

东秦岭地区钼矿床的铼-钨同位素年龄及其意义*

黄典豪 吴澄宇

杜安道 何红蓼

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

(中国地质科学院岩矿测试技术研究所, 北京)

提 要: 金属矿床的成矿年龄多年来一直是矿床地质工作者关注的问题之一。中国地质科学院岩矿测试技术研究所建立的铼-钨同位素定年实验室, 为研究钼矿床的形成时代提供了新的手段。因辉钼矿是最主要的含铼矿物之一, 且基本上不含普通钨, 其中所含 ^{187}Os 是由 ^{187}Re 衰变而来, 故放射成因 ^{187}Os 的积累是矿物年龄及铼含量的函数。本文采用同位素稀释-等离子体质谱法, 测定了东秦岭钼矿带中几个不同类型的大型钼矿床的Re-Os年龄: 黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床的Re-Os年龄为印支期, 其余的斑岩型钼矿床和斑岩-矽卡岩型钼(钨)矿床的Re-Os年龄均为燕山期。

关键词: 钼矿床 ^{187}Re 和 ^{187}Os 同位素 Re-Os 年龄 东秦岭地区

1 成矿地质背景概述

位于华北地台南缘的东秦岭钼矿带是我国重要的大型钼矿分布地区之一, 也是钼的主要生产基地。东秦岭钼矿床主要集中分布于陕西金堆城-黄龙铺地区和河南栾川南泥湖-三道庄-上房沟地区。这些钼矿床均处于豫陕断隆区内。太古宇太华群片麻岩构成了本区的基底构造层, 它经历了角闪岩相区域变质和混合岩化作用。其上不整合产出的中-新元古界长城系熊耳群中酸性火山岩系及浅变质岩和蓟县系栾川群浅变质岩等, 构成上构造层。上构造层除了承袭基底的近东西向和北西向断裂构造外, 还发育有近北向和北东向的断裂。火成活动除元古代中酸性火山熔岩喷溢外, 还产生元古代花岗岩、古生代(或中生代)基性、偏碱性-碱性脉岩和火成碳酸岩脉及燕山期花岗岩类。黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床主要产于中元古界熊耳群变安山岩及凝灰板岩中, 矿体由含钼(铅)石英-方解石碳酸岩脉组成。主要矿石矿物有黄铁矿、方铅矿和辉钼矿, 含微量金红石、铌钛铀矿、铅铀钛铁矿、独居石、氟碳铈镧矿、钇易解石等; 脉石矿物有方解石、石英、微斜长石、钡天青石、黑云母等^[1]。金堆城斑岩型钼矿床产在侵位于熊耳群内的花岗斑岩体内外接触带。钼矿体由不同方向交错的黄铁矿-石英脉、黄铁矿-钾长石-石英脉、黄铁矿-辉钼矿-石英脉、黄铁矿-辉钼矿-钾长石-石英脉、白云母-萤石-黄铁矿-辉钼矿-石英脉等组成。主要矿石矿物是辉钼矿、黄铁矿, 次要的为磁铁矿、黄铜矿等; 脉石矿物有石英、钾长石、斜长石、绢云母、黑云母、绿泥石、萤石、方解石等^[2]。石家湾斑岩型钼矿床赋存于花岗斑岩外接触带的中元古界高山河组石英岩

* 本课题得到国家人事部非教育系统留学回国人员科技活动A类经费资助
黄典豪, 男, 1937年生, 研究员。从事矿床地质研究。邮政编码: 100037
1993-7-27收稿, 1994-3-25修改回

内。钼矿体主要由黄铁矿-辉钼矿-石英脉、辉钼矿-石英脉等组成。主要矿石矿物有黄铁矿、辉钼矿、方铅矿、黄铜矿等；脉石矿物有石英、绢云母、长石、萤石等⁽¹⁾。南泥湖-三道庄斑岩-矽卡岩型钼（钨）矿床的钼矿体产于斑状花岗岩体内及中元古界南泥湖组角岩中，钼矿体由辉钼矿-石英脉、辉钼矿-黄铁矿-钾长石-石英脉、辉钼矿-方解石-辉沸石-石英脉等组成；似层状辉钼矿-白钨矿矿体产于中元古界三川组钙矽卡岩内，矿体由矽卡岩中浸染状辉钼矿和钼白钨矿及辉钼矿-黄铁矿-石英脉、白钨矿-石英脉等组成。这两种矿体的矿石矿物有黄铁矿、辉钼矿、钼白钨矿及少量磁黄铁矿、磁铁矿、黄铜矿和闪锌矿；脉石矿物有钙铁榴石、富铁透辉石、镁橄榄石、粒硅镁石、符山石、阳起石、金云母、辉沸石、长石、石英、方解石等⁽³⁾。金堆城、南泥湖-三道庄等矿床的分布状况如图1所示。

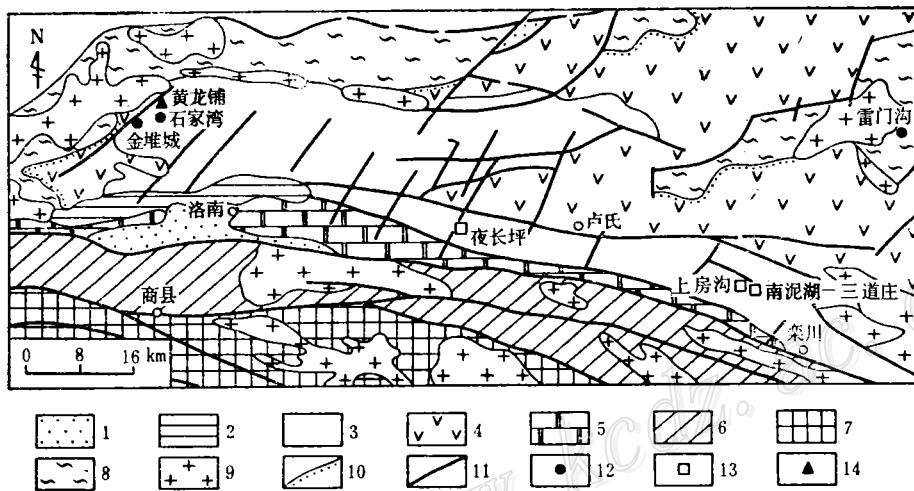


图1 东秦岭地区钼矿床分布地质略图

(据卢欣祥资料, 简化)

1—白垩系砂页岩；2—寒武系页岩、灰岩；3~6为中—新元古界：3—官道口群、栾川群碳酸盐岩、变质砂岩、页岩；4—熊耳群酸性火山岩；5—陶湾群大理岩；6—宽坪群绿片岩；7—早元古界秦岭群变质岩、混合岩；8—太古界太华群片麻岩、混合岩；9—花岗岩；10—地层不整合界线；11—断层；12—斑岩型钼矿床；13—斑岩-矽卡岩型钼（钨）矿床；14—碳酸岩脉型钼（铅）矿床

Fig. 1. Schematic geological map showing distribution of molybdenum deposits in the East Qinling area.

1—Cretaceous sandstone and shale; 2—Cambrian shale and limestones; 3—6 Meso-Neoproterozoic; 3—Carbonate rock, metasandstone and shale, of Guandaokou and Luanchan Group; 4—Intermediate to acid metavolcanics of Xionger Group; 5—Marble of Taowan Group; 6—Green schist of Kuanping Group; 7—Metamorphic rocks of Lower Proterozoic Qinling Group; 8—Gneiss and migmatite of Archean Taihua Group; 9—Granites; 10—Unconformity; 11—Fault; 12—Porphyry type molybdenum deposits; 13—Porphyry-skarn type molybdenum-(tungsten) deposit; 14—Carbonatite vein-type molybdenum-(lead) deposit.

2 钼矿床的铼-钨年龄测定

对上述钼矿床采集了15个辉钼矿样品，经中国地质科学院岩矿测试技术研究所铼-钨同位素实验室用同位素稀释-等离子体质谱法，进行 Re-Os 同位素测年。

2.1 分析方法

基于辉钼矿富含铼, 几乎不含普通钨, 其中钨全部为 ^{187}Re 衰变产生的 ^{187}Os , 因此可根据辉钼矿中铼、钨含量的准确测定计算其形成年龄。本文采用同位素稀释-等离子体质谱法测量辉钼矿的铼、钨含量, 详细的分析步骤参阅文献[4]。

分析方法的要点为: 在样品中加入 ^{185}Re 和 ^{190}Os 稀释剂后, 采用碱熔法分解样品。碱熔法的优点在于: ①防止分解过程中Os挥发损失; ②使样品与稀释剂中的Re、Os充分交换平衡并达到价态统一。用热水提取熔块后, 用丙酮萃取Re, 加入三氯甲烷和水反萃取Re于水相。通过蒸馏法分离Os, 用冰浴水吸收蒸出的 OsO_4 , 并保持Os的最高价态, 使Os的ICP-MS测量信号增强约50倍, 实现了纳克量级Os的准确测定。在不同样品测定之间用30% H_2O_2 清洗进样系统, 大大缩短了清洗时间, 提高了分析效率。在质谱测量中用普通钨为标准, 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年龄的误差为3%~4%。

2.2 分析结果

陕西金堆城、黄龙铺、石家湾钼矿床和河南南泥湖-三道庄钼(钨)矿床, 以及美国科罗拉多州克莱梅克斯(Climax)、亨德逊(Honderson)钼矿床的辉钼矿或钼精矿的 ^{187}Re 、 ^{187}Os 含量及表面年龄列于表1, 并引了加拿大Preissac和芬兰Mätäsvaara钼矿床中辉钼矿的Re-Os年龄数据以供参考^[14]。

由表1可见: (1) 东秦岭地区不同类型钼矿床和美国科罗拉多州克莱梅克斯、亨德逊钼矿床中, 斑岩型钼矿床的含Re量较低, 为 $7 \times 10^{-6} \sim 20 \times 10^{-6}$, ^{187}Os 含量也较低, 为 $2 \times 10^{-9} \sim 26.4 \times 10^{-9}$ 。黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床的含Re量较高, 为 $256 \times 10^{-6} \sim 633 \times 10^{-6}$, ^{187}Os 含量也较高, 为 $584 \times 10^{-9} \sim 1431 \times 10^{-9}$ 。而南泥湖-三道庄斑岩-矽卡岩型钼(钨)矿床的含Re量介于前两种矿床类型之间($13 \times 10^{-6} \sim 54 \times 10^{-6}$), 其 ^{187}Os 含量亦呈同样情况。(2) 黄龙铺钼(铅)矿床的Re-Os表面年龄为 $220 \times 10^6 \sim 231 \times 10^6 \text{ a}$; 5个样品的Re-Os等时线年龄为 $221 \times 10^6 \text{ a}$ ($a=0.019$, $b=0.003637$, $r=0.998$), 属印支期成矿。金堆城、石家湾钼矿床的Re-Os表面年龄分别为 $129 \times 10^6 \sim 139 \times 10^6 \text{ a}$ 和 $138 \times 10^6 \text{ a}$, 属于燕山中晚期成矿。美国克莱梅克斯和亨德逊钼矿床的Re-Os表面年龄为 $27 \times 10^6 \text{ a}$, 属于第三纪成矿。(3) 南泥湖-三道庄钼(钨)矿床的5个辉钼矿样品分别采自不同阶段的矿脉和矽卡岩, 根据矿脉间的相互交切关系, 可以确定它们的相对早→晚形成顺序: ①透辉石矽卡岩中粗粒辉钼矿; ②透辉石角岩中菊花状辉钼矿; ③钾长石-辉钼矿-石英脉; ④沸石-辉钼矿-石英脉; ⑤辉钼矿-石英大脉。但从所得Re-Os表面年龄为 $146 \times 10^6 \sim 156 \times 10^6 \text{ a}$ 看, 要用同位素稀释-等离子体质谱法测定结果严格区分不同矿化阶段辉钼矿的Re-Os年龄尚有一定困难。该矿床5个样品的Re-Os等时线年龄为 $147 \times 10^6 \text{ a}$ ($a=0.00049$, $b=0.002417$, $r=0.998$), 属燕山中期成矿。

3 讨论

3.1 现行金属矿床定年方法的局限性

众所周知, 金属矿床形成年龄的确定是矿床学研究的重要内容之一, 它不仅是正确认识矿床形成时代的基本数据, 而且是研究金属成矿作用的时、空演化, 探讨矿床的区域分布规

表 1 辉 钼 矿 的
Table 1. Apparent Re-Os

矿 床	样 号	矿、脉石矿物组合	取 样 量 (mg)
黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床	HD80-1	黄铁矿 + 方铅矿 + 辉钼矿 + 石英(±钽天青石) + 方解石	102
	HD81-96		10
	HD81-101		10
	HD93-10		105
	HD93-11		113
金堆城斑岩型钼矿床	J 82-1	黄铁矿 + 辉钼矿 + 石英	85
	J 82-9	黄铁矿 + 辉钼矿 + 钾长石 + 石英	150
	J 82-0	钼精矿(7次测定)	498~512
石家湾斑岩型钼矿床	HS81-1	黄铁矿 + 辉钼矿 + 石英	372
南泥湖-三道庄斑岩-矽卡岩型钼(钨)矿床	N83-39	钾长石 + 辉钼矿 + 石英	57
	N83-37	辉钼矿 + 沸石 + 石英	212
	N0-26	辉钼矿 + 石英	149
	N83-52	透辉石角岩中菊花状辉钼矿	66
	三-3	透辉石矽卡岩中粗晶辉钼矿	107
	三-4	钼精矿	
美 国	克莱梅克斯斑岩钼矿床	钼精矿 ^①	1000
	亨德逊斑岩钼矿床	辉钼矿 + 石英 ^②	1000
加拿大魁北克省Preissac石英脉型钼矿床			
芬兰 Mätisvaara 与花岗片麻岩伴生的钼矿床			

① 据西安地质矿产研究所1975年资料;

② 为黄典豪1984年赴美国西部考察斑岩Mo、Cu矿床时,美国学者J.Elliott等送给的样品,计算辉钼矿Re-Os

Re-Os 表 面 年 龄
ages of molybdenite

Re (2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Re (2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Os (2σ) (ng/g)	Re-Os年龄 (10 ⁶ a)	围岩年龄 (10 ⁶ a)
283.5 ± 6.9	177.5 ± 4.3	669.5 ± 13.1	230 ± 7	围岩时代为中元古界。与含钼(铅)石英-方解石碳酸岩脉伴生的铅铀钽铁矿-钾长石脉的铅铀钽铁矿 ²⁰⁸ Pb/ ²³⁸ U 表面年龄为 206 ⁽¹³⁾
256.0 ± 3.5	160.3 ± 2.2	583.9 ± 20.7	222 ± 8	
438.6 ± 6.0	274.6 ± 3.7	1024 ± 25	227 ± 7	
530.6 ± 12.9	332.1 ± 8.1	1261.6 ± 24.8	231 ± 7	
633.1 ± 5.4	396.3 ± 3.4	1431.1 ± 30.3	220 ± 5	
12.9 ± 0.4	8.1 ± 0.3	17.2 ± 0.7	129 ± 7	金堆城花岗斑岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 132 ⁽⁵⁾
19.7 ± 0.5	12.3 ± 0.3	26.4 ± 0.4	131 ± 4	
15.8 ± 0.5	9.9 ± 0.3	22.6 ± 0.4	139 ± 3	
10.17 ± 0.14	6.36 ± 0.09	14.41 ± 0.75	138 ± 8	石家湾花岗斑岩的K-Ar同位素年龄124 ⁽⁴⁾
53.7 ± 1.0	33.6 ± 0.6	80.6 ± 2.4	146 ± 5	南泥湖斑状花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄 142 ± 15 ⁽⁶⁾
34.27 ± 0.48	21.45 ± 0.3	51.54 ± 2.0	146 ± 6	
36.68 ± 0.92	22.97 ± 0.58	58.81 ± 2.4	156 ± 8	
22.3 ± 0.4	14.0 ± 0.3	34.0 ± 2.3	148 ± 10	
13.1 ± 0.1	8.2 ± 0.1	19.8 ± 0.8	147 ± 6	
			151 ± 4	
9.1 ± 0.2	5.7 ± 0.1	2.5 ± 0.1	2.7 ± 1.0	围岩中白云母的 K-Ar 同位素年龄 25.9 ~ 30.8 ⁽¹⁴⁾
6.97 ± 0.03		1.92 ± 0.11	26.6 ± 1.8	
8.3 ± 0.2	5.2 ± 0.1	2.3 ± 0.2	27 ± 2.0	
			平均2680 ± 90	二长花岗岩的Pb-Pb年龄2690 ± 40和锆石 U-Pb 年龄2655 ⁽¹⁴⁾
			平均2600 ± 90	锆石 U-Pb年龄2700 ± 130 ⁽¹⁴⁾

年龄的方程为： $t = \frac{1}{\lambda} \left[\ln \left(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}} \right) \right]$ ，式中为¹⁸⁷Re的衰变常数，目前国内外均采用 $\lambda = 1.64 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ ⁽¹⁵⁾

律,从而有效地选定勘查地域和目标的基础。迄今,对金属矿床的形成年代都是通过间接方法获得的,如采用K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd或U-Pb等同位素方法对矿化蚀变围岩、矿脉中的脉石矿物以及与成矿有关的火成岩体进行定年。然而,这些方法定年存在着一些严重的缺陷:

(1) 成矿岩体往往遭受了不同程度的热液蚀变,故 K-Ar、Rb-Sr 同位素体系不再满足封闭系统条件,由此获得的年龄有很大的不确定性。例如,对南泥湖花岗岩体,不少研究者采用K-Ar法和Rb-Sr等时线法对深部的黑云母花岗闪长岩和主体斑状花岗岩进行过年龄测定,所报道的K-Ar年龄结果为:黑云母花岗闪长岩 255×10^6 a (黑云母)^[6]、 $(136.5 \pm 3.7) \times 10^6$ a (黑云母)^[6]和 $(104.3 \pm 2.9) \times 10^6$ a (钾长石)^[6];斑状花岗岩 $(130.9 \pm 4.5) \times 10^6$ a (钾长石)^[6]和蚀变白云母 162×10^6 a^[6]。斑状花岗岩的Rb-Sr等时线年龄为 $(142 \pm 15) \times 10^6$ a,相关系数仅0.9829^[6]。面对上述变化范围宽广的年龄数据,如何判断准确的成岩年龄,往往令人无所适从,而且成岩年龄并不能代表真实的成矿年龄。

(2) 对于矿、岩时差较大的金属矿床,用岩体的年龄代表矿化年龄会导致错误的结论。

(3) 对于赋存于古老变质地体中的金属矿床,其围岩经历了复杂的变质、变形历史和后期热事件的叠加,这给准确厘定成矿时代造成重大困难。

3.2 铼-锇同位素年龄的精度和意义

И.Е.Есенов等^[18]认为,由于辉钼矿中 $^{187}\text{Os}/^{187}\text{Re}$ 比值随矿物年龄发生变化,故可利用矿物的 $^{187}\text{Os}/^{187}\text{Re}$ 比值确定矿床形成的绝对地质时代。但因70年代未能获得准确的 ^{187}Re 衰变常数,故难以获得矿床形成的可靠Re-Os年龄。

近年来,随着对Re、Os地球化学特征认识的深化和质谱分析技术的进步,如等离子体质谱和负离子热电离质谱等的出现,为Re-Os年龄的准确测定提供了重要手段。

J M Luck和C J Allégre^[16]测定了世界一些地区不同年龄的11个辉钼矿的Re、Os含量,均未检测到普通钷,所有钷均为 ^{187}Re 衰变而成的 ^{187}Os 。这一特性乃是辉钼矿Re-Os法定年的基础。

利用Re-Os法定年,要获得可靠的Re-Os年龄值,除了样品的化学处理方法正确外,其Re-Os必须是封闭系统和 ^{187}Re 衰变常数的准确性则是关键。正如Suzuki等^[17]指出的,Luck和Allégre(1982)报道的一些辉钼矿的Re-Os年龄是可疑的,因为用他们的方法进行重复试验时,只回收一点钷,这主要是分析过程中钷逸散所致。近来注意到利用同位素稀释法测定辉钼矿中钷时,样品和加入示踪同位素之间的完全同位素交换并没有为辉钼矿的常规酸分解所保证,这种同位素的不平衡效应将导致测定辉钼矿中钷含量和其Re-Os年龄的错误结果。此外,J M Luck等^[16]曾指出,如果辉钼矿经受了后期蚀变和(或)热事件的影响,其中某些铼可能会丢失。因此,我们在对所研究钼矿床的辉钼矿都是采集新鲜的样品,并用X光粉晶衍射法确定这些辉钼矿的多型均为2H或2H+3R型^[7],故可以认为其Re-Os为封闭体系。

本文采用的ICP-MS对辉钼矿中Re、Os的分析误差均为 $\pm 3\%$ 。图2是根据辉钼矿的 ^{187}Re 和 ^{187}Os 含量以及Re、Os分析误差,计算得到的年龄测定值误差变化范围与辉钼矿年龄之间关系。可见,年龄误差(Δt)的范围主要取决于由 ^{187}Os 分析误差3%和10%曲线所夹持

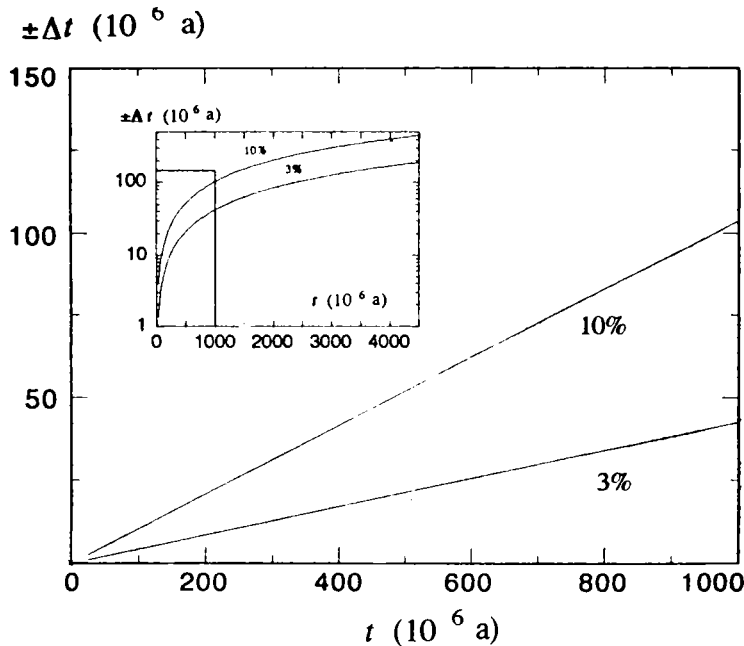


图 2 辉钼矿 Re-Os 年龄测定误差 (Δt) 与其真实年龄 (t) 之间的关系

计算中所利用的参数为：衰变常数 (λ) 的误差为 $\pm 0.05 \times 10^{-11(19)}$ ， ^{187}Re 和 ^{187}Os 的分析误差 (2σ) 分别为 $\pm 3\%$ 和 $\pm 3\% \sim \pm 10\%$ 。误差传播方程是：

$$\sigma_y = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_{x_j(j \neq i)}^2 \sigma_i^2}, \text{ 式中 } y = t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}} \right)$$

Fig. 2. Relation between Re-Os dating errors (Δt) and true ages (t) of molybdenite.

Parameters used in the calculation: error of decay constant (λ) is $\pm 0.05 \times 10^{-11(19)}$; analytical errors (2σ) are $\pm 3\%$ for ^{187}Re , and $\pm 3\% \sim \pm 10\%$ for ^{187}Os , respectively.

The error propagation equation is:

$$\sigma_y = \sqrt{\sum \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)_{x_j(j \neq i)}^2 \sigma_i^2}, \text{ where } y = t = \frac{1}{\lambda} \ln \left(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}} \right)$$

的区域。一般情况下， ^{187}Re 和 ^{187}Os 的分析误差在 $\pm 3\%$ ， Δt 则在 $3\% \sim 4\%$ 之间。当样品中 ^{187}Os 含量低 ($< 0.1 \times 10^{-9}$) 时，其分析误差可达 10% ，由此可造成较大的年龄误差 (达 $\pm 10\%$)。

3.3 东秦岭地区钼多金属成矿带的形成与演化

该地区是我国华北地台南缘重要的钼多金属成矿带。前人的研究表明^[8,9]，中朝准地台与扬子准地台的拼接时代为早三叠世。可见印支期是南北两大陆块强烈挤压碰撞的高峰期。位于华北地台南缘豫陕断隆区内的黄龙铺、桃园、垣头碳酸岩脉型钼 (铅) 矿床 (点) 和华阳川碳酸岩脉型铅-稀土-钼-铀矿床，均沿北西向深断裂带分布，而且它们的碳、氧、铅同位素组成基本相同^[1]，推断这些矿床 (点) 的成矿时代应与黄龙铺钼 (铅) 矿床同属印支期。研究表明，碳酸岩脉型钼 (铅) 矿床的形成与主要源于上地幔的成岩成矿物质有关^[10]。

燕山时期，本地区的构造挤压作用相对减弱，表现为与松弛作用有关的断裂构造十分发育。中酸性花岗岩类沿断裂或断裂交错部位侵位，并导致燕山期的南泥湖-三道庄斑岩-矽卡岩型钼 (钨) 矿床和金堆城、石家湾斑岩型钼矿床的形成。研究表明^[2,11]，与成矿有关的岩体是源于下地壳并经历了一定程度分异演化的岩浆产物，而成矿流体为岩浆水与大气降水的

混合液^[2,12]。

从钼矿床的区域分布特征看,上述不同时代、不同类型的钼矿床均分布在栾川—固始深大断裂以北的华北地台一侧,其南侧的秦岭地槽褶皱带内则不发育(见图1)。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 $2.7 \times 10^{-6} \sim 15.7 \times 10^{-6}$ ^[6],而相邻的秦岭褶皱带中平均钼含量相对于地壳平均值的富集系数(K) < 1 ^[13]。这种钼的区域地球化学异常不仅表明地壳乃至地幔的不均匀性,而且是区内钼矿床产出偏在性的根本原因。

4 结 论

(1) Re-Os 同位素定年方法是直接确定各种类型钼矿床或含钼矿床形成年龄新的有效方法。其测定的Re-Os 表面年龄误差为3%~4%。

(2) 辉钼矿的Re-Os法定年表明,金堆城、石家湾斑岩钼矿床的Re-Os表面年龄分别为 $129 \times 10^6 \sim 139 \times 10^6$ a 和 138×10^6 a。南泥湖—三道庄斑岩—矽卡岩型钼(钨)矿床的Re-Os表面年龄为 $146 \times 10^6 \sim 156 \times 10^6$ a,其Re-Os等时线年龄为 147×10^6 a。黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床的Re-Os表面年龄为 $220 \times 10^6 \sim 231 \times 10^6$ a,其Re-Os等时线年龄为 221×10^6 a。因此,在东秦岭地区,除燕山期外,印支期也是一个重要的钼成矿期。

(3) 不同时代和不同类型的钼矿床在华北地台南缘集中分布的区域偏在性,揭示该区域是一个富钼的地球化学区,这一特征是今后确定钼矿勘查地域和目标务必考虑的重要因素之一。

参 考 文 献

- 1 黄典豪,王义昌,聂凤军,江秀杰.陕西黄龙铺钼(铅)矿床类型、成因及铼分布特点的研究.矿床地质研究所刊,总第16号,北京:地质出版社,1986.
- 2 黄典豪,吴澄宇,聂凤军.陕西金堆城斑岩钼矿床地质特征及成因探讨.矿床地质,1987,6(3):22~34
- 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.
- 4 何红蓼,杜安道,邹晓秋,孙亚利,殷宁万.铼-钼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
- 5 尚瑞钧,严阵等.秦巴花岗岩.武汉:中国地质大学出版社,1988.
- 6 胡受奚,林楷龙等.华北与华南老板块拼合带地质和找矿.南京:南京大学出版社,1988.258~259
- 7 黄典豪.东秦岭地区钼矿床中辉钼矿的铼含量及多型特征.岩石矿物学杂志,1992,11(1):74~82
- 8 李曙光,刘德良.大别山印支运动的同位素年代学证据.大地构造与成矿学,1990,14(2):159~163
- 9 王鸿祯,徐成彦,周正国.东秦岭古海域两侧大陆边缘区的构造发展.地质学报,1982,56(3):270~279
- 10 黄典豪,王义昌,聂凤军,江秀杰.一种新的钼矿床类型——陕西黄龙铺碳酸岩脉型钼(铅)矿床地质特征及成矿机制.地质学报,1985,59(3):241~257
- 11 吴澄宇,刘孝善.南泥湖钼(钨)矿化花岗岩体的成因特征.南京大学学报,1989,25(2):333~346
- 12 刘孝善,吴澄宇,黄标.河南栾川南泥湖—三道庄钼(钨)矿床热液系统的成因与演化.地球化学,1987,(3):199~207
- 13 谷晓明,张本仁.东秦岭及邻区地球化学分区与地球化学制图.地球科学——中国地质大学学报,1993,18(4):463~474
- 14 Suzuki K, Qi-Lu, Shimizu H, Masuda A. Reliable Re-Os age for molybdenite. Geochim. Cosmochim.

- Acta, 1993, 57: 1625~1628
- 15 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
- 16 Luck J K, Allegre C J. The study of molybdenites through the ^{187}Re - ^{187}Os chronometer. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 1982, 61: 291~296
- 17 Suzuki K, Qi-Lu, Shimizu H, Masuda A. Determination of osmium abundance in molybdenite mineral by isotope dilution mass spectrometry with microwave digestion using potassium dichromate as oxidizing agent. *Analyst*, 1992, 117: 1151~1156
- 18 Есенов III Е, Егизбаева К Е, Қалнин С Қ, Фаин Э Е. Радиогенный осмий в рений-содержащих рудах. *Геохимия*, 1970, (5): 610~614.

Re-Os ISOTOPE AGES OF MOLYBDENUM DEPOSITS IN EAST QINLING AND THEIR SIGNIFICANCE

Huang Dianhao and Wu Chengyu

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Du Andao and He Hongliao

(Institute of Rock and Mineral Analysis, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing)

Key words: molybdenum deposit, ^{187}Re and ^{187}Os isotopes, Re-Os age, east Qinling area

Abstract

The East Qinling molybdenum ore belt lies on the southern margin of the North China platform and is one of the areas in China where important molybdenum deposits are concentrated. The belt includes porphyry type molybdenum deposits (Jinduicheng and Shijiawan in Shaanxi Province) and porphyry-skarn molybdenum-tungsten deposit (Nannihu-Sandaozhuang in Henan Province) related to Mesozoic granites, as well as carbonatite vein-type molybdenum-(lead)-uranium deposits (Huanglongpu and Huayangchuan in Shaanxi Province) not related to Mesozoic granites. The ages of these ore deposits are generally represented by ages of related rock bodies determined by Rb-Sr isochron or K-Ar method. However, these ore-bearing rock bodies were commonly subjected to different degrees of hydrothermal alteration and hence the Rb-Sr and K-Ar systems are not as satisfactory as closed ones, rendering the rock-forming ages determined by the above methods unreliable.

It is well known that molybdenite contains essentially no common osmium and ^{187}Re is radioactive and yields stable ^{187}Os through β decay. Therefore, accumulation of radiogenetic ^{187}Os is a function of age and Re content of

molybdenite. In this paper, ^{187}Re and ^{187}Os contents of molybdenite from these molybdenum deposits are determined by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), with the Re-Os ages calculated. The analytical errors of Re and Os are around $\pm 3\%$ (2σ), and the errors of Re-Os ages are between 3% and 4% (2σ).

The results show that the apparent Re-Os ages of the Jinduicheng and Shijiawan deposits are 129×10^6 – 139×10^6 a and 138×10^6 a, respectively. The apparent age of the Nannihu-Sandao-Zhuang molybdenum-tungsten deposit is 146×10^6 – 156×10^6 a with an isochron age of 147×10^6 a ($n=5$), and the Huanglongpu Mo-(Pb) deposit is 222×10^6 – 230×10^6 a with an isochron age of 221×10^6 a ($n=5$). The Re-Os dating method not only provides directly reliable ore-forming ages for these deposits, but also demonstrates that there exist two metallogenic epochs of molybdenum deposits in the East Qinling Mountains, i. e. Indosinian and Yanshanian periods. The result is of importance in outlining the temporal and spacial distribution of molybdenum deposits and the evolution of molybdenum mineralization in this region.

<http://www.kcdz.ac.cn/>