

从地球化学特征看海南铁矿的成因

广东冶金地质九四〇队化探组

本文从地球化学特征角度,对石碌铁矿的成因提出一些初步认识。关于矿区地质特征,请参考有关文献。

一 常量元素与铁矿的关系

1. 氧化物比值、 Na_2O 、 K_2O 与成矿的关系 为了阐明常量元素与铁矿的关系,本文将矿区内的岩石、矿石归纳为片岩类、白云岩、透辉透闪石岩、含铁千枚岩和赤铁矿五种情况,其氧化物比值、 Na_2O 、 K_2O 的特征如表1、2。从表中可看出:

(1) 除白云岩 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 外,其余各种岩石 $\text{K}_2\text{O} \gg \text{Na}_2\text{O}$,说明含矿岩石主要富钾。

各种岩石 Na_2O 、 K_2O 的含量(%)特征 表1

岩矿名称	样品个数	Na_2O	K_2O	$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$
片岩类	15	0.37	4.59	0.081
白云岩	9	0.24	0.14	1.714
透辉透闪石岩	15	0.36	2.91	0.124
含铁千枚岩	8	0.18	3.47	0.052
TFe > 55%	12	0.121	0.046	2.63
TFe45~55%	5	0.058	0.146	0.293
TFe30~45%	6	0.072	0.528	0.143
TFe15~30%	4	0.06	1.253	0.058

(2) Na_2O 、 K_2O 与铁矿的关系是:富矿 $\text{Na}_2\text{O} \gg \text{K}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 则随铁品位的递减而有规律地减小,说明本区铁矿尤其是富铁矿富钠。

(3) FeO/MgO 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 +$

FeO 、 MnO/MgO 这三对比值的递变特征很一致,都是从富钙岩石→片岩类→含铁千枚岩→赤铁矿的顺序增大。如 MnO/MgO 比值,赤铁矿比远矿岩石大10倍, FeO/MgO 比值比远矿岩石大100倍,比近矿岩石亦近于10倍。

主要氧化物比值特征表 表2

岩矿名称	FeO/MgO	MnO/MgO	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	$\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$
白云岩	0.030 (9)	0.005 (8)	0.584 (9)	4.222 (9)
透辉透闪石岩	0.198 (14)	0.034 (14)	0.387 (14)	12.757 (14)
片岩类	1.721 (15)	0.024 (15)	0.759 (15)	29.904 (15)
含铁千枚岩	443.111 (13)	0.124 (7)	0.871 (7)	2.7669 (15)
赤铁矿	604.198 (8)	0.312 (8)	0.951 (8)	0.556 (8)

注:括号内数字为样品数

这种随铁矿的富集而增大的特征,体现出成岩和成矿环境是以氧化作用为主,此时铁呈三价氧化物出现,这就是本区以赤铁矿为主的原因。

(4) $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 比值的特征是以片岩类→富钙岩石→含铁千枚岩→赤铁矿的顺序,随着铁的富集硅质减少,这是矿区铁矿品位富的原因之一。

2. 铁矿石中 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{MgO}$ 比例对成因的指示 根据矿区58个铁矿石全分析数据,应用斯坦顿计算法作图,结果如图1。从图可看出,不同品位的铁矿石按 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO 的百分比例作图,投

影点都局限在三角形左下角(标准离差 $Al_2O_3 - 2.2075$, $MgO - 2.1765$, $SiO_2 - 3.7651$), 说明随着铁品位增加, 三者含量在量比方面并不发生趋势性变化。据斯坦顿解释, Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO 与Fe的关系是简单的物质相加, 这是沉积矿床的特征。

二 微量元素与铁矿成因的联系

微量元素的地球化学性状是鉴别物质来源和矿床成因的标志之一。本区各种岩矿石经化学和光谱分析, 共发现32种微量元素, 而以Ge、Ba、Mn、Cu、Bi、Sn、Zn等七种为主。

1. 微量元素的分布性状

(1) Ge: 主要赋存于赤铁矿石, 其他岩石含量甚少。赤铁矿含Ge一般10~30ppm(以下含量单位均为ppm), 最高达100, 富矿高于贫矿, 贫矿约为10, 富矿10~100。不同地段的铁矿Ge含量也有变化, 分布不均匀。

(2) Ba: 赋存在各种岩石、矿石中, 而以透辉透闪石岩中较富集, 含量500~800, 最高1000。铁矿石含Ba一般是1000~10000。

(3) Mn: 各种岩矿石中都有, 以白云岩、透辉透闪石岩含量较高, 常大于1000。铁矿石中贫矿高于富矿, 贫矿平均达625, 富矿平均140左右。

(4) Cu: 在近矿围岩如含铁千枚岩、透辉透闪石岩和部分片岩中较高, 平均100以上, 其他岩矿石中平均值小于50。

(5) Bi: 主要分布于火成岩中, 如花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩。花岗闪长岩平均含Bi 8, 花岗岩中最高达50, 铁矿石中未见。

(6) Sn: 主要分布于各种火成岩, 如花岗岩(21)、花岗斑岩(35)、细晶岩(61)、煌斑岩(309)。其次是透辉透闪石岩(22)和片岩(15)。

(7) Zn: 各种岩矿石中均有所见, 但平均小于50, 唯在铁矿中较高, 同时富矿高于贫矿, 富矿中平均80, 贫矿平均61。

由上可见, 赤铁矿的特征元素是Ge, 富集元素是Ba和Zn。近矿围岩比较高的元素是Mn和Cu, 而火成岩的主要元素有Bi与Sn。铁矿中没有Bi、Sn, 火成岩中没有

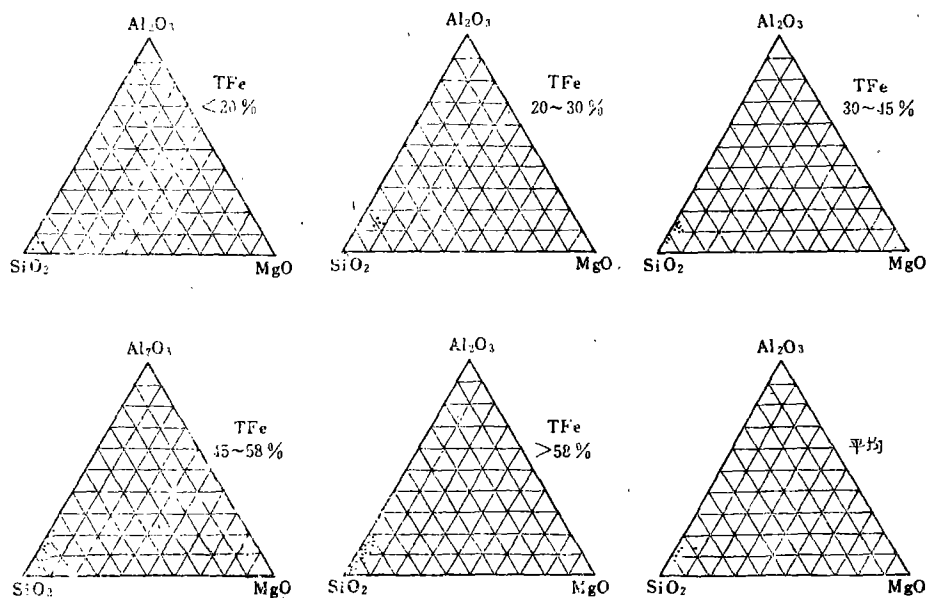


图1 广东海南石碌铁矿 $MgO-Al_2O_3-SiO_2$ 的比例随全铁含量逐渐增加关系图解

Ge, 所以我们认为本区火成岩与铁矿成因联系不密切。

2. 与省内不同成因类型铁矿中微量元素对比(表3)。

从表3可看出:

(1) 石碌铁矿与大顶、粤西托一旗铁矿的元素组合及特征元素有明显的差异, 后者以Sn、Ag、Bi、Cd等为主, 前者以Ge、Ba为主。

(2) 石碌铁矿与八乡铁矿, 具有相同的特征元素Ge和共生元素Zn, 但前者富Ba, 后者则含有较高的Sn、Mo、Be。八乡铁矿中的这些元素可能与火成活动有关。

(3) 石碌铁矿与大顶、泗轮、八角地等铁矿对比, 它们之间具有相同元素Ba, 且Mn含量都较高, 唯前者Ge较富。

三 硫同位素组成对成因指示意义

本文所选用的硫同位素组成, 是桂林冶金地质研究所分析的矿区各种岩石矿石中的一部分(137个样)。现整理如下。

1. 矿区内各种岩矿中硫同位素组成特征

(1) 硫同位素组成平均值列入表4。

从表看出: 各种岩石和铁矿中硫同位素组成变化范围较大, 其变化率 δS^{34} 达23.34%, 以富集 S^{34} 为主。由矿体底板到远围岩, δS^{34} 明显递减, 而且五层绢云母石英片岩和六层白云岩及白云质灰岩中出现负值, 表现出部分生物硫的作用, 与其他岩层比较, 有可能为不同来源。几种火成岩硫同位素组成变化范围小, 变化率仅2.2%, 与铁矿石、含矿围岩的差异明显, 表明三者硫的来源可能不同。

(2) 铁矿体中不同结构构造黄铁矿硫同位素组成如表5。

表5说明, 不同结构构造的黄铁矿, 其硫同位素组成没有显著的区别, 后生和变质改造作用没有引起硫同位素组成的巨大变化。

(3) 同一地质体不同硫化物硫同位素组成特征:

区内各种岩层矿层中出现黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿等硫化物, 其硫同位素组成特征如表6。

从表6可以看出, 各岩矿层的不同硫化物硫同位素组成具有一定差异, 如绢云母石

石碌铁矿与省内不同成因类型铁矿微量元素对比表

表 8

矿 区 及 类 型	铁矿石的元素组合	铁矿石中特征元素及含量(ppm)	
		常见值(或平均值)	最 高 值
大顶夕卡岩型磁铁矿	Sn、Ag、Cd、Bi、Mo、Zn、B、W、Cu、Mn	Sn1138, Cd11, Ag0.5	Sn6000, Cd25, Ag5
大顶沉积型赤铁矿	Pb、Cu、Mo、Ba、Mn	Ba1148, Mn1565	Ba5000, Mn>10000
泗轮—八角地沉积变质型铁矿	Ba、Cu、Zn、Mn	Ba300, Mn1000	Ba800, Mn>10000
八乡陆相火山喷发沉积变质型铁矿	Sn、Ge、Zn、Mo、Be、Cu、Mn、Pb	Mo10, Sn10~50, Be10~30, Ge30~50, Zn100~500	Mo10, Be30, Zn500, Sn50, Ge50
粤西托一旗夕卡岩型或热液型铁矿	Sn、Bi、Zn、Ag、Cu、Mn	Sn150~300, Zn200~500, Bi5~10	Sn1000, Bi1000, Zn>1000
海 南 石 碌 铁 矿	Ge、Ba、Zn、Cu、Mn	Ge10~30, Ba1000~3000	Ge100, Ba>10000

各种岩石矿石中硫同位素组成

表4

岩矿名称及层位	样品个数	$\delta S^{34}\%$		S^{32}/S^{34}	
		变化范围	平均值	变化范围	平均值
辉绿岩脉	1	+5.6	+5.6	22.097	22.097
煌斑岩	1	+6.5	+6.5	22.076	22.076
细粒花岗岩	4	+4.3~+6.1	+5.02	22.124~22.086	22.176
重晶石(六层)	7	+11.6~+21.2	+17.5	21.965~21.758	21.838
铁矿体(六层)	48	+0.2~+19.5	+12.1	22.215~21.776	21.975
碧玉和石英岩(六层)	11	+6.5~+15.9	+13.1	22.078~21.873	21.934
透辉透闪石岩(六层)	38	+7.1~+20.9	+12.7	22.063~21.765	21.958
白云岩及白云质灰岩(六层)	11	-1.4~+18.4	+9.4	22.250~21.819	22.014
绢云母石英片岩(五层)	13	-3.84~+15.9	+8.6	22.306~21.873	22.026

表5

矿石名称	结构构造	样品个数	$\delta S^{34}\%$ 变化范围	S^{32}/S^{34} 变化范围
贫铁矿石	脉状	8	+8.9~+15.8	21.875~20.023
	浸染状	4	+7.9~+17.1	21.846~22.027
高硫富铁矿石	脉状	15	+7.7~+19.5	22.051~21.776
	块状	10	+11.1~+14.6	21.976~21.900
	细脉浸染状	3	+10.4~+13.4	21.990~21.926
	条带状	2	+11.2~+13.9	21.973~21.915

各种岩矿层中硫化物硫同位素组成

表6

岩矿名称	矿物	样品个数	$\delta S^{34}\%$ 平均值	S^{32}/S^{34} 平均值
绢云母石英片岩(五层)	黄铁矿	6	+12.0	21.955
	闪锌矿	2	+6.5	22.075
	方铅矿	5	+7.4	22.096
白云岩及白云质灰岩(六层)	黄铁矿	10	+8.8	22.028
	磁黄铁矿	1	+15.9	21.873
透辉透闪石岩(六层)	黄铁矿	29	+13.1	21.954
	黄铜矿	2	+11.7	21.964
	方铅矿	3	+6.9	22.098
	磁黄铁矿	3	+16.0	21.869
铁矿石(六层)	黄铁矿	43	+12.4	21.972
	黄铜矿	3	+9.7	22.010
	磁黄铁矿	2	+10.4	21.991

英片岩、白云岩及白云质灰岩和透辉透闪石岩中的方铅矿、磁黄铁矿、闪锌矿与黄铁矿比较,相差约5~7‰。因此,有可能这些硫化物与黄铁矿中硫的来沉不相同。铁矿石中黄铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿的硫同位素组成相近似,说明铁矿石中几种硫化物硫的来沉是相同的。

2. 硫同位素组成对铁矿成因的指示

(1) 从铁矿体中的硫同位素组成来看,变化范围在+0.2~+19.5‰,显示出沉积矿床特征。但是与国内外已知成因类型矿床对比(图2),与典型沉积矿床又不尽相同,80%的样品硫同位素组成变化范围在+10~+18‰之间,以富集 S^{34} 为主,相似于火山型矿床。

(2) 从硫同位素组成分布规律来看(图3),铁矿与围岩硫同位素组成特征近似,可能是体现物质来沉的一致性,说明铁矿体中的硫可能来自围岩。

(3) 根据硫同位素的分馏作用计算其成矿温度如表7。根据矿体中浸染状重晶石和黄铁矿的硫同位素组成计算表明,本区铁矿温度达800~1000℃,这种高成矿温度只有火山喷发才有可能。

硫同位素成矿温度计算表 表7

矿物	样品数	S^{32}/S^{34} (平均值)	$\delta S^{34}\text{‰}$ (平均值)	分馏因素	成矿温度
重晶石	4	21.873	+15.9	1.00507	1000
贫铁矿中黄铁矿	8	21.984	+10.9		
重晶石	4	21.873	+15.9	1.00187	1000
富铁矿中黄铁矿	2	21.914	+14.0		
重晶石	4	21.873	+15.9	1.00795	800
铁矿中黄铜矿	2	22.047	+7.9		

四 关于铁矿成因的探讨

综合上述,我们认为石碌铁矿的成因是远火山沉积型铁矿床。理由是:

1. 常量元素铝、硅、镁在不同含铁品位的矿石中量比变化不大,不具任何趋势,表明这些元素与铁的关系是简单相加,这是沉积矿床的特征。但富铁矿石中 $Na_2O \gg K_2O$,根据科学院华南富铁矿队对国内外26个火山沉积与陆沉沉积型铁矿床的统计,火山沉积铁矿 $Na > K$,陆沉沉积铁矿则 $K > Na$,同时我国南方已知海相火山成因富铁矿一般也是 $Na_2O > K_2O$ 。因此,石碌铁矿的成因是沉积作用与火山作用兼而有之。

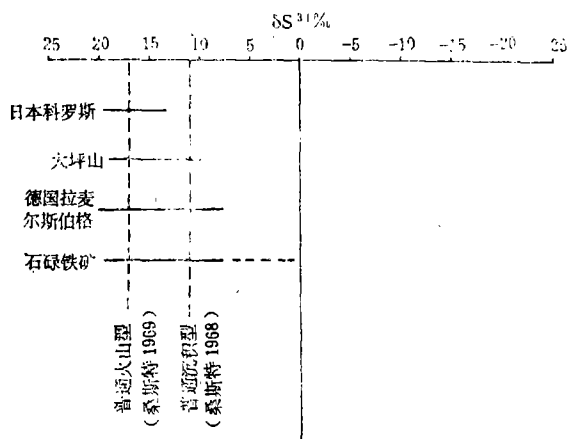


图2 石碌铁矿硫同位素与国内外火山型硫同位素对比图

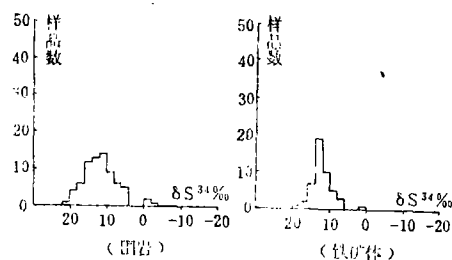


图3 硫同位素频率图

东川式层控铜矿床类型

演化与找矿实践(续完)

黎 功 举

三 东川式层控铜矿床的形成 与演化阶段

实践证明,在探索纷繁复杂的成矿作用的过程中,只有把各种地质现象当作运动的、彼此有内在联系的事物去研究,分析它们本身固有的矛盾性,发现它们互相联系的规律,才能正确揭示地质发展及矿产形成、分布规律。东川式层控铜矿床的形成及其类型演化过程大致可划分为三个阶段,即沉积阶段、成岩阶段和改造阶段。

1. 沉积阶段——孕矿岩组形成(造成岩层中铜质的轻度富集,但未形成矿床)。

2. 微量元素在岩矿中的分布性状表明,石碌铁矿与区内火成岩没有成因联系。与省内不同成因类型铁矿微量元素对比亦说明,该铁矿既有沉积因素又有火山喷发的特点。

3. 本区铁矿石中有不同于一般沉积矿床的特征元素锆。戈里果利耶夫认为,锆是火山铁矿所固有的元素,含量可达20~40ppm。

4. 矿区的硫同位素组成具有变化范围大,以富集 S^{34} 为主,明显的塔式分布规律等特点,这与国内外火山沉积型铁矿床对比是相似的。

五 结 论

1. 石碌铁矿从地球化学特征角度分析,

(1) 关于成矿物质来源问题 过去一直认为东川式层控矿床的形成与晋宁期辉长一辉绿岩活动有关,其矿质来沉于岩浆期后热液。将其矿床成因划为中温热液矿床。近期对含矿围岩(包括矿石)与火成岩的岩石化学、微量元素以及同位素年龄所进行的研究,证明火成岩与成矿作用无直接关系。

① 岩石化学方面:整个康滇地轴区昆阴群落雪组地层中铜的平均含量均高出火成岩两倍以上(表3、4)。

从表4可以看出各层铜含量以落雪组(包括底部过渡层)为最高,次为因民组。如由岩浆直接分异供给此二层如此多量而又稳定的铜是难以想象的。因此,落雪组和因

其成因应是远火山沉积型铁矿床。

2. 铁矿形成于强氧化条件下,故以赤铁矿为主。成矿过程中由于 SiO_2 大量减少,因此该铁矿很富。

3. 铁矿床的形成与区内火成岩没有成因联系。铁矿元素组合是Ba、Ge、Cu、Zn、Mn,其地球化学找矿标志,初步认为是Ge、Ba或Ba/Mn比值。

4. 浸染状、脉状、细脉浸染状、条带状等硫化物硫同位素组成没有显著区别,表明后生和发生改造作用没有引起硫化物同位素组成的巨大变化。

(罗年华执笔)