

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产

第 9 号

浙闽赣地区中生代火山成因
非金属矿床基本特征

南京地质矿产研究所
陈鹤年 巫金法 贺蔚瑞 张耀夫

地质出版社

P
406
141-1
9

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

412

四 矿床与矿产 第 9 号

浙闽赣地区中生代火山成因非 金属矿床基本特征

南京地质矿产研究所

陈鹤年 巫全淮 贺菊瑞 张耀夫

地质出版社

内 容 提 要

本书是80年代浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿床研究的最新总结。它以丰富的实际资料和系统的测试数据为依据,全面地论述了各非金属矿床系列的基本地质特征和成矿地质条件,系统地探讨了它们的成矿作用过程、成因类型和成矿机理,详细地阐明了它们与火山构造和火山喷发类型的关系,初步建立了它们的成矿模式和预测准则,分别指出了各矿床系列的找矿标志和找矿方向。

本书可供从事火山地质和非金属矿产研究的广大地质、科研、教学人员参考,也可供从事非金属矿生产工艺研究的试验人员借鉴。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

四 矿床与矿产 第9号

浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿床基本特征

南京地质矿产研究所

陈鹤年 巫全淮 贺菊瑞 张耀夫

*

责任编辑 康敬伦 志强

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 10.75 铜版插页: 5页 字数: 250000

1988年10月北京第一版·1988年10月北京第一次印刷

印数: 1—1100册 国内定价: 5.75 元

ISBN 7-116-00200-6/P·178

科目: 173—Q77

前 言

本书是80年代浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿床研究的最新总结,对区内与中生代火山作用有成因联系的非金属矿床的一些主要地质问题,如成矿地质条件、矿床成因类型及其基本地质特征、成矿作用与成矿机理等,都有比较系统的阐述,从而深化了区内非金属矿床研究程度。

本书有它自己的特色,提出了一些明显不同于前人的新认识。首先是丰富了非金属矿床成因分类学的内容,将火山喷发堆积物在成岩作用过程中蚀变形成的非金属矿床,从传统的广义“火山沉积矿床”大类中划分出来,单独建立一个“火山喷发堆积-成岩蚀变矿床”大类。同时,对此一大类中的“炽热岩流堆积-表成热液蚀变型矿床”的成矿热液来源也作了有益的探讨,强调这种蚀变是炽热的岩流(火山碎屑流或熔岩流)直接注入浅水湖盆,使湖水加热或被煮沸的结果。

其次是将区内中生代的大多数火山成因非金属矿床,分别归属于次生石英岩型非金属矿床和与玻质酸性火山岩有关的非金属矿床两大系列,而且每一系列都有它自己的特点。前者的赋矿时代一般与构造-岩浆活动的全盛或高潮时期相吻合,蚀变成矿原岩主要是中-酸性火山杂岩系;后者的含矿火山岩系包括远火口的喷发-沉积相、近火口的爆发相和火山通道附近的溢流-侵出相。二者构造上分别与一定形态类型的火山机构密切相关。

根据蚀变成矿过程中主要元素、微量元素和稀土元素地球化学行为,蚀变矿物气-液相原生包裹体均一法测温, pH 、 Eh 、 f_{O_2} 等物理化学参数,氢、氧、硫稳定同位素等方面的资料,对两大矿床系列蚀变成矿作用的各种因素有重点地进行了剖析,明确指出它们的主要因素是大气降水成因的浅成循环水或地表水在不同 pH 介质条件下对中-酸性火山岩系或富玻质酸性火山岩的改造作用。但明矾石、黄铁矿矿床的形成,除上述因素外,还需要有地壳深部或上地幔来源的丰富硫源物质加入蚀变成矿热液体系;对于膨润土、沸石岩矿床的形成,还需要原岩有大量的玻璃质作为物质基础。

可以预期,在上述研究基础上建立起来的几个典型矿床和两大非金属矿床系列的成矿模式以及归纳总结出来的主要非金属矿床的区域成矿规律、找矿的标志和方向、预测与评价的一般准则,必将对区内非金属矿床的普查和远景开拓有所裨益。

本书由陈鹤年、巫全淮、贺菊瑞、张耀夫合作撰写(前言:陈鹤年;第一章:张耀夫;第二章:贺菊瑞、陈鹤年、巫全淮;第三章:贺菊瑞、巫全淮;第四、第五章:陈鹤年),由陈鹤年最后汇总定稿。英文摘要由路金芬完成。

研究工作中得到浙、闽、赣三省地质矿产局和化工、建材系统有关地质单位的大力支持。宜昌地质矿产研究所、湖南地质科学研究所、浙江地质矿产局实验室、杭州地质大队实验室及本所有关各室,分别承担了测试、照相、图件清绘等项任务。在此,对他们一并致以谢忱。

目 录

前 言

第一章 主要非金属矿产的种类、规模及地理分布	1
第二章 主要非金属矿床系列、组合及其成矿地质条件	3
一、主要非金属矿床系列与矿床组合类型	3
(一) 次生石英岩型矿床 系列及其矿床组合类型	3
(二) 与玻质酸性火山岩有关的矿床系列及其 矿床组合类型	4
二、主要矿床系列的成矿地质条件	5
(一) 次生石英岩型矿床系列的成矿地质 条件	5
(二) 与玻质酸性火山岩有关的矿床系列的成矿地质 条件	12
第三章 主要非金属矿床成因类型及其基本地质特征	16
一、主要非金属矿床成因类型	16
二、各成因类型矿床地质特征	17
(一) 火山岩浆矿床	17
1. 爆发型	17
2. 溢流-侵出型	18
3. 侵入型	22
(二) 火山-潜火山气液矿床	25
1. 火山-潜火山气液蚀变交代矿床——次生石英岩型矿床	25
2. 火山-潜火山气液充填型矿床	45
(三) 火山沉积矿床	48
1. 火山喷发-沉积矿床	48
2. 火山喷气-热泉沉积矿床	48
(四) 火山喷发堆积-成岩蚀变矿床	51
1. 空落火山灰堆积-水解蚀变型矿床	51
2. 炽热岩流堆积-表成热液蚀变型矿床	62
第四章 成矿作用与成矿机理	79
一、次生石英岩型矿床系列的成矿作用与成矿机理	79
(一) 蚀变成矿作用地球化学	79
(二) 蚀变成矿作用过程的物理化学条件	83
(三) 成矿物质与成矿溶液的来源	89
(四) 成矿机理、成矿模式	95
二、与玻质酸性火山岩有关的矿床系列的成矿作用与成矿机理	98
(一) 蚀变与成矿作用地球化学	98
(二) 成矿作用的物理化学条件	112
(三) 成矿物质与成矿溶液来源	114
(四) 成矿机理与成矿模式	115
第五章 成矿规律、找矿方向及预测、评价的一般准则	119

一、成矿规律	119
二、找矿方向、找矿标志	120
三、对某些非金属矿产预测和远景评价的一般准则	121
图版及图版说明	124
参考文献	136
英文摘要	138

CONTENTS

Preface	
Chapter One	Sorts, Scale and Geographic Distribution of the Main Nonmetallic Mineral Resources 1
Chapter Two	The Principal Nonmetallic Deposit Series, Association and the Mineralizing Geological Conditions 8
S—I.	The Principal Series of Nonmetallic Deposit and Types of the Deposit Association..... 8
I)	The deposit series of secondary quartzite type and the deposit association types..... 3
II)	The deposit series related to the hyaline acid volcanic rocks and their deposit association types..... 4
S—II.	Mineralizing Geological Conditions of the Main Deposit Series 5
I)	The mineralizing geological conditions of the deposits of secondary quartzite type 5
II)	The mineralizing geological conditions of the deposit series related to hyaline acid volcanic rocks 12
Chapter Three	The Genetic Types of the Principal Nonmetallic Deposits and Their Basic Geological Characteristics 16
S—I.	Genetic Types of the Principal Nonmetallic Deposits 16
S—II.	The Geological Characteristics of Various Genetic Types of Deposits 17
I)	Volcano-magmatic deposits..... 17
1.	Explosive type 17
2.	Effusive-extrusive type 18
3.	Intrusive type..... 22
II)	Volcanic-cryptovolcanic gas-liquid deposits 25
1.	Deposits of volcanic-cryptovolcanic gas-liquid alteration-metasomatism—deposits of secondary quartzite type..... 25
2.	Deposits of volcanic-cryptovolcanic gas-liquid filling type 45
III)	Volcano-sedimentary deposits 48
1.	Volcano-eruptive-sedimentary deposits 48
2.	Volcanic exhalation-hot-spring sedimentary deposits 48
IV)	Deposits of volcano-eruptive accumulation-lithogenic alteration..... 51
1.	Deposits of air-fall ash accumulation-hydrolytic alteration type..... 51
2.	Deposits of hot rock-flow accumulation-hypergene hydrothermal alteration type..... 62
Chapter Four	Mineralization and Mineralizing Mechanism 79

S— I.	Mineralization and Mineralizing Mechanism of the Deposits of Secondary Quarzite Type	79
I)	Geochemistry of the alteration-mineralization.....	79
II)	Physico-chemical conditions of the alteration-mineralization process.....	83
III)	The sources of mineralizing substances and solutions.....	89
IV)	Mechanism and models of the mineralization	95
S— II.	The Mineralization and Mineralizing Mechanism Concerned with the Deposit Series of Hyaline Acid Volcanic Rocks.....	98
I)	Geochemistry of the alteration and mineralization.....	98
II)	The physico-chemical conditions of mineralization.....	112
III)	The sources of mineralizing substances and solutions.....	114
IV)	The mechanism and models of mineralization.....	115
Chapter Five	The Mineralization Rules, Ore-hunting Directions and General Criteria of Forecasting and Evaluation	119
S— I.	The Mineralization Rules.....	119
S— II.	The Ore-hunting Directions and Indicators.....	120
S— III.	General Criteria for Forecasting and Prospect Evaluation of Certain Nonmetallic Mineral Resources.....	121
Photos and Their Illustration		124
References		136
A Detailed English Abstract		138

第一章 主要非金属矿产的 种类、规模及地理分布

浙闽赣中生代火山岩区, 非金属矿产资源, 尤其是火山成因非金属矿产资源, 得天独厚, 不仅矿种多, 分布广, 而且规模大, 经济效益显著, 历来为世人所瞩目。据目前不完全统计, 区内各种成因的非金属矿产有近 40 种, 其中属于中生代火山成因的, 已知有膨润土、沸石、珍珠岩、叶蜡石、高岭土、地开石、伊利石、明矾石、黄铁矿、刚玉、红柱石、石英岩、萤石、凝灰岩、玛瑙、蛋白石等。这些矿种中, 凝灰岩作为火山爆发产物遍布浙、闽、赣三省, 尤以浙、闽沿海分布最广, 规模最大, 开采点星罗棋布。玛瑙、蛋白石在区内仅见矿化点, 目前尚未找到具有一定规模可供开采的矿床。根据对上述中生代火山成因非金属矿床中 13 个矿种的不完全统计 (表 1), 区内矿床 (点) 有 254 个, 即大型的 11 个, 中型的 22 个, 小型的 82 个, 比较有意义的矿点 139 个。事实上, 已知的非金属矿点远不止此数, 因为在统计时人为地删去了一些矿点。

表 1 浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿一览表
Tab. 1 The general table of Mesozoic volcanogenic nonmetals
of Zhejiang-Fujian-Jiangxi province

矿 种	矿 床 规 模					火 山 岩 浆 矿 床	火 山 火 液 矿 床	火 山 沉 积 矿 床	火 山 发 成 变 岩 矿 床	火 山 沉 积 矿 床	火 山 沉 积 矿 床	火 山 沉 积 矿 床	火 山 沉 积 矿 床
	大	中	小	点	总数								
叶 蜡 石	4	2	2	40	48		48						
明 矾 石	1	2	9	13	25		24	1					
高 岭 石		2	6	13	21		11						10
伊 利 石			3		3		3						
地 开 石			1	3	4		4						
刚玉-红柱石				1	1		1						
石 英 岩			1		1		1						
黄 铁 矿	1	1	10	19	31		28			3			
萤 石	2	12	43		57		57						
珍 珠 岩	1		2	19	22	22							
沸 石	1		2	17	20				20				
膨 润 土	1	3	3	14	21				21				

目前所知, 区内非金属矿床和矿点的区域分布极不平衡。从浙闽赣地区中生代火山成因非金属矿产分布略图 (图 70) 中可以明显看出, 它们主要分布在浙闽两省境内, 而以

南京

上海

杭州

绍兴

宁波

无锡

南昌

抚州

建瓯

永安

赣州

梅县

南靖

泉州

陆丰

1

2

3

4

5

6

1—古老陸起, 2—古生代拗陷, 3—浙閩粵中生代構造-火山岩帶, 4—構造單元界綫, 5—大斷裂, 6—一次級構造單元編號; I—江南隆起, II—錢塘-信江拗陷, III—四明山-武夷山隆起, IV—永安-梅縣拗陷, V—浙閩粵中生代拗陷-火山岩帶

区内中生代火山成因非金属矿床的上述地理分布特征, 与区域构造背景(图1)、不同区域的基底组构和火山作用特点等因素有密切的内在联系。

成因砂线石、红柱石、石英岩等；新生代火山成因的及与新生界玄武质火山岩系有关的铸石、建筑材料、刚玉类蓝宝石、硅藻土；第四纪沉积成因的泥炭、高岭土；沿海海湾及岛屿的现代石英砂；前火山岩系基底的石灰岩、耐火粘土、大理岩、白云岩及其他大量的风化矿产，如风化高岭土、铝土矿等。但是这些非金属矿产已超出我们研究所涉及的范围，因而未对它们进行专门的统计。必须指出，它们在研究区内分布的广度与规模及其经济价值都可以与中生代火山成因非金属矿产相媲美，同样也值得引起我们的重视。

第二章 主要非金属矿床系列、 组合及其成矿地质条件

一、主要非金属矿床系列与矿床组合类型

任何矿床的形成都需要经历一个比较长期而复杂的过程。在此一成矿过程中，由于多种有利地质环境和成矿条件的相互配合，往往出现一系列矿种和矿床在时间和空间上的有机联系，形成一定矿种与一定矿床类型的共生（伴生）系列。根据这种时间和空间上特定共生关系的概念，我们认为，区内中生代火山成因的非金属矿床，除某些热液充填型（萤石、黄铁矿等）和个别特定成因类型（如苍南矾山特大型的火山喷气-热泉沉积型明矾石矿床）外，基本上都可归属于以下两大矿床系列，即次生石英岩型非金属矿床系列和与玻质酸性火山岩有关的非金属矿床系列。前者主要包括刚玉、红柱石、明矾石、黄铁矿、叶蜡石、高岭石、地开石、伊利石、石英岩等矿种，有时伴生金红石也可构成工业矿体。后者主要包括膨胀珍珠岩原料（珍珠岩、松脂岩和似曜岩）、各种富玻凝灰岩、沉凝灰岩，以及它们的水解蚀变产物——膨润土、沸石岩等。

（一）次生石英岩型矿床系列及其矿床组合类型

次生石英岩建造是中酸性火山岩区分布最广和最重要的蚀变建造类型。赋存于这一建造中的非金属矿床，空间上严格受该建造的分布范围控制，成因上与该建造具有不可分割的联系，自成一个独立的建造容矿系列。本系列矿床全都是在浅成-近地表条件下形成的。它们在成因上全都与火山岩浆活动一定阶段的气液作用有关，在构造上都受不同形态类型的火山机构控制。成矿作用主要表现为火山气液对成岩后的中酸-酸性火山杂岩系的蚀变改造作用。应当指出，通常富玻质火山岩更易在气液作用下被蚀变交代成矿，但本系列矿床的形成，决不以非晶质玻璃为必要的物质条件。

温-压体系和气液酸碱度（pH）、氧化-还原电位（Eh）、氧逸度（ f_{O_2} ）、硫逸度（ f_{S_2} ）等物理化学条件的空间变化梯度，决定着次生石英岩建造中高铝矿物系列的矿物相分带性。工业矿床或矿体的构成，取决于可利用组分在相应矿物相带中的富集程度或多阶段蚀变矿化作用的迭加。

由于各矿区在成矿过程中喷硫作用强度和物理化学条件的差异，以及成矿后保存条件和受侵蚀深度的不同，因而，这一类型的矿床系列既可以构成具有明显分带性的综合矿床，也可以呈某些常见的矿床组合或某一单矿种矿床的形式出现。在研究区内，至今还未发现任何一矿区有本矿床系列的十来个矿种相互伴生并同时构成工业矿体的实例。但是，在同一矿区内，有一两个或两三个矿种同时构成工业矿体的实例，却是屡见不鲜的。大量已知矿床（点）实例的综合表明，根据成矿过程中喷硫作用强度和温度条件两个主导因

素, 可将这一矿床系列概略地划分为三个矿床组合类型: 富硫高-中温、贫硫高温和贫硫中-低温矿床组合 (表 2)。

表 2 浙闽赣地区中生代主要火山成因非金属矿床系列和矿床组合
Tab. 2 Series and association of the principal Mesozoic volcanogenic
nonmetallic deposits in Zhejiang-Fujian-Jiangxi province

矿床系列	矿床组合	区内矿种实例	其它可能矿种
次生石英岩型 非金属矿床系列	富硫高-中温矿床组合	叶蜡石、明矾石、黄铁矿	硬石膏、
	贫硫高温矿床组合	刚玉、红柱石	
	贫硫中-低温矿床组合	叶蜡石、地开石、高岭石、伊利石 (水云母)、石英岩	金红石
与玻质酸性 火山岩有关的 非金属矿床系列	与富玻凝灰岩、沉凝灰岩有关的矿床组合	凝灰岩、沉凝灰岩、沸石岩、膨润土	混合粘土
	与块状玻质酸性火山岩有关的矿床组合	膨胀珍珠岩原料 (珍珠岩、松脂岩、似曜岩)、沸石岩、膨润土	

富硫高-中温矿床组合 表现为叶蜡石、明矾石、黄铁矿等矿种同时伴生或两者在同一矿床内伴生, 并皆构成工业矿体。

贫硫高温矿床组合 往往以刚玉、红柱石在同一矿床内伴生并同时构成工业矿床为特征。泉州大磨山刚玉-红柱石矿床, 是这类矿床组合的典型例证。

贫硫中-低温矿床组合 表现为叶蜡石、地开石、高岭石、伊利石 (水云母)、石英岩等矿种全部或部分在同一矿区内伴生, 并构成工业矿体。

由此可见, 富硫矿床组合和贫硫矿床组合的划分, 以矿床内是否存在达到边界品位的黄铁矿、明矾石矿体为依据。二者在成矿机理上有明显差别: 后者主要是火山地热体系内只有浅部循环水和地表水参与的蚀变成矿作用的产物; 前者在参与蚀变成矿过程的热液体系中除有上述热液蚀变作用外, 还有较多从岩浆熔融体分馏出来的富硫挥发组分加入。

(二) 与玻质酸性火山岩有关的矿床系列及其矿床组合类型

本矿床系列包括多种成因类型的矿床。它们全都以其母岩火山产物中富含非晶质玻璃为成矿的必要条件, 而以玻质酸性火山产物的成岩作用和水解蚀变作用为最基本的成矿作用方式。

根据构成工业矿床的原岩岩性、岩相特点、不同矿种与矿床类型之间的伴生关系, 可将这一矿床系列进一步划分为两个矿床组合: 与富玻凝灰岩、沉凝灰岩有关的矿床组合和与块状玻质酸性火山岩有关的矿床组合 (表 2)。在研究区内, 前者主要包括富玻凝灰岩、沉凝灰岩及其蚀变产物——膨润土、沸石岩; 后者主要包括膨胀珍珠岩原料 (珍珠岩、松脂岩、似曜岩) 及其蚀变产物——膨润土、沸石岩。

二、主要矿床系列的成矿地质条件

(一)次生石英岩型矿床系列的成矿地质条件

1. 区域火山地层与成矿

这类矿床的出现频率以晚侏罗世为最高,其次是早白垩世,其它时代还未发现。含矿地层的岩性和时代,各地略有差异(表3):浙东主要为磨石山组a、b、c段,诸暨组a段;闽东主要为南园组b、d段,部分为石帽山组下段,少部分为长林组a段;赣东北主要为鹅湖岭组、石溪组。

表3 浙闽赣中生代火山岩区两大非金属矿床系列含矿地层时代对比表
Tab. 3 Contrast of the ages of ore-bearing strata of the two big nonmetallic deposit series in Mesozoic volcanic rock area in Zhejiang-Fujian-Jiangxi province

时代	浙 西	浙 东	赣 东 北	闽 西	闽 东	粤 东
K ₂	衢江群	赖家组	南雄组 ^①	赤石群 ^①		南雄组 ^①
		塘上组 ^①				
K ₁	横山组	方岩组	赣州组	沙县组		官草湖群 ^②
		朝川组		石帽山组 ^①		
	寿昌组 ^①	馆头组			石帽山组 ^{①②}	
J ₃	黄尖组	C ₃ -c ^{①②}	火把山组 (石溪组) ^②	坂头组	小溪组	c-d ^②
		b-C ₁ ^②	鹅湖岭组 ^②	南园组	南园组 ^②	
	劳村组 ^①	a ^③	打鼓顶组			b ^②
			花草尖组	长林组	长林组 ^②	
J ₂	渔山尖组 马洞组	毛弄组	周家源组	漳平组		漳平组

注:①—与玻质酸性火山岩有关的矿床含矿地层;②—次生石英岩型矿床含矿地层(据浙闽等七省区划资料区域地质部分)

一般来说,这类矿床的赋矿时代与东南沿海构造-岩浆活动的全盛时期或高潮时期相吻合。这也是它同某些与玻质酸性火山岩有关的矿床的区别之所在。

2. 岩性岩相与成矿

本系列矿床的形成,主要与中酸性、酸性火山杂岩有关。这类杂岩往往以高硅、富铝、贫铁为特征,从而也为大规模的硅质、铝质交代作用提供了重要的物质基础。其中,英安质杂岩对生成黄铁矿、明矾石矿较为有利,而流纹质杂岩则更有利于高铝矿物原料矿床的形成。同时,矿化作用还与岩层的组构密切相关。最有利于成矿的岩性为凝灰岩、沉凝灰岩。这类岩石由于玻璃质丰富,有利于各种化学组份的分解、调整及重新组合;由于孔隙度高,裂隙发育,渗透性好,有利于成矿溶液的畅通和循环。例如,各矿区粘土蚀变带内都能见到变余玻屑凝灰结构或变余晶玻屑凝灰结构(图版I-1,-2,-3);鄞县凤凰山含矿岩层剖面厚度的64%为富玻质凝灰岩,就是极好的佐证。

在恢复次生石英岩体原岩的过程中发现,绝大多数矿区的含矿围岩都具有多相的岩性组合,即既有爆发相(正常火山碎屑岩)、喷溢相(熔岩)、侵入相(潜火山岩),也有喷发-沉积相(火山碎屑沉积岩、沉火山碎屑岩)。尽管喷发-沉积相火山碎屑沉积岩系多呈夹层出现,但它的出现仍可作为相应阶段富水环境的明显标志。这些地段可能是地热体系特别活跃的場所。例如在大罗山破火山口西南缘的瑞安仙岩矿区内,700m厚的次生石英岩体中就夹有一层沉凝灰岩(图版I-4),鄞县凤凰山次生石英岩体同样也夹有一层粉砂质凝灰岩。尤其是青田山口和北山叶蜡石-高岭石矿区,上述现象更为典型。在山口丰门矿段,次生石英岩原岩层序自上而下为:粉砂质硅质岩和凝灰质砂岩,厚5—10m;粉砂质泥质页岩,厚10m左右;矿化球泡流纹岩或集块岩,厚10—20m。

潜火山岩体也有可能既作为热能载体又作为蚀变成矿原岩参与火山热液体系的成矿过程。如仙岩、凤凰山、南屿矿区的细粒闪长玢岩、安山玢岩,枫桥、山口矿区的流纹斑岩,北山、渔塘矿区的英安玢岩,在矿化过程中都遭受了强烈蚀变作用。

另一引人注目的特点是,多数矿区的容矿次生石英岩体的顶板岩石,都是另一旋回未蚀变的河湖相沉积岩或火山岩。它们含有下伏次生石英岩砾石,并未出现蚀变过渡现象。仙岩、梁岙、山口、枫桥等矿区最为典型。这一现象表明,成矿作用发生在近地表(更多可能为浅水湖盆)环境,并不需要“屏蔽层”。

3. 区域构造-岩浆活动与成矿

基底构造对火山岩浆作用和成矿作用有重要影响。从控制火山作用和矿床分布特点的角度出发,本区可划分为三种主要区域构造类型和五个次级构造单元(图1):(1)古老隆起地块,位于江南台隆和四明山-武夷山隆起区范围内,燕山运动以断裂活动和深成-中深成侵入活动为主,伴有零星喷发,形成为数不多的火山断陷盆地。(2)隆起边缘的古生代拗陷,位于钱塘-信江拗陷、永安-梅县拗陷范围内,晚侏罗世时期表现为强烈断陷活动和岩浆活动。火山喷发作用沿隆、拗邻接部位及深断裂带发育,通常以一个个孤立的上迭式火山盆地出现,而在绍兴-峡江一线却构成连绵几百公里的火山喷发区带。(3)浙闽沿海中生代构造-火山岩带,火山活动受区域断裂控制,呈带状面型展布。晚侏罗世火山喷发强度大,堆积物厚,旋回结构复杂。早白垩世的火山作用一般都是继承晚侏罗世的,只是随时间的推移,火山活动强度已逐渐减弱。至晚白垩世,则表现为沿区域断裂交结处形成火山断陷盆地,如新昌盆地、天台盆地、仙居盆地等。

次生石英岩型矿床大部分分布在浙、闽沿海中生代构造-火山岩带内,少部分赋存于四明山-武夷山隆起的边缘,特别是近隆起带的东北端。其中,黄铁矿和明矾石矿多位于浙闽沿海构造-火山岩带南东侧相对隆起部位,叶蜡石、高岭石、伊利石类矿床多居于此带西北侧相对拗陷部位。矿床的区域展布方向和矿点的分布密度,与所在区的火山构造线方向和强烈岩浆活动带基本吻合。

4. 火山机构对蚀变与矿化作用的控制

据国外资料,次生石英岩建造的热液蚀变岩与一定形态类型的火山机构密切相关。例如,在千岛群岛境内,这类蚀变岩大多数分布于火山山脉型火山机构中,少数分布于复成火山锥和破火山口型火山机构中(И.П.Аверьянов, 1981)。本区这类热液蚀变岩及其相应的非金属矿床系列的分布范围毫无例外地受一定形态类型的火山机构严格控制。例如,浙江仙岩容矿次生石英岩及赋存于其中的明矾石-黄铁矿矿床,就严格受以仙岩寺为主

火口的中心式复合火山机构控制(图2);浙江天台宝华山地开石矿床、福建南屿明矾石矿床及其所赋存的次生石英岩体,受破火山口型火山机构控制的特点也非常明显;浙江枫桥高岭石-伊利石矿床及其所赋存的次生石英岩体位于石马山火山通道的南东缘,且以通道相流纹斑岩为直接底板。此外,沿北北东方向,北起福建长乐县方厝南至福清县东际,在这长30km、宽4km左右的范围内,有一系列容矿次生石英岩体及相应的叶蜡石、明矾石矿床及矿化点呈串珠状分布,如长乐方厝、福清东仔、联华、东际等等,它们很可能属于裂隙-中心式火山机构的控岩控矿类型。

虽然不同形态类型的火山机构对本系列矿床的分布有着决定性的控制作用,但是不少实例表明,由于火山管道可以具有一定的倾斜角度,主要喷发口不一定是导致蚀变与矿化的气液活动中心,因而在火山机构范围内,次生石英岩体及相应矿体的分布,可以呈现明显的不对称性。

例如,典型贫硫中-低温组合的天台宝华山地开石矿床,虽受破火山口型火山机构控制,但矿体与有关的次生石英岩体集中分布于此火山机构的北西侧,管道相集块岩和流纹岩穹蚀变很弱。同时,火山机构南东侧的火山堆积物厚度比北西侧大得多,管道相集块岩和流纹岩穹出露部位也明显地向南东侧偏移。因此可以认为,此火山机构的主要火山通道可能具有向北西倾斜的特点,导致蚀变与矿化的主要气液活动通道可能是其上盘的环状裂隙带。

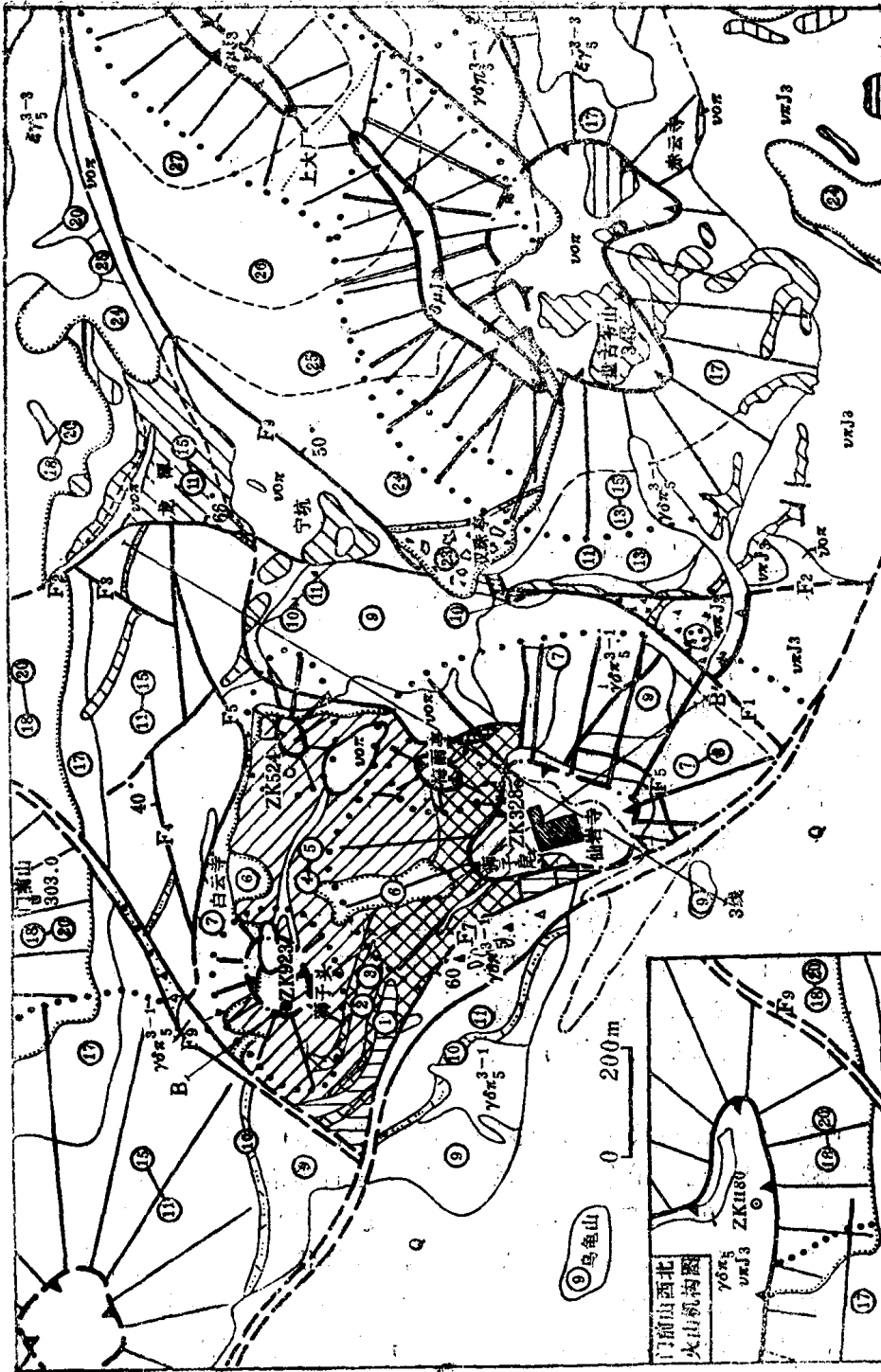
富硫矿床组合的形成更是如此。例如,仙岩容矿次生石英岩体及赋存于其中的明矾石-黄铁矿矿体主要位于仙岩寺主火山口的北东、南东侧,似有围绕主火山口呈半环形展布的特点(图2)。据此可以推测,连接仙岩寺主火山口的火山管道向东倾斜的可能性最大,而有利于喷气-热液的上升与活动,蚀变与成矿的部位应属于倾斜火山管道的上盘。沿着仙岩火山机构的半环状断裂与放射状断裂的交结点呈“串珠状”分布的侧向喷气口,如雷响潭、梅雨潭等等,应是导致主要蚀变成矿期蚀变与矿化的矿液活动通道。应当指出,除了上述有利于蚀变和矿化的构造空间以外,还必须具备能使溶液滞留、发生交代作用和沉淀的条件,才有可能形成具有工业意义的矿体或矿床。

5. 隐爆角砾岩控矿

对于明矾石-黄铁矿矿床而言,这是主要的控矿构造类型。仙岩矿床的实例表明,在容矿次生石英岩主体形成阶段,即呈现大规模面型蚀变与矿化的阶段,明矾石和黄铁矿分别构成某些矿物相的重要组成部分。这时它们在各自的富集带中可以达到浸染状贫矿品位或构成表外矿石。而隐爆成因网脉角砾状矿化对它们的迭加,则是它们形成主要工业矿体的必要条件。

这一控矿类型的特征是,他形微粒状(“似胶状”)和自形-半自形微细粒状黄铁矿、自形程度不等的细粒和微细粒明矾石充填于隐爆成因的次生石英岩自碎角砾隙间,胶结这种自碎角砾,构成不规则网脉。网脉的密集程度与这种角砾的块度直接相关。块度较大时,构成稀疏网脉角砾状矿石。有时角砾细达岩粉级,则构成似稠密浸染状矿石或含次生石英岩粉的致密块状矿石。网脉的宽度可以从 $n \times 10^{-1} \text{mm}$ 至1m左右。这种宽度变化悬殊的现象,看来与含矿气液上涌作用力在隐爆角砾岩体各部位的差异有关。当矿石矿物呈稀疏网脉状充填胶结隐爆角砾而矿脉宽度又很大时,即构成致密块状富矿体。

在这类矿石中,矿化部分与隐爆角砾之间的界线,一般都很清楚,明显地表现出充填成矿的特征,但含矿气液的热力可导致角砾边缘的石英重结晶和“净化”(原次生石英岩的



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

图2 浙江仙岩明矾石-黄铁矿矿区及外围火山机构图

(据温州地质大队资料)

Fig. 2 Volcanic apparatus of the alunestone-pyrite orefield and its periphery in Xianyan, Zhejiang

(Based on the materials of Wenzhou Geological Expedition)

1—辉绿岩；2—钾长花岗岩；3—花岗斑岩；4—花岗闪长斑岩；5—石英岩；6—闪长岩（潜火山相）；7—球粒辉绿岩（潜火山相）；8—辉绿岩（潜火山相）；9—石英岩（潜火山相）；10—云英岩；11—第二期次生石英岩；12—第一期次生石英岩（上部）；13—第一期次生石英岩（下部）；14—明矾石矿体；15—黄铁矿矿体；16—隐爆角砾岩；17—断裂破碎带；18—崩塌堆积岩；19—凝灰质粉砂岩；20—第四系；21—实测、推测、隐伏地质界线；22—火山喷发不整合；23—推测、实测主要断层及产状；24—实测火山通道；25—推测火山通道；26—隐伏火山通道；27—通过壁；28—出露近火山口相（实放射线）；29—隐伏近火山口相（空心放射线）；30—近火山口相界线（点线）。图中①—④为详细地层划分序号（②、③在图外）。

石英中杂质包裹体被析出)。对于岩粉级的角砾,重结晶而“净化”的石英颗粒或集合体可与明矾石、黄铁矿紧密嵌生。

这一控矿因素的重要性还可以通过大量矿床或矿点实例来加以反证。例如,浙江鄞县凤凰山小型明矾石-黄铁矿矿床和平阳县溪南明矾石-黄铁矿矿点等,由于在成矿过程中缺少隐爆成矿阶段的矿化迭加,因而所圈出的矿体实际上是容矿次生石英岩体内某些明矾石、黄铁矿相对富集的矿物相带和块段,往往多为浸染状贫矿体,工业价值一般都不大。

6. 其它同火山期断裂和破碎裂隙控矿

除上述隐爆角砾岩体及环状、放射状断裂和喷气口控矿外,其它控矿构造还有同火山期的区域性断裂,以及与环状和放射状断裂、隐爆作用、同火山期区域性断裂相应的次级断裂裂隙系统。虽然要严格区别这些构造类型有相当困难,但它们作为多阶段蚀变和成矿作用的气液活动空间,对于促进本系列大多数非金属矿种(如地开石、伊利石、叶蜡石、刚玉、红柱石等)的迭加充填-交代作用和提高矿石的品位及工艺利用价值起着相当重要作用。这种控矿类型主要表现为火山气液沿开放性断裂裂隙系统充填成矿,或兼具充填、交代双重特点。仙岩矿区西部I号采坑所见的宽明矾石脉、容矿次生石英岩体或矿体内部常见的以明矾石或黄铁矿占绝对优势(含量往往可达90%以上)的细矿脉、迭加蚀变成矿期形成的呈线形展布的简单次生石英岩或粗晶黄铁矿-石英脉等,均可归入此类。即使是那些与脉壁次生石英岩体界线模糊而矿物组合大体相同的微细脉、短脉或团块,尽管它们在蚀变成矿阶段上实际是容矿次生石英岩体不可分割的组成部分,但从它们所赋存的构造空间来看,仍可归属于这类裂隙系统。仙岩矿区范围内受这一类型控制的矿化,除宽明矾石脉以外,一般都不直接具有工业意义。

在某些情况下,这类构造裂隙对于本系列中伊利石、地开石、叶蜡石、刚玉、红柱石等工业矿床或矿体的形成起着很重要的作用。例如,浙江瓯海县渡船头优质叶蜡石-伊利石矿石主要为脉状和团块状,实际上它们是在面型蚀变形成的容矿次生石英岩体的基础上,由火山气液沿着这类构造裂隙系统充填-交代、不断加富的结果。举世闻名的寿山石,其中呈“冻石”状的玉石级优质雕刻石,实际上是赋存于容矿次生石英岩体或耐火级高岭石-叶蜡石矿体内质地较纯的脉状地开石。在浙江松阳县下查、诸暨县枫桥的高岭石-伊