

文章编号 1000-5269(2010)05-0023-06

# 内蒙古朝泥呼都格钼矿床稀土元素地球化学特征

亢 庚,聂爱国\*,祝明金,田亚洲,雷传富,谭代卫

(贵州大学资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003)

**摘 要:**内蒙古朝泥呼都格钼矿床受构造和岩体的控制明显,围岩蚀变强烈。本文通过对该矿床的稀土元素地球化学研究,显示该矿床稀土总量富集,轻、重稀土元素分异强烈,轻稀土分馏程度强于重稀土,钕具负异常,铈无明显异常。本矿床成岩、成矿物质主要来自壳幔混合的岩浆体。初步推测该矿床为斑岩型钼矿床。

**关键词:** 钼矿床; 稀土元素地球化学特征; 壳幔混合来源; 内蒙古

中图分类号:P595 文献标识码:A

内蒙古朝泥呼都格钼矿床(以下简称朝泥钼矿床)位于内蒙古呼伦贝尔市陈巴尔虎旗境内,是2008-2009年勘查新发现的钼矿床。经贵州大学资源与环境工程学院内蒙古找矿科研队投入地表及深部探矿工程,通过初步勘查,在采集的矿石、岩石样品中,部分样品 Mo 含量为  $100 \times 10^{-6} - 2154.0 \times 10^{-6}$ , 其含量高于钼矿床的工业指标(0.06% - 0.08%), 认为该区有钼多金属矿的存在,有进一步开展地质勘查工作的必要。由于稀土元素具有十分相近的地球化学行为,能够指示在成岩和成矿过程中物质来源等,起到示踪的作用<sup>[1]</sup>。本文拟通过研究该矿床稀土元素地球化学特征来探讨该区成矿物质的来源问题。

## 1 区域地质概况

该区大地构造位于兴安地槽褶皱系的三级构造单元——海拉尔拗陷上,该拗陷是在华西褶皱基底之上于晚侏罗世和白垩世大幅度拗陷而成的,并构成北北东向三凹、二凸、隆,拗相间的构造格局;凹陷区沉积了上侏罗统火山岩和白垩统大磨拐河组的含煤含油建造,最大厚度可达 3000 m;矿区位于北部凹陷区<sup>[2]</sup>,见图 1。区域上矿区处于北东、北北东向的得尔布干和额尔古纳-呼伦贵金属、有色金属成矿带<sup>[3-4]</sup>。

区域内已发现了一系列与次火山岩有关的斑

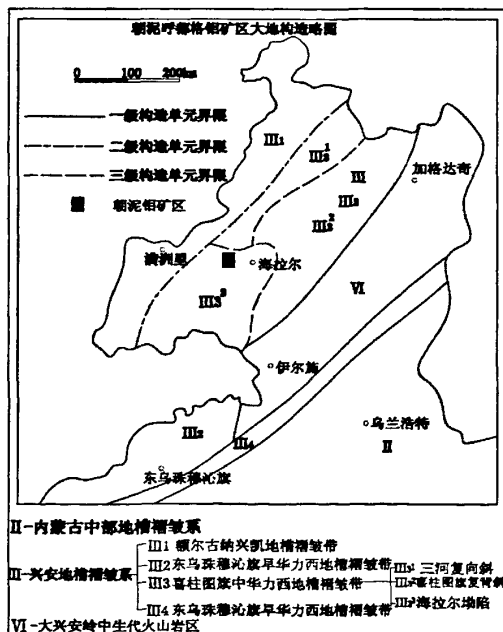


图1 朝泥钼矿区大地构造略图(据中国地质调查局,2003)

收稿日期: 2010-06-30

**基金项目：呼伦贝尔盛世矿业投资有限公司资助的研究项目**

作者简介: 亢 庚(1986-),男,贵州毕节人,硕士研究生,研究方向:热液成矿作用,Email:kingfree@126.com.

\* 通讯作者: 聂爱国, Email: niaiguo@163.com.

要的控矿因素,既是导矿构造也是容矿构造;蚀变分带特征较为明显且与矿化有密切联系;成岩成矿物质属于幔源成矿流体浆+壳源岩的组合<sup>[5-10]</sup>。本矿床根据矿体产出位置、构造特征、蚀变特征及成矿地质条件等与上述矿床有很多相似之处。

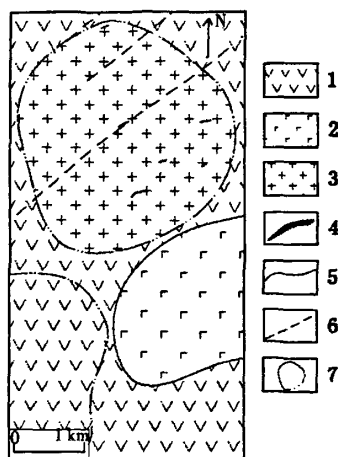
该区区域地层发育,出露地层主要为:下太古界兴华渡口群绿片岩相-低角闪岩相变质岩系;青白口系佳痞组浅变质片岩;震旦系额尔古纳河组浅海碳酸盐岩组合;上古生界石炭系莫尔根河组海相火山岩、新伊根河组陆相或海陆交互相碎屑岩组合;中生界侏罗系万宝组陆相砾岩、砂砾岩、长石砂岩及薄层泥质粉砂岩夹煤层,塔木兰沟组偏碱性的中-基性火山熔岩、角闪安山岩、辉石安山岩、安山玄武岩夹少量正常沉积的凝灰质板岩、凝灰质砂岩,玛尼吐组中性火山熔岩、中酸性火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩,梅勒图组中基性、中性熔岩,大磨拐河组砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩夹煤层;新生界第四系冲击物、沼泽淤泥。

区内断裂、裂隙极为发育,以北东向断裂为主,同时又有与之相配套的北西向断裂,构成区内的主要构造格局,且均受控于得尔布干深大断裂、根河断裂及莫尔道嘎断裂。北东向断裂是区内重要的导矿构造。区内的褶皱不明显,侵入岩及火山岩发育,地层被侵入岩穿插分割强烈,连续性较差,尤其是老地层多数呈残留体分布于侵入岩之中。岩浆活动主要表现为早石炭世、晚二叠世、晚侏罗世等时代的构造-岩浆侵入活动。

## 2 钼矿床地质简况

朝泥钼矿床主要发育地层为中上侏罗统塔木兰沟组( $J_{2-3}tm$ )安山玄武岩、玄武岩、粗安岩夹中基性凝灰质碎屑岩;玛尼吐组( $J_{2-3}mn$ )灰绿色及紫褐色中性火山熔岩、中性火山岩、火山碎屑岩夹少量沉积岩;矿区内大面积被第四系覆盖,依据卫星遥感解译的线性构造大致判断区内有一系列北东向的断裂破碎带及环形构造,其中规模最大的断裂破碎带走向长约 4000 m,宽 600 m,环形构造可能指示其下是隐伏岩体(图 2)。

区内岩石主要有火山角砾岩、花岗闪长斑岩、玻屑凝灰岩、岩屑凝灰岩等。火山角砾岩:由大小不等的熔岩角砾岩组成,分选性差,由灰紫色火山灰充填经压实胶结而成,具流纹结构,见图 3。花岗闪长斑岩:具斑状结构,斑晶以钾长石、斜长石等为主,见图 4。玻屑凝灰岩:玻屑见正长石;其中,玻屑多呈斑晶,破碎成分主要是火山物质,见石英、长石



1-侏罗系中上统玛尼吐组中性火山岩; 2-侏罗系中上统塔木兰沟组安山玄武岩、玄武岩; 3-花岗岩体; 4-矿化体; 5-地质界线; 6-遥感解译线性断裂构造; 7-遥感解译环状构造

图 2 内蒙古朝泥呼都格钼矿床地质略图

微晶( $<0.01\text{ mm}$ ),具典型凝灰结构,见图 5。岩屑凝灰岩:凝灰物质中见岩屑,呈不规则条带状,石英及长石晶屑,见图 6。



图 3 由大小不等的熔岩角砾岩组成,具流纹结构,发生褐铁矿化

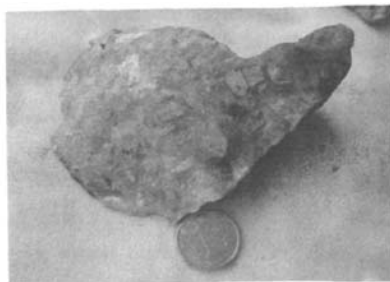


图 4 斑状结构,斑晶以钾长石、斜长石等为主

矿区范围内,地表见 6 条含钼矿化脉,其中:最大者长约 200 m,宽 20 m;最小者长约 10 m,宽 1 m。

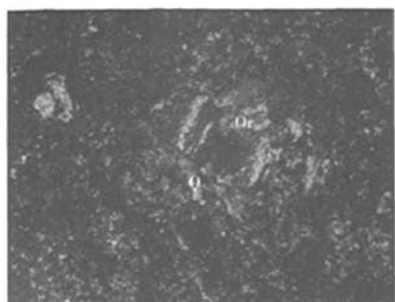


图5 正交偏光  $10\times 5(+)$  玻屑多呈斑晶,凝灰结构中石英(Q)、长石(Or)的颗粒被灰黑色的火山灰充填

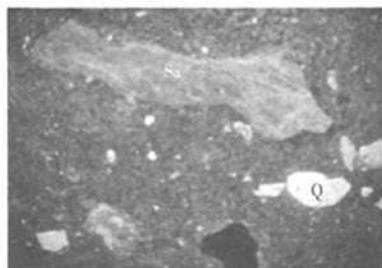


图6 正交偏光  $10\times 5(+)$  条带状物质为透长石(San)岩屑,晶屑为石英(Q)及细小的火山物质  
矿区内矿石矿物主要有辉钼矿(见图7,8)、黄铁矿和褐铁矿等;脉石矿物主要有石英、方解石、萤石、高岭石、长石、绿帘石、绿泥石及叶蜡石等。

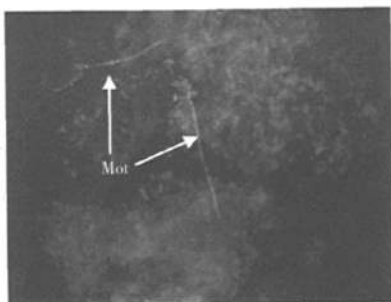


图7 正交偏光  $10\times 10(+)$  辉钼矿(Mot)呈细小的鳞片状集合体沿裂隙面分布

围岩蚀变主要为钾化,硅化,黄铁矿化、萤石化(见图9),绢云母化,绿帘石化,伊利石化,碳酸盐化,高岭土化和绿泥石化(见图10)等热液蚀变。

### 3 样品采集与实验分析

本次研究采集了矿区内代表性地质样品,包括部分矿石样品及没有蚀变的岩石样品共10件。样品由取得MA认证资质的贵州有色地质化验监测中心采用等离子体质谱法(ICP-MS)分析测试,样

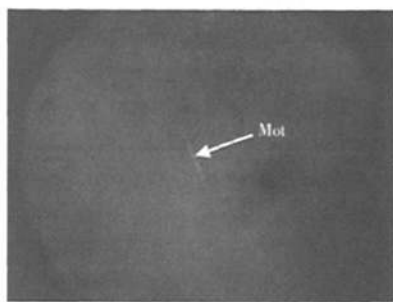


图8 正交偏光  $10\times 10(+)$  辉钼矿(Mot)呈细小的鳞片状集合体

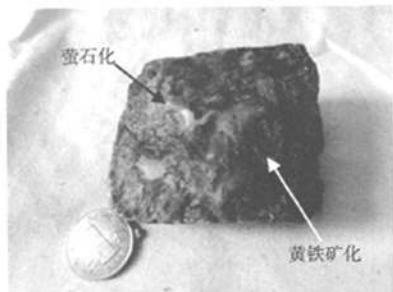


图9 萤石化、黄铁矿化

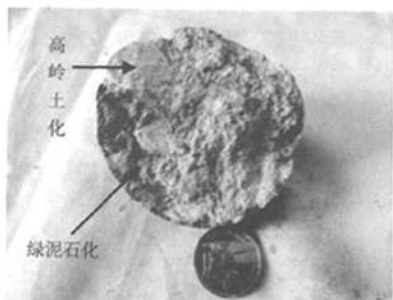


图10 高岭土化、绿泥石化

品分析测试质量管理执行DZ/T0130.6-2006《地质矿产实验室测试质量管理规范——区域地球化学调查样品化学成分分析》标准。样品测试采用国家I级标准物质GBW监控分析的准确度,采用内蒙古化探监控样(GRD)监控分析的精密性,样品稀土元素分析数据可靠。

### 4 钼矿床稀土元素地球化学特征

为了研讨朝泥钼矿床的成矿物质来源,本文重点对该钼矿床的稀土元素地球化学特征进行研究,对采集的样品进行稀土元素含量测定,结果及特征参数值见表1,其中地壳元素丰度采用黎彤的数据,球粒陨石稀土元素丰度采用Bonyton的数据<sup>[11]</sup>。

表 1 朝泥铜矿区稀土元素、铜的含量分析数据及稀土元素参数表( $\times 10^{-6}$ )

样品编号	ZH 8-13	ZHW 1-2	ZHW 1-3	ZHW 1-4	ZHW 1-5	ZHW 1-6	ZH + 5-24	ZHW 1-8	ZHW 10-20	ZH + 3-22	中性岩 平均值
La	28.7	19.2	17.3	19.7	18.4	14.3	50.2	16.5	40.3	66.2	35
Ce	59.3	37.4	33.1	38.8	35.9	28.5	87.2	30.7	78.5	132.3	60
Pr	7.31	4.37	3.71	4.35	4.11	3.37	9.66	3.6	9.75	17.5	7.4
Nd	25.7	15.5	12.7	14.6	14.2	12	32.2	12.4	35.2	67.6	31
Sm	4.43	2.66	2.36	2.12	2.21	2.08	4.47	2.15	5.7	9.77	6.2
Eu	0.97	0.5	0.5	0.46	0.45	0.43	0.94	0.45	1.19	1.69	1.3
Gd	3.06	1.93	1.86	1.78	1.76	1.68	3.66	1.73	4.3	6.58	6.8
Tb	0.48	0.29	0.3	0.24	0.25	0.26	0.51	0.25	0.67	0.84	1.1
Dy	2.73	1.53	1.65	1.34	1.35	1.45	2.71	1.31	3.62	4.08	6.1
Ho	0.45	0.3	0.3	0.25	0.24	0.26	0.52	0.2	0.64	0.73	1.5
Er	1.3	0.89	0.87	0.7	0.75	0.77	1.54	0.6	1.83	2.17	3.9
Tm	0.21	0.16	0.15	0.12	0.12	0.12	0.24	0.1	0.29	0.34	0.65
Yb	1.43	1.02	1.02	0.76	0.81	0.8	1.65	0.63	2.02	2.2	3.8
Lu	0.2	0.14	0.17	0.12	0.11	0.13	0.24	0.1	0.29	0.34	0.62
Mo	1932	503	2154	689.9	446.6	949.7	252.6	192	53	41.4	-
$\Sigma$ REE	136.27	85.89	75.99	85.34	80.66	66.15	195.74	70.72	184.3	312.34	165.37
L $\Sigma$ REE	126.41	79.63	69.67	80.03	75.27	60.68	184.67	65.8	170.64	295.06	140.9
H $\Sigma$ REE	9.86	6.26	6.32	5.31	5.39	5.47	11.07	4.92	13.66	17.28	24.47
LR/HR	12.82	12.72	11.02	15.07	13.96	11.09	16.68	13.37	12.49	17.07	5.72
$\delta$ Eu	0.81	0.67	0.73	0.72	0.7	0.7	0.71	0.71	0.73	0.64	0.61
$\delta$ Ce	0.99	0.98	0.99	1.01	0.99	0.99	0.95	0.96	0.95	0.94	0.9
Sm/Nd	0.17	0.17	0.19	0.15	0.16	0.17	0.14	0.17	0.16	0.14	0.2
(La/Yb) <sub>N</sub>	13.53	12.69	11.43	17.48	15.32	12.05	20.51	17.66	13.45	20.29	6.21
(La/Sm) <sub>N</sub>	4.08	4.54	4.61	5.85	5.24	4.32	7.06	4.83	4.45	4.26	3.55
(Gd/Yb) <sub>N</sub>	1.73	1.53	1.47	1.89	1.75	1.69	1.79	2.22	1.72	2.41	1.44
(Ce/Yb) <sub>N</sub>	10.73	9.48	8.39	13.21	11.46	9.21	13.67	12.6	10.05	15.56	4.08

注:样品由贵州有色地质化验监测中心采用 ICP-MS 方法分析,中性岩平均值数据(Herrmann, 1970)<sup>[11]</sup>

#### 4.1 稀土元素总体特征

从表 1 可知,该矿床的稀土元素含量存在强烈的分异富集现象,且变化范围较大, $\Sigma$ REE 值在  $66.15 \times 10^{-6} - 312.34 \times 10^{-6}$  之间,最大约为地壳稀土元素丰度(165.35)的 1.89 倍,显示部分样品稀土元素富集,说明在成岩、成矿过程中有部分富稀土的矿物结晶出来;由表 1 和图 11 可知,该矿床中 L $\Sigma$ REE 比 H $\Sigma$ REE 高, LR/HR 值为 11.02 - 17.07,平均为 13.63,是地壳中 LR/HR (2.78) 的 4.9 倍,说明该矿床轻稀土元素强烈富集;稀土配分曲线右倾(图 11),重稀土元素亏损,轻、重稀土元素强烈分异,因为在地球深部压力下,轻稀土易溶于富水的流体中,而使轻稀土元素发生富集且在成岩、成矿过程中有富集轻稀土物质的矿物相生成;(La/Sm)<sub>N</sub> 值为 4.08 - 7.06, (Gd/Yb)<sub>N</sub> 值为 1.47 - 2.41,说明轻稀土分馏程度明显强于重稀土,富集轻稀土物质,而重稀土物质严重亏损,可能是原生岩浆中由于富含富集轻稀土的流体,然后岩

浆上升同化混染壳源物质,经一定程度的分离结晶作用而形成岩体所致。该矿床不同样品的铈异常变化不大( $0.64 \times 10^{-6} - 0.81 \times 10^{-6}$ ),平均为  $0.71 \times 10^{-6}$ ,为负异常,根据对区域内斑岩体的研究,蚀变较强但矿化不佳的斑岩体无明显 Eu 亏损,因此,说明 Eu 亏损对斑岩矿化具有一定指示意义<sup>[7,12-13]</sup>;铈异常为  $0.94 \times 10^{-6} - 1.01 \times 10^{-6}$ ,平均为  $0.98 \times 10^{-6}$ ,无明显铈异常,说明有壳幔物质混合形成岩体。

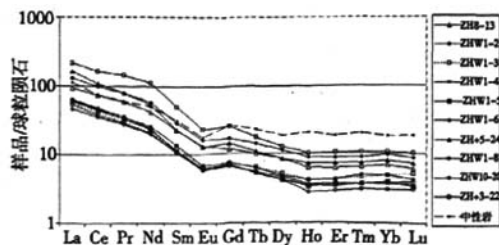


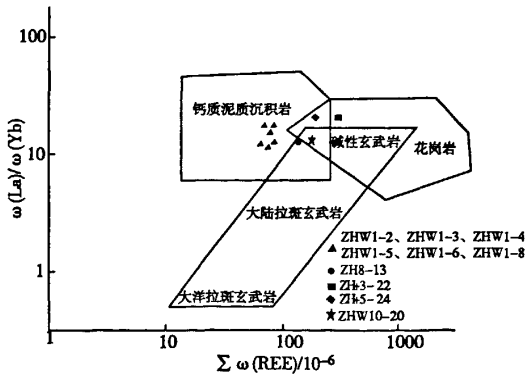
图 11 样品球粒陨石标准化稀土元素配分模式

Sm/Nd 比值的大小是反映岩浆物质来源的一个重要参数,本矿床的 Sm/Nd 比值变化范围小,介于 0.14-0.19 之间,平均为 0.16,低于原始地幔的 Sm/Nd 比值(0.325)而高于上地壳的 Sm/Nd 比值(0.118)<sup>[14]</sup>,说明岩浆中的物质为壳幔混合来源且地壳物质成分较多。

从图 11 还可知道,该矿床的稀土元素配分曲线与中性火成岩相似。由此进一步显示该矿床的成岩、成矿物质来源与中性岩同源,为壳幔混合来源。

#### 4.2 稀土元素参数图解

(La/Yb)<sub>N</sub> - Σ(REE) 参数图解,可以反映矿床形成岩石、矿石的物质来源,如图 12 所示。由图 12 可知,朝泥钼矿床样品 ZH8-13、ZH+5-24、ZHW10-20 的稀土元素数据的投影落在钙质泥质沉积岩区与碱性玄武岩、花岗岩的复合区,说明成岩、成矿物质为深部的玄武岩浆上升至地球浅部后与围岩发生同化混染作用而形成中性岩,具壳源改造特征;样品 ZHW1-2、ZHW1-3、ZHW1-4、ZHW1-5、ZHW1-6、ZHW1-8 的稀土元素数据的投影落在钙质泥质沉积岩区,说明成岩、成矿物质来源于陆源碎屑岩区。再次论证该矿床、成矿物质来自壳幔混合物质。



- [8] 周忠政. 内蒙古乌努格吐山大型斑岩铜矿外围找矿前景探讨[J]. 长春工程学院学报, 2009, 10(1): 92-96.
- [9] 聂凤军, 张万益, 江思宏, 等. 内蒙古小东沟斑岩钼矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质, 2007, 26(6): 609-620.
- [10] 覃锋, 刘建明, 曾庆栋, 等. 内蒙古小东沟斑岩型钼矿床的成矿时代及成矿物质来源[J]. 现代地质, 2008, 22(2): 173-180.
- [11] 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: 7-212.
- [12] 王之田, 秦克章. 满洲里—西旗斑岩型铜多金属成矿系列 REE 地球化学特征及应用[J]. 地球化学, 1989(4): 304-314.
- [13] 秦克章, 王之田, 潘龙驹. 满洲里—新巴尔虎右旗铜、钼、铅、锌、银成矿条件与斑岩体含矿性评价标志[J]. 地质论评, 1990, 53(3): 745-756.
- [14] Taylor S R, McLennan W F. The continental crust: Its composition and evolution[M]. London: Blackwell Sci Publ, 1985: 1-30.
- [15] Allegre C J, Minster J F. Quantitative models of trace element behaviour in magmatic processes[J]. Earth and Planet Sci, Lett, 1978, 38(1): 1-25.

## Rare Earth Elements Geochemical Characters of the Rock from Zhaonihudouge Molybdenum Deposit, Inner Mongolia

KANG Geng, NIE Ai-guo\*, ZHU Ming-jin, TIAN Ya-zhou, LEI Chuan-fu, TAN Dai-wei

(College of Resources and Environment Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

**Abstract:** Zhaonihudouge molybdenum deposit is under an obvious control by the structure and rock, host-rock alteration is strong in Inner Mongolia. It shows that the enrichment of the total rare earth deposits, light and heavy REE fractionation is strong, the fractionation of LREE is stronger than HREE, with a slight negative anomalies of Eu, Ce has no obvious abnormalities though the study of REE geochemistry of the deposit in this paper. The petrogenesis and mineralization, are mainly from the crust and mantle-forming materials mixed magma body. It speculated that the deposit is a porphyry molybdenum deposit initially.

**Key words:** molybdenum deposit; REE geochemical characteristics; mantle-crustal mixed source; Inner Mongolia

作者: 亢庚, 聂爱国, 祝明金, 田亚洲, 雷传富, 谭代卫, [KANG Geng](#), [NIE Ai-guo](#),  
[ZHU Ming-jin](#), [TIAN Ya-zhou](#), [LEI Chuan-fu](#), [TAN Dai-wei](#)  
作者单位: 贵州大学资源与环境工程学院, 贵州, 贵阳, 550003  
刊名: 贵州大学学报 (自然科学版) [ISTIC](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF GUIZHOU UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE\)](#)  
年, 卷(期): 2010, 27 (5)

## 参考文献(15条)

1. Taylor S R; McLenna W F [The continental crust: Its composition and evolution](#) 1985
2. 秦克章; 王之地; 潘龙驹 [满洲里-新巴尔虎右旗铜、钼、铅、锌、银成矿条件与斑岩体含矿性评价标志](#) 1990 (03)
3. [Allegre C J](#); [Minster J F](#) [Quantitative models of trace element behaviour in magmatic processes](#) 1978 (01)
4. 聂风军; 张万益; 江思宏 [内蒙古小东沟斑岩钼矿床地质特征及成因探讨](#) [期刊论文] - [矿床地质](#) 2007 (06)
5. 周忠政 [内蒙古乌努格吐山大型斑岩铜矿外围找矿前景探讨](#) [期刊论文] - [长春工程学院学报](#) 2009 (01)
6. 秦克章; 王之地 [内蒙古乌奴格吐山铜-钼矿床稀土元素的行为及意义](#) 1993 (04)
7. 尹煜春 [内蒙古乌奴格吐山次火山斑岩型铜-钼矿床控矿因素分析及找矿方向](#) [期刊论文] - [矿产与地质](#) 2007 (03)
8. 于玺卿; 陈旺; 李伟 [内蒙古大苏计斑岩型钼矿床地质特征及其找矿意义](#) [期刊论文] - [地质与勘探](#) 2008 (02)
9. 舒广龙; 刘继顺; 王力 [额尔古纳成矿带成矿元素地球化学场特征及其与成矿的关系](#) [期刊论文] - [地质与勘探](#) 2003 (05)
10. [刘洪君](#); [刘喜友](#) [额尔古纳-呼伦深断裂带的形成发展及其对矿产的控制作用](#) [期刊论文] - [黄金科学技术](#) 2007 (01)
11. [朱群](#); [龙宝林](#); [武广](#) [全国主要成矿远景区矿产资源调查评价重点选区研究 \(六\)](#) 2003
12. 王之地; 秦克章 [满洲里-西旗斑岩型铜多金属成矿系列REE地球化学特征及应用](#) [期刊论文] - [地球化学](#) 1989 (04)
13. [王中刚](#); [于学元](#); [赵振华](#) [稀土元素地球化学](#) 1989
14. [覃锋](#); [刘建明](#); [曾庆栋](#) [内蒙古小东沟斑岩型钼矿床的成矿时代及成矿物质来源](#) [期刊论文] - [现代地质](#) 2008 (02)
15. [涂光炽](#); [王秀璋](#); [陈先沛](#) [中国层控矿床地球化学](#) 1987

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gzdxxb201005007.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gzdxxb201005007.aspx)