

# 江西省浮梁县朱溪钨铜矿床花岗岩成因及其与成矿的关系\*

刘建光<sup>1</sup>, 杨小鹏<sup>2</sup>, 周耀湘<sup>2</sup>, 曾祥辉<sup>2</sup>, 饶建锋<sup>2</sup>, 刘蔚<sup>2</sup>, 陈国华<sup>3</sup>

(1. 江西省地质矿产勘查开发局九〇一地质大队, 萍乡 337000)

(2. 江西省地质矿产勘查开发局九一二地质大队, 鹰潭 3350003)

(3. 江西省地质勘查基金管理中心, 南昌 330000)

**摘要:**继江西省武宁县大湖塘地区发现并查明了世界最大的钨矿之后, 近年来在江西省浮梁县朱溪地区又发现了具有世界级资源潜力的钨铜矿。通过分析浮梁县朱溪钨铜矿床隐伏成矿花岗岩的区域构造背景、岩石学特征、围岩蚀变、稀土与微量元素地球化学特征等, 探讨花岗岩的成因及其与成矿的关系。研究表明, 该矿床的形成与朱溪花岗岩具有密切关系, 朱溪花岗岩既不同于 S 型花岗岩, 也不同于 I 型花岗岩, 这种壳幔混杂与地层叠覆—壳层同熔型岩浆系列的过渡成就了朱溪超大型矿床。

**关键词:**朱溪钨铜矿床; 花岗岩; 成因; 成矿关系; 江西

**中图分类号:**P588.12<sup>+</sup>2; P618.41; P618.67

**文献标识码:**A

近 20 年来, 在南岭成矿区的湘南、赣南、粤北等矿山的深部及其外围勘查到一些大型及特大型矿床、矿段和矿体。继江西武宁县大湖塘地区发现并查明了世界最大的钨矿床<sup>[1]</sup>后, 近年来在江西省浮梁县朱溪地区也发现了具有世界级资源潜力的钨铜矿床, 这引起了地质找矿部门与社会各界的广泛关注, 这一找矿成果突破了区域上“南钨北铜”的成矿格局。研究表明朱溪钨铜矿床的形成与朱溪花岗岩具有密切关系, 因此, 研究该区花岗岩的区域构造地质背景、岩石学特征、微量元素和稀土元素等地球化学特征、成因及其与成矿的关系具有重要意义, 现分述于下。

## 1 区域构造背景

钦杭结合带指中新元古代的扬子与华夏两个古板块及其之间的华南洋于晋宁运动时期, 发生洋壳消减、弧陆碰撞所形成的结合带, 此后受其制约, 两个板块前缘长期相互作用所形成的一条复杂构造带<sup>[2]</sup>。朱溪钨铜矿处于钦杭结合带东段北部 Cu-

Pb-Zn-Ag-Au-W-Sn-Nb-Ta-Mn-海泡石-萤石-硅灰石成矿带之萍乡—乐平燕山期 Cu-Pb-Zn-Au-Ag-Co 成矿亚带东段塔前—清华 Cu-W-Au 多金属成矿远景区(图 1)。该钨铜矿床的发现引起了地质学家和研究者的广泛关注。

## 2 区域岩浆活动

朱溪—清华区段的岩浆活动除燕山期较强烈外, 其余时期均较微弱。岩浆岩主要为浅成—超浅成相, 从超基性至酸性均有出露, 大多呈脉状, 少数呈岩株、岩瘤。成岩时代主要为燕山期, 其余为晋宁期—燕山期。

燕山期中酸性侵入岩呈不规则状、脉状、小岩瘤状侵入于中元古代浅变质岩系和石炭—二叠纪地层中(图 2), 主要有朱溪黑云花岗岩、杨草尖黑云母花岗闪长斑岩、张家坞花岗闪长斑岩、弹岭花岗斑岩、毛家园斑状花岗闪长岩、珍珠山花岗斑岩、胡家岭花岗斑岩等侵入体和花岗闪长斑岩、花岗斑岩、石英闪

\* 收稿日期:2015-03-24 改回日期:2015-05-11 责任编辑:谭桂丽

基金项目:江西省地质基金项目“江西省浮梁县朱溪外围铜钨多金属矿调查评价(任务书编号:矿[2010]01-12、工作项目编码:20100112)”、2012 年度江西省科技计划项目“浮梁县朱溪矿区及外围铜钨多金属矿勘查技术研究与示范(项目编号:20121122240001)”部分成果。

第一作者简介:刘建光, 1962 年生, 男, 教授级高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。

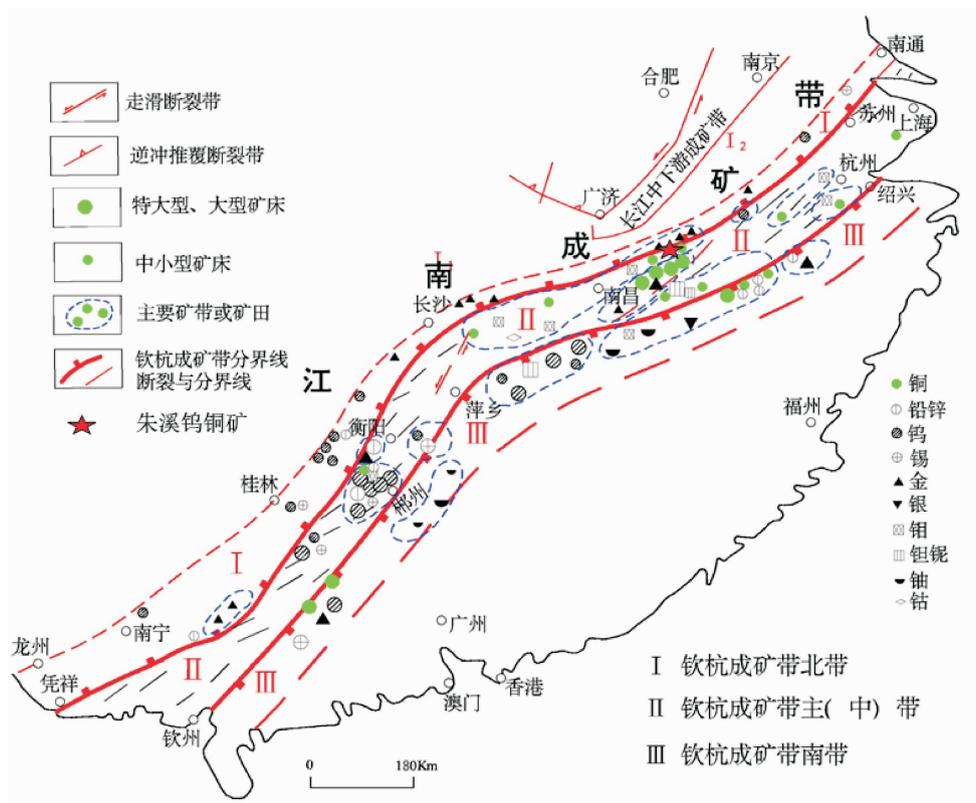


图 1 钦杭成矿带金属矿床分布及朱溪钨铜矿位置图(据文献[3]修改)

Fig. 1 Distribution of metal deposits and Zhuxi tungsten-copper deposit in Qinhang metallogenic belt

长玢岩、花岗岩、黑云母煌斑岩等脉岩。侵入体受北东向、北西向和北北西向断裂控制,脉岩受北东及近东西向断裂控制(表 1),其中朱溪黑云母花岗岩为主要成矿岩体。

南东部塔前一带剥蚀较深,含矿岩体已出露地表;北东部至朱溪一带剥蚀较浅,多以岩脉群出露地表。矿床(点)分布具规律性,成矿远景区南东部(塔前)以钨钼矿为主,中部(朱溪)以钨铜矿为主,北东部(赋春)以铜金为主。

塔前一清华 Cu-W-Au 多金属成矿远景区岩体

表 1 朱溪地区燕山期主要侵入岩体地质特征

Table 1 Geologic characteristics of the Yanshanian intrusive rocks in Zhuxi area

地理位置	岩体名称	岩石名称	矿物组成及蚀变类型	矿化种类
塔前	毛家园	斑状花岗闪长岩	浅灰色,似斑状结构,块状构造。主要矿物为石英(24%)、斜长石(44.1%)、钾长石(17.2%)、黑云母(10.5%)。副矿物以磁铁矿、锆石为主,金属矿物以辉钨矿、白钨矿为主,少量黄铜矿。主要蚀变为角岩化、矽卡岩化、钾化、硅化、云英化、绢云母化等。	Cu、W、Mo
弹岭	弹岭	花岗岩	黄褐色,斑状花岗结构,块状构造。斑晶为石英(5%)、长石(5%~10%)、黑云母(5%),长石一般为短柱状,大部分已蚀变为绢云母、高岭土混合物,黑云母次变为白云母、氧化铁;基质呈细粒至微晶结构。副矿物为磁铁矿和锆石。金属矿物以黄铜矿为主,少量方铅矿、闪锌矿。主要蚀变为角岩化、矽卡岩化、大理岩化、绢云母化等。	Cu、Pb、Zn
张家坞	花岗闪长斑岩	花岗闪长斑岩	浅灰色,斑状结构,斑晶为石英(10%~15%)、斜长石(15%)、黑云母(4%)、正长石(5%~10%);基质为显微粒状结构,主要矿物为石英、正长石、斜长石。副矿物主要为磁铁矿、磷灰石、黄铁矿和锆石,其次为锐钛矿、孔雀石、白钨矿、电气石。主要蚀变为绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化、高岭土化等。	Cu、W
新大陆	杨草尖	黑云母花岗闪长斑岩	灰白色,斑状结构,个别为似斑状结构。斑晶为斜长石(35%)、钾长石(5%)、石英(15%)、黑云母(15%);基质为显微粒状结构,主要矿物为石英、斜长石、钾长石、黑云母。副矿物主要为磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、磷灰石、锆石、锆石、金红石,其次为黄铜矿、白钨矿、电气石。主要蚀变为硅化、角岩化、绢云母化、绿泥石化等。	Cu、W

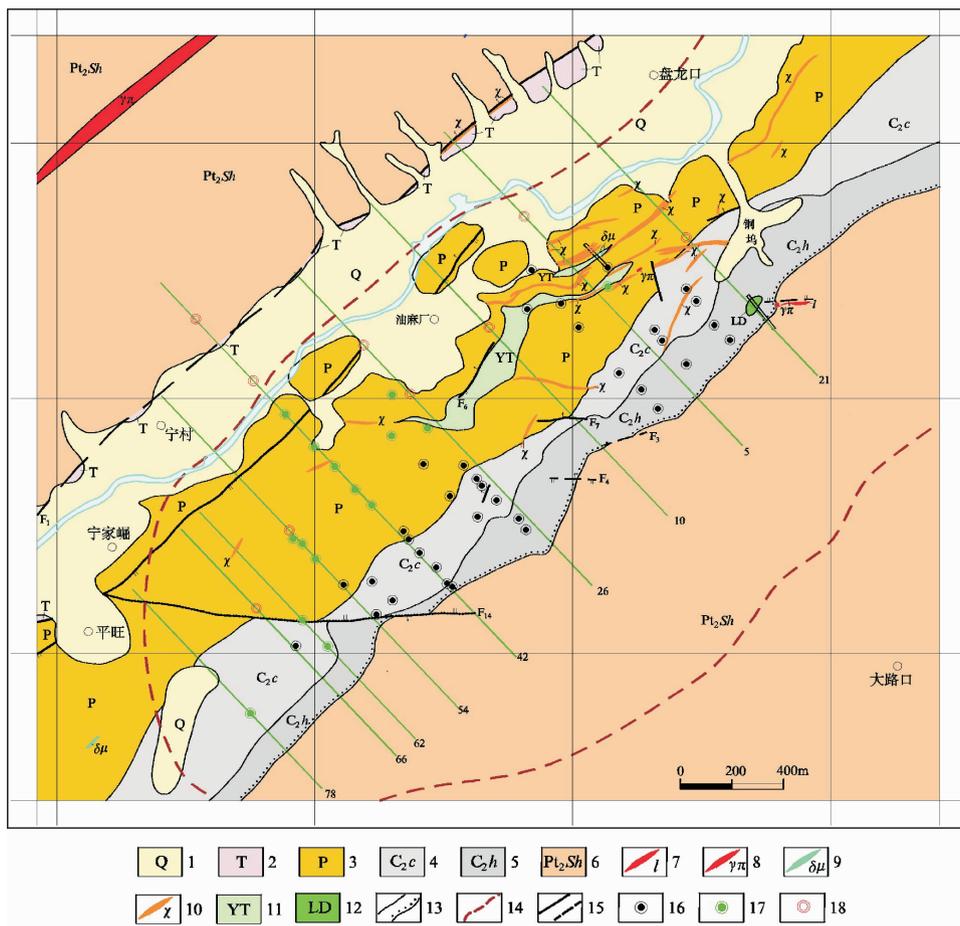


图2 江西省浮梁县朱溪矿区地质图(据文献[4]修改)

Fig. 2 Geological sketch map of Zhuxi mine field, Fuliang County, Jiangxi Province

1-第四系;2-三叠系;3-二叠系;4-石炭系上统船山组;5-石炭系上统黄龙组;6-中元古界双桥山群;7-细晶岩;8-花岗斑岩;9-闪长玢岩;10-煌斑岩;11-透闪石-阳起石;12-绿色蚀变岩;13-整合、不整合界线;14-推断隐伏岩体界线;15-实测、推测断层;16-以往完成工钻孔;17-项目完工钻孔;18-2014年设计钻孔

### 3 成矿花岗岩特征

#### 3.1 岩体形态

朱溪成矿花岗岩体产于矿区中部,隐伏在-400 m以下,岩体总体走向北东,倾向北西,倾角较陡,向深部有变陡趋势(图3)。其沿深大断裂上升,顺断裂或上石炭统黄龙组与中元古界双桥山群不整合面侵位。

#### 3.2 岩石学特征

##### 3.2.1 岩石特征

成矿花岗岩主要为细粒黑云母花岗岩,呈浅灰色、灰色,细粒花岗结构,块状构造。矿物成分主要为石英、碱性长石、斜长石、黑云母、白云母等。石英呈粒状、他形,含量约25%~33%,粒径约0.5~2.0 mm;碱性长石呈板柱状和粒状,半自形至他形,

含量约40%~50%,粒径约0.60~2.0 mm。碱性长石主要是正长石和条纹长石,有卡氏双晶和条纹双晶,有泥化,碱性长石交代斜长石;斜长石呈板柱状和粒状,半自形至他形,粒径约0.50~1.5 mm,含量约15%~20%,斜长石有模糊的聚片双晶,有较强的绢云母化和泥化;黑云母呈片状,较自形,含量约5%~8%,粒径约0.30~0.80 mm,多色性明显,浅黄色至深褐色,部分黑云母有绿泥石化;白云母呈片状,较自形,含量约1%~3%,粒径约0.20~0.60 mm,无色,鲜艳二级干涉色,交代黑云母;副矿物有磁铁矿和锆石。成矿岩体的前锋具云英岩化形成云英岩化花岗岩,并向下过渡为碱长花岗岩、黑云母花岗岩。

##### 3.2.2 地球化学特征

###### (1) 主量元素地球化学特征

朱溪成矿花岗岩的岩石化学分析结果列于表2。由表2可知,岩石的SiO<sub>2</sub>含量为70.80%~

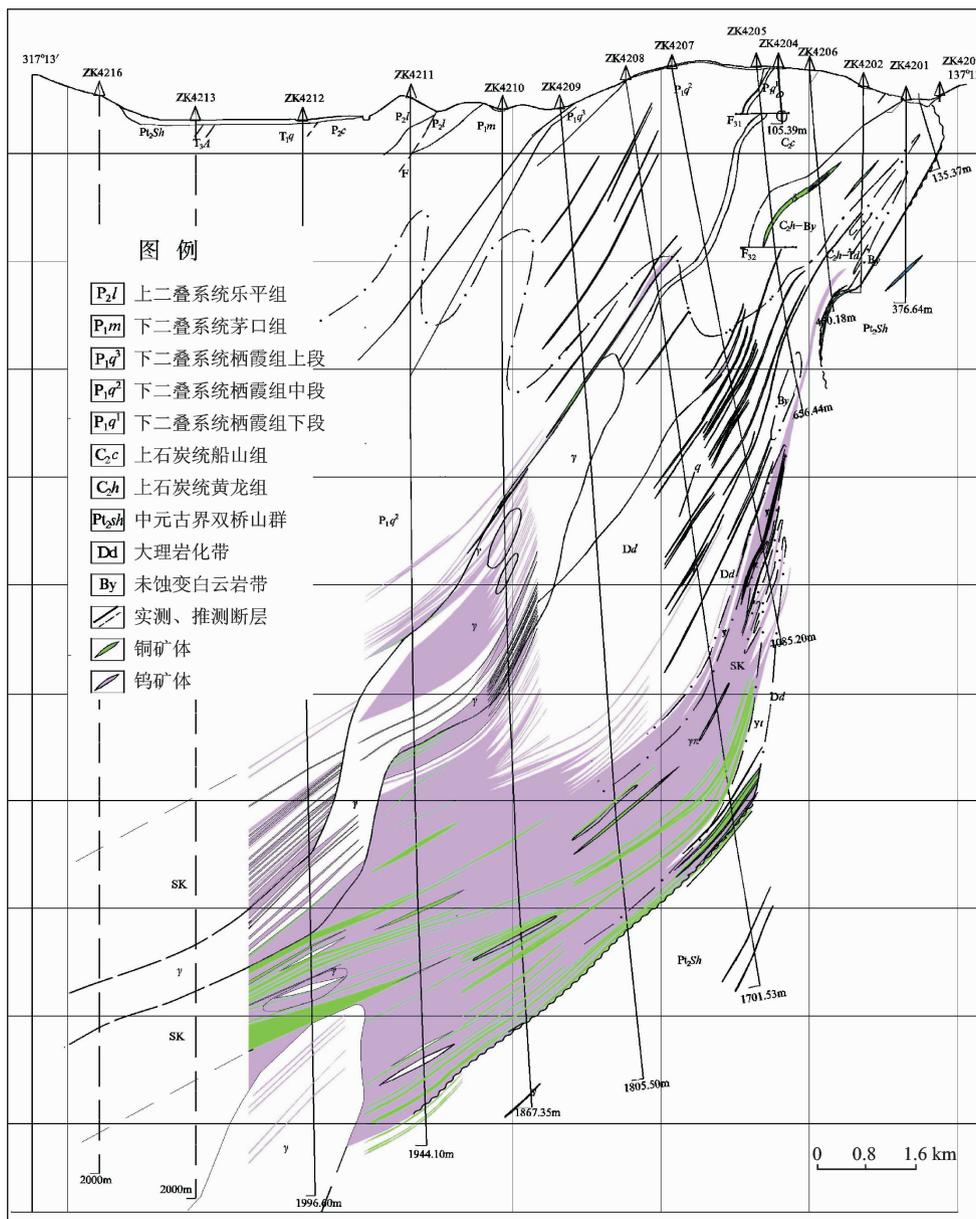


图 3 朱溪矿区 42 号勘探线剖面图(据文献[4]修改)

Fig. 3 Section of exploration line 42 in Zhuxi mine field

75.20%, 平均 72.87%;  $Al_2O_3$  含量为 11.33% ~ 14.36%, 平均 12.75%;  $Fe_2O_3$  含量为 0.18% ~ 3.41%, 平均 1.80%;  $Na_2O$  含量为 0.17% ~ 2.63%, 平均 0.99%;  $K_2O$  含量为 4.41% ~ 9.53%, 平均 6.21%;  $K_2O + Na_2O$  为 4.50% ~ 10.05%, 平均 7.20%,  $K_2O/Na_2O$  为 1.83 ~ 49.00, 平均 17.96。在 QAP(图 4)上, 碱长花岗岩落在碱长花岗岩区, 云英岩化花岗岩和黑云母花岗岩落在正长花岗岩区, 大湖塘似斑状黑云母花岗岩落在二长花岗岩区, 德兴花岗闪长岩落在花岗闪长岩区, 有明显差异。在 TAS 分类图(图 5)上, 除德兴花岗闪长岩位于偏花岗闪长岩区外, 其余均落在花岗岩区,

表明朱溪成矿花岗岩(碱长花岗岩, 云英岩化花岗岩和黑云母花岗岩)的特征与大湖塘似斑状黑云母花岗岩<sup>[5]</sup>相似而与德兴花岗闪长岩<sup>[6]</sup>有一定区别。朱溪成矿花岗岩 12 个样品的 A/CNK 值为 0.95 ~ 1.52, 平均 1.16, 德兴花岗闪长岩落在准铝质区靠近过渡线, 黑云母花岗岩落在准铝质与过铝质过渡线上, 大湖塘似斑状黑云母花岗岩、碱长花岗岩、云英岩化花岗岩均落在过铝质区并依次向斜上方远离过渡线分布(图 6), 表明黑云母花岗岩的特征介于德兴花岗闪长岩与大湖塘似斑状黑云母花岗岩之间, 后者与碱长花岗岩和云英岩化花岗岩的差异也依次加大。

表2 朱溪成矿花岗岩岩石化学分析数据

Table 2 Petrochemical data of ore-forming granites in Zhuxi area

岩矿名称	分析项目及结果 $\omega(B)/\%$											$K_2O/Na_2O$
	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	$\sigma$	
碱长花岗岩	73.40	0.04	14.36	0.41	0.02	0.22	1.56	0.22	7.83	0.02	2.13	35.59
碱长花岗岩	74.06	0.03	13.97	2.09	0.01	0.15	1.06	0.17	7.92	0.01	2.11	46.59
碱长花岗岩	73.12	0.04	14.49	0.14	0.01	0.16	1.04	0.52	9.53	0.01	3.35	18.33
碱长花岗岩	72.46	0.04	14.28	3.41	0.02	0.16	1.06	0.42	8.06	0.01	2.44	19.19
碱长花岗岩	74.56	0.04	13.64	0.18	0.01	0.13	1.83	0.32	7.88	0.01	2.13	24.63
云英岩化花岗岩	75.20	0.04	13.25	1.68	0.01	0.13	2.06	1.07	5.21	0.01	1.22	4.87
云英岩化花岗岩	73.40	0.23	11.57	2.64	0.07	0.43	1.49	0.09	4.41	0.16	0.67	49.00
云英岩化花岗岩	70.80	0.25	12.72	2.65	0.06	0.43	2.01	0.59	4.75	0.16	1.03	8.05
黑云母花岗岩	71.90	0.24	11.29	2.60	0.05	0.42	1.66	1.73	4.71	0.17	1.44	2.72
黑云母花岗岩	70.80	0.29	13.28	2.74	0.06	0.47	1.79	2.49	5.04	0.15	2.04	2.02
黑云母花岗岩	71.98	0.15	11.33	1.68	0.05	0.29	1.23	2.63	4.80	0.17	1.90	1.83
黑云母花岗岩	72.74	0.13	8.82	1.43	0.04	0.26	1.06	1.61	4.39	0.23	1.21	2.73

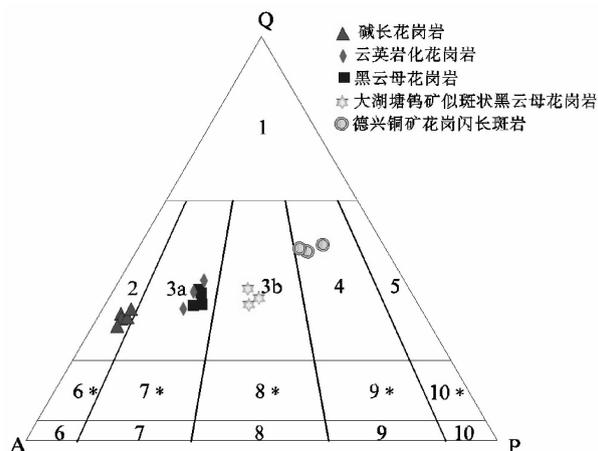
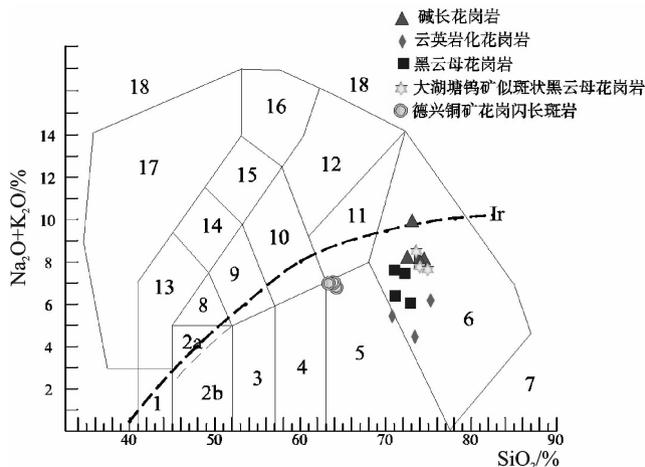


图4 花岗岩类 QAP 投影图

Fig. 4 QAP diagram of granites

1-富石英花岗岩;2-碱长花岗岩;3a-正长花岗岩;3b-二长花岗岩;4-花岗闪长岩;5-英云闪长岩;6\*-石英碱长正长岩;7\*-石英正长岩;8\*-石英二长闪长岩;6-碱长正长岩;7-正长岩;8-二长闪长岩;9-二长闪长岩;10-闪长岩

图5 花岗岩的 SiO<sub>2</sub> - (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) 分类图Fig. 5  $\omega(SiO_2)$  vs.  $\omega(Na_2O + K_2O)$  diagram of granites

1-橄榄辉长岩;2a-碱性辉长岩;2b-亚碱性辉长岩;3-辉长闪长岩;4-闪长岩;5-花岗闪长岩;6-花岗岩;7-硅英岩;8-二长辉长岩;9-二长闪长岩;10-二长岩;11-石英二长岩;12-正长岩;13-副长石辉长岩;14-副长石二长闪长岩;15-副长石二长正长岩;16-副长正长岩;17-副长深成岩;18-宽方纳岩;Ir. Irvine-界线:上方为碱性系列,下方为亚碱性系列

岩、碱性花岗岩与大湖塘似斑状黑云母花岗岩相近,与德兴花岗闪长岩有别。

## (2) 微量元素地球化学特征

朱溪成矿花岗岩微量元素含量及特征参数见表3。在微量元素 Yb-Ta 构造环境判别图(图9)上除了个别云英岩化花岗岩样品落入火山岛弧花岗岩区外,其余均落入同碰撞花岗岩区。成矿花岗岩 Sr 含量为  $(22.8 \sim 174.0) \times 10^{-6}$ , 与地壳 Sr 含量  $(480 \times 10^{-6})$  [7] 比较明显偏低; Rb、U 含量较高, 分别为  $(177 \sim 503) \times 10^{-6}$  和  $(5.42 \sim 17.70) \times 10^{-6}$ ; Nb 含量为  $(5.79 \sim 21.47) \times 10^{-6}$ , 平均值为  $12.85 \times 10^{-6}$ , 高于上地幔 Nb 丰度  $(6 \times 10^{-6})$ , 低于地壳 Nb

在 AFM 图解中(图7),所有花岗岩均落在钙碱性系列区。黑云母花岗岩分布在大湖塘似斑状黑云母花岗岩和德兴花岗闪长岩之间更靠近后者,碱长花岗岩分布在 A 点至 F 边更靠近前者,云英岩化花岗岩更靠近后者,表明它们之间既有相似性也有差异性。朱溪成矿花岗岩  $\delta$  值为 0.67~3.35,  $\delta$  值大部分  $< 3.3$ , 说明成矿花岗岩属于钙碱性岩石系列,与典型的岛弧型钙碱系列岩石富钠相比具有差别,表明其形成的地质环境具有大陆地壳低钠富钾的特征。在常量元素综合指数 R1-R2 构造环境判别图(图8)中,德兴花岗闪长岩落入晚造山期区靠近同碰撞造山期区,大湖塘似斑状黑云母、朱溪黑云母花岗岩和碱长花岗岩落入同碰撞造山期区,朱溪云英岩化花岗岩落入造山期后区,表明朱溪黑云母花岗

含量( $19 \times 10^{-6}$ )<sup>[7]</sup>; Nb/Ta 比值为(2.61~13.58)  $\times 10^{-6}$ , 平均  $4.93 \times 10^{-6}$ , 低于地壳岩石 Nb/Ta 比

值( $8.33 \sim 11.36$ )  $\times 10^{-6}$ <sup>[6]</sup>。上述特征表明该区成矿花岗岩属典型的 I-S 型过渡花岗岩类。

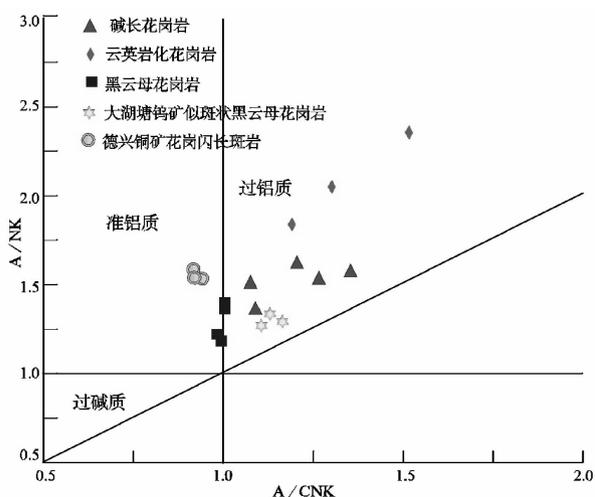


图 6 花岗岩类岩石序列划分图

Fig. 6 Lithologic series of granites

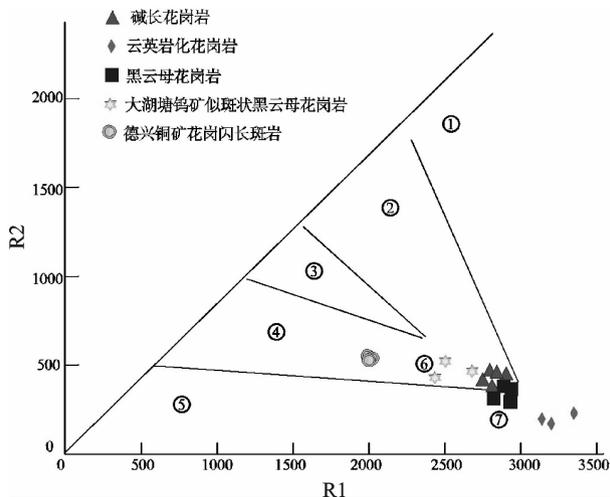


图 8 花岗岩类 R1-R2 判别图

Fig. 8 R1 vs. R2 discrimination diagram of granites

①-地幔分馏; ②-碰撞期前; ③-碰撞后隆起; ④-晚造山期; ⑤-非造山期; ⑥-同碰撞期; ⑦-造山期后

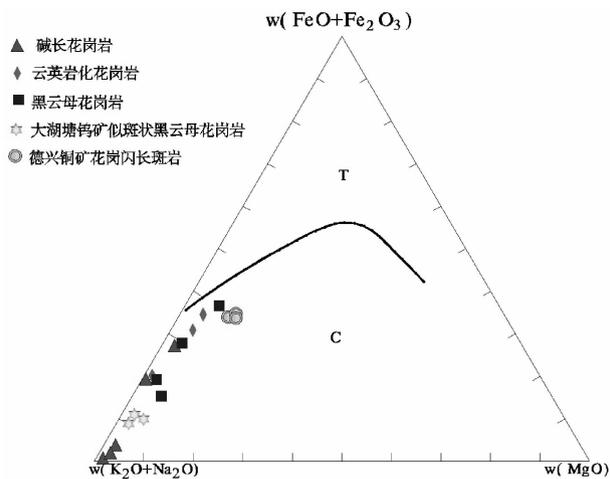


图 7 花岗岩的 AFM 图

Fig. 7 AFM diagram of granites

T-拉斑玄武岩系列; C-钙碱性系列

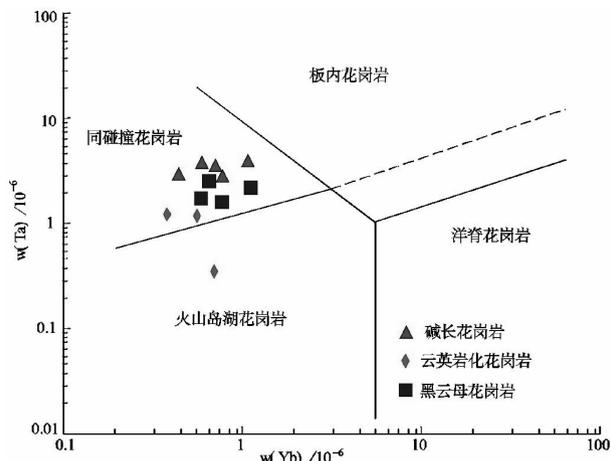


图 9 花岗岩类构造环境判别图

Fig. 9 Tectonic discrimination diagram of granites

表 3 朱溪成矿花岗岩微量元素、稀土元素含量( $\times 10^{-6}$ )及特征参数

Table 3 Trace element, rare earth element contents and characteristic parameters of ore-forming granites in Zhuxi area

岩石名称	碱长花岗岩	碱长花岗岩	碱长花岗岩	黑云母花岗岩	黑云母花岗岩	黑云母花岗岩	云英岩化花岗岩	云英岩化花岗岩	云英岩化花岗岩	上地壳 [7]	下地壳 [7]
Rb	440	503	393	280	323	269	177	411	328	112	5.3
Ba	137	198	101	212	196	150	58.7	140	413	550	150
Th	3.9	4.3	4.34	6.67	6.36	7.78	10.07	7.56	3.77	10.7	1.06
U	15.26	17.7	17.54	9.6	7.76	14.49	5.42	8.13	9.94	2.8	0.28
K	80690.02	93428.87	40721.87	50084.93	51210.19	35329.09	23333.33	42462.85	45159.24	27339	8301
Ta	6.17	5.73	4.3	2.76	2.41	3.37	0.62	1.47	1.51	2.2	0.6
Nb	18.29	14.98	11.94	14.5	12.56	13.83	8.42	7.5	4.13	25	5
La	8.71	7.17	6.65	16.12	17.81	21.25	25.4	16.64	7.33	30	11

(续表 3)

岩石名称	碱长花岗岩	碱长花岗岩	碱长花岗岩	黑云母花岗岩	黑云母花岗岩	黑云母花岗岩	云英岩化花岗岩	云英岩化花岗岩	云英岩化花岗岩	上地壳 [7]	下地壳 [7]
Ce	18.6	15.8	14.8	38.1	41.8	50.1	56.2	39.5	18	64	23
Pb	32.31	47.55	36.87	36.06	41.03	33.03	17.96	36.42	36.29	20	40
Sr	48	87.8	174	93.6	90	75.9	71.2	22.8	114	350	230
P	563.58	493.13	563.58	1127.16	1268.05	915.82	704.47	774.92	1056.71	742.22	785.88
Nd	7.23	6.12	5.79	15.2	16.61	19.94	21.47	15.87	7.43	26	12.7
Zr	69.1	83.4	75.6	118	110	88.2	168	147	149	190	70
Sm	1.75	1.52	1.47	3.41	3.72	4.34	4.28	3.68	1.97	4.5	3.17
Ti	337	292	269	937	879	1009	508	521	344	3000	6000
Y	9.57	8.33	8.67	10.86	11.79	16.81	12.03	11.3	8.67	22	19
Yb	1.022	0.824	0.853	0.767	0.844	1.37	0.824	0.777	0.586	2.2	2.2
Lu	0.127	0.106	0.109	0.098	0.105	0.178	0.107	0.095	0.075	2.8	2.1
Nb/Ta	2.96	2.61	2.78	5.25	5.21	4.1	13.58	5.1	2.74	11.36	8.33
La	7.43	6.11	5.67	13.75	15.19	18.12	21.66	14.19	6.25		
Ce	15.12	12.9	12.02	31	34.05	40.79	45.74	32.18	14.65		
Pr	1.64	1.36	1.28	3.25	3.56	4.32	4.72	3.39	1.56		
Nd	6.2	5.24	4.96	13.03	14.24	17.09	18.41	13.61	6.37		
Sm	1.51	1.31	1.27	2.94	3.2	3.74	3.69	3.18	1.7		
Eu	0.29	0.24	0.19	0.6	0.64	0.57	0.47	0.61	0.54		
Tb	0.25	0.23	0.23	0.41	0.43	0.52	0.47	0.44	0.31		
Dy	1.44	1.31	1.29	1.92	2.08	2.77	2.23	2.14	1.55		
Ho	0.27	0.23	0.23	0.32	0.34	0.5	0.37	0.35	0.25		
Er	0.75	0.63	0.65	0.76	0.83	1.29	0.84	0.84	0.61		
Tm	0.12	0.1	0.1	0.1	0.11	0.18	0.11	0.11	0.08		
Yb	0.9	0.72	0.75	0.67	0.74	1.2	0.72	0.68	0.51		
Lu	0.11	0.09	0.1	0.09	0.09	0.16	0.09	0.08	0.07		
Y	7.54	6.56	6.82	8.55	9.29	13.23	9.47	8.9	6.83		
∑REE	45.14	38.49	36.91	80.37	88.02	108.24	112.65	83.89	43.17		
LREE/HREE	5.95	5.71	5.39	8.89	9.03	8.16	11.13	8.58	5.88		
La/Yb <sub>N</sub>	5.59	5.71	5.11	13.79	13.84	10.17	20.22	14.05	8.2		
δEu	0.55	0.52	0.42	0.59	0.58	0.44	0.37	0.56	0.9		

微量元素原始地幔标准化蛛网图(图 10)中,朱溪矿区三类花岗岩的微量元素配分模式基本一致,总体呈平缓的右倾、微显峰谷型。Rb、U、Pb 等大离子亲石元素呈峰, Ba、Sr、Ti 等元素为谷,表明它们可能具有相同的起源,一些微小变化表明不同类型花岗岩在岩浆期后碱交代和热液蚀变过程中产生了一定影响。

### (3) 稀土元素地球化学特征

朱溪成矿花岗岩的稀土元素含量及特征参数见表 4。成矿花岗岩稀土元素总量不高, ∑REE 为  $36.91 \sim 112.65 \times 10^{-6}$ , 平均  $70.76 \times 10^{-6}$ ; LREE/HREE 为  $(5.39 \sim 11.13) \times 10^{-6}$ , 平均  $7.64 \times 10^{-6}$ ;  $(La/Yb)_N$  为  $(5.11 \sim 20.22) \times 10^{-6}$ , 平均  $10.74 \times 10^{-6}$ ; 富集轻稀土, 轻、重稀土分馏强。稀土元素球粒陨石标准化配分曲线呈平缓右倾型(图 11), δEu

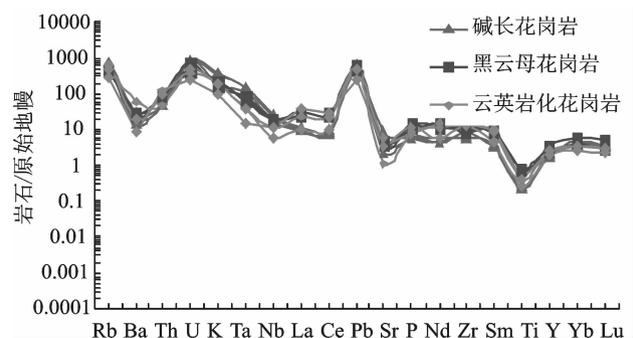


图 10 朱溪矿区花岗岩类微量元素原始地幔标准化蛛网图  
Fig. 10 Primitive mantle-normalized trace elements spidergram of granites in Zhuxi mine field

为  $0.37 \sim 0.90$ , 平均  $0.43$ 。黑云母花岗岩、碱长花岗岩、云英岩化花岗岩稀土元素配分模式相似,其标准曲线大致平行,紧密排列,除个别云英岩化花岗岩

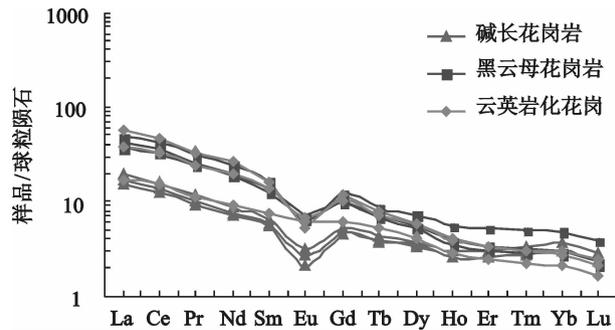


图 11 朱溪矿区花岗岩稀土元素球粒陨石标准化配分曲线图  
Fig. 11 chondrite-normalized REE distribution patterns of granites in Zhuxi mine field

样品外,均为平缓、低负 Eu 异常、兼具 I 型和 S 型花岗岩的过渡特征,表明它们起源相同或岩浆演化过程相似,形成过程中发生了明显的结晶分异作用。

### 3.3 围岩蚀变

朱溪花岗岩发生了强烈蚀变,且蚀变类型多、分布广、规模大,具有一定的分带性,不同蚀变类型相互叠加。花岗岩体侵入,最早的热变质使碳酸盐和碎屑岩发生大理岩化和角闪岩化。随后,岩浆期后热液从矽卡岩化早期的碱性阶段到矽卡岩化晚期的酸性逐步增强,向酸性淋滤阶段演化,并伴有大量金属矿物的沉淀。花岗岩体自身钾质交代形成碱长花岗岩,花岗岩褪色,黑云母和磁铁矿消失,岩体磁性降低;然后产生矽卡岩化,形成矽卡岩;随着岩浆期后热液向酸性淋滤阶段演化,产生云英岩化和黄铁绢英岩化,形成了云英岩化花岗岩、云英岩和黄铁绢英岩。

朱溪花岗岩体蚀变分带明显,岩体深部为黑云母花岗岩(原岩)。浅部有钾质交代,形成碱长花岗岩;岩体上、下接触带和前缘有矽卡岩化、云英岩化和黄铁绢英岩化,形成大量的内接触带矽卡岩、外接触带矽卡岩、云英岩和黄铁绢英岩。远离花岗岩体的围岩有矽卡岩化大理岩和大理岩。

朱溪钨铜矿另一显著特点是产萤石矿,以高度富氟为特征。在原生矽卡岩和各类退化蚀变岩、不同种类云英岩中都存在氟。氟主要以萤石产出,厚度达数十米的石榴萤石矽卡岩中萤石矿物含量可达 34%,氟还赋存余白云母、黑云母、金云母及符山石等矿物中。在朱溪矿区,氟的堆积对金属元素成矿具有重要作用。挥发组分氟的有效保存表明,整个成矿体系有利于成矿组分的聚集。氟是一种搬运剂,氟离子可与多种金属阳离子形成络合物,大量氟的存在有利于 W、Sn、Mo、Bi、Be、Pb、Zn、Ag 等

金属的运移。当其运移到碳酸盐岩等碱性环境中时,被携带的金属元素便可结晶淀积。使之形成浅部热液脉型铜矿—中深部矽卡岩型钨铜矿—深部斑岩型铜钨矿的“多位一体”的成矿模式或成矿结构体系<sup>[8]</sup>,因此具有巨大的找矿空间。

### 3.4 与成矿关系

朱溪花岗岩热变质作用使泥质灰岩重结晶,形成大理岩,残留热液中有大量钙质和硅铝质,为后期矽卡岩化提供了物质条件。花岗岩体自身的钾质交代形成了浅色碱长花岗岩,原岩的黑云母、磁铁矿消失,岩浆期后热液的大量铁镁质成分,为后期矽卡岩化提供条件。朱溪矿区有两期矽卡岩化:早期(干)矽卡岩化形成石榴矽卡岩、透辉石榴矽卡岩和石榴透辉矽卡岩,呈面型厚层状分布;晚期(湿)矽卡岩化形成透闪矽卡岩、蛇纹矽卡岩,呈线型和面型分布,形成大量的透闪石、蛇纹石和绿帘石等矿物,晚期矽卡岩往往叠加于早期矽卡岩之上。云英岩化和黄铁绢英岩化形成云英岩、黄铁绢英岩,主要分布于花岗岩内接触带带。矽卡岩化、云英岩化和黄铁绢英岩化与矿化关系密切,矽卡岩、矽卡岩化大理岩、云英岩和黄铁绢英岩与矿化之间不仅在空间上大致重合,而且在时间上同时或相继形成,有密切成因联系。矽卡岩、矽卡岩化大理岩、云英岩、黄铁绢英岩和矿石都是统一的、与矽卡岩成矿作用所不可分割的组成部分。

朱溪花岗岩沿深大断裂上升,沿断裂或不整合面侵位。尽管朱溪隐伏花岗岩为一小岩体,但有重力和航磁异常推断其深部为一较大岩体。因其与深部岩浆房相通,具有高热环境维持,岩体内成矿物质得到最大程度的汇聚,且在岩体外形成了一系列对流循环系统。在黑云母花岗岩侵位时,于其周围形成大量的块状矽卡岩。在花岗岩侵位过程中,由岩体提供热源,大气降水参与,形成地下热水循环系统,将钨多金属元素运移至接触带聚集成矿。

### 3.5 岩体侵入时代

塔前一清华岩带中酸性侵入体岩石的演化序列总体为一套石英闪长岩、花岗闪长(斑)岩、花岗岩、花岗斑岩等中酸性岩石组合。由中酸性向酸性演化,朱溪成矿花岗岩是塔前一赋春岩带中酸性侵入体的一部分,其导岩构造为塔前一赋春深断裂带。岩石类型为地壳同熔—重熔的中酸性岩类,具 I-S 型过渡特征。塔前矿区辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 162 Ma<sup>[9]</sup>,为中侏罗世晚期。朱溪隐伏黑云二长

花岗岩体与石炭纪、二叠纪灰岩接触形成了巨厚的矽卡岩型矿体,隐伏黑云二长花岗岩锆石铀—铅法年龄为  $138.8 \pm 2.2 \text{ Ma}^{[10]}$ ,说明朱溪成矿花岗岩体侵位活动发生在晚侏罗世末期。综上所述,朱溪地区成岩成矿作用发生在中晚侏罗世。

#### 4 结论

朱溪地区岩浆活动以深源浅成的花岗闪长斑岩为先导,以形成钨、铜、钼、铅锌矿为主。钦杭结合带内由于多次陆—陆、陆—内块体挤压碰撞、形成了华南洋壳与地壳物质混杂、地层相互叠覆的上地壳结构。朱溪花岗岩既不同于以壳源沉积物质为源岩,经过部分熔融、结晶而产生的S型花岗岩,又不同于源岩物质是火成岩熔融而来的I型花岗岩,朱溪花岗岩的岩石化学特征、微量元素、稀土元素等地球化学特征既不同于大湖塘花岗岩,亦不同于德兴花岗闪长岩。这种壳幔混杂与地层叠覆型壳层同熔型岩浆系列的过渡特征,造就了朱溪矿区钨、铜矿体的共生产出。

#### 参考文献

[1] 项新葵,刘显沐,詹国年.江西省大湖塘石门寺矿区超大型钨矿的发现及找矿意义[J].资源调查与环境,

2012,33(3):141-151.

- [2] 杨明桂,曾载淋,赖志坚,等.江西钨矿床“多位一体”模式与成矿动力过程[J].地质力学学报,2008,14(3):241-249.
- [3] 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.
- [4] 江西省地质矿产勘查局912地质队.江西省浮梁县朱溪外围铜多金属矿普查设计[R].南昌:江西省地质矿产勘查局,2013.
- [5] 项新葵,陈茂松,钱振义,等.赣北石门寺矿区钨多金属矿床成矿地质条件[J].地质找矿论丛,2011,27(2):143-155.
- [6] 朱训,黄崇轲,芮宗瑶,等.德兴斑岩铜矿[M].北京:地质出版社,1983:1-336.
- [7] 黎彤.化学元素的地球丰度[J].地球化学,1976,(3):167-174.
- [8] 周济元,肖惠良.成矿结构体系及其钨矿找矿意义[J].资源调查与环境,2006,27(2):110-119.
- [9] 黄安杰,温祖高,刘善宝,等.江西乐平塔前钨钼矿中辉钼矿 R e-Os 定年及其地质意义[J].岩石矿物学杂志,2013,32(4):496-504.
- [10] 江西省地质矿产勘查局912地质队.浮梁县朱溪矿区及外围铜钨多金属矿勘查技术与与示范[R].南昌:江西省地质矿产勘查局,2015.

## Genesis of granites and relationship of mineralization in Zhuxi tungsten-copper deposit, Fuliang County, Jiangxi Province

LIU Jian-guang<sup>1</sup>, YANG Xiao-peng<sup>2</sup>, ZHOU Yao-xiang<sup>2</sup>, ZENG Xiang-hui<sup>2</sup>,  
RAO Jian-feng<sup>2</sup>, LIU Wei<sup>2</sup>, CHEN Guo-hua<sup>3</sup>

(1. NO. 901 Geological Party; Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Pingxiang 337000, China)

(2. NO. 912 Geological Party; Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Yingtan 335000, China)

(3. Jiangxi Administration for Geological Exploration Fund, Nanchang 330000, China)

**Abstract:** Recently, some tungsten copper deposits with world class resource potential have been discovered in Zhuxi area, Fuliang County, Jiangxi Province after the world's largest tungsten deposit were found in Dahutang area, Wuning County, Jiangxi Province. According to the study on regional tectonic setting, petrological characteristics, country rock alteration, geochemical characteristics of rare earth and trace elements of concealed ore-forming granites in Zhuxi tungsten-copper deposit, Fuliang County, the genesis of granites and relationship of mineralization are discussed in this paper. The result shows that the origin of Zhuxi tungsten-copper deposit is associated with granites which are different from S-type and I-type granite. It shows that the transition of crust mantle mixing and stratigraphic overlap, crust stratigraphic syntectonic magma series has an important role in the formation of Zhuxi super-large deposit.

**Key words:** Zhuxi tungsten-copper deposit; granite; genesis; relationship of mineralization; Jiangxi Province