安徽全椒黄栗树地区金和（含金）铜矿床地质地球化学特征及矿床成因*

Geological and Geochemical Characteristics and Origin of Gold and Gold-bearing Copper Deposits from Huanglishu Area, Anhui Province, China

刘建民 董树文 陈柏林 董法先

（中国地质科学院地质力学研究所，北京 100081）

Liu Jianmin, Dong Shuwen, Chen Bailin, Dong Faxian

（Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China）

摘 要 文章系统讨论了安徽黄栗树地区两种不同矿化类型的金矿床和（含金）铜矿床的地质地球化学特征。研究表明两种不同类型的矿化由相似的成矿因素所控制，其成因是与燕山晚期岩浆活动有关的岩浆热液矿床。

关键词 地质 地球化学 成因 金矿床及（含金）铜矿床 黄栗树 安徽

20 世纪 60~90 年代，在安徽全椒县马厂、黄栗树等地先后发现了“接触交代型”和“微细浸染型”两种不同类型的小型金（铜）矿床及矿点 20 余处。虽然规模不大，但矿化波及范围较广，矿化类型较为独特，并在该地区形成一条 NE-NNE-NE 向金铜矿化带。对该地区找矿具有重要意义。文章系统研究了金（铜）矿床的地质地球化学特征、成矿控矿地质条件，并提出了矿床成因模式图。

1 区域地质地球化学背景

研究区位于安徽东部，距南京市 60 km。大地构造属于郯庐断裂带南段东侧、扬子地台东北缘的滁州褶断带内。出露的地层及岩石主要为震旦系浅变质砂岩、板岩、各种类型的微晶白云岩、灰岩；寒武系硅质岩、微晶灰岩、泥灰岩；奥陶系砾屑灰岩、泥晶灰岩等；侏罗-白垩纪火山岩及碎屑岩等。地层总体展布方向为 NE-SW 向。其中，震旦系灯影组（Z_2dn）中、上段是 Au、As、Sb 等元素的主要赋存层位。区内已经发现的金矿床及金矿化绝大部分赋存于灯影组中段。含矿性分析表明，中段地层含 Au 量（42×10^{-9}）明显高于该组地层的上下段位（8.1×10^{-9} 和 4.38×10^{-9}）❶。

区内的岩浆活动主要为燕山期（104～165 Ma），但规模较小且发育程度极不均衡，具有自南向北逐渐减弱的趋势。南部岩浆活动较为强烈，形成石英闪长岩岩株及大量闪长玢岩脉；中部及北部主要以闪长玢岩脉为主并向北逐渐消失。岩浆岩的分布明显受断裂构造所控制，

区内褶皱及断裂构造发育，褶皱多为线形紧闭同斜式，轴向以 NE 向为主，轴面倾向 NW。褶皱规模大小不等，为 2~30 km 变化，多数在 15~20 km 左右。断裂表现为一系列近 NS 向或 NNE 向的脆性断裂束，由主断裂（黄栗树-马厂）及其上盘的多条次级断裂组成，长约 30 km，影响宽度约 1~2 km，断面

* 国土资源部定向基金（编号地科定 96-10）的部分内容

第一作者简介 刘建民，男，1964 年生，长期从事矿田构造及矿床地球化学研究。

❶ 董法先，李建设，刘建民等. 1999. 安徽省全椒县黄栗树地区金矿成矿控矿条件及找矿方向研究（科研报告）.

倾向 NW，倾角 20~45°。该断裂带在区内总体呈“ S ”形展布，北东段走向 NE45~50°；中段走向近 NS；而南西段为 NE45°。 这些断裂不仅控制了岩浆岩的发育；同时，该区具有找矿前景的金矿点、矿化点绝大多数都分布于该断裂带西侧（上盘），其主要矿体或矿化体定位于断裂带的次级断裂或层间挤压破碎带内。

区内发育较好的地球化学综合异常，这是最为明显的找矿标志。异常元素组合具有良好的分带性。南段以 Au、Cu、Ag 等元素组合为主，但元素浓集强度较低，主要由接触交代型（夕卡岩型）铜（金）矿化所引起。中段及北段，则表现为以 Au、As、Hg、Sb、Ag 等元素组合为主的中高强综合带状异常。异常轴向与地层走向及区域构造线展布方向一致，呈“ S ”型展布。异常范围与灯影组下、中段完全重叠；显示受区域断裂构造、岩浆活动及成矿有利地层的多种因素的控制。

2 矿床地质特征

2.1 燕子山—马厂地区（金）铜矿化特征

燕子山—马厂地区处于 NE 向构造-岩浆岩-成矿带的西南段。出露有燕山期石英闪长岩岩株及大量闪长玢岩脉。在岩株、脉岩与围岩的接触带及其外侧围岩内，大理岩化及硅化强烈，并在此基础上发育了一系列接触交代型的金（铜）矿化及小型铜（金）矿床。其中，以东孙小型（含金）铜矿床、燕子山、铜井山等金铜矿点最具代表性。

东孙小型（含金）铜矿床为隐伏矿床，根据矿床勘查资料，矿床处于 NS 向和 NE 向构造复合部位。矿化发育在岩体与围岩内外接触带，为夕卡岩型（金）铜矿化。矿（化）体一般呈似层状和透镜状。矿石矿物成分比较复杂，其中金属矿物主要有黄铁矿和黄铜矿，其次为闪锌矿、斑铜矿、辉钼矿、辉碲铋矿、赫碲铋矿、自然金、银金矿、蓝铜矿和孔雀石等。自然金往往呈黄铜矿的包裹体或嵌布在黄铁矿的裂隙内，也可以与碲金矿连生嵌布在脉石英中。脉石矿物主要有石英、方解石、透辉石、阳起石，其次为石榴石、绿帘石、黝帘石及绿泥石等。矿床金品位不高，为 0.4×10^{-6}~1.2×10^{-6}。

另外与闪长玢岩脉相伴的金矿化，往往发生在脉岩与围岩接触带的围岩一侧的层间破碎带、劈（片）理带内，主要为硅化、黄铁矿强烈，黄铁矿化往往呈自形、它形粒状团块分布在硅化石英脉及硅化碎裂角砾岩内。后期褐铁矿化较为普遍。矿体呈似层状、透镜状或脉状，但规模较小。

2.2 刀山—龙王尖地区金矿化特征

刀山—龙王尖地区位于 NE 向构造-岩浆岩-成矿带的中段，是该成矿带上的最佳矿化地段，该范围内自南向北相继发现了刀山、牛山、塘头山、龙王尖等矿点和大庙山小型金矿床。除龙王尖矿点外，其它矿床和矿点均分布在黄-马主断裂西侧（上盘）。该段岩浆活动及其大理岩化等蚀变强度明显减弱，代之以广泛发育的中酸性脉岩。以大庙山金矿床为例加以说明。

目前，在大庙山矿区发现大小金矿体 11 个，分别赋存在不同的 NE—NNE 向层间破碎带或断裂带内，且绝大多数矿体分布在震旦系灯影组中段。沿控矿断裂硅化、碳酸盐化、重晶石化、黄铁矿化及褐铁矿化比较强烈。尤其是硅化，局部形成交代石英岩。矿体形态产状严格受控矿的层间破碎带或断裂带所制约，产状走向为 N E 55~25°，倾向 NW，倾角 45~70°。矿体一般呈似层状、透镜状，矿体延长 100~150 m，长者可以达到 270 m；矿体厚一般 1~2 m，局部大于 6 m；矿体延深一般不足 100 m，最大延深 200 m 左右。规模最大的矿体延长近 700 m、厚 1~4 m。其中，II 号矿体单体金储量（D+E 级）697 kg，也是目前开采的主要对象。与东孙铜金矿床相比较，矿石矿物组合要简单得多，主要金属矿物为黄铁矿、褐铁矿和自然金，其次为自然银、磁铁矿、针铁矿、赤铁矿、银金矿等；脉石矿物主要有方解石、白云石和石英等。

3 矿床地球化学特征

3.1　蚀变带岩石化学及地球化学特征

矿化和蚀变是统一的热液成矿过程中不同阶段的产物，矿化往往发生在围岩蚀变最强烈的阶段和地带。研究蚀变带的岩石化学和地球化学特征可以从一个侧面反映矿化的发生过程。研究所选择的该蚀变带位于大庙山矿区的溢洪道内，蚀变母岩为震旦系灯影组（灰质）白云岩夹薄层泥灰岩。以硅化、钾化及碳酸盐化为主的蚀变作用多沿着不同规模的层间破碎带发育，并在此基础上发生金矿化。从蚀变带到围岩，岩石颜色从紫红色变化为灰黄色并逐渐变化为正常白云岩的灰色；岩石的结构构造由角砾岩状构造变化为块状构造。镜下鉴定表明，蚀变白云岩较未蚀变白云岩硅化及碳酸盐化明显增强，早期为稀疏浸染状硅化，中晚期为细脉状、团块状硅化及脉状碳酸盐化。岩石化学分析及主要氧化物变异图（图 1）显示，随着蚀变作用的增强，SiO_2、K_2O、Al_2O_3、MgO、Fe_2O_3 和 FeO 含量逐渐增高，而 CaO 含量及 CO_2 含量则相对减少，反映出矿化过程中伴随着 Si、K、Al 元素的带入及 Ca 质的带出，类似于夕卡岩矿床的形成过程。另外，成矿元素的含量显示，随着蚀变作用的增强，Au 含量明显增高，从 $5.8\times10^{-6}\rightarrow13.6\times10^{-6}$；Cu、As、Sb、Bi、Hg 等元素均有不同程度的增高。再有，从白云岩→蚀变白云岩，∑REE 总量明显增高，这种增高的稀土元素应是成矿热液所携带的外来产物（赵一鸣等，1992）。 即这种外来的稀土元素应该是岩浆期后热液带来的产物。

3.2　矿石岩石化学及微量元素地球化学

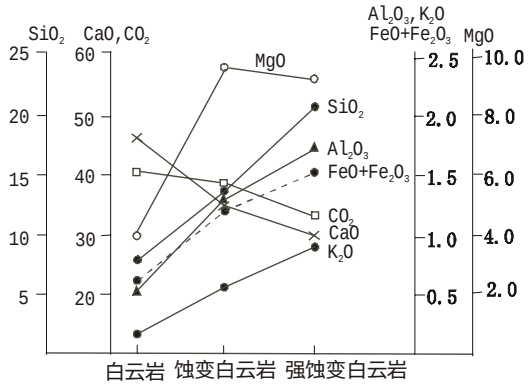


图 1　大庙山溢洪道蚀变白云岩小剖面中岩石化学含量变化图

矿石的岩石化学含量显示，某些矿石 $w(K_2O)$含量较高，达 2.09%~3.57%，Al_2O_3 含量也较高；而 CaO 及 CO_2 含量则明显偏低。另外一些矿石则表现为强烈的硅化，形成硅质岩矿石或含金黄铁矿化的石英脉， $w(SiO_2)$含量达 79.39%～90.44%。反映在矿物成分上则表现为矿石中石英、绢云母（水云母）及高岭石等蚀变矿物的增加，即成矿过程是伴随着强烈的硅化、钾化而实现的。这一蚀变过程与美国卡林型金矿床的蚀变特征相似(Raedtke A S,1985)。

矿石的微量元素特征显示：南部夕卡岩型 Cu（Au）矿床及以黄铁矿化含金石英脉型为主的高温金矿化矿石中，与成矿有关的高温元素如 Bi 的含量分别高达 49×10^{-6}和 188×10^{-6}，明显高于中低温微细浸染型金矿床中该元素的含量。而后者形成以低温元素（Hg）为主的异常。同样，Sb 、Pb、 As 等元素也具有类似特征。同时，不同类型岩石及矿石具有非常相似的 REE 元素配分模式曲线模式，说明区内不同类型的矿化是同一成矿过程的产物。

3.3　硫、碳、氧同位素地球化学

硫同位素：全区闪长玢岩脉的硫同位素组成 $\delta^{34}S$ 为 4.7‰～5.8‰，其外接触带的矿化灰岩为 5.9‰，夕卡岩型（金）铜矿石为 4.8‰，微细浸染型矿化灰岩为 8.7‰。硫同位素组成范围较窄，极差仅为 4.0‰，显示全区金矿床是在同一成矿地质作用下形成的，即硫来源于岩浆期后热液。

碳同位素：全部 7 个样品的 $\delta^{13}C$ 变化值为 0.3‰～4.5‰，扣除一个最高值（4.5‰），矿化围岩的$\delta^{13}C$ 值为 0.3‰～2.0‰，平均值为 0.85‰，接近于海相碳酸盐（$\delta^{13}C$ 为 0‰），显示成矿溶液中的碳质为沉积形成的产物，即来源于灯影组。然而，夕卡岩型（金）铜矿床的方解石为晚期形成的脉石矿物，其$\delta^{13}C$ 值为+4.5‰，与加拿大西北地区的松峡夕卡岩型铜矿床（Peter Fritz,1969）相类似，反映本区金矿床成矿热液中的碳既有岩浆活动形成的岩浆期后热液的成分，也有对赋矿围岩（碳酸盐）的改造。

氧同位素：利用方解石-水体系的氧同位素分馏特点 O'neil JR et al.,1969) ，大致计算出夕卡岩型铜（金）矿床和微细浸染型金矿床中与方解石处于平衡状态下水的氧同位素组成$\delta^{18}O$ 分别为 11.3‰~11.6‰和 10.5‰~13.57‰，二者的氧同位素值非常一致，说明它们是同一成矿地质作用的产物。

值得一提的是，不同类型矿化岩石的流体包裹体特征及其所反映的成矿热液在均一温度、盐度、流体密度等方面均具有较为规律性的变化。但成矿流体与岩浆热液有关是它们反映的共同特点。

4 结 论

（1）安徽黄栗树地区两种不同类型的金矿床及（含金）铜矿床是同一成矿地质作用不同成矿阶段（或区段）的产物。矿区蚀变岩及不同类型的矿石在岩石化学、微量元素、REE 元素及氧、硫、碳同位素地球化学等方面的特征，证实了二者在成因上属于与燕山晚期岩浆活动有关的中—中低温岩浆热液矿床。但不同矿区所处的局部构造位置及成矿环境有明显差别。夕卡岩型（含）金铜矿床主要位于岩浆岩与侵入围岩的内外接触带；而微细浸染型金矿床则出露于远离岩浆岩的构造破碎带中。成矿物质主要来源于震旦系灯影组中段；矿体主要产于呈 NE—NNE 或近 NS 向展布的主构造带的次级破碎带或与主构造带小角度斜交的层间破碎带之内。

（2）根据研究区金矿勘查实践及成矿控矿因素分析，建立本区的矿床成因模型（图 2）。

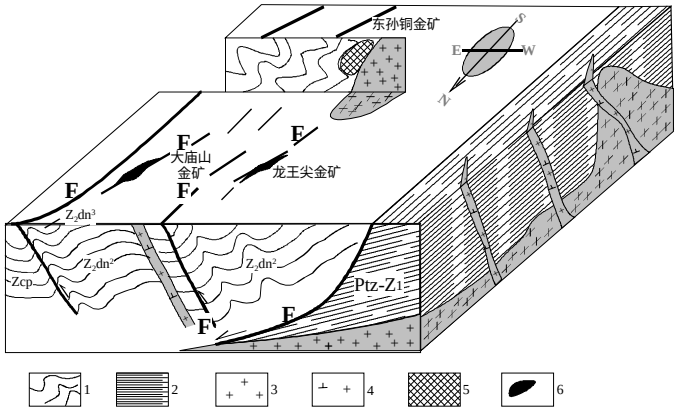


图 2 安徽全椒黄栗树地区金矿床成因模式

1—震旦系灯影组地层及倒转和平卧褶皱；2—中元古宙张八岭群的片理构造；3—燕山晚期侵入岩体；4—燕山期闪长玢岩脉；5—接触交代型矿床；6—大庙山、龙王尖微细浸染型金矿床

参 考 文 献 .

赵一鸣，林文蔚，张德全，等. 1992. 交代成矿作用及其找矿意义——几个重要含矿交代建造的研究[M]. 北京：北京科学技术出版社，42～156.

Radtke A S. 1985. Geology of the Carlin gold deposit.U. S. Geol. Surv. Proj., Paper 1267,1～124.

Peter Fritz.1969.The oxygen and carbon isotopic composition of carbonates from the Pine Point lead-zinc ore deposits,. Econ Geol., 64: 733～742.

O′neil J R, et al. 1969. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates[J]. Chem. Phys., 51: 5547.