

# 第一届全国有色金属矿伴生 银利用研讨会

## 论 文 集

中国有色金属学会选矿学术委员会  
广 西 有 色 金 属 学 会  
中 国 选 矿 科 技 情 报 网  
中国有色金属总公司选矿情报网

1 9 9 0 年

# 目 录

1. 湖南宝山东部铅锌矿床伴生金银赋存状态及综合利用价值  
..... 宝山铅锌银矿 谭功华 杨名俊 ( 1 )
2. 青海省某矿区氧化带矿石中金(银)赋存状态初步考察及矿石可选性试验  
..... 地矿部青海省中心实验室 常晓荣 ( 5 )
3. 铅电解阳极泥火法提银的工艺矿物学研究..... 广州有色金属研究院 罗绍宏 ( 12 )
4. 河南银矿资源的合理开发利用问题初探(摘要)  
..... 河南有色地质勘查局矿产地质研究所 李忠烈 ( 17 )
5. 开发东川铜矿伴生金银价值评述..... 东川矿务局 蔡美霞 ( 18 )
6. 宝山矿田某金属矿床中伴生银的赋存状态研究  
..... 中南工业大学 刘汉元 孙振家 ( 21 )
7. 大厂伴生银选冶回收现状及问题探讨..... 大厂矿务局 刘惠英 ( 26 )
8. 含银铅锌矿石选别特性..... 沈阳矿冶研究所 韩 潮 ( 32 )
9. 铅锌矿石中银的综合回收..... 西北有色金属地质研究所 邵明武 ( 38 )
10. 无氰优先浮选分离工艺选别含银多金属硫化矿的试验研究  
..... 广西地质矿产测试研究中心 张德华 ( 42 )
11. 载体浮选法回收湿法炼锌浸渣中银的工艺研究  
..... 中南工业大学 李柏淡 金华爱 吉干芳 ( 47 )
12. 武山铜矿伴生金银回收的实践与研究..... 武山铜矿 许小敏 ( 51 )
13. 提高伴生银回收率的生产实践..... 大姚铜矿二选厂 陈历有 ( 54 )
14. 含银高硫铅锌矿石的选矿工艺..... 湖南有色金属研究所 刘正葵 ( 56 )
15. 永平铜矿伴生银回收的实践与探讨..... 永平铜矿选矿厂 郭可宁 ( 59 )
16. 广东廉江银矿选冶工艺流程的研究..... 广州有色金属研究院 陈志忠 ( 63 )
17. 选冶生产中提高银回收率的初步实践..... 澜沧铅矿 丁公慈 ( 69 )
18. 中小铜矿山伴生金银综合回收中几个问题的探讨..... 广西德保铜矿 谢云生 ( 74 )
19. 提高湖南桥口铅锌矿银回收率的研究..... 沈阳矿冶研究所 吕景范 ( 75 )
20. 铅锌分离浮选中综合回收伴生银的研究..... 中南冶金地质研究所 刘 东 ( 79 )
21. 用双氧化剂抑伸浮铅 银  
..... 长沙有色金属专科学校 龚明光 冯育武 黄尔君 李洁辉 ( 83 )
22. 锰银矿高温氧化的热力学研究..... 北京矿冶研究总院 薛 绥 ( 88 )
23. 从低品位铅阳极泥中回收银..... 广西金城江冶炼厂 韦美昌 ( 95 )
24. 从含银废催化剂中回收并回收硝酸银..... 广州有色金属研究院 李淑珍 马 雪 ( 99 )
25. 会泽铅锌矿七〇厂硫化铅锌选矿厂银的回收生产实践  
..... 会泽铅锌矿研究所 吴助仕 ( 100 )
26. 辽宁省伴生银选矿现状及发展计划..... 沈阳矿冶研究所 林长昆 ( 102 )
27. 关于铅锌精矿中银理论回收率计算方法的问题..... 柿竹园有色金属矿 段瑞冬 ( 105 )
28. 提高伴生银回收率的途径..... 北京矿冶研究总院 殷海明 ( 107 )
29. 国外银生产现状与回收技术..... 北京矿冶研究总院 王璧善 郭惠兰 ( 109 )

# 湖南宝山东部铅锌矿床

## 伴生金银赋存状态及综合利用价值

湖南宝山铅锌银矿 谭功华 杨名俊

### 一、矿床地质概况

该矿床赋存于宝岭倒转背斜东段的倒转下翼、测水组与石碇子组接触面一侧的石碇子组灰岩中。矿床受层间破碎带控制,产状与地层基本一致,沿走向呈一弧形,总走向近乎东西倾向北,倾角 $40^{\circ}$ — $70^{\circ}$ 。矿体形态复杂,多为不规则脉状、透镜状、串珠状,分支复合、尖灭再现频繁。

矿石按岩性分为灰岩型、硅质岩型、砂页岩型三类。以灰岩型为主,占94%。主金属元素为Pb、Zn。伴生元素有Au、Ag、Cu和S,另含有益元素Bi、Sb、W、Sn,主要有害杂质为As。

主要金属矿物为方铅矿、闪锌矿、铁闪锌矿、黄铁矿;次要金属矿物有黄铜矿、褐铁矿、辉铜矿等;含金银矿物有自然金、银金矿、自然银、螺状硫银矿、砷硫铋铜银矿、硫铜银矿、银黝铜矿、淡红银矿、深红银矿;脉石矿物有方解石、白云石、石英、萤石。

矿石结构为自形—它形晶粒状、乳滴状、交代残余、压碎及环带状等;矿石构造有稀疏—稠密浸染状、块状、角砾状、细(网)脉状、条带状等。

主要围岩蚀变有萤石化、硅化、方解石化。

### 二、伴生金银的赋存状态

#### 1. 主要金银矿物特征

自然金:含Au90—92%,Ag8—10%,少量Hg、Sb、Cu。晶体少见,通常呈分散颗粒状或不规则树枝状集合体出现,粒度绝大部分 $<5\mu\text{m}$ ,最大 $12\mu\text{m}$ 。主要散布于硫化矿解理裂隙内的石英脉中,往往伴有碳质。在个别的矿石中见 $1\mu\text{m}$ 左右的自然金散布于白铁矿、黄铁矿和毒砂之中,呈浑圆片状或链状断续分布。

银金矿:含Au64%,Ag35%,少量的Sb、Hg、As、Cu。完整的晶体极少,大多呈片状或细鳞片状,粒度一般为 $5\mu\text{m}$ 左右,个别达到 $300\mu\text{m}$ 。集合体呈菊花状或较大的块体。主要产于低温热液阶段的石英脉中,往往伴有碳质一同散布于石英脉或石英与硫化物的接触界面处。

自然银:纯度较高,含Ag98—100%,有时含微量的Au、Hg、Sb、As。最常见的晶体形态是叶片状,粒度均匀,为 $1$ — $7\mu\text{m}$ 。集合体呈菊花状或较大的块体。矿石中见到的最大块体 $>100\mu\text{m}$ 。主要产于低温热液阶段的石英脉中,往往和碳质聚集在一起。

螺状硫银矿：含Ag87.7%，S12.2%，少量Pb或Zn。一般保持辉银矿的外形，在光片中常见圆滑的三角形状，很少见到螺状硫银矿的集合体，多呈星点状分布于方铅矿或闪锌矿的边缘，并由砷硫锑铜银矿分解而成，粒度均匀，都小于5 $\mu$ m。为典型的低温矿物，主要分布于低温热液阶段的方铅矿中，在闪锌矿的解理裂隙中也可见到。

砷硫锑铜银矿：含Ag49%，Cu15%，Sb6.4%，As8.5%，S19%，有时含少量的Pb、Zn。呈细小的板状自形晶、玫瑰花状聚晶、他形晶集合体。结晶粒度一般为10 $\mu$ m左右。它总是富集于致密块状的方铅矿石中，大多由交代黄铜矿形成，并保留有黄铜矿、黝铜矿的残余体。

## 2. 金银的存在形式和分配

矿石中金主要是以独立矿物相产出，呈分散态或类质同象较少。其中银金矿金的成色763。金主要分配在黄铁矿、方铅矿、闪锌矿及黄铜矿中，金集中系数为93.34%。参见表1。

表1 东部铅锌矿石中金的平衡配分表

| 矿 物       | 黄铁矿   | 方铅矿   | 闪锌矿   | 黄铜矿   | 脉 石   | 总 计   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 金含量 (g/t) | 1.014 | 0.284 | 0.088 | 0.029 | 0.101 | 1.516 |
| 分配率 (%)   | 66.89 | 18.73 | 5.81  | 1.91  | 6.66  | 100.0 |

银以自然元素、银的硫化物和以机械混入方铅矿三种形式存在。自然元素形式存在的银与碳质关系密切，不利于回收。银97.6%集中于九种银矿物和方铅矿中。见表2。另有2.4%分布于黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿细微裂隙中。

表2 东部铅锌矿石中银的平衡配分表

| 矿 物       | 自然银   | 银金矿  | 自然金  | 螺状<br>硫银矿 | 银黝<br>铜矿 | 砷硫锑<br>铜银矿 | 硫锑<br>铜银矿 | 淡红<br>银矿 | 深红<br>银矿 | 含 银<br>方铅矿 | 总计    |
|-----------|-------|------|------|-----------|----------|------------|-----------|----------|----------|------------|-------|
| 银含量 (g/t) | 16.56 | 0.27 | 0.17 | 51.2      | 10.8     | 21.8       | 17.4      | 0.2      | 0.5      | 2.0        | 120.9 |
| 分配率 (%)   | 13.35 | 0.2  | 0.15 | 41.3      | 8.8      | 17.6       | 14.03     | 0.16     | 0.41     | 1.6        | 97.6  |

## 3. 金银矿物的嵌布特征

嵌布粒度：自然金、银金矿粒度一般为2—17 $\mu$ m，所有的银矿物结晶粒度细微，绝大部分<10 $\mu$ m，不易解离出来。

嵌布类型：以包裹型为主，次为裂隙型、粒间型。

载体矿物：金的主要载体矿物是黄铁矿，其次是方铅矿。银的主要载体矿物为方铅矿、闪锌矿、黄铁矿。

### 三、伴生金银的富集分布规律

#### 1. 金银的富集特点

(1) 不同的金银矿物富集于不同的矿石类型之中。如螺状硫银矿几乎只嵌布于低温阶段的方铅矿中，而银金矿和自然银多分布于石英脉或碳质中。

(2) 低温热液活动地段，银含量显著增高。这说明银的矿化发生在低温阶段。

(3) 含方铅矿、黄铜矿、黝铜矿、毒砂较高的地段，银的含量一般较高，这与银交代这些矿物，或这些矿物本身就具备有银进入的有利构造有关。

(4) 据单矿物分析结果，黄铜矿和黄铁矿含金较高，方铅矿次之，相对原矿富集比分别为2.45、1.83和1.23；而含银最高为方铅矿，次为黄铜矿、闪锌矿及黄铁矿，其中方铅矿和黄铜矿含银相对原矿富集比分别为6.42和1.13。

#### 2. 金银在空间上的分布规律

(1) 水平走向上：金的分布基本上是西高东低，主要集中于91线以西，即砂卡岩边缘过渡带以及花岗闪长斑岩岩体出现地段；而银的分布虽呈多峰状，但总体上是由西到东呈逐渐升高趋势，为远离砂卡岩、温度降低、黄铁矿减少、铅锌矿增加所致，见图1。

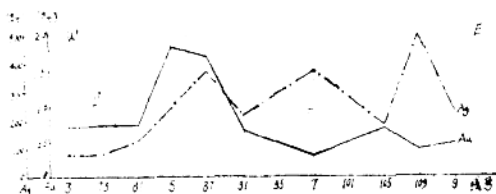


图1 沿水平走向金、银品位变化曲线

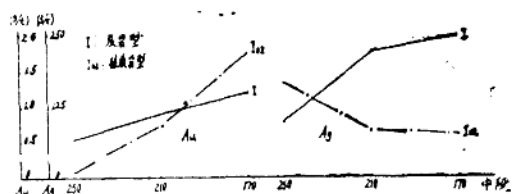


图2 垂深方向上金、银品位变化曲线

(2) 垂深方向上：由浅至深金银呈随标高降低而品位上升趋势，仅硅质岩型铅锌矿中银品位渐降。这与主金属铅锌品位变化规律大致相同，见图2。

#### 3. 金银与其它元素之间的关系

应用PC-1500计算机对Au、Ag与其它元素Pb、Zn、S之间的关系进行一元线性分析，结果表明，呈紧密相关的有Ag-Pb ( $R=0.9$ )，相关较密切的有Au-S ( $R=0.68$ )、Ag-Zn ( $R=0.74$ )、Ag-S ( $R=0.76$ )，相关不明显的有Au-Pb ( $R=0.36$ )，Au-Zn ( $R=0.11$ )，Au-Ag ( $R=0.06$ )。

### 四、伴生金银综合利用价值

宝山东部铅锌矿床中的金银赋存于各种不同类型的硫化矿石中。载金矿物有黄铁矿、方铅矿，载银矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铁矿。金主要以自然金、银金矿形式存在，银以自然

元素、硫化物机械混入三种形式存在。金银矿物结晶粒度细微，绝大部分 $<10\mu\text{m}$ ，与载体矿物一起赋存于矿体之中。

伴生金银在宝山铅锌银矿产生的经济效益十分明显。金银产值1988年、1989年分别占总产值12.1%和11.4%，占总利润的79.4%和79.3%，其中铅锌矿石金银产值1988年、1989年分别占总产值10.8%和10%，占总利润的70.6%和69.6%。

金银在优先浮铅，再锌硫分离的铅锌矿石选矿工艺过程中，大多富集于铅、锌精矿中得到回收。1984年以来宝山铅锌矿石精矿金银品位及选矿回收率指标见表3。

表3 宝山铅锌矿石金银选矿指标

| 项 目   | 精 矿 品 位 (g/t) |        |       | 回 收 率 (%) |       |       |
|-------|---------------|--------|-------|-----------|-------|-------|
|       | 铅 精 矿         |        | 锌 精 矿 | 铅 精 矿     |       | 锌 精 矿 |
|       | Au            | Ag     | Ag    | Au        | Ag    | Ag    |
| 1984年 | 1.54          | 1391.9 | 116.0 | —         | 73.55 | 11.37 |
| 1985年 | 1.29          | 1453.7 | 141.8 | 17.0      | 71.88 | 14.22 |
| 1986年 | 1.43          | 1572.0 | 131.9 | 21.56     | 79.55 | 10.38 |
| 1987年 | 1.37          | 1653.0 | 180.5 | —         | 70.70 | 13.03 |
| 1988年 | 1.96          | 1598.0 | 172.0 | 25.97     | 67.89 | 12.32 |
| 1989年 | 1.98          | 1350.0 | 154.0 | 26.09     | 68.14 | 14.14 |

从上表可知，金的回收率仅为17—26.09%，与全国平均水平54%、国外先进水平69—84%相比，差距甚远。银的回收率也有波动，铅锌矿中1989年与1986年相比降低了11.4%，说明尚有潜力可挖。

## 五、结 语

1. 宝山东部铅锌矿床中金银矿物共有九种。金主要以独立形式产出，主要分配在黄铁矿中；银以自然元素、硫化物和机械混入三种形式存在，主要分配于银的硫化物中。嵌布类型以包裹型为主，粒度一般 $<10\mu\text{m}$ 。

2. 铅锌矿石伴生金银综合利用价值相当可观，但选矿回收率不够理想，必须加强这方面研究，采取可行措施，如强化磨矿作业，提高金银的解离程度，改革药剂制度等，进一步提高金银回收率，提高选矿产品的经济价值，合理利用有限的矿产资源。

# 青海省某矿区氧化带矿石中金（银） 赋存状态初步考察及矿石可选性试验

地矿部青海省中心实验室 常晓荣

## 一、金（银）赋存状态初步考察

### 1. 矿床地质概况

该矿区经前人工作已探明铜、钴、锌、硫主矿体四个。所有原生矿体都产于超基性岩体中，矿体走向西北，向东向南倾状，矿区内已知金矿体多产于含铜黄铁矿矿体顶部的氧化带中。

氧化带已初步圈出了五个独立金矿体。由东向西依次编为Au1至Au5矿体。除Au5矿体产于原生硫化矿外，其余四个矿体均产于以铁帽为主的氧化带中。五个金矿体中以Au2矿体最大，Au1矿体次之，其余矿体规模均较小。Au2矿体是本次研究的主要对象。

矿床内，金银富集于铁帽的中部和底部，以底部较好，尤以深褐色多孔状和胶状铁帽中金银更为富集。本课题研究的全部样品均采自Au2矿体PD6平巷中。

本工作方法主要以光薄片鉴定、人工重砂鉴定为主，以光谱分析、化学分析、x光分析、电子探针分析等手段配合，在取得多项资料的基础上进行综合分析和研究。下面将分别列表说明。

### 2. 矿石的化学成分

表1 原矿的光谱半定量分析结果（%）

| Cu  | Pb                            | Zn    | Cr    | Ni    | Co      | V     | Ga     | Ti    | Mn    | Ba    |
|-----|-------------------------------|-------|-------|-------|---------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 0.6 | 0.2                           | 0.3   | 0.015 | 0.004 | 0.001   | 0.001 | ≤0.001 | ≤0.01 | 0.01  | ≤0.01 |
| Sr  | B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Sn    | Be    | Y     | Yb      | Ag    | As     | Sb    | Mo    | Au    |
| 1   | 0.015                         | 0.015 | —     | —     | ≤0.0003 | 0.006 | 0.1    | 0.015 | 0.002 | —     |

注：表中“—”表示低于灵敏度。

表2 原矿的化学多项分析结果（%）

| 项 目 | Au (g/t) | Ag (g/t) | Cu   | Pb               | Zn                             | Ni   | Co    | Sn    | TiO <sub>2</sub> |
|-----|----------|----------|------|------------------|--------------------------------|------|-------|-------|------------------|
| 含 量 | 5.30     | 82.4     | 0.55 | 0.09             | 0.14                           | 0.01 | 0.003 | 0.056 | 0.07             |
| 项 目 | TFe      | S        | As   | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO   | Bi    |                  |
| 含 量 | 49.80    | 0.15     | 0.11 | 11.05            | 0.40                           | 0.26 | 2.21  | 0.001 |                  |

表3

原矿中金的物相分析结果 (g/t)

| 硫化物相 | 脉石硅酸盐相 | 氧化物相 | 金银系列及碲金相 | 总 量  |
|------|--------|------|----------|------|
| 0.0  | 0.0    | 4.72 | 0.16     | 4.88 |

表4 主要矿物——褐铁矿的物相分析结果 (g/t)

| 金 总 量 | 金银系列相 | 银 总 量 | 银的硫化物相 |
|-------|-------|-------|--------|
| 5.3   | 0.1   | 83.5  | 0.0    |

## 3. 矿石的矿物成分

表5

矿物含量 (光薄片部分)

| 含 量 (%)         | 矿物名称 | 银金矿 | 褐铁矿 | 赤铁矿 | 铬铁矿 | 磁铁矿 | 黄铁矿 | 钛铁矿 | 粘土矿物 | 蛇纹石 | 透闪石 | 滑石 | 石英 | 绿泥石 | 阳起石 | 辉石 | 碳酸盐 | 绢云母 | 绿帘石 |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|
| 编 号             |      |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |    |    |     |     |    |     |     |     |
| GB <sub>1</sub> |      |     | 75  | 微   |     | 20  | 极微  |     | 4    |     |     |    | 少  |     | 微   | 少  |     |     | 微   |
| GB <sub>2</sub> |      |     | 5   |     | 少   | 2   |     |     | 少    | 54  | 18  | 2  | 16 |     |     |    | 少   | 2   |     |
| GB <sub>3</sub> |      |     | 56  | 少   |     | 少   | 极微  |     | 10   | 30  |     | 2  | 3  | 2   | 2   |    |     | 4   |     |
| GB <sub>4</sub> |      |     | 60  | 少   | 少   | 2   |     |     | 5    |     | 30  |    | 2  |     |     |    |     |     |     |
| GB <sub>5</sub> |      |     | 73  | 少   |     | 10  |     |     | 5    |     | 10  |    |    |     |     |    |     |     | 2   |
| GB <sub>6</sub> |      |     | 80  | 10  |     |     |     |     | 10   |     |     |    |    |     |     |    |     |     |     |
| GB <sub>7</sub> |      |     | 90  | 2   |     | 3   |     |     | 5    |     |     |    |    |     | 极微  |    |     |     |     |

表6

矿物含量 (光片部分)

| 含 量 (%) | 编 号 | G <sub>1</sub> | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>4</sub> | G <sub>5</sub> | G <sub>6</sub> | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>4</sub> | F <sub>5</sub> | 富 G <sub>1</sub> | 富 G <sub>2</sub> | 富 G <sub>3</sub> | 富 G <sub>4</sub> | 富 G <sub>5</sub> | 富 G <sub>6</sub> |
|---------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 矿物名称    |     |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| 银 金 矿   |     |                |                |                | 一粒             |                | 一粒             |                | 二粒             | 一粒             |                |                | 一粒               |                  | 一粒               | 一粒               |                  | 20粒              |
| 褐 铁 矿   |     | 73             | 73             | 59             | 69             | 71             | 55             | 83             | 89             | 89             | 59             | 45             | 89               | 89               | 89               | 89               | 91               | 90               |
| 赤 铁 矿   |     |                |                |                | 微              | 3              | 15             | 极微             | 微              | 微              | 微              | 15             | 极微               | 极微               | 极微               | 极微               | 极微               |                  |
| 磁 铁 矿   |     | 1              | 1              | 少量             | 少              | 6              |                | 1              | 极微             | 少              | 极微             | 10             | 少                | 极微               |                  |                  | 微                |                  |
| 黄 铁 矿   |     | 少量             | 极微             |                |                | 极微             | 微              | 少              | 极微             | 微              | 微              |                | 极微               | 极微               | 极微               | 极微               | 极微               | 极微               |
| 脉石矿物    |     | 25             | 26             | 40             | 30             | 20             | 30             | 15             | 10             | 10             | 40             | 30             | 10               | 10               | 10               | 10               | 8                | 10               |

注：富G<sub>6</sub>中除见到两粒稍大的银金矿外，其余的银金矿非常微细。

现将两种主要矿物的物理性质简述如下：

(1) 银金矿：含量很少，但这是本矿区中唯一见到的金银独立矿物。在17个光片的8个光片里一共见到28粒。大部分颗粒都很细，最大的 $0.017 \times 0.022\text{mm}$ ，最小的为 $0.0009 \times 0.018\text{mm}$ 。在两份各一公斤重的原矿人工重砂中未溶去褐铁矿找到银金矿57粒；用盐酸溶去褐铁矿后找到金粒85粒。最大的 $0.21 \times 0.39\text{mm}$ ，最小的 $0.2\text{mm}$ 。银金矿一般呈他形

表7

原矿人工重砂分析结果

| 磁性部分   | 电磁部分   | 重部分    | 轻部分    |
|--------|--------|--------|--------|
| 8.00g  | 745g   | 0.03g  | 0.27g  |
| 褐铁矿91% | 褐铁矿99% | 银金矿57粒 | 石英98%  |
| 磁铁矿8%  | 黄钾铁矾少量 | 黄铁矿99% | 滑石1%   |
| 蛇纹石少量  | 蛇纹石少量  | 碳酸盐微量  | 碳酸盐少量  |
| 黄铁矿微量  | 铬铁矿微量  | 海砂极微   | 石墨少量   |
| 赤铁矿微量  | 黄铁矿极微  | 白铅矿极微  | 绢云母岩少量 |
| 铬铁矿极微  | 赤铁矿极微  | 自然铜极微  |        |
| 绿泥石极微  | 透闪石极微  | 锆石极微   |        |
|        | 阳起石极微  | 金红石极微  |        |
|        | 绿帘石极微  | 白钛石极微  |        |
|        | 石榴石极微  | 锐钛矿极微  |        |

表8

矿物成分综合表

| 金属矿物 |                          |                                                            | 非金属矿物              |                 |                                                           |
|------|--------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------|
| 主要的  | 次要的                      | 偶见的                                                        | 主要的                | 次要的             | 偶见的                                                       |
| 褐铁矿  | 磁铁矿<br>赤铁矿<br>黄铁矿<br>铬铁矿 | 银金矿<br>钛铁矿<br>黄铜矿<br>赤铜矿<br>自然铜<br>毒砂<br>白铅矿<br>金红石<br>锐钛矿 | 粘土矿物<br>蛇纹石<br>透闪石 | 滑石<br>石英<br>绿泥石 | 阳起石<br>碳酸盐<br>辉石<br>绿帘石<br>黄钾铁矾<br>白钛石<br>锆石<br>石榴石<br>石墨 |

粒状、片状、不规则状。重砂中还见到有板状、树枝状等,银金矿的颜色为带铜红色的金黄色、金黄色、淡金黄色。反射色为亮黄色,低硬度,常有擦痕,均质性。电子探针分析结果为Ag32.42%, Au66.37%, Fe1.21%。

银金矿与褐铁矿关系密切,它呈各种形状分布在褐铁矿中,个别颗粒被褐铁矿穿插,说明银金矿的生成时间早于褐铁矿。

根据褐铁矿的物相分析,金银系列(银金矿)的含量是0.1g/t。它的含金量只占褐铁矿中总金量5.2g/t的1.92%,大部分的金应呈什么状态呢?在选送的纯净褐铁矿的x射线面扫描图相中,发现有分布比较均匀呈分散状态的金和银。因此,褐铁矿的物相分析和电子探针分析结果二者是吻合一致的。即说明大部分的金和银都呈分散状态分布在褐铁矿中。

(2) 褐铁矿:褐铁矿是本矿区内含量最高的金属矿物,而且据鉴定、电子探针和物相分析结果看,它也是最主要的载银矿物。

褐铁矿的反射率低于磁铁矿,内反射为砖红色。多数呈隐晶状集合体,有的呈蜂窝状和

多孔状,有的呈胶状、变胶状,有的呈土块状,还有少量呈脉状,有的与粘土矿物成不规则状、环带状,个别的呈碎屑状,碎屑粒度在0.05~0.8mm之间。

褐铁矿与粘土矿物密切共生,二者都呈隐晶状混在一起,有的较均匀分布,有的呈不规则状、环带状相间分布。少数褐铁矿集合体呈胶状、不规则状穿切蛇纹石、阳起石和绢云母等。

褐铁矿交代黄铁矿和磁铁矿,其生成时间与粘土矿物相近,而晚于其它脉石矿物和除赤铁矿外的其他金属矿物。

#### 4. 矿石的结构构造

##### (1) 结构:

①隐晶状结构:褐铁矿、粘土矿物呈隐晶状。

②它形粒状结构:赤铁矿、多数磁铁矿、部分银金矿呈它形粒状。

③半自形—自形粒状结构:黄铁矿、铬铁矿、部分磁铁矿多数晶粒保存部分完整的晶面。

④交代结构:铬铁矿被磁铁矿交代,黄铁矿被褐铁矿交代,磁铁矿被褐铁矿交代。

⑤纤维变晶结构:透闪石、蛇纹石、阳起石呈纤维状,有的呈放射状排列。

⑥鳞片变晶结构:滑石呈鳞片状,绿泥石、少数蛇纹石呈片状混杂分布。

##### (2) 构造:

①多孔状及蜂窝状构造:一些易溶矿物被带走造成空洞,留下褐铁矿形成骨架与空洞,构成多孔状及蜂窝状构造。

②土状和粉末状构造:粘土矿物、部分褐铁矿呈松散的粉末状集合体。

③胶状和变胶状构造:褐铁矿具有形状复杂、弯曲平行的条带,条带界限不清晰。

④脉状构造:少数褐铁矿集合体呈脉状穿切脉石矿物。

⑤环带状构造:由褐铁矿与粘土矿物呈环带状相间分布。

#### 5. 小结

(1)褐铁矿是矿区氧化矿石中最主要的载金、载银矿物,它在矿石全部矿物中的含量约占95%。

(2)原矿化学分析金的品位是5.30g/t。银的品位是82.4g/t。而在褐铁矿中金含量是5.2g/t,银的含量83.5g/t。即是说98.11%的金和几乎全部的银均含在褐铁矿中。

(3)金的赋存状态有两种,一是呈独立矿物的银金矿,它在总金量中所占比例较少,再就是褐铁矿中的分散金,它占总金量的96.23%。

(4)银的赋存状态也有两种形式,即呈独立矿物的银金矿和含在褐铁矿中的分散银。两者前者含量甚微,后者是银的主要赋存形式。

## 二、矿石可选性试验

### 1. 样品加工

选矿大样经破碎筛分全部通过1.5mm。原矿筛析结果列于表9中。

表9

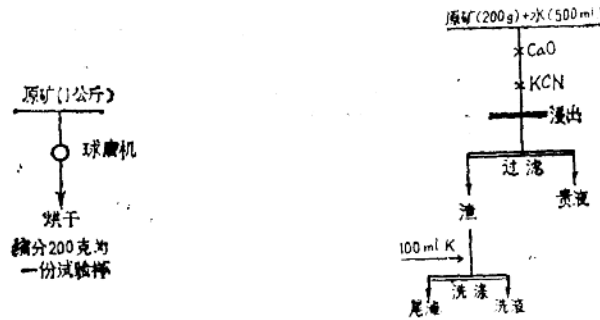
原矿筛析结果

| 粒 级<br>(mm) | 产 率<br>(%) | 品 位 (g/t) |       | 分 布 率 (%) |       |
|-------------|------------|-----------|-------|-----------|-------|
|             |            | Au        | Ag    | Au        | Ag    |
| +1          | 8.74       | 6.36      | 88.60 | 9.70      | 9.23  |
| -1+0.5      | 33.78      | 6.11      | 89.20 | 36.05     | 35.90 |
| -0.5+0.2    | 32.98      | 5.74      | 84.00 | 33.05     | 33.00 |
| -0.2+0.1    | 6.15       | 5.13      | 80.00 | 5.51      | 5.88  |
| -0.1+0.063  | 7.70       | 4.89      | 73.00 | 6.58      | 6.70  |
| -0.063      | 10.65      | 4.89      | 73.40 | 9.10      | 9.31  |
| 原 矿         | 100.0      | 5.73      | 83.94 | 100.0     | 100.0 |

## 2. 浸出试验

由化学分析、镜下鉴定、物相分析及原矿筛析结果看，本矿区氧化带中只发现银金矿一种独立的金银矿物，且嵌布粒度细微，大多在10微米以下。金银绝大多数分散在褐铁矿中。故此我们先以氰化浸出为手段，探索金银回收的可能性。

### (1) 浸出试验流程及条件



### (2) 磨矿细度试验

试验结果见表10，选择磨矿细度为98.23%。

表10 不同磨矿细度试验结果

| 批 号  | 磨矿细度<br>-74微米占% | CaO<br>(克) | KCN<br>(克) | 浸出时间<br>(小时) | 渣 分 析 |      | 浸 出 率 |       |
|------|-----------------|------------|------------|--------------|-------|------|-------|-------|
|      |                 |            |            |              | Au    | Ag   | Au    | Ag    |
| 6-1  | 84.2            | 1.5        | 0.3        | 10           | 0.46  | 36.0 | 91.61 | 54.72 |
| 6-3  | 94.4            | 1.5        | 0.3        | 10           | 0.50  | 29.3 | 90.88 | 63.14 |
| 11-1 | 98.05           | 1.5        | 0.3        | 10           | 0.43  | 29.0 | 91.48 | 64.63 |
| 11-2 | 98.23           | 1.5        | 0.3        | 10           | 0.33  | 26.8 | 93.47 | 67.32 |

备注：6批原矿Au5.48g/t, Ag79.05g/t；11批原矿Au5.05g/t, Ag82.0g/t。

### (3) 浸出浓度试验

试验结果见表11，试验说明，浓度为33.33%较好，即固液比为1:2。

### (4) CaO用量试验

试验结果见表12，最终选用CaO用量2.0g，即处理一吨原矿需10公斤氧化钙。

### (5) 氰化钾用量试验

表11

不同矿浆浓度试验结果

| 批 号 | CaO<br>浓度(%) | KCN<br>浓度(%) | 浸出时间<br>(小时) | 矿浆浓度<br>(%) | 渣分析(g/t) |      | 浸出率(%) |       |
|-----|--------------|--------------|--------------|-------------|----------|------|--------|-------|
|     |              |              |              |             | Au       | Ag   | Au     | Ag    |
| 8-1 | 0.5          | 0.1          | 11           | 40.00       | 0.65     | 31.9 | 87.10  | 60.27 |
| 8-2 | 0.5          | 0.1          | 11           | 33.33       | 0.43     | 25.4 | 91.47  | 68.37 |
| 8-3 | 0.5          | 0.1          | 11           | 28.25       | 0.75     | 30.5 | 85.12  | 61.02 |
| 9-4 | 0.5          | 0.1          | 11           | 25.00       | 0.49     | 25.1 | 90.30  | 69.39 |

备注: 8批原矿Au5.04g/t, Ag80.3g/t; 9批原矿Au5.05g/t, 银82.0g/t。

表12

氧化钙用量试验结果

| 批 号  | CaO<br>用量(g) | KCN<br>用量(g) | 浸出时间<br>(小时) | 渣分析(g/t) |      | 浸出率(%) |       | 备 注                              |
|------|--------------|--------------|--------------|----------|------|--------|-------|----------------------------------|
|      |              |              |              | Au       | Ag   | Au     | Ag    |                                  |
| 11-3 | 1.5          | 0.4          | 11           | 0.71     | 26.8 | 85.94  | 67.32 | 8批、11批<br>原矿Au、<br>Ag品位表<br>见两表。 |
| 8-2  | 2.0          | 0.4          | 11           | 0.43     | 25.4 | 91.47  | 68.37 |                                  |
| 11-4 | 2.5          | 0.4          | 11           | 0.62     | 27.0 | 87.72  | 67.07 |                                  |

试验结果见表13, 选择氰化钾用量为0.5克, 折合一吨原矿需用氰化钾2.5公斤。

表13

氰化钾用量试验结果

| 批 号  | CaO<br>用 量(克) | KCN<br>用 量(克) | 浸出时间<br>(小时) | 渣分析(g/t) |      | 浸出率(%) |       |
|------|---------------|---------------|--------------|----------|------|--------|-------|
|      |               |               |              | Au       | Ag   | Au     | Ag    |
| 12-1 | 2.0           | 0.3           | 11           | 0.49     | 24.7 | 90.89  | 69.95 |
| 12-2 | 2.0           | 0.4           | 11           | 0.70     | 21.6 | 86.99  | 73.72 |
| 12-3 | 2.0           | 0.5           | 11           | 0.58     | 19.0 | 88.10  | 76.89 |
| 12-4 | 2.0           | 0.6           | 11           | 0.62     | 18.6 | 88.48  | 77.37 |
| 原矿   |               |               |              | 5.38     | 82.2 |        |       |

(6) 醋酸铅用量试验: 根据资料介绍, 加入醋酸铅可改善金的浸出效果。试验结果列于表14中, 试验证明, 加入醋酸铅后改善了金的浸出效果, 而银的浸出受到一点抑制, 故用量不能太大, 选用2ml为宜, 折合一吨原矿需用100g醋酸铅。

表14

醋酸铅用量试验结果

| 批 号  | KCN<br>(克) | CaO<br>(克) | 醋酸铅<br>ml(1%) | 浸出时间<br>(小时) | 渣分析(g/t) |      | 浸出率(%) |       |
|------|------------|------------|---------------|--------------|----------|------|--------|-------|
|      |            |            |               |              | Au       | Ag   | Au     | Ag    |
| 13-1 | 0.5        | 2.0        | 1             | 11           | 0.44     | 17.9 | 91.71  | 78.17 |
| 13-2 | 0.5        | 2.0        | 2             | 11           | 0.34     | 18.3 | 93.60  | 77.68 |
| 13-3 | 0.5        | 2.0        | 3             | 11           | 0.54     | 19.3 | 89.83  | 75.98 |
| 13-4 | 0.5        | 2.0        | 4             | 11           | 0.45     | 23.9 | 91.52  | 70.85 |
| 原 矿  |            |            |               |              | 5.31     | 82.0 |        |       |

(7) 浸出时间试验: 试验结果列于表15中, 从结果看, 当浸出时间为24小时, 金银的

浸出均较好。

(8)洗涤水量试验：上述试验的洗涤水量均为100ml，为了使已浸出的金银能尽量进入液相，故作本批试验，结果从略。最后选择洗涤水量为300ml。

(9)最佳条件的验证试验：在上面所选出的最佳条件下进行了四个点的平行试验。试验结果列于表16中。试验证明与浸出时间中的“14-4”号结果吻合。

表15 浸出时间试验结果

| 批号   | CaO<br>(克) | 醋酸铅<br>(1%) | KCN<br>(克) | 浸出时间<br>(小时) | 渣分析 (g/t) |      | 浸出率(%) |       |
|------|------------|-------------|------------|--------------|-----------|------|--------|-------|
|      |            |             |            |              | Au        | Ag   | Au     | Ag    |
| 14-1 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 12           | 0.49      | 16.2 | 90.81  | 80.22 |
| 14-2 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 16           | 0.62      | 17.0 | 88.37  | 78.14 |
| 14-3 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 20           | 0.39      | 15.2 | 92.68  | 81.44 |
| 14-4 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 24           | 0.37      | 13.8 | 93.06  | 83.15 |
| 原矿   |            |             |            |              | 5.33      | 81.9 |        |       |
| 16-1 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 28           | 0.52      | 16.6 | 90.17  | 80.15 |
| 16-2 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 32           | 0.51      | 13.1 | 90.36  | 84.25 |
| 16-3 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 36           | 0.54      | 15.0 | 89.29  | 81.97 |
| 16-4 | 2.0        | 2ml         | 0.5        | 40           | 0.42      | 14.5 | 92.06  | 82.57 |
| 原矿   |            |             |            |              | 5.29      | 83.2 |        |       |

表16 最佳条件试验结果

| 批号   | CaO<br>(克) | KCN<br>(克) | 醋酸铅<br>(1%) | 洗水<br>(ml) | 时间<br>(小时) | 渣分析 (g/t) |      | 浸出率(%) |       |
|------|------------|------------|-------------|------------|------------|-----------|------|--------|-------|
|      |            |            |             |            |            | Au        | Ag   | Au     | Ag    |
| 19-1 | 2.0        | 0.5        | 2ml         | 300        | 24         | 0.38      | 16.4 | 92.88  | 81.24 |
| 19-2 | 2.0        | 0.5        | 2ml         | 300        | 24         | 0.38      | 15.2 | 92.88  | 82.61 |
| 19-3 | 2.0        | 0.5        | 2ml         | 300        | 24         | 0.32      | 15.5 | 94.08  | 82.27 |
| 19-4 | 2.0        | 0.5        | 2ml         | 300        | 24         | 0.34      | 15.0 | 93.62  | 82.84 |
| 原矿   |            |            |             |            |            | 5.41      | 87.4 | 平均     | 平均    |
|      |            |            |             |            |            |           |      | 93.35  | 82.24 |

最终尾矿化学分析及药剂消耗量见表17。

表17 最终尾矿分析及药剂单耗

| 批号   | Au(g/t) | Ag(g/t) | Cu(%) | Sn(%) | 氯化钙    | 氰化钾     | 醋酸铅    | 浸出率(%) |       |
|------|---------|---------|-------|-------|--------|---------|--------|--------|-------|
|      |         |         |       |       |        |         |        | Au     | Ag    |
| 14-4 | 0.37    | 13.8    | 0.51  | 0.054 | 10公斤/吨 | 2.5公斤/吨 | 100克/吨 | 93.06  | 83.15 |

由上表可见，尾渣中的铜、锡含量与原矿基本一致，说明铜、锡矿物在氰化溶液中溶解得很少。故此也可说明黄铜矿的存在，因为在铜矿物中只有黄铜矿、硅孔雀石、黝铜矿在氰化溶液中溶解率最低。而尾渣中铜、锡含量较高，有待今后进一步回收利用。

### 3. 重选试验

由于地质队要求我们进行重选试验。故我们进行了两次重选摇床选别。试验证明分选效

果很差，数据从略。我们认为此类型矿石不易采用重选回收。

#### 4. 结语

(1)本矿区氧化带中的金银主要以分散状态存在。褐铁矿是它的载体矿物。

(2)浸出试验最终获得贵液中回收率为金93.06%，银83.15%的较好指标。每吨原矿所需药剂消耗为：氧化钙10公斤、氯化钾2.5公斤、醋酸铅100克；浸出时间24小时。

(3)重选不宜处理此类矿石。

4. 本次试验的目的是对金银的回收研究，而原矿和尾渣中的铜、锡已达综合评价指标。这项工作有待今后继续深入研究后提供数据。

参加本专题工作人员：鉴定：王占文、高应华、汤红云；选矿：常晓荣、宋晓华、牛永红、常征。

## 铅电解阳极泥火法提银的工艺矿物学研究

广州有色金属研究院 罗绍宏

某厂铅电解阳极泥的处理，建厂至今一直采用还原熔炼—氧化吹炼的火法提银工艺。银的直收率不高，亟待解决。本研究采用扫描电镜、电子探针、x射线衍射、化学分析、选择溶解和显微镜鉴定等多种测试方法，查定了该工艺产出的贵铅，贵铅炉渣及分银炉前、后期吹炼渣的矿物组成，对银、铜、锑、铅和铋等有价值元素的相态分布进行了较系统的定量研究，为认识铅电解阳极泥火法提银工艺过程的机制、潜力，为生产工艺的技术改造决策，提供了较广泛的工艺矿物学信息。

### 一、贵 铅

铅电解阳极泥经还原熔炼产贵铅。本研究试样为铸锭自然冷却之纵剖面全样，铅灰色，金属光泽，粉末铅灰色。化学分析含(%)Cu13.71, Sb32.30, Pb12.68, Bi13.70, Ag25.00。矿物组成以锑银矿( $\text{Ag}_3\text{Sb}$ )、锑铜矿( $\text{Cu}_3\text{Sb}_{1+x}$ )等金属互化物为主，铅、锑和铋等金属固溶体次之，铅冰铜少量，是一种复杂的多元素合金(表1)。

根据贵铅铸锭纵剖面切片的显微镜鉴定，铅冰铜只见于上表层3毫米厚度内，呈乳滴状较均匀分布；底部出现铅的富集层，其厚度亦不超过3毫米。主要矿物的嵌布特征，总体上表现为细微粒、自形或半自形晶较均匀嵌布，铅、铋因其熔点最低，于最后晶出，而充填在早先晶出相的晶体间隙中(照片1)。

鉴于上述矿物嵌布特征分析，贵铅出炉前是大致均一的液相。在适宜的温度制度下，虽可望出现物质分异，银的富集和回收效果亦难以保证。所以，欲利用熔抑法分离杂质，并非理想选择。

根据贵铅矿物的比重差异，采用重选法可实现银铜分离。锑银矿、自然铅和自然铋密度分别为9.06、10.88和9.9，进重产品，产率为58.06%，银品位为42.52%，铜品位为0.39%，银回收率98.72%；锑铜矿、自然锑等密度均小于8，以轻产品产出，铜品位为32.70%，铜回收率98.37%。详见表2。

表1

(%) 贵铅物质组成(%)

| 矿物  | 含量    | 成分分析  |       |       |       |       | 各相态分布 |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |       | Cu    | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    | Cu    | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    |
| 锑银矿 | 34.86 | 0.64  | 27.19 | 0.50  | 0.92  | 70.77 | 1.59  | 28.43 | 1.31  | 2.26  | 98.67 |
| 锑铜矿 | 25.07 | 52.17 | 45.62 | 1.26  | 0.40  | 0.55  | 93.81 | 34.30 | 2.37  | 0.70  | 0.55  |
| 自然铅 | 15.37 | 0.03  | 0.41  | 72.11 | 27.39 | 0.03  | 0.04  | 0.21  | 83.22 | 29.66 | 0.02  |
| 自然锑 | 15.07 | 0.05  | 80.48 | 4.77  | 14.63 | 0.07  | 0.06  | 36.37 | 5.40  | 15.53 | 0.04  |
| 自然铋 | 7.83  |       |       | 5.54  | 94.00 | 0.12  |       |       | 3.26  | 51.85 | 0.04  |
| 铅冰铜 | 1.8   | 34.82 | 12.74 | 32.91 |       | 9.51* | 4.50  | 0.69  | 4.45  |       | 0.68  |
| 总计  | 100.0 | 13.94 | 33.34 | 13.32 | 14.20 | 25.00 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

\*还含 S9.66, As0.36.

## 二、贵铅炉渣

因放渣温度不同,可显浅绿、暗绿或棕褐等色,致密块状,似玻璃状断面,粉末浅灰绿色。化学分析含(%)Cu0.30, Sb43.00, Pb 12.94, Bi 0.20, Ag0.18, SiO<sub>2</sub>13.65, F4.96, Na3.60, Mg3.01。本研究炉渣试样中,以贵铅炉渣含Sb最高, Cu、Bi、Ag最低;矿物组成与其它炉渣显然不同(表3),绝大部分锑, 铅呈高锑硅铅玻璃产出。

根据电子探针波谱分析,除锑银矿、自然锑和自然铅等贵铅相含银外,并未发现别的含银相。按显微镜定量,贵铅相含量1%,其中在玻璃相基质中弥散分布者约占一半,粒径0.001—0.005毫米,属溶解损失,余者为机械夹杂,粒径0.5—2毫米(照片2)。若严格放渣制度,贵铅炉渣含银仍可进一步降低。



照片1

贵铅的扫描电镜图像×180

黑色—锑铜矿;

灰色—锑银矿;

浅灰色—自然锑;

白色—自然铅、自然铋;



照片2

贵铅炉渣中的贵铅相夹杂

扫描电镜图像×220

表2

贵铅重选理论指标(%)

| 产 品 | 产 率   | 品 位   |       |       |       |       | 回 收 率 |       |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     |       | Cu    | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    | Cu    | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    |
| 重   | 58.06 | 0.39  | 16.45 | 20.14 | 20.48 | 42.52 | 1.63  | 28.64 | 87.79 | 83.77 | 98.72 |
| 轻   | 41.94 | 32.70 | 56.73 | 4.24  | 5.49  | 0.76  | 98.37 | 71.36 | 12.21 | 16.23 | 1.28  |

表3

贵铅炉渣的物质组成(%)

| 矿 物            | 含 量   | 成 分 分 析 |       |       |       |       | 各相态中分布 |       |       |       |       |
|----------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
|                |       | Cu      | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    | Cu     | Sb    | Pb    | Bi    | Ag    |
| 高锑硅铅玻璃         | 78.0  |         | 46.58 | 18.51 | *     |       |        | 83.60 | 94.16 |       |       |
| 镁氟盐            | 11.0  |         |       | 0.02  |       |       |        | <0.01 | 0.02  |       |       |
| 五氧化锑           | 9.5   | 0.02    | 69.92 | 6.58  |       |       | 0.76   | 15.28 | 4.08  |       |       |
| 锑酸铅            | 0.5   | 0.32    | 47.36 | 33.61 | 0.46  |       | 0.76   | 0.55  | 1.10  | 1.02  |       |
| 贵<br><br><br>铅 | 锑铜矿   |         | 50.89 | 46.14 | 1.50  | 0.15  |        |       |       |       |       |
|                | 锑银矿   |         | 0.24  | 27.79 | 2.83  | 0.52  | 68.62  |       |       |       |       |
|                | 自然锑   |         | 0.08  | 85.42 | 4.20  | 5.04  | 1.33   |       |       |       |       |
|                | 自然铅   |         | 0.53  | 1.23  | 86.72 | 11.33 | 5.26   |       |       |       |       |
|                | 小计    | 1       | 26.00 | 25.50 | 10.00 | 19.50 | 18.00  | 98.48 | 0.58  | 0.65  | 98.98 |
| 总计             | 100.0 | 0.26    | 43.44 | 15.33 | 0.20  | 0.18  | 100.0  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

\*含 $\text{SiO}_2$ 14.93%。

## 三、分银炉前期渣

分银炉吹炼前期渣呈灰绿色,致密块状,于新鲜切面上凭肉眼即可看出金属铜粒均匀分布粉末呈浅灰绿色。化学分析含(%)Cu10.30,Sb36.18,Pb32.58,Bi0.75,Ag1.35, $\text{SiO}_2$ 3.26, $\text{Na}_2\text{O}$ 0.68。矿物组成以锑酸铅( $\text{Pb}_x\text{Sb}_2\text{O}_{3+x}$ )为主,斜方锑氧( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ )次之,自然铜约10%,还有少量自然银和铅铋等。详见表4。

表4

分银炉前期渣物质组成(%)

| 矿 物  | 含 量 | 成 分 分 析 |       |       |       |      | 相 态 分 布 |       |       |       |    |
|------|-----|---------|-------|-------|-------|------|---------|-------|-------|-------|----|
|      |     | Cu      | Sb    | Pb    | Bi    | Ag   | Cu      | Sb    | Pb    | Bi    | Ag |
| 锑酸铅  | I   | 30      | 0.04  | 33.85 | 50.31 | 0.76 |         |       |       |       |    |
|      | II  | 20      | 0.06  | 40.03 | 43.41 |      |         |       |       |       |    |
|      | III | 0.53    | 0.04  | 50.21 | 22.76 | 7.85 |         |       |       |       |    |
|      | 小计  | 50.53   | 0.05  | 36.47 | 47.29 | 0.53 | 0.24    | 49.87 | 69.93 | 35.68 |    |
| 斜方锑氧 | 32  | 1.35    | 56.20 | 28.20 |       |      | 4.28    | 48.67 | 26.41 |       |    |

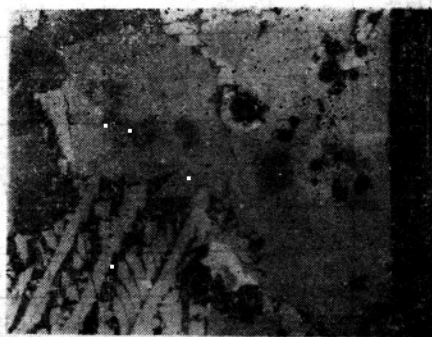
|                            |     |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 合<br><br><br><br><br><br>金 | 自然铜 | 9.9   | 94.30 | 2.44  | 2.77  |       | 0.49  |       |       |       |       |       |
|                            | 自然银 | 1.24  | 1.75  | 4.29  | 1.30  | 2.39  | 90.27 |       |       |       |       |       |
|                            | 铅 铋 | 0.92  | 0.06  | 0.03  | 50.47 | 49.42 |       |       |       |       |       |       |
|                            | 自然铅 | 0.49  | 4.06  | 1.73  | 94.15 |       |       |       |       |       |       |       |
|                            | 锑铜矿 | 0.37  | 69.66 | 27.42 |       | 0.39  | 2.54  |       |       |       |       |       |
|                            | 锑银矿 | 0.25  | 0.64  | 27.29 | 0.50  | 0.92  | 70.77 |       |       |       |       |       |
|                            | 自然锑 | 0.12  | 2.65  | 57.31 | 24.82 |       |       |       |       |       |       |       |
|                            | 小计  | 13.29 | 72.54 | 4.09  | 9.40  | 3.65  | 10.19 | 95.78 | 1.46  | 3.66  | 64.33 | 100.0 |
| 钠玻璃*                       |     | 4.08  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 总 计                        |     | 100.0 | 10.10 | 36.95 | 34.17 | 0.75  | 1.35  | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |

\*含 $\text{Na}_2\text{O}$ 25.19,  $\text{K}_2\text{O}$ 1.26,  $\text{SiO}_2$ 72.28

鉴于自然铜、自然银等金属和锑铜矿、锑银矿紧密镶嵌成集合体产出(照片3中下方),又都是银或含银矿物,故称之为合金相。按加权计算,合金成分(%) $\text{Cu}$ 72.54,  $\text{Sb}$ 4.09,  $\text{Pb}$ 9.04,  $\text{Bi}$ 3.65,  $\text{Ag}$ 10.19, 密度9.27克/厘米<sup>3</sup>。合金的铜、铋和银分布率(%)分别为95.48、64.33和100,而锑、铅只1.46、3.66。

根据合金矿物的化学性质,除锑铜矿外均溶于硝酸,分银炉前期渣硝酸浸出的理论回收率: $\text{Ag}$ 99.33%, $\text{Cu}$ 92.93%;残渣成分(%) $\text{Cu}$ 0.81,  $\text{Sb}$ 41.54,  $\text{Pb}$ 37.93,  $\text{Bi}$ 0.85,  $\text{Ag}$ 0.01。

合金粒度分析结果(表5)表明,分银炉前期渣中含金的机械夹杂粒径,若能使之控制在0.045毫米之内,渣银品位可降至0.43%以下。



照片3 分银炉前期渣扫描电镜图象×260 灰黑色—自然铜(其上灰白小点为自然银);灰色块状—斜方锑矿;浅灰色—锑酸(铅块状I;羽毛状II);灰色小方粒—锑酸铅III;白色—铅铋

表5 分银炉前期渣合金粒度分析(%)

| 粒径(毫米) |    | 0—0.02 | 0.02—0.045 | 0.045—0.098 | 0.098—0.20 | 0.20—1.0 | >1   |
|--------|----|--------|------------|-------------|------------|----------|------|
| 含 量    |    | 0.69   | 3.58       | 6.25        | 1.65       | 0.24     | 0.88 |
| 分 布    | 个别 | 5.19   | 26.94      | 47.03       | 12.42      | 1.81     | 6.62 |
|        | 累计 | 5.19   | 32.13      | 79.16       | 91.58      | 93.39    | 100  |
| 渣银品位   |    | 0.07   | 0.43       | 1.07        | 1.24       | 1.26     | 1.35 |