

提高钻井井身轨迹质量技术探讨

李 凯 李枝禄 田纪鹏

延长油田股份有限公司志丹采油厂 陕西延安 717500

摘 要: 钻井井身是整个钻井工程的重要组成部分, 其轨迹质量决定着钻井和后续开采的顺畅性及延长油井免修期。从当前钻井作业来看, 井身轨迹的质量受到诸多因素影响, 为了有效提高钻井井身轨迹控制效果。本文从钻井井身轨迹的概念入手, 分析产生钻井井身轨迹质量问题的主要因素和产生井斜的危害, 分析提高井身轨迹质量的技术要点, 结合实际工程, 明确钻井施工要点, 保证钻井作业水平的全面提升。

关键词: 钻井作业; 井身轨迹控制; 质量

Discussion on improving the trajectory quality of Drilling Well

Kai Li , Zhilu Li , Jipeng Tian

Yanchang Oil Field Co., LTD., Zhidan Oil Production Plant, Shaanxi Yan'an 717500

Abstract: The drilling borehole is an important part of the whole drilling engineering, and its track quality determines the smoothness of drilling and subsequent production and the extension of the well maintenance period. In view of the current drilling operation, the quality of well trajectory is affected by many factors. In order to effectively improve the control effect of well trajectory. This paper starts with the concept of drilling well track, analyzes the main factors that cause drilling well track quality problems and the harm of well inclination, and analyzes the technical points of improving well track quality. This paper combines with the actual project and clearly drills construction points to ensure the overall improvement of the drilling operation level.

Key words: drilling operation; Well trajectory control; quality

引言

钻井井身轨迹的质量控制是整个钻井工程中的重要环节, 其直接关系着后续施工质量和钻井安全。随着我国现代油田开发项目的不断推进, 对钻井施工要求也越来越高, 因此, 为了提高钻井井身轨迹质量, 技术人员必须明确影响钻井井身质量的主要原因, 认识井眼弯曲容易造成的危害, 引入良好的防斜打直技术, 通过分析定向井的钻井原理, 有效控制钻井井身轨迹质量, 降低钻井作业难度, 以此提高钻井施工质量。

一、钻井井身轨迹质量相关概述

1.1 井身质量概念

对于钻井事业来说, 钻井井身的质量直接影响后续钻井作业效果, 而井身的质量实质上指的是钻井过程中井眼的形状效果, 钻井井身质量也是整个工程质量的核⼼部分, 对钻井勘探作业具有重要影响, 也关系着后续钻井作业的测井作业、固井作业和油田开采作业等环节, 影响着整个油田施工的质量与安全。

1.2 井身质量指标

(1) 井斜角(井斜)。指的是钻井过程中井眼位置的轴线上一点的切线和铅垂线形成的夹角;

(2) 方位角。指的是井眼位置的轴线切线水平方

向投影的方向和正北方向所形成的夹角。

(3) 全角变化率(井眼曲率、狗腿度)。指的是单位长度的井段内井眼轴线与三维平面所构成的角度变化情况;

(4) 水平位移。指的是钻井井眼位置的轨迹点到井口的垂直距离;

(5) 井径扩大率。指的是钻井的井眼位置直径比钻井直径增大比率;

(6) 定向井的靶。指的是某个对应深度的水平圆, 其中每一个井并非只能存在一个靶, 分析定向井是否中靶, 需要结合实际井眼的轨迹和垂直深度的水平面交点位置距离, 判断是否小于最大靶圆半径。

1.3 直井的井身质量与井斜的原因

直井主要为铅垂线的直井段, 地面井口到达钻进目标层的位置具有统一的坐标, 井眼由井口开始, 适中处于垂直向下的设计深度。直井段在实际钻井过程中, 一般无法达到绝对理想的垂直井钻进效果, 因此通常直井表达的为近乎垂直的井身形状。

发生井斜会引发诸多危害, 例如在地质勘探中, 容易出现地质资料失真现象, 错过油气层, 甚至给测井带来较大的困难, 在钻井开发作业中, 容易打乱钻井开发规划方案, 对下封隔器和座封都产生一定影响。对分层

开采、注水开采等作业造成严重的影响。加重油管和抽油杆之间的磨损,给电潜泵作业带来一定的难度。钻井工程中还容易出现下钻受阻、卡钻以及井壁坍塌等事故,给钻柱套管造成严重的磨损,容易产生钻柱疲劳破坏现象,钻杆接头产生龟裂损毁,下套管比较困难。引发井斜的原因也多种多样,其中包括地质因素、下井钻具弯曲对井斜的影响等。

二、影响钻井井身轨迹质量的关键要素

钻井作业中,井身的轨迹质量受到诸多因素影响,其中最主要的影响因素包括钻井器具的组合结构、仪表仪器作业的性能可靠性、钻井技术参数、井身的实际形状、钻头切削水平以及地层地貌特征。其中仪表仪器性能可靠性、地层地貌特征以及井身的形状属于不可控影响因素,其他因素则可以通过人为进行控制,能够决定井身的轨迹质量。

三、定向井井身轨迹质量控制技术

3.1 定向井直井段防斜打直技术

直井段作为定向井钻井的重要环节,如果直井段轨迹钻井质量不佳,必然会对造斜段的钻井带来严重的影响。因此,直井段钻井轨迹质量也是整体钻井质量控制的基础环节。在开展直井段的钻井作业中,必须保证钻井的实际轨迹要最大成度保证线路垂直,降低直井段的井斜角度,一般要求井斜角度为 500m 小于 1° , 1000m 小于 2° , 这样直井段的钻井就能够严格按照预先设计的技术手段对钻井轨迹进行有效控制,相比于打直径的要求更严格。因此,实际施工过程中施工人员也严格控制执行技术措施,技术人员可以通过大钻挺进的方式,选择钟摆钻具进行作业,在作业前合理选用钻头,设置适合的钻井参数,结合实际施工要求,对施工现场进行测斜,起到预防和纠正的作用,保证直井段钻井具有良好的防斜效果。

3.2 定向井造斜技术

定向井造斜段作为整个钻井施工的重要组成部分,属于增斜井段,这部分主要是从直井段开始倾斜的,当前的定向井造斜段的施工,不仅可以通过套管开窗侧钻施工,也可以通过变向器钻井器具,完成定向井造斜施工,保障钻井施工质量,在整个施工中通常选用动力钻来完成造斜施工。

(1) 确定初始方位角。在定向井造斜段钻井施工过程中,为了避免出现扭方位,定向时需要在靶心位置预留一定夹角。但是在实际作业中由于受到多重因素造成的影响,在进行初始角度方位确定过程中存在一定难度,对井眼漂移产生一定的影响,而影响的主要因素为地层产状,当实际钻井施工中,技术人员要充分考虑邻井情况,结合具体资料进行分析,倘若邻井地层造斜方位出现向右偏移趋势,需要将方为初始角确定在左靶与靶心中间,也可以设置在左靶边缘位置。如果向左偏移趋势,则将初始方位角确定在右靶到靶心之间;

(2) 造斜段井身轨迹控制。定向造斜段井身的钻进过程中普遍选择常规钻具组合作业,在钻井参数设计上也并未设置明显要求,都是采取常规参数设计。施工人员在定向井造斜段的钻进施工中,一般所使用的钻井组合为单弯螺杆和牙轮钻头的组合施工,这种钻井容易出现牙轮脱落的现象,定向速度比较缓慢,拳脚变化了无法得到有效控制,很难应对负荷钻进等问题。通过 PDC 钻头与单弯螺杆进行定向井造斜段施工,再加上随钻仪器进行检测,可以有效解决传统牙轮脱落的问题。这种全新的钻具组合方式可以有效延长钻头使用寿命,具有较高的转速,转动较为容易,能够通过滑动钻进与复合钻进方式来控制全角变化率,达到连续性控制的效果。

3.3 跟踪控制技术

跟踪控制技术通过动力钻与复合钻进方式有效结合,起到良好的跟踪控制效果。在降斜与稳斜过程中,通常采用转盘常规扶正器钻具进行施工。在使用动力钻具进行控制时要遵循以下两种要求:(1)使用转盘常规扶正器组合已难以完成的增斜与降斜要求,可以使用动力造斜进行增、降;(2)常规的转盘扶正器无法达到控制方位的情况下,钻进施工容易发生方位偏移现象,如果井眼位置偏差较大,容易出现脱靶,因此可以采用动力钻局完成扭方向。

所使用的钻井器具都满足实际要求基础上,还可以适当的选用高效能的钻头进行钻进施工,利用转盘动力钻具完成复合钻进施工,通过打钻压、大排量、高转速钻井技术,能够有效提升机械转速。此外,还能有效维持钻井自身的轨迹质量,保证钻井井身平滑线,提高造斜、增斜、降斜以及稳斜的施工效率,保证钻井井身质量。因此,通过对施工方案的有效优化,可以选择良好的动力钻具与钻头,有效提高钻井工程施工的成功率,提高作业钻速,降低钻井施工周期。

四、钻井井身多段制轨迹质量控制技术在实际中的应用

在以往的钻井施工中,大多数井身轨迹多以三段制为主,且在施工过程中只考核中靶率,对实际轨迹的考核并未纳入。导致后期固井质量差,采油树寿命短维修成本高。

结合以往施工中井身轨迹质量控制的不足;考虑后期其他施工质量及延长采油树寿命减少维修成本。2021 年我厂从井身轨迹设计、现场轨迹跟踪、井身轨迹考核;以多段制井身轨迹质量控制技术应用得到良好成效。

以志丹采油厂某井多段制井身轨迹质量控制为例,该井位于油田鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中部,区域构造为东高西低、西倾的单斜形态,内部构造复杂。在 2020 年此区块水平井施工中井身轨迹设计以三段制及五段段制为主,水平段多以两个靶点一段制控制为主。

2021 年通过 2020 年钻井施工过程中,及后期其他

施工反映出的问题。2021 年在此区块进行了多段制井身轨迹质量控制实施。

本井设计垂直深度 2080.00m, 井底水平位移 1681.00m, 水平段长 1150.00m。该井利用多段制井身轨迹设计实施了轨迹质量控制: 进行轨迹多段制优化设计; 井身轨迹质量控制, 不是我通常概念理解的施工过程管理或监督, 它更重要的部分是井身轨迹的优化设计, 设计的优化是从源头上进行了井身质量的标准和合理化的井身轨迹管控。

本井开发油气层位置位于三叠系延长组长 7 段, 储层处于泻湖构造且储层上下为油页岩地层十分松软易塌; 鉴于以上油层构造特征, 在充分分析地质情况后, 根据地质情况及井身轨迹设计要求, 对本井进行了多段制井身轨迹设计。

(1) 0.00-1550.00m 为直井段, 设计井斜不超过 1.0 度。钻井参数设计: 钻压 20-40KN, 转盘钻速 45-60r/min, 排量 28-30L/s, 泵压 6-8MPa; 钻井液采复合盐体系: 密度 1.00 ~ 1.05g/cm³, 粘度 30 ~ 50s。

(2) 1550.00m 开始造斜, 层位侏罗系延安组底部。在上部地层安定组、直落组地层疏松易塌, 不适宜造斜。在稳定地层段设计造斜。1550.00-1860.00m 为第一造斜段, 平均造斜率 4.7 度 /30m, 狗腿度 5.0 度 /30m。钻井参数设计: 钻压 40-100KN, 转盘钻速 45-60r/min, 排量 28-30L/s, 泵压 8-10MPa; 钻井液采复合盐体系: 密度 1.05 ~ 1.08g/cm³, 粘度 30 ~ 50s。

(3) 1860.00-2121.00m 为第一稳斜段, 井斜为 51 度, 为后期泵挂位置, 设计目的泵挂水平设计, 减少摩阻, 提高泵效。钻井参数设计: 钻压 40-60KN, 转盘钻速 45-60r/min, 排量 28-30L/s, 泵压 8-10MPa; 钻井液采复合盐体系: 密度 1.05 ~ 1.08g/cm³, 粘度 30 ~ 50s。

(4) 2121.00-2430.00m 为第二造斜段, 平均造斜率 3.8 度 /30m, 狗腿度 6.0 度 /30m。且在钻穿油页岩易塌段井斜控制在 74 度, 井斜较小确保了易塌风险。钻井参数设计: 钻压 80-120KN, 转盘钻速 45-60r/min, 排量 28-30L/s, 泵压 10-12MPa; 钻井液采复合盐体系: 密度 1.08 ~ 1.15g/cm³, 粘度 40 ~ 50s。

(5) 2430-3618.00m 为水平段, 设计 7 个靶点控制, 即五段制控制; 取消了以往的两个靶点控制, 即一段制。根据油层倾角最大井斜为 91 度, 最小井斜为 89 度。水平段为稳 - 微增 - 稳 - 微降 - 稳五段制。保证了

井眼的有效控制, 防止了水平段大起大落的抛物线轨迹, 水平段狗腿度控制在 2.0 度 /30m。钻井参数设计: 钻压 40-60KN, 转盘钻速 45-60r/min, 排量 28-30L/s, 泵压 12-15MPa; 钻井液采复合盐体系: 密度 1.15 ~ 1.18g/cm³, 粘度 40 ~ 55s。

本井整体井眼轨迹设计为: 直 - 增 - 稳 - 增 - 稳 - 微增 - 稳 - 微降 - 稳; 施工中严格按照设计制轨迹实施及使用合理钻井参数有效的控制井眼轨迹平滑, 无键槽; 全角变化率小。保证了井身井眼轨迹的良好控制。

通过本井井身多段制轨迹质量控制技术应用, 较 2020 年实施本区块其他水平井, 井眼扩大率有所减小率 5%, 井眼通畅提高, 中途电测一次性到底; 钻井周期缩短 6 天; 固井质量较 2020 年提高 15%; 压裂座封承压提升了 10%; 采油树故障率降低 30%。

2021 年井身多段制轨迹质量控制技术应用, 施工证实井身多段制轨迹质量控制技术对钻井施工及后期采油树维修都有良好改善, 建议在以后采用井身多段制轨迹质量控制技术应用提高钻井井身质量及缩短钻井周期, 减少后期采油树维修成本。

五、结束语

综上所述, 钻井施工是我国现代资源开采中的重要环节, 为了提高钻井施工质量, 必须重视钻井井身轨迹质量的有效控制, 明确影响钻井井身轨迹质量的主要因素, 采取科学的质量控制方法, 对直井段采取科学的防斜打直技术, 避免出现水平偏移问题, 为后续开采作业奠定坚实的基础, 通过实际工程的开展, 选择适合的钻具组合方式和钻进技术, 加强钻井井身轨迹的有效控制, 提高钻进效率和钻井井身轨迹质量, 满足后续钻井作业需求。

参考文献:

- [1] 肖昊翔, 李小强. 现代钻探技术研发背景下提高垂直钻井轨迹垂直精度的纠斜控制新方法 [J]. 商品与质量, 2016,000(052):170.
- [2] 黄贵生, 李林, 罗朝东, 等. 中江气田致密砂岩气藏"井工厂"钻井井眼轨迹控制技术 [J]. 石油钻采工艺, 2017,039(006):697-701.
- [3] 卜凡琪. 先进技术支持下定向井钻井轨迹影响因素与控制探讨 [J]. 石油石化物资采购, 2019,000(030):P.12-12.