

## 河南某大型含砷高硫金矿选矿试验研究\*

李迎国, 曹进成, 李黎, 岳铁兵

(中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 郑州, 450006)

**摘要:**该矿属高硫、含砷的金矿床, 矿石中的金嵌布粒度以微细粒为主, 且金与黄铁矿及毒砂关系密切。经过选矿试验, 采用了粗磨—混合浮选—再磨—金硫分离的工艺, 最终获得了产率为 12.42%, 金品位 55.20 g/t, 含砷 1.68% 的金精矿。金的回收率 80.56%。

**关键词:**含砷金矿; 微细嵌布; 混合浮选; 再磨

**中图分类号:**TD953 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0076(2004)02-0038-04

### Mineral Processing Study on Separation of Au, As and S for a Large Gold Mine in Henan Province

LI Ying-guo, CAO Jin-cheng, LI Li, et. al

(Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** The studied ore belongs to high-sulfur-arsenic-bearing gold one. Gold in the ore existed in fine particle mainly, and the gold was close with pyrite and arsenopyrite. Based on the experimental research of mineral processing, a combined flowsheet of primary grinding—bulk flotation—regrinding—separation of Au and S was selected. The test results showed that the gold concentrate of Au 55.20g/t and arsenic 1.6% was obtained with a yield of 12.42% and recovery rate of Au 80.56%. This is a satisfactory result.

**Key words:** arsenic gold ore; fine-grained dissemination; bulk flotation; regrinding

河南某金矿属层控型矿床, 该矿区地质构造复杂, 褶皱、断裂发育, 岩浆活动频繁强烈, 受热液接触变质及交代作用, 蚀变矿化普遍而强烈。远景储量可观。矿石嵌布以微细粒为主, 主要以裂隙金、包体金、粒间金的形式分布在黄铁矿、毒砂等金属矿物中。黄铁矿和毒砂是金的主要载体矿物。矿石类型主要为黄铁矿型和石英白云石黄铁矿蚀变岩型。按矿石中矿物的相对含量来说, 矿石中的金属矿物以硫化物为主, 黄铁矿占绝对优势, 其次为毒砂。

通过选矿多方案试验研究, 采用粗磨—混合浮选—再磨—金硫分离的工艺, 取得的试验指标为金精矿产率 12.42%, 金品位 55.2g/t, 金回收率

80.56%, 其中含硫 51.52%, 含砷 1.68%。

## 1 矿石性质

### 1.1 矿石类型与矿物组成

矿石自然类型为黄铁矿型和石英、白云石黄铁矿蚀变岩型。矿石的结构主要为次生交代结构、结晶粒状结构、鳞片粒状变晶结构。矿石的构造有褶皱构造、块状构造、条带状构造、浸染状构造等。矿石中主要矿物组成及含量见表 1。

### 1.2 矿石化学组成

原矿化学分析结果见表 2, 铁物相分析结果表

\* 收稿日期: 2003-11-04

基金项目: (原)地矿部定向科研基金项目(DKD98-10)

作者简介: 李迎国(1964-), 男, 山西襄县人, 副研究员, 学士, 主要从事矿物加工工艺研究。

3.

表1 矿石中主要矿物成分相对含量(%)

矿物	金矿物	黄铁矿	毒砂	黄铜矿	方铅矿
含量	微量	35.94	4.22	0.29	0.13
矿物	闪锌矿	褐、赤铁矿	软锰矿	金红石	菱铁矿
含量	0.15	4.03	1.58	0.83	10.42
矿物	石英	绢、白云母	白云石	方解石	碳质
含量	20.42	12.37	7.88	少量	1

表2 原矿化学多项分析结果(%)

成分	Au(g/t)	As	S	TFe	Cu	Pb	Zn
含量	8.45	1.94	20.50	26.80	0.053	0.11	0.10
成分	Ag(g/t)	Mo	Ni	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	
含量	32.20	0.009	0.006	27.76	7.13	1.46	
成分	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TC	
含量	0.11	0.73	1.66	0.30	0.05	2.28	

表3 原矿中铁元素的物相分析结果(%)

铁的相态	硫化物 中的铁	碳酸盐 中的铁	赤(褐)铁矿 中的铁	硅酸盐 中的铁	全铁
铁含量	18.41	6.34	2.77	0.35	27.87
分布率	66.06	22.75	9.94	1.25	100.00

### 1.3 矿石中主要矿物特征

自然金、银金矿的粒度一般在0.1~0.005mm之间,与金属硫化物共生关系密切,主要以裂隙金、包体金、粒间金的形式分布在黄铁矿、毒砂等金属矿物或脉石矿物中。

黄铁矿是矿石中含量最多的金属矿物,也是矿石中主要的金属硫化物之一,约占矿物总量的36%。黄铁矿主要呈自形、半自形晶粒状产出,部分呈他形晶粒状产出,立方体自形晶黄铁矿常见。粒度粗细不均,最大粒度2~5mm,细粒黄铁矿5~10 $\mu$ m。一般粒度分布在0.07~2mm之间。大于0.074mm的约占86%,0.074mm以下仅占14%。受构造作用影响黄铁矿裂隙较发育,自然金、银金矿往往嵌布在黄铁矿的裂隙中。黄铁矿与金矿物密切共生,是金的主要载体矿物之一。

毒砂是矿石中的主要含砷矿物,呈自形、半自形晶或他形晶粒状产出。柱状、菱柱状自形晶常见。毒砂粒度粗细不均,粗粒可达1~3mm,细粒为10~

20 $\mu$ m,一般粒度为0.1~2mm。毒砂与黄铁矿、自然金、银金矿、方铅矿以及石英、碳酸盐等脉石矿物密切伴生,常呈自形或半自形晶粒状被包裹在较粗的黄铁矿中,也有些与黄铁矿连生嵌布在脉石中,或在脉石中独立产出。毒砂也是矿石中的主要载金矿物之一。脉石矿物以石英为主,常常充填在黄铁矿的裂隙中,或交代黄铁矿构成“文象”结构。见有少量的微细粒金矿物被包裹在石英中。石英的粒度一般为0.03~1mm。石英、绢云母、白云母以碳酸盐矿物与黄铁矿、毒砂等金属矿物密切共生,形成浸染状、条带状矿石。

## 2 选矿试验研究

### 2.1 工艺流程的选择

矿石中金的主要载体矿物是黄铁矿和毒砂,且金与黄铁矿及毒砂关系密切,金的嵌布特性表明金嵌布粒度微细,以裂隙金、包体金和粒间金为主。根据原矿性质及我们多年对金矿的研究经验,曾拟订过三种方案:一是优先重选;二是石灰抑硫浮金试验研究;三是先混合浮选,再磨后金硫分离试验研究。但第一种方案虽说精矿有一定的富集,但回收率较低,并存在大量中矿,尾矿中含金2~3g/t,又不能丢弃;第二种方案浮选指标较底,硫的回收还需进一步活化,石灰量大了,金也会受到强烈抑制,且技术经济指标不理想;试验结果表明,第三种方案切实可行,技术经济指标较为合理,因此对该方案进行了详细试验。

### 2.2 混合浮选试验

混合浮选试验的目的是在一段粗磨的条件下,初步将金富集,并抛除大量尾矿。

混合浮选进行了调整剂种类及用量试验、磨矿细度试验及捕收剂用量试验等,在此基础上确定混合浮选最佳工艺条件,推荐工艺流程及条件见图1,其试验结果见表4。

表4 混合浮选闭路试验结果(%)

产品	产率	Au品位(g/t)	As品位	Au回收率
精矿	43.20	18.82	3.94	95.59
尾矿	56.80	0.66	0.33	4.41
原矿	100.00	8.51	1.89	100.00

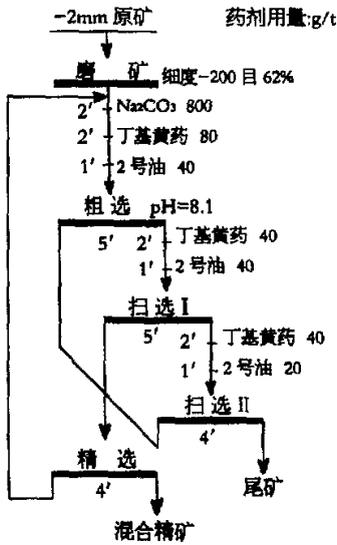


图1 混合浮选推荐工艺流程

试验及磨矿细度试验。

### 2.3.1 金硫分离抑制剂试验

经试验确定,采用有效而廉价的石灰作抑制剂。固定条件:磨矿细度-320目86%,一段浮选、二段扫选药剂用量相同,丁基黄药 10g/t,2号油 10g/t。试验结果见图3。

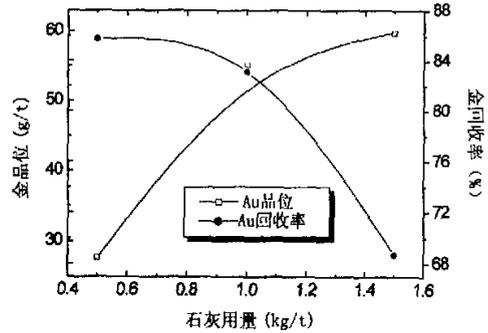


图3 金硫分离抑制剂试验结果

### 2.3 混合浮选精矿金硫分离试验

虽然金硫混合浮选试验金精矿回收率高,但金品位较低。从原矿鉴定可知,矿石中金的原生嵌布粒度以微细粒金为主,因此只有通过再磨使金得以进一步解离,抑制硫矿物浮选富集金精矿,这样可以提高金精矿的品位。混合精矿金硫分离试验工艺流程及条件见图2。

试验表明,采用石灰可有效地抑制硫,综合金的品位和金的回收率,适宜的石灰用量(对原矿)为1kg/t。

### 2.3.2 混合粗精矿金硫分离磨矿细度试验

试验(结果见图4)表明,通过再磨可使金进一步解离,从而有利于浮选提高金精矿的品位,降低了硫中的含量。综合金的品位和金的回收率,试验适宜的磨矿细度为-320目占86%。

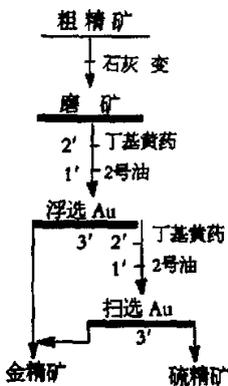


图2 混合精矿金硫分离试验工艺流程及条件

试验采用的样品为混合浮选闭路试验制取的粗精矿。分别进行了石灰抑硫用量试验,捕收剂条件

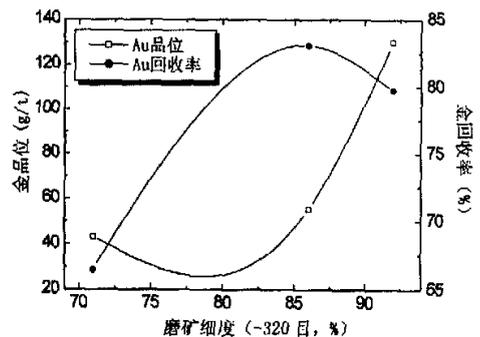


图4 混合粗精矿金硫分离磨矿细度试验结果

### 2.3.3 混合粗精矿金硫分离捕收剂种类及用量试验

试验固定条件:CaO 用量(对原矿)1kg/t,磨矿细度—320 目 86%。其它条件及结果见表 5。

表 5 混合粗精矿金硫分离捕收剂种类及用量试验结果

捕收剂种类及用量(g/t)	产品名称 (%)	产率 (%)	Au 品位 (g/t)	Au 回收率 (%)
一段浮选丁铍黑药 20; 2 号油 10;	精矿	11.63	105.0	66.46
	中矿	88.37	7.91	33.54
二段空白	给矿	100.00	19.20	100.00
一段浮选丁铍+丁黄 10+10; 2 号油 10;	精矿	23.39	56.37	83.09
	中矿	76.61	7.02	16.91
二段空白	给矿	100.00	18.56	100.00
一段、二段药剂相同 丁基黄药 10;2 号油 10	精矿	28.75	55.20	79.74
	中矿	71.25	4.53	20.26
	给矿	100.00	19.10	100.00

试验表明,采用混合药剂虽然选择性好一些,但捕收能力较弱,金的回收率较低。而丁铍黑药的价格也较昂贵,因此采用单一捕收剂丁黄药即可,只需添加少量就可有效地实现金硫分选。

### 2.3.4 混合浮选金硫分离综合条件试验

试验最终综合工艺流程及条件如图 5 所示。

最终得到产率为 12.42%、品位为 55.20g/t 的金精矿,金回收率为 80.56%。其中含硫 51.52%,含砷 1.68%。

## 3 结语

(1)采用混合浮选—混精再磨—金硫分离的工艺是处理此种高硫含砷的含金难选矿石较为适用的处理办法。

(2)采用一次粗选、两次扫选、一次精选的闭路混合浮选试验,可以从含 Au8.45g/t,含 S 高达 20.5%,含 As1.94% 的矿石中,获得产率为 43.20%,含 Au18.82g/t,含 As3.94%,金回收率达到 95.59% 的混合精矿;经过再磨,金硫分离工艺,可以获得产率为产率 12.42%,金品位 55.2g/t,回收率 80.56% 的金精矿,其中含硫 51.52%,含砷 1.68%。

(3)对高硫含砷难选金矿石试验得到的金精矿经冶金浸金试验,金的浸出率大于 95%,因此该工艺对该矿的合理开发利用具有一定的指导作用。

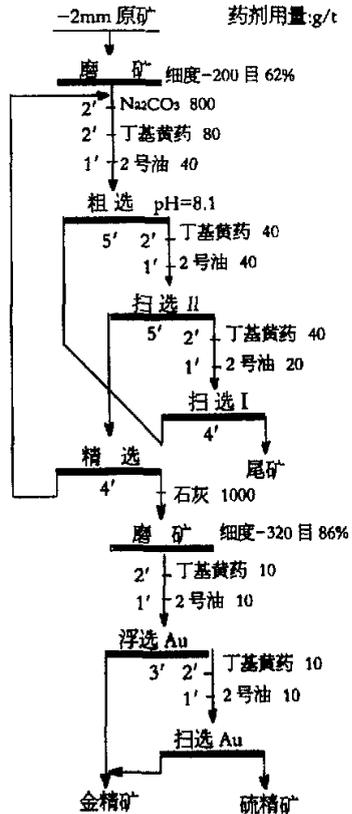


图 5 混合浮选—金硫分离最终工艺流程及条件

(4)经过选矿试验多方案比较,粗磨—混合浮选—再磨—金硫分离的工艺处理该矿取得了理想的指标,并且该工艺具有流程简单、易于操作以及适应性等特点,工艺流程合理可行。