

金属矿产

西藏改则县多不杂斑岩型铜金矿床勘查模型

李玉彬^{1,2}, 多吉³, 钟婉婷¹, 李玉昌², 强巴旺堆², 陈红旗²,
刘鸿飞⁴, 张金树⁴, 张天平², 徐志忠², 范安辉², 索朗旺钦²

(1. 成都理工大学地球科学学院, 四川成都 610059; 2. 西藏自治区地质矿产勘查开发局第五地质大队, 青海格尔木 816000;
3. 西藏地质矿产勘查开发局, 西藏拉萨 650000; 4. 西藏区地质调查院, 西藏拉萨 650000)

[摘要] 西藏改则县多不杂斑岩型铜金矿床是近年来由西藏地质五队在班公湖-怒江成矿带发现的一个具超大型规模的铜金矿床, 系继玉龙、驱龙、雄村、甲玛等超大型铜矿床之后的又一重大找矿突破, 也是班公湖-怒江成矿带的第一个超大型斑岩型铜金矿。多不杂斑岩型铜金矿产于早白垩世花岗岩闪长斑岩及其与早侏罗世曲曲组变长石英砂岩的接触带, 区域成矿地质背景得天独厚, 岩浆活动频繁, 为斑岩型铜金矿的成矿提供了有利的条件。该矿床具有典型的斑岩型铜矿的蚀变分带, 在斑岩体及其围岩由内向外形成钾硅化带、粘土化带、青磐岩化带、角闪岩化带。地球物理勘查表明, 含矿斑岩区为低视电阻率、高视极化率异常区; 1:1万土壤测量显示, 斑岩铜矿产于高背景区, 并与强度高、浓集中心明显的 Cu、Au、Ag、Mo 元素的化探综合异常相对应, 在空间上尤其与 Cu、Au 异常分布高度吻合。1:5万水系沉积物测量表明, Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn 元素高异常常与激电探测异常吻合。本文通过综合研究初步总结建立了适合本区地质-地球物理-地球化学综合勘查模型。通过勘查和初步评价, 在矿区外围新发现了波龙、拿顿、拿若、赛角、尕尔勤、铁格龙、地堡那木岗等斑岩(矿)点, 并最终形成多龙斑岩型铜金矿集区, 对该区域找矿起到指导作用。

[关键词] 班公湖-怒江成矿带 多不杂 斑岩型 铜金矿床 勘查模型

[中图分类号] PP622+.6 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2012)02-0274-14

Li Yu-bin, Duo Ji, Zhong Wan-ting, Li Yu-chang, Qiangba Wangdui, Chen Hong-qi, Liu Hong-fei, Zhang Jin-shu, Zhang Tian-ping, Xu Zhi-zhong, Fan An-hui, Suolang Wang-Qin.
An exploration model of the Duobuza porphyry Cu-Au deposit in Gaize Country, northern Tibet [J].
Geology and Exploration 2012, 48(2): 0274-0287.

多不杂斑岩型铜金矿床是近年在班公湖-怒江成矿带发现的一个具超大型规模的铜金矿床, 亦是多龙矿集区内规模最大、品位较高、发现最早的斑岩型铜金矿床。该矿床是西藏地质五队于 1997~1999 年期间在该地区进行砂金调查评价中发现的, 随后纳入地质大调查项目, 勘查过程中, 在多不杂周围新发现一批可进一步开展勘查的矿产地(靶区), 如地堡那木岗、荣那、波龙、拿若、尕尔勤、赛角、色那、色那东、拿顿等近 10 个矿床(点)(图 1), 从而形成多龙铜金矿集区。目前, 多龙矿集区是班公湖-怒江成矿带勘探程度较高的矿集区之一, 控制的铜金资源量已达超大型矿床规模, 是国家确定的矿产

资源战略储备基地。秦克章等(2006)、李光明等(2006, 2007)、李金祥等(2006, 2008)和余宏全等(2006, 2009)已对其做了较多的研究, 本文通过归纳总结该矿区成矿地质条件、找矿标志、地球化学特征、地球物理特征、矿体空间结构剖析等方面的研究成果, 总结出多不杂斑岩型铜金矿床的勘查模型, 为区域找矿指明方向。

1 矿区地质特征

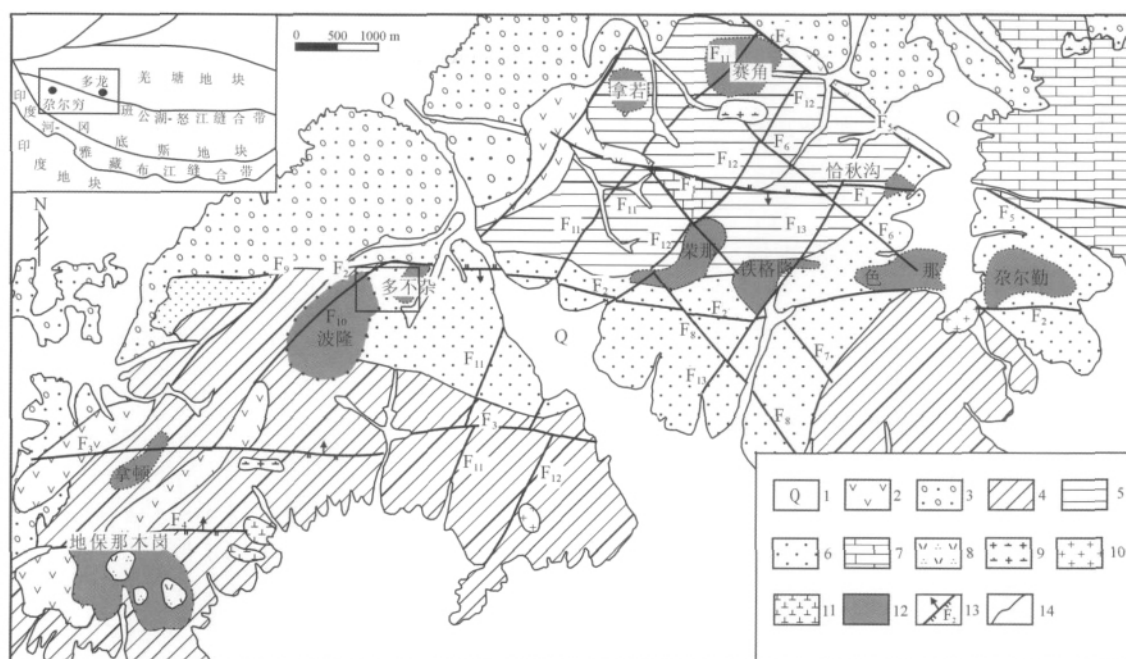
1.1 构造

多不杂斑岩型铜(金)矿床位于西藏改则县北

[收稿日期] 2011-10-28; [修订日期] 2011-11-05; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 本文为中央公益性行业专项(项目编号: 2010111013), 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调查(编号 1212010530102), 国家 973 项目(编号 2011CB403103), 自然科学基金(项目编号: 41172077)资助的成果。

[第一作者] 李玉彬(1982 年-), 男, 工程师, 从事矿产勘查评价工作, E-mail: liyb73@163.com。

图1 多不杂矿区区域地质图^①Fig.1 Regional geology map of the Tiegelong uplift in the western Bangonghu arc^①

1 - 第四系; 2 - 下白垩统美日切组 (K_1^m): 上段为火山角砾岩, 中段为火山碎屑岩, 下段为安山玢岩、安山玄武岩; 3 - 下第三系康托组 (N_1k) 棕红色粘土及砂砾石层; 4 - 下侏罗统曲色组一段 (J_1q^1): 深灰色粉砂质板岩夹变长石石英砂岩; 5 - 下中侏罗统色哇组一段 ($J_{1-2}s^1$): 变长石石英砂岩、砂砾岩夹深灰色 - 黑色变石英砂岩; 6 - 下侏罗统曲色组二段 (J_1q^2): 变长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩夹硅质岩; 7 - 上三叠统日干配组: 厚层状灰岩; 8 - 早白垩世石英斑岩; 9 - 早白垩世花岗闪长岩;

10 - 早白垩世花岗斑岩; 11 - 早白垩世闪长岩; 12 - 蚀变及矿化带; 13 - 逆断层及其编号; 14 - 地层界线

1 - Quaternary; 2 - Lower Cretaceous Meirique Group: upper member is volcanic breccia, middle member is pyroclastic rock, lower member is hypomere isandesitic basalt; 3 - Paleogene Cantor Group composed of brownish red clay and grit stone layer; 4 - Middle Jurassic first member of the Quse Formation: dark grey aleuritictexture slate metamorphism feldspar quartz sandstone; 5 - Middle Jurassic first member of Sewa group: metamorphism feldspar quartz sandstone glutenite and dark grey - dark metamorphism quartz sandstone; 6 - Lower Jurassic second member of Quse Group: metamorphism feldspar quartz sandstone, siltstone; 7 - Upper Triassic Riganpeicuo Group: limestone; 8 - Early Cretaceous quartz porphyry; 9 - Early Cretaceous granodiorite; 10 - Early Cretaceous granite porphyry; 11 - Early Cretaceous diorite; 12 - alteration and mineralization zone; 13 - thrust fault and number; 14 - stratigraphic boundary

西约 100 km 处, 班公湖 - 怒江缝合带北缘与羌塘 - 三江复合板片南缘结合部位中生代多不杂构造岩浆弧中, 班公湖 - 怒江成矿带西段改则县多龙矿集区内 (图 1)。矿区内断裂构造发育, 有近东西向 F_2 、北东向 F_{10} , 岩体内外接触带附近发育次级裂隙构造。 F_2 断裂处于矿区中部, 具有多期活动特征, 它既是早期的控矿断裂, 为多不杂花岗闪长斑岩的侵入和成矿提供了通道和空间, 也是后期切割矿体的断裂; F_{10} 断裂, 与成矿无关, 为一后期断裂; 岩体内外接触带次级裂隙构造十分发育, 成矿前、成矿期裂隙是重要的容矿空间, 主要充填有黄铁矿、黄铜矿、石英组成的硫化物石英脉, 其次为碳酸盐、石膏、硬石膏等, 由于含矿斑岩体的侵位和热液隐爆作用, 使岩体及内外接触带的岩石形成大量交错状、网脉状

裂隙及含矿斑岩体中的原生冷缩张性裂隙, 该类裂隙面粗糙、延伸不大, 产状零乱。成矿后裂隙系受成矿期后构造影响, 在含矿斑岩和近矿脆性围岩形成后期裂隙, 裂隙面平直, 呈密集平行状出现, 无脉体充填。

1.2 地层

多不杂矿区出露地层简单, 主要为下侏罗统曲色组二段 (J_1q^2)、下白垩统美日切组 (K_1^m)、新第三系康托组 (N_1k) 及第四系 (Q_4)。其中, 下侏罗统曲色组二段 (J_1q^2) 大面积分布在矿区的中、南部, 岩性主要为一套浅绿灰色 - 浅黄褐色薄 - 中厚层状变长石石英砂岩, 它与岩体的内外接触带是矿区主要赋矿部位, 受岩体的主动侵位影响, 地层产状发生明显变化, 形成穹隆构造; 下白垩统美日切组 (K_1^m) 呈近

北东向分布在曲色组二岩段北侧,为紫红色安山质火山碎屑岩、安山玢岩;第三系康托组(N_1k)仅在矿区的北部有少量的分布,以紫红色砂砾岩为主,其次为杂色泥岩、粉砂岩,底部夹基性火山岩;第四系(Q_4)为残坡积物及松散砂砾堆积层。

1.3 岩浆岩

矿区内岩浆活动复杂,具有多期活动特征,多次侵位的岩石构成一个复式杂岩体。主要有花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_5^3$)、辉绿玢岩($\beta\mu_5^3$)、玄武质安山岩($\alpha\beta_5^3$)等,含矿岩石主要为花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_5^3$) (图2),近EW向展布,地表出露长约2 000 m,宽约100 m,面积约为0.2 km²,其锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为121.6±1.9 Ma(李金祥等 2008),属燕山晚期侵位。

1.4 围岩蚀变

矿区蚀变范围受花岗闪长斑岩岩体规模、产状、形态控制,蚀变类型、强弱则与距离岩体距离有关。蚀变带在平面上与岩体一致,由于岩体南

倾,造成同一蚀变带南宽北窄现象。花岗闪长斑岩体全岩矿化,以低品位细脉浸染状矿石为主,普遍具硅化、钾化、黄铁绢英岩化等蚀变特征;在近岩体处及在内外接触带附近,蚀变强烈,以热液蚀变为主,主要有黑云母化、钾长石化、绿帘石化、绿泥石化、硅化、绢云母化、伊利石-水白云母化、高龄土化,伴有细脉浸染状黄铜矿化,形成工业矿体;远离岩体向围岩蚀变逐渐减弱,并以热接触蚀变为主,主要为褐红色的角岩化,伴有褐铁矿化,铜矿化较弱。

1.4.1 钾硅化带

该带主要发育在斑岩体中、深部,以弥散性的钾长石化,其次为热液黑云母化为其特征。发育有黑云母脉、石英-黄铜矿-磁铁矿脉(A型脉)等。后期叠加一定的粘土化,该带中金属硫化物含量较高,主要有黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿、斑铜矿,少量的方铅矿、闪锌矿,以细脉浸染状、脉状、网脉状构造为主,是主要含矿部位。

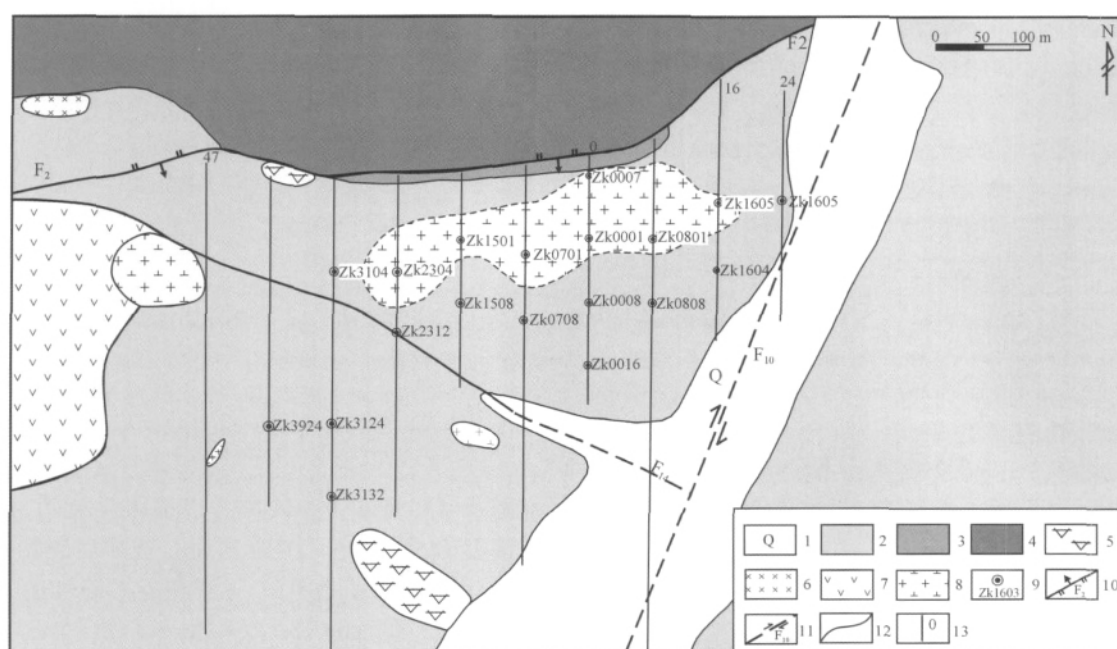


图2 多不杂铜金矿矿区地质图

Fig. 2 Geological map of the Duobuza copper - gold deposit

1 - 第四系; 2 下侏罗统曲色组二段: 变长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩夹硅质岩; 3 下第三系康托组棕红色粘土及砂砾石层; 4 - 下白垩统美日切组一段: 紫红色-褐紫色火山碎屑岩夹安山玢岩; 5 - 墨绿色辉绿岩; 6 - 灰绿色辉长岩; 7 - 玄武质安山岩; 8 - 早白垩世花岗闪长斑岩; 9 - 钻孔及编号; 10 - 逆断层及编号; 11 - 平移断层及编号; 12 - 地层界线; 13 勘探线及其编号

1 - Quaternary; 2 - second member of the Quse Formation in Lower Jurassic: metamorphism feldspar quartz sandstone, siltstone; 3 - Paleogene Cantor Formation brownish red clay and grit stone layer; 4 - Lower Cretaceous Meirique Formation: upper member is volcanic breccia, middle member is pyroclastic rock, lower member is hypomere isandesitic basalt; 5 - atrovirens diabase; 6 - celadon gabbro; 7 - basaltic andesite; 8 - Early Cretaceous granodiorite - porphyry; 9 - drillhole and number; 10 - thrust fault and number; 11 -

translation fault and number; 12 - stratigraphic boundary; 13 - prospecting line and number

1.4.2 粘土化带

主要叠加于钾化带之上,表现形式为斜长石的高龄土化、伊利石-水白云母化。

1.4.3 青磐岩化带

主要发育于玄武安山质围岩中,主要蚀变矿物有绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等。绿泥石沿黑云母斑晶边缘、解理和中心进行交代,偶见保留黑云母的假象。在玄武质火山岩青磐岩化过程中,杏仁体充填有碳酸盐、石英、绿帘石等矿物。

1.4.4 角岩带

矿区内远离岩体的曲色组(J_1q^2)变长石石

英砂岩、泥砂质板岩褐铁矿化普遍且强烈,形成大面积的角岩化带即“火烧皮”,呈环带状分布。该带以发育细粒零星浸染状黄铁矿(以褐铁矿化)为主,偶见薄膜状孔雀石化,未见工业矿体。

1.4.5 蚀变分带

多不杂矿区蚀变具有一定的分带性,由含矿斑岩中心向外可划分出钾硅化带、粘土化带、青磐岩化带及角岩带;从深部到浅部蚀变可分为钾硅化带、绿泥石化带叠加钾化带、粘土化叠加钾化带到粘土化带(伊利石-水白云母化)。

表 1 多不杂矿区围岩蚀变水平及垂直分带特征对比表(据李金祥等 2009)

Table 1 Horizontal and vertical zoning characteristics of wall-rock alteration at the Duobuza orefield (after Li *et al.*, 2009)

蚀变分带	水平分带			垂直分带		
	内带	中带	外带	上带	中带	下带
蚀变组合	黄铁绢英岩化 + 粘土化	粘土化 + 黄铁绢英岩化 + 青磐岩化	青磐岩化	黄铁绢英岩化 + 粘土化	黄铁绢英岩化 + 硬石膏化 + 石膏化	(弱) 钾化 + 硬石膏化 + 硅化
强度	强 + 弱	强 + 弱 + 强	强 → 弱	强 + 弱	强 + 弱 + 强	弱 + 弱 → 强
部位	斑岩体中心 → 外	内外接触带及附近	围岩	斑岩体顶部	斑岩体中 → 上部	斑岩体中 → 下部
矿化类型	绢英岩化 - 硫化物等	绢英岩 - 硫化物、青磐岩 - 硫化物、硅质 + 高岭土化 - 硫化物	青磐岩 - 硫化物, 块状硫化物	绢英岩化 - 硫化物	绢英岩化 - 硫化物、绢英岩化 + 钾化 - 硫化物、石膏 - 硫化物等	绢英岩化 + 钾化(弱) - 硫化物、硬石膏 - 硫化物、石英(+高岭石化) - 硫化物
矿化分类	中强 → 弱			弱 → 强 → 强 → 弱		

表 2 多不杂矿区矿体特征表

Table 2 Orebody characteristics of the Duobuza orefield

特征	描述
矿体分布规律及规模	矿体为近东西向展布、向南陡倾的巨厚板状体,目前控制矿体长度为 1500 m,厚度为 200 ~ 500 m,延深为 200 ~ 600 m。东西方向上,Cu 平均品位变化较大,中间高,东西两侧低;在南北方向上(厚度),Cu 平均品位变化规律较为明显,北侧 Cu 平均品位高于南侧;矿体在垂向上,Cu 品位变化较大,斑岩体及接触带附近品位较高,变砂岩中品位相对较低。
矿石结构、构造	矿石结构:按成因分为结晶结构、交代结构、固溶体分离结构和表生结构,尤以结晶结构中的它形晶粒状结构、半自形粒状结构、交代溶蚀结构最发育 矿石构造:原生矿体:稀疏、稠密浸染状构造、细脉、网脉状构造;氧化矿体:胶状构造、土状构造等
矿物组合	原生矿体:黄铜矿、黄铁矿,其次为辉钼矿、斑铜矿、黝铜矿、闪锌矿、磁铁矿、磁黄铁矿等 氧化矿体:辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿,其次为黄铜矿、磁铁矿
矿体分带特征	平面上:斑岩岩体中以浸染状、细脉状黄铜矿化为主,铜品位较低,局部达到矿体边界品位;岩体与围岩的内外接触带部位,以脉状、网脉状黄铜矿化为主,铜品位明显增高;外侧青磐岩化变长石英砂岩中以脉状、细脉状、浸染状黄铜矿化为主,铜品位逐渐降低,环绕斑岩矿体形成环带状低品位的砂岩矿体。 垂向上:上部见薄膜状孔雀石、兰铜矿矿体;中部以细脉浸染状黄铜矿化为主,铜品位较高;深部逐渐过渡为稀疏浸染状黄铜矿化,铜品位相应降低。

2 矿体特征

多不杂铜矿体以原生硫化矿为主,黄铜矿呈它形细粒浸染状、细脉状赋存于花岗闪长斑岩、变长石英砂岩中;在近地表均有不同程度氧化,孔雀石、蓝铜矿呈薄膜状、斑点状、团块状赋存在花岗闪长斑岩或碎裂砂岩中,局部地段见少量辉铜矿。

3 矿床勘查模型

矿床勘查模型又名矿床找矿模型,是对具体某个矿床的找矿标志及矿化信息综合研究与反映,是对矿床的主要控矿因素、矿化蚀变类型及特征、地球化学元素分布规律,以及地球物理场特征的客观体现(肖克炎等,1994;毛景文,2009;唐菊兴等,2011),本文侧重于建立矿体结构的描述模型、大比例尺的地球化学勘查模型、地球物理勘查模型,试图结合找矿标志全面反映和总结出多不杂矿床的综合信息勘查模型。

3.1 控矿因素

3.1.1 含矿斑岩

含矿花岗闪长斑岩产出于受深断裂控制的幔源岩浆带上,岩体受区域性东西向和北西西向断裂构造控制。矿区深部隐伏着一个提供大量含矿气液热流体的花岗闪长质岩浆房,岩体近地表呈椭圆状,空间上呈岩株或岩枝状产出,产状较陡,岩体顶部在侵位过程中受挤压破碎严重。在岩体西侧边部及顶部有热液角砾岩;侵位成岩的压力变化梯度和温度变化梯度较大,岩浆分异作用明显,岩体深部为等粒似斑状结构,接触带有混染现象,接触变质角岩带发育,浅部为斑状结构,与围岩呈突变接触关系,岩体内自交代现象强烈。其 SiO_2 含量为 47%~68%,微量元素地球化学特征和 Sr、Nd 同位素结果表明成矿斑岩可能直接来源于俯冲洋壳的部分熔融。李金祥等(2008)对与成矿密切相关的花岗闪长斑岩进行 SHRIMP 锆石 U-Pb 年代学研究,其锆石具有明显的岩浆结晶环带,Th/U 比值范围为 0.51~0.90,均大于 0.1,为岩浆成因锆石,得出其 SHRIMP U-Pb 年龄为 $121.6 \pm 1.9 \text{ Ma}$ 。

3.1.2 大地构造环境

以班公湖-怒江缝合带为界,南北两侧为不同构造单元,北部为羌塘地块,南部属于拉萨地块。该缝合带不但在青藏高原的地质构造,而且在深部地球物理反映的岩石圈结构和组成上都是一条非常重要的分界线,可能为冈瓦纳大陆的北界(潘桂棠等,

2004)。多不杂斑岩型铜金矿床位于西藏改则县北西约 100 km 处,羌塘地块最南缘、班公湖-怒江缝合带北缘中生代铁格龙构造岩浆弧中,是岛弧型斑岩铜金矿产出的有利大地构造位置。

3.1.3 构造

矿区构造活动是含矿岩浆侵位和含矿热液流体运移的重要驱动力,对岩浆和含矿流体起着分配容纳的作用,成矿过程中多次构造频繁活动,相应出现多期次的成岩成矿作用。它主要是通过断裂、裂隙、接触带和热液角砾岩带等构造组成来具体控制成矿。多不杂铜矿位于环型构造的外环缘上与近东西向断裂、北东向断裂交汇锐角部位一侧形成规模较大的含矿斑岩体。多组原生裂隙与构造裂隙交叉发育的裂隙密集带,有利于配矿、容矿;斑岩接触带内、外两侧,裂隙密集发育,且延伸较大,矿液来源丰富,控制着矿化富集带的空间展布。

矿区中部一带,存在热液角砾岩带,岩体顶部和中上部岩石破碎,显示着成矿深度对成矿极为有利。

3.1.4 地层

矿区主要出露的下侏罗世曲色组(J_1q^2)变长石英砂岩、泥砂质板岩,为一套浅海相碎屑岩组合,受到岩浆热液的影响发生角岩化,角岩孔隙度低,可作为含矿流体的较好的阻隔层,形成良好的天然圈闭,促使成矿流体积淀和富集,为矿区矿体的形成提供了必要的围岩外部因素。

3.2 地球化学找矿模型

3.2.1 1:5 万水系沉积物地球化学勘查模型

1:5 万水系沉积物地球化学测量的异常元素有:Cu、Mo、W、Ag、Au、Bi、Zn、Cd、Pb、Co、Hg。其中 Cu、Cd 具有四级浓度分带,浓集中心最高含量分别为: $\text{Cu} \#4833.2 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Cd} \#2927 \times 10^{-9}$; Mo、Zn 具有三级浓度分带,浓集中心最高含量分别为 $\text{Mo} \#7.61 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Zn} \#684 \times 10^{-6}$; Ag、W、 K_2O 具有二级浓度分带,浓集中心最高含量分别为: $\text{W} \#5.2 \times 10^{-6}$ 、 $\text{Ag} \#433 \times 10^{-9}$ 、 $\text{K}_2\text{O} \#4.22\%$; 其他元素为弱异常或高背景,Co 出现低背景。

3.2.2 1:1 万土壤元素地球化学勘查模型

Au、Cu、Ag、Mo 具浓度分带,异常形态较规则,各元素异常套合好,五级浓度分带(Cu 含量大于 4000×10^{-6})的范围地表已见矿,含矿花岗斑岩出露地表;四级、三级浓度分带(Cu 含量大于 1000×10^{-6})的范围地表槽探或浅井工程见矿,为矿化蚀变岩;二级浓度分带(Cu 含量大于 500×10^{-6})的范围地表为孔雀石化、褐铁矿化角岩带;一级浓度分带

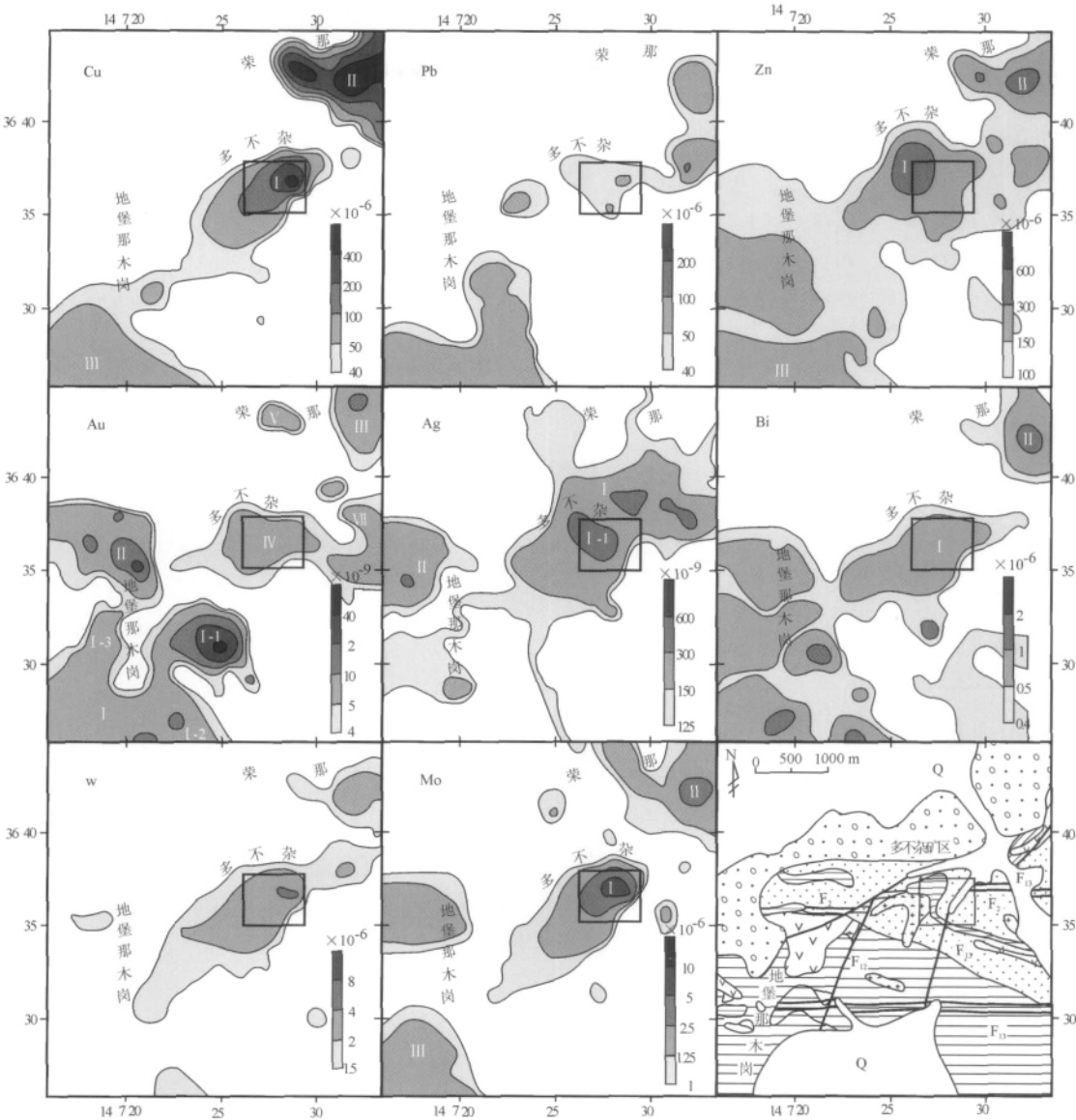


图 3 1: 50000 水系沉积物化探异常图² (图例见图 1)

Fig. 3 Maps showing 1: 50000 stream sediment geochemical anomalies² (logends seen in Fig. 1)

(Cu 含量大于 250×10^{-6}) 的范围为褐铁矿化角岩带(火烧皮)。

Au 元素异常特征,异常强度高,有三级浓度分带,二、三级浓度带与 Cu 元素的三、四、五级浓度带大致吻合。

Ag 元素异常特征,异常形态较规则,与 Cu 元素的二、三、四、五级浓度分带大致吻合,而内带呈大致北东向等间距的椭圆状。

Mo 元素异常特征,与 Cu 元素的二、三、四、五级浓度分带吻合,范围略小。

3.3 地球物理勘查模型

3.3.1 激电探测异常特征

激电探测采用极距 AB = 1200 m、MN = 40 m,测

量点距为 40 m,局部加密到 20 m。测地工作采用奇遇牌高精度手持式 GPS 定位仪,电法工作采用 DZD-4 型数控多功能直流电法仪,通过探测,发现矿区的非矿化岩石视极化率较低,且比较稳定,平均小于 3%;而孔雀石化、黄铁矿化的岩石视极化率一般在 3%~6%之间,随着金属硫化物含量的增多,视极化率增高,最高可达 22.04%。视极化率平面剖面图及等值线平面图上,异常具有西强东弱,中间高,南、北低的特点,规模达 800 m × 1600 m,异常值最高可达 22.04%,最低视极化率为 3.24%。南北两端的视极化率在 3% 以下。初步推断,高视极化率地段是由中、深部具有一定规模和延伸的硫化矿体。在测区的东西两侧,异常未圈闭。

表 3 多不杂矿区 1:10000 土壤测量中各元素地球化学特征表 ($\times 10^{-6}$)Table 3 Geochemical characteristics of elements from the 1:10000 soil survey in the Duobuza orefield ($\times 10^{-6}$)

统计参数	Cu	Au	Ag	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Cr	Ni	Mo	Sn
样品数	3358	3351	3358	3358	3358	3358	3358	3357	3358	3358	3358	3358	3358
平均值	36.3	4.17	0.099	31.6	83.2	28.78	1.37	0.42	0.027	139.8	51	0.97	2.29
中位值	26.8	2.15	0.078	24.2	67.9	24.3	1.12	0.33	0.024	62.7	30.8	0.82	2.2
众数	246.5	1.31	0.1	282.4	324.7	21	1	0.27	0.024	3309	701.3	0.82	2.67
均方差	32.1	9.67	0.071	25.9	50	18.03	0.87	0.31	0.02	391.3	99.1	0.74	0.62
变异系数	88.4	232	71.4	82	60	62.6	63.4	73.3	74	279.9	194.2	76.2	26.9
偏度	4.11	10.46	4.08	4.96	2.76	3.32	2.77	2.98	6.37	6.19	5.46	5.96	1.12
偏度标差	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
峰度	20.69	132.09	21.47	32.91	8.69	16.53	9.39	9.57	57.69	40.83	30.66	43.6	2.05
峰度标差	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
最小值	6.2	0.4	0.031	8.3	14.2	3.37	0.12	0.04	0.006	18.3	5.2	0.39	0.76
最大值	246.5	138.81	0.637	282.4	327	161.9	5.83	1.88	0.259	3309	701.3	7.62	4.9
异常下限	42.1	4.91	0.117	34.5	110.7	43.5	1.91	0.53	0.041	97.9	50.6	1.21	3.32
背景值	26.5	2.28	0.078	24	69.4	25	1.14	0.33	0.024	62.8	30.3	0.82	2.25

矿区矿体激电异常特征显示为低阻、高极化,其视极化率与视电阻率异常对应好,显示出异常范围大、异常规则的特点,16线~23线的异常经地表工程和深部工程验证,异常与隐伏矿体吻合,属矿致异常。矿(化)体分布在地表下80 m~260 m之间。视电阻率、视极化率曲线剖面图上,低视电阻率、高视

极化率对应矿化蚀变较好地段。含矿斑岩体的视极化率值为9%~14%,视电阻率为 $100\Omega\cdot m\sim 300\Omega\cdot m$;外接触带矿体异常特点是,视极化率值为7%~14%,视电阻率值一般为 $200\Omega\cdot m\sim 400\Omega\cdot m$;非矿异常特征是,视极化率值小于5%,视电阻率值大于 $600\Omega\cdot m$ 。

表 4 多不杂矿区岩石、矿石激电电性参数测定表

Table 4 Physical parameters of rocks and ores from the Duobuza orefield

岩石名称	测定数量	极化率 η (%)			电阻率 ρ ($\Omega\cdot m$)		
		η_{\max}	η_{\min}	η	ρ_{\max}	ρ_{\min}	ρ
含铜花岗闪长斑岩	8	7.47	7.17	7.29	150.8	149.4	150
含铜云英岩	5	10.36	6.82	8.24	623.4	498.2	548.5
含铜长英质角岩	8	22.04	12.63	17.73	158.6	89.2	131.1
孔雀石化花岗闪长斑岩	9	2.98	1.50	2.22	8185.3	1927.1	3904.1
孔雀石化变长石石英砂岩	12	6.42	0.96	3.27	946.27	213.09	587.56
孔雀石化角砾岩	17	3.14	0.97	2.43	756.48	295.62	437.60
玄武质安山岩	3	3.77	1.90	2.69	17246	8963	13001
安山玢岩	3	2.73	1.77	2.15	19172	14695	16953
辉绿岩	4	2.65	1.36	2.00	3537.7	2140.9	2905.8
云英岩	4	1.36	0.95	1.17	6287.5	4183.2	5172.5
变长石石英砂岩	8	1.97	0.96	1.56	613.58	186	436.57
变质砂岩	14	2.53	0.67	1.37	965.46	217.53	438.62
长英质角岩	5	2.63	0.43	1.82	1555.2	1015.3	1066.9
角砾(熔)岩	12	2.92	0.95	1.56	502.96	195.31	351.77
含铜变砂岩	3	9.25	5.67	7.56	765.32	206.73	325.14
第四纪残坡积物	12	1.99	0.70	1.54	752.66	211.12	350.37

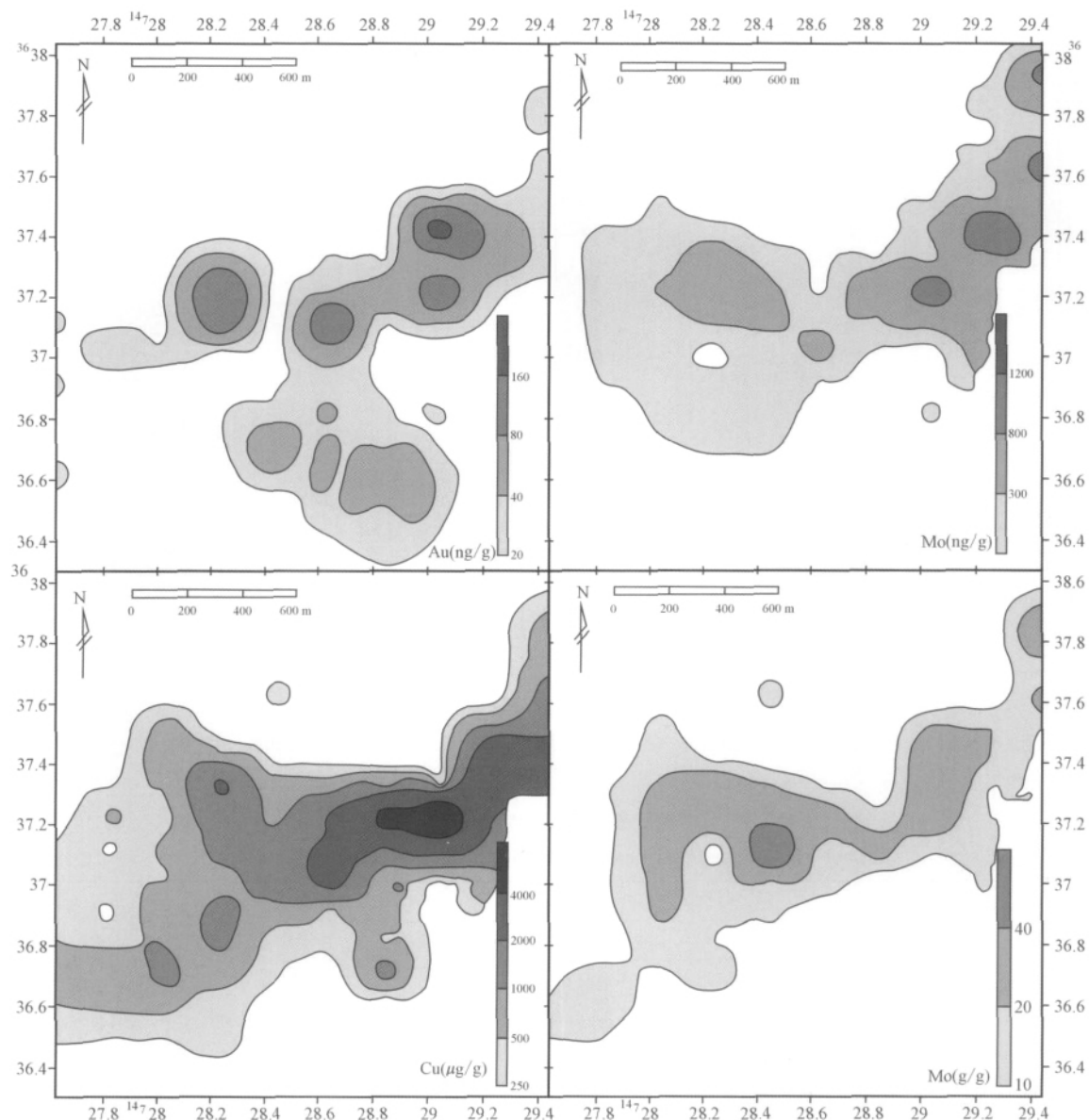


图 4 1: 10000 土壤元素地球化学异常图^②

Fig. 4 Maps showing 1: 10000 soil element anomalies^②

3.3.2 1: 5 万高精度磁测异常特征

磁场总量异常为南正北负,东高西低特征明显。磁异常等值线总体稀疏,局部密集,磁异常等值线北西和南东两侧稀疏排列,中间部位呈北东东向带状展布的相对密集区。等值线密集区内磁异常等值线的疏密变化较大,形成若干大小各异的等值线自封闭异常。自封闭异常的成带分布、成群出现与分段集中的特征十分清晰。其中正磁异常区内自封闭局部异常主要集中于南西段;负磁异常区内基本未圈定出自封闭异常;中段的畸变场区内自封闭异常自西向东均有分布,是自封闭局部磁异常最为发育的

区段。

高精度磁测结果与已发现矿体情况一致(图 6),西部由曲色组一段砂质板岩、长石石英砂岩及灰岩、曲色组二段变长石石英砂岩组成,根据物性测定结果表明变长石长英砂岩为弱磁性,磁性强度 <200 nT,所以该区域主要呈现负磁或弱磁异常,但在该区域内局部有高磁异常区,特别是在西南部显示有中高磁异常区,且与多不杂、地堡那木岗、拿顿、拿若、波龙等矿点勘查发现一致,因此推断该异常区为深部隐伏地质体引起的,可能与深部隐伏的含矿花岗闪长岩体有关;中段的畸变场区地层发育较全,

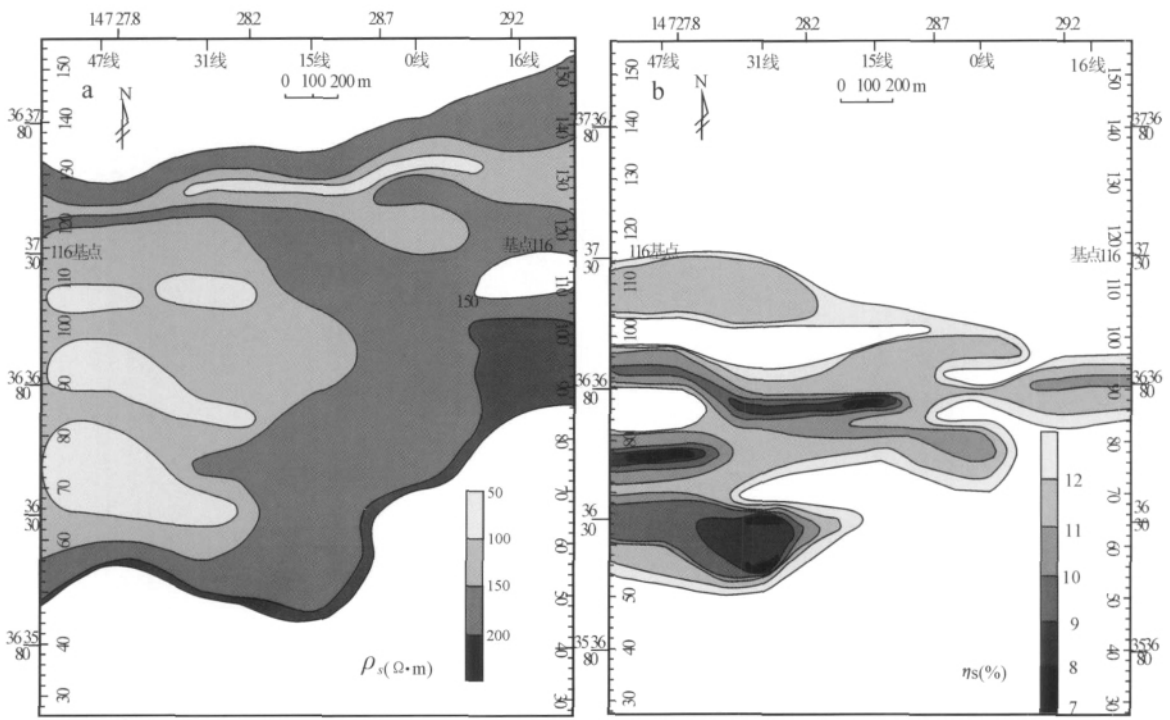


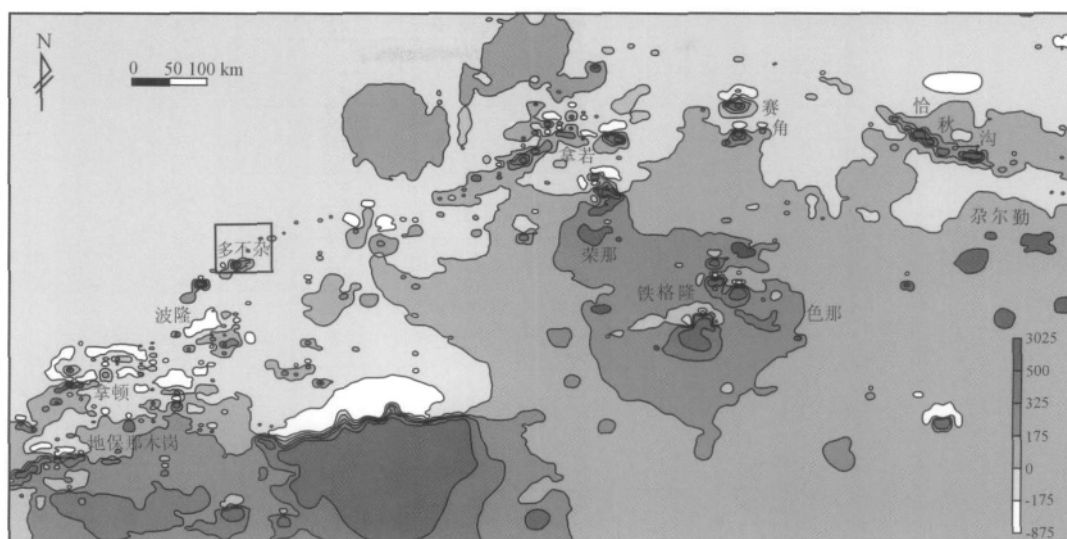
图 5 1: 10000 激电测量异常图^③

Fig. 5 Maps showing the 1: 10000 electric measurement anomalies ^③

表 5 磁参数测定结果一览表

Table 5 Magnetic parameters of rocks from the Duobuza orefield

岩矿石名称	标本数 (块)	K(10 ⁻⁶ SI)		Jr(10 ⁻³ A/m)		$\bar{\Phi}$ (°)	$\bar{\theta}$ (°)
		几何平均值	变化范围	几何平均值	变化范围		
紫红色安山岩	30	3040.17	448.48 ~ 60511.31	157.54	26.88 ~ 637.73	35	12
灰绿色辉绿岩	30	37276.44	2092.11 ~ 392688.70	757.05	92.89 ~ 2763.42	61	-2
灰绿色闪长岩	21	3506.66	378.89 ~ 94426.91	142.02	38.46 ~ 891.49	20	-1
凝灰质火山碎屑岩	11	4377.40	247.73 ~ 135601.45	143.40	29.22 ~ 409.64	/	/
火山角砾岩	30	2497.21	160.30 ~ 22052.74	199.54	21.46 ~ 1031.19	38	-51
蚀变岩体	30	2033.46	155.44 ~ 39684.23	94.24	36.14 ~ 387.97	62	15
黄色粉砂岩	18	650.14	162.38 ~ 1704.99	92.15	35.64 ~ 306.70		
安山玢岩	30	12741.60	222.87 ~ 120623.66	181.59	40.59 ~ 539.04	59	26
玄武质安山岩	30	5529.56	267.45 ~ 97802.11	129.17	34.84 ~ 588.03	316	-36
花岗闪长斑岩	31	2229.27	445.75 ~ 22300.17	105.91	21.35 ~ 518.13	321	14
灰绿色玄武岩	30	3681.43	142.08 ~ 93154.39	139.62	40.91 ~ 2350.08	57	-11
火山熔岩	30	46092.35	5282.12 ~ 176833.90	4282.23	128.8 ~ 30450.98	317	-44
浸染状铜矿(岩芯)	12	7095.65	1037.82 ~ 25233.84	312.91	103.82 ~ 726.55		
变石英砂岩	30	211.28	49.99 ~ 545.07	35.79	7.08 ~ 125.34		
灰岩	12	0	/	0	/		
粉砂质板岩	10	0	/	0	/		
镜铁矿石	3	23899	16877 ~ 38263	824	406 ~ 902	引用以往测定值	
磁铁矿石	13	958601	282288 ~ 30110763	168189	9563 ~ 2146120	引用以往测定值	

图6 1: 50000 高精度磁异常图^④Fig. 6 Map showing the 1: 50000 high-accuracy magnetic anomalies^④

且构造复杂,后期岩浆侵入活动频繁,是后期成矿的有利地段,是寻找以铜、金为主的中低温多金属矿的主要区段。地层主要由色哇组一段及曲色组二段变长石石英砂岩及下第三系康托组棕红色粘土及砂砾石层组成,以弱磁异常为主,其次为中磁异常及强异常,但强异常区面积较小,零星分布,推测高磁异常区较多,大致与铁格龙、荣那、色那、赛角、拿若等矿点的所在位置吻合,显示其深部隐伏斑岩体的存在;东部主要分布负磁异常,局部形成自封闭强异常,上三叠统日干配组厚层状灰岩以低磁异常,在断裂周围显示高磁异常,推测由于断裂构造发育,后期岩浆侵位引起的,与恰秋沟位置套合,曲色组二段变长石石英砂岩显示中磁异常,未见明显的高磁异常;北部的负磁场区主要位于新近系下新统康托组粘土及砂砾石层分布区,属陆相沉积地层。由于其形成时代较新,且构造及后期岩浆活动不明显,因此显示了平稳场特征。值得注意的是,南部的正磁场区所圈定的自封闭局部异常以强磁异常为主,范围广,但此区域分布的下侏罗统曲色组一段砂质板岩、长石石英砂岩及灰岩均属无磁性或弱磁性岩石,不可能引起较强的磁异常。经工程验证,其下部为隐伏含磁铁矿黑云母花岗岩。

(1) 通过 0# 勘探线地质、地球化学、地球物理综合剖面(图7)可以看出,主成矿元素和地球物理探测异常分布勘查模型具有以下特点:矿体主要产于早白垩世花岗闪长岩体的钾化带及岩体边部变长石石英砂岩中。总体来说,具有中间高,东西两侧低

的特征,主要表现为:平面上,斑岩体中以浸染状、细脉状黄铜矿化为主,铜品位较低且不均匀,局部达到矿体边界品位,形成夹石;斑岩体内外接触带 Cu 品位较高,以脉状、网脉状黄铜矿化为主;外侧变长石石英砂岩中以脉状、细脉状、浸染状黄铜矿化为主,铜品位逐渐降低,环绕斑岩矿体形成环带状低品位的砂岩矿体;垂向上, Cu 平均品位变化较为明显,北侧以细脉浸染状黄铜矿化为主, Cu 平均品位均高于南侧,在近地表见薄膜状孔雀石、蓝铜矿,向深部逐渐过渡为稀疏浸染状黄铜矿化,铜品位相应降低。

(2) 1/1 万土壤地球化学勘查模型显示, Cu、Au、Ag、Mo 元素在剖面上吻合度较高。在隐伏斑岩体及其内外侧接触带具有明显的高异常区, Au 元素不仅在接触带有高值区,在主矿体外围有一个比接触带更高的异常区,初步推断为浅成低温热液脉型金矿体,有待进一步勘查验证。

(3) 1/1 万地球物理勘查模型显示,视电阻率异常、高精度磁测异常大体呈“W”分布型式,视极化率异常则表现为波浪起伏的特征。高精度磁测的剖面特征呈“W”型分布型式,在矿体范围内为 200~350nT,属低磁异常或弱磁异常区,岩体接触带为高于 500nT,属于中高异常区,隐伏岩体分布区在 200nT 以下,变长石石英砂岩则 < 200nT,呈现负磁异常或低异常;从视电阻率剖面平面图上观察分析,视电阻率剖面曲线比较规整,局部虽有跳跃,但异常的连续性好,呈现“W”型分布型式,矿体范围内表现为低阻,两侧表现为高阻,特别是南侧变长石石英砂

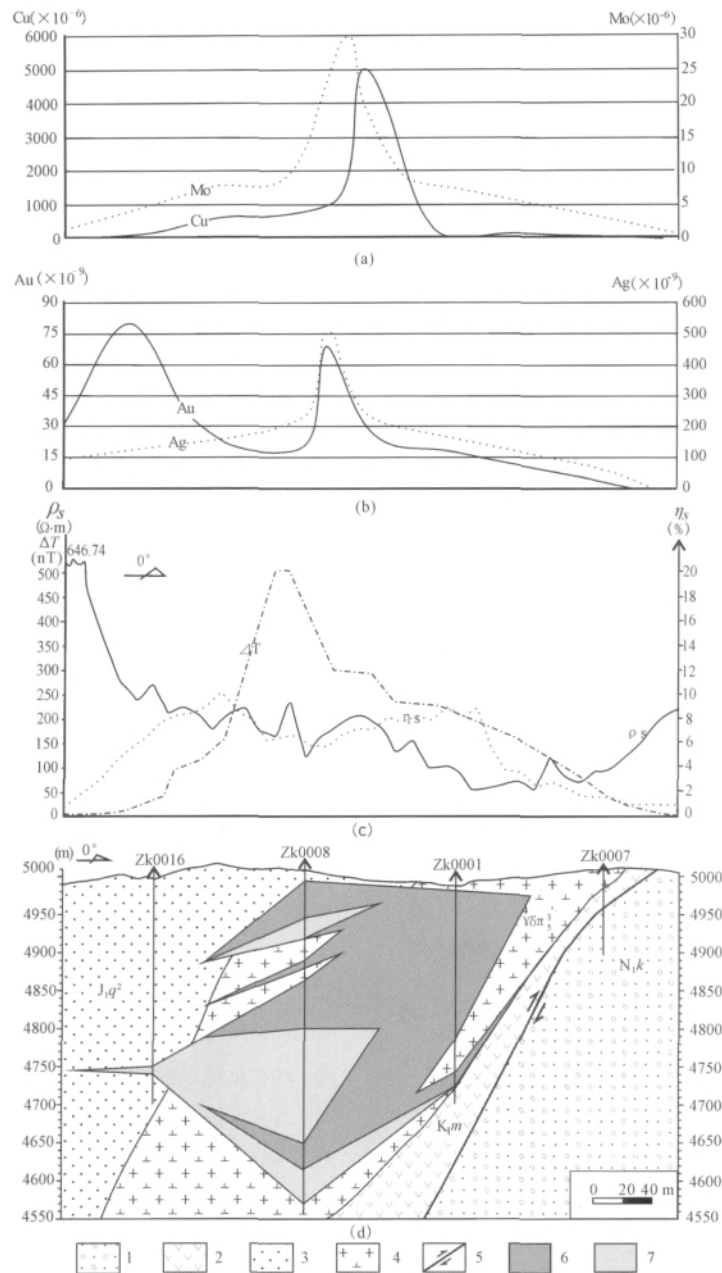


图7 多不杂0#勘探线地质、地球物理、地球化学综合剖面图

Fig. 7 Map showing integrated geology, geophysics and geochemistry along the prospecting line 0#

a - 0 线铜、钼地球化学异常剖面图; b - 0 线金、银地球化学异常剖面图; c - 0 线地球物理异常剖面图; d - 0 线地质剖面图
 1 - 下第三系康托组 (N_1k) 棕红色粘土及砂砾石层; 2 - 下白垩统美日切组 (K_1m): 上段为火山角砾岩, 中段为火山碎屑岩, 下段为安山玢岩、安山玄武岩; 3 - 下侏罗统曲色组二段 (J_1q^2): 变长石石英砂岩、粉砂岩、粉砂质板岩夹硅质岩; 4 - 早白垩世花岗岩闪长岩; 5 - 逆断层; 6 - 工业品位矿体; 7 - 低品位矿体

a - Profile showing geochemical anomalies of Cu and Mo along No. 0 prospecting line based in the Duobuza porphyry copper - gold deposit; b - Profile showing geochemical anomalies of Au and Ag along No. 0 prospecting line in the Duobuza porphyry copper - gold deposit; c - Geophysical profile along No. 0 prospecting line in the Duobuza porphyry copper - gold deposit; d - Geological section along No. 0 prospecting line in the Duobuza porphyry copper - gold deposit

1 - Paleogene Cantor Fm. composed of brownish red clay and grit stone layer; 2 - Lower Cretaceous Meirique Fm.: upper member is volcanic breccia, middle member is pyroclastic rock, and lower member is hypomere isandesitic basalt; 3 - Lower Jurassic Quse Fm. Second Member: metamorphism feldspar quartz sandstone, siltstone; 4 - Early Cretaceous granodiorite; 5 - thrust fault; 6 - industrial grade orebody; 7 - industrial grade orebody

岩(250~600Ω·m)及其与斑岩体的接触带(250~300Ω·m)视电阻率明显高于北侧(200~220Ω·m);视极化率异常的剖面特征为波浪形,矿体范围内视极化率在4~10之间,变长石石英砂岩与斑岩体接触带视极化率可升至10%,而两侧变长石石英砂岩及砂砾岩分布区又明显降低2%以下。通过分析,发现在矿体范围内呈现低视电阻率、高视极化率的特点,其视极化率异常和视电阻率异常对应关系很好。

3.4 找矿标志

多不杂斑岩型铜(金)矿的主要找矿标志为:

(1) 产出岛弧背景的含矿岩体,主要为花岗闪长斑岩等,呈小岩株(瘤)产出。

(2) 在地表,常见较大范围的孔雀石化,广泛发育褐铁矿化,特征的负地形洼地。

(3) 斑岩体上部和接触带集中形成典型斑岩型矿床类蚀变分带,即在斑岩体及其围岩从内向外形成钾化带、泥化带、角岩化带。早期的(细脉)浸染状矿化发生于黄铁绢英岩化带,晚期的脉状矿化发生于脉状绿泥石绿帘石方解石化带内。

(4) 线性构造和环形构造的交切部位,并伴有中酸性岩体(火山岩、次火山岩、蚀变岩体)侵入地段。

(5) 矿区产于Cu、Au的高背景区,并与强度高、浓集中心明显的Cu、Au、Ag、Mo元素的化探综合异常相对应,在空间上尤其与Cu异常分布高度吻合。

(6) 地球物理勘查表明,含矿斑岩区为低视电阻率、高视极化率异常区;化探测量Au、Ag、As、Sb、Cu、Pb、Zn元素高异常区常与地球物理探测的异常区吻合。

(7) 地表发育褐红色的强褐铁矿化及“火烧皮”。

4 结论

通过对多不杂典型矿床地质特征研究而建立的矿床模型,以及以矿床模型为基础,结合矿床地球物理特征、地球化学特征进一步建立的勘查模型,对其周边地区斑岩型铜(金)矿床的寻找起到重要作用。通过运用该模型对多不杂铜金矿外围进行矿床预测,继而发现了波龙、拿若、尕尔勤、拿顿、铁格龙、荣那、赛角等斑岩型铜、铜金矿床(点),并最终确立了多龙矿集区。

(1) 多不杂斑岩型铜(金)矿床是近年来在班

公湖-怒江成矿带上发现的具超大型规模的铜金矿床,也是目前班公湖-怒江成矿带上已勘查的规模最大的铜金矿床。

(2) 矿化主要赋存于斑岩及其与围岩的内外接触带,是典型的斑岩型铜(金)矿床,与燕山晚期高钾钙碱性中酸性岩浆作用密切相关。

(3) 地球化学和地球物理勘查模型显示,土壤、水系沉积物地球化学测量的元素的分带、成矿元素的异常范围、矿化强度、元素套合等能很好地反映出矿化体的范围;高精度磁测结果受多方面因素影响,不能很好地圈出岩体,但局部能反映接触带的位置;激电探测成果较好地反映矿化体的分布范围。

(4) 隐伏的斑岩体为成矿提供成矿物质和成矿流体来源,矿区内的断裂及由岩体侵位导致的次级裂隙构造是重要的导矿和容矿构造。并且,下侏罗统曲色组二段(J_1q^2)的变长石石英砂岩起到阻隔矿液流失的作用。

(5) 找矿标志明显,巨大的火烧皮、大面积的热蚀变和蚀变异常是最重要的找矿标志。

致谢 诚挚感谢唐菊兴研究员、秦克章研究员,李金高教授级高级工程师,李光明(成都地质调查中心)研究员,李光明(中国科学院)副研究员,李金祥博士后对本文的诸多帮助,在此一并表示感谢。

[注释]

- ① 李玉昌、李玉彬、范安辉、辛连福、索拉旺钦. 2009. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调查2009年阶段性报告[R].
- ② 魏启荣、任利民、樊俊青、魏俊浩、杨奇荻、郝伟、梁云汉、孙骥、张小强、王明志、付乐兵、李欢、秦雅东、贺新星、谢瑜. 2009. 西藏1:5万班公湖-怒江成矿带西段多龙地区四幅(I-44E019022、I-44E019023、I-44E020022、I-44E020023) 900km²土壤与水系沉积物地球化学调查报告[R].
- ③ 青海省地质调查院物探二分队八组. 2003. 西藏自治区改则县多不杂铜矿普查区物探工作总结[R].
- ④ 靳宝福、王建昆、母兴民. 2008. 西藏班公湖-怒江成矿带西段铜多金属资源调查多龙矿集区1/5万地面高精度磁测工作报告[R].

[References]

- Gary O. Arnold, R. H. Sillitoe. 1989. Mount Morgan Gold - Copper deposit, Queensland, Australia: Evidence for an intrusion-related replacement origin[J]. *Economic Geology*, 84: 1805-1816
- R. H. Sillitoe. 1973. Geology of the Los Pelambres Porphyry Copper Deposit, Chile[J]. *Economic Geology*, 68: 1-10
- R. H. Sillitoe, R. C. Lorso. 1994. Epithermal gold-silver-mercury deposits at Paradise Peak, Nevada: Ore controls porphyry gold association detachment faulting, and supergene oxidation[J]. *Economic Geology*, 89: 1228-1248
- R. H. Sillitoe. 2010. Porphyry copper systems[J]. *Economic Geology*, 105: 3-41

- Chen Fu , Qiao Li - bin , Chen Jin - ping. 2007. Comprehensive prospecting model research on polymetallic W - Mo metallogenic area , Xiaoliu Gutter , Gan Su [J]. Geology and Exploration 43(6) : 618 - 667 (in Chinese with English abstract)
- Chi Shun - du. 1991. Establishing principle on mineral exploration model based polymetallic Sn metallogenic area in GeJiu [J]. Geoscience , 10(3) : 335 - 340(in Chinese with English abstract)
- Chi Shun - du. 1995. Mineral exploration model of porphyry copper [J]. Geoscience , 29(2) : 149 - 155(in Chinese with English abstract)
- Hou Zeng - qian , Pan Gui - tang , Wang An - jian , Mo Xuan - xue , Tian Shi - hong , Sun Xiao - ming , Ding Lin , Wang Er - qi , Gao Yong - feng , Xie Yu - ling , Zeng Pu - sheng , Qin Ke - zhang , Xu Ji - feng , Qu Xiao - ming , Yang Zhi - ming , Yang Zhu - sen , Fei Hong - cai , Meng Xiang - jin , Li Zhen - qing. 2006. Mineralization of later collision and conversion in Qinghai - Tibet Plateau collision orogen belt [J]. Mineral Deposits , 25(5) : 521 - 543 (in Chinese with English abstract)
- Li Jin - xiang , Li Guang - ming , Qin Ke - zhang , Xiao Bo. 2008. Bangong Lake belt Duobuza porphyry Cu - Au deposits Metallogenic tectonic background controlled by porphyries - volcanics geochemistry characteristics and ages in Duobuza porphyry Cu - Au deposits of Bangong Lake belt. [J] Acta Petrologica Sinica , 24(03) : 531 - 543 (in Chinese with English abstract)
- Li Guang - ming , Li Jin - xiang , Qin Ke - zhang , Zhang Tian - ping , Xiao Bo. 2007. High temperature , salt and oxidation ore - forming fluid based on fluid inclusion data [J]. Acta Petrologica Sinica , 23(5) : 935 - 952(in Chinese with English abstract)
- Mao Jing - wen , Shao Yong - jun , Xie Gui - chun , Zhang Jian - dong , Chen Yu - chuan. 2009. Mineral model of Tongling polymetallic Cu ore - concentrated areas in metallogenic belt locates at the middle and lower reaches of Changjiang River [J]. Mineral Deposits , 28(2) : 109 - 119 (in Chinese with English abstract)
- Qin Ke - zhang , Li Guang - ming , Zhang Qi , Li Jin - xiang , Miao Yu , Xiao Bo , Zhang Tian - ping , Duo Ji , Li Jin - gao , Lu Yan. 2006. Metallogenic conditions and possible occurrences for epithermal gold mineralizations in gangdese and bangonghu belts , tibet—in view of porphyry - epithermal cu - au metallogenetic Systematics [M]. Proceedings of 8th State Mineral Deposit Conference , Beijing: Geological Publishing House: 660 - 670(in Chinese)
- Rui Zong - yao , Hou Zeng - qian , Qu Xiao - ning , Zhang Li - sheng , Wang Long - sheng , Liu Yu - lin. 2003. Mineralogenetic epoch of Gangdise porphyry copper and the rising of Qinghai - Tibet Plateau [J]. Mineral Deposits 22(3) : 217 - 225(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 - tng. 2009. Duobuza porphyry copper deposits dating on Re - Os of molybdenite and U - Pb SHRIMP of zircon and their Geological significances [J]. Mineral Deposits , 28(6) : 737 - 746(in Chinese with English abstract)
- Tang Ju - xing , Deng Shi - lin , Zheng Wen - bao , Ying Li - juan , Wang Xiong - wu , Zhong Kang - hui , Qin Zhi - peng , Ding Feng , Li Feng - ji , Tang Xiao - qian , Zhong Yu - feng , Peng Hui - juan. 2011. Exploration model of Jima polymetallic copper deposits , Mozhuogongka country , Tibet [J]. Mineral Deposits , 30(2) : 618 - 641(in Chinese with English abstract)
- Wu Hong - wei , Ren Ai - qin. 2005. Protogenesis geochemistry anomaly and its prospective model of Yindonglin silver deposits , Henan [J]. 41(1) : 618 - 652(in Chinese with English abstract)
- Xiao Ke - yan. 1994. Discussion on prospecting model [J]. Geology and Exploration , 30(1) : 41 - 45(in Chinese with English abstract)
- Yang Li - jing , Hu Xiao - long , Ma Pei - wen. 2004. Au deposits geological characteristics and prospective model in Zhuzi Gutter , Wushan country , Gansu [J]. Geology and Exploration , 40(3) : 51(in Chinese with English abstract)
- Zhao Yuan - yi , Ma Zhi - hong , Zhong Chong - xue. Cu deposits' geochemistry characteristic and its prospective model of Copper Mountain , Hei Longjiang [J]. Geology and Exploration , 31(3) : 48 - 54 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Yu - sheng , Wang Fu - tong , Long Bao - lin , Xue Ying - xi , Xiao Ke - yan , Feng Jing , Zhuang Dao - ze , Jiang Li - feng. 2003. Comprehensive prospecting model of Tuwu - Yadong porphyry Cu(Mo) deposits [J]. Mineral Deposits , 22(3) : 618 - 624(in Chinese with English abstract)
- Zhang Hong - pei , Liu Ji - shun , Fang Wei - xuan , Ma Guang. 2003. Comprehensive prospecting model of Zheyao Mountain and Shiqingdong VHMS , Baiyin , Gan Su [J]. Mineral Deposits , 22(4) : 618 - 622(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

- 陈 福 , 乔立斌 , 陈进平. 2007. 甘肃小柳沟钨钼多金属成矿区综合找矿模型研究 [J]. 地质与勘探 , 43(6) : 618 - 667
- 池顺都. 1991. 矿产勘查模型的建立原则——以一个旧锡多金属成矿区为例 [J]. 地球科学 , 10(3) : 335 - 340
- 池顺都. 1995. 斑岩铜矿的勘查模式 [J]. 地球科学 , 29(2) : 149 - 155
- 侯增谦 , 潘桂棠 , 王安建 , 莫宣学 , 田世洪 , 孙晓明 , 丁 林 , 王二七 , 高永丰 , 谢玉玲 , 曾普胜 , 秦克章 , 许继峰 , 曲晓明 , 杨志明 , 杨竹森 , 费红彩 , 孟祥金 , 李振清. 2006. 青藏高原碰撞造山带晚碰撞转换成矿作用 [J]. 矿床地质 , 25(5) : 521 - 543
- 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(03) : 531 - 543
- 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型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
- 毛景文 , 邵拥军 , 谢桂青 , 张建东 , 陈毓川. 2009. 长江中下游成矿带铜陵矿集区铜多金属矿床模型 [J]. 矿床地质 , 28(2) : 109 - 119
- 秦克章 , 李光明 , 张 旗 , 李金祥 , 缪 宇 , 肖 波 , 张天平 , 多 吉 , 李金高 , 陆 彦. 2006. 西藏浅成低温金 - 银矿的成矿条件与可能产出区分析——从斑岩 - 浅成低温铜金成矿系统的角度 [D]. 陈毓川 , 毛景文 薛春纪主编: 第八届全国矿床会议论文集 , 地质出版社 , 北京: 666 - 670
- 芮宗瑶 , 侯增谦 , 曲晓明 , 张立生 , 王龙生 , 刘玉琳. 2003. 冈底斯斑岩铜矿成矿时代及青藏高原隆升 [J]. 矿床地质 , 22(3) : 217 - 225
- 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
- 唐菊兴, 邓世林, 郑文宝, 应立娟, 汪雄武, 钟康惠, 秦志鹏, 丁 枫, 黎枫估, 唐晓倩, 钟裕峰, 彭慧娟. 2011. 西藏墨竹工卡县甲玛铜多金属矿床勘查模型[J]. 矿床地质, 30(2): 618-641
- 吴宏伟, 任爱琴. 2005. 河南银洞岭银矿床原生地球化学异常特征及找矿模型[J]. 地质与勘探, 41(1): 618-652
- 肖克炎. 1994. 试论综合找矿模型[J]. 地质与勘探, 30(1): 41-45
- 杨礼敬, 胡晓隆, 马佩文. 2004. 甘肃省武山县竹子沟金矿地质特征及找矿模型探讨[J]. 地质与勘探, 40(3): 51
- 赵元芝, 马志红, 仲崇学. 1995. 黑龙江铜山铜矿床地球化学及其找矿模型[J]. 地质与勘探, 31(3): 48-54
- 朱裕生, 王福同, 龙宝林, 薛迎喜, 肖克炎, 冯 京, 庄道泽, 姜立丰. 2003. 土屋-延东斑岩型铜(钼)矿床多源信息找矿模型[J]. 矿床地质, 22(3): 618-624
- 张洪培, 刘继顺, 方维萱, 马 光. 2003. 甘肃白银折腰山型和石青铜型块状硫化物矿床综合信息找矿模型研究[J]. 矿床地质, 22(4): 618-622

An Exploration Model of the Duobuza Porphyry Cu – Au Deposit in Gaize Country, Northern Tibet

LI Yu – bing^{1, 2}, DUO Ji³, ZHONG Wan – ting¹, LI Yu – chang², QIANG Bawangdui², CHEN Hong – qi², LIU Hong – fei⁵,
ZHANG Jin – shu⁵, ZHANG Tianping², XU Zhi – zhong², FAN An – hui², SUO Langwangqin²

(1. Cheng Du University of Technology of Earth, Cheng Du, Sichuan 610059;

2. Tibet Geological Exploration Bureau of NO. 5 Geological Team Golmud, Qinghai 816000;

3. Tibet Geological Exploration Bureau, Lhasa, Tibet 650000; 4. Tibet Geological Survey Institute, Lhasa, Tibet 650000)

Abstract: The Duobuza porphyry Cu – Au deposit of Gaize country in Tibet, newly – discovered by the Geological Brigade No. 5 of Tibet, is a giant copper – gold deposit in the Bangong Lake – Nuijiang metallogenic belt. It is another significant prospecting breakthrough after the Yulong, Qulong, Xiong-cun and Jiama deposits, and also the first super – large porphyry Cu – Au deposit located in the Bangong Lake – Nuijiang metallogenic belt. The Duobuza porphyry Cu – Au deposit occurs in the contact zones between Early Cretaceous granodiorites and Upper Jurassic Quse Formation degenerative quartzose arkose. This deposit possesses favorable metallogenic background where active magnetic activity provided good conditions for porphyry copper – gold mineralization. It presents typical alteration zoning characteristics of porphyry copper, showing potassium silication, beresitization, muddy zones and hornfels from porphyries to wall rocks. Geophysical survey shows that the ore – bearing porphyry has a low polarization rate and high apparent resistivity. The 1:10000 soil survey data reveals porphyry copper deposits are commonly discovered at high Cu and Au equatorial anomaly areas, corresponding to high strength and distinct concentration centers of Cu, Au, Ag and Mo geochemistry comprehensive abnormal areas. Furthermore, it especially coincides with the Cu and Au abnormal position. The 1:50000 stream sediment geochemical anomalies reveal that high anomalies of Au, Ag, As, Sb, Cu, Pb and Zn always coincide with the anomalies by induced electric detection. This paper establishes a geology – geophysics – geochemistry exploration model based on integrated studies. Through prospecting and initial evaluation, we discovered other porphyry deposits such as the Bolong, Nadun, Naruo, Saijiao, Ga' erqin, Tiegelong, Dibaonamugang porphyry deposits in the surrounding areas, forming the Duolong porphyry copper – gold concentration. This may provide guidance significance for regional prospecting in this region.

Key words: Bangong Lake – Nuijiang metallogenic belt, Duobuza, porphyry Cu – Au deposit, exploration model