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

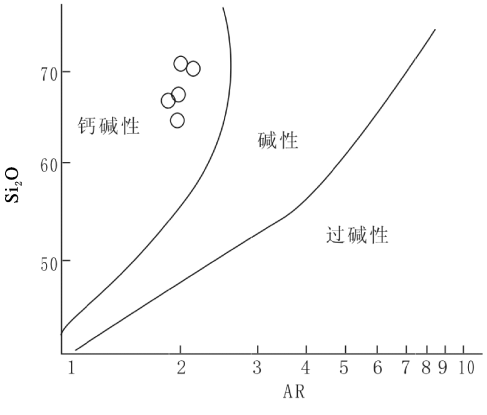
2.1 样品采集与分析方法

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。

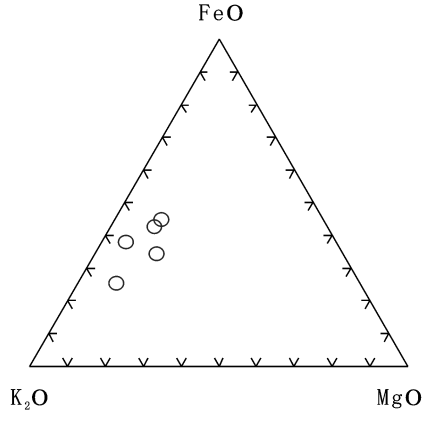
主、微量元素测试均在西安地质矿产研究所实验测试中心完成。主量元素使用 X-射线荧光光谱仪（Xios 4.0kWX）完成，微量元素及稀土元素使用电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）方法完成。

2.2 主、微量元素

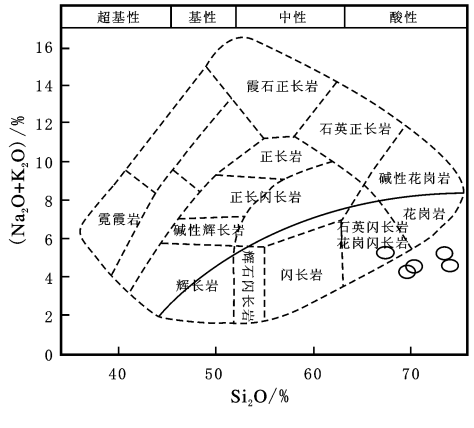
下得波利埃坑德勒斯特北矿区花岗岩 SiO_2 的含量变化范围为 67.24%～73.81%，平均 70.82%；Al_2O_3 含量范围为 10.61%～12.54，平均 11.93；K_2O+Na_2O 含量范围为 4.22%～5.23%，平均 4.73%，碱质含量较高，属于钙碱性。岩石化学特征方面，在硅-碱图（图 1-a）和 $Na_2O+MgO+TFeO$ 图解（图 1-b）上，样品均落入钙碱性区域。里特曼组合指数 δ 为 0.819＜3.3，也显示为钙碱性系列。在岩石分类图解上，投点到花岗岩和花岗闪长岩的范围（图 1-c）。A/CNK＝1.63＞1、A/NK＝2.52，因此，埃坑北花岗岩的



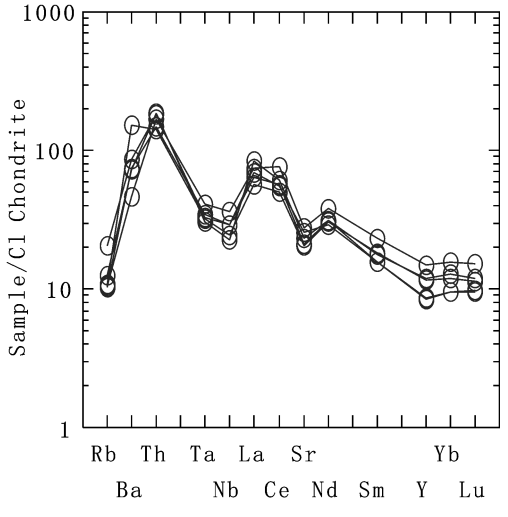
a 埃坑北花岗岩的硅-碱图



b 埃坑北花岗岩的Na0+ Mg0+Fe0t图解



c 埃坑北花岗岩的岩石分类图解



d 埃坑北花岗岩的微量元素蛛网图

图 1 下得波利铜矿花岗岩地球化学图

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，ΣREE 值为 92.69×10^{-6}～129.02×10^{-6}，平均为 104.314×10^{-6}；LREE/HREE 为 2.2～3.52，稀土总量变化不大，轻重稀土分馏不明显，$(La/Sm)_N$=3.02～5.23，$(Gd/Lu)_N$=1.16～1.25，相对富集轻稀土。

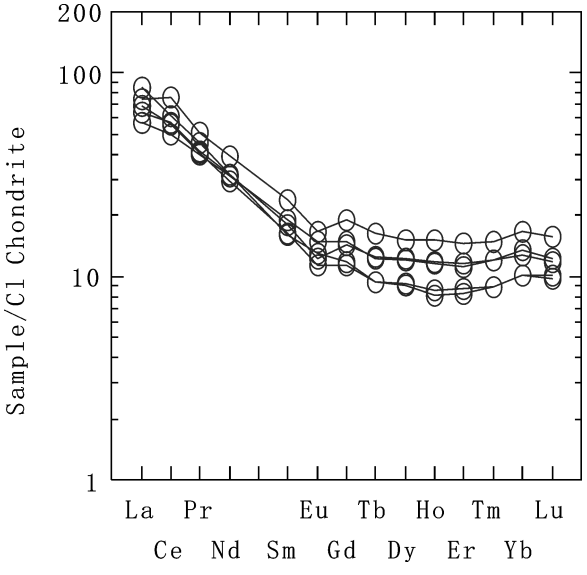


图 2　下得波利铜矿花岗岩稀土配分模式图

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，δEu=0.75～0.93，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，例如祁曼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。青海东昆仑祁曼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）。

而下得波利铜钼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），埃坑南钼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。下得波利斑岩铜钼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钼矿区锆石U-Pb测年及流体包裹体研究［J］．岩石学报[J]．2012，28（2）：679-690.

文章编号：1009-6248(2012)增刊-0113-04

北祁连浪力克矿区闪长玢岩地质地球化学特征及其地质意义

张晓飞[1,2]，宋忠宝[1]，李智明[1]，贾群子[1]，张雨莲[1]，陈向阳[1]

（1. 中国地质调查局西安地质调查中心，陕西 西安 710054；
2. 天津市地质矿产测试中心，天津 300191）

浪力克铜矿区隶属青海省门源县仙米乡，位于门源县北东约 40km，冷龙岭东段分水岭南侧的他里花沟脑。地理坐标为：东经 102°2′48″，北纬 37°27′23″。该矿区是 1957 年 10 月青海省东部地质队进行路线地质调查工作时发现的，于 1982 年进行了 1∶2.5 万以铜为主的地质、物化探综合普查，1984 年由青海省地质二队转为详查工作。

浪力克铜矿前人认为属于海相火山岩型铜矿床（刘增铁，2008），但也有部分学者将其归为斑岩型（温应江，1992；贾群子，2007）。因此，对矿区内的闪长玢岩的详细研究，对厘定矿床类型，具有关键作用。笔者以期通过对闪长玢岩的岩石学、岩相学及地球化学研究，对成矿类型进行探讨。

1 区域地质背景

浪力克铜矿构造位置处于北祁连造山带中段加里东中期岛弧带（图 1），该岛弧带同其北弧后盆地的界线在某些地段可能存在过渡关系，难以划分（贾群子等，2007）。

区域地层属华北地层大区，秦祁昆地层区，柴达木地层小区。出露地层主要有：下奥陶统阴沟群、中奥陶统妖魔山组、上泥盆统沙流水群、下石炭统臭牛沟组、二叠系、三叠系、第三系、第四系。矿区地层主要由下奥陶统阴沟群下火山岩组及第四系组成。

区域构造线多呈北西向展布，发育紧闭型线状褶曲及北西向断裂，局部发育北东或北北东向短轴褶皱平移断层。褶皱构造主要为冷龙岭复式向斜，断裂以红直大断裂、下红沟-银灿剪切断裂和向拉瓦尔玛沟脑断裂为主。矿区位于银灿-红腰线区域断裂的北侧。该断裂横贯全区，走向 305°～125°，倾向北东，倾角 50°～70°。该断裂使矿区内下奥陶统下火山岩组地层逆冲于三叠系之上。为本矿区主要的导矿断裂构造。

区域岩浆活动频繁且强烈，其侵入岩从中性—酸性至碱性均较发育，中酸性岩分布广规模大，岩石类型复杂，为岩浆活动的主体。火山喷发喷溢活动也十分强烈，产出于中元古-奥陶纪地层中，为海相火山岩系列，属北祁连加里东构造-火山岩带。

区内的闪长玢岩产于下奥陶统阴沟群下火山岩组中，据其地理位置可划分为 3 个脉群：

（1）俄博沟闪长玢岩脉群：主要由两条平行岩脉组成，走向北西 310°左右，倾向南西，最大的岩脉长 2 750 m，宽 200 m 左右，侵入于安山质凝灰熔岩、角砾集块熔岩及玄武安山岩中，大部分接

收稿日期：2012-10-20
基金项目：地质大调查“青海省岩浆岩时空分布与成矿作用研究”（1212011121089）和“青海省地质调查综合研究”（1212010918044）
作者简介：张晓飞（1959-），女，河北保定人，硕士，从事区域成矿规律及找矿预测研究。E-mail：feifeigood860@126.com