

密闭取芯井钻井技术及其问题分析

张翔天

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300452

摘要: 本文探讨密闭取芯井钻井技术,该技术利用特殊装置隔离岩芯与钻井液,确保岩芯密闭性良好。然而,在取芯工具、钻井液和施工工艺上存在密封性能不稳、污染岩芯等挑战。为应对这些问题,建议改进取芯工具、优化钻井液体系、完善施工工艺,如研发高性能密封装置、采用低污染钻井液、精准优化钻进参数等,以提升技术应用水平,为石油勘探开发提供有力支持。

关键词: 密闭取芯井; 钻井技术; 存在问题; 解决对策

引言

在石油勘探开发中,高质量岩芯对地层认识和油藏评估至关重要。密闭取芯井钻井技术能维持岩芯原始状态,是获取优质岩芯的关键。但随着开采环境复杂化,该技术面临诸多挑战,影响其效能。因此,深入探究这些问题并找出解决方案,对石油行业高效发展、提高资源勘探与开发精准度和成功率具有现实意义。这将有助于推动石油勘探开发技术的进步,提升行业整体竞争力。

1 密闭取芯井钻井技术概述

1.1 技术原理

密闭取芯井钻井技术的核心原理,是在取芯过程中,利用专门的密闭工具和技术,将岩芯与钻井液有效隔离,避免钻井液侵入岩芯,从而最大程度地保持岩芯的原始状态,包括其含油、气、水的饱和度等关键参数。在实际作业时,通过在取芯工具内设置特殊的密封装置,当岩芯进入取芯筒时,密封装置迅速启动,形成一个与外界隔绝的密闭空间,防止钻井液与岩芯接触。这种技术能够有效避免因钻井液的侵入而导致岩芯内流体的置换,为后续对岩芯的分析提供真实可靠的样本。

1.2 技术特点

(1) 岩芯密闭性好: 通过特殊的密闭装置,岩芯与钻井液被有效隔离,确保岩芯的原始状态不受钻井液污染。(2) 取芯质量高: 先进的取芯工具和工艺,显著降低了岩芯在钻进、起钻过程中的磨损与破碎。(3) 适应性强: 随着技术的持续发展,密闭取芯井钻井技术能够适应不同地质条件和钻井环境。在松软地层,可选用刮刀钻头与相应的钻进参数,实现高效取芯;在坚硬地层,金刚石钻头则能发挥其优势,保障取芯质量。

2 密闭取芯井钻井技术工艺流程

2.1 前期准备

在进行密闭取芯井钻井作业之前,需要对目标区域

的地质资料进行详细深入的分析。地质资料涵盖地层岩性、构造特征、油气分布等多方面信息。通过对这些资料的分析,可以确定取芯层位和取芯长度,并制定出合理的钻井方案和取芯工艺参数。取芯层位通常选择在油层的关键部位,以获取具有代表性的岩芯样本;取芯长度则根据研究目的和地质条件来确定。

根据既定的钻井方案和取芯要求,选择合适的钻井设备和取芯工具。钻井设备应具备足够的功率和稳定性,以满足钻进过程中的各种作业需求。取芯工具则需要确保其密闭性能良好,取芯效率高^[1]。同时,还需要准备好配套的钻井液、岩芯保存装置等物资,为钻井作业的顺利进行提供保障。

合理规划井场布局,确保钻井设备、取芯工具、岩芯处理设备等摆放有序,便于作业操作。在井场布置过程中,要做好安全防护措施,保障作业人员的人身安全和设备安全。井场应设置明显的安全标识,配备必要的消防设备和应急救援器材,以应对可能出现的安全风险。

2.2 钻进作业

根据地层岩性特点,选择合适的取芯钻头。不同类型的钻头适用于不同的地层条件,如金刚石钻头适用于坚硬地层,刮刀钻头适用于松软地层。同时,确定合理的钻进参数,包括钻压、转速、排量等。钻进参数的选择需要综合考虑地层情况、取芯工具性能和钻井效率等多方面因素,以确保取芯质量和钻进速度。

在钻进过程中,要密切关注钻井参数的变化,及时对钻进操作进行调整。保持钻压均匀、稳定,避免因钻压过大或过小导致岩芯破碎或取芯失败。同时,要控制好钻井液的性能,确保钻井液具有良好的护壁、携岩和润滑性能,防止井壁坍塌和岩芯堵塞。通过实时监测钻井参数,如扭矩、泵压等,可以及时发现异常情况,并采取相应的措施进行处理。

当岩芯进入岩芯筒后, 密闭装置会立即启动, 对岩芯进行密封处理。在起钻过程中, 要注意防止岩芯脱落和损坏。将取出的岩芯及时进行清洗、测量和编号, 并放入专门的岩芯保存装置中, 送往实验室进行分析。岩芯的清洗应采用温和的方法, 避免对岩芯造成损伤, 影响后续的分析结果。

2.3 完井作业

钻进结束后, 需要对井眼进行处理, 包括清洗井眼、调整钻井液性能等。清洗井眼的目的是确保井眼畅通, 将井内的岩屑和杂质带出; 调整钻井液性能则是为了保证井壁稳定, 为后续的完井作业和油藏开发创造良好的条件。

根据油藏地质特征和开发要求, 选择合适的完井方式。常见的完井方式有射孔完井、裸眼完井、筛管完井等^[2]。完井方式的选择需要综合考虑油藏类型、地层压力、产能要求等多方面因素, 以实现油井的高效生产。

3 密闭取芯井钻井技术应用中存在的问题

3.1 取芯工具方面的问题

3.1.1 密封性能不稳定

密封装置是取芯工具的核心部件, 其密封性能的好坏直接影响到取芯的质量。在实际作业中, 由于密封装置受到高温、高压、磨损等多种因素的影响, 其密封性能容易下降, 导致钻井液侵入岩芯, 影响岩芯的原始状态。此外, 密封装置的安装和调试也较为复杂, 如果操作不当, 也会降低其密封性能。

3.1.2 岩芯收获率低

岩芯收获率是衡量取芯效果的重要指标。在一些复杂地层中, 由于岩石的硬度高、脆性大或存在裂缝等原因, 容易导致岩芯破碎, 从而降低岩芯收获率。此外, 取芯工具的设计不合理, 如钻头的切削结构与地层不匹配、岩芯筒的内径过小等, 也会影响岩芯的顺利进入和保存, 导致岩芯收获率降低。

3.2 钻井液方面的问题

3.2.1 污染岩芯风险

尽管密闭取芯技术的初衷是防止钻井液对岩芯造成污染, 但在实际作业过程中, 钻井液仍存在污染岩芯的风险。钻井液中含有的固相颗粒, 在循环过程中可能会附着在岩芯表面, 形成一层杂质层, 干扰对岩芯表面特征的分析。此外, 当钻井液的滤失量过大时, 滤液会渗入岩芯内部, 改变岩芯内部的流体分布, 导致岩芯的物理和化学性质发生变化, 进而影响对岩芯含油饱和度、孔隙结构等关键参数的准确测定, 使分析结果出现偏差。

3.2.2 性能维护困难

钻井液在长时间的循环使用过程中, 其性能极易受到多种因素的影响而发生变化。地层中的化学物质会与钻井液发生化学反应, 改变其化学组成; 温度的波动会影响钻井液的黏度和流动性; 化学污染, 如混入其他杂质或与不相容的物质接触, 也会导致钻井液性能恶化。为了确保钻井液性能的稳定, 需要定期对其进行检测和调整。然而, 由于现场作业条件的限制, 检测设备的不完善, 以及操作人员对钻井液性能变化的敏感度不足, 往往无法及时有效地对钻井液进行维护, 这不仅影响了钻井液在取芯作业中护壁、携岩等功能的正常发挥, 还可能引发一系列井下问题, 影响取芯作业的顺利进行。

3.3 施工工艺方面的问题

3.3.1 钻进参数不合理

钻进参数的合理选择是保障取芯效率和质量的关键因素。在实际作业中, 由于对地层特性的认识不够深入, 地质资料的不准确, 以及操作人员经验的欠缺, 常常会导致钻进参数选择不合理的情况发生^[3]。钻压过大, 会使岩芯承受过高的压力, 容易造成岩芯破碎; 钻压过小, 则无法有效破碎岩石, 降低钻进效率。转速过高, 会引起钻头振动, 不仅加剧钻头的磨损, 还可能对岩芯造成扰动, 影响其完整性; 转速过低, 则会降低岩石破碎的速度。泵压和排量不合适, 会导致井内压力失衡, 引发井壁坍塌、岩芯堵塞等问题, 严重影响取芯作业的顺利进行。

3.3.2 井壁稳定性差

在密闭取芯井钻井过程中, 井壁稳定性是一个重要问题。如果井壁不稳定, 可能会出现坍塌、掉块等现象, 不仅会影响取芯作业的顺利进行, 还可能导致取芯工具损坏, 甚至引发井内事故。井壁稳定性差的原因主要有地层岩石的力学性质、钻井液的性能、钻进参数等。

4 针对密闭取芯井钻井技术问题的解决对策

4.1 取芯工具的改进与优化

4.1.1 研发高性能密封装置

为了解决密封性能不稳定的问题, 需要加大对高性能密封装置的研发投入。在材料选择方面, 积极探索新型密封材料, 这些材料应具备优异的耐高温、高压和耐磨性能, 能够在恶劣的作业环境下保持稳定的密封性能。在结构设计上, 采用创新的设计理念, 研发具有自补偿功能的密封装置。这种密封装置能够根据作业过程中的压力变化和磨损程度, 自动调整密封状态, 确保在整个取芯作业过程中, 始终保持良好的密封性能, 有效防止钻井液侵入岩芯, 提高取芯质量。

4.1.2 优化取芯工具结构

为了提高岩芯收获率,需要对取芯工具的结构进行全面优化。针对不同地层的特性,设计与之相匹配的钻头切削结构。在坚硬地层中,采用具有高强度、高耐磨性的切削齿,合理设计齿形和排列方式,以提高钻头的破岩效率;在松软地层中,设计能够有效控制岩芯破碎程度的切削结构,减少岩芯的破碎。同时,优化岩芯筒的内径和长度,确保岩芯能够顺利进入和保存。此外,在取芯工具中增加辅助装置,如岩芯扶正器,可在岩芯进入岩芯筒的过程中,保持岩芯的中心位置,防止岩芯碰撞筒壁而破碎;减震器则能有效减轻钻进过程中的振动,提高取芯过程的稳定性,从而提高岩芯收获率。

4.2 钻井液体系的改进与维护

4.2.1 研发低污染钻井液

为降低钻井液对岩芯的污染风险,应致力于研发低污染的钻井液体系。通过采用新型的处理剂,优化钻井液的配方,降低钻井液中的固相含量,减少固相颗粒对岩芯的附着。同时,降低钻井液的滤失量,防止滤液侵入岩芯。例如,研发纳米级的钻井液处理剂,这些处理剂能够在分子层面改善钻井液的流变性和滤失性能,使其在满足钻井作业要求的同时,最大限度地减少对岩芯的污染,提高岩芯分析结果的准确性。

4.2.2 加强钻井液性能监测与维护

建立完善的钻井液性能监测与维护体系,是确保钻井液性能稳定的关键。利用先进的检测设备,如在线监测仪器,实时监测钻井液的密度、黏度、滤失量等关键参数。通过自动化的数据采集和分析系统,及时发现钻井液性能的变化趋势。一旦检测到性能异常,迅速根据预设的算法和经验,调整钻井液的配方和性能。此外,加强操作人员的培训,提高其对钻井液性能变化的认识和处理能力,确保在整个取芯作业过程中,钻井液性能始终保持稳定,为取芯作业的顺利进行提供保障。

4.3 施工工艺的优化与管理

4.3.1 精准优化钻进参数

在钻进作业前,充分收集和分析地质资料、测井数据,深入了解地层特性。结合取芯工具和钻井液的性能,运用数值模拟等技术手段,制定合理的钻进参数。

在钻进过程中,采用随钻测量技术,实时监测钻进参数的变化,如扭矩、泵压、钻速等。根据实际监测数据,及时调整钻进参数,确保钻压、转速、泵压和排量等参数始终处于最佳状态。通过这种动态调整的方式,提高取芯效率,保障取芯质量,减少因钻进参数不合理而导致的岩芯破碎和井下事故。

4.3.2 提高井壁稳定性

为提高井壁稳定性,需从多个方面入手。首先,优化钻井液的性能,根据地层岩石的特性,选择合适的钻井液密度,确保其能够提供足够的支撑力,平衡井壁压力。调整钻井液的pH值,抑制岩石的水化膨胀,增强井壁的稳定性。其次,合理选择钻进参数,避免因压力波动和机械振动对井壁造成破坏^[4]。在钻进过程中,控制钻进速度,避免过快或过慢;合理调整钻压和转速,减少对井壁的扰动。此外,采用井壁加固技术,如在井壁上喷涂加固材料,增强井壁的强度;运用压力平衡控制技术,实时监测和调整井内压力,确保井壁始终处于稳定状态,为取芯作业创造良好的井下环境。

结束语

综上所述,密闭取芯井钻井技术虽在应用中面临诸多挑战,但通过改进取芯工具、钻井液体系和施工工艺,可有效解决现有问题。随着技术创新,该技术有望在石油勘探开发领域取得更大进展,实现智能化、高效化的取芯作业。未来,密闭取芯井钻井技术将为石油行业的高质量发展提供坚实的技术支撑,推动行业迈向更高水平,展现出广阔的发展前景和巨大的应用潜力。

参考文献

- [1]姬超,刘宇,张峰.密闭取芯井钻井技术及其问题分析[J].石化技术,2024,31(1):160-162.
- [2]李进,张晓诚,李思洋,等.大井斜密闭取芯技术及其在渤海油田的应用[J].石油机械,2023,51(09):71-75+107.
- [3]张宝林.贯通式空气锤反循环连续取芯钻井技术在油气勘探工程中的应用可行性研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(17):198-199.
- [4]龙威成.井下煤层长距离定点密闭取芯技术及应用研究[J].河南理工大学学报(自然科学版),2022,41(01):9-16.