DOI: 10.15898/j. cnki. 11 - 2131/td. 2015. 05. 016

江西朱溪铜钨矿细粒花岗岩 LA – ICP – MS 锆石 U – Pb 定年和 岩石地球化学研究

王先广¹,刘战庆^{2,3*},刘善宝²,王成辉²,刘建光⁴,万浩章⁴,陈国华⁴,张树德⁵,刘小林⁵

(1. 江西省国土资源厅, 江西 南昌 330025; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

3. 桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004;

4. 江西省地质矿产勘查开发局 912 大队, 江西 鹰潭 335001;

5. 崇义章源投资控股有限公司, 江西 崇义 341300)

摘要: 江西朱溪铜钨矿床是近年来在赣北地区发现的又一超大型矽卡岩型钨矿,矿床的形成与花岗岩类侵 入体密切相关,矿区处于钦—杭结合带江西段塔前—赋春成矿带中部。该矿床的发现进一步证明了研究区 建立的"南钨北扩"格局,然而前人对其成矿岩浆岩地球化学特征及侵入时代缺少必要的研究,直接制约了 对这一格局的深入认识。本文选择朱溪铜钨矿区与成矿有关的细粒白云母花岗岩作为研究对象,结合详细 野外地质工作和前人研究成果,首次采用 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 定年方法获得了该岩体中锆石 ²⁰⁶Pb/²³⁸U加权平均年龄为 146.90 ±0.97 Ma(MSWD =0.55);并利用 X 射线荧光光谱和 ICP - MS 技术进行 岩石地球化学分析,结果显示该岩体具有高硅、高碱、富钾、强过铝质的地球化学特征,属于典型的 S 型花岗 岩,说明晚侏罗世早期在江南隆起一带存在一期与成矿作用有关的岩浆侵位事件,为研究朱溪超大型铜钨矿 和区域上塔前—赋春成矿带成矿规律研究提供了新证据。

关键词: 江西朱溪铜钨矿; 花岗岩; 岩石地球化学; LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 测年

中图分类号: P597.3; P588.121; O657.63 文献标识码: A

近年来,江西武宁大湖塘、景德镇朱溪等钨矿找 矿取得重大突破,这些突破不仅改变了江西"南钨 北铜"的资源格局,同时也带来一系列的科学问题。 例如,对于朱溪铜钨矿,成岩成矿时代如何?是一期 成矿还是多期?钨、铜成矿机制是否相同?与赣南 地区以黑钨矿为主相比,为何目前在赣北地区发现 的钨矿多以白钨矿为主?这一系列的问题引起了众 多同行的广泛关注。前人对朱溪铜钨矿床地质特征 等已经做了初步的研究^[1-4],认为矿床形成与燕山 期中酸性侵入岩体关系密切。但目前对于矿区内与 成矿作用有关的这些花岗岩岩体的研究相对较少, 尤其是对其成岩年龄还缺乏准确的约束,对其地球 化学特征缺少必要的限定。

本文选择朱溪矿区与成矿作用有关的细粒白云

母花岗岩作为研究对象,在详细野外地质工作和室内研究的基础上,开展了高精度的激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA - ICP - MS)锆石 U - Pb 同位 素测年以及 X 射线荧光光谱和 ICP - MS 技术岩石 地球化学测试的研究等工作,准确约束并限定了成 矿岩体的结晶时代及地球化学特征,为探讨塔前一 朱溪一赋春成矿带区域内铜钨矿成矿作用时限及地 球动力学过程提供参考。

1 矿床地质背景

江西省朱溪铜钨矿位于赣东北塔前—赋春成矿 带中部,塔前—赋春是一条呈北东向展布的多金属 成矿带,位处钦(州)—杭(州)古板块结合带东段北 缘,是宜丰—景德镇铜多金属成矿带的重要组成部

收稿日期: 2014-04-18;修回日期: 2015-08-30;接受日期: 2015-09-10

基金项目: 江西省国土资源厅地质勘查基金(矿[2012]01-06);中央地质勘查基金(2013360010);国土资源部公益性行业 科研专项(201411035);中国地质大调查项目——我国重要矿产和区域成矿规律研究(12120106633903)

作者简介: 王先广,高级工程师,主要从事矿产地质研究和地质勘查基金项目管理工作。E-mail: 13907090885@139.com。 通讯作者: 刘战庆,博士后,主要从事构造地质与矿田构造的教学与科研工作。E-mail: lzqgygcx2008@163.com。

分。该成矿带的地层主要由新元古代浅变质岩基底 和晚古生代沉积地盖组成。变质岩基底由新元古代 的泥砂质沉积岩夹火山岩组成,以一套千枚岩为主 夹绢云母板岩、变质粉砂 - 细砂岩的岩石组合。沉 积盖层由石炭系 - 白垩系组成,构成了单斜特征的 断陷盆地。其中石炭系为一套灰岩、含碳灰岩夹白 云质灰岩岩石组合,以角度不整合覆盖在变质基底 之上;二叠系为一套海陆交替相的碎屑岩夹灰岩、灰 黑色灰岩或泥灰岩夹镁质黏土岩、碳质泥岩夹灰岩、 含煤碎屑岩组合;三叠系主要由灰岩和含煤碎屑岩 组成;侏罗系 - 白垩系主要为陆相的砂砾岩、砂岩。 塔前一赋春成矿带内及其邻区出露了不同岩性、岩 相的岩浆岩,既有基性 - 超基性岩浆岩,也有中酸性 岩浆岩;既有浅成 - 超浅成侵入相的岩脉、岩滴、岩 株,也有隐爆角砾岩、火山岩。带内构造活动频繁, 以新元古代和中生代的构造作用为主,影响范围极 广。前者以紧闭线性褶皱、大型推覆构造和韧性剪 切带为标志;后者以盖层褶皱、脆性断裂和断陷盆地 为特征。在中生代,古太平洋板块向东亚陆缘的俯 冲作用引起华南地区岩石圈的多阶段伸展。正是中 生代这种强烈构造 - 岩浆活动,一方面地幔物质和 热能量不断进入到地壳中,导致多期次的岩浆活动, 促使成矿元素进一步迁移、富集于岩浆热液中;另一 方面,广泛的岩浆活动也加速了成矿流体在其通道 内循环或水岩反应,促使地层中成矿元素被活化、迁 移,形成新的成矿流体,或对早期形成的矿床(点) 进行叠加和改造。

朱溪矿区出露和隐伏的岩体众多,就岩性而言,



图 1 区域地质背景简图(据1:50000塔前一赋春成矿带图修改,1991)

 Fig. 1
 Sketch map of the regional geology (Modified from 1: 50000 geological map of the Taqian-Fuchun metallogenic belt, 1991)

 1-第四系;2-白垩系;3-侏罗系;4-三叠系;5-二叠系;6-石炭系;7-双桥山群;8-花岗(斑)岩脉;9-花岗闪长斑岩;10-基性岩脉;

 11-蚀变辉石岩;12-地层界线;13-不整合面;14-断层;15-飞来峰;16-构造窗;17-铜矿/钼矿;18-金矿/钨矿。

主要有花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩、二长岩、煌斑 岩。其中花岗岩与花岗斑岩在地表规模小,多呈岩 脉、岩株状,向深部有变大的趋势。花岗岩多呈浅白 色或浅肉红色,多为等细粒结构。花岗斑岩多呈灰 白色,似斑状结构,块状构造,斑晶以石英为主。花 岗闪长岩主要见于钻孔中,地表零星出露,呈灰白、 灰绿、深灰色,粒状、细晶半自形或微晶结构,块状构 造。二长岩主要见于钻孔中,呈深灰 - 灰绿色,细粒 状,半自形结构,块状构造。煌斑岩零星见于地表, 呈青灰色,煌斑结构。斑晶主要为黑云母或角闪石。

2 样品及 U - Pb 同位素定年方法

花岗岩呈灰白色,块状构造,细粒花岗结构,矿 物主要有石英(30% ±)、斜长石(40% ±)、白云母 (10% ±)和隐晶质碳酸盐矿物(15% ±)组成。岩 石中石英、长石晶体间隙充填大量碳酸盐、绢云母和 破碎重结晶的长英质颗粒,可见岩石具普遍的绢云 母化和碳酸盐化。部分斜长石具聚片双晶,方解石 具菱形解理,局部可见放射状透闪石(图2)。

2.1 岩石地球化学测试

岩石地球化学主量元素和微量元素分析在国家 地质实验测试中心完成,其中主量元素分析用 3080EX 射线荧光光谱仪完成,其中 Fe_2O_3 的计算公 式为 $w_{Fe_2O_3} = w_{TFe_2O_3} - w_{FeO} \times 1.11134$ 。微量元素分析 利用酸溶法将样品溶液制备好后,采用 Element II 电感耦合等离子体质谱仪(美国 Thermo 公司)测定 微量元素的含量,分析误差小于 5%~10%。

2.2 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 法同位素定年

岩石样品破碎至60~80目,用淘洗法选出纯度

较高的单矿物。在双目镜下挑选出较为完整和透明 度好的锆石晶体。将锆石用环氧树脂固定制靶,研磨 锆石露出一个平整光洁平面并进行抛光,对靶中的锆 石作阴极发光和背散射电子相分析。洗取晶形较好, 具有明显生长环带的锆石进行测试。锆石 U、Th 和 Pb 同位素分析是在中国地质科学院矿产资源研究所 LA-ICP-MS 实验室完成的,锆石定年分析所用仪 器为 Finnigan Neptune 型 LA - ICP - MS 及与之配套 的 NewWave UP213 激光剥蚀系统。采用单点方式剥 蚀,分析前用锆石 GJ-1 进行调试仪器,锆石 U-Pb 定年以锆石 GJ-1 为外标,U、Th 含量以锆石 M127 为 外标进行校正^[5]。为确保测试的精确度,测试过程中 每测定5个样品前后测定2次锆石标样 GJ-1进行 校正,并测量1个锆石 Plesovice 来观察仪器运行状态 是否良好。数据处理采用 ICPMS DataCal 4.3 程 序^[6],测量过程中大多数分析点²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb > 1000,未 进行普通 Pb 校正,²⁰⁴ Pb 由离子计数器检测,²⁰⁴ Pb 含 量异常高的分析点可能受包体等普通铅的影响,对 ²⁰⁴Pb含量异常高的分析点在计算时剔除,锆石年龄谐 和图用 Isoplot 3.0 程序获得^[7]。

3 元素地球化学特征和定年结果

3.1 主量元素和微量元素地球化学特征

采自 ZK5406 钻孔的细粒花岗岩 5 件样品(孔 深分别为 2120.3、2130.3、2151.7、2166.8、2179.3 m)的主量元素、稀土元素和微量元素分析结果见表 1。样品 K₂O + Na₂O 值为 7.53% ~ 8.68%,总体上 富钾。A/CNK 值为 1.15 ~ 1.24, A/NK 值为 1.29 ~ 4.08,表现出过铝质特征。在K₂O - SiO₂图解中,



(a) 花岗岩岩心样品

(b) 显微镜下照片

图 2 朱溪 ZK5406 钻孔细粒花岗岩岩心(a)及显微镜下照片(b)

Fig.2 Photos of the rock samples and microscopic features of the granite in ZK5406 core of Zhuxi Q一石英,Ms一白云母。

— 594 —

表 1 朱溪铜钨矿细粒花岗岩主量元素、微量元素分析结果

Table1 Major elements and trace elements compositions of granite in Zhuxi Cu-W mine

| 项目 | | ZK5406 钻孔样品位置(m) | | | | |
|------------------------------------|---------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 2179.3 | 2120.3 | 2130.3 | 2151.7 | 2166.8 |
| 主量元素 含量(%) | SiO_2 | 72.59 | 72.05 | 72.78 | 73.01 | 73.21 |
| | Al_2O_3 | 14.71 | 14.95 | 14.69 | 14.56 | 14.52 |
| | Fe_2O_3 | 0.27 | 0.08 | 0.12 | 0.08 | 0.10 |
| | FeO | 1.62 | 1.76 | 1.87 | 1.83 | 1.76 |
| | CaO | 1.48 | 1.59 | 1.50 | 1.51 | 1.96 |
| | MgO V_O | 0.40 | 0.42 | 0.39 | 0.38 | 0.43 |
| | $K_2 O$ | 4.73 | 4.84 | 4.56 | 4.72 | 4.39 |
| | T_{10} | 3.75 | 5.84 0.24 | 3.00 0.23 | 5.41 0.23 | 5.14 0.22 |
| | MnO | 0.22 | 0.24 | 0.23 | 0.23 | 0.25 |
| | P. O. | 0.10 | 0.08 | 0.10 | 0.09 | 0.09 |
| | 1205 La | 16 10 | 17 90 | 16 80 | 14 50 | 13 60 |
| 微量元素 含量 (×10 ⁻⁶) | Ce | 30, 10 | 34 60 | 33 10 | 27.20 | 24 80 |
| | Pr | 3.65 | 4.12 | 3.86 | 3.42 | 3.18 |
| | Nd | 14.10 | 15.60 | 14.60 | 13.50 | 12.10 |
| | Sm | 3.04 | 3.43 | 3.38 | 3.07 | 2.76 |
| | Eu | 0.56 | 0.66 | 0.62 | 0.56 | 0.52 |
| | Gd | 2.57 | 2.91 | 2.85 | 2.64 | 2.40 |
| | Tb | 0.43 | 0.46 | 0.48 | 0.44 | 0.41 |
| | Dy | 2.27 | 2.44 | 2.52 | 2.31 | 2.18 |
| | Ho | 0.40 | 0.44 | 0.44 | 0.40 | 0.38 |
| | Er | 1.21 | 1.29 | 1.31 | 1.22 | 1.13 |
| | Tm | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.15 | 0.14 |
| | Yb | 1.11 | 1.21 | 1.13 | 1.03 | 0.91 |
| | Lu | 0.16 | 0.17 | 0.16 | 0.14 | 0.13 |
| | Li | 62.20 | 56.40 | 73.90 | 79.20 | 72.40 |
| | Be | 11.10 | 2.17 | 9.72 | 12.40 | 17.10 |
| | \mathbf{Sc} | 3.16 | 3.75 | 3.08 | 2.93 | 2.45 |
| | V | 17.50 | 17.90 | 18.00 | 16.80 | 17.00 |
| | Cr | 20.10 | 18.40 | 19.20 | 13.80 | 16.90 |
| | Co | 3.13 | 2.89 | 2.67 | 2.41 | 2.52 |
| | Ni | 7.06 | 5.78 | 4.75 | 5.16 | 5.20 |
| | Cu | 4.47 | 20.80 | 3.94 | 19.20 | 37.00 |
| | Zn | 28.60 | 33.40 | 50.40 | 46.70 | 47.30 |
| | Ga | 19.10 | 18.70 | 21.00 | 20.00 | 20.40 |
| | Ge | 2.02 | 1.8/ | 1.89 | 1./1 | 1.79 |
| | IN DL | < 0.05 | < 0.05 | < 0.03 | 0.05 | < 0.05 |
| | Sr | 115 00 | 133 00 | 125 00 | 121 00 | 126.00 |
| | V | 12 30 | 12 60 | 13 30 | 11 80 | 10.70 |
| | Zr | 79.30 | 96.40 | 80 10 | 66 10 | 67.90 |
| | Nb | 14.10 | 11.40 | 13.10 | 12.70 | 12.20 |
| | Мо | 0.51 | 3.03 | 0.72 | 0.40 | 1.52 |
| | Ag | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.35 | 0.12 |
| | Cď | 0.06 | 0.06 | 0.12 | 0.10 | 0.15 |
| | Sn | 4.25 | 3.70 | 8.74 | 7.79 | 7.53 |
| | Cs | 34.00 | 29.70 | 40.00 | 69.10 | 148.00 |
| | Ba | 219.00 | 264.00 | 227.00 | 206.00 | 201.00 |
| | Hf | 2.73 | 3.34 | 2.79 | 2.38 | 2.49 |
| | Та | 2.56 | 2.37 | 2.19 | 2.35 | 2.70 |
| | W | 2.28 | 3.12 | 3.24 | 18.40 | 16.70 |
| | Pb | 36.00 | 36.20 | 34.90 | 29.50 | 27.70 |
| | Bi | 1.74 | 12.70 | 1.84 | 3.15 | 5.47 |
| | Th | 8.54 | 8.98 | 8.23 | 7.83 | 7.01 |
| | U | 16.40 | 11.40 | 9.68 | 15.30 | 10.70 |
| | F | 0.08 | 0.07 | 0.12 | 0.13 | 0.15 |
| | Cl | 96.00 | 141.00 | 77.00 | 37.00 | 41.00 |

样品落在高钾钙碱性系列的范围(图 3a)。细粒花 岗岩的稀土总量(ΣREEs)相对较低,ΣREEs = 64.64 ×10⁻⁶~85.4×10⁻⁶,可能与样品发生蚀变有关。 轻重稀土元素分馏较强,(La/Yb)_N = 9.49~10.08, 平均值 9.86;轻、重稀土元素内部之间分馏相对较 弱,(La/Sm)_N = 2.97~3.33,平均值 3.16,(Gd/ Yb)_N = 1.87~2.13,平均值 2.0。在稀土元素球粒 陨石标准化配分图解上(图 3b),稀土元素表现出右 倾斜的的配分特征,朱溪岩体表现出明显的 δEu 负 异常特征,δEu = 0.59~0.62,平均值 0.60。微量元 素方面,岩石具有明显的 Ba、Ti 负异常,Nb 呈轻微 负异常,U、Pb 明显正异常以及 K 的弱正异常。这 些特征表明岩浆物质可能以壳源为主,显示了陆壳 重熔花岗岩的特征。

3.2 花岗岩锆石 U-Pb 定年结果

采集 ZK4209 钻孔中的细粒花岗岩(编号 JXH30)进行锆石同位素年龄分析。样品中的锆石 粒度介于 20~150 μm 之间,形态复杂多样,主要呈 短柱状、板条状,极个别为浑圆状。在阴极发光照片 上,大部分锆石具有典型岩浆锆石的韵律环带,个别 具有残留核,可能为继承核或捕获核。为避免继承 锆石对定年的干扰,确保定年的准确性,我们的测点 尽量选择在锆石的边缘具有明显环带部位进行 测试。

对朱溪铜钨矿区花岗岩(JX-H30)样品其中 29 粒锆石共测试了 30 个点。结果显示: 锆石中 Th 含量为 68 × 10⁻⁶ ~ 658 × 10⁻⁶, U 含量为 85 × 10⁻⁶ ~2629 × 10⁻⁶, Th 与 U 值之间具有正相关性, 且 Th/U 值介于 0.19~1.60 之间,大于 0.1,表明了样 品中锆石多为岩浆结晶产物^[8-11]。除了8个测点 偏离²⁰⁶Pb/²³⁸U和²⁰⁷Pb/²³⁵U值谐和线,视为无效点, 其余22个测点206 Pb/238 U和207 Pb/235 U值谐和性较 好,显示锆石在形成后 U - Pb 体系一直保持封闭状 态, 而测点 10.1 的²⁰⁶ Pb/²³⁸ U 年龄为 839 M, 属于继 承锆石,其余 21 个测点值在²⁰⁶ Pb/²³⁸ U 与²⁰⁷ Pb/²³⁵ U 谐和图上比较集中,²⁰⁶ Pb/²³⁸ U 年龄介于 144~151 Ma之间,这21个测点206 Pb/238 U 加权平均年龄为 146.9±0.97 Ma(MSWD=0.55,见图4),代表了花 岗岩的结晶年龄,属于岩浆侵位时的年龄,其形成时 代属晚侏罗世。测点 10.1 年龄为 839.20 Ma 的锆 石很可能属于花岗岩侵位时捕获或继承的元古代双 桥山岩群中锆石或新元古代的岩浆锆石。



图 3 朱溪铜钨矿细粒花岗岩 SiO₂ - K₂O 图解(a)及稀土元素配分曲线(b)

Fig. 3 The diagram SiO_2 -K₂O (a) and REE patterns(b) for the fine grained granite of Zhuxi Cu-W deposit



图 4 朱溪铜钨矿花岗岩代表锆石阴极发光图及 U – Pb 测年结果

Fig. 4 Representative zircon CL images and U-Pb dating analyzed of zircons from the granite of Zhuxi Cu-W deposit

4 花岗岩形成的时代、成因及构造环境

4.1 花岗岩成岩年龄

对于塔前一赋春地区的岩浆岩,以往的研究认 为成矿与燕山期侵入体有关,但缺乏精确的定年数 据,仅20世纪80年代末对塔前、弹岭等少数岩体进 行过同位素定年,且用的大多是K-Ar等技术手 段,无法获得精确的成岩年龄以满足区域成矿规律 研究的需要。本次研究对朱溪矿区的细粒花岗岩开 展了LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年工作,获得 ²⁰⁶Pb/²³⁸U加权平均年龄为146.9±0.91 Ma,代表了 细粒花岗岩的形成年龄。值得注意的是,最近几年 在江南隆起中、东段,包括赣北、赣东北、皖南等地的 钨矿找矿工作取得较大进展,WO₃资源量达到大型 规模的有大湖塘、朱溪、东源、百丈岩、高家塝等。而 与这些钨矿有关的岩浆岩成岩时代较为接近,如秦 燕等[12]获得百丈岩钨矿床的成岩成矿年龄为130 Ma(与成矿有关的花岗岩 SHRIMP 锆石 U - Pb 年 龄)和134 Ma(矿石中辉钼矿 Re - Os 年龄);周翔 等[13]获得东源斑岩型钨钼矿床的成岩成矿年龄均 为146 Ma;丰成友等^[14]获得大湖塘矿床 Re - Os 同 位素年龄为143.7±1.2 Ma 和140.9±3.6 Ma;黄兰 椿等^[15]获得大湖塘似斑状白云母花岗岩锆石 U-Pb年龄为144.2±1.3 Ma;钟玉芳等^[16]获得大 湖塘九仙塘中细粒黑云母花岗岩年龄为151.4 ± 2.4 Ma。这与九瑞一鄂东南地区矿集区铜多金属矿 床^[17-21]成岩成矿年龄较为接近,而与赣南地区钨矿 成岩成矿年龄较为不同,后者的成岩成矿年龄主要 集中在160~150 Ma。这些年代学数据表明,在江 南隆起可能存在130~150 Ma 这样一期与岩浆活动 有关的铜钨多金属成矿作用,同时也说明,从空间 上,由赣南往赣北乃至皖南地区,钨矿成岩成矿时代 可能具有逐渐变新的趋势。

4.2 花岗岩成因

朱溪细粒花岗岩样品的 SiO₂含量变化范围为 72.05%~73.21%(平均 72.73%);碱含量较高, K₂O + Na₂O 值为 7.53%~8.68%,总体上富钾; A/CNK值为 1.15~1.24,属强过铝质特征。在 K₂O - SiO₂图解中,样品落在高钾钙碱性系列的范围。 稀土总含量不高,配分模式呈右倾斜型,轻重稀土元 素分馏明显,Eu 负异常特征明显, δ Eu = 0.59~ 0.62。微量元素方面,细粒花岗岩具有明显的 Ba、 Ti 负异常,Nb 的轻微负异常,U、Pb 明显正异常等。 这些地球化学特征与典型富铝的华南壳源型花岗岩 地球化学特征基本相同^[22-25]。在 TiO₂ - Zr 图解 中,样品点全投影在 S 型花岗岩区域。因此,在成因 上朱溪细粒花岗岩属于强过铝质的 S 型花岗岩。

— 596 —

4.3 花岗岩形成的构造环境

花岗质岩石形成的构造环境多种多样,如岛弧 造山带、活动大陆边缘、大陆碰撞带、板内造山带及 大型逆冲断层带、大陆裂谷甚至大洋中脊等构造部 位,而过铝质花岗岩的形成往往与陆-陆碰撞、深俯 冲作用有关,为陆-陆碰撞过程中同碰撞早期挤压 环境下地壳加厚及碰撞高峰期后的岩石圈伸展背景 而发生部分熔融的产物。在 Rb - Y + Nb 花岗岩构 造环境判别图解中,朱溪细粒花岗岩样品全部落入 同构造碰撞带花岗岩区域(图5),说明朱溪花岗岩 主要为同碰撞花岗岩,表明其形成于同碰撞环境。





Fig. 5 The discrimination diagrams of tectonic setting for the granite of Zhuxi

朱溪铜钨矿所处的钦杭成矿带地质构造演化复杂,经历了自元古代以来的多次造山作用,包括中新元古代为扬子地块和华南地块作用形成的俯冲碰撞造山带,在扬子板块东南缘形成了大规模岛弧岩浆岩带,并在岛弧的南北两侧形成了弧前盆地与弧后盆地,并在盆地中沉积了新元古代地层,在位于江南古陆的萍乐坳陷形成了双桥山岩群。进入印支一燕山期,该带成为陆内造山带,发育了一系列近东西向向北逆冲的逆冲一推覆构造,稍后叠加上东北向和北西向断裂一褶皱构造,基底岩系相互叠置,强烈隆升。

5 结论

在详细野外调查、岩心编录和岩矿鉴定的基础 上,利用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱技术(LA - ICP - MS)对朱溪铜钨矿床中成矿花岗岩进行了 锆石 U - Pb 法同位素测年,并利用 X 射线荧光光 谱、ICP - MS 分析等方法进行了岩石化学测试,结果 显示该岩体形成于 146.90 ± 0.97 Ma(MSWD = 0.55),属晚侏罗世早期,具有高硅、高碱、富钾、强 过铝质等岩石地球化学特征,为典型的S型花岗岩。 分析认为区域上"南钨北扩"的成矿格局,而且从赣 南往赣北,钨矿成岩成矿时代可能具有逐渐变新的 趋势。由于朱溪铜钨矿只是塔前一朱溪一赋春成矿 带中的一个矿床,只有将成矿带区域内所有矿点中 成矿岩体的时代和岩石地球化学特征研究清楚之 后,才能对该成矿带的成矿规律有全面的认识和理 解。因此,今后应在成矿岩体的时代和地球化学特 征以及成矿流体的特征方面加强研究。

致谢:野外工作得到了江西省地质矿产勘查开发局 912 地质大队朱溪野外项目组的大力支持,张诚、魏 锦等同志在野外取样过程中给予了帮助,在此一并 表示感谢。

6 参考文献

- 陈国华,万浩章,舒良树,等. 江西景德镇朱溪铜钨多 金属矿床地质特征与控矿条件分析[J]. 岩石学报, 2012,28(12):3901-3914.
 Chen G H, Wan H Z, Shu L S, et al. An Analysis on Orecontrolling Conditions and Geological Features of the Cu-W Polymetallic Ore Deposit in the Zhuxi Area of Jingdezhen, Jiangxi Province [J]. Acta Petrologica Sinica,2012,28(12):3901-3914.
 [2] 何细荣,陈国华,刘建光,等. 江西景德镇朱溪地区铜钨
- [2] 阿和汞, 际国平, 对建元, 寻. 在四京德镇木侯地区 刑持 多金属矿找矿方向[J]. 中国钨业, 2011, 26(1):9-14. He X R, Chen G H, Liu J G, et al. On the Copper-Tungsten Prospecting Orientation in Zhuxi Region [J]. China Tungsten Industry, 2011, 26(1):9-14.
- [3] 刘战庆,刘善宝,陈毓川,等. 江西朱溪铜钨矿区煌斑 岩 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 同位素测年及意义
 [J]. 岩矿测试,2014,33(5):758 - 766.
 Liu Z Q, Liu S B, Chen Y C, et al. LA-ICP-MS Zircon
 U-Pb Isotopic Dating of Lamprophyre Located Zhuxi
 Copper-Tungsten Mine of Jiangxi Province and Its
 Geological Significance[J]. Rock and Mineral Analysis,
 2014,33(5):758 - 766.
- [4] 刘善宝,王成辉,刘战庆,等. 赣东北塔前—赋春成矿 带岩浆岩时代限定与序列划分及其意义[J]. 岩矿 测试,2014,33(4):598-611.
 Liu S B, Wang C H, Liu Z Q, et al. Northeast Jiangxi Taqian-Fuchun Metallogenic Belt Magmatite Time Limit and Sequence Division and Its Significance [J]. Rock and Mineral Analysis,2014,33(4):598-611.
- [5] Slama J, Kosler J, Condon D J, et al. Plesovice Zircon: A New Natural Reference Material for U-Pb and Hf Isotopic Microanalysis [J]. Chemical Geology, 2008, 249:

第5期

- [6] Liu Y S, Hu Z C, Gao S, et al. In situ Analysis of Major and Trace Elements of Anhydrous Minerals by LA-ICP-MS without Applying an Internal Standard[J]. Chemical Geology, 2008, 257:34 - 43.
- [7] 侯可军,李延河,田有荣.LA MC ICP MS 锆石微 区原位 U – Pb 定年技术[J].矿床地质,2009,28(4): 481 – 492.

Hou K J, Li Y H, Tian Y R. In Situ U-Pb Zircon Dating Using Laser Ablation-Multi Ion Counting-ICP-MS [J]. Mineral Deposits,2009,28(4):481-492.

- [8] Pidgeon R T, Wilde S A. The Interpretation of Complex Zircon U-Pb Systems in Archaean Granitoids and Gneisses from the Jack Hills, Narryer Gneiss Terrane, Western Australia [J]. Precambrian Research, 1998, 91 (3/4):309-332.
- Claesson S, Vetrin V, Bayanova T, et al. U-Pb Zircon Ages from a Devonian Carbonatite Dyke, Kola Peninsula, Russia: A Record of Geological Evolution from the Archaean to the Palaeozoic [J]. Lithos, 2000, 51 (1/2): 95 - 108.
- [10] 简平,程裕淇,刘敦一. 变质锆石成因的岩相学研 究——高级变质岩 U – Pb 年龄解释的依据[J]. 地学 前缘,2001,8(3):183 – 191.

Jian P, Cheng Y Q, Liu D Y. Petrographical Study of Metamorphic Zircon: Basic Roles in interpretation of U-Pb Age of High Grade Metamorphic Rocks[J]. Earth Science Frontiers, 2001, 8(3):183 – 191.

- [11] 吴元保,郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U Pb 年 龄解释的制约[J]. 科学通报,2004,49(16):1589-1604.
 Wu Y B, Zheng Y F. Zircon Minerageny and Its Restriction on Interpretion of U-Pb Age [J]. Chinese Science Bulletin,2004,49(16):1589-1604.
- [12] 秦燕,王登红,李延河,等.安徽青阳百丈岩钨钼矿床 成岩成矿年龄测定及地质意义[J].地学前缘,2010, 17(2):170-177.

Qin Y, Wang D H, Li Y H, et al. Rock-forming and Oreforming Ages of the Baizhangyan Tungsten-Molybdenum Ore Deposit in Qingyang, Anhui Province and Their Geological Significance [J]. Earth Science Frontiers, 2010, 17(2): 170 - 177.

 [13] 周翔,余心起,王德恩,等.皖南东源含 W、Mo花岗闪 长岩斑岩及成矿年代学研究[J].现代地质,2011,25
 (2):201-210.

Zhou X, Yu X Q, Wang D E, et al. Characteristics and Geochronology of the W, Mo Bearing Granodiorite Porphyry in Dongyuan, Southern Anhui[J]. Geoscience, 2011, 25(2): 201 - 210.

 [14] 丰成友,张德全,项新葵,等. 赣西北大湖塘钨矿床辉 钼矿 Re - Os 同位素定年及其意义[J]. 岩石学报, 2012,28(12):3858 - 3868. Feng C Y, Zhang D Q, Xiang X K, et al. Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite from the Dahutang Tungsten Deposit in Northwestern Jiangxi Province and Its Geological Implication [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012,28(12):3858-3868.

- [15] 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.
 Huang L C, Jiang S Y. Zircon U-Pb Geochronology, Geochemistry and Petrogenesis of the Porphyric like Muscovite Granite in the Dahutang Tungsten Deposit, Jiangxi Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(12):3887-3900.
- [16] 钟玉芳,马昌前,佘振兵,等. 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—中 国地质大学学报,2005,30(6):685-691.
 Zhong Y F, Ma C Q, She Z B, et al. SHRIMP U-Pb Zircon Geochronology of the Jiuling Granitic Complex Batholith in Jiangxi Province [J]. Earth Science— Journal of China University of Geosciences, 2005, 30 (6): 685-691.
- Yang S Y, Jiang S Y, Li L, et al. Late Mesozoic Magmatism of the Jiurui Mineralization District in the Middle-Lower Yangtze River Metallogenic Belt, Eastern China:Precise U-Pb Ages and Geodynamic Implications
 [J]. Gondwana Research, 2011, 20(4):831 – 843.
- [18] 谢桂青,毛景文,李瑞玲,等.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:辉钼矿 Re - Os 同位素年龄[J].矿床地质, 2006,25(1):43-52.
 Xie G Q, Mao J W, Li R L, et al. Metallogenic Epoch and Geodynamic Framework of Cu-Au-Mo-(W) Deposits in Southeastern Hubei Province: Constraints from Re-Os Molybdenite Ages [J]. Mineral Deposits, 2006,25(1):43-52.
- [19] 李亮,蒋少涌.长江中下游地区九瑞矿集区邓家山花 岗闪长斑岩的地球化学与成因研究[J].岩石学报, 2009,25(11):2875-2886.
 Li L, Jiang S Y. Petrogenesis and Geochemistry of the Dengjiashan Porphyritic Granodiorite, Jiujiang Ruichang Metallogenic District of the Middle Lower Reaches of the Yangtze River [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25 (11):2875-2886.
- [20] 蒋少涌,李亮,朱碧,等. 江西武山铜矿区花岗闪长斑岩的地球化学和 Sr Nd Hf 同位素组成及成因探讨[J]. 岩石学报,2008,24(8):1679-1690.
 Jiang S Y,Li L,Zhu B, et al. Geochemical and Sr-Nd-Hf Isotopic Compositions of Granodiorite from the Wushan Copper Deposit, Jiangxi Province and Their Implications for Ptrogenesis [J]. Acta Petrologica Sinica, 2008, 24 (8):1679-1690.

^{1 – 35.}

^{— 598 —}

- [21] 蒋少涌,孙岩,孙明志,等.长江中下游成矿带九瑞矿 集区叠合断裂系统和叠加成矿作用[J].岩石学报, 2010,26(9):2751-2767.
 Jiang S Y, Sun Y, Sun M Z, et al. Reiterative Fault Systems and Superimposed Mineralization in the Jiurui Metallogenic Cluster District, Middle and Lower Yangtze River Mineralization Belt, China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2010, 26(9):2751-2767.
- [22] 孙涛,陈培荣,周新民,等. 南岭东段强过铝质花岗岩中白云母研究[J]. 地质论评,2002,48(5):518-525.
 Sun T, Chen P R, Zhou X M, et al. Strongly Peraluminous Granites in Eastern Nanling Mountains, China: Study on Muscovites [J]. Geological Review, 2002,48(5):518-525.
- [23] Sun T, Zhou X M, Chen P R, et al. Mesozoic Strongly Peraluminous Granites from Eastern Nanling Range,

Southern China: Petrogenesis and Implications for Tectonics[J]. Sciences in China (Series D), 2005, 48 (2):165-174.

- [24] 王孝磊,周金城,邱检生,等. 湘东北新元古代强过铝 花岗岩的成因:年代学和地球化学证据[J]. 地质论 评,2004,50(1):65-76.
 Wang X L, Zhou J C, Qiu J S, et al. Petrogenesis of Neoproterozoic Peraluminous Granites from Northeastern Hunan Province: Chronological and Geochemical Constraints [J]. Geological Review, 2004, 50 (1): 65-76.
- [25] 周新民.南岭地区晚中生代花岗岩成因与岩石圈动 力学演化[M].北京:科学出版社,2007:1-691.
 Zhou X M. The Lithosphere Dynamical Evolution of Late Mesozoic Granites in Nanling Area [M]. Beijing: Science Press,2007:1-691.

LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating and Petrologic Geochemistry of Finegrained Granite from Zhuxi Cu-W Deposit, Jiangxi Province and Its Geological Significance

WANG Xian-guang¹, LIU Zhan-qing^{2,3*}, LIU Shan-bao², WANG Cheng-hui², LIU Jian-guang⁴, WAN Hao-zhang⁴, CHEN Guo-hua⁴, ZHANG Shu-de⁵, LIU Xiao-lin⁵

- (1. Department of Land and Resources of Jiangxi Province, Nanchang 330025, China;
- 2. Institute of Geology and Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;
- 3. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China;
- 4. No. 912 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development of Jiangxi Province, Yingtan 335001, China;
- 5. Chongyi Zhangyuan Tungsten Investment Co., LTD, Chongyi 341300, China)

Abstract: Zhuxi W-Cu deposit in northern Jiangxi Province is a recently found super large skarn W deposit. The formation of this deposit is closely related to granitic intrusions. The mining area is located in the central Jiangxi Taqian-Fuchun ore belt in Qin(zhou)-Hang(zhou) joint zone. The discovery of this deposit is further evidence for the model of the Southern tungsten North expansion. However, due to the lack of systematic geochemistry and geochronology of ore-related intrusions, the knowledge of this model is limited. Ore-related fine-grained muscovite granite was chosen as the research object for the study reported on in this paper. LA-ICP-MS zircon U-Pb dating of granite yielded a ²⁰⁶ Pb/²³⁸U weighted average age of 146.90 ± 0.97 Ma (MSWD = 0.55). These granitic rocks have high silicon, alkali and potassium, and are strongly peraluminous, which belongs to the typical S-type granite. This study has indicated that ore-related magmatism occurred at the late Jurassic in Jiangnan uplift and provides new evidence for the genesis of Zhuxi W-Cu deposit and metallogenic regularity of the Taqian-Fuchun metallogenic belt.

Key words: Jiangxi Zhuxi W-Cu deposit; granite; geochemistry; LA-ICP-MS zircon U-Pb dating