

Transformation and Performance Analysis of Imported Hydraulic Mechanical Shock

Tianming Yu Yulei Cong Jie Song Jianzhong Zhang Jian Chen

Western Drilling Pipe and Well Control Technical Service Branch, Karamay, Xinjiang, 834000, China

Abstract

With the improvement of the drilling depth requirements of deep, ultra-deep and horizontal Wells in the process of oil drilling development, as a key equipment, its performance, delay time and stability directly affect the production efficiency. In view of the limitations of a batch of imported hydraulic and mechanical shock models, we propose a set of structural improvement scheme, and explore and verify the specific impact of the improvement measures on the performance of the shock tool through theoretical calculation analysis and experimental test. This paper first reviews the structure of the old imported shock device, and analyzes the existing structural characteristics and existing deficiencies. On this basis, the new structure of local structure is designed, and the corresponding experimental scheme is adopted to verify the effect of structural improvement. The experimental results show that the working efficiency of the shock device can be significantly improved, and the performance of the shock force and delay time can be improved. Finally, it is concluded that the structural optimization plays a positive role in improving the overall performance and market application range of the shock device.

Keywords

shock; structural improvement; performance analysis; field application; stability

进口液压机械式随钻震击器改造与性能分析

俞天明 丛玉磊 宋杰 张建中 陈建

西部钻探管具与井控技术服务分公司, 中国·新疆 克拉玛依 834000

摘要

随着石油钻探开发过程中深井、超深井、水平井等对钻井深度要求的提高,震击器作为一种关键设备,其性能的优劣和延时时间以及稳定性直接影响生产效率。本研究针对一批老款的进口液压机械式随钻震击器结构存在的局限性,提出了一套结构改进方案,并通过理论计算分析与实验测试,来探讨和验证改进措施对震击器性能的具体影响。论文首先回顾了老款进口震击器的结构,分析了现有的结构特点及存在的不足。在此基础上,改制设计了下击局部的新型结构,并采用相应的实验方案来验证结构改进的效果。实验结果表明,通过对震击器进行针对性的设计优化,可以明显提升其工作效率,提升震击力和延时时间的性能。最终总结出结构优化对提升震击器整体性能和市场应用范围起到积极作用。

关键词

震击器; 结构改进; 性能分析; 现场应用; 稳定性

1 引言

在石油钻探开发过程中,震击器作为一种重要的井下事故工具,广泛应用于井下遇阻与卡的解卡作业。随着石油勘探开发井深不断提高,对震击器的性能要求也越来越高。因此,对震击器的结构和震击力进行提升具有重要的意义。论文就针对一批进口机械液压随钻震击器结构进行改进与性能分析展开讨论,并对相关研究进行深入探讨^[1-3]。

论文通过对进口随钻液压机械式震击器进行结构和原理

的了解,并对局部结构进行改造与性能分析的,在不降低震击器整体强度情况下提高下部震击力的效果进行测试得出结论。

2 现有进口震击器结构分析

2.1 震击器结构特点

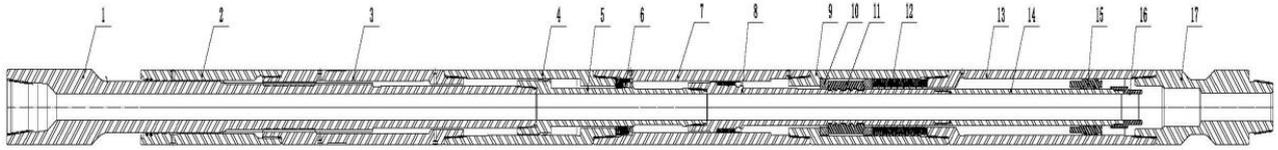
此批次进口震击器为 XX 年进口 HALLIBURTON 公司的 SLEDGEHAMMER HMD Drilling Jar Assembly (液压机械式随钻震击器)下文简称“进口震击器”,规格有 4.3/4"、6.1/2"、6.7/8" 和 8" 四种规格。其结构如图 1 所示,由花键芯轴、花键帽、花键外筒、撞击外筒、液压芯轴、计量阀、卡环、液压外筒、密封总成、卡瓦轴、卡瓦、卡瓦环、碟簧、卡瓦外筒、芯轴延长节、平衡活塞、锁紧螺母、活塞外筒、下接头以及密封件等组成。

【作者简介】俞天明(1974-),男,蒙古族,中国新疆奇台人,本科,工程师,从事钻工具的制造、检维修、现场使用、预防失效等全生命周期研究。

进口震击器壳体具有较高的强度和耐磨性,可有效保护内部零部件,并且能够承受高强度的震击力,能够有效传递震击能量并完成作业任务,并且经过多年的现场应用,几乎未出现过因强度问题导致的井下事故。

通过对进口震击器结构特点的分析,可以看出其在强度、耐磨性和减震效果等方面具有一定的优势。然而,随着

南疆片区井深的提高,在实际工作中,进口震击器结构已出现震击力不够的情况,不能满足南疆大部分深井随钻的作业条件。因此,有必要对该批次进口震击器结构进行改进,以提高其下击的震击性能和使用效果。接下来将对进口震击器结构进行深入分析,针对其存在的问题提出改进措施,并对改进后的结构性能进行分析与评价。



1—花键芯轴; 2—花键帽; 3—花键外筒; 4—撞击外筒; 5—液压芯轴; 6—计量阀; 7—液压外筒; 8—卡瓦轴; 9—卡瓦环; 10—卡瓦; 11—碟簧; 12—卡瓦外筒; 13—活塞外筒; 14—芯轴延长节; 15—平衡活塞; 16—锁紧螺母; 17—下接头

图1 进口液压机械式随钻震击器结构图

2.2 进口震击器结构的局限性

进口震击器的上击工作原理是通过计量阀延时液压解锁实现向上的震击;下击工作原理是利用下压卡瓦释放方式来实现向下的震击,其中下击工作解锁力是瞬间出发并震击的。根据在同等工况条件下震击器震击力的大小取决于震击器上的作用力和作用时间相关^[4]。然而该震击器下击工作的作用力是极限碟簧压缩时的解锁力,而作用力解锁是瞬间的,所以作用力的时间无法进行调节,为了提高该批次的进口随钻震击器下击的震击力,将通过改制下击部分的结构来实现可调节作用时间的方式提高震击器下部的震击力。

3 改进技术分析

随着该批次进口震击应用地区的定向井、超深井和复杂井数量越来越多,现有的液压机械式随钻震击器的下击部分无法满足上述井的延时震击要求,为了确保该批次进口随钻震击器能够有效的服务现场,在不改变整体机械性能强度的情况下,对震击器下部的机械式进行改进改制,使进口震击器在上击和下击工作同样具备液压震击延时的功能和延时效果。

针对既定需求,将进口震击器下击部分的机械结构设计替换成液压计量阀结构的方案,是进口的液压机械式改为全液压式的震击器。

并将改制前和改制后两种结构的参数进行对比分析,确保改进后的震击器满足震击力增大的目标。

4 改进设计与性能对比

4.1 进口随钻机械液压式随钻震击器改造方案

在钻井过程中,震击器的优化设计对提高钻进效率和保护钻柱具有重要意义。论文旨在对比研究改进前和改进后震击器方案,以评估它们的性能和适用性。通过分析原始设计震击器与新方案的差异,重点评估了每个方案在导向能力、疲劳寿命及对极端工况的适应性上的提升。

4.2 改进后震击器结构

改进后的随钻震击器不仅在水眼尺寸、外径尺寸、接头螺纹等方便均为变动,不影响原进口震击器的受力情况和力学性能参数。仅仅对下部的机械卡瓦组件进行提供改制成计量阀结构。对工具的承压能力和最大抗拉抗扭载荷上没有变化。仅在提高作用力延时时间上做调整来增加震击器下击的震击力。

4.3 改进后性能特点

4.3.1 改进后震击器性能特点如下:

①采用上击计量阀原理提高延时时间,来最大先导提升震击器下击作业的震击力和震击解卡效果。

②通过调整计量阀阀芯的结构尺寸来控制延时时间,利用延时时间改变钻柱下放力大小,从而控制震击器下击力的大小,相对于原进口震击器的机械结构实现了释放力动态可调。

③改变震击器作用形式,变成双液压结构提高震击力,使原进口震击适用跟多更广的应用环境,提供进口震击器的使用率,为单位的工具租赁业务创造更多业绩。

4.3.2 技术参数

8" (φ206mm) 改进后随钻震击器的主要技术参数^[5]。

标准外径: 206mm。

水眼直径: 71.4mm。

上击行程: 203mm。

原厂标定上击释放力: 710kN。

最大上击释放力: 725kN。

原厂标定下击释放力: 200kN。

最大下击释放力: 450kN。

标定延时时间: ≥ 30s。

上击延时时间: 60~75s。

下击延时时间: 83~100s。

最大抗拉载荷、最大抗扭、水眼密封压力以及接头螺纹参数与原震击器参数一致。

4.3.3 改进方案设计计算

改进后方案与原震击外筒零件尺寸一致，在液压外筒下部增加一组计量阀，下放震击作业时活塞下移，压缩液压外筒下部的液体，使内腔压力升高，由于计量阀总成的卸载，活塞持续下移运动，假定达到瞬间平衡时液压外筒承受最大的内腔压力，需要对液缸外筒承压屈服进行计算。

液压外筒零件在下放压缩液体过程中最大内腔压力 P_{max} ，即：

$$P_{Max} = \frac{T_{Max}}{A}$$

式中： T_{max} ——为最大的下放力，N；

A ——压缩油腔截面积， m^2 。

根据已知条件，按照内压作用厚壁圆筒的强度条件^[6]：

$$\sigma_t = P_{Max} \frac{K^2+1}{K^2-1} [\sigma]$$

式中： σ_t ——圆筒内壁受到的应力，Pa；

K ——液压外筒外径与内径之比。

由许用应力公式：

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n}$$

式中： σ_s ——液压外筒零件材料的屈服极限，Pa；

n ——安全系数。

根据对高压设备的安全系数通常取 1.25~1.70 的原则，取 $n=1.5$ 。经计算可得到 $[\sigma]$ ，液压外筒零件改制后满足震击工作时安全性。

改进后震击在工作状态下液压外筒会反复承受瞬间的高压作用，上击时其内部压力 $\geq 105MPa$ ，下击时其内部压力 $\geq 70MPa$ ，按最大压力值进行计算。因此，有必要对液压外筒进行抗爆破压力强度校核计算，以确保安全。

根据破裂压力公式：

$$P_p = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \left(2 - \frac{\sigma_s}{\sigma_b}\right) \ln K$$

式中： σ_b ——液压外筒材料的极限抗拉强度，Pa。

通过计算最大内腔压力 105MPa 远远小于 P_p 270.12MPa。

因此，液压外筒零件满足工作条件，且安全可靠。

4.4 厂内试验与现场应用情况

2024 年 4 月初完成对改制后震击器的组装，并进行了厂内的台架测试试验。分别对上下击震击解锁力、震击延时间和高温延时间进行测试和记录。震击测试设备为震击器拉压测试架，加温设备为 MPOTD-10T 型循环加温设备。在实验室环境下，针对上述的性能指标进行记录和统计，包含常温和加温 120℃ 情况。

改制前后的数据对照曲线如图 2~ 图 4 所示。

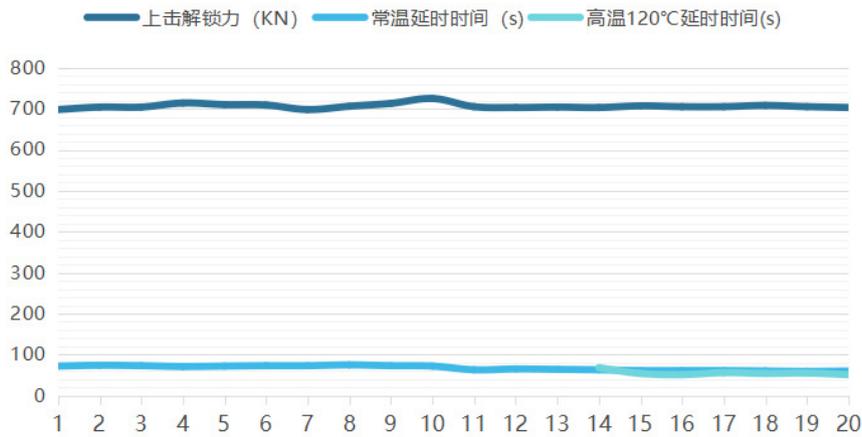


图 2 8" 进口震击改制后的上击解锁力与延时曲线图

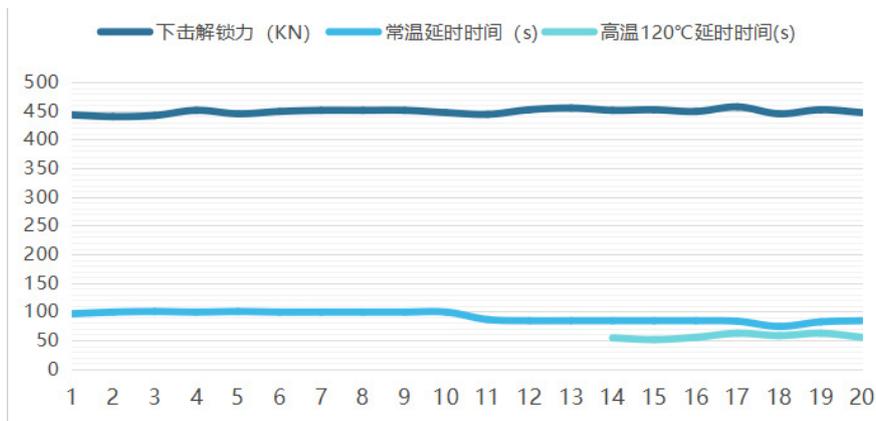


图 3 8" 进口震击改制后的下击解锁力与延时曲线图

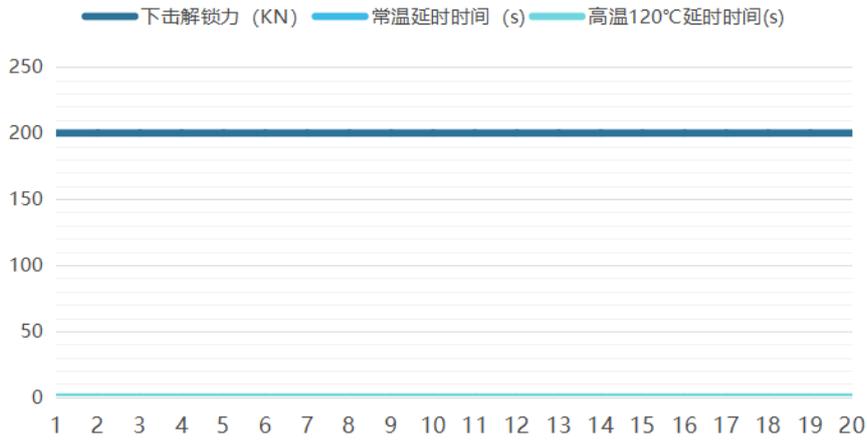


图 4 8" 进口震击改制前的下击解锁力与延时曲线图

通过 20 次的场内模拟试验测试，对照数据统计表和曲线图表可以看出震击器改制前后数据主要变化在下击作用过程，上击震击力和延时无明显变化，这与改制设计对上击部分采用原液压计量阀结构未做改变相符。由图 3 和图 4 对比所示可以看到，在改制前下击部分为机械解锁结构，震击解锁力是定制，解锁结构释放是瞬间产生，延时时间为零。而将下击部分改为液压计量阀结构后，下击的震击解锁力从 200kN 提升到 450kN，延时时间从原来的零提升到 51~62s 的范围内，该范围满足标定的行业标准要求。也给震击器在下击作业提供足够的储能时间。

5 结论

在论文中，我们对震击器的结构进行了改进，并对其性能进行了分析。经过一系列的测试和实验，我们得出了以下结论：

首先，通过对震击器结构进行改进，我们成功地提高震击器下击的解锁力和延时时间。新的结构设计使得震击器在工作过程中更加稳定。

其次，我们也对改进前后的震击器进行了对比测试。

通过对比实验数据，我们可以明显地看到改进后的震击器在下击工作时的相关指标上都得到改变和提升。这表明结构改进是非常成功的。

最后，通过现场应用进一般检验改进后的震击器满足油田作业要求，震击效果明显，液压延时稳定，能够重复适应油田片区随钻作业要求。

参考文献

- [1] 石峰.CSJ114震击器的改进与应用[J].复杂油气藏,2014,7(4):3.
- [2] 李正国.连续油管作业双向震击器结构研究与仿真分析[D].重庆:西南石油大学,2017.
- [3] 孙林平.小井眼侧钻井震击解卡技术研究[D].重庆:西南石油大学,2017.
- [4] 张兆德,李向军,王德禹.震击器解卡过程的动力学分析[J].石油矿场机械,2004,33(1):4.
- [5] SY/T5496—2017 石油天然气工业钻井和采油设备震击器击加速器[S].
- [6] 吉林工业大学等.工程机械液压与液力传动[M].北京:机械工业出版社,1979.