

浅析地质录井技术在水平井录井中的应用

张良军

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300459

摘要：本文概述了地质录井及水平录井技术，并详细探讨了其在水平井录井中的五种关键应用：岩屑录井、岩心录井、气测录井、荧光录井及随钻测量技术。这些技术通过实时收集和分析钻井过程中的各种地质信息，为水平井的地质导向和油气层评价提供了科学依据。岩屑录井和岩心录井直接观察岩性特征，气测录井和荧光录井则利用化学和物理特性检测油气显示，随钻测量技术则实现了钻井参数的实时监控。这些技术的应用显著提高了水平井钻井的效率和准确性，为油气勘探与开发提供了有力支持。

关键词：地质录井技术；水平井录井；应用

引言

随着油气勘探开发的不断深入，水平井技术因其能显著提高油气采收率而备受关注。本文旨在全面概述地质录井及水平录井技术，并深入探讨其在水平井录井中的多种应用，以期为相关领域的工程实践提供理论参考和技术支持。通过介绍岩屑录井、岩心录井、气测录井、荧光录井及随钻测量技术等关键技术手段，本文将揭示这些技术如何协同工作，共同提升水平井钻井的效率和准确性，为油气资源的有效开发贡献力量。

1 地质录井以及水平录井概述

1.1 地质录井概述

地质录井是石油与天然气地质学中的一项重要技术，它集成了地质、电子机械、化学分析及计算机等多学科知识，通过系统地收集、记录和分析来自井下的各种信息，以发现和评价油气层，确保钻井作业的安全，并保护油气资源。

地质录井的过程涵盖了从钻井开始到结束的全过程，主要包括直接录井和间接录井两种方式。直接录井通过直接观察和分析地下岩心、岩屑、油气显示及地球化学信息等，来获取地层岩性、含油气性等方面的第一手资料。而间接录井则通过分析钻井过程中的钻速、泥浆性能变化、地球物理测井数据等间接信息，来推断地下地质情况。

地质录井技术的发展经历了徒手录井阶段、半自动化采集阶段和现场实时数据自动采集阶段。随着技术的进步，录井手段逐渐从依赖人工向自动化、智能化方向发展，大大提高了录井的效率和准确性。

地质录井的主要作用包括：了解地层岩性，判断钻探地区是否存在生油层、储集层、盖层等；了解地层含油气情况，包括油气性质、油气层压力、含油气丰满程

度等；为固井、试油、确定完钻深度等后续工作提供充分的依据。此外，地质录井还具有实时性强的特点，能够实时监测钻井过程，提供工程预报，确保钻井作业的安全进行。

1.2 水平录井概述

水平录井是地质录井技术在水平井钻井施工中的具体应用。水平井是一种钻井技术，其井眼轨迹在地下沿水平方向延伸，以增加油气层与井眼的接触面积，提高油气采收率。在水平井钻井过程中，水平录井技术发挥着至关重要的作用。水平录井技术的核心任务是利用随钻过程中获得的岩性、电性、物性及含油气性资料进行地质导向。通过实时分析这些数据，可以确定油气层的具体位置、厚度以及物性特征，为钻井施工提供科学的决策依据。在水平井地质导向钻井和勘探过程中，水平录井是一种非常重要的配套技术，它能够帮助钻井工程师及时调整钻井轨迹，确保钻井作业沿着预定的目标层位进行。水平录井技术的实施依赖于先进的录井设备和软件系统。这些系统能够实时采集和处理钻井过程中的各种数据，并生成直观的录井图^[1]。通过录井图，钻井工程师可以清晰地看到钻井轨迹的变化、地层岩性的变化以及油气层的分布情况，从而做出准确的判断和决策。



图1 亚洲最深水平井

2 地质录井技术在水平井录井中的应用

2.1 岩屑录井技术

在水平井的复杂地质环境中，岩屑录井技术的重要性尤为凸显。它不仅是对地层特征的直接反映，更是地质导向的“指南针”。随着钻井深度的增加和井眼轨迹的延伸，岩屑录井技术面临的挑战也随之加大，但其独特的优势使得它成为水平井录井中不可或缺的一环。在水平井钻井过程中，岩屑的采集、处理与分析是一个连续且精细的过程。首先，利用高效的振动筛设备，从钻井液中快速分离出岩屑，确保岩屑样品的代表性和时效性。随后，对采集到的岩屑进行仔细的清洗，以去除附着的泥浆、钻屑等杂质，该步骤对于后续岩屑的准确观察和描述至关重要。在岩屑的观察与描述环节，专业的录井人员会运用地质学、岩石学等专业知识，对岩屑的颜色、成分、结构、粒度等特征进行细致入微的分析。例如，通过颜色可以初步判断岩屑的矿物成分和氧化程度；通过成分分析可以了解地层岩石的构造和成因；而结构和粒度则能揭示地层的沉积环境和成岩过程。此外，结合岩屑的荧光显示、气味等特征，还能进一步判断地层的含油气性，为水平井的地质导向提供直接证据。在水平井录井中，岩屑录井技术还需要与钻井参数、地球物理测井数据等其他信息相结合，进行综合分析。通过多源信息的融合，可以更准确地识别地层界面、判断油气层分布范围，为钻井工程师制定科学的地质导向策略提供有力支持^[2]。

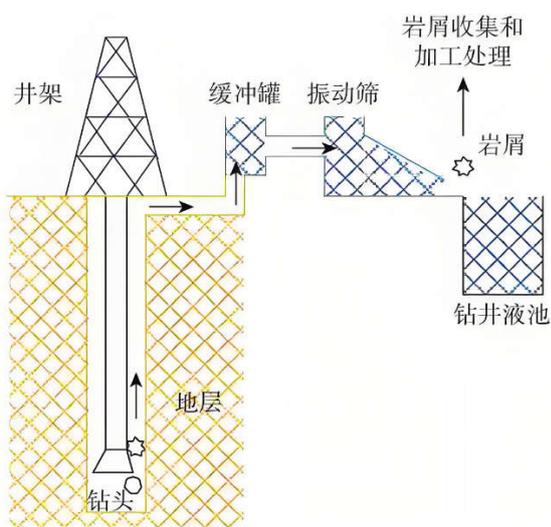


图2 岩屑录井技术流程

2.2 岩心录井技术

岩心录井技术，作为地质录井领域中的“金钥匙”，在水平井勘探与开发中发挥着举足轻重的作用。它不仅是简单地从地下获取岩石样本，更是通过科学的

方法对这些样本进行深入剖析，揭示地层深处的秘密。在水平井的钻探过程中，岩心录井技术通过高精度的取心钻具，在预定层位准确钻取连续的岩心。这些岩心样本保持了地层的原始状态，是了解地下地质情况最直接、最可靠的依据。取心作业完成后，技术人员会对岩心进行精心的整理与保护，确保其在后续的观察与分析过程中不受损坏，从而保留住地层的真实面貌。对岩心的观察与描述，是岩心录井技术的核心环节。技术人员会运用先进的观测设备和丰富的专业知识，对岩心的颜色、成分、结构、构造等特征进行详尽的记录与分析。这些特征不仅反映了地层的岩性、物性，还蕴含着丰富的油气信息。通过对岩心的深入分析，技术人员能够更准确地判断地层的含油气性、储集性能以及油气资源的潜力，为水平井的后续开发提供宝贵的地质资料。此外，岩心录井技术还具备高度的直观性和精确性。与间接录井手段相比，岩心录井能够直接观察到地层的实际情况，避免了因数据解读或模型假设而产生的误差。这种直观性使得地质解释和评价更加准确可靠，为水平井的勘探与开发提供了强有力的技术支持。因此，在水平井录井中，岩心录井技术无疑是一项不可或缺的重要技术^[3]。

2.3 气测录井技术

气测录井技术，作为现代油气勘探中的一项关键技术，在水平井录井过程中展现出了其独特的优势与重要性。这项技术通过精密的仪器设备和先进的分析技术，实时监测钻井液中逸出的气体成分及其含量变化，为地层含油气性的快速判断提供了科学依据。在水平井钻井作业中，气测录井技术的应用尤为关键^[2]。由于水平井的井眼轨迹复杂，穿越的地层多样，油气层的识别和预测难度相对较大。而气测录井技术凭借其高灵敏度和实时性强的特点，能够及时发现钻井液中的油气显示，为钻井工程师提供及时、准确的地质信息。在气测录井过程中，通常会设置一系列关键参数，如全烃值、甲烷含量等，这些参数能够直观地反映钻井液中气体的变化情况。当钻井液流经含油气地层时，地层中的油气会部分溶解于钻井液中，并随着钻井液的循环而逸出。此时，气测仪器会捕捉到这些气体的存在，并记录下相应的参数值。通过对这些参数值的分析，可以初步判断地层的含油气性，为后续的油气层评价和开发决策提供重要依据。此外，气测录井技术还具有数据连续性好、可重复性强等优点。在水平井钻井过程中，随着井眼轨迹的延伸和地层的不断变化，气测数据也会呈现出相应的变化趋势。通过对这些数据的连续监测和分析，可以更加全

面地了解地层的含油气性特征,提高油气勘探的准确性和效率。气测录井技术在水平井录井中的应用不仅能够为油气层的识别和评价提供科学依据,还能够为钻井工程的顺利进行提供重要支持。

2.4 荧光录井技术

荧光录井技术,作为地质录井工具箱中的一项独特而高效的技术手段,在水平井勘探与开发中扮演着至关重要的角色。该技术巧妙地利用了荧光物质在特定光源激发下发出荧光的物理现象,通过检测钻井液中荧光物质的含量与颜色变化,为地层含油气性的判断提供了直观且灵敏的证据。在水平井钻井作业中,荧光录井技术的应用极大地提升了油气层识别的精度与效率。随着钻井作业的深入,钻井液中的岩屑、岩心等样品会不断返出井口。此时,利用专业的荧光灯或激光诱导荧光装置对这些样品进行照射,可以清晰地观察到荧光现象的发生。荧光颜色和发光强度的变化,直接反映了样品中油气成分的存在与含量,为地质工程师提供了宝贵的实时信息。荧光录井技术的优势在于其直观性和灵敏性。相比其他录井方法,荧光录井能够更直接地揭示油气层的存在与性质,无需复杂的样品处理或数据分析过程。同时,该技术对油气成分的检测灵敏度极高,即使油气含量较低,也能通过荧光现象被有效识别。该特点使得荧光录井技术在水平井等复杂地质条件下的油气勘探中显得尤为重要。此外,荧光录井技术还具有操作简便、成本低廉等优点。随着技术的不断进步和设备的日益完善,荧光录井技术在油气勘探领域的应用范围也在不断扩大。它不仅被广泛用于水平井钻井过程中的油气层识别与评价,还逐渐渗透到油气田开发、生产监测等多个环节,为油气勘探与开发提供了全方位的技术支持。

2.5 随钻测量技术

随钻测量技术作为现代钻井技术的一项重要革新,其在水平井录井中的应用极大地推动了油气勘探与开发的高效性和精确性。这项技术通过在钻头附近集成高精度的测量仪器,实现了钻井过程中关键参数的实时采集与传输,为水平井的轨迹控制和地质导向提供了强有

力的技术支持。在水平井钻井作业中,井斜角、方位角以及工具面角等参数的精确控制是确保井眼轨迹按设计延伸的关键。随钻测量技术能够实时测量并反馈这些参数,使得钻井工程师能够及时调整钻井参数,确保井眼轨迹的精准控制。这不仅提高了钻井作业的效率,还显著降低了因轨迹偏离而带来的风险与成本。此外,随钻测量技术还具备强大的地层识别和油气层评价能力。通过与地质录井中的其他技术手段相结合,如岩屑录井、气测录井等,随钻测量技术能够综合多种信息源,对地层进行更为全面和深入的分析。这有助于钻井工程师在钻井过程中及时发现油气显示,优化钻井策略,提高储层钻遇率,从而最大化地提升油气勘探的经济效益。随着科技的不断发展,随钻测量技术正朝着更高精度、更稳定和更可靠的方向迈进。新型传感器技术、无线通信技术以及智能数据分析算法的引入,将进一步提升随钻测量技术的性能,使其能够更好地适应复杂多变的地质条件,为水平井钻井提供更加全面、精准和高效的技术支持。

结束语

综上,地质录井技术在水平井录井中的应用展现了其独特的优势与重要性。岩屑录井、岩心录井、气测录井、荧光录井及随钻测量技术各有千秋,共同构成了水平井地质导向和油气层评价的完整技术体系。随着技术的不断进步和应用的不断深化,这些技术将在油气勘探与开发领域发挥更加重要的作用。未来,随着智能化、自动化技术的进一步融入,地质录井技术将实现更高水平的精准化和高效化,为油气资源的可持续发展提供更加坚实的保障。

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]胡思怡.关于地质录井技术在水平井录井中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(23):210-211.
- [3]朱双鹏.浅谈地质录井技术在水平井录井中的应用[J].化学工程与装备,2019(08):190-191.