

力传感器关键性能参数自动标定系统*

过 峰¹ 俞建峰² 陆振中¹

(1. 无锡出入境检验检疫局 无锡 214174; 2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室 无锡 214122)

摘 要: 针对力传感器的线性度、重复性、迟滞等关键性能参数的标定要求,提出了将虚拟仪器技术与数据采集技术运用于力传感器自动连续标定的方案,系统由力传感器、信号调理器、数据采集卡、力加载装置、上位计算机、系统软件 6 部分组成。开发的系统软件能够实现连续的数据采集、数据分析、数据显示。力传感器自动连续标定按照 JJG144—2007《标准测力仪》计量校准,结果表明本装置的测力精度为 1 级。本项目的成功实施为力传感器的动态连续标定提供了新的技术手段。

关键词: 力传感器;标定;虚拟仪器

中图分类号: TP202.2 TN41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.804

Key performance parameters automatic calibration system for force sensors

Guo Feng¹ Yu Jianfeng² Lu Zhenzhong¹

(1. Wuxi Entry and Exit Inspection and Quarantine Bureau, Wuxi 214174, China; 2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment & Technology, Wuxi 214122, China)

Abstract: Aiming to the calibration requirements for degree of linearity, repeatability and slow-moving, the scheme of virtual instruments and USB data acquisition technology is put up. Through force sensors, signal conditioning device, data acquisition card, force loading device, upper computer, and system software, the system realize the automatic calibration. The calibration software can realize the succession data acquisition, data analyzing and result display. According to calibration standard JJG144—2007, the system we developed has high precision below 1%. The project can provide a new kind technology for the dynamic and continuing calibration for force sensors.

Keywords: force sensor, calibration, virtual instruments

1 引 言

随着物联网技术的发展,传感器的应用越来越广泛。传感器发挥的作用也越来越重要^[1]。人们对传感器的要求不仅仅是能够获得测试对象的测试参量,更重要的是被测参数的测试准确度要高。传感器的标定是保证传感器精度的重要方法之一,因此,对于传感器标定方法的研究就显得尤为重要^[2-5]。国家规定,传感器在制造、装配完毕后必须对设计指标进行标定试验,以保证量值的准确传递。同时,传感器使用一段时间后或经过修理,也必须对关键技术指标:线性度、重复性、迟滞进行再次标定,即校准试验,以确保其性能指标达到要求^[6-8]。本项目为了确保能够快速准确地实现力传感器关键性能参数的标定测试工作,依据“背靠背”标定原理,开发了一套力传感器动态自动标定系统。

2 系统总体架构

整个系统由力传感器、信号调理器、数据采集卡、力加载装置、上位计算机、系统软件 6 部分组成,系统结构图如图 1 所示。

力传感器为应变电阻式传感器,在外接电压激励下输出 mV 信号;信号调理器负责将微弱电压信号经过滤波、隔离、放大,转化为 0~5V 或者 0~10V 的标准电压信号;数据采集系统在设定频率下负责多通道的电压信号采集,并进行 A/D 转换;力加载装置给待测传感器和标准传感器加载负荷;上位计算机负责与数据采集卡进行通信,并接收数据采集卡的数字信号;系统软件对待测传感器和标准传感器的信号进行处理、分析、计算。

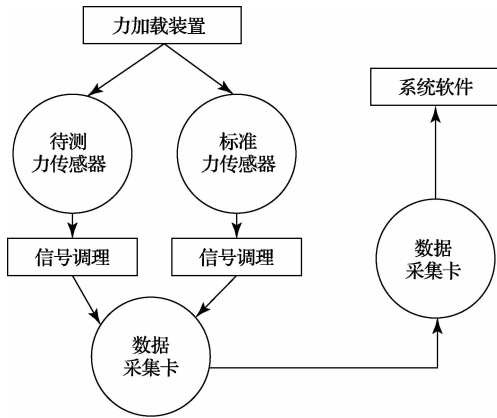


图 1 系统组成

3 标定过程

力传感器标定的目的是确定传感器的线性度、灵敏度、滞后性等特性。力传感器的标定过程如下^[9-11]：

- 1) 将待标定传感器的总量程分为若干个等距离的点。
- 2) 将这些等距离的点按顺序排列,由力加载装置加载并记录下各点输入值对应的实际输出值。
- 3) 将这些等距离的点按逆序排列,由力加载装置加载并记录下各点输入值对应的实际输出值。
- 4) 重复上述步骤,将这些点序列按照顺序、逆序的方式执行多次测试,得到输入—输出曲线。
- 5) 对测试曲线的数据进行分析拟合等处理,从而得出传感器的拟合直线,计算出传感器的线性度、重复性和迟滞性等参数。

4 硬件部分

4.1 力传感器

选择蚌埠传感器系统工程有限公司生产的型号规格:JCBS-200kg。该传感器的输出灵敏度为 2.0 mV/V。力传感器的外部激励电压为 24V(DC)。如图 2 所示 S 形力传感器。



图 2 S 形力传感器

4.2 信号调理

力传感器将力信号转换成电压信号后,电压信号是很微弱的,需要进行放大处理。在许多现代电子设备中,如数据采集系统、医疗仪器、信号处理系统等都比较普遍采用了放大器。在对传感器输出信号进行处理的过程中,往往要把微弱的信号进行放大处理,要求放大器有足够大的共模抑制能力、很强的差模电压放大能力、很高的输入阻抗和稳定的工作性能。

力传感器采用 24V(DC)激励,其灵敏度为 2 mV/V,那么力传感器自身输出的最大电压信号为 48 mV;信号放大器的输出电压范围为: -10~+10V。按照最大电压信号的比值:

$$10\,000\text{ mV}/(24 \times 2\text{ mV}) = 208.3$$

因此,信号放大器的放大倍数为 208.3。

4.3 力加载装置

加载装置可设计成机械式、液压式、气压式、电磁式等。机械式主要利用电机为动力源,中间的力传动过程依靠机械结构来实现。本项目为充分利用现有资源,实现资源共享,采用国家物联网产品检测重点实验室的 1 吨拉力机为力加载设备,如图 3 所示。



图 3 力传感器加载装置

4.4 数据采集

本系统需要采集 2 路电压数据,且不需要过高的采样频率。美国恩艾公司(NI)的 USB 数据采集卡 USB-6341 已能满足要求,其拥有 16 路单端或 8 路差分模拟输入通道,最高采样频率 100 kHz,12 位分辨率。如图 4 所示力传感器数据采集系统接线。

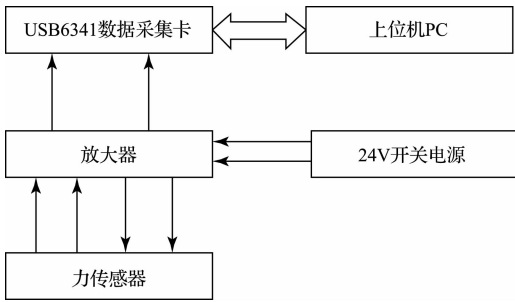


图4 力传感器数据采集系统接线

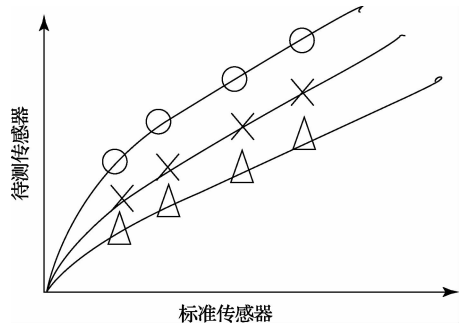


图6 传感器的重复性的获取

4.5 上位计算机

本项目的上位计算机采用 ADLINK 品牌工控机,主要配置如下:

- 1)INTEL E5400 CPU, 2 G 内存,500 G 硬盘;
- 2)DVD 光驱,300 W 电源,1 个并口,2 个 COM 口;
- 3)6 个 USB 口,2 个千兆网口,键盘鼠标。

5 软件部分

传感器的静态特性是指表示测量仪表在被测物理量处于稳定状态时的输出量和输入量之间的相互关系。因为输入量和输出量与时间无关,所以传感器标定参数包括:线性度、迟滞、重复性等。

5.1 线性度

本课题采用外部拉力机为标准传感器和待测力传感器施加载荷,具体点数由外部拉力机控制。实际操作中,传感器的线性度获取是通过力加载装置施加传感器量程范围内等距离间隔的力载荷,分别读取标准力传感器和待测力传感器的读数,并以此画出实际曲线;根据这些散点,根据选定的直线拟合方法,画出标准直线;然后计算实际曲线与标准直线之间的最大偏差作为线性度偏差值,偏差值除以量程就得到线性度,如图5所示。

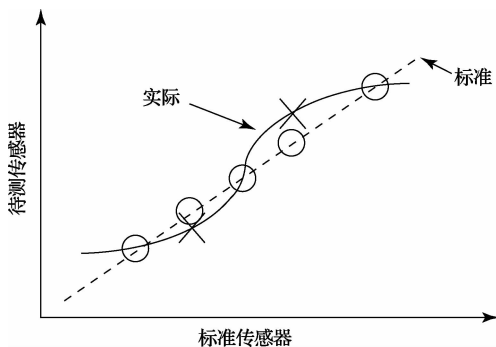


图5 传感器的线性度获取

5.2 重复性

实际操作中,传感器的重复性获取是通过重复测定几次标定曲线,然后计算曲线之间的最大偏差作为重复性误差的值,如图6所示。

5.3 迟滞

实际操作中,传感器的迟滞获取是通过对力传感器在其量程范围内从小到大等距离加载力载荷,然后从大到小重复加载负荷,得到两个标定曲线,然后计算曲线之间的最大偏差作为迟滞误差的值,如图7所示。

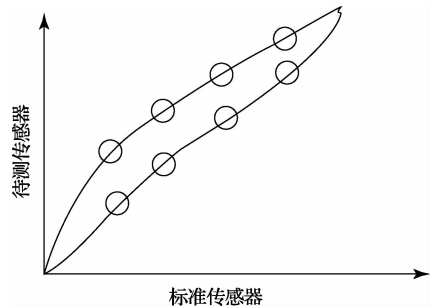


图7 传感器的迟滞的获取

5.4 后台软件

后台软件采用 LabVIEW 编写,以方便操作者观察的方式显示各种数据,如趋势图、模拟图、一览表等。本项目软件界面如图8所示。

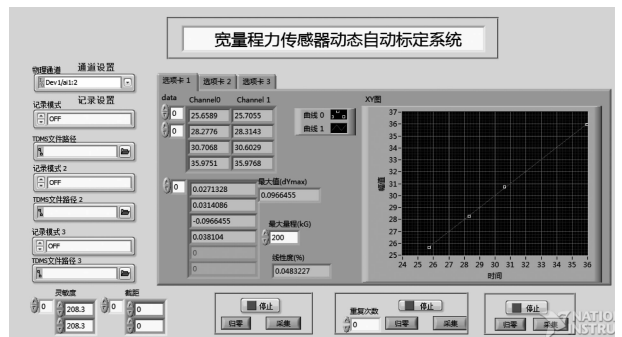


图8 宽量程力传感器动态自动标定系统软件界面

5.5 装置计量

本装置经过无锡计量所计量现场计量,按照计量标准 JJG 144—2007《标准测力仪》,采用“背靠背”方法计量,计量所高精度传感器和本装置力传感器同时受到液压加载装置加载,取5个加载点,实测结果如表1所示。

表1 装置计量数据 kg

序号	标准力	实测力
1	46	46.5
2	89	89.5
3	130	131.03
4	162	163.4
5	185	186.5

根据表1数据计算可知,本装置的测量精度为0.8%,可用于1级精度力传感器的标定。

6 结 论

力传感器动态自动标定系统应用了虚拟仪器技术,能够采集力传感器输出的电压信号,将电压信号转化为传感器的实际受力值,分辨力高;完全满足力传感器在线故障诊断的要求。

主要技术参数如下:

- 1)标定的力传感器测量范围:0~200 kg;
- 2)标准力传感器精度 $\pm 1\%$;
- 3)标准灵敏度 2 mV/V;
- 4)分辨力:0.0244 kg;
- 5)可测定力传感器的线性度、重复性和迟滞性;
- 6)可实现被测力传感器标定参数自动检测采集,并对测试数据进行自动分析。

参考文献

- [1] 王涵. 基于虚拟仪器的应变测试仪的研究[D]. 重庆:重庆大学,2012.
- [2] 王改云,胡志强,周爱霞,等. 高精度电阻应变式无线压力变送器应用设计[J]. 电子技术应用,2014,

40(1):68-71.

- [3] 李飞亮,陈学锋. 基于单片机的多维力传感器静态标定系统研究[J]. 甘肃联合大学学报:自然科学版,2010,24(4):58-60.
- [4] 刘魁方,黄民,姚小敏,等. 基于虚拟仪器的高精度压力信号放大系统设计[J]. 电子科技,2013,26(2):32-35.
- [5] 黄开志,黄耀,雍毅,等. 一种基于示值误差的传感器标定方法[J]. 传感器与微系统,2009,28(3):104-107.
- [6] 庄育锋,胡晓瑾,翟宇,等. 基于BP神经网络的微量药品动态称重系统非线性补偿[J]. 仪器仪表学报,2014,35(8):1914-1920.
- [7] 李自武,沈运杰,张磊,等. 力传感器检定和使用中相关问题探讨[J]. 计测技术,2013,33(增刊1):56-58.
- [8] 余波,谭航,吴兆耀,等. 基于仿人智能控制算法的温度控制器设计[J]. 国外电子测量技术,2014,33(6):44-47.
- [9] 唐立军,滕召胜,陈良柱,等. 电子秤倾角自动检测与称量误差补偿方法研究[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(1):61-67.
- [10] 龙华. 浅谈电子测力传感器检定系统[J]. 商品与质量(学术观察),2013(8):298-299.
- [11] 唐桂青,郭迎福. 压磁式非接触测力传感器检测气隙范围的研究[J]. 电子测量技术,2013,36(2):104-107.

作者简介

过峰,1978年出生,高级工程师。主要研究方向为机电产品质量控制、安全及性能检测技术研究等。