

# 青海省东昆仑洪水河东地区斑岩铜钼矿找矿潜力分析

刘江峰, 赵双喜, 李彦强, 刘长财, 杨晓刚, 陈学俊

(青海省核工业地质局, 青海 西宁 810008)

**摘要:**洪水河东地区岩浆活动强烈, 石英闪长斑岩、英云闪长斑岩较发育, 岩体、围岩及其接触带绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、钾长石化、高岭土化、迪开石化、绢云母化和矽卡岩化等蚀变普遍且较强烈, 具斑岩型矿化蚀变特征。研究区内 Cu、Mo、W 化探组合异常分布较多, 具备典型的斑岩铜矿床的元素组合特征, 岩体含矿性与化探异常吻合, 且在研究区盘羊沟、乌腊德地区发现了铜钼矿体。据此分析, 认为洪水河东地区具备斑岩铜钼矿成矿地质条件, 斑岩型铜钼矿找矿潜力较大。

**关键词:**斑岩铜钼矿; Cu、Mo、W 组合化探异常; 东昆仑洪水河东地区; 东昆仑

**中图分类号:** P618.41; 618.65

**文献标识码:** A

## 1 地质概况

洪水河东地区位于东昆仑造山带西段, 其北东部与柴达木地块相邻, 北西部与祁漫塔格构造混杂岩带(部分与俄博梁隆起和柴达木压陷盆地)相隔, 南侧以昆南断裂为界与巴颜喀拉造山带相接。该地区构造单元划分有很多方案。目前, 依据昆中、昆北断裂为界, 将其划分为东昆北(祁漫塔格)早古生代岩浆岩弧带、东昆中微陆块(早古生代复合岩浆弧带)和南昆仑早古生代增生楔杂岩带(罗照华等, 2002; 袁万明等, 2000; 谌宏伟等, 2005)。尤其东昆中微陆块和东昆中复合岩浆带是一个二者并存的构造单元, 也是笔者研究的重要地段之一。著名的昆中断裂横贯穿越该区, 昆北断裂则靠北图区外穿过, 研究区位于昆北和昆中断裂带之间, 是一个重要的复合造山带。

研究区出露地层时代跨度大, 昆中、昆北地带

出露地层相近, 而昆南地带及巴颜喀拉地区, 地层发育则各具特色, 它们与昆中、昆北地带差异显著。前寒武系在昆中和昆北地带主要出露古元古代中—深变质岩系、中—新元古界浅变质沉积建造、侏罗系陆相碎屑岩含煤建造。据布伦台、库赛湖区域地质调查报告, 昆中断裂以南发育中—新元古界万宝沟群中—深变质基性火山岩和碳酸盐岩沉积建造, 奥陶系滩间山群中—浅变质上部基性火山岩、下部碎屑岩夹碳酸盐岩沉积建造, 奥陶—志留系浅变质碎屑岩夹基性火山岩、碳酸盐岩建造。石炭系大干沟组生物碎屑灰岩、白云岩夹碎屑岩沉积建造, 二叠系打柴沟组碎屑岩夹碳酸盐岩沉积建造; 三叠系闹仓沟组碎屑岩夹生物碎屑灰岩沉积建造及侏罗系羊曲组陆相碎屑岩含煤建造, 泥盆系分布在昆中断裂以北地区, 仅发育上泥盆统中基性火山岩沉积, 缺失中—上泥盆统。上述特征表明: 昆中断裂以北属于稳定型剥蚀造山区, 以南属于活动沉

**收稿日期:** 2011-07-12; **修回日期:** 2011-11-03

**基金项目:** 中国地质调查局地质矿产调查评价项目(青藏专项)“青海省东昆仑洪水河东地区铁多金属资源远景调查”(1212011086021)

**作者简介:** 刘江峰(1978-), 男, 湖南祁东人, 地质工程师, 从事地质矿产勘查工作。E-mail: 735208277@qq.com

积。而在昆南地带中一晚三叠世显示变化频繁的动荡沉积环境, 蚀流沉积发育。这在昆南断裂以南的巴颜喀拉地区则为一套活动性海相复理石建造。侏罗系羊曲组、古近系及新近系路乐河组及其以后的新生界则属于山间盆地陆相沉积环境。

研究区断裂构造极为发育, 大型主干断裂(含韧性剪切带)包括北西向(北西西向)、北北西向、北东向3组。北西向主要有: 昆中断裂(F9)及其北侧派生或分支断裂(F7)。北东向断裂(F8)和近南北向断裂(F10)错断北西向断裂, 为地方性右行走滑断裂。北西向和北西西向断裂构造具明显的多期活动性, 其突出特点是规模大、延伸远、切割深、活动期长。断裂构造对地层、岩浆岩、矿产等起控制作用, 尤其对岩体(斑岩体)侵入控制明显, 不仅是深部岩浆上升、侵入的通道, 同时也是区内主要的导矿、容矿和储矿构造, 与斑岩型矿化关系密切(宋忠宝等, 2010; 陈有顺等, 2010; 郭贵恩等, 2010)。区内岩浆活动十分强烈, 主要以花岗岩浆侵入为主。花岗岩类主要分布在昆中断裂以北地带, 岩体空间上严格受区域构造控制, 其展布方向与区域构造线相一致, 形成时期包括晋宁期到印支期的各个构造旋回(图1)。

## 2 花岗岩特征及其含矿性

研究区侵入岩相当发育, 主要为华力西期和印支期2个侵入旋回(其中华力西期3次岩浆侵入活动与成矿均有关系), 分布面积约占基岩出露面积的1/6。岩石类型以中酸-酸性岩为主, 次为中性岩, 局部偶见基性岩呈脉状或小型岩株产出。不同期次的侵入岩, 其含矿性各不相同, 对内生矿产的形成都具有一定的控制作用。

### 2.1 华力西期

华力西期在东昆中陆块中是花岗岩浆活动的鼎盛时期, 岩体规模大、分布范围广, 以北西向岩带展布, 构成了古生代复合岩浆弧带的主体。由于本次岩浆演化时间跨度大, 各个历史时期岩石成因类型存在明显的变化。因此, 将其分为3个阶段来讨论。

#### 2.1.1 华力西早期

时限为中一晚泥盆世(K-Ar法: 363.2 Ma、374.9 Ma), 花岗岩呈北西向主要分布在那陵格勒河和开木棋河及其以东地区, 前者岩体具一定规

模, 后者分布范围一般较小。出露岩性主要为中—细粒黑云母石英二长闪长岩、中—细粒黑云母花岗岩, 岩石类型中酸性岩体具S型和I型花岗岩双重特征(壳型花岗岩), 而二长闪长岩则为A+S型, 是同源岩浆活动的产物。综合构造环境判别: 中-酸性花岗岩形成于同碰撞造山环境, 但也不排除闪长岩是碰撞阶段使陆壳增厚, 导致了局部拆沉崩塌, 使得幔源岩浆熔融上侵的产物。

岩体规模小, 均呈岩株产出。该次侵入岩岩石化学特征属 $\text{SiO}_2$ 饱和-过饱和正常系列, 碱总量( $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ )约5.86%,  $\text{Na}_2\text{O}>\text{K}_2\text{O}$ , 为弱碱—极弱碱性岩石。查氏特征值 $b$ 在4.5~14。据统计资料反映,  $b$ 值在4~11对铜成矿有利,  $b$ 值在11~20对铁成矿有利, 表明该侵入期次岩石对铁、铜成矿较为有利。微量元素平均含量统计结果表明, 本次侵入岩中亲Cu元素Pb、Zn及亲Fe元素Co、Ni、V的平均含量超过或接近该岩类维氏丰度值, 对形成铁、铜矿产比较有利(李光明等, 2001)。例如, 乌腊德磁铁(铜)矿点、浑德伦阔同勒褐铁矿点。

在桃山黑云母石英闪长岩体与金水口群的接触带上, 均有负值航磁异常出现, 其成矿地质条件与乌腊德磁铁(铜)矿点、浑德伦阔同勒褐铁矿点颇为类似, 是寻找铁、铜矿产的有利地段。

#### 2.1.2 华力西中期

时限为早石炭世(K-Ar法: 328.4 Ma、343.6 Ma), 分布于昆中断裂以北的北西向构造岩浆带中的花岗岩处于优势地位, 出露岩性主要有: 中细粒英云闪长岩、石英闪长岩和花岗闪长岩及似斑状黑云母二长花岗岩, 分布范围较广, 一般以岩基状出露于地表。岩石类型反映了S型和I型花岗岩特征(壳型花岗岩)。综合区域构造背景, 部分岩体受北西向断裂控制作用, 反映出陆内挤压剪切作用下地壳部分熔融的产物, 构造环境属非典型的后俯冲构造环境, 大致反映了陆内俯冲碰撞造山体制的构造背景。

这是研究区最强烈的一次岩浆侵入活动, 总体规模大, 构成了研究区花岗岩带的主体。侵入体一般出露面积都较大, 多呈岩基状产出, 最大的为长梁山—桃山黑云母花岗闪长岩体。岩体与围岩的接触面凸凹不平, 内、外倾均有, 倾角较陡。在与钙质围岩接触地段, 具明显的矽卡岩化, 而与铁、镁

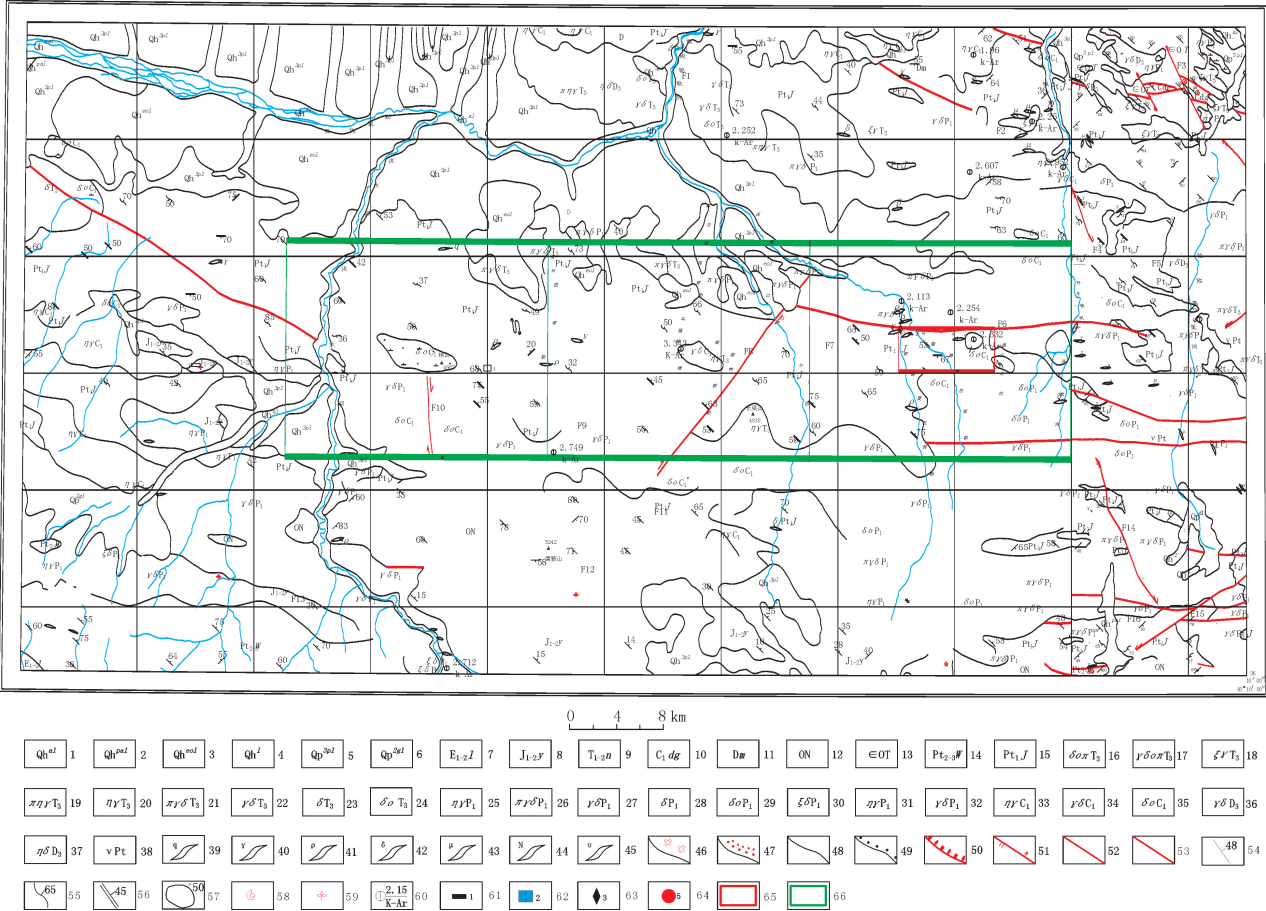


图1 青海省东昆仑洪水河地区地质矿产图

Fig.1 Geology and mineral resources map of east Hongshui river of eastern Kunlun in Qinghai Province

1. 全新统冲击砂砾及卵石堆积; 2. 全新统洪积砂土、砂砾堆积; 3. 全新统风成砂丘及砂垄; 4. 全新统湖积淤泥及砂土; 5. 上更新统洪积砂土、砂砾堆积; 6. 中更新统冰水冰碛堆积; 7. 古近系路乐河组; 8. 侏罗系羊曲组; 9. 三叠系闹仓间沟组; 10. 石炭系大干沟组; 11. 泥盆系牦牛山组; 12. 奥陶系纳赤台组; 13. 寒武-奥陶系滩间山群; 14. 万保沟群; 15. 金水口岩群; 16. 灰白色石英闪长斑岩; 17. 灰色英云闪长斑岩; 18. 浅肉红色中-粗粒正长花岗岩; 19. 浅肉红色似斑状黑云母花岗岩; 20. 灰白色中-细粒黑云母花岗岩; 21. 灰色似斑状黑云母花岗岩闪长岩; 22. 灰白浅肉红色花岗闪长岩; 23. 灰色似斑状黑云母英云闪长岩; 24. 灰色中-细粒石英闪长岩; 25. 浅灰-浅灰白色中细粒二长花岗岩; 26. 灰色蚀变似斑状黑云母花岗岩闪长岩; 27. 灰色中-细粒黑云母角闪石花岗岩闪长岩; 28. 深灰色中-细粒黑云母花岗岩闪长岩; 29. 灰色中-细粒黑云母花岗岩闪长岩; 30. 灰白色细-中粒正长闪长岩; 31. 肉红色中-细粒黑云母二长花岗岩; 32. 灰白色不等粒黑云母花岗岩闪长岩; 33. 浅肉红色似斑状黑云母二长花岗岩; 34. 灰白色中粒花岗闪长岩; 35. 灰白色细中粒石英闪长岩; 36. 灰白色中粒黑云母花岗岩闪长岩; 37. 灰白色中粒黑云母石英二长闪长岩; 38. 深灰绿色辉长岩; 39. 石英岩脉; 40. 酸性岩脉; 41. 伟晶岩脉; 42. 闪长岩脉; 43. 玢岩脉; 44. 基性岩脉; 45. 辉长岩脉; 46. 硅化; 47. 角岩化; 48. 地质界线; 49. 不整合界线; 50. 正断层; 51. 逆断层; 52. 平移断层; 53. 性质不明断层; 54. 地层产状; 55. 片理、片麻理产状; 56. 片理、片麻理产状; 57. 岩体接触面产状; 58. 动物化石采集点; 59. 植物化石采集点; 60. 同位素年龄样点; 61. 煤矿点; 62. 白云岩矿点; 63. 石榴石矿点; 64. 磁铁矿点; 65. 乌拉德夏拉郭勒铜钼矿矿权范围; 66. 研究区范围



质较高的围岩接触处,多出现绿泥石化、绿帘石化和黄铁矿化等。岩体边部往往具不同程度的同化混染现象,局部还可见因碎裂蚀变而出现的硅化、碳酸盐化和黄铁矿化。据岩石化学分析结果统计,各岩体岩石化学成分变化较大,其中  $\text{SiO}_2$  平均含量为 67%,总碱量 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 约为 6.4%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ ,碱度系数 ( $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} / \text{Al}_2\text{O}_3$ ) 约为 0.41,钠质系数 ( $\text{Na}_2\text{O} / \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ ) 为 0.52,氧逸度约为 0.19,分异指数 ( $DI$ ) 在 57~88。属  $\text{SiO}_2$  过饱和、铝过饱和之极弱碱性—过碱性岩石。以上岩石化学特征对钨、锡、钼等有色金属矿产的形成较为有利。据岩石微量元素平均含量统计,亲铜元素 Pb、Zn,有色金属元素 W、Sn 和稀土元素 Y,其平均含量均超过同类岩石的维氏丰度值,特别是 W、Sn 和 Y 元素的含量已达丰度值的数倍至数十倍,表明该次侵入体具有形成有色金属矿产和稀土矿产的物质条件。该侵入次岩体中出现的副矿物种类较多,其组合类型属锆石-榍石-磷灰石型。这种类型是有利于钨、锡、铅、锌、铜等有色金属矿产及稀土矿产形成的标志。副矿物中的钨矿 ( $0.38 \times 10^{-6}$ )、黄铜矿 ( $0.18 \times 10^{-6}$ ) 及锡石、方铅矿和辉铋矿等有用矿物的出现即可佐证。表明该侵入次岩体含矿性较好,成矿地质条件较优,是寻找铜、钼、钨等有色金属矿产和稀土矿产的有利地区(李光明等,2001)。

### 2.1.3 华力西晚期

时限为早中二叠世(K-Ar 法:271.2 Ma、293 Ma),花岗岩北西向构造岩浆带继承了华力西早—中期的分布格局,但此时的岩体规模更大,往往连片分布,由南向北分为:昆中断裂以南南带和昆中断裂以北中带及浑德伦北岸北带地区 3 个北西向岩浆带。出露岩性主要见有中—细粒黑云母石英闪长岩、英云闪长岩、中—细粒黑云母花岗岩闪长岩及部分似斑状花岗闪长岩、中—细粒二长花岗岩等。岩石以陆壳下层深融产物为主,是上地幔基性岩浆底侵作用下中上地幔熔融后形成中-酸性岩浆侵位形成,岩石类型具 S+A 型花岗岩特征。本次花岗岩延续了早石炭世的挤压构造背景体制,是东昆陆块向北俯冲挤压达到一定程度后陆-陆碰撞环境下地壳熔融的产物,属同碰撞造山环境。

本期岩浆活动强烈程度仅次于第二期,岩体与

围岩接触带上及其附近,常发育有硅化、角岩化、绿泥石化及黄铁矿化。岩石化学分析结果统计表明,该侵入次岩石属  $\text{SiO}_2$  过饱和、铝过饱和正常系列,为弱碱-中碱-过碱性岩石。其中, $\text{SiO}_2$  平均含量约为 70.91%,碱总量约为 7.41%, $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ,钾钠比为 1.12,碱度系数为 0.52,氧逸度为 0.26,查氏特征值  $b$  在 1.91~10.33,分异指数在 57~94。上述岩石化学特征对钨、锡、钼、铜、铋、铅等有色金属矿产的形成比较有利。岩石中出现的副矿物种类繁多,组合类型为榍石-锆石-褐帘石-磷灰石型,该类型是有利于形成钨、锡、铅、锌等有色金属矿产的标志。副矿物中出现的钨矿、锡石、方铅矿、闪锌矿和辉铋矿等即可佐证。含挥发份矿物萤石、电气石的存在,对钨、锡、钼等矿产的形成有利。另外,磁铁矿、赤铁矿、褐帘石和独居石等的大量出现,以及钼石和晶质铀矿等放射性矿物的产出,也是形成相应矿产不可忽视的成矿前提。据岩石微量元素平均含量统计,本次侵入岩中所含亲 Cu 元素 Pb、Zn,亲 Fe 元素 Ni、Co、V 达同类岩石维氏丰度值的 1.5~3 倍,含量最突出的 W、Sn 元素,达到维氏值的数倍至数十倍,表明岩石具有形成铜、钼、钨等有色金属矿产的物质条件和对形成铁矿产有利的标志(李光明等,2001)。

### 2.2 印支期

印支期花岗岩主要分布在昆中断裂以北的东昆中陆块之中,从空间布局上看,该期花岗岩基本上继承了华力西中—晚期的分布格局,但此时的岩体规模较小,一般呈星散状分布。以北西向带占绝对优势,北东向次之。出露岩性见有:中细粒石英闪长岩、似斑状黑云母英云闪长岩、似斑状黑云母花岗闪长岩和中粒钾长花岗岩等。岩石类型整体反映为 S 型和 I 型花岗岩类型。据岩体中的包体特征,反映出印支早期同碰撞花岗岩曾经历过岩浆混合作用过程。而晚三叠世花岗岩属造山后花岗岩,是中生代陆内造山带叠覆造山作用达到一定程度之后伸展崩塌环境的产物,也是后碰撞阶段加厚陆壳重熔的产物。

本期岩浆侵入活动相对比较弱,该期侵入岩与围岩的侵入接触关系清楚,近邻岩体的围岩多具角岩化及硅化。岩体内及外接触带中-酸性脉岩普遍发育,且部分脉岩中具矿化现象。岩石化学特征属

SiO<sub>2</sub>过饱和-弱过饱和、铝过饱和和正常系列。其中，SiO<sub>2</sub>平均含量为 67.2%，碱总量为 7.7%，K<sub>2</sub>O>Na<sub>2</sub>O，K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 为 1.14，碱度系数为 0.5，氧逸度为 0.15，查氏 *b* 值在 3.25~11.87，分异指数在 55.1~93.6，以上岩石化学特征对钨、锡、铜、铅等有色金属矿产的形成较为有利。据岩石微量元素平均含量统计，本期侵入岩中 W、Sn、Cu、Pb、Zn、Ga、Ni、Co、Mn、Y 等元素平均含量均超过或达到同类岩石的维氏丰度值。其中，亲 Cu 元素 Pb、Zn、Cu 接近维氏丰度值的 1.5 倍，亲 Fe 元素 Co 接近维氏丰度值的 3 倍，有色金属元素 Sn、W 分别是维氏丰度值的 3 倍和 50 倍。表明岩石具有形成多金属及有色金属矿产的物质前提。岩石中出现的副矿物种类较多，其组合类型为锆石-榍石-褐帘石-磷灰石型。组合中出现较多含挥发份矿物萤石、电气石，是本期侵入岩副矿物组合的重要特点，这对形成有色金属矿产十分有利。副矿物中出现较多的白钨矿、方铅矿、黄铜矿、辉铜矿和砷铜铅矿等已可佐证。

本期侵入岩具有较好的含矿性。岩体内外接触带常见花岗伟晶岩脉及细晶岩脉沿节理裂隙穿插。围岩中硅化、绿泥石化、绿帘石化及碳酸盐化较发育，局部还可见黄铁矿化，沿节理裂隙多有石英脉、方解石脉及酸性岩脉充填。上述蚀变和酸性岩脉的活动，与本侵入期岩浆活动具有直接的联系，并构成了良好的成矿地质条件。

3 化探异常特征

2010 年，笔者在洪水河东地区（J46E022010、

J46E022011、J46E022012）开展了 1：5 万水系沉积物测量。根据异常的分布和元素组合特征，把异常分成了北、中、南三带（图 2）。

3.1 浑德伦河—开木棋河 Mo、Cu、Pb、Zn、Ag、W、Co 异常带（北带）

主要分布在浑德伦果托勒图幅的北东部，为区内华里西期、印支期岩浆岩混合带，岩体主要为石英闪长岩、正长花岗岩，侵入金水口岩群中。异常带呈北西向展布，西起乌腊德夏拉郭勒经盘羊沟向东止于开木棋河边，图内长约 11.5 km，宽约 2~6 km，盘羊沟地区最宽，向西变窄。异常成带出现，元素组合从复杂到简单，以 Mo、Cu、Pb、Zn 元素组合为主，并伴有 Ag、W、Co 等元素，异常强度高、规模大。主要由 AS8、AS9、AS11、AS13、AS14、AS19 等 6 个异常组成。异常带内有 M10-M16、M20-M28 等 16 处 1：5 万高精度磁法异常，为区内已知的重要成矿异常带。

其中，AS<sub>14</sub> 甲<sub>3</sub> Mo（W、Pb、Zn、Au）综合异常，长轴南北向，长约 3 km，宽约 2 km。主元素 Mo，伴生 Pb、W、Zn、Au 等元素。Mo 异常面积为 2.95 km<sup>2</sup>，W 异常面积 1.66 km<sup>2</sup>，Pb 异常面积为 0.46 km<sup>2</sup>，Zn 异常面积 0.38 km<sup>2</sup>，Bi 异常面积 0.38 km<sup>2</sup>。Mo、W、Pb、Zn、Bi 等元素具三级浓集分带且套合较好。该异常含 Au，具外中带，与 As 套合较好（表 1）。异常内矿化普遍，钻孔中见石英闪长斑岩。与航磁 M754 异常西端相吻合，位于地磁异常 M25 中。其中，在 M25 异常内进行的 1：5000 激电中梯剖面测量，显示低阻高极化特征，其视极化率最大为 15.3%，与地质背

表 1 AS<sub>14</sub> 甲<sub>3</sub> Mo（W、Pb、Zn、Au）异常特征参数表

Tab.1 Abnormal characteristic parameters of AS<sub>14</sub> I<sub>3</sub> Mo (W、Pb、Zn、Au)

元素	样点数/个	异常下限	极大值	平均值	衬度	面积	异常规模	浓度分带
Mo	21	1.5	52.30	4.77	3.18	2.95	9.38	外中内
W	11	3	38.00	11.73	3.91	1.64	6.41	外中内
Pb	4	30	1 259.00	355.63	11.85	0.46	5.45	外中内
Zn	3	80	1 016.00	439.00	5.49	0.38	2.09	外中内
As	16	15	39.30	17.32	1.16	2.10	2.42	外中
Ag	8	80	231.00	118.62	1.48	1.27	1.88	外中
Bi	4	0.5	4.70	1.66	3.31	0.38	1.26	外中内
Sn	4	5	15.60	10.28	2.06	0.45	0.93	外中
Au	3	2	4	3.1	1.55	0.26	0.40	外中
Cu	3	30	50.80	45.37	1.51	0.46	0.70	外
Hg	3	30	92.00	54.33	1.81	0.41	0.74	外中

注：含量：Au、Ag 为 ×10<sup>-9</sup>，其他为 ×10<sup>-6</sup>；面积：km<sup>2</sup>。

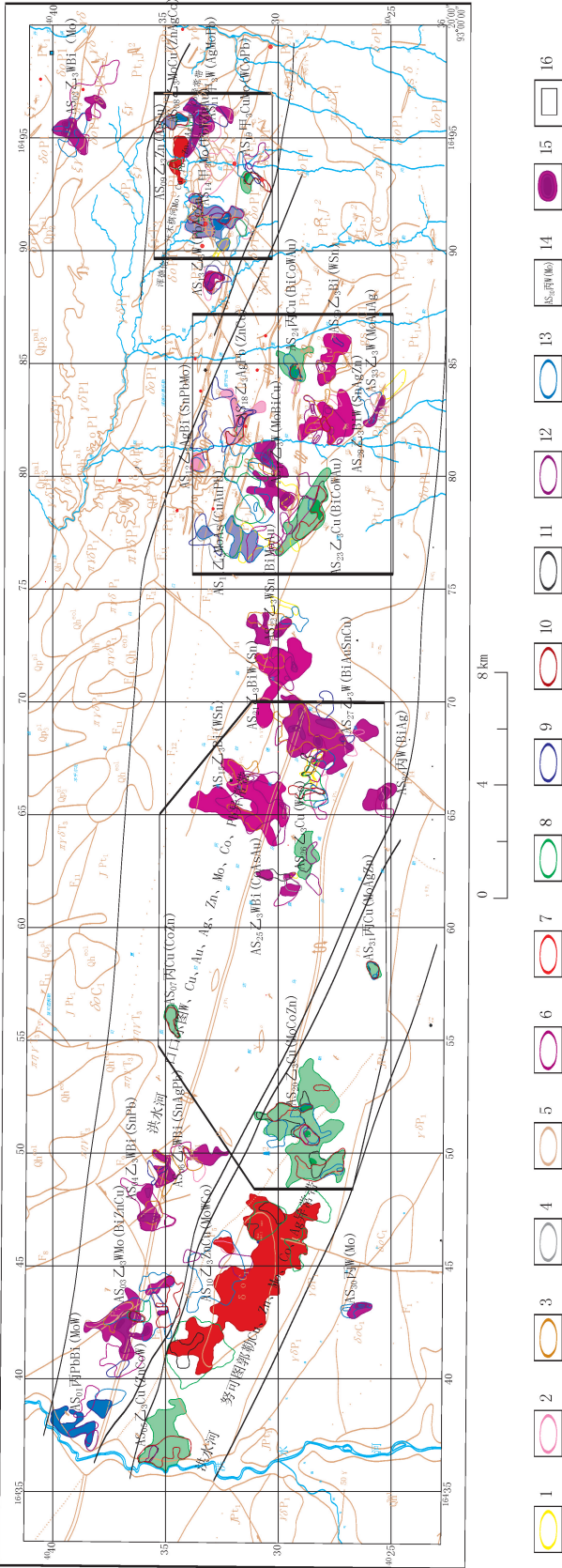


图1 青海省昆仑洪水河东地区水系沉积物测量综合异常图

Fig. 2 Stream sediment survey comprehensive anomaly map of east Hongshui river in eastern Kunlun of Qinghai Province

- 1. Au元素异常 (异常下限 $2.0 \times 10^{-9}$ ) ; 2. Ag元素异常 (异常下限 $80 \times 10^{-3}$ ) ; 3. Sn元素异常 (异常下限 $5 \times 10^{-6}$ ) ; 4. As元素异常 (异常下限 $155 \times 10^{-6}$ ) ;
- 5. Sb元素异常 (异常下限 $1.5 \times 10^{-6}$ ) ; 6. Bi元素异常 (异常下限 $0.5 \times 10^{-6}$ ) ; 7. Hg元素异常 (异常下限 $30 \times 10^{-6}$ ) ; 8. Cu元素异常 (异常下限 $30 \times 10^{-6}$ ) ;
- 9. Pb元素异常 (异常下限 $30 \times 10^{-6}$ ) ; 10. Zn元素异常 (异常下限 $80 \times 10^{-6}$ ) ; 11. Co元素异常 (异常下限 $30 \times 10^{-6}$ ) ; 12. W元素异常 (异常下限 $3 \times 10^{-6}$ ) ;
- 13. Mo元素异常 (异常下限 $1.5 \times 10^{-6}$ ) ; 14. 化探元素浓度异常; 15. 异常主元素浓度编号; 16. 斑岩铜钼矿找矿远景区

景吻合。通过工作发现磁铁铜矿点 1 处，磁铁矿体 11 条，铜钼矿体各 1 条。其中，Cu 品位为 0.31%~1.27%，Mo 品位为 0.033%~0.047%。以上成矿事实说明该异常为矿致异常，除已知铁矿（化）体外，对寻找斑岩型铜钼矿的可能性很大（宋忠宝等，2011；刘小舟等，2008）。

另 AS<sub>19</sub> 甲<sub>3</sub>Cu、Mo（W、Co、Pb）综合异常，

长轴北西向，长约 2.5 km，宽约 1.6 km。主元素 Cu、Mo，伴生 W、Co、Pb 等元素。Cu 异常面积为 0.40 km<sup>2</sup>，Mo 异常面积 0.44 km<sup>2</sup>，W 异常面积为 0.53 km<sup>2</sup>，Co 异常面积 0.42 km<sup>2</sup>，Pb 异常面积 0.21 km<sup>2</sup>。其中，Cu 元素具三级浓集分带，Mo 元素仅具外带，其他元素具外中带，各元素套合较好，异常特征见表 2。

表 2 AS<sub>19</sub> 甲<sub>3</sub>Cu、Mo（W、Co、Pb）异常特征参数表  
Tab. 2 Abnormal characteristic parameters of AS<sub>19</sub> I<sub>3</sub> Cu Mo（W、Co、Pb）

元 素	样点数/个	异常下限	极大值	平均值	衬度	面积	异常规模	浓度分带
Cu	2	30	120	85.85	2.86	0.40	1.15	外中内
Mo	4	1.5	2.39	4.02	2.68	0.44	1.17	外
W	4	3	8.13	4.76	1.59	0.53	0.84	外中
Co	3	20	40.6	32.03	1.60	0.42	0.67	外中
Pb	2	30	72.5	65.55	2.19	0.21	0.46	外中
Zn	3	80	117.00	97.07	1.21	0.28	0.34	外

注：含量：×10<sup>-2</sup>；面积：km<sup>2</sup>。

元素为热液型铜钼组合，显示热液接触变质，加有热液叠加特点。现正对该异常进行钻孔施工，已发现铜钼矿体，其中 Mo 品位为 0.033%~0.16%，铜钼矿找矿潜力较大。该异常带内 Mo、Cu、Pb、Zn、Ag、W、Co 元素含量均较高，与岩体含矿性吻合。已发现铜钼矿体，且分布有大量的高精度磁异常，总体沿北西向呈带状展布，磁异常多而密，为区内已知的重要成矿异常带。

3.2 洪水河一口口尔图 W、Cu、Au、Ag、Zn、Mo、Co、Pb 异常带（中带）

主要分布在研究区的中部，为区内华里西期岩浆岩带，岩体侵入金水口岩群中，异常带呈北西、北北西向展布，西起洪水河经努可图郭勒向东止于敦德夏拉郭勒，图内长约 48 km，宽约 5~11 km，乌拉德尕雄、口口尔图地区最宽，向两侧变窄。该异常带以 W、Cu、Au、Ag 元素组合为主并伴有 Zn、Mo、Co、Pb 等元素，异常强度高、规模大。主要由 AS1、AS3、AS4、AS6、AS7、AS12、AS15、AS16-AS18、AS21-AS30 和 AS32-AS33 等 21 个异常组成。异常带内有 M29-M36 等 8 处 1:5 万高精度磁法异常，已初步发现 4 处铁矿化点，具有一定的找矿前景。

其中，AS<sub>23</sub> 乙<sub>3</sub>Cu（Bi、Co、W、Au）综合异常，呈北西向展布，长约 4.6 km，宽约 1.5 km。

Cu 异常面积为 3.20 km<sup>2</sup>，衬度 1.43。Bi 异常面积 1.82 km<sup>2</sup>，衬度 1.58。Co 异常面积为 1.93 km<sup>2</sup>，衬度 1.37。W 异常面积为 1.19km<sup>2</sup>，衬度 1.70。Cu、Bi、W 等元素具中外带，其他元素仅具外带，但各元素套合较好。异常特征见表 3。

另外，AS<sub>27</sub> 乙<sub>3</sub>W（Bi、Au、Sn、Cu）综合异常，总体呈北西向展布，长约 6 km，宽约 3 km。W 异常面积为 6.61 km<sup>2</sup>，衬度 2.0，有 5 个浓集中心。Bi 异常面积 4.49 km<sup>2</sup>，衬度 1.51，有 2 个浓集中心。Au 面积为 0.8 km<sup>2</sup>，平均值为 11.75×10<sup>-9</sup>，最高为 32×10<sup>-9</sup>，衬度 5.88，有 2 个浓集中心。以上元素规模大、具三级浓集分带，套合好。Sn 异常面积为 2.97 km<sup>2</sup>，Cu 异常面积为 1.1 km<sup>2</sup>，Mo 异常面积为 0.75 km<sup>2</sup>，Sn、Cu、Mo 等元素具中外带，套合较好。异常特征见表 4。

该异常带内侵入岩主要为石英闪长岩、似斑状花岗闪长岩，化探元素组合 W、Cu、Au、Ag、Zn、Mo、Co、Pb 与岩体的含矿性一致。各化探异常规模较大，浓集中心明显，元素组合多，元素间吻合好，具备有色金属铜钼矿成矿的可能。

3.3 洪水河—努可图郭勒 Cu、Zn、Mo、Co、Ag 异常带（南带）

主要分布在研究区的南西部，为区内华里西期岩浆岩带，岩体侵入金水口岩群中，异常带呈北西



表 3 AS<sub>23</sub>乙<sub>3</sub>Cu (Bi、Co、W、Au) 异常特征参数表

Tab. 3 Abnormal characteristic parameters of AS<sub>23</sub>乙<sub>3</sub> Cu (Bi、Co、W、Au)

元素	样点数/个	异常下限	极大值	平均值	衬度	面积	异常规模	浓度分带
Cu	20	30	105	42.96	1.43	3.20	4.58	外中
Bi	14	0.5	1.10	0.79	1.58	1.82	2.88	外中
Co	11	20	53.7	27.47	1.37	1.93	2.65	外
W	10	3	9.97	5.09	1.70	1.19	2.02	外中
Zn	7	80	141	89.90	1.12	0.96	1.07	外
Au	6	2	2.40	2.17	1.08	0.81	0.87	外
Sn	2	5	6.10	6.00	1.20	0.15	0.18	外

注：含量：Au 为 $\times 10^{-9}$ ，其他为 $\times 10^{-6}$ ；面积： $\text{km}^2$ 。

表 4 AS<sub>27</sub>乙<sub>3</sub>W (Bi、Au、Sn、Cu) 异常特征参数表

Tab. 4 Abnormal characteristic parameters of AS<sub>27</sub>乙<sub>3</sub> W (Bi、Au、Sn、Cu)

元素	样点数/个	异常下限	极大值	平均值	衬度	面积	异常规模	浓度分带
W	35	3	24.22	5.99	2.00	6.61	13.19	外中内
Bi	26	0.5	2.01	0.75	1.51	4.49	6.78	外中内
Au	8	2	32	11.75	5.88	0.80	4.70	外中内
Sn	11	5	10.7	5.87	1.17	2.97	3.49	外中
Cu	10	30	66.82	37.85	1.26	1.10	1.39	外中
Ag	8	80	117	95.23	1.19	1.00	1.19	外
Mo	6	1.5	4.14	2.34	1.56	0.75	1.17	外中
Pb	8	30	35.18	32.35	1.08	0.87	0.90	外
Co	9	20	38.11	24.80	1.24	0.58	0.72	外
Zn	3	80	115.9	96.79	1.21	0.46	0.55	外

注：含量：Au、Ag 为 $\times 10^{-9}$ ，其他为 $\times 10^{-6}$ 。

向展布，西起洪水河经桃山向东止于额勒森尕诺英郭勒，图内长约 15 km，宽约 3.5~5 km。以 Cu、Zn 元素组合为主，并伴有 Mo、Co、Ag 等元素，异常强度高、规模大。主要由 AS5、AS10、AS20 和 AS31 等 4 个异常组成，带内发现黄铜矿石，具有一定的铜铅矿找矿前景。

其中，AS<sub>20</sub>乙<sub>3</sub>Cu (MoCoZn) 综合异常呈北西向展布，长约 5.5 km，宽约 3 km。主元素 Cu，伴生 Mo、Co、Zn 等元素。Cu 异常面积为 9.9

$\text{km}^2$ ，具中、外带，有 3 个浓集中心。Mo 面积为 2.79  $\text{km}^2$ ，具中外带。Co 异常面积 2.82  $\text{km}^2$ ，Zn 异常面积 2.97  $\text{km}^2$ 。以上元素规模大，套合好。异常特征见表 5。

异常内见大量黄铜矿石，结合地质特征和元素组合情况，该异常具备斑岩铜铅矿 Cu、Mo、W 元素组合特征，具斑岩铜铅矿找矿前景（王庆明等，2006；沈存利，2004；唐仁女思，1995）。

通过对化探数据的再处理，实行 Cu、Mo、

表 5 AS<sub>20</sub>乙<sub>3</sub>Cu (Mo、Co、Zn) 异常特征参数表

Tab. 5 Abnormal characteristic parameters of AS<sub>20</sub>乙<sub>3</sub> Cu (Mo、Co、Zn)

元 素	样点数/个	异常下限	极大值	平均值	衬度	面积	异常规模	浓度分带
Cu	58	30	71.00	39.40	1.31	9.90	13.00	外中
Mo	20	1.5	4.99	2.39	1.59	2.79	4.45	外中
Co	16	20	30.1	24.53	1.23	2.82	3.45	外
Zn	22	80	105.00	88.17	1.10	2.97	3.27	外
Ag	3	80	103.00	87.67	1.10	0.31	0.34	外
W	2	3	5.73	4.93	1.64	0.18	0.29	外

注：含量： $4 \times 10^{-6}$ ；面积： $\text{km}^2$ 。



W、Pb、Zn、Au、Ag 等元素衬值累加，可以看出 AS11、AS14、AS19、AS20 和 AS23 等化探异常 Cu、Mo、W 元素组合更加凸显，说明以上化探异常为典型的斑岩铜钼矿组合异常，具较好的找矿前景。

## 4 结论

研究区内与成矿作用有关的北西、北北西断裂发育，尤其是岩浆侵入活动强烈，对成矿十分有利。华里西、印支期侵入岩岩石属  $\text{SiO}_2$  过饱和、铝过饱和之极弱碱性-过碱性岩石，岩石微量元素 Pb、Zn、Cu、Mo、Sn、W 含量高出同类岩石维氏丰度值的数倍至数十倍，对钨、锡、钼、铜、铋、铅、锌等有色金属矿产的形成较为有利。且岩体中出现的副矿物种类较多，其组合类型属锆石-榍石-磷灰石型，这种类型是钨、锡、铅、锌、铜等有色金属矿产形成的标志（宋忠宝等，2007）。副矿物中的钨矿（ $0.38 \times 10^{-6}$ ）、黄铜矿（ $0.18 \times 10^{-6}$ ）及锡石、方铅矿和辉锑矿等有用矿物的出现即可佐证。通过矿产路线地质调查，发现区内围岩、岩体及其接触带、构造破碎带中绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化、钾长石化、高岭土化、迪开石化、矽卡岩化和绢云母化等蚀变普遍且强烈，具斑岩型矿化蚀变特征（宋忠宝等，2006；杨合群等，2002；孟良义，1992）。

通过 1:5 万水系沉积物测量，在研究区内圈定了 AS08、AS14、AS16、AS17、AS19、AS20、AS23、AS24、AS26 和 AS31 等 10 余处以 Cu、Mo、W 为主元素的化探综合异常，这些异常具备典型的斑岩铜矿床的化探组合特征（宋忠宝等，2009；党兴彦等，2006）。在正进行的盘羊沟、乌腊德地区开展的预查、普查工作中发现了铜钼矿体，在钻孔施工中发现了厚 4.7 m 的含 Cu 石英闪长斑岩，Cu 品位  $0.25\% \sim 0.58\%$ ，黄铜矿呈浸染状分布。从中国地质大学（北京）在西藏吉如 Cu、Mo、W 化探组合异常地区开展地质找矿工作，从而发现了斑岩铜矿，笔者得到启示：洪水河东地区发现了诸多象西藏吉如地区的斑岩铜钼矿床的典型 Cu、Mo、W 化探组合异常，从这些化探异常着手，发现斑岩及其斑岩铜钼矿的可能性较大。

综上所述，研究区与有色金属铜钼矿等成矿关

系较密切的岩浆活动强烈且次数较多，有闪长斑岩体，成矿地质条件十分有利。发现了 10 余处具典型的斑岩铜矿床的 Cu、Mo、W 化探组合异常，研究区远景区斑岩铜钼矿的潜力较大（图 2）。

## 参考文献 (References):

- 罗照华, 柯珊, 谌宏伟, 等. 东昆仑印支晚期幔源岩浆活动 [J]. 地质通报, 2002, 21 (6): 292-297.
- Luo Zhaohua, Ke Shan, Chen Hongwei, et al. Late indosinian mantle-derived magmatism in the East Kunlun [J]. Regional Geology of China, 2002, 21 (6): 292-297.
- 袁万明, 莫宜学, 喻学惠, 等. 东昆仑印支期区域构造地质背景的花岗岩记录 [J]. 地质评论, 2000, 46 (2): 203-211.
- Yuan Wanming, Mo Xuanxue, Yu Xuehui, et al. The record of indosinian tectonic setting from the granitoid of East Kunlun Mountains [J]. Geological Review, 2000, 46 (2): 203-211.
- 谌宏伟, 罗照华, 莫宜学, 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): 286-295.
- Chen Hongwei, Luo Zhaohua, Mo Yixue, et al. Underplating mechanism of Triassic granite of magma mixing origin in the East Kunlun orogenic belt [J]. Chinese Geology, 2005, 32 (3): 286-295.
- 宋忠宝, 贾群子, 张占玉, 等. 东昆仑祁漫塔格地区野马泉铁铜矿床地质特征及成因探讨 [J]. 西北地质, 2010, 34 (4): 209-217.
- Song Zhongbao, Jia Qunzi, Zhang Zhanyu, et al. Study on geological feature and origin of Yemaquan Fe-Cu deposit in Qimantage Area, Eastern Kunlun [J]. Northwestern Geology, 2010, 34 (4): 20-217.
- 陈有顺, 李善平, 李永祥, 等. 青藏高原北羌塘盆地纳日贡玛铜钼矿床地质特征及控矿条件 [J]. 西北地质, 2010, 43 (4): 256-266.
- Chen Youshun, Li Shanping, Li Yongxiang, et al. Geological features of copper-molybdenum deposit in Nari-gongma Area of Qiangtang Basin in Qinghai-Xizang Plateau [J]. Northwestern Geology, 2010, 43 (4): 256-266.
- 郭贵恩, 马彦青, 王涛, 等. 纳日贡玛含矿斑岩体形成机制及其成矿模式分析 [J]. 西北地质, 2010, 43 (3): 28-35.

- Guo Guien, Ma Yanqing, Wang Tao, et al. The formation mechanism and mineralization pattern of ore-bearing granite-porphyry in Narigongma [J]. *Northwestern Geology*, 2010, 43 (3): 28-35.
- 李光明, 沈远超, 刘铁兵. 东昆仑祁漫塔格地区华力西期花岗岩地质地球化学特征 [J]. *地质与勘探*, 2001, 37 (1): 73-78.
- Li Guangming, Shen Yuanchao, Liu Tiebing. Geological and geochemical characteristics of Variscan granite in the Qimantage region, Eastern Kunlun [J]. *Geology and Prospecting*, 2001, 37 (1): 73-78.
- 宋忠宝, 贾群子, 陈向阳, 等. 三江北段纳日贡玛花岗岩区长斑岩成岩时代的确定及地质意义 [J]. *地球学报*, 2011, 32 (2): 154-162.
- Song Zhongbao, Jia Qunzi, Chen Xiangyang, et al. The petrogenic age of Narigongma granitic diorite—porphyry in the northern part of the Sanjiang region and its geological implications [J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2011, 32 (2): 154-162.
- 刘小舟, 王轩, 张江, 等. 陕西金堆城斑岩型钼矿床地质地球化学特征 [J]. *西北地质*, 2008, 41 (03): 71-78.
- Liu Xiaozhou, Wang Xuan, Zhang Jiang, et al. The geological and geochemical characteristics of the Jinduicheng Mo Deposit, Shaanxi [J]. *Northwestern Geology*, 2008, 41 (03): 71-78.
- 王庆明, 赵仁夫, 屈迅, 等. 东天山成矿带斑岩型铜矿和其他类型矿床找矿勘查 [J]. *西北地质*, 2006, 39 (02): 57-77.
- Wang Qingming, Zhao Renfu, Qu Xun, et al. Prospecting of porphyry copper and other types of ore-deposit in the Eastern Tianshan Metallogenic Zone [J]. *Northwestern Geology*, 2006, 39 (02): 57-77.
- 沈存利, 苏宏伟, 王守光. 内蒙古铜矿床区域成矿特征初步研究 [J]. *西北地质*, 2004, 37 (03): 43-50.
- Shen Cunli, Su Hongwei, Wang Shouguang. Regional metallogenic characteristics of Cu deposit in Inner Mongolia. *Northwestern Geology* [J]. 2004, 37 (03): 43-50.
- 唐仁嫒, 罗怀松, 李荫清, 等. 西藏玉龙斑岩铜(钼)矿带地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- Tang Rensi, Luo Huaisong, Li, yinqing, et al. Geology of porphyry Cu-Mo ore zone in Yulong Tibet [M]. Geological Publishing House. Beijing, 1995.
- 宋忠宝, 王轩, 任有祥, 等. 东昆仑德尔尼矿床中矿床(体)的叠加成矿作用研究 [J]. *西北地质*, 2007, 40 (4): 1-6.
- Song Zhongbao, Wang Xuan, Ren Youxiang, et al. Super-imposed mineralization of Deernin Co-Cu Deposit, East Kunlun Mountains, NW China [J]. *Northwestern Geology*, 2007, 40 (4): 1-6.
- 宋忠宝, 杨合群, 谢春林, 等. 北祁连山石居里一带塞浦路斯型铜矿床岩石物性特征 [J]. *西北地质*, 2006, 39 (3): 1-6.
- Song Zhongbao, Yang Hequn, Xie Chunlin, et al. Physical properties of rocks and ores associated with Shijuli Cyprus-type copper-rich massive sulfide deposits in North Qilian Mountains [J]. *Northwestern Geology*, 2006, 39 (3): 1-6.
- 杨合群, 宋忠宝, 王兴安等. 北祁连山中西段塞浦路斯型铜矿特征、成矿作用及找矿标志 [J]. *西北地质*. 2002, 35 (4): 65-85.
- Yang Hequn, Song Zhongbao, Wang Xingan, et al. The characteristics, mineralization and prospecting indications of Cyprus-type copper deposits in mid-west section of the North Qilian mountains, China [J]. *Northwestern Geology*, 2002, 35 (4): 65-85.
- 孟良义. 斑岩铜钼矿床的蚀变与矿化 [J]. *科学通报*, 1992, 37 (23): 2162-2164.
- Meng Liangyi. Alteration and mineralization of porphyry Cu-Mo deposit [J]. *Science Bulletin*, 1992, 37 (23): 2162-2164.
- 宋忠宝, 杜玉良, 李智明, 等. 青海省矿产资源发育特征概述 [J]. *地球科学与环境学报*, 2009, 33 (1), 30-33, 47.
- Song Zhongbao, Du Yuliang, Li Zhiming, et al. Characteristics of mineral resources in Qinghai Province [J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2009, 33 (1): 30-33, 47 (in Chinese with English abstract).
- 党兴彦, 范桂忠, 李智明, 等. 东昆仑成矿带典型矿床分析 [J]. *西北地质*, 2006, 39 (02): 143-155.
- Dang Xingyan, Fan Guizhong, Li Zhiming, et al. Typical deposit analysis in the Eastern Kunlun Area, NW China [J]. *Northwestern Geology*, 2006, 39 (02): 143-155.

# Prospecting Potential Analysis of Porphyry Cu-Mo Deposit of East Hongshui River in Eastern Kunlun in Qinghai Province

LIU Jiang-feng, ZHAO Shuang-xi, LI Yan-qiang, LIU Chang-cai,  
YANG Xiao-gang, CHEN Xue-jun

(Nuclear Industry Geological Bureau of Qinghai Province, Xining 810008, China)

**Abstract:** In the east of Hongshui River, there was an intense magmatic activity and it develops into a series of quartzdiorite porphyrite and tonaliteporphyrite. The alteration characteristics of porphyry mineralized, such as chloritization, epidotization, carbonatization, potash feldspathization, kaolinization, dicanization, sericitization and skarnization, are commonly developed in the intrusion, wallrock and their contact zone. In this area, there are broad Cu, Mo, W geochemical composite anomalies, which are the typical elements assemblage of porphyry copper deposits. Moreover, the ore-bearing bodies are able to correlate the geochemical anomalies and we have found the Panyanggou and Wulade Cu-Mo ore bodies. So, eastern of Hongshui River has the ore-forming geological conditions of Porphyry Cu-Mo Deposit and there is a big potential for porphyry copper-molybdenum.

**Key words:** porphyry copper-molybdenum; Cu, Mo, W combined geochemical anomalies; East Hongshui River of Eastern Kunlun; Eastern Kunlun

## 《西北地质》投稿注意事项

近期很多作者在投稿时均未留下详细通信地址，导致《西北地质》编辑部与其本人联系不上，延误论文的发表，现提醒作者在投稿时注意以下几点。

1. 作者稿件应专投本刊，且未正式发表，严禁一稿多投。
2. 投稿时请提供 3~5 位水平较高的具有高级职称的审稿人的通讯地址、电话或手机、E-mail 等，供编辑部参考。
3. 论文摘要 300 字左右，中英文对照，图名、表名中英文对照。
4. 参考文献须中英文对照（较早的专著没有英文名称可以不翻译），著录格式应齐全，专著必须有年份，期刊必须有年、卷、期、页码范围。相应的《西北地质》也请尽量参考。
5. 来稿在语言文字、专业术语、国家标准、行业规范及国家机密等方面请作者务必仔细斟酌，稿件一经发表，文责自负，编辑部不负连带责任。
6. 来稿务必写清楚详细通讯地址及工作单位，一定要留下联系电话，以便及时与作者联系。作者在投稿的过程中若工作单位有所变动或手机换号，敬请迅速通知编辑部。