

安基山和铜山铜(钼)矿床中辉钼矿的铼-钨同位素年龄及其意义*

王立本 季克俭

陈东

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037) (江苏省地矿局第三地质大队, 镇江 212111)

关键词 铜(钼)矿床 Re-Os 同位素年龄 安基山 铜山

摘要 安基山和铜山铜(钼)矿床为分别位于宁镇山脉弧形构造拐转处和弧形构造中段的两个中型矿床。前者为与燕山晚期花岗闪长斑岩-石英闪长玢岩有关的、以斑岩型和矽卡岩型为主的铜(钼)矿床, 岩体的单矿物 K-Ar 同位素年龄为 $123.1 \times 10^6 - 106.0 \times 10^6$ a, K-Ar 等时线值为 123.0×10^6 a; 后者为与燕山晚期石英闪长玢岩有关的矽卡岩型铜(钼)矿床, 主岩体的 K-Ar 同位素年龄为 117.0×10^6 a。从安基山铜(钼)矿床的细脉浸染型钼矿石和铜山铜(钼)矿床的浸染状钼矿石中选取了辉钼矿纯样并对其进行了 X 射线衍射分析, 结果表明: 安基山矿床的辉钼矿为 $2H_1 + 3R$ 型, 铜山矿床的辉钼矿为 $2H_1$ 型。采用同位素稀释-等离子体质谱法测定了辉钼矿中的 ^{187}Re 和 ^{187}Os , 并以衰变常数 $\lambda(^{187}\text{Re}) = 1.64 \times 10^{-11} \text{a}^{-1}$ 计算出两矿床内辉钼矿的成矿年龄分别为 $(108 \pm 2) \times 10^6$ a 和 $(106 \pm 3) \times 10^6$ a, 分别比相关岩体的年龄晚 15×10^6 a 和 11×10^6 a。

1 成矿地质背景概述

宁镇山脉属扬子准地台下扬子台褶带的一部分, 其构造格架由近东西向的三个背斜和两个向斜组成, 自北而南为龙潭-仓头背斜、范家塘向斜、宝华山-巢凤山背斜、桦墅-亭子向斜和汤山-仑山背斜, 由西向东具有弧型构造的特征^[1]。宁镇山脉的逆掩断裂极为发育, 其中位于汤-仑复式背斜北翼的徐(家山)-金(子山)逆掩断裂是宁镇山脉最重要的一条低角度逆掩断裂, 在安基山表现为上青龙组或周冲村组逆掩在象山群之上, 部分由岩体占据或杨冲组不整合掩盖。由于徐-金断裂的作用, 在安基山发育一套同生滑塌角砾岩。除此之外, 区内发育有北西向平移断裂、北北东向逆平移断裂和近东西向断裂带, 其中龙潭-深山村断裂, 其两侧派生构造发育, 其中以一组密集发育的北北西向派生右行平移断层为主, 由于北西向断裂的右行扭动, 使得龙潭-铜山间的构造线呈正弦曲线状, 铜山处于断裂北侧弧顶朝南的弯曲部位^[1](图 1)。宁镇地区岩浆活动主要发生在燕山期, 形成规模甚大的宁镇山脉火山-侵入杂岩体。燕山期侵入岩与内生矿产在空间上、成因上有密切关系。其中与铜(钼)矿床有关的侵入岩主要为燕山晚期第二次侵入的石英闪长玢岩和花岗闪长斑岩等中酸性侵入岩体。

安基山铜(钼)矿床位于宁镇弧形构造拐转处、桦墅-亭子复向斜西段的北北西向汤山

* 本文于 1997 年 1 月 21 日收到, 1997 年 3 月 12 日改回。

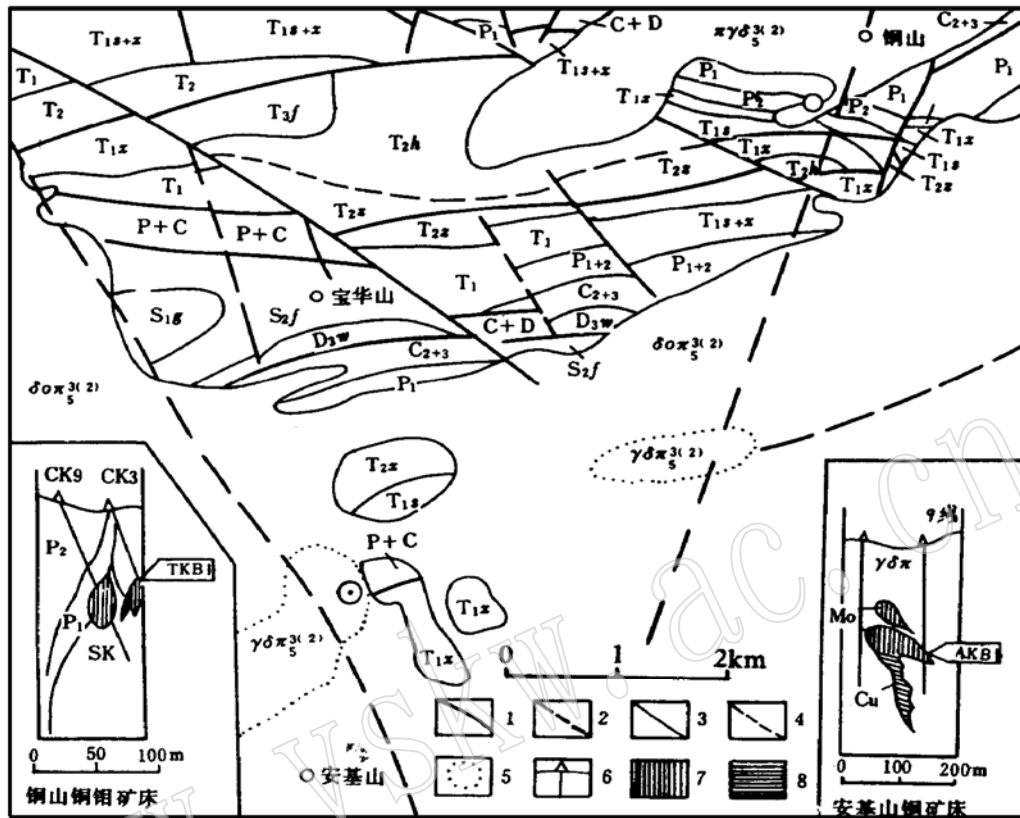


图1 安基山—铜山地质略图(据宁镇地区—300m断面地质图①简化)和取样位置

Fig. 1 Geological sketch map of Anjishan-Tongshan area and sampling position

1—断层; 2—推测断层; 3—地层界线; 4—推断地层界线; 5—岩相界线; 6—钻孔; 7—钼矿床; 8—铜矿床; S_{1g}—志留系下统高家边组; S_{2f}—志留系中统坟头组; D_{3w}—泥盆系上统五通组; C+D—泥盆系和石炭系; C₂₊₃—石炭系中统; P₁、P₂—二叠系下统和上统; T_{1s}、T_{1x}—三叠系下统上青龙组和下青龙组; T_{2z}—三叠系中统周冲村组; T_{2h}—三叠系中统黄马青组; πγδ—斑状花岗闪长岩; γδπ—花岗闪长斑岩; δπ—石英闪长玢岩

— 东阳断裂带中(图1)。与成矿有关的安基山岩体内有大量沉积岩围岩的捕虏体和顶垂体, 岩石类型主要为石英闪长玢岩和花岗闪长斑岩, 二者呈相变关系, 前者分布于浅部和接触带附近, 后者主要见于矿体的周围深部。石英闪长玢岩内黑云母的 K-Ar 同位素年龄为 $117.0 \times 10^6 a^{[1]}$, 角闪石的 K-Ar 法年龄为 $106.0 \times 10^6 a^{[1]}$; 花岗闪长斑岩内黑云母的 K-Ar 法年龄为 $(116.0-123.1) \times 10^6 a$; 而全岩测定的石英闪长玢岩的 K-Ar 法年龄为 $(92.0-95.3) \times 10^6 a^{[1]}$, 与单矿物测定值比较差异较大, 经 K-Ar 等时线法校正后, 等时线值为 $123.0 \times 10^6 a$ 。安基山铜(钼)矿床的矿体可分为三种类型, 即矽卡岩型、斑岩型和少量脉状矿体。矽卡岩型矿体的矿石呈他形一半自形粒状或嵌晶充填结构, 块状、浸染状、斑点状或团块状构造, 主要金属矿物为黄铜矿、黄铁矿, 其次为磁铁矿、闪锌矿和少量至微量的方铅矿和辉钼矿等。斑岩型矿体赋存于石英闪长玢岩(常相变为花岗闪长斑岩)中, 矿石为他形或鳞片晶粒结构, 浸染状、细脉状构造, 主要金属矿物为黄铜矿、辉钼矿, 次要及少量矿物为黄铁矿、磁黄铁矿和斑铜矿等。

① 江苏省地质矿产研究所、区域地质调查大队、地球物理化学探矿综合大队编制, 1990(未公开出版)。

铜山铜(钼)矿床位于宁镇弧形构造的中段,龙-仓复背斜的南翼(图1),为矽卡岩型矿床,主要矿体产于石英闪长玢岩与栖霞组灰岩间的外接触带中。与成矿关系密切的石英闪长玢岩沿五通组、高骊山组和栖霞组之间的断裂侵入,主岩体内黑云母的K-Ar同位素年龄为 117.0×10^6 a。矽卡岩型矿体的矿石具他形粒状结构、充填结构和嵌晶结构,团块状、压碎状和细脉浸染状构造。矿石矿物以黄铜矿、辉钼矿为主,次为磁铁矿、磁黄铁矿等。

2 安基山和铜山铜(钼)矿床的铼-钨年龄测定

对这两个矿床分别采集了辉钼矿的新鲜样品,其中安基山铜(钼)矿床的辉钼矿采自斑岩型细脉浸染状钼矿石,铜山铜(钼)矿床的样品采自浸染状钼矿石(图1)。两矿床的辉钼矿均呈微粒-细粒片状晶体,经笔者所做的X射线衍射分析表明:安基山铜(钼)矿床的辉钼矿以 $2H_1$ 型为主,含少量 $3R$ 型,铜山铜(钼)矿床中的辉钼矿为 $2H_1$ 型,不含 $3R$ 型。

2.1 分析方法

辉钼矿的Re-Os同位素年龄测定的根据是辉钼矿富含铼,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^[2]。详细分析步骤请参阅参考文献[2]。

本文的辉钼矿样品是由中国地质科学院岩矿测试技术研究所铼-钨同位素实验室的杜安道、何红蓼等采用同位素稀释-等离子体质谱法分析,并进行Re-Os同位素测年。

2.2 分析结果

宁镇地区安基山铜(钼)矿床和铜山铜(钼)矿床内辉钼矿的 ^{187}Re 、 ^{187}Os 含量及表面年龄列于表1。

由表1可见:(1)安基山铜(钼)矿床的辉钼矿,采自斑岩型细脉浸染状钼矿石,其Re含量为 326.1×10^{-6} , ^{187}Os 的含量为 360.8×10^{-9} 。而采自铜山铜(钼)矿床的矽卡岩型细脉浸染状钼矿石的辉钼矿,其Re含量和 ^{187}Os 的含量分别为 143.9×10^{-6} 和 157.3×10^{-9} ,与安基山矿床相比,Re和 ^{187}Os 的含量相对较低;(2)将两矿床的 ^{187}Re 和 ^{187}Os 的含量作图(图2),两个投影点连线的直线方程为 $y(^{187}\text{Os}) \times 10^3 = 1.785x(^{187}\text{Re})$

- 3.536,基本通过原点,-3.536的截距可基本忽略;(3)两矿床的表面年龄分别为 108×10^6 a(安基山)和 106×10^6 a(铜山),均属燕山晚期,为几乎同期的成矿作用的产物。

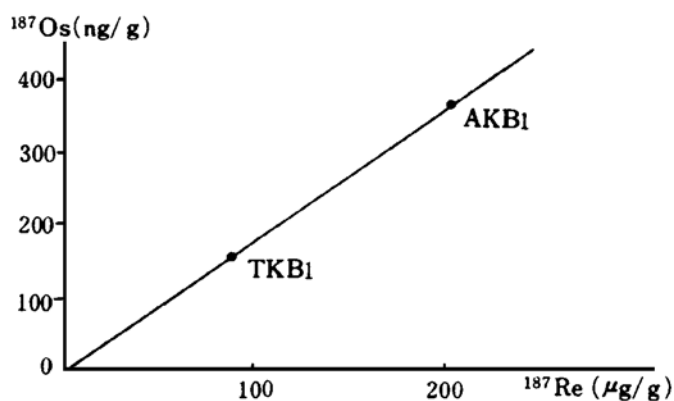


图2 安基山矿床和铜山矿床中辉钼矿的 ^{187}Os - ^{187}Re 含量关系图

Fig. 2 ^{187}Os versus ^{187}Re diagram of molybdenite from Anjishan and Tongshan deposits

表 1 辉钼矿的 Re- Os 含量及表面年龄
Table 1 ¹⁸⁷Re、¹⁸⁷Os contents and apparent Re- Os ages of molybdenite

矿床	样品号	矿物	Re(±2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Re(±2σ) (μg/g)	¹⁸⁷ Os(±2σ) (ng/g)	Re- Os 年龄(10 ⁶ a)
安基山斑岩- 矽卡岩型铜(钼)矿床	AKB1	辉钼矿	326.1 ± 4.8	204.1 ± 3.0	360.8 ± 5.8	108 ± 2
铜山矽卡岩型铜(钼)矿床	TKB1	辉钼矿	143.9 ± 2.1	90.1 ± 1.3	157.3 ± 3.6	106 ± 3

计算辉钼矿 Re- Os 年龄的方程为: $t = \frac{1}{\lambda} [\ln(1 + \frac{^{187}\text{Os}}{^{187}\text{Re}})]$, λ 为 ¹⁸⁷Re 的衰变常数, $\lambda = 1.64 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$ [15]

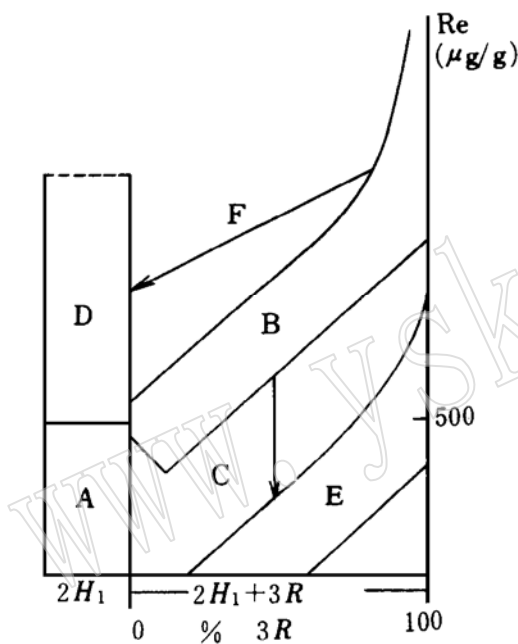


图 3 斑岩型和矽卡岩型矿床内辉钼矿的不同沉积阶段及蚀变作用中 3R 与 Re 含量的关系图(据 Newberry, 1979^[4])

Fig. 3 Diagram showing 3R/Re relations in porphyry and skarn deposits during the various stages of molybdenite deposition and in situ alteration (after Newberry, 1979^[4])

A—低铼/无 3R 辉钼矿; B—前进矽卡岩型辉钼矿(高铼/富 3R); C—无铼的重结晶逸失; D—绢云母化蚀变和后退矽卡岩型辉钼矿(铼含量可变/无 3R); E—表生蚀变的辉钼矿(低铼/富 3R); F—3R 辉钼矿的重结晶作用和铼的逸失

3 讨论

3.1 铼- 钨同位素年龄的可靠性

辉钼矿的铼- 钨同位素表面年龄能否正确表达矿床的成矿年龄, 其可靠性基本取决于如下两方面: 首先, 要获得可靠的 Re- Os 年龄值, 就需要有对样品的正确的化学处理方法和精确的分析测定方法做保证, 黄典豪等^[3]曾对此进行了论述, 本文不再赘述; 然而, 更为重要的是辉钼矿形成之后是否处于封闭系统, 有无后期的内生和外生蚀变作用及重结晶作用的影响, 即样品的可靠性问题。

辉钼矿中富含铼, 其原因是钼和铼两元素在元素周期表中处于对角线位置, 两元素的地球化学行为的相似性使得 Re^{4+} 易于替代 Mo^{4+} 进入辉钼矿晶格。但是, 由于 Re^{4+} 的离子半径相对较小, 随着铼含量的增加, 辉钼矿的六方格子 ($2H_1$) 歪曲向 R 格子 ($3R$) 转化。反之, 由于某种蚀变作用或后期热事件的叠加而引起的重结晶作用, 造成部分铼脱离辉钼矿晶格, 使得部分 $3R$ 型辉钼矿转换为 $2H_1$ 型。为了正确判定和选择可靠的样品用于 Re- Os 同位素测年, Newberry^[4]给出了辉钼矿多型/ 蚀变作用和铼含量关系图(图 3)。由图 3 可见, 由辉钼矿样品中 $3R$ 型辉钼矿的含量和铼的含量所确定的 6 个分区中, 只有处于 A、B 和 C 等三个区中的辉钼矿可用于 Re- Os 同位素测年。本文所采取的安基山矿床的辉钼矿

样品(AKB1), 其铼含量为 326.1 μg/g, 其中主要为 $2H_1$ 型, 仅含少量 $3R$ 型(不足 1%), 其投影点落在 C 区内靠近 A 区和 C 区的边界。采自铜山矿床的样品(TKB1), 其投影点落在 A 区

内。这表明本文的两个样品均未曾经受蚀变作用和重结晶作用的影响,从而保证了 Re- Os 同位素测年的可靠性。

3.2 辉钼矿的铼- 钨同位素年龄的地质意义

长期以来,多数金属矿床的成矿年龄是通过与矿化有关的侵入岩体或含矿岩脉的脉石矿物,应用 K- Ar, Rb- Sr, Sm- Nd 和 U- Pb 等测年技术间接获得的。由于与矿化相关的岩体均不同程度地受到伴随发生的热液蚀变作用的影响,从而造成了年龄测定值的较大的不确定性。以安基山岩体为例,以 K- Ar 测年技术获得的石英闪长玢岩的黑云母年龄值为 $117 \times 10^6 \text{a}^{[1]}$, 角闪石的年龄值为 $106 \times 10^6 \text{a}^{[1]}$, 花岗闪长斑岩的黑云母年龄值为 $123 \times 10^6 \text{a}^{[1]}$, 同一岩体的年龄测定值呈现明显的差异,其变化范围高达 $17 \times 10^6 \text{a}$ 。经等时线法校正确定的等时线年龄为 $123 \times 10^6 \text{a}$, 这个年龄值只能代表岩石固结的年龄,即成岩年龄。上述这些年龄值均不能代表矿床的成矿年龄。

铼- 钨同位素测年技术是直接测定不同类型钼矿床和含钼矿床的成矿年龄的有效方法, Re- Os 表面年龄的测量误差一般在 3% -4% 之间^[3]。利用这一技术测定安基山铜(钼)矿床和铜山铜(钼)矿床的矿石矿物辉钼矿的 Re- Os 同位素年龄,结果表明,矿石的成矿年龄与成矿岩体的形成年龄之间存在着较大的时间间隔。安基山和铜山两矿床的辉钼矿的成矿年龄分别为 $108 \times 10^6 \text{a}$ 和 $106 \times 10^6 \text{a}$, 分别比相关岩体的年龄晚 $15 \times 10^6 \text{a}$ 和 $11 \times 10^6 \text{a}$ 。这表明安基山铜(钼)矿床和铜山铜(钼)矿床均为燕山晚期第二次岩浆侵入活动这一热事件所引发的热液成矿作用的产物。

参 考 文 献

- 1 江苏省地质矿产局. 宁镇山脉地质志. 南京: 江苏省科学技术出版社, 1989.
- 2 何红蓼, 杜安道, 邹晓秋, 孙雅莉, 殷宁万. 采用同位素稀释等离子体质谱法对铼- 钨同位素系统的研究及其对辉钼矿测年的应用. 岩矿测试, 1993, 12: 161-165.
- 3 Huang Dianhao, Wu Chengyu, Du Andao and He Hongliao. Re- Os isotope ages of molybdenum deposits in East Qinling and their significance. Chinese Journal of Geochemistry, 1995, 14: 313-322.
- 4 Newberry R J. Polytypism in molybdenites, II. Relationships between polytypism ore deposition/ alteration stages and rhenium contents. Am. Mineral., 1979, 64: 768-775.
- 5 Lindner M, Leich D A, Russ G P, Bazan J M and Borg R J. Direct determination of the half-life of ¹⁸⁷Re. Geochim. Cosmochim. Acta, 1989, 53: 1597-1606.

Re- Os Isotope Ages of Molybdenite from the Anjishan Copper Deposit and the Tongshan Copper-Molybdenum Deposit and Their Implications

Wang Liben Ji Kejian

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

Chen Dong

(No. 3 Geological Party, Jiangsu Bureau of Geology and Mineral Resources, Zhenjiang 212111)

Key words: copper(molybdenum) deposit; Re- Os isotope age; Anjishan; Tongshan

Abstract

The studied copper (molybdenum) deposits include the Anjishan copper deposit and the Tongshan copper-molybdenum deposit, of which the former lies in the inflexion section of Nanjing-Zhenjiang Mountain arcuate structure, and the latter lies in the middle part of the same mountain chain. Both are medium-size ones.

Associated with granodiorite porphyry and quartz diorite porphyrite, the Anjishan copper deposit is mainly of porphyry and skarn type. The single mineral (biotite and hornblende) K-Ar isotope ages of Anjishan rock bodies are between 123.1×10^6 a and 106.0×10^6 a, and K-Ar isochron dating gives an age of 123.0×10^6 a. The Tongshan copper-molybdenum deposit is mainly of skarn type associated with quartz diorite porphyrite, whose K-Ar isotope age is 117.0×10^6 a.

Two pure molybdenite samples were collected from fine-grained disseminated ores of Anjishan and Tongshan deposits, with the former determined as $2H_1 + 3R$ polytype and the latter as $2H_1$ by means of XRD analysis.

^{187}Re and ^{187}Os contents of molybdenite from the two deposits are determined by Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS), with Re-Os ages calculated by using the formula $\lambda(^{187}\text{Re}) = 1.64 \times 10^{-11} \text{ a}^{-1}$. The results are 108×10^6 a for the Anjishan deposit and 106×10^6 a for the Tongshan deposit, which are both younger than the ages of the associated magmatic rock bodies, with the differences being 15×10^6 a (Anjishan) and 11×10^6 a (Tongshan) respectively.