

紫金山地区中生代岩浆系统的时空结构及其地质意义

张德全 李大新 丰成友 董英君

(中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037)

P61 A

摘 要 紫金山地区中生代岩浆系统可以划分成晚侏罗世和早白垩世2个主要的子系统。晚侏罗世岩浆子系统形成于陆内挤压造山的构造背景下, 侵位于157~≤141 Ma之间, 先后由深至浅地侵位于区域中部, 形成由3个单元复合而成的紫金山超单元花岗岩。其中的金路桥单元正长花岗岩是晚期分异相, 应作为紫金山地区锡矿重要的预测标志。早白垩世岩浆岩定位于128~94 Ma之间, 是区域伸展作用体制下的产物, 形成了由上部火山岩和下部侵入岩构成的具双层结构的岩浆子系统。在火山间歇期(+105 Ma), 花岗闪长斑岩侵入, 并大规模地隐伏于该区的深部, 从而导致本区大规模的铜金矿化作用。早白垩世岩浆系统中的穹状火山构造、隐伏的花岗闪长斑岩岩体的顶面产状和形态, 应该作为本区铜金矿床成矿预测的重要找矿信息和预测标志。详细的岩石学研究及时空关系显示, 才溪二长花岗岩是这两个岩浆子系统之间的过渡产物, 其年龄(133 Ma)应该是本区中生代区域挤压向区域拉伸转换的时间记录。

关键词 岩浆作用 时空结构 紫金山地区

The Temporal and Spatial Framework of the Mesozoic Magmatic System in Zijinshan Area and Its Geological Significance

ZHANG Dequan LI Daxing FENG Chengyou DONG Yingjun

(Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing, 100037)

Abstract The Mesozoic magmatic system in Zijinshan area can be divided in to two subsystems, namely the Late Jurassic and the Early Cretaceous magmatic subsystems. The Late Jurassic magmatic subsystem was enplaced in upward succession at the center during 157~≤141 Ma under intracontinental compression-orogeny, forming composite granite of the Zijinshan Superunit composed of medium-coarse-grained syenogranite of Jingmei Unit, medium-fine-grained monzogranite of Wulongshi Unit and fine-grained syenogranite of Jinlongqiao Unit. The fine-grained syenogranite of Jinlongqiao Unit is the differentiated lithofacies of this magmatic system, and can serve as the criteria for tin ore-prospecting in this area. The Early Cretaceous magmatic subsystem was formed during 128~94 Ma under regional extension, and exhibits a two-layer structure composed of the upper volcanic rocks and the lower intrusive rocks. During the period when volcanism was inactive (105 Ma), granodiorite porphyry invaded and was extensively buried in the depth of this area, resulting in large-scale Cu-Au mineralization. Volcanic domes and attitude of the superface of the buried granodiorite porphyry in the Late Cretaceous magmatic subsystem can serve as the criteria for Cu-Au ore prospecting in the region. As detailed petrological study and temporal-spatial relationship show that the Chaixi monzogranite was the transitional magmatic product from the Late Jurassic magmatic subsystem to the Early Cretaceous magmatic subsystem, the age of 133 Ma of the Chaixi monzogranite should be the time record of transformation from compression to extension in this area.

Key words magmatism temporal and spatial framework Zijinshan area

福建紫金山地区是我国东部著名的大型铜金矿集区, 区内已发现了多个与早白垩世岩浆活动有成因联系的铜金矿产地。已有众多的论著剖析了紫金山地区的铜金成矿作用和勘查模型(张德全等, 1991; 余学东, 1995; 余学东等, 1995; 陈好寿, 1996; 黄铁心等, 1996; 周肃等, 1996; 陶奎元, 1998; 高天钧

等, 1998; 华仁民等, 1998), 但迄今尚少见有关该区中生代岩浆作用的报道。笔者根据紫金山地区中生代岩浆岩的单元和岩相、野外关系以及同位素年代学数据, 初步厘定了它们的时空序列, 希望这一研究能对剖析中国东部中生代大规模成矿系统有关的岩浆系统以及区域成矿预测标志的厘定, 略有裨益。

本文由国家重点基础研究项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”(项目编号: G1999043209)资助。

改回日期: 2001-6-30; 责任编辑: 宫月萱。

第一作者: 张德全, 男, 1946年生, 研究员, 博士生导师, 从事矿床学和岩石学研究。

1 中生代岩浆岩的单元和相

中生代岩浆岩的出露面积约占紫金山地区基岩出露面积的 2/3,它们分属于侵入相、潜火山和火山岩相(图 1)

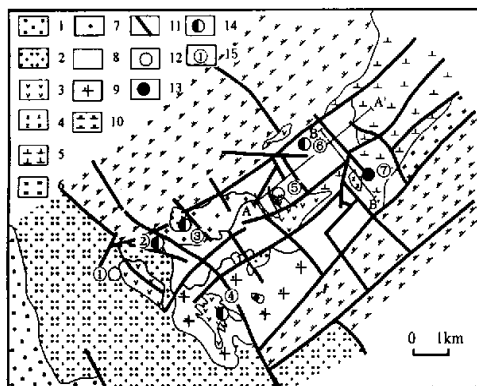


图 1 紫金山地区地质略图

Fig. 1 Simplified geologic map of the Zijinshan district
1~6:白垩纪;1-红层;2-火山岩;3-潜火山岩(英安斑岩或粗安斑岩);4-花岗岩闪长斑岩;5-四坊花岗岩闪长岩;6-才溪二长岩;7~9-侏罗纪紫金山超单元花岗岩;7-金龙桥单元;8-五龙寺单元;9-迳美单元;10-震旦纪及晚古生代变沉积岩;11-断裂;12-浅成热液型 Au-Ag-Cu 矿;13-斑岩铜矿;14-过渡类型 Cu-Au 矿;15-矿产地;①-碧田;②-龙江亭;③-二庙沟;④-大茂岗;⑤-紫金山;⑥-五子骑龙;⑦-中寮
1-red beds; 2-volcanic rocks; 3-sub-volcanic and hydrothermal breccia; 4-granodiorite porphyry; 5-granodiorite; 6-monzogranite; 7~9-jurassic granite; 7-the Jinlongqiao Unit; 8-the Wulongshi Unit; 9-the Jingnei Unit; 10-Meta-sediments of Upper Proterozoic and Upper Palaeozoic; 11-fault; 12-epithermal Au-Cu; 13-porphyry Cu; 14-transitional type Cu-Au; 15-mineral deposits: ①-the Bitian Ag-Au-Cu-U; ②-the Longjiangling Cu-Au; ③-the Ermiagou Cu-Au; ④-the Daijigang Cu-Au; ⑤-the Zijingshan Cu-Au; ⑥-the Wuziqilong Cu; ⑦-the Zhongliao Cu

1.1 火山岩相

火山岩主要出露于紫金山地区西南部的上杭-碧田盆地,区域中部(紫金矿区-大茂岗矿区之间)之局部见有少量残留体。上杭-碧田盆地是在区域伸展构造体制下,受 NW 向上杭-云霄深断裂控制的白垩纪断陷-火山盆地。根据区调成果,紫金山地区的火山岩主要属白垩系下统石帽山群岩石地层单元^①。

紫金山地区的石帽山群火山地层分上、下两个岩性段。上段见于该岩群的西南侧,其上被上白垩统红层不整合覆盖,主要由流纹质晶屑凝灰岩、火山角砾岩、流纹岩组成,厚度大于 350 m。下段的上部是厚度不大的流纹质火山岩夹凝灰岩、粉砂岩或泥岩,中部和下部是安山岩、英安岩及晶屑凝灰熔岩,

在碧田一带相变为粗面岩和粗安岩,下组的厚度可达 700 m,局部可见其不整合复盖于紫金山花岗岩和晚古生代-震旦纪变沉积岩之上。

1.2 潜火山岩相

紫金山地区的潜火山岩通常被火山岩包围,与石帽山群火山岩、爆破角砾岩或浅成侵入的斑岩构成火山机构(大多为火山岩穹),是该区主要的矿床构造样式(张德全等,1991;高天钧等,1998)。该区已知的潜火山岩出露于碧田、大茂岗、龙江亭、二庙沟、紫金山等矿区。这些潜火山侵入体通常受区域 NW 和 NE 向构造的复合控制,从而显示出极其复杂的形状。除碧田矿区中的潜火山岩为粗安斑岩和粗面斑岩外,其它矿区的潜火山岩均由英安斑岩组成。

1.3 侵入相

紫金山地区主要的花岗岩类侵入体有紫金山花岗岩、才溪二长花岗岩、中寮花岗闪长岩和罗卜岭花岗闪长岩。前三者分别是更大区域上的紫金山超单元(大部出露于紫金山地区的中部)、才溪超单元(大多出露于紫金山地区东北部的区外)和曲坊超单元(大部出露于紫金山地区的东部区外)的一部分,而罗卜岭花岗闪长斑岩仅于罗卜岭一带零星出露。

1.3.1 紫金山花岗岩 紫金山超单元通常称为紫金山花岗岩体,它见于紫金山地区的中部,由迳美、五龙寺和金龙桥 3 个单元组成。迳美单元大致以 NE 向延长的长圆状岩株,分布于紫金山超单元的南部,出露面积 10 km²,主要由碎裂似斑状中-粗粒正长花岗岩构成。五龙寺单元主要由中-细粒花岗岩组成,呈 NE 向延长的岩株,分布于紫金山超单元的中部,面积约 12.5 km²,是紫金山花岗岩的主体,也是本区大多数矿床的赋矿围岩。金龙桥单元由细粒正长花岗岩构成,仅见于紫金山超单元的西北部,呈 NE 向的月牙形,该单元岩体地表面积仅 2.6 km²,钻孔资料显示,其向深部逐渐扩大,有逐步吞食五龙寺单元的趋势。在五龙寺单元中局部的云英岩化残留体内,已发现多处锡石-石英脉,尽管因其脉幅小、锡品位低而不具工业价值,但对比研究的结果证实,紫金山超单元与华南含锡花岗岩十分类似。近年来,生产部门已在本区外围发现了与此类似的锡工业矿体。因此可以断定,紫金山超单元是与锡成矿有关的花岗岩。

1.3.2 才溪二长花岗岩 才溪超单元是一个面积大于 100 km² 的复式岩基,其大部分出露于区外。在紫金山地区只有才溪二长花岗岩体一个岩石单

● 福建省区域地质调查大队. 1988. 1:5 万水溪幅、藏溪幅区域地质矿产调查报告。

元,呈 NE 向延伸的岩枝,出露于该区东北部(图 1),面积仅 2 km²,侵入于晚古生代变沉积岩中。岩体内接触带常见数十厘米宽的冷凝边,外接触带有数十米宽的黑云母石英角岩,显示为深成侵入相。才溪二长花岗岩体中发育不对称的岩相带,似斑状中粗粒二长花岗岩是其中心相,边缘相为中细粒二长花岗岩。岩石具弱青磐岩化蚀变,未见任何矿化。

1.3.3 中寮花岗闪长岩 中寮花岗闪长岩体是区域上四坊超单元(绝大部分出露于区外)中的一个岩石单元,出露于紫金山地区的东北侧、才溪二长花岗岩体的北侧(图 1),呈 NE 向岩株,面积约 15 km²。岩体侵入于晚古生代变沉积岩中,内接触带见宽度不等的冷凝边,外接触带见宽数米至数十米不等的角岩,属深成侵入体。中寮花岗闪长岩发育青磐岩化和绢云母化蚀变,是中寮斑岩铜矿床的矿体围岩。

1.3.4 罗卜岭花岗闪长斑岩 罗卜岭花岗闪长斑岩是紫金山地区唯一出露地表的铜(钼)斑岩体(图 1),其不但形成了中寮斑岩铜(钼)矿床,而且也提供了热源(张德全等,1996;高天钧等,1998),因此,查明该岩体的产状及其空间结构,对本区铜金矿床的勘查是至关重要的。

罗卜岭花岗闪长斑岩体,地表呈长 600 m、宽 100 m 左右的 NW 向小岩株,侵入于中寮花岗闪长斑岩体中。根据 10 个钻孔资料,可以作出该岩体自地表(500 标高)向下至 100 m 标高的岩体顶面等高线图(图 2)。图 2 表明,虽然该斑岩体地表仅出露 0.06 km²,但向深部迅速增大,在 100 m 标高上,岩体面积达 4.8 km²,且向 NW 方向,岩体被 NE 向区域断裂错失。这些钻孔资料证实,NE 向区域性断裂成岩成矿后有过强烈活动,其北西盘向下逆冲的垂直断距大于 400 m。根据各钻孔所揭露的岩体顶面标高和钻孔位置,该斑岩体顶面产状较平缓,倾角在 25~30° 之间,并且岩体 NE 侧的顶面倾角略陡于岩体 SW 侧的顶面倾角。成矿的斑岩体顶面产状平缓,是紫金山地区未能发现大型斑岩铜矿床的重要原因之一,罗卜岭地表出露很小的斑岩体(岩凸),是该隐伏岩体顶面的小凸起。

1:5 万航磁于 ΔT 等值线图(图 3)显示,罗卜岭花岗闪长斑岩体对应于一个形态复杂的航磁异常。该异常呈 NW 和 NE 两个方向,异常值在 100~250 nT 之间,异常中心对应于罗卜岭花岗闪长斑岩的地表露头,峰值为 302 nT。罗卜岭花岗闪长斑岩 100 m 标高处的岩体顶面与 200 nT 的 ΔT 等值线大致吻合(图 3)。详细的野外和室内工作发现,罗卜岭花岗闪长斑岩的钾硅酸盐化蚀变带通常含

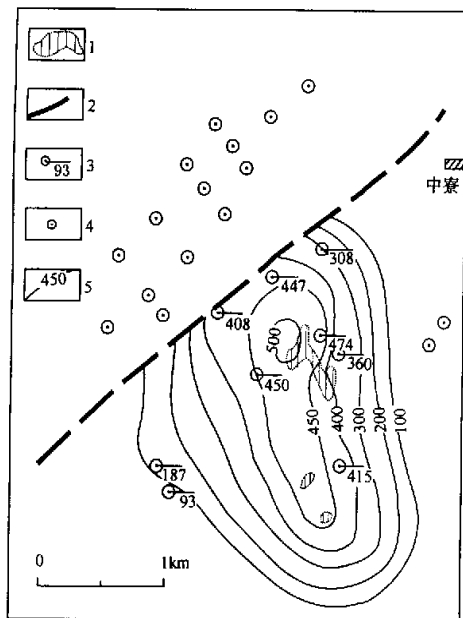


图 2 罗卜岭花岗闪长斑岩岩体顶面等高线图

Fig. 2 Contours of the surface of the Luoboling granodiorite porphyry according to drill core data

1-岩体地表露头;2-断裂;3-打到岩体的钻孔,数字为岩体顶面标高,单位为 m;4-未打到花岗闪长斑岩的钻孔;5-岩体顶面等高线,数字为高程,单位为 m

1-surface outcroppings of the porphyry; 2-fault; 3-drill hole touched the porphyry, the numerals are elevation of surface of the porphyry (m); 4-drill hole did not touched the porphyry; 5-contour of surface of the porphyry (m)

1%~5% (体积) 的磁铁矿,这可能是导致该岩体产生磁异常的原因。自中寮斑岩铜矿区(即罗卜岭花岗闪长斑岩的地表露头)向外,航磁 ΔT 正等值线逐步向 SW 和 NW 方向延伸,其值域逐渐变小,反映该花岗闪长斑岩体自罗卜岭地表露头,向 SW 和 NW 方向已下插到紫金山地区绝大部分已知矿床的深部。根据简单的推断和计算,在 -200 m 标高的水平面上,该岩体大面积地侵入并隐伏于紫金山花岗岩和中寮花岗闪长岩的深部,其面积约为 35 km²。

紫金山地区已发现的 7 个矿床,除中寮斑岩铜矿床直接产于该岩体的地表露头上,碧田浅成热液型银金铜矿床分布于石帽山群火山盆地中之外,其余的 5 个矿床全部分布在 ΔT 等值线的陡变带和拐弯处(图 3)。这在一定程度上反映铜金矿床的分布是受该斑岩体顶面产状和形态控制的。

2 中生代岩浆岩的年龄

2.1 野外关系

在紫金山地区,下列岩体的野外接触关系是十

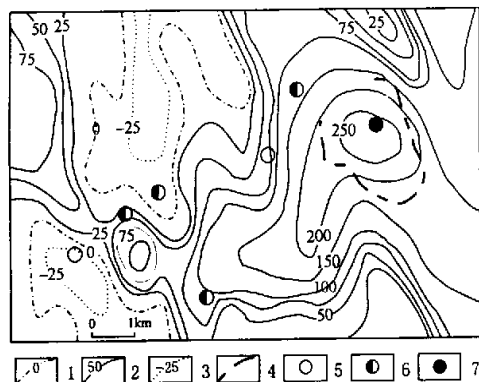


图3 紫金山地区 1:5 万航磁 ΔT 等值线图
Fig. 3 The map showing ΔT contours of 1:50000 aeromagnetic survey in the Zijinshan region
1- ΔT 零等值线; 2- ΔT 正等值线 (nT); 3- ΔT 负等值线 (nT);
4-罗卜岭花岗闪长斑岩 100 m 标高岩体顶面形态;
5-7-矿产地及其编号(同图 1)
1- $\Delta T=0$; 2- $\Delta T>0$ (nT); 3- $\Delta T<0$ (nT); 4-superface at 100m-elevation; 5, 6 and 7-mineral occurrence, the numbers of mineral occurrences are same as those if fig. 1

分清楚的:

(1)在上杭-碧田盆地的 NE 侧,多处可见石帽山群下部的英安质火山岩不整合覆盖于紫金山花岗岩之上。

(2)在双峰水库和大茭岗一带的多处露头上,都可以看到紫金山花岗岩中的迳美单元被五龙寺单元的中-细粒二长花岗岩侵入,在紫金山铜矿床的钻孔中,可以看到紫金山花岗岩中的金龙桥单元(细粒正长花岗岩)侵入五龙寺单元。

(3)在紫金山地区东北部仙师岩一带钻孔机台壁上,可以看到中寮花岗闪长岩侵入于才溪二长花岗岩,在中寮斑岩铜矿区的探槽中,罗卜岭花岗闪长岩侵入于中寮花岗闪长岩的现象非常清楚,而在五子骑龙矿区东北侧的钻孔机台壁上,则可看到中寮花岗闪长岩侵入于紫金山花岗岩的五龙寺单元。

上述野外关系表明,石帽山群火山岩晚于紫金山花岗岩,罗卜岭花岗闪长斑岩晚于中寮花岗闪长岩,而中寮花岗闪长岩既晚于才溪二长花岗岩,也晚于紫金山花岗岩。在紫金山花岗岩超单元中迳美单元最早,金龙桥单元最晚,五龙寺单元居中。在上杭-碧田盆地的汀江边的钻孔中英安岩的下部见到了与中寮花岗闪长岩完全一致的花岗闪长岩,其与英安岩之间为渐变关系,因而可以断定,花岗闪长岩与英安岩是近于同时形成的,它们是同源异相

的岩浆产物。遗憾的是,至今我们未能找到才溪二长花岗岩与紫金山花岗岩在时间上先后的野外证据。

2.2 放射性同位素测年

尽管紫金山地区已经获得了一批同位素年代学数据(陈好寿,1996;周肃等,1996),但由于广泛发育热液蚀变,因而前人未能获得准确的该地区岩浆侵位的 Rb-Sr 等时线年龄。我们通过大量的观测取样,并尽量选择钻孔深部未蚀变或蚀变弱的岩石样品,对石帽山群火山岩、紫金山花岗岩等进行了 Rb-Sr 等时线法测年,获得了比较满意的结果。紫金山地区不同岩浆岩的 6 条全岩 Rb-Sr 等时线测年结果(图 4)分别为:石帽山群上部流纹岩为 94 ± 7.7 Ma、石帽山群下部英安岩为 125 ± 9.8 Ma、罗卜岭花岗闪长斑岩为 105 ± 7.2 Ma、中寮花岗闪长岩为 128 ± 9 Ma、紫金山花岗岩中的五龙寺单元为 141 ± 6.7 Ma、迳美单元为 157 ± 7.3 Ma。另外,前人用锆石 U-Pb 法(谐和曲线)测得才溪二长花岗岩的年龄为 133 Ma^①。

上述同位素测年结果与野外侵入接触关系所反映的岩石时间顺序完全一致,显示出石帽山群火山岩、罗卜岭花岗闪长岩、中寮花岗闪长岩属早白垩世岩浆产物,紫金山花岗岩是晚侏罗世岩浆产物,该超单元的 3 个岩石单元的岩浆侵位持续时间大于 16 Ma,而才溪二长花岗岩是介于晚侏罗世和早白垩世之间的岩浆产物。

3 紫金山地区中生代岩浆系统的时空序列

紫金山地区中生代岩浆岩可分为晚侏罗世和早白垩世 2 个幕。晚侏罗世的岩浆产物全部属侵入相的花岗岩。该岩浆幕迳美单元的似斑状中-粗粒正长花岗岩(± 157 Ma)、五龙寺单元的中-细粒花岗岩(± 141 Ma)和金龙桥单元的细粒正长花岗岩先后侵位于紫金地区的中部,构成了紫金超单元的复式花岗岩体。这三个单元花岗岩的岩石结构变化,显示随时间的先后,它们侵位的深度相逐渐变小。早白垩世的岩浆产物可分成喷出相和侵入相两大类岩石。其中,喷出相的岩石由下部的英安粗安质火山岩(± 125 Ma)和上部的流纹质火山岩(± 94 Ma)构成,它们大多堆积于紫金山地区 SW 部的白垩纪断陷-火山盆地中;而侵入相的岩石则主要由深成相的中寮花岗闪长岩体(± 128 Ma)和超浅成-浅成相的罗卜岭花岗闪长斑岩体构成,并主要出露于

① 陈景和等. 1991. 紫金山矿区铜矿床成矿模式研究报告.

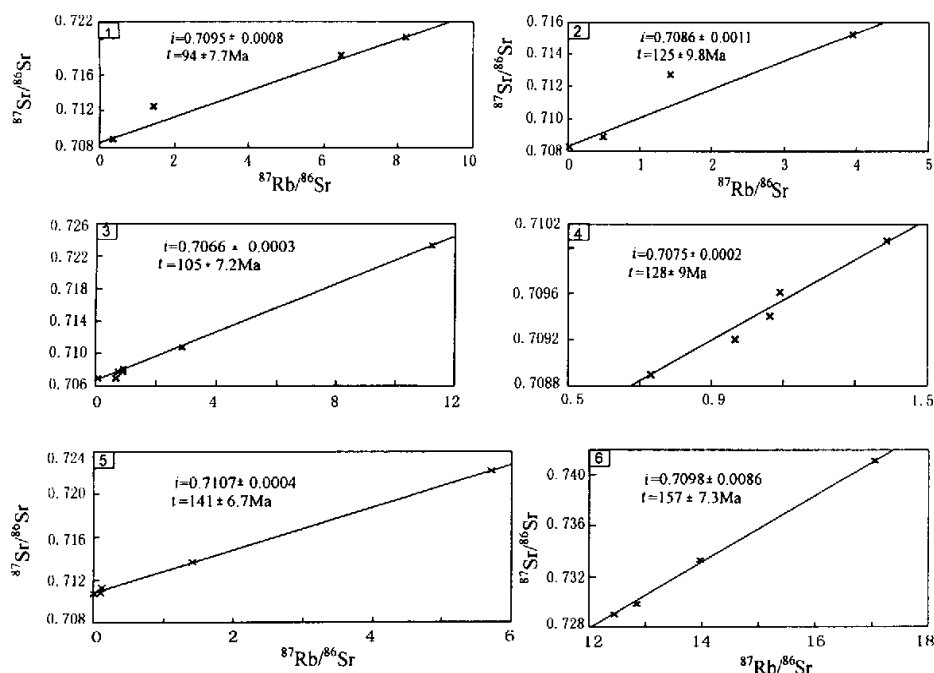


图 4 紫金山地区中生代岩浆岩的 Rb-Sr 等时线年龄

Fig. 4 The Rb-Sr isochrons of the Mesozoic magmatic rocks in the Zijinshan region

1-石帽山群上部流纹岩; 2-石帽山群下部英安岩; 3-罗卜岭花岗闪长岩; 4-中寮花岗闪长岩;

5-五龙寺单元二长花岗岩; 6-透美单元正长花岗岩

1-Upper-sequence rhyolite of the Shimaoshan Group; 2-Lower-sequence dacite of the Shimaoshan Group; 3-Luoboling granodiorite porphyry; 4-Zhongliao granodiorite; 5-Monzogranite of the Wulongsi; 6-Syenogranite of the Jingmei Unit

该区的东北部。已有的资料表明, 罗卜岭花岗闪长斑岩大面积地隐伏于本区的深部, 紫金山地区大规模的铜金矿化作用是自罗卜岭花岗闪长斑岩的侵入 ($105 \pm 7.2 \text{ Ma}$) 后才开始的。野外接触关系和同位素测年结果表明, 才溪二长花岗岩 (133 Ma) 是紫金山地区介于晚侏罗世和早白垩世之间的岩浆作用产物。

根据该区岩浆岩的时空分布、岩石成分极性(将另文发表)及其与成矿作用的关系, 笔者将紫金山地区中生代岩浆系统划分成晚侏罗世和早白垩世 2 个主要的子系统。

晚侏罗世岩浆子系统侵位于 $157 \sim \leq 141 \text{ Ma}$ 之间, 其主要受 NE 向宣和复背斜的轴部和 NE 向区域断裂控制^①(张德全等, 1991), 先后由深至浅地侵位于区域中部, 形成由透美、五龙寺、金龙桥 3 个单元复合而成的紫金山超单元花岗岩。在紫金山超单元中, 先侵位的深成花岗岩(如透美和五龙寺单元)在现今地表大面积出露, 而后侵位的较浅成的花岗岩(如金龙桥单元)则主要出现在早先侵位的深成岩之下, 反映晚侏罗世本区花岗质岩浆侵位伴随有

区域强烈的隆升作用, 这与此时区域上陆内挤压造山的构造背景是一致的(陶奎元等, 1996; 梅勇文等, 1998)。紫金山地区晚侏罗世花岗质岩浆子系统与锡成矿有关, 其中已发现了多处非经济的锡矿化。

早白垩世岩浆子系统定位于 $128 \sim 94 \text{ Ma}$ 之间, 主要受 NW 向的上杭-云霄深断裂的控制(张德全等, 1991; 高天钧等, 1998), 形成了由上部火山岩和下部侵入岩构成的具双层结构的岩浆子系统。在这个子系统中, 先喷发的英安-粗安质火山岩 ($\pm 125 \text{ Ma}$) 主要堆积于区域 SW 部的火山盆地中, 其根部是潜火山岩, 再向下则是与英安岩同源异相的中寮花岗闪长岩 ($\pm 128 \text{ Ma}$)。在火山间歇期 ($\pm 105 \text{ Ma}$), 罗卜岭花岗闪长斑岩高位侵入, 并大规模地隐伏于该区的深部, 从而导致本区大规模的铜金矿化作用。94 Ma 左右, 流纹质火山岩浆喷发和喷溢, 形成流纹质晶屑凝灰岩和流纹岩, 覆盖于上杭-碧田盆地的英安-粗安质火山岩之上。因此, 早白垩世岩浆子系统的上部自上而下分别是流纹质火山岩和英安-粗安质火山岩, 其下部自上而下分别是花岗闪

① 陈景和等, 1991. 紫金山矿区铜金矿床成矿模式研究报告。

长岩和花岗闪长斑岩。多次岩浆活动导致与火山岩穹丘相连的潜火山岩岩颈、爆破角砾岩、浅成-超浅成的花岗闪长斑岩岩凸以及大气降水-岩浆流体对流的成矿热液系统常沿同一构造通道侵位或定位,形成了本区特征的铜金矿床控矿构造-穹状火山构造。

岩石学研究(将另文发表)及时空关系显示,才溪二长花岗岩是这两个岩浆子系统之间的过渡产物。

4 地质意义

4.1 对构造环境转换的时间限制

尽管目前对我国东南沿海中生代地质构造背景的动力学机制及其细节还存在着不少争论,但大多数研究者均认为,这一地区燕山早期主要经历了挤压体制下的陆内造山作用,而燕山晚期主要是伸展作用体制下的断块活动,二者之间有不同的岩浆记录(谢家莹等,1996;梅勇文,1998;李文达等,1998)。紫金山地区中生代岩浆的两个子系统中,晚侏罗世岩浆子系统是区域挤压造山的产物,早白垩世岩浆子系统是区域拉伸作用的产物,二者之间的过渡产物——才溪二长花岗岩的年龄(133 Ma),应该是本区中生代区域挤压向区域拉伸转换的时间记录。

4.2 找矿指示意义

本区晚侏罗世岩浆子系统中发现了锡矿化。根据含锡花岗岩的岩石学和岩相学特征,可以推断,紫金山超单元中的金龙桥单元正长花岗岩应该是本区可能存在的锡矿床的成矿母岩,因为它是晚侏罗世花岗岩浆作用中的晚期分异相。因此,金龙桥单元正长花岗岩应作为紫金山地区锡矿成矿预测的重要找矿信息和预测标志。

本区大规模的铜金成矿作用发生在早白垩世(张德全,1991;陈好寿,1996;周肃等,1996),并与早白垩世岩浆子系统有成因联系。研究表明,大规模地隐伏于紫金山地区之下的花岗闪长斑岩是该区铜金矿床的控矿要素之一,该隐伏岩体的顶面产状和形态,以及早白垩世的穹状火山构造,应该作为本区铜金矿床成矿预测的重要找矿信息和预测标志。

参考文献

- 陈好寿. 1996. 紫金山铜金矿床成矿年代及同位素找矿评价研究. 大地构造与成矿学, 20(4): 348~360.
- 高天钧, 黄仁生. 1998. 福建省上杭紫金山矿田铜金银矿床类型及对比. 火山地质与矿产, 19(4): 283~294.
- 华仁民, 胡金化, 黄耀生, 李振敏. 1998. 福建紫金山矿床流体运移-反应模式及其氧同位素示踪研究. 地球化学, 27(2): 187~195.
- 黄铁心, 刘晓东, 张金城. 1996. 碧田金矿——石英-冰长石型浅成低温热液贵金属矿床. 地质地球化学, (6): 1~4.
- 李文达, 毛建仁, 朱云鹤等. 1998. 中国东南部中生代火成岩与矿床.

- 北京: 地震出版社, 159.
- 梅勇文. 1998. 武夷山造山带及其成矿作用. 江西地质, 12(2): 109~115.
- 陶奎元, 薛怀民, 毛建仁等. 1996. 中国东南沿海大(中)型浅成中低温热液矿床——斑岩型矿床评价的地质准则、成矿模式及其找矿意义. 火山地质与矿产, 17(1~2): 26~39.
- 陶奎元. 1998. 再论永梅会矿集区的找矿方向. 火山地质与矿产, 19(4): 295~303.
- 谢家莹, 陶奎元, 尹家衡等. 1996. 中国东南大陆火山地质及火山-侵入杂岩. 北京: 地质出版社.
- 余学东. 1995. 福建紫金山地区地球化学勘查及找矿预测. 有色金属矿产与勘查, 4(3): 145~152.
- 余学东, 邵跃, 李应桂. 1995. 福建紫金山铜金矿床地质地球化学找矿模型及应用. 物探与化探, 19(5): 321~331.
- 张德全, 李大新, 赵一鸣等. 1991. 紫金山矿床——我国大陆首例石英-明矾石型浅成低温热液矿床. 地质论评, 37(6): 481~491.
- 张德全, 李大新, 赵一鸣等. 1996. 五子骑龙矿床——被改造的斑岩铜矿上部带. 矿床地质, 15(2): 109~122.
- 周肃, 陈好寿. 1996. 紫金山铜金矿同位素年代学及其地质意义. 矿物岩石地球化学通报, 15(4): 216~219.

References

- Chen Haoshou. 1996. The research on the mineralization chronology and isotopic exploration assessment for Zijinshan copper-gold deposit. *Geotectonica et Metallogenia*, 20(4): 348~360 (in Chinese).
- Gao Tianjun and Huang Rensheng. 1998. Comparison of typical characters of Zijinshan copper-gold-silver deposit in Shanghang, Fujian province. *Volcanology & Mineral resources*, 19(4): 283~294 (in Chinese).
- Hua Renmin, Hu Jinhua, Huang Yaosheng et al.. 1998. Fluid migration-reaction model of Zijinshan deposit as traced by variation of oxygen isotope compositions. *Geochimica*, 27(2): 187~195 (in Chinese).
- Huang Tiexin, Liu Xiaodong and Zhang Jincheng. 1996. The Bitian gold deposit—a quartz-adularia type epithermal precious metal deposit (in Chinese).
- Li Wenda, Mao Jianren, Zhu Yunhe et al.. 1998. Mesozoic igneous rock and deposits in southeast China. *Seismological Press*, Beijing. 159 (in Chinese).
- Mei Yongwen. 1998. The Wuyishan orogen and its ore-forming process. *Jiangxi Geology*, 12(2): 109~115 (in Chinese).
- Tao Kuiyuan, Xue Huamin, Mao Jianren et al.. 1998. Minerogenetic model, prospecting significance and geological criteria for evaluation of large-(middle)-scale epithermal-mesothermal deposits in southeastern coast of China. *Volcanology & Mineral resources*, 17(1~2): 26~39 (in Chinese).
- Tao Kuiyuan. 1998. On researching for minerals in Yongding-Meixian-Huichang mineralization-concentrated region. *Volcanology & Mineral resources*, 19(4): 295~303 (in Chinese).
- Xie Jiaying, Tao Kuiyuan, Yin Jinheng et al.. 1996. Mesozoic volcanic geology and volcano-intrusive complexes of southeast China continent. *Geological Publishing House*, Beijing (in Chinese).
- Yu Xuedong. 1995. Geochemical exploration and prospecting prediction in the Zijinshan region, Fujian province. *Geological Exploration for Non-ferrous Metals*, 4(3): 145~152 (in Chinese).
- Yu Xuedong, Shao Yue and Li Yungui. 1995. The geological-geochemical prospecting model of the Zijinshan copper-gold deposit and its application. *Geophysical & Geochemical exploration*, 19(5): 321~331 (in Chinese).
- Zhang Dequan, Li Daxin, Zhao Yiming et al.. 1991. The Zijinshan deposit: the first example of quartz-alunite type epithermal deposits in the continent of China. *Geological Review*, 37(6): 481~491 (in Chinese).
- Zhang Dequan, Li Daxin, Zhao Yiming et al.. 1996. The Wuziqilong deposit—the reformed upper part of a porphyry copper deposit. *Mineral Deposits*, 15(2): 109~122 (in Chinese).
- Zhou Su and Chen Haoshou. 1996. Isotopic geochronology and its geological significance of the Zijinshan copper-gold deposit. *Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry*, 15(4): 216~219 (in Chinese).