

石油工程井下作业修井技术现状及工艺优化

王 伟

江苏油田分公司工程中心 江苏 扬州 225200

摘 要: 石油工程井下作业修井技术是保障油井高效稳定生产的关键环节,其核心任务包括打捞井下落物、修复套管损坏、解除卡钻及侧钻重建生产通道等。当前,尽管修井技术在恢复油井产能、提高采收率和降低成本方面成效显著,但仍面临技术适应性不足、设备老化、人员技能参差不齐及安全风险加剧等挑战,为应对这些问题,需从技术创新、设备升级、人员培训及流程优化等多维度推进工艺优化。本文系统分析了修井技术的现状、应用成效及现存问题,并提出针对性优化策略,旨在为油田高效开发和可持续发展提供技术支撑。

关键词: 石油工程; 井下作业; 修井技术; 现状; 工艺优化

引言

石油工程井下作业中,油井受多种因素影响会出现故障,影响正常生产。修井技术作为保障油井生产的关键手段,不仅能及时修复故障、恢复生产,还能维护油井、延长寿命、提升采收率并降低风险。随着油田开发深入,井下地质条件愈发复杂,对修井技术提出更高要求。在此背景下,深入了解修井技术现状并探寻工艺优化策略具有重要的现实意义。

1 石油工程井下作业修井技术的重要性

油井长期生产时,受地层压力变化、井内流体侵蚀及井下工具损耗等因素影响,会出现套管破损、管柱卡滞、井下物件掉落等故障,干扰正常生产。修井技术可及时修复处理这些故障,恢复油井生产,保障石油供应稳定。其中,套管修复技术能修复受损套管,防止井内流体泄漏,维持油井密封性与生产能力,确保持续稳定产出。合理修井作业能对油井进行维护保养,作业中及时发现并解决潜在问题,减缓油井老化速度、延长使用寿命。定期清理井筒可去除井壁结垢杂质,降低磨损腐蚀程度,提高生产效率与使用年限。先进修井技术能提升作业效率与质量,减少对油井生产的影响时间,促使油井尽快复产。优化工艺可改善生产条件,提高石油采收率,高效打捞技术能快速打捞井下落物,缩短停产时间、提升生产效益。石油工程井下作业风险高,修井技术不完善易引发安全事故,科学合理的修井技术与严格工艺流程可降低作业风险,保障作业人员人身安全与设备正常运行,在高压井修井作业中,可靠的井控技术与完备安全防护措施能有效预防井喷等事故发生。

2 石油工程井下作业修井技术现状

2.1 常用修井技术类型

(1) 打捞技术。打捞技术用于处理井下落物问题,

因落物有钻具、套管碎片、工具等多种类型,故采用多种工具与方法。公锥和母锥打捞针对有内孔或外螺纹的落物,旋转下放使其与落物螺纹相连来打捞;滑块打捞靠滑块移动抓取圆柱形落物外径;磁力打捞器用于铁磁性小物件,操作简便且有一定效率^[1]。(2) 套管修复技术。套管修复技术关乎套管完整性,进而影响油井运作,主要有套管补贴、套管整形和套管更换三种方式。套管补贴是在损坏套管内贴合金属套管,用液压或机械手段使其紧密贴合,恢复密封性与强度;套管整形用胀管器、滚珠整形器等工具矫正变形套管,让其恢复原状;套管更换针对严重损坏无法修复的套管,取出后换上新套管,保证井筒结构完整。(3) 解卡技术。解卡技术针对井下作业中钻具或其他工具卡钻问题。根据卡钻原因和井下情况,采用不同方法。震击解卡通过地面震击器或井下震击工具施加冲击力使卡点松动;浸泡解卡利用化学药剂如解卡剂溶解卡钻物质,降低卡钻力;倒扣套铣解卡适用于复杂卡钻情况,先倒扣松开钻具上部连接,再用套铣工具套铣卡钻部位的岩屑或水泥环,取出卡钻部分。(4) 侧钻技术。侧钻技术用于油井套管损坏严重、井下事故复杂且常规修井方法无法解决的情况。该技术在原井眼一定深度位置侧向钻出新井眼,绕过故障区域,重新建立生产通道,能充分利用原有井眼资源,降低钻井成本,提高油井利用率,对老油田挖潜增效作用明显。

2.2 技术应用成效

一是在保障油井正常生产方面,修井技术能及时处埋油井各类故障。打捞井下落物可消除其对油井生产的持续阻碍,确保油流正常通过;修复套管损坏能恢复套管密封性能,防止井漏等情况发生,维持油井注采平衡状态;解除卡钻可让油井生产流程重回正轨,保障油

井持续稳定生产。二是在提高油井采收率上,有效修井作业可改善油井生产条件,侧钻技术能够绕过原有故障区域,开采未被开发的油层,增加可采储量,充分挖掘油井潜在产能;解卡技术解除卡钻后,钻具可继续进行钻进或其他作业,拓展油井生产边界,提升油井生产能力,从而提高石油采收率。三是在降低生产成本方面,修井作业成本相较于新钻一口油井更低,及时修复出现故障的油井,延长其生产寿命,可减少新井钻探数量,降低油田整体开发成本。同时,修井技术不断进步,作业效率持续提升,作业周期得以缩短^[2]。这减少了人力、物力在作业过程中的投入,也降低了因长时间作业导致的设备损耗等额外成本,而且高效作业能更快使油井恢复生产,减少因停产造成的产量损失,从间接层面降低了生产成本,对油田的可持续发展具有重要意义。

2.3 现存问题与挑战

(1) 技术适应性方面,伴随油田开发深入,井下地质条件的愈发复杂,高温高压、深井超深井、高含硫等特殊井况增多,对修井技术适应性要求大幅提升。但部分传统修井技术存在明显瓶颈,面对复杂井况时,难以满足实际作业需求,致使修井作业成功率下滑,作业周期被迫延长。(2) 设备性能层面,修井设备性能与质量直接关乎作业效率和质量。当下,部分修井设备老化磨损严重,技术水平相对滞后,与先进修井技术不匹配。一些修井机起升能力和动力输出不足,无法应对深井、超深井修井作业;部分检测设备精度欠佳,难以精准检测井下状况,影响作业决策的科学性与准确性。(3) 人员技术水平上,修井作业属技术密集型工作,对作业人员专业技术与操作技能要求颇高。然而,当前作业人员技术水平参差不齐,部分人员缺乏系统专业培训和实际操作经验,对新技术、新工艺的掌握与应用能力不足,作业中常出现操作不规范、问题处理不当等情况,影响修井作业质量与效率。(4) 安全风险方面,井下作业环境复杂,井喷、火灾、爆炸、中毒等安全隐患众多。修井作业时,因作业人员操作失误、设备故障等因素,易引发安全事故。并且,随着油田开发推进,井下压力、温度等条件更为复杂,安全风险进一步加剧,对修井作业安全管理提出更为严苛的要求。

3 石油工程井下作业修井工艺优化策略

3.1 技术创新与改进

第一,研发新型修井工具。鉴于复杂井况和特殊作业需求,需加大研发力度。打造具备更高强度、更优耐磨性与耐腐蚀性的打捞工具,以提升打捞作业成功率;开发适用于高温高压井的套管修复工具,解决传统工具

在极端环境性能不佳的问题;设计新型解卡工具,提高解卡效率与安全性,还要重视修井工具的标准化和系列化设计,便于工具选型与使用,提高作业的规范性和便捷性。第二,引入智能化技术。结合人工智能、大数据、物联网等新兴技术,推动修井作业智能化。在修井设备安装传感器,实时采集作业中井下压力、温度、设备运行状态等各类数据,利用大数据分析和人工智能算法处理分析数据,实现修井作业实时监测与智能决策^[3]。依据井下数据自动调整修井设备运行参数,提升作业精度和效率;借助智能诊断系统及时发现设备故障隐患,提前维护维修。第三,优化修井液体系。修井液在修井作业中有冷却钻具、携带岩屑、平衡地层压力等重要作用,优化该体系,研发环保型、高性能修井液,可提高作业效果与安全性,开发低伤害、高效携砂的修井液,降低对地层损害;研究适用于高温高压井的修井液,确保其在极端环境保持良好性能,为修井作业顺利开展提供保障。

3.2 设备管理与升级

(1) 更新老化设备,及时替换使用年限长、老化磨损严重的修井设备,引进自动化修井机、连续油管作业设备等先进设备。自动化修井机自动化程度高、作业效率高且安全性好,能显著提升修井作业质量与效率;连续油管作业设备起下速度快、带压作业能力强,适用于多种复杂井下作业,更新设备可整体提高修井作业技术水平。(2) 加强设备维护保养。建立健全设备维护保养制度,强化对修井设备的日常维护。制定详细设备维护计划与操作规程,明确维护责任人与周期,保证设备始终处于良好运行状态。同时,加强对设备维护人员的培训,提升其设备维护技能与故障排除能力,以便及时发现并解决设备运行中的问题,降低设备故障对修井作业的影响。(3) 建立设备管理系统,利用信息化技术构建该系统,对修井设备从采购到报废的全过程进行管理。通过系统可实时掌握设备运行状态、维修历史、备件库存等信息,为设备合理调配与维修决策提供依据,并且利用系统分析设备运行数据,发现潜在问题与故障趋势,提前采取预防和维护措施,提高设备可靠性与使用寿命,保障修井作业的顺利进行,推动石油工程井下作业修井工艺不断优化。

3.3 人员素质提升

一是加强专业培训。制定系统的人员培训计划,对修井作业人员开展全面培训。培训内容涵盖修井技术理论知识,像井下作业工艺、修井设备原理等,让作业人员掌握扎实理论基础;同时注重实际操作技能培训,通

过现场模拟演练与实际作业操作,切实提高其实际操作能力,定期组织新技术、新工艺培训,使作业人员及时了解行业最新发展动态,持续更新知识体系,提升技术水平^[4]。二是开展技能竞赛与交流活动。组织修井技能竞赛和交流活动,为作业人员搭建展示技能、交流经验的平台。技能竞赛能激发作业人员的学习热情与竞争意识,促使他们主动提升技能水平;交流活动则促进作业人员之间的沟通合作,大家可以分享作业经验和技巧,相互学习借鉴,共同提高修井作业的质量和效率。三是建立人才激励机制。构建完善的人才激励机制,吸引并留住优秀修井技术人才,对在修井技术创新、工艺优化等方面有突出贡献的人员,给予物质奖励和精神表彰,激发他们的创新积极性和工作热情,同时为技术人员提供广阔的发展空间和晋升渠道,鼓励他们不断学习进步,提升自身综合素质。

3.4 作业流程优化

(1) 作业前充分准备。组织专业技术人员对井下状况进行详尽勘察与分析,综合考量井下地质条件、故障类型、设备状况等多方面因素,以此制定科学合理的作业方案。方案要清晰明确作业步骤、技术要求以及安全措施,同时对作业过程中可能出现的各类风险进行全面评估,并针对性地制定相应应急预案,为作业安全有序开展筑牢根基。(2) 作业中严格监控。建立专门的作业监控中心,借助先进技术手段,实时监测设备运行参数、井下压力温度等关键数据,从而及时、准确地掌握作业动态。现场管理人员需严格依照既定的作业方案 and 操作规程进行指挥协调,确保各岗位人员明确自身职责,紧密配合、协同作业。一旦作业过程中出现突发问题,要迅速响应、及时处理,将问题对作业质量与安全的影响降到最低,保障作业顺利进行。(3) 作业后及时

总结评估。修井作业完成后,要马上对作业过程进行全面总结评估,深入分析作业中存在的问题与不足,总结经验教训,为后续修井作业提供参考依据,同时评估作业效果,涵盖修井后油井生产恢复情况、设备运行状况等方面^[5]。依据评估结果,对作业方案和工艺进行针对性优化改进,不断提高修井作业的精准度和效率,推动石油工程井下作业修井工艺持续优化升级。

结语

综上所述,石油工程井下作业修井技术是保障油井生产的关键环节,尽管当前修井技术取得一定成效,但在面对复杂井况和行业发展的新需求时,仍存在诸多问题与挑战。通过技术创新与改进、设备管理与升级、人员素质提升以及作业流程优化等多方面的策略实施,能够有效提升修井技术水平,提高作业效率与质量,降低成本与风险。未来,随着科技的不断进步,修井技术将朝着智能化、高效化、绿色化的方向发展,为石油工程的高质量发展提供更有力的支撑。

参考文献

- [1]张立强.石油工程井下作业修井技术现状及工艺优化研究[J].区域治理,2025(8):0259-0261.
- [2]何百成.井下作业修井技术现状及优化措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(6):187-189.
- [3]张典琦,吴存金.石油工程井下作业修井技术现状及工艺优化的策略探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(3):0047-0050.
- [4]柳巍洧.井下作业修井技术现状及工艺优化措施[J].石油石化物资采购,2024(12):124-126.
- [5]许龙.石油工程井下作业修井技术及其工艺的研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(2):0013-0016.