

文章编号: 0258-7106(2007)03-0346-07

# 冈底斯中段南缘成矿远景预测及找矿方向\*

王少怀<sup>1,2</sup> 裴荣富<sup>1</sup>

(1 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2 中国冶金地质总局第二地质勘查院, 福建 莆田 351111)

**摘要** 冈底斯中段南缘矿集区位于西藏南部扎囊—桑日之间, 面积约 1 500 km<sup>2</sup>。该区已发现大小铜金矿床(点)近 20 处, 累计铜金属资源量达 200 多万吨。文章从金属成矿省“景”“场”“相”“床”4 个等级体制出发, 阐述了该矿集区在印-亚陆碰撞“陆内汇聚-地壳分层加厚-重力均衡调整”的高原隆升过程中的成矿作用。指出区内存在着与碰撞挤压、流体迁移汇聚有关的层控铜矿床, 后碰撞伸展环境中的矽卡岩铜矿床和斑岩型铜矿床 3 种矿床类型。利用成矿的背景构造、“成矿构造聚敛场”的控矿构造和“行、列、汇”的成矿构造, 即按构造的构造(tectonic structure)或称构造成因(tectonic genesis)观点分析了成矿远景, 并指明了找矿方向。

**关键词** 地质学; 找矿方向; 成矿远景预测; 矿集区; 冈底斯中段南缘

中图分类号: P612

文献标识码: A

## Ore resource prognosis and ore-prospecting targets in southern central Gangdise Range

WANG ShaoHui<sup>1,2</sup> and PEI RongFu<sup>1</sup>

(1 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China; 2 No. 2 Geological and Exploring Institute of CEEB, Putian 351111, Fujian, China)

### Abstract

The southern central Gangdise ore concentration area lies between Zhanang and Sangri Counties, with explored copper and gold resources of over two million tons. Based on integration of metallogenic geological tectonic setting, metallotectonic structure convergence, metallogenic phases and ore deposits that comprise the metallogenic hierarchy system of a metallogenic province, this paper deals with the metallogenic regularity in the concentration area. The uplifting process of the plateau can be divided into three stages, i. e., the subduction-collision uplift stage, the convergence-compression uplift stage and the isostatic adjusting uplift stage. The authors point out that the concentration area produced three kinds of ore deposits, namely, stratigraphic copper deposits under the condition of continental collision and subduction, porphyry Cu-Au deposits and skarn copper deposits under the condition of post-collisional extension during the India-Asian continent-continent collision. In the light of the ore-controlling tectonics, the metallogenic tectonic setting, metallotectonic structural convergence and the ore-forming structure of “row-line-cluster”, this paper analyzes the ore resource prospects and indicates the ore-prospecting targets.

**Key words:** geology, ore-prospecting target, ore resource prognosis, ore concentration area, southern central Gangdise

\* 本文得到中国地质调查局矿产勘查项目(1212010632700)的资助

第一作者简介 王少怀, 男, 1965年生, 在职博士生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: wangshaohuai2008@163.com  
收稿日期 2006-05-14; 改回日期 2007-01-08。李岩编辑。

# 1 成矿场地准备

冈底斯中段南缘大地构造属陆壳对接的碰撞型大陆边缘,主要为雅鲁藏布江陆缘弧-陆碰撞结合带的北侧,即冈底斯陆缘火山-岩浆弧外侧南缘。与甲马—驱龙铜多金属成矿远景区相比,该矿集区地质研究和勘查工作程度都较低。

本文是按该矿集区产出的金属成矿省成矿内部组成:成矿构造背景、成矿构造聚敛场、金属成矿相和淀积的不同类型矿床,即按“景”、“场”、“相”、“床”4个等级体制,从宏观到微观的动态耦合机制研究其成矿远景的。等级体制成矿不同于按不同尺度划分固定的成矿省、成矿区带、矿田和矿床,它们有各自独立的研究方法。等级体制成矿主要强调从金属成矿省成矿地质演化历史进程认识4个等级有机耦合的成矿演化规律。其中成矿背景构造是宏观的成矿场地准备,通常认为,有利的成矿背景构造多为2个地质构造单元交接的边缘带及其地球物理和地球化学显示的各项参数的急变带(裴荣富等,2004 2005)。成矿构造聚敛场是指地质、地球物理和地球化学以及物源场的综合控矿因素的集成。

## 1.1 背景构造

背景构造是有利成矿的区域准备。在印度—澳

大利亚板块从冈瓦纳大陆裂解后持续向北漂移推挤的条件下,由于欧亚大陆刚性地块的阻挡,产生强烈的陆内汇聚作用。在强烈的压应力作用下,一方面沿古缝合带或断裂带产生陆内俯冲;另一方面产生多层次的拆离、滑脱,上、中、下地壳以不同机制分层加厚、缩短,高原缓慢抬升,上地幔大幅度沉降,形成“高原山根”(李廷栋,1995)。上新世,特别是中更新世以来,随着高原整体漂移速度的变慢和各地质块体之间漂移速度差的减少,产生应力松弛,挤压作用大为减弱,在山根作用下,产生强烈的均衡调整,使高原大幅度整体快速隆升,这种高原隆升的过程和机制可概括为:“陆内汇聚—地壳分层加厚—重力均衡调整”的高原隆升模式(李廷栋,1995)。据此,冈底斯中段南缘的成矿背景构造应属碰撞形成的喜马拉雅—西藏造山带,其呈近EW向展布,向南稍微突出,并与主碰撞造山带平行,其中的众多矿床(点)形成于冈底斯火山-岩浆侵入阶段(约60~50 Ma),高峰发育于后碰撞地壳伸展阶段(14~16 Ma)(图1)。

## 1.2 控矿构造

控矿构造是成矿构造聚敛(场)的综合控矿因素在地质历史演化的动态过程中,在某一定点达到有机汇聚的综合控矿效果。其中地球物理、地球化学在背景构造基础上形成的控矿聚敛因素及其蕴育成矿的构造动力机制是探讨成矿构造聚敛(场)控矿的

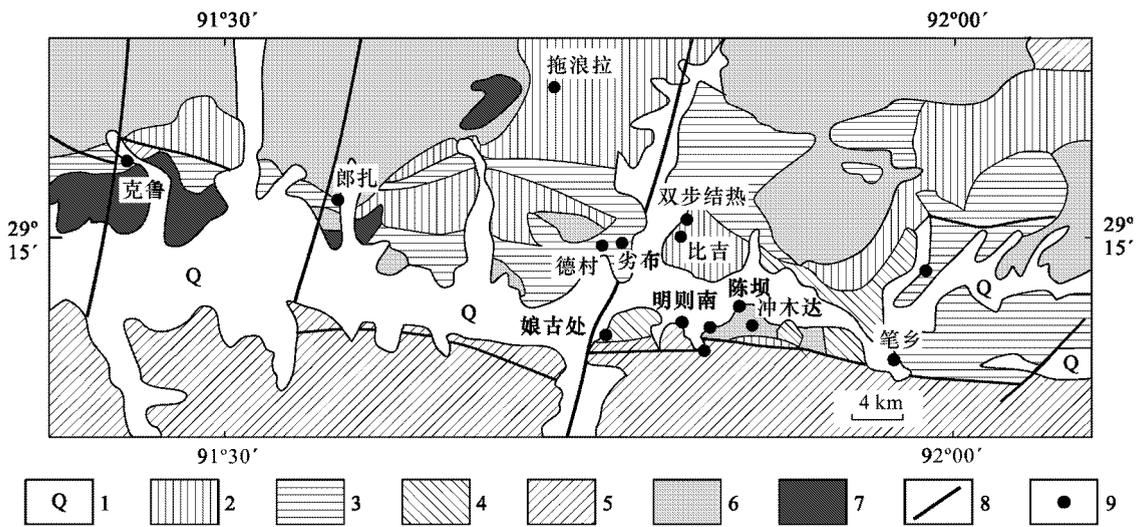


图 1 冈底斯中段南缘地质图(修改自程力军 2001)

1—第四系沉积物 2—第三系火山岩 3—白垩系火山-沉积岩 4—侏罗系火山岩 5—三叠系火山岩 6—始新世花岗岩类; 7—晚白垩世花岗岩类 8—断裂 9—铜矿床(点)

Fig. 1 Geological map of southern central Gangdise(modified from Cheng, 2001)

1—Quaternary sedimentary rocks; 2—Tertiary volcanic rocks; 3—Cretaceous volcanic-sedimentary rocks; 4—Jurassic volcanic rocks; 5—Triassic volcanic rocks; 6—Eocene granitoids; 7—Late Cretaceous granitoids; 8—Faults; 9—Cu deposit (occurrence)

关键(裴荣富,1997,2001)。因此只有在有利的成矿构造背景和与之耦合的成矿构造聚敛(场)条件下,成矿的物理化学条件对金属物质的淀积才显得重要,成矿流体达到一定的金属成矿相时,就有可能成矿。

冈底斯中段南缘在全国1:400万布格重力图上表现为区域重力场总体为南低北高的低值区,布伽重力值变化范围自 $-500 \times 10^{-5} \sim -350 \times 10^{-5}$  mGal。重力异常等值线主要呈东西向分布,但由于叠加了一些局部重力高和重力低异常,使等值线形态变得复杂。这些梯度带多与断裂构造有关,而规模较大的局部重力异常则多与地壳物质的厚度和密度变化相关。该矿集区布格重力异常值为 $-440 \times 10^{-5} \sim -445 \times 10^{-5}$  mGal,属中高重力异常梯度带区(程力军,2001)。

区内航磁异常总体上呈东西向分布,具南高北低的特点。异常主体表现为条带状正异常,但局部强弱变化较大。磁场背景强度在100~200 nT之间,与在该区广泛分布的二长花岗岩、火山岩有关。

地球物理(地热)资料表明,地壳中部存在一定规模的地壳重熔型岩浆源区和一些由后期构造侵位造成的滴珠状岩浆囊,其深部表现为大范围区域性的热背景。这些热背景为在矿集区形成类型多样的热水流体循环成矿系统创造了非常有利的条件(姚鹏等,2002)。

地球化学研究(孟祥金等,2004)表明,含矿斑岩含有高的 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,低 $\text{CaO}$ 和 $\text{TiO}_2$ ,富 $\text{K}_2\text{O}$ ,属于高钾钙碱性或钾玄岩系列。岩石明显富集Sr、LREE,亏损Y、LILE、HREE和TREE;具有较高的Sr/Y和La/Yb比值;LREE与HREE强烈分异,但缺乏或具有微弱的正Eu异常。这些特征表明,含矿岩石具有埃达克质岩浆亲合性。区内Cu、Mo、Au、Ag、Pb、Zn等化探异常总体呈近东西向带状分布,其元素组合特征表现出明显的规律性。从区域地质特征、地球化学元素组合规律、异常空间分布特征,结合已知矿床(点)的分布情况,可以看出冈底斯中段南缘异常组分复杂、规模大、强度高、浓度分带明显、多元素套合好,主要成矿元素处于高背景的地球化学块体中,与矿床(点)对应好。

从上述地、物、化成矿构造聚敛场的综合集成,结合区内一系列矿床(点)空间分布格局,可明显地看出本区控矿构造为受NWW-SEE向深大断裂与近SN向拉伸构造交汇部位的联合约束(如图1)。

### 1.3 成矿构造

成矿构造是造山带演化到金属成矿相达到成矿堆积的构造的构造(tectonic-structure)。基于造山带演化的不同阶段,研究区可分为同碰撞挤压和后碰撞伸展两类环境,并形成两类不同类型的矿床。一般而言,形成于同碰撞挤压环境下的铜矿床成矿构造为多层次的层间拆离、滑脱构造,矿体具“层控”性质;形成于后碰撞伸展环境下的铜矿床成矿构造为与岩浆活动有关的侵入接触构造,矿体在侵入体的内外接触带中产出。

#### 1.3.1 与同碰撞挤压环境成矿构造有关的“层控”铜矿床

主要见于冲木达铜矿区(图2A)和劣布矿区43勘探线西段(图2B),为产于下白垩统比马组( $K_1b$ )泥质结晶灰岩、大理岩化灰岩、火山凝灰岩中的多层次拆离滑脱成矿构造。由于陆-陆碰撞,陆壳受压产生多层次拆离、滑脱,以及叠加于NWW向褶皱带上的NE向宽缓褶皱使NWW向背斜枢纽呈波状起伏,在相对隆起部位,易沿地层间结合较弱的界面产生虚脱(图2B),尤其在褶皱核部形成较大的储矿空间(图2A),对层间热水及物质的运移起到了有利的导、储作用。此外,含矿热液受温度和压力差的驱动可以顺层运移到距岩体较远的部位成矿,在褶皱核部形成囊状矿体,在层间形成层状、似层状和透镜状矿体。矿体与围岩界线清楚,显示层控矿床的特征(图2)。可能形成于55~45 Ma或30~24 Ma间的同碰撞花岗岩侵入的大陆边缘弧环境(Schares et al.,1984;Harrison et al.,1999)。

#### 1.3.2 与后碰撞伸展环境成矿构造有关的矽卡岩和斑岩铜矿床

在上述背景构造、控矿构造承袭发展的进程中,由矿集区到矿田或矿床,在伸展环境下形成多组断裂系统复合构造样式。冈底斯中段南缘系列矿床(点)的空间分布明显位于NWW-SEE向深大断裂与近SN向拉伸构造的交汇部位(见图1)。

受成矿构造控制的岩浆侵位过程中形成2种类型的侵入接触构造:断裂裂隙接触构造和爆破角砾岩筒接触构造,它们对成矿都具有控制作用。

断裂裂隙接触构造控矿主要产出在克鲁(图3)、双步结热、明则、陈坝、劣布、郎扎等矿区。克鲁矿区位于中酸性岩体与下白垩统-上侏罗统海相火山-沉积岩的侵入接触带内,在内外接触带附近形成一条近东西向的接触构造破碎带,并具有膨大、收缩的变

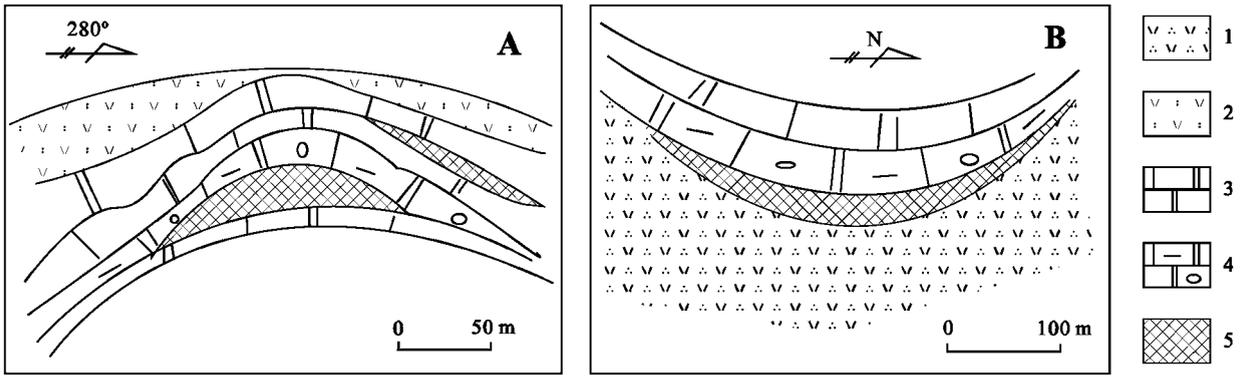


图 2 层控型铜矿体赋矿构造示意图

A. 冲木达采矿场采壁素描 B. 劣布矿区西部 43 线周围矿体平面示意图

1—始新世二长石英斑岩 2—下白垩统火山凝灰岩 3—下白垩统大理岩化灰岩 4—透辉石石榴子石砂卡岩 5—层控型铜矿体

Fig. 3 Schematic map showing ore-host structures of the stratabound copper deposit

A. Sketch of mining wall of the Chongmuda mining field ; B. Plan of ore body in western Liebu mining area (around line 43).

1—Eocene monzonitic quartz porphyry 2—Lower Cretaceous ash tuff ; 3—Lower Cretaceous marble ; 4—Diopside garnet skarn ; 5—Stratabound copper ore body

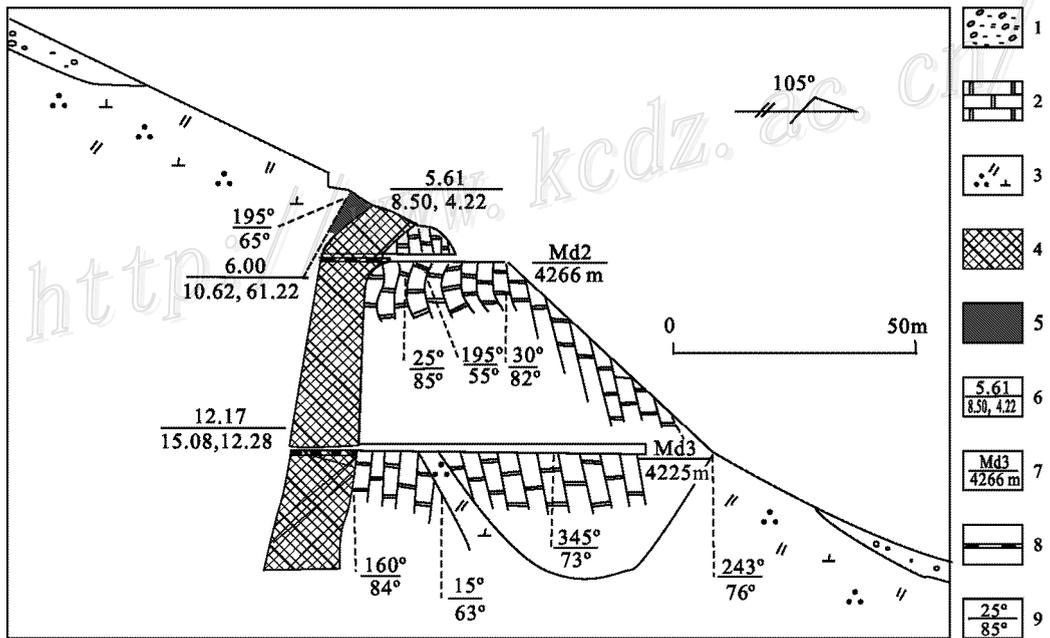


图 3 克鲁铜矿区 30 线地质剖面图

1—第四纪浮土 2—下白垩统大理岩 3—燕山晚期石英二长闪长岩 4—铜矿体 5—孔雀石化石榴子石砂卡岩 6—单工程真厚度(m)Cu 平均品位(%) , Au 平均品位( $10^{-6}$ ) ; 7—民采洞编号/洞口标高 8—采样位置 9—产状

Fig. 3 Geological section along No. 30 exploration line of the Kelu Cu ore district

1—Quaternary Regolith ; 2—Lower Cretaceous marble ; 3—Late Yanshanian quartz monzodiorite ; 4—Copper ore body ; 5—Malachite-garnet skarn ; 6—True thickness (m) / average grade Cu (%) , Au ( $10^{-6}$ ) ; 7—Old cave : serial number / elevation ; 8—Sampling location ; 9—Attitude

化特点,在破碎带内发育有砂卡岩化、角岩化及铜、多金属矿化蚀变。据地球化学异常资料(张克尧, 2005),矿区内圈定了综合异常面积约  $9 \text{ km}^2$ ,以  $\text{As}$ 、 $\text{Sb}$  为主,伴有  $\text{Bi}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pb}$  等异常。 $\text{As}$ 、 $\text{Sb}$  异

常总体呈 NNE 向展布,形态不规则,展布面积达  $7 \text{ km}^2$ ,规模大,峰值高,  $\text{As}$  峰值达  $858 \times 10^{-6}$ ,  $\text{Sb}$  峰值  $86.4 \times 10^{-6}$ ,浓度分带明显,在异常区西北部及中部套合有  $\text{Ag}$ 、 $\text{Pb}$  等异常。 $\text{Cu}$ 、 $\text{Au}$  异常出现在异常区

东南角和西北部:东南角 Cu、Au 异常面积约 0.5 km<sup>2</sup>, 以其高强度为特征,Cu 峰值为  $19\ 770 \times 10^{-6}$ , Au 峰值  $865 \times 10^{-9}$ , 套合有等面积 As、Sb、Ag、Bi、Sn 异常。区内 Cu、Au 异常范围狭小,其特征相当于热液矿化蚀变的前缘晕,说明区内矿体基本未遭到剥蚀。已发现构造破碎带控制铜金矿体,是区内主要的控矿及赋矿构造(张克尧,2005)。克鲁矿区矿体厚 6.00~12.17 m,含 Cu 0.11%~13.09%,Au  $(0.16 \sim 12.6) \times 10^{-6}$ ,最高品位 Cu 26.37%,Au  $174.5 \times 10^{-6}$ 。主要原生金属矿物有斑铜矿、黄铜矿、蓝铜矿、辉铜矿、黝铜矿、方铅矿、碲银矿、银碲矿和碲金银矿等;氧化次生矿物有孔雀石、氧化铜、褐铁矿和铜蓝等。脉石矿物有石榴子石、绿帘石、透辉石、透闪石、碳酸盐、绢云母、长石和石英。属典型的矽卡岩型矿床。

含铜矽卡岩带与中酸性侵入岩有关。劣布花岗闪长斑岩中的黑云母、冲木达花岗闪长岩中的角闪石 K-Ar 年龄测定结果分别为 22.92 Ma、21.35 Ma,厅宫未蚀变斑岩中的黑云母为 13.54~13.79 Ma;白容矿区含矿斑岩、斜长花岗斑岩的黑云母为 12.28 Ma、11.45 Ma,稍早期斑状二长花岗岩的角闪石为 16.94 Ma,而蚀变矿化绢云母为 11.83 Ma(与秦克章私人通讯,2004)。因而可以肯定,这一期矽卡岩矿化早于冈底斯带上的斑岩铜矿。这对本区岩浆作用与成矿演化研究具有重要意义。

爆破角砾岩筒接触构造控矿发育于劣布矿区西部的广大高地和双步结热矿区,但矿体仅见于劣布矿区北矿段的 TC6,是继断裂接触构造续发的一类成矿构造类型,为富含矿质(矿石中 Cu 2.83%~6.42%)的热液侵入到浅部后,由于压力骤降,挥发分从岩浆中大量析出而发生隐爆,崩塌的围岩角砾被后继熔浆胶结而形成了爆破角砾岩筒。爆破角砾岩筒发生矽卡岩化,并形成了含大量挥发分矿物的气囊构造。矿化作用主要发生于矽卡岩期后,容矿构造为筒内矽卡岩化角砾岩冷却收缩而形成的与围岩边界条件相适应的原生裂隙。矿石成分比较复杂,为矽卡岩型矿物组合,矿石构造为细脉浸染状和稠密浸染的团块状或集合体,表现出强力充填和渗透的交代矿化作用。

伸展成矿构造演化至 20~18 Ma 开始导致岩石圈地幔减薄和软流圈上涌等一系列地质事件(Williams et al., 2001),在近 SN 向与近 EW 向交汇的断裂系统(杨德明等,2001)控制下,钾质斑岩浅成

侵位,导致了劣布斑岩 Cu 矿床的形成和发育。劣布斑岩铜矿化主要见于南矿段的低洼区,矿体有地表工程揭露和钻孔控制,矿化主要发生在斑岩体的吊钟状顶部,与围岩蚀变范围近于一致。矿化类型为细脉浸染状矿化,呈面形分布。矿石 Cu 0.16%~1.01%,平均品位 0.83%,连续矿化厚度达 100 m 以上,矿石矿物组合是斑铜矿、黄铜矿、黝铜矿、蓝辉铜矿、磁铁矿、黄铁矿等。岩体本身多为早期的钾化、硅化蚀变,细脉浸染状矿化就在此范围内。近岩体外围的比马组火山岩为绢云母化、硅化、泥化以及青磐岩化蚀变。呈现出较为典型的斑岩型矿物组合和围岩蚀变组合的特点。

区域上位于冈底斯斑岩铜矿带北侧的驱龙和冲江斑岩铜矿的成矿年龄分别为  $(15.99 \pm 0.32)$  Ma 和  $(14.04 \pm 0.16)$  Ma,与矿化有关的驱龙石英二长花岗斑岩和冲江二长花岗斑岩的 SHRIMP 年龄分别为  $(17.58 \pm 0.74)$  Ma 和  $(15.60 \pm 0.52)$  Ma(侯增谦等,2003;李光明等,2004)。通过对冈底斯北缘的驱龙—冲江斑岩铜矿带和南缘的克鲁—冲木达矽卡岩型铜矿化带的简单比较发现,冈底斯南缘矽卡岩型铜矿化事件  $(22.92 \sim 21.35)$  Ma 早于北缘斑岩型铜矿化,可能与它们距离古缝合带的远近不同有关。

## 2 铜矿资源潜力分析

矿床是在宏观的构造背景”与各种控矿因素的构造聚敛”场”耦合的条件下,在某一具体构造空间有利的金属成矿”相”中形成的。成矿物质于不同的地质、构造以及物理化学环境中堆积,所形成的矿床自然具有与其所处环境和成矿物质本身相适应的成矿组构及空间配置规律。

总体来说,目前冈底斯中段南缘的勘查评价工作程度还非常低,中国冶金地质总局第二地质勘查院和福建省地质调查院除对上述具中、小型矿床雏型的矿床系列类型开展了预查工作外,对其余的多数铜矿点仅开展了矿化点检查或异常查证和资源潜力评价工作,其铜矿资源潜力还有待进一步的探矿工程加以验证和控制。尽管如此,位于雅江缝合带北缘的该矿化远景区仍显示出较大的资源潜力。依据主要有:

(1) 该区在构造位置上处于欧亚-印度大陆碰撞造山带中,自晚古生代以来,在冈底斯构造带长期的

岛弧和陆缘弧演化历史中,发育了大规模的活动大陆边缘火山喷发和花岗岩岩浆侵入活动(黄志英等, 2004), 在其后的新生代高原岩石圈减薄和上地壳伸展阶段, 又叠加了大规模的幔源岩浆活动, 具备了“景”、“场”、“相”、“床”耦合成大矿的地质构造和地球物理、地球化学条件, 使区内成为以寻找斑岩型铜矿为主的矿床最理想的地区。

(2) 冈底斯中段南缘的矽卡岩矿化(22.92 ~ 21.35 Ma) 早于北缘甲马—驱龙带上的斑岩铜矿(15.99~14.04 Ma), 这对本区岩浆作用与成矿演化研究具有重要意义。本区铜矿化形成深度大于典型的斑岩铜矿, 属于上部矽卡岩型铜矿化, 因此本区剥蚀深度较浅, 印证了以矽卡岩型铜矿化为中心, 为在中深部寻找斑岩型铜矿提供了科学依据。同时也反映了冈底斯斑岩型铜多金属成矿带形成于矽卡岩型矿床之后的后碰撞伸展期。

(3) 勘查评价工作目前在矿集区内已初步查清了劣布、克鲁、双步结热、明则、冲木达等 5 个具中型矿床雏型的铜矿床, 区内存在多个还未进行评价的铜矿点(如比吉、郎扎、笔乡等地), 它们具有地球化学异常范围广、元素套合好和异常强度高的特点, 反映出极其有利的区域地球化学高铜、金异常背景场, 进一步评价和找矿的空间很大。

### 3 结 语

多种成矿背景分别产生了不同类型的流体循环系统, 促使铜多金属的多次活化、运移, 并在不同的构造部位形成了不同的矿床类型, 为冈底斯中段南缘铜多金属矿带的形成起到了决定性的作用。一个矿集区实际上是在成矿区带内具有坐标定位的不同金属和类型矿床(点)的密集分布场。冈底斯中段南缘已具备了这样的成矿地质条件, 在造山带演化进程中形成了 2 类 3 种矿床类型这一成矿序列, 即衍生矿床因袭成矿的变异相矿床(heteromorphic deposit)和衍生相矿床(derivative deposit), 并都聚集定位在冈底斯中段南缘, 显示了很好的铜多金属资源前景和潜力。

综上所述, 冈底斯中段南缘是冈底斯火山-岩浆弧南缘的一个拥有众多铜多金属矿床的成矿构造聚敛场, 具备“层控型”矿床、矽卡岩型矿床和斑岩型矿床的成矿地质条件及构造背景。

### References

- Cheng L J. 2001. Basic characters of the copper polymetallic ore belt in the eastern Gangdes [J]. *Geol. Tibet*, 19(1): 43~54 (in Chinese with English abstract).
- Harrison T M, Grove M, McKeegan K D, Coath C D, Lovera O M and Lefort P. 1999. Origin and episodic emplacement of the Manaslu intrusive complex central Himalaya [J]. *J. Petrol.*, 40: 3~19.
- Hou Z Q, Qu X M and Wang S X. 2003. Re-Os dating of molybdenite from Gangdese porphyry copper ore belt in Tibet: Constrain for metallogenic ages and implication for geological dynamic settings. *Science in China (Series D)*, 33(7): 609~618 (in Chinese).
- Huang Z Y and Li G M. 2004. Characteristic of porphyry copper deposits and its prospecting in Yaluzangbujiang metallogenic province, Tibe [J]. *Geology and Prospecting*, 40(1): 1~6 (in Chinese with English abstract).
- Li G M and Rui Z Y. 2004. Diagenetic and mineralization ages for the porphyry copper deposits in the Gangdise metallogenic belt, southern Xizang [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 28(2): 165~170 (in Chinese with English abstract).
- Li T D. 1995. The uplifting process and mechanism of the Qinghai-Tibet plateau [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 1(1): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- Meng X J, Hou Z Q, Gao Y, Qu X M and Huang W. 2004. The alteration zoning model of porphyry copper deposit in collisional orogen: Case studies of porphyry copper deposits in Gangdise belt, Tibet [J]. *Earth Science Frontiers*, 11(1): 201~214 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F. 1997. On the geological evolution of metallogenic province and supergiant deposit [J]. *Mineral Deposits*, 16(2): 169~170 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F. 2001. The evolution of the metallogenic provinces and ore-forming chronology: A case study of the metallogenic province in the northern margin of the north China platform and its north side [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 17~71 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F, Li J W and Mei Y X. 2004. Hierarchy systematic metallogeny of a metallogenic province [J]. *Mineral Deposits*, 23(2): 131~141 (in Chinese with English abstract).
- Pei R F, Li J W and Mei Y X. 2005. Metallogeny of continental margin [J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(1): 24~34 (in Chinese with English abstract).
- Schaes E, Xu R H and Allegere C. 1984. U-Pb geochronology of the Gangdese (Transhimalaya) plutonism in the Lhasa region, Tibet [J]. *Earth Planet. Sci. Letts.*, 69(2): 311~320.
- Wang S H and Chen Z K. 2003. Geological characters and metallogenic regulation of Kelu-Chongmuda copper and gold belt in Tibe [J]. *Geology and Prospecting*, 39(2): 21~25 (in Chinese with English abstract).
- Williams H, Turner S, Kelley S and Harris N. 2001. Age and composition of dikes in Southern Tibet: New constraints on the timing of

east-west extension and its relationship to postcollisional volcanism [J]. Geol., 29: 339~342.

Yang D M, Li C and Wang T W. 2001. Features and genesis of the north-south-trending tectonic belt in the eastern sector of the Gangdese mountains, Tibet [J]. Region Geology in China, 20(4): 392~397 (in Chinese with English abstract).

Yao P, Wang Q H and Li J G. 2002. Ore and ore resource prospects of the Jiama-Qulong ore concentration area, Tibet [J]. Geology in China, 29(2): 197~202 (in Chinese with English abstract).

Zhang K Y. 2005. Study on the prediction of the ore-finding target of the Keru copper and gold in Zhanang County, Tibet [J]. Geol. Fujian, 19(1): 65~71 (in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

程力军. 2001. 冈底斯东段铜多金属成矿带的基本特征 [J]. 西藏地质, 19(1): 43~54.

侯增谦, 曲晓明, 王淑贤. 2003. 西藏高原冈底斯斑岩铜矿带辉钼矿 Re-Os 年龄: 成矿作用时限与动力学背景应用 [J]. 中国科学(D 辑), 33(7): 609~618.

黄志英, 李光明. 2004. 矿区斑岩型铜矿基本特征与找矿潜力 [J]. 地质与勘探, 40(1): 1~6.

李光明, 芮宗瑶. 2004. 西藏冈底斯成矿带斑岩铜矿的成岩成矿年龄 [J]. 大地构造与成矿学, 28(2): 165~170.

李廷栋. 1995. 青藏高原隆升的过程和机制 [J]. 地球科学, 1(1): 1~9.

孟祥金, 侯增谦, 高永丰, 曲晓明, 黄卫. 2004. 碰撞造山型斑岩铜矿蚀变带模式 [J]. 地学前缘, 11(1): 201~214.

裴荣富. 1997. 金属成矿省地质历史演化与特大型矿床 [J]. 矿床地质, 16(2): 169~170.

裴荣富. 2001. 金属成矿省演化与成矿年代学——以华北地台北缘及其北侧金属成矿省为例 [M]. 北京: 地质出版社. 17~71.

裴荣富, 李进文, 梅燕雄. 2004. 金属成矿省等级体制成矿 [J]. 矿床地质, 23(2): 131~141.

裴荣富, 李进文, 梅燕雄. 2005. 大陆边缘成矿 [J]. 大地构造与成矿学, 29(1): 24~34.

王少怀, 陈自康. 2003. 西藏克鲁-冲木达铜金矿带矿床地质特征及其成矿规律 [J]. 地质与勘探, 39(2): 21~25.

杨德明, 李才, 王天武. 2001. 西藏冈底斯东段南北向构造特征与成因 [J]. 中国区域地质, 20(4): 392~397.

姚鹏, 王全海, 李金高. 2002. 西藏甲马-驱龙矿集区成矿远景 [J]. 中国地质, 29(2): 197~202.

张克尧. 2005. 西藏扎囊县克鲁铜金矿找矿远景预测研究 [J]. 福建地质, 19(1): 65~71.

<http://www.kcdz.ac.cn/>