

江西银山矿床矿物共生组合的重新厘定及其成因意义*

陈繁荣

肖振宇

(中国科学院广州地球化学研究所, 广州) (广东有色金属地质矿产勘查院, 广州)

提 要:江西银山多金属矿床发育南北不对称的矿化与蚀变分带, 并以矿区南部的分带性较完整。研究表明, 其矿区南部矿化分带的形成, 是在成矿热液的缓慢演化过程中各种成矿元素依次沉淀的结果, 其中石英或菱铁矿的梳状构造发育, 线型蚀变较强, 所形成的矿物自形程度高, 杂质组分含量低; 矿区北部九区含铜 Zn-Pb 矿化带成矿体系中有大量蒸汽加热酸性地下水的混入, 这种酸性地下热水在矿床上部产生了大量高岭石化和重晶石化等酸性蚀变, 并且在下渗过程中与上升含矿热液混合, 使含矿热液体系的物理化学条件发生急剧变化, 各种矿物同时达到饱和或过饱和而快速沉淀, 从而阻碍了矿区北部矿化分带的进一步发育, 并导致了矿物环带构造的大量出现甚至胶状矿物的形成。

主题词: 矿物共生序列 成矿流体演化 银山矿床 江西

1 矿床地质特征

银山多金属矿床产于江南元古代岛弧之上, 赣东北德兴中生代火山沉积盆地东缘, 西山破火山口东侧, 成矿年龄与中生代火山岩成岩年龄相近偏晚^[1], 因此其成矿作用与中生代火山活动有着密切的时空关系, 为一具有重要经济价值的 Cu (Au)、Pb-Zn (Ag) 多金属矿床。银山矿床以九区 Cu (Au) 矿化带为中心, 发育南北不对称的矿化分带, 并以矿区南部的分带性较完整。从矿区中部往南依次为 (图 1): 九区 Cu (Au) 矿化带、银山区 Cu-Pb-Zn 带化矿、Pb-Zn 矿化带和南山区 Pb-Ag 矿化带。九区 Cu (Au) 矿化带北侧为九区 Zn-Pb 矿化带, 更进一步的矿化分带不明显, 北山区 Pb-Zn 矿化带远离西山破火山口, 与九区 Zn-Pb 矿化带之间有一无矿区, 因此它与西山破火山口的关系有待进一步的研究。在纵向上, 浅部的铅锌矿脉

矿流体的地球化学演化机制的差异所造成的, 从而对其成矿机理有了新的认识, 也为矿床地质地球化学资料的解释和矿床成因研究提供了依据。

* 国家自然科学基金 (49272110) 和中国科学院矿床地球化学开放研究实验室基金资助
陈繁荣, 男, 1962 年生, 矿床学硕士, 岩石学博士, 副研究员。邮政编码: 510640
1996-07-30 收稿, 1996-12-25 修改回

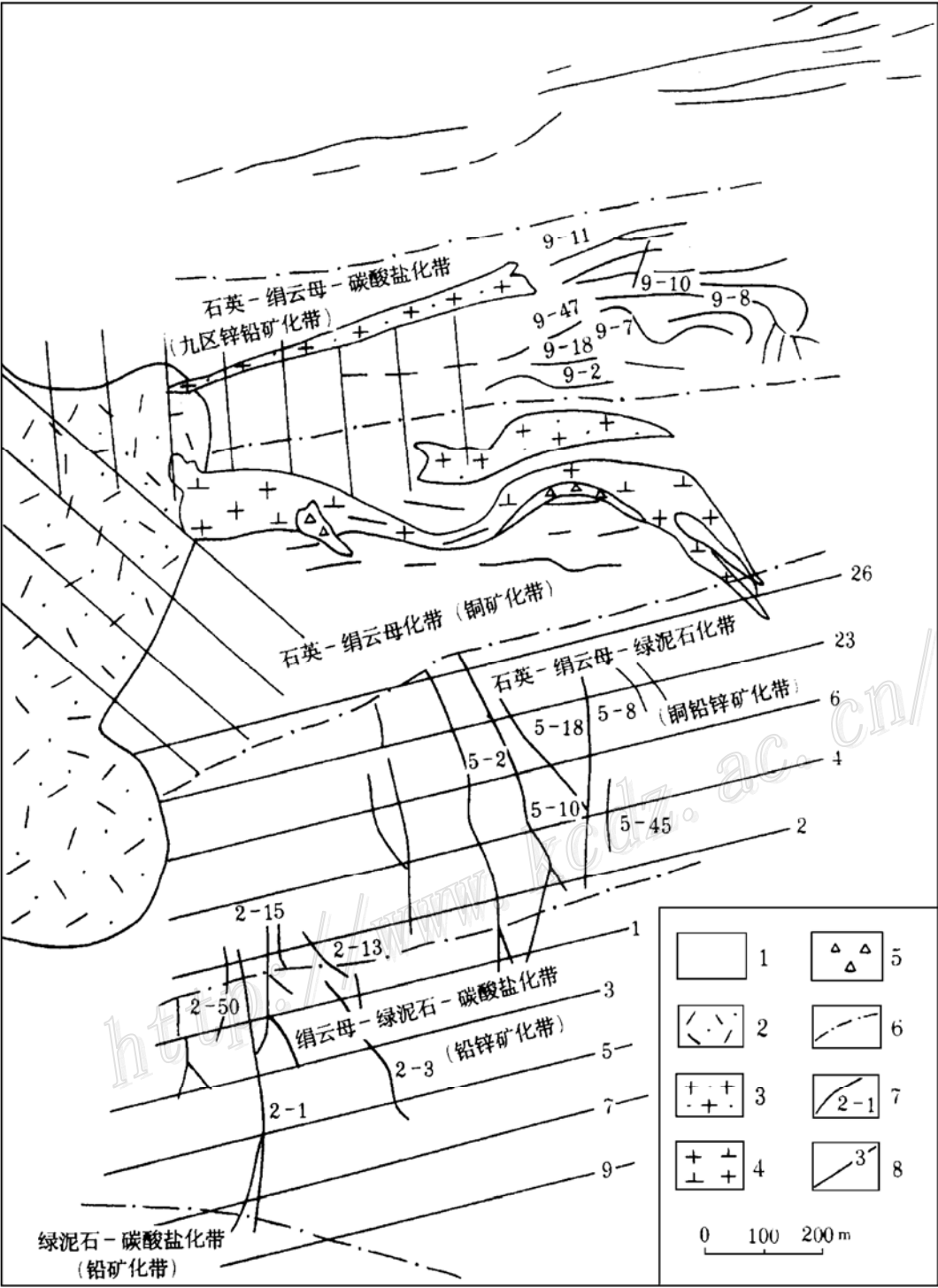


图 1 银山矿床-105 m 中段地质略图
(据银山矿地测科资料编)

1—元古代双桥山群浅变质岩; 2—侏罗系英安质火山岩; 3—侏罗纪次火山石英斑岩; 4—侏罗纪次火山英安斑岩; 5—隐爆角砾岩; 6—蚀变与矿化带界线; 7—矿脉及编号; 8—勘探线及编号

Fig. 1. Schematic geological plan of -105m level of the Yinshan ore deposit.

1—Epimetamorphic rock of Proterozoic Shuangqiaoshan Group; 2—Jurassic dacitic volcanic rock; 3—Jurassic subvolcanic quartz porphyry; 4—Jurassic subvolcanic dacite porphyry; 5—Cryptoexplosive breccia; 6—Boundary of alteration and mineralization zone; 7—Ore vein and serial number; 8—Exploration line and serial number.

2 围岩蚀变

含矿热液在运移过程中必然要与围岩发生相互作用,在不同程度地改变热液成分的同时,使围岩发生蚀变,其蚀变强度和矿物组合除与热液成分、物理化学条件和围岩成分有关外,还受控于岩石的渗透性,因为后者在很大程度上决定了水/岩作用的时间和水/岩比值。此外,成矿热液在上升过程中的逐渐减压和沸腾作用将导致大量酸性组分(如 H_2S 和 CO_2)随水蒸气逸散,它们或快速上升并从喷气孔中喷出地表,或在近地表与下渗地下水相遇而凝聚于地下水中,并使地下水加热成为蒸气加热地下水(steam heated groundwater),同时,蒸气中的 H_2S 在富含氧气的地下水中氧化成 SO_4^{2-} ,使之成为酸性热水溶液,因而往往在地热系统上部形成酸性淋滤蚀变带,其蚀变产物以泥化、重晶石化为特征^[6,7]。这种蒸气加热酸性地下热水虽然不会带来大量成矿元素,但它在下渗过程中可能与上升成矿热液发生混合,使成矿体系物理化学条件发生急剧变化,并且严重地影响矿床地球化学和同位素资料的解释和矿床成因研究,因此,通过围岩蚀变研究了解成矿地热系统的特征,对于获取可靠的地质、地球化学信息和矿床成因研究是至关重要的。

2.1 面型蚀变

与大多数热液矿床类似,银山多金属矿床的蚀变作用亦有面型蚀变和线型蚀变两种,面型蚀变是热液渗滤交代的产物,而线型蚀变则与矿脉的形成有关。银山矿区最重要的蚀变类型是硅化和绢云母化,它们在各矿化蚀变带均较发育;较低温条件下的面型蚀变还有绿泥石化和碳酸盐化。与矿化分带相对应,银山矿区发育了明显的面型蚀变分带(图1),即从Cu(Au)矿化带往南经Pb-Zn矿化带至Pb-Ag矿化带,石英-绢云母化由强变弱,绿泥石化和碳酸盐化由无到有,逐渐增强,并根据各种蚀变类型的相对强度划分出石英-绢云母化带、石英-绢云母-绿泥石化带、绢云母-绿泥石-碳酸盐化带和绿泥石-碳酸盐化带。其蚀变强度与围岩渗透性有关,例如从英安斑岩脉中心往接触带,蚀变强度由弱到强,在千枚岩中主要表现为细粒(3~5 μm)绢云母和石英集合体沿千枚理和显微裂隙的充填交代作用,或表现为千枚岩中变质绢云母的加大和重结晶。从Cu(Au)矿化带至Pb-Ag矿化带,绢云母由2M型→2M+1M混合型→1M型,绢云母化蚀变强度减弱,粒度亦变小。更详细的描述参见叶庆同^[5]的研究。

此外,在银山矿区上部和边部还发现高岭石化和重晶石化,高岭石化主要交代围岩中的绢云母,重晶石化则呈细脉状沿裂隙充填,以九区Zn-Pb矿化带较发育,它们是蒸汽加热地下水在下渗过程中对围岩进行酸性淋滤的产物。

2.2 线型蚀变

线型蚀变局限于矿脉两侧,其蚀变带宽度与矿脉宽度和两侧围岩的裂隙发育程度呈正消长关系,一般为2 mm至 n cm,在九区Cu(Au)矿化带及其以南各矿化带,其典型特征是在脉状硫化物与围岩之间往往被一层或几层石英或菱铁矿分隔,靠近脉壁的石英或菱铁矿总是垂于脉壁生长,呈梳状构造,杂质组分含量低。据电子探针分析,其中杂质组分在石英和菱铁矿中的分子数均小于1%,与理想化学成分相近。九区Cu(Au)矿化带以硅化和绢云母化为主,从该矿化带往南,硅化和绢云母化减弱,绿泥石化和菱铁矿化由无到有,强度逐渐增

加。硅化除半自形—他形石英组成的团块状和条带状集合体外,更为常见的是由细粒(小于 0.1 mm)石英和绢云母(粒径为 5~10 μm)组成的集合体(照片 1),它们常分布于梳状石英外侧(围岩一侧),其中石英含量约为 85%,绢云母约为 15%,绢云母无定向性,原岩结构构造基本上消失,再往外硅化减弱,绢云母含量增加,表现为绢云母+石英集合体沿围岩千枚理交代充填或变质绢云母的加大和重结晶,原岩构造保存较好,并过渡为面型蚀变围岩。矿区北部九区 Zn-Pb 矿化带线型蚀变明显弱于矿区南部各矿化带,并常可见脉状硫化物与围岩接触,且线型蚀变不明显(照片 2)的现象,这是成矿热液与围岩接触时间短的缘故,合理的解释是硫化矿物在脉壁上快速生长,使成矿热液与围岩隔离,阻碍了线型蚀变的发育。

3 矿物共生组合与成矿阶段划分

银山矿床的矿石和脉石矿物共有二十几种,常见矿物有(大致按丰度降低的顺序):石英、黄铁矿、菱铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等,此外还有少量砷黝铜矿、硫砷铜矿、黝铜矿和毒砂,在 Pb-Ag 矿化带,自然银也是一种常见矿物。其它矿物如自然金、深红银矿、辉银矿、银金矿、辉硫锑矿、辉铋矿、脆硫锑铅矿、黑钨矿等总含量小于 0.1%,其中含金、银的矿物虽量甚微,但具有较大的经济价值。从九区 Cu (Au) 矿化带经银山区 Cu-Pb-Zn、Pb-Zn 矿化带至南山区 Pb-Ag 矿化带主要矿物的相对丰度和矿物生成顺序如图 2 所示,该图从左到右大体上反映了银山矿床矿物共生组合的演化趋势,矿区北部九区 Zn-Pb 矿化带的矿物共生组合特征与图 2 所示有明显差异(详见后文)。

成矿阶段 I:主要矿物为石英和黄铁矿,仅见于 Cu (Au) 矿化带和 Cu-Pb-Zn 矿化带,产于铜矿脉两壁。若早期的裂隙因被热液矿物充填而封闭,则可单独构成独立的小型(一般小于 1 cm)黄铁矿-石英脉,这种作用称为自封闭作用(Self-Sealing)。石英主要垂直于脉壁生长,呈梳状构造,晶形较完整,粒径 0.2~0.3 mm,其内侧通常还有 1~2 层石英,杂质组分含量低,一般由脉壁往内,石英粒径逐渐减小,自形程度降低,Al₂O₃ 含量逐渐降低;黄铁矿位于石英内侧,也可与石英镶嵌,半自形,颗粒粗大,在块状黄铁矿集合体内,常可见少量细粒(0.1 mm)他形石英颗粒,黄铁矿成分较均一,几乎不含杂质组分。

成矿阶段 II:发育于 Cu (Au) 矿化带和 Cu-Pb-Zn 矿化带。主要金属矿物为黄铜矿,呈脉状穿插交代第 I 阶段黄铁矿(照片 3),但在不同矿化带其矿物组合有明显差异。在铜矿化带,黄铜矿与硫砷铜矿和少量石英共生,偶见闪锌矿,硫砷铜矿含量为 2%~3%,其中的锌含量较高,而黄铜矿的成分则与理想黄铜矿相近(Fe/Cu 原子比接近于 1.0);闪锌矿粒径 5 μm 左右,在光片上表面较粗糙,经电子探针分析^①,其中 FeS 含量大约为 4.5~6.0 mol%。在 Cu-Pb-Zn 矿化带,黄铜矿则与闪锌矿、石英及少量黄铁矿和富铁绿泥石共生,常见黄铜矿沿着闪锌矿裂隙充填交代,闪锌矿中则有较高含量的黄铜矿固溶体,并可见黄铜矿固溶体出溶现象(照片 4)。

成矿阶段 III:主要发育于银山区 Pb-Zn 矿化带。其矿物组合以石英、黄铁矿和闪锌矿为主,此外还有少量菱铁矿和绿泥石,但形成较晚,并未见菱铁矿与黄铁矿共生,亦未见它们

① 本文所述矿物成分均为电子探针分析结果,由中国科学院矿床地球化学开放实验研究室分析

成矿阶段	I	II	III	IV	V
石英					
黄铁矿					
绢云母					
黄铜矿					
闪锌矿					
方铅矿					
菱铁矿					
绿泥石					
辉银矿					
自然银					
高岭石					
重晶石					

图 2 银山矿床矿物生成序列与成矿阶段划分

Fig. 2. Mineral sequence and ore-forming stages of the Yinshan ore deposit.

相互穿插或交代。石英呈自形或半自形，梳状构造十分发育，亦常与黄铁矿或闪锌矿形成镶嵌结构；黄铁矿在-150 m 中段见于南 2 线和南 3 线西段，在-105 m 中段则仅见于南 2 线，再往南黄铁矿消失，被菱铁矿取代；黄铜矿在含黄铁矿之铅锌矿石中偶有所见，与黄铁矿共生，但无经济价值。闪锌矿的成分变化较大，与黄铁矿和黄铜矿共生者，黄铜矿固溶体含量较高且不均匀（1.3~4.0 mol%）；而与黄铁矿或菱铁矿共生的闪锌矿中黄铜矿含量低，FeS 含量一般为 0.4~1.8 mol%。这一阶段的菱铁矿与闪锌矿共生，其成分几乎是纯 FeCO₃，绿泥石含量不均匀，且随成矿温度降低而增加。

成矿阶段Ⅳ：发育于银山 Pb-Zn 矿化带和南山区 Pb-Ag 矿化带。其矿物组合主要为方铅矿、菱铁矿、绿泥石和少量石英，银矿物主要为辉银矿（大部分已转变为深红银矿），在地表附近则为自然银，并常可见发丝状自然银集合体充填于晶洞之中。菱铁矿穿插交代闪锌矿，既可见方铅矿穿插菱铁矿，亦可见两者共生。这一阶段形成的菱铁矿自形程度高，梳状构造常见（照片 5），其成分则以 MnCO₃ 含量较高为特征。这一成矿阶段绿泥石含量较高，且更富铁，Fe：Mg 原子数比为 5.36：1。

成矿阶段Ⅴ：主要发育于九区 Zn-Pb 矿化带之上部（如+50 m 中段），在南山区上部亦可能有发育。以高岭石化和重晶石化为特征，高岭石化叠加在早期面型蚀变之上，重晶石则主要呈脉状产出，它们均与地热体系上部的酸性下渗地下热水的淋滤作用有关。

矿区北部九区 Zn-Pb 矿化带的矿物组合及其特征与银山有很大差别，主要表现在以下几方面：① 尽管在九区铅锌矿化带也存在含铜铅锌矿脉，但其中的铜含量未达到工业品位，因此缺少 Cu-Pb-Zn 矿化带；② 在九区 Zn-Pb 矿化带常可发现黄铁矿+闪锌矿+菱铁矿共生组

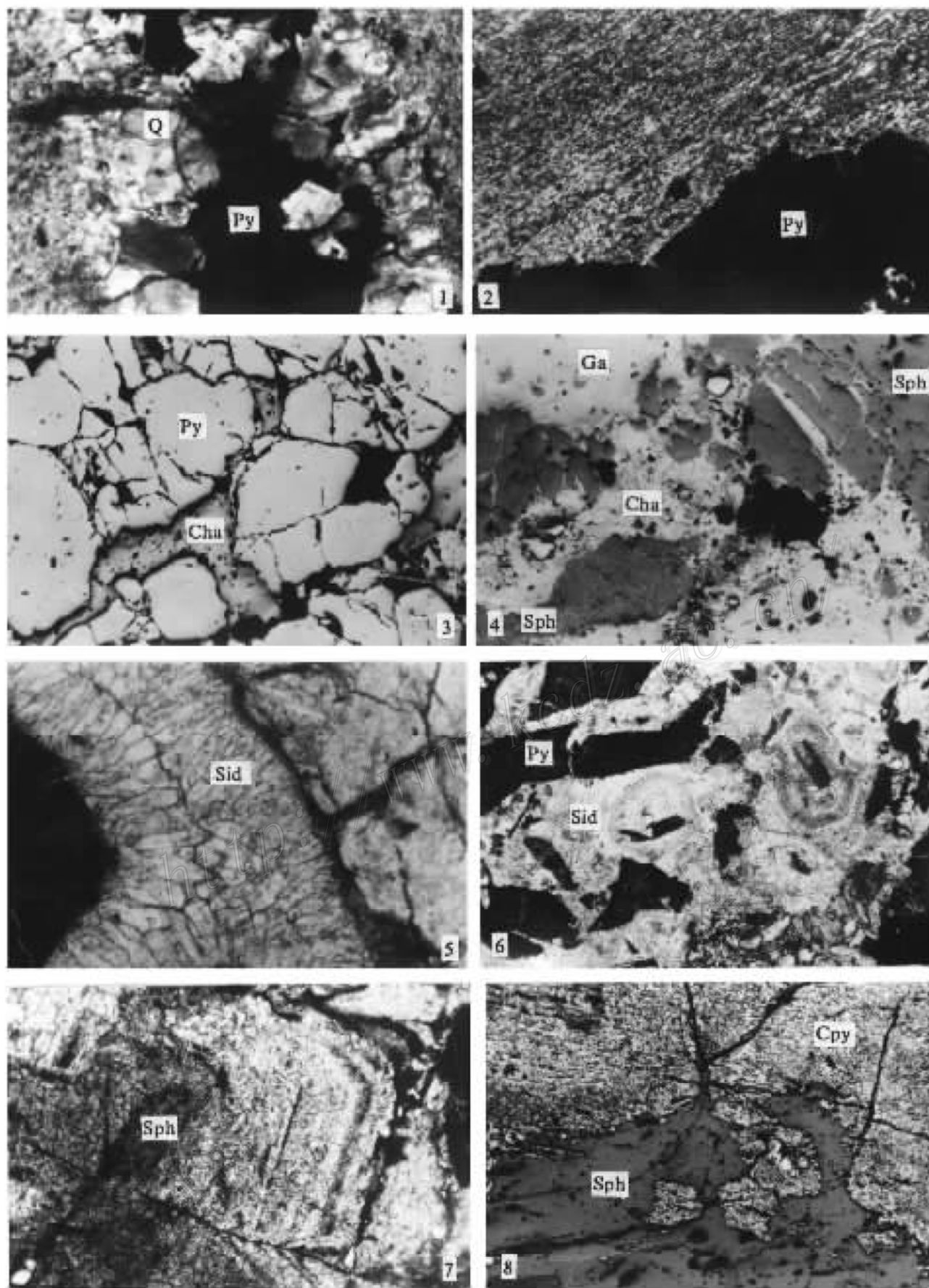
合(照片6),而在笔者采自银山区和南山区的几十块光薄片,从未见到黄铁矿与菱铁矿出现在同一视域内;③与银山区不同,九区 Zn-Pb 矿化带中方铅矿含量明显低于闪锌矿,故称之为锌铅矿化带,更低温条件下的 Pb-Ag 矿化作用亦不发育;④九区 Zn-Pb 矿石中石英的含量明显低于银山区,颗粒较小(约 0.1 mm),梳状构造不发育;⑤九区 Zn-Pb 矿化带菱铁矿和闪锌矿中的环带构造常见(照片6、7)。据电子探针分析,不具环带构造之菱铁矿成分与银山区相近,而环带状菱铁矿中的 $\text{MnCO}_3 + \text{MgCO}_3$ 含量高达 15~20 mol%, 并具从中心往边缘, MnCO_3 含量增加, MgCO_3 含量降低;⑥九区 Zn-Pb 矿化带中胶状黄铁矿较常见,以往将之解释为低温产物,但就它们的产出部位(如-105 m 中段 9-11 号和-60 m 中段 9-8 号含铜 Pb-Zn 矿脉)和呈纤维集合体、被闪锌矿交代(照片8)等特征来看,应该是从过饱和溶液中快速沉淀的产物。

4 讨论与结论

综上所述,银山矿床南部和北部矿物共生组合差异明显,从九区 Cu (Au) 矿化带往南经银山区至南山区,其矿物共生组合及其演化序列为:黄铁矿+石英±自然金→黄铜矿+闪锌矿+石英±硫砷铜矿±黄铁矿→黄铁矿+闪锌矿+石英→方铅矿+石英+菱铁矿+深红银矿+辉银矿→菱铁矿+绿泥石+方铅矿+自然银。所形成的矿物自形程度高,杂质组分含量低,围岩蚀变亦较强,这些特征表明其成矿作用发生在成矿热液成分及其物理化学条件连续缓慢的演化过程中,各种矿物均在平衡或准平衡状态下结晶生长,各种元素依其地球化学性质在热液演化的不同阶段缓慢沉淀,因而发育良好的矿化与蚀变分带。其成矿热液水 $\delta^{18}\text{O}$ 值高且稳定(8.1‰~6.5‰),随成矿温度降低略呈减小的趋势^①,这可用 300℃ 以下的水/岩反应加以解释,并且与矿床地质特征一致,亦证明了其矿化作用是上升含矿热液体系降温和水/岩反应的结果。

矿区北部九区 Zn-Pb 矿化带矿物共生组合的演化序列不明显,其矿物共生组合及其结构构造等特征表明该矿化带形成于物理化学条件急剧变化的热液体系中,即由于成矿热液体系物理化学条件的急剧变化,各种矿物在热液中同时达到饱和或过饱和而快速沉淀,从而阻碍了成矿元素的进一步分离和矿化分带的进一步发育,并且从矿物的结晶动力学角度来看,有关矿物在非平衡条件下结晶生长,因而导致矿物环带构造的发育,所沉淀矿物的杂质组分含量高,在过饱和度较大的情况下,甚至导致胶状黄铁矿的形成。矿物结晶过程中的成核与生长理论和实验研究证明,当矿物的过饱和度达到某一临界值时,由于矿物的快速沉淀将导致胶状矿物的形成^[8]。此外,由于矿物在脉壁上的快速生长,使成矿热液与围岩隔离,从而降低了围岩蚀变的强度。九区 Zn-Pb 矿化带上部高岭石化和重晶石化的广泛发育表明其成矿热液体系物理化学条件的急剧变化可能是酸性下渗地下热水的混入所造成的,其成矿热液水 $\delta^{18}\text{O}$ 值低且变化范围较大(0.9‰~3.5‰)^①亦证明了这一点。

① 陈繁荣,1993,江西德兴银山和贵溪冷水坑矿床成矿机理、成矿过程地球化学模拟及其地质意义,中国科学院地球化学研究所博士后成果报告



照片说明

- 1 石英垂直于脉壁生长,呈梳状构造,其内侧为石英-黄铁矿脉,外侧围岩硅化和绢云母化强烈。样品采自-105 m 中段 Cu (Au) 矿化带。正交偏光 $\times 40$
- 2 脉状黄铁矿直接与围岩接触,围岩蚀变弱,原岩构造保存完好。样品采自-60 m 中段九区 Zn-Pb 矿化带。正交偏光 $\times 40$
- 3 黄铜矿呈细脉状穿插黄铁矿。样品采自-105 m 中段 Cu-Pb-Zn 矿化带。反射光 $\times 80$
- 4 闪锌矿与黄铜矿共生,并沿黄铜矿显微裂隙充填,闪锌矿中有大量黄铜矿出溶物(呈乳滴状)。样品采自-105 m 中段 Cu-Pb-Zn 矿化带。反射光 $\times 40$
- 5 颗粒粗大的菱铁矿垂直于脉壁生长,呈梳状构造。样品采自-105 m 中段南 7 线 2-1 号铅锌矿脉。单偏光 $\times 40$
- 6 环带状菱铁矿,与黄铁矿共生,样品采自-5 m 中段,九区 Zn-Pb 矿化带。单偏光 $\times 40$
- 7 环带状闪锌矿,样品采自-105 m 中段,九区 Zn-Pb 矿化带。单偏光 $\times 40$
- 8 胶状黄铁矿,被闪锌矿交代,样品采自-105 m 中段,九区 Zn-Pb 矿化带 9-11 号矿脉。反射光 $\times 40$

参考文献

- 1 沈渭洲,陈繁荣,刘昌实等. 江西银山多金属矿床的稳定同位素研究. 南京大学学报(地球科学), 1991, 3 (2): 186~194
- 2 陈克荣,杜杨松. 论银山铅锌铜矿与德兴铜矿的关系及找矿方向. 地质与勘探, 1988, (1): 9~13
- 3 李传明. 江西银山铜铅锌矿床成因特征. 地质与勘探, 1986, (6): 3~8
- 4 王德滋等. 德兴银山破火山机构特征及矿床成因. 南京大学学报(自然科学,地质增刊第四号), 1984, 1~8
- 5 叶庆同. 赣东北铅锌矿床成矿系列与成矿机理. 北京: 北京科学技术出版社, 1987
- 6 Henley R W, Ellis A J. Geothermal systems ancient and modern: A geochemical review. Earth Sci. Rev., 1983, 19 (1): 1~50
- 7 Henley R W, Truesdell A H, Barton P B Jr, Whitney J A. Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems. Rev. Econ. Geol., 1984, 1: 9~30
- 8 Barton P B Jr, Bethke P M, Roedder E. Environment of ore deposition in the Creede Mining District, San Juan Mountains, Colorado: Part III. Progress toward interpretation of the chemistry of ore forming fluid in the OH vein. Econ. Geol., 1977, 72 (1): 1~124

REIDENTIFICATION OF MINERAL ASSOCIATIONS IN THE YINSHAN POLYMETALLIC DEPOSIT OF JIANGXI PROVINCE AND THEIR GENETIC IMPLICATIONS

Chen Fanrong

(Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Xiao Zhenyu

(Guangdong Survey of Geology and Mineral Resources, CNNC, Guangzhou 510080)

Key words: mineral sequence, evolution of ore fluid, the Yinshan deposit in Jiangxi Province

Abstract

The Yinshan polymetallic deposit located in the Jiangnan Proterozoic island arc is a large size Cu-Pb-Zn deposit associated with Au and Ag of significant economic value. Genetically, it has a close relation to the I-type Mesozoic volcanism. The Yinshan deposit is characterized by its unsymmetric ore zoning with the Cu (Au) mineralization at the center of the geothermal system. From the geothermal center southward to Nahshan area, Cu (Au), Cu-Pb-Zn, Pb-Zn and Pb-Ag mineral zones are recognized in succession, with the corresponding mineral sequence being quartz + pyrite + quartz + chalcopyrite + sphalerite $\pm$ enargite $\pm$ pyrite $\pm$ chlorite $\rightarrow$ quartz + sphalerite + pyrite $\pm$ chlorite $\rightarrow$ quartz + sphalerite + siderite $\pm$ chlorite $\rightarrow$ siderite + chlorite + galena + argentite $\pm$ quartz $\pm$ native silver. Comb structure composed of euhedral and subhedral crystals of quartz or siderite are frequently found; impurities in the hydrothermal minerals are low, and the vein-related alteration is rather intense. These features suggest that the ore veins at the center and in the southern part of the Yinshan deposit must have been developed in a gradually evolving hydrothermal system. However, to the north of the geothermal center is the Jiuqu Zn-Pb mineralized zone with indistinct further mineralization zoning, which is characterized by the appearance of pyrite + siderite and zonal sphalerite and siderite as well as frequently-seen colloform pyrite. The colloform pyrite is partly replaced by sphalerite and must have been formed in a pyrite-oversaturated solution. It is suggested that mineralization of the Jiuqu Zn-Pb zone took place in a drastically changing physicochemical environment, in which several minerals would become saturated or oversaturated simultaneously.

Moreover, kaolinization and baritization are frequently found in the upper part of the Yinshan deposit, especially in the Jiuqu Zn-Pb mineralized zone. They were produced by acidic leaching of steam-heated groundwater. As the acidic groundwater descended along its path, it mixed with the ascending hydrothermal fluid rich in ore-forming elements to cause an abrupt change of the physicochemical condition of the hydrothermal system and a rapid deposition of many ore minerals, but it itself brought almost no ore-forming elements. This might have been the case for the mineralization of the Jiuqu Zn-Pb zone.