

石油工程井下作业的修井技术及工艺

张雪亮

中石化集团公司江苏油田分公司工程技术服务中心工艺研究所 江苏 扬州 225265

摘要: 井下作业的修井技术及工艺对石油工程行业的发展至关重要, 本文从石油工程井下作业修井技术重要性及现状入手, 对石油工程井下作业修井技术进行了分析, 并提出了一些强化石油工程井下修井作业管理水平的策略。

关键词: 石油工程; 井下作业; 修井技术

引言

石油工程井下作业是一项高风险、高技术含量的工作, 其对修井技术及工艺的要求也相对较高。良好的修井技术和工艺可以提高修井效率、确保作业质量、降低事故发生率。因此, 在石油工程井下作业中, 修井技术及工艺具有重要意义。

1 修井技术的重要性及发展现状

1.1 修井技术的重要性

石油工程井下作业修井技术是指对油水井进行维修和保养的一种技术, 包括对油水井进行日常维护、修理、改造等。修井技术的目的在于提高油水井的产量和利用率, 保证石油开采的安全性和稳定性。修井技术是石油开采过程中的关键环节之一, 其重要性不言而喻。

(1) 修井技术能够对油水井进行维修和改造, 使得油水井能够更好地适应开采需求, 提高石油开采的效率。例如, 油水井的维修和改造可以使得油水井的产油能力和产液能力得到提升, 提高石油和天然气的开采量。(2) 修井技术可以及时排除油水井出现的故障和问题, 避免出现大的生产事故, 保障石油生产的安全。例如, 修井技术可以对出现故障的油水井进行及时的维修和处理, 避免故障扩大和影响正常的石油生产。(3) 修井技术的有效应用可以延长油水井的使用寿命, 减少石油开采的成本。例如, 修井技术可以对油水井进行预防性维修, 及时发现和解决潜在的问题, 避免出现大的设备损坏和维修费用。(4) 修井技术的发展和实现可持续发展, 促进经济、社会和环境的协调发展。例如, 修井技术的发展可以提高石油资源的利用率, 减少石油开采过程中的环境污染, 实现绿色、低碳、可持续发展。

1.2 修井技术的发展现状

目前, 我国的石油工程井下作业修井技术已经取得了一些进展和成果。在油水井维修方面, 已经形成了一套完整的维修体系和技术规范, 能够及时排除油水井出现的常见故障。在油水井改造方面, 已经掌握了压裂、

酸化等技术, 能够改善油藏的渗透性和流动性。在水平井和大斜度井钻进方面, 已经成功地钻出了一些优质的水平井和大斜度井, 提高了油气采收率和开发效益。在电缆测井和射孔方面, 已经能够准确地测量地层参数和评估油气藏品质, 同时用射孔枪对油气层进行射孔, 以打通油气通道, 提高油气采收率。然而, 与国际先进水平相比, 我国的修井技术还存在一些不足和差距。主要表现在以下几个方面: 第一, 我国的修井技术整体水平还不够高, 缺乏高端技术和设备。在修井设备的研发和应用方面, 与国际先进水平相比还存在一定的差距。同时, 一些高端技术和设备需要引进国外, 导致成本较高, 也限制了修井技术的发展和应用。第二, 我国的修井技术规范 and 标准还不够完善, 存在一定的操作随意性和经验依赖。尽管已经形成了一套完整的维修体系和技术规范, 但在实际操作过程中, 仍然存在一些随意性和经验依赖, 容易造成误差和失误。第三, 我国在修井技术研发和创新方面的投入还不足, 缺乏持久的技术创新动力。尽管在修井技术方面取得了一定的成果, 但整体上还缺乏技术创新和研发的动力^[1]。同时, 一些新技术和新设备的研发和应用需要投入大量的人力和物力资源, 需要加强政府和企业之间的合作和投入。第四, 我国在修井技术人才培养和队伍建设方面还有很大的提升空间, 需要加强高层次技术人才和管理人才的培养和引进。在修井技术人才培养方面, 需要加强学校教育和职业培训的力度, 提高技术人员的专业素质和管理能力。同时, 需要加强与国际先进企业的合作和交流, 引进高端人才和团队, 提升修井技术的发展水平。

2 石油工程井下作业修井技术

2.1 压裂技术

压裂技术是一种改善油井岩层渗透性和提高生产效率的井下修井技术, 其主要原理是利用压力将压裂液(包括水和其他添加物等)压入岩层中, 在岩层中形成一定的裂缝或微裂缝, 从而改善油井的产能。压裂技术

主要分为两种形式：液压压裂技术和射孔压裂技术。其中，液压压裂技术又称作水力压裂技术，是通过高压水将压裂液注入油井，使其沿着裂纹向外扩张，最终侵入油井岩层裂隙使其扩大，在岩层内形成一个连接油井的裂缝。而射孔压裂技术又称作爆破压裂技术，是利用爆破方法在岩层中打孔，然后通过压裂液体在孔内形成压力，使裂缝扩张和连接，进而提高油井的产能。不同的压裂技术采用不同的压裂材料和压力，同时还需要根据不同的油井岩层性质和条件来进行选择和设计。无论采用哪种压裂技术，压裂液是至关重要的组成部分。压裂液除了包含大量的水外，还要添加一些化学添加剂，如聚合物、硅酸盐、粘土等，以增加压裂液的黏度和粘附性^[2]。在此基础上，相关人员可以通过控制压裂液的压力、注入量、速度、流量等关键参数，来控制压力差和压力波扩散的速度和强度，从而实现岩层压裂的效果。目前，压裂技术在国内外石油工程领域广泛应用，同时也面临一些挑战。一方面，由于需求的增长和市场的扩大，油气行业的采油难度越来越大，压裂技术也需要适应新的工作环境和市场需求。另一方面，油井岩层复杂多变，压裂技术在实际应用中，也面临一些难以预料的问题，例如良好的良性压裂流程保证和压裂盲区分布规律的量化等。

2.2 试油测试技术

石油作为现代工业的基石，对于国家的经济发展和 社会进步具有至关重要的作用。在石油工业中，试油测试技术是其中一个关键的环节，其目的是确定油田的产能和油井的生产能力，为后续的石油开采和生产提供必要的数据支持。试油测试技术根据其采用的方法和设备不同，可以分为多种类型。其中比较常用的有以下几种：第一，地层测试法是一种在油气藏内进行的测试方法，它通过将测试设备下入到油气藏内部，对油气藏的压力、温度、渗透率等参数进行测量和记录。这种方法可以直接获取油气藏的各项参数，并且对油气藏不产生过多的影响，因此在石油工程中得到了广泛的应用。第二，压裂试油法是一种通过压裂的方式将油气从岩层中挤压出来的方法，这种方法适用于储层渗透性较差的油气藏，通过压裂可以增加储层的渗透性，提高油气的产量。但是，压裂试油法需要在油气藏中注入大量的水和其他液体，因此在应用时需要考虑地质环境和生态环境的保护问题。第三，酸化试油法是一种通过酸化的方式解除油气藏中污染或堵塞物的方法，这种方法适用于储层污染或堵塞严重的油气藏，通过酸化可以解除储层中的污染和堵塞物，提高油气的产量。但是，酸化试油法

需要使用大量的酸液和其他化学剂，因此在应用时需要考虑环境保护问题。

2.3 井控新技术

井控是指对井口进行监控和管理，确保井口设备和井身状态的安全稳定。通过井控技术，可以实时监测井口压力、温度和流量等参数，及时发现异常情况并采取相应措施，以保障施工作业的安全性和高效性。同时，在实际生产阶段，需要根据工作中出现的问题进行技术优化和改造。通过对井控系统的运行情况和施工作业数据的分析，可以发现存在的瓶颈和不足之处，从而针对性地进行技术上的改进，提高系统的稳定性、可靠性和响应能力^[3]。例如，优化传感器的布置和参数调整，改善数据采集的准确性；改进控制算法和逻辑，提高井口设备的自动化程度和操作效率。通过不断加强井控新技术的应用，可以更好地保障井下作业的顺利进行和生产的安全可靠。此外，随着科学技术的发展和井控需求的变化，新的技术将不断涌现。因此，石油工程需要与时俱进，紧跟技术发展的步伐，及时引入和应用新的井控技术。同时，要注重经验总结和案例分析，不断积累实践经验，为井控新技术的应用提供宝贵的参考和指导。

3 提高石油工程井下修井技术水平的策略

3.1 提高相关技术人员操作水平

相关技术人员的技能水平、安全意识和责任心都是影响修井效果和安全性的重要因素，因此，提高相关技术人员的操作水平是石油工程井下作业修井技术中的重要一环。首先，石油企业应该定期开展对相关技术人员的培训工作。通过培训，可以不断提升人员的知识储备和技术能力，使其能够更好地应对井下施工中的各种情况。培训应该以操作技能和安全知识为重点，使相关技术人员能够全面掌握修井设备和工艺流程，了解典型安全事故的原因和防范措施，提高其在井下工作中的应变能力和风险意识。其次，为了提高相关技术人员的积极性和主动性，石油工程中的安全管理部门需要建立责任机制和优化管控制度。责任机制应该明确每个人的岗位职责和工作要求，每一个人都应该对自己的工作质量负责，积极地发现问题、解决问题和改进工作，有效地预防安全事故的发生。优化管控制度可以通过完善流程、明确流程、加强监督和检查等手段来提高管理效果，确保相关人员能够按照制度和规定进行工作，降低操作风险和事故发生率。最后，为了提高相关技术人员的操作水平，对于相关人员，还需要加强技术支持。技术支持可以包括对新技术和新设备的培训，提供技术交流平台 and 资源共享机制，定期收集和整理行业中成功的经验

和优秀的实践,对相关技术人员进行技术指导和支
持,帮助他们更好地开展工作,促进其不断地掌握新技术
和新成果。

3.2 改进井下落物的打捞技术

井下落物的打捞技术是石油井修井工作中不可分割
的一部分。传统的打捞技术相对简单易行,但在复杂多
变的井下地质环境中,其作用受到限制,同时打捞作业
本身也具有风险和安全隐患。因此,需要改进井下落物
的打捞技术,提高打捞作业的效率 and 安全性。第一,针
对不同类型的井下落物,设计研发专用的打捞工具,以
提高打捞效率和成功率。例如,对于油管、钻杆等圆柱
形落物,可以研发出专门的打捞筒或打捞矛;对于钢丝
绳、电缆等柔性落物,可以研发出专门的抓捕器或夹持
器。同时,为了减少打捞工具对井下空间的影响,可以
选用轻便、高强度的材料制造打捞工具,以提高其适应
性和耐用性。第二,利用现代科技手段,引入智能打捞
技术,以提高打捞效率和成功率。例如,利用计算机技
术和数值模拟方法,可以对落物进行精确的定位和形态
分析,设计出最优的打捞方案;利用机器人技术和自动
化控制技术,可以实现落物的自主寻迹和自动打捞。并
且,结合人工智能和大数据技术,可以对打捞数据进行
实时分析和处理,为打捞决策提供科学依据。第三,简
化打捞操作流程,减少操作环节和操作时间,以提高打
捞效率。比如,在打捞前进行详细的井下勘查和测量,
确定落物位置和形态;在打捞过程中采用合适的动力系
统和传动系统,以保证打捞力量的稳定和传递;在打捞
后进行及时的设备检查和维护,确保设备正常运行和使
用寿命。

3.3 加大对修井作业工艺程序的优化

合理和规范的工艺程序是提高修井作业效率和质
量的重要保障,因此,石油行业需要加大对修井作业工
艺程序的优化。(1)工艺程序的制定应依据该目标,清
晰明确、具体合理,保证实施的可行性。同时应设立工
艺细节方案,也就是应该明确说明每个工序的具体操作
程序以及操作步骤。这有利于规范作业流程,加快施工
进度,提高工作效率。(2)在修井作业中,石油工程安全

部门应设立有效监督管控系统,对相关设备进行全方
位地监管,保证将其中所涉及到的问题得到有效地管
控^[4]。

(3)通过不断的技术更新和提高,能够提高修井的
质量和效率。同时,注重合理使用相关技术设备,加强
维护管理,延长设备的使用寿命,减少更换和维修的
次数,从而降低维护的成本和工期提高。

3.4 推进国际合作与交流

参加国际石油工程技术交流会议和展览是推进
国际合作与交流的重要方式之一,在这些平台,相关技
术人员可以了解到国际最新的修井技术动态和进展,
学习到国际先进的修井技术和经验,同时也可以和国
际同行进行面对面的交流和沟通,分享彼此的技术经
验和思路。这些交流活动可以开阔我国修井技术人
员的眼界,提高他们的技术水平和创新能力。另外,
引进国际先进的修井技术和设备也是推进国际合作
与交流的重要方式之一。相关部门可以积极引进国际
先进的修井技术和设备,通过引进技术和设备,可以
快速提高我国修井技术的整体水平。同时,也可以通
过引进技术和设备,了解和学习国际先进的修井技术
规范和标准,推动我国修井技术向国际先进水平看
齐。

结语

综上所述,修井技术及其相关工艺在石油工程中
具有重要意义。通过合理应用这些技术和工艺,可以
解决井下作业中的各种问题,提高井口设备的安全可
靠性,增加油气产量和采收率,降低生产成本和风险。
因此,深入研究和应用修井技术及其工艺对于推动石
油工程的创新和发展具有重要意义。

参考文献

- [1]李代强.石油工程施工中的井下作业修井技术[J].中
国石油和化工标准与质量,2019,39(19):217-218.
- [2]贾世雄.石油工程井下作业修井技术现状及工艺优
化研究[J].石化技术,2020,27(02):281-282.
- [3]卞峰,周广庆,孙昊.石油井下修井作业技术改进优
化措施探讨[J].中国设备工程,2019(16):68-69.
- [4]贾美玲.石油井下作业管理及修井技术优化分析[J].
石化技术,2020(7):288,290.