

水平井固井液压式套管扶正器的改进与应用

韩吉森

胜利油田固邦石油装备有限责任公司 山东 东营 257055

摘要：水平井固井中，液压式套管扶正器性能对固井质量与顶替效率影响重大。针对传统扶正器存在的结构、材料及液压等问题，通过优化结构设计，采用高强度耐腐蚀材料，改进液压驱动与密封系统实现技术升级。力学、密封及耐腐蚀性能测试显示，改进后扶正器性能显著提升。现场应用表明，其有效提高固井质量，降低施工成本，在油气开发领域展现出良好的应用价值与经济效益。

关键词：水平井固井；液压式套管扶正器；改进；应用

引言

随着油气资源开发向复杂地质条件延伸，水平井固井作业的重要性日益凸显。液压式套管扶正器可为套管居中、固井质量提升提供保证，其性能直接影响固井质量。传统液压式套管扶正器在实际应用中存在结构稳定性差、材料耐候性不足、液压系统响应迟缓等问题。本文从结构、材料及液压系统三方面对其进行改进设计，并通过性能测试与现场应用验证改进效果，为水平井固井施工提供技术支持。

1 水平井固井液压式套管扶正器概述

液压式套管扶正器是应用于水平井固井作业的关键工具，其通过液压驱动实现套管居中，保障固井质量。该扶正器主要由本体、滑套、定位挡块、销钉、密封圈、扶正钢片及钢片锁箍等部件构成，结构紧凑且功能完备。本体上设置进液孔，与滑套通过销钉连接，并利用密封圈形成密闭空间，外圆面与滑套内圆面配合楔形块构成单向锁紧结构，确保工具稳定性。在入井前，扶正器扶正臂处于压缩状态，外径较小，便于顺利下入井内。当到达预定位置后，通过套管内打压，滑套相对本体移动，推动刚性扶正钢片向外扩展，与井壁紧密接触，实现套管居中。此过程中，扶正器利用多片扶正钢片增大作用面积，提供强大推力，可有效克服重力影响，尤其在水平井中，能显著改善套管下端水泥环厚度不均的问题，提高固井质量。液压式套管扶正器主要特点，最大外径可设计为与套管外径相同，减小下入阻力；独特的密封与锁紧结构，防止循环造成憋堵，确保开泵顺利；扶正钢片长度可调节，适应不同井径需求，实现与井壁紧密贴合；膨胀后环空过流面积不受影响，满足循环要求。该扶正器采用自保护设计，膨胀后不会回缩，零启动力，大复位力，复位力不小于40kN，有效保障套管居中效果。在实际应用中，液压式套管扶正器

已成功应用于多口水平井，有效提升了固井质量，为油气田开发提供了可靠保障。

2 水平井固井液压式套管扶正器的改进设计

2.1 结构优化设计

在固井施工中，液压式套管扶正器的结构直接影响其工作性能与固井质量的好坏。针对传统扶正器存在的不足，对其结构进行全面优化设计。重新设计扶正器本体的外形轮廓，使其与井壁的接触更为平滑，减少下入过程中的阻力，同时降低因接触井壁导致损坏的风险。对滑套与本体的连接方式进行改进，采用新型高精度配合结构，提高二者相对运动的精度与稳定性，确保滑套在受到液压作用时能够准确、平稳地移动，推动扶正钢片可靠展开。对扶正钢片的布局与数量进行重新规划，根据不同井径与井眼轨迹特点，合理调整扶正钢片的分布角度与数量，使扶正器在不同工况下均能实现更均匀、稳定的套管居中效果，有效解决套管偏心问题，提升固井质量。优化定位挡块与钢片锁箍的结构，增强其对扶正钢片的固定与限位作用，防止扶正钢片在工作过程中出现松动、移位等情况，保障扶正器工作的可靠性与稳定性^[1]。

2.2 材料性能提升

材料性能是决定液压式套管扶正器使用寿命与工作性能的关键。为满足复杂井况对扶正器的要求，对所用材料进行优选。本体材料选用高强度、高韧性的合金钢，通过特殊的热处理工艺，细化晶粒，提高材料的强度、硬度与韧性，增强本体抵抗井下复杂应力、冲击与腐蚀的能力，延长扶正器的使用寿命。扶正钢片采用新型耐磨、耐腐蚀材料，并在表面进行特殊涂层处理，涂层具备优异的耐磨性能与自润滑特性，可有效降低扶正钢片与井壁之间的摩擦系数，减少磨损，同时提高其抗腐蚀能力，适应不同性质的钻井液与地层环境。滑套、

定位挡块等部件采用高强度、低摩擦系数的工程塑料与金属复合材料,在保证部件强度的同时,降低部件之间的摩擦阻力,提高扶正器的液压响应速度与工作效率,使扶正器能够更快速、准确地实现套管居中。密封圈选用高性能橡胶材料,该材料具有良好的密封性能、耐高温性与耐化学腐蚀性,确保在高温、高压、复杂化学介质的井下环境中,能够长期保持可靠的密封效果,防止液压泄漏,保证扶正器正常工作。

2.3 液压系统改进

液压系统是套管扶正器实现套管居中的核心部分,对其进行改进能够显著提升扶正器的工作性能。重新设计液压系统的进液通道,优化进液孔的形状、尺寸与布局,降低液体流动阻力,使液压能够更快速、均匀地传递到滑套,提高扶正器的响应速度,缩短扶正钢片展开所需时间。改进液压系统的密封结构,采用多重密封技术,增加密封件的数量与密封形式,提高密封性能,有效防止液压泄漏,确保液压系统在高压、长时间工作条件下的可靠性。对液压系统的压力传递与控制进行优化,引入压力补偿与稳压装置,当井下压力发生波动时,能够自动调节液压系统的压力,保证滑套受到稳定的液压推力,使扶正钢片能够稳定、可靠地展开并保持一定的扶正力,提高套管居中效果的稳定性。改进液压系统的回油设计,设置高效的回油通道与回油控制装置,在扶正钢片展开完成后,能够快速、顺畅地排出多余液压油,减少液压油残留,降低因液压油残留导致的部件损坏风险,同时为后续作业提供便利。

3 改进后水平井固井液压式套管扶正器的性能测试

3.1 力学性能测试

对改进后的液压式套管扶正器进行力学性能测试时,采用高精度力学试验台模拟井下复杂受力工况。通过对扶正器施加不同方向、不同大小的载荷,全面检测其在拉伸、压缩、弯曲等多种应力状态下的力学特性。重点测试扶正器本体、扶正钢片及各连接部件的强度与韧性,精确测量在不同载荷作用下部件的变形量与应力分布情况。利用应变片与位移传感器实时采集数据,结合有限元分析技术,对测试结果进行深入剖析。经测试,改进后的扶正器在承受高强度载荷时,各部件均未出现断裂、变形过大等失效现象,其本体与扶正钢片能够有效抵抗井下复杂应力,在14MPa压力下,复位力达到40kN以上,且力学性能表现出良好的一致性与稳定性,完全满足水平井固井作业的力学要求。

3.2 密封性能测试

密封性能测试在模拟井下高温高压环境的密封试验

装置中开展。测试前,需对试验装置进行全面检查与校准,确保各项参数准确无误。将扶正器精准安装于密封腔体内,随后注入模拟井下流体介质,逐步升高压力至设计工作压力的1.5倍,并严格保持恒定温度条件。在整个测试过程中,持续、实时监测密封腔体内外的压力变化与泄漏情况。针对扶正器的密封圈、连接部位等关键密封点,运用高精度压力传感器与气体检漏仪进行重点检测,不放过任何微小泄漏信号。结果显示,改进后的扶正器采用的多重密封结构发挥显著作用,在长时间高温高压工况下,密封腔体内压力稳定,无明显泄漏现象,密封性能可靠,确保液压系统在井下能够稳定工作,为套管扶正提供稳定的液动力^[2]。

3.3 耐腐蚀性能测试

耐腐蚀性能测试模拟多种井下复杂化学介质环境,将改进后的扶正器分别置于含有不同浓度酸、碱、盐的溶液中,同时控制温度、压力等环境参数与井下实际工况一致。定期取出扶正器,采用金相显微镜、扫描电子显微镜等设备对其表面微观结构进行观察,检测材料表面的腐蚀程度与腐蚀形态。通过化学分析方法测定材料腐蚀前后的成分变化,评估材料的耐腐蚀性能。测试结果表明,改进后的扶正器本体采用的高强度合金钢经过特殊热处理,以及扶正钢片表面的特殊涂层处理,显著提高了材料的抗腐蚀能力。在不同化学介质环境中,材料腐蚀速率极低,表面无明显腐蚀坑洞与剥落现象,有效保障了扶正器在复杂井下化学环境中的使用寿命与工作性能,为水平井固井作业的长期稳定运行提供可靠保障。

4 改进后水平井固井液压式套管扶正器的应用效果

4.1 固井质量提升

(1)改进后的扶正器通过优化扶正钢片布局与数量,能根据不同井径与井眼轨迹精准调整,使套管在井眼中实现更均匀、稳定的居中效果,有效解决了套管偏心问题,从而保证了套管周围水泥环厚度的均匀性,为固井质量提供了坚实基础,避免了因套管偏心导致的水泥环薄厚不均、易出现薄弱环节的问题。(2)扶正器本体外形轮廓经过重新设计后,取得了显著的效果。新设计使扶正器与井壁的接触变得平滑流畅,这一改进在下入过程中发挥了关键作用,大幅减少了摩擦阻力,降低了因刮擦井壁而造成损坏的风险。这一系列的优化措施,不仅避免了因井壁损伤可能引发的井壁坍塌等严重问题对固井质量的影响,还使得套管下入过程更加顺利,有利于后续固井作业的正常开展,保障了固井质量的稳定性。(3)密封性能的提升对于固井质量至关重要。改进后的多重密封结构有效防止了液压泄漏,确保

液压系统稳定工作,为扶正器提供稳定的液压动力,使扶正钢片能可靠地展开并保持扶正力,保证套管始终处于居中位置,有利于水泥浆的均匀顶替和固化,提高了固井的整体质量,确保固井作业能够达到预期的密封和支撑效果^[3]。

4.2 作业效率提高

(1) 液压系统进液通道的优化,降低了液体流动阻力,使扶正器的响应速度大幅提高,扶正钢片展开所需时间显著缩短。这意味着在固井作业中,能够更快地完成扶正器的部署,减少了作业等待时间,提高了整体作业效率,尤其在水平井这种对作业时间和效率要求较高的场景中,优势更为明显。(2) 滑套与本体连接方式的改进,采用新型高精度配合结构,提高了二者相对运动的精度与稳定性。这使得扶正器在工作过程中更加可靠,减少了因部件运动不精准导致的扶正器故障和重复作业的情况,无需频繁对扶正器进行调整和维修,从而节省了作业时间,提高了作业效率,保障了固井作业能够连续、高效地进行。(3) 回油设计的改进,设置了高效的回油通道与回油控制装置,在扶正钢片展开完成后,能快速、顺畅地排出多余液压油,减少了液压油残留,降低了因液压油残留导致的部件损坏风险,为后续作业提供了便利,无需花费额外时间处理液压油残留问题,使得整个固井作业流程更加紧凑、高效,有效提高了作业效率。

4.3 经济效益显著

(1) 改进后的扶正器提高了固井质量,减少了因固井质量问题导致的油气井后期维修和返工成本。例如,避免了因水泥环质量不佳造成的油气泄漏,减少了对地层的污染以及对油气井生产的影响,延长了油气井的使用寿命,从而提高了油气井的整体生产效益,为油气田

开发带来了显著的经济效益。(2) 作业效率的提高意味着在相同时间内能够完成更多的固井作业任务,这不仅减少了设备的占用时间和人力投入,还显著降低了作业成本。特别是在使用高性能扶正器后,其可靠性大大减少了因故障导致的设备闲置与维修开支。设备利用率的提升进一步压缩了生产成本,使资源得到更高效的配置,最终为企业创造了更可观的经济效益。(3) 扶正器材料性能的提升,如本体采用高强度、高韧性合金钢,扶正钢片采用新型耐磨、耐腐蚀材料并进行涂层处理等,延长了扶正器的使用寿命,减少了扶正器的更换频率,降低了采购成本。在复杂井下环境中,扶正器的可靠工作减少了因扶正器失效带来的潜在损失,综合起来为油气田开发项目节省了大量成本,提高了经济效益^[4]。

结论

综上所述,对液压式套管扶正器的结构优化、材料性能提升及液压系统改进,有效解决了传统扶正器存在的技术瓶颈。经性能测试与现场实践证明,改进后的扶正器在力学性能、密封性能及耐腐蚀性能上均有显著提高,实现了固井质量与作业效率的双重提升,创造了可观的经济效益。今后将持续深化相关技术研究,进一步优化产品性能,以适应更复杂的油气开采环境。

参考文献

- [1] 韩超.水平井固井质量提升方法研究[J].化工设计通讯,2024,50(3):40-41,50.
- [2] 金晨贵.海上水平井固井技术研究[J].化工管理,2021(25):189-190.
- [3] 张升峰.水平井固井技术研究与应[J].清洗世界,2021,37(6):151-152.
- [4] 高志兴.水平井固井技术研究与应[J].石油和化工设备,2021,24(4):112-114.