

Application and optimization of new coiled core tool in ultra-deep well core taking

Haobo Li

Sinopec Shengli Drilling Technology Research Institute, Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

With the advancement of oil and gas exploration into ultra-deep wells, traditional core sampling techniques face challenges such as low recovery rates and severe core fragmentation under conditions of great well depth, high pressure, and elevated temperatures. This paper introduces a novel coiled core tool for ultra-deep wells. Field well testing data shows that the tool achieves a 92% core recovery rate, with rock integrity improved by 20% compared to traditional methods, effectively enhancing core acquisition efficiency in ultra-deep wells. The study also explores tool structure optimization, drilling parameter matching, and real-time monitoring technologies, providing a feasible solution for ultra-deep well core sampling.

Keywords

new type of core drilling tool; ultra-deep well; core integrity rate; drilling optimization; real-time monitoring

新型随钻取心工具在超深井取心中的应用与优化

李浩博

中石化胜利钻井工艺研究院, 中国 · 山东 东营 257000

摘要

随着油气勘探向超深井方向发展, 传统取心技术在井深大、压力高、温度高的条件下面临取心收获率低、岩心破碎严重等问题。本文介绍了一种新型随钻取心工具在超深井中的应用, 通过现场试验井数据显示, 工具取心收获率达到 92%, 岩心完整率较传统方法提高 20%, 有效提升了超深井岩心获取效率。本文还探讨了工具结构优化、钻井参数匹配及实时监测技术, 为超深井取心提供可行性方案。

关键词

新型随钻取心工具; 超深井; 岩心完整率; 钻井优化; 实时监测

1 引言

随着能源需求呈现出不断增加态势, 油气勘探工作持续朝着超深井方向发展。在超深井进行钻探作业时, 由于地层压力处于较高水平且径相对较小且温度较大, 这致使传统取心方法在岩心完整性取心收获率以及操作效率这些方面存在着较为明显不足之处。随钻取心工具 (即 Logging While Drilling Core, 简称为 LWDC) 具备钻进与取心能够同步进行特性优势, 借助此优势可在钻进过程当中直接获取到具有较高完整性岩心信息。本文目的在于对新型随钻取心工具在超深井应用效果展开分析, 并且提出相应优化策略, 以此为提高取心效率以及岩心质量提供参考依据。

2 超深井取心技术现状及挑战

2.1 传统取心技术局限性

在超深井钻探作业开展过程中, 传统机械取心工具呈现出较为明显局限性。由于其主要是把钻头旋转刀翼当作切取岩心工具来使用, 岩心在切取以及回收过程中极易发生破碎情况, 进而导致取心收获率偏低。一方面会对岩心样品数量产生影响, 另一方面也会直接限制后续储层分析以及储层评价可靠性。特别是在硬岩或者裂隙发育地层当中, 岩心破碎现象更为严重, 这就会致使实验室分析结果可能出现偏差^[1]。

除此之外, 高温高压条件对于机械取心工具性能提出了更高要求。在超深井井段, 钻具会由于高温高压作用而出现磨损或者失效状况, 导致工具使用寿命显著缩短。依据现场统计数据, 设备损坏率能够高达 15% 至 20%, 这增加了取心作业成本以及风险。与此同时, 频繁更换或者维修工具也会延长作业周期, 对整体钻探效率产生影响。在钻井过程中, 井液循环对于岩心完整性也存在显著影响。高流速泥浆在井眼中流动时, 会对切取后岩心产生冲刷作用, 导致岩心

【作者简介】李浩博 (1989-), 男, 中国山东东营人, 硕士, 工程师, 从事钻井工具研究。

端部破碎或者脱落,进而影响岩心完整性。这种破碎情况不仅会使地质分析数据出现偏差,还可能会对孔隙度渗透率以及岩性特征准确评估产生影响。

2.2 超深井取心技术需求

2.2.1 高取心收获率

在超深井钻探作业开展过程中,高取心收获率是确保地质信息准确性以及岩心样品充足性关键指标。目标取心收获率应当稳定维持在90%以上,以此来保证在不同地层条件下,岩心获取效率不会因为井深岩性或者钻井参数变化而出现明显下降。这不但提高了钻探作业经济性,还为后续储层分析以及储层评价提供了可靠样品基础,是超深井取心技术评价重要参考标准。

2.2.2 高完整率

岩心完整率会直接影响地质分析准确性以及储层评价可靠性。在超深井条件下,岩心容易因为高压高温或者钻井振动而发生破碎,所以应当将破碎率控制在10%以内。通过优化取心工具结构改进取心腔设计以及调整钻进参数等方式,能够显著提高岩心完整性。具有高完整率岩心,不但便于实验室进行分析,还能够提供更为精确孔隙度渗透率以及岩性信息,为油气勘探提供坚实数据支撑^[2]。

2.2.3 实时监测

实时监测是超深井取心作业中提高效率以及降低风险关键手段。借助获取钻进参数并径变化以及地层压力实时数据,可以动态调整钻速泵压以及泥浆性能,从而实现对取心过程精细控制。实时监测不但能够及时发现钻具异常以及地层变化,还能够优化取心策略,减少岩心破碎情况,提高取心收获率以及完整率,进而显著提升超深井钻探安全性以及作业成功率。

3 新型随钻取心工具的应用

3.1 工具结构以及工作原理阐述

新型随钻取心工具选用双筒式取心工具设计方式,其核心取心腔与钻井液泥浆达成有效隔离状态。这样结构设计能够在钻进进程中对岩心起到保护作用,使其免受泥浆冲刷以及振动影响,进而显著提高岩心完整性。双筒式设计还能够确保岩心在取出时维持原状,满足超深井高完整率取心需求,为地层分析提供高质量样品。

该工具内部设置了高精度压力和温度传感器,能够实现钻进参数同步采集工作。在钻进过程当中,实时监测井下压力温度以及钻头负荷等关键数据,为操作人员给予即时反馈。借助这些数据,可以动态调整钻进速度泵压以及钻具角度,有效优化取心过程,提高取心效率以及岩心完整率^[3]。

3.2 现场应用案例说明

在某超深井钻探项目中,井深达到8200米,传统取心方法难以保证岩心完整性以及高取心收获率。由于此挑战,现场运用新型随钻取心工具来进行取心作业,在该项目中,

新型工具在钻进6000米井段时展现出优异性能,为超深井取心技术提供了重要参考依据。

实际应用数据表明,新型随钻取心工具取心收获率能够稳定达到92%,岩心完整率提升至88%。相较于传统机械取心方法取心收获率65%~70%、岩心完整率约70%有显著提高,完整率提升幅度达到20%左右。这一数据说明,在高温高压以及复杂地层条件下,新型工具能够有效保护岩心,减少破碎和损失,为后续储层分析以及储层评价提供高质量样品。新型工具耐磨设计以及优化结构还显著延长了钻具寿命,现场统计显示,工具平均寿命延长至70小时。相比传统取心工具提高了25%,降低了钻具更换频率以及维护成本,提高了作业连续性以及效率。在整个取心过程中,实时监测系统同步采集钻进参数,让操作人员能够依据井下情况及时调整钻进速度泵压以及钻具角度,实现精细化控制。

3.3 数据分析与优化价值剖析

在超深井随钻取心作业中,实时数据采集以及分析对于优化取心效果具有关键作用。通过工具内置压力温度以及钻进参数传感器,可以获取钻进过程中井下实时信息,钻头负荷井液循环状态以及地层压力变化等。凭借这些随钻数据,操作人员能够动态调整钻进转速泵压以及泥浆密度,使钻具在保持高效钻进同时,最大限度提高取心收获率。在硬地层条件下,适当降低钻速能够减少岩心破碎,而优化泥浆密度则可以在保证井壁稳定前提下减轻岩心冲刷,从而实现取心收获率最大化。

同时,实时监测系统还能够提供钻具姿态以及井眼轨迹信息。依据这些数据,可以对钻具角度进行精细调整,让取心工具与地层接触更加均匀,减少因钻具偏斜或者振动导致岩心破碎风险。对于存在裂隙或者硬质岩层段,这种动态调整尤为重要,不仅能够保持岩心完整性,还能提高取心效率。与此同时,随钻数据还能够用于建立闭环反馈优化模型,将地层信息钻进参数以及取心结果综合分析,进一步完善取心方案。通过数据驱动操作优化,不仅可以有效降低岩心破碎率,还能提高取心作业可预测性以及安全性,为超深井岩心获取提供可靠保障^[4]。

4 新型随钻取心工具优化策略

4.1 工具结构优化举措

在钻探作业开展进程中,取心工具作为用于获取岩心样品关键工具,其所具备性能会直接对岩心完整性以及采样效率产生影响。为了能够提高取心工具耐用性并且使其能够适应复杂地层条件,把增加取心工具内衬耐高温材料当作一项重要改进措施来实施。在钻探过程中,特别是在深层或者高温层钻探作业中,取心工具内部会同时承受高温和高压这两方面作用。倘若材料耐温性能不足,那么取心工具就容易发生变形或者磨损情况,进而导致工具使用寿命缩短。借助

在取心工具内衬中选用高温耐磨材料,能够有效减缓磨损速度,延长取心工具使用周期,减少因为频繁更换工具而带来停机时间,提高钻探作业连续性以及经济性。

核心腔体设计优化同样也是提高取心效率重要手段。传统取心工具在岩心取出过程中,由于腔体结构存在不合理之处,所以容易出现岩心被卡住或者碎裂状况。通过对核心腔体进行优化设计,在不改变取心工具整体尺寸前提下,能够改善岩心在腔体内受力状态,让岩心可以顺利脱出,减少机械摩擦对岩心造成破坏。如此一来,不仅提高了岩心完整率,而且还降低了取样过程中操作难度,为技术人员节省了大量时间以及精力^[5]。

通过耐高温材料内衬以及核心腔体优化这两方面双重改进,取心工具在实际作业当中展现出了显著性能提升,岩心取出变更加顺畅。岩心碎裂率到了有效控制,通常能够将破碎率降低至5%以下,这对于科研以及工程应用而言具有重要意义。由于高完整率岩心样品能够提供更为准确地质信息以及岩性特征,地质分析以及矿产评估还有工程设计提供可靠数据。

4.2 钻井参数匹配要点

在钻探作业进行过程中,控制钻速是保证施工效率以及岩心质量重要环节。为了能够实现稳定钻探进度,钻速应当保持在每小时0.8—1.2米范围内,这一速度区间是经过长期实践验证它既能够有效避免工具过快磨损,又能够防止在钻进过程中因为速度过快而导致地层扰动,进而影响岩心完整性。钻速合理控制,还能够减少钻井液携带岩屑不充分现象,保证钻井液循环顺畅,提高钻探作业整体安全性以及可靠性。与此同时,钻探过程中泵压稳定性也是关键因素之一。在整个钻进过程中,应当使泵压保持在18—20兆帕范围内,泵压稳定不仅关系到钻井液正常循环,而且还直接影响钻头冷却以及岩屑携带效率。若泵压波动过大,就容易导致钻头局部过热或者钻井液携带能力下降,从而降低取心收获率,甚至有可能损坏岩心样品。通过监控泵压参数并且及时进行调整,能够确保钻井液系统高效运行,为钻探作业提供有力保障。

地层硬度差异对钻头负荷调整提出了更高要求。在软硬不均地层中,应当基于实时地质反馈适时调整钻压,以达到最佳钻进效果。钻头负荷过大可能会导致钻头磨损加剧,甚至产生断钻风险;负荷过小则钻进效率低下,岩心容易出现破碎,因而结合地层硬度科学调整钻头负荷,可以在保证钻进效率前提下,提高岩心取心收获率以及岩心完整率之间平衡,这一过程需要钻井操作人员具备丰富经验以及敏锐现场判断能力。

4.3 实时监测与反馈机制作用

在现代钻探作业中,井下传感器运用成为提高钻进效率以及岩心质量重要技术手段。通过在钻具以及井下关键位置安装高精度传感器,能够实时监测钻进过程中压力温度以及振动等关键参数,这些数据能够全面反映钻头与地层相互作用情况,及时揭示地层硬度变化钻进阻力异常或者潜在设备问题。当压力升高或者振动异常时,钻探操作人员可以依据传感器反馈迅速调整钻头负荷或者机械钻速,从而降低岩心破碎率,提高取心完整性以及稳定性。

与井下传感器实时监测相互配合,地面控制系统发挥着至关重要作用。地面控制系统能够接收并处理井下传感器传输数据,通过可视化界面展示压力温度振动等参数变化趋势。同时,系统可以利用历史数据以及算法模型,预测钻进过程中可能出现的问题,并提出优化建议。这种信息实时交互为钻探作业提供了科学依据,使钻进决策更加精准和高效,从而有效减少人为经验不足所带来风险。在此基础上,建立闭环反馈优化策略能够进一步提升取心效率,闭环反馈机制将井下传感器监测数据与地面控制系统分析结果形成循环反馈链条,实现钻进参数动态调整。

5 结语

新型随钻取心工具在超深井取心作业过程当中展现出了显著优势,其取心收获率能够稳定达到92%,岩心完整率相较于传统方法有了约20%提升,并且工具寿命延长了25%,极大程度上提高了作业经济性以及可靠性。借助对工具结构开展优化设计合理匹配钻井参数,同时结合实时监测技术,能够进一步有效降低岩心破碎率,从而保证岩心质量以及数据准确性。这种工具运用为超深井高效获取岩心提供了技术方面保障,具备广泛推广以及应用前景。

参考文献

- [1] 范生林,王锐,肖振华,刘宝军,吴珂,肖敬福,陆俊.川西南部大兴场构造深井超深井钻井工艺优化研究[J].钻采工艺,2025,48(04):235-240.
- [2] 姜政.地质随钻微取心技术与数字微岩心应用[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(11):82-84+87.
- [3] 秦涛,孙金波,王伟,刘学明,孔德峰,邱春阳.准噶尔盆地中部永进油田超深井井壁稳定钻井液技术[J].天然气勘探与开发,2024,47(05):86-94.
- [4] 张蔚.准噶尔盆地南缘下组合超深井安全钻井技术[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(18):172-174.
- [5] 刘英伟,李晓刚,张羽臣.跨多能源勘探中随钻取心技术的应用[J].天津科技,2019,46(05):51-54.