

福建福安赤路钼矿床辉钼矿 Re-Os 同位素年龄及其地质意义

张克尧^{1,3} 王建平¹ 杜安道² 林仟同³ 黄金明³ 胡荣华³ 黄庆敏³

(1.中国地质大学,北京 100083;2.国家地质实验测试中心,北京 100037;3.福建省闽北地质大队,福建 邵武 654000)

摘要: 本文使用电感耦合等离子体质谱仪 TJA X-series ICP-MS 对赤路钼矿床中的辉钼矿进行同位素年龄测定,获得了赤路钼矿床中辉钼矿的 Re-Os 同位素模式年龄为 105~106 Ma。这一年龄与研究区内与钼矿床成矿关系密切的似斑状花岗岩、二长花岗岩、钾长文象花岗岩形成时代较为吻合,均属燕山晚期岩浆活动的产物。这项研究为在浦城—宁德北西向成矿带燕山晚期岩浆活动、成矿作用以及浦城—宁德与上杭—云霄两条北西向成矿带的对比研究及找矿工作,提供了直接的年代学证据。

关键词: Re-Os 同位素;成矿年龄;赤路钼矿床;福建省

中图分类号: P618.65 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)01-0147-09

赤路钼矿是 20 世纪 70 年代初发现的一处大型钼矿床,70 年代末转入开采。由于从发现到开发的时间间隔较短,总体来说矿床的研究工作程度相对较低,前人仅对矿床的成矿地质背景、矿化特征进行了研究,仅从少量的同位素分析数据出发,对矿床的成因做了探讨。由于缺乏大量和深入的研究工作,目前对矿床的成因、成矿时代,以及该矿床在区域上找矿的指导意义等认识尚不够深入。

1 赤路钼矿田成矿地质背景

新坑—赤路钼矿田位于浦城—宁德北西向、福安—南靖北东向、寿宁—连江南北向等多组断裂带交汇处,白垩纪香炉山—上村火山构造盆地的东北缘(图 1)。研究区内以广泛分布燕山晚期钟腾单元侵入岩为特色,主要岩性为二长花岗岩、含黑云母晶洞花岗岩与石英正长斑岩、闪长玢岩以及辉绿玢岩等脉岩。此外,还出露有晚侏罗世南园群凝灰熔岩、火山碎屑岩等。钼矿与含黑云母晶洞花岗岩关系密切,矿体主要产于岩体与围岩港湾状内外接触带

上和断裂构造中,矿化类型主要有岩浆热液脉型和斑岩型 2 种。区内已有大型钼矿床 1 处,钼矿化点 5 处,铜矿点及银矿化点各 1 处,找矿线索多、标志清晰,铜钼多金属矿的找矿潜力巨大。

1.1 地层及其含矿性

区内出露的最古老地层为中晚元古代马面山群,呈“天窗”零星出露。该地层形成于裂谷构造环境中,原岩为一套海相火山质、陆源砂泥质和碳酸盐岩建造,火山岩属双峰式火山岩(细碧—角斑岩建造),岩性主要为黑云钠长片岩、黑云石英钠长片岩、钠长变粒岩、钠长阳起片岩、斜长角闪(片)岩、绿泥绿帘阳起片岩、石英云母片岩、云母石英片岩,局部夹大理岩。变质程度为绿片岩—低角闪岩相,变形特征以塑性剪切变形为主。绿片岩地层中铅、锌、铜、钴、铁、硫似层状矿化发育,是福建省重要的含矿层位。

中生代地层分布广泛。晚侏罗世南园组为一套火山碎屑岩、熔岩及火山碎屑沉积岩,围绕破火山组合体中心分布;晚侏罗—早白垩世小溪组火山碎屑—沉积岩处于破火山口中心,呈北东向展布;早白垩世黄

岩、斜长花岗斑岩、正长斑岩和辉绿玢岩等中酸性、中基性斑(玢)岩呈岩株、岩瘤或岩脉状产出,分布于火山组合体的外缘或中心,以早白垩世花岗闪长岩、二长花岗岩等壳幔同熔型中酸性岩与成矿关系密切,与紫金山铜矿的成矿母岩相似。

1.3 区域控矿构造

区内控矿构造形式多样,其中区域断裂带及其复合部位、大断裂与次级断裂的交汇部位、环形构造、火山与侵入构造等为该区矿田、矿床的主要控矿构造。而次级的北东向、北西向、北北西向、南北向、东西向断裂发育,则为矿体的赋存提供了空间。特别是广泛分布在凝灰熔岩与花岗岩中的北东向断裂、以及与之配套的北北西向裂隙,控矿作用尤为明显。

2 赤路钼矿床地质特征

2.1 矿体与矿石特征

钼矿化产于赤路岩体龙岬石穹状体的内、外接触带^[4](图2)。赤路岩体的岩性为似斑状花岗岩,呈东西向展布,大部分隐伏于侏罗纪火山岩之下。在龙岬石地段,火山熔岩之下岩体呈穹状隆起,东西长2 km,宽1.4 km。岩体普遍具似斑状和文象结构,黑云母含量少,为岩浆结晶分异的中浅成超酸富碱性花岗岩。据钻孔揭示,岩体的矿物成分、结构构造自上而下具有明显的变化规律,大致可分为3个岩相带:顶部相的似斑状花岗岩带、中部相的二长花岗岩带和深部相的钾长文象花岗岩带。岩石总体具有高含铝性(1.03)、氧化率(1.28)、碱度(4.99)、酸度(85.30)、分异指数(95.50)等特征。此外,岩体的钾、铷含量较高,平均 Rb_2O_3 含量为0.035%、 K_2O 为4.6%, K/Rb 值为135。从深部向顶部铷含量有递增趋势,而 K/Rb 下降,由此说明,岩浆自下而上顺序结晶,各岩相是同一期岩浆先后结晶分异的产物。岩体中副矿物以磁铁矿、锆石、榍石为主,其次为辉钼矿、黄铁矿、少量钛铁矿、稀土矿物、黑钨矿、锡石等。岩石稀土含量较低, ΣREE 为 150.2×10^{-6} ,其中, $LREE$ 为 129.34×10^{-6} , $HREE$ 为 20.86×10^{-6} , La/Yb 值为16.46, δEu 为0.33。稀土元素模型反映出岩体属中性岩浆演化来的浅成侵入岩。 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值较低,为 0.7043 ± 0.0010 ,属壳幔同熔成因。根据 Rb-

Sr 等时线同位素年龄测定,岩体年龄为 $(115 \pm 4)Ma$,为燕山晚期产物。

矿体的总体形态与似斑状花岗岩穹状体基本一致,以穹状体顶部为中心,平面上呈北东东向的椭圆形;外带矿体群(90余个)主要赋存在外接触带的上侏罗统南园组第二段流纹质晶屑凝灰熔岩中,产出标高为600~874 m。其中以I号矿体规模最大,长490 m,中段最厚300余米,占外带矿体总储量的93%,占全区总储量的37%,为区内第二大矿体。内带矿体群位于岩体顶面以下250 m内,由60余个矿体组成,分布标高为420~671 m。其中101号矿体呈“似层状”产于花岗岩体顶部,顶板与岩体顶面一致,向上突起,矿体北北东向长约1180 m,宽960 m,以穹状体顶面中心厚度最大,达105 m,向四周逐渐变薄,总体倾向南,倾角30°左右,占矿区总储量的59%,为区内第一大矿体^①。

矿体主要由许多沿裂隙充填的辉钼矿细脉组成,脉长数米至百余米不等,脉幅1 mm至数厘米。矿脉走向以北北西向为主,其次为北西向,少量为近东西向。矿脉倾角陡者,脉距小、密集,含脉率达20~30条/m,延深十几厘米至几十米;倾角缓者,脉距大,含脉率低。

控矿构造以断裂为主,可分为3组,一组为北东东向($50^\circ \sim 80^\circ$)断裂,具长期多次活动特点,控制了成矿岩体的延伸方向;另一组为北西向($290^\circ \sim 310^\circ$)张扭性断裂,与北东东向断裂联合控制矿床的展布;第三组为近南北向断裂,以扭性及压扭性陡倾斜为主,控制矿脉的产出。

矿石的矿物组成简单,金属矿物主要有辉钼矿、黄铁矿、极少量黑钨矿、白钨矿、磁铁矿、辉铋矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。地表浅部(30 m以内)还见钼华、彩钼铅矿等。非金属矿物以石英、白云母、长石为主,其次为黑云母、萤石、少量金红石、绿泥石、方解石、电气石、磷灰石、绢云母等。

矿石按矿物组合可分为黄铁矿-辉钼矿型、磁铁矿-黄铁矿-辉钼矿型、黄铜矿-辉钼矿型等3种。矿石构造类型以细脉状、细脉浸染状为主,次为条带状、团块状、晶洞状、脉状等。辉钼矿呈半自形-他形叶片状单晶及集合体,同其他金属矿物及非金属矿

①福建省第四地质大队,福建省福安市赤路钼矿区详查报告,1971-1976。

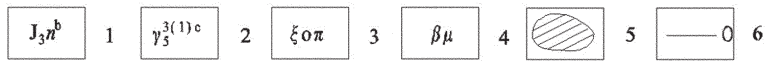
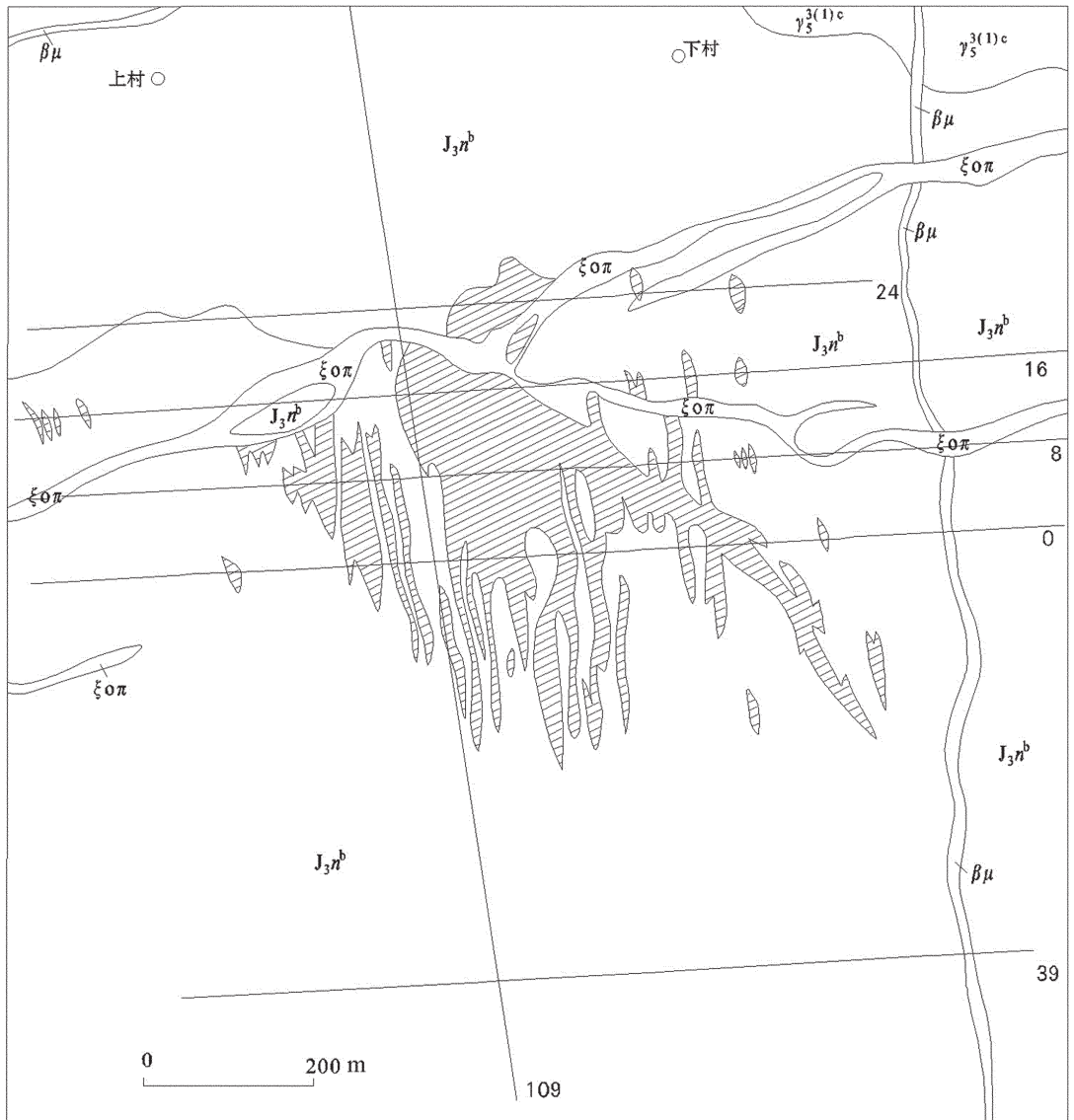


图2 福安赤路钼矿床地质图

1—晚侏罗世流纹质晶屑凝灰熔岩、角砾凝灰熔岩、碎斑熔岩;2—似斑状花岗岩;3—正长斑岩;4—辉绿玢岩;5—矿体;6—勘探线及编号

Fig.2 Geological map of the Chilu molybdenum deposit in Fu'an, Fujian Province

1-Late Jurassic rhyolitic crystal tuffaceous lava, angular tuffaceous lava, porphyroclastic lava; 2-Porphyroid granite; 3-Syenite porphyry; 4- Diabase porphyrite; 5-Ore body; 6-Exploration line and its serial number

物共生。

2.2 蚀变矿化分带及成矿期、成矿阶段

赤路钼矿床的矿化蚀变极为强烈，主要包括钾长石化、钠长石化、黑云母化、云英岩化、硅化及绢云母化、青磐岩化，还有电气石化、黄玉化等。蚀变具明显分带性，按形式可分为线型脉侧分带和面型水平及垂直分带两种。线型脉侧分带：以蚀变脉体为中

心，由内往外可分为钾长石化带→云英岩化带→钠长石化带→细晶云英岩化带→硅化带；面型水平及垂直分带：以穹状体为中心向外及由下向上可分为钾长石化带→钾长云英岩化带→硅化云英岩化带→硅化绢云母化带→青磐岩化带。其中钠长石化带主要出现在硅化云英岩化带中。矿体具有典型的斑岩型蚀变分带特征。钼矿化与钾长石化、云英岩化、硅

化关系最为密切。

根据蚀变、矿化类型及其产出特征,赤路钼矿床的形成大致经历了气成高温热液期、热液接触交代期、中高温热液期、表生风化期 4 个成矿期,并可进一步划分为 6 个成矿阶段:①黄玉-黑钨矿-辉钼矿阶段,为气成高温热液期形成的,伴随电气石化等蚀变,形成晶洞状矿石;②钾长石化、云英岩化、硅化、绢云母化、青磐岩化等各种蚀变并伴随浸染状辉钼矿阶段,为热液接触交代期的产物;③黄铁矿-辉钼矿阶段;④磁铁矿-黄铁矿-辉钼矿阶段;⑤黄铜矿-辉钼矿阶段等 3 个成矿阶段,为中高温热液期形成,是矿床的主要成矿期;⑥钼华、彩钼铅矿阶段,为原生矿石露出地表后氧化形成的。

3 Re-Os 同位素年龄测定

3.1 样品的采集与粗加工

本次研究工作从赤路钼矿床代表性矿体 I 号(2 件样品赤 1、赤 2)、101 号(3 件样品赤 3、赤 4、赤 5)两个矿体中共采集 5 件辉钼矿矿石样品。矿石采自矿床的两个主矿体,矿石样品为矿体中沿裂隙充填

的辉钼矿细脉。研究区内矿化以细脉状(图 3)、细脉浸染状为主,因此,样品可代表矿床主成矿期的产物。辉钼矿呈铅灰色、自形、半自形鳞片状集合体,辉钼矿晶片一般在 0.05 mm 左右,大者达 5 mm 以上。细鳞片状辉钼矿有两种产出形式:第一种,辉钼矿呈细脉状、星点状、浸染状在云英岩化、绢英岩化、硅化等蚀变带中的石英脉及长石石英脉之中心或边缘聚集;第二种,辉钼矿呈细脉状、薄膜状充填于裂隙云英岩、绢英岩化脉中。较大的辉钼矿晶片(图 4)亦有两种产出形式:第一种呈团块、放射状分布于石英脉之中;第二种赋存于石英脉晶洞内,与白云母共生,但数量少。辉钼矿晶体完好,未见有明显的后期构造变形和热液蚀变现象。在室内无污染环境和条件下,对样品进行破碎并挑选出达到测试要求的辉钼矿单矿物样品,在中国地质科学院国家地质测试中心 Re-Os 同位素实验室进行矿化年龄测定。

3.2 分析方法

Yesenov 等^[2]认为,辉钼矿中的 $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os}$ 的比值随着成矿时代的不同而发生变化,因此,利用矿物中的 $^{187}\text{Re}/^{187}\text{Os}$ 值可以确定矿化年龄。辉钼矿中含 Re 量可达数个 10^{-6} 到 2% 左右,且自晶出后不会发生铼和钨的化学分馏,可以通过比较铼含量和放射

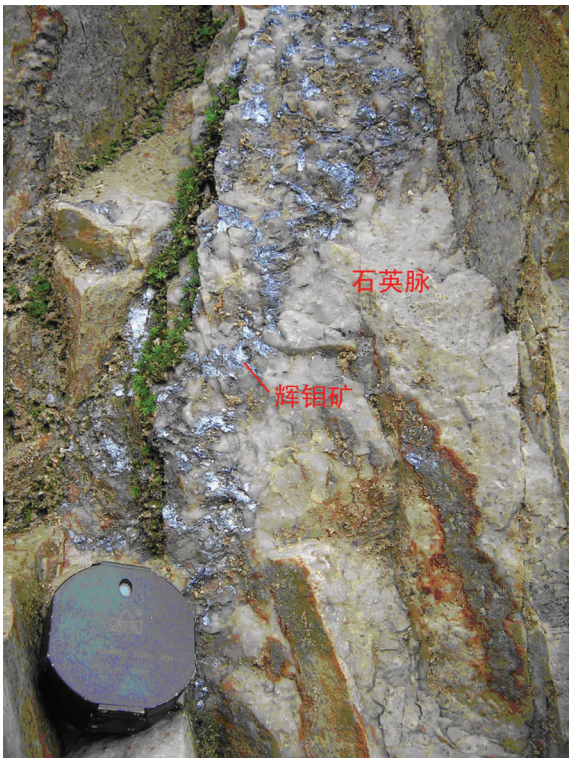


图 3 细脉状矿石的产出特征

Fig.3 Characteristics of modes of occurrence of veinlet ore

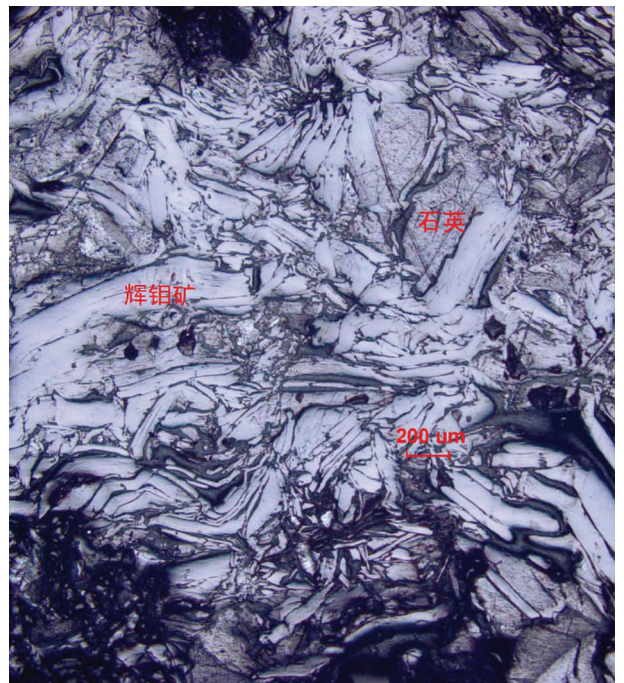


图 4 辉钼矿的镜下特征(样号:赤 2 光片 10×4)

Fig.4 Characteristics of molybdenite under microscope

成因钷含量的方法确定辉钼矿的年龄。另据铼一般富集于辉钼矿中, ^{187}Os 由 ^{187}Re 衰变而来的。成矿年龄的取得一般可以通过精确的Re、Os同位素比值及含量而得到。同时,辉钼矿是硫化物矿床中较常见的共生、伴生矿物,故Re-Os同位素测年是一种直接测定矿化年龄的最理想方法。铼钷化学分离步骤和质谱测定过程简述如下:

准确称取待分析样品,通过长细颈漏斗加入到Carius管(一种高硼厚壁大玻璃安瓿瓶)底部。缓慢加液氮到有半杯乙醇的保温杯中,调节温度到摄氏 $-50^{\circ}\text{C}\sim-80^{\circ}\text{C}$ 。放装好样的Carius管到该保温杯中,通过长细颈漏斗把准确称取的 ^{185}Re 和 ^{190}Os 混合稀释剂加入到Carius管底部,再加入2 mL 10 mol/L HCl,4 mL 16 mol/L HNO_3 ,1 mL 30% H_2O 。当管底溶液冰冻后,用丙烷氧气火焰加热封好carius管的细颈部分。放入不锈钢套管内。轻轻放套管入鼓风烘箱内,待回到室温后,逐渐升温到 200°C ,保温24 h。在底部冷冻的情况下,打开Carius tube,并用40 mL水将管中溶液转入蒸馏瓶中。

于 $105\sim 110^{\circ}\text{C}$ 蒸馏50 min,用10 mL水吸收蒸出的 OsO_4 。用于ICPMS(等离子体质谱仪测定)测定Os同位素比值。将蒸馏残液倒入150 mL Teflon烧杯中待分离铼。

将第一次蒸馏残液置于电热板上,加热近干。加少量水,加热近干。重复两次以降低酸度。加入10 mL 5 mol/L NaOH,稍微加热,转为碱性介质。转入50 mL聚丙烯离心管中,离心,取上清液转入120 mL Teflon分液漏斗中。加入10 mL丙酮,振荡5 min,萃取Re。静止分相,弃去水相。加2 mL 5 mol/L

NaOH溶液到分液漏斗中,振荡2 min,洗去丙酮相中的杂质。弃去水相,排丙酮到150 mL已加有2 mL水的Teflon烧杯中。在电热板上 50°C 加热以蒸发丙酮。加热溶液至干。加数滴浓硝酸和30%过氧化氢,加热蒸干以除去残存的钷。用数毫升稀 HNO_3 溶解残渣,稀释到硝酸浓度为2%。备ICPMS测定Re同位素比值。如含铼溶液中盐量超过1 mg/mL,需采用阳离子交换柱除去钠。

采用美国TJA公司生产的TJA X-series ICPMS测定同位素比值。对于Re:选择质量数185、187,用190监测Os。对于Os:选择质量数为186、187、188、189、190、192。用185监测Re。

3.3 分析结果

经实验室测试分析,分别得出Re、Os、 ^{187}Re 、 ^{187}Os 的含量,在此基础上根据公式计算得出模式年龄值(表1)。经投影又分别得到Re-Os同位素等时线(图5)和模式年龄加权平均值(图6)。从表中Re-Os同位素可以看出:赤路钼矿床的辉钼矿的 ^{187}Re 含量为2688~10165 ng/g,而 ^{187}Os 的含量偏低,为4.726~17.86 ng/g。成矿模式年龄为 $(105.0\pm 1.4)\sim(106.3\pm 1.6)$ Ma,模式年龄加权平均值为 105.61 ± 0.65 Ma。

4 地质意义

Re-Os同位素测试结果表明赤路钼矿床的矿化模式年龄为 $(105\pm 1.5)\sim(106.3\pm 1.6)$ Ma,而研究区内似斑状花岗岩、二长花岗岩、钾长文象花岗岩的Rb-Sr等时线年龄 (115 ± 4) Ma,二者在时空上关系较为密切,同属燕山晚期岩浆活动的产物,成矿作用

表1 赤路钼矿床中辉钼矿Re-Os同位素模式年龄
Table 1 Re-Os model ages of molybdenite from the Chiluh Molybdenum deposit

样品编号	样品重量(g)	Re(ng/g)	C 普 Os(ng/g)	Re 187 (ng/g)	Os 187 (ng/g)	模式年龄/Ma
赤 1	0.10059	7717±53	0.00794±0.00581	4850±33	8.571±0.050	106.0±1.4
赤 2	0.10566	14850±137	0.01013±0.00552	9334±86	16.55±0.10	106.3±1.6
赤 3	0.10051	16174±151	0.01615±0.00336	10165±95	17.86±0.11	105.3±1.6
赤 4	0.10225	4277±34	0.00511±0.00328	2688±21	4.726±0.028	105.4±1.5
赤 5	0.10000	7616±60	0.00523±0.00585	4787±37	8.383±0.050	105.0±1.5

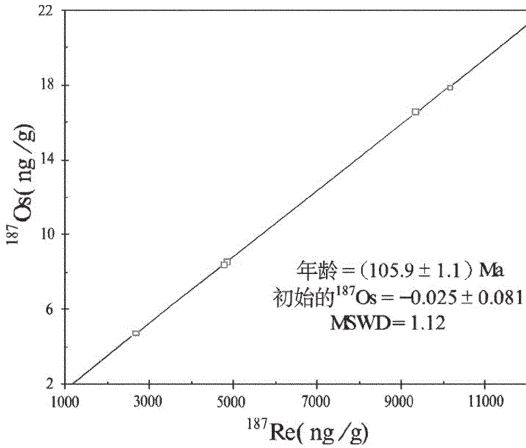


图 5 福建省赤路钼矿床中辉钼矿 Re-Os 同位素等时线年龄

Fig. 5 Re-Os isochron age of molybdenite from the Chiluhang molybdenum deposit, Fujian Province

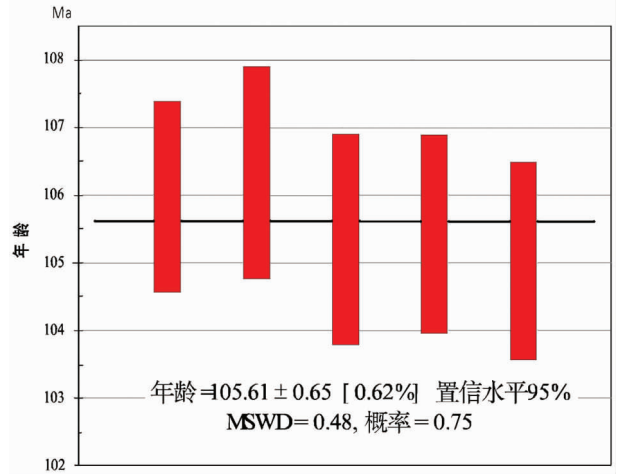


图 6 福建省赤路钼矿床中辉钼矿 Re-Os 模式年龄加权平均值

Fig.6 Re-Os weighted mean model age of molybdenite from the Chiluhang molybdenum deposit, Fujian Province

则主要发生在侵入活动末期。在浦城—宁德北西向成矿带内该时代(早白垩世)的火山-侵入岩(钟腾超单元),K-Ar 和 Rb-Sr 年龄大多在 95~120 Ma^①,上杭—云霄北西向成矿带内也有同时代和类似岩性的火山-侵入岩产出。赤路钼矿 Re-Os 同位素年龄的精确测定,不仅为浦城—宁德北西向成矿带燕山晚期岩浆活动及其成矿作用、找矿工作提供指导,也为地质构造背景极为相似的上杭—云霄北西向成矿带的研究和找矿,提供了年代学方面的依据。

赤路钼矿床辉钼矿的 Re、Os 的含量偏低^[3,4]。根据近年来 Re-Os 同位素研究的新成果认为,Re (20 μg/g 以下)和 Os (26.4ng/g 以下)的含量低代表其成矿物质来源于地壳重熔岩浆,为岩浆热液成因且多为斑岩型矿床^[5-7]。因此可以认为,赤路钼矿的成矿物质主要来源于地壳。

根据矿石测试结果^②,赤路钼矿的成矿温度为 294~412℃,平均 366℃,说明矿床是在以高温热液为主的气成-高温热液阶段形成的。主矿体 pH 值为 7.63~10.22,平均 9.56,一般 9~10,属弱碱性-碱性。Eh 值为 -300~-505 以上,属还原环境。不同围岩中的钼矿化,其 pH、Eh 值均相近,表明它们是在相同的物化环境中形成的。根据压力测定,矿床的

成矿压力约 500×10⁵Pa,由此推测,赤路岩体及其后的成矿作用,是在上覆岩层厚度约 2 km 缺氧、封闭的环境中发生的。

岩体中各含矿石英脉的氧同位素值较为相近,δ¹⁸O_{石英}值多在 7.3‰~8.3‰。通过计算得出的成矿溶液 δ¹⁸O_{H₂O}值为 1.01‰~2.01‰,具有岩浆水与天水混合的特点。δ³⁴S 为 3.7‰~5.8‰,平均 4.9‰,呈塔式分布,属岩浆成因。赤路岩体及钼矿床具低的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始值,硫同位素组成接近陨石硫,表明成矿成矿物质来自地壳深部。

综上所述,笔者认为产于燕山晚期岩株顶部穹起的内外接触带的赤路钼矿床,是英安质岩浆演化来的超酸偏碱性岩浆期后含矿气化-高温热液,在雨水、地下水参与下,在弱碱性环境中、沿裂隙充填交代而成的大型斑岩型钼矿。

5 结论

通过对赤路钼矿床的两个主矿体中沿裂隙充填的辉钼矿细脉的 Re-Os 同位素含量的测定和模式年龄计算,得出如下结论:

(1)赤路钼矿的矿化模式年龄为(105±1.5)~(106.3±1.6)Ma,与似斑状花岗岩、二长花岗岩、钾长

①福建省区域地质调查队.1:5 万霍童、九都幅区调报告,1993.

②福建省区域地质调查队.福建省区域矿产总结,1985.

文象花岗岩的 Rb-Sr 等时线年龄(115±4)Ma 较接近,表明二者在时、空上密切联系,在成因上密切相关,同属燕山晚期岩浆演化的产物。

(2) 赤路钼矿床具有辉钼矿中 Re、Os 含量偏低,低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始值和硫同位素组成接近陨硫石硫等特点,表明其为成矿物质来源于地壳深部,且为斑岩型钼矿床。

(3) 赤路钼矿 Re-Os 同位素年龄的测定,为浦城—宁德北西向成矿带和地质构造背景极为相似的上杭—云霄北西向成矿带燕山晚期岩浆活动及其成矿作用,以及找矿工作提供了可靠的年代学证据和指导。

致谢:本次研究的野外调查及采样工作得到了福建省地质四队彭晓明工程师的大力支持,在文章撰写过程中还得到中国地质大学(北京)张达、狄永军教授和福州大学王少怀教授的指导和帮助,在此一并致谢。

参考文献(References):

- [1] 高天钧, 吴克隆, 黄辉, 等. 台湾海峡及其周边地区构造岩浆演化与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1999.
Gao Tianjun, Wu Kelong, Huang Hui, et al. Tectonic Magmatic Evolution and Ore-forming Process of the Taiwan Strait and Its Peripheral Region [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999 (in Chinese with English abstract).
- [2] 王瑞廷, 毛景文, 赫英, 等. Re-Os 同位素体系在矿床地球化学中的应用[J]. 地质与勘探, 2005, 41(1):80-84.
Wang Ruiting, Mao Jingwen, He Ying, et al. Rhenium-Osmium isotope systematics and its implications for ore deposit geochemistry[J]. Geology and Prospecting, 2005, 41 (1):80-84 (in Chinese with English abstract).
- [3] 孟祥金, 侯增谦, 董光裕, 等. 江西金溪熊家山钼矿床特征及其 Re-Os 年龄[J]. 地质学报, 2007, 81(7):946-951.
Meng Xiangjing, Hou Zengqian, Dong Guangyu, et al. The geological characteristics and Re-Os isotope age of molybdenite of the Xiongjiashan molybdenum deposit, Jiangxi Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (7):946-951 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张达, 吴淦国, 吴建设, 等. 闽西南中甲锡多金属矿床的 Re-Os 同位素年龄及其地质意义[J]. 地质力学学报, 2003, 9(3):267-273.
Zhang Da, Wu Ganguo, Wu Jianshe, et al. Re-Os ages of the Zong-jia tin polymetallic, South Western Fujian, and geological significance [J]. Journal Of Geomechanics, (2003)03:267-273 (in Chinese with English abstract).
- [5] 姚军明, 华仁民, 屈文俊, 等. 湘南黄沙坪铅锌钨钼多金属矿床辉钼矿的 Re-Os 同位素定年及其意义 [J]. 中国科学 (D 辑), 2007, 4:471-477.
Yao Junming, Hua Renmin, Qu Wenjun, et al. Re-Os isotope dating of molybdenites in the Huang-shaping Pb-Zn-W-Mo polymetallic deposit, Hunan Province, South China and its geological significance[J]. Science in China(Series D:Earth Sciences), 2007, 50(4):519-526 (in Chinese with English abstract).
- [6] 李进文, 李旭辉, 裴荣富, 等. 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[J]. 地质学报, 2007, 81(6):801-807.
Li Jingwen, Li Xuhui, Pei Rongfu, et al. Re-Os age of molybdenite from the southern ore zone of the Wushan copper deposit, Jiangxi Province, and its geological significance [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (6):801-807 (in Chinese with English abstract).
- [7] 聂凤军, 张万益, 杜安道, 等. 内蒙古小东沟斑岩型钼矿床辉钼矿铼-钨同位素年龄及地质意义 [J]. 地质学报, 2007, 81 (7):898-905.
Nie Fengjun, Zhang Wanyi, Du Andao, et al. Re-Os isotopic dating on molybdenite separates from the Xiaodonggou Porphyry Mo Deposit, Hexigten Qi, Inner Mongolia [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(7):898-905(in Chinese with English abstract).

Re-Os isotopic dating of molybdenite from the Chilumolybdenum deposit in Fu'an, Fujian Province

ZHANG Ke-yao^{1,3}, WANG Jian-ping, DU An-dao²,
LIN Qian-tong³, HUANG Jin-ming³, HU Rong-hua³, HUANG Qing-ming³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China;
3. North Fujian Geological Party, Shaowu 654000, China)

Abstract: At present, Re-Os isotopic dating of molybdenite is one of the direct ways to acquire the ore-forming age. Using TJA X-series ICP-MS, the authors dated five molybdenite samples collected from the Chilumolybdenum deposit and obtained model ages. The results show that the ore-forming age is about 105–106 Ma, quite close to the emplacement age of porphyritoid granite, adamellite and feldspar graphic granite (115 ± 4 Ma, Rb-Sr isochron age), which are intimately related to the ore-forming processes in this area. This indicates that they are all products of late Yanshanian magmatism. The above outcome provides direct evidence not only for the research of late Yanshanian magmatism and mineralization in the Pucheng-Ningde NW-trending ore belt but also for the comparative study between the Pucheng-Ningde ore-forming belt and the Shanhang-Yuexiao ore-forming belt, thus contributing to mineral exploration in these two belts.

Key words: Re-Os isotope; ore-forming age; Chilumolybdenum deposit; Fujian Province

About the first author: ZHANG Ke-yao, male, born in 1962, Ph. D. candidate, senior engineer, majors in geology and mineral resources; E-mail: fjddydbz@126.com.