

金属矿产

西藏多不杂斑岩铜金矿床地质与蚀变

祝向平¹ 陈华安¹ 马东方¹ 黄瀚霄¹ 李光明¹ 卫鲁杰² 刘朝强²

(1. 成都地质矿产研究所 四川成都 610081; 2. 西藏地质矿产勘查开发局第五地质大队 青海格尔木 816000)

[摘要] 西藏多不杂斑岩铜金矿是近年来新发现的一个矿床, 位于班公湖—怒江成矿带西段。多不杂矿床内发育三期花岗闪长斑岩, 侵入到侏罗系曲曲组变砂岩中, 北东向断层是多不杂矿床的主要控岩断层。多不杂矿床由内向外发育钾化、绢英岩化、青磐岩化, 钾化主要发育于第一期花岗闪长斑岩出露区域, 绢英岩化环绕钾化带发育, 并叠加在钾化带之上, 青磐岩化在矿床西侧的玄武安山岩和南侧的火山角砾岩中呈团块状发育。多不杂矿床的铜矿化以黄铜矿矿化为主, 金矿化与铜矿化密切共生。黄铜矿化主要发育于第一期花岗闪长斑岩及其与变砂岩接触带内, 第一期花岗闪长斑岩为多不杂矿床的成矿斑岩。

[关键词] 多不杂 斑岩铜矿 蚀变 班公湖—怒江成矿带

[中图分类号] P618

[文献标识码] A

[文章编号] 0495-5331(2012)02-0199-8

Zhu Xiang-ping, Chen Hua-an, Ma Dong-fang, Huang Han-xiao, Li Guang-ming, Wei Lu-jie, Liu Chao-qiang. Geology and alteration of the Duobuza porphyry copper-gold deposit in Tibet [J]. *Geology and Exploration* 2012 48(2): 0199-0206.

多不杂斑岩铜金矿地处西藏阿里地区改则县境内, 位于改则县城北西方向约 90 km。2000 年起西藏地质五队在多不杂矿区勘探砂金过程中发现了多不杂铜—金矿化点, 通过逐步深入的地质勘探工作, 最终确定多不杂矿床为斑岩型铜金矿床。目前已经控制的铜资源量超过 400 万吨, 品位 0.46% ~ 1.13%, 金资源量超过 110 t, 品位 0.15 ~ 0.26 g/t^①, 多不杂矿床已经成为班公湖—怒江带内研究程度最高的大型斑岩型矿床, 并且是班公湖—怒江带斑岩铜矿带(曲晓明等, 2006)内的典型矿床代表。本文通过多不杂矿床的地质填图和室内显微镜观察, 结合多不杂矿床开展的地球化学和地球物理工作成果, 综合论述多不杂斑岩铜金矿的矿床地质特征。

1 成矿地质背景

多不杂矿床位于羌塘地块南缘, 班公湖—怒江缝合带北侧(图 1A)。班公湖—怒江缝合带沿东西方向横贯青藏高原中部, 呈近东西向延伸长达 2000 余公里, 出露有 SSZ 型蛇绿混杂岩(Shi *et al.*, 2007), 是拉萨地体和羌塘地体的分界线(郭铁鹰

等, 1991; Yin and Harrison, 2000; 任纪舜等, 2004), 也可能是冈瓦纳板块的北界(Hsu *et al.*, 1995; 潘桂棠等, 2004)。伴随班公湖—怒江洋侏罗纪向北俯冲(Shi *et al.*, 2007, 2008), 在南羌塘陆块南缘增生形成了楔形增生体(李光明等, 2010), 并伴有大量中酸性侵入体侵位, 形成了班公湖—怒江西段的构造—岩浆弧, 多不杂斑岩铜金矿床就位于班公湖—怒江西段的构造—岩浆弧中。

经过近十年的地质工作, 在多不杂矿床附近还发现了波龙超大型斑岩铜金矿, 以及拿若、拿顿、铁格隆、尕尔勤等多个矿床(点), 共同组成了多龙(多不杂—波龙)矿集区(图 1B)。多龙矿集区内发育四组断层, 按其时间顺序依次为近东西向北倾逆断层、北东向走滑断层、北西向走滑断层和近东西向南倾逆断层, 区内发育多个斑岩侵入体, 多沿北东向和北西向走滑断层发育, 其中发现的多不杂、波龙、那顿、拿若等矿床均沿北东向断层展布, 并与沿北东向断层侵位的中酸性斑岩体关系密切, 因此, 北东向走滑断层为多龙矿集区的控岩—控矿断层。

[收稿日期] 2011-08-17; [修订日期] 2011-12-06; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 国家 973 项目“青藏高原南部大陆聚合与成矿作用”(2011CB403100) 和中国地质调查局地质矿产调查评价专项(12120111086074) 联合资助。

[第一作者] 祝向平(1979 年), 男, 博士, 助理研究员, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: zhuxiangping3@yahoo.com.cn。

[通讯作者] 陈华安(1964 年—), 男, 本科, 高级工程师, 地质普查与勘探专业。E-mail: ekscha@sina.com。

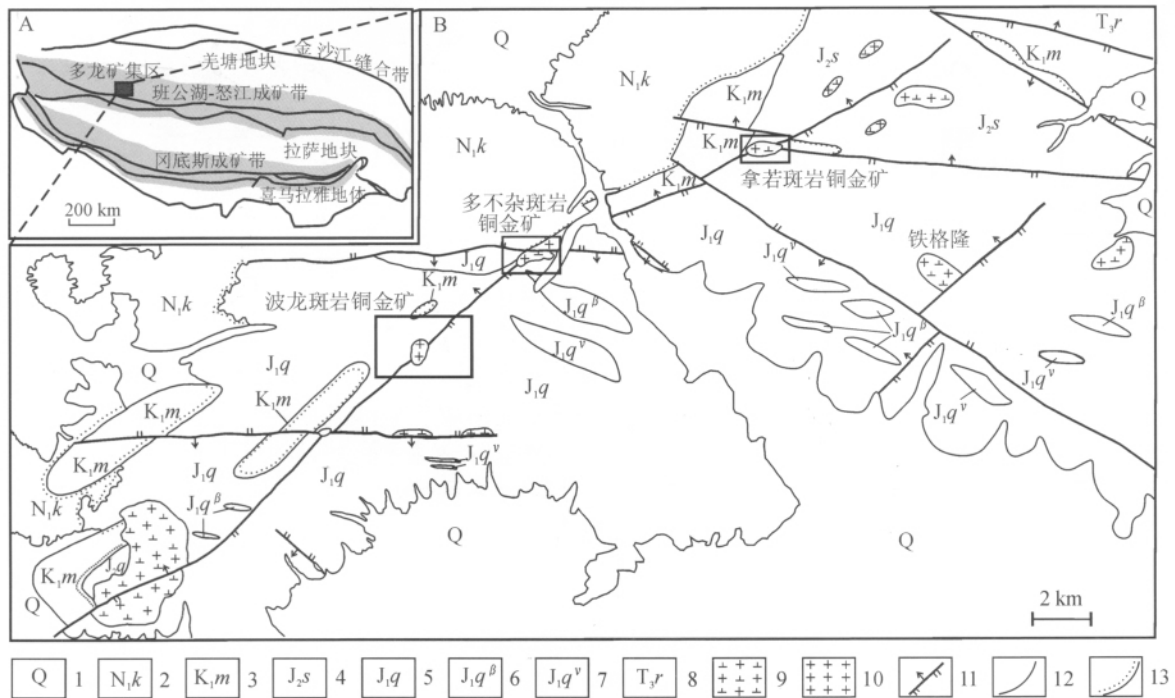


图1 多龙矿集区地质图

Fig. 1 Geological map of the Duolong ore-concentration area

A - 多龙矿集区构造背景简图; B - 多龙矿集区地质简图

A - Tectonic setting map of the Duolong ore-concentrated area; B - Geological sketch map of the Duolong ore-concentrated area

1 - 第四系沉积物; 2 - 中新统康托组; 3 - 下白垩统美日切组; 4 - 中侏罗统色哇组; 5 - 下侏罗统曲色组; 6 - 下侏罗统曲色组玄武岩; 7 - 下侏罗统曲色组辉长岩; 8 - 上三叠统日干配组; 9 - 花岗闪长斑岩; 10 - 花岗斑岩; 11 - 逆断层; 12 - 地质界线; 13 - 不整合界线

1 - Quaternary sediments; 2 - Miocene Kangtuo Formation; 3 - Lower Cretaceous Meiriquie Formation; 4 - Middle Jurassic Sewa Formation; 5 - Lower Jurassic Quse Formation; 6 - basalt of Lower Jurassic Quse Formation; 7 - gabbro of Lower Jurassic Quse Formation; 8 - Upper Triassic Riganpeicuo Formation; 9 - granodiorite porphyry; 10 - granite porphyry; 11 - reverse fault; 12 - geological boundary; 13 - unconformity boundary

Formation; 9 - granodiorite porphyry; 10 - granite porphyry; 11 - reverse fault; 12 - geological boundary; 13 - unconformity boundary

2 矿床地质特征

多不杂矿床出露的地层主要有侏罗系曲色组 (J_1q)、白垩系美日切组 (K_1m) 和新近系中新统的康托组 (N_1k) (图2), 地表多有第四系残坡积层覆盖。侏罗系曲色组 (J_1q) 岩性主要为浅变质泥质砂岩—粉砂岩夹薄层泥质岩 (图3h), 上部发育玄武安山岩和火山角砾岩, 为多不杂矿床分布最广的地层。玄武安山岩主要分布于多不杂矿床西侧, 岩石具杏仁构造, 基质具玻晶交织结构 (图3a); 杏仁体 (30% ~ 40%, 1 ~ 4 mm) 呈定向排列, 主要由碳酸盐和少量石英填充; 基质中斜长石微晶 (15% ~ 20%) 呈交织状、半平行排列, 充填玻璃质 (40% ~ 45%) 和磁铁矿 (5% ~ 10%) 等。火山角砾岩主要分布于多不杂矿床南部, 具火山角砾结构 (图3c), 角砾主要由岩屑和晶屑组成, 岩屑主要为玄武安山岩, 晶屑少见, 主要为角闪石、辉石碎屑; 胶结物主要为绿帘石化火山灰。玄武安山岩和火山角砾岩均发育青磐岩化, 泥质砂岩—粉砂岩多有绢英岩化。

白垩系美日切组 (K_1m) 为一套岩性以紫红色英安岩为主的火山岩地层, 英安岩零星分布于多不杂矿床中部, 具斑状结构, 基质呈玻晶交织结构 (图3d) 块状构造; 斑晶主要为斜长石 (15% ~ 20%) 和角闪石 (10% ±), 呈半定向一定向排列, 角闪石多已暗化; 基质以斜长石微晶为主, 大致定向排列, 微粒状铁质矿物和极少量石英填隙发育。英安岩中锆石 SHRIMP 年龄为 111.1 ± 1.4 Ma (李光明等, 2010)。英安岩未见蚀变, 其形成应晚于成矿期。

多不杂矿床内发育三组主要断层, 依次为北东向断层、北西向断层和近东西向断层。北东向断层控制了矿床内早期花岗闪长斑岩出侵位, 使其呈长轴状北东方向展布; 北西向断层在地表表现为负地形, 有多个花岗闪长斑岩岩株平行于北西向断层呈串珠状发育; 近东西向断层为成矿后南倾逆断层, 地表有构造泉发育, 被多个钻孔在深部揭露。

2.1 侵入岩

多龙矿集区侏罗—白垩纪岩浆活动较强烈, 多不杂矿床内存在多期岩浆活动, 早期主要为基性岩

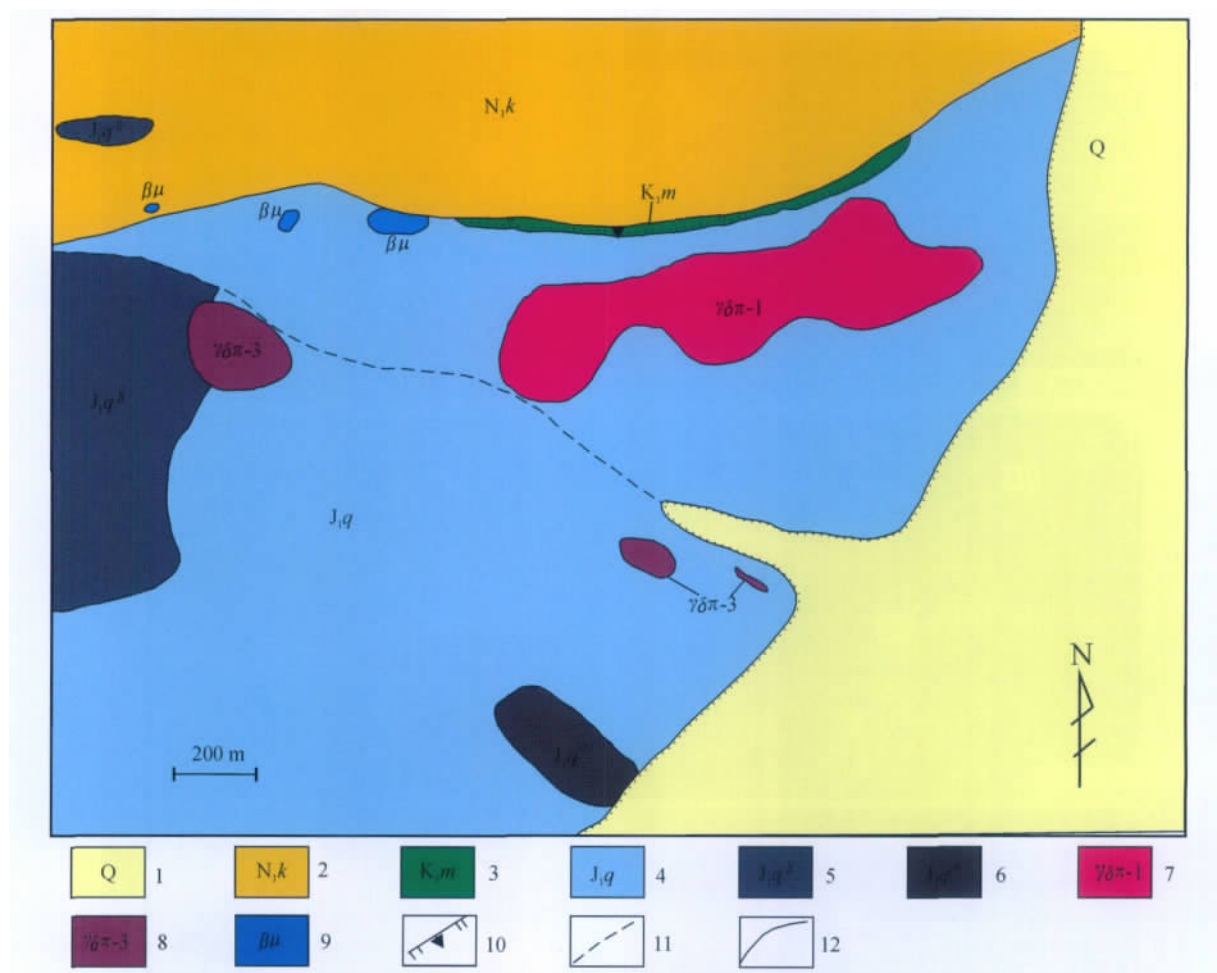


图2 多不杂斑岩铜金矿床地质简图

Fig. 2 Geological sketch map of the Duobuza porphyry Cu - Au deposit

1 - 第四系残坡积物; 2 - 中新统康托组砂砾岩; 3 - 下白垩统美日切组英安岩; 4 - 下侏罗统曲色组石英砂岩; 5 - 下侏罗统曲色组玄武安山岩; 6 - 下侏罗统曲色组火山角砾岩; 7 - 第一期花岗闪长斑岩; 8 - 第三期花岗闪长斑岩; 9 - 辉绿岩; 10 - 逆断层; 11 - 推测断层; 12 - 地质界线

1 - Quaternary sediment; 2 - conglomerate of Miocene Kangtuo Formation; 3 - dacite of Lower Cretaceous Meirique Formation; 4 - quartz sandstone of Lower Jurassic Quse Formation; 5 - basalt - andesite of Lower Jurassic Quse Formation; 6 - volcanic breccia of Lower Jurassic Quse Formation; 7 - the first stage of granodiorite porphyry; 8 - the third stage of granodiorite porphyry; 9 - diabase; 10 - reverse fault; 11 - speculative fault; 12 - geological boundary

浆活动, 形成辉绿岩; 晚期主要为中酸性岩浆活动, 形成三期花岗闪长斑岩。

辉绿岩在矿床西北部少量分布, 岩石具有辉绿结构(图3b), 块状构造。主要矿物成分有斜长石(1~2 mm, 50%~60%)、碳酸盐(30%~40%)和磁铁矿(3%~5%)。斜长石呈不规则排列形成格架, 方解石、磁铁矿等填充其间。辉绿岩有中等-强绢云母化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化。区域内广发分布辉绿岩岩脉, 其 Ar - Ar 法同位素年龄为 141.36 Ma², 可能与多不杂矿床内辉绿岩成岩年龄一致。

多不杂矿床内中酸性斑岩侵入体主要分布于矿床中部, 岩性均为花岗闪长斑岩。斑晶主要矿物成分均为斜长石、角闪石、石英、黑云母。根据斑晶的含

量、粒径、主要矿物成分的含量, 及岩石中发育的蚀变类型、强度, 大致将多不杂矿床内的花岗闪长斑岩划分为三期。

早期的花岗闪长斑岩为多不杂矿床的成矿斑岩, 以岩株状呈北东向侵位, 地表露头呈长轴状。岩石具有斑状结构(图3e), 块状构造。斑晶主要有斜长石(2~5 mm, 25%~35%)、石英(2~3 mm, 3%~5%)、角闪石(3~8 mm, 3%~5%)、黑云母(1~5 mm, 3%~5%)和少量钾长石。基质主要为细粒长英质矿物。角闪石斑晶多黑云母化、绿泥石化, 伴有金属矿物析出, 多保留其假象; 岩浆黑云母部分绿泥石化; 斜长石多弱-中等绢云母化, 部分斜长石钾长石化; 基质中斜长石多钾长石化。第一期花岗闪长斑岩中有较多石英-

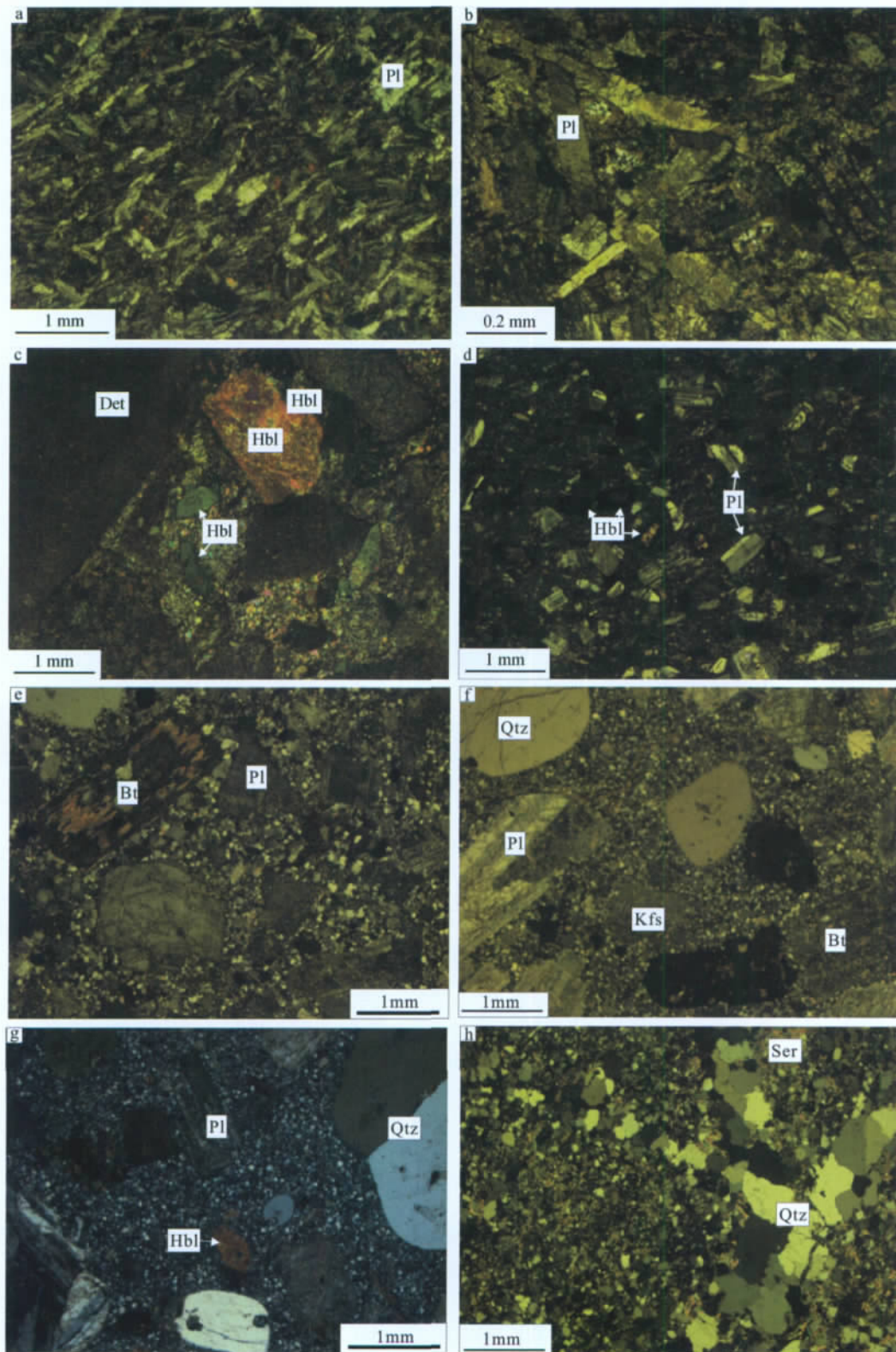


图3 多不杂矿床内的各期火山岩和岩浆岩及变砂岩照片

Fig. 3 Photos showing volcanic rocks, porphyries and altered sandstone in the Duobuza porphyry Cu-Au deposit

a-玄武安山岩;b-辉绿岩;c-火山角砾岩;d-英安岩;e-第一期花岗闪长斑岩;f-第二期花岗闪长斑岩;g-第三期花岗闪长斑岩;h-变砂岩;Pl-斜长石;Hbl-角闪岩;Bt-黑云母;Qtz-石英;Kfs-钾长石;Ser-绢云母
a-basalt-andesite;b-Diabase;c-volcanic breccia;d-dacite;e-the first stage of granodiorite porphyry;f-the second stage of granodiorite porphyry;g-the third stage of granodiorite porphyry;h-quartz sandstone;Pl-Plagioclase;Hbl-Hornblende;Bt-Biotite;Qtz-Quartz;
Kfs-K-feldspar;Ser-Sericite

硫化物脉穿插,多不杂矿床的矿体主要赋存于第一期花岗闪长斑岩体及其外接触带中。第二期花岗闪长斑岩(图3f)与第一期花岗闪长斑岩矿物成分相似,斑晶的含量略有减少,斑晶中石英含量增加到5%~10%,斑晶粒径均有减小。第二期花岗闪长斑岩也发育弱钾长石化、弱黑云母化,并叠加绿泥石化、绢云母化,伴生较弱黄铜矿、黄铁矿矿化。

最晚期的花岗闪长斑岩(图3g)斑晶含量约20%,主要矿物成分为斜长石(8%~10%),石英(5%~8%)、角闪石(2%~3%)、黑云母(1%~2%)和少量钾长石,基质为细粒长英质矿物,岩石总体蚀变较弱,局部有弱绢云母化,未见矿化。

早期的花岗闪长斑岩具有类似O型埃达克岩

的特征,其锆石 SHRIMP 年龄为 121~120Ma(李金祥等 2008; 余宏全等 2009),可能直接起源于俯冲洋壳的部分熔融(李金祥等 2008)。随后的两期花岗闪长斑岩也集中于 120Ma 左右侵位,具有相似的岩石化学组成(待发表数据)。

2.2 蚀变特征

本文对多不杂矿床进行了地质填图,根据矿床内蚀变矿物组合和脉的不同,将多不杂矿床由内向外依次划分为钾化带、绢英岩化带和青磐岩化带(图4)。

钾化带主要分布于矿床的中部,可分为钾长石化和黑云母化,均伴生强硅化。钾长石化主要表现为次生的钾长石交代原生的斜长石和少量原生钾长石,使得岩石呈肉红色(图5a-b);黑云母化主要表

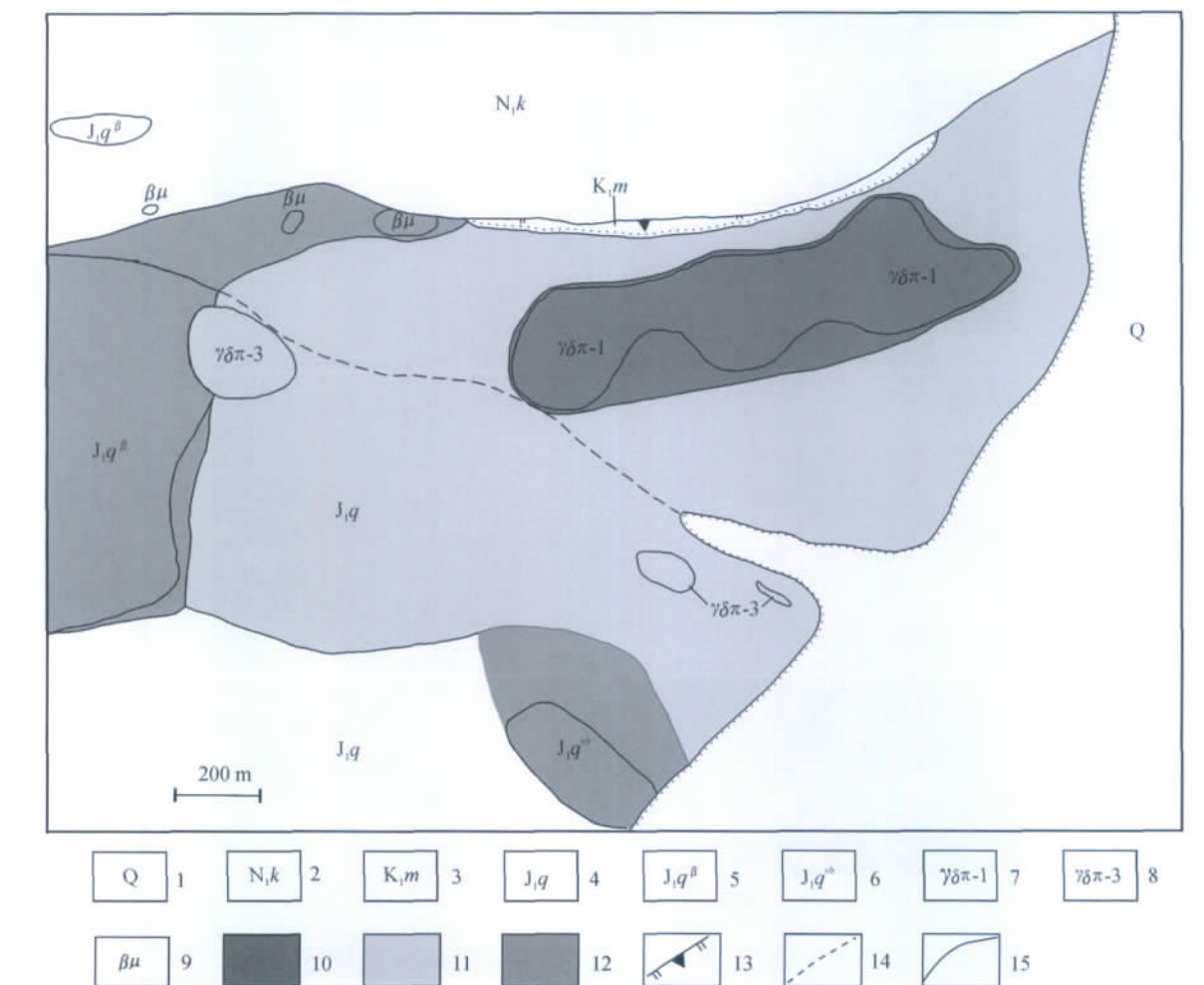


图4 多不杂矿床蚀变分带图

Fig. 4 Alteration zoning of the Duobuza porphyry Cu-Au deposit

1 - 第四系沉积物; 2 - 中新统康托组; 3 - 下白垩统美日切组; 4 - 下侏罗统曲色组石英砂岩; 5 - 下侏罗统曲色组玄武安山岩; 6 - 下侏罗统曲色组火山角砾岩; 7 - 第一期花岗闪长斑岩; 8 - 第三期花岗闪长斑岩; 9 - 辉绿岩; 10 - 钾化带; 11 - 绢英岩化带; 12 - 青磐岩化带; 13 - 逆断层; 14 - 推测断层; 15 - 地质界线

1 - Quaternary sediments; 2 - Miocene Kangtuo Formation; 3 - Lower Cretaceous Meirique Formation; 4 - quartz sandstone of Lower Jurassic Quse Formation; 5 - basalt-andesite of Lower Jurassic Quse Formation; 6 - volcanic breccia of Lower Jurassic Quse Formation; 7 - the first stage of granodiorite porphyry; 8 - the third stage of granodiorite porphyry; 9 - diabase; 10 - potassic alteration zone; 11 - phyllic alteration zone; 12 - propylitic alteration; 13 - reverse fault; 14 - speculative fault; 15 - geological boundary

现为次生黑云母交代角闪石,多混杂少量绿泥石(图5e)。因后期绢英岩化叠加在钾化蚀变之上,黑云母化多叠加强绿泥石化,较难识别。钾化带内常有较多石英-磁铁矿脉和石英-黄铜矿脉(钾长石化晕)发育,并伴生较多浸染状黄铜矿矿化和少量黄铁矿矿化。钾化主要在前两期花岗闪长斑岩中分布,其中第一期花岗闪长斑岩内钾化较强,构成多不

杂矿床的蚀变中心。

青磐岩化带分布于多不杂斑岩铜矿的最外侧,主要蚀变矿物组合为绿帘石、绿泥石、方解石,并见有少量黄铁矿矿化(图5c-d)。发生绿帘石化的岩石为矿床西侧的玄武安山岩和南侧的部分火山角砾岩。青磐岩化带在矿床中呈团块状发育,未能形成连续环带。

绢英岩化带环绕钾化带发育,主要蚀变矿物组

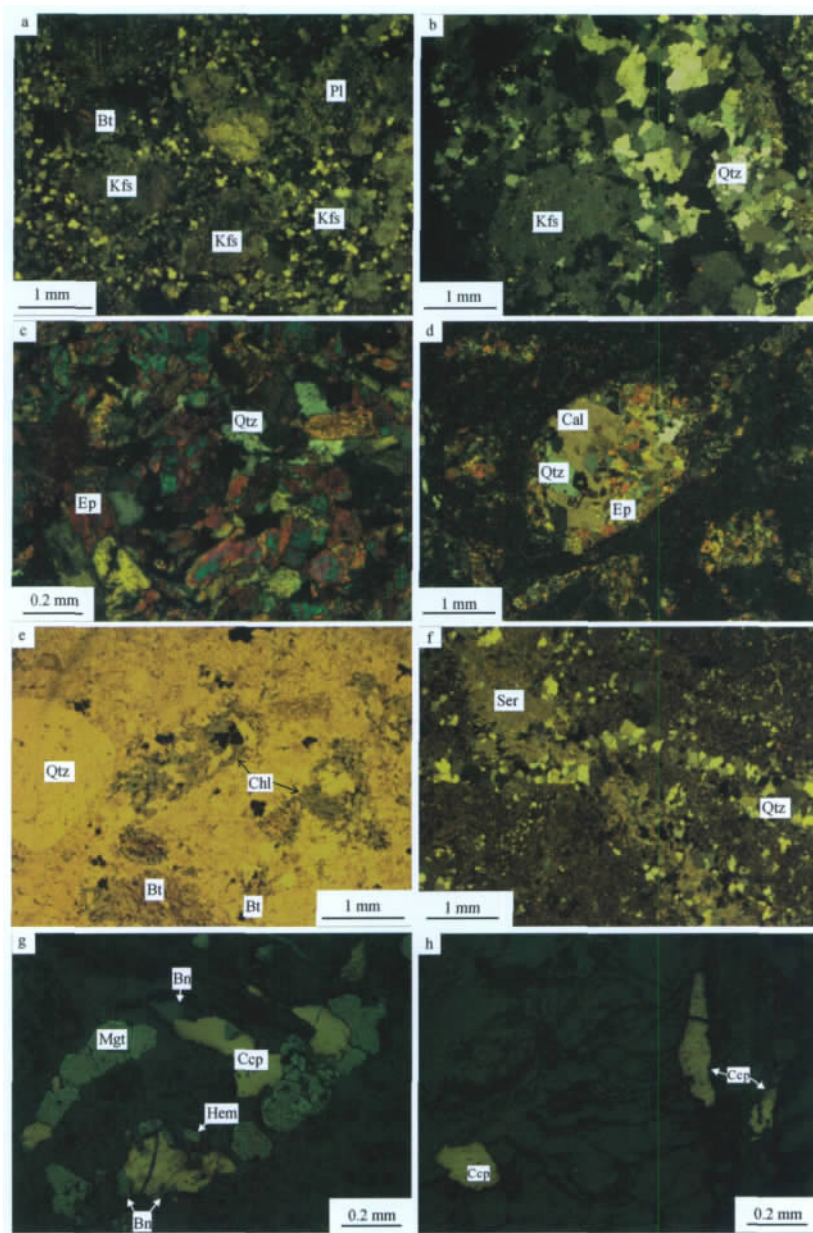


图5 多不杂矿床的蚀变和矿化照片

Fig. 5 Photos showing alteration and mineralization of the Duobuza porphyry Cu-Au deposit

a - 第一期花岗斑岩中斜长石斑晶钾长石化; b - 石英脉边部斜长石钾长石化; c - 斜长石绿帘石化; d - 杏仁体中充填石英、绿帘石、方解石; e - 角闪石黑云母化、绿泥石化; f - 岩绢英岩化; g - 混合矿石中的赤铁矿磁铁矿、黄铜矿、斑铜矿; h - 原生矿石中的黄铜矿; Qtz - 石英; Pl - 斜长石; Bt - 黑云母; Kfs - 钾长石; Ser - 绢云母; Chl - 绿泥石; Ep - 绿帘石; Cal - 方解石; Hem - 褐铁矿; Ccp - 黄铜矿; Bn - 斑铜矿; Mgt - 磁铁矿

a - basalt - andesite; b - Diabase; c - volcanic breccia; d - dacite; e - the first stage of granodiorite porphyry; f - the second stage of granodiorite porphyry; g - the third stage of granodiorite porphyry; h - quartz sandstone; Qtz - quartz; Pl - plagioclase; Bt - biotite; Kfs - K - feldspar; Ser - sericite; Chl - chlorite; Ep - epidote;

Cal - calcite; Hem - hematite; Ccp - chalcopyrite; Bn - bornite; Mgt - magnetite

合为绢云母、石英、绿泥石、黄铁矿(褐铁矿)等(图5f),主要表现为岩石发生弱至中等硅化,有较多石英-黄铜矿-黄铁矿(褐铁矿)脉在岩石中穿插,沿脉的边缘常见绿泥石化和铁染-褐铁矿薄膜。靠近钾化蚀变中心,曲色组变砂岩发生强硅化、绢云母化(图3),并有较多石英-黄铜矿-黄铁矿脉发育,岩石“褪色”明显,局部形成角砾化变砂岩,胶结物主要为宽大的石英脉。远离钾化蚀变中心,绢英岩化逐步减弱,其原岩变砂岩逐步由灰白色过渡为浅灰绿色,石英-褐铁矿网脉变为少量硅化条带沿岩石变余层理发育,黄铜矿矿化逐步减少,在绢英岩化带外缘极少见黄铜矿矿化。

2.3 矿化特征

多不杂矿床存在混合矿体和原生矿体两种,其中混合矿主要分布在地表50 m深度以内,下部为原生矿体。混合矿矿体的主要矿石矿物有黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、铜蓝、孔雀石等,多呈浸染状和石英-硫化物脉发育(图5g),部分聚集成团块。原生硫化矿矿体主要硫化物为黄铜矿和黄铁矿,均以浸染状矿化和石英-硫化物脉产出(图5h),且矿体中的黄铜矿含量明显高于黄铁矿。根据多不杂矿床岩心Cu、Au品位分析数据显示,矿床内的铜和金品位呈正相关关系,金的矿化可能与黄铜矿产出密切相关。取于原生矿体中的辉钼矿Re-Os等时线年龄为118~119 Ma(余安全等,2009;祝向平等,2011),代表了多不杂矿床的成矿年龄。流体包裹体研究结果显示,形成多不杂斑岩铜金矿床的成矿流体具有高温高盐高氧逸度的特征,成矿温度集中于400~450℃(李光明等,2007)。

3 矿床成因及找矿方向

中生代班公湖-怒江洋持续向北俯冲,在南羌塘地块南缘诱发了大规模的岩浆作用,起源于俯冲洋壳部分熔融的中酸性斑岩侵入体于120 Ma在多龙矿集区内多期次侵位,多不杂矿床的多期花岗闪长斑岩侵入体也在此期间形成。多不杂矿床花岗闪长斑岩侵位-结晶的过程中,释放了大量岩浆热液,这些岩浆热液具有高盐度高氧逸度的特征(李光明等,2007),不仅引起了围岩的钾化、青磐岩化和绢英岩化,同时还携带了大量的Cu、Au等成矿元素,并集中于400~450℃形成硫化物沉淀(李光明等,2007)。相似的成岩-成矿年龄表明,多不杂矿床的成岩-成矿是一个持续的岩浆-热液过程,持续的岩浆-热液活动形成了多不杂斑岩铜金矿床。多

不杂矿床的矿化明显受控于花岗闪长斑岩,黄铜矿矿化主要分布于第一期花岗闪长斑岩内及其与变砂岩的接触带内,因此,受北东向断层控制的第一期花岗闪长斑岩产出部位即为多不杂矿床找矿的有利部位。

受成矿后近南倾逆断层的影响,多不杂矿床被分割为上下两个部分。多不杂矿床上部位于逆断层上盘,被向北抬升、剥蚀,地表可见较强的孔雀石化和部分花岗闪长斑岩露头,目前揭露的多不杂矿床均位于断层上盘;多不杂矿床下部位于断层下盘,被向南运移,尚未被揭露。因此,在多不杂矿床南侧可能具有寻找多不杂矿床深部隐伏矿体的潜力。

4 结论

多不杂斑岩铜金矿床内有三期花岗闪长斑岩侵位于曲色组地层中,其中第一期花岗闪长斑岩为多不杂矿床的主要成矿斑岩,北东向断层是多不杂矿床的主要控岩-控矿断层。

多不杂矿床地表发育钾化、绢英岩化、青磐岩化,与典型的斑岩铜矿蚀变分带(Lowell and Guilbert, 1970)一致。第一期花岗闪长斑岩地表露头为多不杂矿床的蚀变中心,矿体主要分布于钾化带和绢英岩化带内侧,第一期花岗闪长斑岩产出部位即为多不杂矿床的有利找矿靶区。

[注释]

- ① 西藏自治区地调院. 2009. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调查2009阶段性报告[R].
- ② 四川省地质调查院. 2005. 1:25万区域地质调查报告(玛玛幅I44C004004) [R].

[References]

- Guo Tie-ying, Liang Ding-yi, Zhang Yi-zhi, Zhao Chong-he, Lu Feng-xiang. 1991. Geology of Ngari, Tibet (Xizang) [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press: 1-464 (in Chinese)
- Hsu K J, Pan Gui-tang, Sengor A M C. 1995. Tectonic evolution of the Tibet plateau: a working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis [J]. International geology review, 37: 473-508
- Li Guang-ming, Li Jin-xiang, Qin Ke-zhang, Zhang Tian-ping, Xiao Bo. 2007. High temperature, salinity and strong oxidation ore-forming fluid at Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in the Bangonghu tectonic belt, Tibet: Evidence from fluid inclusions [J]. Acta Petrologica Sinica 23(5): 935-952 (in Chinese with English abstract)
- Li Guang-ming, Duan Zhi-ming, Liu Bo, Zhang Hui, Dong Sui-liang, Zhang Li. 2011. Discovery and its geologic significance of Jurassic accretionary complexes in Duolong district, northern Bangonghu-Nujiang suture, Tibet [J]. Geological Bulletin of China, 30(8): 1256-1260 (in Chinese with English abstract)
- Li Jin-xiang, Li Guang-ming, Qin Ke-zhang, Xiao Bo. 2008. Geochemistry of porphyries and volcanic rocks and ore-forming geochronology of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangonghu belt, Ti-

- bet: Constraints on metallogenic tectonic setting [J]. *Acta Petrologica Sinica* 24(3): 531–543 (in Chinese with English abstract)
- Lowell J David and Guilbert John M. 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits [J]. *Economic Geology* 65: 373–408
- Pan Gui-tang, Zhu Di-cheng, Wang Li-quan, Liao Zhong-li, Geng Quan-ru, Jiang Xin-sheng. 2004. Bangong Lake-Nu River suture zone-the northern boundary of Gondwanaland: Evidence from geology and geophysics [J]. *Earth Science Frontiers* 11(4): 371–382 (in Chinese with English abstract)
- Qu Xiao-ming and Xin Hong-bo. 2006. Ages and tectonic environment of the Bangong Cu porphyry copper belt in western Tibet, China [J]. *Geological Bulletin of China* 25(7): 792–799 (in Chinese with English abstract)
- Ren Ji-shun, Xiao Li-wei. 2004. Lifting the mysterious veil of the tectonics of the Qinghai-Tibet Plateau by 1: 250000 geological mapping [J]. *Geological Bulletin of China* 23(1): 1–11 (in Chinese with English abstract)
- She Hong-quan, Li Jin-wen, Ma Dong-fang, Li Guang-ming, Zhang De-quan, Feng Cheng-you, Qu Wen-jun, Pan Gui-tang. 2009. Molybdenite Re-Os and SHRIMP zircon dating of Duobuza porphyry copper deposit in Tibet and its geological implications [J]. *Mineral Deposits* 28(6): 737–746 (in Chinese with English abstract)
- Shi Ren-deng, Yang Jing-sui, Xu Zhi-qin, Qi Xue-xiang. 2008. The Bangong Lake ophiolite (NW Tibet) and its bearing on the tectonic evolution of the Bangong-Nujiang suture zone [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* 32: 438–57
- Shi Ren-deng. 2007. SHRIMP dating of the Bangong Lake SSZ-type ophiolite: Constraints on the closure time of the ocean in the Bangong Lake-Nujiang River, northwestern Tibet [J]. *Chinese Science Bulletin* 52(7): 936–941 (in Chinese with English abstract)
- Yin An, Harrison T Mark. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen [J]. *Annual Reviews of Earth and Planetary Science*, 28: 211–280
- Zhu Xiang-ping, Chen Hua-an, Ma Dong-fang, Huang Hna-xiao, Li Guang-ming, Li Yu-bin and Li Yu-chang. 2011. Re-Os dating for Molybdenite from Bolong porphyry copper gold deposit in Tibet, China and its geological significance [J]. *Acta Petrologica Sinica* 27(7): 2159–2164 (in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 郭铁鹰, 梁定益, 张宜智, 赵崇贺, 路凤香. 1991. 西藏阿里地质 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社: 1–464
- 李光明, 段志明, 刘波, 张晖, 董随亮, 张丽. 2011. 西藏班公湖—怒江结合带北缘多龙地区侏罗纪增生杂岩的识别及意义 [J]. *地质通报* 30(8): 1256–1260
- 李光明, 李金祥, 秦克章, 张天平, 肖波. 2007. 西藏班公湖带多不杂超大型富金斑岩铜矿的高温高盐高氧化成矿流体: 流体包裹体证据 [J]. *岩石学报* 23(5): 935–952
- 李金祥, 李光明, 秦克章, 肖波. 2008. 班公湖带多不杂富金斑岩铜矿床斑岩—火山岩的地球化学特征与时代: 对成矿构造背景的制约 [J]. *岩石学报* 24(3): 531–543
- 潘桂棠, 朱弟成, 王立全, 廖忠礼, 耿全如, 江新胜. 2004. 班公湖—怒江缝合带作为冈瓦纳大陆北界的地质地球物理证据 [J]. *地学前缘* 11(4): 371–382
- 曲晓明, 辛洪波. 2006. 藏西班牙班公湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境 [J]. *地质通报* 25(7): 792–799
- 任纪舜, 肖黎薇. 2004. 1: 25 万地质填图进一步揭开了青藏高原大地构造的神秘面纱 [J]. *地质通报* 23(1): 1–11
- 余宏全, 李进文, 马东方, 李光明, 张德全, 丰成友, 屈文俊, 潘桂棠. 2009. 西藏多不杂斑岩铜矿床辉钼矿 Re-Os 和锆石 U-Pb SHRIMP 测年及地质意义 [J]. *矿床地质* 28(6): 737–746
- 祝向平, 陈华安, 马东方, 黄瀚霄, 李光明, 李玉彬, 李玉昌. 2011. 西藏波龙斑岩铜矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义 [J]. *岩石学报* 27(7): 2159–2164

Geology and Alteration of the Duobuza Porphyry Copper – gold Deposit in Tibet

ZHU Xiang-Ping¹, CHEN Hua-an¹, MA Dong-fang¹, HUANG Han-xiao¹, LI Guang-ming¹, WEI Lu-jie², LIU Chao-qiang²

(1. *Chengdu Institute of Geology and Mineral resources, Chengdu, Sichuan 610081*; 2. *No. 5 Geological Party, Tibet Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Golmud, Qinghai 816000*)

Abstract: The Duobuza porphyry copper deposit located in the west of the Bangonghu-Nujiang metallogenic belt is a newly discovered deposit. Three stages of granodiorite porphyries intruded into Jurassic Quse Fm. metamorphosed quartz sandstones and the northeast trending faults exert a major control on rocks in the Duobuza deposit. Potassic alteration, phyllic alteration and propylitic alteration developed in the Duobuza deposit from inward to outward. Potassic alteration mainly occurred in the first stage of granodiorite porphyry and was surrounded and overprinted by phyllic alteration. Propylitic alteration occurred in the south and west locally. Gold mineralization was closely associated with copper mineralization and copper mineralization mainly occurred as chalcopyrite. Chalcopyrite mineralization occurred in the first stage of granodiorite porphyry and its outskirt indicating that the granodiorite porphyry of the first stage was the main mineralization rock for this deposit.

Key words: Duobuza porphyry copper deposit, alteration, Bangonghu-Nujiang metallogenic belt