

## 2MN 推力测量自动校准系统设计

付 正

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 2MN 推力测量自动校准系统, 通过液压源产生稳定标准力, 由伺服控制器对标准力传感器输出力值进行精确测量, 使标准力传感器输出值与标准值相等, 实现力值的高精度控制。校准过程中前后端计算机通过串行连接, 根据推力校准过程特点设定握手协议, 对交互信号进行判断后由校准程序自动确定校验过程状态并进行相关处理, 实现了校准过程的自动化, 确保了校准数据完整性、准确性。

**关键词:** 推力测量; 自动校准

中图分类号: V416

文献标识码: A

文章编号: (2008) 06-0036-04

## Design of 2MN thrust measurement auto-calibration system

Fu Zheng

(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technique Institute, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** The 2MN thrust measurement auto-calibration system, using hydraulic pressure sources to produce stable standard force, using servo-controller to measure the output value of the standard force sensor, then making the sensor output value equal to the standard force, can realize the high precision control of force. During the calibration process, the fore-and-aft end computers communicating by serial port with the handshake protocol set according to the character of work process, the system judges the intercommunion signal, then determine the status of the calibration process automatically, and make correlative disposal. This system can realize the automation of calibration process, and ensure the integrity and the veracity of the calibration data.

**Key words:** thrust measurement; auto-calibration

收稿日期: 2008-05-31; 修回日期: 2008-09-10。

作者简介: 付正 (1980—), 男, 高级工, 研究领域为发动机试验参数测量。

# 0 引言

火箭发动机推力参数的精确测量直接影响到对发动机产品性能的判定。发动机试车台推力现场校准系统是推力测量的关键之一。如何实现现场校准自动化、高精度、高可靠性及高效率是该系统设计的主要目标。给出了某试车台 2MN 推力测量系统现场自动校准系统设计思路及实施方案。

## 1 系统构成

2MN 推力自动测量校准系统由自动校准装置、数据采集/传输模块及应用软件组成。

### 1.1 自动校准装置

自动校准装置在推力校准过程中为测力传感器提供标准力值，并利用伺服控制器对力值进行反馈测量形成闭环控制系统，提高了加载力值的精确性和可控性，加载输出如图 1 所示。

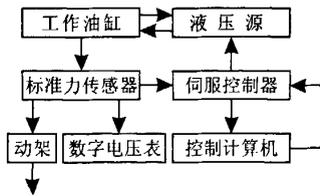


图 1 加载输出模块框图

Fig.1 Load-output module diagram

(1) 液压源：由高性能内啮合齿轮泵提供油压，通过蓄能器和电液伺服阀稳压后得到一个稳定的压力源，提供给四个双向标准力油缸，产生四个稳定的标准力。为加快校准归零速度，油缸采用双向油缸；

(2) 测力组件：由标准传感器和稳压电源组成。标准传感器为四个高精度 C4 传感器，传感器桥压为 12.2V，由四个稳压电源单独供给，四个传感器的输出并联成一个信号，分别输入伺服控制器和数字电压表；

(3) 伺服控制器：由电源、放大器及高精度激励源等组成。伺服控制器对标准力传感器的输出力值进行精确测量，并通过对电液伺服阀的控制，使标准力传感器的输出值（通过控制部分控制电液伺服阀电流的相位与幅值使油缸油压达到要求的稳定值）与预先输入计算机的标准值相等（或偏差控制在一定范围内），最终实现力值的高精度控制，达到推力校验要求的某档力值；

(4) 基准力数字传输装置：由计算机、488 接口板、D/A 板及数字电压表等组成。通过计算机控制伺服控制器进行档位设定。数字电压表用于桥压监视及手动加载时力值显示。

### 1.2 数据采集/传输模块

数据采集/传输模块将推力值转换为电信号后传输至后端，在后端调理后由采集计算机进行记录，如图 2 所示。

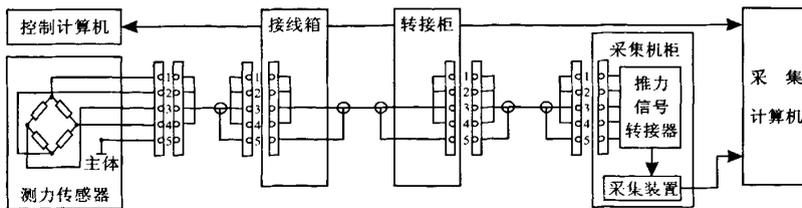


图 2 数据采集/传输模块框

Fig.2 Data acquisition-transmission module diagram

数据采集部分包括测力传感器、信号转接器、采集校准计算机及数据采集装置等。测力传感器将感应到的推力值转换成电信号，为避免干扰，推力传感器壳体需前端接地；信号转接器负责转接前端传感器信号并提供激励电电压源；数据

采集装置负责将传感器信号调理后转换成数字量传送至采集计算机。数据采集装置与计算机通过 1394 接口进行数据通讯。

数据传输部分分为测量传输和控制信号传输。测力传感器产生的测量信号通过前端活动电

缆连接,经过前间接线箱柜、测量主电缆、后间接线柜及后端采集电缆将传感器输出电压值传送到信号调理器调理后至数据采集系统,由采集计算机获取并记录。控制信号通过专门线路连接前后两台计算机,进行控制信号交互,实现校准过程自动化。

### 1.3 应用软件

应用软件包括控制软件和采集校准软件。软件为图形化操作界面,界面直观、操作简易,具备前后计算机之间实时互动传输和通讯功能,并保证了校准数据完整性和准确性。

#### 1.3.1 控制软件

控制软件具有自动3~4次实时循环全程校准功能、结果数据打印功能、精度控制功能及和后端采集计算机进行实时数据传递和反馈信息判断功能。采用图形化操作界面,状态指示、功能操作、执行过程及执行结果均可在当前界面实时显示,方便操作人员监控。为提高软件运行可靠性,软件在启动时首先检测所安装的硬件是否正确,并弹出对话框提示操作人员。

#### 1.3.2 采集校准软件

采集校准程序具有全程自动校准功能、和前端控制计算机进行实时数据传递和信息反馈功能及数据的自动采集、处理及打印功能。为避免端口占用造成实时通讯故障,软件启动时扫描RS232端口并将其强制关闭,当自动校准开始后重新开启RS232端口。校准过程每档测量值、标准力值、斜率( $b$ 值)、截距( $a$ 值)及散差( $S_2$ 值)均可通过DBGRIID控件以表格形式显示在计算机屏幕,方便岗位操作人员查看。

## 2 实时通讯、数据传输

2MN推力自动测量校准系统设计,相对于其他推力测量校准系统的主要区别在于测量校准过程自动化。如何保证标准力值的准确自动加载,数据实时传输过程中的完整性和准确性,以及自动控制 and 自动采集记录的正确性是该方案的关键。

### 2.1 数据传输方式

考虑到通用性,控制信号传输应尽量通过当

前市场主流计算机标准配置接口类型进行数据传输,现在购置的计算机大多都具有并口(IEEE1284)、串口(RS-232)、局域网端口及USB等数据传输接口。

在实际使用过程中前后两台计算机数据传输距离在800米左右。并口(IEEE 1284)与USB接口类型,在长距离数据传输过程中的数据传输完整性、可靠性将不能保证,数据在传输过程中容易出错。局域网端口可以直接利用双绞线连接至不同的VLAN端口进行长距离传输,但必须铺设一条专用线路,考虑到计算机之间校准过程数据通讯量小,而现在的PC机一般有两个串行口COM1和COM2,使用RS232-RS422转换器,在保证数据传输完整性、可靠性的前提下最远传输距离达1200米,数据传输速率可在300~115.2kbps之间自动适应,完全满足实际使用要求,并且数据通讯电缆可以采用已铺设的测量系统备用电缆,不用专门铺设线路,考虑接口或传输电缆出现故障后方便更换等因素,最终决定利用串口(RS232)进行数据传输。连接方式如图3所示。

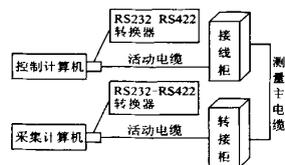


图3 数据传输线路示意

Fig.3 Data transmission link sketch

### 2.2 数据交互

计算机之间实时互动通讯时,为保证数据完整性和准确性,对推力校验过程进行分析,确定推力自动校验过程中的四种状态,设定握手协议如表1所示。

表1 握手协议设定

状态	发送信号
记录	01010101
成功	11111111
失败	00000000
结束	10101010

前后计算机数据交互流程所图 4 所示。

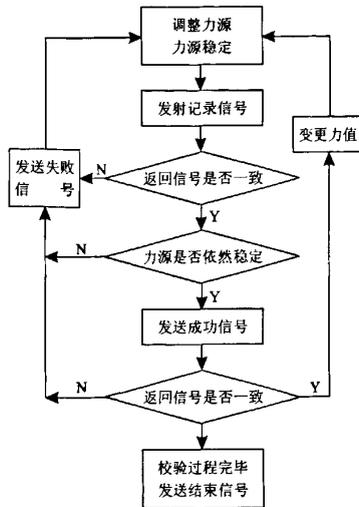


图 4 控制信号交互流程图

Fig.4 Control signal interactive flow diagram

在自动校准过程中，前后端计算机分别通过设定的握手协议发送和接收信号，以判断对方计算机状态，在经过程序分析判断后决定下一步动作，使校验过程受控，保证数据传输准确性，实现推力自动校验，校验全过程无需人为干预。

### 3 数据记录、处理

在数据记录过程中，为避免随机误差对整个推力测量校准结果造成影响，在每档数据进行记录时，采集软件应连续采集 30 组数据求其平均值，作为该档的测量值。

推力校验一般进行三遍六档，最大力值校准到推力值的 120%。最小二乘法拟合校准斜率

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

式中， $y$  为校验时所加的标准力值，kN； $x$  为测量系统输出值，mV。

截距

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

其线性关系为：

$$y = a + bx$$

### 4 手动校验功能

考虑到计算机端口和控制伺服器出现故障等异常因素，在自动校准过程出现异常情况并不能及时排除时，操作人员可将校验过程转入手动校验。控制伺服器设置手动和自动开关，将开关置于手动位置，可手动对加载值进行粗、细调节。程序具备手动校验模块，该模块可以使操作人员接管程序、关闭数据传输端口，手动控制计算机完成校验过程，并进行数据处理、打印等操作。

### 5 结束语

2MN 推力自动测量校准系统由自动校准装置、数据采集/传输模块及应用软件等组成，使系统具备力值自动控制加载、校验数据自动采集及处理等功能，实现了推力测量校准自动化。计算机之间采用信号握手协议，确保了数据在实时传输过程中的完整性和准确性，以及自动控制和自动采集记录的正确性。

#### 参考文献：

- [1] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [2] 余永全. 计算机接口与通讯[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2005.
- [3] 倪涵. 电子测量仪器原理及应用技术[M]. 上海: 同济大学出版社, 2002, 11.
- [4] 古天祥. 电子测量原理 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [5] 刘爱华, 满宝元. 传感器原理与应用技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [6] 李正兵, 吴锦凤, 宋秋风. 液体火箭发动机试验测量系统状态检测程序设计[J]. 火箭推进, 2007, 33(5): 59-62.

(编辑: 马 杰)