

内蒙古赤峰鸭鸡山钼(铜)矿床辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义

代军治^{1,2} 谢桂青² 王瑞廷¹ 任 涛¹ 王 涛¹

(1. 西北有色地质勘查局, 陕西 西安 710054; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘要:鸭鸡山钼(铜)矿床位于华北板块北缘西拉木伦钼铜成矿带南部, 矿体受区内 EW 向和 NE 向走滑断裂控制, 主要呈脉状或碎裂岩型赋存于二长花岗岩中, 属石英脉型钼矿床。金属矿物主要是辉钼矿、黄铁矿和黄铜矿。运用 Re-Os 同位素定年法对该矿床辉钼矿进行年龄测试, 测得 7 件不同类型辉钼矿样品的模式年龄加权平均年龄为 (241.1 ± 1.4) Ma, 6 件同类型样品等时线年龄为 (240 ± 3.8) Ma, 表明成矿作用比较集中, 成矿时间为早—中三叠世。结合鸭鸡山钼矿床辉钼矿、黄铜矿呈脉状、浸染状分布于二长花岗岩体中的特征, 及前人已有的晚期蚀变年龄, 作者认为赋矿二长花岗岩的形成时间为早—中三叠世。结合前人对区域上三叠纪构造岩浆作用的分析, 认为鸭鸡山钼(铜)矿床的形成与古亚洲洋的闭合有关。

关键词:鸭鸡山钼(铜)矿; 辉钼矿; Re-Os 同位素; 成矿年龄

中图分类号: P597; P618.65 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2012)06-1614-08

鸭鸡山(或库里吐)钼矿床位于内蒙敖汉旗以北 16 km, 西部距离赤峰市约 80 km。地理坐标为东经 $119^{\circ}48'45'' \sim 119^{\circ}50'30''$, 北纬 $42^{\circ}24'30'' \sim 42^{\circ}25'15''$ 。对鸭鸡山钼矿床的地质调查和勘探工作始于 20 世纪 60 年代, 1966 年原内蒙第二区测队在该区进行 1:20 万重砂异常检测时发现铅铜异常; 1972 年辽宁物探大队在该区开展 1:2 000 激电扫面, 圈定两条矿化带; 1973—1974 年昭盟第一地质大队对该矿床进行了普查验证, 初步获得钼远景资源量 7 384 t; 2006 年朝阳金达集团实业有限公司在获取鸭鸡山钼铜矿化区探矿权后, 对该矿床进行了详探, 获得 (Mo+Cu) 10.5 万 t, 钼平均品位 0.089%, 铜平均品位 0.85%^①。

鸭鸡山钼矿床由于矿体埋藏浅、杂质组分少、开采条件好, 具有很好的开发前景。近年来已受到不少

学者关注, 他们在矿床基本地质特征、成矿流体、岩石地球化学及成因方面开展了研究, 取得了一定成果^[1-6]。笔者在前人工作基础上, 对鸭鸡山钼矿床开展了较系统的地质和成矿年代学研究, 结合区域上钼铜矿床成矿时代及背景, 对该矿床成矿物质来源、形成时代及成矿动力学背景进行了探讨, 为指导华北板块北缘及其北侧造山带钼矿床区域性找矿勘查提供科学依据。

1 成矿地质背景

华北板块北缘燕—辽地区是中国主要的钼(铜)成矿带之一, 该带是继东秦岭钼矿带之后, 中国第二大钼矿带。带内目前已发现大中型钼、铜矿床近 30 余处, 如杨家杖子、兰家沟、肖家营子、贾家营、大庄科、撒岱沟门、大草坪等钼矿床和寿王坟、小寺沟等

收稿日期: 2012-06-18; 改回日期: 2012-11-28

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(1212010634001)、“十二五”国家科技支撑计划课题(2011BAB04B05)和公益性行业科研专项(201111007-3)联合资助。

作者简介: 代军治, 男, 1978 年生, 博士, 主要从事金属矿产资源勘查技术管理和研究; E-mail: daijunzhi@163.com。

①张洪喜, 于泽新, 吕景增, 等. 内蒙古敖汉旗鸭鸡山钼铜矿普查地质报告. 朝阳: 朝阳金达集团实业有限公司, 2006.

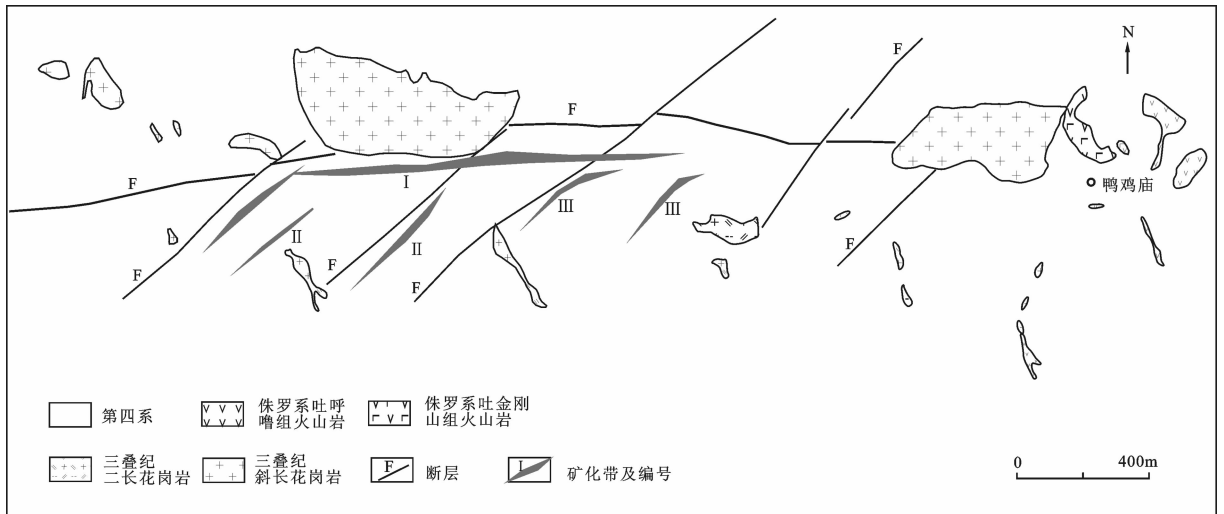


图 2 鸭鸡山钼矿床矿区地质图(据张洪喜等^①修改)

Fig.2 Geological map of the Yajishan Molybdenum deposit

一组走向 NE、倾向南东、倾角 60°左右的次级断裂, 他们与 EW 向断裂呈近 45°夹角相交, 联合控制着钼矿体的展布。

区域上岩浆活动主要有 2 期^①:(1)古生代晚期的中细粒闪长岩、花岗闪长岩和中粗粒似斑状花岗闪长岩, 主要分布于区域东北部;(2)中生代早期的黑云母二长花岗岩、似斑状斜长花岗岩及黑云母斜长花岗岩, 分布于库里吐、西沟、张家营子、鸭鸡营子及下白马石沟地区。鸭鸡山钼矿区内侵入岩主要由三叠纪中-细粒黑云母斜长花岗岩和黑云母二长花岗岩组成(207.2+9.5)Ma^[3](图 2)。中-细粒黑云母斜长花岗岩呈岩株状产出, 分布于库里吐沟以北, 出露面积约 0.15 km², 岩体多发生绿帘石化和绿泥石化, 含有较多的黄铁矿, 化学成分为 SiO₂=71.78%, FeO^T=2.62%, CaO=0.93%, K₂O+Na₂O=7.9%, K₂O/Na₂O=1.16^[1]。黑云母二长花岗岩分布于库里吐沟南侧, 与中-细粒黑云母斜长花岗岩呈渐变过渡关系, 地表出露面积为有限(仅 0.01 km²), 主要为隐伏岩体, 主要矿物成分为石英(25%~45%)、钾长石(30%~60%)、奥长石(30%~45%)、黑云母(<5%)。黑云母二长花岗岩多发生绢云母化、钠长石化, 含较多的辉钼矿、黄铜矿及黄铁矿。分析表明黑云母二长花岗岩具有高硅(SiO₂=71.24%)、富碱(K₂O+Na₂O=8.3%, K₂O/Na₂O=1.68)、铝饱和(A/CNK=1.12)特征, 属于钙碱性岩石^[1,3]。以上侵入体中黑云母二长花岗岩

与钼矿床具有密切的空间关系, 受区域性构造以及矿区内次级断裂构造影响, 岩体节理及裂隙发育, 其间见有孔雀石化和褐铁矿化, 鸭鸡山钼矿体主要分布于黑云母二长花岗岩中。

除以上各类花岗岩外, 矿区二长花岗岩体内部还发育一些与钼矿化关系密切的岩脉(花岗闪长岩脉、石英闪长玢岩脉和花岗斑岩脉)。花岗闪长岩脉呈浅肉色, 粒状结构, 矿物成分为中性斜长石, 蚀变角闪石、黑云母等暗色矿物及黄铁矿、磁铁矿等金属矿物, 花岗闪长岩常发生绢云母化、碳酸盐化和绿泥石化; 石英闪长玢岩呈灰色、浅灰色或浅绿色, 斑状结构, 基质具显微晶质, 粒状结构, 主要矿物成分为中长石和石英, 岩脉多发生绢云母化、碳酸盐化和硅化; 花岗斑岩呈浅粉红色, 斑状结构, 基质为显微细晶结构, 矿物成分为斜长石、石英、钾长石、黑云母、碳酸盐和绢云母, 基质中的长石和黑云母常被碳酸盐和绢云母所交代。

2 矿床地质特征

鸭鸡山矿床为半隐伏钼(铜)矿床, 矿体主要以辉钼矿-石英大脉(>10 cm)、细脉(<5 cm)和碎裂岩形式赋存于二长花岗岩岩体裂隙或节理中, 属石英脉型钼矿床。矿体主要分布于区内 EW 向断裂带内及其与 NE 向断裂的结合部位。目前在二长花岗岩中已圈定各种形态和不同规模的钼矿化带 7 个,

①张洪喜, 于泽新, 吕景增, 等. 内蒙古敖汉旗鸭鸡山钼铜矿普查地质报告. 朝阳: 朝阳金达集团实业有限公司, 2006.

矿体 39 条,主要的矿化带有 I 号、II 号和 III 号 3 个。

I 号矿化带呈 EW 向,分布于 15 号勘探线以东至 2 号勘探线之间,为全矿区最大的矿化带,矿化带延长 1 000 m,宽 4~42 m,最宽达 86 m,延深 90~410 m。I 号矿化带包含 7 条矿体,其中 1 号矿体为矿区最大矿体,钼平均品位 0.086%,钼矿石量占矿床总储量的 55%,部分地段伴生铜平均品位 0.054%。1 号矿体呈脉状或透镜状分布于 EW 向蚀变破碎带中,矿石类型以蚀变碎裂岩型为主,走向 45°~90°,倾向 SE,倾角 45°~55°,最大延长 800 m,延深 410 m。矿体无论在平面上还是剖面上,尖灭再生及分支复合现象较为普遍。II 号矿化带分布于矿区西侧的 15 号、11 号及 7 号勘探线附近,矿体呈脉状或透镜状展布,走向 45°~50°,倾向 SE,倾角 45°~50°,最大延长 500 m,最大延深 370 m,矿化类型有石英-辉钼矿细脉和石英-辉钼矿大脉型两种,钼平均品位 0.09%,矿石量占全矿总储量的 17%。III 号矿化带分布于 2 号~7 号勘探线之间,矿体走向 40°~

70°,倾向 SE,倾角 45°~55°,最大延长 200 m,最大延深 430 m,矿化类型以石英-辉钼矿大脉型为主,脉宽 0.1~0.5 m,矿体呈透镜状、扁豆状、脉状沿二长花岗岩的裂隙或破碎带分布。

矿石中金属主要是辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿。辉钼矿多为他形-不规则叶片状、鳞片状晶体,其产出形式主要有 3 种:一种是呈浸染状或薄膜状分布于蚀变破碎带中,形成碎裂岩型矿石(图 3-A),另一种是呈细脉状或薄膜状分布于石英脉的两侧或石英脉中,形成石英脉型矿石(图 3-D、3-E);部分辉钼矿沿着花岗岩的节理或裂隙分布,形成节理或裂隙脉型矿石。辉钼矿单颗粒大小一般在 0.02 mm×0.05 mm~0.5 mm×1 mm,最大者可达 5 mm×5 mm。黄铜矿和黄铁矿多呈浸染状分布,黄铜矿常沿着黄铁矿裂理交代,并与辉钼矿共生产出,粒度一般 0.05 mm×0.1mm~0.5 mm×1.5 mm。脉石矿物主要是石英、钾长石、方解石、绢云母、绿帘石、绿泥石及叶腊石。

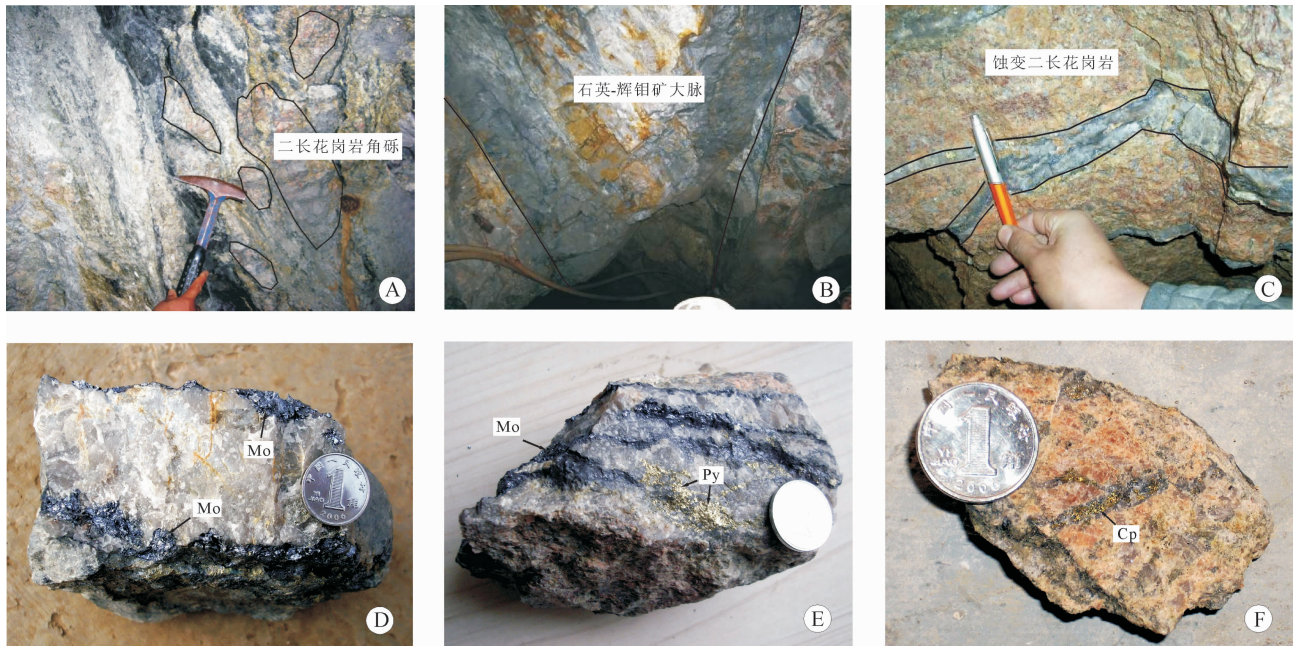


图 3 鸭鸡山钼矿床矿体、矿石特征

A— I 号矿化带中碎裂岩型矿石;B— III 号矿化带中石英-辉钼矿大脉,脉宽 1.2 m;C—二长花岗岩中的石英-辉钼矿细脉(III 号矿化带中),旁侧花岗岩发生钾化和硅化;D—分布于石英脉两侧的薄层或细脉状辉钼矿;E— III 号矿化带中石英脉型矿石,辉钼矿呈条带状,黄铁矿呈浸染状分布于石英脉中;F—二长花岗岩中浸染状黄铜矿

Fig.3 Photographs of selected ore veins and hydrothermal mineral assemblages from the Yajishan Mo deposit
A—Caliche type ore in No. I mineralization belt; B—Quartz-molybdenite large veins in No. III mineralization belt; C—Quartz-molybdenite veinlets in monzogranite, with potash alteration and silicification in lateral granite; D—Thin-bedded and veinlet molybdenite (Mo) distributed in quartz veins on both sides; E—Quartz vein type ore body in No. III mineralization belt, banded molybdenite and disseminated pyrite in quartz vein; F—Disseminated chalcopyrite in monzogranite

矿石结构以粒状结构为主,残余结构、交代结构及包含结构次之。矿石构造主要为脉状、条带状、浸染状和团块状构造。

矿区围岩蚀变主要沿二长花岗岩和石英闪长斑岩中的构造破碎带分布,蚀变以线型蚀变为主,蚀变类型有钾长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化。钼矿体的近矿围岩蚀变主要为钾化和硅化,铜矿化体的近矿围岩蚀变以硅化和绢云母化为主。

3 辉钼矿测年分析

3.1 样品描述及测试方法

本文挑选了7件辉钼矿样品进行Re-Os同位素分析。其中6件样品采自3号矿化带,矿石类型为石英-辉钼矿大脉型,辉钼矿呈薄层状或叶片状分布于石英脉两侧(图3-D);1件样品采自1号矿化带中,矿石类型为碎裂岩型,辉钼矿呈浸染状分布于蚀变破碎带内透镜状矿体中。辉钼矿样品直接从手标本上获取,并在双目镜下进行仔细观察,剔除不纯组分,每件样品纯度均大于98%。辉钼矿样品Re-Os同位素分析在国家地质实验测试中心Re-Os同位素实验室完成的。分析方法及程序详见[10,11]。现简述如下:

准确称取待分析样品,将其放入Carius管(一种高硼厚壁大玻璃安瓿瓶)中进行分解^[10,11],用¹⁸⁵Re和¹⁹⁰Os混合剂对样品进行稀释,在HCl-HNO₃-H₂O₂溶液中使之平衡后,把Carius管细颈部分封闭,对其加热至230℃,恒温12h。样品中Os的分离在蒸馏瓶中进行,首先将Carius管中的溶液转入蒸馏瓶中,使之加热50min,并用水吸收蒸出的OsO₄;样品中Re的萃取在Teflon烧杯中进行,蒸馏残液倒入Teflon烧杯中,通过阳离子交换萃取溶液中的Re。

Re、Os同位素的测定均采用美国TJA公司生产的TJA X-series ICP-MS仪测定同位素比值。对于Re的测定,选择质量数185、187,用190监测Os。对于Os的测定,选择质量数为186、187、188、189、190、192,用185监测Re。最后,所获Re-Os同位素分析数据采用Ludwig(2001)^[12]计算机软件进行处理,并且获得同位素等时线年龄,计算过程中所采用的衰变常数为 $\lambda(^{187}\text{Re})=1.666\times 10^{-11}/\text{年}$ ^[13]。

3.2 测试结果

鸭鸡山7件辉钼矿样品的Re-Os同位素测试结果见表1。由表1可以看出7件辉钼矿样品的Re含量较低,为 $5.79\times 10^{-6}\sim 61.53\times 10^{-6}$,平均 33.95×10^{-6} ; ¹⁸⁷Os含量为 $14.6\times 10^{-9}\sim 155.5\times 10^{-9}$,平均 85.7×10^{-9} 。7件样品的Re-Os模式年龄值变化范围较小,为238.4~244.6Ma,加权平均年龄为(241.1±1.4)Ma(2 σ)。尽管YJ03号样品的Re-Os模式年龄与其他样品在误差范围内一致,但由于其采自1号矿化带中,属于碎裂岩型矿石,与其他采自3号矿化带的石英脉型样品不同,非同一矿化带,不能同时满足参与同位素等时线年龄计算时要求所有样品具有同源、同时且处于封闭体系状态的原则,因此在计算等时线年龄值时YJ03号样品未参与计算。计算得6件相同类型样品的等时线年龄为(240±3.8)Ma(2 σ),MSWD=1.8,初始¹⁸⁷Os为0.3±1.1(图4),初始¹⁸⁷Os接近零值,表明测试结果比较可靠。YJ03号样品的Re-Os模式年龄指示碎裂岩型矿石与石英脉型矿石同时形成,成矿时间比较集中。

4 成矿年龄及地质意义

辉钼矿Re-Os同位素分析表明,鸭鸡山钼矿床7件不同类型辉钼矿样品的模式年龄加权平均年龄

表1 鸭鸡山钼矿床辉钼矿Re-Os同位素测试结果

Table 1 Analytical result of Re-Os isotopes of molybdenite from the Yajishan molybdenum deposit

样号	样品分布特征	样重/g	Re/10 ⁻⁶		C 普Os/10 ⁻⁹		¹⁸⁷ Re/10 ⁻⁶		¹⁸⁷ Os/10 ⁻⁹		模式年龄/Ma	
			测定值	2 σ	测定值	2 σ	测定值	2 σ	测定值	2 σ	测定值	2 σ
YJ01-1	3号矿化带中辉钼矿-石英大脉型矿石	0.0505	51.36	1.03	0.0462	0.0242	32.28	0.64	129.7	0.8	240.6	5.6
YJ01-2	3号矿化带辉钼矿-石英大脉型矿石	0.0500	54.61	0.58	0.0104	0.0465	34.32	0.36	136.6	1.1	238.4	3.7
YJ02	3号矿化带辉钼矿-石英大脉型矿石	0.0504	35.02	0.28	0.0101	0.0226	22.01	0.18	88.53	0.77	240.9	3.4
YJ03	1号破碎带中碎裂岩型矿石	0.0502	9.258	0.076	0.0101	0.0451	5.819	0.048	23.58	0.23	242.8	3.7
YJ04	3号矿化带中辉钼矿-石英大脉型矿石	0.0526	20.05	0.23	0.0527	0.0323	12.60	0.14	51.46	0.47	244.6	4.1
YJ05	3号矿化带中辉钼矿-石英细脉型矿石	0.0543	61.53	0.82	0.0093	0.0313	38.67	0.52	155.5	1.2	240.8	4.2
YJ06	3号矿化带中辉钼矿-石英大脉型矿石	0.0503	5.792	0.048	0.0101	0.0339	3.641	0.030	14.58	0.12	240.0	3.4

注:计算模式年龄不确定度为1.02%,置信水平95%。

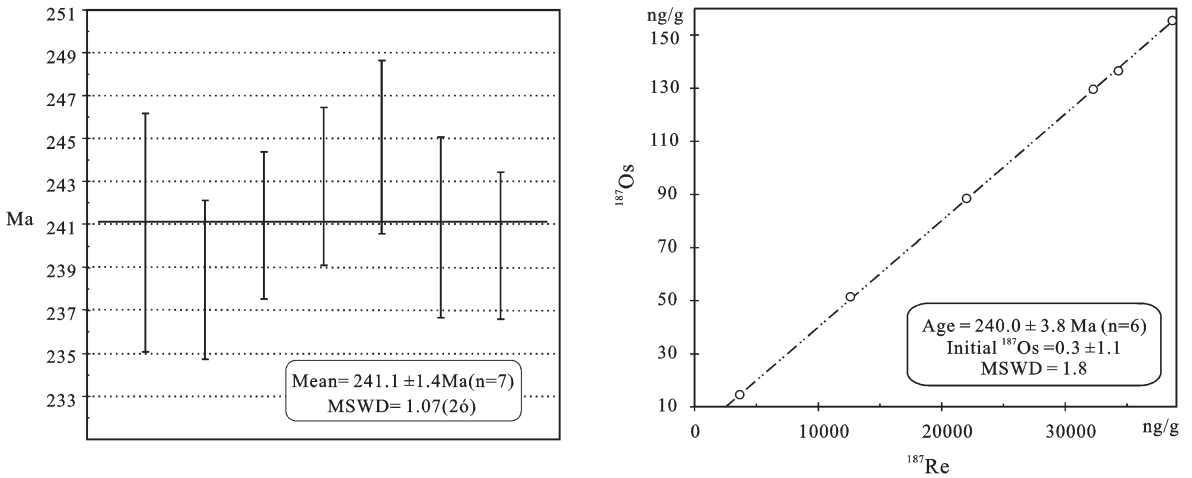


图 4 鸭鸡山钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素模式年龄加权平均值及等时线年龄图
Fig.4 Re-Os isotopic model age and isochron diagram of molybdenite from the Yajishan Mo deposit

值(241.1±1.4)Ma 与 6 件同类型辉钼矿样品的等时线年龄(240±3.8)Ma 值非常接近,表明辉钼矿矿化作用比较集中,矿床成矿作用发生于早—中三叠世。鸭鸡山钼矿床的形成与区内黑云母二长花岗岩密切相关,矿体主要呈脉状、透镜状或碎裂岩型赋存于 EW 向与 NE 向断裂交汇部位的二长花岗岩内中,辉钼矿、黄铜矿、黄铁矿呈浸染状、薄膜状、脉状分布于黑云母二长花岗岩体内或岩体的裂隙、节理中。虽然吴华英等^[9]获得了赋矿黑云母二长花岗岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄为(207.2±9.5)Ma,刘建民等获得矿区二长花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 等时线年龄为(229±4.3)Ma(转引自吴华英等^[9],尚未见正式报道),但这些数据均小于辉钼矿 Re-Os 模式年龄加权平均值或等时线年龄近 10~30 Ma,这可能与二长花岗岩遭受后期构造、热液蚀变作用有关,代表了后期热液蚀变年龄,不能真实代表黑云母二长花岗岩的侵位年龄。结合鸭鸡山钼(铜)矿床矿体及矿物的产出状态和辉钼矿 Re-Os 年龄,笔者认为赋矿黑云母二长花岗岩可能形成于三叠纪早—中期。

鸭鸡山钼矿床位于华北板块北缘北方造山带西拉木伦钼矿带内。在形成时代上,其与该钼矿带内车户沟钼矿(245 Ma^[6])、元宝山钼矿(248 Ma^[6])及燕辽钼矿带内丰宁撒岱沟门钼矿成岩成矿年龄相近(237 Ma^[14]),成岩成矿年龄集中在 245~222 Ma^[5-6,15-16]。事实上,这一时期的钼铜成矿作用不仅发生在华北板块北缘及其北侧,在华北板块南缘秦岭地区也发生

大规模的钼成矿作用,如陕西黄龙铺(或大石沟)钼矿床 Re-Os 等时线年龄为 233~221 Ma^[17],华县西沟钼矿 Re-Os 模式年龄为 210.4 Ma^①,河南大湖金(钼)矿床 Re-Os 等时线年龄为 232~221 Ma^[18],甘肃温泉钼矿辉钼矿 Re-Os 等时线年龄 214 Ma^[19]。这些年龄表明,三叠纪时期是华北板块南、北缘及其北侧 3 个不同构造带的一次大规模的钼成矿时期。

代军治^[20]、曾庆栋等^[6]、张连昌等^[5]先后分别对燕辽成矿带和西拉木伦成矿带内钼铜进行了研究,虽然指出了三叠纪时期这两个成矿带内的钼铜矿床形成时期的地球动力学背景与华北—蒙古板块和西伯利亚板块的碰撞及造山后伸展作用有关,但未进行进一步细分。李锦轶等^[21]通过对内蒙古东部三叠纪同碰撞花岗岩和构造的研究认为,早—中三叠世华北板块与西伯利亚板块之间的构造演化不同于晚三叠世,早—中三叠世两板块之间仍为挤压碰撞阶段,与古亚洲洋的闭合有关,从晚三叠世到早侏罗世构造演化转为碰撞后伸展阶段。鸭鸡山钼矿矿体呈脉状、透镜状、碎裂状,受 EW 向和 NE 向断裂构造控制,与早—中三叠世的区域构造格局基本一致,正是三叠纪早—中期区域南北向挤压、碰撞作用的响应。此时的挤压、碰撞作用是西拉木伦钼矿带三叠纪早—中期成岩、成矿爆发的动力学背景。在此背景下,地壳大规模重熔导致强烈的岩浆活动和流体作用,同时使钼元素活化,沿着西拉木伦、赤峰—开源等深大断裂迁移至地壳浅部,并在区域近 EW 向挤

①朱红周,侯俊富,原莲肖,等. 陕西省华县西沟钼矿控矿条件与找矿潜力研究[R]. 2008, 44-47.

压走滑断裂和 NE 向的次级构造交汇部位及附近富集成矿。今后区域上寻找钼铜矿床可适当关注三叠纪岩浆分布区域,加强与 EW 向走滑构造有关的岩浆活动区域,特别是有 NE 向构造叠加地段是成矿有利部位。

致谢:野外工作期间得到了朝阳新华钼业有限责任公司李长龙总经理、辽宁磊鑫矿业有限公司高级工程师霍振华等同志的热心支持;室内辉钼矿 Re-Os 同位素测试及数据处理得到屈文俊研究员、杜安道研究员的大力帮助;两位审稿人对论文的形成提供了较好的建设性修改意见,在此一并表示谢意。

参考文献 (References):

- [1] 于泽新, 龙军. 鸭鸡山铜钼矿床地质特征及找矿前景 [J]. 有色矿冶, 2007, 23(3):1-8.
Yu Zexin, Long Jun. Geological characteristics and exploration of the Yajishan copper and molybdenum deposit [J]. Non-ferrous Mining and Metallurgy, 2007, 23(3):1-8(in Chinese with English abstract).
- [2] 李碧乐, 张娟, 张晗, 等. 内蒙古赤峰市鸭鸡山钼铜矿成矿流体特征及矿床成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, 40(1):61-72.
Li Bile, Zhang Juan, Zhang Han, et al. Ore-forming fluid features and metallogenesis of Yajishan molybdenum-copper deposit, Chifeng area, Inner Mongolia [J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2010, 40(1):61-72(in Chinese with English abstract).
- [3] 吴华英, 张连昌, 陈志广, 等. 内蒙古西拉木伦成矿带库里吐钼(铜)矿区二长花岗岩地球化学、构造环境及含矿性分析[J]. 岩石学报, 2008, 24(4):867-878.
Wu Huaying, Zhang Lianchang, Chen Zhiguang, et al. Geochemistries, tectonic setting and mineralization potentiality of the ore-bearing monzogranite in the Kulitu molybdenum(copper) deposit of Xilamulun metallogenic belt, Inner Mongolia [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24(4):867-878(in Chinese with English abstract).
- [4] Zhang L C, Wu H Y, Wan B, et al. Ages and geodynamic settings of Xilanmulun molybdenum metallogenic belt in the northern part of the North China Craton[J]. Gondwana Research, 2009, 16:243-254.
- [5] 张连昌, 吴华英, 相鹏, 等. 中生代复杂构造体系的成矿过程与成矿作用——以华北大陆北缘西拉木伦钼铜多金属成矿带为例[J]. 岩石学报, 2010, 26(5):1351-1362.
Zhang Lianchang, Wu Huaying, Xiang Peng, et al. Ore-forming processes and mineralization of complex tectonic system during the Mesozoic: A case from Xilamulun Cu-Mo metallogenic belt [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(5):1351-1362 (in Chinese with English abstract).
- [6] 曾庆栋, 刘建明, 张作伦, 等. 华北克拉通北缘西拉木伦钼多金属成矿带钼矿化类型、特征及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2009, 25(5):1225-1238.
Zeng Qingdong, Liu Jianming, Zhang Zuolun, et al. Mineralizing types, geological characteristics and geodynamic background of molybdenum deposits in Xilamulun molybdenum polymetal metallogenic belt on northern margin of North China Craton [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25(5):1225-1238 (in Chinese with English abstract).
- [7] 代军治, 毛景文, 杨富全, 等. 华北地台北缘辽钼(铜)成矿带矿床地质特征及动力学背景[J]. 矿床地质, 2006, 25(5):598-612.
Dai Junzhi, Mao Jingwen, Yang Fuquan, et al. Geological characteristics and geodynamic background of molybdenum(copper) deposits of Yanshan-Liaoning metallogenic belt on the northern margin of the North China block [J]. Mineral Deposits, 2006, 25(5):598-612(in Chinese with English abstract).
- [8] Zeng Q D, Liu J M, Zhang Z L, et al. Geology and geochronology of the Xilanmulun molybdenum metallogenic belt in easter Inner Mongolia, China [J]. International Journal of Earth Sciences, 2011, 100:1791-1809.
- [9] 陈衍景, 陈华勇, Zaw K, 等. 中国陆区大规模成矿的地球动力学:以矽卡岩型金矿为例[J]. 地学前缘, 2004, 11(1):57-83.
Chen Yanjin, Chen Huayong, Zaw K, et al. The geodynamic setting of large-scale metallogenesis in mainland China, exemplified by skarn type gold deposits [J]. Earth Sciences Frontiers, 2004, 11(1):57-83(in Chinese with English abstract).
- [10] Shirey S B and Walker R J. Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis [J]. Anal. Chem., 1995, 67:2136-2141.
- [11] Du A D, Wu S Q, Sun D Z, et al. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: Molybdenite HLP and JDC [J]. Geostandard and Geoanalytical Research, 2004, 28(1):41-52.
- [12] Ludwig KR. Isoplot/Ex, version 3.0: a geochronological tool kit for Microsoft Excel [M]. Berkeley Geochronology Center Special Publication, Berkeley, 2001, 43.
- [13] Smoliar M I, Walker R J, Morgan J W. Re-Os ages of group IIA, IIIB, IVA, IVB iron meteorites [J]. Science, 1996, 271:1099-1102.
- [14] 段焕春. 冀北上黄旗构造岩浆岩带北段钼多金属成矿规律及找矿远景研究(博士后出站报告)[D]. 合作导师: 毛景文, 2007: 39-70.
Duan Huanchun. Study on the Metallogeny and Mineral Assessment of Polymetallic Molybdenum Deposits in the North Side of Shanghuangqi Tectonic-magmatic Belt in North Hebei Province (A Postdoctor Research Work Report)[D]. Coporation Advisor: Mao Jingwen, 2007:39-70 (in Chinese with English abstract).
- [15] 曾庆栋, 刘建明, 肖文交, 等. 华北克拉通南北缘三叠纪钼矿化类型、特征及地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2012, 28(2):357-371.

- Zeng Qingdong, Liu Jianmin, Xiao Wenjiao, et al. Mineralizing types, geological characteristics and geodynamic background of Triassic molybdenum deposits in the Northern and Southern margins of North China Craton[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(2):357-371(in Chinese with English abstract).
- [16] Liu J M, Zhao Y, Sun Y L, et al. Recognition of the latest Permian to early Triassic Cu-Mo mineralization on the northern margin of the North China block and its geological significance. *Gondwana Research*, 2010, 17:125-134.
- [17] 黄典豪, 吴澄宇, 杜安道, 等. 东秦岭地区钼矿床的铼-钼同位素年龄及其意义[J]. *矿床地质*, 1994, 13(3):221-230.
- Huang Dianhao, Wu Chengyu, Du Andao, et al. Re-Os ages molybdenum deposits in east Qinling and their significance [J]. *Mineral Deposits*, 1994, 13(3):221-230(in Chinese with English abstract).
- [18] 李诺, 孙亚莉, 李晶, 等. 小秦岭大湖金钼矿床辉钼矿铼钼同位素年龄及印支期成矿事件[J]. *岩石学报*, 2008, 24(4):810-816.
- Li Nuo, Sun Yali, Li Jing, et al. Molybdenite Re-Os isotope age of the Dahu Au-Mo deposit, Xiaoqinling and the Indosinian mineralization[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2008, 24(4):810-816 (in Chinese with English abstract).
- [19] 朱赖民, 丁振举, 姚书振, 等. 西秦岭甘肃温泉钼矿床成矿地质事件及其成矿构造背景[J]. *科学通报*, 2009, 54:2337-2347.
- Zhu Laimin, Ding Zhenju, Yao Shuzhen, et al. Ore-forming event and geodynamic setting of molybdenum deposit at Wenquan in Gansu Province, western Qinling[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2009, 54:2337-2347(in Chinese).
- [20] 代军治. 燕辽成矿带钼(铜)矿床成矿作用及其成矿动力学背景(博士论文)[D]. 导师:毛景文, 2008:73-80.
- Dai Junzhi. The Metallogenesis and Geodynamic Settings of Molybdenum (copper) Deposits in Yan-Liao Area[D]. Dissertation Submitted to Chinese Academy of Geological Sciences for Doctoral Degree, Dissertation Supervisor: Mao Jingwen, 2008:73-80 (in Chinese with English abstract).
- [21] 李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束的确定[J]. *岩石学报*, 2007, 23(3):565-582.
- Li Jinyi, Gao Liming, Sun Guihua, et al. Shuangjingzi middle Triassic syn-collisional crust-derived granite in the east Inner Mongolia and its constraint on the timing of collision between Siberian and Sino-Korean paleo-plates[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2007, 23(3):565-582(in Chinese with English abstract).

Re-Os isotope dating of molybdenite separates from the Yajishan Mo (Cu) deposit, Inner Mongolia, and its geological significance

DAI Jun-zhi^{1,2}, XIE Gui-qing², WANG Rui-ting¹, REN Tao¹, WANG Tao¹

(1. Northwest Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: The Yajishan Mo (Cu) deposit is located in southern Xilamulun Mo (Cu) metallogenic belt on the northern margin of North China block, which is one of the largest Mo metallogenic belts in China. Its major ore bodies occur in the vein like or cataclastic form in the monzonitic granite, strictly controlled by EW- and NE-striking faults. The deposit is obviously of the quartz vein type, and the sulfides in ore veins are dominated by molybdenite, pyrite and chalcopyrite and show veined and disseminated forms in the monzonitic granite. The authors carried out molybdenite Re-Os dating to better understand the mineralization time. Re-Os dating of seven different types of molybdenite separates from the major Mo mineralized bodies gave a weighted average model age of 241.1 ± 1.4 Ma, and six samples of the same type yielded isochron age of (240 ± 3.8) Ma. The Re-Os isochron age represents the ore-forming time of the Mo (Cu) deposit and constrains the age of the monzonitic granite to Early-Middle Triassic. This result not only provides new evidence for the study of molybdenum deposits in the Xilamulun Mo (Cu) metallogenic belt but also has important significance for discussing the large-scale mineralization in Early-Middle Triassic on the northern margin of North China block. The corresponding geodynamic background was the closure of the Paleo-Asian Ocean.

Key words: Yajishan Mo (Cu) deposit; molybdenite; Re-Os isotope; ore-forming age

About the first author: DAI Jun-zhi, male, born in 1978, doctor, engages in mineral deposit exploration management and research; E-mail: dajunzhi@163.com.