安徽沙溪斑岩型铜（金）矿床研究进展

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **基金项目：**国家自然科学基金项目（批准号：Nos. 41173057；41373007） **作者简介：**邓江洪，男，1987年生，博士，主要从事Fe-Cu-Au成矿相关的岩石学、矿床学研究.\* 通讯作者，E-mail: xyyang555@163.com |

邓江洪，杨晓勇\*

（中国科学技术大学 地球与空间科学学院 壳幔物质与环境重点实验室，安徽 合肥 230026）

沙溪斑岩型铜(金)矿床地处长江中下游成矿带，位于庐枞盆地西北部约10 km处，郯庐断裂带南侧，是一个大型的多金属矿床。目前已探明Cu资源量超过100万吨，Au资源量超过33吨。区内侵入岩广泛发育，主要为石英闪长斑岩、黑云母石英闪长斑岩、细斑闪长斑岩，其次还有辉绿岩脉等后期脉体发育，局部闪长玢岩破碎，形成角砾岩。矿区内这一套闪长岩类是主要的赋矿岩石，前人的研究认为他们属于埃达克质岩系列（Wang et al., 2006；Yang et al., 2011）。早、中侏罗世内陆湖沼相碎屑岩、晚泥盆-早、中志留世陆相-滨海相碎屑岩及海湾泻湖相碎屑岩则为矿体围岩。

本研究的对象则包括沙溪地区这一套与成矿相关的侵入岩，主要包括黑云母辉长岩，黑云母闪长岩，闪长岩-石英闪长岩等。锆石U-Pb定年显示沙溪的这一套侵入岩形成时代集中在130～129 Ma范围内，晚于庐枞盆地早期火山岩（如龙门院组、砖桥组、双庙组火山岩）。沙溪矿区赋矿的闪长岩-石英闪长岩由于具有高的Sr/Y比值、La/Yb比值，低的Y、Yb含量而被判别为埃达克岩。黑云母辉长岩虽然具有高Sr/Y比值，而黑云母闪长岩则具有低的Sr/Y比值。岩石类型方面沙溪黑云母辉长岩、黑云母闪长岩属于高钾钙碱性系列，而闪长岩-石英闪长岩系列则属于钙碱性系列，与典型的岛弧地区埃达克岩类似，区别于长江中下游其他地区高钾钙碱性的埃达克质岩。岩石成因方面，沙溪埃达克质岩Sr/Y、La/Yb比值、Y、Yb含量等与SiO2含量没有一个明显的相关关系，并且与该区偏基性的黑云母辉长岩、黑云母闪长岩不在同一个岩浆演化序列上，因此排除了其由玄武质岩浆分离结晶形成的可能性，区别于长江中下游其他地区如鄂东南、铜陵等地岩浆岩。

与矿床有关的岩浆岩为一套埃达克质岩，埃达克质岩具有高的MgO含量、Mg#、Sr含量，低的K2O/Na2O比值，脱耦的Sr/Y-(La/Yb)N，这些特征都说明其形成于俯冲洋壳部分熔融。同时岩石中锆石均具有正的**Hf(t)值，印证其源区主要为俯冲洋壳，而其Sr-Nd-Pb同位素则显示其源区还有少部分俯冲沉积物的加入，并且明显区别于大别山以及郯庐断裂带南段由加厚的扬子下地壳部分熔融形成的埃达克岩/花岗岩，这也与Th/Yb-Sr/Nd，Th/U-Th等微量元素特征所反映的源区性质相一致。该区的高Sr/Y黑云母辉长岩以及黑云母闪长岩则可能形成于早期俯冲流体交代以及后期埃达克质熔体交代的具有复杂成分的大陆岩石圈地幔不同程度的部分熔融，进而得以保留一些埃达克质岩的微量元素特征以及富集的同位素特征。沙溪埃达克岩的锆石微量元素显示其与长江中下游其他地区与Cu-Au成矿相关的埃达克质岩相似，均具有高的氧逸度，有利于成矿。

据此我们判断，沙溪斑岩型铜（金）矿床主要成矿物质来自于洋壳俯冲的板片熔融产生的岩浆岩，由此交代地幔中富集的硫化物，由于太平洋板块在燕山期向中国东部的大范围俯冲，导致岩浆上升，于浅部减压，遇沉积地层导致氧逸度环境发生变化（主要由氧化向还原过渡），导致岩浆中的铜金物质沉淀富集成矿。

**参 考 文 献：**

Wang Q, Wyman D A, Xu J F, et al. 2006. Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): Implications for geodynamics and Cu-Au mineralization. Lithos, 89; 424-446.

Yang X Y, Yang X M, Zhang Z W, et al. 2011. A porphyritic copper (gold) ore-forming model for the Shaxi-Changpushan district, Lower Yangtze metallogenic belt, China: geological and geochemical constraints. Int Geol Rev, 53(5-6): 580-611.

新疆北山红十井金矿流体包裹体特征及其找矿意义

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **基金项目：**中央专项基金358项目（12120113043500）；国家305项目（2011BAB06B04-05）**作者简介：**霍永豪，男，1986年生，硕士研究生， 矿物学、岩石学、矿床学专业. E-mail: huoyh14@lzu.edu.cn\* 通讯作者，E-mail: lvxb\_01@163.com |

霍永豪1，吕新彪2,3\*，尚世超2，曹晓峰2

（1. 兰州大学 地质科学与矿产资源学院&甘肃省西部矿产资源重点实验室，甘肃 兰州 730000；2. 中国地质大学 资源学院，湖北 武汉 430074；3. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室，湖北 武汉 430074）

红十井金矿床位于北山裂谷带南亚带红十井-白山金铜成矿带的西南部（周济元等，2003）。该金矿床赋存于中石炭统矛头山组含金建造中，受红十井-矛头山大型韧性剪切带的次级脆-韧脆性逆冲断裂带控制，红十井金矿床是该断裂成矿带发现较早且研究相对深入的中型金矿床（肖慧良等，2003）。红十井金矿的发现、勘探和开采历史已有二十余年，因矿区所在位置工作环境恶劣，前人的工作程度较为不足，尤其是对矿床的成矿流体研究程度相对薄弱，从而严重影响对矿床成因类型的准确判定，因而本文工作重点为成矿流体分析。

根据野外观察，将红十井金矿的成矿过程划分为石英-绢云母-绿泥石-黄铁矿阶段、石英-方解石-黄铁矿阶段和方解石阶段等3个阶段。本次用于研究各个成矿阶段的流体样品均来自Ⅰ号矿带，包括各阶段岩芯和矿井样品共25件，并精选其中的10件样品进行系统显微测温研究。本次研究主要利用流体包裹体显微测温及激光拉曼技术获取三个阶段流体包裹体的冰点、均一温度和成分信息，并通过数据处理获得包裹体的相关物理化学参数。

岩相学观察表明红十井金矿成矿过程的各个成矿阶段的石英和方解石晶体中普遍发育流体包裹体，根据镜下鉴定特征可分为纯液体包裹体（Ⅰ型）、纯气体包裹体（Ⅱ型）、液体包裹体（Ⅲ型）、气体包裹体（Ⅳ型）、含子矿物包裹体（Ⅴ型）和含液体CO2包裹体（Ⅵ型）：①Ⅰ型（图1a）多成短柱状和长柱状和不规则状，大小8～23 µm，孤立分布，亮度和突起均较高；②Ⅱ型（图1b）多呈不规则状，大小3～10 µm，孤立分布，包裹体整体黑暗但在包裹体中部常可见白色亮点；③Ⅲ型（图1c）多呈不规则状，少量该类包裹体可见负晶形，大小6～20 µm，成群分布，包裹体的充填度变化较大，是含量最大的一类包裹体；④Ⅳ型（图1d）多呈不规则状，大小10～20 µm，孤立分布，包裹体充填度较大，整体较黑暗；⑤Ⅴ型（图1e）包裹体多呈不规则状，大小8～15 µm，孤立分布，子矿物清晰可见，含量极少；⑥Ⅵ型（图1f）多呈不规则状，大小12～26 µm，孤立分布，CO2气泡即使在常温下也可以明显看到跳动现象。

显微测温研究表明红十井金矿成矿流体的均一温度主要集中在101～333℃，属于中低温范畴。流体盐度*w*(NaCleq)变化范围较大，最低值为0.35%，最高值为14.41%。激光拉曼分析测试表明H2O是最主要的液相成分，在气相成分中，H2O含量最高，CO2含量次之，个别见有CH4，极少量可见固相子矿物。

流体包裹体是记录岩浆演化后期热液演化过程中物理化学信息变化最直接和最接近真实的原始样品，也为研究成矿热液挥发分性质、组成特征及成矿作用机制开辟了新的道路。通过对包裹体中保存的古流体进行系统的定性和定量分析，可以有效解释地壳和地幔中的各种地质作用过程，进而确定矿床成因类型和成矿机理（Bakker and Diamond，2000；Kendrich et al., 2001）。沸腾包裹体是不混溶包裹体的一种特殊类型，是由流体沸腾作用形成的。张德会（1997）研究发现，沸腾作用是引起矿床金属矿物形成和矿质沉淀的重要机理之一。沸腾包裹体（群）的形成机制较为复杂，或是由于压力的突然释放，或是因为温度的变化，或是因为流体的浓度改变，使原始均匀的流体产生沸腾形成不均匀的多相体系（张文淮和陈紫英，1993）。前人（杨巍然和张文淮，1996；徐兆文等，2005；张振亮等，2005）对不同矿床类型和不同断裂构造环境中的流体沸腾作用做了大量的研究工作，提出了多种流体沸腾机制，如断裂活动、流体混合和增温沸腾等。本次研究中包裹体岩相学特征表明，红十井金矿石英晶体中存在充满气体的低密度、低盐度包裹体、几乎全为液体的高密度、高盐度包裹体以及含盐类子矿物多相包裹体同时存在且均一温度相近，同时还存在充填度介于最大和最小之间且变化不定的包裹体，说明成矿流体曾经发生过沸腾作用，而这将有利于含矿热液中的成矿元素卸载富集成矿。根据张振亮等（2007）的实验成果，含子矿物多相包裹体的发现表明成矿流体的温度较高、压力较低、沸腾作用持续的时间较长，且液相流体的盐度分异程度较高，而断裂活动引起的流体沸腾刚好具有类似特征，从而证明红十井金矿区的成矿过程主要受断裂构造活动影响。同时围岩中成矿元素丰度明显高于地壳平均丰度，指示其可能为矿源层，为成矿热液提供矿质来源。矿化蚀变带内矿化石英脉与由绿泥石、绿帘石和绢云母等组成的矿化蚀变岩具有复杂的穿插关系，指示矿化带曾发生复杂的构造运动，而矿化蚀变带内部及接触带与围岩具有相似的矿化蚀变特征则进一步证明红十井金矿具有热液萃取围岩成矿元素并在断裂蚀变带卸载成矿的可能性。由于红十井金矿所在区域含高丰度成矿元素的玄武岩大面积出露，且本区断裂构造极其发育，从流体成矿的角度考虑，红十井金矿所在地区具有较好的寻找构造蚀变岩型矿床的找矿潜力。

a-纯液体包裹体；b-纯气体包裹体；c-液体包裹体；d-气体包裹体；e-含子矿物包裹体；f-含液体CO2包裹体；L-液相；V-气相；S-固相

图1 红十井金矿石英晶体中流体包裹体物相特征

**参 考 文 献：**

Bakker R J, Diamond L W. 2000. Determination of the composition and molar volume of H2O-CO2 fluid inclusions by microthermometry. Geochimica et Cosmochimica Acta, 64(10):1753-1764.

Kendrich M A, Burgess R, Pattrich A D, et al. 2001. Fluid inclusion nobel gas and halogen evidence on the origin of Cu-Porphyry mineralizing fluids. Geochimica et Cosmochimica Acta, 65(16): 2651-2668.

肖慧良, 周济元, 王鹤年, 等. 2003. 新疆红十井金矿床特征及成因. 矿床地质, 22(1): 32-40.

徐兆文, 黄顺生, 倪培, 等. 2005. 铜陵冬瓜山铜矿成矿流体特征和演化. 地质论评, 51(1): 36-41.

杨巍然, 张文淮. 1996. 断裂性质与流体包裹体组合特征. 地球科学—中国地质大学学报, 21(3): 285-290.

张德会. 1997. 流体的沸腾和混合在热液成矿中的意义. 地球科学进展, 12(6): 546-552.

张文淮, 陈紫英. 1993. 流体包裹体地质学. 武汉市:中国地质大学出版社, 14-17.

张振亮, 黄智龙, 饶冰, 等. 2005. 会泽铅锌矿床成矿流体浓缩机制探讨. 地球科学-中国地质大学学报, 30(4): 443-450.

张振亮, 王秀林, 吕新彪, 等. 2007. 流体沸腾机制探讨及在石油地质中的可能性—来自合成流体包裹体的证据. 地质学报, 81(5): 695-700.

周济元, 崔炳芳, 肖惠良, 等. 2003. 新疆若羌县红十井金矿地质特征及深部成矿预测. 地质学报, 77(1): 104-112.

南秦岭汉阴北部长沟-鹿鸣金矿流体包裹体研究

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **基金项目：**陕西石泉-旬阳金矿整装勘查区关键基础地质研究项目（项目编号：12120114014201）**作者简介：**王新，男，1990年生，硕士研究生，主要从事构造地质学领域研究. E-mail: dongyimu@126.com\* 通讯作者，E-mail: xky61@163.com |

王新1，杨宏宇1，杨兴科1,2\*，高雅宁1，吴旭1

（1. 长安大学 地球科学与资源学院，陕西 西安 710054；

2. 长安大学 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室，陕西 西安 710054）

汉阴县北长沟-鹿鸣金矿处于南秦岭印支-燕山陆内构造成矿带，产出于杨家峡-沈坝韧性斜推断层北侧的次级韧性断裂带中；金矿化赋存于下志留统梅子垭组第二岩性段，岩性主要为黑云母变斑晶绢云石英片岩、含碳绢云石英片岩夹变砂岩。经过实地调研，矿硐内石英脉发育，围岩主要为下志留统梅子垭岩组，主要岩性以石英二云片岩、含碳绢云母片岩、二云石英片岩、黑云石英片岩、含石榴石黑云石英片岩、含碳黑云母变斑晶绢云母片岩为主，夹石英岩、钙质片岩、含碳灰岩、变砂岩等。石英脉往往沿剪切带中的连续变形面和扩容带分布，多呈透镜体状、脉状产出，在含矿层上下石英脉明显增多，可见黄铁矿化、黄钾铁矾、褐铁矿化等矿化，蚀变主要有硅化、绿泥石化、高岭土化，部分石英脉可见明金，经化学分析，多处金品位较高，显示金矿化和石英脉具有较密切的关系。研究该区金矿床中石英脉的流体包裹体特征对研究该区金矿床具有重要意义。经过研究后，可得出以下认识：

（1）经过实地调研长沟-鹿鸣金矿地表和矿硐，采集石英样品进行研究（表1）。显微镜下显示石英脉中流体包裹体较小，大小一般2～5 μm，个别达15 μm以上。包裹体形态呈椭圆、不规则状，多为气-液两相气体，气-液比一般为5%～10%，个别达20%。包体多呈点状分布，少量呈群状分布，不太发育。以上特征表明该区金成矿经历了沉积变质和后期弱的中-低温热液改造叠加的特点。

**表1 长沟-鹿鸣金矿流体包裹体样品采集表**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样品编号 | 采样地点 | 描述 |
| BG-D511-03 | D511点北西石英透镜体 | 大型石英脉透镜体，顺S2面理发育，围岩为含黑云母变斑晶绢云石英片岩 |
| BG1 | 590CM26标记H07 | 含黄铁矿石英脉，宽10~30 cm，顺S2面理产出 |
| BG3 | 590CM24向北2m | 石英脉宽20~30 cm，顺S2面理产出,石英脉裂隙发育片状黄铁矿和黑云母 |
| BG5 | 590CM23（N）中部（20 m） | 石英脉宽30~60 cm，顺S2面理产出,矿化弱 |
| BG6 | 590CM23（N）北部（30 m） | 石英脉宽约40 cm，顺S2面理产出 |
| BG7 | 590CM23（西）向北1 m | 石英脉宽度不一，宽处可达20 cm，斜列状分布，裂隙可见片状黄铁矿 |
| BG-CM28-01 | 6号CM28向北20 m | 宽20 cm，顺S2面理产出,片状黄铁矿和褐铁矿化 |
| BGL002 | 525CM26 | 石英脉顺S2面理发育，宽20 cm，呈乳白色 |
| BGL006 | 525CM24（N） | 石英脉宽8~10 cm，斜交S2面理产出 |
| BGL011 | 535CM24 | 石英脉宽20 cm，斜交S2面理产出 |

（2）用均一法对该区石英包裹体进行了测温，温度范围为174.7～385.3℃，平均245.78℃，主要集中于180～280℃之间，表明为低-中温成矿。

（3）该区流体包裹体盐度（NaCl）2.57%～23.05%，变化较大，多集中于5%～15%之间，平均12.88%，不仅超过海水正常盐度值（3.5%），而且有不少超过红海中层热卤水值（13.1%），表明该区金成矿有较多热卤水参与，可能是深部热液来源。

（4）以静岩压力27.5 MPa/km的增长率，计算出长沟-鹿鸣金矿的成矿压力在55.04～106.14 MPa之间，矿化深度在2～3.86 km之间，显示在中-浅层次成矿深度范围。