

# 濮阳 3286 m 岩盐勘探深井高密度钻井液工艺

靳廷朝

(河南省地矿局第一地质环境调查院, 河南 郑州 450045)

**摘要:**濮阳岩盐普查项目 ZK0401 孔设计孔深 3280 m。在该孔钻探取心施工中, 结合地层水敏性、地层压力及地温特点, 试验采用了耐高温、高密度饱和盐水钻井液, 并配以适宜取心钻探工艺, 成功地实施了连续岩盐取心, 实际终孔孔深 3286 m, 收到了良好的效果。重点介绍了钻井液体系配方的优选及钻井液工艺技术措施。

**关键词:**岩盐勘探; 深孔取心; 高密度饱和盐水钻井液; 蠕变

**中图分类号:** P634.6    **文献标识码:** B    **文章编号:** 1672-7428(2015)03-0029-04

**High-density Drilling Fluid Technology in 3286m Deep Exploration Well of Puyang/JIN Ting-chao** (The First Geo-environment Investigation Institute, Henan Bureau of Geo-exploration & Mineral Development, Zhengzhou Henan 450045, China)

**Abstract:** ZK0401 is a deep hole in the salt rock survey project with designed depth of 3280m. In the coring drilling operation, according to the characteristics of water sensitivity formation, formation pressure and ground temperature, the successful experiment was made by drilling fluid with high temperature resistance and high density saturated salt water drilling fluid matching the suitable core drilling technology, hole terminal depth was 3286m, and the continuous salt rock coring was realized with good effects. The paper introduces the optimization of drilling fluid composition and the drilling fluid technology and measures in detail.

**Key words:** salt rock survey; deep hole coring; high density saturated salt water drilling fluid; creep

ZK0401 孔是河南省国土资源厅下达的濮阳岩盐普查项目中的一个深孔。濮阳县地层复杂, 为沉积岩地层, 伴有压力异常地层, 且软硬互层, 钻探施工中常有缩径、坍塌等复杂现象发生, 严重影响钻孔安全; 且易出现钻孔偏斜、缩径及坍塌, 造成粘钻、卡钻及埋钻事故, 严重影响钻井施工。为了解决上述问题, 施工中采取了多种技术手段, 收到了较好的效果。

## 1 矿区地质特征

普查区位于中朝准地台华北拗陷南部, 东明断陷北段, 所处地质单元西邻内黄凸起, 北接临清凹陷, 南邻开封凹陷。主要受北北东和北东向构造体系所控制。对本区有影响的构造均为隐伏构造, 以断裂为主, 按其切割的深度和规模分为深大断裂和局部断裂 2 种类型。

普查区内新生界沉积厚度巨大, 最深达 6000 m 左右(东南角), 最浅 3500 m 左右(西北角), 普查区内地层由第四系、新近系、古近系。岩性以泥岩、砂岩为主。

## 2 钻探工艺要求

设计孔深 3280 m, 钻孔最大井斜  $\geq 5^\circ$ , 全角变化率  $\geq 1.5^\circ/30$  m。设计从 2950 m 开始取心, 矿层及矿层顶、底板岩矿心采取率  $> 80\%$ , 非矿层  $> 70\%$ 。从地表到矿层顶板不要求取心。岩心直径  $\leq 90$  mm。

## 3 钻井结构

濮阳施工区域第四系地层厚 300 m 左右, 用表层套管封隔, 建立井口。第三系馆陶组、明化镇组及东营组地层深至 2950 m 左右, 易缩径、掉块, 用技术套管封隔。故设计井深结构:

- 0 ~ 300 m, 孔径 445 mm, 下  $\varnothing 339.7$  mm 套管;
- 300 ~ 2950 m, 孔径 311 mm, 下  $\varnothing 245$  mm 套管;
- 2950 m 以深, 取心孔径 215 mm, 裸眼终孔。

根据该孔的地层情况, 本钻孔一开使用  $\varnothing 445$  mm 三牙轮钻头钻穿第四系松散层约 295 m 后, 下入  $\varnothing 339.7$  mm 套管并固井。二开使用  $\varnothing 311$  mm 三牙轮钻头和 PDC 复合片钻头钻进至 2950 m, 下  $\varnothing 245$  mm 套管并固井。三开使用  $\varnothing 215$  mm 取心钻头钻进至 3286 m, 穿透矿体层。

## 4 施工难点

(1)本井二开裸眼井段长 2655 m,使用  $\varnothing 311$  mm 钻头施工。大尺寸井眼条件下如何控制地层造浆以及怎样合理调整钻井液性能确保优快钻井难度较大。

(2)二开长裸眼井段钻穿易垮塌、掉块地层时,井壁失稳问题比较突出。

(3)该井钻遇盐膏层井段,合理选择钻开盐层钻井液密度,防止盐层蠕变造成卡钻是本井的重点。

(4)钻井周期长,钻井液易老化,并且随着井深的增加,地层温度逐渐增加,钻井液热稳定性要求高。

(5)目的层埋藏深,地层压力系数高,钻井液密度高,同一裸眼井段存在多套压力系数,对防漏要求高。

## 5 设备选择与钻具级配

### 5.1 设备选择

施工主要设备为:ZJ-40 型钻机, JJ2250/42K 型钻塔, 3NB-1300 型泥浆泵,  $\varnothing 127$  mm 摩擦焊钻杆。

取心钻具选用石油系统的 CQX-172 型单动双管取心筒,外筒尺寸  $\varnothing 172$  mm  $\times$   $\varnothing 140$  mm  $\times$  16 mm,内筒尺寸  $\varnothing 121$  mm  $\times$   $\varnothing 108$  mm  $\times$  6.5 mm,长度 8 m,钻头用  $\varnothing 216$  mm 的 PDC 复合片钻头,该取心筒采用高强度无缝钢管加差值短节(稳定器)作外筒,强度高,刚性好,有利于提高岩心采取率。

### 5.2 钻具级配

$\varnothing 445$  mm 钻具级配: $\varnothing 445$  mm 钻头 +  $\varnothing 177.8$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 主动钻杆。

$\varnothing 311$  mm 钻具级配: $\varnothing 311$  mm 钻头 +  $\varnothing 177.8$  mm 钻铤 +  $\varnothing 165$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 主动钻杆。

$\varnothing 215$  mm 钻具级配: $\varnothing 215$  mm 钻头 +  $\varnothing 165$  mm 钻铤 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆 + 主动钻杆。

钻具组合见表 1。

表 1 各孔段钻具组合

序号	井段/m	钻头直径/mm	钻具组合	钻铤质量/t
一开	0~295	445	$\varnothing 177.8$ mm DC $\times$ 2 柱	8.6
二开	295~2950	311	$\varnothing 177.8$ mm DC $\times$ 2 柱 $\varnothing 165$ mm DC $\times$ 3 柱	18.8
三开	2950~3286	215	$\varnothing 165$ mm DC $\times$ 3 柱	10.2

## 6 钻井液体系的选择及配方优选

### 6.1 钻井液体系的选择

ZK0401 井设计三开井段 2950 ~ 3286 m,地层压力系数 1.40 ~ 1.60,设计钻井液密度 1.45 ~ 1.75 g/cm<sup>3</sup>,盐层段 2950 ~ 3286 m。考虑到三开钻井过程中,地层含有大段盐岩、石膏以及盐层纯度高,易蠕变缩径造成井下安全隐患,所以该井在钻井液体系选择使用饱和盐水钻井液。通常现场控制入口钻井液 Cl<sup>-</sup> 浓度范围在 150000 ~ 180000 mg/L,这样既考虑到了钻井液对盐的容纳能力和处理剂作用的充分发挥,又可以有效抑制盐岩层产生的蠕变。

### 6.2 钻井液体系配方优选

#### 6.2.1 配方优选原则

(1)所选处理剂必须质量优良,能够抗盐至饱和。

(2)钻井液配方尽可能简单,避免“杂、乱”,便于分析性能和现场操作。

(3)具有良好的流动性,这是高密度钻井液配方的重点,同时也为现场实际施工工艺打下良好基础。

(4)具有良好的抗高温性能,抗污染能力强。

(5)具有良好的造壁性和封堵能力,能够形成光滑致密的泥饼,避免过多滤液侵入地层深部,有利于稳定井壁和减轻阻卡。

(6)具备良好的润滑防卡性能。

#### 6.2.2 室内高密度钻井液实验典型配方

2% 预水化膨润土浆 + 0.5% ~ 1.0% NaOH + 0.3% HP + 0.5% PAMS-150 + 1.5% LV-CMC + 3% CSMP + 3% SMC + 1% CFL + 2% SAK-1 + 30% NaCl + 重晶石粉。

钻井液配方性能见表 2。

表 2 钻井液配方性能

序号	实验条件	FV/s	PV/(mPa·s)	YP/Pa	FL(API)/mL	Gel/(Pa/Pa)	pH 值	HTHP/[(mL·(30 min) <sup>-1</sup> ]
1	热滚前	102	48	18	5.0	3.5/20	10.5	14.0
2	热滚后	83	39	11	3.5	2.0/14	10.0	10.4

注:(1)性能测定条件为 90 ℃;(2)热滚条件为 150 ℃/16 h;(3)钻井液密度为 1.75 g/cm<sup>3</sup>。

### 6.2.3 主要技术措施

#### 6.2.3.1 上部地层优快钻井技术

(1)二开钻井前在钻井液中一次性加入高粘乳液聚合物 HP 不少于 0.3%,并且在钻进中不断等浓度补充 HP 胶液,确保钻井液中高聚物的有效含量,抑制粘土分散。

(2)控制  $\text{NH}_4 - \text{HPAN}$  和  $\text{LV} - \text{CMC}$  的用量,适当放宽上部地层钻井液滤失量(20 ~ 15 mL/30 min),利于提高钻井速度。

(3)使用好四级固控设备,清除有害固相,尤其是离心机要连续运转,除掉劣质粘土,控制坂土含量升高。

#### 6.2.3.2 井壁稳定技术

(1)钻进中根据地层压力及时调整钻井液密度,易垮塌掉块地层的钻井液密度应提至设计上限,对井壁施加物理平衡应力。

(2)加入聚合物类降滤失剂,控制滤失量,降低地层水化分散、坍塌的作用。

(3)加入沥青类防塌剂,改善泥饼质量,对井壁形成坚韧、致密的保护层,提高井壁稳定性。

(4)平稳操作,减少泥浆激流产生的压力对井壁的冲击,防止形成掉块。必要时可以提高钻井液粘度、切力,既能悬浮携带出掉块,又能减轻对井壁的冲刷。

(5)盐层段钻进时,应确定合理的钻井液密度,防止盐层蠕变引起缩径。

#### 6.2.3.3 高密度盐水钻井液转化技术

(1)转化前可根据情况回收部分钻井液至储备罐备用,并使用离心机对这部分钻井液进行固相清除,尽量净化干净。

(2)转化前取基浆样品检测化验,分析固相含量、坂土含量及  $\text{Cl}^-$  等性能指标,并利用基浆复配适量胶液的方法做出盐水钻井液配方,所提供的配方必须控制合适的坂土含量,以指导现场一次性转化成功。

(3)转化。彻底清理循环罐系统,在循环罐中加入适量清水,按实验配方配制盐水胶液,处理剂通过混合漏斗均匀加入,最后加入  $\text{NaCl}$ 。然后下钻至套管鞋处替出井内老浆,根据坂土含量控制要求适当保留部分老浆,循环均匀后应控制中压滤失量  $\geq 5$  mL/30 min,  $\text{Cl}^-$  含量在  $16 \times 10^4$  mg/L 以上,最后加重至设计密度。

(4)转化时要保证钻井液有足够的悬浮能力,防止加重时重晶石沉淀。

(5)钻进过程中以配制抗盐聚合物、磺化类处理剂胶液进行维护处理。如果  $\text{Cl}^-$  含量不断上升,可补充淡水胶液稀释,避免或减轻发生盐结晶的情况。

#### 6.2.3.4 固相控制技术

(1)调整好钻井液流变性能,提高悬浮携带能力。

(2)钻进过程中保持适当的聚合物含量,保证钻井液对钻屑有一定的抑制分散能力。

(3)处理钻井液粘切时,尽量少用分散剂,尤其控制强分散剂的使用。多用聚合物降滤失剂及磺化类处理剂胶液维护处理。

(4)使用好固控设备,振动筛使用200目筛布,除砂器要保证连续有效运转,定期使用离心机,及时清除钻井液中的有害固相是保证钻井液性能稳定、降低摩阻的最佳措施。

(5)坚持短起下清砂,破坏岩屑床。可根据情况采取变排量、提高粘切、打段塞等手段清砂,确保井眼清洁。

## 7 现场实践

ZK0401 井在井深3106 m以浅,钻井液密度维持在  $1.48 \sim 1.50 \text{ g/cm}^3$ ,漏斗粘度  $74 \sim 86 \text{ s}$ ,失水量  $3.6 \text{ mL/30 min}$ ,动切力  $8.5 \sim 9 \text{ Pa}$ ,性能稳定,流动性好。

### 7.1 井身质量控制措施

(1)由于地层倾向上下较为一致,基本向东南倾,因此要使位移不超标,只能从控制井斜着手,100 ~ 200 m 必须测斜,即时监控井眼轨迹的变化。

(2)一开开眼,转动转盘、轻压吊打,防止起步井斜,整个一开加压都不超过钻铤质量的50%,井斜控制在  $1^\circ$  之内。

(3)二开由于怕带扶正器钻水泥塞导致表层套管倒扣脱落,采用塔式钻具组合吊打,打完一只钻头后,下入钟摆钻具(即18 m处加一扶正器)加PDC钻头,但由于井眼较大和PDC钻头的保径面较长,导致从井深990 m到1280 m,井斜由  $0.7^\circ$  增至  $3.0^\circ$ 。经计算会造成位移超标,必须立即将井斜降下来。因此仍下入钟摆钻具,改用牙轮钻头,处理好泥浆,控制井眼扩大率。井段1280 ~ 1560 m,井斜降至  $1^\circ$ ,效果较为理想。此后一直采用塔式钻具钻至二开结束。

(4)由于三开后地层较为平缓,三开采用光钻铤钻进,加压仍不超过钻铤质量的50%。该孔最大井斜为  $3.96^\circ$ ,位移为64.56 m,完全达到设计要求。

### 7.2 缩径粘钻事故处理

钻至 3106 m 后遇到长时间钻取岩盐夹层的泥岩后起钻遇阻,发生粘钻事故,解卡剂浸泡后解卡。

分析可能是钻井液密度不足以平衡地层压力所致。采取措施:钻井液密度由  $1.48 \text{ g/cm}^3$  提高至  $1.75 \text{ g/cm}^3$ ,在原井浆的基础上直接使用重晶石粉加重,钻井液流变性能依然保持良好,漏斗粘度 85 s,失水量  $4 \text{ mL}/30 \text{ min}$ ,动切力 16 Pa。现场小型实验时加热至  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  没有增稠现象,高温稳定性较好。利用此钻井液流动性良好,确保了该井施工的顺利进行。

## 8 实践效果

该孔从 2950 m 开始取心钻进,3286 m 取心结束,取心总进尺 336 m,取出岩心 320.2 m,岩心采取率 95.3%。盐矿心采取率方面,盐矿体总厚度 205.3 m,盐矿心总长度 201.4 m,采取率达到 98.1%。

该勘探孔采取高密度饱和盐水钻井液,结合合理的钻孔结构和钻具组合,并配以适宜取心钻探工艺,成功地实施了连续岩盐取心,收到了良好的效果。

## 9 结语

(1)上部地层软泥岩发育,长裸眼段钻进必须加大高聚物的用量,使用好固控设备,抑制固相含量增长。

(2)深井高密度钻井液体系转化环节至关重要,提前做好配方实验,必须控制合适的固相含量,保证钻井液具有较好的热稳定性,为后期钻井施工打好基础。

(3)深井取心环节,如何提高钻井液的悬浮携带能力和润滑防卡性能是保证井眼清洁、井下安全的关键。

(4)高温高密度钻井液在后期施工中必须保证具有优良的高温稳定性,严格控制固相含量,做好防漏堵漏技术工作。

## 参考文献:

- [1] 靳红兵. 深部岩盐取心钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(10):10-12.
- [2] 靳红兵,叶舞. 凹陷盐矿勘探 ZK0904 井埋钻事故分析及处理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):242-245.
- [3] 张伟,王达,刘跃进,等. 深孔取心钻探装备的优化配置[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(10):34-38,41.
- [4] 张秋冬,邢向渠,魏庆,等. 东濮凹陷盐矿普查区 ZK0403 钻孔钻探工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):238-241.
- [5] 王建华. 油田盐膏层钻井技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(4):47-49.
- [6] 王德承,余希才. 用于盐岩取心的钻井液及其应用[J]. 钻采工艺,1990,13(2):85-89,79.
- [7] 蔺文洁,黄志宇,张远德. 高密度饱和盐水钻井液在盐膏层钻进中的维护技术[J]. 天然气勘探与开发,2011,34(1).
- [8] 王扶志,张志强,宋小军. 地质工程钻挖工艺和技术[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2008.

## (上接第 28 页)

(2)含盐水泥浆体系可以有效地降低固井水泥浆滤液对地层中盐的溶蚀和膏的水化,减少壁面的缝、洞,增加壁面稳定性,增加二界面胶结强度。

(3)微膨胀防窜盐水水泥浆体系以盐水为配浆基液,优选配伍性好的各种添加剂,同常规水泥浆相比可以实现稠化时间可调、API 失水量小、水泥石抗压强度高、防油气水窜效果好,提高固井质量。同时比较乳水泥浆体系更经济有效。

## 参考文献:

- [1] 王改云,王英民,张雷,等. 沙雅隆起白垩系卡普沙良群层序地层与沉积模式[J]. 山东科技大学学报:自然科学版,2011,30

(5):59-65.

- [2] 牛新明,张克坚,丁士东,等. 川东北地区高压防气窜固井技术[J]. 石油钻探技术,2008,36(3):10-15.
- [3] 赵英泽,罗宇维. 双作用防气窜固井水泥浆体系的研究与应用[J]. 石油钻采工艺,2007,29(6):95-98.
- [4] 刘崇健,黄柏宗,徐同台,等. 油气井注水泥理论与应用[M]. 北京:石油工业出版社,2001.
- [5] 高元,杨广国,常连玉,等. 塔河油田桥古地区防气窜固井技术[J]. 石油钻采工艺,2013,35(6):40-43.
- [6] 孙健. 川东北海相高压气井固井技术研究与应用[D]. 山东青岛:中国石油大学,2007.
- [7] 赵德喜,李长荣,等. 超细防气窜水泥浆在华北油田潜山井的应用[J]. 钻井液与完井液,2001,18(3):24-26.
- [8] 刘群英,王野,范莉,等. 膏盐层固井水泥浆技术[J]. 钻井液与完井液,2005,22(2):59-61.