



长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术

孙欢 朱明明 张勤 石崇东 王清臣 屈艳平

Safe Drilling and Completion Technologies for Ultra-Long Horizontal Section of Tight Gas Horizontal Wells in Changqing Oilfield

SUN Huan, ZHU Mingming, ZHANG Qin, SHI Chongdong, WANG Qingchen, QU Yanping

在线阅读 View online: <http://doi.org/10.11911/syztjs.2022095>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

长庆油田华H50-7井超长水平段钻井液技术

Drilling Fluid Technology for Ultra-Long Horizontal Section of Well Hua H50-7 in the Changqing Oilfield

石油钻探技术. 2020, 48(4): 28-36 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2020050>

长庆油田小井眼超长水平段水平井钻井技术

Drilling Technologies for Horizontal Wells with Ultra-Long Horizontal Section and Slim Hole in Changqing Oilfield

石油钻探技术. 2021, 49(5): 14-18 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2021060>

长庆油田陇东地区页岩油超长水平段水平井钻井技术

Shale Oil Horizontal Drilling Technology with Super-Long Horizontal Laterals in the Longdong Region of the Changqing Oilfield

石油钻探技术. 2020, 48(1): 9-14 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2020029>

长宁页岩气超长水平段水平井钻井完井关键技术

Key Technology for Drilling and Completion of Shale Gas Horizontal Wells with Ultra-Long Horizontal Sections in Changning Block

石油钻探技术. 2020, 48(5): 9-14 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2020086>

新疆吉木萨尔页岩油超长水平段水平井钻井关键技术

Key Drilling Techniques for Horizontal Wells with Ultra-Long Horizontal Section in the Shale Oil Reservoir in Jimusar, Xinjiang

石油钻探技术. 2021, 49(4): 39-45 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2021036>

吉林油田致密油水平井优快钻井完井技术

Optimized Drilling and Completion Technology for Horizontal Wells in Tight Oil Reservoirs in the Jilin Oilfield

石油钻探技术. 2021, 49(2): 9-13 <http://doi.org/10.11911/syztjs.2020123>



扫码关注公众号，获取更多信息！

◀钻井完井▶

doi:10.11911/syztjs.2022095

引用格式: 孙欢, 朱明明, 张勤, 等. 长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术 [J]. 石油钻探技术, 2022, 50(5): 14-19.

SUN Huan, ZHU Mingming, ZHANG Qin, et al. Safe drilling and completion technologies for ultra-long horizontal section of tight gas horizontal wells in Changqing Oilfield [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2022, 50(5): 14-19.

长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术

孙 欢, 朱明明, 张 勤, 石崇东, 王清臣, 屈艳平

(中国石油集团川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司, 陕西西安 710018)

摘 要: 为了提高长庆气田致密气开发效益, 加大部署水平段长超 4 000 m 的水平井, 但随着水平段长度增加, 面临井眼轨迹控制困难、钻井液携岩难度大、钻具起下钻摩阻大、泥页岩井壁易失稳和尾管难以下至设计井深等技术难点。为此, 应用优化钻具组合及强度校核技术, 以保证施工的安全性; 研发高性能水基环保钻井液体系并配合井眼清洁监测技术, 以实现超长水平段的安全钻进; 采用破裂板悬浮器下套管技术, 以确保套管下入顺利; 并结合该油田的实际情况提出了具体的技术措施, 形成了长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术。长庆油田 3 口致密气水平井的超长水平段应用该技术后, 均顺利完井, 表明其可以保证超长水平段的安全施工。长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术为长庆油田致密气高效开发提供了技术途径。

关键词: 致密气; 水平井; 超长水平段; 钻井; 完井; 水基钻井液; 长庆油田

中图分类号: TE243⁺.1 文献标志码: A 文章编号: 1001-0890(2022)05-0014-06

Safe Drilling and Completion Technologies for Ultra-Long Horizontal Section of Tight Gas Horizontal Wells in Changqing Oilfield

SUN Huan, ZHU Mingming, ZHANG Qin, SHI Chongdong, WANG Qingchen, QU Yanping

(Changqing Drilling Company, CNPC Chuanqing Drilling Engineering Company Limited, Xi'an, Shaanxi, 710018, China)

Abstract: In order to enhance the efficient development of tight gas, Changqing Oilfield has scaled up the deployment of horizontal wells with a horizontal section over 4 000 meters. However, with the increase of horizontal section, technical challenges are encountered, including bad well trajectory control, hard sand transportation by drilling fluids, tight hole while tripping, unstable mudstone hole section, and uneasy setting of tail pipe into designed depth. Therefore, the bottom hole assembly(BHA) optimization and strength check technologies were employed to ensure a safe operation, and a environment-friendly high-performance water-based drilling fluid system combined with the borehole cleaning and monitoring technology was developed to realize the safe drilling of ultra-long horizontal sections. The casing running technology of rupture disk levitating device was applied to ensure a smooth casing operation. Furthermore, a series of specific technical measures were proposed based on the actual situation of oilfield. Therefore, the safe drilling and complement technologies for ultra-long horizontal sections of tight gas horizontal wells in Changqing Oilfield came into being. The technologies have been applied in the ultra-long horizontal sections of 3 tight gas horizontal wells in Changqing Oilfield, with successful well completion, which showed that the technologies could effectively ensure the safe construction of ultra-long horizontal sections. The successful applications show that the technologies can provide technical mothodology for efficeent development of tight gas wells in the Changqing Oilfield.

Key words: tight gas; horizontal well; ultra-long horizontal section; drilling; completion; water-based drilling fluid; Changqing Oilfield

收稿日期: 2021-10-21; 改回日期: 2022-08-08。

作者简介: 孙欢(1990—), 男, 陕西咸阳人, 2012年毕业于西安石油大学应用化学专业, 工程师, 主要从事水基钻井液防漏堵漏方面的技术与现场应用工作。E-mail: 1025351195@qq.com。

基金项目: 中国石油集团重大工程技术现场试验项目“恶性井漏防治技术与高性能水基钻井液现场试验”(编号: 2020F-45)资助。

2013年,长庆油田致密气水平井水平段的长度首次突破3 000 m,达到了3 056 m。但该油田在保障产能建设持续增长的同时,为最大限度地缩小环境敏感区的破坏范围,在致密气区块部署水平段长度超4 000 m的水平井,以实现单井储层最大有效进尺,充分动用复杂地貌条件下的油气储量。但随着水平段达到超长等级并不断增长,泥岩段井眼失稳、地层造浆严重、摩阻扭矩大幅增加、钻井液携岩困难和下套管遇阻等问题日益凸显^[1-3],严重制约着水平段的安全钻井完井。针对以上问题,笔者通过优化超长水平段的钻具组合,研究了钻具强度校核技术、高性能水基环保钻井液体系及超低固相控制技术^[4-8]、井眼清洁监测技术和破裂板悬浮器下套管技术^[9-11]等关键技术,并采取具体的技术措施,形成了长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术。该油田3口水平井应用该技术后效果良好,能保证长水平段的安全钻井完井。

1 水平井概况及钻井完井技术难点

1.1 水平井概况

鄂尔多斯盆地南北翘起、东翼缓而长、西翼短而陡的不对称向斜构造。根据构造特征,盆地内划分为6大二级构造单元,致密气藏主要位于伊陕斜坡,从上到下钻遇地层依次为第四系、延安组、延长组、纸坊组、和尚沟组、刘家沟组、石千峰组和石盒子组。

长庆油田致密气水平井采用三开井身结构:一开 $\phi 311.1$ mm钻头钻至井深500 m,下入 $\phi 244.5$ mm套管封固上部地层;二开采用 $\phi 215.9$ mm钻头从井深500 m钻至水平井入窗点,设计为直井段和斜井段,下入 $\phi 177.8$ mm技术套管;三开为水平段,采用 $\phi 152.4$ mm钻头钻进,下入 $\phi 114.3$ mm尾管。

目前,长庆油田致密气水平井水平段通常采用MWD工具进行井眼轨迹控制,工具集成度低,易操作,但储层分辨率低,滑动钻进易托压,施工长度一般不超过2 000 m。钻进时采用的欠饱和KCl钻井液体系具有一定的防塌性能,但动切力低,不利于长水平段后期携岩。完井套管采用常规管柱下入,下套管后期摩阻大,导致完井套管不能安全下至设计井深。

1.2 钻井完井技术难点

随着水平段达到超长等级并不断增加,长庆油田致密气水平井水平段的钻井完井难度不断加大,主要技术难点包括以下几个方面:

1)三维井眼轨迹控制难度大。致密气藏采用丛式立体开发,偏移距长、靶前距短,导致钻具摩阻高;超长水平段钻遇泥岩后,需根据预测靶体走向进行微调,以保证储层钻遇率,但为保证井眼轨迹平滑,对井眼轨迹控制精度要求高。

2)钻具易疲劳失效引发井下故障。水平段长度超过3 000 m后钻具摩阻和钻具扭矩大幅增加,摩阻为500~600 kN,加压后扭矩超过3 500 N·m,钻具易屈曲,造成其在薄弱点断裂。

3)井筒净化难。随着水平段增长,钻井液迟滞时间增大,由于重力作用钻屑上返运移的路途增长,更容易在下井壁堆积,形成岩屑床。

4)高水垂比导致尾管下行阻力大。超长水平段下尾管时间长,套管柱与水平井眼井壁间隙小,易造成尾管粘卡;由于水垂比大,尾管自身的重量小,靠尾管自身重量下行推力不足^[12]。

5)环空压耗大,易发生压差性漏失。随着水平段大幅延伸,井筒内的钻屑更加不易清除,导致循环压耗大幅增加,作用在井底的当量循环密度增大,钻至承压能力低的储层易发生压差性漏失。

2 水平井钻井完井关键技术

针对长庆油田致密气水平井超长水平段钻井完井技术难点,优化了钻具组合,并对其强度进行校核,以避免发生井下故障;通过采用高性能水基环保钻井液体系、井眼清洁监测技术,以确保井筒安全;还应用了破裂板悬浮器下套管技术,以确保套管顺利下入设计井深。与此同时,研究提出了各项技术的具体处理措施,实现了超长水平段的顺利钻井完井。

2.1 钻具组合优化及强度校核技术

2.1.1 钻具组合优化

随着水平段长度不断增大,钻具承受的拉力、扭力大幅增加。为改变常规钻进中钻具与井壁的接触模式、提高井眼清洁效果,采用旋转导向工具控制井眼轨迹,采用高强度S135钻杆、清砂钻杆提高携岩能力。

优化后的钻具组合为 $\phi 152.4$ mm PDC钻头+ $\phi 120.0$ mm旋转导向工具+ $\phi 120.0$ mm通讯供电短节+ $\phi 120.0$ mm顶部断电短节+ $\phi 101.6$ mm加重钻杆×2柱+ $\phi 101.6$ mm钻杆×10柱+ $\phi 101.6$ mm清砂钻杆×1根+ $\phi 101.6$ mm钻杆×10柱+ $\phi 101.6$ mm清砂钻杆×1根+ $\phi 101.6$ mm加重钻杆。其中,钻杆本体外径101.6 mm,接箍外径123.8 mm,通径65.1 mm,钢

级 S135, 扣型 CQST39, 抗拉强度 2 287 kN, 抗扭强度 53.284 kN·m。

优化后的钻具组合具有以下特点: 1) 增加清砂钻杆, 可改变钻屑的沉降方式, 大幅提高携岩能力; 2) 应用旋转导向工具, 可提高滑动钻进效率, 降低长水平段滑动压差卡钻风险, 降低钻具疲劳; 3) 选用 S135 钻杆, 可提高钻具组合的抗拉强度和抗扭

强度, 保证超长水平段顺利施工。

2.1.2 钻具强度校核

为满足长度超 4 000 m 水平段的施工要求, 使用 Landmark 软件对用于 5 000 m 长度水平段的钻具组合进行了强度校核, 校核数据见表 1, 抗拉强度校核结果、抗扭强度校核结果及屈曲分析结果分别如图 1、图 2 和图 3 所示。

表 1 超长水平段钻具组合强度校核数据

Table 1 Strength check data of BHA for ultra-long horizontal sections

工况	钻具尺寸/ mm	钢级	钻压/ kN	是否 屈曲	抗扭强度校核/(kN·m)			抗拉强度校核/kN		
					最大扭矩	屈服强度	安全系数	最大钩载	抗拉强度	安全系数
倒划眼	101.6	S135		否	22.4	53.284		941.3	2 287	
起钻	101.6	S135		否				1 329.2	2 287	
旋转钻进	101.6	S135	50	否	23.3	53.284	2.28	891.3	2 287	1.72
下钻	101.6	S135		否				563.4	2 287	
空转	101.6	S135		否	21.9	53.284		941.3	2 287	
滑动钻进	101.6	S135	30	否				524.4	2 287	

注: 套管内摩阻系数 0.20, 裸眼段摩阻系数 0.25。

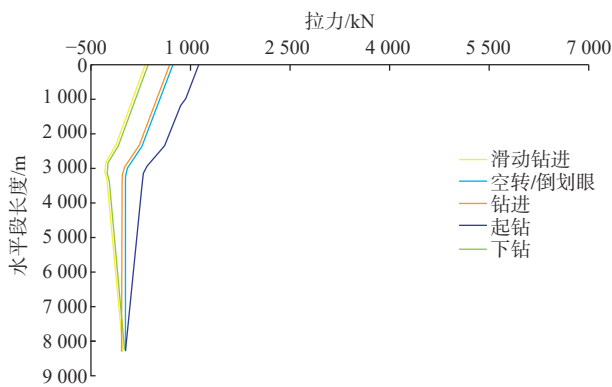


图 1 超长水平段钻具组合抗拉强度校核结果

Fig.1 Tensile strength check results of BHA for ultra-long horizontal sections

由表 1 和图 1、图 2 和图 3 可知, $\phi 101.6$ mm 钢级 S135 钻杆承受的最大拉力为 1 329.2 kN, 最大扭矩为 23.3 kN·m, 在安全系数范围内, 能满足安全施工的要求。由水平段屈曲分析可知, 2 464~2 563 m 和 3 302~3 402 m 井段下钻时发生了正弦屈曲, 因此为保证钻具施工安全, 水平段长度超过 2 400 m 时应采用划眼模式进行起下钻作业。

2.2 高性能水基环保钻井液及超低固相控制技术

2.2.1 高性能水基环保钻井液体系

为实现超长水平段安全钻井, 采用了具有高切、低黏、强抑制、超低固相特性的高性能水基环保

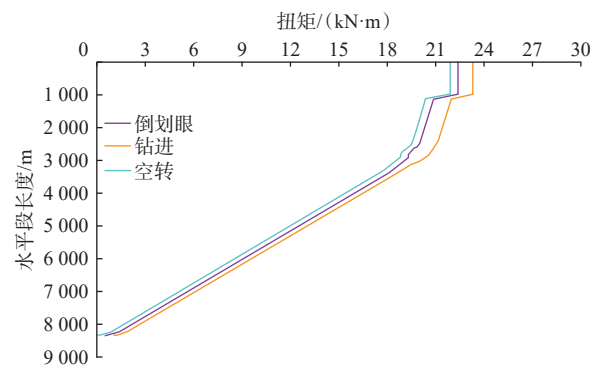


图 2 超长水平段钻具组合抗扭强度校核结果

Fig.2 Torsional strength check results of BHA for ultra-long horizontal sections

钻井液体系。该体系主要由低相对分子质量抗盐降滤失剂、白沥青、提切剂 CQZN、有机加重剂和高效表面活性剂组成。其中, CQZN 可在增黏很小的情况下提高钻井液的动塑比和低剪切速率下的动切力; 采用高效表面活性剂作为润滑剂, 可在钻具与井壁之间形成一层润滑膜, 减小钻具与井壁间的摩擦系数。该体系具有很强的抑制性和润滑性, 钻进时流变性基本保持恒定, 满足携岩要求, 从而可保证稳定井壁、清洁井眼和降摩减阻的效果。

通过室内优化试验, 确定了钻井液体系配方为: 0.2%~0.3% CQZN+1.0%~1.5% 低相对分子质量抗

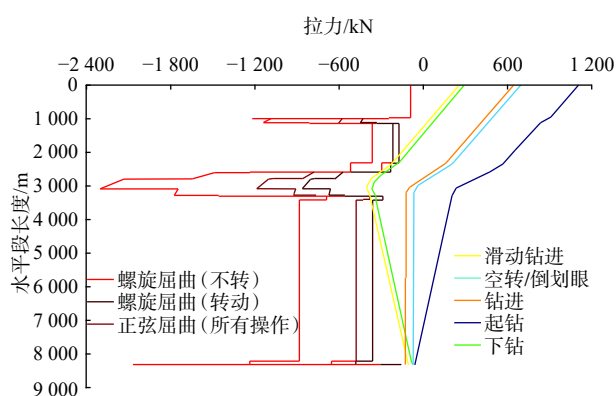


图 3 超长水平段钻具组合屈曲分析结果

Fig.3 Buckling analysis results of BHA for ultra-long horizontal sections

盐降滤失剂+1.0%~2.0% 白沥青+20.0%~30.0% 有机加重剂+2.0%~5.0% 高效表面活性润滑剂+重晶石粉。基本性能为:漏斗黏度 60~80 s, 密度 1.28~1.35 kg/L, API 滤失量 2~3 mL, 高温高压滤失量 8~10 mL, 塑性黏度 17~25 mPa·s, 动切力 10~12 Pa, 动塑比 0.50~0.65, 转速 6 r/min 下的读数为 6~8。该钻井液体系的所有处理剂均可溶于水, BOD/COD 值为 0.108, 易降解, 满足环保钻井要求。

2.2.2 超低固相控制技术

随着水平段延长, 钻井液中的微米级颗粒会逐渐增多, 由于重力作用会在下井壁形成致密的岩屑床, 如果不及时清除会导致摩阻增大。根据劣质固相的分布范围, 采用三级固控模式和定期补充新浆方式控制钻井液中的劣质固相。一级固控采用 240 目筛布, 保证钻井液 100% 过筛布, 清除粒径大于 64 μm 的劣质固相; 二级固控采用 2 台大排量中速离心机, 清除粒径小于 10 μm 、大于 100 μm 的劣质固相; 三级固控采用高速离心机, 清除粒径小于 5 μm 的劣质固相。每天根据钻井进尺和正常消耗量补充新浆, 实现超低固相的控制, 保证钻井液净化, 实现劣质固相的有效控制。

2.3 井眼清洁监测技术

井眼清洁监测分为 2 部分: 在旋转导向上安装压力传感器, 压力传感器通过电磁脉冲传输, 实时监测井底含钻屑钻井液的当量密度($\rho_{\text{ce}1}$); 应用钻井液环空压耗公式计算当量循环密度($\rho_{\text{ce}2}$)。用 $\rho_{\text{ce}1}$ 与 $\rho_{\text{ce}2}$ 的差值 $\Delta\rho_{\text{ce}}$ 来判断井底是否清洁: $\Delta\rho_{\text{ce}}$ 值越大, 证明井底钻井液含钻屑量越大, 井眼清洁效果越差; $\Delta\rho_{\text{ce}}$ 值越小, 证明井底钻井液含钻屑量越小, 井眼清洁效果越好。 $\Delta\rho_{\text{ce}}$ 值大于 0.05 kg/L 时, 采取倒划眼方式清除井底岩屑, 从而保证井眼相对清洁。

2.4 破裂板悬浮器下套管技术

由于水垂比高、尾管自身质量小, 靠尾管自身所受重力下行推力不足, 难以满足套管顺利入井要求。因此, 应用破裂板悬浮器技术, 并采取合理的辅助措施, 以保证尾管下至设计井深。

利用 Landmark 软件, 计算套管下至设计井深时所需套管内的空气段长, 将破裂板悬浮器组装在通过软件计算的套管位置, 套管下至设计井深后, 注入钻井液憋压至破裂板悬浮器破裂时所需要的压力, 循环出套管内空气, 建立钻井液循环。

辅助措施: 采用倒划眼方式起钻, 清除钻进期间形成的岩屑床, 采用模拟套管曲率的通井钻具组合通井, 下套管前泵入封闭液(含 15% 润滑剂)封固水平段, 降低下套管摩阻。

利用 Landmark 软件计算不同摩阻系数、漂浮段长条件下, 套管下放时的大钩载荷和套管所受轴向力, 以优选漂浮段长。假设水平段长度为 5 000 m, 计算分析如下:

1) 计算分析条件。设定温度 21 $^{\circ}\text{C}$, 压力 101 kPa; 采用高性能水基环保钻井液体系, 密度 1.35 kg/L, 塑性黏度 25 mPa·s, 动切力 10 Pa。不考虑游动系统自重; 考虑钻井液的黏滞性。提放速度: 套管上提速度 10 m/min, 套管下入速度 10 m/min。套管内摩阻系数 0.20, 套管外摩阻系数 0.25。

2) 分析结果。分析对比漂浮下套管时不同漂浮段对应的套管下入载荷, 优选漂浮段长度 5 100 m, 套管外径 114.3 mm, 套管钢级 P110, 套管壁厚 8.56 mm, 井底下入钩载 310.4 kN, 最大上提钩载 793.3 kN, 套管抗拉强度 1 806.0 kN。套管漂浮下入及上提时的摩阻、下入时的屈曲以及上提时的抗拉满足现场施工要求, 如图 4、图 5 和图 6 所示。

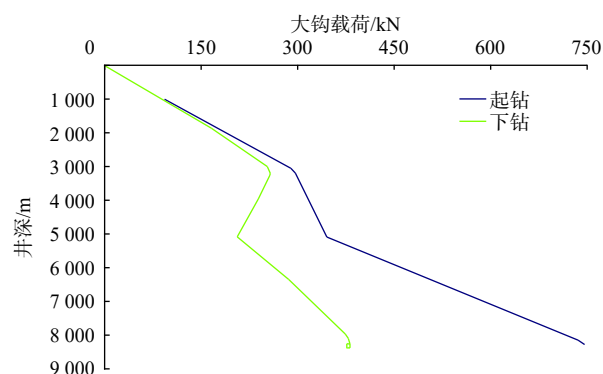


图 4 套管漂浮下入及上提时的摩阻分析结果

Fig.4 Friction analysis results of floating casing during running and lifting

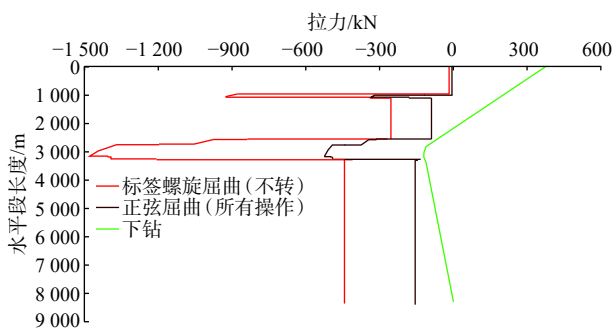


图5 套管漂浮下入时的屈曲分析结果

Fig.5 Buckling analysis results of floating casing during running

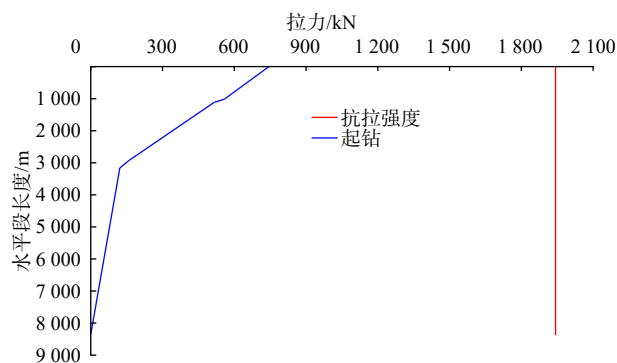


图6 漂浮下套管上提时的抗拉分析结果

Fig.6 Tensile analysis results of floating casing during lifting

3 现场应用

3.1 应用概况

长庆油田致密气水平井超长水平段安全钻井完井技术在该油田桃2-X井、桃X井和靖X井进行了应用,水平段长度分别为4 443, 4 466和5 256 m。其中,靖X井水平段长度达到5 256 m,创国内陆上

油气井最长水平段纪录。

这3口井采用优化后的钻具组合,未发生井下故障;应用高性能水基环保钻井液体系(性能数据见表2),性能稳定,携岩性高,未出现井眼失稳问题;通过监测与控制 $\Delta\rho_{ce}$,实现了井眼清洁,起下钻无遇阻;应用破裂板悬浮器下套管技术,保证了尾管顺利入井。

表2 高性能水基环保钻井液体系性能

Table 2 Performance of environment-friendly high-performance water-based drilling fluid system

井号	水平段 ¹⁾ /m	密度/($\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$)	漏斗黏度/s	API滤失量/mL	高温高压滤失量/mL	塑性黏度/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	动塑比	黏滞系数
桃2-X井	1500~4443	1.28~1.36	60~85	2.6	8.0	37	0.54	0.055
桃X井	1500~4466	1.28~1.35	62~82	3.0	8.2	35	0.53	0.055
靖X井	1500~5256	1.28~1.38	62~86	3.0	8.2	39	0.58	0.055

注:1) 1 500 m之前钻井液性能随水平段长度增大动态调整,1 500 m之后其性能基本稳定,所以从1 500 m开始进行性能分析。

3.2 靖X井应用过程

靖X井是一口三开水平井,水平段设计长度5 000 m,实际完钻水平段5 256 m。该井二开技术套管下深3 272 m。采用优选后的钻具组合进行旋转导向钻进,储层钻遇率81.5%,砂体钻遇率90%。采用高性能水基环保钻井液体系,出入口钻井液密度差小于0.01 kg/L ,钻至水平段4 180 m后钻遇93 m黑色泥岩,井壁稳定,起下钻无遇阻。

该井水平段设计为89.83°平推式钻进,钻至井深7 452 m后出现黑色泥岩,近钻头伽马成像显示,储层砂体有下移迹象,采用旋转导向下尾追砂体,实现了超长水平段井眼轨迹控制。

在超长水平段实时监控当量循环密度,在水平段前3 500 m内 $\Delta\rho_{ce}$ 一直保持在0.01~0.03 kg/L 。此后,每钻进300~500 m, $\Delta\rho_{ce}$ 均大于0.05 kg/L 。现场采取倒划眼循环方式处理,当监测值恢复正常后

继续钻进。该井超长水平段当量循环密度监控及处理数据见表3。

靖X井下套管前采用模拟套管曲率的通井钻具通井,通井到底后配制100 m^3 封闭润滑浆封闭超长水平段,封闭润滑浆的配方为钻井液+5%表面活性润滑剂+428 m处连接破裂板悬浮器,超长水平段尾管顺利下至设计井深。

4 结论与认识

1)长庆油田致密气水平井超长水平段钻井完井施工时井眼轨迹控制难度大,钻具摩阻和扭矩远超常规水平井,井底钻屑不易清除而形成岩屑床,高水垂比导致尾管下行阻力大,对钻井设备、井下工具、钻井液体系、完井工具及配套技术提出了更高的要求。

表 3 超长水平段当量循环密度监控及处理数据

Table 3 Monitoring and processing data of equivalent circulating density for ultra-long horizontal sections

水平段长/m	$\Delta\rho_{ce}/(\text{kg}\cdot\text{L}^{-1})$	处理方式	处理后 $\Delta\rho_{ce}/(\text{kg}\cdot\text{L}^{-1})$
1 800	0.01	钻进	钻进
2 300	0.02	钻进	钻进
2 800	0.02	钻进	钻进
3 200	0.03	钻进	钻进
3 500	0.05	倒划眼循环	0.02
3 800	0.05	倒划眼循环	0.02
4 200	0.06	倒划眼循环	0.03
4 400	0.06	倒划眼循环	0.03
4 800	0.06	倒划眼循环	0.04
5 200	0.06	倒划眼循环	0.04

2) 优化钻具组合能满足超长水平段的安全施工, 保证井眼轨迹的平滑; 应用高性能水基钻井液体系及超低固相控制技术, 在满足井壁稳定的同时, 可实现钻井液的高效净化和强携岩效果; 采用井眼清洁监测技术, 可满足超长水平段井眼清洁需求, 减少岩屑床的形成, 降低起下钻摩阻, 保证钻井安全。

3) 采用破裂板悬浮器下套管技术, 利用软件模拟套管下放时不同摩阻系数、漂浮段长条件下的大钩载荷和套管所受轴向力, 优选套管内的空气段长度, 减少套管与井壁的接触, 降低套管入井的摩阻, 保证尾管顺利下至设计井深。

4) 为进一步提高长庆油田致密气水平井超长水平段的钻井时效, 建议研发与旋转导向匹配度高的水力振荡器, 在保证井下动力工具安全运行的前提下提高复合钻进效率。

参 考 文 献

References

[1] 胡祖彪, 张建卿, 王清臣, 等. 长庆油田华 H50-7 井超长水平段钻井液技术 [J]. 石油钻探技术, 2020, 48(4): 28–36.
HU Zubiao, ZHANG Jianqing, WANG Qingchen, et al. Drilling fluid technology for ultra-long horizontal section of Well Hua H50-7 in the Changqing Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020, 48(4): 28–36.

[2] 史配铭, 薛让平, 王学枫, 等. 苏里格气田致密气藏水平井优快钻井技术 [J]. 石油钻探技术, 2020, 48(5): 27–33.
SHI Peiming, XUE Rangping, WANG Xuefeng, et al. Optimized fast drilling technology for horizontal wells in the tight gas reservoirs in Sulige Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020,

48(5): 27–33.

[3] 刘建峰. 长庆气田长水平段水平井快速钻井技术研究与应用 [D]. 西安: 西安石油大学, 2015.
LIU Jianfeng. The research and Application of field long horizontal well drilling technology in Changqing gas[D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2015.

[4] 甄剑武. 水平井高密度钻井液润滑减阻技术研究及现场试验 [J]. 石油钻探技术, 2020, 48(5): 55–60.
ZHEN Jianwu. Research and field tests of the lubrication and friction reduction technology of high density drilling fluid in horizontal wells[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020, 48(5): 55–60.

[5] 陈士奎, 谭泉麒, 王荐, 等. 页岩气高性能水基钻井液技术研究 [J]. 石油化工应用, 2018, 37(12): 57–60.
CHEN Shikui, TAN Xiaoqi, WANG Jian, et al. Research of shale gas high performance water base drilling fluid technique[J]. Petrochemical Industry Application, 2018, 37(12): 57–60.

[6] 印树明, 蓝强, 赵怀珍. 高温高密度钻井液润滑技术研究 [J]. 能源化工, 2019, 40(3): 42–46.
YIN Shuming, LAN Qiang, ZHAO Huaizhen. Study on lubricating technology for high temperature and high density drilling fluid[J]. Energy Chemical Industry, 2019, 40(3): 42–46.

[7] 杨建永. 低密度水基钻井液在长深易漏区块深层水平井的应用 [J]. 石油和化工设备, 2019, 22(7): 54–56.
YANG Jianyong. Application of low-density water-based drilling fluid in deep horizontal wells in long-deep leaky zones[J]. Petro & Chemical Equipment, 2019, 22(7): 54–56.

[8] 陈庚绪, 刘奥, 王茜, 等. 适用于页岩气井的强抑制防塌高性能水基钻井液体系 [J]. 断块油气田, 2018, 25(4): 529–532.
CHEN Gengxu, LIU Ao, WANG Qian, et al. High inhibition and anti-sloughing water-based drilling fluid system for shale gas horizontal wells[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2018, 25(4): 529–532.

[9] 吴百川. 长水平段水平井井眼净化理论与实践研究 [D]. 荆州: 长江大学, 2020.
WU Baichuan. Theoretical and practical research on long-horizontal horizontal hole clean[D]. Jingzhou: Yangtze University, 2020.

[10] 焦亚军, 陈安环, 何方雨, 等. 漂浮下套管技术在浅层页岩气水平井中的应用及优化 [J]. 天然气工业, 2021, 41(增刊 1): 177–181.
JIAO Yajun, CHEN Anhuan, HE Fangyu, et al. Application and optimization of floating casing running technology in shallow shale gas horizontal wells[J]. Natural Gas Industry, 2021, 41(supplement 1): 177–181.

[11] 李伟峰, 王艳, 于小龙. Z88P4 井双漂浮下套管技术研究与应用 [J]. 非常规油气, 2021, 8(4): 93–98.
LI Weifeng, WANG Yan, YU Xiaolong. The study and application of double floating casing running technology in Z88P4[J]. Unconventional Oil & Gas, 2021, 8(4): 93–98.

[12] 王建龙, 冯冠雄, 刘学松, 等. 长宁页岩气超长水平段水平井钻井完井关键技术 [J]. 石油钻探技术, 2020, 48(5): 9–14.
WANG Jianlong, FENG Guanxiong, LIU Xuesong, et al. Key technology for drilling and completion of shale gas horizontal wells with ultra-long horizontal sections in Changning Block[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2020, 48(5): 9–14.