

绳索取心技术在地浸砂岩型铀矿勘探中的探索与实践

胥虹 雷洁力 胡靖泓

天津华北地质勘查局核工业二四七大队 天津 301800

摘要:近年来随着地浸砂岩型铀矿勘探任务的增加,对地浸砂岩钻探技术提出了新的要求,现用单管取心和双管取心技术也不能满足高质量高效率勘探的需求。笔者结合地浸砂岩型铀矿地层特点,提出绳索取心技术在运用中可能存在丝扣断裂、缩径卡钻、吸附卡钻、坍塌埋钻等问题,结合理论与实际施工经验,通过改进绳索钻具结构,优化泥浆配方和性能监测维护,制定严格的操作规程,并在实践作业取得可行性验证,为后续绳索取心技术在地浸砂岩地层勘探中广泛运用提供了实用性技术支持。

关键词:绳索取心技术;地浸砂岩;缩径卡钻;吸附卡钻;钻具改进;泥浆监测维护

引言

由于地浸砂岩型铀矿的开采成本的低廉,技术成熟。从上个世纪90年代以来,我国铀矿勘探重点就已转向地浸砂岩上来。几十年来地浸砂岩的勘探技术还是一直沿用单管取心或双管取心技术^[1-2]。近年来随着国际能源局势的动荡,为保国家能源储备充足,我国地浸砂岩型铀矿勘探任务逐年增加。但是高劳动强度,高成本的勘探技术已不能满足高质量高效率的勘探技术需求,因此当务之急是引进绳索取心技术并适应于地浸砂岩铀矿勘探^[3]。

1 地浸砂岩型铀矿勘探的岩层特点

地浸砂岩型铀矿赋存于含矿含水的砂岩层,钻孔钻遇地层自上而下有第四系、古近-新近系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系和石炭系等。主要钻遇岩层包括砂土、卵石、泥岩、粉砂质泥岩、炭质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩、中粗粒砂岩、砂砾岩和煤层。钻遇岩层松散破碎,胶结性差,岩心极易受泥浆冲蚀、钻头钻具的扰动和磨蚀,除卵石层外,其他可钻等级在1-4级之间,属于松软地层。此类地层在钻探施工中极易发生缩径卡钻、吸附卡钻、坍塌埋钻事故,一般单(双)管提钻取心钻进工艺,钻进效率随着钻孔深度的增加而降低,劳动强度大,施工成本高。每次提钻过程中,振动易使岩心脱落,提不到地表,造成丢心,取心质量差^[4]。

2 绳索取心技术在地浸砂岩型铀矿钻探存在的问题^[5-7]

绳索取心技术的应用可以使地浸砂岩型铀矿钻探钻进效率增加,劳动强度降低,施工成本降低,取心质量提高,但是该技术未能在地浸砂岩型铀矿钻探中推广是有原因的。

2.1 钻杆强度问题

绳索取心钻杆皆为薄壁钻杆,丝扣抗扭和抗拉强度

相对于普通钻杆相差甚远,实践证明在越径使用绳索钻杆中高转速钻进情况下,极易导致钻杆弯曲,丝扣损伤及断裂,引发钻孔事故^[8]。

2.2 缩径卡钻、吸附卡钻、坍塌埋钻孔内事故易发

绳索钻具在松软地层钻进,因钻具外壁与钻孔孔壁间隙较小。情况一、钻遇松软泥岩地层时,钻孔极易发生岩层蠕动而缩径,导致钻具摩擦阻力增大,扭矩增加,冲洗液流通不畅,严重到缩径卡钻发生。情况二、钻遇含水砂砾岩地层时,冲洗液的渗透漏失导致钻孔与岩层压差增大,加之绳索钻杆与钻孔接触面积大,一旦钻具停止转动或悬停(例如:绳索取心过程),吸附卡钻事故极易发生。情况三、钻遇松散泥岩砂岩互层以及煤系的地层,钻孔孔壁在泥浆浸泡、冲刷的情况下极易失稳,导致埋钻事故发生。

2.3 绳索钻具对泥浆应用的局限性

绳索钻具能在硬岩钻进中发挥良好的绳索取心优势,在于泥浆选用的都是低固相不分散泥浆体系或是无固相泥浆体系,此类泥浆比重低,粘度小,然而松软地层的复杂性要求泥浆有一定的用于平衡地压的比重,较高的粘度,较好的悬浮力等性能,实践中绳索钻具在如此泥浆体系下经常出现两种情况,一是钻杆内壁泥皮较厚,内管投放、打捞困难;二是钻杆和钻头泥包严重,憋泵,扭矩增加,钻进困难,提钻时又引发孔内抽吸坍塌。

3 分析机理提出解决方法

3.1 镦粗绳索钻杆丝扣端

同等材质的绳索钻杆提高钻杆丝扣强度的最简单方法就是增加丝扣端的截面积,简单说就是镦粗丝扣端,以达到提高钻杆丝扣端强度目的。2021年黑龙江某项目,应用了镦粗的71mm绳索钻杆(丝扣端外径74mm),进行了3600米勘探作业,地层为松软砂岩,钻

头直径为130mm, 转速控制在200rad/min以下, 虽然孔径严重越级, 但是没有钻杆未出现丝扣断裂情况。实践证明: 镟粗后的绳索钻杆, 在低转速下, 是可以适应越径作业的。

另外, 镟粗钻杆还有个优点在于可以降低或避免吸附卡钻事故发生。因吸附卡钻实际上就是钻杆与孔壁的静摩擦阻力增大到钻具不能活动情况, 压差的大小和吸附面积大小是吸附卡钻的两个关键因素, 从理论上将减小压差和减小吸附面积都能减小钻具与孔壁的摩擦力, 从而降低或避免吸附卡钻的发生。

3.2 改进钻具增大钻具与孔壁间隙

根据软岩特性, 增大钻具与孔壁间隙是降低缩径卡钻, 吸附卡钻, 泥包憋泵的有效方法。钻孔缩径实质就是松软地层在地层压力的作用下向钻孔蠕变的结果, 蠕变特性是早期蠕变量大, 速度快, 后期蠕变量小, 速度慢, 泥浆比重越大, 蠕变量越小, 泥浆比重达到岩石比重, 地层不会蠕变, 然而泥浆比重是不可能达到岩石比重的, 自然而然钻孔缩径是不可避免的。我们的目的是不是阻止蠕变缩径, 而是防止缩径后卡钻事故的发生, 故而增大钻具与孔壁间隙才是避免缩径卡钻的有效途径。同时, 较大的环状间隙有利于泥块, 沙砾的有效排除, 不易导致泥包憋泵。

具体做法是: 增大绳索取心钻头外径, 增大绳索钻具外管扩孔器外径, 并在下端钻杆上安装扶正器(作用为维持孔径和扶正钻具)。

3.3 优化泥浆配方

地质勘探以水基泥浆为主, 水基泥浆相对于油基泥浆有环保和经济的优点。绳索取心技术要成功在软岩地层中运用, 除了钻具改进外, 还必须有优质的泥浆性能。综合分析和经验证明当泥浆性能必须达到以下要求: (1) 泥浆比重在1.07-1.15g/cm³; (2) 泥浆粘度控制在25-35s之间; (3) 含沙量小于1%; (4) 失水量控制在5-10mL/30min; (5) 泥皮厚度在0.5-1mm之间; (6) 动切力维持在15-20Pa之间; (7) 润滑系数控制在0.2-0.25之间; (8) PH值控制在8-9之间。

该性能类泥浆作用: (1) 适当的泥浆比重, 既能在松散地层平衡地层压力防止坍塌, 又能含水砂岩地层降低泥浆对地层的压差, 降低吸附卡钻的概率; (2) 中高的泥浆粘度, 确保对软岩钻进中岩屑的悬浮和排除, 减少对孔壁的冲刷; (3) 优质的泥皮, 既可以减小泥浆对地层的侵害, 保证井壁的稳定, 又能减慢和降低泥浆失水, 从而降低了吸附卡钻的风险; (4) 润滑性较好的泥浆不易发生泥包, 避免了泥包钻的情况。

通过根据我队现用的泥浆材料, 经过实验室反复调试, 达到要求水基泥浆配方为: 5%~10%钠基膨润土+0.2%中粘纤维素+0.3%碳酸钠+0.1%高粘防塌剂+0.2%磺化褐煤树脂+0.2%广谱护壁剂+重晶石粉(根据具体情况酌量加入)。

3.4 泥浆性能监测与维护

实际上, 泥浆性能会随着地层钻进过程发生较大的改变, 原因是: (1) 钻进中产生的含泥, 含砂的钻屑进入泥浆中, 未能及时清除, 导致泥浆比重和粘度的改变, 泥皮厚质量差, 失水量增大, 含沙量增大, 流变性变差; (2) 岩屑中的钙镁金属离子对泥浆侵害, 影响了膨润土的特性; (3) 泥浆的护壁, 很渗透流失, 导致有效材料的消耗, 泥浆性能也随之改变。所以监测泥浆性能变化和维护泥浆性能稳定很重要。

地质勘探中泥浆比重监测采用比重仪, 泥浆粘度采用苏式漏斗, 含沙量采用筛流量筒, 泥皮和失水量采用气压式失水仪, 润滑性能采用润滑性测定仪, PH值用PH试纸检测。

泥浆性能维护主要是根据监测数据, 采用清除有害无效物质, 增添缺失的泥浆材料来维护泥浆性能稳定的。清除有害固相的主要手段采用振动筛和高速旋流除砂器。

4 制定严格的操作规程

软岩钻进必须有严格的操作规程, 盲目钻进会导致不可挽回的损失。所以指定以下钻进施工必须遵守规程。

(1) 转速必须控制在200转/分钟以下, 以XY-6B为例钻机档位控制在1-3挡。

(2) 钻压不能超过10KN。

(3) 泵量必须控制在75-125L/min之间, 原则上钻进取低值, 冲孔取高值。

(4) 上下钻过程必须检查钻杆接手状态, 且任何时候提钻必须回灌泥浆。上下钻速度控制在2m/min, 以XY-6B为例钻机档位控制用1-3挡。

(5) 每班进行至少两次泥浆监测, 必须采用振动筛和高速旋流除砂器清除岩屑。

(6) 泥浆做好防雨措施, 禁止雨水进入泥浆中。

(7) 经常检查震动筛网, 出现损坏及时更换; 高速旋流除砂器用完必须清洗, 每周至少进行一次维护保养。

(8) 取心前必须划孔至少两次, 冲孔2-3分钟。取心时, 每隔5分钟, 活动一次钻具。

5 现场实践验证

5.1 项目来源

2022年我队在新疆塔里木盆地进行砂岩型铀矿勘探

调查,布置了一个700米勘探孔(孔号BCZK001),地层主要是第四系,第三系结构松软砂岩,地质勘探要求:(1)直孔,终孔水平偏移不能超过35米;(2)终孔孔径不得小于91mm,岩心直径大于60mm;(3)全孔取心,岩心采取率大于85%。为探索绳索取心技术在软岩中可行性,队里批准我机台使用绳索取心施工。

5.2 钻孔结构设计

根据以往普钻施工经验,钻孔必须留有安全孔径。钻孔结构设计为一开直径150mm,安装直径146mm表层套管(加固防止下沉);二开直径110mm,一径到底;预留安全孔径。

5.3 施工设备机具的选择

为保证施工能力,达到地质勘探要求。

设备选择:钻机XY-6b,泥浆泵BW-250,1000型绳索取心绞车,17.5米四角钻塔,150kw发电机组,震动筛,高速旋流除砂器。

机具选择:缴粗的89绳索取心钻杆(接手直径94mm)800米,改进型HQ系列绳索取心钻具(扩孔器外径110.5mm),改进的复合片绳索取心钻头(直径110/61mm)。

5.4 钻进参数选择

钻压: $< 10\text{KN}$;转速: $120\text{-}200\text{rad/min}$;泵量: $75\text{-}125\text{L/min}$

5.5 泥浆配方

水基泥浆配方为:7%钠基膨润土+0.2%中粘纤维素+0.2%碳酸钠+0.1%高粘防塌剂+0.2%磺化褐煤树脂+0.2%广谱护壁剂。

泥浆性能:泥浆比重 1.08g/cm^3 ;泥浆粘度控制28s;含砂量0.5%;失水量 $8\text{mL}/30\text{min}$;泥皮厚度在1mm;动切力维持在 20Pa ;润滑系数控制在 0.22Pa ;PH值9。

5.6 泥浆监测和维护情况

实际施工过程中,每班对泥浆性能做了两次监测,由于泥浆含砂量较大,震动筛钻进过程全程开启,旋流除砂器,每班开启两次,清理泥浆中细小的颗粒,泥浆比重控制较好。

5.7 施工情况及存在问题

(1)在第四系松散砂层钻进时,岩心采取率低只有30%,后改用半合管,减少回次进尺,减小泵量,提高泥浆粘度等措施,岩心采取率也只提高到50%。主要原因在于钻具卡簧和钻头结构不够优化^[22]。

(2)钻进至106.50米时,监测到泥浆比重突然降低,泥浆粘度变小,取心时孔口涌水增大,怀疑钻进到涌水

层,为确保钻孔安全,立刻在泥浆中按 100kg/m^3 的比例加入重晶石粉,泥浆比重变为 1.20g/cm^3 。因为比重提升,粘度提高,泥浆流动性降低,导致钻进效率降低,泵压高,钻杆内壁泥皮加厚,影响绳索取心作业。后决定穿过涌水段至135米(见第三系泥岩),用直径133钻头扩孔,安装直径127mm套管,套管连接处焊接加固。

(3)第三系地层钻进时,岩心采取率达到95%以上,优质泥浆再松软岩层形成泥皮,很好的保护了岩心,回次最高效率为 15m/h 。在技术和管理的多重严格要求下,该孔钻进至目层,未发生以前孔内事故。该孔从开钻到终孔用时20天,比同等条件下比普钻效率提高25%。

总结

(1)通过对绳索取心结构的改进,结合实际不断优化,绳索取心技术在地浸砂岩型勘探施工的应用是可行的。

(2)优质的泥浆性能和严格的规范管理是绳索取心技术在地浸砂岩型勘探施工的必备手段。

(3)对于松软的第四系地层,绳索取心技术还需和内管超前,三重管技术结合,解决厚砂层等松散沉积地层取心效率低、取心质量差等问题,提高松散岩心采取率、岩心的纯洁度与完整度。

参考文献

- [1]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.
- [2]刘晓阳.地浸砂岩型铀矿松散岩层取心钻进技术研究[D].武汉:中国地质大学,2006.
- [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]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.
- [5]陈云龙,阮海龙,朱慈广,等.松软泥砂地层取心钻具的设计及应用[J].地质装备,2018,19(6):26-28,25.
- [6]李红梅,石逊.白洞铁矿南区复杂地层钻探施工技术[J].钻探工程,2021,48(11):30-35.
- [7]孙德学,陈伟,张元清,等.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.
- [8]刘晓阳,段隆臣,姜德英.地浸砂岩型铀矿钻探钻杆的使用及改进[J].探矿工程,2003(S1):183-184.
- [9]梁健,尹浩,孙建华,等.特深孔地质岩心钻探钻孔口径及管柱规格研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):36-46.