文章编号:1672-7487(2008)02-0001-04

堆浸法提金氰化过程影响因素分析

张元伟, 徐建昌

(河南省地矿局第一地质调查队,河南, 洛阳, 471023)

摘 要:概述了黄金生产中堆浸法提金生产和研究的重要性、堆浸法提金的概念及其氰化过程机理。金矿堆浸的关键在于氰化过程,而氰化过程受许多方面因素的影响,对此进行了较详细的论述分析。指出在金矿堆浸生产中,必须综合考虑各方面影响因素,方可取得好的效果。

关键词:堆浸法提金;金矿石;氰化;影响因素

中国分类号:P57 **文献标识码**: A

1 引言

堆浸法提金是金矿石选矿方法之一。随着黄金生产的不断进行, 黄金资源量及高品位金矿石越来越少,而黄金价格不断上涨。为了充分地利用资源, 开展对低品位金矿石及其它含金物料的利用研究工作是非常必要的。堆浸法提金不仅对高品位金矿石,更是对低品位金矿石及生产残渣、尾矿等的选矿、再利用是很适合的方法。本文着重对堆浸法提金氰化过程的影响因素进行分析研究, 以对金矿堆浸生产实践能有一定的指导作用。

2 堆浸法提金概念及其氰化过程机理

2.1 堆浸法提金概念

堆浸法提金就是金矿石或者其它含金物料经过破碎、制粒达到一定粒度后,采用适当的方法, 按一定层次和高度堆放到铺有不渗漏溶液且能自动排液衬垫的堆浸场地上, 以一定酸碱度氰化物溶液间歇式地对矿堆进行均匀地喷淋、氰化浸出, 达到溶解金的目的。浸出得到的含金溶液中采用一定的方法将其回收。

2.2 堆浸法提金氰化过程机理

堆浸法提金工艺包括金矿石中金 的氰化浸出和含金浸出液中金的回 收的两个过程, 而氰化过程效果直 接关系着金矿堆浸生产的成败。 氰化过程机理可采用反应方程

式表示为:

$$4Au+8NaCN+O_2+2H_2O \rightarrow 4NaAu(CN)_2+4NaOH$$ 。

简单地说,在一定碱度的氰化物 溶液中,作为金的浸矿剂的氰化物 与矿块表面暴露的金以及通过矿石 的裂隙、孔洞解理面等进入矿石内 部与可能接触到的金作用, 金被氧 化并于氰根离子络合成易溶的金氰络离子进入溶液中,这样,矿石中的金即被氰化浸出。

3 堆浸法提金氰化过程影响因素分析

3.1 浸矿液方面的影响因素

3.1.1 浸出药剂的选择

1)氰化物。氰化物在溶液中能与金形成金氰络离子而转移到溶液中,是金矿的很好的浸矿剂。而在金矿堆浸生产中,各种氰化物的特点、效果是不同的。常见的几种氰化物有氰化钠、氰化钾、氰化钙。以溶金能力、溶液的稳定性、价格、获得同等溶液浓度的相对消耗量及使用方便性等方面对其进行分析比较,见表1。

表1 常见几种氰化物特点比较

氰化物	溶金能力	溶液稳定性	价格	获得同等溶液浓度的相对消耗量	使用方性
氰化钠 NaCN	强	稳定	较低	少	不利于金浸出的杂质少,毒性较氰化钾弱,使用方便。
氰化钾 RCN	较弱	稳定	高	多	不利于金浸出的杂质少,但毒性很强,使作较不方便。
氰化钙 Ca(CN)	强	不稳定	低	少	不利于金浸出的杂质多,会产生有害的对金浸出不利的气体,使用较不方便。

收稿日期:2008-02-28

作者简介:张元伟(1967-),男,工程师,主要从事地质勘查及金矿采选技术工作;(Tel)13525976338

万方数据

比较可见，氰化钠的溶金能力强，溶液稳定性好，价格较便宜。获得同等溶液浓度的相对消耗量少，使用方便，在金矿堆浸生产中，可首选氰化钠作为金矿的浸矿剂。

2）保护碱。氰化物会发生水解反应，遇到各类酸会被分解，所以，在氰化物溶液中必须加入适量的碱，使其维持一定的碱度，可大大减弱氰化物水解程度，中和溶液中的CO_2和硫化矿氧化及其它原因所产生的酸类，从而减少氰化物的化学损失，保持氰化物溶液的稳定性，以利金的正常浸出，这种碱称为保护碱。

石灰（CaO）和氢氧化钠（NaOH）是常见的碱。用石灰作保护碱虽说价格便宜，但其所产生的钙离子会阻滞金的溶解，会在设备和管道内壁上结垢。而用氢氧化钠则无如此缺点。在金矿堆浸生产中，采用氢氧化钠作保护碱是比较适宜的。

3.1.2 氰化物浓度

氰化物浓度是决定金溶解速度的最主要因素之一。在通常的压力和温度条件下，经过实验得到金溶解速度与氰化物浓度的关系如图1。

由图可见，当氰化物浓度在0.05%以下时，金的溶解速度随着溶液中氰化物浓度增大而直线上升，以后则随着氰化物浓度增大而缓慢上升，直至氰化物浓度增大到0.15%时，金的溶解速度增大到最大值，以后再继续增大氰化物浓度，金的溶解速度反而略有下降。

通常在金矿堆浸生产过程中，氰化物的浓度应根据矿石成分和浸出的不同阶段控制在0.025%~0.1%之间。

3.1.3 氧的浓度

氧的浓度是决定金溶解速度的另一最主要因素。在金的氰化浸出过程中，任何引起氧浓度的降低，都将导致金溶解速度的降低。为此，要保持矿堆具有良好的自然通风的条件，可对浸矿液进行充分的预先通气或通氧，有条件时也可采用机械通风，并加强浸出液的循环，保证随时有足够的氧参与反应。

3.1.4 浸矿液的pH值

保证浸矿液有足够的碱度（pH值）是堆浸的必要条件。pH值过低或过高都会使金的溶解速度降低。同时，pH值过低对氰化物的保护作用会降低；pH值过高会促使矿石中某些矿物分解，对金的溶解产生不良影响。所以，pH值过高或过低，对金的氰化浸出都是不利的，必须经常地仔细地控制浸矿液的碱性，在金矿堆浸生产中，常控制浸矿液的pH值为10~11。

3.2 金矿石方面的影响因素

3.2.1 金矿石的结构物理化学性质

金矿石的结构疏松，孔隙度大表面孔隙和毛细管、解理面发育，有利于浸矿剂和氧向矿块内部扩散，与矿石中的金接触，从而加快金的浸出速度；相反，则金的浸出速度慢。含金氧化矿具有疏松多孔的特点，透水性良好，比结构致密的原生矿更适合于堆浸。

3.2.2 矿石中金的赋存状态

浸矿液与金粒表面接触的面积越大，则金的浸出速度越快。金粒赋存在矿石的裂隙和孔洞中时，则易被浸出；若金粒被其它矿物包裹，则很难甚至无法被浸出。金粒越细，则金的浸出速度越快。金粒的形状对金的浸出速度也有较大影响，在矿石中，金粒的形状有浑圆状、片状、脉状、树枝状、内孔穴和其它不规则状，其中浑圆状金粒浸出速度较慢，其它形状的金粒浸出速度较快。

3.2.3 金矿石中其它矿物组分

金矿石中除了金银外，常含有其它多种矿物组分，而多数矿物组分特别是金属矿物对金的氰化浸出会产生不同的影响，有的会加速金的溶解，有的会阻滞金的溶解，但多数影响是有害的。因此，在金矿堆浸生产中，应尽量选择那些不含或少含有害矿物组分的金矿石，必须注意入浸矿石中除金银以外的其它矿物成分的类型和含量，预先采取措施，减少它们对金氰化浸出的有害作用。

对金的氰化浸出影响较大的矿物组分有黄铁矿、白铁矿和磁黄铁矿等铁矿物，自然铜、黄铜矿、蓝铜矿、孔雀石、辉铜矿、赤铜矿、斑铜矿、硫砷铜矿和黝铜矿等铜矿物，方铅矿、白铅矿和铅钒等铅矿物，闪锌矿、菱锌矿、红锌矿、水锌矿和锌铁尖晶石矿物，雄黄、雌黄和毒砂等砷矿物，氧化汞和氯化汞等汞矿物，辉锑矿等锑矿物，辉铋矿等铋矿物，硒矿物，碲矿物以及炭、溶液中的钙离

万方数据

子等成分。

以上矿物组分都能与浸矿液中的氰化物和氧作用，且许多中间反应生成物还会继续与氰化物和氧作用，如此，会大量消耗浸矿液中的氰化物和氧；有些矿物和中间反应生成物，如 P b(CN) 2 、硫代亚锑酸盐、硫化锑、硫代亚砷酸盐、AsS－2 、AsS 3 －3 、S 2－ 、溶液中的 As 2 S 3 胶体、过氧化钙和硫酸钙等，会沉淀、吸附在金粒的表面形成薄膜，阻碍氰化物和氧与金粒的直接接触；矿石中含有炭时，会将已浸出的金吸附，产生劫金现象。这些作用会使金的溶解浸出速度下降，有时甚至使金的氰化浸出无法进行，降低金的浸出率、回收率、对氰化过程产生非常有害影响。

为了减少、消除其它矿物组分对氰化浸出产生的不良影响，应在喷淋氰化浸出之前，用饱和的碱溶液对金矿堆进行充分的喷淋洗矿，可使大部分有害的矿物组分沉淀、分解，直到矿堆出水口排出的溶液的 PH 值稳定在 9.54 以上，且要将洗矿水弃去，这时，即可以碱性氰化物溶液对金矿堆进行喷淋氰化浸出。同时，在氰化过程中，要控制好浸矿液的 PH 值不要过高或过低，氰化物浓度不可过高，可减少有害矿物组分的溶解。

有些矿物组分适量时对金的浸出是有利的。金矿石中含有适量的铅时，在金粒表面可形成局部原电池而加速金的溶解。浸矿液中有少量的汞盐存在时，金能在一定程度上置换出汞并形成金汞合金，而使金粒的表面发生蚀变，从而促使金迅速溶解。另外，浸矿液中适量的铅离子、汞离子可与硫离子作用生成难溶的硫化铅、硫化汞而消除硫离子对金浸出的不良影响。

3.3 浸堆方面的影响因素

3.3.1 入浸矿石粒度

入浸矿石的粒度影响矿石中金粒暴露的表面积和矿堆的渗透性，进而影响到金的浸出速度。矿石破碎的粒度越小，金粒暴露的表面积越大，液固相接触面也越大，金的浸出速度也就越快。但是矿石粒度太细，会影响浸矿液的渗透速度，不利于矿堆中液固分离。严重时，粉矿会阻碍浸矿液在矿堆中均匀流动，形成一些死角而影响浸出效率。另外，细矿粉过多不利于矿堆的清洗，造成洗矿时间过长，延长作业周期，而且会使堆浸尾矿含金残液过多而造成金的损失。

控制入浸矿石的粒度，要根据矿石的物理性质。疏松多孔、粘土含量多的矿石，破碎粒度应大些，一般为－50 mm 或－30mm ；反之，较致密、粘土含量少的矿石，应尽量控制较小的破碎粒度，可控制在－10 mm 。

3.3.2 矿堆渗透性

矿堆的渗透性对金矿堆浸效果影响很大。矿石的渗透性好，浸矿液渗透均匀畅通，含金溶液能顺利地通过矿堆及时排出，有利于矿堆中保持充足的氧，浸出反应速度加快，缩短浸出周期，提高浸出率。如果矿堆的渗透性差，则会严重影响堆浸作业的进行，甚至会造成堆浸不能进行。

影响矿堆渗透性的因素主要有入浸矿石粒度、矿石中细矿泥和粘土含量、筑堆方法和矿堆高度。

入浸矿石粒度大，则矿堆渗透性好，反之，矿堆渗透性会降低，矿石粒度太细，会使矿堆渗透性很差。

金矿石中常含粘土，粘土被水润湿后会急剧膨胀，堵塞矿石中的孔隙和矿块间的流水通道，会严重降低矿堆的渗透性。为此，一般要求堆浸矿石中粘土含量不要超过 35% 。另外，入浸矿石粒度过细会因破碎作用产生很多的细矿泥，也会使矿堆渗透性变差。所以，对于细矿泥和粘土含量多的矿石，以及粒度过细的矿石，应采用预先制粒成团后再进行堆浸。

筑堆方法对矿堆内部的孔隙率和溶液渗滤的均匀性有直接的决定性的影响，从而决定着堆浸作业的效果和成败，所以，必须选择正确的筑堆方法。筑堆时尽可能做到粉矿与块矿混合入堆，使各粒级均匀分布，避免产生粗细粒的偏析现象；尽可能不压实、粉碎矿堆，保持矿堆疏松，当因运矿设备而造成局部地段压实时，要用松土装置或人工进行翻松，以求得矿堆各个部分具有均匀的渗透性。

筑堆方法主要有两种，即多筑堆法和分层筑堆法。前种方法操作简易，但易产生偏析现象。生

万方数据

产实践中，较多地应用分层筑堆法，即筑堆前先用废石修建斜坡车道，运矿车沿坡道上行卸矿，再用推土机推矿推实第一层，在筑第二层，逐层加高，直到满足设计要求高度为止。分层高度一般为1.5~2 m。

矿堆的高度会影响矿堆的渗透性和金的浸出率，应视矿石的粒度、粘土含量、有害氰化浸出的杂质含量以及生产规模、矿山装备而定。对于矿石粒度较大、含粘土、杂质较少的矿石，矿堆的高度可适当提高，但不宜太高，否则会降低矿堆的渗透性，延长浸出时间，造成矿堆中的供氧不足而影响金的浸出。特别当矿石粒度小、含粘土和杂质较多的矿石，堆太高会使溶液在矿堆中停留时间增长，在溶液向下流动过程中与杂质作用消耗氰化物和氧，到了矿堆底部时，浸矿液中因氧和氰化物不足而影响金的浸出。矿堆的高度一般应控制在3~10 m之间。

3.4 浸矿液喷淋方面的影响因素

3.4.1 喷淋方法

喷淋方式直接影响氰化浸出效率、浸矿液在矿堆上的分布均匀性及浸矿液的雾化损失，因此要采取正确的喷淋方式。应采用间歇喷淋方式，有利于补充矿堆中消耗的氧气和提高浸出效率，一般可喷淋1小时，停0.5小时。力求喷淋均匀，不留死角，偶尔出现死角区，可采用人工喷淋进行补充；力求喷淋液滴尽可能少地产生雾化，注意风向和风力的变化，防止造成喷淋损失；喷淋中要随时检查有无沟流、溢流以及积水不渗现象，随时采取措施予以解决。

3.4.2 喷淋强度

喷淋强度是指单位时间内对一定量矿石或单位平方米矿堆顶面喷淋浸矿液的数量。增大喷淋强度可以加速浸出液的循环，从而提高金的浸出速度。但喷淋强度不宜过大，否则会增大矿石中杂质的浸出，相对降低浸出液中金的品位，增加含金浸出液下一步处理的困难；喷淋强度也不可过小，这样会延长浸出作业周期。喷淋强度的强弱与矿堆渗透性、矿堆规模及矿石的杂质含量有关，当矿堆渗透性差，或者矿石杂质含量多，或者矿堆的规模大时，喷淋强度应控制较低值，反之可取较高值。喷淋强度一般控制在0.05~0.1 L/t矿分钟之间，并保持稳定供液。

3.5 环境方面的影响因素

3.5.1 温度

温度是影响金浸出效果的重要因素。温度低，金的浸出速度慢，特别是当温度低于10度时，金的浸出速度大大减慢；反之，温度高，金的浸出速度快，但过高的温度会降低浸矿液中氧的溶解度，并促进氰化物的水解生成HCN，消耗氰化物。堆浸过程中一般不必要对浸矿液加热，但在寒冷地区为了防冻并适当延长堆浸作业时间，也可考虑加热浸矿液进行堆浸，但必须考虑技术上的可行性和经济上的合理性。

3.5.2 气象

不同的气象条件对堆浸作业会产生不同的影响，多雨的季节和地区，雨水的大量加入，会使浸矿液量太大，降低浸矿液PH值和氰化物浓度以及金的品位，发生溢流、溢池；大风、干旱地区和季节会使喷淋液及金的损失等；冰冻期长的地区，适宜堆浸作业期限短。在金矿堆浸生产中，必须考虑气象条件的影响。

4 结束语

堆浸法提金作业虽然工艺流程较简单，但在其过程特别是金的氰化浸出过程中会受到多方面因素不同程度的有利或有害的影响。为了提高金的浸出率，取得好的浸出效果，确保金矿堆浸目的的实现，必须综合考虑各种影响因素，进行认真的分析、研究和控制，采取有效的措施，否则，将会导致金矿堆。

参考文献

[1] 徐天允，徐正春.金的氰化与冶炼[M].沈阳：沈阳黄金学院，1993.

万方数据