文章编号：0254 - 5357(2009)03 - 0265 - 04

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

应立娟[1]，唐菊兴[1]，王登红[1]，畅哲生[2]，屈文俊[3]，郑文宝[4]
(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，四川 成都 610059)

摘要：西藏甲玛铜多金属矿床中辉钼矿是主要的矿石矿物，普遍发育，产出于不同的矿石类型(角岩型、矽卡岩型、斑岩型)矿石中。辉钼矿大多分布于裂隙、节理面上和石英脉或不同岩性岩石中。矽卡岩型矿石中辉钼矿呈微细粒浸染状、团斑状、脉状等，直接分布于矽卡岩中或矽卡岩中后期的石英脉中。采集西藏甲玛铜多金属矿床矽卡岩型矿石中不同产状的辉钼矿，进行铼 - 锇同位素测年，得到等时线年龄为(15.34 ±0.10) Ma，模式年龄变化于(15.21 ±0.22) Ma ~ (15.50 ±0.22) Ma，说明甲玛的辉钼矿成矿年龄集中在 15 Ma 左右。结合前人的年代学研究成果，认为甲玛铜多金属矿成矿时代与冈底斯斑岩铜矿带斑岩铜矿的成矿年龄相近，可以否定甲玛铜多金属矿海底喷流沉积成矿成因的观点，为甲玛铜多金属矿的成矿成因和斑岩 - 矽卡岩型矿体的深部找矿提供了理论依据。

关键词：甲玛铜多金属矿；辉钼矿；铼 - 锇同位素定年；成矿特征
中图分类号：P579.3；P578.291 **文献标识码**：A

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

YING Li-juan[1], *TANG Ju-xing*[1], *WANG Deng-hong*[1], *CHANG Zhe-sheng*[2], *QU Wen-jun*[3], *ZHENG Wen-bao*[4]
(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
2. China National Gold Group Corporation, Beijing 100011, China;
3. National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China;
4. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: Different molybdenites were collected from the Jiama copper polymetallic deposit for Re-Os isotopic dating. The isochron age of (15.34 ±0.10) Ma, and model age of (15.21 ±0.22) Ma ~ (15.50 ±0.22) Ma were obtained. This results are similar to the data from the previous Re-Os dating results, which indicates that the mineralization age of molybdenites in Jiama is around 15 Ma. According to Re-Os dating results of other molybdenite from porphyry copper deposits in Gangdese belt, which is considered to have the similar mineralization age with that of the Jiama copper polymetallic deposit, it provides a reference for further study on geological genesis of the Jiama copper polymetallic deposit and a theoretical basis for deep earth prospecting of porphyry-skarn ore bodies.

Key words: the Jiama copper polymetallic deposit; molybdenite; Re-Os isotopic dating; mineralization characteristics

收稿日期：2009-02-10；**修订日期**：2009-03-16
基金项目：技术开发项目——西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床地质特征及找矿方向研究项目资助(E0804)；国土资源地质大调查项目资助(1212010633903)
作者简介：应立娟(1981 -)，女，浙江上虞人，研究实习员，主要从事矿床学研究。E-mail：biyuntian518@sina.com。

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn

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。矿区地层上为侏罗统多底沟组(J_3d)灰岩、大理岩和下白垩统,林布宗组(K_1l)黑色板岩、粉砂岩、角岩。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,角岩中也可圈定铜钼矿体。围岩蚀变强烈、破裂裂隙发育。矿体长3600 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。矿体主要由细脉浸染状原生硫化物型矿石组成,矿石矿物以黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿、黝铜矿、辉铜矿为主,其次方铅矿、闪锌矿,有用元素以铜为主,伴生钼、金、银、铅锌、钨等。

辉钼矿常含有铼,并且是铼含量最高的矿物。随着分析测试技术的不断提高,辉钼矿的 Re－Os 同位素定年已经越来越多地被应用于地质年代学领域。西藏甲玛铜多金属矿床中辉钼矿广泛发育,可产于不同的岩性(如角岩、矽卡岩和斑岩)中。辉钼矿的成矿年龄基本可以代表甲玛铜多金属矿硫化物阶段的成矿时代。关于甲玛铜多金属矿的矿床类型和成因有多种认识:早期高温热液的矽卡岩型说[1－2];海底喷流沉积成矿说[3－6];斑岩－矽卡岩－角岩型的岩浆－接触交代说[7]。本文甲玛铜多金属矿成矿年龄的确定为其矿床成因的确定提供了年代学方面的依据。

1　样品情况

辉钼矿在甲玛矿区发育,可见于不同类型的矿石中。本次测年所用样品为矽卡岩型矿石中的辉钼矿,产状为矽卡岩型矿石产出的中细粒浸染状辉钼矿和该类矿石中石英脉中团斑状辉钼矿。野外该样品定名为硅化矽卡岩铜钼矿石,以辉钼矿为主,其次见微细粒黄铜矿和极少量黄铁矿。样品采自0～16线海拔4600 m以上铅山平硐中产出的矿石(见图1),故该辉钼矿的 Re－Os 年龄是具有代表性的。

本次样品共为5大件,其中在 YXK－01(图2A)中,采集了5件不同部位的辉钼矿,编号分别为 YXK－01－1、YXK－01－2、YXK－01－3、YXK－01－4 和 YXK－01－5;另外4件编号分别为 YXK－02(图2B)、YXK－04(图2C)、YXK－06 和 YXK－07(图2D)。其中 YXK－02 的两个不同部位又分别取样,编号为 YXK－02－1 和 YXK－02－2。样品辉钼矿的产出特征为:YXK－01 和 YXK－02 以矽卡岩中的辉钼矿为主,其他均为矽卡岩的石英脉中的辉钼矿;且 YXK－01 的矽卡岩硅化也较强。石英脉在矽卡岩中不规则发育,但较纯。

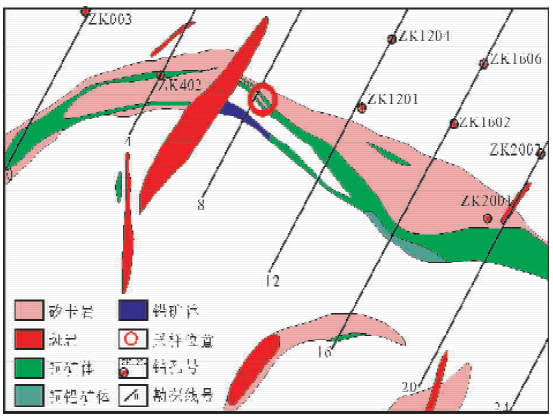


图1　甲玛铜多金属矿床地质简图

Fig. 1　Simple geological map of the Jiama copper polymetallic deposit

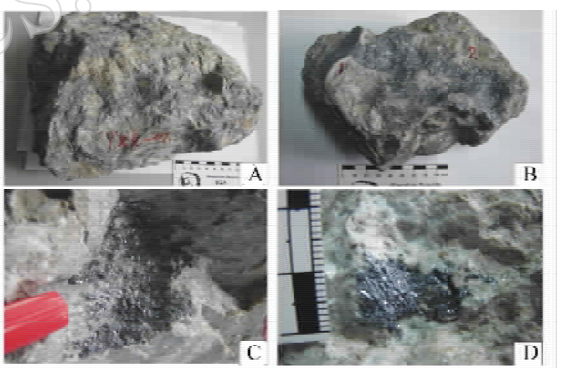


图2　甲玛矽卡岩型辉钼矿的手标本特征

Fig. 2　Features of the Jiama skarn type from the Jiama molybdenite specimen

A—YXK－01;B—YXK－02,矽卡岩中辉钼矿;C—YXK－04;D—YXK－07,矽卡岩的石英脉中辉钼矿。

2　辉钼矿铼－锇同位素测定

Re－Os 同位素定年法是基于^{187}Re的β衰变产生^{187}Os来计算地质年龄的。根据放射性衰变规律,矿物形成后的 t 时间内,^{187}Os 增长方程为:

$$^{187}Os = {}^{187}Re(e^{\lambda t} - 1)$$

式中,λ 为^{187}Re的衰变常数,其值 $1.666 \times 10^{-11}\ a^{-1}$(不确定度1.02%)[8]。

Re－Os 年龄测定工作由国家地质实验测试中心 Re－Os 同位素实验室完成。采用^{185}Re和^{190}Os

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn

的混合稀释剂,通过蒸馏分离 Os 和萃取分离 Re,用 TJA PQ ExCell 等离子体质谱仪(ICP-MS,美国 Thermo 公司)进行测定。ICP-MS 可达到目前国外同类仪器的测量精密度,实验数据准确。

3　结果与讨论

3.1　甲玛辉钼矿的成矿年龄

西藏甲玛矽卡岩型辉钼矿的 Re-Os 模式年龄测定结果见表 1。甲玛辉钼矿的 Re 含量为 382.54~2 231.78 μg/g,含量大多高于 1.0 mg/g(仅样品 YXK-04 例外)。这些数据说明甲玛辉钼矿中的 Re 分布比较均匀[9]。鉴于 Re 只有 2 个天然产出的同位素,^{185}Re 和^{187}Re,其丰度分别为 37.398% ±0.016% 和 62.602% ±0.016%[10],研究的矿床中辉钼矿的^{187}Re 含量比^{185}Re 高。Re 含量高的矿物,其^{187}Re 含量和由^{187}Re β 衰变而成的稳定的^{187}Os 含量也较高,故辉钼矿样品 YXK-04 模式年龄与其他样品并无大的差别,尽管其 Re 和 Os 含量都较其他样品明显偏低。甲玛辉钼矿的模式年龄分布于(15.21 ± 0.22) Ma ~ (15.50 ± 0.22) Ma,变化较小,年龄较为接近。辉钼矿在矽卡岩中的产出特征有所不同;但测年结果显示,直接在矽卡岩中的辉钼矿与产在矽卡岩的石英脉中的辉钼矿是同期的,两种辉钼矿的成因可能相同。

表 1　甲玛矽卡岩型辉钼矿 Re-Os 的模式年龄测定

Table 1　Re-Os model age of the Jiama skarn type molybdenite

样品编号	样品质量 m/g	w_B/(μg·g^{-1}) Re	w_B/(μg·g^{-1}) ^{187}Re	w(^{187}Os)/(ng·g^{-1})	模式年龄/Ma
YXK-01-1	0.00549	1649.08	1036.48±9.31	264.20±2.21	15.30±0.22
YXK-01-2	0.00539	1797.98	1130.07±13.06	286.70±2.64	15.23±0.26
YXK-01-3	0.00555	1981.07	1245.14±11.93	316.99±2.63	15.28±0.23
YXK-01-4	0.00516	2231.78	1402.72±11.64	362.27±3.05	15.50±0.22
YXK-01-5	0.00558	1541.37	968.78±8.48	247.20±1.98	15.31±0.22
YXK-02-1	0.00538	1625.85	1021.88±8.66	259.28±2.21	15.23±0.22
YXK-02-2	0.00556	1303.94	819.55±6.79	209.50±1.78	15.34±0.22
YXK-04	0.00588	382.54	240.43±1.84	61.00±0.54	15.23±0.22
YXK-06	0.00580	1060.12	666.31±5.33	168.33±1.50	15.21±0.22
YXK-07	0.00560	1168.39	734.36±5.94	186.64±1.71	15.25±0.22

根据采集的 10 件辉钼矿样品的 Re-Os 模式年龄测定结果(见表 1),拟合并计算得到辉钼矿等时线年龄为(15.34 ±0.10) Ma(见图 3),其加权平均方差(MSWD)为 0.85,小于 1,说明该等时线拟合得好。等时线上各点基本落在线上,表明这些辉钼矿样品为同一阶段的产物,等时线年龄可代表辉钼矿的成矿年龄。李光明等[1]对甲玛矿区辉钼矿也做过 Re-Os 同位素定年,7 件样品的模式年龄变化于15.4 ~ 15.5 Ma,等时线年龄为(15.18 ± 0.98) Ma,但样品没有注明产状。本文得到的矽卡岩型矿石中的辉钼矿 Re-Os 年龄与前人所得结果基本一致,因此甲玛铜多金属矿与矽卡岩有关的辉钼矿成矿年龄主要集中在 15 Ma 左右。

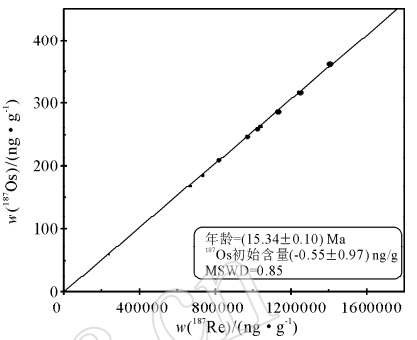


图 3　西藏甲玛矽卡岩型辉钼矿 Re-Os 等时线年龄

Fig. 3　Re-Os isochron age of the Jiama skarn type molybdenite

3.2　甲玛辉钼矿的成矿时代

本文测得的与矽卡岩有关的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(15.34 ±0.10) Ma。直接产在矽卡岩中的辉钼矿和矽卡岩的石英脉中的辉钼矿年龄基本一致,表明与矽卡岩有关的辉钼矿成矿应属于同一时期的成矿作用。该结果与前人所得的辉钼矿 Re-Os年龄(15.4 ~ 15.5 Ma)[1]也是一致的,反映甲玛矿区的辉钼矿成矿时代集中在 15 ~ 15.5 Ma,即中新世 Langhian 期,具有碰撞后成矿的特点。

3.3　甲玛铜多金属矿的成因

全球巨型铜矿的成矿强度最大的时代集中在老第三纪和新第三纪,喜马拉雅期是全球铜矿最重要的成矿阶段之一。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[11]。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。在冈底斯火山-岩浆弧中分布着一条斑岩铜矿带,东段以 Cu、Mo、Zn 和 Pb 金属矿化为主,中段以 Cu 和 Mo 矿化为主,西段以 Cu 和 Au 矿化为主。其中,中段斑岩铜矿最为典型,代表性矿床包括甲玛、驱龙、南木、冲江和拉抗俄

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn

等斑岩铜矿。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[12－13]。

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,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。笔者认为,甲玛铜多金属矿的形成与整个冈底斯成矿带后碰撞阶段大规模、爆发式的岩浆－热液成矿作用密切相关,成矿年代学的厘定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。海底喷流成矿成因说[3－6]认为甲玛矿区普遍产出的矽卡岩是海底喷流沉积的产物,是在中侏罗世形成的,其主要的证据仅仅是矿体的产状和矿石有条带状和层纹状构造。矿石学的研究表明,矽卡岩中常见选择性交代作用而形成的条带状、层纹状构造,非热水沉积作用独有。事实上,本文精确的辉钼矿成矿年龄测定,已经表明作为甲玛铜多金属矿主要矿石矿物之一的辉钼矿(和黄铜矿密切共生)的成矿时代肯定不是中侏罗世和早白垩世。

4　结语

甲玛辉钼矿存在于不同类型的矿石中,本文仅对甲玛矿区 0～16 线海拔 4600 m 以上的铜多金属矿床矽卡岩型矿石中的辉钼矿进行了 Re－Os 同位素定年,取得了准确的年龄数据。10 件辉钼矿样品的模式年龄变化于(15.21±0.22) Ma～(15.50±0.22) Ma,等时线年龄为(15.34±0.10) Ma,所得的成矿年龄数据为该矿床的成因提供了依据。可以认为,甲玛铜多金属矿的辉钼矿成矿时代与冈底斯斑岩铜矿带内斑岩型铜矿的成矿时代基本一致,属于中新世。这与中国地质科学院矿产资源研究所前期的研究成果[7]认为的矿床成因观点是一致的,从而否定了前人的海底喷流沉积成矿成因的观点,为今后该矿床的深部和外围找矿指明了方向。

致谢:感谢华泰龙矿业公司勘探部的支持和帮助,感谢成都理工大学参与本项目的老师和同学们的帮助和指导。

5　参考文献

[1] 李光明,芮宗瑶,王高明,林方成,刘波,佘宏全,丰成友,屈文俊. 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[J]. 矿床地质,2005,24(5):482－489.

[2] 西藏地质六队. 西藏自治区墨竹工卡县甲马矿区铜铅多金属矿详查报告[Z]. 2000:76－89.

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

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

[5] 姚鹏,杜光树. 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[J]. 特提斯地质,1999(总第 23 期):46－56.

[6] 姚鹏,郑明华,彭勇民,李金高,粟登奎,范文玉. 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,2002,48(5):468－479.

[7] 中国地质科学院矿产资源研究所. 西藏自治区墨竹工卡县甲玛铜多金属矿资源量核实报告[Z]. 2008:57－109.

[8] 杜安道,何红蓼,殷万宁,邹晓秋,孙亚莉,孙德忠,陈少珍,屈文俊. 辉钼矿的铼－锇同位素地质年龄测定方法研究[J]. 地质学报,1994,68(4):339－347.

[9] 黄典豪,杜安道,吴澄宇,刘兰笙,孙亚莉,邹晓秋. 华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究——辉钼矿铼－锇年龄及其地质意义[J]. 矿床地质,1996,15(4):365－372.

[10] Gram N O, Jøgensen M H, Meyer N I. Quadrupole and octupole electron-phonon coupling in *n*-type silicon[J]. *Physics Letters A*, 1973,44(1):31－32.

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

[12] 侯增谦,曲晓明,王淑贤,高永丰,杜安道,黄卫. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿年龄成矿作用时限与动力学背景应用[J]. 中国科学:D 辑,2003,33(7):609－618.

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

All rights reserved. http://www.ykcs.ac.cn