新疆阿尔泰蒙库铁矿床的辉钼矿 Re-Os 年龄及意义

杨富全[1)]，张志欣[1)]，屈文俊[2)]，耿新霞[1)]，吕书君[3)]，柴凤梅[4)]，姜丽萍[4)]，刘锋[1)]

1)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开放实验室，北京，100037；
2)国家地质实验测试中心，北京，100037； 3)中国地质大学，北京，100083；
4)新疆大学地质勘查与工程学院，乌鲁木齐，830046

内容提要：蒙库大型铁矿位于阿尔泰南缘麦兹盆地，赋存于晚志留世-早泥盆世变质火山-沉积岩系中，容矿岩石为石榴石矽卡岩、变粒岩、浅粒岩和大理岩。矿体总体顺层分布，空间上与矽卡岩密切相关。对1号矿体含黄铁矿辉钼矿石英大脉中辉钼矿 Re-Os 同位素年代学进行了研究，7件样品的 Re-Os 同位素模式年龄为(261.6±3.7)～(264.0±3.6)Ma，加权平均值为 262.9±1.4 Ma，等时线年龄为 261±6.9 Ma，表明蒙库矿区在中二叠世晚期存在一次热液活动和铜钼矿化事件，同时也限定了铁主成矿时间早于中二叠世，可能是早泥盆世。辉钼矿样品的 Re 含量为(22.74～35.69)μg/g，指示钼铜成矿物质具有壳幔混合的特征。

关键词：Re-Os 年龄，二叠纪，铁矿床；蒙库；阿尔泰

新疆阿尔泰南缘泥盆纪火山-沉积岩建造中除发现了 VMS 型铜锌矿和铅锌矿外，还发现了许多铁矿床(点)，如蒙库大型铁矿、阿巴宫中型铁-磷灰石-稀土矿、恰夏小型铁铜矿、托莫尔特中型(锰)铁矿、乌吐布拉克中型铁矿、巴利尔斯中型铁矿、巴拉巴克拉布拉克中型铁矿、萨尔布拉克小型铁矿、加尔巴斯岛小型铁矿等。蒙库是新疆规模最大的铁矿，于1953年被发现，目前探明铁储量超过2亿吨，其中西段(106～163勘探线间1-9号矿体)111b＋122b＋333类储量为1.5亿吨[❶]。尽管前人对蒙库铁矿的地质特征、矿物组合、流体包裹体、同位素地球化学、成矿作用和成矿规律进行过研究，但对于其成因长期存在分歧，有矽卡岩型、火山喷流沉积型、火山喷流沉积＋叠加改造型、海相火山岩型之争(杨炳滨，1981；张建中等，1987；王登红等，2002；仇仲学，2003；张振福，2003；Wang et al.，2003；李嘉兴等，2003；胡兴平，2004；杨良哲等，2007；徐林刚等，2007a，b；杨富全等，2008a)。本文对分布于1号矿体中含黄铁矿辉钼矿石英大脉的辉钼矿 Re-Os 年龄进行了研究，并探讨了地质与成矿意义，为理解蒙库铁矿的成矿过程提供了依据。

1 矿床地质特征

蒙库铁矿位于富蕴县 NW 的阿尔泰南缘麦兹盆地，据县城直线距离 67 km。矿床赋存于上志留统-下泥盆统康布铁堡组下亚组第三岩性段，岩石组合为(含斑)角闪变粒岩、条带状角闪斜长变粒岩、黑云母变粒岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云母片岩、大理岩、变砂岩、浅粒岩(图1)。矿区侵入岩发育，矿区东北部片麻状黑云母花岗岩属琼库尔岩基的一部分，后者年龄为 399±4Ma(童英等，2007)。矿区东南部的片麻状斜长花岗岩为 400±6 Ma，1号矿体北部近矿围岩片麻状花岗岩为 404±8 Ma，1号矿体 NE 1.5 km 处片麻状黑云母花岗岩年龄为 378±7 Ma(杨富全等，2008b)。

蒙库铁矿区已控制矿化带长约 5.5 km、宽约 400 m，发现了40余个矿体。矿区西段1-6号矿体的赋矿围岩以角闪斜长变粒岩、浅粒岩为主，多数矿体内及边部见石榴石和绿帘石等矽卡岩残留体和大理岩团块。矿区东段7-22号矿体的围岩主要为石榴石矽卡岩，其次是角闪斜长变粒岩、浅粒岩、大理岩。1号矿体北侧近矿围岩为片麻状花岗岩，9号矿

注：本文为国家自然科学基金项目(编号 40672065)、“十一五”国家科技支撑计划重点项目(编号 2006BAB07B02-01)和国土资源大调查项目(编号 1212010786006；1212010786004)联合资助的成果。
收稿日期：2010-05-04；改回日期：2010-09-20；责任编辑：郝梓国。
作者简介：杨富全，男，1968年生。博士，研究员，从事矿床地质、地球化学研究。电话：010－68999075；Email：fuquanyang@163.com。

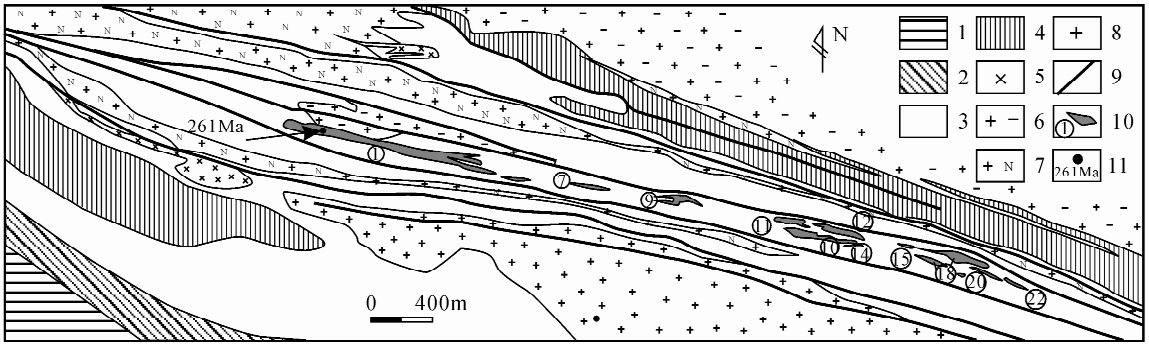

图 1　蒙库铁矿矿区地质图(据李建国等修改,2005❷)

Fig. 1 Geological map of the Mengku iron ore district (modified after Li et al., 2005❷)

1—中上泥盆统阿勒泰镇组变质砂岩、大理岩;2—上志留统-下泥盆统康布铁堡上亚组变质凝灰质砂岩、变质砂岩、浅粒岩;3—康布铁堡组下亚组大理岩、变质砂岩、角闪变粒岩、浅粒岩、片麻岩;4—上志留统松克木群片岩夹斜长角闪岩;5—斜长角闪岩脉;6—片麻状黑云母花岗岩;7—角闪斜长花岗岩;8—片麻状斜长花岗岩;9—断层;10—铁矿体及编号;11—辉钼矿年龄样

1—Middle-Upper Devonian meta-sandstone and marble of Altay Formation; 2—Upper Silurian-Lower Devonian meta- tuffaceous sandstone, meta-sandstone and leucogranulitite of Upper Kangbutiebao Formation; 3—marble, meta-sandstone, hornblende granulitite, leucogranulitite and gneiss of Lower Kangbutiebao Formation; 4—Upper Silurian schist and amphibolite of Songkemu Formation; 5—amphibolite dyke; 6—gneissic biotite granite; 7—hornblende plagiogranit; 8—gneissic plagiogranite; 9—fault; 10—orebody and its number; 11—molybdenite-datied samples

体北部近矿围岩为片麻状斜长花岗岩脉。1 号(包括原 7 号、Fe-11)规模最大,长 2322m,但厚度变化较大,为 1.92～103.18 m,平均厚度 12.99～44.26 m,控制垂深达 580 m❶。其它矿体长 50～763 m,厚 1.3～110.8 m。矿体形态复杂,呈似层状、透镜状、囊状、不规则状。矿体总体产状与围岩产状一致,局部常见穿层现象,走向 290°～300°,向 SW 或 NE 陡倾,倾角 78°～89°。

矿石主要为块状、浸染状,其次为条带状、角砾状、斑杂状、脉状构造。矿石结构主要有粒状变晶结构、交代残余结构、变余结构和碎裂结构。矿石中主要金属矿物为磁铁矿,其次为磁赤铁矿,少量黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿等。脉石矿物主要为石榴石、透辉石、角闪石、长石,其次为黑云母、石英、方解石、绿泥石、绿帘石、透闪石、绢云母,少量方柱石、磷灰石等。矿石全铁平均品位为 24%～58%,多数在 35%～48%之间。1 号矿体全铁品位变化于 25.75%～53.34%,平均品位为 43.43%。1 号矿体西段 110～118 线之间矿石中还伴生有铜,主要为含黄铜矿石英脉,沿裂隙分布(图 2),其形成晚于铁矿体,铜含量为 0.001%～1.53%(李建国等,2009❶)。

围岩蚀变主要为矽卡岩化、硅化、碳酸盐化、绢云母化、钠长石化。矽卡岩在空间上有一定的分布规律,矿区由西向东出露的矽卡岩越来越多。矿物组合以石榴石(钙铁榴石为主,少量钙铝榴石)为主,其次是辉石(透辉石为主,含少量普通辉石)、角闪石(以阳起石为主)、绿帘石、绿泥石(徐林刚等,2007a)。

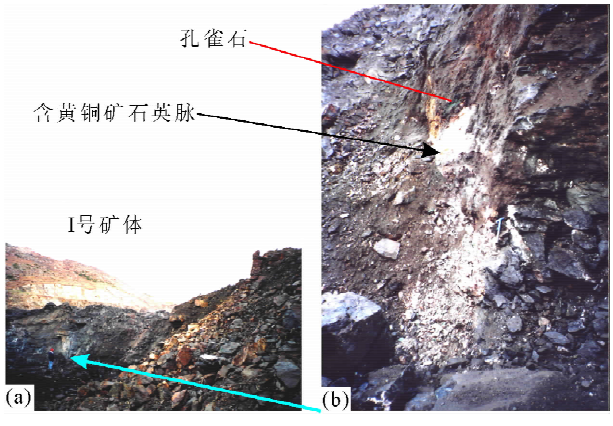

图 2　蒙库铁矿 1 号矿体中含黄铜矿石英脉

Fig. 2　The chalcopyrite-quartz vein occurs in the No. 1 orebody of the Mengku iron deposit

2　样品与测试方法

本次测定的 7 件辉钼矿样品采自 1 号矿体的采坑中,为含黄铁矿辉钼矿石英大脉,该脉分布于矿体中,明显穿插到磁铁矿绿泥石矿石中(图 3)。辉钼矿呈片状分布在石英大脉与磁铁矿矿石接触带靠近石英大脉一侧,个别分布在接触带上(图 3d)。从 7 件样品中分选出辉钼矿单矿物,质纯,无氧化,无污染,纯度达到 99%以上,用于 Re-Os 同位素年龄测定。

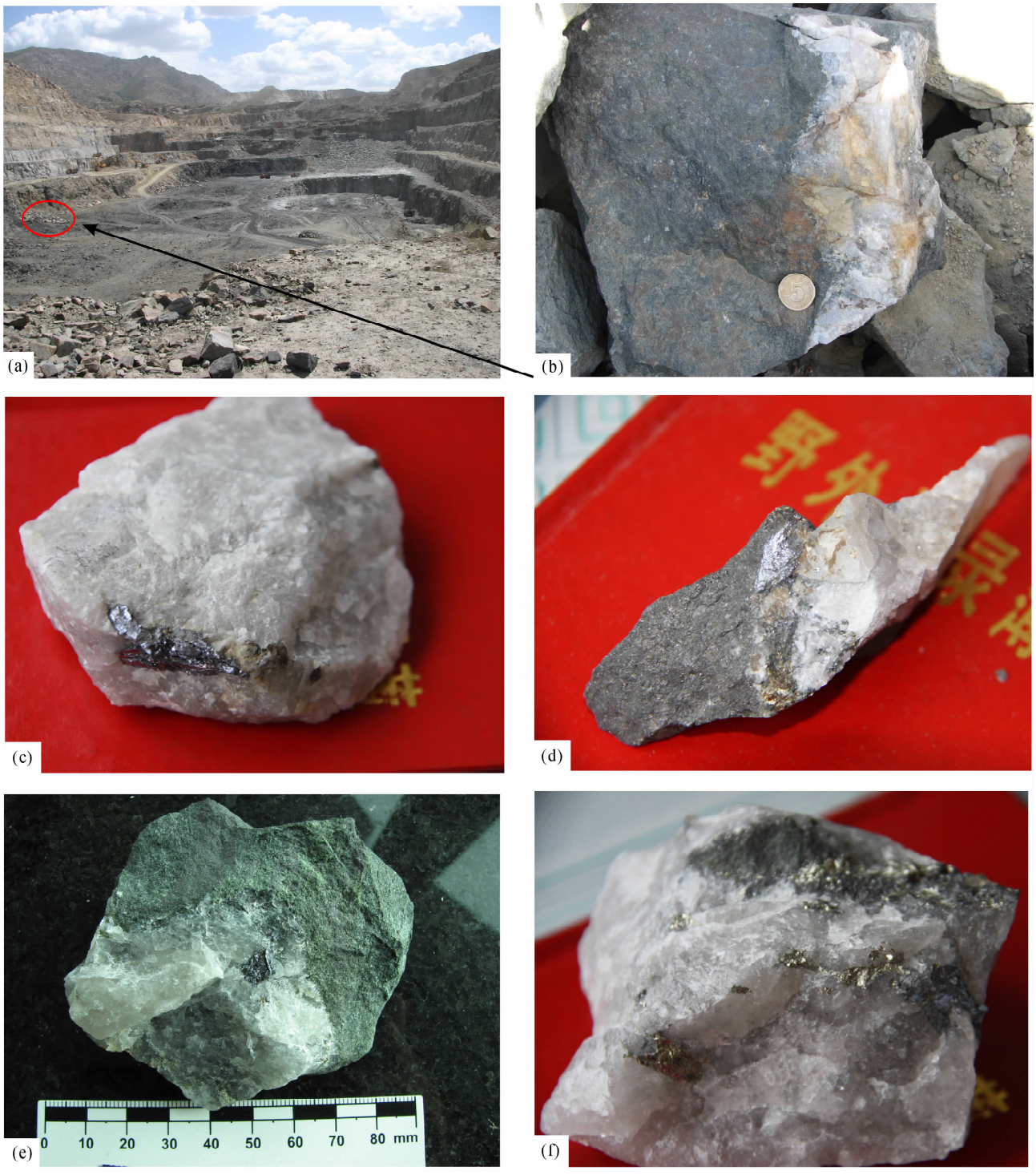

图 3 蒙库铁矿 1 号矿体中含黄铁矿辉钼矿石英脉

Fig. 3 The pyrite-molybdenite-quartz large vein occurs in the No. 1 orebody of the Mengku iron deposit

(a)-(b)—含黄铁矿辉钼矿石英大脉分布于 1 号矿体中;(c)—辉钼矿呈片状分布于石英中;(d)-(e)—含黄铁矿辉钼矿石英脉穿插磁铁矿绿泥石矿石中;(f)—黄铁矿和辉钼矿分布于石英脉中

(a)-(b)—The pyrite-molybdenite-quartz large vein occurs in the No. 1 orebody; (c)—Molybdenite occurs as sheets in the quartz vein; (d)-(e)—The pyrite-molybdenite-quartz vein can be seen to penetrate into the magnetite-chlorite ore; (f)—Pyrite-and molybdenite occur in the quartz vein

Re-Os 同位素分析测试工作在国家地质实验测试中心完成,采用 Carius 管封闭溶样分解样品,Re 和 Os 的分离等化学处理过程及质谱测试过程参见文献(Shirey and Walker, 1995; Mao et al., 2003;

Du et al., 2004)。质谱测定采用美国 TJA 公司生产的 TJA X-series ICPMS 测定同位素比值。对于 Re:选择质量数 185、187,用 190 监测 Os。对于 Os:选择质量数为 186、187、188 、189、190、192。用 185 监测 Re。本次实验标准物质为 GBW04435 (HLP)。

3　测试结果

Re-Os 模式年龄 t 按下式计算:$t=1/\lambda[\ln(1+^{187}Os/^{187}Re)]$。采用 $\lambda(^{187}Re$ 衰变常数$)=1.666\times10^{-11}/a$。蒙库铁矿 7 件辉钼矿 Re-Os 同位素测试结果见表 1。辉钼矿 Re 含量介于(22.74～35.69)μg/g 之间,^{187}Re 的含量为(14.29～22.43)μg/g;Os 含量介于(0.0019～0.3162)ng/g 之间,^{187}Os的含量为(63.02～98.47)ng/g。7 件样品的 Re-Os 同位素模式年龄十分接近,为(261.6±3.7)～(264.0±3.6)Ma,加权平均值 262.9±1.4 Ma,MSWD＝0.21。采用 ISOPLOT 软件(Ludwig,1999)对所获得的数据进行等时线计算,7 件辉钼矿样品获得的等时线年龄为 261 ± 6.9 Ma,MSWD ＝ 0.3(图 4),与模式年龄加权平均值十分接近。

4　讨论

4.1　钼成矿物质来源

Re-Os 同位素的含量和比值可以示踪成矿物质来源(Mao et al., 2003;王义天等,2010)。随着成矿物质从地幔、壳幔混合到地壳来源的不同,辉钼矿中的 Re 含量大大降低,从几百 μg/g、几十 μg/g 到几个 μg/g(Mao et al., 2008)。蒙库铁矿含黄铁矿辉钼矿石英脉中辉钼矿的 Re 含量变化于(22.74～35.69)μg/g,指示钼铜具有壳幔混合的特征。与准噶尔北缘哈腊苏铜矿辉钼矿的 Re 含量明显不同,后者变化于(555.622～1567.130)μg/g(杨富全等,2010a),暗示钼来源于地幔。

表 1　蒙库铁矿辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 1　Re-Os data for molybdenite from the Mengku iron deposit

	(Re)(μg/g)		(Os)普(ng/g)		187Re(μg/g)		$187^{O}s$(ng/g)		模式年龄(Ma)	
样号	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
MK09-3-3	26.76	0.26	0.3162	0.2187	16.82	0.16	73.54	0.74	261.9	4.2
MK09-3-1	30.52	0.27	0.0354	0.0245	19.18	0.17	84.23	0.66	263.0	3.8
MK09-3-2	22.74	0.17	0.0218	0.0346	14.29	0.11	63.02	0.50	264.0	3.6
MK09-3-4	34.76	0.30	0.0221	0.0467	21.85	0.19	96.01	0.81	263.2	3.8
MK09-3-5	33.01	0.28	0.0348	0.0361	20.74	0.18	91.28	0.83	263.5	3.9
MK09-3-6	35.69	0.26	0.0019	0.0553	22.43	0.17	98.47	0.82	262.9	3.6
MK09-3-7	33.67	0.27	0.0095	0.0321	21.16	0.17	92.44	0.78	261.6	3.7

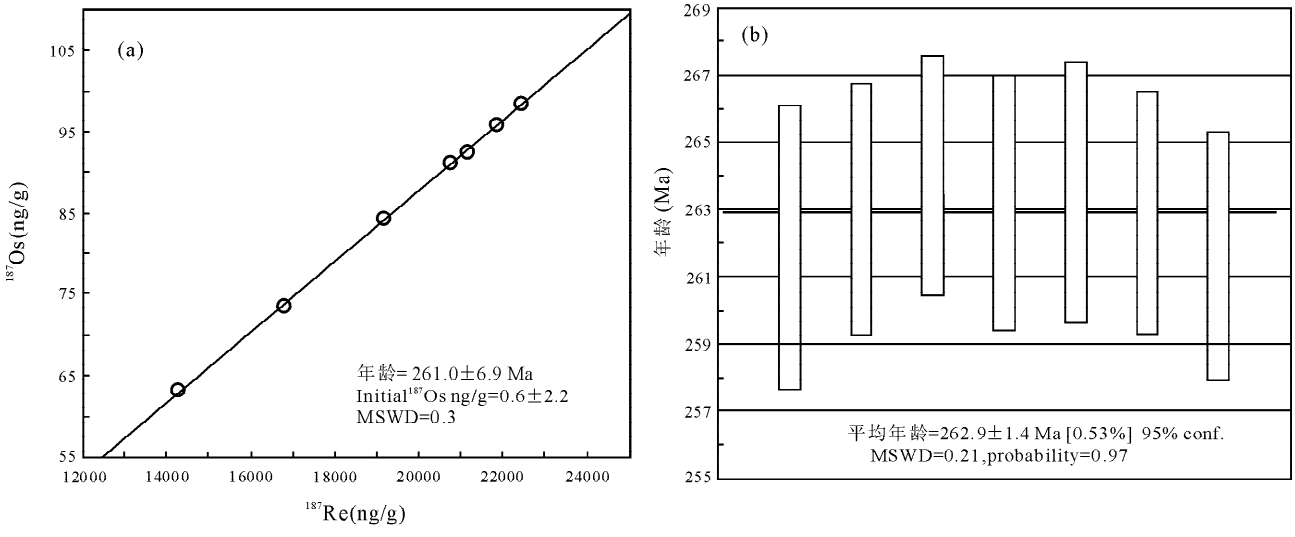

图 4　蒙库铁矿辉钼矿 Re-Os 同位素等时线(a)和辉钼矿 Re-Os 模式年龄加权平均值(b)

Fig. 4　Re-Os isochrone for molybdenites (a) and the mean of model ages (b) from the Mengku Fe deposit

4.2 成矿时代

蒙库是新疆最大的铁矿，前人进行过详细研究，但对于其成因长期存在分歧，有矽卡岩型、火山喷流沉积型、火山喷流沉积＋叠加改造型、海相火山岩型之争（张建中等，1987；王登红等，2002；Wang et al.，2003；李嘉兴等，2003；胡兴平，2004；徐林刚等，2007a，b；杨富全等，2008a）。这些争议表明蒙库铁矿成因复杂，具有多期多阶段，多成因的叠加改造，特别是后期叠加强烈，不同学者强调的成矿作用不同，造成出现多种成因观点，同时也与矿床缺乏高精度测年有关。

我们呈对 2 件采自 9 号矿体大理岩中的黑云母进行了$^{40}Ar/^{39}Ar$ 同位素测年（表 2），得到 2 个受扰动的年龄谱（图 5）。坪年龄（t_p）为 216.4 ± 2.8 Ma（2σ）、$^{39}Ar/^{40}Ar$-$^{36}Ar/^{40}Ar$ 反等时线年龄（t_i）＝217 ± 3 Ma；坪年龄（t_p）为 221.4 ± 3.0 Ma（2σ）、$^{39}Ar/^{40}Ar$-$^{36}Ar/^{40}Ar$ 反等时线年龄（t_i）＝222.2 ± 2.8 Ma。两件样品的坪年龄和反等时线年龄相近，为晚三叠世。由于 Ar 同位素体系形成后，在动力和流体作用下，其温度超过 Ar 封闭体系的温度时（全岩 Ar 同位素体系封闭温度 300℃），会导致黑云母 Ar 同位素体系完全重置（陈文等，2003），坪年龄记录的是后一次热事件的年龄。蒙库铁矿体和含矿地层一期变形，可见变质条带围绕矽卡岩和铁矿体分布（见杨富全等，2008a 图 3），表明矽卡岩及铁矿形成于区域变质作用之前，而后者发生在石炭纪前。王涛等（2005）认为阿尔泰造山带中部地块主造山期或主碰撞期在 400～360 Ma 因此，221～216 Ma 的坪年龄并不是矽卡岩形成年龄，也不是区域变质年龄，而是记录了三叠纪在阿尔泰地区广泛发生的区域构造热液活动的年龄。同时也限定了蒙库铁矿形成于晚三叠世前。

表 2 蒙库铁矿床中黑云母$^{40}Ar/^{39}Ar$ 阶段升温加热分析

Table 2 Results of $^{40}Ar/^{39}Ar$ stepwise heating dating for biotite from Mengku Fe deposit

温度（℃）	$(^{40}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{36}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{37}Ar/^{39}Ar)_m$	$(^{38}Ar/^{39}Ar)_m$	^{40}Ar（%）	F	^{39}Ar（$\times10^{-14}$mol）	^{39}Ar（Cum.）（%）	年龄（Ma）	±1σ
K24 黑云母 W＝48.45mg J＝0.005495										
500	42.9153	0.0998	0.0521	0.0537	31.27	13.4204	5.31	0.13	128	28
600	60.6381	0.1825	0.4641	0.0683	11.09	6.7282	3.15	0.2	65	37
700	77.2363	0.2379	0.1853	0.0728	9.01	6.9606	5.98	0.35	68	36
800	60.344	0.1548	0.1835	0.0439	24.19	14.6014	10.15	0.59	139	27
900	50.2955	0.0935	0.0859	0.0347	45.04	22.6571	25.94	1.21	212	12
1000	35.233	0.0315	0.0528	0.02	73.61	25.9349	291.13	8.17	240.3	3
1100	25.5545	0.0049	0.0125	0.0145	94.37	24.1165	750.68	26.11	224.5	2.4
1200	23.675	0.0013	0.0057	0.0136	98.34	23.2827	928.57	48.3	217.2	3
1300	23.3665	0.0007	0.0018	0.0136	99.06	23.1466	1667.97	88.16	216	2.4
1350	23.5916	0.0008	0.0016	0.0141	98.96	23.346	404.72	97.84	217.7	2.3
1420	24.7806	0.0069	0.016	0.016	91.81	22.7522	90.47	100	212.5	3.8
t_T＝218.9 Ma；t_P＝216.4 ± 2.8 Ma；t_i＝217 ± 3 Ma；MSWD＝0.56										
MK25 黑云母 W＝45.10mg J＝0.005020										
500	44.3381	0.0977	1.2004	0.0676	35.06	15.5597	28.32	0.76	135.7	9
600	55.1864	0.154	0.3943	0.1024	17.59	9.7107	13.62	1.13	86	21
700	63.9884	0.1647	0.3335	0.0887	23.99	15.3527	22.2	1.72	134	13
800	58.8772	0.1242	0.2526	0.0527	37.71	22.2085	23.54	2.36	191	10
900	47.481	0.08	0.1593	0.0414	50.2	23.8363	45.05	3.57	203.9	5.1
1000	35.1272	0.0254	0.0429	0.0196	78.61	27.6135	457.78	15.86	234.2	3.2
1100	29.4435	0.0075	0.019	0.0154	92.49	27.2324	950.58	41.4	231.2	2.6
1200	26.5368	0.0022	0.0221	0.0146	97.49	25.8714	728.35	60.97	220.3	2.6
1300	26.4606	0.001	0.0128	0.0137	98.85	26.1564	1089.21	90.23	222.6	2.3
1400	28.8019	0.0097	0.0733	0.014	90	25.9233	363.66	100	220.7	2.9
t_T＝223.5 Ma；t_P＝221.4 ± 3 Ma；t_i＝222.2 ± 2.8 Ma；MSWD＝1.4										

注：表中下标 m 代表质谱测定的同位素比值；F＝$^{40}Ar*/^{39}Ar$ 是指放射性成因^{40}Ar 和^{39}Ar 比值；t_T＝总气体年龄；t_P＝坪年龄；t_i＝等时线年龄；Ar-Ar 同位素定年分析工作在国土资源部同位素地质重点实验室（中国地质科学院地质研究所）Ar-Ar 实验室完成；分析者：张彦、刘新宇、高佳。

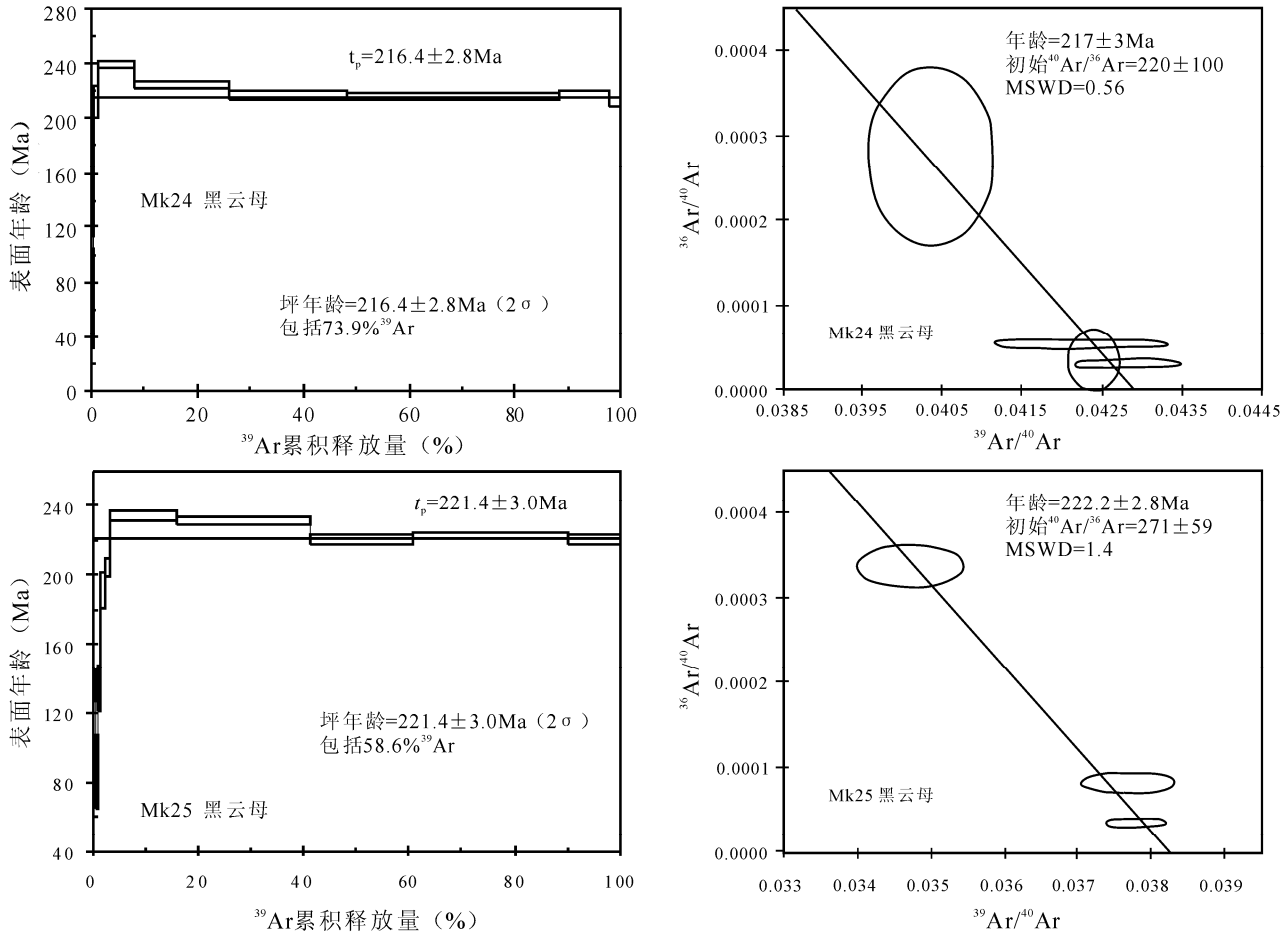

图 5　蒙库铁矿床大理岩中黑云母^{40}Ar/^{39}Ar 年龄谱及等时线图(杨富全等,2008a)

Fig. 5　^{40}Ar/^{39}Ar age spectra and isochron of biotite from the sample of Mengku iron deposit (Yang et al., 2008a)

辉钼矿 Re-Os 体系形成后很难被后期地质过程重置(Stein et al., 1998),可精确限定成矿时代,目前被广泛应用,但辉钼矿与矿石矿物的关系至关重要。本次采集的含黄铁矿辉钼矿石英大脉分布于铁矿体中,明显晚于磁铁矿形成时代。获得的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 261 ± 6.9 Ma,表明形成黄铁矿辉钼矿石英脉的热液活动时间为中叠世晚期。1 号矿体西段 110～118 线之间矿体中发育沿裂隙或小断裂面分布的含黄铜矿石英脉,局部 Cu 品位达到 1.53%。尽管在 1 号矿体中未见到这两种类型脉的穿插关系,或辉钼矿和黄铜矿共生、伴生现象,但根据分布特征推断含黄铁矿石英脉和含黄铁矿辉钼矿石英脉可能是同一期热液活动的产物。正如前文分析,铁矿化早于区域变质事件,261Ma 的辉钼矿 Re-Os 年龄也不能代表铁矿化时间和区域变质时间,仅代表在蒙库矿区中叠世晚期存在一次热液活动和铜钼矿化事件,同时也限定了铁成矿的上限,即铁成矿早于中二叠世。

阿尔泰及准噶尔北缘岩浆侵入活动存在四个峰值:460 Ma、400 Ma、375 Ma 和 290～260 Ma(Wang et al., 2006;童英等,2007;杨富全等,2008b),特别是 400 Ma 左右存在一次分布广泛的岩浆侵入活动。二叠纪的岩浆侵入活动相对较弱,主要分布在冲呼尔盆地、克兰盆地、富蕴县城-卡拉先格尔一带沿额尔齐斯-玛因鄂博深断裂附近分布、中蒙边境的塔克什肯口岸等。如冲呼尔克因布拉克铜锌矿区黑云母花岗岩和闪长玢岩时代为 281～262 Ma(杨富全未刊资料)。克兰盆地喇嘛昭黑云母二长花岗岩年龄为 276 Ma(王涛等,2005)、加尔巴斯岛铁矿区花岗岩年龄 287 Ma(杨富全未刊资料)。富蕴南线性黑云母花岗岩年龄为 282 Ma 和 275 Ma(童英等,2006b)、库额尔齐斯铁矿区片麻状花岗岩时代为 274～278 Ma(杨富全未刊资料)。卡拉先格尔一带玉勒肯哈腊苏铜矿区石英二长斑岩年龄为 265 Ma(赵战锋等,2009)、玛因鄂博断裂带中花岗质糜棱岩年龄为 281 Ma 及玛因鄂博岩体时代为 283 Ma(周刚等,

2007a,b)。塔克什肯口岸富碱侵入岩体时代为 286 Ma(童英等,2006a)。由此可见,在阿尔泰南缘及准噶尔北缘,普遍存在二叠纪岩浆侵入活动,局部伴有斑岩铜矿化和热液型铜铅锌矿化。如玉勒肯哈腊苏矿区与石英二长斑岩有关铜矿石中钾长石 Ar-Ar 年龄为 269 Ma(薛春纪等,2010),克因布拉克矿区铜铅锌矿化与花岗岩类侵入有关,其成矿时代为早中二叠世(杨富全等,2010b)。蒙库矿区目前出露岩体时代为泥盆纪(404～378 Ma),未发现二叠纪侵入岩,但一般辉钼矿形成温度较高,多与岩浆热液活动有关,由此推断蒙库矿区深部有存在二叠纪侵入岩的可能性。

综合前人和课题组近年来在蒙库铁矿的研究成果,认为蒙库铁矿在晚志留世-早泥盆世火山活动期间形成铁矿源层或铁矿层(?),400 Ma 左右伴随岩浆侵入活动,形成一套矽卡岩矿物,随着早期矽卡岩的退化变质,形成了大量磁铁矿叠加在矿源层中,这是蒙库铁矿的主要成矿期。在 400～360 Ma 阿尔泰造山带中部地块进入主碰撞期,含矿地层和矿体经历了变形和区域变质作用,对此前形成的铁矿又进行了叠加改造。中二叠世(261 ± 6.9 Ma)矿区发生了构造-岩浆(?)热液活动,形成了含黄铜矿石英大脉和含黄铁矿辉钼矿石英大脉,是铜钼矿化期,但矿化规模不大。晚三叠世(221～216 Ma)矿区又经历了一次区域构造热液活动,使矽卡岩期大理岩中形成的黑云母 Ar 同位素体系完全重置,该期对铁矿是否又进行了改造还需要进一步研究。

5 结论

(1) 蒙库大型铁矿赋存于晚志留世-早泥盆世变质火山-沉积岩系中,1 号矿体含黄铁矿辉钼矿石英大脉中辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 261 ± 6.9 Ma,精确限定了蒙库铁矿主成矿时间早于中二叠世。

(2) 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄表明蒙库矿区在中二叠世晚期存在一次热液活动和铜钼矿化事件,可能与岩浆活动有关。

(3) 辉钼矿样品的 Re 含量为(22.74～35.69) μg/g,指示钼铜成矿物质具有壳幔混合的特征。

致谢: 野外期间得到新疆金宝矿业有限公司谢梦华总工程师和新疆富蕴县八钢蒙库铁矿采选分厂侯正敏工程师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

注 释

❶ 李建国,查小玲,焦明富,等. 2009. 新疆富蕴县蒙库铁矿勘查报告.

❷ 李建国,尚海军,陈新杰,等. 2005. 新疆富蕴县蒙库铁矿床西段浅部勘探地质报告.

参 考 文 献

陈文,韩春明,张彦,刘新宇. 2003. 从成矿和变形时代的不偶合现象探讨康古尔金矿的成因. 地球学报,24(6):579～583.

仇仲学. 2003. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征与成因分析. 地质找矿论丛,18(增刊):110～114.

胡兴平. 2004. 新疆富蕴县蒙库铁矿区地质特征及成因浅析. 新疆有色金属,1:2～5, 8.

李嘉兴,姜俊,胡兴平,康吉昌,尹意求. 2003. 新疆富蕴县蒙库铁矿床地质特征及成因分析. 新疆地质,21(3):307～311.

童英,洪大卫,王涛,王式洸,韩宝福. 2006b. 阿尔泰造山带南缘富蕴后造山线形花岗岩体锆石 U-Pb 年龄及其地质意义. 岩石矿物学杂志,25(2):85～89.

童英,王涛,Kovach,洪大卫,韩宝福. 2006a. 阿尔泰中蒙边界塔克什肯口岸后造山富碱侵入岩体的形成时代、成因及其地壳生长意义. 岩石学报,22(5):1267～1278.

童英,王涛,洪大卫,代雅建,韩宝福,柳晓明. 2007. 中国阿尔泰北部山区早泥盆世花岗岩的年龄、成因及构造意义. 岩石学报,23(8):1933～1944.

王登红,陈毓川,徐志刚,李天德,傅旭杰. 2002. 阿尔泰成矿省的成矿系列及成矿规律. 北京:原子能出版社,1～493.

王涛,洪大卫,童英,韩宝福,石玉若. 2005. 中国阿尔泰造山带后造山喇嘛昭花岗岩体锆石 SHRIMP 年龄、成因及陆壳垂向生长意义. 岩石学报,21(3):640～650.

王义天,叶会寿,叶安旺,李永革,帅云,张长青,代军治. 2010. 小秦岭北缘马家洼石英脉型金钼矿床的辉钼矿 Re-Os 年龄及其意义. 地学前缘,17(2):140～145.

徐林刚,毛景文,杨富全,李建国,蔡永彪,郑建民,黄成林. 2007b. 新疆富蕴县蒙库铁矿地质、地球化学特征. 岩石学报,23(10):2653～2664.

徐林刚,毛景文,杨富全,叶会寿,郑建民,李建国,蔡永彪,查小玲,高建京. 2007a. 新疆蒙库铁矿床矽卡岩矿物学特征及其意义. 矿床地质,26(4):455～463.

薛春纪,赵战锋,吴淦国,董连慧,冯京,张招崇,周刚,池国祥,高景岗. 2010. 中亚构造域多期叠加斑岩铜矿化——以阿尔泰东南缘哈腊苏铜矿床地质、地球化学和成岩成矿时代研究为例. 地学前缘,17(2):53～82.

杨炳滨. 1981. 新疆阿勒泰蒙库铁矿钙铁榴石-次透辉石与磁铁矿成矿作用的讨论. 地质地球化学,(8):45～47.

杨富全,毛景文,柴凤梅,刘锋,周刚,耿新霞,刘国仁,徐林刚. 2008a. 新疆阿尔泰蒙库铁矿床成矿流体及成矿作用. 矿床地质,27(6):659～680.

杨富全,毛景文,闫升好,刘锋,柴凤梅,周刚,刘国仁,何立新,耿新霞,代军治. 2008b. 新疆阿尔泰蒙库同造山斜长花岗岩年代学、地球化学及其地质意义. 地质学报,82(4):485～499.

杨富全,闫升好,屈文俊,周刚,刘锋,耿新霞,刘国仁,王祥. 2010a. 新疆哈腊苏铜矿床 I 号矿化带流体包裹体和碳氢氧同位素地球化学. 地学前缘,17(2):359～374.

杨富全,毛景文,刘锋,董永观,柴凤梅,耿新霞. 2010b. 新疆阿尔泰克因布拉克铜锌矿床地质特征及成矿作用. 岩石学报,26(2):361

～376.

杨良哲,赵永鑫,赖富光,臧忠江,谢梦华,龙翼. 2007. 库铁矿床与镜铁山铁矿床的对比研究. 地质找矿论丛,22(1):31～34.

张建中,冯秉寰. 1987. 新疆阿尔泰阿巴宫-蒙库海相火山岩与铁矿的成生关系及成矿地质特征. 中国地质科学院西安地质研究所所刊,20:89～180.

张振福. 2003. 新疆阿尔泰一带典型铁矿床特征、成因及找矿前景分析. 地质找矿论丛,18(增刊):80～83.

赵战锋,薛春纪,张立武,温长顺,周刚,刘国仁. 2009. 新疆青河玉勒肯哈腊苏铜矿区酸性岩锆石 U-Pb 法定年及其地质意义. 矿床地质,28(4):425～433.

周刚,张招崇,罗世宾,何斌,王祥,应立娟,赵华,李爱红,贺永康. 2007b. 新疆阿尔泰山南缘玛因鄂博高温型强过铝花岗岩:年龄、地球化学特征及其地质意义. 岩石学报,23(8):1909～1920.

周刚,张招崇,王新昆,王祥,罗世宾,何斌,张小林. 2007a. 新疆玛因鄂博断裂带中花岗质糜棱岩锆石 U-Pb SHRIMP 和黑云母 ^{40}Ar-^{39}Ar 年龄及意义. 地质学报,81(3):359～369.

Du A D, Wu S Q, Sun D Z, Wang S X, Qu W J, Stein R M H, Morgan J, Malinovskiy D. 2004. Preparation and Certification of Re-Os Dating Reference Materials: Molybdenite HLP and JDC. Geostandard and Geoanalytical Research, 28 (1): 41～52.

Ludwig K. 1999. Isoplot/Ex, version 2.0: a geochronological toolkit for Microsoft Excel. Geochronology Center, Berkeley, Special Publication 1a.

Mao J W, Du A D, Sletmann R, Yu J J. 2003. Re-Os dating for the Shameika porphyry Mo deposit and the Lipovy Log pegmatite rare metal deposit in the central and southern Urals. Mineralium Deposita, 38: 251～257.

Mao J W, Xie G Q, Bierlein F, Qu W J, Duc A D, Ye H S, Pirajno F, Li H M, Guo B J, Li Y F, Yang Z Q. 2008. Tectonic implications from Re - Os dating of Mesozoic molybdenum deposits in the East Qinling - Dabie orogenic belt. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72: 4607～4626.

Mao J W, Yang J M, Qu W J, Du A D, Wang Z L K, Han C M. 2003. Re-Os age of Cu-Ni ores from the Huangshandong Cu-Ni sulfide deposit in the East Tianshan Mountains and its implication for geodynamic processes. Acta Geologica Sinica, 77 (2):220～226.

Shirey S B, Walker R J. 1995. Carius tube digestion for low-blank rhenium-osmium analysis. Anal. Chem., 67:2136～2141.

Stein H J, Sundblad K, Markey R J, Morgan M J. 1998. Re-Os ages for Archaean molybdenite and pyrite Kuittila-Kivisuo, Finland, and Proterozoic molybdenite, Lithuania: Testing the chronometer in a metamorphic and metasomatic setting. Mineralium Deposita, 33:329～345.

Wang T, Hong D W, Jahn B M, Tong Y, Wang Y B, Han B F and Wang X X. 2006. Timing, petrogenesis, and setting of Paleozoic synorogenic intrusions from the Altai Mountains, Northwest China: implications for the tectonic evolution of an accretionary orogen. The Journal of Geology, 114:735～751.

Wang Y W, Wang J B, Wang S L, Ding R F, Wang L J. 2003. Geology of the Mengku iron deposit, Xinjiang, China-a metamorphosed VMS? In: Mao J W, Goldfarb R J, Seltmann R, Wang D H, Xiao W J and Hart C (Eds). Tectonic evolution and metallogeny of the Chinese Altay and Tianshan. Proceedings volume of the International Symposium of the IGCP-473 project in Urumqi and guidebook of the field excursion in Xinjiang, China: August 9-21, 2003. London: Centre for Russian and Central Asian Mineral Studies, Natural History Museum. 181～200.

Re-Os Age of Molybdenite from the Mengku Iron Deposit in Altay, Xinjiang and Its Implication for Metallogeny

YANG Fuquan[1)], ZHANG Zhixin[1)], QU Wenjun[2)], GENG Xinxia[1)], LÜ Shujun[3)], CHAI Fengmei[4)], JIANG liping[4)], LIU Feng[1)]

1) *MRL Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037; 2) *National Research of Geoanalysis, Beijing*, 100037; 3) *China University of Geosciences, Beijing*, 100083; 4) *School of Geoexploration and Engineering, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang*, 830046

Abstract

The Mengku large-size iron deposit occurs in metavolcanic-sedimentary sequence of the Upper Silurian-Lower Devonian Kangbutiebao Formation in the Maizi Basin of south Altay, with the host rocks being garnet skarn, granulitite, leucogranulitite and marble. Ore bodies are largely concordant with the bedding of the strata, and the distribution of the ore bodies is spatially related to skarn. Precise Re-Os dating of molybdenite from the pyrite-molybdenite-quartz large vein in the No. 1 orebody of the Mengku iron deposit has been carried out in this study. The results show that the Re-Os model ages of seven samples rang from (261.6±3.7) Ma to (264.0±3.6) Ma, weighted mean ages of (262.9 1.4) Ma with a Re-Os isochron age of (261±6.9) Ma. Re-Os dating of molybdenite suggests that the hydrothermal activity and Cu-Mo mineralization in the Mengku deposit occurred in the late Middle Permian. The ages of 261±6.9 Ma of molybdenite provide the latest time of mineralization ages and the iron main mineralization perhaps took place in the Early Devonian. The rhenium contents of molybdenite samples range from (22.74～35.69) μg/g, which indicate that Mo-Cu was derived from both mantle and crust.

Key words: Re-Os age; Permian; iron deposit; Mengku; Altay