

金属硫化物矿石中同沉积组构的成因鉴别

陈学明

(中国地质大学, 北京)

提 要: 同沉积组构是特定地质环境的产物, 在矿化地层中有一定的空间分布特点。对组构进行成因鉴别时, 必须注意野外地质产状的调查。在室内, 既要对组构中硫化物颗粒的形态特征、排布形式及其与胶结物的关系进行放大观察, 还要对一些可能是多解性的组构形态进一步进行测试研究。电子探针可以对其中的矿物颗粒进行成分对比分析, X 光岩组可以测定硫化物晶体的定向特征及其与层理的方位关系。

主题词: 同沉积组构 野外产状 形态放大 电子探针 X 光岩组

世界上许多大型、超大型铅、锌、铜、银等硫化物矿床常是在海底就位沉积成矿的。矿体的形成与海相沉积大致是同时进行的。有的矿床与海相火山岩有关, 有的仅与沉积岩建造有关, 但都经历成岩期和后生期的改造。因此, 硫化物矿石的结构构造(即组构)具有与沉积岩相似的许多特征, 如条带状、条纹状、纹层状、碎屑状、砾状等等; 在成岩早期还可能出现显微莓粒结构、生物矿化结构, 晶簇状环边胶结构造、镶边构造、塑性变形构造以及梯状脉构造等等。

然而, 具有上述某些组构特征的矿石不一定是同生沉积成因的, 尤其是当矿石只出现上述组构的一两种、或仅仅局部地段具相似形态时, 以此来分析矿床成因就更需慎重。为了客观地鉴别组构的成因, 必须依据宏观的地质产状和微观形态的放大观察以及多种测试资料的综合分析, 排除多解性因素, 最后作出科学的解释。因此, 对矿石组构的鉴别和矿床成因的确定是统一的、密切相关的。

矿石组构成因鉴别的程序和方法因客观情况而异, 但必须综合考虑多方面的因素。

1 同生组构只出现在特定的矿床地质环境中

不管是赋存在火山岩建造内还是赋存在沉积岩建造内的同沉积硫化物矿床, 通常都发育在地质构造长期较活动的狭长地带, 如裂谷、拗拉槽、弧后盆地、被动大陆边缘等。中非铜带 500 多个矿床全分布在北西向延长达 700 km、宽仅 10~160 km 的赞比亚—扎伊尔陆内裂谷(又称“铜海”)之中; 澳洲芒特艾萨、希尔顿和麦克阿瑟等矿床分别分布在莱哈特断裂海槽和巴顿海槽之中; 俄罗斯乌多坎、哈萨克斯坦杰兹卡兹甘、我国狼山等矿床也分布在裂谷

陈学明, 52 岁, 博士, 副教授, 矿床学专业。邮政编码: 100083

1994-1-25 收稿, 1995-6-26 修改回, 徐川编辑

区或类似的槽形张裂环境中。南岭地区发育在火山-沉积岩建造中的大宝山矿床和发育在沉积岩建造中的凡口、白牛厂、芦柴冲等矿床都形成于古生代裂陷槽之中。这些矿床的硫化物矿床产在由断裂控边的二级或三级盆地边缘,与同沉积断裂体系有密切的成因关系和空间关系。由同生断裂或喷口向外,矿化具明显分带现象。往往由Fe、Cu、Pb、Zn硫化物过渡到Ca、Ba硫酸盐(石膏、重晶石)和 SiO_2 ,向外依次是Fe、Mn、Mg、Ca碳酸盐(铁白云石、菱铁矿、菱锰矿、方解石等),部分矿床还可能出现赤铁矿等氧化物。在矿层附近,各种热液沉积岩与之共生,如硅酸盐质的长石、电气石,二氧化硅质的燧石岩、硅质岩或热液沉积微晶石英岩等等。沿剖面方向,矿化层底板岩层中往往出现网脉状蚀变带和铁、铜硫化物矿化。在矿化末期,被扰动浑浊的底层海水最后沉淀,形成富含矿化元素的成分复杂的粘土层把矿化层系覆盖。这层成分特殊的粘土可作为该类矿床的找矿标志之一。

2 矿石同生组构的产状分布

同沉积组构在矿层中的空间分布主要受同沉积构造作用、成矿热液的物理化学性质、重力作用和底水动力作用的控制。从喷口向外,理想情况下可分别出现角砾状构造(照片1)、砾状构造(照片2)、含砾块状构造、条带状构造(照片3)、纹层状构造(照片4)等。由硫化物薄层与沉积物薄层组成的互层韵律构造一般出现在离喷口较远的地方。云南白牛厂矿区由构造作用或其他原因引起的滑塌重力流沿海底斜坡形成广阔的角砾状—砾状—砂屑状硫化物分布带。德国腊梅尔斯伯格矿区中心部位为块状-角砾状混杂核,向外过渡为条带状构造,边部出现含燧石的纹层状硫化物和重晶石互层。

沿剖面方向,矿层的底板岩层常发育具有后生特征的细脉状或网脉状构造,并伴随较强的蚀变现象,这是矿液上升的通道带。这个带的成矿热液未直接与海水接触,往往发育较高温的矿物组合,如磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、铁闪锌矿以及长石、石英等。在矿层与底板岩石的接触面附近,有时可以见到槽沟、突起、印模及其他底蚀痕迹。块状、砾状-角砾状构造常发育在矿层的中下部,条带状、条纹状、纹层状及互层韵律等构造多出现在矿层的中上部,这可能是后期矿化强度减弱、环境相对较平静所致。

沉积与成岩是一个连续的过程。沿通道从深部上升的含矿热液,一部分直接喷溢到海底与海水混合沉积成矿,另一部分进入水岩界面以下未固结的硫化物或沉积物的各种空隙之中,前者形成各种同沉积组构,后者在沉积物颗粒和硫化物晶粒之间渗流或滞留,形成具早期成岩特征的各种组构,如溶孔构造、镶边构造(照片5)、晶簇状环边胶结构造(照片6)、环带构造,硫化物次生加大结构、生物矿化结构(照片7)等等。由于微生物及有机质作用,还可能形成沿层理成群分布的显微草莓状硫化物(照片8)。梯状脉构造和塑性流动变形构造也常是早期成岩阶段的特征组构。

在海底形成的各种沉积组构有较稳定的空间分布,产状也较稳定,层纹和条带总是与层理面平行或整合。

3 组构形态的放大观察

观察结构构造常使用标本、光片、薄片和抛光薄片(即光薄片)在放大镜、幻灯机、显微镜、

扫描电镜、图象分析仪等仪器中进行观察研究。

排列成各种组构形态的基本单元是硫化物及其他矿物颗粒,这些矿物颗粒主要是在海底热液中直接结晶或淀积形成的,不少颗粒经受过程度不同的碰撞、位移、磨蚀,呈现各种砾屑或砂屑形态。借助高倍显微镜和扫描电镜可以直接观察到矿物表面被碰撞、磨蚀的痕迹。硫化物沉积颗粒一般较细微,凡口矿区的铅锌硫化物 80 % 的颗粒都不到 0.2 mm;然而部分闪锌矿球粒可达 2~4 mm,有的球粒的核心为砂屑或生物碎片,个别球由数个不同颜色的闪锌矿碎粒组成,并包裹尘埃状黄铁矿和其他杂质。德国腊梅尔斯伯格矿床的闪锌矿球粒达 5 mm,有的球粒由闪锌矿和少量重晶石碎粒组成,其核心也是生物碎片或砂屑。云南芦柴冲矿区也发育类似的黄铁矿球粒,矿区的同志称之为豆状黄铁矿。凡口铅锌矿和白牛厂矿区普遍存在呈同生砾状或角砾状硫化物集合体,有的由多个黄铁矿颗粒组成。有的则由黄铁矿和闪锌矿颗粒组成,这种多矿物成分球粒和同生砾的存在排除了交代成因和其他非沉积成因的可能。根据其海相胶结物、颗粒的特征及宏观产状分布,便可与断层角砾岩相区别。

显微莓粒结构常发育于早期成岩阶段,以黄铁矿莓粒最常见。与沉积-成岩环境有关的莓粒常成群成带沿富有机质的层理分布,有时可见到由有机质组成的核心。在高倍显微镜或扫描电镜下观察,每个莓粒内部常由许多粒径为数微米的自形晶粒组成(照片 8)。

早期成岩阶段粒间矿化溶液与沉积颗粒表面反应,形成镶边构造(照片 5)。如生物碎屑表面被矿化,形成镶边式生物矿化构造,如整个生物颗粒被交代,便形成铸模式生物矿化构造;生物颗粒部分被交代,形成浸染状或斑状生物矿化构造(照片 7)。当部分非金属矿物如石英、方解石、绿泥石等环绕沉积颗粒或硫化物颗粒表面结晶,垂直于表面生长,常形成晶簇状环边胶结构造(照片 6)。无疑,被胶结的颗粒和上述被矿化的颗粒形成于沉积期,发育于成岩期,主要是早期成岩阶段的梯状小脉构造常出现在细碎屑岩中,往往局限在某二个层面之内,切割内部的层理,由沉积物上覆压力或沉积物干缩形成,充填的硫化物由附近沉积期的硫化物侧分泌供给,二者微量元素组成和稳定同位素组成基本一致。

4 多解性组构和成因鉴别

对一些可能是多解性的组构,还必须进行测试鉴别,以别排除多解因素,确定这些组构是沉积形成的还是交代形成的。X 光岩组和电子探针是可选择的有效方法。

4.1 利用电子探针对组构中的硫化物进行成分对比

条纹状和纹层状构造是典型的同沉积组构,由硫化物纹层与海相沉积物纹层交替淀积而成。每一硫化物纹层可看成由近似浓度和物化条件的溶液淀积而成,因此同一纹层中的硫化物颗粒具有较近似的化学成分;不同纹层硫化物的淀积不仅有时间间隔,而且溶液浓度和物化条件必有差异,因而不同纹层中硫化物的成分也有差异。电子探针分析能有效地区分不同纹层的成分差异。表 1 所列举三个样品的电子探针分析结果表明,F-75 和 F-3 样品中同一纹层测点 S、Fe 含量较接近,不同纹层之间相应成分含量有较大差异,方差比大于 10。而样品 F-1 各纹层测点的成分较均匀,不同纹层方差比仅为 1.5~5.4。经野外观察,F-75 和 F-3 样品采自稳定分布于相邻数条穿脉中的纹层状构造矿石,而 F-1 为帚状裂隙中一组密集的毛发丝状小脉,延伸仅 0.5 m。根据我们在南岭地区研究的经验,同沉积成因的纹层状构造相邻奇数或偶数纹层黄铁矿成分方差比一般大于 10,非沉积成因假纹层状矿石中黄铁矿成分方差比一般小于 8。

表 1 层纹状构造黄铁矿成分对比表

Table 1. Comparison of chemical composition between pyrite samples in different laminated ore beds

样号	纹层号	分析点	S (%)	均值	方差	方差比	Fe (%)	均值	方差	方差比	产状			
F-75	1	1	53.26	53.225	0.0012	54	46.20	46.14	0.0036	9	似层状沉积矿石			
		2	53.19				46.07							
	V	1	53.09	53.345	0.065		45.49	45.47	0.0004					
		2	53.60				45.44							
F-3	1	1	53.02	53.035	0.0002	18	46.21	45.93	0.0784	16	似层状沉积矿石			
		2	53.05				45.65							
	V	1	52.57	52.510	0.0036		45.63	45.70	0.0049					
		2	52.45				45.77							
F-1	1	1	54.34	54.215	0.0156	1.5	45.88	45.625	0.0650	5.4	毛发丝脉状黄铁矿的假层纹状构造			
		2	54.09				45.37							
	V	1	54.12	54.305	0.0240		45.57	45.68	0.0121					
		2	54.46				45.79							

中国地质大学(北京)电子探针室李树岩分析

4.2 以 X 光岩组法测定硫化物晶体的定向特征

以 X 光岩组方法测定块状构造、条纹-条带状构造和纹层状构造矿石中硫化物晶体的定向特征,是鉴别组构成因的另一种有效手段。图 1a 为 F-75 样品纹层状黄铁矿(200)晶面定向极图。圆心极点代表(002)晶面的上半球投影,赤道端点附近的两个极密点为(020)晶面法线的投影,近南北向端点附近的两个极密点为(200)晶面在不同方向上的法线投影。与层面(正南北方向)对比,黄铁矿以(200)晶面接近平行层面分布。图 1b 为灰岩中藻纹层经黄铁矿交代矿化而形成的早期成岩似纹层状构造中黄铁矿(200)晶面极图,黄铁矿晶体无明显定向特征,其结晶方位是杂乱、随机的。电子探针分析结果(表 2)表明,层纹之间黄铁矿的成分也无明显差别,各测点黄铁矿硫含量及铁含量比较均匀,方差比小于 7。两种鉴别方法结果均说明该样品的黄铁矿颗粒不是逐层形成的,而可能是由同一股热液同时交代形成的。

表 2 交代成因黄铁矿成分对比表

Table 2. Comparison of chemical composition between pyrite samples formed by metasomatism

层纹号	测点	S (%)	均值	方差	方差比	Fe (%)	均值	方差	方差比
1	1	54.71	54.56	0.0225	5.14	45.04	45.28	0.0575	4.70
	2	54.41				45.52			
3	3	54.30	53.96	0.1156		45.18	45.70	0.270	
	4	53.62				46.21			
5	5	54.40	54.22	0.0324	2.00	45.48	45.69	0.044	6.12
	6	54.04			45.90				
7	7	54.21	54.44	0.5290	1.62	45.67	45.36	0.013	3.34
	8	54.67			45.24				

中国地质大学(北京)电子探针室李树岩分析

矿石组构是矿床形成过程中长期而复杂的地质作用的记录。矿石组构的成因分析是一个从现象到本质的认识过程,必须依据客观情况研究各种合理的鉴别方法,以正确的思维,综合

各种因素,力求避免主观性和片面性,作出符合实际的可靠结论。随着新理论和新的测试方法的出现,矿石组构成因鉴别必将得到不断的充实和发展。

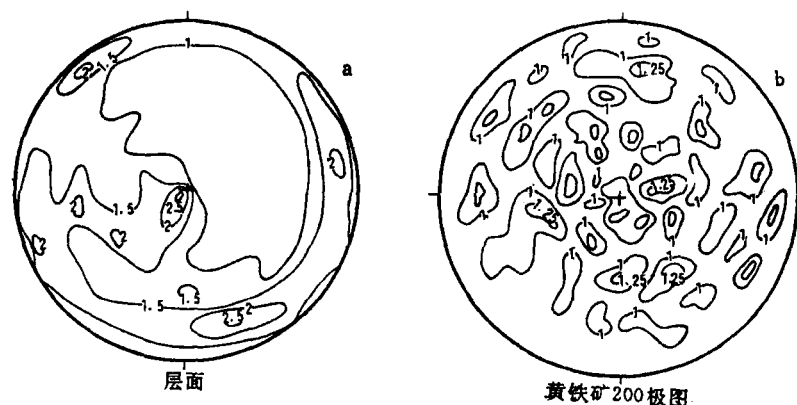


图1 黄铁矿结晶方位极图

a—凡口矿区层纹状黄铁矿(200)晶面极图;b—红岩矿区似纹层黄铁矿(200)晶面极图

Fig. 1. Crystallographic orientation diagram of pyrite.

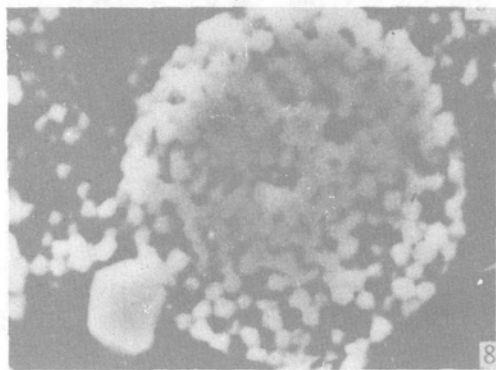
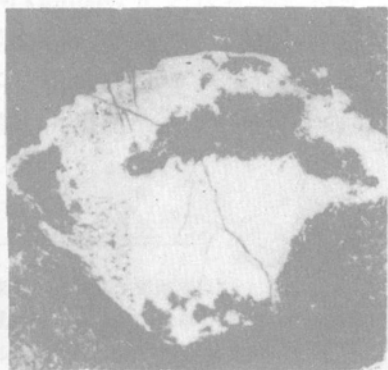
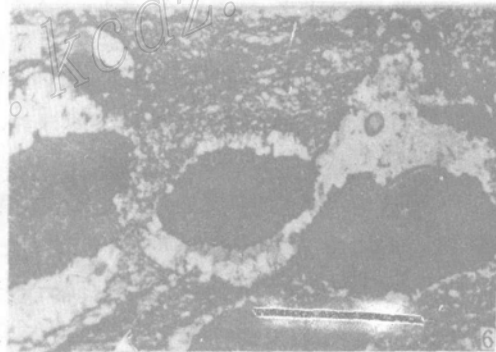
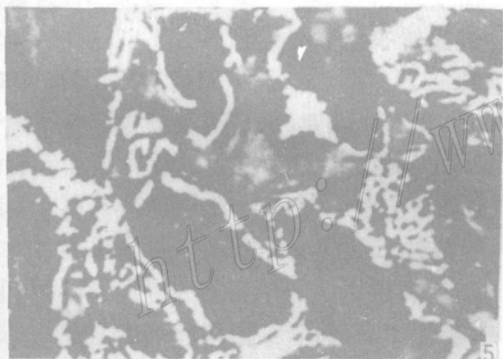
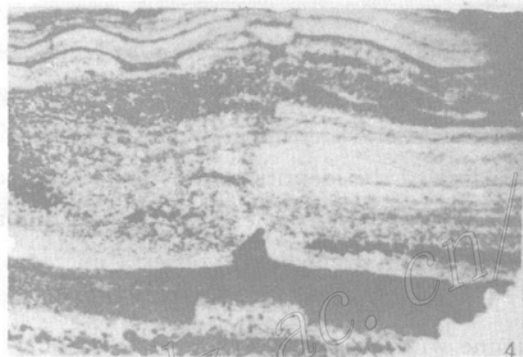
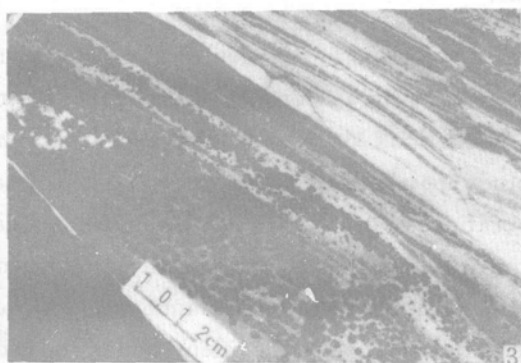
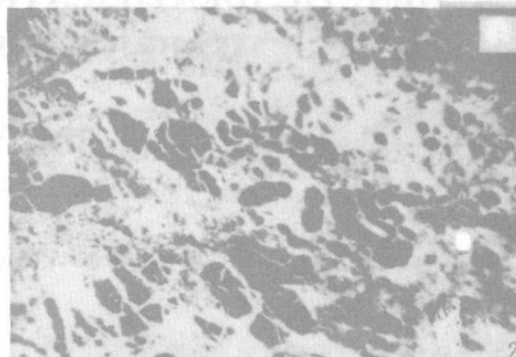
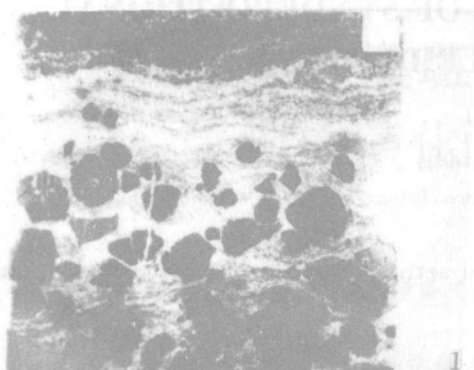
a—(200)crystal face of pyrite from the Fankou ore district;b—(200)crystal face of pyrite from the Hongyan ore district.

参考文献

- 1 朱上庆,池三川主编.层控矿床及找矿.北京:地质出版社,1992,299~321
- 2 陈学明.粤北凡口铅锌矿床的成因探讨.南岭地质矿产文集,第二辑.北京:地质出版社,1986,78~96
- 3 Large D E.冯钟燕译.沉积岩中海底喷出铅锌矿床——地质特征和成因评述.层控矿床和层状矿床.北京:地质出版社,1981,9:299~321
- 4 Hannak W W.黄崇珂译.德意志联邦共和国邻近上哈兹 Goslar 的 Rammelsberg 矿床的成因.层控矿床和层状矿床.北京:地质出版社,1981,9:353~413

照片说明

- 照片1 被微粒黄铁矿和泥砂质胶结的砾级闪锌矿内碎屑 光片 $\times 2$ 凡口铅锌矿
- 照片2 被微粒硫化物和泥砂质胶结的砾级黄铁矿内碎屑及矿化生物碎屑(左下角) 光薄片 $\times 20$ 凡口铅锌矿
- 照片3 由闪锌矿、黄铁矿碎屑及砂泥质沉积物组成的韵律条带 标本 凡口铅锌矿
- 照片4 由黄铁矿和砂泥质组成的纹层状矿石 光片 $\times 1$ 凡口铅锌矿
- 照片5 岩石内碎屑表面黄铁矿化形成的镶边构造 光片 $\times 32$ 红岩矿区(据陈元琰)
- 照片6 石英、方解石环绕闪锌矿球粒结晶形成晶簇状环边胶结构造 正交偏光 $\times 20$ 凡口铅锌矿区
- 照片7 腕足类体内的黄铁矿、方铅矿及蛋白石 单偏光 $\times 32$ 凡口铅锌矿
- 照片8 黄铁矿莓球 反光扫描电镜 $\times 2500$ 凡口铅锌矿



GENETIC IDENTIFICATION OF SYNDEPOSITIONAL FABRICS IN SULFIDE ORES

Chen Xueming

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Key words: syndepositional fabrics, geological setting, microscopic features, electron microprobe, crystallographic orientation

Abstract

Syn depositional fabrics seem to be one of the key factors in the identification of the ore deposit origin. For the purpose of determining the exact origin of ore deposits, it is necessary to make genetic identification for some fabrics which look similar to some sediments. The procedure of the identification is as follows: to study metallogenic background and geological features, to find out modes of occurrence and associations of ore fabrics as well as their spatial distribution in orebodies, to observe microscopic features of the fabrics, to analyse by means of EMP chemical composition and variation of major sulfides in different laminae, and to determine with X-ray analysis crystallographic orientation relative to the orientation of the bedding.