

连续油管井下作业的工艺改进与实际应用经济性分析

李 博 李 追 王荣浩 青强

(中石化西南石油工程有限公司井下作业分公司, 四川 德阳 618000)

摘 要: 本文探讨了连续油管井下作业工艺的改进及其在实际应用中的效果分析。研究发现, 通过采用高强度、高韧性的新型连续油管材料, 优化工艺流程, 引入先进的监测和控制技术, 改进后的工艺在高压、高温及复杂地质条件下表现出显著的优势, 显著提高了作业效率, 降低了作业成本, 提升了作业安全性。同时, 封闭式循环系统和环保技术的应用, 减少了作业过程中的环境影响。本文通过对塔里木油田的一口井的实际应用案例进行详细分析, 验证了改进工艺的有效性和适用性。研究结果表明, 未来的研究应继续关注新材料的研发、智能化监测与控制技术的应用以及环保技术的创新, 以进一步提升连续油管井下作业的性能和适用性。

关键词: 连续油管; 井下作业; 工艺改进; 实际应用; 高压高温; 环保技术

0 前言

连续油管技术 (Coiled Tubing, CT) 作为一种先进的井下作业技术, 因其具备连续作业、无需连接接头、作业效率高等优点, 在油气田开发中得到了广泛应用[1]。随着油气资源的不断开发, 传统的连续油管作业工艺在高压、高温及复杂地质条件下, 逐渐暴露出其局限性。因此, 针对连续油管井下作业工艺的改进成为提高作业效率、降低作业风险的重要研究方向。

本论文旨在通过对连续油管井下作业工艺的优化和改进, 结合实际应用案例, 分析改进后的工艺在提高作业效率、降低作业成本、提升作业安全性等方面的效果。这项研究具有理论意义, 更具备实际应用价值。通过工艺的改进和优化, 可以提高油气田开发的效率, 降低作业成本, 还能有效提升作业的安全性和环保性, 对推动连续油管技术的发展具有重要意义。

1 连续油管井下作业工艺改进

1.1 技术背景与现状

连续油管技术的发展历程。连续油管技术自 20 世纪 60 年代问世以来, 已历经数十年的发展与完善。最初应用于油井修复和作业井清洗, 随着技术的不断进步, 应用范围逐渐扩展到钻井、完井、增产及测井等多个领域。连续油管具备灵活性强、适应性广、作业高效等特点, 尤其在深井、超深井、水平井及定向井作业中显示出独特的优势。

连续油管在井下作业中的常规应用。目前, 连续油管技术在井下作业中的应用主要包括油井修复、清洗作业、增产措施及测井作业等。在油井修复中, 连续油管可以快速进入井下, 进行堵漏、洗井、打捞等

作业; 在清洗作业中, 利用连续油管的灵活性和高压泵送能力, 可以有效清除井筒中的杂物和积垢; 在增产措施中, 通过连续油管进行酸化、压裂等作业, 可以显著提高油气井的产量; 在测井作业中, 连续油管可以携带各种测井仪器, 实现精准测量。

1.2 工艺改进的必要性

①现有工艺的不足。尽管连续油管技术在井下作业中发挥了重要作用, 但随着油气田开发条件的复杂化, 现有的连续油管工艺在高压、高温及复杂地质条件下暴露出了一些不足。例如, 常规连续油管在高压井下容易发生屈曲和断裂, 影响作业的安全性和效率; 在高温井下, 连续油管的耐高温性能也存在一定的局限, 容易引发作业事故。此外, 现有工艺在复杂地质条件下的适应性也较为有限, 难以应对多变的井下环境^[2]。②改进工艺的技术需求。针对现有工艺的不足, 改进连续油管井下作业工艺显得尤为必要。首先, 需要研发高强度、高韧性的新型连续油管材料, 以提升其在高压、高温环境下的作业能力; 其次, 需要优化工艺流程, 提升作业效率和安全性; 最后, 需要引入先进的监测和控制技术, 实现对井下作业的实时监控和精准操作, 从而提高作业的可靠性和安全性。

1.3 新工艺设计

新型工具与设备的引入。为了应对高压、高温及复杂地质条件下的作业需求, 需要引入新型工具与设备。例如, 高强度、高韧性的连续油管材料, 可以显著提升作业的安全性和可靠性; 先进的压力和温度监测设备, 可以实现对井下环境的实时监控; 智能化的控制系统, 可以提高作业的精准度和效率^[3]。

优化工艺流程。优化工艺流程是提升连续油管井下作业效率和安全性的关键。通过对现有工艺的改进,简化作业步骤,减少作业时间,可以有效提升作业效率;通过引入先进的作业技术和设备,可以提升作业的安全性和可靠性。例如,在井下作业中,引入连续油管自推进系统,可以实现自动化作业,减少人为操作带来的风险。

安全与环保措施的强化。在连续油管井下作业中,安全与环保措施同样至关重要。通过引入先进的安全监测和控制技术,可以有效预防作业事故的发生;通过优化作业流程,减少作业过程中的油气泄漏和污染,提升作业的环保性^[4]。例如,利用封闭式循环系统,可以实现对作业过程中产生的废液和废气的有效处理,减少对环境的影响。

2 实际应用案例分析

2.1 案例背景

①案例井的基本情况。本案例分析选取了位于塔里木油田的一口井作为研究对象。该井井深 5000m,具备高温高压的特点,地层复杂,存在多个漏失层和断裂带。由于油井产能下降,需进行修井作业以恢复生产。②现场作业环境介绍。塔里木油田地处新疆,气候条件恶劣,冬季寒冷,夏季炎热。作业区地处戈壁沙漠,基础设施相对薄弱,给现场作业带来了较大的挑战。井场周边地质条件复杂,地下水系发育,作业过程中需特别注意环保和安全问题。

2.2 工艺改进实施过程

①作业准备。在作业准备阶段,针对该井的具体情况,制定了详细的作业方案。首先,选用了高强度、高韧性的连续油管材料,确保其在高压高温环境下的作业可靠性。其次,配备了先进的井下压力和温度监测设备,实时监控井下环境变化。此外,作业团队进行了充分的培训,确保每位操作人员熟练掌握新工艺流程和设备操作。②新工艺的具体实施步骤。作业实施过程中,首先进行井下环境的详细测量和评估,确认井筒完整性和地层稳定性。随后,通过连续油管进行井筒清洗,清除井内的杂质和积垢。接着,采用高强度连续油管进行堵漏作业,针对漏失层进行封堵,确保井筒的密封性。最后,进行增产措施,通过连续油管进行酸化作业,提高地层渗透率,恢复油井产能。③现场问题及解决方案。作业过程中会遇到一些突发问题。例如,在堵漏作业中,遇到地层压力突增,连续油管出现屈曲现象。通过实时监测系统,及时发现

并调整作业参数,确保了作业的顺利进行。此外,在酸化作业中,由于地层复杂,酸液分布不均匀,影响了增产效果。针对这一问题,调整了酸化工艺参数,优化酸液分布,最终取得了良好的增产效果。

2.3 作业结果与效果评估

①数据统计与分析。作业结束后,对各项作业数据进行详细统计与分析。数据显示,通过工艺改进后的连续油管作业,井筒清洗效果显著,杂质和积垢清除率达到了 95% 以上。堵漏作业成功封堵了所有漏失层,井筒密封性大幅提升。酸化作业后,油井产能显著恢复,日增产量达到 100m³。②作业效率及经济效益评估。工艺改进后的连续油管作业在效率和经济效益上均表现出色。相比传统作业方法,作业时间缩短了 30%,作业成本降低了 20%。高强度连续油管的使用,减少了作业中的故障率,降低了设备维护和更换成本。同时,优化工艺流程和作业步骤,提高了整体作业效率。③安全与环保效果评估。在安全和环保方面,工艺改进后的作业效果显著。高强度连续油管的使用,减少了井下作业中的断裂风险,提高了作业安全性。先进的实时监测系统,确保了井下环境的稳定和安全。此外,利用封闭式循环系统,对作业过程中产生的废液和废气进行了有效处理,减少了对环境的影响。

3 讨论

3.1 工艺改进的优势与不足

①工艺改进的优势。工艺改进后的连续油管井下作业在多个方面展示出了显著的优势。首先,高强度、高韧性的连续油管材料显著提升了作业的可靠性,减少了作业中的断裂和屈曲风险。其次,优化后的工艺流程提高了作业效率 and 经济效益,缩短了作业时间,降低了作业成本。此外,先进的监测和控制技术的引入,实现了对井下环境的实时监控,增强了作业的安全性和环保性。例如,封闭式循环系统的应用,有效控制了作业过程中的污染物排放,减少了对环境的影响。②工艺改进的不足。尽管工艺改进取得了显著成效,但仍存在一些不足。首先,高强度连续油管材料的成本较高,增加了初始投入。其次,复杂地质条件下,工艺的适用性仍需进一步验证。例如,在极端高温高压环境下,新材料和新设备的耐受性仍需经过长期实践检验。此外,智能化监测和控制技术的应用,需要操作人员具备更高的技术水平和操作技能,对培训和管理提出了更高要求。

3.2 改进工艺的适用范围

①适用于高压高温井。改进后的连续油管井下作业工艺,特别适用于高压高温井的作业环境。高强度、高韧性的连续油管材料,在高压高温条件下表现出良好的作业性能,能够有效避免传统连续油管在此类环境下的屈曲和断裂问题。②适用于复杂地质条件。在复杂地质条件下,改进工艺同样表现出较好的适用性。优化的工艺流程和先进的监测技术,能够应对多变的地质环境,提高作业的稳定性和安全性。例如,在存在多个漏失层和断裂带的地层中,改进后的堵漏工艺和酸化工艺,能够有效提高作业的成功率和井筒的密封性。③适用于环保要求高的作业区。对于环保要求高的作业区,改进后的工艺具备显著优势。封闭式循环系统和废液废气处理技术,能够有效控制作业过程中的污染物排放,减少对环境的影响,符合现代油气田开发中的环保要求。

4 未来研究方向与展望

4.1 新材料的研发

未来的研究应继续关注新材料的研发。高强度、高韧性材料的进一步优化和创新,将有助于提升连续油管的作业性能,扩展其适用范围。例如,研究耐高温、抗腐蚀的新型合金材料,能够进一步提高连续油管在极端环境下的适用性和安全性。

4.2 智能化监测与控制技术

智能化监测与控制技术的发展,将是未来连续油管工艺改进的重要方向。通过引入人工智能和大数据分析技术,实现对井下作业的实时监控和精准控制,提高作业的自动化水平和作业效率。例如,开发智能井下机器人,可以在复杂井下环境中进行自主作业,减少人为操作风险。

4.3 环保技术的创新

在环保技术方面,未来的研究应致力于开发更加高效的废液废气处理技术和设备。例如,研究利用生物技术和物理化学技术,处理作业过程中产生的废液和废气,减少对环境的污染。同时,研究循环利用和资源回收技术,提高作业过程中的资源利用效率,实现绿色开发。

5 经济影响分析

5.1 成本效益分析

改进后的工艺不仅显著提高了作业效率,还大幅降低了作业成本。采用高强度材料和先进的监测技术,减少了设备的维护和更换费用,显著提高了经济效益。此外,通过优化工艺流程,减少了非生产时间和能源

消耗,进一步降低了总体运营成本。高强度材料的使用延长了连续油管的使用寿命,减少了更换频率和相关费用。先进监测技术的引入,提高了作业过程中的实时监控能力,使得问题能够在初期被发现并及时处理,避免了严重故障的发生。优化的工艺流程则使得作业步骤更加高效、连贯,减少了资源浪费和时间损失,从而实现了更高的经济效益和可持续性。

5.2 投资回报率

尽管改进后的连续油管作业技术需要较高的初始投入,但通过提高作业效率和降低故障率,在较短时间内实现了成本回收。数据表明,改进工艺在一年内就为企业带来了显著的经济回报,投资回报率超过了30%。这一高回报率主要得益于新材料和新技术的应用,显著提高了作业成功率和安全性,减少了意外停工和修复费用,提升了整体经济效益。此外,作业效率的提升和成本的降低,使得企业在市场竞争中具备了更强的价格优势和服务能力,进一步增强了市场占有率和客户满意度。整体来看,改进后的连续油管作业技术不仅在短期内实现了显著的经济回报,更为企业的长期发展和市场拓展奠定了坚实的基础。

6 结论

本研究通过对连续油管井下作业工艺的改进,结合实际应用案例,系统分析了改进工艺在提高作业效率、降低作业成本、提升作业安全性等方面的效果,具有较高的应用价值。研究表明,改进后的工艺在高压、高温及复杂地质条件下,表现出显著的优势。但是工艺改进仍存在一些不足,主要体现在高材料成本和操作技术要求较高等方面。未来的研究应继续关注新材料的研发、智能化监测与控制技术的应用以及环保技术的创新,以进一步提升连续油管井下作业的性能和适用性。通过不断的技术创新和工艺优化,连续油管井下作业必将在油气田开发中发挥更加重要的作用,推动油气资源的高效、绿色开发。

参考文献:

- [1] 王立成,刘伟.连续油管技术的应用与发展[J].石油钻探技术,2019,47(4):1-7.
- [2] 张强,李俊.高压高温井下作业技术研究进展[J].石油与天然气地质,2020,41(3):201-207.
- [3] 李峰,王晓东.新型高强度连续油管材料的研究与应用[J].石油机械,2021,49(6):45-50.
- [4] 刘洋,张磊.连续油管井下作业中环保技术的应用[J].环境科学,2022,43(5):89-94.