

强化录井现场岩屑录井质量的措施探讨

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: 岩屑录井是油气勘探开发的关键环节,其质量直接决定地质信息获取的准确性。本文结合“一趟录”智能化技术体系与岩屑智能采洗机现场应用实践,从前期准备优化、钻井过程操作强化、智能化分析技术融合、现场管理监督升级四个维度,探讨强化录井现场岩屑录井质量的具体措施,将自动化装备、集成化技术融入录井全流程,为提升岩屑录井质量、适配钻井提速需求提供实践参考。

关键词: 岩屑录井; 质量强化; 一趟录; 岩屑智能采洗机; 操作规范; 智能分析

引言: 在石油天然气勘探开发中,岩屑录井是获取地下地质信息的核心手段,对地层识别、储层评价、钻井工程决策具有重要支撑作用。高质量的岩屑录井数据能有效降低勘探开发风险,而传统人工录井模式存在劳动强度大、人为误差多、采集效率低等问题,难以适配钻井领域“一趟钻”技术带来的提速需求。“一趟录”智能化技术体系的发展与岩屑智能采洗机的规模化应用,为岩屑录井质量提升提供了全新路径。

1 岩屑录井前期准备优化

1.1 钻井设计阶段

井位与井身结构的科学规划是录井工作的基础,需符合石油天然气录井工程技术规范中录井适配性要求^[1]。规划井位时结合区域地质构造,规避复杂地质异常区对岩屑返出的干扰;设计井身结构时优化井径、井斜参数,避免岩屑滞留或混合,同时考虑钻机振动筛与后续智能采洗机的衔接匹配,为自动化采集奠定基础。钻井参数设计以地质目标为核心,基于地层岩性、压力分布规律,结合快钻时工况对岩屑采集及时性的要求,精准设定钻压、转速、排量等参数,确保岩屑及时、完整返出。

1.2 录井设备与工具准备

岩屑智能采洗机作为核心装备,需根据工区工况、地层特征选型配置,提前完成设备防爆认证核查、安装调试,确保自动采集、清洗、井深归位、自定义捞砂间隔等核心功能正常。捞取辅助工具选用与智能采洗机配套的耐磨、抗冲击配件,同时储备常用易损配件,保障设备故障快速处置^[2]。岩屑分析仪器需开展全面的检查与校准,重点完成与“一趟录”集成的XRF在线扫描、图像扫描、伽马扫描等设备的参数调试,确保测量精度、数据传输稳定性达标。完善辅助设备配备,照明、通风设备需满足智能设备操作、岩屑复核观察的需求,为录井作业提供安全、适宜的现场条件。

1.3 人员培训与组织

录井人员专业素养是质量保障的关键,培训内容新增岩屑智能采洗机操作保养、“一趟录”技术体系应用等专项内容,系统覆盖区域地层特征、岩性识别、钻井工艺、智能设备操作、多源数据核对等知识,符合石油录井从业人员专业能力要求。技能培训聚焦智能采洗机参数设置、现场操作、常见故障排除,以及岩屑人工复核、“一趟录”数据采集规范等核心环节,通过实操演练提升操作熟练度,减少人为误差。明确岗位分工,设置智能设备操作岗、岩屑分析岗、数据审核岗,界定各岗位在“采集-清洗-分析-记录”全流程的工作标准与职责,建立分工明确、协作高效的工作机制,确保各环节衔接顺畅、责任到人。

2 钻井过程中的岩屑录井操作强化

2.1 岩屑捞取环节

依托岩屑智能采洗机替代传统人工捞取,实现捞取环节的自动化、标准化,从源头减少人为误差。设备通过可编程控制器自定义捞砂间隔,根据钻井速度、地层变化灵活调整:快钻时(2—3分钟/米)或岩性变化频繁区域加密捞取频次,低速钻井阶段合理拉宽间隔,兼顾采集针对性与工作效率。通过深度传感器与控制系统联动,实现岩屑井深自动精准归位,严格把控捞取岩屑与钻井深度的对应关系,避免位置偏差导致的样本失真。安排专人对智能采集的岩屑进行定期复核,检查样本的代表性、完整性,及时处置设备采集偏差,形成“自动采集+人工复核”的双重质量保障。

2.2 岩屑清洗与保存

清洗环节需根据岩屑性质差异化操作:疏松易破碎岩屑采用低强度清洗,致密坚硬且污染严重的岩屑适当提升清洗力度,兼顾清洗效果与岩屑完整性^[3]。通过重量传感器实时反馈控制,实现单次采样量的精准调控,确

保样本重量统一,满足后续分析要求。清洗后的岩屑由设备定量分装,保存环节遵循标准化流程,选用适配的容器与介质,做好井深、捞取时间、工区名称等标识,控制保存环境温湿度,防止岩屑风化、变质。对于需进行“一趟录”多参数分析的岩屑,清洗后及时输送至在线分析模块,保证样本新鲜度,提升分析数据准确性。

2.3 岩屑描述与记录

统一岩屑描述标准,参照区域地质录井规范,涵盖颜色、成分、结构等核心特征,结合“一趟录”图像扫描、元素分析数据,补充岩屑微观特征、元素组成等描述指标,明确各指标界定标准与表述规范,保障录井数据的一致性、可比性。详细记录岩屑各项特征,除人工观察信息外,需完整记录捞取深度、时间、智能采洗机运行参数及“一趟录”各模块分析数据,实现每一份样本的全程可追溯,为地质分层、储层评价提供详实支撑^[4]。依托远程智慧录井平台实现现场数据实时上传,及时开展记录的整理与云端审核,梳理数据逻辑、排查疏漏,对照操作规范与描述标准纠正错误,确保记录内容的准确性、完整性,为录井资料归档与应用奠定基础。

3 岩屑分析技术提升与智能化融合

3.1 常规分析方法优化

常规分析方法与“一趟录”智能技术形成互补,共同构建完整的岩屑分析体系。

3.1.1 显微镜下岩屑观察优化

参照岩石薄片显微鉴定规范,优化显微镜调试参数与观察流程,提升对微小矿物颗粒和细微构造的识别能力^[5]。观察过程中,结合“一趟录”图像扫描系统的高分辨率岩屑图像,辅助区分不同矿物的光学特征,弥补传统观察对微小矿物识别不精准的短板。

3.1.2 薄片鉴定方法优化

严格遵循岩石薄片制备与鉴定技术要求,优化薄片制备工艺,确保清晰观察矿物组成与岩石结构。鉴定结果与XRF在线扫描系统的元素含量数据相互验证,避免岩石类型误判、矿物组成分析偏差。

3.1.3 化学分析方法优化

依托地质样品化学分析规范,优化样品预处理流程,减少污染与成分损失。检测结果与“一趟录”激光诱导在线录井系统的分析数据对比较核,为地层对比、储层特征分析提供可靠的化学数据支撑。

3.2 “一趟录”技术体系融合与新装备应用

3.2.1 岩屑智能采洗机的基础支撑应用

岩屑智能采洗机是实现“一趟录”的核心前置装备,目前单位已现场应用10台,行业内经纬公司CSD岩屑自

动采洗机已批量制造31台,完成71口井应用,累计采洗岩屑2万余包^[6]。该设备实现了岩屑采集-清洗-归位-定量的自动化作业,解决了传统人工采洗劳动强度大、快钻时工况下采集不及时、清洗不规范等问题。现场应用表明,设备采洗的岩屑清洁度显著优于人工采洗,自动采洗岩屑剖面符合率更高,在岩性剖面符合率和油气显示发现及时率方面展现出明显优势,同时循环水清洗功能更节水环保,为“一趟录”后续多技术集成提供了标准化、清洁化的岩屑样品,是提升岩屑录井质量的基础保障。

3.2.2 “一趟录”多技术集成应用

以岩屑智能采洗机的自动化采样为基础,构建岩屑“一趟录”系统,集成岩屑声波录井、XRF在线扫描、伽马扫描、图像扫描、激光诱导在线录井等技术,实现从样品采集到多参数分析的一次性、连续性作业,同步获取岩石声学特性、元素含量、放射性、高分辨率图像等多维数据^[7]。同时构建钻井液“一趟录”系统,采集含气性、含油性、离子成分、性能参数等信息,与岩样分析数据相互补充,形成岩屑-钻井液多维数据体系,大幅提升岩屑分析的效率与全面性。

3.2.3 人工智能与远程智慧录井融合

搭建基于“一趟录”多源数据的岩屑分析人工智能模型,通过海量岩屑数据训练优化算法,实现岩屑图像识别、矿物组分分析、岩性分类的自动化处理,减少人工干预,提升分析效率与准确性^[8]。将“一趟录”系统与远程智慧录井作业平台深度融合,实现现场采集数据、设备运行状态的实时上传,构建“现场采集-云端监控-专家反馈”的闭环体系。目前该平台已实现单井剖面符合率96.7%,资料差错率从3‰降至1‰,通过云端专家实时审核指导,及时纠正现场分析偏差,进一步保障录井质量。

3.2.4 技术瓶颈与改进方向

当前“一趟录”与岩屑智能采洗机应用仍存在技术瓶颈:一是PDC钻头产生的细碎岩屑(粒度<1mm)采集效率有待提升;二是“一趟录”多技术集成的空间布局、样品传输、数据同步等工程问题亟待解决;三是在线分析系统精度与实验室分析存在差距,需平衡实时性与精度;四是智能采洗机在高密度钻井液、大排量循环等复杂工况下的适应性需优化。后续需通过技术研发与现场试验,针对性突破上述瓶颈,持续完善装备与技术体系。

4 现场管理与监督加强

4.1 建立适配智能化录井的质量管理体系

质量管理体系的构建是强化岩屑录井质量管控的核心支撑,需严格参照石油天然气录井工程质量管理规范,结

合“一趟录”与岩屑智能采洗机应用的特点,制定详细完善的岩屑录井质量管理体系与操作流程^[9]。制度与流程需覆盖岩屑录井全环节,包括智能设备安装调试、自动采集清洗、多技术集成分析、数据上传审核等,明确各环节工作标准与操作准则,避免管理漏洞与操作盲区。聚焦智能设备运行、多源数据采集、岩屑样本留存等关键控制点,明确各控制点的管控要求与操作规范,实现质量管控的精准化、精细化。建立全流程质量追溯机制,对岩屑智能采集的参数、清洗的过程、分析的结果、数据的上传等各环节信息进行完整留存,同时留存智能采洗机的运行记录、配件更换记录,形成可追溯的质量链条,便于质量问题出现时快速查找根源、明确责任,针对性制定整改措施,持续完善质量管理体系。

4.2 强化现场监督与设备运维检查

现场监督是保障岩屑录井操作规范性、质量达标的关键手段,需配备专业监督人员负责现场全程监督,重点监控岩屑智能采洗机的运行状态、“一趟录”各模块的操作流程,严格对照质量管理体系与操作规范,排查操作过程中的不规范行为。监督人员需坚守现场岗位,聚焦智能设备参数设置、岩屑自动采集的代表性、多源数据的同步性等核心环节,及时发现操作偏差并指导整改,确保操作流程符合标准。录井设备、工具与记录的定期检查需常态化开展,按照设备维护与管理规范,对岩屑智能采洗机、“一趟录”分析设备进行每日巡检与定期维护,排查设备故障与损耗情况,及时进行维护与校准;对岩屑描述记录、分析报告、设备运行记录等进行细致核查,结合云端数据交叉验证,确保记录内容完整、数据准确,符合录井资料管理要求。同时,依托4个标准化备件库,保障智能设备常用易损配件的及时供应,确保设备故障能够快速处置,提升设备完好率。

4.3 完善多方协同的沟通与协调机制

加强录井人员与钻井人员的日常沟通,及时掌握钻井进度、参数调整、地层变化等动态,根据钻井工况实时调整岩屑智能采洗机的捞砂间隔、清洗强度等参数,确保录井与钻井工作协同推进^[10]。建立与地质、工程等部门的常态化协调机制,明确沟通职责与流程,针对智能设

备适配不足、“一趟录”数据异常、地层识别困难等问题,联合开展研讨、制定解决方案,打破部门壁垒。借助远程智慧录井平台搭建跨区域、跨专业沟通渠道,实现现场人员、云端专家、技术人员的实时交流,快速解决现场技术难题。定期召开工作会议,交流录井工作进展、问题及改进方向,结合现场实际优化录井方案,提升工作的针对性与实效性。

结束语

强化录井现场岩屑录井质量,需以“一趟录”为技术引领,以岩屑智能采洗机为装备核心,推动录井全流程的自动化、智能化升级。各环节紧密协同,针对性突破细碎岩屑采集、多技术集成等瓶颈,持续完善技术与装备体系。通过减少人为误差、提升采集分析效率,切实提高岩屑录井质量,为油气勘探开发提供精准可靠的地质信息,助力油气资源高效开发。

参考文献

- [1]中国石油天然气集团有限公司.石油天然气录井工程技术规范:Q/SY01234-2023[S].北京:石油工业出版社,2023.
- [2]张明远,王建军.岩屑自动采洗机研发与现场应用[J].石油机械,2023,51(8):12-18.
- [3]张学.强化录井现场岩屑录井质量的措施[J].西部探矿工程,2024,36(6):39-41.
- [4]朱建涛.强化录井现场岩屑录井质量的措施探讨[J].西部探矿工程,2023,35(6):39-41.
- [5]刘斌.强化录井现场录取资料质量管理的措施分析[J].西部探矿工程,2022,34(5):64-65,69.
- [6]商成男.提高录井现场岩屑录井质量的措施[J].石油石化物资采购,2025(2):154-156,247.
- [7]李振华,陈立新.XRF在线录井技术在致密砂岩气藏勘探中的应用[J].测井技术,2024,48(2):156-162.
- [8]赵国强.智能化录井技术现状与发展趋势[J].石油钻探技术,2023,51(4):89-96.
- [9]刘伟,孙晓飞.基于卷积神经网络的岩屑图像岩性识别方法[J].石油勘探与开发,2024,51(3):567-574.
- [10]王志杰.岩屑录井技术方法及质量保障措施探讨[J].西部探矿工程,2023,35(6):34-36.