

大兴安岭北东段森林覆盖区岔路口巨型斑岩 钼多金属矿床的发现过程及意义

孟昭君 阚学胜 李宪臣 王建平 张瑞忠
吕克鹏 孙振江 石耀军 张佳南 王宏燕 韩 龙 张国玉

(黑龙江省有色金属地质勘查七〇六队, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:岔路口巨型斑岩钼矿的发现是近年来大兴安岭北段森林覆盖区找矿的重大突破,其规模居中国北方钼矿之首。矿床位于伊勒呼里山南 1 029 高地火山机构旁侧,成矿与晚侏罗世—早白垩世以超浅成相侵入的石英斑岩、花岗斑岩及其相伴产生的隐爆作用有密切时空关系。矿体产于火山沉积岩和成矿斑岩体中,钼矿化以呈网脉状和细脉的裂隙充填形式为主,少量为大脉状和细脉浸染状;钼矿体呈隐伏穹窿状,延深巨大。热液蚀变发育、分带性明显,以硅化强烈、萤石化广泛为显著特征。矿区剥蚀程度甚低,地表大范围表现为泥化带,仅中心地带发育有弱石英绢云母化和低品位钼矿化;向深部蚀变矿化逐渐增强,矿化延深达千米。钼矿体上部共伴生有脉状铅锌银矿化。成矿同期火山岩碱质含量高,该矿床为碰撞拼接后陆内伸展构造环境中岩浆活动产物,成矿岩浆—热液体系具高氟富硫高氧化的特征,与美国的 Climax 钼矿较为相似。该矿床的发现和探明,为研究斑岩—脉状钼锌银成矿体系提供了范例,对区域构造—岩浆过程研究与区域找矿勘查均具有重要意义。

关键词:岔路口;斑岩钼多金属矿;化探异常;成矿地质特征;热液蚀变;区域勘查;大兴安岭

中图分类号:P618.65

文献标志码:A

文章编号:1000-3657(2011)06-1504-14

大兴安岭地区森林覆盖、植被发育,地质研究程度相对较低,几十年来,除金矿床外,有色金属找矿突破不大,中型以上规模的矿床极少。岔路口斑岩钼多金属矿是通过区域成矿条件分析和找矿区带战略转移,在伊勒呼里山开展大范围预查发现岔路口异常,经 2007—2009 年普查和 2010 年详查评价,确定了特大型规模,现阶段正在勘探评价中,有望新确立一处世界级巨型斑岩钼矿。对比国内外同类型矿床,明显不同于大兴安岭区域东侧早古生代的的多宝山斑岩铜矿^[1-2]、大兴安岭西侧得尔布干成矿带上早侏罗世的乌奴格吐山斑岩铜钼矿^[3-7]、加拿大西岸哥伦比亚的 Endako、美国西南部中新代活动大陆边缘与俯冲挤压环境的 Climax、Urad-Henderson、Questa 斑岩钼矿^[8-9],而是产于陆内后碰撞造山向伸展走滑

转换的过渡环境^[6,10-14],成矿岩浆—热液以富硫高氧化高氟为特征而别具特色^[6,15]。因此,通过回顾该矿床的发现过程、总结评价技术手段方法及效果,研究对比成矿环境条件,特别是岩浆—热液体系作用等,对区域成矿背景和区带找矿均具有重要意义。

1 以往工作情况与岔路口斑岩钼矿的发现过程

岔路口钼矿区位于黑龙江省大兴安岭地区松岭区境内,距壮志林场北西 24 km,有简易公路相通,距松岭区所在地小扬气镇直距 50 km,交通方便。

矿区地处大兴安岭山脉北段,伊勒呼里山南侧,中高山区,森林覆盖,植被茂盛,岩石露头少。一般山峰海拔标高 600~900 m,相对高差 200~500 m,矿区

收稿日期:2011-9-20;改回日期:2011-11-15

基金项目:黑龙江省资源补偿费——黑龙江省大兴安岭地区多布库尔河上游铜多金属预查项目(SD2005-037)、齐齐哈尔市金源矿业有限公司和大兴安岭金欣矿业有限公司联合资助。

作者简介:孟昭君,男,1962年生,高级工程师,长期从事有色贵金属矿产地质勘查工作;E-mail:fxz1156@126.com。

内最高山峰 809.80 m,最低 542.10 m。水系发育,嫩江支流多布库尔河通过矿区,次级溪流遍布全区。属大陆寒温带气候,冬季漫长,干燥寒冷,无霜期短,在 100 d 左右,冻土层深度一般在 3.5 m 左右;年均气温 -5°C ,1 月份平均气温 -25°C ,最低达 -40°C 以下,7 月份平均气温 21°C ,最高气温 37°C ;夏季温湿多雨,年均降雨量 400~600 mm,多集中于 7—8 月份。

1.1 以往工作情况

区域地质调查和找矿勘查工作始于 20 世纪 50 年代末期,迄今为止,区域上 1:20 万区域地质调查、1:20 万重力调查、1:20 万和 1:5 万航磁测量已完成。少部地区开展了 1:5 万矿产地质调查。黑龙江省有色金属地质勘查局 706 队属地化后,通过区域成矿条件分析,实行战略转移,找矿重点区域从西侧内蒙古得尔布干成矿带进入大兴安岭北段。经数年的努力,取得了丰硕的异常成果和良好的找矿效果。主要工作及成果:

(1)2003—2004 年开展了亚里河—长青村 1446 km^2 和环宇外围 300 km^2 预查项目。亚里河区发现有亚里河、宏峰、十三支线、后勒山等矿化异常区;长青村异常评价已发现铜金银矿化体;环宇外围发现环宇铅锌矿有进一步扩大的潜力,并发现 303 工区铜钼矿点、952 高地钼矿化点等。

(2)2005—2006 年接续开展了多布库尔河上游 600 km^2 预查,发现了岔路口、五支线、西沟、1011 高地、北支线等多处有找矿潜力的组合异常区。其中岔路口异常的河东段经 2007—2009 年普查评价,初步确定为脉状铅锌银—斑岩钼复合矿床^[16-17]。

(3)2010 年业主大兴安岭金欣矿业有限公司加大投资力度,对河东 1—19 线—900 m 标高以上进行详查评价。以钻探为主要控制工程,在普查基础上又施工 58 个钻孔,钻探进尺 68 000 m。控制矿体长度 1 800 m,宽 100~1 000 m,垂直厚度 150~970 m。矿床规模实现了重大突破,但多数钻孔未穿过矿体底板停在矿体中。获得资源储量钼矿(332+333)矿石量 124 810 万 t,金属量 112 万 t,平均品位 0.090%;低品位钼(332+333)资源量矿石量 33 508 万 t,金属量 120 644 t,平均品位 0.036%。伴生有用组分银(333)矿石量 124 810 万 t,金属量 2 773.28 t,品位 2.222 g/t;锌铅(333)金属量 26.36 万 t。实现了特大型矿床规模。

(4)2011 年对 8—18 线按 100 m×100 m 网度进

行勘探,其外围按 200 m×200 m 网度详查控制,现已完成钻探近 10 万 m,矿化带长度、宽度、延深及富集程度均有不同程度的增加,矿床资源储量有望翻番。

1.2 区域成矿条件分析与选区

大地构造环境处于西伯利亚板块东南缘古生代陆缘增生带,中亚—蒙古复合造山带东段。中生代前由板块俯冲碰撞拼接构造体系所控制,中生代开始并入环太平洋构造域,成为欧亚板块一部分。中生代中晚期受滨太平洋陆缘活动影响,再次发生强烈构造—岩浆活动,形成了以北东向的深大断裂带为主干(得尔布干深断裂带、嫩江深断裂带等),又叠加匹配发育了北西向、北东东向及北北西向断裂,造就了地堑式断陷带与地垒式隆起带相间分布为显著特征的构造格局。

伊勒呼里山近东西走向,横卧大兴安岭北段中部,处于喜桂图旗—鄂伦春古生代增生带北端,也是黑龙江和嫩江两大水系的分水岭。该地区地层发育较全,构造岩浆活动强烈。中生代火山岩分布广泛,并发育较完整的火山机构(破火山口、火山构造)。伊勒呼里山脉较高山峰多为晚侏罗世—早白垩世中心式火山喷发所形成火山锥。火山—次火山的强烈活动,为有色金属、贵金属成矿富集创造了条件(图 1)。

区域重力图上反映出本区处于重力值由东向西递减变化的梯度带上。在 1:5 万航磁图上,表现为磁场相对较平稳区域,正、负磁场分布较规律,基本反映了中酸性火山岩和侵入岩体的分布。本区附近为低缓正磁背景上发育了正、负相伴的强磁异常区,外侧呈环状围绕的负磁异常,反映了 1 029 高地火山穹隆状、放射状断裂系统。其中矿区位置的负磁异常,明显反映了热蚀变退磁效应。断裂构造常表现为正负相伴串珠状和线状磁场梯度带(图 2)。

通过开展以 1:5 万地质填图和水系沉积物测量为主要技术手段的大范围预查扫面工作,发现异常经初步查证,择优选择靶区开展找矿普查工作。除岔路口特大型斑岩钼多金属矿床外,还发现十余处重要异常及矿化点。伊勒呼里山地区显示出良好的成矿潜力,已成为大兴安岭成矿带北段上最重要的多金属成矿集中区。

1.3 化探测量

1.3.1 1:5 万水系沉积物测量结果

发现岔路口地区有 Hs-19 和 Hs-20 两处组合异常,隔河相对。河西区 Hs-19 号异常长约 6 km,

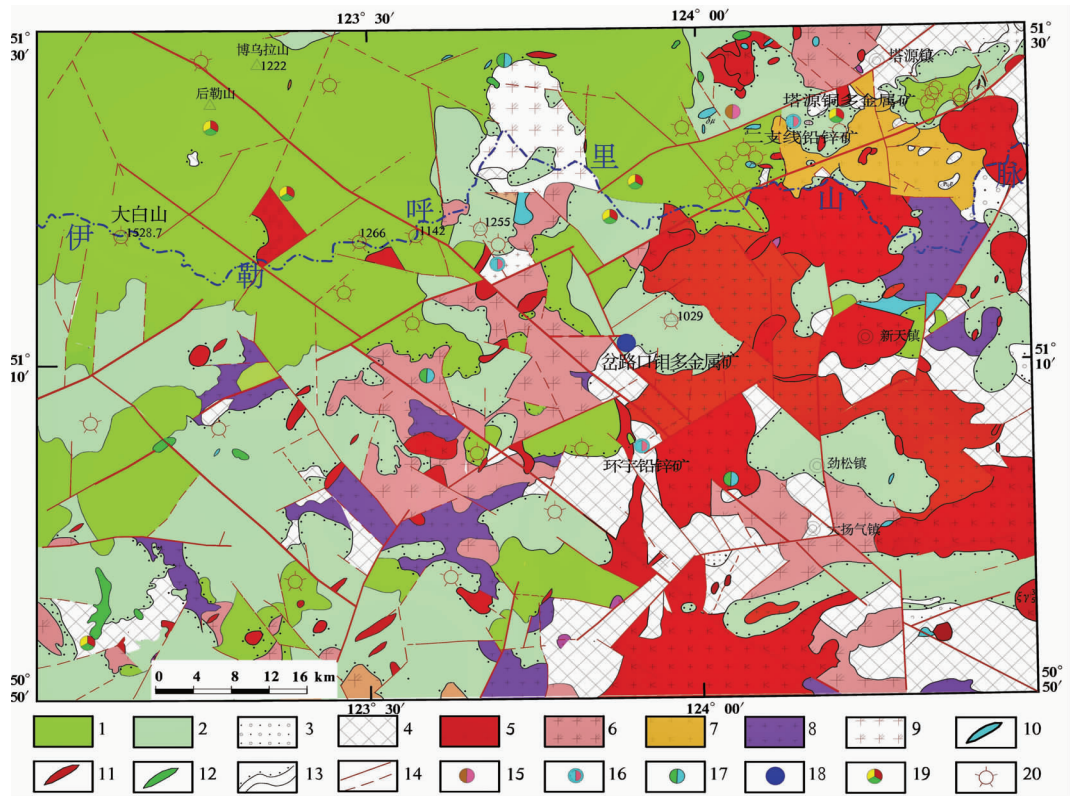


图1 大兴安岭北段伊勒呼里山区域地质简图

1—早白垩世中酸性火山岩;2—晚侏罗世中酸性火山沉积岩;3—古生界沉积岩;4—前寒武系变质岩;5—燕山晚期碱长花岗岩、二长花岗岩;6—燕山早期二长花岗岩;7—印支期花岗岩;8—华力西期花岗岩、花岗闪长岩;9—加里东期花岗岩、闪长岩;10—闪长玢岩;11—花岗斑岩;12—粗安岩;13—地质界线;14—断裂构造;15—金银矿;16—铅锌矿;17—铜钼矿;18—钼多金属矿;19—铜多金属矿;20—火山机构

Fig.1 Simplified regional geological map of Yilehuli area in northern Greater Hingan Mountains

1—Early Cretaceous intermediate-felsic volcanic rocks;2—Late Jurassic intermediate-felsic volcanic sedimentary rocks;3—Paleozoic sedimentary rock;4—Precambrian metamorphic rock;5—Late Yanshanian alkali-feldspar granite and monzonitic granite;6—Early Yanshanian monzonitic granite;7—Indosinian granite;8—Hercynian granite and granodiorite;9—Caledonian granite and diorite;10—Diorite porphyry;11—Granite porphyry;12—Trachyandesite;13—Geological boundary;14—Fracture structure;15—Au-Ag deposit;16—Pb-Zn deposit;17—Cu-Mo deposit;18—Mo polymetallic deposit;19—Polymetallic deposit;20—Volcanic structure

宽约 2 km, 呈北西向面状分布。异常元素有 Mo、Pb、Zn、Ag、Au、Cu、Sb、Bi, 其中 Mo、Zn、Sb、Ag、Au 元素相互套合好, 浓集中心明显。浓度分带 Mo、Zn、Bi 具内中外带。峰值 Mo 74.00×10^{-6} 、Pb 93.14×10^{-6} 、Zn $1\ 344.53 \times 10^{-6}$ 、Ag 4.6×10^{-6} 、Au 7.67×10^{-9} 、Cu 83.94×10^{-6} 、Sb 0.91×10^{-6} 、Bi 9.72×10^{-6} 。异常分布于元古宇—寒武系大网子组、上侏罗统一白垩统白音高老组火山岩地层和燕山早期花岗岩以及晚期花岗斑岩中(图 3)。

河东区 Hs-20 号组合异常长约 2.2 km、宽约 1.7 km, 椭圆状。异常元素有 Mo、Pb、Zn、Ag、Au、Cu、As、Sb、Bi, 各元素相互套合较好, 其中 Mo、Au、Ag、Zn 具备中、内带, 浓集中心明显; 各元素峰值 Mo 60.00×10^{-6} 、Pb 194.69×10^{-6} 、Zn 1156.35×10^{-6} 、Ag 5.6×10^{-6} 、Au 8.34×10^{-9} 、Cu 99.64×10^{-6} 、As 25.91×10^{-6} 、Sb 1.6×10^{-6} 、Bi 1.32×10^{-6} , 异常发育在白

音高老组蚀变火山岩地层和大网子组变质砂岩、板岩中, 成为进一步验证评价的首选靶区。

1.3.2 1:20 000 土壤测量异常

河东区 Ht-D-01 异常, 呈北东向带状分布, 以 Mo、Zn、Ag 为主, 伴生 Cu、Pb、Au、As、Sb、Bi, 面积约 0.64 km^2 , 以银锌面积最大。Cu、Zn、Au、Ag、As、Sb、Bi 元素异常北侧未封闭; Mo 异常南西侧未封闭。各异常元素套合好, 浓集中心明显, 浓度分带 Mo、Pb、Zn、Au 居内带, 其他元素居中带。各元素峰值 Mo 254.00×10^{-6} 、Pb 865.43×10^{-6} 、Zn 2822.31×10^{-6} 、Ag 5.86×10^{-6} 、Au 140.20×10^{-9} 、Cu 189.36×10^{-6} 、As 64.55×10^{-6} 、Sb 2.94×10^{-6} 、Bi 6.66×10^{-6} (图 3)。异常主体发育在白音高老组中酸性火山岩地层中, 部分延伸到大网子组变质砂岩、片理化安山岩等中。

河西区 Ht-X-01 号异常。以 Mo、Zn、Ag 为主, 伴生 Cu、Pb、Au、As、Sb、Bi, 呈面状分布, 面积约 4

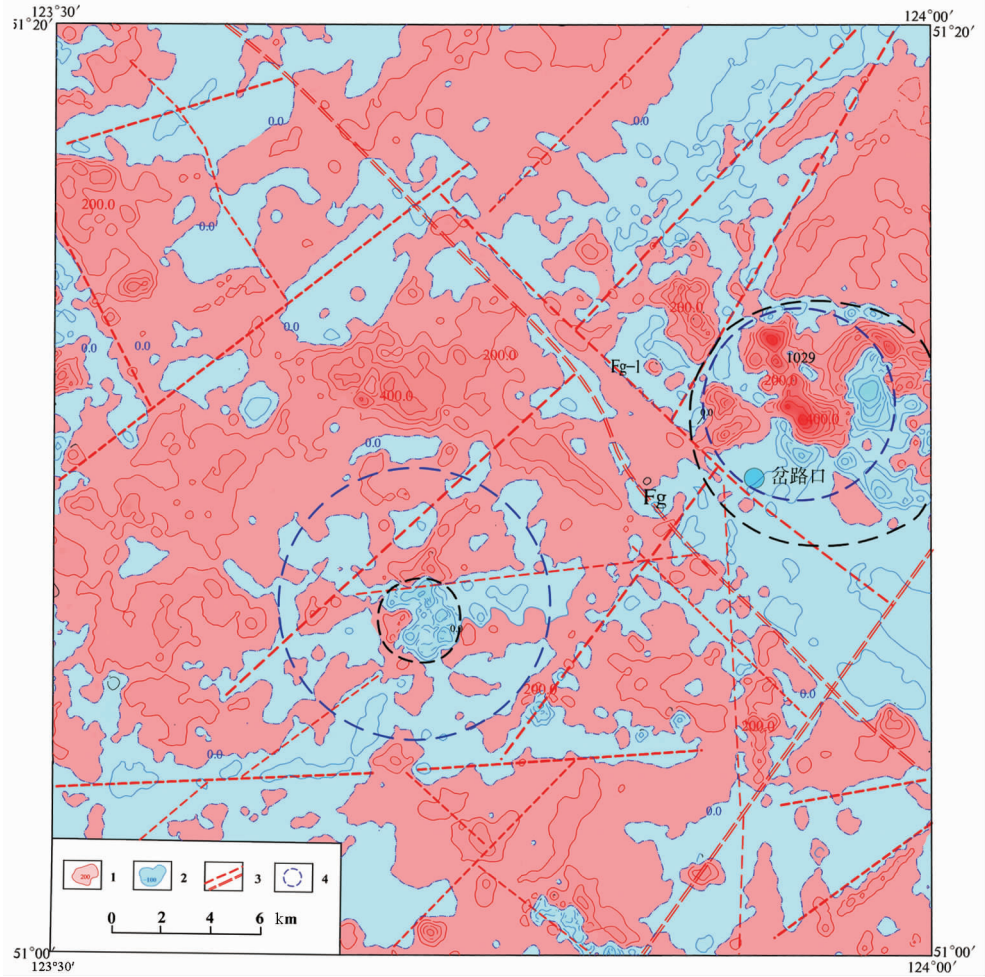


图 2 岔路口地区航磁解译图

1—正磁场;2—负磁场;3—解译线性构造;4—解译环形构造

Fig.2 Aeromagnetic interpretation map of the Chalukou ore district

1-Positive magnetic field; 2-Negative magnetic field; 3-Linear structure; 4-Ring-shaped structure

km², 以 Mo 面积最大, Mo、Au 异常北东侧未封闭, Cu、Ag、Zn 异常南西侧未封闭。Pb、Zn、Ag、Mo 元素相互套合较好, 浓集中心明显, 浓度分带 Mo、Zn 具内带, 其他的元素具中带。各元素峰值 Mo 254.00×10⁻⁶、Pb 217.37×10⁻⁶、Zn 2 018.99×10⁻⁶、Ag 4.50×10⁻⁶、Au 30.30×10⁻⁹、Cu 62.05×10⁻⁶、As 10.50×10⁻⁶、Sb 1.21×10⁻⁶、Bi 5.94×10⁻⁶。Cu、Ag、Zn 具有向南西侧富集的趋势。异常区出露大网子组、白音高老组地层, 二长花岗岩以及花岗斑岩(图 4)。

1.4 物探勘查成果

激电中梯测量, 河东区视极化率背景较高, 按异常下限 4% 圈定激电中梯异常, 长度大于 2000 m, 宽度大于 1000 m, 规模较大, 视极化率极大值 10.3%, 中心位置对应有明显的低阻异常, 为典型低阻高极

化异常。河西区背景场较低, 区内异常规模较小、比较零散, 不如河东区异常稳定和连续。推断为后期构造破坏较严重, 剥蚀略大所致。

高精度磁法测量, 河东区花岗岩具最强磁性, 变化范围不大, 能引起平稳的正磁异常。流纹岩、强蚀变岩等磁性最弱, 引起负磁异常。花岗质隐爆角砾岩、变质岩、蚀变安山岩磁性中等, 构成矿区的背景磁场。河东区磁场比较平稳, 以负磁异常为主, 正、负异常场相差不大。矿区出露有流纹岩、流纹质凝灰熔岩、变砂岩、变安山岩、泥岩, 少量花岗质隐爆角砾岩。参数测定表明, 除粗安岩磁性略强外, 其他岩石磁性差异不大。正异常场反映了粗安岩及斑岩体, 负磁异常大致反映了热液蚀变范围, 热蚀变退磁作用明显。因此低负磁异常为本区找矿的地球物理标志

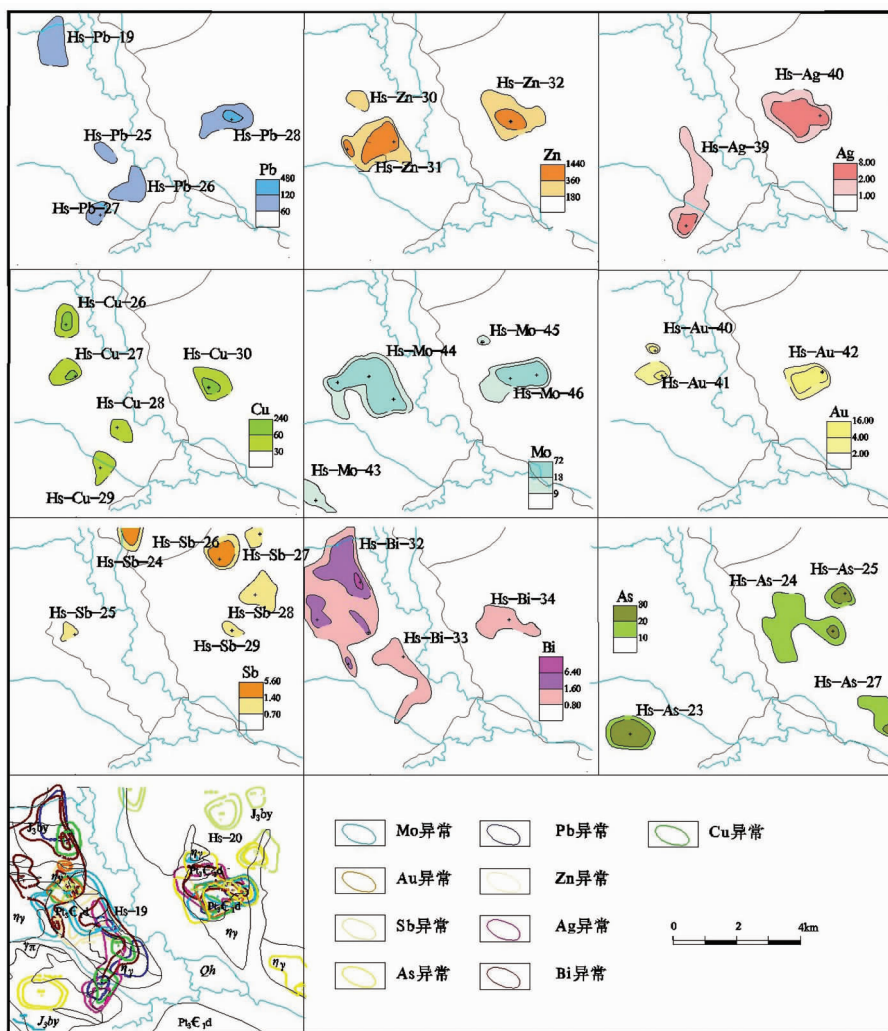


图3 岔路口 1:5 万水系异常剖析图

(Au 的单位为 10^{-9} , 其他的为 10^{-6})

Qh—第四系冲积物; J₃by—上侏罗统白音高老组中酸性火山沉积岩; P₃ε₁d—新元古界下寒武统佟勒根群大网子组变质岩;
η γ—燕山早期二长花岗岩; γ π—燕山晚期花岗斑岩

Fig.3 Geochemical anomaly map of stream sediment of Chalukou ore district

Qh—Quaternary alluvial deposits; J₃by—Upper Jurassic Baiyingaolao Formation intermediate-felsic volcanic rocks; P₃ε₁d—Upper Proterozoic Wolegen Group metamorphism rocks; η γ—Early Yanshanian monzonitic granite; γ π—Late Yanshanian granite porphyry

之一。

河西区正、负异常场差异较小。正异常场面积较大,比较平稳和连续,峰值为 1 435 nT,推断为细粒花岗岩引起。负异常场较稳定和连续,规模不大,最低值为-135 nT。推断为蚀变岩及构造的综合反映,总体上较河东区复杂。

1.5 岔路口 Pb-Zn-Ag 矿床的发现及深部斑岩钼矿探查

黑龙江省有色金属地质勘查 706 队在 2007 年在开展普查工作时,根据物化探异常成果及地质条

件,实施地表槽探验证工作,揭露到一条宽 6 m 铅锌银矿体(走向 60°,倾向 330°,倾角 45°),平均品位 Pb 0.71%,Zn 0.08%,Ag 29.45 g/t,单样最高品位 Pb 1.84%,Zn 0.14%,Ag 80.26 g/t。矿化反映出受构造破碎带和强硅化控制的热液脉状特征,多数人认为与西侧满洲里地区“甲乌拉—查干矿床”属于同类型^[4,18-19]。在进一步槽探验证时,其主导思路就是揭露控制构造-蚀变-矿化带,结果发现铅锌银化规模、强度及连续性不佳。但发现槽探系统采集采集的原岩光谱样分析结果钼异常显著,可初略圈定出长约

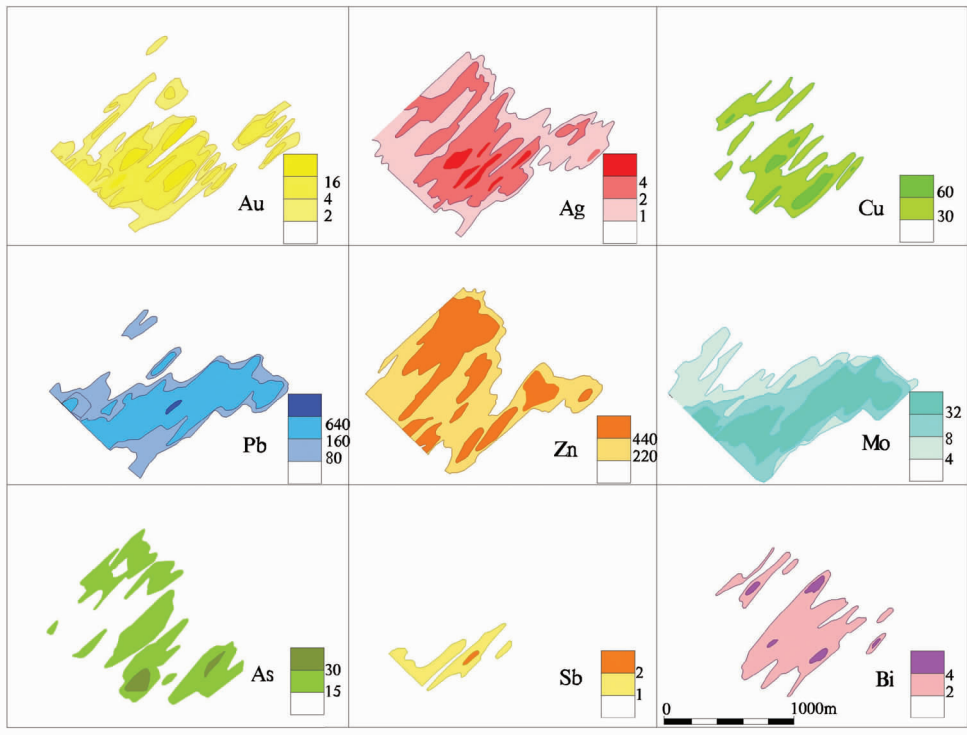


图 4 岔路口河东区土壤 Ht-D-01 异常图

Fig.4 Ht-D-01 soil anomaly map of Hedong segment of the Chalukou ore district

1 350 m、平均宽 200 m 的钼矿化($Mo > 0.01\%$)带,并有 $Mo > 0.03\%$ 的地段,在部分基本分析样品中也印证有钼的矿化富集,最高单样 Mo 达 0.170%,这样评价钼矿被重视起来。而且在实施深部验证钻孔中,揭露到钼矿化体 Mo 0.02%,最高有 0.77%,且向深部蚀变及矿化有增强趋势。

在 2008—2009 年接续普查工作中,完成钻探 27 孔 12 967.83 m,槽探 18 783 m^3 ,基本分析 6 238 件等。其中河东区施工 24 个钻孔,控制钼矿体长度 1 600 m,宽 100~600 m,最大深度 713 m。获得钼总资源量(333)矿石量 31 222 万 t,金属量 248 272 t,平均品位 0.080%;铅锌银矿(333)资源量矿石量 3 662.91 万 t,金属量铅 59 872 t,锌 345 115 t,银 350.558 t。评价出大型规模、尚有进一步发展潜力的斑岩型钼—脉状铅锌银矿床。

河西区以单一钼矿化有别于河东区,地表槽探中多处可见钼华及星点状辉钼矿。揭露发现钼矿体($Mo > 0.03\%$)2 条,呈北东走向平行排列。其中 V-1 号矿体长 200 m,宽 1 m,平均品位 0.030%;VI 号矿体控制长 400 m,最宽 130 m,最窄 60 m,单工程

最高品位 0.097%,原岩光谱样中最高品位 Mo 1.965×10^{-6} 。对比河东区,可见二者地质条件、异常特征、蚀变矿化类型等具一定相似型,但河西区蚀变矿化范围较大、矿化强度较低、剥蚀程度更大。

2010 年对河东区进行详查,完成钻探工程 58 个孔 55 078.51 m,槽探 13 533 m^3 ,基本分析 27 517 件等,确定岔路口为一巨型斑岩钼多金属矿,在钼矿体上部伴生有铅锌银矿化。

2 矿区地质特征

从大地构造环境上看,该区地处西伯利亚板块东南古生代陆缘增生带上,属于西伯利亚板块与华北板块之间发育的中亚—蒙古复合造山带东段。中生代前由板块俯冲碰撞拼接构造体系所控制,中生代并入环太平洋构造域,进入大陆裂谷演化阶段^[10-11]或陆内伸展构造背景^[12-15, 20],受太平洋板块向欧亚板块俯冲的影响,构造岩浆强烈活动,成为滨西太平洋火山—岩浆岩活动带的一部分。

出露地层主要有古元古界新华渡口群和新元古界—下寒武统倭勒根群吉祥沟组和大网子组变质

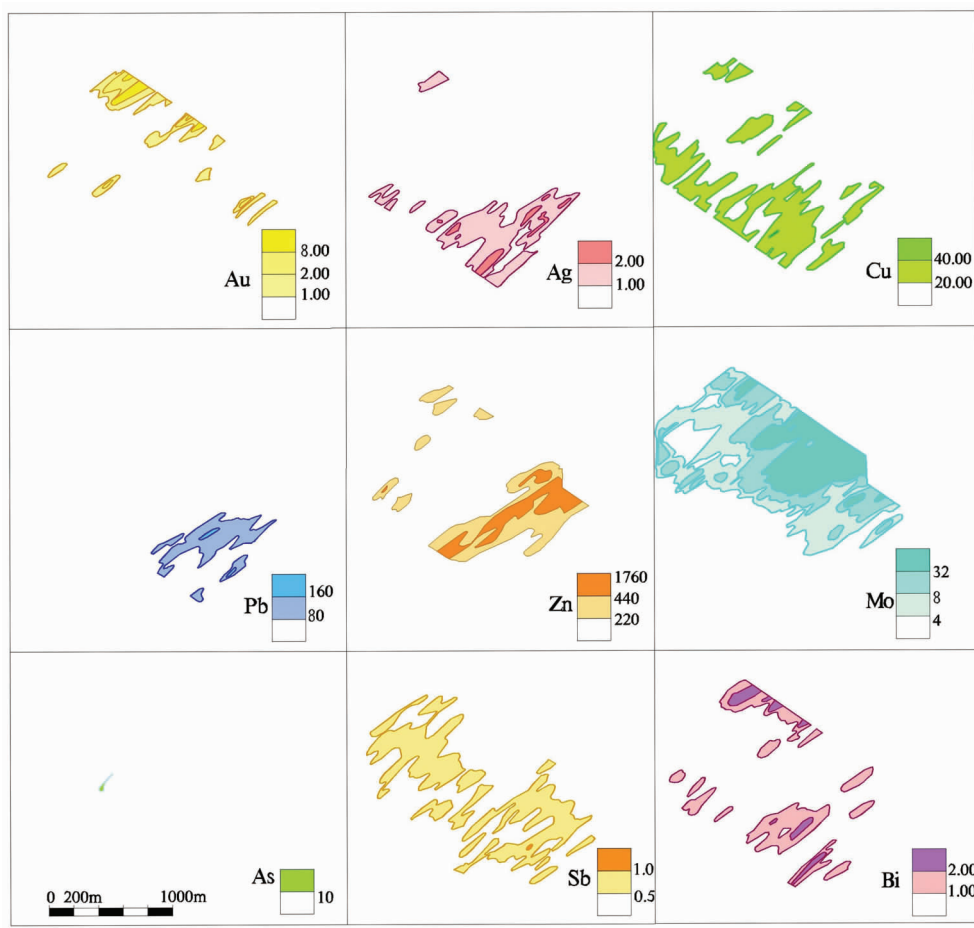


图5 岔路口河西区土壤 Ht-X-01 异常图

Fig.5 Ht-X-01 soil anomaly map of Hexi segment of the Chalukou ore district

岩、古生界石炭系沉积岩和中生界侏罗系—白垩系火山岩及火山沉积岩。其中古元古界新华渡口群主要为深变质的片麻岩类、混合岩类、片岩、变粒岩、薄层状大理岩；新元古界—下寒武统倭勒根群吉祥沟为一套海相沉积—火山岩建造，岩性为以石英片岩为主、夹条带状大理岩和二云石英片岩、绿泥石英片岩夹大理岩。倭勒根群大网子组为变质海相中基性火山岩。古生界下石炭统主要岩性为生物碎屑灰岩、泥质粉砂岩、粉砂泥质板岩和页岩等，含植物化石。侏罗系上统—白垩系下统白音高老组，主要为一套中酸性火山岩。

岩浆岩分布广泛，时代包括加里东期、华力西晚期、印支期、燕山早期和燕山晚期，构成区域上北东向分布的侵入杂岩体隆起带。矿区附近燕山期岩浆岩最为发育，早期二长花岗岩、碱长花岗岩、花岗闪长岩等，受断裂构造控制，多呈小岩基、岩株产出。晚

期石英斑岩、花岗斑岩、二长斑岩、正长斑岩、闪长玢岩等，超浅成侵入次火山斑岩体广泛发育，常成为火山机构的组成部分。

受区域大地构造格局的控制，矿区构造主要断裂呈北东向，控制老变质岩地层和主要岩体的展布，叠加的次级断裂主要有北西、北东东及北北东向，其交汇构造往往控制了火山喷发中心、潜火山岩体侵入，也为金属矿化富集提供了有利条件。主要断裂有：

Fg 断裂构造为大杨气—塔源—塔河深断裂带的次级构造，NW 向发育，延长大于 60 km。1:5 万航磁图上为线形展布的低缓正负磁异常变化带，该断裂为古生代发育的构造，控制着老地层的出露及华力西晚期侵入体的出露分布，区域上常被为燕山早期的侵入体二长花岗岩基所占居；与 NE 向 F₃ 断裂构造构成火山穹隆边界控制构造。

Fg-1 断裂为多布库尔河谷断裂，是 Fg 深断裂

次级平行构造,延长约 20 km,南东端被北东向断裂所截。为成矿期后进一步活动的张扭性断裂构造,把岔路口矿区分割成河东、河西两个部分。处于上盘的河东区相对下降,下盘河西相对抬升,造就了河西区剥蚀程度大于河东区的现象。

2.1 矿区地质

矿区东西长约 8 km,南北宽约 5 km,面积约 40 km²。分为河东(2011 年勘探)区、河西(2008 年普查)区两部分。

区内主要出露有新元古界—下寒武统倭勒根群大网子组变质岩,侏罗系下统—白垩系上统白音高老组火山岩及火山沉积岩。大网子组为一套浅变质岩及变质海相中基性岩,岩性由变角斑岩、变玄武岩、变安山岩,变质砂岩、板岩夹薄层条带状硅质大理岩等;侏罗系白音高老组以中酸性火山碎屑岩为主,夹薄层沉积岩及少量的熔岩,岩性有流纹质含角砾凝灰岩熔岩、英安质角砾凝灰岩、流纹岩、英安岩、安山岩、层状凝灰质粉砂岩及泥岩等。构成矿段区要含矿围岩,并遭受了强烈的热液蚀变改造。

区内侵入岩体发育,有华力西晚期石英闪长岩、燕山早期黑云母二长花岗岩及燕山晚期浅成侵入流纹斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、正长斑岩、粗安岩、闪长玢岩等。与成矿有密切时空关系的为石英斑岩、花岗斑岩,主期为花岗斑岩。超浅成斑岩侵入体呈岩株、岩脉、岩枝状产出。

矿区构造以断裂为主,一般发育规模不大。对成矿控制作用最明显的是浅成斑岩的侵入及其隐爆作用所产生的破碎、震裂及各种裂隙构造。成矿期后区域上近南北方向上的挤压应力持续作用,导致北北西向的张扭构造(Fg-1 多布库尔河谷断裂)及北东东向压性断裂(F₂ 断裂)活动明显加剧。发育于 Fg-1 多布库尔河谷断裂上盘,呈北东 60~70°走向的 F₂ 断裂构造,演化为逆冲断裂构造,错断了部分矿体和矿化体,对矿体南东翼有一些破坏;同时使得下盘矿化主体部分被覆盖掩藏,因此该断裂对矿床主体免遭剥蚀也起到了一定的保护作用。

2.2 火山—次火山杂岩及其与钼矿化的关系

2.2.1 火山活动

区域上晚侏罗世—早白垩世火山活动广泛强烈,矿区北东侧发育有 1029 高地火山机构。是以大网子组变质岩地层和燕山早期似斑状黑云母二长花岗岩岩基为火山基底,于晚侏罗世白音高老期喷发

中酸性火山—沉积岩所形成的中心式锥状火山,面积至少 56 km²。火山岩相发育齐全,形态完整,火山地层岩性有集块岩、含角砾岩屑晶屑凝灰岩、熔结凝灰岩、流纹岩、英安岩、凝灰砂岩及层状凝灰岩,以火山碎屑岩为主,熔岩为辅;地层倾角 12°~37°。喷发类型是以爆发式为主,喷溢式为辅,火山口及附近被喷溢涌出英安岩所覆盖,边部流动构造发育、中心部位斑晶粗大为特征。

航磁图上为 1:5 万航磁图反映出在正磁异常展布区域,发育有正负相伴的强磁异常为中心,外部环绕负异常区,典型的线形与环形组合异常;地貌上以 1029 高地为中心向外发育放射状水系,及弧状沟谷,并发育有环状、放射状断裂构造以及多期潜火山岩的超浅成侵入。

岔路口矿区产于该火山机构南西侧,多期次潜火山岩体(石英斑岩、花岗斑岩、粗安岩、英安岩)强烈发育处。矿床主体均赋存在中酸性火山岩地层和次火山斑岩体中。

2.2.2 浅成岩与超浅成岩

矿区浅成岩活动尤为强烈、多期次侵位,构成一个复式杂岩体。主要类型有文象钾长岩、细晶岩、流纹斑岩、石英斑岩、花岗斑岩、正长斑岩、粗安岩、闪长玢岩等。其中石英斑岩和花岗斑岩的侵入及其相伴的隐爆作用与成矿关系最为密切。

石英斑岩呈岩枝状侵入火山沉积岩层中,地表有部分出露,主体分布在地表及其下 600 m 区间内,侵入密切相伴的隐爆作用所形成的角砾岩主体在 7-16 线均有分布,可能与本区铅锌银矿化富集更为密切。胶结物热液硅质中普遍发育黄铁矿化、辉钼矿化及萤石化。

花岗斑岩呈隐伏状的岩株,主体分布在 10-17 线,地表埋深 600~800 m,岩株长大于 800 m,宽 200~400 m,最宽处达 600 m。岩株主体的上部有岩枝发育,与其密切相伴的隐爆作用产物热液角砾岩分布于 10-17 线,角砾成分为中粒二长花岗岩、花岗斑岩,胶结物热液硅质中普遍具黄铁矿化和较好的辉钼矿化。

成矿期后粗安岩呈岩枝、岩脉状侵入 3 线以东。后期脉岩有正长斑岩、闪长玢岩,穿入矿体中,对矿体有破坏,局部仍有热液活动,脉岩具弱蚀变。

2.2.3 岩浆活动与钼矿化的关系

区内燕山期岩浆岩活动强烈、频繁、复杂。燕山

早期以深成相岩基状产出的似斑状黑云母二长花岗岩体,穿插有花岗闪长岩、文象花岗岩、细粒花岗岩等岩枝。燕山晚期以浅成-超浅成相发育的各类斑岩体,有流纹斑岩、钾长细晶岩、石英斑岩、花岗斑岩、正长斑岩、粗安岩、闪长玢岩等。其中流纹斑岩、钾长细晶岩为稍早阶段侵入到火山岩层中;主成矿期有石英斑岩和花岗斑岩体侵入,规模最大花岗斑岩是主成矿斑岩;晚期有英安斑岩岩株发育。成矿期后有正长斑岩、闪长玢岩等脉岩发育,切割花岗斑岩和矿体。在不足4 km²范围内多期次、持续作用、脉动式侵入,反映出本区岩浆-热液系统形成作用时间长、分异演化充分,为大钼矿的形成提供了先决条件。

2.3 围岩蚀变特征

2.3.1 围岩蚀变类型及分布

矿区热液蚀变现象普遍,常见有硅化、绢云母化、萤石化、碳酸盐化、高岭土化、叶腊石化、伊利石化、绿泥石化、绿帘石化、石膏化等。地表大范围发育的是高岭土化、叶腊石化、石膏化、硅化及萤石化,矿

化中心区域有弱硅化、绢云母化、萤石化;钾长石化出现在500~600 m(海拔200 m标高)以下。

2.3.2 蚀变分带

热液蚀变为分带性的面状体,河东区地表发育面积近6 km²,在空间上,蚀变围绕着成矿岩体—花岗斑岩体向外扩散、叠加,形成热液蚀变分带现象(图6~7)。

横向上由矿体中心向两侧围岩表现为:石英钾长石化带—石英绢云母化黄铁矿化带—硅化泥化带—青磐岩化带。

垂直方向上,地表浅部至深部,可划分出青磐岩化带—硅化泥化带—石英绢云母化带—石英钾长石化带。

蚀变矿物有石英、萤石、绢云母、钾长石、伊利石、叶腊石、绿泥石、绿帘石、方解石、镜铁矿、黄铁矿等。蚀变矿物组合常以石英-绿泥石-绿帘石-方解石、石英-萤石-方解石-黄铁矿、石英-绢云母、石英-钾长石、石英-镜铁矿(赤铁矿)-磁铁矿等发育

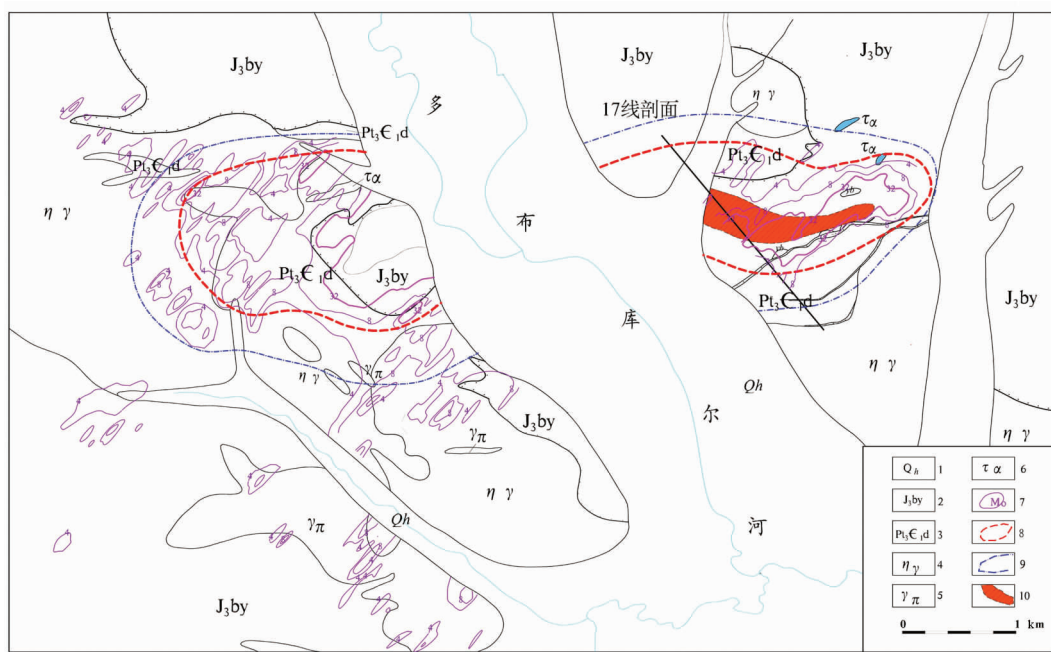


图6 岔路口矿区地质简图

- 1—第四系冲积物;2—上侏罗统白音高老组中酸性火山沉积岩;3—新元古界倭勒根群大网子组变质岩;
- 4—燕山早期二长花岗岩;5—燕山晚期花岗斑岩;6—燕山晚期粗安岩;7—Mo异常等值线;
- 8—矿化范围(河东区实际控制,河西区根据地表推测);9—蚀变范围;10—地表钼矿化范围

Fig.6 Simplified geological map of the Chalukou ore district

- 1—Quaternary alluvial sediments;2—Intermediate-acid volcanic rocks of Upper Jurassic Baiyingaolao Formation;
- 3—Upper Proterozoic Wolegen Group;4—Metamorphism rocks of Early Yanshanian monzonitic granite;5—Late Yanshanian granite porphyry;6—Late Yanshanian trachyandesite;7—Mo anomaly contour line;8—Horizontal projection boundary of Mo mineralization;9—Alteration boundary;10—Surficial area of Mo mineralization

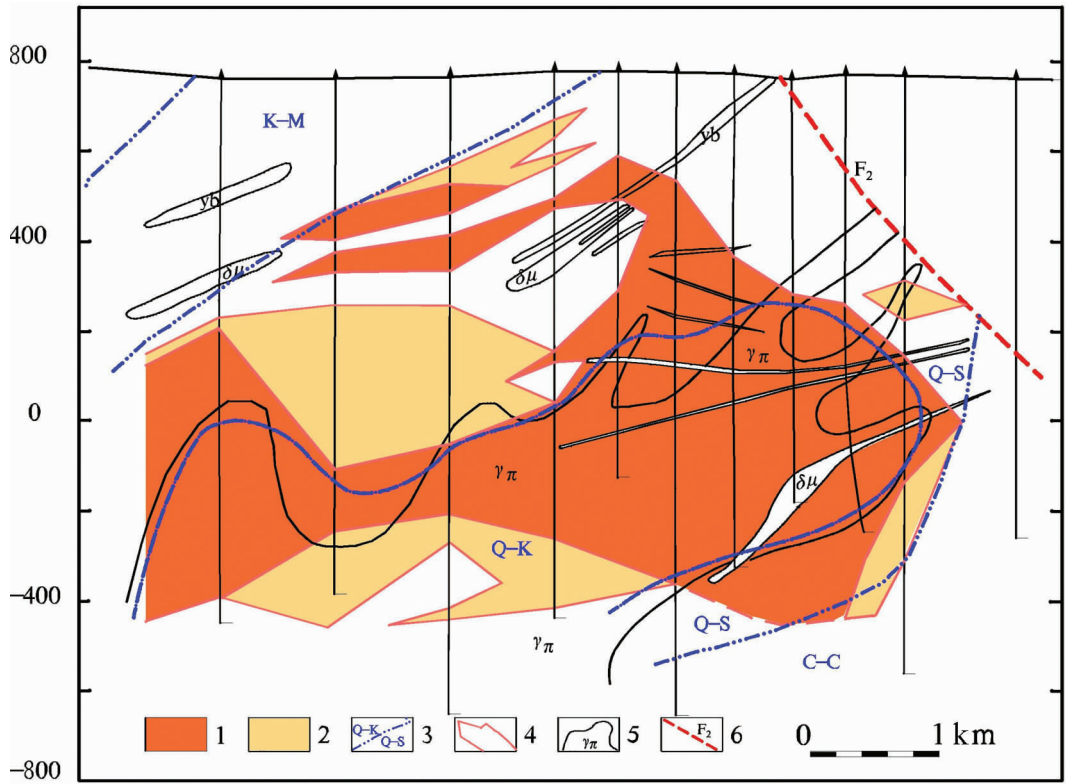


图 7 岔路口矿区 17 勘探剖面图

1—工业钼矿体;2—低品位钼矿;3—蚀变分带;4—矿化边界;5—成矿斑岩体;6—断裂构造;Yb—热液角砾岩;
δ μ—闪长玢岩;Q-K—石英-钾长石化带;Q-S—石英-绢云母化带;K-M—泥化带;C-C—青磐岩化带

Fig.7 Geological section along No.17 exploration line of the Chalukou ore district

1—Industrial Mo orebody;2—Lower-grade Mo orebody;3—Alteration zonation;4—Boundary of mineralization;
5—Ore-forming granite porphyry;6—Fult structure;Yb—Hydrothermal breccia;δ μ—diorite porphyrite;Q-K—Quartz-potassic feldspar alteration zone;Q-S—Quartz-sericite alteration zone;K-M—Argillic;C-C—Propylitization zone

为主。靠近石英绢云母化带与石英钾长石化带,是钼矿体主要富集部位。硅化粘土化带-石英绢云母带发育铅锌银矿化。

2.4 矿化

2.4.1 矿化特征

矿区内金属矿化以钼为主,同时在钼矿体上部伴有铅锌银矿化。钼矿体呈巨厚层状、厚层状、层状、透镜状、脉状,矿化总体为北东向拉长的穹隆状,主体隐伏,产于侏罗系火山沉积岩、石英斑岩、花岗斑岩和隐爆角砾岩中,火山基底的黑云母二长花岗岩中也赋存有工业富矿体。地表仅发育为带状(相当于穹体顶部)分布的低品位矿化和脉状产出的铅锌银矿化。铅锌银矿化分布在钼矿体上部及外侧,呈现以石英-硫化物组合脉状产出。根据野外观察可判断脉状铅锌银矿化略早于钼矿化阶段。

矿石结构及构造为鳞片状自形-半自形晶结

构、自形至半自形粒状结构、交代包含结构,细脉状-薄膜状构造、浸染状构造、粗脉状构造、角砾状-碎裂状构造、条带状构造、块状构造。金属矿物主要为辉钼矿、黄铁矿,次有闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、磁铁矿、镜铁矿等。脉石矿物主要为石英、长石、绢云母含量 85%以上,次有高岭土、伊利石、叶腊石、萤石、碳酸盐(方解石)、蒙脱石、绿泥石、绿帘石、硬石膏等。

现控制钼矿体长大于 2 200 m,宽 300~1 200 m,矿体垂直厚度一般 160~650 m,最大厚度达 1 097 m。因此仅河东区段就有望实现世界级巨型矿的规模。

2.4.2 热液角砾岩

矿区还发育有隐爆作用产生的热液角砾岩,隐爆角砾岩主要在成矿斑岩体上部分布,呈脉状、透镜状产出,地表有部分出露。角砾成分多样,以石英斑岩、花岗斑岩为主,也见含有二长花岗岩、流纹岩、细

粒文象花岗岩、英安岩、凝灰岩等。角砾形状棱角状多、浑圆状较少,粒径大小不一,多在 2~10 cm。显著特征是由热液硅质所胶结,胶结物常呈黑灰色,具黄铁矿化、辉钼矿化和萤石化。角砾周边也常见热液交代形成的硅化反应边、褪色晕等。

根据野外系统观察初步确定隐爆作用至少有二期,一期是与石英斑岩侵入密切相伴产生的,分布靠上部(地表浅部),产状较陡。另一期是与花岗斑岩更为密切,分布于花岗斑岩体上部,规模较大、产状较缓。热液角砾岩发育宽度变化极大,几厘米至数十米,可过渡为震碎岩(岩石碎裂、开裂,角砾位移不大,胶结物未完全充填物)、碎裂岩(仅发育有密集裂隙,有硅质充填或无充填)。

2.5 蚀变与矿化的关系

蚀变与矿化密切相关,表现为蚀变类型、强度及组合分带性与矿化富集规模、强度之间有紧密的依存关系。表现为:青磐岩化带—泥化带中叠加了强硅化部位,赋存有脉状铅锌银矿化;泥化带叠加有硅化部位,主要产出有薄层状钼矿体和锌银矿脉;石英绢云母化带叠加有石英钾长石化部位,产出高低品位变化较大厚层状钼矿;强硅化绢云母化带与硅化钾长石化带过渡部位,赋存有高品位巨厚层(大于 300 m)钼矿体。

赋存在靠上部外侧的脉状铅锌银矿体,与富集在斑岩体周围的钼矿体均为同一成矿热液体系,不同的矿化阶段所形成的。时间上铅锌银矿化略早于钼矿化,空间上富铅锌银流体迁移的更远些,应同属于斑岩成矿体系作用下分带富集的结果。

3 找矿标志

(1)中生代火山—岩浆活动带上火山断陷盆地边缘隆起处,次火山岩多期次侵入活动发育处,特别是隐爆热液角砾岩,是寻找大型斑岩—热液脉状矿床的先决条件。

(2)大范围发育的面型分布的热液蚀变晕,硅化、萤石化普遍,高岭土化地表及浅部广泛。蚀变矿物具有组合分带性,由中心向外逐步过渡的特征:石英—钾长石—绢云母化带,石英—绢云母—萤石化带,石英—水白云母—高岭土化带,石英—绿泥石—绿帘石—碳酸盐—黄铁矿化带。

(3)地球化学异常水系沉积物及土壤测量的钼多金属组合异常,浓集中心明显,元素套合好,形态

完整,并具有一定规模。与地球物理异常的高激化、低阻良导体、低磁等异常相符合部位,是矿体赋存的可利地段。

(4)地表发育的褐铁矿化、铁帽等是铅锌矿体的直接标志;大面积发育的铁锰染(火烧皮)、钼华和辉钼矿转石等是钼矿体的直接找矿标志。

岔路口矿区目前已对河东区进行了系统的详查和勘探,河西区仅进行过 3 个孔深部验证,还有待于进一步工作,以查明其矿化规模、全矿区资源潜力甚大,可望形成世界级大钼矿。

4 区域成矿与找矿意义

4.1 岔路口斑岩钼矿发现的区域成矿学意义

近年来,碰撞造山过程与斑岩铜—钼矿床的关系,斑岩型铜金矿床与浅成低温热液成矿体系、斑岩铜(钼)矿床—热液脉状铅锌银矿床成矿系统是目前矿床学研究的前沿领域之一^[4,15,21-23]。岔路口斑岩钼多金属矿床的发现,证实大兴安岭及邻区成矿带不仅存在与俯冲环境有关的早古生代多宝山富金斑岩铜矿^[1-2],以及与碰撞—转换环境有关的满洲里早中侏罗世乌努格吐山斑岩铜钼矿床^[3,6-7]和早白垩世伸展背景的甲乌拉—查干布拉根银铅锌铜矿床(产于西侧额尔古纳地块南段)^[18-20],还有产于大兴安岭主脊的晚侏罗世—早白垩世转换伸展背景的岔路口斑岩钼多金属矿床。大兴安岭北段主脊岔路口特大型斑岩钼多金属矿床的发现极大地丰富找矿视野与找矿方向,将开启寻找燕山晚期与伸展环境相关的斑岩钼多金属矿床的序幕,不仅对追溯蒙古—鄂霍茨克洋的闭合、太平洋构造带的叠置与深部构造—岩浆过程具有重要意义,而且对指导大兴安岭成矿带的成矿区划、勘查工作部署也具有重要的指导和借鉴意义。

4.2 岔路口巨型斑岩钼矿的发现对区域勘查的启示

岔路口斑岩钼矿的发现是大兴安岭北段森林覆盖区近年来最重要的找矿进展之一。大兴安岭中段和北段森林覆盖植被发育,加之气候等因素影响,野外生产期短,找矿难度较大,地质研究程度较低,已发现中型以上规模的矿床极少。岔路口斑岩钼多金属矿是本地区新发现的成矿类型,且上为铅锌矿、下为钼矿,构成一个完整的次火山热液脉状—斑岩钼铅锌成矿系统,有别于常见的单一脉状铅锌或单一斑岩钼矿类型,必将促进区带地质构造演化、成岩成矿

矿次、成矿分区分带的深入研究,带动本区和相似矿区整装勘查取得新发现和新认识。揭示该成矿带斑岩-脉状铜铅锌银金矿复合成矿的特点,建立成矿模型和找矿标志,比较剥蚀程度,确定成矿系统的垂直延深,对于促进区域勘查具有重要的实际意义。

随着岔路口特大型斑岩铜多金属矿的发现,近年来伊勒呼里山地区找矿取得一批新进展,在 303 工区、1011 高地、东四、西沟、五支线、后勒山、亚里河等多处异常区,相继见到铜、铅锌及金银矿化。该地区巨大的资源潜力正逐步显现,有望成为一个新的重要的 Mo-Cu-Pb-Zn-Ag-Au 成矿带。

岔路口斑岩铜多金属矿的发现,是黑龙江省近年来最重要的找矿进展之一。因为若在某处铜钼矿“处女地”首先发现的是大型矿床,还可能由此导出该区成为该类型铜钼矿的重要成矿区带,将相继找到一连串的大、中、小型矿床。对其解剖,将提高对具有中国特色的后碰撞伸展背景斑岩铜矿认识程度,并有助于预测和发现矿化带。所建立的斑岩铜矿含矿斑岩体岩相、地球化学评价标志,同时对促进区域同类型矿床的勘查具有重要的实际意义。其发现和成矿规律的深入研究对指导大兴安岭成矿带的成矿区划、勘查工作部署与森林覆盖区进一步找矿突破具有重要的指导和借鉴意义,从而带动本区和相似区块整装勘查取得新发现和新认识。

致谢:在铅锌及钼矿化的发现过程中,黑龙江省有色地质勘查局总工田世良和地质处长金力夫等到矿区考察,给予关键性的勘查思路指导。在配合矿区勘探工作的综合研究与成文过程中,与中国科学院地质与地球物理研究所秦克章研究员和李光明副研究员及其研究团队宋国学博士后、李真真博士生、金露英硕士生进行了诸多有益的切磋讨论,秦克章研究员仔细审阅初稿,使文稿得以改进,在此一并致谢!

参考文献(References):

- [1] 杜琦. 多宝山斑岩铜矿床蚀变与矿化特征[J]. 地质学报, 1980, 4: 310-323.
Du Qi. The alteration and mineralization features of the Duobaoshan porphyry copper deposit [J]. Acta Geologica Sinica, 1980, 4:310-323 (in Chinese with English abstract).
- [2] 赵一鸣, 毕承思, 邹晓秋, 等. 黑龙江多宝山、铜山大型斑岩铜(钼)矿床中辉钼矿的铼-钨同位素年龄 [J]. 地球学报, 1997, 18(1): 61-67.
Zhao Yiming, Bi Chengsi, Zou Xiaoqiu, et al. The Re-Os isotopic

- age of molybdenite from Duobaoshan and Tongshan Porphyry Cu (Mo) Deposits[J]. Acta Geoscientia Sinica. 1997, 18(1): 61-67 (in Chinese with English abstract).
- [3] 王之田, 秦克章. 乌奴格吐山下壳源斑岩铜钼矿床地质地球化学特征与成矿物质来源[J]. 矿床地质, 1988, 7(4):3-15.
Wang, Zhitian, Qin Kezhang, Geological-geochemical characteristics and metallogenic material source of the Wunugetushan lower crust porphyry copper-molybdenum deposit [J]. Mineral Deposit, 1988, 7 (4): 3-15 (in Chinese with English abstract).
- [4] 秦克章, 王之田, 潘龙驹. 满洲里-新巴尔虎右旗铜、钼、铅、锌、银带成矿条件与斑岩标志[J]. 地质论评, 1990, 36(6):479-488.
Qin Kezhang, Wang Zhitian, Pan Longju. Metallogenic conditions and criteria for evaluating the ore potentiality of porphyry bodies in the Manzhouli -Xinbaerhuyouqi Cu, Mo, Pb, Zn and Ag metallogenic belt[J]. Geological Review, 1990, 36(6):478-488 (in Chinese with English abstract).
- [5] 王之田, 潘龙驹, 李伟实, 等. 内蒙古满洲里-新巴尔虎成矿集中区成矿演化、成矿模式与勘查模式 [J]. 矿床地质, 1993, 12(3): 212-220.
Wang Zhitian, Pan Longju, Li Weishi, et al. Metallogenic evolution, metallogenic model and exploration model of the Manzhouli -Xinbarag metallogenic province Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 1993, 12 (3):212-220 (in Chinese with English abstract).
- [6] 秦克章. 额尔古纳南段中生代斑岩-次火山岩-浅成低温 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag 成矿系统 [J]. 矿床地质, 1998, 17 (增刊):201-206.
Qin Kezhang. Mesozoic porphyry-subvolcanic-epithermal Cu, Mo, Pb, Zn and Ag metallogenic systematics(Keynote lecture on the 6th National Ore Deposits Congress) [J]. Mineral Deposits, 1998, 17 (supp.):201-206 (in Chinese with English abstract).
- [7] 秦克章, 李伟实, 李惠民, 等. 乌奴格吐山斑岩铜钼矿床燕山早期成岩成矿的同位素年代学证据 [J]. 地质论评, 1999, 45 (2):180-185.
Qin Kezhang, Li Weishi, Li Huimin, et al. Intrusion and mineralization ages of the Wunugetushan porphyry Cu-Mo deposit, Inner Mongolia, Northeastern China [J]. Geological Review, 1999, 45(2):180-185 (in Chinese with English abstract).
- [8] Geraghty E P, Carten R B, Walker B M. Tilting of Urad Henderson and Climax porphyry molybdenum systems, central Colorado, as related to northern Rio Grande rift [J]. Tectonics, 1988, 100 (11):1780-1786.
- [9] Ludington S and Plumlee S. Climax type porphyry molybdenum deposits[R]. Geological Survey Open File Report 2009-1215, 16.
- [10] 赵越, 杨振宇, 马醒华. 东亚大地构造发展的重要转折 [J]. 地质科学, 1994, 29(2):105-119.
Zhao Yue, Yang Zhenyu, Ma Xinghua. Geotectonic transition from PaleoaAsia system and PaleoTethyan system to Paleopacific active continental margin in Eastern Asia [J]. Scientia Geologica

- Sinica, 1994, 29(2):105-119.
- [11] 林强, 葛文春, 孙德有, 等. 中国东北地区中生代火山岩的大地构造意义[J]. 地质科学, 1998, 33(2):129-139.
Lin Qiang, Ge Wenchun, Sun Deyou, et al. Tectonic significance of Mesozoic volcanic rocks in Northeastern China [J]. Scientia Geologica Sinica, 1998, 33 (2):129-139 (in Chinese with English abstract).
- [12] Wu F Y, Jahn B M, Wilde S A, et al. Phanerozoic continental crustal growth:U-Pb and Sr-Nd isotopic evidence from the granites in northeastern China[J]. Tectonophysics, 2000, 328:89-113.
- [13] 毛景文, 谢桂青, 张作衡, 等. 中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景 [J]. 岩石学报, 2005, 21 (1):169-188.
Mao Jingwen, Xie Guiqing, Zhang Zuoheng, et al. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings[J]. Acta Petrologica Sinica, 21(1):169-188 (in Chinese with English abstract).
- [14] Ge Wenchun, Wu Fuyuan, Zhou Changyong, et al Porphyry Cu-Mo deposits in the eastern Xing'an-Mongolian Orogenic Belt: Mineralization ages and their geodynamic implications [J]. Chinese Science Bulletin, 2007, 52 (24):3416-3427.
- [15] Qin K Z, Wang Z T, Pan L J. Magmatism and metallogenic systematics of the Southern Ergun Mo, Cu, Pb, Zn and Ag belt, Inner Mongolia, China [J]. Resource Geology Special Issue, 1995, (18):159-169.
- [16] 李宪臣, 胡文岭. 大兴安岭多布库尔钼多金属矿床地质特征及找矿远景[J]. 矿产与地质, 2010, 24(5):191-194.
Li Xiancheng, Hu Wenling. Geological characteristics and prospecting potential of Duobukuer molybdenum polymetallic deposit in Daxinganling [J]. Mineral Resources and Geology [J]. 2010, 24(5):191-194 (in Chinese with English abstract).
- [17] 吕克鹏, 韩龙, 张佳南. 岔路口钼矿床地质特征及找矿标识浅析 [J]. 黑龙江科技信息, 2010, 21:31.
Lu Kepeng, Han Long, Zhang Jianan. Preliminary report on the geological features and exploration criteria of Chalukou Mo deposit [J]. Heilongjiang Science and Technoly Information, 2010, 21: 31 (in Chinese).
- [18] 孟昭君, 秦克章. 内蒙古甲-查银多金属矿田地质特征、成矿中心与隐伏矿体预测[J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(1):24-30.
Meng Zhaojun, Qin Kezhang. Geological characteristics, ore-forming center and prognosis for concealed orebodies of the Jiawula-Chagan polymetallic orefield in Inner Mongolia [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1997, 6 (1):24-30(in Chinese with English abstract).
- [19] 李宪臣, 秦克章. 内蒙古甲乌拉-查干银铅铜矿田主成矿元素分布规律及其意义 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1999, 8 (6):512-516.
Li Xianchen, Qin Kezhang. Distribution pattern of major ore-forming elements and its significance in the Jiawula-Chagan Ag-Pb-Zn-Cu orefield, Inner Mongolia [J]. Geological Exploration for Non-Ferrous Metals, 1999, 8 (6):512-516 (in Chinese with English abstract).
- [20] Qin K Z, Tanaka R, Ishihara S, et al. K-Ar, Rb-Sr isochron and single zircon U-Pb ages and their significance of volcanic-intrusive complex in Jiawula-Chagan Ag-Pb-Zn-Cu orefield, NE-Inner Mongolia [C]//Proceedings of the international symposium on the geologic and metallogenic correlation in the junction area among China, Russia and Mongolia, Manchuria, 1996:83-85.
- [21] Qin Kezhang, Ishihara Shunso. On the possibility of porphyry copper mineralization in Japanese Islands [J]. International Geology Review, 1998, 40(6):539-551.
- [22] Qin Kezhang, Sun Shu, Li Jiliang, et al. Paleozoic epithermal Au and porphyry Cu Deposits in North Xinjiang, China:Epochs, Features,Tectonic Linkage and Exploration Significance [J]. Resource Geology, 2002, 52(4):291-300.
- [23] 叶会寿, 毛景文, 李永峰, 等. 豫西南泥湖矿田钼钨及铅锌银矿床地质特征及其成矿机理探讨[J]. 现代地质, 2006, 20(1):165-174.
Ye Huishou, Mao Jingwen, Li Yongfeng, et al Characteristics and metallogenic mechanism of Mo-W and Pb-Zn-Ag dposits in Nannihu orefield, western Hennan Province [J]. Geoscience, 2006, 20(1):165-174 (in Chinese with English abstract).

The discovery and exploration process of the Chalukou giant porphyry molybdenum polymetallic deposit in forest-covered area of northeastern Da Hingnan Mountains and its geological significance

MENG Zhao-jun, KAN Xue-sheng, LI Xian-chen, WANG Jian-ping,
ZHANG Rui-zhong, LV Ke-peng, SUN Zhen-jiang, SHI Yao-jun, ZHANG Jia-nan,
WANG Hong-yan, HAN Long, ZHANG Guo-yu

(No. 706 Geological Party of Heilongjiang Geological Exploration Bureau for Nonferrous Metals, Qiqihar 161006, Heilongjian, China)

Abstract: The discovery of the Chalukou giant porphyry molybdenum polymetallic ore district, the largest molybdenum ore district in northern China, is a major breakthrough in the exploration work conducted in the forest-covered area within northeastern Da Hingnan Mountains in recent years. This ore deposit is controlled by No. 1029 volcanic mechanism located in southern Yilehuli Mountain and its mineralization is spatially and temporally associated with Late Jurassic subvolcanic quartz porphyry, granite porphyry and cryptoexplosive breccias. The dome-shaped ore body, hosted by volcano-sedimentary rocks and mineralized porphyry stocks, is concealed in the depth and has a great deep extension. Stockworks and filling veinlets are main mineralization types in this ore deposit, together with a few lode and veinlet dissemination types. Hydrothermal alterations are developed widely and show obvious zoning, characterized by notable intense silicification and fluoritization. From the surface to the depth of more than 1 500 m, the extent of mineralization and alteration increases gradually from low-grade ores and weak quartz-sericite assemblage surrounded by large-size argillic zone to high-grade ores and intense silicification and potassic alteration assemblage. There are vein-type lead-zinc-silver ore bodies associated with the mineralization system in the upper part of the Mo ore body. Tectonically, this ore deposit was formed by magmatism that originated from an intra-plate extensional environment after collision-collage of plates. The magmatic-hydrothermal system is highly oxidized and remarkably enriched in F and S, which is similar to the feature of the Climax porphyry Mo deposit in the United States. The discovery and exploration of the Chalukou Mo deposit provide an example for research on the transition of porphyry Mo mineralization to vein-type Pb-Zn-Ag mineralization and has significance for the regional ore prospecting work and the study of tectonic-magmatic processes in northeastern Da Hingnan Mountains and adjacent areas.

Key words: Chalukou porphyry Mo-Pb-Zn deposit; geochemical anomaly; ore-forming geological characteristics; hydrothermal alteration; regional exploration; Da Hingnan Mountains

About the first author: MENG Zhao-jun, male, born in 1962, senior engineer, master, engages in mineral prospecting and exploration for precious and non-ferrous metals; E-mail: fxz1156@126.com