

# 闽西南地区块状硫化物矿床的喷流-沉积成矿作用

郑志强

(中国地质大学, 武汉, 430074; 福建省地质调查研究院, 福州, 350011)

林东燕

(中国地质大学, 北京, 100083; 福建省地质矿产勘查开发局, 福州, 350003)

**摘要** 通过对闽西南地区石炭纪—早二叠世主要块状硫化物矿床的区域成矿背景、贮矿层位特征以及矿石矿物成分、结构构造, 硫同位素地球化学特征、成矿温度等分析研究, 指出该地区石炭纪—早二叠世块状硫化物矿床的形成多与海底火山活动有关, 贮矿层中伴有典型的喷流沉积岩—硅质岩, 并提出闽西南地区块状硫化物矿床存在海底喷流—沉积成矿作用的新认识。

**关键词** 块状硫化物矿床 海底 喷流-沉积 成矿作用 闽西南

## 1 概况

自 20 世纪 60 年代发现红海海底硫化物矿床以来, 海底喷流—沉积矿床的研究取得了突破性进展。我国矿床地球化学专家涂光炽教授综合各家观点, 给出了详细的定义: “热水沉积矿床”(即喷流矿床)是指在水温  $70^{\circ}\text{C} \sim 350^{\circ}\text{C}$  或更高的热水介质(海水、湖水、热泉水等)中形成的主体以沉积方式形成于水-岩石界面之上水体中之层状、似层状矿体, 但也包括此界面之下可能存在的, 以充填和交代形成筒状、锥状或面型热液含矿蚀变体, 二者可共生或分别出现。矿种上, 既包括众多的金属, 也包括上述非金属<sup>[1]</sup>。

在华南, 徐克勤、朱金初等<sup>①</sup>在前人确定为接触交代成因的矽卡岩型矿床内, 发现了部分被叠加改造了的层控火山沉积硫化物矿床, 并提出了华南华力西期—印支期断裂拗陷带内沉积(或火山沉积)热液叠加类型铁铜矿床, 从而总结了华南块状硫化物矿床的成矿规律, 并与发现不久的现代红海海底火山喷流热泉沉积铁、铜、铅、锌矿床进行对比, 指出了在以往地质年代里, 海底火山及热泉活动所形成的矿床十分重要。这项研究使华南块状硫化物矿床的研究取得突破性进展。

石炭纪—早二叠世时期是福建省重要的成矿期<sup>②</sup>, 矿种包括铁、硫铁、铁锰、锰、铁锡、铜、铜铅锌、铅锌银多金属、硫铁多金属、硫多金属等, 贮矿地层有林地组、老虎洞

① 徐克勤, 朱金初, 我国东南部几个断裂拗陷带中沉积(或火山沉积)—热液叠加类铁铜矿床成因的探讨, 1978。

② 吴岐等, 福建省石炭纪岩相古地理及有关矿产的远景预测, 1989。

收稿日期: 2007-03-08

作者简介: 郑志强(1959-), 男, 高级工程师, 地质矿产普查与勘探专业。在读工程硕士学位。

组、经畚组、船山组<sup>[2]</sup> (表 1), 广泛分布于闽西南地区。如硫铁矿多金属 (铅锌) 矿床点主要分布于闽西南的大田、连城、安溪一带, 已知有连城田心、大田上蔡等中型矿床和安溪霞春小型矿床; 铁矿则以龙岩马坑大型铁矿最为典型。此外, 尚有大田上京、永丰中型铅锌矿床及上杭湖洋铁铜硫矿床等。目前, 对此类块状硫化物矿床成因的倾向性看法是石炭纪—早二叠世的矿产具有层位控矿和构造控矿双重性, 为“沉积 (海相沉积)-热液改造、叠加型”、“层控-热液改造型”、“层控-砾卡岩型”等, 即在同生沉积初步集中富集的基础上, 经过后期改造再富集成矿, 强调后生热液改造占主导地位。然而, 笔者对闽西南多处块状硫化物矿床特征进行详细对比研究后发现, 矿床中不乏海底喷流同生沉积特征, 尤其是经畚组中存在典型的含矿层状硅质岩, 为评价海底喷流沉积作用及其对块状硫化物矿床形成的控制提供了极为重要的证据。

表 1 闽西南地区石炭纪—早二叠世主要贮矿层位地层划分

Table 1 Stratigraphic division of major Carboniferous to Early Permian ore-bearing layers in Southwest Fujian

年代地层单位		岩石地层单位		代号		岩性组合特征		代表矿区	
古生界	二叠系	下统	栖霞组		P <sub>1q</sub>		以深灰、灰黑色中薄层含燧石条带灰岩为主, 顶部常有厚几米至几十米的硅质岩	大田上蔡、漳平洛阳、德化阳山	
		上统	船山组		C <sub>3c</sub>		以质纯灰岩为主, 局部夹白云质灰岩、硅质岩		
	石炭系	中统	经畚组	老虎洞组	C <sub>2j</sub>	C <sub>2lh</sub>	粉砂岩、砂质泥岩、角砾状灰岩、硅质岩, 局部夹火山岩, 底部常见硅质岩和铁锰矿层	以白云岩、白云质灰岩为主, 夹灰岩, 局部含燧石、硅质岩层	龙岩马坑、中甲, 永定三坝, 上杭湖洋
		下统	林地组		C <sub>1l</sub>		以石英砂砾岩、石英砂岩为主, 夹粉砂岩、泥岩, 局部夹碳质页岩、煤线	连城田心	

## 2 区域成矿地质背景

闽西南拗陷是“永梅拗陷带”的重要组成部分, 北起福建省三明、明溪、大田, 经连城, 至上杭、龙岩、永定。该拗陷基底为华南加里东地槽褶皱带, 由前泥盆系地槽型沉积建造组成, 富含 Fe、Pb、Zn、Cu、S 等成矿物质。加里东运动后, 闽西南地区因断陷作用形成了东北向拗陷带, 自西向东形成了长汀凹陷, 清流隆起; 连城凹陷, 古田隆起; 龙岩、漳平 (马坑) 凹陷, 潘田洛阳隆起和阳山凹陷 (“凹中隆”、“凹中凹”)。海水自西南部的广东入侵福建, 进入准地台活动阶段, 先后沉积了石炭统林地组粗碎屑岩建造, 中石炭统老虎洞组碳酸盐建造、经畚组硅质岩建造, 上石炭统船山组碳酸盐建造和下二叠统栖霞组碳酸盐建造、细碎屑岩建造。

## 3 典型矿床实例

### 3.1 海相火山作用有关的块状硫化物矿床

贮矿层位恒定于下石炭统林地组上部和中石炭统老虎洞组 (经畚组) 碎屑岩中, 沿着粗碎屑岩向碳酸盐建造转变部位形成硅—铁建造, 以龙岩马坑铁矿最为典型, 通称“马坑式铁

矿”<sup>①</sup>。

龙岩马坑铁矿矿区位于闽西南拗陷的东南部,靠近政和一大埔深大断裂带。据福建省地质八队资料<sup>[3]</sup>,主矿体贮存于中石炭统老虎洞组底部碎屑岩向碳酸岩过渡层位中,呈层状、似层状,与围岩产状基本一致,且随围岩产生同步褶曲。全长 4 800 m 左右、宽约千米、一般厚 20 m~60 m,最厚可达 139 m。矿体顶部为大理岩、钙质粉砂质泥岩,多蚀变成砂卡岩,厚 0 m~4 m;上部为硅质碳酸盐铁质建造,夹 2 层安山玄武岩,厚数米至 116 m;下部为硅质铁质建造,夹 2 层薄层火山碎屑岩(或粉砂质泥岩)及 1 层安山玄武岩,厚 0 m~49 m;底部为碎屑岩夹火山碎屑岩,地表为安山质熔结角砾岩,厚数米至 18 m(图 1)。矿石矿物主要由磁铁矿、透辉石、石榴石和石英等组成。反映沉积特征的有鲕粒状、胶状、球粒状等结构,条带状、条纹状、层纹状、超显微层纹状、角砾状、残余块状、变余浸染状等构造。矿体受后期砂卡岩化。

在主矿体之上的船山组—栖霞组灰岩中,发育 2~3 层砂卡岩型小矿体,呈似层状、透镜状及不规则状产出。

在矿区外围的龙岩中甲、漳平洛阳、安溪潘田、德化阳山及连城田心等地,在中下石炭统地层中,也见有类似的铁矿化。

### 3.2 与碳酸岩容矿有关的块状硫化物矿床

贮矿层位位于上石炭统船山组一下二叠统栖霞组灰岩界面附近,矿体顶部往往为硅质岩。如上杭湖洋铁铜硫矿区主要含矿层位为林地组碎屑岩上部与老虎洞组—船山组灰岩假整合面上,与铁矿共生,矿层延伸较稳定,在南北长约 2 000 m 范围内有铁矿体 12 个(多为铁帽),黄铁矿体 2 个。Ⅱ号为主矿体,长 200 m、平均厚 4.83 m、斜宽 70 m~80 m;另一矿体长 120 m~160 m、厚 22.4 m、斜宽 150 m~180 m。矿体产状与围岩一致,走向北东、倾向北西、倾角 40°~60°。矿床垂直分带明显,底部为硫铁矿层,其上为铁矿层,铜矿层规模小夹于硫铁矿层之间。

矿石矿物主要由黄铁矿、磁铁矿、赤铁矿、闪锌矿及透闪石、石英、方解石等组成。原生磁铁矿具细粒结构,微细条带状构造;黄铁矿呈半自形—他形粒状结构,以致密块状、细条带状构造为主。矿石同生构造较清楚,层控特征明显。

据近期钻孔资料,永定樟坑铁铜矿区铁铜多金属矿体产于经畲组之碎屑岩与碳酸岩的接触带上,于 ZK003 中分别发现富磁铁矿体和富铜锌矿体,受层位控制明显。主要金属矿物为磁铁矿,其次有褐铁矿、赤铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿,少量闪锌矿、方铅矿等,矿石结构主要为同心环状的变胶状结构、自形细粒状结构、他形粒状结构、交代残余结构等,矿石构造主要为条带状构造、网格状构造、蜂窝状构造、角砾状构造为主,次为皱纹状构造、浸染状构造、变余胶环状构造等。

## 4 确认海底喷流产物的主要依据

### 4.1 区域成矿地质背景

区域上,闽西南地区东部受制于政和一大埔断裂带、西北部受限于南平—宁化构造—岩

① 福建省地质科学研究所,福建省铁矿成矿远景区划说明书,1981。

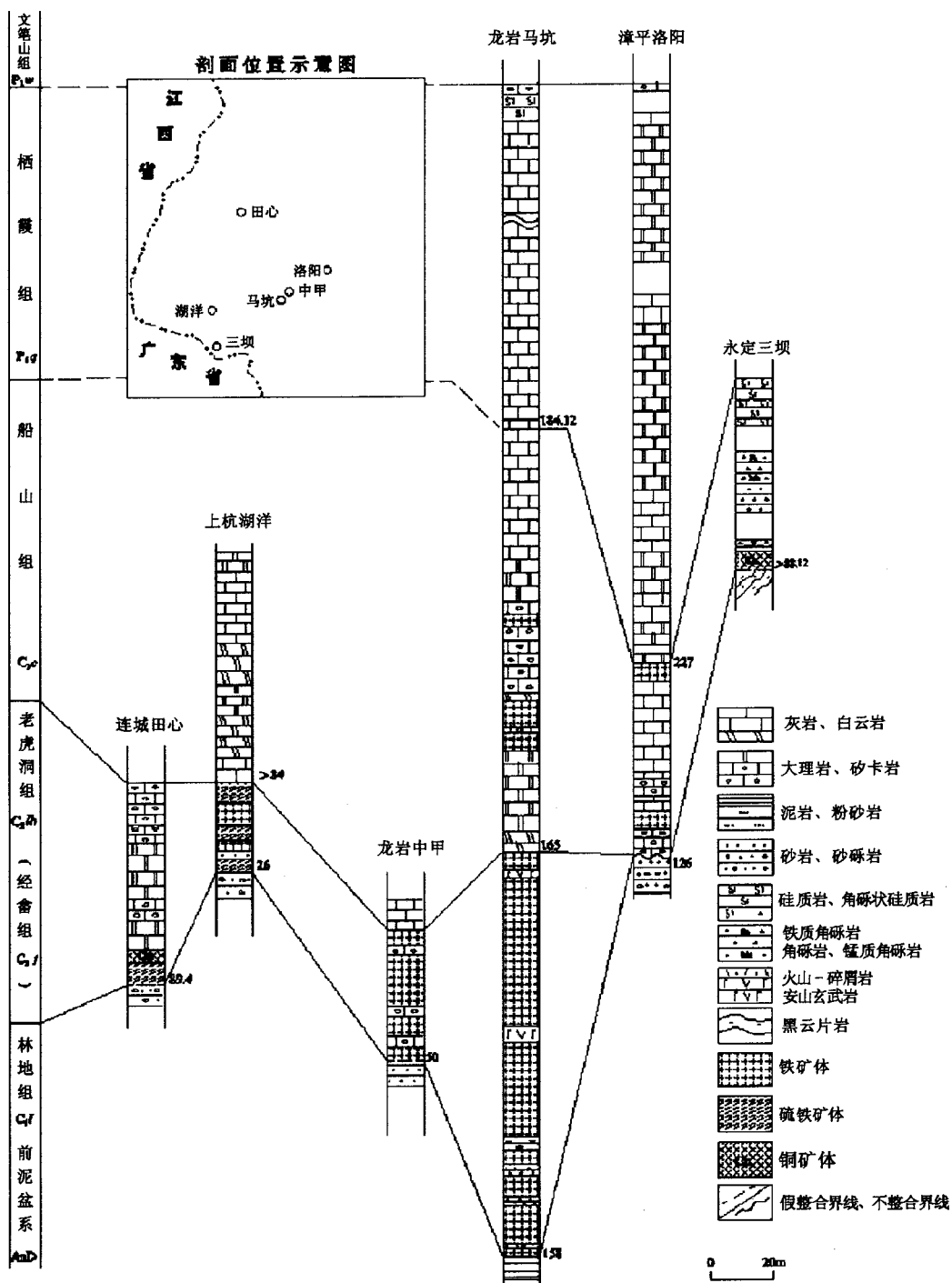


图 1 闽西南地区块状硫化物矿床控矿层位柱状对比图

Fig. 1 Columnar diagram showing the stratigraphic position of massive sulfide deposits in Southwest Fujian

浆带, 坳陷基底地层中富含 Fe、Pb、Zn、Cu、S 等成矿物质, 是成矿有利的基础条件。加里东运动后因断陷作用形成了北东向坳陷带, 海水自西南部的广东入侵福建, 形成由陆相—浅海三角洲相—滨岸相、局部海台地相的沉积环境, 具备了形成海底喷流沉积矿床的区域地质有利条件。

与此同时, 带内发育了一系列与沉积同时期的古断裂, 为热液活动提供了通道; 带内发育的同生断裂也诱发了海底火山喷发。

#### 4.2 矿床具有层控及时控特征

矿体往往贮存于特定的层位, 具有层控特征, 如铁锰(铅锌)矿床多数产于中石炭统经畚组硅质岩下部。矿体呈层状、似层状或透镜体状产于地层中, 并且矿体形态特征一般随着地层褶皱而褶皱。

#### 4.3 贮矿层中伴有典型的喷流—沉积岩

贮矿层中多数产有硅质岩这一典型的喷流—沉积岩, 含矿硅质岩层厚几米至十余米, 分布较为稳定。而角砾状硅质岩、角砾状灰岩则应是喷流作用形成的同生角砾岩, 同生角砾岩的发育与铁、铜、铅锌等矿化富集有关。

#### 4.4 矿床容矿岩石多与海相火山岩有关

闽西南地区华力西期火山作用痕迹明显, 而且在空间分布上与矿体关系十分密切。如马坑矿区内普遍发现有火山碎屑岩和熔岩; 上杭海洋矿区经畚组下部硅质岩、硅质角砾岩中夹有英安质凝灰角砾岩、凝灰质砂岩、沉凝灰岩; 漳平洛阳矿区船山组底部见有安山凝灰岩, 矿层底板砂岩中局部见有薄层状流纹质晶屑凝灰岩。

硅—铁密切共生及马坑矿区石英磁铁矿矿石中多处见到黑色、紫色、绿色团块的碧玉, 石英磁铁矿的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值  $0.7060 \pm 0.0032$ , 与现代大洋的比值  $0.7090$  及年青火山岩的比值  $0.704 \pm 0.02$  接近, 这也是火山沉积成矿作用的另一佐证。

#### 4.5 矿石矿物成分及结构、构造

矿石包括氧化矿石和原生矿石。组成原生矿石的金属矿物主要有磁铁矿、赤铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等, 其中磁铁矿具有颗粒细的特点。而能够反映同生沉积特征的原生硫化物矿石的构造有顺层条带状、层纹状、皱纹状构造等, 结构有超显微球状、胶状、和鲕状、变余鲕状结构等。

据徐克勤、朱金初研究, 龙岩马坑矿区赤铁矿矿石中含有藻类生物的痕迹, 这一生物结构的存在充分说明了这些赤铁矿、磁铁矿、黄铁矿矿石主要是在沉积—成岩阶段形成的, 也即该矿床具有同生沉积特征。

#### 4.6 硫同位素地球化学特征

矿区部分矿石硫化物硫同位素组成分析数据(表 2)。从中可见, 龙岩马坑石英磁铁矿中黄铁矿  $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$  出现较大负值; 大田上京、永丰均为负值, 显示出轻硫富集; 而大田上蔡则以轻硫为主, 4 件样品中有 3 件为负值, 且  $\delta^{34}\text{S}\text{‰}$  为大负值 ( $> -10\text{‰}$ ), 表现出轻硫富集。此外, 据杨志对安溪潘田矿区 80 个样品、98 个硫同位素组成数据的研究认为, 该矿区具有生物硫作用特征<sup>①</sup>。

① 福建省区域地质调查队, 福建省区域矿产总结, 1985。

综上所述硫同位素组成特征反映出此类硫化物矿床的硫源为硫酸盐经生物还原作用形成还原硫与部分深源硫, 说明该矿床成矿物质应主要来自深部, 经上升循环热卤水喷流沉积成岩作用而富集成矿。

#### 4.7 成矿温度

从部分包体测温资料中也可以说明了闽西南地区块状硫化物矿床形成是受改造前的沉积成因。据矿物气液包裹体均一测定, 洛阳矿区条带状磁铁矿形成温度为 193℃, 条带状黄铁矿形成温度为 162℃; 马坑矿区原始铁矿形成温度为 180℃~220℃<sup>①</sup>。从这些包体测温结果, 均反映了沉积作用。

表 2 不同矿区硫化物硫同位素组成分析结果

Table 2 Analytical results of the sulphur isotopic composition from sulfides of different mining fields

矿区名称	测定矿物	样品特征	样品数	$\delta^{34}\text{S}\%$	资料来源
龙岩马坑铁矿	石英磁铁矿	块状构造	7	+5.9, +3.9, +2.6, -0.7, -5.0, -5.9, -7.9, -8.0	福建省区域矿产总结
大田上京、永丰铅锌矿	闪锌矿	块状构造	3	-1.3, -3.6, -5.1	
	磁黄铁矿	块状构造	2	-0.9, -3.3	
	黄铁矿	块状构造	1	-7.0	
大田上蔡硫铁矿	磁黄铁矿	块状构造	4	4.96, -22.04, -8.11, -14.06	

## 5 结语

综上所述, 种种迹象表明闽西南地区石炭纪—早二叠世时期存在与铁(锰)、铅锌、铜矿化有密切关系的典型喷流沉积岩和海相火山碎屑岩、熔岩, 存在硅—铁密切共生现象, 由此提出了海底火山沉积块状硫化物矿床的观点。笔者认为, 马坑、洛阳铁矿床喷流沉积成因的确认<sup>[4]</sup>, 对于闽西南地区, 乃至整个福建省石炭纪—早二叠世时期产于沉积岩中的层控多金属矿床的成因研究及找矿开辟了新思路。将闽西南地区许多曾被认为属“沉积(海相火山沉积)—热液改造、叠加型”、“层控—热液改造型”、“层控—矽卡岩型”的矿床重新确认为喷流—沉积矿床, 这将为在武夷山成矿带寻找深部隐伏的铜多金属、铅锌多金属矿床拓展了新的找矿空间。

① 福建省地质科学研究所, 福建省铁矿成故远景区划说明书, 1981。

## 参 考 文 献

- 1 颜文. 喷流矿床研究综述. 地质地球化学, 1993, (6)
- 2 福建省地质矿产局. 全国地层多重划分对比研究福建省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997
- 3 福建省地质八队. 福建省龙岩马坑铁矿床地质特征及其成因探讨. 福建地质, 1982, 1 (1)
- 4 徐克勤, 王鹤年, 周建平. 论华南喷流-沉积块状硫化物矿床. 高校地质学报, 1996, 2 (3)

## Jet-flow and Sediment Mineralization of Massive Sulfide Deposits in Southwestern Fujian

Zheng Zhiqiang

(China University of Geosciences, Wuhan, 430074; Fujian Institute of Geology Survey and Research, Fuzhou, 350011)

Lin Dongyan

(China University of Geosciences, Beijing 100083; Fujian Bureau of Geology Mineral Exploration and Exploitation, Fuzhou, 350003)

### Abstract

Based on the characteristics of regional metallogery background and ore-bearing layers, mineral component and structures, sulfur isotopic geochemistry and ore-forming temperatures of major Carboniferous to Early Permian massive sulfide deposits in Southwestern Fujian, it is considered that there are relations between the formation of Carboniferous to Permian massive sulfide deposits and the submarine volcanic activities in the surveyed area, accompanied by a typical jet-flow sedimentary rocks and silicalite in the ore-bearing layers. It is considered that there exists the submarine jet-flow and sediment mineralization in the massive sulfide deposits of Southwestern Fujian.

**Keywords** massive sulfide deposits, submarine, jet-flow and sediment, mineralization, Southwest Fujian