

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 西藏冈底斯成矿带驱龙铜矿 Re-Os 年龄 及成矿学意义

孟祥金<sup>1)</sup> 侯增谦<sup>1)</sup> 高永丰<sup>2)</sup> 黄卫<sup>3)</sup> 曲晓明<sup>1)</sup> 屈文俊<sup>4)</sup>

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, 510031

3) 西藏地质调查院, 拉萨, 851400; 4) 国家地质实验测试中心, 北京, 100037

**内容提要** 驱龙铜矿位于冈底斯成矿带东部冈底斯花岗岩基内, 为典型的斑岩型铜矿床。选择辉钼矿 Re-Os 同位素法对该矿床进行成矿年龄精确测定, 6个辉钼矿 Re-Os 模式年龄范围为15.99~16.74 Ma, 变化较小, 不超过1 Ma。6个样品拟和的<sup>187</sup>Re-<sup>187</sup>Os等时线年龄为16.41±0.48 Ma (2σ 误差, MSWD=1.5), 与模式年龄一致。驱龙铜矿的成矿年龄与冈底斯带区域上已有的斑岩铜矿成矿年龄(14 Ma±)相吻合。目前的年龄数据结果显示冈底斯带斑岩铜矿的成矿时间主要集中在16~14 Ma 之间, 成矿时限不到2 Ma, 具有爆发成矿特征。斑岩成矿发生在区域上钾质熔岩喷发和东西向伸展活动时期。含矿斑岩特点及其与钾质熔岩和南北向张性构造系统的时空依附关系, 说明冈底斯带斑岩成矿受西藏碰撞造山带演化过程中深部构造岩浆活动的制约。冈底斯斑岩型矿床的爆发成矿具有深层次的动力学背景。

**关键词** Re-Os 年龄 辉钼矿 斑岩铜矿 爆发成矿 驱龙 冈底斯

西藏冈底斯成矿带位于印度—亚洲陆陆碰撞造山带内, 近来的地质勘查和相关的科研工作已显示出其内的斑岩铜矿具有一定的规模和巨大的远景。在冈底斯已发现的矿床集中产于成矿带中东段长达350余千米、南北宽约100 km 的范围内。空间上分为南侧的斑岩铜矿带和北侧的铜铅锌多金属矿带, 两者大致平行分布(图1)。南侧斑岩铜矿主要产于冈底斯花岗岩基内, 具有典型的斑岩成矿特征。该带目前已发现一系列的矿床、矿点和矿化点, 如甲马大型矿床, 驱龙、拉抗俄、厅宫、冲江、南木等中小型矿床(程力军等, 2001), 有望成为与玉龙斑岩铜矿带相当的又一成矿带(侯增谦等, 2001; 曲晓明等, 2001)。北侧的多金属矿床赋存在火山碎屑岩和海相碳酸盐岩地层内, 矿化作用与小斑岩体有密切联系(孟祥金等, 2003)。目前已获得的年龄数据初步表明冈底斯成矿带内斑岩成矿时间具有高度的一致性, 斑岩矿床成矿物质拥有源区的统一性(侯增谦等, 2003b)。本文介绍冈底斯带东段典型斑岩铜矿床——驱龙铜矿辉钼矿 Re-Os 同位素测试结果和 Re-Os 年龄, 对冈底斯成矿带内斑岩短时限集中成矿进行初步讨论。

## 1 区域地质背景

冈底斯成矿带位于西藏造山带拉萨地块南缘冈底斯火山—岩浆弧内, 平行于雅鲁藏布缝合带分布。从拉萨地体向南依次为冈底斯花岗岩弧、日喀则前陆盆地、雅鲁藏布缝合带。拉萨地体基底时代为中元古代—早寒武世(Harris et al., 1988; Dewey et al., 1988), 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序列(Yin et al., 1988)。上石炭统一二叠统为一套弧后扩张产生的火山碎屑沉积岩。在拉萨地体东南部发育上三叠统火山沉积岩, 其形成与裂谷作用有关(Pierce et al., 1988; Leeder et al., 1988)。中白垩世期间特提斯洋向北俯冲, 其结果形成日喀则前盆地和冈底斯岩浆弧(Allégre et al., 1984; Harrison et al., 1992; Durr, 1996)。冈底斯火山—岩浆弧长度约2000 km, 宽达100 km(王全海等, 2002), 呈东西向展布。冈底斯岩浆弧主要由中—新生代酸性侵入岩和火山岩组成, 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, 与印度—亚洲大陆大规模碰撞时间相对应(Schäer

注: 本文为国家重点基础研究发展规划项目(编号 2002CB412600)的成果。

收稿日期: 2003-05-28; 改回日期: 2003-08-16; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 孟祥金, 男, 1966年生。1999年于中国地质科学院获理学硕士学位。副研究员。主要从事造山带成矿作用研究。通讯地址: 100037, 北京阜外百万庄路26号, 中国地质科学院矿产资源研究所; Email: xjmeng2000@sina.com。

et al., 1984; Yin et al., 2000)。弧火山岩系主要为安山岩和安山质火山碎屑岩,属钙碱性岩系列,具有安第斯陆缘弧特征(Coulon et al., 1986; Pierce et al., 1988)。在20~14 Ma 左右发生区域性的东西向伸展作用,形成了垂直拉萨地体的近南北向张性构造体系(地堑、裂谷和正断层)(Coleman et al., 1995; Bllsnluk et al., 2001)。与伸展—裂谷作用相对应,在冈底斯西段发育一套钙碱性熔岩(Coulon et al., 1986),在冈底斯中东段花岗岩基内以及二叠纪—古近纪地层中广泛分布小规模的高位花岗岩和花岗质斑岩体。这些中新世斑岩侵位活动发生在碰撞后地壳伸展环境,斑岩体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, 2003b; Hou et al., 2003c)。

## 2 矿化特征和样品采取

驱龙铜矿位于冈底斯成矿带东段冈底斯花岗岩基内(图1)。矿区出露地层为中侏罗统叶巴组中酸性熔岩及火山碎屑岩夹碳酸盐岩、砂岩、砂板岩,古近系丁拉组流纹质英安岩、粗面岩等。矿区岩浆岩为古近纪的黑云母花岗岩,侵入叶巴组火山岩内,近东西向分布。在黑云母花岗岩体西侧和南侧见有小规模

的花岗闪长岩出露。含矿斑岩为二长花岗斑岩,侵位于黑云母花岗岩体内或沿黑云母花岗岩与叶巴组火山岩接触带分布。矿区地表出露 2 个二长花岗斑岩体,呈小岩株状,面积均不足 1 km<sup>2</sup>(图2),其中两个斑岩体在地表见有铜铅矿化。主要矿化为黄铜矿化、辉钼矿化和黄铁矿化,呈细脉状、浸染状分布在二长花岗斑岩、黑云母花岗岩及花岗闪长岩内。地表见多处规模不等的铜(铅)矿化体,Cu 品位 0.16%~0.59%、Mo 品位 0.3167%~0.636%(程力军等, 2001)。初步钻探结果表明,含矿斑岩体内的矿化深度大于 500 m。矿区发育钾化、硅化、高岭石化、青磐岩化蚀变。从斑岩体内到外大致形成钾硅化—硅化、绢云母化(高岭石化)—青磐岩化蚀变面型分带。

含矿斑岩具有典型的斑状结构,斑晶含量为 45%~70%,主要矿物为斜长石、钾长石、石英,少量的黑云母。驱龙铜矿含矿斑岩具有较高的 SiO<sub>2</sub> (64.62%~77.82%),富含 Sr(176×10<sup>-6</sup>~930×10<sup>-6</sup>),亏损 Y(2.74×10<sup>-6</sup>~13.98×10<sup>-6</sup>),有较大的 Sr/Y 值(14.88~140.58)(孟祥金等,未刊资料),与冈底斯带其他含铜斑岩的化学特征相似(侯增谦等, 2001, 2003a; 曲晓明等, 2001; Gao et al., 2003),具有埃达克岩的地球化学特征(Defant et

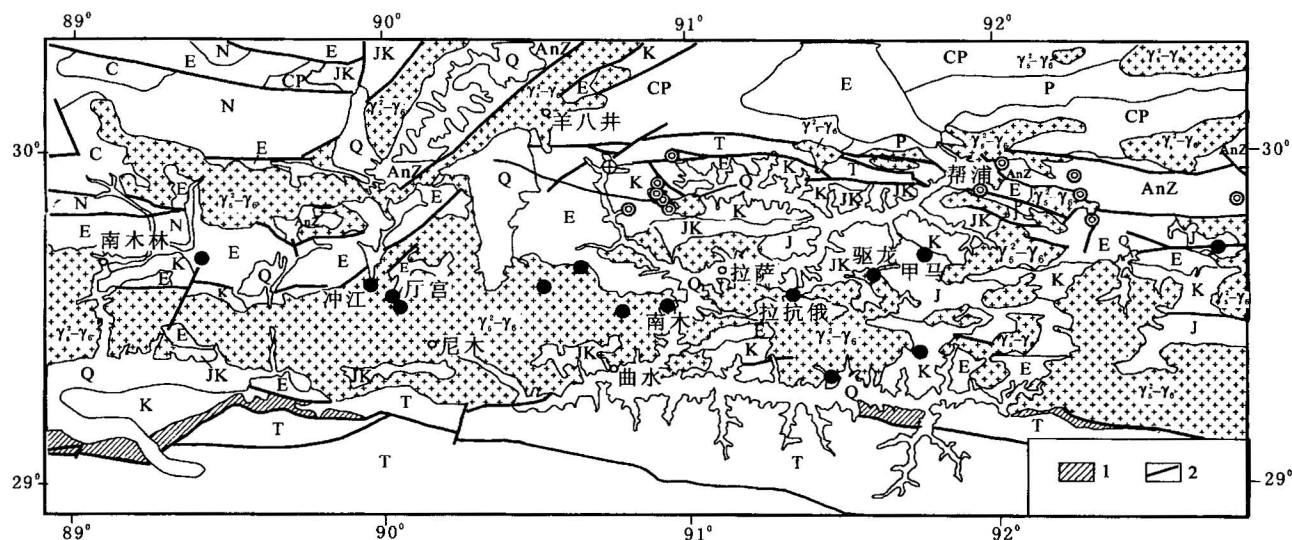


图1 冈底斯东段区域矿产分布略图(底图据中国地质调查局1:50万数字化地质图修编)

Fig. 1 Sketch of geology and ore deposits in eastern section of the Gangdese Mountains (modified after 1:500000 Digitalized Geological Map by China Geological Survey)

Q—第四系;N—新近系;E—古近系;K—白垩系;JK—侏罗系—白垩系;J—侏罗系;T—三叠系;P—二叠系;CP—石炭系—二叠系;C—石炭系;AnZ—前寒武系;γ<sub>2-6</sub>—燕山期—喜马拉雅期花岗岩;●—铜矿;◎—多金属矿;1—蛇绿岩;2—断层  
 Q—Quaternary; N—Neogene; E—Paleogene; K—Cretaceous; JK—Jurassic—Cretaceous; J—Jurassic; T—Triassic; P—Permian; CP—Carboniferous—Permian; C—Carboniferous; AnZ—Precambrian; γ<sub>2-6</sub>—granite of Yanshanian period and Himalayan period; ●—copper deposit; ◎—polymetallic deposit; 1—ophiolite; 2—fault

al., 1990)。

野外在不同矿化体的不同部位分别取样(图2), 得到6件含辉钼矿样品。其中 QK03、QK46样品为含浸染状辉钼矿、黄铜矿的二长花岗斑岩、QK06、QK09样品为浸染状辉钼矿化、黄铜矿化黑云母花岗岩、QK07样品为含辉钼矿、黄铜矿的花岗闪长岩、QK52样品为含辉钼矿的石英细脉。虽然含辉钼矿的岩性有差异,但它们具有相同的矿石矿物组合和矿化特征,均为同一成矿作用的产物。

### 3 测年结果

上述含辉钼矿样品经分离挑选,辉钼矿纯度达

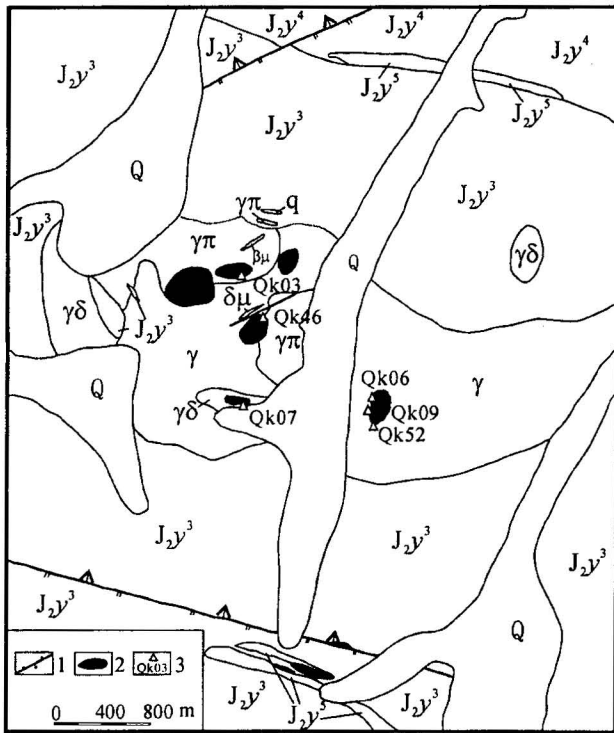


图2 驱龙斑岩铜矿区地质简图  
(据西藏地质调查院修改)

Fig. 2 Geoplogical sketch of Qulong porphyry copper deposit

(modified after Xizang Geological Survey, 2003)

Q—冲积物; 中侏罗统叶巴组: J<sub>2y</sub><sup>5</sup>—五段灰岩, J<sub>2y</sub><sup>4</sup>—四段泥质、粉砂质凝灰质板岩, J<sub>2y</sub><sup>3</sup>—三段流纹—英安质凝灰岩; γδ—花岗闪长岩; γ—花岗岩; γπ—花岗斑岩; δμ—闪长玢岩; βμ—辉绿岩; q—石英脉; 1—断层; 2—铜矿化体; 3—取样位置及样品编号

Q—Fluvial; Middle Jurassic Yeba Formation: J<sub>2y</sub><sup>5</sup>—5th Member, limestone, J<sub>2y</sub><sup>4</sup>—4th Member, argillaceous silty tuffaceous slate, J<sub>2y</sub><sup>3</sup>—3rd Member, rhyolitic—dacite tuff; γδ—granodiorite; γ—granite; γπ—granite porphyry; δμ—diorite-porphry; βμ—diabase; q—quartz vien; 1—fault; 2—copper ore body; 3—location and number of samples

99%。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)。分析结果见表1。辉钼矿 Re 含量较高,变化比较大,在 $306.7 \pm 4.3 \times 10^{-6} \sim 1218.2 \pm 17.2 \times 10^{-6}$ 之间,其中的 QK07样品 Re 含量( $1218.2 \pm 17.2 \times 10^{-6}$ )明显高于其他样品,但 Re/<sup>187</sup>Os 值与其他样品一致(表1)。总体上 Re 与 <sup>187</sup>Os 含量变化比较协调,Re 含量的变化并不影响由它们所得出年龄的可靠性。这些辉钼矿高 Re 含量指示其物质来源于深部地幔(Stein et al., 2001)。6 个样品辉钼矿的 Re-Os 模式年龄相当一致,为  $15.99 \pm 0.31 \text{Ma} \sim 16.74 \pm 0.28 \text{Ma}$  (2σ 误差),变化不超过 1 Ma。6 件辉钼矿样品的 <sup>187</sup>Re-<sup>187</sup>Os 值构成一条 MSWD 为 1.5 的等时线(图3),根据 ISOPLOT 软件的模式 1 (Ludwig, 1999) 对所获得的数据进行等时线计算 (<sup>187</sup>Re 衰变常数为  $1.666 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ , Simoliar et al., 1996), 得到等时线年龄值  $16.41 \pm 0.48 \text{Ma}$  (2σ 误差; 参与计算的 <sup>187</sup>Re 和 <sup>187</sup>Os 的误差值分别取 2.5 和 1.5), 与单样品辉钼矿模式年龄完全一致。<sup>187</sup>Os 初始值为  $0.0007 \pm 0.0023$  (2σ 误差)。

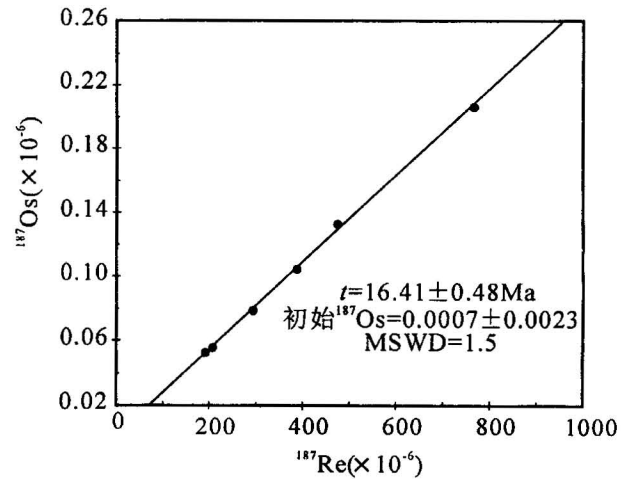


图3 西藏冈底斯驱龙矿床辉钼矿 Re-Os 等时线  
Fig. 3 Re-Os isochrone for molybdenites from Qulong porphyry copper deposit, Gangdese, Xizang (Tibet)

## 4 讨论和结论

### 4.1 斑岩成矿事件的有限时限

辉钼矿 Re-Os 法定年能够获得直接的成矿时间,是确定金属矿床特别是斑岩型矿床成矿时间有效的方法之一。利用辉钼矿 Re-Os 法得到的冈底斯

表 1 西藏冈底斯驱龙斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测试数据

Table 1 Re-Os isotopic date of molybdenite from Qulong porphyry copper deposit, Gangdese, Xizang (Tibet)

样号	样重(g)	Re( $\times 10^{-6}$ )	$^{187}\text{Re}$ ( $\times 10^{-6}$ )	$^{187}\text{Os}$ ( $\times 10^{-9}$ )	Re/ $^{187}\text{Os}$	模式年龄(Ma)
QK03	0.00324	615.4 $\pm$ 7.8	386.8 $\pm$ 4.9	104.5 $\pm$ 1.1	5889	16.21 $\pm$ 0.30
QK06	0.00538	333.9 $\pm$ 5.1	209.9 $\pm$ 3.2	55.9 $\pm$ 0.5	5973	15.99 $\pm$ 0.31
QK07	0.00142	1218.2 $\pm$ 17.2	765.7 $\pm$ 10.8	206.2 $\pm$ 2.1	5907	16.17 $\pm$ 0.31
QK09	0.00362	465.7 $\pm$ 4.9	292.7 $\pm$ 3.1	78.6 $\pm$ 0.9	5925	16.11 $\pm$ 0.28
QK46	0.00212	757.0 $\pm$ 9.7	475.8 $\pm$ 6.1	132.7 $\pm$ 1.2	5705	16.74 $\pm$ 0.30
QK52	0.00502	306.7 $\pm$ 4.3	192.8 $\pm$ 2.7	52.7 $\pm$ 0.5	5820	16.42 $\pm$ 0.31

说明: ① 表中误差为  $2\sigma$ 。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  $^{187}\text{Re}$  衰变常数  $\lambda$  的不确定度(1.02%)。② 模式年龄  $t$  按  $t = \frac{1}{\lambda} \ln \left( 1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}} \right)$  计算,其中  $\lambda(^{187}\text{Re}) = 1.666 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ 。③ 实验全流程空白: Re 为 0.02 ng, Os 为 0.003 ng。

成矿带上的斑岩型矿床的成矿年龄具有高的可信度和精确性。本文获得的驱龙斑岩铜矿的辉钼矿 Re-Os 年龄与区域上斑岩铜矿化时间基本一致(表2)。冈底斯带上斑岩体侵位活动时间集中在 17~12 Ma 之间(侯增谦等, 2003b)。从已知的不同方法测定的含矿斑岩相关的年龄和斑岩矿化时间(表2)可以看出,在冈底斯带斑岩体的侵位(冷却)时间与矿化事件具有高度的一致性,同时,岩浆活动和成矿作用均发生在相对集中的时间范围内(17~12 Ma)。目前可以利用的年龄数据显示含矿斑岩活动时间期限不超过 5 Ma,矿化作用的时间范围更短,在 2 Ma 以内,主要集中于 16~14 Ma 之间。在冈底斯成矿带内目前已知的含矿斑岩及其斑岩矿床位于冈底斯成矿带的中东部,虽然它们在空间上相距甚远,但成岩与成矿时间具有高度的统一性。因此可以认为,西藏冈底斯带的斑岩侵位与斑岩成矿具有集中爆发的特征。

#### 4.2 冈底斯斑岩集中成矿的构造控制和深部约束

西藏碰撞造山带经历了复杂的演化历史,印度

与亚洲大陆间陆陆碰撞作用使冈底斯弧的岩浆活动达到一个高峰(55~45 Ma)。冈底斯区域上小规模的中酸性斑岩体的浅成侵位活动主要发生在 17~12 Ma 之间,同时在 16~14 Ma 期间冈底斯斑岩铜矿带形成。而此间正是碰撞造山带隆升阶段地壳侧向(东西向)伸展时期,在高原形成一系列的切割冈底斯岩浆弧的南北向张性构造(地堑、裂谷和正断层)。如冈底斯带中 SN 向基性岩墙在 18~13 Ma 间侵位,预示约在 18 Ma 左右该区开始伸展(Williams et al., 2001)。藏南在 14 Ma 到 8 Ma 之间(Coleman et al., 1995)开始形成正断层,藏北大约在 13.5 Ma 左右形成(Bllsnluk et al., 2001)。中新世的小斑岩体(包括含矿斑岩)宏观上平行于冈底斯岩浆带,同时沿正断层和地堑盆地呈南北向串珠状分布,受张性构造系统控制(侯增谦等, 2003b; Hou et al., 2003c)。因此从时空结构上看,冈底斯带含矿斑岩的形成和成矿事件的发生与碰撞造山带演化后期地壳东西向伸展有密切的关系。由于冈底斯带区域性地壳隆升引

发深部岩浆沿张性构造系统上侵就位并形成斑岩岩浆成矿系统,继而发生斑岩型矿化作用。区域性的构造岩浆活动决定了冈底斯带具有统一的斑岩成矿环境。青藏高原东西向伸展活动是引起冈底斯带斑岩铜矿集中成矿的关键因素。

已有的研究表明埃达克岩起源与增厚的下地壳部分熔融(Atherton et al., 1993; Muir et al., 1995; Petford et al., 1996)或地幔内俯冲洋壳板片的部分熔融有关(Defant et al., 1990; Drummond et al., 1990; Kay et al., 1993; Peacock et al., 1994; Yogodzinski et al., 1995)。冈底斯带

表 2 冈底斯带含矿斑岩形成时间和成矿年龄

Table 2 Ages of copper-bearing porphyries and mineralization of porphyry copper deposits in Gangdese belt

矿区	岩性	测试对象	方法	年龄(Ma)	资料来源
甲马	花岗闪长斑岩	全岩	K-Ar	14.9	杜光树等,1998
	花岗斑岩	全岩	K-Ar	13.4	
拉抗俄	石英二长斑岩	斜长石	$^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ 等时线	13.56	曲晓明等,2003
		黑云母	$^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ 等时线	13.45	
		辉钼矿	Re-Os 模式年龄	13.5~13.6	
南木	二长花岗斑岩	全岩	K-Ar	16.0	②
		辉钼矿	Re-Os 等时线	14.67	侯增谦等,2003b
冲江	二长花岗斑岩	斜长石	$^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ 等时线	11.35	曲晓明等,2003
		黑云母	$^{39}\text{Ar}$ - $^{40}\text{Ar}$ 等时线	17.39	
		辉钼矿	Re-Os 等时线	14.04	
驱龙	二长花岗斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	16.41	本文
厅官	二长花岗斑岩	全岩	K-Ar	16.5	②
帮浦	花岗斑岩	辉钼矿	Re-Os 等时线	15.32	孟祥金等,2003

于中中新世集中侵位的含矿斑岩具有埃达克岩的地球化学特征(曲晓明等,2001;侯增谦等,2003a),其起源与印度—亚洲碰撞造山带深部构造岩浆活动有关。对冈底斯含矿斑岩的初步研究显示,它们可能为西藏碰撞造山带下残存的特提斯洋壳板片熔融的产物(侯增谦等,2003a; Hou et al., 2003c; 高永丰等,2003)。斑岩成矿事件与高原上南北向排列的钾质脉岩侵位、藏南钾质熔岩喷发和南北向张性构造系统一起,反映了碰撞造山带下深层次的构造岩浆活动(软流圈上涌、岩石圈拆沉、地壳隆升等)。冈底斯成矿带斑岩铜矿的集中爆发成矿是西藏陆—陆碰撞造山带演化过程中特定构造岩浆活动的表现,其成矿具有独特的成矿动力学机制。

不论是俯冲洋壳板片熔融还是下地壳底部部分熔融形成的埃达克质熔体,都会与幔源岩浆熔体发生不同程度的混合和物质交换,其后混合熔浆上侵演化形成长英质斑岩。因此,从含矿埃达克质斑岩成过程可以推测,含矿斑岩的成矿物质既可以来源于地壳(俯冲洋壳和下地壳),也可能来自深部地幔。驱龙斑岩铜矿以及冈底斯带上其他矿化斑岩中辉钼矿的高 Re 含量(侯增谦等,2003b)充分表明了埃达克质斑岩成矿系统物质来源的深源性。

致谢:野外期间得到西藏地质调查院郑有业教授、李国梁高工、张华平高工和潘凤雏高工的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!

### 注 释

- ① 西藏地质调查院. 2003. 西藏冈底斯东段铜多金属矿评价项目设计书.
- ② 西藏地质矿产局. 1993. 1:20万区域地质调查报告.

### 参 考 文 献

- 程力军,李志,刘鸿飞,杜光伟,郭建慈. 2001. 冈底斯东段铜多金属成矿带的基本特征. 西藏地质, 19(1):43~53.
- 杜安道,何红廖,殷万宁,邹晓秋,孙亚利,孙德忠,陈少珍,屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究. 地质学报, 68(4):339~346.
- 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. 成都:四川科学技术出版社.
- 侯增谦,曲晓明,黄卫,高永丰. 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. 中国地质, 28:27~29.
- 侯增谦,莫宣学,高永丰,曲晓明,孟祥金. 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. 矿床地质, 22(1):1~12.
- 侯增谦,曲晓明,王淑贤,高永丰. 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. 中国科学(D辑), 33: 609~618.
- 孟祥金,侯增谦,高永丰,黄卫,曲晓明,屈文俊. 2003. 西藏冈底斯东段斑岩铜矿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.
- 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? 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<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar 年龄及地质意义. 地质学报, 77(2):245~252.
- 王全海,王保生,李金高,姚鹏,李志,周祖翼,程立军,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.

### References

- Allégre C J, et al. 1984. Structure and evolution of the Himalayan—Tibet orogenic belt. *Nature*, 307: 17~22.
- Atherton M P, Petford N. 1993. Generation of sodium-rich magmas from newly underplated basaltic crust. *Nature*, 362:144~146.
- Billsluk P M, Hacker B, Glodny J, et al. 2001. Normal faulting in central Tibet since at least 13.5 Myr ago. *Nature*, 412:628~632.
- Cheng L J, Li Z, Liu H F, Du G W, Guo J C. 2001. Basic features of the east Gangdese polymetallic metallogenic belt. *Tibet Geology*, 19(1):43~53(In Chinese with English abstract).
- Coleman M, Hodges K. 1995. Evidence for Tibetan Plateau uplift before 14 Ma ago from a new minimum age for east—west extension. *Nature*, 374:49~52.
- Coulon C, Maluski H, Bollinger C, Wang S. 1986. Mesozoic and Cenozoic volcanic rocks from central and southern Tibet; <sup>39</sup>Ar/<sup>40</sup>Ar dating, petrological characteristics and geodynamic significance. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 79: 281~302.
- Defant M J, Drummond M S. 1990. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere. *Nature*, 347: 662~665.
- Dewey J F, Shackleton R M, Chang C, et al. 1988. The tectonic evolution of the Tibetan plateau. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:379~413.
- Drummond M S, Defant M J. 1990. A model for Trondhjemite—tonalite—dacite genesis and crustal growth via slab melting. Archean to modern comparisons. *Jour. Geophys. Res.*, 95: 21503~21521.
- Du A D, He H L, Yin W N, Zou X Q, Sun Y L, Sun D Z, Chen S Z, Qu W J. 1994. The study on the analytical methods of Re-Os age for molybdenites. *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 Jiama copper polymetallic deposit of Xizang. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press (in Chinese with English abstract).
- Durr S B. 1996. Provenance of Xigaze fore-arc basin clastic rocks (Cretaceous, south Tibet). *Geol. Soc. Am. Bull.*, 108: 669~684.
- Gao Y F, Hou Z Q, Wei R H, Zhao R S. 2003. Post-collisional adakitic porphyries in Tibet: Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic constraints on partial melting of oceanic lithosphere and crust—mantle interaction. *Acta Geologica Sinica (English edition)*, 77 (2): 194~203.
- Harris N B W, Xu R, Lewis C L, et al. 1988. Isotope geochemistry of the 1985 Tibet Geotraverse, Lhasa to Golmud. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:263~285.
- Harrison T M, Copeland P, Kidd W S F, Yin A. 1992. Raising

- Tibet. *Science*, 255: 1663~1670.
- Harrison T M, Yin A, Grove M, et al. 2000. Displacement history of the Gangdese thrust, Southeastern Tibet. *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. *China Geology*, 28: 27~29 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Mo X X, Gao Y F, Qu X M, Meng X J. 2003a. Adakite: A possible host rock for porphyry copper deposits; case studies of porphyry copper belts in Tibetan plateau and in northern Chile. *Mineral Deposits*, 22 (1): 1~12 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Qu X M, Wang S X, Gao Y F. 2003b. Re-Os age for molybdenites from the Gangdese porphyry belt in the Tibetan plateau: implication to mineralization duration and geodynamic setting. *Science in China (series D)*, 33: 609~618 (in Chinese).
- Hou Z Q, Mo X X, Qu X M, Gao Y F, Zhao Z D. 2003c. The mid-Miocene potassic adakite generation related to interaction of subducted Neo-Tethyan slab with overlying Asian mantle in South Tibet. *Earth Planet. Sci. Lett.*, (submitted).
- Kay S M, Ramos V A, Marquez M. 1993. Evidence in Cerro Pampa volcanic rocks of slab melting prior to ridge trench collision in southern South America. *J. Geol.*, 101:703~714.
- Leeder M R, Smith A B, Yin J. 1988. Sedimentology, palaeoecology and palaeoenvironmental evolution of the 1985 Lhasa to Golmud Geotraverse. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:107~143.
- Ludwig K. 1999. Isoplot/Ex, version 2.0; A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Geochronology Center, Berkeley, Special Publication 1a.
- Meng X J, Hou Z Q, Gao Y F, Huang W, Qu X M, Qu W J. 2003. 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. *Mineral Deposits*, 22 (3): 246~252 (in Chinese with English abstract).
- Muir R J, Weaver S D, Bradshaw J D, et al. 1995. Geochemistry of the Cretaceous Separation Plint Batholith, New Zealand: granitoid magmas formed by melting of mafic lithosphere. *J. Geol. Soc. Lond.*, 152: 689~701.
- Peacock S M, Rushmer T, Thompson A B. 1994. Partial melting of subducting oceanic crust. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 121: 227~244.
- Petford N, Atherton M. 1996. Na-rich partial melts from newly underplated basaltic crust; the Cordillera Blanca Batholith, Peru. *J. Petrology*, 37: 1491~1521.
- Pierce J A, Mei H. 1988. Volcanic rocks of the 1985 Tibet Geotraverse. Lhasa to Golmud. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:203~213.
- Qu X M, Hou Z Q, Huang W. 2001. Gangdese porphyry copper belt; the second Yulong porphyry copper belt in Tibet? *Mineral Deposits*, 20(4): 355~366 (in Chinese with English abstract).
- Qu X M, Hou Z Q, 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. *Acta Geologica Sinica*, 77(2): 245~252 (in Chinese with English abstract).
- Schärer U, Xu R H, Allère C J. 1984. U-Pb geochronology of the Gangdese (Transhimalaya) plutonism in the Lhasa—Xizang region, Tibet. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 69:311~320.
- Shirey S B, Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low-blank rhenium—osmium analysis. *Anal. Chem.*, 67:2136~2141.
- Simoliar M I, Walker R J, Morgan J W. 1996. Re-Os ages of group II A, III A, IV A and VB iron meteorites. *Science*, 271:1099~1102.
- Stein H J, Markey R J, Morgan J W, Hannah J L, Schersten A. 2001. The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite: how and why it works. *Terra Nova*, 13:479~486.
- Williams H, Turner S, Kelley S, Harris N. 2001. Age and composition of dikes in Southern Tibet; new constraints on the timing of east—west extension and its relationship to post-collisional volcanism. *Geology*, 29: 339~342.
- Wang Q H, Wang B S, Li J G, Yao P, Li Z, Zhou Z Y, Chen L J, Liu H F. 2002. Basic features and ore prospect evaluation of the Gangdese island arc, Tibet, and its copper polymetallic ore belt. *Geological Bulletin of China*, 21(1): 35~40 (in Chinese with English abstract).
- Xu R H, Schärer U, Allère C J. 1985. Magmatism and metamorphism in the Lhasa block (Tibet): a geochronological study. *J. Geol.*, 93: 41~57.
- Yin J, Xu J, Liu C, et al. 1988. The Tibetan plateau; regional stratigraphic context and previous work. *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, A327:5~52.
- Yin A, Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan—Tibetan orogen. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 28: 211~280.
- Yogodzinski G M, Kay R W, Volynets O N, et al. 1995. Magnesian andesite in the western Aleutian Komandorsky region; implications for slab melting and processes in the mantle wedge. *Geol. Society Am. Bull.*, 107:505~519.

## Re-Os Dating for Molybdenite from Qulong Porphyry Copper Deposit in Gangdese Metallogenic Belt, Xizang and Its Metallogenic Significance

MENG Xiangjin<sup>1)</sup>, HOU Zengqian<sup>1)</sup>, GAO Yongfeng<sup>2)</sup>, HUANG Wei<sup>3)</sup>, QU Xiaoming<sup>1)</sup>, QU Wenjun<sup>4)</sup>

1) *Institute of Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Science, Beijing, 100037*

2) *Shijiazhuang College of Economy, Shijiazhuang, Hebei, 0510031*

3) *Geological Survey Institute of Xizang (Tibet), Lhasa, 851400; 4) National Research Center of Geoanalysis, Beijing, 100037*

### Abstract

Qulong deposit located in Gangdese granitoid batholite in the eastern Gangdese metallogenic belt is one of typical porphyry-type copper deposits. High precise dating of Re-Os for molybdenite determined the

mineralization age of Qulong copper deposit. The Re-Os model ages for 6 molybdenite samples are from 15.99 Ma to 16.74 Ma, with variety less than 1 Ma. According to the best-fit calculation of 6 samples, Qulong deposit yielded a  $^{187}\text{Re}$ - $^{187}\text{Os}$  isochron age of  $16.41 \pm 0.48$  Ma ( $2\sigma$  error, MSWD=1.5), identical to the Re-Os model ages. Those date of Qulong deposit are consistent with the mineralization ages ( $14 \text{ Ma} \pm$ ) of the porphyry-type copper deposits in Gangdese belt. The date of mineralization age of the porphyry-type copper deposits in Gangdese belt shows that the copper mineralization occurred in the period from 16 Ma to 14 Ma, in a short session with time limit no more than 2 Ma, and implies the speciality of paroxysmal mineralization. The deposits occurred during eruption of potassic lava and east—west extension of the crust in Xizang (Tibet). The geochemistry characteristics of the copper-bearing porphyries and the space—time adhere to potassic lava and to south—north trending extensional structure system indicate that the porphyry-type copper deposits in Gangdese belt are controlled by the evolution of the Himalayan—Tibet collision orogen and tectonomagmatism under the collision belt, which implies the dynamic setting of paroxysmal mineralization of porphyry-type deposits in Gangdese belt.

**Key words:** Re-Os isotope age; porphyry-type copper deposit; paroxysmal mineralization; metallogeny; Qulong, Gangdese, Xizang (Tibet)

---