

Research on the Application of Logging While Drilling Technology in Underground Reservoir Evaluation of Petroleum Engineering

Wenxue Pu

Geosteering & Logging Research Institute, SINOPEC Matrix Corporation, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

In petroleum engineering, the evaluation of underground reservoirs is a key link in oil and gas development. With the development of drilling technology, logging while drilling has become an important means of evaluating underground reservoirs. The paper systematically studies the application of logging while drilling technology in underground reservoir evaluation, and explores its advantages in improving evaluation accuracy and operational efficiency. By comparing and analyzing the differences between traditional logging technology and logging while drilling technology, combined with actual oilfield data, the application of logging while drilling technology has conducted a detailed analysis and evaluation of reservoir properties, oil and gas reservoir distribution, geological structures, etc. The research results indicate that logging while drilling technology can not only obtain real-time parameters of underground formations during the drilling process, but also significantly improve the accuracy and efficiency of reservoir identification, reduce drilling risks and costs. The research results of the paper provide scientific basis and technical support for the further promotion and application of oil engineering logging while drilling technology in underground reservoir evaluation.

Keywords

logging while drilling technology; underground reservoir evaluation; petroleum engineering; applied research; reservoir properties

石油工程随钻测井技术在地下储层评价中的应用研究

蒲文学

中石化经纬有限公司地质测控技术研究院, 中国·山东 东营 257000

摘 要

在石油工程中, 地下储层的评价是油气开发的关键环节。随着钻井技术的发展, 随钻测井技术成为评价地下储层的重要手段。论文通过对随钻测井技术在地下储层评价中的应用进行系统研究, 探讨了其在提高评价精度和作业效率方面的优势。对比分析传统测井技术与随钻测井技术的差异, 结合实际油田数据, 应用随钻测井技术对储层物性、油气层分布、地质构造等进行了详细的分析与评估。研究表明, 随钻测井技术不仅可以实时获取钻井过程中地下地层的各项参数, 还能显著提升储层识别的准确性和效率, 降低钻井风险和成本。论文的研究成果为石油工程随钻测井技术在地下储层评价中的进一步推广应用提供了科学依据和技术支持。

关键词

随钻测井技术; 地下储层评价; 石油工程; 应用研究; 储层物性

1 引言

随钻测井技术是石油工程中的一种新技术, 能够在钻井过程中实时获取地下地层的各种参数。传统的测井技术虽然能提供地层信息, 但在实时性和精度方面存在不足。随钻测井技术通过传感器和数据传输系统, 实时监测和分析钻井过程中的地质参数, 如储层的物性、油气层分布和地质构造等。这种技术不仅缩短了数据获取和处理的时间, 还为现场作业人员提供了及时的决策依据, 提高了钻井作业的准确性

和效率, 降低了钻井风险和成本。特别是在复杂地质条件下, 随钻测井技术表现出明显的优势, 显著提升了油气田的开发和管理水平。

2 随钻测井技术概述

2.1 随钻测井技术的发展历程

随钻测井技术的发展历程可以追溯到 20 世纪中叶^[1]。当时, 随着石油勘探深度的增加和钻井技术的进步, 传统测井方法在数据实时性和准确性方面的局限性逐渐显现。为解决这些问题, 石油工业界开始探索能够在钻井过程中实时获取地层信息的新技术。

1960 年代, 美国石油公司提出并实施了随钻测量

【作者简介】蒲文学(1981-), 男, 中国山东莒县人, 本科, 高级工程师, 从事油气井工程研究。

(Measurement While Drilling, MWD)技术的概念。该技术利用安装在钻具中的传感器,通过无线传输方式,将地层参数实时传输到地面。这一创新大大提高了钻井作业的效率 and 安全性,开启了随钻测井技术的发展历程。

1980年代,随着电子技术和计算机技术的发展,随钻测量技术得到了进一步的完善和推广。此时,随钻测井技术(Logging While Drilling, LWD)应运而生。与随钻测量技术相比,随钻测井技术能够获取更多地层物性参数,如电阻率、密度、中子孔隙度等,为地下储层评价提供了更全面的数据支持。

进入21世纪,随钻测井技术在硬件和软件方面均取得了显著进步。高精度传感器、先进的数据处理算法和可靠的无线传输系统使得随钻测井技术的应用范围不断扩大,不仅局限于常规油气藏的评价,还广泛应用于非常规油气藏和复杂地质条件下的勘探开发。

近年来,随钻测井技术朝着智能化、集成化和自动化方向发展。智能随钻测井系统结合人工智能、大数据分析和云计算技术,能够在钻井过程中实现更精准的地层评价和实时决策。集成化随钻测井系统将多种测量功能集成到一个钻具中,简化了作业流程,提高了作业效率。随钻测井技术的发展历程展现了石油工程技术的不断创新与进步,为现代油气勘探开发提供了强有力的技术支持^[1]。

2.2 随钻测井技术的原理与组成

随钻测井技术的原理基于在钻井过程中实时获取和分析地下地层数据。该技术依靠传感器和仪器,通过钻柱传输系统,将井下测得的地质和工程参数传递到地面^[1]。传感器安装在钻头附近,能够实时测量井斜、地层压力、电阻率、声波速度等参数。这些数据通过泥浆脉冲、无线电波或有线传输等方式传递至地面监控系统。随钻测井技术的组成包括随钻测量工具、传输系统、数据处理与解释软件等部分。随钻测量工具,如MWD(测量随钻)和LWD(测井随钻)设备,负责采集并传输数据。传输系统确保数据传输的稳定性和及时性。数据处理与解释软件则对实时数据进行分析和解译,辅助决策和调整钻井参数。

2.3 随钻测井技术在石油工程中的应用现状

随钻测井技术在石油工程中的应用现状集中体现在提高储层评价的准确性和钻井作业的效率上。通过实时获取地下地层的参数,随钻测井技术能够精确识别油气层的分布,监测地质构造的变化,从而优化钻井路径,减少风险和成本。当前,该技术已广泛应用于复杂地质条件下的油气勘探和开发,特别是在深海油田和非常规油气藏中展现出显著的优势,为油气田的高效开发提供了重要支持^[4]。

3 随钻测井技术在地下储层评价中的应用

3.1 储层物性参数实时测量

在随钻测井技术中,储层物性参数的实时测量是其核

心应用之一。这项技术通过在钻井过程中安装于钻柱上的测量装置,实时获取地下储层的各种物性参数,包括孔隙度、渗透率、饱和度等。这些参数对于评价储层的质量和储油潜力具有至关重要的作用。

随钻测井技术利用多种物理原理和测量方法,如电阻率测井、声波测井和核磁共振测井等,确保数据的准确性和全面性。电阻率测井通过测量地层对电流的阻抗来判断含水饱和度和油气层的分布。声波测井则通过声波在地层中的传播速度,提供关于地层孔隙度和岩石密度的信息。核磁共振测井能够直接测量地层流体的性质,尤其是对粘性油和气藏的识别效果显著。

实时测量的优势在于数据的即时性和连续性。传统测井技术通常在钻井完成后进行,需要暂停作业并使用专门的测井工具,而随钻测井技术则在钻进过程中持续获取数据,避免了停工时间,提高了作业效率。实时数据的获取和分析能够及时调整钻井参数,优化钻井路径,避免钻遇地质异常和风险,提高钻井作业的安全性。

综合分析,随钻测井技术通过先进的实时测量手段,为地下储层物性参数的准确获取提供了有效途径。这不仅提升了储层评价的精度,也为油气开发的决策提供了坚实的数据支持,有力推动了石油工程技术的进步和发展。

3.2 油气层分布的精确识别

随钻测井技术在油气层分布的精确识别中发挥着至关重要的作用。利用随钻测井技术,可在钻井过程中实时获取地层的物理和化学性质数据。通过分析这些数据,能够准确识别油气层的存在与分布情况。与传统测井技术相比,随钻测井技术具有实时性强、数据连续性好等优势,使其在复杂地质条件下表现尤为突出。

随钻测井技术的应用包括电磁波电阻率、核磁共振、地层压力测量等多种方法。这些方法通过测量地层电阻率、氢含量、压力等参数,提供了详细的地层信息,有助于识别油气层的具体位置和厚度。例如,电磁波电阻率测量能够区分含油气层和含水层,而核磁共振测量则可以提供地层孔隙度和流体饱和度信息。这些数据的综合分析能够准确评估油气层的分布,指导钻井工程的进一步开展。

随钻测井技术还能够实时监测地层压力变化,帮助识别可能的油气层位置。通过对比地层压力数据,可以判断油气层的流体动力学特征,进一步提高识别的准确性。地层压力的实时监测可以预防钻井过程中可能出现的井涌和井喷等风险,保障钻井作业的安全性和稳定性。

随钻测井技术在油气层分布的精确识别中,凭借其实时、连续的数据采集和多种先进测量方法的结合,显著提高了识别的准确性和效率,为油气田的开发和管理提供了可靠的技术支持。

3.3 地质构造的实时监测

地质构造的实时监测是随钻测井技术的重要应用之一。

通过该技术,可以在钻井过程中实时获取地层倾角、断层、褶皱等地质构造信息。这些数据对于准确识别储层位置和评估地质风险至关重要。实时监测有助于及时调整钻井方案,避免钻井过程中因未知地质构造带来的风险,提高钻井作业的安全性和效率。随钻测井技术在复杂地质条件下的应用,显著提升了地质构造监测的准确性。

4 随钻测井技术的优势与挑战

4.1 提高评价精度和作业效率的优势

随钻测井技术在地下储层评价中的应用,显著提高了评价精度和作业效率。

其一,随钻测井技术能够实时获取钻井过程中地下地层的各种参数,包括地层压力、孔隙度、渗透率和岩性等关键物性参数。这种实时监测能力使得钻井操作人员能够在第一时间识别和分析地层变化,及时调整钻井策略,从而提高了储层评价的精度。

其二,随钻测井技术可以大幅度提升作业效率。在传统测井技术中,测井数据需要在钻井暂停时获取,并通过一系列后处理和解释步骤进行分析,整个过程耗时较长。相比之下,随钻测井技术在钻井过程中即可获取和处理数据,不需要中断钻井作业^[5]。实时的数据传输和处理能力,使得操作人员能够迅速做出决策,减少了非生产时间(NPT),提高了整体作业效率。

其三,随钻测井技术在复杂地质条件下展现出独特优势。在复杂地质条件下,地层变化多端,传统测井技术难以及时、准确地反映地质特征。而随钻测井技术则能够实时监测和分析地质参数,提供更为精准和及时的地质构造信息。这种实时监测与反馈机制,不仅提高了复杂储层的识别精度,还降低了钻井过程中遇到意外地质变化的风险,提升了作业的安全性和可靠性。

通过实时数据获取、处理和反馈,随钻测井技术在提高评价精度和作业效率方面表现出显著优势。这一技术的应用,不仅优化了地下储层的评价过程,还为油气田的高效开发和管理提供了坚实的技术支撑。

4.2 降低钻井风险和成本的效益

随钻测井技术在降低钻井风险和成本方面具有显著效益。该技术通过实时获取地下地层的物理参数,能够及时发现并预警潜在的地质风险,如井喷、井漏等危险情况,减少事故发生的概率,确保钻井作业的安全性。实时数据传输和监控系统的应用,使得地质工程师可以根据最新的地质信息及时调整钻井参数和路径,避免不必要的地质问题,从而优化钻井设计,减少非计划停工时间,提升钻井效率。

通过精确识别储层特性和油气层分布,随钻测井技术能够有效减少因盲目钻探造成的无效作业,降低因钻错目标层位而带来的经济损失。该技术提供的高分辨率数据,使得钻井决策更加科学和精确,减少重复钻井的可能性,从而进一步降低钻井成本。

在复杂地质条件下,随钻测井技术尤为重要,通过提供详细的地下地质结构图,帮助钻井团队更好地理解 and 应对地质变化,减少钻井过程中遇到的障碍,提高钻井成功率。总体来看,随钻测井技术通过提升钻井作业的安全性和效率,显著降低了钻井风险和成本,对油气田开发的经济效益具有重要影响。

4.3 面临的技术挑战与未来发展方向

随钻测井技术在应用中面临的主要挑战包括高温高压环境对传感器和电子设备的稳定性要求、信号传输的干扰与衰减、复杂地质条件下的测量精度问题。数据处理与实时分析技术的提升需求也给系统的软硬件提出了更高的要求。未来发展方向集中在提高设备的耐高温高压性能、优化数据传输与处理算法、开发更智能的实时分析系统。这些技术进步将进一步增强随钻测井技术在地下储层评价中的应用效果,提高油气开发的经济效益与安全性。

5 结语

本研究探讨了随钻测井技术在地下储层评价中的应用,重点是它在提高评价精度和作业效率方面的优势。此外,虽然随钻测井技术在实时参数获取上有优势,但其数据处理和分析方法仍需优化,以应对更复杂的地质情况和更高的评价精度要求。未来的研究方向包括优化数据处理和分析算法、加强与其他测井技术的结合应用以及开展更多实地研究。总体来说,本研究为随钻测井技术在地下储层评价中的应用提供了科学依据和技术支持,期待其在实际油气田开发中得到更广泛应用和验证。

参考文献

- [1] 张振波,郭明宇,袁胜斌,等.辽西凸起中生界火成岩潜山裂缝型储层随钻解释评价[J].海洋地质前沿,2021,37(8):73-79.
- [2] 侯力虎,徐声驰,刘志,等.基于录井资料的页岩油随钻储集层评价技术[J].录井工程,2021,32(2):45-49.
- [3] 吴进波,陈鸣,孙殿强,等.FASTrak HD随钻测压取样技术在低渗透率储层中的应用[J].测井技术,2022,46(1):22-28.
- [4] 马东林.基于录井资料的页岩油随钻储集层评价方法[J].西部探矿工程,2023,35(6):55-56.
- [5] 付基友,罗宏斌,陈乃志,等.火成岩储层水平井随钻录井综合评价技术[J].录井工程,2022,33(4):35-40.