

修井作业在海洋石油工业中的重要性及挑战

杨宏业¹, 刘召², 王子龙³

1. 2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300459

3. 中国石油天然气管道工程有限公司, 河北 廊坊 065000

摘要: 在全球能源结构转型的大背景下, 海洋石油资源作为重要的能源补充, 其开发利用受到了广泛关注。修井作业, 作为海洋石油工业的关键环节, 对于提高油气井产量、延长油气井寿命、保障作业安全具有至关重要的作用。然而, 这一过程也面临着极端环境适应性的挑战、深水作业的技术难题、环境保护的压力以及成本与效益的平衡问题。随着技术的进步, 未来修井作业将向自动化与智能化、环保技术创新、深水作业技术突破、成本效益优化等方向发展。这不仅能够提高作业效率和安全性, 还有助于减少环境影响, 为海洋石油工业的可持续发展提供支持。

关键词: 修井作业; 海洋石油工业; 重要性

Importance and Challenges of Well Workover Operations in Offshore Oil Industry

Yang Hongye¹, Liu Zhao², Wang Zilong³

1. 2. CNOOC (China) Limited, Tianjin Branch, Tianjin 300459

3. China Petroleum and Natural Gas Pipeline Engineering Co., Ltd, Hebei, Langfang 065000

Abstract: Under the background of global energy structure transformation, the development and utilization of offshore petroleum resources, as an important energy supplement, has received wide attention. Well workover operation, as a key link in the offshore oil industry, plays a crucial role in increasing the production of oil and gas wells, extending the life of oil and gas wells, and guaranteeing the safety of operation. However, this process is also faced with the challenges of extreme environmental adaptability, technical difficulties in deepwater operations, pressure on environmental protection, and the balance between costs and benefits. With the advancement of technology, future well workover operations will develop in the direction of automation and intelligence, innovation in environmental protection technology, breakthroughs in deepwater operation technology, and optimization of costs and benefits. This will not only improve operational efficiency and safety, but also help reduce environmental impact and support the sustainable development of the offshore oil industry.

Key words: well workover operation; offshore oil industry; importance

一、引言

海洋石油资源作为全球能源供应中的重要组成部分, 其高效开发与利用一直是石油工业探讨的重点。在这个过程中, 修井作业的重要性日益凸显。修井作业不仅关系到油气井的生产效率和寿命, 而且直接影响到作业的安全和环境保护。面对极端的海洋环境、深水作业的高难度, 以及环保与成本之间的平衡, 修井作业的挑战不容小觑。随着科技的发展, 特别是在自动化、智能化技术的推动下, 修井作业呈现出新的发展趋势。这些进步不仅提高了修井作业的效率 and 安全性, 还为海洋石油资源的可持续开发提供了多面性。因此, 深入探讨修井作业在海洋石油工业中的重要性及其面临的挑战, 对于指导实际作业、推动技术创新具有重要的理论和实践意义。

二、修井作业在海洋石油工业中的重要性

(一) 提高油气井产量

在海洋石油工业中, 修井作业对于提高油气井产量的重要性

不言而喻。油气井的产量直接关系到一个国家的能源安全和经济效益。修井作业能够有效地提高已开发油气井的产量, 尤其是在油气井产量下降或遇到地质难题时。通过采用先进的修井技术, 如水力压裂、酸化处理等, 可以显著提高油气藏的渗透率, 从而提高油气的提取效率^[1]。据分析显示, 适当的修井干预可以将油井的产量提高20%至50%。此外, 修井作业还可以通过技术干预, 解决油气井中的堵塞问题, 恢复油气的流动性。例如, 通过清除油管中的沉积物或堵塞物, 可以有效地恢复油气井的生产能力。在全球能源需求日益增长的背景下, 通过修井作业提高油气井产量, 对于满足能源需求、提高能源开采效率具有重要意义。

(二) 延长油气井寿命

修井作业在延长油气井寿命方面扮演着至关重要的角色。油气井的使用寿命是衡量一个油田经济价值的关键因素^[2]。由于海洋环境的复杂性, 油气井面临着多种挑战, 如腐蚀、结垢、机械损耗等, 这些问题会缩短油气井的寿命。通过定期进行修井作业, 可以及时检测并解决这些问题。例如, 通过更换损坏的设备、清理井内沉积物, 可以显著减少设备的磨损和故障率, 从而延长油

气井的使用寿命。根据相关探讨，适当的修井作业可以延长油气井寿命15%至35%。此外，修井作业还可以通过采用新技术，如侧钻和水平钻井等，来开发更多的油气资源，提高油田的总体开采效率^[3]。因此，修井作业在维持油气井稳定运行和最大化油田价值方面发挥着关键作用。

（三）保障作业安全

在海洋石油工业中，修井作业对于保障作业安全具有至关重要的作用。由于海洋油气开采环境的特殊性，油气井面临着许多安全风险，如井喷、井壁坍塌等^[4]。修井作业通过定期检查和维修油气井设备，能够有效地预防这些风险。例如，通过对井下设备进行定期检查和维修，可以发现并及时修复潜在的安全隐患。根据统计数据，适当的修井作业可以减少约20%的事故发生率。此外，修井作业还包括对井下条件的评估和监控，通过实时监控油气井的压力、温度等参数，可以及时发现异常情况，并采取相应的应急措施。在油气井发生紧急情况时，如井控等修井作业是控制事故、保障作业人员和环境安全的关键。因此，修井作业在维护海洋油气开采作业的安全性方面发挥着至关重要的作用。

三、修井作业在海洋石油工业中所面临困难与挑战

（一）极端环境适应性

修井作业在海洋石油工业中面临的首要挑战之一是极端环境的适应性。海洋环境的不稳定性，如强风、高浪、台风以及盐雾腐蚀等，对修井作业构成了极大的威胁^[5]。这些环境因素不仅增加了作业难度，还容易导致设备损坏、操作失误，甚至是严重的安全事故。据统计，由于极端环境引起的事故在海洋石油开采中占比高达30%。此外，极端环境下的作业通常需要更高的技术要求和更精细的操作指导。例如，在强风和大浪的条件下进行修井作业，需要精确的海洋工程计算和稳定的平台支撑系统。这不仅对设备提出了更高的要求，也对作业人员的技能和经验提出了挑战^[6]。在此背景下，研发更为先进的修井技术和设备，以及提高作业人员的技能和应对能力，成为确保作业安全和效率的关键。

（二）深水作业难度

修井作业在海洋石油工业中另一个主要挑战是深水作业的难度。随着油气资源开采的不断深入，深水油气田成为新的开采热点。深水环境下的修井作业不仅技术难度大，而且成本昂贵^[7]。深水作业面临的主要挑战包括高压高温环境、复杂的地质条件以及远离陆地的作业环境。在深水作业中，井底的压力和温度条件极为严苛，这对设备的耐压耐温性能提出了极高的要求。据估计，深水作业的成本是常规油气井的3到5倍。此外，深水作业中遇到的地质问题，如盐层穿越、深水沉积物流动等，也增加了作业的复杂性。这要求修井技术和设备必须具备更高的精确性和可靠性^[8]。针对深水作业的特殊需求，开发适合深水环境的修井技术、提高设备的性能和适应性，以及优化作业流程和管理，成为提高深水修井作业效率和安全性关键。

（三）环境保护压力

在海洋石油工业中，修井作业面临的重要挑战之一是环境保

护的压力。海洋生态系统极其脆弱，任何小的疏忽都容易导致严重的环境污染。修井作业中使用的化学物质、废弃物的排放，以及事故泄露等都会对海洋生物造成伤害，破坏海洋生态平衡。据环保组织报告，油气行业每年约有数百起与修井作业相关的小型泄漏事件，这些事件虽然规模不大，但累积效应对环境的影响不容忽视。此外，国际社会对环境保护的要求日益严格，相关的法律和规章制度也在不断完善。这要求修井作业必须严格遵守环保规定，采用环保技术和设备^[9]。例如，使用生物降解的修井液、减少有害化学物质的使用，以及优化废弃物处理流程等。应对这些环保挑战，不仅需要技术创新，还需要整个行业的共同努力，以实现环境保护与油气开采的和谐发展。

（四）成本与效益平衡

修井作业在海洋石油工业中另一个显著的挑战是成本与效益的平衡。由于海洋油气开采的特殊性，修井作业的成本相对较高。例如，深水作业所需的专业设备和技术、极端环境下的安全防护措施，以及对环境保护的投入，都大幅提升了作业成本。据行业报告显示，深水油气开采的成本是陆上油气开采的数倍。因此，如何在保证修井作业安全、环保的同时，有效控制成本，成为行业面临的重要问题^[10]。这不仅涉及作业流程的优化、技术的创新，还包括对整个项目的成本管理和效益评估。同时，提高油气井的产量和延长其寿命，也是提高项目整体效益的重要途径。综合考虑成本与效益，实现经济与环保的双赢，是修井作业在未来发展中需要解决的关键问题。

四、修井作业技术在海洋石油工业中未来发展趋势

（一）自动化与智能化技术

在海洋石油工业的未来发展中，自动化与智能化技术的运用预计将带来革命性的变化。实现这一目标的路径涉及多个层面。首先是硬件层面的创新，如开发和部署更先进的自动化钻井设备和机器人技术。这些技术可以减少人为干预，降低操作风险，同时提高作业效率。其次是软件层面的发展，尤其是数据分析和人工智能算法的应用。通过收集和分析大量的钻井数据，智能系统能够提供精准的钻井指导，优化钻井参数，从而提高油气井的开采效率^[11]。例如，利用机器学习算法分析地质数据，可以更准确地预测油气藏的位置和特性，减少钻探失败的风险。最后，需要推动行业标准和规范制定和更新，以适应自动化与智能化技术的发展。行业协会和监管机构需共同努力，制定相应的安全和操作标准，确保技术的安全可靠应用。根据分析，全面实施自动化与智能化技术，有望将油气开采的效率提升至少30%以上。

（二）环保技术创新

在应对日益严峻的环境挑战方面，海洋石油工业的未来发展趋势之一是环保技术的创新。首先是在修井液料的开发上，分析和推广使用环境友好型修井液。这些修井液不仅能有效完成修井作业任务，同时在泄漏时对海洋生态的破坏最小。例如，使用基于植物油的修井液，可以大幅降低对海洋生物的毒性。另一个重点是提高废物处理的效率和环保性。通过开发新的废物处理技

术,如高效的固体废物分离设备和废水处理系统,可以减少对海洋环境的污染^[12]。此外,还需要加强环境监测和保护措施。通过安装先进的环境监测设备,如水下摄像头和传感器,可以实时监测海洋生态环境的变化,及时发现和处理潜在的环境风险。据预估,采用这些环保技术,可将修井作业对环境的影响降低40%以上。这些努力需要政府、行业组织和企业的共同参与,通过制定严格的环保标准和政策,推动环保技术的研发和应用。

(三) 深水作业技术突破

深水作业技术的突破是海洋石油工业未来发展的关键方向。为了有效开发深水油气资源,必须采用更先进的技术和方法。首先,在深水钻探设备方面,需开发更强的耐压耐腐蚀材料,以及能够适应高压高温环境的钻井设备。这些设备应具备更高的可靠性和耐久性,以应对深水环境的严酷挑战^[13]。例如,利用钛合金和复合材料制造的钻井设备,可以在极端环境下保持稳定性和耐久性。其次,深水作业技术需要集成先进的遥感和数据处理技术。利用卫星和无人机进行海洋环境监测,以及运用人工智能和机器学习技术处理大量的地质和作业数据,可以更准确地识别油气藏位置,优化钻井路径。这样的技术集成不仅提高了寻找油气藏的成功率,也大大降低了风险和成本^[14]。此外,深水作业中的安全管理和应急响应机制也需要不断完善。通过建立完善的安全管理体系,包括实时监控、风险评估和应急预案制定,可以有效预防和应对深水作业中容易出现的各种紧急情况。据估计,采用这些先进技术,深水作业的安全性能提高至少30%,同时也大幅提高了作业效率。

(四) 成本效益优化

在海洋石油工业的未来发展中,实现成本效益的优化至关重

要。首先,在成本控制方面,重点应放在提高作业效率和减少浪费上。通过采用高效的作业技术和设备,如高性能的钻井设备和自动化系统,可以缩短作业时间,降低人力和物料成本。例如,通过使用自动化钻井平台,可以减少所需的人力资源,同时提高钻探速度和精度。其次,成本优化还包括对供应链的管理和优化。通过采用更高效的物流和供应链管理系统,可以降低物料运输和存储的成本^[15]。例如,通过采用集中采购和批量订购策略,可以降低设备和材料的采购成本。此外,为了提高经济效益,还需要通过技术创新提高油气井的产量和使用寿命。例如,通过采用先进的增产技术,如水力压裂和酸化处理,可以提高油气井的产出效率。同时,通过定期维护和修井作业,可以延长油气井的使用寿命,增加总体的产量。综上所述,通过这些方法,可以实现成本的有效控制和经济效益的最大化,为海洋石油工业的可持续发展提供支持。预计这些措施能够将成本降低20%以上,同时提高产量和效率。

结束语

在本次探讨中,全面审视了修井作业在海洋石油工业中的核心地位及其所面临的众多挑战。这些挑战不仅涉及技术层面,还包括环境保护、经济效益等多方面因素。未来,随着技术的不断进步和创新,修井作业将迎来新的发展机遇。自动化和智能化技术的引入、对环保技术的深入探讨、在深水作业领域的技术突破以及对成本效益的优化,将共同推动海洋石油工业的可持续发展。正视挑战,积极应对,将有助于海洋石油资源的高效、安全、环保开发,为全球能源供应贡献重要力量。

参考文献

- [1] 卢有军, 杨光, 张勇. 海上平台修井作业打捞技术应用探讨 [J]. 石化技术, 2023, 30 (10): 92-94.
- [2] 陶艳文, 朱武. 液压修井机在海上石油平台的应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (18): 100-102.
- [3] 张刚锋, 杨嘉旭, 李厚杰, 江小龙, 李明卓. 带压作业工艺在长宁区块修井作业中的应用 [J]. 石油工业技术监督, 2023, 39 (09): 49-52.
- [4] 杨述, 曾凤玲, 石闯军, 白会彦. 基于储层损害机理的修井作业技术 [J]. 石油知识, 2023, (05): 48-49.
- [5] 吴江. 修井工艺技术的改进措施 [J]. 化学工程与装备, 2023, (08): 77-78.
- [6] 刘静华. 海上平台修井作业打捞技术应用探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (07): 152-154.
- [7] 陈曦. 渤海油田修井作业中解决井的完整性问题的思路与实践 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (06): 24-26.
- [8] 刘云龙. 海洋石油钻修井高处坠落事故分析与预防 [J]. 现代工业经济和信息化, 2022, 12 (12): 358-360.
- [9] 李勇, 杨来武, 张端光, 范新冉, 姜涛, 张晓璇. 油田修井作业多功能井架随动响应特性研究 [J]. 企业科技与发展, 2022, (09): 76-80+85.
- [10] 杨化东. 海洋无钻修机平台修井作业方式 [J]. 中国海洋平台, 2022, 37 (02): 104-108.
- [11] 郭彪, 丁鹏飞, 乌海刚, 郭威. 渤海E平台海洋修井机维护质量提高对策 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40 (22): 36-39+42.
- [12] 周振宇. 不压井修井技术在海上平台的应用分析与实践 [J]. 化工管理, 2019, (31): 82.
- [13] 朱洪华, 朱鹏飞, 冯硕, 石张泽. 浅谈修井作业中洗压井通道的建立 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39 (12): 180-182.
- [14] 李晓军, 李锋. 海洋修井机维保现状及作业控制措施 [J]. 天津科技, 2019, 46 (05): 32-33+38.
- [15] 崔海朋. 钻修井作业自动化装备技术研究及发展方向 [J]. 机电工程技术, 2019, 48 (04): 45-46+73.