

地质录井技术在油气储层评价中的新进展

张 强 张 宁 王春梅

陕西延长石油(集团)有限责任公司气田公司 陕西 延安 716000

摘 要: 本文聚焦于地质录井技术在油气储层评价中的新进展。首先阐述了地质录井技术在油气勘探开发中的基础地位与重要作用,接着从录井参数拓展、录井方法创新、录井与其他技术融合等方面详细分析了当前地质录井技术在油气储层评价中的新进展,包括新型传感器应用、元素录井技术优化、定量荧光录井深化、核磁共振录井发展以及录井与测井、地震、钻井工程等多技术融合应用。最后对地质录井技术在油气储层评价中的未来发展方向进行了展望,强调持续技术创新和跨学科融合对推动油气勘探开发的关键意义。

关键词: 地质录井技术; 油气储层评价; 新进展

1 引言

油气资源作为现代社会重要的能源基础,其勘探开发对于保障国家能源安全、推动经济发展具有不可替代的作用。在油气勘探开发过程中,准确评价油气储层的特征、性质和含油气性是关键环节,直接关系到油气藏的发现、储量计算以及开发方案的制定。地质录井技术作为油气勘探开发中的基础技术之一,在油气储层评价中一直发挥着重要作用。它通过在钻井过程中实时获取地下岩层和流体的各种信息,为地质人员和工程师提供了直观、及时的地质资料,是认识地下油气藏的重要窗口。随着油气勘探开发向深层、复杂构造、非常规油气藏等领域不断拓展,传统的地质录井技术面临着诸多挑战,同时也迎来了新的发展机遇。近年来,地质录井技术在理论、方法和设备等方面都取得了显著进展,这些新进展不仅丰富了油气储层评价的手段和内容,还大大提高了评价的精度和效率,为油气勘探开发提供了更有力的技术支撑。

2 地质录井技术在油气储层评价中的基础地位与作用

2.1 实时获取地层信息

地质录井技术能够在钻井过程中实时、连续地记录钻头钻遇地层的各种信息,如岩屑、岩心、钻井液性能、钻时、气测等参数。这些信息是了解地下地质情况的第一手资料,能够及时反映地层的岩性、物性、含油气性等特征的变化。例如,通过观察岩屑的岩性、颜色、成分等,可以初步判断地层的沉积环境和时代;分析钻井液中气体成分和含量的变化,能够及时发现油气显示,为后续的油气储层评价提供重要线索。

2.2 指导钻井施工

地质录井人员根据实时获取的地层信息,可以及时判断钻头所处的地层位置和岩性,为钻井工程师调整钻

井参数、优化钻井工艺提供依据。例如,当钻遇易坍塌地层时,录井人员可以提前预警,建议钻井工程师采取相应的防塌措施,避免井下复杂情况的发生;在钻遇油气层时,录井人员可以根据气测显示情况,指导钻井工程师合理控制钻井液密度,防止油气层受到污染,确保钻井施工的安全和高效进行。

2.3 为油气储层评价提供基础数据

地质录井所获得的各种数据是油气储层评价的重要基础。岩屑、岩心分析数据可以用于确定储层的岩性、矿物成分、孔隙结构等;钻时、钻速等参数可以反映地层的可钻性,间接判断储层的物性;气测、地化等录井数据则能够直接反映储层的含油气性^[1]。通过对这些基础数据的综合分析,地质人员可以对油气储层的储集性能、含油气饱和度、产能等进行初步评价,为后续的测井、试油等评价工作提供重要参考。

3 地质录井技术在油气储层评价中的新进展

3.1 录井参数的拓展与深化

3.1.1 新型传感器应用拓展录井参数维度

随着传感器技术的不断发展,越来越多的新型传感器被应用于地质录井中,大大拓展了录井参数的维度。例如,高精度温度传感器可以实时监测钻井液温度和井底温度的变化,温度异常可能反映了地下流体活动或热液作用,对于研究油气运移和成藏规律具有重要意义;压力传感器能够精确测量钻井液循环系统的压力变化,通过分析压力波动情况,可以判断井下是否存在异常压力地层,为钻井安全和油气储层评价提供重要信息。此外,还有用于测量钻井液电阻率、电导率、密度等参数的新型传感器,这些参数的获取有助于更全面地了解钻井液性能和地层流体性质,为油气储层评价提供更多维度的数据支持。

3.1.2 元素录井技术优化提升储层岩性识别精度

元素录井技术通过X射线荧光光谱分析等方法,能够快速、准确地测定岩屑或岩心中的元素含量。近年来,元素录井技术在仪器性能和分析方法上不断优化,大大提高了储层岩性识别的精度。一方面,新型元素录井仪具有更高的分辨率和灵敏度,能够检测到更低含量的元素,使得对复杂岩性的识别更加准确。例如,在碳酸盐岩储层评价中,通过准确测定钙、镁、铁、锰等元素的含量及比例关系,可以精确划分碳酸盐岩的岩石类型,如石灰岩、白云岩及其过渡类型,并进一步分析其沉积环境和成岩作用,为储层评价提供重要的岩性基础。另一方面,元素录井技术与地质统计学方法相结合,建立了基于元素含量的岩性识别模型,通过对大量已知岩性样本的学习和训练,能够自动、快速地对未知岩屑或岩心进行岩性识别,大大提高了工作效率和识别准确率。

3.1.3 定量荧光录井深化储层含油气性评价

定量荧光录井技术通过对钻井液中油气的荧光强度进行定量分析,能够更准确地评价储层的含油气性。近年来,该技术在激发光源、检测系统等方面进行了改进,提高了检测的灵敏度和准确性。同时,结合荧光光谱分析技术,可以进一步区分原油的不同组分,如饱和烃、芳香烃、胶质和沥青质等,从而更深入地了解油气的性质和来源^[2]。例如,通过分析荧光光谱的特征峰位置和强度,可以判断原油的成熟度和类型,对于识别优质油气储层具有重要意义。此外,定量荧光录井技术还与气测录井、地化录井等技术相结合,建立了综合含油气性评价模型,综合考虑多种录井参数,大大提高了储层含油气性评价的可靠性。

3.2 录井方法的创新与发展

3.2.1 核磁共振录井技术发展助力储层物性评价

核磁共振录井技术是一种基于核磁共振原理的新型录井方法,它能够直接测量岩屑或岩心中氢核的弛豫时间,从而获取储层的孔隙度、渗透率、可动流体饱和度等物性参数。近年来,核磁共振录井技术在仪器小型化、快速测量等方面取得了重要进展,使其更加适合现场录井应用。与传统的岩心分析方法相比,核磁共振录井技术具有测量速度快、对样品无损伤、能够反映储层内部流体分布等优点。例如,在低渗透储层评价中,核磁共振录井技术可以准确测量储层的束缚水饱和度和可动流体饱和度,为评价储层的采收率和开发潜力提供重要依据。此外,核磁共振录井技术还可以与核磁共振测井技术相结合,通过对比岩心和井壁的核磁共振响应特征,建立更准确的储层物性解释模型,提高储层物性评

价的精度。

3.2.2 激光诱导击穿光谱(LIBS)录井技术探索

激光诱导击穿光谱(LIBS)技术是一种基于激光等离子体光谱分析的新型分析技术,近年来开始探索应用于地质录井领域。该技术利用高能量激光脉冲聚焦在样品表面,使样品瞬间气化并产生高温等离子体,等离子体在冷却过程中发射出包含样品元素信息的特征光谱,通过对这些光谱进行分析,可以快速、准确地测定样品中的元素组成和含量。LIBS录井技术具有分析速度快、无需样品预处理、可实现多元素同时分析等优点,对于现场快速评价储层岩性和含油气性具有潜在的应用价值^[3]。例如,在钻井现场,LIBS录井仪可以实时对岩屑进行分析,快速给出元素含量数据,为地质人员及时判断地层变化和油气显示提供重要参考。然而,目前LIBS录井技术仍处于探索阶段,在仪器稳定性、分析精度和适用性等方面还需要进一步研究和改进。

3.3 录井与其他技术的融合应用

3.3.1 录井与测井技术融合实现多信息互补评价

录井技术与测井技术是油气勘探开发中两种重要的地球物理技术,它们各自具有独特的优势和局限性。录井技术能够提供实时的、直观的地层岩性和流体信息,但空间分辨率相对较低;测井技术则可以获得井眼周围地层的详细物理参数,具有较高的空间分辨率,但信息获取相对滞后。近年来,录井与测井技术的融合应用越来越受到重视,通过建立录井-测井综合解释模型,实现了多信息的互补评价。例如,将录井获得的岩性、含油气性信息与测井获得的电阻率、声波时差、自然伽马等参数相结合,可以更准确地划分储层、确定储层参数和评价储层含油气性。在复杂岩性储层评价中,录井与测井融合技术能够有效解决单一技术难以准确识别岩性和评价储层的问题,提高了储层评价的精度和可靠性。

3.3.2 录井与地震技术融合拓展评价视野

地震技术能够提供大范围、高精度的地下地质结构信息,对于油气勘探开发中的区域地质研究、构造解释和圈闭识别具有重要作用。录井技术与地震技术的融合应用,可以将地震资料所反映的大尺度地质信息与录井资料所获得的精细地层信息相结合,拓宽油气储层评价的视野。例如,通过地震属性分析与录井资料对比,可以建立地震属性与储层参数之间的定量关系,利用地震资料预测储层的分布和物性变化趋势;同时,将录井过程中发现的油气显示信息反馈到地震解释中,有助于优化地震解释方案,提高地震资料对油气藏的识别能力。此外,在非常规油气藏评价中,录井与地震技术的融合

还可以为“甜点区”预测提供重要依据,指导钻井工程的优化部署。

3.3.3 录井与钻井工程技术融合保障高效评价

录井技术与钻井工程技术的紧密融合是保障油气储层高效评价的关键。在钻井过程中,录井人员与钻井工程师密切配合,根据录井实时数据及时调整钻井参数,确保钻井施工的安全和高效进行。例如,通过分析钻时、扭矩、泵压等钻井工程参数与录井获得的岩性、地层压力等信息的关系,可以优化钻头选型、钻井液性能和钻进参数,提高钻井效率,减少井下复杂情况的发生^[4]。同时,录井技术还可以为钻井工程中的地质导向提供支持,通过实时监测地层倾角、走向等地质参数的变化,引导钻头沿着目标储层钻进,提高油气层的钻遇率。此外,在水平井、大位移井等复杂结构井的钻井过程中,录井与钻井工程技术的融合应用尤为重要,能够确保井眼轨迹在优质储层中延伸,最大限度地提高油气采收率。

4 地质录井技术在油气储层评价中的未来发展方向

4.1 持续技术创新

未来,地质录井技术需要持续进行技术创新,不断提高仪器的性能和功能。例如,进一步研发高精度、高稳定性的新型传感器,拓展录井参数的获取范围;优化现有录井方法的分析算法和解释模型,提高评价的准确性和可靠性;探索更多新型录井技术,如基于人工智能和大数据分析的录井技术,利用海量录井数据进行深度挖掘和智能分析,实现对油气储层的快速、精准评价。

4.2 加强跨学科融合

油气储层评价是一个涉及地质学、地球物理学、地球化学、钻井工程等多个学科的综合性问题。地质录井技术要更好地服务于油气储层评价,需要加强与其他学科的融合。例如,与地质学结合,深入研究不同沉积环境、成岩作用对储层特征的影响,建立更完善的地质模型;与地球物理学结合,利用地震、测井等多源信息,提高对地下地质结构的认识和储层参数的反演精度;与钻井工程结合,实现钻井过程与储层评价的实时互动,

优化钻井方案,提高勘探开发效率。

4.3 拓展应用领域

除了传统的常规油气藏评价,地质录井技术还应积极拓展在非常规油气藏(如页岩气、煤层气、致密油等)、深海油气藏、地热资源勘探等领域的应用。针对不同领域的特点和需求,研发相应的录井技术和方法,为这些新兴资源领域的勘探开发提供技术支持。例如,在页岩气勘探中,进一步优化元素录井、定量荧光录井等技术,更好地评价页岩的有机质含量、成熟度、含气性等关键参数;在深海油气勘探中,研发适应深海高压、低温等恶劣环境的录井设备和技术,确保在复杂条件下能够准确获取地层信息。

结语

地质录井技术在油气储层评价中一直占据着重要地位,近年来在录井参数拓展、录井方法创新以及与其他技术融合应用等方面取得了显著新进展。这些新进展不仅提高了对复杂储层的评价能力,提升了评价的精度和效率,还降低了勘探开发成本,为油气勘探开发带来了诸多积极影响。展望未来,地质录井技术需要持续进行技术创新,加强跨学科融合,并不断拓展应用领域,以更好地适应油气勘探开发向深层、复杂领域和非常规资源领域拓展的需求,为保障国家能源安全和推动油气工业发展做出更大贡献。随着技术的不断进步和完善,地质录井技术必将在油气储层评价中发挥更加重要的作用,成为油气勘探开发领域不可或缺的关键技术之一。

参考文献

- [1]刘江.地质录井技术在油田勘探过程中的实践探析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(22):169-171.
- [2]余飞达.地质录井技术在高效钻井中的应用策略[J].石化技术,2023,30(08):256-258.
- [3]才国龙.录井技术在页岩油井地质导向中的实践[J].西部探矿工程,2023,35(02):83-87.
- [4]李忠明.地质录井技术在页岩油水平井钻井中的应用[J].西部探矿工程,2022,34(10):114-116.