

垦利东兴地区深层卤水普查井钻井技术

王勇军, 赵长亮, 张明德, 郑宇轩

(山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253017)

摘要:介绍了垦利东兴地区深层卤水普查井的基本概况,从井身结构、钻具组合、钻探设备、钻头和钻进参数、钻井液、完井、洗井等方面对钻井设计进行了阐述,着重总结了钻井液的性能参数、处理剂配比及维护处理方法等方面的经验,分析了施工中出现的主要问题,介绍了处理方法。

关键词:深层卤水普查井;钻井技术;钻井液;垦利东兴地区

中图分类号:P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)06-0028-04

Drilling Technology for Deep Brine Reconnaissance Wells in Kenli Dongxing Area/WANG Yong-jun, ZHAO Chang-liang, ZHANG Ming-de, ZHENG Yu-xuan (Shandong Province Lubei Geological Engineering Prospecting Institute, Dezhou Shandong 253015, China)

Abstract: This paper introduces the basic situation of the deep brine reconnaissance wells in Kenli Dongxing area; elaborates the well design in the structure, drilling assembly, drilling equipments, drill bits, drilling parameters, drilling fluid, well completion and well washing; summarizes the performance parameters of drilling fluid, processing agent ratio and maintenance experience; and analyzes the main problems existing in the construction with dealing methods.

Key words: deep brine reconnaissance well; drilling technology; drilling fluid; Kenli Dongxing area

1 项目来源

2012 年我院与山东大学合作,参与国家高技术研究发展计划(863 计划)黄河三角洲深层卤水高效开采关键技术项目,2012 年 9 月山东省国土资源厅以《关于下达 2012 年度省地质勘查项目计划的通知》(鲁国土资发[2012]112 号)文批准开展“山东省垦利县东兴地区开展深层地下卤水资源普查”工作,并以鲁勘字[2012]48 号文下达到我院,我院承担该勘探井施工任务。

2 工程概况

2.1 地理位置

工作区位于山东省东营市垦利县东南 10 km 东兴地区,南与东营城区相连、东通东营机场、面积 30.67 km²,拐点极值坐标为东经 118°38'30"~118°43'00",北纬 37°30'30"~37°33'00",区内地理位置优越,交通网络四通八达,交通便利。

2.2 地质概况

工作区在大地构造单元上属华北陆块、华北拗陷、济阳拗陷区、东营潜断陷、东营凹陷(潜)的次级构造单元——民丰洼陷范围内,北以北部陡坡带相接,南以辛镇构造带毗邻、东以青城子凸起为邻、西与利津洼陷相通。深层卤水赋存在古近纪始新世—渐新世的湖相沉积物中,赋存层位为古近纪沙河街组三段和四段,卤水层岩性为砂岩、粉砂岩、含砾砂岩、粗砂岩、细砂岩等,卤水层埋深 2000~2500 m,卤水层累计厚度约 200~300 m,卤水层涌水量 300~400 m³/d。从上至下地层依次为:第四系平原组、明化镇组、馆陶组、东营组、沙河街组。

2.3 钻探技术要求

(1)设计孔深:2500 m。

(2)设计完钻层位:沙河街组三段。

(3)孔斜要求:百米孔斜 < 1°,0~1000 m 孔斜 < 3°,终孔孔斜 < 5°。

(4)设计取水段:1914~2490 m(沙河街二段、沙河街三段上)。

收稿日期:2014-11-05;修回日期:2015-04-28

基金项目:863 计划资源环境技术领域深井盐卤资源综合利用技术研究主题项目“黄河三角洲深层卤水高效开采关键技术”(编号:2012AA061705)

作者简介:王勇军,男,汉族,1984 生,工程师,长期从事大口径深孔钻探施工技术与生产管理工作,山东省德州市大学东路 1499 号,wyjcd511@sina.com。

(5) 止水方法:1900 m 处橡胶伞止水,上部采用水泥戴帽固井止水。

3 钻孔设计及钻探设备

3.1 井身结构及钻具组合

根据钻探技术要求,结合工区地质资料及我单位在该地区多年施工的经验,为实现安全高效钻进,本井设计为二开结构,井身结构及钻具组合见表 1。

表 1 井身结构及钻具组合					
次序	井段/ m	井径/ mm	套管外 径/mm	钻 具 组 合	
一	0 ~ 500	346	273	Ø346 mm 钻头 + Ø203 mm 钻铤 20 m + Ø345 mm 扶正器 + Ø178 mm 钻铤 90 m + Ø127 mm 钻杆 + 133 mm × 133 mm 主动钻杆	
二	500 ~ 2500	241.2	177.8	Ø241.2 mm 钻头 + Ø178 mm 钻铤 20 m + Ø240 mm 扶正器 + Ø178 mm 钻铤 100 m + Ø127 mm 钻杆 + 133 mm × 133 mm 主动钻杆	

3.2 钻探设备

工程所使用主要钻探设备见表 2。

表 2 主要钻井设备			
名 称	型 号	数 量	备 注
钻机	TSJ3000/445	1 台	
井架	K41	1 架	42.5 m
柴油发电机组	KTA38 - G2	1 台	600 kW
泥浆泵	F - 500	1 台	
钻杆	Ø127 mm	2600 m	
钻铤	Ø203/177.8 mm	210 m	

4 主要工艺技術措施

4.1 钻头及钻进参数

充分分析工区的地质资料,结合我单位多年来在东营地区地热井钻井施工的经验,为了实现高效钻进的目标,钻头及钻进参数见表 3。

表 3 钻头及钻进参数							
井 段	钻头 尺寸/ mm	钻头 类型	型 号	钻进参数			
				转速/ (r· min ⁻¹)	钻 压/ kN	泵量/ (L· s ⁻¹)	泵 压/ MPa
0 ~ 500	346	三牙轮	HAT126	52 ~ 76	8 ~ 12	31.5	10 ~ 12
500 ~ 1600	241.2	PDC	三翼/四翼	76 ~ 96	6 ~ 8	31.5	10 ~ 12
1600 ~ 2500	241.2	PDC	四翼/五翼	76 ~ 144	6 ~ 8	25.5	10 ~ 12

4.2 钻井液设计

4.2.1 钻井液性能参数

结合本工程的特点、地区地层资料及我单位在该地区钻井施工经验,我们分井段设计了钻井液,钻井液性能参数见表 4。

4.2.2 钻井液基本配方

施工使用钻井液配方见表 5。

4.2.3 钻井液处理及维护

(1) 开钻前选用优质膨润土配制钻井液,预水化 24 h,并加入一定量的 CMC 碱液、腐植酸钾调节钻井液性能^[1],由于表层多为粉砂、粉土等地层,造浆性能差,钻孔孔径又较大,所以在表层钻进中要加强钻井液的除砂工作,同时要适当地补充配制好的

表 4 钻井液性能参数							
井段/m	钻井液类型	密度/(g·cm ⁻³)	粘度/s	失水量/[mL·(30 min) ⁻¹]	滤饼厚度/mm	pH 值	含砂量/%
0 ~ 500	预水化膨润土钻井液	1.04 ~ 1.10	30 ~ 35	<12	<0.8	7 ~ 8	<4
500 ~ 1600	聚合物淡水钻井液	1.06 ~ 1.18	30 ~ 35	<8	<1.0	8 ~ 9	<4
1600 ~ 1900	低浓度盐水钻井液	1.18 ~ 1.25	40 ~ 60	<6	<1.2	9 ~ 10	<3
1900 ~ 2500	欠饱和盐水钻井液	1.25 ~ 1.30	50 ~ 60	<4	<1.5	9 ~ 10.5	<2

表 5 钻井液基本配方										
井段/m	膨润土/%	火碱/%	CMC/%	腐植酸钾/%	水解聚丙烯腈铵盐/%	磺化沥青/%	淀粉/%	盐/%	铁铬盐/%	抗盐共聚物/%
0 ~ 500	6	0.1	0.3	1.0	—	—	—	—	—	—
500 ~ 1600	4	0.2	0.5	1.0	0.5	0.5	—	—	—	—
1600 ~ 1900	3	0.3	—	1.5	0.5	0.5	2	6	1	0.5
1900 ~ 2500	3	0.5	—	2.0	1.0	0.5	3	25	2	1.0

预水化膨润土钻井液,提高钻井液的携带能力。

(2) 二开钻开表层套管固井水泥塞后,首先添加 NaCHO₃ 及 Na₂H₂P₂O₇ 进行除钙处理^[8],同时加强机械除砂工作,除钙工作结束后,加入一定量的预水化膨润土钻井液,并加入火碱、CMC、腐植酸钾、水

解聚丙烯腈铵盐及磺化沥青调节钻井液的性能至设计值,钻进过程中及时补充浓度为 1% 的处理剂溶液,同时加强机械除砂工作,维护钻井液的性能。

(3) 钻进至 1600 m 后,首先向钻井液中加入一定量的抗盐共聚物,然后加入盐、加入一定量的火碱

及铁铬盐调节钻井液的 pH 值和粘度,最后加入降失水剂调节钻井液失水量^[3],所有处理剂均配制成水溶液,再加入钻井液中,搅拌均匀。

(4) 钻进至 1900 m 后,逐渐向钻井液中加入抗盐共聚物、盐、铁铬盐、淀粉、重结晶抑制剂火碱、磺化沥青、腐植酸钾、水解聚丙烯晴铵盐等处理剂调节钻井液性能至设计值^[9],钻进中及时补充浓度为 1% 的处理剂溶液,维持钻井液性能。

4.3 完井及洗井

完井:根据石油部门在该地区的经验结合本工程实际情况,本井采用钻孔筛管衬网完井。

洗井:首先采用高压水流喷射冲洗,然后采用空压机洗井,最后采用深井泵抽水洗井的联合洗井方案。

5 施工中遇到问题及处理方案

5.1 石膏污染淡水钻井液

5.1.1 问题

施工至 1150 m 时钻井液开始变稠、失水量增加、泥饼增厚、pH 值下降,返出岩屑中可见白色石膏痕迹,上提钻具 27 m 后遇阻,逐根开泵划眼上提至 1050 m 后,阻力减小,后采用反复上提下放的方式将钻柱提出,起钻后下钻至 1050 m 再次遇阻。现场分析为地层含有石膏,污染钻井液造成钻井液性能变差,失水量大增,含石膏地层缩径垮塌造成起下钻遇阻。

5.1.2 处理措施

现场分析决定调整钻井液性能,采用铁铬盐降低钻井液粘度,使用 CMC、腐植酸钾、水解聚丙烯晴铵盐、磺化沥青降低钻井液失水量、改善滤饼质量,使用火碱调节钻井液 pH 值。处理剂配比为:2% 铁铬盐 + 1% CMC(低粘) + 1% 磺化沥青 + 2% 腐植酸钾 + 1% 水解聚丙烯晴铵盐 + 0.5% 火碱。调节后钻井液性能为:粘度 42 s、密度 1.18 g/cm³、失水量 6 mL/30 min、pH 值 9、滤饼厚度 1.0 mm。下钻扫孔顺利通过,至 1150 m 正常钻进,同时加密短起次数,每钻进 16 h 短起一次,连续短起两次后,起下钻再无阻力。后续钻进中使用铁铬盐、CMC、磺化沥青、腐植酸钾、水解聚丙烯晴铵盐、火碱,按 2:4:2:8:4:1 的比例配制成浓度为 2% 的水溶液,以细水长流的方式加入钻井液中^[7]。

钻进至 1600 m 转换成低浓度盐水钻井液时再

无同类事故发生,后续使用欠饱和盐水钻井液钻进的过程中也再未出现过此类现象,膏泥岩地层缩径垮塌的问题得到很好的解决。

5.2 钻井液起泡影响循环

5.2.1 问题

在钻进至 1600 m 将淡水钻井液转换为低浓度盐水钻井液后,钻进中返出钻井液中出现大量气泡,并伴有油气显示,影响钻井液的流动,地面设备泵送困难,影响钻井液的循环。经现场综合分析出现大量气泡的原因为:(1) 地层中油气侵入钻井液中产生气泡;(2) 盐的加入使钻井液中产生了气泡;(3) 在地层油气及盐的影响下,钻井液 pH 值降低,钻井液中的铁铬盐在低碱的环境中起发泡^[2]。

5.2.2 处理措施

现场分析后决定采用 2 项措施:(1) 提高钻井液的 pH 值(由原来的 8 提高至 10.5);(2) 使用消泡剂消泡。

经处理后钻井液中虽然还含有气泡,但已不影响地面设备的泵送,钻进至 1750 m 后,钻井液中气泡逐渐减少,直至到终孔再未出现钻井液起泡过多影响施工的现象。

5.3 沙河街组泥岩进尺缓慢

5.3.1 问题

钻进至 1800 ~ 1819.5 m 井段进尺缓慢,平均进尺仅为 0.57 m/h,无憋钻、跳钻现象,上返岩屑颗粒极小,岩性为深灰色泥岩,起钻检查钻头,钻头完好。

经现场综合分析认为进尺缓慢的原因为深层泥岩地层塑性、研磨性较强,现使用钻头不能有效地刻取岩石颗粒,进而进尺缓慢。而现所使用的三翼 PDC 钻头复合片较大,不适应塑性、研磨性高的沙河街组泥岩地层。

5.3.2 处理措施

改用吉林大学研制的仿生 PDC 钻头,其利用仿生非光滑技术把土壤动物的体表非光滑形态应用到 PDC 复合片结构设计上,以此来减轻 PDC 复合片切削的粘附性、改善 PDC 排屑环境、降低 PDC 复合片的摩擦阻力、提高 PDC 复合片的寿命和切削率(见图 1)^[5]。钻头的布齿结构采用了奇偶齿交错分布的设计,奇齿切削出岩石的峰和谷正好被偶齿的谷和峰所切削,从而增加岩石的体积破碎。在松原油页岩矿区对研制的 PDC 仿生爪趾钻头进行了钻进试验,结果表明在夹有白云岩的致密性泥页岩地层,

PDC 仿生爪趾钻头钻进效率较高,平均机械钻速为 $2.82 \text{ m/h}^{[4]}$ 。同时对钻进参数进行了修改,适当调低了钻进压力($4 \sim 6 \text{ kN}$)、提高钻进速度(采用最高转速 $144 \text{ r/min}^{[6]}$),加强固相控制工作,降低钻井液的密度(由 1.30 g/cm^3 降低到 1.25 g/cm^3)。



图1 仿生 PDC 钻头

调整后钻进速度有所提高,在此类泥岩地层平均进尺达到 0.86 m/h ,至 2500 m 终孔,时有孔段进尺缓慢,泥岩地层进尺缓慢的问题仍未得到很好的解决。

2013 年 11 月该井顺利钻进至设计孔深 2500 m ,终孔。

6 结语

(1)本工程采用二开成井井身结构,优化钻进参数、钻井液性能,有效地规避了风险、提高了钻井

效率。

(2)钻井过程中使用铁铬盐、腐植酸钾、CMC、磺化沥青、火碱等处理剂配制的钻井液有效解决了含石膏泥岩地层钻进问题,使用欠饱和盐水钻井液顺利地通过了储层。

(3)通过优选钻头类型,一定程度上提高了在深部泥岩地层的钻进速度。

(4)今后还要加强对不同地层钻头类型选择、钻井液的研究,解决深层泥岩钻进速度慢的问题,使钻井效率得到进一步提高。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学下册[M]. 湖北武汉:地质出版社,1981.
- [2] 陈庭根,等. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000:102-103.
- [3] 中国石油勘探与生产分公司工程技术与监督处. 钻井监督[M]. 北京:石油工业出版社,2003:35-39.
- [4] 刘婧,高科,徐小健,等. 新型仿生 PDC 齿高效切削机理及试验研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):6-7.
- [5] 姜新建,何东,韩霖,等. 仿生非光滑 PDC 钻头设计与应用[J]. 石油天然气学报,2012,34(10).
- [6] 景龙,徐树,常林祯,等. 沧州深部盐矿钻探施工关键技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):10-12.
- [7] 王勇军,赵长亮,郑宇轩,等. 牛热四井膏泥岩钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):33-34.
- [8] 张正,张统得. 钻井液水泥钙侵问题分析与处理技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):33-34.
- [9] 赵岩,仲玉芳,王卫民,等. S/D-2 井欠饱和盐水钻井液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):41-43.

(上接第 27 页)

通过对外际底矿区钻探施工的总结分析,笔者认为:

(1)复杂地层钻进中出现质量问题的原因主要是对矿区地质构造和地层等客观因素及钻探技术的局限认识不深,采用了不当的施工工艺和操作方法;

(2)复杂地层的表现形式多种多样,生成质量问题的结果也不一样,解决问题的手段不能是单一的,必须采取综合手段。防治质量事故必须严把地基平整、开孔、测斜、控制钻速、钻压及冲洗液用量等施工环节的质量关。

参考文献:

- [1] 贺仁均,乌效鸣,田恒星. 易斜地层钻孔倾斜规律研究[J]. 安

全与环境工程,2012,(4):111-114.

- [2] 李振学. 南坪矿区复杂地层深孔钻进技术研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(11):12-15.
- [3] 曾祥熹,等. 钻孔护壁技术及堵漏原理[M]. 北京:地质出版社,1986:75-81.
- [4] 尹建国,刘青山,夏文彬,等. 寨上矿区复杂地层钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):42-45.
- [5] 赵均文,于志坚,邢运涛,等. 承德黑山矿区钻孔纠斜技术及防斜技术措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):17-21.
- [6] 翟东旭. 嵩县大西沟矿区复杂地层钻探施工综合治理[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):32-35.
- [7] 顾军,向阳,漆万辉,等. 三塘湖盆地地层造斜力学特性分析与防斜打快对策[J]. 探矿工程,2003,2:44-48.
- [8] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京:地质出版社,1991.
- [9] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1997.