

# Development and application of energy saving and environment friendly workover rigs

CAO Yuguang<sup>1,2</sup>, CUI Xijun<sup>2</sup>

1. Department of Engineering Mechanics, China University of Petroleum, 257061, Dongying, China

2. Drilling Technology Institute of Shengli Petroleum Bureau, 257017, Dongying, China

1. caoyuguang@gmail.com, 2. jinlnli@163.com

**Abstract:** The energy efficiency of traditional workover rigs is low. Workover rigs consume a great quantity of energy and pollute the environment heavily. In order to overcome the inherent defects of traditional workover rigs, a kind of hydraulic energy-storing workover rig was developed. It can store and use energy efficiently so that the installed power can be greatly reduced. It has been widely used in onshore oilfields and presented good HSE performances. Favorable social and economic benefits have been acquired. For that, offshore hydraulic energy-saving workover rig has also been designed. Results of calculation showed that the safety of the structure can be guaranteed which means the developed workover rig can be used on offshore platforms.

**Keywords:** energy saving; environment friendly; hydraulic energy-storing workover rig

## 节能环保型修井机的开发与应用

曹宇光<sup>1, 2</sup>, 崔希君<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(华东)工程力学系, 东营市, 中国, 257061

2. 胜利石油管理局钻井工艺研究院海洋所, 东营市, 中国, 257017

1. caoyuguang@gmail.com, 2. jinlnli@163.com

**【摘要】**常规修井机能效低、能耗巨大,对环境污染较为严重。为克服常规修井机的固有缺陷而研制的液压蓄能修井机,能够有效蓄能和用能,大幅度降低修井机的装机功率,并显现出良好的HSE性能,目前已经在陆上油田得到了广泛应用,取得了良好的社会效益。有鉴于此,用于海洋平台修井作业的液压蓄能修井机也已被设计出来,经过计算,其安全性能可以得到保障,从技术上具备了生产运用的条件。

**【关键词】**节能; 环保; 液压蓄能修井机

### 1 引言

据不完全统计,全国各油田每年修井费用超过一百亿元,消耗柴油超过二十万吨。国内外的常规修井机虽经不断改进,其速度、提升能力等性能指标有所提高,但仍存在能效低、能耗巨大、环境污染严重、“顶天车”隐患、装机功率大且运转不平稳等问题。为克服常规修井机的固有缺陷而研制的液压蓄能修井机,取消了井架、游车、天车、绞车、变速传动装置等常规修井机的传统部件,能够有效蓄能和用能,大幅度降低修井机的装机功率,并显现出良好的HSE性能,目前已经在陆上油田得到了广泛应用,取得了良好的社会效益<sup>[1]</sup>。

### 2 液压蓄能修井机

液压蓄能修井机为全液压型,具有节能、环保、装机功率小,无污染,噪音低、安全可靠、运移方便等优点,是现有小型修井机的重要替代产品和发展方向。该项技术获得中国、美国和加拿大发明专利,1995年获中国专利金奖,2003年2月液压蓄能修井机项目获得国家发明二等奖<sup>[2]</sup>。

#### 2.1 主要结构

液压蓄能修井机(如图1所示)主要由氮气包、蓄能缸、油箱机泵组、支腿油缸、变幅缸、控制阀、控制室、液缸座、拉杆、定轮架、大通径换向阀、主

液缸、天车、油箱、大钩、液压系统及车底盘等部件组成。按其功能，大致可分为以下几个部分：动力系统，为全机动力源，包括机泵组及液压辅件；蓄能系统，包括蓄能缸、氮气包等；提升系统：此系统为执行机构，主要用于提放油管柱等，包括主液缸、定轮架、天车、指重表等；操纵系统：主要用于液压系统的控制，包括控制室总成、各种先导控制阀、大通径换向阀、刹车阀、溢流阀等；辅件：包括液缸座、机架、运载车等。



Figure 1. Hydraulic energy-storing workover rig  
图 1 液压蓄能修井机

## 2.2 液压蓄能修井机的优点

通过对蓄能修井机与常规修井机进行对比可以发现，蓄能修井机具备以下主要优点：

### 1、节能

蓄能修井机可以蓄存能量并加以利用，从消耗能量（焦耳）角度看，比常规修井机节能超过 50%。从费用的角度看，仅能源费用一年就可节约人民币近 30 万元/台。

### 2、环保

用电而不用柴油因此没有黑烟排放，没有石棉粉尘，噪音小（常规修井机 96dB，蓄能修井机仅 67-76dB），有利于环保。

### 3、操作方便、安全

蓄能修井机采用直立的组合油缸而非井架，不需要立井架，埋地锚，拉绷绳，穿大绳，方便操作与搬运；而且在狭窄井场和不能设地锚、不便立井架的井场都可以方便使用；同时，相比常规修井机，蓄能修井机钢丝绳磨损小，寿命长，不会顶天车，液压刹车比较可靠，对作业安全十分有利。

### 4、节约成本

由于蓄能修井机能效高，因此可以大大节约能源成本，据测算，常规修井机每月能源成本约 3 万元，而蓄能修井机仅需 5000 元；同时，蓄能修井机操作方便、安装搬运简单，因此也可以节约生产成本；另外，由于蓄能修井机还具备环保特点，因此还可以节约可能的环境赔偿费用。

## 3 海洋液压蓄能修井机初步设计

自 1997 年我国国内企业为海上采油平台配套生产首台大型钻修井机结束我国海洋修井机完全依赖进口局面以来，国产海洋修井机的设计与制造从无到有，逐渐发展到目前的系列化、多样化。2002 年 6 月，中国海洋石油总公司颁布了海洋石油平台修井机的相关标准，使得海洋修井机的生产制造进入一个规范化阶段<sup>[3]</sup>。目前，江汉石油管理局第四机械厂、宝鸡石油机械厂和南阳石油机械厂等主要生产厂家所生产的海洋修井设备在功能上已经基本能够满足海上油田生产作业的需求。

虽然我国的海洋修井机已经基本能够满足海上油田生产的需求，但也还存在一定不足，尤其对于常规的修井机，一般需要较大的场地，并且需要在平台上安装导轨，这给中小平台的修井作业带来了一定的限制。另外较高的制造、搬运与安装成本也是不能回避的问题。为了适应不同海域、不同平台、不同作业方式和特殊的作业要求，国产海洋修井机将在规格、结构性能等方面不断完善和提高，近年来呈现出了设计模块化、功能多样化、可搬迁、电驱动等发展趋势<sup>[4]</sup>。液压蓄能修井机由于其节能、环保、占用场地小、安装方便等突出优点而受到广泛关注并且进行了较大范围的陆地油田修井作业，取得了较好的效果。将液压蓄能修井机结合海洋平台实际工况进行改装设计以后，或将可以作为目前海洋修井机的一种有意补充，成为海洋修井机发展的又一新的趋势。

### 3.1 海洋液压蓄能修井机结构设计

液压蓄能修井机具备常规修井机所不具备的诸多优点，为将其运用于海上油田修井作业，在结构设计中着重考虑以下要求：结构轻便，易于安装、拆卸与搬运，具有足够的结构强度与稳定性，尽量少占用空间等。为此，将海洋液压蓄能修井机设计成如图 2 所示结构，从图中可以看出，各主要设备固定安装于作业小平台上，作业小平台通过法兰与封井器连接。这

样,作业小平台承担所有的结构自身重量以及工作载荷,所以在进行具体结构设计时必须保证其具有足够的强度。同时,作业小平台的支撑结构通过法兰与封井器连接,因此其螺栓连接必须具备足够的预紧力以保证密封性良好。

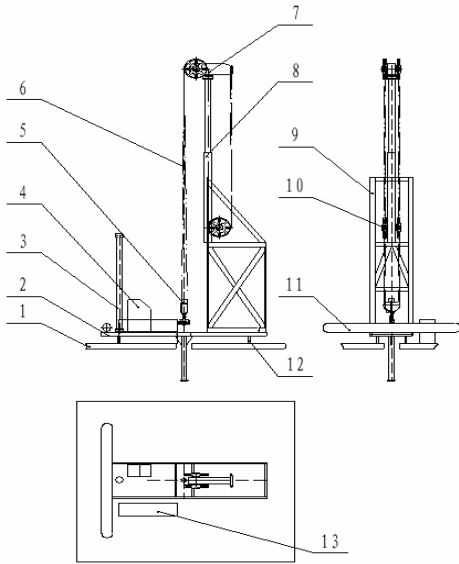


Figure 2. Schematic diagram of offshore hydraulic energy-storing workover rig

图2 海洋液压蓄能修井机结构示意图

1-甲板平台 2-作业平台 3-蓄能缸 4-操作室 5-大钩 6-钢丝绳 7-天车 8-主液缸 9-液缸座 10-定轮子 11-氮气包 12-辅助螺旋千斤 13-机组

### 3.2 可行性分析

在对海洋液压蓄能修井机进行初步结构设计以后,本文从技术、经济等方面对其可行性进行了分析研究。

通过对所设计的作业小平台进行有限元建模,并将额定动静载荷施加于作业小平台相应位置并确定约束的位置及形式,对结构进行受力分析。分析结果表明结构最大的 Mises 应力为 89.5MPa,完全可以满足强度要求。另外,本文还对海洋液压蓄能修井机在各动静载荷作用下主液缸的强度与稳定性、作业小平台及其支撑结构强度、螺纹连接密封性等方面进行了理论计算,结果表明所设计结构具有足够的安全性,可以保障正常的修井作业。

海洋液压蓄能修井机结构如图 2 所示,作业小平台通过法兰连接于封井器上,无需导轨;各主要构件安装于作业小平台上,相互间主要通过螺栓连接,易

于安装拆卸。另外通过计算知,各主要构件质量均不超过 3t,因此对于绝大多数平台,利用平台上既有吊机即可实现起吊安装作业,无需采用浮吊。

采用液压蓄能修井机可以节省大量初期投资,主要体现在:在较小的平台上无需安装大型的常规修井机,亦无须安装导轨;与采用普通修井机相比,整个平台的总装机功率可以大大降低;液压蓄能修井机运行平稳,提升或下放管柱的突加、突卸冲击负荷大大减少,因此对柴油机的冲击负荷减轻,柴油机可以在一个比较稳定的工况下运行,从而可降低对柴油机性能的要求<sup>[4]</sup>。

除了可以降低初期投资外,液压蓄能修井机所具备的优点也可以节约大量运行、维护以及管理费用,主要表现在:由于液压蓄能修井机每一组件其质量均不超过 3t,因此即使对于只有较小起重能力的平台,亦无须动用耗费巨大的浮吊,利用其自带吊机即可实现起吊与安装,可以节约大量费用;另外,测试结果表明,液压蓄能修井机与常规修井机相比总的节能效率在 50%以上,因而可以节省大量运行成本;同时液压蓄能修井机运行平稳,各种设备的机械磨损相对于常规修井机大量减少,因而维护、保养的费用大大降低;最后由于液压蓄能修井机相对常规修井机在搬运、组装、运行以及维护等方面操作简单,因此可以降低这些过程中的管理费用<sup>[4]</sup>。

### 4 结论

液压蓄能修井机相比常规修井机具有节能、环保、操作简单、节约成本等突出特点,目前已经在陆地油田获得广泛应用,取得了良好的社会效益。结合海洋平台实际工况,对液压蓄能修井机结构进行改造,即可运用于海上修井作业。通过从技术和经济方面对海洋液压蓄能修井机进行可行性分析后认为,将液压蓄能修井机应用于海上油田修井作业具有较强的可行性。但是,将该技术运用于海洋工程毕竟是一种创新,目前尚未有成功经验可循,因此在开始时应该有一个试验与适应的过程,过程中还可能遇到某些尚未料及的情况,届时需要依据具体情况通过改进设计来加以解决。

### References (参考文献)

- [1] Gu Xinyi, Pan Wei, Zhang Ai'en, Wang Yun'an, Li Detang, Chen Yumei, Luan Guihua, Hydraulic energy-storing workover rigs having advantages of energy saving and environment protection[J], *China Petroleum Machinery*, 2003, 31(supl.), P42-44 (Ch).

- 顾心怿, 潘伟, 张爱恩, 王运安, 李德堂, 陈玉梅, 栾桂华, 具有节能和环保优势的液压蓄能修井机[J], 石油机械, 2003, 31(增刊), P42-44.
- [2] Dong Huairong, Gu Xinyi, Zhang Huifeng, Wang Ping, Design of A Novel Hydraulic Energy-Storing Petroleum Drilling Rig[J], *Natural Gas Industry*, 2004, 24(5), P61-64(Ch).  
董怀荣, 顾心怿, 张慧峰, 王平, 一种新型液压蓄能石油钻机设计[J], 天然气工业, 2004, 24(5), P61-64.
- [3] Lu Xian, The Existing Problems of Domestic Offshore Work-over Rigs in Service[J], *Journal of Yangtze University (Nat Sci Edit)*, 2008, 5(3), P56-58(Ch).  
鲁献, 对国产在役海洋修井机存在问题的探讨[J], 长江大学学报(自然科学版), 2008, 5(3), P56-58.
- [4] Wang Zhiliang, Pan Wei, The Feasibility of Applying Hydraulic Energy-storing Service Rigs to Offshore Platform, *China Offshore Platforms*, 2000, 15(5), P27-30(Ch).  
王之亮, 潘伟, 液压蓄能石油修井机在海洋平台上应用的可行性[J], 中国海洋平台, 2000, 15(5), P27-30.