

Application of doobby borehole logging in casing damage detection and prevention

Lu Chen

Qinghai Oilfield Testing Company, Mangya, Qinghai, 816400, China

Abstract

With the deepening of oil and gas well development, casing damage has gradually become a key factor affecting the safety and productivity of oil and gas wells. As a high-precision wellbore detection method, doobby logging technology has shown important application value in casing damage detection and prevention. Based on the working principle and equipment composition of doobby logging, this paper focuses on its specific application in casing damage detection, and verifies the effectiveness of the technology in casing damage prevention through case analysis, and demonstrates the scientific basis provided by doobby bore logging technology for casing maintenance and repair in practical applications, so as to improve the safety and production stability of oil and gas wells.

Keywords

doobby logging; set loss; Detect; prophylaxis

多臂井径测井在套损检测与预防中的应用

陈露

青海油田测试公司, 中国·青海 茫崖 816400

摘要

随着油气井开发的深入, 套管损伤问题逐渐成为影响油气井安全和生产效率的关键因素。多臂井径测井技术作为一种高精度的井筒检测手段, 在套损检测与预防方面展现出重要应用价值。本文从多臂井径测井的工作原理及设备构成出发, 重点探讨了其在套损检测中的具体应用, 并通过案例分析, 验证了该技术在套损预防中的有效性, 展示了多臂井径测井技术在实际应用中为套管维护与修复提供的科学依据, 从而提升油气井的安全性与生产稳定性。

关键词

多臂井径测井; 套损; 检测; 预防

1 引言

油气井在开采过程中, 由于高压、高温以及腐蚀等环境因素, 套管损伤问题日益突出。套损不仅直接影响油气井的生产效率, 还会导致安全隐患, 进而影响整个油气田的运行稳定性。传统的套损检测方法, 如声波测井、放射性测井等, 在特定条件下具有一定的局限性, 多臂井径测井技术由于其高精度和快速响应的特点, 逐渐成为解决这一问题的有效工具。文章将深入分析多臂井径测井技术在套损检测与预防中的应用, 结合案例分析, 探讨该技术在实际生产中的成效与应用前景, 旨在提供工程实践指导。

2 多臂井径测井的技术概述

多臂井径测井是当前油气勘探和生产中常用的高精度井下测量技术之一。其核心原理是通过井壁接触多个传感器

臂, 实时测量井筒的直径和形状变化。设备通常由多个伸缩臂、传感器、控制系统等组成。伸缩臂布置在井筒内, 根据不同的井径尺寸与形状变化, 传感器会捕捉到相应的数据, 并通过控制系统进行数据采集和处理。测量过程中, 传感器利用电磁或机械原理, 与井壁进行接触, 记录井径变化的精细数据^[1]。

与传统的单臂井径测井技术相比, 多臂井径测井技术的优势在于, 能够在一次测量周期内获取多个不同位置的井壁数据, 提供更为精确和全面的井径变化信息。传统单臂井径测井, 仅能提供单一的测量点数据, 其精度和测量效率较低, 尤其在复杂地层条件下, 难以满足对井径变化进行全方位监测的需求。多臂井径测井通过多个传感器臂的协作, 能够在较短时间内完成多点的井径测量, 极大提高了测量精度与响应速度, 这使得它在复杂的井下环境中, 如深井、高温、高压、非均匀地层等条件下, 依然能够有效工作, 并提供准确的井径变化信息。此外, 这项技术对于实时监测井筒状况、准确评估套管和井壁的损伤具有重要意义, 特别是在套损检

【作者简介】陈露(1985-), 男, 中国青海茫崖人, 本科, 工程师, 从事生产测井研究。

测和预防中，其高精度的优势尤为突出。

3 套损问题的概念与分类

套损是指油气井的套管或井壁，由于各种因素导致的损坏现象。套管作为井筒中关键的支撑结构，承载着井下压力和保护油气井的功能，套损的出现会严重影响井的正常生产和安全。套损的形成原因，主要包括外部机械损伤、腐蚀、热胀冷缩、地层应力变化，以及井下作业操作不当等因素。外部机械损伤通常发生在井口附近，套管在钻井过程中遭遇撞击或摩擦造成破裂。腐蚀是由于井内的化学物质，如酸性气体、盐分、硫化氢等，与套管金属反应，导致套管表面逐渐损坏。热胀冷缩的现象则发生在高温或低温的井下环境中，温度的剧烈变化，导致套管发生应力变形或裂纹。地层应力变化则是由于地下压力变化，引起的套管变形或开裂。

套损的分类，主要包括裂纹、脱落和腐蚀等几种类型。裂纹是套管表面或壁厚的断裂，通常由地层的压力变化或机械冲击引起。裂纹会导致套管的密封性丧失，影响油气的封闭和正常生产。脱落指的是套管部分或整体的损失，由腐蚀或机械损伤造成，严重时会导致井口或井筒塌陷。腐蚀则是由于井下化学介质与套管金属的反应，导致金属材料消耗，形成孔洞或薄弱点^[2]。

套损对油气井生产的影响是多方面的。套损会破坏井筒的密封性，造成井内气体或液体泄漏，从而导致生产能力下降。套损还会导致井筒塌陷，进而使油气井的生产无法继续进行。更严重的情况是，套损还可能引起井的失控，造成井喷等安全事故。此外，套损还会影响到井下工具的运行，增加作业的难度和成本，进一步制约油气井的高效生产。

4 多臂井径测井在套损检测与预防中的具体应用

4.1 在套损检测中的应用

多臂井径测井技术在套损检测中具有重要的应用价值。通过高精度的井径测量数据，能够实时监测井筒的形态变化，为套损的发现和评估提供了可靠的依据。

4.1.1 通过测井数据，评估套损位置与程度

多臂井径测井能够借助多个传感器臂，对井筒不同位置进行同时测量，准确获取井筒的各点直径数据。当井筒出现套损时，常伴随有井壁的局部变形、裂纹或腐蚀，导致井径变化。通过对测得数据的分析，能够判断套损的具体位置以及程度。例如，套管发生腐蚀时，测量数据会显示出局部井径的收缩，而套管裂纹，则会导致井壁的裂开和突出的情况。通过与历史数据或正常井径值的对比，可以精准识别出套损的位置，并评估其对井筒结构的影响。此外，测量数据的时序变化，也有助于评估套损的发展趋势和扩展速度，从而为后续的处理提供有力的支持^[3]。

4.1.2 判断套损对生产的影响

套损对油气井生产的影响，不仅仅体现在井径的物理

变化上，还会对井内流体的流动产生重要影响。多臂井径测井技术通过提供详细的井径变化数据，帮助判断套损对生产的具体影响。例如，套损导致的井径变窄会影响油气的产量，严重时可能阻碍流体的顺利流动，造成堵塞或井内压力异常。同时，套损可能导致井内气体和液体泄漏，从而影响井的密封性和安全性。通过对测井数据的实时分析，可以推算出套损对生产的潜在影响，并通过与生产参数的关联，评估是否需要立即采取措施，如套管修复或更换等。

4.1.3 与其他检测方法的结合应用

为了提高套损检测的精度和可靠性，多臂井径测井技术常与其他检测方法结合使用，如声波测井和放射性测井技术。声波测井可以通过井筒中声波的传播速度，判断套管的质量和损伤情况，当套管出现裂纹或腐蚀时，声波信号会发生明显变化。结合声波数据与多臂井径测井数据，就能够更加全面地了解套损的类型与分布。放射性测井是通过检测井壁的放射性衰减，评估套管的密封性和完整性，特别适用于检测套管是否存在微小裂缝或腐蚀孔。将多臂井径测井与这些技术结合，可以实现多维度的数据采集和分析，大大提高套损检测的综合精度。通过多技术联合应用，不仅能够全面评估套损的具体位置、程度及对生产的影响，还能增强数据的可信度和检测结果的准确性。

4.2 在套损预防中的具体应用

多臂井径测井不仅在套损检测中具有重要作用，还是套损预防中的关键工具。科学、系统地应用多臂井径测井技术，通过定期测量井径变化、对比分析数据变化，以及提供科学依据指导套管的维护与修复，就可以有效避免套损问题的发生或扩大，保障油气井的安全和高效生产。采取这种预防性措施，能够延长井筒的使用寿命，显著降低因套损造成的维修成本和安全风险。

4.2.1 定期测量井径变化，及时发现隐患

套损的发生往往是一个渐进的过程，随着时间推移，井筒的损伤逐渐加剧，若及时发现并处理，会导致更为严重的后果。多臂井径测井技术可以通过定期测量井筒的直径变化，监测套管和井壁的状况。当套管出现轻微的裂纹、腐蚀或变形时，井径的变化往往是最早的预警信号。定期进行多臂井径测量，对比不同时间点的数据，就可以及时发现潜在的隐患，避免问题发展到无法修复的程度。例如，套管腐蚀会导致井壁局部的径向收缩，及时检测到这种变化后，就可以采取相应的预防措施，防止隐患进一步恶化。

4.2.2 对比分析不同时间节点的数据变化

套损的进展通常是渐进性的，通过对比分析不同时间节点的井径数据，就可以直观地了解套损的扩展速度和范围，这一过程能够帮助工程师识别套损的初期迹象，进而预测套损发展的趋势。定期的数据记录 and 对比分析，不仅可以发现井径变化的微小波动，还能揭示出套管逐渐恶化的规律，帮助评估其对油气井生产的影响。例如，如果在连续的

测量中发现某个区域井径逐渐收缩,并且变化趋势持续加剧,这表明该区域正在遭遇腐蚀或其他类型的损害。工程师可以依据这些数据,采取提前干预措施,如增加井筒保护或实施局部修复,从而避免套损问题的加剧。

4.2.3 提供科学依据,指导套管的维护与修复

在实际应用中,通过精准测量井径变化,技术人员就能够根据数据分析,识别套管损伤的具体部位、损伤程度以及可能的原因,从而制定出有针对性的修复方案。具体而言,多臂井径测井技术能够通过多点、连续的测量,准确识别套管的损伤位置。针对损伤部位,技术人员可以采用局部修复措施,如加固或更换套管段,而不是对整个井筒进行全面修复,节省了大量的时间和成本。定期的井径测量数据,为套管的维护提供了动态监控的依据。通过对比不同时间节点的数据,技术人员可以实时了解套管的状态,评估其损伤进展。假如某个区域的井径变化超过了设定的安全范围,工程师就可以及时采取措施,如注入防腐剂或进行套管加固,从而防止进一步的损伤。定期测量和数据对比,还能帮助工程师预测套管可能的损伤趋势,为长期的维护计划提供依据。最后,多臂井径测井技术能够提供详细的数据支持,用于评估套管修复效果。如果修复后的井径变化幅度明显减少,表明修复工作成功,井筒恢复了良好的运行状态。

4.3 案例研究与实证分析

在某油气田的日常生产过程中,井筒套损问题频繁出现,尤其是在高温高压的深井环境中,套损的发生更加隐蔽且危害严重。在一次例行的多臂井径测井过程中,测得某井筒在井深5000-5200米的区域,井径发生了明显的收缩现象。具体数据显示,在未出现明显套损迹象之前,井筒直径为211毫米,但在该深度段,测得的井径收缩至185毫米,约为原直径的12%。通过进一步的数据比对与分析,发现这一变化并非由于地层变动或施工过程中的影响,而是套管出现了腐蚀和裂纹。这一发现引起了油气田技术团队人员的高度关注,针对该井筒出现的套损问题,采取了以下预防措施:(1)定期监测和维护。增加了井筒的多臂井径测井频次,特别是对有损伤的深度段进行重点监测。每隔两个月进行一次测量,对比数据变化。(2)局部修复。针对测得的套管腐蚀和裂纹区域,采用了定向修复技术,包括补强套管和加

固作业。(3)井筒保护。在该井的生产过程中,采取了井筒内防腐剂注入等措施,减少井筒环境中腐蚀性物质对套管的侵害。通过这些措施,技术团队定期评估井筒的健康状况。

经过六个月的监测,进一步的多臂井径测井数据显示,套损区的井径变化已明显减缓。修复区域的井径在,随后的测量中也没有出现新的收缩迹象,表明局部修复有效地遏制了套管损坏的进一步发展。通过与实际套损情况的对比,数据分析显示多臂井径测井的检测精度高,能够在早期阶段发现套损问题。该井的初期测量数据与历史记录的对,显示了套损的快速进展,而后续测量数据显示,修复后井径收缩幅度得到了有效控制。在多臂井径测井数据的帮助下,技术团队能够精准地确定套损的具体位置和范围,从而采取有针对性的预防和修复措施。与传统的单臂井径测井相比,多臂井径测量在检测精度上的优势显著,能够提供更加详细和全面的井径数据。此外,通过与声波测井和放射性测井等技术结合,综合精度和效果进一步提升。通过实证分析可以看出,多臂井径测井技术在套损检测与预防中的强大作用,不仅提高了套损检测的精度,还能为套管的维护和修复提供科学依据,保障了油气井的安全和生产效率。

5 结语

总之,多臂井径测井技术作为一种先进的井筒检测手段,为油气井套损检测与预防提供了精确的技术支持。通过精准的井径测量,不仅能及时发现潜在的套损问题,还能为套管的维护与修复提供科学依据。实践案例分析表明,在实际应用中,多臂井径测井显著提高了套损检测的精度与效率,有效预防了生产事故的发生,保障了油气井的安全运行。随着技术的不断发展与完善,多臂井径测井将在油气田的管理和生产中发挥更大作用。

参考文献

- [1] 徐柯. 页岩气水平井套损检测技术——多臂井径及磁测厚组合测井[J]. 石油钻采工艺, 2021, 39(4): 57-58.
- [2] 秦才会, 卢华涛, 朱玉宁, 等. 某盖板式随钻测井仪器井下泄漏失效分析与结构优化[J]. 钻探工程, 2023, 50(2): 39-47.
- [3] 李猛, 陈怡朴, 程文平, 等. 深层气井水泥环局部缺失对套管外载影响规律分析[J]. 石油管材与仪器, 2023, 10(3): 11-18.