

高压容器中的自动回转升降装置的设计

肖 琼,袁 勇

(武汉职业技术学院 机电工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:针对水下高压容器中自动回转升降运动装置的设计,分析了基于集成螺母结构实现空间交错运动的工作原理,考虑了水下电机运转部件动静态密封控制的关键技术问题,满足了设计的技术要求。

关键词:高压容器;自动回转升降装置;结构设计;水下动密封

中图分类号: TH49

文献标识码: A

文章编号: 1671-931X (2017) 05-0091-03

随着我国水下作业技术的不断发展,对水下机械的要求也越来越高。为了使水下机械的各项性能达到一定的要求,各种水下机械运动试验装置也应运而生。在水下环境中,通过水下机械运动试验装置带动试验对象运动,不断变换试验对象的测试角度和位置,来达到测试试验对象各项性能的目的。

一、水下高压容器自动回转升降装置设计的技术要求

高压容器中的自动回转升降装置需要在高水压的环境下实现旋转、水平及竖直平移运动,既有单个方位动作的运动,也可以实现任意两个方位动作的合成运动,还可以实现三种方位动作的合成运动^[1]。且要求这些装置具有结构可靠,能耐高压、密封性好,故障时能保护和报警等功能。自动回转升降装置是一种在 20MPa 水压环境下三自由度运动的试验装置。其主要技术参数如表 1 所示。

表 1 主要技术参数

	水平	竖直	旋转
运动范围	300mm	300mm	360°
控制精度	± 0.5mm	± 0.5mm	± 1°

二、自动回转升降装置的机电设计

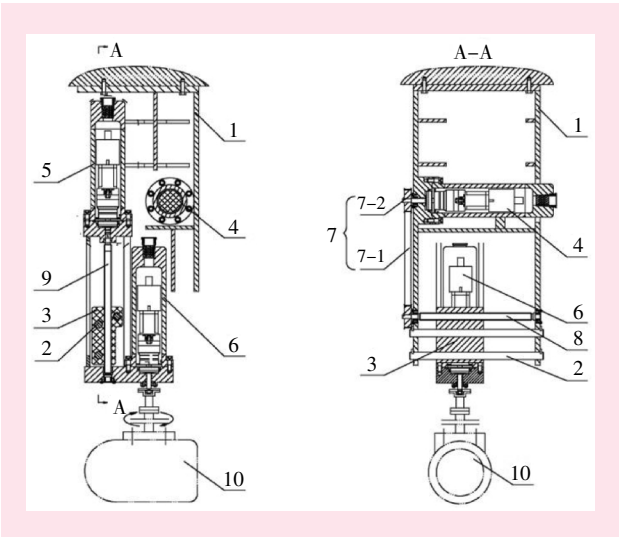
(一)自动回转升降装置的总体设计

自动回转升降装置的设计如图 1 所示,在装置的壳体框架 1 中相应位置设计有三个驱动装置,每个驱动装置均是一端为输出轴,另一端为与电气控制柜连接的线缆接口。三个驱动装置中只有第一驱动装置 4 是安装固定在壳体框架上的,第二驱动装置 5 和第三驱动装置 6 则为浮动结构。为使整个装置占用空间相对集中,在第二、三驱动装置的连接上使用了集成螺母的结构设计,集成螺母 3 安装在由连接机架 1 的支撑杆 2 搭起的横梁上,其中开设有相互垂直的两组丝杠孔。和单螺母装置不同的是,集成螺母并不固定连接而驱动某一平动装置,当其一个方向上的丝杆螺母副工作时另一方向则是自动锁定的,因此在相互垂直的两组运动控制上能实现灵活的相对运动形式。基于此设计思路,第一驱动装置 4 通过一传动组件 7 连接到第一丝杆 8,丝杆 8 穿过集成螺母 3,第一驱动装置 4 旋转时带动丝杠 8 转动,集成螺母 3 因丝杠 9 不转而被垂直锁定,由此带动第二驱动装置 5 和第三驱动装置 6 及试件 10 一

收稿日期:2017-09-10

作者简介:肖琼(1983-),女,湖北武汉人,武汉职业技术学院机电工程学院讲师,研究方向:机电设备结构设计;袁勇(1977-),男,湖北长阳人,武汉职业技术学院机电工程学院副教授,研究方向:自动控制。

起在横梁上做水平方向的平动。第二驱动装置 5 的输出轴连接垂直穿过集成螺母 3 的第二丝杆 9,当第二驱动装置 5 旋转带动丝杆 9 转动时,集成螺母 3 因丝杠 8 而被锁定在机架固定高度位置,因此,只能是第二驱动装置 5 和第三驱动装置 6 随丝杠 9 一起做升降运动,从而带动试件 10 做竖直方向的平动;第三驱动装置的输出轴连接试件 10,试件通过该输出轴的带动,以竖直方向为轴心可实现 360°旋转。



1:机壳;2:支撑杆;3:集成螺母;4:第一驱动装置;5:第二驱动装置;6:第三驱动装置;7:传动组件(7-1:同步带,7-2:同步带轮);8:第一丝杆;9:第二丝杆;10:试件。

图 1 自动升降回转装置总体结构示意图

(二)驱动装置设计

三个驱动装置分别用于实现水平方向的平动、竖直方向的平动和以竖直方向为轴心的 360°旋转,达到了三自由度运动,使得试验效果更加全面。

每个驱动装置包括耐压舱盖、耐压舱体、减速器、步进电机和编码器等,结构如图 2 所示。耐压舱

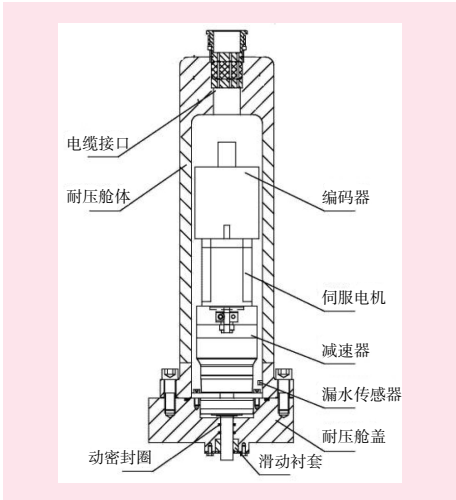


图 2 驱动装置结构示意图

盖与减速器固接,且减速器的轴即为驱动装置的输出轴穿出耐压舱盖,耐压舱体套于减速器、步进电机和编码器的外部,且耐压舱体的一端与耐压舱盖固接,另一端设有供编码器引出线穿出的电缆接口,与外置的电气控制柜连接。

(三)机电控制系统设计

自动回转升降装置的机电控制采用基本的数字控制系统设计,主要由电气控制柜、中央主控计算机、驱动执行和位置反馈系统组成。控制系统结构如图 3 所示,中央主控计算机通过 RS485 接口与电气控制柜通讯,在远程实现对控制系统的操作和位移数据读取^[2]。电气控制柜根据操作者在计算机上设置运动速度和运动距离向电机发出控制命令。同时装在电机尾端的绝对值编码器反馈位置信号给电气控制柜,供计算机进行数字信号处理,经 D/A 转换后形成模拟信号,通过控制器驱动电机实现对升降、平移和旋转运动的半闭环伺服控制。各限位开关实时监测偏移位置是否达到机构设计的最大行程极限值,并实时传送给电气控制柜。当到达最大位移时,控制系统停止运动^[3]。

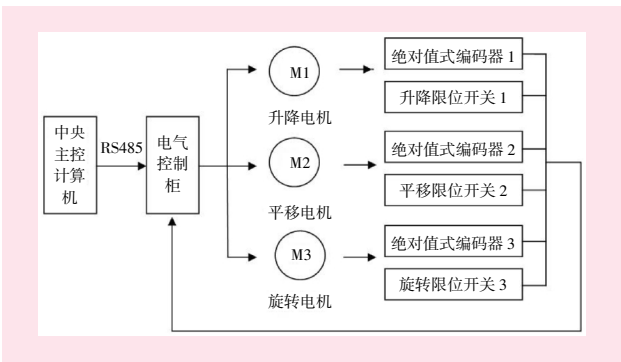


图 3 控制系统结构图

三、关键技术

作为水下使用高压容器的自动回转升降装置,其设计控制的关键技术主要就是水下高压环境工作时的动静密封问题,包括电机及其线缆接口、耐压舱盖等关键部位的处置。在 20MPa 的水压环境中,需要保证电机密封可靠,才能提供装置驱动力。本设计从减速器输出轴端、编码器信号线输出端、动力装置的耐压舱设计和耐压舱自身的密封处理四个角度考虑,提出了一套完备的密封处理措施。

(一)减速器输出轴端

在各驱动装置的耐压舱盖与减速器的轴之间,我们做了如图 4 所示动密封圈的设计。该动密封圈由一个填充 PTFE 材料的齿形衬环和一个 GB3452.1-1992 标准 O 型圈组成,这种结构适用于液压往复运动和双向旋转运动的密封,具有高寿命、低摩擦、密封性好、结构空间小的特点,能适用于 70MPa 以内的压力,水和油多种介质等工况^[4]。另外,

耐压舱盖与减速器的轴之间还设计有滑动衬套,该滑动衬套采用进口的 TTS78 塑料材质,其具有良好的自润滑效果,在水中的膨胀系数小,可使得减速器的轴在水中传递扭矩时摩擦较小。

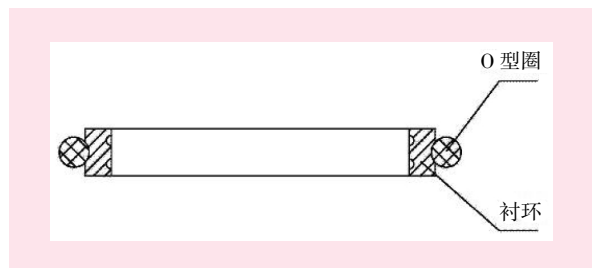


图4 动密封圈的结构示意图

(二)耐压舱体和耐压舱盖之间的密封

耐压舱体和耐压舱盖之间的密封采用静密封设计,为此选用 GB3452.1-1992 中较厚的 O 型橡胶密封圈作密封件。结构上在耐压舱盖处采用沟槽设计,沟槽深度小于密封圈的厚度,这样耐压舱体与耐压舱盖用螺栓禁锢的时候能够对 O 型圈产生足够的预紧力从而克服水下压力。

(三)动力装置的耐压舱设计

驱动装置的耐压舱设计成盖和舱体的可分结构,靠螺栓连接紧固,方便安装和检修。由于耐压舱盖和耐压舱体的结构强度在水下工作环境需足够承受 20MPa 水压,因此可根据《GB150-1998 钢制压力容器》设计标准选用 Q345R 材料,并确定壁厚和壳体的焊接结构。在耐压舱盖和耐压舱体形成的耐压密封舱体内,设计放置有用于检测漏水并自动报警的漏水传感器,即可对驱动装置进行较好的保护和预警,从而使整套试验装置能在高水压环境下进行操作。

(四)编码器信号线输出端

对于驱动装置另一侧的编码器线缆接口端,采用了适于高压密封的电缆接口密封结构形式的设计,使其中减速器、伺服电机和编码器等执行元件在耐压密封舱内能得到很好的保护,其结构设计如图 5 所示。电缆接口内设有密封芯,密封芯的顶部、底部分别设有上压板、下压板,上压板的顶部设有压紧螺母,侧部设有定位销,且密封芯、上压板、下压板对应开设有多个供编码器引出线穿出的通孔。其中,压紧螺母起压紧和固定作用,通过压紧螺母的压力使密封芯预压缩,建立初始密封,当水压作用时密封芯

被进一步压紧,密封更加可靠。上压板、下压板可以保持密封芯的形状,使密封芯的压力均匀分布,防止密封芯被挤坏。定位销用于防止上压板和密封芯随压紧螺母拧紧时一起旋转,将编码器引出线扭转。密封芯为圆形结构,且密封芯、上压板和下压板对应开设的通孔与编码器引出线外径相配合。

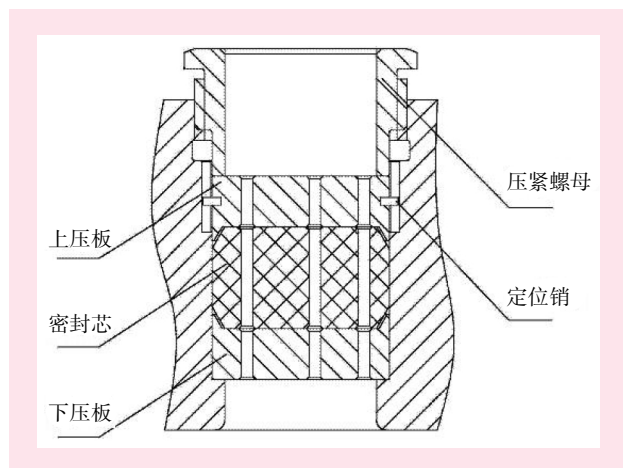


图5 电缆接口密封结构图

四、结语

高压容器中的自动回转升降装置的结构与控制设计,在机械运动方面考虑了空间容积占用的结构紧凑性,集成螺母的采用使其空间交错运动能顺利实现,同时加强了对运动部件的动静密封的关键技术的掌控,成功地保证了试验效果。本装置已在中船某研究所的实验室使用,至今运行良好。

参考文献:

- [1] 汤斌,武海波,胡国良,等.多自由度位移机构的设计[J].计量技术,2008,28(5):29-32.
- [2] 秦琴.消声水池升降/回转定位装置的伺服控制系统设计[J].机械工程与自动化,2011,8(4):151-152.
- [3] 汤斌,王文健,王华.高水压环境下机械位移机构设计[J].计量技术,2012,32(2):26-28.
- [4] 汤斌,薛璞,王华.车氏密封在水下电机密封装置中的有限元分析[J].机械研究与应用,2012,(2):76-78.

[责任编辑:詹华西]

(下转第 109 页)

Design of Automatic Rotating Lifting Device in High Pressure Vessel

XIAO Qiong, YUAN Yong

(Wuhan Polytechnic, Wuhan430074, China)

Abstract: The design of the automatic rotating lifting device in the high-pressure vessel is introduced. The design of the driving device and the electromechanical control are described in details. The two key technical problems which are the underwater motor sealing and the position accuracy of the mechanism are solved. The multi-degree-of-freedom synthesis is achieved. This device has the characteristics of high pressure, reliable structure and high precision.

Key words: high pressure vessel; automatic rotating lifting device; structural design; underwater dynamic sealing