

doi: 10.7690/bgzdh.2024.09.016

# 一种实艇试验测控系统

曹冠宇, 马宇, 田锋, 刘晓伟

(中国航天空气动力技术研究院二所一室, 北京 100074)

**摘要:** 为提高海上试验测试技术水平, 设计一种实艇试验测控系统。采用计算机作为主控平台, 以实艇推进器为研究对象, 利用传感器完成对压力、扭矩等参数的采集, 通过计算机屏幕显示并将数据储存在硬盘中。试验结果表明: 该装置可实现对试验数据的采集与储存, 为实艇海上试验提供条件支持, 为无人艇的研究提供参考。

**关键词:** 实艇; 试验; 数据采集

**中图分类号:** TN98 **文献标志码:** A

## Real Boat Measurement and Control System

Cao Guanyu, Ma Yu, Tian Feng, Liu Xiaowei

(No. 1 Research Room, No. 2 Institute, China Academy of Aerospace Aerodynamics, Beijing 100074, China)

**Abstract:** In order to improve the technical level of marine test, a measurement and control system for real ship test is designed. The computer is used as the main control platform, the real boat thruster is taken as the research object, and the pressure, torque and other parameters are collected by sensors. The data is displayed on the computer screen and stored in the hard disk. The test results show that the device can realize the collection and storage of test data, provide condition support for the realization of real ship sea test, and provide reference for the research of unmanned craft.

**Keywords:** real boat; test; data acquisition

## 0 引言

2019年, 国际海事组织的一项研究表明, 到2040年, 无人自动航行的船舶将占全球航运业的11%~17%。近年来, 我国对于研发智能船舶、无人艇、水下航行器、深远海装备等前沿科技和发展与之相关的产业都给予了大量支持, 但达到的效果与目标还有一定差距。其中一个非常重要的原因: 装备从概念设计到产品定型及产品化, 是一个非常精密的过程, 必须经过大量海上试验与测试<sup>[1]</sup>; 这会占用大量的科研时间和经费, 最终影响国家在关键技术突破和产业培育方面的投入效果。

根据韦朋余等<sup>[2]</sup>在船舶力学学术委员会测试技术学组2016年学术会议上的文章, 目前就船舶与海洋工程装备4大支撑技术(设计技术、材料技术、制造技术和试验测试技术)而言, 试验测试技术无疑是短板之一, 与世界海洋强国相比, 存在较大差距, 尚不能完全满足我国船舶与海洋工程装备发展的需求。目前, 关于船模到实船试验<sup>[3]</sup>的测控系统设计<sup>[4]</sup>已经有很多种, 其中, Miles<sup>[5]</sup>在模型上使用7个加速度计来测量船舶的6个自由度运动, 并进行了模型测试来验证该方法, 该系统也可应用于实船试验。Hong等<sup>[6]</sup>开发了一种可以进行实船试验的系统。

Grigoropoulos等<sup>[7]</sup>提出了一种类似的系统, 并通过在一个牵引箱中进行的模型试验进行了验证。而Rantanen等<sup>[8]</sup>开发了另一种系统, 该系统由4个加速度计和2个角速率传感器组成。以上系统已成功地用于海军舰艇的试验。在此基础上, 希望设计出适合水下无人航行器的测控系统, 并能采集压力、扭矩等数据。设计合适的实艇试验测控系统, 就是为在之后的科学研究中, 能够为实现实艇海上试验提供条件支持, 同时也为无人艇的研究提供参考。

## 1 系统设计

### 1.1 系统总体设计

实艇试验测控装置的总体结构如图1所示, 主要负责推进器的压力、扭矩等数据的采集与处理。系统主控平台为计算机, 电源安装连接传感器, 系统设置了降噪、放大模块、显示模块、数据存储模块, 构成一套完整的实艇试验数据采集与储存系统。



图1 系统总体结构

### 1.2 系统硬件电路设计

系统采用安徽中科米点传感器有限公司的HKM-水下压扭传感器, 该传感器具有高标准要求、

收稿日期: 2024-05-17; 修回日期: 2024-06-20

第一作者: 曹冠宇(1997—), 男, 山东人。

性能稳定、精度高、耐用等优点。传感器外接 5 V 左右的电压，外形如图 2 所示。

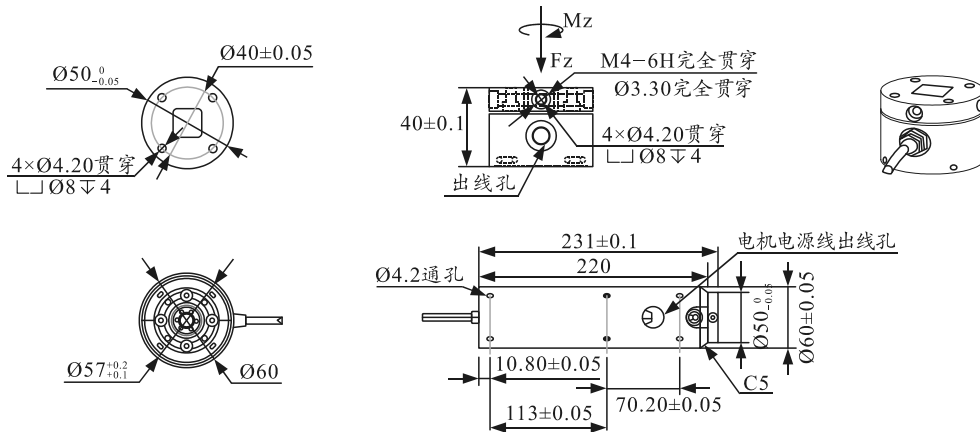


图 2 HKM-水下压扭传感器

传感器线序如图 3 所示。

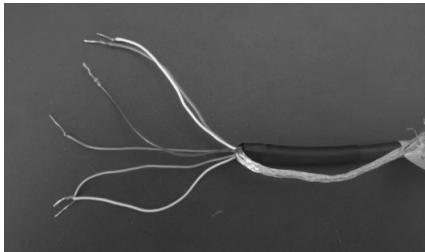


图 3 传感器线序

信号从传感器需要进入降噪、放大模块。降噪、放大模块中使用了 AD620 小信号放大器及滤波电容等装置。其中，AD620 是一款成本较低且精度较高的仪表放大器，原理如图 4 所示，它的放大倍数可在 1~10 000 之间。此外，AD620 采用 8 引脚 SOIC 和 DIP 封装，这就使其尺寸小于分立电路设计，并能做到更低的功耗，这些优点使它非常适合便携式应用或远程应用。

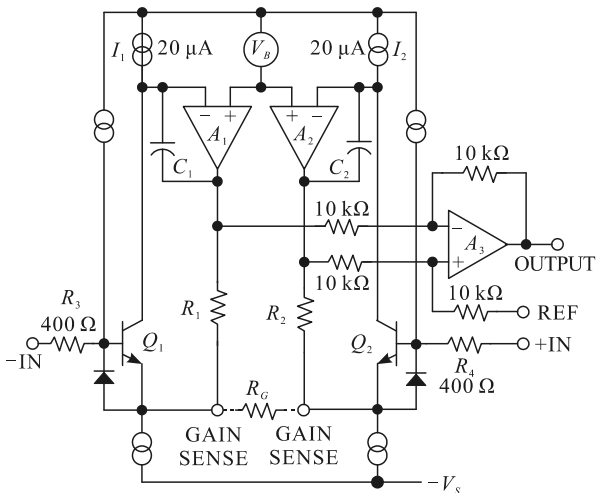


图 4 AD620 原理

降噪、放大模块的接线如图 5 所示，首先为电源接线，供电电压设置为 15 V，电源正极接+24 脚，

电源地接板子 GND 管脚；+S 与 -S 差分输入，+S 接信号正，-S 接信号负。通电之后，首先调零，将 +S，-S 短路，此时调节调零电位器，使输出信号 (OUT) 为零即可。通电、调零之后将 +S、-S 接到相应输入信号 (输入信号电源地与板子电源共地)，调节放大电位器，可使输入信号放大，同时滤波电容实现降噪。

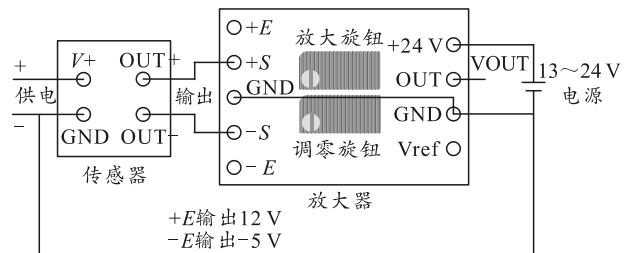


图 5 降噪，放大模块接线

信号经降噪、放大模块后进入数据采集模块，数据采集模块采用的是北京阿尔泰科技发展有限公司的 USB3131A 数据采集卡。USB3131A 是一款多功能数据采集卡。该板卡提供 16RSE/NRSE 通道或 8 通道 DIFF 模拟量输入；2 通道模拟量同步输出；16 路可编程 I/O；2 路计数器。

USB3131A 系统如图 6 所示，主要由 ADC 模块、DAC 模块、PFI 复用功能控制模块、数字量输入输出模块、FPGA 控制模块、USB 设备控制器等组成。

ADC 模块可实现对 16 通道 RSE/NRSE 或 8 通道 DIFF 的采集。输入前端采用模拟开关进行输入通道的切换，支持按需单点采样、有限点采样和连续采样。DAC 模块可实现 2 通道信号同步输出，输出量程为 ±10 V。支持按需单点采样、有限点采样和连续采样。数字量输入输出模块包含 PFI 复用功能控制模块 (提供 8 路可配置数字量输入输出及多功能 I/O) 与 16 路 DIO 模块。

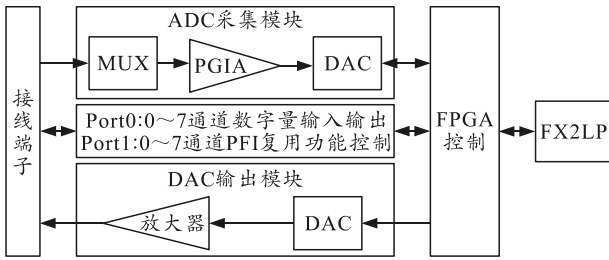


图 6 USB3131A 系统

信号经数据采集模块采集后就可通过软件在计算机上进行显示并在硬盘内进行储存，以便后续对数据进行处理。

### 2 系统软件设计

实艇试验测控装置的软件设计流程如图 7 所示，软件实现压力、扭矩等信息在计算机屏幕上显示，并将数据储存在硬盘制定文件夹中，以便后续处理。

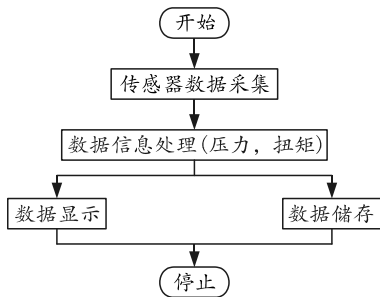


图 7 系统软件流程

系统软件采用 labview 软件进行设计，实现测控装置功能，具体软件外观如图 8 所示。

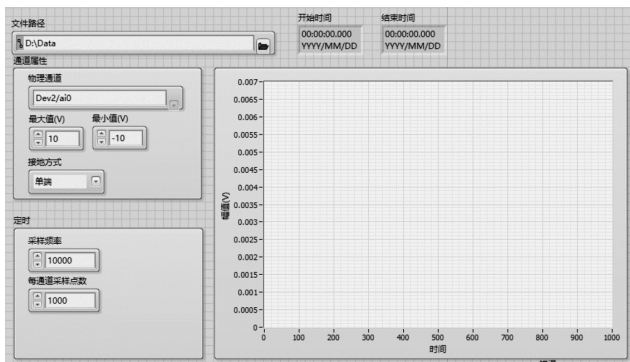


图 8 系统软件外观

### 3 系统测试试验

为验证电路设计的正确性，自制一套小型测控装置如图 9 所示，包含杆、配重、传感器、电源、数据采集卡、放大器、计算机等。启动测控系统，以压力测试为例，当在传感器上放上配重后，信号经降噪、放大模块，数据采集模块，最终结果在软件中如图 10 所示，并将数据储存在硬盘指定文件

夹中。

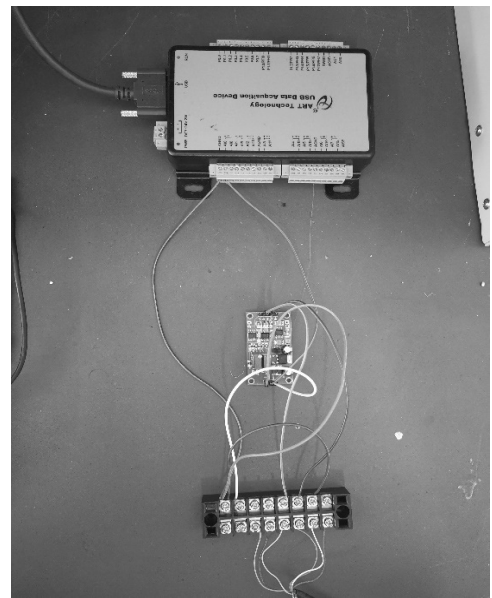


图 9 测控装置

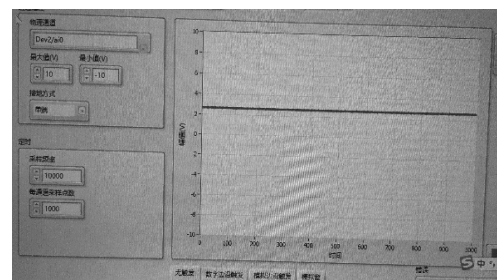


图 10 测试结果

改变配重的重量，软件中显示的数据也随之改变，通过传感器灵敏度、放大倍数及最终的数据可以判断装置是否准确，进行 3 次压力测试结果如表 1 所示，试验结果满足预期要求。

表 1 压力测试试验

配重重量/ kg	下限电压/ V	上限电压/ V	显示	储存	是否满足 预期
0.8	-10	10	正常	正常	是
1.5	-10	10	正常	正常	是
2.3	-10	10	正常	正常	是

扭矩测试时，通过在杆上施加不同重量的配重，从而产生不同的扭矩，软件中显示的数据也随之改变，通过传感器灵敏度、放大倍数及最终的数据可以判断装置是否准确，3 次扭矩测试结果如表 2 所示，试验结果满足预期要求。

表 2 扭矩测试试验

配重重量/ kg	下限电压/ V	上限电压/ V	显示	储存	是否满足 预期
0.8	-10	10	正常	正常	是
1.5	-10	10	正常	正常	是
2.3	-10	10	正常	正常	是

## 4 结束语

笔者设计一种实艇试验测控装置，传感器选用 HKM-水下压扭传感器，AD620 小信号放大器及滤波电容作为降噪、放大模块，USB3131A 数据采集卡作为数据采集模块，使用 labview 设计软件并在软件上显示及储存数据。试验结果表明：该系统能够采集并显示储存压力、扭矩等参数信息，试验结果满足预期，可实现对试验数据的处理，为实现实艇海上试验提供条件支持。

### 参考文献：

- [1] 许凯玮, 张海华, 颜开, 等. 智能船舶海上试验场建设现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(15): 1-6.
- [2] 韦朋余, 赵峰. 船舶力学基础试验测试技术的发展现状与趋势探讨[C]// 聚焦应用支撑创新-船舶力学学术委员会测试技术学组 2016 年学术会议论文集. 武汉: 华中科技大学, 2016: 7.

\*\*\*\*\*  
(上接第 58 页)

## 5 结束语

笔者设计了一种基于 FPGA 的异步 FIFO 缓存数据溢出控制系统,该系统在硬件与软件的基础上,共同对数据溢出进行了更高效的控制。实验结果显示:该方法可以更好地减少系统能耗,且在与其他方法的对比中,其控制性能明显更好。

### 参考文献：

- [1] 贾德明, 朱明胜, 古妍. 基于虚拟存储层的缓存控制软件设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(12): 150-155.
- [2] 宋大伟, 马凤娟. 基于流量延时调度机制的大数据传输控制算法研究[J]. 宁夏师范学院学报, 2020, 41(10): 47-52, 60.
- [3] 陈岩岩. 基于模糊控制的数据缓存冲突自动处理方法[J]. 成都工业学院学报, 2020, 23(1): 19-22, 31.
- [4] 施昕昕, 顾宇扬. 基于 MQTT 协议的工业物联网数据采集和控制系统[J]. 南京工程学院学报(自然科学版), 2022, 20(2): 31-37.
- [5] 陈婷婷, 陆锋, 万书芹, 等. 一种延迟可控的异步 FIFO 电路设计[J]. 微电子学, 2022, 52(1): 42-46.
- [6] 刘明. 基于数据挖掘技术的网络控制系统建模与分析

- [3] UENO M, SUZUKI R, TSUKADA Y. Full-scale ship propeller torque in wind and waves estimated by free-running model test[J]. Ocean Engineering, 2019, 184: 332-343.
- [4] 秦余钢. 船模自航试验遥控测试研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2010: 72.
- [5] MILES M D. Measurement of six degree of freedom model motions using strapdown accelerometers[J]. Ship Motion, 1986, 26(2): 3-6.
- [6] HONG S Y, LEE J S, HONG S W. Development of a Digital Motion Measuring System in a Real Seaway[J]. Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 1992, 29(3): 2-5.
- [7] GRIGOROPOULOS G J, POLITIS C G. A Measuring System of the six Degrees of Motions of a Moving Body[J]. Ship Technology Research, 1999, 45(1): 4-7.
- [8] RANTANEN A, HOLMBERG J, KARPPINEN T. Measurement of encountered waves and ship motions during full scale seakeeping trials[J]. Seaworthiness, 1995, 13(1): 2-5.
- [9] 沈阳工业大学学报, 2022, 44(4): 446-450.
- [7] 张鸿, 徐攀, 庄卫金, 等. 电网调度控制系统分布式高速数据缓存集群关键技术[J]. 电力信息与通信技术, 2021, 19(11): 9-16.
- [8] 阳凯, 林海涛. OpenFlow 协议中 Enqueue 行动的缓存分配研究[J]. 计算机与数字工程, 2021, 49(7): 1426-1429.
- [9] 王建树, 王亚强, 孟荣, 等. 基于异常数据溢出的电力调度系统监测预警的研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(10): 105-110.
- [10] 曲大鹏, 张建坤, 吕国鑫, 等. 命名数据网络中带宽时延感知的拥塞控制机制[J]. 计算机科学与探索, 2022, 16(5): 1076-1086.
- [11] 张雪琴, 彭露苇. 35 kV 变电站造价模型异常数据溢出控制的研究[J]. 电子设计工程, 2021, 29(4): 145-149.
- [12] 陈健, 贺旭生, 徐赫, 等. 数据采集与监视控制 SCADA 系统实现恒电位仪同步通断的功能[J]. 集成电路应用, 2022, 39(7): 310-312.
- [13] 水颖. 基于 FPGA 的帧级异步 FIFO 设计[J]. 声学 & 电子工程, 2020(2): 32-34.
- [14] 吴志军, 许恩中. 命名数据网中基于 CP-ABE 的访问控制方法[J]. 中国民航大学学报, 2020, 38(2): 18-23.
- [15] 任晓坤, 田学文. 列车网络控制系统中央控制单元数据安全冗余机制[J]. 铁道车辆, 2022, 60(3): 123-125.