

# 石油工程井下作业修井技术现状及工艺优化研究

王金平

新疆塔林投资(集团)有限责任公司

**摘要:**现阶段,生产生活领域对于能源需求量逐渐增长,石油能源依然是当下社会、经济发展的主要资源。随着非常规油气资源的开发和新勘探技术的应用,传统油田的开采难度和复杂度也在不断提升,就需要更先进的修井技术来提高油田的产能、延长油井的寿命,以满足市场的需求。基于此,本文分析了石油工程井下作业修井技术现状分析,阐述了石油工程井下作业修井工艺,并提出了相关的优化策略。

**关键词:**石油工程;井下作业;修井技术;工艺优化

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2023.08.235

## 引言

随着全球经济的快速增长和工业化进程的加快,交通运输、家庭供暖以及化工、农业等多方面对石油和天然气等能源资源的需求不断增加,石油工程对于井下开采原油的效率、质量以及充分性等都提出了更高的要求。尤其近些年,各项技术都在不断地发展和创新研发,推动了多项关键技术的突破,如水平井、多层井、压裂技术、水力压裂技术等。这些先进技术的应用大大提高了油田采收率和生产效率,同时也降低了作业成本,进而促进了石油工程井下作业修井技术水平的提升,石油工程井下作业修井工艺优化是一项持续性的活动,需要得到更多关注。

## 一、石油工程井下作业修井技术现状分析

### 1. 井下修井作业分析

在石油工程中,井下修井作业主要是对油气井进行维护、修复或改造,在此过程中作业的安全、效率以及质量等都是需要关注的重点要素。要保证井下修井安全,井下操作人员必须严格遵守安全操作规程,戴好必要的安全装备,确保设备和工作环境符合安全标准。尤其在处理涉及高压、有毒或易燃物质时必须严格遥控操作或采取其他安全措施,确保自身与环境的安全。井下作业需要使用相应的设备,在设备应用前要进行检修和检验,各种液压工具、管柱、钻头等设备必须经过严格的质量检查和实验,确保其稳定性和可靠性。

在进行井下修井作业之前,需要对作业目标、操作流程、所需设备、材料和人员等资源的准备进行详细规划和设计,根据地质条件、井口状况和工程需求科学合理地确定修井方案,最大限度地降低风险。同时要对井孔参数、井壁厚度、井筒直径等进行精确测量,准确的测量数据是设计和执行修井作业的基础,以避免因测量不准确导致的误操作和事故。在井下修井作业过程中需要不断对作业进度、设备状态、地层情况等因素进行监控和记录,及时的发现问题并对应采取调整措施以保证

作业质量和安全。

### 2. 修井设备工具

在石油工程运行期间,井下作业运行的周期通常都较长,而长期生产运行会产生相应的损坏、故障等问题,这就需要进行井下修井作业。采取修井技术工艺,需要使用各种不同类型的设备和工具,以确保作业顺利进行,并达到预期的效果。常用的钻井机是用于在地面上进行井口的凿井、扩孔和钻进操作,确保井口的准确位置和尺寸来为后续的作业提供基础支撑;泥浆泵是用于往井内注入泥浆,可以发挥清洗井眼、冲洗井底、保持井底稳定和冷却钻头等作用,以此确保井内的环境和作业安全;钻头设备是用于在井下进行钻井作业,要根据不同的地层和岩石类型来选择不同类型的钻头,如钻岩头、钻头水头等;气举设备是用于向井下注气,主要通过气液两相流体的上升来提高采油效率并维持井内压力平衡;测井工具如测井仪器、测井软件等,用于获取井下地层信息,以此来掌握井下地层情况,指导后续修井作业;油层压裂作业当中是应用压裂设备通过向井下注入高压流体打破油层岩石,实现增加产能;还有一些其他工具包括扩孔器、搅拌器、钻井套管、套管扩张器、溶剂泵等需要根据具体的修井工作操作需要进行合理的使用。

### 3. 井下打捞问题

在石油工程运行中井下打捞问题比较常见,常规情况下是通过安装钻井设备或其他工具来回收遗失在井下的工具、设备、管道或其他物品,这是一项复杂的工程。在执行过程中需要考虑多种因素,例如井口条件、井下环境、井身状态、打捞设备等<sup>[1]</sup>。一般井下打捞需要从井下回收失落的管柱部件、修复损坏的井口设备或清理井内的杂物,要先确定打捞目标,从而选择所使用的技术和设备。在打捞之前要提前评估井下环境和井身条件,了解井下的地质情况、作业液、井内压力和温度等因素,然后才能合理规划打捞计划,在此过程中也需

要考虑井下环境对设备、人员的影响以及可能的安全风险。

根据实际情况选择合适的工具和设备，例如打捞夹、吊卡、井下托盘等，然后设计合理的操作计划，包括控制井下环境、打捞设备的安装和操作、工作人员的安全和协调等方面。此外，要遵循前瞻性原则，在计划中预先考虑可能遇到的各种情况并制定相应的预案。在进行井下打捞作业时则要进行实时监控，确保操作安全并在需要进行及时的调整，最终环节要对打捞目标和回收的物品需要进行清点和检验，避免有遗漏。

### 二、石油工程井下作业修井工艺

#### 1. 压裂方法

在石油工程中压裂工艺主要用于增加油井的产能，可以使油藏中原本无法流动的石油能够被开采出来，工艺原理是通过液体压力将裂缝引入地层并使其扩大的作业方法。压裂方法有多种类型包括液压压裂、酸压压裂、卡车压裂和射孔压裂等，其中液压压裂是最常用的方法之一，其工艺实施是使用高压液体通过井下管道注入井中实现对地层进行压裂。

根据地层条件，确定压裂液的配方和性质包括液体类型、黏度、密度、pH值、添加剂等。然后根据地质勘探数据和井筒情况，设计压裂方案并在方案当中清晰设定压裂液的注入压力、注入速率、注入时间和压裂序列等参数。方案设计完成后要进行井下测试来获取地层性质和井筒数据，建立压裂过程中要监测和控制的参数包括地层压力、温度、裂缝扩展情况等。结合实际情况从泵浦、压裂管道、控制阀和流量计等当中选择适当的压裂设备，并对照设计方案对设备进行设置和调试。

将配制好的压裂液通过管道输送到井口，由泵浦产生高压，控制注入压力和速率，按照设计方案进行压裂液的注入，使地层产生裂缝并扩展，在实际操作的过程中必须过井下测量仪器获取实时数据，持续监控井下各项参数，同时及时调整压裂参数来确保压裂作业的有效进行<sup>[2]</sup>。在压裂结束后需对裂缝扩展情况、地层储层压力、产能提高情况等进行评估分析，为后续生产操作提供依据。

#### 2. 石油测试方法

石油测试方法是为了确定石油的物理性质、化学成分、产量和流动性等参数而进行的一系列实验和分析过程。近些年，随着科技的发展，石油测试方法也更多样化，不同石油测试方法都有相应的优势，测试方法的合理应用可以帮助工程师和地质学家了解石油的品质和特性，指导石油的开采、处理和加工过程。

具体来说，石油密度测试通常是使用密度计或密度

计量仪器来进行，需将石油样品放入密度计中，测定特定温度下的密度值，石油密度是开采质量的重要衡量指标；黏度测试是使用Ubbelohde黏度计或黏度测定仪器，测定在一定温度下单位时间内流动的石油体积来确定黏度值，这是石油流动性体现的重要指标；闪点是石油在特定条件下能够释放出足够的挥发性气体以产生可燃气体的最低温度，这通常使用闭杯闪点测定仪或开杯闪点测定仪进行；蒸馏性能测试用于确定石油中各种组分的沸点范围，常用的时使用蒸馏仪或蒸馏塔进行蒸馏，然后根据不同温度段收集液体组分；还有石油测试期间会使用紫外光谱法、X射线荧光法或热化学法等进行含硫量测试，这是为了评估石油的环境影响和加工处理的必要性；石油中的水分含量会对石油加工和储存造成影响，需要进行脱水性能测试，可使用卡尔·费歇尔法或库仑滴定法来测定石油中的水分含量。

#### 3. 井控新方法

现代科学技术迅速发展，石油工程在发展过程中也在不断的进行技术的革新。井控是指在石油工程中利用相应的技术手段来控制井下压力、保证井下安全、提高生产效率，井控新方法主要就是引入先进的、新型的、智能化的技术方法。其中，智能井控系统是利用先进的传感器、控制器和监测设备，实现对井下压力、流量、温度等参数进行实时监测和控制。在此过程中可自动识别井下异常情况并采取相应措施进行调整，以此来提高井下作业的安全性和效率。

无人机巡检技术是利用无人机对井场进行巡检，实现对井下设备、管道及其他设施的高清拍摄和数据采集，然后通过图像识别和数据分析能够及时发现井下设备的异常情况，提前预防可能的安全隐患<sup>[3]</sup>。电子井下监测技术是通过在井下安装传感器和监测设备，实现对井内压力、温度、流量等参数的实时监测和数据收集，这些数据能够帮助相应负责人员及时了解井下情况，从而制定相应的作业方案，做到实现精准控制和优化生产。

### 三、石油工程井下作业修井的优化策略

1. 结合石油工程井下作业情况，引进先进的修井技术和工艺

石油工程经过多年的发展，石油开采技术以及相关工艺持续升级，先进的技术与工艺可以解决传统工艺的弊端，提高井下修井作业效率和质量，并降低修井成本，减少作业风险。例如，可以引进先进的测井技术，提高对井内油层情况的准确评估，为修井作业提供更精确的数据支持；引进先进的水泥搅拌技术和设备，确保井口封固质量，减少水泥用量，提高浆体的流变性能，

进而优化井下作业的安全性和可靠性；为修井工艺配合引入自动化设备和智能化系统，可以减少作业时间和人工成本；采用节能设备和高效工艺可以减少能源消耗，提高资源利用效率的同时降低作业成本；在修井作业期间使用智能监测系统来实时监控作业过程，及时、准确地发现并预防潜在危险，从而保障作业安全<sup>[4]</sup>。

### 2. 优化工艺操作，实现工艺设备的配套更新

在石油工程井下修井作业期间，相应设备的使用与操作技术必须是相互配套的，通过优化施工工艺可以提高生产效率和产品质量，更新施工设备则可以提供更高效、更安全的作业支持。比如，改进钻井液循环系统可以减少停工时间和设备故障，从而提高钻井作业的效率；使用新型封固材料和设备则可以提高井口封固的可靠性，降低由封固问题导致的井下事故风险。通过综合优化施工工艺和设备更新两方面可以显著提升整体井下作业的效率 and 安全性，最终持续性的促进产能与经济效益的提升。

### 3. 加大井下作业修井工艺管理，提高井控安全性

石油工程井下修井作业的活动开展极具复杂性，涉及的内容也比较复杂。在作业期间必须要加大井下作业修井工艺的管理，提高井控安全性，那么就需严格执行标准化的作业程序和规范化的操作流程，加强对作业人员的培训和管理以确保所有作业技术人员能够了解并遵守相关规定。同步提高作业人员的技术水平和安全意识，使其在实际修井作业时可以灵活应对各种突发情况。例如，将油水井参数测量方法、测量设备的灵活应用作为两项重点培训内容，将自上而下作为油水井测试工作中必须严格遵守的工作原则，以保证油水井测试的连续性与获取数据的价值性。最后施工单位应根据油水井的实际情况判定所应用的测试方法，例如降低压力的测试方法适用于注水井吸水剖面的测试，通过分析吸水剖面的相关数据能够实现对分层指示曲线的进一步观察从而更为清楚的明确油水井的作业情况。此外，要加强对作业现场的监督和检查，严密审查作业现场的环境及安全设备，严格保证作业人员依照工艺要求进行作业。在每一次修井作业之后，要对作业过程以及相关数据进行记录和分析，有针对性地分析历史数据，预测潜在的风险点，并制定相应的风险管理和预防措施。

### 4. 增强修井作业安全管理力度，促进下作业修井技术工艺水平提升

在石油工程的井下修井作业期间一定要将“安全”放在第一位，企业需要增强修井作业安全管理力度，促进下作业修井技术工艺水平提升。结合井下修井的实际特征，建立健全的安全管理体系和操作规范，并深入贯

彻落实，让所有作业人员遵守统一的安全标准和程序，强化作业人员的安全意识。同时，提供安全技术支持和设备保障，使用先进的安全技术和设备，确保作业过程中能够及时发现并应对安全风险，在作业的现场需要着重加强安全监督和检查，做到及时发现和排除潜在的安全隐患<sup>[5]</sup>。

### 5. 注重修井技术设备的维护与检修管理

设备是石油工程井下修井作业有序、有效开展的重要基础，在作业过程中要注重对修井技术设备的维护和检修管理。定期对修井技术设备进行保养，包括清洁设备表面和内部部件、润滑轴承和其他机械部件，以确保设备的正常运转和延长使用寿命。在检查各项设备时一旦发现修井技术设备出现故障，需要立即进行排查和修复，防止故障扩大和影响作业进度。注意设备故障应该由专业人员进行评估和维修，确保修井技术设备在最短的时间内恢复正常运转<sup>[6]</sup>。另外，针对常见的设备故障和易损件，应该建立备品备件的储备库存，这样在设备出现故障时就可以快速更换损坏的部件，减少停机时间，提高作业效率。同步还要建立设备的保养记录和维修日志，记录设备的保养情况和维修历史，这有助于分析设备的故障情况，制定更科学的维护计划。

### 结语

综上所述，石油工程井下作业修井技术的发展，不仅关乎石油工业的健康发展，同时也与全球能源战略和环境可持续发展密切相关。在科技引领发展的时代，石油工程井下作业也必须要对对修井技术及工艺进行合理优化，为石油开采的健康发展提供更多的助益。在更充分的获取石油能源的同时，保护生态环境，为行业和人类的可持续发展做出积极贡献。

### 参考文献

- [1] 如则尼亚孜·伊敏江. 针对石油工程井下作业修井技术与工艺的分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(17): 193-195.
- [2] 代成岩. 石油工程施工中的井下作业修井技术[J]. 石化技术, 2022, 29(04): 226-227.
- [3] 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.
- [4] 谢超. 石油工程井下作业的修井技术及工艺[J]. 化工管理, 2020(28): 194-195.
- [5] 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.
- [6] 范釜源. 石油井下修井作业管理及修井技术探究[J]. 石化技术, 2023, 30(03): 265-267.