

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊

1985年 第3号

(总第15号)



地质出版社

中国地质科学院

矿床地质研究所刊

1985年 第3号

(总第15号)

地质出版社

中国地质科学院
矿床地质研究所所刊
1985年 第3号
(总第15号)

责任编辑：张肇新 张中民 倪瑞兰

地质出版社出版

(北京 西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：778×1092¹/₁₆ 印张：12 字数：282,000
1985年12月北京第一版·1985年12月北京第一次印刷
印数：1—1,640册·定价：2.65元
统一书号：13038·新178

目 录

再论大冶式铁矿.....	裴荣富 刘 瑛 吕凤翔 (1)
天山地槽褶皱系古生代火山作用及与铁矿成矿作用关系.....	徐志刚 张水哲 (13)
华南中生代火山岩带的构造环境和区域找矿.....	吴良士 裴荣富 (43)
谢尔塔拉铁锌矿床成因探讨.....	陈毓川 艾永德 李祥明 (61)
磁海铁矿的矿化蚀变特征.....	盛继福 (89)
广西大厂长坡锡石-硫化物矿床硫盐矿物系列及其共生组合研究.....	黄氏智等 (110)
福建溪源头花岗伟晶岩中的天蓝石研究.....	杨岳清等 (149)
多元素稳定同位素综合分析装置及其实验方法研究.....	刘裕庆 樊天益 (157)

科技活动

一九八四年外国学者应邀来我所讲学活动简介	(178)
----------------------------	-------

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF MINERAL DEPOSITS, CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.3, 1985 (Serial No:15)

CONTENTS

- More on the Daye Type Iron Deposits *Pei Rongfu et al.* (11)
- The Paleozoic Volcanism in the Tianshan Geosynclinal System and Its
Relation to the Iron Mineralization..... *Xu Zhigang et al.* (12)
- Tectonic Settings of Mesozoic Volcanic Belts and Regional Metallogeny
in South China *Wu Liangshi et al.* (60)
- A Discussion on the Genesis of the Xiertala Iron-Zinc Deposit
..... *Ai Yongde et al.* (65)
- Mineralization and Alteration of the Cihai Iron Deposit *Sheng Jifu* (106)
- A Study of Sulfosalt Mineral Series and Their Paragenetic Association
in the Changpo Cassiterite-Sulfide Deposit, Zhuang Autonomous Region
of Guangxi..... *Huang Minzhi et al.* (140)
- A Study on Lazulite from the Xiyuanton Granitic Pegmatite, Fujian
Province *Yang Yueqing et al.* (156)
- A Synthetic Apparatus for Stable Isotope Analysis of Multi-Elements
and a Study of the Experimental Method..... *Liu Yuqing et al.* (178)

再论大冶式铁矿

裴荣富 刘 璞 吕凤翔

(矿床地质研究所)

自一九五七年黄懿、裴荣富等发表“论大冶式铁矿”以来,至今已有不少矿床地质工作者,无论是对其成矿地质环境,还是对矿床成因和成矿机制等,均提出很多新的认识。例如在矿床成因方面,存在有砂卡岩-高温热液成矿^[1,2]、三叠纪海相火山成矿、同生沉积菱铁矿后期改造成矿^①、膏盐促进闪长岩成矿^[3]和矿浆成矿^[4]等各种观点。我们通过对该区的进一步研究,提出了以下一些认识,供进一步探讨。

一、成矿地质环境

1. 赋矿围岩特征

大冶式铁矿主要赋存在三叠纪地层中。鄂东一带三叠纪是一套大规模海退环境下沉积的岩系,由下统大冶群下部浅海碳酸盐岩建造($T_1d_1-T_1d_4$)、大冶群上部海湾-泻湖相白云岩-膏岩建造($T_1d_5-T_1d_7$)和上统蒲圻群内陆湖相碎屑岩建造组成。这套岩系岩性差异大,岩层厚薄不等,塑性不同,在区域构造应力作用下易于产生褶皱、层间剥离、破碎和断裂构造,为区内多期次岩浆活动提供了就位空间,也为多期次的含矿流体提供了有利的充填交代部位。

区内铁矿总储量的93% (包括铁山、程潮、金山、灵乡等大中型矿床)都集中赋存在大冶群上部海湾-泻湖相白云岩-膏盐建造中的 T_1d_5 、 T_1d_6 、 T_1d_7 三个岩性段内。其岩性特征以含石膏假晶白云岩、灰质白云岩、角砾状白云质灰岩和角砾状白云岩(可能为盐溶角砾岩)、纯灰岩为主。岩层结构不均,薄层与中厚层、厚层相间,并且有条纹状、层纹状层理和角砾状构造。其化学成分特征:质纯者含 $MgO + CaO \geq 50\%$,含酸不溶物质($SiO_2 + Al_2O_3$)低,一般为1—3%,其中白云岩含 MgO 13—20%, CaO 30—36%;灰岩含 CaO 50%, MgO 2—4%。岩石的化学性质十分活泼,加之岩层中的膏盐易溶产生空隙,为含矿流体运移、充填交代提供了最有利的围岩条件,是大冶式铁矿主要赋存在这段岩层的主要因素。

铁、铜在三叠系中的分布特征:下统大冶灰岩第一岩性段(T_1d_1)钙质页岩、泥质灰岩中含 Fe 0.8%, Cu 0.0016%;第二至第七岩性段($T_1d_2-T_1d_7$)碳酸盐类岩石中含 Fe 0.23—0.0016%, Cu 0.00024—0.00036%^②。上统蒲圻群砂岩、页岩、泥岩中含 Fe 4—6%, Cu 最高达0.0042%^③。它们与K.图尔基米、K.魏德波1961年发表的地壳中各类岩石元素平

① 据张尊光1980年资料。

② 据湖北地质局第一地质队1973年资料。

③ 据胡应中资料。

均含量表中相当岩类的铁、铜元素含量极为相近。围岩中未发现铁、铜的富集层，从而判断不具同生沉积改造成矿的可能。但是膏盐和碳酸盐岩被岩浆侵蚀同化后有利于岩浆中的成矿物质熔离，对成矿亦起了一定的促进作用。

2. 深部构造特征

鄂东南大冶式铁矿床主要分布在下扬子拗陷褶皱带的中生代继承性拗陷盆地及其边缘梁子湖地区（图1），北为淮阳地盾，南为江南古陆。据闵志等人资料，其地壳深部结构特征是北部淮阳地盾莫霍面深度为32.5—35.5公里，南部江南古陆莫霍面深度为32.5—34.5公里，而大冶式铁矿分布区的中新生代继承性拗陷盆地的莫霍面深度为32—32.5公里。大

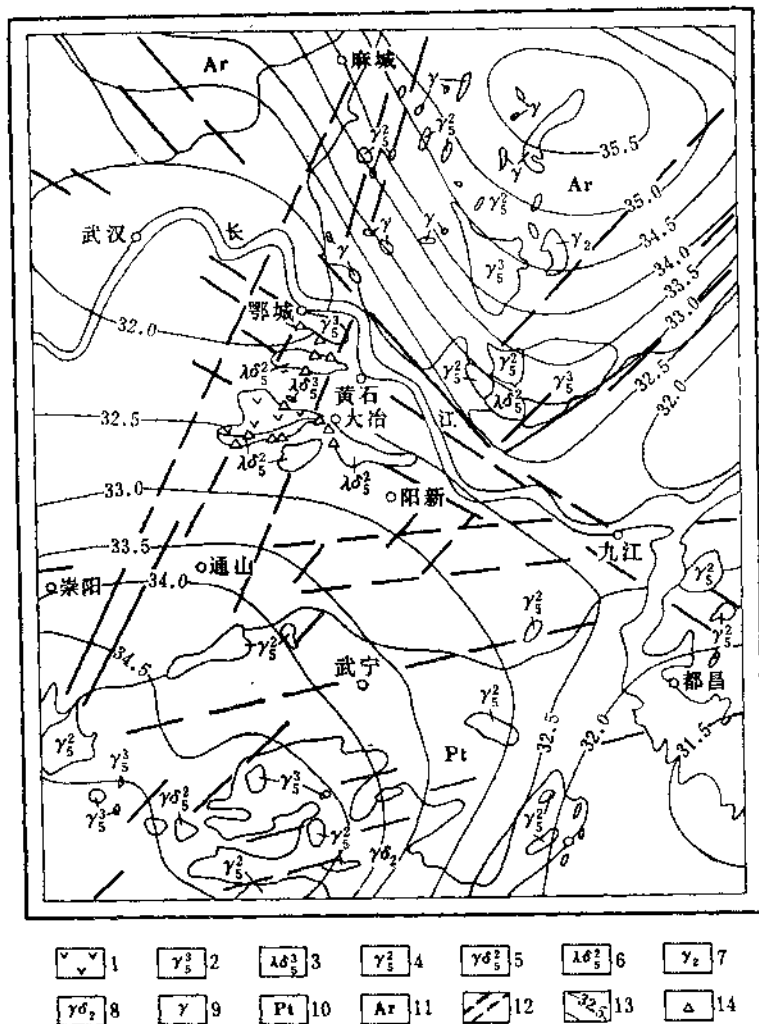


图 1 鄂东南区域地质图

Fig. 1 Diagrammatic regional geological map of southeast Hubei.

1—燕山期火山岩；2—燕山晚期花岗岩；3—燕山晚期石英闪长岩；4—燕山早期花岗岩；5—燕山早期花岗闪长岩；6—燕山早期石英闪长岩；7—前寒武纪花岗岩；8—前寒武纪花岗闪长岩；9—时代不明花岗岩；10—元古界板溪群；11—太古界大别群；12—深断裂带；13—莫霍面等值线（据闵志等）；14—铁、铜矿床

冶式铁矿分布区域正是地幔上隆和地壳结构相对较薄部位, 这种部位更易于遭受后期构造运动的活化。

对区域地质结构和卫星影像研究表明: 在区内的北部下扬子拗陷褶皱带与淮阳地盾之间有一北西向巨型深大断裂通过, 在区内经黄石沿长江经九江再向东延伸到浙江沿海。与它平行的有一系列北西向大断裂。在区域的南部与江南古陆之间, 也存在一组近东西向巨型深大断裂, 经武宁、通山向东延伸到九江和安徽省南部。与其平行亦存在一系列近东西向大断裂。这两条巨型深大断裂带可能属慢性深大断裂, 在早古生代以前就存在, 历次构造运动均有活动, 对鄂东南地质构造的发展起着重大影响。

东区西北部麻城—团风、中部鄂城—通山一带发育了一组北北东向大型深断裂带, 推测属壳性—超壳性大断裂带, 主要在印支—燕山运动期形成。由于印支、燕山运动的强烈作用, 不仅产生了这组北北东向大断裂, 而且促进了前燕山期北西向和东西向大断裂及其派生的大断裂的复活。这一系列复杂的交叉断裂带, 不仅控制了继承性拗陷盆地的发生和发展, 同时也控制了区内中性—中酸性岩体和铁、铜矿床的空间展布和多期就位。由燕山运动引起区内三叠系表层褶皱所形成的层间剥离构造、地层挠曲和断裂, 以及岩体与三叠系形成的各种类型的接触构造, 均为铁矿分布提供了良好空间。

3. 岩浆岩条件

大冶式铁矿与中酸性杂岩体不但在空间上密切伴生, 而且在时间上紧密伴随。多期次岩浆活动伴随多期次成矿作用。根据灵乡等地侏罗系上统灵乡组及中下统火山岩不整合覆盖在灵乡岩体和铁矿体之上, 并在底砾岩中有闪长岩和铁矿石的砾石, 以及侵入灵乡组砾岩的王豹山岩体中的铁矿交代砾岩, 同时结合同位素年龄资料, 可将区内岩浆活动和相应的成矿作用分为主要的两大期。

(1) 燕山早期侵入杂岩体: 时代为早侏罗世, 同位素年龄为165—135百万年。有灵乡、铁山、阳新、殷祖等岩体。岩石系列为闪长岩—石英闪长岩—花岗闪长岩。

燕山早期成矿期: 同位素年龄为149—139百万年, 属早侏罗世。有铁山、灵乡等矿床。成矿以铁、铜为主。

(2) 燕山晚期侵入杂岩体: 同位素年龄为135—90百万年, 属晚侏罗世—白垩纪。有鄂城、金山店、王豹山等岩体。岩石系列为闪长岩—石英闪长岩—石英二长岩—花岗岩。

燕山晚期成矿期: 同位素年龄为134—128—90百万年(矿石中伴生金云母年龄), 属晚侏罗世—白垩纪。有程潮、金山店等矿床。成矿以铁为主。

无论燕山早期还是燕山晚期的侵入体, 都是由多次侵入的不同岩类组成, 并有多次成矿的特征。例如铁山杂岩体从早到晚有细斑含石英闪长岩→透辉石闪长岩→石英正长闪长岩→粗斑石英闪长岩→斑状花岗闪长岩等侵入。伴随斑状花岗闪长岩有铜矿化。

燕山早期和燕山晚期岩浆活动都具有明显的分异演化特征, 如铁山、鄂城杂岩体(表1)。随着岩体侵入顺序, 铁山杂岩体分异不明显, 表现为中性→中(基)性→中性→中酸性。其 δ 值(里特曼指数)变化为3.85→5.60→4.02→3.41→2.76, 即为次钙碱性→碱性→次钙碱性→钙碱性。鄂城杂岩体分异明显, 具有两次演化系列, 表现为中(基)性→中酸性→酸性和中性→酸性。其 δ 值为5.13→2.77→2.28和4.65→1.80, 即为碱性→钙碱

表 1 鄂东地区杂岩体化学成分特征(%)

Table 1. Characteristic chemical composition of complex bodies in east Hubei.

岩体名称	侵入期次	岩石名称	SiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O + Na ₂ O	岩石性质	δ 值	
铁 山 杂 岩 体	燕 山 早 期	I 含石英闪长岩 (铁矿化)	62.47	3.30	5.36	8.66	中 性	3.85	次钙碱性
		II 透辉石闪长岩 (铁矿化)	68.89	3.66	5.77	9.43	中(基)性	5.60	碱 性
		III 正长闪长岩	62.48	3.55	5.30	8.85	中 性	4.02	碱 性
		IV 粗斑石英闪长岩	64.59	3.03	5.56	8.59	中 性	3.41	次钙碱性
		V 斑状花岗闪长岩 (铜矿化)	67.01	3.58	4.86	8.44	中酸性	2.96	钙 酸 性
鄂 城 杂 岩 体	燕 山 晚 期	I 闪长岩 (铁矿化)	60.62	2.53	5.52	8.05	中(基)性	5.13	碱 性
		II 石英二长岩	69.84	4.06	4.57	8.63	中 酸 性	2.77	钙 碱 性
		III 斑状花岗岩	74.74	4.54	3.98	8.52	酸 性	2.28	钙 碱 性
		IV 石英闪长岩 (铁矿化)	69.59	3.75	5.03	8.78	中 性	4.65	碱 性
		V 石英长石斑岩	73.95	0.27	7.20	7.47	酸 性	1.80	钙 碱 性

性。成矿作用与岩浆演化有关,铁矿主要在碱性、次钙碱性(中性岩或中(基)性岩)的末期形成,而铜矿则主要在钙碱性(中酸性岩)之后形成。所以,本区铁、铜的形成与岩浆岩的关系不能单纯地考虑某个岩体,而必须从岩浆演化系列的全部组合来分析其成矿专属关系。据此,本区应是和中(基)性岩浆系列有生成联系的铁、铜成矿系列。

代表燕山早期的铁山杂岩体和代表燕山晚期的鄂城杂岩体的不同期次侵入岩的稀土元素经球粒陨石标准化后的稀土分布型式如图2、3。这些图形显示出不同期次的侵入岩具有轻稀土(LREE)富集和重稀土(HREE)亏损。所有岩石的稀土分布型式($La_N - Yb_N$)均呈陡倾斜式和斜率都相近的共同特征;不同岩石之间的差别表现为轻稀土富集程度、重稀土贫化程度、Eu*亏损程度和稀土总丰度的不同(表2)。铁山杂岩体不同期次的岩浆岩的 ΣREE 为215.20—330.70ppm, LREE/HREE为6.90—10.23, δEu^* 为0.99—0.88,呈极弱亏损;鄂城杂岩体 ΣREE 为262.82—127.18ppm, LREE/HREE为2.35—8.04, δEu^* 为0.99—0.07,呈弱→强亏损。随着侵入先后杂岩体的LREE/HREE比值增高, δEu^* 减小。这些特征表明,不同期次的岩体具有同源特征,它们是从早期到晚期逐渐分异演化的产物。

二、矿床成因

大冶式铁矿主要分布在中性—中酸性侵入岩与碳酸盐岩石接触带或岩体内的碳酸盐岩捕虏体中。矿体与矽卡岩关系密切,主要是产于透辉石的矽卡岩、金云母透辉石矽卡岩、透辉石石榴石矽卡岩、方柱石石榴石矽卡岩或其附近。主要矿石类型为磁铁矿、含硫化物磁铁矿、磁铁矿假象赤铁矿矿石。铁山和灵乡一些矿床还有一定量的磁铁矿—菱铁矿矿石。

样品/球粒陨石(赫尔曼)

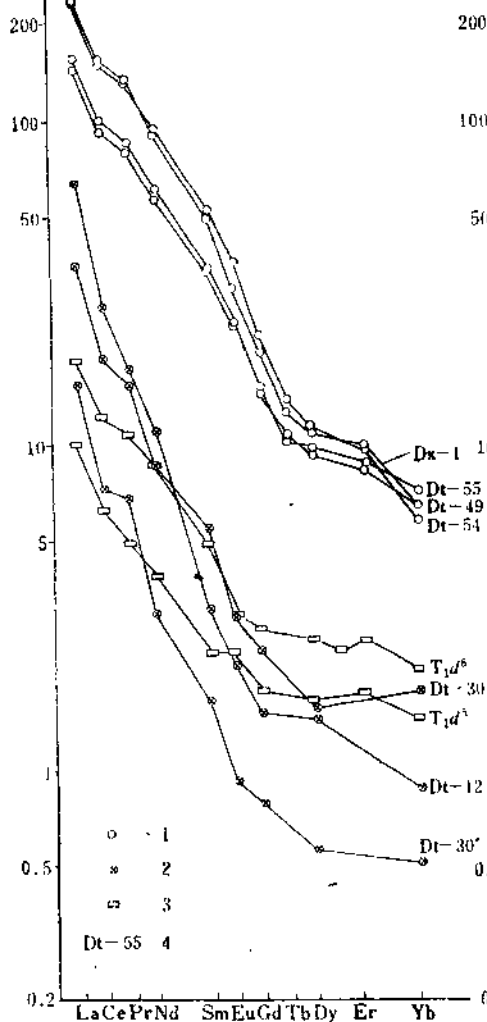


图2 大冶铁矿区岩石、矿石稀土元素球粒陨石标准化模式

1—岩浆岩; 2—矿石; 3—碳酸盐岩; 4—样品号

Fig. 2 Chondrite-normalized REE pattern of rocks and ores from the Daye iron mine.

1. magmatic rock; 2. ore; 3. carbonate rock; 4. sample number.

样品/球粒陨石(赫尔曼)

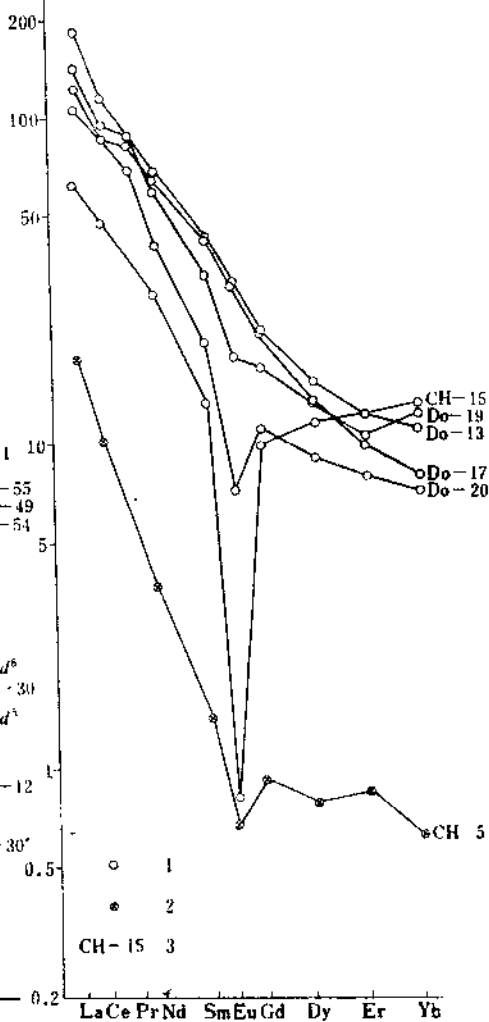


图3 程潮铁矿区岩石、矿石稀土元素球粒陨石标准化模式

1—岩浆岩; 2—矿石; 3—样品号

Fig. 3. Chondrite-normalized REE pattern of rocks and ores from the Chengrao iron mine.

1. magmatic rock; 2. ore; 3. sample number.

大冶式铁矿在七十年代以前一直认为是矽卡岩—热液型矿床。随着层控理论在国内的流行,也提出了三叠纪富铁碳酸盐岩层被热液改造形成铁矿的不同看法。但是根据以下几个特征,作者认为该铁矿不可能是三叠系含铁的碳酸盐岩被热液改造形成的矿床。在鄂

表 2 铁山、程潮杂岩体岩石稀土元素含量

Table 2. REE contents of the Tieshan and Chengcao complex bodies.

岩体名称	样号	岩石名称	ΣLREE (ppm)	ΣHREE (ppm)	ΣREE (ppm)	$\frac{\Sigma\text{LREE}}{\Sigma\text{HREE}}$	δEu^*
铁山岩体	Dt-55	细粒斑状石英闪长岩	187.97	27.23	215.20	6.90	0.94
	Dt-54	黑云辉石闪长岩	298.14	30.08	328.22	9.91	0.99
	Dt-49	中粒斑状石英闪长岩	202.82	25.97	228.79	7.81	0.96
	Dx-1	花岗岩闪长岩	301.29	29.44	330.73	10.23	0.88
程潮岩体	Do-13	细粒辉石闪长岩	200.42	42.86	243.28	4.68	0.99
	Do-17	黑云辉石闪长岩	180.43	35.47	215.90	5.09	0.91
	Do-19	石英二长岩	223.77	39.05	262.82	5.73	0.71
	Do-20	花岗岩	189.77	23.80	213.37	8.04	0.36
	CH-15	斑状花岗岩	89.22	37.96	127.18	2.35	0.07

东南广大地区三叠系中未有富铁碳酸盐沉积层；大冶、灵乡一些矿床中的磁铁矿-菱铁矿矿石、菱铁矿矿石虽然具条带状、花斑状构造以及有些地段的条纹产状与围岩产状相近，但这些菱铁矿都是在磁铁矿形成以后被后期富含 CO_2 的矿液交代改造形成的；磁铁矿-菱铁矿矿石中普遍发育有磁铁矿被交代、熔蚀的残余结构，菱铁矿集合体保存有磁铁矿假象；菱铁矿矿石中的稀土元素与磁铁矿和岩浆岩的稀土元素的分布模式相似等。

近几年来，石准立等人^[8]根据铁山矿区的致密块状矿石存在多孔状构造、贯入式矿脉以及围岩蚀变不发育等现象提出了该矿床以岩浆成矿为主的想法，使大冶式铁矿成因的认识进一步深化。在鄂东南其它一些矿床中（如灵乡脑窖、金山店余华寺等）也发现了以充填作用为主的致密块状磁铁矿石中具有一些多孔状构造。这类矿石主要分布在断裂破碎发育地段，而在同一矿体的构造破碎不明显地段则为交代作用形成的浸染状、条带状及块状矿石，而且矽卡岩发育，并有围岩的交代残留体。余华寺矿床产于石英闪长岩与大理岩接触带上，主矿体东段由浸染状、稠密浸染状和少量块状构造的透辉石-磁铁矿矿石组成，透辉石矽卡岩发育。主矿体西段渐变为充填特征较明显的块状和一些多孔状构造的金云母-磁铁矿矿石。矿石中虽有蚀变不明显的闪长岩、大理岩角砾存在，但在此段矿体边缘的围岩中有数厘米至十几厘米的磁铁矿脉，脉旁也有几厘米宽的透辉石、绿泥石化现象。上述同一成矿期形成的同一矿体，在东西两段具有不同的矿化特征，这不可能是从深部同时分出两种不同性质的含矿流体所致，而只可能是从深处分出富含水、挥发分、铁、硅的含矿流体侵入到不同地段，由于构造裂隙的发育程度、裂隙圈闭程度以及物理化学条件的差异而形成的不同特征的矿化。西段构造裂隙发育，裂隙圈闭程度差，含矿流体中水、挥发分易散失，从而使含矿流体中铁质更浓集，形成具有块状、多孔状构造的金云母-磁铁矿矿石，而东段裂隙不发育，圈闭程度好，含矿流体与围岩充分交代，所以形成透辉石-磁铁矿矿石。

张福山、尖林山、狮子山、尖山、刘家畈、王豹山等矿区的气化热液交代作用十分明显，含矿流体交代白云岩、大理岩、泥灰岩而形成浸染状、稠密浸染状磁铁矿-矽卡岩矿石、致密块状矿石、条带状矿石、斑杂状矿石；交代瘤状灰岩、石灰岩砾石、角砾岩而形成的瘤状、砾状、角砾状矿石。矿体中白云岩、大理岩、矽卡岩残留体的存在，以及石

榴石化、透辉石化、阳起石化、金云母化等蚀变的发育都表明了气化热液交代在成矿中的重要作用。从象鼻山具有少数多孔状构造的块状矿石带（具有似层状构造），向上过渡为花斑状和条纹状构造的磁铁矿-菱铁矿矿石带，以及这些层纹、条纹产状与矿体上部围岩的产状基本相似，矿区的白云岩、大理岩中也有这种层纹、条纹构造来看，在这部分矿体的形成过程中交代作用占主导地位。

据前人对铜绿山^①、铁山^②、程潮^③等矿床包裹体的研究资料，透辉石中气液包裹体的均一化温度为480—700℃，石榴石为355—590℃；用爆裂法测定的磁铁矿温度：铜绿山为420—500℃，铁山为300—470℃和530—590℃；程潮矿床黄铁矿、石膏硫同位素平衡温度为500—650℃，表明磁铁矿主要在500—600℃形成。包裹体有液相、气-液相、气相，并有NaCl子矿物，反映成矿溶液的盐度较高。据С. Такемоучий等人^[15]的实验资料，液体中含NaCl可提高液体温度的临界点。当水中含H₂Cl为10%时，在500巴压力下临界点可达600℃。梁祥济等人^[10]的实验也表明，溶液中含有HCl+HF或K, Na卤化物时可作为铁质的有利汲取剂和载体，随着溶液中HCl+HF或K, Na卤化物浓度的增高，对溶液的汲取和搬运铁质的量就会增大，超过水溶液吸吸搬运铁质量的数倍。大冶铁矿磁铁矿的爆裂温度较高，为530—600℃，但在含有一定量HCl+HF或K, Na卤化物的溶液中仍然有可能呈含铁卤化物和挥发分较高的溶液被分出并运移到就位地段。由于这些地段的构造破碎比较发育，圈闭条件较差，水和挥发分易于散失，铁质更加浓集，从而形成一些具有“矿浆”特征的矿体。但应指出，“矿浆”矿体的形成仍旧是在矽卡岩化后期，与含水硅酸盐化（透辉石、角闪石、金云母）的同时由含铁流体的进一步浓集而成的。

鉴于大冶式铁矿毫无例外地均产在火成侵入体和沉积岩层之间的接触带上，成其附近的碳酸盐岩层的断裂带中，并且主要赋存在富钙、铁、镁、锰和铝的钙质硅酸盐岩（矽卡岩）中，形成以磁铁矿、赤铁矿为主（部分菱铁矿），伴生黄铁矿的经济矿物组合体，据这些组合的具有变质的交代结构、构造特征来看，可以肯定它们是通过火成变质作用到热液组分带入的岩浆作用，即一般通称为“热液变质矽卡岩”和“交代矽卡岩”两个端员矽卡岩化的综合作用的结果^[12]。大冶式铁矿的形成温度范围很宽，接触变质作用、交代作用和充填作用重叠在一起，亦显示多期性、间歇性和继承性的成矿特点。它们的成矿是在气成作用的矽卡岩化阶段开始至高温热液的水硅酸盐化阶段富集，延续到高-中温热液的充填交代阶段而告终。我们认为，这种在接触交代—高-中温热液作用下以矽卡岩化为先决基准条件而形成的一组在成因上有密切联系的在单独或整体矿床中均不能明显区分的系列矿床，应该称之为广义的矽卡岩型矿床。

三、成矿物质来源

近年来，对大冶式铁矿成矿物质来源先后提出了多种不同的观点，如铁质来自闪长岩钠化作用，来自下三叠统的富铁碳酸岩或上三叠统蒲圻群，以及多成因多来源的不同认

① 据湖北省第一地质队1980年资料。

② 据刘家齐等人1980年资料。

③ 据苏欣栋1978年资料。

识。从笔者对鄂东南大冶式铁矿的稀土元素和稳定同位素的研究,认为成矿物质和岩浆岩同源,均来自上地幔分熔的安山质岩浆。

1. 稀土元素分布特征

下三叠统大理岩 (T_1d_5) 和白云岩 (T_1d_6) 的稀土元素球粒陨石标准化型式为缓倾斜—平缓曲线 (从 $La_N \rightarrow Eu_N$ 呈缓倾斜, 而 $Gd_N \rightarrow Yb_N$ 呈一平缓线)。两者曲线斜率相近, 仅稀土元素的富集程度不同 (图2)。其稀土模式与岩浆岩的稀土模式相比, 表现为重稀土富集程度比较高, 稀土分馏不明显, 以及 LREE/HREE 比值较小。详细数据见表3。

铁山条带状磁铁矿-菱铁矿矿石、多孔状磁铁矿矿石中磁铁矿和程潮透辉石-磁铁矿矿石中的磁铁矿所含的稀土元素球粒陨石标准化模式呈陡倾斜的曲线 (图2、3)。铁山磁铁矿和磁铁矿-菱铁矿矿石具有明显的轻稀土富集和重稀土亏损, 弱负异常特征 (表4), 与铁山杂岩体的稀土元素特征相似 (图2)。而程潮矿石中磁铁矿也表现了轻稀土的富集, 但重稀土的亏损度与铁山不同 (表4), 与鄂城杂岩体的稀土元素特征相似 (图3), 而不同于大冶灰岩的稀土特征。

表3 鄂东南地区大理岩、白云岩的稀土元素含量

Table 3. REE contents of marble and dolomite in southeast Hubei.

样号	岩石	$\Sigma LREE$ (ppm)	$\Sigma HREE$ (ppm)	ΣREE (ppm)	$\frac{\Sigma LREE}{\Sigma HREE}$	δEu^*
T_1d_5	大理岩	12.82	4.93	17.75	2.61	1.15
T_1d_6	白云岩	25.13	7.44	32.57	3.38	0.21

表4 铁山、程潮铁矿矿石的稀土元素含量

Table 4. REE contents of the ores from Tieshan and Chengcao.

矿区	样号、样品名称	$\Sigma LREE$ (ppm)	$\Sigma HREE$ (ppm)	ΣREE (ppm)	$\frac{\Sigma LREE}{\Sigma HREE}$	δEu^*
铁山	Ct-30 多孔状磁铁矿矿石中磁铁矿	37.82	5.16	42.98	7.33	0.75
	Dt-30 多孔状磁铁矿矿石中磁铁矿	14.98	1.46	16.44	10.26	0.77
	Ct-12 条纹、条带状磁铁矿-菱铁矿矿石	56.44	3.41	59.85	16.55	0.93
程潮	CH-5 透辉石-磁铁矿矿石中的磁铁矿	18.56	2.37	20.93	7.83	0.55

上述稀土元素在矿石、岩浆和围岩中分布的特征表明铁矿与岩浆岩具有密切的成因联系, 提供了它们具有共同物质来源的重要信息。

关于与大冶式铁矿有成因联系的钙碱性闪长岩类岩石, 根据其化学成分和稀土元素特征分析, 可能是安山岩类岩浆在地壳深部的结晶产物。解释安山质岩石成因的主要模式有: ①俯冲带内洋壳的部分熔融模式; 2. 上地幔橄榄岩的部分熔融模式。根据 J. 多斯塔尔和 M. 泽尔^[11]对比上述两种模式的部分稀土元素的熔融模式的计算结果: 俯冲洋壳模式无论角闪岩相或榴辉岩相, 部分熔融所产生的熔体的陨石标准化稀土模式和上地幔尖晶石橄榄岩部分熔融体的稀土模式均与大冶式铁矿石和有关的杂岩体的稀土模式有明显的差别。

大冶式铁矿石和有关杂岩体的模式具有轻稀土元素的高度富集和重稀土的逐渐降低的分布特征,它与上地幔石榴石橄榄岩部分熔融所产生的熔体的稀土模式(图4)相似。当深融程度 $<5\%$ 时,能产生鄂东南杂岩体所见到的轻稀土元素较富集的特征。

2. 稳定同位素特征

铅同位素 铁山杂岩体中细粒斑状石英闪长岩的长石和矿石中的磁铁矿所含分散铅同位素测定结果如表5所示。

表5. 铁山杂岩体中的长石和矿石中磁铁矿的铅同位素比值

Table 5 Lead isotopic composition of magnetite in feldspar and ore from the Tieshan complex.

测定对象	$\frac{Pb^{206}}{Pb^{204}}$	$\frac{Pb^{207}}{Pb^{204}}$	$\frac{Pb^{208}}{Pb^{204}}$
细粒斑状石英闪长岩中的长石	17.92	15.50	38.40
矿石中的磁铁矿	18.01	15.47	37.97

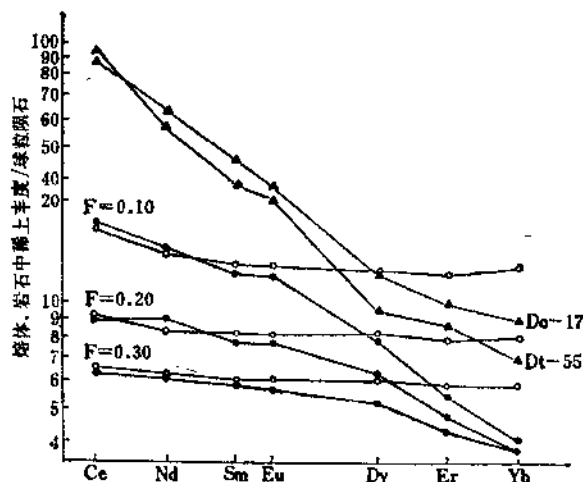


图4 鄂东岩浆岩与橄榄岩部分熔融所产生的熔体稀土元素球粒陨石标准化模式对比

Fig. 4 Correlation of chondrite-normalized REE patterns between igneous rocks of south-east Hubei and melt produced by partial melting of peridotite.

空圈代表夹晶石榴岩部分熔融产生的熔体(据J.Dostal and M.Jerbi); 黑实圈代表石榴石橄榄岩部分熔融产生的熔体(据J.Dostal and M.Jerbi); (Do-55)——铁山矿区细粒斑状石英闪长岩; (Dt-17)——程潮矿区黑云母辉石闪长岩; 熔融程度(F) = 10.20和30%

长石和磁铁矿中所含铅的同位素比值相近,在 Pb^{207}/Pb^{204} — Pb^{206}/Pb^{204} 与 Pb^{208}/Pb^{204} — Pb^{206}/Pb^{204} 座标图上的位置相近(图5),表明分散在岩浆熔体和成矿流体中的铅具有相同的来源和演化历史,证明铁矿与岩浆岩是同源。

氧同位素 据宜昌地质矿产研究所资料,金山店辉石闪长岩(全岩)的 δO^{18} 值为8‰,王豹山石英闪长岩的为9.3‰;据石准立等人资料,铁山杂岩体的中细粒石英闪长岩内副矿物磁铁矿的 δO^{18} 值为3.59—3.95‰,各矿体中磁铁矿的为3.4—8.8‰;据武汉地质学院灵乡科研队的资料,小包山和脑密矿体磁铁矿的 δO^{18} 值为2.4—8.3‰。这些均表明形成岩浆

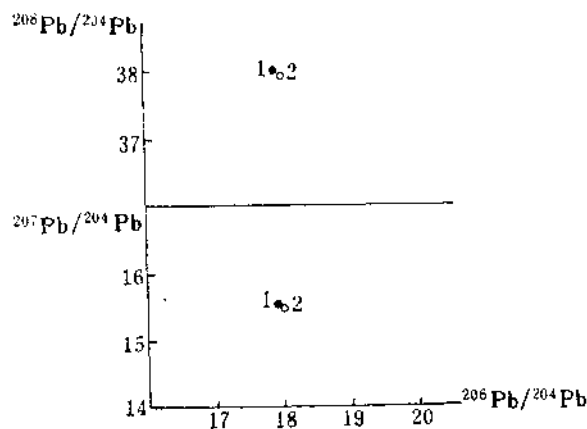


图 5 铁山矿区铅同位素组成

1—细粒斑状石英闪长岩中长石的铅；2—矿石中磁铁矿的铅

Fig. 5 Lead isotopic composition of the Tieshan mine.

1. Lead in feldspar from fine-grained porphyritic quartz diorite;
2. Lead in magnetite from the ore.

岩和磁铁矿的氧同位素组成很相近，变化不大，具有相同的来源和相同的演化历史。从岩体中副矿物磁铁矿和矿石中磁铁矿多数样品的 δO^{18} 值为 2.4—5.7‰，与基性—超基性岩及一些岩浆矿床、中基性岩中的磁铁矿氧同位素组成相近来看，也表明了成矿流体和岩浆同来自深源——上地幔。

硫同位素 鄂东南主要铁矿区的矿石中黄铁矿的硫同位素组成前人已测定了大量数据^[5,7]，其中铁山矿区的 $\delta^{34}S$ 值为 -6—+5‰，主要集中在 +1—+5‰ 之间，这些值接近陨石硫，表明硫是来自上地幔。但也有些矿区，如灵乡、程潮、张福山等的矿石中的黄铁矿含硫量较高， $\delta^{34}S$ 值介于 +10—+18‰ 之间，这些矿区的重硫较高主要原因是矿体的产出位置较

高 (T_d 以上)，并且岩层中发育有一些盐溶角砾岩，矿区外围还有沉积硬石膏，因此这是富含轻硫的岩浆和含矿流体与沉积建造中的膏盐和地下热卤水提供重硫达到同位素交换平衡的结果。

铷同位素 李华芹^[3]根据铁山、鄂城杂岩体和铜绿山、金山店矿石中金云母所测定的 Rb-Sr 同位素年龄，用作图法估计出 Sr^{87}/Sr^{86} 的初始值为 0.7000；石准立等人对大冶铁矿三种岩浆岩的分析结果： Sr^{87}/Sr^{86} 值为 0.7037—0.7079 之间，推知它们都是上地幔的产物。

四、结 语

大冶式铁矿是在地幔相对上隆，地壳相对较薄的地区，由燕山运动时期的大型深断裂的强烈活动和巨型深大断裂的复活，导致上地幔部分熔融所产生的安山质岩浆在深部岩浆房中分异演化和多期次侵位，形成了多期次的岩杂岩体和多期次的铁和铁铜矿化。大冶式铁矿应属广义的矽卡岩型矿床。成矿介质为富含水和其它挥发分和含铁、盐类较高的流体。成矿物质和岩浆具有相同的来源，均来自上地幔，可能是上地幔石榴石橄榄岩分熔的产物。

参加本文工作的还有黄玲丽、赵余同志，工作中得到大冶铁矿、程潮铁矿、灵乡铁矿、金山店铁矿的同行们，以及原湖北地质局第一地质队、中南冶勘公司 608 地质队的支持与协助，在此表示衷心感谢。

主要参考文献

- [1] 黄 懿等 1957 论大冶式铁矿 地质学报 37卷 第2期
- [2] 裴荣富等 1961 论我国富铁矿已知主要类型的成矿地质特征 地质学报 41卷 第2期
- [3] 李华芹 1976 铷—锶法测定岩石矿物的同位素地质年龄 地质学报 第2期
- [4] 中南冶勘公司研究所岩浆岩专题组 1979 鄂东南主要侵入岩同位素地质年代的初步讨论 全国同位素地质会议论文集 第二集 地质出版社
- [5] 桂林冶金地质研究所同位素地质研究室 1979 我国若干类型铜矿床硫同位素地质特征 全国同位素地质会议论文集 第三集 地质出版社
- [6] 蔡本俊 1980 长江中下游内生铁铜矿床与膏盐的关系 地球化学 第二期
- [7] 张理刚 1980 鄂东南地区铁铜矿床的硫同位素研究 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊 第一卷 第一期
- [8] 石淮立等 1981 湖北铁山大冶式铁矿矿浆成矿问题的初探 地球科学 第二期
- [9] 谭忠福等 1980 鄂东南地区铁(铜)矿床的构造控制规律及其隐伏矿床的预测问题 中国地质科学院院报 宜昌地质矿产研究所分刊 第2卷 第2号
- [10] 梁祥济等 1982 在高温高压下卤素和K, Na卤化物在铁矿形成中的作用和影响 地质科学 第三期
- [11] Dostal, J. and Zerbi, M. 1978, Geochemistry of the Savalan Volcano (Northwestern Iran). Chemical Geology. Vol. 22, 31—42.
- [12] Bartholomé, P. 1970, Minerais de skarns dans les auréoles de metamorphism. Mineralium Deposit. V. 5, pp. 345—353.
- [13] Elanandi, M. T. Mernert L. D. and Newberry, R. J. 1981, Skarn deposit. Economic Geology, 75, Anniversary Volume, pp. 317—391.
- [14] Park, C. F. Jr and Mac Diarmid, R. A. 1975, Ore deposit. W. H. Freeman and Company pp. 56—57.
- [15] Такемути С. и др. 1968, К растворимости углекислота в растворах NaCl при высоких температурах и давлениях. В св. термодинамика постмагматических процессов «МИР».

MORE ON THE DAYE TYPE IRON DEPOSITS

Pei Rongfu, Liu Ying and Lu Fengxiang

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Abstract

The Daye type iron deposits is situated in the areas of Daye-Lingxiang County, Hubei Province. Since the paper "Discussion on the Daye Type Iron Deposits" was published by the authors in 1957, a lot of ideas or advanced views have been issued on the geological setting of metallogeny, the genesis of mineral deposits and the metallogenic mechanism of this type of iron deposits. In the aspect of the genesis of Daye iron deposits, for instance, there exist

a variety of views such as skarn-hypothermal mineralization, marine volcanogenic mineralization in Triassic, late-stage reformed ore-formation after the syngenetic sedimentation of siderite, albitization metallogeny of diorite activated by gypsum beds and ore magma mineralization. Based on the investigations made in recent years, the authors put forward in this paper some new opinions for further discussion.

The Daye type iron deposits, without exception, are found at or near the contact zone between the igneous pluton and sedimentary rocks or in the fracture zones in carbonite rocks adjacent to the contact zone. Iron orebodies as economic mineral assemblages consisting mainly of magnetite and hematite and partly of siderite in association with chalcopyrite principally occur in special calcium silicate rocks (skarn) rich in calcium, iron, magnesium, manganese and aluminium. The metamorphic and metasomatic textures and structures of these mineral assemblages indicate evidently that they were formed as a result of igneous contact metamorphism and replacement by magma with some hydrothermal iron constituents added. These are the processes most commonly brought to mind by the terms "thermometamorphic skarn" and "metasomatic skarn". Either is the combined result of two end members of skarnization.

The formation of the Daye type iron deposits have spanned a broad temperature range; the metallogenic processes of contact metamorphism, metasomatism and even the filling-replacement are all superimposed in the same place, showing characteristics of polyphases intermittence and inheritance in ore-formation. All this implies that metallogenic processes actually started with skarnization of pneumatolytic stage, went through the hypothermal silicization stage to concentrate the irons, and ended at meso-epithermal filling-replacement stage. The authors believe that this type of mineralization under the action of contact metasomatism and hypo-mesothermal fluids and on the basis of skarnization, might form a series of genetically related but quite indistinguishable mineral deposits. These deposits should be adopted the name of "generalized skarn mineral deposits". In addition, the features of rare earth elements and isotopic compositions of Pb, O₂, and S of the rocks and ores from the Daye iron deposits demonstrates that there exist close relationships in genesis and in source materials between iron ore and magma, and that they are possibly andesitic magma derived from the upper mantle and produced by the partial melting of garnet peridotite.