

# 不同结构地浸钻孔在新疆铀矿山的应用及运行效果评价

王晓斌, 崔裕禄, 王旨儒, 段柏山

(新疆中核天山铀业有限公司, 新疆 伊宁 835000)

**摘要:** 基于地浸采铀钻孔浸采效率问题, 研发了新型开窗切割式钻孔; 通过填砾式钻孔与开窗切割式钻孔的现场施工和溶浸效果对比, 分析了两种钻孔结构的优缺点。研究表明, 开窗切割式钻孔施工质量可控, 钻孔运行稳定时间长, 溶浸效果好, 浸出液铀浓度上升快, 回采率高。两种结构钻孔的对比使用, 为地浸采铀矿山的开采提供了重要的理论依据与实践经验, 开窗切割式钻孔有助于提高铀资源开发利用效率。

**关键词:** 地浸; 铀; 钻孔; 钻孔结构; 填砾式; 开窗切割式

**中图分类号:** TL212.1; TD868 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-8063(2024)03-0009-08

**DOI:** 10.13426/j.cnki.yky.2023.10.11

在开发承压含水砂岩铀资源过程中, 随着铀矿层深度和含矿含水层赋矿特性的变化, 钻孔结构也在不断的改进和革新中, 钻孔过滤器是矿层与地面设施连通的咽喉部位<sup>[1]</sup>。对于地浸采铀而言, 保持过滤器的畅通和上层井筒的稳定是十分重要的, 而钻孔施工工艺的优劣对地浸采铀起着决定性作用。

多年来填砾结构钻孔一直为地浸开采所用, 但这种结构钻孔存在一定的设计质量缺陷, 不能互相兼顾、统筹设计, 影响矿层水力联系, 围岩不能完全封堵<sup>[2]</sup>; 且在溶浸开采过程中大量地下水参与溶浸活动, 稀释了浸出剂浓度和浸出液铀浓度, 降低了开采效率, 达不到预期的开采效果。

为改变这一现状, 中核新疆矿业在国内首次研发了开窗切割式钻孔结构, 旨在解决填砾式钻孔结构存在的设计质量问题, 提高浸采率, 减少原材料消耗, 降低生产成本, 进而为地浸采铀的可持续发展提供参考。

## 1 铀资源开采工艺技术简述

1960年, 铀矿地浸试验首次在怀俄明州谢利盆地铀矿中进行, 采用硝酸作为浸出剂<sup>[3]</sup>, 抽、注液孔在结构和直径上与钻孔相同。钻孔施工时

先以 $\phi 100 \sim 150$  mm的钻头开孔钻穿矿层至底板, 再用 $\phi 175 \sim 250$  mm的钻头钻至矿层顶板, 下入套管; 注浆后通过在套管内下入扩孔钻头将矿层段扩大至 $\phi 330$  mm; 过滤器为缠丝式, 通过热熔将塑料丝缠绕在过滤管的外围并固定, 过滤器内管上钻有 $\phi 10$  mm的小孔, 孔隙率为30%<sup>[4]</sup>。随后, 在美国、前苏联、捷克等实施的地浸钻孔工艺多采用沉管式(图1)和开窗切割式钻孔结构。

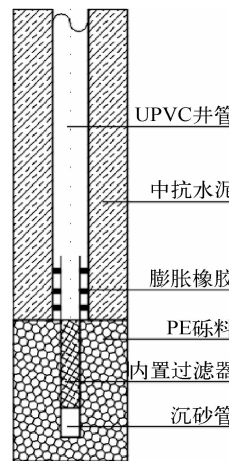


图1 沉管式钻孔结构

Fig. 1 Immersed pipe drilling structure

收稿日期: 2023-10-27

**第一作者简介:** 王晓斌(1989—), 男, 甘肃天水人, 工程师, 主要从事地浸铀矿山钻孔钻探施工和生产应用研究。

**通信作者简介:** 崔裕禄(1987—), 男, 甘肃天水人, 学士, 高级工程师, 主要从事地浸铀矿山钻孔设计和生产应用研究。

中国砂岩型铀资源地浸开采钻孔以填砾式钻孔结构为主<sup>[5]</sup>,在 2013 年后陆续改进施工工艺,初步探索研究水力喷砂射孔施工工艺、二开式施工工艺、开窗切割式施工工艺;过滤器主要形式有环形外骨架结构与固定式不锈钢网过滤器。

## 2 中国成熟的钻井施工工艺技术

### 2.1 填砾式钻孔结构

填砾式工艺钻孔施工主要由钻进、测井、井管安装、投砾、注浆、洗井 6 个工序组成<sup>[6-9]</sup>,地浸工艺填砾式钻孔施工流程见图 2,填砾式钻孔结构见图 3。

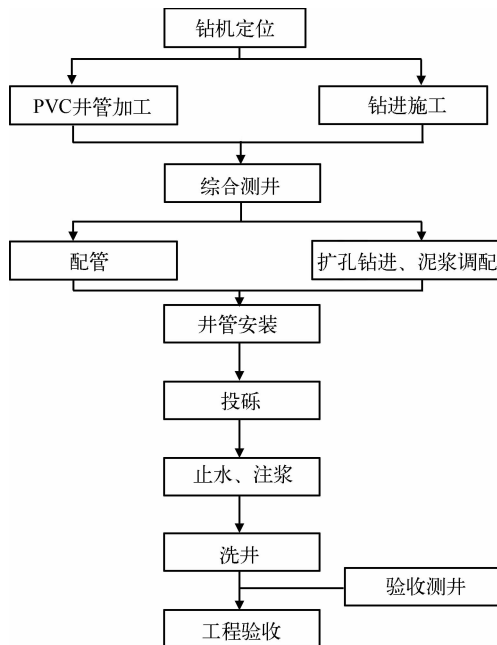


图 2 填砾式钻孔流程

Fig. 2 Process flow of gravel filling drilling

#### 2.1.1 钻孔施工步骤

分别采用  $\phi 269$  mm、 $\phi 311$  mm 钻头开孔施工至含矿含水层顶板位置,再采用  $\phi 244$  mm、 $\phi 215$  mm 的变径钻头施工至孔底。经物探测井后,根据矿层位置确定过滤器位置和长度。

#### 2.1.2 井管结构及安装

钻孔施工完毕,安装 UPVC 井管。当井深大于 320 m 时,在 320 m 以上安装  $\phi 152$  mm  $\times$  12 mm 的 UPVC 管,在 320 m 以下安装  $\phi 104$  mm  $\times$  12 mm 的 UPVC 管,在 320 m 处采用尼龙变径接

头连接,上下均为管箍连接。

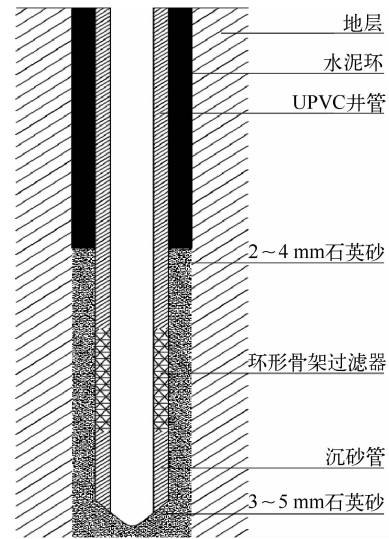


图 3 填砾式钻孔结构

Fig. 3 Borehole structure of gravel filling drilling

#### 2.1.3 过滤器加工

填砾式工艺钻孔的过滤器均为圆孔式环形外骨架结构。抽、注液钻孔过滤器内管采用  $\phi 110$  mm  $\times$  15 mm 的 UPVC 管,用  $\phi 12$  mm 钻头在 PVC 管上钻孔,每周孔数 15 个,孔眼均匀分布。在 PVC 管外套 DW-110 型环形骨架,最大外径  $\phi 135$  mm。

#### 2.1.4 砾料填装

将投砾泵接到  $\phi 50$  mm 投砾管上,在管外空间投入清洗过的砾料。投砾方式分为一次投砾法和连续投砾法。一次投砾法是采用塑料轻型粒料进行填充,在投砾前将投砾管放至过滤器下 2 m,连接好投砾泵,当投砾开始时,保证水流不间断;当投砾结束时,利用投砾管探测砾石面。连续投砾法是从下向上连续逐级投砾,砾料充填到投砾管底部,当井口不返水(进料口返水)时,边提高投砾管边投放砾料。

在投砾过程中,要保证密实填充砾料。当过滤器长度超过钻机塔高时,需要更换投砾管,此时应关闭投砾管上的球阀;换接完成后,向孔内泵入清水至井口返水 15 min,下放投砾管至井口不返水位置,然后从该位置逐步缓慢提高投砾管,继续投放砾料直至设计位置。

#### 2.1.5 钻孔固井

水泥固井必须从距过滤器上端面 6~8 m 处

开始,固井过程分 3 步:1)先注入耐酸水泥,水泥标号在 325 以上,水:水泥 $\geq$ 1:1.2(质量比),单孔注入量根据设计而定。用 I 档泵量向孔内缓慢注入水泥浆,密切观察孔口压力表,当孔口压力达到 0.3 MPa 时,停止注浆,静置一段时间后再注。当耐酸水泥全部注完,提卸注浆管 12~16 m。2)注入配比为 45%废弃泥浆+10%激活剂+40%矿渣+5%激活助剂的浆体(简称 MTC),单孔注入量以孔口返浆为止。在孔口压力表稳定的情况下,用 II 档或 III 档泵量向孔内快速注入水泥浆。在注浆过程中,若压力未超标,不允许提卸注浆管,直至孔口返浆。3)孔口返浆后,将注浆管提至距井口 150 m 处,再进行二次注浆(MTC),须用 I 档缓慢注入,直至孔口再次返浆,固井完毕。

### 2.2 开窗切割式钻孔结构

开窗切割式工艺钻孔施工主要由裸孔钻进、井管安装、注浆固井、切割、内置过滤器安装、投砾等工序组成<sup>[10-13]</sup>,其施工流程见图 4,钻孔结构见图 5。

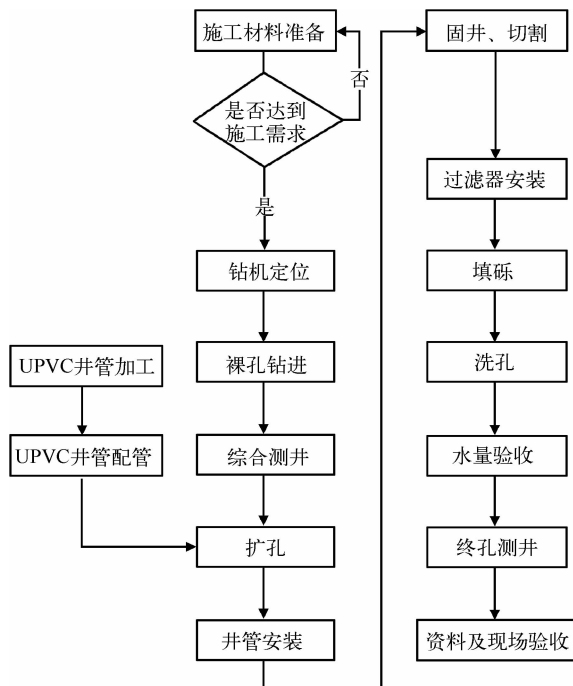


图 4 开窗切割式钻孔施工流程

Fig. 4 Process flow of cut-window drilling

#### 2.2.1 钻孔施工步骤

开窗切割式钻孔的成孔施工过程见图 6。

切割前准备:用清水置换出井管内泥浆;为防

止逆向固井时水泥向管内回流,需利用套管通径规通井。

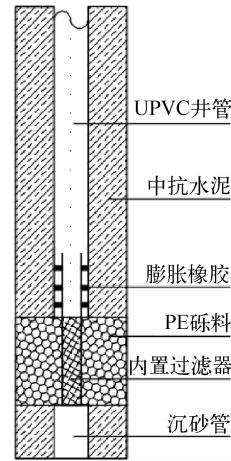


图 5 开窗切割式钻孔结构

Fig. 5 Borehole structure of cut-window drilling

回转切割钻具组配:主动钻杆( $\phi 65$  mm)+钻杆( $\phi 50$  mm/ $\phi 60$  mm)+滑动扶正器( $\phi 90$  mm/ $\phi 100$  mm)+切割器,每 4 个立根钻杆加 1 个扶正器;螺杆切割钻具组配:主动钻杆( $\phi 65$  mm)+钻杆( $\phi 50$  mm/ $\phi 60$  mm)+螺杆( $\phi 102$  mm)+切割器。

无固相冲洗液配置:冲洗液添加剂的主剂可选羧甲基纤维素钠、聚乙烯醇、聚丙烯酰胺、水解聚丙烯腈钠、羟丙基瓜胶等;冲洗液添加剂的辅剂可选硼砂、腐殖酸钾、食盐等;冲洗液主剂 0.2%~0.5%,硼砂 0.05%~0.15%,腐殖酸钾 0.1%~0.3%,根据需要配比加入食盐;冲洗液黏度为 5~10 mPa·s,漏斗黏度为 18~20 s,密度为 1.00~1.05 g/cm<sup>3</sup>。

切割过程:切割前,切割器与主动钻杆连接,在地表开泵送水,观察割刀片伸缩灵活度;切割时用钻杆回转开切,回转速度为 80 r/min,给进速度为 0.6~1.0 m/h。控制塑料切片厚度为 0.13~0.20 mm,通过塑管断面切片和水泥屑返出情况判断井管是否被切穿,有砂返出说明水泥环被切穿,有冲洗液损失说明泥皮被切穿,已切入新鲜地层。当切割至设计段下端位置后停止给进,原位 I 挡回转冲 10 min 后,缓慢向上回扫至切割段上缘,而后向下扫至切割段下缘,停止回转;再循环一段时间,将切割器提至切割段中间位置,然后停泵收刀。

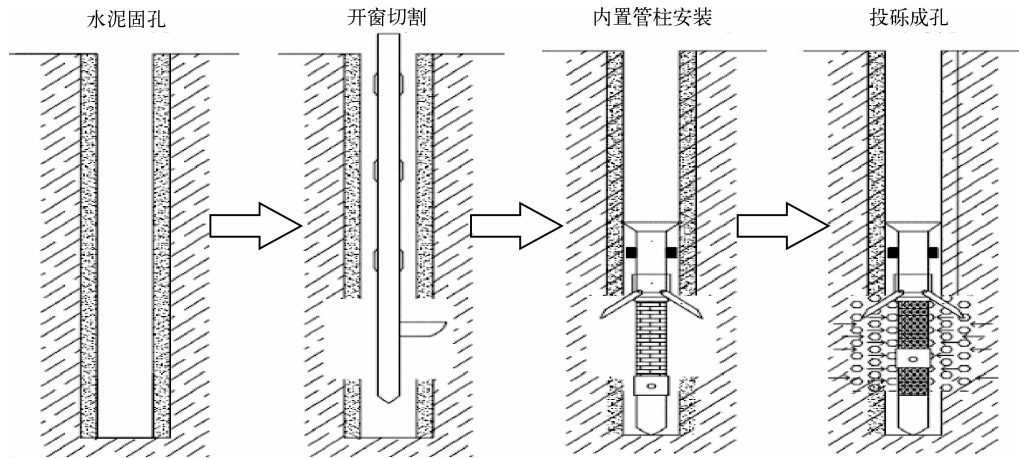


图 6 开窗切割成孔过程示意图

Fig. 6 Schematic diagram of cut-window into drilling

### 2.2.2 过滤器安装

按实测井底深度、切割段长度和位置配置内置过滤器,提吊法下管时采用卡丝悬挂装置。该装置由下管头、卡丝和悬挂座组成,下管头与悬挂座通过卡丝连接,悬挂座在内置过滤器的最上端;连接好悬挂座与下管头后,将内置过滤器下入钻孔内的设计位置。

### 2.2.3 逆向投砾

采用逆向动水投砾法投砾<sup>[14]</sup>,砾料为  $\phi 4$  mm

的线型低密度聚乙烯树脂球。用泥浆泵输送高压水携带砾料和水的混合物,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。

## 3 两种钻孔施工工艺对比分析

### 3.1 施工工艺技术对比

从施工角度而言,两种钻孔施工工艺技术的优缺点见表 1。

表 1 钻孔施工工艺技术对比

Table 1 Comparison of drilling construction technology

工艺名称	优点	缺点
填砾式	大批量应用,技术成熟,施工工艺相对简单,不需要二次切割,设备运转次数少	钻孔结构为一次性,报废率较高,填砾高度无法精确控制,渗流场范围大,溶浸效果差,浸采率低
切割开窗式	单钻机裸孔施工效率高,施工完毕统一设计过滤器,可达到精准采矿目的,过滤器可更换	对矿层段切割技术要求很高,过滤器安装不到位易上浮

### 3.2 施工工艺经济效益对比

#### 3.2.1 填砾式结构效益分析

1) 工时效率。以某单位某号钻机为例,2018 年施工钻孔工程量 4 100 m,2019 年施工钻孔工程量 3 980 m,2020 年施工钻孔工程量 4 200 m;对单钻孔施工周期,填砾式钻孔施工周期平均为 15 d/孔。

2) 工程质量达标率。在填砾式钻孔施工过程中,

存在各种风险因素,井管安装完毕,若出现井管断裂、过滤器破损、砾料填充不达标、水泥穿层等事故,将无法进行二次处理<sup>[15-16]</sup>。经统计,2012—2020 年总计施工 1 400 个填砾式钻孔,每年施工报废约 10 个孔,单钻孔按 35 万造价计算,直接经济损失达 350 万元/年。这不仅增加钻孔施工成本,也间接影响了整体施工进度。

3) 浸出剂扩散范围不受控制约束。在施工过

程中,填砾高度较难控制,实际填砾高度比设计高度一般高2 m以上,甚至高达5~10 m。部分钻孔的施工深度超深,若超深部分没有采用水泥、膨润土封堵或者封堵效果不好,将导致填砾高度增加;这造成过滤器段与含矿含水层处于连通状态,通过注液孔注入的浸出剂会扩散至整个含矿含水层或径流到围岩地层中。

通过岩性和三侧向视电阻率分析,围岩的渗透性相对较好。由于增加了填砾高度,溶液渗流路径发生演变,溶液会沿着环孔填充的砾料(石英砂)向上或向下选择性径流,然后再向围岩和矿岩分流,甚至有部分溶液发生越流现象,导致浸出剂与矿石的接触面积相对减少,矿石反应不充分,浸采效果降低。部分不合格钻井的工艺参数见表2。

表2 部分不合格钻孔施工工艺参数  
Table 2 Process parameters of some unqualified drillings

孔号	钻孔深度/m	井管长度/m	超深/m	顶底板位置/m		含水层厚度/m	填砾长度/m	
				顶板	底板		设计值	实际值
0011	477.7	459.0	18.7	447.7	474.7	27.0	10.4	29.1
0103	474.9	461.5	13.4	443.6	466.4	22.9	18.4	31.8
0105	481.2	464.5	16.7	438.3	466.8	28.5	9.9	26.6
0107	481.8	453.0	28.8	441.7	469.0	27.3	10.1	38.9
0109	482.1	464.5	17.6	451.0	460.6	9.6	16.1	33.7
0111	495.1	472.5	22.6	459.3	486.0	26.6	13.6	36.2
0303	479.9	454.0	25.9	443.6	466.4	22.9	11.2	37.1
0305	483.0	451.0	32.0	438.3	466.8	28.5	9.6	41.6
0307	485.5	460.5	25.0	452.3	476.8	24.5	11.4	36.4
0309	501.0	472.0	29.0	460.0	485.0	25.0	8.7	37.7
0500	478.8	452.0	26.8	439.2	462.5	23.2	16.4	43.2
0501	482.9	456.5	26.4	445.5	467.2	21.7	13.5	39.9
平均值	483.7	460.1	23.6	446.7	470.7	24.0	12.4	36.0

从表2可看出,钻孔施工深度平均超深23.6 m,设计填砾长度平均为12.4 m,实际填砾长度平均为36.0 m,含矿含水层平均厚度为24.0 m。由于过滤器设计不合理(多层过滤器及过滤器位置不合理),施工井超深较多、填砾高度过高,导致渗流场范围远大于过滤器对应的矿层。

### 3.2.2 开窗切割式结构效益分析

1)工时效率。以某单位某号钻机为例,2021年施工钻孔工程量6 200 m,2022年施工钻孔工程量6 550 m,2023年施工钻孔工程量6 400 m;对单钻孔施工周期,开窗切割式钻孔一次成井施工周期平均为6 d/孔,二次成井施工周期平均为2 d/孔。

2)工程质量达标率。开窗切割式钻孔施工在新疆地浸矿山首次应用。质量风险主要来自一次成孔过程的逆向固井和二次成孔阶段的矿层段切

割过程。在一次成孔过程中,当钻孔施工完进行逆向固井时,在固井阶段孔内密封不良、孔口压力装置失效时易导致井管炸裂、钻孔报废。在二次成孔阶段,矿层段切割时存在风险,由于施工阶段井斜控制不良导致井管弯曲度过大,内部切割时刀具连接管磨损井管管壁,造成井管破损;切割刀具在矿层段遇卡,刀具无法收回,导致钻孔报废。

3)浸出剂扩散范围易被控制约束。开窗切割式钻孔在采区总单元施工完毕后,统一设计过滤器位置,通过绘制的矿层剖面图准确定位并安装内置过滤器,进而确保投砾段准确。这使得过滤器段与含矿含水目标矿层处于连通状态,通过注液孔注入的浸出剂不易扩散至整个含矿含水层,或径向流动,而且围岩水不参与溶浸活动。施工工艺参数见表3。

表3 开窗切割式钻孔施工工艺参数  
Table 3 Process parameters of cut-window drillings

孔号	井管长度/m	顶底板位置/m		含水层厚度/m	过滤器长度/m	填砾长度/m	
		顶板	底板			设计值	实际值
0305	480.0	447.7	474.7	27.0	6.0	9.0	9.0
0306	472.5	443.6	466.4	22.9	8.0	11.0	11.0
0307	472.0	438.3	466.8	28.5	6.0	9.0	9.0
0308	475.0	441.7	469.0	27.3	8.0	11.0	11.0
0310	466.5	451.0	460.6	9.6	8.0	11.0	11.0
0311	492.0	459.3	486.0	26.6	7.0	10.0	10.0
0312	472.5	443.6	466.4	22.9	7.0	10.0	10.0
0313	472.0	438.3	466.8	28.5	7.0	10.0	10.0
0315	482.0	452.3	476.8	24.5	5.0	8.0	8.0
0316	491.0	460.0	485.0	25.0	6.0	9.0	9.0
0400	468.5	439.2	462.5	23.2	8.0	11.0	11.0
0401	473.5	445.5	467.2	21.7	7.0	10.0	10.0

从表3可看出,设计填砾高度与实际填砾高度基本一致,在抽注液钻孔地下水动力作用下,溶液会沿着目标层位流动,使得浸出剂与矿石的接触面积大大增加,有效运移。

### 3.2.3 经济效益对比

通过两种钻孔工时效率、工程质量达标率、抽注孔地下渗流场数据对比,开窗切割式钻孔工时效率较填砾式钻孔提高1.5倍;二次成井过程中,工程质量可控达标率提高86%以上;抽注孔地下渗流场数据更精确,浸采效率大幅提高。

## 4 生产应用效益对比

### 4.1 填砾式结构钻孔对生产的影响

填砾式钻孔为一次性成井工艺,钻孔施工完毕后,抽、注液孔结构无法调整,若采区钻孔出现井管破裂、过滤器破损等情况,会直接影响浸采单元的浸采效率。

抽、注液井功能不能实现互换,浸出剂在矿层运移的过程中,存在溶浸死角,导致资源利用不充分;在钻孔施工过程中填砾技术存在差异,易造成浸出剂串层,存在矿层污染风险;需要在全矿层加入浸出剂,造成原材料浪费。

### 4.2 开窗切割式钻孔对生产的影响

开窗切割式工艺能准确定位并安装内置过滤

器,进而确保投砾段准确,降低单井过滤器设计导致整个采区过滤器位置的偏差率。钻孔投入使用后能快速调整抽注结构,解决溶浸死角问题。开窗切割式钻孔施工能达到精准采矿,利用最少的浸出剂采出更多的铀金属。

### 4.3 两种结构钻孔现场应用

为了更客观准确地研究开窗切割式钻孔与填砾结构钻孔在溶浸方面的效果,选择了与24#采区同层位,且地层岩性、钻孔深度、钻孔水量和矿化参数等均相似的11#采区、12#采区,以及不在同一个区域的8#采区作为对比研究对象(图7)。

11#采区钻孔结构为填砾式,矿层在三工河下段。在此采区正常运行的钻孔中选取了11个与24#采区水量基本一致的抽孔,收集了4—12月的数据。11个钻孔的平均铀质量浓度上升约17倍,大部分钻孔的铀质量浓度还处在上升阶段。其第1年的回采率为5.11%。

12#采区钻孔结构为填砾式,矿层在三工河下段。在此采区正常运行的钻孔中选取了14个与24#采区水量基本一致的抽孔,收集了4—12月的数据。14个钻孔的平均铀质量浓度上升约32倍,大部分钻孔的铀质量浓度还处在上升阶段,仅有个别钻孔的铀质量浓度在11月有下降趋势。其第1年回采率为6.10%。

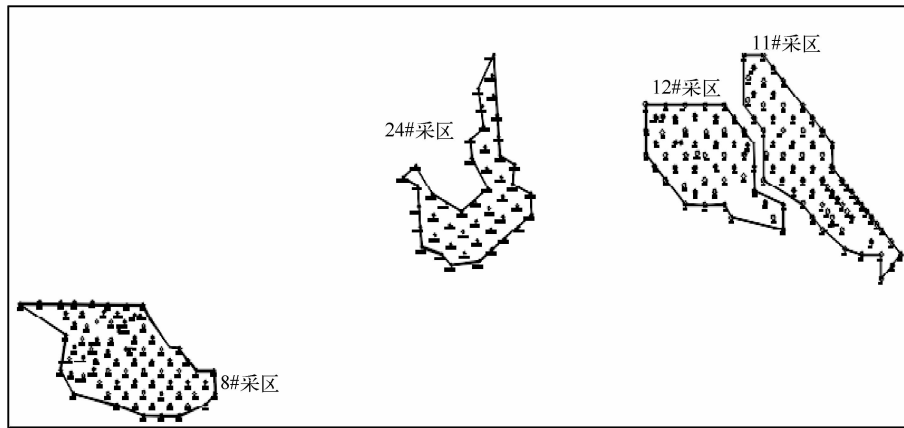


图7 采区平面示意图

Fig. 7 Plan diagram of mining area

8#采区钻孔结构为填砾式,矿层在三工河上段。从刚投入的11月开始收集数据,直到第2年8月结束。10个钻孔的平均铀质量浓度上升约4倍,大部分钻孔的铀质量浓度还处在上升阶段,仅有个别钻孔的铀质量浓度在4月有下降趋势。其第1年的回采率为11.73%。

24#采区钻孔结构为开窗切割式钻孔,矿层在三工河下段。一共运行12个抽孔。从刚投入的3月开始收集数据,10月结束。期间铀质量浓度上升很快,到10月份时铀质量浓度上升约245倍。此采区经过9个月的浸出,回采率达到了18.57%。

#### 4.4 开窗切割式钻孔生产应用效果

开窗切割式钻孔在2022年2月陆续投入运行,3月开始数据统计,分析工作截止10月底。

##### 4.4.1 钻孔运行

所有钻孔稳定运行长达9个月,期间所有钻孔均未发生需二次处理的情况(内置过滤器重新打捞安装等);除个别钻孔用空压机洗孔外,其他钻孔均正常运行。与填砾钻孔2个月洗1次的频率相比,开窗切割式钻孔能在地浸采铀中长期稳定运行。

##### 4.4.2 溶浸过程及效果

根据现场实际情况,抽液孔调整为12个。试验采区矿层在三工河下段。在溶浸过程中,按照生产平均值配加氧气,各抽孔浸出液铀质量浓度、水量以及碳酸氢根等各项离子均在发生变化。各抽孔从3月开始浸出抽液,到8月时集合样铀质量浓度上升率为223.7%,此时集合样铀质量浓

度达到了最大值;8月后集合样铀质量浓度开始下降,到10月时集合样铀质量浓度较3月的上升率为145.6%。

## 5 结论

开窗切割式钻孔的施工工艺简便,钻孔质量可控,内置过滤器可替换;浸出剂在矿层中能够平稳运移,围岩水不会稀释浸出剂。与填砾式钻孔相比,开窗切割式钻孔利用率提高90%以上。

开窗切割式钻孔有力提升了地浸采铀效率,为高质量采铀奠定了基础。24#采区开窗切割式钻孔较8#采区填砾式钻孔回采率提高了6.84%,预示采区开采时间缩短,投入成本降低。开窗切割式钻孔洗孔频次低,稳定生产运行时间在半年以上,人员劳动工作量小,经济性好。

## 参考文献:

- [1] 贾新玉,王旨儒.内置过滤器结构注液钻孔施工研究[C]//中国核学会.中国核科学技术进展报告(第五卷)——中国核学会2017年学术年会论文集:第2册.北京:中国原子能出版社,2017:372-377.
- [2] 王旨儒.地浸工艺钻孔孔内切割技术研究[C]//中国核学会.中国核科学技术进展报告(第四卷)——中国核学会2015年学术年会论文集:第1册.北京:中国原子能出版社,2015:387-398.
- [3] 谈成龙.美国的地浸采铀法[J].国外铀金地质,1993(1):12.
- [4] 王海峰,苏学斌,刘乃忠,等.美国地浸铀矿山钻孔成井工艺及井场运行[J].铀矿冶,2010,29(3):113-118.

- [5] 汤庆四,邢拥国,沈红伟. 填砾式钻孔结构在地浸采铀现场试验中的应用[J]. 铀矿冶, 2004, 23(3): 125-129.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 赵肖芒,杨俊,陈刚. 地浸工艺钻孔开窗切割刀具及开窗方法:CN202110839356.4[P]. [2024-03-20].
- [11] 邱化村,马玉君,李溪清. 地浸工艺钻孔开窗切割方法应用研究[J]. 中国资源综合利用, 2022, 40(11): 53-55.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.

## Application and Operation Effect of In-situ Leaching Boreholes With Different Structure in Xinjiang Uranium Mines

WANG Xiaobin, CUI Yulu, WANG Zhiru, DUAN Baishan

(Xinjiang Tianshan Uranium Co., Ltd., CNNC, Yining 835000, China)

**Abstract:** Based on the efficiency of uranium extraction drilling, a new type of cut-window drilling was developed. The advantages and disadvantages of two different drilling structures were analyzed by comparing the site construction and leaching effect of gravel filling drilling and cut-window drilling. The results show that the construction quality of cut-window drilling is controllable, the drilling operation stability is long, the leaching effect is good, the uranium concentration in the leachate rises quickly, and the recovery rate is high. The comparative use of the two structures provides important theoretical basis and practical application experience for the mining of uranium mine, and the cut-window drilling is helpful to improve the exploitation and utilization of uranium resources.

**Key words:** in-situ leaching; uranium; borehole; drilling structure; gravel filling type; cut-window type