

铜陵地区热液成因胶状黄铁矿及其成矿意义*

Hydrothermal colloidal pyrite in Tongling area, Anhui Province, and its metallogenic significance

任云生, 刘连登

(吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061)

REN YunSheng and LIU LianDeng

(College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China)

摘 要 野外观察和矿相学研究表明, 铜陵地区广泛发育同生沉积和热液成因的两类胶状黄铁矿。后者多与石英、铋矿物、自然金及黄铜矿等共生, 呈脉状充填于热液早期阶段形成的毒砂、黄铁矿或同生沉积胶黄铁矿的晶隙、裂隙中。流体包裹体研究表明, 热液成因胶黄铁矿是燕山期中酸性岩浆作用产生的中高温、高盐度成矿流体沸腾的产物。该类胶黄铁矿在铜陵地区的遍在性, 一定程度上表明区内存在统一的与燕山期岩浆热液活动有关的金铜成矿作用; 其不同矿区的影响程度, 是各矿区热液型金铜矿化规模、强度不尽相同的原因之一。

关键词 同生沉积胶黄铁矿; 热液成因胶黄铁矿; 流体沸腾; 铜陵地区

铜陵地区普遍存在同生沉积和热液成因的两类胶黄铁矿(刘裕庆等, 1984; 唐永成等, 1998)。但前人研究多着眼于古生代同生沉积的含铜胶黄铁矿矿胚层的特征、成因及其对后期热液成矿的贡献, 而鲜见热液成因胶黄铁矿的系统论述。本文以铜陵地区独立和伴生金矿中的热液成因胶黄铁矿为重点, 通过系统阐述此类胶状黄铁矿的地质特征、形成条件、与热液型矿化(尤其是金矿化)的时空及成因联系, 为区内金矿研究及找矿提供新的线索。

1 沉积成因胶黄铁矿及其成矿意义

铜陵地区沉积成因的胶黄铁矿, 主要呈稳定层状分布于中石炭统黄龙组底部的白云岩段, 与其上部的硬石膏层(+菱铁矿)共同构成同生沉积胚胎矿层(岳文浙等, 1993)。其剖面结构为(唐永成等, 1998): 底部为厚约数十厘米至 1 m 的含石英细砾石的白云岩, 其上为灰色-深灰色微晶白云岩, 夹多层纹层状、皱纹状暗灰色胶黄铁矿层, 并含石膏假晶、菱铁矿及硬石膏层, 厚度为 16.20 m。本次工作在新桥矿田牛山矿段发现, 同生沉积胶黄铁矿呈透镜状结核在黄龙组底部断续成层分布, 结核小者直径 1 cm 左右, 大者可达 20 cm。

另外, 在铜陵地区早、中三叠统地层中也有此类胶黄铁矿层分布。狮子山矿田北部的包村金矿和曹山硫(金)矿区, 分布一种条带状矿石, 由宽几毫米~2 cm 不等的磁黄铁矿条带和致密硬脆的角岩条带相间组成, 两者同时被后期石英-多金属硫化物脉穿插。显微镜下, 条带状磁黄铁矿中可见残留的胶黄铁矿, 有时可见胶黄铁矿的三边平衡结构和破碎重结晶现象(图 1), 说明这种磁黄铁矿是由胶黄铁矿转变而成。区内马山矿床具类似现象, 矿物生成顺序应为胶黄铁矿-黄铁矿-磁黄铁矿(何金祥等, 1996)。该类条带状矿石应为同生沉积的含铜胶黄铁矿胚胎矿层遭受接触变质作用所致。

同生沉积胶黄铁矿常呈同心环带状、透镜状、肾状、扇形环状、似叠层石状等, 具球状构造、同心圆

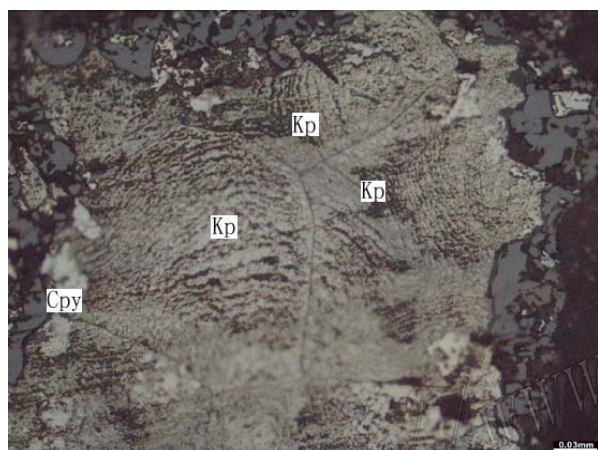
* 第一作者简介 任云生, 男, 1969 年生, 吉林大学副教授, 主要从事矿床学教学与研究工作。

或皮壳状等生物作用现象,有时同心环中见微粒黄铜矿。胶黄铁矿中不规则填隙状菱铁矿的碳、氧同位素组成显示其为沉积成因(刘裕庆等,1984)。

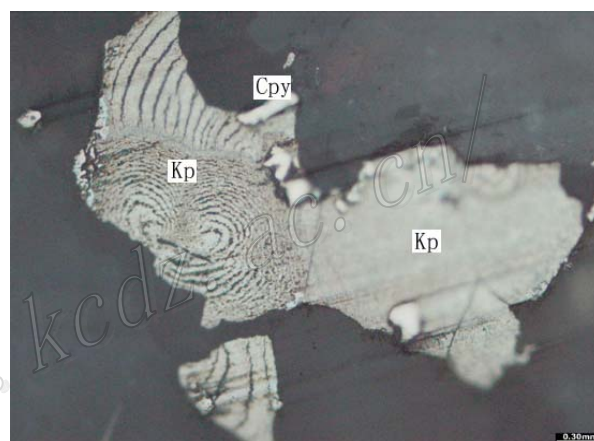
含胶黄铁矿的同生沉积矿胚层在区内铜、金、硫大中型矿床形成中所起的重要作用前人已有详细研究。王道华等(1987)强调该矿胚层对成矿物质的贡献;崔彬(1987)进一步指出其不仅是矿源层,更是有利的储矿层;黄龙组地层^①对金、铜、硫的成矿具有一定的狭义地层学意义(唐永成等 1998)。

2 热液成因胶黄铁矿的时空分布特征

在包村和朝山矽卡岩型独立金矿床中,常见胶黄铁矿与磁黄铁矿、黄铜矿、自然铋、辉铋矿及脉石英等呈细脉状或填隙状分布于矽卡岩中,反映其明显受断裂构造控制。显微镜下,此类胶黄铁矿呈胶状、致密块状、同心环带状,多为隐晶质偏胶体,具典型的胶状构造,与石英一起呈脉状、不规则团块状充填于早阶段毒砂、黄铁矿和沉积成因胶黄铁矿晶隙、裂隙中,或穿切上述矿物(图 2A),同时又为后期黄铜矿、铋矿物-金矿物细脉和石英-方解石脉沿构造裂隙或收缩裂隙充填(图 2B)。根据胶黄铁矿与其他矿物的交生关系,认为其形成应略早于铋矿物-金成矿阶段,为石英-硫化物阶段后期的产物。



A-同生沉积胶黄铁矿(Kp)的弱三边平衡结构
(光片, TshB13×500)



B-破碎重结晶的胶黄铁矿(Kp)
(光片, TshB13×50)

图1 狮子山矿田曹山硫(金)矿区中的沉积型胶黄铁矿

呈脉状产出的胶黄铁矿在铜陵地区具一定遍在性。天马山硫金矿床不同矿体中均出现自然金、银金矿、金银矿、自然铋、辉铋矿、辉铅铋矿、胶黄铁矿等共生矿物组合,其中胶黄铁矿主要分布于构造裂隙中,呈不规则团块状、脉状,反映其形成时处于较强的构造脉动中,它在早期黄铁矿阶段与晚期多金属硫化物阶段之间自成一体,除石英外,几乎不与其他硫化物共生(唐永成等,1998)。组成黄狮涝硫金矿床原生矿体的硫化物主要有黄铁矿、胶黄铁矿、磁黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、辉铋矿、硫铋铅矿等(何金祥等,1994)。新桥矿田原生矿石中,胶黄铁矿表现为不同世代,早世代胶黄铁矿多被晚世代胶黄铁矿和方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、铋矿物以及金银类矿物沿晶隙、裂隙充填交代。

狮子山矿田中,热液成因胶黄铁矿主要形成于晚期石英-硫化物阶段,与自然金、自然铋、辉铋矿、黄铜矿、黄铁矿等密切共生,沿层状矽卡岩矿体中的裂隙充填,形成晚期石英-硫化物细脉。该阶段和碳酸盐-石英-(多金属)硫化物阶段可能是金的重要形成时期(唐永成等 1998)。

3 热液成因胶黄铁矿的形成条件

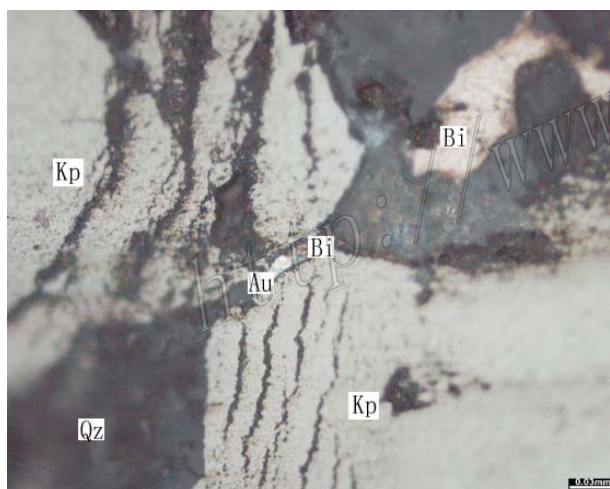
^①安徽地质矿产局 321 地质队. 1990. 安徽铜陵鸡冠石银(金)矿床详查地质报告.

胶状黄铁矿为低温热液产物，是物理化学条件骤变引起含矿热液过饱和结晶形成的。胶状构造表现为结晶成的极小矿物集合体构成复杂曲面的平行条带或同心圆状条带，条带间的界限不清，为渐变过渡关系，并常在条带上具有凝胶的收缩裂纹。胶状构造是浅成矿床以充填方式沉淀成矿的一个重要标志。

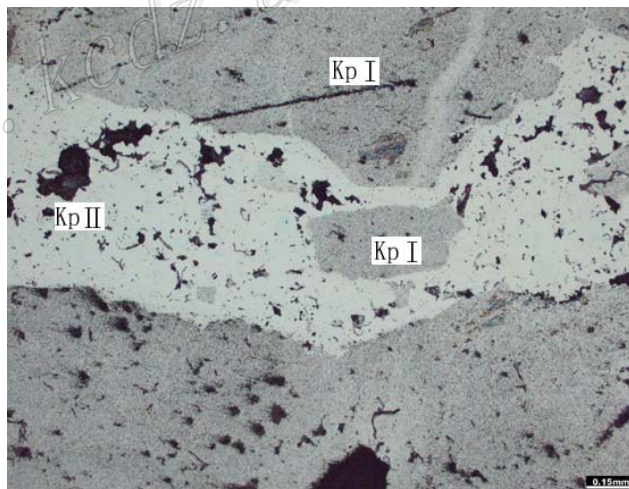
为了进一步探讨铜陵地区热液成因胶黄铁矿的成生机理，取包村金矿石中与金矿物、自然铋、辉铋矿密切共生的胶黄铁矿、结晶黄铁矿进行了硫同位素测试。结果表明，胶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 为 4.36‰（1 件样品），与结晶黄铁矿硫同位素组成基本一致（3 件样品， $\delta^{34}\text{S}$ 均值为 4.37‰）。冬瓜山铜（金）矿床脉状、填隙状胶黄铁矿 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 5.90‰，与热液形成的结晶黄铁矿和粗晶黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值（5.70‰）、成矿闪长岩体的 $\delta^{34}\text{S}$ （5.80‰）相近（刘裕庆等，1984）。不同矿区胶黄铁矿硫同位素组成表明，其为与岩浆活动有关的热液期产物。

空间上，包村、朝山金矿床中的胶黄铁矿与石英、其他金属硫化物在矿石中呈细脉状分布。显微镜下常见胶黄铁矿与石英等脉石矿物一起沿早期形成矿物的晶隙、裂隙分布，表明不同尺度的构造裂隙为热液成因胶黄铁矿的就位提供了空间。

包村和朝山金矿床石英-多硫化物阶段脉石英中的流体包裹体研究表明，该阶段广泛分布有含 CO_2 三相包裹体、富气三相包裹体、气液两相包裹体和含子矿物三相包裹体，不同类型包裹体均一温度峰值为 320~380℃，均值为 350.4℃，盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 变化范围为 5.71%~46.05%，平均为 33.54%。根据不同类型流体包裹体普遍共存、富气三相包裹体与含子矿物三相包裹体均一温度的众值相近等特征，认为该阶段成矿流体曾经发生沸腾现象。采用矿床地质法和流体包裹体压力计法估算出成矿深度为中浅成（2.5~3.2 km）（任云生等，2004）。可见，与燕山期构造岩浆活动密切相关的中高温、高盐度的岩浆热液沿构造裂隙上升至地壳浅部，由于相对开放的脆性构造裂隙空间内压力骤降造成的流体沸腾作用是胶黄铁矿沉淀及金最终富集的主要原因。



A-沿胶黄铁矿（Kp）裂隙充填的自然金（Au）-自然铋（Bi）脉（包村矿区，光片，TbB15×500）



B-晚期胶黄铁矿（Kp II）穿切早期胶黄铁矿（Kp I）（新桥矿田牛山矿段，光片，TnB1×100）

图2 铜陵地区不同矿区的热液成因胶黄铁矿

除包村、朝山独立金矿床外，狮子山、铜官山矿田伴生金矿中也发生过燕山期金铜成矿流体的沸腾现象（肖新建等，2004），这与燕山期该区存在统一的热液成矿系统的认识相符。前已述及，狮子山矿田中，热液成因胶黄铁矿主要形成于晚期石英-硫化物阶段，该阶段可能是伴生金的重要形成时期，也进一步佐证了流体温压条件骤变引起的流体沸腾在金铜成矿及共生胶黄铁矿形成过程中的重要意义。

4 热液成因胶黄铁矿的成矿意义

铜陵地区普遍发育热液成因的胶黄铁矿值得重视,其重要的理论与找矿意义主要表现在:

(1) 热液型金矿化的重要标志

热液型胶黄铁矿主要形成于热液成矿期的石英-多金属硫化物阶段的后期,与金矿物、铋矿物、其他金属硫化物时空关系密切,有时作为载金矿物。如马山矿床中可见该类胶黄铁矿中有包体金^①;黄狮涝矿床中充填于粗晶黄铁矿的胶黄铁矿和白铁矿中见自然金^②。因此,胶黄铁矿是该区热液型金矿化的重要标志之一,今后工作中应注意胶黄铁矿中金矿物的查证。

(2) 热液矿床成矿深度的判别标志之一

胶黄铁矿是热液骤然冷却、强烈过饱和和结晶所致,主体见于浅成深度。包村和朝山独立金矿床的成矿流体特征和成矿深度研究印证了该认识(任云生等,2004)。该认识对铜陵地区其他内生金、铜矿床成矿深度判别具借鉴意义。

(3) 燕山期热液型金矿化的叠加成矿是区内伴生金矿的主因

近年研究表明,燕山期岩浆成矿作用在铜陵地区具有重要意义,一方面形成了包村、朝山等独立金矿床;另一方面,广泛叠加改造早期形成的层控矽卡岩型铜、硫矿床,形成规模不等、矿化强度不同的伴生型金矿化。如前所述,铜陵地区广泛发育的热液成因胶黄铁矿为燕山期构造岩浆活动的产物,可作为区内矽卡岩型金矿化的标志矿物之一。

曾普胜等(2005)指出,在冬瓜山矿区-730 m中段至-790 m中段间的斜坡道中部可见呈近直立的0.5米至数米宽的对称型含硫盐铅锌矿方解石脉体,并见细网脉状含沥青胶黄铁矿煌斑岩脉穿切含矿方解石脉,煌斑岩脉中的沥青状胶黄铁矿细脉与包村金矿采坑底部的富金含沥青的胶黄铁矿细脉非常相似。在花树坡矿床也常见到类似现象,它们是最晚的矿化。

据统计(丁俊华等,1996),中国矽卡岩型伴生金的品位一般为 $(0.3\sim 1.0)\times 10^{-6}$,以 0.5×10^{-6} 居多。但狮子山矿床的金品位变化极大,最高 18.37×10^{-6} ,最低 0.03×10^{-6} ,极差达612倍。在461件刻槽样品中,金品位小于 1×10^{-6} 者296件,占64%; $Au>1\times 10^{-6}$ 者有165个,占36%,平均品位为 2.31×10^{-6} ; $Au>2\times 10^{-6}$ 者有68个,占14.8%,平均品位为 3.50×10^{-6} ,可作为独立金矿体圈定。前人多将狮子山矿田内伴生金品位变化较大归因于铜品位的高低变化。

狮子山矿田发育由铋矿物、胶黄铁矿、自然金等与石英共同组成石英-硫化物细脉,沿层状矽卡岩矿体中构造裂隙充填,这种细脉,在大团山矿床局部地段较发育,是该矿床所圈出的金矿体或富集地段的重要组成部分(唐永成等,1998)。基于上述事实,结合本文讨论,认为燕山期岩浆成矿作用的独立金矿化叠加是包括狮子山矿田在内的铜陵地区伴生金矿化的成生主因,该期热液成矿作用在不同矿区或同一矿区不同部位的强度和影响范围不同,是导致各矿区矿化(尤其是金矿化)规模和强度不尽相同的原因之一。

参 考 文 献

- 崔彬. 1987. 铜官山层控矽卡岩型铜矿床的蚀变分带及其成因. 矿床地质, 6(1): 35~43.
- 丁俊华, 许文渊, 吴厚泽. 1996. 中国伴生金矿床. 北京: 地质出版社, 9~17.
- 何金祥, 余国珍, 朱雅林. 1994. 安徽铜陵黄狮涝山金矿床地质特征及成因. 矿床地质, 13(13): 201~211.
- 何金祥, 徐克勤, 顾连兴. 1996. 对马山、大宝山变质成因磁黄铁矿不同组成结构的认识. 地球科学—中国地质大学学报, 21(3): 305~310.
- 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. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊, (1): 70~101.
- 任云生, 刘连登, 万相宗, 等. 2004. 铜陵地区矽卡岩型独立金矿成矿深度探讨. 大地构造与成矿学, 28(4): 397~403.
- 唐永成, 吴言昌, 储国正, 等. 1998. 安徽沿江地区铜金多金属矿床地质. 北京: 地质出版社. 230~280.
- 王道华, 傅德鑫, 吴履秀. 1987. 长江中下游区域铜、金、铁硫矿床基本特征及成矿规律. 北京: 地质出版社.
- 肖新建, 倪培, 顾连兴, 等. 2004. 铜陵地区金属硫化物矿床沸腾流体成矿过程中气体逸失量的估算. 铀矿地质, 20(2): 91~99.
- 岳文浙, 业治铮, 魏乃颐, 等. 1993. 长江中下游威宁期沉积地质与块状硫化物矿床. 北京: 地质出版社.
- 曾普胜, 裴荣富, 候增谦, 等. 2005. 安徽铜陵矿集区冬瓜山矿床: 一个叠加改造型铜矿. 地质学报, 79(1): 106~113.

①冶金工业部华东冶金地质勘探公司 813 地质队. 1985. 安徽省铜陵市马山金(硫)矿床评价地质报告.

②冶金工业部华东地质勘查局 812 队. 1990. 黄狮涝山金矿勘探中间地质报告.