

DOI:10.13364/j.issn.1672-6510.20150050

海上油田生产滑套性能测试装置的设计与分析

呼英俊, 罗建伟, 刘振燕
(天津科技大学机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 针对海上油田生产滑套的性能测试, 研制了测试装置, 给出了装置的结构、工作原理、测试方法和步骤. 该装置可以模拟滑套的实际使用环境, 完成滑套的启闭、密封性能检测和对密封件的破坏性试验, 实现对滑套性能的机械化测试, 能够满足目前海上油田所有型号生产滑套的性能测试要求, 为生产滑套的研制提供试验基础. 试验表明: 装置的密封性能良好, 可用于生产滑套的性能测试.

关键词: 海上油田; 生产滑套; 测试装置

中图分类号: TH122 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6510(2016)03-0065-04

Design and Analysis of a Performance Testing Device for Offshore Oil Production Sleeve

HU Yingjun, LUO Jianwei, LIU Zhenyan

(College of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: A performance testing device for offshore oil production sleeves was developed and its function and performance were studied. The structure, working principles, experimental method and procedure of the testing device were given. This device can simulate the actual working environment, including open-close of the sleeves, sealing performance and the sealing destructive test. Using this testing device developed with mechanical technique, the performance test for all type of oil production sleeves that are used in offshore can be successfully realized, which can provide a test basis for the production of sleeves. Test results show that the testing device has good sealing performance and can be used for the performance test of the production sleeves.

Key words: offshore oilfield; production sleeve; test device

生产滑套是一种在石油开采过程中连接在油管上的井下工具, 一般用于生产或洗井等作业, 它可以将油管和油套管的环形空间有效可控地连通起来^[1]. 通过钢丝驱动开关工具作业可实现生产滑套的内外导通和断开, 从而控制油管和油套环空的连通与关闭^[2]. 生产滑套用于生产层时, 可利用开关工具对不同产油层进行选择生产; 此外, 生产滑套还可以与多种井下工具配合使用, 例如: 与插入采油管中的密封装置组合使用, 可进行不同油水层的选择开采, 达到分层开发采油的目的; 用在自喷管柱上, 作为循环滑套使用, 起到压井液循环通道的作用; 其上部内腔也可安装堵塞器, 实现管道的上下分离^[3]. 因此, 生

产滑套在海上油田中应用较为广泛.

生产滑套的工作环境复杂, 深水生产滑套的工作环境一般为 120 ℃, 压力在 35 MPa 左右; 对于超深井, 环境压力可以达到 50 MPa 以上^[4]. 在上述工况下, 保证生产滑套有可靠的开、闭性能和密封性能至关重要. 因此, 生产滑套的性能检测工作就显得尤为重要, 尤其是更换密封件后, 必须对滑套进行性能测试, 以确保其密封性能的可靠^[5].

虽然国外各大油田服务公司都拥有生产滑套的评价装置, 但都是依靠人工振击来完成滑套的开启关闭工作. 如果要进行滑套的密封性能破坏试验, 需要连续完成 2 000 次以上开启和关闭, 不仅时间长, 而

收稿日期: 2015-04-21; 修回日期: 2015-09-25

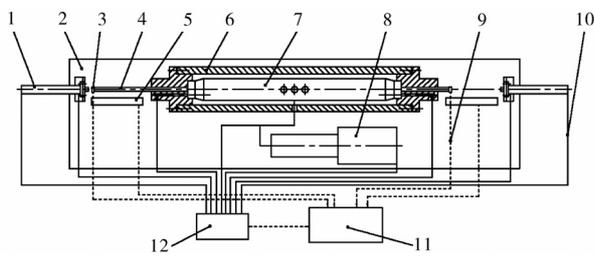
作者简介: 呼英俊 (1965—), 男, 河北张北人, 副教授, hyjun@tust.edu.cn.

且难以实现生产滑套的带压启闭和数据的实时上传. 为此, 笔者与中海油能源股份有限公司合作研制了能够模拟现场实际工况的生产滑套性能测试装置. 该装置不仅能够实现滑套的自动带压启闭和数据的实时上传, 而且能够进行滑套密封性能检测和破坏试验.

1 测试装置设计

1.1 基本结构

生产滑套性能测试装置主要由工作筒、工作台、冲击油缸、增压油缸、液压站、数据采集和自动化控制系统组成, 其结构如图 1 所示.



1. 冲击油缸; 2. 工作台; 3. 压力传感器; 4. 冲击杆; 5. 行程开关; 6. 工作筒; 7. 生产滑套; 8. 增压油缸; 9. 控制信号线; 10. 液压油管; 11. 液压站; 12. 控制系统冲击油缸

图 1 生产滑套性能测试装置示意图

Fig. 1 Schema of performance testing device of the sliding sleeve

生产滑套安装在工作筒内腔; 控制信号由压力传感器和行程开关发出, 控制液压回路的通断, 实现测试过程的自动控制; 液压系统的油路接冲击油缸、增压油缸和工作筒的进出油口, 完成滑套的带压冲击启闭和加载保压, 实现滑套启闭冲击力的测定和密封性能检测.

1.1.1 液压站

液压站实物如图 2 所示.



图 2 液压站实物图

Fig. 2 Physical map of the hydraulic station

液压系统原理图如图 3 所示, 主要由电机泵组、油箱、控制阀块、控制阀、压力传感器、压力表及管路组成^[6]. 液压油泵采用恒压变量泵和蓄能器为系统提供动力, 当系统达到设定压力保压时, 油泵自动改变流量, 减少功率损失. 油箱设有液位计、加热器、温度计、空气滤清器、回油滤油器及冷却器. 一个控制阀块用于控制系统压力和给滑套密封性能检测提供动力; 另一个用于控制左、右两个油缸的往复运动, 为滑套冲击启闭提供动力. 控制阀主要由卸荷溢流阀、换向阀、单向阀、液控单向阀、单向球阀、减压阀、比例减压阀和比例流量阀组成. 管路全部采用 40 MPa 高压软管和厚壁无缝钢管. 压力表用于检测系统各点的压力, 流量传感器用于检测冲击油缸流量, 压力传感器用于在密封性能检测中测定压力.

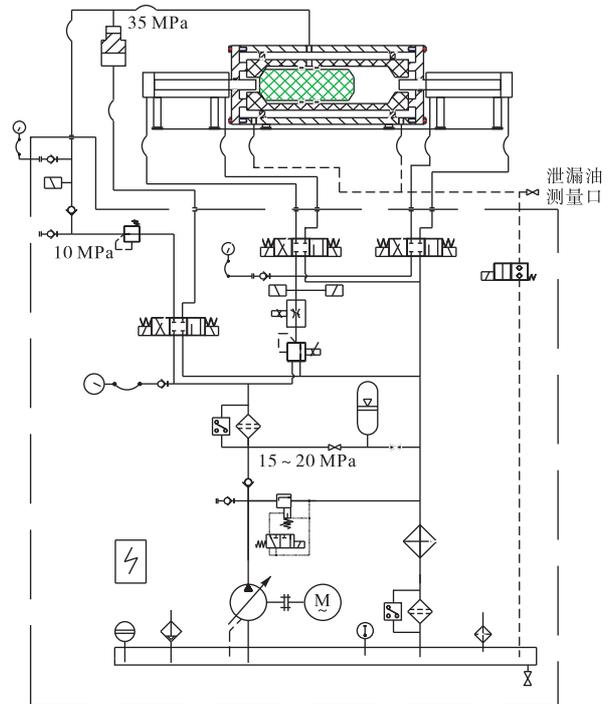


图 3 液压系统原理图

Fig. 3 Diagram of the hydraulic system

1.1.2 控制系统

测试装置采用工控机控制, 可以实现手动和自动控制. 控制台实物如图 4 所示. 控制系统操作界面如图 5 所示.

在手动模式下不仅可以进行自动模式状态的模拟、动作调试和测试各部件工作是否正常, 而且还可以调试冲击液压缸的动作和增压液压缸的保压、增压等功能. 通过检测保压过程中的压力波动情况可判定被测密封件是否达到设计标准要求.



图4 控制台实物图

Fig. 4 Physical map of the control station



图5 控制系统操作界面

Fig. 5 User interface of the control system

在自动模式下,首先需设定测试的项目名称、日期、加热器状态、是否加压、液压系统最大流量和最大压力,然后设定测试参数和循环次数.测试过程中传感器实时监测压力数据并上传至控制系统.系统可绘制数据曲线,并将数据和曲线保存为文本文件,以便进行数据分析.

1.1.3 执行装置

执行装置实物如图6所示,主要由工作筒、冲击油缸、增压油缸和工作台组成.工作筒用于安装生产滑套、冲击杆和模拟实际工作环境.工作台用于安装冲击油缸、增压油缸、工作筒、压力测试装置及调整机构.



图6 执行装置实物图

Fig. 6 Physical map of execution means

1.2 工作原理

滑套性能测试装置的工作原理是,利用固定在机架上的2个冲击油缸分别从左右两侧冲击冲击杆,推

动安装在工作筒内的生产滑套的内套左右往复移动,从而实现生产滑套的开启和关闭.在冲击杆的冲击端安装有压力传感器,用以测定冲击油缸对冲击杆的冲击力大小.通过控制系统改变冲击油缸的供油压力和流量,可以改变油缸的最大推力和运动速度,从而调节冲击油缸对冲击杆的冲击力,实现生产滑套的不同开启和关闭速度.

该装置可用于型号为1.875"、2.313"、2.75"、2.813"生产滑套的密封性能检测,最小通径分别为47.625、58.75、69.85、71.45 mm.为了避免关闭套到达极限位置时继续冲击造成生产滑套损坏,在工作台上安装有位置可调的限位行程开关,可根据不同规格生产滑套的测试要求,调节限位行程开关的位置.除了极限位置外,在开启端的2个极限位置之间还装有一个行程开关,该行程开关的位置是根据关闭套上的平衡孔位置确定的.开启过程中,在平衡孔与滑套本体上的过流孔连通之前,由液压站经工作筒在生产滑套外部施加10 MPa的压力,实现生产滑套在内外压差10 MPa的条件下开启.外部加压大小可根据测试需要在控制系统中设置.

测试装置的设计压力为40 MPa.根据海上油田作业经验,对生产滑套的密封性能要求为:在内外压差35 MPa的条件下10 min内无泄漏即为合格.该测试装置可以实现生产滑套的连续开启和关闭,直至密封件被破坏,并记录滑套的开关次数和压力数据.目前,该测试装置已经连续运行2 000次以上,运行正常.

测试装置具有数据采集处理保存和远程自动控制等功能.在准备工作完成后,人员可以远离工作台和液压系统,消除了人工操作的安全隐患.

2 试验

2.1 试验步骤

(1)将试验用生产滑套拆开,装入左右冲击杆、冲头、接管和密封接头,拧紧各个连接部件,并保证连接后生产滑套的两端密封接头外尺寸在72~168 mm范围内.

(2)拆开生产滑套性能测试装置外结构中工作筒一端的法兰,按照生产滑套的启闭方向要求将已连接好的带冲击杆生产滑套装入工作筒内,安装并紧固法兰;调整、紧固冲击油缸和调整装置.

(3)接通电源,启动测试装置.首先手动运行设

备,检查安装状况是否正常;然后转为自动运行.设置参数后开始测试.

自动运行时1个测试周期的流程为:滑套复位至完全开启状态→冲击关闭滑套至平衡孔位置→加压至10 MPa(压力可调),继续带压冲击关闭滑套直至滑套完全关闭→停止冲击,将压力加至35 MPa→按照设定时间稳压(时间实时可调)检测滑套密封件的密封情况→稳压结束,将压力降至第1次加压压力→带压冲击开启滑套至平衡孔位置→将压力降为零,继续冲击开启滑套直至滑套完全开启→测试结束→生成报告.

(4)如需进行多周期循环测试,可在启动程序之前设定循环次数,系统按照设定次数自动完成测试.

(5)测试完成,取出滑套,清洁保养.

2.2 结果分析

图7为针对2.75"生产滑套,在启闭压力10 MPa、加压压力35 MPa、保压时间60 s和1个循环的条件下得到的性能测试结果.

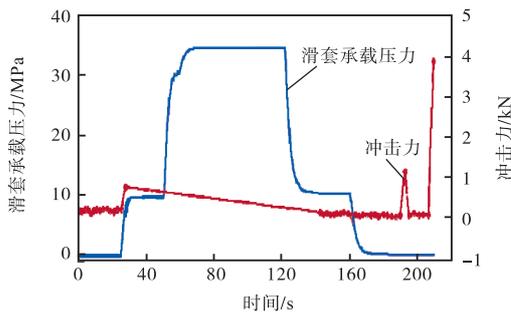


图7 生产滑套性能测试数据

Fig. 7 Measured results of the sliding sleeve

结果表明:测试装置能够实现生产滑套的振击开启和关闭,在开启和关闭过程中所受冲击力较均匀,与冲击杆配合的密封件摩擦性能良好;测试装置能有

效完成滑套的带压开启、关闭试验,在生产滑套关闭条件下,加压至35 MPa、切断供油后,保压无泄漏,表明用于试验的生产滑套和测试装置都具有良好的密封性能.

3 结 语

本文根据实际生产需要研制了海上油田生产滑套的性能测试装置,给出了装置的结构、工作原理、测试方法和步骤.采用测试装置能够模拟实际使用环境,对生产滑套进行冲击启闭、密封性能检测、密封件寿命测试等试验,大大降低了操作人员的劳动强度,有效避免了人为误判,实现了对生产滑套性能的自动检测,提高了检测数据的准确性,可为生产滑套工具的研制提供高效的试验装置和技术保障.

参考文献:

- [1] 石磊. 一种新型滑套开关工具及配套技术应用研究[J]. 西南石油大学学报:自然科学版, 2014, 36(1): 157-162.
- [2] 刘传刚,包陈义,鞠少栋,等. 海上完井滑套开关工具弹性爪机构性能研究[J]. 石油机械, 2014, 42(4): 34-37.
- [3] 张世甫. 滑套使用中若干问题的分析探讨[J]. 钻采工艺, 2012, 25(1): 77-79.
- [4] 《海上油气田完井手册》编委会. 海上油气田完井手册[M]. 北京:石油工业出版社, 1998.
- [5] 张亮,王丙刚,马认琦. 深水生产滑套密封设计及试验[J]. 石油机械, 2014, 42(7): 41-44.
- [6] 《机械设计手册》编委会. 机械设计手册[M]. 5版. 北京:机械工业出版社, 2010.

责任编辑:常涛