

广东云浮硫铁矿地质特征及成因^{*}

杨荣勇¹⁾ 曹建劲¹⁾ 康显桂²⁾ 尹志强¹⁾

(1)中山大学地球科学系,广州 510275; 2)中山大学测试中心)

摘 要 云浮硫铁矿产于震旦系海相碎屑沉积岩中,属华南型块状硫化物矿床,稀土、 $\delta(^{18}\text{O})$ 、 $\delta(^{34}\text{S})$ 及铅同位素等显示,该矿床为上地壳物质来源,但其条带状黄铁矿与块状黄铁矿石的形成环境存在着很大的差异.矿床成因与喷流作用有关,微生物对成矿起了一定的作用,尤其是对稀散元素的富集起了积极的作用.

关键词 云浮硫铁矿,喷流作用,形成环境差异,微生物作用

分类号 P 618.31

广东是世界上少有的大型—超大型硫化物矿床的集中分布区,主要有云浮硫铁矿、大宝山多金属矿和凡口铅锌矿等,其中云浮硫铁矿是我国少有的特大型黄铁矿矿床,其矿石质量及储量居于全国之冠,是世界第二大硫铁矿,储量达 2×10^4 万 t,它们均为大型—超大型硫化物矿床,其形成背景为沉积盆地且有大量(微)生物化石.不同点表现为云浮硫铁矿形成时代早于后两者,且为单一的硫铁矿.许多学者对此类矿床进行了较深入的研究,但对其成因仍存有一定的争议^[1~4],本文以云浮硫铁矿为例,在前人工作的基础上,对其特征及成因进一步讨论,并对稀散元素硒碲的富集规律作了一定程度的研究.

1 地质概况

云浮硫铁矿位于吴川四会深大断裂带中段的西北侧,云浮大蚬山背斜的北东倾伏端,区内下部地层为变质程度较高的石榴石十字石钠长片岩、片麻岩及变粒岩,上部地层由下而上表现为:①石英岩、片岩夹千枚岩;②堇青石结晶灰岩、角闪片岩及石英岩;③变质碳质粉砂岩、千枚岩、泥灰岩夹条带状硫铁矿层;④含锰粉砂岩、千枚岩夹灰岩及层凝灰岩,矿体产状基本与围岩一致,形态为层状、似层状,富集地段呈巨大透镜状.丘元禧等^[5]认为云浮硫铁矿为一大型飞来峰构造,由自南东向北西推覆将含矿岩系大蚬山组推覆于泥盆石炭系灰岩之上.全区共有 5 个矿体,其中以Ⅲ、Ⅳ号矿体为主,Ⅲ号矿体为条带状矿石,Ⅳ号矿体规模最大,最大厚度达 159 m,长度为 2 150 m,由块状黄铁矿石组成.该矿床主要矿石矿物为黄铁矿,含有少量磁黄铁矿、方铅矿、闪锌矿等(图 1).

^{*} 广东省自然科学基金(940164) 南京大学国家重点实验室开放基金资助项目

收稿日期: 1996-11-18 杨荣勇,男,32岁,副教授

2 地质地球化学特征

2.1 地质特征

云浮硫铁矿矿床中黄铁矿石类型有:①块状黄铁矿石,细分为中粒、细粒及致密矿石;②条带状黄铁矿,表现为黄铁矿石与碳质粉砂岩互层的同生沉积特征;③含碳质黄铁矿石(黑色).黄铁矿石主要有粒状结构、压碎结构及交代熔蚀结构,主要构造为条带状构造、块状构造及致密块状构造.

矿床Ⅲ号矿体的条带状构造极为发育,有厚层、中厚层、薄层条带及纹层条带,不同厚度黄铁矿层与围岩夹层(薄层—纹层状泥碳质粉砂岩、硅质岩等)构成互层韵律构造,露采面上可见大的韵律层由若干个小韵律层组成,韵律层内小层厚度大约 0.1~2 cm.另外,韵律构造中粒序层理发育,其主要由黄铁矿颗粒与泥质粉砂岩碎屑由下而上逐渐变大.硅质岩与黄铁矿同时沉淀.

Ⅲ号矿体矿石中黄铁矿主要呈半圆状团聚体产出,据卢炳等^[3]统计其粒度主要集中于 0.064~0.512 mm.薄层状黄铁矿层与碳质粉砂岩内黄铁矿粒度 0.064~0.512 mm 者占多.条带状矿石中,多为重结晶和定向排列的半自形和自形立方体晶形,粒径多为 0.1 mm;此外,后期方解石脉和石英脉中常见有粗粒晶黄铁矿立方体,局部可见五角十二面体晶形.

粗粒、中粗粒黄铁矿石半自形和自形立方体晶形;致密块状矿石中的黄铁矿多为他形半自形晶,微细粒集合体.其中疏松状黄铁矿石呈粉粒状,粒度一般为 0.01~2 mm,夹有致密碎块状黄铁矿;浸染状黄铁矿多为半自形粒状结构,粒度一般为 0.25~0.5 mm,局部胶结有微细粒的(块)粒状黄铁矿角砾;致密(块)状粒状集合体黄铁矿多为微—细粒他形晶,粒度一般为 0.01~0.1 mm.

Ⅳ号矿体中含黄铁矿碳质粉砂岩主要由黄铁矿和碎屑组成,表现为沉积作用的特征.碎屑由石英、黑云母组成.通过粒度分离,黄铁矿石的粒径一般为 0.1~2 mm,且与长石、石英颗粒粘连,重液分离效果不是很好,矿石被有机碳污染显黑色.黄铁矿沉积具有定向特征.矿石结构松散,细粒、致密状黄铁矿常具有微层纹状构造,弯曲层厚度约 0.1~1 mm.

2.2 稀土特征

张乾等^[6]认为该区硅质岩与热水沉积有关,是海底喷发作用的产物.图 2 为云浮硫铁矿矿石及围岩的稀土分配曲线,从中可以看出硅质岩与碳质结晶灰岩、碳质千枚岩的 REE 及其配分曲线非常一致,均表现为喷流作用的产物;条带状黄铁矿石的 REE 含量接近于围岩,而块状黄铁矿石的 REE 则不同于围岩,与褐铁矿石相近,反映两类矿石的物质来源不同.

2.3 同位素特征

2.3.1 硫同位素 卢炳^[3]认为黄铁矿硫同位素分散, $\delta(^{34}\text{S})$ 的变化范围为 -25.8‰~

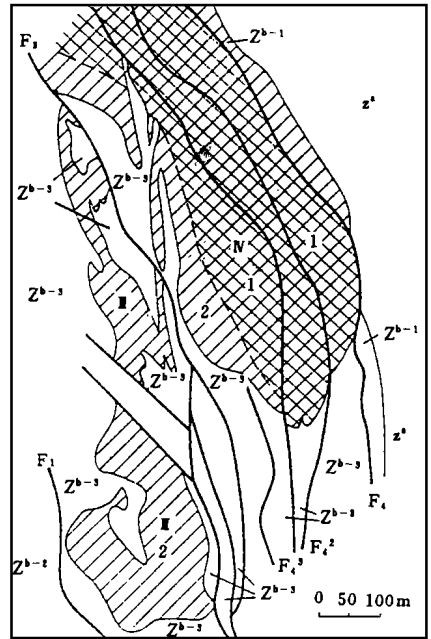


图 1 云浮硫铁矿构造示意图

Fig. 1 Geological sketch map of Yunfu pyrite deposit

Z² 片岩; Z¹ 石英岩、千枚岩、片岩; Z²⁻¹ 变质砂岩、碳质粉砂岩夹薄层灰岩; 碳质板岩、板岩、碳质粉砂岩、千枚岩、硅质岩; Ⅲ、Ⅳ 矿体编号; 1 块状矿体; 2 条带状矿体

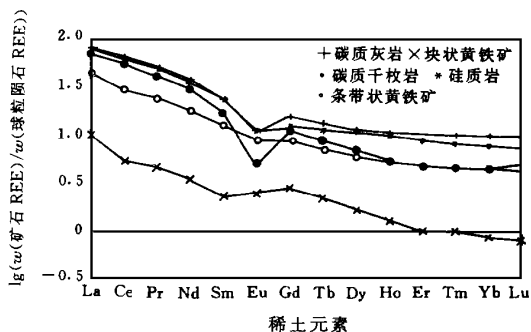
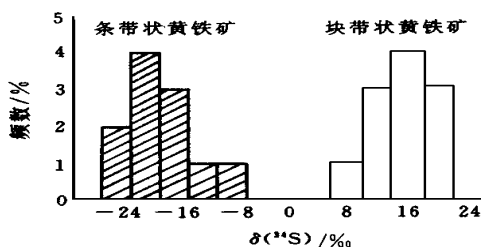


图 2 云浮硫铁矿矿石及围岩稀土配分曲线

Fig. 2 Chondrite normalized REE distribution patterns for ore and host rocks of Yunfu pyrite deposit

图 3 云浮硫铁矿矿石的硫同位素成分 ($\delta(^{34}\text{S})$)Fig. 3 Isotope composition ($\delta(^{34}\text{S})$) of ore in Yunfu pyrite deposit

+ 24.5‰, 作者统计得出条带状黄铁矿的 $\delta(^{34}\text{S})$ 为 -25.55‰~ -9.35‰, 块状黄铁矿为 +12.6‰~ +21.07‰, 即III号矿体与IV号矿体的形成环境明显不同 (图 3), III号矿体疏来自半开放环境生物对海水硫酸盐的分解, IV号矿体疏来自封闭还原洼地缺乏生物活动情况下海水硫酸盐的直接还原作用。

2.3.2 铅同位素 条带状黄铁矿石铅同位素组成与围岩一致, 反映其共同来源于上地壳。而块状黄铁矿石则与条带状黄铁矿及围岩的铅同位素存在差异, 但总体成矿物质来源于上地壳。硅质岩与条带状黄铁矿具有完全一致的铅同位素组成, 块状黄铁矿石则不同 (图 4)。

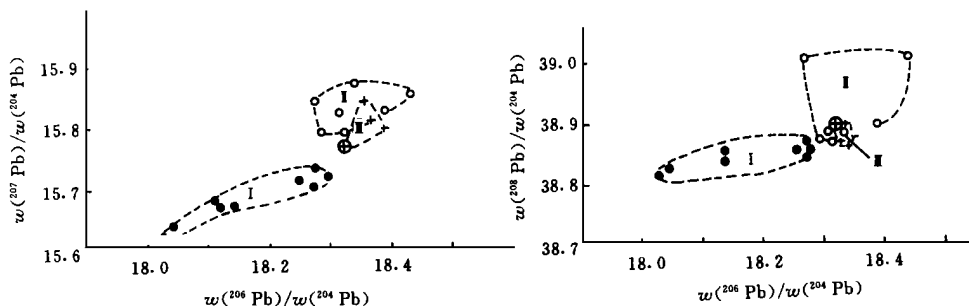


图 4 云浮硫铁矿的铅同位素模式图

Fig. 4 Diagram of isotope model in Yunfu pyrite deposit

● 块状黄铁矿石, ○ 条带状黄铁矿石; + 围岩, ⊕ 硅质岩平均值; I IV号矿体, II III号矿体, III 地层

2.3.3 氧同位素 作者对该硅质岩的氧同位素进行了测定, 其同位素成分 $W(^{18}\text{O})$ 为 17.20‰~ 19.34‰, 与世界其他地区对比表明 (隗合明, 1991; 戴问天, 1982; 杨荣勇, 1993), 它与海底喷流沉积作用有关。另外, 本矿区藻类生物的大量出现与海底喷流-沉积特征也是一致的。

3 矿区微生物特征

地层中含有微面型球形藻和同球藻 单细胞藻类等 (袁正新, 1988); 另外, 震旦系顶部硅质岩建造表明该区存在一个广泛的海底喷流热水沉积事件 (周永章等, 1995)。

云浮硫铁矿容矿岩石(碳质千枚岩、碳质粉砂岩)中普遍含有较高的有机碳,含量变化为 0.87%~2.85%^[2]。通常认为有机碳含量反映了有机质的含量。据 Berner 研究,黄铁矿化的程度与有机碳的含量之间有着良好的相关关系;Germanor 研究表明现代沉积物中有机质含量可达 10%,而古代岩石中有机质含量仅为 0.2%。据傅家谟(1983)研究,在成岩过程中有机质损失约 80%^[7]。因此可以推测,含矿岩系形成时有机质含量应相当高,且这种有机质无疑来源于低等生物,而容矿岩石与硫化物矿石中大量的藻类化石的黄铁矿化,说明微生物是形成容矿岩石中有机质的主要来源。

王鹤年^[8]在该矿床中发现了大量的藻类化石,主要为丝状体藻类,多出现于黄铁矿中,化石保存完好,均发生黄铁矿化。文[8]也发现藻类化石主要集中于 IV 号矿中的致密块状黄铁矿石中(晚期产物)^[8],表明后期黄铁矿化产生前,沉积了大量的藻类。蓝藻层化石与黄铁矿层共生,说明微生物对成矿作用的重要性^[9]。

该矿区存在一定的碳质粉砂岩,含碳质黄铁矿石中含有大量的有机碳,条带状矿石含碳 1.53%;致密块状为 0.83%;浸染状块石为 0.2%;疏松状矿石为 0.89%。III 号矿体矿石有机碳含量平均为 1.094%,IV 号矿体矿石含碳为 0.35%。

4 矿床类型及成因讨论

4.1 矿床类型

云浮硫铁矿形成时代为 6.3 亿 a,属晚元古代,产于断裂拗陷带,容矿岩石为沉积岩,岩石组合特征为海相沉积岩夹少量火山岩,主要蚀变有硅化、绢云母化,矿物组合以黄铁矿为主,出现少量方铅矿、闪锌矿及黄铜矿;矿体呈层状、似层状,矿石构造分带为上部为块状,下部为条带状、角砾状、浸染状,属华南型或苏利文型块状硫化物矿床。该矿床中硅质岩发育,主要由结晶质石英组成,稀土模式与碳质结晶灰岩等一致,与其它地区喷流沉积矿床及现代洋底喷流沉积岩一致。

4.2 矿床成因讨论

黄铁矿床附近常发育爆发角砾岩型矿石层和火山层凝灰岩以及蓝藻化石层,说明当时处于引张构造背景下,海底喷流作用强烈,环境为还原和中—低热液。矿床中常见黄铁矿与碳质千枚岩、硅质岩及结晶片岩相间成层,并同步褶曲,矿石具内碎屑结构及同生角砾构造,黄铁矿的 $\delta(^{34}\text{S})$ 值变化范围从中等负值到中等正值,表明矿床属同生沉积成因,蓝藻层化石与黄铁矿层共生,既说明微生物成矿作用,又说明成矿时代属晚前寒武纪(陈诸麒等,1992)。

另外,矿石中硒的含量平均为 9.55 mg/kg,明显高于海相沉积形成的黄铁矿,表明喷流作用的存在^[9]。研究表明,含黄铁矿碳质粉砂岩中 Se 含量达 17.8 mg/kg,高于粗粒块状黄铁矿石(14.0 mg/kg)和中粗粒黄铁矿石(9.5 mg/kg),致密块状黄铁矿石最低,总体上来看,块状黄铁矿石的 Se 含量高于条带状黄铁矿石。另外,该矿床的有机碳含量高,表明有机碳与 Se 的富集有一定内在联系。

该矿床具有海底喷流作用及微生物成矿特征,海底热卤水沿同生断生裂喷溢进入沉积盆地,海底热液的交换作用为微生物活动提供了良好的条件,藻类生物大量繁殖,对吸附、聚集和还原成矿元素起了一定的作用。在成岩过程中微生物有机组分的大量分解产生了大量的残余有机质及 CO_2 、 H_2S 、 CH_4 等,成矿围岩及矿石内含有丰富的黄铁矿微生物组构(藻类化石)及高含量的有机质是有力的证据。

参 考 文 献

- 1 张宝贵,张乾,潘家永.粤西大降坪超大型黄铁矿矿床微量元素特征及其成因意义.地质与勘探,1994(3): 66~ 71
- 2 张乾,张宝贵,曹裕波,等.粤西大降坪超大型黄铁矿床的硫、铅同位素组成初探.地质学报,1993,67(3): 232~ 243
- 3 卢炳.几种不同成因硫化物矿床黄铁矿矿物标型特征和地球化学特征,广东地质科技,1980(1): 31~ 47
- 4 顾连兴,徐克勤.论大陆地壳断裂拗陷带中华南型块状硫化物矿床.矿床地质,1986,5(2): 1~ 13
- 5 Qiu Yuanxi, Peng Shaomei, Zhou Yongzhang, et al. Geological features and evolution of the Yunkai metamorphic block, IGC Field Trip T391. Beijing: Geological Publishing House, 1996
- 6 张乾,张宝贵,潘家永,等.粤西大降坪黄铁矿床热水沉积硅质岩特征及稀土模式.科学通报,1992(17): 1588~ 1591
- 7 傅家谟,刘德汉,有机质演化与沉积矿床成因(II)——煤成烃类与层控矿床.沉积学报,1983,1(4): 15~ 21
- 8 Wang Henian, Li Hongyen, Late Proterozoic microfossils from exhalite-sediment massive pyrite deposits, South China. IGC, 1996. 568
- 9 夏学惠.冀东高板河锌、硫铁矿矿床中的微生物席与矿床成因.矿床地质,1996,15(2): 165~ 170

The Characteristics and Genesis of Yunfu Pyrite Deposit in Guangdong Province

Yang Rongyong^{} Cao Jianjin Kang Xiangui Yin Zhiqiang*

Abstract Yunfu pyrite deposit is located in clastic sedimentary rocks in Sinian system, and belongs to South China type of massive sulfide deposits. The characteristics of REE and isotope composition of $\delta(^{18}\text{O})$, $\delta(^{34}\text{S})$ and lead show that the ore deposit is derived from upper crust, but its forming surroundings of belt ore is different obviously from the massive pyrite ore. Metallogenic genesis of the deposit has relation to the sedimentation-exhalation. Microbe give the role to the mineralization, especially to the concentration of scattered metal elements.

Keywords Yunfu pyrite deposit, sedimentation-exhalation, difference of forming surroundings, relation of microbe

^{*} Department of Earth Sciences, Zhongshan University, Guangzhou, 510275