

文章编号: 0258-7106 (2004) 03-0327-07

铜陵矿集区块状硫化物矿床地质特征*

李红阳¹ 杨竹森² 蒙义峰² 曾普胜² 徐文艺²

(1 石家庄经济学院, 河北 石家庄 050031; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037)

摘 要 蚀变-流体填图揭示, 铜陵地区石炭系黄龙组喷流沉积含矿岩系中普遍存在块状硫化物矿床, 上部为层状块状硫化物矿层, 下部为浸染状、细脉-网脉状硫化物矿体, 具有典型的双层结构。自下而上矿石具有垂直分带性: 硅质矿石、石膏矿石、黄铁矿矿石、黄铁矿-重晶石矿石和菱铁矿-铁质燧石矿石。矿石发育胶状和莓球结构, 微细层纹状-马尾丝构造。矿石成分以黄铁矿和菱铁矿为主。矿床发育一套独特的热液气爆角砾岩不规则网脉和相互连通的虫管状-树枝状-姜状块黄铁矿管道系统, 矿化形式为弥散式多喷口席状矿化, 厚度一般不超过 100 m。

关键词 地质学 喷流沉积 块状硫化物 热液气爆角砾岩 铜陵矿集区

中图分类号: P618.31; P618.41; P618.51

文献标识码: A

安徽铜陵地区是中国重要的铜、铁、金、硫矿床富集区(顾连兴等, 1986; 1999; 邓晋福等, 2002)。随着冬瓜山大型层状块状铜、金、硫矿床的深入研究(刘裕庆等, 1984)和新桥、桃园、马山、水竹岭、叶山、峙门口等大中型硫、铁、金、铜多金属矿床以及五峰山、戴家冲、虎山等中小型金、硫、铁矿床的不断揭露, 特别是近年“大型矿集区三维蚀变填图与流体示踪研究”工作的开展, 铜陵矿集区块状硫化物矿床的重要地质、地球化学特征逐步被人们所揭示, 本文着重介绍某些地质特征。

1 块状硫化物矿床的二元结构

块状硫化物矿床的双层结构, 是其喷流沉积成因的重要地质证据与标志特征(Hou et al., 2001a; 侯增谦等, 2001b; Urabe et al., 1978)。铜陵矿集区石炭系黄龙组喷流沉积含矿岩系中, 不仅普遍存在块状硫化物矿层, 而且广泛发育典型的双层结构, 表现为矿床结构分带、矿体组构分带、矿石类型与结构构造分带等一系列二元特征。例如, 冬瓜山大型层状块状铜、金、硫矿床, 水竹岭、新桥、桃园、马山、叶山、峙门口、铜官山等大中型硫、铁、金、铜多金属矿床, 五峰山、戴家冲、虎山、观音洞等中小型金、硫、铁矿床, 均可观察到二元结构(图 1、图 2、图 3)。

1.1 矿床结构分带

与典型块状硫化物矿床相类似, 铜陵矿集区块状硫化物矿床上部是似层状块状矿体, 下部为浸染状、细脉状和网脉状矿体(图 1、图 2、图 3)。例如, 水竹岭、新桥、冬瓜山、桃园、马山、叶山、峙门口、五峰山、戴家冲、虎山、铜官山、观音洞等矿床, 块状硫化物矿体由厚薄不等的大致平行的硫化物矿层所组成, 并与地层整合产生, 且同步褶曲。层状硫化物矿体之下的稠密浸染状和细脉-网脉状矿体, 赋存在泥盆系五通组砂岩中。块状硫化物矿床的下部脉状矿体往往较小, 主要为广泛的脉状矿化。

1.2 矿体组构分带

矿体具有垂直分带特点(图 1、图 2、图 4), 由下向上为: ①硅质矿石: 在冬瓜山、桃园、虎山、新桥、五峰山、水竹岭等矿床, 硅质矿石普遍存在, 主要为低品位的浸染状-网脉状矿石, 由黄铁矿和石英组成, 含少量黄铜矿, 即黄铁矿-(磁黄铁矿-黄铜矿)-石英矿石; ②石膏矿石(图 4): 主要见于冬瓜山和马山矿床, 为石膏-硬石膏-黄铜矿-黄铁矿-白云石-菱铁矿(石英-粘土)矿石, 风化淋滤后多呈灰白色“金属软泥”(见于新桥、小铜官山等矿床); ③黄铁矿矿石(图 1、图 2、图 4): 普遍发育, 基本上是层状块状的致密胶状或细粒-中粗粒黄铁矿, 其次为磁黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿、石英; ④黄铁矿-重晶石矿石(图 1、图 2、

* 本文得到国土资源部科技专项研究项目“大型矿集区三维蚀变填图与流体示踪研究”(B0002-3)和国家自然科学基金重点项目(40234051)的联合资助

第一作者简介 李红阳, 男, 1959 年生, 教授, 矿床学专业。

收稿日期 2003-11-18; 改回日期 2004-06-03。李 岩编辑。

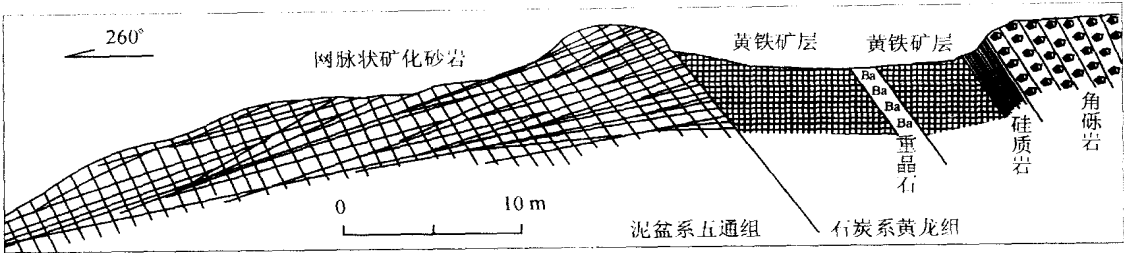


图 1 水竹岭块状硫化物矿床双层结构实测剖面图

Fig.1 Geological section showing two-layer texture of the Shuizhuling massive sulfide deposit

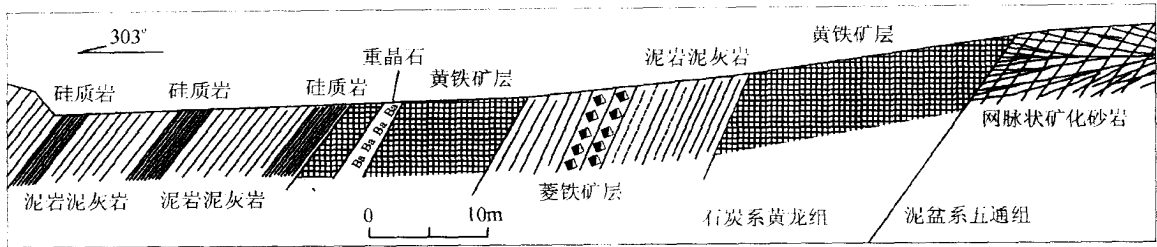


图 2 新桥块状硫化物矿床双层结构实测剖面图

Fig.2 Geological section showing two-layer texture of the Xinqiao massive sulfide deposit

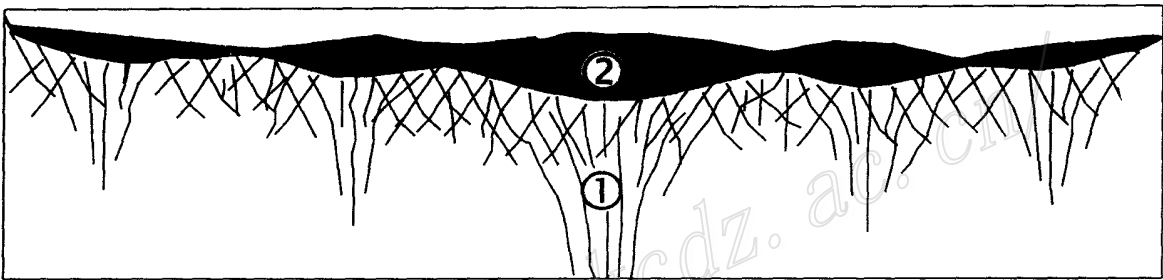


图 3 铜陵矿集区块状硫化物矿床的双层结构与席状矿化模式示意图

①—浸染状、细脉状和网脉状硫化物矿体；②—似层状块状硫化物矿体

Fig.3 Sketch geological map showing two-layer texture and sheet-type mineralization model of massive sulfide deposits in Tongling ore concentration area

孔深/m	柱状剖面	矿物组合	矿石类型	赋矿地层
746		黄铜矿-黄铁矿-硬石膏	(黄铁矿-) 石膏矿石	石炭系黄龙组
753		黄铜矿-黄铁矿-石英	黄铁矿矿石	
764		黄铜矿-黄铁矿-硬石膏	(黄铁矿-) 石膏矿石	
785		黄铜矿-黄铁矿-磁铁矿	黄铁矿矿石	
801		黄铜矿-黄铁矿-磁黄铁矿	黄铁矿矿石	
		黄铜矿(-磁黄铁矿)-石英	硅质矿石	泥盆系五通组

图 4 冬瓜山块状硫化物矿床 ZK501 钻孔柱状剖面图(据刘裕庆等,1984 修改)

Fig. 4 Column of the drill hole ZK501 in the Donguashan massive sulfide deposit

图 5): 主要产于水竹岭、新桥、桃园、峙门口等矿床, 多呈不规则层状、条带状、透镜状、团块状, 重晶石含量在 50%~90% 之间, 含少量黄铜矿、闪锌矿和方铅矿等; ⑤菱铁矿与铁质燧石: 主要见于新桥、水竹岭、冬瓜山、小铜官山等矿床, 为含硫化物的菱铁矿矿石和似碧玉-硅质岩矿石(图 1、图 2)。

1.3 矿石结构构造

矿石构造主要有微细层纹状马尾丝构造、条带状构造、块状构造、角砾状构造等(图 6), 主要见于块状硫化物矿层; 浸染状构造、脉状-网脉状和热液气爆角砾状构造等, 主要分布在下部通道相。矿石结构的显著特点是黄铁矿的胶状结构和莓球结构(图

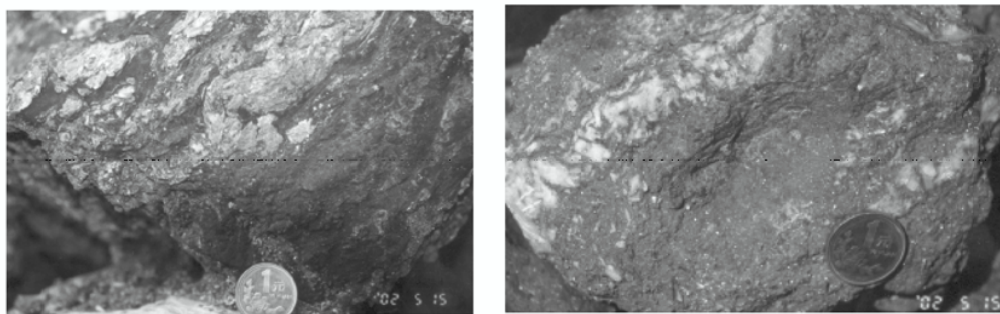


图 5 黄铁矿-重晶石矿石(左:峙门口,右:水竹岭)

Fig.5 Pyrite-barite ores in the massive sulfide deposits (left: Shimenkou; right: Shuizhulint)

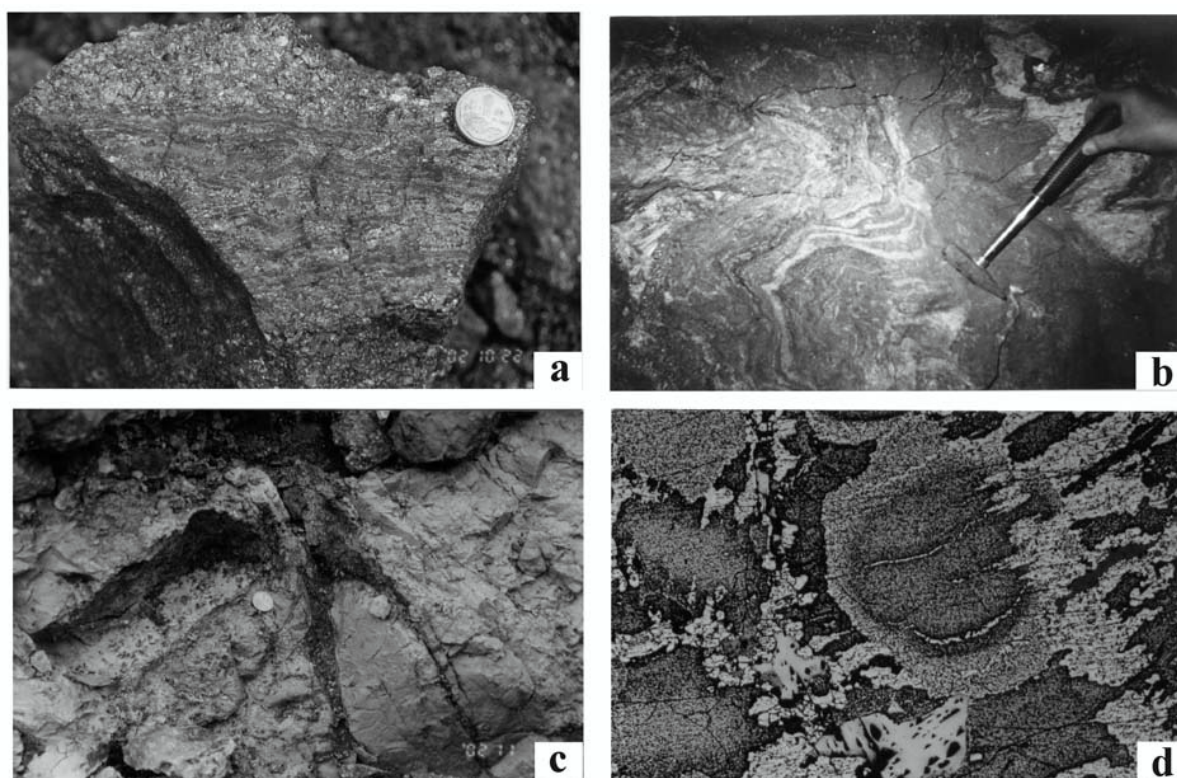


图 6 矿石的主要结构构造

- a. 纹层状-条带状构造, 黄铁矿与石英互层, 新桥; b. 褶皱状构造, 磁黄铁矿与蛇纹石、滑石互层, 冬瓜山;
c. 含砾脉状构造, 胶黄铁矿脉(黑色部分)中含石英细砾, 桃园; d. 球粒状构造, 胶黄铁矿中具同心环的球粒, 新桥

Fig.6 Major textures and structures of ores in massive sulfide deposits

- a. Laminated-lamellar structure: pyrite interbedded with quartz, Xinqiao; b. Plicated structure: pyrrhotite interbedded with serpentine and talc, Dongguashan; c. Gravel-bearing veinlike structure: melnikovite pyrite veins (black) with fine quartz grains, Taoyuan;
d. Spherulitic structure: Concentric ringed spherulites in melnikovite pyrite, Xinqiao

6d),黄铁矿还常常呈自形、半自形粒状结构;黄铜矿主要呈他形晶粒状结构,并沿黄铁矿颗粒间充填交代而形成填隙结构;黄铁矿常被黄铜矿交代呈交代残余结构。在块状硫化物矿体自身堆积发育过程中,同生沉积硫化物的底部热液交代作用广泛发育,胶状黄铁矿普遍脱胶化,黄铁矿再结晶形成自形的变晶,往往具有环带结构,多被磁黄铁矿和镜铁矿等矿物所替代而发育交代残余结构。

2 含矿喷流沉积岩系

铜陵矿集区块状硫化物矿床集中产于石炭系黄

龙组地层中,赋矿地层为一套海底热水喷流沉积含矿岩系,自下而上为富镁质泥岩-白云岩-含铜胶黄铁矿-黄铁矿-菱铁矿层(新桥等矿区)、重晶石(-石膏)透镜体(水竹岭、新桥、峙门口、冬瓜山矿区)、白云岩-硬石膏-白云质灰岩、薄层硅质岩-铁质燧石层-菱铁矿层和含薄层硅质岩-菱铁矿的白云岩(图1、图2、图4、图7)。

2.1 硅质岩

在铜陵矿集区块状硫化物矿层顶部和白云岩层底部,时常发育一套厚度不大的硅质岩和含铁硅质岩。例如,在新桥硫铁矿层的含矿岩系顶部白云岩

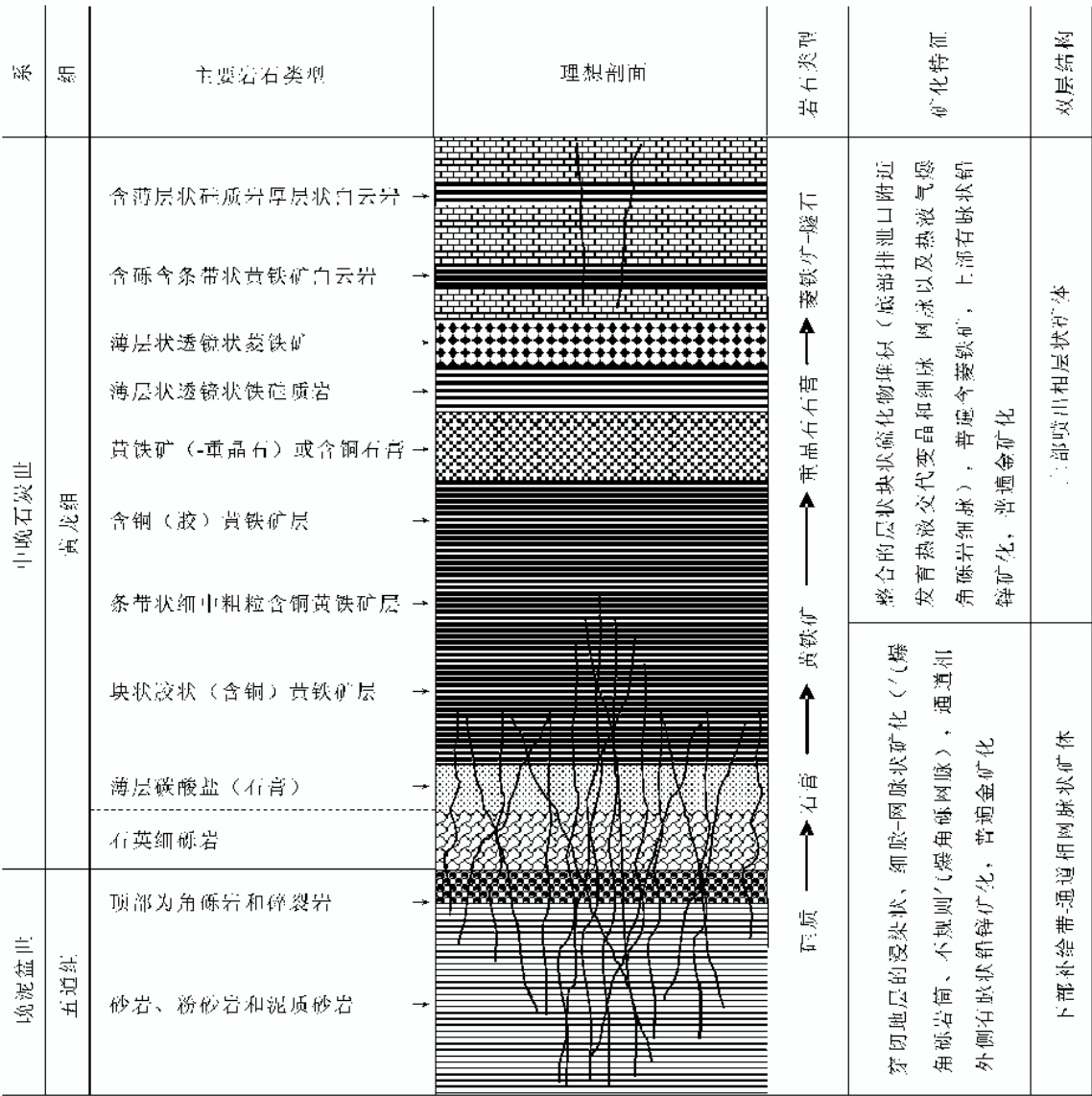


图7 铜陵矿集区块状硫化物矿床含矿岩系柱状示意图

Fig.7 Sketch stratigraphic column of the ore-bearing rocks in the pyrite-type massive sulfide deposit in Tongling ore concentration area

层中多处见到十几厘米厚的硅质岩(图2)。如图2所示,硅质岩与泥质灰岩按一定的韵律出现,下部为浅绿色硅质岩,厚约90 cm;中部为红褐色含铁硅质岩,厚约80 cm;上部为黑色含锰硅质岩,厚约60 cm。又如,在水竹岭矿区(图1),矿层之上分布有灰黑色铁质硅质岩,厚度在几十厘米到2 m,延伸稳定,并普遍有条带状和微细浸染状黄铁矿的分布。

2.2 重晶石(夹层)

近年来,在铜陵矿集区块状硫化物矿床中发现多处不规则层状、条带状、薄透镜状和团块状重晶石(图1、图2、图5),主要分布于层状矿体的上部或边部。比如,峙门口、桃园、水竹岭和新桥等块状硫化物矿层中上部,均有整合的不规则层状、透镜状白色重晶石的分布,层厚数毫米至十几厘米不等,半自形-他形粒状。重晶石主要与微细层纹状、胶状、细晶状黄铁矿层共生,组成黄铁矿-重晶石矿石和夹层,构成含矿岩系的一个组成部分与标志特征。

2.3 菱铁矿(夹层)

在铜陵矿集区层状块状矿床上部,时常发育层状、透镜状菱铁矿矿体(图2)。例如,在新桥白云岩层之中圈出菱铁矿层;在铜官山、五峰山、马山、观音洞等硫化物矿层和赋矿白云岩中,均可观察到大量的黄褐色和米黄色菱铁矿,局部构成菱铁矿白云岩。菱铁矿的广泛分布和菱铁矿矿体、矿层或夹层的产出,也是含矿岩系的一个组成部分与特征之一。

2.4 膏盐(夹层)

在冬瓜山块状硫化物矿床中,含铜石膏岩或石膏矿石(膏盐层)是重要的含矿岩系组成部分(刘裕庆等,1984)(图4)。在新桥、小铜官山、五峰山等矿区,均见有灰白色“金属软泥”分布,多为黄铁矿-石膏矿石或富含膏盐和黄铁矿的碳酸盐岩风化淋滤产物。此外,在块状硫化物矿床附近,有石膏矿床的产出。

2.5 黄铁矿层

黄铁矿层具有明显的区域分布稳定性(刘裕庆等,1984)。但是,在不同地带,黄铁矿矿层厚度差别甚大,厚者十几米、几十米至上百米,窄者十几厘米,甚至尖灭(图3)。黄铁矿层自下而上总体为致密块状胶黄铁矿、块状细晶黄铁矿、条带状石英-黄铁矿、梳状-晶洞状粗晶黄铁矿和薄层状胶黄铁矿,并伴随菱铁矿、白云石、方解石、重晶石、石膏、蒙脱石和高岭土等矿物出现。在新桥等地,黄铁矿层含有大量的石英和碳酸盐。在戴公山、观音洞、桃园等块状硫

化物矿层总体相对较薄的地段,时常有石英细砾分布于黄铁矿层之中,而且自下而上砾的含量逐渐减少,砾石成分也自下而上逐渐演化为石英单晶。在观音洞黄铁矿矿层之上的白云岩中,有似条带状黄铁矿和角砾状黄铁矿的分布。

在横向上,黄铁矿层的结构构造有很大差异,在喷流口附近胶状黄铁矿明显被细粒-中粗粒黄铁矿所穿切,表现为不同粒度的黄铁矿(-石英等)交织在一起(新桥、冬瓜山、水竹岭等矿区)。在黄铁矿层的下部往往发育热液气爆角砾岩,表现为不规则张性石英-黄铁矿脉中的石英呈球粒状单晶石英产出(桃园矿区)(图6c)。

2.6 富镁质碳酸盐岩

在层状块状硫化物矿层下部,普遍存在着含纹层状黄铁矿的富镁质泥岩-白云石-(石膏)层,厚度几厘米至几十厘米不等,由于易风化淋滤多形成白色和灰白色“金属软泥”层。

在黄铁矿层之上,普遍有细晶-粗晶白云质碳酸盐岩层的分布。在不同地段,碳酸盐岩厚度有较大的差异,从数米到近百米。例如,在五峰山铁帽型金矿区,黄铁矿层之上分布有粗晶白云质碳酸盐岩,岩石主要由粗晶白云石和方解石所组成,并有底部岩石的细晶黄铁矿角砾、胶状黄铁矿角砾、黄铁矿-闪锌矿-石英矿物集合体角砾,大者粒径十几厘米,小者3 mm。

3 喷流沉积管道系统

在铜陵矿集区块状硫化物矿床中发育一套独特的相互连通的虫管状-树枝状-姜块状黄铁矿喷流管道系统和热液气爆角砾岩细脉-不规则网脉及角砾岩筒等(图6c、图8)。

3.1 虫管状黄铁矿管道系统

在层状块状硫化物矿体底板泥盆系五通组砂岩和砂泥质岩之中,广泛分布有形态完整、穿切地层的虫管状、树枝状、姜块状等管道状黄铁矿。单个喷流管道截面直径1~3 cm,管道之间相互连通,构成纵横交错、规模巨大的树枝状海底喷流管道系统。管道之内主要为细粒和胶状黄铁矿,少量碳酸盐矿物等,管道中心多发育晶洞。从管道中心向外黄铁矿颗粒逐渐变细,管道壁多见明显的热液蚀变圈。

3.2 热液气爆角砾岩细脉、不规则网脉及岩筒

在铜陵矿集区块状硫化物矿床下部通道相之

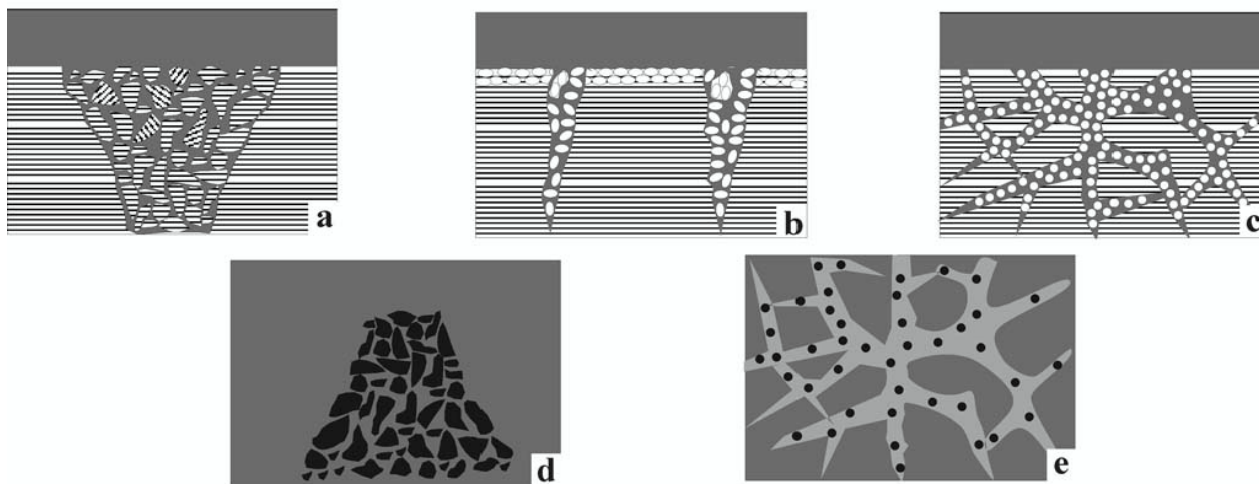


图 8 不同类型热液气爆角砾岩示意图

a. 热液气爆角砾岩筒,角砾为强烈蚀变矿化的五通组砂岩,胶结物为黄铁矿; b. 热液气爆角砾岩细脉,角砾为黄龙组底部石英细砾岩砾石,胶结物为黄铁矿; c. 热液气爆角砾岩不规则网脉,角砾为砾状石英,胶结物为黄铁矿; d. 热液气爆角砾岩,角砾和胶结物均为不同粒度的黄铁矿; e. 热液气爆角砾岩,角砾为胶黄铁矿,胶结物为脉状晶质黄铁矿

Fig.8 Diagram showing various breccias generated by hydrothermal-gas explosion

a. Hydrothermal gas explosion breccia pipe, with breccias being intensely altered and mineralized sandstone of Wutong Formation, and cements being pyrite; b. Hydrothermal gas explosion breccia veinlet, with breccias being gravels of quartz fine conglomerate at the bottom of Huanglong Formation, and cements being pyrite; c. Irregular stock work of hydrothermal gas explosion breccia, with breccias being psephitic quartz and cements being pyrite; d. Hydrothermal gas explosion breccia, with both breccias and cements being pyrite of different grain sizes; e. Hydrothermal gas explosion breccia, with breccias being melnikovite pyrite, and cements being veinlike crystalline pyrite

中,发育一套独特的热液气爆角砾岩,包括气爆角砾岩细脉-不规则网脉、气爆角砾岩筒、气爆角砾岩墙等(图 6c、图 8)。

气爆角砾岩细脉和不规则网脉,主要表现为砾状石英与黄铁矿呈不规则细脉和网脉状产出,构成石英-黄铁矿角砾岩脉(图 6c、图 8)。角砾成分主要为单晶石英、石英集合体及少量胶状和不同粒度的晶质黄铁矿。气爆角砾岩细脉-不规则网脉,宽者不超过 10 cm,窄者几毫米,多呈不规则状、楔形或漏斗状,主要见于桃园和水竹岭等矿区。

在桃园、水竹岭、新桥等矿区,层状块状黄铁矿矿层之下的通道相发育气爆角砾岩筒及岩墙(图 8a),构成通道相角砾状黄铁矿矿石,角砾成分主要为微细粒稠密浸染状、细脉状、网脉状黄铁矿化的黄铁绢英岩和强硅化石英砂岩,次为块状黄铁矿矿石角砾,胶结物或充填物为细晶-中粗粒黄铁矿。角砾棱角分明,粒径多在 1~10 cm,角砾总体位移距离不大,可见到角砾的撕裂和旋转位移,角砾约占 30%。在桃园矿区,气爆角砾岩筒和岩墙(图 8a)与密集分布的石英-黄铁矿气爆角砾岩细脉-网脉相间排列。

4 多喷口席状-块状矿化

铜陵矿集区块状硫化物矿床具有典型的区域弥

散式多喷口席状矿化形式(图 3),局部为块状矿化,席状蚀变矿化厚度一般不超过 100 m,时常叠加蚀变岩筒,可与世界典型块状硫化物矿床相对比(Franklin et al., 1981)。层状块状硫化物矿床,具有总体受同生断裂和基底断裂共轭网络控制的弥散式多喷口席状矿化特征,形成薄而广布的区域性席状透镜体群。而且,在区域席状矿化基础上又有受局部洼地控制的块状矿化。在较深的水中,多堆积黑矿型矿床,在较浅的水中,多堆积薄而广布的 Rosbery 型矿床。

区域层状-席状蚀变矿化,导致泥盆系五通组石英砂岩和粉砂岩的强烈黄铁绢英岩化和次生石英岩化,以及泥砂质岩石的强烈黄铁矿化、绿泥石化、绢云母化和叶腊石化。区域层状-席状蚀变矿化带厚度多在 100 m 以内。比如,在观音洞和王村一带蚀变矿化带厚约 100 m,在新桥约 100 m,在水竹岭约 150 m,在戴公山一带约 100 m,在五峰山约 80 m,在桃园约 100 m,在牡丹山约 80 m,在铜官山约 80 m,戴家冲约 80 m。

References

Deng J F, Dai S Q, Zhao H L, et al. 2002. Recognition of the magma-

- fluid-mineralization system and subsystem in Cu-Au(Ag) Tongling metallogenic region[J]. *Mineral Deposits*, 21(4): 317 ~ 322 (in Chinese with English abstract).
- Franklin J M, Lydon J W and Sangter D F. 1981. Volcanic-associated massive sulfide deposits[J]. *Econ. Geol.*, (75th Anniv): 485 ~ 627.
- Gu L X and Xu K Q. 1986. On the carboniferous submarine massive sulfide deposits in the lower reaches of the Changjiang river[J]. *Acta Geologica Sinica*, 60(2): 176 ~ 188 (in Chinese with English abstract).
- Gu L X. 1999. Advances in research on massive sulfide deposits: A review[J]. *Geol. Rev.*, 45(3): 265 ~ 275 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Khin Z, Qu X M, et al. 2001a. Origin of the Gacun volcanic-hosted massive sulfide deposit in Sichuan, China: fluid inclusion and oxygen isotope evidence[J]. *Econ. Geol.*, 96: 1491 ~ 1512.
- Hou Z Q, Qu X M, Xu M J, et al. 2001b. The Gacun VHMS deposit in Sichuan Province: from field observation to genetic model[J]. *Mineral Deposits*, 20(1): 44 ~ 56 (in Chinese with English abstract).
- Huang X C and Chu G Z. 1993. Multistory metallogenic model of the Shizishan orefield in Tongling, Anhui Province[J]. *Mineral Deposits*, 12(3): 221 ~ 231 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y Q, Liu Z L and Yang C X. 1984. Stable isotope studies of the Dongguashan copper deposit in Tongling prefecture, Anhui Province[J]. *Bulletin of The Institute of Mineral Deposits, CAGS*, 1: 70 ~ 101 (in Chinese with English abstract).
- Urabe T and Sato T. 1978. Kuroko deposits of the Kosaka mine, Northeast Honshu, Japan: products of submarine hot springs on Miocene seafloor[J]. *Econ. Geol.*, 73: 161 ~ 179.

附中文参考文献

- 邓晋福, 戴圣潜, 赵海玲, 等. 2002. 铜陵 Cu-Au(Ag)成矿区岩浆-流体成矿系统和亚系统的识别[J]. *矿床地质*, 21(4): 317 ~ 322.
- 顾连兴, 徐克勤. 1986. 论长江中下游中石炭世海底块状硫化物矿床[J]. *地质学报*, (2): 176 ~ 188.
- 顾连兴. 1999. 块状硫化物矿床研究进展评述[J]. *地质论评*, 45(3): 265 ~ 275.
- 侯增谦, 曲晓明, 徐明基, 等. 2001. 四川呷村 VHMS 矿床: 从野外观察到成矿模型[J]. *矿床地质*, 20(1): 44 ~ 56.
- 黄许陈, 储国正. 1993. 铜陵狮子山矿田多位一体(多层楼)模式[J]. *矿床地质*, 12(3): 221 ~ 230.
- 刘裕庆, 刘兆廉, 杨成兴. 1984. 铜陵地区冬瓜山铜矿的稳定同位素研究[J]. *中国地质科学院矿床地质研究所所刊*, (1): 70 ~ 101.

Geological Characteristics of Massive Sulfide Deposits in Tongling Ore Concentration Area, Anhui Province

Li Hongyang¹, Yang Zhusen², Meng Yifeng², Zeng Pusheng² and Xu Wengyi²

(1 Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;

2 Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China)

Abstract

The alteration and fluid mapping show that pyrite-type massive sulfide deposits widely occur within Carboniferous sedimentary-exhalative ore-bearing rocks of the Huanglong Formation. The deposit, characterized by a representative two-layer texture, consists of the exhalation phase massive stratiform ore bed in the upper part and the feeder channelway phase disseminated-stockwork orebody in the lower part. It has distinct vertical metallic zoning in the upward order of siliceous, gypsum, pyrite, pyrite-barite and siderite-siliceous ores. Colloform, framboidal textures and laminated, brecciated structures of exhalation are widely developed in the stratiform ores. Ores are dominated by pyrite and siderite. The deposit shows a well-developed characteristic exhalation pipeline system, which includes irregular stockworks of hydrothermal explosion breccia, breccia pipes and interconnected worm-pipes, and branch-like and ginger-like pyrite pipes. The dispersed multi-spout sheets or blanket-like alteration and mineralization zones are distributed regionally and the massive mineralization occurs locally. As a role, the sheet alteration and mineralization zones do not exceed 100 m in thickness.

Key words: geology, exhalative sedimentation, massive sulfide deposit, hydrothermal explosion breccia, Tongling ore concentration area