

·测试、试验与仿真·

垫圈磨损试验平台设计

李晓光¹, 李永²

(1.中国电子科技集团公司光电研究院,天津 300000;2.空军驻锦州地区军事代表室,辽宁 锦州 121000)

摘要:实现了某特殊垫圈低温磨损试验平台的机械结构设计,完成了以PLC为核心的控制系统硬件以及基于Visual C++ 6.0的上位机控制软件设计。通过实验,获取了关于该零件实验数据,并用最小二乘法拟合得到了垫圈磨损曲线: $y=-8 \times 10^{-6}x+2.7351$ (其中, x 为摆动次数; y 为垫圈的厚度),曲线斜率 $k=-8 \times 10^{-6}$,磨损速率为 $\mu=0.08$ mm/万次。

关键词:垫圈;PLC;Visual C++;控制系统

中图分类号:TN710.4

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2014)-05-0073-03

Experimental Platform Design for Washer Wear

LI Xiao-guang¹, LI Yong²

(1.Academy of Opto-Electronics, China Electronics Technology Group Corporation (AOE CETC), Tianjin 300000, China; 2. Military Representative Office of Air Force in Jinzhou, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The mechanical structure design of an experimental platform for wear test at low temperature for a special washer is realized. The design of control system hardware with programmable logical control (PLC) as core hardware and private computer (PC) control software based on Visual C++ 6.0 are completed. Through the experiments, experimental data about the washer are obtained and washer wear curve, curve slope and wear rate are obtained through the least square method.

Key words: washer; programmable logical control (PLC); Visual C++; control system

推力轴承是机械产品中最常用的机械零部件之一,但是在一些特殊的机械结构中(如航空、船舶等),由于所处环境的特殊性,一般推力轴承不能满足要求。针对这种情况,结合某特殊航空部件,在以垫圈为基体,在垫片上涂上0.80 mm的新型耐磨材料,该材料具有“自润滑”性能,形成特殊的自润滑垫圈。从而达到代替推力轴承的目的。通过对该航空部件上该垫圈所处的实时环境的检测与分析,设计了试验平台,并进行低温极限环境下的模拟试验,得到该自润滑耐磨垫圈磨损曲线,验证其可靠性能。

1 实验机理分析与结构设计

1.1 试验机理

部件模型如图1所示。垫圈在沿Y轴方向受到力F的作用,同时部件1和部件2在绕Y轴方向有相对旋转运动,由于结构的限制,普通的推力轴承由于结构大、安装不便等,难以满足要求,于是考虑采用新型“自润滑耐磨垫圈”的方法。自润滑耐磨垫圈是在垫圈表面增加0.8 mm耐磨材料后,增加了垫圈的耐磨性,具有推力轴承的性能。根据实际环境,进行极限低温环境(-55 ± 5 °C)下的试验。实现

的形式为:搭建实验平台,使垫圈在受到恒定的力 F 作用下,进行磨损实验,磨损时摆动的角度为 α ,经过 n 次摆动摩擦后,测量其厚度的变化,并通过相关的计算与分析验证该耐磨垫圈的可靠性。

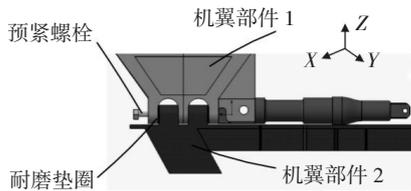


图1 部件的实际模型

1.2 实验平台的机械结构设计

实验平台的机械结构设计如图2所示。该实验平台由伺服电机、减速器、压力传感器、温度显示仪表、机架等组成。在运行过程中,通过压力伺服电机带动丝杠,从而使垫圈受压,压力的大小由压力传感器测量,当压力增加到一定值时,压力电机自动停止。同时,启动旋转电机,通过减速器的调速,以及连杆机构的运动使轴承以一定的角度摆动从而使垫圈受到摩擦。当垫圈磨损,压力值低于预设值时压力电机再次自动运行,实现压力值的稳定不变。为了维持在低温环境下进行试验,设计低温槽,其原理如图3所示。

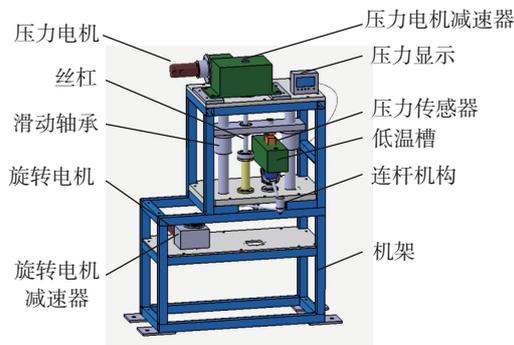


图2 试验平台机械结构

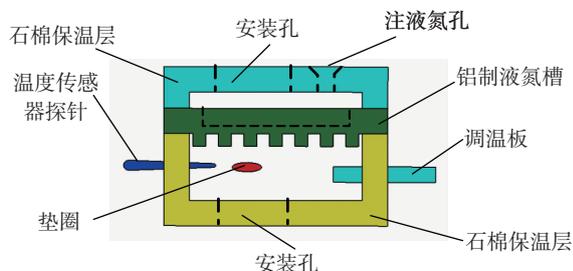


图3 低温槽原理图

图3所示的低温槽中通过在两尼龙材料夹层中间填充石棉实现保温,在试验过程中,通过导入液氮到铝制的液氮槽内,液氮的沸点为零下 195.6°C ,在汽化时迅速吸热,使周围的温度迅速下降,铝制液氮槽的散热片结构使垫圈周围的温度降低,通过控制液氮的多少和调温板对散热面积的调整,实现垫圈保持在 $-55\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的范围内,从而达到低温环境的目的。连杆机构能够实现对摆动角度的调整与设定。其原理如图4所示。

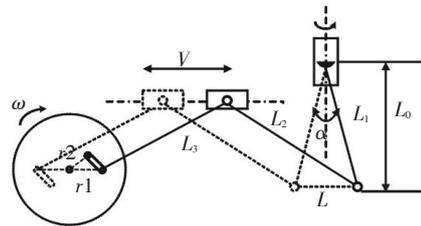


图4 连杆机构原理图

在图4中, L_1 、 L_2 、 L_3 为连杆,通过对摆动过程中的两个极限位置进行分析,可得摆动角度为

$$\alpha = 2\arctan \frac{L/2}{L_0} \quad (1)$$

$$\text{而 } L = 2r1 \quad (2)$$

$$\text{故 } \alpha = 2\arctan \left(\frac{r1}{L_0} \right) \quad (3)$$

在实验过程中,通过偏心结构调节 r 的位置,从而调整摆动角度 α 值。

2 控制系统设计

2.1 控制系统的组成

该实验平台的控制以台达SV系列PLC以及相应的模拟量采集模块为核心。压力检测采用CYT-202系列S型压力传感器。温度传感器连接智能显示数字调节仪实现温度值的实时显示,通过设置数显调节仪的温度上限值和温度下限值,当温度高于上限值或者低于下限值时,相对应的输出继电器开启,PLC读取继电器的状态,从而进行状态报警。采用的减速机的减速比分别为:旋转电机减速器减速比7.5,压力电机减速器减速比40。整个控制系统构成如图5所示。上位机PC采用台达PLC编程软件WPL SOFT通过台达公司的Ethernet以太网通讯模块实现和PLC的数据交换。

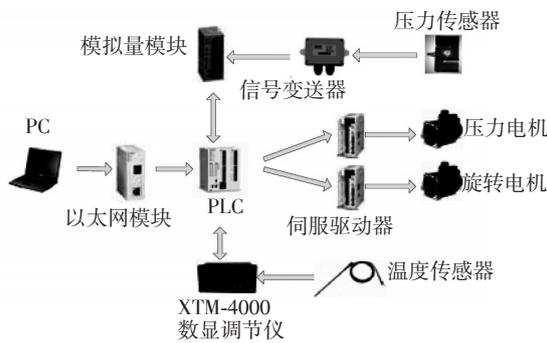


图5 控制系统组成

2.2 PLC程序的编写

PLC采用两路高速输出点分别控制压力电机和旋转电机。在程序编写上,采用模块化的编程方法,分为模拟量处理、电机运行、计时、以及复位清零程序模块。在模拟量处理模块中,采用台达DVP04AD-S模拟量处理模块,该模块可以接收外部4个模拟量信号(电压或者电流均可),并将接收的信号转换为14位数字信号,通过台达DVP-PLC主机指令FROM/TO读取模拟量模块里面的数据,根据在主机中设置A/D转换曲线,转换为和实际压力值相对应的数值关系,从而得到传感器的压力值^[1]。电机运行程序中,压力电机的运行采用台达PLC中的PLSV指令,该指令规定PLC高速脉冲的频率和脉冲发送装置,从而实现了对伺服电机的控制。旋转电机的运行采用DRVA指令,该指令规定PLC高速脉冲的发送数目、发送频率和发送装置^[2],从而实现旋转电机按照一定的转速转动有限圈后自动停止。

2.3 上位机可视化界面的实现

上位机和PLC的通讯采用台达的Ethernet以太网通讯模块,该模块支持MODBUS TCP通讯协议(同时支持Master和Slave模式)^[4]。上位机通讯程序的编写基于Visual C++ 6.0平台,采用Winsock进行编写。Winsock是基于Socket模型的API开发网络上的应用程序,可以直接调用它。在C++编译环境下提供了Client Socket控件,用此控件可以更方便地实现网络编程^[3]。PLC作为服务器端,上位机根据MODBUS TCP通讯协议以信息帧的形式发送命令请求^[5]。可视化界面操作界面如图6所示。通过对界面上的按钮控件添加消息响应函数,发送数据到与PLC装置中实现相对应的功能,表1为PLC装置功能表。

表1 PLC装置功能表

| 元件 | 功能 |
|----------------|----------|
| D200 | 目标摆动次数设置 |
| D220 | 已摆动次数显示 |
| D230 | 未摆动次数 |
| D250 | 传感器压力值显示 |
| D500 | 传感器目标压力值 |
| M10 | 压力电机上升 |
| M11 | 压力电机下降 |
| M15 | 摆动次数清零 |
| M60 | 计时器清零 |
| C110、C105、C100 | 时、分、秒 |



图6 可视化操作界面

3 实验过程

自润滑垫圈的初始厚度 $D=2.82$ mm,耐磨材料的厚度 $d=0.8$ mm,夹持垫片部分的粗糙度为 $R1.4$,试验环境温度 -55 ± 5 °C。实际检测得知,运行过程中所受到的力的经验值 $F=4\ 600$ kg,在运行过程中受到交叉角度摆动的影响 $\alpha_1=20^\circ, \alpha_2=10^\circ$ 。在实验平台设计上,如图4中 $L_0=200$ mm,故

$$r_1 = L_0 \times \tan\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) = 200 \text{ mm} \times \tan 10^\circ = 35.2 \text{ mm} \quad (4)$$

$$r_2 = L_0 \times \tan\left(\frac{\alpha_2}{2}\right) = 200 \text{ mm} \times \tan 5^\circ = 17.5 \text{ mm} \quad (5)$$

根据该机械结构运行过程中的实际情况,进行实验低温极限环境下试验,直到耐磨材料磨掉为止,摆动频率为2次/s。分别在不同摆动角度的组合下进行实验,摆动相应的次数后,测量垫圈,多点测量取最小值,最终得到测量数据如表2。以累计摆动次数为横坐标,厚度(单位为毫米)为纵坐标,并采用最小二乘法对测量的数据进行拟合^[6],得到如图7所示曲线。曲线的方程为

(下转第84页)

- [10] 季旭东. LCD用LED背光源技术[J]. 照明工程学报, 2003, 14(3):19-25.
- [11] 方福波, 王垚浩, 宋代辉, 等. 白光LED衰减的光谱分析[J]. 发光学报, 2008(2):353-357.
- [12] Liu J, Tam W S, Wong H, et al. Temperature-dependent light-emitting characteristics of InGaN/GaN diodes[J]. Microelectronics Reliability, 2009, 49(1):38-41.
- [13] 张剑平, 皱建华, 文尚胜. 聚合物电致发光二极管面光源的热分析[J]. 光学学报, 2011, 31(2):286-292.
- [14] 兰海, 邓种华, 刘著光, 等. LED的COB封装热仿真设计[J]. 发光学报, 2012, 33(5):535-539.
- [15] 王静, 吴福根. 改善大功率LED散热的关键问题[J]. 电子设计工程, 2009, 17(4): 123-125.

(上接第75页)

$$y = -8 \times 10^{-6}x + 2.7351$$

(6) 4 结论

表2 实验测量数据

| 序号 | 摆动角 度/° | 摆动 次数 | 累计 次数 | 测量数 据/mm |
|----|------------|----------|----------|-------------|
| 1 | 20 | 2 450 | 2 450 | 2.82 |
| 2 | 15 | 4 900 | 7 350 | 2.71 |
| 3 | 20 | 2 450 | 9 800 | 2.66 |
| 4 | 20 | 4 900 | 14 700 | 2.62 |
| 5 | 15 | 2 450 | 17 150 | 2.58 |
| 6 | 20 | 4 900 | 22 050 | 2.54 |
| 7 | 15 | 2 450 | 24 500 | 2.52 |
| 8 | 20 | 4 900 | 29 400 | 2.5 |
| 9 | 15 | 2 450 | 31 850 | 2.47 |
| 10 | 20 | 4 900 | 36 750 | 2.46 |
| 11 | 15 | 2 450 | 39 200 | 2.4 |
| 12 | 20 | 4 900 | 44 100 | 2.36 |
| 13 | 15 | 2 450 | 46 550 | 2.33 |
| 14 | 20 | 4 900 | 51 450 | 2.3 |
| 15 | 15 | 2 450 | 53 900 | 2.28 |
| 16 | 20 | 4 900 | 58 800 | 2.26 |
| 17 | 15 | 2 450 | 61 250 | 2.25 |
| 18 | 20 | 4 900 | 66 150 | 2.24 |
| 19 | 15 | 2 450 | 68 600 | 2.2 |
| 20 | 20 | 4 900 | 73 500 | 2.16 |
| 21 | 15 | 2 450 | 75 950 | 2.14 |
| 22 | 20 | 4 900 | 39 200 | 2.1 |
| 23 | 15 | 2 450 | 83 300 | 1.98 |

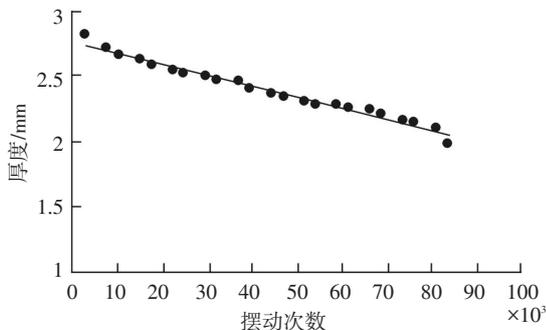


图7 实验磨损曲线

(1) 试验结果表明,该实验平台的设计符合实验原理,能够达到实验要求;(2) 从图7所示的曲线可知, $y = -8 \times 10^{-6}x + 2.7351$ (其中, x 为摆动次数; y 为垫圈的厚度), 曲线斜率 $k = -8 \times 10^{-6}$, 磨损速度为: 0.08 mm/万次。在此极限低温的情况下磨损速率较大, 应该考虑在垫圈失效之前及时更换垫圈;(3) 试验中由于低温环境造成的水蒸气很大程度影响耐磨材料的性能, 应考虑进一步的试验。

参考文献

- [1] 中达电通股份有限公司. DVP-04AD 类比输入模组使用说明[S]. 2002.
- [2] 中达电通股份有限公司. DVP-PLC 应用技术手册[S]. 2010.
- [3] 高博, 王江涛. VC++ 实现 PLC 的以太网通信[J]. 中国仪器仪表, 2004(11): 31-33.
- [4] 中达电通股份有限公司. Ethernet 通讯模块安装说明[S]. 2007.
- [5] 曹小华, 郭兴. 基于 Visual C++ 的工业 PC 和 PLC 通信设计[J]. 港口装卸, 2003, 149(3): 33-35.
- [6] 周永军. 在光电效应测定普朗克常数实验中测量方法的讨论[J]. 沈阳航空航天大学学报, 2011, 28(2): 86-87.
- [7] 孙桓. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.
- [8] 卢耀祖. 机械结构设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2004.
- [9] 孙志礼. 机械设计[M]. 沈阳: 东北大学出版社有限公司, 2000.
- [10] 王广雄, 何朕. 控制系统设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [11] 袁成清. 机械系统磨损测试与评价[M]. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2012.