

地质录井技术在水平井录井中的应用与研究

王举斌

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300000

摘要：地质录井技术在水平井录井中发挥着关键作用。本文概述了地质录井技术的多种类型及其在水平井中的独特应用，包括岩屑录井、气测录井、随钻测井、钻井液录井及综合录井技术。通过实时采集和分析数据，这些技术为判断地层岩性、识别油气显示、监测井眼轨迹和预测井下复杂情况提供了有力支持，确保了水平井钻井作业的安全与高效。

关键词：地质录井技术；水平井录井；应用

引言

地质录井技术是油气勘探开发中的重要手段，对于获取井下地质信息至关重要。水平井作为提高油气采收率的有效方式，其钻进工艺复杂，对录井技术提出了更高要求。本文旨在探讨地质录井技术在水平井录井中的具体应用，分析各种录井技术的原理、特点及其在水平井钻进过程中的作用，为油气勘探开发提供技术参考。

1 地质录井技术与水平井录井概述

地质录井技术在油气勘探开发中占据重要地位，是获取井下地质信息的关键手段，为后续各项决策提供有力支撑。水平井录井作为特殊的录井类型，有着独特的特点和要求，而地质录井技术在其中发挥着不可或缺的作用。（1）地质录井技术包含多种类型，各有其原理、特点及适用范围。岩屑录井通过对钻井过程中随钻井液返至地面的岩屑进行观察分析，依据岩屑的颜色、质地、成分等特征，推断井下地层的岩性、厚度及接触关系。该技术操作简便、成本低，能实时反映地层变化，广泛应用于各类钻井作业。岩心录井则借助取心工具获取井下岩心样本，完整保留地层原始结构和特征，可直接观察岩性、构造及含油气情况，获取精确详细的地层信息，但取心过程复杂，成本高且影响钻井进度，常用于关键层位。气测录井利用仪器检测井筒内气体成分与含量，捕捉油气被钻头破碎后混入钻井液并携带至地面的气体信号，以识别和评价油气显示，灵敏度高、实时性强。钻井液录井通过监测钻井液性能参数变化，分析井下地层的渗透性能、压力变化等，为钻井作业提供预警。随钻测井在钻井过程中实时测量地层物理参数，为地质解释和井眼轨迹控制提供重要依据。（2）水平井的井身结构由直井段、造斜段和水平段组成。直井段用于建立井口和稳定钻进基础，造斜段精确控制井眼从垂直转向水平，水平段在目标油气层延伸以提高采收率。其

钻进工艺复杂，造斜段需精准控制井眼轨迹，水平段要实时调整钻井参数确保井眼在油气层内。这就要求录井技术具备实时性、准确性和连续性。实时采集和分析数据，为钻井决策提供即时支持；保证数据准确，避免井眼偏差影响开采效果；录井过程不间断，为井眼轨迹控制和油气层评价提供可靠依据。（3）地质录井技术在水平井录井中作用关键。在判断地层岩性上，结合岩屑录井、岩心录井和随钻测井参数，准确识别井下地层岩性，为地质研究和油藏描述奠定基础。识别油气显示方面，气测录井及时发现油气信息，结合其他录井技术，精确评价油气层各项参数。监测井眼轨迹时，随钻测井实时参数助力判断井眼位置，及时调整钻井方向。预测井下复杂情况上，钻井液录井通过监测性能变化，察觉地层异常，保障钻井作业安全顺利^[1]。

2 地质录井技术在水平井录井中的具体应用

2.1 岩屑录井在水平井中的应用

在水平井录井中，岩屑录井是获取地层信息的基础且重要的手段。（1）岩屑采集需科学规划。采集位置通常在振动筛出口处，此处能有效收集从井筒返出的岩屑。采集时间间隔依据钻进速度和地层变化而定，一般快速钻进时适当缩短间隔，确保及时获取不同深度的岩屑。常用的采集工具包括取样桶、铲子等；采集后的岩屑需进行处理，先采用清水冲洗，去除表面的钻井液和杂质，再通过不同孔径的筛网进行筛选，分离出不同粒径的岩屑。筛选后的岩屑要妥善保存，可置于样品袋或样品盒中，并做好标记，保证岩屑样品能真实反映井下地层情况。（2）识别和描述岩屑岩性是关键环节。通过观察岩屑颜色，如红色可能指示氧化环境下的砂岩，黑色常与泥岩或含碳质岩石相关。形状上，棱角分明的可能是新鲜破碎的岩石，而磨圆度好的可能经过了较长距离的搬运；大小和结构构造也能提供重要线索，粗粒结

构可能代表粗砂岩,层理构造则有助于判断沉积环境;岩屑描述需遵循规范,准确进行岩性定名,详细记录含油气情况,如荧光显示、油味等特征。(3)结合其他资料进行地层分析能深化对地下地质情况的认识。将岩屑录井资料与区域地质资料对比,了解所在区域的地层分布规律和演化历史,明确当前地层在区域中的位置。与测井资料结合时,利用测井曲线的特征,如电阻率、自然伽马等,辅助确定地层界面和岩性变化,更精确地进行地层对比和划分,清晰确定地层的层序和接触关系,为水平井的地质分析提供坚实依据。

2.2 气测录井在水平井中的应用

在水平井录井作业里,气测录井是探测油气显示的关键技术手段。(1)常用的气测仪器有气相色谱仪等。气相色谱仪的工作原理是利用不同气体在固定相和流动相中的分配系数差异,对混合气体进行分离和检测。当含有多种气体成分的样品进入色谱柱后,各组分在两相间反复分配,由于分配系数不同,各组分在柱中的运行速度也不同,从而实现分离。分离后的组分依次进入检测器,转化为电信号并记录下来。气测录井测量的参数主要有全烃含量和组分含量等。全烃含量反映了井筒内烃类气体的总体浓度,是判断油气显示的重要指标;组分含量则能进一步分析烃类气体的组成,为判断油气性质提供依据。(2)根据气测数据的变化特征可有效识别油气显示。当全烃含量突然升高,且烃组分出现异常变化,如重烃含量增加,往往预示着可能钻遇油气层。通过连续监测气测数据,结合钻井深度,可以较为准确地判断油气层的位置;油气层的厚度也可依据气测数据异常段的长度来大致估算。利用气测资料评价油气层性质时,可通过分析烃类组分的相对含量来判断油质轻重,轻烃含量高则油质较轻;还可通过计算气油比等参数,评估油气层的产能潜力。(3)气测数据受多种因素影响。钻井液性能方面,若钻井液的密度、黏度等参数发生变化,会影响气体在其中的运移和逸出,从而干扰气测数据。钻进速度过快,会使岩石破碎产生的气体迅速进入钻井液,导致气测值异常升高;不同类型的钻头对岩石的破碎方式和程度不同,也会影响气体的释放量。为提高气测数据的可靠性,需对其进行校正;校正方法包括建立钻井液性能与气测数据的关系模型,对因钻井液性能变化引起的误差进行修正;根据钻进速度和钻头类型等参数,对气测数据进行标准化处理,以消除这些因素的影响^[2]。

2.3 随钻测井在水平井中的应用

在水平井录井中,随钻测井发挥着至关重要的作

用,为钻井作业提供实时且关键的地质信息。(1)常见的随钻测井仪器众多,其中电阻率测井仪通过测量地层的电阻率,反映地层的导电性能,从而判断地层的岩性和含油气情况。自然伽马测井仪则是测量地层中自然存在的伽马射线强度,用于识别岩性、划分地层界面;此外,声波时差测井仪通过测量声波在地层中的传播时间,获取地层的声学特性,辅助判断岩性和孔隙度。(2)借助随钻测井数据,能够实时监测井眼轨迹。例如,通过对比实时测量的井斜角、方位角与设计轨迹参数,可判断井眼是否偏离预定路线;同时,依据自然伽马、电阻率等参数的变化,能确定井眼是否在目标地层内。若发现井眼偏离或即将穿出目标地层,可根据随钻测井资料及时调整钻井参数;如调整钻压、转速、泥浆排量等,改变钻头的钻进方向,实现地质导向钻进,确保井眼始终沿着目标地层延伸,提高钻井效率和成功率。(3)利用随钻测井数据可有效计算储层参数。例如,基于Archie公式,结合电阻率测井数据和孔隙度模型,可计算含油饱和度。通过声波时差或密度测井数据,运用特定的经验公式或模型,能够估算孔隙度。渗透率则可通过建立与孔隙度、岩性等参数的关系模型来计算;储层参数评价对油气藏开发方案的制定意义重大。准确的储层参数能帮助工程师评估油气藏的储量、产能,确定合理的开采方式和井网布局,优化开发方案,提高油气采收率,降低开发成本,为油气田的高效开发提供科学依据。

2.4 钻井液录井在水平井中的应用

在水平井录井作业中,钻井液录井是保障钻井安全、高效进行的重要环节,通过对钻井液性能参数的监测和分析,为井下情况评估和钻井液性能优化提供关键依据。(1)钻井液录井测量的性能参数众多。密度是指单位体积钻井液的质量,常用密度计进行测量,它反映了钻井液的重量,对平衡地层压力至关重要。黏度体现钻井液的内摩擦力,用旋转黏度计测量,合适的黏度能确保钻井液有效携带岩屑。失水是指钻井液在一定压力和时间下,通过滤饼渗出的水量,使用失水仪测定,失水过大可能导致地层垮塌。含砂量指钻井液中固体颗粒的含量,通过含砂量测定仪检测,含砂量高会加剧设备磨损。(2)依据钻井液性能参数的变化,能有效监测井下情况。当钻井液密度突然下降,可能预示着井涌,即地层流体进入井筒;若密度上升,可能是钻遇高压地层。黏度异常升高,可能是地层造浆或岩屑含量过高;黏度降低则可能是钻井液被稀释。失水增大,表明地层渗透性变强,可能存在井漏风险。通过长期积累的经验

和数据分析,可综合判断井下复杂情况;例如,若同时出现密度下降、黏度降低和失水增大,可能是严重的井漏且伴有地层流体侵入。(3)根据钻井液录井结果,需及时调整钻井液配方和性能。调整原则是确保钻井液能满足井下不同阶段的需求,如平衡地层压力、携带岩屑、稳定井壁等。若发现井漏,可加入堵漏材料增加钻井液的封堵性;对于井涌,需适当提高钻井液密度。优化钻井液性能能有效保障水平井安全、高效钻进,防止井下事故发生,减少非生产时间,提高钻井效率,确保水平井顺利完成钻进任务,为后续的油气开采奠定良好基础^[3]。

2.5 综合录井技术在水平井中的应用

综合录井技术是水平井录井中实现高效、精准勘探的关键手段,它整合了多种录井信息,为钻井作业提供全面支持。(1)综合录井系统由硬件和软件两大部分构成。硬件方面,传感器分布于钻井现场各个关键位置,负责实时采集各类数据,如钻压、转速、流量等;采集器将传感器传来的信号进行收集和初步处理;计算机则是系统的核心,对处理后的数据进行深度分析与存储。软件具备强大功能,涵盖数据采集、处理、存储、显示和分析等模块。它能快速准确地收集来自不同渠道的数据,运用专业算法进行处理,将处理结果以直观的图表或曲线形式显示,方便工作人员查看和分析。(2)多参数综合分析解释是综合录井技术的核心优势。通过将岩屑录井的岩性信息、气测录井的油气显示数据、随钻测井的地层参数以及钻井液录井的性能变化相结合,实现对地层和油气藏的全面评价。例如,在某水平井项目中,结合岩屑录井确定的岩性特征、气测录井发现的油

气异常以及随钻测井的电阻率变化,准确判断出了油气层的位置和厚度,为后续开采提供了可靠依据。同时依据综合录井资料,工程师可以优化钻井工程决策,如调整钻井参数、选择合适的钻井液配方等。(3)综合录井系统能够对水平井钻进过程进行实时监测。传感器实时采集的数据通过网络传输至计算机,软件系统对数据进行实时分析。一旦数据超出预设的正常范围,系统便会立即发出预警。预警指标依据不同的地质条件、钻井工艺和设备特点进行设定,如钻井液密度、气测全烃含量等参数的上下限。当预警发生时,系统会以声音、短信等形式通知相关人员,工作人员按照既定的预警处理流程,迅速分析异常原因,采取相应措施,保障钻井作业安全、顺利进行。

结语

地质录井技术在水平井录井中的应用显著提高了钻井作业的效率 and 安全性。通过综合运用多种录井技术,可以实时、准确地获取井下地质信息,为钻井决策提供有力支持。未来,随着技术的不断进步和创新,地质录井技术将在水平井录井中发挥更加重要的作用,为油气勘探开发贡献更多力量。

参考文献

- [1]江林.地质录井技术在水平井录井中的应用[J].化工设计通讯,2020,46(02):250+258.
- [2]陈斌.地质录井技术在水平井录井中的应用价值研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(14):251-252.
- [3]晏国江.水平井录井中地质录井技术的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(20):188-191.