安徽全椒黄栗树地区金和（含金）铜矿床的流体包裹体特征及矿床成因*

Characteristics of Fluid Inclusion and Their Implications for 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 and Dong Faxian

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

摘　要　本文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）铜矿床的流体包裹体特征及其对矿床成因上的指示意义。

关键词　流体包裹体　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。研究发现，两种不同类型的矿化（床）成矿控矿地质条件基本相似，成因上受相同的因素，即燕山中、晚期岩浆活动所制约，但局部成矿地质环境和矿床地球化学的差异造就了区内相同成因而不同类型矿化（床）。文章从矿床流体包裹体的角度为其成因提供了佐证。

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； 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 等元素及相关矿化的主要赋存层位。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}）。区内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

* 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。

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。

根据矿床产出的构造位置、赋矿围岩及矿石成分的不同，研究区内的矿床可以分为两种类型：① 产于石英闪长岩、闪长玢岩脉与围岩内外接触带内，主要出露于 NE 向矿化带西南段玉屏山—燕子山等岩浆岩发育区，包括有东孙中、高温（石英-碳酸盐相）夕卡岩型铜（金）矿床、石英脉型金（铜）矿点和矿化点；② 出露于矿化带的中段至北段，主要产于震旦系灯影组灰岩内的微细浸染型金矿床或金矿化，包括大庙山—龙王尖、黄泥河等小型金矿床及一系列金矿（点）化等，矿化（体）均赋存在不同的 NE—NNE 向层间破碎带或断裂带内，是该地区主要的矿化类型及矿床勘查目标。

2　流体包裹体特征及矿床成因上的意义

2.1　流体包裹体特征

对不同类型的（铜）金矿床中的 11 个样品中的 16 种矿物（以方解石、石英、绿帘石、辉石、石榴石等矿物为主）进行了详细镜下观察：本区以原生流体包裹体为主要类型，大多数形状较为规则，以不完全负晶状为主；少数呈浑圆粒状或小圆粒状等不规则形状。大小相差较为悬殊，小者仅 3 μm 左右，大者可达到或大于 60 μm，但多数为 10～25 μm。从包裹体的相数和相比可以知道，室温下本区流体包裹体以气液两相为主，气液比为 10%～20%，部分为 20%～40%，个别可以达到 60%～90%，后者为富气体包裹体。另有少量为纯液体或气体包裹体。同时，在夕卡岩型金铜矿石中，还见到大量多相包裹体，由气相、液相和子矿物组成，其中，子矿物主要为 NaCl，少数可能为 $CaCO_3$。此外，在该类型矿石中还见到纯 CO_2 包裹体及含液态 CO_2 三相气-液包裹体。

2.2　成矿的温度压力条件、流体的盐度和密度

测得成矿流体包裹体的均一温度、盐度，并通过计算，得到相应温度及盐度下的成矿流体包裹体的密度和压力❶。

（1）均一温度：将所测均一温度的数据绘制成频率直方图（图 1）可以看到，从夕卡岩型（金）铜矿床到大庙山金矿床、龙王尖金矿床，均一温度变化范围较大，从近 600°C 的高温到 130°C 的低温均有分布。但明显的可以分为 3 个部分，即：① 以绿帘石、石榴石等矿物为主的高温阶段，形成温度大于 590°C；②中温阶段 200～335°C，平均为 282°C；③低温阶段 130～200°C，平均为 171.7°C。

（2）盐度：盐度具有与温度相类似的变化特点，从夕卡岩型矿石的高盐度〔$w(NaCl_{eq})$为 40.31%～40.45%〕变化为碳酸盐中的低盐度〔$w(NaCl_{eq})$为 2.85%～7.58 %〕，而处于中间的中等盐度占大多数〔$w(NaCl_{eq})$为 10.75%～16.02 %〕。这一方面反映了成矿热液从高温到低温的变化过程中盐度亦逐渐降低；另一方面，也反映了矿床形成过程中，高盐度的岩浆期后热液与极低盐度的大气降水的混合，而后者是目前有关成矿物质沉淀理论的重要机制之一。

（3）密度：成矿流体包裹体的密度是利用我国学者刘斌根据实验数据所得经验公式计算出来的：盐水溶液〔$w(NaCl_{eq})$ <25%〕包裹体的密度式为：$\rho=A+B\cdot t+C\cdot t^2$

式中ρ为流体密度（g/cm^3），t 为均一温度（℃），A、B、C 为无量刚参数，其数值如下：

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）。

$A=A_0+A_1w+A_2w^2$

$B=B_0+B_1w+B_2w^2$

$C=C_0+C_1w+C_2w^2$

式中 w 为盐度（$w(NaCl_{eq})$/%），A_0、A_1、A_2、B_0、B_1、B_2、C_0、C_1、C_2 为无量刚参数，其数值为：

$A_0=0.99351$，$A_1=8.72147\times10^{-3}$，$A_2=-2.43975\times10^{-5}$

$B_0=7.11652\times10^{-5}$，$B_1=-5.2208\times10^{-5}$，$B_2=1.26656\times10^{-6}$

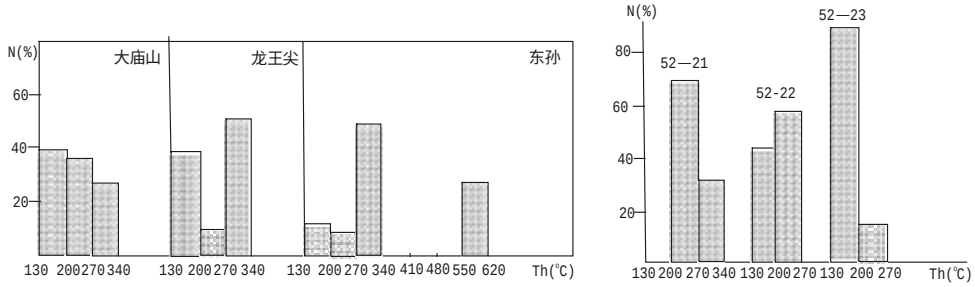
$C_0=-3.4997\times10^{-6}$，$C_1=2.12124\times10^{-7}$，$C_2=-4.52318\times10^{-9}$

在已知均一温度及密度的条件下，采用 Hass（1976）所提 供的在 $w(NaCl)_{eq}$ 为 0%~30 %溶液浓度和 80~370°C 温度范围内溶液蒸气压和密度关系数据来估算成矿流体包裹体的最低形成压力。所测数据清晰显示，本区成矿热液流体密度较低，绝大多数小于 1.0 g/cm^3，与大多数岩浆热液之流体密度（ρ<1.0 g/cm^3）(Roedder,1976)相当，所以，研究区内的成矿热液流体与岩浆热液有关。

计算结果还显示，研究区内的成矿热液流体最低形成压力为：东孙夕卡岩型铜（金）矿床为 88.08×10^5~111.0×10^5 Pa；而大庙山—龙王尖一带的微细浸染型金矿床则为 3.05×10^5~81.55×10^5 Pa。明显低于东孙铜（金）矿床。相应地大庙山—龙王尖一带的微细浸染型金矿床形成最低深度为 61~1105 m。根据成矿压力与形成深度成正比的关系及矽卡岩型矿床的特有温压条件，东孙矽卡岩型铜（金）矿床应该形成于 3 km 以下的位置。

2.3 不同矿区的流体包裹体特点

（1）东孙夕卡岩型金铜矿床：夕卡岩矿物（石榴石、绿帘石、辉石）中流体包裹体丰富，包裹体形态各异，大部分为负晶形，少数为不规则状，以气-液包裹体居多，气液比以 10%～30%者居多，个别达 60%；部分包裹体中见到含液体 CO_2 包裹体体积较大，大于 15 μm，部分可以达到 60 μm。富含子矿物，主要为 NaCl 或 $CaCO_3$。均一温度明显分为 3 个阶段（图 1 左图右侧）：早期高温阶段，平均值 584°C（16 个样品）；中温阶段，270～316°C（29 个样品）；低温阶段，158～198°C（12 个样品）。盐度〔$w(NaCl_{eq})$〕小者为 2.85 %，中等程度为 10.75%～13.88 %，高者为 40.31%（为多相包裹体所测）。密度为 0.95～0.84 g/cm^3。成矿流体的压力为 88.08×10^5~111.0×10^5 Pa。



t_{Th}/℃ t_{Th}/℃

图 1 流体包裹体均一温度频度图

（左：全区，右：溢洪道剖面）

（2）大庙山矿区：包裹体丰富，一般为气液两相，少数为单相液体包裹体或气体包裹体，气液两相包裹体的气液比为 10%～20%，部分可以达到 60%，为富气体包裹体。包裹体形态较为规则，多为不完全负晶状，大小为 10～20 μm。均一温度明显分为两个阶段（图 1 左图左侧），平均值分别为 267.2～271.9°C（12 个样品）；150～187.8°C（11 个样品）。盐度为中—低等，$w(NaCl)_{eq}$ 为 5.81%～11.36 %。另外，大庙山矿区赋矿围岩内沿构造破碎带中的变化（图 1 右图）也显示，从白云岩→蚀变白云岩，流体包裹体的均一温度逐渐下降，从早期（52～21°C）为单阶段中高温（258.7°C）→中间（52～22°C）为双阶段 225～172.6°C →晚期为单阶段低温（167.3°C）。但盐度变化不大，$w(NaCl_{eq})$为 15.13%~13.44 % 。密度为 0.88～0.96 g/cm^3。成矿流体的压力为 3.53×10^5~77.5×10^5 Pa，成矿深度为 61～761 m。

（3）龙王尖矿区：基本特征与大庙山矿区类似，均一温度平均值也具有中、低温两部分，即 274.4～293.0°C（18 个样品）；163.3～181°C（13 个样品）（图 1 左图中间）。盐度为中—低等，$w(NaCl_{eq})$为 4.73%～16.02 %。密度为 0.79～1.02 g/cm^3。成矿流体的压力为 3.05×10^5~81.55×10^5 Pa，成矿深度为 68～1105 m，平均大于 546.4 m 以上。

上述成矿流体包裹体在全区范围内及不同的矿区内的变化，既有区别，又有明显的内在联系，说明各个矿区的局部成矿环境是形成它们之间差异的决定因素，但就整个流体包裹体的变化，它们又受统一的成矿动力作用所控制。换句话说，不同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。

根据流体包裹体特征所得出的结论与矿床在岩石化学、微量元素、REE 元素及氧、硫、碳同位素地球化学等方面的变化及其结论完全一致。

参 考 文 献

Roedder, E. 1976. Fluid-inclusion evidence on the genesis of ores in sedimentary and volcanic rocks. In: Handbook of stratiound and stratiform ore deposits (K. H. Wolf editor). Elsevier Amsterdam, 2: 67～10.