

文章编号: 0258-7106 (2006) 04-0477-06

藏西措勤县日阿与斑(玢)岩有关的铜矿床的 矿床地质特征与成矿时代*

辛洪波, 曲晓明

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘 要 藏西地区措勤县日阿铜矿产于拉萨地块内, 是一个与二长花岗斑岩岩株有关的矽卡岩型铜矿床。由矿体中金云母测得的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 成矿年龄为 $(87.69 \pm 0.64) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 0.42$, 与二长花岗斑岩的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄 (90.1 Ma) 一致。同时, 矿区内的辉绿玢岩脉, 与二长花岗斑岩具有相近的年龄 (87.2 Ma) 及相似的岩石地球化学特征, 它们共同构成了一套含铜的双峰式岩石组合, 代表了中—晚白垩世拉萨地块内的伸展构造环境下的铜成矿事件。文章指出, 造成该矿区铜矿化的双峰式岩系(二长花岗斑岩—辉绿玢岩组合)是由班公湖—怒江洋壳向南俯冲, 在碰撞后伸展阶段形成的。该矿床的发现表明, 青藏高原除了与板块缝合带有关的斑岩型铜矿(包括玉龙、冈底斯、班公湖—怒江 3 条斑岩铜矿带)外, 拉萨地块内部还有一期与双峰式岩系有关的斑岩-矽卡岩型铜矿成矿事件。

关键词 地质学; 矽卡岩型铜矿床; 矿床地质特征; 金云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄; 成矿构造环境; 藏西措勤

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

Geological characteristics and ore-forming epoch of Ri' a copper deposit related to bi modal rock series in Coqen County, western Tibet

XIN HongBo and QU XiaoMing

(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

Lying southeast of Coqen County in western Tibet and tectonically within Lhasa terrain, the Ri' a copper deposit is a skarn copper deposit related to an adamellite porphyry stock. The $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ mineralization age of phlogopite in the Ri' a copper deposit is $(87.69 \pm 0.64) \text{ Ma}$ ($\text{MSWD} = 0.42$), which is in accordance with the U-Pb SHRIMP age of zircon (90.1 Ma) . Moreover, the diabase porphyrite in the ore district is accompanied by disseminated copper mineralization, whose age (87.2 Ma) and rock geochemical characteristics are close to those of the adamellite porphyry. They together constitute a copper-bearing bimodal rock assemblage, representing a copper mineralization event under the Middle-Late Cretaceous extensional tectonic environment in Lhasa terrain. Researches show that the bimodal rock series resulting in copper mineralization was formed during the extensional period after the southward subduction of Bangonghu-Nujiang oceanic crust. The discovery of the deposit shows that, besides the porphyry copper deposits in Yulong, Gangdese and Bangonghu-Nujiang porphyry-type copper ore belts related to the plate suture zone, there existed a porphyry-skarn copper ore-forming event related to the bimodal rock series in Lhasa terrain.

Key words: geology, skarn copper deposit, geological characteristics, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age of phlogopite, tectonic environment for mineralization, Coqen County in western Tibet

* 本文得到国家重点基础研究发展规划 973 项目(2002CB412605)资助

第一作者简介 辛洪波,男,1977 年生,博士,助理研究员,从事金属矿产资源方面的研究。

收稿日期 2005-12-12; 改回日期 2006-02-20。许德焕编辑。

铜金矿床作为西藏高原的优势矿种,近年来不断取得找矿重大突破,已成为中国铜多金属矿床极具潜力的勘查基地。然而,迄今所发现的铜金矿床均与板块缝合带有关,集中分布在藏东玉龙、藏南冈底斯及藏北班公湖—怒江3条斑岩铜矿带内(唐仁鲤等,1990;曲晓明等,2001;2006)。本文所述的藏西措勤县日阿铜矿则不同,该矿床产于拉萨地块内部,金云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定表明,其成矿过程与具双峰式组合特征的斑岩—玢岩浅成小岩体有关。这无疑为西藏地区的铜矿找矿开辟了新的领域。本文在成矿年龄测定的基础上,分析总结了该矿床的蚀变矿化特征,探讨了矿床成因类型和成矿构造环境,以期在区域上寻找该类型铜矿床提供借鉴和参考。

1 区域地质背景

措勤县日阿铜矿床位于青藏高原中西部拉萨地

块(冈底斯地块)内,南距雅鲁藏布江缝合带约100 km,北距班公湖—怒江缝合带近150 km(图1)。班公湖—怒江缝合带东西长逾1 200 km,以零散分布的蛇绿岩碎块为标志,以南北宽度大为特征。

冈底斯(拉萨)地块夹持于南部的印度河—雅鲁藏布江缝合带与北部的班公湖—怒江缝合带之间。区内出露有元古宙至新生代地层,前寒武纪及早古生代地层分布较少,晚古生代地层分布较广。晚石炭统一早二叠统为具冈瓦纳相特征的海相含冰杂砾岩。侏罗纪—古近纪地层大面积分布,其中,侏罗系—白垩系为海相与海陆交互相地层。除著名的冈底斯南缘侏罗纪—新生代火山岩和冈底斯复合岩基外,该区北部还出露有大规模的侏罗纪—白垩纪火山岩和侵入体。冈底斯地块的南部,古近纪地层分布广泛,发育大量火山岩,以广为人知的林子宗火山岩为代表。此外,区内还大量出露有白垩纪—新生代中酸性侵入岩。

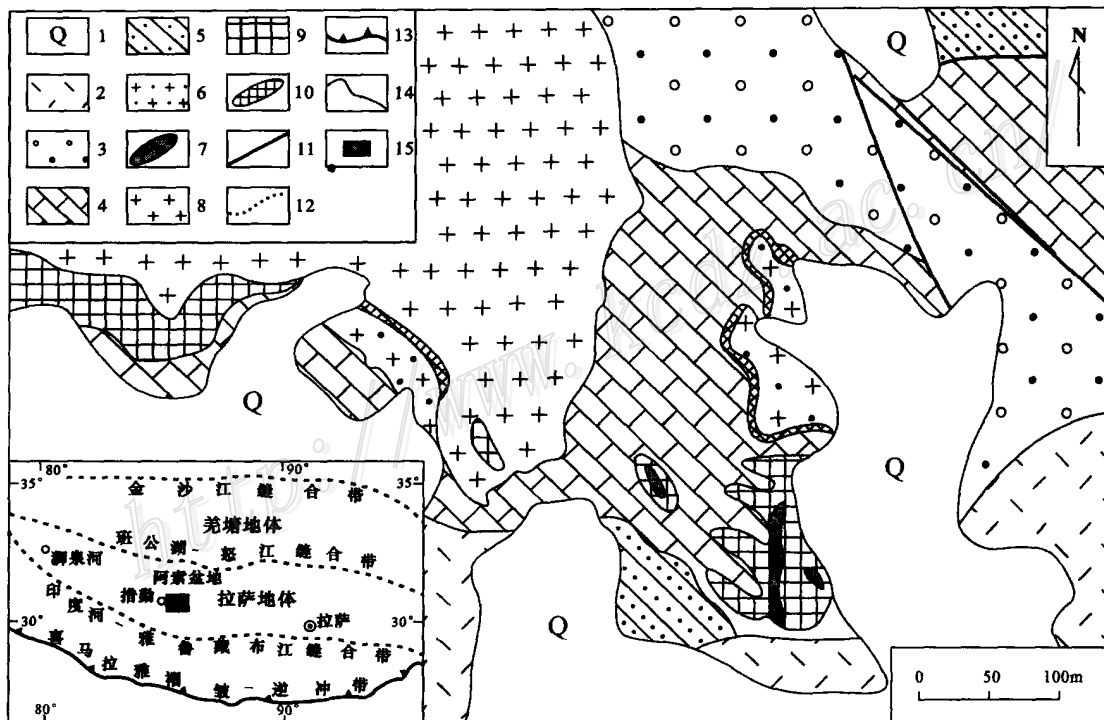


图1 措勤县日阿铜矿床地质图(据曲晓明等,2006)

- 1—第四系;2—第三系火山碎屑岩;3—上二叠统砂砾岩;4—中二叠统微晶灰岩;5—下二叠统泥质板岩;6—二长花岗斑岩;7—辉绿玢岩;
8—花岗岩;9—砂卡岩;10—铜矿体;11—断层;12—缝合带;13—逆冲带;14—地质界线;15—研究区

Fig. 1 Geological map of Ri'a copper deposit in Coqin County

- 1—Quaternary;2—Tertiary volcaniclastic rock;3—Upper Permian sandy conglomerate;4—Middle Permian micrite;5—Lower Permian argillite;
6—Adameitic porphyry;7—Diabase porphyrite;8—Granite;9—Skarn;10—Copper orebody;11—Fault;12—Suture zone;
13—Obduction zone;14—Geological boundary;15—Study area

以沙莫勒—麦拉—洛巴堆—米拉山断裂、噶尔—隆格尔—扎日南木错—措麦断裂带、达瓦错—马尔下—德庆断裂和狮泉河—永珠—纳木错—嘉黎断裂为界,由南向北将冈底斯地块划分为南冈底斯带(即传统的冈底斯带)、隆格尔—念青唐古拉带(即冈底斯弧背断隆带)、措勤—多瓦后陆拗陷带、中冈底斯带和北冈底斯带(朱弟成等,2006)。措勤县日阿铜矿床含矿斑岩侵位于晚古生代陆相—浅海相沉积盆地中。含矿斑岩与较早期次侵入的花岗岩构成侵入杂岩,呈大小不一的岩株或岩基产出,在区域上构成NW向展布的花岗岩带,延伸超过120 km,反映了一次重要的区域性热事件。

2 矿床地质特征

该矿区主要出露下二叠统泥质板岩、中二叠统含生物碎屑微晶灰岩和上二叠统砂质砾岩、粉砂岩,第三系为火山碎屑岩。岩浆岩由早期侵入的花岗岩和晚期的二长花岗斑岩及辉绿玢岩组成。其二长花岗斑岩的成岩年龄为 (90.1 ± 1.5) Ma(锆石SHRIMP U-Pb年龄),为白垩纪晚期的产物,辉绿玢岩呈NS向的岩脉产出,宽1~3 m,成岩年龄稍晚于二长花岗斑岩 $[(87.2 \pm 1.6)$ Ma,锆石SHRIMP U-Pb年龄],两者构成双峰式岩石组合(曲晓明等,2006)。

在二长花岗斑岩和辉绿玢岩与围岩的接触带内发育矽卡岩化,并伴有含铜硫化物矿化,构成矽卡岩型铜矿体。在二长花岗斑岩体周边,矿体呈半环状产出(图1),宽几米至十几米,斑岩体本身不具矿化。在辉绿玢岩脉的外接触带内发育大片的矽卡岩,矿化很弱,构不成工业矿体,但辉绿玢岩本身具有浸染状铜矿化。

矿区内出露的二长花岗斑岩为2个小岩株和一条近EW向的岩脉,以斑状结构为主,局部基质因结晶程度稍好而形成似斑状结构。其斑晶由斜长石、钾长石、石英、黑云母及角闪石组成,粒径一般为0.5~5 mm,个别可达10 mm,含量约占岩石体积的35%;基质具显微花岗结构,主要组成矿物与斑晶一致,粒径一般为0.05~0.2 mm;此外,基质中还有少量副矿物和金属矿物,如榍石、锆石、磷灰石及磁铁矿等。

矽卡岩矿石具粒状变晶结构和交代残余结构,块状和斑杂状构造。脉石矿物以石榴子石、透辉石

和石英为主,其次有斜长石、阳起石、金云母、绿帘石、绿帘石、绢云母等。副矿物有榍石、磷灰石、锆石、褐帘石等。矿石矿物有黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿及氧化物褐铁矿、铜蓝、孔雀石等。不同部位的矿体中,诸矿物的含量可变化很大,靠近斑岩一侧的内接触带,矽卡岩以透辉石为主,靠近灰岩一侧的外接触带,石榴子石含量明显增加,最高可达80%。

据探槽中观察到的矿脉穿插关系,结合显微镜下矿石矿物和脉石矿物的标型特征及组合关系,可将该矿区的成矿过程划分为接触变质和表生氧化2个成矿期,前者又分为干矽卡岩化和湿矽卡岩化2个成矿阶段(赵一鸣等,1990)。各阶段的矿物组合及特征如下:

接触变质成矿期

(1) 干矽卡岩化阶段:石榴子石-透辉石-金云母-粗粒黄铁矿-磁铁矿

石榴子石、透辉石呈大小不一的粒状、柱粒状镶嵌分布;金云母呈规则片状局部聚集分布。它们常被晚期热液矿物交代,形成交代残余结构。黄铁矿呈粗大的半自形粒状,裂纹发育,在矿体中呈斑点状聚集分布。

(2) 湿矽卡岩化阶段:阳起石-绿帘石-绿帘石-石英-绢云母-金属硫化物

该阶段以出现大量含水矿物为特征。含水矿物包括阳起石、绿帘石、绿帘石、绢云母等,多呈集合体在早期干矽卡岩矿物间隙中交代充填分布。金属矿物包括黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿等。黄铁矿颗粒细小,呈自形一半自形粒状,黄铜矿、斑铜矿、闪锌矿均呈他形粒状,与脉石矿物一起构成矿石的斑点状或细脉浸染状构造。该阶段是矿区的主要成矿阶段。

表生氧化成矿期

(3) 氧化淋滤阶段:原生矽卡岩型矿石在地表遭受氧化淋滤,形成氧化矿石,部分磁铁矿、黄铁矿变成褐铁矿;黄铜矿、斑铜矿等变成孔雀石、铜蓝。

3 成矿时代

3.1 分析方法

样品采自矽卡岩矿体内的金云母富集层。金云母呈规则片状聚集体,总体上呈团窝状,直径约30~50 cm。样品经镜下观察,其金云母含量达85%以

上,并含有少量的透闪石和石榴子石等。金云母呈无色至淡淡的绿、红等色,干涉色可达 III 级,近于高级白。分析前,先将样品磨碎至 40~60 目,在双目镜下去除杂质,使其纯度达到 95% 以上。 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定在中国地质科学院地质研究所 K-Ar 同位素室完成。对选纯的单矿物样品用超声波清洗,其步骤是,一般先用经过 2 次亚沸蒸馏净化的纯净水清洗 3 次,清除矿物表面和解理缝中吸附的杂质,然后在丙酮或酒精中再清洗 2 次,清除矿物表面吸附的有机质。清洗后的样品被封存在石英瓶中接受中子照射。照射工作是在中国原子能科学研究院的“游泳池”核反应堆中进行的,采用 H 8 孔道,中子流密度为 $6 \times 10^{12} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,照射总时间为 60 h,积分中子通量为 $1.3 \times 10^{18} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

样品的阶段升温加热由电子轰击炉完成。质谱分析在 MM-1200B 质谱仪上进行。所有数据都经过质量歧视校正、大气压校正、空白校正及干扰元素同位素校正; ^{37}Ar 经过放射性衰变校正; ^{40}K 衰变常数 $= 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$;年龄误差以 2σ 给出。

3.2 分析结果

日阿铜矿床的金云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温分析结果见表 1。金云母 17 个温度阶段的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年结果给出了一个十分平坦的年龄谱(图 2),其中,中—高温(1 060~1 400 °C)阶段的 10 个视

年龄非常接近,构成了一个坪年龄,对应的 ^{39}Ar 析出量达到了 97%,坪年龄为 $(87.69 \pm 0.64) \text{ Ma}$ 。由这 10 个数据构成的等时线年龄为 $(87.1 \pm 1.3) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 0.42$, $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始值为 359 ± 66 ,大于大气的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 比值,说明样品中存在过剩的 ^{40}Ar ,由于本文采用的是 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年,且利用坪年龄和等时线法计算成矿年龄,所以,可不考虑过剩 ^{40}Ar 的影响。坪年龄和等时线年龄高度一致,表明数据可靠且有地质意义(曲晓明等,2003),为金云母的形成年龄,可代表该矿床的成矿年龄。

4 讨论与结论

拉萨(冈底斯)地块夹持于班公湖—怒江和印度河—雅鲁藏布江 2 条东西向缝合带之间,其宽度由东向西不断减小。据其基底岩块的性质,Kapp 等(2003)认为该地块可能是亚洲大陆南缘裂解的产物。该地块内广泛发育古生代浅海相和陆相碎屑岩地层,中生代晚期早白垩世出现双峰式火山岩。对于地块中,北部分布的晚中生代花岗岩,多数人认为与特提斯(雅鲁藏布江)洋壳向北平缓俯冲有关(Coulon et al., 1986; Kapp et al., 2003; Ding et al., 2003)。

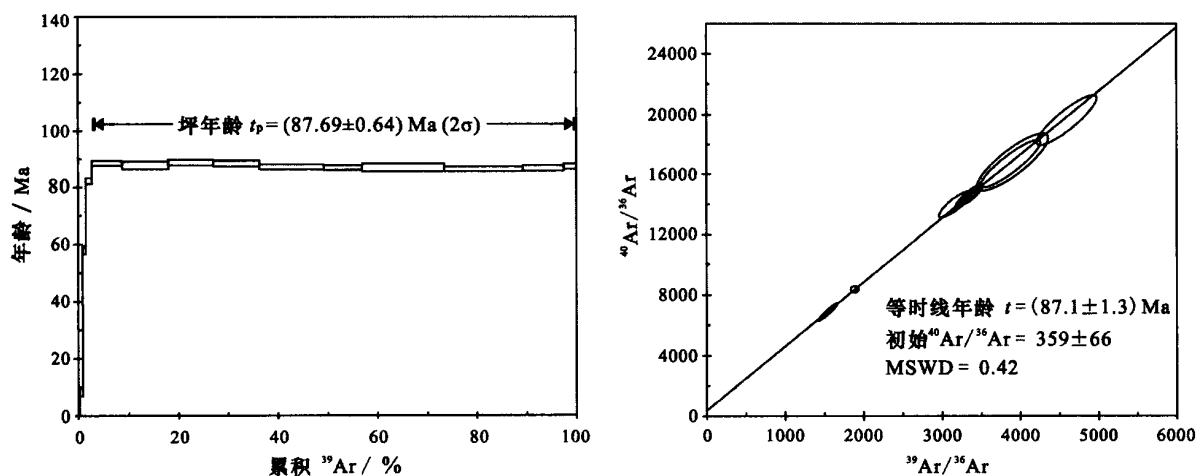
班公湖—怒江缝合带在西部狮泉河和中部安多

表 1 措勤县日阿铜矿床含矿矽卡岩金云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温加热分析数据
Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ data of phlogopite from ore-bearing skarn of Ri' a copper deposit in Coqin County

$\theta/^\circ\text{C}$	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	F	$^{39}\text{Ar}/10^{-14} \text{ mol}$	^{39}Ar 累计释放量/%	t/Ma	$\pm 1\sigma/\text{Ma}$
400	49.971	0.2	0.209	0.1068	4.66	14.650	0.0300	96.00	25
500	27.380	0.08	0.122	0.1004	3.61	23.060	0.0800	74.60	9.0
600	19.480	0.06	0.190	0.04600	1.74	20.310	0.130	36.30	4.3
700	9.0048	0.03	0.157	0.02840	0.0658	128.47	0.410	1.390	0.65
800	5.1541	0.02	0.0966	0.02170	0.405	287.51	1.04	8.500	1.2
900	7.7135	0.02	0.0434	0.02130	2.82	267.97	1.63	58.40	1.5
980	5.5070	0.005	0.0192	0.01500	4.00	636.24	3.03	82.40	1.0
1060	4.6833	0.001	0.00610	0.01310	4.31	2739.2	9.05	88.65	0.89
1100	4.4372	0.0005	0.00470	0.01500	4.28	4238.3	18.4	88.00	1.3
1130	4.4171	0.0003	0.00430	0.01300	4.32	4083.4	27.3	88.87	0.97
1160	4.3919	0.0003	0.00350	0.01290	4.31	4212.8	36.6	88.70	1.1
1190	4.3411	0.0003	0.00270	0.01320	4.25	5821.3	49.4	87.44	0.94
1220	4.3240	0.0003	0.00250	0.01270	4.23	3508.5	57.1	87.08	0.86
1250	4.3118	0.0003	0.00110	0.01240	4.23	7449.3	73.5	87.10	1.4
1280	4.2737	0.0002	0.00130	0.01280	4.20	7124.9	89.1	86.57	0.96
1320	4.3071	0.0003	0.00250	0.01290	4.23	3765.0	97.4	87.00	1.0
1400	4.4488	0.0006	0.0143	0.01320	4.26	1183.9	100	87.59	0.90

样品重量 $W = 59.65 \text{ mg}$,照射参数 $J = 0.011691$ 。 m 代表样品中测定的同位素比值; F 为放射性成因的 ^{40}Ar 和 ^{39}Ar 的比值。

测试仪器:MM-1200B 质谱仪, $\lambda = 5.543 \text{ E-10 a}$;测试单位及测试者:中国地质科学院地质研究所 K-Ar 同位素室张彦等。

图 2 日阿铜矿床金云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄及等时线年龄Fig. 2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau age and $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ isochron age of phlogopite from Ri' a copper deposit

一带南北宽度分别达到 100 km 和 200 km,以致有人提出了它可能是由多条洋内俯冲带复合而成的观点(Srimal, 1986; Matte et al., 1996)。班公湖—怒江洋壳从侏罗纪开始俯冲消减,方向很可能是向南向北双向的。侏罗纪末至白垩纪初洋盆闭合,缝合带进入弧-陆碰撞阶段(Kapp et al., 2003)。

措勤县日阿铜矿床产于拉萨地块内,其金云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄(87.69 Ma)表明,成矿作用与二长花岗斑岩(90.10 Ma)有关。同时,矿区内具浸染状铜矿化的辉绿玢岩的年龄为 87.2 Ma,且与花岗斑岩具一致的岩石化学特征(曲晓明等,2006),因此,有理由认为,它们是一套双峰式的含铜岩系。关于双峰式火山岩的形成环境,已进行过广泛的研究,它们既可形成于大陆裂谷和洋岛环境,也可形成于活动大陆边缘和弧后扩张盆地环境,而作为伸展构造环境的标志已得到普遍认可(Haapala et al., 2005; Pin et al., 1997)。岩石化学分析(曲晓明等,2006)表明,这些含铜的双峰式岩石强烈富 K,属钾玄岩—高钾钙碱性岩系,说明它们不是在岛弧俯冲阶段形成的。同时,它们又不具备造山后板内环境特有的 A 型花岗岩的特征,因此,推测它们可能形成于碰撞后伸展环境。因此,笔者认为,措勤县日阿铜矿床的形成与北部班公湖—怒江缝合带的洋壳向南俯冲有关,而与特提斯(雅鲁藏布江)洋壳向北平缓俯冲无关,应形成于班公湖—怒江缝合带洋壳向南俯冲碰撞后的陆壳伸展阶段。

综上所述,可得出以下结论:

(1) 藏西措勤县日阿铜矿床产于拉萨(冈底斯)

地块内,由金云母给出的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 成矿年龄为 $(87.69 \pm 0.64) \text{ Ma}$, $\text{MSWD} = 0.42$,与二长花岗斑岩岩株的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄(90.1 Ma)一致,表明该矿床是与二长花岗斑岩有关的矽卡岩型铜矿床。

(2) 矿区内的含矿岩体除二长花岗斑岩外,辉绿玢岩脉也伴有浸染状铜矿化。该类岩脉的锆石 U-Pb SHRIMP 年龄为 87.2 Ma,且与二长花岗斑岩具一致的岩石化学特征,它们共同构成一套含铜的双峰式岩石组合,反映了一种伸展成矿环境。

(3) 从班公湖—怒江和雅鲁藏布江 2 条缝合带的演化历史来看,该矿床所处的中—晚白垩世伸展环境是由班公湖—怒江洋壳向南向拉萨地块之下俯冲造成的,代表的是一种碰撞后伸展环境。而以前,一般都把拉萨地块内的白垩纪花岗岩归因于雅鲁藏布江洋壳向北向拉萨地块之下平缓俯冲,看来,该认识有待商榷。

References

- Coulon C, Maluski H, Bollinger C and Wang S. 1986. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet: ^{39}Ar - ^{40}Ar dating, petrological characteristics and geodynamical significance[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 79: 281 ~ 302.
- Ding L, Kapp P, Zhong D L and Deng W M. 2003. Cenozoic volcanism in Tibet: Evidence for a transition from oceanic to continental subduction[J]. Petrology, 44(10): 1833 ~ 1865.
- Haapala I, Ramo O T and Frindt S. 2005. Comparison of Proterozoic and Phanerozoic rift-related basaltic-granitic magmatism[J]. Lithos,

- 80: 1 ~ 32.
- Kapp P, Murphy M A, Yin A, Harrison T M, Ding L and Guo J R. 2003. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet[J]. *Tectonics*, 22(4): 1 ~ 23.
- Matte P P, Tapponnier N, Arnaud L, Bourjot J P, Avouac P, Vidal Q, Liu Y P and Wang Y. 1996. Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and the Indus[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 142: 311 ~ 330.
- Pin C and Paquette J L. 1997. A mantle-derived bimodal suite in the Hercynian belt: Nd isotope and trace element evidence for a subduction-related rift origin of the late Devonian Brevenne metavolcanics, Massif Central (France) [J]. *Contrib. Mineral Petrol.*, 129: 222 ~ 238.
- Qu X M, Hou Z Q and Huang W. 2001. Is Gangdese porphyry copper belt the second "Yulong" copper belt? [J]. *Mineral Deposits*, 20(4): 355 ~ 366 (in Chinese with English abstract).
- Qu X M, Hou Z Q and Li Z Q. 2003. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the ore-bearing porphyries of the Gangdese porphyry copper belt and their geological significances[J]. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 245 ~ 252 (in Chinese with English abstract).
- Qu X M, Xin H B, Xu W Y, Yang Z S and Li Z Q. 2006. Discovery and significance of copper-bearing bimodal rock series in Coqin area of Tibet[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 707 ~ 716 (in Chinese with English abstract).
- Srinivasan N. 1986. India-Asia collision: Implications from the geology of the eastern Karakoram[J]. *Geology*, 14: 523 ~ 527.
- Tang R L, Luo H S and Li Y Q. 1995. The geological feature of Yulong porphyry copper belt in Xizang Province[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Zhao Y M, Lin W W, Bi C S, Li D X and Jiang C J. 1990. Skarn deposits of China[M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Zhu D C, Pan G T, Mo X X, Wang L Q, Liao Z L, Zhao Z D, Dong G C and Zhou C Y. 2006. Late Jurassic-Early Cretaceous geodynamic setting in middle-northern Gangdese: New insights from volcanic rocks[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 22(3): 534 ~ 546 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 曲晓明,侯增谦,黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带:西藏第二条“玉龙”铜矿带? [J]. *矿床地质*, 20(4): 355 ~ 366.
- 曲晓明,侯增谦,李振清. 2003. 冈底斯铜矿带含矿斑岩的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及地质意义[J]. *地质学报*, 77(2): 245 ~ 252.
- 曲晓明,辛洪波,徐文艺,杨竹森,李振清. 2006. 藏西措勤含铜双峰岩系的发现及其意义[J]. *岩石学报*, 22(3): 707 ~ 716.
- 唐仁鲤,罗怀松,李荫清. 1995. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质[M]. 北京:地质出版社.
- 赵一鸣,林文蔚,毕承思,李大新,蒋崇俊. 1990. 中国矽卡岩矿床[M]. 北京:地质出版社.
- 朱弟成,潘桂棠,莫宣学,王立泉,廖忠礼,赵志丹,董国臣,周长勇. 2006. 冈底斯中北部晚侏罗世—早白垩世地球动力学环境:火山岩约束[J]. *岩石学报*, 22(3): 534 ~ 546.