

提高黄狮涝金矿金、银浸出率的试验研究

葛清海¹, 罗仙平², 熊淑华², 谢明辉², 江乐勇²

(1. 铜陵金蟾矿业有限责任公司; 2. 江西理工大学环境与建筑学院)

摘要:根据黄狮涝金矿深部氧化金矿石的特性,对采用过氧化钙强化氰化浸出工艺进行了试验研究。试验结果表明,金的浸出率可达89.37%~92.41%;在浸出过程中加入活性炭,金的浸出率可达95.19%~98.73%,银的浸出率可达42.94%~48.12%。

关键词:金矿石;氰化浸出;金;银;浸出率

中图分类号:TD953

文献标识码:B

文章编号:1001-1277(2006)04-0034-05

黄狮涝金矿是在“八五”期间兴建的国有矿山,位于安徽省铜陵县境内,设计采选规模为300t/d,目前生产能力已达450t/d,是目前安徽省生产规模最大、机械化作业程度最高的黄金采、选、冶联合矿山企业。

黄狮涝金矿矿石为铁帽型含金氧化矿石和含金混合矿石。矿石中主要金属矿物为褐铁矿族矿物,次为赤铁矿。但随着矿床开采深度的不断加深,矿石的性质发生了较大变化,尤其是矿石中金的品位有所下降,硫化矿物的含量也有所增加,这给公司的选冶生产造成了一定的影响,其直接表现就是金的回收率下

降。如2002年、2003年,金的回收率分别为78.87%,79.66%;同时,由于采用全泥氰化工艺,该工艺存在银的回收率低(银的回收率30%左右)的不足,这些因素影响到公司的经济效益。

为提高该矿深部矿体氧化矿石金、银的浸出率,进行了强化氰化浸出工艺研究。通过对黄狮涝金矿矿石性质的研究、试验方案设计、探索试验、小型试验等工作,采用提出的强化氰化浸出工艺,较大幅度地提高了该矿深部矿体氧化矿石金、银的浸出率,取得了较好的试验指标。

收稿日期:2005-12-06

基金项目:江西省教育厅科技计划项目(赣教技字[2005]152)

作者简介:葛清海(1970-),男,安徽贵池人,主要从事黄金生产管理与技术研究工作;安徽省铜陵市,铜陵金蟾矿业有限责任公司,244100

改善质量管理。质量管理贯穿于生产过程的始终,而不是等到出了问题才去追查责任。要做的是培养员工发现问题、解决问题的意识和能力,把问题消除在产生损失之前。注重“源头质量”,强调每一个人把自己的本职工作做好,发挥每一个人在质量管理中的作用。

任何方案的实施,都需要各方人员的积极参与。只要参与人员不懈地努力,信息控制系统的预期效果就能达到,采矿公司的生产效率就能提高。

4 结 语

沟通过程是信息发送者通过信息通道传送信息

Presumption of setting up a job handling information control system

Lu Huijun¹, Yin Jiangyan²

(1. Guangdong Gaoyao Hetai Gold Mine ;2. Jilin Technology College of Electronic Information)

Abstract: Among the great amount of information in the operation of mining work, the information flow around the transportation of blasting materials is of the most importance. The presumption of setting up a job handling information control system is aiming at promoting the effective transmission of information flow, thereby increasing the mining efficiency.

Keywords: mining company; blasting material; information flow; information control system (编辑:邢万芳)

给接收者,信息控制系统作为一个信息通道,其有效性主要在于强化了反馈,通过反馈修正编码和解码的偏差、减弱沟通噪声和沟通环境的负面影响。通过信息控制系统的实施,采矿公司生产运作的信息流通将更加顺畅、有效,其生产能力及效率将进一步提高。

【参考文献】

- [1] Stevenson W J. 生产与运作管理[M]. 张群译. 北京:机械工业出版社,2000.

1 试样性质研究

1.1 试样多元素分析

试样多元素分析结果为: Au 3.95g/t、Ag 28.18g/t、TFe 36.22%、S 9.89%、Cu 0.15%、Pb 0.58%、Zn 0.85%、As 0.12%、 Al_2O_3 4.98%、 SiO_2 22.02%、CaO 3.24%、MgO 0.86%、Ni 0.01%。

1.2 试样矿物组成

试样的金属矿物主要有自然金、自然银、自然铜等自然金属矿物;磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、黄钾铁矾、硬锰矿、软锰矿等氧化物;黄铁矿、胶状黄铁矿、白铁矿、黄铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝、磁黄铁矿、方铅矿、毒砂、斑铜矿等硫化矿,及菱铁矿、菱锌矿、硅锌矿、白铅矿、铅矾其它类矿物。脉石矿物主要有石英、硅质岩、灰岩、方解石、绿泥石、白云母、金红石、锆石、斜长石、微斜长石、绢云母。

从矿物含量统计结果来看,褐铁矿与黄铁矿占矿物总量约68.93%,其它金属矿物如磁铁矿、菱铁矿等含量较少;其余的为脉石矿物,主要为石英等。

1.3 主要矿物嵌布特征

试样中的金矿物嵌布粒度总体呈偏细小,大部分分布于微细粒金与显微金范围,主要以次显微金的形式赋存于黄铁矿、褐铁矿中。经扫描电镜放大2000~5000倍,发现金呈不规则粒状、麦粒状、浑圆状、环状分布于褐铁矿的孔穴、空隙中,以不均匀浸染状或蠕虫状成群分布于褐铁矿中;呈圆形、星点状、成窝聚集在一起分布于黄铁矿中或成环状分布于黄铁矿裂隙中。

自然银呈亮白色微带黄色的反射色,均质,硬度低,富擦痕,叶片状粒径0.03mm左右,分布在褐铁矿中。

褐铁矿是矿石中主要金属矿物之一。它是由多种矿物的复合体组成,由纤铁矿、水纤铁矿、水针铁矿、针铁矿及胶状氧化硅黏土矿物等混合物组成,因此含铁量变化较大;颜色呈浅黄褐色、黑褐色、褐红色、红色、淡黄棕褐色,不透明至半透明;呈土状、纤维状、块状的集合体,土状至半金属光泽;硬度变化较大,为2~5;常呈致密块状、多孔状、蜂窝状、葡萄状、肾状、网脉状、脉状、同心环带状、皮壳状等复杂形态,少数呈碎屑状;有的保留黄铁矿的假象。褐铁矿常包裹自形石英、黄铁矿、蓝辉铜矿等矿物,或呈网状交叉石英、黄铁矿,或交代胶状黄铁矿,使胶状黄铁矿呈云雾状、细分散状、微浸染状残留在褐铁矿中,一些磁黄铁矿也被交代残留在褐铁矿中;此外还可见与黄钾铁矾连生,黄钾铁矾呈皮壳状覆盖于褐铁矿之上。

黄铁矿是矿石中主要的金属矿物之一,也是金的

主要载体矿物。黄铁矿按粒度可分为粗粒级(3~10mm)、中粒级(1~3mm)和细粒(小于1mm)三级;按结晶程度可分为自形、半自形和它形三种;按形成温度可分大于300℃、270℃~300℃和小于200℃三个期次。大多数黄铁矿爆裂温度大于300℃,共生矿物有胶状黄铁矿、白铁矿,少量毒砂、石英、白云石等,含金量0.32~56.4g/t;其次是中温阶段(220℃~290℃),黄铁矿呈它形细粒状,共生矿物有少量方铅矿、闪锌矿、白铁矿、胶状黄铁矿、菱铁矿、白云石、石英、方解石等,单矿物含金量0.09~7.9g/t。镜下见黄铁矿呈淡铜黄色,粗晶黄铁矿常因应力作用碎裂呈碎斑结构,被胶状黄铁矿、白铁矿、石英、白云石等充填胶结,有的被胶状黄铁矿重结晶呈它形—自形晶结构。黄铁矿常不同程度被氧化成褐铁矿,保留残块、残晶或全部取代呈其假象。自然金不均匀地嵌布于黄铁矿隐微裂隙或被包裹。

石英呈它形粒状,在硅质岩中产出,极少数呈自形柱状晶体,与褐铁矿关系较密切。

1.4 主要矿物嵌布粒度

自然金(包括金银矿)的嵌布粒度很微小,在显微镜下测得自然金(包括金银矿)粒度为0.001~0.005mm,但非常少见。绝大多数自然金(包括金银矿)呈次显微状态存在,只能在扫描电镜下观测到其形态(放大倍数2000~5000),在扫描电镜下测得自然金的最小颗粒为976nm。

自然银(包括银金矿)的嵌布粒度也很微小,在显微镜下观测到一粒粒度为0.01mm的自然银矿,绝大多数自然银(包括银金矿)亦呈显微状态存在。

从地质块样中挑选具有代表性样品磨制成光片,在矿相显微镜下测定了褐铁矿(含黄钾铁矾等矿物)与黄铁矿(含白铁矿、胶状黄铁矿等矿物)的嵌布粒度分布,结果表明两类矿物在粒度大于0.080mm粒级中的累积含量都达95%以上,而在小于0.020mm粒级中,褐铁矿等矿物的含量为零,黄铁矿等矿物的含量也只有0.51%。这说明两类矿物的嵌布粒度较粗,属中细粒级。

2 选冶试验

2.1 探索性常规试验

为考察进一步提高黄狮涝矿石中金、银回收率的可能性,首先对矿样进行了常规氰化浸出和浮选试验。按尾渣金品位计算浸出率与选矿回收率,进行金的回收效果分析。

2.1.1 常规氰化浸出试验

从物质组成研究可知粒径0.001~0.005mm的独立自然金存在于褐铁矿、黄铁矿细粒间,因此首先

考虑常规氰化浸出方案。结合现场采用常规氰化浸出工艺已多年,且已取得较好的技术经济指标,故探索性浸出试验采用现场的浸出工艺与条件。浸出物料细度为 $-74\mu\text{m}$ 占90%,浸矿浓度为35%,NaCN用量为5kg/t,矿浆pH值为12.3左右,进行氰化浸出时间的条件试验。试验结果见图1。

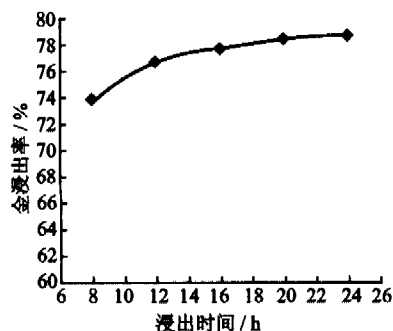


图1 浸出时间对直接氰化浸出指标的影响

试验结果表明,随着浸金时间的延长,金的浸出率增大;当浸出时间达到12h后,随浸出时间的延长,金的浸出率增大趋势减缓。这说明在此浸金条件下,浸出时间12h基本足够。此试验结果与现场比较符合。

2.1.2 浮选试验

鉴于有部分金呈次显微金的形式分布在黄铁矿中,同时还有少量自然金存在,为此进行了浮选试验。浮选试验流程为一次粗选、一次扫选。粗选:MAC-10 35g/t、丁黄药 100g/t、2[#]油 30g/t;扫选:MAC-10 15g/t、丁黄药 30g/t、2[#]油 10g/t。在原矿含金3.95g/t的条件下,获得产率为21.06%、金品位11.75g/t的金精矿,金回收率为62.64%。这说明采用浮选法难以得到较好的选金指标。

由常规氰化浸出试验与浮选提金试验的结果可见,采用浮选法是难以提高金的选冶指标的,而对常规氰化浸出工艺进行必要的改进,则有可能进一步提高金、银的浸出率。为此,试验重点研究了对常规氰化浸出工艺的改进。

2.2 强化氰化浸出试验

氰化法仍然是目前普遍采用的提金方法,但对如何缩短浸出时间,进一步提高浸出率,降低氰化物消耗是各国研究者不断研究探索的问题。总的说来,对氰化提金的研究多侧重于强化氰化这方面,而实现强化氰化提金途径主要有添加辅助氧化剂、添加增浸剂或润湿剂与加温加压氰化浸出等^[1]。由于加温加压氰化浸出对金蟾公司选冶厂生产现场不适用,因此试验主要考察辅助氧化剂与增浸剂(或润湿剂)的使用效果。

2.2.1 辅助氧化剂的选择

目前,报道的在黄金浸出方面使用的辅助氧化剂

主要有纯氧、过氧化氢(H_2O_2)、过氧化钠(Na_2O_2)、过氧化钙(CaO_2)、硝酸铅 $[\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]$ 等。由于纯氧工艺一方面成本较高,另一方面添加系统复杂,因此试验没作考虑。试验主要考察添加过氧化氢、过氧化钠、过氧化钙、硝酸铅等氰化浸出效果。试验结果见表1。试验条件除辅助氧化剂用量外,其它条件为:浸出物料细度为 $-74\mu\text{m}$ 占90%,浸矿浓度为35%,NaCN用量为5kg/t,矿浆pH值为12.3左右,固定浸出时间为12h。

表1 辅助氧化剂强化氰化浸出试验结果

辅助氧化剂方案	添加量 $/(\text{kg} \cdot \text{t}^{-1})$	氰渣金品位 $/(\text{g} \cdot \text{t}^{-1})$	金浸出率 $/\%$
过氧化氢	2.5	0.85	78.48
	5.0	0.81	79.49
	7.5	0.76	80.76
过氧化钠	2.0	0.78	80.25
	4.0	0.71	82.03
	6.0	0.65	83.54
过氧化钙	2.0	0.55	86.08
	4.0	0.43	89.11
	6.0	0.50	87.34
硝酸铅	0.5	0.80	79.75
	1.0	0.60	84.81
	2.0	1.39	64.81

由表1可见,几种辅助氧化剂,都不同程度提高金的浸出率,而过氧化钙提高幅度最大,过氧化钠提高幅度次之,硝酸铅在一定用量范围内可提高金的浸出率,但用量过大不利于金的浸出。综合比较使用效果与成本因素,选用过氧化钙作为辅助氧化剂进行浸金试验。

2.2.2 增浸剂或润湿剂的选择

由于增浸剂或润湿剂一般都是表面活性剂,为此,试验对木质素磺酸钙(SAA)、月桂硫酸钠(SLS)与石油磺酸钠(NJ-20)进行了筛选。试验条件为:浸出物料细度 $-74\mu\text{m}$ 占90%,浸矿浓度为35%,NaCN用量为5kg/t,矿浆pH值为12.3左右,浸出时间固定为12h,不加辅助氧化剂,改变增浸剂或润湿剂的种类与用量。试验结果见表2。

表2 增浸剂(或润湿剂)强化氰化浸出试验结果

增浸剂(或润湿剂)方案	添加量 $/(\text{kg} \cdot \text{t}^{-1})$	氰渣金品位 $/(\text{g} \cdot \text{t}^{-1})$	金浸出率 $/\%$
木质素磺酸钙(SAA)	0.8	0.81	79.49
	1.0	0.78	80.25
	1.2	0.76	80.76
月桂硫酸钠(SLS)	0.8	0.90	77.22
	1.0	0.82	79.24
	1.2	0.78	80.25
石油磺酸钠(NJ-20)	0.8	0.88	77.72
	1.0	0.84	78.73
	1.2	0.80	79.75

由表 2 可见,在浸金过程中,添加增浸剂(或润湿剂)可一定程度提高金的浸出率,但增加幅度普遍不及辅助氧化剂的使用效果。

2.2.3 过氧化钙强化氰化浸出试验

根据前面的试验结果,选取过氧化钙作为辅助氧化剂进行强化氰化提金的条件试验。具体考察了磨矿细度、矿浆浓度、氰化物与石灰用量、浸出时间与浸出吸附方式等条件对提金的影响。

2.2.3.1 磨矿细度对过氧化钙强化氰化浸金试验的影响

试验条件:浸矿浓度为 35%,NaCN 用量为 5kg/t,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,矿浆 pH 值为 12.3 左右,改变样品磨矿细度,滚瓶浸出 12h。试验结果见表 3。试验结果表明,磨矿细度在 -74μm 占 93% 左右是适宜的。

表 3 磨矿细度对过氧化钙强化氰化浸金影响

磨矿细度 -74μm/%	氰渣金品位 /(g·t ⁻¹)	金浸出率/%
85	0.63	84.05
90	0.40	89.87
93	0.35	91.14
96	0.35	91.14

2.2.3.2 矿浆浓度对过氧化钙强化氰化浸金试验的影响

试验条件:磨矿细度 -74μm 占 93%,NaCN 用量为 5kg/t,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,矿浆 pH 值为 12.3 左右,改变浸矿浓度,滚瓶浸出 12h。试验结果见图 2。

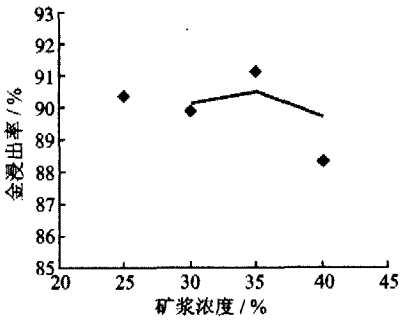


图 2 矿浆浓度对过氧化钙强化氰化浸金影响
(折线为水平趋势线)

试验结果表明,当矿浆浓度为 25% 时,金的浸出率仍能保持较高的水平;而当矿浆浓度为 40% 时,金的浸出率有所下降。因此,适宜的浸矿浓度仍为 35%。

2.2.3.3 氰化物与石灰用量对过氧化钙强化氰化浸金的影响

在金的氰化浸出过程中,氰化物用量与石灰用量往往存在协同效应,为此安排进行了带中心点的 NaCN 与石灰用量 2² 析因试验。试验结果如表 4 所示。其它试验条件:磨矿细度 -74μm 占 93%,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,浸矿浓度为 35%,滚瓶浸出 12h。

由效应的计算结果可知,从金浸出率来看,NaCN 效应最为显著,石灰效应次之,中心效应再次,协同效应最小。浸出的最佳试剂条件:NaCN 用量为 4kg/t,石灰用量为 8kg/t。

表 4 带中心点的氰化物与石灰用量 2² 析因试验结果

NaCN 用量 /(kg·t ⁻¹)	石灰用量 /(kg·t ⁻¹)	金浸出率 /%
4	8	92.41
6	8	89.37
4	12	91.90
6	12	88.35
5	10	91.14

2.2.3.4 浸出时间对过氧化钙强化氰化浸金试验的影响

试验条件:浸出物料细度 -74μm 占 93%,浸矿浓度为 35%,NaCN 用量为 4kg/t,石灰用量 8 kg/t,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,矿浆 pH 值为 12.3 左右,改变滚瓶浸出时间。试验结果见图 3。

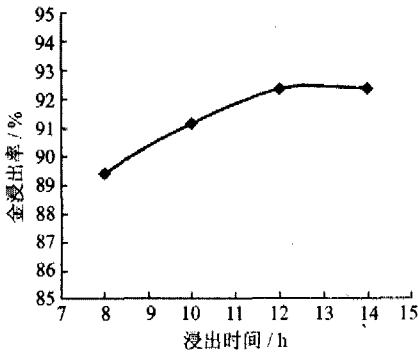


图 3 浸出时间对过氧化钙强化氰化浸金的影响

试验结果表明,浸出时间为 8h,金的浸出率就接近 90%。可见采用过氧化钙(CaO₂)强化氰化浸出,确实可缩短浸出时间。

2.2.3.5 浸出吸附方式对过氧化钙强化氰化浸金的影响

固定浸出条件:浸出物料细度 -74μm 占 93%,浸矿浓度为 35%,NaCN 用量为 4kg/t,石灰用量 8kg/t,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,矿浆 pH 值为 12.3 左右,浸出时间 12h。改变活性炭的添加方式(活性炭的用量固

定为 10g/100g_矿)。试验结果见表 5。

表 5 浸出吸附方式对过氧化钙强化氰化浸金的影响

浸出吸附方式	氰渣金品位/(g·t ⁻¹)		浸出率/%	
	Au	Ag	Au	Ag
滚瓶浸出 12h 后投加活性炭,静态吸附 12h(炭浆工艺)	0.19	16.08	95.19	42.94
滚瓶浸出开始时投加活性炭,一起滚瓶浸出 12h(完全炭浸工艺)	0.05	14.62	98.73	48.12
滚瓶浸出 6h 后投加活性炭,再一起滚瓶浸出 6h(部分炭浸工艺)	0.14	15.34	96.46	45.56

由表 5 可见,在浸出过程中加入活性炭,金的氰化浸出率为 95.19%~98.73%,比没加活性炭时的氰化浸出率高出 5% 以上,可见活性炭可有效抑制矿石中的黏土等劫金物质对金的吸附。另从活性炭的吸附方式看,完全炭浸工艺要优于炭浆工艺与部分炭浸工艺。

3 结 语

金矿物主要呈自然金形态,嵌布粒度总体呈偏细小的特征,大部分为微细粒金与次显微金,并主要以次显微金的形式赋存于黄铁矿、褐铁矿中。银矿物主要为自然银形态,主要分布在褐铁矿中。

针对黄狮沸金矿深部氧化矿石的矿石特性,采用过氧化钙强化氰化浸出工艺进行处理,在浸出物料细

度-74μm 占 93%,浸矿浓度为 35%,NaCN 用量为 4kg/t,石灰用量 8kg/t,过氧化钙(CaO₂)用量为 4kg/t,木质素磺酸钙(SAA)用量为 1kg/t,矿浆 pH 值为 12.3 左右,滚瓶浸出 8~14h。在此条件下可得到金的浸出率为 89.37%~92.41%。

在过氧化钙强化氰化浸出过程中加入活性炭,金的氰化浸出率为 95.19%~98.73%,比没加活性炭时的氰化浸出率高出 5% 以上,银的浸出率也有较大幅度提高。显然活性炭可有效抑制矿石中的黏土等劫金物质对金的吸附。从活性炭的吸附方式看,完全炭浸工艺要优于炭浆工艺与部分炭浸工艺。

[参考文献]

- [1]叶雪均,罗仙平,严群.化学选矿评述[J].有色金属,2001(增刊): 273~276.

Experimental study on improving gold and silver recoveries of Huangshilao Gold Mine

Ge Qinghai¹, Luo Xianping², Xiong Shuhua², Xie Minghui², Jiang Leyong²

(1. Tongling Jinchuan Mining Co., Ltd.;

2. School of Environmental and Architectural Engineering, Jiangxi University of Science and Technology)

Abstract: Experimental study on the process cyanidation adding CaO₂ was carried based on the characteristics of gold oxide ore of Huangshilao Gold Mine. The results showed that gold recoveries could be 89.37%~92.41%, gold recoveries could be 95.19%~98.73% and silver recoveries could be 42.94%~48.12% when activated carbon was added in cyanide leaching intensified with CaO₂.

Keywords: gold ore; cyanide leaching; gold; silver; recovery

(编辑:李玉敏)

金属矿产循环利用国家研究中心成立

近日,由中钢集团马鞍山矿山研究院牵头组建的金属矿产资源高效循环利用国家工程研究中心获国家发改委批准成立。

据介绍,该中心组建后,将致力于“低消耗、低耗能、低排放”关键技术的研究,以提高三个层面(企业、区域、社会)重大金属矿产资源循环利用的科技能力,完善和发展具有我国特色的金属矿产资源循环系统。

该中心将建设高水平的金属矿产高效循环利用与产业化基地,形成我国黑色和有色金属两支高研发水平的研发团队,促进科技成果转化并推出具有自主知识产权的成套技术和工艺,缩短技术转移和推广应用周期,推动冶金、有色产业的技术进步和结构调整,实现高新技术产业发展。

该中心建成后,将拥有国内金属矿产资源合理开发、高效循环利用领域一流人才和技术,具有技术集成、试验条件配套的优势,集研究开发、设计、中试、产业化、工程化和成果推广于一体,具有消化、吸收国外先进技术和自主创新能力,其综合研发能力、研发水平和系统集成能力将达到国际先进水平。这将有助于先进的矿山资源循环利用科研成果的快速转化,提高我国紧缺矿产综合利用率,促进我国冶金、有色金属产业的技术创新和产业结构调整,形成新的高新技术产业群。

(转自中国黄金协会网)