

鸭 K 区块钻井提速与钻头使用分析

郭宝林^{1,2} 孙庆春^{1,3} 于建克² 安 川²

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 乌鲁木齐 830026;

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:针对白垩系油藏地层倾角大、夹层多、研磨性强及可钻性差等钻探难点,在该区块实施了一系列现场提速措施,包括防斜打快技术、水力振荡器试验、个性化 PDC 试验、钻具组合及钻井液性能优化等,旨在解决直井段钻进易斜、定向段工具面不稳、托压严重、井下复杂事故易发等严重制约钻速提高的技术难点,通过现场试验效果的分析,证明提速成效显著,为鸭 K 区块的优快钻井积累了成功经验。

关键词:钻井提速;个性化 PDC;水力振荡器;防斜打直

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2016.06.013

0 前言

鸭 K 区块地处鸭儿峡油田西沟末端且靠近鸭西油田,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;牛牯套-胥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,西部钻探公司以鸭 K 区块钻井提速和降低事故为重点,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,平均机速较以往得到明显提高,实现了该区块的优快钻井。

1 地质构造概况

鸭 K 区块平均地表海拔 2 600 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、研磨性强^[1]。

2 地质分层岩性描述与岩石力学分析

鸭 K 区块地质分层及岩性见表 1,岩石力学分析见表 2~3。

针对该区岩石力学的分析,得出以下认识:

1)牛牯套-胥塘沟组地层:地层岩石抗压强度不高,研磨性低,砾岩非常发育地层对 PDC 钻头冲击严重,可钻性差。

2)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。

3)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]。

表 1 鸭 K 区地质分层及岩性描述

地层					岩性简述
界	系	统	组	段(层)	
第四系 Q					杂色砾石层
新生界 Kz	第三系 R	上新统	牛络套 / 胳膊沟		上段为灰色粗砂岩、砂砾岩夹棕黄色含砾泥岩;中段为棕黄色含砾泥岩、泥岩;下段为灰黄色、浅棕红色粉砂质泥岩与浅灰色、灰黄色、棕红色泥质粉砂岩、细砂岩、泥质砂岩、含砾泥质砂岩呈不等厚互层
				中新统 弓形山	上段以灰黄色、浅棕红色泥质粉砂岩为主,夹灰黄色粉砂质泥岩;下段以棕红色、棕色泥质粉砂岩、粉砂岩、含砾泥质砂岩为主,夹薄层棕红色粉砂质泥岩
		渐更新统	白杨河	干油泉段	KCJ 层:暗棕红色泥岩、中细砂岩、含砾砂岩及砂质泥岩 K 层:棕红色泥岩及粉砂质泥岩
				石油沟段	BC 层:岩性为厚层暗棕红色泥岩
				间泉子段	L:岩性为浅棕红色、棕红色粗砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩。 L - M + M:上段为棕红色石膏质中砂岩、细砂岩夹暗棕红色泥岩;中部为暗棕红色泥岩夹棕红色细砂岩、石膏质中砂岩。下段为棕红色石膏质中砂岩、粗砂岩夹棕红色泥岩、泥质粉砂岩
中生界 Mz	白垩系	下统	中沟组	K _{1z}	棕红色砾状砂岩、粉 - 细砂岩为主,夹棕红色含砾泥岩、粉砂质泥岩、泥岩
			下沟组 (K)	K ₃	上部棕红色泥岩,夹泥质粉砂岩,下部灰白色中细砂岩夹棕红色泥岩及砂质泥岩
				K ₂	棕红色、杂色砂砾岩、砾状砂岩、粉砂岩为主,夹棕红色、深灰色粉砂质泥岩、泥岩
				K ₁	棕红色砾状砂岩,灰色粉砂岩,夹灰褐色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩

表 2 岩石抗压强度

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 K 1 - 1 (650 ~ 2 300) - 46.61	牛络套 - 胳膊沟组
55.16 ~ 82.2	软 ~ 中硬	4	鸭 K 1 - 1 (2 300 ~ 3 000) - 64.70	弓形山组、白杨河组
82.2 ~ 110.32	硬	5	鸭 K 1 - 1 (3 000 ~ 3 180) - 84.29	中沟组、下沟组
110.32 ~ 220.64	硬	6	-	-
>220.64	极硬	>7	-	-

表 3 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 K 1 - 1 (650 ~ 2 300) - 33.6 鸭 K 1 - 1 (2 300 ~ 3 000) - 35.9	牛络套 - 胳膊沟组 弓形山组、白杨河组
38 ~ 41	硬	5 ~ 6	鸭 K 1 - 1 (3 000 ~ 3 180) - 38.2	中沟组、下沟组
>41	极硬	>7	-	-

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,造斜点前负位移严重超标,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 钟摆钻具组合

表层采用“2-1”钟摆钻具^[3-4],钻压施加情况见图1,平均机速见图2,提速效果明显。

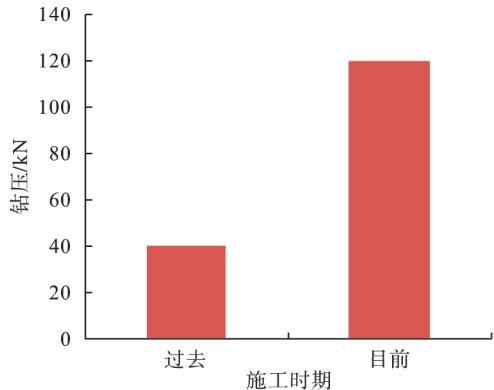


图1 钻压施加对比

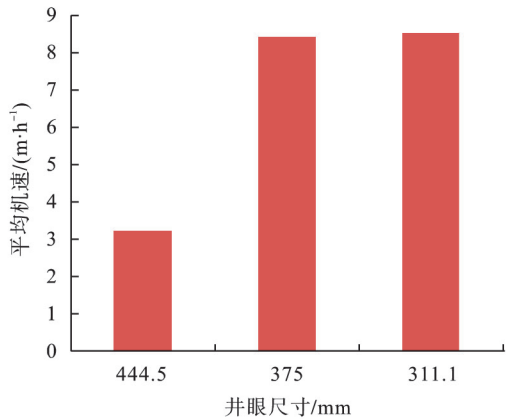


图2 平均机速对比

表4 高速牙轮+螺杆复合试验

井号	钻头型号	井段 /m	进尺 /m	钻压 /kN	转盘转速 /(r·m ⁻¹)	机速 /(m·h ⁻¹)	钻进方式
鸭 K 1-1	ST 517 G	680~1 082	402	180	63	5.41	常规
鸭 K 1-2	SJT 517 GK	648~974	326	60~140	50+LZ	6.62	牙轮复合

表5 脉冲技术试验(第三系)

井号	井段 /m	纯钻 /h	进尺 /m	机速 /(m·h ⁻¹)	周期 /d	钻进方式
鸭 K 1-3	1 003~2 117	289.17	1 159	4.01	15	脉冲技术
鸭 K 1-2	974~2 489	339.83	1 515	4.46	19	脉冲技术
鸭 K 1-1	979~2 473	380.50	1 494	3.93	27	螺杆复合

表6 脉冲技术试验(白垩系)

井号	地层	钻头型号	井段 /m	纯钻 /h	进尺 /m	机速 /(m·h ⁻¹)	钻进方式
鸭 K 1-3	K ₁ g ₁	MXCT 613	3 290~3 550	110	260	2.36	脉冲技术

表7 鸭 K 1-3 井孕镶式钻头试验

井号	地层	钻头型号	井段 /m	纯钻 /h	进尺 /m	机速 /(m·h ⁻¹)	钻进方式
鸭 K 1-3	K ₁ g ₁	DI 281	3 127~3 288	109	161	1.48	孕镶+螺杆

4.2 复合防斜打快技术

复合防斜打快技术^[5-8]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4 512 m,平均机速4.45 m/h。其中第三系地层总进尺3 718 m,平均机速5.57 m/h,比同地层311 mm井眼平均机速3.0 m/h提高了85.67%。

4.3 Power-V 垂钻技术试验

鸭 K 1-8 井 241 mm 井眼 829-2 680 m 井段试验了 Power-V 垂钻技术^[9-10],钻压 90-120 kN,控制井斜在 0.93°以下,平均机速 8.56 m/h,钻井周期 14.32 d,与鸭 K 1-4 井同地层相比,机械钻速提高 22.05%,钻井周期缩短 1.68 d。

4.4 高速牙轮+螺杆复合钻进试验

在第三系上部砾石层试验高速牙轮+螺杆复合钻进,平均机速 6.62 m/h,相比常规钻进机速 5.41 m/h,提高 22.36%,试验数据见表 4。

4.5 脉冲技术试验

针对牛牯套-牯塘沟组的夹层难题,试验了脉冲技术,平均机速提高了 27.34%,试验数据见表 5;在白垩系含砂砾岩试验脉冲^[11-12]钻头取得突破,相比高速牙轮复合钻进平均机速提高 54.25%,单只钻头进尺提高 142.99%,试验数据见表 6。

4.6 孕镶式钻头的试验

在鸭 K 1-3 井白垩系地层试验高速螺杆+孕镶^[13]金刚石钻头复合钻技术,相比常规钻进,机速提高 38.32%,试验数据见表 7。

4.7 水力振荡器应用

在鸭 K 1-7 井和鸭 K 1-4 井造斜段试验水力振荡器^[14-15],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,对比数据见表 8,水力振荡器构造见图 3。

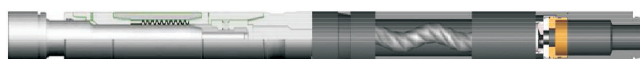


图 3 水力振荡器构造简图

表 8 两井钻进参数对比

井号	井段 / m	进尺 / m	钻压 / kN	转速 / ($r \cdot m^{-1}$)	排量 / ($L \cdot s^{-1}$)	泵压 / MPa	平均机速 / ($m \cdot h^{-1}$)
鸭 K 1-7	2 649.4 ~ 2 834	185.55	10 ~ 80	65	34	8 ~ 13	1.62
鸭 K 1-4	2 300 ~ 2 909	609	10 ~ 80	65	33	8 ~ 11	4.46

表 9 个性化 PDC 钻头试验

井号	钻头型号	尺寸 /mm	井段 /m	进尺 /m	纯钻 /h	机速 /($m \cdot h^{-1}$)	钻进方式
鸭 K 1-4	ST 636 RS	216	733 ~ 818	85	29.18	2.91	常规
鸭 K 1-7	DS 752 AB	216	1 247 ~ 2 098	851	175.10	4.86	复合
鸭 K 1-9	SF 56 H 3	216	840 ~ 1 569	729	108.32	6.73	常规
鸭 K 1-9	SF 56 H 3	216	1 569 ~ 2 098	529	36.99	14.3	复合
鸭 K 1-8	T 1665 B	216	829 ~ 2 055	1 226	133.12	9.21	Power-V
鸭 K 1-4	M 1955	216	1 300 ~ 2 300	1 000	106.04	9.43	复合
鸭 K 1-6	ST 615 RS	241	2 401 ~ 2 707	306	123.18	2.48	复合
鸭 K 1-8	BRS 1955 JT	241	2 055 ~ 2 680	625	84.01	7.44	Power-V
鸭 K 1-6	ST 615 RS	241	1 811 ~ 2 401	590	132.08	4.46	复合
鸭 K 1-6	TH 1654 S	241	2 707 ~ 3 501	794	348.25	2.28	复合
鸭 K 1-9	FX 55 SX 3	216	2 526 ~ 3 157	631	131.50	4.8	复合
鸭 K 1-7	M 1655 SS	216	2 835 ~ 3 295	460	139.39	3.3	复合

表 10 钻头选型推荐表

规格 /mm	型号	地层	驱动方式
215.9 / 241.3	T 1955 SSV /T 1955 B	$N_2n + N_{1t}$	常规
	M 1355 R /T 1355 B	$K_{1g2}、K_{1g1}$	常规
	M 1955 SS	$N_{1g}、E$	复合
	M 1655 SSD		定向
	T 1665 B	$K_{1z}、K_{1g3}$	复合
	T 1665 SSD		定向

4.9 其他提速建议

4.9.1 加重钻杆取代钻铤承压

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”;还增加了钻具事故几率。钻铤刚性强,在旋转钻进中,交变应力作用,钻铤易

4.8 钻头试验与选型

4.8.1 钻头个性化试验

本次共试验两种尺寸、八种型号的 PDC^[16-20] 钻头,其中第三系应用效果较好的钻头有:T 1665 B、M 1955、SF 56 H 3、FX 55 SX 3;白垩系应用效果较好的钻头有:TH 1654 S、M 1655 SS,试验数据见表 9。

4.8.2 钻头选型推荐

优选 PDC 钻头见表 10,如遇砾岩非常发育、大砾岩时,需用牙轮钻头过度。

折断,而采用加重钻杆^[21]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。

4.9.2 优化钻井液性能

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^[22-23]。

5 结论

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。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。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,后期还应做好以下两点:加强新工具、新工艺的研发力度;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。优化钻井液性能可提高与地层配伍性,降摩阻,利于携带钻屑,保持井壁稳定。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.
Duan Xiaodong, Zhang Chao, Wang Zhendong, et al. The Optimized Drilling Technology of Practice and Theory in Ya K Block of Yumen [J]. Petroleum and Digging Engineering, 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用[J].西部探矿工程,2011,23(6):60-63.
Chen Zhixue, Sun Mengci, Tang Xuequan, et al. The Speed-Increasing of Drilling Research and Application of Complex and Deep Well in Jiudong Region [J]. West-China Exploration Engineering, 2011, 23 (6): 60-63.
- [3] 时国林,王秀东,丁川,等.单稳定器钻具组合特性分析及应用[J].石油钻探技术,2001,23(6):36-38.
Shi Guolin, Wang Xiudong, Ding Chuan, et al. The Feature Analysis and Application of Single Drilling Centralizer Assembly [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2001, 23 (6): 36-38.
- [4] 厉磊.单稳定器钻具组合在陕北定向井中的应用[J].石油钻探技术,2000,28(3):13-15.
Li Lei. The Application of Single Centralizer Drilling Assembly in Directional Well of Northern Shaanxi [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2000, 28 (3): 13-15.
- [5] 周俊昌,于雄鹰,罗勇,等.复合钻井防斜打快技术的研究与应用[J].中国海上油气,2007,19(3):188-191.
Zhou Junchang, Yu Xiongying, Luo Yong, et al. The Research and Application of Anti-Deviation and Fast Drilling Technology by Combined Drilling [J]. China Offshore Oil and Gas, 2007, 19 (3): 188-191.
- [6] 陈养龙,魏凤勇,王宏杰,等.螺杆加PDC复合钻井技术[J].断块油气田,2002,9(4):57-60.
Chen Yanglong, Wei Fengyong, Wang Hongjie, et al. The Combined Drilling Technique with PDC Bit & PDM Drill [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2002, 9 (4): 57-60.
- [7] 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.
Ai Guicheng, Tian Hongling, Li Guoxing, et al. The Anti-Deviation and Fast Drilling Technology in Giant Thick Nappe of Qinxì Oil Field [J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2008, 15 (6): 97-98.
- [8] 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用[J].西部探矿工程,2014,26(11):87-88.
Zhang Min, Yang Haibin, Li Jianhui, et al. The Research and Application of the Anti-Deviation and Fast Drilling Technology in Nappe of Qinxì Oil Field [J]. West-China Exploration Engineering, 2014, 26 (11): 87-88.
- [9] 张俊良,肖科,吕俊川,等.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.
Zhang Junliang, Xiao Ke, Lü Junchuan, et al. The Drilling Technology Application of Rotary Steering Drilling System Power-V [J]. West-China Exploration Engineering, 2008, 20 (4): 79-82.
- [10] 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.
Wang Hongyan. The Application Analysis of Power-V Vertical Drilling System in Fang 403 Well of Daqing Oil Field [J]. West-China Exploration Engineering, 2016, 28 (2): 92-93.
- [11] 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.
Jiang Haijun, Liao Rongqing. The Mechanism of Self-Excited Pulse Jet Study [J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1998, 20 (3): 55-58.
- [12] 张玉祥,刘谦,马上刚,等.自激谐振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.
Zhang Yuxiang, Liu Qian, Ma Shanggang, et al. The Application of Self-Excitation Pulse Jet Technology in Speed-Increasing of Drilling in YuMen [J]. West-China Exploration Engineering, 2013, 25 (12): 40-42.
- [13] 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,2014,42(6):111-114.
Yang Shunhui, Wu Haojie, Niu Chengcheng, et al. The Development and Test of Special Impregnated Strengthened PDC Bit [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42 (6): 111-114.
- [14] 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.
Liu Huajie, Gao Wenjin, Tu Hui, et al. A Hydraulic Oscillator Can Effectively Improve the Rate of Drilling [J]. Petroleum Machinery, 2013, 41 (7): 46-48.
- [15] 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.

- Wang Jianlong, Wang Feng, Zhang Wenqiong, et al. The Application of Hydraulic Oscillator in Complex Structure Well [J]. Petroleum Machinery, 2015, 43 (4): 54-58.
- [16] 刘 谦,王震宇,张 敏,等. 鸭K区块PDC钻头选型技术的研究与应用[J]. 西部探矿工程, 2014, 26(12): 29-31.
- Liu Qian, Wang Zhenyu, Zhang Min, et al. The Research and Application of PDC Bit Type Selection Technology in Ya K Block [J]. West-China Exploration Engineering, 2014, 26 (12): 29-31.
- [17] 李德江. PDC钻头在鄂北气田的研究与应用[J]. 探矿工程, 2004, 25(3): 36-38.
- Li Dejiang. The Research and Application of PDC Bit in Gas Field of Northern Ordos Basin [J]. Exploration Engineering, 2004, 25 (3): 36-38.
- [18] 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.
- Cheng Xiaodong. The Application and Analysis of PDC Bit in Tahe Oil Field [J]. West-China Exploration Engineering, 2005, 21 (3): 113-115.
- [19] 高绍智, 张建华, 李天明, 等. 适用于砾石夹层钻井的PDC钻头[J]. 石油钻采工艺, 2006, 28(4): 20-21.
- Gao Shaozhi, Zhang Jianhua, Li Tianyaming, et al. The PDC Bit Suitable for Drilling Gravel Interlayer [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2006, 28 (4): 20-21.
- [20] 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.
- Xing Xuesong, Lou Yishan. A New Method of PDC Bit Selection Study [J]. Drilling & Production Technology, 2004, 27 (2): 21-22.
- [21] 李克向. 钻井手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- Drilling Manual [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990.
- [22] 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]. 吐哈油气, 2009, 13(1): 95-97.
- Ai Guicheng, Wang Weiguo, Li Dequan, et al. The Drilling Fluid Technology for Anti-High Temperature and Anti-Sloughing in Deep Well of Yumen Oilfield [J]. TUHA Oil & Gas, 2009, 13 (1): 95-97.
- [23] 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, 06(11): 76.
- LuPing, Shi Wanfei, Yan Linli, et al. The Drilling Fluid Technology for Anti-Sticking in Cretaceous of Qingxi Oilfield [J]. China New Technologies and Products, 2015, 6 (11): 76.