

铁山嶂铁矿床地质特征和有害元素分布规律

姚德贤 杨荣勇 孙晓明

(中山大学地质学系, 广州 510275)

摘 要 铁矿体产于晚泥盆世余田桥组的火山—碎屑岩系中. 矿体层状, 与围岩整合接触. 矿石中有火山物质, 微量元素和硫同位素特征表明成矿物质主要来自海底火山活动, 矿床属海相火山沉积成因. 铁矿石中有害元素 Sn, Pb, Zn, As 超出允许范围, 但分布有一定规律.

关键词 铁矿床, 有害元素, 矿床成因, 铁山嶂

1 矿区地质特征

铁山嶂铁矿位于粤东—闽西南层控富铁矿成矿带中部, 构造位置处于永梅晚古生代拗陷带中的邵武—河源 NE 向断裂带与兴宁 EW 向构造的交汇部位^[1].

矿区出露地层按其沉积类型归纳为两大层群: ① 前泥盆系浅变质的海相石英砂岩、粉砂岩、粉砂质页岩、绢云母石英片岩、板岩、千枚岩等, 总厚 2000m. 地层走向近南北, 倾向东, 倾角 30°~70°; ② 晚泥盆世余田桥组的石英砾岩、含砾石英岩、石英砂岩、砂质页岩等, 总厚 320~380m. 按岩性分为 4 层, 其中第 4 层为含矿层. 含矿层底部为石英砂岩、凝灰质页岩; 上部为透辉石透闪石岩和铁矿层. 余田桥组走向 NE, 与前泥盆系呈角度不整合接触关系.

矿区构造以不整合面为界分上、下 2 个构造层. 下部前泥盆系为加里东构造层, 主要形成 NNE—SSE 向延长, 四周近乎封闭的椭圆形褶皱基底; 上部余田桥组为海西—印支构造层, 主要形成铁山嶂复向斜, 构造线 NE—SW, 由次一级的圆屯山向斜、公王顶背斜、仙人座山顶向斜组成. 矿区断裂比较发育, 主要为 NE 向的压扭性或张扭性断裂, 为邵武—河源断裂带的组成部分.

矿区火成岩, 矿区东部出露中—细粒斑状黑云母花岗岩. 岩石由钾长石、石英、黑云母及副矿物磁黄铁矿、磁铁矿、黑钨矿、辉钼矿、磷钇矿、稀土铀矿等组成. 测得同位素年龄 $(109 \pm 9) \text{ Ma}$, 属燕山早期第三次侵入. 岩石化学成分见表 1.

收稿日期: 1995-07-03

表 1 黑云母花岗岩岩石化学分析结果

Tab. 1 The chemical composition of biotite granite

%

岩性	SiO ₂	TiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Cu	Pb	Zn	Sn	As
中粒花岗岩 (中心相)	73.30	0.22	1.35	0.43	12.85	0.78	1.75	0.00	4.48	3.34	0.08	0.03	0	0	0.005	0
细粒花岗岩 (边缘相)	75.75	0.56	0.30	0.22	13.46	0.16	1.20	0.06	4.60	3.58	0.01	0.02	0	0	0.004	0
中国花岗岩 平均值	71.27	0.25	1.62	0.80	14.25	1.24	1.60	0.08	4.03	3.29						
南岭花岗岩 平均值	72.65	0.27	1.36	1.60	13.56	0.92	1.97	0.07	4.76	3.11						

2 矿床地质特征和成因

矿床由 5 个矿体组成，其中Ⅰ、Ⅱ 矿体占矿石总量的 90%。矿体形态、产状、分布及品位见表 2，图 1。

表 2 矿体形态、产状、分布情况表^{1),2)}

Tab. 2 The features of ore body in shape, occurrence and distribution

矿体 编号	产出位置	矿体 形态	矿体规模 /m			矿体产状			元素平均含量%				
			长	宽	厚	走向	倾向	倾角	TFe	Sn	Pb	Zn	As
I	园屯山向斜核部	层状	1020	170	29	NE- SW	NW	0°~ 25°	54.68	0.166	0.199	0.245	0.274
II	仙人坐山顶向斜	似层状	950	130	34	NE- SW	西翼 SE 东翼 NW	20°~ 60°	56.30	0.170	0.089	0.282	0.32
III	矿区北部	似层状	500	20	14	NE- SW	NW	20°~ 70°	52.02	0.017	0.010	0.037	0.067
IV	II 号矿体北面	透镜状	230	18	13	E- W	S或 N	15°~ 20°	50.37	0.081	0.075	0.023	0.108
V	II 号矿体北	透镜状	70	40	14	NE- SW	NW	30°	58.15	0.014	0.048	0.030	0.023

- 1)广东省地质局兴宁地质队.兴宁铁山嶂铁矿地质勘探报告.1958
- 2)广东省地质局 723地质队.广东兴宁铁山嶂矿区硫钼地质普查报告.1974

2.1 矿石的矿物组分

主要金属矿物为赤铁矿、磁铁矿、锡石。脉石矿物为石英、火山玻璃和白云母。

赤铁矿 鳞片状，粒度 0.01~ 0.03mm，一般无规则排列，局部定向排列 (图版 1)。常围绕火山物质形成似鲕结构 (图版 2)。在靠近花岗岩的部位，由于受岩浆热能的影响而脱氧，形成穆磁铁矿。

磁铁矿 有粗粒八面晶体和细粒他形晶二种，后者常围绕前者分布，形成似环边结构。粗晶磁铁矿多分布在与花岗岩体的接触带、构造带，与黑钨矿、石英、黄玉伴生。赤铁矿常沿磁铁矿的周边及 (111)、(100) 裂开面进行交代，形成三角形或四方形之格状结构，交代彻底者形成假象赤铁矿。

锡石 是铁矿石的主要共生矿物，有磨圆外形和自形晶体两种。前者半透明，粒度 0.04~ 0.08mm，分布在赤铁矿粒间 (图版 3)；后者浅棕—深棕色，不透明半自形—自形双锥柱状，星点状分布在铁矿体的接触带、蚀变带中，与黑钨矿、石英、黄玉共生。磨圆形锡石为原生沉积产物；半自形—自形锡石为岩浆热液再造的结果。

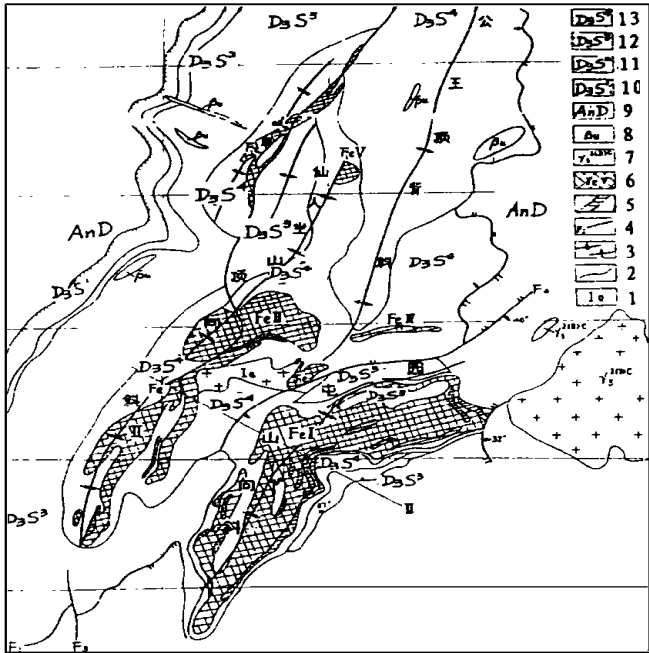
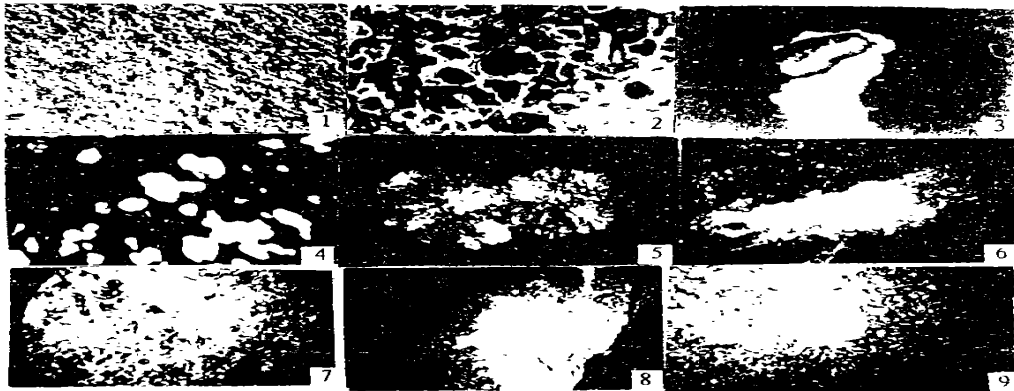


图 1 铁山嶂矿区地质图

Fig. 1 Sketch geological map of Tieshanzhang district

1—黄玉石英岩；2—不整合界线；3—背、向斜；4—断层；5—褐铁矿；6—铁矿体及编号；7—细中粒黑云母花岗岩；8—辉绿岩脉；9—前泥盆纪变质岩；10—含砾石英砂岩；11—石英砂岩、粉砂岩、页岩；12—含砾砂岩、石英砂岩；13—含矿层。



图版说明

1 鳞片状赤铁矿定向排列 (反光), 2 似鲕结构 (反光), 3 锡石具磨圆外形, 分布于赤铁矿粒间 (+), 4 石英碎屑具磨圆外形, 被赤铁矿胶结 (-), 5 玻璃球粒, (已脱玻化) (+), 6 玻屑 (已脱玻) (+), 7 白云母交织成球粒 (+), 8 石英晶屑, 具“鸡骨头”外形 (+), 9 长石晶屑, 可见双晶纹 (+)

Plate 1 Scaled hematite with directional arrangement, 2 Oolitic structure, 3 Tine spar with round shape, distribute among the grains of hemitite, 4 Qurtz clast with round shaps was cemented by iron ore, 5 Vitreous spherulite, 6 Vitreous clast, 7 Muscovite pilotaxtic spherulite, 8 Quartz crystal clast, 9 Feldspar crystal clast

石英 呈碎屑状, 具有一定的磨圆度 (图版 4). 赤铁矿以基底式、孔隙式胶结石英.

火山玻璃 有两种形态: ① 脱玻化玻璃球粒, 由长英质组成, 波状消光, 被赤铁矿包绕形成似鲕结构 (图版 5); ② 玻屑, 呈撕裂状, 两端参差不齐, 已脱玻化 (图版 6).

白 (绢) 云母 细鳞片状白 (绢) 云母交织成球粒, 可能是火山泥球重结晶的产物, 被赤铁矿胶结 (图版 7).

2.2 矿床成因

地质队认为铁山嶂铁矿床是接触交代成因的矽卡岩型铁矿. 根据是: 铁矿体赋存在花岗岩体的外接触带, 矿区发育矽卡岩, 区内 NNE 向张扭性断裂和次级褶皱是含矿热液的通道和储矿场所. 作者研究发现, 矿床成因应属海相火山沉积铁矿床, 根据如下:

2.2.1 矿床具有一系列沉积特征 ① 矿床受加里东运动形成的古海盆所制约. D—C 纪, 区域上发生广泛的海浸和海底火山喷发活动. 海底火山活动喷出大量的成矿物质, 与进入海盆的陆源碎屑物和内碎屑物共同沉积, 并沿水下斜坡有规律地沉积了砂砾岩—砂岩—砂页岩—铁硅岩. 从岩相地理图分析, 沉积盆地规模不大, 却沉积了具有一定规模的富铁矿体, 反映了海盆的拗陷幅度、铁质的供应丰度和沉积速度相适应. 所以, 沉积盆度控制了含矿岩系和铁矿层在空间的展布¹⁾. ② 矿体严格受层位控制. 矿体层状、似层状, 与围岩整合接触且同步褶皱. ③ 矿石中具有同生沉积的结构构造, 如微层状、条带状构造. 粉砂、似鲕等结构. ④ 矿石中的石英、锡石具一定磨圆度, 显然是经过搬运而后沉积的.

2.2.2 矿区“矽卡岩” 矿区内的所谓“矽卡岩”过去认为是黑云母花岗岩侵入接触交代成因. 经研究接触带没有发育矽卡岩. 在离接触带约 100m 处分布有层状的透辉石透闪石岩, 沿余田桥组第 4 层中的火山凝灰岩发育, 受地层层位和岩性控制, 延伸较远, 与铁矿层相伴且同步褶皱. 岩石的矿物成份比较简单, 具有粒度细, 结构均匀等角岩特征. 透辉石透闪石岩中残留“鸡骨头”状石英晶屑 (图版 8) 和长石晶屑 (图版 9), 实是钙镁质晶屑凝灰岩角岩化的产物——透辉石透闪石角岩.

2.2.3 黑云母花岗岩与铁矿的关系 有人认为黑云母花岗岩是铁矿的成矿母岩. 但从表 1 可见, 岩体与铁矿不存在“血缘”关系. ① 花岗岩含铁较低, 从岩体中心向边缘 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 没有显示递增变化, 说明铁元素没有从岩体中心向边缘迁移, 花岗岩不可能为后期热液提供丰富的铁质. ② 花岗岩中 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 由中心向边缘减少, 说明由于花岗岩的侵入, 并没有与围岩发生双交代作用, 致使接触带不发育矽卡岩. ③ 花岗岩中微量元素 Cu, Pb, Zn, Sn, As 含量低于矿石的含量, 说明花岗岩中这些元素的背景值低. ④ 花岗岩中含 Ag 0.00%, W 0.01%~0.20%, Nb 0.01%, Yb 0.001%~0.02%, Y 0.01%~0.02%, La 0.01%, Li 0.01%~0.02%, 铁矿石中未发现上述元素.

以上资料说明空间上与铁矿有一定关系的花岗岩, 不可能是成矿母岩, 与铁矿没有成因关系. 但是, 由于花岗岩的侵入, 岩浆带来的热能和岩浆热液中的挥发份对铁矿体产生一定程度的影响. 使原铁矿层靠近花岗岩的部位铁、锡质活化、转移. 与岩浆热液中丰富的钨重新组合, 在接触带附近形成浸染状、细脉状自形晶磁铁矿、黑钨矿、锡石、

1) 姚德贤, 广东兴宁铁山嶂铁矿地质特征和矿床成因, 广东地质科技, 1981, (2): 37~53.

黄玉等矿物组合。岩浆热能使部份赤铁矿脱氧形成穆磁铁矿。花岗岩对铁矿层的改造总体上比较微弱。

2.2.4 矿石中微量元素特征 矿石中微量元素特征可以反映不同的地质作用,所以常以 Ti/V、Co/Ni、Ba/Sr 等的比值作为确定铁矿床成因标志之一。一般认为 $Ti/V > 20$ 为火山沉积成因, $Co/Ni > 1$ 为内生成因, $Co/Ni < 1$ 为外生成因。作者分析 10 个矿石样品的微量元素,平均 $Ti\ 0.026\%$, $V\ 0.0064\%$, $Ge\ 0.0011\%$, $Ga\ 0.00125\%$, $Sr\ 0.0023\%$, $Ba\ 0.0073\%$, $Ni\ 0.0009\%$, $Co\ 0.0006\%$ 。 $Ti/V = 40$, $Co/Ni = 0.75$, $Ba/Sr = 3$, $Ge/Ga = 0.9$ 。元素对比值反映了来自深部的成矿物质以外生沉积的形式成矿。

2.2.5 硫同位素特征 根据 37 个方铅矿、黄铁矿、磁黄铁矿同位素测定结果²⁾, $\delta^{34}S$ 峰值在 $1\text{‰} \sim 2\text{‰}$, 分布集中, 呈明显的塔式分布 (图 2), 反映了成矿物质来自地壳深部或上地幔, 通过海底火山活动带进沉积盆地成矿。

综上所述, 铁山嶂铁矿床具有内生和外生矿床的双重特点, 应属海相火山沉积铁矿床。

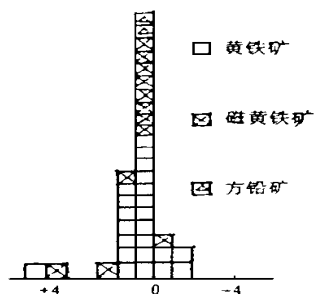


图 2 硫同位素组成分配图

Fig. 2 The distribution pattern of sulfide isotope composition

3 矿石中有害元素的分布规律

铁山嶂铁矿是广东省一个中型富铁矿区,矿体裸露地表,便于露天开采,矿石中含锡金属量数万吨而备受重视。从表 2 可以看出 I、II 矿体平均 TFe 高于 53%, 工业类型属平炉富铁矿石。但由于 Sn、Pb、Zn、As 的平均含量均超出平炉富铁矿石允许范围, 其中锡的含量达到单独锡矿床的边界品位, 严重影响铁矿石的质量, 致使铁矿石不能充分利用, 影响资源的开发。本文分析了矿区主要探矿工程上千个化学分析数据, 并对主要探矿工程制作元素相关曲线图, 发现各元素在空间分布具有一定的规律。

3.1 Sn、Pb、Zn、As 的赋存状态

Sn 以锡石的形式赋存于铁矿物之间。在矿体中, 锡石以磨圆外形为主, 粒径 $0.04 \sim 0.08\text{mm}$, 因选矿难度大, 难以与铁矿分离回收。在接触带附近, 部分锡石呈半自形—自形双锥柱状晶体, 粒径 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$, 与黑钨矿、磁铁矿、黄玉共生。此种状态的锡石是当地民采的主要对象, 土法选矿可获精矿。

Pb Pb 在矿体中, 下部以方铅矿出现, 矿体上部为铅矾。方铅矿颗粒细小, 除 I 号矿体肉眼可见外, 多数在显微镜下可发现。

Zn Zn 在矿体中下部以闪锌矿产出, 矿体上部出现红锌矿。

As 主要形成毒砂, 矿体表层可见白色氧化物。

3.2 矿石中各元素分布规律

(1) 矿石中 TFe 含量高, 一般 $45\% \sim 60\%$, 多数在 53% 上下变动 (图 3)。

(2) 有害元素 Sn、Pb、Zn、As、P、S 关系比较密切, 沿矿体厚度方向含量同升降 (图 3)。反映有害元素分层富集的趋势。

2) 地质矿床研究所七室。闽南粤东几个铁矿床同位素组成的研究及成因讨论。1978, 3-9

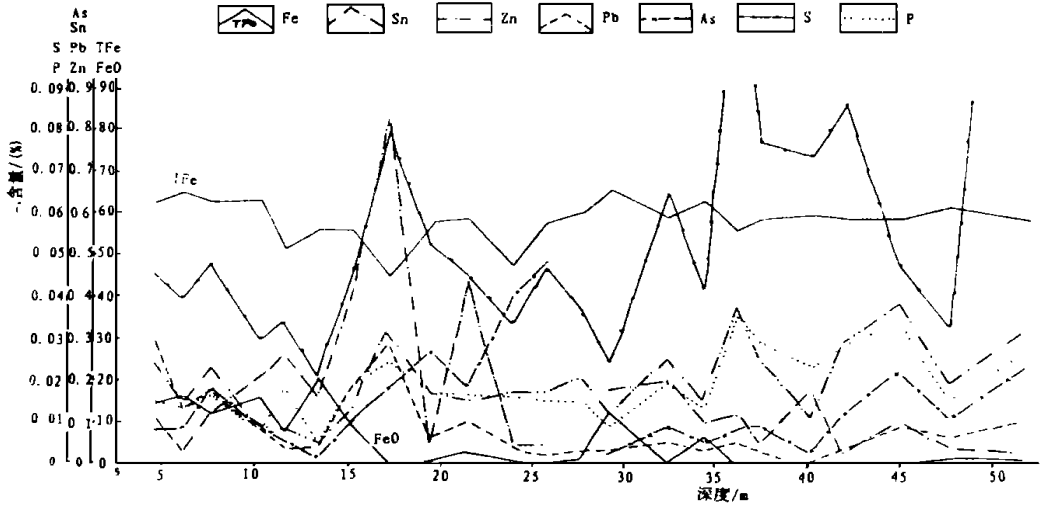


图 3 I 号矿体 O线 CK4 TF3与 FeO, Sn, Pb, Zn, S, P关系图

Fig. 3 Diagram of T Fe vs. FeO, Sn, Pb, Zn, S, P respectively in the CK4 of No. 1 ore body

- (3) TFe+ SiO₂在 70% ~ 90%之间, TFe与 SiO₂呈反消长关系 (图 4).
- (4) MnO₂主要集中在I、II 矿体顶部的褐铁矿中. 以硬锰矿、软锰矿出现.
- (5) Sn, Pb, Zn在平面上由 SSW, NNE方向向矿体中部有规律增加, 剖面上呈贫富相间产出.
- (6) As在矿体两端含量高, 中间含量低.
- (7) S, P含量低, 均在铁矿石允许范围内. S多集中在矿体底部.

3.3 矿石类型的划分

I、II 矿体 TFe品位虽然达到平炉富矿的要求, 但因有害元素含量高, 只能降为高炉矿石. III、IV、V 号矿体, TFe, Sn, Pb, Zn, As, S, P均达到高炉富铁矿石的要求, 可以单独开采, 用于炼铁原料.

在确定矿床沉积成因的基础上, 根据高炉矿石对 TFe及有害杂质含量要求为标准, 对I、II 号矿体进行矿石工业类型划分. 可分为高 Sn土状矿石、低 Sn土状矿石、高 Sn 低 Pb, Zn, As富铁矿石、高 Sn富铁矿石、低 Sn富铁矿石等类型 (图 5). 从图 5可看出, 不同工业类型铁矿石在空间上分布有一定规律, 只要分段、分层进行开采, 低杂质的优质铁矿石可以直接进行炼铁, 而杂质高的富铁矿石则只能作为配矿用料了.

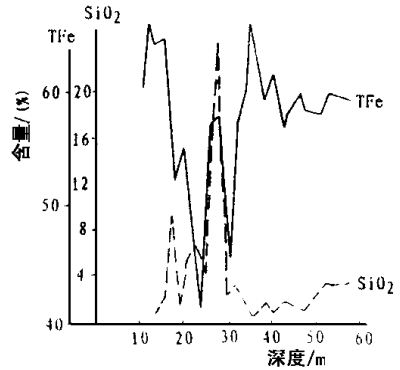


图 4 CK4 TFe与 SiO₂关系图

Fig. 4 The diagram of T Fe vs. SiO₂ in the CK4 ore body

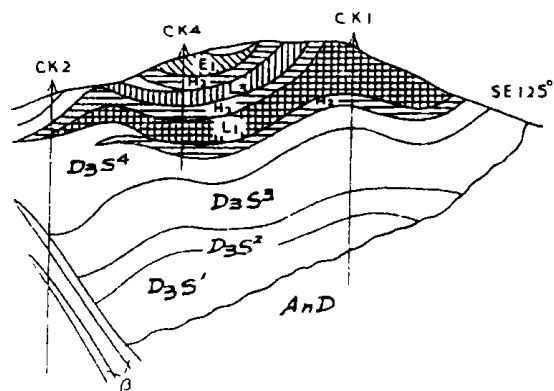


图 5 I 号矿体 0 线剖面矿石类型分布图

Fig. 5 Ore type distribution pattern in line 0 section of No. 1 ore body

E₁—高 Sn 土状矿石；H₂—高 Sn, Pb, An, As 富铁矿石；L₁—高 Sn 富铁矿石；L₃—低 Sn 富铁矿石；β—辉绿岩

参 考 文 献

- 1 姚德贤. 海南岛、粤东、闽西南层控富铁矿成矿规律及找矿标志. 地质与勘探, 1981, (4): 12 ~ 19

he Geological Features and the Distribution Pattern of the Harmful Elements in Tieshanzhang Iron Ore Deposit

Yao Dexian* Yang Rongyong Sun Xiaoming

Abstract The iron ore body is formed in the volcanic clastic rock series of Setian group in the late Devonian Period, moreover, it is lay-shaped and in conformable contact with the host rocks. Volcanic material and the features of minor elements and sulfide isotopes in the ore show that the metallogenic material is derived mainly from submarine volcanic activities, and the ore deposit indicates its volcaine sedimentary genesis. On the other hand, the aboundance values of the harmful elements such as Sn, Pb, Zn and As in the ore deposit are beyond the allowed range, but they have a regular distribution pattern.

Keywords iron ore deposit, harmful element, genesis of ore, Tieshanzhang

* Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275