

南梁长8水平井快速钻井技术

Rapid Drilling Technology of Nanliang Chang 8 Horizontal Well

柳伟荣 姜慧强

Weirong Liu Huiqiang Jiang

川庆钻探工程有限公司长庆钻井总公司 中国·陕西 西安 710018

Changqing Drilling Corporation of Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710018, China

摘要: 近两年来,南梁油田普遍采用水平井模式开发。论文通过分析南梁长8水平井施工中存在问题,采取井眼轨迹优化、二开到入窗PDC钻头优选、钻具组合优化、钻井液体系完善等措施,形成该区块水平井快速钻井技术,为后期进一步开发提供可行性技术指导。

Abstract: In recent two years, Nanliang Oilfield generally adopts horizontal well development mode. This paper analyzes the problems existing in the construction of Nanliang Chang 8 horizontal well, and takes measures such as hole trajectory optimization, PDC bit optimization from the second opening to the window, drilling tool assembly optimization, and drilling fluid system improvement, etc., forming the rapid drilling technology of horizontal wells in this block, providing feasible technical guidance for further development in the later period.

关键词: 水平井; 轨迹; 钻头; 钻井技术

Keywords: horizontal well; trajectory; bit; drilling technology

DOI: 10.12346/etr.v3i9.4187

1 引言

南梁油田位于中国甘肃省华池县境内,区块面积223.5km²。是长庆油田开发多年的老油田,近两年随着边沿区块的不断扩大,水平井开发数量逐年递增,新开发的南梁新区包括午86区、南梁西和午222区,地面海拔为1442~1673m。水平井开发主要以午222区块长8目的层为主,油藏平均埋深2215m,原始地层压力15.90MPa,由于开发区块属老油田,早期注水造成地层压力不断升高,井控异常险情时有发生。

2 南梁油田水平井开发现状

2.1 近年来南梁水平井施工情况

南梁新区2018年开发以来,主要以常规定向井为主,2019年开始施工水平井,通过优化井眼轨迹设计,优选不同施工井段PDC钻头型号,完善钻井液体系,加大新工具、新技术的使用,钻机月速度达到4562m/台月,机械钻速达

到22.82m/h,钻井周期14.88天,施工速度比2019年分别提高23%和27%,钻井周期比2019年缩短15.55%。

2.2 老油田由于注水开发时间长、井控风险大。

近几年虽然产建开发在边沿区块,但是注水开发造成井底压力大,井控风险依然存在,从2018年开发以来在该区块发生溢流险情多起,处置险情时间长,难度大。午平231-03井发生溢流,处理时间36.7天无效后填井打救援井。

3 南梁长8水平井施工技术难点

3.1 大井组、老井场施工防碰难度大

南梁区块属老油田,由于滚动开发的需求,大部分井组需要打1~2口常规井再实施水平井,同时附近有老井,防碰难度较大。南梁区块施工5个井场10口水平井,最多井组施工水平井3口,常规井2口,由于产建开发要求,施工顺序往往不确定,对全井段的防碰和井眼轨迹控制造成较大的困难^[1]。

【作者简介】柳伟荣(1981-),男,中国陕西西安人,本科,从事石油工程、钻井技术等研究。

3.2 目的层深、二开轨迹控制井段长, 施工效率低

南梁长 8 目的层垂深在 2100~2200m, 二开到入窗进尺需要在 2100~2200m, 延安 - 富县含有石英砂岩, 对 PDC 钻头破坏性较大, 一只钻头很难高效完成; 且对于存在偏移距或靶前距较短的井二开要提前造斜消偏或走负位移, 控制井段较长, 常规造斜钻具组合稳斜、稳方位能力有限, 容易造成调整频繁的低效施工情况, 二开到入窗施工时间长达 8.32 天, 比陇东其他区块长 2~3 天。

3.3 斜井段滑动托压频繁, 施工效率低

南梁区块从去年开始施工水平井, 斜井段滑动托压频繁是影响整体水平井速度的主要环节^[2], 造成托压的原因有以下两种。

①直罗层坍塌周期短, 易造成滑动托压严重。

直罗防塌是关系到全井段滑动是否顺利的关键因素, 由于固控控制能力有限, 直罗防塌效果不好, 很容易造成斜井段滑动托压严重, 从近两年施工水平井情况来看, 该区块在斜井段滑动正常的井占不到 50%。

②井控溢流井加重钻井液密度高, 固相含量高造成托压严重。

南梁油田属于老油田, 注水开发导致地层压力增大, 一般在施工井周围 1000m 以内都有多口注水井, 需要提前转换钻井液, 密度一般在 1.10~1.20g/cm³, 一旦发生溢流则必须上提钻井液密度, 午平 228-01 井发生溢流后最高钻井液密度提到 1.55g/cm³ 完成了斜井段, 滑动托压严重, 施工效率低。

3.4 洛河 - 安定、延安 - 长 2 由于缩颈现象严重, 造成起钻遇阻严重

南梁区块洛河 - 安定和延安 - 长 2 起钻遇阻是这近年制约该区块常规井、水平井提速的一大因素, 分析原因, 主要是钻井液失水过大、泥饼厚, 泥浆净化不好, 导致井壁虚泥饼过厚, 井眼缩小造成遇阻, 常规井遇阻起钻最长达 3 天, 稍有操作不慎就会卡钻事故, 井下安全风险大。

4 技术对策

4.1 细化技术方案, 做好防碰预算和轨迹方案, 确保全井安全施工

提前排查新搬入井场周围老井和注水井情况, 查阅相关防碰资料, 在满足防碰的前提下做好轨迹优化, 确保井身质量达标。今年完成的所有油水平井和大斜度井在工程设计未到位的情况下, 通过完善施工方案提前开钻, 既减少了等设计时间又保证了井身质量符合要求。

4.2 优选 PDC 钻头, 优化钻具组合, 科学分析试验出斜井段快速钻进模式

4.2.1 钻具组合优化

二开到入窗是两趟钻完成, 第一趟钻完成消偏或走负位移井段, 钻具组合如下: 216PDC+7LZ172×1.5 度(稳

定器 212) + 回压阀 + (210-212) 稳定器 + 127 无磁钻杆 + 127 加重钻杆 (6-9 柱) + 127 钻杆; 第二趟造斜钻具组合: 216PDC+7LZ172×1.5 度(稳定器 212) + 回压阀 + 127 无磁钻杆 + 127 无磁加重 (3-6 柱) + 127 钻杆。

4.2.2 钻头优选

二开第一趟钻主要以复合钻进为主, 滑动井段相对较少, 钻头优选以 5 刀翼、19mm 复合片双排齿 CZS1952A 钻头, 今年这种钻头在相同井段使用了 4 口井, 平均机械钻速 38.30m/h, 比其他型号 (CZS1661A、CZS1662A) 平均机械钻速 33.05m/h 略高。

4.3 优化钻井液配方, 加强抑制性防止直罗坍塌, 借助新工具提高斜井段的施工效率

减少滑动托压是提高斜井段施工效率的最直接手段, 除了改进钻具结构, 还要做好井壁防塌工作, 重点是直罗防塌^[3]。主要通过以下措施解决:

①在进入安定逐步转换强抑制性泥浆, 进入直罗前强抑制性泥浆性能均匀, 保持 200m³ 泥浆量, 禁止大量补充清水。预水化高粘度强抑制泥浆 40m³ (K-PAM 0.1t, FT-342 0.3t, KClO.1t), 每 50~100m 清扫井底。

②使用水力振荡器减少斜井段滑动托压。在 2 口南梁水平井使用, 午平 231-02 井使用水力振荡器平稳滑动至井斜 70 度, 后因水力振荡器逐渐失效, 入窗前滑动困难, 入窗前 50m 更换牙轮钻头滑动入窗。午平 233-02 井二开下入水力振荡器, 到造斜点时水振荡器失效, 使用两只牙轮滑动入窗。因此水力振荡器的使用寿命是后期需要改进的重点。

4.4 细化二开技术措施, 减少起钻遇阻

①洛河段处理剂只加 PAM 清扫絮凝, 控制粘度 29s, 渗漏时随钻加入锯末。

②洛河段钻进过程每打完 1 根划眼 3 遍, 尤其是洛河安定交界处。钻完安定进行短程起下钻, 起到洛河顶部在下钻。

③二开至洛河段泥浆量保持在 400~500m³ 以上, 直罗及下部聚合物井段泥浆量 300m³ 左右, 沉砂池设计合理, 泥浆泵上水口与沉砂池出口距离尽可能最大化。

④在转化泥浆前, 下部井段钻进过程确保 PAM 用量, 每班不少于 200kg。

⑤完井处理泥浆时失水控制在 8 以内, 磺化沥青加入量不少于 400kg, 泥饼致密不虚厚。

5 现场应用实例

午平 230-03 井设计靶前距 373.9m, 偏移距 107.7m, 通过优化钻具组合、优选钻头、精细化维护钻井液体系, 使该井取得了南梁长 8 水平井最短钻井周期 10.08 天、最高钻机月速度 6313m/ 台月、水平段最短钻井周期 1.04 天的三项新纪录, 分别比原纪录提高或缩短了 0.96 天、602m/ 台月、1.36 天。

(下转第 87 页)

R_a 可按下列公式计算:

$$R_a = \frac{1}{2}u \sum_{i=1}^n q_{ik}l_i + A_p q_r$$

$$q_r = m_0 \lambda [f_{ao} + k_2 \gamma_2 (h - 3)]$$

式中: R_a 为单桩轴向受压承载力特征值 (kN), 桩身自重与置换土重 (当自重计入浮力时, 置换土重也计入浮力) 的差值计入作用效应; u 为桩身周长 (m), 5.027m; A_p 为桩端截面面积 (m^2), 对扩底桩, 可取扩底截面面积; n 为土的层数; l_i 为承台地面或局部冲刷线以下个土层的厚度 (m); q_{ik} 与 l_i 对应的各土层与桩侧的摩阻力标准值 (kPa); q_r 为修正后的桩端土承载力特征值 (kPa), 当持力层为砂土、碎石土时, 若计算值超过下列值, 宜按下列值采用: 粉砂 1000kPa, 细砂 1150kPa, 中砂、粗砂、砾砂 1450kPa, 碎石土 2750kPa; f_{ao} 为桩端土的承载力特征值 (kPa); h 为桩端的埋置深度 (m), 对有冲刷的桩基, 埋深由局部冲刷线起算, 对无冲刷的桩基, 埋深由天然地面线或实际开挖后的地面线起算, h 的计算值不应大于 40m, 大于 40m 时, 取 40m; k_2 为承载力特征值的深度修正系数; γ_2 为桩端以上各土层的加权平均重度 (kN/m^3); λ 为修正系数; m_0 为清底系数;

将表 1 中各土层参数代入到式 1 中, 得桩侧摩阻力所提供的单桩轴向受压承载力特征值:

$$R_a = 0.5 \times \pi \times 1.6 \times (30 \times 1.28 + 40 \times 6.9 + 100 \times 2.4 + 80 \times 5.3 + 120 \times 11.7 + 360 \times 3.5 + 288 \times 2 + 150 \times 2.37) = 11495.464kN$$

单桩设计承载力:

$$P = P_0 + 0.5 \times A \times H \times \gamma = 7300 + 0.5 \times \pi \times 0.8^2 \times 35.45 \times 25 = 8190.956kN$$

由此得: $\frac{R_a}{P} = 1.4$ 。

根据摩擦桩的竖向承载力计算结果, 其竖向承载力大于设计值, 满足要求。

6 结语

针对钻孔灌注端承桩桩持力层与设计不符的处理方法主要有桩端后注、高压喷射注浆加固、原桩位重新成孔、将端承桩改为摩擦桩等方法, 而对于某些工程将端承桩改为摩擦桩具有安全可靠、低成本等优点, 结合某国道一级公路桥梁桩基工程验证了其可行性, 为解决问题提供一个思路, 为实际工程应用提供参考意见。

参考文献

- [1] 于志华, 刘炎炎, 宋建, 等. 钻孔灌注桩桩端后压浆技术及工程应用[J]. 水利与建筑工程学报, 2011, 9(3): 40-43.
- [2] 王秀哲, 龚维明, 薛国亚, 等. 桩端后注浆技术的研究现状及发展[J]. 施工技术, 2004(5): 28-31.
- [3] 朱必锋. 桩端持力层高压注浆补强处理技术[J]. 中国城市经济, 2011, 141(6): 150-151.

(上接第 81 页)

6 应用效果

2020 年在南梁施工油水平井 10 口, 其中长 8 目的层水平井 8 口, 长 6 目的层水平井 2 口。长 8 水平井钻机月速度 4866m/台月, 比 2019 年提高 31.44%, 钻井周期 13.52 天, 比 2019 年缩短 23.27%, 机械钻速 21.73m/h, 比 2019 年提高 21.60%。

7 结论与认识

①根据水平井设计偏移距、靶前距情况确定二开到入窗几趟钻施工模式, 能够达到快速钻进的目的。

②斜井段使用水力振荡器能够改善滑动效果, 但是水利振荡器的质量还有待于提高。

③改进螺杆钻具的造斜率和提高级数, 能够适应激进钻进的需求, 提高钻井速度。

④增强水平段下部钻具的刚性可以降低复合增斜率。

参考文献

- [1] 倪华锋, 杨光, 张延兵. 长庆油田页岩油大井丛水平井钻井提速技术[J/OL]. 石油钻探技术: 1-8[2021-08-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1763.TE.20210802.1722.004.html>.
- [2] 李细鸿. 致密油水平井井眼轨迹控制技术研究与应[J]. 西部探矿工程, 2021, 33(6): 101-102.
- [3] 光新军, 叶海超, 蒋海军. 北美页岩油气长水平段水平井钻井实践与启示[J]. 石油钻采工艺, 2021, 43(1): 1-6.