

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850(2020)01-0076-06

# 藏南错那洞铍稀有多金属成矿时代:来自热液白云母 Ar-Ar 年龄的约束

梁 维, 李光明, 张林奎, 付建刚, 黄 勇, 张 志

(中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081)

**摘要:**特提斯喜马拉雅是继华南和新疆阿尔泰之后又一条新发现的大型稀有金属成矿带,其成矿时代受到广泛的关注。本文以代表性矿床错那洞铍稀有多金属矿床为研究对象,挑选出矽卡岩型矿化体中的热液白云母,利用 Ar-Ar 同位素定年的方式测定热液活动时间,以此限制成矿时代。结果显示错那洞穹窿矽卡岩型矿体中白云母 Ar-Ar 同位素坪年龄为  $14.21 \pm 0.22\text{Ma}$ , 对应的  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  的等时线年龄为  $14.21 \pm 0.27\text{Ma}$ , 与错那洞穹窿中具有高分异特征的白云母花岗岩浆侵位时间 ( $\sim 14\text{Ma}$ ) 一致,表明错那洞矽卡岩型铍稀有多金属矿床的成矿年龄为  $\sim 14\text{Ma}$ , 而与穹窿内高分异白云母花岗岩一致的年龄暗示了该高分异花岗岩为该期矽卡岩型稀有金属矿化的成矿母岩浆。

**关键词:**错那洞,成矿时代,Ar-Ar 年龄,特提斯喜马拉雅

**中图分类号:**P611.1

**文献标识码:**A

青藏高原碰撞造山后期因地壳伸展而形成的大量具有高分异特征的淡色花岗岩<sup>[1,2]</sup>,奠定了铍、钽、钨、锡等稀有金属成矿基础<sup>[3-5]</sup>。错那洞铍稀有多金属矿床是带内首个被证实的超大型稀有金属矿床<sup>[4,6]</sup>,产于错那洞片麻岩穹窿的幔部变形带中,矿石类型包括矽卡岩型、伟晶岩型和热液脉型<sup>[7]</sup>。梁维等<sup>[7]</sup>初步分析了错那洞铍稀有多金属矿床的地质特征及成因,但并未约束其成矿时代。本文对矽卡岩中热液白云母开展 Ar-Ar 热年代学研究,限定了错那洞铍稀有多金属矿床矽卡岩型矿化的形成时代,对理解错那洞铍稀有多金属矿成矿作用过程具有重要意义。此外,本文对比了矽卡岩时代与错那洞多期高分异淡色花岗岩侵位时间关系,认为错那洞白云母花岗岩是该期矽卡岩型稀有金属矿化的成矿母岩浆。

## 1 区域地质概况

喜马拉雅造山带是青藏高原最南端的组成部分,其北部以雅鲁藏布江缝合带(IYZT)为界与冈底

斯造山带分割<sup>[8]</sup>。该造山带由藏南拆离系(STDS)、主中央逆冲断裂(MCT)和主边界逆冲断裂(MBT)三条东西向深大断裂分隔为四个构造单元,从北往南依次为特提斯喜马拉雅、高喜马拉雅和低喜马拉雅及次喜马拉雅<sup>[8]</sup>。其中,特提斯喜马拉雅带出现大量的金属矿床<sup>[9,10]</sup>,如扎西康铅锌多金属矿、柯月铅锌多金属矿、错那洞铍稀有多金属矿、马扎拉金矿<sup>[3,11,12]</sup>。特提斯喜马拉雅带以藏南拆离系和雅鲁藏布江缝合带为边界,经历了前寒武纪至泥盆纪裂谷、石炭纪-早侏罗世稳定台地、中侏罗世-早白垩世的被动大陆边缘等环境,以发育一套硅质碎屑岩-碳酸盐岩沉积层序为特征<sup>[13,14]</sup>。主要层位包括三叠统捏如组( $T_3n$ )、下侏罗统日当组( $J_1r$ )、下-中侏罗统陆热组( $J_{1-2}l$ )、中侏罗统遮拉组( $J_2z$ )、上侏罗统维美组( $J_2w$ )以及上侏罗统-下白垩统桑秀组( $J_3K_1s$ ) (图1)。在特提斯喜马拉雅带以发育各种形式的伸展构造为主要特征,包括南北向裂谷、藏南拆离系以及北喜马拉雅片麻岩穹窿带(NHGD)等<sup>[15,16]</sup>。其中,北喜马拉雅片麻岩穹窿带(NHGD)自

收稿日期:2019-09-11; 改回日期:2019-11-19

作者简介:梁维,男,博士,矿物学,岩石学,矿床学专业,1986年生,中国地质调查局成都地质调查中心,工程师,长期从事青藏高原岩浆和矿床相关研究;E-mail:lwcugb@126.com。

资助项目:科技部国家重点研发计划(2019YFC0605201,2018YFC0604103和2016YFC0600308)、国家自然科学基金(91955208)和西藏山南地区铍锡多金属矿调查评价项目(DD20190147)共同资助。

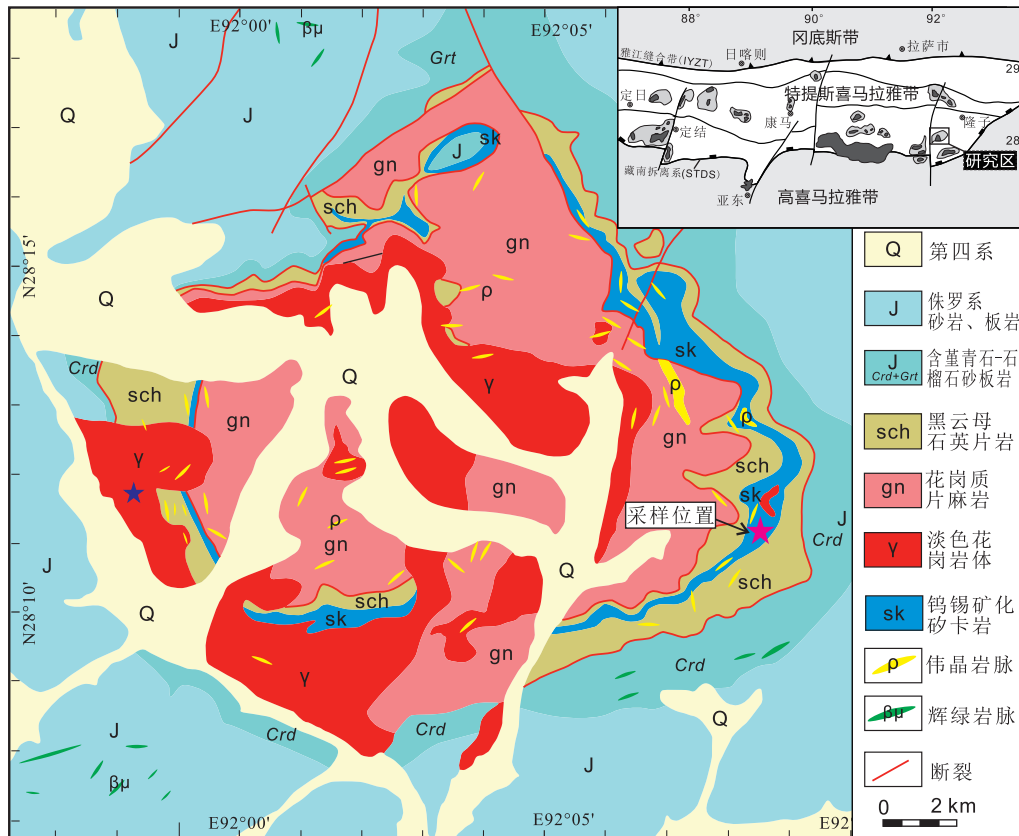


图1 错那洞片麻岩穹窿地质简图及采样位置

Fig. 1 Geological map of the Cuonadong Dome and sample location (asterisk)

西向东由一系列断续出露的片麻岩穹窿构造组成,代表的有拉轨岗日穹窿、康马穹窿和也拉香波穹窿等<sup>[17,18]</sup>。北喜马拉雅片麻岩穹窿带由花岗岩和片麻岩组成的核部、强烈变形的中级变质岩组成的幔部以及外围浅变质岩组成的边部构成<sup>[16-19]</sup>。最新的研究显示,北喜马拉雅片麻岩穹窿带可能存在着南北两个分支,构成双穹窿构造体系<sup>[20]</sup>,二者以冈巴-定日断裂为界,错那洞、库局、拉隆等为南部穹窿带典型代表,其形成时代约中新世晚期<sup>[21]</sup>。

北喜马拉雅片麻岩穹窿核部往往出露不同时代(始新世-中新世)的淡色花岗岩,岩性包括二云母花岗岩、白云母花岗岩及伟晶岩<sup>[22]</sup>,这些淡色花岗岩具有高Si、高K、高Al、贫Ca的特征,属于高钾钙碱性系列强过铝质花岗岩,矿物学组成以不含角闪石,富铝质矿物以白云母为主,部分含石榴子石和电气石等,指示其为泥质岩熔融的S型花岗岩<sup>[4,23]</sup>。吴福元等<sup>[4,5]</sup>认为喜马拉雅淡色花岗岩是一种高分异花岗岩,经历了高度的结晶分异过程<sup>[24,25]</sup>。这种高分异花岗岩可称为稀有金属或稀有元素花岗岩,与钨、锡、铍、铌钽、铷、铯和稀土元素具有密切成因联系<sup>[2,5]</sup>。

## 2 矿床地质特征

错那洞钨稀有多金属矿位于藏南扎西康铅锌多金属矿集区内,该矿集区位于特提斯喜马拉雅造山带东段。错那洞地区发育典型的片麻岩穹窿构造,具有“核幔边”结构<sup>[26]</sup>,由上下拆离断裂将穹窿分为核部、幔部和边部三个构造单元(图1)。

错那洞片麻岩穹窿主要由片麻岩和淡色花岗岩组成的核部、强变形和中等变质的片岩幔部以及浅变质弱变形的边部单元构成,在地质图上可以看出片麻岩穹窿呈现出环状构造特征。

穹窿核部主要由淡色花岗岩、伟晶岩和糜棱状花岗岩片麻岩组成。淡色花岗岩包括二云母花岗岩和白云母花岗岩。二云母花岗岩呈浅灰黑色,中-粗粒结构,块状构造,石英粒径1~6mm,含量约20~30%;长石粒径1~8mm,含量约30~50%;黑云母片径2~5mm,含量约10~15%;白云母片径为1~3mm,含量约5~10%。白云母花岗岩具中粒-粗粒结构,块状构造,主要矿物为斜长石、钾长石,次要矿物为白云母,含少量黑云母和石榴子石,岩相分带不明显,未变形,或构造变形较弱。锆石 U-

Pb 年代学结果显示,前者形成时间为 20 ~ 18Ma,后者形成稍晚,为 16 ~ 14Ma<sup>[21,22]</sup>。花岗片麻岩具有中-粗粒结构,斑状构造、片麻状构造及眼球状构造。主要矿物为石英、长石、黑云母和少量白云母,副矿物为锆石、磁铁矿、黄铁矿等。穹窿核部伟晶岩主要呈巨型块状,其白云母、长石粒径较大,可达 5 ~ 10cm,常见有大量的绿柱石产出。核部花岗岩整体变形弱或为变形,靠近幔部带出现暗色矿物被拉长,矿物呈若定向排列,部分达到糜棱构造。

穹窿幔部主要由片岩、矽卡岩、少量细粒白云母花岗岩、伟晶岩和眼球状花岗质片麻岩组成。其中含十字石石榴石云母片岩、含石榴石云母片岩、含蓝晶石石榴石云母片岩、含矽线石蓝晶石石榴石片岩和云母石英片岩<sup>[20]</sup>。幔部伟晶岩主要分布片岩带、矽卡岩(矽卡岩化大理岩)岩中,呈“顺层”贯入,多呈透镜状、拉长透镜状等,岩脉宽一般 1 ~ 20m,岩石为灰白色,粗晶、巨晶结构,块状构造,主要由长石、石英、白云母等组成。幔部发育强烈的韧性滑脱变形,发育典型的糜棱状组构<sup>[7,21]</sup>。

穹窿边部主要为侏罗纪日当组浅变质岩,为一套半深海斜坡相复理石建造,经低级变质作用形成变质砂岩或含炭钙质板岩,发育脆性变形,形成倒转褶皱和次级褶皱。

错那洞矿体主要产于穹窿幔部单元的的云母片岩中。该片岩中发育一套矽卡岩,围绕穹窿呈环状分布。矽卡岩具层状或似层状构造,层位相对稳定,具有一定的厚度变化,平均厚度大于 20 米。在矽卡岩的局部区域,特别是有岩脉或者伟晶岩等出露的区域,发育较强的矽卡岩化,呈条带状、囊状等形态产出,构成主要的矿体。矽卡岩的主要的类型为石榴子石透辉石矽卡岩、透闪石绿帘石矽卡

岩等<sup>[7]</sup>。

### 3 白云母 Ar-Ar 同位素定年

#### 3.1 样品特征

本文用于热液白云母 Ar-Ar 同位素测年的矽卡岩样品(D6368)位于错那洞钼稀有多金属矿东南矽卡岩带中,采样位置见图 1。矽卡岩呈浅绿色,等粒结构,块状构造,主要成分为透辉石、透闪石、方解石、绿帘石(在方解石颗粒之间发育少量热液白云母和石英颗粒(图 2)。从手标本和镜下特征观察,白云母样品新鲜,未受到后期蚀变影响。

#### 3.2 分析方法

白云母 Ar-Ar 同位素测年在中国地质科学院地质研究所大陆动力学国家重点实验室完成。将选取的样品经过破碎、筛选、手工淘洗、重液分离、磁力分选和显微镜检查等步骤获取白云母单矿物,粒度大小 60 ~ 80 目,在双目镜下挑选使绢云母的纯度大于 99%,用超声波清洗。选取清洗后的样品 17.52mg,装进石英瓶中,并置于中国原子能科学研究院“游泳池核”核反应堆中接受中子照射。使用 B4 孔道,中子流密度约为  $2.65 \times 10^{13} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$ 。照射总时间为 1440 min,积分中子通量为  $2.30 \times 10^{18} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$ ;同期接受中子照射的还有用做监控样的标准样:ZBH-25 黑云母标样,其标准年龄为  $132.7 \pm 1.2 \text{ Ma}$ ,K 含量为 7.6%。

样品的阶段升温加热使用石墨炉,每一个阶段加热 10 min,净化 20 min。质谱分析是在多接收稀有气体质谱仪 Helix MC 上进行的,每个峰值均采集 20 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。中子照射过程中所产生的干扰

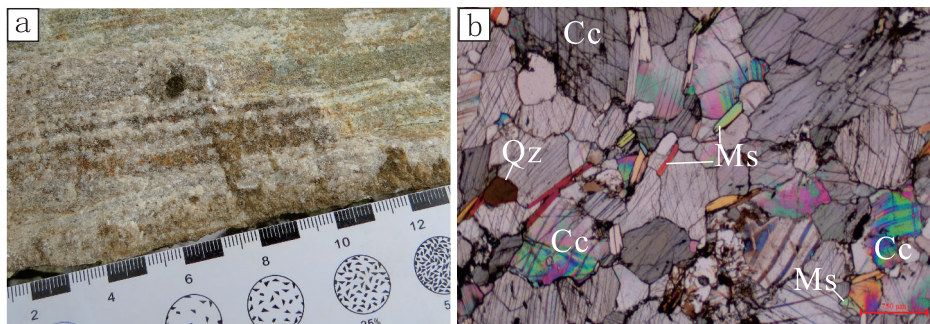


图 2 错那洞钼稀有多金属矿床矽卡岩特征(a-手标本;b-正交偏光)

Ms-白云母;Cc-方解石;Qz-石英

Fig. 2 Characteristics of skarn in the Cuonadong Be rare polymetallic deposit(a-hand specimen;b-cross-polarized light)

Ms-muscovite; Cc-calcite; Qz-quartz



表1 矽卡岩化矽卡岩白云母 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 测年实验结果Table1 Muscovite  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  dating results of muscovite in skarn

序号	T/°C	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_m$	$^{40}\text{Ar}/\%$	$^{39}\text{Ar}$ (累计)/%	t/Ma	$\pm 2\sigma/\text{Ma}$
1	800	37.8221	0.1204	0.0326	5.96	1.88	13.01	2.89
2	840	14.5687	0.0413	0.0211	16.27	12.80	13.68	0.91
3	880	3.3999	0.0032	0.0142	72.33	57.27	14.20	0.09
4	920	3.1916	0.0026	0.0134	76.16	65.56	14.03	0.17
5	950	3.4115	0.0034	0.0135	70.48	71.05	13.88	0.44
6	1000	3.5066	0.0036	0.0140	69.40	81.97	14.05	0.21
7	1040	3.9693	0.0048	0.0141	64.28	93.26	14.73	0.19
8	1080	5.1196	0.0092	0.0138	46.68	96.46	13.80	0.63
9	1180	15.8366	0.0521	0.0209	2.77	100.00	2.54	1.28

注:下标 m 代表样品中测定的同位素比值;绢云母照射参数  $J = 0.00321300$ ,绢云母样品量为 17.52 mg。

同位素校正系数通过分析照射过的  $\text{K}_2\text{SO}_4$  和  $\text{CaF}_2$  获得,  $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}_0)_{\text{Ca}} = 0.0002398$ ,  $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}_0)_{\text{K}} = 0.004782$ ,  $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar}_0)_{\text{Ca}} = 0.000806$ 。 $^{37}\text{Ar}$  经过放射性衰变校正, $^{40}\text{K}$  衰变常数  $\lambda = 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ , 计算的 J 值为 0.003213。实验数据使用 ISOPLOT 程序计算坪年龄及正、反等时线(Ludwig, 2000), 坪年龄误差以  $2\sigma$  给出。

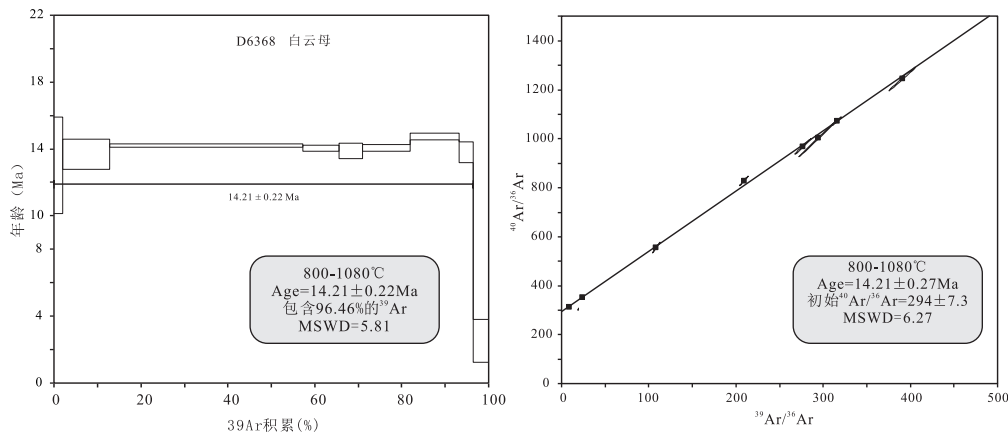
### 3.3 分析结果

错那洞矽卡岩中白云母 Ar-Ar 实验激光加热过程共经历 9 个阶段,从 800°C 逐渐升温到 1180°C, 分析结果见表 1。8 个激光阶段(800°C ~ 1080°C) 形成了一个相对平坦的年龄坪,获得坪年龄为  $14.21 \pm 0.22 \text{ Ma}$ , 对应的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  的等时线年龄

为  $14.21 \pm 0.27 \text{ Ma}$ (图 3), 误差以  $2\sigma$  给出,坪年龄和等时线年龄结果一致,数据可靠。

## 4 讨论

矽卡岩中热液白云母 Ar-Ar 同位素年龄记录了白云母低于封闭温度之后的冷却年龄,一般云母的 Ar 同位素的封闭温度约 400°C,代作文等分析了矽卡岩及云英岩脉中石英流体包裹体的均一温度,集中于 350 ~ 370°C(会议交流)。由于中新世后期,青藏高原处于山体剥蚀-去顶过程,其热历史一般较低, $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  体系在形成后受到后期热事件影响的可能性较低。因此,有理由相信错那洞矽卡岩化中白云母 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  年龄可以代表其形成时间。

图3 矽卡岩白云母 $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ 坪年龄及等时线年龄图Fig. 3 The  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$  Ar plateau age and isochronal age of muscovite in skarn

错那洞片麻岩穹窿构造中发育多期浅色花岗岩质岩浆活动,包括二云母花岗岩,白云母花岗岩和伟晶岩。其中二云母花岗岩包含了两种类型,其一为产于穹窿幔部变形带中的强变形二云母花岗

岩,成透镜状、条带状产出,与围岩面理一致并同步褶皱,部分形成布丁状构造,其内部的石英和长石矿物呈定向排列,部分石英颗粒具眼球状构造,定向的石英和长石及黑云母一起构成了新的拉伸线

理,大量的锆石 U-Pb 年龄显示该花岗岩形成于约 32~26Ma,与藏南拆离系最早活动时间(30-29Ma)相符<sup>[21]</sup>。该年龄与区域上二云母花岗岩形成时代一致,代表了喜马拉雅地区始新世-更新世地壳深熔岩浆活动。错那洞核部大量未变形的二云母花岗岩 U-Pb 年龄集中在 21-17Ma<sup>[22,27-29]</sup>,晚期白云母花岗岩锆石 U-Pb 年龄为 16-14Ma<sup>[22,30]</sup>。

错那洞钨稀有多金属矿主要产于片麻岩穹窿强变形带中的矽卡岩中,矽卡岩形成时间为 14Ma。错那洞钨稀有多金属矿中锡石 U-Pb 定年结果显示,含锡热液活动时间为 14.3 ± 1.0Ma<sup>[29]</sup>、铌铁矿 U-Pb 定年结果亦为 14.4 ± 0.5Ma<sup>[30]</sup>,三种不同矿物获得的年龄在误差范围内一致,相互印证了矽卡岩型钨、钨锡稀有金属矿化形成于 14Ma,而该期成矿事件与白云母花岗岩浆活动时间一致,暗示白云母花岗岩是矽卡岩型稀有金属矿的成矿岩浆。此外,Xie<sup>[31]</sup>通过铌铁矿 U-Pb 定年还获得了 17.4 ± 0.2Ma 的成矿年龄,暗示错那洞可能存在多期成矿作用,而二云母花岗岩同样成矿。

付建刚等<sup>[21]</sup>认为错那洞穹窿产生了两期韧性变形过程,其早期为近 NS 向伸展,晚期为近 EW 向伸展,而滑脱系中的石榴石云母片岩的白云母 Ar-Ar 年龄限定的 E-W 向伸展时间 14Ma,该时间与矽卡岩中白云母时间一致,野外观察矽卡岩也经历了不同程度的韧性变形。同时,也与藏南拆离系韧性活动最终停止时间 15.6Ma,韧性-脆性活动停止时间 13Ma<sup>[32]</sup>基本一致,表明错那洞穹窿活动时间从 23Ma 开始活动,持续到 14Ma<sup>[21]</sup>。二云母花岗岩(23~17Ma)可能是穹窿隆升时近南北向伸展活动的产物,而白云母花岗岩的侵位则是由于青藏高原东西向伸展活动,以及南北向裂谷形成时期的产物。

综上,青藏高原进入后碰撞伸展时期,STDS 向北强烈伸展减压而引发错那洞地区中上地壳泥质岩石的部分熔融,形成了错那洞片麻岩穹窿内的二云母花岗岩,在南北向伸展作用下,错那洞地区在 23~17Ma 开始活动,并形成二云母花岗岩侵位,在 17Ma 时该期岩浆演化到最晚期,形成第一期稀有金属矿化。在 16~14Ma 时,花岗质岩浆进一步演化,片麻岩穹窿定型,并最终演化成白云母花岗岩侵位,并发生规模较大的岩浆流体出溶,与穹窿幔部带中的钙质岩石发生交代作用,形成矽卡岩及矽卡岩型钨钨锡稀有金属矿化。

## 5 结论

(1)错那洞矽卡岩岩中热液白云母 Ar-Ar 年龄

为 14.21Ma,表明该期矽卡岩型钨稀有矿化形成于中新世中期。

(2)错那洞钨稀有多金属矿存在至少 2 期成矿作用,最晚期的矽卡岩型稀有金属矿化形成于 14Ma,是白云母花岗岩岩浆作用的结果。

致谢:白云母 Ar-Ar 分析测试工作由中国地质科学院地质研究所 Ar-Ar 实验室张彦老师协助完成;审稿专家对本文提出了建设性的修改意见。在此一并表示衷心的感谢!

## 参考文献:

- [1] 吴福元,刘志超,刘小驰,等. 喜马拉雅淡色花岗岩[J]. 岩石学报, 2015, 31(1): 1-36.
- [2] 吴福元,刘小驰,纪伟强,等. 高分异花岗岩的识别与研究[J]. 中国科学:地球科学, 2017, 47(7): 745-765.
- [3] 王汝成,吴福元,谢磊,等. 藏南喜马拉雅淡色花岗岩稀有金属成矿作用初步研究[J]. 中国科学:地球科学, 2017, 47(08): 871-880.
- [4] 李光明,张林奎,焦彦杰,等. 西藏喜马拉雅成矿带错那洞超大型钨钨锡多金属矿床的发现及意义[J]. 矿床地质, 2017, 36(04): 1003-1008.
- [5] Xie L, Tao X Y, Wang R C, et al. Highly fractionated leucogranites in the eastern Himalayan Cuonadong dome and related magmatic Be-Nb-Ta and hydrothermal Be-W-Sn mineralization. *Lithos*, 2019: 105286.
- [6] 张志,张林奎,李光明,等. 北喜马拉雅错那洞穹窿:片麻岩穹窿新成员与穹窿控矿新命题[J]. 地球学报, 2017, 38(5): 754-76.
- [7] 梁维,张林奎,夏祥标,等. 藏南地区错那洞钨锡多金属矿床地质特征及成因[J]. 地球科学, 2018, 43(08): 220-232.
- [8] Yin A and Harrison T M. Geologic Evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen [J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2000, 28(1): 211-280.
- [9] 聂凤军,胡朋,江思宏,等. 藏南地区金和铋矿床(点)类型及其时空分布特征[J]. 地质学报, 2005, 79(3): 373-385.
- [10] 杨竹森,侯增谦,高伟,等. 藏南拆离系铋金成矿特征与成因模式[J]. 地质学报, 2006, 80(9): 1377-1391.
- [11] 缪华清,李光明,张志,等. 藏南柯月铅锌矿床成矿物质来源:来自硫、铅同位素的证据[J]. 沉积与特提斯地质, 2017, 37(2): 14-22.
- [12] 吴建阳,李永灿,刘洪,等. 藏南马扎拉金铋矿床电性结构特征与地质解译[J]. 沉积与特提斯地质, 2016, 36(3): 25-29.
- [13] Liu G and Einsele G. Sedimentary history of the Tethyan basin in the Tibetan Himalayas[J]. *Geologische Rundschau*, 1994, 82: 32-61.
- [14] Garzanti E. Stratigraph and sedimentary history of the Nepal Tethys Himalaya passive margin [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 1999, 17: 805-827.
- [15] Pan Y and Kidd W S F. Nyainqentanglha Shear Zone: A Late

- Miocene Extensional Detachment in the Southern Tibetan Plateau [J]. *Geology*, 1992, 20(9): 775 – 778.
- [16] Lee J, Hacker B, Wang Y. Evolution of North Himalayan Gneiss Domes: Structural and Metamorphic Studies in Mabja Dome, Southern Tibet [J]. *Journal of Structural Geology*, 2004, 26(12): 2297 – 2316.
- [17] Burg J, Guiraud M, Chen G, Li G C. Himalayan metamorphism and deformations in the North Himalayan Belt (southern Tibet, China) [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1984, 69(2): 391 – 400.
- [18] 张进江, 郭磊, 张波. 北喜马拉雅穹窿带雅拉香波穹窿的构造组成和运动学特征[J]. *地质科学*, 2007, 42(1): 16 ~ 30.
- [19] Fu J G, Li G M, Wang G H, et al. First Field Identification of the Cuonadong Dome in Southern Tibet: Implications for EW Extension of the North Himalayan Gneiss Dome [J]. *International Journal of Earth Sciences*, 2016. :1 – 16.
- [20] 付建刚, 李光明, 王根厚, 等. 北喜马拉雅双穹窿构造的建立—藏南错那洞穹窿的厘定及区域构造内涵[J]. *中国地质*, 2018a, (4): 783 – 802.
- [21] 付建刚, 李光明, 王根厚, 等. 北喜马拉雅 E – W 向伸展变形时限:来自藏南错那洞穹窿 Ar – Ar 年代学证据[J]. *地球科学*, 2018b, 43(8): 116 – 128.
- [22] 黄春梅, 李光明, 张志, 等. 藏南错那洞淡色花岗岩成因:来自全岩地球化学和锆石 U-Pb 年龄的约束[J]. *地学前缘*, 2018, 25(06): 188 – 201.
- [23] Huang C M, Zhao Z D, Li G M, et al. Leucogranites in Lhozag, southern Tibet: Implications for the tectonic evolution of the eastern Himalaya [J]. *Lithos*, 2017, 294: 246 – 262.
- [24] Liu Z C, Wu F Y, Ding L, et al. Highly fractionated Late Eocene (~ 35 Ma) leucogranite in the Xiaru Dome, Tethyan Himalaya, South Tibet [J]. *Lithos*, 2016, (240 – 243): 337 – 354.
- [25] Liu Z C, Wu F Y, Ji W Q, et al. Petrogenesis of the Ramba leucogranite in the Tethyan Himalaya and constraints on the channel flow model [J]. *Lithos*, 2014, (208 – 209): 118 – 136.
- [26] 张林奎, 张志, 李光明, 等. 特提斯喜马拉雅错那洞穹窿的岩石组合、构造特征与成因[J]. *地球科学*, 2018, 43(8): 142 – 161.
- [27] 林彬, 唐菊兴, 郑文宝, 等. 西藏错那洞淡色花岗岩地球化学特征、成岩时代及岩石成因[J]. *岩石矿物学杂志*, 2016, 35(3): 391 – 406.
- [28] 高利娥, 高家昊, 赵令浩, 等. 藏南拿日雍错片麻岩穹窿中新世淡色花岗岩的形成过程:变泥质岩部分熔融与分离结晶作用[J]. *岩石学报*, 2017, 33(08): 2395 – 2406.
- [29] Cao H W, Li G M, Zhang Z, et al. Miocene Sn polymetallic mineralization in the Tethyan Himalaya, southeastern Tibet: a case study of the Cuonadong deposit [J]. *Ore Geology Reviews*, 2020: 103403.
- [30] Xie L, Tao X, Wang R C, et al. Highly fractionated leucogranites in the eastern Himalayan Cuonadong dome and related magmatic Be-Nb-Ta and hydrothermal Be-W-Sn mineralization [J] *Lithos*, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.105286>.
- [31] Fu J J, Li G M, Wang G H, et al. Synchronous granite intrusion and E-W extension in the Cuonadong dome, southern Tibet, China: evidence from field observations and thermochronologic results [J]. *International Journal of Earth Sciences*, 2018, (1 – 2): 1 – 19.
- [32] Schultz M H, Hodges K V, Ehlers T A, et al. Thermochronologic constraints on the slip history of the South Tibetan detachment system in the Everest region, southern Tibet [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2017, 459: 105 – 117.

## Cuonadong Be-rare polymetallic metal deposit: constraints from Ar-Ar Age of hydrothermal Muscovite

LIANG Wei<sup>1</sup>, LI Guangming<sup>1</sup>, ZHANG Linkui<sup>1</sup>, FU Jiangang<sup>1</sup>, HUANG yong<sup>1</sup>, ZHANG Zhi<sup>1</sup>  
(Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The Tethys Himalaya is a newly-recognized rare metal metallogenic belt (RMMB). It mainly produces rare metal such as beryllium, tungsten, tin, niobium and tantalum. Cuonadong Be-rare polymetallic metal deposit is located in the Cuonadong Gneiss Dome (CGD) with three types of mineralized bodies, consisting of pegmatitic type, skarn type and hydrothermal vein type. Among them, the skarn type is mainly occurred in the deformed zone around the mantle area of the CGD. Field and microscopic features show that Ar-Ar age of muscovite can represent the hydrothermal activity time of skarn. The Ar-Ar isotope of muscovite from the skarnized marble in the Cuonadong dome was dated, yielded a Ar-Ar plateau age of  $14.21 \pm 0.22$  Ma, corresponding to a  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  isochron age of  $14.21 \pm 0.27$  Ma. This age consistent with emplacement activity time (~ 14 Ma) of the highly fractional muscovite granite within the CGD, and it was confirmed that the skarn-type rare metal mineralization in this period indeed result from the muscovite granite from chronological perspective.

**Key words:** Cuonadong, ore-forming age, Ar-Ar dating, Tethys Himalaya Be-rare polymetallic deposit