

文章编号:1007 - 3701(2009)04 - 0022 - 07

# 小寺沟铜钼矿成岩 - 成矿系统浅析

吴翠华,戴雪灵,邓湘伟,胡祥昭

(中南大学地学与环境工程学院,长沙 410083)

**摘要:**河北小寺沟斑岩铜钼矿是华北地区一个大型铜钼矿床。本文通过分析小寺沟岩体地质特征,认为本岩体为脉动式侵入的浅成复式岩体,呈岩枝状产出,且岩石具典型的斑状结构;通过剖析岩体主量元素与稀土元素特征,认为属典型的I型花岗岩;综合分异指数、 $Mg^*$ 指数和无钴异常等多方面特征,认为结晶分异作用在斑岩岩浆演化中不占主导地位,而岩浆来源于下地壳部分熔融与加入的玄武质岩浆。以上特征均与斑岩型铜钼矿床含矿岩体相当。最后,通过矿床硫同位素及硫化物稀土元素特征的研究,利用对比分析法,揭示研究大型斑岩型矿床的要素。

**关键词:**斑岩铜钼矿;地球化学;小寺沟;河北

**中图分类号:**P618.41;P618.65

**文献标识码:**A

## 1 成矿地质背景

小寺沟铜钼矿位于华北克拉通北缘的冀北隆起带与燕山沉降带的交汇处,EW向的承德-平泉深大断裂和NNE向桑园-平房深大断裂带交汇部位,这两个深大断裂带及其派生的NE、NNE、NW向的次级断裂形成了本区基本构造格架。区内地层出露较全,尤以中上元古代及中生代侏罗系最为发育,缺失古生代地层。区域岩浆活动频繁,燕山期的中酸性侵入岩主要沿断裂交汇部位侵位,形成侵入岩体,如寿王坟、小寺沟岩体。

## 2 矿体地质特征

小寺沟斑岩型铜钼矿产于小寺沟斑岩体北东接触带的内外侧,目前已圈定铜矿体4个、钼矿体3个,分别以I号铜矿体和I号钼矿体为代表。I号

铜矿体产在岩体接触带的蛇纹石化大理岩中,矿体走向受岩体接触带控制,变化于 $320^\circ \sim 230^\circ$ ,倾向约 $210^\circ \sim 230^\circ$ ,倾角变化于 $50^\circ \sim 85^\circ$ 之间,矿体延长 $700\text{ m} \pm$ ,厚 $4 \sim 45\text{ m}$ ,矿体形态简单,呈脉状或似层状。主要矿石矿物为黄铜矿、黄铁矿、辉铜矿、方铅矿、铁闪锌矿等,脉石矿物主要有石英、绿帘石、绿泥石、长石、绢云母及方解石。I号钼矿体产于上杖子-铜洞子沟北东接触带附近的岩体中,矿体走向 $300^\circ \sim 320^\circ$ ,倾向 $230^\circ \sim 240^\circ$ ,倾角 $60^\circ \sim 80^\circ$ ,矿体沿走向长 $800\text{ m} \pm$ ,厚 $10 \sim 80\text{ m}$ ,平均厚 $16\text{ m}$ ,钼矿石平均品位 $0.1\%$ 。主要金属矿物有辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、铜华、方铅矿、闪锌矿等,主要非金属矿物有石英、绿帘石、绿泥石、长石及绢云母。两类矿体的矿石结构有半自形粒状结构、交代结构、固溶体分离结构;矿石构造主要有块状构造、稠密浸染状构造、稀疏浸染状构造、细脉状构造等。从岩体向外、向上围岩蚀变依次为钾化带、硅化带、硅化蛇纹石化带、蛇纹石化大理岩化带。

## 3 小寺沟岩体特征研究

收稿日期:2009-07-08

作者简介:(吴翠华(1973-),女,湖南长沙人,硕士研究生,岩石学、矿物学、矿床学专业。

小寺沟岩体呈岩枝状产出,出露面积约7 km<sup>2</sup>。岩体在平面上呈不规则椭圆形,在剖面上呈蘑菇状。岩体与围岩接触带形态复杂,岩体中发育有大量大理岩捕虏体,顶垂体发育,剥蚀较浅,说明其为浅成相。其主体由花岗斑岩、花岗闪长斑岩和石英闪长斑岩组成,这三者呈渐变过渡接触关系,说明三者为同一岩浆源,属脉动侵入的复式岩体;稍晚侵入的脉岩为二长斑岩、闪长玢岩、石英二长斑岩及花岗斑岩等(图1)。

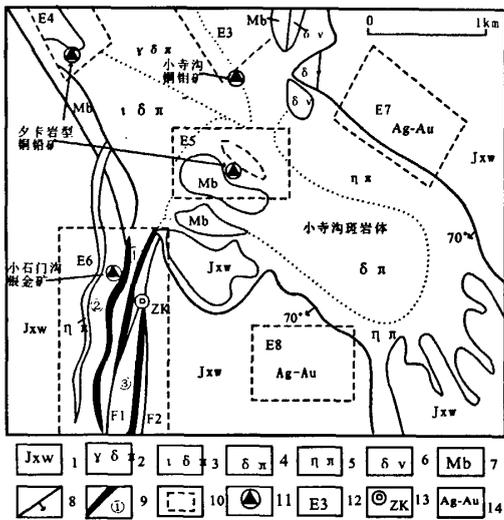


图1 小寺沟矿区地质略图(据孙冀凡等,2004<sup>[23]</sup>)

Fig.1 Simplified geologic map of Xiaosigou deposit

1. 蓟县系雾迷山组;2. 花岗闪长斑岩;3. 石英闪长斑岩;4. 闪长斑岩;5. 二长斑岩;6. 闪长辉长岩;7. 大理岩;8. 断层;9. 矿体及编号;10. 异常及矿区范围图;11. 矿床(点);12. 物化探异常编号;13. 钻孔位置;14. 矿化点

### 3.1 岩体岩石学特征

矿区东北部的花岗斑岩为小寺沟铜钼矿的主要赋矿围岩,岩石为灰白色,斑状结构,块状构造,斑晶主要由石英、钾长石、斜长石及黑云母组成;基质成分主要为石英,其次为钾长石及斜长石,钾长石以正长石为主,其次为微斜长石,斜长石 An = 25 ±。副矿物为磷灰石及锆石。岩体中部花岗闪长斑岩和南西部的石英闪长斑岩呈似斑状结构,矿物组合为石英 - 钾长石 - 斜长石 - 黑云母 - 角闪石。斜长石为具环带构造的中长石。后两类岩石与围岩的接触带处也有铜钼矿化。

### 3.2 岩体地球化学特征

#### 3.2.1 岩石化学特征

小寺沟岩体样品的主元素分析结果如表1所示, SiO<sub>2</sub> 平均值为68.17%, 属低硅系列;里特曼指数平均值为σ = 2.775, 总体为钙碱性花岗岩,但部分花岗闪长岩大于3,为偏碱性花岗岩;岩石的碱含量 ALK 高于世界花岗岩的平均值,且 K<sub>2</sub>O > Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 平均值为1.41, 属富碱、富钾的岩体; TiO<sub>2</sub>、MgO、CaO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量总体较低, CaO/Na<sub>2</sub>O 的比值 < 1。将本区花岗岩投影至 ACF 图解上(图2), 属于 I 型花岗岩<sup>[2-3]</sup>。因此,小寺沟岩体属于贫硅的钙碱性 I 型花岗岩。分异指数低(73.57 ~ 91.81, 平均 82.51), 说明分异结晶作用并不占主导地位。

由下地壳铁镁质岩石直接部分熔融所形成的岩浆的 Mg<sup>#</sup> 值一般不会超过 0.40<sup>[4]</sup>, 洋中脊玄武岩(MORB)部分熔融所产生的熔体的 Mg<sup>#</sup> 值不会超过 0.45, 由 MORB 产生的熔体在上升过程中与地幔楔发生交代作用则 Mg<sup>#</sup> 值可超过 0.50<sup>[5-7]</sup>, 小寺沟岩体的 Mg<sup>#</sup> 为 0.34 ~ 0.51, 15 个样品中 Mg<sup>#</sup> 值超过 0.40 的样品有 9 个, 说明本区的初始岩浆可能主要是由下地壳部分熔融物质, 还有可能有玄武岩浆参与, 甚至可能有极少量岩浆与地幔楔发生过交代作用。而 Mg<sup>#</sup> < 0.40 的, 则可能是在岩浆上升过程中, 极少部分铁镁矿物的分离结晶作用或地壳混染作用发生的结果。

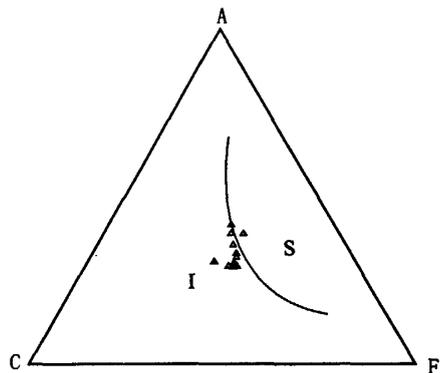


图2 S、I型花岗岩判别图解

Fig.2 Discrimination diagram for S- and I-type granites  
A = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Na<sub>2</sub>O - K<sub>2</sub>O; C = CaO; F = FeO + MgO

#### 3.2.2 稀土元素特征

小寺沟岩体的稀土元素分析结果见表2,稀土元素球粒陨石标准化曲线图(图3)为明显的右倾型, LREE/HREE 为 13.54 ~ 17.39, 为轻稀土富集型。 $\delta\text{Eu}$  平均值在 0.93 ~ 1.07 之间, 无明显 Eu 负异常, 也为典型的 I 型花岗岩的特征<sup>[9]</sup>。 $\delta\text{Ce}$  为 0.72 ~ 0.81, 具弱负异常。

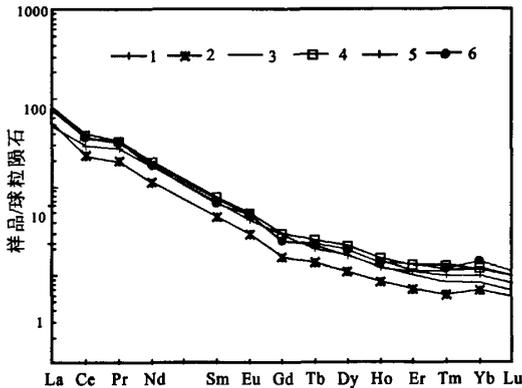


图3 小寺沟岩体稀土元素球粒陨石配分模式图<sup>[8]</sup>

Fig. 3 Chondrite normalized rare earth element (REE) patterns of Xiaosigou pluton

## 4 矿床地球化学特征

### 4.1 硫同位素特征

矿石中硫化物的硫同位素测试结果(表3)表明:①矿石硫同位素变化范围较小, $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 集中在 0.5 ~ 3.6 之间, 平均值为 2.3, 具有陨石硫特征。②硫同位素分布频率为塔式, $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 集中在 2 ~ 3 之间, 具有高中温热液矿床特征。③岩体中矿石 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 平均值为 2.3。根据 Ohmoto 和 Rye 观点<sup>[10]</sup>, 与含水花岗岩质熔体处于平衡的岩浆流体相的 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 值接近于 4, 岩体中未见硫酸盐矿物。表3中测定硫同位素的矿物是本矿床的主要硫化物, 说明成矿流体的硫以还原形式占绝对优势。因此, 表中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 值代表了与花岗质熔体处于平衡流体相的 $\delta^{34}\text{S}(\text{‰})$ 值, 可认为形成本矿床的硫主要来源于岩浆。

### 4.2 稀土元素特征

矿石中硫化物的稀土元素分析结果见表2。虽然硫化物中稀土元素总量较小寺沟岩体花岗斑岩、花岗闪长岩略低, 但辉钼矿单矿物和小寺沟岩体的

(La/Yb)<sub>N</sub>、 $\delta\text{Eu}$ 、 $\delta\text{Ce}$  值基本相同。对比辉钼矿、黄铁矿稀土元素配分模式图(图4)和小寺沟岩体稀土元素配分模式图(图3), 发现二者极其相似, 但与白云质角砾岩却有很大的差异, 这说明小寺沟铜钼矿的主要矿质来源于岩体。磁铁矿稀土元素配分模式图与小寺沟岩体有一些差异, 这可能是因为磁铁矿中的 $\text{Fe}^{2+}$ 或 $\text{Fe}^{3+}$ 来自于地层。

## 5 讨论

一直以来, 斑岩型矿床的研究<sup>[11-20]</sup>都是热门课题, 对于大型斑岩型矿床而言, 有利的成矿岩体是十分必要的条件——多为石英二长岩和花岗岩闪长岩类, 为 I 型钙碱性岩类, 岩体产状多为岩株、岩钟、岩枝和岩脉状, 岩石具典型的斑状结构, 基质为隐晶或细粒结构, 多为多次脉动侵入的复式岩体, 就位深度较浅, 稀土元素总量较高, 轻稀土富集, 铕异常不明显, 是地幔物质与地壳物质交换作用的产物<sup>[21-22]</sup>。小寺沟斑岩型铜钼矿也不例外。多位学者曾就其找矿潜力与矿床成因进行过研究, 认为其成矿物质主要来源于岩浆, 岩体的稀土元素具有明显的负异常, 其为分异演化的产物<sup>[23-24]</sup>。

对比小寺沟岩体的主量元素与微量元素特征, 可以看出本岩体分异指数低,  $\text{Mg}^{\#}$ 指数大部分超过 0.40, 且无铕异常, 从图5也可以看出, 其结晶分异作用在斑岩岩浆演化过程中不占主导地位, 斑岩岩浆中地壳物质混染较少, 说明岩浆源区没有长石等矿物大量残余<sup>[6, 25]</sup>, 即小寺沟岩体成岩岩浆主要源于下地壳的部分熔融, 熔融的下地壳物质中加入了部分的玄武质岩浆, 并可能与地幔楔发生过交代作用, 从而形成初始含矿岩浆, 此岩浆沿着有利的构造部位(深大断裂), 快速上升侵位至较浅的部位。所以小寺沟岩体具有低硅, 钙碱性特征, 为典型的 I 型花岗岩。而富钾的原因可能是因为本区当时的大地构造环境为陆相。

形成大型斑岩型矿床除了有利的岩体外, 其矿石具有特定的特征, 如 $\delta^{34}\text{S}$ 值变化范围为 -0.5‰ ~ 5.5‰ 之间。研究矿床的稀土元素特征是示踪地球化学行为的有效途径<sup>[26-28]</sup>。小寺沟铜钼矿中的辉钼矿、黄铁矿的球粒陨石稀土元素配分模式图以

及各项参数与岩体都极为相似(图4),也反映岩体即为成矿母岩。

对比小寺沟铜钼矿的岩体 - 矿床地质和地球化学特征认为,本矿床与典型斑岩型铜钼矿的各地质特征均十分吻合。小寺沟岩体为岩枝状产出,浅成相,为多次脉动侵入的复式岩体;岩石具明显的

斑状结构,为贫硅的钙碱性I型花岗岩。岩体的稀土元素特征也说明其为I型花岗岩。同时,岩石明显具富集轻稀土,铀异常不明显。硫同位素检测结果表明,矿石中的硫主要来源于岩浆,且 $\delta^{34}\text{S}$ 集中在0.5‰~3.6‰之间。硫化物的稀土元素特征也反映,小寺沟铜钼矿的主要矿质来源于岩浆。

表1 小寺沟岩体岩石化学成分  
Table 1 Major elements analysis results of Xiaosigou pluton

	Si <sub>2</sub> O	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	w <sub>B</sub> /10 <sup>-2</sup>
花岗斑岩	64.39	0.59	15.27	1.02	1.62	0.03	1.5	3.7	4.56	
	68.74	0.49	14.52	1.87	1.08	0.03	0.8	1.1	2.8	
	67.61	0.47	14.92	1.56	1.08	0.03	1	1.5	3.76	
	70.55	0.35	14.11	1.38	1.39	0.03	0.9	1.9	4.16	
	74.80	0.37	11.4	0.99	0.84	0.03	0.6	0.6	1.04	
	67.56	0.56	15.53	2.49	1.43	0.04	1.22	3.1	4.21	
	71.60	0.44	14.22	1.64	1.14	0.04	0.9	1.67	3.93	
花岗闪长斑岩	69.98	0.46	14.48	1.44	1.17	0.04	1.09	1.88	4.06	
	65.66	0.61	15.22	1.44	2.31	0.05	1.7	2.9	4.76	
	63.9	0.66	15.84	2.97	2.19	0.07	1.23	3.97	4.12	
	69.24	0.44	14.98	1.78	1.37	0.04	1.15	2.42	4.74	
	65.91	0.57	15.72	1.86	1.84	0.05	1.2	2.8	4.74	
石英闪长斑岩	65.81	0.55	15.17	1.69	2.47	0.05	1.5	2.9	4.48	
	65.42	0.68	15.69	2.48	1.72	0.06	1.36	3.32	4.16	
	66.42	0.56	15.37	1.59	1.39	0.03	1.33	2.28	4.06	
	73.11	0.25	13.81	0.89	0.61	0.03	0.4	0.5	2.32	
	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	灼失	总和	ALK	$\sigma$	DI	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	Mg <sup>#</sup>	
花岗斑岩	6.84	0.19	1.66	101.37	11.4	6.06	78.61	1.5	0.51	
	5.84	0.13	2.51	99.91	8.64	2.86	86.54	2.09	0.34	
	4.00	0.12	2.39	98.44	7.76	2.38	84.42	1.06	0.5	
	3.62	0.13	1.02	99.54	7.78	2.18	84.73	0.87	0.42	
	6.02	0.14	2.84	99.67	7.06	1.55	90.89	5.79	0.38	
	3.52	0.03	0.4	100.09	7.73	2.43	77.61	0.84	0.4	
	3.94	0.28	0.59	100.39	7.87	2.16	85.76	1	0.38	
	4.14	0.08	0.56	99.38	8.2	2.48	84.5	1.02	0.44	
花岗闪长斑岩	3.62	0.2	0.99	99.46	8.38	3.06	84.24	0.76	0.45	
	3.71	0.3	1.75	100.71	7.83	2.9	73.57	0.9	0.34	
	3.14	0.07	0.54	99.91	7.88	2.36	81.8	0.66	0.4	
	3.68	0.19	1.08	99.64	8.42	3.06	79.76	0.78	0.38	
	3.90	0.19	1.07	99.78	8.38	3.04	78.55	0.87	0.41	
石英闪长斑岩	3.88	0.32	0.51	99.6	8.04	2.86	76.6	0.93	0.38	
	3.87	0.22	0.91	98.03	7.93	2.63	80.83	0.95	0.45	
	5.94	0.07	2.2	100.13	8.26	2.25	91.81	2.56	0.34	
	6.84	0.19	1.66	101.37	11.4	6.06	78.61	1.5	0.51	

注:样品分析由华北有色地勘局承德分院完成,采用ICP-AES分析,除SiO<sub>2</sub>采用碱溶法测定外,其它氧化物采用酸溶法测定,分析精度优于2%;注:ALK=Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O;里特曼指数( $\sigma$ )=(Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)<sup>2</sup>/(SiO<sub>2</sub>-43);DI=Qz+Or+Ab+Ne+Lc+Kp.

表2 小寺沟岩体及矿石稀土元素含量

样号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
样名	花岗斑岩			花岗闪长斑岩			白云质角砾岩	辉钼矿	辉钼矿	黄铁矿	磁铁矿
La	28.87	29.48	39.43	41.28	38.72	39.17	2.02	13.5	19.72	1.532	0.721
Ce	55.74	46.48	65.28	68.68	63.74	66.47	3.16	22.21	25.94	2.235	1.076
Pr	6.83	5.48	7.77	7.8	7.57	7.45	0.41	2.58	3.6	0.288	0.107
Nd	24.44	18.16	25.6	26.45	24.82	24.6	1.32	7.9	12.25	0.764	0.103
Sm	4.11	3.04	4.27	4.47	4.24	3.95	0.32	1.38	2.01	0.162	0.055
Eu	1.05	0.8	1.12	1.15	1.12	1.13	0.15	0.25	0.57	0.051	0.015
Gd	3.18	2.11	3.16	3.34	2.95	2.87	0.35	1.2	1.68	0.154	0.074
Tb	0.46	0.31	0.43	0.48	0.41	0.44	0.07	0.17	0.25	0.034	0.035
Dy	2.5	1.62	2.2	2.59	2.18	2.45	0.27	0.71	1.43	0.094	0.168
Ho	0.45	0.31	0.42	0.49	0.42	0.46	0.06	0.13	0.27	0.027	0.057
Er	1.14	0.79	1.01	1.24	1.1	1.25	0.15	0.36	0.64	0.08	0.259
Tm	0.16	0.11	0.14	0.19	0.17	0.18	0.03	0.05	0.1	0.017	0.056
Yb	0.92	0.69	0.78	1.05	1.01	1.17	0.14	0.25	0.59	0.101	0.445
Lu	0.13	0.1	0.11	0.15	0.15	0.16	0.03	0.04	0.09	0.021	0.08
Y	11.71	7.24	10.36	11.94	9.83	10.9	/	/	7.83	/	/
$\Sigma$ REE	129.98	109.48	151.72	159.36	148.60	151.75	8.48	50.73	69.14	5.56	3.25
LREE/HREE	13.54	17.13	17.39	15.72	16.71	15.90	6.71	16.43	12.69	9.53	1.77
$L_{a-N}/Yb_N$	18.63	25.37	30.01	23.34	22.76	19.88	8.57	32.06	19.85	9.01	0.96
$\delta Eu$	0.93	1.00	0.97	0.95	1.00	1.07	1.51	0.64	1.01	1.07	0.80
$\delta Ce$	0.81	0.72	0.74	0.75	0.74	0.77	0.69	0.74	0.60	0.66	0.73

注:湖北武汉综合岩矿测试中心完成,采用PE Elan6000型等离子体质谱(ICP-MS)测定,采用碱溶法测定,分析精度优于1%~3%;所有稀土元素球粒陨石标准丰度均采用了赫尔曼22个球粒陨石的平均值。

表3 小寺沟硫同位素测定结果

Table 3 Sulfur isotopic composition of sulfides in Xiaosigou deposit

编号	矿物名称	$\delta S^{34}$ (‰)
1	方铅矿	+1.5
2	黄铜矿	+1.3
3	黄铁矿	+2.9
4	黄铁矿	+2.2
5	方铅矿	+1.3
6	黄铁矿	+2.7
7	黄铁矿	+3.5
8	辉钼矿	+2.8
9	黄铁矿	+3.1
10	黄铁矿	+2.7
11	黄铁矿	+0.9
12	黄铁矿	+3.6
13	黄铁矿	+2.5
14	黄铁矿	+2.8

注:样品由宜昌地质矿产研究所分析。

部分熔融,成矿物质则可能来源于玄武质岩浆或为与地幔楔发生交代作用的产物。

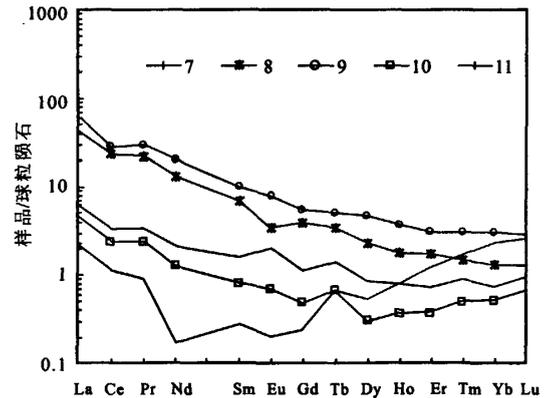


图4 白云质角砾岩及硫化物球粒陨石标准化分布型式图  
Fig. 4 Chondrite normalized rare earth element (REE) patterns of dolomitic breccia and sulfides

## 6 结论

(1)小寺沟岩体的初始岩浆主要源于下地壳的

(2)小寺沟岩体即为小寺沟斑岩型铜钼矿的成

矿母岩。

(3) 较窄的  $\delta^{34}\text{S}$  范围为大型斑岩型矿床的典型特征, 硫化物的稀土元素特征也示踪出小寺沟铜铅矿的矿质主要来源于岩体。

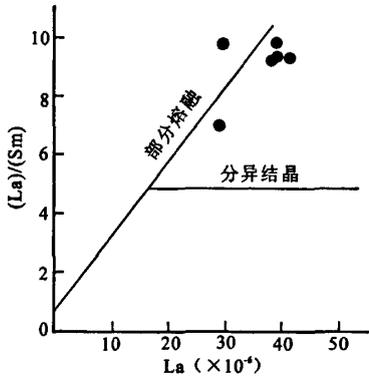


图5 小寺沟岩体 La - La/Sm 图解<sup>[29]</sup>  
Fig.5 La - La/Sm plot of Xiaosigou pluton

#### 参考文献:

- [1] 胡祥昭. 野鸡尾含锡石英斑岩的岩石学特征及成因探讨, 胡祥昭论文集 [A]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1988: 24—30.
- [2] Chappell B W, White A J R. Two contrasting granite type [J]. *Pacific Geology*, 1974, 8: 173—174.
- [3] 罗镇宽, 苗来成, 等. 胶东招莱地区花岗岩和金矿床 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002: 252—255.
- [4] 许立权, 邓晋福, 陈志勇, 等. 内蒙古达茂旗北部奥陶纪埃达克岩类的识别及其意义 [J]. *现代地质*, 17(4): 428—434.
- [5] Defant M J, Xu J F, Kepezhinskas P, et al. Adakites: Some Variations on a Theme [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2002, 18(2): 129—142.
- [6] 高宝顺, 郑有业. 西藏驱龙超大型斑岩铜矿床成矿作用的地球化学控制 [J]. *地质科技情报*, 2006, 25(2): 41—46.
- [7] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法 [M]. 北京: 地质出版社, 2002, 12—63.
- [8] 戴塔根. 微量元素地球化学 [M]. 北京: 地质出版社, 2003, 181—212.
- [9] 王中刚, 于学元, 赵振华, 等. 稀土元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1989, 88—93.
- [10] Ohmoto H, Rye R O. Isotopes of sulfur and carbon, in Barnes H L, ed., *Geochemistry of hydrothermal ore deposits*: New York Wiley Intersci., 1979, p. 509—567.
- [11] Sillitoe R H. 1972. A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits [J]. *Economic Geology*, 1972, 67(2): 184—197.
- [12] Sillitoe R H. Are porphyry copper and Kuroko - type massive sulfide deposits incompatible [J]? *Geology*, 1980, 8(1): 11—14.
- [13] Sillitoe R H, Gappe I M. Philippine porphyry copper deposits: geologic setting and characteristics [M]. *Commun. Coordination Joint Prosp. Resour. (CCOP) Tech. Pub.*, 14, 1984.
- [14] 芮宗瑶, 黄崇轲, 齐国明, 等. 中国斑岩铜(铅)矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 1984, 350.
- [15] 芮宗瑶, 王福同, 李恒海, 等. 新疆东天山斑岩铜矿带的新进展 [J]. *中国地质*, 2001, 28(2): 11—16.
- [16] 芮宗瑶, 刘玉琳, 王龙生, 等. 新疆东天山斑岩型铜矿带及其大地构造格局 [J]. *地质学报*, 2002, 76(1): 83—94.
- [17] 芮宗瑶, 王龙生, 王义天, 等. 东天山土屋和延东斑岩铜矿床时代讨论 [J]. *矿床地质*, 2002, 21(1): 25—33.
- [18] Lowell J D. Regional characteristics of porphyry copper deposits of the Southwest [J]. *Economic Geology*, 1974, 69: 601—617.
- [19] Hollister V F, Sirvas E B. The Michiquillay porphyry copper deposit [J]. *Mineralium Deposita*, 9(2): 261—269.
- [20] 张洪涛, 陈仁义, 韩芳. 重新认识中国斑岩铜矿的成矿地质条件 [J]. *矿床地质*, 2004, 23(2): 150—163.
- [21] 黄崇轲, 白冶, 朱裕生, 等. 中国铜矿床 [M]. 北京: 地质出版社, 2001, 57—198.
- [22] 真允庆. 中条裂谷铜矿床的成矿规律及其找矿方向 [J]. *桂林工学院学报*, 1999, 19(1): 9—18.
- [23] 孙冀凡, 王会文, 许振海. 冀北小寺沟铜铅矿外围银金资源潜力浅析 [J]. *地质找矿丛论*, 2004, 19(1): 20—23.
- [24] 龚玲兰, 奚小双, 胡祥昭. 河北小石门银金矿床地质地球化学特征与矿床成因 [J]. *地质找矿丛论*, 2007, 22(4): 282—286.
- [25] 李文昌, 曾普胜. 云南普朗超大型斑岩铜矿特征及成矿模型 [J]. *成都理工大学学报: 自然科学版*, 2007, 34(4): 436—446.
- [26] Whitney P R, Olmsted J F. Rare earth element metasomatism in hydrothermal systems: The Willsboro - Lewis wollastonite ores, New York, USA [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1998, 62(17): 2965—2977.
- [27] Xie Q Q, Xu X C, Li X X, et al., Rare earth elements geochemistry of Laowan gold deposit in Henan Province: Trace to source of ore - forming materials [J]. *Journal of Rare Earths*, 2006, 24(1): 115—120.
- [28] 方维萱, 杨杜锋, 刘正桃, 等. 蒙古查干苏布尔加 (Tsaagan Suvarga) 大型斑岩型铜铅矿床含矿蚀变岩常量、

微量和稀土元素地球化学特征及意义[J]. 中国稀土学报, 2007, 25(1): 85—94.

[29] Wu F Y, Jahn Borming, Lin Q. Isotopic characteristics

of the postorogenic granite in orogenic belt of northern China and their implications in crustal growth[J]. Chinese Science Bulletin, 1998, 43 (5): 420—424.

## Primary Analysis of Magmatic Rocks and Ore – forming System of Xiaosigou Copper – molybdenum Porphyry deposit, North China

WU Cui – hua, DAI Xue – ling, DENG Xiang – wei, HU Xiang – zhao

(School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

**Abstract:** Xiaosigou copper – molybdenum deposit is a large – scale porphyry deposit in Hebei province, North China. Geological feature of the intrusion indicated that it's an apophysis – shape pulsating intruded of hypabyssal facies, with typical porphyritic texture. Chemical analysis results of major and rare earth elements suggest that those magmatic rocks are belongs to I – type granite, while integrated differentiation index and mafic index and Eu anomaly comes the results that the granitic magma is from partial melting of lower crust which maybe contaminated by basaltic magma, and not come through crystallization differentiation in the ascending process. All the characteristics of the magmatic rocks from Xiaosigou deposit is similar to typical large porphyry deposit. The sulfur isotope and rare earth elements contents of sulfides of Xiaosigou deposit are analyzed to reveal the essential characters of large scale porphyry deposit.

**Key words:** porphyry copper – molybdenum deposit; geochemistry; Xiaosigou; Hebei province

# 《华南地质与矿产》

## 2010年 第1期 要目预告

- 雪峰隆起北部地区构造基本特征及与海相油气关系 ..... 白云山等  
 兰坪 – 思茅盆地东南缘三叠系至古村组层序地层分析 ..... 罗 威等  
 营山地区上三叠统与中、下侏罗统油气源特征对比研究 ..... 樊 莉等  
 西藏阿浪扎玛铜钨矿床找矿地质特征及控矿因素 ..... 张哨波等  
 矿床空间分布的分形研究及其找矿意义 – 以三江南段银铅锌矿床分布为例 ..... 董方灵等  
 广东省云浮大降坪黄铁矿床找矿地质特征 ..... 冯 婷