

某砂岩铜矿中的银、硒矿物

李 智 陈振价 王凤阁

砂岩铜矿是铜的重要工业矿床类型之一。矿石中除铜外，尚含有可供综合利用的多种组分。

去年，我们对我国西南某地砂、砾岩铜矿中银的赋存状态进行了考查。初步工作表明：砾岩铜矿中，银大部分呈分散状态分布于含铜矿物（主要是辉铜矿）中，

少量呈独立矿物。砂岩铜矿中，银则主要呈硒化物存在，少量为硫化物和自然银。

由于硒化物一般颗粒细小，反光镜下与某些铜硫化物相似，加之光谱分析灵敏度低，因而常被忽略。

我们通过镜下观察和电子探针分析，发现砂岩铜矿中有大量硒化物存在。现将初步结果介绍如下。

一、矿床地质概况

矿区位于康滇地轴东侧中段的断陷红层盆地中。盆地以西是一个杂岩带和元古界地层，给盆地提供了矿质来源。矿区内褶皱、断裂发育。区内岩层呈扇形展布，倾角平缓，一般为 15° 左右。断裂以轴向逆断层为主。矿床赋存于白垩系下统小坝组下段的砂、砾岩中（见图）。

在近南北方向上的1600~1800米范围内均有硒、银矿物出现，部分样品含银可达50~100克/吨，含硒在0.002%以上，有的可超过最低可采品位几十倍至一百多倍。在空间上，硒化物的分布有些变化，矿区北段

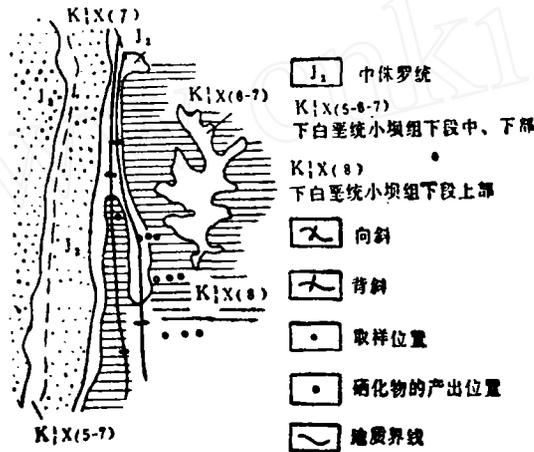


图 矿区地质简图

以硒铅矿、硒银矿、硒铜银矿组合出现，南部则以硒铜矿、红硒铜矿、硒铜银矿等组合出现。

二、银和硒矿物

矿床中共发现五种银的独立矿物：硒银矿、硒铜银矿、硫硒铜银矿（暂定名）、硫铜银矿和自然银。硒化物类矿物有九种：

除上述三种银的硒化物外，尚有硒铅矿、硒汞矿、硒铜汞矿（暂定名）、红硒铜矿、硒铜矿、兰硒铜矿。银矿物主要为硒铜银矿和硒银矿。硒化物主要为硒铜矿和红硒铜矿。现分述如下：

1. 硒铅矿 (PbSe)

电子探针分析结果(%)：Pb75.9，Se23.2，化学式： $Pb_{2.4}Se_1$ 。呈不规则粒状，粒度0.08~0.2毫米，反射色为纯白色。用视觉光度计测定（下同）反射率(R, %)为：红光40，橙光44，绿光48。显微硬度(H) 54.6公斤/毫米²。所有特征均与方铅矿相似，但反射率高。

2. 硒汞矿 (灰硒汞矿, HgSe)

电子探针分析结果(%)：Hg76，Se32.7。不规则粒状，粒度0.015~0.038毫米，反射色为浅黄白色，略带褐红色色调。R(%)：红光27.9，橙光25.5，绿光28.4。均质性。H=43.9公斤/毫米²。与硒铜银矿易混，但反射色和反射率不同。

3. 硒铜汞矿 (暂定名)

电子探针分析结果(%)：Hg28.6, Cu34.1, Se37.3, 文献中未查到。由于颗粒细小(0.037×0.018平方毫米)，仅发现一颗(照片1-4)，淡黄白反射色，略带粉红色色调。双反射清楚。R(%)：红光25.8, 橙光25.5, 绿光25.1。强非均质性。偏光色为黄白至暗兰灰色。

4. 硒银矿 (Ag₂Se)

四个样品电子探针分析结果(%)分别为：Ag-70.9, 70.7, 71.7, 75.9; Se-28.9, 29.3, 29.0, 23.2。

X-射线粉晶分析结果：特征线为2.70(10), 2.03(10), 2.51(7), 2.22(5), 1.84(5), 1.49(5)。不规则粒状，粒度0.008~0.04毫米。灰白-乳白反射色，稍带红色色调。R(%)：红光31, 橙光34, 绿光37.5。H=33.6公斤/毫米²。光学性质与辉银矿相似，但具非均质性。

5. 硒铜银矿 (AgCuSe)

电子探针分析结果(%)：

Ag	Cu	Se	S	含量	化学式
25.2	17.6	28.9	0.3	99.0	(Cu _{0.75} Ag _{1.32}) _{2.07} Se ₁
47.1	20.4	34.4	—	101.9	(Cu _{0.74} Ag _{1.01}) _{1.75} Se ₁
43.6	30.1	25.9	—	99.6	(Cu _{1.37} Ag _{1.17}) _{2.54} Se ₁
41.7	27.0	32.1	0.2	101.0	(Cu _{1.03} Ag _{0.94}) _{1.97} Se ₁
40.8	28.6	31.5	—	100.9	(Cu _{1.12} Ag _{0.94}) _{2.06} Se ₁

X-射线粉晶分析结果：特征线为2.14(10), 2.64(7), 2.91(6), 2.51(4)。

板状晶体，晶面纵纹发育。断面为黑褐色，强金属光泽。反光镜下多呈不规则粒状，粒度0.01~0.025毫米。反射色为淡黄色，当含少量硫时，反射色变为淡兰灰色带紫色色调。R(%)：红光25, 橙光30, 绿光36。非均质性清楚。H=34.2公斤/毫米²。

6. 硫硒铜银矿 (Cu, Ag)₃ (S, Se)₂

三个颗粒的电子探针分析结果(%)：

Ag	Cu	S	Se	含量	化学式
48.2	23.5	5.4	22.9	100.0	(Cu _{1.61} Ag _{1.95}) _{3.53} (Se _{1.27} S _{0.73}) ₂
45.3	24.0	7.1	23.2	99.6	(Cu _{1.46} Ag _{1.62}) _{3.08} (Se _{1.13} S _{0.87}) ₂
45.4	24.4	7.5	22.6	99.9	(Cu _{1.47} Ag _{1.61}) _{3.08} (Se _{1.10} S _{0.90}) ₂

不规则粒状，粒度0.02~0.015毫米，反射色为淡兰绿色，空气中颜色易变。表面颜色不均匀，呈环带状的不同色圈。R(%)：红光25, 橙光28.5, 绿光33.8。非均质性很弱。以其共生组合特征区别于兰辉铜矿。

硒铜银矿和硫硒铜银矿在空间上是相互过渡的。Cu、Ag含量变化不大，主要是硒铜银矿中硒为硫所代替而变成硫铜硒银矿。

7. 兰硒铜矿 (六方硒铜矿, CuSe)

与铜兰是同形矿物。电子探针分析结果(%)：

Cu47.0, Se52.9, 化学式为：Cu_{1.11}Se₁。

常呈不规则粒状或叶片状，粒度0.011~0.02毫米。反射多色性很强。淡兰灰色，灰褐色略带青色色调。双反射显著，R₀约15%，Re25~30%。强非均质性。乳白色至橙色偏光色，有时为兰灰至浅黄灰色。据光学性质目前尚难与铜兰相区别，但硫化物和硒化物在同一成矿期是不共存的，故可据其共生组合予以鉴别。

8. 硒铜矿 (Cu_{2-x}Se)

电子探针分析结果(%)：

Cu	Se	含量	化学式
60.7	40.6	101.3	Cu _{1.85} Se ₁
62.3	40.9	103.2	Cu _{1.89} Se ₁
62.6	39.7	102.3	Cu _{1.96} Se ₁

X-射线粉晶分析结果：特征线为3.30(8), 2.02(8), 1.96(8), 1.45(5)。

不规则粒状，粒度0.012~0.154毫米。反射色为嫩绿色稍带浅黄色色调。R(%)：红光20.3, 橙光25.1, 绿光28.1, H=38.6公斤/毫米²。均质性。以反射色区别于辉铜矿。

9. 红硒矿 ($\text{Cu}_{4-x}\text{Se}_2$)

电子探针分析结果 (%) :

Cu	Se	含量	化学式
56.7	43.3	100.0	$\text{Cu}_{3.25}\text{Se}_2$
59.3	42.9	102.2	$\text{Cu}_{3.45}\text{Se}_2$
60.3	42.9	103.2	$\text{Cu}_{3.48}\text{Se}_2$

他形粒状或叶片状集合体, 粒度0.02~0.15毫米。反射多色性明显。R (%) : 红光18.7, 橙光17.7, 绿光19。H = 47.7公斤/毫米²。强非均质性, 蜜黄-暗橙色偏光色。叶片状双晶普遍发育, 以非均质性区别于斑铜矿。

10. 硫铜银矿 ($\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Cu}_2\text{S}$)

电子探针分析结果 (%) :

Ag	Cu	S	含量	化学式
54.7	35.4	15.9	106.0	$(\text{Cu}_{1.11}\text{Ag}_{1.01})_{2.12}\text{S}_1$
43.9	45.7	16.0	105.6	$(\text{Cu}_{2.24}\text{Ag}_{0.81})_{2.23}\text{S}_1$

呈细长的夹竹桃叶状(照片5)或不规则粒状(照片6)。浅灰反射色, 略带紫色色调。R (%) : 橙光26, 红光26.2, 绿光28.2。强非均质性。偏光色兰灰-浅紫色。H = 47.5公斤/毫米。

11. 自然银

本区自然银含杂质极少, 呈不规则粒状, 粒度0.019~0.038毫米, 白-黄白反射色。R (%) : 红光77.5, 橙光75.6, 绿光69.7。非均质性。浅兰灰-浅黄绿色偏光色。H = 35.1公斤/毫米²。光学性质与文献所述不同。

三、硒、银矿物的生成特征

1. 含硒、银矿物的岩石特点

硒、银矿物主要富集于浅灰绿色至黄绿色的中-细粒长石、石英砂岩中。常含紫色团斑或基性、酸性岩小砾石(照片8)。

岩石主要由石英(55~60%)、长石(约30%)和岩屑(10~15%)组成。石英呈次棱角状至滚圆状。长石以中、酸性斜长石为主, 钾微斜长石少量; 聚片双晶发育, 沿解理面常有绢云母等粘土矿物。岩屑以辉绿岩、玄武岩、粗玄岩、细碧岩为主; 岩屑

中有时可见金属矿物沉淀(照片8)。岩石胶结物主要是方解石; 水云母、硅质、铁质少量。属孔隙式至接触式胶结。

紫色、浅紫色中-细粒长石石英砂岩则很少含硒、银矿物, 有时仅见少数红硒铜矿。接触式硅质、水云母质胶结者一般不含硒、银矿物。

就已知材料看, 硒、银矿物一般富集在铜矿体的中部或边部的表外矿石部分, 铜的品位0.3~0.7%。铜含量很高或者无铜的地带未发现硒、银矿物。

2. 矿物的共生组合特征

硒化物类矿物与硫化物类矿物一般不共生。但二者均与赤铁矿、针铁矿、褐铁矿伴生, 或穿插其间, 或沿其周围沉淀结晶(照片7)。

银在硫化物系列中, 主要以硫铜银矿、自然银等形式嵌布于辉铜矿、斑铜矿中, 三者一般呈固溶体分离结构(照片5)、连晶结构; 自然银可单独嵌布于碎屑颗粒之间。或在其淋蚀部位沉淀结晶。

硒化物系列中, 目前发现的以硒铜银矿、硒银矿较普遍。其它硒化物有硫硒铜银矿、红硒铜矿、硒铜矿、兰硒铜矿、硒汞矿、硒铜汞矿、硒铅矿等共生。伴生矿物有赤铁矿、针铁矿、褐铁矿、含铜的矾类等。

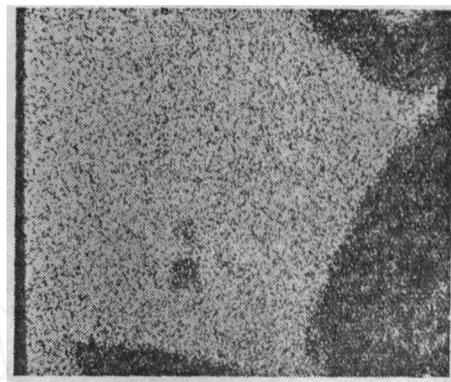
硒铜银矿与硒铅矿常密切共生(照片10), 同时还与硒银矿和硫铜硒银矿共生。沿硒铜银矿的解理、裂隙或其颗粒边缘常被硫硒铜银矿交代, 形成交代残余结构, 或成皮壳状的边缘带(照片9)。

红硒铜矿、硒铜矿、硒铜银矿的共生组合, 在矿区南部最为常见, 三者常成连晶。红硒铜矿和硒铜矿之间相互取代, 形成蠕虫状结构(照片11)。在硒铜矿和红硒铜矿中还见有硒铜汞矿和硒汞矿的包裹体或嵌晶(照片1和12)。

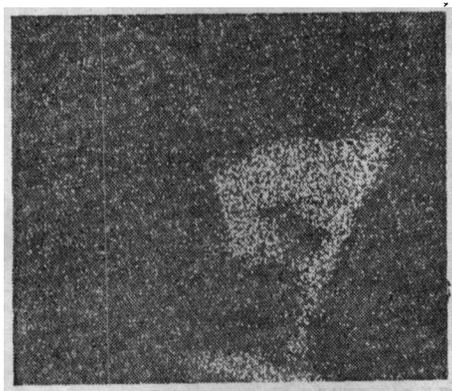
兰硒铜矿较为少见, 主要呈叶片状分布在红硒铜矿、硒铜银矿的边缘或裂隙之中。



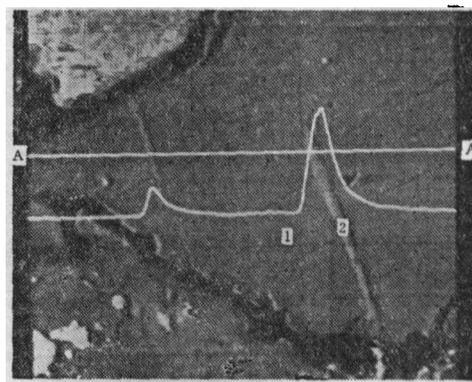
照片1 硒铜汞矿的样品电流像。图中亮白者为硒铜汞矿，次亮为硒铜矿 666×



照片4 SeKα射线像 666×

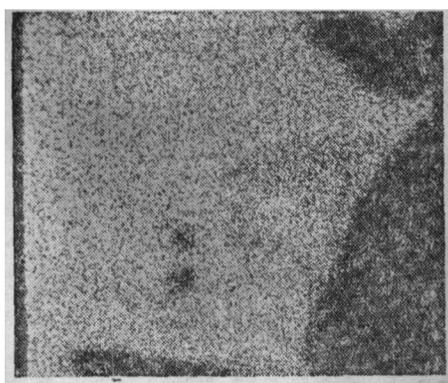


照片2 HgLα射线像（图中亮点的密度表示样品中该部位的Hg的相对浓度） 666×

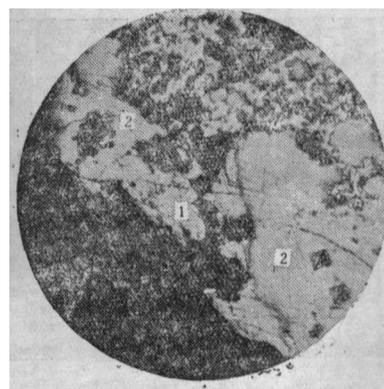


照片5 样品电流像。硫铜银矿（2）呈夹竹桃叶状嵌布于辉铜矿（1）之中。

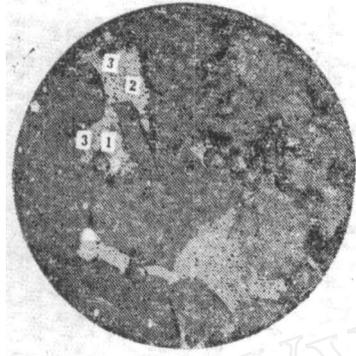
图中A-A'为电子束线扫描轨迹，曲线为AgLα射线强度曲线。 110×



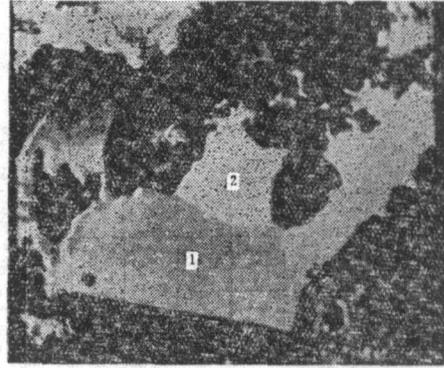
照片3 CuKα射线像 666×



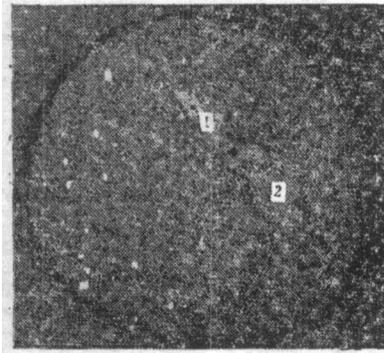
照片6 硫铜银矿（1）呈不规则粒状嵌布在辉铜矿（2）的边部。 反光 176×



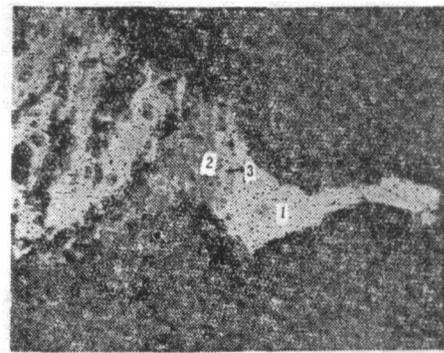
照片7 红硒铜矿(3)、硒铜银矿(2)沿针铁矿(1)的周围沉淀结晶。 反光 176×



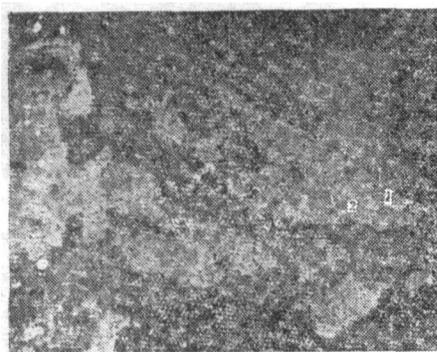
照片10 硒铜银矿(1)与硒铅矿(2)密切共生。 样品电流像。 186×



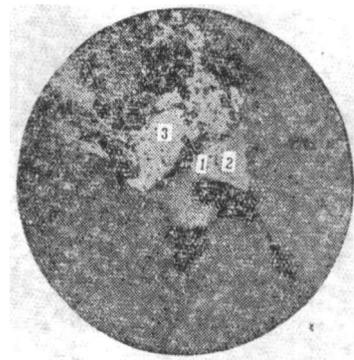
照片8 含硒、银矿物的岩石常有基性岩砾石(1)、和紫色团斑(2)金属矿物沿着砾石和团斑沉淀。 光片标本 2×



照片11 硒铜银矿(1)、硒铜矿(3)和红硒铜矿(2)密切共生,红硒铜矿与硒铜矿呈蠕虫状结构。 反光 396×



照片9 硫硒铜银矿(2)与硒铜银矿呈交代残余结构。 反光 494×



照片12 硒汞矿(1)与红硒铜矿(2)共生,常产于赤铁矿(3)的边缘。 反光 205×