

地浸孔的结构及成井工艺

刘月楼 张效寿 陈德书

(核工业西北地勘局) (核工业西北地勘局探矿研究室)

内容摘要:原地浸出采矿法是一种采用地浸孔和化学试剂采矿的新型方法。这种采矿方法简单,劳动生产率高,成本低,经济效益显著,大大改善了劳动条件,减轻了环境污染,是一种很有发展前途的采矿方法。目前地浸采矿在我国尚处于开发试验阶段,我局1991年在内蒙某地进行了小规模的原地浸出采矿现场试验。本文认真地总结了生产施工经验,并主要就原地浸出采矿法的地浸孔结构、布置方式、施工技术、成井工艺等问题进行了阐述。

关键词:原地浸出采矿 地浸 地浸孔

一、概述

原地浸出采矿法起源于十六世纪的西班牙,美国、苏联、法国和其它国家已广泛地、工业性规模地采用。美国1968年用地浸开采了15%的铜,1970年已达20%。自从1957年开始运用地浸法开采铀矿以来,其发展是十分迅速的。1978年美国核子研究委员会批准了12个原地浸出试验、研究、开发场地,到1980年用该法生产的铀已占美国铀产量的10%。我国核工业第六研究所曾进行过几次原地浸出采铀试验,于1985年在云南腾冲试验成功,并通过鉴定。1991年西北地勘局在内蒙二连盆地成功地进行了地浸采铀的小型现场试验。

地浸采矿法主要适用于矿石疏松、破碎、裂隙或孔隙发育并具有一定渗透性能的矿床。矿石的渗透性是地浸在技术上是否可行的决定性条件;矿石的品位、物质成分、矿体厚度和埋藏深度是地浸在技术上是否合理的重要条件。总之,地浸采矿法世界各地都在逐渐地被采用,并不断完善,具有广阔的发展前景,其优点:1)可回采常规开采方法无法开采的矿石,充分利用资源。2)可节省基建投资,降低生产成本。3)可

经济合理地开采贫矿和表外矿石,这在世界上富矿资源逐渐枯竭的今天,无疑扩大了矿产资源的储量。4)可大大减轻采矿工人的体力劳动,生产作业比较安全。5)可大大减轻对环境的污染。

二、地浸孔的结构

抽液孔、注液孔、观测孔统称为原地浸出采矿钻孔,简称“地浸孔”。在矿床的开采过程中,它不但起着开拓、采准和采矿通道的作用,而且还担负着圈定采矿区、控制溶浸液流动以及监控产品溶液数量和质量等工作的部分任务。因此要求地浸孔能承受一定的压力,有较大的抽、注液能力,能向不同矿石品位和渗透性的矿段分布不同数量的溶浸液,并能长期保持稳定的生产能力。

1、影响地浸孔结构设计因素:

在地浸采矿中,地浸孔起着很重要的作用,因此设计其结构时,必须综合考虑以下因素:1)矿区的地质条件和水文地质条件(如围岩的物理力学性质,矿层的埋深,地层中有含水层等)。2)抽、注液孔的抽、注液量。3)含矿液的提升装置和结构。4)套管材料(要求有良好的抗化学腐

蚀性能)。5)在浸析过程中能进行必要的地球物理和水文地质观测。6)在矿层的上部,特别是开采位于含水层中的薄矿层上部,能够形成牢固的隔水层。7)在钻进过程中,矿层底部的隔水层不应遭到破坏,若被打穿必须采取止水措施。8)为防止工作液从地表渗透到套管与孔壁之间,应采用特殊的孔口装置。9)孔的寿命比采矿期限长。

2、地浸孔结构:

地浸孔的结构包括钻孔深度、直径、过滤器的类型、换径次数等内容,一般可分为三大类型(如图1所示)。

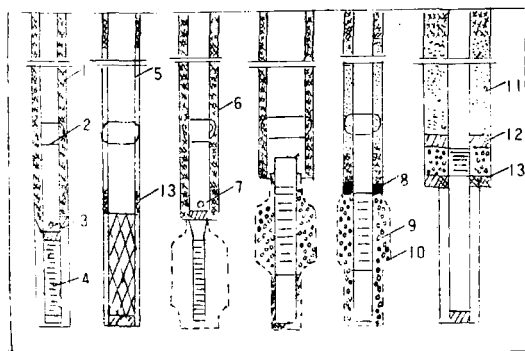


图1 地浸孔结构

1—孔壁 2—导向器 3—封隔器 4—过滤器 5—塑料管 6—水泥 7—排水泥浆孔 8—隔塞 9—砾石 10—扩孔 11—粘土 12—粘土球 13—海带

①用同一直径的钻头钻穿矿层。

②用大一级直径的钻头钻进至矿层2~5m处,下套管,注水泥浆液,之后用小一直径的钻头的钻穿矿层,在矿层处扩至设计孔径。

③用小径钻头钻至设计深度,再用大径钻头从地表扩孔直到穿过矿层。

(1)钻孔深度:取决于矿层埋深和抽液设备的选择,它直接影响钻孔的扩孔直径、换径次数、套管材料的选择。

地浸孔按不同的深度可分为三类:

①0~200m的浅孔,用PVC塑料硬管作套管和过滤器。

②200~400m为中深孔,用不锈钢管或衬有钢丝的塑料管作套管和过滤器。

③大于400m的深孔,用不锈钢管作套管和过滤器。

(2)钻孔直径

钻孔直径取决于矿体埋深、矿体渗透性、抽注液量和抽注液设备等条件,对于浅孔常采用大直径钻孔,开孔直径400mm,穿过矿层换为小径,终孔直径200~250mm。对于深孔和中深孔,采用小直径钻孔,下入孔内套管直径100~150mm,矿体部位扩大到400mm。

(3)过滤器:

过滤器安装在含矿孔段,它应使溶浸液顺利地注入矿层,并使含矿溶液顺利地吸到地面。对地浸孔的过滤器有特殊的要求:1)具有最大的过滤面积,以减小工作液流的过流阻力。2)具有足够大的机械强度,能满足安装井管时的负荷和抵抗地层的压力。3)具有良好的滤液阻砂能力。4)其材料抗化学腐蚀性能要高。5)安装方便,成本低廉,取材容易。目前用于地浸孔的过滤器多为pvc硬塑管缠丝过滤器,其骨架管是圆孔过滤器,采用6mm的垫筋,间距40~50mm;缠丝(尼龙丝或玻璃纤维丝)断面为梯形,其丝距1.0mm。

①过滤器的长度:

当含矿层较薄或抽、注液量要求较大时,滤水管的长度与含矿层的厚度相等;当含矿层的厚度较大时(大于10m以上),滤水管的长度可参考如下公式:

$$L = Q \cdot \alpha / D$$

式中:L—滤水管的有效长度(m)

Q—抽、注液量(m/d)

α —经验系数(决定于砂矿层颗粒大小),细砂—90,中砂—60,粗砂—50)

D—滤水管的外径(mm)

②过滤器的滤水孔和孔隙率:

滤水孔的尺寸取决于含矿层颗粒的有效粒度,若过滤器外面填砾时,滤水孔最少应能保留住95%的砾料。缠丝过滤器的孔隙率为5%~

10%。

③过滤器的直径：

过滤器的直径可由下式确定：

$$D=A \cdot Q/\pi L m v$$

式中：D—过滤器的直径(m)

Q—设计抽液量(m/d)

L—过滤器长度(m)

m—孔隙率

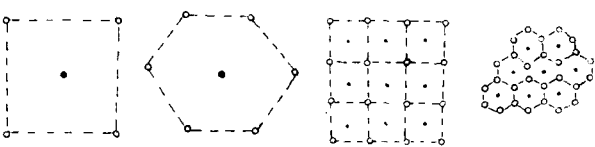
v—最大允许进液速度(m/s)，其中 $v=65k$ (k 为含矿层渗透系数)

A—常数，其值为 8.64×10

三、地浸孔的布置方式

地浸孔的布置方式决定着溶浸液的有效循环、有效控制和回收效率。在进行初步试验之后，按最佳水文资料和经济因素布置孔网。根据抽注液试验结果、矿层取样或样品的实验室测定资料，确定含水层的特性，依照这些特性，估算矿体含水层的流体效应。根据矿体产状确定孔的间距、布置方式、抽注速度，以便进行有效作业。

地浸孔的布置方式由组成注入和抽出孔网的井数来分类，普遍采用的方式有两种：即五点型和七点型，如图 2 所示。五点型为方形，抽液孔在中间，外围有 4 个注液孔，抽注液孔的间距为 15~25m，其它的孔形有交错排列布置。根据矿体的形状，采用多个五点型和七点型。对于渗透性较好的大矿体，钻孔常呈行列式排布；对于小矿体或渗透性较差的矿体，钻孔常呈网格格式排列分布。孔型的改变要依矿体和地下水的特性而定。



五点型 七点型 多个五点型 多个七点型
O—注液孔 ·—抽液孔

图 2—原地浸出采矿法抽注孔布置图

四、施工技术

1、钻进方法及设备选型

1)钻进方法

目前地浸孔的钻进方法主要采用正循环冲洗的回转钻进。由于地浸都是在砂岩盆地的矿床进行，钻进效率的高低主要取决于排屑，采用反循环回转钻进能有效地提高排屑能力，因此反循环回转钻进是提高地浸孔钻进效率的方向之一。

国外正在研究除反循环回转钻进之外的其它较为先进的钻进方法有：空气回转钻进、液压冲击钻进、热力钻进、热力机械钻进等。

2)设备选型

地浸孔的施工要求钻探设备机动性好，安装、拆卸方便，辅助工序少，机械化程度高。由于所钻岩层多为沉积岩，因此要求泵量足够大。

对于浅孔，一般岩心钻机即可施工；对于中深孔和深孔，应选用转盘式钻机。

2、地浸孔的局部扩孔

地浸孔在含矿段局部扩孔，可使含矿液流动空间增大，有利于矿层堵塞区的消除，是提高产量、降低钻探和采矿成本的主要途径。在确定扩孔直径时，除考虑填砾层厚度外，还必须考虑悬空顶板的稳定性。所以孔身扩径应逐步过渡，并保持孔内具有一定的冲洗液柱，以对岩层产生静压。

局部扩孔主要采用机械法，如图 3 所示是一种比较有效的机械式扩孔器。

苏联在地浸孔施工中常用水力机械式偏心扩孔器，如图 4 所示。

3、填砾

(1)砾料的选择：

在地浸孔的施工中，砾料的选择是很重要的一环，要求砾料：1)在含矿液与溶浸液作用下不能溶解；2)砾料的矿物成分与溶浸液作用时不

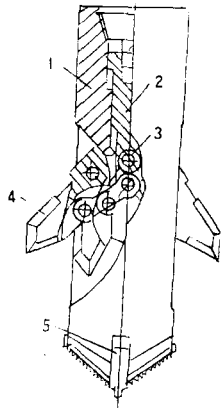


图 3 机械式扩孔器

1—外壳 2—活塞 3—拉杆 4—刀片 5—钻头

产生化学盐类堵塞过滤层;3)过滤层砾料的大小要能滞留全部地层材料,它的渗透性要比矿层岩石渗透性大;4)砾石必须浑圆光滑,以减少流体阻力及填砾层的机械淤积。

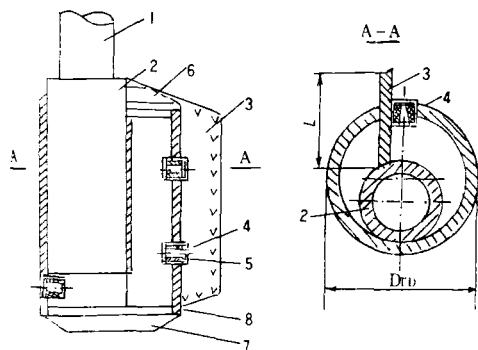


图4 水力机械式偏心扩孔器

1—钻杆 2—钻杆锁接头 3—刀片 4—喷嘴
5—衬套 6—上端盖 7—下端盖 8—扩孔器外壳

地浸孔的砾料可以选用石英砂、软锰矿颗粒、聚氯乙烯颗粒、玻璃球等,其直径可由下式求得:

$$D_{50}/d_{50}=8\sim 12$$

式中: D_{50} —过滤层中所含50%以下颗粒的粒径

d_{50} —矿石中所含50%以下颗粒的粒径

(2)填砾方法:

地浸孔的填砾方法主要有静水填砾法、抽水填砾法和钻杆填砾法。对于具有隔水密封装置的地浸孔,采用抽水填砾法要有专门的工具。

4、止(隔)水

在地浸孔的施工中,止(隔)水是不可忽视的,溶液流动区隔离可靠,能提高采矿的技术经济指标,并是保护自然环境、特别是保护地下水的重要措施。目前国内外通常采用的方法有:橡胶密封圈隔水、水力胀圈隔水、粘土球隔水、凝胶水泥膏隔水。

五、施工实例

核工业西北地勘局1991年在内蒙古二连盆地苏崩矿床进行了原地浸出采铀的小型现场试验,共施工钻孔5个,总进尺268m,其中抽、

注液孔各1个,观测孔3个。该矿床地形平坦,微具起伏,气候干旱,无地表水体。

1、地质和水文地质条件

地浸试验段位于苏崩矿床南部,二连盆地乌兰察布拗陷、额仁诺尔凹陷北东部,断层裂隙不发育,地层平缓,倾向东南,倾角 $0\sim 5^\circ$,单斜构造。主要含水层为白垩系上统二连达布苏组下部砂岩段,厚度 $20\sim 27\text{m}$,岩性为泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩、中粗砂岩。在矿床内,含水层上部为二连达布苏组上部泥岩段,下部为巴颜花组上部泥岩段,主要矿体赋存于水面以上,含水层中低品位矿化幅度和范围均较大,但工业矿体则呈零星分布。

矿石渗透系数为 1.38m/d ,浸出液中铀含量为 20mg/L 。

2、钻孔布置

现场小型试验主要是为了进行地浸条件的研究,其内容主要包括:

1)地质参数:矿体类型、矿体形态、规模、产状及埋深,矿石岩性、物质成分及伴生元素含量,矿石品位、四价铀和六价铀的数量比值、储量及铀在矿石中存在形式、赋存状态和矿石胶结程度,矿石中可溶盐类、有机质及其它矿物含量等。

2)水文地质参数:水文地质结构,含水层的数量及基本特征,含水性及水位埋深,承压水头,矿石和矿层的渗透性及均匀性,矿层顶底板岩石的渗透性,地下水的流向及流速,含水层的水力联系,隔水层的分布与可靠性,地下水的物理性质和化学成分等。

3)工艺参数:溶浸剂的选择、溶浸剂消耗、浸出率、液固比、液产率和浸出时间等。

4)自然地理及经济技术条件:供水水源、水质、水量,环保条件、钻探成本、效率和消耗等。

因此,为了以最少的工作量获得这些必要的参数,采用了如图5所示的钻孔布置方式。

3、地浸孔结构

抽注液孔采用相同的结构,如图6所示。考虑到采用压风机抽液,需要有足够的沉没比,因此设计深度超过矿层 40m 。先导孔用 $\varnothing 150\text{mm}$

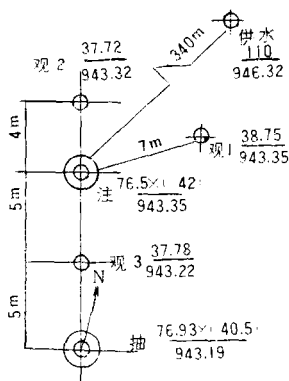


图5 钻孔平面布置图

的合金钻头钻到设计深度,再用 $\varnothing 370\text{mm}$ 带导正的牙轮钻头从孔口扩至38m处,超过含矿段3m,下入 $\varnothing 140\text{mm}$ 的pvc硬塑管至孔底, $\varnothing 140\text{mm}$ 管旁边下入 $\varnothing 18\text{mm}$ 的测水位管至含矿段,在含矿段29~35m处安装垫筋包网过滤器,过滤器上下分别用粘土球止水。

3个观测孔均采用相同的结构,如图7所示。用 $\varnothing 130\text{mm}$ 的合金钻头钻到设计深度(38m),下入 $\varnothing 89\text{mm}$ 的pvc硬塑管,含矿段安装垫筋包网过滤器。过滤器上部缠海带,含矿段不填砾。

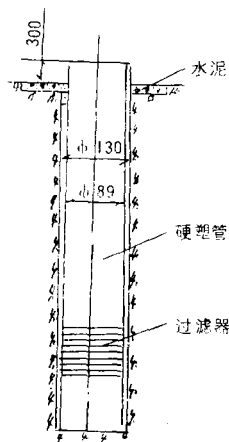


图6 抽、注液孔结构

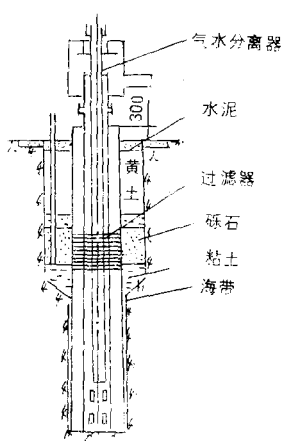


图7 观测孔结构

4、成井工艺

1)设备选型

内蒙古二连盆地矿层很浅,地浸孔的设计深度都在100m以内,用现有的岩心钻探设备即可满足施工要求。

钻机:JU-1000,由495.48马力柴油机驱动。

泥浆泵:BW-200,由2135.40马力柴油机驱动。

钻塔:SGX-13,80°管子塔。

2)钻头

由于矿层浅,扩孔采用如图8所示的 $\varnothing 370\text{mm}$ 牙轮钻头,从地表直接扩穿矿层。

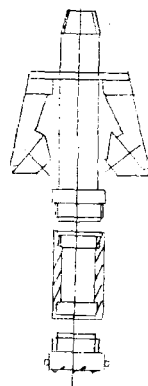


图8 带导正管的牙轮钻头

3)套管的安装

套管选用聚氯乙烯(PVC)硬塑管,其优点成本低,耐腐蚀,易于安装。套管采用接头连接,用601粘接剂粘接后,再用塑料焊条将接缝焊接,如图9所示。

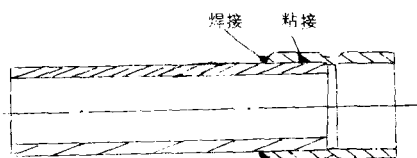


图9 套管连接示意图

套管的安装采用钻杆托盘法,安装完毕后,将钻杆返出,托盘置于孔底隔水。

4)填砾

砾料选用当地草原上的石英砂,砾度1~3mm,浑圆光滑,分选性能好。

采用静水填砾法。开始向井管四周进行填砾的速度不宜太快,待井管内出现返水后再适当加快填砾速度,返水随着过滤器四周被砾料堆积程度由大变小。当管口返水突然变小时,说明过滤器已被埋没,用测绳测量填砾高度,核算砾料数量,如无补投砾料,即完成填砾工序。

5)止水

在过滤器底部采用海带和粘土球止水,上部采用粘土球止水,投入粘土球后须用钻杆捣实。

本刊主办单位向西部探矿同行致意

新疆石油管理局钻井工艺研究所简介

Introduction

Drilling Research Institute of Xinjiang Petroleum Administration Bureau was established in 1982. For ten years' of developing of scientific research, it had already formed actual the scientific research system of four-in-one, that is scientific study, making by-product, technical service and technique training.

Drilling Research Institute is located in the corner of northwest of Karamay city, covers about 180 thousand square meter. Technique building, field equipment building and drilling fluid building, as well as training build and all kinds of experimental workshops have been built. The building is 49 thousand square meter.

Drilling Research Institute set up seven science research offices and tree auxiliary offices. There are 572 employee in it, including 303 professional cadres. It owns more than 300 sets of equipments. In ten years, Drilling Research Institute developed 124 science research subjects. The Institute win 68 science research achievements in all, including 10 prizes of state degree's achievement, 10 prizes of the administration degree's achievement, 7 state patent, 20 thousand bits (all kinds of bit) and by-products have turned out. Accumulative total output value is more than 10 million yuan.

The Structure and Finish—Well Technics of Geo—Seak—hole

Liu yuelou Zhang Xiaoshou Chang Deshu

Abstract:

In-situ leaching stoping is a new method sdopting leaching hole and chemical reagent. This simple method has hihg efficiency, low cost and remarkable economic result. The working condition hsa been greatly improved with decreasing the pollution, it has a good future. At present, in-situ leaching stoping is still at the developing lest period. This essay summarizs its production experience and illustrates some problems about the leaching hole structure of mining management style, construction technology, completion technique and so forth.