

石油工程钻井技术措施研究

董吉鹏

江汉石油工程有限公司钻井二公司 湖北 潜江 433100

摘要: 在能源需求持续增长的现代社会,石油作为重要的能源资源,其开采至关重要。本文围绕石油工程钻井技术展开研究。首先概述了石油工程钻井技术,包括多种类型的钻井技术。接着详细阐述了钻井技术的关键环节与措施,涵盖钻井前准备、钻井过程中的技术措施(如井眼轨迹控制、钻进参数优化、安全保障)以及完井技术措施。随后分析了钻井技术创新的驱动力,介绍了当前创新成果,包括智能化、材料和工艺等方面的突破。最后展望了未来钻井技术发展趋势,如智能化提升、应对复杂地层和环保可持续发展等,为石油钻井领域的技术发展和实践提供全面参考。

关键词: 石油工程; 钻井技术; 措施研究

引言:石油作为重要的能源资源,其开采离不开钻井技术。随着全球能源需求的增长和开采环境的日益复杂,石油工程钻井技术面临着新的挑战与机遇。从传统的钻井技术到现代先进技术的发展,每一步都对石油开采效率和质量有着深远影响。本文旨在深入研究石油工程钻井技术,包括其技术原理、具体类型、关键环节以及创新发展趋势等内容,分析当前实践中的问题与成果,为进一步提升钻井技术水平、保障石油开采工作顺利进行提供理论支持和实践指导。

1 石油工程钻井技术概述

石油工程钻井技术是石油开采领域的关键技术,旨在通过特定的方法和设备在地下钻出井筒,为石油开采建立通道。从原理上看,钻井过程是通过在地面施加钻压,使钻头旋转破碎岩石,同时利用钻井液的循环来携带岩屑、冷却钻头和平衡地层压力。钻井技术的核心是依据地层结构和岩石特性来选择合适的参数和方法。不同的地层,如软地层、硬地层、易塌地层等,对钻井技术的要求差异很大。石油钻井技术类型多样。定向钻井技术是一种能按照预定方向钻达目标的技术。它通过井下工具如井下马达和随钻测量仪器(MWD)来控制井眼轨迹,广泛应用于海上平台、丛式井等复杂开采环境中,可有效提高采收率和开采效率。水平钻井技术则是在垂直或倾斜一定角度后,使井眼轨迹接近水平钻进。它能增大油层的裸露面积,尤其适用于薄油层、低渗透油藏,极大地提高了单井产量。欠平衡钻井技术是另一种重要类型。它使井筒内液柱压力低于地层压力,这样能有效减少对储层的损害,提高油气产量。其实现方式包括使用液相或气相介质作为循环流体^[1]。

2 石油工程钻井工程技术

2.1 定向钻井技术

定向钻井技术是石油工程钻井领域中一项极具针对性的技术,它通过特定的工具和方法,能够精确控制井眼的钻进方向,使井筒按照预定的轨迹延伸。在定向钻井过程中,关键的井下工具包括井下马达和随钻测量(MWD)等设备。井下马达为钻头提供旋转动力,实现钻头的破岩钻进。MWD则实时测量井眼的轨迹参数,如井斜角、方位角等,为地面操作人员调整钻进方向提供依据。这一技术可有效应对复杂的地质构造和地面环境限制。例如在海上平台,可从有限的平台位置向不同方向和深度的油藏进行钻井;在城市或环境敏感区域,能通过精确控制井眼轨迹避免对周边设施和环境造成影响,同时提高油藏开采效率和采收率。

2.2 水平钻井技术

在中国油田中学技术迅速发展的大背景下,水平钻取技术也被广泛应用到钻井工艺程序中,随着水平定向井钻井技术方法的使用及其对钻具配合型式的调整,可以提高降失水剂尺的稳定性和安全系数,进而承担造斜井段、直井段、稳斜井段等的建设任务,还可以在后期的天然气开发中运用高平面位移的钻井工程技术措施来提高钻井的稳定性,通过井眼位置、钻杆结构的优化,为石油产品创造更为优越的产出条件。

2.3 超深钻井技术

超深钻井技术也是在天然气工程技术领域中另一种广泛应用的新技术方法。在天然气开发工程实际进行的过程中,往往会出现水深大于6000米的钻井,尤其针对这种6000-9000米的深钻井,可利用超深钻井方法对复杂多变的地质条件开展探索,但同时还要针对高硫化氢、高温、高压等的特征,以及根据施工任务进行的实际变化,对高压喷出液的选型加以完善,以此提高超深钻井的动力性,并使得实际施工应用中的喷头和其他装

置与有关标准要求一致。

2.4 自动化钻井技术

在科学信息技术高速发展的大背景下，为了提高钻井开发的效益和品质，要积极利用高智能化信息技术对原来的传统钻井工程技术加以完善，以此达到对钻井施工的全闭环智能化管理，发挥了钻具、曲轴箱等装置设备的功效和用途，使得在钻井深处所蕴藏的原油可以被有效利用起来，对于提高钻井安全、可靠性有着非常关键的现实意义^[2]。

3 石油工程钻井技术的关键环节与措施

3.1 钻井前的准备工作

首先是地质勘探与地层资料分析。详细了解地下地质构造、岩石特性、地层压力分布等信息至关重要。通过地震勘探、测井等手段获取的数据，能够帮助工程师确定钻井的目标区域、预测可能遇到的复杂地层情况，如断层、裂缝带、高压层等，为后续钻井方案的制定提供依据。钻井设备的选型与调试也是关键步骤。根据钻井深度、地层硬度、预计钻井周期等因素，选择合适的钻机、钻头、钻杆等设备。例如，深井钻探需要大功率、高扭矩的钻机；硬地层钻进需选用耐磨性好、切削能力强的钻头。设备安装完成后，要进行全面调试，确保各个部件正常运行，包括检查绞车、转盘、泥浆泵等设备的性能和控制系统的准确性。钻井液的配制与性能优化同样不容忽视。依据地层特性配制合适的钻井液，如在易塌地层增加钻井液的黏度和密度以增强井壁稳定性；在高温地层，需考虑钻井液的抗温性能，要对钻井液的滤失量、润滑性等性能进行优化，以满足钻井过程中的多种需求。

3.2 钻井过程中的技术措施

3.2.1 井眼轨迹控制技术

井眼轨迹控制技术对于石油钻井至关重要。在直井中，要确保井眼垂直向下延伸，需精确控制钻压、转速等参数，同时利用高精度的测量仪器实时监测，避免出现井斜问题，保证井筒与设计的垂直偏差在允许范围内。对于复杂井眼轨迹，如三维定向井，要依据预先设计的轨迹，通过井下动力钻具组合与随钻测量系统配合。井下动力钻具能提供不同方向和大小的力，改变钻头钻进方向，而随钻测量系统则及时反馈轨迹信息。根据这些数据，调整钻具组合和钻进参数，从而使井眼能准确穿越不同地层，到达预定目标靶点，提高油气开采效率和采收率^[3]。

3.2.2 钻进参数优化

钻进参数优化是石油钻井过程中的关键环节。钻

压、转速和排量是主要的钻进参数，它们相互关联且对钻井效果影响显著。钻压的选择要依据地层特性，在软地层可适当降低钻压，防止钻头过快切入地层造成泥包；在硬地层则需加大钻压，但要避免超过钻头和钻具的承载能力。转速决定了钻头破碎岩石的频率，合理的转速能提高钻进效率，不过在硬地层或含砾石地层，过高转速可能导致钻头磨损加剧。排量关乎钻井液的循环效果，足够的排量能有效携带岩屑，清洁井眼，防止岩屑堆积造成卡钻等问题，同时也为钻头提供良好的冷却。通过综合考虑地层条件、钻头类型和钻具性能，实时调整钻进参数，可提高钻头寿命和钻井效率，保障钻井作业顺利进行。

3.2.3 钻井安全保障措施

钻井过程中的安全保障措施至关重要。在防止井壁坍塌方面，需先进行井壁稳定分析，依据地层特性确定合理的钻井液密度。对于易塌地层，适当提高钻井液密度，使其液柱压力能有效支撑井壁。同时，优化钻井液性能，增强其抑制性和封堵性。防漏、堵漏技术也不可或缺。施工前了解地层孔隙压力和破裂压力，当遇到漏失地层，根据漏失情况选择合适的堵漏材料和方法，如使用纤维类、颗粒类堵漏材料。对于硫化氢等有害气体，要安装先进的监测系统，实时检测其浓度。一旦超标，立即启动应急预案，包括人员疏散、通风等措施。同时，配备有效的防护装备，如防毒面具等，保障作业人员生命安全，确保钻井工作安全、稳定开展。

3.3 完井技术措施

完井技术措施是石油工程钻井中连接钻井和开采的关键环节，其选择和实施直接影响油井的产量和寿命。对于不同类型油藏，完井方法的选择差异很大。裸眼完井适用于地层稳定性好、渗透率高且同一油层内无复杂夹层的油藏。这种方法成本较低，能最大程度地保持油层原始渗透率，使油流直接流入井筒。例如在一些裂缝性碳酸盐岩油藏中应用效果显著。射孔完井则广泛应用于各类有套管的油井。它通过在套管和水泥环上射孔，建立地层与井筒的连通通道。在射孔作业中，要根据地层特性选择合适的射孔枪和弹药，控制射孔密度和相位，以优化油流进入井筒的效果。对于低渗透油藏，可采用高能射孔技术来提高地层渗透率。此外，完井作业中的关键技术还包括固井质量控制。优质的固井能有效封隔油、气、水层，防止层间窜流。要确保水泥浆性能良好，注水泥过程中保证顶替效率，使水泥环均匀、密实。套管下入过程也需谨慎操作，保证套管居中且顺利下至预定深度，为后续的开采作业奠定坚实基础。

4 石油工程钻井技术的创新与发展趋势

4.1 钻井技术创新的驱动力

钻井技术创新的驱动力主要源于复杂地质条件下石油开采的迫切需求、提高钻井效率与降低成本的经济考量以及日益严格的环保要求这三个方面。在复杂地质条件方面，随着石油勘探范围不断拓展，像深海地区的超高压、超高温、高含硫环境，以及陆地深层油气藏的复杂构造和极端高温高压状况，还有页岩气等非常规油气资源的低孔隙度、低渗透率特点，传统钻井技术无法满足开采要求，急需创新以应对挑战。从经济角度来看，石油企业为了在竞争中获利，提高钻井效率、降低成本是关键，例如自动化和智能化钻井技术能减少人工失误、精准控制参数从而加快钻井速度，新型高效钻头可提高破岩效率并延长寿命、减少更换成本，优化钻井液体系能降低损耗和处理费用。在环保要求上，当前全球环保意识增强，传统钻井技术可能导致钻井液泄漏污染土壤和地下水、废气排放影响大气等问题，所以需要创新，如研发可生物降解钻井液、开发绿色钻井工艺以减少废弃物排放和提高资源循环利用率，这既保护环境又利于企业树立良好形象和可持续发展。

4.2 当前钻井技术的创新成果

当前钻井技术涌现出了一系列令人瞩目的创新成果，其中智能化钻井技术蓬勃发展，自动化钻机和智能钻井决策系统应运而生，前者可依据预设程序精准执行操作，极大减少了人工操作的误差和劳动强度，后者能结合实时数据快速准确地制定最佳钻井策略，优化钻井过程；新型钻井材料的应用也成果显著，高性能钻头不断推陈出新，其采用更优质的合金和独特的设计，耐磨性和切削能力大幅提升，新型套管材料在抗腐蚀、抗压等性能上表现卓越，有效保障井筒的稳定性；钻井工艺改进与创新方面同样成绩斐然，连续管钻井技术实现了无需起下钻即可连续作业，大大缩短了钻井时间，提高了作业效率，同时减少了钻井过程中的复杂情况，还有旋转导向钻井系统，能在钻进过程中精确控制井眼轨迹，在复杂地层和大斜度井、水平井钻井中表现出色，可更准确地命中目标油层，提升油气开采效率，

4.3 未来钻井技术的发展趋势展望

未来钻井技术的发展趋势展望是在智能化水平持续提升的基础上，一方面向着超深、超高温高压等极端条件下的钻井技术大步迈进，如研发出能适应更深地层、更高温度和压力环境的高强度抗高温钻具、高性能钻井液和先进的钻头材料，同时配备更智能的井下监测系统以确保在复杂恶劣的深部地层环境中准确高效地钻井；另一方面朝着绿色环保方向坚定前行，致力于研发可自然降解且对地层和周边环境损害极小的钻井液体系，改进钻井工艺以大幅减少废弃物排放和能源消耗，并通过优化设备和流程实现资源的高效利用，而且会积极融入多学科融合的趋势，将地质学、材料学、计算机科学等多领域知识与技术紧密结合，通过地质建模和大数据分析精确定位钻井位置和轨迹，利用新型材料提升钻具性能，凭借信息技术实现钻井全过程的智能决策、远程监控和自动化操作，以应对复杂地质构造下的钻井挑战，提高油气采收率和开采效率，保障石油工程钻井的可持续发展和对能源开发的有力支撑^[4]。

结束语

在石油工程领域，钻井技术措施的持续发展与优化意义重大。通过对钻井技术的全面剖析，从多种钻井技术类型到各个关键环节的把控，再到创新成果与发展趋势的研究，我们清晰地看到这一领域的活力与潜力。未来，我们要进一步加强对复杂地质条件下钻井技术的攻关，深化智能化、自动化技术在钻井中的应用，积极践行绿色钻井理念。相信随着科研投入的增加和实践经验的积累，石油工程钻井技术将不断突破，为全球能源供应保障和石油工业的可持续发展提供更坚实的支撑。

参考文献

- [1]解钱虎.石油钻井工程防漏堵漏工艺研究[J].中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(14): 23-24.
- [2]鄂晓春.石油工程钻井技术研究[J].清洗世界, 2021, 37(06): 165-166.
- [3]佟宏远.定向井钻井工艺技术优化措施探讨[J].石油和化工设备, 2021, 24(01): 101-102.
- [4]冀鹏飞.钻井施工过程中的安全生产管理措施[J].中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(14): 12-13.