

文章编号: 0254-5357(2016)01-0108-09

DOI: 10.15898/j.cnki.11-2131/td.2016.01.017

内蒙古红花尔基钨钼矿云英岩化白云母 Ar-Ar 定年及其地质意义

向安平^{1,2}, 余宏全^{1*}, 陈毓川¹, 秦大军³, 王亚军³, 韩增光³, 康永建¹

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074;

3. 内蒙古第六地质矿产勘查开发院, 内蒙古 海拉尔 021008)

摘要: 红花尔基钨多金属矿是近年在大兴安岭中北部地区发现的一处大型钨多金属矿床, 主要矿化蚀变为云英岩化、绢英岩化, 主要有用金属矿物为白钨矿和辉钼矿, 岩体内辉钼矿与白钨矿有上钼下钨的带状分布特点, 地质特征显示该矿床为一高温热液型钨(钼)矿床。为准确限定成矿热液活动时间, 本文对矿区典型蚀变矿物——云英岩化蚀变带白云母进行 Ar-Ar 同位素定年, 获得 Ar-Ar 坪年龄为 174.4 ± 1.2 Ma, 等时线年龄为 173.2 ± 4.3 Ma。根据矿区云英岩化带与钨钼矿化带空间上重合和密切共生的关系, 可知白云母的形成是与白钨矿、辉钼矿形成同源、同时, 且辉钼矿 Re-Os 年龄 (176.8 ± 2.2 Ma) 与 Ar-Ar 年龄在误差范围内具有一致性, 该年龄代表了钨钼矿热液成矿时代。结合野外地质特征及锆石 U-Pb、辉钼矿 Re-Os 年龄, 进一步限定该矿床成矿时代为早中侏罗世, 属燕山期构造岩浆活动的产物。

关键词: 红花尔基钨矿; 高温热液型钨多金属矿床; 白云母; Ar-Ar 定年; 大兴安岭中北段; 燕山期

中图分类号: P597.3; P578.959

文献标识码: A

红花尔基钨多金属矿位于内蒙古呼伦贝尔市红花尔基镇, 鄂温克自治旗东南, 距旗府巴彦托海镇 95 公里, 南距红花尔基镇 2 公里, 处呼伦贝尔草原区与大兴安岭过渡地带。该矿床由内蒙古第六地质矿产勘查开发有限责任公司(简称“内蒙六院”)于大兴安岭西坡贵金属及多金属成矿带中勘查的一处大型钨多金属矿床。该矿区区域地质调查和找矿勘查工作始于 20 世纪 80 年代中后期, 内蒙古区调队及原地矿部西安物化探队曾先后开展 1:20 万区域地质调查及 1:20 万区域化探测量, 2000 年以后呼伦贝尔冰洲矿业公司相继完成了区域 1:5 万化探普查及部分 1:1 万物探扫面, 后由内蒙六院对区域及矿区开展了系统地质勘查工作, 并最终确定这一特殊的钨多金属矿床。钻孔原岩光谱分析表明多个钻孔地层中见较好的金矿化, 金异常最高值达 5502×10^{-9} , 多在 $128 \times 10^{-9} \sim 830 \times 10^{-9}$ 之间, 补采化学样品也见金矿化, 显示本区地层中具找金矿的

潜力, 当前大规模的勘探工作正在进行。

前人已对红花尔基矿区开展了系统的地质、构造、岩浆岩、岩矿及同位素年代学研究, 对矿床产出环境、矿床地质特征、矿床形成时代进行了探讨, 年代学研究数据显示成矿岩体形成时间为 179 Ma, 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 177 Ma^[1-2]。本文在前人工作基础上, 通过对矿区典型蚀变矿物、云英岩化蚀变白云母进行 Ar-Ar 同位素定年工作, 进一步限定了矿床的热液活动时间, 确定其成矿时代, 拟进一步促进对红花尔基高温热液型 W-Mo 矿床的认识。

1 区域地质背景及矿床地质特征

1.1 区域地质

矿区位于大兴安岭得尔布干成矿带西坡, 大地构造位置位于兴安褶皱系之次级喜桂图旗中华力西褶皱带中, 属于乌奴尔晚古生代岛弧地体中的红花尔基—免渡河隆起; 蒙古鄂霍茨克洋碰撞造山带南

收稿日期: 2015-08-13; 修回日期: 2016-01-07; 接受日期: 2016-01-10

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目——大兴安岭关键构造-岩浆-成矿事件研究(1212011120992); 国家基础科研项目——大兴安岭中北段中生代多金属矿成矿系统研究(2013CB429800)

作者简介: 向安平, 博士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: xap2011@sina.cn。

通讯作者: 余宏全, 研究员, 硕士研究生导师, 矿物学、岩石学、矿床学专业。E-mail: shehongquan@sina.com。

侧。矿区及外围各时代地层分布广泛(据内蒙六院详查报告),主要地层为北疆—兴安地层大区(I)—兴安地层区(I_2)—达赉—兴隆地层分区(I_{22}),区域内地层出露较齐全,从下元古界至新生界均有分布,其中以早古生界奥陶系和泥盆系为主,次为中生界侏罗系等;区内南东部侵入岩广泛出露,以燕山期酸性侵入岩为主;区域构造作用强烈,褶皱和断裂发育,构造形迹较为复杂,为大兴安岭中段重要的矿化集中区。

区域出露地层主要特征为:区域内最老的地层为下元古界兴华渡口群(Pt_1x),广泛分布的地层为奥陶系下—中统多宝山组($O_{1-2}d$),同时区域零星出露的地层较为复杂,有奥陶系中—上统裸河组($O_{2-3}lh$)、泥盆系下—中统泥鳅河组($D_{1-2}n$)、泥盆系中—上统大民山组($D_{2-3}d$)、石炭系下统红水泉组(C_1h)、石炭系下统莫尔根河组(C_1m)、侏罗系上统满克头鄂博组(J_3mk)、侏罗系上统玛尼吐组(J_3mn)、侏罗系上统白音高老组(J_3b)、白垩系下统梅勒图组(K_1m)等。区内第四系也广泛发育,分布于大小沟谷中,为现代冲积、坡积物,或由黄土状黏土、黏土质砂、粗砂、砂砾、粉砂等组成(内蒙六院详查报告)。

区内南东部侵入岩广泛出露,以燕山早期酸性侵入岩为主,燕山早期酸性侵入岩分布较为广泛,岩石类型为白岗质花岗岩($Jx\gamma$)、花岗岩($J\gamma$)、花岗斑岩($J\gamma\pi$),多呈岩基或岩株产出,前二者主要分布于辉腾高勒以南地区及呼英高勒河两岸,后者主要分布在辉腾高勒以北地区,花岗岩($J\gamma$)与成矿关系密切,矿体全部分布于该类岩体内部,地表可见岩体局部云英岩化、绢云母化,并有大量石英脉穿插。

1.2 矿床地质

矿区出露的地层相对较为简单,主要为奥陶系中—上统裸河组($O_{2-3}lh$),岩性为灰黑色变质二云母粉砂岩和绿泥绢云母板岩。矿区处于沉积地层和侵入岩体接触带,断裂构造较为发育。根据高精磁测量结果和地形地质特征,共推断出断裂构造7条(图1),矿区地质特征显示,断裂构造与成矿关系并不十分密切。

矿区出露的侵入岩种类单一,主要是灰白色中细粒黑云母花岗岩($J\gamma$)。具体特征为:灰黑色中细粒黑云母花岗岩($J\gamma$),矿区内岩体空间展布形态特征见图1。黑云母花岗岩,中细粒花岗结构,局部过渡为不等粒结构、块状构造。主要组成矿物为石英(30%~40%)、斜长石(约25%)、钾长石(25%~

35%)、黑云母(3%~5%),副矿物为少许磁铁矿,半自形—自形。由于斜长石的大面积绢云母化以及钾长石的局部黏土化、绢云母化和硅化作用,岩体的不同位置可显示差异的岩体颜色,如灰白色(绢云母化、黏土化较强处),略带肉红色(钾长石相对完好);同时岩体不同部位结构特征有变化,如等粒花岗结构—不等粒结构。总体上岩体在空间上有一定的差异性。矿体主要赋存在花岗岩体和上覆地层接触带及花岗岩体内,该岩体与成矿密切相关。

矿区总面积约32 km²,矿体是在靠近花岗岩体和上覆地层分界面,赋存于花岗岩体内接触带上的似层状平缓钨钼矿。矿体产状较稳定,总体呈北东东63°走向,倾向南东153°,倾角23°左右,矿体产状和岩体与地层界面产状基本一致。本区矿体在平面上为一单向延长的条带状,长1100 m,宽460 m,矿体沿走向、倾向均具有分枝复合、膨胀收缩的现象。但矿体总体形态较简单,局部分支复合形态复杂。总体上,矿区在空间上显示出上钼下钨的分带性特征,为一典型的高温热液脉型钨矿床。钨矿化出现在地层与云英岩化黑云母斜长花岗岩的接触带或地层中,多呈粉末状分布于石英脉两侧,辉钼矿结晶较好,成片状,直径可达8~12 mm(见图2b、d),浅处很少见辉钼矿与白钨矿共生,几乎不见白钨矿化,偶有黄铁矿与辉钼矿共生;地层与云英岩化黑云母花岗岩的接触带,靠近上部多见辉钼矿化石英脉,其中辉钼矿颗粒较大,多呈粒状镶嵌于石英脉中(见图2),局部也见白钨矿产出,二者共生;200 m以下,辉钼矿化有变弱趋势,偶有成矿期石英脉中零星颗粒分布,白钨矿矿化却越来越强,多见颗粒状、团块状白钨矿镶嵌分布于石英脉中或直接镶嵌于云英岩化黑云母花岗岩内(见图2),岩石蚀变很强,主要是绢云母化;600 m以下,矿化趋于减弱或无矿化。

简单的岩相学和矿物学研究表明,矿区矿石为块状,主要金属矿物为白钨矿、辉钼矿、黑钨矿、黄铁矿、黄铜矿(图2c)、闪锌矿(图2c);脉石矿物主要有石英、长石、白云母、绢云母、高岭土、方解石等;白钨矿、辉钼矿在空间上有明显的分带性,但二者局部有共生,辉钼矿更靠近外围,矿质沉淀时间近于白钨矿或稍晚于白钨矿。白钨矿多成粒状团块状镶嵌于硅化石英脉内,亦可见粒状镶嵌于蚀变花岗岩内者,也有呈薄膜或面状分布于石英脉内或两侧,粒度变化较大,粒径2~20 mm均可见,多为黄白色,油脂光泽,较软(小刀能刻动)。辉钼矿产出状态有两种,一种辉钼矿为鳞片状、片状集合体镶嵌于地层或

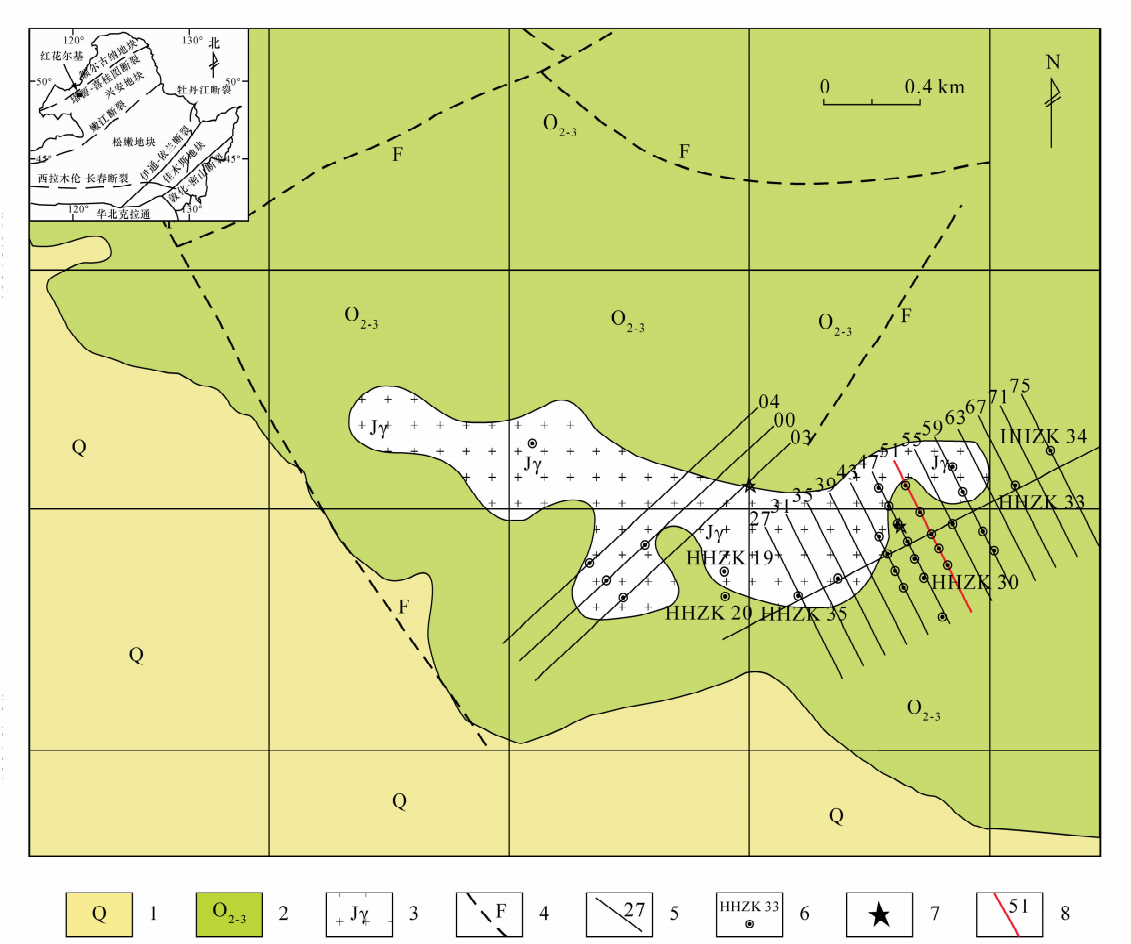


图1 红花尔基钨多金属矿床区域位置图及矿区地质图(图据内蒙古自治区鄂温克自治旗红花尔基矿区钨矿详查报告,2013 修改)

Fig.1 Regional location map and schematic geological map of Honghuaerji tungsten polymetallic deposit
1—第四系沉积物;2—奥陶系裸河组变质凝灰岩;3—侏罗系云英岩化花岗岩;4—断层或推测断层;5—勘探线及其编号;6—钻孔及其编号;
7—采样位置;8—剖面线。

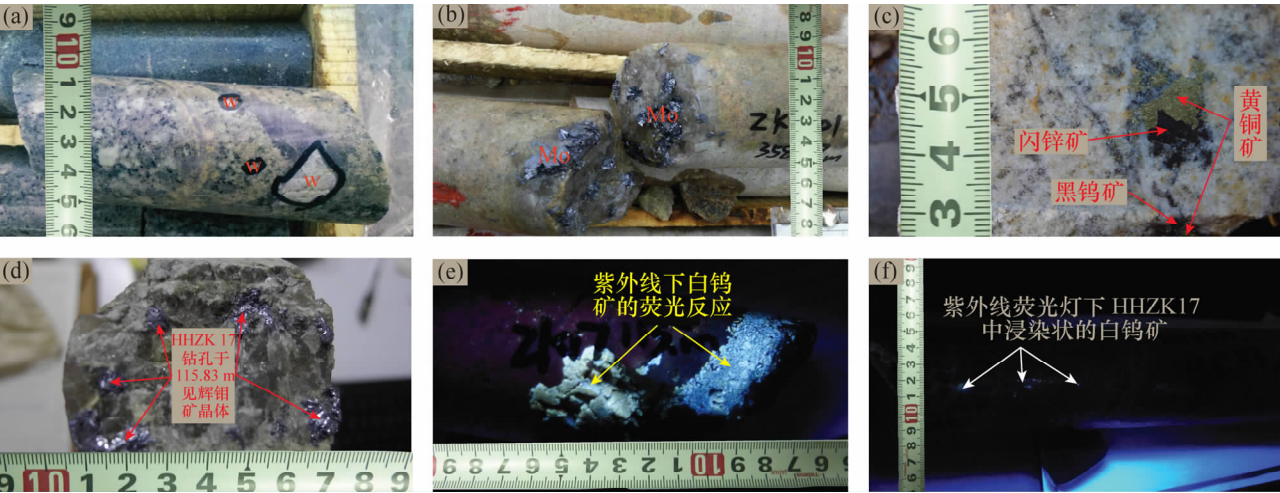


图2 钻孔岩心野外照片

Fig.2 The photographs of drilling core
a—粒状白钨矿;b—脉状辉钼矿;c—辉钼矿、白钨矿、黄铁矿、黄铜矿共生;d—粒状辉钼矿;e—脉状白钨矿的荧光反应;f—白钨矿的荧光反应。

围岩中,或呈粒状不均匀镶嵌于硅化石英脉内,多沿裂隙分布,颗粒较大,其单一叶片的大小一般可达 2 mm×3 mm~8 mm×10 mm;另一种呈稀疏浸染状、星点状或薄膜状伴随石英脉分布。

矿区矿化蚀变较强,总体呈北西向展布,分布面积较大。主要的矿化蚀变类型有:云英岩化、硅化、绢云母化、绿泥石化、高岭土化。云英岩化:云英岩化花岗岩体 0.75 km²,呈北西西向展布,长约 2500 m,宽约 300 m,云英岩化蚀变强烈,是主要的含矿岩体,白云母多成细脉状沿石英脉分布(图 3a),也可见白云母与石英相间(图 3b、c、d),白云母成大小不一的鳞片状,最大粒径可达 8~10 mm(图 3);硅化:花岗岩体中的石英脉体和钨钼矿化关系较为密切,白钨矿和辉钼矿主要存在于具绢云母化蚀变的黑云母斜长花岗岩发育的石英细脉中;绢云母化:是本区金钨钼矿重要的找矿标志,金钨钼矿多赋存于绢云母化蚀变的花岗岩石英脉中。

2 样品采集和 Ar-Ar 定年分析

2.1 样品采集

本次测试分析的样品采自矿体外围典型热液蚀变带-云英岩化带,云英岩化分布在岩体的外接触带或岩体边部,多在岩体顶部的钨矿化带,云母石英脉呈不规则脉状,宽窄不一,最宽可达 20 cm,云母脉最宽 1 cm,白云母多呈细脉或线状伴随石英脉产出,也有局部白云母石英均匀相间分布。本次测试分析样品采自与矿化密切相关的白云母石英脉。

2.2 Ar-Ar 同位素定年分析

选纯的白云母(纯度>99%)用超声波清洗。清洗后的样品被封进石英瓶中送核反应堆中接受中子照射。照射工作是在中国原子能科学研究院的“游泳池堆”中进行的,使用 B4 孔道,中子流密度约 2.65×10¹³ n/(cm²·s)。照射总时间 1444 min,积分中子通量 2.30×10¹⁸ n/cm²;同期接受中子照射的还有用作监控样的标准样:ZBH-25 黑云母标样,其标准年龄为 132.7±1.2 Ma,K 含量 7.6%。

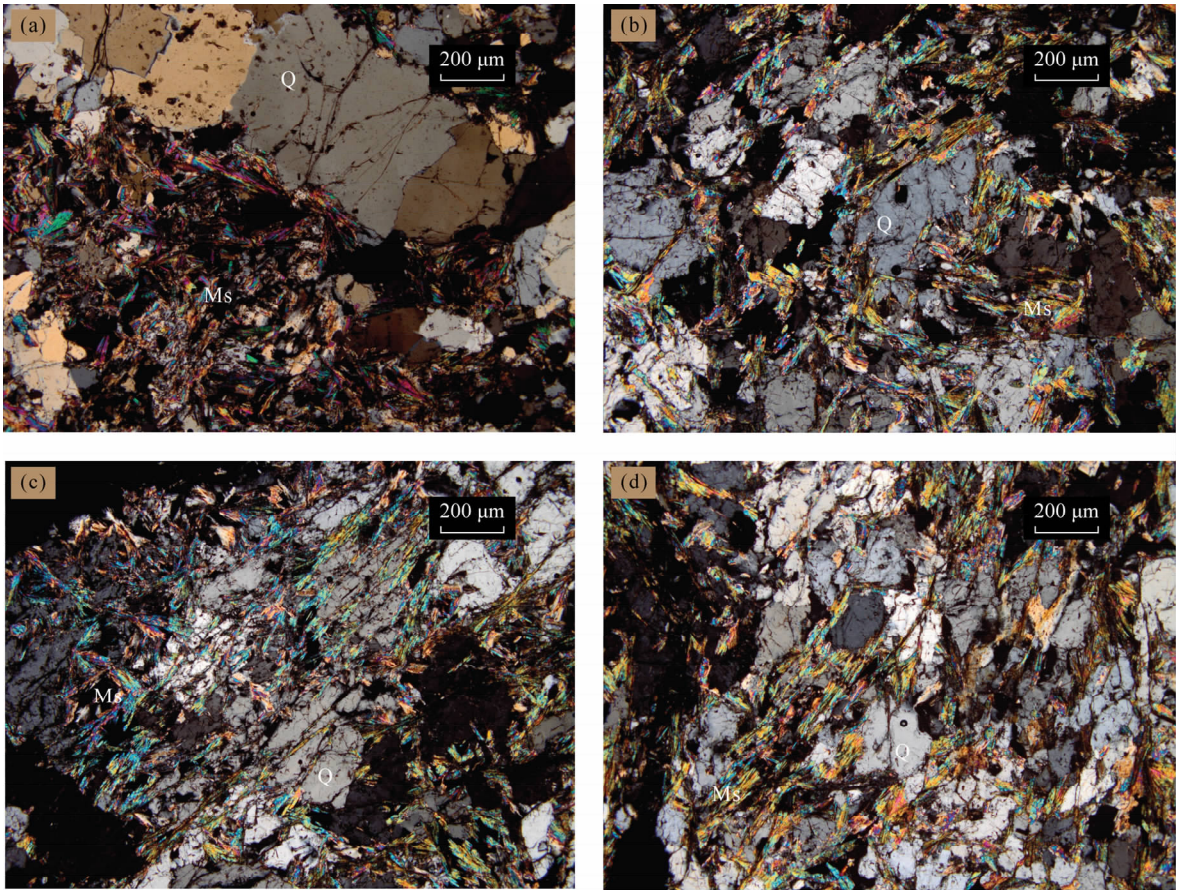


图 3 云英岩化蚀变矿物镜下特征

Fig. 3 The microscopic features of the greisenization alteration minerals

Q—石英;Ms—白云母。

样品的阶段升温加热使用石墨炉,每一个阶段加热 30 min,净化 30 min。质谱分析是在多接收稀有气体质谱仪 Helix MC 上进行的,每个峰值均采集 20 组数据。所有的数据在回归到时间零点值后再进行质量歧视校正、大气氩校正、空白校正和干扰元素同位素校正。中子照射过程中所产生的干扰同位素校正系数通过分析照射过的 K_2SO_4 和 CaF_2 来获得,其 $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}$ 值为 0.0002389, $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}}$ 值为 0.004782, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}$ 值为 0.000806。 ^{37}Ar 经过放射性衰变校正; ^{40}K 衰变常数 $\lambda = 5.543 \times 10^{-10} \text{ a}^{-1}$ ^[3];用 ISOPLLOT 程序计算坪年龄及正反等时线(Ludwig,v2.49),坪年龄误差以 2σ 给出。详细实验流程见文献[4-5]。

3 结果与讨论

3.1 Ar-Ar 定年分析结果

对白云母样品进行了 12 个 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段的加热分析氩实验(数据见表 1)。在年龄谱图上(图 4a),较低温度($<700^\circ\text{C}$)出现一些氩同位素的变化,说明载氩矿物外边缘有一定量的氩丢失,进而引起视年龄的波动^[6]。中高温的视年龄具有平坦的坪年龄图谱,表明矿物内部的氩同位素组成稳定,同位素体系是封闭的,载氩矿物外部边缘氩的丢失并未影响矿物的内部,坪年龄为 174.4 Ma,说明白云母自 174.4 Ma 形成之后,并未受到高于其封闭温度的岩浆-构造-热事件的影响,或者说 Ar-Ar 同位素体系没有再次受到扰动。8 个中高温阶段谱线的坪年龄为 $174.4 \pm 1.2 \text{ Ma}$,对于 Ar-Ar 等时线图,

其 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始值为 $336 \pm 130 (>295.5)$,是初始 Ar 和大气 Ar 混合体的比值,显然有过剩氩的存在,但 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 与 $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 具有极强的相关性(严格分布在一条直线上,见图 4b),且等时线年龄与坪年龄具有一致性,说明数据是可靠的。

3.2 红花尔基钨钼矿成矿时代的限定

红花尔基钨钼矿的储量达大型,但并未开采,目前已通过锆石 U-Pb 年龄和辉钼矿 Re-Os 年龄对矿床的成岩成矿时代作了详细的研究工作^[1-2]。本次研究以与成矿密切相关的成矿热液蚀变矿物为载体,进行白云母的 Ar-Ar 同位素测年,通过限定热液蚀变矿物的封闭时限,以确定成矿热液活动的时间。Ar-Ar 同位素测年结果通常代表了最后一期能启动载氩矿物 Ar-Ar 同位素体系的构造-岩浆-热液事件的发生时间。本矿床由于成矿后保存完好,云母石英脉自岩体外部边缘至地层,云母石英脉均较完好的保存,地质特征表现为自白云母形成并未受到后期热事件的改造。Ar-Ar 年龄图谱显示,除了较低温度($<700^\circ\text{C}$)出现一些氩同位素的变化之外,中高温的视年龄具有平坦的坪年龄图谱,同位素组成稳定,表明除了白云母边部矿物可能遭受一定量的氩丢失或氩同位素改变之外,矿物内部的氩同位素组成是稳定不变的,同位素体系是封闭的,结合白云母地质特征、岩相学特征,认为白云母自 174.4 Ma 形成之后,并未受到高于其封闭温度的岩浆-构造-热事件的影响,或者说 Ar-Ar 同位素体系没有再次受到扰动。8 个中高温阶段谱线的坪年龄为 $174.4 \pm 1.2 \text{ Ma}$,对于 Ar-Ar 等时线图,其 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 的初始值

表 1 内蒙红花尔基钨钼矿区蚀变白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 阶段升温测年数据

Table 1 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ analytical data of muscovite samples from the Honghuaerji tungsten ore, Inner Mongolia

温度 ($^\circ\text{C}$)	$(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{36}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$(^{38}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{m}}$	$^{40}\text{Ar}(\%)$	F	^{39}Ar (10^{-14} mol)	$^{39}\text{Ar}_{\text{Cum}}$ ($\%$)	年龄 (Ma)	$\pm 1\sigma$ (Ma)
700	35.6955	0.0572	62.4387	0.0226	65.01	24.434	0.06	0.21	218	25
800	23.2203	0.0073	0	0.0135	90.74	21.0694	0.74	2.61	189.7	1.9
860	21.3506	0.0053	5.9826	0.0135	94.63	20.3021	1.49	7.45	183.1	2
900	21.2477	0.0059	4.2324	0.0136	93.21	19.8728	1.42	12.06	179.5	1.9
940	20.4809	0.0047	1.1118	0.0135	93.54	19.1744	6.49	33.17	173.4	1.7
980	19.4412	0.0014	1.0641	0.0128	98.21	19.1098	5.93	52.47	172.9	1.7
1020	19.5667	0.0017	2.028	0.0128	98.07	19.2202	3.98	65.4	173.8	1.7
1060	20.0653	0.0035	2.3307	0.0133	95.68	19.2339	2	71.92	174	1.8
1100	20.5005	0.005	7.6523	0.0134	95.35	19.6687	1.3	76.16	177.7	1.8
1150	20.333	0.0045	2.4998	0.0133	94.28	19.2088	1.92	82.4	173.7	1.8
1220	19.8188	0.0026	2.1707	0.0131	96.84	19.2271	4.2	96.06	173.9	1.7
1400	19.6256	0.0015	3.9562	0.0129	99.09	19.509	1.21	100	176.3	1.8

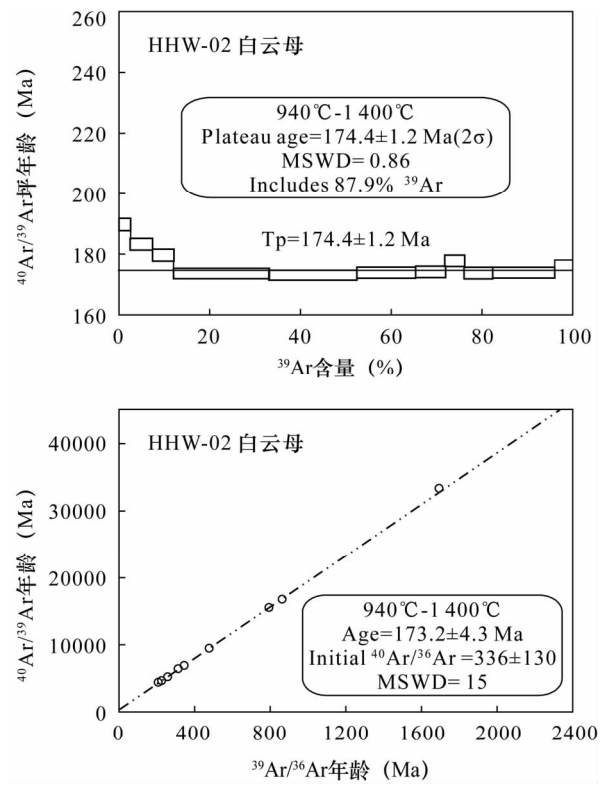


图 4 红花尔基矿区蚀变白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄(a)及等时线图(b)

Fig. 4 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectrum (a) and isochron ages (b) of muscovite from Honghuaerji tungsten polymetallic deposit

为 336 ± 130 (> 295.5), 是初始 Ar 和大气 Ar 混合体的比值, 显然有过剩氩的存在。但 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 与 $^{39}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 具有极强的相关性 (严格分布在一条直线上), 且等时线年龄与坪年龄具有一致性, 说明数据是可靠的。由此可见, 与成矿关系最为直接的云英岩化蚀变岩, 白云母的形成时限为 174.4 Ma, 即成矿热液的活动高峰时限约为 174.4 Ma。由矿床地质特征可知, 云英岩化形成于矿化早期或与矿化同时, 由此可限定红花尔基高温热液型钨(钼)矿的热液活动高峰时间在 174.4 Ma 左右, 结合研究资料^[1-2]和锆石 U-Pb 年龄及其辉钼矿 Re-Os 年龄, 进一步限定红花尔基高温热液型钨(钼)矿成矿时间为 174.4 Ma 左右。

3.3 区域成矿的探讨

内蒙古东乌旗至嫩江成矿带是古生代至中生代我国北方地区重要的成矿区带^[7-9], 受额尔古纳地块与兴安地块的陆陆碰撞影响^[8,10-12], 成矿区带自古生代奥陶世至中生代白垩世, 成矿作用频发。代表性成矿时空构架为: ①古生代, 奥陶世的代表性矿床为多宝山式斑岩型 Cu-Mo 矿 (480

Ma)^[8,13-15]; 泥盆世的代表性矿床为欧玉陶勒盖斑岩型 Cu-Au 矿, 成矿时代为 380 Ma (我国目前没有发现成规模的该时代该类型矿, 有待进一步工作); ②中生代的代表性矿床有: 三叠纪八大关式斑岩型 Cu-Mo 矿, 形成时代为 230 Ma^[16]; 侏罗世的代表性矿床为: 中侏罗乌努格吐山式斑岩型矿床^[17-19], 或岩浆热液脉型 (高温热液型) 钨钼矿。本矿区成矿时代为 174.4 Ma^[2]; 中生代白垩世的代表性矿床为白垩世高温热液脉型钨钼矿 (东乌旗达亚纳石英脉型黑钨矿), 或接触交代型铅锌矿 (二道河铅锌矿), 形成时代为 130 Ma (数据未发表), 各时代对应于相应的成矿大地构造背景, 其中中生代 175 Ma 左右, 对应着区域上一期最为活跃的构造岩浆成矿事件, 与成矿密切相关的成矿大地构造环境为蒙古鄂霍茨克洋闭合后碰撞造山环境, 至于是造山前或造山后存在着争议^[8,11], 但对应于该时代, 地质时空上成矿极其有利, 成矿区带上这一时代的矿种、矿床分布较多^[7-8,13-14,17,20-21]。

3.4 红花尔基钨钼矿成矿构造背景的探讨

红花尔基高温热液型钨(钼)矿矿化期蚀变白云母的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄 (174.4 ± 1.2 Ma) 显示, 该矿床形成于区域上最为集中或最为典型的成矿期——中生代蒙古鄂霍次克洋闭合后陆陆碰撞造山阶段, 与区域上典型的矿床乌奴格土山斑岩型 Cu (Mo) 矿、三矿沟斑岩型 Cu (Mo) 矿形成时代一致。这也表明区域上这一时间段, Cu、Mo、W 成矿事件有着紧密的成因联系。该矿床的成矿岩体花岗岩的 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素数据显示岩体源岩物质很可能是新元古代起源于亏损地幔的下地壳物质为主^[1], 与新元古代古亚洲洋演化过程中俯冲大洋板块与上地幔的相互作用有关, 早侏罗世, 区域上蒙古鄂霍次克洋闭合, 闭合后陆陆碰撞隆起的挤压环境下, 引发上述下地壳源岩物质部分熔融, 进而形成含矿的花岗岩。

4 结论

红花尔基钨(钼)矿为一典型的高温热液型矿床, 矿体受成矿花岗岩体控制, 钨(钼)矿体多为稀疏大脉或细脉状, 矿体主要赋存在成矿岩体黑云母花岗岩与地层的内外高温热液中。含矿花岗岩体含矿部位均遭受强烈的绢云母化、云英岩化、硅化等蚀变, 主要的矿化蚀变为云英岩化、绢英岩化, 除上述蚀变外, 岩体无显著变形变质特征, 基本保存完好。典型的云英岩化蚀变带白云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年结果

为坪年龄 174.4 ± 1.2 Ma, 等时线年龄 173.2 ± 4.3 Ma, 由于钨(钼)矿成矿与云英岩化为同一时段, 由此表明红花尔基高温热液型钨(钼)矿形成于 174.4 ± 1.2 Ma, 为早侏罗的蒙古鄂霍次克洋闭合后碰撞造山阶段。蒙古鄂霍次克洋闭合后碰撞造山很可能是红花尔基高温热液型钨(钼)矿床形成的地球动力学背景, 区域上该时间段各种金属矿产, Cu、Mo、W 金属矿大量产出, 显示该成矿时间段具备有利的成矿条件和较好的找矿远景, 由此对于区域找矿勘查有着很好的指示作用。

致谢: 野外工作及资料的收集得到内蒙古六院的鼎力支持和配合, 中国地质科学院矿产资源研究所国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室工作人员在实验过程及数据处理中给予了很大的帮助, 在此一并表示感谢!

5 参考文献

- [1] 郭志军, 李进文, 黄光杰, 等. 内蒙古红花尔基白钨矿矿床赋矿花岗岩 Sr-Nd-Pb-Hf 同位素特征[J]. 中国地质, 2014, 41(4): 1226-1241.
Guo Z J, Li J W, Huang G J, et al. Sr-Nd-Pb-Hf Isotopic Characteristics of Ore-bearing Granites in the Honghuaerji Scheelite Deposit, Inner Mongolia[J]. Geology in China, 2014, 41(4): 1226-1241.
- [2] 向安平, 王亚君, 秦大军, 等. 内蒙古红花尔基钨多金属矿床成岩成矿年代学研究[J]. 矿床地质, 2014, 33(2): 428-439.
Xiang A P, Wang Y J, Qin D J, et al. Study on the Metallogenic and Diagenetic Age of Honghuaerji Tungsten Polymetallic Deposit in Inner Mongolia[J]. Mineral Deposits, 2014, 33(2): 428-439.
- [3] Steiger R H, Jager E. Subcommission on Geochronology: Convention on the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1977, 36: 359-362.
- [4] 陈文, 张彦, 张岳桥, 等. 青藏高原东南缘晚新生代幕式抬升作用的 Ar-Ar 热年代学证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(4): 867-872.
Chen W, Zhang Y, Zhang Y Q, et al. Late Cenozoic Episodic Uplifting in Southeastern Part of the Tibetan Plateau-evidence from Ar-Ar Thermochronology[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(4): 867-872.
- [5] 张彦, 陈文, 陈克龙, 等. 成岩混层(I/S) Ar-Ar 年龄谱型及³⁹Ar 核反冲丢失机理研究——以浙江长兴地区 P-T 界线黏土岩为例[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 556-561.
Zhang Y, Chen W, Chen K L, et al. Study on the Ar-Ar Age Spectrum of Diagenetic I/S and the Mechanism of ³⁹Ar Recoil Loss—Examples from the Clay Minerals of P-T Boundary in Changxing, Zhejiang Province[J]. Geological Review, 2006, 52(4): 556-561.
- [6] Faure G. Isotope Geochronology and Its Applications to Geology[J]. Earth Science Frontiers, 1998, 5(1-2): 17-39.
- [7] Ouyang H G, Mao J W, Santosh M, et al. Geodynamic Setting of Mesozoic Magmatism in NE China and Surrounding Regions: Perspectives from Spatio-temporal Distribution Patterns of Ore Deposits[J]. Asian Earth Sciences, 2013, 78: 222-236.
- [8] 余宏全, 李进文, 向安平, 等. 大兴安岭中北段原岩锆石 U-Pb 测年及其与区域构造演化关系[J]. 岩石学报, 2012, 28(2): 571-594.
She H Q, Li J W, Xiang A P, et al. U-Pb Ages of the Zircons from Primary Rocks in Middle-Northern Daxinganling and Its Implications to Geotectonic Evolution[J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(2): 571-594.
- [9] 许文良, 王枫, 裴福萍, 等. 中国东北中生代构造体制与区域成矿背景: 来自中生代火山岩组合时空变化的制约[J]. 岩石学报, 2013, 29(2): 339-353.
Xu W L, Wang F, Pei F P, et al. Mesozoic Tectonic Regimes and Regional Ore-forming Background in NE China: Constraints from Spatial and Temporal Variations of Mesozoic Volcanic Rock Associations[J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 29(2): 339-353.
- [10] 陈岳龙, 李大鹏, 刘长征, 等. 大兴安岭的形成与演化历史: 来自河漫滩沉积物地球化学及其碎屑锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素组成的证据[J]. 地质学报, 2014, 88(1): 1-14.
Chen Y L, Li D P, Liu C Z, et al. Formation and Evolution History of the Da Hinggan Mountains: Evidence from Geochemistry of Rivers' Overbank Sediments, Their Zircon U-Pb Ages, and Hf Isotopic Compositions[J]. Acta Geologica Sinica, 2013, 88(1): 1-14.
- [11] 李锦轶, 曲军峰, 张进, 等. 中国北方造山区显生宙地质历史重建与成矿地质背景研究进展[J]. 地质通报, 2013, 32(2-3): 207-219.
Li J Y, Qu J F, Zhang J, et al. New Developments on the Reconstruction of Phanerozoic Geological History and Research of Metallogenic Geological Settings of the Northern China Orogenic Region[J]. Geological Bulletin of China, 2013, 32(2-3): 207-219.
- [12] Fu Y W, De Y S, Wen C G, et al. Geochronology of the

- Phanerozoic Granitoids in Northeastern China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2011, 41: 1-31.
- [13] Qing D Z, Jian M L, Shao X C, et al. Re-Os and U-Pb Geochronology of the Duobaoshan Porphyry Cu-Mo-(Au) Deposit, Northeast China, and Its Geological Significance[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2014, 79: 895-909.
- [14] 葛文春, 隋振民, 吴福元, 等. 大兴安岭东北部早古生代花岗岩锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(2): 423-440.
- Ge W C, Sui Z M, Wu F Y, et al. Zircon U-Pb Ages, Hf Isotopic Characteristics and Their Implications of the Early Paleozoic Granites in the Northeastern Da Hinggan Mts., Northeastern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(2): 423-440.
- [15] 向安平, 杨郦城, 李贵涛, 等. 黑龙江多宝山斑岩 Cu-Mo 矿床成岩成矿时代研究[J]. 矿床地质, 2012, 31(6): 1237-1248.
- Xiang A P, Yang Y C, Li G T, et al. Diagenetic and Metallogenic Ages of Duobaoshan Porphyry Cu-Mo Deposit in Heilongjiang Province [J]. Mineral Deposits, 2012, 31(6): 1237-1248.
- [16] 康永建, 王亚君, 黄光杰, 等. 内蒙古八大关斑岩型铜钼矿床成岩成矿年代学研究[J]. 矿床地质, 2014, 33(4): 795-806.
- Kang Y J, Wang Y J, Huang G J, et al. Study of Rock-forming and Ore-forming Ages of Badaguan Prophyry Cu-Mo Deposit in Inner Mongolia [J]. Mineral Deposits, 2014, 33(4): 795-806.
- [17] 陈志广. 中国东北德尔布干成矿带中生代构造-岩浆成矿作用及其地球动力学背景[D]. 北京: 中国科学院地质与地球物理研究所, 2010: 1-190.
- Chen Z G. Mesozoic Tectonic-Magmatic Mineralization of Derbugan Metallogenic Belt in NE China, and Its Geodynamic Setting [D]. Beijing: Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, 2010: 1-190.
- [18] 李诺, 孙亚莉, 李晶, 等. 内蒙古乌努格吐山斑岩铜钼矿床辉钼矿铼钨等时线年龄及其成矿地球动力学背景[J]. 岩石学报, 2007, 23(11): 2881-2888.
- Li N, Sun Y L, Li J, et al. Molybdenite Re/Os Isochron Age of the Wunugetu Shan Porphyry Cu/Mo Deposit, Inner Mongolia and Its Implication for Metallogenic Geodynamics [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(11): 2881-2888.
- [19] 谭钢. 内蒙古乌奴格土山斑岩铜钼矿床成矿作用研究[D]. 北京: 中国地质科学院, 2011: 1-81.
- Tan G. The Ore-forming Processes and Mineralization of Wunugetushan Porphyry Cu-Mo Deposit, Inner Mongolia [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2011: 1-81.
- [20] 贾盼盼, 魏俊浩, 巩庆伟, 等. 大兴安岭地区铜钼矿床成矿区带背景及找矿前景分析[J]. 地质与勘探, 2011, 47(2): 151-162.
- Jia P P, Wei J H, Gong Q W, et al. Analysis of Geological Background and Ore-searching Prospect for the Copper-Molybdenum Deposits in the Da Hingan Ling Area [J]. Geology and Exploration, 2011, 47(2): 151-162.
- [21] 秦克章, 李惠民, 李伟实, 等. 内蒙古乌奴格吐山斑岩铜钼矿床的成岩、成矿时代[J]. 地质论评, 1999, 45(2): 180-185.
- Qin K Z, Li H M, Li W S, et al. Intrusion and Mineralization Ages of the Wunugetushan Porphyry Cu-Mo Deposit, Inner Mongolia, Northeastern China [J]. Geological Review, 1999, 45(2): 180-185.

Ar-Ar Age of Muscovite from the Greisenization Alteration Zones of the Honghuaerji Tungsten Polymetallic Deposit, Inner Mongolia, and Its Geological Significance

XIANG An-ping^{1,2}, SHE Hong-quan^{1*}, CHEN Yu-chuan¹, QIN Da-jun³, WANG Ya-jun³,
HAN Zeng-guang³, KANG Yong-jian¹

(1. Institute of Mineral Resources, China Academy of Geology Sciences, Beijing 100037, China;

2. China University of Geology Sciences, Wuhan 430074, China;

3. The Sixth Institute of Geological Mineral Exploration in Inner Mongolia, Hailaer 021008, China)

Abstract: The newly found Honghuaerji tungsten polymetallic deposit is a large scale tungsten deposit in north-east Daxinganling in China. The alteration includes sericitization and greisenization. The metallic minerals are scheelite and molybdenite. These minerals in rock body show the belt characteristics of W in the top and Mo in the bottom. Geological characteristics indicate that it is a high temperature hydrothermal deposit. In order to constrain the timing of hydrothermal activities, Ar-Ar dating of muscovite from the greisenization alteration zones was carried out. The Ar-Ar dating yields an Ar-Ar plateau age of 174.4 ± 1.2 Ma and an isochron age of 173.2 ± 4.3 Ma. Because greisenization alteration zones and the tungsten (molybdenum) mineralization belt are closely related in space, muscovite, scheelite, and molybdenite may have formed simultaneously. Moreover, the Ar-Ar age of muscovite is in agreement with the Re-Os age of molybdenite (176.8 ± 2.2 Ma) within uncertainties, indicating this Ar-Ar age represents the timing of the tungsten and molybdenum hydrothermal mineralization. Combined field geology, U-Pb ages and Re-Os ages indicate this deposit formed the Jurassic period and may be the product of Yanshanian tectonic magmatic activity.

Key words: Honghuaerji tungsten deposit; high temperature hydrothermal type polymetallic deposit; muscovite; Ar-Ar dating; the mid and north parts of Greater Khingan Range; the Yanshanian

本文引用格式: 向安平, 余宏全, 陈毓川, 等. 内蒙古红花尔基钨钼矿云英岩化白云母 Ar-Ar 定年及其地质意义[J]. 岩矿测试, 2016, 35(1): 108-116.

XIANG An-ping, SHE Hong-quan, CHEN Yu-chuan, et al. Ar-Ar Age of Muscovite from the Greisenization Alteration Zones of the Honghuaerji Tungsten Polymetallic Deposit, Inner Mongolia, and Its Geological Significance [J]. Rock and Mineral Analysis, 2016, 35(1): 108-116. DOI: 10.15898/j.cnki.11-2131/td.2016.01.017.