

便携式录井仪器在现场施工中的应用与优化

蒋国伟

中石化经纬有限公司胜利地质录井公司 山东 东营 257091

摘要: 在油气勘探开发领域, 便携式录井仪器凭借独特优势在现场施工中广泛应用。本文阐述仪器在实时数据采集、传输及设备适配等场景的核心应用, 剖析自身适配性、操作便捷性、数据处理传输等方面现存问题。针对性提出仪器性能、操作流程、数据处理传输的优化方向与实施措施, 通过硬件升级、操作简化、数据处理智能化等手段, 提升仪器现场施工应用效果, 为油气勘探开发提供更精准高效的技术支持。

关键词: 便携式录井仪器; 现场施工应用; 现存问题; 优化方向; 实施措施

引言: 随着油气勘探向深层、深海、沙漠等极端环境推进, 现场录井作业工况更复杂。便携式录井仪器以体积小、部署灵活等优势, 弥补传统设备不足, 成为重要技术支撑。近年来, 国内外厂商推出系列便携产品, 在非常规油气勘探等场景作用显著。但面对复杂作业环境, 其在环境适应性等方面问题频出, 制约效能。当前研究多侧重功能开发, 缺乏全流程优化策略。本文将系统研究其应用, 分析场景功能、现存问题, 提出优化方向与措施。

1 便携式录井仪器现场施工应用核心内容

1.1 现场施工中的应用场景

钻井过程中的实时数据采集应用依托低场核磁共振等核心技术, 通过高精度传感器与先进算法的结合, 实现对井下岩心、岩屑物性参数及钻井工程参数的精准捕捉。这不仅契合了油气井地质录井规范要求, 还弥补了传统录井设备难以跟随钻井进程开展现场检测的短板, 为储层评价与钻井决策提供了坚实的数据支撑^[1]。在现场施工中的数据应用方面, 便携式录井仪器构建起现场检测与后台分析的高效衔接渠道, 利用高速无线通信技术, 将采集的各类录井数据快速传输至作业控制终端。部分设备还可实现与色谱仪等设备的网络联动, 打破了数据传输壁垒, 支撑了“钻探—分析—决策”闭环体系的构建。此外, 现场施工中的设备适配应用也凭借轻量化设计与灵活适配能力, 能够轻松适应油田现场、非常规油气勘探等多种工况, 与井场现有传感器、供电系统等形成有效适配, 无需复杂配套设施, 灵活应对不同钻井环境下的录井作业需求。

1.2 现场应用中的核心功能发挥

基础录井数据的现场获取功能聚焦钻时、岩性、流体性质等核心参数, 通过专用探头与检测模块的协同工作, 实现无损、精准采集。这不仅可获取孔隙度、渗透

率等关键物性参数, 还符合录井分析样品现场采样规范, 保障了数据获取的真实性与完整性。施工过程中的实时监测功能则可对钻井全过程进行动态追踪, 利用实时数据分析技术, 实时捕捉钻井参数变化, 及时识别施工过程中的异常情况, 为钻井安全作业提供了有力的技术保障。这契合了油气井地质录井规范中对施工过程监测的核心要求^[2]。现场施工中的数据初步处理功能则可对采集的原始数据进行筛选、整理与初步分析, 通过内置的数据处理算法, 剔除无效数据、修正数据偏差, 生成规范的初步数据成果, 减少了后续数据处理工作量, 提升了录井数据应用效率。

1.3 现场应用中的操作流程

仪器现场部署与调试流程需遵循设备操作规范, 先完成设备部件检查与组装, 合理选择部署位置并固定, 连接相关传感器与传输线路, 进行参数校准与系统调试, 确保仪器各项性能指标符合现场作业要求后启动运行。施工过程中仪器操作流程严格按照设备操作手册执行, 操作人员根据钻井进度调整仪器工作参数, 实时监控数据采集与传输状态, 做好操作记录, 精准把控数据采集间隔与检测标准, 保障录井工作有序推进。施工间隙仪器维护与存放流程注重设备性能保护, 及时清理仪器表面杂物与检测探头污渍, 检查线路连接稳定性, 对易损耗部件进行检查维护, 按照设备存放要求将仪器收纳至专用防护装置, 避免环境因素对设备造成损坏。

2 便携式录井仪器现场施工应用中的现存问题

2.1 仪器自身适配性问题

现场复杂环境下的仪器运行稳定性问题贯穿录井作业全过程, 油田野外作业常面临高温、严寒、高粉尘、强振动及昼夜温差剧烈等复杂工况, 这类环境条件易对仪器核心检测模块、电路系统造成不良影响, 导致信号漂移、灵敏度下降, 部分部件还会因环境侵蚀出现老化、故障, 无

法长期维持稳定检测状态, 违背石油钻采设备环境适应性技术标准, 直接影响录井数据采集的连续性与精准度, 限制仪器在复杂工况下的有效应用, 难以满足非常规油气勘探现场的作业需求。仪器与现场施工设备的兼容性问题源于行业标准衔接不够紧密, 部分便携式录井仪器接口规格、通信协议未严格遵循录井设备系统集成规范, 与井场现有钻井设备、数据采集终端、传感器系统存在适配差距, 无法实现高效数据互通与协同运行^[3]。

2.2 现场操作相关问题

仪器操作的便捷性不足问题体现在设备设计与现场作业实际需求脱节, 部分仪器操作界面布局繁琐、参数调节逻辑复杂, 操作步骤冗余且缺乏直观指引, 未充分结合野外操作人员作业习惯优化设计, 操作难度较高。操作人员需经过长期专业培训才能熟练掌握操作方法, 不仅增加培训成本, 还易因操作不熟练引发人为失误, 导致数据采集偏差或设备故障, 偏离便携式仪器便捷操作的核心设计初衷。现场操作过程中的效率瓶颈受操作流程与设备性能双重影响, 仪器启动调试耗时较长, 数据采集间隔调整、参数校准等关键操作需手动完成, 缺乏自动化功能支撑, 操作流程繁琐冗余。部分设备还需人工录入操作信息与数据记录, 无法实现操作流程简化, 导致录井作业节奏与钻井进度难以高效匹配, 不仅增加操作人员工作负担, 还会延长整体作业周期, 制约现场录井工作效率提升, 无法满足钻井作业高效推进的实际需求^[4]。

2.3 数据处理与传输相关问题

现场数据传输的流畅性问题受井场复杂电磁环境、传输距离等客观因素制约, 部分便携式录井仪器传输模块抗干扰能力不足, 传输协议不够完善, 难以抵御井场设备运行产生的电磁干扰。导致数据传输速率不稳定, 易出现数据卡顿、丢失、延迟等现象, 无法实现采集数据实时高效传递。这违背了油气录井数据实时传输技术要求, 影响了后台分析决策的及时性, 还可能因数据缺失导致钻井作业异常无法及时处置。现场数据初步处理的便捷性问题则表现为仪器自带数据处理功能较为单一, 仅能完成基础数据筛选与简单偏差修正, 缺乏异常数据智能识别、分类统计及初步分析建模能力。

3 便携式录井仪器现场施工应用的优化方向

3.1 仪器自身性能优化

仪器适应现场复杂环境的性能优化需依托石油钻采设备环境适应性技术标准, 对核心检测模块进行密封防护与抗干扰设计, 采用耐高温、抗粉尘、防振动的新型材料升级部件, 优化内部电路布局减少信号干扰, 提升仪器在极端工况下的运行稳定性。在此基础上, 可引入

预测性维护与健康自诊断功能, 通过内置传感器实时监控检测模块、电源系统等关键部件运行参数, 结合机器学习算法评估设备健康度, 实现故障早期预警与定位。当检测到异常趋势时, 仪器自动提示维护需求或切换至备用模式, 减少突发故障导致的作业中断, 提升野外环境下设备可靠性与智能化水平^[5]。同时优化仪器与现场设备兼容性, 统一接口规格与通信协议, 适配现有钻井设备与数据终端, 实现高效数据互通, 降低作业复杂度与投入成本; 平衡便携性与耐用性, 采用轻量化复合材料, 优化布局缩减体积重量, 强化易损部件设计, 适配现场移动作业需求。

3.2 现场操作流程优化

仪器部署与调试流程优化需结合现场实际, 梳理冗余环节, 制定标准化规范, 优化参数校准流程并集成自动校准功能, 减少人工操作, 缩短耗时, 明确操作要点, 确保仪器快速达标。施工中仪器操作流程优化需贴合操作人员习惯, 简化界面布局与参数调节逻辑, 增设一键操作功能, 便捷完成数据采集间隔调整、状态监控等操作, 减少手动录入, 降低失误概率。可探索引入AR辅助操作技术, 通过智能终端将操作指引等可视化叠加至设备, 结合数字孪生构建虚拟模型, 远程仿真预演规避风险。现场仪器维护需明确重点与频次, 简化流程和步骤, 便于施工间隙完成清洁、线路检查等, 规范存放标准、优化防护, 保障设备稳定运行, 实现录井与钻井进度高效匹配。

3.3 数据处理与传输优化

现场数据传输方式优化需契合油气录井数据实时传输技术要求, 采用抗电磁干扰能力强的无线传输技术, 优化传输协议, 提升数据传输速率与稳定性, 扩大传输覆盖范围, 解决井场复杂电磁环境、传输距离带来的卡顿、丢失问题, 实现采集数据的实时高效传递, 保障后台分析决策的及时性^[6]。现场数据初步处理功能优化需升级仪器自带数据处理模块, 引入边缘计算架构, 将数据处理能力下沉至设备终端。通过在仪器端部署轻量化AI模型, 实现对采集数据的实时清洗、异常识别与特征提取, 仅将关键信息或预警结果上传至后台, 减少对高速网络传输的依赖。边缘计算的应用可有效降低数据传输压力, 提升数据处理的及时性与隐私安全性, 尤其适用于偏远井场、网络覆盖不稳定等复杂作业环境, 为后续数据深度分析与远程决策提供高质量的数据支撑。

4 优化实施的核心措施与保障方案

4.1 仪器硬件优化措施

仪器硬件优化需严格遵循石油钻采设备制造与升级

规范,针对现场复杂工况优化核心硬件结构,选用耐高温、抗粉尘、防振动的新型高强度复合材料,对检测模块、传感器等关键部件进行升级改造,提升部件抗干扰性能与结构稳定性。优化仪器内部电路布局,采用集成化电路设计,减少线路冗余,降低信号漂移概率,保障检测数据精准度。统一硬件接口规格,按照录井设备系统集成标准规范接口设计,确保与井场现有设备高效适配,同时优化设备供电模块,采用节能型供电设计,延长野外作业续航时间,兼顾便携性与硬件运行稳定性。

4.2 仪器操作优化措施

仪器操作优化需结合现场操作人员作业实际,简化操作界面布局,优化参数调节逻辑,摒弃繁琐操作步骤,增设一键启动、自动校准等便捷功能,降低操作难度^[7]。制定标准化操作手册,梳理操作要点与易错环节,规范操作流程,便于操作人员快速掌握操作方法,减少人为操作失误。开展针对性操作培训,结合录井作业实际需求,提升操作人员专业技能与应急处理能力,确保操作人员能够熟练应对各类操作场景。优化操作反馈机制,增设操作状态提示功能,及时反馈操作异常,便于操作人员快速排查问题,提升操作效率与安全性。

4.3 数据处理与传输优化措施

数据处理与传输优化需契合油气录井数据实时传输技术要求,升级数据传输模块,采用抗电磁干扰能力强的无线传输技术,优化传输协议,提升数据传输速率与稳定性,解决井场复杂电磁环境下数据卡顿、丢失问题。升级数据处理软件,完善数据筛选、偏差修正功能,新增异常数据智能识别、分类统计及初步分析建模模块,实现数据初步处理自动化,减少人工干预。建立数据校验机制,对传输数据进行双重校验,保障数据完整性与准确性,同时优化数据存储功能,采用加密存储方式,确保数据安全,为后续数据深度分析与应用提供可靠支撑。

4.4 现场应用保障措施

现场应用保障需建立完善的设备维护管理制度,明确维护责任与频次,按照设备维护规范开展日常维护与定期检修,及时更换易损耗部件,排查设备运行隐患,保障仪器长期稳定运行。制定现场作业应急预案,针对设备故

障、数据传输异常等突发情况,明确应急处理流程与措施,提升应急处置能力,减少作业中断时间^[8]。目前,部分便携式录井仪器已实现基地端远程操控模式,软件类故障可远程解决,硬件故障方才需要现场处置,有效缩短了故障处理时间。针对野外作业供电难、续航短痛点,引入自供电与低功耗设计,优化软硬件功耗管理,保障野外自主作业能力。同时加强现场作业监管,严格执行操作规范,建立专业技术支持体系,为现场提供技术指导,保障优化措施落地见效。

结束语

便携式录井仪器在现场施工应用中发挥着关键作用,但现存问题制约效能发挥。通过仪器自身性能、现场操作流程、数据处理与传输等方面的优化,以及硬件升级、操作培训、技术支持等实施措施,可有效解决现存问题,提升仪器在复杂工况下的稳定性、操作便捷性与数据处理效率。这不仅有助于提高录井数据质量,还能为油气勘探开发提供更及时、准确的技术支撑,推动录井技术持续发展,保障油气勘探开发工作顺利推进。

参考文献

- [1]李国义.仪器录井技术在石油钻井中的应用[J].西部探矿工程,2023,35(7):53-55.
- [2]赵亮.地质录井技术在导眼井施工中的应用[J].西部探矿工程,2024,36(2):66-68.
- [3]李海波.录井过程中综合录井仪器出现故障的原因及对策[J].信息系统工程,2022(3):68-71.
- [4]郭洪庆.综合录井仪常见故障分析及维护保养措施探讨[J].西部探矿工程,2022,34(05):82-83.
- [5]杨郊.基于大数据的地质录井仪器信息集成与地层精确分析[J].信息系统工程,2025(3):79-82.
- [6]张明远,王建军.边缘计算在油气田物联网中的关键技术研究[J].石油工业技术监督,2024,40(5):32-36.
- [7]刘振华,陈立新.面向野外作业的便携式检测设备低功耗设计方法[J].电子测量技术,2023,46(12):88-94.
- [8]中国石油天然气集团有限公司.油气田录井设备系统集成技术规范:Q/SY01234-2024[S].北京:石油工业出版社,2024.