

石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的应用研究

姚海斌

西部钻探吐哈钻井公司, 新疆 鄯善 838200

[摘要] 石油钻井是石油工业中至关重要的环节, 其技术发展和创新直接关系到油田的勘探开发效率、成本控制及整体经济效益。随着石油资源的日益紧张和勘探难度的不断加大, 传统的钻井技术已难以满足当前复杂地质条件下的作业需求。液动冲击旋转钻井技术作为一种新型的钻探方式, 近年来在国内外石油钻井领域受到了广泛关注, 被认为是解决深孔硬地层钻进难题的最有前途的方法之一。

[关键词] 石油钻井; 液动冲击; 旋转钻井技术; 应用分析

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15691

中图分类号: TE924

文献标识码: A

Application Research on Hydraulic Impact Rotary Drilling Technology in Petroleum Drilling

YAO Haibin

Western Drilling Tuha Drilling Company, Shanshan, Xinjiang, 838200, China

Abstract: Petroleum drilling is a crucial link in the petroleum industry, and its technological development and innovation directly affect the exploration and development efficiency, cost control, and overall economic benefits of oil fields. With the increasing scarcity of oil resources and the increasing difficulty of exploration, traditional drilling techniques are no longer able to meet the operational needs under complex geological conditions. As a new type of drilling method, hydraulic impact rotary drilling technology has received widespread attention in the field of oil drilling at home and abroad in recent years, and is considered one of the most promising methods to solve the problem of deep hole hard formation drilling.

Keywords: petroleum drilling; hydraulic impact; rotary drilling technology; application analysis

引言

随着全球能源需求的不断增长, 石油钻井技术也在不断进步。液动冲击旋转钻井技术作为一种新型钻井方法, 因其高效、经济、适应性强等特点, 逐渐成为石油钻井领域的研究热点。本文将从技术原理、应用优势、实际案例及未来发展趋势等方面, 全面探讨液动冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用。

1 液动冲击旋转钻井技术原理

液动冲击旋转钻井技术是一种结合了液动冲击和旋转钻井两种方法的复合钻井技术, 其基本原理是通过液动冲击器产生的高频冲击力, 结合旋转钻头的旋转运动, 实现对地层的快速破碎和钻进。液动冲击器作为该技术的核心部件, 通过液压系统产生高频冲击力并传递给钻头, 对地层进行冲击破碎; 旋转钻头在液动冲击器的作用下进行旋转运动, 进一步破碎地层并将岩屑带出井口; 液压系统为液动冲击器提供动力, 通过调节液压参数可控制冲击频率和冲击力的大小; 钻杆和钻铤则用于传递旋转运动和冲击力, 同时承受钻井过程中的各种载荷, 共同实现高效、稳定的钻井作业。

2 液动冲击旋转钻井技术的优势

2.1 提高钻井效率

液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力和旋转运动的协同作用, 显著提高了钻井效率, 特别是在硬岩地层中

表现尤为突出。研究表明, 该技术的钻进速度比传统旋转钻井方法提高 30% 以上, 大幅缩短了钻井时间。高频冲击力能够有效克服地层的抗压强度, 而旋转运动则进一步扩大破碎范围, 实现快速钻进。这种高效性不仅加快了作业进度, 还为后续的勘探和开发工作争取了更多时间, 整体提高了钻井作业的经济效益。在深井和复杂地质条件下, 该技术的高效性更为明显, 能够快速穿透坚硬地层, 减少钻头磨损和钻井事故, 确保作业的连续性和稳定性。

2.2 降低钻井成本

液动冲击旋转钻井技术通过高效破碎地层, 显著缩短钻井周期, 直接减少了设备租赁和人工费用。该技术减少钻头磨损, 延长使用寿命, 降低钻头更换频率和材料成本。作业时间的缩短还减少了设备维护和能源消耗, 进一步降低了运营成本。这些综合优势使得整体钻井成本大幅下降, 为石油和天然气勘探开发提供了更具经济效益的解决方案。其高效性和经济性在深井、复杂地质条件和大规模开发中尤为突出, 为能源行业的高效开发提供了重要支持。

2.3 适应复杂地质条件

液动冲击旋转钻井技术在复杂地质条件下表现出极强的适应性, 能够有效应对硬岩、破碎带和高应力地层等传统钻井方法难以处理的情况。其高频冲击力能够穿透坚硬地层, 而旋转运动则确保破碎的岩屑被及时清除, 避免卡钻等问题。此外, 该技术还能够通过调节液压参数, 灵

活应对不同地质条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。这种适应性使得该技术在复杂地质环境中成为理想的选择,显著提高了钻井作业的成功率。

3 液动冲击旋转钻井技术的应用案例

3.1 北美页岩气开发

在北美页岩气开发中,液动冲击旋转钻井技术凭借其高效性和适应性,成为水平井和多分支井钻井作业的核心技术之一。页岩地层以其高硬度和低渗透率著称,传统钻井方法在钻进过程中常常面临效率低下、钻头磨损快等问题,难以满足大规模开发的需求。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力和旋转运动的协同作用,能够快速破碎页岩地层,显著提高钻井效率。例如,在德克萨斯州的 Barnett 页岩气田,该技术的应用使钻井效率提高了 35%,钻井周期大幅缩短,从而降低了钻井成本约 20%。此外,该技术还能够减少钻头的磨损,延长钻头使用寿命,进一步降低了材料成本和设备更换频率。在水平井和多分支井的复杂井身结构中,液动冲击旋转钻井技术表现出优异的稳定性和适应性,能够有效应对井眼轨迹控制、井壁稳定等技术难题,确保钻井作业的顺利进行。其高频冲击力能够快速穿透页岩层,而旋转运动则确保岩屑被及时清除,避免了卡钻和井壁坍塌等事故的发生。在水平井段,液动冲击旋转钻井技术能够精确控制井眼轨迹,确保钻头沿预定路径钻进,提高页岩气储层的钻遇率。在多分支井作业中,该技术能够高效完成多个分支井眼的钻进,显著提高单井产量和整体开发效率。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节液压参数,灵活应对不同地层条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。在北美页岩气开发中,该技术的成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井成本,为页岩气的大规模商业化开发提供了强有力的技术支持。其高效性和可靠性使得页岩气开发在经济上更具可行性,推动了北美能源产业的快速发展。未来,随着技术的进一步优化和智能化发展,液动冲击旋转钻井技术将在页岩气开发中发挥更大的作用,为全球能源行业的高效、安全、可持续发展提供强有力的技术支撑。

3.2 中东碳酸盐岩油田

在中东碳酸盐岩油田的开发中,液动冲击旋转钻井技术成为深井和超深井钻井作业的核心技术之一。碳酸盐岩地层以其高硬度和复杂的地质结构著称,传统钻井方法在面对这些地层时常常面临钻头磨损快、钻进效率低、井壁稳定性差等问题。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力直接作用于地层,有效破碎坚硬的碳酸盐岩,同时旋转运动将破碎的岩屑及时带出井口,避免了卡钻和井壁坍塌等事故的发生。例如,在沙特阿拉伯的 Ghawar 油田,该技术的应用使钻井效率提高了 40%,钻井事故率降低了 30%,显著缩短了钻井周期并降低了成本。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节液压参数,灵活应对不同深度和

地质条件的变化,确保钻井作业的连续性和稳定性。在超深井作业中,该技术的高效性和可靠性尤为突出,能够有效应对高温、高压等极端条件,为油田的高效开发提供了重要保障。其成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井风险,为中东地区碳酸盐岩油田的长期稳定开发奠定了坚实基础。同时,该技术的推广也为其他类似地质条件的油田开发提供了宝贵经验,推动了全球钻井技术的进步。

3.3 中国复杂地质条件油田

在中国复杂地质条件油田的开发中,液动冲击旋转钻井技术展现了其独特的优势,成为应对硬岩、破碎带和高应力地层的有力手段。以四川盆地的龙岗气田为例,该地区地层条件复杂,既有坚硬的碳酸盐岩,又有破碎带和高应力地层,传统钻井方法在这些条件下往往效率低下,且容易发生井壁坍塌、卡钻等事故。液动冲击旋转钻井技术通过高频冲击力直接作用于地层,快速破碎坚硬的岩石,同时旋转运动将破碎的岩屑及时带出井口,显著提高了钻井效率约 30%,并将钻井事故率降低了 25%。在破碎带和高应力地层中,该技术能够有效避免井壁坍塌和卡钻等问题,确保钻井作业的连续性和稳定性。此外,液动冲击旋转钻井技术还能够通过调节冲击频率和冲击力,灵活应对不同地质条件的变化,为复杂地质条件下的油田开发提供了高效、稳定的解决方案。其成功应用不仅提高了钻井效率,还降低了钻井成本,为中国复杂地质条件油田的高效开发提供了重要技术支持。在龙岗气田的实践中,该技术的应用显著缩短了钻井周期,减少了设备磨损和材料消耗,进一步降低了整体开发成本。同时,该技术的推广也为其他类似地质条件的油田开发提供了宝贵经验,推动了国内钻井技术的进步。未来,随着技术的进一步优化和智能化发展,液动冲击旋转钻井技术将在中国复杂地质条件油田的开发中发挥更大的作用,为能源行业的高效、安全、可持续发展提供强有力的技术支撑。

4 液动冲击旋转钻井技术的未来发展趋势

4.1 智能化

随着人工智能(AI)和物联网(IoT)技术的快速发展,液动冲击旋转钻井技术正逐步向智能化方向迈进。智能液动冲击旋转钻井系统通过集成传感器、数据采集模块和智能算法,能够实时监测钻井过程中的关键参数,如冲击频率、冲击力、钻压、转速和地层特性等。这些数据通过物联网技术传输到中央控制系统,利用人工智能算法进行分析和优化,自动调节钻井参数,以实现最佳的钻井效果。例如,系统可以根据地层的硬度变化动态调整冲击频率和冲击力,避免钻头过度磨损或地层破碎不充分。此外,智能系统还能够预测潜在的风险,如井壁坍塌或卡钻,并及时发出预警,提高钻井作业的安全性。未来,随着机器学习和大数据技术的进一步应用,智能液动冲击旋转钻井系统将能够积累更多经验数据,实现更精准的优化和控制,

为钻井行业带来革命性的变革。

4.2 高效化

液动冲击旋转钻井技术在未来将继续朝着高效化方向发展。通过优化液动冲击器和旋转钻头的设计,进一步提高冲击力和旋转速度,该技术将能够在更短的时间内完成钻井作业,显著降低钻井成本。例如,新型液动冲击器可能采用更高效的液压系统和更耐用的材料,以提供更高的冲击频率和更大的冲击力,从而更快速地破碎坚硬地层。同时,旋转钻头的设计也将更加注重耐磨性和切削效率,以延长使用寿命并提高钻进速度。此外,高效化还体现在钻井工艺的改进上,如通过优化钻井液配方和循环系统,减少岩屑的堆积和钻头的堵塞,进一步提高钻井效率。未来,随着材料科学和工程技术的进步,液动冲击旋转钻井技术的高效化将使其在深井、超深井和复杂地质条件下的钻井作业中发挥更大的作用,为石油和天然气勘探开发提供更高效的技术支持。

4.3 环保化

随着全球环保意识的增强,液动冲击旋转钻井技术将逐步实现环保化,以减少钻井作业对环境的影响。环保化的主要方向包括采用环保型钻井液和低噪音液动冲击器。环保型钻井液通常由生物降解材料制成,能够减少对地下水和土壤的污染,同时降低对生态环境的破坏。此外,低噪音液动冲击器通过优化液压系统和冲击机构的设计,减少钻井过程中产生的噪音污染,降低对周围居民和野生动物的影响。环保化还体现在能源消耗的减少上,例如通过优化液压系统的能效,降低钻井作业的能源消耗,减少碳排放。未来,随着环保法规的日益严格和技术的不断进步,液动冲击旋转钻井技术将更加注重绿色钻井理念,推动钻井行业向可持续发展方向迈进。

4.4 多功能化

液动冲击旋转钻井技术在未来将逐步实现多功能化,通过集成多种钻井功能,提高钻井作业的综合效率。多功能化主要体现在将钻井、测井、完井等多种作业集成到同一系统中,减少设备更换和作业中断,提高整体效率。例如,液动冲击旋转钻井系统可以集成测井传感器,实时监

测地层特性和井眼轨迹,为钻井作业提供精准的数据支持。同时,系统还可以集成完井工具,在钻井完成后直接进行完井作业,减少作业时间和成本。此外,多功能化还包括适应多种钻井需求的能力,如水平井、多分支井和复杂结构井的钻井作业。未来,随着模块化设计和集成技术的进步,液动冲击旋转钻井技术将能够更加灵活地应对不同的钻井需求,为石油和天然气勘探开发提供更高效、更经济的解决方案。

5 结束语

综上所述,液动冲击旋转钻井技术作为一种新型钻井方法,在石油钻井中表现出显著的优势。通过高频冲击力和旋转运动的结合,该技术能够提高钻井效率、降低钻井成本、适应复杂地质条件、减少钻井事故。在全球范围内,液动冲击旋转钻井技术已经得到了广泛应用,并取得了显著的效果。未来,随着智能化、高效化、环保化和多功能化的发展,液动冲击旋转钻井技术将在石油钻井中发挥更加重要的作用。

[参考文献]

- [1]程献彬.石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的应用研究[J].石化技术,2024,31(12):238-240.
 - [2]王东.液动冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用[J].中国新技术新产品,2022(2):77-79.
 - [3]王检军.液动冲击旋转钻井技术应用探讨[J].石油和化工设备,2020,23(6):72-74.
 - [4]陈家军.石油钻井中液动冲击旋转钻井技术的运用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(10):181-182.
 - [5]杜坤.冲击旋转钻井技术在石油钻井中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(4):193-194.
 - [6]张建阔,文先敏,杨春旭,等.液动冲击旋转钻井技术在石油工业中的新进展及发展方向[J].中国新技术新产品,2009(9):13-15.
 - [7]刘晓旭,林元华,刘德平,等.液动冲击器工作动力学模拟研究[J].石油钻采工艺,2008(5):10-14.
- 作者简介:姚海斌(1980.5—),男,汉族,陕西省宝鸡市,本科,石油钻井。