001)

作者简介: 徐恒(1981—), 男, 博士研究生, 主要从事构造岩浆演化方面研究工作, E-mail: 306551439@qq.com

通信作者: 崔银亮(1966—), 男, 教授, 博士生导师, 从事找矿勘查与地质科研工作, E-mail: cyl186@163.com。

个点  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t) \geq 0$ , 表明岩浆主要源自壳源区, 幔源物质次之。在  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)-t$  图解中, 样品点主要位于球粒陨石线以下,  $T_{\text{DM2}}$  为 777~1 608 Ma, 平均为 1 081.7 Ma, 显示岩浆源区的地壳物质主要来自中元古代地层。

#### 4 岩石成因与构造环境

前人<sup>[5-7]</sup>对马厂箐、北衙等矿区富碱斑岩源区特征研究表明, 金沙江—红河富碱斑岩带内富碱侵入岩为加厚下地壳和上地幔部分熔融的产物。笔架山石英二长斑岩属准铝质钾玄岩系列, 具有 A 型花岗岩组成特征; 微量元素“TNT”负异常特征和  $\delta\text{Eu}$  值分别与大陆地壳特征相近和壳幔型花岗岩接近, 暗示源区具壳幔混合特征。在  $\delta\text{Eu}-(\text{La}/\text{Yb})\text{N}$  图中样品点位于壳源与壳幔源接触线附近, 在  $\text{Ti}/\text{Zr}-\text{Ti}/\text{Y}$  图中样品点落在花岗岩附近, 而远离洋中脊型地幔, 表明岩浆有明显的陆壳物质参与, 以部分熔融作用为主<sup>[8]</sup>。锆石  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  以负值为主, 样品位于球粒陨石演化线附近,  $T_{\text{DM2}}$  远大于锆石结晶年龄, 表明源区岩浆以中元古代古老地壳物质的部分熔融为主, 少量幔源物质参与。综上认为, 石英二长斑岩与典型矿区斑岩形成机制一致, 由加厚下地壳和上地幔部分熔融形成的初始岩浆上升侵位形成, 其中幔源物质质量少。

岩石化学特征显示石英二长斑岩属 A 型花岗岩类, 而 A 型花岗岩产生环境总是与应力松弛或释放的张性环境相关, 在  $w(\text{Y}+\text{Nb})-w(\text{Rb})$  和  $R_1-R_2$  图解中样品点分别位于碰撞后花岗岩区和造山晚期区, 表明石英二长斑岩形成于青藏高原碰撞造山晚期阶段。本次获得石英二长斑岩成岩年龄为  $(35.60 \pm 0.19)$  Ma, 与青藏高原晚碰撞阶段(40~26 Ma)大规模走滑断裂系统有关的斑岩型 Cu-Mo(Au)成矿事件时间以及金沙江—红河富碱斑带岩浆活动高峰期(45~30 Ma)<sup>[9-10]</sup>相一致。综合表明, 笔架山石英二长斑岩形成于青藏高原后碰撞期走滑—伸展构造环境, 与金沙江—红河断裂走滑构造事件相关。

#### 参考文献:

- [1] 王力圆, 郑有业, 高顺宝, 等. 西藏吉瓦地区中冈底斯带岗在岩体晚白垩世的岩浆作用及构造意义[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2014, 45(8): 2740-2751.
- [2] 武昱东, 王宗起. 滇东北东川下田坝 A 型花岗岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及其构造意义[J]. 地质通报, 2014, 33(6): 860-873.
- [3] 周涛发, 范裕, 袁锋, 等. 宁芜(南京—芜湖)盆地火山岩的年代学及其意义[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(7): 960-971.
- [4] 吴福元, 李献华, 郑永飞, 等. Lu-Hf 同位素体系及其岩石学应用[J]. 岩石学报, 2007, 23(2): 185-216.
- [5] Xu X W, Cai X P, Xiao Q B, et al. Porphyry Cu-Au and Associated Polymetallic Fe-Cu-Au Deposits in the Beiya Area, Western Yunnan Province, South China[J]. Ore Geol Rev, 2007, 31: 224-246.
- [6] 和文言, 莫宣学, 喻学惠, 等. 滇西北衙金多金属矿床锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2013, 29(4): 1301-1310.
- [7] Lu Y J, Kerrich R, Cawood P A, et al. Zircon SHRIMP U-Pb Geochronology of Potassic Felsic Intrusions in Western Yunnan, SW China: Constraints on the relationship of Magmatism to the Jinshajiang Suture[J]. Gondwana Research, 2012, 22: 737-747.
- [8] 王嘹亮, 沈艳杰, 程日辉, 等. 北黄海盆地中—上侏罗统火山岩岩石地球化学特征及构造背景[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2013, 44(1): 223-232.
- [9] 侯增谦, 杨竹森, 徐文艺, 等. 青藏高原碰撞造山带: I: 主碰撞造山成矿作用[J]. 矿床地质, 2006, 25(4): 337-358.
- [10] 侯增谦, 潘桂棠, 王安建, 等. 青藏高原碰撞造山带: II: 晚碰撞转换成矿作用[J]. 矿床地质, 2006, 25(5): 521-543.