

云南普朗斑岩铜矿床地质特征

范玉华 李文昌

(云南省地质调查院, 云南 大理 671000)

摘要: 普朗斑岩铜矿地处甘孜—理塘结合带西侧德格—中甸陆块东缘, 印支期义敦—中甸岛弧带南段。矿区地层为上三叠统图姆沟组, 主要出露普朗印支期复式中酸性斑(玢)岩体, 构造裂隙发育, 岩石蚀变强烈, 具典型的“斑岩型”蚀变分带; 由中心向外依次为强硅化带→硅化钾化带→绢英岩化带→青磐岩化带。岩浆岩、岩浆侵位的地层、热液蚀变作用、热液运移和矿质沉淀的构造空间控制了本矿床的产出。其成矿作用发生于普朗复式斑岩体内, 矿化与蚀变相伴进行, 在岩体中心形成由细脉浸染状矿石组成的筒状矿体, 岩体边部产出脉状矿体。成矿元素以铜为主, 伴有金、银、钼、钡、硫等多种有用组分。矿床规模达到超大型。

关键词: 斑岩型铜矿; 地质特征; 普朗

中图分类号: P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)02-0352-11

普朗铜矿位于云南滇西北中甸地区, 是中国迄今为止发现并评价的少数几个超大型斑岩铜矿床之一。笔者根据目前已有的资料, 详细地综述普朗铜矿床的地质特征, 并希望藉此引示该区面上的找矿。

1 区域成矿地质背景

普朗斑岩铜矿地处甘孜—理塘结合带西侧德格—中甸陆块东缘^①, 印支期义敦—中甸岛弧带南段(图 1)。该区晚古生代为碳酸盐岩台地环境, 二叠纪—早三叠世随着其东侧甘孜—理塘小洋盆的发育转变为被动大陆边缘环境, 中三叠世末—晚三叠世初随着甘孜—理塘小洋盆向西俯冲形成主动大陆边缘。晚三叠世岩浆弧发展阶段, 该区发育了一套巨厚的碎屑岩—碳酸盐岩—火山岩建造, 岩性主要为砂板岩夹灰岩、安山玄武岩—安山岩、英安岩等, 划分为曲嘎寺组、图姆沟组、喇嘛垭组, 是区内印支期期浅成—超浅成中酸性矿化斑岩的直接围岩。

区内总体为一被断裂破坏的红山复式背斜, 由一系列北北西向紧密线性褶皱和同向断裂组成, 其中北北西向属早期拉张型断裂, 控制了印支期钠质中—基性火山岩及同源的基性—中基性侵入岩; 而北西向及近东西向断裂控制了印支晚期挤压型钙碱性系列钾质中—酸性火山岩, 并有同源的大量

中酸性浅成—超浅成斑岩及次火山岩分布。从以上区域成矿背景分析结合有关的研究^[1-4]表明, 普朗铜矿此处的地质环境对成矿极为有利。

2 矿区地质特征

矿区地层为上三叠统图姆沟组, 主要出露普朗印支期复式中酸性斑(玢)岩体, 构造裂隙发育, 岩石蚀变强烈, 具典型的“斑岩型”蚀变分带(图 2)。

2.1 地层

主要出露上三叠统图姆沟组。总体属火山—碎屑岩建造, 岩性为灰至深灰色板岩、粉砂质绢云板岩, 夹变质砂岩、安山岩等; 靠近中酸性岩体附近岩石角岩化形成角岩。厚大于 1000m。

2.2 构造

矿区所处的普朗向斜东翼的次级褶皱—普朗背形构造, 与区域构造线方向一致; 构造活动强烈, 断层、次级褶皱以及节理(裂隙)发育。

普朗背斜构造受普朗复式岩体的影响, 总体呈构造穹隆状。核部侵入有普朗中酸性斑(玢)岩复式岩体, 围绕斑(玢)岩体分布图姆沟组, 翼部地层围绕核部中酸性岩体具有广泛的角岩化蚀变, 并发育小褶皱、揉皱等。

区内分布北西向的黑水塘断裂及近东西向的全干力达断

收稿日期: 2005-12-18; 改回日期: 2006-01-10

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200210200017)资助。

作者简介: 范玉华, 男, 1965年生, 高级工程师, 主要从事矿产资源勘查评价工作; E-mail: kcs@vip.sina.com。

① 中国地质调查局. 国内外斑岩型铜矿研究进展, 2002.

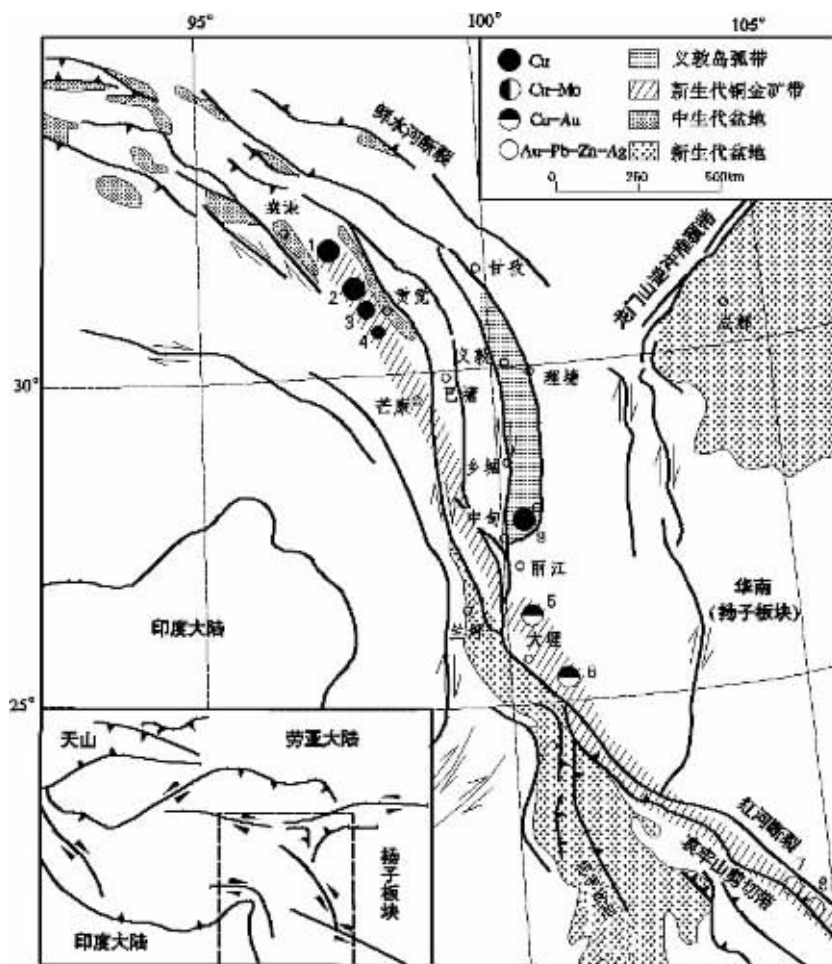


图 1 中甸岛弧带大地构造位置

- 1—玉龙铜矿;2—马拉松多铜矿;3—多霞松多铜矿;4—马牧普铜矿;5—北衙金矿;6—马厂箐铜钼金矿;
7—哈播金矿;8—长安金矿;9—普朗铜矿

Fig.1 Tectonic location of the Zhongdian island-arc belt

- 1—Yulong copper deposit;2—Malasongduo copper deposit;3—Duoxiasongduo copper deposit;4—Mamupu copper deposit 5—Beiya gold deposit;
6—Machangqing copper-molybdenum-gold deposit;7—Habu gold deposit; 8—Chang'an gold deposit;9—Pulang copper deposit

裂,它们控制了斑(玢)岩体及矿(化)体的产出。其主要特征如下:

黑水塘断裂(F₁):NW 向延伸。断裂北段上盘为图姆沟组二段第二层,下盘为图姆沟组一段,造成地层缺失;断裂南段被普朗中酸性斑(玢)岩复式岩体侵位。沿断裂带岩石破碎,破碎带宽 0.5~3m,构造角砾岩和构造挤压透镜体断续分布。断裂在岩体内见不到明显的特征,但局部仍可看到其迹象,如在岩体中心存在一条透水性极强的承压含水带。地貌上呈负地形,沿断裂分布多个泉点,区域上具线性排列的断层三角面和冰湖。断面倾向北东,倾角 42°~65°,为一逆断层。

全干力达断裂:地表特征不太清晰,但在航卫片的解译上比较明显,北东东向展布,向南陡倾,倾角 67°~85°,局部

近于直立或倒转。沿该断裂出露较多的泉点和冰湖。地貌上表现为负地形,并分布近东西向的水系。在矿区东部岩体内,发育多条同向微断层,沿断面见有断层泥及金属硫化物,厚一般数毫米,同时见较多擦痕、镜面等。从擦痕方向判定为一逆断层。

节理(裂隙):受岩体多次侵位及断裂构造长期活动的影响,在岩体内或断裂的两旁发育密集的节理裂隙。尤其是在矿化体内,由这些密集节理组成的裂隙带为含矿热液提供了良好的储矿和导矿空间。

2.3 岩浆岩

区内岩浆岩分布较广,印支期以浅成—超浅成中酸性斑

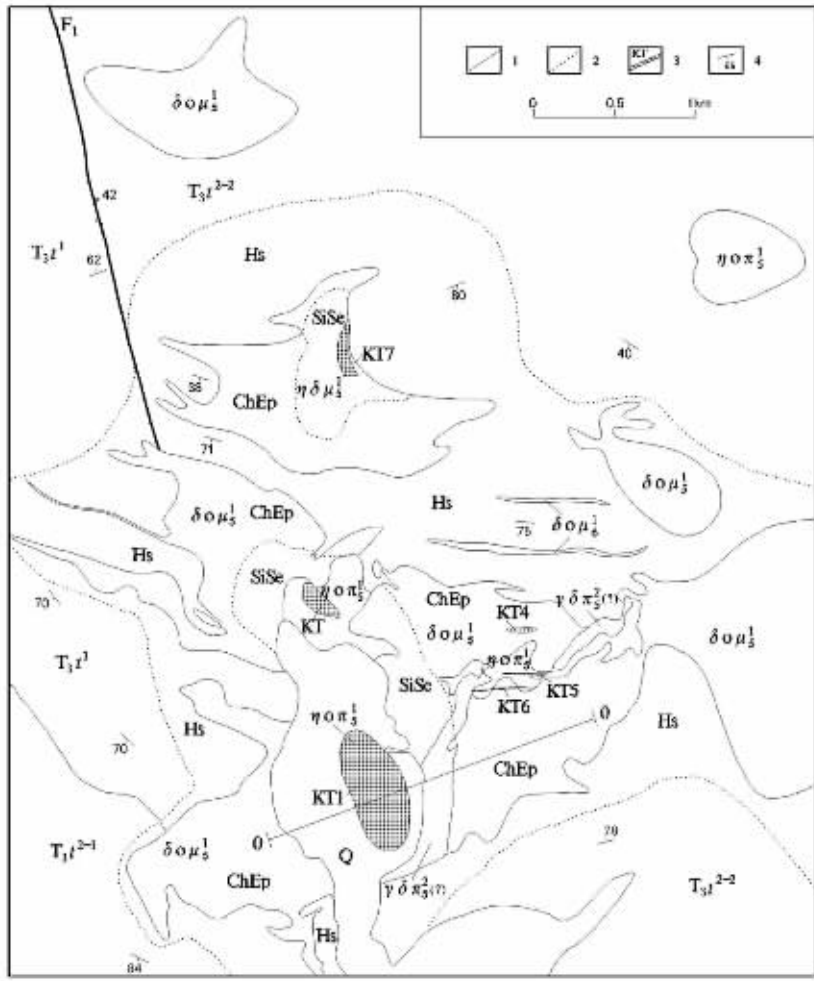


图2 普朗铜矿区地质图

Q—第四系堆积物; T_3t^{2-2} —图姆沟组二段第二层; T_3t^{2-1} —图姆沟组二段第一层; T_3t^1 —图姆沟组一段; $\delta\sigma\mu_5^1$ —石英闪长玢岩; $\delta\sigma\mu_6^1$ —石英闪长玢岩(脉); $\eta\sigma\pi_3^1$ —石英二长斑岩; $\gamma\delta\pi_5^2(?)$ —花岗闪长斑岩; $\eta\delta\pi_5^1$ —二长闪长玢岩; ChEp—青磐岩化带; Hs—角岩化带; SiSe—硅化绢云母化带; KSi—钾化硅化带(同矿体为同一位置); 1—实测地质界线; 2—实测蚀变界线; 3—矿体及编号; 4—地层产状

Fig.2 Geological map of the Pulang copper district

Q—Quaternary deposits; T_3t^{2-2} —2nd layer of the 2nd Member of the Tumugou Formation; T_3t^{2-1} —First layer of the 2nd Member of the Tumugou Formation; T_3t^1 —First Member of the Tumugou Formation; $\delta\sigma\mu_5^1$ —quartz diorite porphyrite; $\delta\sigma\mu_6^1$ —quartz diorite porphyrite (dike); $\eta\sigma\pi_3^1$ —quartz monzodiorite porphyry; $\gamma\delta\pi_5^2(?)$ —granodiorite—porphyry; $\eta\delta\pi_5^1$ —monzodiorite porphyrite; ChEp—propylitic alteration; Hs—hornfelsic alteration zone; SiSe—silicic—phyllitic alteration zone; KSi—potassic—silicic alteration zone. 1—Measured geological boundary; 2—Measured alteration zone boundary; 3—Orebody and its number; 4—Attitude of strata

(玢)岩为主,由中酸性的石英二长斑岩、石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩等组成,约占总面积的 29.677%。火山岩次之,岩石主要为安山岩。

2.3.1 侵入岩

主要出露浅成—超浅成的普朗复式中酸性斑(玢)岩体,面积 8.9 km²。受北西向的黑水塘断裂及北东东向的全干力达断裂控制,平面上呈“喇叭”状。岩体与围岩呈港湾状接触,围

岩具角岩化。主要岩石类型有石英闪长玢岩、石英二长斑岩、花岗闪长斑岩。其中石英二长斑岩与铜矿化关系最密切。成岩时代: 石英闪长玢岩 237.50~249.92 Ma^[9], 石英二长斑岩 221.50~235.40 Ma^[9],说明形成于印支期。

①岩体地质特征。岩体呈岩株状产出,围岩为上三叠统图姆沟组,岩体边缘常见捕虏体。岩体大致可划分出边缘相、中心相。中心相约占 1/5,为石英二长斑岩和花岗闪长斑岩;

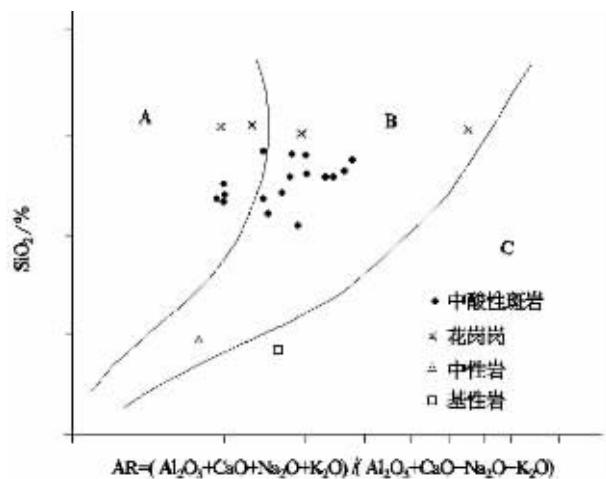


图 3 普朗矿区侵入岩大碱度划分图

A-钙碱性;B-碱性;C-过碱性

Fig.3 Alkalinity plot for rock that related to Pulang deposit area

A-Calcic-alkaline; B-Alkaline; C-Peralkaline

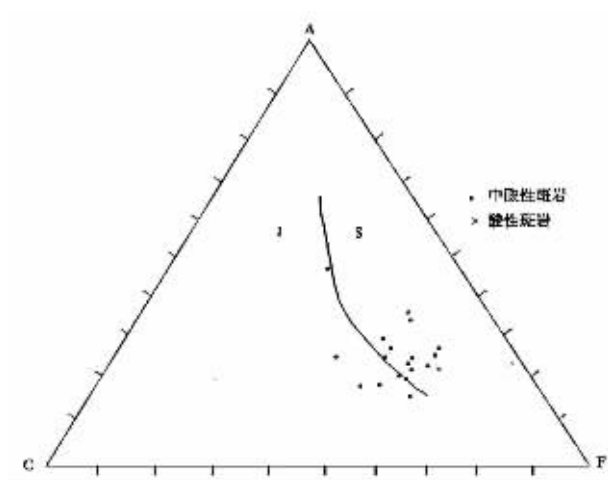


图 4 普朗矿区侵入岩 A—C—F 图解

Fig.4 A—C—F diagram of intrusive rocks in the Pulang ore district

边缘相占 4/5,为石英闪长玢岩。两相带间表现为渐变的接触关系,从中心到边缘呈现出中酸性→中性结构、成分演化趋势。岩体内局部见近东西向的晚期石英闪长玢岩岩脉。斑岩体强烈蚀变,并具典型的斑岩型蚀变分带,由中心向外依次为强硅化带→硅化钾化带→绢英岩化带→青磐岩化带,在前三带中普遍具金属硫化物化;外接触带围岩具角闪岩化。

石英闪长玢岩:灰色,斑状结构,基质具细粒—微粒结构,块状构造。斑晶成分有斜长石(22%)、角闪石(<5%);基质有斜长石(65%)、石英(7%)、角闪石(1%)、钾长石(微)等。岩石蚀变以绢英岩化或青磐岩化为主,局部有次闪石化。副矿物有锆石、磷灰石等。

石英二长斑岩:灰色,斑状结构,基质具显晶质(微粒)结构,块状构造。斑晶成分有斜长石(15%)、钾长石(13%)、黑云母(2%)、石英(微),基质有更长石(25%)、钾长石(28%)、石英(15%)、黑云母(2%)等。岩石蚀变以绢英岩化或硅化钾化为主,局部有绿泥石化、黑云母化。副矿物有磁铁矿、磷灰石等。

花岗闪长斑岩:浅灰色,斑状结构,基质具显微粒状变晶结构,块状构造。斑晶成分有斜长石(更中长石,20%)、钾长石(5%)、黑云母(5%)、石英(3%)、角闪石(10%),基质有长英质(39%)、角闪石(15%)、黑云母(5%)等。岩石蚀变以绢英岩化或硅化钾化为主,局部有绿泥石化、黑云母化。副矿物有磁铁矿、锆石、磷灰石等。

②岩石化学、微量、稀土元素含量特征^①。中酸性侵入岩(石英闪长玢岩、石英二长斑岩等)的岩石化学成分:SiO₂一般

为 61.03%~66.59%,最高 68.44%。TiO₂ 0.46%~0.79%,与中国同类岩石平均化学成分相比,具 SiO₂ 偏高、低 Ti、贫 Al 及富碱等特征,按岩石化学定量分类总体与偏碱性的中酸性浅成斑岩相似。 δ 指数一般为 1.28~3.19,最高 4.22,主要为碱性岩石系列。固结指数 SI 在 14.1~32.8,变化大。铁质指数为 30.2~73.9,大部分显示富铁的特征。铝碱指数<1.1,镁质指数为 26.1~69.8 比较低,MgO/(FeO)=0.7~3.8,属 I 型花岗岩范畴。在碱度划分图(图 3)中,大部分样品投入碱性区内,少量位于钙碱性区。在 A—C—F 图解(图 4)中,样品分别投入 S 型和 I 型花岗岩区内,表明源区性质可能与混染交代作用有关。岩石的主要微量元素丰度(10⁻⁶):Sc 9.7~12、Rb 49~154、Sr 244~813、Zr 165~239、Nb 6~13、Ba 247~1134、Hf 5~7、Th 9.3~14、V 81~155、Cu 85~5422、Pb 7.8~24、Zn 30~206、W 1.3~17、Sn 1.7~6.3、Bi 0.11~0.94、Mo 0.56~3.2,总体变化较大,大部分 Cu、Mo 及少量 Pb、Zn 等元素高度富集,其中部分 Cu 丰度可高达 100~200 余倍,Mo 达数十倍。岩石的稀土元素丰度, Σ REE 一般为 112.2~218.6,LREE/HREE 2.68~7.25,(La/Yb)_N 6~24,(La/Sm)_N 2~6.1,(Gd/Yb)_N 2.1~2.7, δ Eu 0.71~2.56,稀土配分型式为右斜轻稀土富集型(图 5),稀土总量较高变化范围较宽, δ Eu 总体表现为较弱的负异常,轻稀土之间、重稀土之间和二者分馏程度普遍较高,与 I 型花岗岩的稀土配分型式相似。

酸性侵入岩(花岗闪长斑岩)的岩石化学成分:与中国同类岩石平均化学成分相比,Na₂O 最高达 5.06%、K₂O 最高达 7.23%,二者变化很大,可能与成岩后期广泛的热液蚀交代

① 范玉华,等.云南迪庆普朗铜矿首采区勘探地质报告.云南省地质调查院,2005.

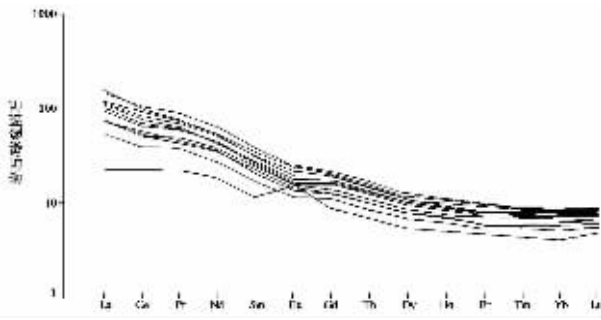


图5 普朗矿区中酸性斑岩类稀土元素配分曲线(Boynton, 1984)
Fig.5 REE distribution patterns for intermediate-acid porphyry in the Pulong ore district (after Boynton, 1984)

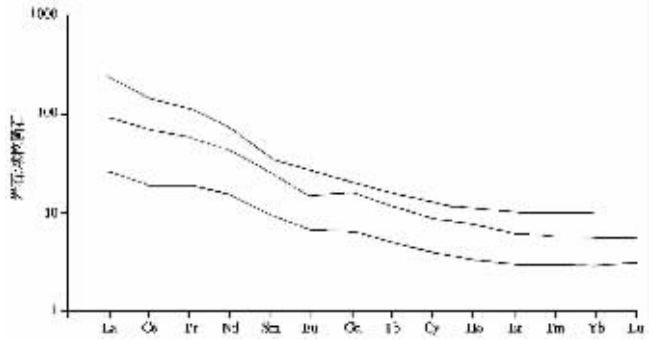


图6 普朗矿区酸性斑岩类稀土配分曲线(Boynton, 1984)
Fig.6 REE distribution patterns for acid porphyry in the Pulong ore district (after Boynton, 1984)

作用有关, SiO_2 为 70.39%~71.42%、 Al_2O_3 14.96%~16.06%, 按岩石化学定量分类总体与花岗岩类的成分相似。 δ 指数一般 1.23~2.46, 为钙碱性岩石系列, 固结指数 SI 在 3.2~10.4, 变化大, 铁质指数 75.9~76.4, 镁质指数 23.6~24.1 低。铝碱指数 1.02~2.03, 变化大。在碱度划分图(图 3)中, 各样品主要分布于碱性和钙碱性区内; 在 A—C—F 图解中(图 4), 主要分布于 S 型花岗岩区内。岩石的主要微量元素丰度 (10^{-6}): Sc 9.3~19、Rb 63~231、Sr 244~1648、Zr 182~226、Nb 6~20、Ba 47~1648、Hf 5.4~15、Th 8.4~19、V 39~173、Cu 20~10730、Pb 15~108、Zn 15~90、W 3.3~16、Sn 2.9~4.6、Bi 0.29~1.7、Mo 0.49~13、Rb、Sr、及 Zr、Hf、Th 较稳定, 余者变化大, 部分 Cu 和 Mo 高度富集, 前者可高达 200~300 余倍, 与前述中酸性侵入岩的微量元素特点十分相似。岩石的稀土元素丰度, ΣREE 一般为 48.2×10^{-6} ~ 286.1×10^{-6} , LREE/HREE 2.92~7.36, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 8.5~23.9, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 2.7~6.3, $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 1.3~2.8, δEu 一般 0.72~0.96, 稀土配分型式为右斜轻稀土富集型(图 6), 稀土总量变化范围较宽, δEu 表现为较弱的负异常, 轻稀土之间、重稀土之间和二者分馏程度普遍较高, 与活动大陆边缘形成的 I 型花岗岩的稀土配分型式相似。

③矿化特征。普朗中酸性斑(玢)岩体具典型的“斑岩型”矿化: 岩体中心部位强硅化带—钾化硅化带—绢英岩化带(内侧), 节理密集发育, 产生“面型”铜矿化; 边部的绢英岩化带, 具“线型”矿化; 外缘的青磐岩化带, 仅见星点状的黄铁矿产出。从主要微量元素的分布来看, 岩石中之 Cu、Mo、Au、Ag、Pb、Zn、W、Bi 等元素, 具有以复式中酸性斑(玢)岩体为中心的对称环带状分带特点, Mo、W、Bi 在内带, Cu、Au 等贯通岩体和围岩, Ag、Pb、Zn 等在外接触带。

2.3.2 火山岩

矿区内的火山岩以安山岩为主, 分布于图姆沟组中段第一层中, 灰黑色块状, 斑状结构明显, 斑晶主要由自形角闪石及黑云母组成; 基质具玻基交织结构。其化学成分: SiO_2 含量

变化不大, 属较典型的中性岩。矿区安山岩样品中的 $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 值为 0.61~1.80^[9], 区域安山岩变化于 0.62~2。前者平均 1.34, 后者平均 1.94, 说明矿区安山岩的 K_2O 含量相对较高, 原因可能与含矿超浅成岩的侵入改造有关。样品总体 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$, 为太平洋型海底火山喷发产物。

微量元素特征^[9](10^{-6}): Sc 15、Rb 105、Sr 684、Zr 208、Nb 42、Ba 188、Hf 5.7、Th 5.6、V 171、Cu 58、Pb 49、Zn 84、W 1.4、Sn 2.2、Bi 0.09、Mo 0.51, 与维氏值相比, Rb、Sr、Ba 大离子亲石元素偏低, Nb、Zr、Hf 非活动性元素偏高, 余者接近, 与岛弧钙碱性玄武岩微量元素特征大体一致。

岩石的稀土元素丰度^[9]: ΣREE 210.9×10^{-6} , LREE/HREE 5.24, $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 15.6, $(\text{La}/\text{Sm})_{\text{N}}$ 4.4, $(\text{Gd}/\text{Yb})_{\text{N}}$ 2.3, δEu 0.96, 稀土配分型式为右斜轻稀土富集型, 具稀土总量较高, δEu 异常不明显, 轻稀土之间、重稀土之间和二者分馏程度较高等特征, 与岛弧钙碱性岩石岛弧碱性玄武岩的稀土配分型式相似。

2.4 围岩蚀变

2.4.1 蚀变类型

围岩蚀变类型主要有钾长石化、黑云母化、钠长石化、硅化、绢云母化、粘土化、绿泥石化、钠黝帘石化等。

钾长石化: 是矿区内最广的特征蚀变之一, 其表现形式有 3 种: ①次生钾长石和石英在岩石中呈不均匀团块状分布, 或呈他形晶充填于石英颗粒间; ②钾长石呈不规则他形晶交代基质中的钠长石和石英, 构成交代包含结构; ③次生钾长石和碳酸盐等矿物呈脉状分布。

黑云母化: 主要表现为新生成的黑云母呈细鳞片状集合体沿岩石裂隙分布, 少部分呈不均匀状交代角闪石和基质中的斜长石。通常将钾长石化、黑云母化统称为钾化。

钠长石化: 是在斑岩体定位后, 在早期发生的一种面型蚀变作用, 主要表现为斜长石的去钙作用, 使斜长石部分变成了钠长石。另外, 在成矿作用晚期, 常出现一些脉状钠长石, 共生有钾长石和石英。

硅化:矿区内分布最广的蚀变作用,主要有:①早期硅化表现为微粒石英集合体呈弥散性分布,粒径为 $<0.01\sim 1\text{ mm}$;②中期硅化主要以基质中的石英次生增大为特征,常与绢云母、黄铁矿伴生,是绢英岩化带的主要标志;③晚期硅化以脉状发育为特征,特别是含黄铜矿脉体的存在,是富矿体的重要标志。

绢云母化:也是一种最常见的重要蚀变,表现4种形式:①斜长石绢云母化:首先是斑晶的绢云母化,常沿裂隙或从环带中心开始,逐渐向外扩张。交代不完全时,外圈常得以保留,其与绢云母接触的边缘往往出现钠长石化;交代完全时,则整个斑晶都被鳞片状绢云母集合体所取代,只保留假像。尔后,当绢云母化作用足够强时,则基质斜长石也被绢云母化;②黑云母的绢云母化:初始常表现为黑云母发生褪色现象,当作用增强时,则被绢云母鳞片状集合体所取代。在黑云母变化过程中,常析出赤铁矿、磷灰石等,并常和黄铁矿、黄铜矿等伴生;③钾长石绢云母化:绢云母化作用很强时,钾长石尤其是斑晶也被绢云母交代。与斜长石绢云母化不同的是,交代作用往往是从斑晶的边缘或裂隙处开始,逐渐向内发展。当绢云母化彻底时,斑岩变成了绢云母和石英组成的岩石——绢英岩;原岩结构被破坏,在原长石斑晶的位置,为绢云母和石英的不规则状或团块状集合体所占据,基质部分也变为绢云母、石英组合;④绢云母脉:绢云母常和石英、金属硫化物一起以脉的形式产出。

粘土化:仅在局部地段出现,强度不大。主要表现为斜长石、钾长石的粘土化。

绿泥石化、钠黝帘石化:普遍发育,构成岩体的外蚀变带(青磐岩化带),同时叠加在其余蚀变带上。表现为构成青磐岩的矿物(绿泥石、钠黝帘石、黄铁矿等)的交代现象和碳酸盐等岩脉的产出;岩体边缘蚀变带中绿泥石、钠黝帘石团块或脉的出现,使岩石颜色变暗。

2.4.2 蚀变分带及其特征

①含矿斑(玢)岩体的蚀变分带及其特征。本矿床斑(玢)岩体的蚀变与国内外常见的斑岩型矿床基本相似,由内向外划分为强硅化带、钾化硅化带、绢英岩化带、青磐岩化带。

强硅化带:对应斑(玢)岩体的核部,以强硅化为特征。矿化偏弱,大致和低品位铜矿带相对应。

钾化硅化带:该带大体上与含钼的工业矿体铜矿带对应,强硅化带之外,并以强钾交代和硅化为特征,蚀变岩发育有各种方式形成的大量的钾长石和石英,伴有少量黑云母脉。本阶段各种形式的钾长石化、黑云母化均有所呈现。硅化主要表现为石英变斑晶的形成和再生长及基质硅化,并伴有石英细脉的(包括石英金属硫化物脉等)产生。原岩中的角闪石被次生黑云母取代,变化过程中释出的钙和微量元素与热流体的有关组分结合,形成磷灰石、锆石等次生副矿物。

绢英岩化带:该带绢云母化、硅化相伴发生,钾交代作用被逐渐取代。原岩中的斜长石和钾长石均不同程度地被绢云

母和石英交代,但即使完全被交代亦有假像保留,故斑岩中的结构仍清晰完整;原有石英均保存,且往往发生次生增大现象;黑云母全部褪色。这样形成的蚀变岩——绢英岩化石英闪长玢岩、石英二长斑岩的矿物成分主要为绢云母和石英,同时还有大量石英绢云母金属硫化物细网脉贯穿其中。本蚀变带分布于钾化硅化带外缘,二者之间无明显界线,在过渡地段呈交叠和穿插关系。它基本上与铜矿化带对应,靠近中心部位构成矿体。

在本矿床中,钾化硅化和绢英岩化是构成斑岩型细脉浸染状矿体的必要条件。它们总是相伴出现,且二者的矿化和蚀变均呈渐变过渡关系,故推测导致这两类蚀变的热流体属同类连续系列。

青磐岩化带:对应斑(玢)岩体的外缘,以青磐岩化为特征。表现为构成青磐岩矿物(绿泥石、钠黝帘石、黄铁矿等)的交代现象和碳酸盐等岩脉的产出;岩体边缘蚀变带中绿泥石、钠黝帘石团块或脉的出现,使岩石颜色变暗。该蚀变带基本无矿化。但叠加在其余蚀变带上,则使矿化增强。

②岩体围岩的蚀变及其特征。岩体围岩分布范围宽广的蚀变晕(是岩体的2~3倍),主要是围岩——图姆沟组碎屑岩的角岩化,形成角岩。角岩表现为角岩结构,形成长英质角岩、石英角岩等。蚀变类型有中等硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化,弱钾化。蚀变岩石中偶见金属硫化物脉。岩体北东该蚀变带产有脉状铅锌矿化体。

3 矿床特征

普朗铜矿其成矿作用发生于普朗复式斑岩体内,矿化与蚀变相伴进行,在岩体中心形成由细脉浸染状矿石组成的筒状矿体,岩体底部产出脉状矿体。矿区圈定6个工业矿体,其中KT1是主矿体。

3.1 矿体产出特征

KT1矿体产于斑岩体中心部位。长 $>1600\text{ m}$,宽 $120\sim 600\text{ m}$,北西向展布。空间上呈一“乌龟”形,在平面上为一不规则的卵形,剖面上呈一向上凸起的穹隆(图7)。中心部位铜品位高、矿化连续,向四周铜品位逐渐变低并有分枝现象。矿体顶、底板与含矿岩石一致,主要为石英二长斑岩,其次为石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩,南部有少量角岩。蚀变主要有钾化、硅化,次有绢云母化、钠长石化等,局部叠置有粘土化、绿泥石化、钠黝帘石化;具对称的蚀变分带:中心部位为强硅化带,两侧依次为钾化硅化带、绢英岩化带。矿石自然类型以硫化矿为主,氧化矿、混合矿零星分布;矿石工业类型以石英二长斑岩型铜矿石为主,其次为石英闪长玢岩型铜矿石、花岗闪长斑岩型铜矿石,另有少量角岩型铜矿石。矿体控制厚度 $17.00\sim 700.30\text{ m}$;铜品位 $0.20\%\sim 3.74\%$,平均 0.44% 。总体而言,铜品位在强硅化带以低品位矿石为主,Cu一般 $0.20\%\sim 0.40\%$;钾化硅化带以工业品位矿石为主,Cu一般 $0.40\%\sim 1.56\%$;绢英岩化带以低品位矿石为主,Cu一般 $0.22\%\sim$

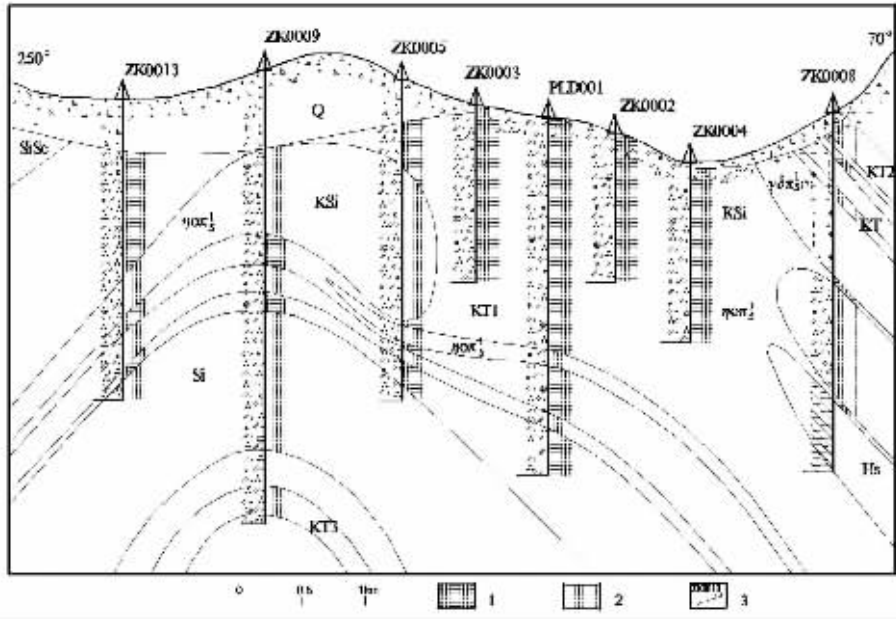


图7 普朗铜矿区0号勘探线剖面图

Q—第四系坡积物; $\eta\sigma\pi_3^1$ —石英二长斑岩; $\delta\sigma\mu_6^1$ —石英闪长玢岩脉; $\delta\sigma\mu_5^1$ —石英闪长玢岩; $\gamma\delta\pi_3^2(?)$ —花岗闪长斑岩; ChEp—青磐岩化带; Hs—角岩化带; SiSe—硅化绢云母化带; KSi—钾化硅化带; 1—工业矿体; 2—低品位矿体; 3—钻孔及编号

Fig.7 Exploration profile No. 0 of the Pulang copper district

Q—Quaternary; $\eta\sigma\pi_3^1$ —quartz monzodiorite porphyry; $\delta\sigma\mu_6^1$ —quartz diorite porphyrite dike; $\delta\sigma\mu_5^1$ —quartz diorite porphyrite;

$\gamma\delta\pi_3^2(?)$ —granodiorite porphyry; ChEp—propylitic alteration zone; Hs—hornfelsic alteration zone; SiSe—silicic-phyllitic alteration zone; KSi—potassic-silicic alteration zone. 1—Industrial orebody; 2—Low-grade orebody; 3—Borehole and its number

0.50%。组合样分析, 伴生元素品位 Au 0.06~0.87 g/t, 平均 0.18 g/t; Ag 0.34~3.93 g/t, 平均 1.27 g/t; Mo 0.001%~0.013%, 平均 0.004%; S 0.26%~4.79%, 平均 1.25%; Pt 0.94×10^{-9} ~ 1.90×10^{-9} , 平均 1.34×10^{-9} ; Pd 2.20×10^{-9} ~ 14.00×10^{-9} , 平均 4.95×10^{-9} 。首采地段勘探获资源储量 200 万 t, 整个矿体预测资源量 400 万 t。

其他矿体规模一般长 170~800 m, 厚 3.70~28.33 m, 含 Cu 0.21%~0.89%。目前尚在评价中。

3.2 矿石质量

3.2.1 矿石物质成分

矿石的化学成分: 从矿石和弱蚀变岩石的主要化学成分对比看出, 矿石中的 SiO_2 含量基本高于弱蚀变同类岩石, Al_2O_3 含量降低, Fe_2O_3 的含量较高, FeO 有所降低, MgO 、 CaO 也有减少, Na_2O 、 K_2O 相对也变小, 挥发组分增多, 反映了成矿热液的酸性特点。从矿石和原岩中的 Cu 与其他伴生

表1 普朗含矿斑岩体不同铜含量岩(矿)石的化学成分及参数值^[6]

Table 1 Chemical compositions and parameters of different types of copper-bearing porphyry (ore) in the Pulang porphyry copper deposit

Cu/%	样品数	平均 Cu/%	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O
<0.10	13	0.017	63.40	0.80	14.80	1.25	2.72	0.07	3.19	3.60	3.33
0.10~0.40	6	0.235	66.72	0.59	13.96	1.02	2.56	0.03	2.50	2.40	2.94
>0.40	5	0.652	68.78	0.56	13.17	1.24	1.98	0.02	1.71	1.31	1.91

Cu%	K_2O	P_2O_5	$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{总碱}}$	$\frac{\text{CaO}}{\text{总碱}}$	$\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{总碱}}$	$\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{总碱}}$	$\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{总碱}}$	$\text{FeO}+\text{MnO}+\text{CaO}$	$\frac{\text{FeO}+\text{MnO}+\text{CaO}}{\text{Cu}}$	$\text{P}_2\text{O}_5+\text{MnO}+\text{TiO}_2$
<0.10	3.45	0.40	6.78	1.21	1.50	0.33	0.33	0.34	0.13	6.39	1181.60	1.27
0.10~0.40	4.48	0.38	7.42	1.65	1.41	0.26	0.30	0.45	0.10	5.11	27.80	1.00
>0.40	6.24	0.37	8.14	4.56	1.40	0.13	0.20	0.67	0.13	3.31	5.60	0.95

表 2 普朗含矿斑岩体各蚀变带的

 K_2O 、 Na_2O 、Cu 含量^①Table 2 Contents of K_2O , Na_2O , Cu in various alteration zones of copper-bearing porphyries in the Pulang porphyry copper deposit

蚀变带	样品数	K_2O /%	Na_2O /%	(K_2O+Na_2O) /%	K_2O/Na_2O	Cu/%
钾硅化带	5	6.24	1.91	8.14	4.56	0.65
绢英岩化带	3	5.58	2.45	8.02	2.29	0.34
(硅化粘土化带)	3	3.39	3.43	6.82	1.01	0.13
青磐岩化带	13	3.45	3.33	6.78	1.21	0.017

金属元素微量元素含量的对比看出,原岩构成矿石后 Cu 增加了上百倍,其他增高的元素是 Co、W、Sn、Bi、Mo、Hg,但幅度均很小,与工业要求差距甚远。这反映了热液从深部携带来的主要是 Cu。矿石中含有的 Au、Ag 伴生有用组分达到工业要求;有害组分均未超标,其含量:As<0.1%、Zn 0.047%、MgO 2.60%。将含矿斑岩体的 25 个岩石化学样,按铜含量不同,分成 3 组(表 1)。从该表中可以看出,随着铜矿化程度的增强,FeO+MnO+CaO 由 6.39%下降至 3.31%,而它与铜含量之比值由 1181.60 降至 27.80,再降至 5.60。CaO、 Na_2O 和 K_2O 分别与 CaO+ Na_2O + K_2O (总碱值)的比值的变化规律是:随着铜矿化的增强,CaO 和 Na_2O 与总碱值的比值下降,而 K_2O 与总碱值的比值则上升。 P_2O_5 +MnO+ TiO_2 也是随着铜矿化的增强而递降。说明含矿热流体与斑岩反应时,岩石中的镁等含量下降的元素被带出迁移,热流体的性质相应发生变化,从而导致铜的沉淀。 K_2O 、 Na_2O 、Cu 在蚀变、矿化过程中(表 2)可以看出,从硅化到钾硅化,Cu 与 K_2O 表现为同步增长,这与它们同源且共同组成络合物有关。蚀变时,热流体中的部分钾交代斜长石和角闪石,生成钾长石和黑云母而被固定下来,相应地铜则以金属硫化物的形式沉淀出来。绢英岩化时,由于岩体结晶外壳的破裂,热流体发生减压沸腾,导致压力和温度的降低,从而促成大量金属硫化物沉淀。在此过程中,金属硫化物沉淀促使先斜长石后钾长石的绢云母化,并造成绢英岩化带较钾化硅化带钾含量略有降低,但也表明热流体中的又一部分钾被固定在绢云母内。自钾化硅化带至绢英岩化, Na_2O 被逐渐带出迁移,导致 K_2O/Na_2O 比值升高,而总和下降。绢英岩化至硅化粘土化,由于黑云母大量

水解形成粘土矿物, K_2O 大量流失,而 Na_2O 变化不大,故表现为二者之比值和 K_2O 含量的同步降低,铜矿化强度也略呈下降之趋势。

矿石和蚀变岩的稀土元素成分:矿体中的稀土元素与未矿化的原岩相比,稀土总量有明显的下降,其中下降较多的是轻稀土元素,故轻稀土比值相对原岩有所下降。

矿石的矿物成分简单,已查明的金属矿物有 14 种,脉石矿物有 16 种。其中金属矿物有硫化物、氧化物、自然元素、碳酸盐类。脉石矿物以硅酸盐为主,次有磷酸盐类、碳酸盐类及氧化物类。矿区含铜矿物以黄铜矿为主,次为孔雀石,另有微量的铜蓝、斑铜矿等。

硫化物类:黄铜矿($CuFeS_2$)、斑铜矿(Cu_5FeS_4)、铜蓝($Cu_2Cu_2S_2S_2$)、磁黄铁矿($Fe_7S_6\sim Fe_{16}S_{17}$)、黄铁矿(FeS_2)、方铅矿(PbS)、辉钼矿(MoS_2)、紫硫镍矿(?)等。碳酸盐类:孔雀石($Cu_2CO_3(OH)_2$)、方解石。氧化物:磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)、褐铁矿($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$)、钛铁矿($FeO \cdot TiO_2$)、石英。自然元素:自然金(Au)。硅酸盐类:斜长石、钠长石、角闪石、钾长石、黑云母、绢云母、绿泥石、钠黝帘石、透闪石、粘土、锆石等。磷酸盐类:磷灰石等。

3.2.2 矿石中铜的赋存状态及分布特征

矿区以硫化矿为主,局部见有少量的氧化矿、混合矿。硫化矿石中铜元素主要赋存于黄铜矿中、极少量赋存于斑铜矿、铜蓝中,偶见矿石中存在部分细小的黄铜矿,被石英、长石等包裹。根据铜物相分析及选矿试验铜的赋存状态研究结果,硫化矿石中硫酸铜 0.15%、游离氧化铜 0.39%、结合氧化铜 1.06%、硫化物等 98.40%。氧化矿石中铜元素主要赋存于孔雀石中。

矿石中铜品位受岩性控制,石英二长斑岩铜矿石铜含量一般较高,石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩中铜含量低。铜品位集中分布在 0.20%~1.20%。

3.2.3 矿石中伴生有益组分的赋存状态及分布特征

矿石中伴生有益组分主要有 Au、Ag 等,与铜有一定的相关性,相关系数分别达到 0.73、0.64。

矿体含金 0.06~0.87 g/t,平均 0.18 g/t,金矿化均匀。根据选矿试验成果,硫化矿石的铜精矿中含金 2.20 g/t,回收率 25.30%,金与铜相关系数 0.73,说明金与铜关系明显。另外据 1:20 万区调资料,在矿区下游河谷的重砂见有自然金,但含量很低。初步判定金主要在硫化物中,另有部分以自然金的

表 3 辉钼矿样品 Re、Os 含量及模式年龄^①

Table 3 Contents of Re and Os in molybdenite samples and model ages

编号	野外编号	样重/g	Re/ 10^{-6}	$^{187}Re/10^{-6}$	$^{187}Os/10^{-6}$	模式年龄/Ma (2s)
0301113-20	PL2-1-1	0.00534	379.3(4.0)	238.4(2.5)	860.8(6.9)	216.3±3.5
0301113-21	PL2-1-2	0.00548	332.5(4.4)	209.0(2.8)	738.5(6.1)	211.7±3.8
0301113-24	PL2-1-3	0.00305	239.8(2.2)	150.7(1.4)	534.8(6.2)	212.6±3.7
0301113-23	PL2-2	0.00655	322.4(3.9)	202.6(2.4)	715.1(5.7)	211.4±3.6

注:由国家地质实验测试中心杜安道、屈文俊等测定;括号内的数据表示测定误差(2 σ)。

表 4 普朗斑岩铜矿床 K-Ar 年龄数据^[5]
Table 4 K/Ar age data in the Pulang porphyry copper deposit

采样地点	样品编号	测定对象	K/%	⁴⁰ Ar _{rad} (克分子/克)	⁴⁰ Ar _{rad} /%	表面年龄(±1s, Ma)
KHT1(青磐岩化带)	PL1-1-Bi	黑云母	5.91	2.525E-9	95.44	230.9±2.2
东侧无矿岩体	PL8-3-Bi	黑云母	6.77	2.767E-9	97.46	221.5±2.0
KT1 矿体	PL9-1-Or	钾长石	9.13	3.042E-9	95.81	182.5±1.8
	PL9-1-Bi	黑云母	7.03	2.901E-9	96.85	223.5±2.1
KT5 矿体	PL15-3-Bi	黑云母	6.24	2.721E-9	94.24	235.4±2.4

形式赋存。矿石含银 0.34~3.93 g/t,平均 1.27 g/t。在光、薄片
中未见独立银矿物,单矿物分析,银在黄铜矿中含量达到
110 g/t;根据选矿试验成果,硫化矿所得铜精矿中副产品,银
品位 46.20 g/t,回收率 32.11%。说明部分银在黄铜矿中呈类
质同象存在。矿体银品位从内往外逐渐减低。

3.2.4 有害组分的赋存状态及分布特征

有害组分有砷、锌、氧化镁。砷目前尚未见其独立矿物,
其赋存状态不清,原矿中砷含量极低,在铜精矿中含 As
0.13%;锌目前尚未见独立矿物,根据矿石多元素化学全分析
及选矿试验成果,矿石中含锌均<0.01%。铜精矿中含锌
0.15%;根据矿石多元素化学全分析及选矿试验成果,矿石中
含氧化镁 0.23%~2.74%,平均 1.84%,铜精矿中含氧化镁<0.5%。

3.3 矿石结构、构造

根据矿石中含铜矿物的粒度大小、结晶形态,矿石有半
自形晶结构、他形晶结构、交代溶蚀结构、交代残余结构、压
力结构和表生结构,而以前四者为主。其中又以他形晶结构
和交代溶蚀结构最发育。

矿石构造一般较简单,硫化矿石以细脉浸染状构造为
主,其次为浸染状构造和脉状构造,角砾状构造、斑杂状构造
仅局部见到;氧化矿石为鲕粒—豆状构造。

3.4 矿物共生组合

根据野外及镜下矿石观察,矿区主要有 3 种矿物组合。
黄铜矿—黄铁矿—石英组合;金属硫化物主要为黄铜矿、黄铁
矿,脉石矿物主要为石英。黄铜矿、黄铁矿与石英构成细脉状
分布于矿石中。黄铜矿—黄铁矿—辉钼矿—长石—石英—黑云母
组合为钾化硅化带的矿物共生组合,金属矿物有黄铜矿、黄
铁矿,以含微量辉钼矿为特征。脉石矿物主要为长石、石英、
黑云母。黄铜矿—方铅矿—长石—石英—黑云母组合见于斑岩
体边部的铜矿体中,金属硫化物除黄铜矿、黄铁矿外,有时可
见方铅矿。

3.5 矿石类型和品级

3.5.1 矿石类型

矿区矿石自然类型简单,大部分为硫化矿,仅在 KT1 矿
体南西侧浅部有少量氧化矿、混合矿存在。氧化带标高一般

垂深 10~40 m,与混合带、原生带界线不规则,多数氧化带之
下直接为原生带。氧化带中铜淋失严重,矿体铜品位降低,在
氧化过程中所形成的硫酸铜溶液遇到钙质时,形成稳定的碳
酸盐铜矿物。混合带分布于氧化带之下,原生带之上,分布极
其零星,与氧化带、原生带界线不规则。硫化矿矿石呈浅灰
色、块状构造,矿石矿物为黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、辉钼
矿、方铅矿等。

按含矿岩石类型不同,矿石工业类型可划分为主要的 4
种类型:石英二长斑岩型铜矿石、石英闪长玢岩型铜矿石、花
岗闪长斑岩型铜矿石和角岩型铜矿石。

按矿石中的有用金属元素含量,矿区矿石工业类型划分
为铜矿石(有用元素以铜为主,伴生金、银、硫、铂、钯等组分)、
含钼铜矿石(有用元素以铜为主,含少量钼,伴生金、银、硫、
铂、钯等组分)、铜铅矿石(有用元素以铜为主,次为铅,伴生
金、银、硫、铂、钯等组分)

矿石品级:主矿体矿石品级以工业品位矿石为主,低品
位矿石多分布于工业品位矿石边部。其余矿体低品位矿石为
主,且多与工业品位矿石交互出现。

3.6 围岩及夹石

矿体围岩及夹石有石英二长斑岩、石英闪长玢岩、花岗
闪长斑岩及少量角岩。顶、底板围岩具弱铜矿化,矿体与顶、
底板岩石渐变过渡,其界线只能通过化学分析确定。矿体围岩
含 Cu 0.01%~0.19%,平均 0.08%。夹石多呈条带状、透镜状产出。
矿体与夹石无明显界线,夹石具弱铜矿化,含 Cu 0.05%~0.19%。

3.7 矿床成因

3.7.1 成矿流体物理化学特征

成矿温度:根据对矿石中石英二长斑岩矿石中石英、黄
铁矿的流体包裹体测温结果,温度集中在 200℃~300℃,而穿
插于矿石中的黄铜矿—石英脉的均一温度为 158℃。成矿温
度为 150℃~300℃^[7]。

同位素:样品均取自 KT1 矿体,为含辉钼矿—石英细脉
之钾化硅化石英二长斑岩。辉钼矿的总 Re、¹⁸⁷Re、¹⁸⁷Os 和
Re、Os 模式年龄(2σ)见表 3;等时线年龄为(213±3.8)Ma。除了
KT1 矿体外,其余矿体均未见辉钼矿产出,为获得岩体和

含辉钼矿的斑岩铜矿体的年代数据,采集低品位矿体(PL1-1)、高品位主矿体(PL9-1和PL15-3)和不含矿岩体(PL8-3)的样品进行K-Ar测年(表4)。结果显示,与岩体、斑岩铜矿有关的钾硅酸盐化(黑云母化)、青磐岩化蚀变几乎同时完成,活动时间大致为 $(235.4 \pm 2.4)\text{Ma} \sim (221.5 \pm 2.0)\text{Ma}$,略早于KT1矿体辉钼矿Re-Os年龄 $(213 \pm 3.8)\text{Ma}$ 。这些测年结果可以得到野外观察的支持,含辉钼矿的石英脉呈网脉或细网脉穿切了具弱矿化的石英二长斑岩,属石英-辉钼矿阶段的产物。但是,对KT1矿体的钾长石(PL9-1 Or)测年结果要晚得多,为 $(182.5 \pm 1.8)\text{Ma}$,比同一样品的黑云母(PL9-1 Bi)年龄 $(223.5 \pm 2.1)\text{Ma}$ 晚41 Ma。虽然不能肯定这个热液系统持续达40 Ma之久,但可以肯定的是,普朗斑岩铜矿在223.5~182.5 Ma之间经历了不止一次的热事件活动。持续时间较长的热液活动对于规模大的斑岩铜矿的形成是极为有利的,可能正是特大型普朗斑岩铜矿得以形成的原因之一。

3.7.2 成矿时代、成矿期次及矿床成因类型

成矿时代:据辉钼矿Re-Os测年和矿化斑岩体K-Ar测年数据,普朗斑岩铜矿钾硅酸盐化(黑云母化和钾长石化)黑云石英二长斑岩成矿作用的活动时间大致为 $(235.4 \pm 2.4)\text{Ma} \sim (221.5 \pm 2.0)\text{Ma}$,石英-辉钼矿阶段的辉钼矿Re-Os年龄大致为 $(213 \pm 3.8)\text{Ma}$ ^[8],两者十分相近。普朗斑岩铜矿床的成矿作用于印支期完成。但主矿体钾长石K-Ar年龄暗示热液活动约持续到 $(182.5 \pm 1.8)\text{Ma}$,表明与斑岩铜矿有关的热液活动达40 Ma之久。

根据矿区矿床矿物组合、产出特征,矿化成矿期次可划分为:(1)岩浆晚期矿化:岩浆晚期矿化是指富含钾质的岩浆气液的矿化作用,无天水参与,它由岩体内部向上、向外进行,与钾化相伴形成黑云母-钾长石-金属硫化物组合。(2)岩浆期后热液成矿期:是最主要的成矿时期,各类主要矿化皆由这种成矿作用形成。由早到晚、由内到外,由高温到低温分为3个矿化阶段:①高温阶段:在斑岩体内形成石英-黑云母-钾长石-金属硫化物组合;②中温阶段:在斑岩体内形成石英-绢云母-金属硫化物组合;③低温阶段:矿化微弱,只有少量青磐岩-黄铜矿-黄铁矿组合的细脉产出,未形成矿体。(3)表生期:KT1矿体西部、南东部附近,矿体浅部表生作用强烈,致使金属矿物黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿氧化成褐铁矿、孔雀石 $(\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2)$;氧化带深10~40 m,氧化带中铜部分淋失,矿体铜品位降低,在氧化过程中所形成的硫酸铜溶液,形成碳酸盐铜矿物。

根据上述特征,普朗铜矿床的矿床成因类型应划归为与印支期(斑)岩有关的次火山-热液矿床(斑岩型铜矿床)。

参考文献(References):

- [1] 侯增谦,钟大赉,邓万明.青藏高原东缘斑岩铜钼金成矿带的构造模式[J].中国地质,2004,31(1):1~14.
Hou Zengqian,Zhong Dalai,Deng Wanming.A tectonic model for porphyry copper-molybdenum-gold metallogenic belts on the eastern margin of the Qinghai Tibet Plateau [J].Geology in China, 2004,31(1): 1~14(in Chinese with English abstract).
- [2] 芮宗瑶,陆彦,李光明,等.西藏斑岩铜矿的前景展望[J].中国地质,2003,30(3):302~308.
Rui Zongyao,Lu Yan,Li Guangming,et al. Looking forward to the prospects of porphyry copper deposits in Tibet [J].Geology in China, 2003,30(3):302~308(in Chinese with English abstract).
- [3] 谢学锦.全球地球化学填图[J].中国地质,2003,30(1):1~9.
Xie Xuejing.Global geochemical mapping [J]. Geology in China, 2003,30(1):1~9(in Chinese with English abstract).
- [4] 翟裕生.中国区域成矿特征及若干值得重视的成矿环境[J].中国地质,2003,30(4):337~342.
Zhai Yusheng. Regional metallogenic features and some important ore-forming environments of China[J]. Geology in China,2003,30(4): 337~342(in Chinese with English abstract).
- [5] 侯增谦,等.三江敦岛弧碰撞造山过程与成矿系统[M].北京:地质出版社,2003.
Hou Zengqian, et al. Shanjiang Island-arc Collisional Orogenic Process and Minerogenetic System [M]. Beijing: Geological Publishing House,2003(in Chinese with English abstract).
- [6] 谭雪春.滇西主要有色金属矿床区域成矿地质背景[J].云南地质,1991,10(1):11~43.
Tang Xuechun.Regional mineralization geological background of main metallic ore deposits in western Yunnan [J]. Geology of Yunnan, 1991,10(1):11~43(in Chinese with English abstract).
- [7] 曾普胜,莫宣学,喻学惠.滇西富碱斑岩带的Nd,Sr,Pb同位素特征及其挤压走滑背景[J].岩石矿物学杂志,2002,21(3):231~241.
Zeng Pusheng, Mo Xuanxue,Yu Xuehui. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of the alkaline-rich porphyries in western Yunnan and its compression strike-slip setting [J]. Acta Petrologica et Mineralogica,2002,21(3):231~241(in Chinese with English abstract).
- [8] 曾普胜,莫宣学,喻学惠,等.滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿[J].矿床地质,2003,22(4):393~400.
Zeng Pusheng, Mo Xuanxue,Yu Xuehui,et al. Porphyries and porphyry copper deposits in Zhongdian Area, Northwestern Yunnan [J]. Mineral Deposits,2003,22(4):393~400(in Chinese with English abstract).

Geological characteristics of the Pulang porphyry copper deposit, Yunnan

FAN Yu-hua, LI Wen-chang

(1. *Yunnan Institute of Geological Survey, Dali 671000, Yunnan, China*)

Abstract: The Pulang porphyry copper deposit is located on the eastern margin of the Dege-Zhongdian block on the western side of the Garze-Litang junction zone, in the southern segment of the Indosinian Yidun-Zhongdian island-arc belt. The strata of the copper district are the Upper Triassic Tumugou Formation, and there mainly outcrops the Indosinian Pulang composite intermediate-acid porphyry. Structural fissures are well developed and rocks are strongly altered, showing typical "porphyry type" alteration zoning with intense silicic alteration zone → silicic-potassic alteration zone → phyllic alteration zone → propylitic alteration zone from the center outward. Magmatic rocks, strata emplaced by magma, hydrothermal alteration and structural space for hydrothermal fluid transport and deposition of ore substances controlled the occurrence of this deposit. The mineralization occurred in the Pulang composite porphyry and mineralization and alteration occur in company. A pipe-shaped orebody composed of veinlet-disseminated ores formed in the center of the intrusion and vein-shaped orebodies formed at edges of the intrusion. The dominant ore element of the deposit is copper, with many subordinate useful components such as gold, silver, molybdenum, palladium and sulfur. The deposit reaches the superlarge size.

Key words: porphyry copper deposit; geological characteristics; Pulang

About the first author: FAN Yu-hua, male, born in 1965, senior engineer, mainly engages in mineral prospecting and evaluation; E-mail: kcs@vip.sina.com.