

液压修井机举升系统及液压站参数设计

张甫
(中海油研究总院有限责任公司 北京 100028)

摘要: 目前,海上边际油田规模增大,如果采用常规修井机进行开发,机具成本高、占地面积多和质量大,油田开发成本高。液压修井机具有整体质量轻、占地面积小、搬迁便利等特点,在海上边际油田应用具有更多的天然优势,对降本增效有着非常重要的意义。本文针对乌石 23-5 平台所需液压修井机参数,对液压站配置进行了计算和设计,并使用 SimulationX 软件对液压举升系统建模仿真。仿真结果表明,本文所提出的液压站配置能够提供足够的工作压力和流量,能够满足液压修井机的最大钩载和运行速度要求。

关键词: 液压修井机; 液压举升系统; 液压站; SimulationX; 仿真

0 引言

目前,我国海上应用的修井机普遍为常规井架结构,采用电驱绞车带动游车进行提升。这种常规海上修井机虽满足海洋修井作业要求,但其占地空间相对较大、设备复杂、且自动化程度较低。对于甲板面积较小($< 100\text{m}^2$)、吊机起重能力较低($< 10\text{t}$)的边际油田海上平台,并不具备安装常规修井机的条件,只能采用钻井平台进行修井作业^[1]。在调用钻井平台的同时,不仅降低作业生产效率,还会增加修井成本,导致油田开发的效益变差。

与常规修井机不同,液压修井机的核心装置是举升液压缸和液压控制系统,通过该系统操控游车,实现钻具正常起下,快速高效^[2]。液压修井机自动化程度较高,所需现场操作人员更少,能够降低作业人员工作强度,同时提高作业安全性。此外,液压修井机占地空间小、设备少且质量轻、移运方便,便于模块化拆装,实现机具多平台间的共享,对于开发边际小型油田具有天然优势,对降本增效具有非常重要的意义。

1 举升系统及关键技术参数

目前较为成熟的液压缸布置方案有单液缸(中间)、双液缸(两侧)和四液缸布置,本文设计使用双液缸型井架结构。该方案可视为两个 4 倍增程单液缸井架的组合,大钩行程为液压缸行程的 4 倍,最大钩载为单个液压缸最大推力的二分之一,在最大钩载损失不大的情况下最大程度降低液压缸的行程,提高井架结构稳定性。本文液压修井机以乌石 23-5 平台作为目标平台,为满足该平台修井作业需求,液压修井机主要参数如下:

最大提升载荷: 1350kN
提升速度: 0.2 ~ 1m/s

最大提升行程: 16m
液压转盘输出转矩: 20kNm
液压转盘输出转速: 30r/min
滑移系统单侧最大拉力: 100t
滑移系统最大推移速度: 600mm/min

2 液压站配置

井架液压缸选用多级变速油缸,其单侧缸结构简图如图 1 所示,液压缸有 A、B 两个主进油口, C、D 两个主回油口。设计井架提升速度 and 对应钩载为四个档,档位越低,液压缸能达到的速度越大,相应的负载能力越小;档位越高,负载能力越大,相应的起升速度越

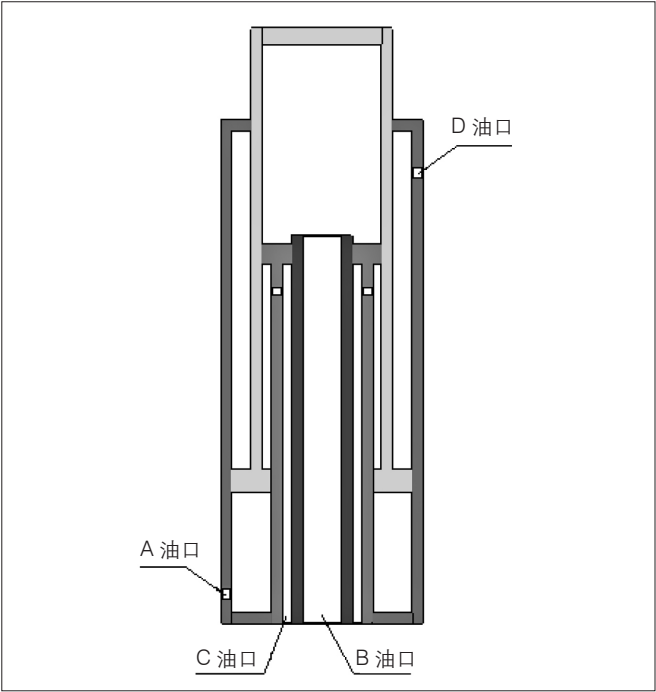


图 1 多级变速液缸结构简图

小^[3]。

液压系统中，压力和流量是两个最主要的参数。液压泵的工作压力要能够满足液压缸的最大钩载需求和液压转盘的输出转矩需求；最小工作流量需满足液压缸的举升速度需求和液压转盘的输出转速需求。根据井架液缸、液压转盘等设备的工作能力要求，计算得出所需的液压泵额定压力、最大流量要求，从而确定液压站的液压泵和电动机配置。

额定油路压力，应按照可承受负载最大的档位Ⅳ（SA + SB）下，液压缸活塞杆以 0.2m/s 匀速上升来进行计算。在最大提升载荷为 1350kN 时，根据档位Ⅳ工况下液压缸进油腔有效面积，可求得液压缸进油腔压力为 16.17MPa。液压系统管线最大工作压力，需在液压缸进油腔最大压力的基础上考虑油路上执行元件的压力损失，同时为确保系统可靠安全运行，还需使液压泵额定压力比液压管线工作压力高 25% 以保证系统一定的压力冗余，计算可得液压泵的额定压力为 20.84MPa。

根据液压缸进油腔有效面积和运行速度，可求得在档位Ⅳ以 0.2m/s 匀速上升工况下，液压缸所需流量为 1002L/min。液压缸在档位Ⅰ（SA-SC-SD）工况下最大提升速度为 1m/s，因此还需验算当液压缸以 1m/s 匀速上升时，所需流量是否会超过档位Ⅳ流量。根据档位Ⅰ液压缸进油腔有效面积和运行速度，求得在该工况下液压缸所需流量为 870L/min，小于档位Ⅳ所需流量，因此档位Ⅳ工况下计算的压力和流量即液压站所需提供的最大压力和最大流量。考虑液压系统油路泄露系数，液压泵的最大流量为 1102.2L/min。

根据计算，应选用额定压力不低于 20.84MPa，最大流量不低于 1102.2L/min 的液压泵。经调研液压动力油泵的成熟生产制造厂家，选定主油泵参数为：

每转排量：355mL/r

额定输出压力：21MPa

液压站布置两个主油泵为液压系统供油。液压泵电动机所需功率按照档位Ⅳ匀速运行工况下实际最大工作压力和工作流量进行计算。考虑液压泵电动机功率

安全系数，所需电动机功率 $P=326.68\text{kW}$ 。结合电动机厂家的成熟产品序列，为提高电动机的使用效率，节约能源，并简化控制，液压站设双主电动机分别驱动两个主油泵。选定主电动机参数如下：

功率：220kW

电压：380VAC，50Hz

转速：1486r/min

额定电流：377A

3 液压系统仿真

根据双井架液压修井机的工况需求、液压站参数的计算和液压站电动机及液压泵的初步选型^[4]，设计出双井架液压举升装置的液压回路图，并使用仿真软件 SimulationX 对其进行建模和仿真，液压回路模型如图 2 所示。为简化模型，液压回路中的液缸调速部分被省略。

根据上文计算，在四个档位中档位Ⅳ为极端工况，需要验证该液压举升装置能否满足在档位Ⅳ工况下最大举升载荷 1350kN 和最小提升速度 0.2m/s 的需求。因此对液压举升装置在档位Ⅳ工况下的运行进行模拟

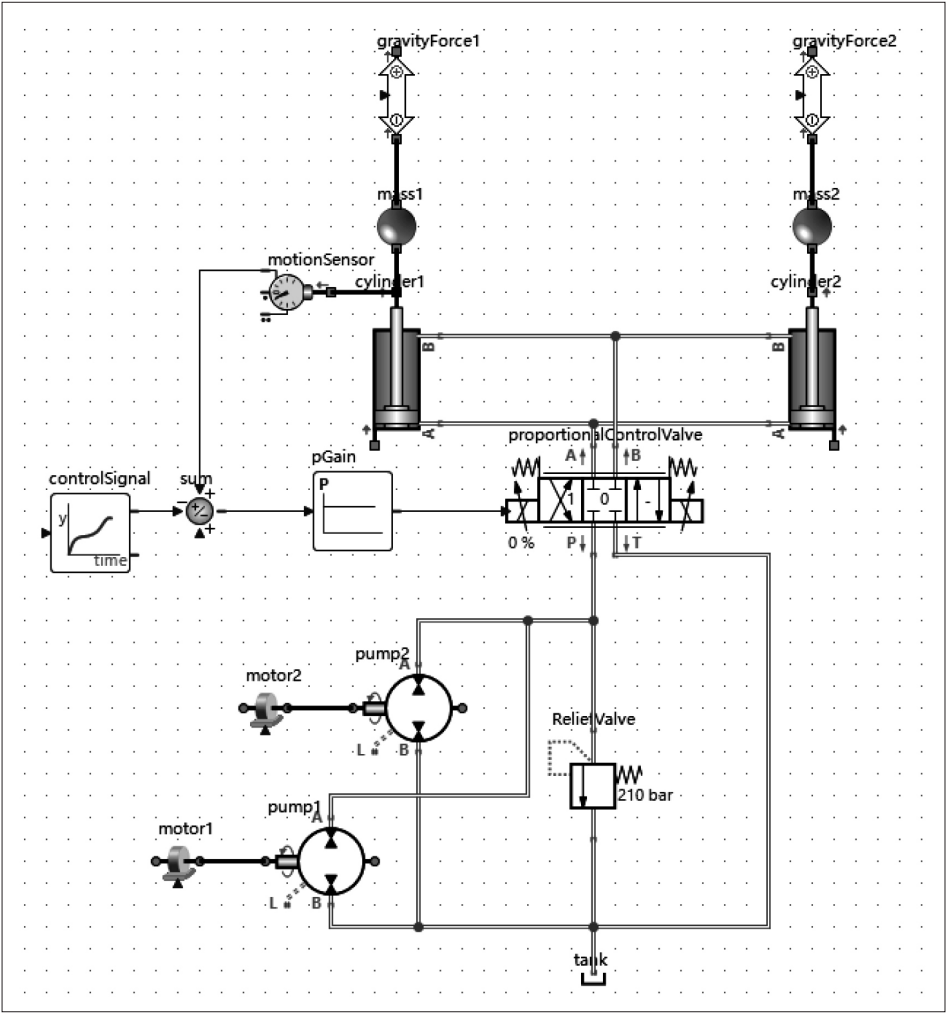


图 2 液压举升装置液压回路模型

仿真,以验证液压站参数计算是否正确以及电动机和液压泵选型是否满足需求。液压回路中,液压站参数按照上文计算所得设置:液压泵 1 和液压泵 2 排量为 355mL/r,电动机 1 和电动机 2 额定转速为 1486r/min,溢流阀调定压力为 21MPa。液压缸运动方向由三位四通电磁换向阀控制,其控制信号由信号输入端给定。

由于该液压缸最大钩载为单个液压缸最大推力的 1/2,因此在最大举升载荷 1350kN 工况下,每个液压缸上方负载均为 2700kN。档位 IV 工况下液压缸下腔有面积 SA + SB 为 0.167m²,上腔有效面积 SC + SD 为 0.072m²。三位四通电磁换向阀由闭环控制系统控制,信号源输出的信号经过比例放大器传给换向阀,位于液压缸活塞杆的运动传感器实时检测位移信号并与信号源信号叠加,形成反馈调节,以控制液压缸活塞杆运动到所设定位置。

图 3 所示为信号源控制信号(绿色)和液压缸活塞杆位移距离(橙色)随时间变化的曲线。信号源设定为:从 0 秒开始液压缸运行到最大行程位置并保持至 120 秒,之后再返回到初始位置。液压缸活塞杆上行过程中,换向阀右位工作,油口 P 与 A 接通, B 与 T 接通,液缸 A 口进油, B 口回油,带动活塞杆伸出^[5]。随着活塞杆与目标位置的接近,换向阀开度逐渐减小,活塞杆运行速度降低。活塞杆到达最大位移后,换向阀处于中位锁止状态,液压缸锁住不动。从第 120 秒开始,换向阀左位工作,油口 P 与 B 接通, A 与 T 接通,液缸 B 口进油, A 口回油,带动活塞杆缩回,并且速度随着与目标位置的接近逐渐降低,直至活塞杆返回原位,换向阀恢复中位锁止状态。

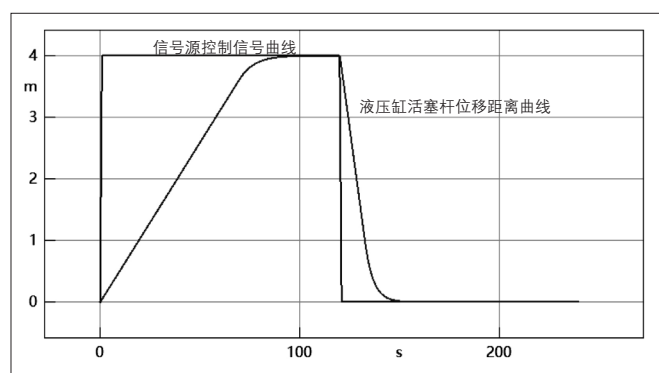


图 3 控制信号和液缸活塞杆位移距离随时间变化曲线

图 4 反映了液压缸活塞杆在该运动循环中速度的变化。活塞杆先是以较慢的速度上行,减速接近并到达最高点后锁止,第 120s 开始快速下行,逐渐减速回到原位。

通过对液压缸活塞杆位移和速度的分析可知,所设计液压回路系统在档位 IV 工况下可以提升最大 1350kN

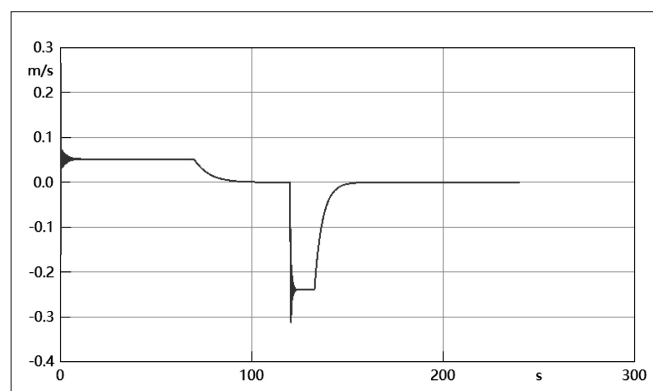


图 4 液缸活塞运行速度随时间变化曲线

的负载、以超过 0.2m/s 的运行速度到达最大行程并返回,因此该液压系统配置满足最大举升载荷和运行速度作业需求。

4 结语

与传统修井机相比,使用液压修井机开发边际小型油田具有成本低、易于搬迁等优势。本文依托乌石 23-5 平台使用需求,提出了适用于该平台的双液压缸井架方案,使用两个 4 倍增程液压缸组成举升井架,缩短液压缸运行距离,保证结构稳定性的同时,提高负载举升能力。为满足液压修井机在该平台修井作业要求,依据液压缸最大举升载荷和运行速度,计算得出液压站所需提供的工作压力和流量,并根据市场成熟产品对液压站配置进行选型,采用两个电动机驱动两个主油泵的配置方案。本文最后使用 SimulationX 软件对液压举升系统进行建模仿真,仿真结果表明,该液压站配置能够满足液压修井机的最大举升载荷和运行速度需求。

参考文献:

- [1] 胡振超,葛嵩,王立新,等. 液压举升装置的发展及其在海上边际油田的应用[J]. 装备制造技术, 2021(02):124-127.
- [2] 丁辉,陈金稳,周怀亮. 海洋液压提升修井机的研究[J]. 天津科技, 2011(05):31-33.
- [3] 李静明,邓海顺. 液压缸结构及设计[J]. 煤矿机械, 2009,30(09):52-54.
- [4] 魏可可,李伟,王赞. 3505m 深水钻井船双井架设计关键因素分析[J]. 石油矿场机械, 2019,48(05):44-47.
- [5] 刘炜光,盛拥军,马金福. XJ675YZ 液压蓄能修井机的开发与应用[J]. 石油机械, 2013,41(12):124-127.

作者简介: 张甫(1987.02-),男,汉族,四川南充人,硕士研究生,工程师,研究方向:海洋石油钻修机装备。