

安徽铜陵狮子山铜矿田地球化学特征综述

瞿泓滢¹, 刘宏伟², 裴荣富¹, 李进文¹, 王永磊¹

(1. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

2. 内蒙古矿产实验研究所, 呼和浩特 010031)

摘要: 安徽铜陵狮子山矿田是铜陵矿集区内储量最大的铜(金)矿田。矿田内矿床类型多样, 成矿作用复杂, 分布有东狮子山、西狮子山、大团山、老鸦岭、冬瓜山和花树坡等铜(金)矿床。这些矿床均围绕岩体产出, 多数为隐伏矿, 赋存于上石炭统一—中三叠统的不同层位, 在空间上具有明显的分带特征, 由下向上依次为层控夕卡岩型、夕卡岩型和热液脉型矿床。其中, 以前两种类型最为重要。矿田成矿经历了海西期和燕山期两个成矿期, 燕山期为主要成矿期。中酸性侵入岩是狮子山矿田内铜矿床成矿物质的主要来源, 主要岩浆岩为石英闪长岩、辉石二长闪长岩和花岗闪长岩。该矿田流体包裹体较丰富且均一, 温度连续而集中, 表明成矿作用的连续性和成矿温度的连续变化以及矿田成矿作用的多期次性、多阶段性。成矿流体主要来自于岩浆水, 可能混有少量的大气降水, 成矿流体是从深部向浅部、从岩体向远处以近等温状态快速输运。

关键词: 地质特征; 流体包裹体; 成矿作用; 狮子山矿田; 安徽省

中图分类号: P613; P618.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2011)03-0239-10

0 引言

安徽狮子山铜(金)矿田地处长江中下游成矿带中段的铜陵大型铜(金)矿集区, 是矿集区中规模最大的矿田。矿田内矿床类型多样, 成矿作用复杂, 倍受国内外地质学者的关注, 先后有众多地质工作者对该矿田进行过地质矿产勘查和地质科学研究工作, 并提出了诸如层控夕卡岩型矿床^[1]、“多层楼”成矿模式^[2]等认识。部分学者还对矿田内个别矿床进行了成矿流体方面的研究^[3-6]; 对狮子山矿田岩浆岩的岩石学、岩石化学、微量元素地球化学以及同位素地球化学等方面亦做了大量的研究工作^[4,7-17]。本文将前人的研究成果进行总结, 试图围绕矿田内各矿床的地质特征、成矿流体以及稳定同位素地球化学特征展开讨论, 以期深入了解狮子山矿田的成矿过程。

1 区域地质背景

长江中下游成矿带位于扬子克拉通北缘, 秦岭—大别造山带和华北克拉通之南, 是中国东部一个重要的 Cu-Au-Fe-Mo 成矿带。长江中下游成矿带以阳兴—常州大断裂(YCF)为南界; 以襄樊—广济大断裂(XGF)为西北界, 断裂以北为大别造山带, 以南为长江中下游西段; 以郧庐大断裂(TLF)为东北界, 以东为长江中下游中东段(图1)。区内地层发育基本完整, 可分为前震旦纪基底岩系、古生代海相沉积为主的盖层岩系和中新生代陆相碎屑及火山岩系三大类。区内发育 EW 向、NWW 向、NNE 向、NE 向、SN 向多组断裂构造, 按照断裂规模及切割深度可分为岩石圈断裂、壳断裂、盖层大断裂和一般断裂4级, 其中岩石圈断裂和壳断裂对形成岩浆带、成矿带、成矿亚带及大型矿床起主导作用, 盖层断裂对控制侵入体就位和矿田、矿床位置起重要作用。中生代的岩浆活动始于

收稿日期: 2010-03-01; 改回日期: 2011-07-17

基金项目: 中国地质调查局危机矿山项目“铜陵市凤凰山铜矿深部岩石地球化学找矿预测”(编号:200799093)资助。

作者简介: 瞿泓滢(1978-), 女, 吉林省吉林市人, 助理研究员, 博士, 从事大比例尺成矿预测和成矿流体研究。通信地址: 北京市西城区百万庄大街26号, 中国地质科学院矿产资源研究所金属室; 邮政编码: 100037; E-mail: hongyingqu@126.com

印支期,均受岩石圈断裂及次一级构造断裂控制,多数为岩株状中浅成复式侵入体。

铜陵矿集区位于长江中下游中部,地处扬子地块与华北地块之间的下扬子印支期隆褶带东南部的马鞍山—贵池隆褶中段^[18]。区内出露地层为志留系—三叠系浅海相碳酸盐岩及少量的半深海相硅质岩和海陆交互的碎屑岩。其中,中石炭统黄龙组、上石炭统船山组、下二叠统栖霞组、上二叠统大隆组以及下三叠统殷坑组、和龙山组、南陵湖组是与成矿关系密切的地层。区内近 EW 向、NE 向、SN 向的基底断裂与铜陵—戴家汇岩石圈断裂综合控制了铜陵矿集区的形成,印支期—燕山早期褶皱构造为 NE 向 S 形隔档式褶皱带,其中,近 EW 向的铜陵—戴家汇深大断裂直接控制区内岩浆活动及矿床形

成^[2]。区内岩体呈岩株(铜官山、凤凰山、新桥头)、岩床(瑶山、缪家)和岩墙(狮子山)状产出。岩体侵入的围岩主要是志留系粉砂岩、上泥盆统五通组石英砂岩、中上石炭统碳酸盐岩、二叠系和三叠系的硅质页岩、灰岩及白云质灰岩。岩体外接触带常发育有夕卡岩化、角岩化和大理岩化。区内侵入岩有橄榄玄粗质系列和高钾钙碱性系列^[19]:橄榄玄粗质系列侵入岩有辉石二长闪长岩、二长闪长岩和石英二长岩;高钾钙碱性系列侵入岩有闪长岩、石英二长闪长岩、花岗闪长岩和花岗岩。与成矿关系密切的为石英二长闪长岩和花岗闪长岩。区内主要矿田有天麻山、铜官山、石门口、井口岭、狮子山—冬瓜山、包村、白芒山、新桥和凤凰山,与岩体有关的矿床主要是铜矿床,均具有重要的经济意义(表 1,图 1)。

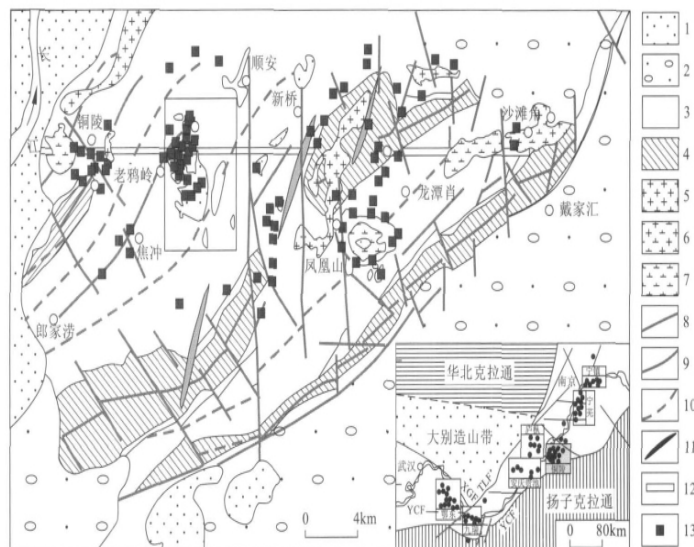


图 1 铜陵矿集区地质矿产略图^[39-40]

Fig. 1 Geological and ore occurrences sketch of the Tongling ore field

XGT. 襄樊—广济断裂 YCF. 阳兴—常州断裂 TLF. 郊庐断裂

1. 第三系泥岩、砾岩夹玄武岩 2. 侏罗—白垩系凝灰质砂砾岩、英安质火山岩

3. 泥盆—三叠系碳酸盐岩、硅质岩、陆源碎屑岩 4. 志留系砂岩、粉砂岩、页岩

5. 石英二长闪长岩 6. 花岗闪长岩 7. 辉石二长闪长岩 8. 盖层断裂 9. 印支期复式背斜

10. 印支期复式向斜 11. 燕山晚期复式褶皱 12. 基底断裂 13. 铜、金、硫、铁、铅、锌及多金属矿床

2 矿床地质特征

狮子山铜(金)矿田位于铜陵市东 7 km 处,是铜陵矿集区内储量最大的铜(金)矿田。该矿田出露的主要地层为下三叠统殷坑组、和龙山组、南陵湖组

和中三叠统东马鞍山组。矿田处于近 EW 向的铜陵—戴家汇基底破碎带与顺安 NE 向复式向斜—大通复式向斜次一级褶皱青山背斜北东段相交汇的部位,其中,印支期形成的 NE 向青山不对称背斜为矿田内的主要构造。矿田内发育 NE 向、EW 向、SN 向、NNE 向、NW 向多组断裂。由印支期 NE 向褶皱、印支期末—燕山期和燕山期的褶皱、断裂及层间

表 1 铜陵矿集区典型矿床基本特征

Table 1 Characteristics of Cu deposits in the Tongling Metallogenic region

矿床名称	矿床类型	规模和品位	侵入岩	围岩	矿石矿物	脉石矿物
天麻山	Au-Cu 夕卡岩型 层控型	大型 Au=1.78~5.33 Ag=15 Cu=0.45	闪长岩、石英闪长岩 (143Ma, 全岩 K-Ar)	志留系—三叠系沉积岩(主要为碳酸盐岩)	磁黄铁矿、黄铁矿、 砷黄铁矿、黄铜矿、 辉钼矿、磁铁矿	石英、方解石、辉石、 蛇纹石、石榴石、白 云母
铜官山	Cu-Au 夕卡岩型 层控型	大型 Cu=1.83	石英闪长岩 (143~153Ma, K-Ar)	志留系—三叠系沉积岩(主要为碳酸盐岩)	磁铁矿、黄铁矿、黄 铜矿、磁黄铁矿、辉 钼矿	石榴石、辉石、角闪 石、阳起石、方解石、 石英、绿泥石
石门口	S-Fe-Cu 层控型	中型 Au=0.85 Ag=17.3 Cu=0.2~0.7 S=35~40	花岗闪长斑岩	志留系—三叠系沉积岩(矿体在碳质页岩中)	黄铁矿、白铁矿、黄 铜矿、闪锌矿、磁铁 矿	石英、重晶石、方解 石、高岭土、白云母、 白云石
井口岭	Cu-Au 夕卡岩型	中型 Au=2.57 Ag=15.7 Cu=1.18	石英闪长岩 (113Ma)	中三叠统泥质灰岩	黄铜矿、斑铜矿、辉 钼矿、黄铁矿、磁黄 铁矿、闪锌矿	石榴石、辉石、方柱 石、硅灰石、石英、方 解石
狮子山—冬瓜山	Cu-Au 夕卡岩型 层控型	大型 Cu=0.99~1.48	闪长岩、石英二长闪 长岩、花岗闪长岩 (47~160 Ma, K-Ar)	石炭系—三叠系砂 岩、页岩、硅质灰岩、 白云岩	黄铜矿、黄铁矿、磁 黄铁矿、磁铁矿、菱 铁矿	石榴石、辉石、方柱 石、蛇纹石、滑石、方 解石、石英
包村	Cu-Au 夕卡岩型	中型 Ag=7 Cu=0.6	石英二长闪长岩	下三叠统泥质灰岩	磁铁矿、磁黄铁矿、 黄铁矿、黄铜矿、自 然铋、辉钼矿、方铅 矿	透辉石、石榴石、蛇 纹石、阳起石、石英、 方解石、绿泥石、绿 帘石
白芒山	Au-Ag 夕卡岩型	小型 Au=16.47 Ag=27	辉石二长闪长岩	下三叠统大理岩	黄铁矿、磁黄铁矿、 磁铁矿、自然金、黄 铜矿、砷黄铁矿、方 铅矿、闪锌矿	透辉石、石榴石、正 长石、蛇纹石、硅灰 石、石英、方解石、绿 泥石
新桥	Cu-Au 夕卡岩型 层控型	大型 Au=0.78 Ag=14.1 Cu=0.89	石英闪长岩、闪长岩、 辉石闪长岩 (168Ma)	志留系—三叠系沉积岩(主要为碳酸盐岩)	黄铁矿、磁黄铁矿、 黄铜矿、磁铁矿、方 铅矿、闪锌矿、辉铜 矿	白云石、方解石、辉 石、硅灰石、石榴石、 石膏、黑云母、绿帘 石、绿泥石
凤凰山	Cu 夕卡岩型	中型 Cu=1.24	花岗闪长斑岩 (110~131Ma)	志留系—三叠系沉积岩	黄铜矿、黄铁矿、磁 铁矿、斑铜矿、辉钼 矿	石英、长石、石榴石、 绢云母、方解石

量的单位: $w(\text{Au}, \text{Ag})/10^{-6}$, 其他元素 $w_B/\%$ 。

构造组成区内复杂的网格状构造格架。矿田内侵入岩非常发育,主要为燕山期钙碱性—偏碱性的石英二长闪长岩和花岗闪长岩,多呈岩墙或岩枝状等小侵入体产出;次为辉石二长闪长岩、二长花岗斑岩和花岗闪长斑岩脉。岩浆侵入作用造成了矿田内范围较广的围岩热变质,使上石炭统一下二叠统灰岩、白云岩、白云质灰岩和泥质条带灰岩等变质为大理岩、白云质大理岩和角岩,同时也形成了较为发育且具有重要控矿作用的岩浆侵入接触构造。岩体主要侵位于上泥盆统一下三叠统之中,岩体边部顺层贯入围岩中,并在不同水平面上相互沟通。在浅部构成一个浅成、超浅成相“树枝状”或大型网络状岩墙、岩枝相侵入岩系,受矿田内网络状断裂构造系统控制明显;中深部的岩体主要呈 EW 向、SN 向和 NE 向

展布。在约 28 km² 的矿田范围内,铜矿体成群产出,主要有东狮子山、西狮子山、大团山、老鸦岭、冬瓜山和花树坡铜矿床;胡村、白芒山、新华山、包村和鸡冠山都是以金矿为主的矿床。这些矿床均围绕岩体产出,多数为隐伏矿,赋存于上石炭统一中三叠统的不同层位(图 2)。矿田内矿床的主矿体多呈似层状产出,沿接触带自下而上呈阶梯状排列。深部矿为冬瓜山斑岩型和层控式夕卡岩型矿床,中部矿为花树坡、大团山层间式夕卡岩型矿床,上部矿为老鸦岭、西狮子山等层间交代式夕卡岩型矿床,浅部矿有东狮子山隐爆角砾岩型矿床,形成了“三位一体”或“多层楼”的矿床空间分布模式^[2],其中层控夕卡岩型和夕卡岩型矿床最为重要(表 2)。

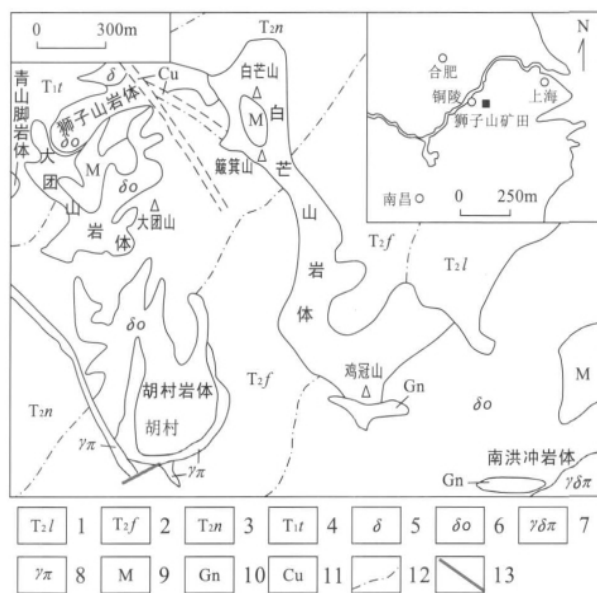


图2 狮子山矿田地质简图^[41]

Fig. 2 Geological sketch of the Shizishan ore field

1. 龙头山组 2. 分水岭组 3. 南陵湖组 4. 塔山组 5. 闪长岩
6. 石英闪长岩 7. 花岗闪长岩 8. 花岗斑岩 9. 大理岩
10. 铁帽 11. 铜矿化 12. 地层界线 13. 断层

(1)东狮子山铜矿床:位于狮子山矿田中部,矿石以稀疏—稠密浸染状为主。受白芒山背斜直接影响,夕卡岩型铜矿床夕卡岩体和矿体填充地层薄弱带和顺层滑脱构造产生的空间,南陵湖组为主要容矿层位,成矿与燕山中期的辉石二长闪长岩有关。矿床为角砾岩筒式,角砾成分有石英二长闪长岩、石榴石夕卡岩以及少量的大理岩,岩筒向外侧过渡为强烈夕卡岩化的石英二长闪长岩和大理岩。铜(金)矿体位于隐爆角砾岩中,隐爆角砾岩中还有块状夕卡岩。夕卡岩呈似层状透镜体产出,与围岩(大理岩)界线截然,围岩出现重结晶褪色边,夕卡岩边缘有淬火边。具特殊的钾长石、方解石及少量石英等矿物组成的囊状体,其内矿物边界规则,无分带现象,夕卡岩矿物无被交代现象。矿石结构以自形一半自形粒状结构、他形粒状结构、块状结构为主;构造主要有浸染状、块状、流动条纹状、豆状、气孔构造。

(2)西狮子山铜矿床:为层间交代式夕卡岩型铜矿床,位于东狮子山矿床的西南侧,青山背斜南东翼,产于龙山组,处于包村后山—沙子堡 NNE 向构造带与大团山—宝儿岭 EW 向构造带以及西狮子山 EW 向构造带之间的复合部位,青山脚—东西狮子山环状石英二长闪长岩之中部。与成矿有关的岩

浆岩为燕山期石英二长闪长岩。主矿体平行产出,向 E 倾伏,矿体主要产在接触带上。

(3)大团山铜矿床:为层间式夕卡岩型铜矿床,位于狮子山矿田南侧。矿区及外围出露中下三叠统灰岩、大理岩、白云岩、白云质大理岩及砂页岩、硅质岩。矿床产于铜陵大通—顺安复向斜的次级青山背斜北段东南翼,受区域性 EW 向基底构造与 NE 向盖层构造的复合控制,为中型隐伏铜矿床。与成矿有关的侵入岩为燕山晚期花岗闪长岩及石英二长闪长岩、辉石二长闪长岩(该岩体出露在东、西狮子山矿床南部以及大团山矿床南部、西部和东部,呈半封闭状包围矿床)。矿体主要呈似层状、透镜状赋存于下三叠统殷坑组底部条带状夕卡岩中。主要容矿层位为下三叠统殷坑组底部。矿体西南部位于老鸦岭主矿体之上,呈层状,受三叠系小凉亭组及二叠系大隆组和龙潭组地层控制,矿体西北端被燕山期的石英二长闪长岩侵入和叠加改造,形成部分交代夕卡岩型矿石。夕卡岩化、角岩化及硅化等蚀变多发生在侵入岩与围岩的接触带上。

(4)老鸦岭铜矿床:为海西期海底喷流而成的同生沉积层状块状硫化物型和层间交代式夕卡岩型的层状矿床,位于狮子山矿田西南端,以远离接触带和在沉积岩中呈层状产出为特征,赋存于大理岩和角岩带中,主要蚀变有夕卡岩化、角岩化和大理岩化,强烈变质地段形成了块状夕卡岩。矿床地表为三叠系南陵湖组、和龙山组、殷坑组、大隆组、龙潭组、孤峰组石灰岩和大理岩,深部为二叠系和上石炭统沉积岩,矿化发生于下二叠统栖霞组至下三叠统和龙山组,主矿体赋存于上二叠统大隆组底部,为夕卡岩型矿石,局部硫化物富集成块状矿石。矿床在构造上位于青山背斜的东北部,为一近 EW 向的基底断裂和近 SN 向的“盖层构造”。矿区内断裂活动发育(以 NE 向和 NW 向为主),常切割矿体并被岩脉充填。节理呈 NE 向和 NW 向,被硫化物充填。矿区内出露 5 个小岩体:青山脚岩体、大团山岩体、老鸦岭东岩体和闪长斑岩岩体。侵入岩浆岩为燕山期闪长岩类(辉长—闪长岩、闪长岩、正长岩、石英闪长岩和闪长斑岩)。岩石呈半自形粒状结构,岩体边缘相呈似斑状结构,岩脉呈斑状结构。青山脚岩体和东西狮子山岩体在深部相连,具同熔岩浆的特征,与区域岩浆活动具有相似的形成时代,同属燕山早期构造—岩浆作用的产物^[2]。东部岩体接触交代变质作用微弱,其他部位岩体均为发育的夕卡岩化。矿区内主矿体赋存于远离主接触带的围岩中和二叠系上

表 2 狮子山矿田主要矿床地质特征对比

Table 2 List of major Cu deposits in the Shizishan Ore-field

矿床名称	矿床类型	规模品位	成矿时代	埋深/m	形态特征	控制因素	含矿层位
东狮子山	隐爆角砾型和夕卡岩型	中、小型 Cu=0.80~1.20	燕山期	30~250	似层状透镜体	层间裂隙,有利岩性,层间接触构造、褶皱构造,屏蔽层	下三叠统南陵湖组
西狮子山	层间交代式夕卡岩型	中、小型 Cu=0.80~1.20	燕山期	30~—300	平行产出向 E 倾伏	层间裂隙,有利岩性,层间接触构造、褶皱构造,屏蔽层	龙山组
大团山	层间式夕卡岩型	中型 Cu=0.94 Mo=0.034 Au=0.44	燕山期	—316~—788	似层状透镜状	层间裂隙,有利岩性,层间接触构造、褶皱构造,屏蔽层	下三叠统殷坑组底部条带状夕卡岩和角岩互层
老鸦岭	同生沉积层状块状硫化物型、层间交代式夕卡岩型	中型 Cu=1.04	燕山期	—50~—500	层状似层状和透镜状	层间裂隙,有利岩性,层间褶皱构造	二叠系钙质—硅质岩
冬瓜山	大型沉积—热液叠加改造型、层控夕卡岩型、斑岩型	大型 Cu=1.02	海西期	—700~—900	岩墙状和岩枝状产出	有利岩性,层间裂隙,屏蔽层	石炭系黄龙组碳酸盐岩
花树坡	层间式夕卡岩型	中、小型 Cu=1.5 (平均)	燕山期	中部	似层状	地层层位,岩性,层间构造,接触带构造	下二叠统栖霞组上硅质层
矿床名称	矿石类型	矿石矿物		矿石结构构造		主要蚀变	侵入岩岩性
东狮子山	含铜夕卡岩,含铜辉石二长闪长岩	黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿;石榴石、透辉石、方解石钾长石、石英、绿帘石、磷灰石、方柱石、榍石		似伟晶囊状体结构;浸染状构造、块状构造、流动条纹状构造、豆状构造、气孔构造		夕卡岩化	夕卡岩与辉石二长闪长岩相伴构成“夕卡岩—富碱侵入岩”
西狮子山	含铜夕卡岩、含铜磁黄铁矿、含铜大理岩、含铜石英二长闪长岩	黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿;石英、方解石、长石、石榴石		块状构造、浸染状构造、网脉状构造、角砾状构造		夕卡岩化	石英二长闪长岩
大团山	含铜夕卡岩、含铜夕卡岩夹角岩、含铜磁黄铁矿、含铜黄铁矿夕卡岩、含铜硅质岩	黄铜矿、磁黄铁矿、方黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿;石榴石、透辉石、钙铁辉石、石英		自形晶结构、海绵陨铁结构、交代充填结构、反应边结构、塑性变形结构;条带状构造、浸染状构造、脉状构造		夕卡岩化、角岩化、硅化	花岗闪长岩、石英二长闪长岩、辉石二长闪长岩
老鸦岭	含铜夕卡岩	磁黄铁矿、黄铁矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿;石英、石榴石、透辉石为主,透闪石、绿帘石、绢云母、绿泥石		半自形粒状结构、似班状结构、斑状结构;条带状构造、浸染状构造、脉状构造		绢云母化、高岭石化、碳酸盐化、绿泥石化	辉长—闪长岩、闪长岩、正长岩、石英闪长岩和闪长斑岩
冬瓜山	含铜磁黄铁矿、含铜蛇纹石岩、含铜夕卡岩、含铜黄铁矿矿石、含铜硬石膏、含铜磁铁矿矿石、含铜粉砂岩、含铜石英闪长斑岩	黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、方黄铜矿、墨铜矿、闪锌矿、菱铁矿、白铁矿;石榴石、透辉石、透闪石、斜(粒)硅镁石、蛇纹石、滑石、硬石膏、石英、方解石		粒状、交代状、重结晶交代溶蚀状、填隙状和胶状结构;块状构造、浸染(细脉—浸染状)构造、脉状—网脉状构造、角砾状构造、微层状构造、条纹—条带状构造、揉皱构造		钾化、硅化、蛇纹石化、碳酸盐化、绿帘石化、绿泥石化、滑石化、绢云母化、黄铁矿化、金云母化	石英闪长岩、石英二长闪长岩、石英闪长玢岩、石英二长闪长玢岩
花树坡	含铜夕卡岩、含铜硅质岩和含铜大理岩型	黄铜矿、磁黄铁矿、方黄铜矿、黄铁矿、胶黄铁矿、白铁矿;石英、石榴石、方解石		自形—半自形粒状、他形粒状、交代、包含、填隙及固溶体分离结构;块状构造、浸染状构造、网脉状构造、角砾状构造		大理岩化、角岩化、硅化、碳酸盐化、钾化、绿泥石化、阳起石化、绢云母化	钙碱性系列石英闪长岩

量的单位: $w(\text{Au})/10^{-6}$, 其他元素 $w_{\text{B}}/\%$ 。

统大隆组底部,呈层状、似层状和透镜状,总产状为NNE-NE走向。主要为夕卡岩型矿石,局部硫化物富集成块状矿石。

(5)冬瓜山铜矿床:位于狮子山矿田中部,是铜陵矿集区内具有代表性的大型沉积-热液叠加改造型和层控夕卡岩型、斑岩型的层状铜矿床,是我国目前已发现的层控夕卡岩型矿床中规模最大的一个。矿区内出露地层为下、中三叠统浅海-泻湖相微晶灰岩、页岩,志留系高边组泥质页岩,深部为上泥盆统陆相石英砂岩、泥质胶结砂岩,下石炭统海陆交互相砂岩、粉砂岩、含碳质页岩,中、上石炭统泻湖-浅海相微晶白云岩、微晶球藻灰岩,上二叠统浅海相含生物碎屑微晶灰岩、燧石岩、放射虫硅质岩。青山背斜为矿区内主要的褶皱构造,矿床位于背斜近轴部及南东翼之NW向和NE向的构造带中,呈“S”型展布,枢纽向NE方向倾伏,北西翼较陡,南东翼较缓,矿床赋存于青山背斜深部。断裂构造以NS向为主,次为EW向、NE向和NW向,较大的断裂破碎带有3条,由南向北依次为阴涝破碎带、铜塘冲破碎带和龙塘湖破碎带。与热液叠加作用有关的岩浆岩主要为青山脚中酸性侵入岩,多为浅成-超浅成侵入体,呈岩墙状和岩枝状产出,岩性主要为石英闪长岩、石英二长闪长岩、石英闪长玢岩、石英二长闪长玢岩。主矿体呈层状、似层状赋存于上石炭统黄龙组白云岩、灰岩和下二叠统船山组灰岩之中。

(6)花树坡铜矿床:为层间式夕卡岩型铜矿床。地表出露中下三叠统,深部为上泥盆统一上二叠统,主要容矿层位为下二叠统栖霞组硅质层,栖霞组上硅质层为隧石层、硅质石灰岩、石灰岩透镜体的岩石组合,其下部为栖霞组沥青质灰岩,上部为栖霞组顶部灰岩及孤峰组砂页岩和硅质岩。矿床产于顺安一大通复向斜次级的青山背斜NE段,由印支-燕山期近EW向、NE向、NNE向、SN向及NW向褶皱、断裂及层间构造组成区内复杂的网格状构造格架。矿区内分布有青山脚岩体、大团山岩体和胡村岩体,岩性为钙碱性系列石英闪长岩。岩体大多沿网格状构造侵位,浅部呈复杂的岩墙-岩枝体系,并在其周围广泛发育接触变质及蚀变。主矿体呈似层状,具收缩、膨胀、分支现象,产状与受控岩层产状近于一致。Cu、Au、S矿化发育于背斜轴部及南东翼,分布于上述构造-岩浆“网格”内,受地层层位、岩性、层间构造及接触带构造等控制,形成诸多因素控制的多层次的层状、似层状矿体,从而构成了矿田内独特的“多层楼”式成矿结构^[2]。

3 讨论

3.1 成矿流体性质

(1)狮子山矿田:流体包裹体较丰富,石榴石、石英、方解石包体均一温度为131~570℃^[20]。冬瓜山铜矿床石英中流体包裹体均一温度范围为224~478℃,平均453℃;流体盐度为3.20%~43.90%,平均18.69%;包裹体形态上大致可分为富液含子晶、富气相和富液相包裹体3种类型^[22]。按照含盐度,矿床可分为高盐度流体和低盐度流体,含子晶的流体包裹体为高盐度流体,最高可达43.9%^[23],说明成矿流体具有高盐度特征。均一温度与盐度关系显示(图3),温度与盐度投影点成线性关系排列,在300~400℃温度区间表现明显,表明原始流体以低盐度流体为主,在温度恒定情况下,投影点向较高方向漂移,说明流体存在不混溶现象,矿床存在低盐度流体和高盐度流体互相不混溶的演化趋势。陆三明^[24]测得冬瓜山铜矿床岩浆热液早期钾化阶段流体均一温度380~465℃,流体盐度12.97%~25.02%;夕卡岩阶段石英包裹体均一温度为411~568.7℃,盐度2.4%~64.8%;早石英-硫化物阶段石英包裹体均一温度200~469℃,盐度14.04%~55.15%;晚石英-硫化物阶段石英包裹体均一温度185~382℃,盐度18.38%~22.38%;碳酸盐阶段石英包裹体均一温度98~260℃,盐度15.04%~35.3%。矿床从夕卡岩阶段的高温(508℃)到硫化物阶段中-高温(375℃),再到碳酸盐阶段的低温(180℃),温度逐步降低,通过对冬瓜山铜矿床内石英闪长斑岩中石英斑晶和夕卡岩矿物中流体包裹体显微测温及流体D、O同位素的研究,表明早期夕卡岩阶段的形成可能涉及到高温岩浆流体过程。

(2)东狮子山铜矿床:夕卡岩中石英包裹体均一温度较高,熔流体包裹体温度高于600℃,对应盐度超过42.00%;石英-硫化物阶段石英中包裹体温度为134~334℃,石英流体包裹体含盐度为3.39%~11.22%,平均6.41%,峰值为6.45%^[6],说明该期成矿流体盐度降低。隐爆角砾岩中方解石温度为184~210℃,平均为195℃,方解石流体包裹体中普遍发育石盐子晶,说明该期成矿流体盐度高,产生过沸腾。随着成矿作用的进行,流体盐度表现出由高到低再到高的特征。

(3)大团山铜矿床:主成矿阶段成矿流体温度在

200~450℃ 之间;矿床岩浆晚期的成矿流体盐度很高,一般大于 26.30%;夕卡岩阶段的最高温度达 600℃,对应的盐度为 15.96%,成矿流体盐度中等;早石英—硫化物阶段 365~430℃,对应的盐度变化范围为 3.39%~8.25%,平均值为 6.93%;晚石英—硫化物阶段石英包裹体温度为 205~275℃,峰值为 206~250℃,盐度较高,为 8.41%~21.68%,平均为 18.54%^[25],说明随着成矿作用的进行,流体盐度表现为由高到较高到低再到高的变化趋势,矿床平均盐度为 16.79%。

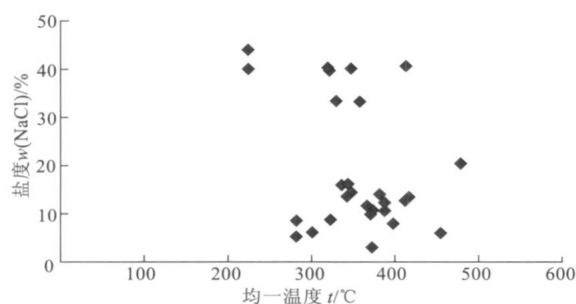


图 3 冬瓜山铜矿床流体包裹体
均一温度和盐度关系图

Fig. 3 Homogeneous temperature vs salinities of
fluid inclusions from the Dongguashan Cu deposit

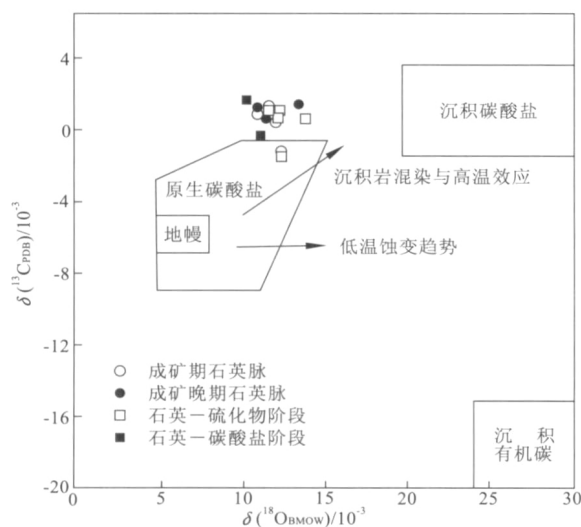


图 4 冬瓜山铜矿床成矿流体
δ¹³C_PDB - δ¹⁸O_SMOW 图解

Fig. 4 δ¹³C_PDB - δ¹⁸O_SMOW diagram of
fluid inclusions from Dongguashan Cu deposit

3.2 成矿流体来源

冬瓜山铜矿床石英中的 $\delta(^{13}\text{C}) = -1.43 \times 10^{-3} \sim 1.72 \times 10^{-3}$,成矿期热液流体的 $\delta(^{13}\text{C}) = -1.43$

$\times 10^{-3} \sim -0.49 \times 10^{-3}$,成矿晚期热液流体的 $\delta(^{13}\text{C}) = 0.60 \times 10^{-3} \sim 1.30 \times 10^{-3}$,石英—硫化物阶段的 $\delta(^{13}\text{C}) = -1.43 \times 10^{-3} \sim 0.66 \times 10^{-3}$,石英—碳酸盐阶段的 $\delta(^{13}\text{C}) = -0.88 \times 10^{-3} \sim 1.72 \times 10^{-3}$ ^[17,26-27]。由 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{PDB}}) - \delta(^{18}\text{O}_{\text{SMOW}})$ 图解(图 4)可以看出,矿床成矿期、成矿晚期、石英—硫化物阶段和石英—碳酸盐阶段的热液流体大多分布于原生碳酸盐范围外,并且有向低温蚀变方向漂移的趋势。冬瓜山成矿热液流体呈中性—偏酸性($\text{pH} = 6.80 \sim 7.00$),温度普遍高于 270℃^[17],温度效应和氧化还原作用对 C 同位素分馏作用小,一般可以近似认为 $\delta(^{13}\text{C}_{\text{方解石}}) = \delta(^{13}\text{C}_{\text{流体}})$ ^[28],因此热液流体中的碳可能来源于沉积碳酸盐的溶解或脱碳作用,以及岩浆、沉积岩或变质岩中还原碳的氧化和水解。热液矿床成矿溶液中碳有 4 种来源:①海相碳酸盐 $\delta(^{13}\text{C}) = -1.00 \times 10^{-3} \sim 2.00 \times 10^{-3}$,平均在 0 附近^[28];②岩浆或地幔的 $\delta(^{13}\text{C}) = -7.00 \times 10^{-3} \sim 2.00 \times 10^{-3}$,平均 -5.00×10^{-3} ^[29];③沉积岩或变质岩中的还原 C 亏损, $\delta(^{13}\text{C}) = -25.00 \times 10^{-3}$ ^[30];④碳酸盐溶解的 $\delta(^{13}\text{C}) \approx 0$,碳酸盐脱碳作用会造成 $\delta(^{13}\text{C}) = 3.00 \times 10^{-3} \sim 5.00 \times 10^{-3}$ 的富集^[31]。冬瓜山 $\delta(^{13}\text{C}) = -1.43 \times 10^{-3} \sim 1.72 \times 10^{-3}$,表明冬瓜山层状铜矿床成矿流体 CO_2 主要来自被岩浆同化的原始地层中海相沉积碳酸盐。

冬瓜山铜矿床石英中 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = 0.94 \times 10^{-3} \sim 8.40 \times 10^{-3}$,主要集中于 $3.17 \times 10^{-3} \sim 8.40 \times 10^{-3}$; $\delta(\text{D}_{\text{SMOW}}) = -5.50 \times 10^{-3} \sim -73.00 \times 10^{-3}$,主要集中于 $-55.00 \times 10^{-3} \sim -73.00 \times 10^{-3}$ 。西狮子山石英—硫化物阶段的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = 4.73 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}_{\text{SMOW}}) = -76.13 \times 10^{-3}$ 。老鸦岭石英—硫化物阶段的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = 3.54 \times 10^{-3} \sim 8.53 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}_{\text{SMOW}}) = -66.90 \times 10^{-3} \sim -74.00 \times 10^{-3}$ 。大团山石英—硫化物阶段的 $\delta(^{18}\text{O}_{\text{水}}) = 2.90 \times 10^{-3} \sim 6.61 \times 10^{-3}$, $\delta(\text{D}_{\text{SMOW}}) = -68.33 \times 10^{-3} \sim -76.00 \times 10^{-3}$ ^[22,27,32]。将数据投影到 $\delta(\text{D}_{\text{SMOW}}) - \delta(^{18}\text{O}_{\text{水}})$ 图中(图 5)可以看出,除少量投点落在雨水线附近外,大部点落在岩浆水范围内,说明成矿流体以岩浆水为主,晚期混有少量的大气降水。

3.3 成矿物质来源

狮子山矿田内各矿床的矿石矿物中均含有磁黄铁矿,推测成矿流体为还原性质。 $\delta(^{34}\text{S}) \approx 0$,为地幔来源; $\delta(^{34}\text{S}) \approx 20 \times 10^{-3}$,为大洋水或海水蒸发岩来源; $\delta(^{34}\text{S})$ 值介于两者之间,为复杂来源; $\delta(^{34}\text{S}) =$

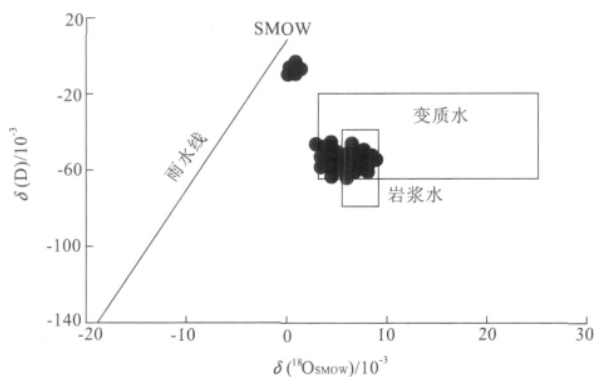


图5 狮子山成矿流体 $\delta(D_{SMOW}) - \delta(^{18}O_{H_2O})$ 图解

Fig. 5 $\delta(D_{SMOW}) - \delta(^{18}O_{H_2O})$ diagram of fluid inclusions from Shizishan ore field

$1 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3}$, 则为火山喷气—沉积来源。

(1) 东狮子山铜矿床: 黄铜矿、黄铁矿和磁黄铁矿的 $\delta(^{34}S)$ 分别为 3.00×10^{-3} 、 4.40×10^{-3} 和 6.80×10^{-3} , 其中有 2 个样品的 $\delta(^{34}S)$ 值小于 5.00×10^{-3} , 可以说硫主要来自原始岩浆; 呈填隙状方解石的化学组成亦显示深源的特征^[33]。

(2) 西狮子山铜矿床: 黄铜矿的 $\delta(^{34}S) = 2.34 \times 10^{-3} \sim 2.40 \times 10^{-3}$, 磁黄铁矿的 $\delta(^{34}S) = 3.00 \times 10^{-3} \sim 3.02 \times 10^{-3}$, 显示硫亦为岩浆来源^[34]。

(3) 大团山铜矿床: 黄铁矿 $\delta(^{34}S) = 1.30 \times 10^{-3} \sim 3.20 \times 10^{-3}$, 平均 2.20×10^{-3} , 与东、西狮子山相一致, 硫的来源可能为岩浆源^[35]。

(4) 冬瓜山铜矿床: 石英闪长岩中石英—黄铁矿网脉矿石硫化物的 $\delta(^{34}S) = 4.08 \times 10^{-3} \sim 4.89 \times 10^{-3}$, 矿体中石英—黄铁矿—黄铜矿脉状矿石硫化物的 $\delta(^{34}S) = 5.97 \times 10^{-3} \sim 6.92 \times 10^{-3}$, 含铜磁黄铁矿块状矿石和含铜夕卡岩块状矿石中硫化物的 $\delta(^{34}S)$ 分别为 $4.79 \times 10^{-3} \sim 5.69 \times 10^{-3}$ 和 $4.91 \times 10^{-3} \sim 5.40 \times 10^{-3}$, 硬石膏的 $\delta(^{34}S) = 14.80 \times 10^{-3} \sim 20.05 \times 10^{-3}$ ^[3,27,36]。

矿田内各类矿石中主要矿石矿物 $\delta(^{34}S)$ 的变化范围不大, 并且较为接近, $\delta(^{34}S) = 1.30 \times 10^{-3} \sim 6.92 \times 10^{-3}$, 峰值集中于 $2.00 \times 10^{-3} \sim 6.00 \times 10^{-3}$ 。其中, 东狮子山 $\delta(^{34}S) = 3.00 \times 10^{-3} \sim 6.8 \times 10^{-3}$, 西狮子山 $\delta(^{34}S) = 2.34 \times 10^{-3} \sim 2.40 \times 10^{-3}$, 大团山 $\delta(^{34}S) = 1.30 \times 10^{-3} \sim 3.20 \times 10^{-3}$, 冬瓜山 $\delta(^{34}S) = 4.08 \times 10^{-3} \sim 6.92 \times 10^{-3}$ 。与含矿黄龙组中结核状黄铁矿的 $\delta(^{34}S)$ 值 ($-28.30 \times 10^{-3} \sim -0.60 \times 10^{-3}$ ^①) 和沉积硬石膏的 $\delta(^{34}S)$ 值 ($-1.00 \times 10^{-3} \sim -5.50 \times 10^{-3}$ ^[20,37]) 有明显区别, 可能矿石中

的硫不是来源于地层。矿体中脉状矿石硫化物的 $\delta(^{34}S)$ 值稍高于两种层状矿石硫化物值, 可能与石英—黄铁矿—黄铜矿形成时流体发生沸腾作用有关^[3,27]。石英闪长岩中网脉状黄铁矿的 $\delta(^{34}S)$ 值与石英闪长斑岩的 $\delta(^{34}S)$ 全岩值 4.00×10^{-3} 接近^[3], 表明成矿期的硫主要来自深部岩浆。

3.4 成矿作用探讨

狮子山矿田内的 6 个主要铜矿床与燕山期侵入岩处于同一构造—岩浆带上, 一般围岩绕岩体分布, 不同矿化类型的矿床与岩体在空间上的相对位置有所不同, 并且构成明显的分带特征, 形成了“三位一体”或“多层楼”的矿床空间分布模式^[2]。中酸性侵入岩是狮子山矿田内铜矿床成矿物质的主要来源, 而一定深度岩浆房的流体和矿质补充对大规模的成矿作用是非常重要的。矿田内铜矿床类型多样, 燕山期中酸性岩浆侵入活动使其围岩发生不同程度的热变质, 形成大理岩、角岩、石英岩等变质岩。高温阶段与碳酸盐围岩的热液交代作用在侵入岩接触带形成了比较发育的夕卡岩(化), 而且热液沿中石炭统一下三叠统的层间滑脱构造顺层运移、渗滤, 与碳酸盐岩发生交代反应也常形成较发育的层间交代夕卡岩(化)。夕卡岩阶段形成的石榴石、透辉石等替代方解石、白云石等碳酸盐矿物, 产生了大量的自由空间, 为含矿热液提供了流动通道和成矿物质堆积的空间。夕卡岩阶段后体系的减压、降温以及地下水的加入, 使成矿物理化学环境发生变化, 含矿热液由于发生交代—充填作用而卸载, 导致铜(金、硫、铁)等矿质大量堆积, 从而形成了区内分布广泛的夕卡岩型矿床。

晚侏罗世—早白垩世, 区域构造环境由挤压向伸展转换, 本区壳幔相互作用强烈, 发生下地壳或岩石圈地幔拆沉, 下地壳、上涌地幔部分熔融, 从而引发大规模的中酸性岩浆侵入, 并分异形成极丰富的地质流体, 为该矿田大规模铜堆积提供了重要载体。矿田内侵入岩形成时代为 $(135.8 \pm 1.1) \sim (139.8 \pm 0.8)$ Ma (吴才来等, 1996), 与铜矿床成矿年龄 (138.0 ± 2.0) Ma^[38] 基本一致, 说明两者为同期产物。矿田流体包裹体较丰富, 不同成矿阶段的均一温度差异明显, 并且随着成矿的进行温度逐渐降低, 然而包裹体均一温度连续而集中, 表明成矿作用和成矿温度的连续变化, 以及成矿的多期次、多阶段性。C、D、O 同位素说明成矿流体以岩浆水为主, 晚期混有少量的大气降水, 成矿流体是从深部向浅部、从岩体向远处呈近乎等温状态下快速运输的。稳定

同位素 $\delta(^{34}\text{S})$ 值显示成矿物质来源于原始岩浆。

4 结论

(1) 狮子山矿田的流体包裹体较为丰富,不同成矿阶段的均一温度差异明显,并且随着成矿的进行温度逐渐降低。同时,包裹体的均一温度连续而集中,反映成矿作用和成矿温度的连续变化,以及成矿的多期次、多阶段性。

(2) C, D, O 同位素说明成矿流体以岩浆水为主,晚期混有少量的大气降水,成矿流体是从深部向浅部、从岩体向远处以近等温状态快速运输的。

(3) 稳定同位素的 $\delta(^{34}\text{S})$ 值显示成矿物质来源于原始岩浆。

注释:

① 安徽省地质矿产局 321 地质队. 安徽沿江重要成矿区铜及有关矿产勘查研究(上册).

参考文献:

- [1] 常印佛,刘学圭. 关于层控夕卡岩型矿床——以安徽省内下扬子拗陷中一些矿床为例[J]. 矿床地质,1983,2(1):11-20.
- [2] 翟裕生,姚书振,林新多,等. 长江中下游地区铁铜(金)成矿规律[M]. 北京:地质出版社,1992.
- [3] 刘裕庆,刘兆廉,杨成兴. 铜陵地区冬瓜山铜矿的稳定同位素研究[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所刊,1984(第1号):47-114.
- [4] 邢凤鸣,徐祥. 铜陵地区高钾钙碱性系列侵入岩[J]. 地球化学,1996,27(3):258-268.
- [5] 凌其聪,程惠兰,陈邦国. 铜陵东狮子山铜矿床地质特征及成岩成矿机理研究[J]. 矿床地质,1998,17(2):158-164.
- [6] 肖新建,顾连兴,倪培. 安徽铜陵狮子山铜金矿床流体多次沸腾及其与成矿的关系[J]. 中国科学(D辑),2002,32(3):199-206.
- [7] 周泰禧,李学明,赵俊深,等. 安徽铜陵铜官山矿田火成岩的同位素地质年龄[J]. 中国科学技术大学学报,1987,17(3):403-407.
- [8] 周珣若,吴才来,黄许陈,等. 铜陵中酸性侵入岩同源包体特征及岩浆动力学[J]. 岩石矿物学杂志,1993,12(1):20-31.
- [9] 陈江峰,周泰禧,李学明,等. 安徽南部燕山期中酸性侵入岩源区的锶-钕同位素制约[J]. 地球化学,1993(3):263-268.
- [10] 陈江峰,周泰禧,邢凤鸣,等. 长江中下游岩带含铜岩体的 Pb, Sr, Nd 同位素特征[J]. 地质学报——中国地质科学院院报,1994(Z1):111-116.
- [11] 邢凤鸣,徐祥. 安徽沿江地区中生代岩浆的基本特点[J]. 岩石学报,1995,11(4):409-422.
- [12] 唐永成,吴言昌,储国正,等. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [13] 吴才来,周珣若,黄许陈,等. 铜陵地区中酸性侵入岩年代学研究[J]. 岩石矿物学杂志,1996,15(4):299-306.
- [14] 吴才来,陈松永,史仁灯,等. 铜陵中生代中酸性侵入岩特征及成因[J]. 地球学报,2003,24(1):41-48.
- [15] 王强,许继峰,赵振华,等. 安徽铜陵地区燕山期侵入岩的成因及其对深部动力学过程的制约[J]. 中国科学(D辑),2003,33(4):323-334.
- [16] 杜杨松,秦新龙,李铉县. 安徽铜陵地区中生代幔源岩浆底侵作用——来自矿物巨晶和岩石包体的证据[J]. 岩石矿物学杂志,2004,23(2):109-116.
- [17] 黄顺生,徐兆文,倪培. 安徽铜陵冬瓜山热液叠加改造型铜矿床流体包裹体地球化学特征[J]. 地质找矿丛论,2003,18(1):34-38.
- [18] 常印佛,刘湘培,吴言昌. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京:地质出版社,1991:1-379.
- [19] 吴才来,周珣若,黄许陈,等. 铜陵地区中酸性侵入岩锆石群结晶特征及其成因意义[J]. 岩石矿物学杂志,1994,13(3):239-247.
- [20] 李进文,裴荣富,梅燕雄,等. 安徽铜陵狮子山铜(金)矿田成矿流体地球化学研究[J]. 矿床地质,2006,25(4):427-437.
- [22] 陈邦国,姜章平,张卫平,等. 安徽冬瓜山叠生式层状铜矿热液改造型流体研究[J]. 江苏地质,2002,26(2):65-69.
- [23] 王汝成,陈培荣,凌宏飞,等. 现代测试技术[M]. 南京:南京大学出版社,2000.
- [24] 陆三明. 安徽铜陵狮子山铜金矿田岩浆作用与流体成矿[D]. 合肥:合肥工业大学,2007:1-158.
- [25] 李学军. 安徽铜陵典型矿区岩石包体研究及其岩浆—成矿作用过程探讨[J]. 地球学报——中国地质科学院院报,1998(增刊),31-36.
- [26] 徐兆文,黄顺生,倪培,等. 铜陵冬瓜山铜矿成矿流体特征和深化[J]. 地质论评,2005,51(1):36-41.
- [27] 徐兆文,陆现彩,高庚,等. 铜陵冬瓜山层状铜矿床同位素地球化学及成矿机制研究[J]. 地质论评,2007,53(1):44-51.
- [28] Ohmoto H, Rye R O. Isotope of sulfur and carbon[C]// Bames H L. Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York: John Wiley and Sons, 1979:435-486.
- [29] Cartigny P, Harris J W, Javoy M. Eclogitic diamond formation at Jwanent: no room for a recycled component [J]. Science, 1998,280: 1421-1424.
- [30] Jia Y F, Li X, Kerrich R. Stable isotope (O, H, S, C and N) systematics of quartz vein systems in the turbidite-hosted Central and North Deborah gold deposits of the Bendigo gold field, Central Victoria, Australia: Constraints on the origin of ore-forming fluids [J]. Economic Geology, 2001,96: 705-721.
- [31] Burrows D R, Wood P C, Spooner E T C. Carbon isotope evidence for a magmatic origin for Archean gold-quartz vein ore deposits [J]. Nature, 1986,321: 851-851.
- [32] 顾连兴,陈培荣,倪培,等. 长江中、下游燕山期热液铜—金矿床成矿流体[J]. 南京大学学报(自然科学),2002,38(3):392-408.

- [33] 张叔贞,凌其聪. 夕卡岩浆型铜矿床特征——以安徽铜陵东狮子山铜矿床为例[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1993, 18(6): 802-814.
- [34] 黄许陈,储国正,周捷,等. 安徽铜陵地区成矿物质和含矿流体来源问题的探讨[J]. 安徽地质, 1994, 4(3): 1-9.
- [35] 陈邦国,刘经华,徐兆文,等. 安徽大团山层状铜矿床地质特征及成因探讨[J]. 江苏地质, 2007, 31(3): 206-211.
- [36] 徐兆文,方长泉,陆现彩,等. 铜陵狮子山矿田岩浆岩成因机制探讨[C]//全国岩浆岩研究发展战略研讨会暨第三届花岗岩成因与地壳演化学术讨论会论文及摘要集. 南京:南京大学, 2004: 117-119.
- [37] 顾连兴,徐克勤. 论长江中、下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J]. 地质论评, 1986, 60(2): 176-187.
- [38] 毛景文, Stein H, 杜安道, 等. 长江中下游地区铜金矿 Re-Os 年龄精测及其对成矿作用的指示[J]. 地质学报, 2004, 78: 121-131.
- [39] Pan Y M, Dong P. The Lower Changjiang (Yangzi/ Yangtze River) metallogenic belt, east central China: intrusion- and wall rock-hosted Cu-Fe-Au, Mo, Zn, Pb, Ag, deposits [J]. Ore Geology Reviews, 1999, 15: 177-242.
- [40] 吴淦国,张达,臧文栓. 铜陵矿集区构造滑脱及分层成矿特征研究[J]. 中国科学(D 辑), 2003, 33(4): 300-308.
- [41] 杨小男,徐兆文,张军,等. 安徽狮子山矿田南洪冲岩体形成时代及成因机制研究[J]. 岩石学报, 2007, 23(6): 1544-1551.

Geochemical characteristic overview of the Shizishan ore-field at Tongling city, Anhui province, China

QU Hong-ying¹, LIU Hong-wei², PEI Rong-fu¹, LI Jin-wen¹, WANG Yong-lei¹

(1. *Institute of Mineral Resources, CAGS, Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Ministry of Land and Resources, Beijing 100037, China;*
2. *Inner Mongolia Minerals Experiment Research Institute, Hohhot 010031, China*)

Abstract: Shizishan is the largest Cu-Au ore-field in the Tongling area, Anhui province. A variety of Cu-Au deposits with complex metallogeny, such as Dongshizishan, Xishizishan, Datuanshan, Laoyaling, Dongguashan and Huashupo occur mostly as blind ore bodies in Upper Carboniferous to Middle Triassic strata surrounding the granitic intrusion. The deposits are characterized by spatial zonation: stratabound skarn type at low level, upward skarn type and hydrothermal vein type. The two skarn types are economically important. Mineralization of the Shizishan ore-field is related to Hercynian and Yanshanian magmatism but Yanshanian mineralization dominant. The intermediate-acid intrusions are the main sources of the metals of the Cu deposits. Quartz diorite, pyroxene monzodiorite and granodiorite are the main magmatic rocks. The ore field is abundant with fluid inclusions and the inclusions are uniformly distributed with continuous and concentrate homogenization temperatures in a wide range, indicating a continuous change in temperature of the multi-stage mineralization. The ore fluids are dominantly of magmatic water incorporated with minor meteoric water. The ore fluids ascended and spreaded rapidly under isothermal conditions.

Key Words: geological characters; fluid inclusions; stable isotopes; the Shizishan ore field; Anhui province