

# 液体火箭发动机试验数据曲线绘制软件设计

胡 瑛

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 利用 Active X 技术并结合 Excel 功能, 开发出液体火箭发动机地面试验数据曲线绘制软件, 重点介绍绘制软件程序的组成和功能, 给出了关键部分的程序框图。软件可供试验数据分析时参考。

**关键词:** 发动机试验; 曲线绘制; Active X 部件

中图分类号: V434

文献标识码: B

文章编号: (2007) 01-0055-05

## Design of data curve drawing software for liquid rocket engine test

Hu Ying

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

**Abstract:** The new data curve drawing software is an assembler of both Active X and Excel operating system used in liquid rocket engine ground testing. This article explains its writing principle, method, combination and function and depicts the main flow chart. The software can serve as a reference for data analysis.

**Key words:** rocket engine test; curve drawing; active X

### 1 引言

随着火箭发动机试验技术的迅速发展, 对测量技术的要求也越来越高, 不仅要求采集的参数多, 而且采集时间长、数据量大, 尤其是液氧煤油发动机研制阶段, 试验频繁, 一次试车的测量参数多达一百多个, 运用以往翻阅数据报告从数

值上进行比对的方法很不直观, 难以对数据进行归纳分析, 且容易漏掉一些异常数据点, 既影响对发动机真实性能的评估, 又不利于数据报告检查, 容易造成数据报告差错。如果根据各参数之间的相互关系, 将数据用曲线图来进行直观的表现, 可以使采集的数据发展趋势一目了然, 很容易对其进行特性分析, 并能够及时准确地发现数据中的异常点。但由于数据量大, 在短时间内难

收稿日期: 2006-06-14; 修回日期: 2006-07-15。

作者简介: 胡瑛 (1975—), 女, 高级工, 研究领域为液体火箭发动机数据测量。

以完成人工曲线绘制任务。一些专用软件又存在操作繁琐,工作效率低,不具备部分常用功能等缺点,而且由于受采集系统采集能力的限制,采集的数据步长不一致,难以灵活地进行曲线绘制,因此需要结合实际情况开发一套使用方便、功能齐全的曲线绘制软件。

## 2 设计目标及功能

### 2.1 设计目标

(1) 设计的曲线绘制程序可以根据试车数据磁盘文件,在指定区间绘制指定参数曲线,并可显示打印;

(2) 设计的曲线绘制系统应满足操作简便、功能实用的原则,并具有一定可扩展性;

(3) 可以将同一次试车中不同参数或不同试车同一参数绘制在同一曲线图上,方便分析人员进行数据对比分析;

(4) 可以将不同数值范围、不同处理步长的参数绘制在同一张曲线图上;

(5) 可以绘制彩色或单色参数曲线,参数应易于识别。

### 2.2 软件功能

(1) 可以使用 CRTP、PHVME、P6000、VXI 等多套采集系统测量的试车数据绘制参数曲线,各系统数据可混合使用;

(2) 可以将多个数据文件中的多个参数绘制到一张曲线图上,各数据文件步长可以不一致;

(3) 曲线图可选择为单轴图或双轴图,对于数值范围相差较大的不同参数可以绘制到一张双轴图上,数据曲线可以根据需要在主、次坐标轴间手动切换;

(4) 采用图形式界面设计,人机界面友好,可快速选定绘制参数,设定绘制区间及坐标轴刻度;

(5) 绘制图形为彩色曲线,不同参数对应不同颜色,可以根据需要手动更改参数曲线颜色;

(6) 可以在曲线上自动标记参数名,用于复印为单色图时进行参数识别,并可以手动调整标记位置;

(7) 对曲线图可放大缩小浏览,可以自动指示鼠标所在点时刻及参数数值;

(8) 曲线可即时预览打印,也可保存成电子文档供以后使用;

(9) 对于高级用户,可以在程序中调用电子表格程序打开曲线图进行自由设置。

## 3 软件设计

本程序运行在 Windows 环境下,采用 Visual Basic 语言开发。由于 Excel 具有功能强大的图表处理能力,同时提供 ActiveX 部件,支持 OLE Automation 技术,具有很强的可扩充性,可以使用 VB 6.0 对其进行调用和控制。为了提高软件开发效率,节约开发时间,程序采用了 ActiveX COM 技术,结合了 VB 和 Excel 二者的长处,实现了强大的功能和高效率的开发。

### 3.1 程序工作流程框图

程序工作流程框图见图 1。

### 3.2 软件组成

程序主要由以下几个模块组成。

(1) 数据文件处理模块:本模块的主要功能是对要进行曲线绘制的数据文件进行预处理并导入到电子表格中。由于受采集系统采集能力的限制和数据处理要求不同,各数据文件的参数处理步长可能不一致,难以直接进行曲线绘制。本模块根据需要对数据文件进行预处理,使各参数步长一致,然后导入到 Excel 电子数据表中。预处理的方法是将步长范围较大的数据使用插值法进行细化,使所有数据步长同所选文件的最小步长一致。这样可使步长小的数据绘出的曲线保持原有的精度,步长大的数据曲线更圆滑,美化视觉效果。文件处理模块流程图见图 2;

(2) 绘图区域设置模块:本模块根据用户在列表框中选择的参数和设置的绘图时间区段,在 Excel 电子数据表中查找满足条件的数据,设置绘图区域,并转换成 Excel 认可的格式;

(3) 曲线绘制及格式设置模块:本模块根据设置的绘图区域,创建 Chart 对象进行曲线绘制,并进行格式设置以满足要求。绘制过程调用

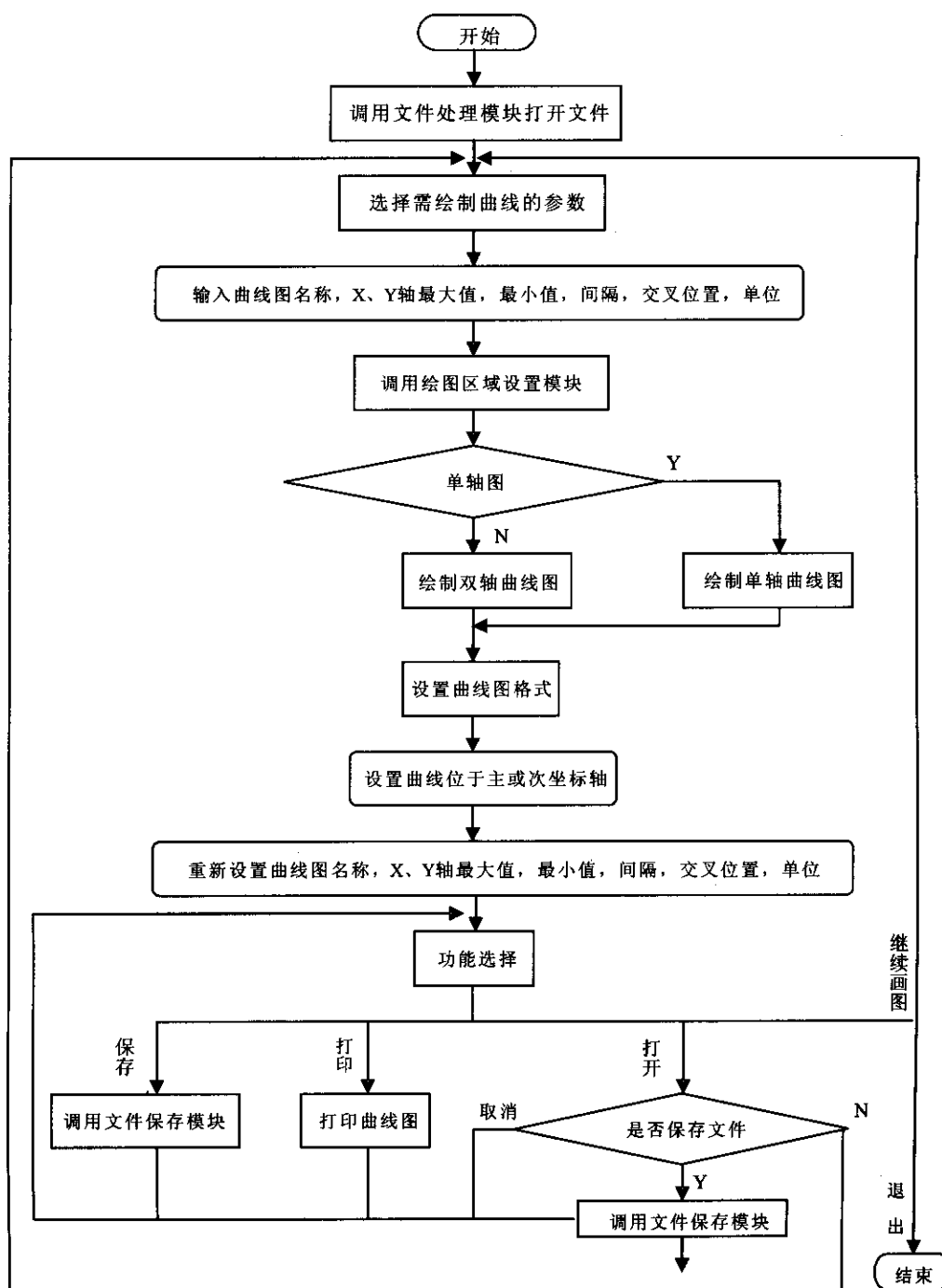


图 1 主程序流程图

Fig.1 Flow chart of the main procedure

Excel 函数在后台完成, 在前台程序中使用 CreateEmbed 方法创建一个 Excel 内嵌对象, 将曲线图显示在程序的窗体中。曲线图可放大观察, 具有即时显示鼠标所在处数据的功能, 可以为绘制的多条曲线在图上添加参数名称;

(4) 预览和打印模块: 本模块用于对绘制好的曲线图进行预览、打印。可以设定打印方向、纸张大小、页边距等信息, 采用了调用 Excel 中打印功能的方法, 在实现上述功能同时简化了编程;

(5) 文件保存模块：本模块用于将绘制的曲线及数据保存成标准电子表格文件，供事后浏览打印。

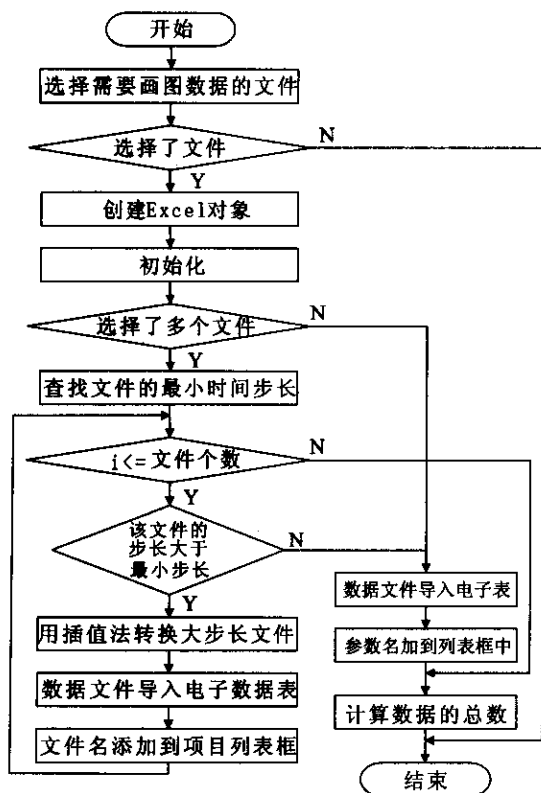


图2 文件处理模块流程图

Fig.2 File processing flow chart

## 4 软件测试

### 4.1 模块测试与总体测试

本程序按照《液体火箭发动机软件测试规范》的要求，对代码进行了严格的测试，确保程序功能正确。其测试方法如下：

(1) 代码审查：由专人对程序代码进行审查，重点审查了代码和设计的一致性、逻辑流程的合理性和代码的规范可读性；

(2) 模块测试：对程序中的各个模块、函数逐个进行了严格测试，保证程序中的每条语句、每个判断分支至少执行过一次，对输入数据的合

法值、非法值进行测试，保证程序对错误输入值的处理能力；

(3) 总体功能测试：运行程序，对程序中具有的每项功能，逐项进行测试，各项功能测试通过。

### 4.2 模拟数据测试

为了验证程序绘制曲线的正确性，进行了模拟数据测试。方法是手工建立了一个标准正弦测试曲线的数据文件，通过本软件绘制出曲线同标准波形进行比对，结果表明绘制出的图形正确无误。曲线绘制结果见图3。

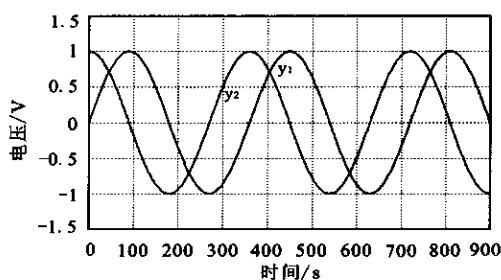


图3 曲线绘制结果

Fig.3 Data curve

### 4.3 试车数据对比测试

试车数据对比的方法是挑选出三张以前绘制的具有代表性的数据曲线，由本程序调用相应试车数据文件再绘制一遍，同原曲线进行比对，测试结果新旧曲线完全一致，绘制结果正确。

### 4.4 热试车测试

本程序自开发完成以来，参加了三十多次试车任务的曲线绘制工作。实际应用表明，本程序操作简便、功能实用、绘制曲线方便准确，可快速发现异常数据，对试车情况进行快速基本判断，有效地提高了工作效率，通过了测试。

### 4.5 存在问题

由于受到 Excel 软件限制，复杂数学计算能力不足，一些功能也受 Excel 版本影响。应在此基础上结合以上软件优点，提高专业数据计算分析能力。

(下转第 54 页)

便携校准源和高精度源表在前后端分别加电标准信号,同时进行测量的方式。系统开发维护装置应能满足 VXI 板卡的开发及离线测试要求:有符合要求的电源及信号源、总线平台、必要的测试设备及工具、配套的负载调试模板。

其中 VXI 机箱及调试模板用于系统故障板件的离线测试维修和系统的原位电校准;考虑到设备性能指标的兼容性,该部分设备采用与摇摆测控系统同一厂家的产品。示波器和逻辑分析仪用于电路数字及模拟信号的分析;任意波形发生器用于为被测板件提供满足要求的波形输入;多功能校准源配合便携式 VXI 设备完成系统电校准;电路板维护装置用于损坏电路的维护制作及元器件的测试,在系统开发阶段提供样板电路的快速开发测试。

## 5 结束语

该系统建成后,能够兼容两种不同型号不同控制模式伺服机构,实现发动机摇摆的冗余数字通讯控制和模拟余度控制,具备在线故障模拟和多通道特性参数同步采集能力。为液氧/煤油发动机及伺服机构的联合试验提供保障条件,保证某型号运载火箭关键组件的研制进度和质量。

### 参考文献:

- [1] 陈光禹. VXI 总线测试平台技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 1996 年第一版.
- [2] 赵万明. 液氧/煤油发动机试车主要参数测量方法研究[J]. 火箭推进, 2006, (5).

(编辑:王建喜)

(上接第 58 页)

## 5 结束语

自应用以来,绘制了各次液氧煤油发动机试验数据曲线图,大大缩短了绘制数据曲线的时间。所绘制的数据曲线报告作为正式试验数据报告的补充,可供试验数据分析人员、发动机设计单位及有关领导参考,在试验数据分析工作中起到了很大作用。与同类单位使用的发动机数据曲线绘制软件如 Orion、Matlab 等相比针对性较强、实用性高、操作易上手、工作效率高、更符合数

据分析人员使用习惯。

本项目所采用的 ActiveX 和 OLE Automation 混合使用技术可广泛应用于工程测量等各种工业测量数据处理分析和办公自动化领域,进行应用程序快速开发。

### 参考文献:

- [1] 蒋瑜. 姿控发动机试验电流信号采集系统设计[J]. 火箭推进, 2006, (6).

(编辑:王建喜)