

江西城门山铜矿铼-钼同位素年龄研究^{*}

吴良士

邹晓秋

(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: 城门山铜矿中, 侵入到花岗闪长岩中的石英斑岩, 其 Re-Os 法同位素测年结果为 140×10^6 a, 进而确定了该区二次岩浆侵入活动时间相隔约 10×10^6 a, 在这期间内, 岩浆由中酸性演变为酸性; 与其相应的成矿作用则从夕卡岩型铜、硫矿化演变为细脉浸染型铜、金矿化, 构成了一个演化序列。在细脉浸染型辉钼矿化作用中, 石英细脉中辉钼矿比石英斑岩中浸染状辉钼矿形成略早, 二者在空间上呈正消长, 而整个成矿过程大约经历了 $4 \times 10^6 \sim 3 \times 10^6$ a。

主题词: 石英斑岩 Re-Os 法 辉钼矿 年代测定 江西城门山

城门山铜矿床位于江西省九江市西南, 是我国著名铜矿床之一。该矿床自 1958 年发现以来经过了数十年工作, 在矿床地质、地球化学、同位素地质和矿产勘查等方面取得了较大的进展, 但在地质年代学研究上尚显不足, 特别是成矿年代是依据岩体年龄或围岩年代推定的, 而缺少直接研究。本文用 Re-Os 法对该矿床的辉钼矿进行成矿年代直接测定, 并在此基础上对该矿床成岩成矿中若干问题作进一步探讨。

1 地质概况

城门山铜矿位于下扬子台褶带西段, 北与中朝地台相邻, 南与江南古陆相接。该区前寒武纪为优地槽区, 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。古生代至中三叠世本区为地台区, 沉积了一套碎屑岩与碳酸盐岩, 中三叠世末的印支运动结束了该区海浸历史, 隆起为陆; 晚三叠世以来受燕山运动影响发生了岩浆活动, 形成了星罗棋布的小侵入岩体, 并围绕其周围产生了规模不等的成矿作用。城门山铜矿就是在这背景下形成的^[1]。

城门山矿区燕山期岩浆侵入活动主要有二期: 早期以花岗闪长斑岩为主, 其出露面积约 0.5 km^2 , 在平面上呈不规则的椭圆形, 向下逐渐收敛呈近等轴状。岩体侵入于志留纪至早三叠世地层中, 形成了向东突出的半环形接触带。花岗闪长斑岩为灰绿—灰白色, 块状构造, 似斑状结构, 斑晶主要为斜长石 (占 25% 左右)、黑云母 (4%)、角闪石 (3%), 其次为钾长石与石英。斜长石斑晶最大可达 $30 \times 10 \text{ mm}$, 具环带状结构和反应边结构, 石英有熔蚀现象, 黑云母常具扭动构造。基质以石英、斜长石、钾长石为主, 粒度一般为 $0.01 \sim 0.1 \text{ mm}$ 。副矿物以磁铁矿和磷灰石为主, 锆石次之。岩浆侵入活动晚期以石英斑岩为主体, 其出露面积约 0.35 km^2 , 主要位于矿区西部, 其东与早期的花岗闪长斑岩接触, 其西侵入于二叠纪至中三叠

^{*} 国家“八五”科技攻关项目资助 (编号: 85-901-03-09-D)

吴良士, 男, 1937 年生, 研究员, 长期从事区域成矿规律研究。邮政编码: 100037

1997-01-24 收稿, 1997-07-06 修改回

世地层中, 并有较为强烈的爆破作用, 形成了爆破角砾岩脉于岩体中。在岩体东部边缘与顶部常有早期花岗闪长斑岩的捕虏体。石英斑岩多为浅灰—灰白色, 似角砾状或似角砾状-角砾状构造, 斑状结构、碎斑结构。斑晶以石英、钾长石为主, 石英常熔蚀呈浑圆状, 而钾长石有序度仅 0.1。基质为细粒—霏细结构, 以石英 (大于 35%)、钾长石 (25%) 为主, 斜长石较少。副矿物主要为磷灰石。

该区与花岗闪长斑岩侵入有关的成矿作用主要发生在接触带, 形成了不规则的夕卡岩带, 少数在岩体的捕虏体内, 矿化以铜为主。与石英斑岩侵入有关的成矿作用主要发生在岩体之中, 呈不均匀浸染状分布, 矿化以辉钼矿化为主。在这两次侵入与成矿过程中, 岩体发生了不同程度的围岩蚀变: 花岗闪长斑岩蚀变最强烈部位位于岩体边缘, 并以夕卡岩化与青磐岩化为主; 而石英斑岩蚀变范围则较广, 几乎遍及整个岩体^[2,3]。据钻孔资料在深度 3~500 m 范围内石英斑岩都具有不同程度的泥化。

2 样品选取与测定方法

本区曾进行过年代学研究, 获得了部分资料, 其中花岗闪长岩有黑云母 K-Ar 法年龄值 148×10^6 a、 155×10^6 a (中国科学院地球化学研究所, 1972)^[4], 142×10^6 a (桂林冶金地质研究所, 1976)^①, 年龄值相对比较集中, 均在 150×10^6 a 左右。而石英斑岩由于岩石风化或蚀变关系, 单矿物不易选取, 故均为全岩测定, 其中有 K-Ar 法年龄值 120×10^6 a (中国科学院地球化学研究所, 1973)^[5]、 118×10^6 a^①, Rb-Sr 法年龄值 103×10^6 a (中国科学院地球化学研究所, 1973)^[5]、 110×10^6 a (南京地质矿产研究所, 1987)^[2] 年龄值比较分散, 测定精度与代表性也较低, 因此对石英斑岩如何选取合适的测定对象与方法将是至关重要的。据研究本区石英斑岩中辉钼矿化比较普遍, 并有二种产出方式: ① 细小鳞片状辉钼矿 (直径小于 1 mm) 呈浸染状镶嵌在石英斑岩的石英、钾长石等晶隙之中; ② 辉钼矿 (直径在 1 mm 左右) 与石英组成短细脉于石英斑岩的裂隙之中。显然, 从辉钼矿产出与形成特点看, 其与石英斑岩形成时间是十分接近的, 因此, 选取辉钼矿作为年龄测定的对象, 既可直接确定辉钼矿成矿年代, 又可确定石英斑岩的成岩年代。它是具有较大地质意义的测定对象。同时, 由于该区辉钼矿中普遍含铼 (Re), 并呈类质同象存在, 所以应用 Re-Os 法进行年代测定是完全可行的^[6]。

Re-Os 法测年方法是近十几年来新兴的一种以金属矿物为对象的直接测定其年代的方法。它基于放射性的 ^{187}Re 通过 β 衰变成为 ^{187}Os 而引起钨同位素异常来计算地质年代的^[7]。本文年代测定是由地质矿产部岩矿测试技术研究所承担的, 样品用等离子质谱 (ICP-MS) 测定的, 其 $\lambda = 1.64 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$, 测定精度 (2σ) 在 3% 之内。

为了详细研究成岩、成矿作用, 在样品选取时将石英斑岩中浸染状辉钼矿与石英短细脉中辉钼矿分别进行选择与测定。由于该区辉钼矿粒度小 (1 mm 左右)、分布不均匀, 品位一般为 0.04% 等因素, 给矿物挑选增添了难度, 但其共生矿物的特点明显不同: 在石英细脉中辉钼矿共生矿物种类较少, 主要为石英, 并具明显的油脂光泽, 而石英斑岩中浸染状辉钼矿共生矿物种类较多, 石英不具油脂光泽, 颜色偏暗, 钾长石均已高岭土化。因而依据共生矿

① 江西地质矿产局赣西北地质大队, 1990, 城门山、武山铜矿地质

物的特点可将两种产出的辉钼矿准确地区分并选取出来。

通过 Re-Os 法同位素年龄测定获得了二条等时线年龄值：① 石英细脉中辉钼矿等时线年龄值为 $(141\pm3)\times10^6\text{ a}$ (表 1、图 1)；② 石英斑岩中浸染状辉钼矿等时线年龄值为 $(137\pm3)\times10^6\text{ a}$ (图 2，表 2)。同时将上述辉钼矿测定结果，不考虑其产出方式又获得一条辉钼矿等时线，其年龄值为 $(140\pm2)\times10^6\text{ a}$ (表 3、图 3)。

表 1 辉钼矿（石英脉中）Re-Os 同位素年龄测定结果

Table 1. Re-Os isotopic age determinations of molybdenite from quartz veins

编 号	Re(2σ)/(μg/g)	¹⁸⁷ Re/(μg/g)	¹⁸⁷ Os/(ng/g)	模式年龄/(10 ⁶ a)
q ₁	4.87±0.08	3.05±0.05	7.39±0.32	141.8
q ₂	14.87±0.16	9.31±0.10	22.33±0.67	144.2
q ₃	13.17±0.29	8.25±0.18	19.15±0.32	139.3
q ₄	10.34±0.21	6.45±0.13	15.13±0.58	140.2
q ₅	10.76±0.09	6.73±0.06	15.68±0.50	139.3

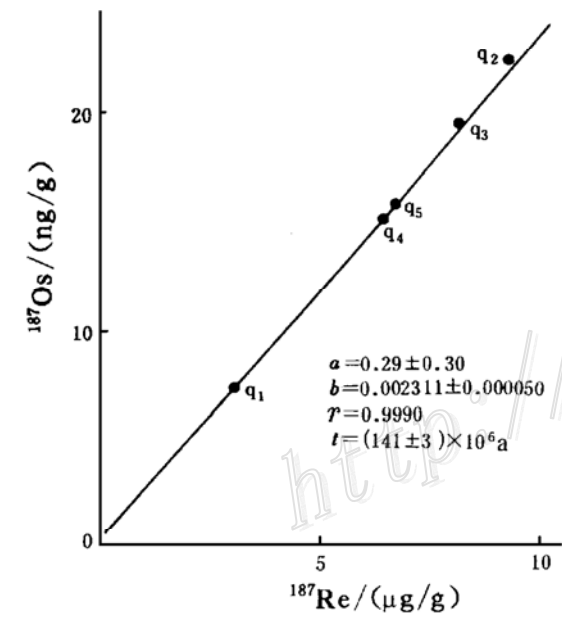


图 1 辉钼矿（石英脉中）Re-Os 等时线
Fig. 1. Re-Os isochron of molybdenite from quartz veins.

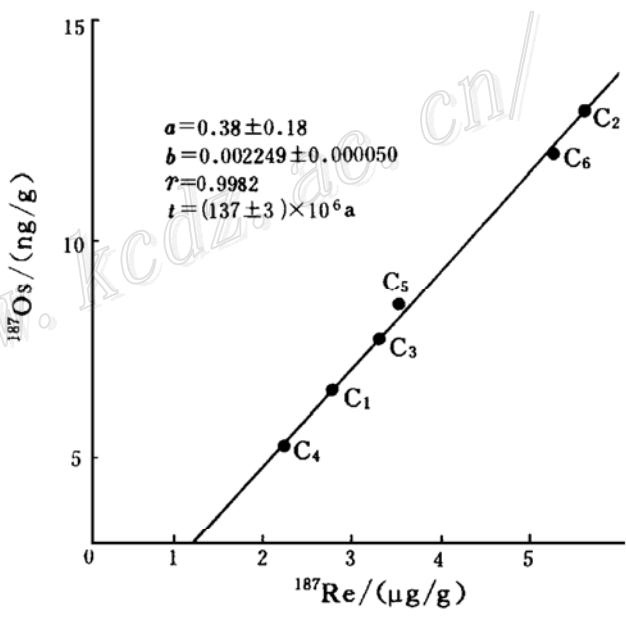


图 2 辉钼矿（岩体中）Re-Os 等时线
Fig. 2. Re-Os isochron of molybdenite from the rock body.

表 2 辉钼矿（岩体中）Re-Os 同位素年龄测定结果

Table 2. Re-Os isotopic age determinations of molybdenite from the rock body

编 号	Re(2σ)/(μg/g)	¹⁸⁷ Re/(μg/g)	¹⁸⁷ Os/(ng/g)	模式年龄/(10 ⁶ a)
C ₁	4.44±0.10	2.78±0.06	6.60±0.11	136.4
C ₂	9.01±0.11	5.64±0.07	13.01±0.17	136.4
C ₃	5.24±0.11	3.28±0.07	7.74±0.51	136.8
C ₄	3.57±0.03	2.23±0.02	5.34±0.20	135.6
C ₅	5.58±0.01	3.50±0.07	8.65±0.32	144.0
C ₆	8.42±0.15	5.27±0.09	12.05±0.87	135.0

表 3 辉钼矿 Re-Os 法同位素年龄测定结果

Table 3. Re-Os isotopic age determinations of molybdenite

编 号	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	Q ₁₁
Re(2σ)/(μg/g)	4.44	9.01	5.24	3.57	5.58	8.42	4.87	14.87	13.17	10.34	10.76
¹⁸⁷ Re/(μg/g)	2.78	5.64	3.28	2.23	3.50	5.27	3.05	9.31	8.25	6.45	6.73
¹⁸⁷ Os/(ng/g)	6.60	13.01	7.74	5.34	8.65	12.05	7.39	22.33	19.15	15.13	15.08

在对 Re-Os 法测定的年龄值研究同时，亦对该区以往其它方法测定的同位素年龄值，结合其采样位置的地质特征下进行分析，判定其年龄值的地质意义，以便补充和验证 Re-Os 法测定的结果。

3 结果与讨论

野外地质调查与 Re-Os 法同位素年龄测定结果表明：

(1) 石英斑岩中辉钼矿 Re-Os 法同位素地质年龄值为 $(140\pm2)\times10^6$ a (表 3、图 3)。依据野外调查，本区辉钼矿在石英斑岩中是呈细脉浸染状分布的，其中含辉钼矿石英脉是延伸长度一般在 10~20 mm 的细脉或微脉，而不是延伸数十至数百米的规则大脉；浸染状辉钼矿亦赋于石英斑岩基质的矿物颗粒之间，显然，辉钼矿化是在岩浆侵入到浅部，经过减压、沸腾、爆破等作用而形成的。辉钼矿成矿与石英斑岩侵入是接近于同步进行的。因此， $(140\pm2)\times10^6$ a 的年龄值不但反映了辉钼矿成矿时间，而且也接近于石英斑岩成岩时间。

(2) 城门山矿区石英斑岩以往曾进行过年龄测定，年龄值为 $120\times10^6\sim103\times10^6$ a，但其测定对象均为全岩。据野外资料石英斑岩泥化较为强烈，因此全岩同位素年龄值不可能确切地反映石英斑岩形成年龄，相反，在很大程度上代表了它的蚀变年龄，而石英斑岩蚀变又与成矿作用有密切关系。据目前所知石英斑岩在辉钼矿化之后又遭受了黄铁矿-黄铜矿化和黄铁矿-金矿化等二次面型的矿化作用。此外考虑到石英斑岩中辉钼矿成矿年龄为 $(140\pm2)\times10^6$ a，因此，上述石英斑岩 120×10^6 a 和 103×10^6 a 年龄值是 与黄铁矿-黄铜矿化、黄铁矿-金矿化有关的石英斑岩蚀变年龄，而不是其本身成岩年龄。

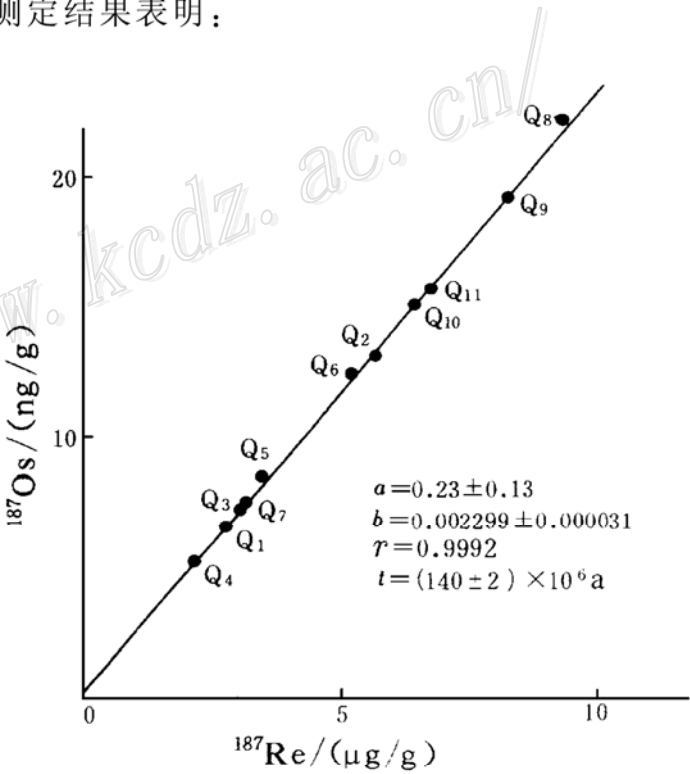


图 3 辉钼矿 Re-Os 等时线

Fig. 3. Re-Os isochron of molybdenite.

(3) 石英斑岩中两种产出方式的辉钼矿经过 Re-Os 法同位素年龄测定, 其年龄值分别为 $(141 \pm 3) \times 10^6$ a 和 $(137 \pm 3) \times 10^6$ a (表 1、2, 图 1、2)。它反映了石英细脉中辉钼矿形成时间相对较早, 岩体中浸染状辉钼矿形成时间相对较晚。但从其赋存状态看, 含辉钼矿石英细脉与浸染状辉钼矿的发育程度往往呈同步增长, 细脉与微脉发育处浸染状辉钼矿也发育, 反之亦然。因而, 说明了辉钼矿两种产出方式在空间分布上是紧密在一起, 在形成时间上又是十分接近的, 而其整个成矿过程却是较短暂的, 大约经历了 $3 \times 10^6 \sim 4 \times 10^6$ a。

(4) 本区早期花岗闪长斑岩年龄值为 150×10^6 a 左右, 而上述研究表明晚期侵入的石英斑岩年龄值约 140×10^6 a, 因此, 从地质年代学研究也证实了本区存在较大的两次岩浆侵入活动, 其间隔时间在 10×10^6 a 左右。在这时间间隔中, 本区岩浆活动随着时间推移, 从早期中酸性向晚期酸性变化, 并且侵位愈来愈高; 晚期石英斑岩已属于超浅成爆发相, 与其相对应的成矿作用也由早期夕卡岩型演变为细脉浸染型; 由以铜、硫为主变为以钼、金为主, 构成了一个完整的演化过程。

笔者在野外工作期间得到江西地矿局赣西北地质大队的大力帮助, 该队余忠珍工程师参加了部分工作, 在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 常印佛, 刘湘培, 吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带. 北京: 地质出版社, 1992, 193~293, 349~352
- 2 季绍新, 王文斌等. 赣西北铜矿, 北京: 地质出版社, 1990, 110~128, 141~147
- 3 黄恩邦, 张乃堂, 罗剑生. 城门山、武山铜矿成因. 矿床地质, 1990, 9 (4): 291~300
- 4 中国科学院地球化学研究所同位素年龄实验室. 南岭及其邻区花岗岩同位素年龄的研究. 地球化学, 1972, (2): 119~134
- 5 中国科学院地球化学研究所同位素年龄实验室. 江西九江地区岩石同位素年龄初步测定. 地球化学, 1973, (1): 46~50
- 6 黄典豪, 吴潞宇, 杜安道等. 东秦岭地区钼矿的铼-钼同位素年龄及其意义. 矿床地质, 1994, 13 (3): 221~230
- 7 杜安道, 何红蓼, 殷宁万等. 辉钼矿的铼-钼同位素地质年龄测定方法研究. 地质学报, 1994, 68 (4): 339~347

Re-Os ISOTOPIC AGE STUDY OF THE CHENGMENSHAN COPPER DEPOSIT, JIANGXI PROVINCE

Wu Liangshi

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

Zou Xiaoqiu

(Institute of Rock and Mineral Analysis, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words: quartz porphyry, Re-Os method, molybdenite, chronometry, Chengmenshan of Jiangxi

Abstract

There are two stages of magmatic intrusion in the Chengmenshan copper ore district, namely the early stage granodiorite porphyry and the late stage quartz porphyry. The age of the former porphyry is 150×10^6 a, and the Re-Os isochron age of the latter porphyry determined by the authors is 140×10^6 a, suggesting that the interval between these two stages of magmatic activity is some 10×10^6 a. During this period, magmatic activity evolved from intermediate-acid to acid, whereas the ore-forming process developed from skarn type copper-sulfur mineralization to veinlet disseminated molybdenum-gold mineralization, constituting a metallogenic evolutionary series. In the process of the veinlet disseminated mineralization, molybdenite was produced in two forms: one was veinlet or stockwork molybdenite with Re-Os isochron age $3(141 \pm 3) \times 10^6$ a, the other was in dissemination form with Re-Os isochron age $(137 \pm 3) \times 10^6$ a. It is obvious that the veinlet or stockwork molybdenite was formed earlier than the disseminated molybdenite, and that the whole ore-forming process of molybdenite spanned a period of 4×10^6 a $\sim 3 \times 10^6$ a.