

# 液体火箭发动机试验测量系统 状态检测程序设计

李正兵, 吴锦凤, 宋秋风  
(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 发动机试车准备过程中, 测量系统的状态变化直接影响到发动机参数测量的准确度。为正确获得测量系统的状态变化, 从测量系统的硬件组成出发, 针对压力、温度等参数类型, 提出了测量通道状态变化的检测判断方法。在 Windows 操作系统下, 采用 VB6.0 语言, 设计了相应的状态变化检测程序。试验证明: 测量系统状态检测程序运行可靠, 操作方便, 提高了试车工作效率。

**关键词:** 测量系统; 零位; 施加标准状态; 程序设计

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2007) 05-0059-04

## Design of the state detection program of the measurement system for liquid rocket engine test

Li Zhengbing, Wu Jinfeng, Song Qiufeng  
(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technique Institute, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** Accuracy of the engine parameters measured strongly depends on the status of the measuring system. The methods for detecting the status of the measuring channels for pressure and temperature were proposed in this paper considering hardware configuration. The status detection program of the measuring system is designed under Windows operation system in VB6.0. It is proved that the program is reliable with friendly interface and high efficiency also obtained.

**Key words:** measurement system; zero state; exert standard signal; program design

收稿日期: 2007-03-21; 修回日期: 2007-08-10。

作者简介: 李正兵 (1968—), 男, 高级工程师, 研究领域为火箭发动机试验测量与控制。

### 1 引言

液体火箭发动机试车成本高、风险大、准备时间长。发动机试车过程中，通过传感器获取的数据能否真实反映发动机的固有特性，保持测量系统的状态稳定非常关键，其变化直接影响参数获取的准确性。如何快速判断、准确检测测量通道的状态变化；如何保证发动机试车时测量系统状态与现场校验状态一致，是测量系统的重要环节。通过对测量系统的研究发现，传感器、放大器的零位漂移与温漂大小由测量通道零位状态数据的变化来表现，施加标准信号数据可以反映测量通道放大倍数与传感器激励的变化。零位与施加标准信号可以正确反映测量系统通道状态的变化情况，记录并比较这两种状态数据，可以快速判断得到通道状态的变化值，找出测量通道变化的原因，从而保证测量数据的准确性及可靠性。长期以来，反映测量通道状态的数据变化通过人工判读完成，通道多、数据量大，常发生误判与漏判，因此设计一个能实时检测测量系统通道状态变化的程序非常必要。

### 2 设计思想

液体火箭发动机试车，测量系统主要由传感器、信号调理器、AD转换器、激励电源及采集计算机组成。传感器、信调器及激励电源的稳定性直接关系到测量数据的准确程度。推力、压力及温度的测量一般采用现场物理量校验相对测量方法。即在试验准备过程中，在前台给压力传感器施加一组标准压强；给推力传感器施加一组标准力；给温度传感器施加一组温度；后端采集系统记录一组相应的电压数据；校验程序根据标准物理量与电压数据，计算出对应通道的截距及斜率，供处理程序使用。其中截距代表测量通道零位；斜率为被测通道的灵敏度。试车结束时，计算机处理程序将采集的电压值减去截距或记录零位后，乘以斜率得到相应测点的物理量。测量系统的噪声大小、传感器与放大器的零位漂移均体

现在系统零位数据中。压力与推力传感器激励电压的变化、热敏电阻与铂电阻的激励电流的变化、放大器放大倍数的漂移均可通过给测量通道施加标准信号，从系统输出数据的变化量大小加以判断。测量参数现场校验完成后，记录并保存好通道的零位与施加标准信号的数据非常重要。以后每次检查系统时，通过比较系统在零位、加标准状态下，系统输出减去校验时记录的零位、施加标准信号数据，其差值的大小为测量系统通道状态的变化量，将差值按照从大到小排序后，状态变化最大的参数名可明显、快速发现，非常容易识别测试过程中系统异常通道，达到准确、快速监控测量系统状态的目的。通道状态变化量的排序流程如图1所示。

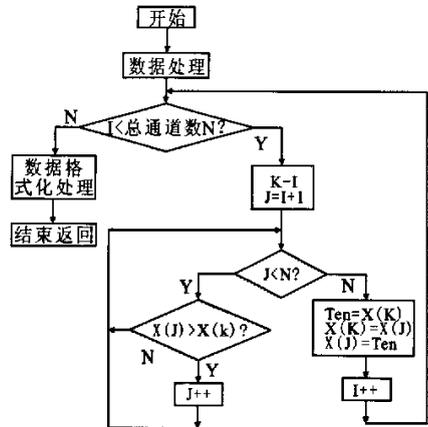


图1 从大到小数据排序流程图

Fig.1 Data ordering program flow chart

### 3 实施方法

#### 3.1 应用程序配置界面设计

为了使系统记录的零位数据便于处理程序使用，状态检测程序设计以采集程序使用的 Access 数据库为基础，结合发动机试验压力、推力等参数测量与分析方法，在 Windows XP 操作系统下，采用 Visual Basic 6.0 语言，设计应用程序的通道配置界面如图2所示。校验参数列表框中所显示的参数为本次试车采集程序所配置的总通道，通

过单击参数名前复选框, 可选中记录或观察的通道。“打开采集通道文件”按钮打开的文件为参数自动校验结果与零位数据保存的数据库, 其中测试中的原始数据也自动保存在该文件目录下的“校验”目录下。当第一次使用记录零位或自动校验功能, “校验”目录没有存在时, 系统均自动创建; “读自动校验数据文件”按钮打开的文件为自动校验传感器数据文件, 读入时自动将相关数据放在通道校验标准值下的表格中, 便于复查, 并将本次试车自动校验参数选中; “记传感

器零位”按钮将程序转入到零位记录模块中, 通过单击校验参数列表中参数名称选择需要记录的通道, 参数名前打钩为选中状态; “打印记录零位”按钮将最近记录的零位数据从默认打印机中打印输出; “记传感器桥臂并电阻”按钮完成进入记录施加标准信号模块界面; “确认”按钮实现选择的通道自动校验。“计算  $S_2$ 、R”按钮可将输入的数据按照最小二乘法计算出相应的斜率、截距、偏差与相关系数, “打印  $S_2$ 、R”按钮可将计算结果打印输出。

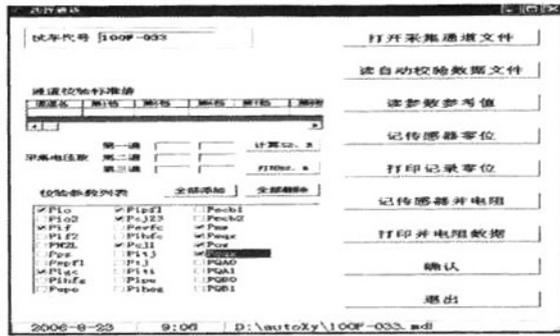


图 2 通道配置界面

Fig.2 Channel interface

### 3.2 零位记录与零位信息监控模块

在进入零位记录界面, 用户应先选择需要记录或观察的参数通道, 单击图 2 中“记传感器零位”按钮进入零位记录模块界面。系统首先打开以前记录的数据文件, 将零位值读入到内存变量, 并设置多媒体定时器参数, 根据所选通道及采样速率, 下载扫描表, 启动采集。通过定时器中断服务程序将采集缓冲区的数据读到计算机内存, 中断服务程序流程如图 3 所示。“记传感器零位”按钮可将选择的测量通道的电压值保存到数据文件中, 可根据需要是否打印或写入试车数据库零位记录数据; 单击“比较零位”按钮, 系统自动将当前测得的数据与最近记录的零位数据进行比较, 并将差值以电压数和物理量的形式显示, 每次单击“比较零位”按钮, 系统根据记录时间自动进行循环更新, 当选择排序功能时, 显示数据按照物理量差值从大到小的顺序排列, 差值最大的参数名称位于显示区域最上方。

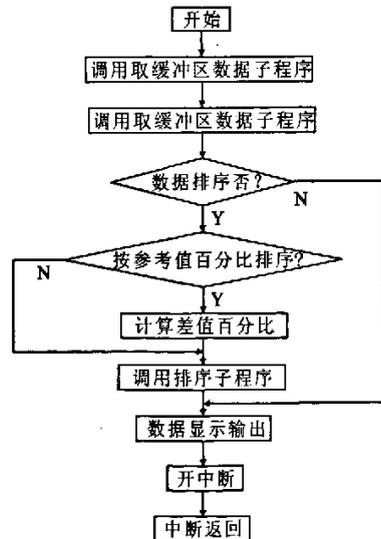


图 3 多媒体定时器程序流程

Fig.3 Multimedia timer program flow chart

零位记录与比较的参数名称可根据采集数据库任意选取, 通道数不受限制。若事先读取测量

参数参考值，程序将各通道的差值除以发动机试车任务书给定的参考值分别计算其相对值，可选择按相对值大小进行排序，操作界面如图4所示。由于状态检测程序实时更新数据，当选择通

道较多时，数据刷新时会晃动，影响观察，为此设计有数据显示暂停按钮。单击“暂停”按钮，数据取消刷新，更有益于方便观察数据，再单击一次，数据显示刷新正常。



图4 零位记录界面

Fig.4 Zero level recording interface

### 3.3 记录施加标准与施加标准信息监控模块

发动机试验准备过程中，记录与比较通道施加标准信息是判读测量状态是否变化的依据。进入施加标准模块界面时，系统将以前保存的施加标准数据文件打开读入到内存中，并读取通道对应的校验斜率。“记施加标准”按钮可将选择的通道的电压数保存到数据文件中；单击“比较零位”按钮，系统自动将当前实时测试数据与最近记录的施加标准信号数据进行比较，并将差值以

电压数和物理量的形式显示，再次单击“比较零位”按钮时，系统根据保存的记录数据时间自动进行更新，当选择排序功能时，显示数据按照物理量差值从大到小的顺序排列，当事先未读取过测量参数参考值时，物理量相对值为虚，不能进行相对值排序。系统界面如图5所示。通过施加标准排序后，可准确地得到通道状态变化最大参数，进一步检查其相应激励电压、放大倍数等关键设置信息。



图5 记录标准信号界面

Fig.5 Standard signal recording interface

## 4 设计结果验证

测量系统通道状态检测程序完成后，参加了多次热试车，实践证明：状态检测程序操作简单、运行可靠、使用非常方便。程序不仅可直观显示通道毫伏数、物理量的变化量或相对值大小，且可根据需要进行从大到小排序，突出变化大的通道，达到快速发现状态变化最大的通道的目的，有利于保证试车过程中测量通道状态的一

致性和稳定性，使测量数据准确可靠。

### 参考文献：

- [1] 贾民平. 测试技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [2] 宋伟. Visual Basic 6.0 高级编程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [3] 张辉, 郭立. 液氧/煤油发动机摇摆测控系统技术要求及实现[J]. 火箭推进. 2007, 33(1): 49-54.

(编辑: 马杰)