

胜坨油田老区加密井钻井技术及其应用

张晓明

(中国石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东 东营 257017)

摘要:胜坨油田属于胜利采油厂老油区,油田开发进入中后期,由于经过长时间的注水开采,地层压力紊乱,且部署井网密集。为保持产量稳定,在原有老井场进行加密钻井。加密井存在着防碰绕障、井眼轨迹控制和钻井井控等技术难点,需要根据实际钻井情况制定有针对性的技术方案和应急预案。以胜坨油田三区1个井组(5口井)和1口单井为例,从钻井工程设计、井眼轨迹控制、底部钻具组合优化和井控技术等方面进行了分析,进而提出了防碰段采用“牙轮钻头+单弯螺杆”,注水井提前关井停注泄压等解决施工难点的对策。实践证明所采取的措施科学可行,为油田老区相同类井钻井提供了技术经验。

关键词:加密井;防碰绕障;底部钻具组合优选;钻井井控;胜坨油田

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2017)02-0032-05

Application of Drilling Technology on Infill Wells in Matured Areas of Shengtuo Oilfield/ZHANG Xiao-ming (Drilling Technology Research Institute, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying Shandong 257017, China)

Abstract: Shengtuo oilfield is the matured oil areas of Shengli oilfield. Oilfield development entered the later period, formation pressure disturbance is very common due to long period of waterflooding development, and the deployment of dense well pattern. To maintain the stable production, drilling infill wells in the existing well field. There is anti-collision and barrier-bypassing, wellbore trajectory control and drilling well control and other technical difficulties on infill wells, therefore, according to the actual drilling situation to develop technical plan and emergency plan, anti-collision wells use the “cone bit + PDM” BHA, pressure relief by stopping early water injection in injectors. Take one group (five wells) and one well as examples, engineering plans, wellbore trajectory control, BHA optimization and well control technology are analyzed, and corresponding measures are proposed, which solve the construction difficulties. The applications prove the scientific and feasible of the measures, and provide reference function for same kind of drilling in matured oilfield.

Key words: infill wells; anti-collision and barrier-bypassing; BHA optimization; well control; Shengtuo Oilfield

胜坨油田已经进入开发中后期,为了提高最终采收率,改善开发效果,在掌握剩余油分布状况的基础上,对老区井网进行整体加密钻井。然而,由于长时间的注水开采,地层压力紊乱,且井网密集,加密井钻井存在防碰绕障、井眼轨迹控制和钻井井控等技术难点,通过制定针对性的技术方案和应急预案,解决了施工难题,取得了良好效果。

1 钻井技术难点

1.1 防碰绕障

从理论上讲,设计避开障碍井较为简单,但往往实钻井眼轴线与设计井眼轴线会存在差距,加之每口井使用的测斜仪器和软件存在误差,钻进过程中会发生井眼相碰事故。胜坨油田井网密集,年代久

远的井数据缺失或者不准确性,给防碰事故带来一定困难。以3-4-斜760井为例,防碰扫描结果显示(见表1),距离在20 m以内的井有10口,与老井的最近距离在3.30 m。

1.2 钻井井控

老区注水井多,地层压力紊乱且憋压现象严重,窜槽井判断难度大,泄压等待时间长,无法准确预测地层压力,加密井设计钻井液密度和实际相差较大^[1-4],造成井控难度大。如2009年8月,3-5-斜54井钻至井深1928.00 m(沙二段)钻遇水淹层,发现溢流,溢出物为钻井液与水的混合物,此时钻井液相对密度1.15 g/cm³,粘度48 s。采用边钻进边加重处理钻井液措施,钻井液相对密度由1.15 g/cm³升至1.23 g/cm³,粘度由48 s降至41 s,钻至井深

收稿日期:2016-04-19;修回日期:2016-12-08

作者简介:张晓明,男,汉族,1984年生,工程师,石油与天然气工程专业,硕士,主要从事钻井技术工作,山东省东营市北一路827号钻井工艺研究院钻井所,zhangxm1202@163.com。

表 1 3-4-斜 760 井防碰扫描结果

序号	3-4-斜 760		井号	数据来源	邻 井		最近距离/m	扫描角/(°)	仰角/(°)
	井深/m	垂深/m			井深/m	垂深/m			
1	1820.00	1766.88	坨 128-40	实钻	1767.07	1766.80	6.04	85.92	0.72
2	1720.00	1682.86	坨 128-斜 104	实钻	1683.19	1682.91	13.31	88.11	-0.25
3	1510.00	1503.78	坨 30-平 1	实钻	1504.29	1504.13	33.39	82.88	-0.60
4	1310.00	1310.00	坨 30	实钻	1310.16	1310.12	28.66	239.45	-0.23
5	1600.00	1582.03	坨 128-斜 63	实钻	1582.42	1582.29	22.96	86.18	-0.65
6	1580.00	1565.22	坨 128-斜 66	实钻	1565.59	1565.45	28.85	81.26	-0.45
7	1140.00	1140.00	坨 128-斜 80	实钻	1140.16	1140.01	33.39	196.51	-0.01
8	1720.00	1682.86	坨 128-斜 15	实钻	1682.64	1682.57	19.24	88.04	0.85
9	1730.00	1691.26	坨 128-斜 16	实钻	1691.09	1691.05	16.81	77.48	0.70
10	2250.00	2128.18	坨 128-斜 11	实钻	2130.87	2128.35	24.33	91.19	-0.40
11	1830.00	1775.28	3-3-斜 57	实钻	1821.19	1788.96	61.04	101.38	-12.95
12	1670.00	1640.84	3-3-斜 646	实钻	1639.43	1629.54	30.84	297.94	21.51
13	1730.00	1691.26	3-3-斜 63	实钻	1732.01	1689.73	9.64	307.25	9.14
14	1690.00	1657.65	3-3-斜 636	实钻	1660.09	1649.11	52.51	283.46	9.36
15	2150.00	2044.15	3-3-613	实钻	2041.41	2040.69	68.92	81.99	2.88
16	1770.00	1724.87	3-3-斜 618	实钻	1710.92	1696.09	77.87	303.55	21.69
17	1990.00	1909.72	3-3-65	实钻	1909.38	1908.98	13.73	71.93	3.08
18	1950.00	1876.11	3-3-斜 640	实钻	1877.37	1862.48	37.09	297.08	21.55
19	280.00	280.00	3-2-斜 430	设计	279.96	279.96	5.90	357.18	0.32
20	1350.00	1349.48	3-2-斜 491	设计	1349.68	1349.40	6.21	73.05	0.74
21	390.00	389.99	3-3-斜 650	实钻	390.01	390.00	6.89	202.00	-0.03
22	370.00	369.99	3-3-斜 680	实钻	369.99	369.97	3.30	210.64	0.38

1954.00 m 溢流消失,之后钻井液相对密度由 1.23 g/cm³ 降至 1.21 g/cm³,粘度由 41 s 升至 48 s,维持正常钻进。2010 年 9 月,3-3-斜更 51 井钻进至井深 1779.00 m(沙一段)由于周围注水井未停注,发生溢流,钻井液相对密度 1.17 g/cm³ 降至 1.12 g/cm³,粘度由 36 s 降至 34 s,溢出物为钻井液和水的混合物。

2 钻井技术措施

2.1 防碰绕障

2.1.1 “预分法”防碰绕障技术

“预分法”防碰绕障钻井技术是在井斜不超标的情况下,在没有到达造斜点之前控制井眼方位向有利于防碰的方向钻进,形成分支状丛式井防碰轨迹,将被动绕障模式转为主动分离防碰模式,以有效解决井组井口数量多、井口间距小、防碰难度大的问题。采用“预分法”防碰绕障技术,直井段施工时通过预分可以减少井眼相碰风险,尤其是在海洋钻井平台,造斜点浅、井口数量多,在直井段进行预分可以减轻后期防碰施工工作量。

2.1.2 底部钻具组合优选绕障

造斜段和稳斜段分别采用单弯单稳(图 1)、单

弯双稳(图 2)导向钻具组合的施工技术方案。增斜段选择无上稳定器的单弯导向钻具,可以充分发挥其滑动钻进时造斜率高、复合钻进时微增斜的特点,在满足造斜率的前提下,适当降低“滑动/复合”比例。稳斜段选用有上稳定器的“单弯双稳”导向钻具,可以保证轨迹尽量达到稳斜效果,减少后期轨迹调整^[5],提高机械钻速。



图 1 单弯单稳型导向钻具组合



图 2 单弯双稳型导向钻具组合

2.2 钻井井控技术

(1)在二开验收之前,各班组轮流进行各种工况下的防喷演习,且各工种配合熟练。同时,准备好足量的加重材料和堵漏材料,检修加重设备,一旦发生复杂情况能在第一时间采取有效措施。

(2)加强井控坐岗,在注水井层位上下定时测量钻井液性能,防止钻进过程中地层流体侵入污染钻井液^[6]。

(3)钻遇油层 50 m 前,关闭周围 300 m 以内的注水井和 200 m 以内的大排量电泵井,清楚掌握 500 m 以内的注水井,了解 1000 m 范围内的注水井。

3 应用实例

以 1 个井组(3-2-斜 430、3-2-斜 491、3-3-斜 650、3-3-斜 680、3-4-斜 760 井)和 3-5-斜 616 井为例。

3.1 优化工程防碰设计

6 口实例井设计井身结构见表 2。井眼轨道设计原则主要是有利于现场施工、油层开发和防碰绕障^[7-9]。如综合考虑 3-4-斜 760 井各方面因素,

对原设计剖面(表 3)进行了合理优化(表 4),1300 m 的造斜点不变,初始朝 160° 方向造斜,造斜至 1400 m,井斜角 15°,稳斜钻进至 1450 m 后向设计方向造斜。如果不进行井眼轨道优化和防碰绕障设计,在垂深 1761 m 处,该井与坨 128-40 井的距离仅为 2.42 m,优化后在垂深 1766.88 m 处,两井间的距离大于 6 m(图 3)。

表 2 6 口实例井井身结构

开钻次序	井深/m	钻头直径/mm	套管直径/mm	套管下深/m	水泥封固段/m
一开	201~361	346.1	273.1	200~360	0~361
二开	2231~2516	215.9	139.7	2230~2516	地面

表 3 3-4-斜 760 井原设计剖面

井深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	垂深/m	水平位移/m	南北位移/m	东西位移/m	“狗腿”度/[(°)·(100 m) ⁻¹]	工具面/(°)	靶点
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1300.00	0.00	173.71	1300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1515.25	32.29	173.71	1504.04	59.06	-58.71	6.47	15.00	0.00	
2248.61	32.29	173.71	2124.00	450.80	-448.09	49.36	0.00	0.00	A
2409.48	32.29	173.71	2260.00	536.74	-533.51	58.77	0.00	0.00	

表 4 3-4-斜 760 井优化后设计剖面

井深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	垂深/m	水平位移/m	南北位移/m	东西位移/m	“狗腿”度/[(°)·(100 m) ⁻¹]	工具面/(°)	靶点
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1300.00	0.00	160.00	1300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
1400.00	15.00	160.00	1398.86	13.02	-12.23	4.45	15.00	0.00	
1450.00	15.00	160.00	1447.16	25.96	-24.39	8.88	0.00	0.00	
1574.56	32.84	174.77	1560.65	75.67	-73.60	17.55	15.00	11.89	
2245.03	32.84	174.77	2124.00	438.58	-435.64	50.68	0.00	0.00	A
2406.89	32.84	174.77	2260.00	526.32	-523.04	58.68	0.00	0.00	

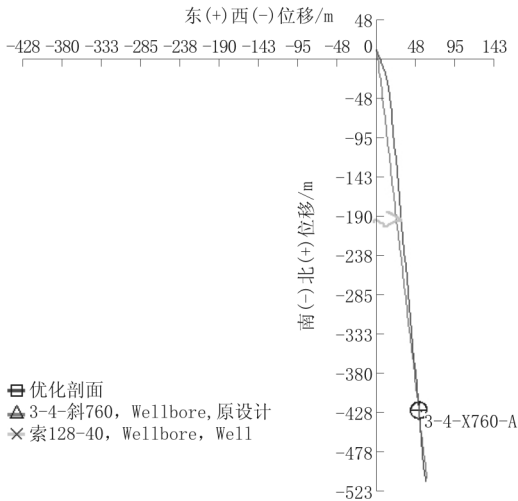


图 3 3-4-斜 760 井原设计与优化设计后的防碰对比示意图

(1)井组施工整拖距离控制在 4~5 m,二开采用“单弯螺杆+MWD”严格监控,MWD 探管采用同一根或同批次校核的,尽可能减少 2 种或 2 种以上仪器之间的误差。单井完井后进行多点校核。

(2)开钻前绘制防碰图,直井段防斜打直,严格监测 MWD 数据磁场强度、地磁倾角,关键防碰点加密测斜,根据测量数据计算防碰距离,并重新修改剖面,预测待钻防碰距离^[10]。

(3)采用“预分法”绕障防碰技术,在不影响井身质量及后期完井作业的前提下,在直井段控制井眼方位,使井眼轨迹向有利于防碰的方向延伸(图 4、图 5)。二开钻进至 900 m 左右,改小循环调整钻井液性能,小定向将井斜角调至 1.0°~1.5°,保证在钻井眼与邻井分离,分离方位避开老井眼和其他待钻井。

3.2 防碰工艺技术

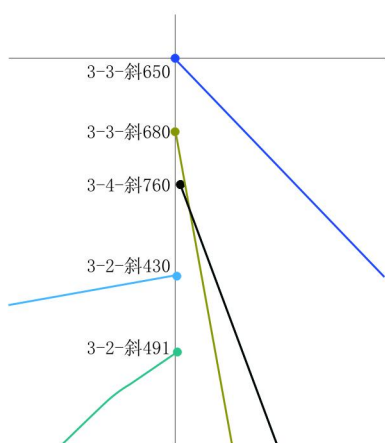


图4 井组5口井原设计水平投影图

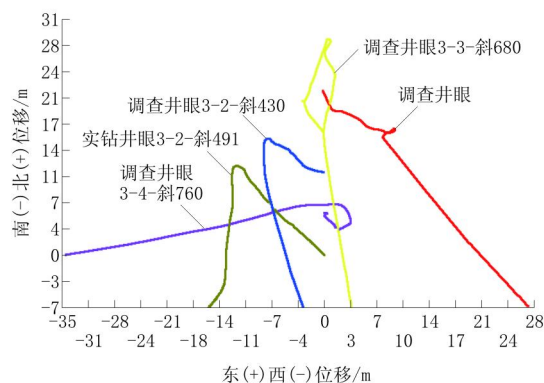


图5 井组5口井“预分法”绕障后实钻水平投影图

3.3 “1+1”钻井工艺技术

针对胜坨油田存在的钻井技术问题,摸索选用“1+1”钻井工艺技术模式,即“第1趟钻采用“牙轮钻头+单弯螺杆”、第2趟钻采用“PDC+单弯螺杆”的钻具组合。

第1趟钻具组合:Ø215.9 mm 牙轮钻头+Ø172 mm 单弯螺杆(1.5°)+转换接头+单流阀+Ø127 mm 无磁承压钻杆+MWD 短节+Ø127 mm 加重钻杆+Ø127 mm 普通钻杆。钻进参数:钻压 60~120 kN;排量 30~32 L/s;转速“螺杆+50”r/min。本趟钻优先选用牙轮钻头的主要目的是保证直井段及造斜段的防碰绕障。胜坨油田东营组地层垂深 1630~1670 m,第1趟钻钻穿东营组进入沙一段后,地层岩性以泥岩为主,牙轮钻头机械钻速减慢,加之钻头寿命到期,为保证井下安全和机械钻速,起钻更换PDC 钻头。井组第1趟钻钻进情况见表5。

第2趟钻具组合:Ø215.9 mm PDC 钻头+Ø172 mm 单弯螺杆(1.25°)+转换接头+(或带欠尺寸扩大器)+单流阀+Ø127 mm 无磁承压钻杆+

表5 井组第1趟钻钻进情况

井号	井深/m	井斜角/(°)	方位角/(°)	垂深/m	循环时间/h
3-2-斜430	1693.09	8.3	253.6	1692.70	56.50
3-2-斜491	1683.50	12.8	219.1	1679.17	57.17
3-3-斜650	1693.30	22.8	136.04	1689.06	51.23
3-3-斜680	1716.25	21.4	169.71	1706.12	58.58
3-4-斜760	1655.34	29.6	164.4	1624.70	55.10
3-5-斜616	1681.78	24.9	278.1	1666.98	60.25

MWD 短节+Ø127 mm 加重钻杆+Ø127 mm 普通钻杆。钻进参数:钻压 20~50 kN;排量 30~32 L/s;转速“螺杆+50”r/min。本趟钻选用 PDC 钻头钻穿多层系地层,以提高机械钻速,达到经济钻井的目的。增斜段后期或稳斜段井组选用单弯单稳型导向钻具组合,3-5-斜616 井选用单弯双稳型导向钻具组合,各井井斜角随井的变化情况见图6,井斜变化率见图7,方位变化率见图8。

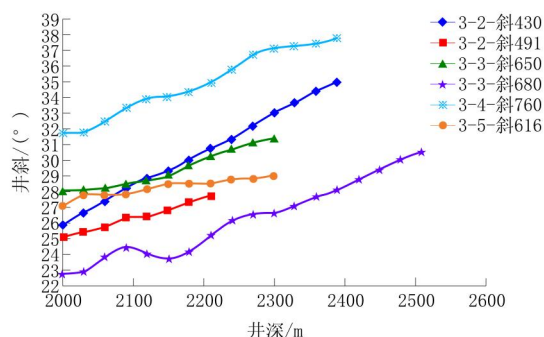


图6 井斜随井深变化图

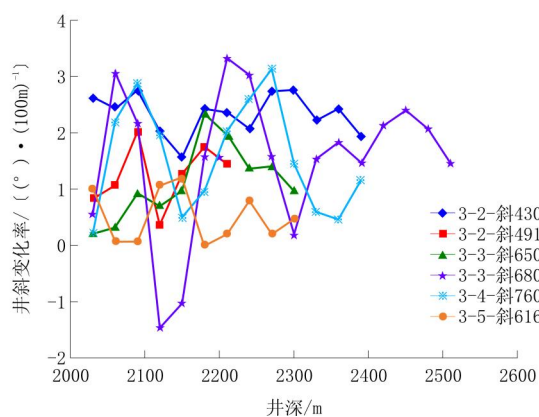


图7 实例井井斜变化率

从图中可以看出:在稳斜段钻进过程中,3-5-斜616 井通过优选钻进参数,稳斜效果良好,井斜增长缓慢,增长率 $<1^{\circ}/100\text{ m}$,方位基本稳定;其他5口井稳斜段复合钻进井斜增长快,井斜变化率最高达到 $3.3^{\circ}/100\text{ m}$,方位一直左漂,变化率达 $-4.6^{\circ}/100\text{ m}$ 。

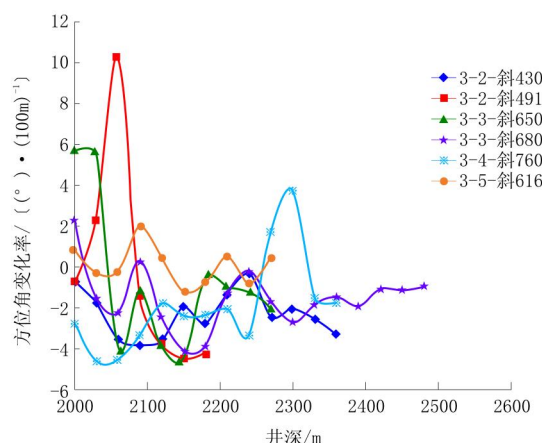


图8 实例井方位变化率

3.4 井控措施

(1)合理设计井身结构和钻井液密度,严格按照钻井工程设计中井控设计执行。

(2)各次开钻井口装置必须试压,钻进中加强人员坐岗制度。

(3)钻开油气层前,调整泥浆密度和其他性能参数,距注水井层位井深 500 m 前,提前关井停注或泄压。

(4)发生浅层注水井水涌时,在条件允许的情况下,进行边溢边钻,待穿过水层后,进行压井作业;若加密井深层水涌时,必须立即压稳才能继续钻进。

4 认识与建议

(1)经过长时间注水开发,胜坨油田地层压力紊乱,加密井钻井过程中易发生井涌、井漏。开钻前及时了解附近注水井情况,钻至注水层前应提前关

闭周围注水井,提前做好井控应急预案。

(2)稳斜段裸眼井段长,摩阻大,钻井液性能不易控制,导致滑动钻进困难。建议定向段优选“单弯单稳”而稳斜段优选“单弯双稳”底部钻具组合,以起到良好的轨迹控制效果。

(3)丛式井组加密施工中,实时采集井下数据,根据实钻变化进行调整(考虑到未钻井),选用“预分法”防碰绕障技术,有效地避免了井眼相碰风险,提高了整体施工时效。

参考文献:

- [1] 刘天科.胜利油田老区调整井钻井井控技术[J].石油钻采工艺,2011,33(3):9-11.
- [2] 杨学德,何启贤,刘畅,等.注水井对调整井钻井的影响及对策[J].石油钻探技术,2001,29(2):16-18.
- [3] 喻著成,钟雨师.调整井钻遇异常高压定量控制方法[J].中外能源,2009,14(9):58-61.
- [4] 吴忠臣,于虹,李小冯.调整井钻井过程中地层压力控制技术的研究与应用[J].海洋石油,2007,27(4):68-72.
- [5] 郭宗禄,高德利,张辉.单弯双稳导向钻具组合复合钻进稳斜能力分析与优化[J].石油钻探技术,2013,41(6):19-24.
- [6] 谢立志,赵荣,张宝玉,等.高95井钻井技术及复杂情况处理[J].石油钻采工艺,2011,33(5):102-104.
- [7] 王家宏.中国水平井应用实例分析[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [8] 魏文忠,薄和秋.桩139平台丛式井组钻井技术[J].西部探矿工程,2004,(10):65-66.
- [9] 李洪波,王卫忠.陕北地区丛式井钻井技术[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(4):624-626.
- [10] 赵峰.杜84-兴H73井多井防碰绕障技术与施工[J].特种油气藏,2007,14(4):94-96.