

江西武山铜矿南矿带辉钼矿 Re-Os 同位素 年龄及其地质意义

李进文¹⁾, 李旭辉²⁾, 裴荣富¹⁾, 梅燕雄¹⁾, 王永磊¹⁾, 屈文俊³⁾, 黄修保¹⁾, 臧文栓⁴⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037; 2) 江西地质矿产勘查开发局赣西北大队, 九江, 332000; 3) 国家地质实验测试中心, 北京, 100037; 4) 中国地质大学, 北京, 100083

内容提要:首次运用 Re-Os 同位素定年法对武山铜矿南矿带的辉钼矿进行年龄测试, 测得 5 件样品的模式年龄变化于 144.0~145.7Ma, 等时线年龄为 146.4 ± 2.6 Ma, 与花岗闪长斑岩 145 ± 3.9 Ma 的 SIMS 法年龄值相吻合, 表明武山铜矿南矿带成矿与晚侏罗世中酸性岩浆活动关系密切。该矿床北矿带层状、似层状硫化物型矿体曾经历海西期海底喷流-沉积成矿, 而燕山期岩浆期后热液叠加改造对其形成具有重要作用, 即武山铜矿最终形成于晚侏罗世。以矽卡岩型-(似)层状硫化物型矿化为主的武山铜矿稍早于同属九-瑞矿集区、以斑岩型-(似)层状硫化物型矿化为主的城门山铜矿形成, 由于其成矿伴随着下扬子地区岩石圈的大规模减薄事件, 成矿时间差很可能是导致两者矿化特征差异的重要原因。武山铜矿及九-瑞矿集区与铜陵、安庆和鄂东南矿集区的成岩成矿时代高度一致, 它们是在统一的构造-岩浆作用过程中、与燕山期花岗质岩浆活动有关的产物。

关键词: Re-Os 同位素; 辉钼矿; 成矿年龄; 成矿对比; 武山铜矿; 江西

武山铜矿是赣西北九-瑞矿集区乃至长江中下游铜、铁、金(硫)成矿带著名的大型矿床。前人曾对该矿床地质特征、成矿作用和机制等多方面进行过大量研究(顾连兴, 1984; 顾连兴等, 1986; 顾连兴, 1987; 王文斌等, 1994; 董平等, 1995; 孟良义, 1997; 崔彬等, 2002; 包家宝等, 2002), 普遍认为成矿与中酸性浅成侵入岩体关系密切, 并根据岩体年龄推测成矿发生于燕山期。然而, 通过间接方法得出的年龄显然不能满足对成矿作用发生时限的准确刻画; 而且缺少可靠的同位素年龄支持, 在一定程度上会制约成矿作用研究的深入, 并对找矿勘查工作部署产生一定影响。因此, 获得矿床的实际年龄数据是十分重要的。本文首次运用辉钼矿 Re-Os 同位素法对武山铜矿南矿带进行了精确测年, 以更准确地厘定其成矿时代, 并依此对九-瑞矿集区以及长江中下游成矿带进行了成矿对比。

1 成矿地质构造背景

武山铜矿位于扬子板块北缘、下扬子拗陷带西段, 属横立山—黄桥向斜东段北翼。该区曾经历活

动、稳定、再活动的构造演化历史。前南华纪处于构造活动环境, 沉积了一套火山-沉积岩, 晋宁运动后褶皱隆起, 构成了本区基底; 南华纪至中三叠世为相对稳定时期, 沉积形成了一套巨厚碎屑岩与碳酸盐岩建造; 中三叠世末扬子板块与华北板块发生碰撞结束了该区海浸历史, 燕山期本区再次活动进入板内变形阶段, 构造-岩浆活动强烈, 并伴随着大规模金属成矿作用, 造就了包括武山、城门山等大型矿床在内的九-瑞矿集区。

2 矿床地质特征

武山铜矿位于九-瑞矿集区中部, 矿区出露志留系—中三叠统大部分地层, 其中主要赋矿地层为上石炭统一中三叠统浅海相碳酸盐岩。矿区呈单斜构造, 断裂构造发育, 主要有 NEE 和 NNW—NW 向两组, 其中尤以上泥盆统五通组与上石炭统黄龙组之间的 NEE 向层间破碎带发育, 也是层状含铜黄铁矿矿体的赋存空间。岩浆岩主要为花岗闪长斑岩和一些脉岩。与成矿关系密切的花岗闪长斑岩为矿区岩浆岩的主体, 受前述两组断裂控制, 呈岩株状侵

注: 本文为国土资源部专项研究计划(编号 20010103)资助的成果。

收稿日期: 2007-01-23; 改回日期: 2007-03-28; 责任编辑: 郝梓园。

作者简介: 李进文, 男, 1964 年生。博士, 副研究员。主要从事矿床学和矿产勘查学研究。通讯地址: 100037, 北京市百万庄大街 26 号, 中国地质科学院矿产资源研究所; Email: lijinwen958@sohu.com。

入二叠系—三叠系碳酸盐岩中,平面近椭圆形,剖面上呈喇叭状向南东倾斜,出露面积 0.6km^2 (图 1)。岩体具有一定的相变,边缘相存在同化混染现象。实地地质调查表明,花岗闪长斑岩普遍发生了不同程度的蚀变,其黑云母和全岩 K-Ar 同位素年龄为 $142\sim 148\text{Ma}$, Rb-Sr 法全岩和矿物等时线年龄为 140.1Ma (包家宝等, 2002); 顾连兴 (1987) 曾获得该岩体的矿物-岩石 Rb-Sr 同位素等时线年龄为 $140\pm 2\text{Ma}$; 近期, 丁昕等 (2005) 运用锆石离子探针 (SISM) 法测得该岩体的锆石 $\text{Pb}^{206}/\text{U}^{238}$ 年龄为 $145\pm 3.9\text{Ma}$ 。

该矿床由南北两个矿带组成 (图 1)。南矿带围绕花岗闪长斑岩体分布, 矿体主要赋存于岩体与二叠系一下三叠统碳酸盐岩接触带, 矿石类型主要为矽卡岩型铜矿石, 少量碳酸盐型矿石和花岗闪长斑岩型矿石; 矿石矿物组合主要为黄铁矿-黄铜矿和黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-闪锌矿, 平均含 Cu 1.04% 。矿化表现出一定的分带特征, 从岩体向外, 矿石矿物组合依次为辉钼矿-黄铜矿→黄铁矿-黄铜矿→黄铜矿-方铅矿-闪锌矿; 围岩蚀变类型主要为矽卡岩化, 其次为硅化、绢云母化、钾化、碳酸岩化等。北矿带呈层状、似层状产于黄龙组中, 产状与地层基本一致, 局部矿体有穿层、切割围岩现象, 但总体受叠加于不同岩性界面的层间破碎带控制; 矿体倾向 165° , 倾角 $60^\circ\pm$; 主要由层状、似层状硫化物型矿体组成, 其矿石矿物组合主要为黄铁矿-黄铜矿-方铅矿-闪锌矿-胶黄铁矿-白铁矿, Cu 平均含量为 1.69% ; 矿化具有明显的分带特征, 从中部向两侧, 主要矿石矿物组成依次为黄铁矿-黄铜矿→黄铁矿-方铅矿-闪锌矿-黄铜矿→方铅矿-闪锌矿-黄铁矿; 围岩蚀变主要为硅化、蛇纹石化、滑石化、高岭土化和碳酸岩化, 以硅化为主, 局部有矽卡岩化。

3 样品采集与 Re-Os 同位素年龄测试结果

3.1 采样位置与样品特征

武山铜矿矿石中辉钼矿含量一般很低, 而且主要产于南矿带含铜蚀变花岗闪长斑岩和含铜硅灰石石榴石矽卡岩中, 北矿带极为少见^①。

此次用于成矿年龄测试的样品采自南矿带—210m 中段的坑道水平钻孔新鲜岩芯, 样品分属 21Cu 和 8Cu 矿体。5 件样品均位于接触带。其中 JWCK-11~JWCK-13 等 4 件样品采自 21Cu 矿体, 采样钻孔 CK5241, 样品为含铜蚀变花岗闪长斑岩,

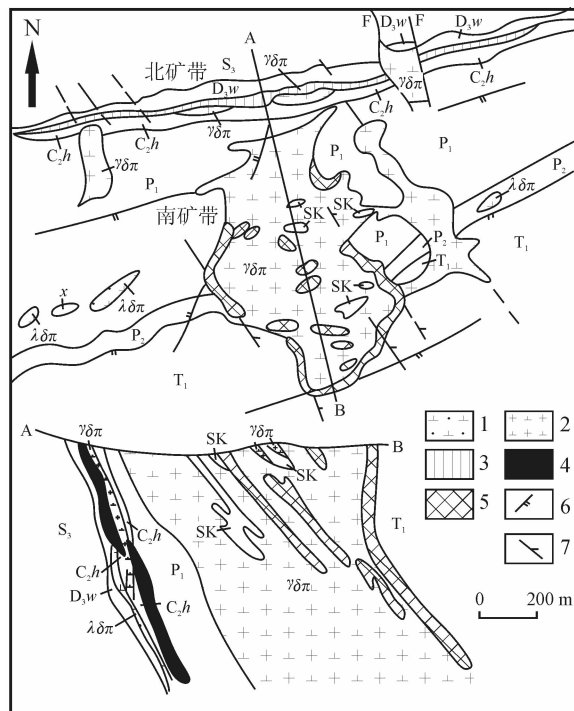


图 1 武山铜矿地质图 (据崔彬等, 2002)

Fig. 1 Geological map of the Wushan copper deposit (after Cui Bin et al., 2002)

T_1 —下三叠统灰岩、页岩; P_2 —上二叠统燧石灰岩、硅质页岩; P_1 —下二叠统燧石灰岩、炭质灰岩; C_2h —中石炭统灰岩、白云岩; D_3w —上泥盆统石英砂岩; S_3 —上志留统石英砂岩、粉砂岩; x —煌斑岩; SK—矽卡岩; 1—石英闪长斑岩; 2—花岗闪长斑岩; 3—铁帽; 4—层状、似层状含铜黄铁矿矿体; 5—矽卡岩型铜矿体; 6—压扭性断层; 7—张扭性断层

T_1 —lowe Triassic; P_2 —upper Permian; P_1 —lower Permian; C_2h —middle Carboniferous; D_3w —upper Devonian; S_3 —upper Silurian; x —lamprophyre; SK—skarn; 1—quartz porphyry; 2—granodiorite porphyry; 3—gossan; 4—stratiform ore-body; 5—skam ore-body; 6—squeeze wring fault; 7—sheet wring fault

黄铜矿和黄铁矿呈浸染状或沿裂隙产出, 含量较低的辉钼矿均产于裂隙中, 硅化和绢云母化等蚀变强烈; JWS210-1 采自 8Cu 矿体, 采样钻孔 CK62, 样品为灰褐色含铜矽卡岩, 辉钼矿含量较低, 呈浸染状产出。5 件样品在镜下观察后, 经破碎、水淘洗、电磁选、酒精淘洗、重液分离, 最后在双目镜下挑选出辉钼矿样品用于 Re-Os 同位素年龄测定, 样品纯度大于 98% 。

3.2 Re-Os 同位素年龄测试结果

同位素测试在国家地质实验测试中心铼-钨同位素实验室完成, 测试仪器为电感耦合等离子体质谱仪 TJA PQ-EXCELL ICP-MS。Re-Os 同位素分析的化学处理过程和有关测试流程详见有关文献

(Du et al., 2004)。Re、Os 含量的不确定度包括样品和稀释剂的称量误差、稀释剂的标定误差、质谱测量的分馏校正误差、待分析样品同位素比值测量误差,置信水平 95%。模式年龄的不确定度还包括衰变常数的不确定度(1.02%),置信水平 95%。¹⁸⁷Os 初试值为 -7 ± 10 , MSWD=0.39。

模式年龄 t 按下式计算:

$$t = \frac{1}{\lambda} [\ln (1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}})]$$

其中 λ (¹⁸⁷Re 衰变常数) = $1.666 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ 。

表 1 江西武山铜矿南矿带辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 1 Re-Os data of molybdenite from the south ore zone of the Wushan copper deposit, Jiangxi

样品编号	样重(g)	Re (ng/g)		C 普 Os (ng/g)		¹⁸⁷ Re (ng/g)		¹⁸⁷ Os (ng/g)		模式年龄(Ma)	
		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
JWCK-11	0.00151	528980	4412	0.22	0.23	332496	2773	807.9	8.4	145.7	2.0
JWCK-11-1	0.0021	454401	4215	0.51	0.09	285619	2649	693.2	6	145.5	1.9
JWCK-12	0.00216	678905	7072	0.03	0.09	426732	4445	1031.8	7.9	145.0	2.0
JWCK-13	0.00214	267173	2090	<0.01		167934	1313	404	4	144.18	1.80
JWS210-1	0.00243	327805	2988	0.21	0.15	206045	1878	494.8	3.9	144.0	1.8

注:普 Os 是根据 Nier 值的 Os 同位素丰度,通过 ¹⁹²Os/¹⁹⁰Os 测量比计算得出,¹⁸⁷Os 是 ¹⁸⁷Os 同位素总量;由国家地质测试中心测定;测试者:屈文俊、曾法刚。

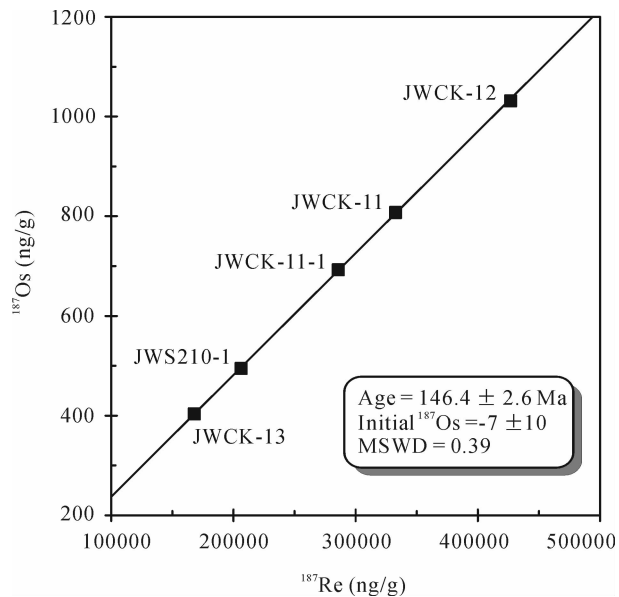


图 2 武山铜矿南矿带辉钼矿 Re-Os 同位素等时线
Fig. 2 Re-Os isochrone of Molybdenite from the south ore zone of the Wushan copper deposit

4 成矿年龄及其地质意义

4.1 成矿年龄

九-瑞矿集区以发育集矽卡岩型-斑岩型-(似)层

本次实验全流程空白水平大大小于所测样品中铷、钨含量,不会影响实验中铷、钨含量的准确测定。

武山铜矿南矿带 5 件辉钼矿样品的 Re-Os 同位素测试结果列于表 1。从测试结果来看,5 件样品的 Re 含量普遍较高,在 $267173 \pm 2090 \sim 678905 \pm 7072 \text{ ng/g}$ 之间,平均 451452.8 ng/g 。5 个样品的模式年龄十分接近,为 $144.0 \pm 1.8 \text{ Ma} \sim 145.7 \pm 2.0 \text{ Ma}$;等时线年龄为 $146.4 \pm 2.6 \text{ Ma}$ (图 2),与单个样品的模式年龄相差 $0.7 \sim 2.4 \text{ Ma}$ 。

状硫化物型 Cu、Au、Mo、Pb、S、Ag 矿化为一体的大型矿床为特征,前人根据矿化与燕山期中酸性侵入岩的密切关系,普遍认为这类矿床形成于燕山期。本次通过对武山铜矿南矿带进行辉钼矿 Re-Os 同位素年龄测试,测得 4 件含铜蚀变花岗闪长斑岩样品和 1 件含铜矽卡岩样品的模式年龄变化于 $144.0 \pm 1.8 \text{ Ma} \sim 145.7 \pm 2.0 \text{ Ma}$ 间,表明武山铜矿矽卡岩型矿化与斑岩体中的矿化是由统一成矿作用所形成,其矿化类型的不同仅仅是由于含矿热液发生卸载的部位不同所致。其等时线年龄为 $146.4 \pm 2.6 \text{ Ma}$,为晚侏罗世。这一年龄值与近期丁昕等(2005)测得的花岗闪长斑岩 $145 \pm 3.9 \text{ Ma}$ (SISM 法)的侵位年龄极吻合,表明两者不仅在空间上紧密共生,而且成岩成矿时间上也高度统一,暗示武山铜矿南矿带确为晚侏罗世中酸性岩浆活动的产物。

对于武山铜矿北矿带层状、似层状硫化物型矿体,一些学者(顾连兴,1984;顾连兴等,1986;王文斌等,1994)认为其曾经历海西期海底喷流-沉积成矿,同时也肯定了燕山期岩浆期后热液叠加改造的重要作用。亦即,武山铜矿最终形成于晚侏罗世。

吴良士和邹晓秋(1997)曾测得城门山铜矿辉钼矿 Re-Os 同位素等时线法年龄为 $140 \pm 2 \text{ Ma}$;毛景文等(2004)对该矿床进行辉钼矿 Re-Os 同位素模

式年龄测定,获得 142.3 ± 2.3 Ma 的成矿年龄。两者于不同时期获得的成矿年龄在误差范围内基本一致,并且与武山铜矿南矿带的成矿年代也相近。就此基本可以确认,九-瑞矿集区大规模金属成矿事件发生于晚侏罗世 $140 \sim 146$ Ma。

4.2 区域金属成矿对比

近年来,随着辉钼矿 Re-Os、Os-Os 同位素高精

度定年方法的应用和完善,长江中下游成矿带获得了一大批 Cu-Au-Fe-(S、Mo、Pb)矿床的高精度同位素年龄数据(表 2)。此次武山铜矿南矿带辉钼矿 Re-Os 同位素年龄的测得,使该成矿带鄂东南、九-瑞、安庆和铜陵等大型矿集区的几乎全部大型 Cu-Au-Fe-(S、Mo、Pb)矿床均获得了高精度同位素年龄。由表 2 可见,铜陵、安庆和鄂东南矿集区的成矿

表 2 长江中下游成矿带 Cu-Au-Fe-(S、Mo、Pb)矿床高精度同位素年龄

Table 2 Precise age data of the Cu-Au-Fe-(S、Mo、Pb) deposits in Middle-Lower Yangtze ore belt

矿集区名称	矿床名称	样品特征	年龄(Ma)	测试方法	备注	资料来源
鄂东南	铜山口	钾化带和绢云母化蚀变带中辉钼矿	142.9	Re-Os	2个模式年龄平均值,其范围为 $143.5 \pm 1.73 \sim 142.3 \pm 1.79$ Ma	谢桂青等,2006
	铜绿山	矽卡岩矿石中辉钼矿	138.0	Re-Os	2个模式年龄平均值,其范围为 $137.8 \pm 1.67 \sim 138.1 \pm 1.75$ Ma	
	千家湾	矽卡岩矿石中辉钼矿	138	Re-Os	模式年龄	
	阮家湾	花岗闪长斑岩中辉钼矿	144	Re-Os	模式年龄	
	丰山洞	花岗闪长斑岩中辉钼矿	144	Re-Os	模式年龄	
九-瑞	城门山	石英脉中辉钼矿	141	Re-Os	5个样品等时线年龄,模式年龄范围为 $139.3 \sim 144.2$ Ma	吴良士等,1997
		石英斑岩中浸染状辉钼矿	137	Re-Os	6个样品等时线年龄,模式年龄范围为 $136.4 \sim 144.0$ Ma	
		斑岩钼矿石中的辉钼矿	142	Re-Os	模式年龄	毛景文等,2004
	武山南矿带	含铜蚀变花岗闪长斑岩和含铜矽卡岩中的辉钼矿	146.4	Re-Os	5个样品等时线年龄,模式年龄范围为 $144.0 \sim 145.7$ Ma	本文
安庆	安庆	网脉状矿体中辉钼矿	138.3	Re-Os	5个模式年龄平均值,其范围为 $134.7 \pm 2.3 \sim 142.6 \pm 1.7$ Ma	毛景文等,2004
	铜矿里	矿石中辉钼矿	141.6	Re-Os	5个模式年龄平均值,其范围为 $139.4 \pm 2.2 \sim 143.7 \pm 1.6$ Ma	
	月山	地下 110ml 号矿脉辉钼矿	138	Os-Os	模式年龄	Sun et al,2003
	青阳	矽卡岩和石英脉中辉钼矿	137.3	Os-Os	2个模式年龄平均值,其范围为 $136.4 \pm 2.5 \sim 138.1 \pm 2.5$ Ma	
铜陵	沙滩角	矿石中辉钼矿	140.3	Re-Os	6个模式年龄平均值,其范围为 $136.9 \pm 2.2 \sim 142.8 \pm 1.6$ Ma	毛景文等,2004
	南阳山	矿石中辉钼矿	139.3	Re-Os	7个模式年龄平均值,其范围为 $136.9 \pm 2.1 \sim 141.1 \pm 0.5$ Ma	
	大团山	Mo II ₂ 号钼矿体中辉钼矿	139	Re-Os	6个样品等时线年龄,模式年龄范围为 $138.0 \pm 3.2 \sim 140.8 \pm 2.0$ Ma	梅燕雄等,2004
	龙虎山	闪长岩中辉钼矿	138	Os-Os	模式年龄,该样品的 Re-Os 同位素模式年龄为 139.02 ± 0.34 Ma	Sun et al,2003
	金口岭	矽卡岩化矿石中辉钼矿	137	Re-Os	6个样品等时线年龄,模式年龄范围为 $136.8 \sim 137.4$ Ma	蒙义峰等,2004
	冬瓜山	硫化物石英脉中辉钼矿	137.4	Re-Os	模式年龄	
	小铜官山	与黄铜矿共生的铬云母团块	135.5	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	坪年龄,等时线年龄为 137.68 ± 2.75 Ma	
	老庙基山	与黄铜矿等共生的铬云母	144.9	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	坪年龄,等时线年龄为 150.25 ± 3.00 Ma	
	塌里牧	蚀变花岗闪长岩中辉钼矿	138.6	Re-Os	模式年龄	
铜官山	矽卡岩矿石中金云母	144.9	⁴⁰ Ar- ³⁹ Ar	坪年龄	曾普胜等,2004	

时代分别为 134~144.9Ma、137.3~141.6Ma 和 138~144Ma。九-瑞矿集区形成于 137~146.4Ma, 与前三者的成矿作用时间非常接近,表明造就武山铜矿及九-瑞矿集区的成矿事件是长江中下游成矿带发生于晚侏罗世~早白垩世(134~146.4Ma)大规模金属成矿作用的组成部分。武山铜矿及上述矿集区与成矿有关岩体的年龄集中于 134~148Ma (Chen et al., 1985; 吴才来等, 1996; 王彦斌, 2004; 李进文, 2004), 与区域金属成矿时间基本吻合。由此可见,武山铜矿及九-瑞矿集区与鄂东南、安庆、铜陵等大型矿集区的空间距离虽然达几十~几百公里,但其成矿地动力学背景相同,是统一的构造-岩浆作用过程中,与燕山期花岗质岩浆活动有关的产物(Pan et al., 1999; 毛景文等, 2004; 梅燕雄等, 2005)。

Yu and Mao(2004)最近测得宁芜矿集区与成矿关系密切的蚀变矿物钠长石和金云母的⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年龄为 122.9~126.7Ma,表明宁芜玢岩型铁矿的形成明显晚于九-瑞、铜陵、鄂东南和安庆等矿集区与花岗质岩石有关的 Cu-Au-Fe-(S、Mo、Pb)矿床,应是长江中下游成矿带发生于早白垩世、与陆相火山岩有关的又一次成矿爆发。

4.3 对武山铜矿与城门山铜矿成矿的启示

武山铜矿和城门山铜矿是九-瑞矿集区唯有的两个大型矿床,均为晚侏罗世同期构造-岩浆-成矿作用的产物。然而,两者的矿化特征还是存在一定差别的。武山铜矿以矽卡岩型-(似)层状硫化物型矿化为主,而城门山铜矿却以斑岩型-(似)层状硫化物型矿化为主。那么,又是什么原因造成形成于同一成矿地质背景、同期成矿事件且控矿因素基本相同、相距不过 15km 的两个矿床的矿化类型会出现如此的差异? 根据近年来的研究成果,九-瑞矿集区是伴随着下扬子地区岩石圈的大规模减薄事件(邓晋福等, 2001)形成的。从上述同位素测年数据来看,武山铜矿稍早于城门山铜矿形成,即九-瑞矿集区早期金属成矿以中~中浅深度的矽卡岩型矿化为主,此后(4~6Ma),随着岩石圈拉张减薄以及地表剥蚀,中酸性岩浆活动侵位深度变浅,相应的金属矿化也转变为以斑岩型为主。由此可以得出,九-瑞矿集区金属成矿与深部构造过程是密切相关的,而成矿时间差很可能是导致武山铜矿和城门山铜矿矿化特征差异的重要原因。当然,这一认识还有待于进一步研究证实。

5 结论

武山铜矿南矿带的辉钼矿模式年龄为 $144.0 \pm 1.8\text{Ma} \sim 145.7 \pm 2.0\text{Ma}$,等时线年龄为 $146.4 \pm 2.6\text{Ma}$ 。这一年龄值与武山岩体的侵位年龄极为吻合,表明武山铜矿南矿带应为晚侏罗世中酸性岩浆活动的产物。该矿床北矿带层状、似层状硫化物型矿体虽然曾经经历海西期海底喷流-沉积成矿,但燕山期岩浆期后热液叠加改造对其形成具有重要作用。因此,武山铜矿最终应形成于晚侏罗世。

武山铜矿及九-瑞矿集区与铜陵、安庆和鄂东南矿集区的成岩成矿时代高度一致,它们是在统一的构造-岩浆作用过程中、与燕山期花岗质岩浆活动有关的产物。由于该期金属成矿作用伴随着下扬子地区岩石圈的大规模减薄事件,所以,成矿时间差很可能是导致同属于九-瑞矿集区的武山和城门山 2 个大型铜矿的矿化特征出现差异的重要原因。

致谢:野外工作得到江西地质矿产勘查开发局陈祥云副局长、赣西北地质大队曹钟清总工和武山铜矿徐唐光、吴亚民高工的帮助,成文过程中得到了毛景文教授的热情指导,特致谢忱!

注 释

① 江西省地质矿产局赣西北大队, 1984. 江西省瑞昌县武山矿区铜矿详细勘探地质报告. P77.

参 考 文 献

- 包家宝, 汤树清, 余志庆. 2002. 江西铜矿地质. 南昌: 江西科学技术出版社, 75~85.
- 崔彬, 杨明银, 詹朝阳. 2002. 武山铜矿北矿带黄铁矿的成因矿物学研究. 地质与勘探, 38(5): 44~48.
- 邓晋福, 吴宗黎. 2001. 下扬子克拉通岩石圈减薄事件与长江中下游 Cu-Fe 成矿带. 安徽地质, 11(2): 86~91.
- 丁昕, 蒋少涌, 倪培, 顾连兴, 姜耀辉. 2005. 江西武山和永平铜矿含矿花岗质岩体锆石 SIMS U-Pb 年代学. 高校地质学报, 11(3): 383~389.
- 董平, 王文斌, 李文达, 谢华光. 1995. 武山铜矿层状矿体含铜黄铁矿矿体锆同位素地球化学特征及矿床成因. 火山地质与矿产, 16(2): 94~100.
- 顾连兴. 1984. 江西武山中石炭世海相火山岩和块状硫化物矿床. 桂林冶金地质学院学报, 4(4): 91~102.
- 顾连兴, 徐克勤. 1986. 论长江中、下游中石炭世海底块状硫化物矿床. 地质学报, 60(2): 176~188.
- 顾连兴. 1987. 江西武山与华南型块状硫化物矿床伴生的燕山期侵入岩. 岩石学报, (1): 64~76.
- 李进文. 2004. 铜陵矿集区矿田构造控矿与成矿化学动力学研究. 中国地质科学院[博士学位论文], 142 页.
- 毛景文, Holly Stein, 杜安道, 周涛发, 梅燕雄, 李永峰, 臧文栓, 李进

- 文. 2004. 长江中下游地区铜金(钨)矿 Re-Os 年龄测定及其对成矿作用的指示. *地质学报*, 78(1): 121~131.
- 梅燕雄, 毛景文, 李进文, 杜安道. 2005. 安徽铜陵大团山铜矿床层状矽卡岩矿体中辉钨矿 Re-Os 年龄测定及其地质意义. *地球学报*, 26(4): 327~331.
- 孟良义. 1997. 江西武山侵入型块状硫化物铜矿床的成矿特征. *中国科学(D辑)*, 27(6): 509~513.
- 蒙义峰, 杨竹森, 曾普胜, 徐文艺, 王训成. 2004. 铜陵矿集区成矿流体系统时限的初步厘定. *矿床地质*, 23(3): 271~280.
- 王文斌, 李文达, 董平, 傅德鑫. 1994. 江西武山铜矿稀土元素特征. *火山地质与矿产*, 15(1): 35~43.
- 王彦斌, 刘敦一, 蒙义峰, 曾普胜, 杨竹森, 田世洪. 2004. 安徽铜陵新桥铜-硫-铁-金矿床中石英闪长岩和辉绿岩锆石 SHRIMP 年代学及其意义. *中国地质*, 31(2): 169~173.
- 谢桂青, 毛景文, 李瑞玲, 张祖送, 赵维超, 屈文俊, 赵财胜, 魏世昆. 2006. 鄂东南地区 Cu-Au-Mo-(W) 矿床的成矿时代及其成矿地球动力学背景探讨: 辉钨矿 Re-Os 同位素年龄. *矿床地质*, 25(1): 43~52.
- 吴才来, 周旬若, 黄许陈, 张成火, 黄文明. 1996. 铜陵地区中酸性侵入岩年代学研究. *岩石矿物学杂志*, 15(4): 299~307.
- 吴良士, 邹晓秋. 1997. 江西城门山铜矿钨-钼同位素年龄研究. *矿床地质*, 16(4): 376~381.
- 曾普胜, 杨竹森, 蒙义峰, 裴荣富, 王彦斌, 王训成, 徐文艺, 田世洪, 姚孝德. 2004. 安徽铜陵矿集区燕山期岩浆流体系统时空结构与成矿. *矿床地质*, 23(3): 298~319.
- Bao J B, Tang S Q, Yu Z Q. 2002. Geology of Jiangxi copper deposits. Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 75~85(in Chinese with English abstract).
- Chen J F, Foland K A and Zhou T X. 1985. Mesozoic granitoids of the Yangtze foldbelt, China: Isotopic constrains on the magma source. In: *The Crust the Significance of Granites-gneisses in the Lithosphere* (ed. Wu. L. et al.), Theophrastus, Athens, 217~237.
- Cui B, Yang M Y, Zhan Z Y. 2002. Research genetic mineralogy of pyrite for north ore zone of Wushan copper deposit. *Geology and Prospecting*, 38(5): 44~48 (in Chinese with English abstract).
- Den J F, Wu Z X. 2001. Lithospheric thinning event in the lower Yangtze craton and Cu-Fe metallogenic belt in the middle and lower Yangtze river reaches. *Geology of Anhui*, 11(2): 86~91 (in Chinese with English abstract).
- Ding X, Jiang S Y, Ni P, Gu L X, Jiang Y H. 2005. Zircon SIMS U-Pb geochronology of host granitoids in Wushan and Yongping copper deposits, Jiangxi Province. *Geological Journal of China Universities*, 11(3): 383~389 (in Chinese with English abstract).
- Dong P, Wang W B Li W D Xie H G. 1995. The Sr-isotopic geochemistry and the genesis of stratabound cupriferous pyrite ore-bodies Wushan copper deposit; Jiangxi, East China. *Volcanology & Mineral Resources*, 16(2): 94~100(in Chinese with English abstract).
- Du A D, Wu S Q, Sun D Z, Wang S X, Qu W J, Stein H, Morgan J and Malinovskiy D. 2004. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: molybdenite HLP and JDC. *Geostandard and Geoanalytical Research*, 28(1): 41~52.
- Gu L X. 1984. The Middle Carboniferous marine volcanics and the origin of the bedded ore in Wushan, Jiangxi Province. *Journal of Galin College of Geology*, 4(4): 91~102(in Chinese with English abstract).
- Gu L X and Xu K Q. 1986. On the Carboniferous submarine massive sulphide deposits in the lower reaches of the Changjiang (Yangzi) river. *Acta Geologica Sinica*, 60(2): 176~188 (in Chinese with English abstract).
- Gu L X. 1987. The Mesozoic intrusives associated with the carboniferous massive sulphide ore deposit in Wushan, Jiangxi Province. *Acta Petrologica Sinica*, (1): 64~76. (in Chinese with English abstract).
- Li J W. 2004. Ore-controlling structure of orefield and ore-forming chemical kinetics of mineral assemblage area in Tongling [dissertation for doctoral degree]. Tutor: Pei R F. CAGS. 142P(in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Stein H, Du A D, Zhou T F, Li Y F, Zang W S, Mei Y X and Li J W. 2004. The Re-Os isotope accurate timing of copper (molybdenum) in the Middle and Lower Yangtze area and its indication for metallogenesis. *ACTA geological Sinica*, 78(1): 121~131(in Chinese with English abstract).
- Mei Y X, Mao J W, Li J W, Du A D. 2005. Re-Os dating of the molybdenite occurring in stratiform skarn orebody in the Datuanshan Cu ore deposit, Anhui Province, and its geological significance. *Acta Geoscientica Sinica*, 26(4): 327~331 (in Chinese with English abstract).
- Men L Y. 1997. Mineralization characteristics of the Wushan intruding massive sulfide copper deposit in Jiangxi Province. *Science in China(series D)*, 27(6): 509~513(in Chinese).
- Meng Y F, Yang Z S and Zeng P S, et al. 2004. Tentative temporal constraints of ore-forming fluid systems in Tongling metallogenic province. *Mineral Deposits*, 23: 271~280 (in Chinese with English abstract).
- Pan Y M and Dong P. 1999. The Lower Changjiang (Yangzi/Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion- and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag deposits *Ore Geology Reviews*, 15: 177~242.
- Sun W, Xie Z and Chen J, et al. 2003. Os-Os dating of copper and molybdenum deposits along the Middle and Lower reaches of the Yangtze river, China. *Economic Geology*, 98: 175~180.
- Wang W B, Li W D, Dong P and Fu D X. 1994. The characteristics of Wushan copper deposits Ree in Jiangxi. *Volcanology & Mineral Resources*, 15(1): 35~43 (in Chinese with English abstract).
- Wang Y B, Liu D Y, Meng Y F, Zeng P S, Yang Z S, Tian S H. 2004. SHRIMP U-Pb geochronology of the Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit in the Tongling ore district, Anhui. *Geology in China*, 31(2): 169~173(in Chinese with English abstract).
- Wu C L, Zhou X R, Huang X C, Zhang C H, Huang W M. 1996.

- $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ chronology of intrusive rocks from Tongling. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 15(4): 299~307(in Chinese with English abstract).
- Wu L S, Zou X Q. 1997. Re-Os isotopic age study of the Chengmenshan copper deposit, Jiangxi Province. *Mineral Deposits*, 16(4): 376~381(in Chinese with English abstract).
- Xie G Q, Mao J W, Li R L, Zhang Z S, Zhao W C, Qu W J, Zhao C S, Wei S K. 2006. Timing of mineralization and geodynamic framework of Cu-Au-Mo-(W) deposits from Southeastern Hubei Province, China; Constraints from Re-Os molybdenite. *Mineral Deposits*, 25(1): 43~52 (in Chinese with English abstract).
- Yu J J and Mao J W. 2004. $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ dating of albite and phlogopite from porphyry iron deposits in the Ningwu basins in east-central China and its significance. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 78:435~442.
- Zang W S, Wu G G, Zhang D, Li J W, Zhang X X, Liu A H, Zhang Z Y. 2004. Genesis of the Xinqiao gold-sulfide orefield, Anhui Province, China. *ACTA Geological Sinica*, 78(2):548~557.
- Zeng P S, Yang Z S and Meng Y F, et al. 2004. Temporal-spatial configuration and mineralization of Yanshanina magmatic fluid systems in Tongling ore concentration area. Anhui province. *Mineral Deposits*, 23: 298 ~ 309 (in Chinese with English abstract).

Re-Os Age of Molybdenite from the Southern Ore Zone of the Wushan Copper Deposit, Jiangxi Province, and Its Geological Significance

LI Jinwen¹⁾, LI Xuhui²⁾, PEI Rongfu¹⁾, MEI Yanxiong¹⁾,

WANG Yonglei¹⁾, QU Wenjun³⁾, HUANG Xiubao¹⁾, ZANG Wenshuan⁴⁾

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Northwest Jiangxi Geological Team of JBEDGMR, Jiujiang, Jiangxi, 332000*

3) *National Research Center of Geoanalysis, Beijing, 100037*

4) *China University of Geosciences, Beijing, 100083*

Abstract

In this paper, a precise Re-Os age is given for the southern ore zone of the Wushan copper deposit for the first time. The mode ages of five molybdenite samples vary from 144.0 Ma to 145.7 Ma, and the isochron age is 146.4 ± 2.6 Ma. These age data are concordant with SIMS age, 145.3.9 Ma, of the granodiorite porphyry, which indicates that the southern ore zone of the Wushan copper deposit is a product of late Jurassic intermediate-acid magmatism. Exhalative-sedimentary mineralization occurred on the northern ore zone of the Wushan copper deposit in the Hercynian period. And it is very important for the northern ore zone that was telescoped and remobilized in the post-magmatic processes in the Yanshanian period. Thus, at last the Wushan copper deposit was formed in the late Jurassic period. Mineralization in the Wushan copper deposit shows mainly skarn-type and strataform-type, and shows mainly porphyry-type and strataform-type in the Chengmenshan copper deposit which is located in the same ore district with the former. Along with lithospheric thinning in the lower Yangtze craton, ore-forming in Wushan is earlier than that in Chengmenshan. The time span is about 4 Ma to 6 Ma which might result in different mineralization in the two deposits. The ages of intrusive rocks are close to the ages of the deposits in the Wushan copper deposit and Jiurui, Tongling, Anqing, Edongnan ore districts which are products of the Yanshanian syntectonic-magmatic activity.

Key words: Mineralization, age; Wushan copper deposit; Jiangxi