

# 云阳黄岭岩盐矿 ZK0001 深孔取心技术

邝光升<sup>1</sup>, 孙 宇<sup>1,2</sup>, 杨建军<sup>2,3</sup>, 尚亚军<sup>1,2</sup>

(1.重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队,重庆 400700; 2.重庆市渝勘钻探有限公司,重庆 400700; 3.重庆市地质矿产勘查开发局南江水文地质工程地质队,重庆 401121)

**摘要:**云阳黄岭矿区 ZK0001 岩盐探矿井完钻井深 3805 m,是重庆市地勘局取心垂深最深的一口盐矿井。在钻探取心过程中,选用新川 6-5 型单动双管取心筒,PDC 取心钻头、表镶金刚石取心钻头并严格按照取心规程操作,克服了地层破碎、井径缩径、岩心堵塞、盐析结晶等诸多问题,在 3159.85~3805 m 井段进行取心,取心进尺 254.49 m,单筒平均进尺 13.39 m,平均收获率 98.1%,获取盐岩层厚 53.11 m,取心质量优异,为该区域构造深部盐矿勘探和开采积累了宝贵的经验。

**关键词:**盐井钻探;深孔取心;工艺措施;取心参数

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0053-04

**Coring Technology for Deep Hole ZK0001 of Huangling Rock Salt Mine in Yunyang/KUANG Guang-sheng<sup>1</sup>, SUN Yu<sup>1,2</sup>, YANG Jian-jun<sup>2,3</sup>, SHANG Ya-jun<sup>1,2</sup>** (1. 208 Hydrogeological and Engineering Geology Brigade, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400700, China; 2. Chongqing Yukan Drilling Company, Chongqing 400700, China; 3. Nanjiang Hydrogeology and Engineering Geology Brigade, Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 401121, China)

**Abstract:** Being the deepest depth of coring salt mine for Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, rock salt exploration well ZK0001 is completed with the depth of 3805m in Huangling mining district of Yunyang. In the core drilling process, Xinchuan 6-5 single rotary and double-tube core barrel, PDC coring bit and surface-set diamond bit were selected with strict operation procedures to overcome the difficult problems of formation fracture, well diameter shrinkage, core blocking and salting-out crystallization, the samples were collected in the interval of 3159.85~3805m with coring footage of 254.49m, the average footage for single cylinder was 13.39 meters, the coring recovery quality was excellent, and the average core recovery reached 98.1%, 53.11m rock salt in layer thickness was obtained, which could provide valuable experience for the construction of deep salt mine exploration and exploitation in this area.

**Key words:** salt mine drilling; deep hole coring; technological measures; coring parameters

## 0 引言

重庆云阳黄岭矿区 ZK0001 井为岩盐矿勘探井,地处云安场背斜东南翼,受华蓥山-方斗山弧形褶皱体系和大巴山断褶皱带控制,地质构造以褶皱为主,岩石节理、裂隙较发育,地层可钻性差、井眼稳定性较差,取心钻进中易发生井壁掉块(坍塌)、井径缩径、岩心堵塞、盐析结晶等复杂情况。该井开孔层位为沙溪庙组二段,终孔层位为嘉陵江组上部,并在巴东组段含盐矿层段实施取心钻进,设计井深 3710 m。

采用  $\varnothing 444.5$  mm 钻头开孔预埋导管;一开采用  $\varnothing 311.2$  mm 钻头钻进至 828.85 m 下套管固井;二开采用  $\varnothing 215.9$  mm 钻头钻进至 3090 m 二开固

井;三开采用  $\varnothing 152.4$  mm 钻头钻进,钻进至盐矿层顶板开始取心,取心钻进至 3805 m 终孔完钻<sup>[1]</sup>。该井井身结构见图 1。

## 1 施工难点

(1)云阳黄岭矿区受华蓥山-方斗山弧形褶皱体系和大巴山断褶皱带控制,地质构造以褶皱为主,岩石节理、裂隙发育,取心钻进中岩性破碎,极易形成掉块。

(2)取心井段主要在巴东组段,岩性以石膏、纯岩盐层、灰岩为主,岩性较软、塑性较大,取心钻进中易发生缩径。

收稿日期:2018-01-24;修回日期:2018-02-02

作者简介:邝光升,男,汉族,1969 年生,高级工程师,钻探工程专业,从事钻探技术和管理,重庆市北碚区 208 地质队,314482854@qq.com。

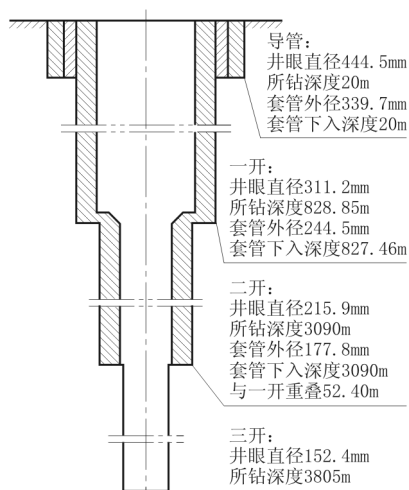


图1 ZK0001井井身结构

(3)矿区盐矿层埋藏于巴东组内,地层胶结差异性较大,地层破碎,在取心钻进中,岩心易堵塞,取心质量不宜控制。

(4)岩盐井段取心钻进,为保证取心质量,取心钻进时泥浆为饱和/欠饱和盐水泥浆体系,当取心钻进至纯膏岩层或盐岩层时,泥浆体系中氯离子含量迅速增大,达到盐水泥浆离析结晶临界值产生盐析结晶。

(5)长裸眼段小井眼取心。裸眼段长,井壁易失

稳出现掉块或垮塌;小井取心,取心工具外筒与取心钻头间隙较小,易发生掉块卡钻。

(6)在充分分析矿区地层特性、取心井段以及设备施工能力情况下,本次取心采用提钻取心方法施工。

## 2 取心工艺

### 2.1 钻探设备

为满足云阳黄岭矿区 ZK0001 井勘探取心要求,我们选用钻探能力 4000 m 的 ZJ40L 型石油钻机,3NB-1300 型泥浆泵,12V190B 和 8V190 型柴油动力机完成钻探工程<sup>[5]</sup>。

### 2.2 取心筒和取心钻头选择

取心筒选择力求强度高、操作方便、回次进尺长的原则,结合本次取心特征,选用新川 6-5 型取心筒(见图 2),该取心筒为典型的单动双管结构,其规格为:外筒 133 mm×101 mm×16 mm,内筒 89 mm×76 mm×6.5 mm,有效长度 9.20 m,岩心直径 70 mm,310 扣型。取心筒主要由分水接头、旋转总成、内外岩心筒、岩心爪组合件、取心钻头和辅助工具等部分组成。取心施工时多采用双筒。

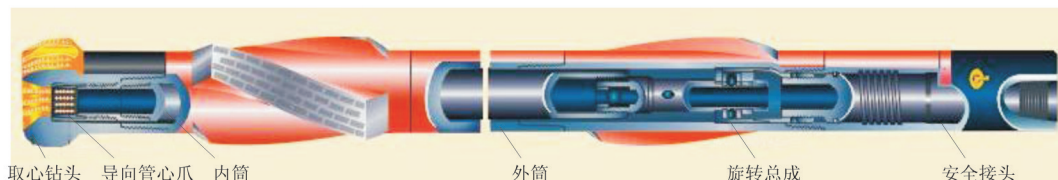


图2 新川 6-5 型取心筒

钻头是破碎岩石的工具,在取心钻进过程中,根据地层岩性特征选用合理的取心钻头,既能提高取心钻进时效,也能一定程度保证岩心收获率,本次取心选用了金刚石取心钻头和 PDC 取心钻头(见表 1、图 3)。

表1 取心钻头规格

名称	型号	外径×内径/mm	水眼形式
金刚石取心钻头	DNC201	150.9×70	流道式
PDC	DFC0806	150.9×70	流道式

### 2.3 取心工具组合

Ø150.9 mm 取心钻头+新川 6-5 取心工具双筒+钻具止回阀+Ø120 mm DC×12 根+Ø88.9 mm DP+Ø127 mm DP+方保+下旋塞+方钻杆。



金刚石取心钻头

PDC取心钻头

图3 取心钻头

### 2.4 取心工艺措施

#### 2.4.1 取心工具组装

(1)根据地层选取钻头类型,检查测量取心钻头和取心工具,丈量好每根取心工具内外筒长度,根据

结果预调节心轴有效长度。

(2)实施单、双筒取心,取心工具按单元平稳吊升上钻台,依次上紧外筒扣(上紧扭矩推荐值液气大钳上紧 2~2.5 MPa)放入井眼,并好卡瓦及安全卡瓦。

(3)卸掉外筒与内筒连接扣,提出内筒,用内筒卡盘将内筒固定,安装内筒支撑短节两个。检查内筒连接部分、悬挂总成、岩心爪组合件,内筒用链钳或管钳上紧,并检查内筒是否可以自由转动。

(4)取心工具内、外筒连接完成后,调节好旋转总成,按工具推荐调节钻头与岩心座底纵向间隙。

(5)工具组装完毕,在工具顶部连接一个止回阀。

#### 2.4.2 下钻

(1)下钻时盖严井口,严禁掉落物下井。

(2)操作平稳,不猛刹、猛蹶,防止钻具剧烈摆动。

(3)遇复杂异常井段,严格控制下放速度,缓慢下放钻具。遇阻不超过 50 kN,可上下活动或循环钻井液,不得强压硬压强下;严重遇阻井段,应下全面钻进钻头进行划眼,不能用取心钻头大段划眼。

(4)取心 30~50 m 或取心完成上提的过程中有阻卡等复杂情况,应用全面钻进钻头进行通井,保证井眼畅通,预防卡钻。

#### 2.4.3 树心和取心参数

取心钻进施工过程中,参考相关规范和使用说明,结合取心钻进实际情况及时实时分析,现场确定最优钻进取心参数。

树心:钻压 10~20 kN,转速 50~55 r/min,排量 9~11 L/s。

取心:钻压 40~50 kN,转速 50~58 r/min,排量 10~12 L/s。

树心及取心由司钻、副司钻操作,取心技术人员及时跟踪观察取心钻进情况,发现问题及时处理<sup>[2]</sup>。

#### 2.4.4 割心

割心操作是一个非常重要的环节。主要操作步骤:

(1)刹住刹把,视地层软硬,恢复悬重(钻压减小)10~30 kN。

(2)停转盘,停泵,每次缓慢上提钻具 0.3 m 左右,观察悬重变化情况;若悬重增加 20~150 kN 以后,又恢复到原悬重,说明岩心已经割断;若悬重不

降,则停止上提钻具,保持岩心受拉状态,提高泵排量,多次停合泵,直至割断岩心。

#### 2.4.5 起钻和出心

(1)割心后,根据情况决定是否循环,若循环则采用上下活动,不得转动转盘。

(2)起钻操作要平稳,不猛刹、猛蹶,用液压大钳卸扣,坐卡平稳,防止甩掉岩心。

(3)起钻过程中,应及时按标准向井内灌满钻井液。

(4)盖好井口,防掉落物入井。

(5)岩心出筒,取心技术人员、井队操作人员与地质人员协同配合。

(6)出完心,检查、保养及更换易损件,重新组配取心工具,并根据井下情况决定继续下钻取心、通井或结束取心。

### 3 取心关键技术措施

#### 3.1 防掉块(垮塌)技术措施

由于地质构造及作用,岩石节理、裂隙发育,取心钻进中岩性破碎,极易形成掉块(垮塌),为防止掉块(垮塌)卡钻事故,特制定以下技术措施。

(1)取心钻进之前,调整好泥浆性能,加入足量的防塌护壁药剂,并保持钻井液的  $K^+$  含量,强化泥饼的致密性,抑制取心上部裸眼井段泥、页岩的水化。

(2)破碎地层保证泥饼质量,提高钻井液的造壁、护壁性能。严格按照设计要求控制泥浆性能,泥浆粘度维持在 45~50 s、失水量  $< 8$  mL/30 min、流变性能良好,保证钻井液携砂能力。钻井液处理以维护补充为主,避免大幅度处理,保持性能均匀、稳定、优质。

(3)控制起、下钻速度,防止产生大的抽吸、“激动”压力,致使井壁失稳。

(4)取心下钻到底先小排量循环,待循环正常后再增大排量,防止一开始大排量造成“激动”压力过大导致漏失或垮塌现象。

#### 3.2 防缩径工艺措施

三开裸眼取心井段缩径主要为巴东组二段( $T_2b_2$ )泥页岩地层、巴东组一段( $T_2b_1$ )的膏岩、盐岩地层。泥页岩地层由于富含钠蒙脱石,具有较高含水量致使发生塑性变形;未固结的粘土,内摩擦角为零,一旦剪切应力大于胶结强度,便会发生塑性



变形。膏盐层主要是石膏( $\text{CaSO}_4$  或  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )和盐岩( $\text{NaCl}$ )组成的岩层。在压力和温度作用下,易发生石膏层和盐岩层盐溶与缩径的综合作用。

(1)控制钻井液的滤失量和固相含量,使钻井液在井壁形成薄而韧的泥饼,减少钻井液向地层渗透。

(2)保持钻井液密度稳定在  $1.25 \text{ g/cm}^3$  左右,井壁稳定是钻井液的液柱压力和地层压力之间的动态平衡。控制好钻井液密度,使钻井液液柱压力适当高出地层压力,这样既能够抑制泥页岩应力释放保持稳定,也能在膏盐岩地层有效的抑制蠕变缩径。

(3)钻井液的氯根含量维持在  $16 \sim 18$  万 ppm,这样能使井内钻井液处于欠饱和状态,通过钻井液的盐岩溶解平衡盐岩层的蠕变缩径。

(4)控制起钻速度,防止产生大的抽吸力;在起钻过程中,按规范灌注泥浆。

(5)在连续取心过程中,每取心  $30 \sim 50 \text{ m}$  后下入全面钻进钻头进行扩眼。扩眼时,一方面要严防小井眼卡钻,另一方面严防钻具掉入取心井段。

### 3.3 防堵心工艺措施

在岩石节理、裂隙发育地层,岩石胶结结构强度较低。取心钻进过程中,岩心进入取心内筒后由于胶结强度降低,岩心破碎卡心或胶结强度降低不足以顶动取心内筒岩心而造成堵心。

(1)及时检查取心工具各部件,对卡箍座、岩心爪、连接套及悬挂总成进行重点检查和保养,根据磨损情况及时更换。每回次起钻出心后,检查内、外筒磨损情况,确保外筒无变形、无裂纹,内筒无变形,丝扣完好;悬挂总成转动灵活,岩心爪伸缩有力;工具组装好后,岩心座端面与钻头内台阶面间隙控制在  $8 \sim 13 \text{ mm}$ ;各部件按照规定力矩上好各丝扣。若同类钻头取心,每回次应检查钻头磨损情况,一旦产生磨损缺陷应及时更换;若更换其他取心钻头,则应相应的调整岩心座端面与钻头内台阶面的间隙。

(2)准确记录钻时,随时观察钻时、钻压、排量、泵压与转盘扭矩变化情况,发现异常果断处理。

(3)对钻压、转速进行计算,严禁超限钻进,降低取心筒的弯曲度和振动程度。

(4)对司钻、副司钻取心操作人员进行培训,减少操作失误,完善操作要领;下钻到底充分循环泥浆,保持孔底干净;取心开始应轻压树心,待树心成功后再逐渐加压至正常钻压,严禁一次到位;取心钻

进送钻应均匀,严防溜钻;遇憋、跳钻情况,应及时通知取心技术人员,适当调整钻进参数予以消除;取心钻进中无特殊情况,严禁停泵、停转盘,直到取心回次结束。

(5)钻进中实时观测钻井液性能,每  $2 \text{ h}$  测定泥浆粘度、密度;每  $12 \text{ h}$  一次全性能测试。控制钻井液失水量、调整流变性能,减小岩心进入内筒的阻力。在每回次取心过程中,一般不对泥浆性能进行大的调整,避免钻井参数显示变化而造成误判。

### 3.4 防盐析结晶工艺措施

盐析结晶是钻井液中氯根含量集聚增大,达到在该温度离析结晶临界值产生的结晶,在纯膏岩层或盐岩层容易产生盐析结晶。

(1)钻井液的氯根含量维持在  $16 \sim 18$  万 ppm,并加入盐抑制剂。当钻遇纯膏岩层或盐岩层时,盐抑制剂能够将氯化钠晶体析出的速度减小到最小程度或抑制氯化钠晶体析出,维持钻井液性能的稳定。

(2)钻进至盐岩地层,送钻应均匀,钻压要跟上,并可适当的增加钻井液排量。这样既能防止钻井液冲蚀岩心保证取心质量,也能很好防止盐析结晶<sup>[7]</sup>。

## 4 钻探取心成果

(1)本井井身质量合格、固井质量合格,全井安全生产无故障,圆满完成了施工任务。

(2)本井在  $3159.85 \sim 3805 \text{ m}$  井段进行取心,取心作业  $19$  回次,取心进尺  $254.49 \text{ m}$ ,岩心长  $249.71 \text{ m}$ ,平均收获率  $98.1\%$ ,取心质量优异。

(3)本井取心最低回次进尺  $< 8 \text{ m}$ ,单筒平均进尺  $13.39 \text{ m}$ 。不但减少了取心回次次数,也减少了取心钻进辅助时间,同时也节约了取心施工成本。

(4)本井取心获取盐岩层厚  $53.11 \text{ m}$ ,取得了优异的地质成果(见图4)。



图4 盐岩心图片

(下转第 61 页)