维普资讯 http://www.cqvip.com

1000-0569/2008/024(03)-0503-10 *Acta Petrologica Sinica* 岩石学报

纳日贡玛斑岩钼铜矿床：玉龙铜矿带的北延——来自辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的证据*

王召林[1] 杨志明[1] 杨竹森[2] 田世洪[2] 刘英超[2] 马彦青[3] 王贵仁[3] 屈文俊[4]

WANG ZhaoLin[1], YANG ZhiMing[1], YANG ZhuSen[2], TIAN ShiHong[2], LIU YingChao[2], MA YanQing[3], WANG GuiRen[3] and QU WenJun[4]

1. 中国地质科学院地质研究所，北京 100037
2. 中国地质科学院矿产资源研究所，北京 100037
3. 青海省地质调查院，西宁 810012
4. 国家地质实验测试中心，北京 100037

1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Science, Beijing* 100037, *China*
2. *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, Beijing* 100037, *China*
3. *Qinghai Geological Survey Institute, Xining* 810012, *China*
4. *National Research Center of Geoanalysis, Chinese Academy of Geological Science, Beijing* 100037, *China*

2008-01-17 收稿，2008-03-04 改回.

Wang ZL, Yang ZM, Yang ZS, Tian SH, Liu YC, Ma YQ, Wang GR and Qu WJ. 2008. Narigongma porphery molybdenite copper deposit, northern extension of Yulong copper belt: evidence from the age of Re-Os isotope. *Acta Petrologica Sinica*, 24(3):503-510

Abstract Narigongma molybdenite copper deposit locates at the south Qinghai province, which is the northern segment of Sanjiang in southwest China and is bounded to the north by the Jinshajiang sature and to the south by the Bangonghu-Nujiang sature. This area is a tectonic transfer belt, which absorbs and accommodates the stress and strain coming from the collision of India and Asia continents. Affected by this collision, the tectonic deformation in this area is very complicated. Since 51Ma, series of NW-SE trending thrust faults and strike-slip faults are formed, companying with potassic magma simultaneously. Narigongma porphyry molybdenite copper deposit is formed in Cenozoic biotite granite porphyry and its boundary with wall rocks. For absence of reliable aging data, the occurrence environment of the deposit is not known by people, and the relationship with Yulong porphyry copper deposit belt is blurry, 6 samples of molybdenite are taken from Narigongma molybdenite copper deposit to analyze for Re-Os isotope dating, yielding a Re-Os isochrone age of 40.86±0.85Ma (MSWD=0.79). This age is consistent with the mineralization age of the Yulong porphyry, and Narigongma should be the northern prolongation of Yulong copper belt. Large extension of metallogenic belt indicates that there is still a tremendous potential of finding a large porphyry copper (molybdenite) deposit in the region from Yulong to Narigongma.

Key words Qinghai; Narigongma; Porphyry copper (molybdenite) deposit; Re-Os isotope dating

摘 要 纳日贡玛钼(铜)矿床位于西南"三江"北段青海南部地区，构造上位于金沙江缝合带与班公湖-怒江缝合带所夹持的羌塘地体之上，该区是吸纳和调节印度-亚洲大陆碰撞应力应变的构造转换带；受印度-亚洲大陆斜向碰撞事件的影响，区内新生代构造变形异常复杂，至51Ma以来，区内形成了一系列NW-SE向的逆冲断裂系统及走滑断裂系统，并伴有少量钾质岩浆活动；纳日贡玛斑岩钼(铜)矿床便产于新生代黑云母花岗斑岩及其接触带中。长期以来，由于缺少可靠的年代学数据，人们对纳日贡玛矿床的产出环境尚不清楚，与玉龙斑岩铜矿带的关系还比较模糊。为此，本文选取了纳日贡玛钼铜矿6件辉钼矿样品进行Re-Os同位素测年，结果给出了一条均方差为0.79的Re-Os等值线，其年龄为40.86±0.85Ma，这与玉龙斑岩铜矿代的成矿年龄基本一致，应为玉龙铜矿带的北延；较大的成矿带延长范围表明，在玉龙至纳日贡玛上千公里的范围内，仍

* 本文受国家科技支撑计划项目(编号2006BAB01A08)"三江"北段铜、铅锌、银矿床综合评价技术开发与应用"资助.

第一作者简介：王召林，男，1978年生，博士研究生，E-mail：geology231@126.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

有寻找大型斑岩铜(钼)矿床的巨大潜力。

关键词 青海; 纳日贡玛; 斑岩钼铜矿; Re-Os 年龄
中图法分类号 P597.3; P618.65; P618.41

斑岩型矿床以其储量大、分布广,深受矿床地质学家的关注。碰撞造山型斑岩铜矿成矿理论的提出(侯增谦等, 2007),打破了传统的斑岩铜矿只能形成于岩浆弧环境下的论断(Sillitoe, 1972; Camus *et al.*, 1996)。玉龙斑岩铜矿带和冈底斯斑岩铜矿带是这一新成矿理论的典型代表,分别是印度与欧亚大陆大规模的同碰撞造山作用(65Ma ~ 41Ma)和后碰撞伸展作用(25Ma ~ 0Ma),在青藏高原的东北缘和南缘形成的(侯增谦等, 2006b)。这两个成矿带的形成分别受控于新生代陆内走滑断裂系统和伸展断裂系统,含矿斑岩的年龄在52 ~ 33Ma(Hou *et al.*, 2003)和18 ~ 13Ma(Hou *et al.*, 2004a)。与俯冲环境下钙碱性系列的岩石不同的是,大陆碰撞环境下斑岩铜矿的成矿母岩属高钾钙碱性-钾玄岩系列(张玉泉等, 1998; Hou *et al.*, 2003; Jiang *et al.*, 2006),岩石具有埃达克岩特征(侯增谦等, 2004a,b; Wang *et al.*, 2006)。

位于金沙江缝合带以南的"三江"北段成矿带,是我国著名的"三江"铜多金属巨型成矿带的北延部分,具有很好的成矿远景。值得注意的是,构造上与玉龙斑岩铜矿带同处于昌都陆块东北缘(Hou *et al.*, 2003),同样发育大量北西向逆冲推覆、走滑断裂(Spurlin *et al.*, 2005)和斑岩体的那日贡玛地区逐渐引起人们的关注,并认为很有可能成为玉龙铜矿带北延部分(图1)。

前人已经在玉龙铜矿带做了大量的工作,也取得了许多宝贵的认识(芮宗瑶, 1984; 马鸿文, 1990; Hou *et al.*, 2003; Jiang *et al.*, 2006; 郭利果等, 2006),但对于纳日贡玛矿床的研究甚少,甚至是刚刚起步的阶段(南征兵等, 2005, 2007; 白云等, 2007),明确厘定斑岩的成矿时代显得尤为重要。同 Ar-Ar 和 U-Pb 测试方法相比,在发生了蚀变和后期热事件的地区,用Re-Os同位素法测定辉钼矿的年龄能够很好地界定成矿时代,特别是对斑岩型钼铜矿床具有良好的应用前景(David and Robert, 2001; Hou *et al.*, 2006a)。为准确确定纳日贡玛钼铜矿的成矿年龄和成矿作用时限,本次研究对采自该矿区的6个辉钼矿样品进行 Re-Os 同位素测试,得到了纳日贡玛斑岩钼铜矿的成矿年龄,同时结合斑岩体的侵位年龄讨论了矿化与岩浆作用时限的关系,并与玉龙斑岩铜矿带进行对比。

1 成矿地质背景

纳日贡玛地区构造上处于金沙江缝合带与澜沧江断裂带之间的羌塘地体东北缘,是调节青藏高原挤压、隆升和大规模向南挤出的部位(Tapponnier *et al.*, 1982; Yin and Harrison, 2000),如图1。研究区先后经历了晚古生代-中生代古特提斯洋盆扩张、俯冲造山作用及新生代大规模陆内变形。晚古生代-中生代古特提斯洋盆扩张、俯冲造山作用主要表现在古特提斯多岛洋扩张及随后的洋盆向南发生 B 型俯冲消减,形成陆缘弧火山弧(莫宣学等, 1993);三叠纪陆相磨拉石建造、碱性火山岩及不整合的出现,标志着西金乌兰-金沙江结合带构造演化的结束,从此进入陆内造山阶段;进入新生代,随着印度-亚洲大陆碰撞和青藏高原的抬升,区内进入大规模陆内变形,形成北西走向的逆冲断裂控制该区整体的构造格局(Spurlin *et al.*, 2005)。受区域构造控制,自中二叠世以来,研究区内岩浆活动频繁,印支期、燕山期、喜山期均有规模不等的岩浆侵位,而与纳日贡玛钼铜矿化关系密切的主要为喜山期的花岗斑岩①。

经历了上述复杂的构造演化,区内断裂构造相当发育,按其展布方向可分为北西向、北东向、近东西向和近南北向四组断裂。同玉龙斑岩铜矿带发育走滑拉分盆地相比,三江北段的玉树-囊谦构造带在晚始新世-晚新近纪发生了至少两次北东-南西方向的挤压和五次北西-南东方向的走滑活动,发育了大量的北西向逆冲断裂,并向西可以延伸到风火山地区,成为三江北段最具特征的构造样式(Spurlin *et al.*, 2005)。

纳日贡玛出露地层主要为中-下二叠统开心岭群尕笛考组 C 段砂岩、板岩、灰岩和 D 段玄武岩,玄武岩局部相变为安山玄武岩、安山岩及中酸性火山碎屑岩等。

2 矿床地质特征

区内岩浆岩呈岩株状侵入到中-下二叠统尕笛考组玄武岩中,以喜山期花岗岩类为主。受北西向和北东向两组构造的复合控制,斑岩体平面上形态呈"V"字形,岩体面积约0.96km^2,地表可见俗称"火烧皮"的氧化带。

详细的钻孔编录、露头观察和主、微量元素实验数据表明,在纳日贡玛初步识别出四种类型的斑岩:细粒黑云母花岗斑岩、粗粒黑云母花岗斑岩、浅色细粒花岗斑岩和石英闪长玢岩,区域上表现为向西、向南多见浅色细粒花岗斑岩,长轴为北东向,而中东部为黑云母花岗斑岩,石英闪长玢岩脉侵位到玄武岩和黑云母花岗斑岩中,其中除了云英闪长玢岩外都有不同程度的矿化,且黑云母花岗斑岩为主要的含矿岩石(杨志明等, 2008)。矿体倾向北西西,与岩体的长轴方向一致,倾角约45度,钼矿体多位于岩体的内部,铜矿体多位于岩体与围岩的接触带上。

① 青海地调院. 2006. 1:250000 治多幅区域地质调查报告

维普资讯 http://www.cqvip.com

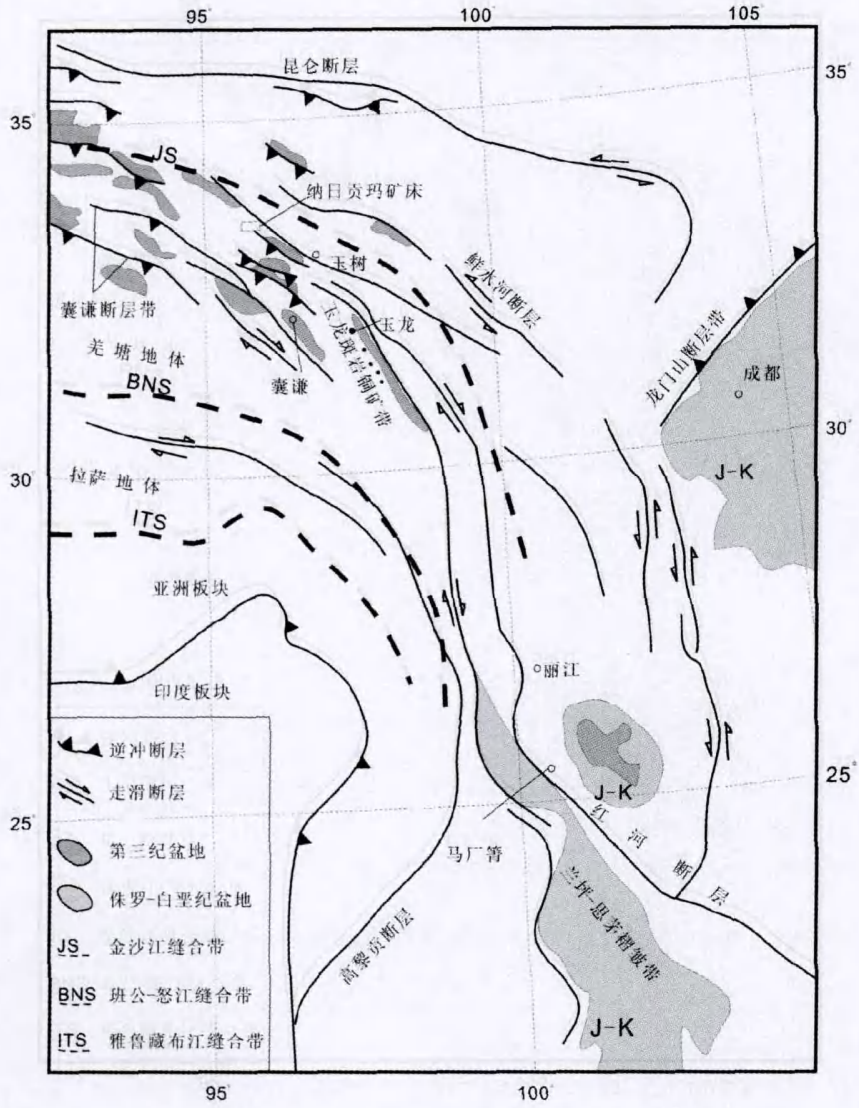


图 1 青藏高原东缘新生代构造简图(据 Wang *et al.*, 2001; Spurlin *et al.*, 2005 修改)

Fig. 1 Simplified Cenozoic tectonic map of eastern Tibet (modified from Wang *et al.*, 2001; Spurlin *et al.*, 2005)

通过对矿区内 9 口钻孔岩芯编录可以发现，岩体具备典型斑岩型矿床的蚀变特征，剖面上从内向外依次出现钾硅酸盐化、绢英岩化、青磐岩化和后期叠加在绢英岩化上的泥化蚀变；其中，绢英岩化多以脉体蚀变晕的形式发育在黑云母花岗斑岩中，青磐岩化主要以面状和脉状蚀变环绕斑岩体分布于围岩中，而泥化局部呈脉状叠加在石英-绢云母化带中。另外，构造破碎和天水的淋滤作用，导致了斑岩内硫化物的溶解和 Cu 的迁移，形成铜蓝矿和孔雀石等富集带叠加于早期的斑岩型矿化之上。

通过钻孔岩芯初步揭露，岩体内部钼矿化特征明显，而铜矿化则主要位于与围岩的接触带上的玄武岩中，与玉龙斑岩铜矿明显不同(Hou *et al.*, 2003)。靠近岩体的玄武岩发生明显的黑云母化和绿泥石化，在局部的石英脉两侧具有黑云母晕。

纳日贡玛钼铜矿床存在 22 条铜矿体，矿体赋存于硅化、绢云母化、高岭土化黑云母花岗斑岩与围岩的接触带上，形态呈带状、厚板状、不规则状。铜金属量 25.16 万吨，铜平均品位 0.33%，具中型规模；钼矿化主要产于硅化、绢云母化黑云母花岗斑岩内及蚀变玄武岩内、外接触带。初步的钻孔资料表明，靠近接触带钼矿体厚度大、品位高，斑岩体中心钼矿化相对较弱，钼矿体厚度、品位变化均较大，估算钼金属量 67.5 万吨，钼平均品位 0.079%，究其原因可能与蚀变有关。与玉龙二长花岗斑岩相比，本区斑岩的成矿元素含量变化较大，钼含量变化范围 $6.3\times10^{-6}\sim298\times10^{-6}$，5 个样品平均值 115.6×10^{-6}，高于玉龙二长花岗斑岩 38 个样品平均值(86×10^{-6})；铜含量变化范围 $300\times10^{-6}\sim2664\times10^{-6}$，5 个样品平均值 1460×10^{-6}，低于玉龙二长花岗斑岩 38 个样品平均值(2379×10^{-6})(王贵仁，未刊资料)，显示

维普资讯 http://www.cqvip.com



图2 纳日贡玛矿区地质图及采样点位置(据杨志明等,2008修改)

Fig. 2 Geological map of Narigongma deposit and location of samples(modified from Yang *et al.*, 2008)

了斑岩体钼矿化好于铜矿化,与钻孔和野外地质观察情况吻合,属于典型的斑岩型钼铜矿床。

矿化类型主要为辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿化,呈现出石英+辉钼矿、石英+辉钼矿+黄铁矿、石英+黄铜矿的矿物组合,铜钼矿多产于典型的B脉之中,该脉两壁清晰、平直,石英等透明矿物颗粒一般垂直于脉壁生长,硫化物多呈中心线或边缘线分布(杨志明等, 2008),也有一些铜钼矿呈细脉浸染状存在于石英脉中。大量的矿脉统计表明,矿脉分布频数每平方米90余条(王贵仁, 未刊资料),各期次脉体呈明显的穿插关系。

3 样品描述和分析方法

所取的6件辉钼矿样品除N015-1(探槽中)外均取自钻孔,取样位置和描述如图2、表1,样品的Re-Os化学分离和质谱测定在国家地质实验中心完成,具体方法参照文献(杜安道等,1994, 2001; 屈文俊和杜安道, 2003)。

准确称取待分析样品,通过长细颈漏斗加入到Carius管(一种高硼厚壁大玻璃安瓿瓶)底部。缓慢加液氮到有半杯乙醇的保温杯中,调节温度到-50~-80℃。放装好样的Carius管到该保温杯中,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,再加入2mL 10mol/L HCl, 4mL 16mol/L HNO_3、1mL30% H_2O_2。当管底溶液冰冻后,用丙烷氧气火焰加热封好carius管的细颈部分,放入不锈钢套管内,轻轻放入套管鼓风烘箱内,待回到室温后,逐渐升温到200℃,保温24h。在底部冷冻的情况

表1 纳日贡玛钼铜矿床辉钼矿取样位置和描述

Table 1 *Locations and descriptions of molybdenite samples in* Narigongma molybdenite copper deposit

样品编号	样品位置及岩性描述
404-13	坐标: X: 3712345; Y:32387180,孔深145.3米处,含近纯辉钼矿脉(0.5mm)花岗岩
N402	坐标: N: 33°31′51″;E94°47′11″,探槽402处,粗粒辉钼矿石英脉,脉宽约10cm
701-18	坐标: X: 3712949.48; Y:32387157.75,孔深51.75米处,绿泥石化、斑状黑云母化玄武岩,石英-辉钼矿脉宽2~4mm
N403	坐标: N: 33°31′51″; E94°47′08″,辉钼矿石英脉,脉宽1~3mm
701-65	坐标: X: 3712949.48; Y:32387157.75,孔深269米处,绿泥石化,硅化玄武岩,石英-辉钼矿脉宽2~4mm,辉钼矿呈浸染状
N015-1	坐标: N: 33°31′56″;E94°47′17″,6号探槽中,含石英-辉钼矿脉(2cm)、石英-黄铁矿脉的黄铁绢英岩化花岗斑岩

维普资讯 http://www.cqvip.com

下，打开 Carius tube，并用 40mL 水将管中溶液转入蒸馏瓶中。用 105 ~ 110℃ 蒸馏 50min，用 10mL 水吸收蒸出的 OsO_4，用于 ICPMS(等离子体质谱仪测定)测定 Os 同位素比值。将蒸馏残液倒入 150mL Teflon 烧杯中待分离铼，将第一次蒸馏残液置于电热板上，加热近干，加少量水，加热近干，重复两次以降低酸度。加入 10mL 5mol/L NaOH，稍微加热，转为碱性介质。转入 50mL 聚丙烯离心管中，离心，取上清液转入 120mLTeflon 分液漏斗中。加入 10mL 丙酮，振荡 5min. 萃取 Re。静止分相，弃去水相。加 2mL 5mol/L NaOH 溶液到分液漏斗中，振荡 2min，洗去丙酮相中的杂质，弃去水相，排丙酮到 150mL 已加有 2mL 水的 Teflon 烧杯中，在电热板上 50℃加热以蒸发丙酮，加热溶液至干。加数滴浓硝酸和 30% 过氧化氢，加热蒸干以除去残存的锇。用数毫升稀 HNO_3 溶解残渣，稀释到硝酸浓度为 2%。备 ICPMS 测定 Re 同位素比值。如含铼溶液中盐量超过 1mg/mL，需采用阳离子交换柱除去钠。

质谱测定采用美国 TJA 公司生产的 TJA X-series ICPMS 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 测试结果和讨论

这些斑岩中的辉钼矿样品，以其较高的 Re 含量和较大的 $^{187}Re/^{187}Os$ 比值变化范围，使得精确测定成矿年龄成为可能。6 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测试结果列于表 2，并将相应的等时线年龄和模式年龄加权平均值示于图 3、4。从图 3 中可以看出纳日贡玛钼铜矿辉钼矿 6 件样品拟合较好，Re-Os 同位素等时线年龄为 40.86 ±0.85Ma，初始 ^{187}Os 为0.21 ±0.44(MSWD = 1.6)，模式年龄 40.91 ~ 43.05Ma，模式年龄加权平均值 41.26 ±0.24Ma。

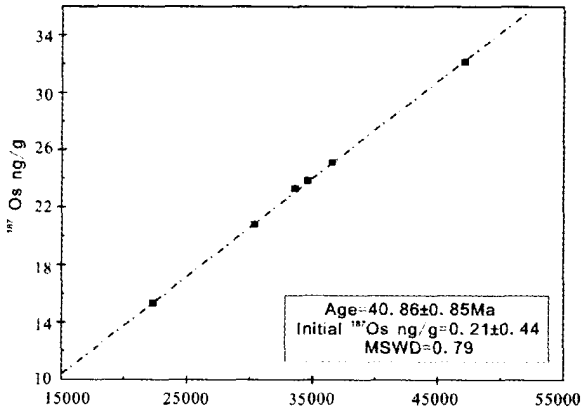


图 3 纳日贡玛钼铜矿辉钼矿 Re-Os 等时线

Fig. 3 Re-Os isochrone of molybdenites from Narigongma molybdenite (copper) deposit

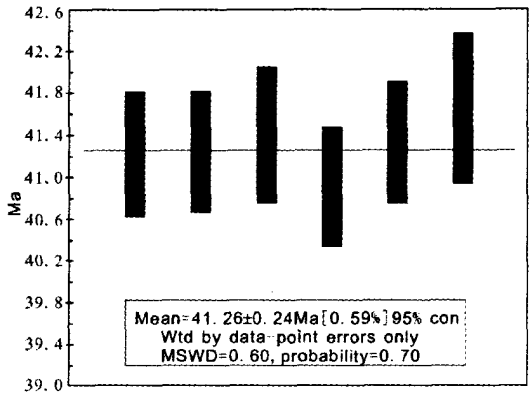


图 4 纳日贡玛钼铜矿辉钼矿 Re-Os 模式年龄

Fig. 4 Re-Os model age of molybdenites from Narigongma molybdenite (copper) deposit

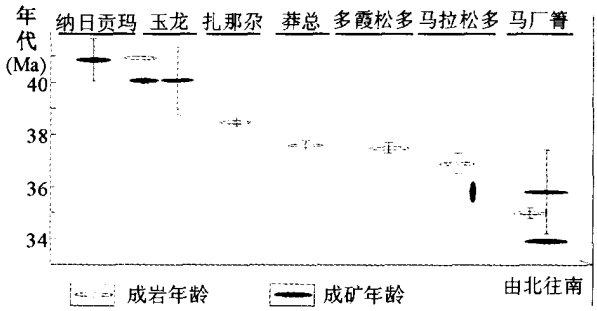


图 5 玉龙斑岩铜矿带成岩、成矿年龄

玉龙矿床成矿斑岩年龄据马鸿文(1990)，Liang *et al.*（2006)，郭利果等(2006)，成矿年龄据 Hou *et al.*（2006a)；扎那尕、莽总、多霞松多矿床成岩年龄据 Liang *et al.*（2006)；马拉松多矿床成岩年龄据 Liang *et al.*（2006)，成矿年龄据唐仁鲤和罗怀松(1995)和杜安道等(1994)；马厂箐矿床成岩年龄据梁华英等(2004)；成矿年龄据王登红等(2004)，Hou *et al.*（2006a)

Fig. 5 The diagenesis and mineralization ages of Yulong porphyry copper belt

Diagenesis ages for Yulong deposit are from Ma (1990) and Liang *et al.* (2006), Guo *et al.* (2006), mineralization age is from Hou *et al.* (2006a); diagenesis ages for Zhanaga deposit, Mangzong deposit, Duoxiasongduo deposit and Malasongduo deposit are from Liang *et al.* (2006), mineralization ages for Malasongduo deposit are from Tang *et al.* (1995) and Du *et al.* (1994), Diagenesis age for Machangqing deposit is from Liang *et al.* (2004), and mineralization ages for Machangqing deposit are from Wang *et al.* (2004) and Hou *et al.* (2006a)

由于传统的 Rb-Sr、K-Ar 法测得的成岩年龄变化范围较大，为了说明矿化年龄与岩体年龄的关系，本文重点统计了玉龙斑岩铜矿带与铜钼矿成矿关系最密切的岩体锆石 U-Pb 年龄和辉钼矿 Re-Os 成矿年龄，并形象地表现出成岩与成矿在空间上的变化关系，见图 5。到目前为止，纳日贡玛的成

维普资讯 http://www.cqvip.com

表2 纳日贡玛钼铜矿辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 2 Re-Os isotope data of molybdenite on Narigongma molybdenite (copper) deposit

编号	原样名	样重(g)	Re μg/g 测定值	C 普 Os ng/g 测定值	^{187}Re ng/g 测定值	^{187}Os ng/g 测定值	模式年龄(Ma) 测定值
070628-1	404-43	0.02071	58.15(0.51)	0.0452(0.0115)	36551(322)	25.11(0.21)	41.22(0.59)
070628-2	N402	0.02469	48.25(0.40)	0.0378(0.0064)	30327(254)	20.84(0.16)	41.23(0.57)
070628-3	701-18	0.02043	55.03(0.59)	0.1196(0.0151)	34592(370)	23.87(0.2)	41.4(0.65)
070628-4	N403	0.02356	53.51(0.41)	0.1405(0.0132)	33634(257)	24.13(0.18)	43.05(0.57)
070628-5	701-65	0.02024	75.01(0.66)	0.0538(0.0195)	47148(413)	32.14(0.24)	40.91(0.57)
070705-10	N015-1	0.02029	35.49(0.29)	0.0651(0.0116)	22307(183)	15.36(0.13)	41.33(0.58)
070622-8	N403	0.0102	53.47(0.49)	0.1821(0.0230)	33607(310)	23.32(0.28)	41.64(0.71)

矿年龄均利用成岩年龄来代表的,况且斑岩体的侵位是多期的,很难对成矿时代进行准确刻画,这样确定成矿年代就显得非常重要。

本次研究所取的6件辉钼矿样品的模式年龄为40.86±0.85Ma,符合图5中玉龙斑岩铜矿带由北向南铜钼矿年龄逐渐变新的趋势。同样,通过岩体年龄由北向南逐渐变新,成矿年龄比岩体年龄稍晚的趋势,可以推测与纳日贡玛钼铜矿床有关的黑云母花岗斑岩年龄应该在41~43Ma,与 Hou *et al.* (2003)认为自印亚碰撞以来在青藏高原东南部存在着转换挤压向转换伸展的过渡,即在玉龙斑岩铜矿带存在一个约41Ma左右的应力释放和由此引发的岩浆高峰期的观点一致,说明纳日贡玛斑岩钼铜矿床同样受新生带以来的大规模陆内走滑断裂控制,与玉龙斑岩铜矿带具有密切的时空、成因联系,可以作为该铜矿带的北延。但与玉龙斑岩铜矿带不同的是:纳日贡玛含矿斑岩侵位于二叠纪玄武岩中,而玉龙斑岩铜矿的围岩是三叠纪的灰岩、砂岩、泥岩;从矿床元素垂直分带特征来看,表现为地表氧化带铜较富集,而钻孔中却出现低铜富钼的情况,可能因为遭受了较强的剥蚀;从铜钼的赋存部位来看,纳日贡玛钼矿多位于岩体内部,而铜矿化则主要位于与围岩的接触带上的玄武岩中。与玉龙斑岩铜矿的上述差别,可能解释了玉龙斑岩铜矿富铜贫钼,而纳日贡玛富钼少铜的特点。

从成矿构造背景来看,虽然至今在纳日贡玛地区还没有确切的断裂发育年代的报道,但 Spurlin *et al.* (1995)在玉树-囊谦地区的研究成果表明,纳日贡玛地区的逆冲断裂的发育时限可能为65~41Ma,是新生代陆内变形的产物。仔细分析青藏高原东北缘地质图(图1),可以很清晰地发现,三江地区的近南北向走滑断裂到玉树地区逐渐消失,取而代之的是近北西向的逆冲断裂,似乎呈现出控制玉龙地区北西向拉分盆地和碱性火山岩的走滑断裂正好消失在纳日贡玛岩体中。研究表明,藏东斑岩铜矿床的分布直接或间接受区域性走滑断层控制(Hou *et al.*, 2003)。关于这些走滑断层,刘增乾(1993)提出一种解释,认为喜山期印度板块向亚洲板块的大规模汇聚,加之东面的扬子板块和北部的塔里木板块的强烈阻挡作用,使得羌塘地体东北缘的德钦-维西一带强烈挤压,在中生界盆地的基础上,其南部思茅和北部昌都块体向南北两端挤离,形成"X"形共轭走滑断裂系,囊谦盆地和贡觉盆地即是走滑断层控制的走滑拉分盆地,盆地内碱性火山岩的年龄为42.4~37.5Ma,说明火山岩的发育可能与42Ma左右的走滑断层活动过程中的应力释放和转换有关系。由于印度大陆的向北俯冲和青藏高原整体的向南挤出(Tapponnier *et al.*, 1982; Yin and Harrison, 2000),三江成矿带的走滑断裂年龄表现出由北向南逐渐变新的趋势(Leloup *et al.*, 1995, 2001; 张连生和钟大赉, 1996),相应的由走滑断裂而导致的钾质斑岩体的侵位及成矿年龄也呈现向南逐渐变新的规律(Liang *et al.*, 2006),我们可以这样认为,纳日贡玛位于北东向挤压(形成北西向的主体逆冲断裂)和青藏高原整体向南离散逃逸的交汇部位,在这里形成了应力的薄弱区,导致纳日贡玛沿体沿北东方向就位。

总之,纳日贡玛地区的主体构造为新生代以来的北西向逆冲断裂,青藏高原东缘大规模斜向挤出导致的走滑和稍晚的北东向走滑作用共同控制了纳日贡玛斑岩体的侵位,黑云母花岗斑岩伴随 Cu-Mo 矿化。纳日贡玛斑岩钼铜矿的 Re-Os 同位素模式年龄为40.86±0.85Ma,比南部的玉龙斑岩铜矿带的成矿年龄略老,但具有明显的时空和成因关系,应属于同一成矿带。纳日贡玛大型矿床的确立,将把玉龙斑岩铜矿带沿走向向北西延伸约300公里。这样,在玉龙至纳日贡玛上千公里的范围内,仍有寻找大型斑岩铜钼矿床的巨大潜力。

致谢 感谢审稿人中国科学院地质与地球物理研究所秦克章研究员和南京大学姜耀辉教授对本文的评审意见,感谢青海地质调查院王富春高级工程师和田永革工程师对作者野外工作中的大力帮助,特别感谢中国地质科学院侯增谦研究员对行文过程中的指导,使笔者能够尽快完成此文。

维普资讯 http://www.cqvip.com

References

Camus F, Sillitoe RH and Petersen R. 1996. Andean copper deposits: New discoveries, mineralization style and metallogeny. Society of Economic Geologists Special Publication, 5: 198

David S and Robert AC. 2001. Re-Os geochronology and systematics in molybdenite from the Edako porphyry molybdenum deposit, British Columbia, Canada. Economic Geology, 96: 197 - 204

Du AD, He HL and Yin WN. 1994. The study on the analytical methods of Re-Os age for molybdenites. Acta Geologica Sinica, 68: 339 - 347(in Chinese with English abstract)

Du AD, Zhao DM, Wang SX, Sun DZ and Liu DY. 2001. Precise Re-Os dating of Molybdenite using Carius tube, NTIMS and ICPMS. Geoanalysis, 20(4): 247 - 252 (in Chinese w ith English abstract)

Guo LG, Liu YP, Xu W, Zhang XC, Qin KZ, Li T S and Shi YR. 2006. Constrains to the mineralization age of the Yulong porphyry copper deposit from SHRIMP U-Pb ziecon data in Tibet. Acta Petrologica Sinica, 22(4): 1009 - 1016 (in Chinese with English abstract)

Hou ZQ, Ma HW, Khin Z, Zhang YQ, Wang MJ, Wang Z, Pan GT and Tang RL. 2003. The Himalayan Yulong Porphyry Copper Belt: Product of Large-Scale Strike-Slip Faulting in Eastern Tibet. Economic Geology, 98: 125 - 145

Hou ZQ, Gao YF, Meng XJ *et al.* 2004a. Genesis of adakit porphyry and tectonic controls on the Gangdese Miocene porphyry copper belt in the Tibet orogen. Acta Petrologica Sinica, 20(3): 239 - 248 (in Chinese with English abstract)

Hou ZQ, Gao YF, Qu XM, Rui ZY and Mo XX. 2004b. Origin of adakitic intrusives generated during mid-Miocene east-west extension in southern Tibet. Earth and Planetary Science Letters, 220: 139 - 155.

Hou ZQ, Zeng PS, Gao YF, Du AD and Fu DM. 2006a. Himalayan Cu-Mo-Au mineralization in the eastern Indo-Asian collision zone: Constraints from Re-Os dating of molybdenite. Mineralium Deposita, 41: 33 - 45

Hou ZQ, Mo XX, Yang ZM, Wang AJ, Pan GT, Qu XM and Nie FJ. 2006b. Metallogenesis in the Tibetan collision orogenic belt: Tectonic setting tempo-spatial distribution and ore deposit type. Geology in China, 33: 348 - 359(in Chinese with English abstract)

Hou ZQ, Pan XF, Yang ZM and Qu XM. 2007. Porphyry copper deposits in Contineutal Settings. Geoscience, 21(2): 332 - 351(in Chinese with English abstract)

Jiang YH, Jiang SY, Ling HF and Dai BZ. 2006. Low-degree melting of a metasomatized lithospheric mantle for the origin of Cenozoic Yulong monzogranite-porphyry, east Tibet: Geochemical and Sr-Nd-Pb-Hf isotopic constraints. Earth and Planetary Science Letters, 241: 617 - 633

Leloup PH, Lacassin R, Tapponnier P, Scharer U, Zhong DL, Liu XH, Zhang LS, Ji SC and Trinh PT. 1995. The Ailao Shan-Red River shear zone (Yunnan, China), Tertiary transform boundary of Indo-china. Tectonophysics, 251: 3 - 84

Leloup PH, Arnaud N, Lacassin R, Kienast JR, Harrison TM, Trong TTP, Replumaz A and Tapponnier P. 2001. New constraints on the structure, thermochronology, and timing of the Ailao Shan-Red River shear zone, SE Asia. Journal of Geophysical Research, 106: 6683 - 6732

Liang HY, Xie YW and Zhang YQ. 2004. Constrains to the mineralization of the copper deposits from forming and evlution of kalium-rich alkali rock at Machangqing copper deposit. Progress in Nature Science, 14 (1): 116 - 119 (in Chinese with English abstract)

Liang HY, Campbell Ian H, Allen Charlotte, Sun WD, Liu CQ, Yu HX, Xie YW and Zhang YQ. 2006. Zircon Ce^{4+}/Ce^{3+} ratios and ages for Yulong ore-bearing porphyries in eastern Tibet. Miner Deposita, 41: 152 - 159

Liu ZQ, Li XZ, Ye QT, Luo JN and Shen GF. 1993. Division of tectono-magmatic belts and the distribution of deposits in the Sanjiang area: Beijing: Geological Publishing House, 246 (in Chinese with English abstract)

Ma HW. 1990. Granitoid and mineralization of the Yulong porphyry copper belt in eastern Tibet. Beijing: China University of Geosciences Press, 1 - 158 (in Chinese with English abstract)

Mo XX, Lu FX, Shen SY, Zhu QW and Hou ZQ. 1993. The Tethyan volcanism and mineralization in the Sanjiang region. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 265 (in Chinese with English abstract)

Rui ZY, Huang, CK, Qi GM, Xu J and Zhang MT. 1984. The porphyry Cu(Mo) deposits in China. Beijing: Geological Publishing House, 1 - 350 (in Chinese with English abstract)

Sillitoe RH. 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. Economic Geology, 67: 184 - 197

Spurlin MS, Yin A, Horton BK, Zhou JY and Wang JH. 2005. Structural evolution of the Yushu-Nangqian region and its relationship to syncollisional igneous activity, east-central Tibet. GSA Bulletin, 117: 1293 - 1317

Tang RL and Luo HS. 1995. The geology of Yulong porphyry copper (molybdenum) ore belt, Xizang (Tibet). Beijing: Geological Publishing House, 1 - 320 (in Chinese with English abstract)

Tapponnier P, Peltzer G and Le Dain AY. 1982. Propagating extension tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine. Geology, 10: 611 - 616

Wang DH, Qu WJ, Li ZW *et al.* 2004. The metallogenic concentrated epoch of the Porphyry Copper(molybdenum) deposits in Jinshajiang-Honghe metallogenic belt: Re-Os isotope dating. Science in China (series D), 34(4): 345 - 349(in Chinese with English abstract)

Wang JH, Yin A, Harrison TM, Grove M, Zhang YQ and Xie GH. 2001. A tectonic model for Cenozoic igneous activities in the eastern Indo-Asian collision zone. Earth and Planetary Science Letters, 188: 123 - 133

Wang Q, Xu JF, Jian P, Bao ZW, Zhao ZH, Li CF, Xiong XL And Ma JL. 2006. Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China of porphyry copper mineralization. Journal of Petrology, 47(1): 119 - 144

Yang ZM, Hou ZQ, Yang ZS, Wang SX, Wang GR, Tian SH, Wang ZL, Liu YC and Wen DY. 2008. Genisis of porphyries and tectonic controls on the Narigongma porphyry Mo (Cu) deposit, southern Qinghai. Acta Petrologica Sinica (in review) (in Chinese with English abstract)

Yin A and Harrison TM. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen. Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 28: 211 - 280

Zhang LS and Zhong DL. 1996. The Red River strike-slip shear zone and Cenozoic tectonics of east Asia continent, Scientia Geologica Sinica in Chinese, 31(4): 327 - 340(in Chinese with English abstract)

Zhang YQ, Xie YW, Li XH, Qiu HN and Zhong SL. 1998. Shoshonitic series: Geochemical characteristics of elements for ore-being porphyry from Yulong copper ore belt in eastern Tibet. Earth Science, 23(6): 557 - 561(in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

白云，唐菊兴，郭文铂等. 2007. 纳日贡玛铜(钼)矿床地质特征及成矿作用初探. 矿业快报，4(4)：75 - 78

杜安道，何红蓼，殷宁万等. 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 管溶样和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

郭利果，刘玉平，徐伟等. 2006. SHRIMP 锆石年代学对西藏玉龙斑岩铜矿成矿年龄的制约. 岩石学报，22(4)：1009 - 1016

侯增谦，高永丰，孟祥金等. 2004a. 西藏冈底斯中新世斑岩铜矿带：

维普资讯 http://www.cqvip.com

埃达克质斑岩成因与构造控制. 岩石学报, 20(3):239 - 248

侯增谦,莫宣学,杨志明等. 2006b. 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, 潘小菲, 杨志明等. 2007. 初论大陆环境斑岩铜矿. 现代地质, 21(2):332 - 351

梁华英. 2002. 青藏高原东南缘斑岩铜矿成矿研究取得新进展. 矿床地质, 21(4):365

梁华英,张玉泉,谢应雯等. 2004. 富钾碱性岩体形成演化对铜矿成矿制约:以马厂箐铜矿为例. 自然科学进展, 14(1): 116 - 119

刘增乾,李兴振,叶庆同等. 1993. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律. 北京:地质出版社, 1 - 246

马鸿文. 1990. 西藏玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿. 北京:中国地质大学出版社. 157

莫宣学,路凤香,沈上越,侯增谦. 1993. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京:地质出版社, 1 - 265

南征兵, 唐菊兴, 李葆华等. 2005. 青海纳日贡玛斑岩铜矿流体包裹体地球化学特征. 新疆地质, 23(4):373 - 377

南征兵, 唐菊兴, 李葆华. 2007. 青海纳日贡玛斑岩铜(钼)矿地质地球化学特征及成因探讨. 新疆地质, 25(2):199 - 203

屈文俊, 杜安道. 2003. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿铼-锇地质年龄. 岩矿测试, 22(4):254 - 257

芮宗瑶,黄崇轲, 齐国明等. 1984. 中国斑岩铜(钼) 矿床. 北京:地质出版社,1 - 350

唐仁鲤,罗怀松. 1995. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质. 北京:地质出版社. 1 - 320

王登红,屈文俊,李志伟等. 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

杨志明,侯增谦,杨竹森,王淑贤,王贵仁,田世洪,王召林,刘英超,温德银. 2008. 青海纳日贡玛斑岩铜(钼)矿床: 岩石成因及构造控制. 岩石学报(审稿中)

张连生,钟大赉. 1996. 从红河剪切带走滑运动看东亚大陆新生代构造. 地质科学, 31(4): 327 - 340

张玉泉,谢应雯,李献华,邱华宁,钟孙霖. 1998. 钾玄岩系列:藏东玉龙铜矿带含矿斑岩元素地球化学特征. 地球科学,23(6):557 - 561