

# 内蒙古流沙山金(钼)矿床地质特征 及矿床类型的划分

聂凤军<sup>1</sup>, 江思宏<sup>1</sup>, 赵省民<sup>1</sup>, 白大明<sup>1</sup>, 刘妍<sup>1</sup>, 赵月明<sup>2</sup>, 王新亮<sup>2</sup>, 苏新旭<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 内蒙古地质调查院, 内蒙古 呼和浩特 010020)

**摘要:**流沙山矿床是近年来在内蒙古西部发现的一处金(钼)矿床。金(钼)矿化主要在海西期花岗闪长岩内呈大脉细脉和线脉产出,其空间展布形态受一系列环状断裂带控制。金(钼)矿体多为环状到半环状透镜体,局部地段为扁豆群和楔状体。矿石的金属矿物有辉钼矿、白钨矿、辉铋矿、黄铜矿、黄铁矿、钼钙矿、自然金和银金矿。脉石矿物有石英、钾长石、斜长石、黑云母和角闪石,其中辉钼矿  $\text{Re-Os}$  同位素等时线年龄为  $(260 \pm 10) \times 10^6 \text{ a}$ 。矿体的围岩蚀变主要有硅化和钾化(钾长石化和绢云母化),次为绢英岩化和青盘岩化。本文重点研究了与矿化有关的花岗岩类岩相学和岩石化学,阐述了金(钼)矿床的矿化特征,划分了矿床的蚀变分带。在对比流沙山金(钼)矿床与国内外经典性斑岩型金属矿床主要特征的基础上,将流沙山(钼)矿床确定为深成岩型斑岩金(钼)矿床。

**关键词:**地质特征;矿床类型;金(钼)矿床;流沙山;内蒙古

**中图分类号:**P618.5107;P618.6507 **文献标识码:**A

流沙山金(钼)矿床位于甘肃酒泉市正北 275 km 处,属内蒙古额济纳旗管辖。该矿床是原甘肃地质矿产局第四地质队于七十年代末进行 1:20 万区域地质调查时发现露头,后经钻探和坑探查明的中型钼矿床。赵恩厚等在本区进行 1:5 万区域地质调查时,对流沙山钼矿床地质特征进行过系统总结,并且认为该矿床属斑岩型钼矿床。聂凤军等在执行国家地质调查项目(编号 K1.3.32)期间,对流沙山矿床开展了较系统的地质、地球化学和岩(矿)相学研究,将其确认为深成岩型斑岩金(钼)矿床。该矿床的发现与成因类型的厘定不仅为在素有西北“富铁矿之乡”著称的黑鹰山—流沙山地区寻找金矿床开创了新局面,而且也整个北山造山带金矿床地质理论研究工作提供了一个新的范例。

收稿日期:2000-04-30;修回日期:2001-07-30

基金项目:国家自然科学基金(40073015);国家地质调查项目(K1.3.32)

第一作者简介:聂凤军(1956-),男,研究员,博士生导师,岩石学和矿床地球化学专业。

甘肃省地质矿产局. 区域地质矿产调查报告(1:50000),黑鹰山幅(K-47-63-B). 1983.

聂凤军等. 地调项目执行情况汇报. 中国地质科学院(内部资料). 2001.

## 1 矿区地质概况

流沙山金(钼)矿床大地构造位置属哈萨克斯坦—北山板块北带优地斜带红石山—黑鹰山地区东北部,黑鹰山—流沙山背斜东南倾没端<sup>[1~3]</sup>。区内出露的地层主要有第四系沉积物和石炭系下统白山组火山岩,前者为风成沙和残坡积物,后者为英安质凝灰熔岩、英安岩和流纹岩。英安质凝灰熔岩仅见于矿区东北和西南角,而流纹岩出露于矿区中部地层。矿区范围内海西期花岗岩类侵入岩分布广泛,约占全区各类岩层(体)出露面积的 80%,主要岩石类型有石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩和显微文象花岗岩,其中花岗闪长岩和石英闪长岩为金(钼)矿化直接赋矿围岩,此外,矿区范围内还分布有一些规模较小的辉绿岩和细晶岩脉。就控矿构造来讲,含矿岩体和金(钼)矿体空间分布形态除了受黄泥滩—流沙山背斜倾没端影响外,主要受成矿前环形和成矿后逆冲断层带控制。成矿前环状断裂带呈 NW 向展布,外径长 850 m,宽 450 m,内径长 400 m,宽 270 m,内外径长宽比分别为 2:1 和 1.5:1,该断裂带主要由一系列相互平行或大致平行的断层、裂隙和破碎带所组成,其长度变化范围为 15~60 m,

宽 0.2~1.7 m。含金(钼)石英脉多沿上述环状断裂分布,进而构成环状矿体。成矿后的构造多为一些 NW 向高角度逆冲断层或逆平推断层,对金(钼)矿体具有一定的破坏作用。

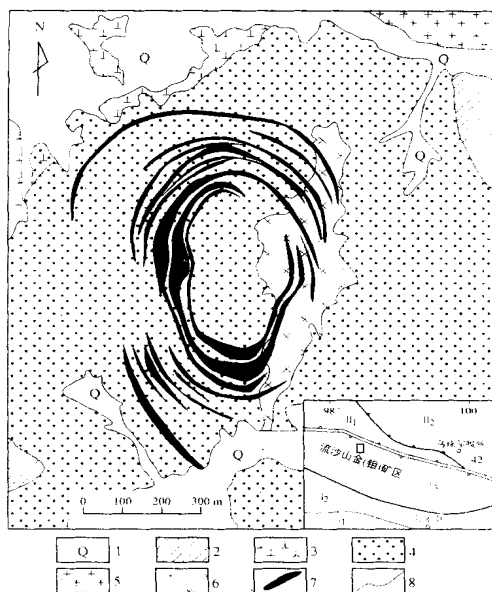


图 1 内蒙古额济纳旗流沙山金(钼)矿床地质简图

Fig. 1. Geological sketch map of the Liushashan Au (Mo) deposit, Ejin Qi (Prefecture), Inner Mongolia.

1. 第四系; 2. 石炭系白山组流纹岩和英安岩; 3. 海西期黑云母二长花岗岩; 4. 海西期花岗闪长岩; 5. 海西期石英闪长岩; 6. 海西期闪长岩; 7. 金(钼)矿体; 8. 地质界限

哈萨克斯坦—北山板块: I<sub>1</sub>. 马鬃山地块; I<sub>2</sub>. 公婆泉—月牙山地块; I<sub>3</sub>. 红石山—黑鹰山地块

西伯利亚板块: II<sub>1</sub>. 雀儿山地块; II<sub>2</sub>. 乌珠尔嘎顺地块。

## 2 含金(钼)侵入杂岩体

流沙山花岗岩类侵入岩体呈岩基状侵位于石炭系下统白山组中酸性火山岩地层,杂岩体四周向外倾斜,与围岩的接触面产状较缓,向下延伸百余米便渐趋平坦,出露面积约为 110 km<sup>2</sup>。野外地质调查结果表明,流沙山侵入杂岩体虽然规模不很大,但是岩相分带清楚和岩石种类较多,主要岩石类型有闪长岩、石英闪长岩、花岗闪长岩、黑云母二长花岗岩和显微文象花岗岩以及辉绿岩和细晶岩脉,其中闪长岩、花岗闪长岩和黑云母二长花岗岩与金(钼)矿化具密切空间分布关系。一般来讲,流沙山花岗岩类侵入杂岩体是海西晚期岩浆活动的产物,花岗闪长岩两件角闪石钾-氩同位素年龄分别为  $(262 \pm 4) \times 10^6$  a 和  $(261 \pm 3) \times 10^6$  a。

流沙山花岗岩类侵入杂岩体主要岩石类型化学分析数据及计算所获有关参数值列于表 1,从闪长岩和石英闪长岩经花岗闪长岩到黑云母二长花岗岩,主元素、微量元素和稀土元素含量变化特征如下: (1) SiO<sub>2</sub> 和 (K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O) 含量明显增高, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 比值明显增大,相比之下, (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO)、CaO 和 MgO 含量明显降低,其中黑云母二长花岗岩主元素含量与标准花岗岩相似,属钙-碱性花岗岩类; (2) Ba 和 Sr 含量不存在规律性变化趋势,且明显低于标准花岗岩同种元素值<sup>[4~6]</sup>,相比之下,尽管各岩石类型之间 Cu 和 Mo 含量同样不存在任何变化规律,但是它们均明显高于标准花岗岩相应元素含量值,其中石英闪长岩的 Cu 和 Mo 含量分别为标准花岗岩相应元素值的 55 倍和 65 倍; (3) 稀土元素含量 (TREE) 和轻 (LREE) 与重 (HREE) 稀土元素比值呈降低和减小趋势,属 LREE 富集型花岗岩类 (表 1, 图 2)。另外, 4 种岩石类型 Eu 值均小于 1, Eu 的亏损暗示了花岗质岩浆在上侵过程中曾发生过不同程度结晶分异作用。

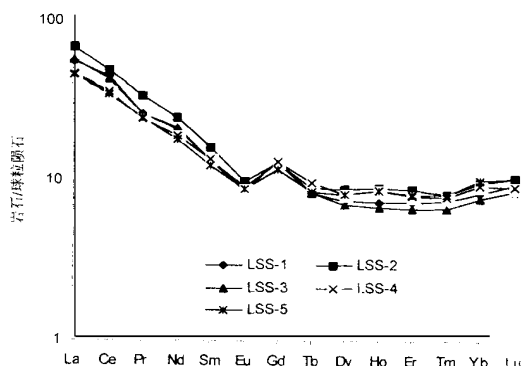


图 2 流沙山海西期侵入杂岩体花岗岩类岩石稀土元素球粒陨石标准化型式

Fig. 2. Chondrite-normalized REE patterns of various whole-rock samples from the Liushashan Hercynian intrusive complex.

LSS-1. 闪长岩; LSS-2. 石英闪长岩; LSS-3, LSS-4. 花岗闪长岩; LSS-5. 黑云母二长花岗岩

## 3 矿化特征

### 3.1 矿体产状和形态

迄今为止,在流沙山地区共发现和圈定金(钼)矿体 22 个,其中以 1 到 22 号矿体规模较大和品位较高,并且具有一定的工业价值。金(钼)矿体多呈脉状、环状和透镜体状在花岗闪长岩和

表 1 流沙山含金(钼)花岗岩类、钾长石脉和钾长石-石英脉化学分析结果(%)

Table 1. Major and trace element analyses of the Au(Mo)-bearing granitoids, Kfeldspar veins and quartz Kfeldspar veins from the Liushashan Au (Mo) deposit

序号	样品编号	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub>	S	总量	K <sub>2</sub> O/ Na <sub>2</sub> O
1	LSS-1(3)	53.87	0.65	16.09	1.08	6.84	0.18	7.28	9.95	2.45	0.43	0.07	1.25	0.26	0.03	100.33	0.18
2	LSS-2(4)	59.26	0.81	16.45	2.79	4.37	0.06	3.85	6.57	2.40	1.28	0.12	1.59	0.82	0.03	100.40	0.44
3	LSS-3(2)	63.14	0.66	15.36	2.59	3.40	0.07	2.58	4.66	3.22	2.44	0.12	1.20	0.40	0.05	99.89	0.76
4	LSS-4(3)	63.73	0.67	15.10	2.17	3.23	0.07	2.21	4.03	2.92	2.95	0.13	1.25	0.50	0.04	99.00	0.8
5	LSS-5(3)	71.03	0.26	14.35	1.33	1.19	0.07	0.58	1.77	3.95	4.21	0.03	0.23	0.12	0.08	99.20	1.07
6	LLS-6(1)	63.59	0.11	17.78	0.24	0.23	0.03	0.03	0.15	0.36	16.43	0.03	0.42	0.28	-	99.68	45.63
7	LSS-7(1)	56.95	0.46	16.50	3.44	0.11	0.08	0.15	3.85	0.20	14.92	0.26	0.94	2.46	-	100.32	74.6
8	LSS-8(2)	78.35	0.12	8.44	0.96	0.62	0.04	0.50	0.46	0.36	9.01	0.12	0.87	0.30	0.24	100.39	25
9	BZ-1 <sup>[4]</sup>	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.80	1.62	3.79	4.03	0.16	0.56	0.33	-	100.00	1.06

序号	样品编号	Ba	Sr	Mo	Cu	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd
1	LSS-1(3)	482	213	2	10.79	21.27	44.06	3.62	15.12	3.12	0.81	4.02
2	LSS-2(4)	409	93	64.6	83.36	26.03	48.14	4.69	17.87	3.76	0.86	4
3	LSS-3(2)	508.2	140.4	2	20.88	21.78	42.49	3.64	15.42	3.09	0.74	4.19
4	LSS-4(3)	342.5	216.4	5.85	17.25	17.57	35.23	3.37	13.65	3.13	0.78	4.13
5	LSS-5(3)	367.4	166.6	2	13.87	17.34	34.14	3.44	12.91	2.86	0.78	3.66
6	LLS-6(1)	128.1	62.84	9.17	11.34	9.13	19.17	2.17	10.52	3.82	0.31	6.19
7	LSS-7(1)	59.72	35.94	36.81	17.01	9.58	17.61	2.18	9.34	3.32	0.45	5.7
8	LSS-8(2)	101.1	50.59	444.3	9.24	3.33	4.7	1.07	4.82	2.22	0.26	4.06
9	BZ-1 <sup>[4]</sup>	830 <sup>[5]</sup>	300	1	1.5	31.62 <sup>[6]</sup>	61.92	7.6	25.71	5.03	1.19	3.88

序号	样品编号	Tb	Dy	Hf	Er	Tm	Yb	Lu	TREE	LREE/ HREE	Eu
1	LSS-1(3)	0.48	2.96	0.64	1.9	0.3	2.1	0.37	100.8	6.89	0.69
2	LSS-2(4)	0.52	3.5	0.79	2.28	0.33	2.45	0.41	115.6	7.09	0.67
3	LSS-3(2)	0.48	2.77	0.6	1.72	0.27	1.97	0.34	99.5	7.06	0.63
4	LSS-4(3)	0.56	3.24	0.76	2.09	0.32	2.34	0.36	87.53	5.34	0.66
5	LSS-5(3)	0.49	3.26	0.76	2.11	0.33	2.53	0.41	85.02	5.27	0.74
6	LLS-6(1)	1.2	8.14	1.9	5.49	0.91	6.97	1.16	77.08	1.41	0.19
7	LSS-7(1)	0.92	6.85	1.64	4.7	0.73	5.64	1.01	69.67	1.56	0.31
8	LSS-8(2)	0.7	6.19	1.39	3.8	0.62	4.84	0.85	38.85	0.73	0.26
9	BZ-1 <sup>[4]</sup>	0.63	2.78	0.65	1.5	0.27	1.36	0.23	144.4	11.78	0.79

注:主元素分析由内蒙古地质矿产厅地质实验室完成,微量元素和稀土元素分析在国家地质实验测试中心完成;括号内数字为分析样品个数;1.闪长岩;2.石英闪长岩;3.花岗闪长岩;4.花岗闪长岩;5.黑云母二长花岗岩;6.含金(钼)钾长石脉;7.含金(钼)钾长石脉;8.含金(钼)钾长石-石英脉;9.标准花岗岩

闪长岩体内产出,其空间分布形态与它本身所处的构造部位有关。野外地质调查和钻(坑)探结果表明,单个矿体的延长方向与整个金(钼)矿化带长轴方向一致,并且在矿带两端转弯处形成一系列环状矿体。矿体的长度变化范围为 115~1 000 m,宽约 4~22 m,延深大于 400 m。一般来讲,各矿体大多平行排列,中间部位膨大增厚,两端呈收缩变薄之势,金(钼)矿化在各矿体由窄变宽处发生明显富集,并且构成金和钼高品位地段。需要提及的是,从矿带中心部位向外,随着环状矿化带半径的增大,各矿体之间的距离也逐渐变宽。从金(钼)矿体的宏观分布特征看,位于内环的金

(钼)矿体多向内环核部倾斜,倾角为 65°~83°,外环矿体倾向 NE,倾角在 35°~50°之间。需要指出的是,矿体与围岩不存在明显界线,其边界是根据化学分析结果圈划的。

3.2 矿石类型和矿物成分

依据矿物组分和结构构造差异,流沙山金(钼)矿床金(钼)矿石基本可划分为 3 种类型,即钾长石脉型、石英脉型和细脉浸染型,前两种矿石主要由钾长石或石英大脉(脉宽大于 10 cm)和细脉(脉宽 1~10 cm)组成,后者主要为含金(钼)石英线脉(脉宽小于 1 cm)、网脉和浸染状团块。需



要指出的是钾长石脉体中常常含有石英,石英脉体中也大都含有不等量的钾长石,一般来讲,钾长石含量大于 60 % (体积) 的脉体称之为钾长石脉,而石英含量大于 60 % (体积) 的脉体称为石英脉。金(钼)矿石主要金属矿物有辉钼矿、白钨矿、自然金、辉铋矿、黄铁矿和黄铜矿,近地表处见有钼钙矿、钼华、褐铁矿和孔雀石,脉石矿物有石英、斜长石、钾长石、黑云母和角闪石。此外,在部分金(钼)矿石中还观察到钛铁矿和磁铁矿。辉钼矿多呈鳞片状、薄膜状和细微粒状嵌布在钾长石-石英或石英集合体中,局部地段呈黑灰色条带与石英相间排列,相比之下,自然金多呈不规则粒状和微细片状(0.001 ~ 0.063 mm)与辉钼矿和黄铁矿共生,自然金、辉钼矿和黄铁矿含量呈正相关关系。脉石矿物有石英、斜长石、钾长石、黑云母、萤石、绢云母、方解石和绿泥石,局部地段见有金红石、磷灰石和天青石。

### 3.3 矿石化学组分

2 件含金(钼)钾长石脉和 1 件钾长石-石英脉样品的  $\text{SiO}_2$  含量分别为  $63.59 \times 10^{-2}$ 、 $56.95 \times 10^{-2}$  和  $78.35 \times 10^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  含量分别为  $16.43 \times 10^{-2}$ 、 $14.92 \times 10^{-2}$  和  $9.01 \times 10^{-2}$ ,  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  比值为 45.63、74.60 和 25.0,其中  $\text{K}_2\text{O}$  含量高低与岩石样品中所含钾长石多少有关。在微量元素含量方面,尽管钾长石脉和钾长石-石英脉的 Ba、Sr 和 Cu 含量低于流沙山花岗岩类侵入杂岩体各岩相带相应值,但是 Mo 含量明显高于所有其它样品。另外,据前人化学分析结果,金(钼)矿石 Au 含量变化范围为  $(0.9 \sim 14.5) \times 10^{-6}$ ,平均值  $5.4 \times 10^{-6}$ ; Mo 含量为  $(0.08 \sim 1.22) \times 10^{-2}$ ,平均值  $0.24 \times 10^{-2}$ ;  $\text{WO}_3$  含量为  $(0.09 \sim 0.36) \times 10^{-2}$ ,平均值为  $0.4 \times 10^{-2}$ 。在稀土元素地球化学特征方面,2 件钾长石脉和 1 件钾长石-石英脉的稀土元素(REE)含量分别为  $77.08 \times 10^{-6}$ 、 $69.67 \times 10^{-6}$  和  $38.85 \times 10^{-6}$ ,明显低于流沙山侵入岩体各岩相带岩石。轻(LREE)重(HREE)稀土元素含量比值分别为 1.41、1.56 和 0.73, Eu 值为 0.19、0.31 和 0.26。在图 3 中,稀土元素分配型式为明显“V”字型,反映了钾长石稀土元素含量对整个脉体稀土元素配分型式的影响,另外,随着脉体中钾长石的降低,REE 含量也呈亏损趋势,其中 LREE 亏损

的幅度要大于 HREE。

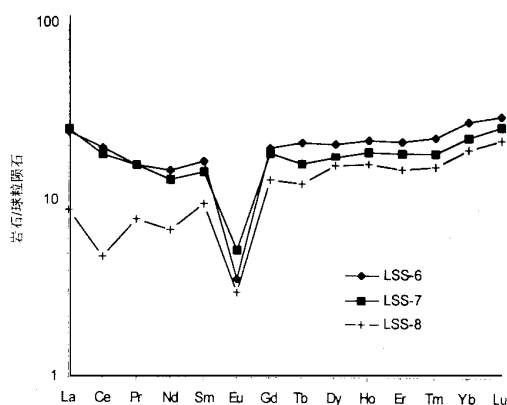


图 3 流沙山金(钼)矿床含金(钼)钾长石脉和钾长石-石英脉稀土元素球陨石标准化型式

Fig. 3. Chondrite-normalized REE patterns of gold (molybdenum)-bearing K feldspar veins and K feldspar quartz veins from the Liushashan gold (molybdenum) deposit.

LSS-6、LSS-7. 含金(钼)钾长石脉; LSS-8. 含金(钼)钾长石-石英脉

### 3.4 成矿阶段的划分

根据含金(钼)钾长石脉和钾长石-石英脉的相互穿插关系,矿物共生组合和矿石结构构造特征,流沙山金(钼)矿床的形成过程可划分为气成热液期、热液期、表生期。气成热液期以形成大量钾长石脉或细脉为特征,钾长石、石英、磁铁矿和白钨矿分布广泛,局部地段见有黄铁矿、辉铋矿和辉钼矿。热液期可进一步划分为早晚两个成矿阶段:早期为石英-硫化物阶段,以形成大量石英、萤石、白钨矿和辉钼矿为特征,伴生有辉铋矿、黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、自然金和银金矿,晚期为石英-碳酸盐阶段,代表性矿物有石英、方解石和黄铁矿。在表生期,原生金(钼)矿石在近地表处遭受氧化淋滤作用,不仅可形成铁钼华、钼钙矿、褐铁矿和孔雀石,而且可造成矿石中 Au 进一步富集,构成 Au 品位很高的氧化型金(钼)矿石。

### 3.5 金(钼)矿石的形成时代

6 件细脉浸染状金(钼)矿石辉钼矿样品的 Re-Os 同位素模式年龄变化范围为  $(234 \sim 280) \times 10^6 \text{a}$ ,它们所构成的 Re-Os 同位素等时线年龄为

甘肃省地质矿产局. 区域地质矿产调查报告(1:50000),黑鹰山幅(K-47-63-B). 1983.

国家地质实验测试中心同位素实验室测定。

$(260 \pm 10) \times 10^6 \text{a}$ 。鉴于辉钼矿与自然金共生,辉钼矿的 Re-Os 年龄代表了金(钼)矿化发生的时间,另外,金(钼)矿床赋矿围岩(花岗闪长岩)角闪石 K-Ar 同位素年龄为  $(261 \sim 262) \times 10^6 \text{a}$ ,略早于金(钼)矿石,由此可以推断,流沙山金(钼)矿床是海西晚期构造-岩浆活动的产物。

## 4 围岩蚀变类型及其分带

流沙山金(钼)矿床的赋矿围岩主要是海西期花岗闪长岩,围岩蚀变有硅化、钾化(钾长石化和黑云母化)、绿泥石化和碳酸盐化,成矿期的主要热液蚀变类型为硅化和钾长石化。尽管在空间分布上,各种热液蚀变类型存在有相互穿插和叠加现象,但是根据蚀变矿物组合和空间分布特点,从矿床核部向外,大体可划分出如下几个蚀变岩相带。

### 4.1 硅化带

大量的石英脉( $> 10 \text{cm}$ )、细脉( $1 \sim 10 \text{cm}$ )和线脉( $< 1 \text{cm}$ )在花岗闪长岩内部构成一较完整的面型蚀变带。尽管花岗闪长岩核部地带遭受到强烈硅化蚀变影响,但是局部地段仍可找到原岩的残留团块。这暗示了大规模含矿热流体对围岩的交代作用。硅化多表现为原生斜长石和斜长石为不规则状石英集合体所蚕蚀交代,次生石英呈细小它形粒状产于斜长石或钾长石粒间或者穿插于其它矿物边缘,局部地段,石英在斜长石内呈嵌晶状分布,构成残余结构或齿状嵌晶结构,次生石英含量一般为  $15\% \sim 30\%$ ,近矿体部位可高达  $50\%$ 。

### 4.2 钾化带

大量含金(钼)钾长石和石英-钾长石细脉(或线脉)在硅化带的外围构成一不规则状面型钾长石化带,原生钾长石和石英常为鲜红色细微粒钾长石集合体或巨晶钾长石所蚕蚀交代,原生斜长石或石英呈残晶分布于钾长石集合体中。另外,在一些地段部分斜长石和角闪石全部或部分为暗绿色-黄褐色次生黑云母所取代,细小黑云母鳞片呈团块状或星点状分布于蚀变岩内,角闪石假晶亦可见及。

### 4.3 绢英岩化带

常呈残片状分布于硅化带和钾化带内部,也可以在上述两个蚀变带外围呈狭窄条带展布,其空间展布形态明显受构造裂隙带控制。蚀变岩多为青灰色或淡绿色,主要由绢云母和石英组成,局部地段分布有粘土矿物和黄铁矿,该蚀变带内尚未圈划出具工业价值金(钼)矿体。

### 4.4 绿泥石-碳酸盐化带(青盘岩化带)

矿区范围内绿泥石化和碳酸盐化分布广泛,但不具明显分带性。原生角闪石、黑云母和斜长石常为次生绿泥石、绿帘石和方解石所交代,局部地段,见有碳酸盐细脉。

## 5 矿床类型划分

矿床地质和地球化学研究结果表明,流沙山地区金(钼)矿化主要是海西期构造-岩浆活动的产物,矿体的空间展布形态明显受环状断裂带控制,成矿物质主要来自花岗质岩浆热液。尽管大多数学者均认同上述的推论,但是对于矿床类型的划分却存在两种不同的看法,一种认为,金(钼)矿床是与花岗岩类有关的中温热液矿床,另一种认为,流沙山矿床属斑岩型金(钼)矿床<sup>[3]</sup>。

众所周知,斑岩钼矿床是国内外最常见和经济意义最为重要的钼矿床类型,另外,热液型钼钨、钼铁、钼铜、钼铅和钼铀矿床也见有报道,为斑岩型钼矿床资源量的重要补充。尽管流沙山矿床和经典斑岩钼矿床均与花岗岩类岩体具密切时空分布关系,但是两者在产出环境、成矿时代、元素组合和蚀变分带上存在有明显差别。

### 5.1 矿化岩体

根据侵入岩体的几何形态,侵位深度和岩性组合,斑岩型金属矿床大体可划分为经典型(浅成-超浅成侵入岩)、火山岩型和深成岩型3大类<sup>[7]</sup>。国内外一些大型和超大型钼矿床(如美国克莱麦克斯和亨德逊,我国金堆城、石家湾、南泥湖—三道庄和杨家仗子)大都与浅成超浅成花岗岩类斑岩体有关,矿体在斑岩体内部和围岩中产出,属经典斑岩钼矿床<sup>[8]</sup>。相比之下,流沙山矿床与花岗岩类侵入杂岩体有关,金(钼)矿化完全在花岗

闪长岩体内部产出。另外,经典型斑岩钼矿床含矿岩体的形成时代多为中生代和第三纪( $30 \times 10^6 \text{a} \sim 139 \times 10^6 \text{a}$ )<sup>[8]</sup>,而流沙山矿床含矿岩体的成岩时代为海西晚期( $261 \times 10^6 \text{a} \sim 262 \pm 4 \times 10^6 \text{a}$ )。

## 5.2 矿体形态、产状和规模

经典型斑岩钼矿床多呈扁豆状、透镜体状和不规则状在斑岩体内部、内外接触带和围岩中产出,矿床的规模一般为大型或超大型。流沙山金(钼)矿体呈囊状、柱状、脉状或透镜体状完全在花岗闪长岩内部产出,其空间展布形态主要受一系列环状断裂带控制,矿床规模为中型(有可能成为大型)。

## 5.3 蚀变分带和矿化特征

对经典型斑岩钼矿床来讲,自矿体核部向外分别为钾化带(钾长石化和黑云母化)、绢(云)英岩化带、硅化带和青盘岩化带,钼矿化主要在钾化带和硅化带内呈细脉浸染状或网脉状产出。相比之下,从矿体核部向外,流沙山金(钼)矿床的蚀变分带依次为硅化带、钾化带、绢英岩化带和青盘岩化带,金(钼)矿化主要在硅化带和钾化带内呈大脉、细脉、线脉和浸染状团块分布,其中线脉和浸染状矿石含量所占比例要远小于经典型斑岩矿床同类矿石。

## 5.4 矿物组分和元素组合

经典型斑岩钼矿床的主要金属矿物为辉钼矿和黄铁矿,次为磁铁矿和黄铜矿,微量金属矿物有方铅矿、闪锌矿、锡石和辉铋矿,脉石矿物有石英、微斜长石、微斜条纹长石、斜长石、绢云母、黑云母、绿泥石、萤石和方解石,表生矿物有褐铁矿、针铁矿、黄钾铁矾、铁钼华和孔雀石。成矿元素组合分别为钼、钼铁、钼钨、钼铜和钼铀,金的含量大都

低于  $1 \times 10^{-6}$ 。流沙山矿床主要金属矿物为辉钼矿和钼钙矿,次为白钨矿、辉铋矿、自然金和银金矿,微量金属矿物有黄铜矿和黄铁矿。脉石矿物有钾长石、斜长石、石英、黑云母、萤石和方解石,表生矿物有褐铁矿、钼华、孔雀石和针铁矿,成矿元素组合为钼、金和钨,金含量变化范围为  $(3 \sim 34) \times 10^{-6}$ ,平均值为  $5.4 \times 10^{-6}$ 。

## 5.5 矿床类型划分

根据 Roalsen 等<sup>[9]</sup>给出的计算公式和金矿床划分标准,流沙山矿床的铜等量值(Copper equivalent value)为  $1.1 \times 10^{-2}$ ,而整个矿床金的平均含量为  $5.4 \times 10^{-6}$ 。如若不考虑铜等量值与金的计量单位( $10^{-2}$ 与  $10^{-6}$ ),那么  $5.4 > 1.1$ ,因此,流沙山矿床应称之为金(钼)矿床,并非是单一的钼矿床。

基于上述描述,不难看出,流沙山矿床与经典型斑岩钼矿床在成矿岩体特征、蚀变带划分、矿化类型、矿物种类、元素组合和黄金含量方面均存在有明显差别,同时考虑到矿床产出环境和区域构造特点,故将流沙山矿床划归为深成岩型斑岩金(钼)矿床是适宜的。流沙山矿床的发现和类型的厘定对于丰富我国斑岩型金属矿床研究内容,探讨金(钼)矿床成矿作用与构造-岩浆活动关系和指导隐伏金(钼)矿床找矿勘查均具重要理论和实际意义。

致谢:室内外研究工作分别得到原甘肃地质矿产局酒泉地质矿产调查队王志恒总工程师,内蒙古地质调查院黄占起总工程师和邵积东副院长,以及内蒙古地质矿产局一零八地质队杨崇文高级工程师的帮助,文图由矿产资源研究所贾秀敏和樊莉女士清绘与打印,作者在此谨表衷心感谢。

## 参 考 文 献

- [1] 刘雪亚,王荃. 中国西部北山造山带的大地构造及其演化[J]. 地质研究, 1995, 28: 37 - 48.
- [2] 周济元,张斌,张朝文,等. 东天山古大陆及其边缘银、铋钼、金和铜矿地质[M]. 北京:地质出版社, 1996. 1 - 191.
- [3] 聂凤军,江思宏,赵省民,等. 北山地区金矿床类型和生成演化[J]. 长春科技大学学报, 2000, 30(增刊): 21 - 26.
- [4] 黎彤,饶纪龙. 中国岩浆岩的平均化学成分[J]. 地质学报, 1963, 43(3): 271 - 280.
- [5] 南京大学地质学系. 地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1993. 91 - 92.
- [6] 王中刚,于学元,赵振华. 稀土元素地球化学[M]. 北京:科学出版社, 1989.
- [7] 聂凤军,江思宏,赵省民. 斑岩型铜金矿床研究新进展[J]. 内蒙古地质, 2000, 95(2): 1 - 11.
- [8] 黄典豪,董群英,甘志贤. 中国钼矿床[A]. 宋叔和主编. 中国矿床(上册)[M]. 北京:地质出版社, 1994. 482 - 539.

- [9] Poulsen K H, Robert F, Dube B. Geological Classification of Canadian gold deposits[J]. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 2000, 540:1 - 105.

## GEOLOGICAL FEATURES AND METALLOGENIC TYPE OF THE LIUSHASHAN GOLD( MOLYBDENUM) DEPOSIT IN EJIN QI ( PREFECTURE) , WESTERN INNER MONGOLIA

Nie Fengjun<sup>1</sup>, Jiang Sihong<sup>1</sup>, Zhao Xingmin<sup>1</sup>, Bai Daming<sup>1</sup>, Liu Yan<sup>1</sup>,

Zhao Yueming<sup>2</sup>, Wang Xinliang<sup>2</sup>, Su Xinxu<sup>2</sup>

(1. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2. Geological Survey of Inner Mongolia, Hohhot 010020)

### Abstract

The newly discovered Liushashan Au (Mo) deposit in Ejin Qi (Prefecture), western Inner Mongolia, is hosted by a Hercynian volcanic-intrusive complex located along the northern margin of the Kazakhstanian-Beishan paleo-plate. Gold (molybdenum) mineralization occurs within the Hercynian Liushashan granodiorite stock as quartz-K feldspar veins, quartz veins and Au (Mo)-bearing stockworks, and is controlled by a number of ring-type fracture or fault zones. Individual veins and stockwork systems can be traced along strike for 115 to 1000 m, and down-dip for 250 to 400 m; they range from 4 to 12 m in thickness. Alterations around the Au (Mo)-bearing veins and stockwork systems are mainly silicification, K-feldspathization, sericitization, pyritization, carbonatization and chloritization. The width of the alteration zone ranges from 0.1 to 10 m. Among them, the silicification and K-feldspathization are closely associated with Au (Mo) mineralization. The mineralogical composition is relatively simple. It is composed of molybdenite, scheelite, bismuthinite, chalcopyrite, pyrite, powellite, native gold and electrum. Gangue minerals include quartz, K-feldspar, plagioclase, biotite, and hornblende. Ore grade averages  $5.4 \times 10^{-6}$  Au,  $0.24 \times 10^{-2}$  Mo and  $0.40 \times 10^{-2}$  WO<sub>3</sub>. Native gold is generally coarse-grained and visible in hand specimens. Re-Os isotope data for seven molybdenite separates defined a correlation line corresponding to an age of  $(260 \pm 10) \times 10^6$  a, which is close to the K-Ar hornblende isotopic ages ( $261 \times 10^6$  -  $262 \times 10^6$  a) of the Liushashan granodiorite stock.

The combined geochemical data, isotopic ages and petrological observations indicate that the Liushashan deposit belongs to plutonic-type porphyry Au (Mo) deposits. It is believed to be a product of Hercynian igneous process along the northern margin of the Kazakhstanian-Beishan paleo-plate. Meanwhile, the genetic model and mineral exploration criteria of the Liushashan deposit can also be used as useful tools during the comprehensive evaluation of concealed precious metal deposits in the Beishan area, western Inner Mongolia.

**Key words:** geological features; ore deposit type; gold (molybdenum) deposit; Liushashan; western Inner Mongolia