西藏甲玛铜多金属矿辉钼矿 Re-Os 定年及其成矿意义

应立娟[1,5)], 王登红[1)], 唐菊兴[1)], 畅哲生[2)], 屈文俊[3)], 郑文宝[4)], 王焕[5)]

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;
2) 中国黄金集团, 北京, 100011; 3) 国家地质实验测试中心, 北京, 100037;
4) 成都理工大学, 成都, 610059; 5) 中国地质科学院研究生院, 北京, 100037

内容提要: 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿中, 辉钼矿普遍发育, 产于各类矿石中, 尤其在矽卡岩型和角岩型矿石中最常见, 其次是斑岩型矿石, 极少量产于大理岩和结晶灰岩型矿石中。本文采集了甲玛铜多金属矿矽卡岩、角岩和斑岩中不同产状、不同形态的辉钼矿, 进行 Re-Os 同位素定年, 获得了 27 件样品的模式年龄为 14.2~17.5 Ma, 等时线年龄为 15.22±0.59 Ma。其中, 斑岩型辉钼矿等时线年龄为 14.78±0.33 Ma, 角岩型辉钼矿等时线年龄为 14.67±0.19 Ma, 结果一致。辉钼矿中^{187}Re 含量变化于 38.75~387.4 μg/g, 其中, 角岩中辉钼矿^{187}Re 含量为121.5~387.4 μg/g, 矽卡岩中为123.7~304.7μg/g, 含量较高, 而斑岩中辉钼矿的^{187}Re 含量相对较低, 38.75~130.5 μg/g, 平均 69.0 μg/g; 辉钼矿^{187}Os 含量变化情况基本与^{187}Re 相同。甲玛辉钼矿^{187}Re 值与冈底斯其他矿体的值对比, 显示冈底斯成矿带斑岩-矽卡岩型矿床成矿原岩具有相对较高^{187}Re 值的特点。本文研究成果表明, 甲玛大型铜多金属矿床形成于中新世 Langhian 期, 辉钼矿为主成矿期的产物之一。鉴于辉钼矿的产出状态, 以及其与黄铜矿等的共生组合关系, 辉钼矿的成矿时代可代表矿区内主要矿石矿物的成矿时代, 且与冈底斯成矿带上一大批大中型斑岩型铜矿的成矿时代一致, 成矿集中在 20~10 Ma 之间, 形成于印度大陆与亚洲大陆碰撞之后, 从而否定了前人海底喷流沉积的成因观点, 为矿区内及其外围进一步的找矿指明了方向。

关键词: 辉钼矿; 矽卡岩型-角岩型-斑岩型矿石; Re-Os 同位素定年; 成矿时代; 甲玛铜多金属矿; 西藏

近年来, 西藏冈底斯成矿带斑岩型-矽卡岩型铜矿床的资源评价工作取得了重要进展, 雄村、驱龙、甲玛等完成矿床勘探, 达到大型规模; 沙让、冲江、厅宫、白容、朱诺、程巴、冲木达等斑岩铜(钼)矿床具中、大型以上规模的找矿前景; 象背山、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, 揭示了冈底斯成矿带是一条资源潜力巨大的铜多金属成矿带(芮宗瑶等, 2003a; 李光明等, 2002; 曲晓明等, 2001; 王全海等, 2002; 郑有业等, 2007; 黄志英等, 2004; 张洪涛等, 2004; 唐菊兴等, 2008)。青藏高原印度大陆与亚洲大陆碰撞后的成矿作用, 尤其是成岩成矿时代研究已日趋深入。例如, 甲玛铜多金属矿西南的大型斑岩型驱龙铜矿成矿时代为 15.99±0.32~16.23±0.6 Ma(孟祥金等, 2003a; 芮宗瑶等, 2003b), 含矿斑岩的成矿时代为 15.77±0.45~17.58±0.74 Ma(芮宗瑶等, 2003b; 李光明等, 2004, 2005)。

甲玛铜矿床自 1952 年发现以来, 人们对该矿床的成因持有不同观点, 至今尚存争议。杜光树等(1998)、姚鹏等(1999、2002)、潘凤雏等(2002)[1]认为甲玛铜矿的成因属于热水喷流沉积型。唐菊兴等[2,3]、李光明等(2004, 2005)、冯孝良等(2001)认为甲玛铜矿是矽卡岩型, 成矿时代应晚于地层的形成时代。甲玛铜多金属矿的成矿成岩时代研究, 前人取得的成果主要有花岗闪长斑岩的全岩 K-Ar 法测得 14.9 Ma, 花岗斑岩 13.4 Ma(杜光树等, 1998), Cu-Mo 矿石中的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄 15.18±0.98 Ma(李光明等, 2005)。甲玛辉钼矿在各种矿

注: 本文为中国地质科学院矿产资源所所长基金项目(编号 K0911)、西藏华泰龙矿业开发有限公司勘探项目、技术开发项目(编号 E0804)、国土资源地质大调查项目(编号 1212010733803)、国家科技支撑项目(编号 2006BAB01A01)、青藏专项(编号 1212010818089)共同资助的成果。

收稿日期: 2009-07-02; 改回日期: 2009-11-06; 责任编辑: 周健。

作者简介: 应立娟, 女, 1981 年生。在职博士研究生, 研究实习员, 主要从事矿床学研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号; 电话: 010-68999527; Email: biyuntian518@sina.com。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

石中均有分布, 且矿石类型包括矽卡岩型、角岩、斑岩型等, 矿石类型和辉钼矿的产出均较为多样且复杂, 因此前人所测年龄的 7 件辉钼矿样品虽采自矿区 109 号平硐中, 但其具体矿石类型和采样位置尚不够明确, 且属于浅部的辉钼矿, 若用以代表后期发现的深部厚大矿体较为片面。因此, 本文试图通过系统全面的辉钼矿 Re-Os 同位素定年, 力求准确地厘定不同矿石类型中不同形态、不同产状辉钼矿的成矿时代, 进一步为确定甲玛铜多金属矿的成矿时代, 为铜钼矿的成矿物质来源、成矿条件、成矿机理研究等提供第一手资料, 为矿区内及外围找矿指明方向。

1 地质概况及矿化特征

甲玛铜多金属矿床位于西藏特提斯构造域冈底斯-念青唐古拉(地体) 板片中南部。冈底斯-念青唐古拉地体, 亦称拉萨微型陆块, 南北分别为班公湖-怒江、雅鲁藏布江两条缝合带, 更北为羌塘-三江地体, 更南为印度板块[①②③] (侯增谦等, 2006a; 莫宣学等, 2003, 2006) 。

冈底斯-念青唐古拉地体南缘矿产非常丰富, 矿产具有种类多、储量大、优势矿种明显、勘查程度低、找矿前景大等特点(何文渊等, 2002; 芮宗瑶等, 2004; 张洪涛等, 2004) 。冈底斯斑岩铜矿带产于冈底斯火山-岩浆弧内, 已发现的矿床(点) 从东到西, 依次可以划分出汤不拉—吹败子—得明顶、拉抗俄—驱龙—甲玛—松多雄、冲江—厅宫—宗嘎、吉如—雄村、朱诺等 5 个斑岩铜矿集中区。该区岩浆岩演化也经历了洋盆拉张、火山弧形成(弧内扩张) 、碰撞造山、隆升后伸展走滑等进程中的火山喷发和岩浆侵入阶段。相应地形成了与造山期后伸展走滑作用有关的斑岩型(Cu、Mo) 、浅成低温热液型(Au、Cu) 、隐爆角砾岩型(Cu、Au、Pb、Zn) 、剪切带型(Au) 及矽卡岩型(Cu、Fe) 矿床系列(王登红等, 2001; 李光明等, 2002; 王全海等, 2002; 黄志英等, 2004; 侯增谦等, 2006a; 唐菊兴等, 2007, 2008) 。甲玛、驱龙矿床等为代表的斑岩-矽卡岩型矿床, 形成时间集中于 20~ 10 Ma, 为始新世末—中新世造山后伸展走滑体制下的产物(唐菊兴等, 2008; 李光明等, 2005) 。

甲玛铜多金属矿矿区出露地层由上侏罗统多底沟组灰岩、大理岩和下白垩统林布宗组黑色板岩、粉砂岩、角岩等组成(图 1) 。主矿体位于上侏罗统多底沟组大理岩与下白垩统林布宗组角岩的层间接触带和滑脱构造及其次生褶皱中, 角岩中也可圈定出铜钼矿体。矽卡岩型铜多金属矿体的主矿体, 长 3400 m, 沿倾向方向延伸大于 2000 m, 平面上呈层状, 剖面形态为一不规则层状、厚板体。围岩蚀变强烈、破裂裂隙发育。蚀变以矽卡岩化、硅化、角岩化为主, 其次见绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、泥化、黑云母化、石膏化、萤石化等。矿体主要由细脉浸染状原生硫化物型矿石组成, 其次为块状、团块状、脉状等硫化物矿石。矿石矿物以黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿为主, 其次为黝铜矿、辉铜矿, 有用元素以铜、钼、铅、锌为主, 伴生金、银等。

2 Re-Os 同位素定年

2.1 样品情况

甲玛矿区辉钼矿普遍, 可见产于不同类型矿石中, 如矽卡岩型、角岩型和斑岩型矿石中均发育丰富的辉钼矿。本次研究采集了不同类型矿石中不同产状的辉钼矿 27 件, 其中角岩型 5 件, 矽卡岩型 3 件, 黑云母石英正长斑岩中 14 件, 黑云母石英正长斑岩和花岗斑岩接触带中 5 件(表 1) 。本次研究的样品均为钻孔中的岩芯样品, 角岩型样品采自 ZK1618 孔, 矽卡岩型样品 1 件采自 ZK6405, 其余均采自 ZK2010 孔(图 2) 。ZK2010 钻孔中, 深部黑云母石英正长斑岩中 Mo 矿化较好, 厚 22.9 m, 平均品位可达 0.31% 。ZK1618 中, 角岩型 Cu-Mo 矿体可见 9 层, 矿体厚度不均, 变化于 4~ 32 m 之间, Mo 平均品位变化于 0.021%~ 0.063%, Cu 0.1%~ 0.3%。辉钼矿的产出状态主要有石英脉中粗大的鳞片状、细鳞片状, 裂隙面上呈稀疏浸染状、稠密浸染状; 其次有辉钼矿脉、晶洞中的粒状辉钼矿及斑点状辉钼矿等(表 1) 。本次采样包括了不同矿石中不同产状的辉钼矿, 样品具有代表性。样品采自不同钻孔的不同深度, 基本可代表甲玛矿区的主要产出状态的辉钼矿。

2.2 实验情况

在室内无污染环境下, 挑选达到测试标准的辉钼矿单矿物粉末, 由中国地质科学院国家地质实验测试中心 Re-Os 同位素实验室应用 ICP-MS(等离子体质谱仪) 进行同位素测定。样品的化学处理流程和质谱测定技术参考杜安道等(1994, 2001) 。

2.3 分析结果

甲玛铜矿 27 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测定结果见表 2, 辉钼矿 ^{187}Re 的含量 38.75~ 387.4 μg/g, ^{187}Os 的含量为 9.55~ 94.25 ng/g。角岩中辉钼矿的 ^{187}Re 含量为 121.5~ 387.4 μg/g, 矽卡岩中为 123.7~ 304.7μg/g, 而斑岩中辉钼矿的 ^{187}Re 含量相

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

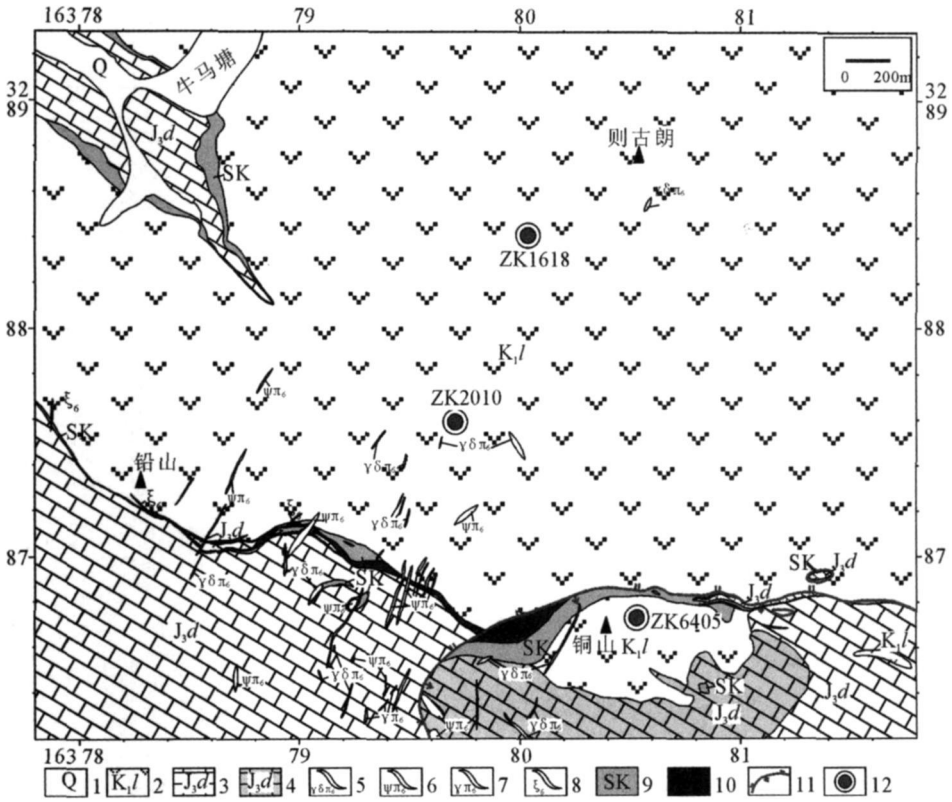


图 1　甲玛矿区地质简图及辉钼矿采样位置示意图(据唐菊兴等[●●]修编)

Fig. 1　Simple geological map of Jiama copper deposit and sample locations (after Tang Juxing et al., 2009a[●●])

1—第四系残坡积物、冲洪积物;2—下白垩统林布宗组砂板岩、角岩;3—上侏罗统多底沟组灰岩;4—上侏罗统多底沟组大理岩;5—花岗闪长斑岩脉;6—石英钠长斑岩脉;7—花岗斑岩脉;8—细晶岩脉;9—矽卡岩;10—I 号矿体;11—滑覆构造;12—采样位置

1—Residual-diluvial and alluvial-pluvial matter of Quaternary; 2—sandslate and hornfel in Linbuzong Formation of Lower Cretaceous; 3—limestone in Duodigou Formation of Upper Jurassic; 4—marble in Duodigou Formation of Upper Jurassic; 5—granite diorite porphyry vein; 6—quartz albitophyre vein; 7—granite porphyry vein; 8—aplite vein; 9—skarn; 10—No. I orebody; 11—*decollement-nappe structure*; 12—sample location

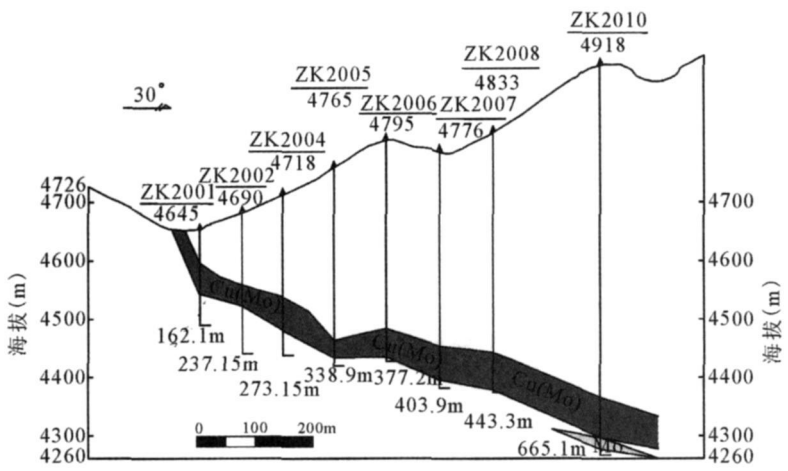


图 2　甲玛矿区 20 线剖面简图及采样位置(据唐菊兴等[●●]修编)

Fig. 2　Simple profile of No. 20 exploration line in the Jiama mining district and sample location (after Tang Juxing et al., 2009a[●●])

1—铜(钼)矿体;2—钼矿体;3—采样位置;4—钻孔号及孔口海拔

1—Cu(Mo) orebody; 2—Mo orebody; 3—sample location; 4—number of drill hole and its starting elevation

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 甲玛铜多金属矿辉钼矿样品的产出特征

Table 1 Occurrence feature of molybdenite from the Jiama Cu polymetallic deposit

样品编号	赋存岩性	采样位置	产状	形态	矿物组合
JM1618-158.95	角岩	ZK1618 的 158.95m 处	浸染状分布于裂隙面上	微细粒	辉钼矿+ 黄铜矿
JM1618-163.76	角岩	ZK1618 的 163.76m 处	浸染状分布于石英脉中	细鳞片状	辉钼矿+ 石英
JM1618-168.2	角岩	ZK1618 的 168.2m 处	浸染状分布于裂隙面上	细粒	辉钼矿+ 黄铜矿
JM1618-179.1	角岩	ZK1618 的 179.1m 处	浸染状分布于石英脉中	粗鳞片状	辉钼矿+ 石英
JM1618-182	角岩	ZK1618 的 182m 处	浸染状分布于石英脉中	细鳞片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-605.6	矽卡岩	ZK2010 的 605.6m 处	浸染状分布于裂隙面上	细粒状	辉钼矿+ 黄铜矿
JM2010-607	矽卡岩	ZK2010 的 607m 处	浸染状分布于石英脉中	细粒状	辉钼矿+ 黄铜矿
JM6405F-171.3	矽卡岩	ZK6405F 的 171.3m 处	浸染状	微细粒	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英
JM2010-651b	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651c	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651d	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.1a	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.1b	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.1c	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.1d	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.2a	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.2m 处	脉状	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.2c	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.2m 处	脉状	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.4a	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.4m 处	斑点状	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-651.4b	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 651.4m 处	斑点状	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-653.1a	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 653.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-653.1b	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 653.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-653.1c	黑云母石英正长斑岩	ZK2010 的 653.1m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 石英
JM2010-662.5a	斑岩接触带	ZK2010 的 662.5m 处	浸染状分布于石英脉中	粒状	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英
JM2010-662.5b	斑岩接触带	ZK2010 的 662.5m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英
JM2010-663a	斑岩接触带	ZK2010 的 663m 处	浸染状分布于石英脉中	片状	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英
JM2010-663b	斑岩接触带	ZK2010 的 663m 处	浸染状分布于石英脉中	粗斑点状	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英
JM2010-663c	斑岩接触带	ZK2010 的 663m 处	浸染状分布于石英脉的晶洞中	鳞片状	辉钼矿+ 黄铜矿+ 石英

注: 样品编号为钻孔号-采样位置的孔深, a、b、c、d 等字母表示同一孔深处不同产状的辉钼矿。

当低, 38.75~ 130.5 μg/g, 平均 69.0 μg/g。^{187}Os 的含量变化情况类似于 ^{187}Re, 在角岩和矽卡岩中相当高, 斑岩中平均值仅 16.92 ng/g。辉钼矿的模式年龄分布在 14.2~ 17.5 Ma 范围内, 在误差范围内, 模式年龄较为一致。应用软件 Isoplot 3.23 计算角岩和斑岩中辉钼矿的等时线年龄(矽卡岩样品仅 3 件, 计算等时线年龄误差太大, 可信度低, 故未进行阐述), 分别为 14.67±0.19 Ma 和 14.78±0.33 Ma (图 3a 和图 3b), 非常一致。27 件样品获得的等时线年龄为 15.22±0.59 Ma(MSWD= 33) (图 3c), 加权平均年龄为 14.99±0.14 Ma(图 3d), 成矿年龄属中新世中期。甲玛铜矿不同矿石中不同产状的辉钼矿基本属于同一时代成矿作用的产物。

3 讨论

3.1 辉钼矿的 Re 含量特征

Re 在地球各圈层中的平均丰度相差不很大, 但有在地幔、地核中富集的趋势, 尤其在地核中丰度较高, 因此, 辉钼矿的含 Re 量, 具有判别矿床成因类型的标型意义, 能灵敏地反映成矿地球化学特点(李逸群等, 1991)。通常与所谓深源火成物质有成生联系的矿床中的辉钼矿含 Re 量比较高, 而与所谓浅源沉积物质有成因联系的矿床中辉钼矿的含 Re 量比较低(刘英俊等, 1984; 李逸群等, 1991; Foster et al., 1996)。近年来, 我国积累了大量与中酸性侵入岩浆作用有关的铜钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素地质测试数据, 对其进行综合分析可得出如下物源示踪启示: ①成矿物质来源于地幔或以地幔物质为主的矿床, 其辉钼矿 Re 含量多集中在 10~ 1000 μg/g(黄典豪, 1994; 侯增谦等, 2003; 孟祥金等, 2003a); ②成矿物质具有壳幔混合源的矿床, 每克辉钼矿中的 Re 含量多在十几微克至几十微克之间(黄典豪等, 1996; 丰成友等, 2009); ③成矿物质完全来自壳源(上地壳)的矿床, 其辉钼矿 Re 含量明显偏低(1~ n μg/g 或更低)(李逸群等, 1991; 李红艳等, 1996; 毛景文等, 1999)。西藏甲玛铜多金属矿辉钼矿共 47 个点的分析数据(包括前人数据)显示, ^{187}Re 的含量变化于 38.75~ 1402.72 μg/g, 平均值为 312.49

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

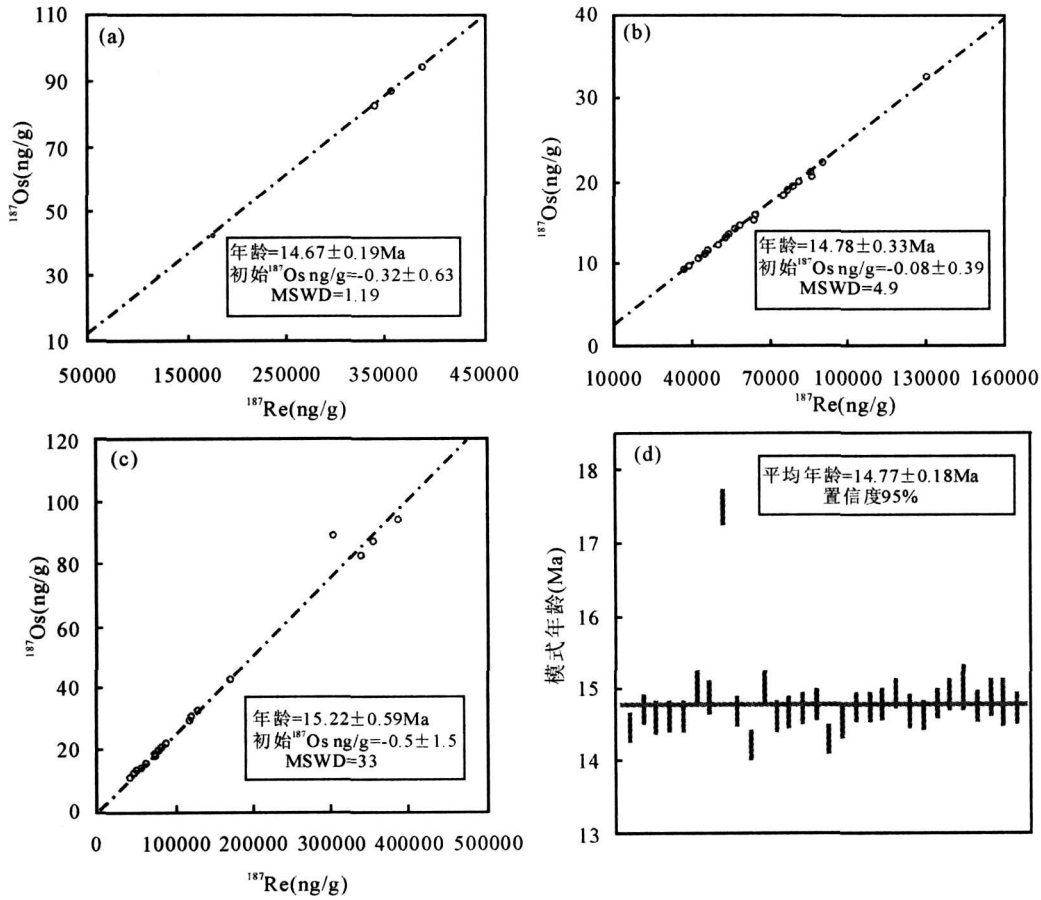


图 3　甲玛铜矿中辉钼矿 Re-Os 等时线图

Fig. 3　Re-Os isotopic isochron diagram of molybdenite in the Jiama copper deposit

(a) —甲玛角岩样品中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄; (b) —甲玛斑岩样品中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄;

(c) —甲玛角岩、斑岩、矽卡岩样品中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄; (d) —甲玛甲玛角岩、斑岩、矽卡岩样品中辉钼矿 Re-Os 平均年龄;

(a) —Re-Os isotopic isochron of molybdenite from hornfels in Jiama; (b) —Re-Os isotopic isochron of molybdenite from porphyry in Jiama;

(c) —Re-Os isotopic isochron of molybdenite from hornfels, porphyry and skarn in Jiama;

(d) —Re-Os average age of molybdenite from hornfels, porphyry and skarn in Jiama;

μg/g。认为甲玛的成矿物质可能来源于地幔或以地幔物质为主。

另外, 一些研究者认为, 辉钼矿的含 Re 量还与矿床矿石建造有关(李逸群等, 1991)。最富 Re 的辉钼矿产于石英-辉钼矿-黄铜矿建造和石英-辉钼矿-绢云母建造的矿床中, Re 含量分别为 540 μg/g 和 163 μg/g(李逸群等, 1991)。甲玛铜多金属矿中辉钼矿的含 Re 量平均为 312.49 μg/g(李光明等, 2005; 应立娟等, 2009), 远远高于辉钼矿-钙钨矿矽卡岩建造中辉钼矿的 Re 含量(12 μg/g)(李逸群等, 1991), 也高于石英-辉钼矿-绢云母建造中的, 而与石英-辉钼矿-黄铜矿型矿石建造最为接近。就整个矿床而言, 矿石建造的类型可指示辉钼矿中的含 Re 量。甲玛矿区不同矿石中不同产状的辉钼矿, 虽然为同一期产物, 但形成还是相对有先后。其含 Re 量显示, 辉钼矿呈浸染状分布于硅化较强的矽卡岩中时, 其含 Re 量最高; 而呈片状分布于斑岩石英脉或斑岩中时, 其含 Re 量较低; 分布于角岩和矽卡岩裂隙面时则介于两者之间。早期沉淀的辉钼矿可能含地幔组分较多, 而稍晚形成的辉钼矿, 则含地壳成分较多。因此其含 Re 量也是随着辉钼矿形成的早晚而有所降低, 这也与块状矽卡岩中呈浸染状辉钼矿形成早于裂隙面上和石英脉中辉钼矿的现象一致。

3.2　成矿时代

本文利用 Re-Os 同位素定年得到了不同矿石中不同产状的辉钼矿 Re-Os 模式年龄 14.2~17.5 Ma, 同时获得了所有样品的等时线年龄 15.22±0.59 Ma。本次测年的样品具有很好的代表性, 代表了整个甲玛矿区主要类型矿石中的辉钼矿。矽卡岩型辉钼矿的模式年龄为 14.86~17.5 Ma, 变化较

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 甲玛铜多金属矿辉钼矿 Re-Os 分析结果

Table 2 Results of Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Jiama copper polymetallic deposit

样号	岩性	样重(g)	Re (ng/g)		^{187}Re (ng/g)		^{187}Os (ng/g)		模式年龄(Ma)	
			测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
JM 1618-158.95	角岩	0.00541	279388	2138	175601	1344	42.284	0.338	14.45	0.2
JM 1618-163.76	角岩	0.00684	566406	4627	355998	2908	87.206	0.792	14.70	0.2
JM 1618-168.2	角岩	0.00523	193313	1676	121501	1054	29.554	0.302	14.60	0.2
JM 1618-179.1	角岩	0.00534	540027	4667	339418	2933	82.608	0.856	14.61	0.2
JM 1618-182	角岩	0.00531	616352	5812	387390	3653	94.251	0.785	14.60	0.2
JM 2010-605.6	矽卡岩	0.00545	273853	2150	172122	1351	43.020	0.421	15.00	0.2
JM 2010-607	矽卡岩	0.00619	196877	1538	123741	967	30.647	0.315	14.86	0.2
JM6405F-171.3	矽卡岩	0.0052	484722	3843	304658	2416	88.824	0.750	17.50	0.2
JM2010-651b	正长斑岩	0.02999	126187	1044	79311	656	19.392	0.161	14.67	0.2
JM2010-651c	正长斑岩	0.02918	101659	855	63895	537	15.121	0.123	14.20	0.2
JM 2010-651d	正长斑岩	0.02008	207671	1620	130525	1018	32.637	0.284	15.01	0.2
JM2010-651.1a	正长斑岩	0.03028	130625	1095	82101	688	19.981	0.160	14.61	0.2
JM2010-651.1b	正长斑岩	0.03268	137061	1258	86146	790	21.035	0.190	14.65	0.2
JM2010-651.1c	正长斑岩	0.03072	123175	952	77418	598	18.996	0.180	14.73	0.2
JM 2010-651.1d	正长斑岩	0.02888	144124	1263	90585	794	22.284	0.197	14.76	0.2
JM2010-651.2a	正长斑岩	0.03077	137318	1114	86307	700	20.559	0.165	14.30	0.2
JM2010-651.2c	正长斑岩	0.0301	122119	922	76754	580	18.593	0.190	14.54	0.2
JM2010-651.4a	正长斑岩	0.02989	118764	944	74645	593	18.317	0.147	14.73	0.2
JM2010-651.4b	正长斑岩	0.03051	129166	1036	81183	651	19.931	0.172	14.73	0.2
JM2010-653.1a	正长斑岩	0.03016	101986	916	64100	576	15.787	0.135	14.78	0.2
JM2010-653.1b	正长斑岩	0.03092	93104	784	58518	493	14.551	0.115	14.92	0.2
JM2010-653.1c	正长斑岩	0.03168	86605	835	54433	525	13.311	0.113	14.68	0.2
JM2010-662.5a	斑岩接触带	0.0057	68256	539	42900	339	10.447	0.095	14.62	0.2
JM2010-662.5a	斑岩接触带	0.02996	61659	466	38754	293	9.550	0.079	14.79	0.2
JM2010-662.5b	斑岩接触带	0.03065	90049	750	56598	471	14.060	0.115	14.91	0.2
JM2010-663a	斑岩接触带	0.00513	73552	1225	46229	770	11.552	0.113	15.00	0.3
JM2010-663a	斑岩接触带	0.03862	71245	637	44779	400	10.997	0.098	14.74	0.2
JM2010-663b	斑岩接触带	0.00527	126965	1561	79800	981	19.764	0.160	14.86	0.2
JM2010-663c	斑岩接触带	0.00523	84409	1363	53053	856	13.087	0.168	14.80	0.3
JM2010-663c	斑岩接触带	0.02686	79569	598	50010	376	12.266	0.114	14.72	0.2

注: 由中国地质科学院国家地质实验测试中心完成。表中样品编号相同的为分析时的重复分析样。

大; 角岩型辉钼矿的模式年龄相对集中, 为 14.45~14.7 Ma; 黑云母石英正长斑岩型辉钼矿的模式年龄变化于 14.2~15.01 Ma, 变化幅度介于矽卡岩和角岩之间; 产于黑云母石英正长斑岩和花岗斑岩接触带中的辉钼矿模式年龄变化于 14.62~15.0 Ma 之间, 基本与黑云母石英正长斑岩一致。角岩和斑岩中辉钼矿的等时线年龄分别为 14.67±0.19 Ma 和 14.78±0.33 Ma (图 3a、b), 非常一致。因此, 本次测年可代表甲玛矿区辉钼矿的成矿年龄, 说明辉钼矿属于同一成矿期的产物。

3.3 Mo 与其他成矿元素的关系

甲玛铜多金属矿的主要矿体赋存于矽卡岩中, 少量分布于角岩中, 斑岩和大理岩-灰岩中较少。辉钼矿虽然在各种矿石类型中均可见, 但仍以矽卡岩型和角岩型矿石中的为主。统计矽卡岩型矿石的基本化学分析结果, 分析 Mo 与 Cu、Pb、Zn、Au、Ag 的相关性, 发现 Mo 元素相对独立, 与其他元素的相关性不大, 如 Mo-Cu 相关系数为-0.0566, Mo-Pb 相关系数为 0.1511, Mo-Zn 相关系数为-0.0452, Mo-Au 为 0.0094, Mo-Ag 为-0.0151[2,3]。详细的矿石学研究表明, 辉钼矿与其他矿石矿物形成于不同的成矿世代, 属于高温阶段形成的矿物, 详细的矿物分带也表明辉钼矿主要位于矿体深部, 浅部则形成以铅锌为主的低温矿物。甲玛铜多金属矿根据其地质和成矿特征, 可划分为 4 个成矿期: 岩浆期、矽卡岩期、热液成矿期和表生期。主要的成矿期为热液成矿期, 又可划分出 4 个成矿阶段: 辉钼矿-黄铜矿阶段、黄铜矿-辉钼矿-斑铜矿阶段、黄铜矿-方铅矿-闪锌矿阶段和金-银阶段[2,3]。辉钼矿主要集中在热液成矿期, 且以其中的前两个阶段为主, 含量依次

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　西藏冈底斯成矿带斑岩铜矿的成矿时代

Table 3　Metallogenic period of porphyry type copper deposits in Gangdese of Tibet

矿区	岩性	测试对象	方法	年龄(Ma)	资料来源
甲玛	花岗闪长斑岩	全岩	K-Ar	14.9	杜光树等, 1998
甲玛	花岗斑岩	全岩	K-Ar	13.4	杜光树等, 1998
甲玛	矽卡岩 Cu+Mo 矿石	辉钼矿	Re-Os 等时线	15.18±0.98	李光明等, 2005
甲玛	矽卡岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	15.34±0.1	应立娟等, 2009
甲玛	矽卡岩、角岩、斑岩型矿石	辉钼矿	Re-Os 等时线	15.22±0.59	本文
拉抗俄	石英二长斑岩	斜长石	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 坪年龄	12.5±1.3	曲晓明等, 2003
拉抗俄	石英二长斑岩	斜长石	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 等时线	13.56±0.49	曲晓明等, 2003
拉抗俄	石英二长斑岩	黑云母	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 坪年龄	13.42±0.10	曲晓明等, 2003
拉抗俄	石英二长斑岩	黑云母	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 等时线	13.45±0.26	曲晓明等, 2003
拉抗俄	石英二长斑岩	辉钼矿	Re-Os 模式年龄	13.5±0.1	侯增谦等, 2003
拉抗俄	石英二长斑岩	辉钼矿	Re-Os 模式年龄	13.6±0.1	侯增谦等, 2003
驱龙	二长花岗斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	16.41	孟祥金, 2003b
驱龙	石英二长花岗斑岩	锆石	离子探针(SHRIMP)锆石 U-Pb 法	17.58±0.74	芮宗瑶等, 2003b; 李光明等, 2004
驱龙	石英二长斑岩	锆石	离子探针(SHRIMP)锆石 U-Pb 法	16.35±0.4	王亮亮等, 2006
驱龙	Cu+Mo 矿石	辉钼矿	Re-Os 等时线	16.23±0.6	王亮亮等, 2006
驱龙		辉钼矿	Re-Os 等时线	15.99±0.32	芮宗瑶等, 2003b; 李光明等, 2005
驱龙	含矿斑岩	钾长石	K-Ar 年龄	15.77±0.45	芮宗瑶等, 2003b
冲江	二长花岗斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	14.04	曲晓明等, 2003
冲江	二长花岗斑岩	锆石	SHRIMP	15.60±0.52	芮宗瑶等, 2003b
冲江	闪长玢岩	锆石	SHRIMP	14.54±0.65	芮宗瑶等, 2003b
冲江		辉钼矿	Re-Os 等时线	14.85±0.69	芮宗瑶等, 2003b
冲江	含矿斑岩	钾长石	K-Ar 年龄	16.43±0.31	芮宗瑶等, 2003b
冲江	含矿斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	14.04±0.16	侯增谦等, 2003
冲江	含矿斑岩-二长花岗斑岩	黑云母	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 坪年龄	13.5±1.0	曲晓明等, 2003
冲江	含矿斑岩-二长花岗斑岩	黑云母	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 等时线	13.79±0.21	曲晓明等, 2003
冲江	含矿斑岩-二长花岗斑岩	斜长石	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 坪年龄	12.22±0.05	曲晓明等, 2003
冲江	含矿斑岩-二长花岗斑岩	斜长石	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 等时线	11.35±0.93	曲晓明等, 2003
南木	斑岩体内部的隐爆角砾岩筒	辉钼矿	Re-Os 等时线	14.67±0.2	侯增谦等, 2003
白容	似斑状二长花岗岩	角闪石	K-Ar	16.9±2.4	李金祥等, 2008
尼木	石英闪长玢岩	黑云母	$^{39}Ar/^{40}Ar$ 等时线	12.5±0.2	李金祥等, 2008
帮浦	花岗斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	15.32±0.79	孟祥金等, 2003b
厅宫		辉钼矿	Re-Os 等时线	15.49±0.36	李光明等, 2005
知不拉		辉钼矿	Re-Os 等时线	16.9±0.64	李光明等, 2005

减少, 以辉钼矿-黄铜矿阶段最为重要。黄铜矿以前 3 个成矿阶段为主, 在 3 个阶段中都占一定的比例, 成矿时间持续比辉钼矿更长。辉钼矿成矿早于晚期阶段形成的方铅矿、闪锌矿和金、银矿物等。因此, 本次实验提供的辉钼矿的成矿时代为研究其他矿石矿物的成矿时代提供了依据, 可作为成矿时限。

3.4　矿床成因

全球巨型铜矿的成矿强度最大的时代集中在古近纪和新近纪, 喜马拉雅期是全球铜矿最重要的成矿阶段之一(宋叔和, 1989)。国外主要的斑岩型铜矿, 以智利的斑岩型铜矿为代表, 大多集中在第三纪(王登红等, 2001)。甲玛矿区位于西藏特提斯-喜马拉雅构造域一级构造单元冈底斯-念青唐古拉板片中段。按中生代以来形成的构造格局, 本区属于该板片次级构造单元冈底斯火山-岩浆弧。在该火山-岩浆弧中分布着一条斑岩铜矿带, 东段以 Cu、Mo、Zn、Pb 金属矿化为主, 中段以 Cu、Mo 矿化为主, 西段以 Cu、Au 矿化为主(侯增谦等, 2006b; 潘桂棠等, 2001, 2006)。其中, 中段斑岩铜矿最为典型, 代表性矿床包括甲玛、驱龙、拉抗俄、南木、冲江、厅宫、白容等铜矿。南木铜矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 14.67±0.2 Ma, 冲江铜矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 14.04±0.6 Ma, 拉抗俄铜矿辉钼矿 Re-Os 模式年龄变化于 13.5~13.6 Ma 之间、含矿斑岩中黑云母和斜长石 Ar-Ar 坪年龄分别为 13.42±1 Ma 和 12.5±1.3 Ma(侯增谦等, 2003; 曲晓明等, 2003;

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

芮宗瑶等, 2003b)。甲玛铜多金属矿矽卡岩型矿石辉钼矿 Re-Os 等时线年龄 15.18±0.98 Ma ~ 15.34±0.10 Ma(李光明等, 2005; 应立娟等, 2009), 与上述典型的斑岩型铜矿中与斑岩有关的辉钼矿 Re-Os 年龄相差不大, 小于 2 Ma。获得的甲玛 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形成时限。

统计西藏冈底斯成矿带上主要斑岩型铜钼等金属矿床(表 3)与西藏地区部分斑岩型、矽卡岩型铜矿、钼矿和钨矿床中辉钼矿的^{187}Re 含量与所测模式年龄, 得到关系图(图 4)。从图 4 中可知: ①甲玛的成矿年龄与冈底斯成矿带上的斑岩型铜矿床的成矿时代一致, 如驱龙、知不拉、厅宫、南木、拉抗俄、帮浦等, 集中于 20~ 10 Ma 之间; ②西藏玉龙铜矿带的成矿时代集中在 55~ 40 Ma 之间, 不同于冈底斯成矿带的成矿时代(王登红等, 2004); ③辉钼矿的^{187}Re含量与辉钼矿的模式年龄呈反比关系, 形成越老的辉钼矿, 其^{187}Re 含量低。

综上所述, 笔者认为甲玛铜多金属矿的形成与整个冈底斯成矿带碰撞后大规模、爆发式的岩浆-热液成矿作用密切相关, 详细的成矿年代学研究也为该矿床属于斑岩型-矽卡岩型的岩浆-接触交代成因观点提供了重要依据。杜光树等(1998)、姚鹏等(1999, 2002)、潘凤雏等(1997, 2002)[1]提出的海底喷流成矿成因说, 认为甲玛矿区普遍产出的矽卡岩是海底喷流沉积的产物。本文的辉钼矿 Re-Os 同位素定年结果, 与前人的海底喷流沉积成矿之成因观点不一致, 却佐证了作者们认为的矿床成因观点[2,3], 为今后该矿床的深部和外围找矿指明了方向, 意义重大。

4 结论

甲玛铜多金属矿床中辉钼矿产于矽卡岩、角岩、斑岩和大理岩-灰岩等多种类型矿石中, 且产出状态不同。但其 Re-Os 测年结果显示上述辉钼矿属于同一成矿期的产物, 等时线年龄为 15.22±0.59 Ma, 加权平均年龄为 14.99±0.14 Ma, 和整个冈底斯斑岩铜(钼、金)矿床一样, 辉钼矿以高含量的^{187}Re为其特征。辉钼矿的形成主要集中在热液成矿期的辉钼矿-黄铜矿阶段, 成矿时间集中, 与爆发式的岩浆-热液成矿作用密切相关。根据各重要矿石矿物形成的先后关系, 辉钼矿的形成早于其他矿石矿物, 是高温阶段成矿的产物, 在空间上也显示相同的特征, 可作为其他矿石矿物形成的下限。与冈底斯斑岩铜矿带内其他主要斑岩型铜矿的成矿时代

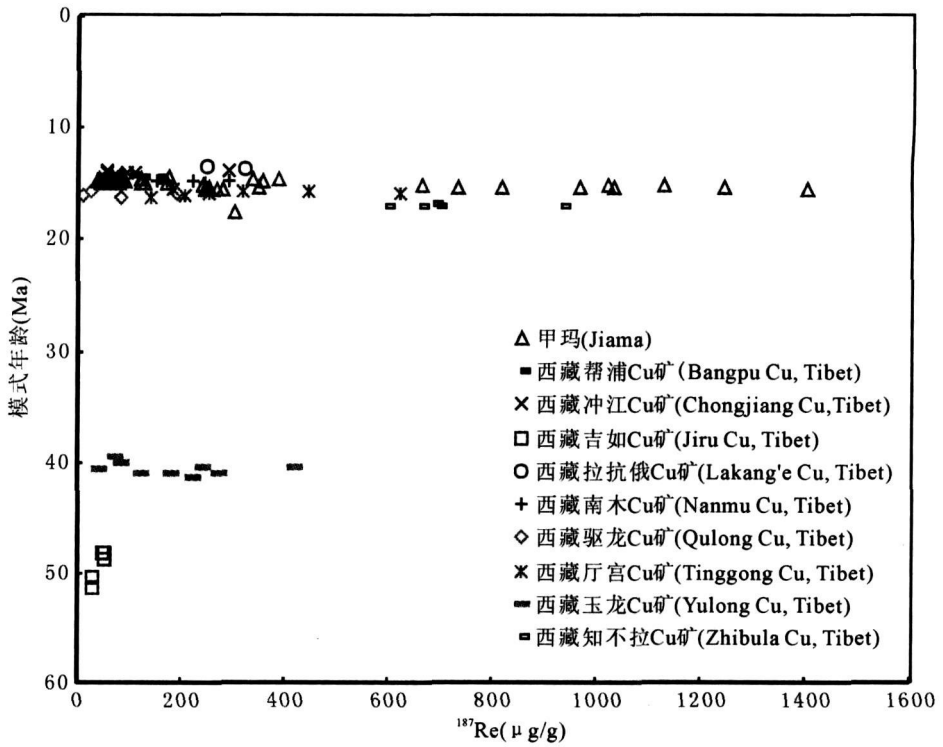


图 4 西藏地区斑岩型-矽卡岩型矿床中辉钼矿^{187}Re 含量与模式年龄关系图

Fig.4 ^{187}Re content and mode age of molybdenite from porphyry-skarn type ore deposits

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

基本一致, 属于中新世。本文提供的成矿年龄数据为该矿床的成因提供了依据。

致谢: 本文是在陈毓川院士、多吉院士、叶天竺研究员、王瑞江研究员、王成善教授、粟登逵高级工程师、李金高教授级高级工程师, 陆彦教授级高级工程师、刘鸿飞教授级高级工程师的指导下完成的, 在此深表谢意! 感谢西藏华泰龙矿业开发有限公司提供了大量的分析资料, 并为笔者的野外工作和室内工作提供了资助。感谢成都理工大学钟康惠教授、汪雄武教授的指导和帮助, 特此感谢。感谢国家地质测试中心杜安道研究员、李超硕士对实验的指导。

注　释

❶ 西藏地质六队. 2000. 西藏自治区墨竹工卡县甲马矿区铜铅多金属矿详查报告.

❷ 唐菊兴, 等. 2009a. 西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属矿勘探报告.

❸ 唐菊兴, 等. 2009b. 西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属矿外围铜多金属矿详查报告.

参　考　文　献

杜安道, 何红廖, 殷宁万, 邹晓秋, 孙亚利, 孙德忠, 陈少珍, 屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼-锇同位素地质年龄测定方法研究. 地质学报, 68(4): 339~ 347.

杜安道, 赵敦敏, 王淑贤, 孙德忠, 刘敦一. 2001. Carius 管溶样- 负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-锇同位素地质年龄. 岩矿测试, 20(4): 247~ 252.

杜光树, 姚鹏, 潘凤雏, 粟登逵, 李文彬, 宁英毅. 1998. 喷流成因矽卡岩与成矿 ——以西藏甲马铜金属矿床为例. 成都: 四川科学技术出版社, 82~ 113.

丰成友, 李东生, 屈文俊, 杜安道, 王松, 苏生顺, 江军华. 2009. 青海祁漫塔格索拉吉尔矽卡岩型铜钼矿床辉钼矿铼-锇同位素定年及其地质意义. 岩矿测试, 28(3): 223~ 227.

冯孝良, 管仕平, 牟传龙, 侯增谦, 李胜荣. 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. 地质地球化学, 29(4): 40~ 48.

何文渊, 李江海, 钱祥麟, 郑多明. 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. 地质通报, 21(1): 35~ 40.

侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 高永丰, 杜安道, 黄卫. 2003. 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. 中国科学(D 辑), 33(7): 609~ 618.

侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 王安建, 潘桂堂, 曲晓明, 聂凤军. 2006a. 青藏高原碰撞造山带成矿作用: 构造背景、时空分布和主要类型. 中国地质, 33(2): 348~ 359.

侯增谦, 曲晓明, 杨竹森, 孟祥金, 李振清, 杨志明, 郑绵平, 郑有业, 聂凤军, 高永丰, 江思宏, 李光明. 2006b. 青藏高原碰撞造山带: III. 后碰撞伸展成矿作用. 矿床地质, 25(6): 629~ 651.

黄典豪. 1994. 东秦岭地区钼矿床的铼-锇同位素年龄及其意义. 矿床地质, 13(3): 221~ 230.

黄典豪, 杜安道, 吴澄宇, 刘兰笙, 孙亚莉, 邹晓秋. 1996. 华北地台钼(铜)矿床成矿学研究 ——辉钼矿的铼-锇年龄及其地质意义. 矿床地质, 15(4): 289~ 297.

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. 地质与勘探, 40(1): 1~ 6.

李光明, 王高明, 高大发, 姚鹏. 2002. 西藏冈底斯铜矿资源前景与找矿方向. 矿床地质, 21(增刊): 144~ 147.

李光明, 芮宗瑶, 林方成, 佘宏全, 刘波. 2004. 西藏甲马和驱龙矽卡岩型铜-多金属矿床的 Re-Os 年龄及意义. 见: 欧阳自远主编. 第二届全国成矿理论与找矿方法学术研讨会论文集. 32.

李光明, 芮宗瑶, 王高明, 林方成, 刘波, 佘宏全, 丰成友, 屈文俊. 2005. 西藏冈底斯成矿带甲马和知不拉铜多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及意义. 矿床地质, 24(5): 481~ 489.

李红艳, 毛景文, 孙亚莉, 邹晓秋, 何红蓼, 杜安道. 1996. 柿竹园钨多金属矿床的 Re-Os 同位素等时线年龄研究. 地质论评, 42(3): 261~ 267.

李金祥, 李光明, 秦克章, 肖波. 2008. 班公湖多不杂富金斑岩铜矿床斑岩- 火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约. 岩石学报, 24(3): 531~ 543.

李逸群, 颜晓钟. 1991. 中国南岭及邻区钨矿床矿物学. 武汉: 中国地质大学出版社, 181~ 186, 368~ 370.

刘英俊, 曹励明, 李兆麟, 王鹤年, 储同庆, 张景荣. 1984. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 242~ 336.

毛景文, 张作衡, 张招崇, 杨建民, 王志良, 杜安道. 1999. 北祁连山小柳沟钨钼矿床 Re-Os 同位素测年及其意义. 地质论评, 45(4): 412~ 417.

孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 黄卫, 曲晓明, 屈文俊. 2003a. 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿 Re-Os 年龄及成矿学意义. 地质论评, 49(6): 660~ 666.

孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 黄卫, 曲晓明, 屈文俊. 2003b. 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. 矿床地质, 22(3): 246~ 252.

莫宣学, 赵志丹, 邓晋福, 董国臣, 周肃, 郭铁鹰, 张双全, 王亮亮. 2003. 印度-亚洲大陆主碰撞过程的火山作用响应. 地学前缘, 10(3): 135~ 148.

莫宣学, 潘桂棠. 2006. 从特提斯到青藏高原形成: 构造-岩浆事件的约束. 地学前缘, 13(6): 43~ 51.

潘凤雏, 姚鹏. 1997. 西藏甲马喷流矽卡岩型铜多金属矿床地质特征. 西藏地质, 2: 62~ 73.

潘凤雏, 邓军, 姚鹏, 王庆飞, 刘玉祥. 2002. 西藏甲马铜多金属矿床矽卡岩的喷流成因. 现代地质, 16(4): 359~ 364.

潘桂棠, 莫宣学, 侯增谦, 朱弟成, 王立全, 李光明, 赵志丹, 耿全如, 廖忠礼. 2006. 冈底斯造山带的时空结构及演化. 岩石学报, 22(3): 521~ 533.

潘桂棠, 王立全, 李兴振, 王洁民, 徐强. 2001. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置. 沉积与特提斯地质, 21(3): 1~ 26.

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? 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}Ar-^{39}Ar 年龄及地质意义. 地质学报, 77(2): 246~ 252.

芮宗瑶, 陆彦, 李光明, 王龙生, 王义天. 2003a. 西藏斑岩铜矿的前景

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

展望. 中国地质, 30(3): 302~ 308.

芮宗瑶, 侯增谦, 曲晓明, 张立生, 王龙生, 刘玉琳. 2003b. 冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升. 矿床地质, 22(3): 217~ 225.

芮宗瑶, 李光明, 王龙生. 2004. 青藏高原的金属矿产资源. 青藏高原首批1: 25万区域地质调查成果专辑. 地质通报, 23(1): 20~ 24.

宋叔和. 1989. 中国矿床(上册). 北京: 地质出版社.

唐菊兴, 李志军, 张丽, 黄勇, 邓起, 郎兴海. 2007. 雄村式斑岩型-浅成低温热液型铜金矿地质特征. 矿物学报, 27(增刊): 127~ 128.

唐菊兴, 陈毓川, 江云华, 王瑞江. 2008. 西藏主要矽卡岩矿床特征. 见: 陈毓川主编. 第九届全国矿床会议论文集. 北京: 地质出版社, 36~ 37.

王登红, 陈毓川, 杨建民, 徐珏, 薛春纪, 闫升好. 2001. 试论成矿强度与喜马拉雅期成矿大爆发. 见: 陈毓川, 王登红主编. 喜马拉雅期内生成矿作用研究. 北京: 地震出版社, 4~ 29.

王登红, 屈文俊, 李志伟, 应汉龙, 陈毓川. 2004. 金沙江- 红河成矿带斑岩铜钼矿的成矿集中期: Re-Os 同位素定年. 中国科学(D辑), 34(4): 345~ 349.

王亮亮, 莫宣学, 李冰, 董国臣, 赵志丹. 2006. 西藏驱龙斑岩铜矿含矿斑岩的年代学与地球化学. 岩石学报, 22(4): 1001~ 1008.

王全海, 王保生, 李金高, 姚鹏, 李志, 周祖翼, 程力军, 刘鸿飞. 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. 地质通报, 21(1): 35~ 40.

姚鹏, 杜光树. 1999. 西藏甲马多金属矿床容矿岩石的地球化学特征及其成因初步研究. 特提斯地质, 23: 46~ 56.

姚鹏, 郑明华, 彭勇民, 李金高, 粟登奎, 范文玉. 2002. 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. 地质论评, 48(5): 468~ 479.

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-锇同位素定年及其成矿意义. 岩矿测试, 28(3): 265~ 268.

张洪涛, 陈仁义, 韩芳林. 2004. 重新认识中国斑岩铜矿的成矿地质条件. 矿床地质, 23(2): 150~ 163.

郑有业, 多吉, 王瑞江, 程顺波, 张刚阳, 樊子珲, 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(2): 324~ 334.

Foster J G, Lambert D D, Frick L R, Maas R. 1996. Re-Os isotopic evidence for genesis of Archean nickel ores from uncontaminated komatiites. Nature, 382: 703~ 706.

Re-Os Dating of Molybdenite from the Jiama Copper Polymetallic Deposit in Tibet and Its Metallogenic Significance

YING Lijuan[1,5], WANG Denghong[1], TANG Juxing[1],
CHANG Zhesheng[2], QU Wenjun[3], ZHENG Wenbao[4], WANG Huan[5]

1) *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing,* 100037; 2) *China Gold, Beijing,* 100011;
3) *National Research Center of Geoanalysis, Beijing,* 100037; 4) *Chengdu Technology University, Chengdu,* 610059;
5) *Graduate School, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing,* 100037

Abstract

Molybdenite is very common in the Jiama copper polymetallic deposit and occurs in the different types of ores, especially in skarn-type and hornfel-type ores, minor in porphyry-type ores, and extremely less in mable and limestone ores. Molybdenite samples with different occurrences were collected from skarn, hornfel and porphyry and tested by Re-Os isotopic dating. Mode age of 27 samples ranges between 14.2 and 17.5 Ma and the isochron age is 15.22±0.59 Ma. The isochron ages of porphyry and hornfel are 14.78±0.33 Ma and 14.67±0.19 Ma, which are consistent to metallogenic period of other porphyry copper deposits in the Gangdese metallogenic belt. The ^{187}Re content in molybdenite is correspondingly higher in the range of 38.75~ 387.4 μg/g. Molybdenite in the Jiama ore deposit was supposed to form in one period. It was in the Langhian Stage of Miocene with the feature of postcollision. The metallogenic period of the Jiama ore deposit is close to that of molybdenite, therefore the previous overview of effusive sedimentary metallogeny was not scientific.

Key words: molybdenite; skarn-hornfel-porphyry type ore; Re-Os isotopic dating; metallogenic period; Jiama copper polymetallic deposit, Tibet

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net