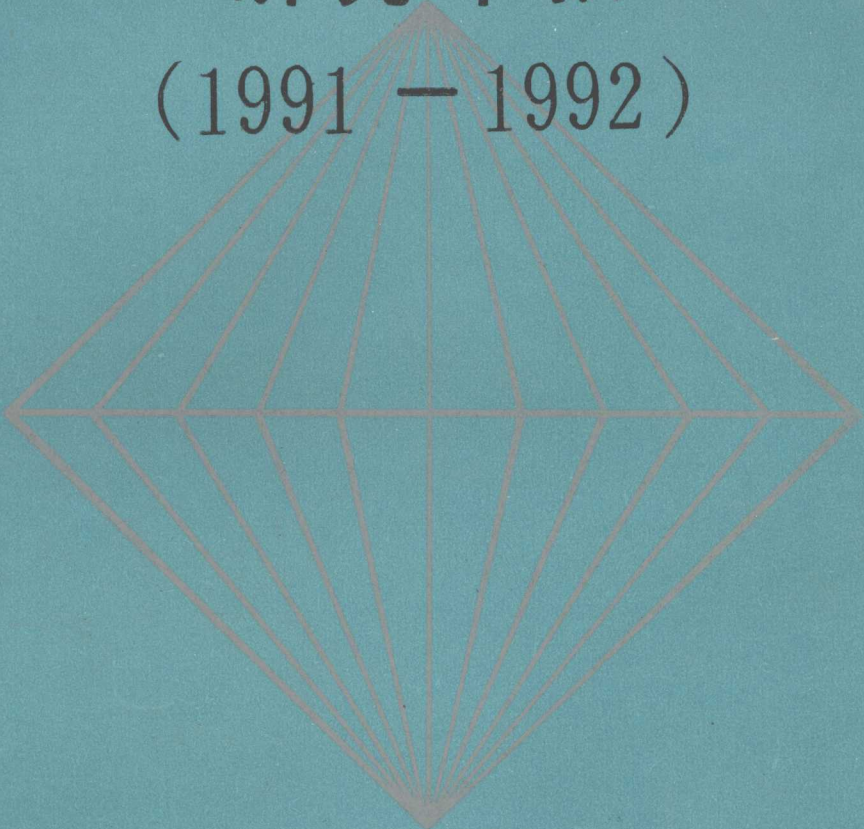


南京大学
金属矿床成矿作用国家重点实验室
研究年报
(1991 — 1992)



ANNUAL REPORT
LABORATORY OF MINERALIZING
PROCESSES OF ORE DEPOSITS

南京大学出版社

南 京 大 学

金属矿床成矿作用国家重点实验室

研 究 年 报

(1991—1992)

南京大学金属矿床成矿作用国家重点实验室 编



南 京 大 学 出 版 社

1992 • 南京

(苏)新登字第011号

南 京 大 学
金属矿床成矿作用国家重点实验室研究年报
(1991—1992)

南京大学金属矿床成矿作用国家重点实验室 编
南京大学出版社出版发行
(南京大学校内)
丹阳练湖印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.5 字数: 337千
1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

印数: 1—1000
ISBN 7-305-01577-6/P·72

定价: 7.20 元

开 篇 词

在全国地学界许多专家学者的热情关怀和大力支持下,我国矿床学和地球化学领域的又一个国家级重点实验室——金属矿床成矿作用实验室在南京大学正式建立了。

几十年来,我国矿床学和地球化学领域的研究工作从无到有、不断发展,已经取得了一系列举世瞩目的成果。南京大学地球科学系在矿床学和地球化学领域的研究工作起步较早,投入较多,锲而不舍,持之以恒,也做出了一些成绩。例如:与华南不同时代不同成因类型花岗岩类有关矿床的成矿作用研究,华南钨锡及稀有金属的矿床学、地球化学研究,断裂拗陷带中沉积热液迭加改造型矿床的成矿机制研究,华南、长江中下游、秦岭、东天山等地区铁铜钼金等矿床成矿规律和成矿模式的研究,东南沿海地区中生代火山作用与成矿关系的研究,华南某些层控矿床的成因及含矿建造的地球化学研究,中国东部重要金矿类型的矿床学、地球化学研究,等等,这些成果中有的已经获得国家自然科学二等奖、三等奖和国家教委科技进步一等奖。所有这些研究成果都为我国矿床学-地球化学的发展作出了一定贡献,同时,南京大学地球科学系的矿床学学科组和地球化学学科组也因此而被国家教委确定为矿床学-地球化学重点学科,包含矿床学和地球化学两个博士点。金属矿床成矿作用国家重点实验室就是在此基础上,根据国家教委重点学科发展计划和世界银行贷款的重点学科发展项目而建立起来的。它以矿床学-地球化学重点学科发展为主,兼及岩石学、矿物学、核能地质学、构造地质学等相关学科,是一个以南京大学地球科学系雄厚的教学科研力量为依托、又相对独立的高水平高层次科学研究实体。

金属矿床成矿作用国家重点实验室建立的宗旨是:

1. 加强对金属矿床成矿作用的基础理论研究,特别是对该领域的新理论、新思想、新技术、新方法的开拓性研究工作,以提高我国矿床形成机制的研究水平,推动我国矿床学-地球化学的发展。

2. 有效地配合国家攻关项目、重大科研课题的完成,为寻找国家紧缺和优势金属矿床资源及开拓矿床综合利用的前景作出贡献。

3. 促进矿床学、地球化学等学科的人才和学术思想的交流,加速培养和造就既有理论水平、又有动手能力的高层次矿床学、地球化学人才。

在研究方向上,我们将努力瞄准国际矿床学-地球化学研究的发展方向和前沿领域;在研究内容上,既从宏观上把握矿床形成的构造环境和条件、研究成矿作用的模式和规律,更从微观上探索矿床形成的全过程,解决成矿物质来源、成矿流体性质及演化、成矿作用的物理化学条件、水岩反应机制等一系列与成矿作用有关的关键问题,从而获得对矿床成因的全面认识。

与地球科学的其他领域一样,矿床学、地球化学研究需要全国乃至全球范围内广泛的科技合作和学术交流。我们这个实验室将坚持向国内外开放的原则,热忱欢迎矿床学、地球化学界同仁继续给予大力支持和合作,尤其鼓励优秀青年科研工作者前来进行高水平的研究工作。

徐克勤

1992年4月

内 容 简 介

金属矿床成矿作用实验室是国家教委为建设和发展矿床学-地球化学重点学科而新近建立的国家重点实验室,本书汇编了该实验室及其依托单位南京大学地球科学系和花岗岩火山岩及成矿理论研究所1990—1991年的部分研究成果,涉及矿床学、地球化学及岩石学等领域,内容丰富,许多研究课题反映了国内外矿床学-地球化学发展的前沿,具有较高的学术价值。

本书可供地质工作者,尤其是从事矿床学、地球化学学科领域的教学、科研、生产、管理人员和研究生、高年级本科生参考。

目 录

开篇词	徐克勤
相山-东乡上侏罗统S型火山岩的发现及其地质背景	王德滋、刘昌实、陈繁荣、沈渭洲 (1)
钠交代过程中稀土元素的活化转移	胡受美、尹琳、曹晓云、卢冰 (5)
湘东北元古界浊积岩型金矿床的成矿地球化学研究	刘英俊、李峻峰、孙承轅、崔卫东 (8)
香花岭翁岗岩	朱金初、刘伟新、周凤英 (12)
东川铜矿形成过程中的水岩反应	华仁民、阮惠础、倪培 D.P.Cox (17)

花岗岩、火山岩及其成矿作用

苏州花岗岩体中的钽矿化作用	王汝成、朱金初、徐士进、周凤英 (20)
东秦岭北部燕山期陆内挤压-俯冲过程的成岩成矿作用	胡志宏、孙冶东、杨荣勇、胡受美 (24)
最初从花岗质岩浆分离出的富水流体并非成矿流体——以钨、锡花岗岩为例	尹琳、孙明志 (28)
哈密镜儿泉超镁铁岩的发现及黄山-镜儿泉岩带特征	顾连兴、严正富、廖静娟、杨浩、诸建林 (32)
觉罗塔格岛弧带的一个低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比的改造型花岗岩	顾连兴、廖静娟、严正富、诸建林 (35)
北天山觉罗塔格海西构造带西段花岗岩类特征	严正富、顾连兴、胡受美、邓健 (39)
武夷山及其邻区加里东期花岗岩带的地质地球化学演变	黄标、徐克勤、孙明志 (43)
华南加里东期花岗岩的微量元素特征及其对花岗岩成因和钨锡矿化的意义	王新光、徐克勤、徐士进 (47)
斜长花岗岩中的锆石特征及其地质意义	汪相 (52)
江西两类火山侵入杂岩的成矿作用	王德滋、沈渭洲、刘昌实、陈繁荣 (55)
中国东南部中生代火山作用与成矿关系	王德滋、陈克荣、周金城 (59)
浙东南沿海地区中生代火山作用与铅锌银成矿关系	陈克荣、陈武、魏元柏 (62)
从造山带岩石圈板块的伸展作用再论熊耳群火山岩系及有关矿床的形成构造环境	郭继春、胡受美 (64)

矿 床 学

江南型金矿床的形成条件和综合成矿模式	刘英俊、马东升 (67)
--------------------	--------------

华南含金建造及其金矿床中有机质的初步研究	刘英俊、胡凯	(72)
韧性剪切作用与金矿成矿作用——以广东河台金矿为例	王鹤年、陆建军	(76)
团结沟金矿床类型的新认识	任启江、张重泽、陈诸麒、邱检生	(80)
桂东-粤西黑色岩系层控金矿床成矿热液的成分和来源	张景荣、朱法华	(84)
江南元古界含金建造及有关金矿床的地球化学研究	马东升、刘英俊	(89)
河北峪耳崖金矿金的赋存状态	郑素娟、任启江、徐兆文、龚玲兰、申屠海港、沈忠民	(95)
安徽东溪金矿地质特征及成因探讨	徐兆文、任启江、杨荣勇、夏应菲	(99)
加拿大Yorkknife 太古代金矿田的成矿流体和同位素地球化学研究	翟建平、E.T.C. Spooner	(103)
河台金矿床成矿流体特征及成矿物质来源	陆建军	(107)
对豫西申家窑金矿成因的一些新认识	郭继春、富士谷、武耀成、孙晓明	(111)
河北宽城峪耳崖金矿床稳定同位素地球化学特征及矿床成因	邱检生、王德滋、任启江	(115)
胶东南墅-旧店金矿带地质地球化学特征	徐兵、赵懿英、卢冰、胡受美	(119)
陕西葫芦沟金矿钾质蚀变作用及其与金矿化的关系	孙冶东、胡受美、陈泽铭、富士谷、于昕	(123)
石门雄黄矿热泉成因浅析	张景荣、王蔚	(129)
个旧锡矿打磨山含锡矽卡岩形成条件的矿物学判据	陈骏	(134)

同位素和微量元素地球化学

华南花岗岩类成因和物质来源的钕、铈同位素的研究	朱金初、刘昌实、沈渭洲、徐士进	(137)
浙赣元古宙陆壳地球化学演化特征	章邦桐、张祖还、凌洪飞、刘继顺、沈渭洲	(141)
海南岛石炭纪双峰火山岩钕铈同位素和稀土地球化学特征及其成因	方中、夏邦栋、M.T. McCulloch、赵建新	(146)
长石铅、矿石铅同位素组成及华熊地块早前寒武纪结晶基底的形成演化	胡志宏、周顺之、罗安湘、朱诗亮	(151)
陈蔡群和双溪坞群的Sm-Nd、Rb-Sr年代学研究	凌洪飞、章邦桐、沈渭洲、杨杰东、陶仙聪	(155)
不同时代改造型花岗岩类的造岩组分和稀有元素(铌、钽、锂、铷、铯等)的继承演化关系(以武功山地区为例)	胡受美、曹晓云、严正富	(159)
柿竹园钨锡矽卡岩成岩过程的稀土元素示踪	陈骏	(164)
黄铁矿矿石及单矿物稀土特征对比研究	胡文瑄、任启江、张文兰、吴长年	(167)
胶北地体早前寒武纪地层的划分及其稀土配分特征	卢冰、赵懿英、胡受美、周顺之、徐兵、李海章、王年生	(171)

实 验 与 测 试

硅酸盐和氧化物的氧同位素分析及其在地质研究中的应用

.....黄耀生、赖鸣远、沈渭洲、华福成、邹海波、王新光 (176)

江苏韦岗铁矿气液包裹体研究.....吴启志、杨帆 (182)

水-岩相互作用的计算机模拟——以细脉浸染型辉钼矿床为例

.....徐士进、周会群、冯祖均 (186)

在开放体系水/岩反应过程中水/岩比与组分活化能力关系的实验研究

.....牛贺才、马东升 (190)

热液中辉钼矿的溶解度和钼的搬运.....曹晓云 (193)

利用磁组构确定玄武岩侵位机制.....张世红 (197)

CONTENTS

Introductory remarks.....	Xu Keqin
The discovery of late Jurassic S-type volcanic rocks in Xiangshan-Dongxiang, and its geological background	Wang Dezi, Liu Changshi, Chen Fanrong, Shen Weizhou (1)
REE mobilization in the process of sodium replacement	Hu Shouxi, Yiu Lin, Cao Xiaoyun, Lu Bing (5)
A study on the geochemistry of the Proterozoic turbidite-type gold deposit in northeastern Hunan province	Liu Yingjun, Ji Junfeng, Sun Chengyuan, Cui Weidong (8)
On the ongonite of Xianghualin district	Zhu Jinchu, Liu Weixin (12)
The water-rock interaction in the forming process of Dongchuan copper deposit	Hua Renmin, Ruan Huichu, Ni Pei, D.P.Cox (17)

GRANITES, VOLCANIC ROCKS AND RELATED METALLIZATIONS

Tamineralization in the Suzhou granite	Wang Rucheng, Zhu Jinchu, Xu Shijin, Zhou Fengying (20)
Rock-ore formation during the intracontinental compress-subduction of the Yanshanian Period in northern part of East Qinling	Hu Zhihong, Sun Yedong, Yang Rongyong, Hu Shouxi (24)
The aqueous fluid initially separated from granitic magma is not a metallogenic fluid	Yiu Lin, Sun Mingzhi (28)
Discovery of ultramafic rock at Jing'erquan, Hami, and the characteristics of the Huangshan-Jing'erquan rock belt	Gu Lianxin, Yan Zhengfu, Liao Jingjuan, Yang Hao, Zhu Jianlin (32)
The transformation type granite with low $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ in Jueluotage island arc	Gu Lianxin, Liao Jingjuan, Yan Zhengfu, Zhu Jianlin (35)

- Granitic rocks in the western sector of the Hercynian Jueluotage tectonic belt, northern Tianshan
 Yan Zhengfu, Gu Lianxin, Hu Shouxi, Deng Jian (39)
- Geological and geochemical evolution of the Caledonian granitic belt in Wuyishan and neighbouring regions
 Huang Biao, Xu Keqin, Sun Mingzhi (43)
- The characteristics of trace elements in the Caledonian granite in South China, and its significance to the rock genesis and W-Sn mineralization.....Wang Xinguang, Xu Keqin, Xu Shijin (47)
- Features of zircon in plagioclase granite and their geological implication Wang Xiang (52)
- Mineralization of the two kinds volcano-intrusive rocks in Jiangxi province
 Wang Dezhi, Shen Weizhou, Liu Changshi, Chen Fanrong (55)
- The Mesozoic volcanism in southeastern China and its relation to mineralization..... Wang Dezi, Chen Kerong, Zhou Jincheng (59)
- The Mesozoic volcanism in the coastal area of southeastern Zhejiang and its relation to Pb-Zn-Ag mineralization
 Wang Dezi, Chen Kerong, Zhou Jincheng (62)
- On the tectonic environment of volcanic rocks and related ore deposits from the Xiong'er Group in the light of lithospheric extension
Guo Jichun, Hu Shouxi (64)

ORE DEPOSITS

- Ore-forming conditions and synthetic genetic model of the Jiangnan type gold deposit..... Liu Yingjun, Ma Dongsheng (67)
- A preliminary study on the organic material from Au-bearing formations and related gold deposits in South China
 Liu Yingjun, Hu kai (72)
- Ductile shearing and gold mineralization in Hetai gold dedosit, Guangdong province.....Wang Henian, Lu Jianjun (76)
- New understanding of the genetic type for Tuanjiegou gold deposit
Ren Qijiang, Zhang Zhongze, Chen Zhuqi, Qiu Jiansheng (80)
- Composition and source of the ore fluid from the stratabound gold deposits controled by the black rock series in eastern Guangxi and western Guangdong provinces..... Zhang Jingrong, Zhu Fahua (84)
- Geochemistry of the proterozoic Au-bearing formation and related gold deposits in Jiangnan region..... Ma Dongsheng Liu yingjun (89)

- On the occurring forms of gold in Yu'erya gold deposit, Hebei province
 Zheng
 Sujian, Ren Qijiang, Xu Zhaowen, Shentu Haigang, Sheng Zhongmin (95)
 Geological features and genesis of the Dongxi gold deposit in Anhui
 province... Xu Zhaowen, Ren Qijiang, Yang Rongyong, Xia Yingfei (99)
 Archean gold deposits in Yorkknife, Canada, a study on fluid property
 and stable isotope..... Zhai Jianping, E. T. C. Spooner (103)
 Characteristics of ore fluid and sources of ore material in Hetai gold
 deposit..... Lu Jianjun (107)
 Some new views on the origin of Shenjiayao gold deposit in western
 Henan province
 Guo Jichun, Fu Shigu, Wu Yaocheng, Sun Xiaoming (111)
 Stable isotope geochemistry and ore genesis of Yu'erya gold deposit,
 Hebei province..... Qiu Jiansheng, Wang Dezi, Ren Qijiang (115)
 Geological and geochemical features of Nanshu-Jiudian gold metallo-
 genetic belt in eastern shandong Peninsula
 Xu Bing, Zhao Yiyang, Lu Bing, Hu Shouxi (119)
 Potassic alteration related to gold mineralization in the Hulugou
 deposit, Shanxi province
 Sun Yedong, Hu Shouxi, Chen Zemin, Fu Shigu, Yu Xian (123)
 On the hot-spring genesis of the Shimen eolite deposit
 Zhang Jingrong, Wang Wei (129)
 Mineralogical criteria for the forming conditions of Sn-bearing skarn
 in Damoshan, Gejiu Tin Mine..... Chen Jun (134)

ISOTOPE AND TRACE ELEMENT GEOCHEMISTRY

- Sm-Nd isotope study on the origin and material source of granitoids
 in South China
 Zhu Jinchu, Liu Changshi, Shen Weizhou, Xu Shijin (137)
 The geochemical evolution of Proterozoic continental crust in Zhjiang-
 Jiangxi provinces
 Zhang Bangtong, Zhang Zuhuan, Ling Hongfei, Shen Weizhou (141)
 Nd-Sr isotope and REE geochemistry of bimodal volcanic rocks in the
 Shilu Group, Hainan Island
 Fang Zhong, Xia Bangdong, M. T. McCulloch (146)
 Pb isotope composition and the evolution of early Precambrian crystal-
 line basement of the Huaxiong block

- Hu Zhihong, Zhou Shunzhi, Lu Anxiang, Zhu Shiliang (151)
- Sm-Nd and Rb-Sr geochronology of the Chencai and Shuangxiwu Group
..... Ling Hongfei,
- Zhang Bangtong, Shen Weizhou, Yang Jidong, Tao Xiancong (155)
- The successive evolution of rock-forming components and rare elements
in the transformation type granites of different ages
..... Hu Souxi, Cao Xiaoyun, Yan Zhengfu (159)
- REE as a tracer to the forming process of W-Sn skarn in Shizhuyuan,
Hunan province Chen Jin (164)
- A comparative study on REE of pyrite and pyrite ores
.... Hu Wenxuan, Ren Qijiang, Zhang Wenlan, Wu Changnian (167)
- REE characteristics and the division of early Precambrian strata in
North Shandong Peninsula Terrane..... Lu Bing, Zhao Yiyi,
- Hu shouxi, Zhou Shunzhi, Xu Bing, Ji Haizhang, Wang Nianshen (171)

EXPERIMENTS AND ANALYSES

- Oxygen isotope analyses of silicates and oxides, their application
to geological study..... Wang Yaosheng, Lai Mingyuan,
Shen Weizhou, Hua Fucheng, Zou Haibo, Wang Xinguang (176)
- Fluid inclusion study of the Weigang iron deposit
..... Wu Qizhi, Yang Fan (182)
- Computer simulation for water-rock interactions
..... Xu Shijin, Zhou Huiqun, Feng Zujun (186)
- Experimental study on the relation between W/R ratio and the activity
of components during water-rock interaction in an open system
..... Niu Hecai, Ma Dongsheng (190)
- Solubility of MoS_2 in hydrothermal and the transportation of Mo
..... Cao Xiaoyun (193)
- Determination of the emplacing mechanism of basalt by using
magnetic fabric..... Zhang Shihong (197)

相山-东乡上侏罗统S型火山岩的发现及其地质背景*

王德滋 刘昌实 陈繁荣 沈渭洲

(南京大学地球科学系)

江西相山-东乡是一呈北东走向延伸的中生代陆相中酸性火山岩带,是大型浙西-赣东北火山岩带的西段。火山岩分布明显受东乡-遂川断裂控制。相山盆地包括乐安相山到临川金溪断续分布的7个 J_3 - K_1 火山岩盆地,位于华南加里东褶皱带内。东乡火山岩盆地则处于华南加里东褶皱带和扬子地块两大构造单元的交界位置,处在北东向东乡-遂川和近东西向的宜春-铅山两条深断裂的交汇处。相山地区火山岩基底地层主要是震旦系变质岩,东乡火山岩基底地层部分为中元古界的双桥山群变质岩。相山-东乡火山岩带是我国南方一条重要的铀成矿带,与S型火山岩源区密切相关。关于本区火山岩的成因归属,曾存在两种见解,本文、核工部270研究所、刘家远(1985)、陈肇博(1990)等认为是壳源的(或S型),但另一部分学者则认为是I型的。根据笔者近两年的系统研究,确认属S型火山-侵入杂岩,其证据可归纳如下。

一、本区火山岩含富铝矿物

本区火山岩具有S型特有的AFM矿物组合,其中有:(1)石榴子石 在相山碎斑熔岩重砂中含量高达1340g/t,棕红色,成分均一,粒径一般为 $0.3\text{mm}\pm$,以菱形十二面体为主,无反应边,不具筛状构造,晶体内部普遍含 $5\sim 30\mu$ 的含钦磁铁矿包裹体, $\text{TiO}_2/\text{TFeO}=0.2$ (探针分析)。此外,在东乡熔结凝灰岩中石榴子石晶体中心部位还发现有针状、长柱状磷灰石包裹体(长 $3\sim 50\mu$)。相山的石榴子石平均端元组成为 $\text{GrO}_{3.4}\text{Spe}_1\text{Pyr}_{1.0}\text{Alm}_{4.5}$ (mol%),为富Fe、Ca,贫Mg、Mn的铁铝榴石,除Gro分子略高外,与澳大利亚S型火山岩中产出的石榴子石成分相近,东乡熔结凝灰岩重矿物中石榴子石含量较低,粒径为 $0.2\sim 0.3\text{mm}$,常形成聚斑连晶,晶体中心部位常见少量含钦磁铁矿和长 $5\sim 30\mu$ 的磷灰石包裹体,其平均组成为 $\text{Gro}_9\text{Spe}_3\text{Pyr}_{1.4}\text{Alm}_{7.4}$,与相山比较更富Alm分子,与目前世界上发现的S型火山岩铁铝榴石成分完全一致。根据T. H. Green(1977)提出的石榴子石-熔体的Mg、Fe分配系数计算,本区石榴子石是在约6kb、 $950\sim 1000^\circ\text{C}$ 条件下形成,是在深部岩浆房中结晶的。(2)红柱石 在相山碎斑熔岩重矿物中含量为55g/t,柱状自形晶,探针分析化学式为 $\text{Al}_{1.99}[\text{Si}_{0.99}\text{O}_4]\text{O}$,与理论红柱石成分相当。含岩浆成因的红柱石花岗岩早已有报导(W. D. Birck, 1975; D. B. Clarke, 1976),近期也在秘鲁南部S型熔结凝

* 本课题由国家自然科学基金48970173资助项目。

灰岩中发现岩浆成因的红柱石雏晶(C. N. Donald, 1984)。这是由于当熔体中 F 含量随其演化而逐步增高时,可大幅度降低流纹质熔体的固相线温度,直至降到红柱石稳定域以下(J. D. Clemens, 1988),相山地区火山期后热液蚀变中有多期萤石化作用,表明晚期岩浆是富氟的。鉴于红柱石在 $P > 4\text{kb}$, $t > 750^\circ\text{C}$ 时是不稳定的,所以相山碎斑熔岩红柱石结晶时期一般要晚于长石斑晶,它可含有长石包裹体而使晶体透明度降低。上述富铝矿物的发现,以充分的矿物学证据表明火山岩在成因上为 S 型。

二、具有 S 型地球化学特征

根据笔者、核工业部 261 地质队、江西地矿局 1/5 万区测所作的岩石化学全分析($N=161$)和岩石微量、稀土元素测试($N=9$),本区火山岩岩石化学和地球化学特征可归纳为(1)相山地区火山岩平均 A/NKC 值界于 1.0 到 1.1 之间,为弱过铝质;东乡地区火山岩 A/NKC 值较大,均大于 1.1,平均为 1.262,为强过铝质,它们的 Nor-C 含量分别为 1.38 和 3.37,在 ACF 图解中 85% 的投影点落在黑云母-斜长石-白云母区内,与 S 型花岗岩相似。(2)相山打鼓顶组英安流纹岩 SiO_2 平均为 68.34%,鹅湖岭组碎斑熔岩平均为 74.06%;东乡地区火山岩以英安流纹岩为主, SiO_2 平均为 68.85%,在 SiO_2 -A.R 图解中前者为钙碱性酸性岩,后者为弱碱性酸性岩。(3)本区火山岩富 K_2O , 贫 Na_2O , 相山碎斑熔岩 K_2O 平均 5.01%, 英安流纹岩平均 4.89%; 与相山相比,东乡地区火山岩更富 K_2O , 平均高达 6.63%。 Na_2O 总是小于 K_2O , Na/K (原子数)比值均小于 1(相山地区为 0.93~0.85;东乡地区为 0.46)。(4)稀土元素总特征是,稀土总量高(相山 $205.4\sim 236.2\times 10^{-6}$;东乡为 $196.4\sim 387.8\times 10^{-6}$),高于 Taylor(1984)给出的上壳平均值的 146×10^{-6} ;具有较大的 LREE/HREE 比值(相山为 8.6~9.2;东乡为 6.7~14.5)。接近于上部陆壳比值(9.53)。铈亏损变异大,东乡火山岩下层位的周家源组 Eu 为弱亏损($\delta\text{Eu}=0.83\sim 0.89$),反映其演化不充分,但上层位的花草尖组($\delta\text{Eu}=0.23$)和虎岩组($\delta\text{Eu}=0.28$)以及相山的打鼓顶组($\delta\text{Eu}=0.43\sim 0.47$)和鹅湖岭组(0.36)都具有较强的铈亏损,强于上壳平均值的 0.61;普遍出现铈亏损(相山 $\delta\text{Ce}=0.76\sim 0.82$;东乡 $\delta\text{Ce}=0.52\sim 0.82$),亏损程度均大于上壳平均值(0.89)。Taylor(1984)统计世界各地粘土岩稀土元素分布特征时,曾以 25 亿年为界划分出太古代粘土岩(AS)和后太古代粘土岩(PAS),PAS 相对于 AS 特征是: L/H 增高(9~13),Eu 亏损明显($\delta\text{Eu}=0.85\sim 0.60$),铈亏损开始出现($\delta\text{Ce}=0.8\sim 0.9$)。东乡-相山火山岩稀土特征与 PAS 有许多共同之处,表明它们系后太古界半成熟陆壳发生部分熔融的产物。

三、具有 S 型 Sr、Nd 同位素特征

方铎珩(1982)、李坤英(1989)已对赣中地区火山-侵入杂岩作过全岩 Rb-Sr 等时线测定。笔者主要补充测定了 Sm-Nd 同位素组成(表 1)。表中 ϵ 值按 DePaolo(1976)给出公式计算,采用参数为 $I_{\text{Sr}}^{\text{UR}}(0)=0.7045$, $(^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr})_{\text{UR}}=0.0827$, $I_{\text{Nd}}^{\text{CHUR}}(0)=0.512638$, $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}=0.1967$, $\lambda_{\text{Rb}}=1.42\times 10^{-11}\text{年}^{-1}$, $\lambda_{\text{Sm}}=6.54\times 10^{-12}\text{年}^{-1}$, 指示源区岩石物质组成的华南上壳重量分数(f_{uc})是根据刘昌实等(1990)给出的华南上壳、亏损地幔端元的各个

参数按Faure(1986)提供的二元混合模型计算的,结果绘制成 $K=6.71$ 混合曲线的 $\epsilon_{Sr}(T)$ - $\epsilon_{Nd}(T)$ 相关图(图1)。对于相山S型火山岩其 $I_{Sr}(T)$ 略高于0.7100, $\epsilon_{Sr}(T)$ 通常大于80,在Nd同位素组成方面,具有低的 $\epsilon_{Nd}(T)$ 值,一般小于-6.0,区间为-7.7~-13.4,这与刘昌实等(1990)对华南S型花岗岩所测得数据很相似。东乡和信江南翼中生代火山岩 $I_{Sr}(T)$ 为0.7125, $\epsilon_{Nd}(T)$ 为-7.7~-9.0,与相山火山岩极其接近。按Sr、Nd同位素组成共同模拟的这些地区火山岩源区物质构成是:相山打鼓顶组英安流纹岩源区为 $UC_{64}DM_{36}$ (UC—华南上壳;DM—华南亏损地幔),相山鹅湖岭组碎斑熔岩源区为 $UC_{85}DM_{15}$,东乡周家源组源区为 $UC_{60}DM_{40}$,信江南翼打鼓顶组源区为 $UC_{66}DM_{34}$ 。它们的源区岩石以硅铝质占优势,主要由变质沉积岩或陆壳再循环形成的火成岩组合,在 $\epsilon_{Sr}(T)$ - $\epsilon_{Nd}(T)$ 图解中位于第4象限的右下侧,与华南S型花岗岩中非造山陆壳重熔亚型平均源区组成 $UC_{63}DM_{37}$ 极其相似(刘昌实等1990),而与毗邻的I型火山-侵入杂岩(浙江桐庐,江西银山、德兴)有明显差异(图1)。

表1 江西相山-东乡S型火山杂岩Sr、Nd同位素组成

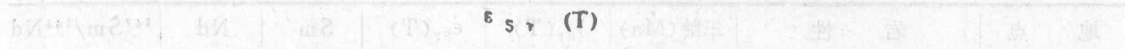
地 点	岩 性	年龄(Ma)	$I_{Sr}(T)$	$\epsilon_{Sr}(T)$	Sm	Nd	$^{147}Sm/^{144}Nd$
相 山	打鼓顶组英安流纹岩	130	0.7101 ⁽¹⁾	81.7	7.79	38.99	0.120911
	英安流纹岩中包体	130			9.4	42.0	0.135341
	鹅湖岭组碎斑熔岩	140	0.7130 ⁽¹⁾	123.0	7.92	40.6	0.11782
东 乡	周家源组				9.62	51.36	0.113180
信江盆地南	英安流纹岩	128	0.7125 ⁽²⁾	115.8	10.72	63.96	0.101364
$^{143}Nd/^{144}Nd$	$I_{Nd}(T)$	$\epsilon_{Nd}(T)$	f_{Sr}^{87}	f_{Nd}^{143}	f_{80}		
0.512094	0.511991	-9.4	0.61	0.69	0.65		
0.512135	0.512020	-8.8	0.61	0.66	0.63		
0.511884	0.511837	-13.4	0.73	0.98	0.85		
0.512174	0.512078	-7.7		0.60	0.60		
0.512097	0.512011	-9.0	0.71	0.68	0.69		

(1) 据方锡珩等(1982); (2) 李坤英等(1989); Nd同位素由南大测试中心完成。

四、A型俯冲与S型火山岩成因

据中国地质勘查设计院(1990)完成的台湾-黑水地学大断面的解释图,本区东乡-遂川断裂为一区域性大断裂,在地表宽为30~50 km,深度约30 km,断面倾向东,倾角约30~50°,与中生代太平洋板块向欧亚板块俯冲的B型俯冲面呈共轭产出。陈繁荣(1990)提出,此为陆内俯冲面(A型俯冲),使扬子地块向下俯冲到加里东褶皱带之下。在此断裂的上盘目前相山矿田已发现震旦系变质岩自南向北推覆到J₃的砂砾岩之上,而又被鹅湖岭组火山岩覆盖,断裂面并有次火山花岗斑岩脉充填。据王克仁(1986)的研究,在江西永平一带也发育

Figure 1 is a graph showing the relationship between the degree of metamorphism (T) and the degree of metamorphism (P) for various rock types (DM, UC, S, I) at T = 120 Ma. The x-axis represents P (kbar) from -50 to 300, and the y-axis represents T (°C) from -10 to 10. Data points are plotted for DM (open square), UC (open square), S (solid square), and I (solid square). The graph includes curves for 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8, and a dashed line labeled S型.



I 型: 1. 银山; 2. 桐庐; S 型: 3. 相山打鼓顶组英安流纹岩; 4. 相山鹅湖岭组碎斑熔岩; 5.

信江南翼打鼓顶组英安流纹岩。UC, 华南上壳; DM, 亏损地幔。UC-DM 双曲线为 $K=6.71$ 混合曲线; 线段上数据为 UC 端元所占重量分数。

钠交代过程中稀土元素的活化转移

胡受美 尹琳 曹晓云 卢冰

(南京大学地球科学系)

关于宁芜式铁矿下部的钠长石岩和华南含铌、钽、稀碱元素钠长石花岗岩的成因一直存在争论。笔者曾有许多文章(1962、1963、1965、1972、1974、1977、1978、1979、1980、1982、1983、1984、1990、1991年)从多方面讨论了这方面问题,并建立了与碱交代作用有关的玢岩铁矿、斑岩铜、钼矿和与钽、铌、钨、锡、铍、稀碱等交代蚀变花岗岩有关的成矿模式。对于宁芜铁矿下部钠长石岩,笔者有充分证据确信它们是交代成因的;对于作为岩浆和气-液过渡产物的华南含铌、钽、稀碱元素的钠长石花岗岩,情况虽很复杂,但这些花岗岩体顶部相的稀有元素矿化钠长石花岗岩,主要还是交代成因的,或者是在富钠、氟质的流体相强烈参与下,即固体+熔体相+流体相的非平衡体系中形成的。在这类花岗岩中,不论造岩元素和稀有元素,都具有明显的垂直分带和有规律的变化,但对某些重要环节至今还不很清楚,因此成为当前科研工作的前沿课题。本文着重讨论宁芜铁矿下部钠长石岩和宜春414含铌、钽、稀碱的钠长石花岗岩中稀土元素地球化学特征及其对比,以说明它们在成因上的相似性。

许多资料表明:岩浆成因的碱性岩,特别是富钠的超基性-碱性-碳酸盐岩,通常都富含稀土,特别是轻稀土元素(包括我国白云鄂博稀土矿床)。事实上,本文讨论的上述二种钠质岩或钠长石岩中,稀土元素都高度亏损,与原岩(如玢岩或花岗岩)相比,明显表现出稀土元素随着钠质的增加而减少。根据直读光谱分析,武功山地区典型围岩和不同时代花岗岩类中稀土元素的总含量(ΣREE)为 $110 \sim 430 \times 10^{-6}$;花岗岩时代从老到新, ΣREE 含量呈“跳跃式”变化。燕山早期的浒坑斑状黑云母花岗岩稀土总量最高值达 430×10^{-6} 。而燕山晚期的宜春414矿区、粗粒二云母花岗岩中 ΣREE 为 184×10^{-6} 和 74×10^{-6} ,并且随着 Na_2O 的增加和钠长石化作用的加强,以及氟含量的增加而降低(图1);在上部强钠长石化花岗岩中降低到灵敏度以下。

据P. J. Pollard的中子活化分析(表1),在强钠化岩石中, ΣREE 降低几乎达到一个数量级,即从 $78.19 \times 10^{-6}(\text{Yc}_{12})$ 降到小于 $8.45 \times 10^{-6}(\text{Yc}_{2.3})$,表现出自下而上,随着钠化作用的加强,稀土元素发生明显的活化转移。

此外,从副矿物的变化也可找出稀土元素活化转移的规律。在414钠长石化花岗岩最下部,即黑鳞云母花岗岩的副矿物中,出现独立的稀土矿物,如独居石和磷钇矿等,而在中钠化和强钠化花岗岩中,却见不到这些独立的稀土矿物,以及锆石、褐帘石等稀土元素的载体矿物。所有这些现象是很难用单纯的岩浆作用来解释的。

根据尹琳的研究,414矿区20个不同深度、不同岩相交代蚀变花岗岩样品的等离子光谱稀土元素分析资料,表明雅山岩体自下而上,岩相不断变化, Na_2O 不断升高,稀土元素