

江西九瑞地区两个成矿系列的铜矿床

季绍新 王文斌 邢文臣 巫怀仁 周汉民

(地质矿产部南京地质矿产研究所)

薛运义

(江西地矿局赣西北地质大队)

内容提要: 九瑞地区是长江中下游铜矿床的主要矿田之一。其铜矿可分成两个成矿系列: 一是与海底喷气沉积活动有关的矿床; 另一是与浅成超浅成侵入活动有关的矿床。上述不同成因的铜矿床常常可以叠加在一起, 形成复成因矿床, 即所谓“三位一体”铜矿床。

本文根据九瑞地区城门山、武山、封三洞等矿区的矿床地质特征、成矿地质环境等对两个成矿系列铜矿床进行了对比。

关键词: 铜矿床 含铜黄铁矿型矿床 成矿系列 江西九瑞地区

一、地质背景

九瑞矿田位于扬子准地台下的下扬子台坳西端, 为准地台上的边缘活动带。其南为江南地轴, 北为淮阳隆起。出露地层为奥陶系中上统灰岩、页岩, 志留系上统纱帽组砂岩, 石炭系上统黄龙组含砾砂岩、砂岩、白云岩、灰岩, 二叠系下统栖霞组灰岩、茅口组灰岩, 上统龙潭组碳质页岩夹煤层、长兴组灰岩, 三叠系下统大冶组灰岩、中统嘉陵江组灰岩、白云岩、白云岩, 下第三系武宁群紫红色砂砾岩、细砂岩, 第四系粘土、亚粘土等。

区内褶皱断裂发育, 由六个轴向相互平行的 NEE 向背、向斜组成紧密线状的褶皱带。城门山、武山、封三洞等矿区分别产于该褶皱带的长山—城门山背斜、横立山—黄桥向斜、邓家山—通江岭向斜之一翼。断裂主要为 NWW 及 NEE 向, 其次为 NNW 及 NE—NNE 向。前二者控制了本区岩浆岩和矿床的展布, 后二者为前二者的共轭构造。

岩浆岩有两类: 一是海西期的火山岩 ($345 \pm 37\text{Ma}$, 顾连兴, 1984); 另一是印支—燕山期石英闪长玢岩 ($204-205\text{Ma}$)、花岗闪长斑岩 ($135-196\text{Ma}$) 及石英斑岩 (110Ma)。前者和含铜黄铁矿型矿床关系密切; 后者与矽卡岩型及斑岩型铜、金、钼矿床成因相关。

九瑞地区是长江中下游铜矿床的主要矿田之一。根据程裕淇 (1979)^[1] 对成矿系列的定义, 我们把长江中下游的铁铜矿床 (玢岩铁矿除外) 划分为两个成矿系列:

1. 与海底喷气活动有关的成矿系列: 是指喷射到海底环境的任何热液矿床 (Sangster, D. F., 1985)^①。它是水下环境, 既有热液, 又有海水, 二者相互发生交换形成的矿石矿物堆积体。我们把产于上石炭统黄龙组底部碎屑岩与碳酸盐岩之间的层状矿体归入本系列, 它包括赤铁矿-菱铁矿矿床、含铜(金)黄铁矿矿床、含铜磁黄铁矿矿床、黄铁矿矿床。代表矿

① Sangster, D. F., 1985, 层控贱金属矿床及其成矿作用。国外矿床地质增刊

区有长龙山、城门山IV矿带、武山北矿带、新桥、马山、冬瓜山、峙门口等。九瑞地区的含铜黄铁矿矿床属于本系列，但受到后期的热液叠加改造。

2. 与中酸性浅成超浅成侵入活动有关的矿床：系指侵入岩与石炭-三叠纪地层的接触带中及岩体内形成的矿床。主要类型有矽卡岩型铁、铜矿床，斑岩型铜、钼矿床，脉状铜、金矿床。代表矿区有城门山、武山、封三洞、铜绿山、凤凰山、洋鸡山、铁山、程潮、鸡笼山等。九瑞地区的斑岩型、矽卡岩型铜矿床属于此系列。

上述系列中不同成因的铜矿床，在特定的地质条件下常常可以叠生在一起，形成复成因矿床，黄恩邦（1980）^①称为“三位一体”铜矿床，李文达（1982）概括为“扬子型”铜矿床，并被日本、澳大利亚等国外同行所引用。

现将九瑞地区两个成矿系列内铜矿床的特征进行比较（表1），以建立其判别标志。

表1 九瑞地区两个成矿系列铜矿床特征对比

Table 1. Comparison of characteristics between copper deposits of two metallogenetic series in Jiurui area

地质特征	与海底喷气活动有关的成矿系列	与中酸性浅成超浅成侵入活动有关的成矿系列
大地构造背景	克拉通内断陷盆地，在扬子海盆的次级盆地中	准地台区，复式背斜的翼部
控矿构造与成矿时代	NWW向生长断裂。海西期（345±37Ma），燕山期热液叠加改造	NEE与NW向断裂交汇处。印支—燕山期（110—205Ma）
容矿岩系与岩相	沉积碎屑岩与碳酸盐岩的过渡带，有时有火山岩、硅质岩，浅海盆地相	碳酸盐岩与岩体的接触带及斑岩体内
矿体形状和产状 围岩蚀变	层状，似层状，单个矿体大，长厚比大弱。主要是矿体下盘硅化、绢云母化	透镜状、似层状、单个矿体规模较小，长厚比小强。接触带为矽卡岩化，斑岩体内硅化、钾化、绢云母化
矿物组合	简单。主要为黄铁矿、胶黄铁矿、黄铜矿及石英	复杂。主要是黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿及矽卡岩矿物
矿石结构	复杂、具沉积、成岩、变质及热液组构及喷气沉积的剖面组构序列	简单。主要为热液成因组构
微量元素	Co、Ni小于100ppm，块状矿石Co/Ni略大于1，层状矿石Co/Ni小于1	Co、Ni大于100ppm，Co/Ni大于1
稳定同位素	$\delta^{34}\text{S}$ 为+0.4—+5.96‰的低正值，剖面上上下小上大。铅主要为正常铅；H、O同位素表明为大气降水、建造水、岩浆水与海水混合而成； $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.70944—0.71508	$\delta^{34}\text{S}$ 值为+0.65—4.1‰的低正值，剖面上为上下小下大。具正常铅及少量放射成因铅；H、O同位素表明主要为岩浆水， $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0.7069—0.7074
成矿热力学条件	温度100—200℃；压力2MPa；pH6.3—7.55，属弱酸弱碱性环境；相对盐度8wt%； $f_{\text{O}_2} = 10^{-43}$ — 10^{-50} ， $f_{\text{S}_2} = 10^{-23}$ ；以 H_2S 、 HS^- 为主	温度中—高，245—480℃；压力5.0MPa—58.0MPa；pH 7.7—9.8，属弱碱—碱性环境，相对盐度7—12wt%， $f_{\text{O}_2} = 10^{-31}$ 及 10^{-38} ； $f_{\text{S}_2} = 10^{-18}$ — 10^{-17} ；以 SO_4^{2-} 、 S^{2-} 为主
成矿作用及成矿机理	大气降水、海水、建造水深循环萃取围岩中成矿元素形成含矿热液喷出海底与海水硫酸盐中分解出的 H_2S 、 HS^- 作用成矿	岩浆期后热液作用成矿
找矿方向	沿黄龙组浅海盆地相的边缘生长断裂找矿	沿碳酸盐岩和侵入岩接触带及侵入体内找矿

二、两个系列矿床的主要地质特征

海底喷气沉积成因的含铜黄铁矿型矿床呈层状、似层状产出，产状与围岩基本一致（图1），同步褶皱，单个矿体规模较大，一般长1600—2000m，延深600—680m，平均厚6—26m，长厚比大，达77—267。矿石的物质成分简单，主要为黄铁矿、胶黄铁矿、黄铜矿及石英，其次为菱铁矿、方解石、白云石。围岩蚀变微弱，主要是层状矿体下盘与网脉状矿石共生的绢云母化、硅化、高岭土化以及矿体顶板的大理岩化和火山岩中的高岭土化。

矿石的组构特征复杂。宏观上具有典型的喷气沉积矿床剖面结构序列，如武山矿区自上而下为：白云岩（无矿）→火山岩（含浸染状铜矿）→块状含铜黄铁矿矿石（晶粒状结构为主）→层纹状含铜胶黄铁矿矿石（胶状、层纹状构造为主）→碎屑岩（具网脉状矿石）→碎屑岩（无矿）。其内部结构，具有沉积、成岩、变质和热液叠加改造的组构特征。如胶状、层纹状、条带状、块状、碎屑状、角砾状、鲕状、球粒状、风箱状、草莓状等沉积、成岩的组构特征；又具有三晶嵌接、定向变晶、填加、镶嵌等变质结构构造特征；还具有熔蚀、交代等热液作用的组构特征。

与中酸性浅成超浅成侵入活动有关的热液矿床，形状复杂（图1），主要呈透镜状、似层状。单个矿体大小不一，一般长750—880m，延深300—340m，厚30—40m，长厚比小，为22—24。产状与岩体产状一致，顺层交代时与围岩大致平行。矿石的物质成分复杂，主要为黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿，次为磁黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿。脉石矿物种类繁多，主要为石榴石、透辉石、石英、方解石等。围岩蚀变强烈，除了矽卡岩化外，尚有硅化、钾化、绢云母化、绿泥石化等。矿石的组构成因单一，为热液期的晶出结构和交代熔蚀结构，如自形—他形粒状结构、固溶体分离结构、周边结构、核心交代结构、假像结构等。

上述两个系列矿床的稳定同位素特征也有明显的区别。含铜黄铁矿型矿床中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-1.7\text{—}+7.8\%$ ，平均值为 $+0.49\text{—}+5.69\%$ ，为接近零值的低正、负值。在剖面上显示上大下小的数值（图2），例如武山矿区，在 -40m 标高时 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $+2.32\%$ ，在 -800m 标高时 $\delta^{34}\text{S}$ 值为0。这是因为当时的热液喷口位于 -40m 标高附近（根据在火山口的位置推测），而延深方向远离喷口，具有较高的氧化环境，致使黄铁矿中 $\delta^{34}\text{S}$ 值减少。而热液矿床中黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-1.04\text{—}4.61\%$ ，平均值 $+0.65\text{—}4.1\%$ ，也为接近零值的低正值和低负值。但是它们在剖面上的变化和含铜黄铁矿型矿床正相反（表2），即由岩体中心向围岩、由深部到浅部硫同位素逐渐变小，为扩散分馏的结果。由此不难看出，这两个成矿系列显然是在不同的条件下形成的。

两成矿系列矿床中铅同位素也有明显的不同。含铜黄铁矿型矿床中，除一个样投点落入上地壳外（图3），其余都落入多伊单阶段演化曲线和零等时线所夹的区内，为正常铅， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 约为 18 ± 0.25 ， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 约为 15.5 ± 0.25 ，分布相对集中。其多伊模式年龄以300—400Ma为主，少数为160Ma及540Ma，显示了同生沉积伴有后期热液叠加改造的特点。而在岩浆热液矿床中，则相对呈弥散状分布，除正常铅外，并多次出现异常铅， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值为17.05—20.80， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值为15.45—15.931。其年龄值相对较宽，既有940Ma的老铅，也有300—400Ma及150Ma的铅，甚至出现负值的放射成因铅，显示了更加广泛的多

① 黄恩邦等，1980，城门山“三位一体”铜矿床。江西地质，第3、4合刊

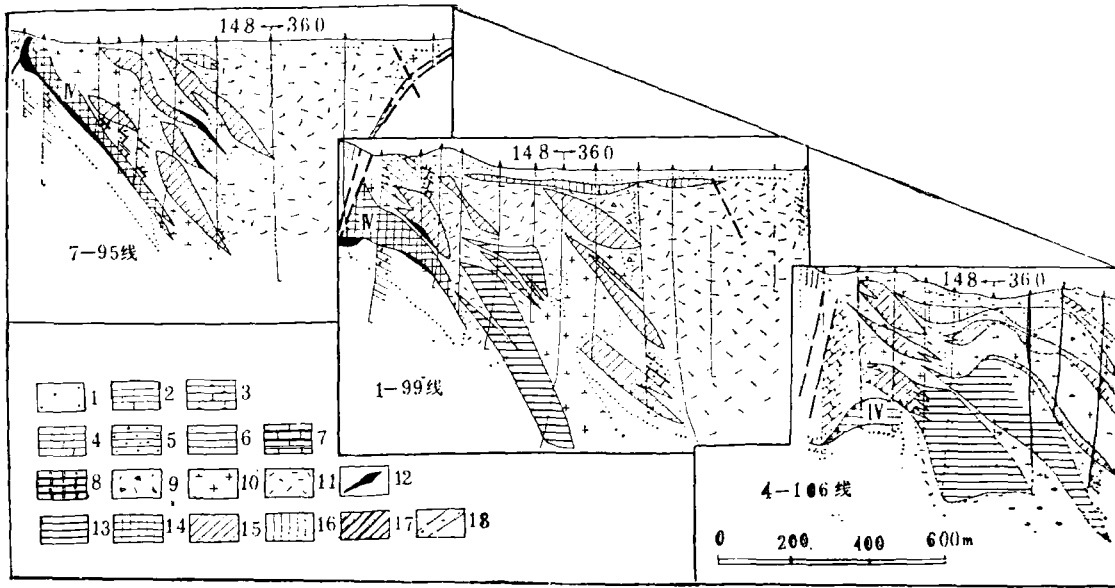


图1 城门山矿区剖面图

1—第四系；2—下三叠统大冶组；3—下二叠统栖霞组；4—5—上石炭统黄龙组；4—碳酸盐岩；5—碎屑岩；6—上志留统纱帽组；7—硅化灰岩及大理岩；8—矽卡岩；9—隐爆角砾岩；10—花岗闪长斑岩；11—石英斑岩；12—硫铁矿矿体；13—辉钼矿矿体；14—层状含铜黄铁矿矿体；15—矽卡岩型铜矿体；16—斑岩型铜矿；17—褐铁矿；18—断层角砾岩

Fig. 1. Geological sections of the Chengmenshan ore district.

1—Quaternary; 2—Lower Triassic Daye Formation; 3—Lower Permian Qixia Formation; 4—5—Upper Carboniferous Huanglong Formation; 4—Carbonaceous rocks; 5—Clastic rocks; 6—Upper Silurian Shamao Formation; 7—Silicified limestone and marble; 8—Skarn; 9—Cryptoexplosive breccia; 10—Granodiorite porphyry; 11—Quartz porphyry; 12—Pyrite orebody; 13—Molybdenite orebody; 14—Layered Copper-bearing pyrite orebody; 15—Skarn type copper orebody; 16—Porphyry type copper deposit; 17—Limonite; 18—fault breccia.

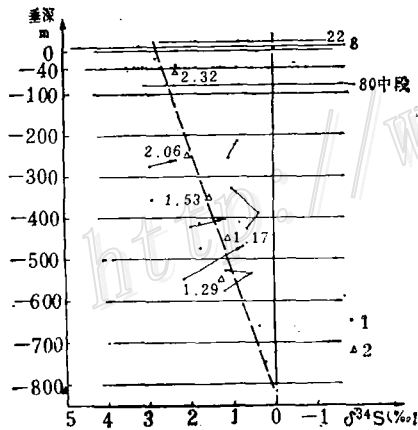


图2 武山含铜黄铁矿型矿床中硫同位素垂向分布情况

图中虚线表示平均斜率，代表矿层沿倾斜方向（延深方向）的变化；箭头线表示同一钻孔中不同深度样品数据连线，表示时间上的变异；1—采样位置；2—100m中段平均值

Fig. 2. Vertical distribution of sulfur isotope composition in the Wushan copper-bearing pyrite deposit.

The broken line stands for average slope, indicating the variation of ore bed along the dip; the arrow line represents connection of data at different depths in the same drill hole, indicating variation in time; 1—Sampling site; 2—Average value at 100 m level.

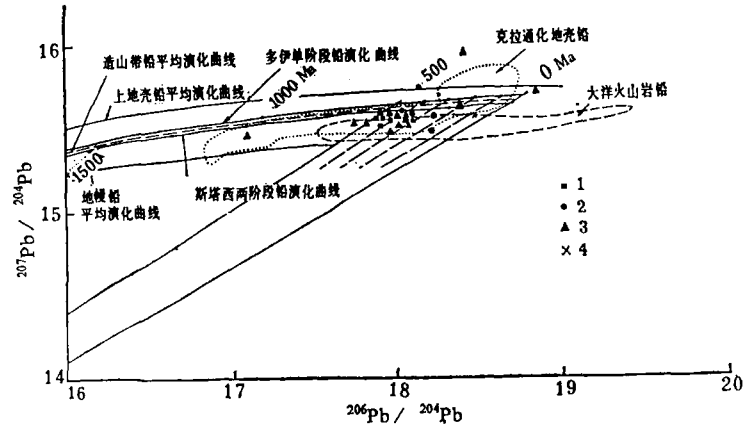


图3 九瑞地区 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 座标图

(上地壳铅、造山带铅、地幔铅平均演化曲线及克拉通化地壳铅、大洋火山岩铅分布范围据Doe, B. R. and Zartman, R. E., 1979, *Plumbotectonics, The Phanerozoic* 绘出)

1—含铜黄铁矿型的矿床中方铅矿；2—含铜黄铁矿型矿床中黄铁矿；3—砂卡岩型及斑岩型铜矿中黄铁矿；4—塞浦路斯矿床

Fig. 3. Plot of $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ for ore deposits in Jiurui area.

1—Galena from copper-bearing pyritic deposits; 2—Pyrite from copper-bearing pyritic deposits; 3—Pyrite from skarn type and porphyry type copper deposits; 4—Deposits in Cyprus.

表2 封三洞矿区黄铁矿硫同位素组成表
Table 2. Sulfur isotope composition of pyrite from the Fengshan-dong ore district

	样品数	采样位置	$\delta^{34}\text{S}(\%)$	
水平方向	2	岩体内	花岗闪长斑岩中	+2.0
	3		砂卡岩型矿体中	+0.82
	8	岩体外	砂卡岩外带铅锌矿脉中	+0.90
	3		三叠系灰岩中	+0.2
垂直方向	3	+80m	-0.01	
	9	0m	+0.62	
	1	-50m	+0.86	

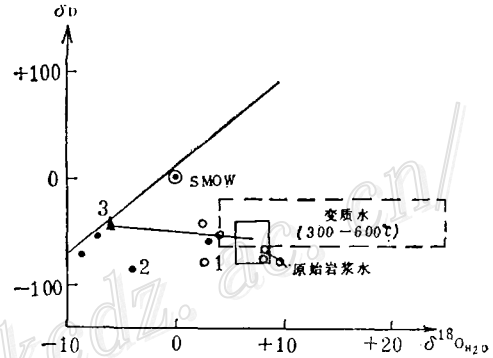


图4 九瑞地区铜矿床中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ - δD 相关图

1—斑岩型及砂卡岩型矿床中样品；2—含铜黄铁矿型矿床中样品；3—阳储岭矿区深井水样品（代表古大气降水，据张大椿等）

Fig. 4. $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ - δD correlogram for copper deposits in Jiurui area.

1—Samples from porphyry type and skarn type deposits; 2—Samples from copper-bearing pyritic deposits; 3—Water samples from deep wells in the Yangchuling ore district, representing paleo-meteoric water.

来源、多阶段的特点。

氢氧碳同位素也有明显的不同（图4）。含铜黄铁矿型矿床中，与石英相平衡水的氧同位素 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 为 -4.03 — -8.7% （据 $10^3 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.65 \times 10^6 T^{-2} - 2.59$ 计算，Blatter, 1975, 适用 100 — 200°C ）。投点在图4上落入大气降水线附近，稍向右偏移，距海水、岩浆水、变质水甚远。上述资料表明，成矿溶液的水介质早期主要为大气降水，并有少量建造

水、岩浆水掺合。而采于矿层偏上部层位角砾状矿石中的白云石,结合碳同位素资料(表3)分析,可能是大气降水与海水混合而成。最后生成的方解石脉,投点已落入变质水附近。

含铜黄铁矿型矿床的水介质以大气降水为主,这还可以从矿层与其顶底板围岩中同位素的对比中得到证实(表3)。据 Rye, R. O. 和 Ohmoto, H. 的资料(1974),海相灰岩中 $\delta^{13}\text{C}$ 值近于0‰,深埋的碳酸盐岩中 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-7‰,具还原或有机炭的沉积物中 $\delta^{13}\text{C}$ 值小于-15‰。又据贵阳地化所资料^①淡水沉积有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-25‰。从以上资料对比中可以看出,含铜黄铁矿型矿床中的石英和底板砂岩中石英的氢、氧、碳同位素基本雷同,属于大气降水范畴,并有一定量的有机质参加,即碳同位素的负值较大。到矿层上部, $\delta^{18}\text{O}$ 值变化不大,而 $\delta^{13}\text{C}$ 的负值减小到渐近零值,有机质减少,显示海相沉积的特征,表明既有大气降水又有海水参加了反应,使两者的同位素特征兼而蓄之。但与顶板的白云岩、灰岩明显不

表3 九瑞地区含铜黄铁矿及顶、底板岩石中氢、氧、碳同位素组成

Table 3. Hydrogen, oxygen and carbon isotope composition of copper-bearing pyrite and hanging wall and foot wall rocks in Jiurui area

产状	样数	测定对象	同位素组成(‰)			
			$\delta^{18}\text{O}$ (矿物或全岩)		$\delta\text{D}_{\text{H}_2\text{O}}$ (包体)	
			SMOW	PDB	SMOW	PDB
矿层底板砂岩	5	石英	15.156		-66	-18.073
矿体	3	石英	14.36		-68	-22.72
	2	白云石	(14.835)	-15.546		-0.035
矿层顶板	9	白云岩		-3.317		1.977
	3	白云岩		-8.295		-1.516
	6	白云岩	(29.13) ^①	-1.673		2.20
	7	灰岩	(21.403)	-9.174		-0.136

①矿层顶板资料据岳文新数据计算;括号中 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1.030868\text{‰}$; $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}} = +30.86\text{‰}$ (据Craij, H., 1961)

同,后者的氧同位素值($\delta^{18}\text{O}$ 值为+21—+29‰)也显示了海相碳酸盐岩的特征(石炭系碳酸盐岩 $\delta^{18}\text{O}$ 约在30‰左右),和矿石中的氧同位素值相差一倍左右。这说明,即使是同时代的碳酸盐岩同位素值,由于形成的水介质不同,二者有明显的区别。和成矿有关的滑塌角砾岩中的白云岩,形成时有较多的大气降水参与,是大气降水与海水混合而成的产物;而顶板的碳酸盐岩则是海相环境水介质条件下的产物,即使受表生去云化作用及深埋成岩与变质作用的影响,也无法弥补它们之间的差异,达到成矿介质的同位素值。这就从同位素地质学方面支持了海底喷气沉积的成因观点,从而排除了正常沉积和成岩成矿的可能性。考虑到岩相古地理环境,这些大气降水主要是石炭纪前就储存在地层中的封存水。

综上所述,含铜黄铁矿型矿床的水介质是多种水的混合产物,包括大气降水(封存水)、海水、岩浆水及变质水(建造水),早期似乎以大气降水(封存水)为主,随着沉积时海水渐渐加深,最后加入的海水、建造水也渐渐加大。

砂卡岩型及斑岩型矿床的氢氧同位素却迥然不同,根据有关公式计算的水介质 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ 值

① 中国科学院贵阳地球化学研究所同位素地球化学研究室,1982,稳定同位素地球化学讲义

为+2.96—+9.62‰, 投点在 $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}-\delta\text{D}$ 相关图上落入岩浆水内及变质水附近, 表明早期阶段主要是岩浆水, 而晚期石英硫化物阶段及碳酸盐阶段才掺和少量变质水及大气降水。

两个系列矿床的微量元素也有明显的差别(表4)。据徐国风等人的资料, Co、Ni含量及Co/Ni、S/Se可作为区分矿床成因的标志。沉积成因的黄铁矿中, Co、Ni含量均小于100ppm, Ni含量大于Co含量, Co/Ni<1; 热液成因的黄铁矿中, Co、Ni含量均大于100ppm, Co含量大于Ni含量, Co/Ni>1。从表4中可看出, 本区含铜黄铁矿型矿床中黄铁矿、胶黄铁矿的Co、Ni含量均小于100ppm, 其中胶黄铁矿中Co/Ni<1, 与区域矿床底板砂岩中黄铁矿

表4 九瑞地区铜矿床中黄铁矿及胶黄铁矿的微量元素含量
Table 4. Trace element contents of pyrite and kappa-pyrite from copper deposits of Jiurui area

类型	矿 区		样品数	化学成分 (ppm)				比 值	
				S(%)	Se	Co	Ni	Co/Ni	S/Se × 10 ⁴
含铜黄铁矿型矿床	武 山	黄铁矿	28	52.2	47	62	51	1.20	1.11
		胶黄铁矿	4			14	58	0.24	
矿型矿床	城门山	黄铁矿	15	52.5	33	41	37	1.09	1.59
		胶黄铁矿	1			19	23	0.83	
砂卡岩型矿床	武 山	黄铁矿	19			402	136	3.0	
	城门山		19	51.83	27	166	46	3.61	1.92
	封三洞		7	51.86	225	314	53	5.92	0.20
花岗闪长斑岩中	武 山	黄铁矿	5	52.12		330	289	1.10	
	城门山		13	52.02	34	347	176	1.97	1.53
石英斑岩中	城门山	黄铁矿	10	52.37		258	184	1.40	
区域内砂岩中		黄铁矿	4	51.39	<0.1	22	45	0.49	514

矿微量元素相当。但黄铁矿中Co/Ni略>1。说明本区含铜黄铁矿型矿床的成因不同于典型的沉积矿床, 而有热液矿床的某些基因。所以, 我们将其归为海底喷气沉积矿床。而岩浆期后热液矿床中黄铁矿的Co、Ni含量多数情况下明显大于100ppm, Co含量大于Ni含量, Co/Ni>1, 明显属于热液成矿作用的范畴。

一般认为S/Se为 20×10^4 以上时为沉积成因。本区区域砂岩中黄铁矿属此特征。S/Se为 $1 \times 10^4 - 2 \times 10^4$ 时为热液成因, 本区两个系列矿床的S/Se均在 $0.20 \times 10^4 - 1.92 \times 10^4$ 之间, 当属热液成因。

含铜黄铁矿型矿床的黄铁矿爆裂温度明显地分为三个梯度: 一组为无爆裂温度区(小于100℃, 11个样品), 可能为正常沉积成因的温度; 100—200℃温度区(平均130℃, 15个样品平均), 众值与平均温度偏差很小, 此乃海底喷气沉积成因的成矿温度; 200—443℃温度区(平均291℃, 11个样品), 跳动厉害, 与平均偏差较大, 推测为成岩、变质及热液叠加改造产物的形成温度。同样, 根据硫同位素对计算的温度也可分为两组, 即135—190℃及284—427℃。所以海底喷气矿床的形成温度大致在100—200℃之间。根据爆裂法及均一法测温(表5)结果, 砂卡岩型及斑岩型矿床的形成温度为245—480℃, 显然成矿温度要高得多。

根据海底喷气矿床形成的岩相古地理环境,其水深不超过200m,又据1大气压=33.9(英尺水)=1.013巴⁽⁸⁾及1巴=10⁵Pa,海水比重1.03的关系,可得海底喷气沉积矿床形成的最大压力

$$P = 200 \div \frac{33.9 \times 0.3048}{1.03} \times 1.013 \times 10^5 = 2.02 \text{ (MPa)}$$

根据岩体的初熔曲线和黑云母的分析数据计算的岩体形成压力为30.6—34.5MPa,实测的爆发角砾岩及花岗闪长斑岩中的石英均一瞬间压力为5MPa—58MPa(张洪涛,1984)。而据砂卡岩中最晚生成的硅灰石反应自由能公式^①(王方正,1982)计算,其压力为50×10⁵—117×10⁵Pa。因此,热液矿床形成的大致压力在5.0MPa—58.0MPa之间,比海底喷气沉积矿床要大得多。

利用包体成分测定和计算的pH、Eh值,闪锌矿中FeS含量计算的 f_{s_2} 值以及运用大本的“ f_{O_2} 和pH对各含硫同位素组成的影响”图解推算的 f_{O_2} 值,均列入表1中,此处不再赘述。由表中可看出,两类矿床之间pH、Eh、 f_{O_2} 、 f_{s_2} 也有明显的差异。

表5 九瑞地区砂卡岩型和斑岩型铜矿床中矿物的均一温度(℃)

Table 5. Homogenization temperatures of minerals from skarn type and porphyry type copper deposits in Jiurui area

样号	产状	测定矿物	均一温度(℃)
W194	武山南矿带砂卡岩中	石榴石	>380、480
C192	城门山砂卡岩中	石榴石	390、420
C192	同上	石英	340
C190	同上	石英	370
FD19 ^①	封三洞砂卡岩中	硅灰石	440、480
C334	城门山斑岩体中含矿石英脉	石英	320、420
	武山斑岩体中含矿石英脉	石英	334、362

①据张洪涛

三、两个系列矿床成矿地质环境的差异

与海底喷气沉积有关的黄铁矿型铜矿床受下扬子古海盆中的次一级盆地所控制。矿体沿浅海盆地相与滩坝相之间的NWW向生长断裂(沙河街一封三洞生长断裂)展布(图5)。矿体生于滩外的浅海盆地一侧,上石炭统黄龙组碎屑岩相—碳酸盐岩相的过渡带,有的矿区还伴有少量海底火山岩及显示海底热事件的围岩蚀变。这儿不但是地球化学上、水文上的障壁系统,而且是海底热事件(海底火山喷发作用、喷气及岩浆上侵)的分布区。因此,特定的层位、特定的岩相、特定的构造是本类矿床的储存停积之所,也是首要找矿标志。

与中酸性岩浆活动有关的热液矿床受燕山期NEE向断裂构造所控制,但同时又受NWW向继承性断裂所制约。上石炭统黄龙组的岩相古地理环境并不直接控制矿床的展布,但其规模较大者却和NWW向断裂相关(这和物质来源有关)。矿体的生成与侵入体的关系密切,最

①王方正,1982,热力学计算在岩石学上的应用

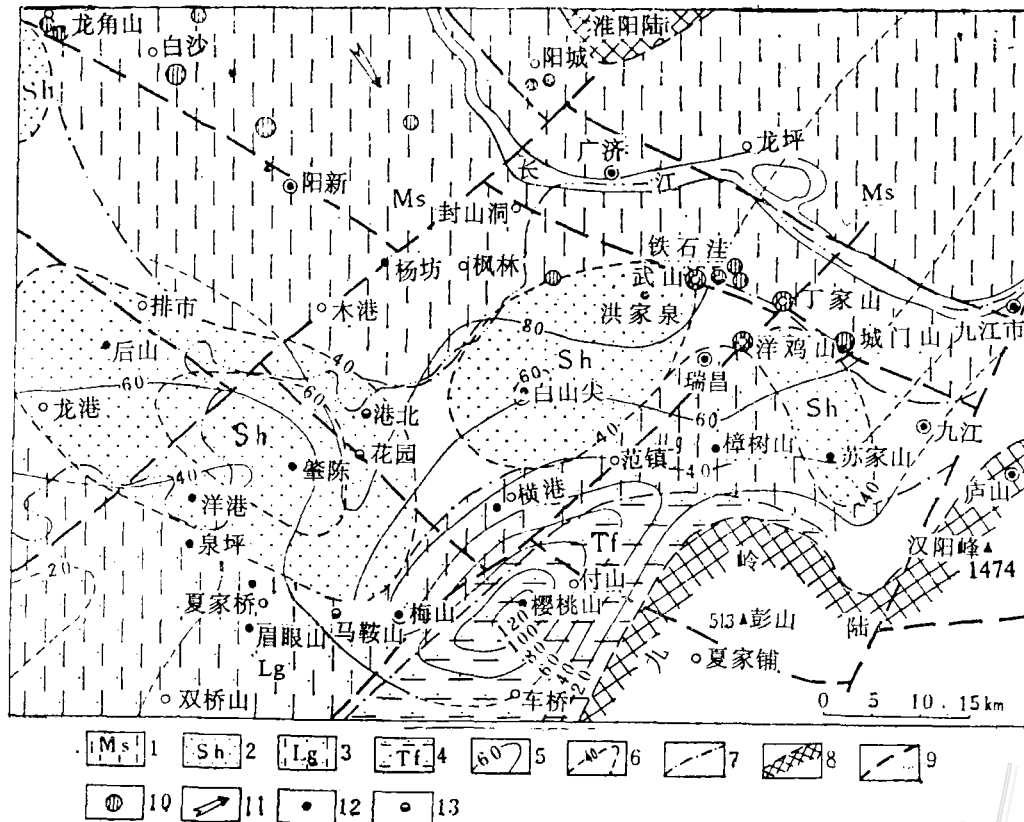


图 5 九瑞地区晚石炭世威宁期沉积相与含铜黄铁矿型矿床(点)分布图
(据岳文浙等)

1—浅海盆地相碳酸盐岩; 2—浅滩相碳酸盐岩; 3—泻湖相碳酸盐岩; 4—潮坪相碳酸盐岩; 5—残留厚度等值线(m);
6—内碎屑颗粒含量等值线(按白云岩层之上4m厚灰岩统计); 7—相带界线; 8—古陆边界(0线); 9—生长断
裂; 10—矿区(点); 11—海侵方向; 12—实测剖面点; 13—草测剖面点

Fig.5. Sedimentary facies of Late Carboniferous Weining Period and distribution of copper-bearing pyritic deposits (occurrences) in Jiurui area.

1—Carbonate rocks of neritic basin facies; 2—Carbonate rocks of shoaly facies; 3— Carbonate rocks of lagoon facies; 4—Carbonate rocks of tidal flat facies; 5—Contour line of thickness of residualls; 6—Contour line of clastic grain content; 7—Boundary of facies zone; 8—Boundary of old land (line 0); 9—Growing fracture; 10—Ore district(occurrence); 11—Transgression direction; 12—Measured section point; 13— Reconnaissance section point.

有利的矿化岩体限定在三端元组分 Al_2O_3 15.8—19.3%、 K_2O+Na_2O 4.7—9.3%、 SiO_2 71.4—77%的范围内。储矿层位比海底喷气矿床要宽广, 当岩体与奥陶系—三叠系的碳酸盐岩接触时均可形成矽卡岩型矿床。当岩体发生局部矿化或爆破时则形成斑岩型矿床。因此, Al_2O_3 — SiO_2 — K_2O+Na_2O 限定在特定区间的岩体及与其接触的碳酸盐岩地层是找矿有利地段。

四、燕山期含矿热液对海西期喷气沉积矿床的叠加改造作用

燕山期热液作用对海西期形成的含铜黄铁矿型矿床具有明显的叠加改造作用。无论从宏

观的地质特征、围岩蚀变特征,还是从微观的矿相学、矿物学、微量元素、包体温度以及硫同位素特征均可反映出来,概括起来有如下几个方面:

1. 燕山期的成矿岩体切断含铜黄铁矿矿体:这在各矿区均可见到,如城门山矿区(图1),层状的含铜黄铁矿矿体被岩体切穿,岩体中并形成与之斜交的辉钼矿体。

2. 使含铜黄铁矿矿体下部矽卡岩化:如武山矿区40、60线下部,城门山矿区99线下部(图1)层状矿体均发生矽卡岩化,而使矿体厚度加大。

3. 爆发角砾岩筒中捕获大量含铜黄铁矿矿石角砾:封三洞矿区北沿17线附近的角砾岩筒型矿体中,具有较多的含铜黄铁矿矿石角砾,其成分主要由石英、黄铁矿组成,与矽卡岩型矿床的矿石类型迥然不同,推测为深部层位的含铜黄铁矿矿石被岩体捕获而成。

4. 发生矿物相的转变及铜质的活化迁移:如使含铜胶黄铁矿分解形成黄铁矿及析出铜质形成黄铜矿;黄铁矿变成磁黄铁矿;菱铁矿变成磁铁矿等,以及新的物质加入,如黄铜矿斑铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等的叠加,这可以从铜量的改变中得到证实。

5. 发生矿物组构的改变:如沉积成岩的矿石组构被热液的矿石组构穿插、叠加,矿物粒度重结晶加大等。

6. 发生微量元素的改变:如Co、Ni的带进带出,使Co/Ni加大。

7. 发生温度和硫同位素的变化:如在沉积的温度背景之上叠置热液期的高温数值,以及侵入体附近硫同位素发生改变。

总之,后一系列的成矿作用对前一系列所形成的矿床叠加改造作用是显而易见的,这就使得本区乃至整个长江中下游区的类似矿床具有自己的个性,从而有必要建立“扬子型”这一概念,以便于和世界上类似的矿床区别开来。

五、成矿机理不同

含铜黄铁矿型矿床形成的机理是向下渗流的大气降水(封存水)、海水、建造水在深循环过程中被加热,萃取地层中的成矿物质并向下运移到一定的深度后和来自深部的少数岩浆热液掺合,形成成矿热液,沿着生长断裂上升到浅海盆地的水-岩界面处,与来自海水硫酸盐中的 H_2S 、 HS^- 发生作用,在水深不超过200m,温度为100—200℃,相对盐度大约8wt%的弱酸弱碱性环境下沉淀下来,形成海底喷气沉积矿床。

其后,印支运动,使本区上古生界及其以后地层发生强烈褶皱和造山作用,但岩浆活动较弱。燕山运动,地层强烈褶皱和断裂,并伴随有较强的岩浆活动,形成一系列浅成超浅成侵入岩。它们沿着断裂上侵,既切穿早期形成的含铜黄铁矿矿体,并对其进行改造;同时又和奥陶-三叠系碳酸盐岩接触,形成规模不一的矽卡岩型矿床,并在岩体内形成斑岩型矿床。

所以,本区的铜矿床是不同成矿时期、不同地质背景、不同成矿作用、不同物质来源形成的不同成因类型矿床叠生在一起的复成因矿床。

主要参考文献

- [1] 程裕淇、陈毓川、赵一鸣 1979 初论矿床的成矿系列问题 中国地质科学院院报 第1卷 第1号
- [2] 顾连兴 1984 江西武山中石炭世海相火山岩和块状硫物矿床 桂林冶金地质学院院报 第4期

- [3] 王文斌、季绍新、邢文臣等 1986 江西九瑞地区含铜黄铁矿型矿床的地质特征及成因 南京地质矿产研究所所刊 第7卷 第2期
- [4] 季绍新、王文斌、邢文臣等 1986 九瑞地区铜矿床的稳定同位素地球化学 南京地质矿产研究所所刊 第7卷 第3期
- [5] 张洪涛 1984 封三洞铜矿床成因探讨 矿床地质 第3卷 第5期
- [6] 张大椿、穆治国、黄福生等 1984 江西阳储岭钨钼矿床稳定同位素组成特征的研究 矿床地质 第3卷 第2期
- [7] 岳文浙、魏乃颀、宋炜等 1986 江西九瑞地区晚石炭世威宁期沉积相及其对块状硫化物矿床的控制作用 南京地质矿产研究所所刊 第7卷 第4期
- [8] Doe, B. R. and Zartman, R. E., 1979, Plumbotectonics, The phanerozoic. In "Geochemistry of hydrothermal ore deposits", 2nd edition, by Barnes, H. L.
- [9] Rye, R. O. and Ohmoto, H., 1974, Sulfur and carbon isotopes and ore genesis: a review. Economic geology, V. 69, No. 6.

COPPER DEPOSITS OF TWO METALLOGENIC SERIES IN JIURUI AREA, JIANGXI PROVINCE

Ji Shaoxin, Wang Wenbin, Xing Wenchen, Wu Huairan
and Zhou Hanmin

*(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological
Sciences, Nanjing, Jiangsu)*

Sue Yunyi

*(Geological Party of Northwest Jiangxi, Bureau of Geology and Mineral Resources
of Jiangxi Province)*

Abstract

The iron-copper ore deposits in Middle-Lower Yangtze Reaches, of which Jiurui is one of the important ore areas, might be grouped into two metallogenic series. One consists of ore deposits related to submarine exhalative activities, formed through exchange of hydrothermal fluids with seawater in the submarine environment. In this area, the stratabound deposits between clastic rocks and carbonate rocks on the bottom of Upper Carboniferous Huanglong Formation are assigned to this series, which includes hematite-siderite deposits, copper-bearing pyrite deposits, copper-bearing pyrrhotite deposits and pyrite deposits. The other refers to ore deposits related to intermediate-acid hypabyssal to supra-hypabyssal intrusive activities, which lie along the contact zone between the intrusive body and the Carboniferous-Permian carbonaceous rocks or within the intrusive body itself and include skarn-type iron-copper deposits, porphyry type copper-molybdenum deposits and veinlike copper-gold deposits.

These copper deposits of different geneses are often superimposed on each other, forming polygenetic or so-called "trinity" deposits.

Based on geological data of Jiurui area, this paper makes a comparison between copper deposits of these two metallogenic series in such aspects as geological characteristics, ore-forming geological environment, ore fabrics, trace elements, stable isotopes, thermodynamic condition for mineralization, ore-forming mechanism and ore-prospecting directions.