

# 宾川小龙潭斑岩铜钼矿找矿新思路的讨论及前景分析

张金学, 刘利超, 陈 梁, 郭桂林, 罗洪昌, 戚林坤

云南省有色地质局三一〇队, 云南大理 671000

**摘要:** 本文结合矿区最新勘查成果, 从成矿背景、物质来源、矿化特征等方面揭示了矿区具有较好的成矿地质条件和矿化信息。笔者通过梳理决定矿区找矿方向的关键环节, 提出矿区斑岩体的侵入方向与区域 NE 向构造-岩浆带一致, 主导矿区富碱斑岩带总体呈 NE 向展布并由 NW 向 SE 侵入的认识, 进一步调整了找矿思路。并分析展现了矿区具有寻找大型-超大型斑岩铜钼矿床的前景, 对区域喜山期富碱斑岩带的地质找矿工作具有一定的启示作用。

**关键词:** 构造-岩浆带; 喜山期富碱斑岩; 斑岩铜钼矿; 找矿思路; 前景

中图分类号: P618.41; P618.65 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2013.s1.14

## The Discussion and Prospective Analysis of the Ore-searching New Train of Thought for the Xiaolongtan Porphry Cu-Mo Deposit in Binchuan

ZHANG Jin-xue, LIU Li-chao, CHEN Liang, GUO Gui-lin, LUO Hong-chang, QI Lin-kun

No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau, Dali, Yunnan 671000

**Abstract:** In combination with the newest exploration achievements, this paper deals with the Xiaolongtan porphyry Cu-Mo ore district in the aspects of ore-forming background, material sources and mineralization characteristics and, on such a basis, points out that there exist fairly favorable geological conditions and mineralization information in the ore district. Based on organizing various kinds of metallogenic information, the authors determined the key link for ore-prospecting work in the ore district, and pointed out that there exists the consistency between the invading direction of the porphyry body in the ore district and the NE-trending tectonic-magmatic belt, and that the major alkali-rich porphyry belt in the ore district assumes NE-trending distribution and invaded from northwest to southeast, thus readjusting the train of thought for ore-prospecting. The authors also indicate through analysis that there exists the possibility of finding large-superlarge porphyry Cu-Mo deposits in the ore district. The results obtained by the authors play some instructive role in search for mineral deposits in regional Himalayan period alkali-rich porphyry belt.

**Key words:** tectonic-magmatic belt; alkali-rich porphyry of Himalayan period; porphyry Cu-Mo deposit; train of thought for ore-prospecting work; prospect

小龙潭矿区位于扬子地台西缘金沙江—哀牢山古板块(青藏滇板块与扬子板块)缝合带东侧的内陆盆边缘活动带(任治机等, 1996)。西邻程海—宾川大断裂, 处于川滇台背斜(康滇地轴)与盐源—丽江台缘拗陷带的接壤地带(图 1)。区域上属于特提斯—喜

马拉雅斑岩成矿域东南段(李文昌, 2011), 成矿地质条件优越。

区内北西向、近北向和北东向深大断裂发育, 大多具有超壳断裂或壳断裂特征, 具有长期、多次活动特点, 运动方式复杂多变, 对区内沉积建造、岩

本文由云南省三年找矿行动计划祥云马厂箐—宾川小龙潭金铜钼多金属矿整装勘查项目“云南省宾川县小龙潭斑岩铜钼矿普查”(编号: 201100024)资助。

收稿日期: 2013-04-24; 改回日期: 2013-05-07。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 张金学, 男, 1979 年出生。双学士, 地质工程师。长期从事矿产勘查工作。E-mail: 1286010953@qq.com。

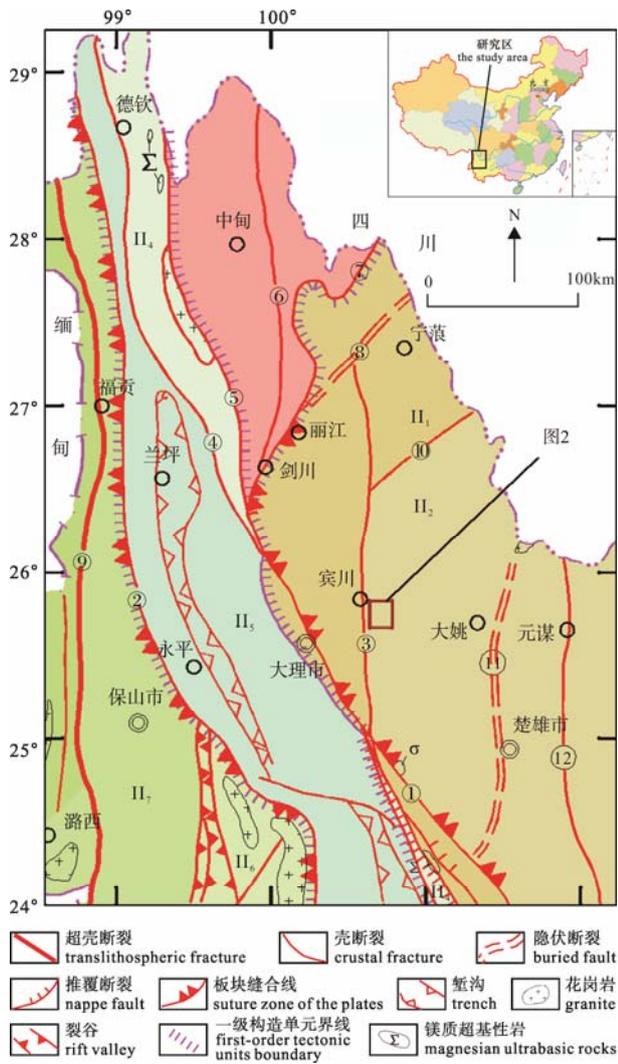


图 1 滇西构造单元略图(云南省地质矿产局, 1993)

Fig. 1 Sketch map of tectonic units in western Yunnan (after Yunnan Bureau of Geology and Mineral Resources, 1993)

-红河断裂; -澜沧江断裂; -程海断裂; -弥沙河断裂;  
-金沙江断裂; -咱河断裂; -小金河断裂; -丽江—木里隐伏  
断裂; -怒江断裂; -箐河断裂; ①-渡口—楚雄隐伏断裂; ②-绿  
汁江断裂; II<sub>1</sub>-丽江台缘褶皱带; II<sub>2</sub>-川滇台背斜; II<sub>3</sub>-中甸褶皱带; II<sub>4</sub>-  
云岭褶皱带; II<sub>5</sub>-兰坪—思茅凹陷带; II<sub>6</sub>-昌宁—孟连褶皱带; II<sub>7</sub>-福贡  
—镇康褶皱带; II<sub>8</sub>-伯舒拉岭—高黎贡山褶皱带  
-red river fault; -Lancang river fault; -Chenghai lake fault;  
-Misha river fault; -Jinsha river fault; -Zan river fault;  
-Xiaojin river fault; -Lijiang—Muli buried fault; -Nujiang  
river fault; -Qinghe river fault; ①-Dukou—Chuxiong buried  
fault; ②-Lüyejiang river fault; II<sub>1</sub>-Lijiang platform margin fold  
belt; II<sub>2</sub>-Sichuan-Yunnan anticline; II<sub>3</sub>-Zhongdian fold belt;  
II<sub>4</sub>-Yunling fold belt; II<sub>5</sub>-Lanping—Simao depression belt;  
II<sub>6</sub>-Changning—Menglian fold belt; II<sub>7</sub>-Fugong—Zhenkang fold belt;  
II<sub>8</sub>-Boshulaling—Gaoligongshan fold belt

相古地理、岩浆活动、变质作用等有明显的控制作用。构造上经历了燕山晚期—喜山期大规模陆内变形, 表现为前期转换扭扭变形、中期转换张扭变形和新近纪以来东西向伸展, 先后形成了一系列不同

方向的走滑断裂组合, 该区岩浆活动频繁, 种类复杂, 岩浆岩主要是喜山期富碱侵入岩, 次为海西期的侵入岩和喷发玄武岩及燕山期的侵入岩。以玄武岩分布最广, 次为酸性岩、基性岩, 碱性岩。其中发育燕山晚期的酸性斑岩及喜山期富碱侵入体, 构成规模宏大的斑岩成矿带(李文昌, 2011; 云南省地质矿产局, 1993)。

在新生代以来由于印度板块与欧亚板块碰撞的强烈挤压, 区内构造应力十分集中, 地壳和上地幔物质发生流动, 使区内强烈褶皱隆升, 逆掩推覆构造发育, 金沙江、红河、程海断裂等深大断裂再次活动, 在北北东向挤压作用下, 各大断裂发生强烈的剪切-走滑运动, 在局部应力松弛时出现拉张(分)环境, 致使深部壳幔混合层部分熔融产生熔浆沿断裂上侵, 形成类型多样的富碱斑岩, 总体构成宁蒭—大理地区近北向喜马拉雅期富碱斑岩带, 岩体的同位素年龄多在 32~67 Ma。小龙潭矿区斑岩体(成矿母岩)属马厂箐—小龙潭—华坪北东向斑岩亚带(陈昌勇, 1998)。

## 1 矿区成矿地质条件

### 1.1 遥感及地球物理条件

遥感影像显示有较明显的环线交切影象特征, 对寻找隐伏岩体具有重要的指示作用。滇西莫霍界面深度资料显示小龙潭莫霍面深 51~52 km 由陡变缓转折的第五波台, 其内有 51 km、52 km 两个小突起。小龙潭的幔距约 12 km, 幔角 0.6°, 是寻找超大型矿床的有利区域(薛步高, 1995)。

### 1.2 矿区地质条件

在程海—宾川断裂与鱼泡江断裂所夹持的地区形成了大致平行的较为紧密的断层与褶皱相间的近南北向构造体系。矿区出露的地层主要为中生代上三叠系罗家大山组(T<sub>3</sub>d)煤系地层及白土田组(T<sub>3</sub>b)碎屑岩建造地层, 主要为一套灰白色、灰紫色中细粒长英砂岩、粉砂岩及深灰色、灰绿色泥质粉砂岩、页岩。主要构造有轴向近南北筓麻箐—小龙潭向斜及近东西向核桃箐沟断层 F<sub>2</sub>(图 2)。矿区岩体总体上受北东向构造-岩浆带的控制, 出露有大小斑岩体 80 多个岩体, 为岩株、岩墙、岩床、岩脉、岩枝。岩石类型较复杂, 有石英二长斑岩、石英二长闪长斑岩、花岗斑岩及煌斑岩, 为多期次复式杂岩体。1975 年对矿区石英二长斑岩用 K-Ar 法测定为 62 Ma, 属喜山期(云南省有色地质局三一〇队, 2013)。

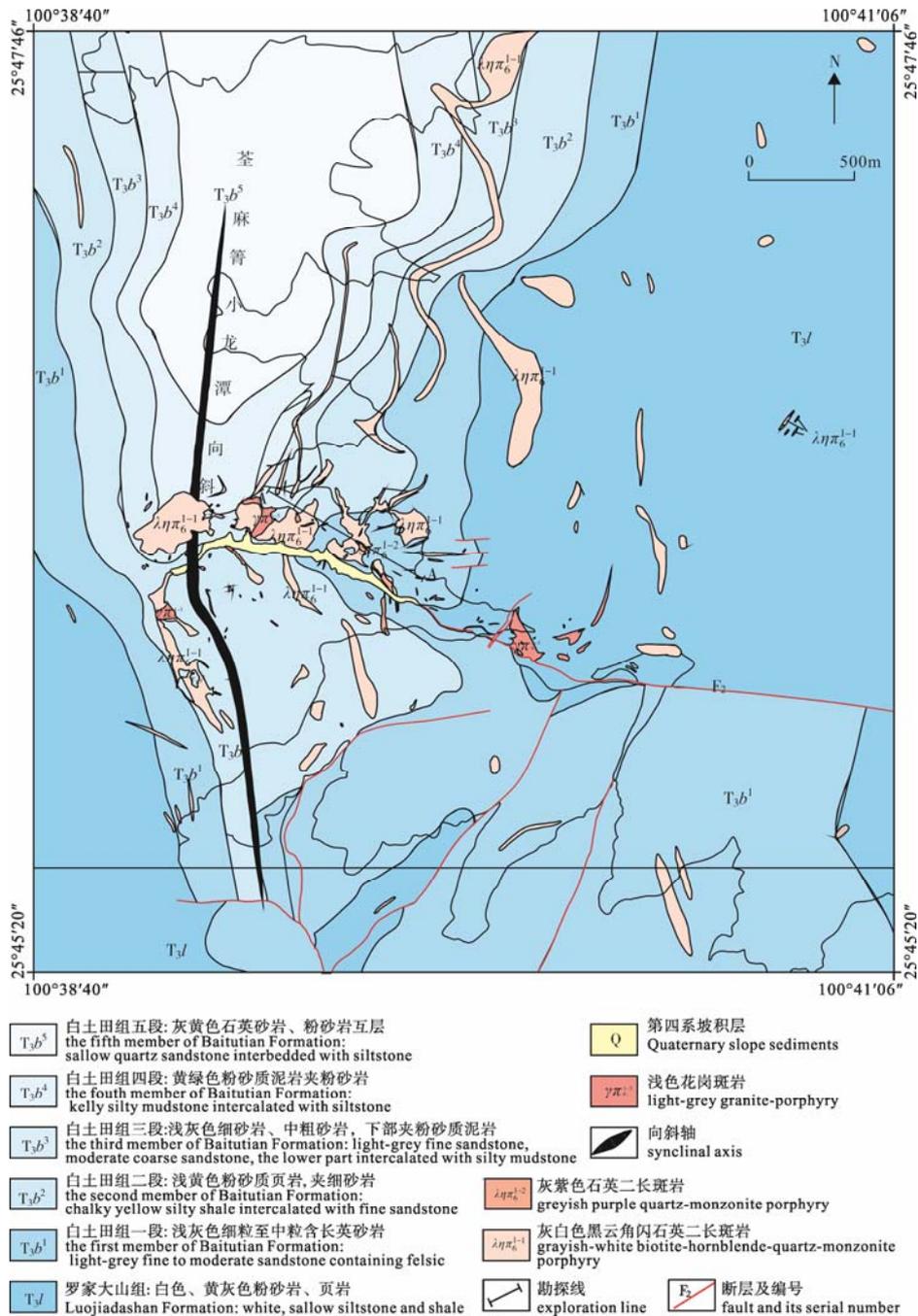


图 2 宾川县小龙潭斑岩铜钼矿区地质简图

Fig. 2 Simplified geological map of the Xiaolongtan porphyry copper-Molybdenum ore district in Binchuan County

### 1.3 斑岩体岩石特征

#### (1) 岩性特征

矿区斑岩体岩石类型主要为石英二长斑岩、石英二长闪长斑岩、花岗斑岩, 岩石具斑状结构、块状构造。矿物成分主要为钾长石、斜长石、石英及少量角闪石、黑云母、辉石等。副矿物主要为磷灰石、榍石、磁铁矿、锆石等(云南省有色地质局三一〇队, 2013; 张道红等, 2013)。

#### (2) 岩石主要化学特征

斑岩明显富碱,  $Na_2O+K_2O$  含量介于 8.65%~11.71%, 平均 10.66%, 均高于戴里 ( $Na_2O+K_2O=7.13\%$ ) 及黎彤(6.96%)的数值。里特曼(组合)指数( $\delta$ )为 3.32~6.15, 平均 4.65。SiO<sub>2</sub> 含量为 60.70%~68.41%, 平均 65.37%, 低于戴里石英二长岩的含量(65.73%)与黎彤所计算的中国石英二长岩平均成分(65.74%)接近。属查氏分类的 3 类 8 科, 即 SiO<sub>2</sub> 微过饱和。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量 14.33%~17.25%, 平均 15.84% 较一般石英二长斑岩(15.89%)略低(云南省

有色地质局三一〇队, 2013)。

(3) 铅、硫同位素及稀土元素与流体包裹体地球化学特征

小龙潭石英二长斑岩铅同位素测定 <sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 为 18.213, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 为 15.425, <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb 为 38.435, 主要为普通铅, 在 B.R.Doe 的不同环境铅同位素平均演化曲线图上反映与地幔铅接近, 表明斑岩岩浆来源极深。石英二长斑岩的硫同位素组成 δ<sup>34</sup>S 变化范围 (0.43-1.01)×10<sup>-3</sup>, 平均 0.72×10<sup>-3</sup>, 极差 0.58×10<sup>-3</sup>, 与陨石硫组成十分接近, 反映斑岩岩浆起源较深, 为上地幔或下地壳。矿区稀土元素以富集轻稀土为特征, 轻重稀土比值为 3.28~7.76, 表明了岩浆来源以幔源为主。小龙潭包裹体类型有液体包裹体、气体包裹体和含子矿物多相包裹体, 属斑岩体顶部或上部组合, 表征岩体剥蚀浅。流体包裹体均一温度为 510~176 , 平均 356 , 盐度为 (5.8~94)wt%NaCl, 平均 31.63wt%NaCl, 具有中高温、高盐度的特点, 是岩体含矿的标志之一, 表征着岩浆在演化过程中有明显的岩浆-流体二次沸腾现象(李光斗等, 2010; 薛步高, 1995)。

(4) 岩体蚀变分带特征

斑岩体蚀变分带, 由内向外: 钾化带, 其主体尚未出露, 零星可见钾长石交代斜长石、黑云母交代角闪石、长石现象; 石英绢云母化带以核桃箐矿段露头最为明显, 伴有黄铁矿化、黄铜矿化, 主要表现为绢云母交代斜长石。外带主要为绿泥石化、碳酸盐化, 蚀变分布较为广泛, 几乎遍及所有岩体, 但含量一般 1%~20%。泥化则断续出现, 主要为高岭石化, 零星见镜铁矿。

矿区发现的铜(钼)矿(化)体主要集中在核桃箐沟矿段。分布在核桃箐沟及以北地段, 有以铜为主的斑岩铜(钼)矿(化)体和以钼为主的角岩铜(钼)矿(化)体。

其中, 以铜为主的斑岩铜(钼)矿体, 分为铜矿体及铜钼共生矿体(图 3)。矿体赋存于斑岩体中, 工程铜平均品位 0.2%~0.80%。含矿岩石主要为紫灰色石英二长斑岩、紫灰色黑云石英二长斑岩及浅灰色角闪石英二长斑岩, 矿体与含矿围岩呈渐变过渡。矿体形态呈似层状, 产状与斑岩体产状基本一致, 呈 NE 向展布, 倾向 NW。

2 矿化特征

以钼为主的角岩铜(钼)矿体, 工程钼平均品位为 0.032%~0.10%, 含矿岩石主要为灰色、灰紫色硅化、角岩化细砂岩, 矿体与含矿围岩呈渐变过渡。矿

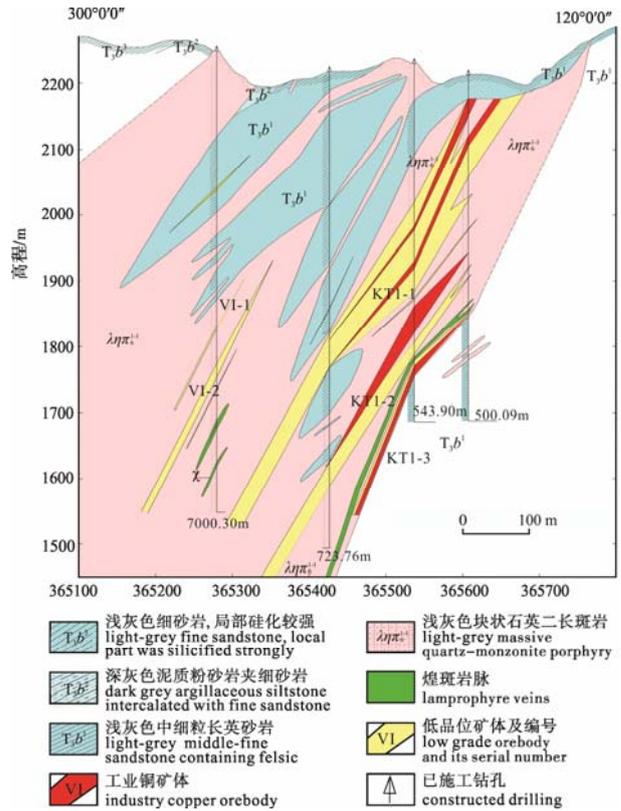


图 3 宾川县小龙潭斑岩铜钼矿区 A 号勘探线剖面图  
Fig. 3 Geological section along A exploration line of the Xiaolongtan porphyry copper-molybdenum ore district in Binchuan County

化与斑岩体关系密切, 矿体形态呈似层状, 产状与斑岩体总体产状大致相当, 为 NE 走向, 倾向 NW。

矿石呈细脉状浸染状、细点浸染状, 结构主要为交代结构及晶质结构。矿石类型主要为硫化矿, 矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、辉钼矿、磁黄铁矿、方铅矿等。地表见有氧化矿, 矿物有蓝铜矿、褐铁矿、孔雀石、硅孔雀石等。脉石矿物主要有石英、钾长石、斜长石, 其次是黑云母、角闪石、绿泥石、绿帘石、高岭土等。金属矿物显示水平分带。由内向外为: 辉钼矿、黄铜矿、黄铜矿、黄铁矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿。

3 成因浅析

斑岩成矿主要是要有开放或半开放环境, 要有负压区和张性构造空间, 这样才能够引起残浆和流体的多次进入, 形成蚀变和矿化(杜琦等, 2010)。根据矿区斑岩铅、硫同位素及稀土元素与流体包裹体地球化学特征, 反映斑岩岩浆起源较深, 为上地幔或下地壳, 地幔热流体在成矿过程中起主导作用。结合矿床地质背景, 其成因机制如下:

区域构造受深大断裂的长期活动影响及制约,

金沙江—哀牢山深大断裂和程海—宾川大断裂具多期活动的特征。矿区处于扬子地台西缘金沙江—哀牢山古板块缝合带东侧的内陆盆边缘活动带。喜马拉雅期, 印度板块与欧亚板块发生陆-陆碰撞, 金沙江断裂、红河断裂、程海断裂等深大断裂再次活动, 在来自西南侧印度板块的 NNE 向侧向挤压力作用下, 各大断裂发生强烈的剪切-走滑运动, 并诱发拉张剪切性走滑次级断裂构造, 该断裂系统成为源于地幔岩浆流体上侵分异的通道系统(陈昌勇, 1998)。在局部应力松弛时出现拉张(分)环境, 深部岩浆房内的平衡状态被反复打破, 致使深源岩浆沿断裂带上升侵位, 形成了类型多样的富碱斑岩带, 从而控制了与岩浆活动有关的矿床分布。矿区紧邻程海—宾川大断裂, 该断裂带控制北东向构造-岩浆带, 并形成了小龙潭斑岩群。

小龙潭岩体为多期次复式杂岩体, 本区岩浆活动过程中, 其演变方向是酸碱度增加, 钙质减少, 氧化程度增强, 这种变化可以看成是岩浆在深部分异的结果(云南省有色地质局三一〇队, 2004)。矿区不同期次岩浆时间间隔较短, 斑岩接触线无明显冷凝边, 矿石以细点浸染状为主, 相伴细脉浸染状, 岩浆分异作用贯穿于其发展演化的全过程, 并在各个阶段都有着各自的内容和特点, 岩浆在深部因热动力等因素的影响, 发生熔离产生具有不同化学特征的岩浆及成矿流体, 使成矿元素相对富集, 并以阵发性或脉动式多次补给, 分期上侵的方式沿构造弱化带侵入。矿区围岩岩性主要为中细粒长英砂岩、粉砂岩、泥页岩, 系统封闭较好深源成矿流体伴随富碱岩浆的结晶过程对富碱斑岩进行同步交代蚀变, 在斑岩体内或深部形成铜(钼)矿床。

#### 4 找矿思路新认识的讨论

在小龙潭斑岩铜钼矿地质找矿的接力探索中, 斑岩体的形态产状问题一直是困扰和制约地质找矿思路的关键环节。在探索斑岩体形态产状的过程中, 对核桃箐沟断层(F<sub>2</sub>)的认识则是起重要的导向性作用。核桃箐沟断层长约 3 km, 为张扭性正断层, 呈 SEE 方向展布, 断层倾向南西, 倾角 60°左右。关于该断层长期存在着两种不同观点, 一是导岩导矿构造, 二是成岩后构造。鉴于矿区斑岩体在小龙潭一带沿核桃箐沟呈近东西向成群出露, 以往主导该断层为早期导岩导矿构造, 提出斑岩总体沿核桃箐沟断层由 SW 向 NE 侵入, 呈近 EW 向展布。由于投入有限, 并且以往施工的钻探工程总体较浅, 对斑岩体由 SW 向 NE 侵入的认识, 始终未能得到系统有效

验证。

2011—2012 年的整装勘查中为寻找主岩体, 针对上述认识通过深部工程做了有效验证。沿核桃箐沟靠近斑岩露头南西侧施工了三个钻孔, 其中有两个孔深达 700 余 m, 另一个孔深 450 m。三个钻孔均揭露到有利的矿化信息, 但其深部却未揭露到主斑岩体, 初步否定了主斑岩体沿核桃箐沟断层由 SW 向 NE 侵入的认识。并通过北部施工的深部工程在地质认识上取得了阶段性突破, 钻孔在深部揭露到了厚大的斑岩型铜(钼)矿体, 而且在角岩中也发现了厚大的钼矿体。同时对斑岩体的形态产状的认识有了新的推进, 斑岩体的形态已初步显现, 核桃箐沟矿段主斑岩体总体由 NW 向 SE 方向侵入, 岩带总体呈 NE 向展布, 倾向 290°~320°, 倾角 50°左右(图 3)。经系统工作, 重新思考了核桃箐沟断层的主导认识, 矿区斑岩体总体保存较为完好, 剥蚀程度较浅, 初步认为核桃箐沟断层为成岩成矿后断层, 小龙潭北部成群出露的斑岩体, 是因后期近东西向核桃箐沟断层的切割剥离而出露于地表, 并呈现出沿核桃箐沟呈东西向出露的现象。矿区岩体总体上受北东向构造-岩浆岩带的控制, 岩体总体产状为大岩墙或串珠状岩株, 以北东向串珠状岩株为主导, 岩浆侵入通道为北东向程海—宾川大断裂的次级构造, 大致与矿区地层产状一致。南部为核桃箐沟断层的下降盘, 其主岩体还在深部, 地表呈岩脉出露。

地质认识上的推进和转变, 为下步地质找矿工作打开了局面。无论是南部还是北部, 沿北东向岩带的展布方向均存在较大的找矿空间, 在找矿思路取得了重大突破。

#### 5 找矿前景分析

(1)成矿母岩石英二长斑岩和花岗斑岩中 Cu、Mo 平均值分别为  $290 \times 10^{-6}$ 、 $13 \times 10^{-6}$ , 铜高出克拉克值 6 倍, 钼高出克拉克值 10 倍(云南省有色地质局三一〇队, 2004)。且矿区地表具较多斑岩或砂岩铜矿化露头点。

(2)矿区深部钻探工程揭露到较好的矿信息, 由工程控制的铜(钼)矿(化)体沿倾斜方向的最大延深大于 600 m, 矿化较为稳定, 矿床初步达中型规模。

(3)矿区总体上剥蚀程度浅, 斑岩体保存较好, 深部已初步显示出寻找隐伏岩体的潜力。

(4)在矿区的西部平距约 5 km 处小罗城一带见有二叠系玄武岩出露, 并具有较强的磁异常, 推测矿区深部有基性岩浆岩存在, 丰富了成矿物质来源,

成矿条件较为有利。

(5)区域 NE 向构造-岩浆岩带较为稳定, 矿区 NE 向富碱斑岩带比较连续, 现阶段勘查的主体主要集中在核桃箐沟矿段, 矿区总体工作程度较低, 找矿空间巨大。

综上所述, 矿区成矿地质条件优越, 找矿空间和潜力巨大, 具有怡人的找矿前景, 是寻找大型-超大型斑岩铜钼矿床的有利靶区。

## 参考文献:

- 陈昌勇. 1998. 丽江—大理地区喜山期斑岩矿床综合信息成矿预测[D]. 昆明: 昆明理工大学.
- 杜琦, 马晓阳, 韩成满, 李宗民. 2010. 斑岩铜矿成因探讨[M]. 北京: 地质出版社.
- 李光斗, 念红, 张道红, 王峰, 孙德瑜, 严健. 2010. 扬子地台西缘富碱斑岩铜多金属矿床成矿条件及找矿前景[M]. 北京: 地质出版社.
- 李文昌. 2011. 三江地质构造演化及成矿作用[OL/EB]. [2013-02-10]. <http://wenku.baidu.com/view/9279a485d4d8d15abe234e85.html>.
- 任治机, 朱智华, 赵重顺. 1996. 云南地体构造与成矿作用[M]. 北京: 冶金工业出版社.
- 薛步高. 1995. 宾川小龙潭斑岩铜矿地质特征及找矿远景探讨[C].// 昆阳群矿床地质论文集. 昆明: 云南科技出版社.
- 云南省地质矿产局. 1993. 云南省区域矿产总结[R]. 昆明: 云南省地质矿产局.
- 云南省有色地质局三一〇队. 2004. 宾川县小龙潭斑岩铜钼矿预查报告[R]. 大理: 云南省有色地质局三一〇队.
- 云南省有色地质局三一〇队. 2013. 宾川县小龙潭斑岩铜钼矿 2011—2012 年度阶段普查报告[R]. 大理: 云南省有色地质局三一〇队.
- 张道红, 张学书, 杨艳, 严健, 杨平. 2013. 扬子地台西缘富碱斑岩的岩石地球化学特征及找矿前景[J]. 地球学报, 34(s1): 168-176.

## References:

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province. 1993. Regional Mineral report of Yunnan[R]. Kunming: Bureau of Geology and Mineral Resources of Yunnan Province(in Chinese).
- CHEN Chang-yong. 1998. Synthetic information mineralization

prediction of Himalayan period porphyry deposit in Lijiang-Dali area[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology(in Chinese with English abstract).

- DU Qi, MA Xiao-yang, HAN Cheng-man, LI Zong-min. 2010. Discussion on genesis of porphyry copper deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- LI Guang-dou, NIAN Hong, ZHANG Dao-hong, WANG Feng, SUN De-yu, YAN Jian. 2010. Metallogenic Condition and Prospecting Potential of the Western Margin of Yangtze Platform Alkali Rich Porphyry Cu-Au Polymetallic Ore Deposit[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- LI Wen-chang. 2011. Sanjiang geological tectonic evolution and mineralization[OL/EB]. [2013-02-10]. <http://wenku.baidu.com/view/9279a485d4d8d15abe234e85.html>(in Chinese).
- No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 2004. prediction report of Xiaolongtan porphyry copper-molybdenum deposit in Binzhou county[R]. Dali: No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau. 2013. 2011—2012 annual report of Xiaolongtan porphyry copper-molybdenum deposit in Binzhou county[R]. Dali: No. 310 Geological Party, Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau(in Chinese).
- REN Zhi-ji, ZHU Zhi-hua, ZHAO Chong-shun. 1996. Yunnan terrane tectonics and metallogeny[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press(in Chinese).
- XUE Bu-gao. 1995. Geological characteristics and discussion on ore prospecting of Xiaolongtan porphyry copper-molybdenum deposit in Binzhou county[C].// Collected papers deposit geology in Kunyang Group. Kunming: Yunnan Science and Technology Press(in Chinese).
- ZHANG Dao-hong, ZHANG Xue-shu, YANG Yan, YAN Jian, YANG Ping. 2013. Petrogeochemical Characteristics and Ore-hunting Prospect of Alkali-rich Porphyries on the Western Margin of the Yangtze Platform[J]. Acta Geoscientica Sinica, 34(s1): 168-176(in Chinese with English abstract).