

# 西藏甲玛矿床则古朗北矿段花岗斑岩 U-Pb 年龄及地球化学特征

祁婧<sup>1)</sup>, 唐菊兴<sup>2)</sup>, 林彬<sup>2)</sup>, 唐攀<sup>3)</sup>, 陈国良<sup>4)</sup>, 张忠坤<sup>4)</sup>, 张泽斌<sup>1)</sup>, 李怡萱<sup>1)</sup>, 吴纯能<sup>5)</sup>, 孙渺<sup>1)</sup>, 杨征坤<sup>4)</sup>

1) 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京, 100083;

2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部深地资源成矿作用与矿产预测重点实验室, 北京, 100037;

3) 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 成都, 611756;

4) 西藏华泰龙矿业开发有限公司, 拉萨, 850212; 5) 成都理工大学, 成都, 100059

**内容提要:**则古朗北位于甲玛矿区东北部, 是甲玛矿区新发现的与 II 号复式岩体有关的重要矿段。地质调查和钻孔编录揭示 II 号复式岩体包含多种岩石类型, 如花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩以及石英闪长玢岩等, 发育厚大的铜钼矿体。为查明 II 号复式岩体的成岩时代和岩石成因, 本文对其中的花岗斑岩进行锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年代学和主、微量地球化学分析。结果显示: 花岗斑岩锆石 U-Pb 年龄为  $15.7 \pm 0.3$  Ma ( $n=22$ , MSWD=3.3), 与主矿段含矿斑岩侵位时代一致。同时, 花岗斑岩具有高硅、高钾、富铝的特征, 明显富集轻稀土和大离子亲石元素, Eu 异常不明显, 有弱负 Ce 异常, 分异指数较高, 是后碰撞环境下壳源砂质沉积岩受热部分熔融的产物。此外, 作为最新发现的矿段, 地表的大面积“火烧皮”、深部厚大斑岩型矿体以及角岩型矿体的揭露, 均暗示 II 号复式岩体具有独立形成大型-超大型规模矿床的潜力, 应该作为后续勘查评价的重要靶区。

**关键词:** U-Pb 年龄; 地球化学; 成矿潜力; 则古朗北矿段; 甲玛

近年来, 青藏高原产出多个大型-超大型斑岩成矿系统, 包括甲玛、驱龙、玉龙、铁格隆南、多不杂、雄村等(Lin Bin et al., 2018a, 2018b, 2019), 根据矿床的成矿时代以及空间分布规律, 进一步细分为三个成矿带, 即冈底斯成矿带、三江成矿带、班公湖怒江成矿带(Lin Bin et al., 2017a, 2017b; Tang Juxing et al., 2017)。其中, 冈底斯铜多金属成矿带斑岩成矿系统发育, 资源规模巨大, 已成为我国十分重要的国家级资源接续基地(Hou Zengqian et al., 2003; Tang Juxing et al., 2017)。该带从西向东, 陆续分布朱诺、厅官、达布、驱龙、甲玛、邦铺等中型-大型中新世斑岩型矿床, 属于典型的后碰撞斑岩成矿系统(Meng Xiangjin et al., 2003; Li Guangming et al., 2005; Zheng Youye et al.,

2007; Li Jinxiang et al., 2007; Yang Zhiming et al., 2009; Tang Juxing et al., 2012)。

作为冈底斯成矿带最突出的代表, 甲玛矿床具有矿体类型复杂、成矿元素多、巨量成矿物质堆积等特征, 吸引了大量地质学者对其进行研究, 积累了丰富的研究资料, 但以往的研究主要集中于主矿段(即铅山-则古朗一带)(Lin Bin et al., 2019), 包括矿床地质特征(Zheng Wenbao et al., 2010, 2016; Tang Juxing et al., 2010, 2013; Tang Pan et al., 2016a, 2017)、成岩成矿年代学(Ying Lijuan et al., 2009, 2010, 2011; Ying Lijuan et al., 2013; Zheng Wenbao et al., 2016)、流体包裹体(Zhou Yun et al., 2011a, 2011b; Wang Yiyun et al., 2017)、同位素地球化学(Zheng Wenbao et al.,

注: 本文为国家重点研发计划-深地专项(编号 2018YFC0604101)、中国地质科学院基本科研业务费专项经费项目(编号 SYSCR2019-02, KK2017)、西藏自治区科技计划项目(编号 XZ201901-GB-24)、国家自然科学基金项目(编号 41902097, 41902101)和中国地质调查局项目(编号 DD20190167)联合资助的成果。

收稿日期: 2020-06-08; 改回日期: 2020-07-12; 网络发表日期: 2020-08-25; 责任编委: 范宏瑞; 责任编辑: 李曼。

作者简介: 祁婧, 女, 1995 年生。硕士研究生, 矿产普查与勘探专业。Email: 2210348653@qq.com。通讯作者: 唐菊兴, 男, 1964 年生。博士, 研究员, 主要从事矿床学和固体矿产勘查与评价研究工作。Email: tangjuxing@126.com。

**引用本文:** 祁婧, 唐菊兴, 林彬, 唐攀, 陈国良, 张忠坤, 张泽斌, 李怡萱, 吴纯能, 孙渺, 杨征坤. 2021. 西藏甲玛矿床则古朗北矿段花岗斑岩 U-Pb 年龄及地球化学特征. 地质学报, 95(3): 822~836. doi: 10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2020171.  
Qi Jing, Tang Juxing, Lin Bin, Tang Pan, Chen Guoliang, Zhang Zhongkun, Zhang Zebin, Li Yixuan, Wu Chunneng, Sun Miao, Yang Zhengkun. 2021. Zircon U-Pb age and geochemistry of the granite porphyry in northern Zegulang of Jiama deposit, Tibet. Acta Geologica Sinica, 95(3): 822~836.

2016)、矿物学(Wang Weiping et al., 2012; Tang Pan et al., 2016b)等。而对于矿区外围,研究程度相对较低,仅有少量岩体开展调查工作,比如红旗岭岩体、象背山岩体(Qin Zhipeng et al., 2010)。

近年来,根据勘查和研究程度的不同,甲玛矿区已经细分为三个矿段,主矿段、南坑矿段以及则古朗北矿段(Lin Bin et al., 2019)。其中,则古朗北矿段,地表出露多处花岗斑岩岩脉,且发现明显的泥化蚀变和褐铁矿化,有良好化探异常显示。少量钻孔揭露表明:深部存在一个大型的含矿复式岩体,即II号斑岩体,该复式岩体发育厚大的斑岩型铜钼矿化;其与围岩接触带中,也发现良好的角岩型铜钼矿化。为详细揭示II号复式岩体成岩作用时代及其岩石成因,探究其与主矿体成矿作用的耦合关系,本文对复式岩体中的花岗斑岩进行锆石 U-Pb 年代学及岩石地球化学分析,揭示其结晶时代和岩石成因,并结合现有成矿地质条件,分析其成矿作用潜力,为后续的勘查评价指明方向。

## 1 矿区地质背景

甲玛铜多金属矿床位于拉萨地体南缘,冈底斯成矿带东段。矿区出露地层较为简单,与成矿作用密切相关的地层包括上侏罗统多底沟组( $J_3d$ )和下白垩统林布宗组( $K_1l$ )。其中,多底沟组主要由灰白色-灰色块状结晶灰岩,夹少量薄层灰岩、泥灰岩、板岩、粉砂岩、细砂岩等组成;林布宗组主要由灰黑色板岩、粉砂岩,夹灰白色石英砂岩、细砂岩,富含碳质和黄铁矿组成,局部夹有无烟煤层及煤线(Lin Bin et al., 2019);此外,在牛马塘一带分布有少量第四系(Q)残坡积物(图1)。

构造对甲玛矿床的形成至关重要。研究资料显示,甲玛矿床受控于甲玛—卡军果逆冲推覆构造体系和铜山滑覆构造(Zhong Kanghui et al., 2012)。其中,甲玛—卡军果推覆构造体系由南至北包括四个带,分别为前锋带、前部带、中部带和后部带,矿区主要位于该构造系的前部带(Tang Juxing et al., 2011; Zhong Kanghui et al., 2012)。推覆构造形成的牛马塘倒转背斜控制斑岩体的侵位以及角岩和斑岩矿体的形成。同时,层间滑脱构造作为推覆构造的重要组成部分,控制I号矽卡岩矿体的形成(Zheng Wenbao et al., 2016)。铜山滑覆构造位于矿区东部,展布于铜山—布朗沟—莫古郎沟一带,由后部带、中部带和前部带三部分组成,内部各种褶皱比较发育,控制II号矽卡岩富矿体就位(Tang Pan

et al., 2017; Zou Bing et al., 2019)。

矿区岩浆岩地表出露面积较小,多为隐伏侵入(图1)。岩石类型以中新世中酸性岩浆岩为主,主要包括花岗斑岩、二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、(石英)闪长玢岩。岩体整体呈近东西、北西-南东向、近南北向放射状展布。根据野外穿切关系和年代学证据表明,早期斑岩类型主要为花岗斑岩、(石英)闪长玢岩,中期斑岩类型主要为二长花岗斑岩,晚期斑岩则为花岗闪长斑岩(Qin Zhipeng et al., 2011)。

甲玛矿床主矿段中矿体结构较为复杂,具有斑岩型、角岩型、矽卡岩型等多种矿体类型(Tang Juxing et al., 2010; Lin Bin et al., 2019)(图1)。其中,斑岩型矿体主要产于矿体深部斑岩中,集中在16~32线之间,赋存标高多在4300 m以下,多为脉状的石英-辉钼矿脉、辉钼矿脉、黄铁矿脉;角岩型矿体则主要产于隐伏斑岩的顶部,呈筒状,赋存的海拔高度为4300~5200 m,多发育细脉浸染状的黄铁矿、黄铜矿以及石英-辉钼矿脉;矽卡岩型矿体(即I号矽卡岩矿体)则产于林布宗组和多底沟组地层之间的层间扩容带,矿体呈层状、似层状、厚板状,赋存海拔高度为3850~5000 m,矿化主要发育浸染状、团斑状的斑铜矿、黄铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿等。成矿元素主要为Cu、Mo、Pb、Zn,同时还伴生Au、Ag矿化,矿体至斑岩体的距离有清晰的分带现象。此外,局部外围破碎带中,还可见少量的金(银)矿体,可能与闪长玢岩有关(Zheng Wenbao et al., 2012)。

南坑矿段,主要为厚大的矽卡岩矿体,即II号矽卡岩矿体,产于铜山滑覆体内,矿体形态不规则,并且变化较大,整体呈巨厚的板状,赋存的海拔标高为4300~5100 m。矿化主要为脉状、团斑状黄铜矿、斑铜矿、方铅矿、闪锌矿以及少量的辉钼矿。

则古朗北矿段,位于甲玛矿区东北部,该矿段出露地层与主矿段基本一致,浅部主要为下白垩统林布宗组( $K_1l$ )砂板岩,深部为多底沟组的灰岩、大理岩。矿段内岩浆岩主要以陡立的岩枝或小岩脉的形式产出,岩石类型包括花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩等。

目前,则古朗北矿段勘查程度相对较低,仅施工少量钻孔,但已经初步揭示其成矿规模及潜力。钻孔836中揭示厚大钼铜矿体(图2),厚度约750 m,铜平均品位0.2%,钼平均品位0.03%,属于典型低品位斑岩型矿体。同时,在该斑岩体顶部以及与深部多底沟组接触带,也分别探获了角岩型铜钼矿体和矽卡岩型铜多金属矿体(Lin Bin et al., 2019)。

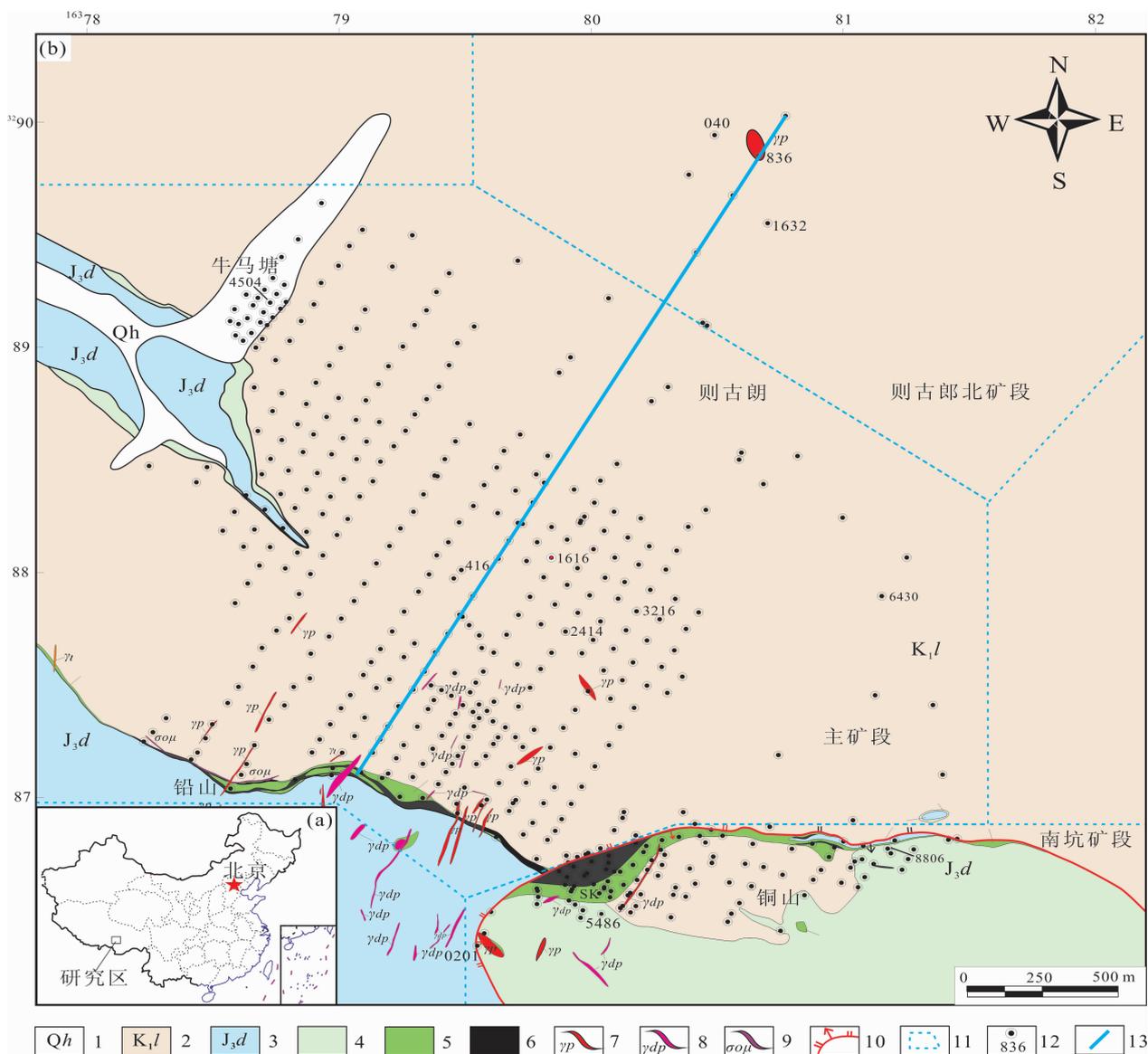


图 1 甲玛矿区地质简图(据 Lin Bin et al., 2019)

Fig. 1 Geological map of Jiama deposit (after Lin Bin et al., 2019)

1—第四系沉积物; 2—下白垩统林布宗组砂岩、板岩、角岩; 3—上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩; 4—矽卡岩化大理岩; 5—矽卡岩; 6—矽卡岩型矿体; 7—花岗斑岩脉; 8—花岗闪长斑岩脉; 9—石英闪长玢岩脉; 10—滑覆构造断裂; 11—矿段范围; 12—钻孔及编号; 13—8号勘探线

1—Quaternary sediments; 2—sandstone, slate and hornfels of the Linbu Formation in Lower Cretaceous; 3—limestone and marble of the Duodigou Formation in Upper Jurassic; 4—skarn marble; 5—skarn; 6—skarn orebody; 7—granite porphyry dikes; 8—granodiorite porphyry dikes; 9—quartz-diorite porphyry dikes; 10—slip fault; 11—range of ore block; 12—drill hole and its serial number; 13—No. 8 exploration line

详细钻孔编录显示, 则古朗北矿段蚀变较强, 普遍发育硅化、绢云母化以及局部的黑云母化和绿泥石化(图 3a, 3b)。其中, 硅化与泥化发育程度强烈, 由浅至深均发育。靠近斑岩体, 地层中砂板岩均发育强角岩化。斑岩体中斜长石斑晶或基质, 则发生明显泥化和绢云母化。斑岩体与角岩中, 可见脉状、弥散状的绿泥石化。黑云母化则以热液黑云母脉的形式产于斑岩体中。

根据目前的钻孔信息, 则古朗北矿段矿化主要

为辉钼矿和黄铜矿(图 3b, 3c), 产于斑岩和角岩中。其中, 辉钼矿主要呈鳞片状、粒状产于石英脉中, 与黄铁矿共生或单独呈细脉产出(图 3c)。黄铜矿多以粒状-浸染状的形式产出, 局部见少量石英-黄铜矿-黄铁矿脉。此外, 在钻孔 1632 中也可见矽卡岩矿化, 即团斑状、浸染状斑铜矿、黄铜矿以及少量浸染状辉钼矿、黄铁矿产于石榴子石、透辉石颗粒粒间。与主矿段不同的是, 则古朗北矿段发育诸多磁铁矿, 多呈脉状、团斑状产于绿泥石化角岩中或斑岩

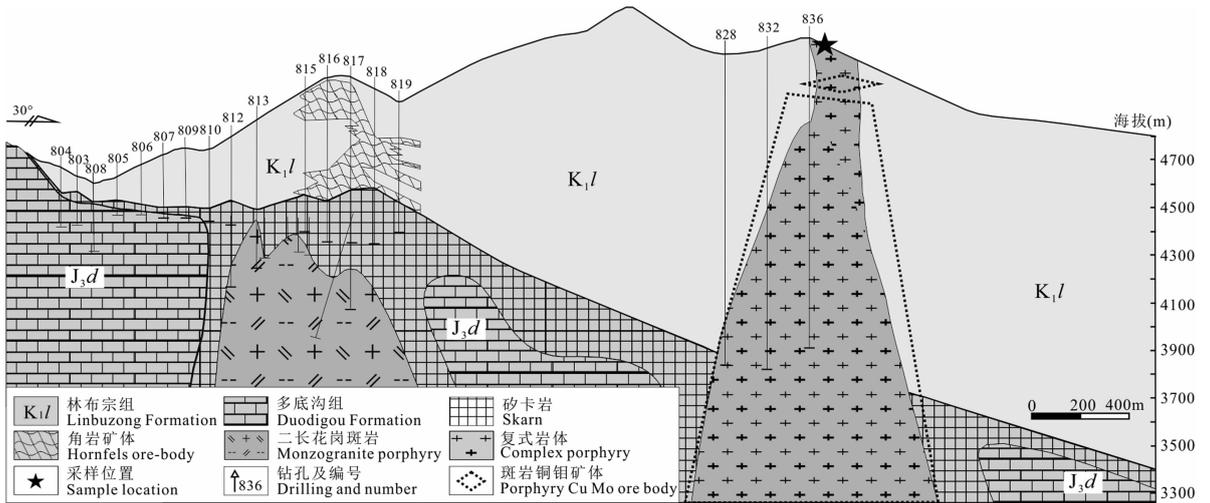


图 2 甲玛矿区 8 号勘探线地质剖面

Fig. 2 No. 8 exploration line geological section in the Jiama deposit

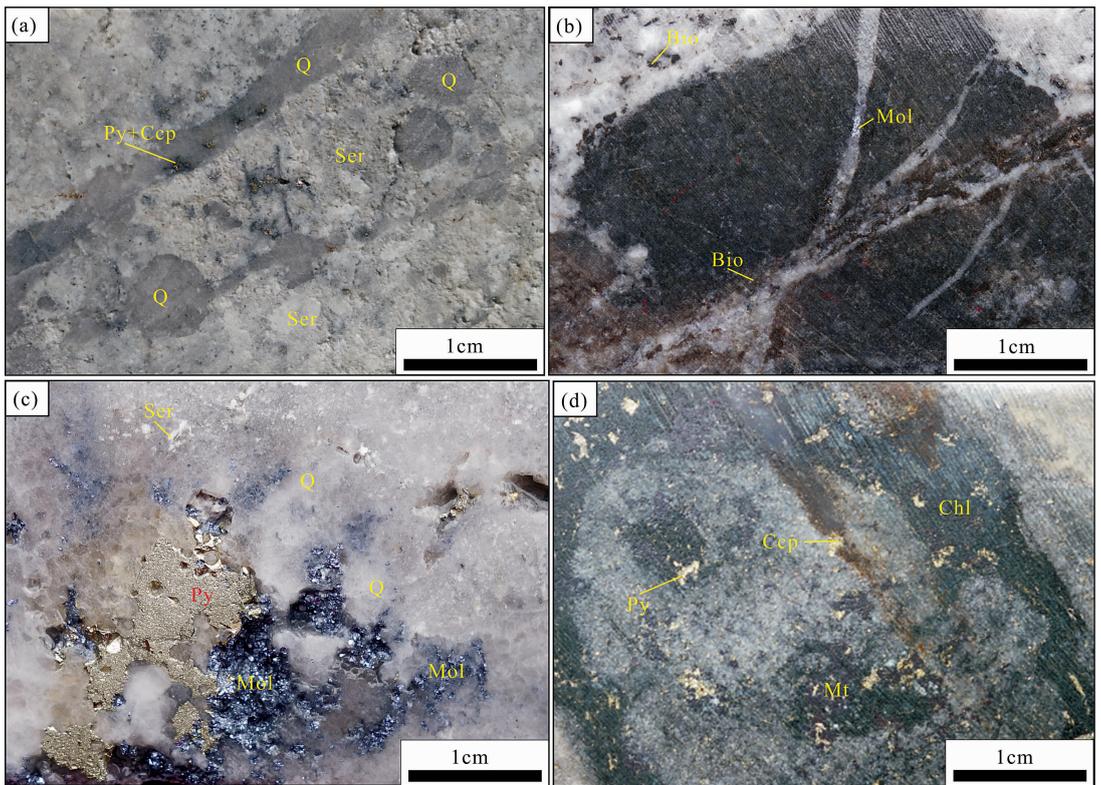


图 3 则古朗北矿段蚀变与矿化

Fig. 3 Typical alteration and mineralization in northern Zegulang

Bio—黑云母; Chl—绿泥石; Ccp—黄铜矿; Mol—辉钼矿; Mt—磁铁矿; Py—黄铁矿; Q—石英; Ser—绢云母

Bio—Biotite; Chl—chlorite; Ccp—chalcopyrite; Mol—molybdenite; Mt—magnetite; Py—pyrite; Q—quartz; Ser—sericite

体中(图 3d)。

## 2 采样及分析方法

本次用于锆石 U-Pb 同位素定年和岩石地球化学分析的样品采集于则古朗北部地表, 靠近 ZK836 (图 4a), 岩性为花岗斑岩 (ZG-GP)。岩相学观察显

示: 花岗斑岩灰白色, 块状构造, 斑晶主要为钾长石 (15%~25%), 斜长石 (10%~15%)、石英 (20%~25%) 以及少量白云母 (5%)。其中, 长石斑晶局部发生绢云母化 (图 4b), 基质为长英质, 可见弱绢云母化蚀变, 副矿物主要为锆石、榍石和磷灰石等。

锆石样品破碎和挑选在广州市岩拓检测技术有

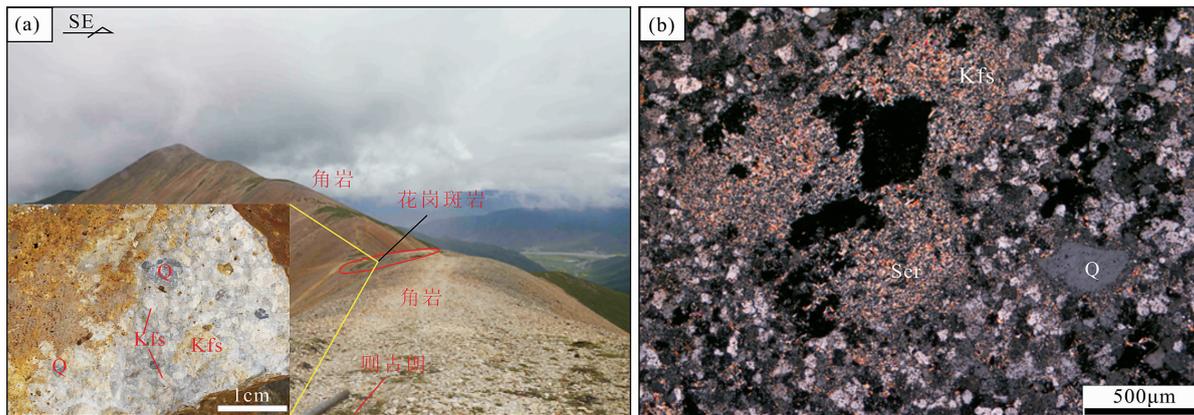


图4 甲玛矿区则古朗北矿段花岗斑岩地表出露位置(a)及镜下(b)照片

Fig. 4 Surface exposure of granite porphyry, hand specimen (a) and micrograph (b)

in northern Zegulang of Jiama mining area

Q—石英; Kfs—钾长石; Ser—绢云母

Q—Quartz; Kfs—K-feldspar; Ser—sericite

限公司完成。锆石 U-Pb 同位素定年在西安地调中心实验测试中心分析完成。U-Pb 同位素定年中采用锆石标准 91500 作外标进行同位素分馏校正, 每分析 5 个样品点, 分析 2 次 91500。对于与分析时间有关的 U-Th-Pb 同位素比值漂移, 利用 91500 的变化采用线性内插的方式进行了校正 (Liu Yongsheng et al., 2010a)。锆石标准 91500 的 U-Th-Pb 同位素比值推荐值据 Wiedenbeck et al. (1995)。锆石样品的 U-Pb 年龄谱和图绘制和年龄权重平均计算均采用 Isoplot/Ex\_ver3 (Ludwig, 2003) 完成。对分析数据的离线处理(包括对样品和空白信号的选择、仪器灵敏度漂移校正、元素含量及 U-Th-Pb 同位素比值和年龄计算)采用软件 ICP-MS-Data Cal (Liu Yongsheng et al., 2009; Liu Yongsheng et al., 2010a) 完成。详细的仪器操作条件和数据处理方法同 Liu Yongsheng et al. (2009; 2010a; 2010b)。8 件全岩样品主要采于地表新鲜岩石, 尽量去除表面风化和氧化面, 样品主量、稀土及微量元素测试在西南冶金地质测试所完成。其中, 主量元素分析测试使用 X 射线荧光光谱仪 (XRF) 完成, 分析精度优于 5%; 稀土和微量元素分析采用高分辨率等离子体质谱仪 (ICP-MS) 完成, 当元素含量大于  $10 \times 10^{-6}$  时, 误差小于 5%, 元素含量小于  $10 \times 10^{-6}$  时, 误差小于 10%。

### 3 分析结果

#### 3.1 锆石 U-Pb 测年

花岗斑岩中锆石大多数为无色透明或者浅黄色, 晶型发育较好, 多呈正方双锥状或者长柱状自形

晶体, 长  $100 \sim 220 \mu\text{m}$ , 宽  $100 \sim 180 \mu\text{m}$ , 长宽比  $1:1 \sim 3:1$ 。阴极发光图像 (图 5a) 呈现清晰的振荡环带, 且锆石 Th 的含量为  $259 \times 10^{-6} \sim 1290 \times 10^{-6}$ , U 的含量为  $413 \times 10^{-6} \sim 2010 \times 10^{-6}$ , Th/U 比值为  $0.6 \sim 0.9$ , 表明锆石应属于岩浆锆石 (Belousova et al., 2002)。22 颗有效锆石 U-Pb 测试分析结果 (表 1) 表明,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  比值为  $0.00227 \sim 0.00265$ ,  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  年龄为  $14.61 \sim 17.10 \text{ Ma}$  (表 1), 22 个测点的平均年龄值为  $15.7 \pm 0.30 \text{ Ma}$  ( $n=22$ ),  $\text{MSWD}=3.3$  (图 5b)。该年龄值可代表岩体结晶年龄, 表明岩体形成于中新世。

#### 3.2 全岩地球化学

8 件则古朗北花岗斑岩样品岩石地球化学分析结果见表 2。

则古朗北花岗斑岩  $\text{SiO}_2$  含量为  $74.49\% \sim 77.55\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  值为  $2.06\% \sim 4.13\%$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  为  $25.95 \sim 35.8$ ,  $\text{MgO}$  为  $0.11\% \sim 0.38\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量为  $13.61\% \sim 15.73\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$  为  $0.65\% \sim 1.29\%$ , Mg 指数 ( $\text{Mg}^{\#}$ ) 变化较大, 为  $18.76 \sim 38.63$ 。A/CNK 值变化范围为  $2.87 \sim 5.04$ , 明显大于 1, 属于强过铝质。TAS 图解上全部落入花岗岩区域 (图 6a), 且分异程度较高, 分异指数 (DI) 值为  $84.85 \sim 87.59$ 。 $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$  图解上落入钙碱性系列-高钾钙碱性系列 (图 6b)。

则古朗北花岗斑岩  $\Sigma\text{REE}$  总量变化为  $53.43 \times 10^{-6} \sim 80.66 \times 10^{-6}$ , 富集轻稀土元素, 轻、重稀土元素分离明显 (图 7a), LREE/HREE 为  $8.29 \sim 11.71$ , 且  $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$  变化较大, 为  $8.84 \sim 17.97$ ; 铈异常并不明显,  $\delta\text{Eu}$  为  $0.93 \sim 1.42$ ; 有弱负 Ce 异

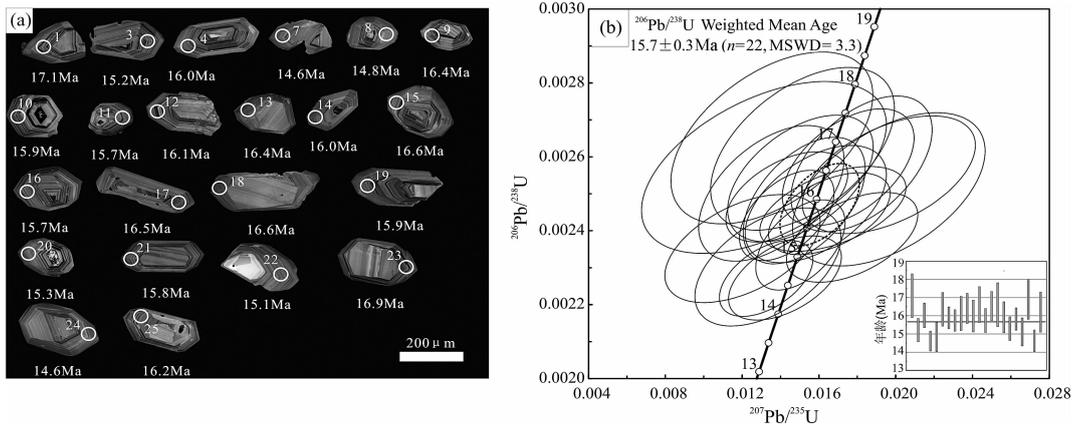


图 5 花岗斑岩锆石阴极发光图像(a)及锆石 U-Pb 年龄谐和图(b)

Fig. 5 CL photography (a) and U-Pb concordia diagram (b) of zircons from granite porphyry

表 1 花岗斑岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素年龄测定结果

Table 1 LA-ICP-MS U-Pb zircons age data of granite porphyry

测点号	Th	U	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb		<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U		<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U (Ma)		<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U (Ma)	
	(×10 <sup>-6</sup> )			测值	2σ	测值	2σ	测值	2σ	测值	2σ	测值	2σ
004ZG01. D	259.0	436.0	0.6	0.03800	0.01200	0.01350	0.00430	0.00265	0.00019	13.5	4.3	17.1	1.2
006ZG03. D	911.0	1323	0.7	0.04710	0.00610	0.01500	0.00190	0.00236	0.00010	15.1	1.9	15.2	0.6
007ZG04. D	946.0	1225	0.8	0.04190	0.00780	0.01430	0.00260	0.00249	0.00010	14.4	2.6	16.0	0.7
011ZG07. D	835.0	1219	0.7	0.04230	0.00670	0.01320	0.00200	0.00227	0.00008	13.7	2.2	14.6	0.5
012ZG08. D	774.0	933.0	0.8	0.04400	0.01100	0.01330	0.00310	0.00230	0.00013	13.4	3.1	14.8	0.8
013ZG09. D	447.0	733.0	0.6	0.04300	0.00880	0.01500	0.00310	0.00254	0.00014	15.1	3.1	16.4	0.9
014ZG10. D	1290	2010	0.6	0.04770	0.00540	0.01600	0.00170	0.00247	0.00009	16.1	1.7	15.9	0.6
015ZG11. D	853.0	1083	0.8	0.04970	0.00820	0.01650	0.00260	0.00244	0.00009	16.6	2.6	15.7	0.6
016ZG12. D	514.0	753.0	0.7	0.04100	0.01000	0.01350	0.00310	0.00250	0.00015	13.6	3.1	16.1	0.9
020ZG13. D	382.0	681.0	0.6	0.05600	0.01100	0.01960	0.00370	0.00255	0.00013	19.6	3.7	16.4	0.8
021ZG14. D	556.0	925.0	0.6	0.04620	0.00810	0.01520	0.00260	0.00248	0.00014	15.3	2.6	16.0	0.9
022ZG15. D	720.0	900.0	0.8	0.05200	0.00970	0.01820	0.00300	0.00258	0.00015	18.3	3.0	16.6	1.0
023ZG16. D	1046	1195	0.9	0.04170	0.00580	0.01430	0.00200	0.00244	0.00010	14.4	2.0	15.7	0.7
024ZG17. D	769.0	1057	0.7	0.05060	0.00820	0.01750	0.00280	0.00257	0.00013	17.5	2.7	16.5	0.8
025ZG18. D	193.7	413.0	0.5	0.03400	0.01500	0.01310	0.00520	0.00257	0.00019	14.4	5.7	16.6	1.2
027ZG19. D	506.0	648.0	0.8	0.04730	0.00990	0.01580	0.00300	0.00247	0.00013	15.8	3.0	15.9	0.9
028ZG20. D	1008	1084	0.9	0.05540	0.00890	0.01770	0.00280	0.00238	0.00010	17.8	2.8	15.3	0.7
029ZG21. D	721.0	1003	0.7	0.04920	0.00860	0.01670	0.00310	0.00246	0.00009	16.8	3.0	15.8	0.6
030ZG22. D	504.0	804.0	0.6	0.03900	0.01100	0.01200	0.00330	0.00235	0.00012	12.1	3.3	15.1	0.8
031ZG23. D	394.0	537.0	0.7	0.04300	0.01200	0.01510	0.00390	0.00262	0.00018	15.1	3.9	16.9	1.1
032ZG24. D	1153	1477	0.8	0.04610	0.00780	0.01420	0.00240	0.00227	0.00009	14.3	2.4	14.6	0.6
033ZG25. D	341.0	548.2	0.6	0.05500	0.01200	0.01960	0.00410	0.00251	0.00017	19.6	4.0	16.2	1.1

常, δCe 为 0.51~0.84。由原始地幔标准化微量元素蛛网图(图 7b)可得出, 花岗斑岩相对富集 Rb、Ba、Th、U、K 等大离子亲石元素, 而亏损 Nb、Ta、P、Ti 等高场强元素。

## 4 讨论

### 4.1 成岩时代及岩石成因

前人曾对甲玛矿区岩浆穿切关系和侵位时限有过较为细致的研究, 但研究成果多集中在主矿段以及矿区外围。其中, 主矿体的岩脉穿切关系揭示, 花

岗斑岩侵位时代相对最早, 为 16.7~15.5 Ma; 其次为(石英)闪长玢岩(16.0 Ma)和二长花岗斑岩(15.6~14.8 Ma), 花岗闪长斑岩侵位最晚(15.7~14.2 Ma) (Qin Zhipeng et al., 2011; Zheng Wenbao et al., 2016; Meng Yuanku et al., 2018)。南坑矿段, 花岗斑岩侵位时代为 14.8 Ma。塔龙尾、象背山、独立峰、东风垭等处花岗斑岩侵位时代分别为 16.3 Ma, 16.0 Ma, 15.3 Ma 和 14.8 Ma (Qin Zhipeng et al., 2011)。本次获得则古朗北矿段花岗斑岩的锆石 U-Pb 年龄, 介于 14.6

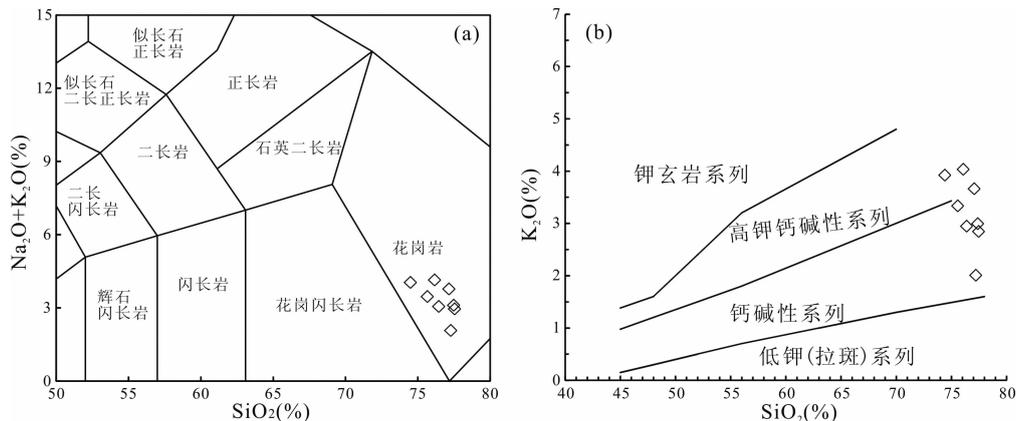


图6 主矿区岩浆岩和则古朗北花岗斑岩地球化学判别图

Fig. 6 Geochemical diagrams of granite porphyry in northern Zegulang

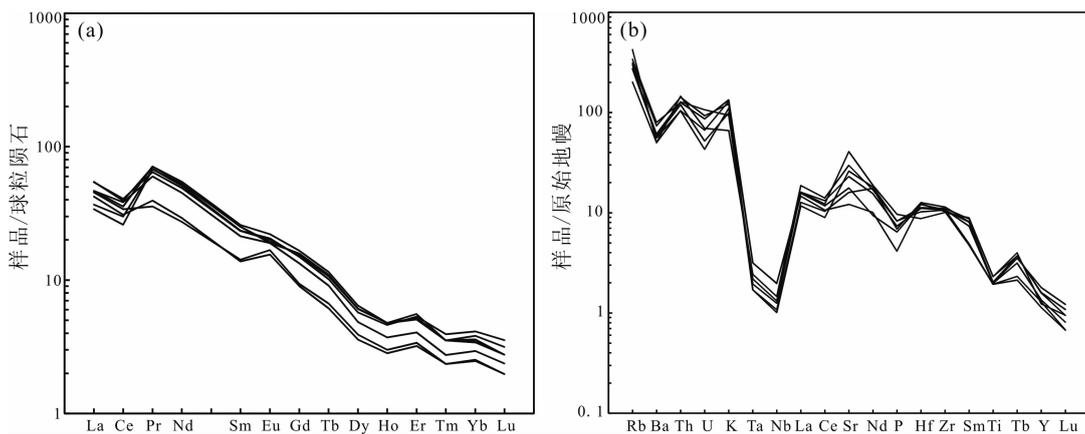
图7 则古朗北部花岗斑岩稀土球粒陨石标准化配分图(a)和微量元素地幔标准化蛛网图(b)  
(标准化值据 Sun and McDonough, 1989)

Fig. 7 Chondrite-normalized REE patterns (a) and primitive mantle-normalized trace element spider diagrams (b) of North Zegulang granite porphyry (normalization values after Sun and McDonough, 1989)

~17.1 Ma 之间,加权平均值年龄为  $15.7 \pm 0.3$  Ma,属于中新世岩浆活动的产物。从岩体侵位时代而言,则古朗北矿段与主矿段、南坑以及外围的斑岩体基本一致,均属于中新世中酸性岩浆活动的产物。

从则古朗北矿段花岗斑岩的地球化学特征看,其  $\text{SiO}_2$  含量较高,多大于 74%,具有高硅的特征。同时, $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量也较高,均多大于 13%, $A/CNK$  值明显大于 1,呈现强过铝质特征, $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{CaO}$  含量则相对较低,多小于 0.3%, $\text{K}_2\text{O}$  含量较高,大于 2%,与经历表生过程的 S 型花岗岩特征相似。

关于岩浆岩的岩石类型,前人曾通过对主矿段不同岩石的地球化学分析,根据花岗斑岩为高硅、贫铁、镁、低  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  比值,过铝质属性,判定其为 S 型花岗岩,而不同于其他的二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、闪长玢岩为 I 型花岗岩(Qin Zhipeng et al.,

2011; Zheng Wenbao et al., 2016)。S 型花岗岩其原岩主要为变沉积岩或表壳岩石来源,其岩石中通常会出现白云母、堇青石以及石榴子石等过铝质矿物。研究发现,由于变火成岩中 I 型熔体与含磷灰石的残留体之间会发生不同程度的分离结晶,所以, I 型花岗岩中  $\text{P}_2\text{O}_5$  和  $\text{SiO}_2$  含量会呈现明显的负相关。而磷灰石在过铝质熔体的溶解度很高,所以 S 型花岗岩中,在高  $\text{SiO}_2$  的范围内, $\text{P}_2\text{O}_5$  的变化范围会很大。此外,多种判别图解如  $\text{SiO}_2$ -Zr 图、Rb-Y 图等,也是判别岩石类型的有效方式。对于则古朗北矿段的花岗斑岩,其岩石中富含白云母,同时,铝饱和指数远大于 1,标准矿物计算中刚玉标准分子大于 1,并且随着  $\text{SiO}_2$  含量增加,其  $\text{P}_2\text{O}_5$  并未降低,而呈现明显增长(图 8a),其  $\text{SiO}_2$ -Zr 图解中,均呈现 S 型花岗岩的变化趋势(图 8b),所以,综合判断其为 S 型花岗岩。

表 2 花岗斑岩主量和微量元素数据

Table 2 Major and trace element data of granite porphyry sample

样品	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	LOI	Total	A/CNK
ZG-6	76.46	0.48	14.13	0.90	0.01	0.32	0.21	0.11	2.93	0.20	3.05	98.81	3.77
ZG-7	77.29	0.44	13.65	1.14	0.01	0.38	0.24	0.07	1.99	0.18	3.53	98.93	5.04
ZG-8	77.55	0.50	13.74	1.08	0.01	0.27	0.21	0.11	2.83	0.21	2.81	99.31	3.78
ZG-9	75.66	0.43	15.24	0.65	0.01	0.11	0.17	0.13	3.32	0.15	2.82	98.68	3.70
ZG-10	74.49	0.50	15.73	0.93	0.01	0.28	0.18	0.12	3.91	0.18	2.42	98.76	3.31
ZG-11	77.48	0.43	14.09	0.95	0.01	0.12	0.17	0.11	2.98	0.16	2.84	99.34	3.79
ZG-12	76.16	0.42	13.85	1.29	0.00	0.30	0.16	0.11	4.02	0.09	2.64	99.05	2.87
ZG-13	77.16	0.42	13.61	0.97	0.01	0.30	0.19	0.11	3.65	0.14	2.55	99.11	3.04
样品	A/NK	Cu	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Ag	Sn	Cs	Pb
ZG-6	4.20	17.65	4.02	185.37	783.77	6.14	124.69	1.11	12.85	0.05	3.90	4.31	11.03
ZG-7	6.00	19.15	5.02	127.68	625.79	7.22	119.42	1.04	23.19	0.05	3.90	3.21	9.61
ZG-8	4.23	21.03	7.06	174.45	857.39	5.60	112.74	0.89	30.64	0.08	3.49	4.55	13.48
ZG-9	4.00	23.00	3.90	189.79	336.38	8.17	127.46	0.77	27.23	0.09	4.18	3.99	21.03
ZG-10	3.55	14.22	3.69	269.44	548.82	7.29	123.65	0.72	12.36	0.05	4.05	7.68	11.80
ZG-11	4.13	20.30	3.95	171.79	483.13	6.17	119.95	0.94	20.52	0.08	3.57	3.67	23.15
ZG-12	3.05	13.52	11.28	214.76	255.16	5.15	114.85	1.40	3.61	0.04	3.82	4.63	9.79
ZG-13	3.29	18.41	7.67	198.13	372.49	5.86	120.03	1.41	4.37	0.06	3.94	4.35	9.18
样品	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm
ZG-6	380.15	12.88	24.11	6.69	24.94	3.83	1.10	3.25	0.41	1.55	0.27	0.86	0.09
ZG-7	350.6	12.81	24.84	6.11	22.85	3.57	1.16	3.14	0.40	1.54	0.27	0.84	0.09
ZG-8	426	11.04	21.69	6.73	25.50	3.96	1.28	3.41	0.43	1.63	0.27	0.86	0.09
ZG-9	389.62	8.70	18.31	6.45	23.74	3.59	1.19	3.07	0.38	1.45	0.26	0.88	0.10
ZG-10	348.72	8.04	15.85	6.41	24.48	3.85	1.12	3.24	0.40	1.55	0.27	0.92	0.09
ZG-11	405.18	11.03	23.40	5.68	20.99	3.26	1.10	2.74	0.34	1.23	0.21	0.67	0.07
ZG-12	556.44	10.01	18.86	3.74	13.61	2.11	0.90	1.85	0.23	0.91	0.16	0.53	0.06
ZG-13	513.81	10.74	20.78	3.38	12.74	2.17	0.97	1.92	0.25	0.99	0.17	0.56	0.06
样品	Yb	Lu	Hf	Ta	Th	U	ΣREE	LREE	HREE	LREE/ HREE	La <sub>N</sub> / Yb <sub>N</sub>	δEu	δCe
ZG-6	0.60	0.07	3.06	0.10	12.55	1.84	80.66	73.55	7.11	10.35	15.42	0.93	0.63
ZG-7	0.58	0.07	3.16	0.10	12.35	1.46	78.27	71.35	6.92	10.31	15.77	1.04	0.69
ZG-8	0.61	0.07	2.70	0.08	10.83	2.23	77.58	70.20	7.38	9.52	12.99	1.04	0.60
ZG-9	0.70	0.09	3.90	0.07	8.85	0.90	68.89	61.97	6.92	8.96	8.93	1.07	0.57
ZG-10	0.65	0.08	3.47	0.07	8.87	1.40	66.96	59.76	7.20	8.29	8.84	0.95	0.51
ZG-11	0.50	0.06	3.42	0.09	10.19	1.09	71.26	65.46	5.81	11.27	15.98	1.09	0.72
ZG-12	0.42	0.05	3.80	0.13	10.67	1.81	53.43	49.23	4.20	11.71	17.31	1.36	0.76
ZG-13	0.43	0.05	3.73	0.13	12.06	1.95	55.20	50.78	4.42	11.50	17.97	1.42	0.84

注:主量元素单位为(%),微量及稀土元素含量单位为( $\times 10^{-6}$ )。

对于 S 型花岗岩,其源岩类型以及形成的构造环境是研究其岩石成因的关键。则古朗北矿段花岗斑岩稀土元素配分曲线呈明显的右陡倾形式,富集轻稀土、亏损重稀土,说明源区可能有角闪石、石榴子石等矿物的残留。同时, Eu 异常不明显,说明源区未经历斜长石的结晶分异。微量元素中,明显富集 Rb、Ba、Th、U、K、Sr 等大离子亲石元素,而亏损 Nb、Ta、P、Ti 等高场强元素。其中, Rb、Ba、Sr 主要富集于斜长石中,岩石并未出现明显的亏损,也说明岩石源区未发生明显的斜长石分异。Nb、Ta、Ti 的亏损则表现为造山带花岗岩特征,源区可能存在钛铁矿的残留。Th/U 比值介于 4.9~9.8 之间,平均值为 7.2,与上地壳平均值近似(4.2)。Zr/Hf 比值

介于 30.2~41.8 之间,平均值为 35.8,也与上地壳平均值相似( $\sim 37$ )。Nb/Ta 比值介于 10.3~11.1 之间,也近似地壳岩石的比值(11~13)。综合上述特征,判定则古朗北矿段花岗斑岩源岩具有地壳沉积岩特征。为进一步判定源岩类型,在 Rb/Ba-Rb/Sr 判别图中,样品多落入贫黏土的砂质岩石部分熔融区域(图 9a),同时,在  $(Al_2O_3 + TFeO + MgO + TiO_2) - Al_2O_3 / (TFeO + MgO + TiO_2)$  判别图中,样品也同样落入砂质岩石部分熔融区域(图 9b)。所以,则古朗北矿段花岗斑岩应该是壳源的砂质沉积岩部分熔融的产物。

从岩石微量元素的构造判别图解(图 10)来看,则古朗北花岗斑岩样品与主矿区花岗斑岩、二长花

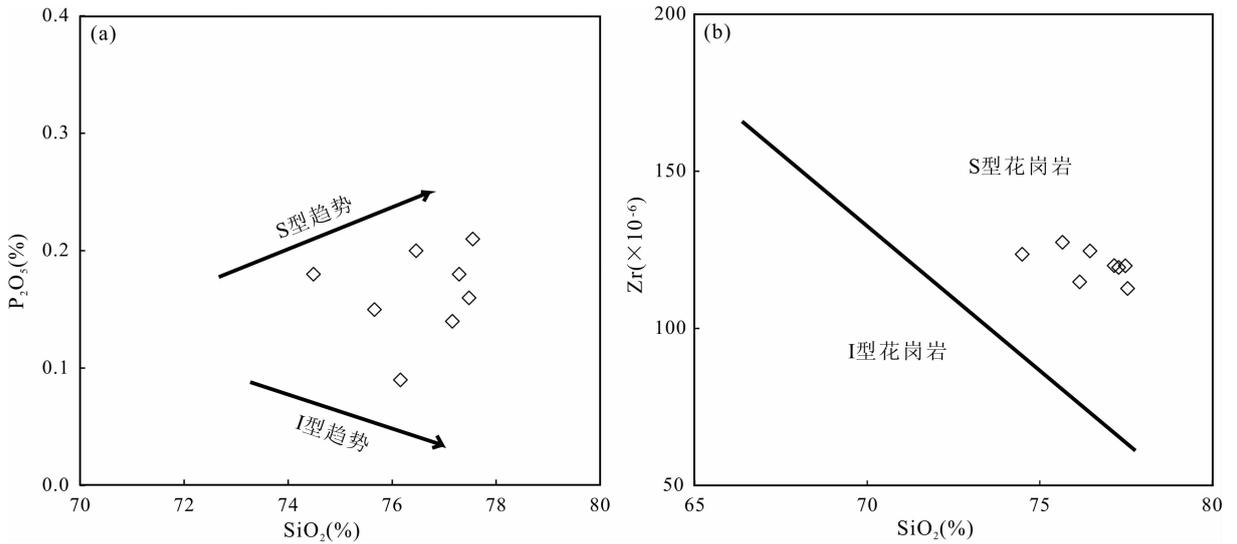


图8 花岗斑岩 SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 与 SiO<sub>2</sub>-Zr 判别图解

Fig. 8 The SiO<sub>2</sub>-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and SiO<sub>2</sub>-Zr diagram of granite porphyry

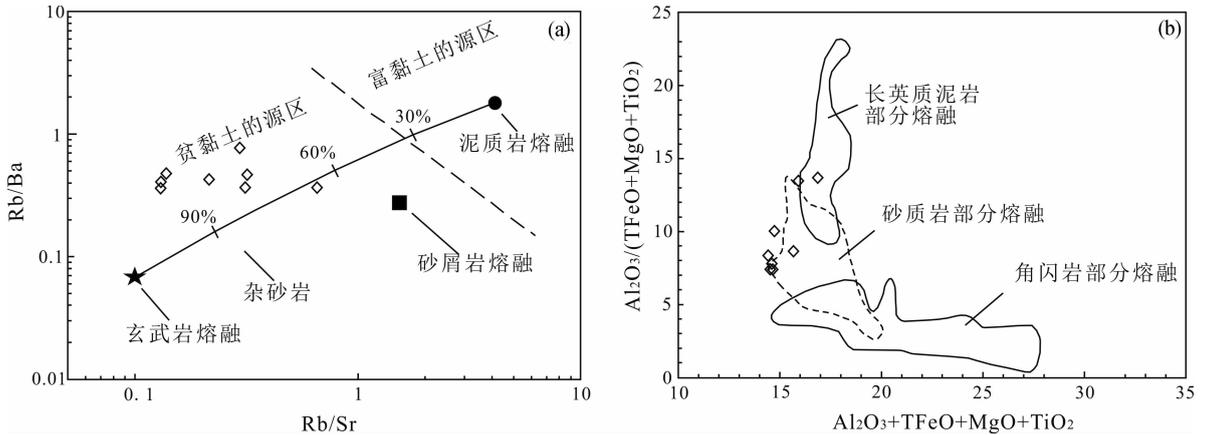


图9 花岗斑岩 Rb/Sr-Rb/Ba(a)与 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TFE+MgO + TiO<sub>2</sub>)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / (TFE+MgO + TiO<sub>2</sub>) (b)图解 (据 Sylvester, 1998)

Fig. 9 The Rb/Sr-Rb/Ba (a) and (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TFE+MgO + TiO<sub>2</sub>)-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / (TFE+MgO + TiO<sub>2</sub>) (b)

diagram of granite porphyry (after Sylvester, 1998)

岗斑岩、(石英)闪长玢岩样品一样,大部分落在同碰撞区附近。关于碰撞作用,这里看作广义的含义,即洋盆消失后的陆陆碰撞及其后的继续汇聚均作为同碰撞处理,相当于与碰撞有关的过程均看作同碰撞 (Xiao Qinghui et al., 2002; Tong Jinsong et al., 2003; Lin Bin et al., 2016)。Liegeois (1998) 提出后碰撞构造环境的相关术语,认为“后碰撞”代表主碰撞期以后产生的构造带,时间上晚于碰撞作用,但与碰撞作用有关,通常开始于一个陆内环境,主海洋关闭,但大陆块体沿巨大剪切带仍有大量水平方向的运动。后碰撞环境位于同碰撞、火山弧和板内三个区域的交界处,表明这种环境是十分广泛的。由于这种环境下产生的岩浆具有明显壳-幔相互作用,成分变化范围大,可能有俯冲的地幔、火山弧或

板内岩浆。这种岩浆的复杂性表明该区岩石不能仅仅用地球化学判别图解判断其构造环境,还应结合其他地质特点。后碰撞构造运动产生的岩浆具有以下共同特点:多数为高钾钙碱性岩浆,强过铝和碱性-过碱性花岗岩也较多,但相互分离;后碰撞作用与沿剪切带的水平运动有关;源区含有大量新生的成分、地幔的或新形成的火成岩或沉积特征的地壳 (Zhao Zhenhua et al., 2007; Lin Bin et al., 2016)。青藏高原地区,主碰撞阶段主要表现为印-亚大陆对接拼合、印度大陆向北俯冲,时间约为 65 ~ 41 Ma (Hou Zengqian, 2010),而本研究区强过铝质花岗岩形成年龄为 15.7 Ma,相对主碰撞作用滞后 49.3 ~ 25.3 Ma,属于后碰撞时间段内 (25 ~ 13 Ma)。此外,甲玛矿区位于冈底斯成矿带东段,而大

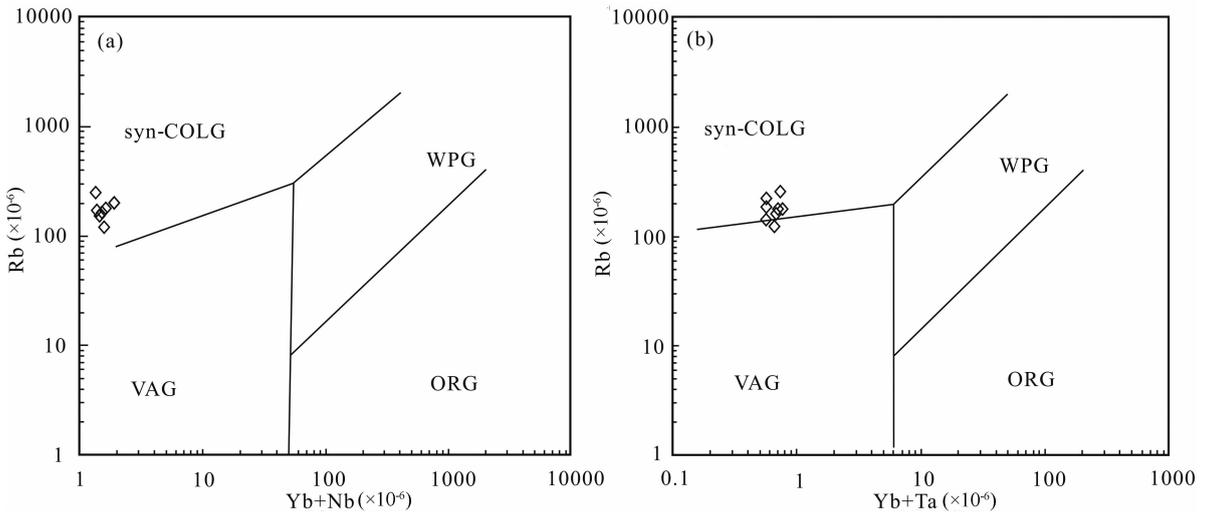


图 10 花岗斑岩微量元素构造判别图(据 Pearce et al., 1984)

Fig. 10 Tectonic setting plots of granite porphyry(after Pearce et al., 1984)

WPG—内花岗岩;VAG—山弧花岗岩;ORG—脊花岗岩;Syn—COLG 同碰撞花岗岩

WPG—Intraplate granites;VAG—valconic arc granites;ORG—oceanic ridge granites;Syn—CLOG syn-collisional granites

量的研究表明,冈底斯成矿带在大地构造上属于后碰撞阶段。综上,认为甲玛矿区则古朗北矿段花岗岩属于后碰撞阶段的产物。

#### 4.2 找矿潜力分析

前人通过精细的年代学分析,建立了甲玛铜多金属矿的岩浆-矿化时空格架(图 11)(Lin Bin et al., 2019);其中,岩浆岩侵位时代为 16.9~13.9 Ma,辉钼矿模式年龄为 15.4~14.7 Ma,成岩成矿作用时代一致。本文获得则古朗北花岗斑岩成岩年龄(15.7 Ma)与主矿段的成岩成矿年龄一致,均为中新世岩浆活动产物。并且该岩体距离主矿段斑岩中心约 3 km,表明该岩体与主矿段一样,均为甲玛斑岩成矿系统的组成部分。

就矿化蚀变来看,则古朗北矿段与主矿段类似。两者矿体类型均由矽卡岩型矿体、斑岩型矿体及角岩型矿体组成,但二者的矿石类型存在较大差异。主矿段矿石类型相对复杂,主要为矽卡岩型铜钼矿石、少量矽卡岩型铅锌矿石、斑岩型铜钼矿石和角岩型铜钼矿石;而则古朗北矿段矿石类型则以斑岩型铜钼矿石为主。黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿、方铅矿及闪锌矿等为两者的主要矿石矿物。两者发育的蚀变类型较为一致,主要发育角岩化、矽卡岩化、大理岩化以及地表的强硅化蚀变。两者在岩浆活动复杂性方面具有较大差异,主矿段较则古朗北矿段岩浆活动复杂,钻孔揭露的岩浆岩包括花岗斑岩、二长花岗斑岩、花岗闪长斑岩、(石英)闪长玢岩、闪长岩、煌斑岩、辉绿(玢)岩及石英辉长岩等;而则古朗北矿段岩

浆岩类型较为单一,主要以岩脉形式产出,包括花岗斑岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩,蚀变发育,表现为硅化、泥化及绢云母化等。

此外,已有研究成果显示,甲玛铜多金属矿床地表最主要的找矿标志为“火烧皮”及大规模的角岩化蚀变。这两种标志多暗示深部存在隐伏斑岩体。通过地质调查显示则古朗以北,发育大面积的“火烧皮”及角岩,指示深部具有较大规模的隐伏岩体。岩石地球化学测量显示则古朗以北区域具有较好的铜钼岩石地球化学异常;遥感地质解译也显示该区域为成矿远景区(Guo Na et al., 2010)。另外,已有地质事实清晰揭示,甲玛矿床矿区及外围存在多个热源中心,即具有多中心复合成矿作用(Lin Bin et al., 2019)。根据多中心复合成矿作用模型,主矿段热液中心集中在钻孔 1616~3216 附近(Lin Bin et al., 2012),则古朗北矿段热液中心集中于钻孔 836 附近,但该区目前仅有少量钻孔控制(Lin Bin et al., 2019)。

因此,以上特征说明该区域的化探异常和遥感异常是由深部的斑岩体引起的,深部岩体具有很好的斑岩成矿潜力。基于甲玛矿床“四位一体”成矿模式与勘查模型理论,可以初步得出则古朗以北区域深部的斑岩矿体与多底沟组大理岩接触带以及林布宗组和多底沟组的层间滑脱带具有很好的矽卡岩成矿潜力,斑岩体周围的林布宗组地层具有很好的角岩成矿潜力。则古朗北矿段下一步勘查工作,以深部斑岩成矿系统为方向,以钻孔 ZK836 为中心,重

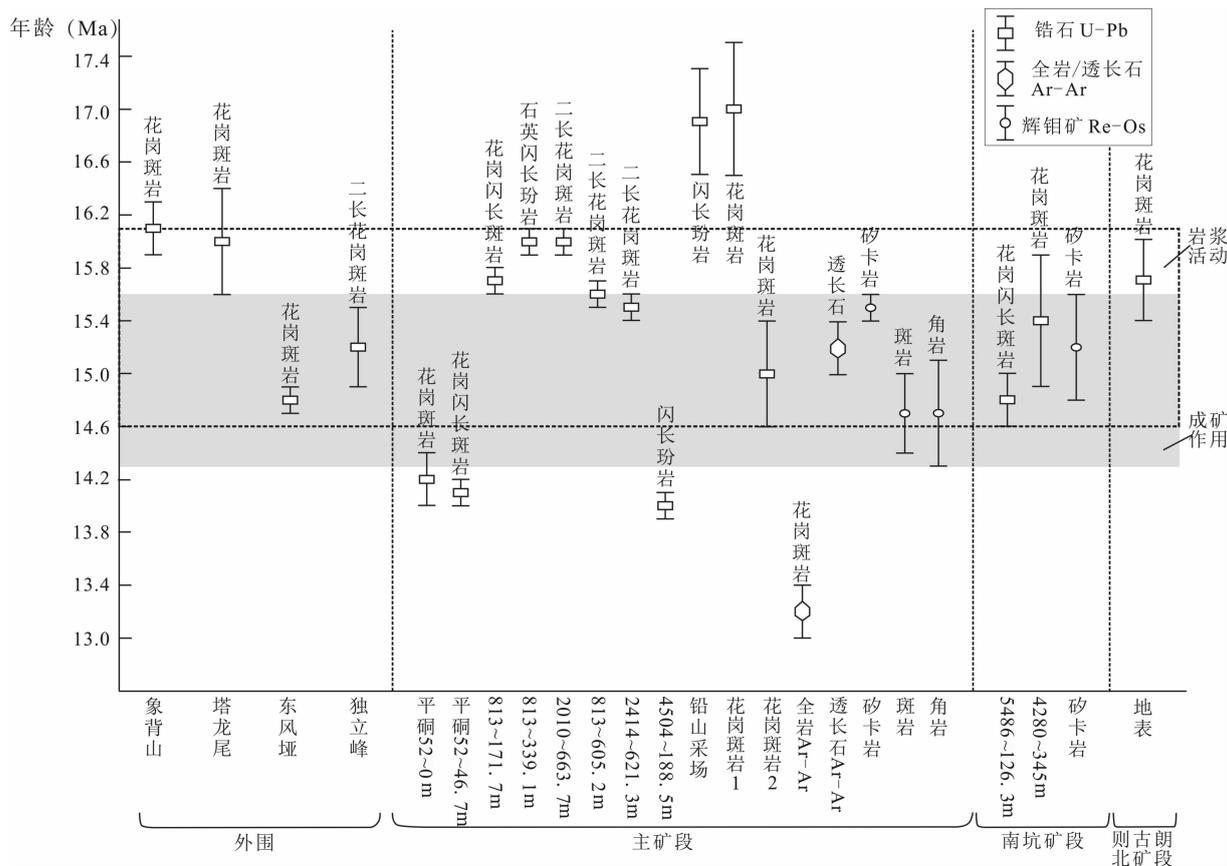


图 11 甲玛矿区及外围成岩成矿年代学(据 Lin Bin et al., 2019)

Fig. 11 Geochronology of magmatism and mineralization in the Jiama deposit and peripheral areas (after Lin Bin et al., 2019)

点剖析该矿段矿体的产出状态,利用多个钻孔加以控制,查明该段斑岩型矿体及附近矽卡岩型矿体及角岩型矿体的成矿潜力。

此外,甲玛矿床作为冈底斯成矿带后碰撞环境斑岩成矿系统典型代表,存在多中心复合成矿作用模型,地质事实揭示,矿区及外围具有多个热源中心,不同热源中心均可形成多元矿体结构,除区内主矿段则古朗北矿段及南坑矿段存在热液中心,矿区外围还存在象背山、莫古朗矿化异常(Lin Bin et al., 2019),因此,应继续对主矿段深部矿体开展勘探,同时进一步开展外围象背山、莫古朗异常的验证。

## 5 结论

(1)则古朗北矿段花岗斑岩锆石 U-Pb 年龄为  $15.7 \pm 0.3$  Ma,属于中新世岩浆活动的产物。

(2)花岗斑岩具有高硅、高钾、富铝的特征,明显富集轻稀土和大离子亲石元素,是后碰撞环境下壳源砂质沉积岩受热部分熔融的产物。

(3)则古朗北矿段具有良好的斑岩-矽卡岩-角

岩找矿潜力,可作为后续的勘查重点。

## References

- Belousova E, Griffin W O, Reilly S Y, Fisher N. 2002. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 143(5): 602~622.
- Guo Na, Chen Jianping, Tang Juxing, Guo Ke. 2010. A study of the metallogenic prognosis for the periphery of Jiama copper-polymetallic ore, Tibet based on the RS method. *Earth Science Frontiers*, 17(4): 280~289 (in Chinese with English abstract).
- Hou Zengqian. 2010. Metallogensis of continental collision. *Acta Geologica Sinica*, 84(01): 30~58 (in Chinese with English abstract).
- Hou Zengqian, Ma Hongwen, Zaw K, Zhang Yuquan, Wang Mingjie, Wang Zeng, Pan Guitang, Tang Renli. 2003. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: product of large-scale strike-slip faulting Eastern Tibet. *Economic Geology*, 98: 125~145.
- Liegeois J P. 1998. Some words on the post-collisional magmatism. *Lithos* 45, 15~17.
- Lin Bin, Tang Juxing, Chen Yuchuan, Michael B, Song Yang, Yang Huanhuan, Wang Qin, He Wen, Liu Zhibo. 2019. Geology and geochronology of Naruo large porphyry-breccia Cu deposit in the Duolong district, Tibet. *Gondwana Research*, 66:168~182.
- Lin Bin, Wang Liqiang, Tang Juxing, Song Yang, Cao Huawen, Baker M, Zhang Lejun, Zhou Xin. 2018a. Geology, geochronology, geochemical characteristics and origin of Baomai porphyry Cu (Mo) deposit, Yulong Belt, Tibet. *Ore Geology*

- Reviews, 92: 186~204.
- Lin Bin, Tang Juxing, Chen Yuchuan, Song Yang, Hall G, Wang Qin, Yang Chao, Fang Xiang, Duan Jilin, Yang Huanhuan, Liu Zhibo, Wang Yiyun, Feng Jun. 2017a. Geochronology and Genesis of the Tiegelongnan Porphyry Cu (Au) Deposit in Tibet: Evidence from U-Pb, Re-Os Dating and Hf, S, and H-O Isotopes. *Resource Geology*, 67: 1~21.
- Lin Bin, Chen Yuchuan, Tang Juxing, Wang Qin, Song Yang, Yang Chao, Wang Wenlei, He Wen, Zhang Lejun. 2017b.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and Rb-Sr Ages of the Tiegelongnan Porphyry Cu (Au) Deposit in the Bangong Co-Nujiang Metallogenic Belt of Tibet, China: Implication for Generation of Super-Large Deposit. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 91: 602~616.
- Lin Bin, Tang Juxing, Tang Pan, Zheng Wenbao, Greg Hall, Chen Guoliang, Zhang Zhongkun. 2019. Polycentric complex mineralization model of porphyry system: A case study of Jiama super large deposit in Tibet. *Mineral Deposits*, 38(06): 1204~1222 (in Chinese with English abstract).
- Lin Bin, Tang Juxing, Zheng Wenbao, Leng Qiufeng, Lin Xin, Wang Yiyun, Meng Zhan, Tang Pan, Ding Shuai, Xu Yufeng, Yuan Mei. 2016. Geochemical characteristics, age and genesis of Cuonadong leucogranite, Tibet. *ACTA Petrologica ET Mineralogica*, 35(03): 391~406 (in Chinese with English abstract).
- Lin Bin, Tang Juxing, Zhang Zhi, Zheng Wen Bao, Leng Qiufeng, Zhong Wanting, Ying Lijuan. 2012. Preliminary study of fissure system in Jiama porphyry deposit of Tibet and its significance. *Mineral Deposits*, 31(03): 579~589 (in Chinese with English abstract).
- Lin Bin, Chen Yuchuan, Tang Juxing, Song Yang, Wang Qin, He Wen, Liu Zhibo, Wang Yiyun, Li Yanbo, Yang Chao, Yang Huanhuan, Zhang Lejun, Li Yubin. 2018b. Geology, alteration and mineralization of Tiegelongnan giant Cu(Au, Ag) deposit, Tibet. *Mineral Deposits*, 37(05): 917~939 (in Chinese with English abstract).
- Li Guangming, Liu Bo, Qu Wenjun, Lin Fangcheng, She Hongquan, Feng Chengyuo. 2005. The porphyry-skarn ore—from NG system in Gangdese metallogenic belt, southern Xizang: Evidence from molybdenite Re-Os age of porphyry-type copper deposits and skarn-type copper polymetallic deposits. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(04): 60~68 (in Chinese with English abstract).
- Li Jinxiang, Qin Kezhang, Li Guangming, Yang Liekun. 2007. K-Ar and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Ar age dating of Nimu porphyry copper orefield in Central Gangdese: Constrains on magmatic-hydrothermal evolution and metallogenetic tectonic setting. *Acta Petrologica Sinica*, 23(5): 953~966 (in Chinese with English abstract).
- Liu Yongsheng, Gao Shan, Hu Zhaochu, Gao Changgui, Zong Keqing, Wang Dongbing. 2010a. Continental and oceanic crust recycling-induced melt-peridotite interactions in the Trans-North China Orogen: U-Pb dating, Hf isotopes and trace elements in zircons of mantle xenoliths. *Journal of Petrology*, 51: 537~571.
- Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Zong Keqing, Gao Changgui, Gao Shan, Xu Juan, Chen Haihong. 2010b. Reappraisal and refinement of zircon U-Pb isotope and trace element analyses by LA-ICP-MS. *Chinese Science Bulletin*, 55: 1535~1546.
- Liu Yongsheng, Hu Zhaochu, Gao Shan, Detlef G, Xu Juan, Gao Changgui, Chen Haihong. 2009. In situ analysis of major and trace elements of anhydrous minerals by LA-ICP-MS without applying an internal standard. *Chemical Geology*, 257: 34~43.
- Ludwig K R. 2003. Isoplot/Ex, version 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley: Berkeley Geochronological Center Special Publication, 4: 1~70.
- Meng Xiangjin, Hou Zengqian, Gao Yongfeng, Huang Wei, Qu Xiaoming, Qu Wenjun. 2003. Re-Os dating for molybdenite from Qulong porphyry copper deposit in Gangdese metallogenic belt, Xizang and its metallogenetic significance. *Geological Review*, 49(06): 660~666 (in Chinese with English abstract).
- Meng Yuanku, Ma Shiwei, Xu Zhiqin, Chen Xijie, Ma Xuxuan. 2018. Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the Granitoid Porphyries from Jiama Ore Deposit in Gangdese Belt. *Earth Science*, 43(04): 1142~1171 (in Chinese with English abstract).
- Pearce J A, Harris N B W, Tindle A G. 1984. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, 25: 956~983.
- Qin Zhipeng, Wang Xiongwu, Tang Juxing, Tang Xiaoqian, Zhou Yun, Peng Huijuan. 2010. Characteristics, emplacement mechanism and genetic significance of two types of granites in Jiama copper polymetallic deposit, Tibet. *Mineral Deposits*, 29(S1): 261~262 (in Chinese with English abstract).
- Qin Zhipeng, Wang Xiongwu, Duo Ji, Tang Xiaoqian, Zhou Yun, Peng Huijuan. 2011. LA-ICP-MS U-Pb zircon age of intermediate-acid intrusive rocks in Jiama of Tibet and its metallogenetic significance. *Mineral Deposits*, 30(02): 339~348 (in Chinese with English abstract).
- Sylvester P J. 1998. Post-collisional strongly peraluminous granites. *Lithos*, 45(1/4): 29~44.
- Sun S S, McDonough W F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Saunders A D, Norry M J. *Magmatism in the Oceanic Basin*. Geological Society, London, Special Publication, 42: 313~345.
- Tang Juxing, Duo Ji, Liu Hongfei, Lang Xinghai, Zhang Jinshu, Zheng Wenbao, Ying Lijuan. 2012. Mineralogical Series of Ore Deposits in the East Part of the Gangdise Metallogenic Belt. *Acta Geoscientia Sinica*, 33(04): 393~410 (in Chinese with English abstract).
- Tang Pan, Chen Yuchuan, Tang Juxing, Zheng Wenbao, Leng Qiufeng, Lin Bin, Fang Xiang. 2016b. Characteristics and geological significance of biotites in Jiama porphyry deposit system, Tibet. *Mineral Deposits*, 35(04): 846~866 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Deng Shilin, Zheng Wenbao, Ying Lijuan, Wang Xiongwu, Zhong Kanghui, Qin Zhipeng, Ding Feng, Li Fengji, Tang Xiaoqian, Zhong Yufeng, Peng Huijuan. 2011. An exploration model for Jiama copper polymetallic deposit in Maizhokunggar County, Tibet. *Mineral Deposits*, 30(02): 179~196 (in Chinese with English abstract).
- Tang Pan, Tang Juxing, Zheng Wenbao, Tang Xiaoqian, Leng Qiufeng, Lin Bin, Fang Xiang, Lin Xin. 2016a. The interpretation of three-dimensional model of geology, alteration and mineralization in Jiama porphyry deposit system, Tibet. *Geology and Exploration*, 52(01): 115~127 (in Chinese with English abstract).
- Tang Pan, Tang Juxing, Zheng Wenbao, Leng Qiufeng, Lin Bin, Tang Xiaoqian, Wang Hao, Gao Xin, Zhang Zebin, Zhou Hongbing. 2017. Is Tongshan Orebelt in the Jiama Copper-polymetallic Deposit Manto-type Ore? *Acta Geoscientia Sinica*, 38(05): 829~838 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Wang Liqiang, Wang Guozhi, Lang Xinghai, Wang Xingwu, Zheng Wenbao, Gao Yiming, Ying Lijuan, Huang Yong, Luo Maocheng, Chen Wei, Tang Xiaoqian, Zhang Juncheng, Leng Qiufeng, Li Na, Zhao Fufeng, Zhang Tingting, Yao Xiaofeng, Tang Haoran, Cai Huihui, Yang Chao, Duan Jilin, Lin Xin, Tang Pan. 2017. Litho-geochemical and Chronological Test Dataset of Mesozoic and Cenozoic Porphyry Metallogenic System in the Eastern Section of the Gangdise Metallogenic Belt, Tibet. *Geology in China*, 64~71+194~203 (in Chinese with English abstract).
- Tang Juxing, Wang Denghong, Wang Xiongwu, Zhong Kanghui, Ying Lijuan, Zheng Wenbao, Li Fengji, Guo Na, Qin Zhipeng, Yao Xiaofeng, Li Lei, Wang You, Tang Xiaoqian. 2010. Geological Features and Metallogenetic Model of the Jiama Copper-Polymetallic Deposit in Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 31(04): 495~506 (in Chinese with English abstract).

- Tang Juxing, Zheng Wenbao, Chen Yuchuan, Wang Denghong, Ying Lijuan, Qin Zhipeng. 2013. Prospecting Breakthrough of the Deep Porphyry Ore Body and Its Significance in Jiama Copper Polymetallic Deposit, Tibet, China. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 43(04): 1100~1110 (in Chinese with English abstract).
- Tong Jinsong, Zhong Huaming, Xia Jun, Lu Rukui, Yang Shixue. 2003. Geochemical features and tectonic setting of peraluminous granite in the Lhozag area, southern Tibet. *Geological Bulletin of China*, (05): 308~318 (in Chinese with English abstract).
- Wiedenbeck M, Alle P, Corfu F, Griffin W L, Meier M, Oberli F, Quadt A V, Roddick J C, Spiegel W. 1995. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 19: 1~23.
- Wang Weiping, Tang Juxing, Ying Lijuan. 2012. Mineral Chemical Characteristics of Biotites from Hornfels in the Jiama(Gyama) Polymetallic Copper Deposit of Tibet and Their Geological Significance. *Acta Geoscientia Sinica*, 33(04): 444~458 (in Chinese with English abstract).
- Wang Yiyun, Zheng Wenbao, Chen Yuchuan, Tang Juxing, Leng Qiufeng, Tang Pan, Ding Shuai, Zhou Yun. 2017. Mineral Chemical Characteristics of Biotites from Hornfels in the Jiama (Gyama) Polymetallic Copper Deposit of Tibet and Their Geological Significance. *Acta Petrologica Sinica*, 33(02): 495~514 (in Chinese with English abstract).
- Xiao Qinghui, Deng Jinfu, Ma Daquan, Hong Dawei, Mo Xuanxue, Lu Xinxiang, Li Zhichang, Wang Xiongwu, Ma Changqian, Wu Fuyuan, Luo Zhaohua, Wang Tao. 2002. The ways of investigation on granitoids. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese with English abstract).
- Ying Lijuan, Tang Juxing, Wang Denghong, Chang Zhesheng, Qu Wenjun, Zheng Wenbao. 2009. Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite in Skarn from the Jiama Copper Polymetallic Deposit of Tibet and Its Metallogenic Significance. *Rock and Mineral Analysis*, 28(03): 265~268 (in Chinese with English abstract).
- Ying Lijuan, Wang Denghong, Tang Juxing, Chang Zhesheng, Qu Wenjun, Zheng Wenbao, Wang Huan. 2010. Re-Os Dating of Molybdenite from the Jiama Copper Polymetallic Deposit in Tibet and Its Metallogenic Significance. *Acta Geologica Sinica*, 84(08): 1165~1174 (in Chinese with English abstract).
- Ying Lijuan, Tang Juxing, Wang Denghong, Zheng Wenbao, Qin Zhipeng, Zhang Li. 2011. Zircon SHRIMP U-Pb dating of porphyry vein from the Jiama copper polymetallic deposit in Tibet and its significance. *Acta Petrologica Sinica*, 27(07): 2095~2102 (in Chinese with English abstract).
- Yang Zhiming, Hou Zengqian, White N C, Chang Zhaoshan, Li Zhenqing, Song Yuchai. 2009. Geology of the post-collisional porphyry copper-molybdenum deposit at Qulong, Tibet. *Ore Geology Review*, 36: 133~159.
- Ying Lijuan, Wang Chenghui, Tang Juxing, Wang Denghong, Qu Wenjun, Li Chao. 2013. Re-Os systematics of sulfides (chalcopyrite, bornite, pyrite, and pyrrhotite) from the Jiama Cu-Mo deposit of Tibet, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 497~506.
- Zhong Kanghui, Li Lei, Zhou Huiwen, Bai Jingguo, Li Wei, Zhong Wanting, Zhang Yongqiang, Lin Jiqing, Zheng Fanshi, Huang Xiaoyu, Lu Biao, Lei Bo. 2012. Features of Jiama(Gyama)-Kajunguo Thrust-gliding Nappe Tectonic System in Tibet. *Acta Geoscientia Sinica*, 33(04): 411~423 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Zhenhua. 2007. How to use the trace element diagrams to discriminate tectonic settings. *Geotectonica et Metallogenia*, 31(01): 92~103 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Youye, Duo Ji, Wang Ruijiang, Cheng Shunbo, Zhang Gangyang, Fan Zihui, Gao Shunbao, Dai Fanghua. 2007. New Advances in the study of the gigantic Gangdise porphyry copper metallogenic zone, Tibet. *Geology in China*, 34(02): 324~334 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Wenbao, Tang Juxing, Chang Zhesheng, Li Fengji, Yao Xiaofeng. 2010. Geological and Geochemical Characteristics and Genesis of the Jiama Polymetallic Copper Deposit in Tibet. *Geology and Exploration*, 46(06): 985~994 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Wenbao, Tang Juxing, Wang Xiongwu, Wang Huan, Ying Lijuan, Zhong Yufeng, Zhong Wanting. 2012. Analysis on Gold Metallization in Jiama Copper Polymetallic Deposit, Tibet. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 42(S1): 181~196 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yun, Wang Xiongwu, Tang Juxing, Qin Zhipeng, Peng Huijuan, Li Aiguo, Yang Ke, Wang Hua, Li Jiong, Zhang Jichao. 2011a. Origin and evolution of ore-forming fluids from Jiama copper polymetallic deposit in Tibet. *Mineral Deposits*, 30(02): 231~248 (in Chinese with English abstract).
- Zhou Yun, Wang Xiongwu, Tang Juxing, Qin Zhipeng, Peng Huijuan, Li Aiguo, Yang Ke, Wang Hua, Li Jiong, Zhang Jichao. 2011b. Composition of single melt inclusion in quartz phenocryst in the Jiama Cu-polymetallic Deposit, Tibet. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 38(01): 92~102 (in Chinese with English abstract).
- Zou Bing, Lin Bin, Zheng Wenbao, Song Yang, Tang Pan, Zhang Zebin, Gao Xin. 2019. The characteristics of alteration and mineralization and geochronology of ore-bearing porphyry in south pit of Jiama copper-polymetallic deposit, Tibet. *Acta Petrologica Sinica*, 35(03): 953~967 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Wenbao, Tang Juxing, Zhong Kanghui, Ying Lijuan, Leng Qiufeng, Ding Shuai, Lin Bin. 2016. Geology of the Jiama porphyry copper-polymetallic system, Lhasa Region, China. *Ore Geology Reviews*, 74: 151~169.

## 参 考 文 献

- 邓晋福, 罗照华, 苏尚国, 莫宣学, 于炳松, 赖兴运, 谟宏伟. 2004. 岩石成因、构造环境与成矿作用. 地质出版社, 北京.
- 郭娜, 陈建平, 唐菊兴, 郭科. 2010. 基于RS技术的西藏甲玛铜多金属矿外围成矿预测研究. *地质学报*, 17(04): 280~289.
- 侯增谦. 2010. 大陆碰撞成矿论. *地质学报*, 84(01): 30~58.
- 林彬, 唐菊兴, 唐攀, 郑文宝, Greg Hall, 陈国良, 张忠坤. 2019. 斑岩成矿系统多中心复合成矿作用模型—以西藏甲玛超大型矿床为例. *矿床地质*, 38(06): 1204~1222.
- 林彬, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林鑫, 王艺云, 孟展, 唐攀, 丁帅, 徐云峰, 袁梅. 2016. 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. *岩石矿物学杂志*, 35(03): 391~406.
- 林彬, 唐菊兴, 张志, 郑文宝, 冷秋锋, 钟婉婷, 应立娟. 2012. 西藏甲玛斑岩矿床裂隙系统的初步研究及意义. *矿床地质*, 31(03): 579~589.
- 林彬, 陈毓川, 唐菊兴, 宋扬, 王勤, 贺文, 刘治博, 王艺云, 李彦波, 杨超, 杨欢欢, 张乐骏, 李玉彬. 2018b. 西藏铁格隆南超大型铜(金、银)矿床地质、蚀变与矿化. *矿床地质*, 37(5): 917~939.
- 李光明, 刘波, 屈文俊, 林方成, 余宏全, 丰成友. 2005. 西藏冈底斯成矿带的斑岩-矽卡岩成矿系统:来自斑岩矿床和矽卡岩型铜多金属矿床的Re-Os同位素年龄证据. *大地构造与成矿学*, 29(04): 60~68.
- 李金祥, 秦克章, 李光明, 杨列坤. 2007. 冈底斯中段尼木斑岩铜矿田的K-Ar, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar年龄:对岩浆-热液系统演化和成矿构造背景的制约. *岩石学报*, 23(05): 953~966.
- 孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 黄卫, 曲晓明, 屈文俊. 2003. 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿Re-Os年龄及成矿学意义. *地质评论*, 49(06): 660~666.
- 孟元库, 马士委, 许志琴, 陈希节, 马绪宣. 2018. 冈底斯带甲玛矿区花岗岩类年代学、地球化学及岩石成因. *地球科学*, 43(04): 1142~1171.
- 秦志鹏, 汪雄武, 唐菊兴, 唐晓倩, 周云, 彭慧娟. 2010. 西藏甲玛

- 铜多金属矿两类花岗岩的特征、侵位机制及成因意义. 矿床地质, 29(S1): 261~262.
- 秦志鹏, 汪雄武, 多吉, 唐晓倩, 周云, 彭惠娟. 2011. 西藏甲玛中酸性侵入岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年及成矿意义. 矿床地质, 30(02): 339~348.
- 唐菊兴, 多吉, 刘鸿飞, 郎兴海, 张金树, 郑文宝, 应立娟. 2012. 冈底斯成矿带东段矿床成矿系列及找矿突破的关键问题研究. 地球学报, 33(04): 393~410.
- 唐攀, 唐菊兴, 郑文宝, 唐晓倩, 冷秋锋, 林彬, 方向, 林鑫. 2016a. 西藏甲玛斑岩矿床系统地质、蚀变、矿化的三维地质模型. 地质与勘探, 52(01): 115~127.
- 唐攀, 陈毓川, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林彬, 方向. 2016b. 西藏甲玛斑岩矿床系统黑云母特征及其地质意义. 矿床地质, 35(04): 846~866.
- 唐菊兴, 邓世林, 郑文宝, 应立娟, 汪雄武, 钟康惠, 秦志鹏, 丁枫, 黎枫倩, 唐晓倩, 钟裕峰, 彭惠娟. 2011. 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型. 矿床地质, 30(02): 179~196.
- 唐攀, 唐菊兴, 郑文宝, 冷秋锋, 林彬, 唐晓倩, 王豪, 高昕, 张泽斌, 周洪兵. 2017. 西藏甲玛铜多金属矿床铜山矿体为 manto 型矿体? 地球学报, 38(05): 829~838.
- 唐菊兴, 王立强, 王国芝, 郎兴海, 汪雄武, 郑文宝, 高一鸣, 应立娟, 黄勇, 罗茂澄, 陈伟, 唐晓倩, 张俊成, 冷秋锋, 李娜, 赵甫峰, 张婷婷, 姚晓峰, 康浩然, 蔡惠慧, 杨超, 段吉琳, 林鑫, 唐攀. 2017. 西藏冈底斯成矿带东段中、新生代斑岩成矿系统岩石地球化学与年代学测试数据集. 中国地质, 64~71+194~203.
- 唐菊兴, 王登红, 汪雄武, 钟康惠, 应立娟, 郑文宝, 黎枫倩, 郭娜, 秦志鹏, 姚晓峰, 李磊, 王友, 唐晓倩. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿床地质特征及其矿床模型. 地球学报, 31(04): 495~506.
- 唐菊兴, 郑文宝, 陈毓川, 王登红, 应立娟, 秦志鹏. 2013. 西藏甲玛铜多金属矿床深部斑岩矿体找矿突破及其意义. 吉林大学学报(地球科学版), 43(04): 1100~1110.
- 童劲松, 钟华明, 夏军, 鲁如魁, 杨世学. 2003. 藏南洛扎地区过铝质花岗岩的地球化学特征及构造背景. 地质通报, (05): 308~318.
- 王崴平, 唐菊兴, 应立娟. 2012. 西藏甲玛铜多金属矿床角岩中黑云母矿物化学特征及地质意义. 地球学报, 33(04): 444~458.
- 王艺云, 郑文宝, 陈毓川, 唐菊兴, 冷秋锋, 唐攀, 丁帅, 周云. 2017. 西藏甲玛斑岩成矿系统铜铅元素分离机制探讨. 岩石学报, 33(02): 495~514.
- 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 洪大卫, 莫宣学, 卢欣祥, 李志昌, 汪雄武, 马昌前, 吴福元, 罗照华, 王涛. 2002. 花岗岩研究思维与方法. 北京: 地质出版社.
- 应立娟, 唐菊兴, 王登红, 畅哲生, 屈文俊, 郑文宝. 2009. 西藏甲玛铜多金属矿床矽卡岩中辉钼矿铼-钼同位素定年及其成矿意义. 岩矿测试, 28(03): 265~268.
- 应立娟, 王登红, 唐菊兴, 畅哲生, 屈文俊, 郑文宝, 王焕. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 定年及其成矿意义. 地质学报, 84(08): 1165~1174.
- 应立娟, 唐菊兴, 王登红, 郑文宝, 秦志鹏, 张丽. 2011. 西藏甲玛超大型铜矿区斑岩脉成岩时代及其与成矿的关系. 岩石学报, 27(07): 2095~2102.
- 钟康惠, 李磊, 周慧文, 白景国, 李伟, 钟婉婷, 张勇强, 蔺吉庆, 郑凡石, 黄小雨, 陆彪, 雷波. 2012. 西藏甲玛-卡军果推-滑覆构造系特征. 地球学报, 33(04): 411~423.
- 赵振华. 2007. 关于岩石微量元素构造环境判别图解使用的有关问题. 大地构造与成矿学, 31(01): 92~103.
- 郑有业, 多吉, 王瑞江, 程顺波, 张刚阳, 樊子琿, 高顺宝, 代芳华. 2007. 西藏冈底斯巨型斑岩铜矿带勘查研究最新进展. 中国地质, 34(02): 324~334.
- 郑文宝, 唐菊兴, 畅哲生, 黎枫倩, 姚晓峰. 2010. 西藏甲玛铜多金属矿床地质地球化学特征及成因浅析. 地质与勘探, 46(06): 985~994.
- 郑文宝, 唐菊兴, 汪雄武, 王焕, 应立娟, 钟裕峰, 钟婉婷. 2012. 西藏甲玛铜多金属矿床金矿地质特征及成矿作用. 吉林大学学报(地球科学版), 42(S1): 181~196.
- 周云, 汪雄武, 唐菊兴, 秦志鹏, 彭惠娟, 李爱国, 杨科, 王华, 李炯, 张继超. 2011a. 西藏甲玛铜多金属矿床成矿流体来源及演化. 矿床地质, 30(02): 231~248.
- 周云, 汪雄武, 唐菊兴, 秦志鹏, 彭惠娟, 李爱国, 杨科, 王华, 李炯, 张继超. 2011b. 西藏甲玛铜多金属矿含矿斑岩石英斑晶单个熔融包裹体的成分研究. 成都理工大学学报(自然科学版), 38(01): 92~102.
- 邹兵, 林彬, 郑文宝, 宋扬, 唐攀, 张泽斌, 高昕. 2019. 西藏甲玛矿床南坑矿段蚀变、矿化及含矿斑岩年代学. 岩石学报, 35(03): 953~967.

## Zircon U-Pb age and geochemistry of the granite porphyry in northern Zegulang of Jiama deposit, Tibet

QI Jing<sup>1)</sup>, TANG Juxing<sup>\*2)</sup>, LIN Bin<sup>2)</sup>, TANG Pan<sup>3)</sup>, CHEN Guoliang<sup>4)</sup>, ZHANG Zhongkun<sup>4)</sup>, ZHANG Zebin<sup>1)</sup>, LI Yixuan<sup>1)</sup>, WU Chunneng<sup>5)</sup>, SUN Miao<sup>1)</sup>, YANG Zhengkun<sup>4)</sup>

1) *School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;*

2) *MNR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037;*

3) *Faculty of Geosciences and Environmental Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031;*

4) *Tibet Huatailong Mining Corp. Ltd., Lhasa, 850212;* 5) *Chengdu University of Technology, Chengdu, 100059*

*\* Corresponding author: tangjuxing@126.com*

### Abstract

Thenewly discovered ore blocks in the Jiama mining area related to the No. II complex massif are located in northern Zegulang that lies in the northeast of the Jiama mining area. Geological surveys and drilling data reveal thatthe No. II complex massif includes many kinds of rocks such as granite porphyry, granodiorite-porphyry, monzoniticgraniteporphyry, quartz diorite porphyrite etc. , with thick copper and molybdenum ores. To obtainthe diagenetic time and petrogenesis of the No. II complex massif, zircon LA-ICP-MS U-Pb chronology and primary and trace geochemical analyses of the granite porphyry are carried out in this paper. The result show that the zircon U-Pb age of granite porphyry is  $15.7 \pm 0.3$  Ma ( $n=22$ , MSWD=3.3) which is consistent with theemplacement age of the ore-bearing porphyry in the main ore blocks. Meanwhile, thegranite porphyrythat is the product formed by melting of crust-derived sandy sedimentary rocks in the post-collision environment, has the characteristics of high silicon, high potassium, and high aluminum, and is obviously enriched in light rare earth and large ion lithophile elements with inconspicuous Eu anomaly, abnormal weak and negative Ce, and high differentiation indexes. In addition, as a newly discovered ore block, the No. II complex massif has the potential to be a large-to-super-large-scale deposit and is considered as an important target area for the follow-up exploration evaluation because of uncovering of surficial “limonite coverage” with large area, deep thick porphyry ore bodies and hornstone ore bodies.

**Key words:** U-Pb age; geochemistry; mineralization potential; northern Zegulang; Jiama