

钻井液在石油钻井中的选择与维护

罗元

中石化西南石油工程有限公司钻井工程研究院 四川 德阳 618000

摘要：钻井液在石油钻井作业中扮演着至关重要的角色，具有携带岩屑、平衡地层压力、冷却润滑钻头、保护油气层等多重功能。本文探讨了钻井液的选择原则，包括根据地质条件、井深结构和钻井工艺进行合理选择。详细阐述了钻井液的维护措施，如性能监测、处理剂添加与调整、固相控制手段。通过科学的钻井液选择与维护，可确保钻井作业的高效、安全和成本效益，为石油勘探开发提供有力支持。

关键词：钻井液；石油钻井；选择维护

引言

石油钻井作业是油气资源勘探开发的关键环节，而钻井液作为钻井过程中的核心介质，其性能直接影响钻井作业的效率、安全性和成本。随着地质条件的复杂化和钻井技术的不断进步，对钻井液的性能要求也越来越高。因此，合理选择和维护钻井液成为石油钻井作业中的重要课题。本文旨在探讨钻井液的选择原则和维护措施，以为石油钻井作业提供有益的参考和指导。

1 钻井液的作用

钻井液在石油钻井作业中发挥着至关重要的作用，其多重功能确保了钻井过程的顺利进行。钻井液能够有效地携带和悬浮岩屑。在钻头破碎岩石的过程中，会产生大量的岩屑，这些岩屑若不及时清除，会堆积在井底，影响钻头的钻进效率，严重时甚至导致卡钻等安全事故。钻井液通过循环流动，将岩屑悬浮其中，并顺利携带至地面，从而保持了井底的清洁，为钻井作业提供了良好的工作环境^[1]。钻井液柱压力需要与地层压力保持平衡。这一平衡关系至关重要，它既能防止地层流体（如油气水）侵入井内，从而避免井喷等严重事故的发生；又能防止钻井液过多地渗入地层，造成井壁的不稳定，如坍塌等问题。这种平衡关系的维持，确保了钻井作业的安全性和稳定性。钻井液还具有冷却和润滑钻头及钻具的功能。在钻井过程中，钻头与岩石之间的摩擦会产生大量的热量，这些热量若不及时散去，会严重损害钻头和钻具的使用寿命。钻井液能够吸收这些热量，降低钻头和钻具的温度，从而延长其使用寿命。钻井液还能在钻头和钻具表面形成一层润滑膜，减小摩擦阻力，使钻井作业更加顺畅，提高了钻井效率。钻井液还能稳定井壁，防止井壁坍塌和缩径等问题。在钻井过程中，钻井液会在井壁表面形成一层泥饼，这层泥饼能够阻止钻井液中的水分渗入地层，从而起到稳定井壁的作用。

用。这种稳定性对于确保钻井作业的安全性和顺利进行至关重要。合适的钻井液还能保护油气层。通过控制钻井液的固相含量、滤失量等性能，可以避免固相颗粒堵塞油气层孔隙，同时防止钻井液中的化学物质与油气层发生有害的化学反应，从而减少对油气层的损害，提高油气井的产量和效益。

2 钻井液的选择

2.1 根据地质条件选择

钻井液的选择在石油钻井作业中是一个至关重要的环节，其合理性直接关系到钻井作业的效率、安全性和成本。在选择钻井液时，地质条件是一个不可忽视的关键因素。首先，钻井液的选择需考虑地层的岩性和渗透性。不同的地层岩性对钻井液的要求不同。在硬质地层中，需要选择具有较好润滑性和携带岩屑能力的钻井液，以减少钻头的磨损和提高钻井效率。而在渗透性较强的地层中，则需要选择滤失量较低的钻井液，以防止钻井液过多地渗入地层，造成井壁的不稳定。其次，地层中的流体压力和温度也是选择钻井液时需要考虑的重要因素。地层流体压力的高低决定了钻井液柱所需提供的压力平衡。若地层流体压力较高，则需要选择密度较大的钻井液，以确保井筒内的压力平衡，防止地层流体侵入井内。地层温度的高低也会影响钻井液的稳定性和性能。在高温地层中，需要选择具有抗高温性能的钻井液，以防止钻井液在高温下变质或失效。地层中可能存在的有害元素和化学物质也是选择钻井液时需要考虑的因素。一些地层中可能含有对钻井液有害的元素或化学物质，如酸性物质、碱性物质、盐类物质等。这些物质可能会与钻井液发生化学反应，影响钻井液的稳定性和性能。在选择钻井液时，需要充分考虑地层中可能存在的有害元素和化学物质，选择与之相适应的钻井液类型。

2.2 根据井深结构选择

钻井液的选择不仅要考虑地质条件, 井深结构同样是一个不可忽视的重要因素。随着井深的增加, 井筒内的环境变得更加复杂, 对钻井液的性能要求也相应提高。在浅井阶段, 由于井筒较短, 地层压力相对较低, 对钻井液的要求相对较为宽松。可以选择一些性能适中、成本较低的钻井液, 如淡水钻井液或低固相钻井液, 这些钻井液能够满足浅井阶段的钻井需求, 同时降低钻井成本^[2]。随着井深的增加, 地层压力逐渐增大, 温度也逐渐升高。需要选择具有更高密度、更好热稳定性和更强滤失控制能力的钻井液。高密度钻井液能够有效平衡地层压力, 防止地层流体侵入井内; 热稳定性好的钻井液能够在高温环境下保持性能稳定, 防止钻井液变质或失效; 滤失控制能力强的钻井液则能够减少钻井液对地层的渗透, 保护井壁稳定。在深井和超深井阶段, 还需要考虑钻井液的润滑性和携岩能力。由于井筒较长, 钻屑的携带和悬浮成为一大挑战。因此需要选择具有良好润滑性和携岩能力的钻井液, 以确保钻屑能够顺利被携带至地面, 保持井底清洁。井深结构的不同还可能涉及不同的钻井工艺和技术, 如定向钻井、水平钻井等。这些特殊的钻井工艺和技术对钻井液的性能也有特定的要求。在定向钻井作业中, 钻井液的选择至关重要。由于井筒存在弯曲和复杂变化, 因此需要选用具有良好流变性和稳定性的钻井液。这种钻井液能够适应井筒的各种形态, 确保在钻井过程中顺畅流动, 有效携带钻屑, 减少卡钻风险。稳定的钻井液性能还能维护井壁稳定, 防止井壁坍塌, 保障钻井作业的安全进行。因此合理选择钻井液, 是定向钻井作业成功的关键之一。

2.3 根据钻井工艺选择

钻井工艺的不同对钻井液的选择有着直接而显著的影响。不同的钻井工艺对钻井液的性能有着特定的要求, 在选择钻井液时, 必须充分考虑钻井工艺的特点和需求。(1) 在常规的垂直钻井工艺中, 钻井液主要起到携带岩屑、平衡地层压力、冷却润滑钻头和钻具以及保护油气层的作用。可以选择性能稳定、携岩能力强、滤失量适中且对油气层损害小的钻井液。这类钻井液能够确保钻井作业的顺利进行, 同时保护油气层的完整性。(2) 在定向钻井和水平钻井等复杂钻井工艺中, 钻井液的选择则更加严苛。定向钻井需要钻井液具有良好的流变性和稳定性, 以适应井筒的弯曲和变化, 确保钻头的导向精度。水平钻井则要求钻井液具有更强的悬浮能力和更好的井壁稳定性, 以防止井壁坍塌和确保钻屑的顺利携带。(3) 在欠平衡钻井工艺中, 钻井液的选择更是至关重要。欠平衡钻井需要钻井液的密度低于地层流

体压力, 以允许地层流体进入井筒, 从而提高油气采收率。这也增加了井喷和地层流体侵入的风险。因此必须选择具有优异的气泡稳定性、低滤失量和良好携岩能力的钻井液, 以确保钻井作业的安全性和效率。

3 钻井液的维护

3.1 性能监测

钻井液的维护是确保钻井作业顺利进行的关键环节之一, 其中性能监测是维护工作的基础。钻井液的性能直接影响其携带岩屑、平衡地层压力、冷却润滑及保护油气层等多方面功能, 对钻井液性能的持续监测至关重要。(1) 性能监测主要包括对钻井液的密度、粘度、切力、含沙量、pH值、滤失量等关键指标的定期检测。这些指标能够直接反映钻井液的物理和化学状态, 从而帮助工程师判断钻井液是否满足当前钻井作业的需求。

(2) 密度的监测尤为重要, 因为它直接关系到钻井液能否有效平衡地层压力, 防止井喷等安全事故的发生。粘度和切力的监测则有助于了解钻井液的流动性和携岩能力, 确保钻屑能够及时被携带至地面。含沙量的监测可以反映钻井液的清洁程度, 过高的含沙量会影响钻井效率, 甚至导致钻头磨损加剧。(3) pH值的监测对于了解钻井液的化学稳定性至关重要。钻井液的酸碱度不仅影响其本身的性能, 还可能对地层产生不良影响。滤失量的监测则是评估钻井液对井壁保护能力的重要指标, 过高的滤失量会导致井壁不稳定, 增加坍塌风险。(4) 为了进行这些性能监测, 通常会采用专业的检测设备和仪器, 如密度计、粘度计、含沙量测定仪、pH计以及滤失量测定仪等。工程师需要根据钻井作业的实际情况, 制定合理的监测计划和频率, 确保钻井液的性能始终处于最佳状态^[3]。(5) 性能监测结果应及时记录并分析, 一旦发现钻井液性能不符合要求, 应立即采取措施进行调整, 如添加适当的处理剂、改变钻井液配方或进行循环处理等, 以确保钻井作业的顺利进行。

3.2 处理剂的添加与调整

钻井液的维护中, 处理剂的添加与调整是一项至关重要的工作, 它直接关系到钻井液性能的优劣和钻井作业的效率与安全。(1) 处理剂种类繁多, 包括增粘剂、降粘剂、降滤失剂、提切剂、抑制剂、润湿剂、防腐剂等, 每种处理剂都有其特定的作用。增粘剂可以提高钻井液的粘度, 增强其携岩能力; 降粘剂则用于降低钻井液的粘度, 改善其流动性; 降滤失剂能有效减少钻井液的滤失量, 保护井壁稳定; 提切剂则用于提高钻井液的切力, 增强其悬浮岩屑的能力。(2) 在处理剂的添加与调整过程中, 工程师需要根据钻井液的实时监测数据,

结合钻井作业的实际需求,选择合适的处理剂种类和添加量。当发现钻井液粘度过高,流动性差时,可以适量添加降粘剂;当钻井液滤失量过大,井壁稳定性差时,则需要添加降滤失剂。(3)处理剂的添加并非一成不变,随着钻井作业的深入,地层条件、钻井工艺以及钻井液性能都会发生变化,因此,处理剂的种类和添加量也需要随之调整。这就要求工程师具备丰富的专业知识和实践经验,能够准确判断钻井液性能的变化趋势,并作出及时、准确的调整。(4)处理钻井液时,添加处理剂是常见的做法,但需注意其与其他处理剂的相容性。不同处理剂间可能发生化学反应,导致钻井液整体性能下降,甚至引发安全问题。在添加前应进行充分的相容性测试。处理剂的添加量也需严格控制,过量可能导致钻井液性能过于黏稠或流动性差,不足则可能无法达到预期效果。精确控制处理剂的种类与添加量,是维护钻井液性能稳定、保障钻井作业顺利进行的重要措施。

3.3 固相控制

钻井液固相控制是确保钻井作业顺利进行的关键环节,它直接关系到钻井液的性能稳定、钻井效率以及油气层的保护。固相控制的核心在于有效管理和减少钻井液中的固相颗粒含量,以保持其良好的流动性和携岩能力。在钻井过程中,钻井液会不断携带出地层中的岩屑和其他固相杂质。这些固相颗粒如果积累过多,会显著增加钻井液的粘度,降低其流动性,进而影响钻头的冷却和润滑效果,甚至可能导致卡钻等安全事故^[4]。固相颗粒还可能对油气层造成损害,降低油气采收率。为了有效控制固相含量,需要采取一系列措施。通过机械分离设备,如振动筛、除砂器和除泥器等,对钻井液进行初步净化。这些设备能够利用筛分和沉降原理,将钻井液中的大颗粒固相杂质有效去除。利用化学方法,如添加

絮凝剂等,促进钻井液中微小颗粒的聚集和沉降,进一步降低固相含量。还需要注意钻井液的循环速度和压力控制。合理的循环速度能够确保钻井液充分携带岩屑,并减少固相颗粒在井筒内的沉积。而适当的压力控制则有助于保持钻井液的稳定性,防止其因压力波动而发生分层或沉淀。在固相控制过程中,还应密切关注钻井液的性能变化。一旦发现固相含量超标或钻井液性能下降,应立即采取措施进行调整,如增加净化设备、调整化学处理剂用量等,以确保钻井液始终保持良好的性能状态。

结语

钻井液的选择与维护在石油钻井作业中具有举足轻重的地位。依据地质条件、井深结构及钻井工艺科学选择钻井液,同时实施恰当的维护策略,是保障钻井液性能稳定、提升钻井作业效率、确保作业安全及优化成本效益的关键。展望未来,石油勘探开发的深化与钻井技术的革新,将为钻井液的选择与维护带来新挑战与机遇。因此持续优化钻井液选择与维护策略,对于推动石油钻井行业的可持续发展具有重要意义。

参考文献

- [1]陈晓森,胡文芹,陈宝财,等.新型钻井液加重化学剂在石油钻井中的应用[J].当代化工,2024,53(9):2050-2053.
- [2]黄文明,熊芬,黄华,等.石油深井水基钻井液性能控制因素及应用实践探析[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(16):118-120.
- [3]王洪杰.石油深井水基钻井液性能控制因素研究及应用[J].石化技术,2024,31(12):180-181,179.
- [4]李喜成,唐习之,薛继彪,等.钻井液中氯离子浓度对N80石油套管钢摩擦磨损性能的影响[J].机械工程材料,2023,47(1):81-85.