

北山地区小狐狸山钼多金属矿床成矿类型 探讨及其找矿方向

王继春^{1,2}, 肖荣阁¹, 王竞繁^{1,3}, 李超⁴, 许永旺², 刘洋²

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院, 北京 100083; 2. 内蒙古自治区地质调查院, 内蒙古呼和浩特 010020;
3. 内蒙古自治区地质勘查基金中心, 内蒙古呼和浩特 010020; 4. 辽宁省地质矿产研究院, 辽宁沈阳 110032)

[摘要] 小狐狸山钼多金属矿床是近年来在北山地区发现的一个中-大型规模的隐伏钼矿床, 具有典型的成矿特征。该矿床的赋矿岩体可以明显的划分为三个相带, 即边缘相、过渡相和中心相。岩体中心相具强硅化、钾长石化现象, 过渡相和边缘相具有明显的钠长石化蚀变特征, 并叠加有岩浆期后云英岩化蚀变现象。钼矿体主要产于岩体过渡相和边缘相的钠长石化带和云英岩化带中。小狐狸山钼多金属矿床成矿时代为三叠纪, 属印支期构造-岩浆活动的产物。通过对 Mo→Pb-Zn→稀有金属的复合矿化特征分析, 推测该矿床可能属于不同期次岩浆热液活动形成的热液叠加矿床。结合岩石地球化学、构造环境及其矿化、蚀变特征分析, 该矿床应为板内伸展构造环境下形成的高-中温岩浆热液叠加型矿床。

[关键词] 钼多金属-稀有金属矿床 矿床类型 地质特征 找矿方向 北山地区

[中图分类号] P618

[文献标识码] A

[文章编号] 0495-5331(2014)05-0921-11

DOI:10.13712/j.cnki.dzykt.2014.05.012

Wang Ji-chun, Xiao Rong-ge, Wang Jing-fan, Li Chao, Xu Yong-wang, Liu Yang. The metallogenic type of the Xiaohuli Shan molybdenum polymetallic ore deposit in the Beishan area, Inner Mongolia and prospecting direction [J]. *Geology and Exploration*, 2014, 50(5): 0921-0931.

小狐狸山钼多金属矿床位于内蒙古额济纳旗北西小狐狸山以东约 4.5 km, 地理中心坐标为东经: 100°13'20", 北纬: 42°25'37"。该矿床于 1975 年~1979 年由甘肃省地质局地质力学区调队进行 1:20 万区域地质调查时发现。2005 年内蒙古地质调查院在该区开展了 1:5 万矿调工作, 进行了地质、物探、化探及遥感异常提取等较系统的找矿工作; 2007 年, 经内蒙古地质勘查院详查工作, 探明了小狐狸山矿床是一个具有中-大型规模的隐伏钼矿床(图 1 和 2)。

经详查提交钼金属量 33508t, 铅金属量 93404t, 锌金属量 118138t。矿床平均品位 Mo: 0.09%, Pb: 0.085%, Zn: 1.08%, 并伴生铜、铋、钨等有益元素均可利用。矿区外围及深部仍有较大找矿潜力, 资源储量

有可能扩大(内蒙古自治区地质矿产勘查院 2008)。

从成矿区位置来看, 小狐狸山斑岩型钼多金属矿位于天山-北山成矿省, 额勒根-乌珠尔嘎顺铜、钼(铜)和稀有金属成矿带东端。近年来, 在该成矿带及具有相同地质构造环境的邻区内已发现了一批金属矿床, 如额勒根斑岩型钼(铜)矿(聂凤军等, 2005、2007)、流沙山钼金矿(聂凤军等, 2002b)及小狐狸山钼矿(沈存利等, 2010)等。另外在该活动陆缘带东延的蒙古国疆内近年发现了亚洲目前最大的 Oyu Tolgoi 斑岩铜金矿床(张义等, 2003), 西延邻区发现了新疆东天山卡拉塔格斑岩铜矿床(杨合群等, 2006), 显示该成矿带具有找寻钼多金属矿床的潜力。本文总结该矿床的成矿规律, 并提出找矿方向, 为该区下一步找矿工作提供依据。

[收稿日期] 2013-10-14; [修改日期] 2014-05-21; [责任编辑] 郝情情。

[基金项目] 内蒙古自治区地质矿产勘查开发局和中国地质科学院矿产资源研究所“内蒙古自治区内生金属成矿规律及靶区筛选”项目(ND2007004); 中国地质调查局战略性矿产远景调查项目“内蒙古大狐狸山地区矿产远景调查”(矿调[2004]8-3)联合资助。

[第一作者] 王继春(1985 年-)男, 2011 年毕业于中国地质大学(北京), 硕士学位, 在读博士, 地质矿产工程师, 现主要从事矿产调查工作。E-mail:

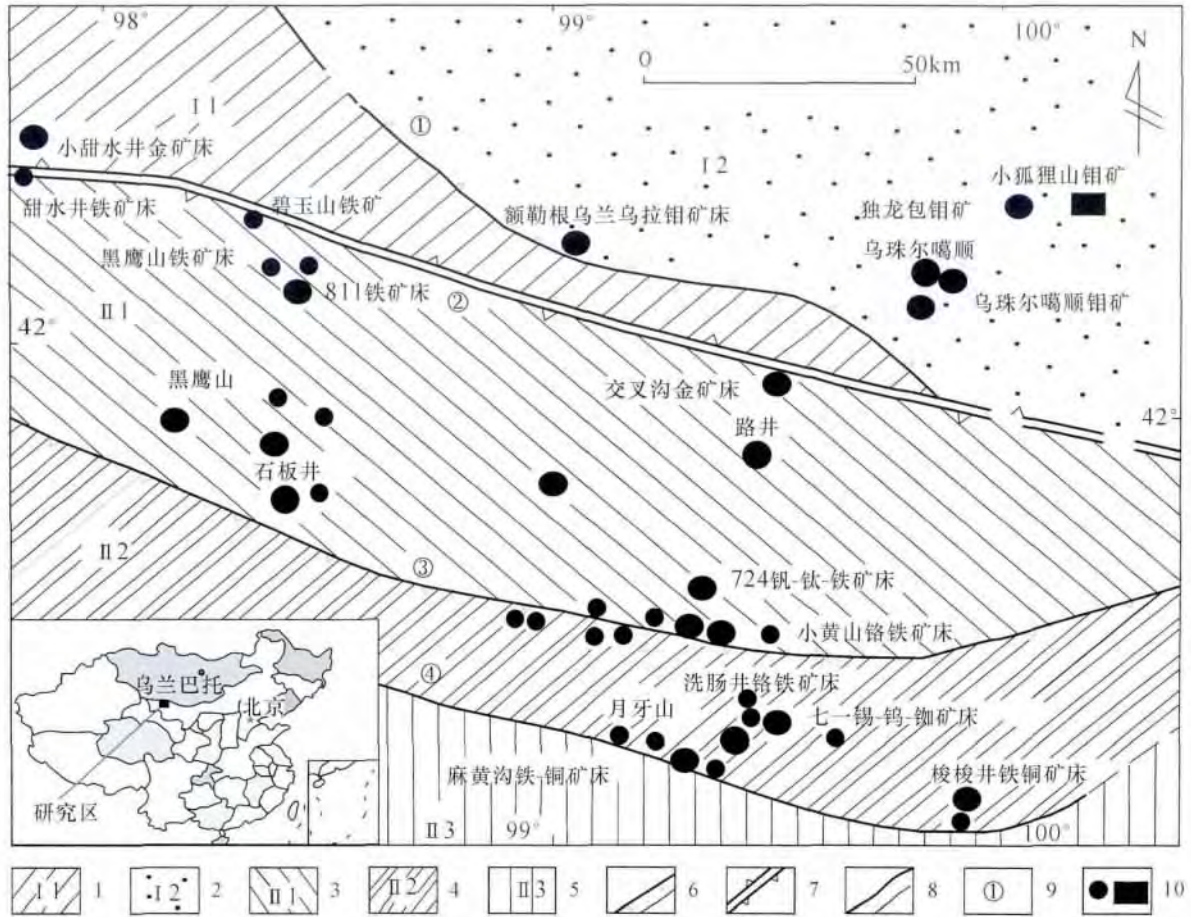


图1 内蒙古北山及邻区地质矿产简图(据刘雪亚等,1995 资料改编)

Fig.1 Sketch showing geology and deposits in Beishan Mountains and adjacent area in Inner Mongolia (modified from Liu *et al.*, 1995)

西伯利亚板块(I):1-雀儿山地块(I 1);2-乌珠尔嘎顺地块(I 2);哈萨克斯坦-北山板块(II):3-红石山-黑鹰山地块(II 1);4-公婆泉-月牙山地块(II 2);5-马鬃山中间地块(II 3);6-早古生代板块俯冲带;7-晚古生代板块缝合带;8-实测或推测地体界线;9-断层编号;10-区域上已发现的矿床、小狐狸山钼多金属矿区;断裂构造:①-额勒根乌兰乌拉断裂;②-骆驼山-红石山-黑鹰山断裂;③-明水-石板井-小黄山断裂;④-红柳河-月牙山断裂

Siberian plate(I):1-Qiaershan terrane(I 1);2-Wuzhuergashun terrane(I 2);Kazakhstanian plate(II):3-Hongshishan-Heiyingshan terrane(II 1);4-Gongpoquan-Yueyashan terrane(II 2);5-Mazongshan terrane(II 3);6-Early Paleozoic subduction zone;7-Late Paleozoic suture;8-Measured or inferred boundary of the terrane;9-Fault number;10-discovered deposit,Xiao Hulishan molybdenum deposit;Fractures:①-Elegenwulanwulafault;②-Luotuoshan-Hongshishan-Heiyingshan fault;③-Mingshui-Shibanjing-Xiaohuangshan fault;④-Hongliuhe-Yueyashan fault

1 区域地质特征

该矿区位于内蒙古北山地区,处于西伯利亚板块、哈萨克斯坦板块-北山板块和塔里木-中朝板块三大板块之间的古亚洲构造区。处于骆驼山-红石山-黑鹰山断裂带以北地区(聂凤军等 2002a,刘雪亚等,1995)(图1)。构造形态为一系列总体东西向并向北突出的弧形大断裂分割的断块,断块内褶皱强烈(左国朝等,1990;龚全胜等 2002;杨合群等 2006)。古生代时期(华力西期),受西伯利亚板

块和南侧古蒙古洋壳俯冲以及之后与塔里木-中朝板块碰撞对接作用,本区为陆缘岛弧环境,表现为岛弧型的火山成矿组合;古生代末期至中生代早期(印支期),随着古亚洲洋的消失,塔里木-中朝板块与西伯利亚板块闭合为一整体,全区进入了一个板块内伸展变形环境,表现为与偏碱性岩、中酸性岩脉、岩株有关的成矿组合(王荃等,1991;李述靖等,1998;邵济安等,1999;李俊建 2006)。

区域上出露的岩层(体)主要为奥陶系和志留系火山-沉积岩以及海西期、印支期花岗岩类侵入

岩,局部地段见有泥盆系沉积岩,属活动陆缘岛弧构造环境。区域地壳结构有基底结晶岩系(新太古界)和褶皱岩系(中新元古界),盖层为古生界。中生界盖层以下白垩统陆相碎屑岩为主,少量的侏罗系碎屑岩系。

2 矿区地质

矿床主要赋存于中细粒花岗岩内,岩体周围分布有奥陶系、石炭系火山碎屑岩(图2)。岩体受控于NW、NE向两组断裂,呈岩株状产出。向四周外倾,与围岩接触处倾角为 $40^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。成矿地质条件较为有利。

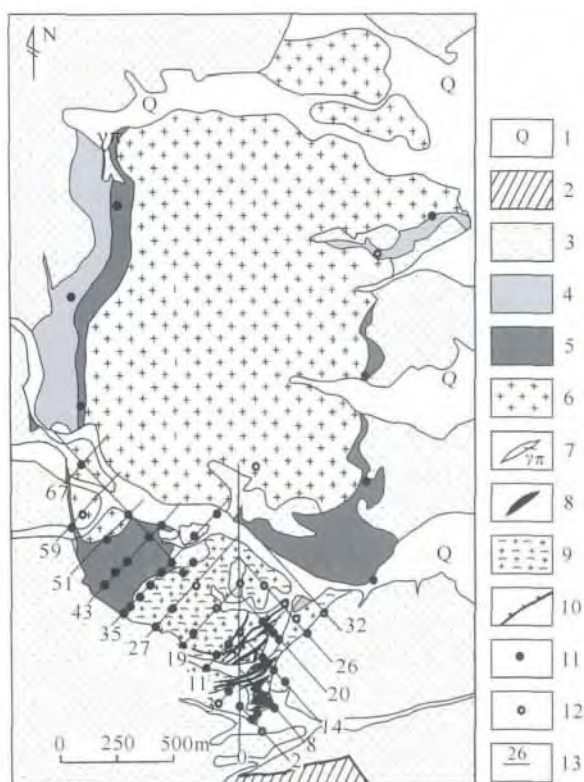


图2 小狐狸山钼多金属-稀有金属矿地质略图
(王继春等 2011)

Fig. 2 Simplified regional geological map of the Xiaohulishan molybdenum deposit, Ejinbanner Inner Mongolia (modified from Zhou *et al.*, 2008)

1 - 第四系; 2 - 石炭系绿条山组; 3 - 奥陶系咸水湖组; 4 - 岩体边缘相; 5 - 岩体过渡相; 6 - 岩体中心相; 7 - 花岗岩斑岩脉; 8 - 石英脉; 9 - 云英岩; 10 - 正断层; 11 - 见矿钻孔位置; 12 - 未见矿钻孔位置; 13 - 勘探线位置及编号

1 - Quaternary; 2 - Carboniferous Lutiaoshan Formation; 3 - Ordovician Xianshui Formation; 4 - marginal facies of granite; 5 - transitional facies of granite; 6 - central facies of granite; 7 - granitoid porphyry vein; 8 - quartz vein; 9 - greisen vein; 10 - normal fault; 11 - drill hole location of orebody founded; 12 - drill hole location of no orebody; 13 - Exploration section and its serial number

2.1 地层

奥陶系咸水湖组主要分布于含矿岩体周边,在岩体内部呈残留体,其岩性主要为一套灰色安山质岩屑晶屑凝灰岩和蚀变安山岩。在深部经钻探确定,多为灰黑色蚀变安山岩,其产状总体呈NW倾斜,倾角变化在 $38^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 之间,在岩体的边部产状NE倾斜,倾角变化在 $50^{\circ} \sim 64^{\circ}$ 之间。

石炭系绿条山组主要出露于岩体南端,岩性为灰黑色-褐色砂岩、长石砂岩夹少量安山岩,向NE方向倾斜,倾角 $58^{\circ} \sim 65^{\circ}$,与奥陶系咸水湖组呈断层接触。

2.2 构造

该区位于骆驼山-红石山-黑鹰山构造带北侧,古生代陆缘岛弧火山活动带上,主要断裂为从成矿岩体北约1 km处通过的呈东西向展布的大狐狸山-小狐狸山大断裂构造带,次一级断裂为北西向压扭性及北东向扭性以及南北向的张性断裂。早三叠世中细粒正长花岗岩小岩株就产在这三组次级断裂交汇部位。另外,该区总体为一个呈向南凸出的弧形构造,表现在各时代地层、各类断层,均呈向南凸出的弧形展布。区内褶皱构造为一轴向近EW向的背斜,核部为奥陶系咸水湖组,并有岩体侵入。

2.3 岩浆岩

矿区内深成侵入岩主要为早三叠世酸性-超酸性铝过饱和花岗岩;也是本区的含矿岩体,该岩体受控于NW向和NE向两组断裂,南北长2.7 km,东西宽1.5 km,分布面积约 4.05 km^2 (图2)。岩体呈岩株状产出;在其南端呈岩舌超覆侵入奥陶系地层,接触面产状内倾,倾角变化在 $70^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 间。经钻探验证在深部呈阶梯状明显受当时古地形制约,岩体厚度在200~400 m之间(王继春等 2011)。

小狐狸山矿区含矿花岗岩岩体内部部分异明显,将花岗岩按其蚀变特征可进一步划分为三个相带(内蒙古自治区地质矿产勘查院 2008),即边缘相、过渡相和中心相,其特征比较典型(图2表1)。

(1) 边缘相:岩性为灰白色云英岩化细粒似斑状花岗岩,细粒含斑花岗结构,齿状镶嵌粒状变晶结构,块状构造。其矿物成份石英约含 $50\% \sim 75\%$,黄玉约含 $10\% \sim 20\%$,长石(交代残留体)含 $10\% \sim 20\%$,其它矿物有:白云母、锂云母、萤石、方解石等少量,金属矿物有黄铁矿、锡石、辉钼矿。分布在矿区南端顶部以及和围岩的接触带内,呈新月形分布;宽度变化在200~500 m之间。岩石地表多以石英团块出现,其中的长石部分已全部消失。岩浆期

表 1 小狐狸山钼多金属矿区岩体各相带矿物组成特征对比表

Table 1 Comparison of mineral Composition in rock zones of the in Xiao Hulishan molybdenum deposit of facies belt about mass

分带	造岩矿物	稀有元素矿物							其它副矿物		
		钼钽	锆钨	稀土	铀钍	铍锂硼	钛	钨锡	铁锰	硫化物	含挥发分矿物
云英岩化花岗岩	石英 铁锂 云母绿石	钛铁金红 石 钨铁金 红石	锆石	磷钇矿	硅钙铀矿 铜铀云母 钙铀云母	电气石	钛铁矿金 红石白钛 石榴石		赤铁矿褐 铁矿硬锰 矿胶状赤 铁矿	黄铁矿方 铅矿钼铅 矿辉钼矿 砷菱铅矿 泡铋矿	黄玉萤石磷 灰石重晶石
钠长石化花岗岩	石英 条纹 长石反条 纹长石钠 长石铁锂 云母黑云 母绿帘石 白云母	钛铁金红 石 钨铁金 红石	锆石 褐帘 石		铜铀云母 硅铀云母 钙铀云母	电气石	钛铁矿锐 钛矿金红 石榴石	白钨矿	磁铁矿硬 锰矿	黄铁矿钼 铅矿泡铋 矿钼铅矿 黄钾铁矾 砷菱铅矿	黄玉萤石磷 灰石重晶石
钾长石化花岗岩	石英 条纹 长石斜长 石黑云母 铁锂云母 绿帘石	钛铁金红 石 钨铁金 红石	锆石		铜铀云母	电气石	金红石锐 钛石榴石		褐铁矿赤 铁矿硬锰 矿假象赤 铁矿	黄铁矿泡 铋矿钼铅 矿钼铅矿 方铅矿砷 菱铅矿	黄玉萤石

后热液阶段形成的云英岩化非常发育,局部发育萤石矿化、黄铁矿化,并有后期石英脉穿插;深部经钻孔揭示,岩石主要为含辉钼矿黄玉云英岩。

(2) 过渡相:岩性为灰白色钠长石化中细粒似斑状花岗岩,分布于中心相岩体四周,局部缺失。该带岩体呈灰白-粉红色,中细粒似斑状结构,基质齿状镶嵌变晶结构,块状构造。矿物成份:变余斑晶正长石 1~3.5 mm 半自形晶,部份被细小钠长石交代呈不规则状残留,约含 20%,石英 1~4 mm 半自形柱状-粒状,少数含环带状微粒包裹体,约含 15%,基质由大量的 0.05~0.15 mm 板条状-粒状交代形成的钠长石,约含 50%。不规则粒状石英约含 15%。宽度变化在 10~600 m 之间。

(3) 中心相:岩性为浅肉红色钾长石化中粗粒似斑状花岗岩,分布于岩体中心部分,中心相分布面积较大,与前者呈过渡关系,宽 800~1200 m。该带岩石具似斑状结构,基质为中粗粒似斑状结构,块状构造。岩石斑晶主要由条纹长石、反条纹长石、石英组成。斑晶粒度大小变化在 2~10 mm 间,部分形成聚片状。条纹长石均由钾长石交代斜长石而形成,基质由半自形板柱状斜长石、板状正长石和它形粒状石英及鳞片状黑云母组成,粒径在 0.25~0.8 mm 之间,交代现象较斑晶弱。该带岩石多受晚期富钠岩浆影响也具钠长石化,但较前者弱,且钠长石

呈颗粒状,有些呈细脉状穿过石英,对原岩矿物均有交代现象。

从表 2 所列的花岗岩化学分析结果反映该岩体 SiO_2 含量较高,大部分样品均高于 73%, $\text{Al}_2\text{O}_3 > \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$ 属铝过饱和类型,碱质含量平均 8.7%, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 一般为 1.1~1.43,钠化较强的比值为 0.6~0.8,里特曼指数为 1.75~2.95 属钙碱性系列,在 $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 图解中样品落于“A”型花岗岩区域;分异指数为 $95 \pm$,分异结晶程度较高。稀土元素 $\Sigma \text{REE} = (97.21 \sim 246.57) \times 10^{-6}$, $\Sigma \text{LREE}/\Sigma \text{HREE} = 6.27 \sim 8.99$, $\delta \text{Eu} = 0.27 \sim 0.35$,铕强烈亏损。稀土元素等微量元素是岩体形成过程的良好示踪剂,其组成明显受其成岩的构造环境制约,在 $\text{Rb}-(\text{Y} + \text{Nb})$ 和 $\text{Ta}-\text{Yb}$ 图解上(彭振安等, 2010a)小狐狸山花岗岩均投影到板内区。区域上晚古生代为火山弧构造环境,印支期进入板内伸展型构造环境,小狐狸山成矿年龄为印支期,与地质事实相吻合。

3 矿床地质特征

3.1 钼矿体特征

该钼矿体主要赋存于早三叠世花岗岩南部边缘相及过渡相内,总体呈 NW-SE 向带状展布,其长度大于 1000 m,宽度在 100~300 m 之间。赋矿花

表 2 小狐狸山钼多金属矿区岩体岩石化学成份一览表(%)

Table 2 Chemical compositions of rocks from the Xiao Hulishan molybdenum deposit (%)

岩石名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	H ₂ O ⁺	los
弱云英化似斑状花岗岩	73.33	13.42	0.36	0.9	0.22	1.17	0.23	0.054	4.81	3.36	0.31	0.83	0.97
强钾化似斑状花岗岩	74.21	13.11	0.21	0.84	0.84	0.71	0.21	0.033	4.61	3.69	0.10	0.62	0.74
轻钾化似斑状花岗岩	75.41	12.81	0.16	0.67	0.53	0.77	0.13	0.025	4.32	3.91	0.11	0.66	0.41
强钠化细粒钾长花岗岩	74.81	14.22	0.11	0.088	0.13	0.42	0.08	0.020	4.31	5.10	0.047	0.50	0.01
强钠化细粒钾长花岗岩	75.02	14.41	0.08	0.089	0.05	0.42	0.079	0.017	3.52	5.80	0.041	<0.10	0.08

注:样品由内蒙古地质矿产研究所采用等离子直读光谱仪 IRIS Intrepid II 分析,2006。

岗岩由北向南呈“岩舌”超覆侵入古生代地层。经钻孔证实,岩体从地表向下 200~400 m 均见有古生代地层,即:岩浆侵入随当初古地形的凸凹不平,其厚度也在发生变化。经南部 ZK201 号钻孔揭示,地面覆盖 3.5 m 便为云英岩化斑状花岗岩,随着钻探的加深自地表向下 40 m,花岗岩内具有大量的黄铁矿化、硅化、云英岩化、绿帘石化,局部萤石矿化并见辉钼矿。随着钻探向下直至古生代地层基底辉钼矿与硅化、黄铁矿化和萤石化更显密切,且就辉钼矿的厚度明显增加,品位增高。该孔见工业矿体 7 层,累计总厚 36.15 m,单层矿体厚度变化在 1.96~9.80 m 之间。Mo 品位在 0.061%~0.326%,另见低品位矿体 3 层,累计厚度 6.98 m。Mo 品位在 0.030%~0.039%,矿石矿物主要为辉钼矿、黄铁矿,其中辉钼矿呈星点状、细脉状、网脉状、浸染状及团块状,脉石矿物有石英、长石、黄玉、萤石、和少量白云母(图 3)。

3.2 稀有金属铌钽矿化、铅锌矿化特征

本区在钼矿(化)体中铌的平均含量较高,钽的含量较低。据钻孔中采样 382 件对 Nb、Ta 测试分析结果,有 31 件基本分析结果 Nb 含量较高,达到了 Nb 边界品位和最低工业品位,Ta 含量未达工业指标要求。根据铌钽矿床工业指标,所确定的指数即碱性花岗岩类矿床 Ta₂O₅ 质量分数/Nb₂O₅ 质量分数≥1,最低可采厚度 1.5 m,均不能达到各项指标,故属铌钽矿化体。Pb、Zn 矿化主要集中分布在西区矿体中,单样品位变化 Pb 在 0.00%~1.16%之间,Zn 在 0.00%~1.17%之间,平均品位铅 0.85%,锌 1.08%。Pb、Zn 作为与 Mo 共生元素,平均品位已达到规范中要求的边界品位和工业品位,并单独圈出矿体。

3.3 围岩蚀变特征

围岩蚀变主要发育在早三叠世花岗岩内,与岩浆期后热液作用有关。其蚀变形式包括交代自变

质作用为主的面型蚀变和岩浆期后热液阶段形成的线型蚀变。由于两种蚀变在空间上的伴生叠加以及多种蚀变类型的脉动式活动,致使蚀变分带比较明显。现将其主要蚀变特征分述如下:

(1) 云英岩化

矿区内云英岩化较为强烈,一般分布在岩体的顶部及其与围岩相接触的边部,宽度变化与上述云英岩化含斑花岗岩带一致。地表多为灰白-白色,粒状变晶结构,块状构造。岩石表面孔洞较为发育,主要成份以石英为主,含量高达 90% 以上,形似石英壳置于岩体之上。岩体内接触带的深边部为灰白色黄玉石英云英岩,齿状镶嵌柱状粒状变晶结构,块状构造,矿物成分主要为石英约含 65%,黄玉约含 25%,锂云母及白云母约含 5%,个别样品黄玉高达 80% 以上。

(2) 钠长石化

分布于云英岩带北部以及下部的斑状花岗岩内,宽度变化与钠长石化斑状花岗岩带相当。多以灰白-粉红色外观出现,岩石呈变余斑状结构,基质齿状镶嵌粒状变晶结构,块状构造,变余斑晶正长石 1~3.5 mm 半自形晶,部分被细小钠长石交代呈不规则状残留,石英半自形晶柱状-粒状,少数含环带状微粒包裹体,基质为大量的板条状-粒状交代成因的钠长石和 0.1~0.2 mm 不规则状的石英构成。

(3) 钾长石化

主要分布于上述蚀变带的中部和北部,岩石呈淡红色-肉红色变余似斑状结构,基质变余细粒花岗岩结构,块状构造。岩石斑晶由条纹长石、反条纹长石、石英构成,斑晶粒径 2.5~7 mm 不等,条纹长石由钾长石交代斜长石形成,斜长石呈残留体不规则细脉状嵌布于钾长石中,交代聚合结构较发育。基质由半自形板状正长石、半自形柱状斜长石和它形粒状石英及鳞片状黑云母组成,钾质交代斜长石现象明显。

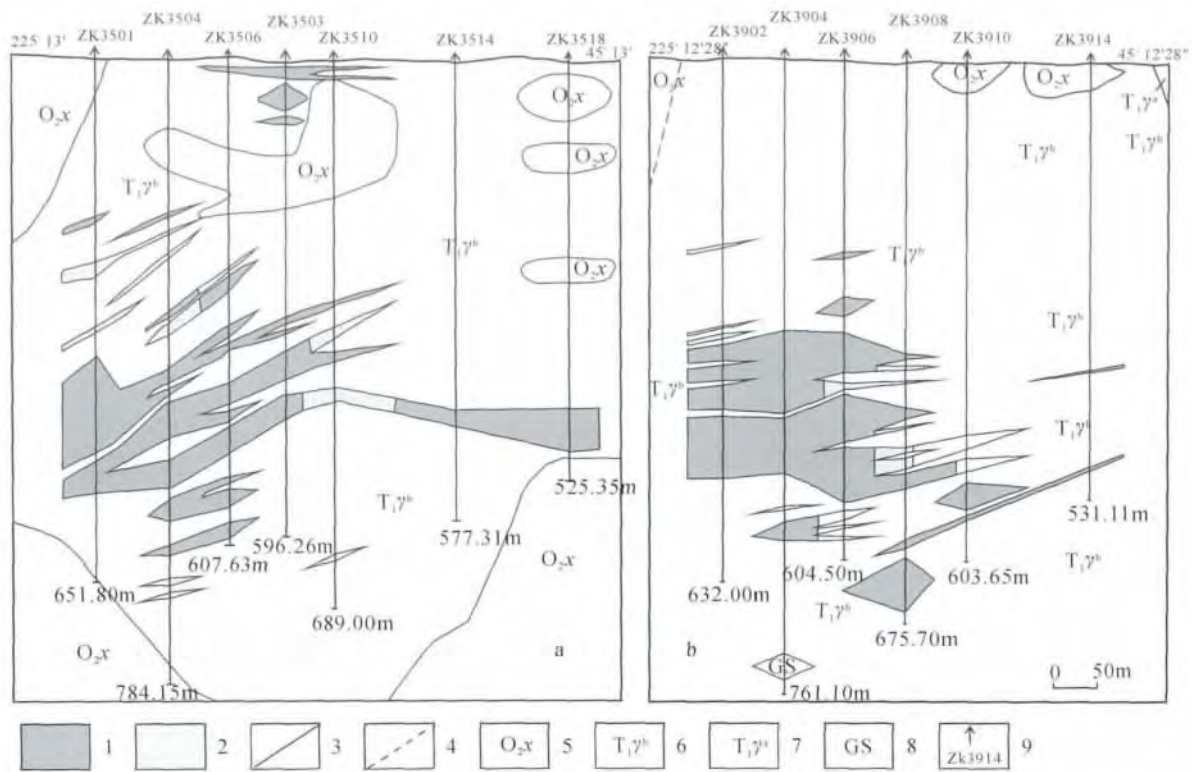


图3 小狐狸山钼多金属-稀有金属矿床剖面示意图

Fig. 3 Profiles of the Xiaohulishan lead zinc molybdenum deposit in Ejina county

a-35 线剖面;b-39 线剖面;1-矿脉;2-矿化脉;3-实测界线;4-推测界线;5-奥陶系安山岩、安山质凝灰岩;6-三叠纪似

斑状中粒花岗岩;7-三叠纪似斑状粗粒花岗岩;8-云英岩;9-钻孔位置及编号

a-line No. 35 Profile of explorationin;b-line No. 39 Profile of explorationin;1-ore veins;2-Mineralization veins;3-Actual measurement borderline;4-Guestimate borderline;5-Ordovician andersite and andersitic tuff;6-Triassic middle grained granite porphyry;

7-Triassic macrograin grained granite porphyry;8-Greisen;9-Drill section and its serial number

(4) 硅化、黄铁矿化

该类蚀变较为普遍,且常伴随上述三种蚀变同时出现,但在地表不太明显。深部经钻探可见硅化多呈宽窄不均的条带或网脉状顺花岗岩的裂隙贯入。黄铁矿化多呈团块状,浸染状分布于岩石中,个别地段富集成黄铁矿体,但其厚度不大。在该类蚀变的两侧常见钼矿体,呈浸染状、细脉状和团块状分布,同时伴有萤石矿化。

围岩蚀变具有明显的分带性,由岩体中心相的强硅化、钾长石化,过渡相和边缘相钠长石化,并叠加有岩浆期后云英岩化。岩体外接触带 200~600 m 范围内,奥陶系咸水组安山岩、安山质凝灰岩可见不同程度的青磐岩化,具体表现为绿帘石、黄铁矿、绢云母和碳酸盐化,矿化甚弱,仅在局部节理中有少量的辉钼矿和方铅矿,未构成有意义的工业矿体。钼矿体主要产于岩体过渡相和边缘相的钠长石化带和云英岩化带中。

4 讨论

4.1 成矿时代

许多研究者认为该区带的钼(铜)成矿作用与华力西期构造岩浆活动有关(聂凤军等,2002a;2005;彭巨贵等,2006)。小狐狸山钼矿所处的黑鹰山-雅干成矿带钼矿成矿岩体为一套华力西中、晚期到印支期的中酸性岩石组合,地球化学特征表现为酸性铝过饱和的钙碱性系列花岗岩,成岩物质以壳源为主,形成于挤压构造环境,对应于古亚洲洋闭合事件和其后的板内环境;同处于黑鹰山-雅干成矿带中,发育着不同期次的岩浆活动和成矿作用,如查干础鲁金矿 234.0 ± 4.9 Ma, 呼伦西白金矿 231.0 ± 8.4 Ma、阿达日嘎金矿和珠斯楞铜矿 249.0 ± 45 Ma(李俊建,2006)。小狐狸山西侧的额勒根乌兰乌拉 Mo-Cu(Au)矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 332.0 ± 9.0 Ma(聂凤军等,2005),与华力西中

期中酸性岩浆活动有关;流沙山 Mo-Au 矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 260.0 ± 10.0 Ma(聂凤军等, 2002b),与华力西晚期中酸性岩浆活动有关。

彭振安(2010a)对该矿床中6个辉钼矿样品进行了 Re-Os 同位素分析,获得模式年龄为 $216.3 \sim 220.1$ Ma,等时线年龄为 220.0 ± 2.2 Ma,MSWD 值为 0.54, ^{187}Os 初始值为 (0.23 ± 0.30) ng/g。张雨莲等(2012)获得小狐狸山含矿花岗岩锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄 216.9 ± 0.5 Ma(MSWD=0.41),与斑岩型钼矿化的时间 $220\text{Ma} \pm 2.2$ Ma 在误差范围内基本一致,为该矿床提供了同位素年代学的佐证;晚成矿阶段辉钼矿单矿物 Re-Os 模式年龄加权平均值为 $213.2 \text{Ma} \pm 4.6$ Ma(MSWD=1.3)。

综上所述,小狐狸山钼多金属矿床成矿时代为三叠纪,属印支期构造-岩浆活动的产物。

4.2 成因类型

(1) Mo 与 W、Nb、Ta 属同一地球化学族——酸性残余岩浆元素,在内生作用下,成 MoS 产出。在酸性花岗岩中,稀有元素丰度高,这是形成相关矿床的先决条件。而其 Nb、Ta 等的富集作用,则是在岩浆作用末期,挥发组分增高,钠的浓度急剧增加,当演化至钠长石化阶段,Nb、Ta 在碱性溶液中沉淀析出。随钠交代作用的进行,溶液中 K、Li 浓度相对增加,不断交代早期形成的黑云母,而形成铁锂云母或锂云母,使分散在云母类矿物中之 Ta、Nb 大量析出,使 Ta、Nb 比值显著变化,Nb、Ta 相对集中。有岩体顶部岩层的屏障作用,形成垂直方向上的分带。Nb、Ta 即产于钠化最强含铁锂云母、白云母及钾质交代明显的地段。

(2) 铅锌矿化,从它的产出部位来看,与钼等矿种属同源不同阶段、不同空间的产物,不属于主矿化期的产物,属岩浆期后热液阶段形成的产物。

(3) 矿区内与矿化有关的赋矿岩体均为深成岩体,花岗岩内具有大量的黄铁矿化、硅化、云英岩化、绿帘石化,局部萤石矿化并见辉钼矿等矿化蚀变现象。随着钻探向下直至古生代地层基底辉钼矿与硅化、黄铁矿化和萤石化更显密切,且辉钼矿的厚度明显增加,品位增高。另外岩体具有从边缘相-中心相分别对应钾长石化、钠长石化、云英岩化等围岩蚀变分带现象。

结合矿床区域成矿背景及其围岩蚀变特征,从 Mo→Pb-Zn→稀有金属的复合矿化,推测可能是与不同期次花岗岩有关的热液叠加的产物,从其岩石地球化学及其形成的金属矿物、蚀变特征分析,该矿

床为板内伸展构造环境下形成的高-中温岩浆热液叠加型矿床。而之前许多学者(彭振安等,2010b;杨帅师等,2012;张雨莲,2012;杨岳清等,2013;)提出的该矿床是斑岩型矿床的说法值得商榷。

4.3 成矿作用

本区钼矿与岩浆同源,钼矿化与地壳物质组份高度集中的晚期偏酸性侵入岩在成因上有必然的联系,并为岩浆期后含矿热液直接作用的产物。其成矿过程是,在深断裂作用下,构造带上的上地幔硅质块体,当其与下地幔组分一起混熔时,其中赋含的原始钼矿质一同转入混熔岩浆,随着岩浆深部的多次分异,矿物质逐渐向晚期偏酸性富碱岩浆集中,最后在岩浆期后热液阶段富集成为含矿溶液,由于钼矿属于上迁元素,在花岗岩的边缘及与地层的内接触带,矿液沿岩体内的网络微裂隙及孔隙充填,浸染交代形成钼矿体,后又被含 Pb、Zn 元素的岩浆热液叠加侵入,在钼矿体的边部富集成矿。该区经过叠加改造作用后在其成矿带及附近形成以钾长石化-钠长石化-英云岩化等为主的蚀变现象,该套矿化蚀变组合与稀土元素(Nb、Ta 元素等)的成矿有着密切的关系。在岩浆作用末期,挥发组分增高,钠的浓度急剧增加,当演化至钠长石化阶段,Nb、Ta 在碱性溶液中沉淀析出。随钠交代作用的进行,使 Ta、Nb 相对集中。经多次岩浆热液叠加改造作用,最终形成小狐狸山钼多金属矿床。

由此可见,黑鹰山-雅干成矿带作为兴蒙造山带的一部分存在多期次的成矿作用。华力西中晚期至印支期,经历了西伯利亚板块和南侧蒙古洋壳俯冲,华北陆台碰撞对接作用,随着古亚洲洋的消失,塔里木-中朝板块与西伯利亚板块闭合为一整体,由华力西期的陆缘岛弧火山成矿系统,到印支期的后碰撞期板块内的伸展型与中酸性岩浆的成矿系统(王荃等,1991;李述靖等,1998;邵济安等,1999;李俊建,2006)。总体看来,内蒙古西部钼多金属矿床形成与板块的开合及古亚洲洋的形成演化密切相关,伴随着古生代和中生代构造-岩浆活动产出(侯万荣,2010)。小狐狸山钼多金属矿床就是印支期中酸性岩浆成矿作用的产物。

根据成矿系统或成矿系列理论(程裕淇等,1983;翟裕生等,1999;陈毓川等,1998;2006),含矿岩浆侵位以后,在同一能量驱动机制下,岩浆热压力和流体内压力可能驱动含矿流体在不同的位置上堆积不同种类的金属,从而在含矿流体通过的路径上发生不同性质的成矿作用,并形成一系列不同类型

的矿床。尽管其作用机制有所不同,这些成矿作用都是在同一动力驱动下发生的,只是成矿物质沉淀的边界条件有所不同,成矿作用发生在混沌边缘(於崇文,2006)。小狐狸山钼多金属矿床在空间、时间和成因上与花岗岩体密不可分,同岩浆的侵位演化紧密相关,属于同一个构造-岩浆-成矿系统的产物。

5 找矿方向

本矿床成矿受断裂构造、酸性岩体和热液蚀变控制。结合矿床地质特征、化学特征、成矿作用和成矿环境等因素的分析,总结小狐狸山铅锌钼矿找矿方向及找矿标志,为今后找矿工作提供依据。

(1) 越来越多的地质事实和测年数据表明印支期岩浆活动在北山地区区域地质演化中的重要性(陈富文等,1999;周济元等,2000;聂风军等,2004,2003a,2003b,2003c;江思宏等,2003,2006)。所以在该地区印支期花岗岩类岩体中,其岩石酸度高的岩体应值得重视。

(2) 从其成矿条件分析,该矿床成矿具备以下几个基本条件:首先,成矿物质条件方面,富含大量稀有元素的酸性铝过饱和岩浆为成矿提供了充足的物质来源,区域稀有金属地球化学背景值高也证明了这一点。另外,主要受控于 NW、EW、NE 向断裂,这些断裂的存在,为花岗岩浆向地表移动提供了良好的通道。最后,成矿熔体溶液含有大量的挥发份,含矿岩石具有大量的晶洞和萤石,方解石细脉也说明了这一点。

(3) 赋矿岩体具有明显分异现象,即边缘相、过渡相和中心相,其岩性分别为云英岩(次生石英化)细粒似斑状花岗岩、钠长石化中细粒似斑状花岗岩、钾长石化中粗粒似斑状花岗岩。该矿床的钼矿体主要产于岩体过渡相和边缘相的钠长石化带和云英岩化带中,发育云英岩化、硅化、钠长石化、钾长石化等热液蚀变的岩体在北山地区具备赋矿条件。该矿床内伴有的稀有元素(Nb、Ta 元素等)多与围岩英云岩化、钠闪石化等蚀变密切相关,在今后的找矿过程中应多注意稀有元素的伴生。

(4) 从成矿部位分析,发现小狐狸山钼多金属矿体主要赋存在岩体的顶部和边部,因此在类似特征的地区其剥蚀浅或埋藏浅的岩体对找矿最有利。

(4) 化探异常是找矿的重要标志,尤其是有 Mo、Cu、Pb、Zn 元素组合有浓集中心且有分带现象的各类化探异常的存在,可直接指示有可能存在钼矿化。

(5) 该地区钼多金属矿体具有中-低强度磁

性、高极化率和中-低电阻率的特点,结合激发极化法和高精度磁法是寻找此类矿床的有效方法。

从区域上已发现的金属矿床时空分布特征上看,在矿区及其外围,存在某些类似之处,故也有找到小狐狸山式钼多金属矿床的可能。

致谢 本文所涉及的部分数据引自内蒙古地质调查院承担的内蒙古大狐狸山地区矿产远景调查项目成果,特此对郑宝军、苏世杰等项目负责人及项目全体工作人员表示诚挚的谢意! 特别感谢评审专家提出的宝贵意见。

[注释]

- ① 内蒙古自治区地质调查院. 2008. 内蒙古自治区大狐狸①山幅(K47E010017) 矿产远景调查说明书.

[References]

- Chen Yu-chuan, Pei Rong-fu, Song Tian-rui. 1998. Preliminary discussion on metallogenic series of deposit in China[M]. Beijing: Geological Publishing House:104 (in Chinese)
- Chen Yu-chuan, Pei Rong-fu, Wang Den-hong. 2006. Third discussion on metallogenic series of deposit[J]. Acta Geologica Sinica, 80(10): 1501-1508 (in Chinese with English abstract)
- Cheng Yu-qi, Chen Yu-chuan, Zhao Yi-ming. 1983. Further discussion on metallogenic series of deposit[J]. Acta Geoscientia Sinica, (06): 1-63 (in Chinese with English abstract)
- Chen Fu-wen, Li Hua-qin, Cai Hong, Liu Hou-qun. 1999. The origin of the Jinwozi gold deposit in eastern Xinjiang-Evidence from isotope geochronology[J]. Geological Review, 45(3): 247-253 (in Chinese with English abstract)
- Gong Quan-sheng, Liu Ming-qiang and Li Hai-lin. 2002. The type and basic characteristics of Beishan orogenic belt, Gansu [J]. Northwest-ern Geology, 35(3): 28-34 (in Chinese with English abstract)
- Hou Wan-rong, Nie Feng-jun, Xu Bin, Li Wei, Fan Yong-wei, Zhao Chun-rong. 2010. Geological features and geodynamic background of the molybdenum polymetallic deposits in central-western Inner Mongolia[J]. Geology and Exploration, 46(5): 0751-0764 (in Chinese with English abstract)
- Jiang Si-hong, Nie Feng-jun, Chen Wei-shi, Le Guang-cheng. 2006. ⁴⁰Ar-³⁹Ar geochronology and fluid inclusion features of the Nanjinshan gold deposit, Beishan Mt., Gansu Province [J]. Geological Review, 52(2): 266-275 (in Chinese with English abstract)
- Jiang Si-hong, Nie Feng-jun, Chen Wen, Liu Yan, Bai Da-ming, Liu Xinyu, Zhang Si-hong. 2003. Discovery of Yanshanian K-feldspar granite in Huitongshan copper deposit, Gansu province, and its implication [J]. Mineral Deposits, 22(2): 185-190 (in Chinese with English abstract)
- Geological Exploration Institute of Inner Mongolia. 2008. Detailed investigated report of Xiaohu-lishan lead-zinc deposit in Ejila County, Inner Mongolia [R]. Geological Exploration Institute of Inner Mongolia: 13-53 (in Chinese)
- Li Jun-jian. 2006. Regional metallogenic system of Alashan block in Inner Mongolia Autonomous region [D]. Beijing: China University of Geo-

- sciences:126 – 133 (in Chinese with English abstract)
- Peng Zhen-an ,Li Hong-hong ,Qu Wen-jun. 2010a. Molybdenite Re-Os age of Xiaohulishan molybdenum deposit in Eishan area ,Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits 29(3) :510 – 516 (in Chinese with English abstract)
- Wang Ji-chun ,Wang Jing-fan ,Xu Yong-wang ,Zhang Yu-qing. 2011. Geological significance of Xiaohulishan Molybdenum Polymetallic-rare Metal Deposit [J]. Metal Mine 418:101 – 103 (in Chinese with English abstract)
- Li Shu-jing ,Zhang Wei-jie ,Geng Ming-shan. 1998. Introduction to geology of Mongolian orogenic and its evolution [M]. Beijing: Geol. Pub. House:104 ,111 – 112 (in Chinese)
- Liu Xue-ya ,Wang Quan. 1995. Tectonics of the orogenic belts in Beishan Mts. Western China and their evolution [M]. Geological Research (Dixueyanjiu) (28). Beijing: Geological Publishing House:37 – 48 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Bai Da-ming ,Wang Xin-liang ,Su Xinxu ,Li Jing-chun ,Liu Yan ,Zhao Xing-min. 2002a. Metallogeny and ore-prospecting of ore deposits occurring within the conjunction area of Inner Mongolia ,Gansu and Xinjiang (Beishan Mts.) ,northwestern China [M]. Beijing: Geological Publishing House:1 – 499 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Zhao Xing-min ,Bai Da-ming ,Liu Yan ,Zhao Yue-ming ,Wang Xin-liang ,Su Xin-xu. 2002b. Geolofeatures and metallogenic type of the Liushashan gold (molybdenum) deposit in EjinQi , western Inner Mongolia [J]. Geology Geochemistry 30(1) :1 – 7 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Bai Da-ming ,Liu Yan ,Zhang Yi ,Zhao Yun-ming ,An Cun-jie ,Wang Xin-liang ,Su Xin-liang. 2003a. Temporal-Spatial distribution and metallogenic processes of gold and copper deposits in Inner Mongolia-Gansu-Xinjiang border (Beishan) region [J]. Mineral Deposits 22(3) :234 – 245 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Bai Da-ming ,Zhang Yi ,Zhao Yue-ming ,Wang Xin-liang. 2003b. Hercynian-Indosinian magmatic activities and gold metallogeny in central and southern Beishan region ,northwest China [J]. Acta Geoscientia Sinica ,24(5) :415 – 422 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Zhao Yue-ming. 2003c. Type and temporal spatial distribution of metal deposits in the Beishan Mt. ,Inner Mongolia , and its neighboring region [J]. Mineral Deposits 22(3) :234 – 245 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Bai Da-ming. 2004. Geological features and origin of porphyry copper deposits in China-Mongolia border region and its neighboring areas [J]. Mineral Deposits 23(2) :176 – 189 (in Chinese with English abstract)
- Nie Feng-jun ,Jiang Si-hong ,Zhang Yi ,Bai Da-ming ,Hu Peng ,Zhang Yuan-yi ,Zhang Wan-yi ,Liu Yan. 2007. Metallogenic studies and prospecting orientation in central and eastern segments along China-Mongolia border [M]. Beijing: Geological Publishing House: 139 – 156 (in Chinese)
- Nie Feng-jun ,Qu Wen-jun ,Liu Yan ,Du An-dao ,Jiang Si-hong. 2005. Re-Os isotopic age dating of molybdenite separates from Elegen porphyry Mo (Cu) mineralized area ,northwestern Alxa , western Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits 24(6) :638 – 646 (in Chinese with English abstract)
- Peng Ju-gui ,Zhang Fa-rong ,Zhao Fu-chang. 2006. Divisions and contrast of basic features of metallogenic belts in Beishan area of Gansu-Xinjiang-Inner Mongoli [J]. Journal of Earth Sciences and Environment 28(3) :11 – 18 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Yu-lian ,Xu Rong-ke ,Shan Liang ,Jia Qun-zi ,Song Zhong-bao ,Chen Xiang-yang ,Zhang Xiao-fei ,Chen Bo ,Li Ya-zhi ,Quan Shou-cun. 2012. Rock-forming and ore-forming ages of the Xiaohulishan molybdenum deposit in Beishan area ,Inner Mongolia [J]. Geological Bulletin of China 31(2/3) :469 – 475 (in Chinese with English abstract)
- Peng Zhen-an ,Li-Hong-hong ,Zhang Shi-qi ,Xu-Ming ,Chen Yan ,Cai-Ming-hai. 2010. Geochemical characteristics of Mo-mineralized granite in the Xiaohulishan deposit ,Beishan area ,Inner Mongolia [J]. Geology and Exploration 46(2) :0291 – 0298 (in Chinese with English abstract)
- Yang Shuai-shi ,Wang Shou-guang ,Shen Cun-li ,Zhang Mei ,Zhang Hong-xia ,Zheng Bao-jun ,Jia Ling-long ,Zhuang Yun ,Zhou Li-jun ,2012. Rock-forming and ore-forming ages of Xiaohulishan molybdenum-polymetallic deposit in Inner Mongolia and its geological significance [J]. Geoscience 26(2) :261 – 268 (in Chinese with English abstract)
- Yang Yue-qing ,Zhao Jin-hua ,Meng Gui-xiang ,Yan Jia-yong ,Lü Bo ,Wang Shou-guang ,Jia Ling-long ,Han Jian-gang. 2012. Rock-forming and ore-forming ages as well as formation environments of porphyry molybdenum deposits in Beishan area ,Inner Mongolia [J]. Acta Geoscientia Sinica 34(4) :401 – 412 (in Chinese with English abstract)
- Shao Ji-an ,Zhang Lu-qiao ,Mu Bao-lei. 1999. Magmatism in the Mesozoic extending orogenic process of Daxingan Mts [J]. Earth Science Frontiers 6(4) :339 – 346 (in Chinese with English abstract)
- Shen Cun-li ,Zhang Mei ,Yu Xi-qing ,Chen Wen-guo ,Gao Wei-yu ,Zhou Wen-chuan. 2010. New progresses in exploration of molybdenum deposits and analysis of mineralization prospect in Inner Mongolia [J]. Geology and Exploration 46(4) :0561 – 0575 (in Chinese with English abstract)
- Wang Quan ,Liu Xue-ya ,Li Jin-yi. 1991. Plate tectonics between Cathaysia and Angaraland in China [M]. Beijing: Peking University Press:74 – 91 (in Chinese with English abstract)
- Yu Chong-wen. 2006. Fractal growth of mineral deposits at the edge of chaos (book1) [M]. Hefei: Anhui Education Press:705 (in Chinese with English abstract)
- Yang He-qun ,Li Ying ,Yang Jian-guo. 2006. Main Metallogenic Characteristics in the Beishan Orogen [J]. Northwestern Geology 39(2) :78 – 95 (in Chinese with English abstract)
- Zhou Ji-yun ,Cui Bing-fang ,Xiao Hui-liang ,Chen Shi-zhong ,2000. The rift evolution and Au ore-forming regular in east part of beishan ,gansu and xingjiang [J]. Volcanology and Mineral resources ,Vol. 21 ,No1. 7 – 17 (in Chinese with English abstract)

- Zhai Yu-sheng. 2002. Some features of regional metallogeny of china[J]. Geology and Prospecting, 38(5):1-4 (in Chinese with English abstract)
- Zhang Yi, Nie Feng-jun, Jiang Si-hong. 2003. Discovery of the Ouyu Togo copper-gold deposit in the Sino-Mongolia border region and its significance for mineral exploration[J]. Geological Bulletin of China, 708-712 (in Chinese with English abstract)
- Zuo Guo-chao, He Guo-qi. 1990. Plate tectonics and metallogenic regularities in Beishan region [M]. Beijing: Peking University Press:1-100 (in Chinese with English abstract)
- [附中文参考文献]
- 陈毓川, 裴荣富, 宋天锐. 1998. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京: 地质出版社:104
- 陈毓川, 裴荣富, 王登红. 2006. 三论矿床的成矿系列问题[J]. 地质学报, 80(10):1501-1508
- 程裕淇, 陈毓川, 赵一鸣. 1983. 再论矿床的成矿系列问题[J]. 中国地质科学院院报, (06):1-63
- 陈富文, 李华芹, 蔡红等. 2004. 新疆东部金窝子金矿成因讨论—同位素年代学证据[J]. 地质论评, 45(3):247-253
- 龚全胜, 刘明强, 李海林. 2002. 甘肃北山造山带类型及基本特征[J]. 西北地质, 35(3):28-34
- 侯万荣, 聂凤军, 徐斌, 李伟, 樊永伟, 赵春荣. 2010. 内蒙古中西部钼多金属矿床地质特征及其动力学背景[J]. 地质与勘探, 45(5):0751-0764
- 江思宏, 聂凤军, 陈伟十, 鞠光成. 2006. 北山地区南金山金矿床的⁴⁰Ar-³⁹Ar 同位素年代学及其流体包裹体特征[J]. 地质论评, 52(2):266-275
- 江思宏, 聂凤军, 陈文, 刘妍, 白大明, 张新宇, 张思红. 2003. 甘肃辉铜山矿床燕山期钾长花岗岩的发现及其地质意义[J]. 矿床地质, 22(2):185-190
- 李俊建. 2006. 内蒙古阿拉善地块区域成矿系统[D]. 北京: 中国地质大学:126-133
- 王继春, 王毓麟, 许永旺, 张永清. 2011. 小狐狸山钼多金属—稀有金属矿床的地质意义[J]. 金属矿山, 418:101-103
- 彭振安, 李红红, 屈文俊, 张诗启, 丁海军, 陈晓日, 张斌, 张永正, 徐明, 蔡明海. 2010a. 内蒙古北山地区小狐狸山钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 29(3):510-516
- 李述靖, 张维杰, 耿明山. 1998. 蒙古弧形地质构造特征及形成演化概论[M]. 北京:地质出版社:104, 111-112
- 刘雪亚, 王荃. 1995. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化[M]. 地学研究(28). 北京:地质出版社:37-48
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 王新亮, 苏新旭, 李景春, 刘妍, 赵省民. 2002a. 北山地区金属矿床成矿规律及找矿方向[M]. 北京:地质出版社:1-499
- 聂凤军, 江思宏, 赵省民, 白大明, 刘妍, 赵月明, 王新亮, 苏新旭. 2002b. 内蒙古流沙山(钼)矿床地质特征及矿床类型划分[J]. 地质地球化学, 30(1):1-7
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 刘妍, 张义, 赵月明, 安存杰, 王新亮, 苏新旭. 2003a. 蒙甘新相邻(北山)地区金铜矿床时空分布特征及成矿作用[J]. 矿床地质, 22(3):234-245
- 聂凤军, 江思宏, 白大明, 张义, 赵月明, 王新亮. 2003b. 北山中南带海西—印支期岩浆活动与金的成矿作用[J]. 地球学报, 24(5):415-422
- 聂凤军, 江思宏, 赵月明. 2003c. 内蒙古北山邻区金属矿床类型及其时空分布[J]. 地质学报, 77(3):367-378
- 聂凤军, 江思宏, 白大明. 2004. 中蒙边境及邻区斑岩型铜矿床地质特征及成因[J]. 矿床地质, 23(2):176-189
- 聂凤军, 江思宏, 张义, 白大明, 胡朋, 赵元艺, 张万益, 刘妍. 2007. 中蒙边境中东段金属矿床成矿规律和找矿方向[M]. 北京:地质出版社:139-156
- 聂凤军, 屈文俊, 刘妍, 杜安道, 江思宏. 2005. 内蒙古额勒根斑岩型钼(铜)矿化区辉钼矿铼—钨同位素年龄及地质意义[J]. 矿床地质, 24(6):638-646
- 内蒙古自治区地质勘查院. 2008. 内蒙古自治区额济纳旗小狐狸山矿区铅锌钼矿详查报告[R]. 内蒙古自治区地质勘查院:13-53
- 彭巨贵, 张发荣, 赵福昌. 2006. 甘新蒙北山地区成矿带划分和基本特征对比[J]. 地球科学与环境学报, 28(3):11-18
- 张雨莲, 许荣科, 陕亮, 群子, 宋忠宝, 陈向阳, 张晓飞, 陈博, 栗亚芝, 全守村. 2012. 内蒙古北山地区小狐狸山钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄和 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄[J]. 地质通报, 31(2/3):469-475
- 彭振安, 李红红, 张诗启, 徐明, 陈艳, 蔡明海. 2010b. 内蒙古北山地区小狐狸山钼矿成矿岩体地球化学特征研究[J]. 地质与勘探, 46(2):0291-0298
- 杨帅师, 王守光, 沈存利, 张梅, 张红霞, 郑宝军, 贾玲珑, 庄云, 周立军. 2012. 内蒙古小狐狸山钼多金属矿床成矿年龄及其地质意义[J]. 现代地质, 26(2):261-268
- 杨岳清, 赵金花, 孟贵祥, 严加永, 吕博, 王守光, 贾玲珑, 韩建刚. 2012. 内蒙古北山地区斑岩型钼矿的成矿时代和形成环境探讨[J]. 地球学报, 34(4):401-412
- 邵济安, 张履桥, 牟保磊. 1999. 大兴安岭中生代伸展造山过程中的岩浆作用[J]. 地学前缘, 6(4):339-346
- 沈存利, 张梅, 于玺卿, 程文国, 高维裕, 周文川. 2010. 内蒙古钼矿找矿新进展及成矿远景分析[J]. 地质与勘探, 561-575
- 王荃, 刘雪亚, 李锦轶. 1991. 中国华夏与安加拉古陆间的板块构造[J]. 北京:北京大学出版社:74-91
- 於崇文. 2006. 矿床在混沌边缘分形生长(上)[M]. 合肥:安徽教育出版社:705
- 杨合群, 李英, 杨建国, 叶得金, 赵彦青, 赵建国, 李文明, 杨林海, 赵国斌, 沈存利, 王新亮, 苏新旭. 2006. 北山造山带的基本成矿特征[J]. 西北地质, 39(2):78-95
- 周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 陈世忠. 2000. 甘新北山东段裂谷演化及金矿成矿规律[J]. 火山地质与矿产, 21(1):7-17
- 翟裕生. 2002. 中国区域成矿特征探讨[J]. 地质与勘探, 38(5):1-4
- 张义, 聂凤军, 江思宏, 胡朋. 2003. 中蒙边境欧玉陶勒盖大型铜—金矿床的发现及对找矿勘查工作的启示[J]. 地质通报, 708-712
- 左国朝, 何国琦. 1990. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京:北京大学出版社:1-100

The Metallogenic Type of the Xiaohuli Shan Molybdenum Polymetallic Ore Deposit in the Beishan Area , Inner Mongolia and Prospecting Direction

WANG Ji-chun^{1,2}, XIAO Rong-ge¹, WANG Jing-fan^{1,3}, LI Chao⁴, XU Yong-wang², Liu Yang¹

(1. Faculty of Earth Sciences and Mineral Resources ,China University of Geosciences Beijing 100083 ;

2. Geological Survey Institute of Inner Mongolia Hohhot Inner Mongolia 010020 ;

3. Management Center of Exploration Fund of Inner Mongolia ,Huhhot ,Inner Mongolia 010020 ;

4. Liaoning institute of Geology and mineral Resource ,Chenyang Liaoning 110032)

Abstract: The Xiaohuli Shan molybdenum polymetallic ore deposit which was discovered in the Beishan area in recent years is a concealed deposit of a medium-large scale with typical metallogenic features. Its host rocks can be divided into three distinct phases ,i. e. the edge phase ,transition phase and center phase among which the center phase has strong silicification and potassium feldspathization phenomena and the edge and transition phases have obvious albitization alteration characteristics superimposed by post-magmatic greisenization alteration. The molybdenum ore deposit mainly occurs in the albitization rock zone and greisenized rock zone of the edge phase and transition phase. This molybdenum polymetallic deposit ,that formed in Triassic ,is the product of the tectonic-magmatic activities in the Indosinian period. Analysis of compound mineralization characteristics of Mo→Pb-Zn→rare metals suggests that it is attributed to a hydrothermal superimposition deposit as a result of magmatic hydrothermal activities in various periods. Combining the analysis of rock geochemistry and tectonic setting and mineralization and alteration characteristics ,this ore deposit is considered to be a magmatic hydrothermal superimposition deposit formed in an intraplate extensional tectonic environment.

Key words: molybdenum polymetallic-rare metallic ore deposit , ore deposit type , geologic characteristics , prospecting direction , Beishan area

