

“十二五”国家重点图书出版规划项目

有色金属文库

NON-FERROUS METALS LIBRARY

STUDY ON FLUID EVOLUTION AND MINERALIZATION OF HYDROTHERMAL
DEPOSITS IN TONGLING AND JIURUI AREA, CHINA

铜陵—九瑞地区热液矿床 流体演化与成矿作用研究

文春华 徐文艺 李斌 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

“十二五”国家重点图书出版规划项目

有色金属文库

铜陵—九瑞地区热液矿床 流体演化与成矿作用研究

STUDY ON FLUID EVOLUTION AND MINERALIZATION
OF HYDROTHERMAL DEPOSITS IN TONGLING AND JIURUI
AREA, CHINA

文春华 徐文艺 李斌 著

Wen Chunhua Xu Wenyi Li Bin



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

· 长 沙 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

铜陵—九瑞地区热液矿床流体演化与成矿作用研究 /
文春华, 徐文艺, 李斌著. --长沙: 中南大学出版社,
2018.4

ISBN 978 -7 -5487 -2562 -6

I. ①铜… II. ①文… ②徐… ③李… III. ①热液矿
床—成矿演化—研究—中国 ②热液矿床—成矿作用—研究
—中国 IV. ①P611.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 071065 号

铜陵—九瑞地区热液矿床流体演化与成矿作用研究
TONGLING—JIURUI DIQU REYE KUANGCHUANG LIUTI YANHUA
YU CHENGKUANG ZUOYONG YANJIU

文春华 徐文艺 李斌 著

□责任编辑 刘小沛

□责任印制 易红卫

□出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731 - 88876770

传真: 0731 - 88710482

□印 装 湖南众鑫印务有限公司

□开 本 720 × 1000 1/16 □印张 10.25 □字数 203 千字

□版 次 2018 年 4 月第 1 版 □2018 年 4 月第 1 次印刷

□书 号 ISBN 978 -7 -5487 -2562 -6

□定 价 40.00 元

图书出现印装问题, 请与经销商调换

内容简介

Introduction

《铜陵—九瑞地区热液矿床流体演化与成矿作用研究》系作者近年来参与的国家科技支撑计划课题(2011BAB04B03)的部分成果。本书系统介绍了铜陵—九瑞矿集区内城门山斑岩型铜矿、胡村矽卡岩型铜金矿、武山矽卡岩型铜矿、姚家岭热液脉型铅锌矿的地质背景和矿床地质特征,开展了流体包裹体研究和稳定同位素及铂族元素研究,分析了矿集区内流体包裹体的性质及温度、盐度等参数,总结了铜陵—九瑞地区斑岩—矽卡岩—浅成热液矿床成矿流体的连续演化特征及成矿作用。本次研究全面总结和梳理了铜陵—九瑞地区构造—岩浆演化与成矿关系,系统研究了斑岩、矽卡岩、低温热液矿床的流体特征及矿床成因,丰富了基础地质资料,同时也积累了大量精确的流体包裹体数据,对长江中下游成矿带成矿流体的演化与成矿作用、找矿预测有重要的理论价值和实际价值。本书可供矿床学及流体包裹体研究人员使用,也可供从事生产的专业技术人员及相关专业大专院校师生使用。

作者简介

About the Author

文春华 男, 1982 年生, 2013 年获中国科学院大学地球化学研究所理学博士学位, 高级工程师, 现为中南大学博士后, 在湖南省地质调查院任职。主要从事矿产勘查与勘探、矿床地球化学、流体成矿学的研究工作。参与了“973”项目、国家科技支撑计划项目, 主持了湖南省自然科学基金项目(青年基金)、地调局综合研究项目、科技部重点研发计划项目下专题, 已在学术期刊上发表论文十余篇。

徐文艺 男, 1970—2013 年, 研究员, 硕士生导师, 中国地质科学院矿产资源研究所流体实验室主任。主持过多项国家科技计划和部门重点科研项目、国家自然科学基金和重点基金研究等多项科研项目, 获得国土资源科学技术奖二等奖, 获得授权专利近十项, 在国内外期刊发表高水平学术论文几十篇。

李 斌 男, 1985 年生, 2015 年获南京大学理学博士学位, 现为中南大学地球科学与信息物理学院副教授。主要从事矿床学、矿床地球化学、流体成矿及岩浆-构造-成矿学的研究工作。主持并参与了多项国家基础研究“973”项目、国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目。已在 *Earth - Science Reviews*, *Ore Geology Reviews*, *Lithos*, *Gondwana Research*, *Tectonophysics*, *International Geology Review*, *Journal of Asian Earth Sciences* 等国际权威和重要期刊上发表论文二十多篇。

前言

Foreword

本书的选题来源于国家科技支撑计划课题,编号2011BAB04B03。本专著内容主要包括九瑞、铜陵矿集区区域地质背景及地质概况,构造-岩浆演化历史及成岩成矿过程,典型斑岩矿床、矽卡岩矿床、低温热液矿床地质特征及成矿作用。重点开展了城门山斑岩型铜矿床、胡村矽卡岩型铜金矿床、武山矽卡岩型铜矿床和姚家岭热液脉型铅锌等典型矿床的地质特征、流体包裹体、稳定同位素和铂族元素研究,分析了成矿流体的性质、演化过程及矿床成因,总结了区内斑岩-矽卡岩-浅成低温热液矿床成矿流体连续演化作用及成矿机制,建立了铜陵—九瑞地区矿床成矿模式,为找矿勘查提供技术服务。

1)研究工作主要从以下几个方面展开:

(1)文献资料收集与整理:系统收集长江中下游成矿带和铜陵—九瑞矿集区内已有的相关基础地质资料,以及岩石学和矿床学、流体包裹体相关的资料,整理和总结前人关于铜陵—九瑞地区研究的相关文献资料,查明矿集区内基本地质特征及背景。

(2)野外地质调查及采样:进行野外地质调研。观察并记录典型矿床地质特征,矿体产状、矿化特征、矿体与围岩、地层接触关系、围岩蚀变作用、地质构造特征。根据野外地质露头、地质特征并结合矿物显微镜下结构、穿插关系确定矿床的成矿阶段;对矿区具有研究意义的样品进行采集、分类处理,并进行相关的地质记录。

(3)岩相及矿相学研究:选择代表性包裹体研究的样品,磨制成包裹体片和光薄片,在显微镜下观察矿物种类及矿物结构关系组合,确定包裹体类型及不同期次包裹体的先后关系。

(4)流体包裹体显微测温及成分测试:在测试仪器 Linkam

THMSG600 型显微冷热台开展单个包裹体原位测温实验;在测试仪器 Renishaw-2000 型显微共焦激光拉曼光谱仪上开展单个包裹体原位气相、液相和子矿物测试;挑选石英单矿物(60~80 目)开展群体包裹体气相、液相成分分析,采用 GC2010 气相色谱仪和澳大利亚 SGE 公司的热爆裂炉测试气相成分,采用 Shimadzu HIC-SP Super 离子色谱仪测试液相成分。

(5) 稳定同位素测试:挑选硫化物单矿物、石英单矿物和方解石单矿物开展 C-H-O 和 S 同位素实验,然后送往相关检测部门进行实验,获得稳定同位素数据。

(6) 硫化物铂族元素测试:挑选硫化物(黄铜矿、黄铁矿)单矿物进行铂族元素含量分析。采用中国科学院地球化学研究所漆亮研究员改进的地质样品中铂族元素的分解方法对样品进行分解,样品处理完后在中国科学院地球化学研究所矿床实验室用 ICP-MS 进行测试。

(7) 综合分析:查明铜陵—九瑞地区典型矿床矿物共生组合关系及成矿阶段;厘清构造-岩浆演化与成矿的内在联系及成因机制;探讨成矿流体演化过程的性质、流体参数的变化特征以及矿质沉淀的机制;建立矿集区内斑岩-矽卡岩-浅成低温热液矿床成矿模型,为深部及外围找矿预测奠定理论基础。

2) 取得的主要成果和认识有:

(1) 九瑞、铜陵地区斑岩、矽卡岩、浅成低温热液脉型矿床包裹体显微测温显示成矿流体演化划分为五个阶段。①斑岩矿床早期石英斑岩的石英斑晶中包裹体均一温度和盐度均很高,见有熔体包裹体-流体包裹体共存的现象,一般认为具有岩浆热液性质;②矽卡岩矿床早期矽卡岩石榴子石中的包裹体见有熔体包裹体,为高温高盐度的特征,与石英斑晶中包裹体相类似,同样代表的是岩浆流体的特征;③氧化物阶段石英中包裹体子矿物见赤铁矿(拉曼光谱鉴定),均一温度为高温,盐度为中高,代表了早期成矿阶段磁铁矿、赤铁矿相关的流体活动;④硫化物阶段石英中包裹体均一温度为中高温,盐度为低高,代表了主成矿期的热液活动;⑤碳酸盐阶段包裹体均一温度和盐度均较低,代表了成矿晚期的热液活动。

(2) 九瑞、铜陵地区矿床类型有矽卡岩型、斑岩型和浅成低温热液脉型铜、金矿床,其形成于 137~146 Ma,与中酸性侵入岩

体密切相关。包裹体类型以斑岩型矿床最复杂,浅成低温热液脉型矿床最简单。显微测温结果显示:斑岩型矿床主成矿阶段的石英-辉钼矿阶段流体包裹体均一温度范围为 $310\sim 490^{\circ}\text{C}$,集中在 $390\sim 450^{\circ}\text{C}$,盐度为 $6\%\sim 42\%$;矽卡岩型矿床主成矿阶段的石英-硫化物阶段流体包裹体均一温度和盐度的变化分别为 $260\sim 410^{\circ}\text{C}$ 和 $6\%\sim 45\%$,以中高温为特征;浅成低温热液脉型矿床主成矿阶段的多金属硫化物阶段流体包裹体均一温度为 $160\sim 420^{\circ}\text{C}$,集中在 $260\sim 280^{\circ}\text{C}$,盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 $0\sim 14\%$,集中在 $2.0\%\sim 4.0\%$ 。斑岩和矽卡岩型矿床在主成矿阶段成矿流体发生了沸腾,是导致矿质沉淀的重要因素。

(3)铜陵、九瑞地区内矿床显微激光拉曼分析显示:气相成分变化规律为斑岩 $\rightarrow$ 矽卡岩 $\rightarrow$ 浅成低温热液脉型矿床,包裹体气相成分明显减少;液相成分变化规律为斑岩 $\rightarrow$ 矽卡岩 $\rightarrow$ 浅成低温热液脉型矿床,包裹体液相成分也明显减少。显微激光拉曼分析和包裹体气相、液相成分色谱分析确定斑岩、矽卡岩、浅成低温热液脉型矿床成矿流体性质,其中斑岩型矿床主成矿阶段流体体系为 $\text{KCl}-\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 型,矽卡岩型矿床主成矿阶段流体体系为 $\text{Ca}^{2+}-\text{Na}^{+}-\text{Cl}^{-}-\text{SO}_4^{2-}-\text{H}_2\text{O}$ 型,浅成低温热液脉型矿床主成矿阶段流体体系为 $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ 型。

(4)九瑞、铜陵地区典型斑岩、矽卡岩、浅成低温热液脉型矿床氢-氧同位素显示其成矿流体具有相似的来源,即主要来自岩浆水,在成矿过程中与不同程度的大气降水混合;碳-氧同位素组成表明,碳可能主要由岩浆提供;硫同位素组成表明矿床中硫主要由岩浆提供;黄铁矿微量元素、稀土元素研究表明矿床中Fe来自岩浆源。

(5)九瑞、铜陵地区内武山和胡村矿床中硫化物的PGE研究表明,Pt和Pd与Cu、Au关系密切,成矿元素主要来自岩浆,且与花岗闪长斑岩关系更为密切。Au的富集与Pd和Pt密切相关。

(6)九瑞、铜陵地区斑岩、矽卡岩和浅成低温热液脉型矿床成矿流体演化各不相同。其中斑岩型矿床主成矿期石英-辉钼矿阶段出现流体沸腾,沸腾作用导致大量二氧化碳等气体逃逸,破坏原有的平衡状态,引起含钼络合物的不稳定,有利于辉钼矿大量沉淀成矿;矽卡岩型矿床主成矿期石英-黄铜矿阶段伴随角砾岩化作用,形成于张性的环境。角砾岩化作用使流体温度骤然降

低,流体与围岩之间的水-岩反应、沸腾作用的共同结果可能是导致该类矿床中铜以硫化物的形式沉淀成矿的主要因素;浅成低温热液脉型矿床主成矿期多金属硫化物阶段矿化受张性构造控制,脉体的多阶段性表明成矿过程中成矿流体的多期脉动,矿化温度变化范围较宽,反映成矿流体可能属于被加热的循环地下水,流体温度的降低是矿石淀积的主导机制。

(7)本书根据九瑞、铜陵地区内典型斑岩、矽卡岩、浅成低温热液脉型矿床的地质特征和成矿流体演化特征建立了相应的成矿模式。上述矿床相关的成岩、成矿时代相近,且矿床的形成与岩体密切相关。因此,岩浆岩集中区即为找矿的中心部位,对寻找铜-金矿床有重要指示意义;另外,矿床可见广泛的沸腾现象,成矿流体沸腾估算的压力代表了包裹体捕获时压力,可以计算出成矿深度,根据成矿深度估算矿床形成前后的剥蚀情况,对找矿有重大指示意义。

本研究得到国家科技支撑计划课题资助。野外工作得到江西铜业集团有限公司的大力支持;室内工作得到中国地质科学院矿产资源研究所流体实验室和中国科学院地球化学研究所矿床室超静实验室的大力支持。本书的出版得到中南大学出版社的支持。在此一并表示诚挚的谢意。

文春华

2018年1月

目录

Contents

第1章 绪论	(1)
1.1 研究现状及存在问题	(1)
1.1.1 流体包裹体研究现状	(1)
1.1.2 九瑞、铜陵地区成矿流体研究现状	(3)
1.1.3 九瑞、铜陵地区典型矿床研究现状	(4)
1.1.4 存在问题	(6)
1.2 选题依据和研究意义	(6)
1.3 研究内容	(8)
1.4 主要分析测试方法及工作量	(9)
1.4.1 主要分析测试方法	(9)
1.4.2 工作量	(10)
第2章 九瑞、铜陵地区地质特征	(12)
2.1 区域地质背景	(12)
2.2 铜陵地区地质特征	(12)
2.2.1 地层	(12)
2.2.2 构造	(14)
2.2.3 岩浆岩	(17)
2.2.4 区域矿产特征	(17)
2.3 九瑞地区地质特征	(18)
2.3.1 地层	(18)
2.3.2 构造	(21)
2.3.3 岩浆岩	(22)
2.3.4 区域矿产特征	(23)
第3章 九瑞、铜陵地区典型矿床地质特征	(24)
3.1 矿床类型及分布	(24)

- 3.2 九瑞、铜陵地区典型斑岩型矿床..... (25)
 - 3.2.1 矿床地质 (25)
 - 3.2.2 矿体特征 (26)
 - 3.2.3 蚀变特征 (27)
 - 3.2.4 成矿阶段 (28)
- 3.3 九瑞、铜陵地区典型矽卡岩型矿床..... (29)
 - 3.3.1 九瑞武山矽卡岩型铜矿床 (29)
 - 3.3.2 铜陵胡村矽卡岩型铜矿床 (33)
- 3.4 九瑞、铜陵地区典型浅成低温热液脉型矿床..... (37)
 - 3.4.1 矿床地质 (37)
 - 3.4.2 矿化特征 (39)
 - 3.4.3 蚀变特征 (41)
 - 3.4.4 成矿期与成矿阶段 (42)
- 第4章 矿集区成岩、成矿时空格架 (45)
 - 4.1 九瑞、铜陵地区岩浆岩时代..... (45)
 - 4.2 九瑞、铜陵地区成矿时代..... (46)
 - 4.3 九瑞、铜陵岩浆岩与矿床关系..... (46)
- 第5章 流体包裹体地球化学 (48)
 - 5.1 流体包裹体地球化学概述 (48)
 - 5.2 样品采集 (48)
 - 5.3 流体包裹体岩相学特征 (48)
 - 5.3.1 九瑞地区矿床包裹体岩相学 (49)
 - 5.3.2 铜陵地区矿床包裹体岩相学 (52)
 - 5.3.3 包裹体组合特征 (55)
 - 5.3.4 岩相学小结 (56)
 - 5.4 流体包裹体显微测温 (57)
 - 5.4.1 九瑞地区矿床包裹体温度、盐度特征..... (57)
 - 5.4.2 铜陵地区矿床包裹体温度、盐度特征..... (63)
 - 5.4.3 九瑞地区矿床包裹体温度—盐度变化规律 (69)
 - 5.4.4 铜陵地区矿床包裹体温度—盐度变化规律 (71)
 - 5.4.5 九瑞、铜陵矿床包裹体温度、盐度讨论及小结 (73)
 - 5.4.6 成矿流体密度、压力..... (73)
 - 5.5 流体包裹体成分分析 (76)

5.5.1	九瑞地区包裹体显微激光拉曼分析	(76)
5.5.2	铜陵地区包裹体显微激光拉曼分析	(79)
5.5.3	九瑞地区包裹体气相、液相色谱分析	(81)
5.5.4	铜陵地区包裹体气相、液相色谱分析	(86)
5.5.5	包裹体成分小结	(87)
5.6	本章小结	(88)
第6章	成矿物质、流体来源示踪	(90)
6.1	样品选取	(90)
6.2	氢-氧同位素示踪	(90)
6.2.1	九瑞地区矿床氢-氧同位素特征	(90)
6.2.2	铜陵地区矿床氢-氧同位素特征	(92)
6.2.3	讨论与小结	(96)
6.3	碳-氧同位素示踪	(97)
6.3.1	九瑞地区矿床碳-氧同位素特征	(98)
6.3.2	铜陵地区矿床碳-氧同位素特征	(100)
6.3.3	讨论与小结	(103)
6.4	硫同位素示踪	(103)
6.4.1	九瑞地区矿床硫同位素特征	(103)
6.4.2	铜陵地区矿床硫同位素特征	(106)
6.4.3	讨论与小结	(109)
6.5	铂族元素研究	(109)
6.5.1	武山矽卡岩矿床铂族元素特征	(110)
6.5.2	胡村矽卡岩矿床铂族元素特征	(111)
6.5.3	讨论	(112)
6.6	硫化物微量元素分析	(115)
6.6.1	九瑞地区微量元素特征	(115)
6.6.2	铜陵地区微量元素特征	(118)
6.6.3	讨论	(121)
6.7	本章小结	(121)
第7章	成矿流体演化、机制及模式	(123)
7.1	成矿流体、物质来源	(123)
7.2	岩浆到流体演化特征	(123)
7.2.1	熔融包裹体证据	(123)

7.2.2	流体包裹体证据	(123)
7.3	成矿流体性质	(124)
7.3.1	斑岩型矿床流体性质	(124)
7.3.2	矽卡岩型矿床流体性质	(125)
7.3.3	浅成低温热液脉型矿床流体性质	(125)
7.4	成矿流体演化特征	(125)
7.4.1	斑岩型矿床成矿流体演化	(125)
7.4.2	矽卡岩型矿床成矿流体演化	(127)
7.4.2	浅成低温热液脉型矿床成矿流体演化	(128)
7.5	构造、岩浆与成矿系统关系	(128)
7.6	成矿机制	(130)
7.6.1	二氧化碳和水对成矿作用的贡献	(130)
7.6.2	沸腾作用对成矿作用的贡献	(131)
7.7	成矿模式	(132)
7.8	成矿流体研究对找矿的指示意义	(133)
第8章	结 论	(135)
	参考文献	(137)

第1章 绪论

1.1 研究现状及存在问题

1.1.1 流体包裹体研究现状

流体包裹体代表了古流体的原始物质,自发现至今经历了多年的发展,已在矿床地质学方面用于分析流体演化与成矿作用,在构造地质学方面应用于分析流体迁移演化与构造作用,在石油勘探方面应用于分析油气的迁移和储存条件以及在地球科学等方面应用于分析岩浆演化体系等,逐渐成为地球科学领域研究的热门方向之一。流体包裹体是指成岩成矿流体(含气液的流体或硅酸盐熔融体)在矿物结晶生长过程中因晶体生长机制、生长速度或某些组分浓度发生变化,或受多相界面相互作用等因素的影响,被捕获在矿物晶格缺陷或空穴、晶格空位、位错及微裂隙之中,至今尚在主矿物中封存,并与主矿物有一定界限的独立封闭体系,是保存至今的成岩成矿原始样品(Reodder, 1984; 卢焕章等, 2004)。

包裹体地质温度计用于地质研究的前提条件是:(1)包裹体形成时,被捕获的流体是均匀体系,也就是说主矿物是在均匀体系中生长的;(2)充填在晶体缺陷中的流体主矿物被封闭,形成独立的封闭体系,没有外来物质的加入和内部物质的漏出;(3)包裹体形成后,体积基本上恒定不变,保持等容体系的特点(Reodder, 1984)。

早期的研究者侧重于研究流体包裹体理论基础、包裹体的分类、测温的原理及方法、包裹体在地质上的应用等(Roedder, 1972)。20世纪80年代后流体包裹体的研究从简单的岩相学和测温学延伸到成矿流体阶段,强调对流体包裹体的地球化学研究和流体的PTVX行为特征分析(Reodder, 1984; 卢焕章等, 2004)。近年来,流体包裹体研究深入到成矿物质来源、演化和沉淀机制等方面(Diamond, 2001, 2002; 芮宗瑶等, 2003; 卢焕章等, 2004; Baker et al., 2004; Calagari, 2004; Heinrich et al., 2004; Heinrich, 2007; Cauzid et al., 2007; 陈衍景等, 2007; 池国祥等, 2008; Pokrovski et al., 2008; Peretyazhko et al., 2010),系统地论述了流体迁移、演化和沉淀的物理、化学约束条件。在矿床成矿机制方面前人开展了大量成矿流体的研究,证明了流体的沸腾对成矿作用有重要的贡献,并且

是热液矿床金属矿物沉淀富集的重要因素 (Rodder, 1984; Diamond, 1990; 2001; 2002; Heinrich et al., 1999; Calagari, 2004; 卢焕章等, 2004; Pokrovski et al., 2008)。热液矿床中金属的沉淀受气相与液相分离的影响很大, 气相和液相的分离取决于流体沸腾的程度和温度条件、硫的含量和形态, 以及流体的酸度和寄主岩石的组分 (Pokrovski et al., 2008)。包裹体相分离导致大量气相成分逃逸, 引起 NaCl 溶液浓度的急剧变化, 将破坏原有平衡的含矿元素络合物体系, 加速含矿络合物分解, 导致成矿元素沉淀。铜在 NaCl 溶液中主要与电离的 Cl^- 结合成 CuCl^- 、 CuCl^0 等, 以氯化物的络合物形式迁移 (Heinrich et al., 2004; Heinrich, 2007)。铜络合成 CuCl^- 、 CuCl^0 的能力和稳定性随温度升高而有所降低或迅速降低, 在温度为 $300 \sim 700^\circ\text{C}$ 、压力低于 100 MPa 时, 特别有利于 Cu、Au 等金属元素的沉淀成矿 (Heinrich et al., 1999; Baker et al., 2004; Cauzid et al., 2007)。

流体包裹体研究广泛应用于斑岩型、矽卡岩型、浅成低温热液脉型矿床等领域, 在揭示矿床成因及指导找矿方面有重要的意义。其在斑岩型铜钼矿床方面也一直被矿床学家列为研究的重点, 多数学者对包裹体类型、成分、地球物理化学参数、成矿流体来源、流体的迁移因素、矿质沉淀机制进行了系统的研究 (Tayloy, 1974; Skinner, 1979; Roedder, 1984; 芮宗瑶等, 2003; Hedenquist et al., 1998; Ulrich et al., 2001; Harris et al., 2002; Calagari, 2003; 卢焕章等, 2004; Landtwing et al., 2005; Klemm et al., 2007; Heinrich, 2007), 并取得了大量重要的成果。流体包裹体研究在矽卡岩型矿床中应用也十分广泛, 前人在成矿流体方面进行了详细的研究, 对岩浆岩演化过程、成岩作用与成矿作用之间的热力学演化关系以及成矿过程动力学的演变关系的研究较多, 并且对矽卡岩矿床围岩与岩浆作用过程中的接触交代作用的研究更为深入 (Fonteilles et al., 1989; 梁祥济等, 2000; Baker et al., 2004; Meinert et al., 2003, 2005; 徐兆文等, 2005a; Zhou et al., 2007; Vallance et al., 2009; Pons et al., 2010), 使得该理论得到了进一步发展和完善。浅成低温热液脉型矿床的研究也受到地质工作者的广泛关注, 前人研究的方向主要有矿床地质各成矿阶段的特征、矿物学结构构造关系、同位素地球化学、流体包裹体岩相学、显微测温获取成矿阶段温压参数等, 研究者对浅成低温热液脉型矿床的成因等提出新的见解 (Hedenquist et al., 1994; 储雪蕾, 1999, 2002; 陈衍景等, 2008)。总体来说, 与流体包裹体相关的地质研究领域相对较广泛, 特别是在矿床、岩石成矿作用及成矿流体演化过程等领域的研究备受关注。通过流体包裹体显微测温分析, 确定包裹体的初融温度、冰点、部分均一温度和均一温度等参数, 进而估算流体包裹体的盐度、压力、pH、氧逸度等; 通过激光拉曼分析, 确定流体包裹体中气相、液相及子矿物成分; 最终, 通过对流体包裹体各地球化学参数的综合研究明确矿床流体的成分性质、成矿物质的来源、成矿流体演化过程与成矿作用等。尤其在岩浆—热液成矿作用、成矿流体研究领域,

对斑岩型矿床、矽卡岩型矿床和浅成低温热液脉型矿床的研究有着重要的意义。

1.1.2 九瑞、铜陵地区成矿流体研究现状

长江中下游地区九瑞、铜陵矿集区以矽卡岩型铜金矿床、斑岩型铜钼矿床等热液矿床闻名,长期以来是科学家们重点研究的对象。中国东部地区中生代燕山期出现大规模集中的岩浆侵位活动,并伴随着大量斑岩、矽卡岩矿床的成矿作用,这些矿床在铜陵—九瑞地区分布最为集中,成矿作用也更为显著(常印佛等, 1991; 翟裕生等, 1992; 华仁民等, 1999; 毛景文等, 2004),并且这些矿床具有集中分布、爆发性、阶段性、分区性和专属性等特点(周涛发等, 2008)。在燕山期岩浆侵入及矿床成矿作用时代厘定方面前人开展了较多研究,利用锆石 U-Pb 定年、辉钼矿铼-钨定年等实验方法积累了大量精确的矿床年龄资料(Sun et al., 2003; 吴才来等, 2003; Yu et al., 2004; 毛景文等, 2004; 杨晓勇, 2006; Ding et al., 2006; 马芳等, 2006, 2010; Xie et al., 2007; 周涛发等, 2008; Xie et al., 2007; 范裕等, 2011; 马立成等, 2011),年龄数据这一证据表明燕山期岩浆活动时间主要集中在 145~135 Ma,而成矿作用往往在断隆区(如铜陵矿集区等)分布较为集中。

九瑞、铜陵地区矿床类型主要有斑岩型铜多金属矿床、矽卡岩型铜铁金矿床、层状硫化物矿床、热液脉型铅锌矿床等,类型较为多样,成矿过程比较复杂(周涛发等, 2002; 邓军等, 2006),对部分矿床特别是层状、似层状矿床如新桥、冬瓜山、武山、城门山等矿床的成因存在争议(Pan et al., 1999; 顾连兴等, 2003; 杨竹森等, 2004; Mao et al., 2006; 陆建军等, 2008; 蒋少涌等, 2008; 周涛发等, 2008; 陈红谨等, 2011)。铜陵—九瑞地区分布的主要为铜、铁、金、铅、锌等多金属矿床,这些矿床在成矿体系的基本特征为:矽卡岩-斑岩型矿床成矿体系与一套高钾钙碱性岩系关系密切(常印佛等, 1991; Pan et al., 1999; 周涛发等, 2005; Mao et al., 2006, 2011; 毛景文等, 2009);铅、锌低温热液矿床成矿体系与岩浆活动关系不明显(Zhou et al., 2006; 范裕等, 2007; 周涛发等, 2008)。前人对九瑞、铜陵地区内斑岩、矽卡岩型矿床开展了较多研究,如在成矿系统方面,邓晋福等(2002)通过研究,认为长江中下游成矿带共有 8 个岩浆-流体-成矿系统和多个亚系统;在流体成矿系统方面,邓军等(2006)总结了铜陵地区构造作用以及流体演化与成矿系统,确立了构造-流体演化格架,并对该地区热液矿床开展了含矿岩浆输运网络运移模拟实验,从而构筑了岩浆运移机制;很多学者在成矿物质来源、成矿流体演化过程与成矿作用等方面开展了大量实验研究(侯增谦等, 2004; 徐兆文等, 2005; Zhou et al., 2007; 谢桂青等, 2008a, b; Li et al., 2008; 陆建军等, 2008; 徐晓春等, 2011; 王世伟等, 2011; Deng et al., 2011; Zhang et al., 2011; Cao et al., 2012)。

前人的研究成果对深入探讨九瑞、铜陵地区内矿床的形成与演化具有重要参考价值。

1.1.3 九瑞、铜陵地区典型矿床研究现状

1.1.3.1 九瑞城门山斑岩型铜钼矿床

江西城门山铜钼矿床位于江西省九江市南西约 16 km 处,是长江中下游铜硫铁成矿带的重要组成部分。该矿床经 1961—1969 年详勘和 1975—1980 年再次勘探,为一个以铜、硫为主的,共生钼、铁、锌,伴生金、银等多种有价值元素的大型综合性矿床,由矽卡岩型矿床、层状硫化物型矿床和斑岩型矿床组成。该矿床自 1958 年被发现以来,前人在矿床地质特征、地质年代学、同位素、矿床成因等方面做了较详细的工作(黄恩邦等,1990;常印佛等,1991;王忠玲,1991;孟良义,1996;吴良士等,1997;贾伟,1999;罗建安,2003,2006;罗建安等,2007;潘灿军等,2007;谭辉跃等,2009)。

黄恩邦等(1990)和罗建安(2003)对城门山铜矿床成因进行了研究,认为矿床为由燕山早期阶段及晚期早阶段中酸性钙碱质系列岩浆的多次上侵形成的矽卡岩型、块状硫化物型、斑岩型“三位一体”的铜矿床,为岩浆期后中低温热液矿床。王忠玲(1991)对江西城门山块状硫化物矿床成因进行了研究,他认为块状硫化物型铜硫矿属海底喷气或热泉沉积形成;贾伟(1999)则认为城门山块状硫化物矿床成因为海西期埋藏于岩溶的高硫卤水沿印支期断裂系统运移,在黄龙组和五通组界面汇聚形成高硫卤水层,与燕山期含矿岩浆热液作用形成块状硫化物型铜矿;谭跃辉等(2009)、季绍新等(1989)、吴利仁等(1991)对矿床 C-H-O 同位素、岩石、矿物地球化学等方面开展了相应的研究工作,进而分析了矿床的成因和成矿作用。成矿流体方面的研究相对薄弱,黄恩邦等(1990)、王忠玲(1991)曾对含矿石英做了少量的测温研究,赵劲松等(2003)对城门山矿床矽卡岩中石榴子石熔融包裹体成分进行了研究。

1.1.3.2 九瑞武山矽卡岩型铜矿床

武山矽卡岩型铜矿床位于江西省瑞昌市北约 10 km 处,该矿床由两种类型的铜矿体组成:矿区北矿带为层状含铜黄铁矿型铜矿体,矿区南矿带为接触交代型(矽卡岩型)铜矿体,后者是本书研究的对象,由物探大队 706 分队在 1963 年地质勘探过程中发现。该矿床的研究工作开展得相对较多,主要集中于矿床地质特征、成矿阶段划分及矿物学结构构造方面,成岩作用和矿床成矿年龄的厘定以及矿床的成矿作用等方面(顾连兴,1987;季绍新等,1988;黄恩邦等,1990;崔彬等,1995;翟裕生等,1992;翟裕生,1992;翟裕生等,1999;包家宝等,2002;丁昕等,2005;Li et al.,2007),地球化学、同位素等方面也有较详细的研究(黄恩邦等,1990;Pan et al.,1999)。