

中条山铜矿峪斑岩铜矿金属硫化物的 铼-钌同位素年龄及地质意义*

陈文明

李树屏

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京) (山西省地质科学研究所, 太原)

提 要: Re-Os 同位素测年法是测定金属矿床成矿年龄较直接、有效的方法。作者对中条山铜矿峪斑岩铜矿中的含辉钼矿硫化物采用 ICP-MS 同位素稀释法进行 Re-Os 同位素年龄测定。首次获得 2 个 Re-Os 同位素等时线年龄, 其值分别为 $(2947 \pm 28) \times 10^6 \text{ a}$ 与 $(2108 \pm 32) \times 10^6 \text{ a}$ 。这些年龄数据有力地说明铜矿峪斑岩铜矿的形成不是一个单一的成矿过程, 而是一个多期的复合成矿过程。它为确定铜矿峪斑岩铜矿的成矿年龄及建立该矿床的成矿演化模式奠定了重要基础。

关键词: 斑岩铜矿 Re-Os 同位素年龄 复合成矿作用 中条山铜矿峪

中条山铜矿峪斑岩铜矿是我国目前发现的成矿年龄最老的斑岩铜矿, 矿床成因一直是矿床学家研究的热点, 其中成矿年龄及成矿期次是人们研究的重点。前人已作过不少工作, 特别是孙大中、胡维兴等对中条山地区前寒武纪地层及赋存其中的铜矿峪容矿岩石的年龄作了较系统的、深入的研究^[1-3]。他们使用 6 种测年方法, 并获得 55 个年龄数据。这些年龄数据为中条山地区前寒武纪年代学、构造及成矿作用演化的研究作出了重要的贡献。但美中不足的是, 在他们的研究中对矿床中金属硫化物的年龄研究不够。而金属硫化物的形成年龄是确定矿床成矿年龄最直接、有效的依据。因此作者在前人研究的基础上, 对中条山铜矿峪斑岩铜矿中金属硫化物的同位素年龄进行了研究。我们采用 Re-Os 测年法, 对铜矿峪斑岩铜矿中的矿石及容矿岩石中的含辉钼矿的硫化物进行年龄测试。Re-Os 测年法是基于放射性的¹⁸⁷Re 通过 β 衰变成为¹⁸⁷Os 而引起 Os 同位素异常来计算地质年龄^[4], 它能直接测得金属硫化物的形成年龄。因此它是目前测定金属硫化物年龄较好的方法。原华北地质研究所于 1975 年也曾对中条山铜矿峪斑岩铜矿的容矿岩石作过 Re-Os 同位素年龄测定, 并获得 $1557 \times 10^6 \text{ a}$ 的模式年龄数据^[5]。但由于当时测试方法及仪器的限制, 未能直接测得¹⁸⁷Re 与¹⁸⁷Os 值, 因此, 所测数据精度低、误差大。我们这次测试由地矿部测试技术研究所杜安道研究员, 采用目前国际较先进的等离子质谱(ICP-MS)、同位素稀释法测定样品中的 Re、Os 含量及其同位素组成, 精度相对较高^[4]。

1 测试结果及讨论

我们在铜矿峪斑岩铜矿的 4、5 号矿体的容矿岩石中采集了二组含辉钼矿的硫化物样共

* “八五”国家重点攻关项目资助(编号: 85-901-01-06)。参加该项工作的还有卢纪仁、张承信、党泽发、崔斌华、宁援、曹拥军等

陈文明, 男, 1942 年生, 研究员, 长期从事矿床地质研究工作。邮政编码: 100037
1997-12-03 收稿, 1998-03-24 修改回

12 个: 一组样品 (6 个) 采自 870 中段和 930 中段, 样品全由绢云母石英片岩组成, 含浸染状或细脉浸染状辉钼矿及黄铜矿等硫化物。测得 Re-Os 同位素模式年龄为 $2883 \times 10^6 \sim 3065 \times 10^6$ a, 等时线年龄为 $(2947 \pm 28) \times 10^6$ a, 回归直线相关系数 $r = 0.9998$ (表 1, 图 1); 另一组样品 (6 个) 采自 870 中段及 7001 钻孔, 由变石英二长斑岩 (3 个) 与绢云母石英片岩 (3 个) 组成, 均含脉状或细脉浸染状辉钼矿及黄铜矿等硫化物。测得 Re-Os 同位素模式年龄为 $2076 \times 10^6 \sim 2140 \times 10^6$ a, 等时线年龄为 $(2108 \pm 32) \times 10^6$ a, 回归直线相关系数 $r = 0.9999$ (表 1, 图 2)。另外地矿部地质研究所刘兰笙在中条山篦子沟矿区的篦子沟组的黑云母石英片岩中获得 2 个 Re-Os 同位素模式年龄, 其值分别为 $(1980 \pm 22) \times 10^6$ a 与 $(1919 \pm 37) \times 10^6$ a。样品均采自篦子沟 534 中段, 岩性为黑云母石英片岩, 矿化为含辉钼矿石英脉 (表 1)。

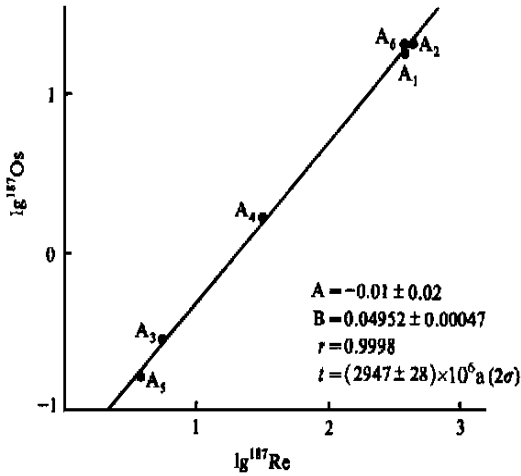


图 1 中条山铜矿峪绢英片岩中辉钼矿 Re-Os 年龄 (由地矿部测试技术研究所杜安道等用 ICP-MS 同位素稀释法测定)

Fig. 1. Re-Os ages of molybdenite from Tongku-anguyu phyllic schist in Zhongtiao Mountain.

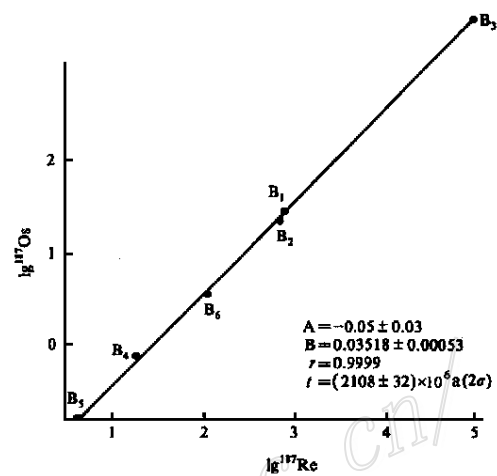


图 2 中条山铜矿峪变石英二长斑岩、绢英片岩中辉钼矿 Re-Os 年龄

(由地矿部测试技术研究所杜安道等用 ICP-MS 同位素稀释法测定)

Fig. 2 Re-Os ages of molybdenite from beschtaitite and phyllic schist in Zhongtiao Mountain.

本次测试样品均为含辉钼矿的硫化物, 含较高的¹⁸⁷Re 与¹⁸⁷Os, 局部样品含¹⁸⁷Os 达 3332 ng/g, 含¹⁸⁷Re 达 93300 ng/g。因此这些样品适用于 Re-Os 同位素测年法。上已述及, 本测试是采用等离子质谱、同位素稀释法直接测定样品中的 Re、Os 含量及其同位素组成, 因此精度相对较高, 年龄测定精度 (2σ) 小于 3%。同时本次研究所获得的 10 个 Re-Os 同位素模式年龄及 2 个 Re-Os 同位素等时线年龄, 与用其他同位素测年法测定的矿区地层岩石及容矿岩的年龄相比, 具有一定的相似性 (表 2)。同时辉钼矿与黄铜矿等硫化物伴生, 因此我们可以认为本研究所获得的这些成矿年龄数据是可靠的。显然用 Re-Os 同位素测年法测定的含辉钼矿的硫化物的年龄来确定矿床的成矿年龄要比用其他方法测定围岩年龄来推断矿化年龄要直接、要正确。

表1 中条山铜矿峪含辉钼矿硫化物 $Re-Os$ 年龄
Table 1. Re-Os ages of Tongkuangyu molybdenite-bearing sulfides in Zhongtiao Mountain

矿区	采样位置	层位序号	样品号	样重/g	容矿岩岩性	矿化类型	Re(2 σ)/(ng/g)	$^{187}Re(2\sigma)$ /(ng/g)	$^{187}Os(2\sigma)$ /(ng/g)	模式年龄/(10^6 a)	等时线年龄/(10^6 a)	资料来源
铜矿峪	930中段	A ₁	S-212-1	1	绢云母石英片岩	细脉浸染状	583±9	365±6	17.99±0.045	2935	2947±28	陈文明等, 1994
	930中段	A ₂	S-212-2	1	绢云母石英片岩	细脉浸染状	650±5	411±3	19.89±0.36	2883		
	870中段5147穿	A ₃	80-5147-4	1.4	绢云母石英片岩	浸染状	8.98±0.58	5.62±0.36	0.277±0.027			
	870中段5147穿	A ₄	870-5147-5	2.0	绢云母石英片岩	浸染状	51.4±1.8	32.2±1.1	1.65±0.08	3065		
	870中段5147穿	A ₅	870-5147-6	2.0	绢云母石英片岩	浸染状	5.94±0.43	3.72±0.27	0.167±0.017			
	930中段	A ₆	S-212-3	1	绢云母石英片岩	细脉浸染状	611±5	383±3	19.34±0.30	3005		
	7001孔	B ₁	S-528-1	0.5	变石英二长斑岩	细脉状	1240±40	780±30	27.52±0.30	2109	2108±32	
	7001孔	B ₂	S-528-2	0.5	变石英二长斑岩	细脉状	1280±20	680±10	23.58±0.29	2076		
	7001孔	B ₃	S-602	0.03	变石英二长斑岩	细脉状	152200±3600	93300±2200	3332±37	2140		
	870中段5147穿	B ₄	870-5147-1	1.9	绢云母石英片岩	脉状	29.17±0.69	18.3±0.4	0.744±0.030			
	870中段5147穿	B ₅	870-5147-2	2.0	绢云母石英片岩	脉状	6.63±0.59	4.15±0.37	0.156±0.030			
	870中段5147穿	B ₆	870-5147-3	2.0	绢云母石英片岩	细脉浸染状	171.6±3.0	107.4±1.9	3.81±0.14	2098		
篦子沟	篦子沟534中段	篦子沟组	N24	0.01	黑云母石英片岩	石英辉钼矿脉	579200±7400	362600±4600	11600±170	1919±37		黄典豪 刘兰莹 [6]
			S601	0.15	黑云母石英片岩	石英辉钼矿脉	31260±130	19570±290	646±10	1980±22		

表 2 中条山铜矿峪斑岩铜矿不同测年法所获年龄值

Table 2 Age values of the Tongkuangyu porphyry copper deposit determined by different age determination methods

样号	岩性	年龄/ (10 ⁶ a)	方法	备注	资料来源
S602	变二长花岗斑岩	2140	Re-Os	模式年龄	①
S528-1	变二长花岗斑岩	2109	Re-Os	模式年龄	①
S528-2	变二长花岗斑岩	2076	Re-Os	模式年龄	①
870-5147-3	绢云石英片岩	2098	Re-Os	模式年龄	①
B1-6	变二长花岗斑岩 绢云石英片岩	2108±32	Re-Os	等时线年龄	①
S212-1	绢云石英片岩	2935	Re-Os	模式年龄	①
S212-2	绢云石英片岩	2883	Re-Os	模式年龄	①
S212-3	绢云石英片岩	3005	Re-Os	模式年龄	①
807-5147-5	绢云石英片岩	3065	Re-Os	模式年龄	①
A-1-8	绢云石英片岩	2947±28	Re-Os	等时线年龄	①
ZT7002	变流纹质凝灰岩	2166±26	单颗锆石 U-Pb	6 组自形、无色或粉红色、透明	②
ZT7002	变流纹质凝灰岩	2455	单颗锆石 U-Pb	1 组粉红色有磨损	②
ZT7002	变流纹质凝灰岩	2139±5	单颗锆石蒸发铅	3 颗、无色、褐红色、自形	②
ZT7002	变流纹质凝灰岩	2316±5	单颗锆石蒸发铅	1 颗、无色、自形	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2145	单颗锆石 U-Pb		②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2115±6	单颗锆石离子探针质谱	14 颗	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2335~2500	单颗锆石 U-Pb		②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2770±16	单颗锆石离子探针质谱	1 颗	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2530±3	单颗锆石离子探针质谱	10 颗	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2231±5	单颗锆石蒸发铅	2 颗、无色、自形	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2469±5	单颗锆石蒸发铅	1 颗、红褐色	②
ZG5002	变流纹质凝灰岩	2744±7	单颗锆石蒸发铅		②
52011	变熔结凝灰岩	2571±77	单颗锆石 U-Pb	7 组自形无色或粉红色	②
52011	变流纹质凝灰岩	2506±5	单颗锆石蒸发铅	粉红色、自形	②
52011	变流纹质凝灰岩	2768±6	单颗锆石蒸发铅	1 颗、粉红色、自形	②
52011	变流纹质凝灰岩	2486±13	常规锆石 U-Pb	锆石上交点年龄	②
IG023 (4)	变石英晶屑凝灰岩	2182±15	常规锆石 U-Pb	锆石上交点年龄	③
ZT7070	变石英斑岩	2195±64	常规锆石 U-Pb		③
ZT7070	变双峰态火山岩	2554±35	Sm-Nd	等时线年龄	②
T5-1	黑云片岩	2807	Sm-Nd	模式年龄	③
T5-2	黑云片岩	2833	Sm-Nd	模式年龄	③
T-106	变钾质流纹岩	2705	Sm-Nd	模式年龄	③
	变双峰态火山岩	2570	Sm-Nd	等时线年龄	③
	变石英二长斑岩	1778±27	Rb-Sr	等时线年龄	③
	变石英晶屑凝灰岩	1778±27	Rb-Sr	等时线年龄	③
	变双峰态火山岩	2393±11	Rb-Sr	等时线年龄	②

注: ① 陈文明等; ② 孙大中等; ③ 孙海田等

2 地质意义

根据上述同位素年龄数据 (表 1、表 2), 我们可以推断中条山地区在前寒武纪时期至少经历过 4 次构造热事件, 即 28~30 亿年、24~25 亿年、21~22 亿年及 18~19 亿年。其中 28~30 亿年、21~22 亿年及 18~19 亿年具明显的含辉钼矿硫化物的矿化活动。从而我们可以认为铜矿峪斑岩铜矿的形成不是一个单一的成矿过程, 而是一个多期的、复合成矿过程。结合该矿床的地质特征, 这些成矿过程主要有以下几个阶段: 第一阶段大约发生在 28~30 亿年间, 该时期构造活动以拉伸凹陷为主, 钾质火山活动强烈, 并形成绛县群富钾双峰态火山岩及杂色凝灰白云质含铜砂页岩建造 (伴有含辉钼矿的硫化物矿化); 第二阶段大约发生在 24~25 亿年间, 该时期构造活动以挤压、隆起为主, 绛县群地层发生绿帘-角闪岩相的区域变质,

并形成含铜的变花岗斑岩及含铜的变中-基性岩;第三阶段大约发生在21~22亿年间,该时期构造活动又以拉伸为主,钠质火山活动强烈,并形成含铜的变石英闪长斑岩和含铜的钠化变中-基性岩及篦子沟组、宋家山组的钠质火山岩与火山沉积岩(伴有含辉钼矿的硫化物矿化)。该阶段铜矿峪变斑岩铜矿已基本形成;第四阶段大约发生在18~19亿年,该时期构造活动以挤压隆起为主,矿区地层发生绿帘-角闪岩相的区域变质,并在主矿体周围形成一些脉状矿体(伴有含辉钼矿的硫化物矿化)^[7]。总之,这些含辉钼矿的硫化物的Re-Os同位素年龄的获得为确定铜矿峪斑岩铜矿的成矿时代及建立该矿床的成矿演化模式奠定了重要基础。

参 考 文 献

- 1 胡维兴,孙大中.中条山早元古代铜矿成矿作用与演化.地质学报,1987,(2):152~165.
- 2 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.
- 3 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,1990,54~99.
- 4 杜安道,何红寥,殷宁万等.辉钼矿的铼-钨同位素地质年龄测定方法研究.地质学报,1994,(4):339~347.
- 5 中条山铜矿地质编写组.中条山铜矿地质.北京:地质出版社,1978,25~88.
- 6 黄典豪,杜安道,吴澄宇等.华北地台钼(铜)矿床成矿年代学研究.矿床地质,1996,15(4):365~373.
- 7 陈文明,张承信,党泽发.中国中条山铜矿峪早元古代变斑岩铜矿复合成矿作用.见:地矿部科技司编.地质科学论文集.北京:中国经济出版社,1996,353~358.

RHENIUM-OSMIUM ISOTOPIC AGES OF SULFIDES FROM THE TONGKUANGYU PORPHYRY COPPER DEPOSIT IN THE ZHONGTIAO MOUNTAIN

Chen Wenming

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

Li Shuping

(Shanxi Institute of Geological Sciences, Taiyuan 030006)

Key words: Tongkuangyu porphyry copper deposit in Zhongtiao Mountain, Re-Os isotopic age, complex ore-forming process

Abstract

As an effective geochronometric technique the rhenium-osmium method is well suited to determine the formation ages of some sulfide minerals in ore deposits. The rhenium-osmium isotopic ages of molybdenite-bearing sulfides from the Tongkuangyu porphyry copper deposit in the Zhongtiao Mountain were determined with inductively coupled plasma-source mass spectrometry (IDI-ICPMS). The two Re-Os isochronic ages, $(2947 \pm 28) \times 10^6$ a and $(2108 \pm 32) \times 10^6$ a, were obtained for the first time in the Tongkuangyu porphyry copper deposit. The data based on different isochronic ages suggest that the formation of the Tongkuangyu porphyry copper deposit underwent a complex ore-forming process. The Re-Os isotopic study is of great importance in the determination of ore-forming ages and the establishment of an ore-forming model.