

# 福建龙凤场黄铁矿型多金属矿床 成因研究及找矿方向\*

刘 聪 王尔康 毕 东\*\*

(南京大学地质系)

**提要** 闽西南—粤东海西—印支断陷带是我国华南重要成矿带之一，盛产铁、硫多金属矿床。龙凤场硫多金属矿床是其中较典型的代表，对其成因认识不一，经研究认为应属海底火山热泉沉积—迭加改造复合型矿床。

**关键词** 海底火山 热泉沉积 迭加改造

我国闽西南—粤东地区在加里东褶皱基底上发育了上迭的海西—印支断裂拗陷带（又称永梅拗陷），该带内中、下石炭世形成了一系列有重要经济意义的铁、硫多金属矿床，是我国华南几个重要的成矿带之一，比较著名的有马坑、潘田、洛阳、阳山、平远尖山等铁矿，龙凤场等硫多金属矿床。位于该拗陷带北段的大田地区，素以盛产铁、硫多金属矿床著称，其中又以龙凤场矿床最为典型，该矿床研究程度颇高，但对其成因认识不一，由于它和马坑式矿床有成因上的联系，因而该矿床成因的正确认识对于解决整个闽西南—粤东成矿带中这类矿床的成矿条件和分布规律及指导找矿勘探将有重要意义。1980—1986年我们在区调专题研究的基础上对该矿床作了系统研究，认为该矿床属海底火山热泉沉积—迭加改造复合矿床。本文着重讨论矿床的原生海底火山热泉沉积作用。

## 一、区域地质及矿区地质

永梅拗陷是在加里东褶皱基底下海西—印支期发展起来的断裂拗陷带。它北起福建三明、明溪、经永安、龙岩、上杭、永定进入广东梅县地区，三面为深断裂所围限，呈北东向展布，长达500 Km以上，宽120—150 Km。该拗陷带内海西—印支构造层（D—T）为连续沉积，厚度可达4000 m以上。其中中、下石炭世地层是最重要的铁、硫多金属矿床赋矿层位。

由于拗陷带内次一级构造的制约而造成了沉积相和火山活动的不同，以三明—上杭水下隆起为界，西部中石炭也是稳定的碳酸盐建造，而东部则沉积了和西部同期异相的碎屑岩（夹碳酸盐）、火山岩建造，这种沉积活动和岩浆活动的差异决定了成矿作用的差异。东侧大田—龙岩一线形成了许多铁、硫多金属矿床，而西侧则很少成矿。

\* 本课题为国家自然科学基金资助项目

\*\* 参加工作的还有张金章、欧阳钟辉、唐振亚、吴明涵、包宗勤等同志

龙凤场硫、多金属矿床位于永梅拗陷北端的多次断裂拗陷的最末级拗陷中。矿区地质情况较为复杂(图1)。矿区出露的地区自老至新有:林地组(C<sub>1</sub>l);滨海相区厚层状石英

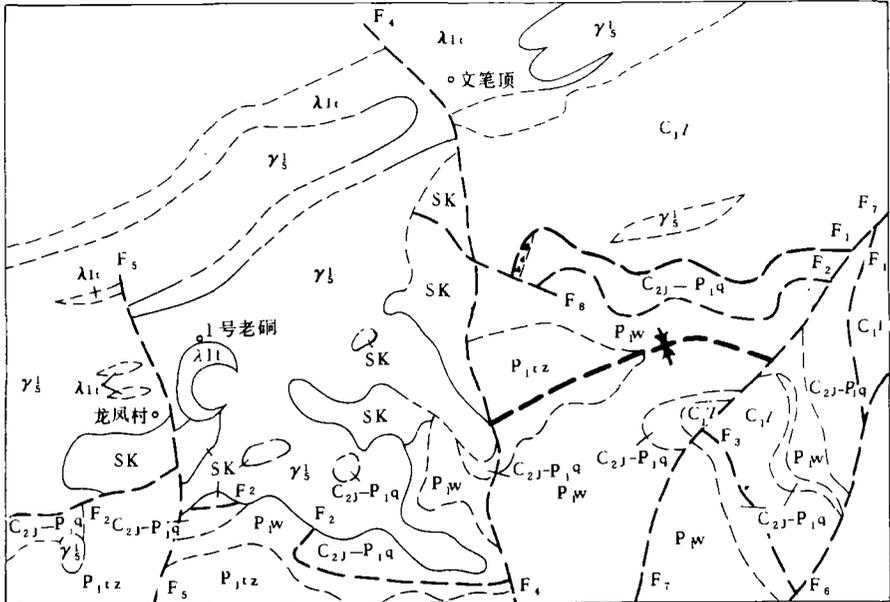
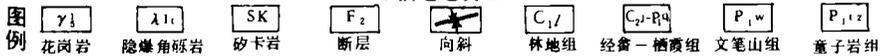


图1 福建省大田县龙凤场硫、多金属矿区地质简图 (据福建地质二队)



砾岩为主,次为厚中层状石英砂岩,其间夹有多层紫红色粉砂岩,含铁品位高达9%,厚度154m;经筭组(C<sub>2j</sub>):是本矿的主要赋矿层位,为一套碎屑岩、火山碎屑岩建造,互层状石英砂岩、粉砂岩、凝灰岩、含矿凝灰岩、沉凝灰岩、矿层交替出现,夹薄层镁质灰岩,白云岩,厚47.08m;船山-栖霞组(C<sub>3c</sub>-P<sub>1g</sub>):以灰白色厚层灰岩为主,夹深灰色薄层状泥灰岩,厚度310m;文笔山组(P<sub>1w</sub>):为浅海相碎屑沉积,以黑色砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩为主,厚102m;童子岩组(P<sub>1tz</sub>)以泥岩、页岩为主,夹有数层无烟煤层,厚60m。

龙凤场矿区位于筲架山-广平倒转向斜南西段北西翼部,其本身为西翼的弧形次级倒转向斜,向斜轴部由童子岩组地层组成。矿区各组地层之间发育了一系列顺层断层(1,2),后期还发育了一系列正断层。

本矿区附近的西北部发育有中-细粒白云母化黑云母花岗岩(岭兜岩体 $\gamma_1^b$ )。岩体由北西向南东超复于矿区倒转向斜的林地组砂砾岩之上,对龙凤场硫多金属矿床影响甚微。

矿区西部还发育有燕山期爆发角砾岩筒( $\lambda_{1t}$ ),该岩筒穿过岭兜岩体及上古生代的各

组地层。岩性以火山碎屑岩、火山熔岩为主,其中夹有石英砾岩岩屑、花岗岩岩屑及早成矿体、矽卡岩碎块等,碎屑岩及熔岩顺着被震开的花岗岩裂隙贯入上来,它对先成的海西期层状矿床起了一定的迭加改造作用,但由于它规模小,影响范围小,只使一小部分原生矿体的矿石类型结构构造发生了轻微的变化,所以龙凤场矿床尽管受到爆发角砾岩筒的影响,但矿床的原生海底火山热泉沉积面貌还完好地保存下来。

## 二、矿床地质特征及矿床成因

### (一) 矿床概述

龙凤场矿床矿体东西延长2300m,南北宽约1000m,为一中型矿床。

本矿床矿石有S、Fe、Cu、Pb、Zn、Mn、Co、等十种类型,以硫矿石(黄铁矿+磁黄铁矿)为主。主要的矿石工业类型有硫矿石、硫铅锌矿石、铜锌矿石、铅锌矿石、锌矿石、锌铁矿石、锰矿石及铜矿石等。最主要的矿石矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、软锰矿、硬锰矿等。

矿石矿物中以黄铜矿形成最早。黄铁矿有两期,一期是原始沉积的结核状、角砾状黄铁矿,另一期是热液改造形成的和磁黄铁矿、磁铁矿、方铅矿、闪锌矿共生的黄铁矿,其中又以第二期为主。

本矿区围岩蚀变类型简单。有:硅化:主要发育在矿体底盘的林地组砂砾岩中,含铁石英砂砾岩均已硅化褪色成纯白色,铁质被淋滤带出,其中还伴随有细脉状黄铜矿;矽卡岩化:是本矿区最主要的围岩蚀变,依据野外及显微镜下的观察我们发现矽卡岩有两期,一期与海西期火山作用有关,由于石炭、二迭纪时本区处于高的地热异常区,因而形成了区域上面型分布的、不受后期岩浆岩控制的矽卡岩;另一期与燕山期次火山热液活动有关,矽卡岩是伴随着爆发角砾岩筒的产生而发展的。此外矿体底盘林地组地层中的绿泥石化、顶板船山—栖霞组灰岩的重结晶作用也较发育。

矿床主要经历了两期多阶段的成矿作用。第一期为海西期火山热泉沉积成矿期,为主成矿期,形成了层状的硫、多金属矿床;第二期是燕山期爆发角砾岩筒对先成矿体的破坏、改造和迭加作用期,对成矿影响不大,仅使矿石的结构构造复杂起来,并迭加了一部分铅锌矿化。

### (二) 矿床地质特征

#### 1. 矿体的形态和产状

本矿床矿体呈层状、似层状、透镜状;矿体产状和围岩相一致,沿倾向和走向均与地层同步起伏,矿体产于倒转向斜的正常翼(图2),严格受经筓组地层( $C_2j$ )的控制。矿体厚度沿走向和倾向均有规律地变化,总体是中心地段厚度大,向四周逐渐变薄尖灭。一般海相沉积矿床空间分布广、长宽比大,而和火山活动有关的矿床范围较小,平面上呈近同心园

状，龙凤场矿床即呈这种形状：

### 2. 矿石的结构构造

各种原始沉积和热液交代现象都有。和燕山期爆发角砾岩筒有关的有交代熔蚀结构、交代环带结构等，但由于后期改造作用不强烈，因而这些结构都不发育，矿石原始的沉积结构构造保存较好。如条带状构造，主要特征为条带产状规则连续、层纹紧密、

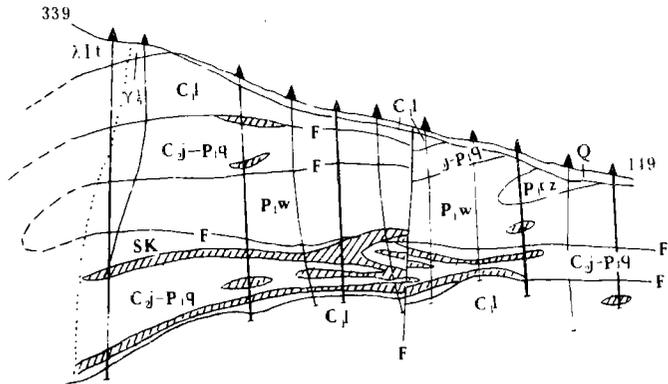


图2 大田龙凤场硫铁矿57线地质剖面示意图  
(据福建地质二队简化)

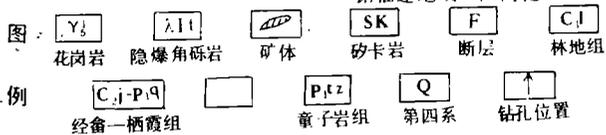


图2

韵律性强、物质成分简单，组成条带的金属矿物主要是黄铁矿、磁黄铁矿，脉石矿物则为透辉石和钙铁榴石，条带产状和围岩产状相一致；另外还见到凝灰岩、沉凝灰岩中的微层状黄铁矿条带，条带产状也和围岩相一致；结核状构造，这是最早形成的构造，未受蚀变的沉凝灰岩和砂卡岩化的矿石中均可见到（残留体），结核由细粒自形晶粒状黄铁矿组成；另外还有团块状构造，早形成的黄铁矿被砂卡岩矿物和磁黄铁矿交代而成。所有这些特征均表明矿床具有明显的沉积特征，后期迭加改造作用较弱。

### 3. 矿床和火山作用的关系

矿体产在经备组（C<sub>2j</sub>）火山碎屑岩中，而且矿体和火山碎屑岩相整合，砂卡岩及矿石中有凝灰岩的残留，都表明该矿的形成和海西期火山作用有一定的联系，但由火山岩分布的不广泛性及缺乏长英质熔岩等来看，这种矿床和典型的产在火山岩系内的矿床有一定差异。

### 4. 矿石中包裹有碧玉团块

龙凤场矿区在矿石及围岩中均可见到有层状碧玉。从现有资料来看，<sup>[3]</sup> 国内外典型的陆源沉积矿床都没有碧玉岩的存在，但和火山作用有关的沉积铁矿中常不同程度地出现碧玉岩，我国一些火山热液型沉积矿床象甘肃小铁山、海南石碌、福建马坑、潘田、阳山铁矿均有碧玉岩的产出。

### 5. 矿体的分带性

从龙凤场矿床矿体分布图及矿体等厚图可以看出各类矿体的空间分布不受火成岩体（岭兜岩体和爆发角砾岩筒）的控制，不具有一般的砂卡岩矿床的分带性。相反地，矿床显示了

火山热泉沉积矿床的水平分带现象，即磁铁矿在最中心，向外依次环绕其分布有硫铁矿、铅锌矿，最外围是锰矿体。

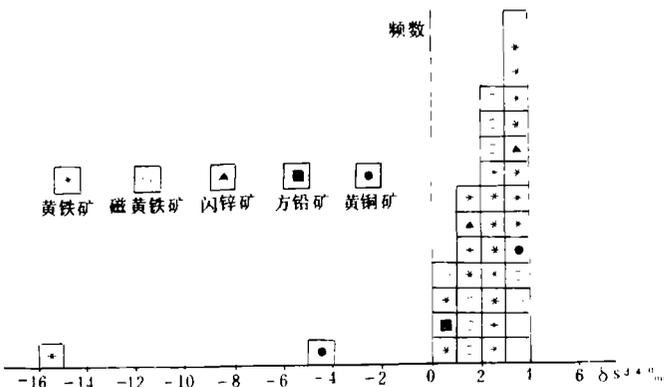
### 6. 底盘的热液蚀变和脉状矿化

龙凤场矿床矿体底盘围岩林地组石英砾岩、砂岩发生了强烈的硅化、绿泥石化，并伴有细脉状黄铜矿化，这种蚀变没有影响到矿体之上的地层，这种热液蚀变和脉状矿化是海水循环对流作用的结果。国内外一些典型的黄铁矿型矿床的一个重要特征是底盘具有热液蚀变和细脉状矿化，如日本黑矿、安徽铜官山等，这种底盘热液蚀变和矿化反映了成矿溶液是由基底向上运移的。温度可达 400℃ 的成矿溶液（包括海水和一部分地下水）在上升过程中对围岩进行交代并萃取出成矿物质（如基底是玄武岩时可淋滤出成矿物质铜等），并由于溶液向上运移、温度下降使成矿元素在溶液中的溶解度降低以至逐渐沉淀出金属矿物，黄铜矿的溶度积相对于其他金属硫化物要低，因而它未到达海底时即在围岩中发生沉淀。

## （三）矿床地球化学特征

### 1. 硫同位素

龙凤场主矿体硫化物的硫同位素组成见图(图3)，从分布直方图上可以看出本矿区几种



另外，矿体下部的结核状黄铁矿  $\delta S^{34}$  值是 -15.72 还有一些黄铜矿也有较大的负值，综合有机碳分析说明这种负值显然和生物还原作用有关，说明生物还原作用对于本矿床硫作了一定贡献，但由负值出现较少来看又说明生物还原所起的作用不大。

有许多这方面的例子，即和火山热液作用有关的块状硫化物矿床中出现了负的  $\delta S^{34}$ ，如 Tynagh 矿床、McArthur 矿床、Outoklempu 地区的前寒武系含铜硫化物矿床。一般说来这些具有负的  $\delta S^{34}$  的硫化物出现在矿体底部，龙凤场矿区也是如此。

### 2. 凝灰岩的稀土特征

从该矿区两个含矿凝灰岩的稀土配分曲线（图4中  $\angle 716$ ， $\angle 717$ ）可以看出，该类岩石稀土总量高，具有明显的Eu亏损，Ce也略有亏损。Eu亏损是因为本区岩浆活动经过了下部地壳，而Ce亏损则是热液作用的结果。

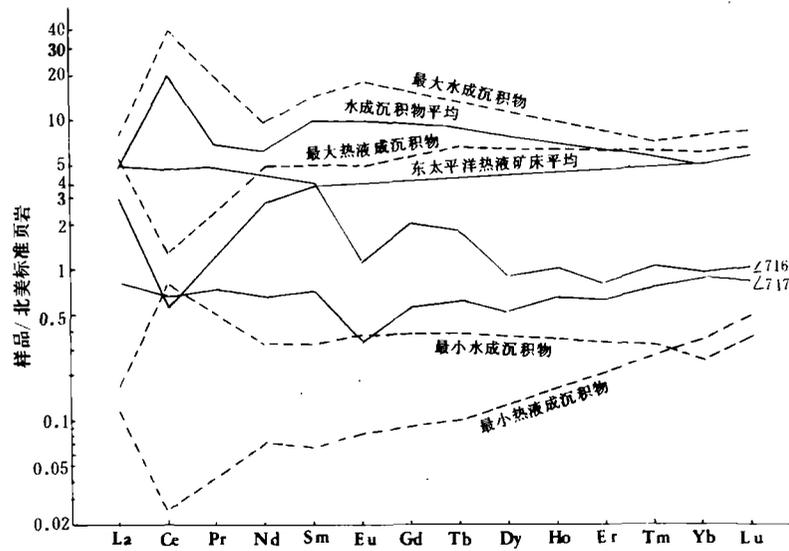


图4 水成—热液成沉积物和本矿区的稀土配分图

由Ce的地球化学性质可知，正常海相沉积的沉积物中由于相对其他稀土元素更易发生氧化作用而沉淀下来，从而使沉积物中富Ce，Ce表现为正异常；但热液成因的沉积物具有Ce亏损的特征<sup>[5]</sup>，依据该原则计算出龙凤场矿床火山热液所起的作用是85—90%。

### 3. 有机碳

现代红海裂谷 Atlantis II 深渊沉积

作为现代正在形成的同生矿床的一个典型例子，沉积物中有机碳含量和沉积物硫同位素组成关系图（图5）上可表现出界限分明的两个样品组<sup>[6]</sup>，同时在硫含量和有机碳含量关系图（图6）上也可发现具有负的硫同位素组成的样品中硫同位素组成和有机碳含量之间有一条粗略的线性关系。龙凤场矿区的样品在有机碳含量和硫同位素组成及硫含量图解上均落在经验的热液成因类型区内。

### 4. 包体液相成分

龙凤场及相邻的前峰矿区矿石中的石英的液相包裹体成分测定结果和红海热卤水及正常大洋水的成分对比列于表1，从表中我们可以看出，这两个矿区成矿溶液有下述特点：

(1) 含盐度（阴、阳离子浓度总和）高可达 39.25%，明显地高于正常海水的3.56%，

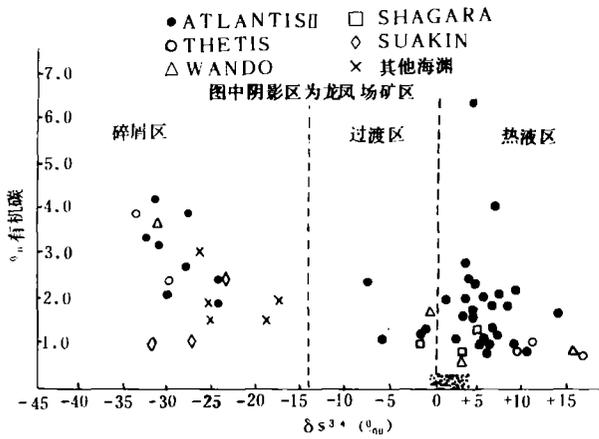


图5 有机碳含量和硫同位素对应关系图

而且也高于红海热卤水区 Atlantis 深渊热卤水的含盐度 (25.75 ‰)，这和本矿区中石炭世出现高盐度沉积的白云岩、镁质灰岩相吻合。

(2) PH值 为酸性介质条件,和红海热卤水PH值相似,而比正常海水值小得多。

(3) 矿化度高 一些成矿元素高于正常海水的几个数量级。

(4) 硫含量高 成矿溶液中硫的含量比正常海水要高得多,这也是本矿形成的先决条件。

(5) SiO<sub>2</sub> 含量的高 SiO<sub>2</sub> 含量的高值也表明该矿床和海底火山热泉作用有关, SiO<sub>2</sub> 的高值可作为碧玉岩出现的佐证。

总之,从包体液相成分分析可以看出该矿床成矿溶液为高矿化度的热卤水,属酸性介质条件,有利于块状硫化物的形成。

### 5. 碳酸盐的碳、氧同位素组成

我们挑选了能够代表和金属硫化物同时沉淀的浸染状方解石作了碳、氧同位素分析。其分析结果是  $\delta C^{13} = -5.286 ‰$  (PDB),  $\delta O^{18} = -20.84 ‰$  (PDB),

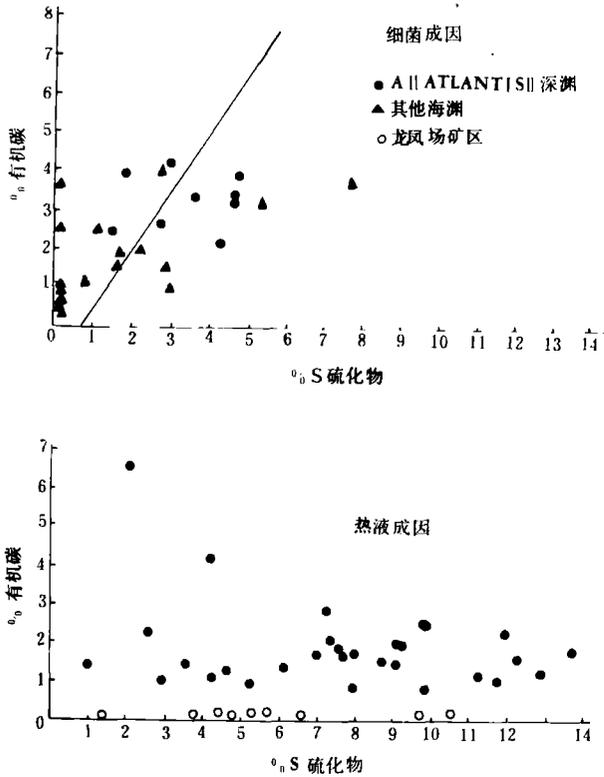


图6 有机碳含量和硫化物中硫含量对应关系图

表1 石英包体液相成分测定结果 (PPM)

样号	产地	PH	Eh (mv)	K	Na	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	HCO <sub>3</sub>	F	Cl	SO <sub>4</sub>	SiO <sub>2</sub>
NT 071	前峰	6.05	97.1	6061	13030	19091	11515	2121		1273	173333	29091	101818	163636	21212
NL-110	前峰	1.65	179.9	22308	55000	2692	10385	11615	18162	22308	110000	2308	133816	181615	38162
LS 052	龙凤场	1.80	168	6919	36780						85085	339	95763	37627	5085
LS 053	龙凤场	1.02	2151	16503	82759						22660	216	69704	219261	1926
LQ 01	龙凤场	1.81	170.5	5052	11252	2756	159	3901			2296	2296	1133	16071	
L 621	龙凤场	1.96	167.5	5113	51517	5113	7113	9711	2286	7711	6571	1711	12285	21128	
L 632	龙凤场	5.52	128.1	3429	39113	857	8857	2286	286	12286	51286	1129	2857	5711	
平均				9311	11787	6108	8278	6589	17011	10895	61890	5316	61311	139765	15679
红海卤水 A + 12n + 15	II	5.61		1870	92600	5150	761	810	0.26	5.10	110		156030	810	28
正常海水		8.71		390	19760	110	1290	0.02	0.01	0.005	720		19350	2710	1

利用已经获得的物理化学条件计算得到和矿物相平衡的成矿溶液的 $\delta C^{13}$  是 $-7.603\%$  (PDB),  $\delta O^{18}$  是 $-2.18\%$  (SMOW)。这些值和岩浆来源含矿流体及海水来源含矿溶液相似, 表明成矿溶液是海水或岩浆水热液。

6. 黄铁矿、磁黄铁矿的 S/Se Co / Ni 值

龙凤场及前峰矿区黄铁矿、磁黄铁矿 S、Se、Co、Ni 含量及比值见表 2:

黄铁矿、磁黄铁矿 S、Se、Co、Ni 含量 (%) 及比值 表 2

产地	样号	矿物	S	Se	Co	Ni	S / Se	Co · Ni
川石	NOM004	胶黄铁矿	41.84	0.0030	0.014	0.0050	13947	2.8
上蔡	NOM002	胶黄铁矿	33.84	0.0003	0.015	0.0050	112800	3.0
	TM-071	磁黄铁矿	36.76	0.0018	0.043	0.0034	20422	12.45
	NOM063	磁黄铁矿	33.48	0.0028	0.081	0.0200	11957	4.05
龙凤场	PP047-1L	黄铁矿	51.03	0.0030	0.065	0.0044	17010	14.77
	LP047-5	黄铁矿	52.08	0.0019	0.099	0.0080	27411	12.38
	LP047-8	黄铁矿	52.37	0.0004	0.083	0.0024	130925	34.58
	LP108	黄铁矿	52.43	0.0019	0.015	0.0054	27595	2.78
	LP016	黄铁矿	50.48	0.0015	0.150	0.0100	33653	15.00
	LP047-2	磁黄铁矿	37.80	0.0050	0.062	0.0315	7560	1.97
	LP047-4	磁黄铁矿	37.77	0.0040	0.063	0.0340	9442	1.85
	LP047-6	磁黄铁矿	37.92	0.0010	0.028	0.0024	37920	11.67
	LP047-7	磁黄铁矿	38.53	0.0024	0.044	0.0024	16054	18.33
	LP047-11	磁黄铁矿	38.03	0.0017	0.031	0.0050	22370	6.8

S/Se Se 和 S 具有相似的地球化学性质，它们都位于元素周期表的同一主族，它们的二价阴离子半径相似，所以在硫化物中经常出现Se 以类质同象替代 S 的现象。Se 和 S 在地球化学上最大的差别是海水中Se 几乎不存在，这是由于Se 相对不容易氧化，而S 很容易氧化成硫酸盐而进入溶液，因此可以根据S/Se 来判别硫化物沉积环境及成因。Goldschmidt 认为，沉积成因黄铁矿S/Se 为  $2 \times 10^5/1$ ，而火山（或火山热液）成因黄铁矿的S/Se 值约为  $1.5 \times 10^4/1$ 。龙凤场黄铁矿S/Se 是  $4.7 \times 10^4$ ，磁黄铁矿是  $1.84 \times 10^4$ ；前峰等地黄铁矿、磁黄铁矿平均值是  $3.93 \times 10^4$ ，这些数据与火山（或火山热液）成因的 Goldschmidt 经验值在同一个数量级上。

Co/Ni 黄铁矿和磁黄铁矿 Co、Ni 含量及比值同样也能提供有关矿床成因的重要信息。经验表明：黄铁矿中 Co/Ni 平均值大于 1 者，其物质来源与古海底火山作用有关，同时矿化富集也受海底火山活动和火山机构的控制，如果 Co/Ni 小于 1 者，则表明成矿物质主要来自陆源区，而且矿化富集又严格受岩相古地理条件的控制，龙凤场及前峰成矿带的黄铁矿、磁黄铁矿 Co/Ni 值平均大于 1，在一定程度上说明它们的成矿作用与古海底火山活动有关。

7. 磁铁矿中微量元素特征

龙凤场矿床磁铁矿微量元素含量见表 3，由地壳平均元素标准化后的过渡元素配分图见图 7。

表 3 磁铁矿中微量元素含量 (PPM)

元素 样品	Ti	V	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ba
<770	140	51	26	1528	75	21	30	1395	6
<771	50	54	26	3127	85	53	16	2000	1
阿尔戈马	1240	109	118	1900	41	103	149	330	190
苏必利尔	390	42	112	4900	28	37	14	40	160

而 Co、Ni、Cu、Zn 都很低，阿尔戈马型矿床富 Al、Ni、Cu、Zn，常与火山岩共生，且其中经常出现块状硫化物。

龙凤场硫多金属矿区磁铁矿微量元素和阿尔戈马及苏必利尔型矿床对比可以看出，它和阿尔戈马型矿床相似程度更大一些，也说明它和火山作用有一定联系。

将龙凤场及马坑式铁矿〔4〕磁铁矿中混入元素的丰度和组合与不同成因类型的磁铁矿对比可

图 7。

由于阿尔戈马型铁矿与火山作用密切而与以正常沉积为主的苏必尔型铁矿在地球化学特征上表现出一定的差异，不仅其主要元素 Al 和 P 有差别，而且其微量元素也有一定差别，苏必利尔型矿床中 Mn 含量很高，

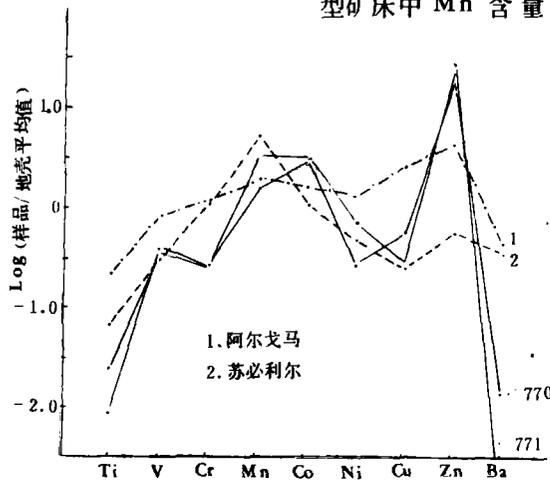


图 7 龙凤场磁铁矿过渡元素经地壳元素标准化曲线

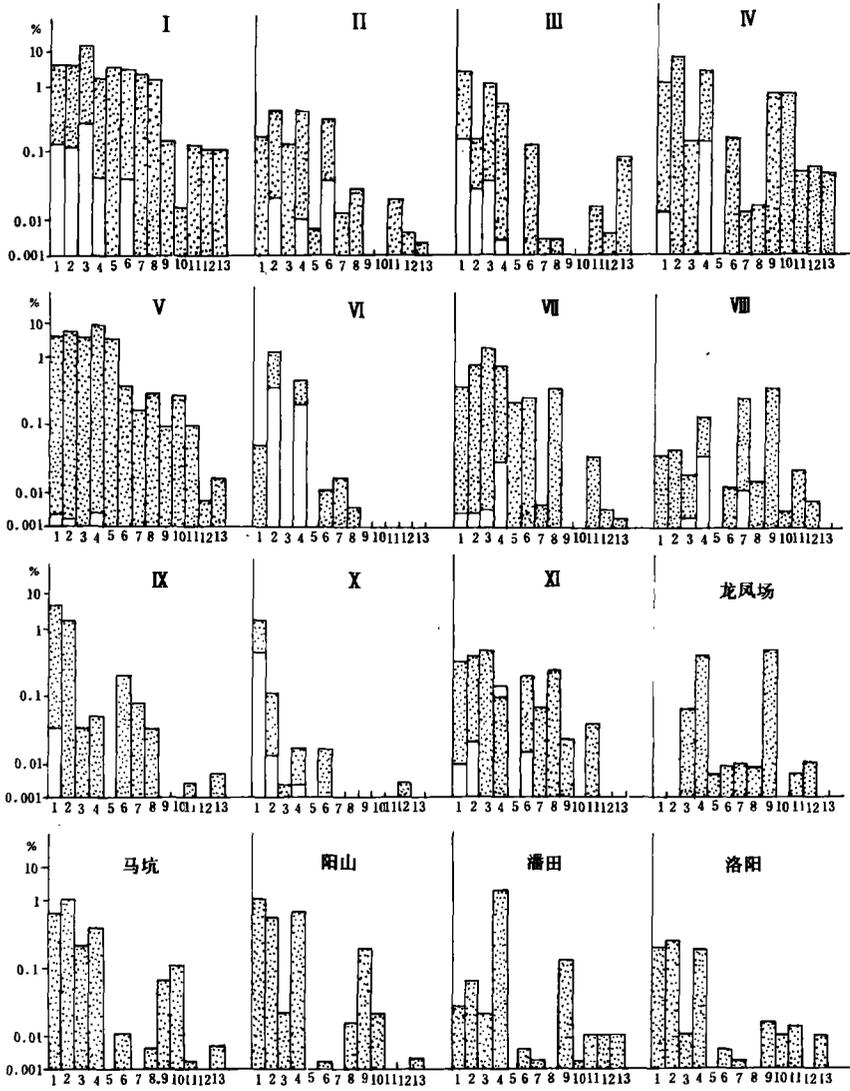


图8 不同成因类型铁矿床磁铁矿中的微量元素柱状图  
(据 T. Parak, 1975)

I、岩浆矿床; II、岩浆贯入矿床; III、伟晶矿床; IV、接触交代矿床; V、变质矿床; VI、热液矿床; VII、阿尔卑斯型矿床; VIII、火山喷气矿床; IX、火海喷发浅海沉积矿床; X、沉积矿床; XI、基鲁纳型矿床; 1-Al; 2-Mg; 3-Ti; 4-Mn; 5-Cr; 6-V; 7-Cu; 8-Ni; 9-Zn; 10-Sn; 11-Co; 12-Pb; 13-Ga

以看出这些矿床和XI类火山喷发浅海沉积矿床及III类火山喷气矿床相似(图8),尤其是龙凤场矿床和火山喷气矿床更为相似。

8. 基底含矿性

由前面讨论已知该矿床成矿溶液是加热的海水或地下水,并可含少量岩浆水,由于本区所处的特定的断裂拗陷背景,可以提供海水下渗和上升的通道,因而可以形成一个对流循环体系,即海水或地下水沿已成裂隙下渗到一定深度时由于温度升高使之上升,这种和火山活动相伴生的热水热液(火山热泉)上升过程中可以萃取成矿物质,到达海底或近海底时发生沉淀成矿,据研究这种对流体系可影响到几公里深的范围,所以基底的含矿性决定了矿床的一系列特征。

永梅拗陷(及其走向延伸的闽北地区)的加里东基底富含丰富的成矿物质Pb、Zn、Fe、S等,而且有的地方已经发现矿点,这些矿点的出现说明该区这些成矿元素的背景值高,成矿溶液在上升过程中可以获得足够的成矿物质。

龙凤场矿区下伏围岩是林地组砂砾岩,含紫红色粉砂岩,其中全铁最高达16.70%,平均9.06%。而且其中的F、Cl含量也较高(图9),现在矿石中可以看到较多萤石,说明F、Cl等挥发组分在成矿过程中起了较大作用。

本矿区几百米厚的林地组砂岩、砾岩、紫红色粉砂岩已发生强烈热液蚀变,又以硅化为

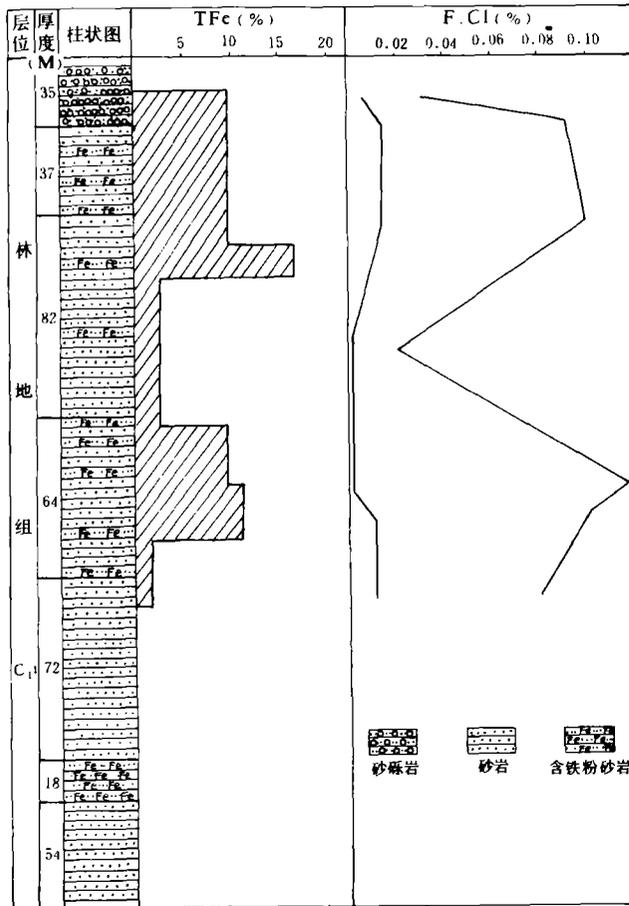


图9 龙凤场矿区外围林地组 TFe、F、Cl 含量分布图

主,它们蚀变为白色石英岩,在这个过程中带出的铁是相当可观的,加上基底富含成矿物质前面已经论证了成矿流体是加热的上升热卤水,因此可以确定本矿区的成矿物质(金属物质)来源于林地组或更下的地层。

综合前述地质学,地球化学特征,均表明龙凤场矿床属海底火山热泉沉积—迭加改造型矿床。

### 三、讨论

块状硫化物矿床(又称黄铁矿型矿床)指的是与火山作用有关的,以火山沉积作用为主的矿床。这类矿床近年来由于现代大洋中脊、红海热卤水区含金属沉积物的发现而日益为人们重视。它产出的时代、大地构造位置、共生的火山岩、沉积岩及矿石的共生组合是复杂多样的,对该类矿床提出的分类方案很多。我们认为黄铁矿型矿床区包括如下几类:1.优地槽细碧角斑岩系中的白银厂式矿床;2.与岛弧绿色安山质凝灰岩有关的黑矿矿床;3.与蛇绿岩套有关的塞浦路斯型矿床;4.大西洋、太平洋中脊现代的大洋裂谷型矿床;5.被动大陆边缘裂谷系中的红海裂谷热卤水矿床;6.与碎屑岩和镁铁质火山岩有关的别子型矿床;7.与陆源沉积岩有关的形成于大陆内部的断裂拗陷型矿床—苏利文型矿床。

我国许多产在以沉积岩为主的地层中的层状矿床由于没有大量火山岩的出现而没有和火山喷气或火山热泉作用联系起来。地质学、地球化学特征均表明龙凤场矿床系火山热泉沉积成因,闽西南—粤东断裂拗陷带性质属于冒地槽型<sup>[7]</sup>,因而其沉积作用特征、火山作用及成矿作用特征均有别于广泛发育有火山岩的塞浦路斯型矿床、黑矿型矿床等,而和第7类产在大陆内部(或边缘)的沉积岩系中的苏利文型矿床相似。由于这种成矿作用的广泛性和经济意义,我们认为应该把它从广泛的火山成矿作用中独立出来。

“现在是了解过去的钥匙”,现代红海热卤水区含金属沉积及大洋中脊沉积物的研究表明块状硫化物矿床成矿具有规律性,如多级断裂拗陷的最末级拗陷最易发生金属矿化(如 Atlantis II、Discover、Chain 深渊)。由岩相古地理分析表明龙凤场、马坑、潘田、阳山等矿床均处于永梅多级断裂拗陷的最末级拗陷中,永梅拗陷的沉积作用和现代红海热卤水区有较好的可比性,因此对这类矿床成因的正确认识可以帮助指导在永梅拗陷带内构造最有利部位寻找海西期“化石”矿床。

由龙凤场矿床的剖析我们认为寻找这类矿床可以从以下几个方面考虑:1.大的地质背景即永梅拗陷的凹中凹地区(尤以永梅拗陷东侧为主)是最有利的成矿部位;2.中下石炭世地层是该类矿床的赋矿层位,因而中下石炭世地层是关键,3.火山岩、碧玉岩、林地组硅化是寻找这类矿床的直接标志。

本文是在胡受奚教授的指导下完成的,工作中得到了边效曾总工程师、闽西地质大队以及何锦玉、廖上锡同志的帮助,特此致谢。

### 主要参考文献

- [1] 王尔康 欧阳钟辉 刘聪(1985) 福建大田推覆构造群的发现及其地质意义 科学通报 No 3
- [2] 韩发(1983) 福建马坑铁矿海相火山热液—沉积成因地质地球化学特征 (专辑二) 中国地质科学院地质研究所刊 第2号

- [ 3 ] 王文斌 王润华等 (1982) 从磁铁矿的某些特征看闽西南地区马坑式铁矿的成因 地质论评 Vol 28 No 2
- [ 1 ] Fleet , A . J . (1983) ; *Hydrothermal and Hydrogenous Ferromanganese Deposits ; Do They Form a Continuum? The Rare Earth Element Evidence In "Hydrothermal Processes at Seafloor Spreading Centers"* Edited by Peter , A . R . et al .
- [ 5 ] Shanks III W . C . and J . L . Bischoff (1980) ; *Geochemistry , Sulfur Isotope Composition , and Accumulation Rates of Red Sea Geothermal Deposits* . *Econ . Geol .* Vol 1.75 pp 445 —459.
- [ 6 ] Wang Erkang , Zhang Jinzhang and Liu Cong (1986) ; *The Volcanic Rock Belt of the Back - Arc on Hercynian Active Continental Margin of Southeastern China* . *Proceedings of Symposium on Geology of Continental Margins* . pp 132 .

## STUDY ON GENESIS OF LONGFENGCHANG PYRITE-TYPE SULFUR AND POLYMETALLIC ORE DEPOSIT AND EXPLORATION GUIDANCE, IN FUJIAN PROVINCE

*Liu Cong Wang Erkang Bi Dong*

*( Department of Geology, Nanjing University*

### Abstract

Based on the study on geology, geochemistry, petrochemistry, organic carbon, rare earth elements, trace elements and C, O, S isotopes, it is believed that Longfengchang sulfur and polymetallic ore deposit belongs to the Hercynian strata-bound marine volcanic hot spring ore deposit. The metallogenic hydrothermal solution is mainly composed of circling seawater and underground water and ore-forming elements substantially derived from the bottom strata. This deposit is strictly limited within the middle-lower Carboniferous Jinsheng group (C<sub>2j</sub>) and Lindi group (C<sub>1l</sub>). It can be taken as an ancient example of marine hot spring ore deposits that occur widely in Red Sea and East Pacific Ridge presently. There are three considerations in looking for this type of deposit, i.e. the tectonic setting, the middle-lower Carboniferous strata and the rock association.