

# 青海东昆仑下得波利铜钼矿花岗岩 地球化学特征

张雨莲<sup>1</sup>, 宋忠宝<sup>1</sup>, 李志强<sup>2</sup>, 张晓飞<sup>3</sup>, 陈向阳<sup>1</sup>, 贾群子<sup>1</sup>, 栗亚芝<sup>1</sup>

(1. 西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 青海省第五地质矿产勘查院,  
青海 西宁 810012; 3. 天津市地质矿产测试中心, 天津 300191)

下得波利铜钼矿地处青海省东昆仑成矿带, 矿区位于诺木洪乡西南约 80 km 处。该区的地质工作始于 20 世纪 50 年代, 青海第五地质矿产勘查院 2009 年在化探异常查证过程中发现了该矿, 实现了东昆仑成矿带斑岩型找矿的重大突破。本区以往的地质研究程度很低, 前人有对成矿斑岩的地球化学、年代学和成矿流体做了研究, 但笔者在野外调研过程中发现, 下得波利铜钼矿床的铜钼矿化也有发生在矿区破碎花岗岩中, 相关研究较少, 笔者详细地研究了花岗岩主量、微量、稀土元素特征, 以期探讨矿床地质特征, 矿区内岩浆岩的形成环境及矿床成因问题, 为本区进一步寻找斑岩型矿床以及区域成矿物质来源和成矿规律的研究提供了新的资料。

## 1 区域及矿区地质特征

研究区夹持于昆中与昆南断裂之间, 大地构造属东昆仑南坡俯冲增生杂岩带, 区内断裂构造发育, 岩浆活动强烈, 为成矿作用奠定了较好的成矿地质背景。

下得波利铜钼矿床分为埃坑德勒斯特北、埃坑德勒斯特南、下得波利 3 个矿区, 其中斑岩体地表仅在埃坑德勒斯特北矿区出露, 在埃坑德勒斯特南地区钻孔岩心也有发现花岗斑岩和花岗岩。矿区内

出露地层主要有早中三叠纪洪水川组安山岩、安山质熔结凝灰岩, 晚三叠纪八宝山组长石石英砂岩、复成分砾岩、含砾长石砂岩夹流纹岩、凝灰岩等。矿区内岩浆活动强烈, 侵入岩有花岗斑岩、碎裂中细粒花岗岩、粗粒黑云母花岗岩、中粒闪长岩、闪长玢岩。闪长玢岩穿切矿化层, 为成矿后脉岩。其中花岗斑岩和碎裂中细粒花岗岩与成矿关系密切, 是铜钼矿化赋存的直接围岩, 另外火山岩流纹岩也是赋矿围岩之一。

区内断裂构造发育, 以北西向和近南北向两组断裂为主。断裂规模大, 地表形成宽几米至百米的破碎带。破碎带及两侧高岭土化、黄铁矿化、碳酸岩化及褐铁矿化较为发育。埃坑德勒斯特发现的铜钼矿化体部分产于北西向破碎带中, 也是异常区主要的控矿构造。埃坑德勒斯特南地区发现两条南北走向的构造破碎带, 均宽约 200 m、长约 1 km。破碎蚀变带内发现南倾宽约 40 cm 的钼矿破碎脉。下得波利异常区目前发现的矿化体主要于破碎带内的后期酸性岩脉中, 两组断裂交汇部位铜矿化最强, 矿体宽度最大。

目前, 通过钻孔和坑道揭露, 在埃坑德勒斯特北异常区共圈出 8 条铜矿体, 2 条钼矿体。总体上矿体呈北西西向展布, 矿化体呈透镜状, 含矿岩性主要为碎裂岩化花岗斑岩。岩石高岭土化、碳酸岩化、硅化、钾化、黄铁矿化、黄钾铁矾化较强。

收稿日期: 2012-10-20

基金项目: 地质调查专项“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”(1212011121089)

作者简介: 张雨莲 (1984-), 女, 研究实习员, 矿床地质学研究。E-mail: zhohp321@163.com

矿化主要有辉钼矿化和黄铜矿化, 细脉浸染状, 局部发育小团块和网脉状, 矿化与硅化关系最为密切。面状矿化和硅质细脉发育, 根据深部钻孔资料, 深部出现硅核, 可能代表了岩体深部强烈的硅化。

2 样品测试分析

2.1 样品采集与分析方法

本次分析测试样品采自埃坑北 ZK004 岩心。岩石样品基本没有蚀变或者蚀变较弱, 其中发育细脉浸染状辉钼矿。

主、微量元素测试均在西安地质矿产研究所实验测试中心完成。主量元素使用 X-射线荧光光谱

仪 (Xios 4.0kWX) 完成, 微量元素及稀土元素使用电感耦合等离子体质谱仪 (ICP-MS) 方法完成。

2.2 主、微量元素

下得波利埃坑德勒斯特北矿区花岗岩  $\text{SiO}_2$  的含量变化范围为 67.24% ~ 73.81%, 平均 70.82%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量范围为 10.61% ~ 12.54, 平均 11.93;  $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$  含量范围为 4.22% ~ 5.23%, 平均 4.73%, 碱质含量较高, 属于钙碱性。岩石化学特征方面, 在硅-碱图 (图 1-a) 和  $\text{Na}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{TFeO}$  图解 (图 1-b) 上, 样品均落入钙碱性区域。里特曼组合指数  $\delta$  为  $0.819 < 3.3$ , 也显示为钙碱性系列。在岩石分类图解上, 投点到花岗岩和花岗闪长岩的范围 (图 1-c)。  $\text{A}/\text{CNK} = 1.63 > 1$ 、 $\text{A}/\text{NK} = 2.52$ , 因此, 埃坑北花岗岩的

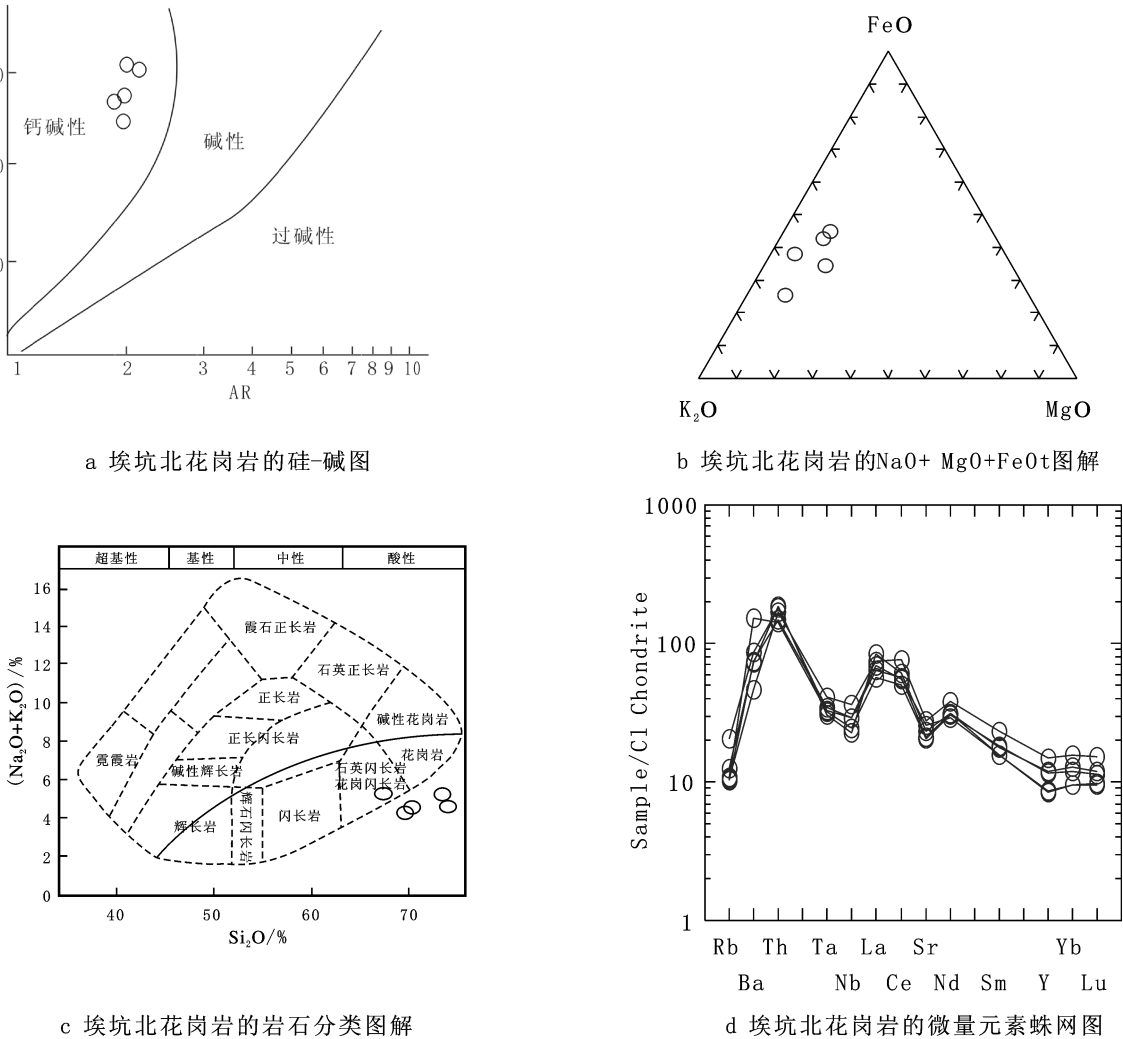


图 1 下得波利铜花岗岩地球化学图

岩石化学特征为钙碱性酸性花岗岩。

从微量元素蛛网图(图 1-d)上来看,下得波利与成矿有关花岗岩富集 Ba、K、Th、La 等大离子亲石元素,明显亏损 Ta、Nb、Sr 等高场强元素。而大陆弧背景下造山花岗岩均具有 Sr、P、Ti 等元素的亏损,而 Nb 的负异常更能反映花岗岩具有大陆壳的特征(李昌年,1992)。

### 2.3 稀土元素

埃坑北花岗岩具有的稀土元素特征为, $\Sigma$ REE 值为  $92.69 \times 10^{-6} \sim 129.02 \times 10^{-6}$ ,平均为  $104.314 \times 10^{-6}$ ; LREE/HREE 为  $2.2 \sim 3.52$ ,稀土总量变化不大,轻重稀土分馏不明显,  $(La/Sm)_N = 3.02 \sim 5.23$ ,  $(Gd/Lu)_N = 1.16 \sim 1.25$ ,相对富集轻稀土。

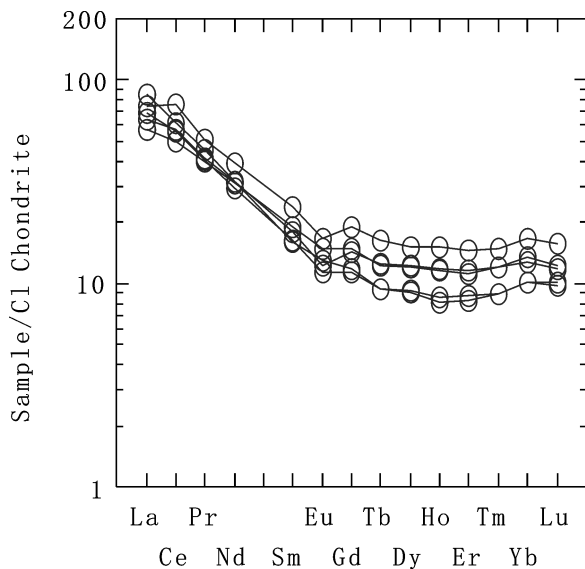


图2 下得波利铜矿花岗岩稀土配分模式图

使用 Taylor 等(1985)球粒陨石值进行标准化,稀土配分模式见图 6,具有右倾型 Eu 负异常的稀土元素分布模式,  $\delta Eu = 0.75 \sim 0.93$ ,平均为 0.83。Eu 的负异常可能与斜长石(钾长石)的分离结晶作用有关(李昌年,1992),而源区越深,其分离结晶越强时才能使残余岩浆变成酸性,分离结晶越强时残余岩浆中的 Eu 的亏损就越明显。因此该套岩石经历了较长时间的分离结晶作用,具有壳幔混合特点,成矿构造背景为碰撞前(俯冲晚期)安第斯型活动大陆边缘。

## 3 讨论

### 3.1 火山岩建造与成矿作用

晚三叠世鄂拉山组陆相火山岩广泛分布在昆北、祁漫塔格—都兰、鄂拉山构造-岩浆带。岩石类型以流纹岩、流纹质凝灰岩及英安岩为主,含少量基性火山岩,大面积出露流纹质、粗面质熔结凝灰岩及火山角砾岩,具有玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩组合。火山岩常伴随有同时代的花岗岩类侵入体。

鄂拉山火山岩系属于弧火山岩,与其他火山岩系的重要区别在于其钾含量较高,属于高钾钙碱性火山岩系和钾玄岩系列,具有陆内派生岩浆弧的特征。文献资料表明,国内外与含铜(钼)斑岩有密切联系的火山岩主要属于钙碱性系列,少部分属于碱性系列,火山岩建造主要为安山岩-英安岩建造。东昆仑晚三叠世陆相火山岩的岩石组合为玄武岩-安山岩-英安岩-流纹岩和粗面玄武岩-玄武粗安岩,属于钙碱性系列,只有少部分属碱性系列。这一特征显示,本区与国内外斑岩矿床有着相似的成矿地质背景。

### 3.2 矿床成因

下得波利矿床以铜钼组合、细脉浸染状矿化为特征,成矿与中酸性花岗岩和花岗斑岩有关,围岩蚀变具非典型斑岩矿床分带特征。成矿物质主要来自含矿斑岩,含矿斑岩具弱过铝质高钾钙碱性特点。成矿流体来自岩浆水和天水混合,成矿温度和盐度较高(刘建楠,2012),与典型斑岩铜钼矿床特征一致。认为矿床成因属斑岩铜钼矿床。

### 3.3 斑岩成矿地质背景

东昆仑地区目前已发现多处斑岩型矿床,例如祁漫塔格地区的乌兰乌珠尔铜矿床、卡而却卡铜钼矿床、鸭子沟铜钼矿点、哈日扎铜矿床等,下得波利铜钼矿床在成矿时限、成矿类型、系列演化上与之具可比性。青海东昆仑祁漫塔格地区已发现的斑岩铜矿成矿作用主要集中在晚华里西-印支期,尤其是三叠纪末期的印支运动作为青藏高原最强烈的一次构造运动,使特提斯洋完全关闭,祁漫塔格地区进入陆内演化阶段,在这期间板块间的碰撞、汇聚为金属元素活化迁移、富积提供了良好的时间和空间(何书跃,2008)。

而下得波利铜铅矿床所处的东昆仑东段在晚华力西—印支旋回期 (230~260 Ma), 处于大洋板块大俯冲碰撞阶段 (郭正府等, 1998), 昆南带南侧的阿尼玛卿洋盆依次向北侧俯冲-碰撞 (谌宏伟等, 2005), 昆南带及其以北地区成为晚华力西—印支期活动边缘, 俯冲伴随着板片部分熔融, 华力西-印支期岩浆大规模侵入, 形成陆缘岩浆弧。俯冲持续到二叠系—三叠系末, 其标志性事件是晚三叠世鄂拉山群陆相高钾钙碱性花岗岩及 237~190 Ma 的造山花岗岩出现 (丰成友等, 2012), 随后东昆仑地区进入陆内活动阶段。

已有学者研究出下得波利斑岩体结晶于 244 Ma (刘建楠等, 2012), 埃坑南铅铜矿区花岗岩锆石年龄为 255.5 Ma (孙丰月等, 2011, 未发表), 构造背景为碰撞前安第斯型活动大陆边缘, 是东昆仑成矿带活动大陆边缘向同碰撞的转换时期, 是斑岩铜矿形成的重要时期。下得波利斑岩铜铅矿床的发现对于东昆仑实现斑岩找矿突破起到一定的引导作用, 有必要开展进一步研究工作。

## 参考文献:

- 李昌年. 构造岩浆判别的地球化学方法及其讨论 [J]. 地质科技情报, 1992, 12 (3): 73-84.
- 何书跃, 祁兰英, 舒树兰, 等. 青海祁漫塔格地区斑岩铜矿的成矿条件和远景 [J]. 地质与勘探 [J]. 2008, 44 (2) 14-22.
- 郭正府, 邓晋福, 许志琴, 等. 青藏东昆仑晚古生代末-中生代酸性火成岩与陆内造山过程 [J]. 现代地质, 1998, 12 (3): 344-351.
- 谌宏伟, 罗照华, 莫宣学, 等. 东昆仑造山带三叠纪岩浆混合成因花岗岩的岩浆底侵作用机制 [J]. 中国地质, 2005, 32 (3): 386-394.
- 丰成友, 王松, 李国臣, 等. 青海祁漫塔格中晚三叠世花岗岩: 年代学、地球化学及成矿意义 [J]. 岩石学报, 2012, 28 (2): 665-677.
- 刘建楠, 丰成友, 等. 青海都兰县下得波利铜铅矿区锆石 U-Pb 测年及流体包裹体研究 [J]. 岩石学报 [J]. 2012, 28 (2): 679-690.