

江西九瑞地区铜金成矿系列模式

崔 彬

(中国地质大学, 北京)

提 要: 九瑞铜金矿田是长江中下游铁、铜金成矿带的一个重要组成部分。区内不同的沉积建造, 由于其物理化学性质的不同, 控制了不同类型矿床的形成(斑岩型、隐爆角砾岩型、层控型、矽卡岩型和石英脉型等); 区内岩浆的演化控制了不同的矿种(铜、金、钼等); 它们互相叠加组合构成了区内不同矿床类型和不同矿化种类的矿床及其组合(斑岩型铜、钼矿床、隐爆角砾岩型铜、金矿床、矽卡岩型铜钼矿床、层控型铜、金矿床以及矽卡岩型-层控型矿床组合、斑岩型-层控型-矽卡岩型矿床组合、隐爆角砾岩型-层控型矿床组合等)。

主题词: 九瑞地区 铜金成矿系列 成矿模式

江西九瑞铜金矿田位于环太平洋“共振构造带”的下扬子台褶带中。其基底经历了早、中元古代优地槽到冒地槽的发展阶段, 晋宁运动后地槽回返, 进入了准地台发展阶段; 加里东和海西运动在本区表现为振荡运动, 形成了以滨海-浅海相沉积为主的碎屑岩-碳酸盐岩建造, 构成了本区铜金成矿系列形成的沉积基础; 燕山期, 由于太平洋板块的活动, 使已经固化的下扬子台褶带活化, 形成了一系列中酸性侵入体, 使本区遭受了燕山期岩浆-热液的叠加改造作用, 这一“两进程金属成矿旋回”的演化历史, 为九瑞地区铜金成矿系列的形成, 尤其是层控型铜金矿床的形成创造了有利条件。

1 沉积建造对矿床类型的控制作用

九瑞地区主要出露地层为奥陶系至第四系, 其中奥陶系为白云岩、灰岩和页岩; 志留系为砂、页岩, 它们通常构成背斜构造的核部; 泥盆系仅见上统五通组, 为石英砂岩; 石炭系仅见中统黄龙组, 为白云岩和灰岩, 局部含有沉积胶黄铁矿矿层; 二叠系主要为含燧石结核的碳质灰岩和硅质页岩, 它们通常分布于背、向斜构造的两翼; 三叠系主要为下统大冶组厚层灰岩, 它们通常构成向斜构造的核部(图1)。从志留系到三叠系, 主要含矿岩系可划分为三类建造: ①碎屑岩建造(S—D); ②含胶黄铁矿的白云岩建造(石炭系黄龙组C₂h); ③灰岩建造(P—T), 其特征如表1所示。由表1所见, 不同的沉积建造具有不同的Sr/Ba值和碳、氧同位素组成, 说明它们形成于不同的沉积环境之中, 因此具有不同的物理、化学性质。以不同沉积建造为成矿围岩形成的矿床在矿体形态、矿石组构以及围岩蚀变等方面都存在着明显差异(表2), 从而构成不同类型的矿床。

崔彬, 男, 46岁, 教授, 从事矿床地质学及同位素地质学研究。邮政编码: 100083
1994-2-4收稿, 1994-9-2修改回

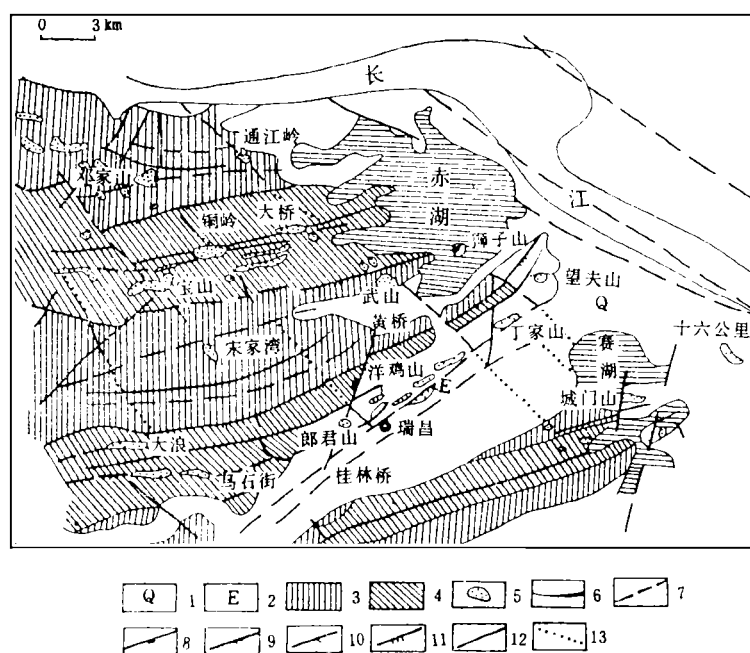


图1 九瑞地区区域地质略图

(据赣西北队)

1—第四系；2—下第三系；3—三叠系—泥盆系；4—志留系—奥陶系；5—燕山期中酸性岩体；6—背斜轴；7—向斜轴；8—NNE向压扭性断裂；9—NE向压扭性断裂；10—NW向张扭性断裂；11—NEE向压扭性断裂；

12—推测及性质不明的断裂；13—隐伏构造线

Fig. 1. Diagrammatic regional geological map.

1—Quaternary; 2—Lower Tertiary; 3—Triassic-Devonian; 4—Silurian-Ordovician; 5—Yanshanian Intermediate-acid intrusive; 6—Anticlinal axis; 7—Synclinal axis; 8—NNE-trending compresso-shear fault; 9—NE-trending compresso-shear fault; 10—NW-trending tenso-shear fault; 11—NEE-trending compresso-shear fault; 12—Inferred and indeterminate fault; 13—Concealed tectonic line.

形成于浅海陆盆相的碎屑岩建造中的岩石组合，以富 SiO_2 和 Al_2O_3 等惰性化学组分为特征，其孔隙度较高 (6.98%)、抗剪强度低 (60 kg/cm^2)，因此，成矿作用的主要方式不是交代作用，而是充填作用，形成脉状矿床。当岩体侵位于该建造中，与之相比，岩体易于交代，且具有较高的孔隙度 (11.07%) 和较低的抗剪强度 (55 kg/cm^2)，因此，矿化多发生于岩体之中，形成以充填交代作用为主的细脉浸染状矿化，出现典型的蚀变分带，构成斑岩型矿床。在岩浆中挥发组分含量较高的时候，甚至引起隐爆作用，形成隐爆角砾岩型矿床。总之，碎屑岩建造是成矿的有利构造空间 (物理空间)。

形成于潮坪—浅海盆地相的白云岩建造，由于其蒸发强度大，盐度较高，利于盐类矿物的形成，同时，由于水体较浅、生物活动较强。本区石炭系底部胶黄铁矿层中，显微莓球结构十分发育，它是硫酸盐还原细菌细胞集合体的化石残留物，其中沉淀了铁的硫化物。胶黄铁矿中有机碳含量也很高 (0.24%~0.36%)，石炭系黄龙组中含有石膏和石膏假晶，表明当时海水中富硫酸根离子，致使部分 SO_4^{2-} 在适宜的条件下，由硫酸盐还原细菌作用，还原成 H_2S ，形成胶黄铁矿。当岩体侵位于该建造中，胶黄铁矿层首先受热、晶化、脱硫，形成硫逸度较高的化学空间，当含矿热液到达该层位时，发生亲硫元素沉淀，这就为区内层控矿

床的形成提供了有利的矿源层和储矿层,相比之下,岩体内部矿化就属于次要地位了。

形成了浅海相的灰岩建造中的岩石组合,以富CaO、MgO等活性化学组分为特征。

表 1 各类沉积建造特征

Table 1. Characteristics of various sedimentary formations

建 造	灰 岩	含胶黄铁矿白云岩	碎屑岩
时 代	T-P	C ₂ h	D-S
岩石组合	鲕状灰岩,含燧石结核的沥青质灰岩,局部夹有页岩	白云岩、白云质灰岩,局部含有沉积胶黄铁矿	石英砂岩、长石石英砂岩、泥质粉砂岩等
沉积环境	浅海相	潮坪-浅海盆地相	浅海陆棚相
比重(g/cm ³)	2.68	2.72	2.66
孔隙度(%)	0.40	1.87	6.98
抗压强度(kg/cm ²)	606		798
抗拉强度(kg/cm ²)	26		36
抗剪强度(kg/cm ²)	65		60
SiO ₂ (%)	0.64	1.52	89.83
Al ₂ O ₃ (%)	0.30	0.70	4.70
Fe ₂ O ₃ (%)	0.27	0.40	2.29
FeO(%)	0.14	0.23	0.94
MgO(%)	0.82	19.40	0.28
CaO(%)	54.52	31.45	0.19
Na ₂ O(%)	0.02	0.06	0.10
K ₂ O(%)	0.05	0.13	0.90
Cu(10 ⁻⁶)	13.98	5.73 (2656.2) ^①	52.80
Au(10 ⁻⁹)	1.15	(2.37)	2.50
Mo(10 ⁻⁶)	0.50	(1.96)	0.65
Σr/Ba	23.92	1.51	0.35
ΣREE(10 ⁻⁶)	40.20	19.51	418.24
LREE/HREE	1.70	1.26	2.85
δ ¹⁸ O(‰)	+19.4~ +29.6 (22.20) ^②	+27.96~ +30.29 (29.14)	+13.69~ +17.10 (15.16)
δ ¹³ C(‰)	-0.94~ +3.60 (+0.91)	+1.10~ +3.60 (+2.20)	

①沉积胶黄铁矿中含量; ②为平均值

(627.58 × 10⁻⁶ ~ 100 × 10⁻⁶), 晚期石英斑岩含Mo高(150 × 10⁻⁶), 与其相匹配在它们周围分别形成了一系列Au矿床、Cu矿床和Mo矿床。造成岩体含矿性差异的原因主要是其形成的

当岩体侵入时, 由于岩体与围岩间存在着较高的化学位, 而发生交代作用, 形成岩石密度较大的矽卡岩, 而为含矿热液聚积提供了有利的构造化学空间, 形成矽卡岩型矿床。与岩体相比, 两者的成矿空间有一定的相似之处, 但程度有所不同, 因此, 既可形成单一的矽卡岩型矿床, 也可形成矽卡岩-斑岩复合型矿床。

这三类建造由于形成于同一海进旋回中, 因此, 它们在空间上密切伴生, 以这三类建造为成矿围岩所形成的不同类型的矿床在空间上也常共生在一起, 形成一个成矿系列。

2 岩浆演化对矿种种类的控制作用

本区受环太平洋共振构造带的影响, 燕山期岩浆活动频繁, 形成大小近30个浅-超浅成中酸性岩体, 出露面积约9 km², 多呈岩株、岩枝、岩墙状产出。主要岩石类型有花岗闪长斑岩, 其次为石英闪长玢岩、石英斑岩以及少量闪长岩, 其特征如表3所示。由表3可见, 主要含矿岩体从早至晚为石英闪长玢岩→花岗闪长斑岩→石英斑岩, 主要造岩矿物, 石英、钾长石含量不断增加, 而角闪石含量不断降低; 在AFM、CaNaK、Au Cu Mo联合三角图解上(图2), 区内岩浆由富Fe向富碱, 尤其是向富K方向演化, 伴随着这一演化趋势, 岩体的含矿性由富Au→Cu→Mo方向演化。因此, 岩浆演化不同阶段形成的岩体含有不同的矿化种类, 早期石英闪长玢岩含Au高(33.40 × 10⁻⁹ ~ 267.40 × 10⁻⁹), 中期花岗闪长斑岩含Cu高

表 2 九瑞地区主要矿床类型特征表

Table 2. Characteristics of major types of ore deposits in Jiujiang-Ruichang area

矿床类型 特征	矽卡岩型	层 控 型	斑 岩 型	隐爆角砾岩型
主要控矿因素	接触带构造	层位、岩性	裂 隙	爆破角砾岩筒
主要围岩	各时代灰岩	含胶黄铁矿的白云岩	碎屑岩	碎屑岩
蚀变特征	矽卡岩化、绿帘石化	高岭石化、硅化、蛇纹石化	钾长石化、云母化、硅化	硅化、绢云母化
矿体形态	透镜状、豆荚状	层状、似层状	透镜状、席状	筒 状
主要矿石类型	含铜矽卡岩、含铜黄铁矿	含铜黄铁矿、含铜高岭石	斑岩铜矿石、斑岩钼矿石	含铜（金）角砾岩
矿石构造	块状、脉状	胶状、层纹状、条带状	细脉浸染状	角砾状、浸染状
矿石结构	交代、溶蚀	变晶、球粒	充填、交代	碎裂、粒状
主要金属矿物	黄铁矿、黄铜矿	黄铁矿、黄铜矿、胶黄铁矿	黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿	黄铁矿、黄铜矿、自然金
主要非金属矿物	矽卡岩矿物、石英、方解石	石英、蛇纹石、高岭石	石英、长石、黑云母	石英、长石、角闪石
$\delta^{34}\text{S}_{\text{黄铁矿}}(\text{‰})$	-0.7~+5.6(1.75)	-0.8~+4.8(2.2)	-0.6~+5.3(1.75)	-0.10~+4.67(3.15)
$\delta\text{D}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$		-51~-83(-69)	-56~-78(-73)	
$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}(\text{‰})$	+3.15~+5.89(+4.88)	+2.88~11.17(+6.67)	-1.79~+7.75(+3.64)	
黄铁矿的 Co/Ni	≈3	≤1	1~2	>1
矿石中	S(%)	10.83	5.81	2.45
	Cu(%)	0.77	0.46	0.35
主要金	Zn(%)	0.20	0.007	0.5
属含量	Au(g/t)	0.23	0.31	5.40
	Ag(g/t)	10.53	7.00	24.72
代表性矿床	武山南矿带、城门山	武山北矿带、 城门山Ⅳ矿带	城门山、丁家山	洋鸡山、城门山

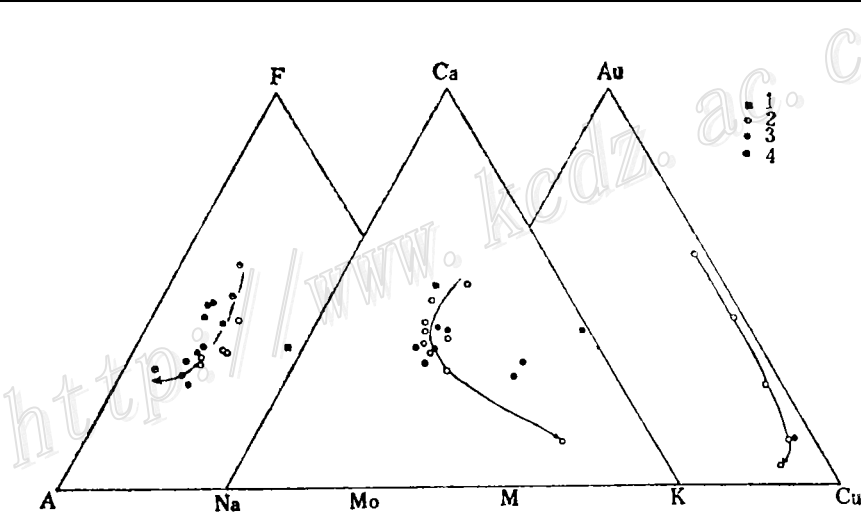


图 2 A-F-M、Ca-Na-K和Au-Cu-Mo三角图解

1—闪长岩；2—石英闪长玢岩；3—花岗闪长斑岩；4—石英斑岩

Fig. 2. AFM-CaNaK-AuCuMo Triangular diagram.

1—Diorite; 2—Quartz diorite porphyry; 3—Granodiorite porphyry; 4—Quartz porphyry.

物理化学条件，应用二长石温度计和I S E Carmichael 等（1982）^{〔4〕}“多组分硅酸盐熔浆中Fe₂O₃的偏摩尔体积与岩浆中氧逸度对压力的依赖”原理，计算了区内不同含矿岩体的形

表 3 九瑞地区含矿岩体特征

Table 3. Characteristics of ore-bearing intrusives in Jiujiang-Ruichang area

岩体名称	产出部位	岩体产状	出露面积 (km ²)	主要岩石类型	侵位深度	主要造岩矿物含量 (%)					矿物组合类型	主要围岩	同位素年龄 (10 ⁶ a)	矿化类型
						斜长石	钾长石	石英	黑云母	角闪石				
城门山	背斜倾伏端	岩株	1.1	石英斑岩	浅成	5.7	46.0	48.0	1~2	0~3	磷灰石-金红石	石炭系—三叠系	118	Mo
				花岗闪长斑岩	超浅成	43.1	22.6	25.1	4.0	4.4	磁铁矿-磷灰石	灰岩、白云岩		Cu
武山	向斜北翼	岩株	0.6	花岗闪长斑岩	浅成	44	17	20	8	8	磁铁矿-磷灰石	石炭系—三叠系	143	Cu
				闪长岩		34	22	5	9	26		灰岩、白云岩	>143	
丁家山	背斜南翼	岩墙	0.75	花岗闪长斑岩	浅成	44	16.5	22	12	4	磷灰石-金红石	志留系砂、页岩	153	Cu
				石英闪长岩		67	2	16	5	少量	磷灰石-锆石			
大浪	背斜近核部	岩墙	0.1	花岗闪长斑岩	浅成	54	3	23	12	4	磁铁矿-磷灰石	志留系砂、页岩	169	Cu
				石英闪长岩										
宝山	背斜南翼	岩墙	0.6	花岗闪长斑岩	浅成	44	17	22	5	10	磁铁矿-磷灰石	志留系砂、页岩	176	Cu
东雷湾	向斜核部	岩株	0.8	花岗闪长斑岩	浅成	53	13	21	6	7	磁铁矿-榍石	三叠系灰岩	196	Cu
十六公里	向斜南翼	岩墙	0.75	石英闪长岩	浅成	57	2	14	16	12	磷灰石-磁铁矿		204	Au
洋鸡山	背斜南翼	岩墙		石英闪长岩	超浅成	82	1	9.5	4	3.5	磷灰石-钛铁矿	志留系—三叠系砂岩、灰岩	205	Au

成温度和氧逸度。区内主要含铜岩体（花岗闪长斑岩 $r\delta\pi$ ）具有相对较低的形成温度（平均值 830℃）和氧逸度（平均值 10^{-12} Pa），而含金岩体（石英闪长岩 $Q\delta\mu$ ）具有相对较高的形成温度（平均值 1085℃）和氧逸度（平均值 10^{-7} Pa）。高温有助于提高 Au 在岩浆中的浓度，高氧逸度有利于 Au 的搬运（陈光远, 1987）^[1]，因此，含金岩体形成含 Au 流体、形成金矿床（如洋鸡山金矿床）。同样含铜岩体形成含铜流体、形成铜矿床（丁家山铜矿床丁家山矿段）。此外，一些花岗闪长斑岩岩体，由于其形成温度相对较高，氧逸度也相对较高，而使其成为含铜（金）岩体（如武山、城门山岩体等）。

总之，由早至晚。区内含矿岩体从石英闪长岩→花岗闪长斑岩→石英斑岩，从偏基性向偏酸性方向演化，从富铁向富碱、尤其是富钾方向演化，从较高温、高氧逸度向较低温度和低氧逸度方向演化，伴随这一演化趋势区内含矿岩体由含金岩体→含铜岩体→含钼岩体。与此相对应的矿化种类也从 Au→Cu→Mo 方向演化^[2,3]，从而使区内形成了不同类型的金、铜、钼矿床。

3 铜金成矿系列模式

区内自晋宁运动开始，经历了多期构造活动，在空间上形成了不同的构造层，其中断裂体系从 NWW+NE→NW+NE→NW+NEE 方向演化，它们直接影响到沉积环境的变迁和构造岩浆带的形成。基底构造（NWW+NE）控制了古生代以来的沉积岩相古地理，造成了一个完整的海退和海进旋回，从而形成一套物理、化学性质差异性较大的沉积建造（表 1）。

这些沉积建造在空间上密切伴生, 使以这些沉积建造为成矿围岩而形成的不同类型矿床在空间上密切共生, 为成矿系列的形成奠定了沉积基础。同时, 由于基底构造 (NWW+NE) 和盖层构造 (NW+NEE) 的复合控制, 使区内岩浆在时间上 (表3) 和空间上 (图1) 产生较明显的演化序列, 从石英闪长玢岩→花岗闪长斑岩→石英斑岩, 由于不同类型的侵入岩其含矿性存在着明显差异 (石英闪长玢岩以含Au为主, 花岗闪长斑岩以含Cu为主, 石英斑岩以含Mo为主) 而形成了矿化种类上的演化序列, 从Au→Cu→Mo。由早至晚、由深至浅由构造演化而产生的沉积建造演化序列与岩浆演化序列在空间上相互叠加, 形成了不同矿化种类 (Au、Cu、Mo) 和不同矿床类型 (层控型、矽卡岩型、斑岩型、石英脉型、隐爆角砾岩型等) 的组合, 从而构成了九瑞地区铜金成矿系列模式 (图3)。

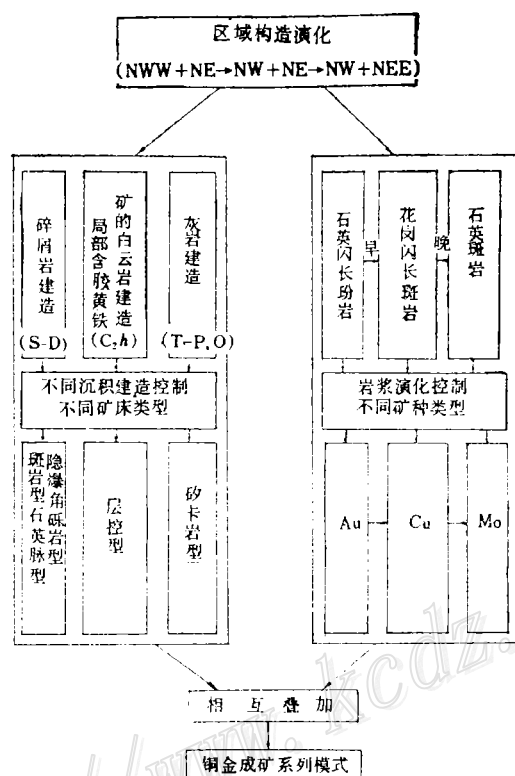


图3 九瑞地区铜金成矿系列模式

Fig. 3. Model of copper-gold metallogenic series in Jiujiang-Ruichang area.

参考文献

- 1 陈光远, 孙岱生, 殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆: 重庆出版社, 1987, 436~451
- 2 崔彬. 江西九 (江) 瑞 (昌) 地区花岗岩类的演化及其控矿作用. 现代地质, 1993, 7 (3): 338~345
- 3 Cui Bin. The alteration zoning and origin of the Tongguanshan stratabound skarn copper deposit. In: Augushithis S S. ed. Skarn—their origin and metallogeny. Theophrastus publication, 1991, 1~8
- 4 Xiao Mo et al. The partial molar volume of Fe_2O_3 in multicomponent silicate liquids and the pressure dependence of oxygen fugacity in magmas. Mineralogical Magazine, 1982, 45: 237~245

MODEL OF COPPER AND GOLD METALLOGENIC SERIES IN JIUJIANG-RUICHANG AREA

Cui Bin

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Key words: Jiujiang-Ruichang area, copper-gold metallogenic series, metallogenic model

Abstract

The Jiujiang-Ruichang copper-gold metallogenic belt is an important part of the Middle and Lower Yangtze Valley iron-copper-gold metallogenic belt.

Most strata from Ordovician to Quaternary are exposed in this area. Ore-bearing rocks from Ordovician to Triassic might be assigned to three formations: ① clastic formation (S-D); ② kappa-pyrite-bearing dolomite formation (C_2h); and ③ limestone formation (P-T). Different chemical properties of these formations led to the formation of different types of ore deposits, such as porphyry type, cryptoexplosive breccia type, skarn type, stratabound type and quartz vein type.

In Yanshanian period, there were frequent magmatic activities, which led to the formation of some 30 hypabyssal-ultrahypabyssal intermediate-acid intrusive bodies. From early to late, the major ore-bearing rock bodies evolved in order of quartz diorite porphyrite → granodiorite porphyry → quartz porphyry, accompanied by the corresponding variation in ore potential from gold through copper to molybdenum.

The superimposition of different sorts of ore-bearing magma upon different ore-bearing formations resulted in the formation of different types (copper, gold, molybdenum) of deposits as well as their combinations, thus constituting the copper-gold metallogenic series in Jiujiang-Ruichang area.