

石油测井中测井仪器的技术运用研究

张 勇

中石化经纬有限公司胜利测井公司 山东 东营 257000

摘 要：石油作为一项重要的资源，在我国经济的发展与进步中，发挥着不可替代的重要作用。在石油资源应用的过程中，石油勘探和开采也是重要的内容之一。在石油勘探开采过程中，石油测井作为油气勘探开发的关键环节，测井仪器的技术运用直接决定着获取地层信息的准确性与可靠性。基于此，本文聚焦石油测井过程，深入剖析测井仪器在技术运用方面存在的诸多问题，涵盖仪器的精度与分辨率、适应性、可靠性等领域，旨在为提升测井质量、推动石油测井技术进步提供有益参考。

关键词：石油测井；测井仪器技术；运用

引言：我国的石油开发迟于一些先进国家，但是在科技发展与创新的带动下，我国石油工业发展迅猛，石油测井仪器等各种先进设备快速投入到石油开发生产与石油能源勘探工作中，并在提高石油勘探与开发工作效率和保证安全生产方面发挥了不可替代的积极作用。为此，研究分析石油测井中测井仪器的技术运用，对于石油勘探与开发具有重要意义。

1 石油测井中测井仪器的技术运用的价值

1.1 为石油勘探开发提供了重要的数据支持

测井仪器利用测量地下岩石的物理性质，如密度、声波速度、电阻率等，以及含油气层的厚度、孔隙度、渗透率等关键参数，为石油勘探开发提供了重要的数据支持。参数的准确性直接关系到油气资源评价的可靠性，是后续油气田开发方案设计的基础。测井仪器利用物理学、地球物理学和电子学等多学科原理，如射线衰减原理、声波传播原理和电磁波传播原理等，能够轻松实现对地层信息的精确测量。以上原理的应用使得测井仪器能够穿透地层，捕捉到地下岩石和流体的微弱信号，进而揭示地层的真实情况。

1.2 石油勘探开发的不同阶段发挥着重要作用

在勘探阶段，测井仪器能够帮助工作人员精准识别潜在的含油气层，进而为油气勘探提供方向性指导。利用对比不同井位的测井数据，可以勾勒出油气藏的轮廓，评估油气资源的勘探潜力和勘探结果^[1]。而对于开发阶段而言，测井仪器则用于评价储层的性质，包括储层的孔隙度、渗透率、含油饱和度等，为油气田的开发方案制定提供科学依据。更重要的是，测井仪器还可以监测油气田的动态变化，如流体流动、压力分布等，为生产过程中的调整和优化提供依据。

1.3 在地质调查研究、地下水资源管理等领域也具有

广泛的应用价值

针对地质调查研究来说，测井仪器可以用于岩性识别、构造分析等工作，为地质背景信息的获取和储层特征数据的分析提供重要支持。尤其在地下水资源管理方面，测井仪器通过测量地层的孔隙度、渗透率等参数，可以准确评价地下水资源的分布和储量情况，从而为地下水资源的合理开发和利用提供指导。

2 石油测井中测井仪器

2.1 电法测井仪器

电法测井是石油测井领域应用广泛的基础技术之一。传统的双侧向测井仪通过向地层发射不同频率的电流，测量地层电阻率，进而推断地层的含油性与渗透性。其仪器的关键在于高精度电极系的设计，电极需具备良好的导电性与稳定性，确保电流均匀发射，准确采集反馈信号。现代新型电法测井仪器，如阵列感应测井仪，采用多线圈阵列结构，能同时测量多个径向探测深度的电阻率信息，精细刻画地层径向电阻率变化，成功克服了传统电法测井仪器探测深度单一、分辨率不足的问题，为复杂地层油气藏评价提供了更丰富准确的数据，广泛应用于砂泥岩地层油气勘探开发，助力精准识别油层、水层边界。

2.2 声波测井仪器

声波测井仪器利用声波在岩石中的传播特性来获取地层信息。声波速度测井仪利用测量声波在地层中的传播时间，计算地层的声波速度，反映岩石的致密程度。仪器核心部件是声波发射换能器与接收换能器，其性能决定测量精度。先进的偶极声波成像测井仪不仅能测量纵波，还能捕捉横波信息，通过分析横波分裂等现象判断地层应力方向，识别裂缝发育情况，在页岩气等非常规油气藏勘探中大放异彩。它为评估储层脆性、预测压

裂改造效果提供关键依据,能够帮助工程师优化压裂方案,最终提高非常规油气开采效率。

2.3 放射性测井仪器

放射性测井基于岩石对放射性射线的吸收、散射特性差异开展工作。自然伽马测井仪记录地层自然放射性强度,主要用于区分岩性,如黏土含量高的地层放射性较强,砂岩放射性相对较弱,为地层对比、沉积相分析提供基础资料。补偿密度测井仪利用伽马源发射射线,测量地层对射线的散射,推算地层密度,精确识别致密储层与疏松储层^[2]。而中子孔隙度测井仪借助中子源与地层相互作用,根据热中子计数率确定地层孔隙度,反映储层储集空间大小。在高放射性地层或套管井内,放射性测井仪器应用特殊屏蔽设计与校正算法,能够保障测量数据可靠,是油气藏评价全生命周期的得力工具。

2.4 核磁共振测井仪器

核磁共振测井堪称微观孔隙结构探测利器。它向地层发射射频脉冲,使氢原子核发生共振,测量自旋回波信号,获取地层孔隙度、渗透率、孔径分布等信息。仪器的超导磁体是核心,需产生高强度、高均匀度磁场,保障氢核共振精准激发与信号采集。与常规测井不同,核磁共振测井能区分可动流体与束缚流体,直观展现储层流体赋存状态,在低渗、特低渗油气藏评价中优势突出。

2.5 成像测井仪器

成像测井仪器为地层可视化提供技术支撑。微电阻率成像测井仪利用众多微小电极,密集扫描井壁,测量微电阻率变化,以高分辨率图像呈现井壁岩石纹理、裂缝、孔洞等特征,仿若给井壁“拍照”,地质人员借此精准识别沉积构造、断层走向,指导油气运移路径分析。而声波成像测井利用声波反射原理,生成环井壁声波幅度与传播时间图像,除揭示岩石结构,还能反映套管腐蚀、变形状况,保障油气井长期安全生产。

3 石油测井中测井仪器的技术运用现状

3.1 精度与分辨率问题

3.1.1 测量精度受限

面对高温高压的井下环境,测井仪器的传感器元件易受环境因素干扰,导致测量精度出现偏差。比如,在深层油气勘探时,地层温度可高达200℃以上,压力超过100MPa,常规的电阻率传感器可能因温度、压力引起的材料性能变化,使得测量结果偏离真实值。精度误差在薄层油气藏评价中尤为关键,微小的测量偏差可能导致对储层厚度、含油饱和度等参数判断失误,进而影响油气开采决策。

3.1.2 分辨率不足

复杂地质构造的存在,如薄层互层、裂缝发育地层,使得测井仪器的分辨率难以满足精细勘探需求。一些传统声波测井仪器,在测量薄层厚度小于0.5米的地层时,无法清晰分辨各层的声学特性差异,难以准确获取每层的孔隙度信息,容易将多层信息混淆,错过潜在的油气富集薄层,容易造成勘探资源浪费。

3.2 适应性问题

3.2.1 地质环境适应性

不同地区地质构造千差万别,从松软的砂岩地层到坚硬的花岗岩地层,从高盐度地层到高酸性地层,测井仪器需要具备广泛的适应性。但现实中,部分仪器在特殊地质条件下表现不佳。如在高盐度地层中,由于地层水中盐分含量高,会干扰电磁测井仪器的信号传播,降低测量准确性;而在酸性地层,仪器外壳材料可能遭受腐蚀,影响仪器的机械性能与电气性能,缩短使用寿命,甚至危及井下作业安全。

3.2.2 井况适应性

现代钻井技术发展,出现了大斜度井、水平井、分支井等复杂井型。测井仪器在这些特殊井况下运行面临诸多挑战^[3]。在大斜度井和水平井中,仪器重力作用方向改变,传统的扶正装置难以确保仪器居中测量,导致测量结果受井壁影响产生偏差,无法反映地层真实情况。与此同时,在水平井长距离测井过程中,仪器的动力传输与信号传输稳定性变差,易出现卡顿、中断现象,严重影响测井效率与数据完整性。

3.3 可靠性问题

测井仪器内部集成大量电子元件,井下恶劣环境对其稳定性构成巨大威胁。高温可能导致电子元件老化加速、焊点熔化,潮湿环境易引发短路故障,强电磁干扰会使信号传输失真。

另一方面,除电子元件外,机械部件同样面临严峻考验。在井下频繁的起下钻过程中,仪器的连接部位、扶正器、探头保护装置等机械部件承受巨大的冲击力与摩擦力。

3.4 数据传输与处理问题

3.4.1 传输速率与距离

井下测井数据量大,实时传输要求高,但目前部分测井仪器的数据传输速率难以满足需求。在深层测井或大位移水平井测井时,信号传输距离远,受井内介质对信号衰减影响,数据传输延迟严重,甚至出现数据丢失现象。这种现象使得地面操作人员无法及时获取准确的井下信息,难以为下一步测井操作提供有效指导,影响测井作业连贯性与效率。

3.4.2 数据处理算法

测井仪器采集到海量原始数据后,需要高效的数据处理算法将其转化为有价值的地质参数。但问题是现有的一些数据处理算法存在局限性,无法充分挖掘数据潜在信息^[4]。例如,在利用声波测井数据计算孔隙度时,传统算法未考虑地层岩石骨架的非均质性,导致孔隙度计算结果误差较大,不能精准反映地层储集性能,给油气藏评价带来困难。

4 石油测井中测井仪器的技术运用策略

4.1 提升测量精度与分辨率

在石油测井作业中,提升测量精度与分辨率是确保所得数据准确可靠、具有实际应用价值的重中之重。特别是在面对高温、高压以及复杂多变的地质环境时,这一需求尤为迫切。

为了应对极端环境条件,科研人员与工作人员需齐心协力,致力于研发高精度、高稳定性的传感器。这些传感器应采用特殊的耐高温、高压材料制成,并经过精心设计的结构优化,以最大限度地降低环境因素对测量结果的潜在干扰。与此同时,还需充分利用先进的信号处理技术,如数字滤波、非线性校正等,以进一步提升数据的准确性和可靠性。此外,针对复杂多变的地质构造,高分辨率测井技术的发展显得尤为关键。通过引入阵列声波测井、微电阻率扫描成像、核磁共振等前沿技术,可以更加精准地获取地层信息,准确识别薄层厚度、孔隙度等关键地质参数。

4.2 增强仪器适应性与可靠性

4.2.1 应针对不同地质条件,优化测井仪器的设计,提高其对高温、高压、高盐度、酸性等环境的适应能力。采用抗盐度干扰的电磁测井技术和耐腐蚀的材料,能够确保仪器在恶劣地质条件下的机械性能和电气性能不受影响。

4.2.2 创新扶正装置和信号传输技术。针对大斜度井和水平井等复杂井型,应设计更合理的扶正装置,确保仪器在井中居中测量^[5]。另外,更稳定的信号传输技术,如光纤通信和无线传输,也可以提高数据传输的稳定性和可靠性,减少数据卡顿和中断的风险。

4.3 优化数据传输与处理

在数据传输方面,为满足井下测井数据量大、实时传输要求高的需求,应大力推进高速数据传输技术的应用。一方面,升级现有传输线缆,采用低损耗、高带宽的新型材料,降低井内介质对信号的衰减影响,确保数据能够长距离稳定传输。另一方面,积极引入5G等无线通信技术,利用其高速率、低时延的特性,实现井下与

地面的实时、高速数据交互,让地面操作人员近乎同步获取井下信息,为测井作业决策提供即时依据。

对于数据处理,鉴于现有算法的局限性,需投入研发力量构建智能化数据处理平台。融合大数据分析、人工智能等前沿技术,该平台能够自动识别不同地质条件下的数据特征,针对声波测井、电阻率测井等多源数据进行深度挖掘。

4.4 加强操作与维护管理

在操作管理上,鉴于测井仪器操作难度随着技术复杂化而增加,当务之急是完善操作培训体系。不仅要为操作人员提供系统全面的理论知识培训,涵盖测井原理、仪器构造、各类地质状况应对策略等内容,更要注重实践操作演练。利用模拟不同井下环境和故障场景,让操作人员反复练习,熟练掌握仪器的参数设置、操作流程,提升应急处理能力,降低因操作失误引发问题的概率。

从维护管理来看,建立高效的维护保养机制必不可少。首先,要对测井仪器进行全生命周期管理,详细记录每次井下作业前后的仪器状态,包括零部件磨损情况、电子元件性能参数等,基于此制定个性化的维护计划。其次,优化零部件供应体系,加强与供应商合作,缩短关键零部件采购周期,同时加大对易损零部件国产化研发力度,降低成本。

结语:综上所述,测井仪器在石油测井中的技术运用价值体现在多个方面。它不仅为石油勘探开发提供了准确的数据支持,还在地质调查研究、地下水资源管理等领域发挥着重要作用。同时,测井仪器的技术创新和发展推动了石油勘探开发技术的不断进步,为油气资源的可持续开发提供了有力保障。因此,加强测井仪器的技术研发和应用推广,对于提高石油勘探开发效率、保障能源安全具有重要意义。

参考文献

- [1]袁庆六.石油测井中测井仪器的技术运用分析[J].中国化工贸易,2020,12(22):134-135.
- [2]谢碧波.石油测井中测井仪器的技术运用分析[J].石油石化物资采购,2019(20):51.
- [3]曹慧,魏高沁.测井仪器在石油测井中的应用[J].石化技术,2021,28(7):138-139.
- [4]吴光乐.探究石油测井仪器的技术创新[J].石化技术,2020,27(07):312+325.
- [5]窦娅莉.延长油田测井现状与发展前景[J].能源与环保,2021,43(04):82-86.