

液压自动推力校准系统设计

赵舒宁

(西安航天动力测控技术研究所, 陕西 西安 710025)

摘要: 推力校准是推力测量中一项重要的环节, 通过自动推力校准系统进行传感器校准, 为火箭发动机试验提供精确的试验参数。本文设计了一套液压自动推力校准系统, 实现了校准远距离的自动化控制, 避免试验现场不确定性因素的影响。与手动校准系统相比, 避免了人为因素对系统的影响。整个系统分为两个部分: 液压源和控制系统。校准性能比同期产品有明显的优势, 稳定时间长、校准耗时短, 校准精度高。

关键词: 液压自动推力校准系统; 液压源; 控制系统

推力是火箭发动机关键的性能参数, 在发动机研制过程中推力测量是十分重要的。火箭发动机试验中为了准确获得发动机推力, 必须进行测量系统的校准。而推力校准通常采用液压系统作为标准力源来产生大范围的作用力。

1 系统概述

本装置主要由液压源、控制系统两部分组成。各个部分主要功能是: 液压源为系统提供高稳定性压力源; 控制系统主要通过工控机、2000表、控制器对标准测力传感器的输出力值进行精确测量, 并通过比例溢流阀、电动微调泵的调节使标准测力传感器的输出力值与输入计算机的标准力值相等(或偏差控制在一定的范围内)^[1]。

液压自动推力校准系统的基本工作原理是由计算机程序控制的D/A信号输出给PLC, 设定一校准电压值作为给定值, 将此值与标准传感器输入的力值进行比较, 驱动控制液压部分对标准传感器加载(或卸载), 随着时间的推移当力值不断接近校准值时, 最终由电动微调泵调节, 使力值稳定在校准值上。详见系统结构框图1。

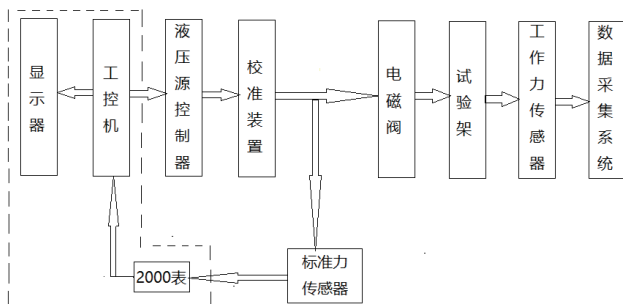


图1 系统结构框图

图示虚线所框部分为控制部分, 其放置在控制室或指定位置, 其它部分则安装在台架上或放置在台架边的现场。为了方便使用及运输, 将液压源及控制器机柜集成在一个推车上。

2 系统组成

2.1 液压源

液压源主要由紧凑型液压泵站、二位三通换向阀、无泄漏电磁换向阀、比例溢流阀、电动微调泵及相应的油路集成块、压力表、高压软管等组成。

液压泵站选用德国HAWE设计制造的KA型紧凑式液压泵站, 采用间歇式工作的液压系统提供压力油, 液压泵站由油箱、驱动电机、径向柱塞泵、液位计等组成。其电机为3相400V, 功率0.75kW、转速1360r/min, 油箱充油量4L, 可用油量2L, 该紧凑型泵站通过直接安装连接阀板及相关阀组, 可以

提供完整的液压输出, 用于加载时的初步加压^[2]。

各阀门根据作用的不同, 分别选用德国HAWE或意大利ATOS的阀体, 其采用无泄漏密封锥式座阀, 电磁铁驱动, DC24V电压控制开、关, 其内部压力平衡, 可按任意方向流动, 阀内功能元件均经过淬火和磨削加工, 在介质运动中无须保养。

电动微调泵是由一小型螺旋泵、减速机、伺服电机等组成, 用于加载时的微调。其中, 伺服电机选用日本松下下的MSMF042型, 2相220V, 功率0.4kW、转速3000r/min。

2.1.1 调节系统压力

液压源油泵电源开启, 使油泵正转泵油, 液压源压力油经单向阀——无泄漏二位三通换向阀P4左位(通电)——无泄漏二位三通换向阀P1(断电)左位进入试验加载油缸无杆腔, 供油试验加载, 油缸有杆腔回油经无泄漏二位三通换向阀P2左位(断电)——流回油箱。将比例溢流阀压力调至最大电压对应压力, 然后再调节安全溢流阀调节手柄, 压力达到10MPa后, 停止调压, 再将安全溢流阀调节螺杆再顺时针旋转1/4圈, 锁死, 再将比例溢流阀电压调回零位, 调压完成。P4、P2、P3阀电磁铁通电换向, 将比例溢流阀压力调至最大电压对应压力的80%, 油缸活塞杆缩回, 再将P1、P2阀电磁铁断电换向, 使油缸活塞杆伸出, 再缩回。反复几次。然后将电磁比例调速阀电压调零, P2阀断电, 停机关泵。在活塞杆一端安装力传感器, 连接力传感器与控制测试台的测试电路。将被试产品放置于试验台架上, 对正力传感器, 此时, 准备就绪。

2.1.2 加载校准

进行压向校准时, 安装好校准组件及传感器, 接好传感器线缆, 启动油泵, P4阀电磁铁通电换向, 向油缸无杆腔充液, 使活塞杆伸出, 加载, 再逐渐调节比例溢流阀控制电压, 逐渐加载接近校准值第1级时, 关闭P4阀电磁铁断电换向封闭油路, 启动电动微调泵正向加载, 达到校准第1级校准值时, 停止微调泵加载, 记录校准数据(由数据采集系统完成)。

再次打开P4阀电磁铁通电换向, 逐渐加载接近校准值第2级时, 使压力达到第2级加载压力时, 再次关闭P4阀电磁铁断电换向封闭油路, 启动电动微调泵正向加载, 达到校准第2级校准值时, 停止微调泵加载, 记录校准数据。

依次进行第3级, 4级, 5级校准的加载过程。

进行回程操作时, 关闭P4阀, 打开P3阀, 调节比例调速阀, 接近回程的第5级时, 关闭P3阀电磁铁断电换向封闭油路, 启动电动微调泵反向卸载, 达到校准第5级校准值时, 停止微

调泵加载,记录校准数据。依次进行第4级、3级、2级、1级校准的卸载过程,给无泄漏二位三通换向阀(P1、P2)通电换向,P3阀通电,使油缸快速卸载,传感器归零。

若要进行拉向校准,将P1、P2阀电磁铁通电换向,依次按上述过程操作,可完成油缸反向的校准加载过程。加载结束后,P3阀断电,比例调速阀调节电压调零。

2.2 控制系统

控制系统包括工控机、2000表、控制器等。控制器集成在机柜内,包含西门子S7-1500系列PLC模块和硬件电路控制部分,PLC输出的DO和AO信号通过硬件电路传输到液压源(在试验架附近)控制电磁阀和比例溢流阀、电动微调泵等进行校准控制。并通过DI和AI信号实时采集各个阀门的通断状态和电机转速、溢流阀值、油压等。

比例溢流阀进行粗调,电动微调泵负责微调,根据标准传感器当前值实时调节比例溢流阀阀值或电动微调泵转速,从而控制调节速度,避免不会因加载/卸载过快而导致过冲或回落太多。同时,因为液压系统加压或卸压滞后较大,也需要留有足够的反应时间保证不会因此而导致过冲^[3]。此外,因为每个传感器量程不同,对应的压力也不同,因此,其控制参数也不同。每个标准传感器具有单独的控制参数。

整个校准过程中,主要耗时在微调部分,一般情况下,每个台阶粗调大约30s~40s,微调大约20s~40s(与控制精度有关),而在零点附近时间一般也长一些,大约40~60s(主要与标准传感器与顶杆距离有关),因此,一般3个循环、5个循环大约需要25~45min(预计)。

3 软件设计

系统保存了多个型号标准传感器的参数值(包括传感器型号、编号、量程、检定值以及对应的控制参数),可通过选择不同的标准传感器完成不同量程的推力校准。

液压自动推力校准系统的软件界面直观、操作简易,具有与数据采集系统之间互动传输和通讯功能,保证了校准数据的完整性和准确性。主要包括传感器参数设置、校准控制参数、系统调试、预校准和校准等功能,完成试验架校准过程控制。本软件可完成试验架的原位标定和集中标定,可从传感器参数设置对话框的备注选项里选择此次标定的台架及方向。其主界面显示当前标准传感器各台阶校准值及对应的标准值,以及标定过程中的当前值。列表上方显示了校准参数(校准方向、校准模式、循环数、精度、自动校准/手动校准),列表右侧显示当前标准值,电机、油泵及电磁阀的状态,采集系统的通讯参数设置,以及是否达到标定值。

4 液压自动推力校准操作程序

4.1 校准工作过程简介

安装好校准组件及传感器,检查传感器线缆和通讯电缆接线无误;启动油泵,电磁阀通电换向,向油缸无杆腔充液,使活塞杆伸出,逐渐调节比例溢流阀值开始加载;当接近当前校准点标准值时,油泵停止工作,电磁阀断电换向,同时由计算机控制电动微调泵进行力值微调,力值稳定在标准力值附近;当稳定在标准力值时,数据采集系统记录校准数据,后进行下一台阶的校准;步骤b、c、d重复进行,直到完成校

准;校准力值的台阶数及循环的次数均由计算机事先设定。

4.2 软件操作流程

液压自动推力校准系统的应用软件具有5次实时循环全程校准功能,软件在启动时首先检测安装的硬件是否正确,并弹出对话框提示操作人员。校准软件具有极大的灵活性,参数设置上不拘泥于一成不变的程序设计模式,对校准过程中可能需要修改的参数均采用变量或人机对话方式,对不需要更改的参数采用常量或内层定义方式。此外还从算法优化和速度优化上都做了一定的可靠性设计。

软件的一般操作流程为:

设置标准传感器参数,进行标准传感器的添加、删除或参数修改;选择或修改标准传感器参数;设置校准参数和控制参数;开始校准,在校准过程中修改控制参数;校准完成。

5 关键技术及其解决途径

本系统的关键技术为以下三点:

(1) 液压源的泵站和阀门的选型,以及连接之间影响液压输出的稳定性。液压系统的非绝对密封性,使得校准系统推力是很难稳定的。因此,在液压系统的设计中首先要保证油路的可控性,在机械结构的设计和元器件选型上尤为仔细,充分考虑过冲、回油、迟滞等状况。液压源使用紧凑型泵站,通过直接安装连接阀板及相关阀组,可以提供完整的液压输出,用于初步加压和卸压,即粗调。

(2) 校准系统通过TCP/IP与其它采集系统通讯。液压自动推力校准系统分为自动校准和手动校准两种模式,选择自动校准模式后可通过TCP/IP协议与数据采集系统通信,到达标定值时,向数据采集系统发送当前值,数据采集系统采集完毕后反馈给液压自动推力校准系统消息“当前台阶实测值已采集”,则自动进行下一台阶的校准。

液压自动推力校准系统采用典型的TCP/IP命令格式,包含以下字段(域):命令符:0xA5

数据域:第%d循环第%d台阶进程实测值是xx;第%d循环第%d台阶回程实测值是xx

(3) 控制系统主要包括工控机、控制器。控制器的性能直接影响到整个校准系统的标定指标。通过调研,选用西门子1500系列数字和模拟量模块。

6 结语

液压自动推力校准系统主要应用于传感器校准,实现了校准远距离的自动化控制,避免试验现场不确定性因素的影响,为火箭发动机试验提供精确的试验参数。该产品主要用于发动机推力测量系统自动校准,也可广泛用于各级计量机构、力传感器生产厂商的传感器检定,市场前景广阔,有稳定的需求量。

参考文献

- [1] 董伟. 汽车坡路行驶发动机与无级变速器综合控制研究[D]. 吉林大学,2007.
- [2] 周美兰. 轿车无级变速器综合模糊控制研究[D]. 哈尔滨理工大学,2006.
- [3] 谭援强,张晓茹,刘金刚,等. 金属带式无级变速器摩擦传动模型分析[J]. 新型工业化,2013,3(8):56-67.