

鸭西背斜钻井提速技术试验及效果分析

郭宝林^{1,2}, 孙庆春^{1,3}

(1. 西安石油大学石油工程学院, 陕西 西安 710065; 2. 西部钻探定向井技术服务公司, 新疆 克拉玛依 834000; 3. 中石化华北石油工程有限公司五普钻井分公司, 河南 新乡 437000)

摘要: 鸭儿峡油田白垩系油藏鸭西背斜, 地层倾角大、夹层多、研磨性强、可钻性差。钻进中直井段易斜; PDC 钻头选型难度大, 定向钻井时, 工具面稳定性差、“托压”严重; 钻井液性能要求高, 常因与地层配伍性差, 导致井下复杂情况发生, 严重制约钻速提高。本文针对制约钻速提高的难点, 通过现场试验效果分析来阐述鸭西背斜鸭 K 区块钻井提速措施, 包括直井段防斜打直技术、水力振荡器试验、PDC 钻头个性化试验、钻具组合选择和优化钻井液性能等, 通过现场试验, 为鸭西背斜钻井提速积累了成功经验。

关键词: 钻井提速技术; 个性化 PDC 钻头; 水力振荡器; 防斜打直; 鸭 K 区块

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)02-0053-04

Experiment of Improving Drilling Speed in Anticline of West Yaerxia and Effect Analysis/GUO Bao-lin, SUN Qing-chun (1. College of Petroleum Engineering, Xi'an Petroleum University, Xi'an Shaanxi 710065; 2. China Petroleum Western Directional Drilling Technology Services Company, Karamay Xinjiang 834000, China; 3. Wu-pu Drilling Company of North China Petroleum Bureau, SINOPEC, Xinxiang Henan 453700, China)

Abstract: Yaerxia oilfield is located in the anticline of west Yaerxia Cretaceous reservoir with high formation dip, much interlayer, strong abrasiveness and poor drillability. Deviation often occurs in vertical drilling and tool face stability is poor with serious back pressure in directional drilling, the selection of PDC bit types is difficult. Due to the poor compatibility with the formations, complicated downhole problems would be caused, which seriously restrict the drilling speed-increasing, the drilling fluid performance should be suitable. Aiming at the difficulties of restricting drilling speed-increasing, through the analysis on the field test results, this paper illustrates the drilling speed-increasing measures in Ya K block, including deviation control with straight well drilling, hydraulic oscillator test, PDC bit personalized test, bottom hole assembly selection and optimization of drilling fluid performance, etc. By the field tests, successful experience of the drilling speed-increasing has been accumulated for Ya K block.

Key words: drilling speed-increasing; personalized PDC bit; hydraulic oscillator; deviation control with straight well drilling; Ya K block

0 引言

鸭西背斜鸭 K 区块地处鸭儿峡油田西沟末端且靠近鸭西油区, 油藏埋藏深, 主力开采层位白垩系 K_1g_0 , 兼有鸭儿峡、鸭西、青西油田共同的钻探难点。地质方面: 第四系砂砾岩胶结差, 易渗漏; 牛路套-路塘沟组和柳沟庄组泥岩极易水化膨胀, 钻头易泥包; 第三系白杨河组与白垩系中沟组间不整合面易导致钻井液漏失、井壁垮塌。工程方面: 造斜段滑动钻进“托压”严重, 钻具易粘卡, 工具面稳定性差, 造斜率低; 稳斜钻进效果不理想, 起下钻更换钻具组合频繁^[1], 严重制约着该区块的钻井提速。

近几年, 西部钻探公司围绕鸭 K 区块钻井提速

和降低事故复杂为重点, 开展了一系列优快钻井的现场试验, 例如: 高速牙轮+螺杆复合钻试验、脉冲技术试验、孕镶式钻头试验、表层钟摆钻具试验、垂钻系统试验、水力振荡器和个性化 PDC 钻头试验, 通过现场试验效果分析, 平均机械钻速较以往得到明显提高, 实现了该区块的优快钻进。

1 鸭 K 区块地质构造概况

鸭 K 区块平均地表海拔 2600 m, 位于鸭儿峡油田白垩系油藏鸭西背斜构造, 地表为丘陵及戈壁, 地理位置为鸭儿峡西沟。主力开采层白垩系油层埋藏深、非均质性强、油层纵向、横向差异大、夹层多、研

收稿日期: 2016-04-23; 修回日期: 2017-01-06

作者简介: 郭宝林, 男, 汉族, 1985 年生, 工程师, 石油工程专业, 西安石油大学在职研究生, 主要从事特殊工艺井的研究和技术服务, 陕西省西安市灞桥区红旗乡五星村, gbl1206@163.com。

磨性强^[1]。

高,研磨性低,砾岩非常发育,对 PDC 钻头冲击严重,可钻性差。

2 鸭 K 区块地质分层岩石力学分析(见表 1,表 2)
牛胳膊 – 胳膊塘沟组地层:地层岩石抗压强度不

弓形山组和白杨河组地层:地层岩石抗压强度低,研磨性低,可钻性较好。

表 1 岩石抗压强度分级						
抗压强度/MPa	地层强度类别	地层强度级别	井号	井段	抗压强度/MPa	地 层
< 27. 58	极软	1 ~ 2				
27. 58 ~ 55. 16	软	3	鸭 K1 - 1 井	650 ~ 2300	46. 61	牛胳膊 – 胳膊塘沟组 $N_{2n} + N_{1t}$
55. 16 ~ 82. 74	软—中硬	4	鸭 K1 - 1 井	2300 ~ 3000	64. 70	弓形山组、白杨河组 N_{1g} 、 E_3b
77. 74 ~ 110. 32	硬	5	鸭 K1 - 1 井	3000 ~ 3180	84. 29	中沟组、下沟组 K_{1z} 、 K_{1g}
110. 32 ~ 220. 64	硬	6				
> 220. 64	极硬	7 级以上				

表 2 岩石内摩擦角分级						
内摩擦角/(°)	地层强度类别	地层研磨级别	井号	井段	内摩擦角/(°)	地 层
< 15	极软	1 ~ 2				
15 ~ 30	软	3				
30 ~ 38	软—中硬	4	鸭 K1 - 1 井	650 ~ 2300	33. 6	牛胳膊 – 胳膊塘沟组 $N_{2n} + N_{1t}$
			鸭 K1 - 1 井	2300 ~ 3000	35. 9	弓形山组、白杨河组 N_{1g} 、 E_3b
38 ~ 41	硬	5 ~ 6	鸭 K1 - 1 井	3000 ~ 3180	38. 2	中沟组、下沟组 K_{1z} 、 K_{1g}
> 41	极硬	7 级以上				

白垩系中沟组、下沟组地层:地层岩石抗压强度和研磨性均较高,可钻性差,对 PDC 钻头抗冲击和抗研磨能力要求高^[1-2]。

3 影响钻井提速的难点

- (1)造斜点通常选在白垩系中沟组,地层研磨性强、可钻性差(可钻性 7 ~ 9 级)、机械钻速低,滑动钻进时,“托压”严重、需频繁活动防钻具粘卡。
- (2)夹层多,研磨性强,PDC 钻头个性化设计和选型难度大;定向钻进时,工具面稳定性差,造斜率难以满足实钻要求,作业效率低。
- (3)地层倾角大致直井段易斜,造斜点前负位移超标严重,增加了斜井段轨迹控制难度。
- (4)承压载体以钻铤为主,增加了入井钻具的刚性和摩阻,不利于造斜施工。
- (5)钻井液性能要求高,常因与地层配伍性差,易导致井下复杂事故发生。

4 钻井提速试验

4.1 复合防斜打快技术

复合防斜打快技术在已推广应用的 4 口井中取得了良好效果。共使用钻头 6 只,总进尺 4512 m,平均机械钻速 4. 45 m/h。其中第三系地层总进尺

3718 m,平均机械钻速 5. 57 m/h,比同地层 Ø311 mm 井眼平均机械钻速 3. 0 m/h 提高了 85. 67%^[3-6]。

4.2 Power - V 垂钻技术试验^[7-8]

Power - V 仪器主要由电子控制部分和机械导向部分组成。电子控制部分内部传感器测量到井斜和方位,与设计工具面相比较,控制机械导向部分,决定哪个导向推力块在设计的方向伸出作用于井壁,实现对井眼轨迹的连续控制。通过 Power - V 垂钻技术可以放开钻压,可以有效提高钻压敏感地层的机械钻速;对地层倾角较大地层有很好的防斜纠斜作用;避免传统的定向钻进有利于井径规则,井眼曲率变化小,可以有效地减少和避免井下复杂事故的发生,有利于后期作业。鸭 K1 - 8 井 Ø241 mm 井眼 829 ~ 2680 m 井段试验了 Power - V 垂钻技术,钻压 90 ~ 120 kN,控制井斜在 0. 93°以下,平均机械钻速 8. 56 m/h,钻井周期 14. 32 d,与鸭 K1 - 4 井同地层相比,机械钻速提高 22. 05%,钻井周期缩短 1. 68 d。

4.3 高速牙轮 + 螺杆复合钻进试验(见表 3)

4.4 水力脉冲空化射流技术试验(见表 4、表 5)

水力脉冲空化射流技术是将水力脉冲射流和自振空化射流耦合,将连续流动的钻井液调制成振动脉冲流动,在井底产生水力脉冲、瞬间负压、空化空蚀作用,以此改变井底流场、岩石应力状态达到提高

表 3 第三系含砾地层应用

井号	钻头型号	井段/m	进尺/ m	钻压/ kN	转盘转 速/(r· min ⁻¹)	机械钻 速/(m· min ⁻¹)	钻进 方式
鸭 K1-1	ST517G	680~1082	402	180	63	5.41	常规
鸭 K1-2	SJT517GK	648~974	326	60~140	50+LZ	6.62	牙轮 复合

注:牙轮+螺杆复合钻进第三系上部砾石层,平均机械钻速 6.62 m/h,相比常规钻进机械钻速 5.41 m/h 提高了 22.36%。

表 4 第三系地层钻进方式对比

井号	井段/m	纯钻时 间/h	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)	周期/ d	钻进方式
鸭 K1-3	1003~2117	289.17	1159	4.01	15	脉冲技术
鸭 K1-2	974~2489	339.83	1515	4.46	19	脉冲技术
鸭 K1-1	979~2473	380.50	1494	3.93	27	螺杆复合

破岩和携岩效率的作用。在鸭 K1-2 和鸭 K1-3 井第三系和白垩系地层使用试验取得了很好的效果。

针对 N_2n+N_1t 夹层难题,采用脉冲技术,平均机械钻速提高了 27.34%。

表 5 白垩系地层脉冲钻进试验

井号	地层	钻头型号	井段/m	纯钻时 间/h	进尺/ m	机械钻速/ (m·h ⁻¹)
鸭 K1-3	K_1g_1	MXCT613	3290~3550	110	260	2.36

脉冲^[9-10]钻头比高速牙轮复合钻进平均机械钻速提高了 54.25%,单只钻头进尺提高了 142.99%,在鸭 K 区块白垩系含砂砾岩地层取得突破。

4.5 钻头试验与选型

4.5.1 钻头个性化试验(见表 6、表 7)

表 6 800~2500 m 井段个性 PDC 钻头试验

井号	井段/m	进尺/ m	钻头型号	直径/ mm	纯钻 时间/ h	机械钻 速/(m· h ⁻¹)	钻进 方式
鸭 K1-4	733~818	85	ST636RS	216	29.18	2.91	常规
鸭 K1-7	1247~2098	851	DS752AB	216	175.10	4.86	复合
鸭 K1-9	840~1569	729	SF56H3	216	108.32	6.73	常规
鸭 K1-9	1569~2098	529	SF56H3	216	36.99	14.3	复合
鸭 K1-8	829~2055	1226	T1665B	216	133.12	9.21	Power-V
鸭 K1-4	1300~2300	1000	M1955	216	106.04	9.43	复合
鸭 K1-6	2401~2707	306	ST615RS	241	123.18	2.48	复合
鸭 K1-8	2055~2680	625	BRS1955JT	241	84.01	7.44	Power-V
鸭 K1-6	1811~2401	590	ST615RS	241	132.08	4.46	复合

表 10 鸭 K1-7 井与鸭 K1-4 井钻进参数对比(造斜段)

井号	井眼尺寸/mm	井段/m	进尺/m	钻压/kN	转速/(r·min ⁻¹)	排量/(L·s ⁻¹)	泵压/MPa	平均机械钻速/(m·h ⁻¹)
鸭 K1-7	216	2649.4~2834	185.55	10~80	65	34	8~13	1.62
鸭 K1-4	216	2300~2909	609	10~80	65	33	8~11	4.46

第三系地层应用效果较好的钻头有:T1665B、M1955、SF56H3、FX55SX3;白垩系地层应用效果较好的钻头有:TH1654S、M1655SS。

表 7 2500~3700 m 井段个性 PDC 钻头试验

井号	井段/m	进尺/ m	钻头 型号	直径/ mm	纯钻 时间/ h	机械钻 速/(m· h ⁻¹)	钻进 方式
鸭 K1-6	2707~3501	794	TH1654S	241	348.25	2.28	复合
鸭 K1-9	2526~3157	631	FX55SX3	216	131.50	4.8	复合
鸭 K1-7	2835~3295	460	M1655SS	216	139.39	3.3	复合

注:共试验 2 种尺寸、8 种型号的 PDC^[11-15]钻头。

4.5.2 孕镶式钻头的试验

鸭 K1-3 井孕镶式钻头试验,钻进地层 K_1g_1 ,采用 DI281 型钻头,所钻井段 3127~3288 m,纯钻 109 h,进尺 161 m,机械钻速 1.48 m/h,钻进方式为孕镶+螺杆。

在鸭 K1-3 井白垩系试验高速螺杆+孕镶^[16]金刚石钻头复合钻技术,相比常规钻进,机械钻速提高了 38.32%。

4.5.3 钻头选型推荐(见表 8)

表 8 钻头选型推荐表

规格	型号	地层	驱动方式
8 1/2 in/ 9 1/2 in	T1955SSV 或 T1955B	N_2n+N_1t	常规
	M1355R/T1355B	$K_1g_2、K_1g_1$	常规
	M1955SS	$N_1g、E$	复合
	M1655SSD		定向
	T1665B	$K_1z、K_1g_3$	复合
	T1665SSD		定向

注:1 in=25.4 mm;如遇砾岩非常发育、大砾岩时,需用牙轮钻头过渡。

4.6 水力振荡器应用(见表 9、表 10)

表 9 鸭 K1-7 井与鸭 K1-4 井钻具组合对比

井号	钻具组合
鸭 K1-7	Ø216 mm PDC 钻头+Ø172 mm 1.25°弯螺杆+Ø165 mm 无磁钻铤×1 根+Ø170 mm 悬挂器+Ø165 mm 钻铤×5 根+Ø172 mm 水力振荡器+Ø165 mm 钻铤×7 根+Ø127 mm HWDP×3 根+Ø127 mm DP
鸭 K1-4	Ø216 mm PDC 钻头+Ø172 mm 1.25°弯螺杆+Ø165 mm 无磁钻铤×1 根+Ø170 mm 悬挂器+Ø165 mm 钻铤×2 根+Ø176 mm 水力振荡器+Ø165 mm 钻铤×7 根+Ø127 mm HWDP×3 根+Ø127 mm DP

在斜井段和水平段钻进过程中,钻柱贴合在下井壁上,钻柱重力在垂直于井壁方向的分力 N 会产生摩擦阻力,从而导致钻压不能完全有效地施加于钻头之上。特别是定向钻进中钻柱长时间贴合在下井壁上产生的静摩擦阻力往往更大,一旦大于钻井过程中施加的钻压就会造成“托压”现象,猛然加压又会导致钻柱“蛙动”^[17],影响机械钻速和井内工具使用效率;在使用水力振荡器后,钻井液的动能转化为机械能,使钻柱产生3~10 mm的轴向蠕动,这种蠕动使井底钻具组合与井壁处于动摩擦状态,通过钻具传递给钻头,形成周期性连续柔和变化的钻压^[18]。在鸭K1-7井和鸭K1-4井造斜段试验水力振荡器^[19],取得一定效果,但在钻具组合选配、工具安放位置仍需考量,力争获得更好的提速效果。

4.7 其他提速建议

4.7.1 加重钻杆^[20]取代钻铤承压

以往的定向井主要以钻铤为承压载体,不仅增加钻柱与井壁间的摩阻,加剧“托压”,还增加了钻具事故机率。钻铤刚性强,在旋转钻进中,交变应力作用,钻铤易折断,而采用加重钻杆代替钻铤不仅可减少钻具与井壁间的摩阻,降低钻具事故风险,还可减缓“托压”,有利于定向造斜的顺利施工。

4.7.2 优化钻井液性能^[21-22]

提高钻井液的抑制性,保证井壁稳定;提高钻井液的润滑性,有效解决“托压”和粘卡;改善钻井液的流变性,提高钻屑携带能力。

5 结语

(1)应用复合防斜打快技术和垂直钻井系统提速效果显著,且仍存在提速空间。

(2)针对不同地层和岩性,优选PDC钻头提速显著,提速空间大,因此,应加大PDC个性化钻头现场试验,甄选出针对本区块的PDC钻头。

(3)水力振荡器的现场应用表明新工具、新工艺对钻井提速有一定帮助作用,后期还应做好加强新工具、新工艺的研发力度及对新工具发挥最佳性能的各项参数加强现场试验和数据分析。

(4)优化钻井液性能可提高与地层配伍性,降低摩阻,利于携带钻屑,保持井壁稳定。

(5)应用加重钻杆降摩阻、减缓托压,有利于定向造斜,还可降低钻具刚性,防止钻具事故发生,实现安全钻进。

参考文献:

- [1] 段晓东,张超,王振东,等.玉门鸭K区块优快钻井技术实践与认识[J].石油与钻掘工程,2014,26(12):16-18.
- [2] 陈志学,孙梦慈,唐学权,等.酒东地区复杂深井钻井提速技术研究与应[J].西部探矿工程,2011,23(6):60-63.
- [3] 周俊昌,于雄鹰,罗勇,等.复合钻井防斜打快技术研究与应[J].中国海上油气,2007,19(3):188-191.
- [4] 陈养龙,魏凤勇,王宏杰,等.螺杆加PDC钻头复合钻井技术[J].断块油气田,2002,9(4):57-60.
- [5] 艾贵成,田宏岭,李国兴,等.青西油田巨厚推覆体防斜打快技术[J].断块油气田,2008,15(6):97-98.
- [6] 张敏,杨海滨,李建辉,等.青西推覆体地层防斜打快技术的研究与应[J].西部探矿工程,2014,26(11):87-88.
- [7] 张俊良,肖科,吕俊川.旋转导向系统Power-V钻井技术应用简介[J].西部探矿工程,2008,20(4):79-82.
- [8] 王洪岩.Power-V垂直钻井系统在大庆油田方403井的应用分析[J].西部探矿工程,2016,28(2):92-93.
- [9] 蒋海军,廖荣庆.自激振荡脉冲射流机理探讨[J].西南石油学院学报,1998,20(3):55-58.
- [10] 张玉祥,刘谦,马上刚,等.自激振荡脉冲射流技术在玉门地区钻井提速中的应用[J].西部探矿工程,2013,25(12):40-42.
- [11] 刘谦,王震宇,张敏,等.鸭K区块PDC钻头选型技术的研究与应[J].西部探矿工程,2014,26(12):29-31.
- [12] 李德江.PDC钻头在鄂北气田的研究与应[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,25(3):36-38.
- [13] 程晓东.PDC钻头在塔河油田的应用与分析[J].西部探矿工程,2005,21(3):113-115.
- [14] 高绍智,张建华,李天明,等.适用于砾石夹层钻进的PDC钻头[J].石油钻采工艺,2006,28(4):20-21.
- [15] 幸雪松,楼一珊.一种PDC钻头选型新方法研究[J].钻采工艺,2004,27(2):21-22.
- [16] 杨顺辉,武好杰,牛成成,等.特种孕镶块加强PDC钻头的研制与试验[J].石油钻探技术,2014,(6):111-114.
- [17] 许越永,黄根炉,王爱国,等.YM7-H1超深水平井施工困难及原因分析[J].石油钻探技术,2005,33(6):12-14.
- [18] 刘华洁,高文金,涂辉,等.一种能有效提高机械钻速的水力振荡器[J].石油机械,2013,41(7):46-48.
- [19] 王建龙,王丰,张雯琼,等.水力振荡器在复杂结构井中的应用[J].石油机械,2015,43(4):54-58.
- [20] 李克向.钻井手册[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [21] 艾贵成,王卫国,李德全,等.玉门油田深井抗高温防塌钻井液技术[J].吐哈油,2009,(1):95-97.
- [22] 卢平,史万飞,晏林丽,等.青西白垩系钻井液防硬卡技术[J].中国新技术新产品,2015,(11):76.