

海洋石油化工钻井液处理技术

付兴 张培霖

广东南油服务有限公司 广东 广州 510000

摘要: 海洋石油化工钻井中, 钻井液处理技术至关重要。该技术涵盖钻井液分类与特性应用, 如水基、油基、合成基钻井液各有适用场景; 通过固相控制、流变性调控、润滑性改善等技术, 保障钻井液性能稳定; 同时注重环保, 开发低毒、易生物降解处理剂, 实现废弃钻井液减量化、无害化与资源化处理; 针对特殊地层, 如高温高压、易塌地层, 采取针对性处理技术, 确保钻井安全高效进行。

关键词: 海洋石油; 化工钻井; 钻井液; 处理技术

引言

在海洋石油化工钻井领域, 钻井作业面临着复杂且严苛的海洋环境, 以及多样化的地层条件。钻井液作为钻井过程中的“血液”, 其性能优劣与处理技术的高低, 直接关乎钻井作业的成败、效率以及安全性。合适的钻井液处理技术, 不仅能有效携带岩屑、平衡地层压力、润滑钻具, 还能保护油气层, 减少对海洋环境的污染。深入探究海洋石油化工钻井液处理技术, 对推动海洋石油工业可持续发展意义重大。

1 海洋石油化工钻井液概述

1.1 钻井液分类与特性

(1) 海洋石油钻井中常用钻井液主要分为三类: 水基钻井液、油基钻井液和合成基钻井液。水基钻井液以水为连续相, 添加黏土、化学处理剂等配制而成, 是应用最广泛的类型; 油基钻井液以油为连续相, 配套乳化剂、降滤失剂等助剂, 稳定性较强; 合成基钻井液则以人工合成的有机化合物为连续相, 兼具油基钻井液的优势且环保性更优。(2) 各类钻井液物理化学性质差异显著, 适用条件各有侧重。水基钻井液黏度、切力可调, 滤失量易控制, 成本较低, 适用于多数陆地及浅海常规地层; 油基钻井液抗温抗盐能力强, 润滑性极佳, 能有效抑制页岩水化膨胀, 适用于深海水域、高温高压及易塌易漏地层; 合成基钻井液具有低毒、易生物降解的特性, 润滑性和稳定性接近油基钻井液, 符合海洋环保要求, 适用于环保管控严格的深海油气钻井作业。

1.2 钻井液在海洋石油钻井中的作用

(1) 携带岩屑, 清洁井眼。海洋钻井井眼较深, 岩屑易沉积, 钻井液通过循环流动产生足够的携带能力, 将钻头破碎的岩屑随循环返出井口, 避免岩屑堆积造成卡钻、埋钻等事故, 保障井眼清洁顺畅。(2) 平衡地层压力, 防止井涌井喷。深海地层压力复杂多变, 钻井液可通

过调整密度形成合理的液柱压力, 平衡地层孔隙压力, 阻止地层流体涌入井内, 从根本上防范井涌、井喷等恶性事故, 保障钻井作业安全。(3) 润滑钻具, 减少摩阻。海洋钻井钻柱长、井眼轨迹复杂, 钻井液能在钻具与井壁之间形成润滑膜, 降低两者间的摩擦阻力和磨损, 减少钻井动力消耗, 同时避免因摩阻过大导致的钻具疲劳损坏。(4) 保护油气层, 提高采收率。优质钻井液可控制滤失量, 减少滤液侵入油气层造成的黏土膨胀、孔隙堵塞等伤害, 维持油气层原始渗透性, 为后续油气开采创造有利条件, 提升油气采收率^[1]。

2 海洋石油化工钻井液处理技术

2.1 钻井液性能调控技术

(1) 固相控制是海洋石油钻井液性能调控的核心环节之一。海洋钻井过程中, 岩屑等固相颗粒易混入钻井液, 导致其黏度升高、流动性下降, 还会加剧钻具磨损和井壁不稳定风险。实际作业中, 主要通过离心机、振动筛、除砂器等多级固控设备协同作用, 精准分离不同粒径的固相颗粒。其中振动筛负责初步筛分大颗粒岩屑, 离心机则针对细颗粒固相进行深度分离, 以此有效控制钻井液中的固相含量, 减少膨润土过度分散带来的性能劣化, 保障钻井液携岩、润滑等核心功能稳定发挥。(2) 流变性调控需根据海洋钻井的不同工况动态调整。钻井液的黏度和切力直接影响其携岩能力、循环阻力及井眼清洁效果, 而海洋钻井面临浅海与深海、直井与定向井等多样工况, 对钻井液流变性要求差异显著。通过科学添加化学处理剂可实现精准调控: 在携岩需求较高的深井段, 添加聚丙烯酰胺等增黏剂提高钻井液黏度和切力, 增强携岩稳定性; 在循环阻力过大的浅井段或定向井造斜段, 则添加木质素磺酸盐等降黏剂降低黏度, 同时搭配降滤失剂控制滤失量, 避免滤液侵入地层引发井壁问题, 确保钻井液适配不同钻井阶段的工况需求^[2]。(3) 润

滑性改善是定向井、水平井等复杂井型海洋钻井的关键技术。海洋定向井和水平井的井眼轨迹复杂,钻具与井壁的接触面积大、摩擦阻力高,易出现卡钻、钻具疲劳损坏等问题,还会增加钻井动力消耗。针对这一问题,主要通过添加高效润滑剂提升钻井液润滑性能,其中聚合醇类润滑剂因兼具润滑性和抑制性,在海洋钻井中应用广泛。这类润滑剂可在钻具和井壁表面形成致密的润滑膜,显著降低摩阻系数,同时能抑制页岩水化膨胀,兼顾井壁稳定,保障复杂井型钻井作业的顺利推进。

2.2 钻井液环境保护技术

(1) 环保型钻井液处理剂的开发是海洋钻井绿色发展的核心方向。海洋生态环境脆弱,传统钻井液处理剂中的重金属、难降解有机物易造成海洋污染,破坏海洋生物栖息地。依托先进的化学合成技术和生物技术,当前重点开发高效、高纯度、低毒且易生物降解的环保型处理剂,如生物基增黏剂、可降解润滑剂、无铬防塌剂等。这类处理剂在保障钻井液性能的同时,能大幅降低对海洋水体、底泥及生物的毒害作用,从源头减少钻井作业对海洋环境的污染负荷。(2) 废弃钻井液处理需实现减量化、无害化与资源化协同。海洋钻井产生的废弃钻井液含有固相颗粒、化学药剂等污染物,若直接排放会严重破坏海洋生态。目前主流处理技术包括三类:固化处理通过添加水泥、石灰等固化剂,将废弃钻井液转化为稳定的固体废弃物,经检测达标后可用于海洋人工岛筑造等资源化利用;生物降解技术利用微生物的代谢作用,分解废弃钻井液中的有机污染物,适用于处理低浓度有机污染的废弃钻井液;回注地层技术则将符合条件的废弃钻井液加压回注至深部枯竭地层,实现污染物的永久封存,三种技术可根据废弃钻井液成分和海洋环境要求灵活选用^[3]。(3) 岩屑回注系统的规范安装与运行是控制岩屑污染的关键举措。海洋钻井产生的岩屑若直接丢弃入海,会覆盖海洋生物栖息地、影响海洋水体交换。岩屑回注系统通过专用设备收集钻井过程中产生的岩屑,经破碎、混合等预处理后,通过专用注水井将岩屑与废弃钻井液的混合物加压回注至深部隔离地层。系统安装需严格遵循海洋工程环保标准,确保注水井套管固井质量,防止回注物泄漏;运行过程中实时监测压力、流量等参数,保障回注过程稳定,从根本上减少岩屑对海洋环境的直接污染。

2.3 特殊地层钻井液处理技术

(1) 高温高压地层钻井液处理需重点保障稳定性。海洋深海区域多存在高温高压地层,温度可达150℃以上、压力超100MPa,常规钻井液在此环境下易出现处理剂降

解、黏度骤变、滤失量失控等问题,引发井涌、井塌等恶性事故。针对这一情况,采用耐高温高压钻井液体系,其配方选用耐高温的合成聚合物、无机处理剂等原料,通过优化配比提升体系稳定性;同时配套针对性的性能调控方法,如添加高温稳定剂抑制处理剂降解,实时监测并调整钻井液密度和流变性,确保其在高温高压条件下仍能维持良好的携岩、平衡地层压力等功能^[4]。(2) 易塌地层钻井液处理核心是增强护壁能力。海洋钻井中的易塌地层主要包括页岩层、破碎带等,这类地层岩石强度低、易水化膨胀,受钻井液滤液侵入后易发生井壁坍塌,严重威胁钻井安全。处理技术以“抑制+加固”为核心:一方面添加钾离子聚合物、沥青类等防塌剂,抑制页岩水化膨胀和地层颗粒分散;另一方面科学提高钻井液密度,增强液柱压力对井壁的支撑作用,同时严格控制滤失量,减少滤液侵入地层。此外,还可通过优化钻井液流变性,降低循环压力波动对井壁的冲击,进一步提升井壁稳定性。(3) 油气层保护需通过精准处理技术减少地层伤害。海洋油气资源开发中,钻井液滤液侵入、固相颗粒堵塞等易造成油气层渗透率下降,影响后续采收率。目前主流采用屏蔽暂堵技术,根据油气层孔隙尺寸分布,在钻井液中添加与孔隙匹配的暂堵剂颗粒。当钻井液循环至油气层近井壁区域时,暂堵剂颗粒快速在井壁形成致密的憎水屏蔽层,阻止钻井液滤液和固相颗粒侵入油气层孔隙。同时搭配无荧光、低伤害的钻井液处理剂,进一步降低对油气层的伤害,为后续油气开采提供良好的地层条件,提高油气采收率。

3 海洋石油化工钻井液处理技术的发展趋势

3.1 环保型钻井液处理技术的持续发展

(1) 在全球绿色低碳发展浪潮推动下,海洋石油钻井行业愈发强调绿色、低碳、可持续的发展理念,环保型钻井液处理技术成为行业转型的核心方向之一。海洋生态系统的脆弱性对钻井作业的环保要求不断提高,各国相继出台严格的海洋环保法规,限制钻井液及废弃物的排放指标。在此背景下,行业摒弃传统高污染、高能耗的处理模式,将环保理念贯穿于钻井液研发、使用、废弃处理全生命周期,通过技术创新实现钻井作业与海洋生态环境的和谐共生,推动海洋石油开采行业的可持续发展。(2) 环保型钻井液处理剂的研发与应用将持续深化。当前,低毒、易生物降解的处理剂已初步实现规模化应用,但在高效能与环保性的协同优化上仍有提升空间。未来将重点依托生物合成、纳米材料等前沿技术,开发兼具高稳定性、强适配性与全生物降解性的处理剂产品,如生物基增黏剂、纳米级防塌剂等,从源头降低

钻井液对海洋环境的污染风险。同时,将加快环保处理剂的产业化进程,完善相关标准体系,推动其在不同海洋钻井工况下的广泛应用,逐步替代传统高污染处理剂。

3.2 智能化钻井液处理技术的兴起

(1) 随着物联网、大数据、人工智能等数字技术与海洋石油工业的深度融合,利用前沿数字技术实现钻井液处理过程的智能化监控与管理成为重要发展趋势。通过在钻井液循环系统、处理设备上部署大量传感器,实时采集黏度、密度、固相含量、温度、压力等关键参数,借助物联网技术实现数据的实时传输;利用大数据技术对海量运行数据进行挖掘分析,构建钻井液性能预测模型;依托人工智能算法实现处理参数的自动优化、异常工况的智能预警与故障诊断,形成“数据采集-分析预测-智能调控”的闭环管理体系。(2) 智能化技术的应用将显著提高钻井液处理效率,降低处理成本。传统钻井液处理依赖人工经验进行参数调整,存在响应滞后、精度不足、资源浪费等问题。智能化系统可根据钻井工况的动态变化,自动精准调控处理剂添加量、设备运行参数等,确保钻井液性能始终处于最优状态,提升处理效率的同时,减少处理剂消耗和能源损耗。此外,智能预警与故障诊断功能可提前发现设备故障和性能异常,降低停机维护时间,减少因钻井液性能失效引发的钻井事故损失,进一步压缩综合处理成本^[5]。

3.3 特殊地层钻井液处理技术的不断创新

(1) 随着海洋石油勘探开发向深海、超深海区域推进,高温高压、易塌、深部等特殊地层的钻井难度不断加大,针对这类复杂地层的钻井液处理技术将持续创新突破。未来将重点围绕深海高温高压地层,开发耐高温、耐高压且性能稳定的新型钻井液体系,攻克极端条件下处理剂降解、性能突变等技术瓶颈;针对易塌、破碎等复杂地层,研发兼具强抑制性、高护壁能力与低伤害性的处理技术,如新型复合防塌体系、自适应井壁稳定技术等;对于

深部致密油气层,将创新屏蔽暂堵技术,开发适配微小孔隙的高效暂堵剂,提升油气层保护效果。(2) 特殊地层钻井液处理技术的创新将有效提高钻井成功率,保障钻井安全。通过针对性的技术创新,可解决复杂地层中钻井液性能不稳定、井壁坍塌、油气层伤害等核心难题,为钻井作业提供稳定可靠的技术支撑。例如,新型高温高压钻井液体系可确保在极端环境下仍能有效平衡地层压力、携带岩屑;高效防塌技术可显著降低易塌地层的井壁坍塌风险。这些技术的应用将大幅减少复杂地层井中的卡钻、井涌、井塌等事故发生率,提高钻井作业的顺利性和成功率,保障深海、超深海等复杂区域海洋石油钻井作业的安全开展。

结束语

海洋石油化工钻井液处理技术,是保障海洋石油钻井作业顺利开展的关键支撑。随着技术不断进步,在性能调控、环保处理、特殊地层应对等方面取得显著成果。未来,面对海洋石油开发向深海、超深海拓展的趋势,环保、智能、创新将成为钻井液处理技术发展的主旋律。持续钻研与应用新技术,不仅能提升钻井效率与安全性,更有助于实现海洋石油开发与生态保护的和谐共生,推动行业迈向更高水平。

参考文献

- [1]何丽李伟波.新型抗温水基石油钻井液体系研究[J].当代化工,2020,(12):267-268.
- [2]寸猛,和志明,官荣,王寰.新型钻井液体系在水利勘探中的应用讨论[J].人民黄河,2023,45(S1):123-124.
- [3]陈杰,李娟.钻井液对海上钻井安全性影响的相关研究[J].海洋石油工程,2020,15(4):28-35.
- [4]刘明,王艳.高温高压下钻井液性能的研究与应用[J].石油化工技术,2020,29(2):62-68.
- [5]张伟,范军.钻井液环境友好型添加剂的研发与应用[J].石油科技论丛,2020,18(5):33-40.