

文章编号:1671-4814(2015)01-001-09

江西修水花山洞钨矿床同位素年代学研究及其意义*

刘进先¹, 陈浩文^{1,2}, 刘兴畅¹, 王 高¹, 李 超³, 张继高¹

(1 江西省地质工程(集团)公司, 南昌 330002)

(2 南京大学地球科学与工程学院, 南京 210046)

(3 国家地质实验测试中心, 北京 100037)

摘要:江西修水花山洞钨矿床是近年来新发现的钨矿床,与华南地区大量钨矿床与燕山期岩浆活动相关的传统认识不同,该矿床形成于晋宁期,成矿作用与晋宁期岩浆作用密切相关。本文通过对该矿区与成矿作用关系密切的花岗闪长岩和矿体矿石中辉钨矿同位素年代学研究,获得了花岗闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素加权平均年龄为 863 ± 18 Ma (MSWD = 0.024)、辉钨矿 Re-Os 同位素加权平均年龄为 805 ± 5 Ma (MSWD = 1.01)。结果表明,花山洞钨矿床成矿年龄略晚于矿区花岗闪长岩,显示了成矿作用与花岗闪长岩分异演化一致,花山洞钨矿床成矿时代为晋宁期,是晋宁期岩浆活动的产物。

关键词:钨矿床;花岗闪长岩;辉钨矿;同位素年代学;晋宁期;花山洞

中图分类号:P618.67

文献标识码:A

花山洞矿区位于江西省修水县程坊乡境内,上世纪90年代,江西有色地勘局在开展铜鼓-修水地区1:5万水系沉积物测量时,在该区圈定W异常1处,显示了较好的钨矿找矿潜力。2005~2009年江西有色地勘局在该矿区地表浅部开展了地质预查及普查工作,圈定了I、II、III三个含钨隐爆角砾岩筒,并发现两组高品位含钨石英脉带。2011年至今,江西省地质工程(集团)公司在该区内开展深部隐伏矿体探寻工作,根据物化探异常综合分析,通过深部钻探施工,在III号隐爆角砾岩筒底部发现了厚大云英岩型钨矿体及含钨隐伏花岗闪长岩体。

长期以来,国内众多地质工作者均认为华南地区钨矿床成矿作用大多与燕山期岩浆活动密切相关,近年来,笔者在修水花山洞钨矿床研究中发现,与传统认识不同,该矿床成矿作用与晋宁期岩浆作用有关,是形成于晋宁期的钨矿床。本文通过对区内与成矿作用关系密切的花岗闪长岩和矿体矿石辉钨矿年代学研究,发现花山洞钨矿床成矿年龄略晚于矿区花岗闪长岩,成矿作用与花岗闪长岩分异演化一致,是晋宁期岩浆活动的产物。该发现不仅为

赣北甚至整个华南地区钨矿的研究提供新的思路和方向,而且对华南钨矿多期次成矿作用研究及找矿实践具有重要指导意义。

1 区域地质背景

花山洞钨矿床位于修水县城西南方向35 km与湖南省平江县交界处,距大湖塘矿集区约60 km。大地构造位置处于扬子板块东南缘江南地块中段,下扬子成矿省之江南隆起东段成矿带西部^[1]。

区域内广泛出露新元古界青白口系下部双桥山群浅变质岩系,为一套次深海火山-碎屑沉积建造,以灰绿色杂砂岩与板岩互层为主,夹少许复成分变质砾岩。前人在双桥山群横涌组和安乐林组斑脱岩中分别获得锆石 SHRIMP U-Pb 加权平均年龄 831 ± 5 Ma (横涌组)和 829 ± 5 Ma (安乐林组)^[2]。

区域褶皱构造为一系列近东西向复式变质基底褶皱。断裂构造以北北东向最为发育,该组断裂表现为早期左行斜冲,中晚期张性斜落多期活动特征,是区内重要的控岩控矿构造。

区域内岩浆岩发育,以晋宁期九岭岩基为主,主

* 收稿日期:2014-09-07 改回日期:2014-10-26 责任编辑:谭桂丽

基金项目:本文为“九岭钨铜锡钼成矿带矿床特征、成矿规律与找矿预测研究”(项目编号:赣地矿字[2012]43号)科研项目资助。

第一作者简介:刘进先,1962年生,男,高级工程师,长期从事区域地质矿产调查及固体矿产勘查工作。

要岩性为黑云母花岗闪长岩,侵入于新元古界青白口系双桥山群浅变质岩系中,大致呈东西向展布,以CaO含量高为特点。花岗闪长岩的 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年龄为 $819 \pm 9 \text{ Ma}^{[3]}$;其次为燕山期酸性花岗岩,常呈岩株、岩瘤、岩床侵入于九岭岩基和双桥山群浅变质岩系中,主要岩性有似斑状黑云母

花岗岩、黑云母花岗岩、似斑状白云母花岗岩、黑云母花岗斑岩等,在大湖塘矿区似斑状白云母花岗岩中获得 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年 $144.2 \pm 1.3 \text{ Ma}^{[4]}$ 。花山洞矿区位于晋宁期山口-漫江岩体与李阳斗岩瘤之间,距漫江岩体最近约 3 km(图 1)。

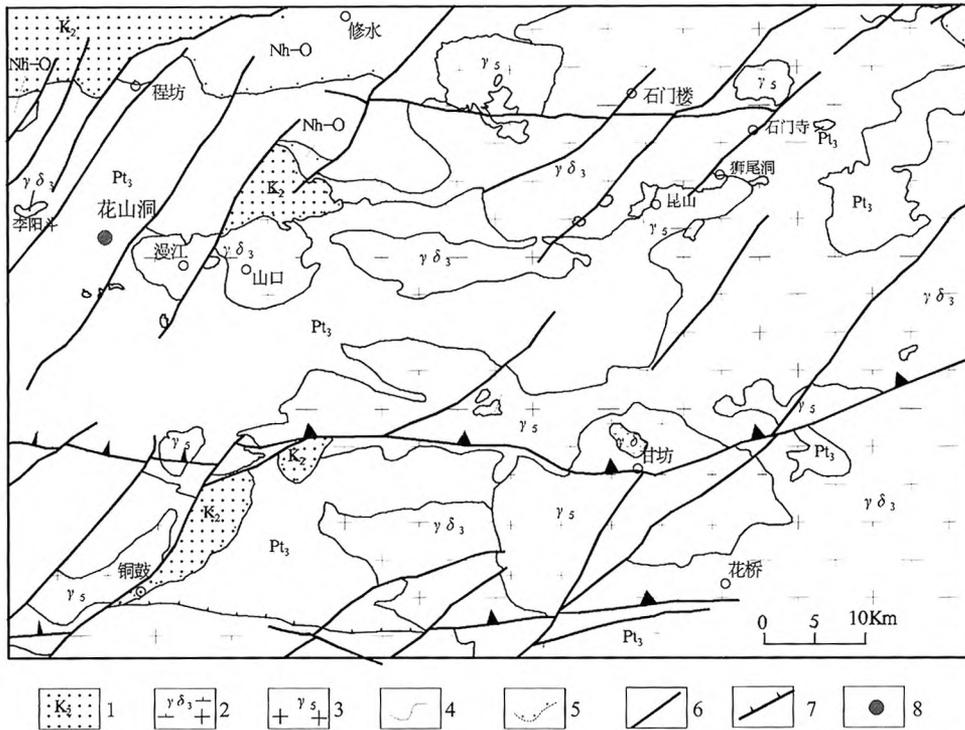


图 1 江西省九岭地区区域地质简图(引自江西省 1:50 万地质图)

Fig.1 Regional geologic sketch map of Jiuling area, Jiangxi Province

Nh-O-南华系-奥陶系;Pt₃-新元古界双桥山群;1-白垩系;2-晋宁期花岗闪长岩;3-燕山期花岗岩;4-地质界线;5-角度不整合界线;6-断层;7-推覆断层;8-花山洞钨矿

2 矿区地质特征

2.1 矿区地质

矿区出露地层均为新元古界青白口系下部双桥山群安乐林组浅变质岩,岩性为绢云板岩夹薄层状变质细粒岩屑石英砂岩或变质粉砂岩,局部夹中-厚层变质细粒岩屑石英砂岩,变质细砂岩内发育平行层理及小型交错层理,总体走向为近东西向(图 2)。

区内褶皱构造为九岭复式褶皱的次级李阳斗-花山洞复背斜,该复背斜轴迹呈北西西向,西起李阳斗,向东经花山洞延入漫江岩体,并被岩体所吞蚀。断裂构造不太发育,仅见两条 NNE 向构造破碎带和一条 NW 向断裂,二者交切、复合部位为控制成岩成矿的重要枢纽。节理裂隙发育,且均为含矿石英脉充填,主要有 NNE 向、NW 向及 EW 向三组节理,初步统计以 NNE 向石英脉最发育,常成带分

布,走向 20~35°,倾向北西,倾角陡,单脉幅 0.5~15 cm 不等;次为 NW 向顺层平行产出石英脉带,平直,走向延伸很远,在斗牛场和杆坑分别形成了 NNE、NW 向石英脉带型钨矿体。

区内发育近东西向相间产出的 I、II、III 三个隐爆角砾岩筒,其中 II 号岩筒呈反“S”漏斗状,III 号岩筒呈上小下大的鸭梨状,是本区最重要的控矿容矿构造。

区内地表未见岩浆岩出露,但地表之下 560~800 m 揭露到隐伏岩体,隐伏岩体形态大致呈北东向突起,与外围山口-漫江岩体及李阳斗岩瘤同属晋宁期九岭岩基。岩性为细粒花岗闪长岩,由斜长石(42~53%)、石英(24~38%)、钾长石(5~11%)、黑云母(5~15%)及少量金属硫化物组成。斜长石呈半自形板状,粒径 0.88~2.6 mm,环带结构,聚片双晶发育;石英多呈他形粒状分布于长石之中,粒

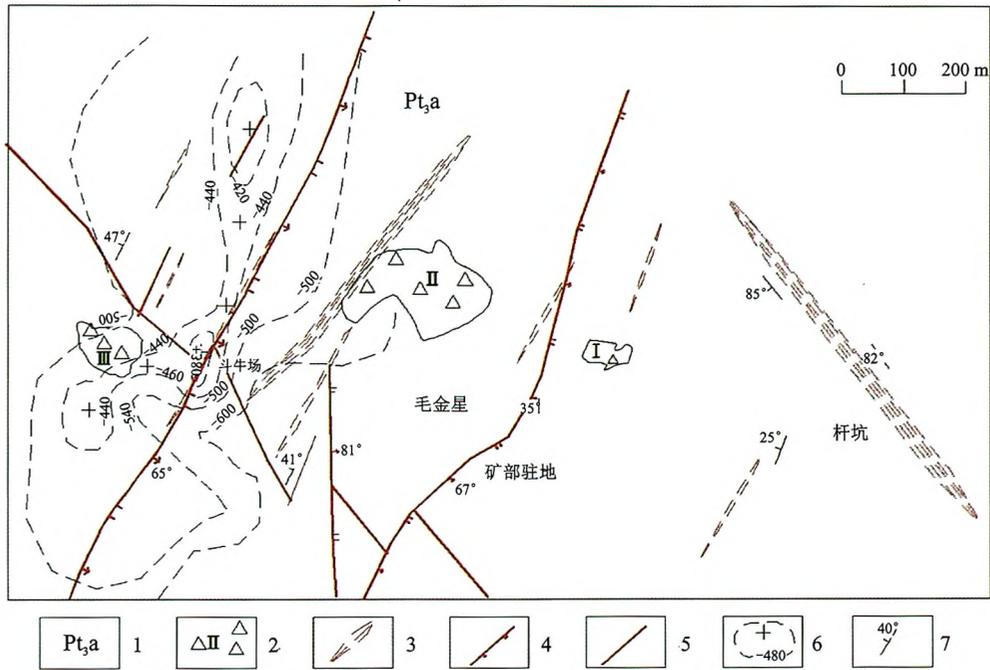


图 2 江西修水花山洞钨矿地质图(引自江西省修水县花山洞阶段性普查报告)

Fig. 2 Geological map of Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

1-新元古界双桥山群安乐林组;2-隐爆角砾岩筒及编号;3-含钨石英密脉带;4-正断层;5-性质不明断层;6-隐伏岩体突起顶部等高线(m);7-地层产状

径 0.2~2.5 mm,晶内大多见波状消光;钾长石主要为微斜长石、正长石,其他形-半自形板状,粒径 0.25~2 mm,发育格子双晶,少量钾长石可见钠长石条纹。黑云母呈片状,片径 0.2~1.5 mm,强绿泥石化,白云母化,少量蚀变为绿帘石及楣石。且随着深度的增加钾长石含量逐渐增加、斜长石含量逐渐减少,金属硫化物含量基本不变。具有富硅低碱的特征,其 SiO_2 为 69.79~71.41%,平均值为 70.68%,高于戴里花岗闪长岩平均值,属酸性岩类; $K_2O + Na_2O$ 为 6.16~6.54%,且 $K_2O < Na_2O$, K_2O / Na_2O 比值为 0.69~0.86,全部样品 $Al_2O_3 > K_2O + Na_2O + CaO$,里特曼指数(δ)为 1.34~1.60,属硅铝过饱和钙碱性岩类。成矿元素高度集中,W 元素平均为 83.3×10^{-6} ,Bi 元素平均为 6.68×10^{-6} 。稀土元素组成总体表现为稀土总量较低, ΣREE 变化于 $(116.24 \sim 132.72) \times 10^{-6}$ 之间, δEu 为 0.59~0.77,具较明显的负铕异常。稀土元素配分曲线具有右倾轻稀土富集型配分的特征, La/Yb 值较高(9.73~12.02),轻、重稀土分馏明显。

2.2 矿体特征

区内矿化类型复杂,矿体赋存于隐伏岩体内、外接触带,从内接触带向外大致可划分为蚀变花岗闪长岩型—云英岩型—隐爆角砾岩型—石英脉型等四

种矿化类型。前二者主要分布于斗牛场Ⅲ号隐爆角砾岩筒之下,隐伏岩体内、外接触带,埋深约为 360~700 m;隐爆角砾岩型矿体主要分布于Ⅱ号隐爆角砾岩筒中;石英脉型矿体主要分布于斗牛场北北东向石英脉带和杆坑北西向石英脉带中。这四种矿化类型围绕隐伏岩体共生或交织,形成花山洞多位一体钨矿床(图 3)。

(1) 蚀变花岗闪长岩型矿体:分布在隐伏花岗闪长岩体内接触带附近,呈似层状、透镜状,局部呈梳状,产状与接触面产状基本一致。矿体厚度、品位变化较大,在岩突部位厚度大品位高。矿石以细脉、微脉浸染状矿石构造为特征,脉幅一般 < 10 mm,部分脉幅 < 5 mm,个别达 15 mm,白钨矿呈小团块状、星散状分布于石英细脉-微脉中,在这些脉侧及其蚀变围岩中,白钨矿呈星散状分布,形成浸染状构造。近矿围岩蚀变主要为云英岩化,次为绿帘石化、斜黝帘石化。矿石中含量最多的金属矿物为磁黄铁矿,呈他形或半自形粒状,粒径 0.02~0.2 mm。次为黄铁矿、黄铜矿、毒砂、辉钼矿等。在该类型矿体中常见辉钼矿呈细脉状、团块状、星点状与白钨矿共生(图 4a、图 4b)。

(2) 云英岩型矿体:为区内最大矿体,以厚度大,品位富为主要特征,分布在隐伏花岗闪长岩体外接

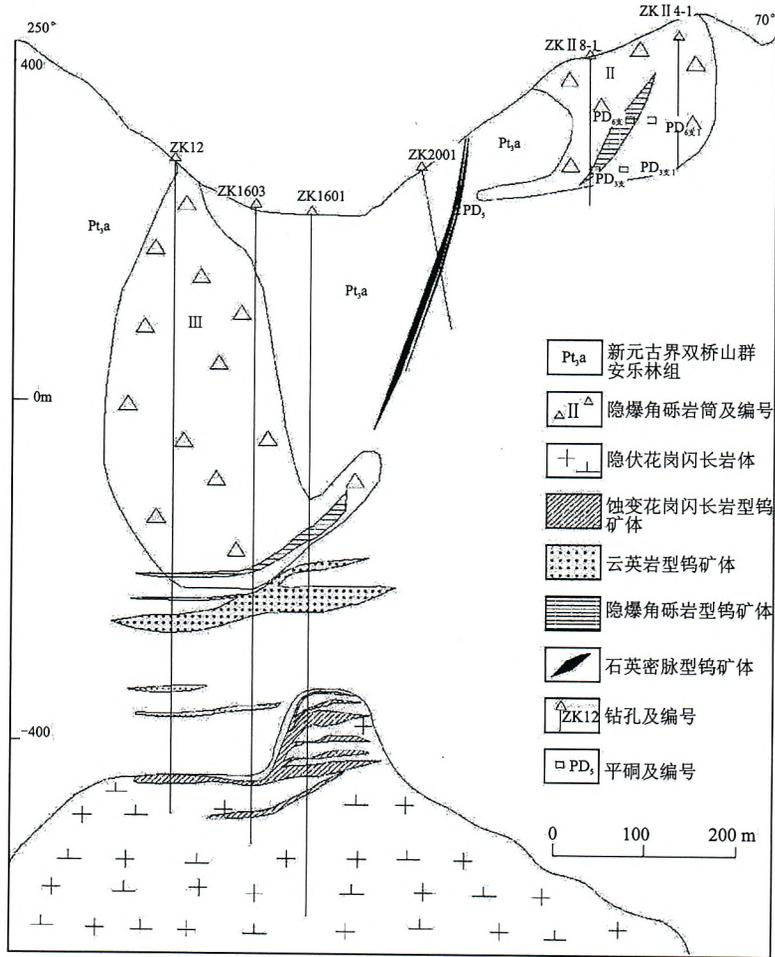


图3 江西修水花山洞钨矿床斗牛场地质纵剖面图

Fig. 3 Longitudinal profile of Douniuchang from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

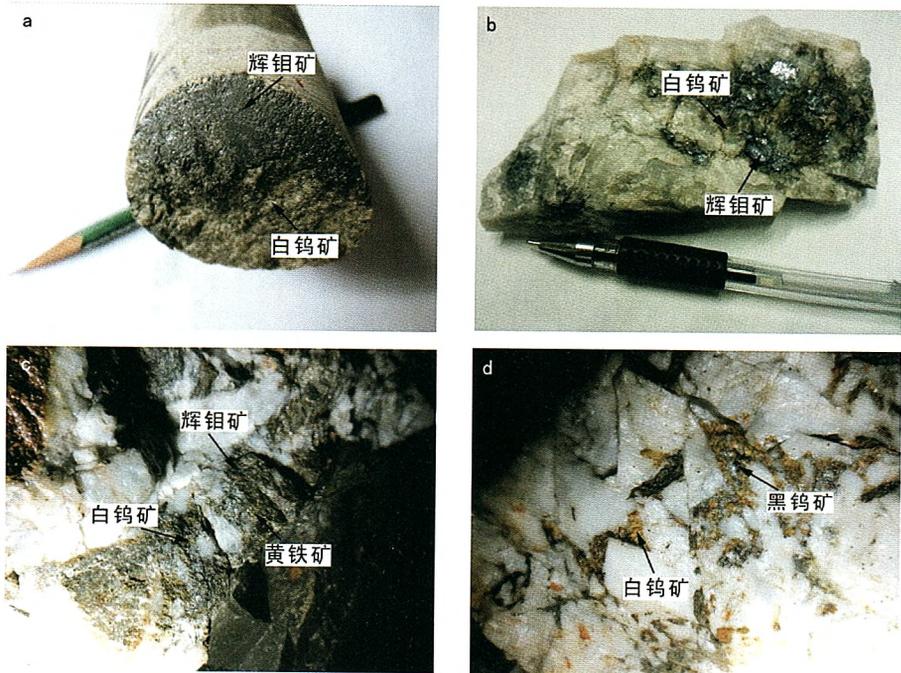


图4 江西修水花山洞钨矿典型矿石照片

Fig. 4 Photos of typical ores from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

a-白钨矿与辉钨矿相共生;b-白钨矿与辉钨矿相共生;c-白钨矿与辉钨矿、黄铁矿相共生;d-黑钨矿边缘被白钨矿交代蚀变。

触带,距Ⅲ号隐爆角砾岩筒底部约 10~50 m 的云英岩体中。矿体呈透镜状与Ⅱ、Ⅲ号隐爆角砾岩筒走向一致(70°),倾向北北西,倾角较缓约 10~30°。矿石主要成分为石英、白云母,主要金属矿物为白钨矿、菱铁矿、黄铁矿。白钨矿颗粒较大,呈浸染状、条带状充填在云英岩中,黄铁矿、菱铁矿多为半自形-它形,晶体颗粒细小,集合体呈团块状、细脉状,脉幅 0.5~2 mm 不等。

(3) 隐爆角砾岩型矿体:呈筒状或脉状产于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ三个隐爆角砾岩筒中,单工程控制垂高 132.2 m,已圈定 4 条矿体。白钨矿直接以单体或集合体或与黄铁矿一起呈脉状-细脉浸染状或团块状产于石英胶结物中,这种产出的白钨矿粒度较大,局部品位很高;另一种白钨矿呈星散状,局部呈稠密浸染状成堆成片产于碳酸盐脉中,粒度大小比较均匀。主要金属矿物为白钨矿、黑钨矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿,常可见辉钼矿生长于石英胶结物裂隙中,并与白钨矿、黄铁矿等矿物共生,局部少见黑钨矿边缘被白钨矿蚀变交代(图 4c、图 4d)。该类型矿体近矿围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化。

(4) 石英脉型矿体:呈脉状产于隐爆角砾岩筒外围,产状主要有二组:在斗牛场为(280~295)°∠(70~85)°,已圈定 3 条矿体,品位不均匀;另一组杆坑为(220~236)°∠(79~89)°。该类矿体均产于石英密脉带中,带内由多条石英脉组成,前者单脉幅一般 5~20 cm,最小 0.2 cm,最大 30 cm,后者单脉幅一般 0.5~3.5 cm,最小 0.1 cm,最大 15 cm。矿脉形态较规则,脉壁平整,常平行成带出现,部分地段具尖灭再现、分支复合现象。矿石矿物为石英,少量云母角岩,主要金属矿物黑钨矿、白钨矿、辉钼矿及黄铁矿,以块状、星点状、浸染状产出于石英脉以及石英脉夹砂质板岩中。黑钨矿为自形-半自形结构,单晶呈片状、针状,总体呈垂直石英脉和围岩接触面方向生长,常呈对称发育,局部见黑钨矿边缘被黄铁矿蚀变交代。该类型矿体矿化蚀变见有碳酸盐化,绢云母化等。

3 花岗闪长岩年代学研究

3.1 样品处理及测试方法

样品采自斗牛场首孔 ZK1601 深部 816.71~817.41 m 隐伏细粒花岗闪长岩。野外采集约 3 kg

样品,粉碎至 80~120 目,洗去粉尘,经淘洗使得重矿物富集,经过电磁选,去除电磁性部分,保留非电磁性部分,再经淘洗获得锆石精矿,在双目镜下挑出无裂缝、透明的代表性锆石制成胶饼,抛光后进行锆石的光学研究 and 阴极发光照像,最后利用 LA-ICP-MS 进行 U-Pb 同位素分析。详细分析步聚和数据处理方法见参考文献^[5]。锆石的精选在河北省区域地质调查队实验室完成,锆石的光学研究、阴极发光照像和 LA-ICP-MSU-Pb 同位素分析在中国地质科学院矿产资源研究所 MC-ICP-MS 实验室完成。

3.2 测年结果

用于测年的锆石多呈自形等轴状-短柱状-长柱状,粒度一般在 50~150 μm 左右,锆石 CL 图像(图 5)显示大部分锆石内部呈现振荡环带结构,显示为岩浆成因,少数锆石 CL 图像显示具有核幔结构。本次测试进行了 13 颗锆石的测年,这 13 个测点的²⁰⁶Pb/²³⁸U 年龄变化于 854.3~869.4 Ma 之间(表 3),获得²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均值为 863±18 Ma (MSWD=0.024)(图 6),代表隐伏岩体的成岩年龄属于晋宁期。

4 辉钼矿 Re-Os 年代学研究

4.1 样品处理及测试方法

在区内钻孔及探矿坑道中采集 6 件辉钼矿样品,样品为主成矿阶段的矿石类型,脉内主要金属矿物为白钨矿、黑钨矿、辉钼矿、黄铁矿(表 1),其中辉钼矿主要呈晶形较好的鳞片状、团块状分布于脉壁或与黑钨矿、白钨矿、黄铁矿共生。

将野外采集的样品进行粉碎过筛,然后从 100 目以上的样品中用重力分离、电磁分离等方法在显微镜下挑选矿质纯、无污染、无氧化、纯度在 98% 以上的辉钼矿单矿物,最后用玛瑙钵研磨至 200 目。Re-Os 同位素测试工作在国家地质实验测试中心完成,采用美国 TJA 公司生产的电感耦合等离子体质谱仪 TJA X-series ICP-MS 测定同位素比值。对于 Re-Os 含量很低的样品采用美国热电公司(Thermo Fisher Scientific)生产的高分辨电感耦合等离子体质谱仪 HR-ICP-MS Element2 进行测量。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。分析原理和方法参见文献^[5-8]。

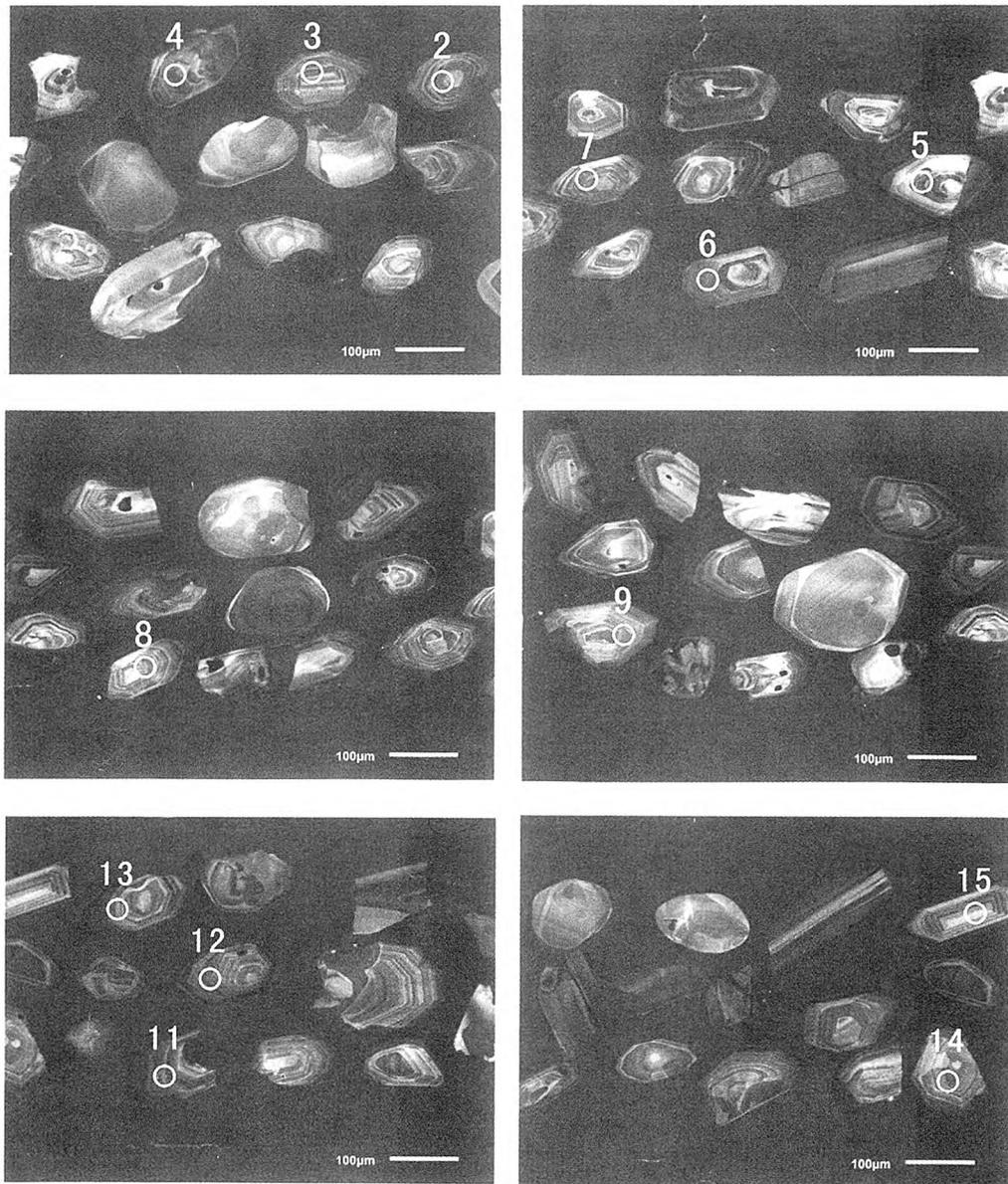


图5 江西修水花山洞钨矿花岗闪长岩锆石阴极发光(CL)图像及测点位置

Fig. 5 CL images and analyzed spots of zircons from the granodiorites in Huashandong tungsten deposit, Xiushui County, Jiangxi Province

表1 辉钼矿样品采样位置及描述

Table. 1 Sampling locations and description of molybdenites

样品号	采样位置	描述
M2	ZK16-3 435.10 m 处	隐爆角砾岩中石英脉,脉壁白钨矿、辉钼矿,黄铁矿,云英岩化强。
M3	ZK26-3 672.2 m 处	花岗闪长岩中石英脉,脉壁产白钨矿、辉钼矿,黄铜矿。
M4	ZK16-2 398.69 m 处	角岩中陡倾石英脉,脉壁产白钨矿、辉钼矿,黄铁矿,云英岩化。
M5	ZK16-2 184.58 m 处	角岩中宽 8 cm 石英脉,脉中产团块状辉钼矿,浸染状白钨矿,云英岩化。
M6	平硐 PD5	隐爆角砾岩中石英脉,宽 30 cm,产状 $290^{\circ}/82^{\circ}$ 脉壁产条带状辉钼矿,脉中见白钨矿、少量黑钨矿。
M7	平硐 PD5	隐爆角砾岩中石英脉,宽 10 cm,产状 $280^{\circ}/80^{\circ}$ 脉壁产团块状辉钼矿,脉中见白钨矿、少量黑钨矿。

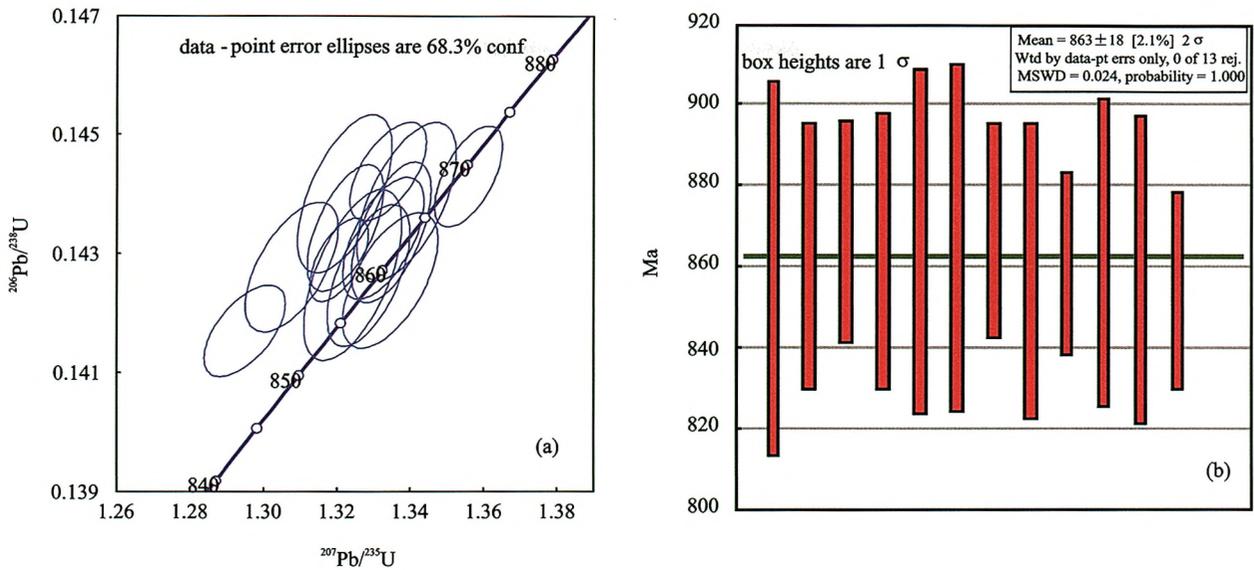


图 6 江西修水花山洞钨矿中花岗闪长岩 U-Pb 谐和年龄(a)及模式年龄加权平均值(b)

Fig. 6 U-Pb concordia plots(a) and model age diagram(b) of the granodiorite from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

4.2 测试结果

6 件辉钼矿样品的测试结果见表 2。从表 2 可知,矿区 6 件辉钼矿样品的 ^{187}Re 值变化于 $(0.3239 \sim 60.53) \times 10^{-6}$ 之间, ^{187}Os 值介于 $(4.337 \sim 816.5) \times 10^{-9}$ 之间, Re 与 Os 的含量变化较为协调,模式年龄为 $798.4 \sim 816.4\text{Ma}$, 年龄加权平均值为 $805 \pm 5\text{Ma}$ ($\text{MSWD}=1.01$) (图 7b), 用 ISO-PLOT 软件

对所得的数据进行等时线计算, 6 件辉钼矿样品的等时线年龄为 $807.2 \pm 5.7\text{Ma}$ (图 7a), 二者在误差范围内是一致的。从 MSWD 和拟合概率来看, 上述年龄加权平均值和等时线年龄可信度较高, 代表了辉钼矿的结晶时间。且由表 1 和图 5 显示, 用于测年的辉钼矿样品与黑钨矿、白钨矿属同一成矿阶段, 因此获得的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为花山洞钨矿床的成矿年龄, 属于晋宁期。

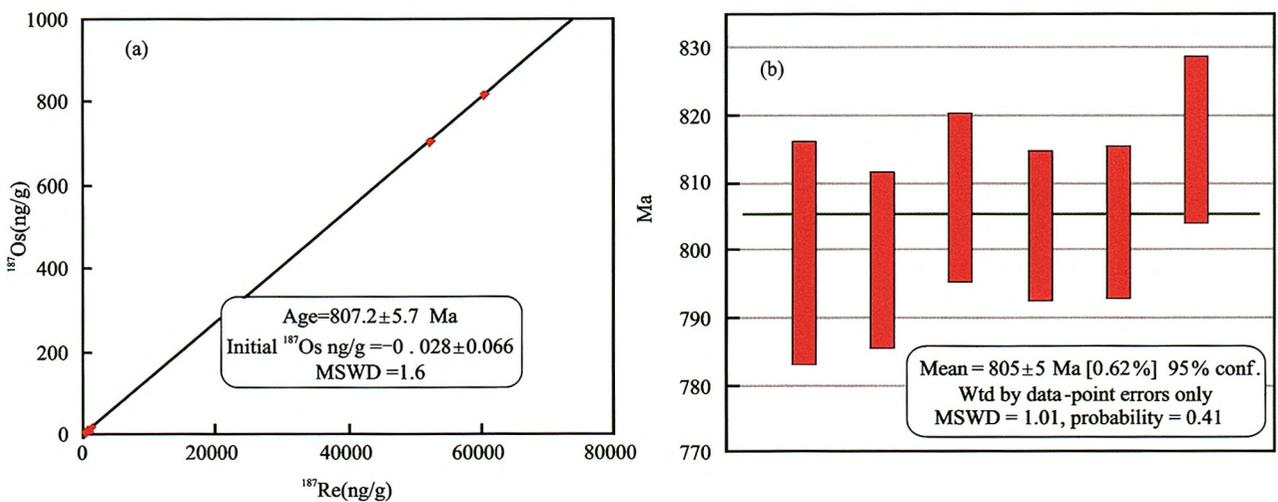


图 7 江西修水花山洞钨矿中辉钼矿 Re-Os 等时线(a)及模式年龄加权平均值(b)

Fig. 7 Re-Os isochron diagram(a) and model age diagram(b) of the molybdenites from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

表2 江西修水花山洞花岗闪长岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年代学分析结果

Table 2 Zircon LA-ICP-MS U-Pb isotope of the granodiorites from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

测点	Th/ 10^{-6} U/ 10^{-6}		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		
	232.0	238.0	Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Ratio	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma	Age(Ma)	1sigma	
TW1-2	222.0	370.1	0.60	0.0674	0.0002	1.3245	0.0088	0.1426	0.0010	850.0	5.6	856.5	3.9	859.6	5.4
TW1-3	183.6	287.3	0.64	0.0675	0.0002	1.3327	0.0073	0.1433	0.0007	853.7	2.8	860.1	3.2	863.1	3.8
TW1-4	198.7	327.5	0.61	0.0682	0.0002	1.3560	0.0061	0.1443	0.0006	873.8	0.9	870.1	2.6	868.9	3.2
TW1-5	184.9	279.3	0.66	0.0669	0.0002	1.3224	0.0069	0.1434	0.0007	835.2	5.6	855.6	3.0	864.0	4.0
TW1-6	156.1	247.5	0.63	0.0675	0.0002	1.3391	0.0089	0.1439	0.0009	853.7	2.8	862.8	3.9	866.6	4.9
TW1-7	159.1	268.9	0.59	0.0666	0.0002	1.3222	0.0085	0.1440	0.0009	825.6	5.6	855.5	3.7	867.3	4.9
TW1-8	87.6	163.6	0.54	0.0670	0.0002	1.3340	0.0069	0.1444	0.0005	838.9	12.0	860.6	3.0	869.4	3.1
TW1-9	245.0	417.5	0.59	0.0679	0.0002	1.3346	0.0086	0.1425	0.0008	864.8	5.6	860.9	3.7	859.1	4.2
TW1-11	187.2	388.8	0.48	0.0670	0.0002	1.3207	0.0053	0.1429	0.0005	838.9	11.3	854.8	2.3	861.0	2.6
TW1-12	253.9	526.0	0.48	0.0676	0.0002	1.3349	0.0071	0.1434	0.0008	855.2	5.6	861.0	3.1	863.6	4.4
TW1-13	206.2	435.3	0.47	0.0676	0.0002	1.3288	0.0074	0.1426	0.0008	857.4	5.6	858.3	3.2	859.5	4.4
TW1-14	131.4	251.5	0.52	0.0663	0.0003	1.2950	0.0073	0.1417	0.0005	816.7	13.9	843.5	3.2	854.3	2.9
TW1-15	195.0	314.1	0.62	0.0664	0.0002	1.3078	0.0083	0.1428	0.0007	820.4	7.4	849.1	3.7	860.3	4.1

表3 江西修水花山洞钨矿中辉钼矿 Re-Os 同位素数据

Table 3 Re-Os isotopic data of the molybdenites from Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province

编号	原样名样重(g)	Re/ 10^{-6}		Os/ 10^{-9}		$^{187}\text{Re}/10^{-6}$		$^{187}\text{Os}/10^{-9}$		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	
130425-18	M4	0.06616	0.9798	0.0155	0.3248	0.0128	0.6158	0.0097	8.259	0.087	799.7	16.5
130507-16	M6	0.10318	0.5153	0.0049	0.0008	0.0035	0.3239	0.0031	4.337	0.046	798.4	13.1
130507-17	M7	0.10050	0.9198	0.0075	0.0744	0.0120	0.5781	0.0047	7.834	0.082	807.9	12.6
130512-12	M2	0.01188	83.17	0.66	0.0482	0.1081	52.27	0.41	704.7	5.7	803.7	11.2
130512-13	M3	0.01021	96.31	0.82	0.1775	0.0614	60.53	0.52	816.5	6.4	804.2	11.3
130521-16	M5	0.05467	2.074	0.020	0.0030	0.0131	1.304	0.012	17.85	0.16	816.4	12.4

5 结论

综上所述,本次研究主要获得如下认识:

(1)通过系统的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年,获得花山洞隐伏花岗闪长岩体 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均值为 $863\pm 18\text{ Ma}$ (MSWD=0.024),代表了隐伏岩体的成岩年龄。可见,花山洞隐伏花岗闪长岩体形成于晋宁期,与区域晋宁期花岗岩一致。

(2)花山洞钨矿床主成矿阶段辉钼矿 Re-Os 同位素加权平均年龄为 $805\pm 5\text{ Ma}$ (MSWD=1.01)。从 MSWD 和拟合概率来看,年龄的可信度较高,代表了辉钼矿的成矿时代,且用于测年的辉钼矿样品与白钨矿、黑钨矿属同一成矿阶段,因此获得的辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为花山洞钨矿床的成矿年龄,属于晋宁期。

致谢:本文得到“九岭钨铜锡钼成矿带矿床特

征、成矿规律与找矿预测研究”科研项目资助,成文过程中得到了江西省地质矿产勘查开发局原总工程师杨明桂教授级高工的指导、审阅;中国地质科学院矿产资源研究所毛景文研究员和侯可军博士对样品测试给予了大力支持,南京地质调查中心肖惠良研究员提出了大量宝贵意见,在此一并深表感谢!

参考文献

- [1] 徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案[M].北京:地质出版社,2008:98-99.
- [2] 高林志,杨明桂,丁孝忠,等.华南双桥山群和河上镇群凝灰岩中的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄—对江南新元古代造山带演化的制约[J].地质通报,2008,27(10):27-10.
- [3] 钟玉芳,马昌前,余振兵.江西九岭花岗岩类复式岩基锆石 SHRIMP-U-Pb 年代学[J].地球科学,2005,30(60):685-691.

- [4] 黄兰椿,蒋少涌. 江西大湖塘钨矿床似斑状白云母花岗岩锆石 U-Pb 年代学、地球化学及成因研究[J]. 岩石学报, 2012, 28(12): 3887-3900.
- [5] 杜安道,赵敦敏,王淑贤. Carium 管溶祥和负离子热表面电离质谱准确测定辉钨矿铼-钨同位素地质年龄[J]. 岩矿测试, 2001, 20(4): 247-252.
- [6] 屈文俊,杜安道. 高温密闭溶样电感耦合等离子体质谱准确测定辉钨矿铼-钨地质年龄[J]. 岩矿测试, 2003, 22(4): 254-262.
- [7] Du A D, Wu S Q, Sun D Z, et al. Preparation and certification of Re-Os dating reference materials: Molybdenite HLP and JDC [J]. Geostandard and Geoanalytical Research, 2004, 28(1): 41-52.
- [8] 杜安道,屈文俊,李超. 铼-钨同位素定年方法及分析测试技术的进展[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3): 288-304.
- [9] 项新葵,汪石林,詹国年,等. 石门寺“一区三型”钨铜钼矿床地质特征[C]. “资源保障-环境安全-地质工作使命”华东六省一市地学科技论坛文集, 2011: 60-71.
- [10] 丰成友,张德全,项新葵,等. 赣西北大湖塘钨矿床辉钨矿 Re-Os 同位素定年及其意义[J]. 岩石学报, 2012, 28(12): 3858-3868.
- [11] 黄兰椿,蒋少涌. 江西大湖塘富钨花岗岩斑岩年代学、地球化学特征及成因研究[J]. 岩石学报, 2013, 29(12): 4323-4335.
- [12] 林黎,余忠珍,罗小洪,等. 江西大湖塘钨矿田成矿预测[J]. 东华理工学院学报, 2006b, 3(增刊): 139-142.
- [13] 林黎,占岗乐,喻晓平. 江西大湖塘钨(锡)矿田地质特征及远景分析[J]. 资源调查与环境, 2006, 27(1): 25-32.
- [14] 阮昆,王晓娜,吴奕,等. 大湖塘矿田构造、花岗岩与钨成矿关系探讨[J]. 中国钨业, 2013, 28(5): 1-5.
- [15] 左全狮. 江西九岭山西段大湖塘-李扬斗成矿区成矿地质条件分析及进一步找矿前景评价[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(4): 348-353.
- [16] 何雨明,杨牧. 隐爆角砾岩型矿床的几点认识[J]. 西部探矿工程, 2011, (1): 171-172.
- [17] 宋世伟,张成江,黄小东. 热液隐爆角砾岩成矿过程分析[J]. 高校地质学报, 2013, 19(增刊): 234-235.
- [18] 朱章显,易顺华,章泽军. 山口-漫江岩体中发育的两种类型断裂构造[J]. 地学前缘, 1999, 6(4): 338.
- [19] 满发胜,王小松. 阳储岭斑岩型钨钼矿床同位素地质年代学研究[J]. 矿产与地质, 1988, 2(1): 61-66.
- [20] Jackson S E, Pearson N J, Griffin W L, et al. The application of laser ablation-inductively coupled Plasma-mass spectrometry to insitu U-Pb Zircon geochronology[J]. Chemical Geology, 2004, 211: 47-69.
- [21] Andersen T. Correction of common lead in U-Pb analyses that do not report ^{204}Pb [J]. Chemical Geology, 2002, 192(1-2): 59-79.

Isotopic age dating of Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province and its geological significance

LIU Jin-xian¹, CHEN Hao-wen^{1,2}, LIU Xing-chang¹, WANG Gao¹, LI Chao³, ZHANG Ji-gao¹

(1 JIANGXI GEO-ENGINEERING(GROUP) CORPORATION, Nanchang 330002, China)

(2 School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

(3 National Research Center of Geoanalysis, Beijing 100037, China)

Abstract: The newly discovered Huashandong tungsten deposit in Xiushui County, Jiangxi Province is considered to be formed in Jinningian in this paper, which is different from the traditional understanding that tungsten deposits in southern China related to Yanshanian magmatic activities. Isotopic ages of the granodiorite and molybdenite related to mineralization have been determined. Zircon LA-ICP-MS U-Pb isotopic dating of the granodiorite gives age of $863 \pm 18\text{Ma}$ (MSWD = 0.024) and Re-Os isotopic dating of the molybdenite yields an age of $805 \pm 5\text{Ma}$ (MSWD = 1.01), respectively. The results suggest that the metallogenic period of Huashandong tungsten deposit is younger than that of granodiorite, showing that the mineralization is consistent with the differentiation evolution of granodiorite, and the Huashandong tungsten deposit is the product of Jinningian magmatic activities.

Key words: tungsten deposit; granodiorite; molybdenite; geochronology; Jinningian; Huashandong