



中南大学地球科学学术文库

Academic Library of Geosciences
in Central South University

湘南燕山期区域成矿构造型式 及成矿花岗岩成因研究

孔华 奚小双 全铁军 吴铤虹 李欢◎著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

中南大学地球科学学术文库
中南大学地球科学与信息物理学院 组织编撰

湘南燕山期区域成矿构造型式 及成矿花岗岩成因研究

Yanshanian Regional Metallotectonic Style and Petrogenesis
of Ore-forming Granites in South Hunan Province

孔 华 奚小双 全铁军 吴玺虹 李 欢 著

有色金属成矿预测与地质环境监测教育部重点实验室
有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室

联合资助



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

湘南燕山期区域成矿构造型式及成矿花岗岩成因研究 /
孔华等著. --长沙:中南大学出版社, 2019.3
ISBN 978-7-5487-3510-6

I. ①湘… II. ①孔… III. ①成矿区—成矿规律—研究—湖南 IV. ①P617.264

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第039053号

湘南燕山期区域成矿构造型式及成矿花岗岩成因研究
XIANGNAN YANSHANQI QUYU CHENGKUANG GOUZAO XINGSHI
JI CHENGKUANG HUAGANGYAN CHENGYIN YANJIU

孔 华 奚小双 全铁军 吴玺虹 李 欢 著

-
- 责任编辑 刘石年
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 长沙鸿和印务有限公司

-
- 开 本 710×1000 1/16 印张 15.5 字数 305千字 插页 2
版 次 2019年3月第1版 2019年3月第1次印刷
书 号 ISBN 978-7-5487-3510-6
定 价 100.00元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

Introduction

《湘南燕山期区域成矿构造型式及成矿花岗岩成因研究》共分为 10 章,以陆内活化构造理论为指引,以湘南地区典型矿床为实例,以成矿花岗岩研究为主线,结合典型矿床地质调查、区域成矿构造分析,着重研究了坪宝矿田、铜山岭矿田内与成矿作用密切相关的花岗岩岩石地球化学、年代学及构造环境,提出成矿花岗岩具有独特的同位双组合形式,即相距很近的矿床成矿花岗岩具有 S 型 - I 型组合,及伸展环境 - 挤压环境组合,其中 S 型对应伸展环境, I 型对应挤压环境。作者综合分析了湘南典型矿床和区域矿床分布规律,揭示了湘南燕山期成岩成矿活动的壳 - 幔相互作用成因,并提出燕山期湘南地区处于大陆板内,其构造活化及成岩成矿事件是发生在壳下隐伏地幔柱底侵引发的主动伸展与古太平洋板块向欧亚大陆边缘俯冲挤压联合控制的有限伸展的动力学背景下,区内典型矿床是由隐伏地幔柱底侵地壳形成的三叉断裂系构造型式控制产生的新认识。

本书是在有色金属成矿预测与地质环境监测教育部重点实验室、有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室的联合资助下完成。全书地质调查与理论分析并重,既有对成矿花岗岩的成因及构造环境分析,也有区域成矿构造模型指导下的成矿规律及成矿预测分析,是对湘南地区的花岗岩地质与成矿研究领域新的认识,可供相关地质勘探单位、科研院所及地质工作者参考。

作者简介

About the Author

孔华 1968年生，江苏泰州人，博士，中南大学教授，硕士研究生导师。1990年毕业于桂林理工大学，获免试推荐攻读硕士学位，1993年考入中南工业大学，攻读博士学位，1996年进入中国地质大学(武汉)理学博士后流动站，1999年出站分配至中南大学工作至今，现任教于地质资源系。2004年获批湖南省普通高校青年骨干教师。2002—2007年任中国地质学会构造专业委员会显微构造专业组委员，2005—2015年任湖南省地质学会物化探专业委员会副主任委员，主要从事显微构造及成矿构造等方面的教学科研工作。主持国家自然科学基金、中国地调局地调项目专题、生产矿山找矿预测等项目6项，参与项目12项，发表论文50余篇，参编专著1部，2016年获中国黄金协会科学技术奖一等奖1项。

编辑出版委员会

Editorial and Publishing Committee

中南大学地球科学学术文库

主任

何继善(中国工程院院士)

副主任

鲁安怀(教授,国家“973”项目首席科学家,中南大学地球科学与信息物理学院院长)

戴前伟(教授,中南大学地球科学与信息物理学院党委书记)

委员

彭省临	戴塔根	刘石年	奚小双	彭振斌
赵崇斌	柳建新	汤井田	朱建军	刘兴权
吴湘滨	隆威	邹峥嵘	邵拥军	戴吾蛟
赖健清	朱自强	吴堃虹	张术根	刘继顺
曾永年	毛先成	张可能	谷湘平	刘亮明
周晓光	李建中	席振铎	李志伟	冯德山
杨牧	张绍和	邓敏		

总序

Preface

中南大学地球科学与信息物理学院具有辉煌的历史、优良的传统与鲜明的特色，在有色金属资源勘查领域享誉海内外。陈国达院士提出的地洼学说(陆内活化)成矿学理论，影响了半个多世纪的大地构造与成矿学研究及找矿勘探实践。何继善院士发明的电磁法系统探测方法与装备，获得了巨大的找矿勘探效益。所倡导与践行的地质学与地球物理学、地质方法与物探技术、大比例尺找矿预测与高精度深部探测的密切结合，形成了品牌效应的“中南找矿模式”。

有色金属属于国家重要的战略资源。有色金属成矿地质作用最为复杂，找矿勘查难度最大。正是有色金属资源的宝贵性、成矿特殊性与找矿挑战性，铸就了中南大学地球科学发展的辉煌历史，赋予了找矿勘查工作的鲜明特色。60多年来，中南大学地球科学研究在地质、物探、测绘、探矿工程、地质灾害和地理信息等领域，在陆内活化成矿作用与找矿勘查、地球物理探测技术与装备制造、深部成矿过程模拟与三维预测、复杂地质工程理论与新技术以及地质灾害监测等研究方向，取得了丰硕的研究成果，做出了巨大的科技贡献，并产生了广泛的社会影响。当前，中南大学地球科学研究，瞄准国际发展方向和国家重大需求，立足于我国复杂地质背景下资源勘查与环境地质的理论与方法创新研究，致力于多学科联合开展有色金属资源前沿探索与应用研究，保持与提升在中南大学“地质、采矿、选矿、冶金、材料”特色与优势学科链中的地位和作用，已发展成为基础坚实、实力雄厚、特色鲜明、国际知名、国内一流的以有色金属资源为主兼顾油气、岩土、地灾、环境领域的人才培养基地和科学研究中心。

中南大学有色金属成矿预测与地质环境监测教育部重点实验室、有色资源与地质灾害探查湖南省重点实验室，联合资助出版“中南大学地球科学学术文库”，旨在集中反映中南大学地球科学

与信息物理学院近年来取得的系列研究成果。所依托的主要研究机构包括：中南大学地质调查研究院、中南大学资源勘查与环境地质研究院和中南大学长沙大地构造研究所。

本书库内容主要涵盖：继承和发展地洼学说与陆内活化成矿学理论所取得的重要研究进展，开发和应用双频激电仪、伪随机和广域电磁法系统所取得的重要研究成果，开拓和利用多元信息找矿预测与隐伏矿大比例尺定位预测所取得的重要找矿成果，探明和研发深部“第二勘查空间”成矿过程模拟与三维定量预测方法所取得的重要研究成果，预警和防治复杂地质工程与矿山地质灾害所取得的重要技术成果。本书库中提出了有色金属资源勘查理论、方法、技术和装备一体化的系统研究成果，展示了多项突破性、范例式、可推广的找矿勘查实例。本书库对于有色金属资源预测、地质矿产勘探、地质环境监测、地质灾害探查以及地质工程预防，特别对于有色金属深部资源从形成规律到分布规律理论与应用研究，具有重要的借鉴作用和参考价值。

感谢中南大学出版社为策划和出版该文库所给予的大力支持。感谢何继善先生热情指导和题词。希望广大读者对本书库专著中存在的不足和错误提出宝贵的意见，使“中南大学地球科学学术文库”更加完善。

是为序。



2016年10月

前言

Foreword

湘南是我国重要的有色金属矿集区，也是华南大地构造研究的核心区域。基于前人的研究成果，开展进一步的燕山期成岩成矿作用及区域构造型式研究，从新角度认识湘南燕山期区域成矿规律及可能的机制，不但是找矿预测研究的需要，还可能对湘南成矿区域构造型式形成新认识，提升湘南成矿地质研究水平。通过湘南地区典型矿床的矿床学、成矿岩体岩石学、年代学和构造地质学等综合研究，分析并总结了湘南典型矿床和区域矿床分布规律，揭示了湘南燕山期成岩成矿活动壳-幔相互作用的成因，并提出燕山期湘南地区处于大陆内部地幔柱底侵的构造环境的新认识，该认识从新的角度探讨了湘南燕山期成岩成矿控制因素，并可为区域成矿预测路线图的编制提供有效依据。

本书主要以成矿花岗岩为研究主线，从岩体野外地质特征、岩石地球化学、年代学等方面，综合探讨花岗岩岩石成因及源区特征。研究显示：1) 典型矿床成矿岩体存在深部地幔信息，例如宝山花岗闪长岩以及骑田岭、砂子岭、花山、姑婆山花岗岩中也存在含大量镁铁质微粒包体，表明研究区区域范围内的燕山期岩浆均可能是壳-幔混合作用的结果，基于成岩年龄(165 Ma)计算的宝山花岗闪长斑岩 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值为 $-5.87 \sim -9.42$ ；铜山岭 I 号岩体(166 Ma)的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值集中在 $-15 \sim -25$ ，均反映其源区有幔源和壳源两种不同性质岩浆，其岩浆是两者混合作用的结果。2) 成矿花岗岩年代数据反映湘南地区成岩时代集中，表明湘南深部地壳在燕山早期受到异常热扰动，成矿花岗岩的形成应与同一区域性大规模构造热事件(地幔作用)有关，而壳-幔相互作用极有可能与深部地幔柱有关，且该地幔柱活动时间持续在 $20 \sim 40 \text{ Ma}$ 。3) 花岗岩常量元素图解显示宝山、铜山岭岩体为基性火成岩熔融形成，黄沙坪和土岭花岗岩由杂砂岩部分熔融形成，花岗岩锆石

Hf 同位素模式年龄反映源区为中元古代 - 古元古代的古老地壳, 这些资料为地幔柱底侵加热地壳导致重熔形成成矿岩浆的模式提供了依据。4) 成矿花岗岩形成构造环境研究发现了独特的花岗岩同位双组合形式, 即相距很近的矿床成矿花岗岩具有 S 型 - I 型组合, 及伸展环境 - 挤压环境组合, 其中 S 型对应伸展环境, I 型对应挤压环境。分析表明, S 型和 I 型分别代表花岗岩源区上部层位和下部层位, 由此反映伸展和挤压构造环境具有垂向分带关系。5) 坪宝矿田内宝山矿床和黄沙坪矿床的硫、铅同位素特征有明显差异。宝山硫、铅来源较为单一, 总硫同位素组成 $\Sigma\delta^{34}\text{S}$ 为 1.78‰, 显示为岩浆来源。在铅同位素演化图解上, 样品点投于上地壳演化线上; 黄沙坪硫同位素组成在 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 10‰ 和 14‰ 处出现两个明显的峰值, 样品点投于壳 - 幔混合铅及上地壳铅范围, 表明铅来源复杂, 与硫同位素特征一致。上述特点指示两矿区成矿物质来源存在显著差异。6) 首次通过区域矿床分布特点发现湘南三叉断裂系构造型式, 断裂交汇中心与湘南穹隆构造中心吻合, 显示深部地幔柱运动在地壳浅部形成的构造特征。此外在三叉断裂系中所有矿床的成矿岩体形成时间具有同时性, 指示三叉断裂系控制成岩成矿。这是从地壳专属性构造型式反映深部地幔柱构造的证据。

综合上述, 本书提出湘南存在大陆内部燕山期隐伏地幔柱构造的新构想, 其模型结构为地幔柱底侵于地壳底部, 造成地壳隆升, 在穹隆中心发育放射状三叉断裂系构造。地幔柱加热地壳造成下地壳部分熔融, 形成花岗岩侵位于隆起区范围内。而成矿活动则主要受三叉断裂系控制, 矿床沿三叉断裂分布, 决定了湘南基本成矿规律。根据新模型对成矿规律的认识, 沿三叉断裂分布的矿床具有成矿时间的一致性, 控矿断裂构造表现出与三叉断裂一致的走向, 矿床表现出从三叉断裂中心到边缘具有明显的变化规律, 成矿岩体的规模从大变小, 成矿元素从高温组合变成低温组合, 矿床类型从矽卡岩型为主变成以热液脉型为主。三叉断裂系构造形成湘南区域成矿构造单元, 是围绕地幔柱成矿的定位机制, 应该是湘南区域找矿的新指导模型。

本书是对湘南地区的花岗岩地质、区域构造与成矿研究领域的新认识, 可供相关地质勘探单位、科研院所的地质工作者参考。

本次研究的野外工作得到湖南有色一总队杨长明队长、钟江临总工程师、周伟平高级工程师、有色地勘院刘士杰高级工程

师、黄沙坪铅锌矿原地质部江元成部长、王立发副部长、汪林峰副部长、刘凤平工程师、宝山铅锌矿地勘部的周孟祥部长、李茂平工程师、彭昭喜工程师、罗征厚工程师、曹远征工程师给予的帮助和指导，在此表示最诚挚的谢意。花岗岩的常量、稀土和微量元素及矿石硫、铅同位素测试分别得到了武汉综合岩矿测试中心和武汉地调中心测试分析室的支持，Sm - Nd、Rb - Sr 同位素测试得到天津地调中心同位素室的支持，锆石 U - Pb - Hf 同位素测试得到了西北大学大陆动力学国家重点实验室的袁洪林教授、柳小明博士、戴梦宁博士的支持和帮助，锆石数据处理得到贵阳地化所阳杰华博士的帮助，在此对以上单位和个人表示衷心的感谢！

另外，在样品采集、写作过程中，得到了硕士生吴城明、费利东、曹荆亚、王高、陈泽锋、彭能力、张强、郭碧莹、赵志强、许明珠、唐宇蕾、赵佳进、罗建鏢、章勇等同学的协助，在此一并表示感谢！

在研究程度很高的湘南地区要有所创新，难度非常之大，本书基于客观地质事实，辅以大量测试，以陆内活化构造理论为指导，探讨燕山期板内伸展构造具体表现型式，及其对成岩成矿的控制作用，创新力度较大，谬误在所难免，许多方面仍需进一步充实和完善，敬希读者批评指正。

孔 华

2018年10月于中南大学

目 录

Contents

1 绪 论	(1)
1.1 选题依据及研究意义	(1)
1.2 国内外相关领域研究现状	(1)
1.2.1 花岗岩研究现状	(1)
1.2.2 关于 A 型花岗岩与过铝质花岗岩	(3)
1.2.3 关于华南花岗岩的研究	(5)
1.2.4 华南大地构造及湘南区域构造研究现状	(7)
1.2.5 湘南地区区域成矿规律与找矿预测	(9)
1.2.6 地幔柱构造理论	(12)
1.2.7 华南地区中生代地球动力学背景	(13)
1.2.8 湘南地区花岗岩锆石 Hf 同位素示踪源区 研究进展	(14)
1.3 目前研究中存在的关键科学问题	(15)
1.4 研究目标和技术路线	(15)
1.5 研究内容和方案	(16)
1.6 创新成果	(17)
2 区域地质背景	(19)
2.1 湘南大地构造背景	(19)
2.1.1 大地构造单元划分	(19)
2.1.2 古陆基底	(20)
2.2 区域构造演化	(20)

2.3	湘南基础地质情况	(20)
2.3.1	地层	(20)
2.3.2	区域构造	(23)
2.3.3	岩浆岩	(26)
2.3.4	区域矿床类型	(27)
3	典型矿床特征	(28)
3.1	宝山铅锌银矿床地质地球化学特征	(29)
3.1.1	矿区地层	(29)
3.1.2	矿区构造	(31)
3.1.3	矿区岩浆岩	(32)
3.1.4	矿体特征与矿石特征	(32)
3.1.5	矿化分带和围岩蚀变	(37)
3.1.6	S 同位素特征	(37)
3.1.7	Pb 同位素特征	(41)
3.1.8	矿床流体包裹体成分特征	(46)
3.1.9	宝山矿床关键控矿因素分析及成矿模式	(48)
3.2	黄沙坪铅锌矿床地质地球化学特征	(48)
3.2.1	矿区地层	(49)
3.2.2	矿区构造	(50)
3.2.3	矿区岩浆岩	(50)
3.2.4	矿体及矿石特征	(51)
3.2.5	矿化分带和围岩蚀变	(57)
3.2.6	S 同位素特征	(57)
3.2.7	Pb 同位素特征	(57)
3.2.8	成矿流体特征	(69)
3.2.9	黄沙坪矿床关键控矿因素分析及成矿模式	(69)
4	宝山矿区岩体地质地球化学特征	(71)
4.1	花岗闪长斑岩的地球化学特征	(71)
4.1.1	岩体地质特征及样品采集	(71)
4.1.2	样品制备与测试分析	(73)
4.1.3	岩石地球化学特征	(76)

4.1.4	锆石 U - Pb 年代学、Hf 同位素特征	(79)
4.1.5	花岗岩 Nd - Sr 同位素特征	(85)
4.1.6	构造环境和岩石成因分析	(86)
4.1.7	小结	(91)
4.2	宝山矿区煌斑岩的地球化学特征及地质意义	(91)
4.2.1	样品制备与测试分析	(92)
4.2.2	煌斑岩岩石地球化学特征	(93)
4.2.3	煌斑岩的锆石 U - Pb 年代学及 Hf 同位素特征	(101)
4.2.4	煌斑岩形成构造环境和岩石成因	(108)
4.2.5	小结	(108)
4.3	狮子岭隐爆角砾岩体的岩石矿物学及锆石 U - Pb - Hf 同位素特征	(109)
4.3.1	角砾岩岩石矿物学特征	(109)
4.3.2	角砾及基质中锆石 U - Pb 年代学及 Hf 同位素特征	(110)
4.4	本章讨论与结论	(116)
5	黄沙坪矿区花岗岩地质地球化学特征	(117)
5.1	花岗岩岩石矿物学特征	(117)
5.2	花岗岩主量及微量元素特征	(120)
5.2.1	主量元素特征	(120)
5.2.2	稀土元素及微量元素特征	(127)
5.3	锆石 U - Pb 年代学及 Hf 同位素特征	(129)
5.3.1	锆石 U - Pb 同位素年代学	(129)
5.3.2	锆石铪同位素特征	(132)
5.4	构造环境和岩石成因分析	(132)
5.5	几点讨论	(134)
5.6	坪宝地区花岗岩形成环境	(134)
6	铜山岭矿田花岗岩地质地球化学特征	(136)
6.1	铜山岭花岗闪长岩体地质地球化学特征	(136)
6.1.1	地质概况	(136)
6.1.2	花岗闪长岩岩石矿物学特征	(138)
6.1.3	花岗闪长岩岩石地球化学特征	(139)

6.1.4	花岗闪长岩锆石 U - Pb 年代学及 Hf 同位素特征	(144)
6.1.5	花岗岩产出的构造背景及其成因分析	(148)
6.1.6	讨论与小结	(152)
6.2	魏家(土岭)钨矿花岗斑岩地质地球化学特征	(153)
6.2.1	矿床地质特征	(153)
6.2.2	花岗斑岩石地球化学特征	(154)
6.2.3	岩浆源区及成岩构造背景	(160)
6.2.4	讨论与小结	(162)
7	湘南燕山期区域三叉断裂构造型式及成矿作用研究	(163)
7.1	湘南区域热柱 - 三叉断裂系构造特征	(164)
7.2	热柱三叉断裂系构造成因分析	(169)
7.3	区域成矿规律的认识	(171)
7.4	讨论与小结	(174)
8	基于隐伏地幔柱构造的成岩成矿模型探讨	(177)
8.1	壳 - 幔作用与成岩成矿	(177)
8.2	成矿花岗岩的构造环境	(178)
8.3	花岗岩年代学研究指示燕山期三叉断裂活动特征	(180)
8.4	花岗岩形成与隐伏地幔柱关系	(182)
8.4.1	黄石地幔柱的岩石特征及构造背景	(182)
8.4.2	湘南隐伏地幔柱表现及对花岗岩成岩成矿的制约	(183)
8.5	湘南燕山期区域构造模型新认识	(185)
9	湘南区域成矿预测	(187)
9.1	坪宝区域成矿规律研究评述	(187)
9.2	湘南三叉断裂成矿特征研究思路	(187)
9.3	坪宝区域成矿预测研究	(190)

10 结 论	(193)
10.1 坪宝矿田及铜山岭矿田成矿花岗岩岩石类型	(193)
10.2 成矿岩体年代学研究	(193)
10.3 花岗岩源区研究	(194)
10.4 基性岩研究	(194)
10.5 花岗岩挤压构造环境	(194)
10.6 花岗岩伸展构造环境	(195)
10.7 湘南成矿构造环境分析	(195)
10.8 坪宝矿田典型矿床地球化学研究	(195)
10.9 湘南区域三叉断裂构造型式研究	(196)
10.10 湘南地幔柱与美国黄石公园地幔柱的对比	(196)
10.11 湘南区域成矿规律研究	(197)
参考文献	(198)
图板 坪宝矿田典型矿床矿石结构图版	(222)

1 绪 论

1.1 选题依据及研究意义

我国湘南地区是有色金属集中成矿区(矿集区),矿床(点)星罗棋布,产有多个超大型-大型矿床。本书中研究区为北到水口山、南到香花岭、东至柿竹园、西到铜山岭(北纬 $26^{\circ}36'$ ~ $25^{\circ}15'$,东经 $111^{\circ}26'$ ~ $113^{\circ}10'$)所围限的区域。其中黄沙坪-宝山矿带(简称坪宝走廊)位于南岭中段北缘,处于郴州-临武构造-岩浆成矿带上,铜山岭矿田位于南岭西段,与坪宝矿田同处于钦州-杭州成矿带上。宝山、黄沙坪为坪宝矿田两个代表性的大型-超大型Cu-Mo(W-Mo)-Pb-Zn多金属矿床。由于优越的成矿地质条件,数十年来,众多的科研院所在湘南地区开展基础科研及找矿工作,取得了重大成果。近年来地矿部门在骑田岭一带进行钨锡找矿有新的发现,柿竹园矿山边部也新发现铅锌矿体,宝山、黄沙坪矿床的深部新增可观储量都说明本区的找矿潜力依然巨大。但在如何深化成矿规律认识、理解成矿规律的约束机制方面仍存不足,大型矿床外围众多空白地区的找矿工作少有突破。进一步总结湘南地区的区域成矿规律及其约束机制并提出新的成矿模型,一方面对更好地指导找矿、服务找矿生产工作十分必要;另一方面可以深化对湘南地区燕山期成岩成矿机制及控岩控矿构造型式的认识。

基于上述实际需求,在湖南省有色地勘局的支持下,结合湖南有色一总队承担的“湖南坪宝铜铅锌多金属矿调查评价”总项目的支持下,设立“坪宝地区成矿地质条件和找矿方向研究”专题。本书研究内容为该专题中的一部分,着重解决控制成矿的区域构造格架、与成矿密切相关的中酸性岩浆岩成因、矿床构造,从总体上把握湘南坪宝地区铜铅锌多金属矿的成矿地质条件、成矿远景及找矿预测方向。

1.2 国内外相关领域研究现状

1.2.1 花岗岩研究现状

湘南地区燕山期成矿几乎均与花岗岩岩浆活动有关,目前有关花岗岩的研究