

中国石油天然气集团公司

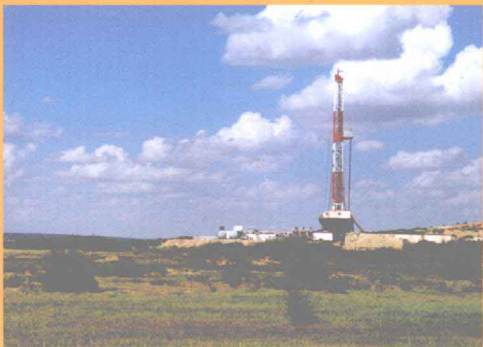
钻井技术论文集

【2008】

中国石油工程技术分公司 编



CNPC



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

中国石油天然气集团公司

钻井技术论文集

(2008)

中国石油工程技术分公司 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收录了近百篇优秀论文,内容涵盖深井钻井、大位移井钻井、水平井和分支井钻井、气体和欠平衡钻井、固井、钻井液、井控以及钻井装备工具和仪器等,涉及钻井行业的各个方面,基本展示了中国石油钻井技术发展的最新研究成果及新技术、新工艺、新方法,具有较高的学术水平和实用价值。

本书可供石油钻井专业工程技术人员、相关管理人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气集团公司钻井技术论文集. 2008/
中国石油工程技术分公司编.
北京:石油工业出版社,2009. 6
ISBN 978 - 7 - 5021 - 7165 - 0

I. 中…

II. 中…

III. 油气钻井 - 工程技术 - 文集

IV. TE242 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 080628 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com. cn

编辑部:(010)64523543 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:44

字数:1126 千字 印数:1—2000 册

定价:100.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油天然气集团公司钻井技术论文集(2008)》

编 委 会

主 任：杨庆理

副主任：秦文贵

委 员：钟启刚 伍贤柱 马永峰 潘仁杰 刘乃震
屈建省 邹来方 李国顺

主 编：李国顺

编 辑：熊腊生 张松杰 李立昌 杨立文 杨永祥
谭 平 韩烈祥 伊 明 查永进 孙勤亮
柳 建 刘雨晴 刘德胜 黄达全 李万清
寇海成 贾平军

前 言

中国石油天然气集团公司各钻探企业钻井技术各有特色,为促进中国石油钻井技术交流,进一步提高钻井技术水平,增强钻井专业的核心竞争力,中国石油工程技术分公司编辑出版了《中国石油天然气集团公司钻井技术论文集(2008)》,实现资源共享,优势互补,共同发展和提高。

本书收录了中国石油大庆钻探工程公司、长城钻探工程有限公司、渤海钻探工程有限公司、川庆钻探工程有限公司、西部钻探工程有限公司、海洋工程有限公司、部分油田公司、钻井工程技术研究院以及相关石油院校的技术人员、专家学者提供的近百篇论文。论文内容包括深井钻井、大位移井钻井、水平井钻井、分支井钻井、气体和欠平衡钻井、固井、钻井液、井控、钻井装备工具和仪器等。这些论文基本展示了中国石油钻井技术发展的最新研究成果及新技术、新工艺、新方法,具有较高的学术水平和实用价值。

本书的编辑出版得到了中国石油工程技术分公司领导的高度重视,各相关单位也给予了大力支持,工程技术分公司钻井工程处和渤海钻探工程有限公司工程技术处做了大量细致的基础工作,石油工业出版社为论文集的编辑出版付出了辛勤的劳动,在此谨向他们表示衷心地感谢!

目 录

深井和大位移井

大港油田埕海一区大位移井钻井实践	张忠志	张松杰	尚洪升等(3)
浩乌扎克油田巨厚盐膏层大位移水平井钻井技术应用	易 超	漆万辉	杜智勇等(11)
减磨减扭技术在庄海 8Nm - H3 井的应用	于学良	张文华	郑永哲等(17)
莫深 1 井复杂超深井钻井技术应用	刘占魁	张建华	吴应凯等(21)
深部膏盐层钻井工艺技术	靳恒涛	白英明	李殿荣等(27)
徐深气田深井勘探钻井配套技术研究与应用			刘永贵(33)
庄海 8Nm - H3 大位移水平井二开井段施工及套管下入情况分析	胡毅	葛贵付	张永忠等(39)

水平井、分支井

HW801 天然气藏欠平衡水平井钻井技术	王 新	林 晶	李军顺(49)
大港滩海赵东区块水平井裸眼砾石充填防砂完井技术	郑永哲	杨士明	齐月魁等(57)
大庆油田薄油层水平井设计与现场施工技术	张晓帆	宫 华	邓胜聪等(67)
静 52 - H1Z 鱼骨型水平井钻井技术	王学俭	刘福龙	武小平等(71)
新疆油田 TAML4 级分支井钻井完井技术	李晓军	宋朝晖	林 晶等(78)
新疆油田鱼骨型分支井完井技术认识与建议	蒋 刚	杨道平	蒋世强(87)

气体钻井、欠平衡钻井

大庆油田雾化泡沫钻井液的研究与应用	赵晓竹	张 坤	孙西静等(95)
氮气欠平衡钻井技术在玉门鸭儿峡油田的应用	李贵宾	万爱连	郭江辉等(102)
空气钻井技术难点及对策分析	范兴沃	张建斌	张汉林等(108)
零净液流理论计算新模型	肖新宇	肖润德	杨 玻等(118)
泡沫欠平衡钻井技术在滴 16 井应用实践	伊 明	杨万和	郑朝新(125)
泡沫钻井技术在肯尼亚 OW904 地热井的应用	程晚年	沈 炎	(134)
气体钻井地层出水识别与预测技术研究及应用	姜玉芳	宋瑞宏	李增乐等(139)
气体钻井并斜影响因素及防斜措施研究	邓 虎	余 锐	(146)
千米桥潜山欠平衡水平井钻井工艺技术	肖松平	赵 虹	王学义等(151)
欠平衡钻井技术在冀东油田的应用	刘永辉	李祥银	白亮清等(160)
四川盆地深井气体钻井技术规模化应用	查永进	邓 虎	李 季等(166)

优快钻井

中国石油钻井技术发展综述	余江莲	贾平军(177)
--------------------	-----	----------

大港长芦难采区块钻井施工安全提速配套技术 王眉山(185)

TP10CX 井安全优快钻井技术 李积泰 薛继彪 张东林(193)

NDS 无风险钻井技术在大庆油田应用可行性探讨 张 恒(204)

三塘湖油田优快钻井配套技术 张 勇 李积泰 张 伟等(212)

果4 区块优快钻井技术 龚江川 刘少刚 章学梅(219)

乌国卢克项目钻井配套技术研究与应用 喻著成 覃永健 吕晓平等(225)

液力加压安全快速钻井技术在吐哈油田的研究应用 薛继彪 王成真 龚江川(231)

玉门青西油田小井眼加深井钻井提速实践 李贵宾 郁燕飞 郭江辉等(236)

玉门探区钻井技术现状及提速潜力分析 李国兴 贺晓江 马上刚等(242)

台 63 井推覆体钻井技术 艾尔肯 屈 刚 李润川(258)

莫深 1 井 PDC 钻头优化设计及应用 吴应凯 王国华 蒋建伟(265)

单弯单稳钻具结构研究与应用 付纪浩 李云志 刘登兵(272)

塔河油田典型复合膏盐层扩孔技术 刘保安 梅峰龙 刘玉虎(278)

井底超高压射流钻井技术研究 薛继彪 范希湖 武东生等(284)

阿曼莱克瓦尔油田地质塌陷区钻井技术 冀成楼 唐德钊 郭宝民等(288)

井控、安全

官 31 - 58 井压井实践探讨 张克正 王永路 李贵峰等(295)

寄生管注气井控模拟试验井参数计算方法 高彦香 王眉山 孙宝江等(299)

培养安全意识,改变不安全行为 冀成楼 张 宏(306)

水平井井控技术探讨 靳恒涛 刘焕玉 白英明等(311)

石油钻井废弃钻井液处理的环境问题 王眉山(316)

侧 钻 井

塔里木油田 LG101 - 1C 井深井套管段铣技术 王丕政 王守歧 孙国恒等(323)

小井眼开窗侧钻水平井技术在葡 16C 和英 4C 井应用 雷华才 张龙龙 李云志(331)

取 心

气体钻井取心技术研究与应用 李伟成 陈 立 陈晓彬等(343)

提高英叶尔构造带水敏性破碎性地层取心收获率技术研究 聂恒春 樊永宁(349)

新型密闭取心工具研究及应用 易贵华 谢 勇 费维新(355)

复杂钻井事故预防及处理

芳 130—平 150 井套管事故处理实践与认识 孙庆仁 申胡成 杨春和等(365)

浅谈聚能切割技术在钻修井工程中的应用 徐小川 王荣平 陶瑞东等(370)

松辽盆地深层火山岩破碎带井壁失稳因素及对策研究 张曙光 张书瑞 郭盛堂等(375)

注采条件下储层压力数学模型研究与应用 王广仁 张 学(380)

钻柱振动模态分析方法及其应用 孙文才 李国庆(388)

钻井装备、工具与仪器

650 正脉冲无线随钻测量仪在高温深井应用的故障分析

.....	张炳顺	马少华	吕志忠等(395)
DMS 陀螺测斜仪在海洋平台恶劣环境中的应用	张炳顺	吕志忠	王荣华等(400)
FJQ 型井下封井器研制与应用	陈嘉陵	苏 涛	李金洪(403)
HZMWD 无线随钻测量与传输系统的研制与应用	徐秀杰	陈若铭	罗良波等(408)
ZJ90DB 钻机钻井泵灌注系统改造	吴应凯	张 伟	方永春等(413)
气体钻井技术与装备研究进展	伍贤柱	韩烈祥	邓 虎(418)
钻具螺纹的超声波检测	范 斌	刘贤文	魏立明等(425)
新型钻铤的研制与应用	刘润波	冯水山	陈世维等(429)

固 井

PSC-2 井 $\phi 244.5\text{mm}$ 套管固井失败原因探讨	钟福海	陈 光	费中明等(435)
表层无钻机批量固井技术	孙勤亮	马作鹏	付家文等(441)
大港油田千米桥潜山气井固井技术	闫振峰	孙勤亮	付家文等(449)
高密度抗高温隔离液的室内研究		王 翀	(454)
冀东油田水平井固井技术研究与应用	赵永光	董 杨	刘荣伟等(459)
冀中地区家 29 断块膏盐层固井技术的探讨	陈 光	钟福海	(468)
胶乳低密度水泥浆体系研究与应用	王贵宏	尹 伟	岳新庆等(473)
开窗侧钻井固井技术研究	刘宏梁	安元华	尹 伟等(483)
莫深 1 井 $\phi 244.5\text{mm} + \phi 250.8\text{mm}$ 中完固井水泥浆技术	柳 建	齐 静	苏洪生(490)
浅议超低密度水泥浆的调配方法	宫英杰	郑永哲	孙亚珍等(497)
三次采油环境下调整井固井技术探讨		贾付山	郑琦铭(503)
适合大位移井及水平井固井的微膨胀胶乳水泥浆体系研究	孙勤亮	杨远光	马思平等(510)
水泥浆静胶凝强度测试方法进展及存在的问题		朱海金	(516)
套管挠曲变形计算新方法研究	杨远光	孙勤亮	刘 勇等(523)
套管试压对水泥环封隔地层的影响研究	杨远光	杨 燕	孙勤亮等(528)
新型耐高温防窜低密度水泥浆在歧深 6 井中的应用	闫振峰	付家文	孙勤亮等(533)
新型膨胀剂及其胶乳水泥浆体系研究	杨远光	孙勤亮	张 珍等(538)

钻 井 液

HRD 无固相弱凝胶钻井液在冀东油田水平井中的应用 ...	卢淑琴	赵亚宁	姜 薇等(547)
KCl-饱和盐水钻井液在大北 102 井的应用	刘保安	任风君	谢建辉(551)
MEG 钻井液体系在滨 26X1 井的应用	黄达全	宋胜利	王伟忠等(556)
北布扎奇油田清洁钻井液显著改善浅层油气井固井质量	刘德胜	陈星元	高永会等(563)
长深区块深井防塌钻井液技术	李万清	陈柏山	官海峰等(571)

成膜封堵低侵入钻井液在冀东南堡油田的应用 卢淑芹 朱宽亮 吴晓红等(576)

大港油田保护油层钻井液技术综述 黄达全(582)

高性能硬胶泡沫钻井液体系的研究及应用 黄文红 李爱民 杨吉祥(595)

硅酸盐钻井液在大港油田侧钻井中的应用 田增艳 董殿彬 黄达全等(600)

克拉玛依油田水平井钻井液及油气层保护技术 马世昌 陈 涛 黄治中等(608)

抗高温水基钻井液体系研究与应用 汪世国 孙金声 查永进等(618)

舍女寺区块孔二段钻采一体化油层保护技术研究与应用
..... 苏秀纯 王眉山 代礼杨等(626)

双城油田水平井低滤失聚合物钻井液研究与应用 刘聚廷(634)

无固相暂堵型水平井完井液技术研究 盛 欣 周显东 雷 丽等(638)

无黏土钻井液体系评价及在靖平 09 - 14 井的应用 金祥哲 杨 斌(648)

肇分 31 - 平 28 井钻井液技术 刘润波 李英武 吕成业等(652)

伊朗 MIS 油田裂缝性高含硫枯竭油气层钻井液技术 刘德胜(657)

油包水乳化钻井液用新型复合乳化剂的应用 李英武 范 宣 隋彦芬等(665)

油包水钻井液体系的研究与应用 李万清 陈柏山 孙国军等(669)

其他(IADC 会议材料摘编)

CNPC 未来在国际油气市场的发展前瞻——2007 年国际石油钻井承包商市场调查 ... (681)

钻井工业的挑战 (690)

深井和大位移井

大港油田埕海一区大位移井钻井实践

张忠志 张松杰 尚洪升 孟祥龙 汪胜武

(中国石油渤海钻探第一钻井公司)

摘 要 大港油田埕海一区丛式井组是中石油部署的井数最多、位移最大的丛式井组,摸索出轨迹优化设计、轨迹优化控制、钻头优选、井眼清洁、井壁稳定、井眼防碰等技术,成功钻成了一批大位移井,最大水垂比达 3.92。

关键词 大港油田 埕海一区 大位移

1 前言

埕海一区位于河北省黄骅市关家堡村以东的滩涂至水深 4m 的极浅海地区,东北邻赵东油田,西接羊二庄油田,地质上属埕北断阶带庄海 4×1 断鼻,主要包括庄海 4×1 和庄海 8 两个含油断块,油藏埋深 500~2050m,钻探揭示自上而下主要发育 Nm、Ng、Es 等含油目的层。压力系数为 0.93~1.02,地温梯度为 3.44℃/100m,属正常温压系统油藏。计划修建人工端岛采用丛式井组方式进行开采,庄海 4×1 断块上部部署 13 口定向井和水平井、在庄海 8 断块上部部署 20 口大位移井。目前该丛式井组已经完成 23 口井,其中大位移井 11 口,取得了良好技术指标(表 1)。

表 1 大位移井技术指标统计

序号	井号	井深 (m)	垂深 (m)	位移(m)	水垂 比	钻井周期 (d)	建井周期 (d)	月速 (m/台月)	钻速 (m/h)	造斜点 (m)	最大井 斜(°)
1	庄海 8Ng-H1	4102	1272.00	3481.72	2.74	19.46	26.59	5005.83	41.02	147	91.55
2	庄海 8Ng-H3	3980	1272.69	3304.97	2.60	19.38	24.34	5153.96	41.89	186	93.81
3	庄海 8Es-H1	4347	1506.88	3595.67	2.39	21.09	25.22	6044.95	51.23	180	93.09
4	庄海 8Ng-H2	3696	1272.60	3078.65	2.42	13.92	19.60	6443.39	45.63	145	92.09
5	庄海 8Es-L1	4035	1569.53	3283.49	2.09	17.21	21.03	5941.1	33.35	240	81.79
6	庄海 8Es-H3	4590	1537.25	3841.75	2.50	20.12	26.39	6355.34	34.31	220	91.03
7	庄海 8Es-H4	3806	1539.36	3010.77	1.96	20.05	35.15	4749.72	30.09	260	92.6
8	庄海 8Nm-H3 导	5388	1579.86	4639.62	2.94	28.75	33.19	5025.08	36.65	100	88.89
	庄海 8Nm-H3	4729	1071.06	4196.35	3.92	23.94	28.77	5084.95	43.38	100	91.12
9	庄海 8Es-H2	3806	1511.22	3080.35	2.04	17.34	21.15	5552.83	35.74	170	92.43
10	庄海 8Es-H5	5536	1536.99	4841.61	3.15	29.49	57.94	4801.35	37.34	180	90.44
11	庄海 8Es-L3	4880	1561.98	4196.2	2.68	28.96	35.53	4597.45	38.27	130	88.02

2 埕海一区大位移井主要技术难点

埕海一区的地质目标、地层特性、工程性质决定了大位移井施工特点：

地质目标距离远、垂深浅，井底位移大、水垂比大，带来了轨迹控制、位移延伸、井眼清洁、管柱下入等困难。

所钻地层为新近系的明化镇组、馆陶组和古近系的沙一段，岩性以砂泥岩互层为主、地层压力系统较稳定。但明化镇组地层蒙脱石含量高、井壁塑性大，起钻困难；馆陶组地层孔隙度大，垂深浅井眼长产生循环当量钻井液密度（ECD）大，存在井漏风险。

丛式井组完成井数多、井口间距小、井眼轨迹密集在 37° 的扇区内，造成轨迹优化、监测、控制、防碰困难。

3 埕海一区大位移井钻井关键技术应用

3.1 井眼形成方面

（1）剖面设计与控制。

① 剖面设计：

综合考虑目标点、防碰绕障、工具造斜率、钻井载荷等因素，对已完成的大位移井进行了不同形式的剖面设计。准悬链式剖面造斜率由小到大，能有效降低各工况的侧向力，减小了钩载和扭矩，为首选剖面类型，在庄海 8Ng-H1 等井进行了应用（表 2）。

表 2 庄海 8Ng-H1 井剖面设计数据

井段	测深 (m)	井斜角 (°)	方位角 (°)	垂深 (m)	视平移 (m)	全角变化率 (°/30m)	井斜变化率 (°/30m)	方位变化率 (°/30m)
造斜段	147.30	0.00	0.00	147.30	0.00	0.000	0.000	0.000
	247.30	5.00	90.72	247.17	4.36	1.500	1.500	0.000
	397.30	15.00	90.72	394.71	30.37	2.000	2.000	0.000
	597.30	31.67	90.72	577.70	109.29	2.500	2.500	0.000
造斜终点	1068.84	78.82	90.72	839.00	485.79	3.000	3.000	0.000
调整点	3274.90	78.82	90.72	1266.70	2649.56	0.000	0.000	0.000
入窗点 A	3367.43	90.00	95.97	1275.70	2741.43	4.000	3.625	1.700
靶点 B	4069.36	90.00	95.97	1275.70	3441.57	0.000	0.000	0.000
井底点	4080.00	90.00	95.97	1275.70	3452.18	0.000	0.000	0.000

② 轨迹控制：

在防碰井段，为防止邻井磁干扰、提高测量精度，使用陀螺仪单点仪配合导向马达控制轨迹；水垂比较小时，使用 MWD 仪器配合导向马达或 MWD 仪器配合旋转导向工具控制轨迹；水垂比较大、不能滑动钻进时，只能使用 MWD 仪器配合旋转导向工具控制轨迹。现场实践证明，埕海一区水垂比小于 2.8 的大位移井可以使用 MWD 仪器配合导向马达控制轨迹。

(2) 高效破岩技术。

① 钻头选型:

φ444.5mm 井眼使用 GJT115L 牙轮钻头,该类钻头轴承金属密封、巴掌特别保径、牙齿大,适合于高转速定向钻进,在埕海一区浅地层中机械钻速高。φ311.1mm 井眼使用型号为 GP19455EX、T5445S、HCR605S 的 PDC 钻头,φ215.9mm 井眼使用 GP19455EX、HCR606 的 PDC 钻头。上述型号 PDC 钻头有以下特点:冠部剖面为浅内锥短外锥形、混合布齿、短保径(增加侧向力)、螺旋刀翼(防反转),适合于定向钻进,在埕海一区地层中定向钻进效率高。

② 破岩方式:

旋转钻进机械钻速远远高于滑动钻进机械钻速,旋转钻进机械钻速与转速基本成正比。在所有大位移井施工中,使用导向马达定向钻进时,坚持做到少定、勤定、多导;使用旋转导向工具定向时,保持高转速旋转。正常钻进时的旋转速度始终保持 120r/min 以上。

(3) 井眼清洁技术。

① 高速旋转钻柱破坏岩屑床:

大位移井井斜大,下井壁极易形成岩屑床,直接影响大位移井钻井成败。为了解决这一问题,我们借鉴 K&M 公司的成功经验,把保持钻柱高速旋转作为井眼清洁的必要条件。其理由是:高速旋转的钻柱与下井壁岩屑和钻井液间产生足够的引带力和撞击力,将下井壁钻屑带向井眼中心,随即被上返的钻井液向上运移。成功的经验是:φ311.1mm 井眼钻柱转速保持在 150~180r/min、φ215.9mm 井眼钻柱转速保持在 120~150r/min。

② 良好流变性钻井液携带岩屑:

大位移井钻井液最重要的性能是 3 转、6 转读数。由于环空钻井液上返的剪切速率较低,以往用于计算钻井液携岩能力的 300 转、600 转读数不能客观地表达环空流动状态。借助 K&M 公司的经验,我们高度重视低剪切速率流变性能,始终保持“6 转读数 = (1.0~1.2) × 井眼尺寸(in)、3 转读数 = 6 转读数 - (1~2)(in)”,取得了良好的效果。

③ 高转速倒划眼起钻排出岩屑:

高速旋转钻柱、良好的低剪切速度性能还不能确保大位移井眼足够清洁,残留的岩屑形成的下井壁岩屑床很可能会给下套管等后续作业带来麻烦,因此埕海一区大位移井在施工过程中,我们一直采用高转速倒划眼起钻措施,利用这种方式把滞留的岩屑充分地排出井眼。倒划眼起钻的转速、排量与钻进时相同,上提速度根据扭矩、返砂情况确定,正常时保持每小时 3~4 柱的起钻速度。

④ 高效固控设备清除岩屑:

埕海一区使用五级净化装置把携带出来的岩屑有效地从钻井液中分离出来。五级净化包括:一级振动筛 2 台 80 目筛布粗过滤、二级振动筛 4 台 120 目筛布精过滤、三级除砂器 1 台、四级除泥器 1 台、五级离心机 4 台(其中中速离心机 2 台、高速离心机 2 台)。

(4) 井壁稳定技术。

① 防缩径方面:采用紊流冲刷方法解决了上部地层起钻困难问题。

埕海一区明化镇组地层软泥岩容易缩径,用各类抑制性能好的钻井液时问题更严重。通过一段时间的摸索,我们就地取材,用海水加聚合物简单配置的钻井液较好地解决了缩径起钻困难的问题。海水聚合物钻井液密度 1.15g/cm³、漏斗黏度 30~33s,使用大排量时容易形成紊流,冲刷井壁适当地扩大了井径。进入馆陶组地层后,及时更换抑制性钻井液体系,确保了

下部地层的井壁稳定。

② 防漏方面:控制循环当量钻井液密度(ECD)防止了井漏的发生。

埕海一区地层破裂系数为 1.44。庄海 8Ng-H1 井钻井液密度 $1.18\text{g}/\text{cm}^3$ 时,采用设计的钻井参数及钻具组合,计算 ECD 为 $1.322\text{g}/\text{cm}^3$ 。该值小于破裂压力,理论上不会发生漏失。但 ECD 与钻井液性能、工程措施、井眼清洁状况等因素有关,实钻时,我们在底部钻具组合处安装了 PWD 随钻测压装置,用于监测并指导调整井底 ECD,确保了施工过程中不发生井漏。

(5) 井眼防碰技术。

经研究,采用陀螺测斜、防碰段多下一层保护套管、防碰综合监测等手段有效地解决了井眼防碰难题。

增强防碰意识:发现异常立即停钻检查,首先考虑是否与邻井相碰,防止钻穿邻井套管。

使用防干扰仪器:由于与邻井距离非常近,为避免磁干扰,必须采用陀螺测斜,待井眼钻出磁干扰区域后,再采用 MWD 测斜。

防碰综合监测:在防碰井段使用牙轮钻头钻进,并控制顶驱转速、机械钻速;加强对砂样的录取,密切观察是否有铁屑返出,以便及时发现是否与邻井套管相碰;加密测量磁场强度以及井斜、方位。

防碰段套管保护:邻井防碰井段有表层套管或技术套管,保护了油层套管。

3.2 位移延伸方面

(1) 顶驱选择及参数调整。

顶驱是位移延伸的动力。过去顶驱选择时存在只关注输出扭矩这一错误的认识。因为“功率=扭矩×角速度”,钻大位移井时为了保证井眼清洁效果,需要高转速旋转钻柱,这样随着位移延伸扭矩增大所需的顶驱输出功率也相应增加。根据对位移最大、垂深最浅、水垂比最大的庄海 8Nm-H6 井(位移 5445m、垂深 1009m、水垂比 5.41)进行扭矩预测,为该项目配置了持续输出扭矩为 $75\text{kN}\cdot\text{m}$ 、额定输出功率为 1000hp 的大功率顶驱,为位移延伸提供了必要的动力。在庄海 8Nm-H3 井实钻后期,达到了顶驱额定输出功率,顶驱工作出现不稳定现象,通过钻进时降顶驱转速降低输出功率、钻完立柱划眼或循环扭矩下降时再提高顶驱转速的方式,控制顶驱输出功率始终在额定功率以内,同时保证了携岩效果。

(2) 降摩减扭技术。

摩阻扭矩是位移延伸的阻力。大位移井施工中,随着位移的延伸,管柱滑动下放的摩擦阻力将随着增大,延伸到一定程度时,管柱将无法滑动下放,给滑动定向钻进、下套管等作业带来困难。埕海一区大位移井在施工过程中,使用旋转导向仪实现旋转状态下定向,解决了滑动定向阻力大的问题;使用漂浮接箍减小下套管摩擦力,解决了套管的下入遇阻问题。另外,依靠井眼清洁、钻井液润滑、简化钻具组合、使用减扭接箍等方法实现降摩减扭。底部钻具组合中的钻铤、加重钻杆,会形成较大的摩阻和扭矩,导致低效钻进或根本无法延伸井眼。因此埕海一区大位移井钻井中不用钻铤、加重钻杆。庄海 8Nm-H3 井三开钻进时扭矩较大,使用减扭接箍后,扭矩降低了 20%。

3.3 管柱下入

一般情况下,水垂比达到 2.8 后管柱自重引起的阻力会导致管柱无法下入。下钻具时采用接顶驱旋转的方法下入,这样使钻具的滑动摩擦变成了滚动摩擦,大幅度减小了摩擦阻力;

下技术套管时使用漂浮接箍使下部套管柱内形成空气腔的方法下入,这样减小了滑动摩擦的正压力,从而使套管柱克服了摩擦阻力,确保了套管的正常下入。

4 埕海一区大位移井现场实施(以庄海 8Nm - H3 为例)

4.1 钻探目的

- (1) 导眼兼探沙河街组油藏。即在明化镇组油层入窗后,下入 $\phi 244.5\text{mm}$ 技术套管,先不钻明化镇组水平段,而是降斜至 25° 钻探邻井庄海 8Es - H5 井准备开发的沙河街组油藏。
- (2) 主眼开发明化镇组油藏。钻探完邻井庄海 8Es - H5 井准备开发的沙河街组油层后,打水泥塞至技术套管,钻水平主井眼开发明化镇组油藏。

4.2 工程设计概况

(1) 剖面设计(表 3)。

表 3 剖面主要数据表(投影方位 94.72°)

井眼	井段	测深 (m)	井斜角 ($^\circ$)	方位角 ($^\circ$)	垂深 (m)	视平移 (m)	全角变化率 ($^\circ/30\text{m}$)	井斜变化率 ($^\circ/30\text{m}$)	方位变化率 ($^\circ/30\text{m}$)
上部井眼	造斜始点	100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.000	0.000	0.000
	微调点	200.00	8.00	97.00	199.68	6.96	2.400	2.400	0.000
	造斜终点	1168.51	85.47	94.75	814.03	659.69	2.400	2.400	-0.070
	调整点	4349.25	85.47	94.75	1065.00	3830.51	0.000	0.000	0.000
	入窗点 A	4407.40	90.00	93.67	1067.30	3888.60	2.400	2.335	-0.557
导眼	靶点(T)	5361.52	24.71	64.14	1562.30	4629.22	2.156	-2.050	-0.929
主眼	靶点B	4680.27	90.00	93.67	1067.30	4161.42	0.000	0.000	0.000
	井底点	4690.00	90.00	93.67	1067.30	4171.15	0.000	0.000	0.000

(2) 井身结构设计(表 4)。

表 4 井身结构设计主要数据表

开钻次序	井深 (m)	钻头尺寸 (mm)	套管尺寸 (mm)	套管下入深度 (m)	环空水泥浆返深 (m)
导管	—	—	660.4	47.18	—
一开	1220	444.5	339.7	1218	地面
二开	4407	311.1	244.5	4403	1168
三开	导眼 5388	215.9	裸眼	不下套管	5140 ~ 5240, 4385 ~ 4585
	主眼 4690	215.9	挂 177.8 尾管 + 筛管	4353 ~ 4688	—

4.3 主要技术指标

庄海 8Nm - H3 井完钻井深 4729m,垂深 1071.06m,水平位移 4196.35m,井底水垂比 3.92。钻井周期 25.21d,建井周期 30.17d,钻机月速 5084.95m/台月,平均机械钻速 43.38m/h。

4.4 分井段施工简况

(1) 一开(0~1220m)。

2008年5月13日一开钻进,使用“ $\phi 444.5\text{mm}$ GJT115L 牙轮钻头 $\times 0.42\text{m} + \phi 245\text{mm}$ 马达(1.5°) $\times 8.62\text{m} + \phi 203\text{mm}$ 短无磁钻铤 $\times 2.94\text{m} + \phi 209\text{mm}$ MWD $\times 8.50\text{m}$ ”定向钻具组合(钻压60~120kN、转速155r/min、排量68L/s、泵压14MPa)。采用海水钻井液,节约了钻井成本、提高了机械钻速。井深100m开始定向,由于与邻井距离非常近,为避免磁干扰,采用陀螺测斜仪定向,钻出磁干扰区域后,采用导向马达和MWD定向钻具组合钻进。表层井眼比较大,环空返速低,采取间断打入稠塞(瓜尔胶含量 $15\text{kg}/\text{m}^3$)70L/s大排量循环措施,有效地解决了钻井液携砂的问题。在滑动钻进井段加入FRT润滑剂,减少定向时托压,钻至井深1220m完钻后,大排量循环,全井段高转速大排量倒划眼起钻后,直接下套管,节省了通井时间,缩短了钻井周期。

(2) 二开(1220~4438m)。

二开先采用“ $\phi 311.1\text{mm}$ GP19455EX PDC 钻头 $\times 0.42\text{m} + \phi 245\text{mm}$ 马达(1.25°) $\times 9.52\text{m} + \phi 267\text{mm}$ 扶正器 $\times 1.74\text{m} + \phi 192\text{mm}$ 短无磁钻铤 $\times 2.91\text{m} + \phi 215\text{mm}$ LWD $\times 5.92\text{m} + \phi 215\text{mm}$ MWD $\times 8.47\text{m}$ ”定向钻具组合钻进。钻进过程中保持65L/s左右的排量,顶驱转速155r/min。有效地达到对井壁的冲刷,以及对岩屑床的合理破坏。同时加入适量的润滑剂和抑制剂,既提供润滑和防泥包能力,又提供对已钻井段泥岩的抑制能力。从2292m转换为ULTRADRIL体系钻井液,该体系具有以下特点:较强的泥岩抑制性和井壁稳定性;较低的结块和泥包趋势;较好的润滑性和易维护性。保证固控设备的全天候运转,及时有效地清除有害固相,保持钻井液性能稳定。

钻进至3350m(井斜 86.73° 、方位 93.54°)时,由于井斜大、位移大、摩阻大导致无法定向(钻具放不到井底),倒划眼起钻换旋转导向钻具。下入“ $\phi 311.1\text{mm}$ HCM605 PDC 钻头 $\times 0.37\text{m} + \phi 308\text{mm}$ 旋转导向仪 $\times 8.66\text{m} + \phi 210\text{mm}$ LWD $\times 5.80\text{m} + \phi 210\text{mm}$ MWD $\times 8.47\text{m}$ ”定向钻具组合,下钻至3150m时钻具下放困难,采用低转速、小排量旋转下钻到底,钻进至4438m二开完钻(井底井斜 90° 、方位 94.40° 、垂深1067.73m、位移3910.41m、水垂比3.66)。倒划眼起钻后,为了保证能顺利地下入套管,进行了通井作业。采取大排量(70L/s)、高转速(150r/min)方式,进行携砂,有效地破坏了岩屑床和砂桥,保持井眼干净,为了降低摩阻起钻前打入4t塑料微珠。下套管时使用了漂浮下套管技术,漂浮段长2800m,使套管对井眼低边正压重量减少120t左右,降低了摩擦阻力,使套管顺利下到了设计井深(下完尚余50t悬重,经反演位移再水平延伸1000m,仍可下套管)。

(3) 导眼(4438~5388m)。

导眼段下入“ $\phi 215.9\text{mm}$ HCR606 PDC 钻头 $\times 0.25\text{m} + \phi 191\text{mm}$ 旋转导向仪 $\times 7.64\text{m} + \phi 171\text{mm}$ LWD $\times 5.73\text{m} + \phi 171\text{mm}$ MWD $\times 8.25\text{m}$ ”定向钻具组合。本井段扭矩大,顶驱负荷大,经常超温报警、自动停止,无法活动钻具。为避免出现顶驱超温,采取低转速(80r/min)钻进、高转速(100r/min)划眼携砂的方式施工,同时向钻井液混入原油40t。钻进至4897m时,扭矩高达52~54kN·m,转速降至70r/min 顶驱仍无法长时间工作。倒划眼短起至套管内,下钻时自4582m之后每柱钻杆下入一个减扭接头。

在钻具中加入减扭接头,采用低转速钻进、高转速循环携砂的方式,钻进至5388m完钻(井底井斜 31.2° 、方位 82.46° 、垂深1579.86m、位移4639.62m、水垂比2.94)。由于钻进时转