

滇西普朗铜金矿成矿地质条件及找矿潜力初探

李志鹏¹, 赵高举², 曾红坤², 吴练荣¹, 翟建军², 杨栋², 李亮¹

(1. 云南迪庆有色金属有限责任公司, 云南 香格里拉 674400;

2. 云南铜业矿产资源勘查开发有限公司, 昆明 650051)

摘要: 普朗铜矿床是格咱岛弧多金属成矿带的印支期代表产物, 属产于石英二长斑岩、石英闪长玢岩内接触带的超大型斑岩型铜(金)矿床, 受复式斑岩体控制作用显著; 但矿区东部大脉状铜矿体、南部金矿(化)体则严格受控于断裂构造, 明显具后期成矿作用的叠加。笔者通过对矿区外围北矿段、东矿段和南矿段矿床地质特征、矿体特征、矿石组构特征的深入研究, 结合区域成矿地质背景, 认为普朗铜(金)矿床是由多期次、多成因、多成矿阶段叠加而成的次火山-热液矿床, 与印支期复式斑岩体与断裂构造、节理裂隙与矿床的形成关系密切; 北部外围深部具有斑岩型铜矿的良好潜力, 而东矿段深部、南矿段深部则分别是寻找大脉状铜矿、金矿的有利找矿靶区。

关键词: 普朗铜金矿; 成矿要素; 找矿标志; 成矿远景; 云南省

中图分类号: P618.41 **文献标识码:** A

0 引言

斑岩型矿床是世界 Cu、Au 金属的重要来源, 但其成因机制一直备受争议^[1-3]。斑岩型铜金矿多发育于陆缘弧、岛弧环境内, 碰撞造山带、陆内环境同样是斑岩铜金矿的重要产地。斑岩铜矿在时空、成因上与斑状结构的中-酸性浅成-超浅成侵入体(石英二长斑岩、石英斑岩、花岗闪长斑岩)关系密切, 演化成典型的细脉浸染型铜(钼、金)矿床。与典型斑岩型铜矿床不同的是, 近年来的研究揭露了一部分“不同寻常”的斑岩型铜金矿床, 发育细脉浸染状矿化及粗脉状-网脉状矿化的复杂矿化系统^[4-6]。

滇西普朗铜矿床是闻名世界的超大型斑岩铜矿床, 自上世纪 90 年代被发现以来, 前人已对矿床开展了大量研究工作, 并将矿床划分为东、北、南三个矿段, 但研究成果多集中于“首采区”的斑岩铜矿地球化学、矿床成因、流体包裹体等方面^[7-13]。随着东矿段热液脉状及南矿段深部铜金矿的发掘, 有必要

对普朗金矿的成因机制及找矿方向进行剖析。本文基于前人综合研究资料, 结合详实的野外地质调查工作, 探究普朗铜金矿成矿要素和找矿潜力。

1 成矿地质背景

普朗铜矿位于三江特提斯构造域东侧、甘孜—理塘结合带西侧, 地处印支期义敦岛弧—中甸岛弧南缘。义敦弧作为“三江”地区最具代表性的火山弧, 可划分为南北两段。北段的昌台弧多形成张性构造背景相关的呷村式 VMS 矿床(黑矿型硫化物)。南段的中甸弧受限于低角度的缓俯冲, 演化成以安山岩为主的压性弧, 并伴随着压性构造背景产出斑岩(矽卡岩)型矿床; 普朗铜矿即是该构造背景下的典型产物。

前人曾根据斑岩体形成时代的不同, 将中甸弧划分为春都—雪鸡坪—烂泥塘的西斑岩带、普朗—松诺—欠虽晚三叠世东斑岩带^[14]; 后来, 有学者则找到东、西斑岩带同属一个构造-岩浆事件的佐

收稿日期: 2019-10-21; 责任编辑: 王传泰

基金项目: 中国铜业有限公司重点科技计划项目(编号:20190101)、迪庆有色科研合作项目(编号:2019 合字第 1 号)联合资助。

作者简介: 李志鹏(1987—), 男, 地质工程师, 资源勘查工程专业, 主要从事矿山地质、勘查找矿工作。通信地址: 云南省香格里拉市格咱乡普朗铜矿; 邮政编码: 674400; E-mail: 506747055@qq.com

证^[15-17],大规模发育的浅成-超浅成侵入岩和弧安山岩为重要标志。区域构造受甘孜-理塘洋南西向俯冲的影响而总体呈 NW-SE 展布,由一系列 NNW、NW 向断裂和褶皱组成,严格控制着基性-中基性侵入岩的空间展布。多期次的构造-岩浆活动为成矿提供了优越条件,形成了格咱地区中、东、西三个大型成矿带,普朗铜矿就位于东成矿带亚杂-地噶苏-普朗地段,是西南地区重要的找矿地段^[18]。

2 矿区地质特征

2.1 地层特征

矿区地层相对单一,主要为三叠系,分布于矿区南北两端,矿区中部被普朗复式斑岩体所侵位。三叠系尼汝组(T_2n^2)展布于矿区南段,岩性为一套碳酸盐岩,灰色-浅灰色的中-厚层状结晶灰岩、白云质结晶灰岩。三叠系图姆沟组二段(T_3t^2)呈 NNW 向展布于矿区南北两端,地层岩性以变质砂岩、砂岩夹安山岩、板岩为主;不同岩性部位发育不同程度矿化,在深灰色细-中粒石英砂岩中多见星点状黄铁矿颗粒,在安山岩夹层及其板岩接触部位则多嵌布脉状黄铜矿化、方铅矿化。

2.2 构造特征

矿区总体处于普朗向斜东翼的普朗背形次级褶皱中,近 EW 向、NNW 向断裂严格控制含矿岩体及矿(化)体的产出与赋存:黑水塘断裂(F_4)作为区内规模最大的断层,以 NW 向斜贯全区,首采区受普朗复式岩体侵位而断续状分布;全干力达断裂(F)呈 NNE 向展布,于矿区东部岩体里发育多组微断层,沿断面发育断层泥及金属硫化物;红山断裂(F_2)受 F 断裂的影响在水平方向发生一定程度错移,对矿床矿(化)体影响甚微。节理裂隙作为区内发育最为广泛的次级构造,在网脉状穿插的节理内充填黄铜矿、黄铁矿。

2.3 岩浆岩特征

矿区岩浆岩发育,出露有印支期浅成-超浅成中酸性斑(玢)岩复式岩体——普朗复式岩体。

在矿区北段发育有 II 号岩体,呈岩株状产出,以二长闪长玢岩强烈黄铁绢云岩化为特征,且与钾长石集中的二长质岩性部位发育显著矿化,自中心向外依次发育钾化→黄铁绢英岩化→青磐岩化。在矿区的中东部发育有 I 号岩体,以石英二长斑岩($\eta\pi_1^1$)和花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_1^1$)为主,东部的石英闪长玢岩($\delta\mu_1^1$)节理面多见褐红色铁次生氧化物被膜,该组节理控制着东部多条大脉状矿体的产出(图 1)。

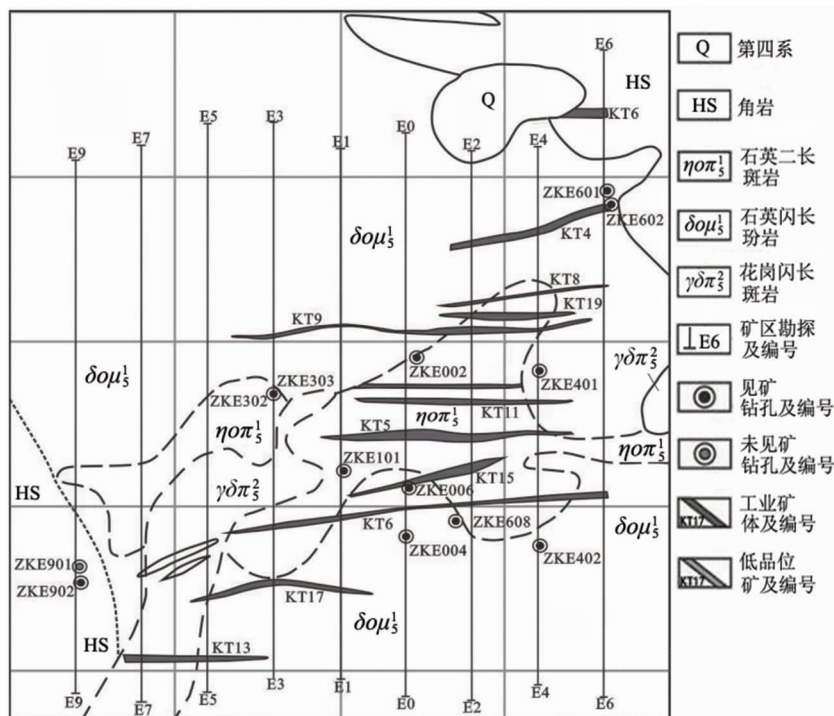


图 1 普朗铜矿外围东部地质图

Fig. 1 Geological sketch of the east surround area

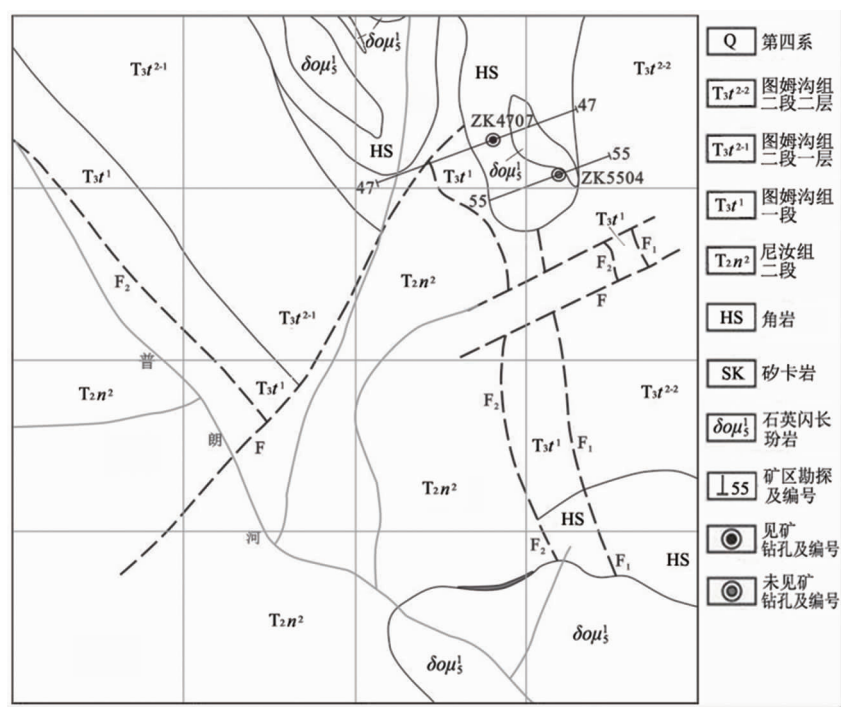


图 2 普朗铜矿外围南部地质图

Fig. 2 Geological sketch of the south surround area

在矿区南段见侵入岩产于图姆沟组中,岩性以石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩为主,整体偏 F 断裂附近(图 2),此段内存在良好的金地球化学异常。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

普朗铜矿分为首采区、矿区北段、矿区外围东部及外围北部四个矿段。

在矿区外围东部矿段,矿体赋存于普朗复式岩体 I 号斑岩体边部石英闪长玢岩相绢云岩化带及石英二长斑(玢)岩脉中,受走向近 EW 向节理裂隙构造的控制,呈大脉状产出,目前圈定 2 个主铜矿体群(图 3)。在矿区北段,矿体分布于普朗复式岩体 II 号岩体接触带、构造蚀变带,矿化与二长闪长玢岩相的强黄铁绢英岩化蚀变带有关(图 4)。在外围北部,3 条铅锌矿体分布于普朗复式岩体 III 号岩体东南边部外图姆沟组中,矿体受图姆沟组二段二层的板岩、砂岩构造破碎带及石英脉石控制;矿脉呈近 EW 走向,倾向北,倾角 60°±,具有热液充填脉型矿体特征(表 1)。在南部矿段,则以金异常为主。

3.2 矿石矿物特征

普朗铜矿东矿段大脉状铜矿体矿石矿物以黄铜

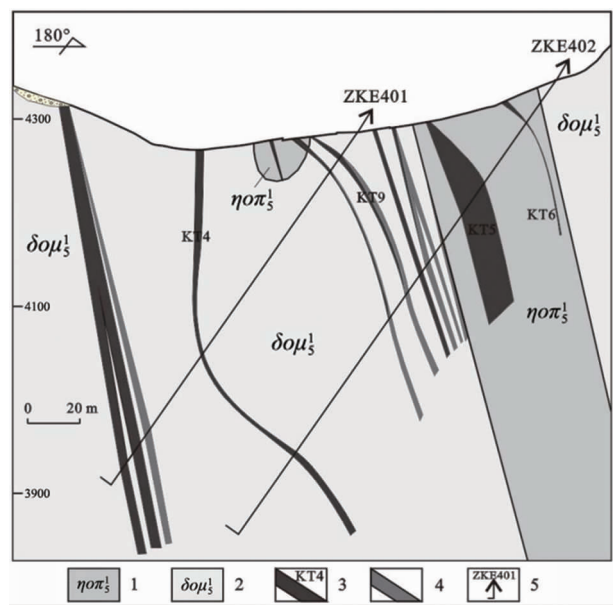


图 3 普朗铜矿外围东部 E4 号勘探线剖面图

Fig. 3 Section of line E4 in the east surrounding area

1. 石英二长斑岩; 2. 石英闪长玢岩; 3. 工业矿体及编号;
4. 低品位矿体; 5. 钻孔及编号

矿、斑铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿为主,脉石矿物则包括石英、斜长石、钾长石、绢云母、透闪石等。北矿段铜矿体矿石矿物主要金属矿物以黄铜矿、斑铜矿、铜蓝、磁黄铁矿为主,脉石矿物为石英、斜长石、角闪石、

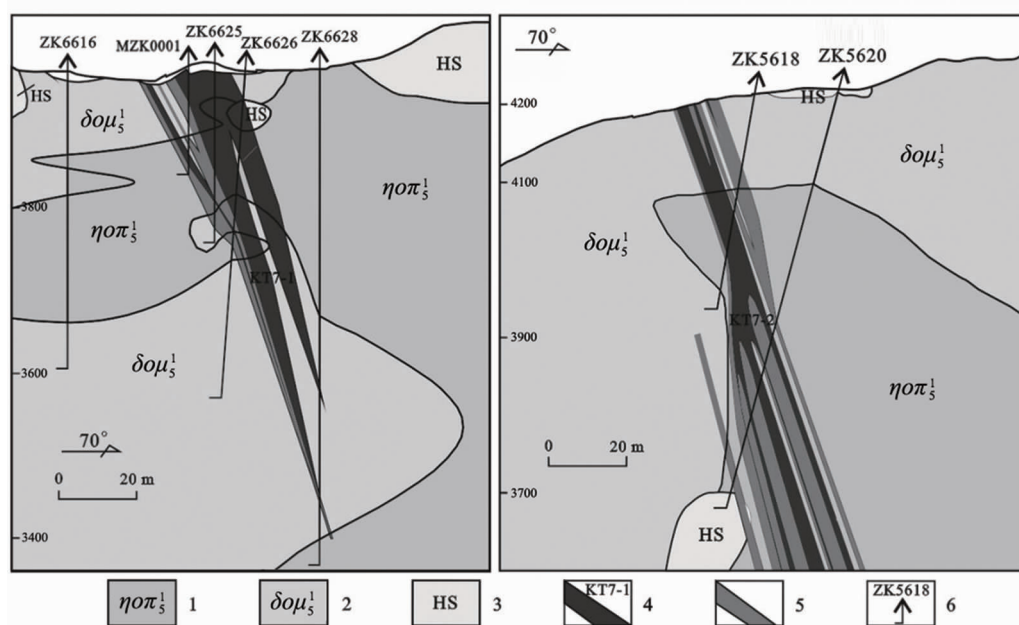


图4 普朗铜矿区北段56、66号勘探线剖面图

Fig. 4 Section of line 56,66 in the north domain of the mining district

1. 石英二长斑岩; 2. 石英闪长玢岩; 3. 角岩(化);
4. 工业矿体及编号; 5. 低品位矿体; 6. 钻孔及编号

表1 普朗矿区外围东部、矿区北段及外围矿体特征

Table 1 Characteristics of ore bodies in the east surrounding area and north domain and the surrounding area

矿段	矿带	矿体	赋矿层位	规模/m		产状			厚度/m	矿石品位 w(Cu)/%
				走向长	倾向深	走向	倾向	倾角(°)		
外围东部	KT5	KT5-2	石英闪长斑岩型脉岩	204	228	近 EW	S(180°)	58~76	2.45	0.71
		KT5-4		269	233		S(180°)	62~76	7.43	0.64
		KT10		237	344		S(180°)	56~80	5.02	0.68
矿区北段	KT7	KT7-1	二长闪长玢岩强黄铁绢云岩化蚀变带	206	266	近 SW	NEE(70°)	70	9.71	0.71
		KT7-2	II 玢岩体接触带	120	530		NEE(70°)	70	11.34	0.38
外围北部	铅锌矿	MKT1	图姆沟组二段砂岩构造破碎带	350	?	近 EW	N(0°)	75	4.88	1.81(Zn)

绢云母、绿泥石、钠黝帘石为主,属典型斑岩型铜矿体。北部外围铅锌矿体矿石金属矿物相对复杂,除黄铁矿、黄铜矿,多发育方铅矿、闪锌矿、辉银矿,脉石则以石英、斜长石、绢云母为主。

3.3 矿石组构特征

普朗铜矿东部矿段脉状矿体中金属矿物多呈团块状、细脉状展布,少数呈浸染状分布,多沿裂隙、星散浸染状均匀分布于裂隙附近。北矿段铜矿体矿石中多见黄铜矿呈细脉状、浸染状分布,脉宽0.1~5 mm不等,多与黄铁矿共生,或嵌布于石英、长石、绢云母为主的脉石矿物中,多以斑晶形式存于基质中;绢云母则多交代长石呈极细颗粒状分布。北部外围铅锌矿体矿石中方铅矿、闪锌矿、黄铜矿多呈团块状嵌布于砂岩铅锌矿石中或沿石英脉、石英砂岩裂隙

充填,具块状、角砾状构造。

3.4 围岩蚀变

普朗矿区围岩蚀变以接触变质最为强烈。在北矿段,围岩中多发育硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化,硅化多与绢云母、金属硫化物一起以脉的形式产出,绿泥石、绿帘石化则以构成青磐岩的矿物交代现象和碳酸盐岩脉产出,构成北部斑岩矿段钾硅酸岩化-青磐岩化、黄铁绢英岩化的完整蚀变系统。在东矿段,整体蚀变相对弱,多见短小细脉状、弱弥漫状钾长石、黑云母化,晚阶段的青磐岩化强烈叠覆于钾硅酸盐之上,可见磁黄铁矿、黄铁矿呈星点状、短细脉状嵌布于蚀变黑云母团斑中,而绢英岩化与细脉状、大脉状铜矿化关系密切,蚀变叠加与矿体叠加富化同步,形成工业矿体。

4 成矿地质条件

(1) 岩浆岩

普朗矿区特殊的地质构造位置,多期次的构造-岩浆活动为成矿奠定了良好基础。玢岩构成矿化作为义敦-中甸弧的重要特色,浅成-超浅成斑(玢)岩体的存在与否成为矿床形成的决定性要素。矿化主要趋向富集于斑岩中,反映出矿质在偏碱性熔体-溶液环境下更易成矿,而富含石英的斑岩和玢岩中矿体的富化表明酸性流体是矿质更适宜迁移、富集的运移介质。此外,铅锌矿体赋存于图姆沟组二段,作为上三叠统中火山岩最发育的部位,其上、下段中发育海相碎屑沉积岩,佐证了斑(玢)岩、矿床和火山岩关系密切。

(2) 围岩蚀变

普朗矿区热液蚀变与矿化在时空上密切相关,是成矿的重要条件。1) 矿区内围岩蚀变类型多样,以钾化、硅化、绢云母化、钠长石化、黏土化及作为成矿直接标志的硫化物为主,以硅化、绢云母化与矿化联系最为紧密;2) 矿区内热液蚀变呈自中心至两侧为高温热液蚀变作用→低温蚀变作用的演化规律,相邻蚀变作用多呈渐变过渡关系,矿化程度亦自中心至外侧逐渐降低,以蚀变中心部位的钾化-硅化带、绢英岩化带蚀变、矿化最优;3) 热液蚀变具有显著的阶段性,其各自对应着不同类型的热液蚀变和矿化特征,某矿化仅发育于一定种类、一定阶段的蚀变分带中,具有显著的成矿专属性。

(3) 构造裂隙

普朗矿区地处义敦弧所处俯冲造山环境中,岩浆热液活动为矿床形成夯实基础,含矿热液运移的通道和矿质沉淀的构造空间直接影响着矿床的发育程度。区域上看,复背斜构造的存在对于深部岩浆向地壳上涌、运移十分有利,而大断裂的活动,同时也是诱发岩浆及热液迅速向地表运动的重要条件。格咱深大断裂是区域成矿的关键深大断裂,其断面往东倾的特殊产状围限了区域岩浆活动仅发育于断裂东侧,旁侧的次一级构造裂隙发育为浅成-超浅成岩的侵入提供了极为有利的空间条件。斑(玢)岩矿床早期被命名为细脉浸染型矿床,系成矿物质以细脉状、浸染状产出为主,反映斑(玢)岩成岩后因构造的继续活动致使岩石中产生大量微裂隙,为含矿热液的运移及矿质的沉淀提供了必要空间,并于有利部位富集为斑岩型矿体,以北矿段最具代表性;随着

区域的断裂活动,矿(化)体中产生新的构造裂隙,在诱发新的含矿热液的同时,产生了富含矿质的石英脉型矿石,东矿段近东西向构造裂隙大脉状矿体即是这一特殊构造的产物。

5 找矿潜力

普朗铜矿区特殊的地质条件决定了其找矿潜力大,斑岩型、次火山-热液型矿床是区内找矿方向。

(1) 找矿标志

1) 普朗铜矿区位于高原山区,剥蚀程度高,地质工作程度低,褐铁矿化、孔雀石和黄铁矿化等找矿露头在地表标志明显,是成矿潜在性的最直接标志。此外,矿区中等-深剥蚀矿床的 II、III 级沟谷中常见铜矿石转块及铜矿物重砂,普遍发育黄铜矿,是寻找斑岩型矿床的可靠标志。

2) 矿区含矿斑岩体是壳-幔混源岩浆经一系列分异、演化而成的产物,其所形成的岩浆岩带多与矿带相伴产出,故而矿床中长期演化、多次侵位的中酸性岩浆斑岩体群与含矿斑岩体关系密切。

3) 矿区一级构造-超壳断裂是重要的导岩、导矿通道,二级断裂则为岩浆、含矿热液提供运移通道,次级同生、派生断裂及微构造-节理裂隙则是重要的容矿、储矿构造,构造严格控制着斑(玢)岩的产出,断裂交汇部位的杂岩体是重要的找矿构造标志。

4) 矿床沉积围岩多表现为碎屑岩的角岩化,同时伴有黄铁矿化、黑云母化的发育,散布于岩石中的黄铁矿多被氧化为色彩醒目的“火烧皮”,并在空间上呈“中心式”的面型蚀变分带,以深色蚀变带以内的浅色蚀变带矿化最为发育,是典型的找矿标志。

(2) 找矿方向与潜力

1) 普朗矿区北部斑岩型铜矿化、热液脉状铅锌矿化与三叠纪晚期石英二长斑岩、石英闪长玢岩的复式斑(玢)岩体关系密切,蚀变及矿化特征均反映出两期岩体为成矿岩体,不同期次成矿作用的叠加致使矿(化)体的富化,具有较好的找矿岩浆岩条件。下一步工作应加强对成矿斑岩体成矿中心的探寻,以期继北矿段 56、66 线之后的第三个成矿中心。

2) 矿区东矿段为典型的构造控制经由充填而发育的脉状铜矿体,与围岩界线清晰。目前探明的大脉状矿体主要发育于东矿段中部,在东矿段西部与首采区结合部位见同东矿段矿体产状、性质一致的断层、节理及裂隙构造,并在该组构造中发现脉状、细脉状、浸染状的矿化,推测由含矿流体通过断裂侧

向迁移所致,是寻找东部大脉状矿体的有利靶区。

3)矿区地球化学测量成果显示,在矿区南部存在良好的金地球化学异常,所施工的钻孔工程(ZK4707、ZK4715、ZK5504)揭露到部分样品的金含量在 $w(\text{Au})=0.2 \times 10^{-6}$ 以上,表明矿区南部具有一定的找金前景。此外,矿区南部尼汝组中大量结晶灰岩的分布,反映其深部存在隐伏岩体的可能性较大,表明南部还具备形成矽卡岩型矿床的地质条件,找矿潜力良好。

参考文献:

- [1] 侯增谦,杨志明. 中国大陆环境斑岩型矿床:基本地质特征、岩浆热液系统和成矿概念模型[J]. 地质学报, 2009, 83(12): 1779-1817.
- [2] 罗照华,陈必河,杨宗锋,等. 碰撞造山带斑岩型矿床的深部约束机制[J]. 岩石学报, 2008, 24(3): 447-456.
- [3] 芮宗瑶,张立生,陈振宇,等. 斑岩铜矿的源区或源区探讨[J]. 岩石学报, 2004, 20(2): 229-238.
- [4] 刘江涛,杨立强,吕亮. 中甸普朗还原性斑岩型铜矿床:矿物组合与流体组合约束[J]. 岩石学报, 2013, 29(11): 3914-3924.
- [5] 祝向平,陈华安,马东方,等. 西藏波龙斑岩铜矿床钾长石和绢云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 2013, 32(5): 954-962.
- [6] 冷成彪,张兴春,秦朝建,等. 滇西北雪鸡坪斑岩铜矿流体包裹体初步研究[J]. 岩石学报, 2008, 24(9): 2017-2028.
- [7] 曹殿华,王安建,李文昌,等. 普朗斑岩铜矿岩浆混合作用:岩石学及元素地球化学证据[J]. 地质学报, 2009, 83(2): 166-175.
- [8] 曾普胜,侯增谦,李丽辉,等. 滇西北普朗斑岩铜矿床成矿时代及其意义[J]. 地质通报, 2004, 23(11): 1127-1131.
- [9] 王守旭,张兴春,秦朝建,等. 滇西北中甸普朗斑岩铜矿流体包裹体初步研究[J]. 地球化学, 2007, 36(5): 467-478.
- [10] 曹康,许继峰,陈建林,等. 云南普朗超大型斑岩铜矿床含矿斑岩成因及其成矿意义[J]. 矿床地质, 2014, 33(2): 307-322.
- [11] 庞振山,杜杨松,王功文,等. 云南普朗复式岩体锆石U-Pb年龄和地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2009, 25(1): 159-165.
- [12] 刘学龙,李文昌,尹光侯,等. 云南格咱弧普朗斑岩型铜矿年代学、岩石矿物学及地球化学研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(9): 3049-3064.
- [13] 李文昌,刘学龙,曾普胜,等. 云南普朗斑岩型铜矿成矿岩体的基本特征[J]. 中国地质, 2011, 38(2): 403-414.
- [14] 冷成彪,张兴春,王守旭,等. 云南中甸地区两个斑岩铜矿容矿斑岩的地球化学特征——以雪鸡坪和普朗铜矿床为例[J]. 矿物学报, 2007, 27(4): 414-422.
- [15] 吴俊,董涛. 云南中甸松诺铜多金属矿床成矿特征[J]. 云南地质, 2013, 32(4): 409-411.
- [16] 孙贵荣,董建春. 香格里拉欠虽铜铁矿床地质特征及成矿预测[J]. 云南地质, 2009, 28(3): 263-267.
- [17] 曾普胜,王海平,莫宜学,等. 中甸岛弧带构造格架及斑岩铜矿前景[J]. 地球学报, 2004, 25(5): 535-540.
- [18] 冯志红,刘明江,唐昆,等. 滇西北中甸红山铜矿床地质特征及找矿标志[J]. 现代矿业, 2019, 35(4): 46-48.

Metallogenic and geological condition and potential for further prospecting in Pulang copper-gold deposit, Western Yunnan province

LI Zhipeng¹, ZHAO Gaoju², ZENG Hongkun², WU Lianrong¹,
ZHAI Jianjun², YANG Dong², LI Liang¹

(1. Diding Nonferrous Metal Co., Ltd., Shangrila 674400, Yunnan, China;

2. Yunnan Copper of Mineral Resources Exploration Co., Ltd.,
Kunming 650051, China)

Abstract: Pulang Cu-Au deposit is a typical representative in Gezan island-arc polymetallic metallogenic belt. It is a super-large porphyry deposit occurring at the inner contact-zone of quartz monzonite porphyry and quartz diorite porphyry and controlled significantly by a complex porphyry body. However, the Cu-ore dyke in the east mining district and gold mineralization orebody in the south district are strictly controlled by fault and overprinted with clear late mineralization. Geological features, geological characteristics of orebody and ore texture characteristics of the north, east and south the surrounding area of the mining district are studied in detail and combined with the regional geological background the article puts forward a view on ore-genesis. The Pulang copper (gold) deposit is a multi-genetic subvolcanic-hydrothermal deposit overprinted by multi-stage mineralization. It is closely related to Indosinian porphyry, fault structure, joint fissure. It is potential to prospect porphyry Cu deposit to depth of the north surrounding area, Cu ore dyke and Au deposit to depth of the east and south surrounding areas.

Key Words: Pulang copper-gold deposit; essential metallogenic factor; prospecting criteria; metallogenic prospects; Yunnan province