

彰武工区快速钻井工艺技术

俞宪生

(中石化东北油气分公司,吉林 长春 130062)

摘要:针对彰武工区部分断陷地层含砾,易斜、易塌、易漏,研磨性强等特点,通过建立地层可钻性及三压力剖面,推广试验高效钻头、单弯螺杆加 PDC 钻头复合钻具、新型堵漏材料及堵漏措施等,为快速钻井奠定了基础,并形成了彰武工区快速钻井工艺技术系列。

关键词:快速钻井;可钻性剖面;三压力剖面;堵漏;防斜;螺杆钻具;高效钻头;彰武工区

中图分类号:P634.5;TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)05-0029-04

Fast Drilling Technology in Zhangwu Work Area/YU Xian-sheng (Northeast Oil and Gas Branch, SINOPEC, Changchun Jinlin 130062, China)

Abstract: According to the characteristics of gravel, inclining, collapsing, leaking and strong abrasiveness in part of fault depression interval in Zhangwu work area, by establishing drillability and three pressure profiles, the compound drilling tool of high efficient bit, single bend PDM + PDC bit and new material & the measures are tested and promoted, which lays the foundation for the fast drilling to form a fast drilling technology series in Zhangwu work area.

Key words: fast drilling; drillability profile; three pressure profile; leakage stoppage; inclination prevention; PDM drill; high effective bit; Zhangwu work area

松辽盆地南部的彰武断陷资源潜力巨大,随彰武 2、3 井的油气突破,已成为中石化东北油气分公司主力上产区。钻井统计资料表明,受井斜、井漏、上部地层掉块、含砾岩段 PDC 钻头选型困难等诸多地质因素的影响,导致区域钻井平均机械钻速低,周期长,钻井提速困难。彰武区块要快速上产钻井提速势在必行,为解决这些影响钻井提速的问题,首先从认识地层入手,建立可钻性及三压力剖面,然后依据地层特性优选钻头、钻进参数、钻井液性能,配套相关工艺技术,最后推广应用优选和试验成果,以实现区域钻井整体提速。

1 彰武断陷地层特性

1.1 可钻性剖面的建立

结合前期地质工作,按行业规范,采用微钻法对收集的岩心进行岩石可钻性测定与分级(见表 1、表 2)。对比测定结果与实钻资料符合性,除义县组因所选岩心局限性导致测定结果偏差外,其它层段测定岩石可钻性与现场实钻资料符合率均在 90% 以上,建立的可钻性剖面具有工程使用性,符合使用标准,也为后续的钻头选型及钻井参数、钻井液优选提供了科学依据。

表 1 彰武断陷岩石可钻性等级测定结果

地层	井段/m	实测可钻性等级	
		PDC 钻头	牙轮钻头
沙海组	1107.46 ~ 1109.30	2.9	3.0
		2.2	3.1
		2.2	3.1
		4.2	4.1
		3.6	4.1
		3.7	4.0
九佛堂	1208 ~ 1209.80	3.2	4.2
		3.3	4.2
		3.2	/
		3.4	4.3
		4.3	4.0
		4.0	/
义县组	1746.81 ~ 1748.53	3.5	3.5
		3.0	3.7
		3.0	3.7

表 2 彰武断陷岩石可钻性等级测定结果

层位	顶界井深 /m	底界井深 /m	PDC 钻头可钻性	牙轮钻头可钻性
第四系、孙家湾	0	600	2.01	3.10
阜新组	600	720	1.98	3.08
沙海组	720	1164	2.88	3.85
九佛堂组	1164	1927	5.52	5.75
义县组	1927	2000	5.85	6.06

1.2 三压力剖面的建立

收稿日期:2014-01-10;修回日期:2014-03-25

作者简介:俞宪生(1970-),男(汉族),山西晋中人,中石化东北油气分公司工程师,资源勘察专业,从事钻井技术与管理工作,吉林省长春市西安大路 4936 号东北油气分公司工程处, yxsh001@126.com。

彰武工区为低压低渗易漏储层,且上部地层胶结性较差,为确定合理的钻井液密度、控制合适的漏失压差,利用已有声波测井资料求取漏失层的地层压力系数,实测沙海组、九佛堂组、义县组的地层压力系数分别为0.89、0.94、0.85。结合地质分层,采用伊顿法求取孔隙压力建立地层孔隙压力剖面;鉴于区域地层倾角较大,在考虑弱面的滑动摩擦系数

的基础上,采用摩尔库仑准则求取地层坍塌压力(当量钻井液密度)建立地层坍塌压力剖面;结合区域岩石抗张强度很低,利用已有钻井、测试资料及实测破裂压力数据建立地层破裂压力剖面。

三压力剖面的建立(图1),为确定钻井液漏失安全窗口,解决压差性漏失问题奠定了基础。

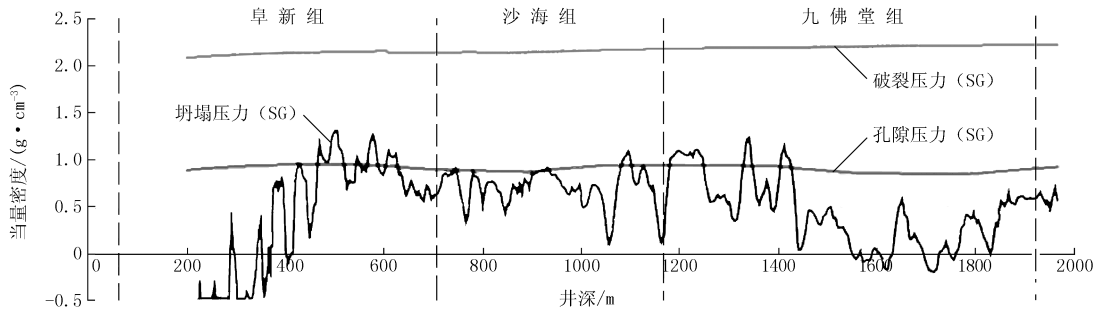


图1 彰武地区三压力剖面

8口井固井漏失(见表3)。漏失多发生在1000~1900m段的白垩系沙海组、九佛堂组和义县组,漏失形式主要为裂缝性漏失,实物岩心显示裂缝面粗糙、张开、无充填(见图2)。彰武3井井壁取心显示平行裂缝比较发育(见表4),成像测井资料解释九佛堂组高导缝、高阻缝发育(见表5),全井段高导缝倾向以北倾为主,走向东西向,倾角在65°以上,为高角度至垂直裂缝。

2 影响快速钻井的因素分析

2.1 井漏

彰武断陷裂隙发育、地层承压能力低,井漏一般发生在沙海组与九佛堂组,地层垂直裂缝较发育,裂缝面粗糙、张开、无充填,存在多段漏失。

截止2012年底,有12口井在钻井或固井过程中发生了不同程度的漏失。其中,4口井钻进漏失,

表3 彰武断陷2012年井漏情况统计

井号	漏失井段/m	漏失层位	钻进漏失/m ³	固井漏失/m ³	水泥返高/m
彰武2-2	1065~1325	沙海组、九佛堂组	120	固井替浆5m ³ 时发生井漏	645
彰武3	1240~1534	九佛堂组	310	二级固井注灰40m ³ 时井漏	330
彰武3-1				固井替浆时发生井漏	832
彰武3-1HF	1300~1680	沙海组、九佛堂组	162.47	套管循环严重漏失,拔套管堵漏	265
彰武3-2	800~1380	沙海组、九佛堂组	260	二级固井替浆时发生井漏	365
彰武10井	1225~1850	沙海组、九佛堂组	110	固井替浆时发生井漏	525
彰武12井	1535~1817	九佛堂组、义县组	542	固井替浆时发生井漏	



图2 岩心实物裂缝照片

表4 彰武3井井壁取心岩心段裂缝统计

井深/m	井壁取心岩心描述
1481.5	岩心见一横向微裂隙、未张开,未见充填物
1482.5	纵向发育裂缝1条,裂缝张开,无充填
1522	岩心横向裂缝,取出半边,断面平滑
1522.5	岩心横向裂缝,取出半边,断面平滑
1563	横向微细裂缝1条
1566.5	横向微细裂缝1条
1624	横向微细裂缝2条
1626.5	岩心表面裂隙发育,未张开,少量方解石充填

2.2 井斜

彰武断陷地层呈东南高西北低向,电测资料显示地层走向基本保持在330°左右,且地层倾角较大(见表6)。针对易井斜段轻压吊打、机械钻速低、钻井

周期长等问题,从导致井斜原因分析入手,提出了防斜纠斜试验方案,并取得了较好的现场应用效果。

表 5 彰武 3 井成像高导缝统计

深度/m	倾角 / (°)	倾向 / (°)	裂缝宽度 /mm	裂缝长度 / (m·m ⁻²)	裂缝孔隙度/%
1261.96	79.35	66.40	0.106	2.557	0.163
1494.66	82.09	117.64	0.147	2.431	0.116
1505.94	84.74	8.43	0.214	2.336	0.128
1510.26	84.34	358.99	0.193	2.330	0.126
1531.39	82.84	322.58	0.145	2.340	0.117
1534.99	83.30	0.34	0.180	2.387	0.153
1559.01	69.25	331.45	0.071	3.045	0.137
1576.59	81.79	355.45	0.111	2.444	0.114
1587.90	82.03	220.11	0.148	2.461	0.146
1590.28	75.94	140.56	0.084	2.705	0.117
1628.45	81.25	143.26	0.140	2.473	0.146
1640.43	79.88	181.01	0.073	2.531	0.113
1643.36	79.45	0.40	0.131	2.551	0.107
1645.17	83.46	346.85	0.143	2.382	0.149
1715.49	84.22	8.43	0.153	2.346	0.121
2003.66	65.21	3.03	0.051	2.799	0.110

表 6 彰武断陷地层倾角统计

地层	地层倾角/(°)		
	彰武 1 井	彰武 2 井	彰武 3 井
孙家湾组	0.08 ~ 44.89		
阜新组	0.18 ~ 58.89	4 ~ 10	4 ~ 6
沙海组	0.43 ~ 48.40	6 ~ 30	4 ~ 8
九佛堂组	0.96 ~ 38.32		4 ~ 20
义县组	0.72 ~ 63.88		10 ~ 30
基底	11.99 ~ 32.09		

3.1.2 防漏堵漏试验

从降低漏失压差和堵漏材料级差复配入手进行防漏堵漏试验。2012 年,在易发漏失的 3 井区试验了中空微珠低密度钻井液,控制钻井液密度 < 1.05 g/cm³ 时基本不发生漏失。针对微裂缝性漏失或漏速 < 5 m³/h 时静止堵漏效果尚可;针对大于 2 mm 裂缝性漏失静止堵漏则完全失效;针对漏速 < 5 m³/h 的井使用 5% ~ 6% 随钻堵漏剂 + 2% ~ 3% 复合堵漏剂的桥堵浆堵漏效果不太理想。采用段塞堵漏工艺技术试验的刚性堵漏材料(见表 7),彰武 7 井复配的刚性材料堵漏浆(颗粒级配 C: D = 1: 1),彰武 3-3 井复配的刚性材料堵漏浆(A、B、C、D 四种刚性堵漏材料 0.5 t, C、D 二种刚性堵漏材料 0.4 t)都一次堵漏成功。

表 7 刚性堵漏材料颗粒等级与尺寸对比

等级	目数	大小/mm	等级	目数	大小/mm
O	6 ~ 10	3.2 ~ 2.0	D	60 ~ 80	0.3 ~ 0.2
A	10 ~ 20	2.0 ~ 0.9	E	80 ~ 100	0.2 ~ 0.15
B	20 ~ 40	0.9 ~ 0.45	F	100 ~ 120	0.15 ~ 0.125
C	40 ~ 60	0.45 ~ 0.3	G	> 120	< 0.125

据统计,采用刚性堵漏材料前,平均一次堵漏费时 17.2 h,消耗堵漏泥浆 45 m³;采用刚性堵漏材料后,平均一次堵漏费时 0.21 h,消耗堵漏泥浆 8.5 m³。

3.2 防斜工艺研究

3.2.1 井斜原因分析

地层倾角较大,地层均质性及常规钻具组合、钻进技术措施、操作技术等因素影响,是井斜的主要原因。

3.2.2 防斜纠斜试验

在大倾角地层,钟摆钻具、塔式钻具防斜试验效果不理想,只延缓了增斜速度,不能彻底防斜、纠斜;满眼钻具因上部地层坍塌掉块,易发生掉块卡钻,从作业安全考虑未进行试验。钟摆钻具虽然吊打有一定效果,但严重影响机械钻速,延长钻井施工周期。

典型的常规钻具防斜纠斜不理想,从提高防斜纠斜效果、提高机械钻速出发,试验应用了“螺杆 + PDC”复合钻具。利用复合钻具转动时,下部轴偏移产生的离心力,改变钻头受力状况,以增加钻头降斜侧向力、钟摆力与离心力周期性的分离重合,产生周变性纠斜力来控制 and 纠正井斜。控制井斜效果比钟摆钻具稳定,防斜效果更明显,同时还可以获得更高的机械钻速,有效地解决了传统钟摆钻具小钻压、钻速偏低等问题。

2.3 地层的不均质性

阜新组、沙海组及九佛堂组普遍含砾,含砾层累计厚度 660 ~ 680 m,岩性以灰色、杂色含砾泥岩及砂泥岩、砂砾岩为主。钻进时无论 PDC 钻头或牙轮钻头,如钻井参数选择不当极易造成崩齿、断齿等导致先期损坏,钻头的优选和优化难度大,高效钻头难以发挥作用。

3 针对性措施的研究

为解决彰武地区制约钻井提速问题,从优化钻井液性能入手,开展防漏堵漏、防斜打直、优选钻头等工艺技术和现场试验,经过数口井验证,取得了较好的试验效果。

3.1 堵漏工艺研究

3.1.1 漏失原因分析

造成彰武地区井漏主要原因,一是地层压力低,地层压力系数多在 0.95 ~ 1.0 之间,实钻钻井液密度多高于 1.0 g/cm³,因地层承压能力低极易诱发漏失;二是天然裂缝发育,岩性和成像测井资料显示地层存在大量的天然裂缝,选择堵漏材料颗粒复配级差的难度大。

“螺杆+PDC”复合钻具适用低钻压、高转速,相同进尺情况下,PDC钻头切削下井壁次数是常规钻具的2~4倍,实际上也就增加了复合钻具的防斜和纠斜能力。采用有限元法分析优化下部钻具组合,短钻铤由3 m调整为6 m后,钻头的侧向力更大防斜效果更明显。

3.3 钻头的优选

钻头优选的实质是比较钻头使用效果的优劣,一般把机械钻速、钻头进尺、钻头工作时间、钻压、转速、泵压、泵排量及井深等作为评价参数,把进尺、机械钻速、钻压、转速、比能等作为评价指标。采用上述方法将已完井钻头资料,按井眼尺寸及所钻地层等进行钻头评价(见表8)。为使各项指标在综合指数中产生正效应,将钻压、钻速、比能等参数采用倒数的形式。

表8 彰武断陷钻头、钻具优选序列

层位	IADC		推荐钻头型号及钻具
	牙轮	PDC	
第四系、孙家湾	51x-52x	M2xx	HJT127G
阜新组	51x-52x	M3xx	W644+螺杆钻具
沙海组	52x-53x	M4xx - M5xx	W644+螺杆钻具、S5445 +螺杆钻具
九佛堂组	53x-61x	M5xx - M6xx	S5445+螺杆钻具、钻砾 石PDC钻头+螺杆钻具
义县组	6xx	M6xx	高研磨硬地层PDC钻头 +螺杆钻具

(1)第四系、孙家湾组岩性主要是风成沙、亚沙土、亚粘土,平均机械钻速高,可钻性好。统计分析综合指标最高的是HJT127G的滑动轴承金属密封特别保径牙轮钻头,综合指数为2.42,平均比能 0.56 MJ/m^3 ,平均进尺179.2 m,平均机械钻速39.82 m/h。彰武3-1HF井GX52型PDC钻头,平均机械钻速25.13 m/h,仅次于HJT127G的机械钻速,钻井平均进尺201 m,钻进效果良好。

(2)阜新组岩性以杂色含砾泥岩、砂泥岩、砂砾岩为主,平均机械钻速较高,可钻性比较好。统计分析综合指标最高的是W644型PDC钻头,综合指数为3.51,平均比能 1.87 MJ/m^3 ,平均进尺803.4 m,平均机械钻速15.16 m/h。

(3)沙海组岩性以灰色、杂色砾岩和粗砂岩为主,夹薄层灰色细砂岩、粉砂岩以及泥岩为主,平均机械钻速波动较大,可钻性不稳定。统计分析综合指标最高的是W644型PDC钻头,综合指数为2.20,平均进尺最高536 m;其次是S5445型彰武钻头,综合指数1.97,平均进尺269 m。

(4)九佛堂组岩性以深灰色泥岩为主,夹薄层

灰色粉砂岩和砂砾岩,平均机械钻速低,可钻性差,使用钻头较多。统计分析综合指标最高的是S5445型PDC钻头,综合指数为2.55,平均进尺145.38 m。

(5)义县组岩性以灰绿色安山岩、褐色安山岩、绿黑色安山-玄武岩为主,平均机械钻速低,可钻性差。统计分析综合指标最高的是HJ517G型牙轮钻头,综合指数1.29,平均进尺90.31 m,最高进尺122.61 m。

4 应用效果

通过优选钻头、“螺杆+PDC”复合钻具试验及改进钻井液体系、优化泥浆性能、优选新型堵漏材料,2013年平均机械钻速较上年有了显著提高,钻井周期有明显缩短(见表9)。基本实现二开2只钻头完钻的提速目标,有4口井创造了1只钻头一趟钻完钻的纪录。

表9 彰武断陷新工艺新技术应用效果对比

对比项目	完井/口	平均机械钻速 $/(m \cdot h^{-1})$	平均钻井 周期/d	备注
2012年	23	7.75	19.53	全年统计指标
2013年	57	13.41	12.23	上半年统计指标
增减/%	+147.83	+73.03	+37.38	

5 结语

(1)单弯螺杆加PDC复合钻具在彰武工区能有效防斜,并能加快钻井速度。

(2)尽量低的钻井液密度及加入随钻堵漏剂能有效地防止渗透性漏失。钻遇大的裂缝性漏失地层时,复配的刚性堵漏材料比较有效果。

(3)通过优选大复合片PDC钻头加螺杆钻具能有效地提高彰武工区的机械钻速。

参考文献:

- [1] 龙刚,刘伟,管志川,等.元坝地区陆相地层钻井提速配套技术[J].天然气工业,2013,33(7):80-84.
- [2] 刘志鹏,曾恒,周学军.适用于特定地层的PDC钻头个性化设计[J].2013,33(3):59-63.
- [3] 李萌,于兴盛,罗西超,等.螺杆钻具的前沿技术[J].石油机械,2011,39(9):19-22.
- [4] 魏宏超,唐志进,张凌.裂隙性储层堵漏剂配方优选实验[J].钻井液与完井液,2010,27(3):38-40.
- [5] 何涛,颜娟,左鹏.龙岗3井快速钻进钻井液技术[J].钻井液与完井液,2008,25(2):26-28.
- [6] 张克勤.元坝地区钻井难题分析与技术对策探讨[J].石油勘探技术,2010,38(3):27-31.
- [7] 毛志新.保德区块煤层气丛式井快速钻井技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(2):12-14.
- [8] 柯学,冉照辉,陈建,等.苏里格气田苏77区块丛式井优快钻井配套技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):5-10.