

粤东惠来铜（多金属）矿床地质特征及控矿因素

Geological Characteristics and Ore-Control Factors of Copper(Polymetallic) Deposits in Huilai, Eastern Guangdong

徐晓春 岳书仓 谢巧勤 李永森 李 援

（合肥工业大学，合肥 230009）

Xu Xiaochun, Yue Shucang, Xie Qiaoqin, Li Yongsen, Li Yuan
(Hefei University of Technology, Hefei 230009, Anhui, China)

摘 要 粤东地区是我国东南沿海重要的金属成矿带，以钨、锡矿化为主，也有铜（多金属）矿床产出。文章系统总结了该区两个代表性的铜（多金属）矿床的地质特征，重点论述了基底构造和断裂构造、岩浆作用和火山活动与成矿的关系等，说明了区域构造和岩浆作用对成矿的控制，指出铜矿化是区域岩浆演化晚期分异热液沿火山机构上升富集沉淀成矿。

关键词 铜（多金属）矿床 控矿因素 成因 火山作用 粤东惠来

粤东地区西以莲花山断裂带为界，东濒南海。该区中生代岩浆活动强烈，伴有强烈的金属矿化，其中铜矿化在区内普遍但较分散，具有工业规模或工业利用价值的铜矿床很少，仅有惠来钟丘洋、扫帚地两个铜（多金属）矿床具有工业意义。扫帚地铜（铅锌）矿床位于西岭锡矿床的东侧，现已开采；钟丘洋铜（铅锌）矿床是上个世纪九十年代初才发现和评价的，铜金属储量勉强达到中型规模，但埋藏较深，品位偏贫，目前开采尚无经济效益。本文拟在前人评价、勘查和初步研究的基础上，探讨两矿床的地质特征及控矿因素，以期对粤东地区铜（多金属）矿床的进一步找寻和研究提供依据。

1 矿床地质特征

1.1 钟丘洋铜（铅锌）矿床

钟丘洋铜（铅锌）矿床位于石流潭火山盆地东部，高要-惠来 E-W 向深断裂带与区域性 NW 向陂沟断裂构造交汇处，同时受区域 NE 向和 S-N 向断裂的影响。

矿区出露地层主要为上侏罗统高基坪群火山岩，为一套酸性-中酸性交互产出的火山碎屑岩夹酸性熔岩，岩性主要为凝灰岩、流纹质角砾凝灰岩、英安质含砾晶屑凝灰岩（英安质碎斑熔岩）、流纹质晶屑凝灰岩等。矿区为单斜构造，走向北西，倾向南西，倾角 10~30°。在侵入岩接触带附近，岩层局部挠曲。区内断裂构造发育，根据其产出方向大致可分为北东、北西和近南北向三组。北西向断裂在矿区最为发育，是重要的控矿构造^①。区内节理、裂隙构造发育，也有北西向和近南北向两组，并发育有层间裂隙，裂隙面普遍充填褐铁石英脉或褐铁矿，裂隙性质属张扭性^②。

矿区侵入岩主要为中粒斑状黑云母二长花岗岩，其次为中细粒黑云母花岗岩、英安玢岩、石英（花岗）斑岩及中基性脉岩等。中粒斑状黑云母二长花岗岩出露于矿区东部和外围西部，岩体西部边缘侵入于上侏罗统高基坪群火山岩中，东部与火山岩呈断层接触，接触面走向北西，倾向北东，倾角 52~85°，为矿区最早侵入的岩体。中细粒黑云母花岗岩体形成略晚，分布于矿区东南，出露面积较小，岩体呈北西向延伸。英安玢岩形成更晚，分布于矿区西南侧地形相对低洼地段，在地表呈北西向展布，铜铅锌矿化带方向与英安玢岩展布方向一致。中基性脉岩有闪长玢岩、安山玢岩和煌斑岩，这些脉体规模较小，为矿区最晚形成的侵入体。

第一作者简介 徐晓春，男，1961 年生，教授，博士生导师，主要从事矿床学和岩浆岩岩石学的教学和研究工作。

① 广东省地质矿产局 756 地质队. 1990. 广东省惠来县钟丘洋铜、铅、锌矿普查报告。

矿床产于英安玢岩体接触带 300 m 范围内的高基坪群火山岩中, 火山岩为隐爆潜火山相含自碎角砾英安质凝灰熔岩与喷出相含砾流纹质凝灰岩。I 号矿化带位于矿区中偏东, 以铜矿体为主, 距英安玢岩接触带 100 m, 地表主要为受北西向张扭性裂隙控制的石英脉、褐铁石英脉带。地表脉体呈羽列分布, 剖面上与地层倾向斜交。矿体多呈不规则透镜状和短脉状, 受裂隙控制, 以充填为主, 品位较高, 矿带浅部含烟灰状辉铜矿和褐铁矿, 中深部矿体由黄铜矿等硫化物组成。II 号矿化带为铅锌矿体, 呈北西向展布, 分布于矿区西南部, 表面为一疏松土状的含铅褐铁矿脉或含铅褐铁石英脉, 沿北西向张扭性断裂充填产出, 地表至浅部为氧化矿石, 中深部由含方铅矿、闪锌矿等硫化物矿物矿化的火山凝灰岩组成。

矿石构造主要为细脉浸染状、浸染状, 少量为致密块状。根据矿石的结构构造及矿物的共生组合关系, 成矿作用可以划分为硫化物和碳酸盐两个阶段。围岩蚀变主要有黑云母化、硅化、绢云母化、绿泥石化和碳酸盐化等, 第一阶段主要为硅化、绢云母化、绿泥石化等, 第二阶段主要为硅化、碳酸盐化。在空间上, 硅化在上部, 绢云母化、绿泥石化在下部; 在时间上, 硅化发育较早, 其次是绿泥石化等, 碳酸盐化较晚, 碳酸盐化的出现标志着成矿作用趋于结束。

1.2 扫帚地含铜硫化物矿床

扫帚地含铜硫化物矿床位于区域尖峰洞火山岩盆地的东南缘, 西岭风地山锡矿床东侧约 70 m 处。矿区出露地层为下侏罗统金鸡组沉积岩和上侏罗统高基坪群火山岩。前者为一套海陆交互相砂页岩建造, 主要由长石石英砂岩、细砂岩、页岩等组成, 后者为一套陆相喷发的流纹-英安岩建造, 以熔岩为主, 夹有页岩和火山碎屑岩。

区内断裂以北西向为主, 其中较大的 F_1 断裂斜贯矿区, 该断裂及与之平行的北西向断裂在矿区外围均明显地切入区域二长花岗岩中。区内浅成小岩体及脉岩发育, 主要有英安玢岩、花岗闪长玢岩、石英闪长玢岩、花岗斑岩等一系列酸性小侵入体。这些岩体均侵入于金鸡组砂页岩和高基坪群火山熔岩、火山碎屑岩中, 与围岩界限清晰, 呈明显的侵入式接触; 小岩体均发生不同程度的锡或铜的蚀变和矿化。

扫帚地含铜硫化物矿床为一矿筒, 产于矿区北西向 F_1 断裂下盘的英安玢岩中, 其形成明显晚于锡矿化。硫化物矿筒是由早期北东向主导断裂构造派生的一组平面上为左行排列、延伸方向为叠瓦式排列的张裂隙, 后受南北向挤压而成, 同时派生出北东和北西向两组裂隙出现于岩筒的周围, 矿筒上部为铅锌矿体, 下部为铜矿体。

矿石以细脉浸染状、脉状为主, 少量角砾状, 成矿作用表现为充填和交代皆有出现。根据矿物组合和矿脉间的相互关系, 成矿作用可划分为硫化物和碳酸盐两个阶段, 第一阶段成矿作用占主导地位, 形成铅锌铜硫化物, 第二阶段形成少量铜硫化物, 并有方解石脉形成。围岩蚀变不甚强烈, 第一阶段以硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化为主, 上部为硅化、黄铁矿化, 深部绿泥石化、绢云母化增强, 第二阶段以碳酸盐化、硅化为主, 伴有微弱绿泥石化。

2 构造与铜(多金属)成矿的关系

2.1 基底构造与铜(多金属)成矿的关系

研究区位于南岭东西向构造-岩浆带的东端, 又位于东南沿海北东向火山岩带的西南段。区域基底属华夏板块, 是以武夷山加里东变质地体为核心向南生长的陆前边缘地体, 印支造山旋回改变了该地体的性质, 大洋逐渐向南撤退, 至白垩纪海水整个退出大陆。上三叠统地层以区域性高角度不整合覆盖于老地层之上。区域重力异常总的趋势是自 NW 向 SE 逐渐升高, 反映北部为慢拗, 南部为慢坡。区域地壳具大陆型多层结构, 莫氏面等深线图和均衡重力异常图既反映区域基底东西向、北东向构造交汇复合的特征, 也反映莫氏面由东西向、北倾转为北东向、北西倾的弧面特征(陶奎元等, 1998)。

区域基底构造线以东西向、北东向和至北西向为主。推测加里东期华夏板块与扬子板块斜向仰冲会聚, 受东西向挤压作用形成东西向挤压带主体, 配套产生北东、北西向扭裂和南北向张裂的基底构造格架, 并最终定型, 控制着火山盆地发育、火山岩盖层空间分布乃至火山期后地壳垂直运动引起的火山岩基底隆起、火山穹隆区的剥蚀作用。研究区内未见基底老地层出露, 火山岩盆地不整合叠置在上三叠统和下侏罗统连续沉积地层之上。钟丘洋铜矿床和扫帚地铜矿床分别位于石流潭火山岩盆地东侧和尖峰洞火山岩盆地东南缘火山岩基底穹隆构造之上(图 1), 火山岩基底刚被剥露。因此, 基底构造对铜成矿的控制主要表现为区域上地幔相对隆起对火山-岩浆作用的控制和对成矿物质和热流传递的控制、基底构造对火山岩盆地形成和破坏的控制, 进而控制铜矿化的形成、分布和保存。

2.2 断裂构造与铜(多金属)成矿的关系

研究区内断裂构造发育, 空间展布方向多组, 包括东西向、北东向、北西向及南北向。东西向构造是南岭巨型纬向带的次级构造带, 主要表现为基底隐伏断裂, 其控制区内岩浆活动的特征、岩浆岩的空间分布和火山岩盆地的展布。其中发育

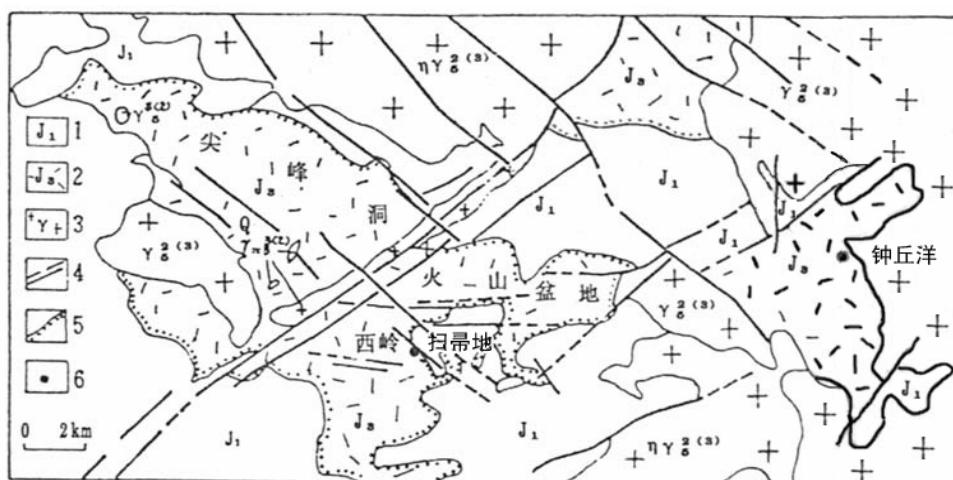


图1 粤东惠来铜矿床分布及区域地质图

1—金鸡组砂页岩; 2—高基坪群火山岩; 3—(二长)花岗岩; 4—断裂; 5—不整合界线; 6—矿床

于东莞、海丰、惠来一线的高要—惠来东西向断裂带横贯研究区,在航磁、重力及地震资料上均有清楚的显示,地表也可见糜棱岩化、片理化和构造角砾岩带发育(谢奕克等, 1989)。

北东向断裂带与东西向隐伏断裂交接复合,构成了区域基本菱形断块构造格架。北东向断裂

带一般晚于东西向断裂带,规模也甚宏伟,多属区域性断裂,粤东区域上自西向东依次是海丰-大埔断裂带、普宁-潮安断裂带、惠来-饶平断裂带及长乐-南澳断裂带(入海),通过研究区的是惠来-饶平断裂带,自饶平以北起经澄海、汕头、朝阳至惠来,全长 150 km,受沿海第四系覆盖而断续出露。该方向断裂带控制着区域岩浆岩的分布、成岩后的剥蚀作用、金属矿床的分带。西部海丰-大埔断裂带和普宁-潮安断裂带主要发育锡矿化,伴有银金铅锌矿化,东部惠来-饶平断裂带发育铜(铅锌)矿化,也有锡、钨矿化。

区域北西向断裂带由一系列密集的断续发育的短断裂组成,在断裂带上常见其切割东西向、北东向、南北向断裂,同时也切割区域东西向分布的 I、II 旋回火山机构及早期花岗岩,部分 III 旋回火山机构沿此断裂分布,大多数河流沿此方向流泄。该方向断裂及其与北东向断裂交汇处是研究区铜矿床的产出部位。因此北东向断裂在本研究区主要表现为控制着火山盆地的展布和火山岩的分布,北东向和北西向断裂联合控制着矿床的产出,矿体则受控于北西向断裂和由此而形成的裂隙群。

3 岩浆活动和火山作用与铜(多金属)成矿的关系

粤东地区燕山期岩浆活动强烈,中生代火山岩广泛发育。早期以二长花岗岩为主,伴有 I 旋回火山岩,中期以黑云母花岗岩为主,伴有 II 旋回火山岩,晚期为偏碱性的花岗岩和双峰式火山岩。铜矿化与该区早期岩浆活动末期的中-中酸性花岗闪长斑岩、英安玢岩有关。

在扫帚地,含铜硫化物矿化略晚于赋矿的花岗闪长斑岩,而该花岗闪长斑岩呈岩筒状侵入于西岭赋锡碎斑熔岩中,后者 Rb-Sr 等时线年龄为 150.87 ± 5.11 Ma (陈惜华等, 1986)、 152 ± 4 Ma (杨世义等, 1987)。矿区 F_1 断裂控制着花岗闪长斑岩体,同时切割、破坏碎斑熔岩体。 F_1 断裂是区域性的松柏岭断裂之一部分,该断裂及与之平行的北西向断裂在矿区外围明显地切入二长花岗岩体中。因此含铜硫化物矿化明显晚于二长花岗岩体和碎斑熔岩的形成。

在钟丘洋,二长花岗岩侵入于高基坪群火山岩中,北西向的 F_2 断裂分别切割二长花岗岩和火山岩。矿区英安玢岩侵入于火山岩中。根据地质产出特征,钟丘洋铜矿床矿脉展布方向与英安玢岩一致,受北西向断裂控制,因此,矿床形成于早期花岗岩和火山岩形成之后,与矿区英安玢岩岩浆活动有关。

据区域中生代花岗质火山-侵入杂岩岩石学、岩石化学和微量元素、稀土元素、同位素地球化学的系统研究,表明其主要是由古老地壳岩石经较低程度的平衡部分熔融作用形成的。源岩物质建造为上地壳沉积物与先存幔源火山岩组成的混合物或互层,成熟度中等(徐晓春等, 1994; Xu et al., 2000)。在部分熔融过程中,由于选择性熔融,成矿元素与岩石中易熔融的酸性组分尤其是挥发分 F、Cl 和 H_2O 等一起进入深熔岩浆中,形成母岩浆中铜、银、金等金属元素初步富集,锡富集尤为明显。如区域中生代早期花岗质火山-侵入杂岩中的酸性火山岩、二长花岗岩、黑云母花岗岩、碎斑熔岩的成矿金属元素 Cu 含量分别为 51.2×10^{-6} 、 57.03×10^{-6} 、 21.0×10^{-6} 、 48.6×10^{-6} ,较世界平均花岗岩 Cu 含量 20×10^{-6} (刘英俊等, 1987) 均高。

区内火山-侵入杂岩岩浆形成以后,在岩浆洞室中不断地发生分异演化,上升侵位结晶或喷发冷凝。在岩浆结晶分异过

程中, 残余熔体富集固相-液相分配系数 $K_D^{sl} < 1$ 的元素, 贫化 $K_D^{sl} > 1$ 的元素, 而成矿金属元素及其它杂质元素 $K_D^{sl} < 1$ 。因此, 随着岩浆的分异演化, 火山作用主旋回末期火山-侵入杂岩的深部岩浆房中的残余岩浆逐渐富集成矿金属元素, 并且越是演化到晚期, 分异程度越高, 其残余岩浆中成矿金属元素的丰度也越高。从岩浆演化来看, 铜成矿与区域中生代早期岩浆活动演化末期分异程度较高的中-酸性次火山岩体密切相关, 后者铜(铅、锌)等成矿金属元素明显进一步富集(表1)。

表1 矿区中-酸性次火山岩的成矿金属元素含量

岩性	$w_B/10^{-6}$						
	Cu	Pb	Zn	Sn	W	Ag	Au
扫帚地矿区闪长玢岩	87.8	41.2	196	30	10	0.13	0.03
扫帚地矿区花岗闪长斑岩	113.2	82.5	205	89.1	12	0.15	0.04
钟丘洋矿区英安玢岩	174.50	112.66	195.30	18	15	0.05	0.006

区域铜成矿作用受火山作用控制, 矿床赋存在火山管道相或爆发角砾岩带中。扫帚地含铜硫化物矿床为一矿筒, 产在矿区NW向 F_1 断裂下盘的英安玢岩中。矿筒NE、NW和S-N向断裂控制, 产状变化大, 总的趋势是平面投影往南东方向迁移, 倾角不断变陡。矿石以细脉浸染状、脉状为主, 少量角砾状。成矿作用中充填和交代皆有出现, 且明显受英安玢岩岩筒控制, 是岩浆分异热液沿火山通道充填交代所致。钟丘洋铜矿床产于英安玢岩体接触带300 m范围内的高基坪群火山岩中, 主要控矿构造为隐爆潜火山相含自碎角砾英安质凝灰熔岩与喷出相含砾流纹质凝灰岩的接触带。这种隐爆潜火山相含自碎角砾英安质凝灰熔岩形成于火山作用主旋回结束之后, 由于火山塌陷作用使火山通道堵塞, 次火山活动的岩浆顶部聚集了高温高压富含挥发分的气液混合流体, 在次火山岩浆山侵入过程中遇到了低压环境突然膨胀爆炸, 产生隐爆作用并形成这套特殊的角砾岩——隐爆角砾岩。由于隐爆作用产生巨大的应力使凝灰熔岩发生震碎、震裂, 为成矿提供通道和容矿空间。

4 结 论

综上所述, 粤东惠来铜(多金属)矿床具有明显的地质特征, 矿床的形成受到多重因素的控制, 认识该区铜(多金属)矿床的特征和控制因素对于该区以后的找矿工作有重要的指导意义。

(1) 粤东惠来铜(多金属)矿床矿体发育与区域多组断裂的交叉复合部位, 多以脉状、细脉浸染状产出, 蚀变不甚强烈, 矿物组合简单。

(2) 铜成矿受区域地壳结构和基底构造的控制明显, 主要表现为区域上地幔相对隆起对火山-岩浆作用的控制和对成矿物质及热流传递的控制、基底构造对火山岩盆地形成和破坏的控制, 进而控制铜矿化的形成、分布和保存。

(3) 铜矿床产于火山盆地中, 受火山机构控制, 赋存在火山管道相或爆发角砾岩带中; 同时火山机构和矿床又位于区域性的断裂的交叉复合部位, 它们共同受区域断裂构造控制。此外, 矿床赋存部位火山岩基底刚被剥露, 显示区域成岩成矿以后的剥蚀作用对于矿床保存的影响。

(4) 矿床明显受岩浆活动的控制, 矿床形成于火山作用背景下火山作用主旋回结束之后, 大规模岩浆侵入作用和喷发作用已经结束, 残余岩浆熔体局部浅成侵位或隐爆, 而深部岩浆房不断分异的含矿气液混合流体沿着火山机构及其裂隙上升充填成矿, 交代作用较弱。

参 考 文 献

- 陈惜华, 胡祥昭, 从献东. 1986. 西岭锡矿床岩体含矿性与成因类型的研究. 地球化学, (1): 50~57.
 刘英俊, 曹励明. 1987. 元素地球化学导论. 北京: 地质出版社.
 陶奎元, 等. 1998. 东南沿海火山岩基底构造及火山-侵入作用与成矿. 北京: 地质出版社.
 谢舜克, 郭坤一. 1989. 中国东南岩石圈板块边界变质带. 北京: 地质出版社.
 徐晓春, 岳书仓. 1994. 粤东地区中生代火山岩与侵入岩的成因关系及成因类型. 合肥工业大学学报.
 杨世义, 刘后群, 张秀兰, 等. 1987. 西岭斑岩锡(铜)多金属矿床成矿特征及其成岩成矿物质来源的讨论. 锡矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 383~387.
 Xu X C, Xie Q Q and Yue S C. 2000. Mesozoic volcanic and intrusive rocks in eastern Guangdong province, China: genesis, types and petrologic implication. Scientia Geologica Sinica, 9(3): 253~262.