

青藏高原北羌塘盆地纳日贡玛铜钼矿床 地质特征及控矿条件

陈有顺¹, 李善平^{2,3}, 李永祥⁴, 温得银³, 王树林³, 黄青华³, 常有英³

(1. 青海省地震局, 青海 西宁 810001; 2. 青海省地质矿产研究所, 青海省青藏高原北部地质过程与矿产资源重点实验室, 青海 西宁 810012; 3. 青海省地质调查院, 青海 西宁 810012; 4. 青海省第八地质矿产勘查院, 青海 西宁 810001)

摘要: 纳日贡玛铜钼矿床属斑岩型铜矿, 处于班公湖-怒江缝合带北侧、金沙江缝合带以南的羌北-昌都地块, 与玉龙斑岩矿床同属一个成矿带。早中二叠世尔笛组为主要赋矿地层, 铜矿体主要产于靠近斑岩体上部的硅化绢云母化黑云母二长花岗斑岩和接触带部位的蚀变玄武岩中, 形态复杂, 矿石类型较简单。钼矿主要产于斑岩体内具弱蚀变的黑云母二长花岗斑岩、浅色花岗闪长斑岩和强蚀变的硅化绢云母化黑云母二长花岗斑岩中, 少量分布于黄铁矿青磐岩化玄武岩中, 沿走向及倾斜方向延伸比较稳定。矿石类型以细脉浸染型铜钼矿为主, 其来源于陆内碰撞而加厚的下地壳。复合断裂是控制本区斑岩成矿带的主要因素, 铜钼矿床即产于大断裂交汇部位。中酸性侵入体是内在控矿因素, 裂隙构造系统也具有重要的控矿作用。

关键词: 青藏高原; 纳日贡玛; 铜钼矿床; 斑岩型

中图分类号: P618.41; P618.65 **文献标识码:** A

斑岩铜矿床是世界重要铜矿类型之一, 也是我国最主要的铜矿类型。世界铜矿的储量和产量有一半来自斑岩型铜矿, 在我国斑岩型铜矿储量比例占到 64% 左右 (斑岩型 42%, 矽卡岩型 22%)。三江 (金沙江、怒江、雅鲁藏布江) 地区属特提斯-喜马拉雅斑岩成矿带, 斑岩型铜钼 (金) 矿产是三江成矿带最有优势和最具特色的矿种。随着工作的深入, 斑岩型多金属矿产的找矿工作有了重大的突破 (杨宗镜, 1990; 芮宗瑶等, 1984; 陈炳蔚, 1991; 侯增谦, 1991; 陈毓川等, 1993; 李振兴等, 1999; 王云山, 2009)。西藏自治区境内迄今已发现 3 条斑岩型矿带: 玉龙矿带、班公错矿带及冈底斯矿带 (刘

增乾等, 1993; 唐仁鲤等, 1995), 这些矿带产出位置均分别与金沙江缝合带、班公错-怒江缝合带及雅鲁藏布江板块缝合带密切相关。笔者等对位于三江北段的纳日贡玛一带的斑岩型铜钼矿进行了详细调查, 为该区多金属矿产的找矿工作提供了重要依据。

1 区域地质概况

纳日贡玛斑岩型矿床夹持于澜沧江与金沙江深断裂之间, 大地构造背景处于北羌塘-昌都陆块之开

收稿日期: 2010-08-16; 修回日期: 2010-10-26

基金项目: 青海省重大科技专项 (2010-J-A1) 及中国地质调查局《25 万治多、杂多幅区域地质调查》项目 (I46C003004、I46C004004) 资助

作者简介: 陈有顺 (1976-), 男, 青海乐都人, 工程师, 1997 年毕业于长春科技大学地质矿产专业。主要从事基础地质、地震地质工作。E-mail: youshun_chen@126.com

地分界断裂(章岗日松-囊谦断裂带)南侧。纳日贡玛铜钼矿区属三江北段成矿带开心岭-杂多华力西—喜马拉雅期铜钼铅锌成矿带。与玉龙斑岩铜矿床同属一个成矿带(图1)。区域地层呈北西—南东向。区域地层主要为晚古生代及中生代地层,其展布方向同区域构造线展布方向一致,呈北西—南东向展布。主要出露地层有早石炭世杂多群海相砂岩、灰岩-海陆交互相煤系层,早二叠世开心岭群砂岩、板岩、灰岩夹火山岩,晚三叠世结扎群砂岩、灰岩、火山岩夹页岩、煤层。三者均为不整合接触,除此,尚见白垩纪、新近纪地层零星分布。

区内经历了长期复杂的构造运动,断裂构造十分发育,按走向分为北西西向、北东向和近东西向,各组断裂彼此交错切割,共同构成区内基本构造轮廓。北西西向囊谦深断裂带作为导岩、导矿构造和控制着区域成矿带的展布。该区域性大断裂的北西向和北东向次级断裂作为配岩配矿构造,控制含矿斑岩体和矿床的分布。其中,北西向断裂为区内的主干断裂构造。北西西向次级断裂及北东向与北西西向断裂交切复合部位为岩浆、矿质提供了有利的赋存空间,有利于金属矿的富集。

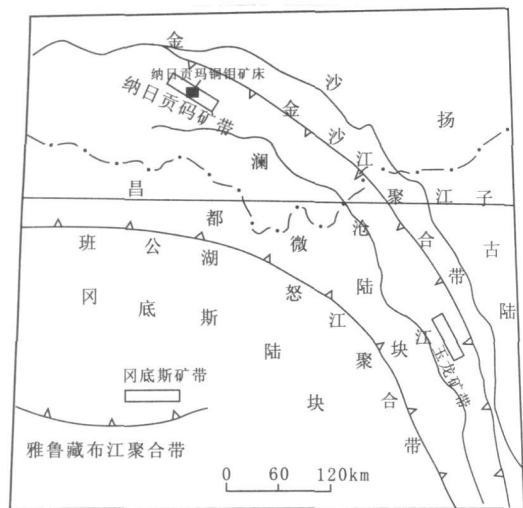


图1 纳日贡玛铜钼矿床大地构造位置图

Fig.1 Tectonic location of Cu-Mo deposit in Narigongma area

区内岩浆活动强烈,火山岩、侵入岩分布广泛,其展布受区域构造的控制。侵入岩以燕山期花岗闪长斑岩类和喜山早期花岗斑岩类为主,多呈岩株状产出,中酸性脉岩亦较发育。喷出岩以海相中基性

熔岩为主,局部见有中基性火山碎屑岩。岩浆活动与成矿关系较为密切。

前人在该区黑云母花岗斑岩中获得4个K-Ar同位素测试,年龄值分布为49.4 Ma、37.2 Ma、33.9 Ma和22.0 Ma,为喜山早期的产物(马鸿文,1990)。浅色细粒花岗斑岩稍晚于黑云母花岗斑岩。纳日贡玛斑岩铜钼矿中辉钼矿的Re-Os同位素模式年龄为 (40.86 ± 0.85) Ma(王召林,2008)。纳日贡玛主含矿斑岩锆石U-Pb年龄为 (43.3 ± 0.5) Ma,明显为玉龙斑岩铜矿带的北延部分(杨志明,2008)。本次区域地质调查在黑云母花岗斑岩中取锆石U-Pb同位素测试,由宜昌地质矿产研究所测试,分析3颗锆石,分别获得21 Ma、39 Ma和66 Ma的 ^{206}Pb - ^{238}U 表面年龄。通过与玉龙斑岩铜矿对比,认为无论斑岩体还是矿化都是多期的,纳日贡玛斑岩体侵位至少有3期,而矿化也是多次富集的结果。因此,根据年龄最新的同位素结果,确定纳日贡玛斑岩体形成的时代为渐新世E₃,相当于喜马拉雅早—中期。

2 矿区地质

2.1 地层

矿区地层受区域构造线的控制呈北西—南东向展布。二叠纪地层是主要的赋矿地层,由早中二叠世尔笛考组(P_{1-2gd})、中二叠世开心岭群的诺日巴尕日保组(P_{2nr})和九十道班组(P_{2j})组成。其中,早二叠世诺日巴尕日保组(P_{2nr})主要为一套海相基性—中基性火山岩、火山碎屑岩及碳酸盐岩,主要岩性为灰绿色、紫红色夹杂色火山碎屑岩、火山岩夹灰岩、砂岩、砾岩等,区域上为主要含矿地层。早中二叠世尔笛考组呈不规则状分布于纳日贡玛、陆日格一带,主要为一套基性—中基性火山岩,呈北西向条带展布。晚三叠世结扎群甲丕拉组(T_{3jp})呈角度不整合覆盖于尔笛考组之上,局部呈断层接触。区内河流谷地主要为现代河流冲洪积及冰碛堆积物(图2)。

2.2 构造

矿区构造简单,褶皱构造不发育,而小断裂及其派生的裂隙构造则十分发育。断裂构造按其展布方向可分为北西西向、北东向和近南北向三组。北西西向断裂延伸长度约12 km。断面多呈舒缓波状,

岩层普遍挤压破碎，且明显的牵引，具有长期活动的特征。成矿岩体周边的黏土化、硅化、绢云母化蚀变带和辉钼矿细脉，主要沿该组裂隙发育。矿区南西边缘的北东向花岗闪长斑岩脉也受该组裂隙控

制。走向 100 ~ 110 的裂隙其裂隙面较平滑，走向延伸不远，属扭性结构面。走向 340 ~ 350 的裂隙较稀疏、延伸短。斑岩及围岩中铜钼矿化与裂隙发育程度有着密切的关系。

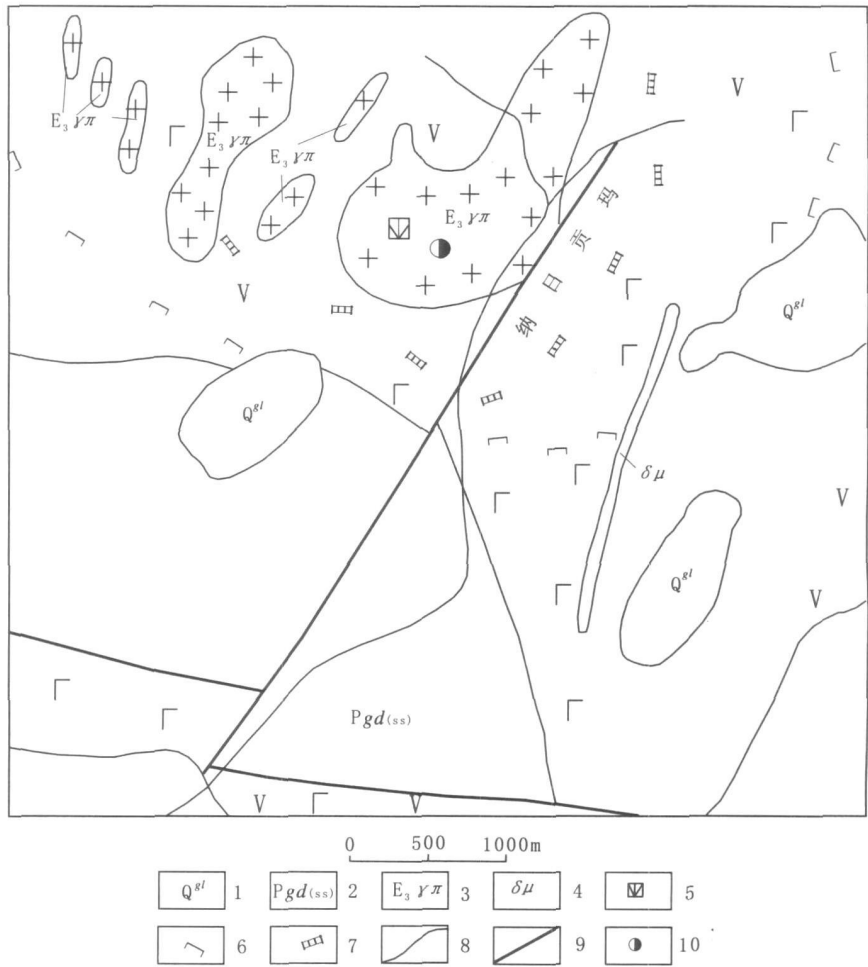


图 2 纳日贡玛铜钼矿床矿区地质图

Fig. 2 Geological map of Cu-Mo deposit in Narigongma area

1. 现代冰川；2. 二叠纪杂岩组碎屑岩；3. 渐新世花岗斑岩；4. 闪长玢岩；5. 样品采集点；6. 青磐岩化带，
7. 黄铁矿化带；8. 地质界线；9. 逆断层；10. 纳日贡玛铜钼矿床

2.3 岩浆岩

矿区侵入岩主要是黑云母二长花岗斑岩、浅色细粒花岗斑岩、石英闪长玢岩等构成复式岩体。斑岩体主体部分是黑云母二长花岗斑岩，浅色细粒花岗斑岩稍晚于黑云母花岗斑岩。主岩体及围岩的裂隙极为发育。

区内花岗斑岩中的 Mo、Cu、Au、Ag、Pb、Rb、Cs、Sb、Th、U 等成矿微量元素均高于花岗岩克拉克值，其余微量元素与花岗岩克拉克值相近，说

明本区花岗斑岩的主要元素含矿性较好，丰富的微量元素为成矿提供了矿质来源。而花岗斑岩、石英二长斑岩和黑云母二长斑岩微量元素含量具有一致性，推测它们的来源和成因是相同的。花岗斑岩就是区内斑岩型铜（钼）矿的主要成矿母岩。

脉岩主要是围绕黑云母花岗斑岩、花岗斑岩及黑云母花岗岩等呈岩株出现，为北北东、北东、近南北及北西向展布。岩性为黑云母花岗斑岩、花岗斑岩及闪长玢岩等，属喜山晚期产物。

3 矿床特征

纳日贡玛铜钼矿床受喜山早期黑云母花岗斑岩控制，矿体赋存于岩体内部及与围岩的接触带。根据矿体相对集中分布的特点及所处地质环境、构造

部位的差异，圈定铜钼矿体共 8 个，根据矿化种类及形态上的分枝特征，每个矿体中圈定出多个分支矿体。围岩为早二叠世尕斯库组 (P₁gd) 的玄武岩，具环绕斑岩体分布的面型青磐岩化、黄铁矿青磐岩化及局部的矽卡岩化、角岩化等蚀变 (图 3)。

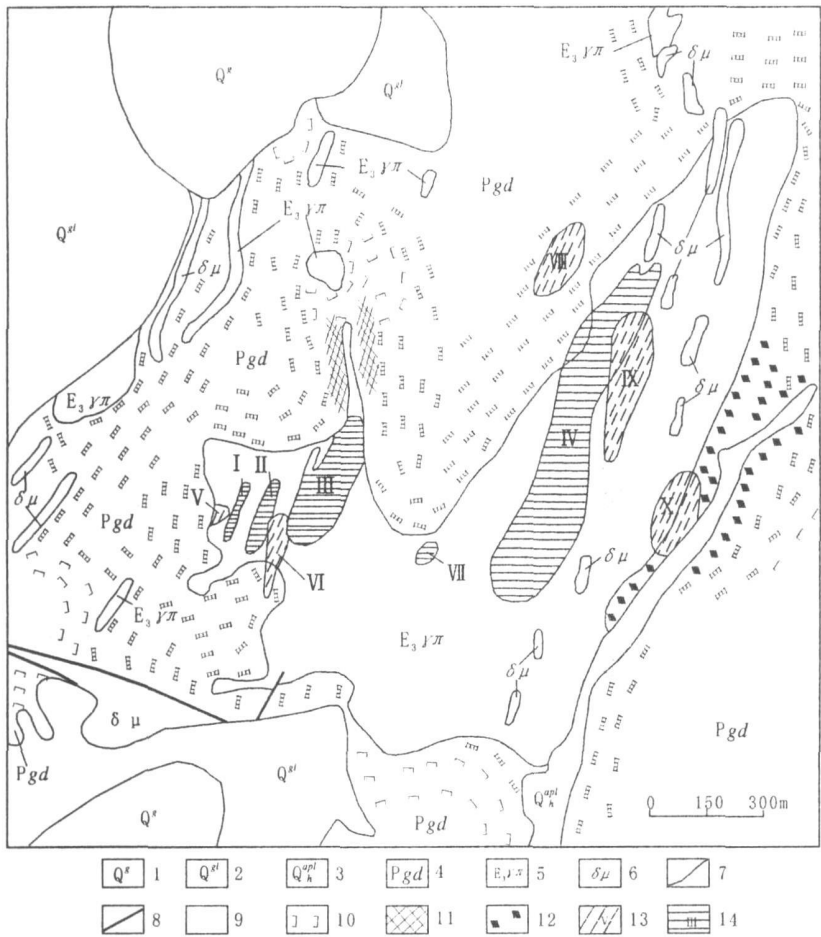


图 3 纳日贡玛矿区地质图

Fig. 3 Geological map of Narigongma ore area

1. 现代冰川; 2. 冰川堆积; 3. 川洪积堆积物; 4. 二叠纪尕斯库组中性火山岩; 5. 喜山期花岗斑岩; 6. 闪长玢岩; 7. 地质界线; 8. 逆断层; 9. 黄铁矿化; 10. 青磐岩化; 11. 矽卡岩化; 12. 角岩化; 13. 铜矿体及编号; 14. 钼矿体及编号

3.1 矿体特征

铜钼矿主要产于斑岩体内具弱蚀变的黑云母二长花岗斑岩、浅色花岗闪长斑岩中。形态比较复杂，呈脉状、透镜状、带状、厚板状和不规则状，沿走向及倾斜方向延伸比较稳定 (厚度和品位)，矿石类型较简单。

各矿体空间位置基本沿斑岩体与围岩的上接触带分布。矿体形态呈厚饼状-不规则蘑菇状，主要分

布于 7 线以南、12 线以北。控制矿体长为 1 100 m，矿体走向北北东向，主体倾向西。矿体厚度为 4. 96 ~ 384. 96 m，平均厚度为 198. 27 m，沿倾向最大延深 (4 勘探线) 约 1 500 m。走向上以 0 线为界，北部表现为铜矿化，南部表现为钼的矿化特征，该矿体约占矿区钼资源量的 85%。铜为矿区内主矿体，主体位于斑岩体上部接触带靠近玄武岩一侧，沿接触带附近有串层现象。矿体形态为似层状、不规则

状, 主要分布于 8 线以北地段 (图 4), 矿体主体倾向西。目前已控制矿体长约 1 100 m, 倾向最大延伸 (3 线) 约 550 m, 矿体厚度一般为 6~58 m。矿体在 7 线以北厚度较小, 0~3 线间厚度较大, 4~8 线间断续产出, 有部分被剥蚀。矿石类型主要为玄武型铜矿, 部分接触带地段在铜矿体边部共生低品位钼矿体。

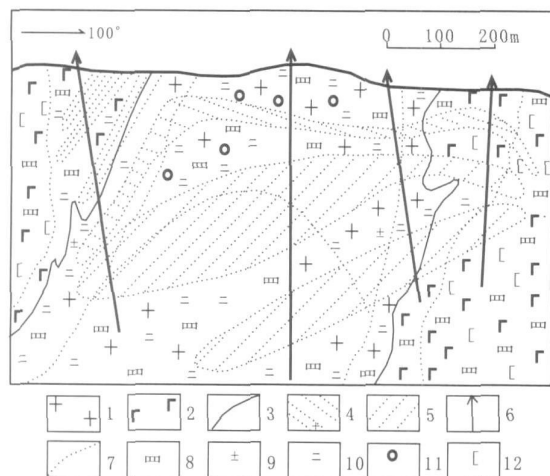


图 4 纳日贡玛矿区 8 勘探线剖面图

(陆海峰, 2006)

Fig. 4 At 8 prospecting line profile of deposit in Narigongma area

1. 花岗岩; 2. 玄武岩; 3. 侵入界线; 4. 铜矿体; 5. 钼矿体; 6. 钻孔; 7. 蚀变相 (带) 分界线; 8. 黄铁矿化; 9. 高岭土化; 10. 绢云母化; 11. 硅化; 12. 青磐岩化

3.2 矿石特征

矿石类型: 矿床中没有明显的氧化富集带, 矿石自然类型属原生硫化矿石。按金属矿物分类可分为辉钼矿石、黄铜矿石、含黄铜矿辉钼矿石和辉钼矿黄铜矿石四类, 以前两类为主。按含矿岩石可分为玄武岩型矿石、花岗斑岩型矿石。据矿石的结构构造可划分为细脉浸染型、细脉型和浸染型, 以细脉浸染型为主。

矿物成分: 矿石中金属矿物主要为辉钼矿、黄铜矿和黄铁矿, 其次为辉铜矿、铜蓝、孔雀石及褐铁矿, 偶见方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、黝铜矿、白钨矿、黑钨矿和钼华等。脉石矿物组分较为复杂。当赋矿岩石为玄武岩时, 有黑云母、斜长石、角闪石及石英或斜长石、辉石、角闪石、绿帘石阳起石、绿泥石及石英等; 当赋矿岩石为黑云母花岗斑岩时, 有

钾长石、斜长石、石英及黑云母或石英、长石、绢云母和高岭石等。

矿石结构、构造: 矿石主要为半自形—他形微细粒状、半自形—自形片状及鳞片状结构。矿石构造以稀疏浸染状, 微—细脉状构造为主。铜矿化浅部以浸染状为主, 中部以细—微细脉状为主, 中下部以脉状为主, 深部以星点状为主。钼矿化则以细—微细脉状为主产于裂隙中。

矿石中主要有益组分为 Mo、Cu, 矿床中 Cu 平均品位为 0.33%, Mo 为 0.068%。伴生有用组分有 Pb、Zn、S、Ag、稀土等, 可综合评价。

3.3 蚀变及矿化特征

纳日贡玛花岗斑岩为含矿主岩体。斑岩型多金属矿化在空间形态上出现岩体、蚀变带、矿化带的同心环状分带展布的特点。蚀变带分带十分显著, 斑岩体内具较强而普遍的黏土化、硅化—绢云母化, 其次有钾化等蚀变。围岩具环绕斑岩体分布的面型青磐岩化、黄铁矿青磐岩化及局部的矽卡岩化、角岩化蚀变。由斑岩体的内部—接触带—围岩, 依次为石英绢云母化带 (硅化、钾化、绢云母化带) —高岭土化带—黄铁矿化带—青磐岩化带—矽卡岩化、角岩化带。蚀变的强度、规模与矿化成正比, 矿化类型依次为斑岩型—矽卡岩型—中低温热液型。成矿元素依次为 Mo—Cu—Fe—Pb—Zn—Ag。钼矿体主要产于斑岩体内, 铜矿体主要产于靠近斑岩体外接触带的蚀变玄武岩中和斑岩体内的硅化带—绢云母化带内及蚀变的围岩捕虏体中。由此, 反映纳日贡玛矿区具面型蚀变特征, 蚀变特征从花岗斑岩体至围岩有环带状分布的趋势, 表现为硅化—绢云母化—黄铁矿化带—高岭土化—黄铁矿化带—黄铁矿—青磐岩化带, 表现为斑岩型铜 (钼) 矿床蚀变特征。

3.4 矿化分带性

斑岩体中具有以下的矿化变化特征: 斑岩体的蚀变较强, 在垂向上 (从上一—下) 矿化分布特征为: Cu—Cu+ Mo—Mo+ Cu—Mo+ Pb+ Zn—Mo—贫化。玄武岩中铜、钼矿体表现出相互分离的负相关关系, 铜矿化较好地段钼矿化相对较弱, 钼矿化较好地段铜矿化相对较弱, 但也有少量相重叠现象。矿化程度受小构造 (层间裂隙、节理、原生裂隙) 控制, 矿化的强弱与硅化呈正相关, 钾质蚀变带位于贫矿带。Cu 矿化主要富集于围岩中, 而 Mo 矿化则具有在斑岩体中较强、围岩中较弱的特征。

4 地球化学特征

4.1 岩相学

纳日贡玛含矿斑岩体的主体是由黑云母二长花岗斑岩组成，在主岩体西侧有规模较小、生成时代稍晚的花岗闪长斑岩。岩体西边缘岩石相变为花岗闪长斑岩，岩体东枝北段局部相变为斜长花岗斑岩。

黑云母二长花岗斑岩：灰色，斑状结构，基质微粒结构。斑晶含量多大于 30%，主要由石英（5%~10%）、斜长石（5%~30%）、钾长石（2%~10%）和黑云母（2%~5%）组成。斑晶由巨斑晶和一般斑晶组成，巨斑晶粒径 1~4 cm，以钾长石为主。一般斑晶粒径为 0.5~3 mm，以斜长石、黑云母为主，均匀分布。斜长石斑晶的粒度大小不一，自形—他形板状，局部有少量颗粒组成的聚斑晶。网状裂隙发育，沿裂隙及解理常有轻微绢云母化。双晶发育，具不明显的环带结构，斜长石以 A_n 20~25 号更长石为主。基质具半自形微—细粒不等粒结构，粒度为 0.02~0.2 mm，主要由石英（20%~30%）、正长石（15%~35%）、斜长石（10%~20%）及少量黑云母（0%~2%）和黄铁矿（0%~1%）组成。副矿物以磷灰石及榍石为主。

浅色花岗闪长斑岩：白色、灰白色，斑状结构，基质为显微文象、微粒结构。斑晶粒径为 0.78~8.5 mm，含量为 27%~35%。斑晶以更长石为主，含量为 21%~25%。另有少量石英（4%~5%）、钾长石（2%~6%）、黑云母（2%），斜长石呈板状、柱状，

具模糊环带结构，普遍绿泥石化。钾长石呈半自形板状、粒状。石英呈他形粒状，具熔蚀特点。黑云母呈板状，具褐色多色性。基质粒径可分 0.1~0.4 mm 和 0.02~0.04 mm 两个级别，以斜长石（35%~38%）、钾长石（12%~18%）、石英（15%）为主，少量黑云母（1%）。充填在长石空隙间。黑云母呈板条状，局部有暗化现象。副矿物有磷灰石、锆石和金红石等，金属矿物为黄铁矿、黄铜矿和辉钼矿等。

4.2 岩石化学特征

在纳日贡玛花岗斑岩的边部和核部(岩心样)各取岩石地球化学样。由表 1 可见， SiO_2 含量介于 70.61%~72.7%，岩石具有 $Al_2O_3 > CaO + Na_2O + K_2O$ ，而 MgO 含量低的特点。铝过饱和指数 $ASI = 2.73 \sim 1.09$ ，均大于或近于 1.1，为较典型的过铝质花岗岩，相当于 S 型花岗岩。里特曼指数为 0.58~2.03，属于钙碱性岩系列。 $K_2O > Na_2O$ ， K_2O/Na_2O 在 2.47~22.17。岩石中自边部向核部 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 含量略有降低， A/CNK 、 K_2O/Na_2O 、 MgO/FeO 等化学参数明显降低，而 CaO 、 K_2O 和 Na_2O 的含量和 N_k 、 σ 等化学参数明显升高。

在 SiO_2 - $SiO_2-(K_2O + Na_2O)$ 图解（图 5）中，所有的样品投影点均落入亚碱性系列，再投图 AFM 图解（图 6）中，边部岩石投影于拉斑玄武岩区和钙碱性岩区的界线附近，核部岩石样投影于钙碱性岩区，故岩石总体上属钙碱性岩系列。

花岗斑岩边部和核部岩石的微量元素分析结果

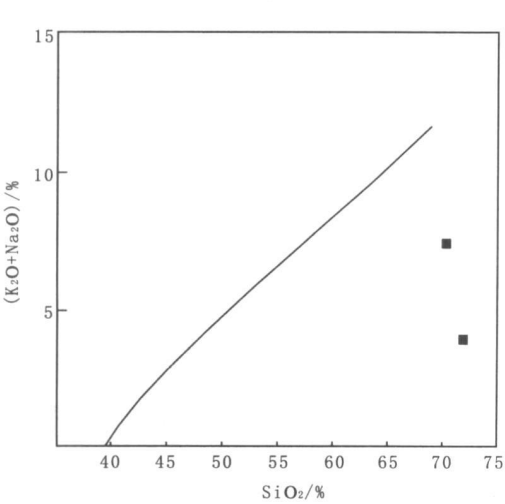


图 5 $SiO_2-(K_2O + Na_2O)$ 图解
Fig. 5 $SiO_2-(K_2O + Na_2O)$ diagram

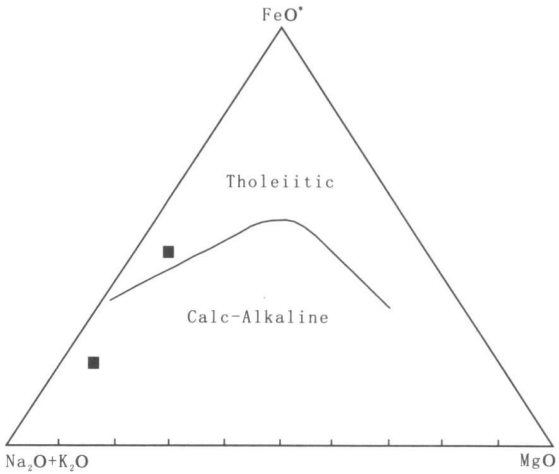


图 6 $FeO-(K_2O + Na_2O)-MgO$ 图解
Fig. 6 $FeO-(K_2O + Na_2O)-MgO$ diagram

见表 2, 二者较一致。岩石的不相容元素 K、Rb、Ba、Th 明显富集, Ta、Nb、Ce、Hf 轻度富集或无异常, Sm、Y、Yb 等强烈亏损。侵入体内边部和核部岩石的微量元素基本保持一致。在微量元素蛛网图(图 7)中, K、Rb、Ba 强烈富集, Sm、Y、Yb 强烈亏损。侵入体中边部和核部花岗斑岩的稀土元素及特征值见表 3, 稀土总量 ΣREE 较低, 稀土总量介于 57.7~90.95。轻稀土较富集, 轻重稀土比值 LREE/

HREE 介于 4.35~5.44, 均属轻稀土富集型。 δEu 值介于 0.64~0.94, 具有弱的 Eu 负异常, 且边部负异常明显。 δCe 值均位于 0.94~0.97, 基本上 Ce 无异常(亏损), $(\text{La/Yb})_N$ 为 5.43~7.37, Sm/Nd 值为 0.23~0.24。稀土配分模式图(图 8)与稀土元素球粒陨石标准化的分布型式非常一致, 皆为 Eu 具负异常的右倾曲线, 轻稀土部分呈明显右倾斜, 重稀土部分则基本平坦, 甚至略有左倾。

表 1 纳日贡玛花岗斑岩主量元素分析结果 ($w_B/\times 10^{-2}$)

Tab. 1 Analytical results of major elements of granite porphyry in Narigongma area ($w_B/\times 10^{-2}$)

样 品	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	LOS	Total
3XT19-1 (边)	72.70	0.34	12.96	4.02	0.63	0.01	0.60	0.07	0.18	3.99	0.02	2.26	2.04	99.82
3XT19-2 (核)	70.61	0.35	13.63	1.63	0.47	0.01	0.62	1.72	2.17	5.36	0.11	1.28	1.55	99.51

表 2 纳日贡玛花岗斑岩微量元素分析结果 ($w_B/\times 10^{-6}$)

Tab. 2 Analytical results of trace elements of granite porphyry in Narigongma area ($w_B/\times 10^{-6}$)

样 品	Cu	Pb	Cr	Co	Ni	Rb	Sr	Ba	Zr	Hf	Ta	Th	U	Nb
DY19-1 (边)	43.2	10.5	10.5	3.99	7.34	333	18.6	328	140	6.5	1.3	6.79	2.72	13.30
DY19-2 (核)	681.0	11.3	7.76	21.2	5.18	297	257.0	654	121	4.1	0.6	8.23	3.42	6.37

表 3 纳日贡玛花岗斑岩稀土元素测定结果 ($w_B/\times 10^{-6}$)

Tab. 3 Analytical results of REE elements of granite porphyry in Narigongma area ($w_B/\times 10^{-6}$)

样 品	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE
3XT19-1 (边)	16.84	22.5	2.26	6.94	1.02	0.21	0.74	0.12	0.75	0.17	0.51	0.09	0.65	0.12	4.78	57.7
3XT19-2 (核)	21.51	36.0	4.42	14.05	2.49	0.58	1.72	0.26	1.40	0.27	0.75	0.12	0.72	0.11	6.55	90.95

注: 样品由武汉综合岩矿测试中心测试。

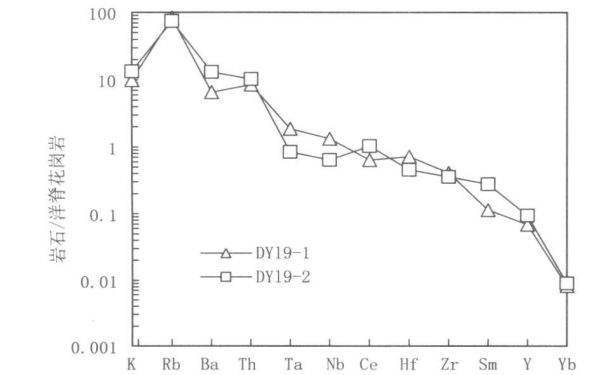


图 7 微量元素蛛网图

Fig. 7 Trace element spidergram from Narigongma area

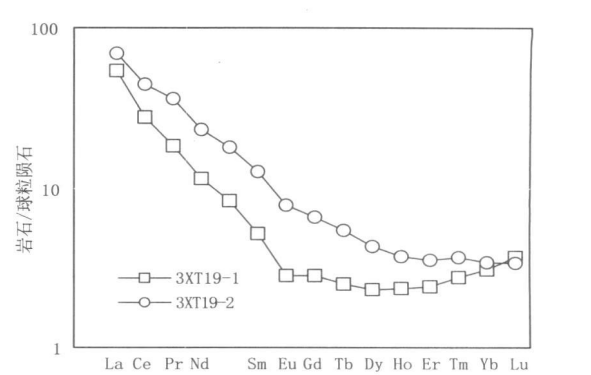


图 8 稀土配分模式图

Fig. 8 REE distribution diagram from Narigongma area

5 构造环境

纳日贡玛花岗斑岩中 $ASI = 2.73 \sim 1.09$ ，均大于或近于 1.1，为较典型的过铝质花岗岩，相当于 S 型花岗岩（潘桂棠等，2003）。岩石主量元素显示具有钙碱性特征，不相容元素 K、Rb、Ba、Th 明显富集，稀土元素球粒陨石标准化的分布型式大致为右倾平滑曲线，轻稀土部分呈明显右倾斜，重稀土部分基本水平。因此，本期花岗岩的物源具有壳源型特征（邓万明等，1998）。

在 R_1 - R_2 图解（图 9）中，本期花岗斑岩全部落入 6 区（同碰撞花岗岩）中。在 Pearce JA（Pearce JA, et al. 1984）的 $Rb-(Y+Nb)$ 和 $Y-Nb$ 图解中，样点全部落入 Syn-COLGA 区（同碰撞花岗岩区）中（图 10）。利用 SiO_2 - Al_2O_3 、 $TFeO/(TFeO+MgO)$ - SiO_2 和 $Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ 图解（图 11、12），所有的岩石均位于 POG 区，综合分析，该期次侵入体为后造山花岗岩中的 POG 类花岗岩。

综上所述，在区域上，由本区向南的杂多县、下拉秀—囊谦一带，斑岩体均沿曲柔杂卡—囊谦超壳断裂带产出（白云等，2007）。断裂构造为侵入体的侵入和就位提供了通道和空间。因此，构造背景应为挤压环境，但经玉龙铜矿的研究及斑岩体被动就位等说明斑岩体侵位成矿期发生过拉张作用，斑岩体是板块 A 型俯冲（陆-陆碰撞）过程中，俯冲板块撕裂导致软流圈上涌，引起下地壳物质熔融，产生岩浆侵位而成。

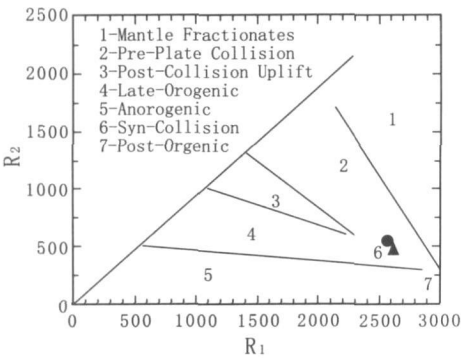


图 9 纳日贡玛花岗斑岩的 R_1 - R_2 图解
Fig. 9 R_1 - R_2 diagram of granite porphyry in Narigongma area

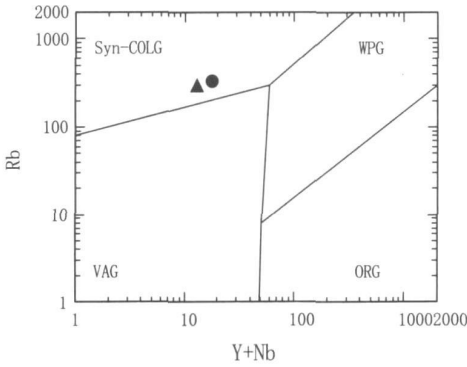


图 10 纳日贡玛花岗斑岩的 $Rb-(Y+Nb)$
Fig. 10 $Rb-(Y+Nb)$ diagram of granite porphyry in Narigongma area

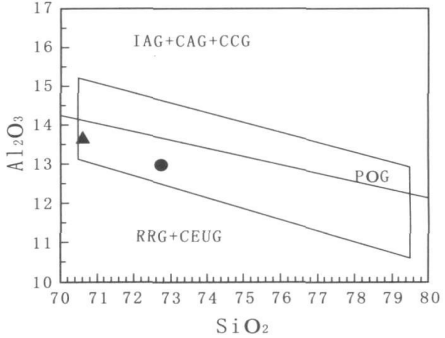


图 11 纳日贡玛花岗斑岩的 SiO_2 - Al_2O_3 图解
Fig. 11 SiO_2 - Al_2O_3 diagram of granite porphyry in Narigongma area

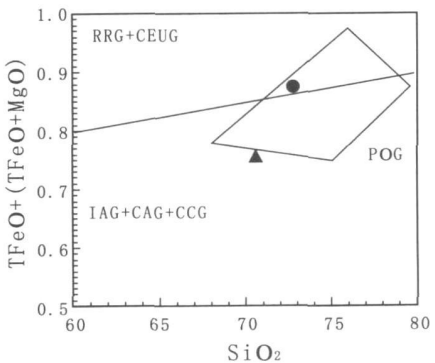


图 12 纳日贡玛花岗斑岩 $TFeO/(TFeO+MgO)$ - SiO_2 图
Fig. 12 $FeO/(TFeO+MgO)$ - SiO_2 diagram of granite porphyry in Narigongma area

6 控矿条件

纳日贡玛矿床属于斑岩型铜钼矿床, 区域上属三江北段成矿带开心岭-杂多华力西—喜马拉雅期铜钼铅锌成矿带, 与玉龙斑岩铜矿床同属一个成矿带。矿床类型接近于“玉龙式”, 又具有其自身特点。控矿因素主要有以下几点。

(1) 区域地质构造严格控制着成矿带, 纳日贡玛铜钼矿床产于开心岭-杂多岛弧带中, 受章岗日松-囊谦壳源断裂带的控制作用明显。北东向与北西西向断裂的复合是控制本区斑岩成矿的主要因素, 纳日贡玛矿床即产于北东向的纳日贡玛沟断裂与北西西向的格龙涌大断裂交汇部位的北侧。

矿区内断裂控岩控矿作用显著: 北西西向囊谦深断裂带作为导岩、导矿构造, 控制着区域成矿带的展布。该区域性大断裂的北西向和北东向次级断裂作为配岩配矿构造, 控制含矿斑岩体和矿床的分布, 其断裂复合交汇部位控制着矿体的定位, 从而在空间上呈现等间距群簇分布的特点。

(2) 矿床在空间、时间上及成因上与喜山期构造-岩浆活动的产物即中—酸性侵入杂岩体有关, 成矿作用特别是与中晚期岩浆侵入的斑岩体关系密切, 矿化主要产于黑云母花岗斑岩及浅色细粒花岗斑岩中。因此, 中酸性浅成含矿斑岩侵入体是纳日贡玛矿床最重要的控制因素。

(3) 矿区内二叠系, 特别是其中的中基性火山岩是对成矿有利的围岩条件, 对成矿有次要的、间接的作用, 其容矿岩石的物理、化学性质和结构构造对矿化的控制作用明显。除本矿床外, 区域上已知重要的斑岩型矿化点, 大多产于这套中基性火山岩中。这可能是由于这套火山岩岩性致密, 形成“阻挡层”, 阻滞了矿质的逸散。而裂隙发育, 岩石偏碱性, 则宜于含矿热液在一定范围的空间内运移和交代(南征兵等, 2005)。

(4) 矿区内强烈发育的小型断裂-裂隙构造系统为热液和矿质活动、沉淀提供了有利的空间, 从而为围岩蚀变和成矿作用提供了充分的发育条件。矿体围岩蚀变-含矿斑岩体围岩中发育了较强烈和规模较大的面型或面—线型蚀变, 蚀变特征从花岗斑岩体至围岩有环带状分布的趋势, 表现为斑岩型铜(钼)矿床蚀变特征。构造裂隙密集程度控制了铜钼矿化的强弱, 矿化强度与裂隙密集程度成正相关关

系。因此, 北北东向小型断-裂隙构造是十分重要的容矿构造。

7 结语

(1) 纳日贡玛斑岩型铜钼矿床夹持于澜沧江与金沙江深断裂之间, 大地构造背景处于北羌塘: 昌都陆块之开心岭-杂多岛弧带北缘与下拉秀中生代弧后前陆盆地分界断裂(章岗日松-囊谦断裂带)南侧, 纳日贡玛铜钼矿区属三江北段成矿带开心岭-杂多华力西—喜马拉雅期铜钼铅锌成矿带。与玉龙斑岩铜矿床同属一个成矿带。矿区内岩浆活动强烈, 与成矿关系密切。纳日贡玛斑岩体形成时代为渐新世 E₃, 相当于喜马拉雅早—中期。

(2) 矿区二叠纪地层为主要赋矿地层, 小断裂及其派生的裂隙构造发育, 斑岩及围岩中铜钼矿化与裂隙发育程度有着密切的关系。铜钼矿主要产于斑岩体内具弱蚀变的黑云母二长花岗斑岩、浅色花岗闪长斑岩中, 呈脉状、厚板状等, 矿石类型以细脉浸染型为主, 金属矿物主要为辉钼矿和黄铜矿, 其次为辉铜矿和孔雀石。斑岩体蚀变较强, 普遍具黏土化、硅化-绢云母化, 次有钾化等。围岩具面型青磐岩化、矽卡岩化、角岩化等蚀变。Cu 矿化主要富集于围岩中, Mo 矿化具在斑岩体中较强、围岩中较弱的特征。

(3) 区域地质构造控制了成矿带, 北东向与北西西向断裂的复合是控制本区斑岩成矿的主要因素, 纳日贡玛矿床即产于北东向与北西西向大断裂交汇部位的北侧。中酸性浅成含矿斑岩侵入体是纳日贡玛矿床最重要的控制因素。中基性火山岩是成矿有利的围岩条件, 对成矿有次要的、间接的作用, 其容矿岩石对矿化的控制作用明显。构造裂隙密集程度控制了铜钼矿化的强弱, 矿化强度与裂隙密集程度成正相关关系。

参考文献 (References):

- 杨宗镜. 西北地区地质找矿工作的重要进展 [J]. 西北地质, 1990, 23 (3): 43-45.
- Yang, Z. J. Northwest important progress in the work of geological prospecting [J]. Northwest Geology, 1990, 23 (3): 43-45 (in Chinese with English abstract).

- 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜 (钼) 矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1984. 1-350.
- Rui ZY, Huang, CK, Qi GM, et al. Porphyry copper (molybdenum) deposits [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1984. 1-350 (in Chinese with English abstract) .
- 陈炳蔚. 三江地区主要大地构造问题及其与成矿的关系 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- Chan BW. Sanjiang region and the main tectonic and metallogenic relations issues [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1991 (in Chinese with English abstract) .
- 侯增谦. 三江地区义敦岛弧构造-岩浆演化特征[A]. 青藏高原地质文集 [C]. (21). 北京: 地质出版社, 1991: 153-156.
- Hou ZQ. Sanjiang region Yidun a magmatic arc tectonic evolution of [A]. Qinghai-Tibet Plateau Geological Papers (21) [C]. Geological Publishing House, Beijing, 1991: 153-156 (in Chinese with English abstract) .
- 陈毓川, 朱裕生. 中国矿床成矿模型 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Chen LC, Zhu YS. Metallogenic model of China [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1993 (in Chinese with English abstract) .
- 李振兴, 刘文均, 王义昭. 西南三江特提斯构造演化与成矿 (总论) [M]. 北京: 地质出版社, 1999.
- Li ZX, Liu WJ, Wang YZ. Southwest Sanjiang Tethyan tectonic evolution and mineralization (Zonglun) [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1999 (in Chinese with English abstract) .
- 王云山, 高晓峰, 王辉, 等. 西域陆块的建立及其地质意义 [J]. 西北地质, 2009, 42 (2): 38-47.
- Wang YS, Gao XF, Wang H, et al. Establishment and Geological Significance of Western China Block" [J]. Northwestern Geology, 2009, 42(2): 38-47 (in Chinese with English abstract) .
- 陈文明. 论斑岩铜矿的成因 [J]. 现代地质, 2002, 16 (1): 1-8.
- Chen WM. On the origin of porphyry copper [J]. Modern Geology, 2002, 16 (1): 1-8 (in Chinese with English abstract) .
- 刘增乾, 李兴挣, 叶庆同, 等. 三江地区构造岩浆岩带的划分与矿产分布规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- Liu ZQ, Li XZ, Ye TQ, et al. The division of magmatic rocks in the Sanjiang region and distribution of mineral resources [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1993 (in Chinese with English abstract) .
- 唐仁鲤, 罗怀松. 西藏玉龙斑岩铜 (钼) 矿带地质 [M]. 北京: 地质出版社. 1995.
- Tang RL, Luo, HS. Yulong porphyry copper (molybdenum) belt Geology [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1995 (in Chinese with English abstract) .
- 鲁海峰, 薛万文, 王贵仁. 纳日贡玛铜钼矿床地质特征及成因类型探讨 [J]. 青海国土经略, 2006 (3): 37-40.
- Lu HF, Xue WW, Wang GR. Satisfied that the Copper-Molybdenum Deposit at Gongma characteristics and genetic type of [J]. Qinghai land by little, 2006 (3): 37-40 (in Chinese with English abstract) .
- 马鸿文. 西藏玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
- Ma HW. Tibet Yulong porphyry copper belt granitoids and mineralization [M]. China University of Geosciences Press, Wuhan, 1990 (in Chinese with English abstract) .
- 王召林, 杨志明, 杨竹森, 等. 纳日贡玛斑岩铜矿床: 玉龙铜矿带的北延——来自铼钼矿 Re-Os 同位素年龄的证据 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (3): 503-511.
- Wang ZL, Yang ZM, Yang ZS et al. Narigongma porphyry molybdenite copper deposit, northern extension of Yulong copper belt: evidence from the age of Re-Os isotope [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008. 24 (3): 503-510 (in Chinese with English abstract) .
- 杨志明, 侯增谦, 杨竹森, 等. 青海纳日贡玛斑岩 (铜) 矿床岩石成因及构造控制 [J]. 岩石学报, 2008, 24 (03): 489-502.
- Yang ZM, Hou ZQ, Yang ZS, et al. Genesis of porphyries and tectonic controls on the Narigongma porphyry Mo (Cu) deposit, southern Qinghai [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (3): 489-502 (in Chinese with English abstract) .
- 潘桂棠, 徐强, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.
- Pan GT, Xu Q, Hou ZQ, et al. Southwest "Sanjiang" multi-arc orogenic system and the resource evaluation process of forming [M]. Geological Publishing House, Beijing, 2003 (in Chinese with English abstract) .
- 邓万明, 黄萱, 钟大赉. 滇西金沙江带北段的富碱斑岩及其与板内变形的关系 [J]. 中国科学 (D 辑), 1998, 28: 111-117.
- Deng WM, Huang X, Zhong D, 1. The northern section of

the Jinsha River belt in western Yunnan alkaline-rich porphyry and its relation with intraplate deformation [J]. Science in China (D Series), 1998, 28 (2): 111–117 (in Chinese with English abstract) .

Pearce J A, Harris NBW, Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. Journal of petrology, 1984a, 25: 956–983.

白云, 唐菊兴, 郭文铂, 等. 纳日贡玛铜 (钼) 矿床地质特征及成矿作用初探 [J]. 矿业快报, 2007, 23 (4): 75–78.

Bai Y, Tang JX, Guo WB, et al. Narigongma copper (molybdenum) deposits Geology and mineralization of [J]. Mining Letters, 2007, 23 (4): 75–78 (in Chinese with English abstract) .

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

Nan ZB, Tang JX, Li BH, et al. NariGongma Heiner porphyry copper geochemistry of fluid inclusions [J]. Xinjiang Geology, 2005, 23 (4): 373–377 (in Chinese with English abstract) .

Geological Features of Copper-Molybdenum Deposit in Narigongma Area of Qiangtang Basin in Qinghai-Xizang Plateau

CHEN You-shun¹, LI Shan-ping^{2,3}, LI Yong-xiang⁴, WEN De-ying³,
WANG Shu-lin³, HUANG Qing-hua³, CHANG Yong-ying³

(1. *Earthquake Administration of Qinghai Province, Xining 810001, China*; 2. *Qinghai Institute of Geology and mine, Xining 810012, China*; 3. *Qinghai Institute of Geological Survey, Xining 810012, China*; 4. *No. 8 Geological Exploration Institute of Qinghai, Xining 810012, China*)

Abstract: The copper-molybdenum deposit in Narigongma area lies in the Qiangbei-Changdu block, which is in the north of Bangonghu-Nujiang suture zone and the south of Jiangshajiang suture zone. This deposit and Yulong porphyry cupric deposit belong to the same mineral belt. The cupric ore bodies generally distribute in the upper porphyry and melaphyre, and are complicated in shape and simple in mineral type. The molybdenum ore bodies mostly lie in granide, diorite and black mica granide and a few in pyrite propylitization basalt. The fluid inclusion shows that the source of impregnating copper-molybdenum deposit is from lower crust. The composite rupture is mainly factor for controlling the mineral deposit in this area, and the copper-molybdenum deposit lies in the crossed area of large faults. The intermediate intrusive is inner controlling factor, and the fissure tectonic system also plays the important rule for controlling minerlization.

Key words: Qinghai-Xizang plateau; Narigongma; Copper-molybdenum deposit; Porphyry