

文章编号: 0254 - 5357(2015)04 - 0494 - 09

DOI: 10. 15898/j. cnki. 11 - 2131/td. 2015. 04. 019

赣东北朱溪铜钨矿区花岗闪长斑岩 LA - ICP - MS 锆石 U - Pb 定年及地质意义

万浩章¹, 刘战庆^{2,3*}, 刘善宝², 陈毓川², 王成辉², 陈国华¹, 梁力杰³, 李赛赛³, 张树德⁴, 刘小林⁴

(1. 江西省地质矿产勘查开发局 912 大队, 江西 鹰潭 335001;

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. 崇义章源投资控股有限公司, 江西 崇义 341300)

摘要: 赣东北朱溪超大型铜钨矿位于江南古岛弧带塔前—赋春成矿带中段, 该矿床的发现可进一步验证“南钨北扩”观点并对“南钨北铜”格局提出挑战, 但前人对与朱溪铜钨矿成矿作用有关的花岗岩缺少精确的年代学研究, 导致对其地球动力学背景理解不够深入。本研究通过详细的野外调查、岩心编录和岩矿鉴定, 并利用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA - ICP - MS)锆石 U - Pb 法对朱溪铜钨矿区侵入元古代双桥山岩群中的铜矿化花岗闪长斑岩进行测年, 获得了锆石²⁰⁶Pb/²³⁸U 加权平均年龄为 847.2 ± 9.4 Ma (MSWD = 0.111), 代表了其侵位结晶的年龄, 属新元古代。分析认为: 朱溪铜钨矿区铜矿化花岗闪长斑岩是新元古代早期华南古洋壳俯冲消减及扬子陆块与华夏陆块发生碰撞作用下的岩浆产物, 这次岩浆活动与区域上塔前—赋春成矿带成矿作用关系密切, 并为钦—杭成矿带提供了成矿物质基础。本次对其成岩年龄的限定, 为研究朱溪超大型铜钨矿矿床提供了新证据。

关键词: 朱溪铜钨矿; 花岗闪长斑岩; 铜矿化; 激光剥蚀电感耦合等离子体质谱法; 锆石 U - Pb 定年

中图分类号: P588.121; O657.63; P597.3

文献标识码: A

近年来, 在江西省北部修水香炉山、武宁大湖塘、景德镇朱溪等地相继发现了大型、超大型钨矿, 已经引起了地质找矿部门与社会各界的广泛关注^[1-2], 这一找矿成果突破了区域上“南钨北铜”的成矿格局^[2-4]。从 2012 年以来的地质找矿中, 在江西朱溪发现了厚度可达 500 m 的大白钨矿体, 根据目前勘查进展基本确定该矿床属超大型钨矿床, 其矿石类型多样, 有矽卡岩型、斑岩型及云英岩型等类型, 显示了钨矿的形成与岩浆活动密切相关。朱溪铜钨矿区内出露的岩浆岩类型较多, 地表出露大量的煌斑岩脉以及中酸性岩浆岩小岩脉或小岩株。已有的测年结果显示在塔前—赋春成矿带内至少有 3 期岩浆岩活动、2 期成矿作用^[2], 而成矿作用多集中在中生代燕山期, 说明朱溪铜钨矿床成矿作用可能

与多期多阶段的成岩成矿作用关系密切。本文是在进行塔前—赋春成矿带成矿规律研究的基础上^[2,5], 试图利用激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA - ICP - MS)锆石 U - Pb 同位素定年法对铜矿化的花岗闪长斑岩进行测年, 研究花岗闪长斑岩与成矿作用的关系, 为成矿预测研究提供理论依据。

1 区域地质概况

江西朱溪铜钨矿区的大地构造位置处于扬子板块与华夏板块之间的钦—杭结合带江西段, 同时处于滨太平洋成矿域的扬子成矿省浙赣湘黔汞锑金成矿带^[6-7], 其地层属于下扬子陆块江南古岛弧带中, 九岭隆起和万年隆起之间的萍(乡)—乐(平)拗陷带的东端^[8], 赣东北深大断裂北西侧, 形成了“两

收稿日期: 2014 - 05 - 05; 修回日期: 2015 - 05 - 06; 接受日期: 2015 - 07 - 08

基金项目: 江西省国土资源厅地质勘查基金项目(矿[2012]01 - 06); 中央地质勘查基金项目(2013360010); 国土资源部公益性行业科研专项(201411035); 桂林理工大学博士科研启动基金项目(002401003373)

作者简介: 万浩章, 高级工程师, 从事区域地质调查、矿产勘查与开发和地质科研管理工作。E-mail: 912dkywhz@sina.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: liu_zq100157@sohu.com。

隆夹一坳”的构造格局(图 1a)。

塔前一赋春成矿带区域上主体是由推覆体与基底组成的推覆构造系。推覆构造系上层的推覆体由石炭系—三叠系的浅海相碳酸盐岩和海陆交互相的含煤建造及碎屑岩沉积岩组合,受到 4 条大致平行的北东向断裂切割,被分成南北两个狭长的推覆体,即:塔前一弹岭—朱溪—寿安推覆体和横路—月形—涌山—大游山推覆体,二者在大游山处汇聚,一直延伸到赋春一带尖灭。基底为元古界双桥山群浅变质岩系,是一套深海盆地相夹浊流沉积的泥砂质建造,并夹有海底火山喷发产物,也受构造作用发生断裂和褶皱变形。在景德镇及双田镇地区的北东—南西向还分布有一些侏罗系—白垩系碎屑岩。

塔前一赋春成矿带的岩浆岩种类较多,超基性—基性—中酸性岩浆岩均有出露,但出露面积较小。塔前镇到横路一带,出露一些辉石岩、苦橄玢岩、辉绿岩、橄榄玄武玢岩脉,被称为“塔前超基性杂岩体”。而中酸性岩浆岩多呈岩脉产出,少数呈岩体、岩株及岩瘤状产出,多受北东—北北东向断裂控制。岩性有花岗闪长斑岩、花岗斑岩,其次是石英闪长玢岩,其中花岗闪长斑岩和花岗斑岩的围岩有矽卡岩化、硅化、角岩化、大理岩化等蚀变,并伴有 Cu、Pb、Zn、Ag 矿化,如张家坞、横路、岩口、下冲坞、月形等铜多金属矿床/矿点。

朱溪铜钨矿区出露的岩浆岩主要为煌斑岩脉,少量的花岗闪长斑岩、花岗斑岩等。煌斑岩约 20 多

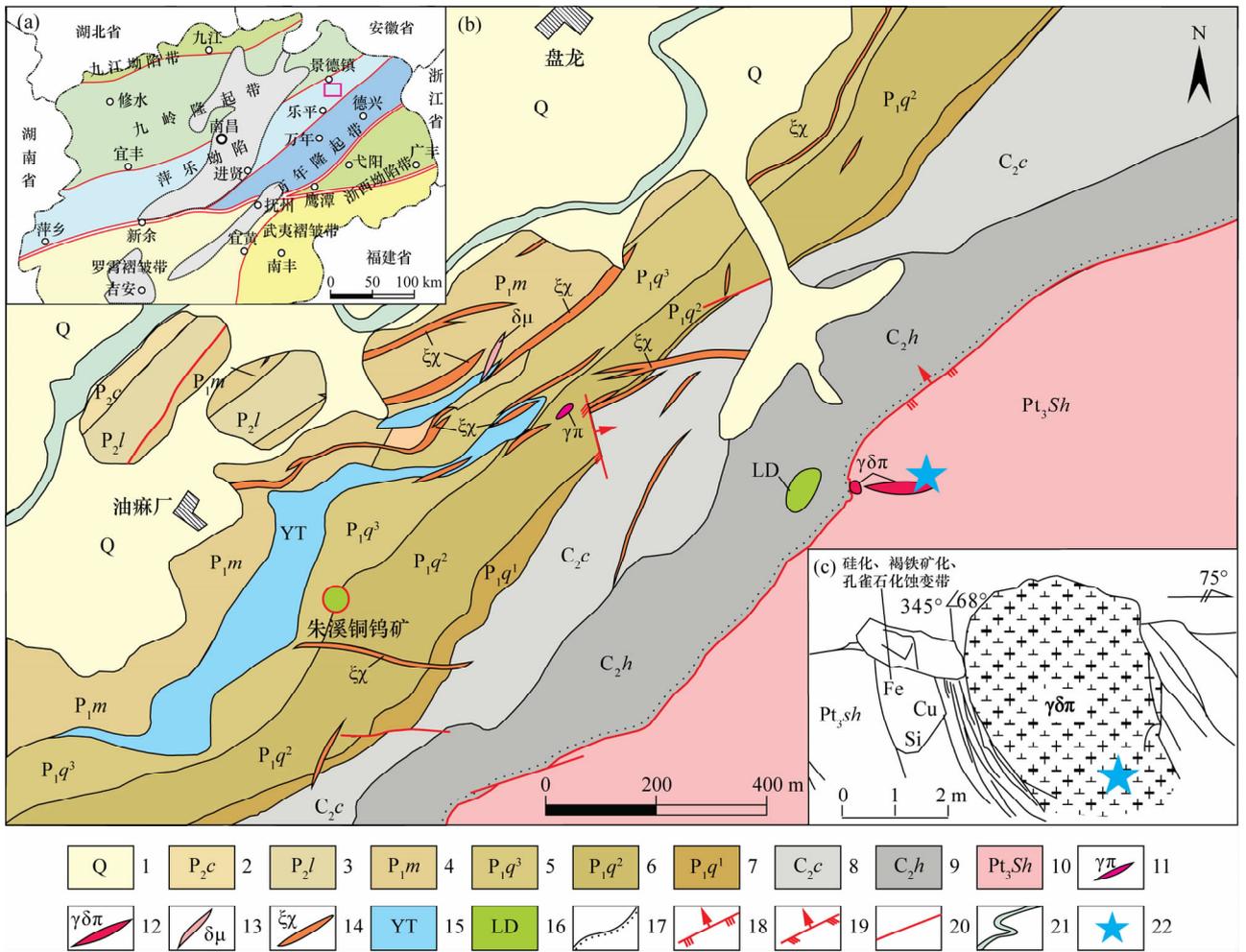


图 1 赣东北朱溪铜钨矿地质图

Fig. 1 Geological map of the Zhuxi Cu-W deposit in the Northeast Jiangxi Province

1—第四系;2—长兴组;3—乐平组;4—茅口组;5—栖霞组上段;6—栖霞组中段;7—栖霞组下段;8—船山组;9—黄龙组;10—双桥山群;11—花岗斑岩;12—花岗闪长斑岩;13—闪长玢岩;14—煌斑岩;15—透闪石—阳起石矽卡岩;16—绿色蚀变岩;17—不整合接触带;18—逆断层;19—一走滑逆断层;20—性质不明断层;21—河流;22—采样位置。

条,呈脉状侵入于石炭系—三叠系中及断层内,脉体走向以北东向为主,也有北北东向和近东西向延伸的,规模大小不等;在矿区东部出露于双桥山群中的花岗闪长岩脉和岩株,脉体宽5~10 m,长约80 m,岩株直径约10 m,整体走向为近东西向(图1b)。

2 岩石学特征

探槽 TC2701 将出露于元古代双桥山岩群中花岗闪长斑岩脉揭露十分清楚,围岩为粉砂—细砂千枚岩,花岗斑岩与围岩之间有明显的构造片理(图1c),片理产状为 $345^{\circ} \angle 68^{\circ}$ 。花岗闪长斑岩呈浅(淡)绿色—白色,块状构造,细粒斑状结构,主要矿物有石英(体积含量为20%~25%)、钾长石(10%~15%)、斜长石(40%~50%)、绢云母(5%~10%),斑晶以石英、钾长石为主,含有少量黄铜矿、黄铁矿等硫化物(图2a)。岩石风化后表面呈浅黄褐色,黑云母等暗色矿物淋滤析出铁质,钾长石、斜长石矿物高岭土化、绢云母化现象明显(图2b)。岩石局部有孔雀石化现象(图2c、d)。围岩与岩体接触带有明显的硅化、褐铁矿化、孔雀石化现象。

3 样品 LA-ICP-MS 分析方法及测试结果

在朱溪铜钨矿区27号勘探线探槽 TC2701 处采集花岗闪长斑岩作为定年对象,定年样品为 ZX-1(图3)。

3.1 LA-ICP-MS 分析方法

在进行锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年之前,首先将所测样品的锆石颗粒用环氧树脂制靶,并对靶中的锆石作阴极发光和背散射电子相分析。选取所测样品锆石晶形较好、具有明显生长环带的锆石(图3)。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^[9]。为确保精确度,测试过程中每测定5个样品前后测定两次国际标准锆石 91500 和锆石标样 GJ-1 进行校正,并测量1个锆石标样 Plešovice 来观察仪器运行状态是否良好。数据处理采用

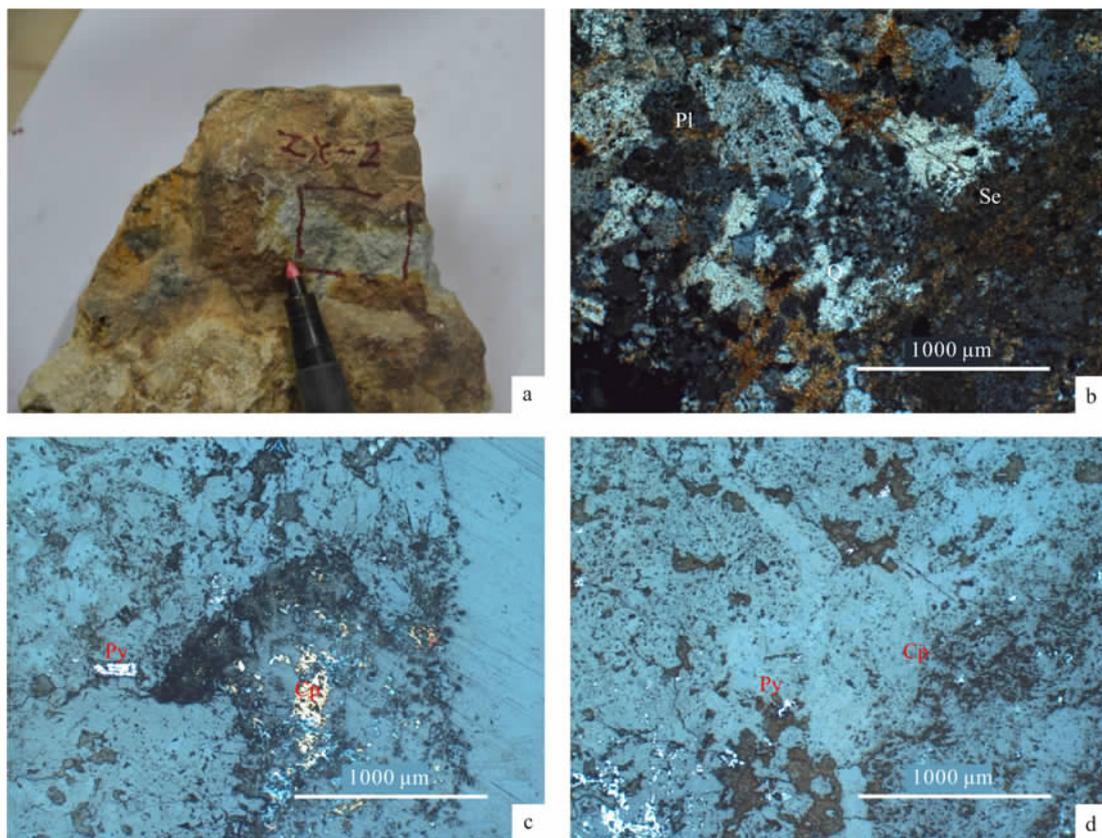


图2 朱溪花岗闪长斑岩显微镜下岩石特征

Fig.2 Zhuxi granodiorite porphyry rock characteristics under a microscope

a—花岗闪长斑岩(边部有孔雀石化);b—正交偏光镜下花岗闪长斑岩;c—黄铜矿化花岗斑岩;d—光片下的黄铜矿和黄铁矿。

ICPMSDataCal4.3 程序^[10],测量过程中大多数分析点 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 1000$,未进行普通铅校正, ^{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 ^{204}Pb 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^[11]。样品分析过程中,Plešovice 标样作为未知样品的分析结果为 $338.1 \pm 0.77 \text{ Ma} (n = 7, 2\sigma)$,对应的年龄推荐值为 $337.13 \pm 0.37 \text{ Ma} (2\sigma)$,两者在误差范围内完全一致^[9]。

3.2 锆石阴极发光图像特征

测试样品花岗闪长斑岩(ZX-1)中的锆石形态复杂多样,但多数晶粒为无色透明至淡黄色,呈自形程度较好的短柱状、双锥状、半截锥状。晶体长 $60 \sim 150 \mu\text{m}$,宽 $40 \sim 80 \mu\text{m}$,长宽比介于 $3:2 \sim 3:1$ 之间。阴极发光照片显示大多数锆石具有典型的岩浆韵律环带和明暗相间的条带结构(图 3),很多锆石(如点号 1.1、2.1、6.1 等)具有明显的残留核,可能为继承核或捕获核。本研究尽量选择锆石的边缘部位进行测试,避免继承锆石对定年的干扰,确保定年的准确性,测点尽量选在明显的岩浆环带上。

3.3 锆石年龄分析结果

在花岗闪长斑岩(ZX-1)样品中锆石共测试了 20 个点,结果显示(表 1),锆石中 Th 含量为 $58 \times 10^{-6} \sim 563 \times 10^{-6}$,U 含量为 $100 \times 10^{-6} \sim 721 \times 10^{-6}$,Th 与 U 值之间具有正相关性,而且 Th/U 值介于 $0.41 \sim 1.36$ 之间,均大于 0.1,表明了样品中锆石多为岩浆结晶产物^[12]。在谐和图上,20.1 号点偏离谐和线较远,可能与 Pb 丢失有关,其他 19 个有效点的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 谐和性较好,表明锆石在形成后其 U-Pb 体系一直保持封闭状态,基本

上没有 Pb 的丢失,其中 12 个测点(3.1、4.1、5.1、8.1、9.1、10.1、12.1、14.1、15.1、17.1、18.1、19.1)在 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 和 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 组成谐和图上集中于 850 Ma 附近,谐和年龄为 $854.5 \pm 3.5 \text{ Ma} (\text{MSWD} = 5.5)$,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄为 $847.2 \pm 9.4 \text{ Ma} (\text{MSWD} = 0.111)$,在误差范围内一致(图 4),代表了花岗闪长斑岩的结晶年龄,属于岩浆侵位时的年龄,其形成时代属新元古代。而另外 7 个测点(1.1、2.1、6.1、7.1、11.1、13.1、16.1)虽然也较为和谐,但分布比较分散,其 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄(Ma)分别为 1771 ± 34 、 1645 ± 53 、 2102 ± 33 、 2528 ± 33 、 1831 ± 32 、 988 ± 16 、 908 ± 22 ;这些零散值的锆石很可能属于花岗闪长岩岩浆侵位时捕获或继承岩浆通过的元古代双桥山岩群中锆石。

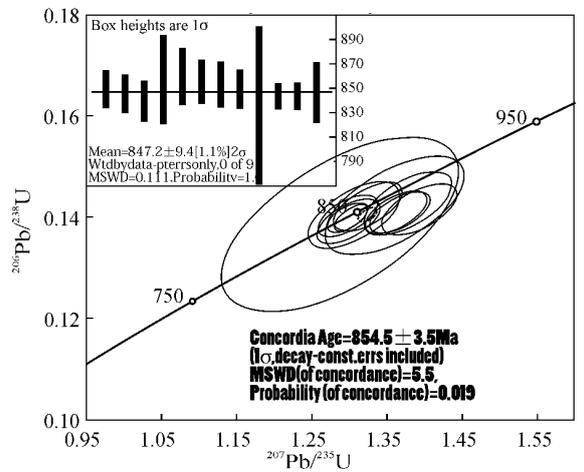


图 4 花岗闪长斑岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄谐和图与直方图

Fig. 4 LA-ICP-MS Zircon U-Pb concordia diagrams and histograms of granodiorite porphyry

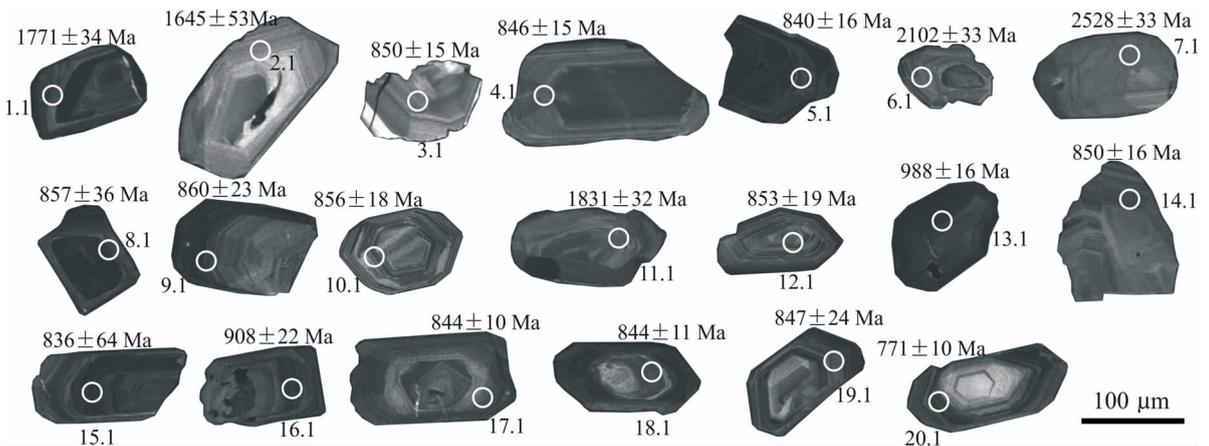


图 3 朱溪铜钨矿区花岗闪长岩(ZX-1)代表性锆石的阴极发光图像和分析年龄

Fig. 3 Cathodoluminescence images and ages of analyzed zircons from the granodiorite porphyry of Zhuxi Cu-W deposit

表 1 朱溪铜钨矿区花岗闪长斑岩(ZX-1)LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测试结果

Table 1 LA-ICP-MS zircon U-Pb isotopic analysis of the granodiorite porphyry (ZX-1) of Zhuxi Cu-W deposit

测试编号	元素含量($\times 10^{-6}$)及比值				同位素比值										表面年龄(Ma)									
	^{232}Th	^{238}U	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	1σ	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	1σ	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	1σ	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	1σ					
1.1	284	344	0.83	0.12935	0.00041	5.63888	0.12147	0.31622	0.00693	0.06631	0.00435	2100	6	1922	19	1771	34	1298	82					
2.1	297	244	1.22	0.10176	0.00061	4.07664	0.14633	0.29073	0.01064	0.04436	0.00273	1657	11	1650	29	1645	53	8778	53					
3.1	136	100	1.36	0.07044	0.00043	1.36692	0.02637	0.14087	0.00269	0.02216	0.00128	943	13	875	11	850	15	443	25					
4.1	101	130	0.77	0.06705	0.00031	1.29790	0.02610	0.14022	0.00271	0.02133	0.00117	839	9	845	12	846	15	427	23					
5.1	112	244	0.46	0.06769	0.00028	1.29879	0.02754	0.13913	0.00291	0.02066	0.00107	859	14	845	12	840	16	413	21					
6.1	131	213	0.62	0.14158	0.00046	7.52942	0.14366	0.38546	0.00718	0.06361	0.00309	2247	6	2176	17	2102	33	1247	59					
7.1	58	73.4	0.79	0.17709	0.00082	11.71112	0.18405	0.48023	0.00758	0.07386	0.00379	2626	8	2582	15	2528	33	1440	71					
8.1	373	590	0.63	0.06937	0.00064	1.35965	0.06080	0.14227	0.00639	0.02278	0.00124	909	14	872	26	857	36	455	25					
9.1	171	132	1.30	0.07038	0.00067	1.37762	0.03907	0.14270	0.00410	0.02208	0.00120	939	19	879	17	860	23	441	24					
10.1	216	159	1.36	0.06765	0.00033	1.32418	0.02979	0.14192	0.00312	0.02085	0.00120	857	15	856	13	856	18	417	24					
11.1	169	174	0.97	0.11191	0.00037	5.06352	0.09896	0.32845	0.00649	0.04832	0.00256	1831	6	1830	17	1831	32	954	49					
12.1	166	192	0.87	0.07157	0.00073	1.39301	0.03321	0.14154	0.00332	0.02427	0.00126	974	20	886	14.09	853	19	485	25					
13.1	354	594	0.60	0.07355	0.00031	1.67332	0.02786	0.16570	0.00297	0.02793	0.00133	1029	9	998	11	988	16	557	26					
14.1	176	324	0.55	0.07028	0.00052	1.36216	0.02696	0.14090	0.00279	0.02315	0.00115	937	16	873	12	850	16	463	23					
15.1	128	313	0.41	0.06764	0.00082	1.28765	0.10353	0.13852	0.01137	0.02070	0.00114	857	26	840	46	836	64	414	23					
16.1	563	721	0.78	0.06947	0.00025	1.44977	0.03768	0.15125	0.00384	0.02181	0.00108	922	7	910	16	908	22	436	21					
17.1	100	136	0.74	0.06779	0.00030	1.30721	0.01766	0.13985	0.00182	0.02088	0.00111	861	9	849	8	844	10	418	22					
18.1	133	189	0.71	0.06734	0.00027	1.29724	0.01770	0.13984	0.00191	0.01950	0.00109	850	8	845	8	844	11	390	22					
19.1	226	237	0.95	0.06755	0.00050	1.30646	0.04041	0.14037	0.00433	0.01755	0.00107	854	16	849	18	847	24	352	21					
20.1	144	339	0.42	0.06838	0.00024	1.19735	0.01624	0.12704	0.00171	0.01643	0.00108	880	7	799	8	771	10	329	22					

4 岩体形成的时代、背景及与成矿作用的关系

4.1 成岩时代与大地构造

通过以上测试分析获得朱溪铜钨矿区花岗闪长斑岩脉的侵入成岩年龄为 847.2 ± 9.4 Ma, 属于新元古代。区域地质研究钦—杭结合带两侧的扬子地块与华夏地块曾经以古华南洋相隔, 进入 930 ~ 880 Ma 时期, 古华南洋的洋壳向扬子地块下俯冲, 其中伏川蛇绿岩上部的辉长岩中 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄为 891 ± 13 Ma 代表了该蛇绿岩的构造侵位时间^[13], 代表了古华南洋壳的年龄, 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, 在盆地中沉积了新元古代地层, 在位于江南古陆的萍乐拗陷形成了双桥山岩群。随着洋壳的不断俯冲消减, 在 825 ~ 860 Ma 期间, 扬子地块与华夏地块发生碰撞拼合, 产生了陆陆碰撞造山作用, 使得原先沉积在弧前、弧后盆地中的新元古代地层以及早先存在的中元古代地层发生强烈的构造变形。在钦—杭带江西段北形成了 848 Ma 伏川蛇绿混杂岩^[14]; 这种陆陆碰撞作用的不断加强, 弧前盆地或弧后盆地沉积的陆源碎屑岩发生变质作用, 区域上的挤压应力环境形成了一期近北东向的宽缓褶皱, 岩石圈加厚, 并伴随一系列同碰撞及碰撞后岩浆事件。本文花岗闪长斑岩就可能是在这一陆陆碰撞过程中形成并侵位于早期的弧前盆地或弧后盆地的浅变质岩中, 侵位年龄为 847.2 ± 9.4 Ma, 这一侵位时代在区域上形成了大量的中酸性岩浆岩, 如许村 S 型花岗闪长岩体, 侵位年龄为 850 ± 10 Ma^[15], 侵入伏川蛇绿岩的辉长岩脉的 SHRIMP 年龄为 848 ± 12 Ma^[16]。这些中酸性岩浆岩的侵位与扬子板块和华夏板块碰撞初期岩浆活动有关^[15,17], 在花岗闪长斑岩侵位的过程中捕获了围岩中一些更早的锆石, 这些锆石来自于剥蚀搬运沉积到弧前/弧后盆地中的岩浆岩; 直到 750 ~ 825 Ma 期间, 陆陆碰撞作用基本停止^[18]。

花岗闪长斑岩以小型脉体的形式侵入于双桥山群中, 然而双桥山群的时代归属一直以来也存在争议: 以往认为双桥山岩群属于中元古代蓟县纪^[3,19], 然而近年来在赣北地区发现双桥山群底部涌山组中的凝灰岩(斑脱岩) 锆石 U-Pb 年龄在 831 ± 5 Ma ~ 829 ± 5 Ma 之间^[20], 双桥山群顶部修水组年龄为 824 ± 5 Ma^[21], 这些定年数据展示了双桥山群时代属于新元古代。本文铜矿化的花岗闪长斑岩中捕获或继承岩浆锆石区间为 908 ± 22 Ma ~ 2528 ± 33

Ma, 显示塔前一赋春成矿带内双桥山群的时代应该为新元古代早青白口纪, 而花岗闪长斑岩侵位时代应为新元古代晚青白口纪。

4.2 成岩与成矿关系

江西朱溪铜钨矿位于扬子板块与华夏板块之间的钦—杭结合带江西段, 属于滨太平洋成矿带^[22]。在区域构造上, 江西塔前一赋春成矿带位于下扬子陆块江南古岛弧带东南部萍乐拗陷带东端, 赣东北深大断裂北西侧。萍乐拗陷带是燕山期 Cu-Pb-Zn-Au-Ag-Co 多金属矿产富集区, 在塔前一赋春成矿带内有大量的金属矿产, 如朱溪铜钨矿、塔前钨钼矿、赋春金矿、月形、弹岭铜矿等金属矿床及矿点。近期, 在塔前钨钼矿中获得辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 162 ± 2 Ma, 显示成矿时代为中侏罗世^[23], 区域成矿时代也主要集中于燕山期。在区域上属于江西北部铜成矿带, 受到了中生代成矿作用的影响。

朱溪铜钨矿所处的构造位置在新元古代古华南洋向华夏板块下俯冲, 形成古岛弧岩浆带, 在经历了四堡运动、加里东运动、海西运动和印支运动的陆内造山运动后, 在燕山期古太平洋向欧亚板块之下俯冲, 形成了中国境内的滨太平洋—中酸性岩浆岩带, 同时也在我国境内形成了滨太平洋成矿带丰富的矿产资源, 其中在华南板块形成了“南钨北铜”的矿产分带特征, 如属于扬子板块的江西德兴斑岩型铜矿、安徽省铜陵铜矿, 在华夏板块的南岭地区形成了丰富的钨矿, 如江西境内的西华山钨矿、大吉山钨矿、漂塘钨矿^[22,24-27]等钨矿集区, 这些华南的大规模成矿时代主要集中在中生代燕山期^[4,6]。

本文朱溪铜钨矿区的铜矿化花岗闪长斑岩脉的侵入成岩年龄为 847.2 ± 9.4 Ma, 侵入于元古代双桥山群中, 显示了铜矿化作用与新元古代岩浆岩有关, 说明新元古代的古华南洋壳向华夏板块下俯冲, 可能引起了地幔物质向地壳运移, 为铜矿化提供了物质基础。而朱溪铜钨矿区侵入于石炭系—三叠系中的煌斑岩脉 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 定年显示有两期岩浆活动年龄: 一组年龄为 856 ± 10 Ma, 与花岗闪长岩的侵位年龄在误差范围内一致, 代表新元古代早期华南古洋壳俯冲消减及扬子陆块与华夏陆块碰撞的岩浆作用; 另一组年龄为 160.3 ± 2.1 Ma, 代表晚侏罗世早期岩浆侵位事件, 早侏罗世古太平洋板块向欧亚板块之下俯冲消减, 很可能导致早期岩浆岩发生重熔作用, 在燕山期侵位成岩, 与该成矿带成矿作用关系密切^[5]。由此可以推断, 新元

古代的岩浆活动形成的铜矿化花岗闪长斑岩脉所代表的岩浆活动为朱溪铜矿提供了成矿物质成分的储备,到了燕山期大规模成岩成矿作用时,早期的成矿物质发生活化,富集成矿。

5 结论

本文通过 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素定年,获得江西朱溪铜钨矿区侵入元古代双桥山岩群中的花岗闪长斑岩脉年龄为 $847.2 \pm 9.4 \text{ Ma}$ (MSWD = 0.111),代表其侵位结晶年龄,时代属新元古代。该同位素年龄为矿区内首次将高精度定年法运用到成矿岩浆岩的时代限定上,结果表明含铜花岗闪长斑岩很可能是新元古代古华南洋壳向扬子地块下俯冲消减及扬子地块与华夏陆块碰撞时岩浆侵位的产物,同时伴随着铜元素的富集,为燕山期成矿大爆炸提供了一定的物质储备,对认识钦-杭成矿带东段的成矿背景和规律提供了最新的年代学证据。

朱溪铜钨矿区成矿处于钦-杭成矿带,是华南最为重要的成矿聚集区之一,对其成矿背景及规律还未完全厘清,为了进一步探索其形成过程并指导下一步找矿工作,需要加强成矿岩体的形成机制及成矿专属性研究。

致谢:野外取样工作中得到了江西省地质矿产勘查开发局 912 大队张诚、康川、魏锦、舒立旻等同志的帮助和支持,中国地质科学院矿产资源研究所白鸽研究员对文章提出了中肯的修改建议,在此对他们付出的辛勤劳动表示感谢。

6 参考文献

[1] 陈国华,王浩章,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 Ore-controlling 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] 刘善宝,王成辉,刘战庆,等.赣东北塔前一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.

[3] 江西省地质矿产勘查开发局编著.江西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1984:1-921.
Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Jiangxi Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1984: 1-921.

[4] 毛景文,谢桂青,李晓峰,等.华南地区中生代大规模成矿作用与岩石圈多阶段伸展[J].地学前缘,2006,11(1):45-55.
Mao J W, Xie G Q, Li X F, et al. Mesozoic Large Scale Mineralization and Multiple Lithospheric Extension in South China [J]. Earth Science Frontiers, 2006, 11(1): 45-55.

[5] 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.

[6] 裴荣富,梅燕雄,毛景文等编著.中国中生代成矿作用[M].北京:地质出版社,2008:1-339.
Pei R F, Mei Y X, Mao J W, et al. Mesozoic Mineralization in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008: 1-339.

[7] 毛景文,陈懋弘,袁顺达,等.华南地区钦杭成矿带地质特征和矿床时空分布规律[J].地质学报,2011,85(5):636-658.
Mao J W, Chen M H, Yuan S D, et al. Geological Characteristics of the Qinhang (or Shihang) Metallogenic Belt in South China and Spatial-Temporal Distribution Regularity of Mineral Deposits [J]. Acta Geologica Sinica, 2011, 85(5): 636-658.

[8] 杨明桂,王昆.江西省地质构造格架及地壳演化[J].江西地质,1994,8(4):239-251.
Yang M G, Wang K. The Geological Tectonic Framework and the Crustal Evolution in Jiangxi Province [J]. Jiangxi Geology, 1994, 8(4): 239-251.

[9] 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: 1-35.

[10] 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.

[11] 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.
- [12] 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. Genesis of Zircon and Its Constraints on Interpretation of U-Pb Age [J]. *Chinese Sciences Bulletin*, 2004, 49(16): 1589-1604.
- [13] 吴荣新,郑永飞,吴元保. 皖南石耳山新元古代花岗岩锆石 U-Pb 定年以及元素和氧同位素地球化学研究[J]. *高校地质学报*, 2005, 11(3): 364-382.
Wu R X, Zheng Y F, Wu Y B. Zircon U-Pb Age, Element and Oxygen Isotope Geochemistry of Neoproterozoic Granites at Shiershan in South Anhui Province [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2005, 11(3): 364-382.
- [14] 丁炳华,史仁灯,支霞臣,等. 江南造山带存在新元古代 (~850Ma) 俯冲作用——来自皖南 SSZ 型蛇绿岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄证据[J]. *岩石矿物学杂志*, 2008, 27(5): 375-388.
Ding B H, Shi R D, Zhi X C, et al. Neoproterozoic (~850Ma) Subduction in the Jiangnan Orogen: Evidence from the SHRIMP U-Pb Dating of the SSZ-type Ophiolite in Southern Anhui Province [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2008, 27(5): 375-388.
- [15] 舒良树. 华南构造演化的特征[J]. *地质通报*, 2012, 31(7): 1035-1053.
Shu L S. An Analysis of Principal Features of Tectonic Evolution in South China Block [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(7): 1035-1053.
- [16] 薛怀民,马芳,宋永勤,等. 江南造山带东段新元古代花岗岩组合的年代学和地球化学:对扬子与华夏地块拼合时间与过程的约束[J]. *岩石学报*, 2010, 26(11): 3215-3244.
Xue H M, Ma F, Song Y Q, et al. Actor Petrologica Geochronology and Geochemistry of the Neoproterozoic Granitoid Association from Eastern Segment of the Jiangnan Orogen, China: Constraints on the Timing and Process of Amalgamation between the Yangtze and Cathaysia Blocks [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(11): 3215-3244.
- [17] Zhao G C, Cawood P A. Tectonothermal Evolution of the Mayuan Assemblage in the Cathaysia Block: Implications for Neoproterozoic Collision-related Assembly of South China Craton [J]. *American Journal of Science*, 1999, 299: 309-339.
- [18] 周永章,曾长育,李红中,等. 钦州湾—杭州湾构造结合带(南段)地质演化和找矿方向[J]. *地质通报*, 2012, 31(2/3): 486-491.
Zhou Y Z, Zeng C Y, Li H Z, et al. Geological Evolution and Oreprospecting Targets in Southern Segment of Qinzhou Bay-Hangzhou Bay Juncture Orogenic Belt, Southern China [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(2/3): 486-491.
- [19] 黄修保,余忠珍,邹国庆. 赣西北地区中元古界双桥山群沉积学特征[J]. *地质通报*, 2003, 22(1): 43-49.
Huang X B, Yu Z Z, Zou G Q. Sedimentary Features of the Mesoproterozoic Shuangqiaoshan Group in Northwestern Jiangxi [J]. *Geological Bulletin of China*, 2003, 22(1): 43-49.
- [20] 高林志,杨明桂,丁孝忠,等. 华南双桥山群及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地质演化的制约[J]. *地质通报*, 2008, 27(10): 1744-1758.
Gao L Z, Yang M G, Ding X Z, et al. SHRIMP U-Pb Zircon Dating of Tuff in the Shuangqiaoshan and Heshangzhen Groups in South China—Constraints on the Evolution of the Jiangnan Neoproterozoic Orogenic Belt [J]. *Geological Bulletin of China*, 2008, 27(10): 1744-1751.
- [21] 高林志,黄志忠,丁孝忠,等. 赣西北新元古代修水组和马洞桥组 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄[J]. *地质通报*, 2012, 31(7): 1086-1093.
Gao L Z, Huang Z Z, Ding X Z, et al. Zircon SHRIMP U-Pb Dating of Xiushui and Majianqiao Formations in Northwestern Jiangxi Province [J]. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(7): 1086-1093.
- [22] 张思明,陈郑辉,施光海,等. 江西省大吉山钨矿床辉钼矿 Re-Os 同位素定年[J]. *矿床地质*, 2011, 30(6): 1113-1121.
Zhang S M, Chen Z H, Shi G H, et al. Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite from Dajishan Tungsten Deposit in Jiangxi Province [J]. *Mineral Deposits*, 2011, 30(6): 1113-1121.
- [23] 黄安杰,温祖高,刘善宝,等. 江西乐平塔前钨钼矿中辉钼矿 Re-Os 定年及其地质意义[J]. *岩石矿物学杂志*, 2013, 32(4): 496-590.
Huang A J, Wen Z G, Liu S B, et al. Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite from the Taqian W-Mo Deposit in Leping County, Jiangxi Province and Its Geological Implications [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2013, 32(4): 496-590.
- [24] 陈郑辉,王登红,屈文俊,等. 赣南崇义地区淘锡坑钨矿的地质特征与成矿时代[J]. *地质通报*, 2006, 25(4): 496-501.
Chen Z H, Wang D H, Qu W J, et al. Geogolecal

- Characteristics and Mineralization Age of the Taoxikeng Tungsten Deposit in Chongyi County, Southern Jiangxi Province, China[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(4):496-501.
- [25] 刘善宝,王登红,陈毓川,等. 赣南崇义—大余—上犹矿集区不同类型含石英中白云母⁴⁰Ar/³⁹Ar年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2008, 82(7):932-940.
- Liu S B, Wang D H, Chen Y C, et al. ⁴⁰Ar/³⁹Ar Ages of Muscovite from Different Types Tungsten-bearing Quartz Veins in the Chong-Yu-You Concentrated Mineral Area in Gannan Region and Its Geological Significance[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(7):932-940.
- [26] 刘善宝,陈毓川,范世祥,等. 南岭成矿带中、东段的第二找矿空间——来自同位素年代学的证据[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1034-1049.
- Liu S B, Chen Y C, Fan S X, et al. The Second Ore-prospecting Space in the Eastern and Central Parts of the Nanling Metallogenic Belt: Evidence from Isotopic Chronology[J]. Geology in China, 2010, 37(4):1034-1049.
- [27] 曾载淋,张永忠,朱祥培,等. 赣南崇义地区茅坪钨锡矿床铼-钨同位素定年及其地质意义[J]. 岩矿测试, 2009, 28(3):209-214.
- Zeng Z L, Zhang Y Z, Zhu X P, et al. Re-Os Isotopic Dating of Molybdenite from the Maoping Tungsten-Tin Deposit in Chongyi County of Southern Jiangxi Province and Its Geological Significance[J]. Rock and Mineral Analysis, 2009, 28(3):209-214.

LA-ICP-MS Zircon U-Pb Dating of Granodioritic Porphyry located Zhuxi Copper-Tungsten Mine in Northeast Jiangxi and Its Geological Significance

WAN Hao-zhang¹, LIU Zhan-qing^{2,3*}, LIU Shan-bao², CHEN Yu-chuan², WANG Cheng-hui², CHEN Guo-hua¹, LIANG Li-jie³, LI Sai-sai³, ZHANG Shu-de⁴, LIU Xiao-lin⁴

- (1. No. 912 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development of Jiangxi Province, Yintang 335001, China;
2. Institute of Geology and Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 10037, China;
3. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China;
4. Chongyi Zhangyuan Investment Holdings Ltd., Chongyi 341300, China)

Abstract: The Zhuxi ultra-large type copper-tungsten deposit in the Northeast Jiangxi province located in Taqian-Fuchun metallogenic belt which belongs to Jiangnan ancient island-arc, the discovery of the deposit has verified Southern Tungsten North Expansion perspective and challenge the viewpoint that Tungsten located in the south but the copper located in the north of Jiangxi province, but the previous lack of accurate chronology study related to Zhuxi copper-tungsten mineralization of granite not enough, resulting in the geodynamic background of understanding. In this study, on the basis of detailed field investigation, core logging and petrology studies on the granodioritic porphyries which had intruded into the Middle Proterozoic Shuangqiaoshan group and with copper mineralization alteration, using laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-ICP-MS) zircon U-Pb dating, we obtained the granodioritic porphyries zircon ²⁰⁶Pb/²³⁸U weighted mean age of 847.2 ± 9.4 Ma (MSWD = 0.111), which can represent the granodiorite porphyry magma emplacement and crystallization age, belonging to the neoproterozoic. The results reveal that the granodioritic porphyries of Zhuxi copper-tungsten mine is a product of the early Neoproterozoic Southern China ancient oceanic crust subduction and Yangtze and Cathaysian continental blocks collisional magmatism, the magmatic activity provides the basis for the metallogenic Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt, and the magma event is close related to the Taqian-Fuchun ore belt mineralization, it also provides new evidence for the study of Zhuxi ultra-large type copper-tungsten deposit.

Key words: Zhuxi copper-tungsten; granodiorite porphyry; copper mineralization; Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry; zircon U-Pb dating