

文章编号:0258-7106(2003)03-0246-07

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*

孟祥金¹ 侯增谦¹ 高永丰² 黄卫³ 曲晓明¹ 屈文俊⁴

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 石家庄经济学院, 河北 石家庄 510031; 3 西藏地矿局第六地质大队, 西藏 拉萨 851400; 4 中国地质科学院国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘 要 通过对西藏冈底斯成矿带东段的帮浦矿床中的辉钼矿进行 Re-Os 精确测年,首次获得北矿带的铜多金属矿化时间。其 Re-Os 模式年龄为 $(14.30 \pm 0.25) \text{ Ma} \sim (14.75 \pm 0.28) \text{ Ma}$,5 件样品得到的 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄为 $(15.32 \pm 0.79) \text{ Ma}$ 。年龄数据与冈底斯成矿带东段南侧斑岩铜矿化带的矿化时间(14 Ma 左右)具有一致性,表明北矿带的成矿作用与斑岩有关。斑岩成矿是冈底斯成矿带内的一次主导成矿事件,冈底斯南矿带以斑岩型铜钼矿床为主,其北矿带以斑岩型铜铅锌多金属矿床为主。冈底斯南、北矿带的成矿作用具有统一的成矿动力学背景,发生在碰撞造山带侧向伸展时期,均为陆-陆碰撞造山带演化过程中同构造岩浆活动期的产物。

关键词 地球化学 Re-Os 年龄 斑岩型矿床 铜多金属矿床 帮浦 冈底斯 西藏

中图分类号 :P597+.3

文献标识码 :A

位于西藏碰撞造山带的冈底斯斑岩型矿床,具有较大的资源潜力(侯增谦等,2001;曲晓明等,2001;王全海等,2002)。目前已查明的斑岩型矿床主要分布在冈底斯东段的南侧,以斑岩型铜钼矿化和与斑岩有关的铜铅锌矿化为主,构成冈底斯南矿带。含矿斑岩侵位于花岗岩基内,形成典型的斑岩铜(钼)矿床,如南木达布、冲江、厅宫、驱龙、夏马日、拉抗俄等矿床(程力军等,2001;侯增谦等,2001;曲晓明等,2001);含矿斑岩侵入围岩地层时,形成与斑岩体有关的夕卡岩矿床与热液矿床,如甲马矿床(冯效良等,2001)。在空间分布上,含矿斑岩东西成带、南北呈串,明显受南北向张性构造控制,这些斑岩成矿的时间集中在 14 Ma 左右(侯增谦等,2001;2003a)。最近的矿产勘查与研究表明,在冈底斯花岗岩基北侧弧后盆地范围内,发育一条以铜铅锌多金属矿化为主的矿化带(图 1),称之为冈底斯北矿带。北矿带不同程度地出露含矿斑岩体,伴有铜铅锌多金属矿化,少数见到铜钼矿化,现已发现一系列的铜多金属矿点(图 1),如那露果、新嘎果、帮浦、洞

中松多等。矿体多赋存在一套浅海-滨海相碎屑岩及碳酸盐岩地层内,为夕卡岩型或热液型矿床^①。北矿带的成矿时代尚不清楚。在冈底斯东段,南侧的斑岩型矿化是否如其赋存的南北向构造一样向北延伸以及该区南北两个矿带之间的关系,目前还没有明确的认识。本文通过对冈底斯成矿带北矿带中帮浦铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 年龄的测定,结合其矿化特点,从冈底斯东段南、北两矿带的成矿时间来探讨它们的成矿内在联系。

1 区域地质背景

冈底斯成矿带位于西藏陆-陆碰撞造山带拉萨地体南缘冈底斯火山-岩浆弧内,平行于雅鲁藏布缝合带展布。拉萨地体基底时代为中元古代-早寒武世,上覆的沉积地层主要为奥陶系、石炭系、三叠系浅海相碎屑沉积岩序列(Harris et al.,1988;Dewey et al.,1988;Yin et al.,1988)。晚石炭世—早二叠世,在地体北缘由于张裂作用和怒江洋盆的扩张产

* 本文得到“国家重点基础研究发展规划”项目(编号:2002CB412600)资助

第一作者简介 孟祥金,男,1966 年生,副研究员,博士生,从事矿床学研究。

收稿日期 2003-04-21;改回日期 2003-06-13。张绮玲编辑。

① 张浩勇,巴登珠,夏代祥,等.1994.西藏自治区“一江两河”中部流域铬、金、铜矿第二轮区划。

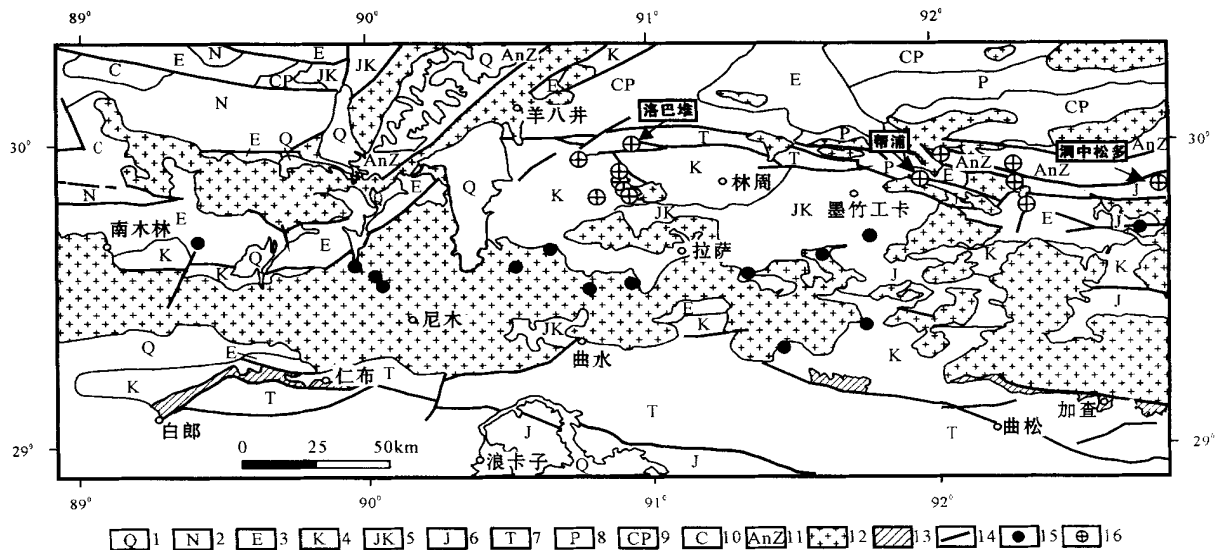


图1 冈底斯东段区域矿产分布图(据中国地质调查局1:50万数字化地质图修编)

1—第四系;2—新第三系;3—老第三系;4—白垩系;5—侏罗系-白垩系;6—侏罗系;7—三叠系;8—二叠系;9—石炭系-二叠系;
10—石炭系;11—前寒武系;12—燕山—喜山期花岗岩;13—蛇绿岩;14—断层;15—斑岩铜矿;16—铜多金属矿

Fig.1 Geological sketch map showing ore deposits in the eastern part of the Gangdese Mountain

(modified after 1:500000 digitalized geological map by China Geological Survey)

1—Quaternary; 2—Neogene; 3—Paleogene; 4—Cretaceous; 5—Jurassic-Cretaceous; 6—Jurassic; 7—Triassic; 8—Permian; 9—Carboniferous-Permian; 10—Carboniferous; 11—Precambrian; 12—Yanshanian and Himalayan granites; 13—Ophiolite; 14—Fault; 15—Porphyry copper deposit; 16—Copper-poly metallic deposit

生了大量的火山碎屑沉积岩,在拉萨地体东南部分布有晚三叠世的含丰富玄武岩的火山沉积岩(Pierce et al., 1988; Leeder et al., 1988)。中白垩世期间特提斯洋向北俯冲,形成了日喀则弧前盆地和冈底斯岩浆弧。冈底斯火山-岩浆弧长2000 km,宽达100 km。冈底斯岩浆弧主要由中-新生代酸性侵入岩和火山岩组成,其岩浆活动时间主要集中在120~20 Ma之间(Xu et al., 1985; Harrison et al., 2000),岩浆侵位高峰在55~45 Ma和30~24 Ma两个阶段(Schärer et al., 1984; Yin et al., 2000),分别与印度-亚洲大陆大规模碰撞和冈底斯逆冲断裂活动时间相对应。在13.5~14 Ma以前,该地区发生东西向伸展作用(Coleman et al., 1995; Bllsnluk et al., 2001),形成了横切拉萨地体的南北向正断层系(地堑裂谷)。中新世的斑岩侵位事件发生在碰撞后地壳伸展环境。含矿斑岩侵入冈底斯花岗岩基以及二叠纪—老第三纪地层中,沿正断层和地堑盆地呈南北向串珠状分布,空间上受横跨拉萨地体的张性构造系统控制(侯增谦等, 2003a; Hou et al., 2003)。已在冈底斯发现的矿床集中出于成矿带中东段长

达500余公里,南北宽约100 km的范围内。在空间上构成南侧的斑岩铜矿带和北侧的铜铅锌多金属矿带,两者平行于雅鲁藏布缝合带分布(图1)。

2 矿床特征与样品描述

帮浦铜多金属矿床位于冈底斯成矿带东段北矿带(图1)。矿区出露下二叠统洛巴堆组灰岩、板岩和老第三系古新统典中组中酸性凝灰岩,两者呈断层接触。在老第三系古新统典中组中酸性凝灰岩中的二长花岗斑岩体,呈岩株状产出,直径不到600 m(图2)。斑岩岩性特征与南矿带内含铜斑岩(侯增谦等, 2001;曲晓明等, 2001;Hou et al., 2003)相同。在斑岩体外侧有小规模的斑岩脉分布。

矿床由产于斑岩体内接触带的Cu、Mo矿体和外接触带灰岩中的似层状Cu、Pb、Zn矿体组成。斑岩内为细脉浸染状铜钼矿化,矿石矿物组合为黄铜矿-黄铁矿-辉钼矿。斑岩体接触带外灰岩地层内为脉状铜铅锌矿化,矿石矿物组合为黄铜矿-磁黄铁矿-斑铜矿-方铅矿-闪锌矿-黄铁矿。岩体内的铜、钼矿

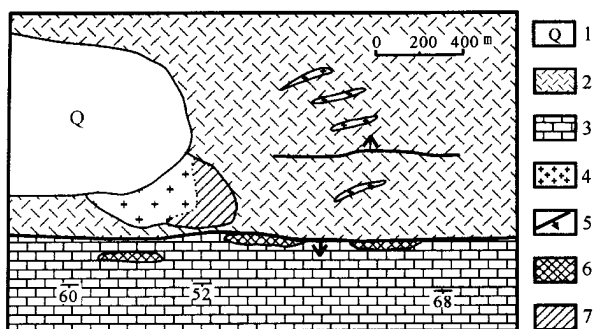


图2 帮浦矿区地质草图

1—第四系残坡积物; 2—老第三系多底沟组火山岩; 3—二叠系灰岩; 4—花岗斑岩; 5—断层; 6—Cu-Pb-Zn 矿化体; 7—Cu-Mo 矿化体

Fig. 2 Geological sketch map of the Bangpu copper metallic deposit

1—Quaternary residual and talus material; 2—Volcanic-sedimentary rock of Duodigou Formation; 3—Limestone; 4—Granite porphyry; 5—Fault; 6—Cu-Pb-Zn orebody; 7—Cu-Mo orebody

化较弱,铜含量(w_{Cu})一般不到0.2%、钼(w_{Mo})为0.05%左右。地层内的矿化较强, w_{Cu} 、 w_{Pb} 、 w_{Zn} 分别为0.13%~0.23%、0.82%~60.2%、7.66%~44.16%,常见块状含铜铅锌矿体沿层间破碎带或构造裂隙呈层状、似层状分布。灰岩中的似层状铜铅锌矿体赋存在夕卡岩内,旁侧可见斑岩脉体分布。从斑岩体到地层,矿体的矿物组合具有从黄铜矿-辉钼矿-黄铁矿到磁铁矿-磁黄铁矿-黄铜矿-斑铜矿-黄铁矿到方铅矿-闪锌矿-黄铜矿-黄铁矿的分带性变化,说明成矿与斑岩有直接关系。

岩体接触带有规模不等的夕卡岩分布,靠岩体一侧以含透辉石石榴石夕卡岩为主,灰岩一侧岩石发生强烈的大理岩化,形成大理岩。两者之间为含石榴石绿帘石夕卡岩。夕卡岩与大理岩界限不规则。矿体产于绿帘石石榴石夕卡岩与大理岩之间。除脉状矿化外,在夕卡岩内有浸染状矿化。矿化特点与矿物组合共同显示出夕卡岩型矿化的特征。因此,帮浦铜铅锌矿可以归为斑岩-夕卡岩复合型矿床。地层中的铜铅锌矿体应为岩浆热液交代的产物,与斑岩体内的铜钼矿化一起属于斑岩成矿系统。含矿斑岩内见钾化、硅化蚀变。斑岩体外围岩具有夕卡岩化、硅化、大理岩化以及青盘岩化蚀变。

野外根据矿化分带情况,选择一地表开口的穿过含矿斑岩体的平硐,沿着坑道在不同的矿化地段分别取样,得到5件含辉钼矿样品。样品均位于内接触带斑岩体内,呈不等距分布。BP33、BP33-1样

品为含辉钼矿的细脉浸染状矿石,BP34、BP34-1样品为含辉钼矿的石英细脉,BP35样品为斑岩裂隙中的辉钼矿细脉。从矿床矿化特征看,无论是含矿岩体内的铜钼矿化还是地层内的铜铅锌矿化,都是同期成矿作用的产物。因此,斑岩体内辉钼矿的Re-Os年龄可以代表帮浦矿床铜铅锌矿化的时间。

3 Re-Os 年龄测定结果

经分离挑选,辉钼矿纯度达98%以上。同位素测试在中国地质科学院国家地质测试中心进行,Re-Os同位素分析的化学分离过程和分析方法见有关文献(杜安道等,1994;Shirey et al.,1995;Simoliar et al.,1996)。其中Re和Os含量的计算误差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,还包括 ^{187}Re 衰变常数 λ 的不确定度(1.02%)。模式年龄按下式计算:

$$t = \frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}} \right) \right]$$

其中 $\lambda(^{187}\text{Re} \text{ 衰变常数}) = 1.666 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ 。

实验全流程空白:Re为0.02 ng,Os为0.003 ng。

具体分析结果见表1。辉钼矿Re含量比较稳定,在 $(166.8 \pm 2.3) \mu\text{g/g} \sim (250.5 \pm 2.8) \mu\text{g/g}$ 之间,与斑岩Cu、Mo系统Re丰度相当(Stein et al.,1997)。这些辉钼矿的Re-Os模式年龄相当一致,为 $(14.30 \pm 0.25) \text{ Ma} \sim (14.75 \pm 0.28) \text{ Ma}$,变化不超过0.5 Ma。5件辉钼矿样品的 ^{187}Re - ^{187}Os 值构成一条MSWD为0.85的等时线(图3),采用ISOPLLOT软件的模式1(Ludwig,1999),对所获得的数据进行等时线计算,取 ^{187}Re 衰变常数 $1.666 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ (Simoliar et al.,1996),得到等时线年龄为 $(15.32 \pm 0.79) \text{ Ma}$,与单样品辉钼矿模式年龄相差不到1 Ma。 ^{187}Os 初始值为 (0.0018 ± 0.0017) 。

4 讨论

冈底斯东段的南矿带发育典型的以铜为主的斑岩型矿床,含铜斑岩体形成于17~12 Ma之间,其侵位高峰期为 $(15 \pm 1) \text{ Ma}$ (Hou et al.,2003),如冲江铜矿含矿斑岩 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年龄为 $(13.79 \pm 0.21) \text{ Ma}$,拉抗俄含矿斑岩 ^{39}Ar - ^{40}Ar 年龄为 $(13.56 \pm 0.49) \text{ Ma}$ 。

表 1 西藏帮浦铜多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测试数据

Table 1 Re-Os data of molybdenite from the Bangpu copper polymetallic deposit, Tibet

样号	样重/g	$w_{\text{Re}}/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$^{187}\text{Re}/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	$^{187}\text{Os}/(\text{ng}\cdot\text{g}^{-1})$	模式年龄/Ma
BP33	0.00719	250.5(2.8)	157.5(1.7)	38.0(0.4)	14.49(0.24)
BP33-1	0.00903	166.8(2.3)	104.9(1.4)	25.0(0.2)	14.30(0.25)
BP34	0.00853	189.8(2.7)	119.3(1.7)	28.6(0.3)	14.37(0.27)
BP34-1	0.00846	196.1(2.9)	123.3(1.8)	29.5(0.2)	14.36(0.27)
BP35	0.00673	243.2(3.4)	152.9(2.1)	37.6(0.4)	14.75(0.28)

注:表中括号内为误差 2σ , 与测定值最后一位对齐。测试者:中国地质科学院国家地质测试中心屈文俊、杜安道。

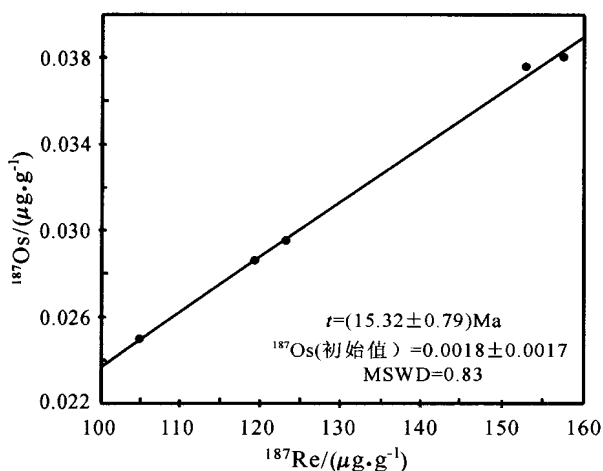


图 3 帮浦矿床辉钼矿 Re-Os 等时线

Fig.3 Re-Os isochrone of molybdenites from the Bangpu deposit

(曲晓明等,2003)。同时,该区域性成矿事件年龄为 14 Ma 左右。其中,南木铜矿的 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄为 $(14.67 \pm 0.2) \text{ Ma}$;冲江铜矿辉钼矿 ^{187}Re - ^{187}Os 等时线年龄为 $(14.04 \pm 0.16) \text{ Ma}$;拉抗俄铜矿辉钼矿 Re-Os 模式年龄变化于 13.5 ~ 13.6 Ma 之间(侯增谦等,2003a)。冈底斯东段北矿带以铜铅锌矿化为主,尚未有精确的成矿年龄数据。帮浦铜多金属矿床在北矿带矿床中具有一定的代表性,本次得到其辉钼矿 ^{187}Re - ^{187}Os 年龄数据,与冈底斯南矿带斑岩成矿作用时间完全相同。冈底斯南北两条矿带虽然在空间上有一定距离,矿化特点不同,但它们具有统一的成矿时间,均为冈底斯区域上斑岩成矿作用的产物。

冈底斯成矿带东段北矿带的矿化以铅锌多金属为主,矿体主要赋存在火山沉积岩与灰岩地层内。矿区的浅成侵入岩(斑岩)不发育,仅在地表见少量

的侵入岩脉。由于勘查程度较低,对该矿带的成因缺乏一致的认识,主要观点是喷流成矿(郑有业等,2002;程力军等,2003)。帮浦铜铅锌矿床的矿化特征表明其成矿与斑岩有关。斑岩体辉钼矿 Re-Os 年龄与冈底斯南部斑岩铜矿带成矿时间相吻合,进一步证明帮浦铜多金属矿床是冈底斯区域上斑岩成矿作用的产物。同样,位于北矿带、帮浦矿床东侧的洞中松多铅锌多金属矿床,在矿体外围存在斑岩体,矿化特点与帮浦很相似,其成因可能与帮浦矿床相同;帮浦矿床西侧的洛巴堆铅锌矿,地表以夕卡岩型矿化为主,笔者实地观察发现该矿区也有斑岩体存在,斑岩体与矿化体具有密切的空间关系。从上述矿床基本特征以及冈底斯区域成矿背景看,以铅锌矿化为主的北矿带的成矿与斑岩具有密切联系。北矿带与南矿带矿化特点的差异可能是由斑岩侵位环境不同引起的:南矿带的含矿斑岩多侵位于早先的花岗岩基中,形成典型的斑岩型矿床,少数含矿斑岩侵入在火山沉积岩和碳酸盐岩地层中,形成夕卡岩型矿床;北矿带含矿斑岩侵位于火山沉积岩或碳酸盐岩地层内,其规模较小,在地表多数呈侵入岩脉产出,较少以岩株形式出露,一般形成以夕卡岩型为主的多种矿床类型,而在本质上它们属于斑岩成矿系统。在冈底斯东段斑岩成矿是一次主导成矿事件,只是由于斑岩侵位环境的不同,形成与斑岩有关的矿床类型不同,宏观上表现为南矿带以斑岩型铜钼矿为主,北矿带以斑岩型铜铅锌多金属矿为主。

区域范围内铜矿化事件的时间具有高度一致性,说明成矿作用的发生受统一的区域性构造作用控制,具有相同的动力学背景。冈底斯南矿带含矿斑岩具有埃达克岩地球化学特征(侯增谦等,2003b),揭示其来自于岩石圈地幔,岩浆起源于俯冲并残留于地幔某一部位的洋壳板片或增厚的下地

壳,部分熔融与岩石圈拆沉作用或减薄有关(Hou et al., 2003)。岩石圈的拆沉或减薄导致冈底斯的快速隆升(Molnar et al., 1978; Turner et al., 1993; Kay et al., 1994)。冈底斯斑岩侵位与斑岩成矿作用发生于西藏碰撞造山带后期,即高原隆升后地壳初始侧向伸展(东西向伸展)时期(13~20 Ma,侯增谦等,2003a)。初始伸展作用形成的南北向构造系统成为斑岩浅成就位和斑岩矿化定位的空间。因此,碰撞造山带是控制冈底斯中东段南北两条矿带平行于雅鲁藏布缝合带分布的宏观因素,而南北向张性构造系统控制着含矿岩体及其矿化定位,这种张性构造系统也是冈底斯南北两条矿带具有内在联系的本质所在。

5 结 论

西藏冈底斯东段北矿带帮浦铜多金属矿床的辉钼矿 Re-Os 模式年龄为(14.30±0.25) Ma~(14.75±0.28) Ma,等时线年龄为(15.32±0.79) Ma,与区域上南矿带斑岩铜矿的成矿时间完全一致。冈底斯北矿带的铜铅锌多金属矿化作用是区域上斑岩成矿作用的一部分。中新世斑岩成矿作用是冈底斯地区一次普遍而重要的成矿事件。冈底斯东段南北矿带矿化作用具有区域一致性,具有统一的成矿动力学背景,即在西藏碰撞造山带发展演化后期地壳侧向伸展环境中。

References

- Bllsnluk P M, Hacker B, Glodny J, et al. 2001. Normal faulting in central Tibet since at least 13.5 Myr ago[J]. *Nature*, 412:628~632.
- Cheng L J, Li Z, Liu H F, et al. 2001. Basic features of the east Gangdese polymetallic metallogenic belt[J]. *Tibet Geology*, 19(1):43~53(in Chinese with English abstract).
- Coleman M and Hodges K. 1995. Evidence for Tibetan Plateau uplift before 14 Ma ago from a new minimum age for east-west extension[J]. *Nature*, 374:49~52.
- Dewey J F, Shackelton R M, Chang C, et al. 1988. The tectonic evolution of the Tibetan plateau[J]. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:379~413.
- Du A D, He H L and Yin W N. 1994. The study on the analytical methods of Re-Os age for molybdenites[J]. *Acta Geologica Sinica*, 68(4):339~346(in Chinese with English abstract).
- Du G S, Yao P, Pan F C, et al. 1998. Exhalogenic skarn and mineralization, exemplified by Jia ma copper polymetallic deposit of Xizang[M]. Chengdu: Sichuan Sci. & Tech. Press (in Chinese with English abstract).
- Feng X L, Guan S P, Mou C L, et al. 2001. Geological characteristics and genesis of the Jia ma copper polymetallic deposit in Tibet[J]. *Geology-Geochemistry*, 29(4):40~48(in Chinese with English abstract).
- Harris N B W, Xu R, Lewis C L, et al. 1988. Isotope geochemistry of the 1985 Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud[J]. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:263~285.
- Harrison T M, Yin A, Grove M, et al. 2000. Displacement history of the Gangdese thrust, Southeastern Tibet[J]. *J. Geophys. Res.*, 105:19211~19230.
- Hou Z Q, Qu X M, Huang W, et al. 2001. The Gangdese porphyry copper belt: the second significant porphyry belt in Tibetan plateau[J]. *China Geology*, 28(1):27~29(in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Qu X M, Wang S X, et al. 2003a. Re-Os age for molybdenites from the Gangdese porphyry belt in the Tibetan plateau: implication to mineralization duration and geodynamic setting[J]. *Science in China(Series D)*, (in press).
- Hou Z Q, Mo X X, Gao Y F, et al. 2003b. Adakite, a possible host rock for porphyry copper deposits: case studies of porphyry copper belts in Tibetan plateau and in northern Chile[J]. *Mineral Deposits*, 22(1):1~12(in Chinese with English Abstract).
- Hou Z Q, Mo X X, Qu X M, et al. 2003. The mid-Miocene potassic adakite generation related to interaction of subducted Neo-Tethyan slab with overlying Asian mantle in South Tibet[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, (in press).
- Kay R W and Kay S M. 1994. Delamination and delamination Magmatism[J]. *Tectonophysics*, 219:177~189.
- Leeder M R, Smith A B and Yin J. 1988. Sedimentology, palaeogeology and palaeoenvironmental evolution of the 1985 Lhasa to Golmud Geotraverse[J]. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:107~143.
- Ludwig K. 1999. A geochronological toolkit for Microsoft Excel[M]. Geochronology Center, Berkeley, Special Publication 1a. Isoplot/Ex, version 2.0.
- Molnar P and Tapponnier P. 1978. Active tectonics of Tibet[J]. *J. Geophys. Res.*, 83:5361~5375.
- Pierce J A and Mei H. 1988. Volcanic rocks of the 1985 Tibet Geotraverse Lhasa to Golmud[J]. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:203~213.
- Qu X M, Hou Z Q and Huang W. 2001. Gangdese porphyry copper belt: the second Yulong porphyry copper belt in Tibet[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 porphyry of the Gangdese porphyry copper belt and their geological significances[J]. *Acta Geologica Sinica*, (in press).
- Schöer U, Xu R H and Allère C J. 1984. U-Pb geochronology of the Gangdese (Transhimlaya) plutonism in the Lhasa-Xizang region, Tibet[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 69:311~320.
- Shirey S B and Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis[J]. *Anal. Chem.*, 67:2136~2141.
- Simoliar M I, Walker R J and Morgan J W. 1996. Re-Os ages of group IIA, IIIA, IVA and VIB iron meteorites[J]. *Science*, 271:1099~

- 1102.
- Stein H J, Markey R J, Morgan J W, et al. 1997. Highly precise and accurate Re-Os ages for molybdenite from the East Qinling molybdenite belt, Shan'anxi province, China[J]. *Econ. Geol.*, 92: 827 ~ 835.
- Turner S, Hawkesworth C, Liu J Q, et al. 1993. Timing of Tibetan uplift constrained by analysis of volcanic rocks[J]. *Nature*, 364: 50 ~ 54.
- 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 polymetallic ore belt[J]. *Geological Bulletin of China*, 21(1): 35 ~ 40 (in Chinese with English abstract).
- Xu R H, Schöer U and Allère C J. 1985. Magmatism and metamorphism in the Lhasa block (Tibet): a geochronological study[J]. *J. Geol.*, 93: 41 ~ 57.
- Yin J, Xu J, Liu C, et al. 1988. The Tibetan plateau: regional stratigraphic context and previous work[J]. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327: 5 ~ 52.
- Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen: Annu. Rev. [J]. *Earth Planet. Sci.*, 28: 211 ~ 280.
- 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]. *Geological Science and Technology Information*, 21(2): 55 ~ 60 (in Chinese with English abstract).
- 基本特征[J]. *西藏地质*, 19(1): 43 ~ 53.
- 杜安道, 何红廖, 殷万宁, 等. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. *地质学报*, 68(4): 339 ~ 346.
- 杜光树, 姚 鹏, 潘凤雏, 等. 1998. 喷流成因夕卡岩与成矿——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.
- 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, 曲晓明, 黄 卫, 等. 2001. 冈底斯斑岩铜矿成矿带有望成为西藏第二条玉龙铜矿带[J]. *中国地质*, 28(1): 27 ~ 29.
- 侯增谦, 曲晓明, 王淑贤, 等. 2003a. 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.
- 侯增谦, 莫宣学, 高永丰, 等. 2003b. 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.
- 曲晓明, 侯增谦, 黄 卫. 2001. 冈底斯斑岩铜矿成矿带: 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⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄及地质意义[J]. *地质学报*. (出版中)
- 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.
- 郑有业, 王保生, 樊子瑋, 等. 2002. 西藏冈底斯东段构造演化及铜金多金属成矿潜力分析[J]. *地质科技情报*, 21(2): 55 ~ 60.

附中文参考文献

程力军, 李 志, 刘鸿飞, 等. 2001. 冈底斯东段铜多金属成矿带的

Development of Porphyry Copper-Molybdenum-Lead-Zinc Ore-forming System in East Gangdese Belt, Tibet: Evidence from Re-Os Age of Molybdenite in Bangpu Copper Polymetallic Deposit

Meng Xiangjin¹, Hou Zengqian¹, Gao Yongfeng², Huang Wei³, Qu Xiaoming¹ and Qu Wenjun⁴

(1 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China; 2 Shijiazhuang College of Economy, Shijiazhuang 510031, Hebei, China; 3 No. 6 Geological Party, Xizang Bureau of Geology and Mineral Resources, Lhasa 851400, Tibet, China; 4 National Research Center of Geo-analysis, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China)

Abstract

There are two parallel metallogenic belts lying along the eastern part of the Gangdese Mountains in Tibet, i.e., the porphyry copper mineralization belt in the south and the copper polymetallic mineralization belt in the north. In this paper, the highly precise Re-Os age is given for the first time for molybdenite from the Bangpu copper polymetallic deposit in the north belt. The Re-Os mode ages of 5 molybdenite samples vary from (14.30 ± 0.25) Ma to (14.75 ± 0.28) Ma (error $\pm 2\sigma$). The deposit has yielded a ¹⁸⁷Re-¹⁸⁷Os isochron age of (15.32 ± 0.79) Ma, which is identical to the age $(14 \text{ Ma} \pm)$ of porphyry copper mineralization in the east Gangdese belt. These data suggest that the copper polymetallic deposits in the north belt are related to the porphyry and

that the porphyry metallization must have played a dominant role in metallogenic events in the Gangdese belt. There exist different types of porphyry-related mineral deposits in the Gangdese belt, attributable to the different surroundings into which the metallogenic porphyries intruded. The porphyry copper-molybdenum deposits so far discovered almost unexceptionally occur in the south of the Gangdese metallogenic belt, whereas the porphyry-type copper-lead-zinc deposits are mostly seen in the north of the Gangdese metallogenic belt. The ore-forming processes of the deposits both in the south and in the north of the Gangdese belt took place in the period of east-west extension and shared similar settings of metallogenic dynamics. The copper polymetallic porphyry-related deposits in the Gangdese belt are products of syntectonic-magmatic activity in the Himalayan-Tibetan continent-continent collision orogenic zone.

Key words: geochemistry, Re-Os age, porphyry-type deposit, copper polymetallic deposit, Bangpu, Gangdese, Tibet

“863 深海彩色数字摄像系统”海试成功并投入实际使用

由中国地质科学院矿产资源研究所负责,国家海洋局第二研究所、广州海洋地质调查局共同承担的“十五”863 计划资源环境技术领域“深海彩色数字摄像技术”课题研制的“863 深海彩色数字摄像系统”顺利通过海试验收并投入实际使用。

2003 年 4 月,课题组 4 人随“大洋一号”科考船前往太平洋,结合 DY105-12、14 航次大洋富钴结壳调查工作,进行该摄像系统样机的海试。4 月 18~28 日,按照海试大纲及操作规程要求,对系统进行了耐压水密试验、整体甲板试验和水下实际作业试验等一系列试验,并取得了成功。

受专家组委托,首席科学家初凤友研究员组织船上专家组对试验进行现场监督,充分肯定了水下实际作业的工作效果,签发了“863 深海彩色数字摄像系统海试现场验收意见”。“验收意见”认为该系统技术指标符合(部分超过)设计要求,其性能稳定、图像清晰、操作简便、实用性强,并且抗冲击、坚固性及可靠性良好,可以满足大洋资源调查和深海研究的需求。海试取得成功。

从 4 月 28 日开始,“863 深海彩色数字摄像系统”投入正式作业。截至 6 月 20 日,已完成 31 个测站的摄像工作,取得海底摄像资料近 40 h。利用摄像资料,确定了调查区的地形特征及结壳的分布特点,计算出了结壳的覆盖率,并为其他采样方法的实施提供了基础数据。调查人员根据摄像资料确定采样地点,大大提高了采样效率。该系统的实用性强,特别是在国内外首次实现了深海双目立体视摄像,为海底可视化探查开辟了新的领域。

(中国地质科学院矿产资源研究所 顾玉民)