

彭州气田 PZ115 井钻井提速配套技术

江波, 任茂, 王希勇

(中国石化西南油气分公司石油工程技术研究院, 四川 德阳 618000)

摘要:为解决龙门山前彭州气田钻井中上部地层气体钻井提速技术受限、易井斜, 中部须家河组与小塘子组地层研磨性强、可钻性差, 下部雷口坡组地层较破碎、易阻卡、易漏, 以及机械钻速低、钻井周期长等难题, 通过分析龙门山前彭州气田地质资料和地层特点, 在 PZ115 井中开展了优化井身结构、水力加压器、垂直钻井技术、PDC 钻头优选技术、高效钻井液技术、扭力冲击器等钻井提速配套技术的研究与运用, 实现了安全快速钻井, 平均机械钻速 2.62 m/h, 钻井周期 265.75 d, 与区块前期钻井周期最短井 YS1 井相比, 钻井深度增加 454 m, 平均机械钻速提高 24.17%, 钻井周期减少了 17.42 d, 创川西地区雷四段气藏为目的井中钻深最深和钻井周期最短纪录。研究结果表明, PZ115 井钻井提速配套技术可为彭州气田后续钻井提速增效提供借鉴。

关键词:雷口坡组; 彭州气田; 钻井提速; 水力加压器; 垂直钻井; 高效钻头; 钻井液

中图分类号: P634; TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2019)08-0073-06

Complete technology for ROP improvement for Well PZ - 115 in Pengzhou Gas Field

JIANG Bo, REN Mao, WANG Xiyong

(Petroleum Engineering Technology Institute of Southwest Petroleum Branch, Sinopec, Deyang Sichuan 618000, China)

Abstract: There are some difficulties in drilling in Pengzhou Gas Field in Longmen Piedmont. In the upper strata, gas drilling technology is limited and prone to deviation. The middle part of the Xujiage Formation and the Xiaotangzi Formation is featured of strong abrasiveness and poor drillability. In the lower Leikoupo Formation, the strata are relatively broken, prone to bit sticking and easy to leak, ROP is low and the drilling duration is long. Based on the analysis of geological data and formation characteristics in Pengzhou Gas Field, the research and application of complete technologies for ROP improvement, such as optimizing the well bore structure, hydraulic WOB, vertical drilling technology, PDC bit optimization technology, high-efficiency drilling fluid technology and torsion impactor, were carried out in Well PZ - 115. Safe and fast drilling was achieved with the average drilling speed at 2.62m/h and the drilling duration 265.75d. Compared with the shortest drilling duration of Well YS - 1 in the same block, the drilling depth and the ROP increased by 454m and 24.17% respectively, creating the record of the deepest drilling depth and the shortest drilling duration in the fourth member of the Leikoupo gas reservoir in the West Sichuan area. Research results show that the proposed high-speed drilling techniques for Well PZ - 115 can provide references for coming operations to enhance the ROP and efficiencies in Pengzhou Gas Field.

Key words: Leikoupo Formation; Pengzhou Gas Field; ROP improvement; hydraulic WOB; vertical drilling; efficient drilling bit; drilling fluid

0 引言

2014 年龙门山前石羊—金马—鸭子河构造带上的勘探井 PZ1 井在对雷口坡组雷四段测试中, 获

天然气产量 $121.05 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 由此发现了彭州区块雷口坡组四段气藏。随后部署的 YSH1 井与 YS1 井测试中, 分别获天然气无阻流量 81.96×10^4

收稿日期: 2018-09-04; 修回日期: 2019-05-30 DOI: 10.12143/j.tkgc.2019.08.0011

基金项目: 中国石油化工股份有限公司重大专项“龙门山前雷口坡组气藏勘探开发关键技术研究”(编号: P1609)

作者简介: 江波, 男, 汉族, 1979 年生, 高级工程师, 从事石油、天然气钻井设计与科研工作, 四川省德阳市旌阳区龙泉山北路 298 号, 4569668@qq.com。

引用格式: 江波, 任茂, 王希勇. 彭州气田 PZ115 井钻井提速配套技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2019, 46(8): 73-78.

JIANG Bo, REN Mao, WANG Xiyong. Complete technology for ROP improvement for Well PZ - 115 in Pengzhou Gas Field[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019, 46(8): 73-78.

m^3/d 和 $104.30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 实现了川西海相领域在龙门山前彭州地区的重大突破, 揭示了川西彭州气田海相中三叠统巨大的天然气资源潜力。统计与分析川西地区钻海相雷四段气藏为目的 10 余口完钻井资料, 受地层高温、高压、高含硫、可钻性差、地层出水、井漏、易掉块、阻卡等井下地质工程因素的影响, 机械钻速整体偏低, 钻井周期均较长^[1-3], 其中 YS1 井钻井周期最短, 但也长达 283.17 d, 机械钻速仅有 2.11 m/h。

为加快彭州气田勘探开发速度, 提高钻速, 在系统研究彭州区块地质工程特征基础上, 结合 PZ115 井情况, 开展了井身结构优化、水力加压器、垂直钻井、扭力冲击器等综合提速工具与技术配套方案研究与实践, 实钻结果表明, PZ115 井平均机械钻速 2.62 m/h, 比前期完钻井平均机械钻速提高 40.86%, 比 YS1 井提高 24.17%, 提速效果明显, 降低了钻井成本。

1 地质概况

PZ115 井位于龙门山前石羊—金马—鸭子河构造带中石羊场构造上。该构造为北东向展布的短轴背斜, 构造圈闭面积 33.6 km^2 , 长轴 8.6 km, 短轴 5.1 km, 圈闭形态完整, 高点埋深相对较浅, 远离山前破碎带, 虽然彭县断裂断至地表, 但实钻井证实该构造带保存条件好; 且沟通下伏烃源岩, 有利于二叠系及以下烃源向上运移, 是山前隐伏构造带有利的勘探目标之一。地层自上而下为第四系, 第三系, 白垩系, 侏罗系上统蓬莱镇组、遂宁组及中统上沙溪庙组、下沙溪庙组、千佛崖组, 下统白田坝组, 三叠系上统须家河组须五段、须四段、须三段、须二段^[2], 小塘子组, 马鞍塘组马二段、须一段, 三叠系中统雷口坡组。其中, 目的层雷四段地层岩性上部为灰、深灰色微晶含白云质(砂屑)灰岩、白云质(藻砂屑、砂屑)灰岩与灰色微晶—粉晶灰质白云岩、含灰质砂屑白云岩等厚互层; 中部为灰、浅灰、深灰色微晶—粉晶(砂屑)白云岩、微晶(含)硬石膏质砂屑白云岩、(含)硬石膏质白云岩夹浅灰色微晶白云质灰岩; 下部为灰色(含)硬石膏质白云岩与灰白色微晶白云质硬石膏岩不等厚互层; 获取到岩心显示孔隙裂缝发育; 地层温度 $160 \sim 165 \text{ }^\circ\text{C}$, 孔隙压力梯度 $1.05 \sim 1.15 \text{ MPa}/100 \text{ m}$, 破裂压力梯度 $2.00 \sim 2.50 \text{ MPa}/100 \text{ m}$, 硫化氢含量 $3.6\% \sim 5.7\%$ 。

2 钻井难点分析

(1) 纵向上由浅至深分布多套压力体系, 遂宁组以浅为常压段, 沙溪庙组至白田坝组为常压到高压过渡段, 须家河组五段至三段稳定高压段, 地压系数达到 $1.75 \text{ MPa}/100 \text{ m}$, 须二段至小塘子组为降压段, 马鞍塘组、雷口坡组常压段; 邻井实钻存在井漏、井壁失稳等井下复杂情况, 井身结构确定困难。

(2) 遂宁组以浅地层可钻性好, 但气水关系复杂, 含水、含气层多, 气体钻井等提速技术应用受到限制。

(3) 地层非均质性强, 夹层多, 千佛崖组以浅地层采用常规防斜打直技术难以控制井斜, 邻井聚源 21 井用塔式钻具组合钻至井深 1908.29 m 处井斜偏大到 5.34° 。

(4) 陆相深部须家河组、小塘子组可钻性差, 机械钻速低。须家河组井段巨厚, 厚度达 2800 m, 约占整个直井段长度的 42%, 较普光、元坝等地区厚 2000 m, 岩性以页岩为主, 局部含石英, 研磨性强, 可钻性极差, 平均机械钻速 1.78 m/h; 小塘子组埋藏深, 地层难钻程度高, 平均机械钻速仅有 1.07 m/h。

(5) 井壁易掉块和失稳, 防卡难度大。邻井 YS1 井导管段通井中发生井壁垮塌, 下导管时分别在井深 27.25、38.00 m 处遇阻; YSH1 井在须五段、须四段共发生 3 次井壁失稳; PZ1 井和 YSH1 井在雷四段分别发生 1 次和 3 次因掉块引起的阻卡。

(6) 深部地层易漏失。邻井 PZ1 井在二开下套管过程中发生井漏, 漏失钻井液 26 m^3 , 在雷四段钻进中发生 4 次井漏, 漏失钻井液 241.21 m^3 ; YSH1 井在沙溪庙组压井中发生井漏, 漏失钻井液 100 m^3 。

(7) 二开裸眼段长达 3252.00 m, 天马山组至须四段易斜、井壁易产生掉块, $\text{O}273.1 \text{ mm}$ 大尺寸套管顺利下入难度大。

3 钻井提速综合配套技术

3.1 井身结构优化

PZ115 井是一口滚动勘探直井, 储层埋藏深, 不可预见地质因素多, 在确保能顺利获取地质资料和完井的前提下, 根据已完钻井资料和考虑存在易漏、井壁失稳、高压油气水层和降低成本等, 结合第四系至沙溪庙组孔隙压力梯度由 $1.0 \text{ MPa}/100 \text{ m}$ 增至

1.5 MPa/100 m、千佛崖组至须三段孔隙压力梯度稳定在 1.5~1.75 MPa/100 m、须二段至马鞍塘组孔隙压力梯度维持在 1.3~1.5 MPa/100 m、雷口坡组孔隙压力梯度降为 1.15 MPa/100 m,和陆相第四系至马鞍塘组地层坍塌压力<地层孔隙压力<破裂压力、海相雷口坡组地层孔隙压力<坍塌压力<破裂压力,以及第四系至白田坝组地层岩性主要为泥岩、砂岩,须家河组至马鞍塘组地层岩性主要为页岩,雷口坡组地层为白云岩等地质特征,采用 Landmark 软件井身结构设计模块,在满足井筒内压力平衡条件下^[3],对 PZ115 井井身结构进行优化,设计三开制井身结构见表 1。

表 1 PZ115 井设计井身结构
Table 1 Wellbore structure of Well PZ-115

开次	钻头直径/mm	完钻井深/m	套管外径/mm	套管下深/m	备注
导管	660.4	65	508.0	63	
一开	444.5	852	365.1	850	
二开	333.4	4102	273.1	0~1000 1000~4100	复合技术套管
三开	241.3	6609	193.7	0~3900 3900~6607	先悬挂再回接,并备用 $\varnothing 165.1$ mm 井眼

由表 1 可以看出,导管钻至井深 65.00 m,封浅表水层及浅部松软层;一开钻至井深 852.00 m,封固天马山顶部以上承压能力较低地层,为下开次安装井控设备和具备井控能力提供条件;二开钻至井深 4102.00 m,封隔须五段及以上气层,井眼尺寸由前期的 $\varnothing 316.5$ mm 优化为 $\varnothing 333.4$ mm,以增大井眼与 $\varnothing 273.1$ mm 套管之间的环空间隙,利于套管下入,并配套相应的钻头和工具,提高大尺寸井眼破岩效率和机械钻速;三开直接钻至完钻井深

6609.00 m,采用 $\varnothing 241.3$ mm 常规井眼施工,备用 $\varnothing 165.1$ mm 井眼,若钻遇井下复杂情况影响安全钻至完钻井深,可下 $\varnothing 193.7$ mm 套管封隔复杂层段,再采用备用的 $\varnothing 165.1$ mm 井眼钻至完钻井深。该井实钻中,因三开钻遇气层多,并且在小塘组钻遇异常高压气层,井内压力达到平衡时钻井液密度高达 2.07 g/cm^3 ,若采用此钻井液密度施工剩余井段,与下部雷口坡组四段压差超过 59 MPa,继续钻进发生压差卡钻和井漏的风险高,实钻中及时优化调整为四开制井身结构,三开钻至马鞍塘组一段底部,下 $\varnothing 193.7$ mm 套管封隔上部高压井段,为顺利钻至完钻井深创造了条件。

3.2 浅部地层应用水力加压器

浅部第四系地层上部为种植土,下部为砂砾层夹粘土层,第三系以棕红色泥岩与棕灰色含砾细粒岩屑砂岩为主,白垩系已含砾砂岩和棕红色泥岩、粉砂质泥岩略等厚互层为主,砂砾岩互层多,大尺寸井眼憋跳钻频繁,钻压不稳定,对钻速影响明显。

水力加压器是一种利用钻井液的液压力来为钻头提供钻压的井下工具,是一种能量转换装置^[4]。图 1 所示为水力加压器结构简图,主要由上、下接头、一、二、三级活塞、缸套、芯轴等构成^[5],钻井液流经其以下螺杆、钻头等产生的压降作用在活塞上产生钻压,再由连接在活塞上的芯轴将钻压传给下部的钻头。钻压可通过调节钻井液排量和喷嘴大小等进行调控,具有钻压调节范围广,可克服大钻具重力分力、浮力和摩擦阻力的影响,可使所需钻压维持均衡、稳定和节省钻具用量,同时,水力加压器液腔内钻井液可吸收转换振动力,延长钻头和钻具的使用寿命^[5-6]。



图 1 水力加压器组成示意图

Fig.1 Schematic diagram of hydraulic WOB feed

因此,在 PZ115 井白垩系以浅地层优选使用 3 级活塞和工作行程 300 mm 的 SJ-242 型水力加压器。实钻中,水力加压器直接加装在钻头之上,保持对钻头持续均匀施加钻压和减振,强化钻井参数:钻压 40~150 kN,排量 45~60 L/s,转速 50~60 r/min。第四系 $\varnothing 660.4$ mm 和第三系、白垩系 $\varnothing 444.5$ mm 大尺寸井眼分别进尺 118.5 和 365.12

m,机械钻速分别为 7.9 和 3.94 m/h,对比邻井(前期工期最短井 YS1 井,下同)机械钻速分别提高 295.05% 和 27.09%,提速效果明显。

3.3 浅层易斜地层应用 POWER-V 垂直钻井技术

彭州气田浅层蓬莱镇组与遂宁组 900~2250 m 井段岩性以泥岩为主,与粉砂岩互层、软硬交错,夹

层多,但可钻性好,前期采用塔式钻具、高效直螺杆配合 PDC 钻头钻进,井斜角往往在 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。目前,大部分易斜地区主要采用垂直钻井主动控斜打快技术,POWER-V 垂直钻井便是其中之一。

POWER-V 垂直钻井系统工作时井下钻具均处于旋转状态,能按需求施加钻压,当自动感应井斜超过预设值后,自动设定和调整工具侧向力,使井眼轨迹快速返回垂直状态^[7-8]。

POWER-V 垂直钻井工具在邻井 YS1 井 $\Phi 316.5$ mm 井眼 933.00~1989.00 m 井段运用,平均机械钻速 11.67 m/h,井斜角始终控制在 0.7° 以内。为提高钻速,减少起下钻次数,提高施工效率,参考前期使用经验,在 PZ115 井 883.00~2144.53 m 井段进行了推广。使用中优选攻击性强的 KS1952DGR 型 PDC 钻头,强化钻井参数:钻压 100~150 kN,排量 60 L/s,转速 100 r/min,进尺 1261.50 m,机械钻速 14.01 m/h,与邻井对比,机械钻速提高 20.05%,井斜最大 0.84° ,节约 2 趟起下钻,防斜与打快效果明显。

3.4 优选高效钻头

陆相深部白田坝组可钻性级值 6,须家河组平均硬度 2770.36 MPa,可钻性级值 7~9,小塘子组平均硬度 2269 MPa,可钻性级值 9,地层硬,研磨性强,极难钻。基于岩石力学试验和地层可钻性剖面,结合邻井钻头实钻资料,综合考虑地层岩性和含石英等因素,分层段优选与地层相匹配的个性化混合钻头和 PDC 钻头优选。

白田坝组岩性以泥岩为主,须五段以灰色泥质粉砂岩与灰黑、深灰色页岩为主,长度 900 m 左右, $\Phi 333.4$ mm 井眼中钻头选型以攻击性强和寿命长为原则,针对性设计与优选个性化 KPM1642ART 型混合钻头。该钻头分别设计了 3 个 PDC 刀翼和 3 个牙轮,浅内锥,优选高耐磨性复合片,优化布齿结构,增大 PDC 鼻部布齿密度,牙轮及 PDC 高低差布齿,超长金刚石保径齿,掌背进行加强,优化水力设计,深排屑槽结构;具有金刚石的攻击性强,同时也兼顾牙轮钻头钻进平稳、低扭矩的特点,使得混合钻头具有较高的破岩效率。

针对须四段岩性上、中部主要为黑色页岩,下部为石英砂岩夹黑色页岩,须二段岩性上部为浅岩屑石英砂岩与黑色页岩互层,下部为灰黑色页岩、粉砂质页岩、炭质页岩与中、细粒岩屑石英砂岩、泥质粉

砂岩互层,两段中石英含量高,夹层多等特点,优选 5 刀翼、中密度布齿、复合保径、切削齿耐磨性和穿层能力均强的 KM1363DR 型 PDC 钻头^[2]。须三段岩性以黑、灰黑色页岩、粉砂质页岩、细粒岩屑石英砂岩为主,发育较厚,厚度一般在 550 m 左右,可钻性级值 7.19,优选 13 mm 齿、6 刀翼结构的 U613M 型钻头,相较于五刀翼钻头有更强的抗研磨性,且整个钻头面切削深度一致,使得切削结构更合理,钻进中提高了钻头的稳定性和切削性^[9]。

针对小塘组地层黑色页岩与灰色细粒岩屑砂岩互层为主,矿物成分主要由石英、长石、粘土矿物等组成,局部含菱铁矿成分,可钻性极差的特点,优选史密斯公司 MDSI716BPX 型 PDC 钻头,该钻头采用史密斯公司特有的 ONYX II 切削齿技术,双排齿布局,具有抗冲击、抗研磨、攻击性强特点。

3.5 须家河三段地层应用扭力冲击器钻进

目前,在川东北陆相下沙溪庙组、千佛崖组、自流井组等难钻地层运用了阿特拉公司的扭力冲击器,并取得了较好提速效果,使用中需采用专用钻头。在难钻地层中,扭力冲击器破岩与 PDC 钻头不同。PDC 钻头钻难钻地层时,常因施加扭矩不足,钻头瞬间制动,钻柱则继续随转盘转动,此时钻柱将扭转能量储存,当达到剪切破碎地层扭矩,扭矩能量突然释放而出,在 PDC 齿产生比正常钻进高得多的冲击载荷,导致崩齿或复合片过快磨损而失效。通过钻井液驱动内部涡轮,在中间转换构件、偏心块、一体式芯轴等作用下,带动偏心块扭向反复作用,给钻头径向推力的同时,产生扭向上的高频冲击力,持续稳定的高频冲击扭力可达 750~1500 次/min,钻头和井底能始终保持连续的高频切削,降低钻头的粘-滑现象,提高破岩效率,延长钻头寿命^[9-11]。

PZ115 井借鉴相关地区经验,为抵消须三段中石英、夹层等对钻头有害的粘滑和振动影响,扭力冲击器结合优选专用钻头 U613M 在 4959.8~5247 m 井段进行了运用,钻井参数:钻压 120 kN,排量 38 L/s,转速 65 r/min,进尺 287.2 m,平均机械钻速达到 2.31 m/h,较邻井平均机械钻速提高 59.31%。

3.6 高效氯化钾聚磺防塌钻井液技术

二开裸眼井段长达 3252.00 m,为确保二开顺利钻井,从二开开钻就重视保障井壁的稳定性的抑制氯化钾、多软化点沥青等处理剂强化钻井液的抑制封堵性能^[12-13],其中通过向聚磺钻井液中加入不同

量的 KCl,测试钻井液滤液中的 K^+ 含量,然后测试岩样在滤液中的滚动回收率,总趋势为随着 K^+ 浓度增加,钻井液滚动回收率逐渐增加,当 K^+ 浓度接近 15000 mg/L 后,钻井液滚动回收率超过 90%,随着 K^+ 浓度的继续增高,滚动回收率增加较缓慢,因此,实钻中钾离子含量 < 15000 mg/L,保障二开上部井段的稳定,为二开下部施工创造有利条件。井深 3839~3851 m 须五段钻遇气层,为保障井内压力平衡,将钻井液密度从 1.75 g/cm³ 提至 1.88 g/cm³,同时补充 1% 液体润滑剂、1% 沥青类防塌材料等调整钻井液性能,确保上提密度过程中钻井液具有良好的润滑性、封堵性。

针对三开须家河组夹碳质泥岩和煤层,易发生井塌掉块和卡钻,钻井液维护重点是通过加入 4% 抗高温抗盐降滤失剂,控制膨润土含量,加大无铬磺化褐煤等稀释降粘剂用量,降低粘度切力,加大润滑剂和乳化剂等用量,维护和提高钻井液流变性能、高温高压滤失性能、润滑防卡性能。须四段至须二段钻井液密度控制在 1.70~1.75 g/cm³,防止密度偏低出现掉块、密度偏高发生井漏,同时,维持多软化点防塌剂含量为 3%~4%、纳米乳液为 1%~2%。

为防止雷口坡组微裂缝发育和部分较破碎井段发生井壁失稳和漏失,通过研究优选具有强封堵、强抑制的钻井液配方:上部井浆+3%~4%磺化酚醛树脂-II+3%~5%无铬磺化褐煤+1%~2%磺化丹宁+1%~2%高效液体润滑剂+3%~5%抗盐抗高温降滤失剂+3%~5%改性沥青类防塌剂+2%~4%多软化点防塌剂+1%~2%纳米乳液+0.1%~0.2%消泡剂+0.1%~0.3%除硫剂+缓蚀剂+重晶石^[14-15]。钻进时严格控制钻井液密度在 1.30~1.55 g/cm³,即不压漏地层,又能保持井壁稳定。同时加入 1%~2% 井壁固化稳定剂、非渗透处理剂,进一步强化钻井液的封堵防塌性能。虽然井底温度高达 165 ℃,但通过加入磺化酚醛树脂、抗高温聚合物降滤失剂、合成聚合物等,保持钻井液良好的流变性和携岩净化井眼能力。

4 现场运用效果分析

PZ115 井采用优化后井身结构和高效氯化钾聚磺防塌钻井液技术,未发生地层出水、井漏、卡钻等井下故障,避免了钻探过程中可能发生的风险,确保了各开次套管顺利下到位。深层须家河组与小塘子

组运用优选的个性化钻头和扭力冲击器,平均机械钻速分别达到 2.26 和 1.13 m/h,与邻井对比,钻速分别提高了 26.96% 和 5.6%,其中须家河组取得的平均机械钻速创川西须家河组井段机械钻速最高纪录,KM1363DR 型钻头单趟钻进尺 532.3 m,创川西须家河组井段单趟钻钻头进尺最多纪录。

通过应用钻井提速综合配套技术,PZ115 井顺利钻达设计井深 6609 m,并加深 454 m 钻至 7063 m 完钻,完钻层位雷二段,实钻技术指标见表 2。由表 2 可以得知,PZ115 井钻井周期 265.75 d,机械钻速 2.62 m/h,比设计提前 36.25 d,与邻井对比,工期缩短 17.42 d,机械钻速提高 24.17%。PZ115 井钻至 YS1 井相同完钻井深 6313 m,仅用时 230.21 d,同比工期缩短 52.96 d;与同期完钻井 PZ113 井对比,钻井周期缩短 26.25 d,机械钻速高出 20.73%。

表 2 PZ115 井与邻井钻井技术指标对比
Table 2 Comparison of drilling index between Well PZ-115 and adjacent wells

井号	完钻井深/ m	钻井周期/ d	纯钻利用率/ %	平均机械钻速/ (m·h ⁻¹)
PZ115	7063	265.75	42.33	2.62
YS1	6313	283.17	44.00	2.11
PZ1	6060	352.04	49.24	1.45
PZ113	6405	292.21	42.11	2.17

5 结论与建议

(1) 针对彭州气田提速难点,PZ115 井通过应用综合配套钻井关键提速技术,实现了顺利完钻,大幅度提高了钻井速度,缩短了钻井工期,为彭州气田同类井钻井施工积累了经验。

(2) 上部大尺寸井眼段水力加压器、POWER-V 垂直钻井高效工具运用中,钻压得到有效释放,提速明显。

(3) 优选个性化 PDC 钻头和引入扭力冲击器是解决须家河组、小塘组深部地层可钻性差、机械钻速低的有效途径,建议进一步开展须家河组三段、二段、小塘组强研磨性地层高效 PDC 钻头和工具的适应性匹配性研究。

(4) 针对性强化钻井液的封堵性、防塌性、润滑性、钻井液密度合理控制等对调节井筒液柱压力、提高钻速、避免坍塌与卡钻等起到了有效作用,同时也需要在维护操作中更加仔细,避免人为原因出现的

性能大幅波动。

(5)结合井身结构优化和现场运用,建议后续井中雷口坡组以上高压地层应下套管封隔,并开展上部陆相段三开缩减为二开的可行性研究。

参考文献(References):

- [1] 符攀,孟英峰,李皋,等.川西须家河组平落坝构造钻井地质特征及提速研究[J].重庆科技学院学报(自然科学版),2015,17(13):63-66.
FU Pan, MENG Yingfeng, LI Gao, et al. Study on engineering geological characteristics and fast drilling methods of Xujiache Formation Pingluoba Structure in west area of Sichuan Basin[J]. Journal of Chongqing University of Science and Technology (Natural Science Edition), 2015, 17(3): 63-66.
- [2] 夏家祥.川西深井提速的实践与认识[J].钻采工艺,2009,32(6):1-4.
XIA Jiexiang. Practice and cognition of improving drilling rate in Chuanxi deep well[J]. Drilling & Production Technology, 2009, 32(6): 1-4.
- [3] 何龙,朱礼平,欧彪,等.川西须二深井三开钻井技术及先导试验[J].石油钻采工艺,2015,38(2):16-18.
HE Long, ZHU Liping, OU Biao, et al. Third spud section drilling technology and pilot test for Xu-2 deep well in West Sichuan[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2015, 38(2): 16-18.
- [4] 张伟,马登宝,孙展利,等.水力加压器在准噶尔盆地西北缘地区探井中的应用[J].钻采工艺,2009,32(5):108-110.
ZHANG Wei, MA Dengbao, SUN Zhanli, et al. Application of hydraulic thruster for exploration well in Northwest Margin of Junggar Basin [J]. Drilling & Production Technology, 2009, 32(5): 108-110.
- [5] 王瑞华,张勇,于建涛,等.水力加压器在冀中地区水平井的现场应用与研究[J].内蒙古石油化工,2015,41(S1):9-11.
WANG Ruihua, ZHANG Yong, YU Jiantao, et al. Field application of hydraulic pressure in horizontal well in Hebei[J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2015, 41(S1): 9-11.
- [6] 王博.水力加压器在肯基亚克油田的应用分析[J].中国石油和化工标准与质量,2017,37(14):76-77,79.
WANG Bo. Application analysis of hydraulic thruster in Keneyak Oilfield[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2017, 37(14): 76-77, 79.
- [7] 刘振宇,易明新,魏广建,等.Power-V垂直导向钻井技术在普光7井的应用[J].天然气工业,2007,27(3):58-59,152.
LIU Zhenyu, YI Mingxin, WEI Guangjian, et al. Application of power-V steerable vertical drilling on well Puguang-7[J]. Natural Gas Industry, 2007, 27(3): 58-59, 152.
- [8] 刘峰.Power-V和PD-XCEED垂直导向钻井技术在渤海油田的应用[J].石油钻采工艺,2009,31(5):29-32.
LIU Feng. Application of POWER-V and PD-XCEED steering vertical drilling technique in Bohai Oil Field[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(5): 29-32.
- [9] 张伟,刘志良,曹忠伟,等.TorkBuster扭力冲击器+PDC钻头应用分析[J].中州煤炭,2016,12(252):134-137.
ZHANG Wei, LIU Zhiliang, CAO Zhongwei, et al. Application analysis of TorkBuster drilling torsional impactor matched with PDC bit[J]. Zhongzhou Coal, 2016, 12(252): 134-137.
- [10] 唐传杰.川东北元坝地区陆相深井钻井技术[J].西部探矿工程,2014,26(7):49-54,59.
TANG Chuanjie. Deep land drilling technology in Yuanba Area, Northeast Sichuan[J]. West-China Exploration Engineering, 2014, 26(7): 49-54, 59.
- [11] 郭元恒,何世明,宋建伟,等.TorkBuster扭力冲击器在元坝地区提高钻速中的应用[J].天然气技术与经济,2012,6(3):52-54.
GUO Yuanheng, HE Shiming, SONG Jianwei, et al. Application of TorkBuster torsion impactor to drilling-speed increase in Yuanba Area[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2012, 6(3): 52-54.
- [12] 李宇,周小君,周波,等.塔里木油田HLHT区块超深井钻井提速配套技术[J].石油钻探技术,2017,45(2):10-14.
LI Ning, ZHOU Xiaojun, ZHOU Bo, et al. Technologies for fast drilling ultra-deep wells in the HLHT block, Tarim Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2017, 45(2): 10-14.
- [13] 李丽,刘伟.川西高庙子防塌钻井液技术研究及应用[J].天然气技术与经济,2016,10(6):27-29.
LI Li, LIU Wei. Anti-sloughing drilling-fluid technologies and their application to gaomiaozhi structure, western Sichuan [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2016, 10(6): 27-29.
- [14] 吕明,廖勇.资阳1井钻井液技术[J].西部探矿工程,2015,27(10):17-19,22.
LÜ Ming, LIAO Yong. Drilling fluid technology of Ziyang Well 1[J]. West-China Exploration Engineering, 2015, 27(10): 17-19, 22.
- [15] 刘伟,李文生.元坝陆相水平井钻井关键技术[J].天然气技术与经济,2015,9(4):49-52,79.
LIU Wei, LI Wensheng. Horizontal-well drilling technologies for Yuanba Gasfield [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2015, 9(4): 49-52, 79.

(编辑 韩丽丽)