

华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究 ——辉钼矿铼-钨年龄及其地质意义*

黄典豪¹ 杜安道² 吴澄宇¹ 刘兰笙³ 孙亚莉² 邹晓秋²

(中国地质科学院,北京: 1 矿床地质研究所, 2 岩矿测试技术研究所, 3 地质研究所)

提 要: 华北地台北缘的燕辽和南缘的东秦岭两个钼矿带闻名遐迩。本文用同位素稀释-等离子体质谱法,直接测定了燕辽钼矿带中兰家沟钼矿床的 Re-Os 等时线年龄为 $(186.5 \pm 0.7) \times 10^6$ a,杨家杖子和肖家营子钼矿床的 Re-Os 模式年龄为 $(187 \pm 2) \times 10^6 \sim (191 \pm 6) \times 10^6$ a 和 $(177 \pm 5) \times 10^6$ a,小寺沟和寿王坟铜(钼)矿床的 Re-Os 模式年龄为 $(134 \pm 3) \times 10^6$ a 和 $(148 \pm 4) \times 10^6$ a,大湾和大庄科钼矿床的 Re-Os 模式年龄为 $(144.4 \pm 7.4) \times 10^6$ a 和 $(144.7 \pm 10.7) \times 10^6 \sim (147.1 \pm 6.6) \times 10^6$ a。结合东秦岭钼矿带内钼矿床的 Re-Os 年龄,证明华北地台内有早元古代钼矿化,两个钼矿带中的钼或铜(钼)矿床的成矿时代主要为印支期和燕山早期或中—晚期。Re-Os 法不仅是直接测定钼(铜)硫化物矿床成矿年龄的一种新手段,而且所获结果为研究区域成矿演化提供了确实的依据。

主题词: 钼(铜)矿床 ^{187}Re 和 ^{187}Os 同位素 Re-Os 年龄及其地质意义 华北地台

1 成矿地质背景及有关矿床简要地质特征

华北地台是我国最古老的地台,与相邻构造单元以深断裂为界。其主体经五台运动基本固结,但经历中条运动才最终形成^[1]。晚三叠世至侏罗-白垩纪,该地台卷入滨太平洋活动大陆边缘发展历程,显示出极明显的地台活化性质,尤其是包括燕山台褶带在内的北缘和包括豫陕断隆区在内的南缘,表现为甚。北缘的东西向和北东—北北东向断裂或它们的交错部位控制着中生代特别是燕山期的岩浆喷发和侵入活动,形成了燕山东西—北东向构造-岩浆带,并控制着隶属于燕山台褶带的燕辽钼(铜)矿带的形成(图1)。南缘的北西西向和北东向断裂发育,制约着印支-燕山期岩浆侵位,形成总体上呈北西西向的构造-岩浆带和东秦岭钼矿带^[2]。燕辽和东秦岭地区是华北地台上两个最主要的钼成矿带,这两个矿带内,除黄龙铺钼(铅)矿床与印支期碳酸岩脉有关外,其余的钼或铜(钼)矿床在成因和空间分布上均主要与燕山期花岗岩类、特别是浅成-超线成的I型、次碱性或钙碱性小侵入体有关。

就燕辽钼成矿带内一些主要矿床的矿化特征而言,兰家沟斑岩型钼矿床赋存于燕山期细粒似斑状花岗岩体中,矿化受不同方向的断裂带和它们之间的多组裂隙控制。矿体主要由辉钼矿-石英大脉和辉钼矿-石英细(网)脉组成。辉钼矿多型为2H型^[3]。杨家杖子地区中生代复式花岗岩体(由粗粒花岗岩、细粒似斑状花岗岩和花岗斑岩组成)与中寒武-中奥陶统灰岩接触带发育有矽卡岩,杨家杖子矽卡岩型钼矿床中的主要钼矿体产于似层状矽卡岩内,少部分钼矿体

* 本课题得到国家人事部非教育系统回国人员科技活动A类经费资助
黄典豪,男,1937年生,研究员。长期从事矿床地质和地球化学研究。邮政编码:100037
1996-3-20 收稿,1996-6-18 修改回

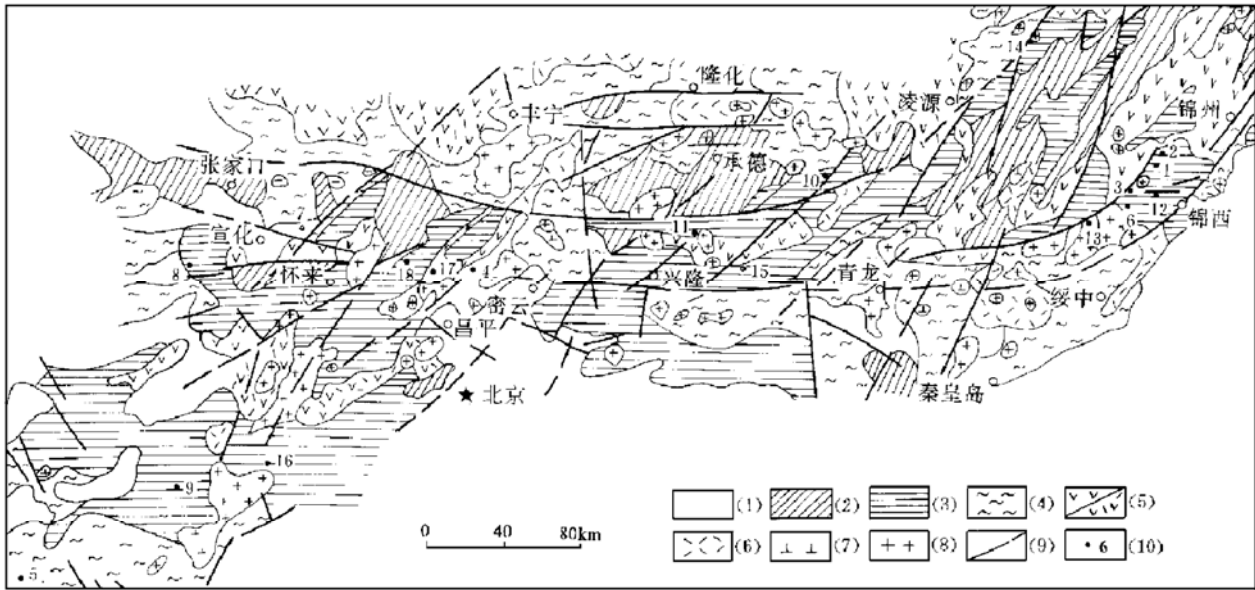


图1 华北地台北缘燕辽钼(铜)成矿带地质略图

(1)—喜山期构造层(含 R、N、Q);(2)—燕山期构造层(J—K);(3)—后吕梁—印支期构造层(Pt₂—T);(4)—太古—早元古代构造层(Ar—Pt₁);(5)—燕山期基性-中性火山岩;(6)—燕山期酸性火山岩;(7)—燕山期中性侵入岩;(8)—燕山期花岗岩类;(9)—断裂;(10)—钼或铜(钼)矿床及编号。斑岩型钼矿床:1—兰家沟;2—钢屯;3—新台门;4—石湖峪;5—后峪。斑岩-矽卡岩型钼矿床:6—北松树卯;7—贾家营;8—三义庄;9—大湾。斑岩-矽卡岩型铜(钼)矿床:10—小寺沟;11—寿王坟。矽卡岩型钼矿床:12—杨家杖子;13—老虎沟;14—肖家营子;15—莫古峪;16—野狐;17—东三岔。爆破角砾岩筒型钼矿床:18—大庄科。

Fig. 1 Schematic geological map showing the Yanliao molybdenum metallogenic belt on the northern margin of the North China Platform.

(1)—Himalayan structural layer (including R, N, Q);(2)—Yanshanian structural layer (J—K);(3)—Post-Luliang-Indosinian structural layer (Pt₂—T);(4)—Archeozoic-Early Proterozoic structural layer (Ar—Pt₁);(5)—Yanshanian basic and intermediate-basic volcanics;(6)—Yanshanian acidic volcanics;(7)—Yanshanian intermediate intrusives;(8)—Yanshanian granitoids;(9)—Fault;(10)—Molybdenum or copper-molybdenum deposit and its serial number. Porphyry type molybdenum deposits:1—Lanjiagou; 2—Gangtun; 3—Xintaimen; 4—Shihuyu; 5—Houyu. Porphyry-skar type Molybdenum deposits:6—Beisongshumao; 7—Jiajiaying; 8—Sanyizhuang; 9—Dawan. Porphyry-skar type copper-molybdenum deposits:10—Xiaosigou; 11—Shouwangfen. Skarn type molybdenum deposits:12—Yangjiazhangzi; 13—Laohugou; 14—Xiaojiayingzi; 15—Moguyu; 16—Yehu; 17—Dongshancha. Explosive breccia pipe type molybdenum deposit:18—Dazhuangke.

分布在灰岩层间构造破碎带中。辉钼矿产出方式有:呈浸染状散布于矽卡岩的矿物粒间或石榴石裂隙中;呈纯辉钼矿细脉、辉钼矿-石英细脉或辉钼矿-方解石细脉;呈结晶粗大的菊花状辉钼矿等^[3]。肖家营子矽卡岩型钼矿床赋存于细粒似斑状闪长岩与雾迷山组白云岩接触带的矽卡岩内,其钼矿化主要呈辉钼矿脉、辉钼矿-石英脉、辉钼矿-方解石脉、辉钼矿-钾长石脉、辉钼矿-石榴石脉、辉钼矿-次透辉石脉和辉钼矿-萤石脉等产出^[3]。在小寺沟矿区,受北西与北东向断裂联合控制的燕山期花岗闪长斑岩与雾迷山组含燧石白云岩呈侵入接触,形成矽卡岩。铜矿体呈似层状、透镜状产于镁矽卡岩、蛇纹石化白云岩、石榴石矽卡岩和花岗闪长斑岩的裂隙中,钼矿体呈不规则脉状、透镜状产于斑岩体的黄铁绢英岩及石榴石矽卡岩内,因此构成小寺

沟斑岩-矽卡岩型铜(钼)矿床。矿体由黄铜矿-辉钼矿-黄铁矿-石英脉、黄铁矿-黄铜矿-斑铜矿-辉钼矿-石英脉、黄铁矿-辉钼矿-石英脉和辉钼矿-方解石脉等组成。寿王坟斑岩-矽卡岩型铜(钼)矿床,产于燕山期花岗闪长岩与灰岩接触带的矽卡岩内。矿体主要由浸染状黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿和辉钼矿-黄铜矿-黄铁矿-石英脉、辉钼矿-黄铁矿-石英脉等组成。大庄科爆破角砾岩筒型钼矿床与燕山期石英闪长岩-石英二长岩类有关,分布在大庄科破火山口边缘,由具钼矿化的龙潭(7个矿体)和董家沟塘石(7个矿体)两个角砾岩筒组成,辉钼矿主要呈浸染状和细脉状产于角砾岩中。辉钼矿多型为 2H 型^[3]。大湾斑岩-矽卡岩型钼矿床与侵入于五台群斜长片麻岩和高于庄组白云岩中的燕山期流纹斑岩有关,钼矿体主要发育于流纹斑岩内,部分钼、锌矿体产于接触带的镁矽卡岩中^[4]。

至于东秦岭钼矿带内的主要钼矿床分布及简要成矿地质特征,可参阅文献[2],在此不再赘述。

此外,中条山铜矿峪变斑岩铜(钼)矿床,位于山西台隆南部五台-中条隆起南缘,中条人字形古裂谷(晚太古-早元古代)拗陷带北部。最主要的铜(钼)矿体呈似层状、扁平透镜状产于晚太古界绛县群骆驼峰组地层中,且与地层产状一致。其中 4 号矿体除顶部产于黑云母片岩、黑云角闪片岩中外,主要是赋存于变花岗斑岩、变石英二长斑岩及绢英岩内;5 号矿体产于变花岗闪长斑岩、变石英二长斑岩及绢英岩中^①。铜(钼)矿化主要呈细脉浸染状、细脉状和脉状黄铁矿-黄铜矿-辉钼矿-石英和辉钼矿-石英产出^①^[5]。篦子沟沉积变质型铜(钼)矿床与铜矿峪矿床产出的地质构造条件相同,其位于后者西南部,相距约 15 km,该矿床主要赋存于早元古界中条群篦子沟组石英云母片岩、碳质片岩、石英钠长岩内。矿体主要由条带状、细脉浸染状和脉状铜(钼)矿化组成,呈层状、似层状、透镜状,与地层产状一致。在矿体上盘常见沿裂隙产出的硫化物-石英-白云石脉^[5]。

2 钼和铜(钼)硫化物矿床的 Re-Os 年龄测定

2.1 Re-Os 法定年的基础

与 Rb-Sr 法定年方程相类似,一个含铼体系的¹⁸⁷Os 增长可表示为:

$$\frac{{}^{187}\text{Os}}{{}^{186}\text{Os}} = \left(\frac{{}^{187}\text{Os}}{{}^{186}\text{Os}}\right)_i + \frac{{}^{187}\text{Re}}{{}^{186}\text{Os}}(e^{\lambda t} - 1)^{[10]}$$

式中¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 为同位素的现代比值, (¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os)_i 为体系对 Re 和 Os 是封闭的初始 Os 同位素比值,¹⁸⁷Re/¹⁸⁶Os 为这两种同位素的现代比值。 λ 为¹⁸⁷Re 的衰变常数, t 为体系成为 Re 和 Os 封闭系统以来所经历的时间。初始¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 比值必须假定。上述方程适用于具有共同年龄和相同初始¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 比值的一组样品。这样的样品在¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 对¹⁸⁷Re/¹⁸⁶Os 坐标中构成一条等时线,等时线的斜率与样品的年龄成比例。该等时线在纵坐标上的截距将给定初始¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 比值。

Re-Os 模式年龄可通过单个样品的 Os 同位素组成和 Re、Os 含量来计算,但必须假定初始¹⁸⁷Os/¹⁸⁶Os 比值。对于辉钼矿来说,其通常含有一定数量的 Re,普通 Os 含量甚微,其所含

① 李树屏,陈文明等,1994,中条山铜矿峪型铜矿成矿条件及找矿预测

Os 几乎全部为由 ^{187}Re 衰变而来的 ^{187}Os 。因此,辉钼矿形成的 Re-Os 模式年龄,可据其 Re、 ^{187}Os 含量的准确测定结果,利用方程 $t = \frac{1}{\lambda} [\ln(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}})]$ 来求得。式中 λ 为 ^{187}Re 的衰变常数,目前多采用 $\lambda = 1.64 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ [11], ^{187}Re 含量 = 62.602% (^{187}Re 丰度[12]) \times Re 含量。

2.2 分析方法

采用同位素稀释-等离子体质谱法测定辉钼矿的 Re-Os 年龄。有关样品处理方法可参阅[6]。在质谱测量中用普通 ^{190}Os 作标准,采用 Nier 丰度值进行仪器的质量歧视效应校正。Re 和 ^{187}Os 的空白值分别为 0.07 ng 和 0.01 ng。分析精度:Re、Os 的分析误差约为 3%,Re-Os 年龄误差为 3%~4%。

2.3 分析结果

现将辽宁兰家沟、杨家杖子、肖家营子和北京大庄科、河北大湾等钼矿床,以及河北小寺沟、寿王坟和山西铜矿峪、篦子沟等铜(钼)矿床的辉钼矿或钼精矿的 Re、 ^{187}Re 、 ^{187}Os 含量和 Re-Os 模式年龄或等时线年龄,列于表 1。由表 1 可见:① 燕辽钼矿带内,除肖家营子钼矿床的辉钼矿含铼量较高(119.6×10^{-6})外,兰家沟、杨家杖子、大庄科和大湾钼矿床的辉钼矿含铼量介于 $4.7 \times 10^{-6} \sim 60.6 \times 10^{-6}$ 。小寺沟和寿王坟铜(钼)矿床的辉钼矿含铼也较低($10.5 \times 10^{-6} \sim 37.14 \times 10^{-6}$)。② 山西台隆篦子沟铜(钼)矿床的辉钼矿含铼 $31.3 \times 10^{-6} \sim 579.2 \times 10^{-6}$ 。铜矿峪铜(钼)矿床的辉钼矿含铼 $0.17 \times 10^{-6} \sim 152.2 \times 10^{-6}$ 。这些数据表明,不仅不同的钼或铜(钼)矿床的辉钼矿含铼量不同,就是同一矿床中其含铼量也有明显的变化。反映出辉钼矿中铼含量的不均匀性。③ 鉴于铼只有 2 个天然产出的同位素,即 ^{185}Re 和 ^{187}Re ,它们的丰度分别为 $(37.398 \pm 0.016)\%$ 和 $62.602 \pm 0.016\%$ [12],故所研究矿床中辉钼矿的 ^{187}Re 含量比 ^{185}Re 高是不言而喻的。但凡铼含量高的,其 ^{187}Re 含量和由 ^{187}Re 衰变成稳定的 ^{187}Os 含量也较高。④ 所计算的各矿床辉钼矿的 Re-Os 模式年龄:兰家沟矿床 $185 \times 10^6 \sim 192 \times 10^6 \text{ a}$,其 5 个样品的 Re-Os 等时线年龄为 $186.5 \times 10^6 \text{ a}$ ($a = 0.12 \pm 0.12, b = 0.003063 \pm 0.000011, r = 0.99998$)、杨家杖子矿床为 $187 \times 10^6 \sim 191 \times 10^6 \text{ a}$ 、肖家营子矿床为 $177 \times 10^6 \text{ a}$,这三个矿床的成矿时代均为燕山早期。小寺沟矿床为 $134 \times 10^6 \text{ a}$ 、寿王坟矿床为 $148 \times 10^6 \text{ a}$ 、大湾矿床为 $144.4 \times 10^6 \text{ a}$ 、大庄科矿床为 $144.7 \times 10^6 \sim 147.1 \times 10^6 \text{ a}$,它们均属燕山中—晚期成矿。铜矿峪矿床为 $2076 \times 10^6 \sim 2140 \times 10^6 \text{ a}$,其 4 个样品的 Re-Os 等时线年龄为 $2108 \times 10^6 \text{ a}$ ($a = 0.05 \pm 0.03, b = 0.03518 \pm 0.00053, r = 0.9999$)、篦子沟矿床为 $1919 \times 10^6 \sim 1980 \times 10^6 \text{ a}$,分别为早元古代早期和晚期成矿。

3 华北地台主要的钼或铜(钼)矿床成矿时代及其成矿演化

众所周知,为了研究区域成矿规律和有关金属成矿作用的时空演化特征,成矿年代学的研究具有十分重要的意义,成为当今矿床地质学研究的重要课题之一。

在没有直接测定金属矿床成矿年龄的同位素方法问世之前,以往都是采用传统的同位素方法测定与成矿有关岩体、蚀变围岩矿物或矿体脉石矿物等的年龄,来推断矿化年龄,但本文作者曾指出,这些年龄并不能代表有关矿床的真实年龄[2]。随着对 Re、Os 地球化学特征的较深入认识,和 Re-Os 同位素组成测试技术方法的长足进步,使得 Re-Os 衰变体系在地学研究

表 1 钼矿床和铜(钼)矿床辉钼矿的 Re-Os 年龄
Table 1. Re-Os ages of molybdenite from the molybdenum and copper-molybdenum deposits

矿床	样号	主要矿物组合	取重量 (mg)	Re(2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Re(2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Os(2σ) (ng/g)	模式年龄 (10 ⁶ a)	等时线年龄 (10 ⁶ a)	围岩或岩体年龄 (10 ⁶ a)
兰家沟斑岩型钼矿床	L-1	Py+Mo+Q	130	31.04±0.74	19.43±0.46	60.02±0.65	188±5	186.5±0.7	赋矿细粒似斑状花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄 154 ^① ；伴有辉钼矿的云英岩(化)白云母 K-Ar 同位素年龄 188.8 ^[7]
	L-3	Py+Mo+Q	90	45.13±1.01	28.25±0.64	86.50±1.14	186±5		
	L-5	Py+Mo+Q	90	44.74±0.57	28.01±0.36	86.39±1.83	188±5		
	L-17	Py+Mo+Q	499.1	4.7±0.1	3.00±0.06	9.3±0.2	192±5		
	L-18	钼精矿	81.5	60.6±0.7	37.94±0.44	115.6±2.0	185±4		
杨家杖子砂卡岩型钼矿床	Y-15-1	Mo+Q	101.4	34.4±0.5	21.54±0.35	67.0±1.8	190±6		粗粒花岗岩中云英岩的白云母 K-Ar 同位素年龄 188.8 ^[7] ；钙矽卡岩中金云母(脉)的 K-Ar 同位素年龄 211 ^[7]
	Y-15-2	Py+Mo+Q	147.1	33.8±0.3	21.16±0.30	65.1±0.7	187±2		
	Y-17	Mo+Q	183	53.1±1.2	33.24±0.40	104.1±1.9	191±6		
肖家营子砂卡岩型钼矿床	X-5	Mo+Q	40	119.58±0.59	74.86±0.59	217.71±5.4	177±5		辉长辉绿岩和细粒似斑状闪长岩的 K-Ar 同位素年龄分别为 177 和 113 ^[3]
小寺沟斑岩-砂卡岩型铜(钼)矿床	S-17	Mo+Cp+Py+Q	100	37.14±0.5	23.25±0.31	51.18±0.70	134±3		花岗闪长斑岩的 K-Ar 同位素年龄 129 ^②
寿王坟斑岩-砂卡岩型铜(钼)矿床	SH-13	Mo+Py+Cp+Q	400	10.51±0.18	6.58±0.11	16.02±0.30	148±4		花岗闪长岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 130 ^[8]
滦源大湾斑岩-砂卡岩型钼矿床	DW95-1	钼精矿	297.8	17.14±0.32	10.73±0.20	25.44±1.22	144.4±7.4		
大庄科爆破角砾岩筒型钼矿床	DC-95-1	Mo+Q	314.6	15.97±0.16	10.00±0.10	24.15±1.08	147.1±6.63		石英二长岩 K-Ar 同位素年龄 126 ^②
	DC-95-1'	斑点状结晶较大辉钼矿	279.1	20.19±0.32	12.64±0.20	30.03±2.20	144.7±10.7		
	DC-95-2	Mo±Py+Q	275.6	11.24±0.20	7.03±0.14	16.89±0.59	146.4±5.9		
中条山铜矿峪变斑岩型铜(钼)矿床	S528-1	Py+Cp+Mo+Q	500	1.24±0.04	0.78±0.03	27.52±0.30	2109	2108±32 ^③	绛县群铜矿峪组变流纹质凝灰岩单颗粒 U-Pb 年龄 2166±26 ^[9] ；铜矿峪变流纹质凝灰岩单颗粒 U-Pb 年龄 2145 ^[9] ；单颗粒石离子探针质谱年龄 2115±6 ^[9] ；含铜变石英斑岩常规 U-Pb 年龄 2195±64 ^[9] ；铜矿峪矿床 5 号矿体容矿岩石(变石英二长斑岩+变石英晶屑凝灰岩)的 Rb-Sr 等时线年龄 1778±27 ^[5]
	S528-2	Py+Cp+Mo+Q	500	1.08±0.02	0.68±0.01	23.58±0.29	2076		
	S602	Mo+Q	30	152.2±3.6	93.3±2.20	3332±37	2140		
	5147-3	Py+Mo+Cp+Q	2000	0.172±0.0030	0.1074±0.002	3.81±0.14	2098		
	S601	Mo+Q	150	31.26±0.13	19.57±0.29	646±10	1980±22		
篁子沟沉积变质型铜(钼)矿床	N24	Mo+Q	10	579.20±7.40	362.60±4.60	11600±170	1919±37		中条群篁子沟组火山岩单颗粒 U-Pb 年龄 2060±3 ^[6]
	EN93-Kul	Mo+Q	25~50	85.0		2526	2817±8		Kuittila 英云闪长岩的锆石 U-Pb 年龄 2745±10 ^[14]
立陶宛 Kabelaia 花岗岩中使变型铜(钼)矿点 ^[13]	SW93-KA1	Py+Cp+Mo+Q	25~50	2.393		37.5	1503±7		Kabelaia 花岗岩的锆石 U-Pb 年龄 1505±11 ^[15]

注：表中矿物名称代号：Py—黄铁矿；Mo—辉钼矿；Cp—黄铜矿；Q—石英；①余和勇、王吉珺、辽宁杨家杖子钼田钼矿成矿时代讨论。全国钼矿学术讨论论文集，河南地质(增刊)，1985；②权恒、韩庆云、辽西冀北地区与中生代火山-侵入岩有关多金属成矿地质条件及成矿远景研究，1990；③陈文明等，Polygenetic mineralization of the metamorphosed Tongkuanyu porphyry copper deposit in the Zhongtiao mountains, Shanxi, China. The 9th Symposium of international association on the genesis of ore deposits. 1994, Vol.1, 第 387~388 页

方面逐渐得到广泛应用。Re-Os法不但可用来测定陨石、科马提岩和铂族元素矿床的形成年龄,而且是直接测定铜-镍硫化物矿床、钼或铜(钼)矿床成矿年龄行之有效的新方法。

3.1 对有关矿床 Re-Os 年龄的认识及简要讨论

从表1可见:①赋矿岩体(兰家沟细粒似斑状花岗岩、铜矿峪石英二长斑岩、寿王坟花岗闪长岩)的Rb-Sr等时线年龄或与成矿有关岩体(肖家营子细粒似斑状闪长岩、小寺沟花岗闪长斑岩、大庄科石英二长岩)的K-Ar同位素年龄都比相应矿床辉钼矿的Re-Os年龄小得多,究其原因,恐怕是这些岩体受到与成矿作用有关热液活动的影响,发生了不同程度的热液蚀变,因此难以满足Rb-Sr和K-Ar法定年所要求的封闭系统条件所致。发育于细粒似斑状花岗岩(兰家沟)和粗粒花岗岩(杨家杖子)中,且伴有钼矿化云英岩的白云母K-Ar同位素年龄(189×10^6 a)^[7],以及杨家杖子钼矿床的钙矽卡岩中金云母(脉)的K-Ar同位素年龄(211×10^6 a)^[7],除了与这两个钼矿床的Re-Os同位素年龄接近外,还为这两个成矿地质背景(地层、构造、岩浆岩)相同,而矿床类型有别,但同为燕山早期钼热液成矿提供了旁证。②铜矿峪和篦子沟铜(钼)矿床辉钼矿的Re-Os年龄分别比相应容矿围岩中单颗锆石U-Pb年龄($2166 \times 10^6 \sim 2145 \times 10^6$ a)或单颗锆石离子探针质谱年龄(2115×10^6 a)和单颗锆石U-Pb年龄(2060×10^6 a)稍小,但较接近,说明这两个铜(钼)矿床的成矿时代分别为早元古代早期和晚期,是我国铜(钼)矿化的最古老年龄,且与成矿地质条件相符。而铜矿峪变石英二长斑岩+变石英晶屑凝灰岩的Rb-Sr等时线年龄(1778×10^6 a)^[5]并不能代表真实的矿化年龄。③国外1994年前报道的和作者1994年发表的有关用辉钼矿的Re-Os法定年的论文,都是假定辉钼矿基本上不含普通Os。实际上,H J Stein等^[13]用负热离子质谱测定法(NTIMS),测定芬兰Kuittila和立陶宛Kabeliai的前寒武纪辉钼矿分别含普通Os为 0.508×10^{-9} 和 $<0.060 \times 10^{-9}$ 。他们在研究这两个钼或铜(钼)矿点的辉钼矿Re-Os年龄时,假定 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 值0.1271等于现今地幔的该比值,对普通Os进行了校正。最后认为,辉钼矿中的普通Os(即使所含普通Os被作为 ^{187}Os 存在)并不影响其Re-Os年龄计算结果。我们所分析的辉钼矿样品,其普通Os含量甚微,如黄龙铺矿床钼精矿由美国地调所H J Stein等用NTIMS测定其普通Os含量仅为 $0.2 \times 10^{-9} \sim 1.8 \times 10^{-9}$;所确定的Re-Os等时线年龄为 225.0×10^6 a(与H J Stein私人通讯,1996),与作者用ID-ICP-MS测定的该矿床Re-Os等时线年龄 221×10^6 a基本一致。基于上述情况,在利用辉钼矿的Re、Os同位素组成计算Re-Os年龄时,忽略其所含微量普通Os,对年龄没有多大影响。

3.2 对钼矿带形成与成矿演化的探讨

黄典豪等^[3]指出,我国4个钼成矿省中以中朝准地台(华北地台)钼成矿省最重要。其由地台北缘燕辽钼矿带和南缘东秦岭钼矿带组成。研究表明,燕辽钼矿带的形成受控于燕山台褶带内中生代构造-岩浆带,中生代时期复活的近东西向老基底断裂和新产生的北东-北北东向断裂或它们的交汇部位,往往控制着与钼或铜(钼)矿化有关的花岗岩类和矿床的空间分布。东秦岭钼矿带同样受控于豫陕断隆区内中生代构造-岩浆带,陕西段金堆城-黄龙铺地区与成矿有关的花岗斑岩或碳酸岩脉和相应的矿床,主要受近东西向和北西向断裂或北东和北西向断裂的联合制约,河南段栾川地区,近东西向和北东向断裂控制着与成矿有关花岗斑岩体及相应矿床的产出。在这两个钼矿带内,但凡产于硅酸盐岩石(花岗斑岩、长英质或中性火山岩等)内的钼矿床多为斑岩型,而产生花岗岩类与碳酸盐地层接触带的钼或铜(钼)矿床为矽卡岩型或斑

岩-矽卡岩型。

这两个钼矿带的钼矿资源之所以如此丰富,除上述中生代构造-岩浆强烈活动外,与其中存在区域性钼地球化学异常有着不容忽视的重要联系,如冀北-辽西地区蓟县系(Pt_2)、下古生界($C-O$)和中生代岩浆岩的钼含量均较高,分别为 2.53×10^{-6} 、 4.5×10^{-6} 和 5.8×10^{-6} (权恒、韩庆云,1990)。小秦岭地区太华群平均含钼 $1.5 \times 10^{-6} \sim 5.2 \times 10^{-6}$,熊耳群变安山岩平均含钼 $1.7 \times 10^{-6} \sim 5.9 \times 10^{-6}$,栾川群平均含钼 $2.7 \times 10^{-6} \sim 15.7 \times 10^{-6}$ [2]。可见,这两个钼矿带及其中钼矿床的广泛产出,乃是中生代尤其是燕山期岩浆侵位和带内钼地球化学场特征综合作用的结果。

本文和东秦岭地区钼矿床辉钼矿的 Re-Os 年龄[2]研究结果表明,华北地台上最早的钼矿化时代为早元古代早期(铜矿峪铜(钼)矿床)和早元古代晚期(篦子沟铜(钼)矿床),其后直至中生代伴随广泛的中-酸性岩体侵位,致使地台北、南两缘的钼矿化达到高峰,形成了燕辽钼矿带中以燕山早期(兰家沟、杨家杖子和肖家营子钼矿床)和燕山中-晚期(大庄科和大湾钼矿床、小寺沟和寿王坟铜(钼)矿床)矿化为特征;东秦岭钼矿带以印支期(黄龙铺钼(铅)矿床)和燕山中-晚期(南泥湖钼(钨)矿床、金堆城和石家湾钼矿床)矿化为主[2]。尽管华北地台上山西台隆有早元古代的钼矿化,但其钼矿规模和工业意义,远不及燕山台褶带和豫陕断隆区内的燕山期或印支期钼矿资源丰富和重要。这为了解华北地台的钼或铜(钼)成矿演化提供了重要的成矿年代学新资料。

参 考 文 献

- 1 黄汲清教授指导,任纪舜,姜春发等执笔. 中国大地构造及其演化(1:400万中国大地构造图简要说明). 北京:科学出版社,1980,33
- 2 黄典豪,吴澄宇等. 东秦岭地区钼矿床的铼-钨同位素年龄及其意义. 矿床地质,1994,13(3):221~230
- 3 黄典豪,董群英,甘志贤. 中国钼矿床. 见:宋叔和主编. 中国矿床,上册,第八章. 北京:地质出版社,1989,493~536
- 4 马国玺. 河北涞源大湾钼矿床地质特征. 华北地质矿产杂志,1995,10(1):64~75
- 5 孙海田,葛朝华. 中条山式热液喷气成因铜矿床. 北京:北京科学技术出版社,1990,49~98
- 6 何红蓼,杜安道等. 铼-钨同位素的等离子体质谱法测定及其在辉钼矿测年中的应用. 岩矿测试,1993,12(3):161~165
- 7 赵一鸣,林文蔚等. 中国矽卡岩矿床. 北京:地质出版社,1990,292~293
- 8 张德全,孙桂英. 中国东部花岗岩. 武汉:中国地质大学出版社,1988,15
- 9 孙大中,李惠民等. 中条山前寒武纪年代学、年代构造格架和年代地壳结构模式的研究. 地质学报,1991,(3):216~228
- 10 Faure G. Principles of isotope geology (second edition). John Wiley & Sons. 1986, 265~267
- 11 Lindner M, Leich D A, Russ G P, Bazan J M, Borg R. J. Direct determination of the half-life of ^{187}Re . Geochim. Cosmochim. Acta, 1989, 53: 1597~1606
- 12 Gramlich J W, Murphy T J, Garner E L, Shields W R. Absolute isotopic abundance ratio and atomic weight of a reference sample of rhenium. J. Res. Nat. Bur. Stand., A:Phys. and Chem., 1973, 77A(6):691~698
- 13 Stein H J, Markey R, Morgan J W, Sundblad K. Re-Os ages for Precambrian molybdenites from Kuittila, Finland and Kabeliai, Lithuania. Mineral Deposits, 1995, 525~529
- 14 Vaasjoki M, Sorjonen-ward P, Lavikainen S. U-Pb age determinations and sulfide Pb-Pb characteristics from the Late Archean Hattu schist Belt, Llomantsi, eastern Finland. Geological Survey of Finland Special Paper, 1993, 17, 103~131

- 15 Sundblad K, Mansfeld J, Motuza G, Ahl M, Claesson S. Geology, geochemistry, and age of a Cu-Mo-bearing granite at Kabeliai, southern Lithuania. *Mineralogy and petrology*, 1994, 50, 43~57

METALLOCHRONOLOGY OF MOLYBDENUM (-COPPER) DEPOSITS IN THE NORTH CHINA PLATFORM: Re-Os AGE OF MOLYBDENITE AND ITS GEOLOGICAL SIGNIFICANCE

Hunag Dianhao¹, Du Andao², Wu Chengyu¹, Liu Lansheng³,
Sun Yali² and Zou Xiaoqiu²

(*Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037; 1 Institute of Mineral Deposits; 2 Institute of Rock and Mineral Analysis; 3 Institute of Geology*)

Key words: molybdenum (-copper) deposit, ¹⁸⁷Re and ¹⁸⁷Os isotopes, Re-Os age and its geological significance, North China platform

Abstract

The North China platform is the most important molybdenum metallogenic province of China, which consists of the Yanliao molybdenum ore belt on the northern margin and the East Qinling molybdenum ore belt on the southern margin. The two molybdenum ore belts are controlled by the Mesozoic tectonic-magmatic belts in the Yanshan platform fold belt and the Henan-Shaanxi uplifting area as well as their molybdenum geochemical anomalous fields. Molybdenum (-copper) sulfide deposits had been traditionally dated by indirect methods such as K-Ar or Rb-dating techniques, in which ages were determined by measuring isotopes of intrusive rocks related to mineralization, minerals from altered wall rocks, and gangue minerals from orebodies. In our study, ID-ICP-MS technique was used, which directly determined Re-Os ages of molybdenites from molybdenum or copper-molybdenum deposits. The results obtained show that (1) the Tongkuanyu metaporphry type copper-molybdenum deposit (with the Re-Os isochron age of 2108×10^6 a) and the Bizigou sedimentary metamorphic copper-molybdenum deposit (with the Re-Os model ages of $1919 \times 10^6 \sim 1980 \times 10^6$ a) in the Shanxi platform uplift were formed respectively in early period and late period of Early Proterozoic; (2) Mineralization of molybdenum or copper-molybdenum deposits in the Yanliao molybdenum ore belt took place in early Yanshanian period (the Re-Os isochron age of the Lanjiagou porphyry molybdenum deposit is 185.5×10^6 a, the Re-Os model ages of the Yangjiazhangzik and Xiaojiayingzi skarn type molybdenum deposits are $187 \times 10^6 \sim 191 \times 10^6$ a and 177×10^6 a, respectively) and middle-late Yanshanian periods (the Re-Os model age of the Dazhuangke explosive breccia type molybdenum deposit is 144.4×10^6 a, the Re-Os model ages of the Xiaosigou and Shouwangfen porphyry skarn type copper-molybdenum deposits are 134×10^6 a and 148×10^6 a, respectively). The mineralization ages of molybdenum

deposits in the East Qinling molybdenum deposits are dominantly Indosinian (the Re-Os isochron age of the Huanglongpu carbonatite vein type molybdenum (lead) deposit is 221×10^6 a) and middle-late Yanshanian (the Re-Os isochron age of the Nannihu-Sandaozhuang porphyry skarn molybdenum tungsten deposit is 147×10^6 a, the Re-Os model ages of the Jinduicheng and Shijiawan porphyry molybdenum deposits are $129 \times 10^6 \sim 139 \times 10^6$ a and 138×10^6 a, respectively).

Despite the existence of the early Proterozoic molybdenum mineralization in the North China platform, the molybdenum ore deposits of the Yanshanian or Indosinian period are of the highest economic value. The above results provide valuable Re-Os ages for the understanding of the evolution of molybdenum or copper-molybdenum mineralization in the North China platform.

欢迎订阅 1997 年《中国矿业》杂志

《中国矿业》杂志, 国家科委批准, 中国矿业协会主办, 双月刊, 每期额定版面 88 页, 激光照排, 胶版印刷, 16 开本, 全国矿业应用科技期刊, 国内统一刊号 CN11-3033/TD, 国际连续出版物号 ISSN1004-4051, 邮发代号 8—132, 公开发行, 中央级矿业核心期刊。

《中国矿业》杂志是我国矿业界集政策性、权威性、技术性与可读性融为一体的综合性科技期刊。办刊任务是: 报道国家矿产资源开发的方针政策; 推广交流矿业生产、建设经验; 反映设计、科研成果, 新技术、新方法、新工艺在实践中的应用; 促进国内外学术交流, 推动矿山企业的科学管理, 增强矿山企业的生产活力, 加速采掘工业的发展。

《中国矿业》杂志读者对象: 地质矿产、煤炭、黑色冶金、有色金属、化工、建材、轻工、军矿、铀矿冶、非金属等矿山企事业单位高中级科技人员, 管理干部, 矿业高等院校教师、高校高年级学生。

《中国矿业》杂志, 单月 15 日出版, 彩色封面复膜, 全年出 6 期, 总价 45 元(7.5 元/册)。

社址: 北京北礼士路 70 号(邮政编码: 100037) 电话: (010)68364136

辽宁鞍山南胜利路 35 号(邮政编码: 114002) 电话: (0412)5535319