

钻井取心岩心质量优化技术研究

高 坤 张 伟 黄 沛

中国石油川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院 四川 广汉 618000

摘 要：钻井取心岩心质量优化技术研究，聚焦于提升岩心完整性、代表性及获取效率。通过优化钻井参数、创新取心工具与工艺、精细调控泥浆性能，以及提升操作管理技术，有效减少钻井过程对岩心的破坏，降低泥浆污染，确保岩心数据准确反映地层特性。该技术研究对于提高油气勘探精度、加快资源开发具有重要意义。

关键词：钻井取心；岩心质量；优化技术

1 钻井取心技术概述

钻井取心技术是一种在油气勘探和开发中至关重要的技术，旨在直接获取地下岩层的真实可靠资料。该技术通过专门的取心工具，在钻井过程中从地下取出大块岩样（岩心），以了解地下地质情况、储层特征、油气含量等关键信息。钻井取心技术分为常规取心和特殊取心两大类。常规取心广泛应用于各类油气藏的勘探和开发阶段，通过短筒或中、长筒取心方式，获取岩心样本以建立地层剖面，研究岩相特征，并确定油气层的基础数据。特殊取心则针对特定需求，如油基钻井液取心以避免钻井液污染，密闭取心以检查注水开发效果，海绵取心以精确测定含油饱和度等。这些技术复杂且成本较高，但能够提供更精确的储层信息，为勘探开发方案的制定提供重要依据。随着科技的不断进步，钻井取心技术也在不断发展，包括松散地层取心、随钻取心、定向取心等新技术的研究和应用，进一步提高了取心效率和质量，推动了油气勘探开发的深入发展。

2 岩心质量影响因素分析

2.1 地质因素

地质因素作为岩心质量的首要影响因素，其复杂性和多样性不容忽视。地下岩层的岩性、结构、物理力学性质以及地层压力分布等，都是决定岩心能否完整、真实地反映地下地质情况的关键因素。而在软塑性岩石，如泥岩或页岩中，由于岩石的易变形性，钻取过程中可能因挤压而发生塑性变形，使岩心尺寸缩小，内部结构改变，影响后续分析结果的准确性^[1]。地层中的天然裂缝、节理、断层等构造发育情况，也会增加岩心在钻取过程中的破碎风险，降低岩心的采取率和质量。地层压力的变化，特别是异常高压地层的存在，可能导致钻井液大量侵入岩心，造成岩心污染，进而影响岩心分析的精度和可靠性。

2.2 钻井工艺因素

钻井工艺的选择和优化，直接关系到岩心质量的提升。钻井液作为钻井过程中的重要介质，其性能对岩心质量有着直接的影响。钻井液的密度、粘度、失水率等参数需根据地层特性进行精确调整，以防止钻井液漏失或过度侵入岩心，造成岩心污染或破坏。钻头的选择也是关键因素之一，不同类型的钻头适用于不同的岩性和地层条件，合理的钻头类型和转速搭配，能够减少钻头的磨损和岩心的破碎，提高岩心的完整性和代表性，钻压和钻速的控制也是保障岩心质量的重要环节。过高的钻压和钻速可能导致钻头对岩心产生过大的机械应力，造成岩心破碎；而过低的钻压和钻速则可能降低钻井效率，增加成本。

2.3 操作管理因素

操作管理因素在岩心质量的保障中同样扮演着重要角色。操作人员的技能水平和责任心直接影响到取心作业的质量和安全性。一名经验丰富的操作人员能够准确判断地层变化，及时调整钻井参数，减少岩心损失；而责任心强的操作人员则会在作业过程中严格遵守操作规程，确保每个环节都达到标准要求，设备的维护和管理也是保障岩心质量的重要环节。定期对钻井设备进行检查和维护，确保其处于良好状态，能够减少因设备故障导致的岩心损失和安全事故。制定并执行科学的应急预案，能够在突发情况下迅速响应，采取有效措施减少损失，保障岩心质量和作业安全。加强操作管理，提高人员素质和设备管理水平，是提升岩心质量、确保勘探开发顺利进行的重要保障。

3 钻井取心岩心质量优化技术的方法和流程

3.1 钻井前准备工作和安排

3.1.1 地质资料研究与分析

在钻井开始前，首要任务是深入研究和分析目标区域的地质资料。这包括查阅地质报告、地震解释成果、测井数据等，以全面了解地下岩层的岩性、结构、厚

度、孔隙度、渗透率以及油气藏分布情况等。通过综合分析,识别出关键层位和潜在风险点,为后续钻井设计提供科学依据。

3.1.2 钻井设计与工具选择

基于地质资料分析,制定详细的钻井设计方案。这包括确定钻井深度、井身结构、钻具组合、钻井液体系等。特别是在取心段,需要精心设计取心工具,选择合适的取心筒类型(如绳索取心、自锁式取心等)、钻头类型(如金刚石钻头、PDC钻头等)以及配套工具,确保能够高效、安全地获取高质量的岩心^[2]。

3.1.3 钻井液配置与调试

钻井液的配置与调试对岩心质量有着重要影响。根据地层特性和钻井要求,选择适当的钻井液配方,调整其密度、粘度、失水率等性能指标,以防止钻井液漏失或过度侵入岩心,进行钻井液的循环测试和调试,确保其性能稳定可靠,能够满足钻井过程中的各项要求。

3.1.4 人员培训与应急预案制定

对参与钻井取心作业的人员进行专业培训,提高其技能水平和安全意识。培训内容应涵盖钻井理论知识、操作规范、设备使用及维护保养等方面。制定科学的应急预案,明确各类突发情况下的应对措施和流程,确保在紧急情况下能够迅速响应、有效处置。

3.2 钻井过程中质量监控和风险控制

3.2.1 实时数据监测与分析

利用现代钻井技术手段,如随钻测量(MWD)、随钻测井(LWD)等,实时监测钻井过程中的各项参数(如钻压、钻速、扭矩、钻井液性能等)。通过对监测数据的分析,及时判断地层变化、钻头磨损情况及钻井液性能稳定性等,为调整钻井参数提供依据。

3.2.2 取心作业精细化管理

在取心段作业时,实施精细化管理。严格按照取心操作规程进行操作,控制钻压、钻速等参数在合理范围内。加强取心筒的维护保养,确保其处于良好状态。在取心过程中,密切关注岩心进尺情况、岩心质量变化等,及时调整钻井参数或采取补救措施。

3.2.3 风险识别与应对

在钻井过程中,加强对潜在风险的识别与应对。根据地质资料、实时监测数据以及钻井经验,预判可能遇到的风险点(如地层垮塌、钻井液漏失等),制定相应的应对措施。一旦发生异常情况,立即启动应急预案,迅速处置风险点,减少损失并确保岩心质量。

3.3 岩心取样处理和分析流程

3.3.1 岩心取样与初步处理

岩心出筒后,首先进行初步处理。这包括去除岩心表面的钻井液、泥皮等杂质,记录岩心的长度、直径、颜色、岩性等基本信息。同时对岩心进行分段取样,确保每个取样段能够代表性地反映地层特征。

3.3.2 岩心保存与运输

为确保岩心的完整性和代表性,需对岩心进行妥善保存和运输。一般采用专用岩心箱进行保存,避免岩心受到挤压、变形或污染。在运输过程中,注意防震、防潮、防晒等措施,确保岩心能够安全抵达实验室。

3.3.3 岩心分析流程

岩心分析流程包括多个步骤,旨在全面评价储层特性。首先进行岩心描述和拍照记录,详细描述岩心的颜色、结构、构造、化石等特征。随后进行岩心物性分析(如孔隙度、渗透率、密度等)和岩心流体分析(如含油饱和度、水分析等),以获取储层的基本物理性质和流体特征还可根据需要进行岩心薄片鉴定、扫描电镜观察、X射线衍射分析等高级分析手段,以深入研究岩心的微观结构和矿物组成。最后,综合各项分析结果,对储层进行综合评价和潜力评估。

4 岩心质量优化技术研究

4.1 钻井参数优化

钻井参数的选择与调整对岩心质量具有直接影响。合理的钻井参数能够减少钻井过程中的机械应力对岩心的破坏,提高岩心的完整性和代表性。钻压是钻井过程中施加在钻头上的压力,直接影响钻头的破岩效率和岩心的破碎程度。过高的钻压会导致钻头过度磨损,增加岩心破碎的风险;而过低的钻压则可能降低钻井效率,延长钻井周期,需要根据地层岩性、钻头类型及钻井液性能等因素,合理设定钻压值^[3]。钻速与转速是影响钻井效率和岩心质量的重要因素。合理的钻速和转速能够保持钻头与岩层的良好接触,减少机械应力对岩心的冲击和破坏。过高的钻速和转速可能导致钻头快速磨损,增加岩心破碎的风险;而过低的钻速和转速则可能降低钻井效率,增加钻井成本,需要根据地层特性、钻头类型及钻井目标,综合考虑钻速与转速的匹配关系,通过试验和监测数据,确定最优的钻速和转速组合。钻井轨迹的控制对于减少岩心损失、提高岩心质量同样重要。通过采用先进的钻井导向技术(如旋转导向钻井技术),可以实现对钻井轨迹的精确控制,减少井眼轨迹偏离设计轨迹的风险,结合地质资料分析和实时监测数据,及时调整钻井轨迹,确保取心段能够准确穿过目标地层,获取高质量的岩心样品。

4.2 取心工具与工艺改进

传统的取心工具在复杂地层条件下往往难以保证岩心的完整性和代表性。因此,针对特定地层特性和取心需求,研发了多种新型取心工具。还开发了多种特殊功能的取心工具(如保压取心工具、定向取心工具等),以满足不同勘探开发阶段的需求。取心工艺的优化旨在减少取心过程中的机械应力对岩心的破坏,提高岩心的完整性和代表性。通过优化取心过程中的操作步骤和参数设置(如取心筒的升降速度、取心段的长度和位置等),可以减少岩心的破碎和损失,加强取心筒的维护保养和检查,确保其处于良好状态,也是提高岩心质量的重要措施之一。

4.3 泥浆性能调控

泥浆作为钻井过程中的重要介质,其性能对岩心质量具有重要影响。根据地层特性和钻井需求,选择合适的泥浆配方是泥浆性能调控的基础,通过调整泥浆的密度、粘度、失水率等性能指标,可以实现对泥浆性能的精确控制。泥浆的循环与净化是保持泥浆性能稳定的关键环节。通过优化泥浆循环系统的设计和运行参数,可以提高泥浆的循环效率和净化效果,加强对泥浆性能的实时监测和调整,可以确保泥浆性能始终保持在最佳状态。定期对泥浆进行更换和补充新泥浆也是保持泥浆性能稳定的重要措施之一。泥浆与地层之间的相互作用是影响岩心质量的重要因素,通过研究泥浆与地层的相互作用机理和规律,可以揭示泥浆对岩心的潜在影响并制定相应的应对措施。还可以探索不同泥浆体系在不同地层条件下的适应性,以选择最适合当前勘探环境的泥浆配方^[4]。为了进一步提升泥浆性能,满足特定钻井需求,泥浆添加剂的应用变得尤为重要。这些添加剂包括增粘剂、降滤失剂、润滑剂、防塌剂等,它们能够显著改善泥浆的流动性、稳定性、抗污染能力和保护井壁的能力。泥浆性能与钻井参数之间存在着密切的相互作用关系。因此,在优化泥浆性能的同时,还需要考虑其与钻井参数的协同优化。通过实现泥浆性能与钻井参数的协同优化,可以进一步提高钻井效率和岩心质量。

4.4 操作管理技术提升

在岩心质量优化技术的研究中,操作管理技术的提升是不可或缺的一环。随着油气勘探与开发向更深层

次、更复杂地层推进,对岩心质量的要求日益提高,传统的操作管理模式已难以满足当前的需求,通过引入先进的操作管理技术,实现对钻井取心作业全过程的精细化、智能化管理,成为提升岩心质量的重要手段。操作管理技术的提升涉及多个方面。首先,建立健全的岩心质量管理体系,明确各环节的责任与标准,确保从钻井设计、工具选择、泥浆配制到岩心取样、处理、分析等每一个环节都能达到最优状态。其次,加强人员培训和技术交流,提升操作人员的专业技能和综合素质,使其能够熟练掌握先进的操作管理技术,并在实际工作中灵活运用。引入信息化、数字化手段也是操作管理技术提升的关键,通过建立钻井取心作业的信息管理系统,实现对钻井参数的实时监测、记录和分析,为优化钻井参数、调整泥浆性能提供数据支持。利用大数据、人工智能等技术对钻井数据进行深度挖掘和分析,发现潜在的优化空间,为进一步提升岩心质量提供科学依据。最后,强化现场管理和应急响应能力也是操作管理技术提升的重要方面,通过加强现场巡查、定期检查和设备维护等工作,确保钻井取心作业的安全顺利进行,建立完善的应急预案和响应机制,以应对可能发生的突发情况,减少损失并确保岩心质量不受影响。

结束语

钻井取心岩心质量优化技术研究,是油气勘探领域的关键突破。随着技术的不断成熟与应用,岩心质量将得到显著提升,为地质分析、储层评价及开发方案设计提供坚实基础。未来,持续优化与创新将是该领域研究的核心方向,推动油气勘探与开发向更高水平迈进。

参考文献

- [1]陈昊朋.绳索取心在岩心钻探中的应用[J].内江科技,2019,40(10):16,87.
- [2]刘侃,周沙沙.石油钻井自动化技术研究与分析[J].中国化工贸易,2020,10(33):83.
- [3]陈联国.石油钻井工程技术的应用现状及发展趋势[J].化工设计通讯,2021,45(1):240-241.
- [4]胡文瑞.地质工程一体化是实现复杂油气藏效益勘探开发的必由之路[J].中国石油勘探,2020,22(1):1-5.