

福建钟腾斑岩铜（钼）矿床根部带的蚀变矿化特征

杨世义 刘姝群 张秀兰 陈长江

（宜昌地质矿产研究所）

七十年代以来，国内外斑岩矿床研究人员普遍注意斑岩矿床蚀变和矿化的水平和垂直分带的模式，进而确认斑岩矿床基本上是由以斑岩体为核心呈同心环状分布的蚀变和矿化带的近似直立筒状体组成。由于矿床所处的地质构造位置不同和矿床剥蚀程度不一，使得各个矿床目前表现的经济价值和蚀变-矿化特征有所不同。因此，正确识别斑岩铜（钼）矿床顶部或根部带的特征，对于评价和勘探一个斑岩矿床来说是十分重要的。过去，国外不少学者对智利丘基卡马塔和洛斯洛劳斯、美国亚利桑那州圣马纽埃-克拉马祖以及康纳利亚侵入体等地的斑岩铜矿床根部带蚀变矿化特征作过叙述^[5,6,7,8]，而国内这方面的公开报导还不多。本文着重介绍我国福建省钟腾斑岩铜（钼）矿床根部带的某些特征，供有关同志在评价和勘探斑岩铜矿时参考。

一、矿床地质特征

钟腾斑岩铜（钼）矿床位于南岭东西构造带和新华夏系第二隆起带两个巨型构造体系的复合部位及政和一大埔深断裂的东南侧。它是目前我国东南沿海中生代火山岩带中一个有代表性的斑岩铜（钼）矿床。

区内岩浆喷发-侵入活动频繁。矿区地层全是上侏罗系南园组英安-流纹质火山岩系。从其区域上呈北东向分布来看，反映火山活动主要沿北东向构造带以裂隙式喷发为特征。

钟腾岩体为一不规则椭圆状复式岩株，产于火山岩带中一个古破火山机构的中央部位^[1]。主体相为燕山早期（其黑云母钾-氩年龄为140百万年^①）浅-中成相侵入体，主要由石英闪长岩和中细粒闪长岩组成。前者是主体岩石；后者断续出露于主体边缘，与主体岩石呈渐变关系。燕山晚期石英闪长玢岩（其钾-氩年龄值为101.9—116百万年）和次流纹斑岩（其钾-氩年龄值为75百万年）等组成脉岩相，呈不规则岩枝、岩脉状贯入主体相石英闪长岩中（图1）。此外，前人资料还提到的一种花岗斑岩脉岩，实际上是一种钾长石化的石英闪长玢岩^②。

矿区位于钟腾复式岩体的西南缘。区内铜（钼）矿化与脉岩相石英闪长玢岩关系密切。工业

① 据福建省地质局地质七队1979年资料。

② 据宜昌地质矿产研究所斑岩铜矿组1982年资料。

矿体多赋存于石英闪长玢岩及其外接触带石英闪长岩中。蚀变带的矿物组合及其与矿体的关系等特征综合于表1。含矿斑岩体多分布于铜坑至铜树科一带,主要受铜坑东西向断裂带控制,形态、产状均较复杂。

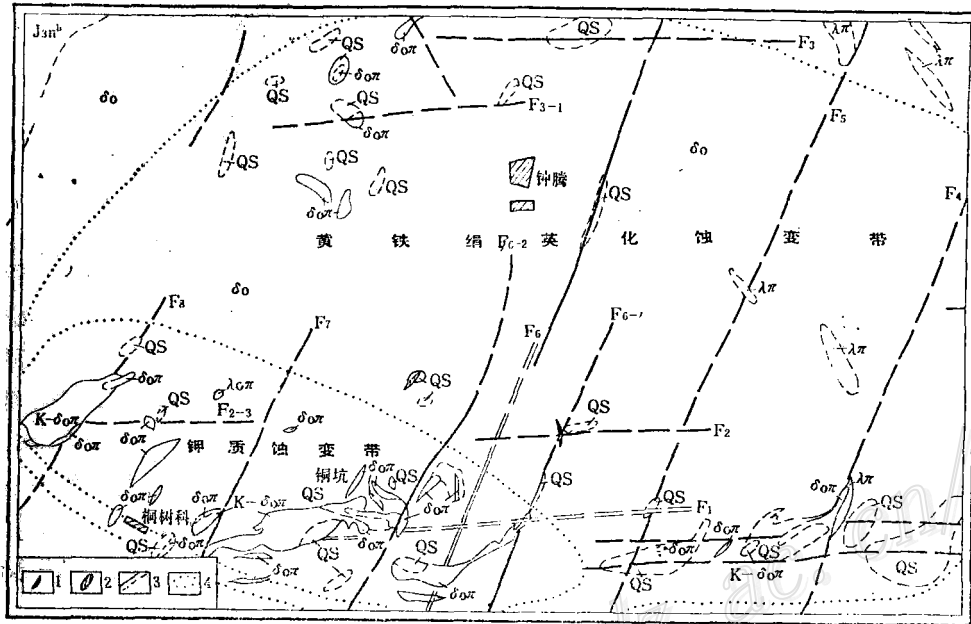


图1 钟腾斑岩铜(钼)矿床地质略图

(据福建地质七队1979年资料修编)

J_{3n}^b—上侏罗系南园组火山岩系; λπ—次流纹斑岩; δo—石英闪长岩; δoπ—石英闪长玢岩; K-δoπ—钾长石化石英闪长玢岩; QS—绢英岩; 1—铜矿体; 2—钼矿体; 3—断裂(虚线为推测); 4—蚀变带界限

Fig. 1. Schematic geological map of the Zhongteng porphyry copper (molybdenum) deposit. J_{3n}^b—volcanic sequence of Upper Jurassic Nanyuan zu; λπ—subvolcanic porphyry; δo—quartz diorite; δoπ—quartz diorite-porphyrite; K-δoπ—potash feldsparized quartz diorite-porphyrite; QS—sericite-quartz alteration rock; 1, copper orebodies; 2, molybdenum orebodies; 3, fractures (dashed lines are inferred ones); 4, boundaries of alteration zones.

石英闪长玢岩的斑晶主要由中长石(An₃₅₋₄₃)以及少量的石英、黑云母和普通角闪石等组成;其基质为微-细粒交织结构,主要由斜长石、石英及少量的钾长石、黑云母等组成。其中黑云母以富含镁质为特征,具有较高的 Mg/(Mg+Fe) 比值和氧化系数 ($Fe^{3+}/Fe^{3+}+Fe^{2+}$),与一般中基性岩和长江中下游一带的江西德兴铜厂、阳储岭斑岩矿床中黑云母相似,而明显不同于赣南钨锡矿床中黑云母^{①②}。在黑云母 $Fe^{3+}-Fe^{2+}-Mg$ 三元图解上(图2),矿区石英闪长玢岩中的黑云母同一般中基性岩和铜厂、阳储岭斑岩矿床中黑云母一样,均分布在 Ni-NiO 缓冲线上方,说明它们是在氧逸度相对高的条件下结晶的,与日本北上带等磁铁矿系列花岗岩类相当^[2]。岩石中副矿物主要为磁铁矿、榍石、锆石、磷灰石以及少量的钛铁矿、金红石、褐帘石等,属磁铁矿-榍石-锆石型。

① 据刘姬群、杨世义等1982年资料。

② 据陈炳才1981年资料。

钟腾斑岩铜(钼)矿床蚀变岩带划分及其特征对比表

表 1

蚀变岩带名称	发育部位	蚀变岩石名称	蚀变岩结构	原岩名称	蚀变矿物组合	标型蚀变矿物	与矿化关系
黄铁绢英岩化带	标高450米以上	黄铁绢英岩	鳞片花岗变晶结构(原岩结构消失)	石英闪长岩、石英闪长玢岩及其钾质蚀变岩	石英、绢(白)云母、绿泥石、金红石及金属硫化物等	石英(10—40%)、绢(白)云母(10—75%)	属主要成矿期蚀变
		黄铁绢英岩化的石英闪长岩和石英闪长玢岩	基本保留原岩结构		除上述矿物外,有钾长石、黑云母等		
钾质蚀变带	标高580—200米以下	钾长石化的石英闪长岩和石英闪长玢岩、石英-钾长石岩	花岗变晶结构、花岗变晶斑状结构	石英闪长岩、石英闪长玢岩	钾长石(包括正长石、显微条纹长石)、石英黑云母、钠长石、绢云母及少许金属硫化物等	钾长石(25—70%)、石英(5—10%)、黑云母(5%±)	属成矿前蚀变,是工业矿体的主要围岩

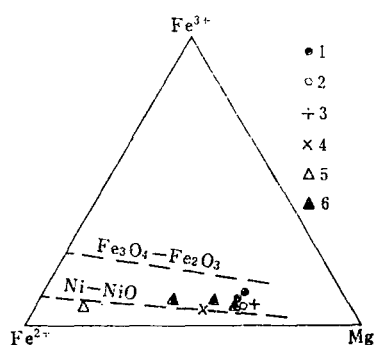


图 2 钟腾石英闪长玢岩中黑云母的 Fe^{3+} - Fe^{2+} -Mg 图
1—钟腾石英闪长玢岩; 2—铜厂石英闪长玢岩; 3—中基性岩; 4—阳储岭岩体; 5—赣南钨锡矿岩体; 6—日本北上带岩体

Fig. 2. Fe^{3+} - Fe^{2+} -Mg diagram of biotite from the Zhongteng quartz diorite-porphry.

1. Zhongteng quartz diorite-porphry; 2. Tongchang quartz diorite-porphry; 3. Intermediate basic intrusive rocks; 4. Yangchuling intrusive body; 5. W- or Sn-bearing intrusive bodies in south Jiangxi; 6. intrusive bodies in Kitakami belt, Japan.

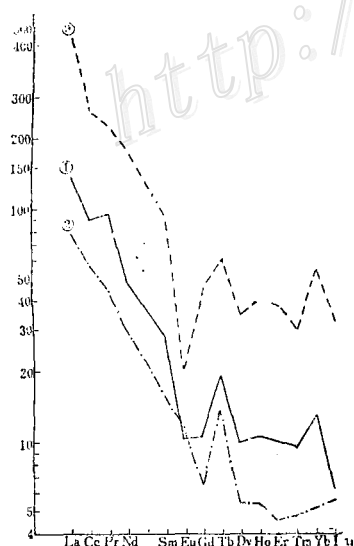


图 3 钟腾含矿斑岩的球粒陨石标准化REE模式

①—钟腾含矿斑岩; ②—铜厂含矿斑岩; ③—湘南千里山复式花岗岩体中花岗斑岩

Fig. 3. Chondrite-normalized REE pattern of the Zhongteng ore-bearing porphyry.

1. Zhongteng ore-bearing porphyry; 2. Tongchang ore-bearing porphyry; 3. granite-porphry in the Qianlishan complex granites, south Hunan.

在岩石化学成分上^①, 它的氧化物含量以及由CIPW法计算的主要参数与戴里石英闪长岩十分接近。它的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 比值为0.96; Al' 为负值至低正值; 李特曼指数介于1.8—3.3之间; 钙碱指数为57。上述特点表明石英闪长玢岩属硅过饱和、铝略过饱和的钙碱性系列岩石。

① 据宜昌地质矿产研究所斑岩矿床组1982年资料。

根据石英闪长玢岩中原生黑云母和石英的氧同位素组成(表2),按成岩温度700—800℃计算,成岩时岩浆流体 $\delta\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值变化于6.07—9.63‰,平均值为7.55‰。

钟腾矿床一些矿物和当地雨水的氧同位素组成

表 2

样品号	测定对象	产状与位置	$\delta^{18}\text{O}_{\text{矿物}}\text{‰}$	矿物形成温度(℃)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}\text{‰}$	备 注
钟2	黑云母斑晶	钾长石化石英闪长玢岩中(湾仔沟)	3.51	700—800	6.07 ±	黑云母和石英的温度是根据岩石化学成分计算的成岩温度
钟2	石英斑晶	钾长石化石英闪长玢岩中(湾仔沟)	9.50	700—800	9.63 ±	
钟410-4	钾长石	石英-钾长石蚀变岩(410中段坑道)	6.50	550 ±	5.55 ±	钾长石的温度是根据资料推测的*
钟5	绢云母	黄铁绢英岩中(湾仔沟)	7.34	280 ±	3.45 ±	绢云母的温度是根据与它伴生的金属硫化物的测温资料
	当地雨水				-6.2	

* 据桂林冶金地质研究所成岩成矿实验组1978年资料。

注:氧同位素数据为本所同位素地质研究室测定;计算 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}(\text{‰})$ 所采用的公式:

$$1000\ln\alpha_{\text{黑云母-水}} = 0.03(10^6\text{T}^{-2}) - 2.59 \text{ (据Batchelder, 1977)}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{钾长石-水}} = 2.91(10^6\text{T}^{-2}) - 3.41 \text{ (据O'neil等, 1967)}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{白云母-水}} = 2.38(10^6\text{T}^{-2}) - 3.89 \text{ (据O'neil等, 1969)}$$

$$1000\ln\alpha_{\text{石英-水}} = 3.38(10^6\text{T}^{-2}) - 3.40 \text{ (据Clayton, 1972)}$$

石英闪长玢岩的稀土元素分析结果(图3)表明,含矿斑岩具有较大的铈族稀土与钇族稀土的比值(6.38),即轻稀土元素较为富集。同时,它的稀土元素球粒陨石标准化组成模式,与华南地区一些由硅铝层重熔产生的花岗岩岩浆所形成的岩体(如千里山岩体①、赣华岩体、桂姑岩体以及701岩体等)比较^[3],其稀土元素分布模式截然不同,为向右急倾斜曲线,无Eu异常(δEu 值为0.53)。

上述含矿斑岩的造岩矿物和副矿物组合以及氧同位素和稀土元素分析数据等特征表明,它同华南地区花岗岩类岩石对比,应属火成岩重熔型或同熔型系列花岗岩类^[4,9]。考虑到矿床处于太平洋板块向欧亚大陆板块俯冲的陆壳前缘,故可以推测该矿床是由太平洋洋壳物质俯冲到陆壳深部,经部分熔融而形成的玄武-安山质岩浆结晶分异演化的产物。

二、作为斑岩铜矿根部带的特征

现已查明,该矿床为一埋藏浅、品位较富、规模小的斑岩铜(钼)矿床。根据矿床蚀变-矿化特征及其与国内外一些斑岩铜矿的对比,我们初步认为该矿床剥蚀较深,目前查明的原生矿体是原始矿床的残余部分,或者说是根部矿体。其主要特征如下:

1. R.H. 西里托(R. H. Sillitoe)(1973)综合了世界上许多斑岩铜矿资料后,提出了一个介于深成环境与火山环境之间的完整的、理想的斑岩铜矿体系蚀变-矿化模式^[9]。这一模式在自然界中虽未见到,但用它来鉴别某一斑岩铜矿的地质环境和剥蚀程度是有一定意义

① 据杨超群1981年资料。

的。“模式”指出在斑岩铜矿体系根部的钾质蚀变是其主要蚀变类型。

钟腾矿区发育了一套特征的斑岩型矿床矿化蚀变岩。根据蚀变矿物共生组合在时间、空间上的关系和发育程度,主要划分为钾质蚀变及其蚀变岩(带)和黄铁绢英岩化及其蚀变岩(带)。成矿末期的青磐岩化发育微弱且分散,以致青磐岩化带缺失。前二者蚀变分带性无论在平面上或剖面上都比较清楚,平面上呈偏心椭圆环带分布(图1)。钾质蚀变(包括钾长石化、黑云母化以及与钾长石化时间相近的硅化、弱钠长石化和初期绢云母化等)是矿床主要蚀变类型,表现强烈。由它叠加、改造所形成的钾长石化石英闪长玢岩和石英闪长岩,地表多局限于黄铁绢英岩化带内的西南侧桐树科至铜坑一带,但往深部增强,一直延深至-200米标高以下。黄铁绢英岩化(主要指矿化期间于同一物理化学环境中,同时或近于同时发生的以硅化为主的,伴有绢(白)云母化、黄铁矿化和金红石化等的蚀变作用)叠加在石英闪长岩或石英闪长玢岩以及它们的钾质蚀变岩中,波及范围较广,但以地表和浅部(450米标高以上)表现强烈,可划出蚀变岩带。该蚀变岩可细分为黄铁绢英岩和黄铁绢英岩化的石英闪长玢岩及石英闪长岩。前者多呈帽盖状出露于山包上;后者常见于稍低部位。

2. 在蚀变岩带与矿体关系上,与一般斑岩铜矿(工业矿体多赋存于黄铁绢英岩化带内)不同,本区目前已查明的原生工业矿体主要在钾质蚀变带的上部,部分矿体赋存于黄铁绢英岩化带之底部(图4)。但必须指出,尽管原生矿体空间上主要存于钾质蚀变带中,但在时间上仍与黄铁绢英岩化比较接近。光、薄片上常见到辉钼矿和黄铜矿中有石英、绢云母的包体,以及矿体内及其旁侧有硅化、绢(白)云母化和绿泥石化等相伴,组成近矿蚀变。

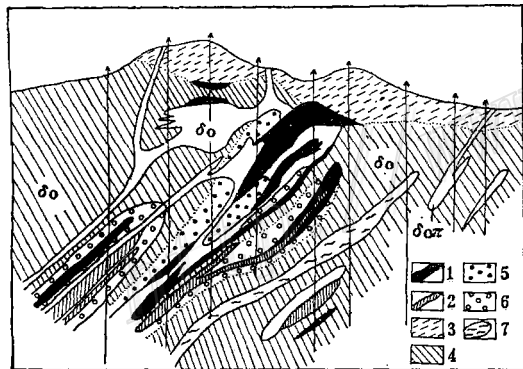


图4 2线蚀变-矿化垂直分带示意剖面图

(据福建地质七队1979年资料修编)

δo —石英闪长岩; $\delta o\pi$ —石英闪长玢岩;
1—铜矿体; 2—钼矿体; 3—绢英岩化蚀变带; 4—钾质蚀变带; 5—硅化-绿泥石-绿帘石化; 6—黑云母-石英-长石化; 7—碳酸盐化

Fig. 4. Diagrammatic geological section showing vertical alteration-mineralization zoning along Line 2.

δo —quartz diorite; $\delta o\pi$ —quartz diorite-porphyrite
1. copper orebodies; 2. molybdenum orebodies; 3. sericite-quartz alteration zone; 4. potassium alteration zone; 5. silicification-chlorite-epidotization; 6. biotite-quartz-feldspathization; 7. carbonatization.

3. 斑岩铜矿体系根部带的蚀变是以钾质蚀变为主导,与其相伴的矿化主要是铜钼矿化^[8]。该矿床矿石矿物主要是黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿及少量的磁黄铁矿和磁铁矿。其中磁铁矿有时达金属矿物总量的3—5%,以致磁铁矿同金属硫化物的比值增高,这是斑岩铜矿根部带矿化特征之一^①。同时,作为斑岩铜矿体系顶部带常见的、甚至可圈定工业矿体的方铅矿、闪锌矿在该矿床中则是偶见的矿物;矿区内铅-锌-银矿带不发育;矿石中锌含量很低,未超过作为有害元素的允许含量^②。这些同斑岩铜矿床顶部带矿化特征形成明显的对照。

① 斑岩铜矿根部带特征,冶金地质动态,1982年第五期。

② 据福建省地质局地质七队1979年资料。

其次,就同一斑岩矿床中铜钼矿化常具垂直分带性来讲,钼矿体赋存深度常较铜矿体大,即随着深度加大,其铜矿化减弱,而钼矿化增强。如美国阿巴拉契斑岩铜矿以及犹他州的宾厄姆斑岩矿床等就是如此。本矿床也出现类似情况,如图4所示,上部为铜矿体,下部渐变为钼矿体。因此,要在目前已查明的钼矿体之下再找到一定规模的铜矿体,在一般情况下是比较困难的。

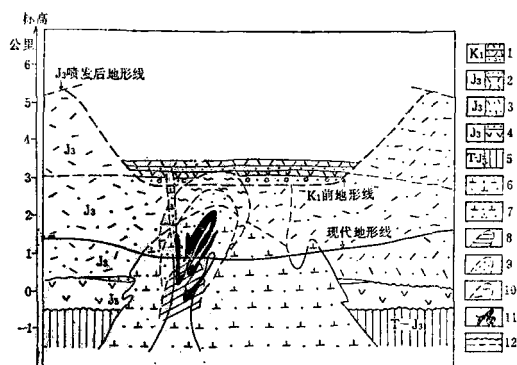


图5 钟腾斑岩铜(钼)矿床理想剖面图

1—下白垩系砾岩(砾石成分以火山岩为主)及砂岩夹中性火山岩; 2—上侏罗系流纹岩; 3—上侏罗系凝灰岩、熔结凝灰岩; 4—上侏罗系英安岩和安山岩; 5—三叠—上侏罗系的基底; 6—石英闪长玢岩; 7—石英闪长岩; 8—钾硅酸盐蚀变带; 9—黄铁绢英岩化带; 10—青磐岩化带; 11—铜(钼)矿体; 12—不整合面与地质界限(虚线为推测)

Fig. 5. Idealized geological section of the Zhongteng porphyry copper (molybdenum) deposit.

1. Lower Cretaceous conglomerate (pebbles are chiefly volcanic rocks) and sandstone intercalated with intermediate-acid volcanic rocks; 2. Upper Jurassic rhyolite; 3. Upper Jurassic tuff and ignimbrite; 4. Upper Jurassic dacite and andesite; 5. Triassic-Upper Jurassic basement; 6. quartz-diorite-porphyrite; 7. quartz diorite; 8. potassium silicate alteration zone; 9. pyrite-sericite-quartz alteration zone; 10. propylitization zone; 11. copper (molybdenum) ore bodies; 12. unconformity and geological boundaries (dashed lines refer to inferred ones).

浅一中成相(图5)。这与它的结构、构造和氧化系数为0.6等特征基本符合。钟腾石英闪长岩体定位结晶后,经历了一段时期的剥蚀,形成了早白垩世开始沉积时的地形线。在白垩纪早期,于山间盆地内沉积了下白垩系;中-晚期的岩浆活动形成了浅成相或次火山相脉岩和与它有关的铜(钼)矿床;之后,经历了长期的侵蚀,使得较高部位的,赋存于黄铁绢英岩化带内的主矿体连同矿床围岩(钟腾岩体)一起被侵蚀,仅残留了原始矿床的根部矿体。

4. 矿床蚀变矿物的氧同位素资料(表2)表明,发生岩浆期后早期钾质交代作用的流体基本上属岩浆水来源。主成矿期发生黄铁绢英岩化的流体,目前从一个绢云母氧同位素数据($\delta O_{H_2O}^{18}$ 值为3.45‰)来看,大致反映矿化流体属岩浆水与雨水的混合来源。比较岩浆水、矿液水和当地现代雨水的氧同位素数据,估算出矿液水约由70—80%的岩浆水和30—20%的雨水组成。这反映当时成矿环境处于相对封闭至半开放系统条件,未发生相当规模的地下水对流循环,说明成矿深度可能相对较大。

5. 矿床围岩——石英闪长岩体岩相分带清楚;含矿石英闪长岩的基质为微-细粒结构,未见到超浅成相岩石的细结构;区内与含矿斑岩相伴的火山角砾岩(筒)及其他脉岩不发育,与成矿作用相联系的蚀变交代作用(包括钾质交代作用和黄铁绢英岩化等)多受断裂控制,呈线状分布,而面型蚀变作用不发育等,这些都反映矿床剥蚀较深,现存矿体是斑岩铜矿体系的深部露头。

从矿床外围资料来看,钟腾岩体顶部有帽盖状的火山岩残留体,由凝灰岩和熔结凝灰岩组成,大致相当于区域上侏罗系南园组火山岩剖面中段的岩性^①。由此推算钟腾岩体的形成深度为3000—4000米左右,应属

① 漳州幅区域地质测量报告。

被侵蚀掉的矿体,其中部分铜质向下淋滤而形成了目前保存的氧化次生富集带。

上述认识虽于大量资料综合分析基础上提出,但目前还未经工程证实,仅供生产单位在开采和扩大该矿床远景时参考。

在矿区工作期间,我们曾得到了矿山和福建省地质局地质七队蒋仲英工程师等的热情支持和帮助,文中又引用了他们的大量实际资料;成文后,章人骏研究员对原稿进行了审阅,并提出了许多宝贵意见。在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 陈克荣等 1980 古破火山机构及其次火山花岗岩体特征的研究 南京大学学报(自然科学版) 第一期
- [2] 张安棣等 1980 花岗岩类岩石成因分类与成矿专属性 地质论评 第26卷第3期
- [3] 中国科学院地球化学研究所 1979 华南花岗岩类的地球化学 科学出版社
- [4] 徐克勤等 1982 华南两类不同成因花岗岩岩石学特征 岩矿测试 第1卷第2期
- [5] Lopez, V. M., 1939, The primary mineralization at Chuquicamata, Chile, S. A. Econ. Geol. Vol. 34, pp. 674-711.
- [6] Lowell, J. D., 1968, Geology of the Kalamazoo orebody, San Manuel district, Arizona. Econ. Geol., Vol. 63, pp. 645-654.
- [7] Lowell, J. D. and Guilbert, J. M., 1970, Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Econ. Geol., Vol. 65, No. 4, pp. 373-408.
- [8] Sillitoe, R. H., 1973, The Tops and Bottoms of porphyry copper deposits. Econ. Geol., Vol. 68, No. 6, pp. 799-815.
- [9] Chapell, B. W. and White, A. J. R., 1974, Two contrasting granite types. Pacific Geol., 8, pp. 173-174.

ALTERATION AND MINERALIZATION AT THE ROOT ZONE OF THE ZHONGTENG PORPHYRY COPPER (MOLYBDENUM) DEPOSIT IN FUJIAN PROVINCE

Yang Shiyi, Liu Houqun, Zhang Xiulan and Chen Changjiang

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The correct description of alteration and mineralization at top and root zones of porphyry copper system proves to be essential for the assessment and exploration of the pipe-shaped porphyry deposit. Some geologic features of root zone of the Zhongteng porphyry copper (molybdenum) deposit, a typical deposit of this kind in the coastal volcanic rock belt of southeast China, are presented in this paper. The ore-related porphyry is late Yenshanian hypabyssal

quartz diorite-porphyrite dike with K-Ar ages of 101.9—116m. y. The petrological and petrochemical data, isotopic composition of oxygen ($\delta^{18}\text{O}_{\text{quartz}} = 9.5\text{‰}$), geochemistry of REE ($\delta\text{Eu} = 0.53$) and tectonic position of this porphyrite all seem to imply that the porphyrite and its ore-forming materials might be the products of differentiation and evolution of basaltic-andesitic magma generated as a result of the melting of oceanic lithosphere subducting along the continental margin beneath an adjacent plate.

As most part of the original porphyry copper deposit has been worn away by erosion, the present primary ore bodies are virtually the surviving portion of this deposit, the alteration and mineralization characters of whose root zone are generalized as follows:

1. No propylitic zone has ever been found in the deposit and pyrite-sericite-quartz rocks are chiefly seen at a few hill tops nearby; in contrast, potassium silicate alteration is widely distributed, making up the major alteration type and getting more intense with depth.

2. The prospected primary ore bodies occur mostly within the potassic zone, with chalcopyrite, molybdenite, pyrite and, to a less amount, magnetite and pyrrhotite as their associated metallic minerals. On the other hand, galena and sphalerite, frequently found at the top of the porphyry copper system, are rarely observed in the deposit. Zinc content of primary ore is extremely low—not exceeding the permissible content of harmful elements and impurities.

3. Molybdenum mineralization is commonly believed to persist to a greater depth than copper mineralization. Primary molybdenum ore bodies have been noticed beneath copper ore bodies in this deposit.

4. The surrounding rocks of the deposit—Zhongteng quartz diorite mass—has relatively distinct zoning of petrofacies. Groundmass of quartz-diorite porphyrite is minute- or fine-grained in texture. These characters furnish evidence for the claim that the Zhongteng deposit is actually the root zone of an upright porphyry type mineralized rock pipe.