

文章编号:0258-7106(2005)05-0481-09

西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其意义*

李光明^{1,2}, 芮宗瑶¹, 王高明², 林方成², 刘波², 余宏全¹, 丰成友¹, 屈文俊³

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国地质调查局成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082;

3 中国地质科学院国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘要 文章首次对冈底斯成矿带的甲马和知不拉铜-铅-锌矿床的辉钼矿进行了 Re-Os 同位素定年。甲马矿区辉钼矿的模式年龄介于 15.4~15.5 Ma 之间, 7 件样品得到¹⁸⁷Re-¹⁸⁷Os 等时线年龄为(15.18±0.98) Ma。知不拉矿区辉钼矿样品的模式年龄介于 16.88~17.06 Ma 之间, 5 件样品得到¹⁸⁷Re-¹⁸⁷Os 等时线年龄为(16.90±0.64) Ma。获得的 Re-Os 年龄与冈底斯成矿带驱龙、拉抗俄和冲江、厅宫等斑岩铜矿床的成矿年龄一致, 明显晚于侏罗纪拉萨弧间盆地的发育时限。据此作者认为甲马和知不拉等铜-铅-锌矿床不属于喷流型矿床, 而是冈底斯成矿带斑岩-矽卡岩成矿系统的组成部分, 是岩浆-热液流体系统在不同的深度条件下与富钙围岩交代成矿的产物。

关键词: 地球化学; 铜多金属矿床; Re-Os 年龄; 斑岩-矽卡岩成矿系统; 甲马; 知不拉; 西藏

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

近年来国土资源大调查针对西藏冈底斯成矿带斑岩型铜矿床的资源评价工作取得了重要进展, 除确定驱龙、冲江、厅宫、白容、朱诺等斑岩铜矿床具大型以上规模的找矿前景外, 还发现了向背山、拉抗俄、达布、吹败子、吉如等多个矿化显示良好的含矿斑岩体, 初步揭示出冈底斯成矿带是一条资源潜力巨大的铜多金属成矿带(曲晓明等, 2001; 李光明等, 2002; 2003; 王全海等, 2002; 王小春等, 2002; 郑有业等, 2002; 黄志英等, 2004)。同时, 在冈底斯斑岩铜矿床外围还存在甲马、知不拉、克鲁、冲木达、帮浦、勒青拉等一系列产于矽卡岩中的大型或中小型铜-铅-锌多金属矿床。对于这类矽卡岩矿床的成因一直存在较大的争议, 一些研究者认为它们属拉萨中生代弧间盆地中的海底喷流型矿床(杜光树等, 1998; 姚鹏等, 2002a; 潘凤雏等, 2002), 另一些研究者则认为这类矿床是与新生代冈底斯造山带演化晚期的斑岩岩浆作用有关的矽卡岩矿床或热液矿床(曲晓明等, 2001; 冯孝良等, 2001; 孟祥金等, 2003a)。因此, 确定这类矿床的成矿年龄是解决其

成因争议和探讨成矿作用的关键。最近笔者在甲马和知不拉矿区, 利用辉钼矿样品进行了 Re-Os 同位素法精确定年, 为确定这类矽卡岩矿床的成矿时代和成因提供了重要的依据。

1 地质背景

西藏冈底斯成矿带位于雅鲁藏布江碰撞结合带北侧, 属西藏雅鲁藏布江成矿省的一个次级成矿单元。自中生代以来研究区大致经历了晚侏罗世—早白垩世火山-岩浆弧阶段、中晚白垩世火山-岩浆弧阶段、白垩纪末—始新世弧-陆碰撞造山阶段和随后的陆内汇聚作用等多个构造体制演化阶段(潘桂棠等, 1997; 李光明等, 2000)。特别是在白垩纪至古近纪时期, 受雅鲁藏布江新特提斯洋壳向冈底斯陆块俯冲和随后弧-陆碰撞作用的影响, 在冈底斯南缘发育了强烈的火山喷发和中酸性岩浆侵入活动, 形成了现今展布于冈底斯南缘, 东西长逾 2 000 km 的大规模火山岩-花岗质侵入岩带。火山和花岗质岩浆侵

* 本文得到国家自然科学基金(40272047)、国家重点基础发展计划(2002CB412609)和中国地质调查局地质大调查项目(200310200008)的联合资助

第一作者简介 李光明, 男, 1965 年生, 博士后, 从事青藏高原区域地质与矿产地质研究。电话: 028-83231500; e-mail: cdlgguangming@cgs.gov.cn

收稿日期 2004-11-19; 改回日期 2005-06-02。李岩编辑。

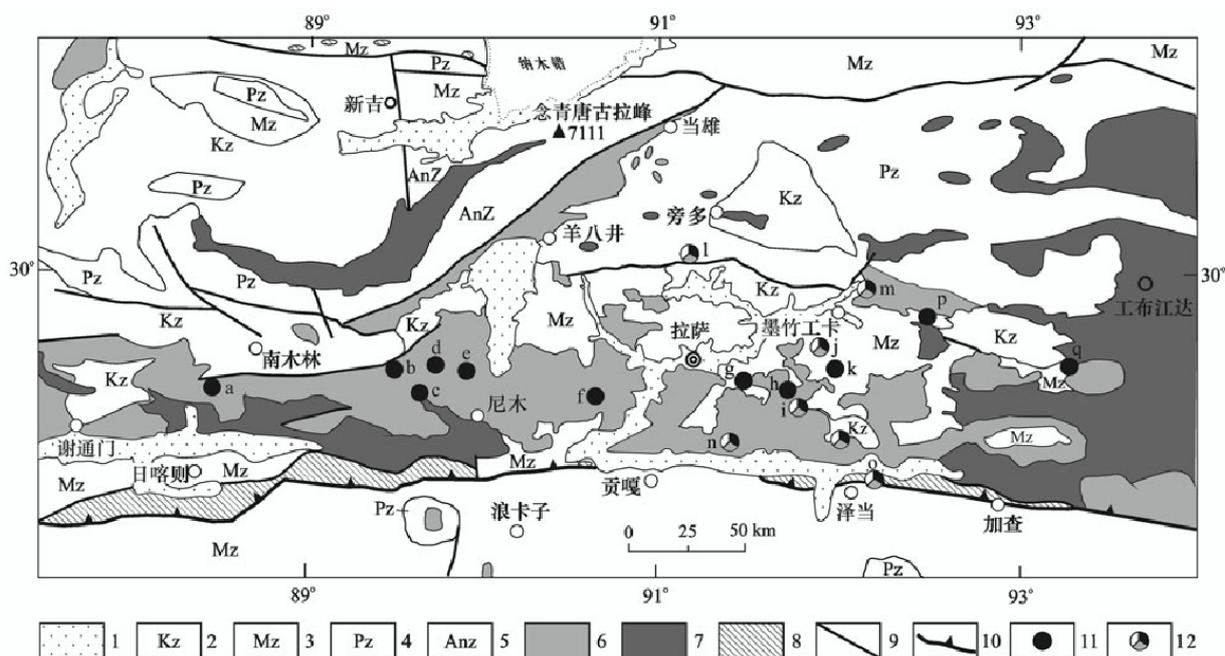


图1 西藏冈底斯成矿带斑岩型铜矿、矽卡岩型铜多金属矿床(点)分布图

1—第四系;2—新生代;3—中生代;4—古生代;5—前震旦系;6—喜马拉雅期花岗岩;7—燕山期花岗岩;8—蛇绿混杂岩;9—断层;10—碰撞结合带;11—斑岩型铜矿床;12—矽卡岩型铜多金属矿床。矿床:a—吉如铜矿;b—白容铜矿;c—总训铜矿;d—冲江铜矿;e—厅宫铜矿;f—达布铜矿;g—拉抗俄铜矿;h—驱龙铜矿;i—知不拉铜多金属矿床;j—甲马铜多金属矿;k—向背山铜矿;l—勒青拉铅锌矿;m—帮浦铅锌矿;n—克鲁铜金矿;o—冲木达铜金矿;p—夏马日铜矿;q—吹败子铜矿

Fig.1 Distribution of porphyry and skarn poly metallic copper deposits in the Gangdese metallogenic belt, Tibet

1—Quaternary; 2—Cenozoic; 3—Mesozoic; 4—Paleozoic; 5—Pre-Sinian; 6—Himalayan granite; 7—Yanshanian granite; 8—Ophiolite melange; 9—Fault; 10—Collision juncture zone; 11—Porphyry copper deposit; 12—Skarn copper poly metallic deposit. Ore deposits: a—Jiru copper deposit; b—Bairong copper deposit; c—Zongxun copper deposit; d—Chongjiang copper deposit; e—Tinggong copper deposit; f—Dabu copper deposit; g—Lakang'e copper deposit; h—Qulong copper deposit; i—Zhibula copper poly metallic deposit; j—Jiama copper poly metallic deposit; k—Xiangbeishan copper deposit; l—Leqingla lead-zinc deposit; m—Bangpu lead-zinc deposit; n—Kelu copper-gold deposit; o—Chong muda copper-gold deposit; p—Xiamari copper deposit; q—Chuibai zi copper deposit

入活动的主要发育时间为130~30 Ma(西藏自治区地质矿产局,1993),目前,冈底斯成矿带由幔源到中地壳不同深度物质重熔形成的各类中酸性花岗岩的大面积出露是碰撞后青藏高原隆升和强烈剥蚀作用的结果(图1)。

冈底斯成矿带的喜马拉雅期成矿斑岩侵入于白垩纪至古近纪花岗质侵入岩或中生代地层中,在岩石地球化学特征上,成矿斑岩属高钾钙碱性-钾玄岩系列,以 K_2O 和大离子亲石元素Rb、Ba、Sr高度富集和高场强元素Nb、Ta等亏损为特征(曲晓明等,2001;侯增谦等,2003a)。斑岩铜矿普遍发育具面型分布的钾长石化、黑云母化、硅化、绢云母化和青磐岩化等钾硅酸盐蚀变(李光明等,2003;王小春等,2002;郑有业,2002),斑岩铜矿体主要产于斑岩体或与围岩的内外接触带附近,铜品位一般介于0.4%~

1.0%之间。经过初步的勘查评价,驱龙、冲江、厅宫、白容等4个斑岩铜矿床已具大型矿床的雏型(李光明等,2003)。

2 矿区地质特征

甲马和知不拉矿区均产于冈底斯成矿带东段的驱龙—甲马矿集区内,是冈底斯成矿带中的2个代表性的矽卡岩型铜多金属矿床。其中甲马铜多金属矿床(图2)位于墨竹工卡县的甲马乡境内,距拉萨市约80 km,是目前冈底斯成矿带中工作程度最高的大型铜多金属矿床(潘凤雏等,1997)。矿床以铜为主,共生铅,伴生锌、钼、金、银等有用组分。据西藏地质六队的普查-详查评价资料^①,主矿体产于中上侏罗统多底沟组碳酸盐岩与上侏罗统一白垩统

① 西藏自治区地质矿产厅第六地质大队,2000.甲马矿区铜铅多金属矿详查报告.内部资料.

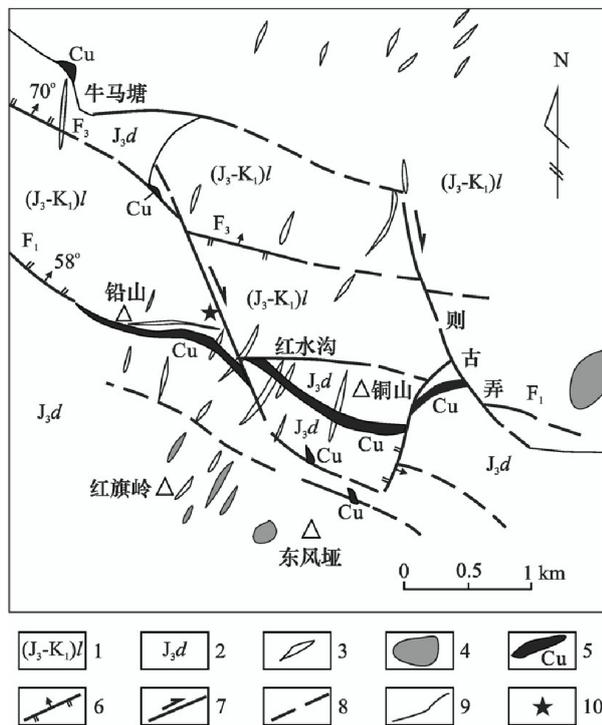


图 2 西藏甲马铜多金属矿区地质略图[●]

1—林布宗组; 2—多底沟组; 3—中酸性脉岩; 4—花岗斑岩;
5—Cu 多金属矿体; 6—逆断层; 7—平移断层; 8—性质不明
断层; 9—地质界线; 10—采样位置

Fig. 2 Geological sketch map of the Jia Ma Cu-poly metallic ore deposit, Tibet (after No. 6 Geological Party of Tibet)

1—Linbuzong Formation; 2—Duodigou Formation; 3—Intermediate-acid dyke; 4—Granite porphyry; 5—Cu-poly metallic orebody;
6—Reversed fault; 7—Strike-slip fault; 8—Indeterminate fault; 9—Geological boundary; 10—Sampling site

林布宗组砂板岩之间的似层状矽卡岩中, 矽卡岩是铜多金属矿体的主要容矿岩石, 由灰白色-灰色透辉石矽卡岩和石榴石矽卡岩组成, 并受近东西向断裂裂隙及岩体接触带控制, 矿体呈似层状、囊状、脉状等形态产出。主要的围岩蚀变类型有矽卡岩化、大理岩化、云英岩化、硅化、绢云母化、青磐岩化和角岩化等。主矿体长约 4 200 m, 厚 2 ~ 49.29 m, 平均 12.60 m, 由钻孔控制的最大斜深达 1 500 m 以上。矿床金属矿物的平均品位为 Cu 1.16%, Pb 3.48%, Zn 1.04%, Mo 0.024%, Au 0.50 g/t, Ag 20.67 g/t。由浅部向深部出现 Cu-Pb-Zn 组合向 Cu-Mo 组合变化的趋势。金属矿物主要为黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉铜矿等, 脉

石矿物主要包括石榴子石、透辉石、钙质斜长石、硅灰石等。平均品位: Cu 1.14%, Pb 3.41%, Zn 1.66%, 普查-详查评价工作在甲马矿区获 Cu + Pb (332 + 333 + 3341) 资源量 1 089 111.26 万吨, 其中 Cu 525 647.09 万吨, Pb 563 464.17 万吨, Cu、Pb 均达到大型矿床规模, 另外还求得伴生的 Zn 资源量 13.30 万吨, 伴生 Au 21.63 t, 伴生 Ag 859.53 t, 伴生 Mo 0.74 万吨[●]。

知不拉铜多金属矿区亦位于墨竹工卡县的甲马乡境内, 往北和北西方向与驱龙大型斑岩型铜钼矿区和甲马大型铜多金属矿区分别相距约 3 km 和 21 km。由于处于分水岭地带, 矿区海拔较高, 约 5 300 ~ 5 400 m。

知不拉矿区的矿化以铜、铅为主, 伴生锌和钼。矿体呈似层状或囊状产于中侏罗统叶巴组中酸性火山碎屑岩夹绿泥石绢云母石英片岩和结晶灰岩地层中, 并受 NWW 向和近 SN 向断裂构造的控制(图 3)。与甲马铜多金属矿床类似, 矽卡岩是铜多金属矿体的主要容矿岩石, 金属矿物主要为黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿, 其次为方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、辉钼矿和黄铁矿, 脉石矿物主要包括石榴子石、透辉石、符山石、绿帘石和斜长石等。矿区见铜多金属矿体 3 个, 其中主矿体长 400 ~ 1 000 m, 厚 20 ~ 50 m, 平均品位: Cu 1.74% ~ 2.282%, Pb + Zn 1.1% ~ 5.4%, Mo 0.015%, Ag 8.8 g/t。由于目前该矿区已由民营企业组织开采, 尚未开展正规的普查工作, 故矿床规模不详, 但根据矿区的矿化特征、矿体规模与品位情况分析, 知不拉矿床可能具中型以上规模。

3 分析方法

笔者分别在甲马铜多金属矿区 109 号平硐和知不拉铜多金属矿区 4 号矿体探槽中的不同地段采集到 7 件和 5 件辉钼矿样品, 经分离挑选, 测试样品中辉钼矿的纯度达 98% 以上。Re-Os 同位素定年由国家地质实验中心分析完成。分析方法和流程(杜安道等, 1994) 简述如下。

3.1 溶样

准确称取待分析样品, 通过长颈漏斗加入到 Carius 管底部。缓慢加液氮到装有半杯乙醇的保温杯中, 调节温度到 - 50 ~ - 80 °C。把装好样的 Carius

● 西藏自治区地质矿产厅第六地质大队, 2000. 甲马矿区铜铅多金属矿详查报告. 内部资料.

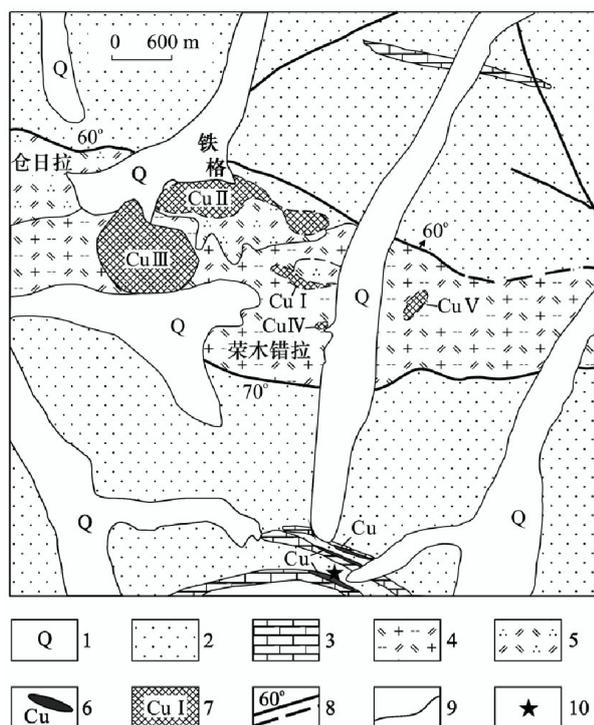


图3 西藏知不拉铜多金属矿区地质略图
(据西藏地调院资料修改)

1—第四系;2—中侏罗统酸性火山岩、凝灰岩夹碎屑岩;3—中侏罗统灰岩;4—黑云母二长花岗岩;5—石英二长斑岩;6—矽卡岩型铜矿体;7—斑岩型铜矿体及编号;8—实测及推断断层及产状;9—地质界线;10—采样位置

Fig.3 Geological sketch map of the Zhibula copper polymetallic ore deposit, Tibet (modified after Tibet Institute of Geological Survey)

1—Quaternary; 2—Middle Jurassic intermediate-acid volcanic rocks, tuff intercalated with clastic rocks; 3—Middle Jurassic limestone; 4—Biotite adamellite; 5—Quartz monzonitic porphyry; 6—Skarn copper orebody; 7—Porphyry copper orebody and its serial number; 8—Measured and inferred fault; 9—Geological boundary; 10—Sampling site

管放到该保温杯中,通过长细颈漏斗把准确称取的 ^{185}Re 和 ^{190}Os 混合稀释剂加入到Carius管底部,再向其中加入2 ml $c(\text{HCl})=10\text{ mol/l}$ 的HCl和6 ml $c(\text{HNO}_3)=16\text{ mol/l}$ 的 HNO_3 。当管底溶液冰冻后,用丙烷氧气火焰加封好Carius管的细颈部分。待回温后,放入不锈钢套管内。轻轻放套管入鼓风烘箱内,逐渐升温到 $230\text{ }^\circ\text{C}$,保温10 h。在底部冷冻的情况下,打开Carius管,用40 ml水将管中溶液转入蒸馏瓶中(Du et al., 2001)。

3.2 Os蒸馏分离

于 $105\sim 110\text{ }^\circ\text{C}$ 蒸馏50 h,用10 ml水吸收蒸出

的 OsO_4 。用ICP-MS测定铱同位素比值,蒸馏残液倒入50 ml小烧杯中分离Re。

3.3 Re萃取分离

将蒸馏残液置于电热板上,加热近干。再加入少量水,加热近干。加入10 ml $c(\text{NaOH})=5\text{ mol/l}$ 的NaOH,稍微加热,转为碱性介质。取上清液转入120 ml Teflon分液漏斗中。加入10 ml丙醇,萃取Re。静止分相,弃去水相。加2 ml $c(\text{NaOH})=5\text{ mol/l}$ 的NaOH溶液到分液漏斗中,振荡2 min,洗去丙酮相中的杂质。弃去水相,排丙酮到100 ml已加有2 ml水的玻璃烧杯中。在电热板上 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 加热以蒸发丙酮。加热溶液至干。加数滴浓硝酸,加热蒸干以除去残存的铱。用数毫升稀 HNO_3 溶解残渣,稀释到 HNO_3 浓度为2%。备ICP-MS测定铱同位素比值。如含Re溶液中盐量超过 1 mg/ml ,则需采用阳离子交换柱除去钠。

3.4 质谱测定

采用英国TJA公司生产的VG PQ EXCELL ICP-MS仪器测定同位素比值。对于Re,选择质量数185、187,用190监测Os;对于Os,选择质量数为186、187、188、189、190、192,用185监测Re。

4 分析结果

甲马和知不拉矿区的12件辉钼矿样品的Re-Os同位素分析结果列于表1。

表1中Re和Os含量的不确定度包括稀释剂标定误差、质谱测量误差及质量分馏校正误差等。模式年龄的计算误差还包括 ^{187}Re 衰变常数 λ 的不确定度(1.02%)。Re为 0.02 ng ,Os为 0.003 ng ,计算模式年龄时,取 ^{187}Re 衰变常数 $\lambda=1.666\times 10^{-11}\text{ a}^{-1}$ (Shirey et al., 1995; Smoliar et al., 1996; Ludwig, 1999)。

从表中可以看出,甲马矿区样品的Re-Os模式年龄介于 $(15.4\pm 0.2)\sim(15.5\pm 0.2)\text{ Ma}$ 之间,知不拉矿区样品的Re-Os模式年龄介于 $(16.88\pm 0.28)\sim(17.06\pm 0.27)\text{ Ma}$ 之间。利用ISOPLOT软件进行计算, ^{187}Re 、 ^{187}Os 的相对误差分别输入2.0%和1.5%,甲马矿区7件辉钼矿样品构成一条良好的等时线,其 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄为 $(15.18\pm 0.98)\text{ Ma}$ (图4);知不拉矿区5件辉钼矿样品得到 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄为 $(16.90\pm 0.64)\text{ Ma}$ (图5)。同一矿区辉钼矿等时线年龄与模式年龄相差不

表 1 冈底斯成矿带甲马、知不拉矿床辉钼矿样品铼、钨同位素分析结果

Table 1 Re-Os dating data of molybdenite from the Jiama and the Zhibula Cu polymetallic ore deposits

矿区及样品号	m/g	$Re/(\mu g \cdot g^{-1})$	$^{187}Re/(\mu g \cdot g^{-1})$	$^{187}Os/(ng \cdot g^{-1})$	模式年龄 t/Ma
甲马					
J1-1	0.00272	559.5(5.4)	351.7(3.4)	90.0(0.7)	15.4(0.2)
J2-1	0.00331	393.3(3.4)	247.2(2.2)	63.8(0.6)	15.5(0.3)
J3-1	0.00429	401.1(3.9)	252.1(2.5)	64.8(0.5)	15.4(0.2)
J4-1	0.00346	428.5(4.2)	269.3(2.6)	69.7(0.5)	15.5(0.2)
J5-1	0.00364	430.7(4.1)	270.7(2.6)	69.9(0.6)	15.5(0.2)
J5-2	0.00324	448.7(4.1)	282.1(2.6)	72.9(0.6)	15.5(0.2)
J5-4	0.00382	397.1(3.8)	249.6(2.4)	64.5(0.5)	15.5(0.2)
知不拉					
QL208-1	0.00259	1110.0(10.8)	697.7(6.8)	198.4(1.6)	17.06(0.27)
QL208-2	0.00288	946.4(9.1)	594.9(5.7)	169.0(1.3)	17.05(0.26)
QL208-3	0.00206	1485.6(14.3)	933.8(9.0)	264.0(2.3)	16.97(0.27)
QL208-4	0.00279	1092.9(11.8)	687.0(7.4)	193.2(1.7)	16.88(0.28)
QL208-4	0.00272	1050.3(10.5)	660.2(6.6)	185.9(1.5)	16.90(0.27)

测试者: 中国地质科学院国家地质测试中心屈文俊、曾法刚、杜安道。数值后的括号内为误差不确定度。

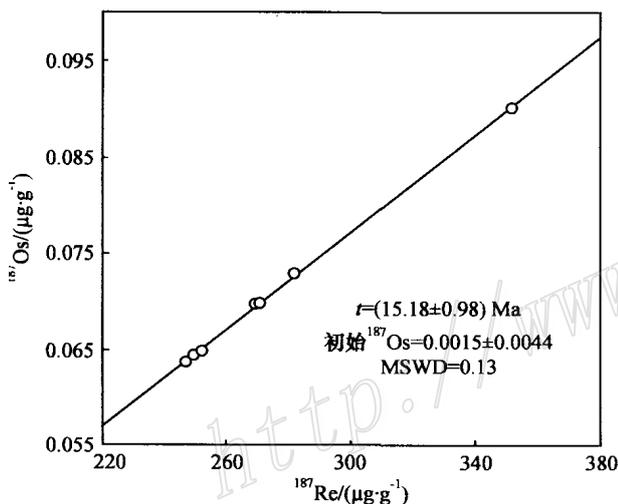


图 4 甲马铜多金属矿区辉钼矿的 Os-Re 等时线年龄

Fig. 4 Re-Os isochron of molybdenite from the Jiama Cu-polymetallic ore deposit, Tibet

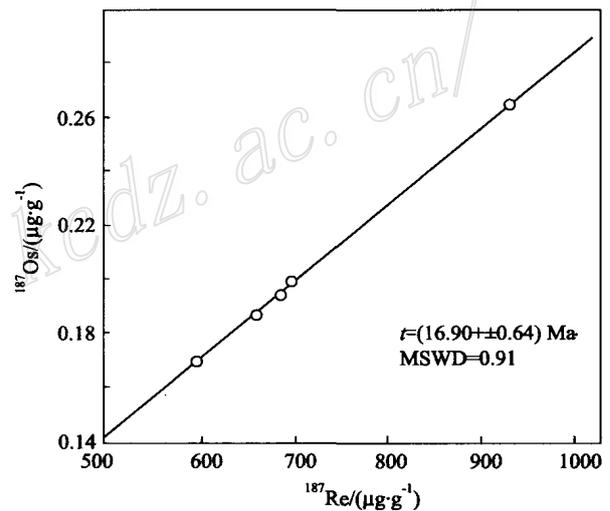


图 5 知不拉铜多金属矿区辉钼矿的 Os-Re 等时线年龄

Fig. 5 Re-Os isochron of molybdenite from the Zhibula Cu-polymetallic ore deposit, Tibet

到 0.50 Ma, 在误差范围内。矿区间成矿年龄相差不到 2 Ma, 说明两者具有大致相同的成矿年龄。经野外观察和矿石光片鉴定, 甲马和知不拉矿区的辉钼矿呈细脉状或浸染状分布于铜铅矿石中, 与黄铜矿、斑铜矿同期, 略早于方铅矿, 因此辉钼矿的 Re-Os 年龄基本上可以代表 2 个矿区的铜、铅、锌矿化的成矿年龄。在区域上, 甲马和知不拉矿区所获得的成矿年龄不仅与孟祥金等(2003a)在冈底斯东段帮浦铜多金属矿床所获的 Re-Os 等时线年龄(15.32 ± 0.79) Ma 基本一致, 而且与侯增谦等(2003)、孟祥金等(2003b)、李光明等(2004)、曲晓明等(2003)在

冲江、拉抗俄、达布及驱龙斑岩铜矿区所获得的辉钼矿 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄值也吻合。

5 讨论

甲马矿区是目前西藏冈底斯铜矿带工作程度最高的大型铜多金属矿床, 知不拉矿区亦具有一定的规模。对于矿床的成因一直存在较大的争议, 其中最具有代表性的有海底喷流热水成矿说和岩浆-热液交代成矿说。

杜光树等(1998)、潘凤雏等(1997)、姚鹏等

(2002b)根据甲马矿区内矽卡岩和矿体的产状、矽卡岩的结构、构造、矿物组成、元素地球化学和流体包裹体等特征,提出海底热水喷流成矿的观点。冯孝良等(2001)对矿区内广泛分布的各类矽卡岩的地球化学特征进行了研究,认为矽卡岩属于典型的岩浆-热液交代成因,结合矿区大量中酸性岩脉的形成年龄,提出该矿床形成于喜马拉雅早期。袁万明等(2001)通过对甲马矿区磷灰石裂变径迹的研究,也得出矿区成矿年龄为25~22 Ma的认识。潘凤雏(2002)提出甲马矿床的矽卡岩可分为喷流成因矽卡岩、受中酸性斑岩体(脉)内外接触带控制的岩浆热液交代型矽卡岩及受构造破碎带控制的构造热液交代脉型矽卡岩3类,并进一步认为海底热水交代和热水沉积形成的矽卡岩是矿区主要的矽卡岩类型和主矿体的容矿岩石。姚鹏等(2002a)通过对知不拉矿区铜多金属矿体的产出状态和叶巴组火山岩系的研究,认为知不拉铜多金属矿床为与火山喷流或火山热液作用有关的岛弧区VHMS型矿床。

成矿时代是矿床学和区域成矿学研究的重要内容,也是探讨矿床成矿机理和追索成矿过程的重要参数。从冈底斯成矿带的区域构造演化上看,在侏罗纪—白垩纪时期冈底斯成矿带的岛弧岩浆活动受控于班公湖—怒江洋壳和雅鲁藏布江洋壳向冈底斯陆块的俯冲作用(潘桂棠等,1997;李光明等,2000)。随着欧亚大陆与印度大陆在白垩纪末期沿雅鲁藏布江结合带的碰撞,雅鲁藏布江洋盆关闭,冈底斯成矿带随之转入陆内汇聚和高原隆升阶段。甲马和知不拉矽卡岩型铜多金属矿床的赋矿层位为中上侏罗统的叶巴组和多底沟组以及下白垩统的林布宗组地层,铜-铅矿体与矿区呈似层状产出的各类钙质矽卡岩的关系密切。对甲马和知不拉这2个代表性的矽卡岩型铜多金属矿床成矿时代的精确测定,揭示出冈底斯成矿带矽卡岩型铜多金属矿化与斑岩铜钼矿化在时代上具有一致性。在成矿时代上,甲马和知不拉矿区的成矿年龄分别为 (15.18 ± 0.98) Ma和 (16.90 ± 0.64) Ma,与矿区所在的拉萨—日多中生代弧间盆地的发育时代及同期岩浆活动的时代相去甚远,相反与驱龙、拉抗俄等斑岩铜钼矿床的成矿年龄一致;在空间上,甲马、知不拉矽卡岩型铜多金属矿床分别位于向背山—塔尾龙和驱龙斑岩铜钼矿床的外围,相距3~4 km,斑岩矿床与矽卡岩型矿床具有密切共生的空间关系。在甲马和知不拉矿区内,也有下部以铜矿化为主,上部以铅锌矿化为主的空

间变化,显示出明显的成矿元素从下到上由Cu向Pb-Zn的分带现象。

驱龙—甲马地区在数十公里的范围内集中了驱龙、甲马2个大型铜-钼多金属矿床和知不拉、拉抗俄、底日玛、向背山、帮浦及勒青拉等一系列中小型斑岩铜-钼矿床和矽卡岩铜多金属矿床,是冈底斯东段重要的矿化集中区,目前已被中国地质调查局列为冈底斯成矿带铜多金属勘查的重点区块。笔者认为,甲马和知不拉矿区矽卡岩型铜-铅-锌矿床与其附近的斑岩型铜-钼矿床可能受控于统一的地球动力学背景。矽卡岩型矿床与斑岩铜矿床在成因上与统一的斑岩-矽卡岩成矿系统中的岩浆-热液成矿作用有关,是在碰撞后高原伸展构造背景下,由加厚地壳下部或上地幔的局部熔融的花岗质岩浆沿近NS或近EW向的断裂通道上侵,在形成斑岩矿床的同时,自岩浆活动中心向外迁移的含矿气液,在岩体外接触带或钙质围岩地层中与围岩发生交代形成含矿矽卡岩的。斑岩型铜矿与矽卡岩型铜多金属矿之间呈现“贯通式”的时空关系。处于冈底斯成矿带东段同一矿化集中区内的甲马—背山—塔尾龙斑岩型铜-钼、矽卡岩型铜多金属矿田与驱龙—知不拉斑岩型铜-钼、矽卡岩型铜多金属矿田在空间上相距约23 km,可能属于2个相对独立的深部岩浆-浅成热液成矿系统,但它们受控于统一的地球动力学背景,因此具有大致类似的矿床地质特征,相同的成矿机理和一致的成岩、成矿年龄。碰撞后,在伸展背景下形成斑岩-矽卡岩铜矿是冈底斯成矿带最重要的一次成矿事件,在斑岩铜矿床的外围注意寻找与同期岩浆-热液系统有关的矽卡岩型铜多金属矿床和浅成低温热液型铜-金矿床将是今后评价和研究工作的重点。

6 结 论

(1) 甲马和知不拉矽卡岩型铜多金属矿区 Re-Os 等时线年龄分别为 (15.18 ± 0.98) Ma和 (16.90 ± 0.64) Ma,明显晚于侏罗纪时期冈底斯地区火山-沉积盆地的发育时限。因此甲马和知不拉铜-铅-锌矿床不属于喷流型或VHMS型矿床。

(2) 甲马和知不拉铜多金属矿床与外围的驱龙和拉抗俄等斑岩铜钼矿床的成矿年龄一致,并且冈底斯成矿带的斑岩铜钼矿床与矽卡岩型铜多金属矿床具有一致的形成时间和密切的空间关系,两者属于统一的斑岩-矽卡岩成矿系统,是岩浆-热液流体系

统在不同的深度条件下与富钙围岩交代成矿的产物。

(3) 冈底斯成矿带的斑岩-矽卡岩成矿系统形成于欧亚-印度大陆碰撞之后,在伸展构造背景下由加厚下地壳或上地幔局部熔融形成的花岗质岩浆沿断裂通道上侵,由此产生的岩浆热液在不同的围岩介质条件下通过交代反应形成斑岩-矽卡岩成矿系统。

(4) 在斑岩铜矿床的外围注意寻找与同期岩浆热液系统有关的矽卡岩型铜多金属矿床和浅成低温热液型铜-金矿床将是今后评价和研究工作的重点。

致 谢 笔者在野外和室内工作中得到了成都地质矿产研究所潘桂棠研究员、杨家瑞教授级高级工程师、王高明副研究员,西藏地质调查院潘凤雏等同志的帮助和指导,参加野外工作的还有成都地质矿产研究所廖忠礼、朱弟成、耿全如、黄志英和北京科技大学的谢玉玲、徐九华、杨志明等同志,在此一并致以谢忱!

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region. 1993. Regional geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 319 ~ 393 (in Chinese).
- Du A D, He H L and Yin L W. 1994. The study on the analytical methods of Re-Os age for molybdenites [J]. Acta Geologica Sinica, 6 (4): 339 ~ 347 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, Wang S X, Sun D Z, et al. 2001. Precise Re-Os dating of molybdenite using Carius tube, NTIMS and ICPMS [A]. In: Pidrstrzynski, et al., ed. Mineral Deposits at the 21st Century [C]. 45 ~ 407.
- Du G S, Yao P, Pan F C, et al. 1998. Sedimentation-exhalation skarn and its mineralization: An example from the Jiama copper-poly-metallic deposit, Tibet [M]. Chengdu: Sichuan Sci. Press. 82 ~ 113 (in Chinese).
- Feng X L, Guan S P, Mu C L, et al. 2001. Geological characteristics and genesis of Jiama copper-poly-metallic deposit in Tibet. [J]. Geochimica, 29(4): 40 ~ 48 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Mo X X, G Y F, et al. 2003a. Adakite, a possible host rock for porphyry copper deposits: Case studies of porphyry copper belts in Tibetan plateau and in North Chile [J]. Mineral Deposits, 22(1): 1 ~ 12 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Mo X X, Wang S X, et al. 2003b. The Re-Os age of molybdenites from Gangdese porphyry copper deposits belt, Xizang plateau: Mineralization age and application of dynamic setting [J]. Sci. in China (Series D), 33(7): 609 ~ 618 (in Chinese).
- Huang Z Y and Li G M. 2004. Basic characteristic of porphyry copper ore deposits and its prospecting in Yaluzangbujiang metallogenic province, Tibet [J]. Geol. & Explor., 40(1): 1 ~ 6 (in Chinese with English abstract).
- Li G M, Feng X L, Huang Z Y, et al. 2000. Multiple island arc-basin system and its evolution in Gangdese tectonic belt, Tibet [J]. Sedimentary Geol. & Tethyan Geol., 20(4): 38 ~ 46 (in Chinese with English abstract).
- Li G M, Wang G M, Gao D F, et al. 2002. The perspective of copper ore deposit and its exploration direction in Gangdese metallogenic belt, Tibet [J]. Mineral Deposits, 21 (Supp.): 144 ~ 147 (in Chinese).
- Li G M, Yang J R and Ding J. 2003. Newly advances of mineral resources exploration in Yaluzangbujiang metallogenic province, Tibet [J]. Geol. Bull. China, 22(9): 699 ~ 703 (in Chinese with English abstract).
- Li G M and Rui Z Y. 2004. Petrogenetic and metallogenetic ages for the porphyry copper deposits in the Gangdese metallogenic belt in southern Tibet [J]. Geotectonica et Metallogenia, 28(2): 165 ~ 170 (in Chinese with English abstract).
- Ludwing K. 1999. Isoplot/Ex, version 2.0: A geochronological toolkit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronology Center.
- Meng X J, Hou Z Q, Gao Y F, et al. 2003a. Development of porphyry copper-molybdenum-lead-zinc ore-forming system in east Gangdese belt: Evidence from Re-Os age of molybdenite in Bangpu copper poly-metallic deposit [J]. Mineral Deposits, 22(3): 246 ~ 252 (in Chinese with English abstract).
- Meng X J, Hou Z Q, Gao Y F, et al. 2003b. Re-Os dating for Qulong porphyry copper deposit in Gangdese metallogenic belt, Xizang and its metallogenetic significance [J]. Geological Review, 49(6): 660 ~ 666 (in Chinese with English abstract).
- Pan F C, Su D K, Yao P, et al. 1997. Geological features of Jiama Sedimentary-exhalation skarn-type copper poly-metallic deposit in Xizang [J]. Xizang Geol., (2): 62 ~ 73 (in Chinese with English abstract).
- Pan F C, Deng J, Yao P, et al. 2002. The eruptive origins of copper and multi-metal deposits in the skarns in Jiama, Tibet [J]. Geosci., 16(4): 359 ~ 364 (in Chinese with English abstract).
- Pan G T, Chen Z L and Li X Z. 1997. Geological tectonic evolution of eastern Tethyan [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- 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 ore-bearing porphyries of Gangdese porphyry copper belt and their geological significances [J]. Acta Geologica Sinica, 77(2): 245 ~ 252 (in Chinese with English abstract).
- Shirey S B and Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis [J]. Anal. Chem., 67: 2136 ~ 2141.
- Smoliar M I, Walker R J and Morgan J W. 1996. Re-Os ages of group IIA, IVA and VIB iron meteorites [J]. Sci. (271): 1099 ~ 1102.
- Wang Q H, Wang B S, Li J G, et al. 2002. Basic features and ore prospect evaluation of the Gangdese island arc, Tibet, and its copper

- poly metallic ore belt[J]. *Geol. Bull. China*, 21(1): 35 ~ 40(in Chinese with English abstract).
- Wang X C, Yan Z G, Zhou W D, et al. 2002. Preliminary study on geological features of porphyry-type copper deposits in the northwestern Nima, middle section of Gangdese belt, Tibet[J]. *Geology and Prospecting*, 38(1): 5 ~ 8(in Chinese with English abstract).
- Yao P, Zheng M H, Peng Y M, et al. 2002a. Sources of ore-forming materials and the genesis of the Jiama copper and poly metallic deposit in Gandise island-arc belt, Xiang[J]. *Geological Review*, 48(5): 468 ~ 479(in Chinese with English abstract).
- Yao P, Wang Q H and Li J G. 2002b. Ore and ore resource prospects of the Jiama-Qulong ore concentration area, Tibet[J]. *Geology in China*, 29(2): 197 ~ 202(in Chinese with English abstract).
- Yuan W M, Hou Z Q, Li S R, et al. 2001. The hot history of fission track evidences in Xizang Jiama copper poly metallic ore deposit[J]. *Science in China(Series D)*, 33(Supp.): 117 ~ 121(in Chinese).
- Zheng Y Y, Wang B S, Fan Z H, et al. 2002. Analysis of tectonic evolution in the eastern section of the Gangdese mountains, Tibet and the metallogenic potentialities of copper gold polymetal[J]. *Geol. Sci. & Technol. Infor.*, 21(2): 55 ~ 60(in Chinese with English abstract).
- 附中文参考文献**
- 杜安道, 何红蓼, 殷宁万, 等. 1994. 辉钼矿的铀-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. *地质学报*, 6(4): 339 ~ 347.
- 杜光树, 姚鹏, 潘凤雏, 等. 1998. 喷流成因砂卡岩与成矿——以西藏甲马铜多金属矿床为例[M]. 成都: 四川科学技术出版社. 82 ~ 113.
- 冯孝良, 管仕平, 牟传龙, 等. 2001. 西藏甲马铜多金属矿床的岩浆热液交代成因: 地质与地球化学证据[J]. *地质地球化学*, 29(4): 40 ~ 48.
- 侯增谦, 莫宣学, 高永丰, 等. 2003a. 埃达克岩: 斑岩铜矿的一种可能的重要含矿母岩——以西藏和智利斑岩铜矿为例[J]. *矿床地质*, 22(1): 1 ~ 12.
- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 等. 2003b. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用[J]. *中国科学(D 辑)*, 33(7): 609 ~ 618.
- 黄志英, 李光明. 2004. 西藏雅鲁藏布江成矿区斑岩型铜矿基本特征与找矿潜力[J]. *地质与勘探*, 40(1): 1 ~ 6.
- 李光明, 冯孝良, 黄志英, 等. 2000. 西藏冈底斯构造带中段多岛弧-盆系及其演化[J]. *沉积与特提斯地质*, 20(4): 38 ~ 46.
- 李光明, 芮宗瑶. 2004. 西藏冈底斯成矿带斑岩铜矿的成岩成矿年龄[J]. *大地构造与成矿学*, 28(2): 165 ~ 170.
- 李光明, 王高明, 高大发, 等. 2002. 西藏冈底斯铜矿资源前景与找矿方向[J]. *矿床地质*, 21(增刊): 144 ~ 147.
- 李光明, 杨家瑞, 丁俊. 2003. 西藏雅鲁藏布江成矿区矿产资源评价新进展[J]. *地质通报*, 22(9): 699 ~ 703.
- 孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 等. 2003a. 西藏冈底斯东段斑岩铜钼铅锌成矿系统的发育时限: 帮浦铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年龄证据[J]. *矿床地质*, 22(3): 246 ~ 252.
- 孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 等. 2003b. 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿 Re-Os 年龄及成矿学意义[J]. *地质论评*, 49(6): 660 ~ 666.
- 潘凤雏, 邓军, 姚鹏, 等. 2002. 西藏甲马铜多金属矿床砂卡岩的喷流成因[J]. *现代地质*, 16(4): 359 ~ 364.
- 潘凤雏, 粟登逵, 姚鹏, 等. 1997. 西藏甲马喷流砂卡岩型铜多金属矿床地质特征[J]. *西藏地质*, 2: 62 ~ 73.
- 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 1997. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社.
- 曲晓明, 侯增谦, 黄卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿(化)带: 西藏第二个“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⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄及地质意义[J]. *地质学报*, 77(2): 245 ~ 252.
- 王全海, 王保生, 李金高, 等. 2002. 西藏冈底斯岛弧及其铜多金属矿带的基本特征与远景评估[J]. *地质通报*, 21(1): 35 ~ 40.
- 王小春, 晏子贵, 周维德, 等. 2002. 初论西藏冈底斯带中段尼木西北部斑岩铜矿地质特征[J]. *地质与勘探*, 38(1): 5 ~ 8.
- 西藏自治区地质矿产局. 1993. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社. 319 ~ 393.
- 姚鹏, 郑明华, 彭勇民, 等. 2002a. 西藏冈底斯岛弧带甲马铜多金属矿床成矿物质来源及成因研究[J]. *地质论评*, 48(5): 468 ~ 479.
- 姚鹏, 王全海, 李金高. 2002b. 西藏甲马-驱龙矿集区成矿远景[J]. *中国地质*, 29(2): 197 ~ 202.
- 袁万明, 侯增谦, 李胜荣, 等. 2001. 西藏甲马多金属矿区热历史的裂变径迹证据[J]. *中国科学(D 辑)*, 31(增刊): 117 ~ 121.
- 郑有业, 王保生, 樊子瑋, 等. 2002. 西藏冈底斯东段构造演化与铜多金属成矿潜力分析[J]. *地质科技情报*, 21(2): 55 ~ 60.

Molybdenite Re-Os dating of Jiama and Zhibula polymetallic copper deposits in Gangdese metallogenic belt of Tibet and its significance

LI Guang-ming^{1,2}, RUI Zong-yao¹, WANG Gao-ming², LIN Fang-cheng², LIU Bo², SHE Hong-quan¹, FENG Cheng-you¹ and QU Wen-jun³

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 3 National Research Center of Geoanalysis, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

The origin of the Jiama and the Zhibula polymetallic copper deposits in the Gangdese metallogenic belt, southern Tibet, is a problem of long controversy. This paper gives for the first time the highly precise Re-Os age of molybdenite from these two polymetallic copper deposits. The Re-Os model ages of 7 molybdenite samples from the Jiama deposit vary from (15.4 ± 0.2) Ma to (15.5 ± 0.2) Ma, yielding an isochron age of (15.18 ± 0.98) Ma. The Re-Os model ages of 5 molybdenite samples from the Zhibula deposit vary from (16.88 ± 0.28) Ma to (17.06 ± 0.27) Ma, yielding an isochron age of (16.90 ± 0.64) Ma. These ages are much younger than the ages of the Gangdese inter-arc sedimentary basin development and the ages of collisional granitic intrusive rocks in the Gangdese belt, but are obviously consistent with the ore-forming ages of the near-by porphyry copper deposits, such as Qulong, Lakang'e, Chongjiang and Tingguan in the Gangdese metallogenic belt. These Re-Os ages suggest that the Jiama and the Zhibula polymetallic copper deposits were formed in the same porphyry-skarn ore-forming system in a post-collisional extensional tectonic setting of Miocene epoch. The porphyry copper deposits and the skarn type polymetallic copper deposits in the Gangdese metallogenic belt were formed by different ore-forming processes of the magmatic-hydrothermal system in different wall rocks.

Key words: geochemistry, copper polymetallic deposit, Re-Os age, porphyry-skarn ore-forming system, Jiama, Zhibula, Tibet