

孙兴国, 冯道永, 栗登逵, 等. 西藏班公湖带铁格隆南超大型斑岩铜(金)矿床的勘查突破及区域找矿意义[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1314-1327.  
Sun Xingguo, Feng Daoyong, Su Dengkui, et al. The exploration breakthrough of the Tiegelongnan superlarge porphyry Cu (Au) deposit, Bangong Lake arc, Tibet, and its significance[J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1314-1327(in Chinese with English abstract).

## 西藏班公湖带铁格隆南超大型斑岩铜(金)矿床的 勘查突破及区域找矿意义

孙兴国<sup>1,2,3</sup> 冯道永<sup>1,2</sup> 栗登逵<sup>2</sup> 王思德<sup>3</sup>

侯俊富<sup>1,2</sup> 印贤波<sup>1</sup> 袁华山<sup>1</sup> 江少卿<sup>3</sup>

(1. 西藏金龙矿业股份有限公司, 西藏阿里 859000; 2. 中铝西藏矿业有限公司, 西藏拉萨 850000;  
3. 中铝矿产资源有限公司, 北京 100082)

**摘要:**在详细分析区域成矿地质背景、区域成矿地质条件的基础上,笔者认为班公湖西段的多龙矿集区还有较大的斑岩 Cu-Au 矿床成矿前景和资源潜力。通过 2013 年一年的勘查工作,率先在铁格隆南取得突破,获得的铜资源量达到超大型矿床规模,使其一跃为多龙矿集区规模最大斑岩铜(金)矿床,成为 2013 年全国重大勘查突破之一。该矿床位于多龙矿集区中部早白垩世美日切错组火山岩分布区,成矿与早白垩世以浅成相侵入的花岗闪长斑岩、花岗斑岩及其相伴产生的热液角砾岩有密切时空关系。矿体主要产于下中侏罗统色哇组长石石英砂岩、岩屑砂岩夹深灰色至深黑色粉砂质板岩和成矿斑岩体中。矿体呈隐伏穹隆状,延深巨大,铜矿化呈网脉状、细脉状和浸染状,热液蚀变发育、分带明显,以硅化强烈、绢云母化以及广泛叠加的高级泥化蚀变为显著特征。矿区剥蚀程度甚低,地表只局部出现褐铁矿化和粘土化,但未见铜矿化,向深部蚀变矿化逐渐增强,矿化延深达千米未封闭。铜矿化上部表现为以辉铜矿-蓝辉铜矿-硫砷铜矿为特征的 Cu-S 体系,向下转变以斑铜矿-黄铜矿为特征的为 Cu-Fe-S 体系,铜矿化伴生 Au、Ag 矿化,并呈正相关关系,与多龙矿集区内其他斑岩 Cu-Au 矿床相比贫金。该矿床的勘查突破,为矿业公司勘查选区提供了范例,对区域找矿勘查具有重要意义。

**关键词:**斑岩铜(金)矿床;矿床特征;热液蚀变;勘查突破;铁格隆南;班公湖带

中图分类号:P618.41;P618.51 文献标志码:A 文章编号:1000-3657(2014)04-1314-10

由于斑岩矿床供应了全球工业需求量 75% 以上的铜、90% 的钼和 20% 的金<sup>[1,2]</sup>,具有较大的经济价值,其勘探开发直接影响了这些金属的可持续供给和对经济发展的保障程度。其中一个重要亚类为斑岩 Cu-Au 矿床<sup>[3]</sup>,在过去的 30 年中,斑岩 Cu-Au 矿床一直是矿业公司的首选勘探对象,导致了一系列大型、超大型富金斑岩铜矿的发现,并且数十年来一

直是矿床学研究的热点之一。全球的斑岩 Cu-Au 矿床集中产于环太平洋、特提斯和古亚洲洋三大成矿域内<sup>[4]</sup>,主要有利成矿背景有与俯冲有关的岛弧(如西南太平洋)、陆缘弧环境(如安第斯)<sup>[3,5,6]</sup>。该类矿床主要发育在与俯冲作用相关的火山-岩浆弧中,与钙碱性含水岩浆有关<sup>[7-10]</sup>。因此,斑岩矿床作为矿业公司的勘查首选,首先应分析成矿背景,选择有利成

收稿日期:2014-04-01;改回日期:2014-05-29

基金项目:中国地质调查局“西藏班公湖带多龙大型富金斑岩铜矿成矿专属性研究”项目(1212011221073)资助。

作者简介:孙兴国,男,1981年生,博士,高级工程师,主要从事矿产普查与勘探研究;E-mail:sunxg@chinalco-tbmining.com。

矿的岩浆弧,找出成矿有利地段,然后部署勘查工作。本文通过对铁格隆南斑岩铜(金)矿床的勘查实践总结,以期矿业公司勘查选区提供范例,对指导班公湖—怒江成矿带下一步找矿突破均有重要意义。

### 1 成矿地质背景

位于改则县城北西约100 km的多龙矿集区产于班公湖—怒江缝合带北约60 km、羌塘地块南缘的多不杂构造岩浆弧中(图1)。班公湖—怒江缝合带是青藏高原北部一条重要的板块边界,分隔北部羌塘地块和南部拉萨地块,可能代表特提斯洋在晚古生代至中生代是一个演化发展的大洋<sup>[11,12]</sup>。班公湖—怒江新特提斯洋至少从中侏罗世开始由扩张转换为俯冲消减<sup>[13,14]</sup>。黄汲清和陈炳蔚<sup>[15]</sup>及 Kapp et al.<sup>[16]</sup>分别根据区域构造和缝合带沉积相分析,指出班公湖—怒江洋盆打开时间发生在三叠纪,早侏罗世扩张成深海洋盆,并且洋壳开始向北侧羌塘地

块之下俯冲消减至中晚白垩世闭合<sup>[17,18]</sup>。

随着班公湖—怒江新特提斯洋向北的俯冲,相应的在羌塘南缘形成活动大陆边缘,发育了材玛—多不杂中生代火山—岩浆弧。多龙矿集区即位于该岩浆弧中,区内的斑岩铜矿等主要和这一时期俯冲成因钙碱性中酸性侵入岩有关,含矿斑岩为花岗闪长斑岩,成矿以铜为主,伴生金。

### 2 区域成矿地质条件分析及合作选区

斑岩型矿床主要产于大洋板片俯冲产生的岛弧和陆缘弧的挤压环境<sup>[19]</sup>或挤压向伸展转换的过渡环境<sup>[3]</sup>。班公湖—怒江构造带也是世界上典型的增生型造山带,类似于南美智利和东南亚岛弧带的超大型斑岩铜矿带,发育中生代岩浆弧,其成矿条件十分优越。

通过1:20万区域地球化学勘查的初步综合分析,在调查区圈定了一批铜、金、锑、铬、镍、铅、锌等地球化学综合异常,异常总体呈现北西—南东向带

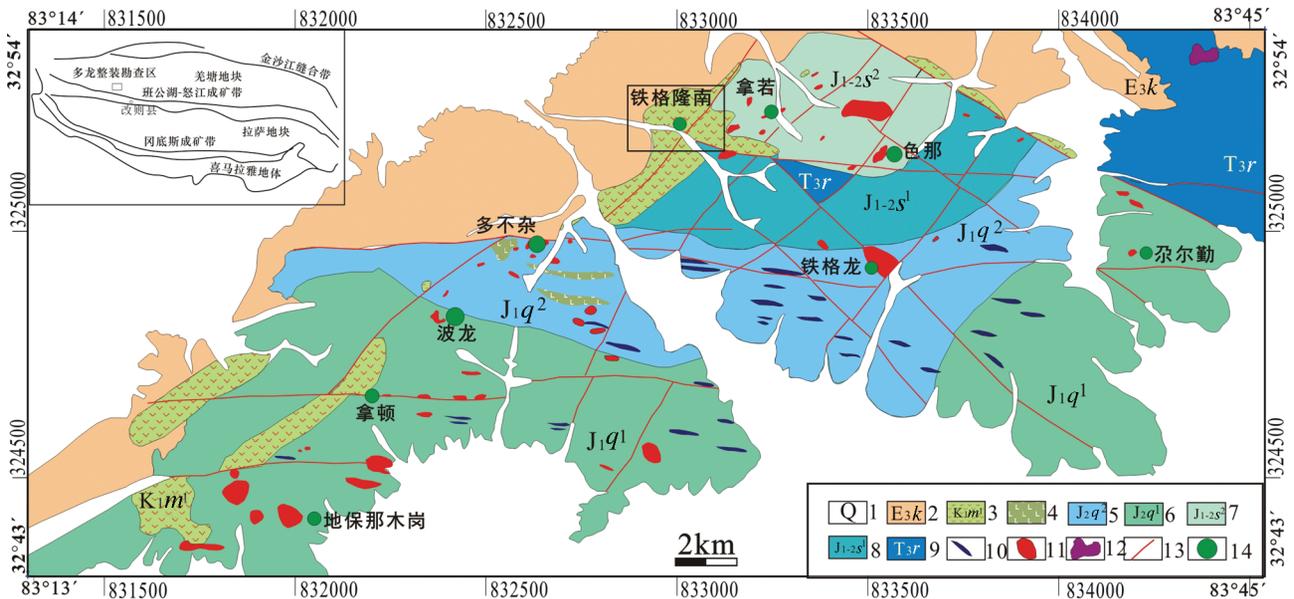


图1 西藏班公湖带多龙矿集区地质简图(据①修改)

1—第四系;2—古近—新近系康托组;3—下白垩统美日切错组;4—安山岩;5—中侏罗统曲色组上段;6—中侏罗统曲色组下段;7—中侏罗统色哇组上段;8—中侏罗统色哇组下段;9—上三叠统;10—辉绿辉长岩脉;11—闪长岩、花岗闪长岩;12—超基性岩;13—断裂;14—矿床(点)

Fig.1 Geological sketch map of the Duolong ore district, Bangonglake arc, Tibet (modified after Tibet No. 5 Geological Party ①)  
 1—Quaternary; 2—Paleogene—Neogene Kangtuo Formation; 3—Lower Cretaceous Meiriqiecuo Formation; 4—Andesite; 5—Middle Juassic upper Quse Formation; 6—Middle Juassic lower Quse Formation; 7—Middle Juassic upper Sewa Formation; 8—Middle Juassic lower Sewa Formation; 9—Upper Triassic; 10—Diabase gabbro vein; 11—Diorite, granodiorite; 12—Ultramafic rock; 13—Fracture; 14—Ore deposit (ore spot)

①西藏自治区地质调查院. 西藏自治区改则县拿若铜矿调查评价报告[R]. 拉萨: 西藏自治区地质调查院, 2012.

状分布特征,与主体构造展布特征基本一致,具有成带分布、分片集中的特点,异常规模大、强度高、富集趋势明显。其中铜、金两元素在班公湖—怒江构造带中及北侧(包括多龙矿集区)形成高背景区,多龙矿集区即位于铜、金异常区,揭示了班公湖—怒江成矿带西段良好的找矿潜力<sup>①</sup>。

在多龙矿集区内开展了1:5万地面高精度磁法测量工作,划分出3个异常带:高磁异常区、异常畸变区、低磁异常区,矿集区主要处于异常畸变区内。识别出22处弱磁异常,除Md-7异常与波龙铜矿相关、Md-9异常与多不杂铜矿相关、Md-15异常与色那铜金矿相关外,其余19处异常均有一定找矿前景,具开展进一步地质工作的价值。在多龙矿集区开展了1:5万水系沉积物测量工作,面积近1000 km<sup>2</sup>,圈定了多处化探异常和矿化有利地段,为开展找矿评价工作提供了地球化学依据<sup>②</sup>。

前人分析表明班公湖—怒江成矿带具有优越的成矿地质背景条件,为中国形成千万吨级斑岩铜矿的最有利地区<sup>[17]</sup>。另外,经过近十年的地质工作,多龙矿集区已发现多不杂<sup>[20]</sup>、波龙、拿若、拿顿、地堡那木岗、色那、尕尔勤、赛角、铁格隆等12处铜(金)多金属矿,其中多不杂和波龙2个矿区已达大型以上的规模。

前人研究揭示多龙矿集区有如下特点:(1)岩浆岩组合复杂,包括岛弧火山岩、闪长岩、花岗闪长岩及花岗闪长斑岩等,部分具埃达克岩的特征<sup>[18]</sup>,岩浆活动时从123 Ma左右至115 Ma左右<sup>[21,22]</sup>,系燕山晚期特提斯洋闭合时俯冲作用阶段形成的产物<sup>[18,23]</sup>;(2)含矿斑岩为偏中性的石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩,全岩矿化,成矿岩体年龄主要集中在118 Ma左右<sup>[24]</sup>,并且发育同期火山岩;(3)矿体规模大、品位高,成矿为Cu-Au组合;(4)蚀变范围大(如多不杂、波龙约18 km<sup>2</sup>),蚀变分带明显,各种细脉、细网脉特别发育;(5)矿区范围内发育热液磁铁矿,铜、金沉淀与热液磁铁矿的形成关系密切<sup>[24,25]</sup>,矿石中矿物含量黄铜矿>斑铜矿,黄铜矿>黄铁矿。

基于上述分析和前人研究成果,笔者认为多龙矿集区具有优越的成矿地质条件、物化探异常明显,具有较大的成矿潜力<sup>[26]</sup>,因此选择与西藏地质五队合作在此开展风险勘查,最终取得勘查的重大突破。

### 3 以往工作情况与铁格隆南的勘查突破过程

矿区地处藏北高原中部,属高原中低山地貌区,具有高海拔、相对高差较大的特点。区内海拔一般4900~5150 m,相对高差100~200 m,区内最高峰5209 m。区内水系较为发育,其中本松藏布水系较大,为常年性河流,众多水系形成湖泊为中心的向心水系汇入达热布错。区内属高原亚寒干旱季风气候区,寒冷、干旱、多大风、温差大,年平均日照3160 h,年平均降水量189.6 mm,年平均气温0℃以下。10月至翌年5月为冰冻期,6—9月为雨季,降水量占全年的70%以上,但常伴有雨雪、冰雹。

#### 3.1 以往工作情况

班公湖—怒江带的区域地质调查工作始于20世纪50年代,矿产勘查工作始于20世纪80年代。迄今为止,区域上完成了1:25万地质测量、1:20万化探测量,多龙整装勘查区完成了1:5万地质、地面高精度磁、水系沉积物测量等工作<sup>③</sup>。

1983年,西藏地质六队首次在多龙矿集区发现砂金旧采坑群遗址及砂金异常。1997—1999年,西藏地质五队在该区域开展地质工作,圈出了4处Cu、Au等综合异常区,5处岩金矿(化)体(群)点,4片找矿远景区。2000年以来,西藏地质五队通过地质预查、普查等工作评价了区域内尕尔勤、色那等矿点,发现了多不杂、波龙等矿床<sup>④</sup>。

2006—2009年,西藏地质五队开展铁格隆南金铜矿预查地质工作,在荣那矿段发现了较好的找矿线索。同年,西藏地勘局野外工作组听取了项目汇报、对取得的地质成果进行了检查、对该矿区进行了详细的实地踏勘,并与多龙矿集区成矿规律、找矿标志等对比研究后,确认该处找矿前景较好,有必要布设少量的钻探工程,以了解深部成矿前景。2010年,西藏班公湖—怒江成矿带地质矿产调查项目在铁格隆南矿区施工了4个钻探工程,进尺1763.78 m,4个钻孔均见矿;2012年施工了1个孔,见到5层铜矿体,最厚26 m,品位0.38%<sup>⑤</sup>。

#### 3.2 地球化学测量

铁格隆南矿区通过1:1万土壤地球化学测量圈

①西藏自治区地质调查院. 1:20万物玛幅区域化探调查报告[R]. 拉萨:西藏自治区地质调查院, 2009.

②西藏自治区地质调查院. 西藏自治区改则县拿若铜矿调查评价报告[R]. 拉萨:西藏自治区地质调查院, 2012.

定了HS-6和HS-7两处综合异常区(图2)。

HS-6为甲类异常,面积约0.42 km<sup>2</sup>,呈近东西向椭圆形展布。该异常为Cu、Mo、W、Sn、Ag、Sb、Pb综合异常,以Cu元素异常为主,Cu元素具有明显的三级浓度分带,Cu元素峰值为970×10<sup>-6</sup>。该异常地表出露岩性为青磐岩化安山岩、褐铁矿化角砾岩,局部见孔雀石化变长石石英岩转石。

HS-7为丙类异常,面积约1.4 km<sup>2</sup>,在测区内未封闭,呈向北突出的半圆状,由北侧山坡向南侧沟谷呈扇形撒开。该异常为Cu、Ag、Zn、Sn、Sb综合异常,以Cu元素异常为主,Cu元素具有三级浓度分带。异常范围内出露褐铁矿化变长石石英砂岩、花岗闪长斑岩,岩体的内外接触带附近褐铁矿化较强,但未见铜矿化。

### 3.3 矿区物探成果

#### 3.3.1 1:5万地面高精度磁测

1:5万地面高精度磁测异常受构造控制的特征较明显,具有成带分布、成群出现与分段集中的特点,低磁异常沿北东向断裂带呈串珠状分布(图3)。与铁格隆南矿化有关的异常为Md-13号异常。

Md-13异常近东西向展布,是一处由若干自封闭弱磁异常组成的南宽北窄的不规则磁异常,异常强度一般为300~500 nT,最高达1000 nT。异常间充填有负磁异常,负磁异常各自封闭,形成正负相间的异常格局,表明该异常所反映的异常体磁化不均匀。该异常位于下白垩统美日切错组安山岩、安山质玄武岩与新近系下新统康托组地层的接触带附近,其东侧为北东向F10断裂,属成矿有利部位,

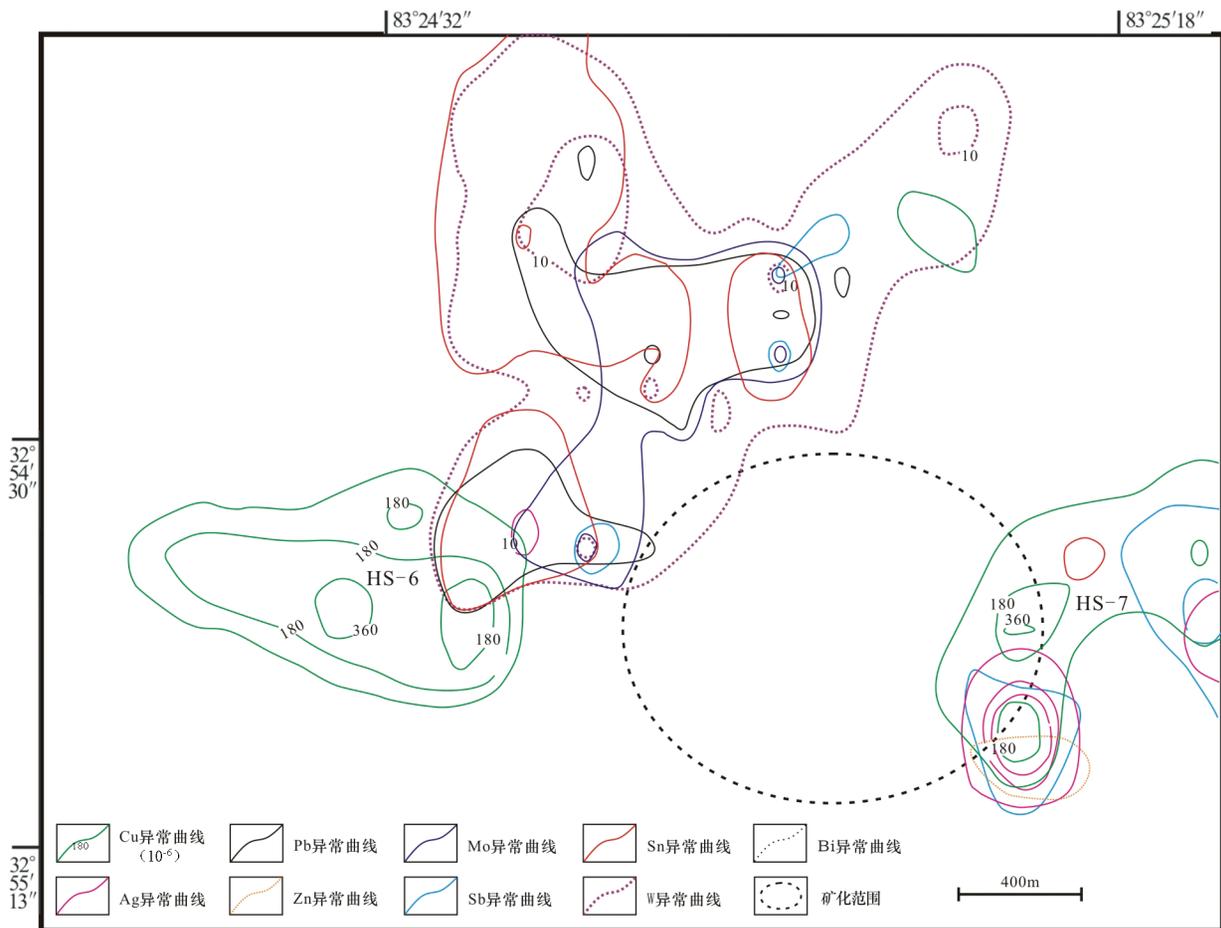


图2 铁格隆南矿区1:1万土壤化探测量综合异常图

Fig.2 1:10000 soil geochemical integrated anomaly map of the Tiegelongnan ore district

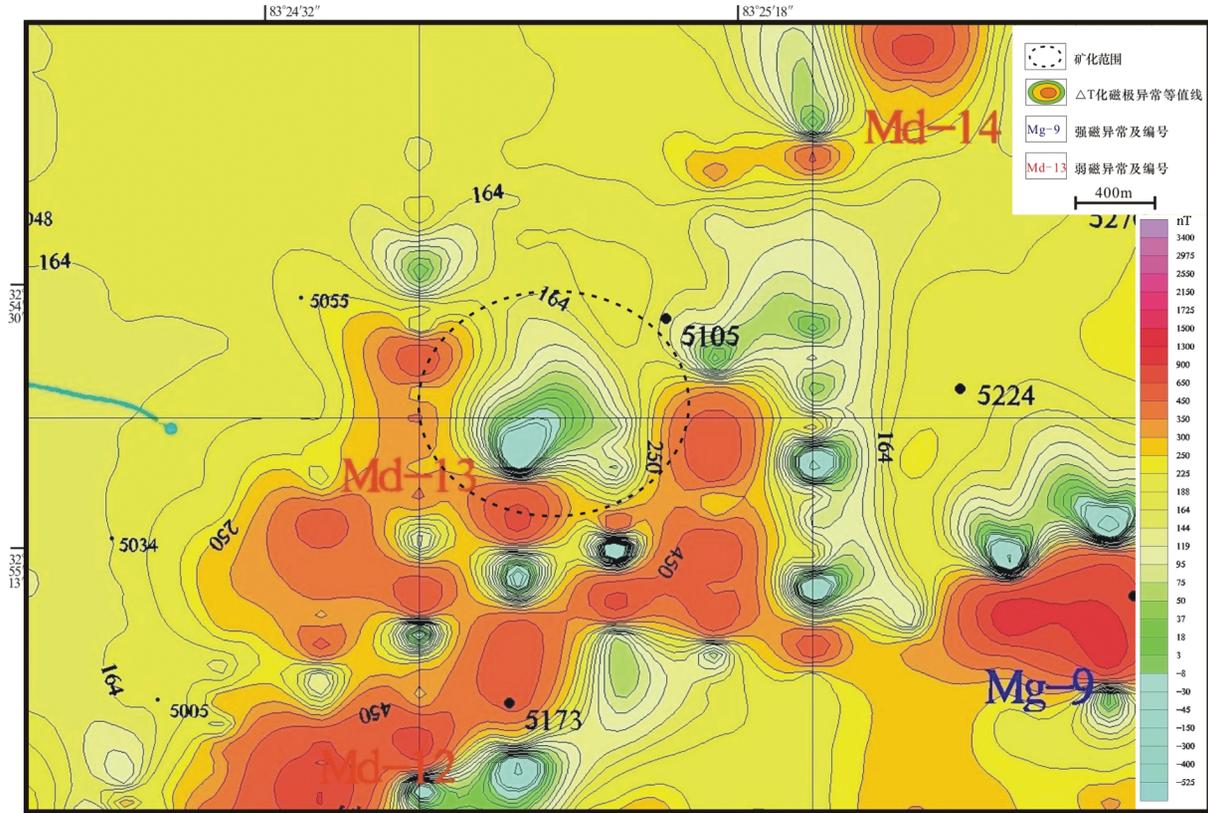


图3 铁格隆南矿区1:5万高精度磁异常测量成果图

Fig.3 1:50000 high precision magnetic survey map of the Tiegelongnan ore district

是寻找以铜为主隐伏多金属矿的有利地段。

### 3.3.2 1:1万激电中梯测量

1:1万激电中梯测量的视极化率异常分布规律较强,形成沿北东向断裂F10串珠状出现的一组异常和沿北西西向断裂F1对称出现的一组异常(图4)。其中RNJD13-2号视极化率异常表现为中高极化低阻异常,视极化率峰值达25.9%,常见值约为7%,视电阻率30~90 $\Omega\cdot\text{m}$ ,平均值约50 $\Omega\cdot\text{m}$ 。异常位于F10与F1断裂交汇部位北边,呈近似等轴状,略具北东向,北东向长约800m,北西向长约550m,面积约0.35 $\text{km}^2$ 。从视极化率特征看,异常中心突出,内部相对平缓,边缘具明显梯度环带,外部背景场平静,高值范围较大、幅值较稳定,与周围形成鲜明对比,梯度较大,对应典型的厚板状或团块状中高极化体异常。

### 3.4 铁格隆南的深部勘查突破

2012年9月,基于国土资源部、西藏自治区和中国铝业公司三方签署的合作协议,多龙整装勘查区

成为全国首个“部、区(省)、企”合作的整装勘查区,中国铝业公司所属的中铝西藏矿业有限公司介入多龙整装勘查区开展矿产勘查工作。2013年,在铁格隆南矿区按照200m $\times$ 200m网度开展勘查工作,主要在以往钻孔的东侧依次新施工了18个钻孔12889.84m,但仍未能有效控制矿体的展布情况,矿体在北、东、南及深部方向均未封闭。目前控制的矿体主要产在长石石英砂岩和花岗(闪长)斑岩内,为沿北东东向展布,向南-南东略倾斜的巨厚板状体,东西走向长约1200m,南北宽约800m,连续厚度200~900m,见矿深度一般为100~250m,但矿体一般连续少见夹层,西部的矿体边部见指状分支。其中ZK3204孔在152.83m开始,至1067.60m终孔时尚未穿透矿体,连续见矿厚度达914.77m,见矿段平均品位Cu 0.70%、Au 0.09g/t、Ag 1.40g/t。初步估算333以上类别铜金属量479.9万t,伴生金65.96t、银988.42t,已经成为一个新的超大型斑岩铜(金)矿床。

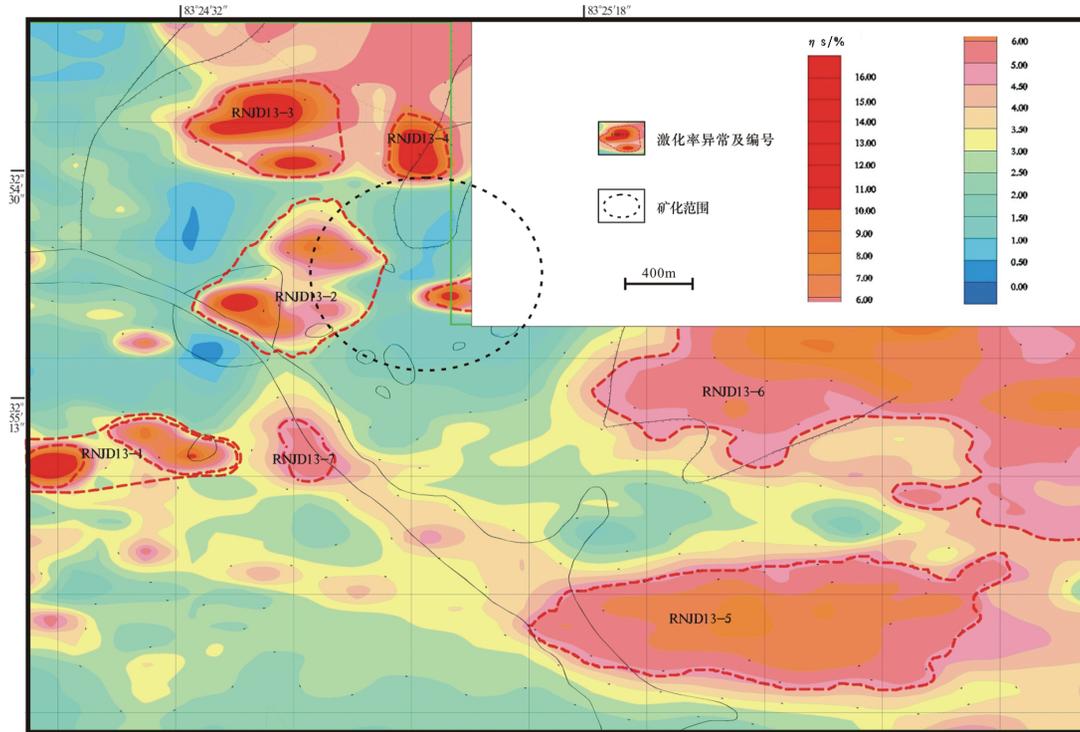


图4 铁格隆南矿区激电中梯视极化率等值线异常平面图

Fig.4 IP intermediate gradient polarization contour anomaly map of the Tiegelongnan ore district

## 4 矿区地质特征

### 4.1 矿区地质

矿区地层出露较为简单,主要为中下侏罗统色哇组( $J_{1-2S}$ )、下白垩统美日切错组( $K_1m$ )、渐新统康托组、第四系(图5)。色哇组在矿区东部大面积分布,为一套海退环境下陆棚相碎屑岩-类复理石建造的长石英砂岩、岩屑砂岩夹深灰色至深黑色粉砂质板岩(图6-E、F)。美日切错组主要分布在矿区中部,具北东-南西向展布特征,为一套中基性的火山喷溢-爆发相熔岩,以安山岩、英安岩和玄武岩为主(图6-A、B),与下伏色哇组、上覆康托组均为角度不整合接触关系。康托组分布在矿区西部、北部沟谷及平缓地带,为干旱气候条件下陆相山间断陷盆地碎屑岩沉积建造,岩性主要为紫红色砂砾岩。区内主要发育北东向和北西西向两组断裂构造,区域内已知矿体多产于两组断裂的交汇部位。

矿区岩浆活动强烈,主要表现为中基性火山岩的喷发喷溢和中酸性岩浆的深成-超浅成侵入活动。火山岩分布在矿区中部及南西部荣那沟一带

近北东-南西向展布,由早至晚火山活动表现为溢流-喷发-强烈喷发形式。岩性为玄武质安山岩-安山岩-安山质角砾岩-流纹安山岩、英安岩,从中基性向中性演变,从岩石化学和微量、稀土元素特征判别属大陆边缘弧火山岩的特点<sup>[18]</sup>,时代为( $111.3 \pm 1.9$ ) Ma(据李光明未刊资料)。该组火山岩分为3段:下段( $K_1m^1$ )岩石组合为灰绿色玄武岩、玄武安山岩,灰绿色、紫灰色的安山岩、安山玢岩、英安岩,以安山岩、安山玢岩、英安岩为主体;中段( $K_1m^2$ )岩性为一套中酸性的火山碎屑岩,岩石组合为灰绿色、紫灰色的英安质、流纹质火山碎屑岩;上段( $K_1m^3$ )岩性为一套中基性的火山碎屑岩,岩石组合为灰绿色、紫灰色的安山质火山角砾岩。区内侵入岩主要为浅成-超浅成花岗闪长斑岩、花岗闪长岩和花岗斑岩,呈北东向串珠状分布,一般呈岩株产出,而矿区含矿斑岩为隐伏岩体(图6-C、D),呈岩枝、岩脉、岩株状,地表未出露。

### 4.2 围岩蚀变及脉系特征

铁格隆南矿目前发育一套斑岩型成矿系统及其浅部的高硫型浅成低温热液矿化蚀变。

地表蚀变表现为强烈的红褐色褐铁矿化、黄钾

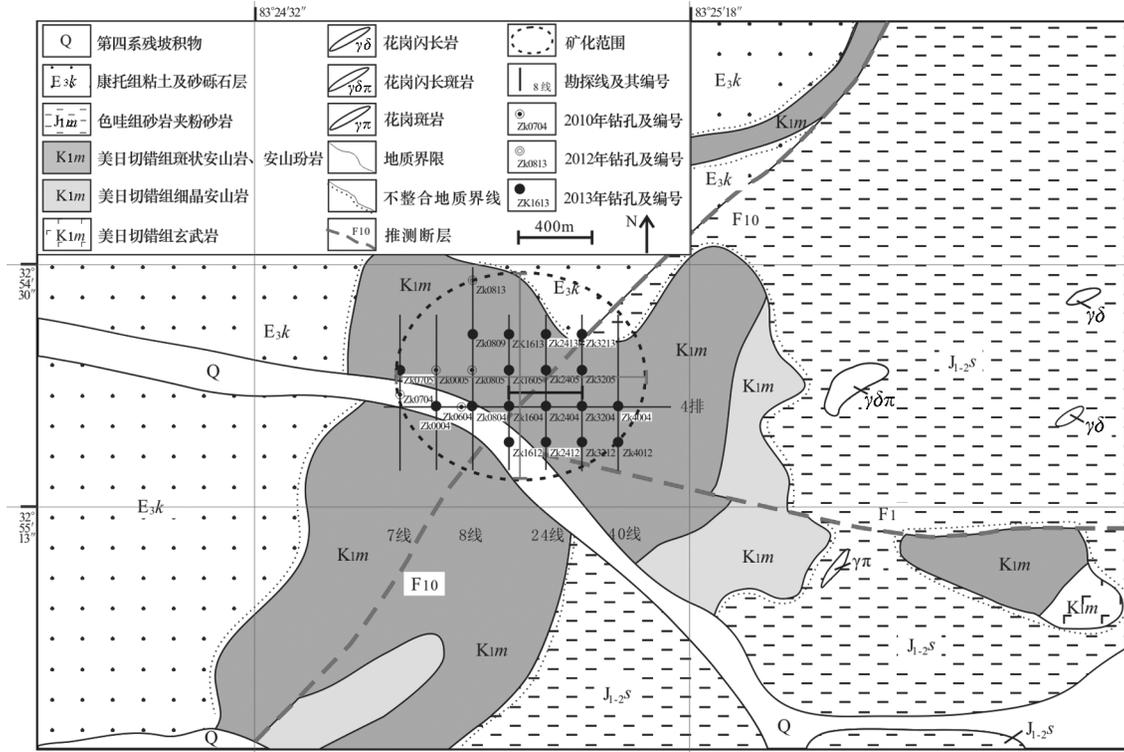


图5 铁格隆南矿床地质简图

Fig.5 Geological sketch map of the Tiegelongan deposit

铁矾及粘土化,范围较局限,局部呈低洼负地形(0~8线之间)。目前在矿区识别出的蚀变类型主要有硅化、高岭土化、明矾石化、地开石化、叶腊石化、伊利石-绢云母化以及局部的钾长石化黑云母化(图7)。矿床上部发育特征的高级泥化蚀变,以明矾石、高岭石、地开石及叶腊石为特征,在下中侏罗统色哇组长石石英粉砂岩中主要发育硅化-伊利石化-绢云母化,而花岗闪长斑岩中主要的蚀变为硅化-伊利石化-绢云母化,上部发育明矾石化,深部局部发育弱黑云母化和钾长石化(图7-H、I)。

相应的,在上部的高级泥化蚀变中发育高岭石细脉、高岭石-地开石细脉、明矾石-高岭石-硫化物细脉、高岭石-明矾石细脉、明矾石-硫化物细脉、明矾石-叶腊石-硫化物细脉等(图8-A~F),在下部与斑岩矿化有关的硅化-伊利石-绢云母化蚀变中发育硫化物细脉、石英细脉、石英-粘土矿物-硫化物细脉、晶洞状石英-硫化物细脉、石英-辉钼矿细脉等(图8-G~L)。

#### 4.3 矿化作用

铁格隆南矿区目前控制的铜矿体为一隐伏的

呈巨厚板状,现有钻探工程显示矿体为沿北东东向展布,向南-南东略倾斜的巨厚板状体,矿体向西、北部有分支趋势,向东、南部厚度变大,埋深100~250 m(图9-A、B)。金属矿化以铜为主,伴有金、银矿化,偶见钼、锌矿化。

矿石结构主要有交代结构、结晶结构、表生结构等。矿石构造主要有稀疏、稠密浸染状、细脉浸染状、网状状、大脉状、角砾状等。

金属矿物主要为黄铁矿、辉铜矿、铜蓝、黝铜矿、斑铜矿、黄铜矿等,呈共/伴生产出,偶见少量辉钼矿等。矿化具有明显矿物分带特征,以上部发育黄铁矿-辉铜矿-蓝辉铜矿-硫砷铜矿±黝铜矿(450 m以上)(图10-A)、中部发育黄铁矿-斑铜矿-铜蓝(450~850 m)(图10-B)、下部发育黄铁矿-斑铜矿±黄铜矿(850 m之下)(图10-C)为特征,显示铜矿化从上部的Cu-S二元体系向下过渡到Cu-Fe-S体系,并且Cu和Au、Ag具有正相关关系,金属矿物的生成顺序为黄铁矿→黄铜矿/斑铜矿→黝铜矿→铜蓝。野外观察到的脉石矿物主要有石英、长石、明矾石和地开石等。

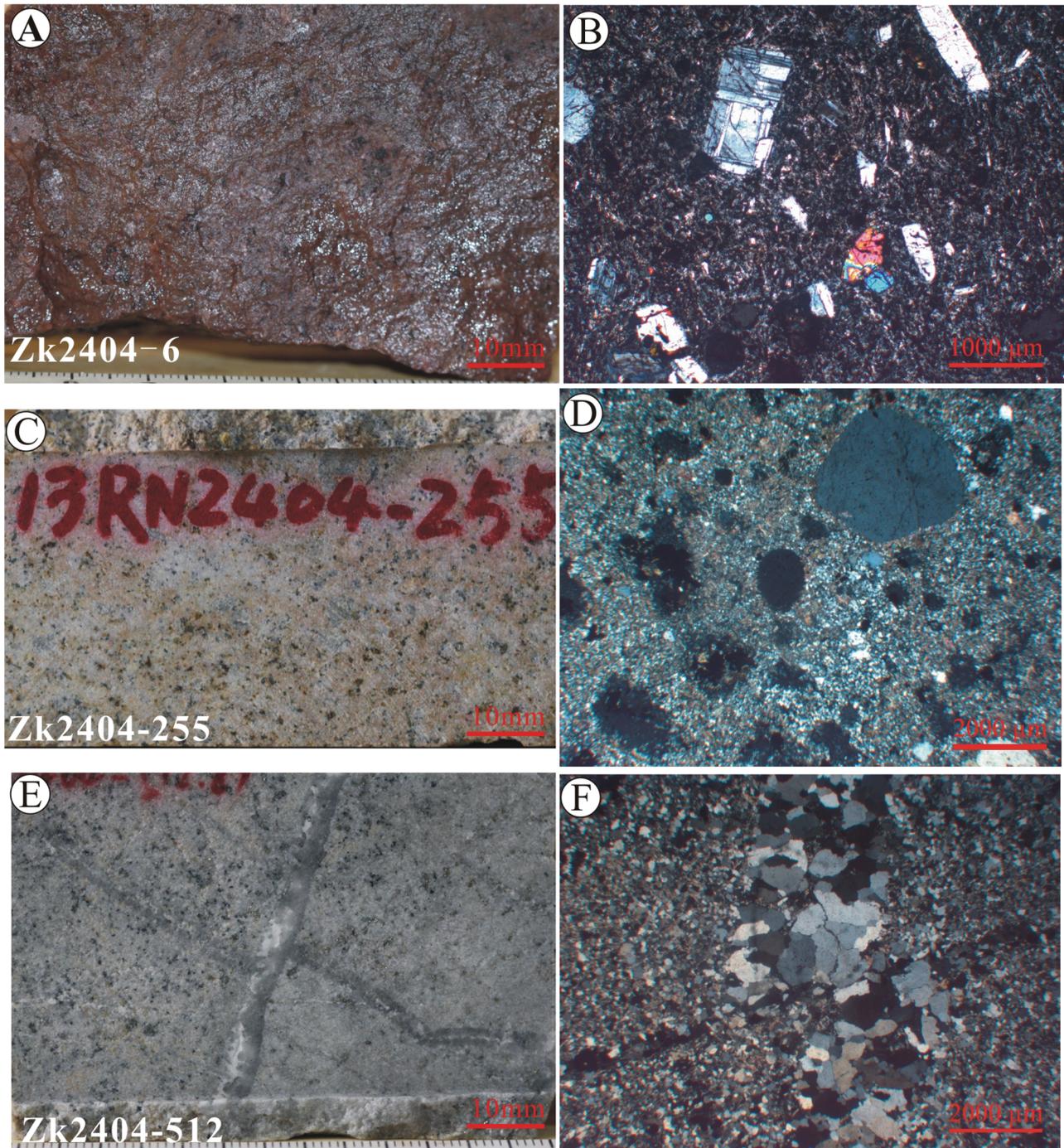


图6 铁格隆南矿床代表性岩石类型照片

A、B—早白垩世美日切组安山岩；C、D—花岗闪长斑岩，长石斑晶已解百纳蚀变；E、F—长石石英粉砂岩被石英细脉穿插

Fig.6 Representative rock type photos of the Tiegelongnan deposit

A,B—Andesite of the lower Cretaceous Meiriqieuo Formation; C, D—Granodiorite porphyry, feldspar phenocrysts subjected to cabernet alteration;

E, F—Feldspar quartz siltstone penetrated by quartz veinlet

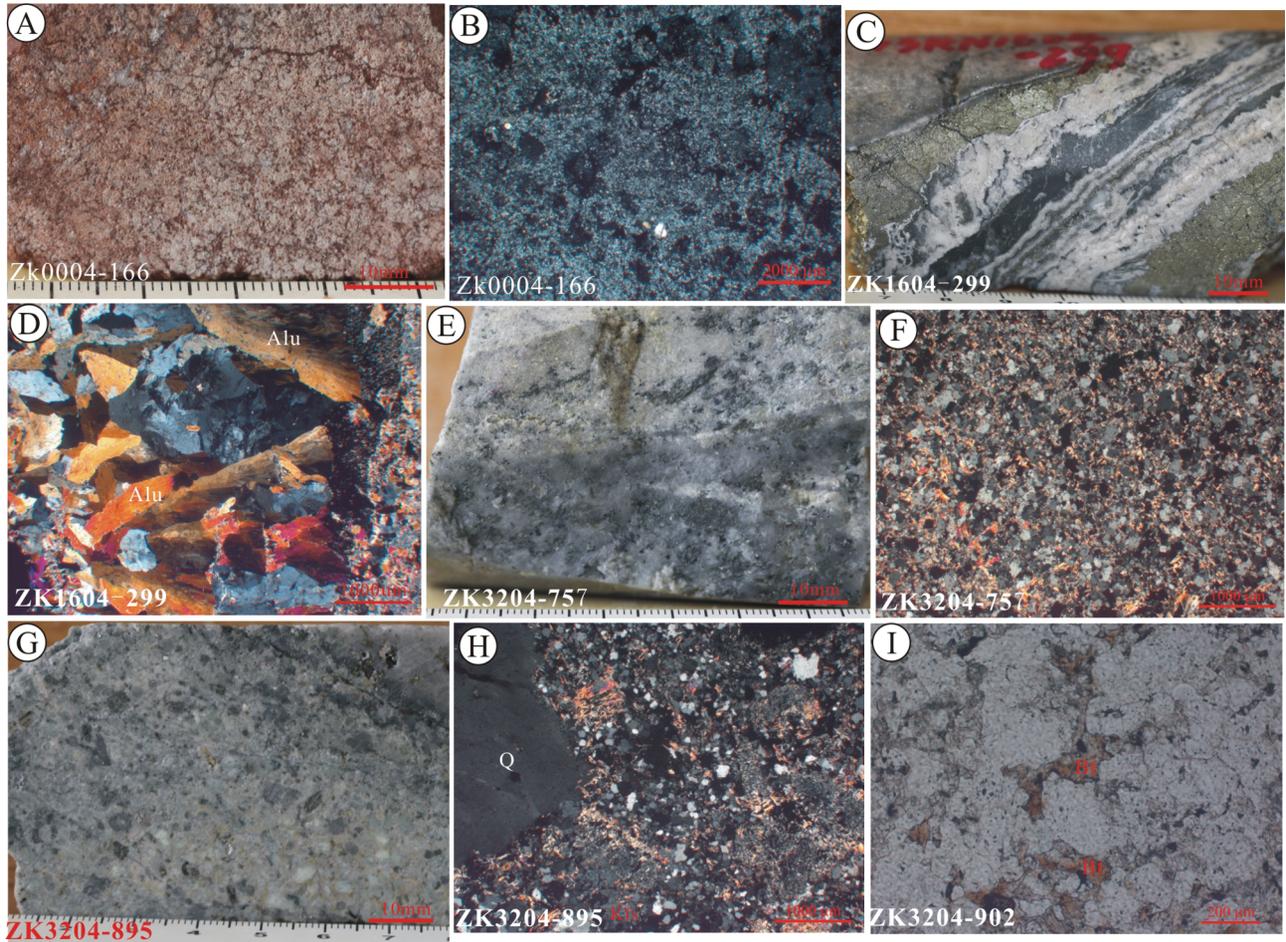


图7 铁格隆南矿床代表性蚀变照片

A、B—高岭土化；C、D—明矾石化；E、F—硅化—伊利石—绢云母化；G、H—花岗闪长斑岩基质中硅化、弱钾长石化；I—热液黑云母

Fig.7 Representative alteration photos of the Tiegelongnan deposit

A, B—Kaolinization; C, D—Alunitization; E, F—Silicified illite sericite; G, H—silicification and weak K-feldspathization in granodiorite porphyry matrix; I—Hydrothermal biotite

## 5 找矿标志

综上勘查突破过程及蚀变矿化特征,可以初步总结该矿区的找矿标志:

(1)班公湖—怒江带北侧的中生代火山—岩浆弧,火山岩和次火山岩多期次侵入活动发育区,特别是热液隐爆角砾岩,是寻找次火山热液脉型及斑岩型矿床的先决条件;

(2)地表发育的褐铁矿化、铁帽等是找矿的直接标志;

(3)面型分布的热液蚀变晕,地表及浅部发育的硅化、高岭土化是找矿的间接标志;

(4)沿北东向、北西向和近东西向断裂构造展

布的美日切组安山岩及邻近花岗闪长斑岩体是寻找斑岩型铜矿的间接找矿标志,同时北东向、北西向、近东西向断裂构造的交切部位是成矿的最佳有利地段;

(5)富金型斑岩铜矿受到剥蚀作用,往往在含矿斑岩体周边形成大量的砂金矿,砂金矿也可作为间接找矿标志;

(6)化探测量中 Sn—Bi—Cu—Mo—W—Au 为高温热液矿床(矿化)元素,代表近矿及尾晕元素组合, Sn—Bi—Cu—Mo—W—Au 高温元素高异常是间接找矿标志;

(7)1:5万磁异常测量表明,矿体对应受构造控制的串珠状自封闭弱磁异常带,周边伴有自封闭负

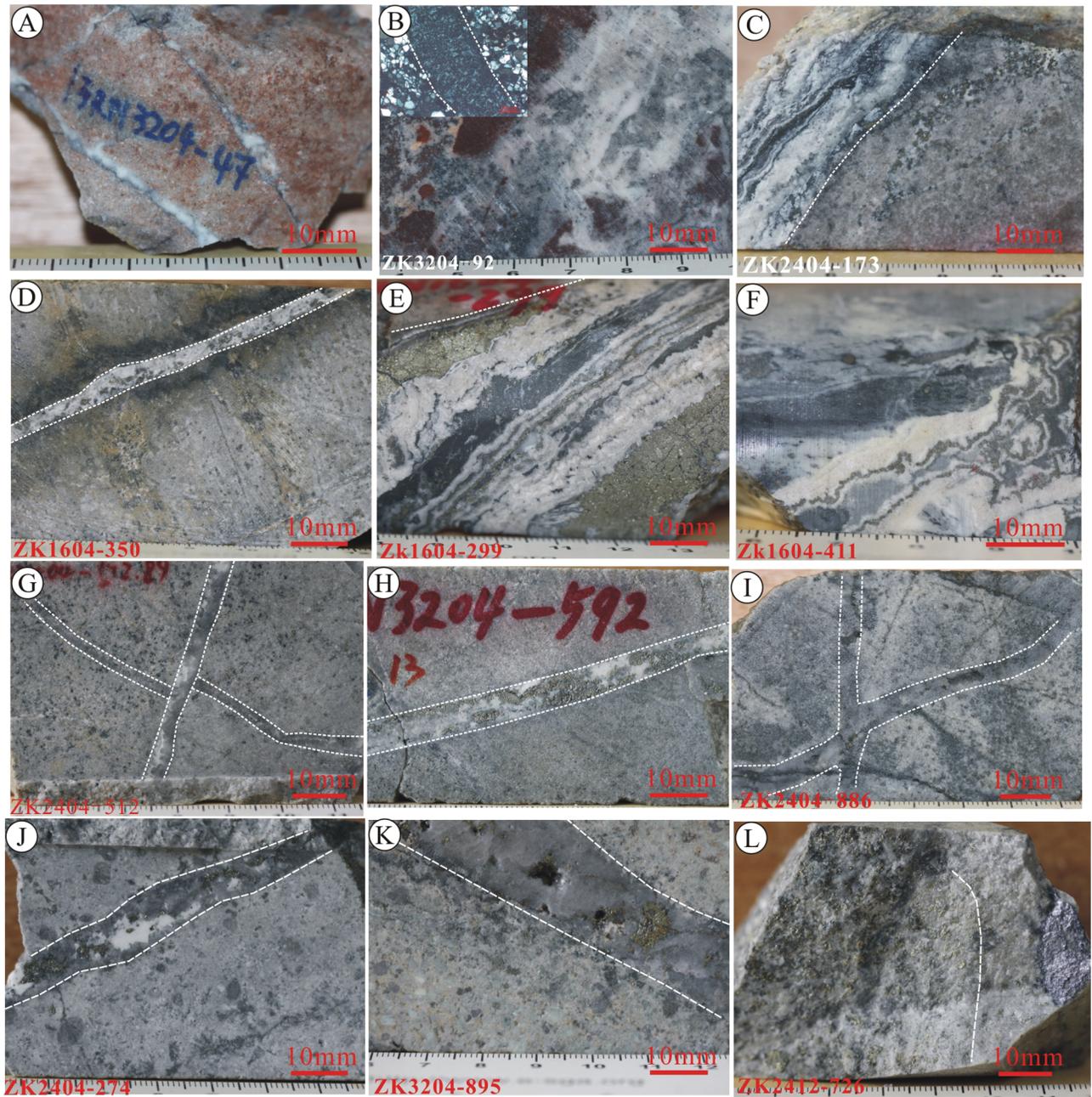


图8 铁格隆南矿床脉系发育特征

A—高岭石细脉;B—高岭石地开石细脉;C—明矾石-高岭石-硫化物细脉;D—高岭石-明矾石细脉;E—明矾石-硫化物细脉;F—明矾石-叶腊石-硫化物细脉;G—石英细脉被石英-粘土矿物细脉穿切;H—高岭石-明矾石-硫化物细脉;I—硫化物细脉被具晶洞石英细脉穿切;J—花岗闪长斑岩中的石英-粘土矿物-硫化物细脉;K—花岗闪长斑岩中的晶洞状石英-硫化物细脉;L—花岗闪长斑岩中的石英-辉钼矿细脉

Fig.8 Veins development characteristics of the Tiegelongnan deposit

A—Kaolinite veinlet;B—Kaolinite dickite veinlet;C—Alunite-kaolinite-sulfide veinlet;D—Kaolinite and alunite veinlet;E—Alunite and sulfide veinlet;F—Alunite-pyrophyllite-sulfide veinlet;G—Quartz-clay mineral veinlet cutting quartz veins;H—Kaolinite-alunite-sulfide veinlet;I—Quartz veinlet with geode cutting sulfide veinlet;J—Quartz-clay mineral-sulfide veinlet in granodiorite porphyry;K—Geode-like quartz and sulfide veinlet in granodiorite porphyry;L—Quartz molybdenite veinlet in granodiorite porphyry

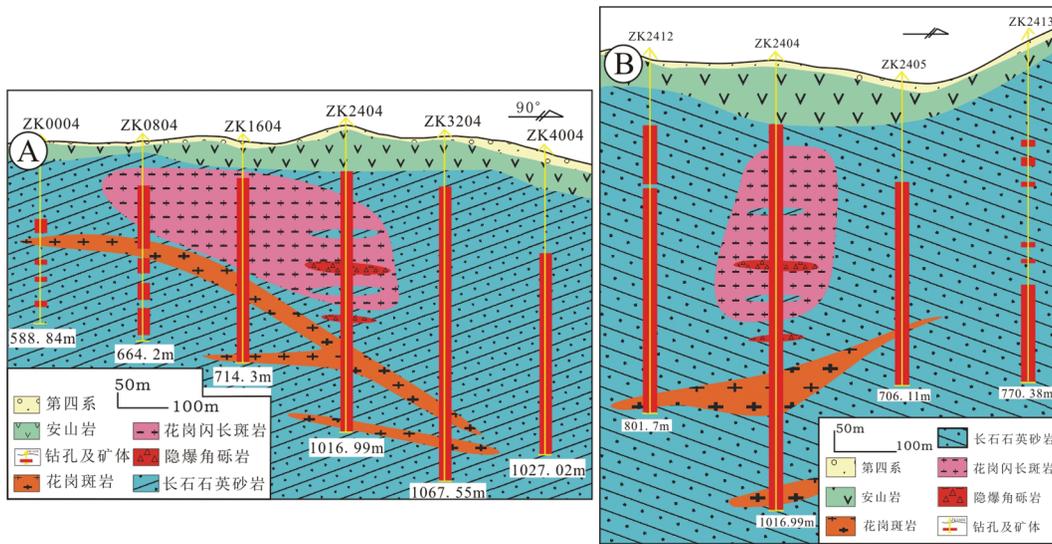


图9 铁格隆南矿床04号纵剖面图(A)和24线横剖面图(B)

Fig.9 Longitudinal section along No. 04 line and cross section along No. 24 line of the Tiegelongnan deposit

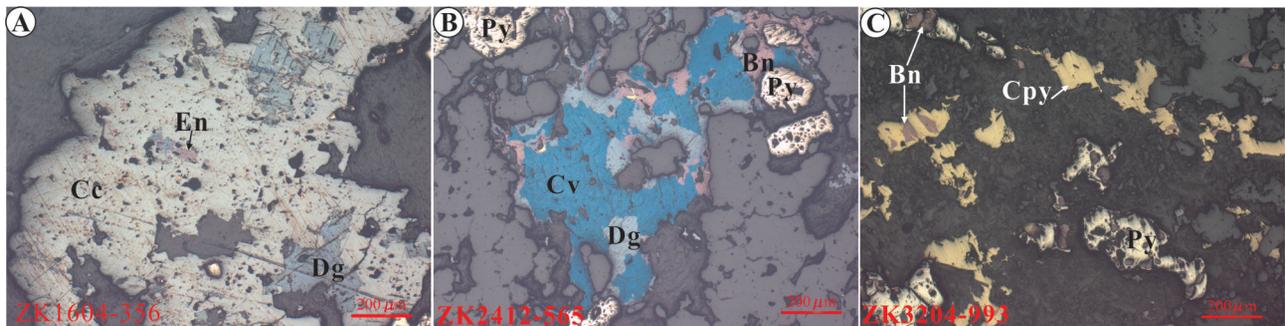


图10 铁格隆南矿床铜矿化特征镜下照片

A—辉铜矿交代蓝辉铜矿和硫砷铜矿；B—铜蓝—蓝辉铜矿—斑铜矿交代黄铁矿；C—黄铜矿、斑铜矿交代黄铁矿  
Py—黄铁矿；Cpy—黄铜矿；Bn—斑铜矿；Cc—辉铜矿；Dg—蓝辉铜矿；Cv—铜蓝；En—硫砷铜矿

Fig.10 Microscopic photos of copper mineralization characteristics of the Tiegelongnan deposit

A—Chalcolite replacing digenite and enargite; B—Covellite—digenite—bornite replacing pyrite; C—Chalcopyrite and bornite replacing pyrite  
Py—Pyrite; Cpy—Chalcopyrite; Bn—Bornite; Cc—Chalcolite; Dg—Digenite; Cv—Covellite; En—Enargite

磁异常。1:1万激电中梯测量表明,矿体反映的中高视极化率异常具有中心突出,内部相对平缓,边缘具明显梯度环带,外部背景场平静,高值范围较大、幅值较稳定,与周围形成鲜明对比,梯度较大的特征,同时其电阻率较低。

### 6 铁格隆南斑岩铜(金)矿床勘查突破的区域找矿意义

铁格隆南斑岩型铜(金)矿实现找矿重大突破,

达到超大型矿床规模,是“部、区(省)、央企”合作新模式在国家级整装勘查区的首次成功实践,是中国铝业公司在前期科学选区、优选合作地勘单位、精心部署勘查工作的基础上取得的,为矿业公司勘查选区提供了典型范例。

铁格隆南超大型斑岩型铜(金)矿的勘查突破是2013年全国最重要的勘查突破,受到了地质界广泛关注,其成矿特点与矿集区内其他斑岩Cu—Au矿床勘查有一定差异,表现为上部叠加高级泥化蚀变

和高硫型浅成低温热液矿化,必将促进多龙矿集区地质构造演化、成岩成矿期次、成矿分区分带的深入研究,带动本区和相似矿区整装勘查取得新发现和新认识。揭示该矿床的成矿的特点,建立成矿模型和找矿标志,比较剥蚀程度,确定成矿系统的垂直延深,对于促进区域勘查具有重要的实际意义。

铁格隆南斑岩型铜(金)矿的勘查突破将对班公湖—怒江带北侧的构造—岩浆弧的找矿勘查起到重要的推动作用,将进一步提升班公湖—怒江斑岩成矿带的地位。对该矿床进行解剖,将提高对班公湖俯冲背景斑岩Cu—Au矿带成矿作用的认识程度,并有助于预测和发现新的矿化带;建立的含矿斑岩、蚀变—矿化标志、地球化学评价标志,对促进区域同类型矿床的勘查具有重要的实际意义。该矿床的发现和成矿规律的深入研究对指导班怒成矿带的成矿区划、勘查工作部署与隐伏矿的进一步找矿突破具有重要的指导和借鉴意义,从而带动本区和相似区块整装勘查取得新发现和新认识。

**致谢:**在野外工作中得到西藏地勘局第五地质大队陈红旗、李彦波、卫鲁杰、李玉彬等同志,中国地质科学院唐菊兴研究员团队的大力支持和协助等;在成文过程中得到中国科学院地质与地球物理研究所李光明副研究员对论文初稿的修改完善,以及刘建明研究员和秦克章研究员的建议,在此一并致谢!

#### 参考文献(References):

- [1] Sillitoe R H. Porphyry copper systems[J]. *Economic Geology*, 2010, 105: 3–41.
- [2] 侯增谦. 斑岩Cu—Mo—Au矿床:新认识与新进展[J]. *地学前缘*, 2004, 11(1): 131–143.  
Hou Zengqian. Porphyry Cu—Mo—Au deposits: Some new insights and advances[J]. *Earth Science Frontiers*, 2004, 11(1): 131–143(in Chinese with English abstract).
- [3] Kerrich R, Goldfarb R, Groves D I. The characteristics, origins, and geodynamic setting of supergiant gold metallogenic province[J]. *Science in China(series D)*, 2000, 43:1–69.
- [4] 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: 350.  
Rui Zongyao, Huang Chongke, Qi Guoming et al. China Porphyry Copper(Molybdenum) Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 350(in Chinese).
- [5] Cooke D R, Hollings P, Walshe J L. Giant porphyry deposits: Characteristics, distribution, and tectonic controls[J]. *Economic Geology*, 2005, 100 (5): 801–818.
- [6] Singer D A, Berger V I, Menzie W D, et al. Porphyry copper deposit density[J]. *Economic Geology*, 2005, 100:491–514.
- [7] Hedenquist J W, Lowenstern J B. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits[J]. *Nature*, 1994, 370: 519–527.
- [8] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper—gold and epithermal gold deposits in the circum-Pacific region[J]. *Australian Journal of Earth Sciences*, 1997, 44:373–388.
- [9] Sillitoe R H. Gold-rich porphyry copper deposits: descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery[C]// Hagemann S G, Brown P E (eds.). *Gold in 2000. Society of Economic Geologists Reviews in Economic Geology*, 2000, 13: 315–345.
- [10] Tosdal R M, Richards J P. Magmatic and structural controls on the development of porphyry Cu ± Mo ± Au deposits[J]. *Society of Economic Geologists Reviews*, 2001, 14:157–181.
- [11] 李光明, 段志明, 刘波, 等. 西藏班公湖—怒江结合带北缘多龙地区侏罗纪增生杂岩的特征及意义[J]. *地质通报*, 2011, 30(8): 1256–1260.  
Li Guangming, Duan Zhiming, Liu Bo, et al. The discovery of Jurassic accretionary complexes in Duolong area, northern Bangong Co—Nujiang suture zone, Tibet, and its geologic significance[J]. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(8): 1256–1260(in Chinese with English abstract).
- [12] 莫宣学. 青藏高原地质研究的回顾与展望[J]. *中国地质*, 2010, 37(4): 841–853.  
Mo Xuanxue. A review and prospect of geological researches on the Qinghai—Tibet Plateau[J]. *Geology in China*, 2010, 37(4): 841–853(in Chinese with English abstract).
- [13] 史仁灯. 班公湖SSZ型蛇绿岩年龄对班—怒洋时限的制约[J]. *科学通报*, 2007, 52(2): 223–227.  
Shi Rendeng. Restricting to age of the Bangong—Nujiang Sea from Bangong Lake SSZ ophiolite[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2007, 52(2): 223–227(in Chinese).
- [14] 吴珍汉, 叶培盛, 杨艳. 西藏阿里推覆构造与蛇绿岩构造侵位[J]. *中国地质*, 2013, 40(1): 182–190.  
Wu Zhenhan, Ye Peisheng, Yang Yan. The Ngari thrust system and tectonic emplacement of ophiolites in western Tibet[J]. *Geology in China*, 2013, 40(1): 182–190(in Chinese with English abstract).
- [15] 黄汲清, 陈炳蔚. 中国及邻区特提斯海的演化[M]. 北京: 地质出版社, 1987: 1–78.  
Huang Jiqing, Chen Binwei. Evolution of Tethys in China and Adjacent Regions[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 1–78(in Chinese).
- [16] Kapp P, Murphy M A, Yin A, et al. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet[J]. *Tectonics*, 2003, 22(4): 1029.

- [17] 秦克章, 李光明, 张旗, 等. 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[C]//陈毓川, 毛景文, 薛春纪(主编). 第八届全国矿床会议论文集. 北京:地质出版社, 2006: 666-670.  
Qin Kezhang, Li Guangming, Zhang Qi, et al. Analysis of epithermal Cu-Au deposit metallogenic conditions and output district, from porphyry-epithermal metallogenic system[C]//Chen Yunchuan, Mao Jinwen, Xue Chunji(eds.). Collection of the No.8 National Conference of Deposit. Beijing. Geological Publishing House, 2006: 666-670(in Chinese).
- [18] 李金祥, 秦克章, 李光明, 等. 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, 2008, 24(3): 531-543.  
Li Jinxiang, Qin Kezhang, Li Guangming, et al. Geochemistry of porphyries and volcanic rocks and ore-forming geochronology of Duobuza gold-rich porphyry copper deposit in Bangonghu belt, Tibet: Constraints on metallogenic tectonic settings[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(3): 531-543(in Chinese with English abstract).
- [19] Qin K Z, Ishihara S. On the possibility of porphyry copper mineralization Japanese Islands[J]. International Geology Review, 1998, 40(6):539-551.
- [20] 李玉彬, 多吉, 钟婉婷, 等. 西藏改则县多不杂斑岩型铜金矿床勘查模型[J]. 地质与勘探, 2012, 48(2): 274-287.  
Li Yubing, Duo Ji, Zhong Wanting, et al. An exploration model of the Duobuza porphyry Cu-Au deposit in Gaize country, Northern Tibet[J]. Geology and Exploration, 2012, 48(2): 274-287(in Chinese with English abstract).
- [21] 曲晓明, 辛洪波. 藏西班牙湖斑岩铜矿带的形成时代与成矿构造环境[J]. 地质通报, 2006, 25(7): 792-798.  
Qu Xiaoming, Xin Hongbo. Ages and tectonic environment of the Bangong Co porphyry copper belt in western Tibet, China[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(7): 792-798(in Chinese with English abstract).
- [22] Li J X, Li G M, Qin K Z, et al. High-temperature magmatic fluid exsolved from magma at the Duobuza porphyry copper-gold deposit, Northern Tibet[J]. Geofluids, 2011, 11: 134-143.
- [23] Li Jinxiang, Qin Kezhang, Li Guangming, et al. Petrogenesis of ore-bearing porphyries from the Duolong porphyry Cu-Au deposit, central Tibet: Evidence from U-Pb geochronology, petrochemistry and Sr-Nd-Hf-O isotope characteristics[J]. Lithos, 2013, 160-161: 216-227.
- [24] Li G M, Li J X, Qin K Z, et al. Geology and hydrothermal alteration of the Duobuza gold-rich porphyry copper district in the Bangongco metallogenic belt, Northwestern Tibet[J]. Resource Geology, 2012, 62(1): 99-118.
- [25] Li J X, Li G M, Qin K Z, et al. Mineralogy and mineral chemistry of the Cretaceous Duolong gold-rich porphyry copper deposit in the Bangongco Arc, Northern Tibet[J]. Resource Geology, 2012, 62(1): 19-41.
- [26] 江少卿, 孙兴国, 杨铁铮, 等. 藏北多龙斑岩铜金矿集区综合信息找矿模型研究[J]. 中国地质, 2014, 41(2): 497-509.  
Jiang Shaoqing, Sun Xingguo, Yang Tiezheng, et al. Integrated anomaly model and metallogenic prediction of the Duolong porphyry copper-gold ore concentration area in northern Tibet[J]. Geology in China, 2014, 41(2): 497-509(in Chinese with English abstract).

## The exploration breakthrough of the Tiegelongnan superlarge porphyry Cu(Au) deposit, Bangong Lake arc, Tibet, and its significance

SUN Xing-guo<sup>1,2,3</sup>, FENG Dao-yong<sup>1,2</sup>, SU Deng-kui<sup>2</sup>, WANG Si-de<sup>3</sup>, HOU Jun-fu<sup>1,2</sup>,  
YIN Xian-bo<sup>1</sup>, YUAN Hua-shan<sup>1</sup>, JIANG Shao-qing<sup>3</sup>

(1. Tibet Jinlong Mining Co., Ltd., Ali, 859000, Tibet, China; 2. Chinalco Tibet Mining Co., Ltd., Lhasa 850000, Tibet, China;  
3. Chinalco Resources Co., Ltd., Beijing, 100082, China)

**Abstract:** Based on detailed analysis of regional metallogenic geological background and conditions, it is held that the Duolong ore district of the West Bangong Lake arc has metallogenic prospecting and resources potential for porphyry Cu-Au deposits. Through the exploration in 2013, the authors made a breakthrough in Tiegelongnan. Copper reserves of the Tiegelongnan ore district has reached a superlarge ore deposit, and this deposit has thus become the largest porphyry Cu(Au) ore deposit in the Duolong ore district as well as the major exploration breakthrough in 2013. The deposit is located in early Cretaceous Meiriqiecuo formation of the middle Duolong ore district, and has a close temporal relationship with early Cretaceous intrusive granodiorite porphyry, granite porphyry and concomitant hydrothermal mineralization breccia. The orebodies mainly occur in the lower middle Jurassic Sewa Formation feldspar quartz sandstone, lithic sandstone intercalated with dark gray to deep black silty slate and mineralized porphyry. Orebodies exhibit concealed dome and are characterized by great downward extension in the forms of network veins, veinlets, and disseminations. Hydrothermal alteration is well developed, with obvious zonation, strong silicification, sericitization, and widely superimposed advanced argillic alteration. The denudation degree of the ore district is very low. The surface only develops limonite and clay, with no copper mineralization. Alteration and mineralization increased gradually downward, and the mineralization extension reaches one thousand kilometers at depth without closure. The upper copper mineralization is of chalcocite-digenite-enargite association, exhibiting characteristics of the Cu-S system, which gradually changes into bornite and chalcopyrite characteristics of the Cu-Fe-S system. Copper mineralization is associated with Au, Ag mineralization and assumes positive correlation. Compared with other porphyry Cu-Au ore deposits in the Duolong ore district, this deposits is poor in gold. The exploration breakthrough of the deposit provides a good example for the exploration work of the mining company and also has significance for regional ore-prospecting.

**Key words:** porphyry Cu(Au) deposit; deposit characteristics; hydrothermal alteration; exploration breakthrough; Tiegelongnan; Bangong Lake arc

**About the fist author:** SUN Xing-guo, male, born in 1981, doctor, senior engineer, mainly engages in the study of mineral exploration and exploitation; E-mail: sunxg@chinalco-tbmining.com.