

闽北建瓯 —政和火 山岩型金 矿地质

冯志文 夏卫华

曾佐勋 徐一伟 朱有光

等 著

中国地质大学出版社

闽北建瓯—政和火山岩型金矿地质

冯志文 夏卫华 曾佐勋
徐一伟 朱有光 等 著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书系在地质矿产部“七五”国家科技攻关项目“中国金矿主要类型找矿方向及找矿方法的研究”所属课题《闽北建瓯一政和一带与火山岩有关的金矿成矿地质条件及找矿方向》成果基础上写成。书中系统阐述了本区与火山岩型金矿有关的火山-岩浆岩的岩石学、地球化学以及控岩控矿构造特征。从金矿石的微量元素、稀土元素、金银赋存状态及成矿演化机制等方面阐明了本区金矿的矿化特征、成矿条件，并指出了找矿方向。为使读者详细了解有关专题成果，书末附有矿物学、流体包裹体、同位素及古地磁等研究成果七篇。

本书可供矿床学、岩石学、矿物学和金矿地质工作者以及高等院校有关专业师生参考使用。

闽北建瓯一政和火山岩型金矿地质

冯志文 夏卫华 曾佐勋

徐一伟 朱有光 等 著

责任编辑 蒋良朴 张晓红

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山)

湖北省新华书店经销

中国地质大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.5 插页 3 图版 4 字数 290 千字

1991年12月第1版 1991年12月第1次印刷

ISBN 7-5625-0569-1/P·190

印数1—500册 定价: 13.50元

前 言

为了适应国家经济建设对黄金矿产的需要,作者于1986年7月参加了地质部的“中国金矿主要类型找矿方向及找矿方法的研究”,即“七五”国家科技攻关项目第55项,并承担了“闽北建瓯一政和一带与火山岩有关的金矿成矿地质条件及找矿方向”课题(编号:75-55-36)。

从1986年7月到1989年12月,我们在闽北2400km²范围内,对金矿有关的基础地质和6个矿床(点)进行了多学科、全方位的综合研究,获得了大量的野外地质资料和测试分析数据。同时,还收集了前人的部分工作成果,经过室内综合整理,参阅大量国内外有关文献,编写了上述课题研究报告,本书即在该项成果基础上,进一步加工编撰出版的。它属“七五”国家科技攻关项目第55项系列成果之一。

在此项研究过程中,得到了地矿部、地矿部金矿专项科研项目办公室、福建省地矿局的指导;并得到了闽北地质队的大力支持和协作;陈毓川、朱凯、李舒、林蔚兴、张树新、赵鹏大、朱上庆等专家、教授给予了指导、帮助;胡光道、赵永鑫和李鹏飞等同志在部分数据处理和作图等方面给予了大力支持,值此,深表谢意。

本专著是集体劳动的成果,由冯志文、夏卫华、曾佐勋、徐一伟、朱有光等执笔编写;赵爱醒、陈紫英、闫桂林、蒋明霞、凌世浪、伍刚、张跃宁、刘丹英、陈文仁、张鸣、陶海宝、董勇、刘伟、江华年、程小林、叶小玉、林雪萍、何基珠、颜英华、危文淑参加了部分工作并完成附件的编写。另外,硕士研究生方继专、李志群、徐有浪、何建斌、以及86—88年历届高年级学生也参加了部分工作。最后由夏卫华、冯志文统纂全文并定稿。

由于作者水平所限,工作程度不够,分析测试也不尽系统,同时,对已取得的资料和分析数据也欠充分开发利用,上诸因素对成果的质量都有一定的影响。因此,书中定有不妥之处,敬请读者批评、指正。

目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第二章 基底变质岩系及其含矿性	(2)
一、基底变质岩系地质特征.....	(2)
(一) 变质岩系岩石组合.....	(2)
(二) 变质岩系岩石化学及原岩建造类型.....	(2)
二、基底变质岩系地球化学背景.....	(5)
(一) 变质岩系微量元素丰度及金银分布特征.....	(5)
(二) 稀土元素及同位素地质特征.....	(8)
第三章 中生代火山-岩浆岩系	(10)
一、火山地层.....	(10)
(一) 晚侏罗世火山喷发旋回.....	(10)
(二) 早白垩世火山喷发旋回.....	(10)
二、火山岩岩石学特征.....	(10)
(一) 熔岩.....	(11)
(二) 火山碎屑岩.....	(11)
三、次火山岩或侵入岩地质及岩石学特征.....	(12)
(一) 前燕山期侵入岩.....	(13)
(二) 燕山期侵入岩.....	(13)
(三) 喜马拉雅期侵入岩.....	(13)
第四章 火山-岩浆岩岩石化学和地球化学	(14)
一、岩石化学特征.....	(14)
(一) 前燕山期火山-岩浆岩岩石化学.....	(14)
(二) 燕山期火山-岩浆岩岩石化学.....	(17)
二、岩石微量元素特征.....	(28)
三、金银的分布特点.....	(28)
四、稀土元素特征.....	(28)
(一) 稀土元素的含量变化.....	(29)
(二) 稀土元素组成模式.....	(32)
第五章 区域及矿化带构造	(36)
一、区域构造轮廓.....	(36)
二、构造形迹.....	(37)
(一) 褶皱.....	(37)
(二) 基底隆起带.....	(38)
(三) 断裂.....	(39)
(四) 剥离断层.....	(39)
三、控岩构造分析.....	(45)

四、控矿构造分析	(46)
(一)金银矿床(点)的定位构造	(46)
(二)矿(化)体或矿(化)脉的控矿构造	(47)
第六章 金矿地质	(49)
一、金矿分布	(49)
二、金矿床类型	(50)
(一)区域-构造动力变质热液型金矿	(50)
(二)火山-岩浆热液充填-交代型金矿	(51)
(三)变质-火山岩浆热液叠加-改造型金矿	(57)
(四)浅成酸-中酸性岩浆交代型(斑岩型)金矿	(57)
三、区域性热液蚀变与矿化及其分带性	(60)
四、区域性成矿期次	(63)
第七章 金矿石微量元素特征及金银赋存状态	(69)
一、矿石的微量元素特征	(69)
二、稀土元素特征	(73)
三、金银的赋存状态	(74)
第八章 金矿床成岩成矿演化机制	(80)
一、火山-岩浆岩成岩机制	(80)
(一)岩浆岩成因类型	(80)
(二)岩浆岩成生演化特点	(80)
(三)岩浆岩成生机制	(81)
二、金矿成矿机制	(84)
(一)成矿物质来源	(84)
(二)热液活动及热动力场模拟	(88)
(三)成矿的物理化学条件	(92)
(四)金的搬运形式及沉淀机制	(93)
(五)火山-岩浆热液金矿成矿模式	(95)
第九章 成矿地质条件及找矿方向	(97)
一、成矿地质条件	(97)
(一)热液成矿的基本因素	(97)
(二)开放岩浆体系的成矿条件	(97)
(三)构造成矿及控矿意义	(98)
(四)成矿地球化学障	(98)
二、成矿规律	(99)
三、找矿方向	(99)
第十章 成矿远景区定量预测及靶区定位	(100)
一、数学地质统计预测	(100)
(一)工作基础及单元划分	(100)
(二)回归分析数学模型	(100)
二、成矿远景区及评价	(103)

三、靶区定位.....	(104)
附件：专题研究主要成果	(105)
闽北政和 锦屏一带金矿床成因矿物学研究.....	(105)
闽北建瓯一政和一带金矿化区流体包裹体研究.....	(118)
闽北建瓯一翁坑金矿化带热晕测量初步研究.....	(128)
闽北建瓯一政和一带金矿化区同位素研究.....	(134)
闽北建瓯小坑金银矿区勘查地球化学特征.....	(143)
闽北政和地区几个岩体的古地磁特征及其地质意义.....	(157)
闽北政和下坑一暗桥剖面震旦纪变质基底褶皱的磁性组构.....	(161)
参考文献	(166)
英文目录及英文摘要	(168)
图版及图版说明	(176)

第一章 区域地质概况

建瓯一政和一带处于中国东部新华夏系第二巨型隆起带，属于浙江上虞—深圳断裂带中段的政和—大埔断裂带从本区通过。以断裂带为界，北西侧属于闽西北加里东隆起带，南东侧属于闽东中生代火山断拗带。研究区即位于这样两个构造单元的接壤部位（图1-1）。

加里东褶皱基底变质岩系主要出露于政和—大埔断裂带西侧，依其原岩恢复和变质特点看，原系一套浊积特征显著并具中—基性火山物质掺杂的巨厚复理石建造。变质程度系属绿片岩相。

盖层主要为中生代酸性—中酸性陆相火山岩建造，多分布于政和—大埔断裂东侧。其中，晚侏罗世火山岩浆活动表现为裂隙式喷发，构成北东向展布的火山岩带；早白垩世火山岩浆活动则以中心式喷发叠加于上侏罗统之上，形成研究区中心的东坑火山岩盆地及研究区东南的仁山火山岩盆地。

区内侵入岩发育，多呈岩株、岩瘤和岩墙分布于政和—大埔断裂带东西两侧。侵入活动的时代有前燕山期^①、燕山期和喜马拉雅山期，而以燕山期活动最强烈。岩石类型复杂，从超基性—中酸性—酸偏碱性皆有，而以酸性和中酸性岩为主。燕山期侵入岩与火山岩具有同一地质构造背景，岩体多受一定的断裂构造控制，有些中—浅成侵入体或次火山岩体与火山机构关系密切，并构成火山机构的一部分。

本区矿产比较丰富，金、银、铅、锌等金属矿和萤石、水晶等非金属矿皆有发育。矿床（点）多分布于前燕山—燕山期构造动力变质带和构造—岩浆活动带上。

综合区域大地构造环境、地质建造和构造—岩浆活动特点，本区经历了如下地壳演化三大阶段，即“江南古陆”东南缘闽、浙晚元古代—早古生代岛弧边缘盆地、准地台和滨太平洋大陆边缘活动带等发展阶段。

^①福建省地质志及闽北大队1/5万区调报告均划分出加里东期侵入岩，但专题组在此次研究工作中初步确定此类加里东期侵入岩实为燕山期岩浆活动产物（详见第四章）。

第二章 基底变质岩系及其含矿性

一、基底变质岩系地质特征

(一) 变质岩系岩石组合

研究区位于闽北加里东隆起区东缘,基底变质岩系遍布于区内西部,据闽北地质大队资料^①可划分为震旦系下统吴墩组、东岩组和震旦系上统龙北溪组。各组段主要岩石组合的特征如下。

1. 震旦系下统吴墩组 (Z_1w)

本组是区内最老的地层,可分为两个岩性段。主要岩石组合:下段以云英片岩为主,上段以云母石英片岩、钠长云母石英片岩为主。地层以其含钠长石为特征,总厚度大于1516 m。

2. 震旦系下统东岩组 (Z_1d)

本组以绿色片岩组合为特征,岩石组合:角闪(阳起)片岩、斜长角闪(阳起)片岩、绿帘绿泥钠长阳起片岩夹薄层状云英片岩,顶部出现大理岩和绿帘阳起石英岩透镜体。专题研究在斜长角闪片岩(原岩为基性火山岩)中获得全岩Sm-Nd同位素模式年龄 $800 \pm 50\text{Ma}$,该结果可认为是亏损地幔岩成岩年龄,从而证实将东岩组置于震旦系下统是适宜的。

在政和以东附近稻香、铁山一带出露的一套浅变质火山-碎屑沉积岩系,1/5万政和幅区调报告将其建组为“稻香组”,时代置于晚震旦-寒武纪。该套岩系岩石组合:下段为斜长阳起片岩、阳起片岩、大理岩和硅质岩,中段为安山质凝灰岩夹凝灰质泥岩、粉砂岩,上段为硅质岩、粉砂岩、泥岩和含碳质泥岩。它们构成了较完整的火山-碎屑沉积旋回,与闽北地区震旦系下统东岩组岩石组合相似。本次在安山质凝灰岩中获得全岩Sm-Nd同位素模式年龄 $800 \pm 50\text{Ma}$,与东岩组斜长角闪片岩取得一致的年龄结果。因此,该套地层时代应属早震旦世(即东岩组)。地层总厚度大于906m。

3. 震旦系上统龙北溪组 (Z_2l)

本组在区内西部呈北北东向展布,构成基底岩系褶皱向斜核部,地层总厚度大于3161m。岩石组合可分上、中、下三个岩性段。

下段以云英片岩为主,中下部夹透镜状云母斜长石英岩。中段下亚段以(斜长)云英片岩为主,下部见片状云母斜长石英岩,中上部偶见云母斜长变粒岩。上亚段以片状云母斜长石英岩、石英岩为主,夹变粒岩、云英片岩。上段为云母石英片岩、斜长云母石英片岩、二云片岩,局部见灰白色块状云母斜长石英岩。

(二) 变质岩系岩石化学及原岩建造类型

1. 变质岩系岩石化学

研究区主要变质岩岩石类型的化学成分见表2-1(样号4、7为龙北溪组样品;11、12为吴

^①福建省闽北地质大队,1985,福建省闽北地区前寒武纪变质岩系研究报告。

表2-1 研究区主要变质岩类型岩石化学成分表

样号	采样地点	岩石名称	元素含量 (%)													
			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	灼减	总量	
1	下坑—暗桥	斜长角闪片岩	50.15	1.11	13.64	3.40	8.83	0.24	7.41	9.69	2.71	0.53	0.10	1.81	99.62	
2	下坑—暗桥	斜长角闪片岩	53.95	0.50	15.89	4.29	5.90	0.34	4.63	5.89	5.22	1.17	0.07	1.54	99.39	
3	下坑—暗桥	黑云阳起石英岩	54.21	0.43	8.82	18.91	1.20	1.78	3.62	3.08	0.19	0.00	0.12	7.07	99.43	
4	下坑—暗桥	二云斜长变粒岩	77.83	0.61	10.36	1.40	2.25	0.08	1.69	0.64	1.00	2.22	0.12	2.28	100.48	
5	下坑—暗桥	斜长角闪片岩	48.21	1.31	14.13	3.93	9.70	0.20	7.01	9.37	2.76	1.19	0.12	1.45	99.38	
6	下坑—暗桥	方解绿帘斜长角闪片岩	45.09	0.34	11.32	2.91	5.85	0.06	8.98	16.82	2.08	0.53	0.06	5.60	99.64	
7	下坑—暗桥	片状二云斜长石英岩	85.72	0.34	6.90	0.64	1.25	0.04	1.01	0.70	1.54	0.84	0.07	1.56	100.61	
8	稻香—高堤	蚀变细晶角闪片岩	48.98	0.77	18.04	5.36	4.25	0.18	4.04	12.05	2.45	1.60	0.14	1.44	98.94	
9	稻香—高堤	变质安山质凝灰岩	54.91	0.79	18.49	3.08	5.79	0.07	4.38	3.88	2.91	2.69	0.25	2.70	99.94	
10	稻香—高堤	斜长阳起片岩	46.12	0.44	13.43	6.21	9.59	0.31	6.37	10.82	2.26	0.83	0.07	2.25	98.70	
11	马面山—富竹庄	云母斜长石英片岩	77.77	1.00	9.88	4.71	0.41	0.05	0.81	0.15	0.06	1.75	0.01	3.02	99.62	
12	马面山—富竹庄	钠长云母石英片岩	67.14	0.75	11.94	1.75	4.41	0.11	3.85	3.82	1.55	1.85	0.10	2.56	99.83	

注：资料来源：1—8为本专题，9—12为1/5万政和幅区调报告。

表2-2 研究区变质岩系常量元素平均含量 (%)

系	统	地层名称	样品数	Si	Ti	Al	Fe	Mg	Mn	Ca	K	Na
震旦系	上统	龙北溪组	32	34.93	0.39	6.20	3.50	0.78	0.06	0.23	2.01	0.27
		东岩组	33	23.79	0.50	7.48	8.29	4.54	0.21	5.75	0.61	1.15
	下统	吴墩组	23	32.86	0.45	6.91	3.96	1.22	0.23	0.30	2.09	0.74

墩组样品；其余为东岩组样品）。

早震旦世吴墩组主要岩石化学计算结果在尼格里四面体展开图和周世泰K-A相关图上投影，分别落在沉积岩区和火成岩区（图2-1）。在西蒙南（ $al+fm$ ）-（ $c+alk$ ）对Si图中，均落在泥质-砂质沉积岩区。落在火成岩区的样品，与岩石中含钠质凝灰成分有关，是早震旦世石英角斑质火山喷发后转入正常碎屑沉积时的产物。地层岩石常量元素平均值（表2-2），相当涂千里和魏德波尔粘土-页岩类。

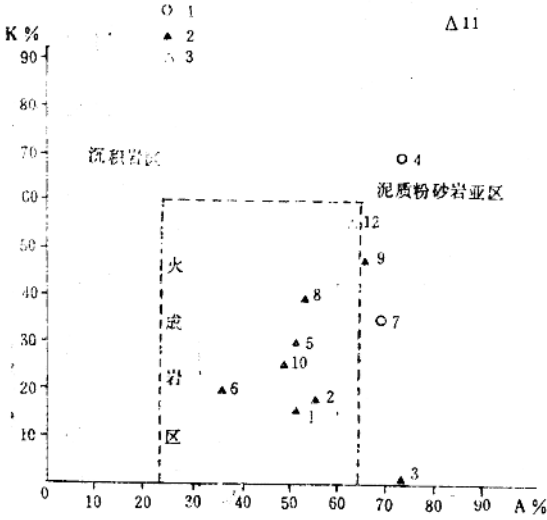


图2-1 周世泰K-A图解
1—龙北溪组；2—东岩组；3—吴墩组

以斜长角闪（阳起）质岩为主
的东岩组主要岩石化学计算结果在尼格里四面体展开图和周世泰K-A相关图解的投影，绝大多数落在火成岩区，个别落在沉积岩区。在莫伊纳和罗谢的 $[(Al+Fe+Ti)-(Ca+Mg)]$ 图解上的投影（图2-2）大部分斜长角闪质岩落在玄武-玄武安山岩区，少数落在杂砂岩和白云质杂砂岩区，表明该岩石主要是正变质的中基性岩。该组地层常量元素平均值（表2-2）相当涂千里和魏德波尔的基性岩（玄武岩）。

晚震旦世龙北溪组主要岩石化学计算结果，在尼格里四面体展开图和周世泰的K-A相关图上

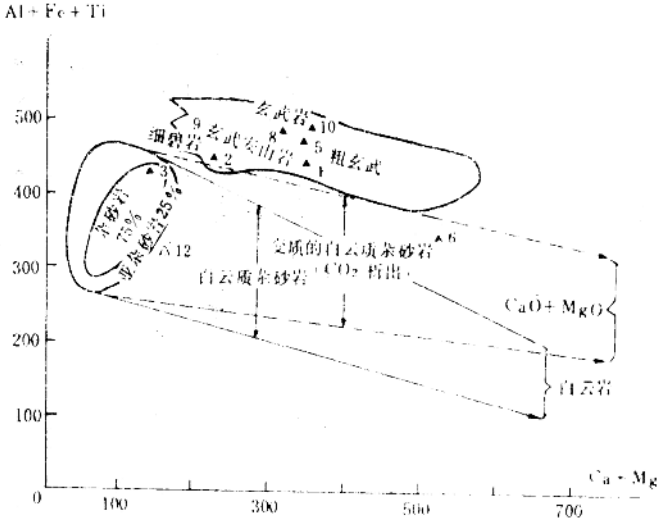


图2-2 $(Al+Fe+Ti)-(Ca+Mg)$ 图解
(据莫伊纳和罗谢, 1968)

图例说明同图2-1

的投影均落在碎屑粘土质和粉砂岩区，镜下可见到变余砂状结构。常量元素平均值介于涂千里和魏德波尔的粘土岩及砂岩类之间（表2-2），属变质的正常陆源碎屑沉积岩。

2. 震旦系沉积建造

震旦系下统吴墩组至东岩组，在闽西北地区主要以钠长变粒岩为特征的岩石组合和以斜长角闪质岩为主的绿片岩组合。早期为海相中酸性或角斑质火山-碎屑沉积亚建造，晚期属碳酸盐岩-中基性火山-硅质岩亚建造。在区域上分布较稳定，是震旦纪早期华南海域的细碧-角斑岩系火山喷发-碎屑沉积建造的组成部分。火山岩系属钙碱-碱性系列。

震旦系上统龙北溪组在闽西北地区以钙硅质沉积为特征，为海槽硅质页岩建造。本区原岩主要由泥砂岩、长石砂岩和石英砂岩组成，属陆源碎屑沉积建造，反映了本区晚震旦世浅海环境沉积的特征。

二、基底变质岩系地球化学背景

（一）变质岩系微量元素丰度及金银分布特征

1. 变质岩系微量元素丰度

经过后期地质叠加作用样品的逐级剔除后，统计了178件多元素定量分析结果（表2-3），本区主要成矿元素Au、Ag及伴生元素As、Cu、Zn、Sn、Mo、Cr、Ni、Co、V、Sb、B的

表2-3 研究区变质岩系微量元素平均值与区域背景对比表

元素	区域背景值*	本区平均值	本区元素浓度 克拉克值**	元素	区域背景值*	本区平均值	本区元素浓度 克拉克值**
Au	1.182	1.788	0.447	Co	12.429	33.702	1.348
Ag	0.158	0.175	2.191	V	82.440	157.460	1.125
As	5.883	7.020	3.191	Be	2.467	2.335	1.796
Hg	2.058	0.016	0.178	Nb	14.433	8.073	0.425
Cu	33.426	85.612	1.359	Y	27.059	22.546	0.939
Pb	32.921	19.788	1.649	La	48.935	34.755	0.891
Zn	99.821	129.545	1.378	Sb	0.149	0.274	0.456
Sn	3.814	5.378	3.164	Ba	706.388	482.248	1.237
Mo	1.156	1.571	1.209	B	17.823	20.248	1.558
Bi	0.546	0.285	71.300	Ga	15.140	14.444	0.802
Cr	63.085	169.092	1.537	Zr	211.032	129.153	0.993
Nr	30.343	93.328	1.049	Sr	153.173	93.234	0.194

注：* 闽北变质岩地层含矿性研究报告（1988年）；** 克拉克值采用黎彤1976年资料；单位：除Au为ppb，其余为ppm。

丰度值均高于区域背景值。Au、Ag的浓度克拉克值分别是0.447和2.191，其余元素除了Hg、Nb、Y、La、Sb、Ga、Zr、Sr外，一般高于克拉克值的1.13—3.19倍，Bi高达71.3倍。

2. 变质地层中金、银分布特征

金、银在变质地层各组（段）中的丰度值变化幅度不大，Au为1.21—2.25 ppb，Ag为0.12—0.21 ppm，东岩组角闪质岩含金丰度相对较高，为2.25 ppb。Au/Ag比值平均分别为：龙北溪组0.017；东岩组0.023；吴墩组上段0.009。相同层位在不同空间的含量变化表明（表2-4）：Au从东往西、从南往北有由高逐渐变低的趋势。Ag的变化趋势不明显。

表2-4 研究区变质岩地层Au、Ag含量平均值

地 层 组 段	剖面名称	样 品 数	元 素	平 均 值	均 方 差	变异系数(%)
龙 北 溪 组	上 段	下坑一暗桥	7	Au 0.8486 (0.8194)	0.6362	74.9759
				Ag 0.0943 (0.1011)	0.0608	64.4726
	中 段	下坑一暗桥	18	Au 1.2156 (2.5131)	0.9508	78.2181
				Ag 0.1467 (0.1194)	0.1995	136.0424
	段	马面山一富竹庄	16	Au 2.6750 (2.8878)	1.7016	63.6100
				Ag 0.1600 (0.1761)	0.1141	71.2975
	下 段	下坑一暗桥	12	Au ¹ 1.3533 (1.4125)	0.2978	22.0042
				Ag 0.0867 (0.0733)	0.0403	46.5022
	段	马面山一富竹庄	8	Au 1.4875 (1.4568)	0.5943	39.9546
				Ag 0.0900 (0.0873)	0.0501	55.7141
	研 究 区		61	Au 1.6190 (2.0350)	1.2287	75.8937
				Ag 0.1249 (0.1209)	0.1286	102.9189
东 岩 组	上 段	稻香一高堀	16	Au 2.6688 (2.5539)	2.3201	86.9351
				Ag 0.0875 (0.1137)	0.0551	62.4432
	中 段	稻香一高堀	12	Au 2.4442 (2.0028)	2.6987	110.4152
				Ag 0.1767 (0.1443)	0.1528	86.4632
	下 段	稻香一高堀	10	Au 2.3870 (2.5730)	2.9360	123.0014
				Ag 0.0720 (0.0469)	0.0567	78.7854
	段	下坑一暗桥	21	Au 1.5514 (1.7919)	0.9332	60.1524
				Ag 0.2124 (0.1361)	0.3119	146.8719
	段	马面山一富竹庄	11	Au 2.6200 (2.4960)	1.9554	74.6353
				Ag 0.1773 (0.1479)	0.1367	77.1024
	研 究 区		69	Au 2.2507 (2.1157)	2.1325	94.7470
				Ag 0.1503 (0.1296)	0.1981	131.8176
吴 墩 组	上 段	马面山一富竹庄	21	Au 1.2133 (1.1646)	0.8943	73.7024
				Ag 0.2095 (0.2556)	0.1446	69.0064

注：括号内数值为地层厚度加权平均值；单位：Au ppb Ag ppm.

3. 区域变质作用对成矿元素分布的影响

以相同层位(组或段)在不同变质相带中成矿元素Au、Ag平均含量统计结果表明(表2-5): Au在变质岩地层中随着变质程度的加深,其平均值下降,元素在岩石中的离散程度减少,分布趋于均一化。沉积岩中由于沉积环境的物质来源不同而造成金的分布不均匀性,随着变质作用的加深这种现象逐渐消失。Ag在区域变质作用下,其地球化学性状表现不明显。

4. 变质岩岩石类型的Au、Ag含矿性

表2-5 区域变质岩地层不同变质相带中Au、Ag平均含量

地 层 组 段	变 质 相 带		样 品 数	元 素	含 量 区 间	统 计 参 数		
						平均值	均方差	变异系数(%)
龙 北 溪 组	中 段	高绿片岩相 铁铝榴石带	27	Au	0.35—5.40	2.1078	1.6300	77.3326
				Ag	0.04—0.52	0.1326	0.0985	74.2629
		低角闪岩相 矽线石带	7	Au	0.50—2.30	1.1100	0.6090	54.8613
				Ag	0.06—0.92	0.2314	0.3074	132.8573
	下 段	低绿片岩相 黑云母带	2	Au	1.80—2.50	2.1500	0.4950	23.0221
				Ag	0.12—0.20	0.1600	0.0566	35.3553
		高绿片岩相 铁铝榴石带	6	Au	0.73—2.00	1.2667	0.4598	36.3000
				Ag	0.04—0.08	0.0667	0.0163	24.4827
		低角闪岩相 矽线石带	12	Au	0.94—1.80	1.3533	0.2978	22.0047
				Ag	0.02—0.16	0.0867	0.0405	46.5022
东 岩 组		低绿片岩相 绿泥石带	37	Au	0.42—10.00	2.5378	2.5753	101.4760
				Ag	0.00—0.40	0.1070	0.1024	95.7130
		黑云母带	11	Au	0.74—6.00	2.6200	1.9554	74.6353
				Ag	0.04—0.45	0.1773	0.1367	77.1024
		高绿片岩相 铁铝榴石带	21	Au	0.42—4.00	1.5514	0.9332	60.1524
				Ag	0.04—1.52	0.2124	0.3119	146.8719

注：单位：Au ppb Ag ppm.

表2-6 研究区主要变质岩石类型Au、Ag平均值

岩 石 类 型	样 品 数	元 素	统 计 参 数			备 注
			平 均 值	均 方 差	变 异 系 数 (%)	
云母石英片岩	55	Au	1.3362	0.8579	64.2031	浅变质岩石类 型未参与本表 统计
		Ag	0.1349	0.0961	71.2242	
变 粒 岩	8	Au	1.1575	0.5071	43.8136	
		Ag	0.1600	0.1824	113.9784	
石 英 岩	20	Au	2.1195	1.7411	82.1483	
		Ag	0.1820	0.2034	111.7767	
斜长角闪片岩	27	Au	1.9704	1.5308	77.6903	
		Ag	0.1419	0.0962	67.7879	
阳起片岩大理岩	8	Au	2.3788	3.1738	133.4236	
		Ag	0.0625	0.0599	95.9047	

注：单位：Au ppb Ag ppm.

对区内区域变质岩石类型的Au、Ag测试结果的统计表明（表2-6），含金量较高的岩石类型主要为：阳起片岩、石英岩和斜长角闪片岩。银在各类岩石中的含量均较低。出露于政

和以东稻香、铁山一带的东岩组区域变质程度低，剔除后期热液叠加作用的影响，岩石中金的含量为0.4—8ppb，个别达9—10ppb，平均值为2.52ppb，可近似认为是地层原始沉积时金的丰度，是较典型的震旦系海相中基性火山—碎屑沉积含金建造层位。

(二) 稀土元素及同位素地质特征

1. 稀土元素特征

区内变质岩系为中—浅变质程度，对岩石中稀土元素的组成影响甚微，因此，可以利用稀土元素的丰度及其分布型式来研究变质火山岩的岩浆来源和演化趋势。

从剖面上采集的早震旦世东岩组中基性火山岩（次火山岩）7件稀土元素分析结果（表2-7），经球粒陨石标准化处理^①，得出东岩组变质火山岩各样号稀土元素分布型式（图2-3）。

表2-7 东岩组变质火山岩稀土元素含量

样 号	岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
①	斜长角闪片岩	6.14	14.39	2.38	11.21	3.50	1.42	4.55	0.87	5.75	1.23
②	斜长角闪片岩	5.11	11.95	2.00	9.38	2.87	1.21	3.78	0.74	4.62	0.97
③	斜长角闪石岩	6.97	17.99	2.93	13.40	4.02	1.60	5.07	0.99	5.89	1.23
④	斜长角闪片岩	1.94	4.22	0.98	2.81	0.80	0.34	1.11	0.27	1.29	0.31
⑤	阳 起 片 岩	2.52	4.56	1.07	4.83	1.62	0.65	2.47	0.55	3.22	0.72
⑥	安山质凝灰岩	27.43	50.72	6.30	22.39	4.52	1.38	4.19	0.78	3.79	0.79
⑦	安山质凝灰岩	36.00	75.00	8.10	35.00	6.00	1.50	5.00	0.75	4.80	0.85

样 号	岩石名称	Er	Tm	Yb	Lu	Y	ΣREE	$\frac{LREE}{HREE}$	$\frac{Eu}{Eu^*}$	$\frac{Eu}{Sm}$
①	斜长角闪片岩	3.68	0.58	3.65	0.58	31.60	91.53	0.74	1.09	0.41
②	斜长角闪片岩	2.87	0.49	2.80	0.45	24.16	73.40	0.80	1.12	0.42
③	斜长角闪石岩	3.59	0.59	3.42	0.54	31.19	99.42	0.89	1.08	0.40
④	斜长角闪片岩	0.90	0.18	0.93	0.16	4.97	21.21	1.10	1.10	0.43
⑤	阳起片岩	2.14	0.37	2.12	0.34	18.00	45.18	0.51	0.99	0.40
⑥	安山质凝灰岩	2.23	0.40	2.16	0.35	18.82	146.25	3.36	0.95	0.31
⑦	安山质凝灰岩	2.50	0.36	2.00	0.33	24.00	202.19	3.98	0.82	0.25

注：单位：ppm；测试单位：样号1—6湖北地矿局测试研究所，样号7宜昌地质矿产研究所。

从以上资料可以看出，早震旦世中基性变质火山岩的稀土元素配分的一些特征：

(1) Eu/Sm 比值在早震旦世基性火山岩中的数值较大，为0.43—0.40；中性火山岩为0.31—0.25，反映了岩浆从基性到中性演化的趋势。

(2) Eu/Eu* 比值在早震旦世基性火山岩出现微弱正异常，中性火山岩出现微弱负异常，这与早期基性岩浆曾发生过斜长石的分离结晶是吻合的。

(3) 基性火山岩具有与岛弧拉斑玄武岩类类似的平缓分布曲线，Sm/Nd 比值为0.28—

^①W.V.Boynnton球粒陨石标准化，

0.34, LREE/HREE为1.10—0.51; 中性火山岩出现向右倾斜的分布型式, Sm/Nd 比值为0.17—0.20, LREE/HREE为3.98—3.36。这表明了基性岩浆在分离结晶作用演化的晚期, 以轻稀土明显富集而重稀土贫化特点。

2. Sm-Nd同位素

专题分别在下坑一暗桥剖面西段的斜长角闪片岩和稻香一高堀剖面西段的蚀变安山质凝灰岩中 采得 两件 Sm-Nd同位素模式年龄样品, 其分析结果见表2-8。

表中模式年龄 (T_{DM}^{Nd}) 是假定亏损地幔的形成不是通过一次分异作用, 而是存在一个演化过程所求得。

早震旦世斜长角闪片岩 (原岩为基性岩) 的 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值大于球粒陨石值, 其物源应来自亏损型地幔, 模式年龄可被认为是成岩年龄。采自稻香一高堀剖面西段的安山质凝灰岩的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值接近球粒陨石值 (0.512638),

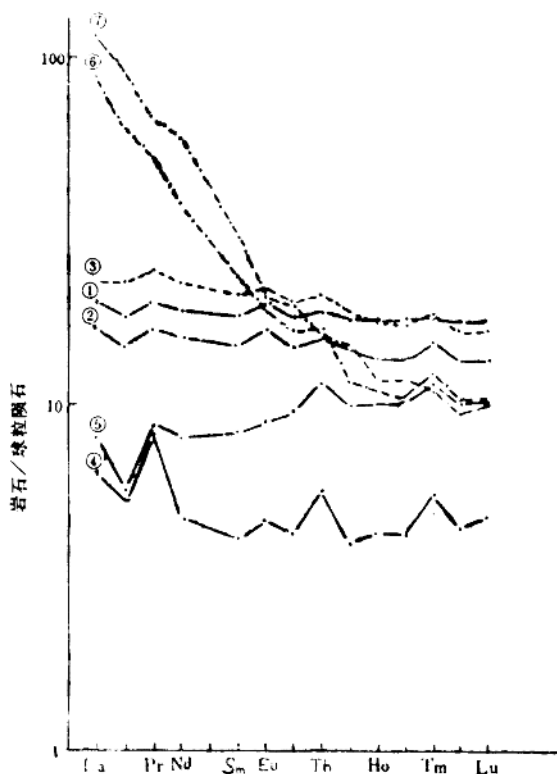


图2-3 东岩组变质火山岩稀土分布型式

表2-8 变质中基性火山岩 Sm-Nd同位素及模式年龄

序 号	采样地点	岩石名称	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} \pm \sigma_m$	$T_{DM}^{Nd} (\text{Ma})$
1	下坑一暗桥	斜长角闪片岩	2.439	7.347	0.2008	0.512998 ± 13	800 ± 50
2	稻香一高堀	安山质凝灰岩	4.405	15.169	0.1224	0.512554 ± 15	800 ± 50

注: 测试单位: 宜昌地质矿产研究所。

而 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 值低于球粒陨石值 (0.1966), 表明基性岩浆喷发演化过程的晚期有可能混染了壳源物质, 其年龄值可被视为接近 (或略早) 于成岩年龄, 而仍属于闽北地区早震旦世火山-沉积建造的产物。

结合稀土元素和岩石中副矿物锆石特征, 我们认为: 早震旦世中基性火山岩岩源来自壳幔混合分离结晶作用的结果。这与游振东等 (1986) 对龙北溪一带东岩组变质火山岩的研究结论相类似。

第三章 中生代火山-岩浆岩系

本区火山岩及侵入岩非常发育, 主要分布在政和-大埔断裂东西两侧, 出露面积约1500km², 约占研究区面积的70%。岩浆活动自晚元古代至新生代, 显示了多期多旋回的特点, 其中以中生代陆相中酸性火山-侵入岩浆活动最为突出(图1-1)。

一、火山地层

火山地层是一定期火山活动的产物。从火山的旋回性出发, 研究区中生代后期的火山活动可分为三个喷发旋回, 即晚侏罗世火山喷发旋回及早白垩世的两个火山喷发旋回。

(一) 晚侏罗世火山喷发旋回

本旋回火山岩是中生代火山喷发鼎盛时期的产物, 形成了上侏罗统南园组巨厚的钙碱性火山岩堆积。它们在政和-大埔断裂以西地区呈北北东向带状展布, 在以东地区则呈大面积分布。

在本研究区只见南园组的二、三段。第三段为一套酸性熔岩-粒状碎斑熔岩夹火山碎屑岩, 不整合于下伏南园组第二段或其它地层之上。第二段为一套浅色酸性熔岩夹正常沉积岩, 岩性主要为浅灰色流纹质晶屑凝灰熔岩、砂岩、粉砂岩及泥岩。

(二) 早白垩世火山喷发旋回

早白垩世火山岩在研究区主要呈盆地形式出现, 为一套红色陆相沉积-火山喷发建造, 可分为石帽山群上组与下组, 其相当于上、下两个旋回。

上旋回: 石帽山群上组常分布在火山喷发盆地中心, 按岩性、岩相可分为上、下两个岩性段。下段主要为火山碎屑沉积岩, 岩性为紫红色凝灰质砂岩、砂砾岩、粉砂岩夹火山角砾岩、安山岩。上段主要为中酸性火山碎屑岩及熔岩, 并有许多次火山岩贯入, 岩性为灰紫色、灰绿色熔结火山角砾岩, 流纹质熔结(角砾)凝灰岩、流纹质(角砾)晶屑岩屑凝灰岩以及英安质晶屑凝灰熔岩、火山角砾岩、集块岩、安山岩、英安岩和流纹岩等。

下旋回: 石帽山群下组的分布同上旋回。按岩性、岩相也可分为上、下两个岩性段。下段为一明显的沉积-喷发旋回, 其中包括一个由粗变细的沉积韵律, 岩性为紫红色厚层凝灰质砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩; 三个爆发→喷溢→(间歇)韵律, 其中每一个韵律都从熔结角砾凝灰岩或火山角砾岩开始到凝灰熔岩或熔岩结束, 火山活动韵律十分清楚, 反映火山活动由强渐弱的变化。

二、火山岩岩石学特征

对本区的熔岩, 我们采用李兆乃等(1984)修改补充的QAPF图解分类方案, 而对火山