

编号: 0258-7106(2011)03-0377-08

# 内蒙古乌拉特后旗查干德尔斯钼矿床 地质特征及 Re-Os 测年\*

蔡明海<sup>1</sup>, 彭振安<sup>1</sup>, 屈文俊<sup>2</sup>, 贺钟银<sup>3</sup>, 冯 罡<sup>3</sup>, 张诗启<sup>1</sup>, 徐 明<sup>1</sup>, 陈 艳<sup>1</sup>

(1 广西大学资源与冶金学院, 广西南宁 530004; 2 国家地质实验测试中心, 北京 100037;  
3 内蒙古自治区第八地质矿产勘查开发院, 内蒙古 乌海 016000)

**摘 要** 查干德尔斯钼矿床是近年来在内蒙古西部中蒙边境地区新发现的一个具大型规模的隐伏矿床。辉钼矿化呈浸染状、团块状、细脉状分布在中细粒二长花岗岩中, 具斑岩型矿床的特点。笔者在矿区成矿岩体、矿化和蚀变特征等初步研究的基础上, 进行了辉钼矿 Re-Os 测年, 获得模式年龄为  $(240.3 \pm 3.9) \sim (244.2 \pm 3.5)$  Ma, 等时线年龄为  $(243.0 \pm 2.2)$  Ma [MSWD=0.78,  $^{187}\text{Os}$  初始值为  $(-0.3 \pm 2.4)$ ] 表明区内的钼成矿时代为三叠纪, 属印支期构造-岩浆活动的产物。笔者经研究认为, 内蒙古西部中蒙边境地区的额济纳旗—乌拉特后旗—苏尼特左旗一线为一钼多金属成矿带, 并初步总结了该成矿带内成矿岩体和钼矿床的特征及找矿标志。

**关键词** 地质学, 矿床特征, Re-Os 测年, 查干德尔斯钼矿, 内蒙古西部地区  
**中图分类号**: P618.65 **文献标志码**: A

## Geological characteristics and Re-Os dating of molybdenites in Chagandeersi molybdenum deposit, western Inner Mongolia

CAI MingHai<sup>1</sup>, PENG ZhenAn<sup>1</sup>, QU WenJun<sup>2</sup>, HE ZhongYin<sup>3</sup>, FENG Gang<sup>3</sup>, ZHANG ShiQi<sup>1</sup>,  
XU Ming<sup>1</sup> and CHEN Yan<sup>1</sup>

(1 College of Resource and Metallurgy, Guangxi University, Nanning 530004, Guangxi, China; 2 National Research Center for Geoanalysis, Beijing 100037, China; 3 No. 8 Geological Party of Inner Mongolia Bureau of Geology and Mineral Resources Exploration and Development, Wuhai 016000, Inner Mongolia, China)

### Abstract

The Chagandeersi molybdenum deposit is a concealed large-size molybdenum deposit newly discovered in western Inner Mongolia. It is a porphyry molybdenum deposit characterized by disseminated, spot and veinlet mineralizations hosted in medium-fine grained monzonitic granite. Re-Os isotopic dating of seven samples from various ore bodies of the ore deposit yields model ages between  $(240.3 \pm 3.9)$  Ma and  $(244.2 \pm 3.5)$  Ma, and isochron age of  $(243.0 \pm 2.2)$  Ma, with initial  $^{187}\text{Os}$  being  $(-0.3 \pm 2.4)$  and MSWD being 0.78, indicating that molybdenum mineralization took place in Triassic and had a association with tectonomagmatic orogenic process in Indosinian period. The Ejin Banner-Urad Rear Banner-Sonid Left Banner belt in western Inner Mongolia near the Sino-Mongolian boundary is considered to be a molybdenum-polymetallic ore belt. The characteristics of granites related to mineralization and molybdenum deposits in this ore belt and the prospecting criteria are summed up in this paper.

\* 本文得到内蒙古自治区地质矿产勘查开发局“内蒙古自治区内生金属成矿规律及靶区筛选(ND2007004)”项目的资助  
第一作者简介 蔡明海,男,1965年生,博士,研究员,主要从事矿床学科研究和教学工作。Email: gxdxcmh@163.com  
收稿日期 2010-06-04; 改回日期 2010-08-30。许德煊编辑。

**Key words:** geology, characteristics of ore deposit, Re-Os isotopic age, Chagandeersi molybdenum deposit, western Inner Mongolia

查干德尔斯钼矿床位于内蒙古西部乌拉特后旗赛乌素镇北东约 93 km 处,是内蒙古自治区第八地质矿产勘查开发院近年来新发现的一个具大型规模的钼矿产地。钼矿化产在查干德尔斯岩体南东边缘的内接触带,为一隐伏矿床。该矿区内目前所施工的数十个钻孔,绝大多数见到工业钼矿化,进一步的勘查工作正在实施中。本文在该矿床成矿岩体、矿化和蚀变特征等初步研究的基础上,开展了辉钼矿 Re-Os 测年。

## 1 成矿地质背景

查干德尔斯钼矿床位于华北板块北缘、狼山裂谷北西侧的宗乃山-沙拉扎山构造带内,夹持于恩格尔乌苏断裂带与阿拉善北缘断裂带(或称巴丹吉林断裂带)2条 NE 向区域性断裂带之间。

该矿区内出露的地层主要为古元古界宝音图群和第四系。宝音图群分布在矿区的东及东南侧,岩性组合为灰黑色、灰绿色千枚状碳质板岩、浅变质粉砂岩等。第四系冲洪积物分布在矿区低洼处和沟谷中,由砂土和砾石构成。

由于强烈的物理风化及风沙覆盖,区内地表构造形迹难以识别,但在钻孔岩芯中多处见有构造破碎带,卫星图片上显示有 NE 向断裂通过该矿区。

区内岩浆岩发育,主要有呈岩基产出的中细粒二长花岗岩(查干德尔斯岩体)。此外,矿区内还见有多条以 NE 向为主的细晶岩脉穿插于二长花岗岩体中。钼矿化主要产在中细粒二长花岗岩体南东缘的内接触带,受 NE 向构造的控制(图 1)。

## 2 成矿岩体特征

### 2.1 地质特征

该矿区内出露的岩浆岩大致以图 1 中的虚线为界,其外侧为“肉红色花岗岩”,内侧为“浅色花岗岩”。在野外的多条剖面上均可见两者呈渐变过渡关系,显微镜下观察则表明,两者在矿物成分和结构构造上并无明显区别,均为中细粒二长花岗岩,其外观上的差异主要为蚀变作用所致。

“肉红色花岗岩”是二长花岗岩强烈钾化的产

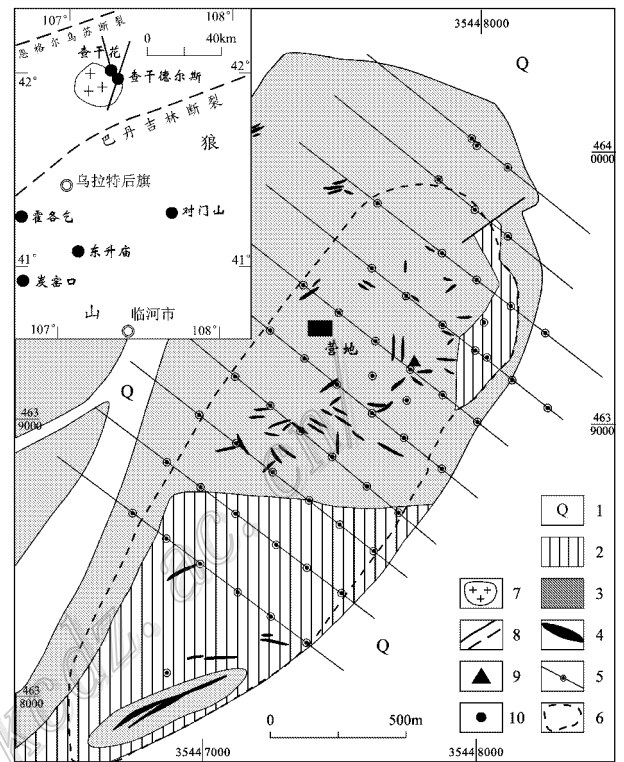


图 1 查干德尔斯钼矿区地质简图

1—第四系; 2—古元古界宝音图群; 3—中细粒二长花岗岩; 4—石英脉; 5—勘探线及钻孔; 6—蚀变分带及矿化边界; 7—查干德尔斯岩体; 8—断裂; 9—硅质矿; 10—矿床

Fig. 1 Simplified geological map of the Chagandeersi molybdenum deposit

1—Quaternary; 2—Paleoproterozoic Baoyintu Group; 3—Medium-fine grained monzonitic granite; 4—Quartz veins; 5—Exploration line and drill hole; 6—Alteration and mineralization boundary; 7—Chagandeersi rock body; 8—Fault; 9—Siliceous ore; 10—Ore deposit

物。其主要矿物组成为:石英 35%~45%、钾长石 28%~32%、斜长石 20%~28%、黑云母 2%~4%,副矿物有磷灰石、锆石等。该类岩石钾化强烈,但云英岩化和硅化较弱。钾化呈面状、脉状、团块状产出,野外可见从新鲜中细粒二长花岗岩→钾化花岗岩→钾长石脉的渐变关系。

“浅色花岗岩”是二长花岗岩弱钾化、强烈硅化和云英岩化的产物,与区内钼矿化的分布范围大致相当。其主要矿物组成为:石英 40%~58%、钾长石 20%~25%、斜长石 20%~25%、黑云母 1%~3%、白云母 1%,副矿物有磷灰石、锆石等。该类岩石钾

化较弱，主要沿裂隙呈线状、不规则团块状不均匀分布，云英岩化和硅化则较为强烈，呈面状、脉状产出。

二长花岗岩样品，其主元素、稀土元素及微量元素分析结果见表 1。

2.2 地球化学特征

主元素特征

本次研究在该矿区内采集了 8 个新鲜的中细粒

由表 1 可见，区内二长花岗岩的  $w(\text{SiO}_2)$  为

表 1 查干德尔斯钼矿区内二长花岗岩的主元素、稀土元素和微量元素分析结果

Table 1 Major elements, REE and trace elements compositions of monzonitic granite from the Chagandeersi molybdenum deposit

组分	CGD10	CGD11	CGD14	CGD17	CGD19	CGD20	CGD22	CGD23
	$w(\text{B})\%$							
SiO <sub>2</sub>	70.74	69.79	71.90	73.69	74.48	73.50	72.20	74.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.56	15.14	14.25	13.31	13.24	13.70	14.21	13.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.853	0.799	0.954	0.908	0.736	0.991	0.690	0.838
FeO	1.85	2.03	1.53	1.55	0.695	1.11	1.50	1.14
CaO	2.11	2.60	1.63	1.06	0.788	1.61	1.68	1.40
MgO	0.718	0.723	0.488	0.406	0.143	0.431	0.482	0.365
K <sub>2</sub> O	3.55	3.42	4.05	4.17	5.28	3.79	3.81	3.68
Na <sub>2</sub> O	4.01	4.15	3.88	3.46	3.32	3.74	4.24	3.50
TiO <sub>2</sub>	0.264	0.287	0.235	0.238	0.081	0.187	0.201	0.197
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.115	0.140	0.080	0.046	0.066	0.092	0.087	0.100
MnO	0.041	0.042	0.032	0.023	0.015	0.031	0.028	0.026
灼失	0.564	0.265	0.374	0.247	0.742	0.308	0.454	0.384
CO <sub>2</sub>	0.245	0.222	0.183	0.170	0.417	0.103	0.232	0.116
总和	99.62	99.61	99.59	99.28	100.00	99.59	99.81	99.45
	$w(\text{B})\times 10^{-6}$							
La	28.8	34.7	34.1	58.4	8.76	22.8	17.5	27.3
Ce	50.8	57.0	58.5	116	15.6	37.7	31.7	44.6
Pr	5.91	6.26	6.59	14.7	1.88	4.52	3.57	5.27
Nd	19.7	20.2	21.1	51.3	6.38	15.0	12.2	16.9
Sm	3.42	3.08	3.36	10.1	1.57	2.73	2.24	2.60
Eu	0.68	0.72	0.68	0.75	0.18	0.55	0.47	0.56
Gd	2.63	2.37	2.49	8.08	1.30	2.09	1.69	1.94
Tb	0.35	0.29	0.31	1.19	0.26	0.30	0.25	0.23
Dy	1.77	1.32	1.48	6.40	1.52	1.52	1.30	1.14
Ho	0.31	0.22	0.26	1.15	0.28	0.27	0.23	0.19
Er	0.85	0.59	0.71	2.93	0.80	0.73	0.62	0.51
Tm	0.13	0.099	0.11	0.47	0.16	0.13	0.11	0.084
Yb	0.94	0.63	0.76	2.88	1.16	0.85	0.76	0.54
Lu	0.13	0.086	0.11	0.38	0.16	0.12	0.11	0.076
Y	9.10	6.42	7.21	29.6	8.78	7.69	6.68	5.29
ΣREE	116.42	127.56	130.56	274.73	40.01	89.31	72.75	101.94
δEu*	0.67	0.79	0.69	0.25	0.38	0.68	0.72	0.74
Cu	9.76	16.10	12.70	15.50	38.20	22.30	12.40	85.10
Pb	23.60	20.90	24.20	35.40	24.80	22.00	24.60	21.20
Zn	53.50	45.60	46.10	43.40	14.00	49.00	45.40	43.40
W	0.96	0.52	1.29	7.36	3.34	0.97	0.64	1.26
Sn	2.50	3.70	1.80	2.80	4.38	2.80	1.80	2.90
Mo	1.40	0.70	2.50	2.71	5.22	3.00	1.61	10.10
Bi	0.16	0.24	0.079	0.20	0.14	0.33	0.52	5.11
Rb	110	88.9	138	131	284	163	109	176
Nb	9.53	9.29	8.56	11.2	15.0	9.92	6.75	7.78
Ta	1.32	1.07	1.19	0.67	3.90	1.62	0.96	0.83
Zr	114	144	120	134	30.2	80.4	83.8	101
Hf	3.36	3.82	3.54	4.44	1.37	2.59	2.63	2.76

\* 单位为 1。

69.79%~74.57%,平均72.61%; $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 为7.18%~8.60%,平均7.76%。其里特曼指数 $\delta = 0.87 \sim 2.23$ ,属钙碱性系列; $A/\text{CNK}$ 值为0.99~1.07,表现为钙弱过饱和。

### 稀土元素特征

由表1可见,区内二长花岗岩的稀土元素总量为低至中等,变化大, $\Sigma\text{REE}$ 为 $(40.01 \sim 274.73) \times 10^{-6}$ 。其 $\Sigma\text{LREE}/\Sigma\text{HREE} = 6.09 \sim 21.76$ ,轻、重稀土元素分馏显著。 $\delta\text{Eu} = 0.25 \sim 0.79$ ,铕亏损中等至强烈。其稀土元素配分曲线呈向右缓倾斜的“V”字型(图2),具有重熔型花岗岩的特征。

### 微量元素特征

区内二长花岗岩的 $w(\text{Mo})$ 、 $w(\text{Bi})$ 的平均值分别为 $3.4 \times 10^{-6}$ 和 $0.85 \times 10^{-6}$ ,与花岗岩维氏值相比明显富集,Cu、Pb、Zn、W、Sn等略有富集或出现贫化。

其非活动性元素的特征比值为:Nb/Ta比值3.80~16.72,Zr/Hf比值22.04~33.93。Nb/Ta比值远低于地幔平均值(60),而接近地壳均值(10)(黎彤,1976);Zr/Hf比值也大都低于地幔均值(34~60)接近地壳均值(Wedepohl,1995)。微量元素特征比值也显示出该矿区内的二长花岗岩主要为地壳熔融的产物。

## 3 矿化及蚀变特征

### 3.1 矿化特征

该矿区内的钼矿体主要隐伏于地表以下,地表所见则为大量不同方向、规模不一的含矿石英脉,石

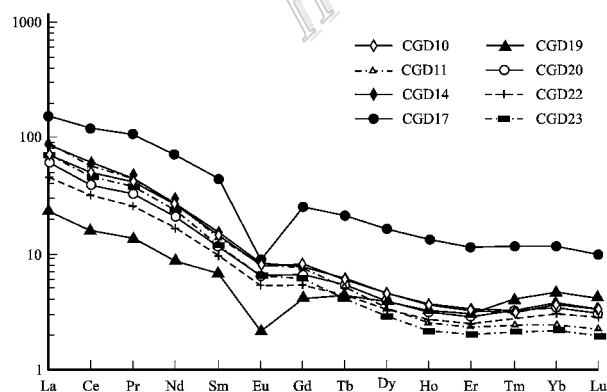


图2 查干德尔斯区内二长花岗岩的稀土元素配分图  
Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of monzonitic granite from the Chagandeersi deposit

英脉的 $w(\text{Mo})$ 为0.02%~0.04%,难以圈出工业矿体。

### 地表含矿石英脉的特征

在该矿区的地表,石英脉极其发育,主要分布在弱钾化、强云英岩化和硅化的中细粒二长花岗岩中,与钼矿化的分布范围大致相当(图1)。含矿石英脉具有以下特征:

① 石英脉可分为NE(30~50°)向、NW(300~335°)向、近SN(NW350°~NE10°)向和近EW(NE70°~SE110°)向4组。不同方向的石英脉中均见有少量孔雀石化、黄铁矿化和褐铁矿化,其脉壁及微裂隙中常见有云英岩化。其中,NE向、近SN向和近EW向3组均出现了早期无矿化石英脉破碎后被硅质再胶结的现象,构造角砾棱角分明、大小混杂,表明成矿期的构造活动具有张性特征;NW向石英脉规则平整,具压性特征,无破碎后再胶结的特征,表明成矿期张应力的方向为NE-SW向。

② 该矿区的北东段有一个硅石矿采场(图1)。采场内发育有不同方向的石英脉、石英团块、伟晶岩脉和伟晶岩团块,以近SN向和NE向2组为主。这些石英脉、石英团块、伟晶岩脉和伟晶岩团块共同组成硅化壳或伟晶岩壳,指示出该地段可能是成矿岩体的凸起部位,而且,该岩凸周边钼矿体的赋存标高要相对高于其他地段。

### 钼矿体特征

从现有的工程控制情况来看,该矿区内的钼矿体主要赋存在地表以下14~730m范围内的中细粒二长花岗岩中,钼矿化分布不均匀,单工程均可圈出多个矿体,如:ZK2钻孔在109.91~533.11m见矿7层, $w(\text{Mo})$ 为0.06%~0.428%,最大视厚度5m;ZK3钻孔在30.60~192.75m见矿6层, $w(\text{Mo})$ 为0.06%~0.318%,最大视厚度17.08m;ZK4钻孔在42.91~507.52m见矿11层, $w(\text{Mo})$ 为0.061%~0.402%,最大视厚度11m;ZK6钻孔在41.17~198.80m见矿4层, $w(\text{Mo})$ 为0.062%~0.325%,最大视厚度17.44m。由于区内勘查工作尚在进行中,对矿体的划分及连接等工作尚未完善,据初步统计,区内矿石的 $w(\text{Mo})$ 均值为0.06%~0.43%, $w(\text{Bi})$ 为0.03%、 $w(\text{Cu})$ 为0.05%。

### 矿石特征

区内钼矿石的主要金属矿物为黄铁矿、辉钼矿及少量的黄铜矿、辉铋矿、孔雀石等,呈浸染状、团块状及脉状产出,分布在石英脉微裂隙中、石英脉边

部以及蚀变二长花岗岩中;非金属矿物主要有石英、云母、长石及少量高岭石等。主要矿石矿物为辉钼矿,呈钢灰色、半自形-自形鳞片状产出,粒径一般为0.02~1 mm,最大可达5 mm。辉钼矿的产出形式主要有2种:一是以单一的叶片状或团块状集合体产出;二是与黄铁矿、辉铋矿、黄铜矿等共生产出。

### 3.2 蚀变特征

由横贯该矿区的路线剖面可见,钼矿化分布区的外侧为强钾化分布区,形成了所谓的“肉红色花岗岩”,钼矿化分布区(内带)则为强烈的云英岩化、硅化以及不均匀分布的钾化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、碳酸盐化等,偶见萤石化。强烈的云英岩化与钼矿化的关系最为密切,经剖面调查大致圈出了强云英岩化、硅化的分布范围(图1)。矿区内的强云英岩化、硅化蚀变带总体呈NE向分布,与区内构造线方向及成矿期构造的张应力作用方向基本一致,大致代表了矿体的走向,实际勘查资料也证实了矿体为NE走向。

钼矿石的金属矿物组合简单,黄铁矿、辉钼矿、辉铋矿、黄铜矿等共生产出,矿脉之间无相互穿插现象。矿化强度与云英岩化强度呈正相关关系,经初步研究,区内的矿化和蚀变应为同期成矿作用的产物。大面积的钾化(碱性蚀变)及强烈的硅化使矿质析出,云英岩化(酸性蚀变)使成矿环境由碱性转变为酸性,形成地球化学障,从而导致矿质沉淀,形成矿体。钼矿化呈浸染状、脉状、团块状产在中细粒二长花岗岩中,具有“斑岩型”或南岭地区所谓的“岩体型”矿化的特征。

## 4 Re-Os 同位素测年研究

### 4.1 样品特征

本次用于 Re-Os 测年研究的7件样品均采自查干德尔斯矿区的钻孔岩芯,原始样重200~500 g。取样位置及样品简要特征见表2。

### 4.2 分析方法和流程

辉钼矿单矿物的挑选在广西大学矿物工程实验室完成,各样品的重量见表2。Re-Os 同位素分析在国家地质实验测试中心完成,样品处理、分析方法及流程参照有关文献(杜安道等,1994;2001;屈文俊等,2003;Shirey et al.,1995;Du et al.,2004)。

### 4.3 测试结果

7件辉钼矿样品的测定结果列于表3。所有数据已经过空白校正,实验室的流程用国标 JDC (GBW04436)控制。

由7件辉钼矿样品得到的模式年龄为(240.3±3.9)~(244.2±3.5) Ma,加权平均值为(242.7±1.3) Ma。采用 ISOPLOT 软件(Ludwig,1999)对所获得的7个数据进行了等时线计算,得到的等时线年龄为(243.0±2.2) Ma( $n=7$ ,MSWD=0.78)(图3)。

## 5 讨论和结论

### 5.1 查干德尔斯钼矿床的成矿时代

(1)在 $^{187}\text{Os}$ - $^{187}\text{Re}$ 图(图3)中,7件辉钼矿样品

表2 取样位置及样品简要特征

Table 2 Location and characteristics of the samples for dating

样品号	取样位置	$m$ (辉钼矿)/g	样品描述
CGD1	ZK32-9(619~621 m)	0.5	辉钼矿呈浸染状、团块状分布在石英细小脉及蚀变花岗岩中,粒径1~2 mm,与黄铁矿共生
CGD2	ZK32-9(520~528 m)	0.5	辉钼矿呈浸染状、团块状、脉状分布在石英细小脉及蚀变花岗岩中,粒径1~2 mm,与黄铁矿、黄铜矿共生
CGD3	ZK32-9(420~421 m)	0.9	辉钼矿呈宽约2 mm的细脉状产于蚀变花岗岩中,粒径0.5~1 mm
CGD4	ZK32-7(517 m)	0.48	辉钼矿呈团块状分布在石英脉旁侧的云英岩中,粒径2~3 mm,与细粒黄铁矿共生
CGD5	ZK32-7(210~212 m)	0.45	辉钼矿呈浸染状、团块状分布在石英脉边部及蚀变花岗岩中,粒径2~3 mm,与细粒黄铁矿共生
CGD6	ZK32-7(177 m)	0.75	辉钼矿呈浸染状分布在蚀变花岗岩中,粒径0.5~1 mm
CGD7	ZK56-9(532 m)	0.5	辉钼矿呈团块状分布在石英脉边部及蚀变花岗岩中,粒径0.5~1 mm,与细粒黄铁矿共生

表3 查干德尔斯矿区内辉钼矿的 Re-Os 同位素数据  
Table 3 Re-Os isotopic data of molybdenites from the Chagandeersi deposit

样品号	m/g	$\alpha(\text{Re}) (\mu\text{g/g})$		$\alpha(\text{普 Os}) (\text{ng/g})$		$\alpha(^{187}\text{Re}) (\mu\text{g/g})$		$\alpha(^{187}\text{Os}) (\text{ng/g})$		模式年龄/Ma	
		测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度	测定值	不确定度
CGD1	0.01254	193.4	1.7	0.0445	0.2496	121.6	1.1	494.8	4.7	243.8	3.7
CGD2	0.01026	128.9	1.0	0.0580	0.1299	81.01	0.65	327.5	3.0	242.1	3.6
CGD3	0.01142	146.0	1.1	0.0497	0.1670	91.78	0.70	370.9	3.2	242.1	3.4
CGD4	0.01049	158.3	1.4	0.0551	0.0617	99.53	0.88	405.8	3.2	244.2	3.5
CGD5	0.01126	211.4	2.3	0.0084	0.4037	132.9	1.4	533.0	4.7	240.3	3.9
CGD6	0.01231	206.1	2.2	0.0573	0.1927	129.5	1.4	525.5	4.9	243.0	3.9
CGD7	0.01248	53.64	0.41	0.0472	0.1587	33.71	0.26	136.4	1.1	242.3	3.3

注:普 Os 是根据 Nier 值的钨同位素丰度,通过 $^{192}\text{Os}/^{190}\text{Os}$  测量比计算得出的; $^{187}\text{Os}$  是 $^{187}\text{Os}$  同位素总量;Re、Os 含量的不确定度包括样品和稀释剂的称量误差、稀释剂的标定误差、质谱测量的分馏校正误差、待分析样品同位素比值测量误差,置信水平 95%;模式年龄的不确定度还包括衰变常数的不确定度(1.02%),置信水平 95%;模式年龄计算中, $^{187}\text{Re}$  衰变常数  $\lambda = 1.666 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ 。

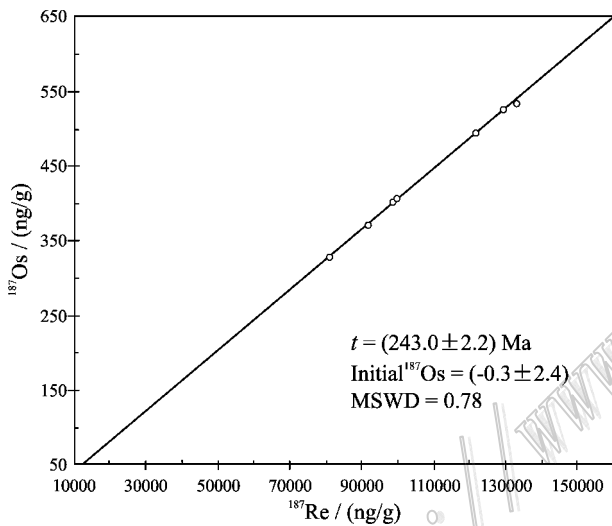


图3 查干德尔斯矿区内辉钼矿的 Re-Os 等时线图

Fig. 3 Re-Os isochron of molybdenites from the Chagandeersi deposit

的数据点均排列在一条直线上,其相关系数为 0.9998。该直线对应的等时线年龄值为(243.0 ± 2.2) Ma;MSWD = 0.78; $^{187}\text{Os}$  初始值为(-0.3 ± 2.4),在误差范围内接近零值。该等时线年龄值与模式年龄[(240.3 ± 3.9)~(244.2 ± 3.5) Ma]基本一致。(2)该矿区内的钼矿化产在中细粒二长花岗岩中,辉钼矿呈单一片状,或以浸染状、脉状、团块状产出,或与黄铁矿、黄铜矿、辉铋矿等共生产出,矿脉之间无相互穿插现象,表明其为同期成矿作用的产物。

综上所述,本次所获得的 Re-Os 等时线年龄(243.0 ± 2.2) Ma 代表了查干德尔斯钼矿床的成矿

年龄。

中蒙边境及邻区地处华北-塔里木板块与西伯利亚板块之间的中亚造山带内,主体构造为古大陆边缘地体拼接带,海西期是板块活动的高峰期,两大古陆块最终碰撞对接拼合为一个整体,大规模成矿作用与海西期各类岩浆的上侵定位及分异演化过程有关(唐克东,1992;聂凤军等,2004)。朱永峰(2007)根据近年来在新疆地区所获得的一批高精度印支期同位素年龄,提出印支期是中亚地区重要的成矿时期之一。北山地区小狐狸山钼矿床的 Re-Os 等时线年龄[(220.0 ± 2.2) Ma] (彭振安等,2010a)以及本次所获得的查干德尔斯钼矿床的成矿年龄,进一步表明印支期岩浆活动与成矿作用在中亚地区具有区域性特征,重视印支期成矿作用的研究不仅对区内新一轮的大规模地质找矿具有指导意义,同时,对深入认识中亚地区的构造演化也有一定的科学价值。

## 5.2 区域钼成矿特点

近年来,在内蒙古西部中蒙边境的额济纳旗—乌拉特后旗—苏尼特左旗一线先后发现了流沙山钼金矿、额勒根乌兰乌拉钼铜矿、独龙包钼矿、小狐狸山钼矿、查干德尔斯钼矿、查干花钼矿和乌兰德勒钼铜多金属矿等一大批钼矿床,规模为中-大型,充分显示出这一地区为一近 EW 向展布的钼多金属成矿带。初步研究表明,该钼多金属成矿带具有如下特征:

① 与钼多金属成矿有关的岩石类型均为钙碱性、铝弱过饱和和重熔型花岗岩类。

② 成矿岩体地表发育有大量石英脉,石英脉壁

及其内的微裂隙中见有云英岩化,石英脉本身的钼含量并不高,多低于边界品位。

③ 成矿岩体的蚀变主要为钾化、硅化、云英岩化等。钾化和硅化的分布面积广,而云英岩化主要分布在近矿部位,与成矿的关系更直接。大面积的钾化(碱性蚀变)及强硅化使矿质析出,云英岩化(酸性蚀变)使成矿环境由碱性转变为酸性,形成地球化学障,从而导致矿质沉淀,形成矿体。

④ 以钼成矿为主的岩体,如北山地区的独龙包、小狐狸山(彭振安等,2010b)及乌拉特后旗的查干德尔斯、查干花等,均具有  $Mo_0$ 、Bi 明显富集, W、Sn、Cu、Pb、Zn 等贫化或略有富集的特征,因此,  $Mo_0$ 、Bi 的地球化学异常是寻找钼矿的良好标志。

⑤ 钼矿化均具斑岩型成矿特征,规模为中-大型。成矿元素既有以 Mo 为主的(小狐狸山、独龙包),也有以 Mo-Cu(额勒根乌兰乌拉)、Mo-Au(流沙山)组合为主的。成矿时代有海西期(聂凤军等,2002,2005)、印支期(彭振安等,2010a)和燕山期(陶继雄等,2009),显示出该成矿带内具有多期成矿。因此,在该带内寻找钼矿时,不应受岩体时代的限制,而要重视岩体中的钾化、硅化、云英岩化以及  $Mo_0$ 、Bi 地球化学异常等找矿标志。

志 谢 野外工作得到了内蒙古自治区地质矿产勘查开发局生产技术部以及内蒙古自治区第八地质矿产勘查开发院领导和同行们的热情帮助,在此表示衷心感谢!

## References

- Du A D, He H L, Yin N W, Zou X Q, Sun Y L, Sun D Z, Chen S Z and Qu W J. 1994. A study on the rhenium-osmium geochronometry of molybdenites [J]. *Acta Geologica Sinica*, 68(4): 339-347 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, Zhao D M, Wang S X, Sun D Z and Liu D Y. 2001. Precise Re-Os dating for molybdenite by ID-NTIMS with Carius tube sample preparation [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 20(4): 247-252 (in Chinese with English abstract).
- Du A D, Wu S Q, Sun D Z, Richard M H S, John M and Dmitry M. 2004. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: Molybdenite HLP and JDQ [J]. *Geostandard and Geoanalytical Research*, 28(1): 41-52.
- Li T. 1976. The earth content of chemical elements [J]. *Geochimica*, 5(3): 167-174 (in Chinese).
- Nie F J, Jiang S H, Zhao S M, Bai D M, Liu Y, Zhao Y M, Wang X L and Su X X. 2002. Geological features and metallogenic type of the Liushashan gold (molybdenum) deposit in Ejinqi (prefecture), western Inner Mongolia [J]. *Geology-Geochemistry*, 30(1): 1-7 (in Chinese with English abstract).
- Nie F J, Jiang S H, Zhang Y, Liu Y and Hu P. 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 F J, Qu W J, Liu Y, Du A D and Jiang S H. 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 Z A, Li H H, Qu W J, Zhang S Q, Ding H J, Chen X R, Zhang B, Zhang Y Z, Xu M and Cai M H. 2010a. Molybdenite Re-Os age of Xiaohulishan molybdenum deposit in Beishan area, Inner Mongolia [J]. *Mineral Deposits*, 29(3): 510-516 (in Chinese with English abstract).
- Peng Z A, Li H H, Zhang S Q, Xu M, Chen Y and Cai M H. 2010b. Characteristics of Mo-mineralized granite in the Xiaohulishan deposit, Beishan area, Inner Mongolia [J]. *Geology and Exploration*, 46(2): 291-297 (in Chinese with English abstract).
- Qu W J and Du A D. 2003. The electrochemical behavior of dopamine on Poly (cinchomeric acid) modified glassy carbon electrode and its detection [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 22(4): 254-257 (in Chinese with English abstract).
- Shirey S B and Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis, *Anal. Chem.*, 67: 2136-2141.
- Tang K D. 1992. Tectonic evolution and mineralogical regularities of the fold belt along the northern margin of Sino-Korean plate [M]. Beijing: Peking University Press. 277p (in Chinese).
- Tao J X, Wang T, Chen Z H, Luo Z Z, Xu L Q, Hao X Y and Cui L W. 2009. The Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Wulandele molybdenum-copper polymetallic deposit in Sonid Zuqi of Inner Mongolia and its geological significance [J]. *Rock and Mineral Analysis*, 28(3): 249-253 (in Chinese with English abstract).
- Wedepohl K H. 1995. The composition of the continental crust [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 59(7): 1217-1232.
- Wu T R and He G Q. 1993. Tectonic units and their fundamental characteristics on the northern margin of Alxa block [J]. *Acta Geologica Sinica*, 67(2): 97-108 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Y F. 2007. Indosinian movement and metallogeny in Xinjiang, China [J]. *Geological Bulletin of China*, 26(5): 510-519 (in Chinese with English abstract).

## 附中文参考文献

- 杜安道,何红蓼,殷宁万,邹晓秋,孙亚利,孙德忠,陈少珍,屈文俊. 1994. 辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究[J]. 地质学报, 68(4): 339-347.
- 杜安道,赵敦敏,王淑贤,孙德忠,刘敦一. 2001. Carius管溶样和负离子热表面电离质谱准确测定辉钼矿铼-钨同位素地质年龄[J]. 岩矿测试, 20(4): 247-252.
- 黎彤. 1976. 化学元素的地球丰度[J]. 地球化学, 5(3): 167-174.
- 聂凤军,江思宏,赵省民,白大明,刘妍,赵月明,王新亮,苏新旭. 2002. 内蒙古流沙山金(钼)矿床地质特征及矿床类型的划分[J]. 地质地球化学, 30(1): 1-7.
- 聂凤军,江思宏,张义,刘妍,胡朋. 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,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.
- 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 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 矿床地质, 29(3): 510-516.
- 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): 291-297.
- 屈文俊,杜安道. 2003. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钼矿铼-钨地质年龄[J]. 岩矿测试, 22(4): 254-257.
- 唐克东. 1992. 中朝板块北侧褶皱带构造演化及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社. 277页.
- 陶继雄,王强,陈郑辉,罗忠泽,许立权,郝先义,崔来旺. 2009. 内蒙古苏尼特左旗乌兰德勒钼铜多金属矿床辉钼矿铼-钨同位素定年及其地质特征[J]. 岩矿测试, 28(3): 249-253.
- 吴泰然,何国琦. 1993. 内蒙古阿拉善地块北缘的构造单元划分及各单元的基本特征[J]. 地质学报, 67(2): 97-108.
- 朱永峰. 2007. 新疆的印支运动与成矿[J]. 地质通报, 26(5): 510-519.

<http://www.kcdz.ac>