

# 堆浸生产黄金浸出周期浅析

曾祥平

(云南地矿资源股份有限公司 曲靖公司 云南 曲靖 655000)

**摘 要:** 云南富源胜境关金矿开发生产初期,运用堆浸理论,根据矿山工业场地实际和矿石的物理化学性质,及矿石中的有害杂质(组织)的含量,多次试验、调整技术参数(堆浸场地物理性质、矿石粒度、矿堆高度、矿堆渗透性、氰化物浓度、浸出液碱性、浸出温度、喷淋强度、吸附流速或流量等),完善浸出工艺,缩短浸出周期,提高浸出率,取得了良好的经济效益。

**关键词:** 根据不同条件;分别实验调整;缩短周期;提高浸出率;黄金堆浸

**中图分类号:**      **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-1885(2003)02-217-6

## 1 绪 言

国内已有许多矿山采用堆浸法处理低品位矿石,进行黄金生产。自1992年胜境关金矿开发以来,相继建立了不同生产规模的矿山,大多采用该法生产黄金。生产初期,从采矿、砂石筑堆、原矿杂质处理、加入浸出药剂、喷淋、吸附到尾矿清洗全过程中,喷淋浸出生产周期过长(有时达50天~60天),浸出率也较低( $<60\%$ ),影响了矿山处理矿石的能力及黄金产量。因此,需要在堆浸处理矿石、生产黄金的过程中,不断实践、研究和总结,谋求缩短单堆浸出周期,加速和提高处理矿石的能力,对矿山企业增加黄金产量,获得更佳的经济效益是十分有益。

## 2 缩短浸出周期的依据和技术措施

含金矿石从堆浸氰化到吸附提金,主要经历两个步骤,即:矿石中金等元素经氰化溶解,含金浸出液从矿堆中渗滤分离出来(含金属液)。要缩短浸出周期,必须在矿石筑堆和喷淋过程中,调整和控制好氰化浸出的工艺条件,加快浸出的反应速度和浸出液的渗滤循环。要想达到二者最佳状态,除应该详细了解含金矿石的物理化学性质、结构构造、有益有害组分的种类和含量、金的赋存状态、金的嵌布粒度、矿石的氧化程度等因素外,还必须考虑入堆矿石的粒度、矿堆高度、矿堆渗透性、处理矿石中有害杂质使用的药剂、氰化物浓度、浸出液碱性、氰化反应速度、喷淋强度、浸出液的温度、浸出液渗滤速度、吸附流量或速度、氰化反应速度与浸出液渗滤速度的统一等等诸多方面和环节进行合理调配,促使上述



诸多与氰化有关的条件达到最佳状态,最终达到缩短浸出周期的目的。

云南省富源县胜境关金矿矿石属构造破碎带褐铁矿化、硅化粘土岩——灰岩型类型,矿石氧化程度高,质地疏松,裂隙发育、有害杂质(铜、铅、锌、砷、硫)含量低,适合于氰化法堆浸生产黄金。<sup>①</sup>

## 2.1 堆浸(筑堆)场

堆浸场采用矩形和不规则形,堆浸场地的自然坡度角 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ,底垫采用两毡一塑,采出的含金矿石经人工或机械破碎至粒度小于50mm,运至堆浸场一次筑到2.5m~3.5m(平均3m)的高度。筑堆结束时,顶部<1m的压实部分需人工翻松,使整个矿堆保持疏松、渗透性良好。入堆品位根据单堆矿石量规模确定,胜境关金矿山经多年生产实践,确定单堆矿石量<3000t,入堆的经济平衡品位控制在1g/t,>3000t为0.8g/t。以胜境关金矿山生产中的一堆为:矿石量2100t,平均品位2.18g/t,总金属量金4.578kg。

## 2.2 喷 淋

筑堆和喷淋系统设计布置结束,根据矿石中有害杂质的种类和含量,进行喷淋前的处理(采用硝酸铅药剂为主)和碱洗堆后进入氰化物的喷淋浸出阶段。经过喷淋前有害杂质的处理,既可降低氰化物用量(氰化物与硝酸铅差价较大),还可提高浸出率。喷淋氰根浓度控制在0.12%~0.03%(初期0.12%~0.10%、中期0.08%~0.06%、后期0.05%~0.03%、洗尾矿<0.03%),浸出全过程中循环液pH值保持在10~11,使用离心泵借PVC长布置成鱼骨状喷淋长路,同时向矿堆提供氰化物溶液,喷淋强度控制在8L~12L/(t.h或m<sup>2</sup>.h),喷淋时间为喷8小时停8小时,但首次喷淋时间最好在10小时~12小时为宜。

## 2.3 吸 附

炭吸附系统采用600mm×2000mm塔式吸附柱,四柱串联,吸附流量控制在2.5m<sup>3</sup>/n~3.5m<sup>3</sup>/h。经过25天~35天(平均30天)的喷淋生产后,循环贵液经活性炭吸附后,流出的贫液含金品位降至0.10g~0.15g/m<sup>3</sup>,洗矿拆堆出尾砂时,尾矿浸渣平均为0.5g/t~0.6g/t,浸出率为72.47%,该堆矿石堆浸生产获得了较佳的浸出指标和良好的经济效益。

## 2.4 缩短堆浸周期

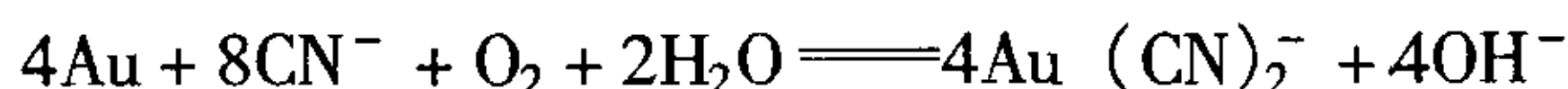
从上述生产实践过程看,要想缩短单堆的浸出时间,必须加强以下几个方面的工作。

### (1) 矿石粒度

入堆矿石粒度对矿石中金的浸出率和浸出反应速度影响很大。相同情况和相同条件下,矿石的粒度越细,矿石中金粒暴露的表面积就越大,固液相互接触的面亦越大,浸出液中的氰化物就能与矿石表面暴露的金充分接触、反应,并使之溶解。矿石中的金与浸出液中的氰化物反应的速度就越快,金的浸出速度亦越快。

### (2) 矿堆渗透性

矿堆渗透性是影响堆浸效果、影响浸出周期的重要因素。众所周知,氰化物要在足氧的条件下,才能与矿石中的金发生化学反应。反应式为:



因此,要保持矿堆渗透性好、氧气充足,不仅应控制适宜的矿石粒度,还应调整矿石中

<sup>①</sup> 曾解平,陈绍明等,胜境关金矿1993~1998年度生产报表,1998年。



的粉土矿和砂石矿的比例。一般情况下，控制在 3:7 以下，矿石过细和粘土矿物过多，矿堆的渗透性就下降，缺乏氧气，金与浸液的反应速度、浸出速度、浸出液的渗流速度就会趋慢，影响矿堆的清洗，从而延长浸出周期。由此可见，矿堆中矿石粒度要适宜，保持矿堆有充足的氧气；使用相对高浓度的氰化物溶液和较大的喷淋强度，以加速浸出反应，缩短浸出生产周期。其次，可适当考虑增加堆浸场地的坡度，并在底垫上铺设一层河流卵石状块矿，以形成快速通道，使浸出贵液快速流向贮液池。有条件时也可将粉矿和粘土质矿物预选筛分制粒再行堆浸，保证矿堆的渗透性。

(3) 矿堆高度

胜境点金矿生产过程中，曾对某一矿堆堆浸结束后，按不同高度的尾矿石层进行取样分析，(表 1)。

表.1 堆场参数与浸出率关系

Tab.1 Relationship between Leaching Ratio and Heap Site

	堆顶向下高度 (m)	各层原矿品位 (g/t)	各层浸后尾矿品位 (g/t)	各层浸出率 (%)	备注
上部	0~1	2.18	0.43	80.08	由上至下浸出率降低与氰化物溶液浓度逐渐降低关系密切。
中部	1.01~2	2.18	0.61	72.36	
下部	2.01~3	2.18	0.76	64.96	
平均	3	2.18	0.6	72.47	

从上表可见：随着矿堆高度的增加，堆底部的矿石浸出率明显下降，且低于平均浸出率。这是由于矿堆较高的情况下，浸出液流至堆底部时因缺少足够的氧而使浸出反应速度下降。如果严重缺氧，甚至无法或不反应，降低了浸出率。同时，浸出液在矿堆中滞留时间相对延长，也会影响浸出进程。因此，堆浸生产中应根据矿石物理化学性属确定适宜的堆高。既要保证矿石处理量，也要确保最佳的浸出指标和生产周期。

(4) 氰化物浓度

金的浸出反应快慢受氰离子扩散速度所控制。氧气充足条件下，随着氰化物浓度的增加，反应速度呈直线上升。通过生产实践表明：当其它条件相同时，使用 0.12% 的氰化物溶液达到相同浸出率所需浸出时间，是使用 0.03% 氰化物溶液所需浸出时间的 1/4，其关系曲线（图 1）。因此采用相对高浓度的氰化物溶液，喷淋浸出能大大缩短浸出周期。但当氰化物浓度足够高时，溶金速度主要取决

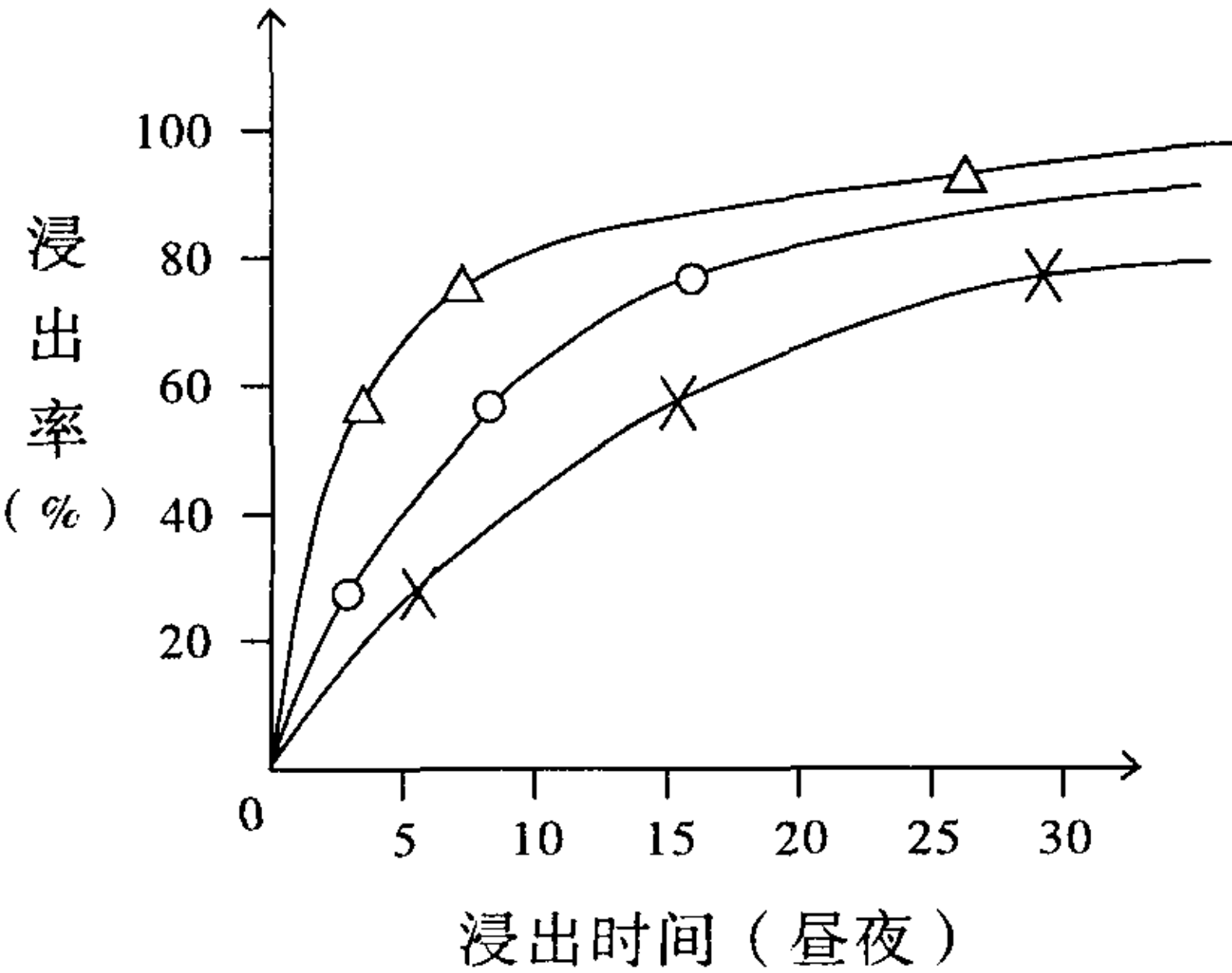


图 1 不同溶液浓度浸出时间与浸出率关系  
Fig.1 Relationship between Leaching Time and leaching Ratio in Solution with Different Concentration

但当氰化物浓度足够高时，溶金速度主要取决



于氧的浓度。所以，取得理想的浸出速度，关键是要保持矿堆的疏松透气，同时加速浸出液的循环，以确保充足的氧参与高浓度的氰化物对矿石中的金产生溶解反应。而单纯提高氰化物的浓度不可取，相反会造成大量氰化物的物耗或浪费，增加生产成本。但要说明的是，一旦确定适合的高浓度氰化物，还应考虑溶液渗流经过底部矿层时的浓度，不然低层矿石无足够氰化物浓度参以反应，则浸出率会降低。

(5) 浸出液的 pH 值

堆浸过程中，为防止氰化物挥发，必须维持氰化物溶液的碱性。然而，碱性过高会降低金的溶解速度，对浸出不利。经几年实践，从缩短浸出周期出发，浸出液的 pH 值应视氰化物浓度高低，在确保其不发生水解挥发的正常范围内，采用低 pH 值（下限 10 ~ 11）比较适宜。

(6) 浸出温度

相同浸出条件中，浸液的温度越高，越利于氰化物的反应强度和速度，温度太低则反应速度缓慢、甚至不反应。故黄金生产矿山应选择夏、秋黄金季节进行堆浸比较有利。浸液温度以 > 3 °C，堆场环境温度 > 10 °C（气温）为佳。

(7) 喷淋强度

喷淋强度系指单位时间内给定量矿石喷淋浸液的数量，常用 L/t·h 或 m<sup>2</sup>·h 来表示。堆浸过程是溶液扩散过程，增大喷淋强度，可加速浸出液的循环，有利于浸液扩散，提高金的浸出速度。因此，采用大喷淋强度，对缩短浸出周期有利，胜境关金矿常采用 > 8 ~ 12L/（t·h）或（m<sup>2</sup>·h）。

上述各种因素相互制约，单纯强调某一因素不能收到预期效果，在堆浸喷淋整个过程中，应将上述各因素、工艺条件与矿山矿石性质有利结合起来使用。胜境关金矿山近年来的堆浸，一直采用下列工艺技术指标：矿石粒度 < 50mm，矿堆高度 2.5m ~ 3.5m，氰化物浓度初期 0.12% ~ 0.1%、中期 0.08% ~ 0.06%、后期 0.05% ~ 0.03%、洗尾矿 < 0.03%，浸出液 pH 值 10 ~ 11，浸液温度 > 3 °C，环境温度 > 10 °C（气温），喷淋强度 8L ~ 12L/t·h 或 m<sup>2</sup>·h，单堆浸出周期 25 天 ~ 35 天（平均 30 天），取得了较高的浸出率和良好的经济效益。矿山整个生产过程中，生产用水（包括废水）应循环使用，不向外排放，尾矿经处理后置于尾矿坝贮存，供将来工艺提高后再行利用，提倡绿色环保型生产工艺。

3 尾液、尾矿处理

堆浸喷淋周期结束，尾液、尾矿中含有较低的氰化物及有害物质，还含有低品位的金等

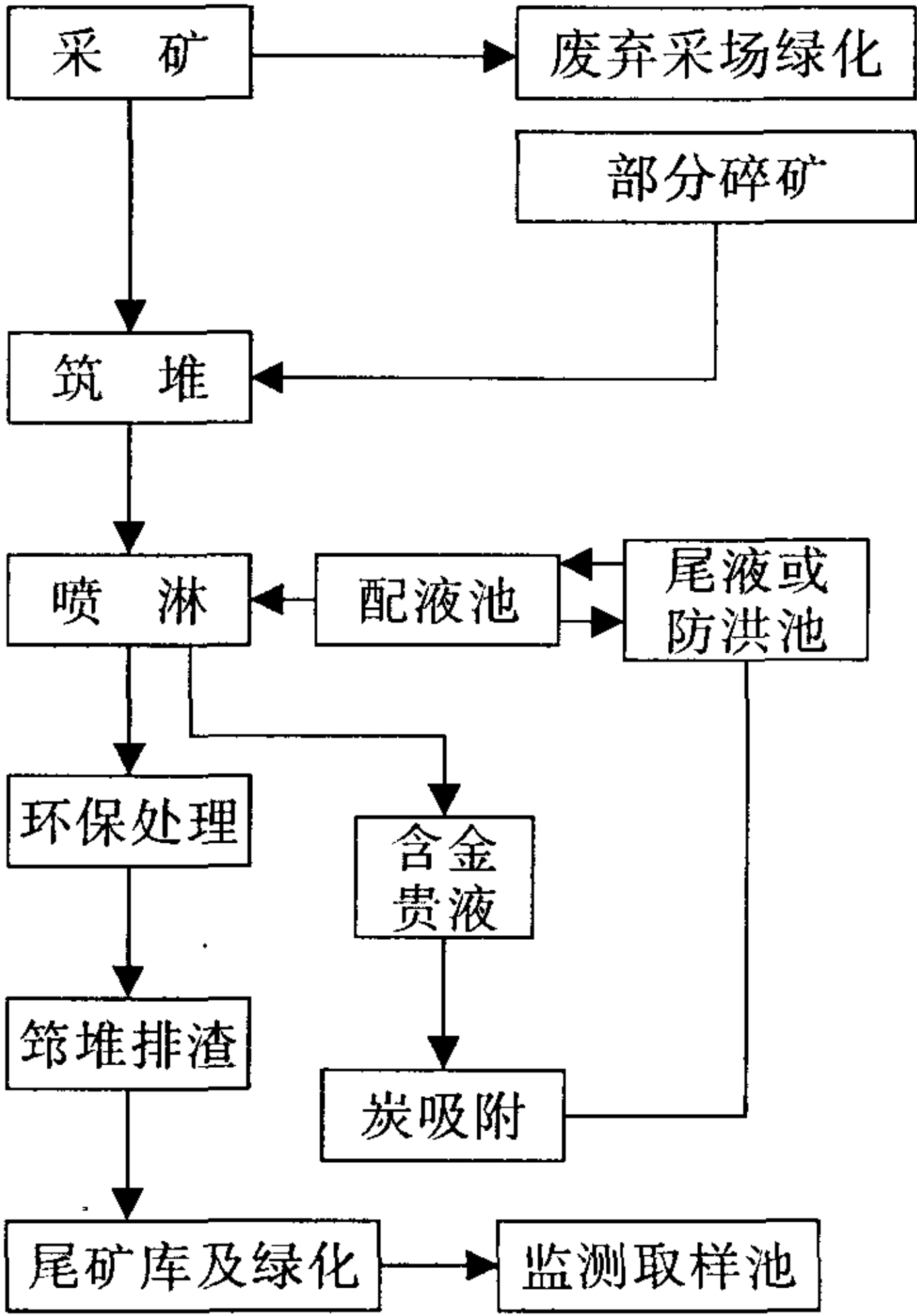


图 2 堆浸生产黄金尾液、尾矿处理流程  
Fig.2 Flow Diagram Processing Tailings in Gold Production by Heap Leaching



有益元素。因此，尾液、尾矿也是一种自然资源，可以充分利用，变废为宝，并减少对环境的污染。

尾液、尾矿的处理，采用图 2 工艺流程。尾液采取封闭循环式，充分利用尾液中的有用低含量氰化物等原料，不向外排放。雨季水量大时贮在防洪池中（防洪池的设计容量考虑年最大降雨量的 2 倍）。尾矿经洗矿、漂白粉等处理后，氰化物含量 < 0.5mg/L（国家排放标准）时，卸堆排渣运至尾矿库中存储，供再行利用，尾矿库范围（包括废弃采场）种植树木和草进行绿化，防止水土流失。定期在尾矿库下游集液池中取样监测，掌握其下游氰化物等有害物质的含量，以便及时处理，达到环境保护的目的。通过几年监测，胜境关金矿尾矿库下游氰化物等有害物质含量均未超过国家规定的排放标准，受到当地政府和环保部门的充分肯定和表扬（附胜境关金矿尾矿库下游有害物质监测样统计表）。

表 2 胜境关金矿尾矿库下游有害物质监测样统计表  
Tab.2 Statistics of Harmful Substance Monitor Sample in Lower Reach of  
Tailings Storage in Shengjingguan Gold Mine

	CN <sup>-</sup> (mg/L)	Hg (mg/L)	As (mg/L)	Pb (mg/L)	备注
1993	0.1	0.03	0.08	0.01	国家规定排放标准为 (mg/l)
1994	0.08	0.03	0.08	0.01	CN <sup>-</sup> < 0.5
1995	0.06	0.03	0.08	0.01	Hg < 0.05
1996	0.05	0.01	0.06	0.01	As < 0.5
1997	0.05	0.01	0.06	0.01	Pb < 1
1998	0.05	0.01	0.06	0.01	

参 考 文 献

[1] 中华人民共和国地质矿产部低品位金矿堆浸技术研究咨询中心．堆浸法提金及化学分析方法汇编[M]．北京：地质出版社，1990.2.

# A PRELIMINARY ANALYSIS OF THE LEACHING PERIOD IN GOLD PRODUCTION BY HEAP LEACHING

ZHNG Xiang-ping

(*Qujing Branch, Yunnan Limited Company of Geology and Mineral Resources, Qujing 655000*)

**Abstract:** In the beginning development and production stage, the technological parameters are adjusted and the leaching technique is improved through a lot of experiments according to the heap leaching theory and basing on the mine site characteristics, the physical-chemical quality of ore and the harmful impurity content in the ore. The leaching period is shortened, the leaching ratio is increased and the economic efficiency is very good.

**Key Words:** Different Condition; Experiment Adjustment; Shortening Period; Increasing Leaching Ratio