

液压张紧器研究综述

Discussion on the Research of Hydraulic Tensioner

陈立国 曹媛媛 李璐 文学志

Liguo Chen Yuanyuan Cao Lu Li Xuezhi Wen

海洋石油工程股份有限公司 中国·天津 300461

Offshore Oil Engineering Co., Ltd., Tianjin, 300461, China

摘要: 随着海上油田的持续发展和科技提升,海缆、海管的铺设更换为油田的持续发展和保障安全起到重要作用,张紧器作为铺设脐带缆、复合缆、柔性软管等设备设施起到巨大作用,根据自己的认识和理解,对10吨级别液压张紧器研究情况进行了总结,为以后张紧器的研究提供了便利。

Abstract: With the continuous development of offshore oil fields and the improvement of science and technology, the laying and replacement of submarine cables and pipelines plays an important role in the sustainable development of the oil fields and the protection of safety. As the equipment and facilities for laying umbilical cables, composite cables, flexible hoses, etc., the tensioner plays a huge role. According to my own understanding and understanding, this paper summarizes the research situation of the 10 ton level hydraulic tensioner, which is the future of the tensioner, the research provided convenience.

关键词: 张紧器; 液压系统; 输送履带; 控制系统

Keywords: tensioner; hydraulic system; conveyor track; control system

DOI: 10.12346/edwch.v1i3.8412

1 引言

由于陆地上油气资源日益匮乏,海洋石油资源需求越来越多,海洋石油天然气的开发运用已经成为能源工业的热点和科技创新前沿,海底管缆设备也随着海洋资源的开发日益成熟,张紧器作为铺设管缆设备越来越受到重视。张紧器设备用于铺设脐带缆、复合缆、柔性软管等管线,为移动类型设备,可在用户的不同工作船上安装使用。张紧器包括张紧器本体、配套液动力站集装箱、配套控制室集装箱及配套连接管线与电缆。

2 张紧器设备特点

2.1 张紧器组成

张紧器由动力系统、液压系统、电控系统和驱动装置等组成,主要特点如下:

①采用PLC控制器,实现了机、电、液一体化,状态检测,使整机工作节能、高效、环保。

②动力系统、液压系统、电控系统、执行机构采用国际知名品牌产品,确保本机优越的性能。

③本机采用多种安全装置,实现多项电控和声光自动报警,保证产品安全、可靠运行。

④操作室人性化设计,操作环境舒适。

2.2 技术性能参数

张紧器技术规格见表1。

3 设备组成

张紧器为上下履带结构,其中下履带固定,上履带移动,张紧器上部框架可翻开。上履带总成滑动通过油缸控制,下履带总成与支承框架通过螺栓连接,整体通过销轴与底座连接,底座使用时安装在船的甲板上^[1-3]。上履带总成依靠液压油缸沿轨道上下移动,液压油缸带有蓄能器,即便是在液压系统突然失效的情况下,夹紧系统也能够实现自动夹紧。每个履带总成由1个变频电机驱动。图1为张紧器整体图。

【作者简介】陈立国(1981-),男,中国河北石家庄人,本科,工程师,从事海洋工程结构研究。

表 1 张紧器技术规格

序号	名称	规格
1	最大管线张力	10T
2	最大静态刹车能力	15T
3	适应产品外径	50~400mm
4	最大铺设速度	1000m/hr
5	最大压紧力	240kN/m/track
6	最小压紧力	40kN/m/track
7	夹紧系统	油缸规格: $\phi 100 \times 56 \times 500$ 位移传感器: 0~1000mm, 4~20mA 压力传感器: 0~30MPa, 4~20mA
8	设计寿命	10 年
9	外形尺寸	长 (4.7m) \times 宽 (1.9m) \times 高 (3m)
10	重量	10t

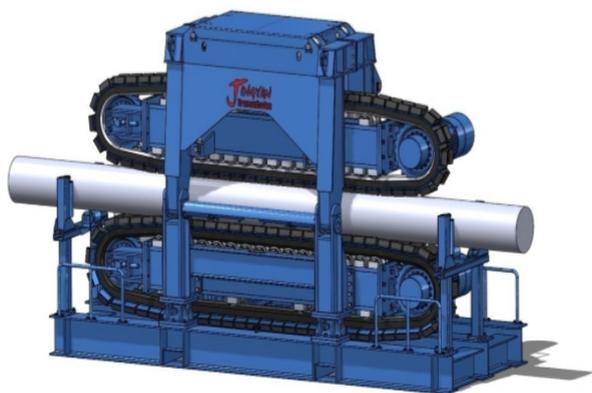


图 1 张紧器整体图

3.1 结构组成

3.1.1 夹紧系统

履带夹持的过程是由两个液压缸完成的,并配备蓄能器和压力传感器。由于有蓄能器,即使发生停电或液压缸压力不足,管线的加紧状态都可以确保。在管线直径变化也不会因压力不同而无法夹持。上履带总成配有位移传感器,当上履带总成移动时,可以监控上履带总成运动状态。

3.1.2 驱动

每条履带总成均由一个变频电机通过减速机驱动,减速机内部配有制动器,当张紧器驱动电机输入信号时,制动器打开,履带总成可以自由旋转。当张紧器驱动电机停止运行时,制动器关闭,此时履带总成不能够旋转工作。

3.1.3 张力值

张紧器实际张力是通过 2 根销轴测力传感器测量的,每个销轴传感器均将测量数据通过放大器输送到控制面板上,便于操作者观测。

3.1.4 履带板

张紧器配大小 2 种履带块,可根据管径直径不同更换,在 $\Phi 50 \sim \Phi 200\text{mm}$ 范围内用小履带块,在 $\Phi 100 \sim \Phi 400\text{mm}$

范围内用大履带块。图 2 为履带垫块示意图。

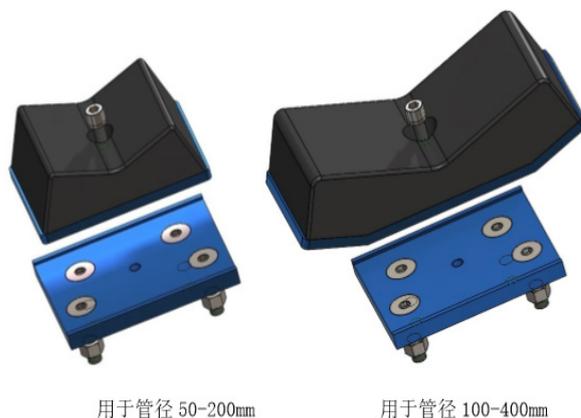


图 2 履带垫块示意图

3.2 动力系统

驱动变频柜安装在 6m 集装箱当中。张紧器通过驱动柜和控制柜来控制,驱动柜容纳了所有设备的控制系统(图 3)。主要部件有:

- ①主电源开关分配。
- ②带电源模块和断路器的控制器。
- ③主电源规格: AC400V、50Hz。
- ④控制舱照明、供暖和冷却(风扇)。
- ⑤低压控制器电源, 24V。
- ⑥输入/输出模块。
- ⑦操作面板。

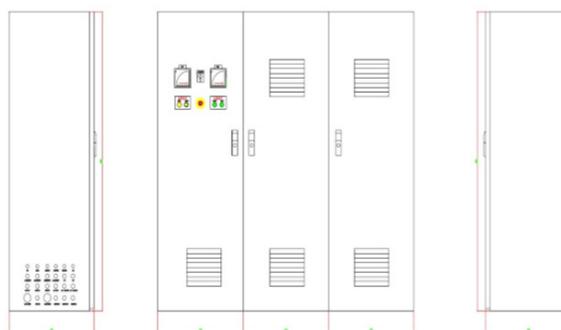


图 3 驱动变频柜

驱动变频柜规格见表 2。

表 2 驱动变频柜规格

序号	名称	规格
1	箱尺寸	长 (1800mm) \times 宽 (600mm) \times 高 (1800mm)
2	保护	IP44
3	通风口	门上 (200mm \times 200mm)
4	电缆走线	从侧面 (通过填料函)
5	冷却	外部空气循环 (门上风扇)
6	环境条件	+5°C ~ +35°C (室内)

3.3 液压系统

张紧器所需要的液压动力都由一个中央液动力单元提供，该液动力单元集成在设备底座上。液动力站（见图4）由主电机泵组（1#、2#，2台套，1用1备形式）、辅助循环泵组（与主泵组成串联泵）、油箱组件、主控制阀组、液动力站本地电器柜、风冷式冷却器等组成。

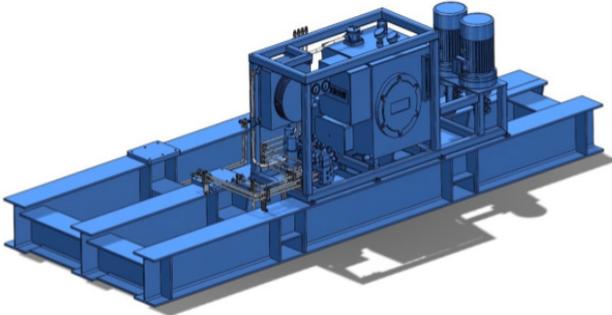


图4 液动力站

3.3.1 主电机泵组

主电机泵组共2台，原则上一个主泵电机组为张紧器提供动力，另一组主泵电机组为备用；当工作的主电机泵组失效时，可启动另一台泵组为张紧器提供动力。电机采用船用电机，垂直方式安置；主电机泵组与连接支架之间配置减振环，可减少泵组对周围环境产生的振动影响。液压泵采用双联泵，一个泵控制系统供油，另一个泵控制循环系统供油。当操作模式设置为“本地”位置时，主泵的开、关是由操作人员在液动力单元的操作面板上手动执行。当开关处于“远程”位置时，则泵的启停在远程控制室实现。

3.3.2 循环泵组

循环泵与主泵为双联泵结构，与主泵同时启动或停止，用于油液的过滤、冷却和加热。

3.3.3 加热

油箱中的油温在可接受的最低范围以下必须加热时，辅助泵开启并通过加热器来对液压油进行循环加热。

3.3.4 冷却

油箱中的油温在可接受的最高范围以上必须冷却时，辅助循环泵开启并通过冷却器对油进行循环冷却。冷却单元的冷却介质是空气。

3.3.5 过滤

油箱上安装回油过滤器，主油路上装有过滤器，当过滤器被堵塞时，发出信号至控制面板，给操作者提示，通过更换滤芯解决滤芯堵塞问题。当辅助循环泵运行时，油在返回油箱前同时通过回油过滤器循环过滤^[4]。

3.3.6 液压油箱组件

油箱总成包括油箱箱体、液位计、加热器、空气滤清器、液位传感器和温度传感器等。过滤冷却系统由高压管路滤清器、回油滤清器和海水冷却器等组成，保证液压系统正常

工作。

3.3.7 液压油的加注

油箱侧面安装有清洗窗口，在给液压油箱加注前，应仔细检查清洗盖的密封是否完好；如有损坏，需打开清洗盖检查油箱内部并更换密封。打开油箱底部的放油塞，放出内部残油，肉眼观察是否残油中含有杂质或水分，然后将放油塞旋紧；若发现油箱内部不清洁，需用干净的无纺布清洁内部。注意：本系统推荐使用长城牌普力HM46#抗磨液压油，用户也可采用其他厂家的同类牌号产品，但在使用前应咨询精研公司并达到认可。

另外，请为该设备准备高精度专用滤油机（含备用滤芯），推荐滤油机过滤器精度为 $5\mu\text{m}$ 。液压油箱的最大加注容积为200L，该容积不包含液压管路内部油液。加注液压油的方式：旋下一个油箱顶部安装的空气滤清器，从该处用滤油机泵入液压油。注意：加油时，应有专人负责观察油箱液位的变化，当液位到达上部目视液位计的 $4/5$ 高度位置时，应暂时停止加油；当主泵启动后，由于管路充满油液，会使油箱液位下降，当液位低于目视液位计的 $1/2$ 高度位置或低液位报警触发时，应停泵并再次加油至原设计位置。

概要：

- ①保证加注液压油的牌号。
- ②注意检查油箱内部和残油情况。
- ③用滤油机加油。
- ④将任何不正常的情况汇报。
- ⑤密闭加油点管路或空气滤清器。
- ⑥在继续之前，应保证各种油箱附件完整无缺。

3.3.8 油箱的温度与液位控制

油箱装有1支目测式温度液位计，可以目测液位与液温，还装有2支电加热器（每只2kW）、1支温度传感器、1支1位液位开关。液压油的温度和压力通过传感器检测。压力和温度的实际数值显示在主操作台的触摸屏上。通过温度传感器检测液压油温度，下面的控制得以实现：

- ①温度低时，液压油加热器工作。
- ②温度高时，风冷式冷却器的工作电机运转（注：电机工作时，冷却器的扇叶通过百叶窗向集装箱外部排风）。
- ③温度太高时，PLC将切断整个系统。

在循环泵组开启及系统温度处于自动控制状态下，电加热器、风冷式冷却器的工作电路接通与否由PLC通过测量油箱温度后程序控制。当油箱温度低于 10°C 时，电加热器工作电路接通，对油液进行加热，当油温达到 30°C 时自动断电。当油箱温度达到 50°C 时，冷却电机工作电路接通，对液压油进行冷却，等油温达到 30°C 时，冷却电机停止工作。

液位开关对液压油箱的低液位进行监控，当油位低至液位开关触发时，报警指示灯（黄）亮，主操作台的触摸屏上同时显示。液动力站主要参数见表3。

表 3 液动力站主要参数

序号	名称	参数
1	主泵排量	9mL/r
2	循环泵排量	9mL/r
3	系统压力	20MPa
4	系统流量	11.5L/min
5	驱动电机	5.5kW
6	电机级数	4 级
7	防护等级	IP56

3.4 电控系统

张紧器由变频电机驱动，外引 380VAC ± 10%/50Hz 船电供电，采用共直流母线多轴传动变频驱动系统配置，由电源模块（整流器）、电机模块（逆变器）、控制单元、编码器模块、制动器等组成，并柜成套。变频驱动及供电系统如图 5 所示。

控制系统采用 PLC 控制，工业计算机作为上位机进行系统组态监控，Profibus DP 与 Profinet（工业以太网）双总线方式组成控制网络。PLC 控制选用西门子 ET200 分布式 I/O 控制系统，控制主站布置在集中控制室内，与现场从站

通过 Profibus DP 总线连接。为了提高通信速率和简化连接路由，PLC 主站与从站之间配置了 Profibus DP RS485 中继器。现场从站与设备本体集成成柜，可在机旁对设备进行手动控制，并采集现场传感器信号与关键开关量信号上传至主站 PLC 控制器，以供逻辑控制及集中监控系统需要^[5]。

变频驱动系统的电源模块、电机模块通过变频器专用的器件级智能网络与变频器控制单元连接，完成通信、开环和闭环控制功能。变频器控制单元通过布置在中央控制室的以太网交换机与 PLC 控制器连接，以 Profinet 总线方式通讯，接收来自 PLC 控制器的动作命令及参数设定，并上传驱动电机的运行状态，转速、转矩等运行参数及变频器故障信息^[6]。

4 结语

张紧器作为铺设海底管缆设备与多机具联合作业，设计难度大，安全要求高，利用率高等特点，论文以某型较先进的张紧器为研究项目，分析了其结构、组成等方面，对以后张紧器的制造和操作提供了参考。

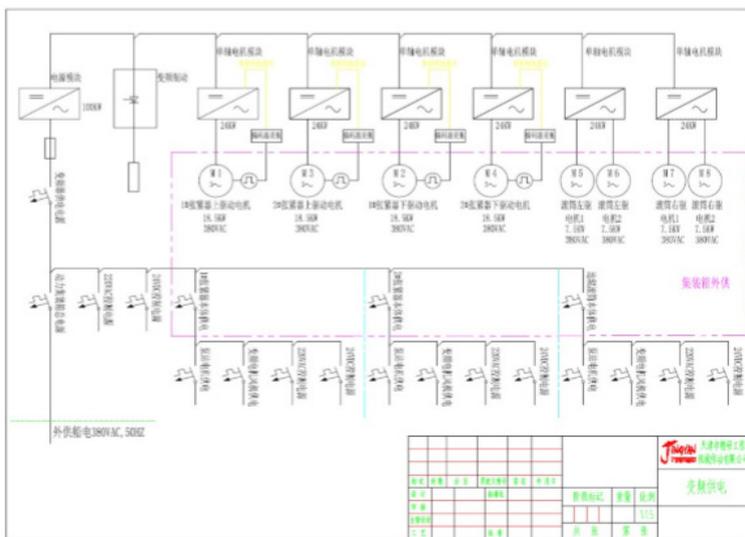


图 5 变频驱动及供电系统示意图

参考文献

[1] 陈柏全,余杨,余建星,等.顶张式立管液气式张紧器的数值模拟[J].振动与冲击,2019,38(10):7.
 [2] 李理光,苏岩,王云开,等.液压张紧器式可变配气相位机构的设计与试验[J].内燃机学报,2002,20(4):5.
 [3] 谢滨琦.海洋工程顶张式立管动力响应分析[D].北京:中国科学院大学,2016.

[4] 曾鸣,孙亮,钟朝廷,等.海洋铺管船用张紧器内悬架的设计与分析[J].石油矿场机械,2010(6):4.
 [5] 陈栋.海底铺缆用四履带张紧器设计[J].机械工程与自动化,2014(3):3.
 [6] 周艳飞.液压皮带张紧器的分析与优化[D].合肥:合肥工业大学,2017.