

# 鄂尔多斯盆地纳岭沟铀矿床钻探施工难点及技术措施

赵春雷

(核工业二〇八大队,内蒙古包头014010)

**摘要:**鄂尔多斯盆地纳岭沟铀矿床勘探钻探施工存在松散砂岩岩心取心率低、卵砾石层钻进缓慢、泥岩地层钻进效率低和钻孔易偏斜问题。通过采用多种采心方法、冲洗液维护、优化钻头的使用和合理钻具级配等技术措施,在保直防偏、提高岩心采取率、提高卵砾石和泥岩地层钻进效率方面取得了很好的效果。较好地解决了施工中遇到的难点,提升了钻进效率和钻孔质量,积累了丰富的砂岩钻探施工的经验。为今后在鄂尔多斯盆地北部砂岩型铀矿钻探施工提供了经验。

**关键词:**铀矿钻探;岩心采取率;钻进效率;钻孔偏斜;鄂尔多斯盆地

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2023)S1-0256-06

## Difficulties and technical measures in drilling construction of the Nalinggou uranium deposit in the Ordos Basin

ZHAO Chunlei

(CNNC Geologic Party No.208, Baotou Inner Mongolia 014010, China)

**Abstract:** The exploration and drilling of the Nalinggou uranium deposit in the Ordos Basin has some technical problems, such as low heart rate of loose sandstone core, slow drilling efficiency of core-gravel layer, low drilling efficiency of mudstone formation and easy deviation of drilling hole. The project team adopts various technical measures, such as various core mining methods, mud maintenance, optimized use of drill bit and reasonable drilling tool grading. Good results have been achieved in the aspects of keeping straight and preventing deviation, improving the adoption rate, and improving the drilling efficiency of gravel and mudstone, which better solves the above difficulties encountered in the construction, improves the drilling efficiency and drilling quality, and accumulates more valuable experience in sandstone drilling construction, which provides construction experience for the future drilling construction of sandstone type uranium ore in the north of the Ordos Basin.

**Key words:** uranium mining drilling; core recovery rate; drilling efficiency; borehole deviation; Ordos Basin

### 1 纳岭沟铀矿床地层概况

#### 1.1 区域地层

纳岭沟铀矿床内钻孔揭到的层位有下白垩统( $K_1$ )、中侏罗统直罗组( $J_2z$ )、延安组( $J_2y$ ),如图1所示。本项目开展的各项工作主要针对目的层位直罗组下段( $J_2z^1$ )进行。

#### 1.2 区域岩石主要物理力学性质及可钻性

(1)工作区覆盖层主要以冲积黄土为主,岩石

松软,钻进容易,可钻性1~2级。

(2)底部以砂砾岩为主,岩石的可钻性一般为4~7级,少量砾岩可钻性7~10级。

(3)白垩系下统有砾岩、砂砾岩、砂岩、粉质砂岩、粉质泥岩、泥岩,可钻性6~8级,由于大部分砂岩、砂砾岩、砾岩地层不含水,钻进时有些层位易发生漏水现象。

(4)侏罗系地层是鄂尔多斯盆地沉积主体,主

收稿日期:2023-04-28;修回日期:2023-08-01 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.039

作者简介:赵春雷,男,汉族,1987年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事铀矿钻探工作,内蒙古自治区包头市阿尔丁大街九号街坊,353863477@qq.com。

引用格式:赵春雷.鄂尔多斯盆地纳岭沟铀矿床钻探施工难点及技术措施[J].钻探工程,2023,50(S1):256-261.

ZHAO Chunlei. Difficulties and technical measures in drilling construction of the Nalinggou uranium deposit in the Ordos Basin[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1):256-261.

| 地层  | 成因单元       | 厚度/m   | 柱状图        | 层序                                |  | 沉积标志                    | 岩性组合                               | 沉积相及环境解释 |
|-----|------------|--------|------------|-----------------------------------|--|-------------------------|------------------------------------|----------|
|     |            |        |            | 三级                                | 体系域  |                         |                                    |          |
| 白垩系 |            |        |            | III                               |  |                         | 砾岩、砂砾岩                             | 冲积扇      |
| 直罗组 | 上段         | 0~60m  |            | II                                | HST  | 发育中、大型槽状交错层理            | 褐红色夹灰绿色中细砂岩、夹薄层黄色细砂岩, 上部可见粉砂岩层     | 曲流河三角洲   |
|     |            | 5~80m  |            |                                   | EST  | 泥岩中见大量动物潜穴, 砂岩中可见槽状交错层理 | 泥岩、粉砂岩, 内多见砂质团块、巢状砂, 砂岩具上细下粗的正韵律特征 |          |
|     | 见槽状交错层理    |        |            |                                   |  | 紫色泥岩夹绿色砂岩               |                                    |          |
|     | $J_{2z}^2$ |        | 泥岩中见大量动物潜穴 |                                   |  |                         |                                    |          |
| 下段  | 100~180m   |        | LST        | 顶部泥岩中见动物潜穴, 炭化植物碎片; 砂岩中发育大型槽状交错层理 | 直罗组下段岩性以绿色、灰色、灰绿色砂岩夹泥岩为主, 砂岩以粗粒砂岩及中粗粒砂岩为主, 并在垂向上组成多个极不完整的正韵律; 砂岩成分以石英为主, 次为长石及云母, 可见少量的岩屑, 且灰色砂体中存在丰富的炭屑、黄铁矿等还原介质, 原生还原能力较强; 砂岩分选性中等, 颗粒形状呈次棱角状, 固结程度低 | 辫状河三角洲                  |                                    |          |
| 延安组 | $J_{2y}$   | V ~ IV |            | I                                 |  | 灰黑色泥岩、粉砂岩夹砂岩、发育煤层       | 河湖相                                |          |

图 1 纳岭沟铀矿床直罗组地层结构

要是中粗砂岩、细砂岩夹泥岩、碳质泥岩和多层煤层的  
地层。大部分砂岩为泥质胶结, 透水性好, 属于软  
地层, 在机械作用下易破碎, 研磨性中等, 可钻性  
4~5 级。小部分砂岩以钙质胶结, 致密、透水性差,

岩石研磨性强, 可钻性 6~8 级。泥岩、碳质泥岩致  
密不具透水性, 塑性强, 研磨性弱, 可钻性 5~6 级。  
煤层硬度小, 局部松散, 研磨性弱, 裂隙发育易漏水,  
可钻性 4 级。

### 1.3 岩石物理机械特性

区域岩石物理机械特性如表1所示。

表1 岩石物理机械特性

| 岩石名称          | 物理机械性质        | 研磨性 | 胶结程度   | 透水性     | 易发生的复杂情况              | 可钻性  |
|---------------|---------------|-----|--------|---------|-----------------------|------|
| 风成砂、淤泥        | 松软、未成岩        | 极弱  | 弱胶结    | 透水性好    | 钻进容易、孔壁极不稳定、易塌        | 1~2  |
| 中粗砂岩、砂砾岩      | 松酥、在冲蚀机械振动下易碎 | 中等  | 弱胶结    | 含水、透水性好 | 取心困难、易发生涌漏水现象,孔壁易坍塌掉块 | 4~5  |
| 砾岩、卵砾石、漂石层    | 松散、非均质、硬度大    | 强   | 胶结弱    | 透水性好    | 切削具磨损快、取心困难、孔壁不稳定、易掉块 | 7~10 |
| 钙、铁质砂岩        | 非均质、硬度大       | 强   | 胶结致密   | 透水性差    | 切削具磨损快、钻进困难           | 6~9  |
| 细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩 | 较松酥           | 弱   | 胶结较好   | 透水性差    | 钻进和取心容易、孔壁较稳定         | 3~4  |
| 粉砂质泥岩、泥岩      | 均质、塑性强        | 弱   | 胶结致密   | 透水性差、隔水 | 造浆、缩径、糊钻、憋水           | 4~5  |
| 泥页岩、碳质泥岩、泥板岩  | 中硬、弹塑性强       | 中等  | 胶结致密   | 透水性差、隔水 | 钻进较困难、造浆              | 5~6  |
| 煤层            | 软             | 弱   | 松酥、裂隙多 | 透水性好    | 取心困难,易漏水              | 3~4  |

## 2 施工难点分析及有效措施

纳岭沟铀矿床勘探项目孔深一般在360~550 m之间,均是设计段取心,对开孔段上部完整泥质及砂质岩类稳定地层,采用 $\text{O}113\text{ mm}$ 六齿复合片钻头开孔钻进,并用 $\text{O}113\text{ mm}$ 复合片钻头进行正常取心至终孔;对开孔段为潜水位高的松散地层、可钻性级别高且易发生涌水现象的卵砾岩层和松散的流砂地层,采用复合片钻头钻进至稳定层1~2 m,下入 $\text{O}133\text{ mm}$ 套管隔离,然后换 $\text{O}113\text{ mm}$ 复合片钻头进行正常钻进取心终孔。

使用绳索取心工艺机台,在易发生涌水现象的卵砾岩层和松散的流砂地层先用 $\text{O}133\text{ mm}$ 钻头钻进,进至稳定层1~2 m,下 $\text{O}127\text{ mm}$ 套管进行隔离,然后换成 $\text{O}113\text{ mm}$ 钻头钻进至终孔。

项目区钻探施工具体技术难点是松散砂岩岩心采取率低,卵砾石层和泥岩地层的钻进效率低,钻孔易偏斜。

### 2.1 提高松散砂岩岩心采取率

钻遇地层会遇到胶结松散的中粗砂岩、含砾砂岩,该地层一般为泥质酥松胶结,岩心呈“豆腐渣”状,钻进取心过程中在钻具回转及冲洗液的冲蚀外力作用下,岩心极易破碎损耗;该地层透水性好、松散、易冲蚀、胶结弱,造成岩矿心采取率低、品质差、取心困难,是影响钻孔质量的主要岩层。

通常使用的取心方法有单管投球式干钻取心、

单管卡断器卡心、单动双管钻具取心、绳索取心。

#### 2.1.1 单管投球式干钻取心操作规程<sup>[1]</sup>

(1)下钻:下钻过程需平稳缓慢,不得急下猛停,下至孔底0.5~1 m处,根据孔深及孔内情况调整泥浆性能进行冲孔。

(2)冲孔:取心段需调整好冲洗液性能进行10~15 min的冲孔,清除孔内岩粉、沉渣。

(3)钻进:钻进过程中保持中等以上压力、低转速、低泵量,提高钻进效率,避免钻进时间过长岩心被冲洗液冲散消耗,减轻岩心管钻进过程中对岩心的扰动。

(4)投球:钻进至目的层,机上余尺约800 mm时,关闭泥浆泵,打开水龙头上部螺丝,投入钢球或球阀,并紧固螺丝,打开泥浆泵输送钢球或球阀,通过观察泵压表显示和判断泥浆泵的负荷运转声音确定锥阀或球阀到位后,打开泥浆泵回水阀卸压。

(5)干烧取心:采用中等转速干烧取心,保持一定速度的钻进进尺,根据地层情况进行干烧,遇孔内负荷增大后,及时上顶钻具,循环操作,干烧钻进400~800 mm时,停止回转,松开卡盘,提升钻具,短距离串动钻具,并将回水管放在班长的视线内,便于观看回水管内是否有冲洗液流出,下放钻具过程中有冲洗液流出,则岩心未完全烧住,继续干烧,循环此过程,直至下放钻具过程中没有冲洗液流出,开始提升钻具。

(6)提钻:提升钻具应平稳缓慢,防止提升钻具过程中导致岩心脱落,减少对岩心的冲刷与扰动,孔内及时回灌,保证孔内压力平衡,防止孔壁坍塌和岩心脱落。

### 2.1.2 单管投球式干钻取心操作注意事项

(1)下钻完毕后冲孔过程中,调整好冲洗液性能,起到护壁和护心的作用,使孔内沉渣能循环至孔口,防止沉渣进入岩心管,在钻进过程中破坏岩心。

(2)钻进:调整好钻进参数,提高钻进效率,防止钻进时间过长造成岩心消耗,发生憋泵情况后,及时提钻,不可上下串动钻具。

(3)投球:泵压钢球时,一定有专人看管泥浆泵,此时泥浆泵出水管处不得站人,以防伤人,钢球压至球座时,泵压升高,电流变大,需及时关闭泥浆泵,打开泥浆泵回水阀泄压。

(4)采心过程中,及时观察钻机电流表和钻机负荷、柴油机负荷等情况,做到“多顶少顶”,“多顶”指干烧过程中油缸多次顶起钻具,防止钻具在孔底时间过长发生烧钻现象,“少顶”是指在油缸顶起的过程中减少顶起的距离,防止顶起距离过大,钻具在孔内空转导致岩心掉落,但顶起的距离一定保证钻头得到冷却,循环操作,但干烧过程不能太长,防止烧钻。

(5)采心完成后不可在孔底关车,将钻具顶离孔底后才可关车提升钻具。

(6)提钻必须回灌冲洗液,可以保证孔内压力平衡、管内岩心的悬浮及防止发生孔塌现象。

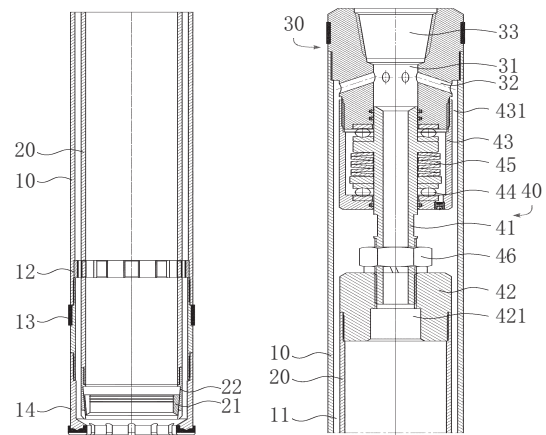
### 2.1.3 单动双管钻具

单动双管钻具如图2所示。

单动装置及内管由心轴和背帽调节卡簧座与钻头内台阶的间隙,一般取5 mm,过高则会影响松散岩心采取质量,过低则容易憋泵或损耗岩心,需保证内外管单动及冲洗液分流。此外,单动双管钻具钻进前应检查单动装置的灵活程度,内、外管的垂直度和同心度。取心时,卡簧座坐落于钻头内台阶上,提断岩心拉力一般由外管承受。由于双管内外水路过水断面小,泵压略高于单管钻具<sup>[2]</sup>。

单动双管钻具操作技术要点:

(1)为避免孔底沉淀对钻具使用效果的影响,在下钻距孔底1~2 m时,开泵冲孔10~15 min,后转动钻具扫孔至孔底,冲孔3~5 min,确保孔底无沉渣后钻进。



10—外管;11—环形通道;12—扶正器;13—扩孔器;14—钻头;20—内管;21—卡簧座;22—卡簧;30—驱动接头;31—中心通道;32—侧向流道;33—连接螺纹孔;40—单动机构;41—空心轴;42—内管接头;421—连接通道;43—轴承座;44—轴承;45—弹簧;46—螺母

图2 SD110型液力退心式单动双管钻具

(2)提下钻时回灌冲洗液,保持孔壁稳定。

(3)单动双管钻具由于管壁较薄,使用中不应施加过高钻压,否则容易造成脱扣事故。

(4)勤于冲洗液性能维护,当含砂量和固相过高时,必须先维护后再使用,否则容易憋泵。

(5)装配完成后卡簧需检查,可自由转动和活动为宜。

(6)钻进时,操作人员要控制钻进速度,匀速钻进,压力在6~8 kN,并随时注意泥浆泵泵压,如泵压升高或不进尺,说明岩心堵塞,需立即提钻,防止磨损岩心。

(7)钻具退心后,要对内外管进行检查,内外管清洗干净后,内侧涂抹机油润滑。

### 2.1.4 绳索取心操作要点

(1)投放内管:当确认外管和钻杆内已无岩心时,将内管总成由孔口投入钻杆内,对上机上钻杆,开泵压送,应注意观察泵压变化,泵压明显升高或降低时,说明内管总成已到达预定位置,遇地层严重漏失,孔内没有冲洗液或水位很深时,不允许直接投放内管总成,应采用打捞器把内管总成送入孔内,或用机上钻杆对准孔口,泵入适量的冲洗液,然后迅速投放内管总成<sup>[3]</sup>。

(2)打捞岩心:首先用钻机顶起钻具50~70 mm,缓慢回转钻柱,扭断岩心,再提起并卸掉机上



钻杆后,下放打捞器。打捞器在冲洗液中以1.5~2 m/s的速度下降,当将要到达内管总成上端时,应适当减慢下降速度,1000 m孔深范围内,可以听到轻微的撞击声,然后开动绳索取心绞车,缓慢提升钢丝绳,确认内管总成已提动后可正常提升。提升过程中,若冲洗液由钻杆溢出,说明打捞成功,否则重复试捞,严禁猛冲硬碰,反复捞取无效应提钻处理。

### 2.1.5 其它注意事项

(1)钻遇松散砂岩严禁使用长岩心管,使用与回次进尺相匹配岩心管。

(2)选用缸体较薄、齿面较小钻头<sup>[4]</sup>。

(3)钻进时应采用较小泵量、适当钻压和适当转速的规程参数,在回次钻进前进行大泵量冲孔清除孔底岩粉。

(4)使用护心护壁“双护”泥浆<sup>[5]</sup>。

## 2.2 提高卵砾石层钻进效率

施工区钻遇地层有卵砾石地层(如图3所示),该地层是钻进和取心极困难层,卵砾石成分以石英岩为主,部分为花岗岩,岩石的硬度大、抗压强度高、研磨性强,可钻性级别大于7级,卵砾石之间存在较大的自由度,在钻进过程中易产生不规则转动和自磨现象,造成切削具磨损快、岩心采取难、生产成本高。该段卵砾岩层上部卵砾石间有泥质或砂质成份的充填物,与砂岩、泥岩夹层,软硬互层频繁,胶结性差,有的极为松散。卵砾石砾径大小不等,一般为2~6 cm,往下砾石砾径变大,最小5 cm左右,最大几十厘米的漂石;同时该岩层易发生孔壁坍塌、掉块、涌漏水、孔斜等复杂情况,属自然事故多发和取心困难层,是钻探施工的最大难题。



图3 卵砾石地层岩心

提高卵砾石层钻进效率措施如下:

(1)含砾卵石层选用双环阶梯齿复合片钻头<sup>[6]</sup>,完整的砾石层可用金刚石钻头<sup>[7]</sup>。

(2)采用孔底加钻铤的加压方式钻进<sup>[8]</sup>。

(3)钻进参数选择较高钻压、快转速、中等泵量。

(4)选用较高粘度和密度、较小失水量的冲洗液。

(5)不完整卵砾石地层采用“不取心钻头+钻铤”的钻具级配,砾石较完整地层采用“钻头+岩心管+钻铤”的钻具级配,进行卵砾石地层钻进。

## 2.3 提高泥岩的钻进效率

施工区钻遇泥岩地层较多,累计泥岩厚度超100 m,其中穿过白垩系后有层致密泥岩层(图4),该层泥岩硬度偏高,普通复合片钻头难以切入地层,易在孔底打滑,钻进十分缓慢;上部泥岩遇水膨胀,容易发生缩径,钻进缓慢。



图4 泥岩地层岩心

提高泥岩地层钻进效率的措施如下:

(1)使用加大水口的薄壁交错式尖齿复合片钻头。

(2)钻进参数选择采用中等转速与钻压,较大泵量。

(3)加强冲洗液的维护,提高冲洗液的抑制能力<sup>[9]</sup>。

## 2.4 钻孔防偏斜

纳岭沟铀矿床施工钻孔350余个,施工区地层存在软硬不均、超径孔段、断裂带、夹层段、散砾岩层、含砾砂岩等易斜段,施工过程中机台若不采取控

制孔斜措施,容易导致钻孔偏斜超标。

预防钻孔偏斜措施如下:

(1)在钻机安装过程中,保持基础填方少于1/4,场地地基平整稳固,底座水平,钻塔天车、钻机导管与孔口中心必须“三点一线”<sup>[10]</sup>。

(2)规范钻具级配,按要求使用钻铤,继续对扶正器的使用进行改进。

(3)开孔钻进时要轻压、慢转,加压要均匀;在泥岩等水化易超径孔段,选择抑制性冲洗液,控制钻孔超径;换层钻进做到:岩层软变硬,压力要减轻,操作要谨慎,慢放是要领,钻进0.5 m,再正常钻进。

(4)干钻卡心操作时,选取较小钻压,低速慢转,进尺不宜过快。

### 3 施工效果

刚入场的28台钻机4台钻机由于采取率不够进行了补心作业,经过采取相关措施后,以后施工未出现补心作业情况,并且采取率都大于80%;卵砾石地层钻进效率提高16%,泥岩地层钻进效率提高10%;钻孔偏斜均提高到每百米不大于1°,符合施工规范要求。

### 4 结语

纳岭沟铀矿床勘探项目钻探施工,通过采取各种措施,提高了松散砂岩岩心采取率、提高了卵砾石层、泥岩地层钻进效率,以及控制了钻孔偏斜等技术难题,不仅提高了钻进效率和钻孔质量,还积累了更

多砂岩钻探施工的宝贵经验,为以后更好的施工奠定了基础,同时我们也要积极探索寻找更多的解决提高松散砂岩岩心取心率、提高卵砾石层和泥岩地层钻进效率、预防钻孔偏斜等问题的有效方法,持续提升钻进水平。

### 参考文献:

- [1] 刘晓阳,姜德英,杨爱军.松散岩层钻探技术应用研究进展及其主要成果[J].铀矿地质,2005,21(3):169-176.
- [2] 刘晓阳,李博.地浸砂岩型铀矿钻探现状及提高钻探效率的技术措施[J].钻探工程,2021,48(1):35-41.
- [3] 贾中芳,王强,姜德英.绳索取心钻进技术在砂岩铀矿勘查中的应用研究[J].探矿工程,2002(6):34-36.
- [4] 孙德学,陈伟,张元清.沉积岩松软地层深孔绳索取心钻探技术实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(1):16-19.
- [5] 刘晓阳.“双护”泥浆在地浸砂岩型铀矿钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(9):55-56.
- [6] 姜德英,刘晓阳,朱明章.铀矿勘查岩心钻探系列钻头的研制、开发与应用[J].铀矿地质,2007(4):244-248.
- [7] 刘晓阳,段隆臣,杨爱军.地浸砂岩型铀矿卵砾石层钻进用钻头的试验研究[J].地质科技情报,2005(1):107-110.
- [8] 王海才.提高地浸砂岩型铀矿深孔钻探效率的技术措施[C]//第二届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2019.
- [9] 刘晓阳,段隆臣.松辽盆地可地浸砂岩型铀矿钻探施工技术[J].西部探矿工程,2004,16(4):130-134.
- [10] 申庆民.可地浸砂岩型铀矿复杂地层钻探的技术措施[J].探矿工程,1999(S1):180-183.

(编辑 荐华)