

# 地浸采铀开窗式切割钻孔施工技术

贾生来, 晋少东, 王琳, 刘忠存

(核工业二四三大队, 内蒙古赤峰 024000)

**摘要:** 填砾式钻孔结构(一次成井工艺)作为砂岩型地浸采铀工艺钻孔的主要钻孔结构,在国内多个铀矿区进行了应用,但在应用过程中过滤器易堵塞损坏、所需洗井时间长、钻孔使用寿命短等问题也逐渐凸显出来。本文对填砾式结构钻孔存在的问题进行分析,针对问题产生的原因,从钻孔结构、注浆技术、含矿含水层切割技术、内置过滤器安装、逆向投砾等方面进行施工工艺革新,形成了新型开窗式切割钻孔施工工艺。在新疆某铀矿床进行了规模应用,效果良好,较好地解决了填砾式钻孔施工工艺存在的问题。

**关键词:** 开窗式切割钻孔;逆向注浆;矿层段切割;内置过滤器;逆向投砾;地浸采铀

**中图分类号:** P634;TD85 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2023)S1-0371-04

## Construction technology of window cutting drilling for leaching uranium mining

JIA Shenglai, JIN Shaodong, WANG Lin, LIU Zhongcun

(No.243 Geological Party of Nuclear Industry, CNNC, Chifeng Inner Mongolia 024000, China)

**Abstract:** As the main drilling structure for sandstone type in-situ leaching uranium mining, the gravel filling structure drilling (one-time well completion process) has been applied in multiple uranium mining areas in China. However, during the application process, problems such as easy blockage and damage of filters, long flushing time required, and short service life of drilling have gradually become prominent. This article analyzes the problems existing in gravel filling structure drilling, and focuses on the reasons for the problems, including the drilling structure. The construction process innovation has been carried out in areas such as grouting technology, mining and aquifer cutting technology, installation of built-in filters, and reverse gravel casting, forming a new type of window cutting and drilling construction technology. In the past two years, the new window cutting drilling construction technology has been applied on a large scale in a uranium deposit in Xinjiang, and the application effect is good, effectively solving the problems existing in the gravel filling drilling construction technology.

**Key words:** window cutting drilling; reverse grouting; cutting of ore layers; built-in filter; reverse bouldering; leaching uranium mining

## 0 引言

地浸采铀钻孔施工中,填砾式钻孔结构通常采用一次成井工艺进行施工,即形成裸孔后,下放带有过滤器、沉砂管等部件的套管,下放金属管至套管和孔壁环空进行填砾、止水和注浆<sup>[1]</sup>。该类钻孔结构简单,施工难度小;但施工工期长,易发生过滤器堵塞<sup>[2]</sup>。经过多年施工经验及使用效果分析,填

砾式钻孔结构存在以下问题:由于安装过滤器前孔壁泥皮无法清理,成井后水活塞洗井、空压机洗井所需时间长,个别钻孔需要半个月甚至更长,严重影响施工进度;使用过程中过滤器易堵塞,处理方法为空压机洗井,长期洗井极易损坏过滤器,钻孔将失去使用价值。针对填砾式钻孔结构存在的问题,近几年各铀矿矿山单位开拓创新,开展现场实

收稿日期:2023-05-29;修回日期:2023-08-23 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.058

第一作者:贾生来,男,汉族,1994年生,勘查技术与工程专业,长期从事铀矿地质勘探管理及技术研究工作,内蒙古自治区赤峰市松山区玉龙大街75号,1625474492@qq.com。

引用格式:贾生来,晋少东,王琳,等.地浸采铀开窗式切割钻孔施工技术[J].钻探工程,2023,50(S1):371-374.

JIA Shenglai, JIN Shaodong, WANG Lin, et al. Construction technology of window cutting drilling for leaching uranium mining[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1):371-374.

验,研发了开窗式切割钻孔作为一种新型地浸采铀钻孔结构,2020—2023年在新疆某铀矿床大规模推广使用。与填砾式钻孔相比,该工艺采用逆向注浆技术,保证了固井质量;采用偏心式钻头切割技术使矿层完全被打开,减少了洗井时间;同时采用内置过滤器,可实现过滤器更换,提高钻孔使用寿命;逆向投砾技术实现砾料填充,可有效防止孔壁坍塌及过滤器堵塞,有效解决了填砾式钻孔存在的问题。

## 1 钻孔结构设计

开窗式切割钻孔采用 $\text{O}244\text{ mm}$ 钻头开孔,钻进至含矿含水层顶板,换 $\text{O}215\text{ mm}$ 钻头钻进至设计深度,通过综合物探测井,确定矿层位置及井管安装深度,全孔安装 $\text{O}152\text{ mm}\times 12.88\text{ mm}$  UPVC套管,下完UPVC管后进行逆向注浆固井,待水泥浆完全固化后(15 d左右)利用切割刀具对矿层段进行切割,随后下入 $\text{O}89\text{ mm}$  316L不锈钢材质内置过滤器,最后利用逆向投砾装置进行逆向投砾<sup>[3]</sup>。其钻孔结构示意图如图1。

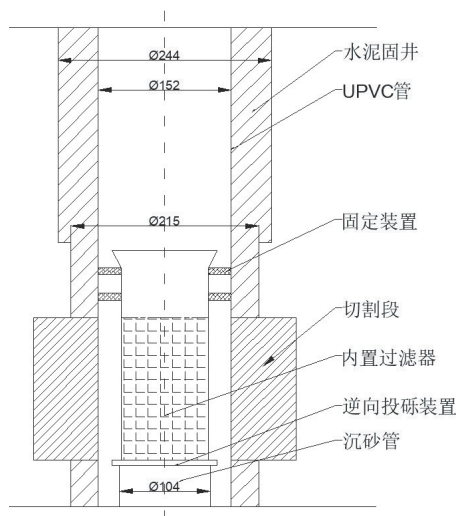


图1 开窗式切割钻孔结构示意图

## 2 开窗式切割钻孔施工工艺

### 2.1 逆向注浆技术

套管安装结束后,进行冲孔,替换出稠泥浆。在套管内下入注浆管,注浆管下放位置为套管末端上面1 m处,将地表套管管口封闭,并在注浆管上安装阀门、压力表。水泥浆在压力的作用下,通过注浆管由套管底端“马蹄口”进入套管与裸孔形成的环形空

间,替换环形空间内的冲洗液,当水泥浆由井口返出后,关闭注浆管上的阀门,再次向注浆管内加注与注浆管相同体积的清水,关闭注浆管上的阀门,等待水泥浆固化。随着水泥浆固化,注浆管上压力表示数缓慢降低,当压力表读数为零时,说明水泥浆已基本固化,提出注浆管,完成固井工艺<sup>[4-5]</sup>。

### 2.2 含矿含水层切割技术

含矿含水层切割主要包括2部分,分别为该层位的套管切割及水泥环和地层切割<sup>[6]</sup>,为减少切割过程中钻具与套管的碰撞和摩擦,保证井管质量,尝试使用了螺杆钻具与转盘相结合的切割方式,同时在钻杆上面安装套管保护装置,防止钻杆转动过程中因碰撞或者摩擦损坏采铀套管。切割刀具采用单翼偏心式切割刀具。切割刀具的顶部为活塞装置,活塞外部安装复位弹簧,刀片与刀架通过插销连接,在刀具下放至设计位置后,通过调节泥浆泵泵量<sup>[7]</sup>,螺杆转动的同时带着打开了的切割刀具进行回转,从而实现矿层段切割的目的。

#### 2.2.1 切割刀片设计

根据切割刀具工作原理及采铀套管、水泥环、地层切割的先后顺序,切割刀片切削刃由2部分组成,如图2所示,切割刀片头部和尾部切削刃使用硬质合金片用于切割套管,中部切削刃使用复合片用于切割水泥环和地层<sup>[3]</sup>。切割刀片配合切割刀具最大切割厚度可达315 mm,将采铀套管及水泥环切开的同时,还将矿层段进行扩孔,清除泥皮,使矿层段完全打开,地层恢复原始渗透性。



图2 切割刀片实物

#### 2.2.2 切割技术参数及效果

切割过程中所用的泥浆泵为NBB260型,最大流量为260 L/min,最大承受泵压为10 MPa,额定功率为45 kW。使用钻机为SPC-800型水源钻机,使用 $\text{O}60\text{ mm}$  钻杆<sup>[8]</sup>,在钻杆上安装套管保护装置。实际施工中螺杆钻具与钻机转盘结合进行切割。切

割使用无固相冲洗液,由清水和纤维素组成,泵量为260 L/min,压力为4 MPa,转盘转速为22 r/min,螺杆转速为70 r/min,钻进压力为1 kN时,顺利完成对套管及水泥环、地层的切割,切割速度约为1 m/h。

### 2.3 内置过滤器设计与安装技术

内置过滤器组件全部为316L不锈钢材质,如图3所示。内置过滤器由 $\varnothing 89$  mm内衬管、40目纱网与长眼护网组成。在内衬管上开有 $\varnothing 15$  mm的圆孔,过滤器通过接箍螺纹连接。

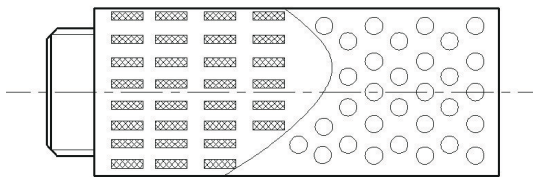


图3 内置过滤器示意

内置过滤器上部设置提升管,用于安装膨胀橡胶和完成过滤器提升和下放<sup>[4]</sup>。内置过滤器下部为逆向投砾装置,逆向投砾装置下部连接沉砂管,沉砂管长度为3 m。

内置过滤器安装使用提吊法完成,实施下管的装置是卡丝悬挂装置(导向悬挂密封装置),由下管头、卡丝和悬挂坐组成,下管头与悬挂坐通过卡丝连接,悬挂坐在内置过滤器悬的最上端,连接好悬挂坐与下管头后将内置过滤器管柱下入钻孔内设计位置。当内置过滤器沉砂管头接触到孔底后,卡丝自动断开,内置过滤器与下管管柱分离,内置管停止向下,投砾管则继续向下,直至高压密封投砾头与内置管上的投砾装置对接,对接后投砾装置向过滤器外的投砾通道自动打开<sup>[9]</sup>。

因为该类钻孔过滤器内置于套管中,是活动的内置过滤器,过滤器堵塞或是损坏后,可利用捞矛将过滤器提出,更换新过滤器后重新安装,提高钻孔服役寿命<sup>[10]</sup>。

### 2.4 逆向投砾技术

逆向投砾主要通过过滤器底部安装逆向投砾装置来实现。砾料只能单向从底部进入过滤器环空,而环空的砾料和砂土不能反向进入过滤器。砾料采用密度小于水的人造砾料,砾料通过单向阀后会自动上浮,防止发生堵塞现象<sup>[2]</sup>。

(1)采用逆向动水填砾法。砾料用泥浆泵输送高压水携带,砾水混合物经投砾管、高压密封投砾头和投砾装置向过滤器外切割环空逆向投砾。

(2)所投粒料为直径5~6 mm线型低密度聚乙烯树脂球。用量 $0.06 \text{ m}^3/\text{m}$ ,泵量200 L/min左右,砾水比1:20左右,一般投砾时泵压为0.1~0.2 MPa(孔深 $h/100$ ),当粒料填满切割环空时,泵压会瞬间大幅升高,一般升高3~4 MPa。

(3)投砾结束后,将投砾管上提1 m,使投砾管的高压密封投砾头与投砾装置脱开,泥浆泵切换清水冲孔,将投砾管内残留的塑料球全部冲出孔外。

#### 2.4.1 逆向投砾装置设计

投砾装置为一滑套式常闭阀,由连接在钻杆最下端的专门的投砾头打开,见图4。该装置要满足高压密封、自动复位关闭和通水过砾3项功能。

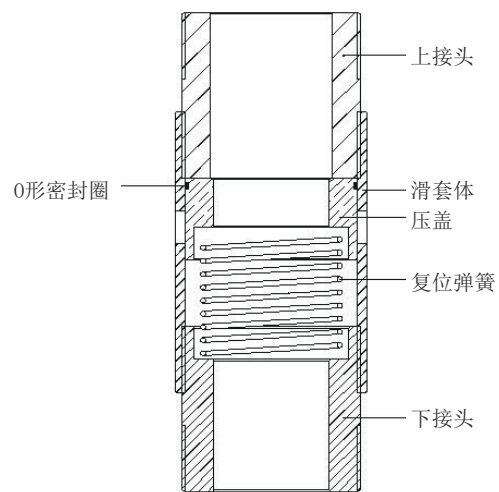


图4 投砾装置示意

参数:材质为316L不锈钢材质,外径120 mm,内孔径80/76 mm,阀孔径25 mm,阀孔数目3个,弹簧复位推力800 N,行程70 mm,过流量260 L/min,耐压5 MPa。

#### 2.4.2 砾料选择

在实际施工中砾料的选择要求密度小于水,化学性质稳定,耐酸、耐碱,并且要有较好的圆度。通过对陶粒、PVC颗粒、PE颗粒对比,PE颗粒密度为 $0.92\sim 0.93 \text{ g}/\text{cm}^3$ ,圆度好,具有较高的耐腐蚀性,满足施工要求,故选用PE颗粒作为填砾材料。其实物如图5所示。



图5 PE颗粒

### 3 应用效果分析

2020—2023年在新疆某铀矿床推广使用该钻孔工艺,累计完成钻孔工作量近40万m,使用该结构钻孔取得了如下效果:

(1)采用含矿含水层切割技术将矿层段扩孔至300 mm左右,将矿层段泥皮清理干净,洗井时间由通常的16~20 h减少至5~10 h,大大缩短洗井时间;

(2)由于该结构抽注孔均为 $\text{O}152\text{ mm}\times 12.8\text{ mm}$  UPVC管,同一管径可实现抽注互换,同时安装内置过滤器可实现过滤器更换,填充滤料为密度小于水的PE颗粒,在生产使用过程中该颗粒会上下浮动,可有效避免过滤器段被堵塞,增加了钻孔服役寿命;

(3)封孔采用逆向注浆工艺,固井液从管外环形空间返出井口,固井作业一次性完成,保证非矿层段全部被填充,封孔质量较好,避免了投产使用后因非矿层段固井不完全导致浸出液被稀释,影响采铀量。

### 4 结语

开窗式切割钻孔作为一种新型砂岩型地浸工艺钻孔,通过使用逆向投砾技术、切割技术、安装内置过滤器,可有效避免填砾式钻孔存在的一系列问题,但随着钻孔深度增加,含矿含水层层切割困难进一步增大,在深孔施工时还需选择合适的切割设备及参数,对切割技术需进一步优化。

### 参考文献:

- [1] 汪成勇,魏宝军.地浸工艺钻孔施工的常见问题及解决措施[J].内蒙古煤炭经济,2019(7):114-115,88.
- [2] 秦昊,胡柏石,李召坤,等.地浸采铀钻孔内置过滤器反向填砾方法研究[J].铀矿冶,2019,38(1):14-18.
- [3] 贾生来,王琳,刘忠存.新疆某铀矿床含矿含水层采铀套管切割技术研究[J].西部探矿工程,2022,34(10):79-80,85.
- [4] 李喜龙,张勇,张渤,等.扩孔式钻孔在内蒙古地浸铀矿的应用[J].中国矿业,2019,28(9):111-115.
- [5] 张万亮,张勇,闫纪帆,等.可更换过滤器式地浸采铀钻孔施工技术[J].铀矿冶,2022,41(1):36-42.
- [6] 郝荣明,刘洪晓.TGX系列套管制铀工具段铀参数优选[J].石油钻探技术,2003(1):49-50.
- [7] 易志刚,路乾乾,熊威,等.新疆某铀矿床钻井内置过滤器技术研究[J].铀矿冶,2020,39(1):6-10.
- [8] 胡柏石,谭亚辉,等.蒙其古尔钻孔结构及施工工艺设计[R].北京:核工业北京化工冶金研究院,2012:6-8.
- [9] 梁其深,秦昊,胡柏石,等.地浸采铀矿山失效钻孔修复技术初探[J].铀矿地质,2017,33(1):55-58.
- [10] 姜岩,胡柏石,谭亚辉,等.地浸开采多层矿体的钻孔过滤器建造工艺[J].铀矿冶,2014,33(4):185-191.

(编辑 王文)