## 论皖南长龙山铁矿床条带状矿石之成因

## 许国建 林新多<sup>①</sup>

(中国地质大学,武汉)

提 要 长龙山铁矿床矿石以发育条带状构造为特点,组成条带状矿石的矿物主要为镜铁矿和方解石。研究表明,条带状方解石在微量元素,稳定同位素及流体包裹体特征等方面明显有别于围岩碳酸盐岩地层。条带状矿石的形成方式可能系成矿流体沸腾作用的结果。

关键词 条带状构造 铁矿石成因 沸腾作用 皖南长龙山

笔者近几年在长江中下游地区从事矿床地质调研期间,发现有很多铁、铜矿床都程度不同地存在条带状构造矿石,如鄂东的铁山、程潮,安徽的长龙山、顺风山、阳山、新桥、狮子山、月山以及宁芜玢岩铁矿中的某些矿床类型。虽然组成条带的矿物种类及其地质产状不尽相同,但对条带状矿石的成因认识往往决定着对矿床本身的成因观点。本文拟以条带状构造比较发育的长龙山铁矿为例,从地质特征、微量元素地球化学、稳定同位素及流体包裹体特点等三个方面阐述其条带状矿石之成因。

## 1 地质特征

该矿床位于一近东西向短轴背斜的北翼。矿体主要呈似层状赋存在黄龙组(C2h)白云质灰岩与栖霞组(P1g)灰岩之间,总体与地层产状基本一致,具体接触面则切割围岩层理。矿石的矿物组成比较简单,矿石矿物主要为镜铁矿(部分具穆磁铁矿化),其次还有少量的磁铁矿;脉石矿物为方解石及少量石英。

矿石以发育条带状构造为特征,具体表现为暗色的镜铁矿与浅色的方解石、石英相间定向排列。根据条带的宽度可将其划分为粗(10~20mm,照片1),中(5~10mm,照片2),细(1~5mm,照片3)三种条带。条带的延展性一般不好,多呈断续分布,条带愈宽,这一特点表现得愈

① 参加此项工作的还有威学祥、赵子基、王敏等同志

明显。条带状矿石在整个矿体中的分布是不均匀的,通常是边缘相对较多,而中间较少。条带产 状与围岩碳酸盐岩地层产状之间的关系也颇为复杂,局部地段(如90米中段8号穿脉矿体下盘) 二者一致,这也是部分持"层控"观点者认为属同生沉积构造的主要依据。但大多数条带与层理 之间无固定关系,甚至出现在矿体内部的条带还可表现为"漩涡"状和放射状。虽然条带的产状 复杂,但有趣的是发育在矿体边缘的条带产状往往与矿体和围岩的接触面产状近于一致。

矿相学研究表明,大多数条带状构造矿石中镜铁矿常呈自形长板状,在镜铁矿格架之间充填它形的方解石和石英,构成填隙结构(照片4)。这一结构特点说明组成条带的方解石结晶晚于镜铁矿,同时出现了围岩灰岩内少有的矿物——石英。

条带状矿石的上述地质特征表明,组成条带的金属矿物与非金属矿物系同一地质作用条件下的产物。

## 2 微量元素和稀土元素地球化学标志

对条带状矿石的成因认识,其争论焦点集中在条带状矿石内方解石的成因问题上,那么通过对比条带状方解石与碳酸盐岩围岩在微量元素地球化学特征方面的差异性,可从中获取某些成因信息。

#### 2.1 化学成分

条带状方解石的化学成分见表1,从中可以看出其主要组分与地层基本一致,所不同的是Si 含量明显偏低。刘铁庚等[1](1986)曾较系统地研究了白云鄂博岩浆碳酸岩与沉积碳酸盐岩化学成分和成因的关系,认为二者在SiO $_2$ /( $K_2O+Na_2O$ ), $Al_2O_3$ /( $K_2O+Na_2O$ )比值上存在明显差异。条带状方解石化学成分投点后,落在岩浆碳酸岩区内(图1),虽然其成因难以与岩浆碳酸岩类比,但显然不属于沉积成因的碳酸盐岩。

	Т	able 1	chem	ical co	mpositi	on of b	anded	calcite	and wa	all rock	S			•
含量(wt%) <sup>项</sup> 目 类型	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	BaO	CO <sub>2</sub>	F
条带状方解石	0. 01	0. 23	0.19	-	0. 12	55. 57	0. 04	0.00	0.00	0.00	0.11	0. 001	43. 31	0. 003
C2n白云大理岩	0. 55	0.08	0. 62	0. 56	19. 98	31. 53	0. 00	0. 02	0. 01	0. 07	0.20	0. 001	45. 00	0. 03
. C <sub>2h</sub> 灰岩	2.71	0.16	0. 27	_	0. 20	53. 72	0. 02	0. 03	0.00	0. 004	0.04	-	41.30	_
C <sub>3C</sub> 灰岩	1. 52	0. 27	1. 07	_	0. 46	53. 35	0. 01	0.06	0.01	0. 003	0.05	<u> </u>	41.71	_

表1 条带状方解石及围岩化学成分:

\* 中国地质大学(武汉)测试中心分析

#### 2.2 微量元素

微量元素分析结果(表2)表明,条带状方解石与黄龙组灰岩对比,Sr、F、Nb、Ta、Ti 含量差异较大,同时 Nb/Ta、Ni/Co 比值明显不同。所做 Q 型聚类分析显示出条带状方解石与黄龙组

灰岩相似性很小,相似系数仅为0.33。

表2 条带状方解石及黄龙组(C2a)灰岩微量元
-------------------------

Table 2 Contents of trace elements in banded calcite and C2h limestone

含量(ppm)项目 类型	Ба	Sr	Р	F	Nb	Та	Ti	Cr	Co	Ni
条带状方解石	9	1020	26	100	35	16	60	7	4	5
C <sub>2h</sub> 灰岩	9	169	26	300	7	8.	0	5	2	4

中国地质大学(武汉)测试中心分析

另外,稀土元素分析结果同样表明条带状方解石与碳酸盐岩地层之间差异较大,反映了二者曾经历了不同的稀土元素地球化学演化过程。条带状方解石 ΣREE 为56.708ppm,LREE 为37.622ppm,HREE 为19.086ppm,δEu 为2.571;而黄龙组灰岩 ΣREE 为10.547ppm,LREE 为8.222ppm,HREE 为2.325ppm,δEu 为0.654。不难看出,研究区的灰岩与通常的海相沉积碳酸盐岩具有相似的稀土配分型式,均表现为相对富集轻稀土。贫重稀土,稀土总量不高且具弱的负销异常。而条带状方解石不但稀土总量高,而且表现为正铕异常。利用 Yb/Ca、Yb/La 比值投点,条带状方解石落在热液成因区内(图2)。

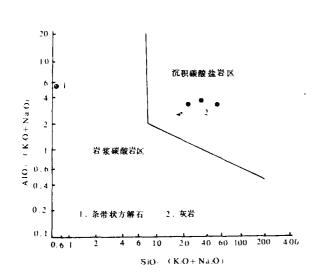
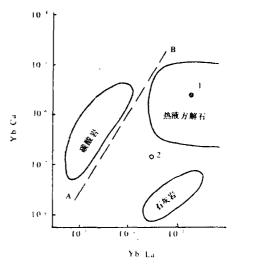


图 1 不同成因碳酸盐的 SiO<sub>2</sub>/(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O) — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O)图

Fig. 1  $SiO_2/(K_2O+Na_2O)-Al_2O_3/(K_2O+Na_2O)$  diagram showing different genetic carbonate rock



图例说明:1.条带状方解石 2. 黄龙组灰岩 图2 不同成因方解石的 Yb/Ca-Yb/La 判别图

Fig. 2 Yb/Ca-Yb/La distinguishing diagram of different genetic calcite

条带状方解石的上述微量元素地球化学特征,说明成矿流体来自地层之外的某一地质系统。

## 3 稳定同位素和流体包裹体特点

稳定同位素分析可有效地解决成岩成矿物质的来源问题,而流体包裹体研究则可用来确定成矿的物理化学条件。

#### 3.1 碳、氢同位素演化趋势

通过系统取样分析,可以看出从灰岩→大理岩→条带状方解石,碳酸盐矿物的 C、O 同位素组成出现有规律的变化趋势(图3),表现为  $\delta^{13}$ C 和  $\delta^{16}$ O 系统变小,且  $\delta^{18}$ O 的变化幅度远远超过  $\delta^{13}$ C。大理岩相对灰岩  $\delta^{13}$ C、 $\delta^{18}$ O 的降低,通常被认为是变质过程中脱  $CO_2$ 作用的结果。而条带状方解石碳、氧同位素组成与地层之间所表现出的区别,则说明这种方解石不可能是原生沉积作用的产物。

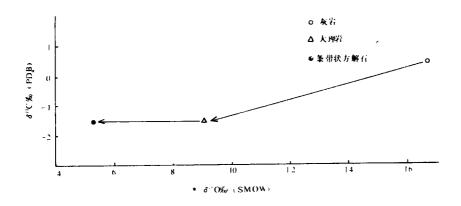


图3 不同产状方解石的  $\delta^{18}O-\delta^{13}C$  图(数据系地质矿产部宜昌地质矿产研究所分析)

Fig. 3  $\delta^{18}$ O versus  $\delta^{13}$ C diagram of calcite in various occurences

#### 3.2 流体包裹体特点

见于条带状方解石中的包裹体主要为气液包裹体及少量含子矿物的多相包裹体。其中气液包裹体多呈椭圆形、三角形、由气泡和液相水组成(照片5),气液比20~40%;而含子矿物多相包裹体则多呈椭圆形,由一个盐类子矿物、气泡和液相水三相组成(照片6)。流体包裹体的均一温度、冰点、盐度及密度见表3。

从表3可以看到,条带状方解石的均一温度为239~303℃,平均271℃;盐度为12.8~36.1Wt%NaCl,平均19.5Wt%NaCl;流体密度为0.866~1.08g.cm³,平均为0.958g.cm³。总的来看,形成此类方解石的液体的温度,盐度及密度均较高,明显不同于正常海相沉积碳酸盐岩。同时,高盐度包裹体的出现及高盐度与低盐度包裹体的共存,可能预示着成矿流体系统曾发生过沸腾作用[2],而且较高的盐度也有利于 Fe 的溶解[3]。Kwak 等[4](1986)的研究表明,溶液中 Fe 的溶解度主要取决于氯化物离子的浓度,当阴离子含量占30Wt%左右时,流体内 Fe 的溶解度

可达8%。所以条带状方解石所显示出的流体的高盐度特性,某种程度上有利于成矿流体内 Fe 的迁移富集。

#### 表3 流体包裹体的均一温度、冰点、盐度和密度

Table 3 Homogeneous temperature, freezing point, salinity and density of fluid inclusions

样品号	均一温度(C)	冰点或熔点(C)	盐度(wt%NaCl)	密度(g•cm-3)
B-137-1	263	-11	14. 9	0. 931
B-137-2	258	-15	18. 7	0. 977
B-137-3	303	-14	17. 9	0. 911
P-137-4	252	10	14. 0	0. 940
B-137-5	297	-9	12. 8	0. 866
B-137-6	277	-12	16. 0	0. 921
B-138-1	276	-18	21. 2	0. 957
B-138-2	297	-16	19.6	0. 937
B-138-3	239	-15	18. 7	0. 977
B-138-4	286	-19	21.9	0. 975
B-138-5	284	-17	20. 4	0. 957
B-111-1	243 .	-13	17. 0	0. 970
B-111-2	239	-9	12.0	0. 938
B-111-3	264	282	36. 1	1. 08
B-111-4	287	168	30.6	1. 03

## 4 条带状矿石的成因

条带状构造系形态描述性术语,本身并无成因含义,主要是指矿物集合体呈单一方向延长且彼此相间分布。形成条带状构造的地质作用多种多样,如岩浆分异作用、交代作用、沉积作用、变质作用等。具体到长龙山铁矿床,根据条带状矿石在空间上的分布特点以及条带产状与地层层理之间的无任何依附关系,同时结合条带状方解石与碳酸盐岩围岩在微量元素,稳定同位素和流体包裹体特征等方面所存在的显著差异,可以认为研究区条带状矿石非前人所说的同生沉积—后期热液改造成因[5]。首先此观点认为矿石的条带状构造系同生沉积层理构造,并假定区内存在一石炭纪铁碳酸盐矿源层。虽然在长江中下游其它地区相同层位内发现有沉积菱铁矿层(如湖北黄梅)的存在,但本区地质调查结果①至今尚未发现有使矿质初步富集的矿

① 华东冶金地质勘探公司803队资料

源层存在。笔者对矿区及外围部分地层所做的含矿性研究表明,Fe 在各种岩性地层中的含量与其相应正常沉积岩(即原岩)内 Fe 含量基本相同,并且矿区及外围同一地层单元内 Fe 含量无明显变化趋势,即地层中成矿元素活化、再分配的强度很低。其次如果条带状构造系原生沉积层理,那么其产状必与围岩层理一致,即矿石条带产状与矿体和围岩接触面产状一致,而多数情况下与地层产状并不一致。因此,根据本区条带状矿石的地质、地球化学特点,笔者认为区内条带状矿石很可能系成矿流体沿层滑断裂运移、就位过程中,由于系统内部组分物性上的差异,加之大量挥发组分(如 CO2等)的存在,在压力突然降低条件下,系统失稳、发生沸腾、甚至出现部分熔离及流动分异,从而形成条带状构造。同时,沸腾能使流体的 PH 值升高,而较高的 PH 值则有利于促进方解石的沉淀[6]:

$$HCO_3+H^+ \hookrightarrow CO_2 \uparrow +H_2O$$

前述条带状方解石内流体包裹体的特点提供了系统曾发生过沸腾的佐证。另外,由于不同边界条件下成矿流体所表现出来的流体力学性质不同,以致条带的宽度、形态不尽一致。

#### 5 结 语

在长江中下游铁铜成矿带上,发育条带状构造矿石的矿床很多,其矿体往往呈层状、似层 状沿层滑断裂分布。不同地区、不同类型的条带状矿石其成因会有所差异,不可一概而论,但不 乏有与研究区情况相似者。笔者仅借长龙山铁矿床为例,强调一下后生成矿作用及沿背斜两翼 发生的层滑断裂系统在该地区理论研究及实际找矿工作中的意义。

#### 参考文献

- 1 刘铁庚等,再论白云鄂博白云碳酸岩的成因,地质与勘探,22(8)1986,35~40
- 2 Berzina A P et al, Physicochemical conditions of endogene processes in copper—molybdenum deposits in central Asia, Econ. Geol., 72(1)1977, 25~36
- 3 Eugster H P, Minerals in hot water, Amer, Mineral, 71(5/6)1986,655~673
- 4 Kwak T A P et al, Fe solubilities in very saline hydrothermal fluids; their relation to zoning in some ore deposits, Econ. Geol, 81 (2)1986, 447~465
- 5 倪若水等,繁昌桃冲铁矿成因探讨,矿床地质,2(3)1983,10~22
- 6 丁武宝,热液在裂隙中的沸腾作用和金银矿床的成矿关系,矿物岩石,8(1)1988,50~56



照片5 方解石内的气液包裹体6×40

照片6 方解石内的含子矿物多相包裹体6×40

# ON THE ORIGIN OF BANDED IRON ORE OF THE CHANGLONGSHAN DEPOSIT, SOUTHERN ANHUI PROVINCE

Xu Guojian Lin Xinduo

(China University of Geosciences, Wuhan)

#### Abstract

The iron ore of Changlongshan deposit is characterized by band structure in which specularite and calcite alignate parallely alternatively. Bands are not uniform in distribution and occurrence. Ore texture shows that calcite is in the interstitials of specularite. Therefore, calcite is later than specularite.

Calcite in banded ore is obviously different from carbonate country rock on the compositions of chemical components, trace elements, carbon and oxygen stable isotopes.

The fluid inclusions found in the banded calcite are gasliquid inclusion and polyphased inclusion with daughter mineral, homhgeneous temperature of  $239-303^{\circ}\text{C}$ , salinity of 17. 8-36. 1Wt% equivalent to NaCl, density of 9.866-1.08g. cm  $^3$ .

Based on the above features, it can be pointed out that the banded iron ore is likely formed by boiling process (even including partial immiscibility) during the migration and locatoin of mineralizing fluid through layer slip fracture.