

吴家金矿堆浸浸出率的因素分析

戴小通

(江西省瑞昌吴家金矿,江西 瑞昌 332204)

摘 要 :通过 11 年来的试验生产 ,对吴家金矿堆浸浸出率产生影响的矿石粒度、浸出周期、氰化钠的使用及喷淋强度等主要因素进行了分析 ,并提出了相应的改进方法。
关键词 堆浸 粒度配比 浸出周期 喷淋强度 浸出率

中图分类号 :TD953 文献标识码 :A

0 前 言

江西瑞昌市吴家金矿床系武山铜矿北矿带 1# 铜矿体上部次生富集而成的铁帽型金矿。北京矿冶研究总院 1986 年进行了铁帽提金工艺研究 ,1987 年设计出全国第一家 100t/d 生产能力的“制粒 - 堆浸”试验厂。1989 年 10 月该矿建成投产后发现矿石的实际品位远低于地质品位。生产 11 年来 ,实际入堆的表内矿石加权平均含金仅 2.75 g/t(设计为 4.7g/t)。尽管“制粒 - 堆浸”浸出效果好 ,但因成本高 ,而出现亏损。为扭转这种被动局面 ,以应付低品位矿石生产 ,1990 年该矿对生产工艺进行了调整和改造。边进行“制粒 - 堆浸”试验 ,边扩充直接堆浸与叠加堆浸生产能力。1991 年开始盈利 ,但 1995 年以后随着我国市场经济转轨 ,特别是 1998 年以来黄金市场受国际影响 ,金价一度走低而出现严重亏损。面对这一严峻形势 ,如何合理、有效地利用黄金资源 ,使吴家金矿持续、稳定地发展下去 ,这是一个亟待解决的问题。笔者针对 11 年来堆浸试验中影响浸出率的因素进行了一些分析 ,并对存在的问题提出了相应的改进方法。

1 矿石性质

吴家金矿床的载金矿石以金褐铁矿为主 ,约占 90.5% ,其次是金石英闪长玢岩、含金高岭土等。褐铁矿是金的主要载体矿物 ,其中金占表内储量的

99.7%。金矿物以自然金为主 ,银金次之。在褐铁矿中金以包体形成为主 ,呈不规则粒状分布 ,粒度一般为 5 ~ 8 μ m ,粗粒 10 μ m、细粒小于 3 μ m。矿石呈蜂窝块状、粉块状、粘土状等构造 ,其中粘土所占比例为 30% ~ 40%。矿石多元素分析及金嵌布粒度特性分别见表 1、表 2。

表 1 矿石多元素分析结果 %							
元素	Au	Ag	Cu	Fe	Pb	Zn	Mn
含量	2.60	37.98	0.739	32.80	0.554	0.182	0.42
元素	As	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	H ₂ O
含量	0.083	0.312	29.08	7.26	0.12	0.025	11 ~ 14

注 : Au、Ag 含量单位为 g/t。

表 2 金嵌布粒度特性测量结果 %			
粒级			
mm	+ 30	- 30 ~ + 10	- 10
产率	45.67	21.64	32.69

2 浸出率的因素分析及改进方法

2.1 堆浸场地的构建

吴家金矿为了产生规模效益 ,1991 年底将 4 个 350m² 混凝土制粒堆浸场扩建成 3 个 750m² 永久性堆浸场 ,其编号为 D1、D2、D3 ,1990 年新建了非混凝土 2 000m² 叠加堆浸场 ,1993 年又建了 D4、D5 非混凝土直接堆浸场 ,其面积分别为 990m²、520m² ,1999 年底再建了 600m² D6 简易直接堆浸场。除 D6 采用“一膜”(即 PVC)加泥质矿构建外 ,其余底层均采用“两毡夹一膜”加细砂、竹塔构建。见图 1 ,其中图(a)

为 D1、D2、D3 ;图 (b) 为叠加堆场及 D4、D5 ;图 (c) 为 D6 的底层构造断面图。

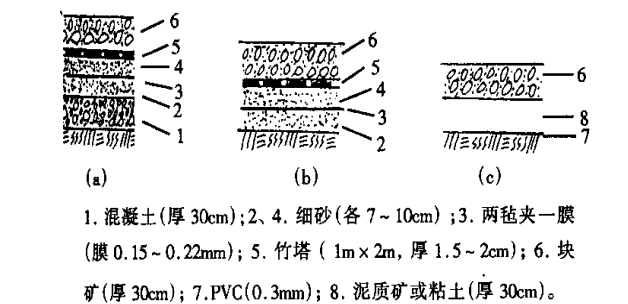


图 1 堆浸场底层构造示意图

实践证明 :改造扩建的 D1、D2、D3 永久性堆浸场其场地坚实、底层结构完好未更换。而叠加堆浸场建在武山铜矿地下开采移动盆地内 ,使用 2 年后 ,地表产生裂缝 ,1992 年 8 月停止使用。D4、D5 直接堆浸场因底板未进行严格的碾压与夯实 ,使用 3 年后明显存在渗漏迹象 ,1996 年、1998 年已分别进行了底层改造。叠加堆浸场及 D4、D5 产生上述情况的主要原因是堆场底板沉陷 ,底层薄膜被撕裂 ,造成渗漏。即使在同样的技术条件下 ,其浸出指标低于 D1、D2、D3 堆场。

目前 ,国内外堆浸场底层构造趋向简易化 ,堆场面积趋向大型化。福建紫金山金矿 10 万 t 级堆浸场其底层材料仅为 PVC(厚 1mm) ,大大节省了工程造价 ;吴家金矿 1999 年底建造的 D6 底层就是使用 PVC(厚 0.3mm) 一种材料 ,D6 在 2000 年上半年投入生产后效果良好。值得特别提醒的是堆浸场地的选址必须工程地质条件可靠 ,堆场整平必须碾压夯实 ,PVC 接触面及保护层的处理必须慎之又慎。因此 ,堆浸场地构建的选址与底层的处理很重要。

2.2 矿石粒度及配比

吴家金矿入堆矿石在不同粒度条件下 ,浸出效果差别较大 (详见表 3、表 4、表 5、表 6)。

表 3 不同系统筛析试验结果 %

粒级 mm	产率		
	破碎制粒	直接堆浸	叠加堆浸
+ 50		18.40	21.30
- 50 ~ + 25	8.00	61.30	59.60
- 25 ~ + 5	79.70	15.20	14.60
- 5	12.30	5.10	4.50

万方数据

表 4 制粒堆浸试验浸出技术指标结果

试验堆号	入堆矿量 t	品位 g/t	浸出周期 d	NaCN 单耗 kg/t	渣含金 g/t	浸出率 %
89D301	625	2.285	36	0.68	0.466	79.60
90D102	677	2.180	36	0.61	0.556	74.48
90D401	536	1.870	35	0.85	0.670	64.15
改后 92D103	1438	3.238	48	0.82	0.518	84.02
改后 92D203	1560	2.778	45	0.75	0.478	82.80

表 5 直接堆浸试验生产浸出技术指标状况

堆号	入堆矿量 t	品位 g/t	浸出周期 d	NaCN 单耗 kg/t	渣含金 g/t	浸出率 %
91D403	677.0	2.163	42	0.89	0.825	61.86
91D305	615.0	2.566	50	0.49	0.875	65.91
92D101	1517.0	2.620	50	0.67	0.914	65.12
92D302	1506.0	1.962	50	0.67	0.782	60.12
93D204	1600.1	2.130	41	0.70	0.860	59.60
93D303	1537.6	1.470	56	0.75	0.729	50.40
94D202	1596.6	2.330	45	0.52	0.880	62.20
94D301	1608.3	2.050	49	0.51	0.783	61.80
95D502	957.3	1.760	58	0.50	0.779	55.70
95D303	1556.4	2.560	50	0.48	0.860	66.40
96D202	1593.2	2.070	48	0.47	0.832	59.80
96D401	1923.3	1.840	60	0.53	0.835	54.60
97D102	1552.6	2.750	45	0.50	0.800	70.90
97D302	1564.3	2.270	37	0.46	0.726	68.00
98D303	1472.5	1.971	47	0.45	0.762	61.30
98D104	1482.9	2.367	45	0.51	0.858	63.72
99D202	1542.8	2.428	61	0.46	0.823	66.08
99D402	1999.7	1.683	57	0.45	0.840	50.28
2000D501	968.2	2.423	54	0.45	0.700	54.96
2000D101	1596.4	2.148	35	0.45	0.550	56.97

注 :各年随机抽取 2 个代表性堆场数据 ;从 1992 年 D101 开始均
为改造后新堆编号。

表 6 叠加堆场试验生产浸出指标状况

层次	矿量 t	品位 g/t	浸出日期 年 - 月 - 日	累 计 天 d	NaCN 单耗 kg/t	累 计 数 kg/t	浸出率 %
1	2504	2.411	1990 - 11 - 08 ~ 1991 - 05 - 22	194	0.62	50.01	
2	4508	2.357	1991 - 06 - 01 ~ 1991 - 10 - 18	332	0.72	50.57	
3	5733	1.384	1991 - 10 - 30 ~ 1992 - 03 - 27	479	0.60	60.16	
4	1499	1.184	1992 - 02 - 23 ~ 1992 - 05 - 01	546	0.65	60.51	
5	4165	2.073	1992 - 04 - 02 ~ 1992 - 08 - 20	684	0.61	63.21	

注 :叠加堆场依山坡建造 ,采取不拆堆 ,处理一层再加一层 ;第 4 层
为独立堆 ;第 5 层处在第 3 层之上。

生产试验表明 :矿石粒度越小 ,浸出率越高 ;
反之 ,亦然。这是因为矿石的粒度越小 ,暴露出来

的金粒表面越大,液固相接触面也越大,金的浸出反应也就越快。故合理的矿石粒度配比能缩短浸出周期,保证渗透效果,有利于提高浸出率。该矿因原矿品位低,破碎制粒不现实,但对于大于 40mm 的块矿进行分选细碎至 - 25 ~ + 5mm,并混合筑堆很有必要。该矿历年来只是对于粒度大于 80mm 的块矿进行粗碎,近两年来又提出矿石粒度大于 40mm 进行一次粗碎,再混合筑堆。从表 3、表 4、表 5、表 6 对比数据可以看出,矿石粒度影响着浸出率的提高和浸出周期的缩短。为此,建议改造破碎系统,进行两段破碎,从而使矿石不同粒级达到比较合理的要求,建议矿石粒度控制指标为: - 50 ~ + 25mm 占 20% 左右; - 25 ~ + 5mm 占 70% 左右; - 5mm 占 10% 左右。综上所述,矿石粒度是直接堆浸的关键,是影响浸出率指标提高的决定性因素。

2.3 筑堆质量的控制

筑堆是堆浸工艺的重要环节,其质量的好坏亦影响预浸(洗堆)时间及浸出率。

破碎制粒系统经 48h 固化后的粒团用 ZL30 前装机筑堆(其添加剂为石灰与水泥,均按 0.5% 在成球前加入),堆高为 1.8 ~ 2.0m;直接堆浸、叠加堆浸均采用人工作业,同时按 0.8% ~ 1% 加入石灰,并与矿石混和均匀筑堆。堆高控制在 1.4 ~ 1.8m。太高的矿堆表面会形成较多水塘,浸出液流至底部时因缺氧而使浸出反应速率下降或者无法反应,还有部分浸出液形成沟流现象,根本没有充分与矿石接触,会降低浸出率。因此,应采用停喷深度翻晒矿堆并进行间歇喷淋。粒团堆浸的效果明显好于直接堆浸。两种浸出方式试验比较见表 7。

表 7 粒团堆浸与矿石直接堆浸指标对比

浸出方式	品位 g/t	最大 渗透率 L/m ² · h	喷淋强度 L/m ² · h	浸出率 %	浸出周期 d	NaCN 单耗 kg/t
直接堆浸	2.657	30	8	65.49	50	0.82
直接堆浸	2.551	30	10	65.92	50	0.65
直接堆浸	2.236	30	14	66.40	50	0.58
粒团堆浸	2.470	820	14	77.01	45	0.64

吴家金矿在现场管理中,存在着时松时紧现象。有时因监督不严,入堆矿石粒度大于 40mm 的块矿未经严格分选而筑堆;石灰加入矿石中不均匀。影响浸出指标及预浸(洗堆)时间。这一状况有待进一步改善。

2.4 浸出周期的合理确定

对浸出周期起主要作用的因素有:预浸时间、气候条件、pH 值、CN⁻ 浓度、喷淋强度等。在正常情况下,预浸 1 ~ 2d 后矿堆周边流出液 pH 值能达 9 以上。预浸后 pH 稳定在 9 以上,增大 CN⁻ 浓度和喷淋强度就会加快金的溶解反应速率,缩短浸出周期。浸出率与浸出时间的关系见图 2。

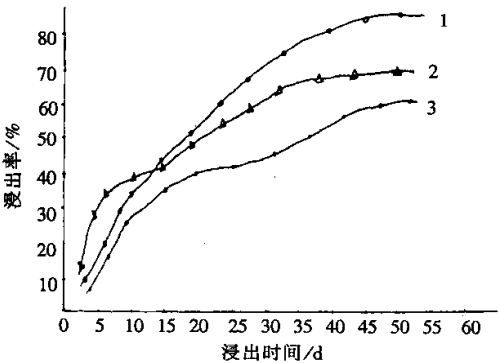


图 2 浸出率与浸出时间的关系

1. 堆号 92D103,制粒堆浸,含 Au3.238g/t; 2. 堆号 91D104,直接堆浸,含 Au3.087g/t; 3. 堆号 91D103,直接堆浸,含 Au2.39g/t

从图 2 看出:一是前期金的浸出速度非常快。大约 10d 浸出率即达到总浸出率的 50%,10d 后进入中期,随着时间延长,浸出率缓慢增长。直到末期,浸出率几乎没有变化;二是矿石品位越高,浸出率增长速度越快,最终浸出率也越高;三是制粒堆浸的浸出速率较直接堆浸快,而且其浸出率增长的均匀性与持久性都比较好。显然这与制粒矿堆的良好渗透性有关。由图 2 还可以看出,矿石品位相当,浸出率达到 60% 时,制粒堆浸只需 24d,而矿石直接堆浸却需 31d。吴家金矿在生产实践中,总结出合理的浸出周期是通常每年 4 ~ 11 月份 35 ~ 45d,12 月份至次年 3 月份 45 ~ 60d,制粒堆浸可缩短 5 ~ 10d。该矿在浸出工艺技术参数控制方面,尚存在系统监管措施不到位的现象,应予以重视。

2.5 NaCN 的合理使用

NaCN 是堆浸的主要原料,占成本比重大。吴家金矿 1993 年通过对陕西太白金矿考察后进行试验,探索出 NaCN 单耗最佳标准为 0.45 ~ 0.5kg/t。浸出率与 NaCN 用量的关系见图 3,由图 3 看出:堆浸过程随着 NaCN 用量的增加浸出率显著上升;至一定时期后,再增加 NaCN 用量,浸出率增长不明显,这标志着进入末期,此时应停止补加 NaCN。按照这一

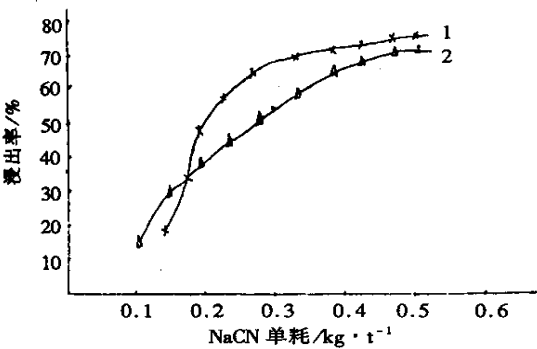


图 3 浸出率与 NaCN 用量的关系

1. 堆号 94D101, 含 Au 2.55g/t; 2. 堆号 94D302, 含 Au 2.27g/t

规律摸索出浸出过程中各阶段 NaCN 用量。浸出前期 CN^- 浓度 150 ~ 200mg/L; 中期 150 ~ 100mg/L; 末期 < 100mg/L。因此,合理的 NaCN 用量及各阶段 CN^- 浓度的有效控制,有助于提高浸出率和节约成本。

2.6 喷淋强度参数的控制

从理论上讲,堆浸过程是一个扩散过程。增大喷淋强度,能加大浸出液的循环和扩散,因而可以提高金的浸出率^[1]。根据吴家金矿生产试验,见前表 7 可以显示出理论与实践是一致的。因此,喷淋强度应控制在 10 ~ 15L/m² · h,可以提高浸出指标。从该矿现场管理了解到,因喷淋系统结钙,经常采用连续喷淋,有时喷头不转动亦不及时处理,喷淋强度仅为 5 ~ 9L/m² · h,不利于提高浸出指标,应予以改进。

2.7 原材料质量的把关

原材料质量的好坏,对浸出回收指标亦有影响。特别是 PVC、NaCN 及活性炭的质量尤为重要,应严把采购关。2000 年上半年,吴家金矿因活性炭的质量问题,出现了“跑黑”劫金现象,指标明显下降。下半年改用椰星牌活性炭后指标显著上升。

3 结 语

(1)黄金矿山企业要在市场经济条件下,积极推进经济增长方式的转变,发展内涵式扩大再生产,从而提高经济效益。其中提高浸出率是最有效的途径之一^[2]。

(2)浸出回收指标的提高依赖于深挖内潜,严格控制堆浸生产中各个工艺环节的技术参数。

(3)通过机制创新、管理创新、技术创新,激发生产力要素中最活跃要素——人的因素,充分调动管理、技术及操作人员的积极性,不断刷新浸出回收指标,才有源源不断的动力。

参考文献:

[1] 陈喜山,梁晓春,熊卫煜.堆浸工艺中溶浸液渗透的模拟试验[J].黄金,1999,(9) 35-37.
[2] 戴小通.吴家金矿技术经济分析及脱困策略[A].99'全国黄金选冶新技术、新设备交流会论文集[C].长春:中国黄金学会黄金信息网,1999.104-107.

The factors analysis on heap leaching recovery in Wujia gold mine

DAI Xiao - tong

(Jiangxi Wujia Gold Mine, Ruichang 332204, China)

Abstract : Through analysing the test and production of 11 years , this article present the main factors affecting heap leaching ratio in Wujia gold mine. there are the measurements of ore grain, leaching cycle, use of sodium cyanide and spraying intensity, and puts forward the corresponding improvements.

Key words : heap leaching; ore grain ratio; leaching cycle; spraying intensity; leaching ratio of gold