

大斜度井测井施工难点分析与配套技术措施

丁 陆

中石化海洋石油工程有限公司上海特殊作业分公司 上海 200137

摘 要：大斜度井井下工况较为复杂，井筒摩擦阻力偏高，会对现场测井施工造成较多不利影响，施工过程中容易出现数据误差、操作困难以及安全隐患等问题，作业适配性和施工效率普遍不足。本文针对大斜度井测井施工存在的各类难点，结合现场实际作业条件，从井筒处理、设备改造、工艺调整和质量管控几个维度优化技术方案，能够有效改善井下施工环境，提升测井数据可靠性与施工安全性，可为同类井型测井施工工作提供参考。

关键词：大斜度井；测井施工；难点分析；配套技术

引言：现代油气开发工作中，大斜度井的使用频次正在逐步提升。该井型的井下环境相对复杂，会对常规测井作业造成一定制约，容易产生数据偏差和施工受阻等问题，直接影响地层评价的整体精度。现阶段国内大斜度井测井施工的规范体系并不健全，各类现场难题缺少成熟的解决方式。本文依托现场施工实际情况，总结该类井型测井作业的主要难点，整理对应的技术处理方案，为现场施工优化提供可行的参考依据。

1 大斜度井测井施工核心特征

大斜度井钻井施工阶段会受到多种因素的干预，地层非均质性、施工参数调整以及地层应力分布不均等情况，都会对井眼成型质量产生干扰，进而造成井筒轨迹弯曲、井径波动、井壁形态不规则等问题，这也是大斜度井井筒普遍存在偏心问题的核心原因。在这类特殊的井筒条件下，测井仪器无法保持居中运行的状态，仪器主体会紧贴井壁滑行作业，设备和地层、井筒流体的接触状态会发生改变，测井数据采集工作会随之产生系统偏差。仪器井下运行过程中会出现持续抖动的情況，测井曲线的完整性和连续性会受到明显破坏。大斜度井的斜井段占比相对更高，仪器和电缆组件会和井壁产生大范围接触摩擦，设备的运行速度难以保持稳定，测井采样精度会持续下降，井下施工的整体风险也会有所提升。井筒内部的流体分布状态并不均衡，流体分层现象在斜井段较为常见，井壁位置会逐步堆积大量岩屑，岩屑堆积问题会持续加重井筒作业的复杂程度^[1]。井筒流体运行产生的扰动作用，以及井壁岩屑的遮挡作用，都会干扰地层信号的正常采集，会进一步放大测井数据的误差，让最终的测井成果无法真实反映地层实际情况，给后续地层分析和油气层评价工作带来一定的阻碍。

2 大斜度井测井施工主要难点分析

2.1 测井数据采集精度不足

大斜度井测井作业普遍存在数据采集精度不达标的问题，这类问题一般来源于不规则井眼形态、仪器偏心作业、井筒结构异常等多重因素的共同作用。仪器在偏心状态下开展电阻率检测工作时，井下电流的传播路径会发生改变，井筒内部的钻井液会产生分流效应，最终导致设备采集的电阻率数据和地层真实参数不匹配，检测数据出现失真。进行声波与密度测井作业时，仪器贴近井壁工作，井壁堆积的岩屑会让探测探头与地层之间形成空隙，钻井液会填充在空隙位置并遮挡地层有效信号，直接造成测井曲线出现畸变和波动。仪器在井下的运行速度无法保持恒定，会造成数据采样间隔分布不均，测井曲线的整体连续性会有所下降。相关工作人员后续开展的数据校正工作难度会大幅增加，很难达到地层精细评价对应的技术标准和应用要求。

2.2 仪器下入与起升作业难度大

大斜度井井筒内部存在较大的摩擦阻力，这会明显提升测井仪器上下起放作业的整体难度。斜井段的作业环境较为特殊，仪器自身重量能够产生的下行推力比较有限。一旦井筒摩擦阻力超过仪器自重，仪器就会出现停滞卡顿的情况，无法顺利到达预定的测井层位。不规则的井眼轨迹搭配不均匀的阻力分布，会让仪器在移动过程中持续晃动和偏移，测井数据的采集质量会受到直接影响，电缆结构也会产生局部应力集中的问题。测井作业结束之后，井壁残留的岩屑以及井筒缩径位置会限制仪器的活动空间^[2]。工作人员如果强行提升仪器，就容易造成电缆破损断裂和仪器落井等故障，作业风险与施工成本都会有所增加。和常规直井作业相比，大斜度

长井段的测井作业稳定性更差,整体施工成功率也会出现明显降低。

2.3 井下作业安全风险突出

大斜度井特殊的井下环境会让测井施工存在诸多安全隐患,这类风险也是复杂井段测井作业的主要问题之一。井筒存在的井径变化、井眼弯曲、岩屑堆积等情况,都会压缩井筒有效通行空间,仪器和电缆在井下移动的过程中容易出现卡滞问题。施工人员如果操作不当,就会造成井下设备损坏,井筒通道也会出现堵塞问题。测井电缆在井下长期接触井壁和岩屑,设备表层结构和内部线路会持续磨损,电缆绝缘性能会不断降低,作业信号容易出现波动和中断,严重时还会引发电缆断裂、仪器落井等井下事故。大斜度井内的流体分布并不均匀,仪器上下移动会扰动井筒内部流体,造成井下局部压力出现变化。压力的异常波动会引发井漏、井涌等安全问题,整体井下作业的安全稳定性会持续下降,进一步增加测井施工的安全管控难度。

2.4 施工效率与作业适配性偏低

大斜度井测井作业的整体施工效率普遍低于常规直井作业,行业现阶段并未形成成熟统一的标准化施工流程,整体作业周期相对更长。测井仪器在斜井井筒内的通行速度偏低,施工过程中经常出现卡顿、停滞等问题,工作人员需要反复调整施工参数并清理井筒环境,这就会直接增加单井的作业时长^[3]。常规测井设备与传统施工工艺对大斜度井复杂井下工况的适配性较差,施工过程中容易出现设备故障、测井数据失真等问题,现场需要多次复测与返工,作业效率会持续下降。大斜度井测井作业的前期准备工序较为繁杂,井筒预处理、设备调试和参数校准等工作都会占用大量施工时间。各施工队伍的技术水平和操作规范并不统一,作业质量存在波动,整体施工规范性有待提升,难以满足当前油气田规模化、高效化开发的生产要求。

3 大斜度井测井施工配套技术措施

3.1 优化井筒预处理技术改善作业环境

井筒预处理工作可以在测井施工前期开展,这项工作能够有效改善大斜度井的井下作业条件,降低复杂井况对测井施工造成的干扰。施工人员需要结合目标井的井眼走向、井径变化规律以及狗腿度数值,开展分级通井作业,适配斜井工况的弧形通井工具可以用于修整井筒结构,工作人员能够逐段处理井筒缩径与井壁凸起问题,改善不规则井眼的整体形态。对于狗腿度较大、斜井段长度较长的井筒,现场可以采用分段作业和多次

修整的处理模式,能够有效清除井筒内部的通行阻碍,保障测井仪器与电缆结构可以在井内平稳移动。施工人员需要完整记录井筒通畅状态和井径异常数据,这些数据可以为后续施工参数调整与设备选型提供基础参考。井筒内部的岩屑床堆积问题会影响测井探测效果,工作人员可以通过调整钻井液运行参数的方式,提升钻井液的携砂能力,井下沉积的岩屑能够在流体扰动作用下破碎,并随循环流体排出井筒,顽固岩屑堆积区域可以利用专用设备完成定点清理。工作人员还可以根据储层实际条件调整钻井液基础性能,控制钻井液的密度、黏度以及固相含量,缓解井筒流体分层与流体扰动问题,稳定井下压力环境,减少固体杂质附着在仪器探头表面,削弱井下流体工况对测井数据采集造成的干扰误差。

3.2 升级适配测井设备与辅助工具

为适配大斜度井复杂的井下施工条件,现场需要完成测井设备及配套辅助工具的整体升级工作。传统直井测井设备的适配性能相对不足,施工单位需要替换原有设备,采用能够适应井筒偏心和高摩擦作业环境的专用测井仪器。这类仪器的结构性能得到了对应优化,整体侧向抗压能力与运行稳定性会有所提升,设备内置的传感器排布方式和信号采集模式也经过调整,能够让仪器在偏心运行的状态下稳定完成数据采集工作。仪器配备的探测校正模块,可以根据现场井筒的偏心状态调整探测角度和信号强度,能够抵消不规则井眼带来的数据偏差,保证测井基础数据的真实性和有效性。原有刚性扶正设备也需要进行更换处理,现场可以改用能够适配不同井径的弹性扶正装置,该装置可以自主调节伸缩范围,帮助仪器在井筒内维持居中运行状态,减少仪器偏心偏移问题,复杂井段可以适当增加装置布设数量,以此保障仪器运行的平稳性^[4]。测井作业使用的电缆同样需要进行升级优化,施工单位可以选用耐磨和抗拉性能更好的专用电缆,并且在电缆外侧加装防护结构,降低井壁摩擦、岩屑冲击对设备造成的损伤。工作人员需要优化电缆与测井仪器的连接方式,提升连接位置的密封性和牢固性,减少作业过程中信号中断、设备故障等问题的发生,保障大斜度井测井作业可以持续稳定推进。

3.3 优化施工工艺与作业参数

大斜度井测井作业的整体稳定性和规范程度,能够通过调整施工工艺与作业参数的方式得到改善。施工人员可以采用恒速测井的作业方式,依托智能监测设备实时收集井下仪器运行速度、电缆拉力以及井筒阻力等关键数据。设备能够根据实时井下工况调节绞车运行功率,让仪器升降速度保持稳定,削弱速度波动对测

井数据产生的干扰。工作人员可以结合各井段的井筒规整状态和摩擦阻力差异,差异化设定作业速度,对工况复杂的井段适当降低作业速率,保障仪器在井下平稳运行,有效提升数据采样的整体质量。传统整体式测井作业模式存在一定局限性,现场可以改用分段分级的作业方式,工作人员可以依据井斜角度和井筒实际工况划分作业区间,为不同井段制定对应的施工方案。复杂井段需要提前完成预处理工作,以低速作业保障数据采集精度,常规井段可采用标准化快速作业模式,以此平衡施工质量与作业效率。测井施工全过程需要落实拉力负荷管控工作,现场需要明确安全拉力参数标准,持续监测设备负荷变化,一旦出现工况异常就要及时停止作业。工作人员可以通过微调设备位置、循环井筒流体的方式排除井下故障,避免强行作业引发设备卡滞、电缆破损等问题,有效降低各类施工风险,保障整体测井施工过程安全、稳定且可控。

3.4 完善数据校正与质量管理体系

大斜度井测井施工想要稳定作业质量,就需要建立对应的数据分析校正机制和全程质量管控体系。传统直井的数据校正模式并不适配大斜度井的复杂工况,相关模式很难消除井筒环境带来的数据偏差。工作人员可以依托多参数耦合校正思路开展数据处理工作,作业人员会结合现场实际的井斜数值、井径变化情况、仪器偏心程度以及钻井液使用性能等多项指标,对采集到的测井数据进行统一修正^[5]。工作人员可以通过多组数据对比分析的方式修正数据偏差,还原地层真实的物性参数,能够有效保障后续测井解释工作的准确性与合理性。施工单位需要建立覆盖施工全流程的管控机制,管控工作需要贯穿作业前期、作业中期以及作业后期。正式开展测井作业前,工作人员需要对所有施工设备的运行精度进行校验,同时核查井筒预处理的施工质量,杜绝不合

格设备和井筒条件投入施工。作业进行的过程中,工作人员需要实时监测设备运行状态和测井曲线变化情况,一旦发现数据异常就要及时停机排查整改。作业完成后,工作人员需要复核测井数据的完整度与精准度,完成整体成果的审核验收工作。施工单位需要常态化开展岗位技能培训,提升现场操作人员应对复杂井况的实操能力和应急处置水平,统一现场作业的操作标准,减少人为操作失误引发的施工问题,持续提升大斜度井测井施工的整体质量与作业效率。

结束语

综上所述,井筒结构条件、设备适配程度以及施工工艺水平,都会对大斜度井测井作业产生直接影响,也是作业精度、施工难度、安全管控和作业效率存在问题的主要原因。井筒预处理、设备升级改造、施工工艺调整 and 全流程质量管控等手段,可以改善井下作业条件,降低各类施工风险,提升测井数据采集质量和作业稳定程度。这类技术优化方式可以有效处理大斜度井测井的现场施工难题,对提高复杂井型油气开发施工整体水平有一定实际作用。

参考文献

- [1] 傅为勇. 齐家务油田大斜度井施工难点分析及应对措施[J]. 当代化工研究,2020(12):21-22.
- [2] 陈烈, 邵皓枫, 尹贝, 何青青, 杨红满, 韩军伟. 顺北油气田超深井目的层测井施工技术探讨[J]. 石油地质与工程,2024,38(3):117-121.
- [3] 吴利胜. 浅部气层大斜度定向井固井技术难点及对策[J]. 中国石油和化工标准与质量,2023,43(19):187-189.
- [4] 郝正海. 水平井存储式测井技术分析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2025,45(2):163-165.
- [5] 戈华. 石油测井施工中高温高压环境下的技术应用与挑战[J]. 石油石化物资采购,2026(2):82-84.