

试验状态信息管理软件设计

董 冬, 张少博, 刘 晓
(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 简述了试验状态管理的特点, 介绍了基于 VB 和 Access 开发平台的试验状态信息管理软件的设计、功能实现和关键技术。软件采用的 C/S 结构, 实现对试验状态信息的综合评价, 为数据库在试验数字化中应用进行有意义地探索。

关键词: 发动机试验; 数据库; 软件设计; 试验状态管理

中图分类号: V434+.3-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2013) 06-0072-06

Design of information management software for test status

DONG Dong, ZHANG Shao-bo, LIU Xiao
(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technology Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: The characteristics of test status information management are described. The design, functional realization, key technologies and innovation point of the test status information management software based on VB and Access development platform are introduced. The C/S structure is adopted for the software to realize the comprehensive evaluation of test status information. The meaningful exploration was made for the application of database in digitalization test.

Keywords: rocket engine test; database; software design; test status management

0 引言

试验状态信息通过数据库技术进行管理, 能够实现试验状态信息的规范化、信息化, 有利于快捷查询和系统化管理试验状态信息, 为试验状态信息数据分析积累基础数据。发动机地面试验过程^[1]由试验系统准备、测试、试车、试后数据

报告汇总等多环节组成。目前试验状态信息管理存在诸多问题, 比如对于试验系统准备情况, 关键过程控制、推进剂供应、人程阀门工作状态、试验件性能数据、试验结果评论等环节还没有完整的信息化管理手段。因此, 为了确保今后试验质量可靠性方面无故障, 也为进一步加快关键数据数据包和信息化的进程, 需建立一套完整详备的试验状态信息数据库管理系统。

收稿日期: 2013-07-31; 修回日期: 2013-10-08

基金项目: 中国航天科技集团公司支撑项目(2010JY05)

作者简介: 董冬 (1981—), 男, 工程师, 研究领域为液体火箭发动机试验技术

该管理系统开发中, 遵循软件开发原则, 完成现状需求分析、软件设计和调试。目前已录入多次试验状态信息, 满足试验状态信息化管理需求。

1 软件设计

1.1 需求分析

软件设计首先从现状需求分析开始, 对需要实现的功能或要解决的问题进行梳理汇总, 并对具体业务流程进行整理。通过建立某地面试验状

态信息数据库, 对承担试验单位的准备情况、关键过程控制情况进行入库记录; 对入程阀门的开关状态及时入库记录; 对参与增压系统的关键阀门的增压能力在试验完成后能够及时评价; 对试验关键数据的启动和工作稳定段运行情况制定统一的判定验证方式并进行评价。最终实现试验准备到试验完成阶段全方位信息化、电子化, 并及时自动生成报表输出, 为评判试验系统的可靠性提供量化参考, 为评判试验结果提供依据。软件流程如图 1 所示。

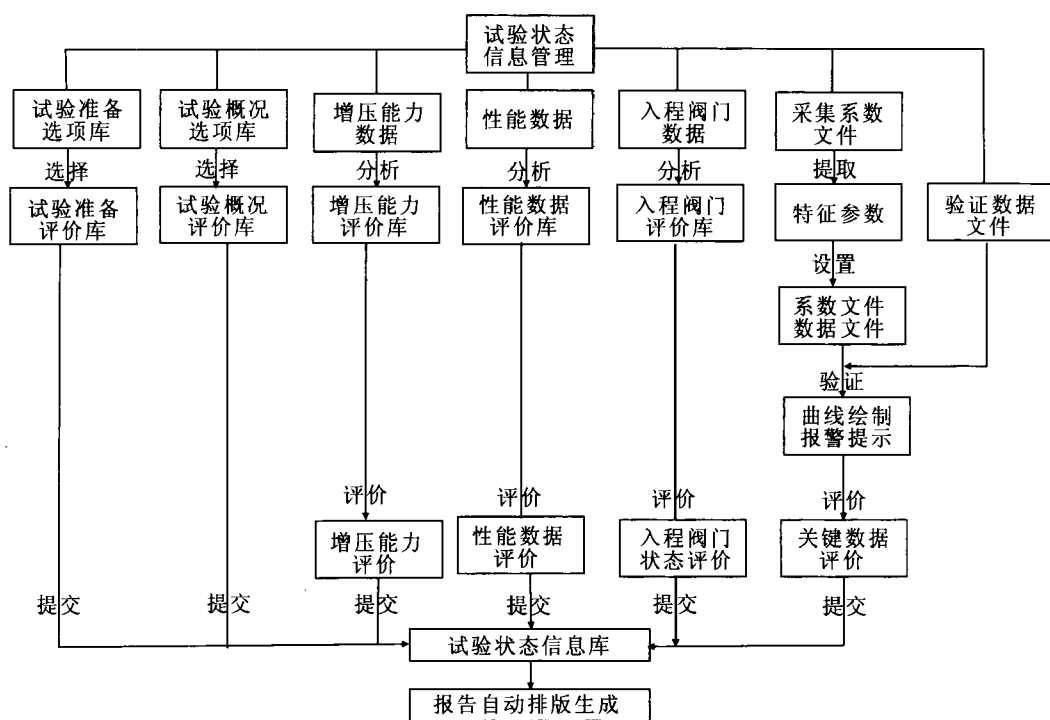


图 1 试验状态信息流程

Fig. 1 Flow chart of test status information

1.2 软件框架设计

需求分析完成后, 将对软件架构进行整体设计。通过分析试验状态信息流程, 该管理软件采用更合理、更全面、更便于操作的 C/S 结构系统设计模式, 即 Client/Server (客户机/服务器) 结构^[2]; 开发工具选择 VB 语言和 Access 数据库^[3], 数据库访问、查询、修改、管路采用 SQL (Structured Query Language) 技术^[4], 结构化查询语言技术; 文档数据解析读入、输出采用 VBA (Visual Basic for Applications) 技术^[5], 界面展现

层图形用户界面技术 (Graphical User Interface, 简称 GUI)^[6]。根据数据流向逻辑过程进行分析梳理, 软件模块中加入数据验证判断准则算法验证发动机关键数据, 最终设计出基于试验状态的数据库应用软件, 实现对试验系统的状态全方面评价。该类软件的框架结构见图 2。

1.3 数据库设计

数据库设计是整个设计的关键, 它能将实际的业务问题抽象化、概念化, 再以开发工具实体化, 使用多个表格完全能够反映多个问题的关联

性。通过 Microsoft Access 设计数据库^[7]，设计出 *.mdb 数据库文件。根据系统模块所需数据内容进行分析设计，最终建立多个数据表之间的联接，每个表尽量完整的反映出试验的各类信息。

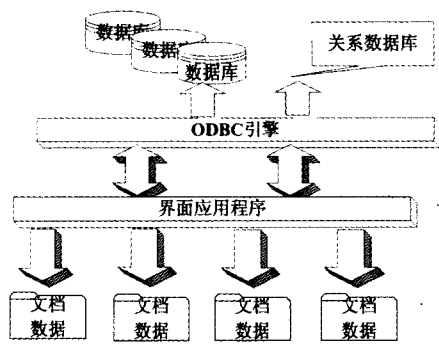


图 2 软件框架

Fig. 2 Software framework

数据库建立完成后数据访问表单数据流向，见图 3。数据库共建 8 张数据表，通过数据库控件和引擎构成的多个数据联接访问数据库，库中各表通过主键进行联接，例如：TestInfo（代号，日期……），记录所有试验评价信息的主表；DingLun（ID，试验准备信息，概况信息……），记录所有评价词条选项的主表；KeyData（代号，推力，流量……），记录所有试验关键数据评价信息主表；AddPressValve（阀门编号，开始增压时间，结束时间……），记录推进剂供应系统阀门的增压能力信息；ProgrameValve（阀门编号，打开时间，关闭时间……），记录入程阀门开关运行状况信息。

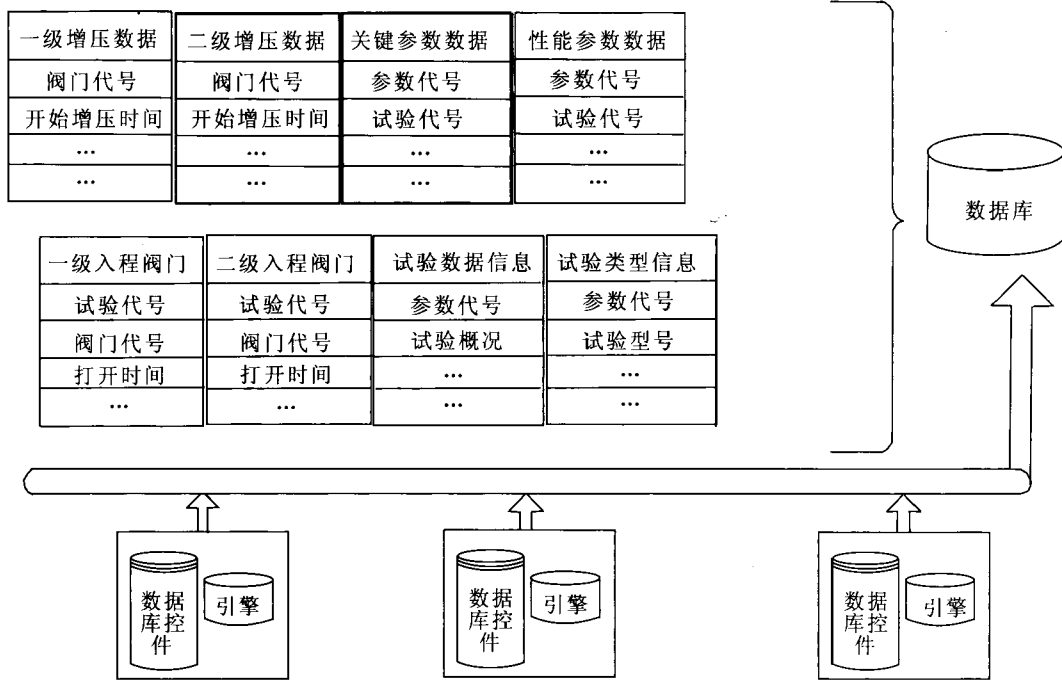


图 3 数据流向

Fig. 3 Data flow direction

1.4 界面设计

界面包括显示数据并允许用户查看或更新数据的窗体^[8]。驱动这些窗体的是应用程序的代码，包括用来请求数据库服务的数据访问对象和方法，比如添加、删除记录或执行查询等。最终

实现各模块都可以进行试验系统所属环节的评价，提交至结论库中。在报告生成模块直接自动生成报表，便于及时打印输出。同时利用 GUI 技术用户界面可在不同风格间任意切换，且任意一种风格下实现所有界面风格一致。

2 软件功能实现及测试

2.1 功能组成

软件结构分为 9 个功能模块, 包括试车概况信息模块、增压能力评价模块、性能数据评价模块、关键数据验证模块、阀门入程评价模块、试验准备评价模块、试验报告模块、词条管理模块、界面皮肤模块。具体功能为: 试车概况信息模块, 对于各型号试验的概况信息进行汇总评价; 增压能力评价模块, 对于推进剂增压系统增压能力进行评价; 性能数据评价模块, 对于反映发动机性能指标的数据进行分析评价; 关键数据验证模块, 对于试验关键数据通过判定算法进行验证并评价; 阀门入程评价模块, 对于试验入程阀门工作状况进行评价; 试验准备评价模块, 对于试验件上台后试验系统各关键过程的准备情况进行评价; 试验报告模块, 对于上述各评价进行汇总编辑并提交, 并自动生成报表打印输出; 词条管理模块, 对于为上述模块进行评价所提供的词条进行管理(增加、修改、删除); 界面皮肤模块, 对于该软件的所有界面统一风格, 并提供可选项进行界面颜色切换。系统各模块构成见图 4。

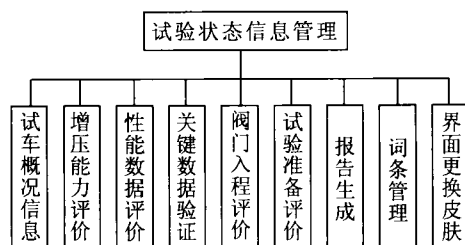


图 4 模块组成示意图

Fig. 4 Schematic diagram for constitution of modules

2.2 关键模块实现

关键模块“关键数据验证模块”, 实现对试验数据进行评价, 并且按照试验代号分类提交评价。该模块难点在于数据验证规则的设计和曲线绘制技术方面。通过分析大量的数据以及参考红线关机算法^[9], 最终制定“数据验证算法”, 同

时在数据趋势显示方面通过时域文件读取, 利用“曲线绘制”技术验证发动机特征参数数据, 达到关键数据验证的目的, 验证完后, 关键参数实测数据进行试验验证, 可支持 5 路参数数据验证回放。对于数据整体趋势进行回放、比对。通过验证回放, 可看出相关参数数据启动和平稳段趋势一致, 量级相关性合理。

2.3 软件测试

软件设计到代码开发要通过大量测试工作进行验证。测试过程按 4 个步骤进行, 即单元测试、集成测试、确认测试和系统测试^[10]。以 XX-XXX 次试验对软件进行验证, 通过每个模块进行评价, 并且对于该次试车关键数据进行曲线验证评价, 再汇总各模块评价信息至信息库中, 最终在“报告生成模块”利用“VBA 编程技术”自动生成“XX-XXX 次试验系统报告文件.doc”。通过验证, 对于试验准备情况、关键过程控制情况进行信息化分类汇总记录; 对入程阀门的开关状态按型号、代号进行记录; 对关键阀门的增压能力及时评价并提交入库; 对试验关键数据的启动和工作稳定段运行情况制定统一的判定验证方式并进行评价。软件解决了需求分析中所需要解决的问题。

3 关键技术

该软件在设计开发时使用数据验证算法、数据库编程技术、VBA 编程技术、数据曲线绘制技术、图形用户界面技术 (GUI) 解决了关键数据趋势回放和分析以及软件整体框架搭建设计, *.doc 文件格式信息解析入库和以往同类软件交互界面单调等问题, 实现试验系统准备情况、关键过程控制、推进剂供应、入程阀门工作状况、试验件性能数据和试验结果评论等环节信息化管理。

3.1 数据验证算法

在关键数据验证模块中, 利用算法实现试验数据趋势回放、分析。该算法基于对 XX 型号系列试验特征参数数据统计后, 确定启动段和工作段的数值, 为数据验证提供标准参考值; 并且, 模块中嵌入数据验证算法, 算法首先针对可任意

选择的特征参数数据进行异常过滤,再计算数据的某时段内的平均值和偏差量,确定报警提示带宽上下限。最终通过算法和参考标准值,共同达到对关键参数数据的验证。数据在验证时,需达到报警次数上线才可红色提示报警^[11]。关键算法公式见(1)和(2)。

$$X(t) \in (\bar{x} + S(t) \times d_{\text{上}}, \bar{x} + S(t) \times d_{\text{下}}) \quad (1)$$

$$S(t) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

式中: $X(t)$ 为实时计算的带宽上限或下限数值; \bar{x} 为实时计算某时间段内的特征参数数值的平均值; $S(t)$ 为指定时间段内特征参数数据的标准偏差; $d_{\text{上}}$ 为上限系数, $d_{\text{下}}$ 为下限系数; x_i 为特征参数实际测量数值; n 为某时段内特征参数测量数值的采集数量。

3.2 数据库编程技术

试验状态信息化系统利用 ODBC (Open DataBase Connectivity, 即开放数据库互连)^[12] 应用程序接口规范, 提供了统一的数据库应用编程接口, 为系统提供了一套高层调用接口规范和基于动态连接库的运行支持环境。系统应用程序调用的是标准的 ODBC 函数和 SQL [] 语句, 数据库底层操作由各个数据库的驱动程序完成。因此应用程序有很好的适应性和可移植性, 并且具备了同时访问多种数据库管理系统的能力, 从而彻底克服了传统数据库应用程序的缺陷。

3.3 VBA 编程技术

VBA (Visual Basic for Application) 是 Office 专为第三方开发语言直接引用开发的可进行二次开发插件。对于固定格式报表输出有较好的应用性, 文件格式可以是 *.doc。

该系统在报表输出中利用该技术实现对汇总各模块的评价信息后, 统一输出至 word 文件中, 统一封面、格式 (*.doc)、字体、颜色等, 为及时打印创造前提条件, 全过程无需人工输入大量信息, 实现数据信息的自动录入、报表输出和综合查询, 极大地提高了工作效率和工作质量, 提

升了试验质量过程管理水平和信息化管理水平。

3.4 数据曲线绘制

通过曲线绘制能够实现数据趋势性显示, 为数据整体方向性提供可视化。该系统利用坐标点, 起始点和中止点的位移点连线绘制曲线^[13]。比如利用 VB 开发工具中 picture 控件 Pset、Line 和 Circle 方法, 可绘出点、直线、圆等基本图形。该软件利用 line 基本绘图方法绘出所需要的曲线^[14]。如代码: Picture1.Line (-10, 0) - (10, 0), vbBlue, 该代码实现图像中从坐标 (-10, 0) 至 (10, 0) 绘制蓝色线条。曲线绘制通过多次利用上述技术在特定坐标区域内实现参数曲线绘制。

3.5 图形用户界面技术 (GUI)

GUI, 图形用户界面, 有时被称为 WIMP, 表现了它的 4 种特有属性, 即窗口 (Window)、图标 (Icon)、菜单 (Menu)、鼠标指针 (Pointing Device)。它的特点是操作直观、提供指针支持及界面图形化。GUI 的广泛应用是当今信息化发展的重大成就之一, GUI 具有下面几个方面的基本特点: 轻型、高性能、高可靠性, 占用资源少, 便于移植和可配置等特点。

该软件利用该技术开发了界面切换模块控件, 可在其他第三代开发语言中直接引用。具有较强的可移植性, 可移植于其他已有的界面开发程序中, 并且具有很高的推广性和应用性。最终实现全部模块统一界面、窗体、按钮等控件统一颜色、风格、设置, 它不仅仅是颜色的统一更换。最终, 实现系统界面可在 7 种风格下进行自由切换皮肤。摒弃以往开发界面枯燥死板的界面风格, 提高了观看效果和操作便捷程度。

4 新设计软件的特点

通过对上述关键技术研究, 不仅解决了实际应用问题而且在技术方面与以往的信息化管理软件相比具有新的特点, 包括关键参数回放, 性能数据比对、界面皮肤更换。

4.1 关键参数回放

作为反映发动机关键部位运行情况的参数数

据,关键参数时域曲线趋势分析数据利用意义重大。通过使用VB控件实现曲线趋势绘制,将试验数据试后立即回放查看,及时发现产品中关键部位问题。以往同类软件对关键参数只能进行数值比对,不能实现曲线回放浏览查看。

4.2 性能数据比对

性能参数反映发动机整体性能情况,作为试验后发动机交付的合格指标性数据,其重要作用不言而喻。应用数据库技术对历史数据按试验代号分类入库,并进行单一或多条件组合查询,可以将同型号数据进行比对分析,通过比对分析可以为后续试验数据提供包络范围数据参考^[15]。

4.3 界面皮肤更换

利用图形用户界面技术实现系统界面可在7种风格下进行自由切换皮肤,以往通过VB开发的应用软件界面单一、颜色单调,而该软件在界面、窗体、按钮等控件统一颜色、风格和设置,大幅度提高了观看效果和操作便捷程度。

5 结论

通过该管理系统的开发,建立了某型号地面试验状态信息化管理系统,实现了该系列发动机试验系统信息化高效、快捷和精细化管理。该系统为开放式结构,今后逐步加入更多的功能,将质量过程状态控制工作逐步细化和深入,为全面实现信息化试验状态过程控制打下坚实的基础。

参考文献:

- [1] 刘国球. 液体火箭发动机原理[M]. 北京: 宇航出版社, 1993.
- [2] 赵立军, 张曙光. 用三层 C/S 结构实现数据库应用[J]. 计算机应用研究, 1999, 16(2): 27-28.
- [3] 刘文涛. Visual Basic Access 数据库开发与实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [4] 陈雪梅. 基于 ADO 技术实现多种数据源间 SQL 查询功能[J]. 计算机技术, 2007 (1): 4-5.
- [5] 马瑞民, 马永生, 张方舟. VBA 访问远程数据库及长数据类型的方法[J]. 计算机应用, 2001, 21(2): 1-2.
- [6] 刘英姿, 陈荣秋. 用户界面的研究及设计方法[J]. 计算机应用研究, 1995, 12(2): 3-5.
- [7] 王鑫. 应用 VB 和 Access 数据库设计开发实验室管理系统[J]. 电子制作, 2013 (6): 15-16.
- [8] 罗从难, 耿增强. 嵌入式的图形用户界面[J]. 测控技术, 2000, 19(4): 12-14.
- [9] 朱恒伟, 王克昌, 陈启智. 基于数据统计的液体火箭发动机地面试车故障检测算法[J]. 推进技术, 1997 (2): 17-18.
- [10] 朱少民. 软件测试方法和技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [11] 谭松林, 张宝琨. 运载火箭液体发动机故障监控系统中的若干问题[J]. 宇航学报, 1998, 19(3): 110-114.
- [12] 王克富. 利用 ODBC 实现 VB 对大型数据库的访问[J]. 电脑技术信息, 1999 (10): 27-28.
- [13] 陆斌, 王志强, 刘艳苹. 基于 VB 的数据实时采集和动态图形显示[J]. 电子技术, 2010 (8): 1-6.
- [14] 谭超, 陈慧. 利用 VB 绘制二维曲线图[J]. 电脑学习, 2002 (6): 42-43.
- [15] 项可风, 吴启光. 试验设计与数据分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.

(编辑: 陈红霞)